

国立医薬品食品衛生研究所 殿町新庁舎における室内空気質について (第2報)

大嶋直浩, 高橋夏子, 高木規峰野, 田原麻衣子, 酒井信夫[#], 五十嵐良明

Indoor air quality of new office building of National Institute of Health Sciences in Kawasaki INnovation Gateway at SKYFRONT (KING SKYFRONT) (Part II)

Naohiro Oshima, Natsuko Takahashi, Mihono Takagi, Maiko Tahara, Shinobu Sakai[#] and Yoshiaki Ikarashi

The committee on indoor air pollution, established by the Ministry of Health, Labour and Welfare, has selected three candidate substances [2-ethyl-1-hexanol (1), 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (2), and 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (3)] for indoor-air-quality guidelines. However, to set guideline values for these candidate substances, exposure assessment studies are required. The indoor air concentration of these candidate substances was investigated at the building of the National Institute of Health Sciences from April 2018 to March 2020. The results showed that compounds 1 and 3 show a seasonal periodicity, with low values in winter and high values in summer. In particular, this is the first study reflecting the seasonal periodicity of compound 3. The indoor air concentration of all compounds decreased year-by-year over time. The results provide valuable scientific evidence for stipulating new indoor-air-quality guidelines.

Keywords: indoor air, volatile organic compounds, National Institute of Health Sciences, periodicity

1. はじめに

シックハウス症候群は、建築物等から放散した化学物質が原因として引き起こされる頭痛、鼻炎、咽頭炎、閃輝暗点、喘息、皮膚炎及び眩暈等の症状である¹⁻⁴⁾。化学物質による室内空気の汚染は、以前から比較的滞在時間の長い小児、妊婦、高齢者等に注意が向けられてきたが、加えて最近では新型コロナウイルス感染拡大による室内滞在時間の延伸によって、幅広い年齢層への悪影響も懸念される。

厚生労働省は室内空気汚染による健康被害の発生防止を目的に、ホルムアルデヒド等の13化学物質の室内濃度指針値と総揮発性有機化合物 (Total Volatile Organic Compounds; TVOC) の暫定目標値を設定し、改正建築基準法では当該化学物質が使用される建材、換気設備の規制が行われた^{5,6)}。これによって当該化学物質の室内空気汚染防止対策は進んだが、代替化学物質によ

る汚染が新たな問題として顕在化している。シックハウス問題に関する検討会では2-エチル-1-ヘキサノール (1)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールモノイソブチラート (2)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチラート (3) を室内濃度指針値新規策定候補物質 (候補3物質)⁷⁾として挙げており (Fig.1)、これらの継続的な実態調査が求められている。

候補3物質は可塑剤及びその分解物に多く含まれており、国立医薬品食品衛生研究所生活衛生化学部が継続的に実施している室内空気汚染化学物質全国実態調査においても比較的高濃度、高頻度で検出されている⁸⁾。特に、化合物1は1年を通して冬季に室内濃度が低く、夏季に高い傾向が報告されているが⁹⁾、このような季節性の経時変化に関する報告は限られており、更なる知見の集積が必要である。

国立医薬品食品衛生研究所は、2017年度に東京都世田谷区用の賀旧庁舎から神奈川県川崎市の殿町新庁舎への移転を完遂した。これまでに2017年1月から2018年4月の期間において殿町新庁舎の主要な揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds; VOC) による室内空気汚染状況を報告した¹⁰⁾。本稿では、候補3物質を測定対象とし、2018年4月から2020年3月までの期間における

[#] To whom correspondence should be addressed;
Shinobu Sakai; Division of Environmental Chemistry,
National Institute of Health Sciences, 3-25-26,
Tonomachi, Kawasaki-ku, Kawasaki, 210-9501 Japan;
Tel/Fax: +81-44-270-6547; E-mail: s-sakai@nihs.go.jp

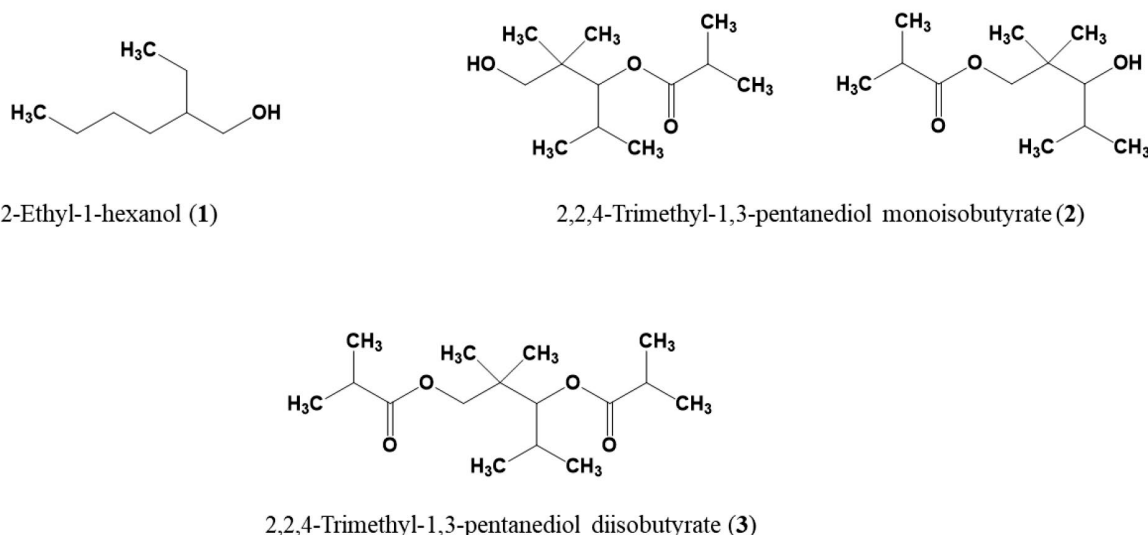


Figure 1 Structures of candidate substances for indoor-air-quality guidelines

室内濃度を継続的に調査・分析し、それらの季節性の経時変化を明らかにしたので報告する。

2. 調査方法

2.1 調査対象地点及び調査期間

国立医薬品食品衛生研究所殿町新庁舎（神奈川県川崎市川崎区殿町3丁目）は、室内3か所〔管理・研究棟3階 生活衛生化学部微量揮発性有機化合物分析室（E-17室、陽圧制御特別仕様実験室）、生活衛生化学部実験室1（F-18室、一般実験室）、生活衛生化学部事務室（G-18室、居室）〕、屋外1か所〔管理・研究棟東側スペース〕において室内空気のサンプリングを行った。殿町新庁舎における調査期間は、2018年4月～2020年3月とした。

2.2 調査対象化合物

室内濃度指針値新規策定候補物質（2-エチル-1-ヘキサノール（1）、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（2）及び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（3））について定量した（Fig.1）。

2.3 空気のサンプリング方法

調査にあたっては「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会 室内空気中化学物質の測定マニュアル」⁹⁾に準じ、室内及び屋外の空気をアクティブサンプリング法により捕集した。空気の捕集には、Tenax TA単層充填の捕集管（Markes社製SafeLokTM仕様ステンレス製捕集管）を使用した。なお、捕集管はTC-20コンディショナー（Markes社製）に装着し、窒素を約50 mL/minで通気しながら100℃で1時間、300℃で2時間加熱してドライパージ（清浄化）したものをを用いた。

空気の捕集はGSP-400FT（ガステック社製）を用いて50 mL/minの流速で58分間（2.9 L）、床上（地上）1.2～1.5 mの空気を1検体捕集した。サンプリングの様子をFig.2に示す。空気サンプリング時間帯は規定しなかった。

2.4 分析方法

捕集管にサンプリングした空気はTD-20及びGCMS-QP2010 Ultra（島津製作所）を使用した加熱脱離-GC/MSにより測定した。主要な測定条件を以下に記した。室内濃度指針値の候補3物質に関してScanおよびSIMモードを高速にスイッチするFASST（Fast Automated Scan/SIM Mode）で測定し、toluene-*d*₈を用いた内部標準法によって定量した。なお、定量下限値未満（<LOQ=0.17 µg/m³）の数値については0として集計した。

[加熱脱離]

Desorption: 280℃, 8 min, 50 mL/min

Cold trap: -20℃

Trap desorption: 280℃, 5 min

Line and valve temperature: 250℃

[GC]

Column: Rtx-1 (0.32 mm i.d. x 60 m, 1 µm)

Carrier gas: He, 40 cm/sec

Split ratio: 1 : 20

Oven temperature: 40℃ - (5℃/min) - 280℃ (4 min)

[MS]

Interface temperature: 250℃

Ion source temperature: 200℃

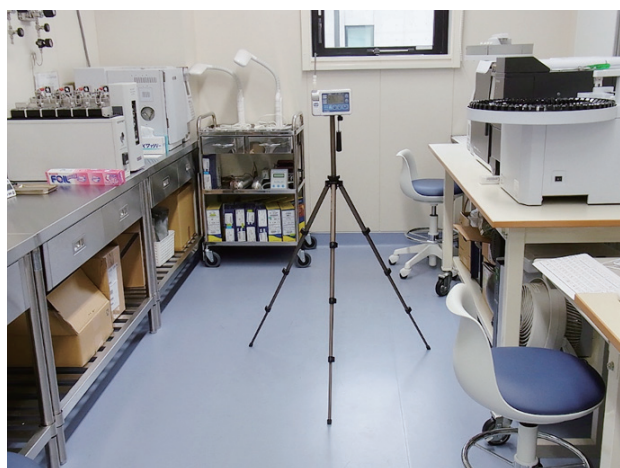


Figure 2 Air sampling at the new building of the National Institute of Health Sciences
Left: Trace volatile organic compounds analysis room, E-17; Right: Outdoor

Table 1 Target ions and qualifier ions of compounds 1-3

Compounds		Target ion	Qualifier ions	
1	2-Ethyl-1-hexanol	57	41	43
2	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate	71	43	56
3	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	71	43	56

Scan range (m/z): 35-400

Scan rate: 10 Hz

定量イオン及び確認イオンはTable 1のとおりである。

3. 結果と考察

化合物 1-3 の2018年4月から2020年3月までの間の濃度変化をFig. 3に示す。いずれの化合物も屋外ではほとんど検出されなかったことから、屋外から室内への空気移行に伴う化学物質の影響は無視できるものと考えた。E-17室は他の室内と比べて全体的に低い傾向を示した。これは、E-17室が微量揮発性有機化合物分析室であり、陽圧制御特別仕様の換気システムを取り入れているためと考えられる。

いずれの室内においても化合物 1 は夏季に高値を示し、冬季に低値を示した。酒井らの報告⁹⁾によると、化合物 1 が夏季に高い放散量を示すことから、本結果は酒井らの報告を支持する結果となった。化合物 1 は、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) やアジピン酸-2-エチルヘキシル、アクリル酸エステル、界面活性剤等の中間原料として用いられる化学物質である。室内における化合物 1 の検出に関しては床材の裏打ち材中のDEHPや接着剤中の2-エチルヘキシルアクリレートなど、2-エチルヘキシル基をもつ化合物が、コンクリート中のpH12~13の強アルカリ性水分と接触し、夏季の構造躯体の温度や湿度上昇に伴って分解と放散が促進された可能性が

考えられる。

化合物 3 についても、夏季に比較的高値を示す季節周期性が初めて明らかとなった。化合物 3 はポリ塩化ビニル製 (PVC) のフローリングや床材に含有されることから、建築物の構造躯体の温度上昇が季節変動の一因と考えられた。他方、造膜助剤、浮遊選鉱剤の添加材、紙処理剤の添加材等に用いられる化合物 2 については室内濃度が低く、季節周期性に関する知見は得られなかった。いずれの化合物も経年的な減少傾向が示唆されたことから、今後も継続して調査を行う予定である。

室内濃度指針値は、原則として全ての室内空間を対象とするものであり、「現時点で入手可能な毒性に係る科学的知見から、ヒトがその濃度の空気を一生涯にわたって摂取しても、健康への有害な影響は受けないであろうと判断される値を算出したもの」と定義される¹¹⁾。また、室内濃度指針値は、それ自体が法的な拘束力をもつものではないが、波及効果の大きい規格基準として「建築物における衛生的環境の確保に関する法律 (建築物衛生法)」、「住宅の品質確保の促進等に関する法律 (住宅品質確保法)」、「学校環境衛生基準」等、室内空気質を確保するための行政施策に幅広く参照されている。今回の分析対象物質である化合物 1~3 は、室内濃度指針値見直しスキームに準じて、諸外国の空気質ガイドライン等における指針値、居住環境内における揮発性有機化合物の実態調査、家庭用品等からの化学物質の放出量の検

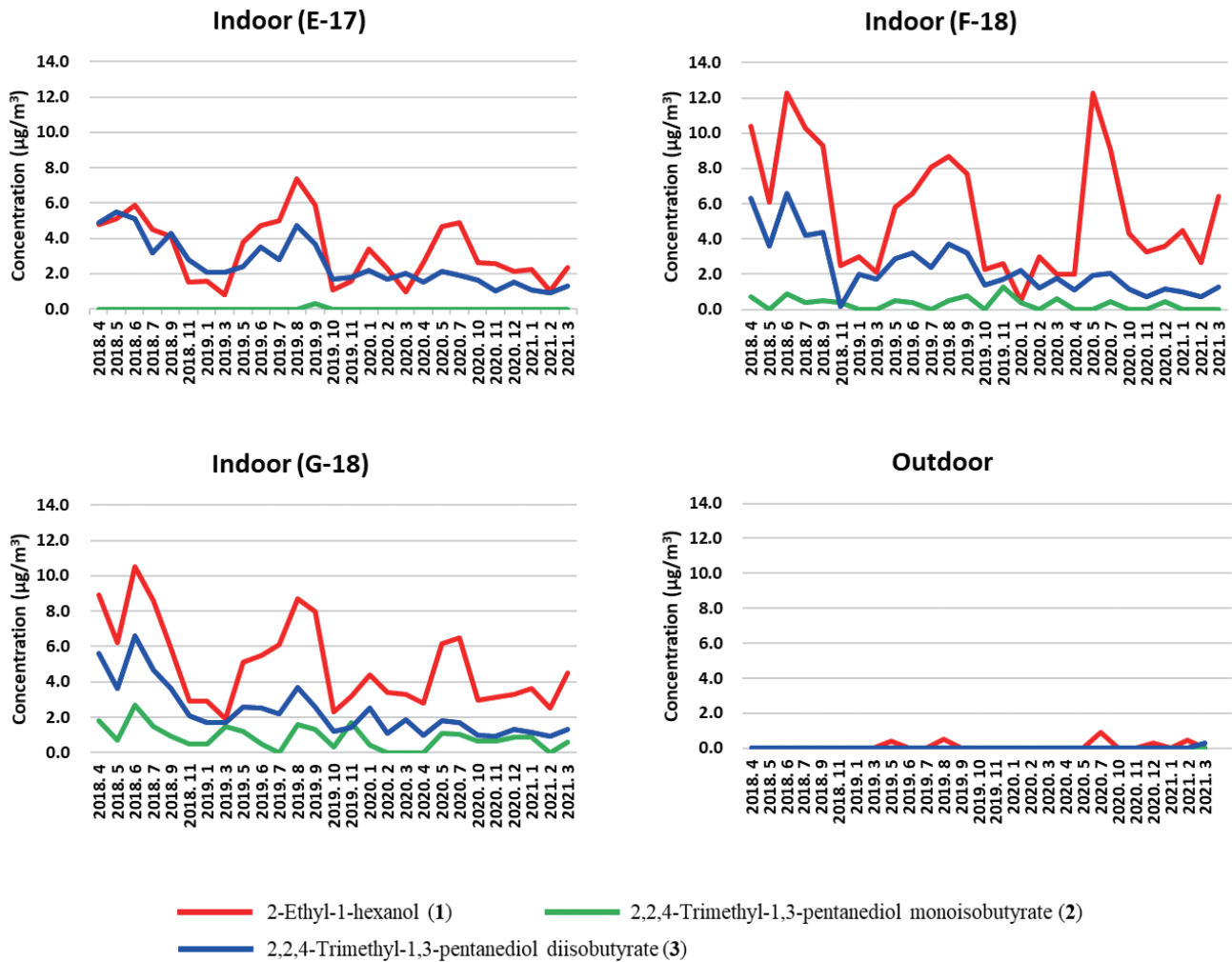


Figure 3 Seasonal variation of the three candidate substances detected in each room (April 2018~March 2020)

討結果, シックハウス関連研究の知見等から新たに室内濃度指針値を設定すべき候補物質として提案された。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23回までのまとめ¹²⁾では, 関係者が対策を講ずるに当たり, 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パブリックコメント等の意見を踏まえ, 「ヒトへの安全性に係る情報」, 「代替物の情報」等を引き続き集積し, 国際動向も踏まえながら, 指針値について再検討することとされている。本調査結果については, 室内濃度指針値を新規設定する際に有用な資料として活用する。

4. おわりに

本研究で, 室内濃度指針値候補物質である2-エチル-1-ヘキサノール (1), 2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールモノイソブチレート (2), 2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールジイソブチレート (3) の室内濃度を3年間追跡調査した。その結果, 化合物1, 3は冬季に

低値を示した後, 夏季に高値を示す季節周期性が認められた。特に化合物3の季節周期性を示した報告は今回が初めてである。いずれの化合物も経年的減少傾向が示唆され, 引き続き調査を行う予定である。

参考文献

- 1) World Health Organization. 1989. "Indoor air quality: organic pollutants." Report on a WHO Meeting, Berlin, 23-27 August 1987.
- 2) Onuki A, Saito I, Seto H, Uehara S, Suzuki T: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, 2002; 53: 206-210.
- 3) Tateno H, Ebana T, Hatakeyama A, Yamamoto M, Urashima Y, Kozuka S, Mukaiharu N, Fujita K: *Sapporoshi Eiken Nenpou*, 2001; 28: 64-72.
- 4) Morita Y, Sakai T, Nakajima Y, Kawaguchi Y, Yokozawa F, Nishinakagawa S, Yoshida T, Nagata N: *Japanese Journal of Occupational Medicine and Traumatology*, 2003; 51: 437-441.
- 5) 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測

定方法等について、厚生労働省医薬局長通知 医薬発第0207002号（平成14年2月7日）

6) シックハウス対策に係る法令等（平成15年7月1日施行）

- ・ 建築基準法第28条の2（居室における化学物質の発散に対する衛生上の措置）
- ・ 建築基準法施行令第20条の5（居室において衛生上の支障を生ずるおそれがある物質）
- ・ 建築基準法施行令第20条の6（居室を有する建築物の建築材料についてのクロルピリホスに関する技術的基準）
- ・ 建築基準法施行令第20条の7（居室を有する建築物の建築材料についてのホルムアルデヒドに関する技術的基準）
- ・ 建築基準法施行令第20条の8（居室を有する建築物の換気設備についてのホルムアルデヒドに関する技術的基準）
- ・ 建築基準法施行令第20条の9（居室を有する建築物のホルムアルデヒドに関する技術的基準の特例）
- ・ 平成14年国土交通省告示第1112号「クロルピリホスを発散するおそれがない建築材料を定める件」
- ・ 平成14年国土交通省告示第1113号「第一種ホルムアルデヒド発散建築材料を定める件」
- ・ 平成14年国土交通省告示第1114号「第二種ホルムアルデヒド発散建築材料を定める件」
- ・ 平成14年国土交通省告示第1115号「第三種ホルムアルデヒド発散建築材料を定める件」
- ・ 平成15年国土交通省告示第273号「ホルムアルデヒドの発散による衛生上の支障がないようにする

ために必要な換気を確保することができる居室の構造方法を定める件」

- ・ 平成15年国土交通省告示第274号「ホルムアルデヒドの発散による衛生上の支障がないようにするために必要な換気を確保することができる換気設備の構造方法を定める件」

- 7) 第21回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会（平成29年4月19日），資料1-1 室内空気汚染に係るガイドライン案について－室内濃度に関する指針値案－，<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11121000-Iyakushokuhinkyoku-Soumuka/0000166137.pdf>
- 8) 第20回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会（平成28年10月26日），資料2 平成27年度室内空気環境汚染化学物質調査，<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11121000-Iyakushokuhinkyoku-Soumuka/0000141175.pdf>
- 9) Sakai K, Kamijima M, Shibata E, Ohno H, Nakajima T: *J Environ. Monit.* 2009; 11; 2068-2076
- 10) Sakai S, Tahara M, Takagi M, Yoshino Y, Toyama Y and Ikarashi Y: *Bull. Natl Inst. Health Sci.* 2018; 136; 40-51
- 11) 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，厚生省生活衛生局長通知 生衛発第1093号（平成12年6月30日）
- 12) 第23回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会（平成31年1月17日），中間報告書－第23回までのまとめ
<https://www.mhlw.go.jp/content/000470188.pdf>