

「第20回日本臨床環境医学会学術集会特集」

講座 会長賞受賞発表論文

未規制物質による室内空気汚染の現状

斎藤 育江¹⁾ 大貫 文¹⁾ 戸高 恵美子²⁾
中岡 宏子²⁾ 森 千里²⁾ 保坂 三継¹⁾
中江 大¹⁾

1) 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部

2) 千葉大学大学院医学研究院環境生命医学

Recent trends of indoor air pollution caused by unregulated chemicals

Ikue Saito¹⁾ Aya Onuki¹⁾ Emiko Todaka²⁾
Hiroko Nakaoka²⁾ Chisato Mori²⁾ Mitsugu Hosaka¹⁾
Dai Nakae¹⁾

1) Department of Pharmaceutical and Environmental Sciences,
Tokyo Metropolitan Institute of Public Health

2) Department of Bioenvironmental Medicine, Graduate School of Medicine,
Chiba University

要約

1990年代に顕在化したシックハウス症候群は大きな社会問題となり、その対策として、厚生労働省はトルエン、ホルムアルデヒド等、13の物質について室内濃度の指針値を設けた。その結果、指針値設定物質の室内濃度は低下した。近年使用されている建材には、シックハウス症候群に配慮した健康住宅対応型の製品が多いが、これは前述の13物質を含まないことを意味している場合が多い。しかし、健康住宅対応型であっても、代替として未規制物質を含んでいることが多く、そうした未規制物質によってシックハウス症候群が起きているのが現状である。建材に多用されるようになった未規制物質の例としては、メチルシクロヘキサン、トリメチルベンゼン、アセトン等があげられるが、その他、従来にはなかった多種多様な未規制物質が近年の建材に使用されている。したがって、シックハウス症候群の発生を防ぐためには、13物質だけでなく、未規制物質を含めた化学物質総量の把握と、その低減化に向けた対策が必要と考える。

(臨床環境21: 57~65, 2012)

《キーワード》室内空気汚染、未規制物質、揮発性有機化合物、シックハウス症候群、最小影響濃度

受付: 平成24年5月25日 採用: 平成24年6月28日

別刷請求宛先: 斎藤育江

〒169-0073 新宿区百人町3-24-1 東京都健康安全研究センター

Received: May 25, 2012 Accepted: June 28, 2012

Reprint Requests to Ikue Saito, Tokyo Metropolitan Institute of Public Health, 3-24-1 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan

Abstract

In the 1990s, the so-called “sick house syndrome” became an area of public concern. Consequently, the Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan established Indoor Air Guidelines for 13 compounds as a preventive measure against the condition. As a result, concentrations of the regulated compounds, such as toluene and formaldehyde, in newly built houses have decreased. Building materials outside the 13 restricted compounds have become popular with a label of “healthy house building material” in recent years, but those materials still contain many kinds of unregulated chemicals. In place of the 13 compounds focused on in the guidelines, methylcyclohexane, trimethylbenzene and acetone have become common in building materials, and these unregulated chemicals have also been found to cause sick house syndrome. Thus, in addition to the regulation of individual chemicals, it is now believed that it is necessary to minimize the total amount of volatile organic compounds (VOCs) in order to diminish the health risk from chemicals found in indoor air.

(Jpn. J. Clin. Ecol. 21 : 57~65, 2012)

《Key words》 indoor air pollution, unregulated compounds, volatile organic compounds, sick house syndrome, lowest concentration of interest

I. はじめに

1990年代に顕在化したシックハウス問題への対策として、国が室内濃度の指針値を示した最初の物質はホルムアルデヒドであった¹⁾。それ以来、ホルムアルデヒドはシックハウス症候群の原因物質として広く知られるようになり、東京都民からの電話相談においても「家を新築したら具合が悪いのですが、ホルムアルデヒドでしょうか？」といった内容の問い合わせが増えた。またホルムアルデヒド以降、国は13種の物質（ホルムアルデヒドを含む）について、室内濃度の指針値を設定したが²⁾、その13物質のみがシックハウス症候群の原因であると考えている人も多く、「13物質以外でもシックハウスは起こるのでしょうか？」という相談が寄せられることも事実である。

著者らの所属する東京都健康安全研究センター（旧東京都立衛生研究所）は、全国の地方衛生研究所の中で最も早く、1995年よりシックハウス症候群に関する調査研究を始めたが、調査開始当初から現在まで、室内空気中から検出される化学物質の種類が大きく変化してきている。1990年代は、苦情があった住宅を調査すると、指針値設定物質であるホルムアルデヒドあるいはトルエンが高濃度で検出される事例が大部分を占めていた。しかし現在では、13種の指針値設定物質を測定しただけでは、シックハウス症候群の原因を特定で

きないケースがほとんどである。

健康な人が空気中の化学物質による不快な症状を訴える場合、ある程度高濃度の化学物質が空気中に存在する可能性が高い。しかし、指針値設定物質の代替として使用される化学物質が多岐に渡っている現在、シックハウス症候群の原因物質を特定するためには、多くの時間と労力に加えて、豊富な経験と技術力が必要になってきている。その主な理由は、未知の原因物質を特定するためには、まず、その物質に適した測定方法を選択することが必要となるからである。空気中の化学物質は、その物質の物理化学的性質によって測定可能な方法が異なっており、正しい測定方法を選択しないと、どんなに高濃度な物質でも全く検出することができない。したがって、いくつもの測定方法の試行錯誤を経て、原因の「未規制物質」が特定されるのが、指針値設定以降のシックハウス対応の現状である。

今回は、近年の空気調査で検出された未規制物質について、文献から得られたデータを用いて曝露量評価を行った結果、また、実際に著者らが調査を行い、未規制物質が高濃度で検出された事例の一部を紹介する。

II. 新築住宅等における未規制物質の傾向

近年報告された室内空気に関するデータから、

新築の建築物から検出され、最大値が総揮発性有機化合物 (Total volatile organic compounds: TVOC) の暫定目標値である400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越えた主な未規制物質を表1 (左列) に示す。2,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度で検出された物質は、ジクロロメタン (3,300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 α -ピネン (3,140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 p -シ

メン (2,550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、メチルシクロヘキサン (2,500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、リモネン (2,450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 及びアセトン (2,100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。なお、酢酸エチル及び酢酸メチルについては、高濃度のため定量値を算出できなかったことから「>1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 」と表記した元の報告⁵⁾に従った。

表1 新築住宅において400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上で検出された未規制物質の最大値、LCI 及び最大値 / LCI 比

物質名	最大値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	LCI ^{a)} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	最大値 / LCI 比
脂肪族炭化水素			
ペンタン	1,070 ³⁾	15,000 ¹⁶⁾	0.07
ノナン	1,100 ⁴⁾	10,000 ¹⁶⁾	0.11
デカン	1,610 ⁴⁾	2,000 ¹⁶⁾	0.81
ウンデカン	695 ⁴⁾	2,000 ¹⁶⁾	0.35
ドデカン	764 ⁵⁾	2,000 ¹⁶⁾	0.38
トリデカン	683 ⁵⁾	2,000 ¹⁶⁾	0.34
メチルシクロヘキサン	2,500 ⁶⁾	8,000 ¹⁶⁾	0.31
2,2,4,6,6-ペンタメチルヘキサン	1,100 ⁷⁾	200,000 ¹⁷⁾	0.006
芳香族炭化水素			
エチルトルエン	573 ⁶⁾	1,200 ¹⁶⁾	0.48
1,2,4-トリメチルベンゼン	866 ⁶⁾	500 ¹⁸⁾	1.7
p -シメン	2,550 ⁶⁾	550 ¹⁸⁾	4.6
ハロゲン化炭化水素			
ジクロロメタン	3,300 ⁸⁾	1,220 ¹⁶⁾	2.7
テルペン類			
α -ピネン	3,140 ⁶⁾	250 ¹⁶⁾	12.6
リモネン	2,450 ⁶⁾	300 ¹⁶⁾	8.2
カンフェン	1,680 ⁶⁾	250 ¹⁶⁾	6.7
3-カレン	1,770 ⁶⁾	250 ¹⁸⁾	7.1
アルコール類			
エタノール	752 ⁵⁾	19,000 ¹⁶⁾	0.04
2-エチル-1-ヘキサノール	783 ⁶⁾	1,000 ¹⁶⁾	0.78
テキサノール ^{b)}	1,900 ⁹⁾	1,000 ¹⁸⁾	1.9
TXIB ^{c)}	531 ¹⁰⁾	450 ¹⁹⁾	1.2
2-(2-ブトキシエトキシ) エタノール	1,724 ¹⁰⁾	120 ¹⁸⁾	14.4
フェノール	731 ¹⁰⁾	20 ¹⁸⁾	36.6
ケトン類			
2-ブタノン	995 ⁵⁾	1,000 ¹⁶⁾	1.0
アセトン	2,100 ¹¹⁾	400 ¹⁶⁾	5.3
1-メチル-2-ピロリドン	1,000 ¹²⁾	405 ^{15,d)}	2.5
エステル類			
酢酸エチル	>1,000 ⁵⁾	5,000 ¹⁶⁾	0.20
酢酸ブチル	>1,000 ⁵⁾	2,700 ¹⁶⁾	0.37
アルデヒド類及び酸類			
ベンズアルデヒド	607 ⁶⁾	1,200 ¹⁶⁾	0.51
酢酸	425 ⁶⁾	500 ¹⁹⁾	0.85

a) LCI: Lowest concentration of interest, b) 2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールモノイソブチレート、

c) 2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチレート、d) Threshold limit value TLV=0.1ppm (405 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

新築住宅等から高濃度に検出された未規制物質のうち、表1の文献及び著者らの調査によりその発生源に関する情報が得られたものを列記すると、ペンタン³⁾：床暖房用断熱材、ノナン⁴⁾・デカン⁴⁾・ウンデカン⁴⁾・エチルトルエン・1,2,4-トリメチルベンゼン：溶剤系塗料、メチルシクロヘキサン・2-ブタノン・アセトン：床用エポキシ樹脂系接着剤、2,2,4,6,6,-ペンタメチルヘキサン⁷⁾：ウレタン樹脂系接着剤、*p*-シメン・ α -ピネン・リモネン・カンフェン・3-カレン：無垢フローリング材、ジクロロメタン⁸⁾：木材に使用した防腐剤、テキサノール⁹⁾・TXIB・1-メチル-2-ピロリドン¹²⁾：水性塗料、2-エチル-1-ヘキサノール¹⁰⁾・2-(2-ブトキシエトキシ)エタノール¹⁰⁾：クッションフロア用接着剤、フェノール¹⁰⁾・TXIB¹⁰⁾：クッションフロア、2-ブタノン：オキシム系シリコンシーラント、酢酸²¹⁾・アセトン²¹⁾・酢酸エチル²¹⁾・酢酸ブチル²¹⁾：酢酸ビニル樹脂系接着剤であった。

以上より、近年の新築住宅で検出される高濃度の未規制物質は、接着剤及び塗料等から発生する多種類の化学物質に加え、無垢フローリング材等の木材から発生する天然成分が、主要な部分を占めていることが分かる。また、天然成分を含む多種類の化学物質について複数の新築住宅を調査した二つの報告において^{5, 6)}、室内濃度の中央値が最も高かったのは、共通して α -ピネンであった(120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及び214 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

Ⅲ. 未規制物質の曝露量評価

新築住宅において検出された未規制物質の最大値について、最小影響濃度 (Lowest concentration of interest: LCI) を基準とした曝露量評価を行った。LCIとは、欧州委員会が最初に提唱したもので¹³⁾、作業環境での曝露濃度を基に算出され、室内空気由来の継続曝露が、人に対して粘膜や呼吸器への刺激など悪影響を与える可能性のある最小の値と定義されている。現在、内装材から発生する数百種の化学物質について、ドイツ、フランス、デンマーク、フィンランド等において LCI が示されている¹⁴⁾。

一般的に化学物質のリスク評価は、動物実験から求められた無毒性量 (No Observed Adverse Effect Level: NOAEL)、最小毒性量 (Lowest Observed Adverse Effect Level: LOAEL) を用いて行われ、それらの値は曝露による動物の臓器異常を毒性指標としているものが多い。しかし、シックハウス症候群で起こる主な症状は、目、鼻、喉の痛みや頭痛等であり、それらは臓器異常よりも低濃度で発症すると予想される¹³⁾。したがって、シックハウスに関する曝露評価の基準としては、人が感じる刺激を毒性指標とした値の方が、より適切と考えたことから、評価基準として LCI を用いることとした。なお、1-メチル-2-ピロリドンについては、アメリカ環境保護局 (Environmental Protection Agency: EPA) より、頭痛や眼の刺激を指標として 0.1 ppm (405 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) という許容濃度 (Threshold limit value: TLV) が示されていることから¹⁵⁾、この値を評価に用いた。

結果を表1 (中央及び右列) に示す。中央列は各物質の LCI、右列は最大値を LCI で除した最大値 / LCI 比を表す。最大値 / LCI 比が 1 を超過した物質は 13 種あり、このような状況の室内に人が長時間滞在した場合、粘膜刺激等のシックハウス症状が引き起こされる懸念がある。最大値 / LCI 比が最も大きかったのは、フェノール (36.6)、次いで 2-(2-ブトキシエトキシ)エタノール (14.4)、 α -ピネン (12.6) の順であった。以下、最大値 / LCI 比が 5.0 以上であった物質は、リモネン (8.2)、3-カレン (7.1)、カンフェン (6.7)、アセトン (5.3) であった。

各物質の LCI を示した文献 (表 1) より、これらの物質が人に及ぼす可能性のある主な健康影響を抜粋すると、フェノール、2-(2-ブトキシエトキシ)エタノール、アセトンについては、皮膚及び粘膜刺激、また、 α -ピネン、リモネン、3-カレン、カンフェンのモノテルペン類については、呼吸器症状が挙げられる。デンマークでは、 α -ピネンだけでなく、モノテルペン類混合物の濃度についても LCI を示しており、その値は 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である¹⁶⁾。また近年、テルペン類は空気中で酸化されて、より刺激性の強いアルデヒド類に

変化することが報告されており²⁰⁾、天然成分であっても濃度が高い場合は、健康に悪影響を及ぼすと考えられる。なお、 α -ピネンについては、国内の疫学調査において、室内濃度が喉・呼吸器症状と関連しているとの報告がある²²⁾。

IV. 近年の調査事例

著者らがシックハウス症候群の原因物質を特定するため、測定対象の範囲を指針値設定物質外に広げて調査を行い、原因究明に至った事例を3つ紹介する。また、近年使用されている塗料うすめ液(シンナー)について揮発性成分を調査した結果についても合わせて紹介する。

1. 床用接着剤が主な原因の事例

調査時期：2007年9月。調査対象：新築の木造一戸建住宅。内装材：床は無垢フローリング、天井及び壁は漆喰。においが大変きついと苦情があり、室内空気を調査した。その結果、最も高濃度に検出された物質は、メチルシクロヘキサン(2,500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)であった。図1に示すように、メチルシクロヘキサンは構造がトルエンに類似しており、物理的性状も似ていることから、トルエン

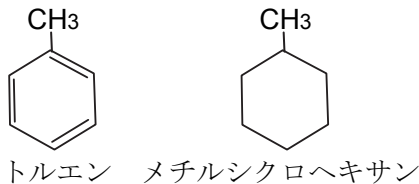


図1 トルエン及びメチルシクロヘキサンの構造式

の代替として塗料、インク、接着剤の溶剤として使われている。発生源調査のため、室内で使用した建材について製品安全データシート (Material Safety Data Sheet: MSDS) を取り寄せたところ、床施工に使用したエポキシ樹脂系接着剤に、メチルシクロヘキサン(含有量：5%未満)が含まれていることが判明した。その他には、アセトン(含有量：15%未満)、2-ブタノン(含有量：4%未満)が当該接着剤に含まれていた。なお、2-ブタノンは別名でメチルエチルケトンとも呼ばれる。図2に居間で採取した空気試料をガスクロマトグラフ/質量分析計 (gas chromatography/mass spectrometry: GC/MS) により、SCANモードで分析したクロマトグラムを示す。この住宅では、メチルシクロヘキサンの他、トリメチルベンゼンなど、数種の未規制物質が1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える濃度で検出され、これらが強い臭気の原因と考えられた。居間におけるTVOCは、10,800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。なお、本住宅においては、指針値設定物質はいずれも指針値未満であった。この結果を受け、当該住宅では、居住者は一時別の住宅へ避難し、その間にVOCを減らす対策を実施した。

2. シーリング材が主な原因の事例

調査時期：2007年11月。調査対象：鉄筋コンクリート造りのビル。内装材：床は二重床構造でカーペット敷き、天井及び壁は石膏ボード。室内で気分が悪くなるなどの苦情があり、室内空気を調査した。その結果、主に検出された物質は、

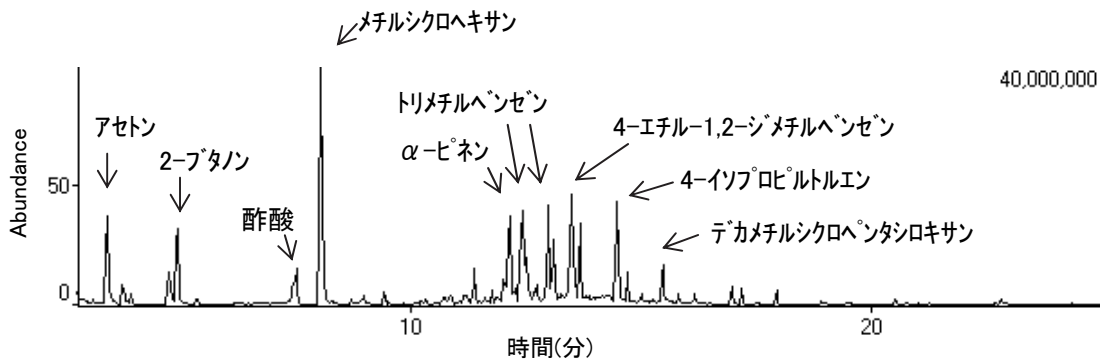


図2 臭気苦情のあった新築住宅における室内空気のGC/MSクロマトグラム

2-ブタノン (560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) であり、TVOC は790 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。このビルでは、二重床用の支持脚を固定するためにオキシム系のシリコーンシーラントを使用していた。そこで、この製品のMSDSを調べたところ、成分情報としては、「シリカ (10% 未満)、酸化チタン (2% 未満)」のみが表示されていた。しかし、危険有害性の情報として「空気中の水分と反応してメチルエチルケトオキシムを発生する」との記載があった。メチルエチルケトオキシムは、2-ブタノンオキシムの別名であり、架橋剤として製品に配合されている。これらのことから、シーリング材を使用後に、化学反応により2-ブタノンが発生し、室内空気を汚染している状況が推察された。当該製品からの2-ブタノン生成機構について、MSDS及び文献²³⁾より推測された化学反応の概略を図3に示す。シーリング材は、使用に際して空気に触れると、空気中の水分と反応して2-ブタノンオキシムが脱離し、樹脂の重合が進む (第1相反応)。次に揮発した2-ブタノンオキシムは、空気中で更に水分と反応し、2-ブタノンとヒドロキシルアミンが生成する (第2相反応)。2-ブタノンは、高濃度になると皮膚、目刺激の他、中枢神経系及び腎臓への障害を起こす²⁴⁾。また、ヒドロキシルアミンはアミンガスの一種であり、吸入曝露によりメトヘモグロビン血症、チアノーゼ、頭痛、吐き気などを起こす²⁵⁾。ただし、ヒドロキシルアミ

ンについては、学会・業界において住宅における空気中濃度の測定方法が確立されておらず、著者らの研究室においても検討段階であるため、現在のところ濃度の把握ができていない。この事例から、オキシム系のシリコーンシーラントは、2-ブタノン及びヒドロキシルアミンの生成により、シックハウス症候群の原因となる可能性があると考えられた。なお、この調査結果を受け、当該ビルでは床に使用したシーリング材をすべて除去し、二重床の施行をやり直す工事を行っている。

3. 畳が主な原因の事例

調査時期：2006年10月。家の畳を新調したところ、異臭で気分が悪く、家族全員の体調が優れないとの訴えがあった。新しい畳は、近年新たに製品化された和紙畳であった。和紙畳とは、「こより」状にした和紙を使って畳表を織った製品で、耐久性に優れ、カビやダニが発生しないことを長所として標榜している。相談者より畳の一部を入手し、発生する物質を調査したところ、VOC及びアルデヒド類では、高濃度の物質は検出されなかった。そこで、測定物質の範囲を準揮発性有機化合物 (Semi Volatile Organic Compounds: SVOC) にまで広げて調査したところ、畳表面から有機リン系殺虫剤のフェンチオンが検出され (図4)、特に畳の縁からの検出濃度が高かった。フェンチオンは水稻用農薬の他、うじ殺し乳剤、ハエ・

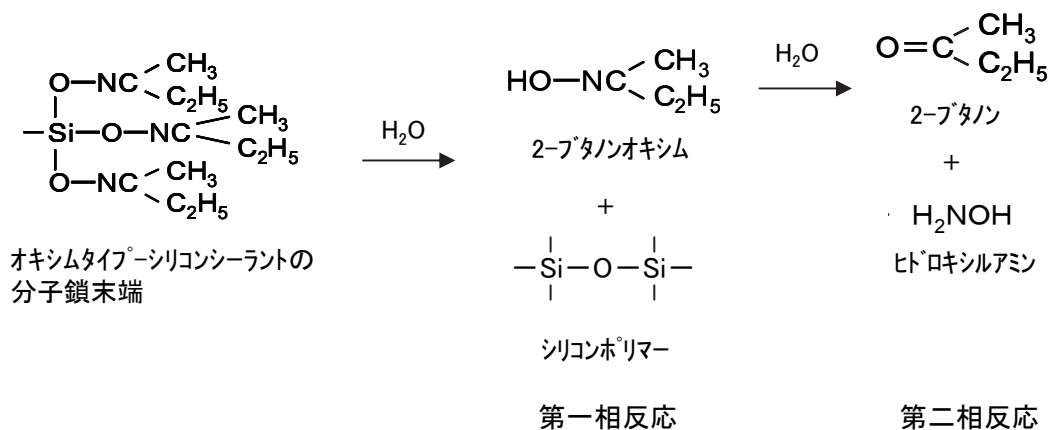


図3 オキシムタイプシリコーンシーラントからの2-ブタノン放散機構の概要

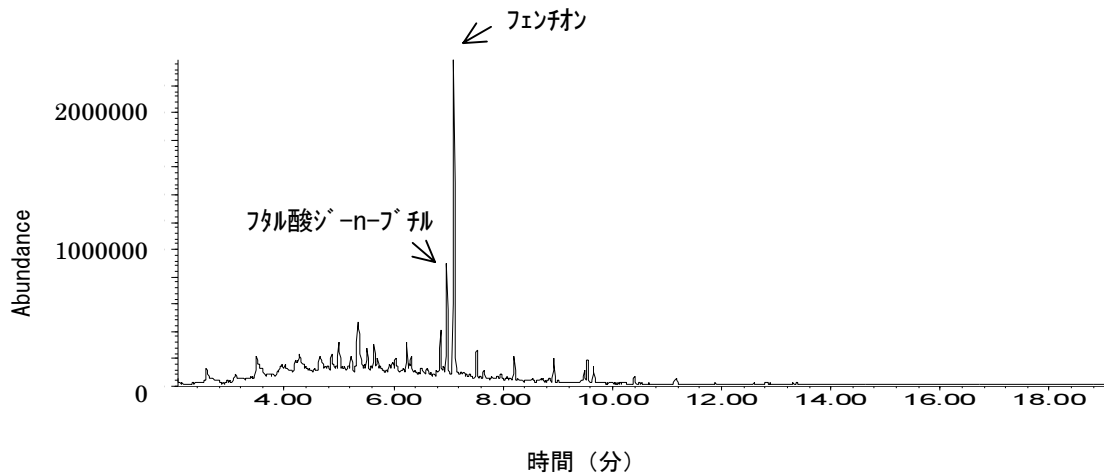


図4 体調不良の訴えがあった住宅の畳拭き取り試料のGC/MS クロマトグラム

蚊・ノミ駆除用に用いられる殺虫剤で、動物では特に鳥類に対しての毒性が強い。中毒症状としては、倦怠感、頭痛、めまい、吐き気を引き起こす²⁶⁾。この事例では、体調不良の原因として、畳から発生するフェンチオンが疑われた。なお、この調査結果を受け、相談者はだたちに畳を交換している。

4. 近年市販されているシンナーに含まれる揮発性成分

市販の溶剤系塗料うすめ液（シンナー）3製品について、GC/MSにより成分分析を行った。その結果、3製品ともに含有成分は共通しており、構造別に比較すると、含有量が最も多かったのは、ベンゼン環にメチル基、エチル基等の炭素が3個付いた芳香族炭化水素類（プロピルベンゼン、トリメチルベンゼン、エチルトルエン等、以下C₃ベンゼン）、次いで、炭素数10の脂肪族炭化水素類（ジメチルオクタノ、メチルノナン、デカン等、以下C₁₀脂肪族）、炭素数11の脂肪族炭化水素類（ジメチルノナン、メチルデカン、ウンデカン等、以下C₁₁脂肪族）、ベンゼン環に炭素が4個付いた芳香族炭化水素類（ジエチルベンゼン、エチルジメチルベンゼン等、以下C₄ベンゼン）の順であった。3製品の平均値を用い、各成分を含有割合（%）で表したグラフを図5に示す。1990年代以前は、シンナーにはトルエン（C₁ベンゼン、

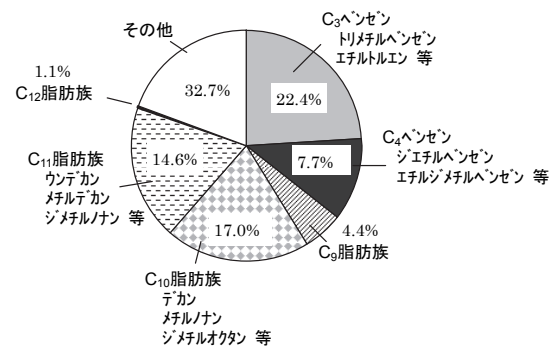


図5 塗料うすめ液（シンナー）に含まれる成分の割合

図1参照)、キシレン及びエチルベンゼン（C₂ベンゼン）が多く含まれていた。しかし、それら3物質について室内濃度の指針値が設定されて以降、シンナーは、未規制物質であるC₃、C₄ベンゼン及びC₁₀～C₁₁脂肪族炭化水素を含む製品に変化しているのが現状である。

V. おわりに

近年、住宅建設の工事現場シートなどに「健康住宅」の文字をよく見かけるようになった。「健康住宅」という言葉は、産官学が参加する研究会（健康住宅研究会）、住宅関連NPO（日本健康住宅協会、健康住宅普及協会）等に広く使われており、その言葉に対して、私たちは「健康に良い」

「化学物質を何も含まない」というイメージを抱きがちである。しかし実際は、「健康住宅」にきちんとした定義は無く、規格基準なども無い。

シックハウスに関する調査を行う場合、分析担当者としては、あらかじめ測定する物質を決めて調査した方が労力が少なく、分析機器の感度としても高感度な分析が可能である。しかし、現状では、100以上の物質を定量分析の対象とし、標準物質を用意しても、結果としてその中に含まれない物質が高濃度で検出されるケースは多い。したがって、あらかじめ測定対象物質を絞ってしまうと、居住者が臭気を感知しているにもかかわらず、化学物質が検出されないという事態になる。このような状況でシックハウス症候群の原因物質を究明するためには、VOC測定法として、GC/MSによるSCANモード分析を用いることが有効である²⁷⁾。また、施設の使用開始に先駆けて室内調査を行う場合、指針値の示された13物質に加えてTVOCを測定し、その値を把握することが、近年のシックハウス症候群を防ぐために有効と考える。

文献

- 1) 厚生省：「快適で健康的な住宅に関する検討会議 住宅関連基準策定部会 化学物質小委員会」小委員会報告 ホルムアルデヒドの室内濃度指針値 平成9年6月、1997
- 2) 厚生労働省(2002) 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法について、医薬発第0207002号、2002
- 3) 斎藤育江、大貫文、矢口久美子、小縣昭夫、戸高恵美子、中岡宏子、森千里：新築住宅室内のペンタン発生源調査、平成20年度室内環境学会総会講演集、222-223、2008
- 4) 松村年郎、今中務志、大塚健次、瀬戸口康弘、河口智博、森田孝節、伴野玲、生田実香、千代田守弘、平野純子、熊谷一清：化学物質分会報告、平成19年度室内環境学会総会東北大会講演要旨集、198-199、2007
- 5) 石井誠、秋津裕志、伊佐治真一、朝倉靖弘、松本久美子、鈴木昌樹、糸毛治、村田さやか、小林智：北海道における住宅の室内空気質の調査、林業試験場報、21、9-22、2007
- 6) 大貫文、斎藤育江、多田宇宏、福田雅夫、栗田雅行、小縣昭夫、戸高恵美子、中岡宏子、森千里：新築住宅における高濃度化学物質の傾向、東京健安七年報、60、245-251、2009
- 7) 戸高恵美子、福原敦志、中岡宏子、花里真道、瀬戸博、森千里：OAフロア支持脚用接着剤由来のイソドデカンによるシックハウス症候群発症について、平成22年度室内環境学会学術大会講演要旨集、168-169、2010
- 8) 小林智、小島弘幸、武内伸治、神和夫：室内空气中の未規制化学物質の検索と同定 ジクロロメタン濃度の調査と発生源の検索、道衛研所報、54、25-30、2004
- 9) 小林智、武内伸治、小島弘幸、高橋哲夫、神和夫、渡辺一彦：水性塗料成分テキサノールによる室内空気汚染—新築マンションなどの事例—、平成22年度室内環境学会学術大会講演要旨集、154-155、2010
- 10) 小林智、武内伸治、小島弘幸、高橋哲夫、神和夫、宮澤仁、横山幸弘、前林十三男、渡辺一彦：リフォーム後にシックハウス症候群が発生した住宅の室内空気から汚染物質として複数の未規制化学物質を検出、2009年度室内環境学会総会講演集、214-215、2009
- 11) 小林智、神和夫、武内伸治、小島弘幸、朝倉靖弘、秋津裕志、村田さやか、福島明：シックハウス症候群の発生した新築教会における室内空气中化学物質濃度と低減対策、道衛研所報、55、21-26、2005
- 12) 小林智、武内伸治、小島弘幸、高橋哲夫、神和夫、秋津裕志、伊佐治真一：水性塗料成分1-メチル-2-ピロリドン及びテキサノールによる新築小学校の室内空気汚染、室内環境、13、39-54、2010
- 13) European Commission Joint Research Center - Environmental Institute : Environment and Quality of Life Report No 19 Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations,1997
- 14) European Commission: Report No 24 Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU, 2005
- 15) US EPA, United States Environmental Protection Agency : EPA/600/R-98/067 Environmental Profile for N-Methylpyrrolidone,1998
- 16) Danish Environmental Protection Agency : Survey of chemical compounds in consumer products, Survey no. 36, Survey, emission and evaluation of volatile organic chemicals in printed matter, 2003
- 17) Danish Environmental Protection Agency : Survey of chemical substances in consumer products, no.52, Mapping and health assessment of chemical substances in shoe care products, 2005

- 18) Jensen, L. K., Larsen, A., Mølhave, L., Hansen, M. K., and Kundsén, B. : Health evaluation of volatile organic compound (VOC) emissions from wood and wood-based materials, Archives of Environmental Health, 56, 419–432, 2001
- 19) AgBB: Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (Committee for Health-related Evaluation of Building Products), Updated List of LCI values 2010 in part 3, 2010
- 20) Wolkoff P., Clausen P. A., Wilkins C. K. and Nielsen, G. D.: Formation of strong airway irritants in terpene/Ozone mixtures, Indoor Air, 10, 82–91, 2000
- 21) 斎藤育江、大貫文、瀬戸博、上原眞一、上村尚：水性形接着剤から放散される化学物質による室内汚染濃度の予測、室内環境学会誌、8 (1)、15–26、2005
- 22) 西條泰明、佐田文宏、岸玲子：シックハウス症候群——分類・実態・対策——、ビルと環境、101、29–34、2003
- 23) Environment Canada: Screening Assessment for the Challenge, 2-Butanone, oxime, March 2010, <http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=En&n=32AD1FD8-1> (2012.6.26)
- 24) 環境庁環境化学物質研究会：環境化学物質要覧、528–529、1992
- 25) 国際化学物質安全性計画：国際化学物質安全性カード、ヒドロキシルアミン ICSC 番号：0661、1995
- 26) 植村振作、河村宏、辻万千子、富田重行、前田静夫：農薬毒性の事典改訂版、299–301、2002
- 27) 斎藤育江、大貫文、保坂三継、中江大：室内環境調査に求められる測定技術——実態から見る現状——、平成22年度室内環境学会学術大会講演要旨集、44–45、2010