

新築住宅を対象とした化学物質汚染に関する実測調査

T 9 7 K 4 4 5 H 長谷川 高志
指導教官 赤林 伸一 助教授

1 研究目的

近年、化学物質過敏症いわゆる新築病が顕在化した社会的な問題になっている。この問題の原因は、住宅の高気密化による自然換気量の減少、建材や接着剤・塗料等から発生するホルムアルデヒドやVOC's等の化学物質による室内空気汚染であると考えられている。

本研究では新築住宅を対象として、室内におけるVOC'sの発生量を定量的に測定し、発生量の時間的変化を明らかにする。更に、使用建材の種類と化学物質の発生量の関係を解析し、住宅設計や換気計画を行う上での基礎資料を蓄積することを目的とする。

2 研究概要

2.1 調査対象

対象住宅の概要を表1に示す。新潟県内の戸建新築住宅4棟を対象とする。対象住宅Aの平面を図1に示す。対象住宅Aは木造2階建て、熱損失係数は $1.4 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ 、隙間相当開口面積は $2.6 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ である。天井と壁は共に石膏ボード下地であり、壁にはビニールクロスを使用し、天井の小巾板は無塗装の無垢材を使用している。床のフローリングには合板を用いワックスが塗布されている。

2.2 測定方法

測定システムを図2に示す。VOC'sの住宅全体の発生量を調べるため、排気ファンにより常時1ヶ所から強制排気し、排気空気中のVOC'sの濃度を測定する。排気量は、 $350 \text{ m}^3/\text{h}$ (換気回数1.55回/h)である。TenaxTAを吸着剤として充填した捕集管に、サンプリングポンプで $100 \text{ ml}/\text{min}$ 、合計6Lの排気空気を吸引捕集する。温湿度の測定に

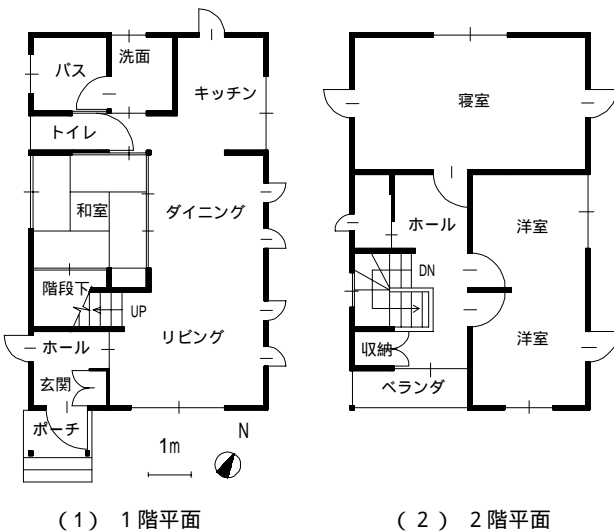


図1 対象住宅Aの平面

は小型のメモリー付き温湿度計を用い、10分間隔で記録する。温湿度の測定位置は2階の洋室と1階のリビングの床上110cmで行う。測定中は窓やドアを閉鎖し、室内の間仕切りはすべて開放する。調査期間は7日間でサンプリングは4時間毎に行う。

2.3 分析方法

表2に分析を行う29種のVOC's分類一覧を示す。TenaxTAに吸着したVOC'sを加熱脱着装置により脱着し、ガスクロマトグラフ質量分析計を用い分離定量を行う。

3 測定結果

対象住宅Aで測定された一部の化学物質濃度と室内温度の時間変化を図3に示す。また、測定された分類別VOC's濃度を図4に示す。

この対象住宅では、ほとんどの化学物質の濃度が経過時間により減衰する傾向が見られる。相対的に高い濃度だった物質は、 α -ピネン、 β -ピネン、トルエンであった。主として室内温度の上昇に伴い、 α -ピネン、 β -ピネン、トルエンの濃度が増加する。また、 α -ピネンも温

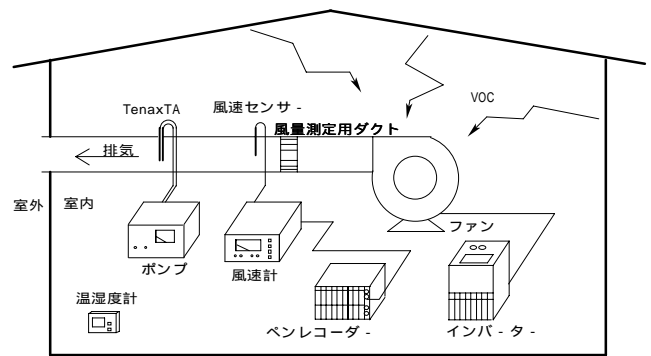


図2 室内化学物質濃度の測定系統

表2 対象とするVOC'sの種類

種類名	物質名	種類名	物質名	
アルカン類	ヘキサン	芳香族炭化水素類	ベンゼン	
	2,4-ジメチルペンタン		トルエン	
	ヘプタン		エチルベンゼン	
	オクタン		m,p-キシレン	
	ノナン		スチレン	
	ウンデカン		o-キシレン	
ハロカーボン類	クロロホルム		1,3,5-トリメチルベンゼン	
	1,1,1-トリクロロエタン		2-エチルトルエン	
	テトラクロロメタン		1,2,4-トリメチルベンゼン	
	トリクロロエチレン		1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	
	1,2-ジクロロプロパン		テルペン類	α -ピネン
	プロモジクロロメタン			β -ピネン
	ジプロモクロロメタン	アルデヒド類	ノナール	
	テトラクロロエチレン	ケトン類	4-メチル-2-ペンタノン	
	p-ジクロロベンゼン			

表1 対象住宅の概要

対象住宅	住宅A	住宅B	住宅C	住宅D-1 濃度低減工法施工前	住宅D-2 濃度低減工法施工後
所在地	新潟県新潟市	新潟県新潟市	新潟県新潟市	新潟県新潟市	新潟県新潟市
構造	木造2階建	木造2階建	木造2階建	木造2階建	木造2階建
延べ床面積(m ²)	91.9	134	230	171.8	171.8
容積(m ³)	225.2	400	620	463.9	463.9
気密性能(A')(cm ² /m ²)	2.6	6.2	2.5	1.9	1.9
調査期間	1999.12.21 ~ 12.27	2000.3.23 ~ 3.29	2000.4.3 ~ 4.12	2000.10.2 ~ 10.5	2000.10.10 ~ 10.13

度上昇に伴う増加が見られるが、常時濃度が高い。全体的に温度が上昇すると VOC 's 濃度が増加する傾向がみられる。分類毎の VOC 's 濃度では、芳香族炭化水素類が最も多い。また、種類毎の濃度では、 α -ピネンが最も多く検出され、その平均濃度は $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。トルエンの平均濃度は $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、スチレンは $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ベンゼンは $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、m-p-キシレンと β -ピネンは $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。

4 化学物質と建材の関係

対象住宅 A は化学物質について十分な配慮された家ではないが、VOC 's やホルムアルデヒドの大きな発生源となりうるフローリングには樹脂製ワックスを用い、合板は F1' を使用している。壁には塩化ビニルクロスを使用しており、ビニル樹脂用接着剤を使用している。

また、この対象住宅にはすでに家具が設置しており、家具からも化学物質が発生していると考えられる。特に濃度の高い α -ピネンは、建材として使用されている合板及び、天井の無垢材から発生したものと考えられる。また、トルエンはビニルクロスの接着剤から主に発生したものと考えられ、スチレンは断熱材の他、畳などからも発生していると考えられる。

[*F1:日本農林規格(JAS)による合板で、ホルムアルデヒドの水中放散量が平均値 0.5mg/l 以下、最大値 0.7mg/l 以下の合板やフローリングのこと。]

5 住戸全体の TVOC 濃度

今回測定した 29 種の VOC 's 濃度を求め、その時間変化から減衰曲線 $y=Ae^{Bx}$ を導き出し、許容濃度以下となるまでの時間と発生総量を算出する。ガイドライン値としては、WHO による TVOC の目標値 $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を参考にする。

近似式による TVOC 濃度と時間の関係を図 5 に示す。TVOC 濃度

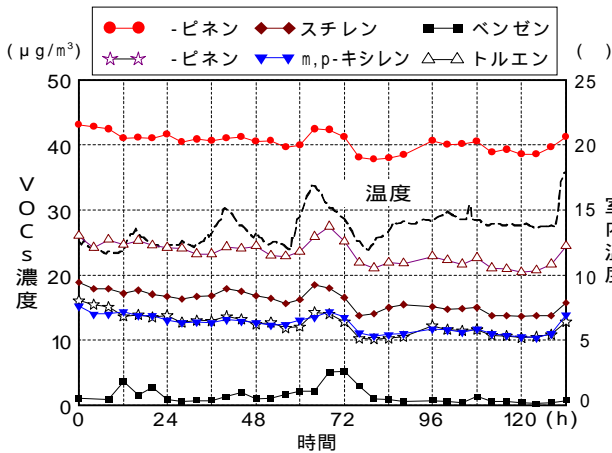


図 3 対象住宅 A における VOC 's 濃度と温度変化

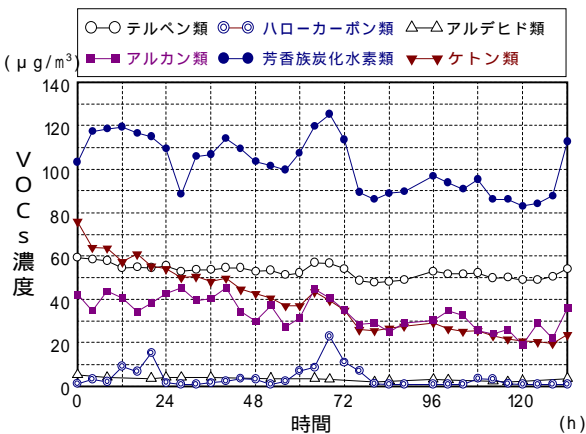


図 4 対象住宅 A における分類別 VOC 's 濃度

の時間による減衰の傾向が大きいことが分かる。TVOC 濃度と時間の関係から得られた近似式 $y=313\exp(-3.6 \times 10^{-3} \times x)$ より、これらの VOC 's の濃度が許容濃度以下となるのは、換気回数 1.55 回/h を保ったとき、測定開始時より約 12 時間後であり、発生した VOC 's の総量は 1.28g となる。

6 住宅全体の平均 TVOC 濃度と床面積当たりの放散速度

全対象住宅の平均 TVOC 濃度の実測値、換気回数を 0.5 回/h と仮定した場合の平均 TVOC 濃度、単位面積当たりの TVOC 放散速度を図 5 に示す。対象住宅 A、B では、実測時の換気回数が共に 1.6 回/h でその時の濃度は各々 $251 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $406 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であるが、換気回数を 0.5 回/h と仮定すると濃度は $803 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $1299 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で比較的多く発生している。また、放散速度は各々 $1.0\text{mg}/\text{h}\cdot\text{m}^2$ 、 $1.9\text{mg}/\text{h}\cdot\text{m}^2$ であった。対象住宅 C は室内空気汚染に配慮して建てられた住宅であり、他の住宅と比較して極めて発生量が少なく、ガイドライン値以下である。また、放散速度も $0.4\text{mg}/\text{h}\cdot\text{m}^2$ で他の住宅と比較して小さい。対象住宅 D では、換気回数を 0.5 回/h と仮定した場合、濃度低減工法施工前では $1648 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と比較的高い濃度だが、施工後は $1334 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と若干減少している。しかしながら、他の住宅と比較すると TVOC 濃度、TVOC 放散速度は相対的に大きい。

7 まとめ

どの住宅でも α -ピネンが最も大量に検出された。これは建材として使用された合板から多く発生しており、住宅に大量に使用されているためであると考えられる。

4 棟の住宅を比較すると、同じ新築住宅でありながら建材や工法によって、発生する化学物質の発生量や種類が異なる。

室内温度の上昇に伴い、VOC 's 濃度も増加し、室温と VOC 's 濃度には相関関係がある。

排気を続けた場合、TVOC 濃度は全体的に減衰する傾向を示した。

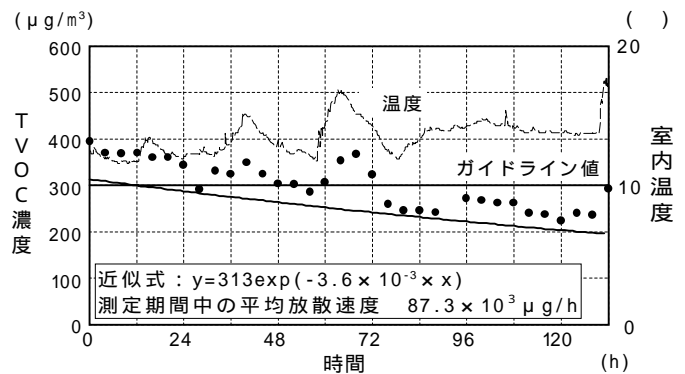


図 5 対象住宅 A における TVOC 濃度

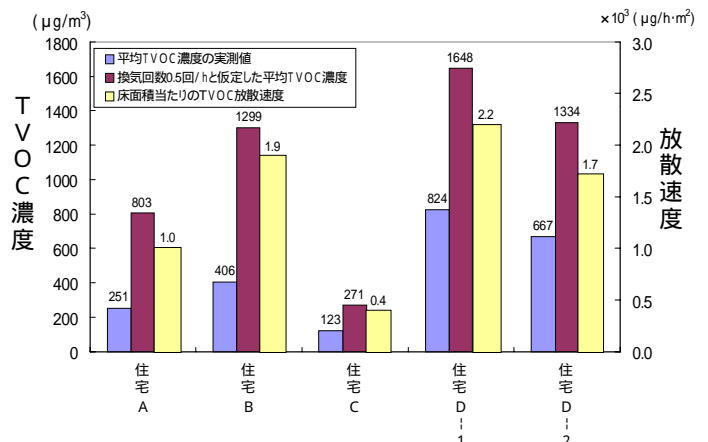


図 6 全対象住宅における平均 TVOC 濃度と床面積当たりの TVOC 放散速度