

厚生労働行政推進調査事業費補助金（厚生労働科学特別研究事業）
分担研究報告書

健康増進のための住環境についての研究
室内空気質と健康影響において住宅室内で考慮すべき汚染物質

研究分担者	金 勲	国立保健医療科学院	首席主任研究官
研究協力者	谷川 力	(公社) 日本ペストコントロール協会	
研究協力者	渡邊 康子	(公社) 全国ビルメンテナンス協会	
研究協力者	奥村 龍一	東京都健康安全研究センター	
研究協力者	齋藤 敬子	(公財) 日本建築衛生管理教育センター	
研究協力者	杉山 順一	(公財) 日本建築衛生管理教育センター	

研究要旨

室内空気質は大気の影響に加え、室内における人間活動、燃焼によって発生する汚染物質が加わる。また、建材から発生する化学物質、什器や生活用品からも粉塵、化学物質などが1次的に発生するものもあり、入浴・調理・人体から発生する水蒸気や断熱・換気不足による結露などの生活習慣はDanpness とカビを発生させる。

本章では室内空気質と健康に関する文献調査と実態把握に際に考慮すべき空気汚染項目を選別して纏めた。

WHO「Housing and Health Guidelines (2018)」、厚労省室内濃度指針値、厚生労働省のシックハウスに関する検討会資料、環境省大気環境基準、WHO(室内)空気質ガイドライン、日本建築学会管理基準値などを参考にして、汚染物質候補を選定、国内住宅事情を鑑みて考慮すべき項目を選別した。結果、住宅で考慮すべき項目として、シックハウスに関連した厚生労働省の室内指針 13 物質及び総揮発性有機化合物(TVOC)、2-エチル-1-ヘキサノール、テキサノール、TXIB、ベンゼン、ナフタレン香り成分（芳香剤、洗剤など）、防虫・殺虫剤成分（ナフタレン、p-ジクロロベンゼン、ピレスロイド系）、浮遊真菌、PM2.5 が挙げられた。

A. 研究目的

住宅内のリスク要因として空気質の問題がある。特に空気中化学汚染によるシックハウス症候群は1996年国会で取り上げられ、2000年代初頭には関連指針値、基準、法律の整備が行われた。特に、厚生労働省による13物質の指針値及びTVOC暫定目標値の策定、2003年の海底建築基準法の施行は室内空気質を劇的に改善した。

一方、2012年に厚生労働省が「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会」を再開し、指針値の強化や新しい物質の追加などの検討に

入っている。既存の指針値が最後に策定され10年が経った時点で、室内空気質の現状が変わっていること、代替物質の台頭、可塑剤・難燃剤成分(SVOC)の健康リスク、殺虫剤・芳香剤など生活用品からのリスクを検討するとともに国際基準と齟齬が生じないような試みである。また、PM2.5、ダンプネス、真菌・細菌など空気環境として考慮すべき要素も増えてきている。

そこで本項では、室内空気の汚染物質と健康リスクを考える上で、当面優先的に考慮すべき汚染物質に関する情報を収集・検討し、実態把握の際

に優先的に取り組むべき空気汚染物質を提案することを目的とした。

B. 研究方法

WHO「Housing and Health Guidelines (2018)」、厚労省室内濃度指針値、厚生労働省のシックハウスに関する検討会資料、環境省大気環境基準、WHO(室内)空気質ガイドライン、日本建築学会管理基準値などを参考にして、汚染物質候補を選定、国内住宅事情を鑑みて考慮すべき項目を選別した。

C. 住宅内の空気汚染による健康リスク

化学物質が主な原因とされるシックハウス症候群の症状としては、目・喉・鼻への刺激、頭痛、鬱、吐き気、だるさ、目眩、咳が出る、手足の冷えなどが報告しているが、重症化するとアレルギー症や化学物質過敏症に繋がる恐れがある。

室内空気質は大気の影響に加え、室内における人間活動、燃焼によって発生する汚染物質が加わる。また、建材から発生する化学物質、什器や生活用品からも粉塵、化学物質などが1次的に発生するものもあり、入浴・調理・人体から発生する水蒸気や断熱・換気不足による結露などの生活習慣はDanpnessとカビを発生させる。

WHO「Housing and Health Guidelines (2018)」¹⁾では室内空気質における汚染要素として、換気システム、住宅構造、調理・照明・暖房方式、家具、内装材、外気汚染とタバコ等を挙げており、またダンプネスとそれによるカビの発生による被害に言及している。

好ましくない室内空気質はアレルギー症、免疫力の低下、がん、肌・目・鼻・喉の刺激を引き起こし、更に生殖、神経、心臓血管系に悪影響を及ぼす。

世界諸国で問題となっている室内空気汚染を重要な要素から言及しており、特に途上国で石炭、灯油、自然燃料を室内の開放型かまどや燃焼器具で使うことのリスクを重く見ている。

日本国内事情を勘案して項目を選ぶ必要があるが、共通要素として揮発性有機化合物(VOCs)、

PM2.5、ダンプネスとカビ、タバコと受動喫煙などを重点的に考える必要がある。

また、Housing and Health Guidelines (2018)では室内空気質における selected pollutants としてベンゼン、CO、ホルムアルデヒド、ナフタレン、NO₂、PAHs(多環芳香族炭化水素)、ラドン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンを挙げているが、当該物質のなかでわが国の住宅室内で問題になる可能性があるものは、CO、ホルムアルデヒドぐらいである。

D. 日本における室内空気汚染に関連した法律及び規定

シックハウス症候群は1996年、国会で取り上げられ大きな社会反響を引き起こし、実態調査や法律、指針、基準など整備が行われた。

室内の化学汚染が問題となった背景としては、

- ① 新素材の開発と普及に伴い、建材、家具、什器、生活用品などからも従来とは異なる化学物質が放散され、放散量も増加した
- ② 省エネルギーや温熱快適性向上のために住宅の高気密・高断熱化が進んだが、換気に対する配慮が足りず十分な換気が行われなかった
- ③ 化学物質への高感受性者が増えたこと等が挙げられる。

国内で住宅の室内空気質に関連する法規および指針については、主に3つ存在し、この内義務化して施行されているのは、建築基準法(国土交通省)である。

- 室内濃度指針値(厚生労働省)
- 建築基準法(国土交通省)
- 住宅品質確保促進法(国土交通省)

この他にも特定用途の面積が3000m²以上である特定建築物に対しては建築物衛生法(厚生労働省)、学校に対しては学校保健安全法(文部教育省)が室内空気に関する基準を設けている。また、住宅のシックハウスと直接関連する項目ではないが、農薬規制法、家庭用品規制法、地域保健法

で空気質に関連した内容を扱っている。

表 1 の指針値は 2019 年 1 月に一部改訂が行われ、既存 3 成分「キシレン、フタル酸ジ-n-ブチル (DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP)」の濃度基準が強化された。また、新しい指針物質としては TXIB(2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol Diisobutyrate), Texanol, 2E1H (2-ethyl-1-hexanol) を中心に議論が続けられている。

ここで指針値とは「通常この濃度以下であればヒトが一生涯に渡って曝露しても、健康影響が現れないと考えられる値」である。但し、遺伝的或いは後天的要因、感受性などの個人差による特殊な事情がある場合を除く。

日本厚生労働省により指針値が策定されている 13 物質に関する毒性指標²⁾を表 2 に示す。

E. 国内の住宅室内空気汚染に関連した報告

図 1 に示すが、シックハウス関連の相談は建築基準法が改訂された 2003 年に最も件数が多く、それ以降は減少傾向が続いたが、2015 年から再度増え続けている。住宅の新築や改修が増えたことも影響していると考えられるが、シックハウス関連相談が増えていることは事実である。

(1) 指針値制定当時の住宅の化学物質濃度実態

表 3 及び図 2、図 3 に改訂建築基準法が施行された 2003 年前後に国土交通省により行われた新築住宅における室内空気質の全国調査結果^{3), 4)}を示す。ホルムアルデヒドや溶剤系 VOCs の指針対象物資を中心に 2003 年を境に急激な濃度改善が見られる。一方、アセトアルデヒドだけは濃度低減の効果が見られない。天然木材からも発生することがある上、アルコールの酸化物であり生活から発生する分もあることから室内濃度がなかなか改善されないと考えられた。金、林らはアセトアルデヒドに対して近來行われた調査からも指針値を超える物件が多数存在すると報告しており、依然と濃度低減されにくい物質となっている。

図 3 の追跡調査では溶剤系 VOCs 物質は初期現巢が速いがホルムアルデヒドは初期に少し減衰してからは、ずっと同水準の濃度を季節ごとに繰り返すことが示されているが、合成木材によく使われていたホルムアルデヒドは、長年放散し続ける特性を持つ。

近年は F☆☆☆☆が主流となりホルムアルデヒドを大量に放散する木材は殆ど見られなくなったが、ホルムアルデヒドを含め木材から発生するアセトアルデヒド、テルペン類などは長期間放散し続ける傾向を示すため、室内使用时には注意する必要がある。

(2) 近年の室内空気汚染に関する報告

2012 年 9 月に再開されたシックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会では、以下の内容が発表されている⁵⁾。

2011 年度冬期の調査では、ホルムアルデヒド指針値を超える住宅は 0 件、VOC (Volatile organic compounds、揮発性有機化合物) の中から指針値を超過する物質は p-ジクロロベンゼンのみで 3 件が存在した。TVOC (Total VOC、総揮発性有機化合物) は測定対象全体の寝室とリビングルームでの中央値が 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ および 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度、最高値は 2330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、4800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と対象住宅の 47%が暫定目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。

2012 年度の夏期調査では、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンの指針値を超過する住宅は存在しなかったが、ホルムアルデヒド 7%、パラジクロロベンゼンは 10 件ほどあった。夏期の TVOC 暫定目標値超過率は 51%であった。

改正建築基準法が施行された翌年の 2004 年度の実態調査では、ホルムアルデヒドの指針値超過率 1.6%、トルエン 0.6%であり、当該実態調査のホルムアルデヒド超過率が以前より高くなっている。

また、金・林らはパッシブ換気住宅における室内濃度の追跡調査^{6), 7)}、関東圏新築住宅 11 軒を対象に排気ファンによる負圧環境が化学物質の放散にどのように影響するのかを調べている^{8), 9)}。

パッシブ住宅ではホルムアルデヒド濃度は低いが、アセトアルデヒドは指針値を若干超えていたが、木材由来の成分としている。また、初期減衰が速い溶剤系 VOCs とゆっくり減衰する木材系 VOCs の濃度減衰に明確な違いが確認された。木材由来の VOCs の影響で当初 TVOC 濃度は $2,300\sim 3,300\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていたが、1年6ヶ月が経過した時点では $600\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後まで減少し、竣工初期は溶剤系 VOCs の影響が大きく6ヶ月後には低くなったが、木材系 VOCs は1年6か月以上し、夏場を2回経験してから低くなることを示している。

また、関東圏新築住宅11軒を対象にした負圧環境と化学物質放散に関する研究では、キッチンフード、浴室などの排気ファンを稼働することで室内に負圧が発生し、床下・壁内などから汚染物質が室内に流入し、室内化学物質濃度が上昇することを明らかにしている。第3種換気（排気式）が主流となっている国内住宅事情から、新築住宅では特に注意すべきと指摘している。

F. 継続して調査が必要な化学物質

(1) ベンゼン

ベンゼンは白血病を誘発する発がん性物質であるが、国内では室内濃度が高くないことや開放型燃焼器具以外に室内での放散源が殆どないことから、室内濃度指針値は策定されていない。一方、再検討会の報告(11)では夏期に大気環境基準値 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える住宅が6%程度存在している。発生源としては外気由来、室内喫煙が疑われるとしているが、外気濃度が低く喫煙者がいない住宅でも環境基準を超えることがあることから他の室内発生源が存在する可能性に言及している。加えて、芳香性のお香、防虫・殺虫用お香からもベンゼンが発生する事例があると報告している。

住宅室内では自動車排ガス、工場などから発生する外気由来が疑われるが、室内には他にも発生源存在可能性があり、人体への有害性からベンゼンに関する追跡調査は必要と考えられる。

(2) 代替物質

指針値が策定されている物質は使用量や含有量も減り、室内濃度の低減が進められてきたが、その代わりとなる物資（代替物質）へ移行している。従来から溶剤として多用されているトルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン等はベンゼン環にメチル基（CH₃）が1つ乃至は2つ結合している物質であるが、指針値策定物質に指定された後はメチル基3つ、4つのベンゼン系（ジエチルベンゼン、トリメチルベンゼン、テトラメチルベンゼン、エチルトルエン等）へと代替物質に移行している。

代替物質は多岐に渡り、成分分析に難しくなる傾向にあるため、定量定性はもちろん用途を特定することも難しくなっている。このような難しさから個別物質の空气中濃度の推移と有害性データとともに総揮発性有機化合物TVOCを活用し、全体的な室内汚染物質濃度を下げてゆく努力が必要である。

(3) 木材由来成分

伝統的に日本住宅には木造が多様され、近代の住宅にもスギ、ヒノキ、赤松、メープルなどの天然木材が好んで使われている。天然木材から放散されるピネン（pinene）、リモネン（limonene）、カレンなどのテルペン類は森の香りと防虫効果など肯定的な機能も有するが、空気質ではTVOC濃度を高める要因となる。テルペン類は酸化されやすく刺激性アルデヒド類を生成することが知られており、テルペン類自体も高い濃度では粘膜刺激等の症状を引き起こす。そのため、木材の使用量が多い住宅ではTVOC濃度が高く測定されることがあり注意が必要である。

(4) SVOC（可塑剤・難燃剤）

床材や壁紙等の内装建材を始め家電、玩具、化粧品、繊維製品に至るまであらゆる家庭用品に使われ、その使用量も膨大である。これらの物質は、SVOC（Semi VOC、半揮発性有機化合物）に属される成分が多く、沸点が高く（ $240\sim 260^\circ\text{C}$ から $380\sim 400^\circ\text{C}$ ）揮発性が低いため空気中で観察される濃度は低いことが多い。

中でも可塑剤として使われてきた DEHP

(Diethylhexyl phthalate)、DBP (Dibutyl phthalate)、BBP (Benzyl butyl phthalate) のようなフタル酸エステル類は内分泌かく乱作用が疑われる¹⁰⁾。更に、プラスチック、合成樹脂・繊維など可塑剤含有製品の使用増大とその難分解性による長期に渡る健康影響が懸念されている¹¹⁾。

EU (欧州連合) では、以前からフタル酸エステル類に関する規制の動きがあり、デンマークはフタル酸 4 物質規制を表明したが REACH (Regulation concerning the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) からの指摘で施行目前で撤回した経緯がある。しかしながら、その後もスウェーデンやフランス等がフタル酸類の健康影響に懸念を示し、規制の必要性を表明するなど規制の動きは続いている。その後、RoHS (有害物質使用制限指令) で規制が決定された¹³⁾。

図 5 に示すように、国内における可塑剤生産量はフタル酸が 8 割以上を占めている。全体量はここ 20 年間半減しており、フタル酸の中でも DEHP の割合が徐々に減少するとともに DINP の生産量が急激に上がっている。

このように、可塑剤は DEHP が DINP (Di-isononyl phthalate) や DINCH (1,2-Cyclohexane dicarboxylic acid diisononyl ester) へ、難燃剤では PBDE (PolyBrominated Diphenyl Ether) から HBCD (1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododecane) へ代わりつつある。しかしながら、膨大な既存生産分 (レガシー) や中国やインドなど新興国における使用量増加は環境や人間に脅威となっている。

2013 年度厚生労働科学研究¹⁴⁾では建材からの放散量を測定し、クッションフロア、テーブルクロスから DEHP の放散が多く、カーペットタイルや一部の壁紙からも高放散が見られると報告している。また、DBP は壁紙、EVA 樹脂タイル、イグサシートなどから放散されるとしているが、DINP は分析対象外であったためデータは示されていない。

SVOC は揮発性が低いものが多く、気中にガス

状として存在しにくい。シックハウス検討会⁵⁾で報告された現場実測からも DBP、DEHP の室内空气中濃度は指針値 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対して、わずか 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と極めて低い濃度であった。2017 年度厚生労働科学研究¹⁵⁾では、空气中から DBP 及び DEHP が検出されたが平均 0.2~0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低く、ハウスダスト中濃度は 9 物質の SVOC 総量として平均 2,000~3,000 $\mu\text{g}/\text{g}$ 程度、そのなかでも DEHP が最も多くの割合を占めるとしている。次いで DINP の検出量が多かったが、両物質の合計量が分析した全 SVOC 成分の 9 割以上を占めていると報告している。

(5) 防虫剤・殺虫剤成分

家庭用防虫剤は樟脳、ナフタレンから p-ジクロロベンゼンやピレスロイド系に置き換えられている。これらの物質は居住者の生活習慣により、高濃度で検出される家庭が存在する。P-ジクロロベンゼンは 2000 年に指針値が策定されて以降ピレスロイド系製剤が普及し、その濃度も低くなっているが未だに p-ジクロロベンゼン製品が多く販売されている^{16),17)}。

近來、殺虫剤成分としてはピレスロイド (Pyrethroid) 系とネオニコチノイド (Neonicotinoid) 系成分がよく使われている。住宅の床下・基礎部にシロアリの防虫・殺虫目的で使用されていたクロルピリホス (Chlorpyrifos) は有機リン系物質であり人体への毒性が強いため、指針値制定と建築基準法で住宅内での使用が禁止された。一方、蚊、ハエ、ゴキブリなど住環境で使われる殺虫剤はピレスロイド系成分へと移行した。ピレスロイドは除虫菊から得られる成分で蚊取り線香の有効成分としてよく知られる物質である。人間を始め哺乳類への毒性は弱い、昆虫や爬虫類には強力な神経毒として作用する。しかし、使用頻度が高い住宅や適量以上の使用、使用時における換気や清掃不足など、間違った使い方による人体への有害性は否定できない。防虫・殺虫剤は室内でよく使われる生活用品のひとつであり、一般生活でも曝露されやすいものであるため、住宅内の濃度実態を把握してゆく必要がある。

(6) 香り成分 (芳香剤、消臭剤、洗剤・柔軟剤)

洗剤や芳香剤の香り成分としてよく検出される物質として、D-リモネン、ノナナールなどがあるが、自然由来成分を謳う製品が多く出回っている。昨今はマイクロカプセル技術による強い香りが長時間持続する製品も増えている。繊維柔軟剤の香り成分による学内トラブルが報道されるなど健康への影響が懸念されている。

(7) TVOC (総揮発性有機化合物)

TVOCとは Total Volatile Organic Compounds (総揮発性有機化合物) の略称で、多くの化学物質の総称である VOCs を評価するための指標である。TVOC 濃度の人体への影響を表 4 に示す¹⁸⁾。

毒性学的知見に基づいた TVOC 指針値設定は現段階では困難であり、日本では室内空気質の TVOC に対して暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を設定している。TVOC 暫定目標値は、毒性学的知見から決定したものではないため、個別の VOC 指針値とは独立した概念で捉える必要がある。

個別 VOC 指針値はリスク評価に基づいた健康指針値であるが、室内には経済性や作業性などの合理的な判断から定性定量が行われない数多い成分が存在する。その限界から分析時の C6 から C16 までの各成分のピーク面積を合算して一つの統合化した概念として表すのが TVOC である。

天然材使用により、指針知策定物質以外のテルペン類やアルデヒド類の天然成分が高濃度で検出される可能性がある。TVOC 値が高い場合には、個別物質の種類や由来を確認した上で、個々成分の良否の評価を行うべきである。

指針値策定以降、指針値が策定された個別物質の濃度は低く抑えられたが、TVOC は依然と高い住宅が存在する。TVOC 自体に有害性を判断できる根拠は乏しく有害性に基づいた指針にすることは難しいが、屋内化学汚染の可能性を知らせる指標として機能することができると考えられる。

G. 住宅室内で検討すべき汚染物質

表 5 は WHO ガイドライン、厚生労働省・の室内濃度指針値 (提案中、議論中含む)、文部科学

省の学校環境衛生の基準、日本建築学会規準を参考にして選定した住宅室内空気中汚染物質の項目である。その中で、日本国内の事情を踏まえて考慮すべき項目を陰影付けして記している。

項目として挙げているのは、室内指針値 13 物質、総揮発性有機化合物(TVOC)、2-エチル-1-ヘキサノール、テキサノール、TXIB、ベンゼン、ナフタレン香り成分 (芳香剤、洗剤など)、防虫・殺虫剤成分 (ナフタレン、p-ジクロロベンゼン、ピレスロイド系)、浮遊真菌、PM2.5 である。

SVOC 成分は空気中よりは室内表面やハウスダストに付着して存在することが多く、空気からの健康リスク要素として挙げるのは難しい。二酸化硫黄、二酸化窒素、オゾン、PAHs (ベンゾ-a-ピレン) は日本の住宅においては外気由来が主であり、一般的に室内発生は多くないと考えられる。ラドンはガンバ・土壌から発生するが、日本国内では自然発生量が少ない。

住宅内での浮遊細菌は発生源が少ないと考えられることや健康影響に基づいた濃度指針がない。浮遊粉じん (SPM) は特定建築物を対象にする建築物衛生法で室内濃度基準を定めているが、現代の住宅内では大きな発生源が少ないことから、調理・暖房など燃焼や加熱行為等の居住者生活により室内で大量に発生する PM2.5 を対象に挙げた。

H. まとめ

室内空気質が健康に大きく影響することは明らかであるが、燃焼ガスや建材由来の化学物質 (VOCs、アルデヒド類を含む)、香り成分、防・殺虫剤、浮遊粒子状物質 (SPM、PM2.5)、微生物など様々な物質が存在し、住宅によってその強度や曝露頻度・時間なども異なる。また、建材への代替物質の使用、可塑剤・難燃剤成分、芳香剤・洗剤の香り成分、防虫・殺虫剤など今まで考慮されなかった化学物質が生活に深く浸透し、その影響が懸念されている。

今回ここで挙げている我が国の一般居住環境で注意すべき室内汚染物質としては「厚生労働省が策定している室内指針値 13 物質及び総揮発性

有機化合物 (TVOC) をメインにして、2-エチル-1-ヘキサノール、テキサノール、TXIB、ベンゼン、香り成分 (芳香剤、洗剤など)、防虫・殺虫剤成分 (ナフタレン、p-ジクロロベンゼン、ピレスロイド系)、浮遊真菌、PM2.5」を挙げた。

物質の種類が多く物性や測定法が異なるため、網羅して調べることは難しいと考えられるため、住宅内空気質と健康に関する実態調査を行う際には、これらの空気中汚染物質に対して優先順位を付けて調べる必要がある。

I. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

J. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) WHO, Housing and Health Guidelines (2018), <https://www.who.int/publications-detail/who-housing-and-health-guidelines> (accessed on 2020.3.15)
- 2) 厚生労働省：シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会中間報告書—第1回～第3回のまとめについて、第4回～第5回のまとめについて、第6回～第7回のまとめについて、第8回～第9回のまとめについて、<http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/situnai/kentoukai.html> (accessed on 2020.3.15)
- 3) 国土交通省住宅局住宅生産課，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，平成18年11月30日。
- 4) Osawa a, Hayashi, M. (2009) Building and Environment 44 (7): 1330–1336.
- 5) 厚生労働省：シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会、第11回～第17回議事録、https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-iyaku_128714.html (accessed on 2020.3.20)
- 6) 林基哉，金勲，本間義則，松永潤一郎．パッシブ換気住宅における換気特性と室内環境その1 サーマルダンパーを用いたパッシブ換気特性，日本建築学会大会学術講演梗概集；2018.9；仙台．pp.693-4.
- 7) 金勲，林基哉，本間義則，松永潤一郎．パッシブ換気住宅における換気特性と室内環境その2 室内空気質の追跡調査，日本建築学会大会学術講演梗概集；2018.9、pp.695-6.
- 8) 金勲，林基哉，大澤元毅，竹熊美貴子．負圧環境下における住宅内化学物質濃度特徴，平成29年室内環境学会学術大会；2017.12、A-14 (2pages)
- 9) Hoon Kim, Mikiko Takekuma, Motoya Hayashi. Increase of Chemical Concentration by Indoor Negative Pressure in Japanese Detached Houses, 8th ICEERB 2018, 2018.11; E084

- (Electronic file)
- 10) C. Bornehag, J. Sundell, C. J. Weschler,: The Association between Asthma and Allergic Symptoms in Children and Phtalates in House Dust: A Nested Case-Control Study, Environmental Health Perspectives, Vol. 112, No. 14, pp.1393-1397, 2004.10
- 11) Plastics that may be harmful to children and reproductive health, EHHI - Environment & Human Health, Inc, 2008
- 12) 塩ビ工業・環境協会：可塑剤出荷量統計データ、http://www.vec.gr.jp/lib/lib2_6.html#cc (参照：2018.09.15.)
- 13) European Union：Official Journal of the European Union -Commission Delegated Directive (EU) 2015/863 of 31 March 2015-、L 137/10-12、2015.04.
- 14) 神野透人、金勲 ほか. 室内環境中の準揮発性有機化合物放散源探索手法の開発. 厚生科学研究費補助金化学物質リスク研究事業「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」(主任研究者：神野透人. (課題番号：H24-化学—指定-007)) 平成 24 年度研究報告書 2013.3 ; pp.107-126.
- 15) 稲葉洋平, 金勲, 樺田尚木. 厚生労働科学研究費補助金・健康安全・危機管理対策総合研究事業「半揮発性有機化合物をはじめとした種々の化学物質曝露によるシックハウス症候群への影響に関する検討」(研究代表者：樺田尚木) 平成 28 年度分担総合研究報告書 ; 2017.3
- 16) 安藤正典：厚生科学研究費補助金生活安全総合研究事業「化学物質過敏症等室内空气中化学物質に係わる疾病と総化学物質の存在量の検討と要因解明に関する研究」平成 13 年度総括・分担研究報告書 (2002)
- 17) 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、神奈川県衛生研究所研究報告、36、pp.30-32、2006
- 18) ECA Report 11 : Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings, COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1992.

表1 シックハウスに関連した指針値（厚生労働省）

成分	指針値	設定日
ホルムアルデヒド	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1997.6.13
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2002.1.22
トルエン	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000.6.26
キシレン	870 \rightarrow 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000.6.26/2019.1.17
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000.6.26
エチルベンゼン	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000.12.15
スチレン	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000.12.15
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001.7.5
クロルピリホス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (小児 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2000.12.15
フタル酸ジ-n-ブチル	220 \rightarrow 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000.12.15/2019.1.17
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120 \rightarrow 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001.7.5/2019.1.17
ダイアジノン	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001.7.5
フェノブガルブ	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2002.1.22
TVOC(暫定目標値)	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000.12.15

表 2 13 物質の毒性指標

(厚生労働省シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会中間報告書 2002) 2)

揮発性有機化合物*	毒性指標
ホルムアルデヒド	ヒト吸入曝露における鼻咽頭粘膜への刺激
アセトアルデヒド (1) (2)	ラットの経気道曝露における鼻腔嗅覚上皮への影響
トルエン (1) (2)	ヒト吸入曝露における神経行動機能及び生殖発生への影響
キシレン (1) (2)	妊娠ラット吸入曝露における出生児の中枢神経系発達への影響
パラジクロロベンゼン (1) (2)	ビーグル犬経口曝露における肝臓及び腎臓等への影響
エチルベンゼン (1) (2) (3)	マウス及びラット吸入曝露における肝臓及び腎臓への影響
スチレン (1) (2)	ラット吸入曝露における脳や肝臓への影響
テトラデカン (2) (6)	C ₈ -C ₁₆ 混合物のラット経口曝露における肝臓への影響
クロルピリホス (4) (5)	母ラット経口曝露における新生児の神経発達への影響及び新生児脳への形態学的影響
フタル酸ジ-n-ブチル (1) (3) (5)	母ラット経口曝露における新生児の生殖器の構造異常等の影響
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (3) (5)	ラット経口曝露における精巣への病理組織学的影響
ダイアノジン (4) (5)	ラット吸入曝露における血漿及び赤血球コリンエステラーゼ活性への影響
フェノブカルブ (3) (5)	ラットの経口曝露におけるコリンエステラーゼ活性などへの影響
総揮発性有機化合物量 (TVOC) (1) (3)	国内の室内 VOC 実態調査の結果から、合理的に達成可能な限り低い範囲で決定

注1：フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの蒸気圧については $1.3 \times 10^{-5} \text{Pa}$ (25℃) ～ $8.6 \times 10^{-4} \text{Pa}$ (20℃) など多数の文献値があり、これらの換算濃度はそれぞれ 0.12～8.5ppb 相当である。

注2：* 番号は各物質の選定理由を示す。

- (1) 海外で指針が提示されているもの
- (2) 実態調査の結果、室内濃度が高く、その理由が室内の発生源によると考えられるもの
- (3) パブリックコメントから特に要望のあったもの
- (4) 外国で新たな規制がかけられたこと等の理由により、早急に指針値策定を考慮する必要があるもの
- (5) 主要な用途からみて、万遍なく網羅していること
- (6) 主要な構造分類からみて、万遍なく網羅していること

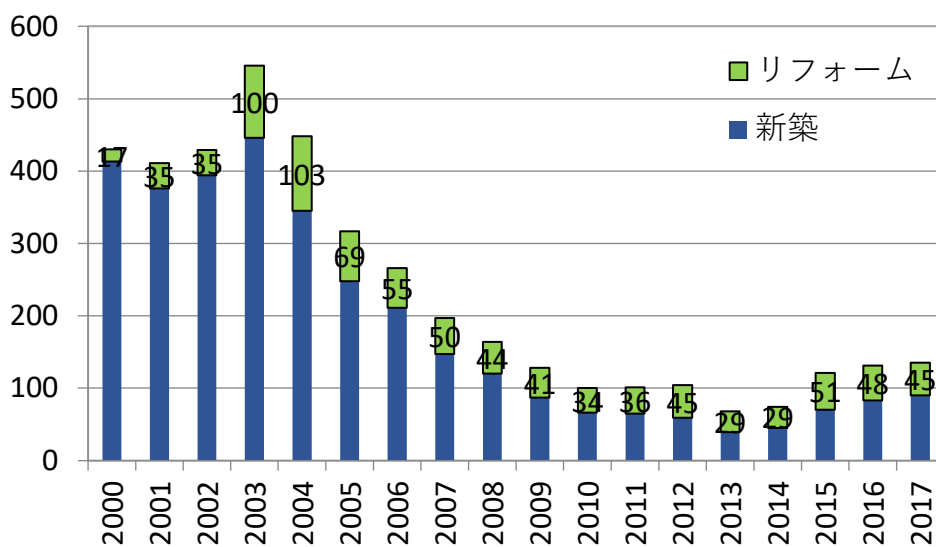


図1 新築及びリフォーム住宅のシックハウス関連の相談件数
 (資料：住宅リフォーム・紛争処理支援センター、<http://www.chord.or.jp/tokei/tokei.html>)

表3 各年の気中平均濃度と指針値超過率（国土交通省、2006）

		2000	2001	2002	2003	2004	2005
ホルム	平均濃度 [ppm]	0.073	0.050	0.043	0.040	0.028	0.025
	指針値超過率 [%]	28.7	13.3	7.1	5.6	1.6	1.5
トルエン	平均濃度 [ppm]	0.041	0.023	0.017	0.017	0.004	0.003
	指針値超過率 [%]	13.6	6.4	4.8	2.2	0.6	0.3
キシレン	平均濃度 [ppm]	0.006	0.009	0.005	0.004	0.002	0.001
	指針値超過率 [%]	0.2	0.3	0.0	0.1	0.2	0.0
エチル ベンゼン	平均濃度 [ppm]	0.010	0.005	0.003	0.004	0.001	0.001
	指針値超過率 [%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
スチレン	平均濃度 [ppm]	-	0.0020	0.0005	0.0002	0.0003	0.0010
	指針値超過率 [%]	-	1.1	0.0	0.1	0.1	0.6
アセト アルデヒド	平均濃度 [ppm]	-	-	0.017	0.015	0.018	0.017
	指針値超過率 [%]	-	-	0.0	0.0	0.1	0.1

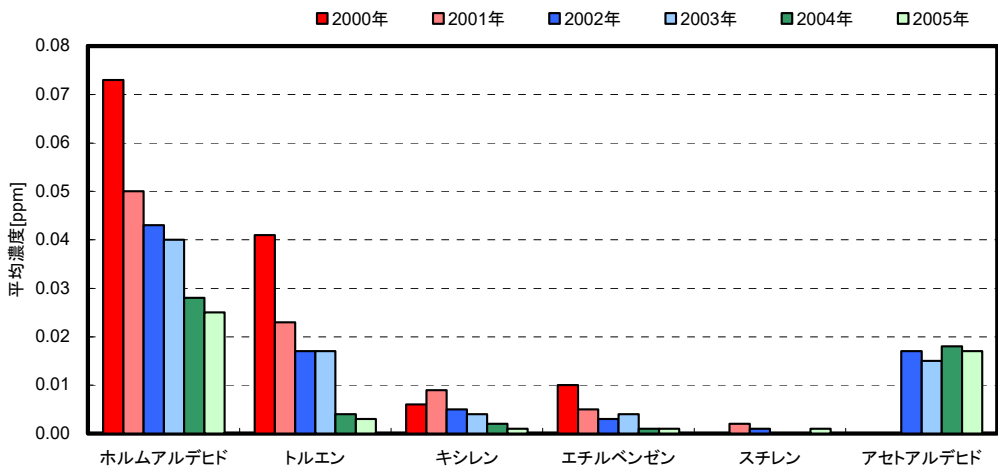


図2 国土交通省による新築住宅の空気質実態調査

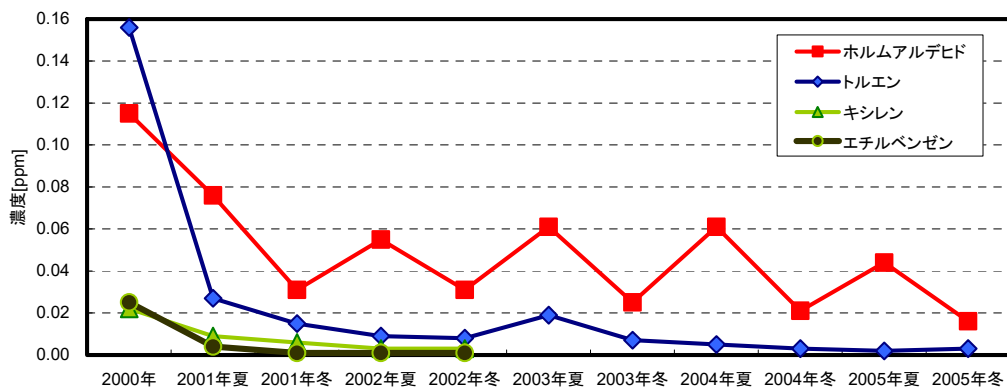


図3 国土交通省による空気質実態調査（追跡調査）

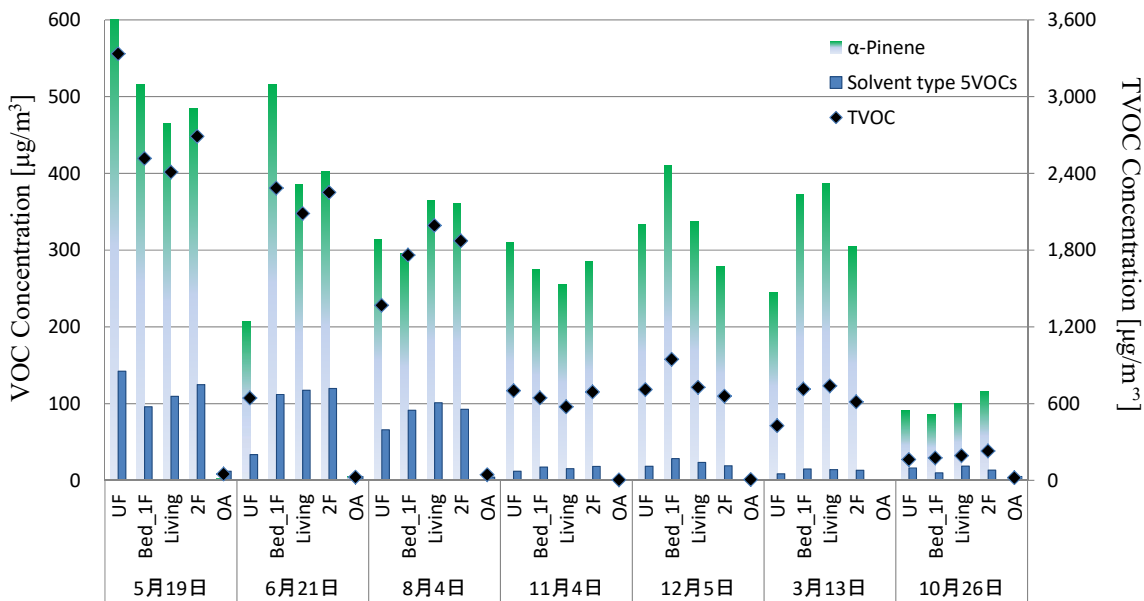


図4 溶剤系成分と木材由来成分の放散特性の違い（金、林ら）^{6), 7)}

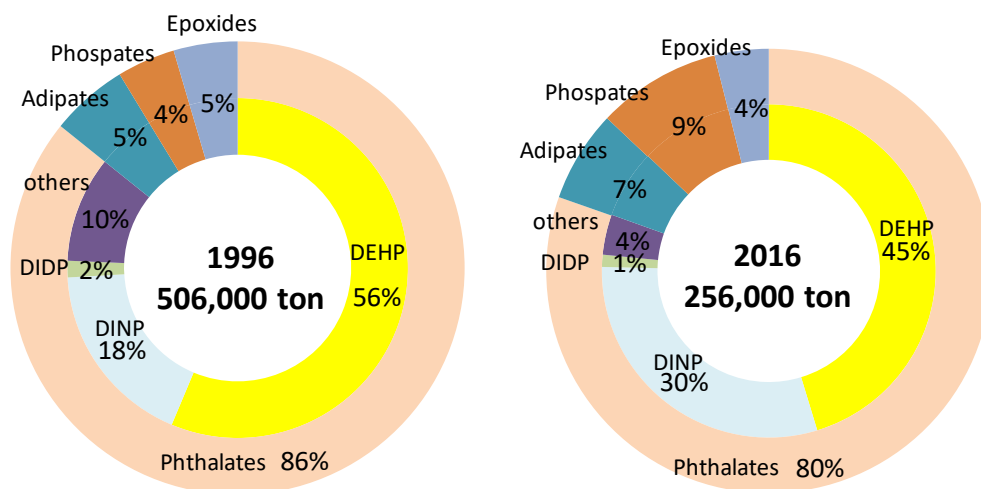


図5 可塑剤の国内生産量 (資料：塩ビ工業・環境協会) 12)

表4 TVOC 濃度の人体影響 (ECA, 1992) 18)

TVOC 濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	分類	健康への影響
< 200	快適範囲	刺激も不快感も感じない
200-300	問題の生じる 可能性あり	何らかの影響を引き起こす可能性はかなり低い
300-3000		様々な物質への曝露が相互に影響しあう場合、炎症・不快感が生じる可能性がある
3000-5000	不快範囲	においも検知され、居住者からの苦情が起こる
5000-8000		目・鼻・喉の炎症が起こるなど、生理的な影響が見受けられる
8000-25000		頭痛が起こる可能性がある
25000 <	毒性範囲	頭痛よりも神経毒的な影響が起こる可能性がある

出典：ECA Report 11 : Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings

表5 住宅室内空気でも考慮すべき汚染物質

項目	主な発生源	参考基準値
室内指針値13物質		厚労省策定値あり
総揮発性有機化合物(TVOC)		暫定400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下***
2-エチル-1-ヘキサノール	塩ビ樹脂とモルタルの反応生成物	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下***
テキサノール	水性塗料	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下***
TXIB	水性塗料	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下***
香り成分	消臭剤、芳香剤、洗剤、柔軟剤	
フタル酸エステル類 (SVOC)	プラスチック、人工皮革など可塑剤	DEHP、DBPは厚労省指針値あり
ピレスロイド系	防虫剤、殺虫剤	
二酸化硫黄	燃料の燃焼 (脱硫化でほぼ改善済)	0.04 ppm以下*
石綿	吹き付け石綿等の残存箇所	0.05~0.5 f/L以下**
二酸化窒素	燃料の燃焼	0.04~0.06 ppm以下*
ベンゼン	燃料の燃焼	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下*
ナフタレン	家庭用防虫剤	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下**
トリクロロエチレン	工業用有機溶剤	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下*
テトラクロロエチレン	クリーニングの洗浄溶剤	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下*
オゾン	大気中光化学反応、レーザープリンタ	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下*
多環芳香族炭化水素 (PAHs)	自動車排ガス、大気汚染	
ベンゾ-a-ピレン	燃焼生成物	0.12 ng/ m^3 以下**
ラドン	石造建築物	100 Bq/ m^3 以下**
浮遊真菌		50 cfu/ m^3 以下****
浮遊細菌		500 cfu/ m^3 以下****
浮遊粉じん(PM10)	化石燃料、燃焼、じん埃	0.15 mg/ m^3 以下***
浮遊粒子状物質(PM2.5)	自動車、工場、調理・燃焼	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下 (日平均) **

* 環境省大気環境基準

** WHO(室内)空気質ガイドライン

*** 厚労省室内濃度指針値 (案含む)

**** 日本建築学会管理基準値