

総説

化学物質による室内空気汚染

辻 清美

Indoor air pollution caused by chemicals in Japanese houses

Kiyomi TSUJI

Key Words : Sick house syndrome,
Indoor air chemicals,
Health risks, VOCs

はじめに

住宅の気密化とともに建材から揮散する化学物質が原因で、室内空気が汚染され、居住者に様々な体調不良が発生する事例が報告されている。このように、住まいが原因となって発生する様々な症状をシックハウス症候群と呼ぶ。症状は目がチカチカする、のどが痛い、頭痛やめまい、鼻水や涙、せきがでる、皮膚が乾燥し、赤くなるなど多様で、症状発生の仕組みを始め、未解明な部分が多く、様々な複合要因が考えられる。また、シックハウス症候群は住宅の高気密化や建材から揮散する化学物質だけでなく、家具や家庭用品から揮散する化学物質、これら化学物質に対する感受性、さらにカビ、ダニ等生物由来のアレルゲンなど様々な要因が複雑に関係して発症すると考えられている。シックハウス症候群は個人住宅だけでなく、オフィスビル、学校などでも問題となっている^{1,2)}。

神奈川県においても、2005年県立保土ヶ谷高校シックハウス事故が報告された³⁾。教職員と生徒がシックハウス症候群とみられる頭痛や吐き気などの症状を訴え、大きな問題となった。原因は雨漏り対策のために実施した屋上防水補修工事であった。防水塗装の下地に使用した防水剤プライマーにキシレンやエチルベンゼン等多量の化学物質が含まれており、下塗りを行ったスラブ（コンクリート床）のクラックから浸透、拡散し、スラブ下の木毛セメント板を通して天井裏から室内へ放散したと考えられる。

本稿では、我が国におけるシックハウス対策の経過と神奈川県衛生研究所が取り組んできた調査および関連研究について概説する。

国のシックハウス対策の経過

住宅の環境に起因する健康被害の発生が1990年代に指摘されるようになり、シックハウス問題が明らかにされた。1997年、厚生省（現厚生労働省）は快適で健康的な住宅に関する検討会で、シックハウス症候群の主要な原因物質であるホルムアルデヒドの指針値を策定した。その後シックハウス問題に関する検討会を実施し、2002年までにホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、クロルピリホス、フタル酸ジ-n-ブチル等13物質について室内濃度指針値を設定した（表1）。

また、文部科学省は2002年2月および2004年2月に学校内教室等の空気に関する学校環境衛生の基準の改定を行い、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、エチルベンゼン及びスチレンの計6物質を対象に判定基準を設定し、定期検査を義務づけた（表1）。

国土交通省が室内空気中の化学物質濃度の現状を把握することを目的として、2000年度から6年間にわたり実態調査を行った⁴⁾。図1に国土交通省が実施した室内空気中の化学物質実態調査で、新築住宅（竣工後1年以内の住宅）における指針値超過住宅の割合を示した。また、2003年7月から施行された改正建築基準法では、クロルピリホスを添加した建材は使用禁止とし、ホルムアルデヒドを発散する恐れのある建材は一定面積以上の使用が制限された。さらに、換気設備の義務付け（原則として全ての建築物に機械換気設備の設置の義務付け）、天井裏等の制限（天井裏等についても、ホルムアルデヒドの発散の少ない建材にし、機械換気設備を天井裏等も換気できる構造とする）が定められた。

図1に示すように2003年7月施行の建築基準法の改正以後、ホルムアルデヒドとトルエンの指針値超過住宅の割合は、著しく減少していることから、新築住宅に関する建築基準法の改正が極めて有効であった。しかしながら、シックハウス問題は依然として新聞等で報道されており、2005年以降、国民生活センターのシックハウス関係の相談⁵⁾は減少しつつも、依然として続いている。これらのことから中古住宅のリフォーム、家具、家庭用化学製品やシロアリ駆除剤等に起因するシックハウス問題は未だに解決されていないと思われる。

表1 室内空气中化学物質の指針値

物質名	主な用途	厚生労働省		文部科学省の学校環境衛生の基準
		室内濃度指針値*		判定基準
ホルムアルデヒド	合板、接着剤、防かび剤	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.08 ppm	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
トルエン	塗料、接着剤、塗料用溶剤	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.07 ppm	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
キシレン	塗料、芳香剤、接着剤、油性ペイント	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.20 ppm	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
パラジクロロベンゼン	衣料用防虫剤、トイレ用防臭剤	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.04 ppm	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
エチルベンゼン	塗料、接着剤	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.88 ppm	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
スチレン	断熱材、畳、接着剤、発泡スチロール	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.05 ppm	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
フタル酸ジ-n-ブチル	プラスチック可塑剤、塗料、顔料、接着剤	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.02 ppm	-
クロルピリホス	殺虫剤、防虫剤、防蟻剤	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.07 ppb	-
テトラデカン	灯油、塗料	小児の場合 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.007 ppb	-
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	プラスチック可塑剤、壁紙、床材	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.04 ppm	-
ダイアジノン	殺虫剤	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7.6 ppb	-
アセトアルデヒド	接着剤、防腐剤	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.02 ppb	-
フェノブカルブ	殺虫剤、防蟻剤	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.03 ppm	-
		33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.8 ppb	-
総揮発性有機化合物(TVOC)	室内空气中の揮発性有機化合物の総量 室内空気質の目安	暫定目標値 (トルエン換算値) 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

*両単位の換算は25℃の場合

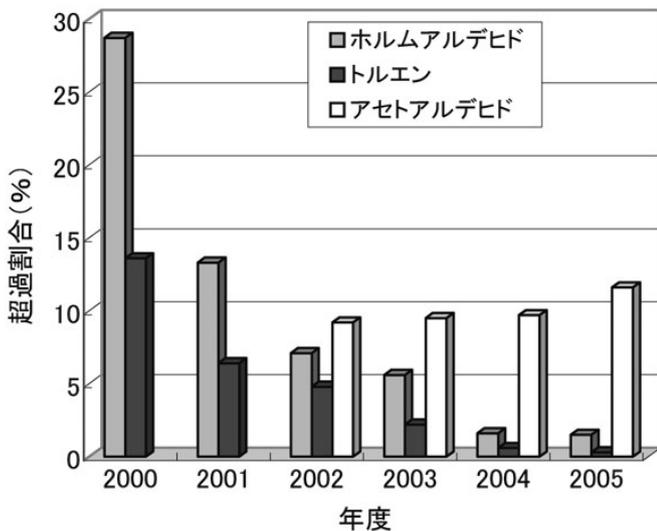


図1 室内空气中の化学物質濃度実態調査結果 新築住宅における超過住宅の割合 -国土交通省-

神奈川県衛生研究所のシックハウス対策への取組み

1. 住まいと健康サポート推進事業 (1998-2008年)

神奈川県は居住環境が及ぼす健康被害の未然防止や軽減を図り、快適な居住環境を確保するため、「住まいと健康サポート推進事業」を実施し、神奈川県衛生研究所では室内空気を汚染する化学物質、ダニおよびカビアレルゲンの調査と室内空気汚染化学物質の低減化対策につ

いて検討した。

竣工1ヶ月未満における未入居集合住宅20件について調査したところ^{6,7)}、ホルムアルデヒドの室内での揮散は温湿度に依存するので、図2に示すように、夏季に竣工した住宅では高い濃度を示すとともに全ての住居で指針値を越えた。新築時や増改築時には、化学物質放散が少なく、放散のない建材・施工材を選択することが健康被害を低減する上で有効であること、また、換気がホルムアルデヒドの除去に効果があることが示された。その他、試作した空気清浄機による揮発性有機化合物 (volatile organic compounds, 以後VOC) 除去効果⁸⁾やホルムアルデヒドの分析法の検討等の研究を行った⁹⁻¹¹⁾。

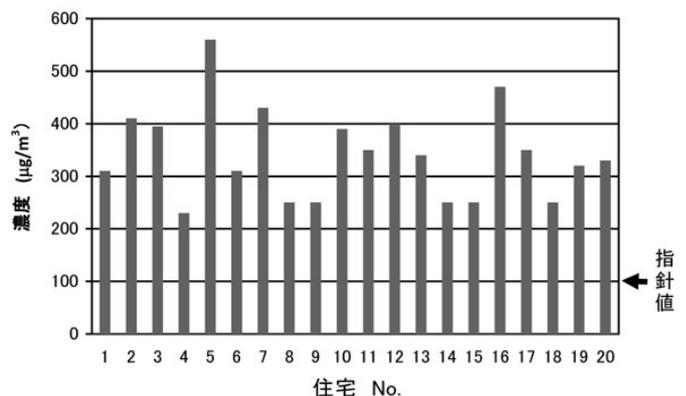


図2 集合住宅における住戸毎のホルムアルデヒド濃度 竣工8月 (平均気温28℃、平均湿度89%)

また、2001年度から保健福祉事務所において住まいが原因と考えられる体調不良について県民からの相談に応じており、衛生研究所では2008年度まで、相談者への助言の一環として、必要に応じて住宅の室内化学物質濃度、ダニおよびカビアレルゲンの量等の調査を実施した。

2001年度から2008年度において、神奈川県内で室内空気が原因と疑われる体調不良の発生した個人住宅および学校・事業所123カ所についてまとめた室内汚染化学物質の調査結果は次の通りである¹²⁾。表2に示すように、指針値を超過した事例はホルムアルデヒド11件、アセトアルデヒド12件、トルエン2件およびパラジクロロベンゼン10件で、ほぼ毎年指針値を超過した住宅があった。

表2 指針値を超過した事例の年度別検出数

(検出数/調査数)

調査年	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	トルエン	p-ジクロロベンゼン
2001年度	2/28	8/28	0/34	3/34
2002年度	2/23	1/23	0/25	4/25
2003年度	3/20	2/20	1/20	1/20
2004年度	2/13	0/13	1/13	1/13
2005年度	0/11	1/11	0/11	0/11
2006年度	1/12	0/12	0/12	0/12
2007年度	1/5	0/5	0/5	1/5
2008年度	0/2	0/2	0/2	0/2

ホルムアルデヒドの発生原因は、合板や内装材、壁紙に使用される接着剤、家具、カーペットからの放散が考えられる。アセトアルデヒドは接着剤、防腐剤で使用されており、喫煙によっても発生する。トルエンは内装材等の接着剤、塗料からの放散が考えられる。パラジクロロベンゼンは、衣類の防虫剤やトイレの芳香剤として使用されている。室内空気中の化学物質は新築・リフォームで使用された建材や内装材から発生するもの以外に、居住者が持ち込む生活用品等が発生源となるケースも多く、健康被害を防ぐために、その適切な使用方法を啓発することも重要である。また、指針値はないが、ナフタレン、トリクロロエチレンおよびテトラクロロエチレンのように高濃度に検出された物質もあった。室内空気中に発生する化学物質は多岐にわたり、未規制物質の調査も重要であることが示唆された。

2. 美容所における室内空気環境の実態調査（藤沢保健福祉事務所との共同研究）（2002-2003年）

さまざまな化学物質がわれわれの身の回りの家庭用品や化粧品として使用されているが、その実態は明らかでない。そこで、日常的に多くの化学物質が使用されている美容所の室内空気の実態調査を行った¹³⁾。また、室内

空気からアルデヒド類が検出されたため、スプレー剤の影響等発生源の検討を行った。対象は神奈川県内の美容所、夏期（2003年9月）8施設、冬期（2004年2-3月）8施設を調査した。測定項目はアルデヒド類11物質およびVOC43物質とした。

表3に示すように、夏期および冬期調査ともにホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、エチルベンゼン、スチレンおよびテトラデカンはずべて室内濃度指針値（厚生労働省）以下であった。しかしながら、アセトアルデヒドは夏期に12-110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で検出され、8施設中2施設が室内濃度指針値を超過して検出された。冬期には11-294 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で検出され、8施設中3施設が室内濃度指針値を超過した。

表3 美容所における室内空気環境調査結果
2003-2004年($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

物質名	夏期(n=8)	冬期(n=8)
ホルムアルデヒド	12 ~ 49	13 ~ 69
アセトアルデヒド	12 ~ 110	11 ~ 294
トルエン	14 ~ 110	16 ~ 112
キシレン	<4 ~ 37	<4 ~ 44
パラジクロロベンゼン	<4 ~ 228	<4 ~ 135
エチルベンゼン	<4 ~ 18	<4 ~ 10
スチレン	<4	<4
テトラデカン	<4 ~ 6	<4 ~ 13
ベンズアルデヒド	<8 ~ 21	<8 ~ 15
アセトン	22 ~ 81	26 ~ 86
リモネン	<4 ~ 28	<4 ~ 25
TVOC*	53 ~ 370	85 ~ 621

*VOC43物質の合計

アセトアルデヒドの発生源を検討したところ、ヘアスプレー中に不純物として含有していたと考えられた。換気が不十分で、密閉された室内での大量のヘアスプレーやパーマ剤等化学物質の使用による健康への影響が懸念され、室内空気環境の改善には連続的な換気が必要であることが明らかとなった。

3. 室内空気中の防虫剤および防腐剤等に関する研究（2002-2006年）

防虫剤であるパラジクロロベンゼンが室内空気中で高濃度(3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)検出された木造住宅において、パッシブサンプラーを用い、2002年11月から2006年1月まで室内空気中のパラジクロロベンゼン濃度の推移を調査した¹⁴⁾。パラジクロロベンゼンは低減化対策（使用の中止および除去）後、徐々に減少し、2004年冬に指針値以下、2006年冬に指針値の約1/15に減少した。原因物質であったパラジクロロベンゼン防虫剤を取り除いた後

も室内空气中に検出される原因は、パラジクロロベンゼンは吸着しやすいため、衣類へ吸着し、衣類から空气中へ放散したためと推定された。

防腐剤としてクレオソートを使用していた集合住宅の調査では、クレオソートの主成分7物質が検出された¹⁵⁾。また、細胞増殖阻害が室内空気について認められた。室内空気汚染化学物質の評価には、バイオアッセイ法も併用することにより、より詳細に評価できるようになることが分かった。

その他、VOC測定用のパッシブサンプラーのフィールド試験による評価を行った^{16,17)}。VOCの測定はサンプリングの際にポンプを用い、空気を捕集管に吸着させるアクティブ法が標準とされているが、ポンプの設置場所、騒音、操作性など実態調査に不向きな点多い。これに対し、パッシブサンプラーによる測定は分子拡散を利用しているため、ポンプや電源を必要とせず、小型軽量で簡便な測定法である。一般住宅の居間あるいは寝室でアクティブ法とパッシブ法によりサンプリングし、VOC調査を行ったところ、パラジクロロベンゼンを含むVOC 5種類については、その実用性が認められ、使用可能であることが明らかとなった。

4. 光機能材料を活用したシックハウス症候群物質などの簡易定量法に関する研究（政策推進受託研究事業）（2003-2005年）

上述してきたように、ホルムアルデヒドは建材、家具、壁紙、接着剤などに多用されており、社会問題となっているシックハウス症候群の主な原因物質の一つとされている。室内空气中のホルムアルデヒドの測定には、厚生労働省により規定されている標準法があるが、分析が複雑で、時間がかかることから現場でも短時間で測定できる簡易測定法が求められていた。そこで、現場での濃度測定を簡便に行うことができる簡易法の開発を、大学や民間企業と共同で行った。ついで、開発した簡易測定法（検知紙法およびFP-30法）の有用性を評価するために、住宅等でフィールド試験を行い、標準法と比較検討した¹⁸⁾。

開発した検知紙法では検知紙の発色の程度により（+）、（-）、（±）と判定され、（+）は0.08 ppm以上、（-）は0-0.04 ppm、（±）は0.04~0.08 ppmと示されているが、標準法（パッシブ法）の値もその範囲に入り、値が良く一致し、検知紙法は定性的かつ簡易な定量方法として実用性が認められた。また、簡易測定器（FP-30法）と標準法は良好な相関が得られ、測定値も一致したことから実用性が認められた。開発した簡易測定法は現場での濃度測定には有用な方法であることが確認された。

5. 自動車におけるシックハウス調査（2005-2006年）¹⁹⁾

自動車は鉄、アルミニウム等の金属だけでなく、プラスチックや合成皮革など様々な化学材料で構成されており、塗料や接着剤も使用されている。神奈川県が実施した「自動車におけるシックハウス予防調査」でのアンケート調査で、72%の人が自動車の臭いが気になると回答し、新車に乗った直後が最も気になるという結果であった。車室内も居住空間の一部と考えると、車室内空气中のVOC濃度の把握は曝露評価の一環として極めて重要である。

2005年~2006年の夏期に、乗用車37台を対象に指針値が設定されている8物質を含む44物質に関する自動車室内のVOC調査を行った²⁰⁾。その結果、トルエンやホルムアルデヒドは夜間に比べて、昼間の方が高く、特に、ホルムアルデヒドは昼間の濃度が高くなり、14車中12車で指針値を越えていた（図3）。

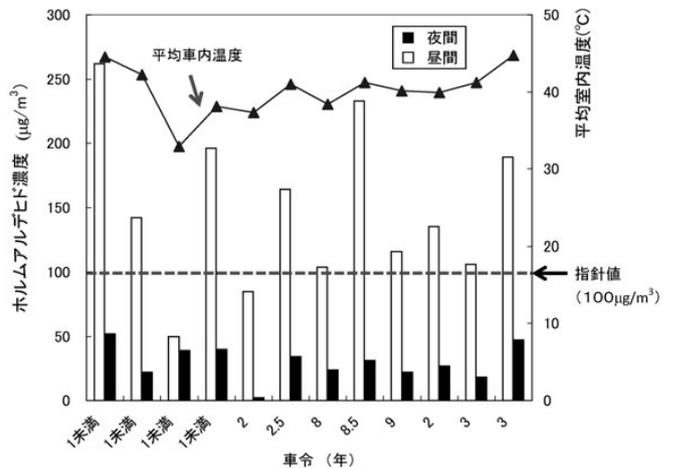


図3 車室内空气中のホルムアルデヒド濃度

トルエンは車の使用期間が長くなると濃度が減少する傾向が見られたが、ホルムアルデヒドは長期にわたり発生が見られた。夏の昼間の車内温度は60°Cを超える温度にもなり、ホルムアルデヒドは室温が高いと多く発生する傾向が見られる。気温の高い昼間は車の内装に使用されている接着剤やシート内の部材等から種々の化学物質が放散され、一時的に非常に高濃度となることが明らかとなった。したがって、夏期の気温の高い昼間は特に換気に留意する必要があることが判明した。現在、自動車そのものは「自動車工業会のVOC低減化に対する自主取り組み²¹⁾により室内環境に配慮した製品に置き換わりつつあるが、車内に持ち込む製品についても配慮が必要である。

6. シックハウス症候群原因物質としての農薬成分によ

る室内環境汚染に関する研究（2005-2007年）

指針値は定められていないが、シックハウス原因物質となることが危惧される防蟻剤や家庭用殺虫剤等に使用されている農薬成分に注目し、室内空気中からの捕集方法や一斉分析法を確立し²²⁾、その汚染実態、さらにモデル実験による室内空気への放散量や挙動の把握、最終的にはシックハウス症候群原因物質の低減化対策について検討した。

6-1 一般住宅の室内空気中の農薬成分濃度調査

2006～2007年、夏12軒および冬4軒を調査した結果（表4）、対象25物質のうち、アレスリン、エンペントリン、トランスフルトリン、プラレトリン、フェニトロチオン、ディートおよびS421が0.003～1.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で検出された²³⁾。ピレスロイド系殺虫剤を中心に多種類の化合物が検出され、比較的低毒性といわれているものでも、同時に多種類の化合物が使用された場合、健康への影響が懸念される。家庭においても農薬成分を含む殺虫剤等の過剰な使用は控えることが望ましい。

表4 各室内における農薬成分の調査結果

検出された農薬成分	測定時期	検出数	濃度範囲($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
アレスリン 殺虫剤	夏	1/12	0.03
	冬	0/4	
エンペントリン 防虫剤	夏	2/12	0.093-0.133
	冬	1/4	0.015
トランスフルトリン 殺虫剤	夏	4/12	0.006-1.05
	冬	1/4	0.017
プラレトリン 殺虫剤	夏	2/12	0.013-0.020
	冬	0/4	
フェニトロチオン 殺虫剤・シロアリ駆除剤	夏	7/12	0.006-0.04
	冬	0/4	
ディート 忌避剤	夏	10/12	0.003-0.316
	冬	4/4	0.003-0.085
S421 共力剤	夏	6/12	0.005-0.638
	冬	0/4	
平均室温 $^{\circ}\text{C}$	夏		25.7-32.8
	冬		10.1-22.2

定量下限値：0.002 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

6-2 シロアリ駆除処理住宅の室内空気調査

エトフェンプロックスでシロアリ駆除処理した中古住宅では、室内や床下でわずかに検出され、温度の上昇による再放散も認められた（表5）。イミダクロプリドでシロアリ駆除処理した新築住宅では不検出であった。クロルフェナピルでシロアリ駆除処理した事務所からクロルフェナピルとフェニトロチオンが検出された²³⁾。フェニトロチオン²⁴⁾はシロアリ駆除直前に実施した害虫防除の

薬剤成分であり、散布18日後でも高濃度を示したことから、その使用には注意を要することが示唆された。

表5 シロアリ駆除処理後の空気中農薬成分濃度の経時変化

No.	測定月	経過時間	エトフェンプロックス ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		温度($^{\circ}\text{C}$)	
			室内	床下	室内	床下
1	12月	1日	0.0012	0.002	9.1	8.1
2	12月	1週間	0.0007	<0.001	9.5	5.9
3	12月	2週間	<0.0005	<0.001	11.6	6.8
4	1月	1ヶ月	<0.0005	<0.001	10.2	7.1
5	2月	2ヶ月	0.0007	0.001	16.2	6.8
6	4月	4ヶ月	0.0008	0.004	20.1	15.2
7	5月	5ヶ月	<0.0005	0.007	23.8	18.5
8	8月	8ヶ月	0.0009	0.008	27.2	26

6-3 小型チャンバーを用いた放散試験

シラフルオフェンとS421（共力剤）を成分に含む市販のシロアリ駆除剤にエトフェンプロックス、フェニトロチオン、イミダクロプリドをそれぞれ添加し、20Lの小型チャンバー²⁵⁾に入れ、35 $^{\circ}\text{C}$ で毎分1Lの速度で12時間吸引した。

フェニトロチオンとS421は6～10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲、シラフルオフェンとエトフェンプロックスは0.009～0.023 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で検出されたが、イミダクロプリドは検出されなかった。シラフルオフェンとエトフェンプロックスは空気中へわずしか放散されなかったのに対して、フェニトロチオンとS421は空気中への放散量が多いことが判明した。イミダクロプリドは空気中へは放散されなかった。また、イミダクロプリドによりシロアリ駆除処理した新築住宅からも検出されておらず、空気中へはほとんど放散されないことが推定された。シロアリ駆除剤としては、低放散性のものを使用することが重要である。

6-4 室内空気中のシックハウス原因物質の低減化

酸化チタン光触媒空気清浄機はVOCの分解には効果

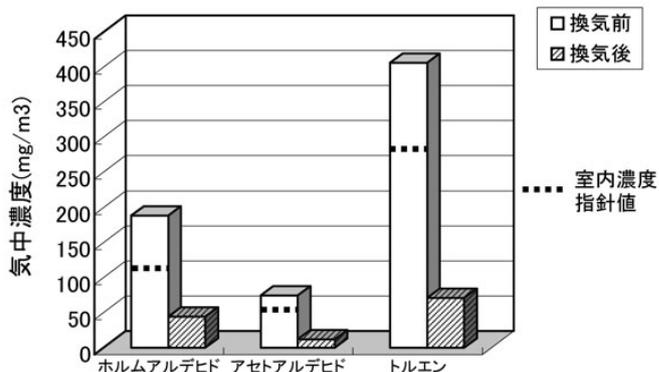


図4 24時間換気システム新築マンションにおける換気効果

があるが、アルデヒド類には明らかな効果は認められないことが判明した。24時間換気システムの新築マンションにおいて、換気効果を検討したところ、80%以上の低減化がみられ、換気が大変有効であることがわかった(図4)。

7. 有機リン系難燃剤による室内環境汚染に関する研究(2008-2010年)

現在までプラスチック等に大量に使用されてきた臭素系難燃剤がその毒性や残留性のため使用が減少し、代替として、ここ数年有機リン系難燃剤が増加してきている。室内では難燃剤がテレビ、掃除機、カーテンやOA機器などに多く使用されているが、これらの中には、発ガン性を有するものや接触性アレルギーの原因物質も含まれ、健康影響が危惧される。

一般家屋6軒において、夏および冬期に実態調査を行った²⁶⁾。室内空気からリン酸トリエステル類7物質が検出された。また、ハウスダストからも7物質が検出された。

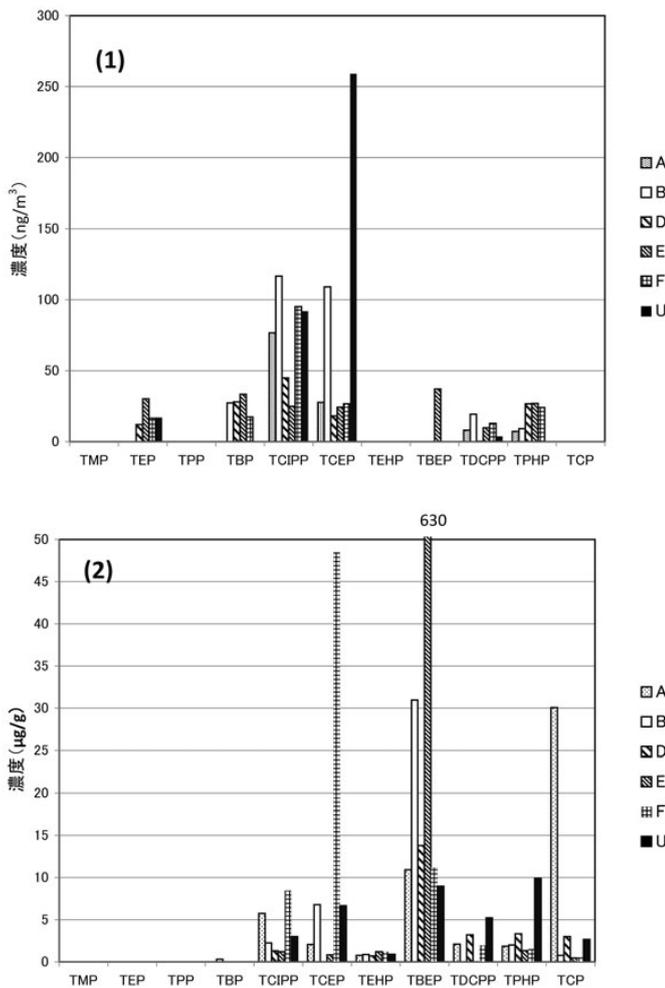


図5 夏期における有機リン酸トリエステル類の調査
(1): 室内空気、(2): ハウスダスト

リン酸トリス(2-エチルヘキシル)(TEHP)やリン酸トリクレシル(TCP)は室内空気からは検出されなかったが、ハウスダストからは検出された。ワックスなどに添加されているリン酸トリス(ブトキシエチル)(TBEP)は室内空気では夏にわずかししか検出されなかったが、ハウスダストから高濃度で検出された(図5)。チャンバー内での放散試験を行ったところ、温度を変化させても、これらはほとんど空気中へ放散されず、一部はガス状物質となるが、大部分が粒子状物質となって、壁面へ吸着していることから、ハウスダストへの吸着も大きいと考えられた。

さらに、今まではほとんど調査が行われていない自動車(30台)の室内空気の実態調査を行ったところ、リン酸トリエステル類9物質が検出され、濃度は一般家屋の約8~10倍の高濃度であることが判明した。自動車室内空気のリン酸トリス2-クロロエチル(TCEP)濃度は年式により異なり、2008年式以降の自動車室内からは検出されないことが確認された²⁷⁾。

8. 受動喫煙の健康影響についての実証実験(2008年)
受動喫煙に関する科学的根拠を実証するため、飲食店

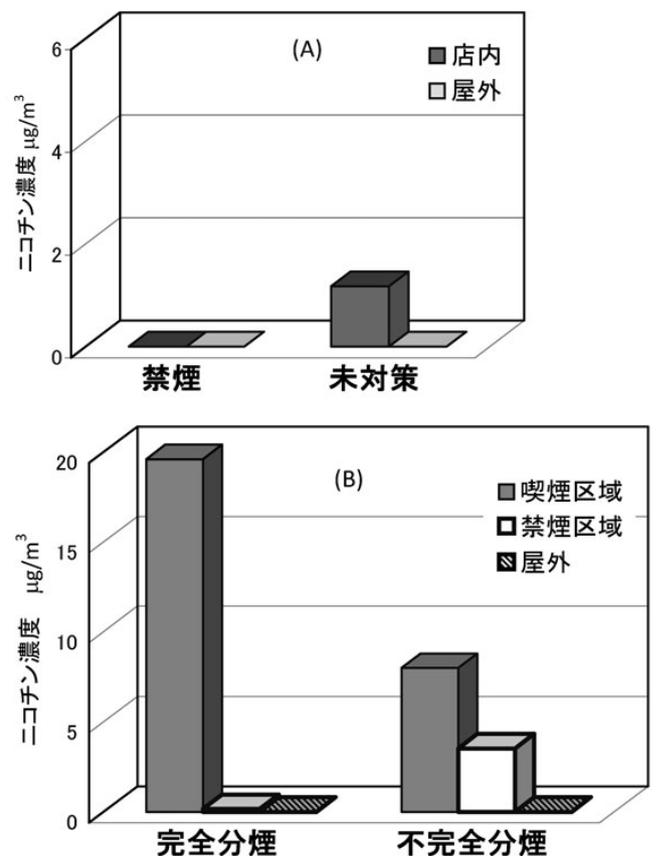


図6 室内空気中のニコチン濃度測定結果
(A): 対策別、(B): 分煙別

を中心とした施設において、室内環境中のニコチン、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド等有害化学物質の調査を行い、禁煙、分煙による受動喫煙防止対策の効果を検討した²⁸⁾。

ニコチン濃度は不完全分煙では、禁煙室が喫煙室のたばこの影響を受けたが、完全分煙では、その影響はわずかだった(図6)。たばこの分煙の効果の判定には、たばこ由来の特異的な指標であるニコチン濃度の測定が有効であることが実証できた。同一空間で喫煙と禁煙を分けるだけでは分煙対策として不十分であり、壁等で仕切られていることが必要であることが明らかとなり、本県が全国で初めて制定した「神奈川県公共施設における受動喫煙防止条例」(2010年4月施行)の科学的根拠の一つとなった。

9. 新たな取り組み

室内濃度指針値策定等により、ホルムアルデヒド等の室内濃度は低下したが、多種類の未規制物質が代替品として建材に使用されるようになった。また、農薬成分などの多種類の準揮発性有機化合物(semi-volatile organic compounds, SVOC)が複合的に使用されていることから、曝露評価による健康影響評価が重要となってきた。そこで、曝露評価手法の開発や多経路曝露評価に関する共同研究を行っている。

9-1 化学物質、特に家庭内の化学物質の曝露評価手法の開発に関する研究(2006-2008年)²⁹⁻³¹⁾

曝露シミュレーションモデルの開発のために、チャンパーを用いて、防虫剤中の活性成分の放散速度や換気回数について検討した。放散試験では捕集剤として石英フィルターとエムポアディスクC18を積層して用い、空気は流速0.084-0.416L/分で10-60分間の吸引とした。抽出にはアセトンを、測定にはSIM法で内部標準法を用いて定量する方法を構築した。放散試験はJIS A 1901の建築材料の揮発性有機化合物放散測定方法-小型チャンパー法に準拠して行い、各換気回数における放散速度を求めた。放散速度は換気回数に比例して増加し、換気回数に依存することが判明した。

洋服ダンス(0.5 m³)用防虫剤は、活性成分放散速度を20L小型チャンパーで測定した場合でも、実際のダンスの容積比に対応した値となった。曝露シミュレーションモデルの開発において、防虫剤等の製品から放散する化学物質の濃度を推定する上で放散速度を求めることは重要であり、小型チャンパー法は有用な評価系であると考えられる。

9-2 室内環境におけるSVOCの多経路曝露評価に関する研究(2012年～)³²⁾

SVOCと総称される比較的高沸点(bp 約250~400℃)の化合物についても室内環境中の曝露媒体が重要な役割を担うことが最近の研究で明らかにされつつある。SVOCはガス状のみではなく、その多くが浮遊粒子状物質(SPM)やハウスダストに吸着した状態で存在し、存在形態により異なる経路(経気道、経口、経皮)で生体に取り込まれる。しかし、各媒体中のSVOCの存在に関する情報は極めて限られている。本研究では、室内環境中に存在する可能性のあるSVOCの中で、可塑剤、難燃剤、防蟻剤および殺虫剤に的を絞り、存在形態ごとの分別定量法の確立と全国規模の濃度情報の収集を図ることを目的とする。本研究の成果は今後予定される室内濃度指針値の新設や改定のための基礎データとなるとともに、これまで原因が特定できなかったシックハウス症候群の事例について、原因究明に役立つことが期待されている。

おわりに

1990年以降、住宅の環境に起因する健康被害の発生が指摘されるようになり、シックハウス問題が明らかにされた。2002年までにホルムアルデヒド等13物質について室内濃度指針値が設定されたが、神奈川県衛生研究所においても、シックハウス対策として、分析法の確立、実態調査、シックハウス原因究明や低減化対策など長年にわたり研究を行ってきた。現在、室内濃度指針値の策定等により、ホルムアルデヒド等の室内濃度は低下したが、その一方で、それらの代替物質として多種の未規制物質が建材に、また多種類のSVOCが複合的に使用されている現状を考慮すると、これらの毒性評価を今後検討するとともに低減化に向けた対策が必要と考える。今後は、指針値が示されていない化学物質の汚染対策が重要な課題となるであろう。

謝辞

稿を終えるにあたり、室内環境調査・研究を進める上で、多大な貢献をいただいた森康明、伏脇裕一両博士(元神奈川県衛生研究所)、長谷川一夫主任専門員、上村仁博士、仲野富美主査に深謝します。

(平成25年8月1日受理)

文献

- 1) 内山巖雄：こどもの健康と室内空气中化学物質対策、環境技術、33(10)、730-735(2004)
- 2) 伏脇裕一、森 康明、粕谷奈穂、村上和雄、岡 敬一：大学新築校舎における室内環境汚染化学物質の

- 濃度推移の特性と類型化, 環境化学, 15, 321-333 (2005)
- 3) 神奈川県教育委員会教育局: 保土ヶ谷高校シックハウス事故について, 県立学校施設整備に伴う室内化学物質対策検討委員会報告 (2006)
 - 4) 国土交通省: 平成17年度室内空気中の化学物質濃度の実態調査の結果について
<<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/07/071130.html>>
 - 5) 国民生活センター: 消費生活相談データベースシックハウス
<http://datafile.kokusen.go.jp/wadai/sick_house.html>
 - 6) 神奈川県衛生研究所: 森 康明, あなたの住まいは安全ですかー化学物質の発生源とその低減化対策ー, 衛研ニュース, 94, 3-4 (2001)
<http://www.eiken.pref.kanagawa.jp/06_report/0601_eiken_news/files/eiken_news_094.pdf>
 - 7) 森 泰明, 辻 清美, 長谷川一夫: 住宅における揮発性有機化合物 (VOCs) 濃度の推移, 神奈川衛研報告, 31, 109-111 (2001)
 - 8) 森 康明, 伏脇裕一, 節田節子, 後藤純雄, 小野寺祐夫, 松下秀鶴: 酸化チタン光触媒空気清浄機による室内空気中の揮発性有機化合物の除去効果, 室内環境学会誌, 3, 13-21 (2000)
 - 9) 森 康明, 辻 清美, 長谷川一夫, 節田節子: O-(2,3,4,5,6-pentafluorobenzyl)hydroxylamine 含浸シリカゲル捕集-溶媒抽出ガスクロマトグラフ法による室内空気中のアルデヒド類の定量, 衛生化学, 42, 500-506 (1996)
 - 10) 森 康明, 辻 清美, 節田節子, 後藤純雄, 小野寺祐夫, 松下秀鶴: 室内空気中アルデヒド類測定のためのPFBOA法の有用性, 環境化学, 7, 515-520 (1997)
 - 11) 森 康明, 行谷義治, 節田節子, 後藤純雄, 小野寺祐夫, 松下秀鶴: Air Toxics管-ポンプ法およびCarbopack B管-拡散法による室内空気試料の採取と加熱脱着-GC/MSシステムによる揮発性有機化合物の測定, 環境化学, 7, 851-857 (1997)
 - 12) 仲野富美, 上村 仁, 辻 清美, 伏脇裕一, 長谷川一夫: 室内空気汚染化学物質濃度調査について (平成13-20年度), 神奈川衛研報告, 39, 18-22 (2009)
 - 13) 相原康子, 辻 清美: 美容所における室内空気環境の実態調査について, 神奈川県公衆衛生学会誌, 50, 59 (2004)
 - 14) 長谷川一夫, 仲野富美, 辻 清美, 伏脇裕一: 木造住宅室内空気中におけるパラジクロロベンゼン濃度の推移, 神奈川衛研報告, 36, 30-32 (2006)
 - 15) 伏脇裕一, 森 康明, 中島大介, 後藤純雄, 小野寺祐夫: 防腐剤クレオソートによる室内空気汚染と毒性評価, 環境化学, 14, 135-139 (2004)
 - 16) 辻 清美, 長谷川一夫, 伏脇裕一: 室内空気中のVOC測定用パッシブサンプラーのフィールド試験による評価, 神奈川衛研報告, 35, 23-26 (2005)
 - 17) 辻 清美, 長谷川一夫, 伏脇裕一, 森 康明, 後藤純雄, 小野寺祐夫: パッシブサンプラーによる室内空気中のVOCの測定, 室内環境学会誌, 5, 106-107 (2002)
 - 18) 伏脇裕一, 辻 清美, 仲野富美, 長谷川一夫, 森 康明, 鈴木孝治: 室内環境中のホルムアルデヒド簡易測定法の信頼性評価, 環境化学, 15 (4), 871-877 (2005)
 - 19) 神奈川県ホームページ: 自動車におけるシックハウス予防調査
<<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f370222/p440358.html>>
 - 20) 辻 清美, 上村 仁, 伏脇裕一, 長谷川一夫: 自動車室内空気中の揮発性有機化合物の測定, 室内環境学会誌, 9 (2), 90-91 (2006)
 - 21) 日本自動車工業会: 車室内VOC (揮発性有機化合物) 低減化に対する自主取り組み
<http://www.jama.or.jp/eco/voc/voc_03.html>
 - 22) Tsuji, K., Fusiwaki, Y., Mori, Y., Arashidani, K., Nakajima, D., Fujimaki, H. and Goto, S.: Simultaneous analysis of termiticides in indoor air by using gas Chromatography Mass Spectrometry, J UOEH, 27 (2), 151-160 (2005)
 - 23) 辻 清美, 長谷川一夫, 上村 仁, 海野一彦: 室内空気中のシロアリ駆除剤等の農薬成分濃度調査について, 神奈川県公衆衛生学会誌, 54, 45 (2008)
 - 24) Goto, S., Asada, S., Fujimaki, H., Mori, Y., Tanaka, N. and Nakajima, D. et al: Tumor-promotion activity and mutagenicity of 5 termiticide compounds, J UOEH, 26 (4), 423-430 (2004)
 - 25) 日本規格協会: 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法-小型チャンバー法, JISA1901 (2003)
 - 26) 杉寄佑樹, 上村 仁, 辻 清美, 中島大介, 兼島公香, 後藤純雄: 一般家庭内の有機リン系難燃剤の測

- 定, 平成22年度室内環境学会学術大会講演要旨集, 134-135 (2010)
- 27) 杉寄佑樹, 上村 仁, 辻 清美, 中島大介, 兼島公香, 後藤純雄: 自動車室内空気中の有機リン系難燃剤の測定, 平成24年度室内環境学会学術大会講演要旨集, 64-65 (2012)
- 28) 辻 清美, 上村 仁, 長谷川一夫, 斎藤邦彦: 受動喫煙防止に向けて-受動喫煙に関する調査結果から-, 第23回公衆衛生情報研究協議会研究会抄録集, 22-23 (2010)
- 29) 辻 清美: 空気質中のピレスロイド系殺虫剤の分析法の検討と放散試験試料及び再放出試料の分析, 厚生労働科学研究費補助金, 化学リスク研究事業, 化学物質, 特に家庭内の化学物質の曝露評価手法の開発に関する研究, 平成18年度総括・分担研究報告書, 15-23 (2007)
- 30) 辻 清美: 空気質中のピレスロイド系殺虫剤の分析法の検討と放散試験試料及び再放出試料の分析2, 厚生労働科学研究費補助金, 化学リスク研究事業, 化学物質, 特に家庭内の化学物質の曝露評価手法の開発に関する研究, 平成19年度総括・分担研究報告書, 29-42 (2008)
- 31) 辻 清美, 長谷川一夫, 伏脇裕一, 上村 仁: 一般住宅の室内空気中濃度調査および20 l チャンバーを用いた防虫剤の放散に関する研究, 厚生労働科学研究費補助金, 化学リスク研究事業, 化学物質, 特に家庭内の化学物質の曝露評価手法の開発に関する研究, 平成20年度総括・分担研究報告書, 45-61 (2009)
- 32) 上村 仁: 防蟻剤・殺虫剤による室内環境汚染と曝露評価, 厚生労働科学研究費補助金, 化学リスク研究事業, 室内環境における準揮発性有機化合物の多経路曝露評価に関する研究, 平成24年度総括・分担研究報告書, 73-93 (2013)