

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

特定建築物における
室内空气中化学物質の実態把握のための研究

令和2年度 分担研究報告書

令和2年度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）
分担研究報告書

1. 特定建築物の報告統計

分担研究者	鍵 直樹	東京工業大学環境・社会理工学院 教授
分担研究者	金 勲	国立保健医療科学院 上席主任研究官
分担研究者	東 賢一	近畿大学医学部 准教授
主任研究者	小林健一	国立保健医療科学院 上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生法においては対象となる特定建築物の維持管理手法として、環境衛生管理基準値を定め、測定を行い基準値と比較して、適切な維持管理を行っている。近年の特定建築物における現状の把握を全国の特定建築物の報告データを用いて行うことが可能である。また、建築物衛生法においては、揮発性有機化合物（VOC）の中でもホルムアルデヒドのみ基準値の対象としている。厚生労働省では13物質の化学物質の指針値を示している。その他の物質として、2-エチル-1-ヘキサノール（2E1H）は、コンクリートなどの下地に施工した塩ビ建材や接着剤に含まれる可塑剤のフタル酸ジエチルヘキシル（DEHP）がコンクリートに含まれるアルカリ水溶液によって加水分解されることで生成し、発生することが示されている。本報告では、これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の最新動向について整理を行った。さらに事務所室内空気中の2E1H発生特性を実測調査によって明らかにした。

特定建築物の各環境要素について二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率の経年変化は、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。それぞれが、省エネ法の改正、建築物衛生法の改正、東日本大震災の影響が示唆された。また、浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。また、2E1Hの事務所建築物における実態調査では、TVOCに占める2E1Hの値が高い建物があり、特にコンクリートが下地の建物において高い傾向となった。

A. 研究目的

建築物衛生法では対象となる特定建築物の維持管理として、環境衛生管理基準値が表1-1のように定められている。温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素濃度、気流、浮遊粉じんの6項目について2カ月以内ごとに1回測定し、基準値との比較を行うことで、適切な維持管理を行うことになっている。ホルムアルデヒドについては、新築または大規模模様替えを行った後、最初に来る6月から9月の間に1回測定する。近年、温度、相対湿度、二酸化炭素の濃度の不適率が上昇する傾向にあることは本研究の関連研究で既に報告されている^{1,2)}。

建築物衛生法においては、揮発性有機化合物（VOC）の中でもホルムアルデヒドのみ基準値としている。厚生労働省ではホルムアルデヒド

も含め13物質の指針値を示している。その他の物質として、2-エチル-1-ヘキサノール（2E1H）は、塩ビ建材や接着剤、塗料などの建材から発生し、眼、皮膚への刺激、中枢神経系などに影響を与え、健康被害をもたらすことが指摘されている³⁾。また、2E1Hは特異臭があるため、建物内での悪臭の原因にもなり得る。これまで2E1Hは室内では未規制であったが、多くの建物で検出されるようになり、中には高濃度で検出される室内も存在することから、厚生労働省は2017年4月に、2E1Hを揮発性有機化合物の室内濃度に関する指針値に追加する改定案を示し、指針値を130 µg/m³と定める予定であった⁴⁾。しかし、2018年12月の第23回シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会において、対策を講ずるにあたり科学的知見のさら

なる収集が必要であり、また技術的観点から実効性に疑義のある値が提案されている可能性があるとの意見や、国際動向も踏まえて、指針値案は見直されることになった⁵⁾。

建材からの2E1H発生には、一次発生と二次発生が知られている。一次発生は建材の製造中に含有された2E1Hが発生することを示す。二次発生は、コンクリートなどの下地に施工した塩ビ建材や接着剤に含まれる可塑剤のフタル酸ジエチルヘキシル (DEHP) がコンクリートに含まれるアルカリ水溶液によって加水分解されることで2E1Hを生成し、発生することを示す。タイルカーペットや塩化ビニルがコンクリート下地に直接敷かれている部屋では、2E1Hの濃度が高いと報告されており⁶⁾、室内の2E1H濃度が高い原因として二次発生を挙げているものが多く、コンクリート下地の含水率に着目した研究が多くなされている。

本報告では、これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の最新動向について整理を行った。さらに事務所室内空気中の2E1H発生特性を実測調査によって明らかにする。

表 1-1 空気環境に関する建築物環境衛生管理基準

浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
一酸化炭素の含有率	10 ppm 以下
二酸化炭素の含有率	1000 ppm 以下
温度	17℃以上 28℃以下
相対湿度	40%以上 70%以下
気流	0.5 m/秒以下
ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下 (= 0.08 ppm 以下)

B. 研究方法

B.1 空気環境項目別の不適率の経年変化

厚生労働省が各都道府県、保健所設置市、特別区における建築物衛生の実態を把握することを目的とし、毎年集計を行っているもので、独立行政法人統計情報センターで公表されている。そこで、公表されている全国の建築物の維持管

理に関するデータを用いて、基準値に適合しなかった建物の割合、不適率の動向の整理を行うことにより、建築物における環境衛生の実態、不適率の状況について把握することができる。ここで示す建物維持管理のデータは、建築物の維持管理項目ごとの調査件数及び不適件数が集計されている。また、対象期間は平成8年度から令和元年度(1996-2019年度)までで、不適率の推移を見ることができる。建築物の維持管理項目は、帳簿(1項目)、空気環境の調整(16項目)、給水の管理(10項目)、雑用水の管理(9項目)、排水設備(1項目)、清掃(1項目)、防除(1項目)に分けられている。用途は興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、旅館、その他と分かれており、それぞれの用途別ごとの不適率の比較をすることができる。これらのデータに基づき、用途別不適率及び不適率の経年変化を集計し、建物維持管理の問題点の抽出を行った。ここでは、空気環境の調整の内、空気環境の測定項目について述べる。

B.2 事務所建築物における2E1Hの実態

事務所室内における化学物質の実態、特に2E1Hの状況を2018年から2020年の夏期と冬期に東京・埼玉・神奈川・大阪・福岡の表1-2に示す17軒35室の事務所建築物室内の調査を行った。E01~E05, E07~E12, A01~A03, W01~W03, F01~F04は夏期と冬期に測定しており、その他の建物では夏期か冬期のどちらかで測定している。各部屋とも床にタイルカーペットが敷かれており、床の下地はタイル地、コンクリートスラブ、金属製・コンクリート製・プラスチック製OAフロアの5種類に分類した。

VOCの捕集には、Tenax捕集材を用いたアクティブサンプリング法により行った。捕集は対象室内の机上でを行い、300 mL/min.で30分間、合計9 Lとした。分析には、加熱脱着装置によりGC/MSに導入して行った。なお、TVOCの算出には、C6(ヘキサン)からC16(ヘキサデカン)に検出したピークをトルエン換算して算出した。

表 1-2 事務所建築物の実測調査における調査対象室の概要

Location	Building ID	Sampling places	Floor material	Summer	Winter	
Tokyo	E01	-	Concrete	○	○	
		1F		○	○	
	E02	2F	OA(Steel)	○	○	
		3F		○	○	
	E03	-	Tile	○	○	
	E04	-	Concrete	○	○	
	E05	-	OA(Steel)	○	○	
	E06	1F	OA(Plastic)	○	-	
		2F		○	-	
	E07	-	Tile	○	○	
	E08	-	OA(Steel)	○	○	
	E09	-	Tile	○	○	
	E10	-	OA(Plastic)	○	○	
	Saitama	E11	-	OA(Plastic)	○	○
	Kanagawa	E12	-	Concrete	○	○
		E13	-	OA(Steel)	-	○
		E14	-	OA(Steel)	-	○
		T01	-	OA(Steel)	-	○
			roomA		-	○
		T02	roomB	Tile	-	○
1F			Concrete	-	○	
T03		5F	OA(Steel)	-	○	
		-	OA(Steel)	-	○	
T05		-	OA(Concrete)	-	○	
T06		-	Concrete	○	-	
T07		-	Concrete	○	-	
K01		-	Concrete	○	-	
Aichi		A01	-	Tile	○	○
	A02	-	Concrete	○	○	
	A03	-	OA(Plastic)	○	○	
Osaka	W01	-	Tile	○	○	
	W02	-	Concrete	○	○	
	W03	-	Tile	○	○	
	O01	-	Concrete	○	-	
		O02	-	OA(Plastic)	○	-
Fukuoka	F01	-	Concrete	○	○	
	F02	-	Concrete	○	○	
	F03	-	Concrete	○	○	
	F04	-	OA(Steel)	○	○	

C. 研究結果および考察

C1. 空気環境項目別の不適率の経年変化

図 1-1 に空気環境 7 項目（浮遊粉じん、二酸化炭素、一酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒド）の不適率の経年変化を示す。浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。一方、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率においては、いずれも値が高く、3 回の顕著な上昇が見られた。1 回目は平成 11 年度（1996 年度）（相対湿度）、2 回目は平成 15 年度（2003 年度）（温度、相対湿度、二酸化炭素濃度）、3 回目は平成 23 年度（2011 年度）（温度、相対湿度、二酸化炭素濃度）であった。それぞれは省エネ法の改定と建築物衛生法改定の翌年、東日本大震災の年と重なる。省エネのために、設定温度・相対湿度の設定・制御の問題、換気量を削減することなどにより、基準値を逸脱する事例が増加したものと考えられる。また、平成 15

年度（2003 年度）における建築物衛生法の改定により、個別空調方式の建物が特定建築物の適用範囲となったため、基準値の不適合の件数が増加したことが考えられる。なお、平成 25 年

（2013 年度）に相対湿度の不適合率が一旦減少に転じているが、その原因として加湿器を設置してない建築物において、相対湿度との比較を行わなくなったことも関係すると考えられる。二酸化炭素については、平成 29 年度（2017 年度）までは上昇傾向であったが、その後若干の減少に転じている。

図 1-2 に二酸化炭素の用途別不適率の経年変化を示す。旅館を除けば、全ての用途で軒並みに上昇し続けている。特に学校と事務所の上昇が著しく、平成 8 年度（1996 年度）の 10%程度に比べ、令和元年度（2019 年度）は 4 倍超となった。学校については、学校保健安全法の学校環境衛生基準において、換気の基準として 1500 ppm 以下であることが望ましいとしており、特定建築物となっている学校建築においては、同じ二酸化炭素濃度であっても、基準値が異なっていることも要因として考えられる。旅館において不適率が低い要因としては、計測場所・時間など測定条件に起因することも考えられる。例えば、宴会場において、宴会の最中に計測がされているかといえ、困難であることが想像される。

ホルムアルデヒドについては、基準値として制定された当初から、低い不適率を推移している。住宅においては、気密性の上昇による換気の減少、フローリングや壁紙に使用される接着剤などの多用から発生するホルムアルデヒドなどの化学物質の室内濃度が高くなることで、シックハウス症候群、化学物質過敏症の主要原因となっていた。その対応として、厚生労働省から化学物質の指針値を制定、建築基準法によりホルムアルデヒド発散建材の使用制限、24 時間換気設備の設置義務化とともに、発生源である内装材料からの化学物質の発生が少なくなったことで、住宅室内の化学物質濃度が低下している。一方、特定建築物においては、二酸化炭素濃度の基準値より、一定の換気量が確保されていること、住宅とは異なる内装材料を用いていることからホルムアルデヒドの発生量は比較的少な

いこともあり、不適率としても低いものとなっていると考えられる。

その他の項目として、温度、相対湿度は何の用途においても上昇傾向、気流、浮遊粉じん、一酸化炭素については、用途によらずどれも低い傾向であった。

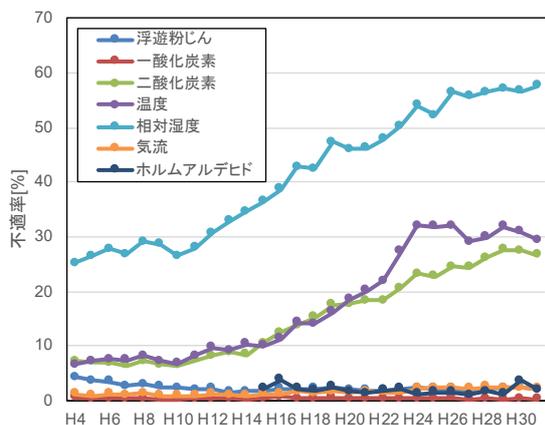


図 1-1 空気環境 7 項目の不適率の経年変化

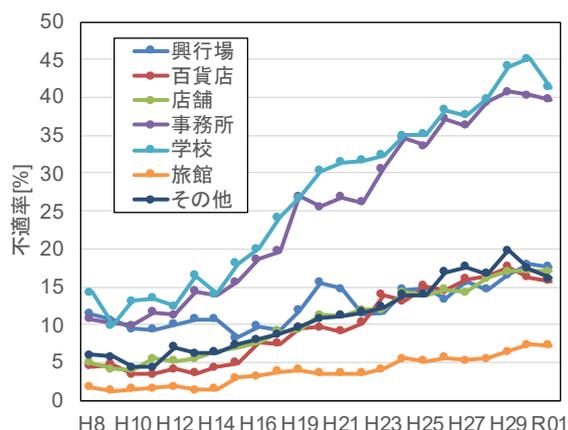


図 1-2 用途別の二酸化炭素濃度不適率の経時変化

C.2 事務所建築物における 2E1H の実態

図 1-3 にタイル地の建物での 2E1H 濃度を示す。タイル地の建物では、2E1H 濃度の低い建物が多い。しかし、夏期の W01 と E09 では総揮発性有機化合物 (TVOC) 濃度が厚生労働省による暫定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えており、2E1H 以外の VOC が空気質に影響しているものである。タイル地の建物は改装によって竣工当初に施工されたタイル地の上にタイルカーペットをそのまま貼り付けている建物である。そ

のため、下地となるタイルの種類が建物によって違うことで床材から発生する物質が異なっていると考えられる。

図 1-4、図 1-5 に金属製 OA フロア及びコンクリート製・プラスチック製 OA フロアの建物での 2E1H 濃度を示す。コンクリート製 OA フロアの T05 の $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が最も高い濃度を示しており、金属製・プラスチック製 OA フロアでは低い傾向にあった。

図 1-6 にコンクリートスラブが下地の建物での 2E1H 濃度を示す。コンクリートスラブが下地の建物では、2E1H 濃度が高い傾向にあった。特に夏期の K01, E01 では $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と調査した建物のなかでも高濃度で検出された。また、夏期においては TVOC に占める 2E1H の濃度も高い。

床仕様別の 2E1H 濃度を図 1-7 に示す。コンクリートスラブが下地の建物は、他の建物と比べても 2E1H の濃度が高い傾向であることが明らかになった。特に、金属製 OA フロアとコンクリートスラブが下地の建物との濃度には有意な差があった。

また、床仕様別の TVOC 濃度に占める 2E1H 濃度をまとめたものを図 1-8 に示す。TVOC 中の 2E1H 濃度の割合もコンクリートが下地の建物において高い傾向がある。既往研究⁸⁾において、2E1H の嗅覚閾値は $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、TVOC に対する割合が 45~64% の付近から 2E1H の臭気を感じると示唆されている。コンクリートスラブが下地の事務所室内ではそれらの値を超える建物もいくつか存在していることから、コンクリート下地が事務所の室内環境に影響を与えていることが示唆された。これはコンクリート下地による加水分解により、二次発生していることが高濃度の原因であると推測される。

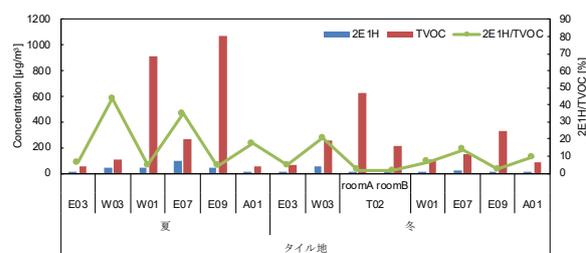


図 1-3 タイル地の室内 2E1H 濃度と TVOC 濃度

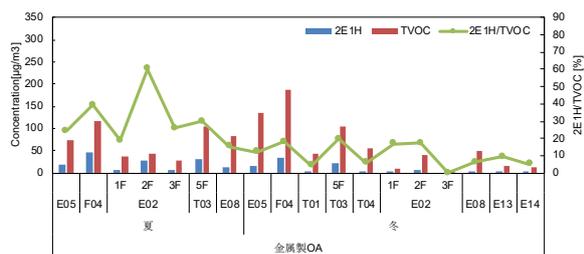


図 1-4 金属製 OA フロアの室内 2E1H 濃度と TVOC 濃度

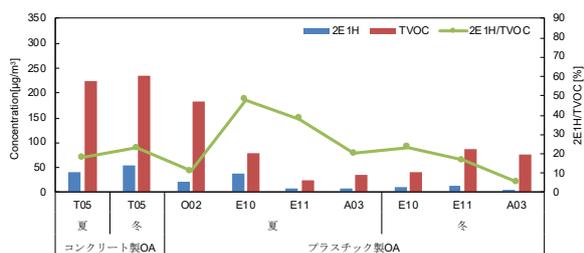


図 1-5 コンクリート・プラスチック製 OA フロアの室内 2E1H 濃度と TVOC 濃度

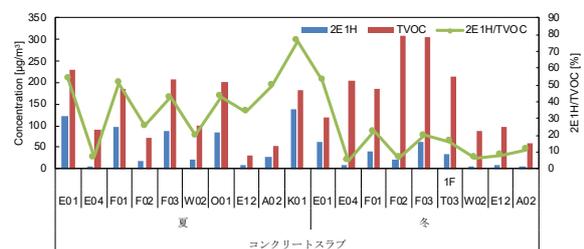


図 1-6 コンクリートスラブ下地の室内 2E1H 濃度と TVOC 濃度

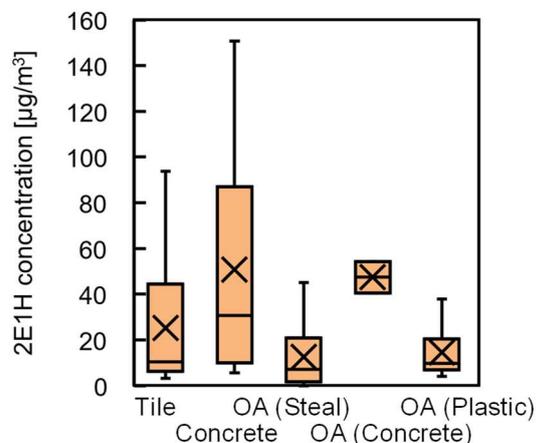


図 1-7 床仕様別の室内 2E1H 濃度

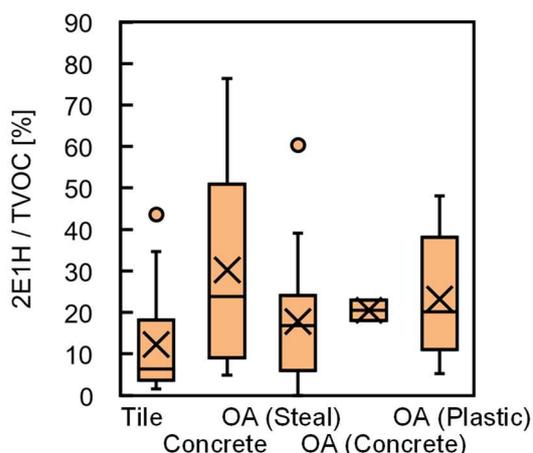


図 1-8 床仕様別の TVOC に占める 2E1H の割合

C.3 考察

空気環境項目別の不適率の経年変化より、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度については、年々上昇する傾向となり、特に二酸化炭素濃度は換気に関わる項目であることから、室内空気質への影響が懸念される。しかしながら、ホルムアルデヒド濃度については、基準に制定されて以来、低い不適率となっており、換気不足による濃度上昇の傾向は見られない。これには、住宅とは異なりホルムアルデヒドを多量に発生する建材を使っていないこと、ある程度の換気ができていることなどが挙げられる。なお、ホルムアルデヒド以外の化学物質については、二酸化炭素濃度の不適率が高い傾向であることから、換気が十分とは言えず、ホルムアルデヒドとは異なる発生源であれば、室内濃度が高くなる可能性もある。

さらに、事務所建築物において室内化学物質濃度の実測調査を行ったところ、TVOC に占める 2E1H の割合が比較的高い建物が多く存在し、主要成分が 2E1H となっていることを表している。2E1H の発生源として、接着剤やカーペットの下地材が考えられるが、その他にもコンクリート中に含まれる水分により、カーペット裏地の塩ビ材料との二次生成も要因としてあり、室内の温度、湿度などの影響により、新築建物でなくとも濃度が高くなる可能性もあり、引き続き注視する必要がある。

D. まとめ

これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の最新動向について整理を行った。さらに事務所室内空気中の2E1H発生特性を実測調査によって明らかにした。

特定建築物の各環境要素について二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率においては、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。それぞれが、省エネ法の改正、建築物衛生法の改正、東日本大震災の影響が示唆された。また、浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。

また、2E1Hの事務所建築物における実態調査では、TVOCに占める2E1Hの値が高い建物があり、特にコンクリートが下地の建物において高い傾向となった。

E. 参考文献

- 1) 東賢一, 池田耕一, 大澤元毅, 鍵直樹, 柳宇, 斎藤秀樹, 鎌倉良太: 建築物における衛生環境とその維持管理に関する調査解析, 空気調和・衛生工学会論文集, Vol.37, No.179, pp. 19-26, 2012.9
- 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一: 特定建築物における空気環境不適率に関する分析, 日本建築学会環境系論文集, Vol.84 No.765, pp.1011-1018, 2019.11
- 3) 東賢一, 池田耕一, 久留飛克明, 中川雅至, 長谷川あゆみ, 森有紀子, 山田裕巳: 建築に使われる化学物質事典, 株式会社風土社, 2006.5.1
- 4) 厚生労働省 医薬・生活衛生局医薬品審査管理課化学物質安全対策室: 第21回シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会 議事録, 2017.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000166151.html> (参照: 2021.1.28)
- 5) 厚生労働省 医薬・生活衛生局医薬品審査管理課化学物質安全対策室(2018): 第23回シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会 議事録,
<https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/00001661>

51_00002.html (参照: 2021.1.28)

- 6) 上島通浩, 柴田英治, 酒井潔, 大野浩之, 石原伸哉, 山田哲也, 竹内康浩, 那須民江: 2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染 室内濃度, 発生源, 自覚症状について, 日本公衛誌 52(12), pp. 1021-1031, 2005
- 7) 鍵直樹, 池田耕一, 柳宇, 長谷川あゆみ, 藤井修二: パッシブ法による事務所における揮発性有機化合物の実態調査と汚染原因の検討, 日本建築学会環境系論文集, 日本建築学会, Vol.74, No. 638, pp. 501-506, 2009.4
- 8) 勘坂弘子: におい問題事例の原因と対策, 第31回におい・かおり環境学会, pp. 276-285, 2019