

情報の認知による室内空気質改善効果に関する研究

環境システムコース 環境プロセス工学分野 36780 常名美貴

1. 背景

室内化学物質汚染が社会的に大きな問題となって以来、多くの研究機関において研究が行われ、法律の改正や建材の規格化が進められてきた。しかし、家具の持ち込みや規制外物質による室内空気質汚染問題は未だ解決に至っていない。このことは、規制による室内化学物質の管理手法には限界があることを示している。また、近年 24 時間換気システムの設置が義務付けられたが、その管理は居住者の自己責任となっているため、健康影響を考慮する上で十分な換気量が確保できていない可能性もある。こうしたことから、室内空気質を快適な状態に保つためには居住者自身の手による対策・行動が必要であると考えられるが、室内化学物質は目に見えるものではないことや、居住者が簡単に測定できる方法がないことから対策は遅れがちである。従って、今後室内化学物質汚染を防ぐためにも、居住者への正しい知識の教育と共に、より良い環境測定手法及び居住者への情報提示手法を提案していく必要がある。しかし、情報の認知が居住者に与える影響に関してはこれまでに研究が行われていない。

2. 目的

本研究では、室内環境に関する情報の認知が居住者の意識・行動に与える影響を調査し、結果の表示だけでなく、対策として換気を推奨することにより室内空気質がどの程度改善できるかを明らかにすることを目的とし、フィールドを用いた室内環境評価前後の室内空気質及び意識・行動調査、室内環境評価（情報提示）の効果の検証を行う。

3. 調査の流れ

本研究では、対象住宅において室内環境調査及びアンケート調査を行った後、その測定結果を居住者に提示した。その後、再度測定を行い、居住者の意識や行動・室内汚染状況に変化があるか否かを統計的に解析した。さらに、対照群として、測定結果を提示せずに 2 回連続で測定する群を設けた。分類は測定前に無作為抽出した。

対象住宅

調査協力を依頼し承諾を得ることができた住宅のうち、これまでに室内環境測定を行ったことのない（室内化学物質についての情報を知らない）住宅 50 軒である。

測定場所

居住者の生活の拠点となっている場所とし、主に居間であるが一部寝室等にも設置した。また、外気の化学物質濃度を把握しておくために屋外濃度も同時に測定した。

測定項目

室内環境の評価を行うために、室内化学物質濃度測定と換気率の測定を行うこととした。対象とする化学物質は、厚生労働省でガイドラインが策定されている VOCs のうち室内で頻繁に検出される formaldehyde、acetaldehyde、toluene、xylene、ethylbenzene、p-dichlorobenzene とした。換気率は、測定期間中の平均換気率を測定することとした。また、室内外の温湿度の測定も行った。

測定期間

化学物質濃度、換気率ともに測定期間は約 1 週間である。第 1 回目の測定と第 2 回目の測定において、居住者の生活パターンの違いによる影響を少なくするように、調査開始曜日は第 1 回目と第 2 回目とで同一曜日にする事で測定期間中の生活サイクルをそろえるように考慮した。調査は 2004 年 12 月～2005 年 7 月までの間に行い、1 住宅における 2 回の測定は季節の違いによる生活パターンの差などを排除するよう、できるだけ 1 ヶ月以内に行った。ただし、居住者の都合により 1 ヶ月以上かかっている住宅もある。

測定方法および分析方法

A)化学物質

化学物質のサンプリングは、可能な限りその部屋を代表すると考えられる1点において、分子拡散のみを利用するパッシブサンプリングで行うこととした。カルボニル類の測定は、2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH)カートリッジ (Sep-Pak XPoSure Aldehyde Sampler, Waters Ltd.) をサンプラーとして用い、サンプリング後1週間以内にアセトニトリル 10mL で抽出し、HPLC で分析した。VOCsの測定は吸着剤 (carbopack B Supelco) を充填した加熱脱着チューブを用いてパッシブサンプリングを行い、加熱脱着/GC-MS で分析を行った。分析条件は既往の研究¹⁾を参考に行った。

B)換気率

換気は、1時間の流入外気量を示す換気量(m^3/hr)や、1時間あたりの対象空間の空気が入れ替った回数を示す換気率($1/hr$)で表される。これらは対象空間にトレーサーガスを撒き、その平均濃度や濃度変化から求められる。本研究では、長時間の平均換気率を求めるのに適している PFT(Perfluorocarbon Tracer Technique)法を用いることとした¹⁾。

4. 情報提示の方法

居住者への提示情報としては、室内化学物質濃度測定結果及び、換気量測定結果、主要な放散源、また、室内空気質測定の結果をもとに、室内環境評価を総合的にAAAからDまでで評価したものをを用いることとした(室内環境学会案)。さらに、汚染対策としては換気を推奨した。情報提示の際、居住者に対する予備情報の量によって、情報提示内容に差が生じ、結果として居住者の行動に違いをもたらしてしまう可能性があるため、情報提示は口頭でなく、情報を記載した用紙を居住者に渡す(郵送あるいは直接受け渡し)ことでのみ行い、居住者に情報が伝達される方法に差がないよう配慮した。

5. 結果

5.1. 意識調査結果

Table1 に、情報を提示していない群(以下対照群)と情報提示群における化学物質に対する意識調査結果を示す。本調査では、情報提示群と対照群の両方で化学物質の意識について高中低3段階で評価をしてもらっている。Table1 では、評価結果が上がった居住者、変わらなかった居住者、下がった居住者に分け、その内訳を示している。Table1 より、情報提示した群における情報提示後の意識は“中”に集約する傾向があることがわかる。これは、化学物質濃度がガイドラインを超えた住宅が少なかったことにより安心した居住者が多いという点、そして、情報の認知によりこれまで注目していなかった化学物質への関心度が上がった、という両方の効果によるものであると考えられる。化学物質に対して意識しすぎても、全く意識せずにいることも良いとは言えず、適度に意識しておくことが重要であると考えられることから、情報を伝えることによって、居住者の意識をある程度良い方向へ向けることができたといえる。

5.2. 換気量測定結果

Fig.1 に情報提示群と対照群の1回目(Before)と2回目(After)の換気量測定結果を示す(情報提示群 $n=21$ 、対照群 $n=7$)。Fig.1 より、対照群は情報提示前後で大きく変わらない傾向がある一方、情報提示群においては情報提示後(2回目)の方が、換気率が高いという傾向があることがわかる。そこで、情報提示群の換気率上昇が統計的にも有意なものであるかどうか、解析を行っ

Table1 意識調査結果

		情報提示なし		情報提示あり	
上がった	中高	0	4		
	低中	1	7		
	低高	0	0		
変わらない	高高	2	1		
	中中	5	12		
	低低	0	3		
下がった	高低	0	1		
	高中	2	4		
	中低	0	4		

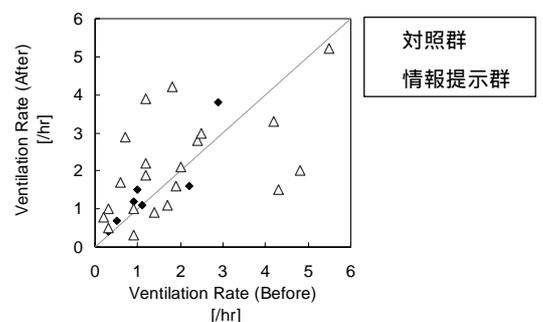


Fig.1 換気量の変化

たところ、有意確率は情報提示群 = 0.079、対照群 = 0.484 となった(wilcoxon の符号付順位和検定, $\alpha=0.05$)。このことから、統計的有意差は見られなかったものの、対照群と比較して情報提示群の換気率は上昇する傾向にあると言える。またアンケート結果より、居住者の窓開け時間も増加していることがわかった。しかし、換気は温度条件や雨の日などの条件によっても変動すると考えられる。そこで、以下のモデル(1)において、情報認知の寄与がどの程度あるのかを決定係数より算出することとした。換気量 Q 算出のモデルとしては、以下のようなものを考える。

$$Q = \beta + I + T + R + (\text{Basic Ventilation}) \cdots (1)$$

ここで β =定数、 I は情報の提示の有無を示すダミー変数(あり: 1、なし: 0)、 T は温度 [], R は測定期間中の雨天の割合[%]をいう。*Basic Ventilation*(=*const.*)とは住宅そのものが持つ換気量であり、本研究では1回目と2回目で変わらないものと仮定している。従って、 ΔQ に影響を与えるパラメーターとして情報提示の有無と平均外気温度、測定期間中の雨天の割合を設定する。重回帰分析の結果、本モデルの R^2 は 0.379、有意確率は 0.006 となり、情報提示前後における換気量の変動の約 40%を情報と温度、雨天割合で説明することができることがわかった。情報の効果としては、1時間あたり約 30m³ 分の換気量の増加に寄与することがわかった。これは、6 畳の部屋であれば換気率にして約 1.3 回/hr、8 畳の部屋であれば約 1 回/hr に相当する。また、温度の寄与は 1 度上がると 3m³/hr の換気量増加、雨の日は 104m³/hr の換気量低下に寄与するという結果であった。

ただし、換気量は単純に増えればよいというものではなく、問題となってくるのは換気率が基準値の 0.5 回/hr を下回っている場合である。従って、測定の結果換気率が低かったものに焦点をあてたものを Fig.2 に示す。Fig.2 より、本調査において、1 回目に換気率が低かった住宅に関しては情報提示後に換気率が上がっていることがわかる。しかし、その中で、上昇率が低かった住宅(Fig.2 点線内の 2 点)に関しては、アンケートで聞いている窓開け時間に差が見られなかった。この 2 点については、居住者が日中家を留守にしているため、行動を起こせず、結果として改善が見られなかったものと考えられる。従って、仕事などで日中外出していることが多い住宅においては、何らかの対策が必要であると考えられる。一方、情報提示前にガイドラインをクリアしていたにもかかわらず、2 回目の測定時にガイドラインを下回った住宅も存在した(Fig.2 線内の 1 点)。この住宅に関しては、前後で大きな温度の差も認められず、アンケートによる窓開け時間にも差は見られなかった。これは、本調査では把握できないパラメーターである室内ドアの開閉状況の違いや室内空気の混合状態の違いなどが原因として考えられる。

5.3. 化学物質濃度測定結果

Table2 に今回測定した物質の室内濃度と屋外濃度の比(I/O 比)の平均値を示す(n=49)。I/O 比が 1 を超過している場合、その物質の放散源は主に室内にあると考えられる。本調査における測定物質の I/O 比は全てにおいて 1 を大きく超えた。従って、測定した化学物質の発生源は主に室内であったと考えられる。対象住宅における 1 度目の濃度測定結果の分布を

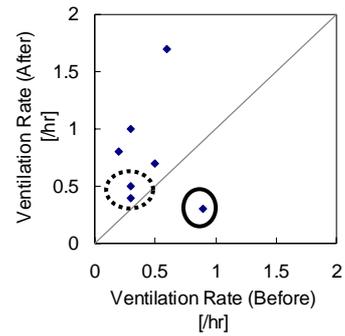


Fig.2 換気率が低かった住宅における換気率の

Table2 I/O 比 Indoor / Outdoor	
Formaldehyde	6.9
Acetaldehyde	3.1
Toluene	2.9
Ethylbenzene	3.9
Xylene	6.0
p-Dichlorobenzene	28.5

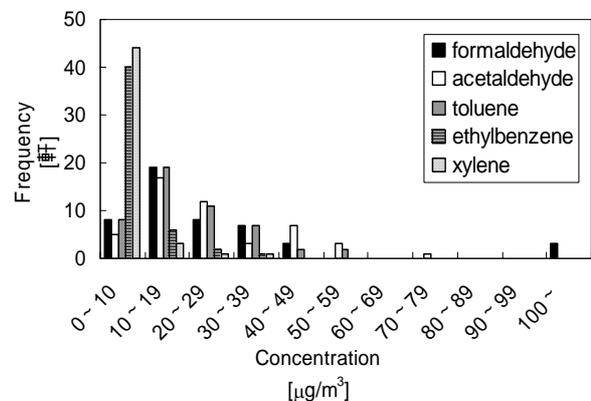


Fig.3 調査対象物質の濃度分布

Fig.3 に示す。Fig.3 より、formaldehyde、acetaldehyde、toluene、ethylbenzene、xylene、ともに厚生労働省が実施した 1400 軒を対象にした全国調査²⁾と同様の分布となった。測定値がガイドラインを上回った物質は formaldehyde と acetaldehyde のみで、ガイドライン超過率は formaldehyde が 6.3% で全国調査の 5.3%(平成 15 年度実績)とほぼ同じような結果となった。また、acetaldehyde の濃度超過率も 8.3% で全国調査の 9.5% とほぼ同じレベルであった。従って、本調査における対象住宅のサンプリングバイアスは、全国調査と比較してもそれほど大きくないと考えられる。Fig.4~6 に 3 物質の 1 回目(Before)と 2 回目(After)の測定結果を示す。測定対象物質のうち、対照群に有意差が見られないにもかかわらず情報提示後有意に濃度が低減した物質は toluene、ethylbenzene、xylene であった。これは、換気の効果によるものであると考えられる。しかし、formaldehyde に関しては対照群、情報提示群共に濃度が上昇した。formaldehyde は温度の影響を比較的受けやすいことから、1 回目の測定時と比較し 2 回目の室温が高かったことが原因である可能性が高い。次に acetaldehyde についてであるが、本物質は調査で最もガイドライン超過率が高かった物質である。統計解析の結果、対照群は有意に上昇、情報提示群は前後で有意差なし、という結果となった。acetaldehyde 濃度に影響を及ぼす因子として、温度、屋外濃度、飲酒、喫煙等が挙げられるが、先に述べたように 2 回目の測定時の温度は上昇しているため、情報提示群は換気の効果によって 1 回目の濃度レベルを保つことができたとも考えられる。しかし、アンケート結果より、対照群における飲酒があった住宅の濃度が上昇していることがわかった。従って、飲酒が対照群の濃度上昇に影響を与えている可能性も同様に考えられる。その他の原因としては、温度上昇や食品由来のもの、アルコール系の生活用品、喫煙などが挙げられる。

6. 結論

室内化学物質・換気に関する情報及び室内環境汚染対策としての換気の推奨が居住者の意識・行動に与える影響・効果を調査した結果、これらの情報の提示が居住者の意識・行動(窓開け換気)に有効に働いていることがわかった。一方、化学物質については、その放散量が温度などの条件によって変動してしまうことから、全ての物質において濃度を低減させることはできなかった。しかし、情報を認知していない群と比較すると環境は改善していることから、室内環境に関する情報認知に有効性が示唆されたため、今後は、自治体や企業などにより環境測定や室内化学物質汚染問題の教育を推進していくと共に、より効果的な情報提示方法を模索していく必要がある。

[参考文献]

- 1) 奥泉裕美子, 単一レーザーガス測定による複数ゾーンの換気量推定法とその信頼性評価に関する研究, 平成 16 年度東京大学修士論文
- 2) 国土交通省, 平成 15 年度室内空気中の化学物質濃度の実態調査

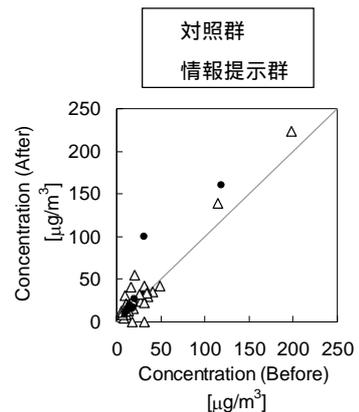


Fig.4 formaldehyde 濃度変化

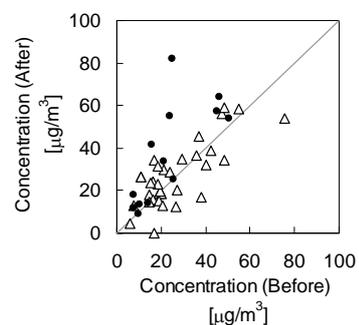


Fig.5 acetaldehyde 濃度変化

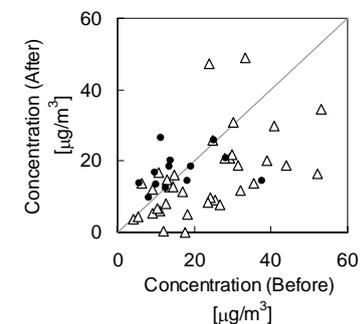


Fig.6 toluene 濃度変化