

I-2.2. リン酸チタニア化合物

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. はじめに

室内化学物質濃度低減対策の一つとして、光触媒や空気触媒等の触媒技術が注目されている。触媒技術は、エネルギー消費に伴い二酸化炭素等の温室効果ガスを排出せず、自然エネルギーにより反応・分解を行うため、クリーンかつ有効な対策法として注目されている。

触媒技術の一つとして、光触媒¹⁾に類似した化学物質低減原理を持つリン酸チタニア化合物による空気触媒技術がある。リン酸チタニア化合物は光照射によって効果を発揮する光触媒と異なり、空気中の酸素との接触により反応するため、室内空気汚染対策として期待される技術である。

本研究では、リン酸チタニア化合物利用対策品の室内化学物質除去効果を定量的に明らかにし、室内空気環境改善のための基礎的資料とすることを目的とする。

B. 実験概要

1. 試験片概要

本実験では、異なる塗布量でリン酸チタニア化合物利用対策品を塗布した低圧メラミン化粧合板(20×300×300[mm])3 検体と未塗布の化粧板 1 検体の合計 4 検体を測定対象とした。

表-1 測定対象試験片の概要

	未塗布検体 (ブランク)	サンプル1	サンプル2	サンプル3
塗布量	-	3[cc/m ³] 0.27[cc/枚]	7[cc/m ³] 0.63[cc/枚]	14[cc/m ³] 1.27[cc/枚]

2. 実験条件

本実験では、東北文化学園大学空気環境実験室内に設置した大型チェンバーを使用した。チェンバー内は一定の環境条件(温度:28±1[°C]、相対湿度:50±5[%]、換気回数:0.50

±0.05[1/h]、気流速度:0.2~0.3[m/s])に制御した。

なお、チェンバー内には一様拡散を図るため拡散ファンを設置した。

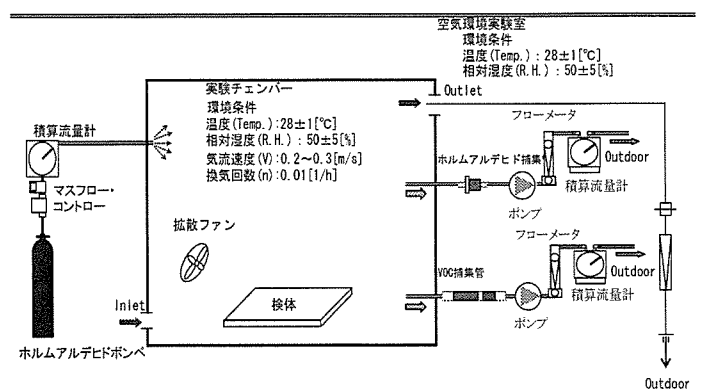


図-1 実験システム概要図

3. 実験方法

- 1) 大型環境制御チェンバー(4.98[m³])のバックグラウンド濃度を把握するため、サンプリングを行う。
- 2) リン酸チタニア化合物は酸素反応型のため、試験片が空気に触れないようにラップで全体を被覆する。
- 3) チェンバー内に試験片を設置し、サンプリング開始時にリン酸チタニア化合物塗布面の被覆がはがれるよう、ラップに紐を付けチェンバーの外へ出しておく。
- 4) 厚生労働省が定めた指針値の約 2~3 倍の濃度になるよう、VOC 混合ガス(3[L])、ホルムアルデヒドガス(10[L])をチェンバー内へ充填させる。
- 5) 試験片に被覆したラップをはがし、VOC とホルムアルデヒドともに 0 分後、30 分後、60 分後のチェンバー内空気のサンプリングを行う。

C. 結果

1. リン酸チタニア化合物未塗布検体(ブランク)からの VOC、アルデヒド類の発生

未塗布検体設置チェンバー内の VOC 濃度およびアルデヒド類濃度経時変化をそれぞれ図-2、3 に示す。

VOC 濃度はほとんど変化が見られず、極めて低濃度であった。アルデヒド類については、時間経過に伴い僅かに濃度上昇が見られたが、特に大きな変化は無かった。

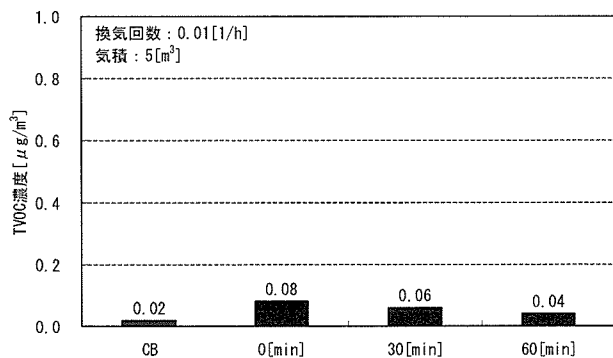


図-2 VOC 濃度の経時変化(未塗布検体)

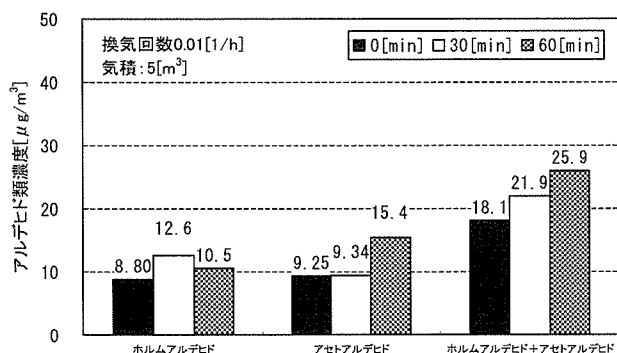


図-3 アルデヒド類濃度の経時変化(未塗布検体)

2. リン酸チタニア化合物塗布検体(サンプル 1、2、3) 設置チェンバー内の VOC 濃度経時変化

サンプル 1、2、3 を設置したチェンバー内 VOC 濃度の経時変化を図-4~6 に示す。

サンプル 1、2、3 とともに、時間経過に伴い濃度上昇が確認された。濃度上昇値はそれぞれ 100~300 [μg/m³]、150~200 [μg/m³]、200~900 [μg/m³] 程度であった。

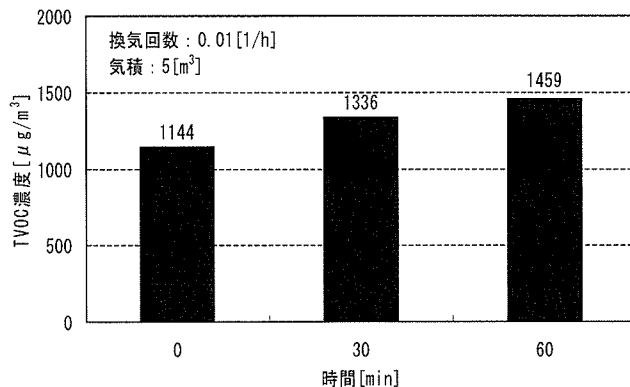


図-4 VOC 濃度の経時変化(サンプル 1)

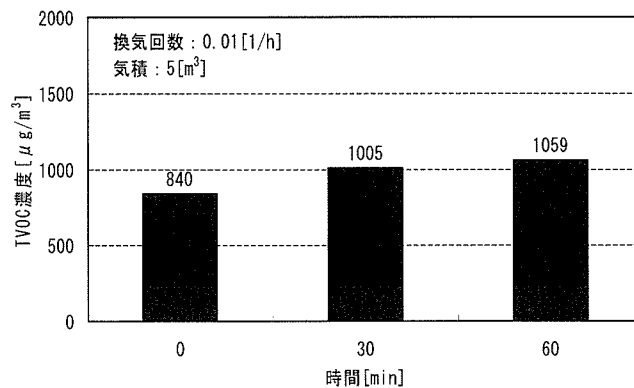


図-5 VOC 濃度の経時変化(サンプル 2)

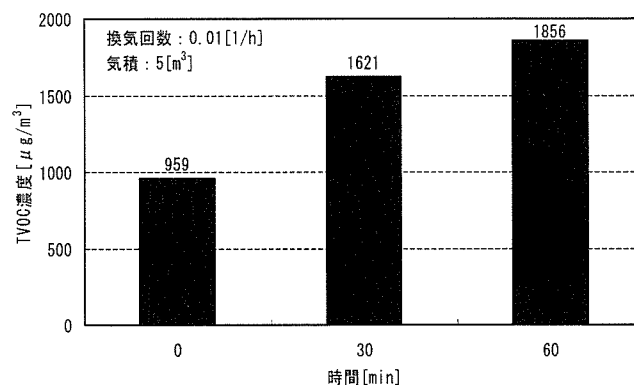


図-6 VOC 濃度の経時変化(サンプル 3)

3. リン酸チタニア化合物塗布検体(サンプル 1、2、3) 設置チェンバー内のアルデヒド類濃度経時変化

サンプル 1、2、3 を設置したチェンバー内アルデヒド類濃度の経時変化を図-7~9 に示す。

サンプル 1 のアルデヒド類濃度は、0~30 分まで大きな変化はなかったが、30~60 分で約 50 [ppb] の濃度上昇が確認された。サンプル 2、3 については、アルデヒド類濃度は殆ど変化しなかった。

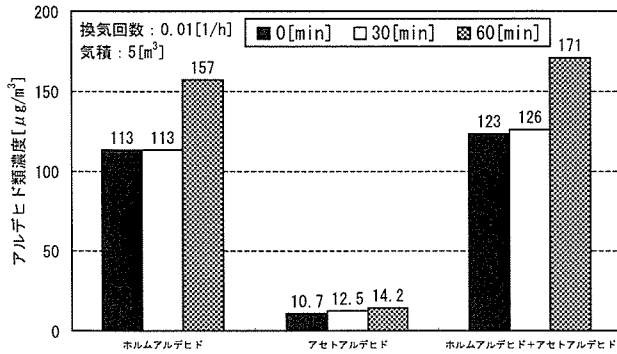


図-7 アルデヒド類濃度の経時変化 (サンプル1)

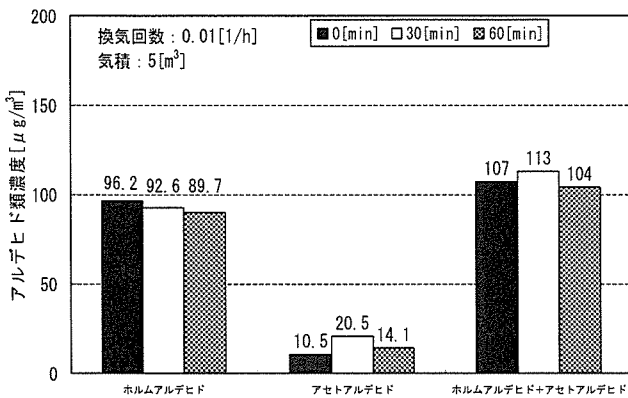


図-8 アルデヒド類濃度の経時変化 (サンプル2)

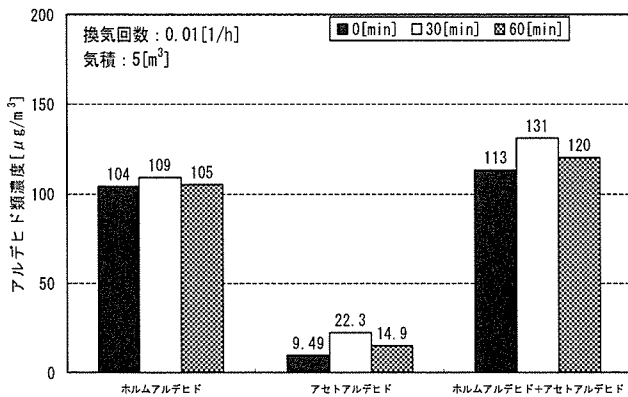


図-9 アルデヒド類濃度の経時変化 (サンプル3)

D. 考察

サンプル1、2、3共に化学物質濃度の低減は見られず、リン酸チタニア化合物利用対策品による化学物質の分解性能は確認されなかった。

未塗布検体ではVOC、アルデヒド類の発生が少ないのに対し、サンプル1、2、3において時間経過に伴いVOC濃度が上昇した。このことから、空気触媒塗料自体からの化学物質発生が考えられる。アルデヒド類に関しては、濃度変化はほとんど見られなかった。

E. 結論

本研究により得られた知見を以下に示す。

- 1) リン酸チタニア化合物利用対策品による明確な化学物質濃度低減効果は示されなかった。
- 2) リン酸チタニア化合物利用対策品設置チェンバー内でVOC濃度の上昇が確認された。

F. 健康危機情報

室内空気汚染物質の分解に伴う2次生成物の検証が必要である。

G. 知的財産権の出願・登録

現時点では、特になし。

H. 引用文献

- 1) 野崎淳夫、橋本康弘、鈴木 学: 光触媒による室内化学物質分解性能に関する研究-室内空気環境とその快適性に関する研究(その30): 第11回(社)大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp. 22~23、2004年11月

I-2.3. ベイクアウト技術の開発-加熱条件とベイクアウト効果の相関-

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 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発生量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、同技術を家具に適用した場合に、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。¹⁾

そこで本研究では、1) 住宅設備機器（洗面化粧台）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の低減効果を明らかにすることを目的とする。

B. 実験概要

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。なお、異なる湿度条件でベイクアウト試験を実施するため、製造方法等が全て同一の洗面化粧台を3検体用意した。

2. ベイクアウトの概要

筆者らは、国土交通省や大学機関などにより構成された「シックハウス総プロ」において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。結果として、同技術を家具に適用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。^{2)、3)、4)}

本研究では、従来のベイクアウト^{3)、4)}を異なる湿度条件で実施し、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つの湿度条件にて実験を行い、発生量低減率を求めるものである。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表-1に示す。

表-1 各ベイクアウトプログラムのチェンバー内環境条件

	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]
湿度	(1)プログラム1 (乾燥状態)	20±5[%]	50±5[%]
	(2)プログラム2 (加湿状態)	50±5[%]	50±5[%]
	(3)プログラム3 (乾湿状態)	50±5[%]	20±5[%]→50±5[%]
換気回数	0.5±0.05[回/h]		
気流	0.5[m/s]		

3. 測定分析法

(1) アルデヒド類

固相捕集-溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ法

(2) VOC(揮発性有機化合物)

固相捕集-加熱脱着-ガスクロマトグラフ/質量分析法

4. 評価方法

本研究における試験評価法として、1時間あたりの化学物質発生量 M とベイクアウトによる発生量低減率 R_0 を用いた。

4. 1. 発生量 (M)

実験により得られた測定値を以下の(1)式に代入し、発生量 M を算出する。

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

ここで、 M :発生量[$\mu\text{g/h}$]、 n :換気回数[1/h]、 R :気積[m^3]、 C_{ss} :室内定常濃度[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 C_0 :供給空気濃度[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]とする。

4. 2. ベイクアウトによる発生量低減率 (R_b)

発生量低減率 R_b [%] は、測定値を以下の (2) 式に代入して求める。

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

ここで、 C_{sb} : ベイクアウト実施後の室内定常濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 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} : ベイクアウト実施前の室内初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 R_m : 実験期間中の建材履歴実験による発生量減少率 [%] とする。

C. 結果及び考察

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

各プログラムのベイクアウト実施前後におけるホルムアルデヒド発生量の変化を図-1 に示す。

プログラム1のベイクアウト実施前後の発生量は $142[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $132[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ 、プログラム2で $54.8[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $57.9[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ 、プログラム3では $50.1[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $45.1[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ と、全てのプログラムにおいて発生量の変化はほとんど示されなかった。

すなわち、対象とした洗面化粧台は低ホルムアルデヒド対策製品であり発生量が小さく、この発生レベルのホルムアルデヒドは本ベイクアウト条件では低減できないことが示された。

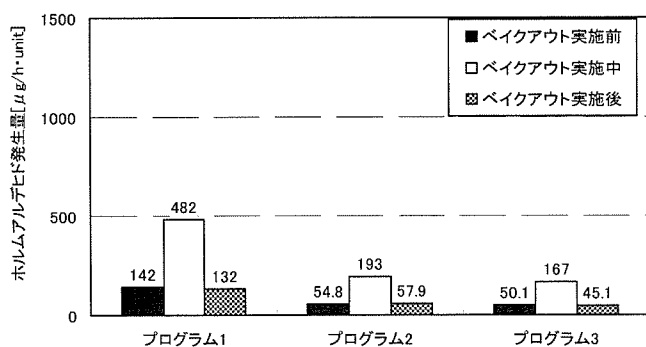


図-1 各プログラムにおけるホルムアルデヒドの発生量

(2) VOC

ベイクアウト実施前後におけるVOC発生量の変化を図-2に示す。プログラム1のベイクアウト実施前後の発生量は、 $341[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $205[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ 、プログラム2で $155[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $54.2[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ 、プログラム3では $162[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $75.4[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ と、各プログラムにおいてVOC濃度の低減効果が示された。

検出VOC成分の中で、顕著な発生を示したのはメチルエチルケトン(以下、MEK)である。また、VOC発生量の約60~90[%]がMEKであった。(図-3参照)すなわち、当住設機器においてはMEKの有効な低減対策技術が要求される。

そこで、ベイクアウトによるMEKの低減率を求めた。(図-4参照)MEKのベイクアウト実施前後の発生量は、プログラム1で $314[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $151[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ 、プログラム2で $138[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $40.5[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ 、プログラム3では $146[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ から $69.1[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ となった。いずれのプログラムでもベイクアウトによるMEK発生量の低減効果が示された。

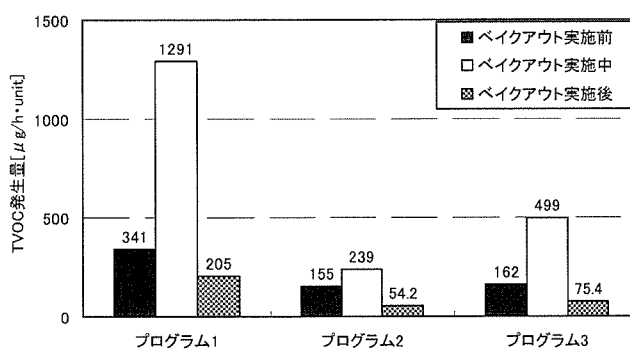


図-2 各プログラムにおけるVOCの発生量

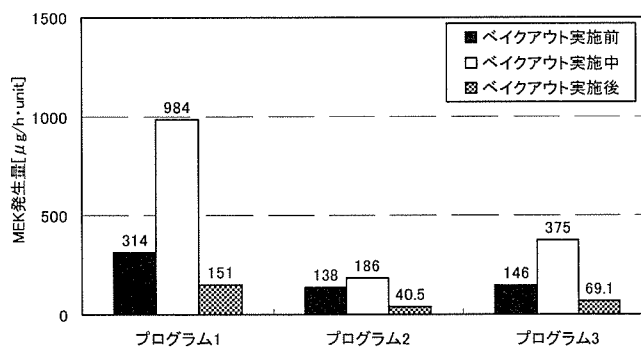


図-3 各プログラムにおけるMEKの発生量

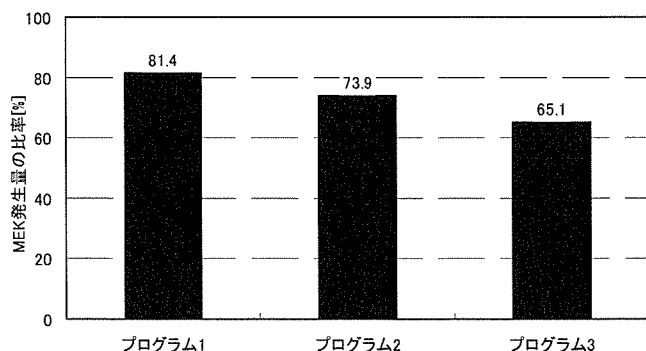


図-4 VOC発生量に対する
MEK発生量の比率

2. ベイクアウト実施に伴う発生量低減率 (R_b) の算出

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

ホルムアルデヒドとVOCの発生量低減率を表-2、3に示す。両物質において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。

表-2 ホルムアルデヒド発生量低減率

プログラムNo.	発生量低減率 (R_b)
プログラム1	5.61
プログラム2	22.6
プログラム3	27.3

表-3 VOC発生量低減率

プログラムNo.	発生量低減率 (R_b)
プログラム1	39.7
プログラム2	60.9
プログラム3	70.9

D. 結論

1. ホルムアルデヒド

- 1)ホルムアルデヒド低減率は5.61～27.3[%]の範囲にあった。なお、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[%]台の発生量低減率が示された。

- 2)測定対象の洗面化粧台は低ホルムアルデヒド対策が施されており、ホルムアルデヒド発生量は比較的小さかった。

2. VOC

- 1)測定対象とした洗面化粧台のVOC総発生量の約60～90[%]をMEKが占めている事が明らかとなった。
- 2)ベイクアウトにおける湿度条件の違いにより、化学物質発生量は同じ物質であっても変化する事が示された。

E. 健康危機情報

システムキッチンから有害物質(MEK)が多く検出された。

F. 知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特になし。

G. 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2)、日本建築学会環境系論文集、No.557、pp.73-79、2002年7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の効果(その3)、日本建築学会環境系論文集、No.568、pp.57-62、2003年6月

I-2. 4. 多孔質材のベイクアウト

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 研究目的

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、その化学物質吸着性能を明らかにしている。¹⁾ その中で、畳材が比較的大きな化学物質吸着性能を有することを明らかにしている。

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

本研究は、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²⁾を畳材に適用した場合の化学物質発生量低減効果を定量的に明らかにするものである。

B. 実験概要

1. 測定対象試験片の概要

試験片は表面のみからの化学物質発生を調べるため、端面と裏面をアルミ箔で被覆した。試験片のサイズは 37.8[cm]×37.8[cm]とした。(試料負荷率:2.2[m²/m³])また、試験片は室内化学物質による汚染を防ぐため、製造後速やかに密閉保管した。(表-1 参照)

表-1 試験片の概要

試験片NO	材質	備考
①	稲ワラ畳(3級)	ダニシラズ バージンわら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 バージンわら100[%]

2. 畳材の化学物質放散速度測定(実験 I)

(1) 実験システム

任意の環境条件に制御できる空気環境実験室に 65 [L] のステンレスチェンバーを設置した。チェンバー内の環境条件は、温

度: 28±1 [°C]、湿度: 50±5 [%]、換気回数: 0.50±0.05 [1/h]、気流速度: 0.2~0.3 [m/s] に制御した。

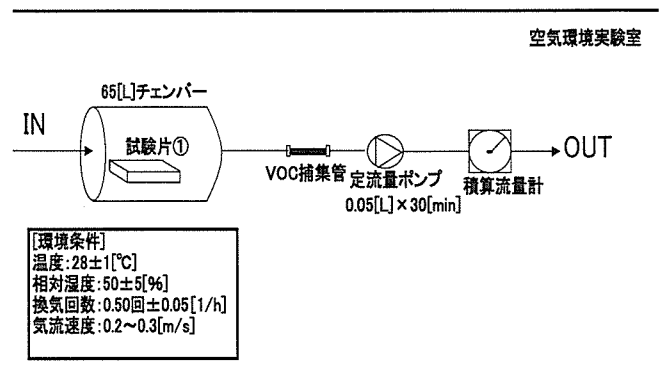


図-1 実験システム概要図

(2) 使用機器

実験使用機器を以下に示す。

- ・光音響法測定機器: 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)

(3) 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加熱脱離した VOC を 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。

(4) 実験評価方法

濃度測定値を以下の(1)式に代入して、化学物質放散速度(EF)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 : チェンバー排気濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 C_0 : チェンバー供給濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 Q : チェンバー換気量 [m^3/h]、 A : 試験片表面積 [m^2]とする。

3. ベイクアウト実施に伴う畳材の化学物質発生量低減化 (実験Ⅱ)

(1) 畳の汚染

ベイクアウト実施による発生量の低減性を明確に捉えるため、試験片を化学物質で汚染させた。汚染対象化学物質はトルエンおよびベンゼンとした。

① 畳の汚染システム

実験Ⅰで使用した試験片を大型チェンバー(気積: $4.98[\text{m}^3]$)内に設置し、標準ガス発生装置で発生させたVOCをチェンバー内に導入した。

尚、大型チェンバー内の環境条件は、温度: $28 \pm 1 [^\circ\text{C}]$ 、相対湿度: $50 \pm 5 [\%]$ 、気流速度: $0.2 \sim 0.3 [\text{m}/\text{s}]$ に制御した。また、一様拡散状態を得るために、拡散ファンを設置した。

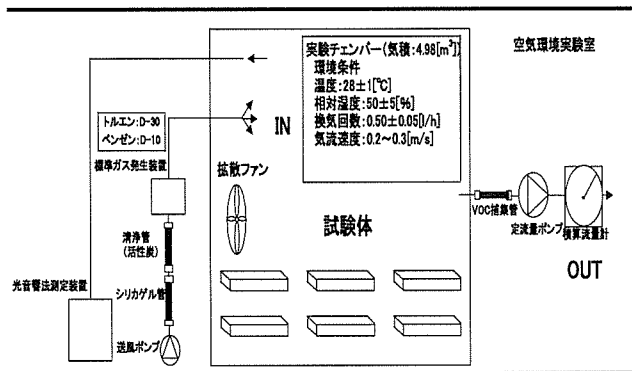


図-2 汚染システム概要

② 使用機器

実験Ⅰで用いた計測機器と以下の標準ガス発生装置を用いて、畳の汚染作業を行った。

- ・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D-10及びD-30
- ・マスフローコントローラ: エステック社製、Model: SEC-B40、PAC-D2型

(2) ベイクアウトの概要

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、同乾燥機を用いてベイクアウトを実施し、その化学物質発生量低減率を求めるものである。

ここで、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: $90 [^\circ\text{C}]$ 、芯温度: $50 [^\circ\text{C}]$ に達するまで 40分間の加熱
- 2) 表面温度: $90 [^\circ\text{C}]$ 、芯温度: $50 [^\circ\text{C}]$ 以上の状態で 30分間の加熱

- ・冷却時間: 30分

表面温度: $28 [^\circ\text{C}]$ 、芯温度: $30 [^\circ\text{C}]$ 以下まで冷却

(3) VOCの捕集・分析方法

実験Ⅰと同様である。

(4) 発生量低減性の評価方法

ベイクアウト実施前後のチェンバー内濃度と実施期間中の建材履歴実験による発生量低減率 $R_m [\%]$ 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。

C. 結果と考察

1. 畳材の化学物質放散速度測定 (実験Ⅰ)

濃度測定値を(1)式に代入して、畳材のVOC放散速度を求めた(図-3参照)。

全ての畳材において、アセトン、2-プロパノールが多量に検出された。当該物質が検出された原因として、畳材の作製から実験開始までの間に付着したことが考えられる。

建材畳においては、他の試験片と比べブタノール、酢酸ブチルが多く検出された。

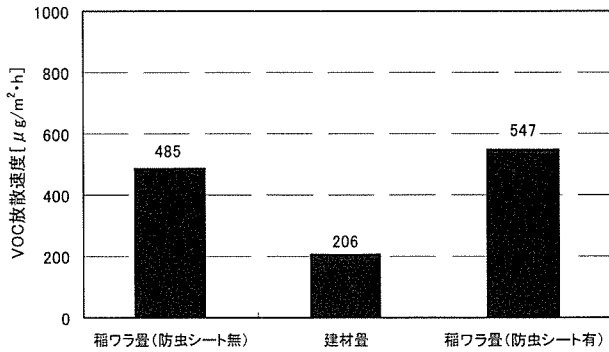


図-3 畳材の VOC 放散速度

2. ベイクアウト実施に伴う化学物質発生量の低減性(実験Ⅱ)

ベイクアウトの実施に伴いトルエン放散速度が $46.9 [\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ から $0.91 [\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ に減少した。建材履歴試験においては $41.9 [\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ から $9.55 [\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ に減少した。(図-4 参照)

ベンゼンについては、トルエンと同様の傾向が示された。(図-5 参照) また、建材畳、稲わら畳(防虫シート無)においても同様の傾向が確認された。

次に、チェンバ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_0 [%] を表-2 に示す。

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 は大きくなることが確認された。これは、VOC の曝露を短期間で行ったため、VOC が畳材の表面にとどまり、放散し易い状態であったことが考えられる。

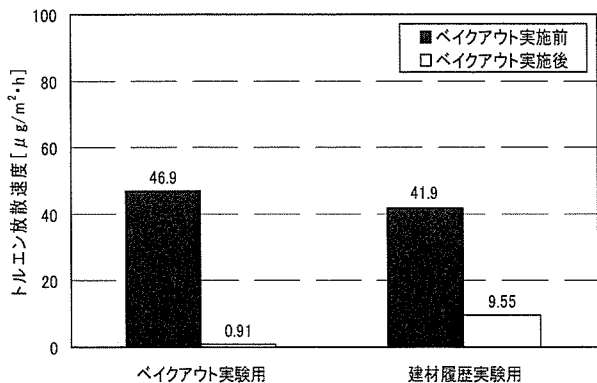


図-4 ベイクアウト実施に伴う稲わら畳(防虫シート無)の放散速度変化(トルエン)

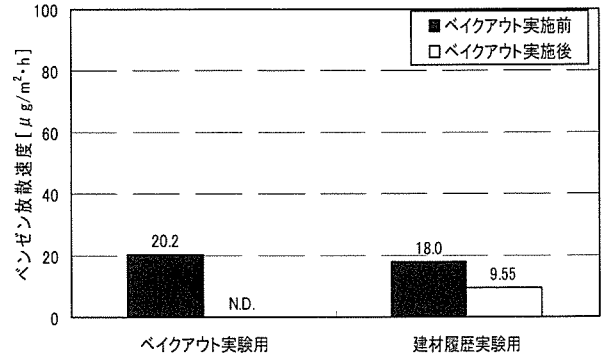


図-5 ベイクアウト実施に伴う稲わら畳(防虫シート無)の放散速度変化(ベンゼン)

表-2 VOC 発生量低減率

	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

実環境において、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。

E. 今後の課題

- 1) 実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

F. 健康危機情報

特になし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特になし。

H. 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、No. 568、pp. 57~62、2003 年 6 月

I-2.5. 循環型換気システム

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. はじめに

シックハウス対策として、2003年7月に改正建築基準法が施行され、24時間換気システムの設置が義務付けられた。これは新築住宅に0.5[1/h]の換気回数を保証するものであるが、室内に持込まれる物品の化学物質発生量により、室内濃度が時として室内濃度指針値を超える。

また、これ以上の換気量を住宅に与える事は省エネ上の観点から問題が残る。

そこで、空気清浄化ユニットを搭載し、外気導入量を増大させることなく、室内空気汚染物質の除去が図れる循環型換気システムに着目した。本研究では定常ガス発生装置を用いて、新たな試験評価方法による循環型換気システムの除去性能確認試験を行うことを目的とする。

B. 実験概要

1. 実験室概要

チェンバー内の環境条件は温度:28±1[°C]、相対湿度:50±5[%]、換気回数:0.5±0.05[1/h]、気流速度0.2~0.3[m/s]とした。

実験概要図を図-1、換気システムを写真-1に示す。



写真-1 換気システム

2. 測定対象汚染物質

厚生労働省が室内濃度指針値を提示した13物質のうち、ホルムアルデヒド、エチルベンゼン、m-キシレン、スチレンの4成分とした。

3. 定常ガス発生装置の概要

定常ガス発生装置は、校正ガス発生装置、コンプレッサ、マスフローコントローラ、清浄管1(活性炭層)、清浄管2(シリカゲル層)等により構成されている。発生条件を制御することにより、対象化学物質の任意発生量が得られるものである。

4. 実験対象機器

実験対象機器は循環型換気ユニットとした。機器風量は75[m³/h]とし、運転制御は電圧調整器により行った。

5. ワンパス法と定常発生法の相当換気量算出式

本試験における測定対象汚染物質の除去率 η [%]を(1)式、相当換気量 Q_{eq} [m³/h]は(2)式を用いて算出した。

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

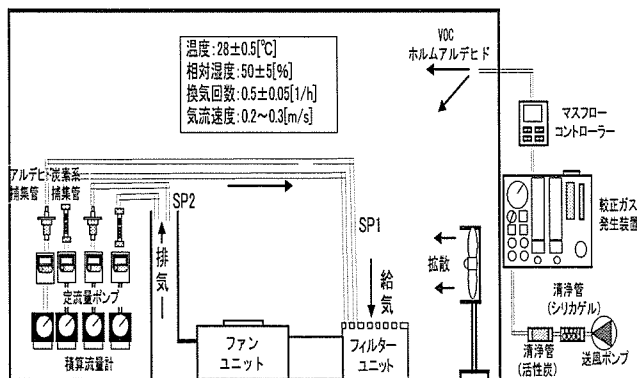


図-1 除去性能評価試験の実験概要図

C_{in} : 供給空気濃度 [ppb、 $\mu\text{g}/\text{m}^3$], C_{out} : 排出空気濃度 [ppb、 $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

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

η : 汚染物質除去率 [%], Q : 機器風量 [m^3/h]

C. 結果と考察

1. チェンバー内における汚染物質濃度の経時変化

(1) ホルムアルデヒド

換気システム運転に伴うホルムアルデヒド濃度の経時変化を図-2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、機器のホルムアルデヒドに対する優れた除去性能が確認された。

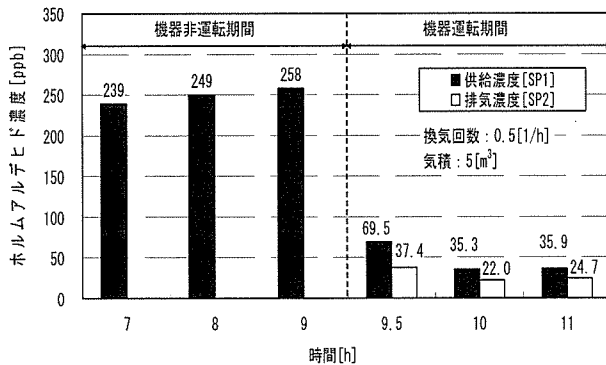


図-2 ホルムアルデヒド濃度の経時変化 ($75[\text{m}^3/\text{h}]$)

(2) VOC

換気システム運転に伴うエチルベンゼン、m-キシレン、スチレン濃度の経時変化を図-3~5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。

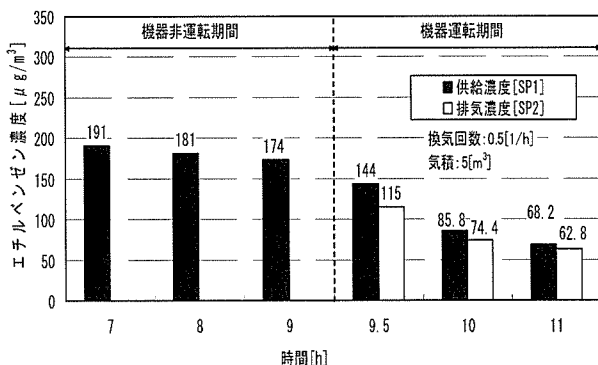


図-3 エチルベンゼン濃度の経時変化 ($75[\text{m}^3/\text{h}]$)

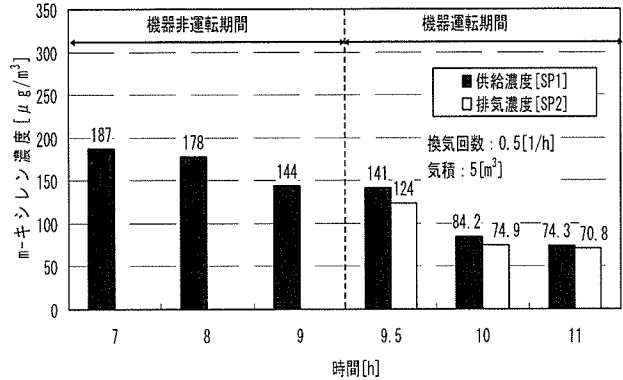


図-4 m-キシレン濃度の経時変化 ($75[\text{m}^3/\text{h}]$)

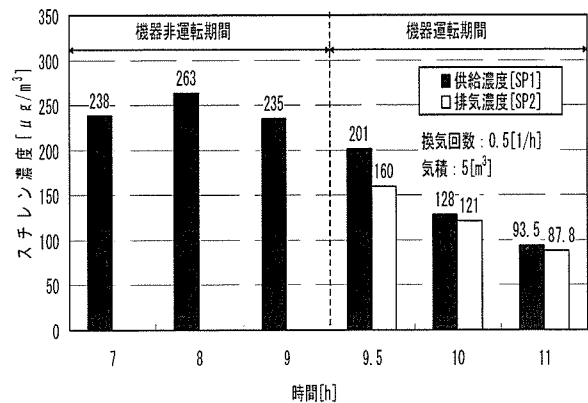


図-5 スチレン濃度の経時変化 ($75[\text{m}^3/\text{h}]$)

2. 機器の汚染物質毎の除去率

(1) ホルムアルデヒド

濃度測定値を(1)式に代入し、ホルムアルデヒド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47.0[%]と高く、平均では39.0[%]となった。

(2) VOC

濃度測定値を(1)式に代入し、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12.4~20.5[%]となり、平均では9.40~13.6[%]となった。(図-2~4参照)

3. 機器の汚染物質毎の相当換気量

(1) ホルムアルデヒド

(1)式より得られた除去率を(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35.2 [m^3/h]となり、平均では29.2 [m^3/h]となった。ホルムアルデヒド濃度の減衰に伴い、相当換気量が減少した。(表-1参照)

(2) VOC

(1)式より得られた除去率を(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、平均では 7.07~10.2[m³/h]となった。VOC 濃度の減衰に伴い、相当換気量は減少した。(表-2~4 参照)

表-1 ホルムアルデヒド除去率と相当換気量

	9.5[h]	10[h]	11[h]	平均値
除去率 η [%]	47.0	38.0	32.0	39.0
相当換気量 Q_{eq} [m ³ /h]	35.2	28.5	24.0	29.2

表-2 エチルベンゼン除去率と相当換気量

	9.5[h]	10[h]	11[h]	平均値
除去率 η [%]	19.7	13.3	8.00	13.6
相当換気量 Q_{eq} [m ³ /h]	14.7	9.90	6.00	10.2

表-3 m-キシレン除去率と相当換気量

	9.5[h]	10[h]	11[h]	平均値
除去率 η [%]	12.4	11.1	4.80	9.40
相当換気量 Q_{eq} [m ³ /h]	9.30	8.30	3.60	7.07

表-4 ステレン除去率と相当換気量

	9.5[h]	10[h]	11[h]	平均値
除去率 η [%]	20.5	5.40	6.10	10.6
相当換気量 Q_{eq} [m ³ /h]	15.3	3.70	4.50	7.83

D. 結論

本研究では、ホルムアルデヒド定常発生時における循環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¹⁾を有し、同

機器は室内ホルムアルデヒド、VOC 汚染低減対策として有効であることが示された。

E. 今後の課題

以下の内容を今後の課題とする。

- 1) 対象とした4成分についての除去性能を明らかにしたが、今後はさらに他の成分についての除去性能を明らかにする。
- 2) 実大実験による本システムの室内空気汚染物質低減効果の把握。

F. 健康危機情報

ガス除去フィルタに吸着したガス状物質が、長期間の使用によりフィルタから脱離し、機器運転に伴い再放散することが懸念されている。

G. 知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特になし。

H. 参考文献

- 1) 野崎淳夫、工藤彰訓、大澤元毅、坊垣和明、桑沢保夫、吉澤晋：家庭用空気清浄機のVOC除去性能の実態解明、家庭用空気清浄機のガス状汚染物質除去特性に関する研究(その2)、日本建築学会環境系論文集、No.599、pp.67~72 2006年1月
- 2) 野崎淳夫、屋田 聖、小名秋人、長友良久、橋口裕文：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、室内環境学会総会講演集、pp.122~123、2005年

I-2.6. 一般住宅における低減対策品導入による実態調査

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 研究目的

筆者ら^{1), 2)}は実験室実験により化学物質低減対策品・対策技術の化学物質低減効果に関する定量的研究報告を行っており、各種のシックハウス対策製品・技術の特性を明らかにしてきた。ところが、これらを実環境に適用した場合の効果については、未だ不明な点が多い。

そこで本研究では、様々な低減対策品を導入した一般住宅の実測調査を行い、その効果を明らかにするものである。

前年度までに計4回の測定を行い、各種対策製品(5品目)の濃度低減効果を確認した。

本年度は、室内化学物質濃度について前年度との比較検討を行う。更には、新たな低減対策品を導入し、その室内化学物質濃度の低減効果を明らかにし、「健康住宅」の実現に資する基礎的資料の収集を行う。

B. 実測概要

1. 測定対象住宅の概要

測定対象住宅は、前年度と同様に東北地方のRC造3階建ての一般住宅である。(図-1参照)測定は2006年2月、3月に行った。測定日における測定対象室の環境条件を表-1、測定対象化学物質を表-2に示す。

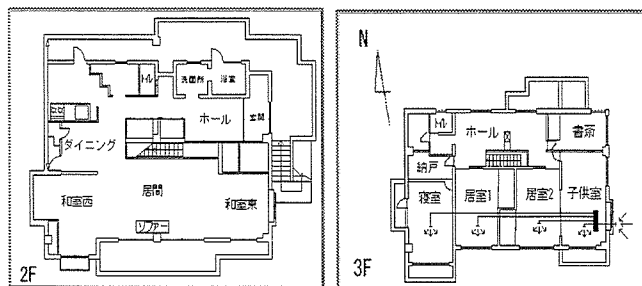


図-1 測定対象住宅の平面図

表-1 各測定日の測定条件

	前年度				本年度	
	2006/10/4	2006/10/25	2006/11/15	2006/12/29	2006/2/3	2006/3/2
温度	20.2[°C]	22.0[°C]	15.2[°C]	20.4[°C]	15.0[°C]	20.2[°C]
相対湿度	70.2[%]	51.0[%]	72.5[%]	37.2[%]	63.3[%]	43.0[%]
暖房	OFF	OFF	OFF	ON ^{※1}	ON ^{※2}	OFF
換気システム	床下装置ON	床下装置ON	床下装置ON	床下装置ON	床下装置ON	床下装置ON
開口部	閉	閉	閉	閉	閉	閉

※1 2F: 居間、ダイニング、和室(東)、和室(西)、3F: 子供室、居室1、居室2に導入

※2 2F: 居間に導入

表-2 測定対象化学物質

		前年度						本年度					
		2004/10/4		2004/10/25		2004/11/15		2004/12/29		2006/2/3		2006/3/2	
		HCHO	VOC	HCHO	VOC	HCHO	VOC	HCHO	VOC	HCHO	VOC	HCHO	VOC
2F	居間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ダイニング	0	0			0	0	0	0				
	和室(東)	0	0					0	0			0	0
	和室(西)	0	0					0	0			0	0
	玄関ホール	0	0					0	0				
3F	ホール	0	0	0	0	0	0	0	0				
	書斎	0	0	0	0	0	0	0	0				
	子供室	0	0	0	0	0	0	0	0				
	居室1	0	0	0	0	0	0	0	0				0
	居室2	0	0	0	0	0	0	0	0				0
寝室	0	0	0	0	0	0	0	0				0	

2. 導入汚染対策品・技術の概要

各居室に、光触媒製品、珪藻土壁、吸着系内装材、空気清浄機、放散面遮断技術、無垢材加工品を導入した。各居室の汚染対策品導入状況を表-3に示す。

表-3 各居室の汚染対策品導入状況

	光触媒製品	珪藻土壁	吸着系内装材	空気清浄機	遮断技術	無垢材加工品
居間				○	○	○
ダイニング						
2F 和室(東)			○	○		○
和室(西)			○	○		○
玄関ホール		○				
3F ホール	○				○	
書斎		○				
子供室		○				○
居室1				○		
居室2				○		
寝室		○	○	○		○

(1) 光触媒製品

測定対象住宅の居室の多くにはオーガニックコットン製のカーテンと光触媒加工のレースカーテンが適用されている。適用例

を図-2 に示す。

なお、前報において3Fホールに同対策品を適用した場合、約33[%]のVOC濃度低減効果が確認されている。



図-2 光触媒カーテンの適用例(子供室)

(2) 珪藻土壁

ホルムアルデヒド分解剤入り珪藻土仕上げ材の塗布状況は前報の通りである。

結果として、同珪藻土建材を塗布することにより、エタノールを除く全てのVOCにおいて低減効果が確認されている。

(3) 吸着系内装材

いくつかの居室において、ホルムアルデヒド吸着カーペットが設置されている。設置例を図-3 に示す。また、筆者らにより、グラフト重合利用化学物質吸着シートのホルムアルデヒド濃度低減効果が確認されているが、同吸着カーペットの下に、グラフト重合利用化学物質吸着シートを敷設した。

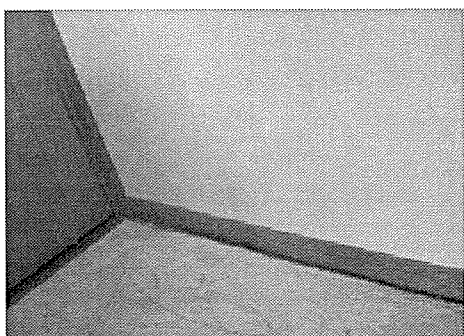


図-3 吸着カーペットの設置例(子供室)

(4) 空気清浄機

各居室は家庭用空気清浄機を設置した。また、今回は全測定対象室において、機器を運転させた状態で測定を行った。

(5) 遮断技術

前報の通り、本対象住宅では下地材から

の化学物質放散防止を目的とした封止系塗料が各所に塗布されている。筆者ら²⁾は、同封止系塗料は多くのVOCに対して発生抑制効果があるものの、エタノールが長期にわたり発生することを報告している。封止系塗料の塗布例を図-4 に示す。

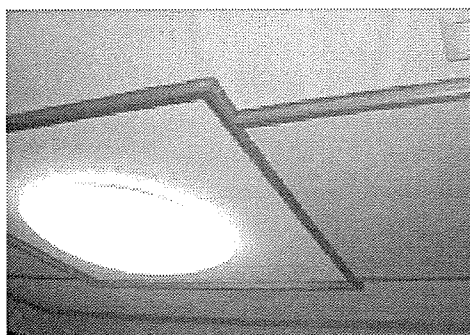


図-4 封止系塗料の塗布例
(2階和室(西)-天井)

また、封止系塗料から発生するエタノールを抑制するため、放散面の被覆処理を行っている。具体的には石膏ボード、ビニールシート、杉製カバー等を用いてエタノール放散の遮断を行った。被覆処理の概要を図-5~6 に示す。

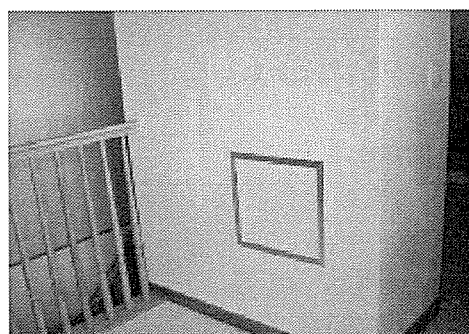


図-5 石膏ボードとビニールシート
(3階ホール-壁)

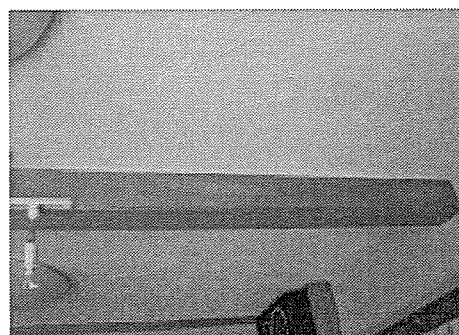


図-6 杉製カバー(居間-梁)

(6) 無垢材加工品

2F 居間と両側の和室との間仕切りにスギ無垢材を用いた建具が設置されている。この建具は化学物質放散について考慮しており、接着剤使用を極力排除した。(図-7 参照) また、床材と寝室に設置してあるベッド等にも無垢材が用いられている。(図-8 参照)



図-7 無垢材建具(居間～和室(西))



図-8 無垢材ベッド(寝室)

(7) その他の対策品

寝室には、インテリア性を備えた低減対策品(備長炭)が設置してある。図-9に設置例を示す。

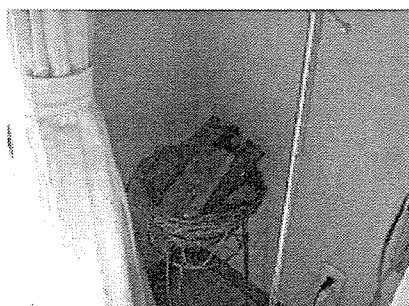


図-9 低減対策品(寝室)

3. 捕集・分析方法

(1) 使用機器および器具

使用機器および器具を以下に示す。

- ・定流量ポンプ(Sibata 社製 Model:MP-Σ 30、MP-Σ 100)
- ・積算流量計(Shinagawa 社製 DC-1A)

- ・炭素系捕集管(Supelco 社製 Air-toxics)
- ・加熱導入装置(Perkin Elmer 社製 Turbo Matrix ATD)
- ・ガスクロマトグラフ/質量分析計(以下、GC/MS)(Perkin Elmer 社製 Turbo Mass Gold)
- ・ホルムアルデヒド捕集管(Waters 社製、Sep-Pak Xposure Aldehyde Sampler)
- ・高速液体クロマトグラフ(以下、HPLC)(日立社製、L-7000 型)

(2) 捕集方法

捕集方法については、前報と同様である。なお、VOCは0.1[L/min]の流量で30[min]、アルデヒド類は1.0[L/min]の流量で30[min]捕集を行った。

(3) 分析方法

VOCとアルデヒド類の分析方法を以下に示す。

- ・VOC(固相捕集-加熱脱着-GC/MS法)
- ・アルデヒド類(固相捕集-溶媒抽出-HPLC法)

C. 結果及び考察

1. ホルムアルデヒド

各居室のホルムアルデヒド濃度を図-10に示す。測定は前報同様、冬期に実施した。計2回のホルムアルデヒド濃度の測定結果は8.97~13.3[ppb]、平均では10.7[ppb]となり、全体的に低い値を示した。また、各種低減対策品導入前と比較すると、室内ホルムアルデヒド濃度は低減傾向にある。ただし、和室(東)については濃度上昇が確認されている。この原因については現在調査中である。

なお、各測定日ごとに暖房や対策品設置の有無などの測定条件が異なるため、季節的変動については検討していない。

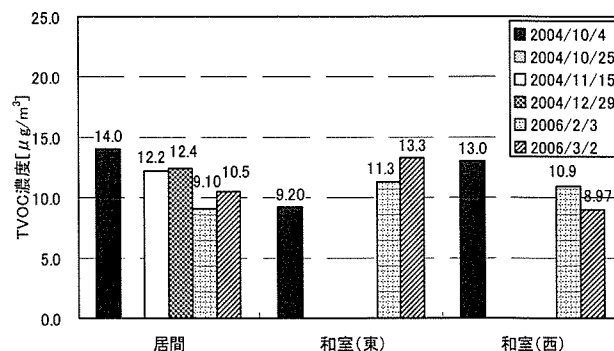


図-10 各居室のホルムアルデヒド濃度(2F)

2. VOC

各居室のVOC濃度を図-11~12に示す。

2006年3月における各居室のVOC濃度は、114~2146[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあり、平均では656[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]となった。特にエタノールの顕著な発生が示された。これは、使用した封止系塗料から放散されたものである。ここで、測定日の測定対象室環境条件を表-3に示す。各居室のVOC成分別濃度を図-13~18に示す。

全測定対象室でエタノールが発生しており、室内濃度は104~2108[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあり、平均では607[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]であった。特に、顕著な発生が見られた2階和室(西)のTVOC値の約98[%]はエタノールであった。以前、この居室の天井面(一部、サワラ材に有機溶剤系塗装仕上げ)ではVOC放散抑制のため、封止系塗料処理を行ったが、今回の調査で竿縁材では多量の封止系塗料が使用されたにも関わらず、塗膜形成が成されていないことが判明した。これが高濃度のエタノールが測定された原因と考えられる。

また、前報にて最も高濃度のエタノールが確認された居間は、2004年12月の測定時よりも22.4[%]低減した。同居室にはエタノール対策として、梁、柱面をビニールシート被覆後に杉製カバーによる封止系塗料塗装面の被覆処理を行っており、建材の履歴とこの技術による低減効果が現れたものと考えられる。測定対象室のエタノール濃度を図-19に示す。

なお、3階居室1におけるスチレン濃度が122[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]を示した。前報においては同居室でスチレンの発生は確認されていない。これは、同居室における畳材(畳床に発泡ポリスチレン材)やベッド(ウレタンマットレス)の影響によるものと考えられる。

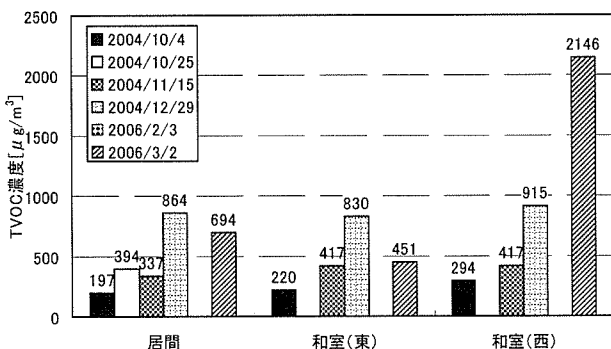


図-11 各居室のVOC濃度(2F)

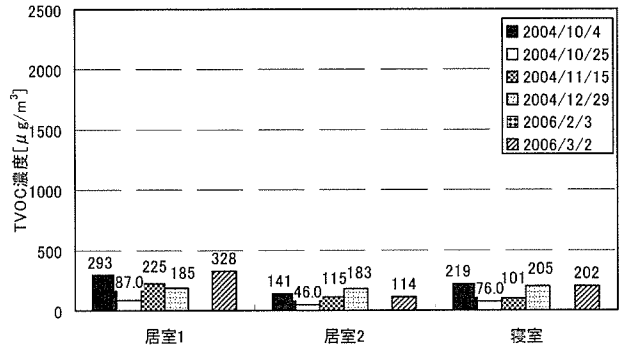


図-12 各居室のVOC濃度(3F)

表-3 測定対象室の環境条件(2006/3/2)

階	居室	温度[°C]	相対湿度[%]	汚染対策
		2F	居間	20.2
	和室(東)	22.7	28.0	①、②、③、④
	和室(西)	20.0	30.3	①、②、③、④
3F	居室1	13.4	38.7	①、③、④
	居室2	13.5	44.3	①、③、④
	寢室	12.0	42.2	①、③、④、⑥

- ①光触媒カーテン
- ②吸着系カーペット
- ③空気清浄機
- ④封止系塗料
- ⑤杉カバー
- ⑥備炭

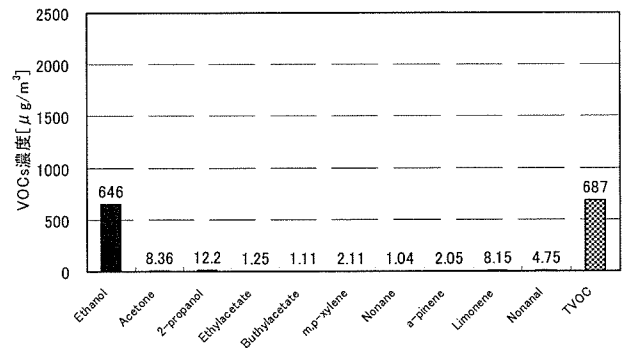


図-13 2F居間のVOCs濃度(2006/3/2)

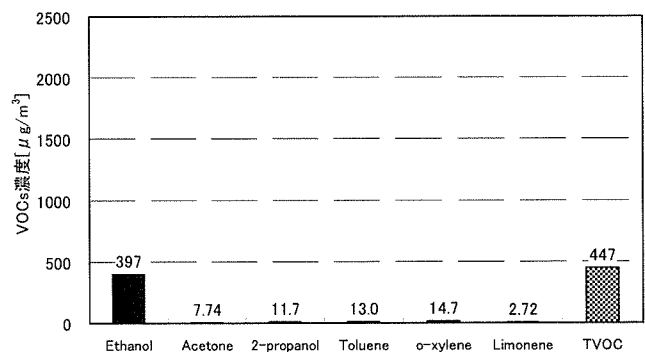


図-14 2F和室(東)のVOCs濃度(2006/3/2)

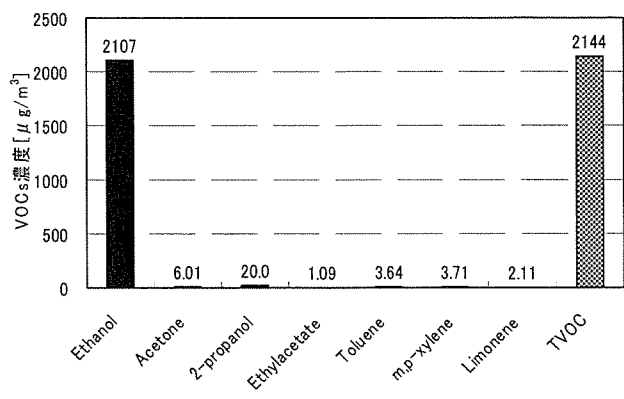


図-15 2F 和室(西)のVOCs濃度(2006/3/2)

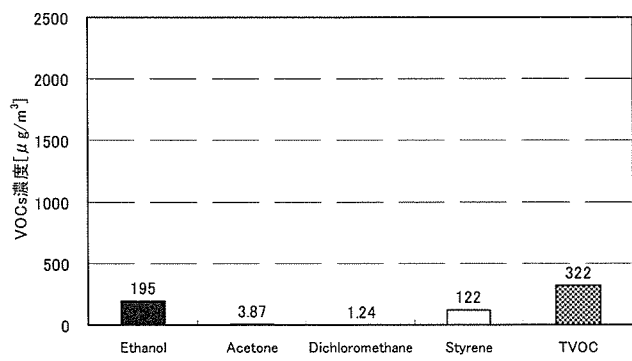


図-16 3F 居間1のVOCs濃度(2006/3/2)

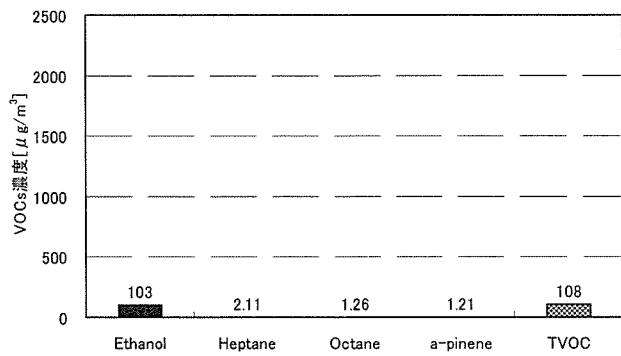


図-17 3F 居間2のVOCs濃度(2006/3/2)

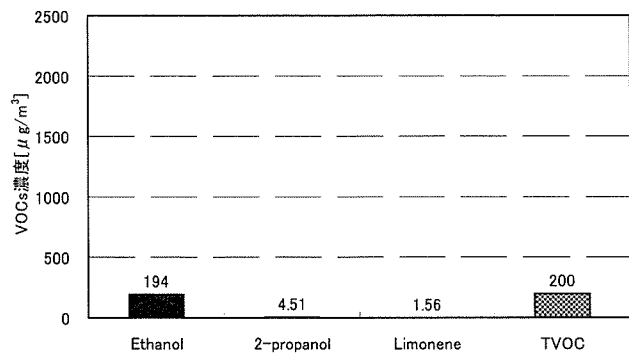


図-18 3F 寝室のVOCs濃度(2006/3/2)

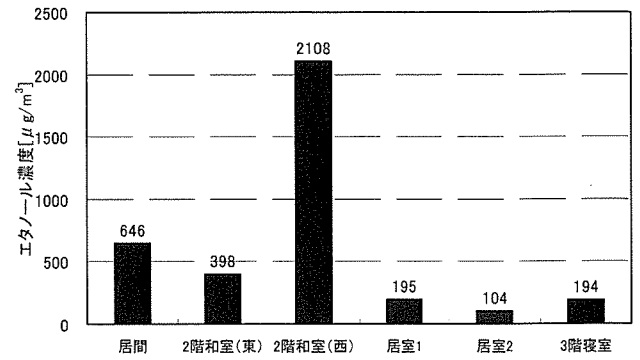


図-19 測定対象室のエタノール濃度(2006/3/2)

D. 結論

本実測において得られた知見を以下に示す。

- 1) 各種対策品・対策技術を導入した住宅における室内化学物質濃度の把握を行った。
- 2) 全ての測定対象室において、エタノールの発生が確認された。これは、以前塗布した封止系塗料に起因する。

E. 今後の課題

- 1) 実験室実験による対策品・対策技術の化学物質低減効果のさらなる実験的検証
- 2) 室内化学物質濃度の季節的変動の把握

F. 健康危機情報

前報同様、エタノールが高濃度で検出され、封止系塗料からエタノールが長期間にわたり放散することが明らかとなった。

G. 知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特になし。

H. 引用文献

- 1) 野崎淳夫、工藤彰訓、吉澤 晋:家庭用空気清浄機使用室におけるガス状汚染物質濃度予測に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.1443-1446、2004年9月
- 2) 野崎淳夫、折笠智昭:ムクフローリング建材、自然塗料からのVOCの発生に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.1411-1414、2004年9月
- 3) 野崎淳夫、山田慎子、成田泰章他:木質建材からの有害化学物質発生に関する研究 室内空気環境とその快適性に関する

研究（その35）、第11回大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp. 32-33、2004年11月

4)野崎淳夫、成田泰章：室内化学物質濃度の実測調査研究、第46回大気環境学会年会講演要旨集、pp. 609、2005年9月

II. 家庭用品の未調査化学物質の検索と

家庭用品中化学物質のデータベース構築に関する研究

1. 家庭用品中放散化学物質の測定方法の開発

1. 1. 炭素系吸着剤の常温吸着・熱脱離特性の測定

千葉大学 工学部 大坪 泰文

1. 2. アルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体の異性化

千葉大学 工学部 大坪 泰文

1. 3. カルボン酸とアルデヒド・ケトン類の同時分析

千葉大学 工学部 大坪 泰文

1. 4. フタルアルデヒドの分析

千葉大学 工学部 大坪 泰文

2. 新しい放散試験方法の開発

2. 1. 閉鎖空間から放散する化学物質の測定

千葉大学 工学部 大坪 泰文

3. 未調査化学物質の室内の評価法と存在に関する研究

3. 1. 家庭用品から放散させる揮発性有機化合物の

相対的評価測定方法に関する研究

国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 神野 透人

3. 2. 室内における微小ナノ物質の挙動及び健康影響評価に関する研究

武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典

4. 家庭用品に使用される化学物質のデータベースの構築に関する研究

国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部 石光 進

II. 家庭用品の未調査化学物質の検索と家庭用品中化学物質の

データベース構築に関する研究

分担研究者	安藤 正典	武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室	教授
	神野 透人	国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部	第一室長
	石光 進	国立医薬品食品衛生研究所	安全情報部 室長
	大坪 泰文	千葉大学 工学部	教授
協力研究者	森田 健	国立医薬品食品衛生研究所	安全情報部 主任研究官
	香川 聡子	国立医薬品食品衛生研究所	環境衛生化学部 技術補助員
	内山 茂久	千葉大学 工学部	教授
	松島江里香	国立医薬品食品衛生研究所	環境衛生化学部 協力研究員
	皆川 直人	グリーンブルー株式会社	
	長宗 寧	グリーンブルー株式会社	
	大嶋理恵子	グリーンブルー株式会社	

本課題では、平成 15 年度までの過去 8 年間にわたる全国調査により、室内空気中での存在が明らかとなった化学物質について発生源たる各種家庭用品それぞれの寄与率を評価するための基盤的研究を実施することとした。さらに、過去に調査がなされていない WHO 等の国際機関等により、室内汚染が指摘されている化学物質については存在実態を明らかにした上で評価を行うこととした。

データベース構築に向けて、提出されたデータをもとに暴露評価及びリスク評価手法を開発した。

本課題では、

- II-1. 家庭用品中放散化学物質の測定方法の開発
- II-2. 新しい放散試験方法の開発
- II-3. 未調査化学物質の室内の評価法と存在に関する研究
- II-4. 家庭用品に使用される化学物質のデータベースの構築に関する研究

について検討した。