

## 特集：平常時・災害時の衛生対策

## ＜総説＞

## シックハウス対策の経緯とこれからの課題

大澤元毅

国立保健医療科学院 建築衛生部

## State and Future Problems of Indoor Air Pollution in Japanese Houses

Haruki OSAWA

National Institute of Public Health, Department of Healthy Building and Housing

## 抄録

わが国の戸建て住宅の空気環境形成に大きな影響を及ぼす気候条件と、それに対応する工法上の特性について述べた後、住宅内に形成される空気汚染実態とその形成機序解明をめざして実施した全国的調査研究の概要を示した。

2000年から2005年にわたる、建築物衛生法及び建築基準法の改正時期（2003年施行）をはさむ6年間における新築住宅室内の気中濃度推移と、建物仕様・生活状況との対比を通じて、連続換気システムを運転する住宅比率の増加傾向、畳やカーペット仕上げの減少傾向、ホルムアルデヒド等の測定対象化学物質の気中濃度の低下傾向などが明らかになった。

中でも汚染濃度の低下傾向は全ての地域において、調査開始時から構造種別を問わずに見られており、発生源抑制と換気対策を併用した規制と自主的対策の相乗の効果が見て取れる。最後に、現時点における懸念事項とそれに対処する考え方を記した。

キーワード：室内空気質, VOCs, 建築基準法, 法規制効果, 生態気候設計

## Abstract

This paper describes how volatile organic compounds in Japanese houses have affected indoor air pollution in the past, and in the present, as revealed through measurements of concentrations and investigations on the actual conditions in the residential environment through a questionnaire survey covering a total of more than ten thousand newly built houses over six years (from FY 2000 to FY 2005). The survey in FY 2000 especially revealed a serious situation exceeding the guideline values established by the Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan. This rapidly led to the development of a variety of countermeasures for IAQ, such as the amendment of the Building Standard Law and the Act on Maintenance of Sanitation in Buildings. This study shows how the state of IAQ in all the types of building structures has changed on a nationwide basis since the regulatory measures mentioned above were instituted, and discusses factors associated with these changes.

**Keywords:** IAQ (Indoor Air Quality), Volatile Organic Compounds, the Building Standard Law, results of legal regulation, bio climatic design

## I. はじめに

日本のシックハウス問題は、欧米諸国とは異なる固有の背景の中で生じた。

徒然草の「家の作りようは夏をむねとすべし」の一節に見られるように、我が国の伝統的な住まいでは、夏の多雨で高温多湿な気候にあわせ、開放的な構造、天井裏・床下の大きな緩衝空間、庇が深く大きな開口部を備えた特有の

〒351-0197 埼玉県和光市南 2-3-6  
2-3-6 Minami Wako-shi, Saitama, 351-0197, Japan.  
FAX:048-458-6253  
E-mail: osawa@niph.go.jp  
[平成22年6月16日受理]

様式が培われてきた。

しかし、そんな住まいに快適指向と省エネルギーの波が押し寄せた時、暖房の伝統を持つ国々とは異なるかたちでシックハウスが問題となった。

本論では、我が国におけるシックハウス問題発生の背景とその特徴についてふれたのち、その根拠となった調査研究とその特異性に配慮してとられた対策の概要を紹介する。また、その後の実態調査結果を示しながら、近年に至る経緯とこれからの課題について述べてみたい。

## II. 日本の住宅とシックハウス問題

我が国の住宅にはいくつかの系譜があるが、近代に顕著な影響を及ぼしているのは、先に述べた「和風木造建築」のスタイルである。そこには東アジア・モンスーン気候の下、雨風のストレス、木材腐朽のリスクに加えて、暑さと寒さの両方に対処するという難題が課されている。材料や工学技術の選択肢に乏しく、全てに及第点をとることができないなら、冬の寒さより夏の暑さ対策を優先すべきだというのが兼好法師の真意であろう。事実、煙突もない囲炉裏やファンヒーターからの燃焼排気を室内に出しても暮せるほど隙間風の多いかつての住まいに、いくら熱を供給しても快適性は上がらないし、頑張ってもエネルギーの浪費になるばかりで現代的暖房は馴染まない<sup>1)</sup>。

石油危機以降、省エネや快適性向上の要請に応えようと、我が国でも建物構造の断熱化、気密化を重視した技術や制度の整備が産学官を挙げて急速に進められた。新工法や高气密サッシなどにより断熱性と気密性は急速に高まり、新機能・高性能の部品や建材がそれぞれの観点から導入されてきた。かつては寒風が吹き抜けて外さえ窺えた隙間の量(開口面積)も、近年の新築住宅では数分の一に激減している。また、今日の建築物には接着、可塑、防虫・防蟻、防腐・防菌・防黴、防災、防汚など様々な性能・効果を実現するため、多くの化学物質・薬剤が用いられ、効率的で快適な暮らしを支えている。それらから放散した化学物質が、換気の低下に伴って室内に滞留した結果が、我が国の「シックハウス」である<sup>2)</sup>。

その最大の問題は、気密や閉鎖性とは無縁だった建物構造と住まい方を一挙に転換し、暖房の伝統を持つ国々に倣った未経験のゾーンに飛び込んだ点にある<sup>4)</sup>。

温度差が圧力を生み、圧力差が熱・湿気や空気を動かすと言うように、建物内の「熱」「湿気」「空気(汚染)」「圧力」の動きは密接に関連している。これらは総合的に制御する必要があり、バランスのとれた対策が不可欠である<sup>3)</sup>。永年の試行錯誤の中で練られ、淘汰されてきた住宅技術体系の再構築を急ぎすぎ、技術や機器・部品の影響を総合的に捉えられないまま事態を進行させてしまった結果とも言える。

## III. 全国実態調査

海外の空気質問題が一般建築物における省エネのため

の外気導入量削減に端を発したのとは対照的に、わが国では建築物における衛生的環境の確保に関する法律(以下、建築物衛生法)が安易な削減を許さなかったおかげで、その拡大を免れた<sup>5,6)</sup>。その一方で、公衆衛生分野の調査が1990年代に住宅における空気汚染と健康被害の事例を指摘してシックハウス問題が明らかにされた。しかし、当時は医学分野の認知も不十分なうえ、対策立案に不可欠な汚染発生機序や濃度実態も未解明で、建築側が対策・法規制を進めることを阻んでいた。

ここで紹介する資料は、2000年から2005年にわたって行なわれた一連の全国規模の実態調査<sup>7-9)</sup>結果によるものである。中でも初年度(2000年)の調査は、国土交通省・厚生労働省・経済産業省・農林水産省の主導、大学・民間企業の協力の下、およそ5000軒の住宅(新築・既築を含む)を対象に行われ、2003年に実現した建築基準法改正、建築物衛生法改正など一連の施策の契機ともなった活動である。

2000年度調査の対象は、我が国の住宅の構成比率や地域性に配慮し、その約60%を自治体等からの推薦(地方別枠)、残りはインターネットを通じた応募者から選んだ。

2001年以後の調査も募集方法は同様であるが、対象を築後1年以内に限定しており件数も漸減している(図1)。濃度測定は、アドバンスケミカルセンサー社のパッシブ型捕集管(実形状はバッジ形)を用いて、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、アセトアルデヒド(但し、スチレンは2001年、アセトアルデヒドは2002年から)について行なった。郵便により届けられた捕集管を居住者自身が室内に設置し、24時間曝

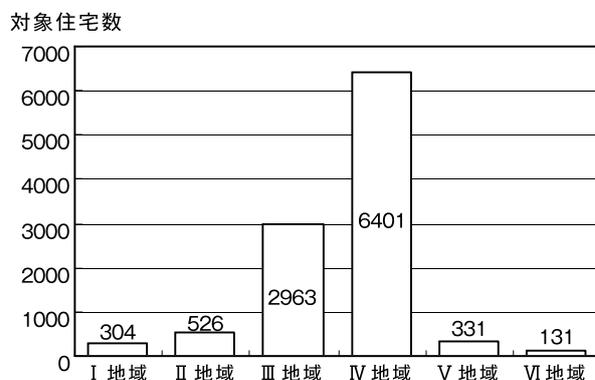
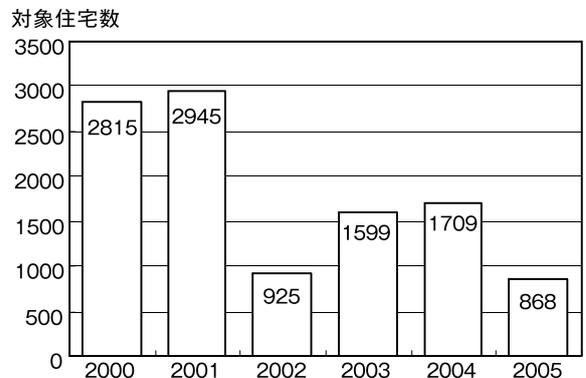


図1 調査対象住宅数(新築)の推移と地域分布

露した後、再び密閉して分析機関に返送する方式がとられている。

分析(定量)は、高速液体クロマトグラフ(カルボニル類)及びガスクロマトグラフ(VOCs)によった。また、建物・居住者の属性(規模、構造種別、内装種別、家族構成、健康状態など)及びその行動(窓の開閉、暖房運転、喫煙など)に関する情報はアンケートにより、室内温度・湿度は居住者の測定(申告)により収集し、濃度測定結果とアンケート結果をあわせて吟味・分析を行なった。

対象住宅の建設地はもっとも寒冷な北海道のI地域から、亜熱帯に位置する沖縄のVI地域に広く分布するが、人口の多い東京・大阪などを含むIV地域と北関東・東北地方を含むIII地域の占める比率が高い。(研究方法の詳細は既報の論文<sup>1)2)</sup>参照。なおこの分類は、気候属性(暖房負荷指標であるデGREEデイ)により分類された住宅省エネ法(図2)地域区分に拠っており、住宅の気密水準と関係する



図2 次世代省エネルギー基準の地域区分

#### IV. 調査結果と主な知見

##### ① 2000年度調査の概要

一連の実態調査の先駆けとなった2000年調査は、有効サンプル4500以上という量の点のみでなく、質においてもユニークな点を持っている。(注2)

その詳細は参考文献を参照いただきたいが、ホルムアルデヒドとトルエンの室内濃度が厚生労働省の濃度指針を超過していることを明らかにした点が最大の成果である。また、室内ホルムアルデヒド濃度の低下が1998年ころからすでに始まっていたこと、材料実験レベルで語られていた気温と濃度との関係が居住空間においても確認できたことなど、非常に興味深い知見が得られた。さらに、実験室実験や数値シミュレーションとの整合等から、調査スキーム

の有効性が確認できたという点でも画期的だった。

##### ② 住宅の構造形式と供給種別(全期間)

2000年から2005年にわたる全期間(全データ)を通じた集合住宅の比率はおよそ20%で、その大半は鉄筋コンクリート構造である。一方、戸建住宅の構造は1980年代以降導入され一般化した枠組壁工法(ツーバイフォー工法)、工業化住宅などを含んで多様であるが、一般的な軸組木造が多数を占めている。工業化住宅は大工場で生産し

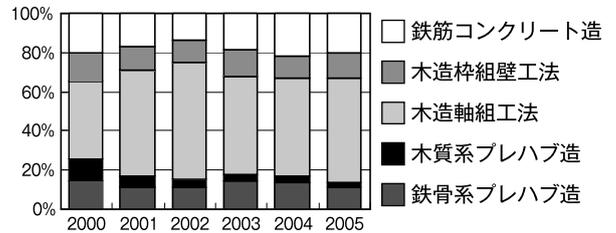
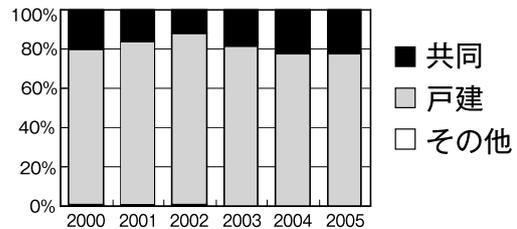


図3 対象建物の属性(分類・構造)

た部材を現場で組立て・加工する方法で供給され、その企業規模は大きい。また、これら住宅分類の構成比率は、近年の国内住宅のそれに近い(図3)。

濃度測定を行なった空間の主な用途は、6年間を通じてほぼ一定で、居間60%、寝室20%、子供室8%などが占める(図4(左上))。また、階数の分布もほぼ一定であった(図4(右上))。

##### ③ 内装種別(全期間)

内装仕上げ材種別の各年構成比に、大きな変化は見られない。図4(左中)の床仕上げを見ると木製フローリングが主流、図4(右中、左下)の壁と天井仕上げの構成ではビニル又は他の材質のクロス仕上げが多い。図4(右下)に、濃度測定期間に換気設備を連続運転していた住宅の比率を示す。連続換気システムの設置率は徐々に増加傾向にあったが、原則として毎時0.5回の全居室換気を確保できる換気措置を要求する建築基準法が2003年から施行されたことにより、運転率も急激に上昇している。(連続換気運転が行われている事を知らない居住者も多い。)

##### ④ 室温と窓開閉の状況(全期間)

濃度測定時の室温を図5に示す。2001年以降の調査時期は概ね8月から11月であるが、初年度のみは冬季にか

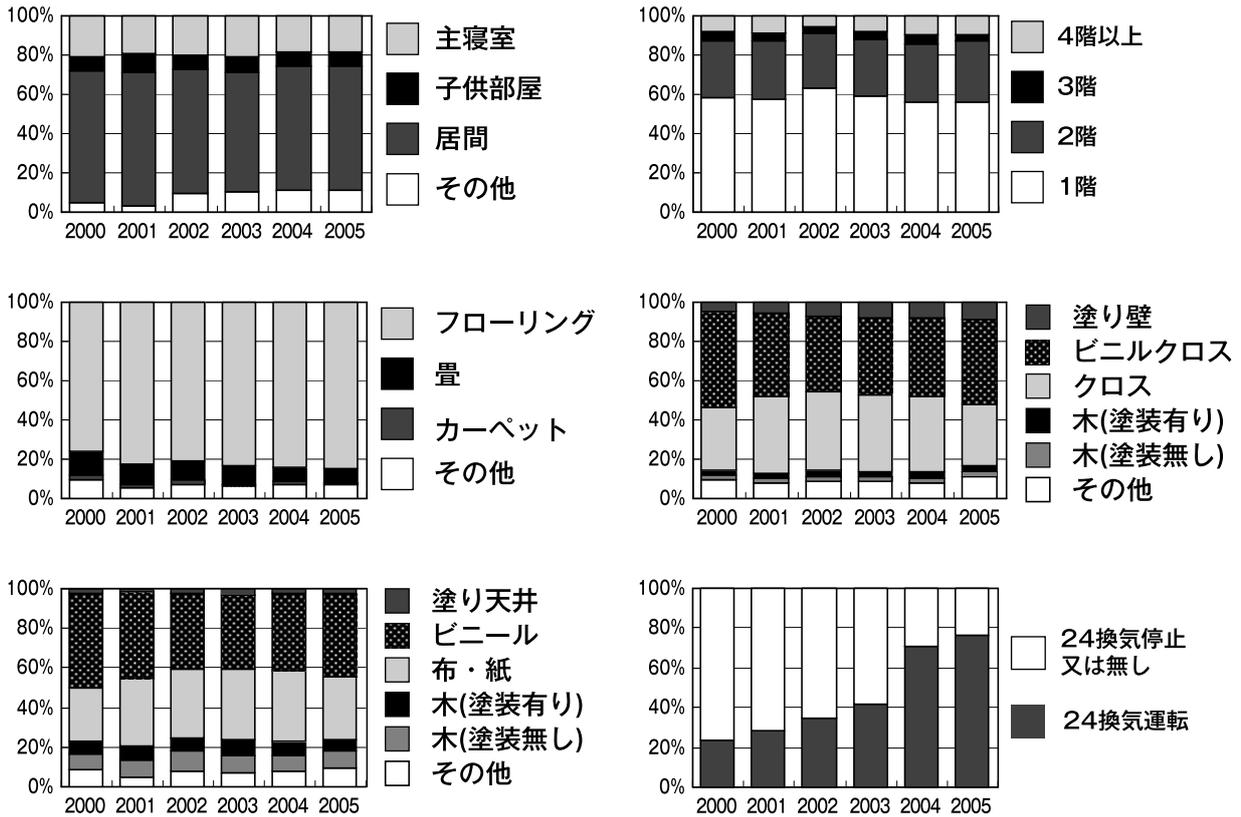


図4 対象空間の属性 (用途, 階数, 仕上げ, 換気)

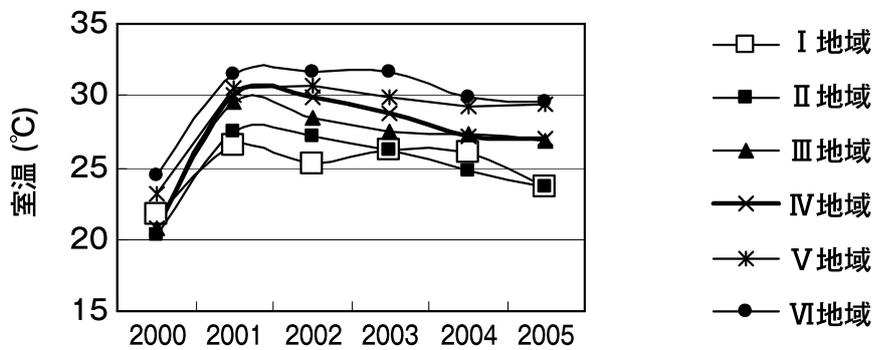


図5 各地域における室温 (図2の地域区分による)

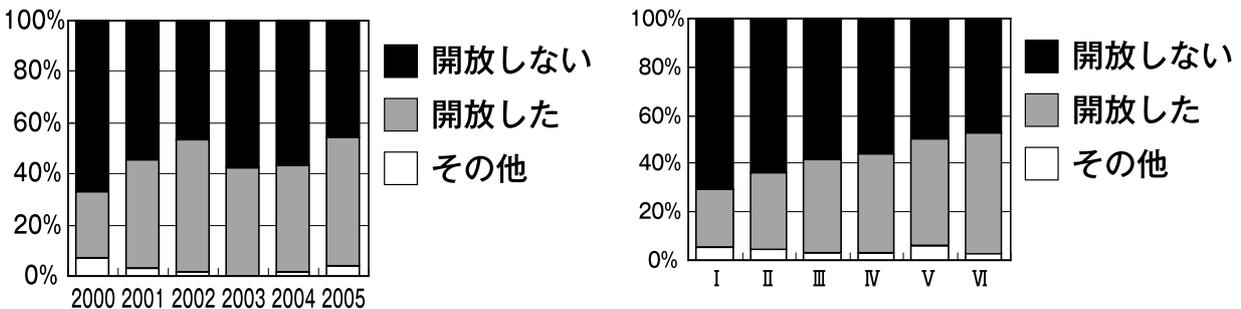


図6 窓開放の有無 (経年推移及び地域別)

かっており室温水準がやや低い。

図6は、窓開口の開閉状況を示したグラフである。開放が1時間以内の「窓閉鎖」の回答は、室温水準が最も低い2000年において最も多く、寒冷な地域ほど閉鎖的である。

⑤健康影響（自己申告・全期間）

図7は「化学物質による肉体的変化がありましたか」の質問に、居住者から「変化があった」との主観申告があった比率を示している。「変化があった」と答えた場合はさ

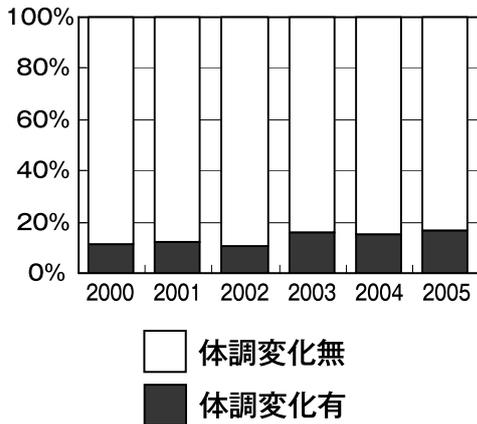


図7 体調変化の有無

らに、詳細な情報も得ている。2000年には10%だった「変化があった」申告の比率が以後次第に上昇しており、室内濃度の低下傾向と考え合わせると、社会的認識の浸透による影響が窺われる。

⑥汚染濃度（経年変化）

図8（左）は、各年毎のホルムアルデヒド平均濃度の推移を示し、図上の線はその標準偏差である。①でも触れたとおり、2000年度の平均濃度は厚生省の指針値（0.08ppm）に近く、27%の住宅において超過している。同様にトルエン（図8（右））では指針値（0.07ppm）に対し、12%の住宅において超過が見られるが、その後は低下傾向にある。これら両汚染物質の濃度低下傾向は改正建築基準法が施行された2003年に一旦鈍るが、2004年に鋭くなり、それ以前の減少カーブに復帰している。この前後に特段の室温水準や技術変化も見られないことから、規制前後の駆け込み的な未対策住宅建設の増加、意識変化などに伴う調査サンプルの構成変化などが影響している可能性が考えられる。

図9にキシレン濃度とエチルベンゼン濃度の推移を示す。キシレン濃度は2001年に最大値0.09ppmを示したが、指針値（0.20ppm）に比べると明らかに低く、以後も順調に低下している。エチルベンゼン濃度も同様で、問題とすべき水準にはない。

以下、2000年の調査で濃度超過が顕著であったホルムアルデヒドとトルエンについて、構造種別と地域性に着目して検討を加えた。

図10は構造種別毎に検討した図で、先に述べた2003年の一時的増加はあるが、何れの構造においても濃度は年を

追って低下している。この傾向はトルエンにおいても同様である。また、2000年調査時に目立っていた枠組壁工法のトルエン濃度も、接着剤選別や養生期間確保などにより改善が見られている。

図11では省エネ基準の地域区分に基づく濃度推移により、外界気候が濃度に及ぼす影響を見た。ホルムアルデヒド濃

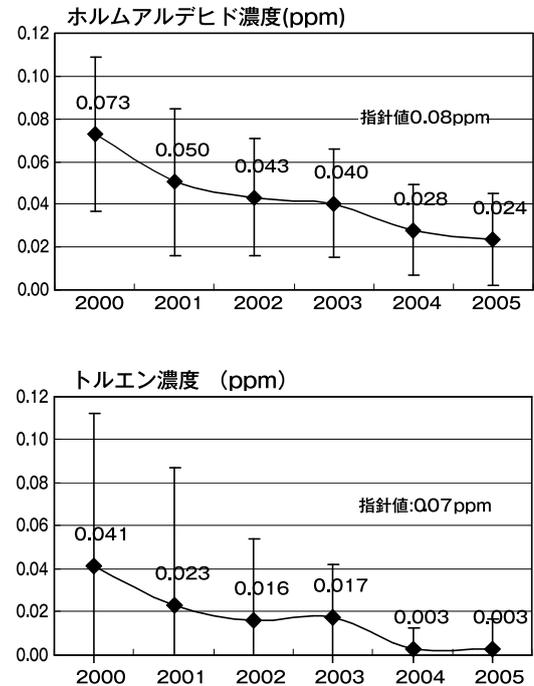


図8 ホルムアルデヒド濃度とトルエン濃度の推移

度は2000年調査以後すべての地域において低下傾向を示し

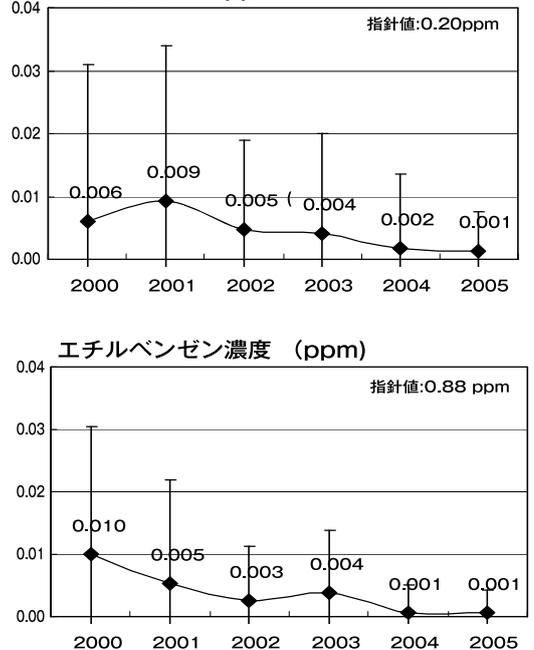


図9 キシレン濃度とエチルベンゼン濃度の推移

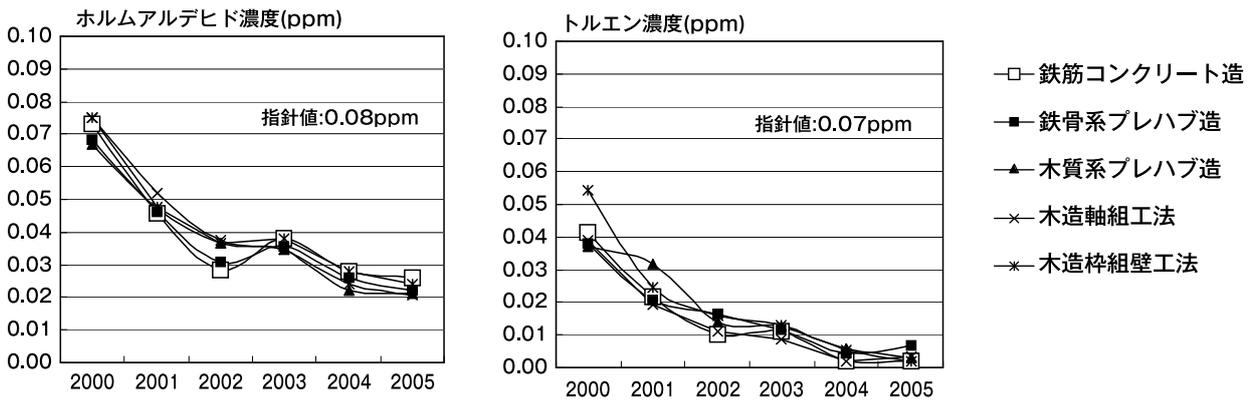


図10 ホルムアルデヒド濃度及びトルエン濃度の構法毎の推移

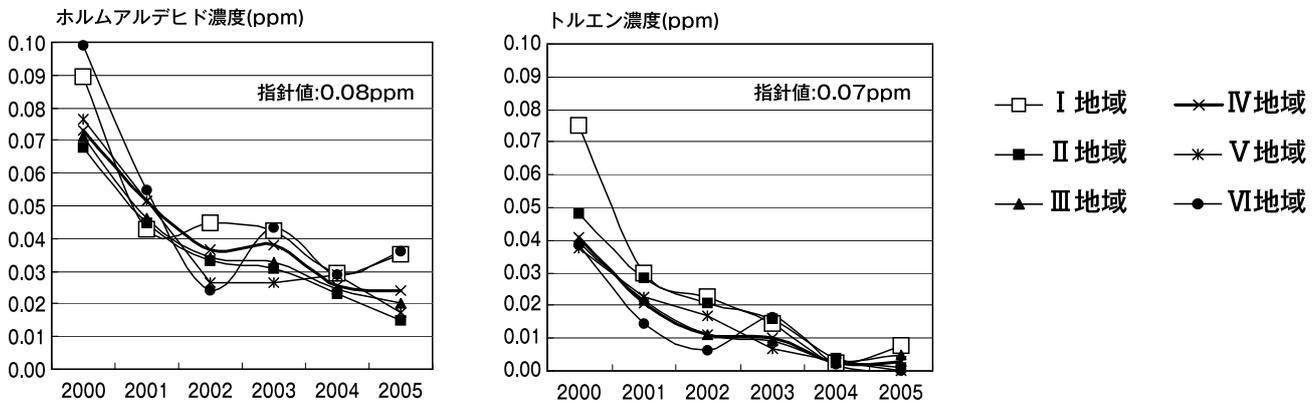


図11 ホルムアルデヒド濃度及びトルエン濃度の地域毎の推移

ているが、特にIとVI地域において当初高い値を示していた。一方、トルエン濃度は2000年時、I、II地域で高かったが、全ての地域において濃度は年々低下している。

## V. 調査結果などから見た室内空気環境の実態と動向

築1年以内のいわゆる新築住宅室内における気中濃度測定結果と、建物仕様或いは生活状況との対比・分析により、連続換気システムを運転する住宅比率の増加、畳やカーペット仕上げの減少傾向、ホルムアルデヒド等の測定対象物質（アセトアルデヒドを除く）気中濃度の低下傾向、汚染濃度平均値は何れも指針値より十分に低いことなどが明らかになった。また、この濃度低下傾向は全ての地域において、構造種別を問わずに見られ、建築基準法改正による建材放散性低減と換気設備設置等の措置をはじめとする、政府、民間建築企業・建材製造者や様々な関連団体など、国を挙げて推進した努力の賜物と考えられる。

この影響は居住者から財団法人住宅リフォーム・紛争

処理支援センターに寄せられた相談件数にも如実にあらわれている。2000年からの推移を見ると、2004年まで毎年400件を超えていた相談が建築基準法改正の2003年をピークに減少に転じ、2008年には半分以下になっている。

## VI. シックハウス問題のこれから

しかし、以上の数字からわが国のシックハウス問題が解消されたとするのは、三つの理由から早計と考えられる。ひとつには汚染源・汚染物質・汚染機会の多様化、ふたつめは住まい方や住まいに対する要求の変化に伴う「信頼性」の低下、そして最後に既存ストックにおける汚染の危険が払拭されていない点がある。

冒頭にも述べたように、わが国の住宅性能は気密性・断熱性・暖冷房・換気設備等の急速な変化の途上にある。新しい性能や機能は夫々個別に改善の方向をめざしているため、システムとして、スタイルとして調和・安定した「枯れた姿」に落ち着くことは期待できない。

近年のように資源や環境への制約、居住性への要求が高まる中、様々な「想定外の事態」は避けがたくっており、

新たな材料・機器や薬剤の導入が居住空間やその周辺に汚染を持ち込む危険を予防することはますます難しい。

二つめの「信頼性」は、住宅と換気設備に対する居住者の要求と維持管理がかかわる部分である。今日の居住者は共稼ぎや生活時間の不規則化で余裕もなく、時間と価格に対する経済性に敏感である。一方、天井裏などに押し込まれた換気設備の動作状況や効果を知りえない状況の中で、居住者にフィルター清掃などの保守を期待することは難しい。次にふれるリフォームと関連する「住みこなし」の課題でもある。

三つめの「改修（リフォーム）」は、既存建物の延命と活性化にかかわる建築分野全体のトレンドのひとつとして、温暖化対策に係わる社会的要請でもある。

しかし、素姓や性能の明らかでない既存部分と折り合いをつけながら、個々の換気部材や部品・機器を単に取り付けていったのでは効果的な流れを安定的に作り出すことはできない。却って汚染を放散する材が露わになったり、空気の流れにネックを生じたり、思わぬところから漏れたりなどの事態が生じる危険性さえある。設計、施工、運用設定、維持管理の各段階について、空気の入口から出口までを総合的に配慮することが求められる。既存住宅の気密性・断熱性・設置スペース、保守性、既存部材の放散性、騒音・振動特性などを的確に把握・検討したうえで、建物全般にわたる適切な設計施工と運用管理を、技術と住リテラシー涵養の硬軟両面から推進していく必要がある。

以上、既往の知見と資料からシックハウス問題にかかわる近年の動向とこれからの課題について見解を述べた。筆者らは、室内化学物質濃度を含む空気環境の実態と技術の動向から目を離さず、今後も調査検討を続けていく必要があると考えている。

## 謝辞

本研究は、国土交通省、厚生労働省、経済産業省、農林水産省と民間団体等が組織した「室内空気対策研究会・実態調査分科会」及び、国土交通省からの委託研究（平成15年度以降）の一環として行われた。今泉勝吉委員長はじめ委員の方々に謝意を表します。また、調査実施に協力頂きました都市基盤整備公団（当時）及び都道府県の住宅関連部局の担当各位、（財）住宅リフォーム・紛争処理支援センターの担当各位、測定に参加いただいた全国の居住者の方々に謝意を表します。

注1) 建築基準法改正（2003年）では居住空間を対象に、防蟻剤であるクロルピリホスの使用禁止、ホルムアルデヒド発生源となる建材の使用制限、換気措置の設置などが義務化されている。

注2) 第一は、居住者による測定実施やパッシブ捕集方式の採用などの妥協を重ねながらも経済的制約の中で実濃度測定という客観的な基盤資料を確保したこと、第二は建築的な対応を視野に入れて、気中濃度資料とアンケートを対応させる形で収集したこと、そして第三は実態調査の基本ではあるが実現が難しい適正な調査サンプルを地方行政庁等の協力により得られたことである。

## 参考文献

- 1) Osawa H. Wall construction in warm and humid area the state of the art. Proceedings of 2nd Conference Japan/Canada Housing R&D, BRI&NRCC, 1994. p.225-34.
- 2) Hayashi M, Osawa H. The influence of the concealed pollution sources upon the indoor air quality in houses. Building and Environment 2008;43:329-36.
- 3) 林基哉, 大澤元毅. 内部建材の化学物質放散が室内空気質に与える影響 第3種換気システムを用いた戸建木造住宅に関する基礎実験. 日本建築学会環境系論文集 2003年4月;(No.573):63-9.
- 4) 吉野博, 村上周三, 赤林伸一, 倉渕隆, 加藤信介, 田辺新一, 池田耕一, 大澤元毅, 澤地孝男, 福島明, 足立真弓. 先進諸国における住宅の必要換気量の基準に関する調査. 日本建築学会技術報告集 2004年6月;(No.19):189-92.
- 5) 大澤元毅, 三木保弘, 坊垣和明, 住田浩典. 官庁建築物における室内空気環境実態調査. 日本建築学会技術報告集 2003年6月;(No.17):255-60.
- 6) 桑沢保夫, 大澤元毅, 坊垣和明, 住田浩典. 官庁建築物における室内空気環境実態調査（平成13年度から平成15年度における測定結果のまとめ）. 日本建築学会環境系論文集 2005年6月;(No.592):29-33.
- 7) 大澤元毅, 池田耕一, 林基哉, 桑沢保夫, 真鍋純, 中林由行. 2000年度全国実態調査に基づく化学物質による住居室内空気汚染の状況. 日本建築学会環境系論文集 2003年4月;(No.566):65-71.
- 8) 大澤元毅, 池田耕一, 林基哉, 小島隆矢, 真鍋純, 中林由行. 2000年全国調査に基づく住宅室内空気VOC汚染の状況. 日本建築学会環境系論文集 2004年1月;(No.575):61-6.
- 9) Osawa H, Hayashi M. Status of the indoor air chemical pollution in Japanese houses based on the nationwide field survey from 2000 to 2005. Building and Environment 2009;44:1330-6.
- 10) 大澤元毅. 省エネ新時代におけるシックハウス対策のこれから. 建築技術 2009.12;(No.720):166-7.