

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3年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 小林 健一
令和4(2022)年3月

目 次

I. 総括研究報告書	
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	・・・1
小林 健一	
II. 分担研究報告書	
1. 特定建築物の報告統計	・・・7
鍵 直樹	
2. 建築及び設備概要	・・・13
金 勲、東 賢一、樺田 尚樹	
3. 拡散サンプラーを用いる空气中ガス状化学物質の分析	・・・29
内山 茂久、樺田 尚樹、稲葉 洋平	
4. 現場立入調査とアクティブサンプリング	
4-1 化学物質 - カルボニル化合物及び揮発性有機化合物 (VOC)	・・・45
鍵 直樹	
4-2 温度、湿度、CO ₂ 濃度	・・・48
金 勲	
4-3 浮遊粒子状物質	・・・52
金 勲	
5. 特定建築物の室内環境管理と室内空气中化学物質の健康リスク評価	
—冬期夏期横断調査—	・・・57
東 賢一	
III. 研究成果の刊行に関する一覧	・・・81

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3年度 総括研究報告書

研究代表者 小林 健一

令和3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)
総括研究報告書

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

研究代表者 小林 健一 国立保健医療科学院 上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生法により特定建築物において測定が義務づけられている物質はホルムアルデヒドのみである。さらにこの測定は、新築、大規模模様替え後初めて来る夏期の6-9月に1回のみである。本研究は、ホルムアルデヒド以外にも室内濃度指針値が設定されている12個別物質及びTVOC (Total Volatile Organic Compounds ; 総揮発性有機化合物) 等の実態調査を行うと共に、その他の化学物質の現状把握及び健康リスク評価による基準のあり方の検討、室内濃度指針値を超える状況が確認された場合はその原因分析と低減措置の手法を提案することを目的とする。

本年度は2021年夏期に2020年度冬期に一度測定を依頼していた建物29施設を対象に2回目の測定を実施すると主に新たに手配した建物75施設を対象に調査を行った。75件に対しては2021年冬期にも同様の位調査を実施した。拡散サンプラーによる空気質調査は特定建築物186件(夏期111施設、冬期75施設)、現場立入調査とアクティブサンプリングによる化学物質濃度測定は7物件(11ヶ所)の事務所建築に対して行った。

本研究では、

- ①特定建築物の統計報告
- ②建築及び設備概要
- ③拡散サンプラーを用いた空气中化学物質濃度の測定
- ④現場立入調査とアクティブサンプリングによる空气中化学物質濃度の測定
- ⑤特定建築物の室内環境管理と室内空气中化学物質の健康リスク評価—冬期夏期横断調査—のようにサブテーマを設けて研究を実施した。

研究組織

研究分担者

樺田 尚樹 (産業医科大学)
東 賢一 (近畿大学)
鍵 直樹 (東京工業大学)
金 勲 (国立保健医療科学院)
稲葉 洋平 (国立保健医療科学院)

研究協力者

内山 茂久 (国立保健医療科学院)

A. 研究目的

建築物衛生法により特定建築物において測定が義務づけられている物質はホルムアルデヒドのみである。さらにこの測定は、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。

本研究は、ホルムアルデヒド以外にも室内濃度指針値が設定されている12個別物質及びTVOC (Total Volatile Organic Compounds ; 総揮発性有機化合物) 等の実態調査を行うと共に、

その他の化学物質の現状把握及び健康リスク評価による基準のあり方の検討、室内濃度指針値を超える状況が確認された場合はその原因分析と低減措置の手法を提案することを目的として実施した。

B. 研究方法

2年計画の2年目として、以下の事項について調査研究を実施した。

B.1 特定建築物の報告統計（分担研究1）

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空気環境項目の不適合率の最新動向について整理を行った。

B.2 建築及び設備概要（分担研究2）

特定建築物を対象にパッシブ型拡散サンプラーを用いた化学物質濃度測定と同時に管理者アンケートを実施し、建物・設備概要、室内環境の維持管理状況、空気衛生管理項目の測定と適合如何、禁煙対策、在室者クレームやにおいなどについて調査した。

測定セットは専門の調査会社に調査委託する分（75施設）と研究者らが手配した特定建築物（29施設）に直接郵送で送る分、2通りで行っている。

75施設は本年度（2021年度）に新たに手配した物件であり、夏期及び冬期の2回の測定を行っている。29施設は2020年度冬期に一度測定を依頼している建物であり、2021年夏期に2回目の測定を実施した物件である。アンケートの有効回答数は新たに手配した建物 n=75であった。

B.3 拡散サンプラーを用いる空气中ガス状化学物質の分析（分担研究3）

特定建築物186件（夏期111施設、冬期75施設）を対象に室内化学物質濃度を調査した。加えて、千葉市内および近郊の32戸の住宅を対象に、化学物質の個人曝露濃度、室内濃度、屋外濃度を調査し、その挙動を考察した。

B.4 アクティブサンプリングと現場立入調査（分担研究4）

化学物質濃度の現状、建築物衛生管理状況など把握するため、7物件（11ヶ所）の事務所建築に対して、ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値に示されている物質を中心にアクティブ法を用いて実測調査を行った。また、温度、相対湿度、二酸化炭素の連続測定のほか、浮遊粒子状物質の調査を行った。

B.5 特定建築物の室内環境管理と室内空気中化学物質の健康リスク評価—冬期夏期横断調査—（分担研究5）

建築物衛生法の適用範囲の検討のために世界保健機関（WHO）のほか、ドイツ、フランス、カナダにおける室内空気質ガイドラインに関する評価文書、関連学会の資料、関連論文を調査した。また、2020年度～2021年度冬期で130件、2021年度夏期で111件における68物質の室内濃度測定結果に対して健康リスク評価を行った。

（倫理面への配慮）

本研究では実測調査およびアンケート調査について国立保健医療科学院の倫理審査を受審し承認（NIPH-IBRA#12310）された。

C. 研究結果

C.1 特定建築物の報告統計（分担研究1）

建築物衛生法に定められる特定建築物の環境衛生管理対象の各環境要素について、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適合率は、いずれも不適合率が高く高止まりしている傾向となった。要因としては、平成15年の建築物衛生法の改正による個別式空調の建物が特定建築物の適用範囲となったこと、面積の10%除外規定が撤廃されたこと、数回に亘る建築物省エネ法の改正などが挙げられる。

一方で、浮遊粉塵、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドに関する不適合率は低い値で推移

している。なお、新型コロナウイルス感染症の対策の実施から、二酸化炭素濃度および温度に関する不適率についても影響を及ぼしていることが示唆された。

C.2 建築及び設備概要 (分担研究 2)

特定建築物 75 施設に対するアンケート調査結果から、空調方式 (n=66) は中央式空調が 22 件 (33%)、個別式空調が 33 件 (50%)、中央式・個別式併用空調が 8 件 (12%) であった。

また、建築物衛生法に定める環境衛生管理基準項目に対して測定の実施については、6 項目の測定は 60 件中約 30%、ホルムアルデヒドの測定は 60 件中 7%に留まっていた。

なお、執務者の苦情要因としては、温度または湿度が挙げられ、73 件中それぞれ 10 件 (14%)、4 件 (6%) で苦情があった。

C.3 拡散サンプラーを用いる空気中ガス状化学物質の分析 (分担研究 3)

186 サンプラーを回収した特定建築物の調査では、エタノール、2,2,4,6,6-ペンタメチルヘプタンが高濃度を示した。なお、特定建築物の化学物質濃度は住宅のそれと比較して低い数値であり、特定建築物には換気装置を備えた空調設備が導入されていることや新型コロナ対策として換気が多く行われていたと考えられる。

32 戸の住宅の化学物質の個人曝露濃度の調査結果では、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、トルエン、テトラデカンがガイドライン値を超過していた。特に、アセトアルデヒドでは、ガイドライン値の 5 倍の数値となっている住戸も見受けられた。

C.4 アクティブサンプリングと現場立入調査 (分担研究 4)

ホルムアルデヒドの調査結果によると、建築物衛生法の基準値 ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$) および厚生労働省指針値 ($48\mu\text{g}/\text{m}^3$) に対して超過する建築物は無かった。また、同時に調査した総揮発性有

機化合物 (TVOC) も超過する建築物は無かった。温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の調査結果によると、二酸化炭素濃度について 1 件のみ 1000ppm 付近を推移していたものの、その他の建築物については基準値以下であった。

浮遊粒子状物質については、外気濃度に対する室内濃度の比 (IO 比) に着目すると、 $10\mu\text{m}$ の大きな粒径で IO 比が 1 を超える建築物が 2 件あったものの、その他の粒径では IO 比が 1 を下回る結果となった。

C.5 建物及び設備概要 (分担研究 5)

WHO は 2016 年に基準新設に関して優先順位を 4 つの区分に分けている。喫緊に再評価若しくは改訂を要する物質 (グループ 1) から当面再評価が不要な物質 (グループ 4) を策定している。また、2021 年には粒子状物質、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが改正された。諸外国においては、ドイツでは 64、フランスでは 15、カナダでは 13 の物質若しくは物質群に対して室内空気質ガイドラインが定められていた。

また、健康リスク評価の結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。アクロレイン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、アセトアルデヒド、トルエン、クロトンアルデヒド、クロロホルムでは、特定の事務所でリスクが高かったが、平均的にはそれほどリスクは高くなかった。炭素数 9~18 の脂肪族炭化水素は冬期夏期ともに平均的にリスクが高く、ホルムアルデヒドは夏期でリスクが高い傾向にあった。その他、平均的にリスクが高い傾向にあったのは、冬期夏期のオゾン、冬期のエタノール、夏期の酢酸であった。

D. まとめ

本研究では、主に特定建築物の環境衛生管理基準項目と不適合の要因、建築・設備概要及び

室内環境の管理運用などを調査すると共に、拡散サンプラーによる化学物質濃度測定、現場立入検査を行った。また、化学物質に対する国際的な動向及びリスク基準などを調べ、今回行われた調査結果から特定建築物における空気中化学物質のリスク評価を行った。以下に結果と知見を述べる。

1) 建築物衛生法や建築物省エネ法の改正に伴い不適率が上昇する傾向があり、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率が高い傾向が続いている。

2) 中央式空調が 33%、中央式・個別式併用空調が 12%、個別式空調が 50%と、中央式と個別式空調がほぼ半分ずつであった。建築物衛生法に定める環境衛生管理基準項目に対して測定の実施については 6 項目の測定は 60 件中約 30%と前年度の 60~70%より低かった。

3) 特定建築物では空調運転による換気が確保されていることから、住宅と比較して化学物質濃度は低かった。しかしながら、エタノールや 2,2,4,6,6-ペンタメチルヘプタンなど一部の物質が高濃度となった。

4) 化学物質 (VOCs 及びアルデヒド類)、温度、相対湿度、二酸化炭素、浮遊粒子状物質の現場調査を行い、一部で二酸化炭素濃度や浮遊粒子状物質濃度が高い建築があったものの概ね良好な環境が形成されていた。

5) 令和 3 年度以降に公表された室内空気質ガイドラインでは、WHO が空気質ガイドラインをアップデートしたことが大きな動きであった。粒子状物質 (PM_{2.5}、PM₁₀)、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。

E. 健康危険情報

該当なし。

F. 研究発表

(1) 論文

1) 東 賢一. 世界保健機関 (WHO) による「住宅と健康のガイドライン」. 公衆衛生 Vol 85, No.7, pp. 432-437, 2021.

(2) 総説・著書

1) 東 賢一. 新版生活健康科学第 2 版: 第 7 章生活環境と健康. 218 頁, 三共出版, 東京, 2022.

(3) 学会発表

1) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms in indoor air on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. Healthy Buildings Europe 2021, Oslo, Norway, June 21-23, 2021.

2) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: associations with thermal conditions and carbon dioxide. Healthy Buildings America 2021, Honolulu, Hawaii, January 18-20, 2022.

3) Azuma K. Indoor air quality and health effects in Japanese modern office buildings. the 33rd International Congress on Occupational Health 2022, Special Session: Indoor air quality in modern office buildings. Global digital congress, Melbourne-Rome, February 6-10, 2022.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

1. 特許取得 該当なし。

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3年度 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

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ところである。近年の特定建築物における現状の把握については、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。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空気環境項目の不適率の最新動向について整理を行った。

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。一方、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。なお、新型コロナウイルス感染症による建築物衛生への影響として、二酸化炭素濃度の不適率の減少、温度の上昇につながっている可能性が示唆された。

研究協力者

金 勲 国立保健医療科学院
東 賢一 近畿大学医学部
小林健一 国立保健医療科学院

1,2)。

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。

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。なお、2022 年から、一酸化炭素の基準値として 10 ppm 以下であるところが、6 ppm 以下であることと、20 ppm 以下の特例が削除された。さらに温度については、17°C以上が、18°C以上となった。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

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 (6 ppm 以下に改正)
二酸化炭素の含有率	1000 ppm 以下
温度	17°C以上 28°C以下 (18°C以上に改正)
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2年度(1996-2020年度)までで、不適率の推移を見ることができる。なお、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、空気環境の測定の項目について述べる。

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いない建築物において、相対湿度との比較を行わなくてよいとの通知が提出され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。また、新型コロナウイルス感染症の流行が始まった令和2年度(2020年度)においては、感染症対策のため換気の増強、窓開け換気の励行を行っていたところである。二酸化炭素濃度の不適率については、前年から若干の低下が見られるとともに、温度については若干の増加に転じていた。換気の増強、窓開け換気の実施により、二酸化炭素濃度を低下させたとともに、特に夏期の空調時の温度が基準値の範囲に収まらなかったことが考えられる。なお、在宅勤務の推進によって、室内の在室者数が減少したことも二酸化炭素濃度の不適率が改善されたことに寄与しているとも考えられる。

図1-2から図1-8に浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒドの用途別不適率の経年変化を示す。図1-1で示したように、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、低い不適率を推移しており、用途によって特に特徴はない。ただし、ホルムアルデヒドにおいて、例えば平成27年度(2005年度)の百貨店で高い不適率となっているのは、対象となった30棟と建物件数が少ないことで値が大きく変動したものと考えられる。

図1-4の二酸化炭素については、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1500ppm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。

図 1-5 の温度については、いずれの用途も上昇傾向にあり、学校、店舗の不適率が特に高い傾向であった。学校については二酸化炭素と同様に学校環境衛生基準に、望ましい基準として 10℃以上、30℃以下であるとしていたため、建築物衛生法とは異なっていたことが原因の一つと考えられる。しかしながら、平成 30 年（2018 年）に、17℃以上、28℃以下と改正され、建築物衛生法と一旦は同じ値になった。令和元年度（2019 年度）には一旦不敵率に改善の傾向が見られたものの、新型コロナ感染症の対策のため、2020 年度は再度増加したものとも考えられる。

図 1-6 の相対湿度については、どの用途も同様に上昇傾向が見られてる。

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、気密性の向上による換気の減少、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、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³⁾。

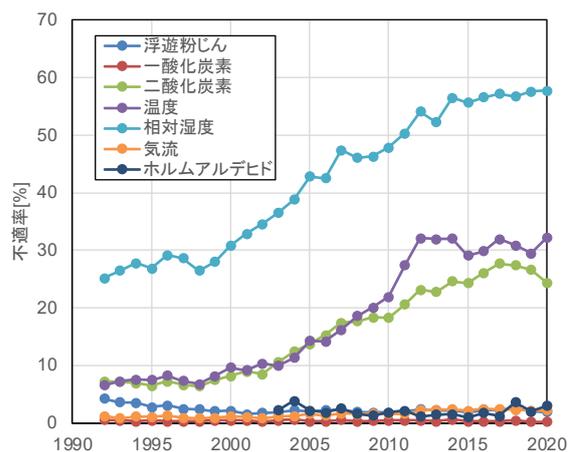


図 1-1 空気環境 7 項目の不敵率の経年変化

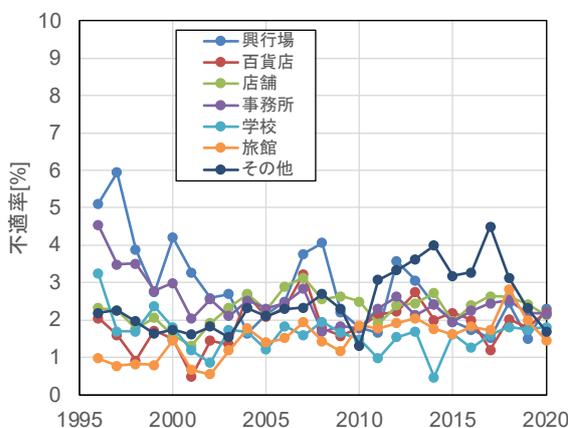


図 1-2 用途別の浮遊粉じん濃度不敵率の経時変化

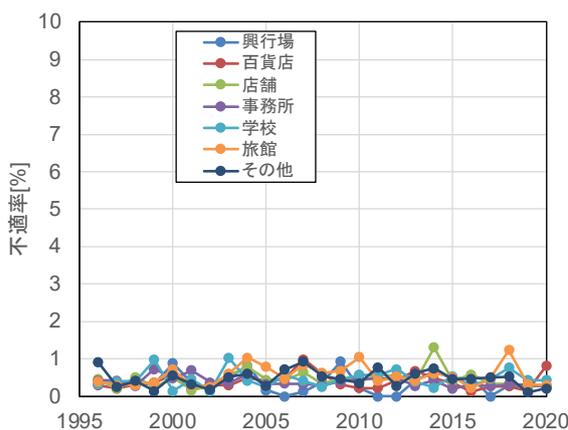


図 1-3 用途別の一酸化炭素濃度不敵率の経時変化

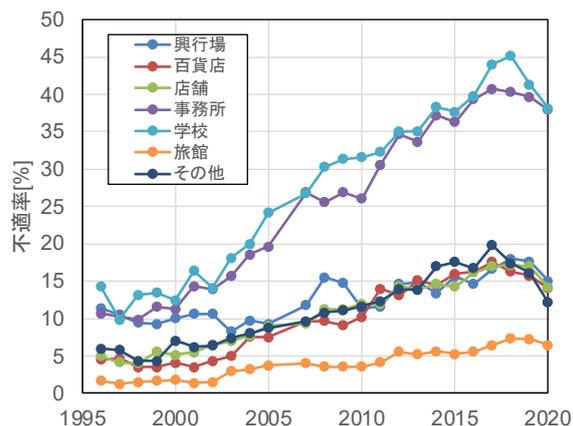


図 1-4 用途別の二酸化炭素濃度不適率の経時変化

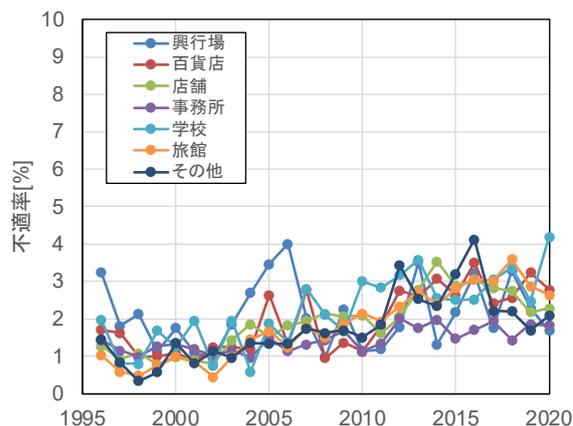


図 1-7 用途別の気流不適率の経時変化

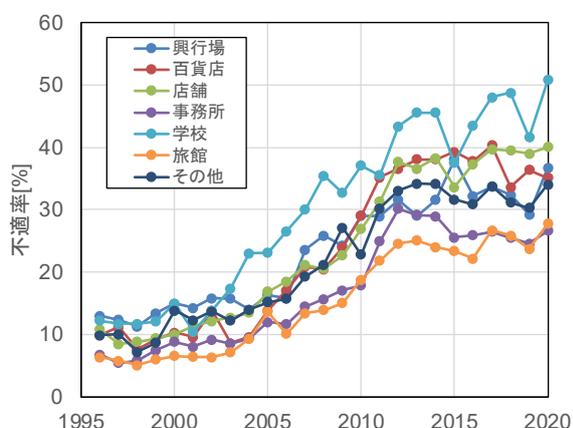


図 1-5 用途別の温度不適率の経時変化

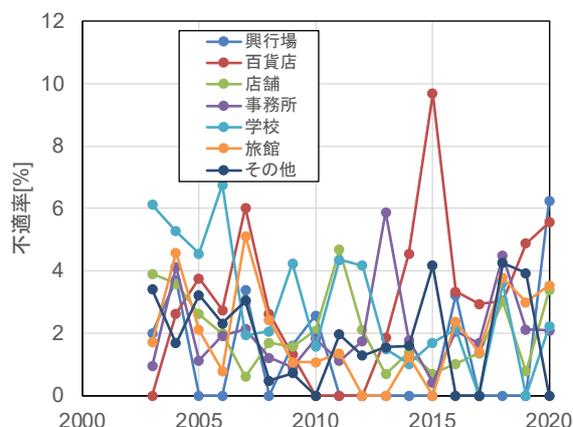


図 1-8 用途別のホルムアルデヒド濃度不適率の経時変化

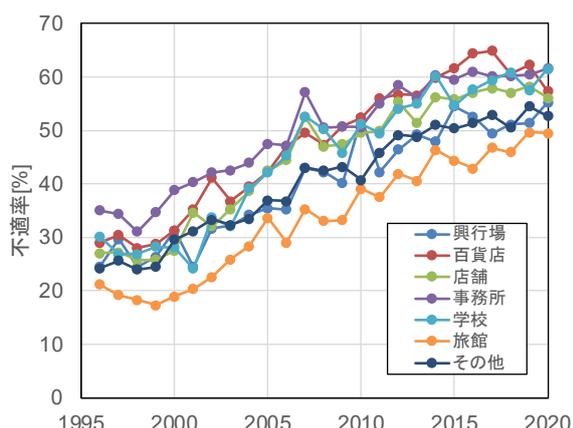


図 1-6 用途別の相対湿度不適率の経時変化

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。

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不適率の最新動向について整理を行った。

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。なお、新型コロナウイルス感染症の対策の実施から、二酸化炭素濃度及び温度の不適率についても影響を及ぼしていることが示唆された。

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) 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

F. 研究発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

2. 建築及び設備概要

分担分担者	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
分担分担者	東 賢一	近畿大学医学部	准教授
分担分担者	樺田 尚樹	産業医科大学	教授

研究要旨

化学物質濃度測定と同時に管理者アンケートを実施し、建物・設備概要、室内環境の維持管理状況、空気衛生管理項目の測定と適合如何、禁煙対策、在室者クレームやにおいなどについて調査した。本測定結果は、最終的に室内空気衛生及び建築・設備運用管理と化学物質濃度の相関を調べ、室内環境改善のための提案の基礎資料とする。

本年度は特定建築物75件を対象に調査を行った。

空調方式は、個別式空調が45%、中央式と中央・個別併用式は52%となり、ほぼ半々の割合となっている。

環境衛生管理基準6項目に関する測定実施の有無に関しては、30%程度が実施と回答しているが、前年度の60~70%に比べて低い。今回の調査対象が殆どテナントビルとなっており、環境測定が建築物衛生法の義務となっていることを把握できていないことが考えられる。

空調関連として目に付く部分の汚れに関しては1~2割程度で汚れを気になると回答していたが、コイルは割合が低く目に見えない部分は認識されにくいことが覗かれた。

管理項目で苦情が最も多い項目は温度14%、湿度5%、気流3%で温熱湿度環境に関連していた。

壁材としては、ビニルクロスと紙クロスを合わせると40%と壁紙系が最も多く、次に塗料27%であった。床材としては、9割以上がカーペットと回答している。床の下地としてはOAフロアが48%と最も多く、次いでコンクリート直貼りが29%であった。

生活用品については、空気清浄機やスプレー式消臭・消毒剤の使用が多かったが、これは昨今の新型コロナウイルス感染症の影響と考えられる。

においが気になる場所は無いとの回答が77%と最も多く、トイレ9%、執務室4%、共用空間3%、廊下1%の順であった。会議室を挙げた例はなかった。

快不快感では、回答者の35%が不快と感じていても90%は受容できる或いはどちらでもないという肯定側の回答をしていることから、オフィスではにおいの強度が強くないことと、においに関する慣れや我慢に起因するものと考えられる。

新型コロナ対策として、最も多く採用されているのはマスク97%、テレビ会議78%、手指衛生76%であり、消毒/換気/空気清浄機が59%/51%/38%、テレワーク/時差出勤・自転車出勤が24%/15%だった。換気は51%、空気清浄機が38%挙げられていることから、空気環境への関心が高くなっていることが覗かれる。

研究協力者

鍵 直樹	東京工業大学
小林健一	国立保健医療科学院

A. 研究目的

本研究ではホルムアルデヒド以外にも室内濃度指針値が設定されている12個別物質及びTVOC (Total Volatile Organic Compounds; 総揮発性有機化合物) 等の実態調査を行うと共に、その他の化学物質の現状把握及び健康リスク評価

による基準のあり方の検討、室内濃度指針値を超える状況が確認された場合はその原因分析と低減措置の手法を提案することを目標に研究を進めている。

化学物質は人体や人間活動からも発生するが、多くの成分は建築部材や内装材、什器などから発生し、その濃度は室内空調と換気状況に密接に関連する。

室内空气中化学物質濃度の測定を行う際には、室建築物・設備及び室内環境に関する情報は実態把握のための重要な情報となる。

本研究では、パッシブサンプラーを用いた化学物質濃度測定と同時に建物や施設管理者へのアンケートを実施し、建物・設備概要、室内環境の維持管理状況、空気衛生管理項目の測定と適合如何、禁煙対策、在室者クレームやにおいて調査した。

本測定結果は、最終的に室内空気衛生及び建築・設備運用管理と化学物質濃度の相関を調べ、室内環境改善のための提案の基礎資料とする。

B. 研究方法

現場で容易に設置できる空气中化学物質サンプリング用の拡散サンプラーセット 2 本（VOCs 及びアルデヒド類用）と共にアンケート（建築・設備及び室内環境に関する質問票）を行った。

測定セットは専門の調査会社に調査委託する分（75 施設）と研究者らが手配した特定建築物（29 施設）に直接郵送で送る分、2 通りで行っている。

75 施設は本年度（2021 年度）に新たに手配した物件であり、夏期及び冬期の 2 回の測定を行っている。29 施設は 2020 年度冬期に一度測定を依頼している建物であり、2021 年夏期に 2 回目の測定を実施した物件である。29 施設に関しては 2020 年度報告書で報告しているため、本項では新たに対象とした 75 施設のアンケート結果を集計、報告する。

建築物の規模や設備の基本情報、温湿度環境、においなどの空気衛生に関する内容について設問した。

具体的には、

- ・所在地域、建物用途、延床面積、建物フロア数、建築年度、所有者と使用形態、周辺環境の情報、事務所の入居階、喫煙対応、空調・給湯設備
- ・内装材及び備品、改修工事の有無と時期、改修の内容
- ・消臭剤、防虫剤など生活用品の使用
- ・室内環境や衛生環境に関する従業員からの苦情
- ・新型コロナ対策
- ・建築物衛生法の環境衛生管理基準項目の測定実施と適合状況
- ・空調設備の維持管理状況、におう場所、におい強度・快適度・受容度などである。

C. 研究結果および考察

アンケートの有効回答数 n=75 であった。

C.1 建物用途と周辺環境

建物用途を図 2-1 に、周辺環境に関する集計結果を図 2-2 に示す。用途としては、事務所 93%、店舗 4%と 9 割以上が事務所であった。その他が 2 件（3%）あった。

周辺施設に関する設問は重複回答可としている。工場が 39%と最も多く、次いで幹線・高速道路が 31%だった。他は森林 3 件、鉄道 1 件、廃棄物焼却施設 1 件と少数存在した。

C.2 建物概要

築年数を図 2-3、建物規模（地上階数）を図 2-4、延床面積を図 2-5、建物の所有と使用形態を図 2-6 に示す。

築年数は 30 年～40 年未満が最も多く 36%（23 件）、20 年～30 年未満が 25%、40 年～50 年未満が 17%、10 年以上 20 年未満が 8%、50 年以上 8%、10 年未満の新しい建築物は 6%であった。

建物の築年数はインテリアや内装材、空間構成などに関する好みや流行が時代と共に変遷するため、建築年度や改修時期などによって建材の種類及びそれから発生する化学物質の種類や

傾向が異なることから、関連項目は内装材と室内空気質の相関分析に重要な考慮因子となりうる。

延べ床面積は3000m²以上5000m²未満が46%と最も多く、次いで5000m²以上10000m²未満が24%、10000m²以上50000m²未満が13%となっている。50000m²以上の大型施設も18%あった。

建物の使用形態としては、自社ビルが1%、テナント用ビルが97%、その他が1%となっている。

C.3 空調方式

図 2-7 に空調方式を、図 2-8 に喫煙対応を示す。中央式空調が25%、個別式45%、そして中央式と個別式の併用も27%あった。併用まで中央式に含めると52%が中央式となり、個別式とほぼ半々の割合となる。

喫煙対応に関しては完全禁煙80%、完全分煙（喫煙室の分離）14%と、94%が執務空間では禁煙となっている。一方、依然と室内で禁煙可能と答えた建物は6%あった。

C.4 改修

改修工事に関する内容を図 2-9～図 2-11 に示す。5年以内に改修工事をしたことがある割合は有効回答数71件中22件と31%であった。その改修工事の内容としては、冷暖房設備7件>その他5件>壁の貼り替え3件>増築=改築=大型備品の入れ替え=床板の張り替えが2件の順であり、他に壁や床のペンキ塗り、換気設備の入れ替えなどがあった。

改修の理由としては、その他8件、従業員数の変化7件が多く、他は老朽化3件、省エネ2件、耐震が1件ずつあった。

C.5 環境衛生管理基準項目の測定と適合

建築物衛生法の環境衛生管理基準項目の測定実施状況を図 2-12 に、適合割合を図 2-13 に示す。

建築物衛生法における環境衛生管理基準6項目は「浮遊粉じん、CO、CO₂、温度、相対湿度、気流速度」である。ホルムアルデヒドは新築、大規模改修や模様替えを行った場合、最初に迎

える夏季に測定をし、その濃度が基準値以下に適合しているならその後は測定をしなくてもよいことになっている。基準濃度超過で不適合となった場合は、改善策を講じた上で翌年の夏季に再測定をする。

6項目に関する測定実施の有無に関しては、30%程度が実施と回答しており、前年度の60～70%に比べて低い。今回の調査対象が殆どテナントビルとなっており、建築物衛生法の義務となっている環境測定に関する実態が把握できていないことが考えられる。

ホルムアルデヒドの測定は4件(7%)が行っていた。測定を行っている建物における適合割合としては、相対湿度(89%)及び気流速度(94%)を除く全項目で100%と答えている。

C.6 空調設備の維持管理状況

空調設備の加湿装置能力を図 2-14 に、空調設備の維持管理状況を図 2-15 に示す。

加湿装置の能力を十分・やや十分と答えた割合は25%、やや不十分・不十分と答えた割合は12%、どちらとも言えないは15%、分からないが48%であった。

空調設備の維持管理状況に関して、汚れがある・よくあると答えた割合は、空調機周辺や空調機械室13%、空気清浄装置（電気集塵機、エアフィルター）17%、冷却加熱装置のコイル等1%、吹き出し口や還気口20%であり、空調関連として目に付く部分の汚れは1～2割程度で汚れを気にしていたが、コイルのように目に見えない部分は認識されていないと推察される。

また、冷却塔設備に関しては、設置されていない建物が49%、設置している施設(32件)では維持管理が良好とどちらとも言えないの割合が16%であったが分からないが84%であった。加湿装置の維持管理に関しては、設置されていないが44%、設置している施設(55件)では維持管理が良好とどちらとも言えないの割合が49%、分からないが51%であった。

C.7 従業員からの苦情

図 2-16 に従業員からの苦情に関する内容を項目別に示す。

苦情が最も多い項目は湿度14%、温度5%、

気流3%で温熱環境に関連するものであった。

他に臭気1%、騒音4%、衛生害虫が3%、水漏れ3%であったが、清掃や廃棄物処理、その他（衛生全般）への苦情は無かった。

C.8 内装材

内装材は壁、床、床下材と区分して図2-17～図2-19に纏めた。

壁の内装材として最も多かったのは塗料27件であり、次に紙クロス18件、ビニルクロス12件となっている。ビニルクロスと紙クロスを合わせると壁紙系が最も多くなる。他に希ではあるが、木質系壁材3件、塗り壁3件、コンクリートむき出しも2件あった。

床材としては、カーペットが最も多く69件と殆どを占めている。他に、木材・フローリング、ビニルシート、その他が少数存在する。9割以上の殆どがカーペットと回答していることから、カーペットタイルもカーペットと認識している可能性が高い。

床下地材は、PVCなどプラスチックの可塑剤成分であるDEHPとコンクリートの水分が反応して2E1Hが生成されることから、調査対象に加えている。コンクリートが20件、金属製OAフロア19件、タイル11件、コンクリート製OAフロア10件、プラスチック製OAフロア4件となっている。OAフロアが33件とコンクリート直貼り20件より多い。

C.9 生活用品の使用

図2-20に芳香剤、防虫剤、空気清浄機などの生活用品の使用に関して纏めている。回答数n=75のうち、空気清浄機が最も多く39%（29件）、次いで消臭剤20%（15件）、スプレー式消臭・消毒剤16%（12件）、防湿剤／防虫剤がそれぞれ4%（3件）であった。芳香剤／オゾン発生器／次亜塩素酸は7件／1件／11件となっている。空気清浄機やスプレー式消臭・消毒剤の使用が多いのは昨今の新型コロナ感染症の影響と考えられる。

C.10 におい

最もにおいが気になる場所を図2-21、知覚空気質に関する評価を図2-22に示す。

気になる場所は無いとの回答が77%（55件）と最も多く、トイレ9%、執務室4%、共用空間3%、廊下1%の順であった。会議室を挙げた例はなかった。

気になるにおいに関する知覚空気質の評価に関しては、有効回答数n=40が得られた。かなり不快・不快・やや不快の不快側の申告が35%、快適側の申告が20%と1/3程度が不快と感じている。

臭気強度に関しては強い・とても強い・極端に強いが8%であり、平均は1.4ととても弱い（1）と弱いにおいの（2）に間の評価となった。

受容度は受け入れられない10%、どちらでもない45%、受け入れられる45%と、90%が肯定側の申告となった。35%不快と感じても90%は受容できるまたはどちらでもないという結果となるが、これはにおいの強度が大きくないことと、においに関する慣れや我慢に起因するものと考えられる。

C.11 新型コロナ対策

新型コロナの感染防止対策について設問した（図2-23）。対策として最も多く採用されているのはマスク97%、テレビ会議78%、手指衛生76%であり、消毒／換気／空気清浄機が59%／51%／38%、テレワーク／時差出勤・自転車出勤が24%／15%だった。換気は51%、空気清浄機が38%挙げていることから、オフィスでも空気環境への関心が高くなっていると考えられる。

D. まとめ

特定建築物75件を対象にパッシブサンプラーによる空気質調査と同時に、室内環境と施設管理に関するアンケート調査を行った。

1) 空調方式は、個別式空調が45%、中央式と中央・個別併用式は52%となり、ほぼ半々の割合となっている。

2) 環境衛生管理基準6項目に関する測定実施の有無に関しては、30%程度が実施と回答しているが、前年度の60～70%に比べて低い。今回の調査対象が殆どテナントビルとなっており、環境測定が建築物衛生法の義務となっていることを把握できていないことが考えられる。

3) 空調関連として目に付く部分の汚れに関し

ては 1～2 割程度で汚れを気になると回答していたが、コイルは割合が低く目に見えない部分は認識されにくいことが視われた。

4) 管理項目で苦情が最も多い項目は温度 14%、温度 5%、気流 3%で温熱湿度環境に関連していた。

5) 壁材としては、ビニルクロスと紙クロスを合わせると 40%と壁紙系が最も多く、次に塗料 27%であった。床材としては、9 割以上がカーペットと回答している。床の下地としては OA フロアが 48%と最も多く、次いでコンクリート直貼りが 29%であった。

6) 生活用品については、空気清浄機やスプレー式消臭・消毒剤の使用が多かったが、これは昨今の新型コロナ感染症の影響と考えられる。

7) においが気になる場所は無いとの回答が 77%と最も多く、トイレ 9%、執務室 4%、共用空間 3%、廊下 1%の順であった。会議室を挙げた例はなかった。

不快不快感では、回答者の 35%が不快と感じていても 90%は受容できる或いはどちらでもないという肯定側の回答をしていることから、オフィスではにおいの強度が強くないことと、においに関する慣れや我慢に起因するものと考えられる。

8) 新型コロナ対策として、最も多く採用されているのはマスク 97%、テレビ会議 78%、手指衛生 76%であり、消毒／換気／空気清浄機が 59%／51%／38%、テレワーク／時差出勤・自転車出勤が 24%／15%だった。換気は 51%、空気清浄機が 38%挙げられていることから、空気環境への関心が高くなっていることが視われる。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況(予定含む)

予定なし

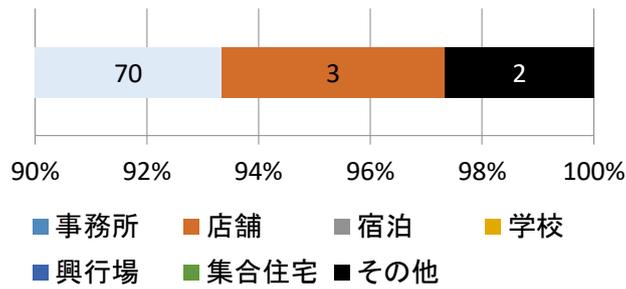


図 2-1 建物用途 (n=75)

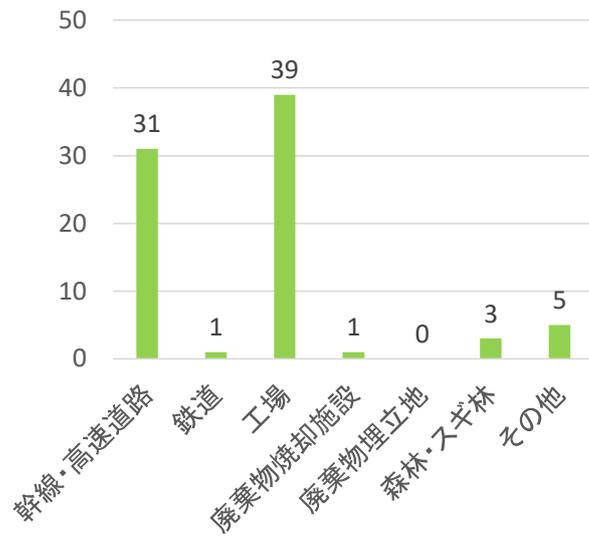


図 2-2 周辺環境と施設 (n=75、重複回答有り)

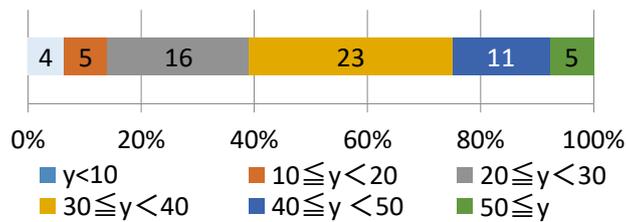


図 2-3 築年数 (n=64)

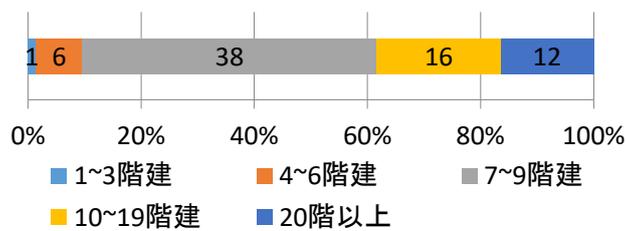


図 2-4 建物規模 (n=73)

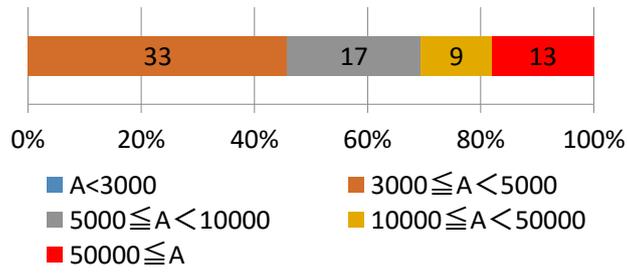


図 2-5 延床面積 (単位 : m²)

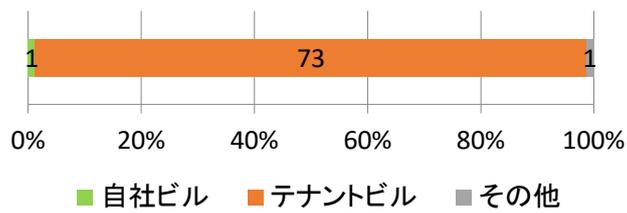


図 2-6 建物の所有と使用形態

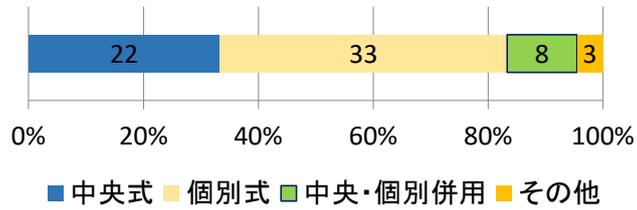


図 2-7 空調方式

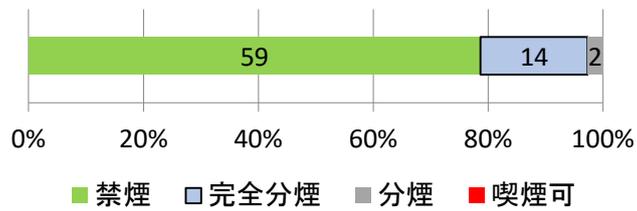


図 2-8 喫煙対応

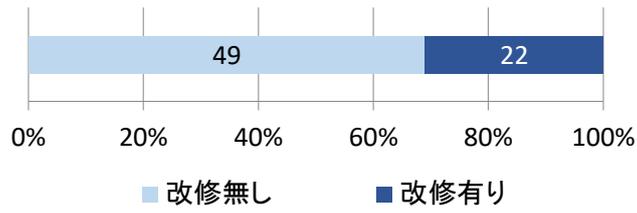


図 2-9 5年以内に改修経験の有無

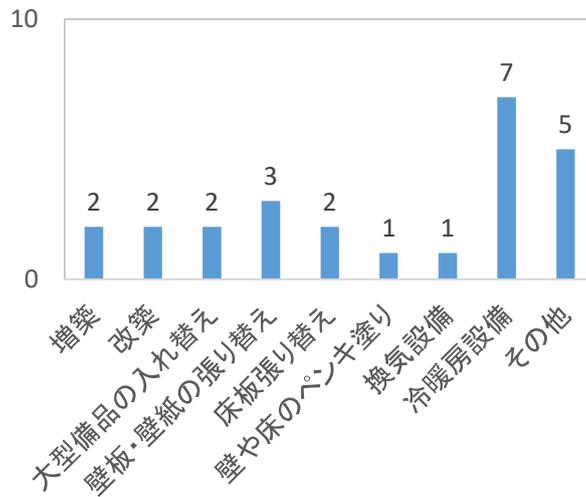


図 2-10 改修工事の内容

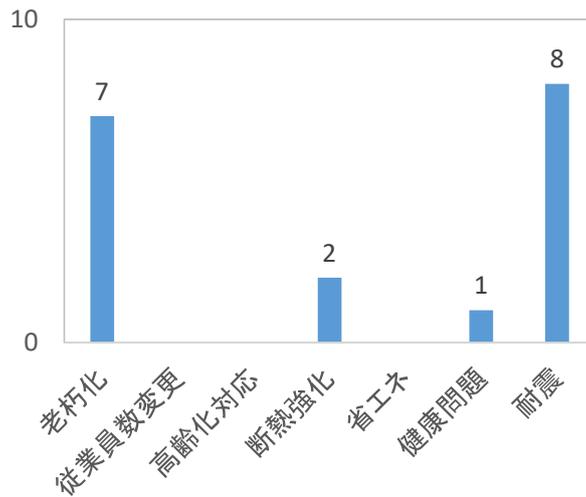


図 2-11 改修工事の理由

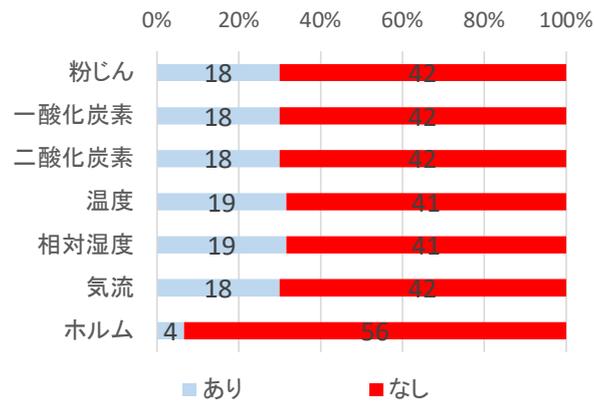


図 2-12 建築物衛生法の環境衛生管理基準項目の測定実施 (n=60)

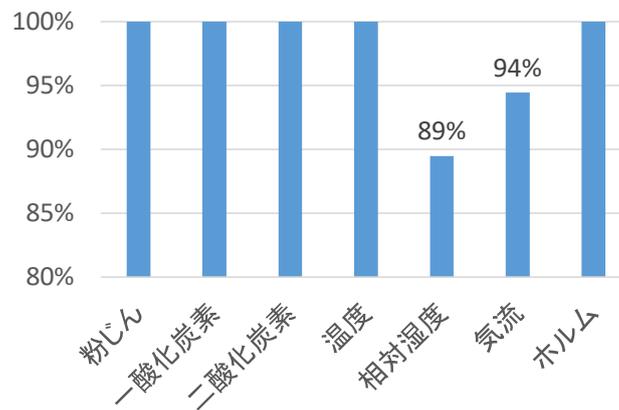


図 2-13 建築物衛生法の環境衛生管理基準項目の適合割合

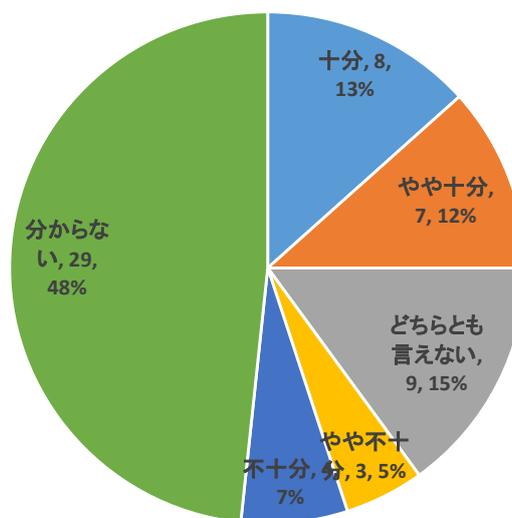
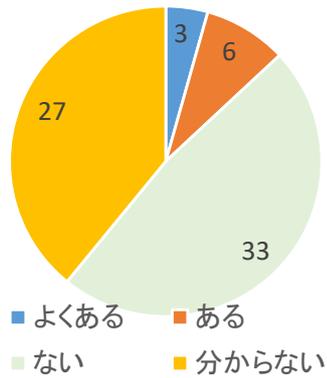
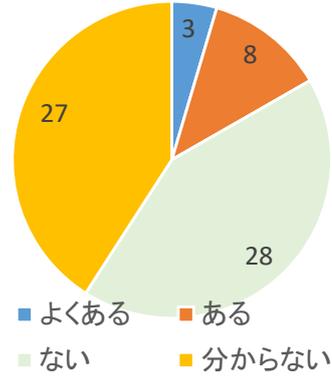


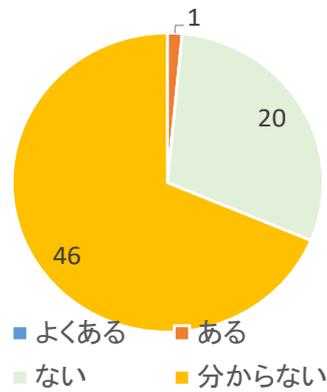
図 2-14 空調の加湿装置の能力 (n=60)



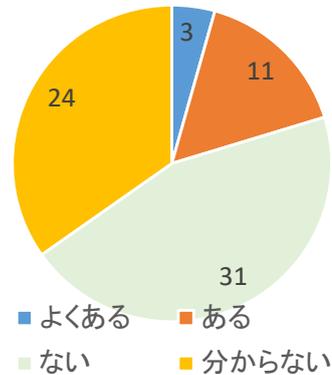
1) 空調機周辺や空調機械室の汚れ



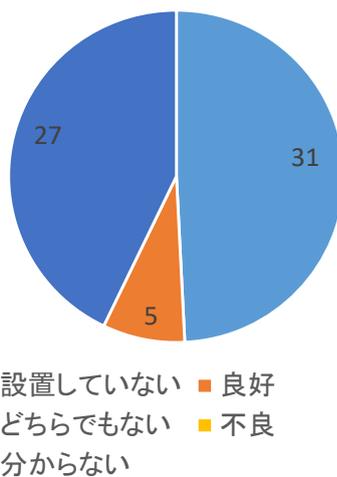
2) 空気清浄装置（電気集塵機、エアフィルター）の汚れ



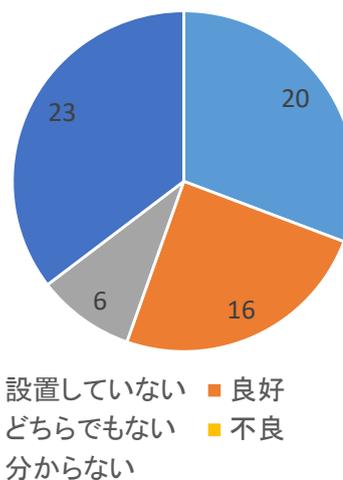
3) 冷却・加熱装置のコイル等の汚れ



4) 吹き出し口や還気口の汚れ

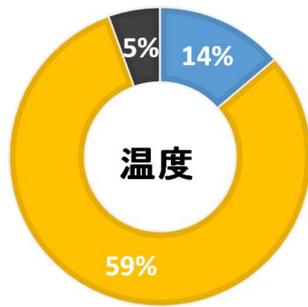


5) 冷却塔の設置状況及び維持管理状況

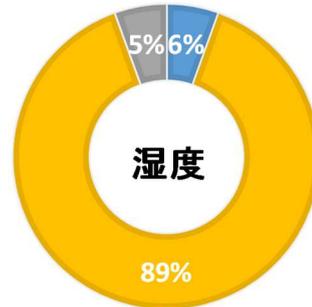


6) 加湿装置の設置及び維持管理状況

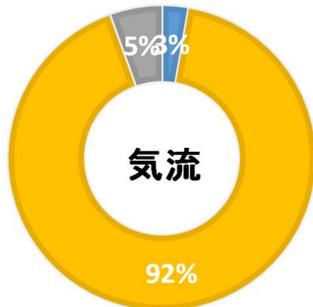
図 2-15 空調設備の維持管理状況



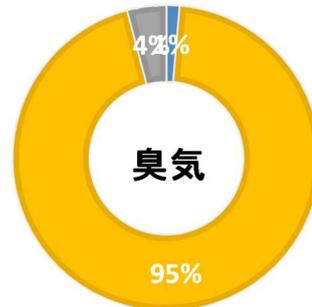
■ ある ■ ない ■ 分からない



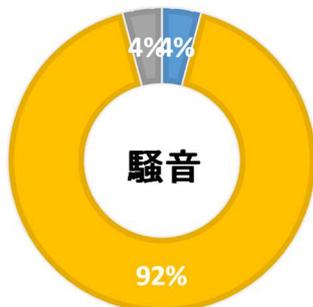
■ ある ■ ない ■ 分からない



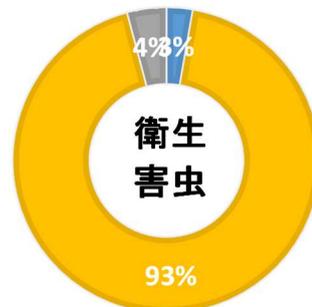
■ ある ■ ない ■ 分からない



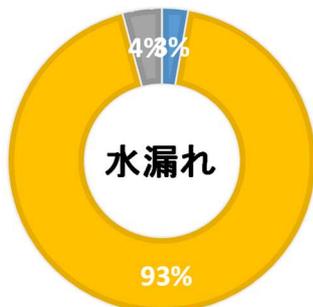
■ ある ■ ない ■ 分からない



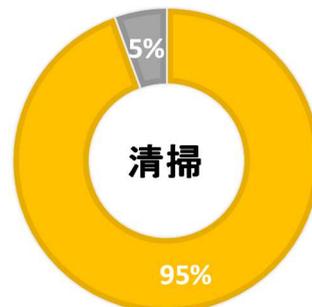
■ ある ■ ない ■ 分からない



■ ある ■ ない ■ 分からない

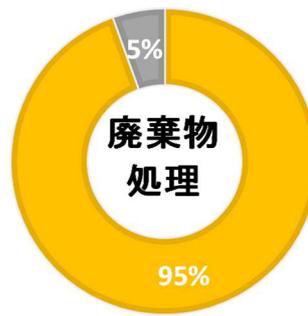


■ ある ■ ない ■ 分からない



■ ある ■ ない ■ 分からない

図 2-16 従業員からの苦情 (n=73)



■ ある ■ ない ■ 分からない

図 2-16 (続き) 従業員からの苦情 (n=73)

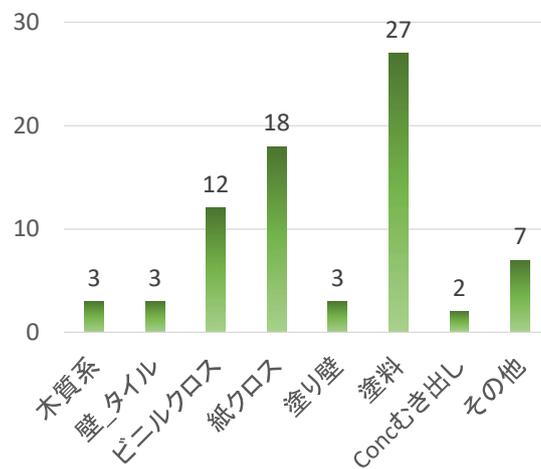


図 2-17 壁の内装材 (n=75、重複回答有り)

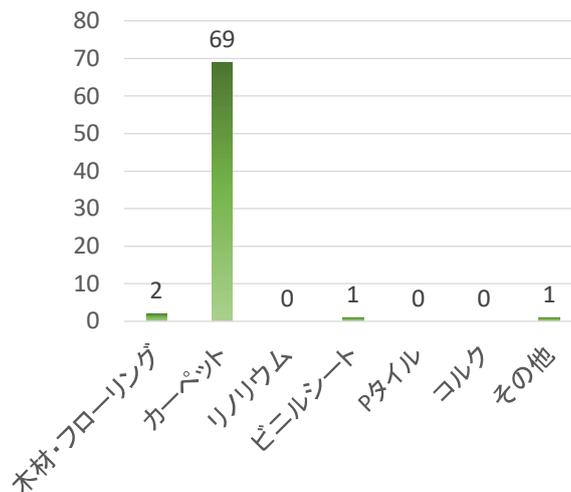


図 2-18 床の内装材 (n=75、重複回答有り)

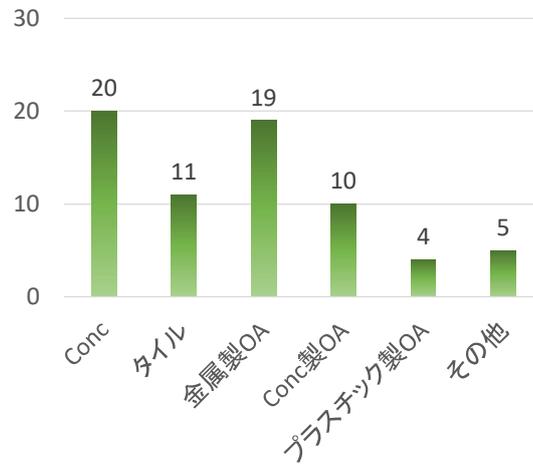


図 2-19 床下材 (n=75、重複回答有り)

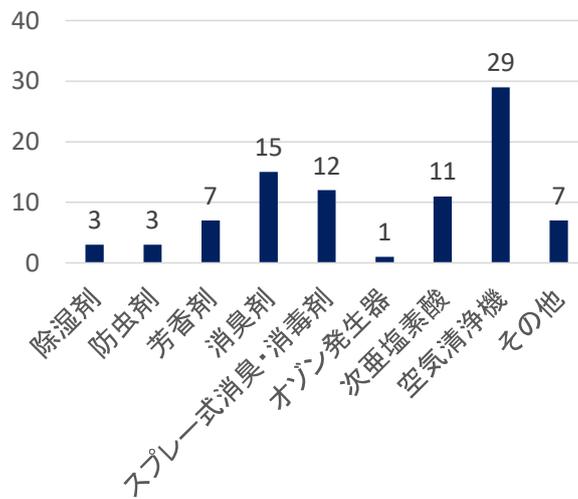


図 2-20 芳香剤、防虫剤などの生活用品の使用 (n=75)

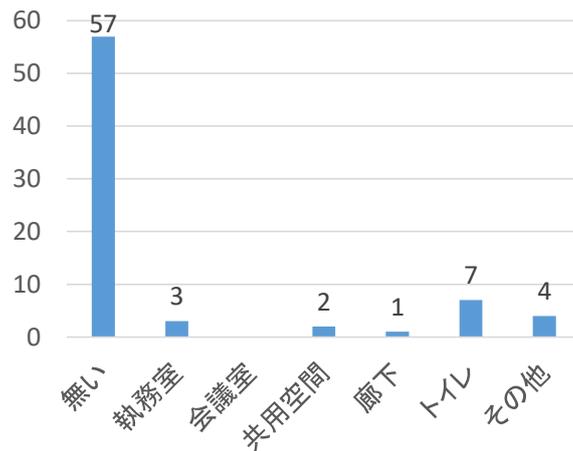
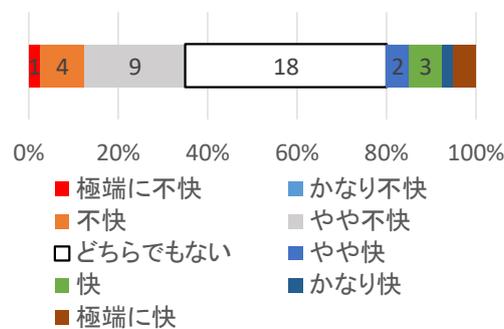
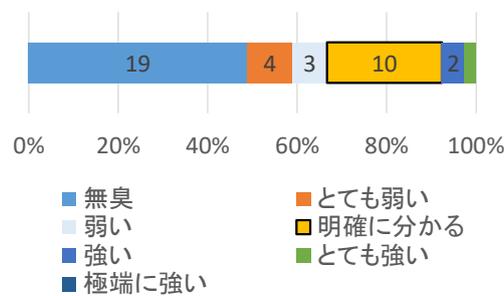


図 2-21 においが気になる場所 (n=74)



a. 快不快度



b. 臭気強度



c. 受容度

図 2-22 最も気になるにおいに関する評価 (n=40)

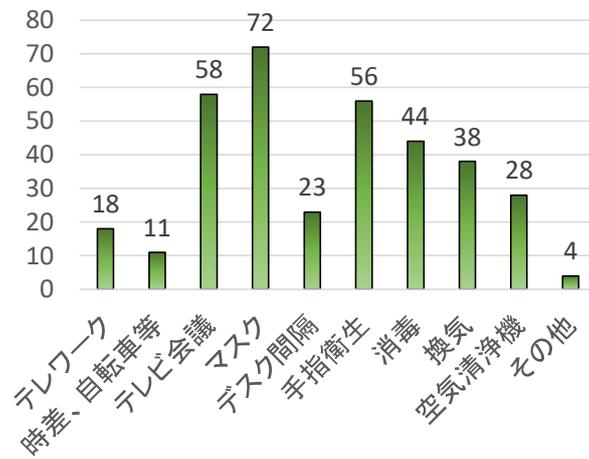


図 2-23 新型コロナウイルス感染症対策 (n=74、重複回答有り)

3. 拡散サンプラーを用いる空气中ガス状化学物質の分析

研究分担者 内山茂久（千葉大学），樺田尚樹（産業医科大学），稲葉洋平（国立保健医療科学院）
研究協力者 清水萌花，齋藤みのり，坂元宏成，小倉裕直（千葉大学）

研究要旨

特定建築物施設内のガス状化学物質濃度を夏期（111施設）と冬期（5施設）に分けて測定した。化学物質の捕集には4種類の拡散サンプラー（オゾン，カルボニル化合物測定用，VOC測定用，酸性ガス測定用，塩基性ガス測定用）を使用した。就業時間の8時間でも十分な分析感度が得られた。また，千葉市内及び近郊の32戸の住宅で化学物質の個人曝露濃度，室内濃度，屋外濃度の調査を行い，その挙動を考察した。32戸の住宅において，屋外濃度はほとんど変わらないが，室内濃度と個人曝露濃度は大きく変動した。アセトアルデヒドの室内濃度が $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した住宅の居住者2名の個人曝露濃度はそれぞれ $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であったが，滞在時間には対応していない濃度である。この住宅は木造戸建て住宅で α -ピネンも最大濃度で検出されたことから，木材が発生源である可能性が示唆される。また，サンプリング期間中に外壁工事が行われていた住宅ではトルエン ($740 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，テキサノール ($5100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，TXIB ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 等の溶剤の濃度が非常に高くなることがあったが，室内濃度への影響は集合住宅で大きく，木造戸建て住宅では小さいことも分かった。同一住宅に居住している人は滞在時間が長い人ほど曝露濃度が高くなる傾向がみられたが特異に高濃度を示す場合もあった。個人曝露濃度でホルムアルデヒドが $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 検出された人がいたが，同居している人は $18\sim 23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と低い値であり，自宅以外で高濃度に曝露したことが考えられる。このように，同一住宅に居住していても個人曝露濃度は異なることが多い。個人曝露量を正確に知り，人へのリスク評価を行うためには本研究で開発したパーソナルサンプラーが極めて有効である。

A. 研究目的

人は絶えず様々な化学物質に晒されている。これらの化学物質の中には，喘息やシックハウス症候群だけではなく，発ガンの要因になる物質も多く存在する。特に，空気は飲料水と異なり人が選択することができず，必然的にその人の周辺の空気を摂取しなければならない。人の健康対策として，室内空気質をモニタリングすることが行われているが，ほとんどの人は居住する住宅に一日中いるわけではない。従って，化学物質が人の健康に及ぼす影響を正確に評価するには個人曝露濃度を測定する必要がある。個人曝露濃度の測定には，吸引ポンプ等の動力や電力を必要とせず，分子拡散の原理に基づきガス状化学物質を捕集する拡散サンプラーが適している。

本研究では，個人曝露測定用の拡散サンプラーを開発し，2021年8月，9月に千葉市及び近郊の32戸の住宅で個人曝露濃度，室内濃度，屋外濃度の調査を行い，化学物質の挙動を考察した。

B. 研究方法

B.1 拡散サンプラー（PSD サンプラー）

構造：拡散サンプラー（Passive Sampling Device, PSD-sampler）は拡散浸透媒体である diffusion filter, 分析時に抽出容器になる glass tube そして，反応吸収剤試薬を含浸させたシリカゲルまたは炭素系吸着剤構成される¹⁻³。PSD-sampler の構造と，測定手順の概要を Fig. 1 に示す。また，実際のサンプリング風景を Fig. 2~4 に示す。

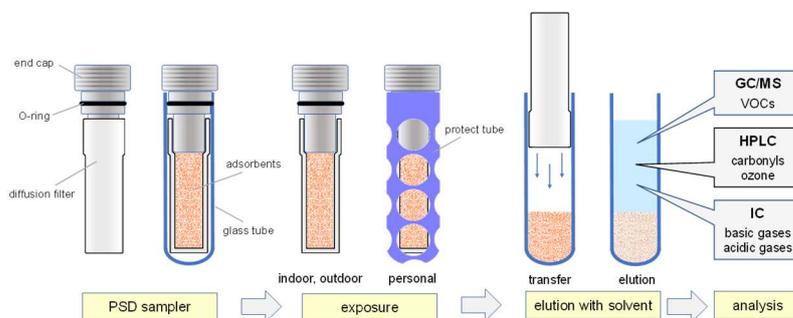


Fig. 1. Measuring gaseous chemical compounds using the PSD sampling device.

捕集方法 (室内, 屋外) : 捕集場所に, 太さ 1 mm の糸の一端を固定する. PSD-sampler の入ったアルミ製保存袋からサンプラーを取り出し, 拡散フィルター部が床から約 1.5 m になるように糸の先端に取り付ける. 捕集開始時にサンプラーを覆っている glass tube を取り外す. 捕集終了時に glass tube を取り付け, アルミ製保存袋に入れる. 室内, 屋外におけるサンプリング風景をそれぞれ Fig. 2, Fig. 3 に示す.

捕集方法 (個人曝露) : PSD-sampler の入ったアルミ製保存袋からサンプラーを取り出す. 測定開始時に glass tube を取り外し, 穴の開いたプラスチック製保護チューブを取り付け, 個人曝露濃度測定用のパーソナルサンプラーとした. パーソナルサンプラーは洋服の襟元等にクリップで固定したり, 鞆やリュック等に取り付けたりして使用する. 捕集終了時に保護チューブを取り外し, glass tube を取り付け, アルミ製保存袋に入れる. 個人曝露のサンプリング風景を Fig. 4 に示す.

B.2 分析方法

B.2.1 PSD-BPE/DNPH (オゾン及びカルボニル化合物測定用) :

空気中のカルボニル化合物は 2,4-ジニトロフェニルヒドラジン (DNPH) と反応してヒドラゾン誘導体を生成する. また, オゾンは *trans*-1,2-ビスピリジルエチレン (BPE) と反応してピリジン-2-アルデヒド(2PA)を生成する^{4,6)}. この 2PA を DNPH でヒドラゾン誘導体にして, 他のアルデヒド誘導体と共に高速液体クロマトグラフ (HPLC) で分析することにより, オゾンとカルボニル化合物の同時測定が可能になる^{4,6)}. また, DNPH 及びアルデヒドのヒドラゾン誘導体はオゾンで破壊されることが報告^{7,9)}されているが, DNPH と共存する BPE はオゾンスクラバーとしても機能し, 破壊を防ぐことができる.

捕集を終えたサンプラーの充填剤を 5 mL のバイアルに移す. ジメチルスルホキシド/アセトニトリル (25/75) 混合溶液 5 ml で溶出し, HPLC で分析する. この際, DNPH 誘導体の異性化^{4,6)}を考慮し, これらの標準溶液にリン酸を 0.1% 添加して異性体比を一定にした後, 分析を行なった.

オゾン及び 21 種のカルボニル化合物(DNPH, ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド, アセトン, アクロレイン, プロパナール, クロトンアルデヒド, 2-ブタノン, ブタナール, ベンズアルデヒド, *i*-ペンタナール, *n*-ペンタナール, *o*-トルアルデヒド, *p*-トルアルデヒド, ヘキサナール, 2,5-ジメチルベンズアルデヒド, ヘプタナール, オクタナール, 2-ノネナール, ノナナール, デカナール) を HPLC で定量可能である.



Fig. 2. Picture of the measurement of indoor air using PSD samplers.



Fig. 3. Picture of the measurement of outdoor air using PSD samplers.



Fig. 4. Picture of the measurement of personal exposure using PSD personal samplers.

B.2.2 PSD-TEA (酸性ガス測定用拡散サンプラー)

大気中の二酸化窒素, 二酸化硫黄, 塩化水素などの酸性ガスはトリエタノールアミン (TEA) と反応し, 対応する陰イオンを生成する. この各種陰イオンをイオンクロマトグラフィー (IC) で分析することにより, 酸性ガスを定性, 定量する⁷⁾

捕集を終えたサンプラーの充填剤 TEA-silica を 5 mL のバイアルに移す. 純水 5 ml で溶出した後, 溶出液中の陰イオンをイオンクロマトグラフィー (IC) で定量する. IC の分離カラムには Dionex IonPac AS11-HC を使い, KOH 2 mM→35 mM のグラジェントモードで分析を行った. なお, サプレッサーには ADRS 600 を使用した. 酢酸イオン, ギ酸イオン, 塩化物イオン, 亜硝酸イオン, 臭化物イオン, 硝酸イオン, 硫酸イオンが分析可能である.

B.2.3 PSD-NH₃ (塩基性ガス測定用拡散サンプラー)

大気中のアンモニアやトリメチルアミンなどの塩基性ガスはリン酸と反応して、対応する陽イオンを生成する。この陽イオンをICで分析することにより、アンモニアやトリメチルアミン等を定性、定量する³。ICの分離カラムにはDionex IonPac CS16を用い、メタンスルホン酸30mMのアイソクラティックモードで分析を行った。

捕集を終えたサンプラーの充填剤を5mLのバイアルに移す。純水5mlで溶出した後、溶出液中の陽イオンをICで定量する。ICの分離カラムにはDionex IonPac CS6を用い、メタンスルホン酸30mMのアイソクラティックモードで分析を行った。リチウムイオン、ナトリウムイオン、アンモニウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオンが分析可能である。

B.2.4 PSD-CX (VOC測定用拡散サンプラー)

大気中の揮発性有機化合物 (Volatile Organic Carbons, VOC) は炭素系吸着剤 Carbon molecular sieves Carboxen 572 に物理的に吸着する。吸着したVOCsを二硫化炭素で溶出し、ガスクロマトグラフィー質量分析計 (Gas chromatography / Mass spectrometry, GC/MS) で分析を行う。捕集を終えた Carboxen 572 粒子を2mLバイアルに移し、二硫化炭素を1mL添加する。内部標準溶液 (0.5 µg/mLトルエン d8 溶液) を20 µL添加して攪拌した後、GC/MSで分析を行う。

本研究における分析条件で、46成分 (エタノール、ヘキサン、2,4ジメチルペンタン、2-ブタノン、シクロヘキサン、酢酸エチル、トリクロロメタン、2,2,4-トリメチルペンタン、1,1,1-トリクロロエタン、ヘプタン、カーボンテトラクロライド、1-ブタノール、ベンゼン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロプロパン、メチルイソブチルケトン、オクタン、トルエン d8、トルエン、酢酸ブチル、テトラクロロエチレン、ノナン、ジブromokロロエチレン、エチルベンゼン、*m,p*-キシレン、*o*-キシレン、スチレン、 α -ピネン、デカン、1,3,5-トリメチルベンゼン、1,2,4-トリメチルベンゼン、2-エチル-1-ヘキサノール、ウンデカン、1,2,3-トリメチルベンゼン、*p*-ジクロロベンゼン、ノナナール、ドデカン、1,2,4,5-テトラメチルベンゼン、デカナール、トリデカン、テトラデカン、ペンタデカン、ヘキサデカン、テキサノール、TXIB) のVOCを分析することが可能である。

C. 結果と考察

C.1 個人曝露, 室内, 屋外空気室調査 調査の概要

千葉市内及び近郊に所在する住宅32戸の室内と屋外濃度、および居住者の個人曝露濃度を測定した。調査は前述の4種類の拡散サンプラーを用いて、2021年8月、9月に行った。サプリング期間は全て1週間である。調査住宅の概要をTable 1に示す。調査住宅は集合住宅21戸、戸建て住宅11戸、木造家屋14戸、コンクリート住宅18戸であり、室内の測定場所はリビングルームを基本とした。

Table 1. Outlines of the houses investigated in this study.

house	number of residents	house type	structure	room area, m ²	house age, year
No. 1	4	apartment	concrete	12.8	35
No. 2	2	apartment	concrete	13.2	30
No. 3	1	detached	wooden	13.6	22
No. 4	5	detached	concrete	9.6	29
No. 5	1	apartment	concrete	9.6	27
No. 6	4	apartment	concrete	24.0	20
No. 7	1	apartment	concrete	22.5	
No. 8	1	apartment	concrete	9.6	35
No. 9	2	apartment	concrete	9.9	50
No. 10	4	detached	wooden	19.2	21
No. 11	4	detached	wooden	16.0	20
No. 12	3	apartment	concrete		
No. 13	2	apartment	concrete	19.2	32
No. 14	1	apartment	wooden	16.0	10
No. 15	3	detached	wooden	14.4	18
No. 16	1	apartment	concrete		
No. 17		detached	wooden	24.0	50
No. 18	6	apartment	wooden	35.0	25
No. 19	2	apartment	concrete	22.4	16
No. 20	4	apartment	concrete	38.4	17
No. 21	4	apartment	wooden	108	30
No. 22	2	apartment	concrete	10.4	33
No. 23	1	apartment	wooden	12.8	40
No. 24	1	apartment	concrete	12.8	7
No. 25	2	detached	wooden	32.0	15
No. 26	5	apartment	concrete	21.9	12
No. 27	1	detached	wooden	8.0	15
No. 28	3	detached	concrete	26.0	3
No. 29	3	detached	wooden	20.8	21
No. 30	2	detached	wooden	9.6	6
No. 31	2	apartment	concrete	27.2	34
No. 32	1	apartment	wooden	17.6	3

C.2 測定結果

32戸の住宅における室内、屋外濃度、および居住者78人の個人曝露濃度の平均値、パーセントイル値をTable 2に示す。全体的に個人曝露濃度の平均値は室内濃度より低く屋外より高い値であった。また、ノナナール、デカナール、ヘキサン、デカン、エタノールの個人曝露における最大値は室内濃度より極めて高く、住宅以外での曝露が示唆される。

Table 2. Concentrations of gaseous chemical compounds in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

compounds	Indoor air				Outdoor air				Personal exposure			
	mean	50%ile	95%ile	100%ile	mean	50%ile	95%ile	100%ile	mean	50%ile	95%ile	100%ile
formaldehyde	25	21	64	73	3.4	3.1	7.6	8.5	17	15	31	150
acetaldehyde	28	14	81	260	1.8	1.6	4.6	5.0	21	13	54	180
propanal	2.3	1.5	7.0	10	0.2	0.0	0.4	1.4	1.7	1.2	4.9	8.8
valeraldehyde	2.1	1.6	7.1	11	0.9	0.8	1.8	2.1	1.6	0.9	6.7	19
i-valeraldehyde	0.5	0.4	1.6	2.5	0.2	0.0	0.6	0.8	0.6	0.5	1.8	5.0
hexanal	7.3	4.9	24	50	0.5	0.5	1.7	2.3	5.9	3.6	22	58
heptanal	1.1	0.7	4.1	6.4	0.1	0.0	0.6	1.9	1.0	0.8	3.3	17
octanal	2.1	1.9	4.1	7.9	0.3	0.0	1.2	1.3	2.4	1.8	4.3	35
nonanal	11	11	23	26	1.2	0.7	3.7	7.6	12	9.5	21	170
decanal	4.9	4.2	10	12	0.4	0.0	2.1	3.2	6.7	4.9	11	110
crotonal	0.5	0.3	1.8	4.2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	1.0	2.6
crotonaldehyde	0.3	0.3	0.8	1.1	0.1	0.0	0.4	0.8	0.5	0.3	1.0	13
2-nonenal	0.5	0.0	1.6	2.7	0.0	0.0	0.2	0.5	0.6	0.0	2.2	15
benzaldehyde	1.5	1.4	4.5	4.9	0.1	0.0	0.5	0.7	1.2	1.0	2.7	9.4
o-tolualdehyde	0.3	0.0	0.9	2.1	0.3	0.4	0.8	0.9	0.3	0.0	1.3	1.7
p-tolualdehyde	1.8	0.8	7.7	9.1	0.6	0.5	1.3	1.5	1.3	0.7	3.8	7.3
2,5-DMBA	0.6	0.3	1.9	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.8	1.7	29
acetone	9.5	5.8	25	37	1.2	0.8	2.6	3.8	13	7.8	32	80
2-butanone	0.9	0.8	2.3	2.8	0.1	0.0	0.5	1.6	2.2	0.8	2.6	93
MIBK	4.0	0.2	8.9	94	3.4	0.1	2.2	89	1.7	0.2	1.6	89
total carbonyls	100	82	200	440	15	11	27	96	91	74	210	530
hexane	2.8	1.3	7.6	31	1.4	1.2	3.3	3.7	4.5	1.2	18	100
cyclohexane	1.8	0.8	8.4	18	0.4	0.3	0.9	0.9	2.3	0.7	6.8	64
heptane	0.7	0.6	1.5	1.7	0.3	0.2	0.6	0.8	0.8	0.5	2.6	10
octane	0.8	0.3	4.2	5.5	0.2	0.1	0.3	0.6	1.3	0.5	5.9	15
nonane	3.4	0.4	18	35	0.7	0.3	0.8	9.6	5.2	0.5	38	60
decane	7.7	1.1	32	51	2.9	0.9	15	38	21	2.5	58	610
undecane	1.9	0.5	9.6	14	0.4	0.2	0.8	5.1	3.2	0.6	22	47
dodecane	6.6	1.3	7.5	140	1.1	0.7	3.3	4.6	5.8	3.1	16	110
tridecane	1.8	0.9	5.0	16	0.7	0.5	1.5	3.3	1.7	0.9	5.9	14
tetradecane	27	2.1	69	570	2.1	0.8	9.1	19	14	3.5	30	300
pentadecane	8.4	0.7	22	180	0.4	0.2	1.9	3.3	2.8	0.5	6.1	62
hexadecane	2.0	0.7	8.4	20	1.2	0.3	6.5	7.9	1.2	0.2	4.9	19
benzene	0.7	0.7	1.2	1.5	0.7	0.7	1.3	1.6	0.5	0.5	1.0	1.2
toluene	39	4.3	25	990	30	3.2	7.8	740	18	4.4	20	590
ethylbenzene	2.3	1.2	9.8	16	1.3	0.8	1.7	12	2.9	1.0	9.7	63
o-xylene	0.9	0.4	3.6	4.2	0.4	0.3	0.5	2.8	1.2	0.4	6.6	9.8
m,p-xylene	2.3	1.2	9.2	12	1.1	0.7	1.6	9.0	3.2	1.1	12	40
1,3,5-TMB	0.6	0.2	3.0	7.6	0.4	0.1	0.2	8.4	0.8	0.2	5.1	8.5
1,2,4-TMB	2.4	0.6	10	31	1.6	0.4	0.8	33	2.8	0.6	17	34
1,2,3-TMB	0.5	0.1	2.4	6.4	0.3	0.1	0.2	6.4	0.6	0.1	3.9	8.3
1,2,4,5-TMB	0.2	0.1	0.7	2.3	0.0	0.0	0.1	0.4	0.2	0.1	0.7	1.6
styrene	0.1	0.0	0.5	2.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.3	16
p-dichlorobenzene	10	1.0	36	150	0.9	0.7	3.1	3.8	7.9	1.1	37	65
trichloromethane	0.8	0.4	3.4	3.6	0.4	0.2	2.0	2.6	0.8	0.3	2.4	20
1,2-dichloroethane	0.2	0.1	0.6	0.8	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.6
trichloroethylene	0.3	0.2	0.7	1.3	0.3	0.2	1.0	1.4	0.3	0.2	0.9	3.8
tetrachloroethylene	0.1	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.2	0.2
ethanol	77	39	270	330	1.5	0.6	6.2	7.9	130	81	310	1300
2-ethyl-1-hexanol	2.7	1.3	8.5	15	0.3	0.1	1.4	3.3	2.9	1.0	9.0	64
texanol	1.6	0.2	11	20	180	0.1	26	5100	0.6	0.2	2.5	7.7
ethylacetate	15	6.6	58	71	4.4	2.9	11	12	12	5.8	48	81
butylacetate	6.0	1.5	18	97	0.4	0.3	1.2	2.0	4.6	1.1	25	54
2,2,4-TMP	0.1	0.0	0.4	1.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	1.6
α -pinene	19	2.7	71	320	0.4	0.3	2.1	3.4	7.6	1.2	25	170
d-limonene	16	6.6	63	120	0.2	0.0	0.9	2.0	7.7	3.4	26	53
TXIB	1.7	0.6	4.1	23	5.6	0.2	2.1	140	1.2	0.8	4.1	10
TVOC	180	81	810	1300	240	24.0	580	5300	140	78	520	750
ozone	8.0	4.2	26	29	38	39	63	95	5.2	3.9	15	18
formic acid	15	14	31	35	8.6	7.3	13	36	11	8.8	19	30
acetic acid	65	47	180	200	22	22	37	53	45	36	110	120
hydrogen chloride	0.6	0.5	1.1	1.1	0.7	0.6	1.1	1.8	0.6	0.5	1.1	1.7
nitrogen dioxide	18	12	33	81	12	11	25	30	11	9.0	29	36
total acidic gases	89	77	210	270	39	41	72	90	59	51	150	160
ammonia	4.5	4.6	7.5	7.9	2.0	1.6	4.3	8.0	3.6	3.9	4.3	4.3

C.3 ガイドライン値を超過した物質

C.3.1 アセトアルデヒド

室内, 屋外, 個人曝露における個別のアセトアルデヒド濃度を Table 3 に示す. 調査した全 32 戸中 5 戸の住宅 (No. 1, No. 9, No. 18, No. 25, No. 31) 室内でガイドライン値 ($48\mu\text{g}/\text{m}^3$) を超過した. 個人曝露濃度は No. 1 の住宅において 1 人, No. 9 の住宅で 2 人, No. 25 の住宅で 2 人がガイドライン値を超過した. 特に, 住宅 No. 25 は室内濃度が $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ とガイドライン値の 5 倍程度高い値である.

アセトアルデヒドの室内濃度が $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ の最大値を示した住宅 (No. 25) における室内濃度, 屋外濃度, 個人曝露濃度の詳細を Table 4 に示す. この住宅のアセトアルデヒド屋外濃度が $1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるので住宅内に大きな発生源があることが分かる. 室内の α -ピネン濃度 ($320\mu\text{g}/\text{m}^3$) も非常に高く, 木材が多く使用されている住宅である. エタノールの室内濃度 ($330\mu\text{g}/\text{m}^3$) が比較的高いが, 木材とエタノールが接触することでアセトアルデヒドが生成することが報告⁸されているので, 大量に使われている木材が発生源の可能性はある.

居住者 2 名 (P-1, P-2) の在宅時間がそれぞれ 149, 146 時間であるので, 住宅滞在率はそれぞれ 0.89, 0.87 である. この値にアセトアルデヒド室内濃度を乗じると, P-1, P-2 の推定曝露量は, それぞれ $230\mu\text{g}/\text{m}^3$, $220\mu\text{g}/\text{m}^3$ になり, 実測値 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値である. 室内空気の測定はリビングルームで行われたが, 住宅内各部屋で化学物質濃度が大きく変化することが報告されている⁹. この住宅は 2 階建て戸建て住宅で床面積が 130m^2 と比較的大きいので各部屋で化学物質濃度は大きく異なることが推測される. コロナウィルス感染対策として測定期間中 (2021 年 8 月 29 日~9 月 5 日) 2 人の居住者は外出を控えていたため住宅内での曝露が多いはずであるが, リビングルームだけの測定では, 個人曝露濃度を推定することはできない.

また, 屋外で 2,2,4-トリメチルペンタン-1,3-ジオールモノイソブチレート (テキサノール) と 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 (TXIB) がそれぞれ $5100\mu\text{g}/\text{m}^3$, $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ 検出された. これらの物質はエステル系有機溶剤で水系塗料の造膜助剤などに使用されているが, この住宅の外壁塗装がサンプリング中に行われていたため屋外濃度が高くなったと考えられる.

Table 3. Concentrations of **acetaldehyde** in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

house	I	O	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
No. 1	49	2.0	31	50	30			
No. 2	11	2.1	9.0	11				
No. 3	18	1.1	9.8					
No. 4	14	2.0	14	12	30	16	15	
No. 5	5.6	1.5	4.1					
No. 6	1.5	4.0	4.1	3.6	5.1	8.8		
No. 7	9.8	1.2	12					
No. 8	14	4.3	13					
No. 9	100	4.8	88	64				
No. 10	38	2.0		30	25	24		
No. 11	24	1.9	22	19	16	12		
No. 12	25	2.0	10	36	21			
No. 13	9.8	2.1	9.4	6.5				
No. 14	20	5.0	17					
No. 15	23	1.1	22	18	27			
No. 16	17	1.6	14					
No. 17	7.9							
No. 18	60	0.6	34	30	29	22	11	7.3
No. 19	1.4	0.7	12	0.2				
No. 20	9.5	2.4	12	7.4	7.7	7.8		
No. 21	4.2	1.1	3.8	8.0	3.8	3.6		
No. 22	14	1.8	12	16				
No. 23	4.5	1.1	13					
No. 24	7.2	1.5	16					
No. 25	260	1.0	150	180				
No. 26	3.3	1.6	4.9	7.5	5.7	3.6	1.5	
No. 27	13	2.6	11					
No. 28	15	2.3	11	16	12			
No. 29	16	0.5	11	14	18			
No. 30	47	0.4	32	35				
No. 31	51	1.0	29	30				
No. 32	9.6	1.3	7.8					

Table 4. Concentrations of chemical compounds in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) **No. 25**

staying / sampling time compounds	168h		149h/168h	146h/168h
	indoor air	outdoor air	P-1	P-2
formaldehyde	27	8.5	22	15
acetaldehyde	260	1.0	150	180
propanal	10	0.0	6.2	6.1
valeraldehyde	10	0.5	7.0	6.8
hexanal	37	0.9	23	21
nonanal	25	7.6	18	20
acrolein	4.2	0.0	1.7	1.3
acetone	22	0.8	19	26
total carbonyls	440	20	280	310
tetradecane	4.6	3.9	1.9	21
toluene	37	1.9	21	19
ethylbenzene	15	0.9	8.7	7.9
ethanol	330	0.4	100	240
texanol	20	5100	6.3	5.7
ethylacetate	49	1.0	28	27
butylacetate	97	0.2	54	50
α -pinene	320	0.3	170	160
d-limonene	59	0.1	31	28
TXIB	2.7	140	0.5	1.5
TVOC	660	5300	350	360
ozone	2.2	38.4	2.3	2.3
acetic acid	200	20	100	100

C.3.2 ホルムアルデヒド

室内、屋外、個人曝露における個別のホルムアルデヒド濃度を Table 5 に示す。調査した全 32 戸中ホルムアルデヒド濃度が厚労省のガイドライン値（100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を超過した住宅は無かったが、住宅 No. 17, 18 で個人曝露濃度が 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の高濃度を示した居住者がいた。

室内濃度、屋外濃度、個人曝露濃度の詳細を Table 6 に示す。この住宅での調査条件は特殊であり、2 戸の住宅 No. 17, No. 18 に 6 人（P1～P6）が居住し、一部は両住宅を行き来していた。調査期間中（168 時間）の住宅 No. 17/ No. 18 滞在時間（h）は 24.5/101, 36.5/84.8, 41.5/95.0, 0/80, 127/0, 112/0 である。また、滞在率はそれぞれ、0.15/0.60, 0.22/0.50, 0.25/0.57, 0/0.48, 0.76/0, 0.67/0 である。住宅 No. 18 のホルムアルデヒド濃度は住宅 No. 17 の 2 倍程度高い 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を、アセトアルデヒドもガイドライン値を上回る 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。同一家族であっても住人 P-4 を除き、住宅 No. 18 の滞在時間が長い人ほどこれらの曝露濃度が高くなっている。

P-4 のホルムアルデヒド濃度は 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、調査した中で最も高い濃度を示した。住人 P-4 は住宅 No. 18 に 80 時間滞在し、それ以外の 88 時間は自宅以外で過ごしていたことから、住宅 No. 17, No. 18 以外、職場等で高濃度のホルムアルデヒドに晒されたことが分かる。

Table 5. Concentrations of formaldehyde in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

house	I	O	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
No. 1	30	3.2	16	23	17			
No. 2	12	3.2	6.2	7.4				
No. 3	21	1.1	12					
No. 4	9.6	4.7	20	7.3	15	10	13	
No. 5	31	3.1	15					
No. 6	5.7	7.8	5.3	6.1	8.8	16		
No. 7	73	2.9	13					
No. 8	22	6.2	17					
No. 9	22	4.4	14	16				
No. 10	20	3.2		18	16	13		
No. 11	14	3.1	24	9.6	9.5	7.9		
No. 12	43	3.0	22	28	23			
No. 13	13	4.1	9.6	12				
No. 14	21	8.5	15					
No. 15	32	2.6	20	16	17			
No. 16	32	2.3	26					
No. 17	21							
No. 18	42	1.3	21	18	23	150	16	11
No. 19	8.7	3.1	9.5	0.1				
No. 20	12	2.8	12	8.3	8.9	10		
No. 21	14	4.0	9.0	16	8.8	9		
No. 22	10	3.1	6.8	47				
No. 23	10	2.4	11					
No. 24	64	1.9	35					
No. 25	27	8.5	22	15				
No. 26	7.4	2.7	7.3	53	14	5.7	5.7	
No. 27	8.1	2.0	5.8					
No. 28	21	2.4	9.5	16	12			
No. 29	25	1.4	14	24	17			
No. 30	30	3.1	16	21				
No. 31	64	2.2	25	37				
No. 32	29	2.5	15					

Table 6. Concentrations of chemical compounds in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) No. 17,18

compounds	Indoor	Indoor	Outdoor	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
	No. 17	No. 18		24.5/101h	36.5/84.8h	41.5/95h	0/80h	127/0h	112/0h
formaldehyde	21	42	1.3	21	18	23	150	16	11
acetaldehyde	7.9	60	0.6	34	30	29	22	11	7.3
propanal	0.8	1.8	0.0	1.3	1.2	1.3	1.4	0.8	0.9
valeraldehyde	0.6	1.9	0.9	0.4	2.0	3.8	2.1	0.4	0.4
hexanal	2.2	4.9	0.0	3.8	3.9	3.9	7.3	2.4	3.0
nonanal	6.5	15	0.0	15	13	10	13	7.2	12
acrolein	0.3	0.6	0.0	0.5	0.4	0.4	0.9	0.0	0.0
acetone	5.6	29	2.4	22	20	32	4.2	7.8	5.9
total carbonyls	51	180	5.8	120	100	120	210	57	50
tetradecane	1.7	3.7	0.0	2.0	3.1	6.5	3.7	2.1	7.8
toluene	2.9	4.5	1.7	3.2	2.9	6.7	4.5	3.1	1.7
ethylbenzene	1.8	1.6	0.4	0.9	0.9	11	1.2	0.8	0.6
ethanol	7.6	69	0.6	58	88	78	310	45	65
texanol	0.4	0.3	0.0	0.2	0.1	0.6	0.3	0.1	0.1
ethylacetate	1.7	33	1.6	12	13	11	15	1.3	1.1
butylacetate	0.6	6.8	0.0	2.7	2.5	4.2	1.9	0.8	0.6
α -pinene	4.1	2.7	0.1	1.5	1.7	1.6	1.1	1.7	1.7
d-limonene	4.1	19	0.0	6.6	4.9	5.7	3.4	1.8	2.1
TXIB	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
TVOC	78	240	9.4	98	87	140	89	39	40
ozone	3.8	2.8	39	4.1	4.0	2.7	5.6	3.0	2.5
acetic acid	29	58	22	35	38	45	52		

C.3.3 トルエン

トルエンの室内濃度 (990 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 屋外濃度 (740 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 個人曝露濃度 (590, 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) が非常に高く, 厚労省のガイドライン値 (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) を大きく超える住宅 (No. 9) が確認された. 室内, 屋外, 個人曝露における個別のトルエン濃度を Table 7 に示す. また, この住宅における室内濃度, 屋外濃度, 個人曝露濃度の詳細を Table 8 に示す.

この住宅は5階建ての集合住宅2階であるが, 測定期間中, 大規模な改修工事 (外壁塗装) が行われていた. そのため, トルエンの屋内外濃度が高くなったことが考えられる. 測定時期が夏期ということもあり, 住宅の窓を開放することが多かったため, 室内濃度 (990 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) と屋外濃度 (740 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) に大きな差が生じなかったと思われる. トルエンと同様に 1,2,4-トリメチルベンゼン (室内 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 屋外 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 酢酸エチル (室内 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 屋外 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), テキサノール (室内 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 屋外 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) も室内と屋内の差は小さい. これらの物質が溶剤として外壁工事に使用されていたことが考えられる. この外壁工事のために, TVOC もガイドライン値 (400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) を大きく超える値 (室内 1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 屋外 910 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 個人 750 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) となった.

居住者2名 (P-1, P-2) の在宅時間がそれぞれ 138, 108 時間であるので, 住宅滞在率はそれぞれ 0.79, 0.64 である. この値をトルエンの室内濃度に乗じると, P-1, P-2 の推定曝露量は, それぞれ 780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 640 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ になり, 実測値 590 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値となった.

測定期間中アセトアルデヒドの室内濃度 (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) もガイドライン値を超過しているが, 屋外濃度 (4.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) は低く, 団地の改修工事が原因とは考えられない. 居住者2名 (P-1, P-2) の在宅時間がそれぞれ 138, 108 時間であるので, 住宅滞在率はそれぞれ 0.79, 0.64 である. この値をアセトアルデヒドの室内濃度に乗じると, P-1, P-2 の推定曝露量は, それぞれ 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ になり, 実測値 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と同等の値となる. 住宅内にアセトアルデヒドの発生源があることが示唆される.

Table 7. Concentrations of **toluene** in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

house	I	O	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
No. 1	4.5	3.8	3.8	4.5	4.8			
No. 2	4.9	5.5	4.7	3.2				
No. 3	1.8	1.7	1.8					
No. 4	7.9	7.7	5.3	5.0	11	5.8	4.2	
No. 5	1.9	2.1	1.3					
No. 6	1.6	2.7	2.3	2.0	2.1	4.0		
No. 7	3.9	2.5	4.8					
No. 8	3.5	2.8	3.0					
No. 9	990	740	590	400				
No. 10	3.6	2.7	3.8	2.6	2.8	3.0		
No. 11	8.0	7.8	6.4	6.0	4.6	5.5		
No. 12	5.3	2.7	2.2	5.0	4.6			
No. 13	4.1	3.1	2.7	5.9				
No. 14	4.5	4.9	3.6					
No. 15	4.9	1.7	4.6	4.6	6.6			
No. 16	4.0	1.8	11					
No. 17	2.9							
No. 18	4.5	1.7	3.2	2.9	6.7	4.5	3.1	1.7
No. 19	3.5	3.2	4.2	0.0				
No. 20	3.2	3.8	2.9	3.1	3.5	3.0		
No. 21	4.1	3.2	4.0	4.6	3.4	3.3		
No. 22	5.5	5.2	4.0					
No. 23	1.9	2.1	2.7					
No. 24	2.6	2.0	5.4					
No. 25	37	1.9	21	19				
No. 26	2.9	3.0	4.4	2.9	3.4	4.0	2.1	
No. 27	3.5	2.4	2.8					
No. 28	7.5	7.1	11	7.5	4.6			
No. 29	10	3.2	7.1	4.5	9.1			
No. 30	9.5	5.4	7.6	4.8				
No. 31	7.2	0.6	7.9	3.0				
No. 32	4.6	3.6	3.6					

Table 8. Concentrations of chemical compounds in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) **No. 9**

staying / sampling time compounds	168h		132h/168h		108h/168h	
	indoor air	outdoor air	P-1	P-2		
formaldehyde		22	4.4		14	16
acetaldehyde	100		4.8		88	64
propanal		3.1	0.4		2.3	3.1
valeraldehyde		2.8	0.8		1.5	2.3
hexanal		8.4	1.4		5.2	6.6
nonanal		12	1.3		8.4	8.1
acrolein		0.4	0.0		0.4	0.4
acetone		18	0.6		30	24
total carbonyls		24	10		15	16
tetradecane		6.0	0.2		6.3	2.9
toluene	990		740		590	400
ethylbenzene		16	12		9.1	7.2
ethanol		330	1.7		410	300
texanol		17	40		7.7	6.1
ethylacetate		21	12		13	11
butylacetate		1.3	2.0		1.1	0.7
α -pinene		3.1	0.3		1.8	2.0
d-limonene		38	0.8		21	15
TXIB		23	0.0		10	4.6
TVOC		1300	910		750	520
ozone		2.2	60		3.3	4.6
acetic acid		69	53		47	56

C.3.4 テトラデカン

住宅 No. 1 のテトラデカンの室内濃度 ($570 \mu\text{g}/\text{m}^3$) が非常に高くガイドライン値 ($330 \mu\text{g}/\text{m}^3$) を超過した。室内, 屋外, 個人曝露における個別のトルエン濃度を Table 9 に示す。また, この住宅 (No. 1) における室内濃度, 屋外濃度, 個人曝露濃度の詳細を Table 10 に示す。

この住宅では, この時期にアースノーマット (電子式液体蚊取り) を使用していたことから, これが発生源と思われる。そこで, アースノーマットの液体を取り出し, 二硫化炭素で 10000 倍に希釈した後, GC/MS で分析を行った。住宅 No. 1 とアースノーマットの希釈溶液の GC/MS クロマトグラムを Fig. 5 に示す。アースノーマットの液体にはテトラデカンが含まれ, ここから放散することが分かった⁹。No. 2 の住宅も $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の比較的高い値を示したが, この住宅では電子式液体蚊取りを使っていなかった。他の発生源が考えられる。

居住者 3 名 (P-1, P-2, P-3) の在宅時間がそれぞれ 122, 163, 126 時間であるので, 住宅滞在率はそれぞれ 0.7, 0.94, 0.73 である。この値をテトラデカンの室内濃度 $570 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に乗じると, P-1, P-2, P-3 の推定曝露量は, それぞれ $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $540 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $540 \mu\text{g}/\text{m}^3$ になり, 実測値 $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値である。電子式液体蚊取りは一か所に置かれていたため居住者が滞在する部屋に曝露濃度は影響されると考えられる。

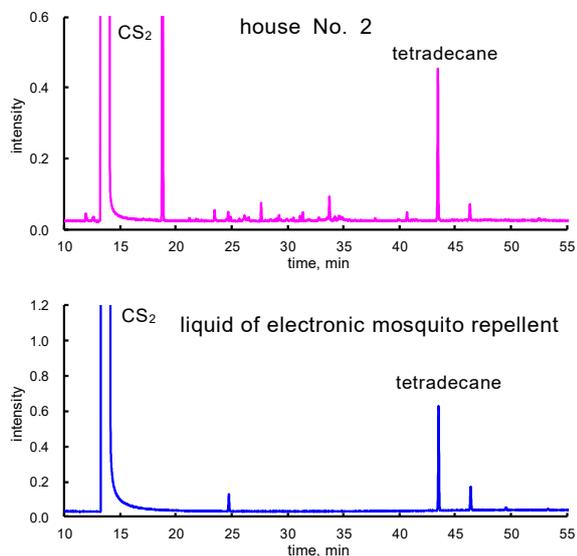


Fig.5. GC/MS chromatographic profile of VOCs in indoor air of house No. 1 (upper panel) and obtained from liquid of Earth No matto (lower panel).

Table 9. Concentrations of tetradecane in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

house	I	O	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
No. 1	570	3.2	230	300	100			
No. 2	83	10	29	34				
No. 3	6.7	1.0	5.9					
No. 4	2.1	1.1	3.8	3.6	3.7	3.5	4.2	
No. 5	51		16					
No. 6	1.7	130	3.3	3.1	2.8	11		
No. 7	1.9	0.6	4.7					
No. 8	1.9	0.0	16					
No. 9	6.0	0.2	6.3	2.9				
No. 10	1.6	1.9	2.9	4.8	4.4	1.8		
No. 11	1.0	0.4	1.4	1.8	1.3	1.1		
No. 12	2.1	0.5	4.6	2.1	3.0			
No. 13	3.0	1.7	1.1	2.1				
No. 14	3.4	1.3	5.9					
No. 15	2.3	0.3	3.8	8.0	3.9			
No. 16	1.1		0.8					
No. 17	1.7							
No. 18	3.7	0.0	2.0	3.1	6.5	3.7	2.1	7.8
No. 19	0.3	0.8	3.5	0.3				
No. 20	29	2.6	9.3	12	19	17		
No. 21	4.5	1.2	0.2	3.3		0.6		
No. 22	0.6	0.4	1.3					
No. 23	0.6		0.5					
No. 24	0.5		1.9					
No. 25	4.6	3.9	1.9	20				
No. 26	0.6	1.5	0.8	0.5	3.1	0.4	0.2	
No. 27	25	19	23					
No. 28	3.2	1.9	3.7	1.7	2.8			
No. 29	1.5	6.7	2.3	4.6	6.9			
No. 30	7.6		7.3	9.8				
No. 31	1.8	0.1	0.2	0.3				
No. 32	1.2	0.9	2.8					

Table 10. Concentrations of chemical compounds in indoor air, outdoor air, and personal exposure. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) No. 1

staying / sampling time compounds	168h 168h 122/173h 163/173h 126/173h				
	indoor air	outdoor air	P-1	P-2	P-3
formaldehyde	30	3.2	16	23	17
acetaldehyde	49	2.0	31	50	30
propanal	4.6	0.2	2.6	4.4	3.6
valeraldehyde	1.6	0.8	0.0	1.3	1.9
hexanal	5.9	0.9	3.1	5.1	5.3
nonanal	9.8	1.4	5.6	9.8	11
acrolein	0.3	0.0	0.4	0.5	0.4
acetone	13	0.6	13	16	16
total carbonyls	130	12	78	120	100
tetradecane	570	3.2	230	300	100
toluene	4.5	3.8	3.8	4.5	4.8
ethylbenzene	1.8	1.2	1.2	1.7	1.3
ethanol	200	0.6	180	270	160
texanol	2.2	0.0	1.0	1.1	0.5
ethylacetate	71	1.5	43	60	5.5
butylacetate	5.0	0.8	2.7	4.2	1.1
α -pinene	4.1	0.4	2.6	3.4	4.7
d-limonene	32	0.0	17	25	13
TXIB	1.4	0.0	0.8	1.1	1.4
TVOC	960	25	560	530	210
ozone	2.3	21	2.6	2.4	3.7
acetic acid	36	15	23	25	28

C.4 特定建築物内化学物質濃度の測定結果

特定建築物内の化学物質濃度を前述した4種類の拡散サンプラーを用いて分析した。調査は夏期と冬期に分けて行い、夏期の調査は2021年8月20日～2021年9月30日(S, 111施設)、冬期の調査は、2022年1月20日～2022年2月14日(W2, 75施設)の計186施設で実施した。なお、捕集時間は就業時間を基本とし8時間程度である。

それぞれの期間におけるカルボニル化合物濃度、VOC、無機成分の平均値、パーセンタイル値(50%ile, 95%ile, 100%ile)をTable 11に示す。

C.4.1 特異に高濃度を示した物質

エタノール

エタノール濃度の平均値は、夏期(S) 1100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬期(W2) 9200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、全物質を通して最も高い値を示した。

国立医薬品食品衛生研究所(国衛研, NIHS)が2001年、2002年、2003年に実施した一般住宅における冬期を中心とした全国調査¹⁰によると、エタノール濃度平均値はそれぞれ1600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、890 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、490 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また最大濃度も、それぞれ15000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、19000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、4900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、最も濃度が高い物質である。今回調査した特定建築物においても一般住宅同様最も濃度が高い物質である。木材とエタノールが接触することでアセトアルデヒドが生成することが報告⁸されているので注意が必要である。

2,2,4,6,6-ペンタメチルヘプタン(パーメチル99)

当初、夏期(S)の一施設でデカンが20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と定量された。しかし、GC/MSのスペクトルを精査すると、デカンではなく2,2,4,6,6-ペンタメチルヘプタン(イソドデカン)であることが明らかになった。標準溶液にこの物質が含まれていなかったため正確な定量はできないが、ドデカンの異性体であり同じ分子式、分子量であることを考慮すると20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に近い濃度であることが示唆される。イソドデカンをTVOCに含めると20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上になり、ガイドライン値を大幅に超過することになる。

C.4.2 室内濃度指針値、環境基準値

厚生労働省が室内濃度指針値を策定している物質として、ホルムアルデヒド(FA)、アセトアルデヒド(AA)、トルエン(TL)、キシレン(XY)、エチルベンゼン(EB)、スチレン(ST)、パラジクロロベンゼン(PDB)、テトラデカン(TD)、総揮発性有機化合物(TVOC)、環境省が環境基準値を策定している物質として、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、オキシダント(オゾン)、二酸化窒素、環境省が悪臭防止法に基づき規制基準を策定している物質として、

アンモニア(NH_3)の濃度を夏期、冬期それぞれTable 12～14に示す。それぞれの物質の指針値、基準値は以下の通りである。

ホルムアルデヒド	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
トルエン	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
キシレン	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
エチルベンゼン	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
スチレン	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
総揮発性有機化合物 TVOC	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2-エチル-1-ヘキサノール	(案) 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
デキサノール	(案) 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ベンゼン	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
トリクロロエチレン	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
テトラクロロエチレン	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
オキシダント(オゾン)	(60 ppb) 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
二酸化窒素	(40 ppb) 77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
アンモニア(NH_3)	(1000 ppb) 709 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

これらの物質の中で厚生労働省の室内濃度指針値を超過した物質は全186施設の中で、アセトアルデヒドが3施設(48, 55, 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)であった。

C.4.3 一般住宅との比較

NIHSは2001年～2003年に一般住宅における冬期を中心とした全国調査¹⁰を行っている。また、国立保健医療科学院(NIPH)では2012年～2014年の夏期と冬期に日本全国602戸の一般住宅で化学物質濃度の調査を行っている^{7,11}。今回行った特定建築物とこれら全国調査との比較をTable 7に示す。全体的に、一般住宅より特定建築物の方が化学物質濃度が低いことが分かった。

オゾンは外気濃度が圧倒的に高く、屋内に流入したオゾンは急激に分解するため、屋内のオゾン濃度は換気の指標になる⁷。特定建築物のオゾン濃度(夏期14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 冬期8.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)が一般住宅(夏期10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 冬期1.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)より高いことは、換気が多く行われていたことを表している。そのため化学物質濃度が低くなったことが推測される。

D. 結論

本研究では特定建築物186施設内のガス状化学物質濃度を夏期と冬期に分けて測定し、汚染物質の実態を明らかにした。調査に使用した拡散サンプラーは電源を必要とせず騒音を発生しないので就業時間におけるオフィス環境の測定に適していた。

ガス状化学物質の室内濃度と滞在時間から個人曝露量を推定することは困難であった。また、同一住宅に居住していても個人曝露濃度は異なることも明らかになった。個人曝露量を正確に知り、人へのリスク評価を行うためには本研究で開発したパーソナルサンプラーが極めて有効である。

Table 11. Concentrations of chemical compounds in the office buildings. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

compounds	Summer (S, n = 111) Aug. 2021 to Sep. 2021				Winter (W2, n = 75) Jan. 2022 to Feb. 2022			
	mean	50%ile	95%ile	100%ile	mean	50%ile	90%ile	100%ile
formaldehyde	13	12	25	60	6.9	6.3	12	21
acetaldehyde	11	8.0	30	62	8.0	6.6	22	27
propanal	2.1	n.d.	7.4	23	0.7	n.d.	4.0	12
valeraldehyde	n.d.	n.d.	n.d.	3.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
i-valeraldehyde	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
hexanal	0.3	n.d.	n.d.	15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
heptanal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
octanal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
nonanal	0.7	n.d.	n.d.	38	0.2	n.d.	n.d.	15
decanal	0.2	n.d.	n.d.	19	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
acrolein	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
crotonaldehyde	0.2	n.d.	n.d.	6.2	n.d.	n.d.	n.d.	1.8
2-nonenal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
benzaldehyde	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
o-tolualdehyde	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
p-tolualdehyde	n.d.	n.d.	n.d.	4.1	n.d.	n.d.	n.d.	2.2
2,5-DMBA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
acetone	12	9.7	23	66	13	11	23	60
2-butanone	n.d.	n.d.	n.d.	2.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MIBK	0.2	n.d.	0.6	1.6	n.d.	n.d.	n.d.	1.2
total carbonyls	40	33	66	240	29	26	53	85
hexane	5.2	2.7	11	200	5.0	4.2	12	29
cyclohexane	1.3	n.d.	4.5	66	2.6	0.7	5.3	61
heptane	0.5	n.d.	2.9	12	1.9	0.4	2.3	99
octane	1.0	n.d.	3.5	8.8	0.8	0.6	2.2	6.2
nonane	0.6	n.d.	2.0	39	1.0	0.5	2.7	29
decane	15	14	29	35	13	9.6	28	84
undecane	1.2	0.6	3.7	32	1.4	0.7	6.4	20
dodecane	5.4	3.5	16	78	7.7	6.3	14	57
tridecane	4.5	1.8	7.1	140	2.6	2.3	5.2	12
tetradecane	9.4	6.5	20	110	11	10	20	28
pentadecane	0.1	n.d.	0.6	3.6	0.3	0.3	0.7	1.8
hexadecane	0.4	n.d.	2.0	4.5	1.0	1.0	1.8	3.5
benzene	1.6	1.2	3.0	5.0	0.9	0.8	1.8	3.1
toluene	8.7	5.9	19	130	5.5	4.5	12	21
ethylbenzene	1.9	1.6	5.6	11	1.2	0.9	3.4	4.8
o-xylene	0.6	0.4	2.3	5.5	0.6	0.4	1.2	5.4
m,p-xylene	1.9	1.5	5.3	12	1.4	1.0	3.2	10
1,3,5-TMB	0.3	n.d.	1.6	3.8	0.3	0.2	0.8	2.4
1,2,4-TMB	1.2	0.6	4.4	15	1.2	0.8	3.6	9.9
1,2,3-TMB	0.2	n.d.	0.8	8.9	0.3	0.2	0.8	2.5
1,2,4,5-TMB	0.1	n.d.	n.d.	15	0.1	n.d.	0.3	1.4
styrene	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1	1.1
p-DCB	0.9	0.6	2.2	14	0.9	0.5	3.7	4.8
trichloromethane	0.7	n.d.	1.5	41	0.4	0.4	0.7	0.9
tetrachloromethane	n.d.	n.d.	n.d.	2.2	0.2	n.d.	0.8	1.1
dibromochloromethane	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
1,2-dichloroethane	n.d.	n.d.	n.d.	1.8	n.d.	n.d.	n.d.	2.3
1,1,1-TCE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
trichloroethylene	0.2	n.d.	1.7	2.9	0.8	n.d.	1.0	44
tetrachloroethylene	n.d.	n.d.	n.d.	3.3	0.1	n.d.	0.5	0.8
ethanol	1100	540	3200	18000	3000	2600	7000	9200
2-ethyl-1-hexanol	4.3	1.9	20	33	0.6	n.d.	3.2	4.7
texanol	3.0	2.9	7.2	14	2.5	1.9	4.1	22
ethylacetate	5.1	3.5	13	46	3.9	2.6	9.2	27
butylacetate	0.6	n.d.	2.7	12	1.7	1.4	3.1	5.9
2,2,4-TMP	n.d.	n.d.	n.d.	3.1	n.d.	n.d.	0.1	1.3
α -pinene	n.d.	n.d.	n.d.	1.5	0.2	0.2	0.6	1.0
d-limonene	1.7	n.d.	3.4	94	8.6	2.2	14	390
TVOC	160	130	370	730	140	120	260	680
ozone	14	11	24	48	8.2	7.8	12	20
formic acid	20	20	30	49	13	12	22	27
acetic acid	89	89	140	250	39	32	79	93
hydrogen chloride	8.7	5.5	14	90	18	16	30	59
nitrogen dioxide	15	14	25	64	15	12	26	110
total acidic gases	130	130	240	450	85	72	180	290
ammonia	12	12	17	24	3.6	3.2	6.1	7.8

Table 12. Concentrations of chemical compounds for which guideline or standard values are specified. (S, µg/m³)

name	FA	AA	TD	TL	EB	XY	ST	PDC	EH	TX	TVOC	BZ	TrCE	TeCE	O ₃	NO ₂	NH ₃
S-1	16	7.4	4.3	6.9	0.9	1.2	n.d.	0.7	3.6	3.0	49	2.3	n.d.	n.d.	13	5.5	8.3
S-2	13	19	2.6	14	2.1	2.5	n.d.	1.0	29	2.3	97	3.5	n.d.	n.d.	8.9	20	11
S-3	16	26	9.3	12	5.4	6.8	n.d.	1.3	33	4.1	110	3.0	n.d.	n.d.	7.9	7.4	23
S-4	24	11	4.1	16	1.5	2.2	n.d.	0.5	4.8	3.1	94	2.3	1.7	n.d.	8.2	9.8	13
S-5	7.1	8.0	6.5	8.5	2.4	3.1	n.d.	2.2	5.3	6.0	56	2.5	n.d.	n.d.	9.1	15	15
S-6	12	10	3.9	21	2.1	2.7	n.d.	1.9	3.1	2.4	71	2.9	1.0	n.d.	19	16	14
S-7	6.5	12	6.8	5.1	1.3	1.3	n.d.	1.5	9.0	1.7	44	2.2	n.d.	n.d.	11	13	12
S-8	13	5.2	2.4	2.7	1.1	1.7	n.d.	n.d.	4.8	6.6	38	2.3	n.d.	n.d.	8.3	4.7	16
S-9	11	8.3	1.7	4.7	1.9	2.1	n.d.	1.3	2.9	1.8	39	3.1	n.d.	n.d.	19	18	11
S-10	13	48	3.7	9.5	2.6	3.7	n.d.	1.6	9.5	1.3	99	3.1	n.d.	n.d.	5.6	17	14
S-11	9.9	19	2.6	9.9	2.4	3.1	n.d.	1.2	12	1.6	72	3.3	n.d.	n.d.	6.2	13	13
S-12	9.4	7.1	4.1	6.5	2.7	2.7	n.d.	0.8	1.1	4.2	51	1.9	n.d.	3.3	5.1	37	12
S-13	33	17	10	10	3.9	4.5	n.d.	1.6	22	4.4	100	2.0	n.d.	n.d.	6.1	8.8	21
S-14	11	5.4	2.8	7.1	1.3	2.7	n.d.	n.d.	2.4	4.1	40	2.2	n.d.	n.d.	7.5	14	9.4
S-15	21	7.2	1.8	4.9	1.8	3.0	n.d.	1.1	1.5	0.8	47	1.8	n.d.	n.d.	7.9	27	14
S-16	5.2	20	4.4	6.0	1.7	2.5	n.d.	0.6	1.8	3.2	44	2.9	n.d.	n.d.	6.1	27	10
S-17	11	13	n.d.	30	2.2	n.d.	n.d.	8.7	14	12							
S-18	13	4.7	5.1	4.8	1.2	1.6	n.d.	1.5	3.5	2.9	38	1.9	n.d.	n.d.	8.8	64	18
S-19	10	7.7	1.0	7.2	2.5	2.9	n.d.	0.3	3.1	14	51	1.7	n.d.	n.d.	4.3	7.8	11
S-20	16	6.4	4.1	5.0	0.7	1.3	n.d.	n.d.	20	3.8	56	1.7	n.d.	n.d.	7.7	5.4	12
S-21	12	7.5	3.1	4.2	1.0	0.1	n.d.	n.d.	1.6	0.9	31	2.2	n.d.	n.d.	8.7	26	13
S-22	48	55	5.2	14	3.2	3.4	n.d.	0.8	6.2	4.5	200	2.5	n.d.	n.d.	7.1	16	15
S-23	13	4.0	3.5	7.3	1.3	4.0	n.d.	0.4	2.7	1.5	37	1.9	n.d.	n.d.	5.3	4.2	10
S-24	11	6.6	2.2	9.1	11	15	n.d.	1.8	8.7	5.2	81	2.0	n.d.	n.d.	10	17	12
S-25	11	8.4	3.2	3.8	0.7	1.7	n.d.	1.2	2.5	1.4	35	2.2	n.d.	n.d.	11	9.2	12
S-26	14	9.3	5.2	19	5.2	10	n.d.	0.8	1.9	3.0	69	2.4	n.d.	n.d.	8.0	14	17
S-27	13	7.6	4.9	3.4	0.7	1.1	n.d.	0.4	2.2	1.7	33	1.1	n.d.	n.d.	8.7	8.4	12
S-28	13	7.6	2.2	5.9	2.2	2.8	n.d.	1.7	2.3	2.6	49	1.7	n.d.	n.d.	16	13	14
S-29	7.5	5.8	5.9	4.2	0.7	1.3	n.d.	0.6	8.8	5.1	39	2.0	n.d.	n.d.	4.2	18	7.5
S-30	11	6.2	16	2.2	4.8	8.7	n.d.	n.d.	2.2	1.9	39	1.5	n.d.	n.d.	6.2	9.9	11
S-31	13	7.6	3.4	4.3	1.4	2.5	n.d.	0.9	6.8	2.1	43	2.2	n.d.	n.d.	9.1	11	17
S-32	7.4	4.9	2.2	4.4	1.6	1.9	n.d.	1.2	0.5	1.2	29	1.6	n.d.	n.d.	14	25	12
S-33	16	6.6	3.2	6.1	2.5	4.5	n.d.	0.8	2.4	4.6	49	2.2	n.d.	n.d.	8.6	8.5	14
S-34	16	9.1	2.8	7.6	1.5	3.7	n.d.	0.3	4.7	1.4	48	2.3	n.d.	n.d.	9.6	14	14
S-35	16	17	2.1	8.2	1.3	1.8	n.d.	1.3	7.0	3.0	73	1.7	n.d.	n.d.	8.0	13	13
S-36	19	5.6	4.2	7.1	1.3	1.6	n.d.	1.2	4.1	3.2	140	1.8	n.d.	n.d.	11	4.1	15
S-37	17	19	4.6	6.5	2.1	2.9	n.d.	0.9	14	1.3	69	2.4	n.d.	n.d.	18	20	11
S-38	12	9.3	4.9	7.1	1.0	1.5	n.d.	2.1	2.6	3.0	42	1.9	n.d.	n.d.	6.5	23	15
S-39	12	3.4	2.1	5.0	1.6	1.8	n.d.	0.9	3.0	1.0	34	2.0	n.d.	n.d.	48	9.0	15
S-40	7.4	8.2	4.2	6.3	2.5	4.4	n.d.	n.d.	4.4	4.3	43	1.9	n.d.	n.d.	10	3.4	16
S-41	7.6	7.1	4.8	4.5	0.9	1.3	n.d.	0.7	3.7	0.4	29	1.0	n.d.	n.d.	11	9.2	15
S-42	18	8.6	2.1	6.7	1.3	1.6	n.d.	0.8	14	2.9	68	2.1	0.5	n.d.	23	6.3	15
S-43	8.2	4.0	0.9	2.6	0.9	1.6	n.d.	n.d.	1.9	6.6	31	2.3	n.d.	n.d.	13	21	8.4
S-44	15	14	6.7	4.1	1.6	2.6	n.d.	n.d.	4.3	4.1	53	2.3	n.d.	n.d.	11	14	11
S-45	9.9	4.9	19	4.6	2.0	8.6	n.d.	n.d.	3.0	12	45	0.8	n.d.	n.d.	25	7.2	8.6
S-46	9	10	14	5.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4.3	38	1.1	n.d.	n.d.	10	6.6	8.3
S-47	10	9.8	13	8.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	36	1.6	n.d.	n.d.	23	21	10
S-48	6.5	3.9	17	2.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	16	1.1	n.d.	n.d.	46	17	8.8
S-49	14	13	12	5.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5.0	43	1.3	n.d.	n.d.	10	11	8.5
S-50	12	9.1	6.5	8.2	4.6	3.2	n.d.	0.7	n.d.	n.d.	43	0.8	n.d.	n.d.	12	21	6.3
S-51	8.2	9.5	14	5.1	1.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5.8	44	0.8	n.d.	n.d.	11	10	6.2
S-52	4.6	8.1	14	2.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	16	0.8	n.d.	n.d.	15	9.7	21
S-53	12	9.1	12	1.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7.1	33	1.0	n.d.	n.d.	17	7.4	8.5
S-54	5.9	4.8	11	1.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14	1.1	n.d.	n.d.	9.7	7.6	5.5
S-55	13	8.8	5.3	4.4	1.4	1.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	31	0.4	n.d.	n.d.	13	8.3	3.8
S-56	7.7	6.6	15	12	1.9	1.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	37	0.6	n.d.	n.d.	6.6	18	9.5
S-57	13	6.6	10	5.3	1.6	2.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	34	1.0	n.d.	n.d.	26	15	16
S-58	25	20	9.1	6.4	2.1	2.2	n.d.	n.d.	n.d.	5.3	71	0.9	n.d.	n.d.	13	21	18
S-59	18	31	23	3.5	n.d.	n.d.	n.d.	0.6	10	n.d.	74	0.9	n.d.	n.d.	12	9.0	13
S-60	14	6.0	14	2.9	0.8	0.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	27	1.0	n.d.	n.d.	12	10	10
S-61	8.5	5.8	13	6.3	1.9	2.5	n.d.	0.8	n.d.	n.d.	30	0.9	n.d.	n.d.	24	18	11
S-62	12	12	16	4.5	2.6	2.3	n.d.	n.d.	n.d.	5.5	42	0.7	n.d.	n.d.	4.6	17	14
S-63	11	28	17	6.8	2.3	2.3	n.d.	n.d.	n.d.	5.5	63	1.2	n.d.	n.d.	9.4	11	8.0
S-64	9.3	12	13	4.9	2.4	5.1	n.d.	n.d.	n.d.	3.3	40	0.7	n.d.	n.d.	6.8	4.1	11
S-65	5.5	3.4	13	4.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3.8	23	0.8	n.d.	n.d.	28	15	6.6
S-66	58	44	24	8.9	3.7	5.2	n.d.	n.d.	11	7.1	140	1.1	n.d.	n.d.	12	31	24
S-67	13	12	8.6	2.6	2.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4.0	35	0.8	n.d.	n.d.	7.8	10	7.5
S-68	8.9	7.0	14	2.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4.4	24	0.8	n.d.	n.d.	12	6.0	7.9
S-69	8.4	6.5	21	2.6	n.d.	n.d.	n.d.	1.1	n.d.	4.1	27	0.9	n.d.	n.d.	17	28	8.7
S-70	13	6.1	16	6.5	n.d.	0.9	n.d.	1.1	17	n.d.	55	1.0	n.d.	n.d.	14	31	12
S-71	9.1	10	12	7.3	1.3	2.1	n.d.	0.7	n.d.	n.d.	37	0.6	n.d.	n.d.	7.9	19	8.7
S-72	14	9.4	15	2.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	27	0.8	n.d.	n.d.	12	6.8	n.d.
S-73	14	9.3	16	10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.7	40	1.0	n.d.	n.d.	10	7.9	13

name	FA	AA	TD	TL	EB	XY	ST	PDC	EH	TX	TVOC	BZ	TrCE	TeCE	O ₃	NO ₂	NH ₃
S-74	8.0	9.7	21	19	n.d.	n.d.	n.d.	0.9	n.d.	3.8	51	1.0	n.d.	n.d.	14	13	13
S-75	8.8	8.0	13	3.8	n.d.	n.d.	n.d.	1.0	n.d.	n.d.	24	0.9	n.d.	n.d.	22	21	12
S-76	14	6.3	9.4	5.4	n.d.	n.d.	n.d.	2.2	n.d.	n.d.	36	0.8	n.d.	n.d.	38	16	13
S-77	14	6.3	6.2	4.6	2.0	n.d.	n.d.	0.5	n.d.	3.2	38	0.8	n.d.	n.d.	45	14	10
S-78	14	6.7	5.4	4.5	1.3	n.d.	n.d.	0.4	n.d.	n.d.	35	0.8	n.d.	n.d.	40	14	14
S-79	13	14	26	10	2.2	2.3	n.d.	2.1	1.8	3.7	65	3.1	0.7	n.d.	48	19	15
S-80	12	6.4	6.4	6.0	1.1	1.3	n.d.	0.9	3.9	3.4	39	2.0	n.d.	n.d.	14	7.6	9.1
S-81	18	16	6.4	9.5	3.2	2.5	n.d.	0.7	2.3	2.4	61	1.5	n.d.	n.d.	13	20	11
S-82	18	26	110	6.1	1.8	1.8	n.d.	5.1	4.2	2.1	77	2.9	n.d.	n.d.	17	11	19
S-83	9.3	3.8	3.1	4.2	1.1	1.9	n.d.	n.d.	n.d.	3.1	30	2.4	n.d.	n.d.	22	14	12
S-84	60	62	10	72	5.6	7.0	n.d.	14	28	7.3	340	5.0	2.0	n.d.	15	46	23
S-85	17	12	4.4	7.9	2.0	2.4	n.d.	8.2	3.1	2.5	78	2.5	1.0	n.d.	14	18	15
S-86	25	8.5	3.2	4.1	7.3	7.8	n.d.	2.0	6.8	5.3	70	1.9	n.d.	n.d.	7	8.6	15
S-87	21	13	3.6	9.2	2.8	3.3	n.d.	1.6	3.9	2.3	72	2.6	n.d.	n.d.	16	24	20
S-88	17	17	8.0	130	5.7	11	n.d.	0.8	12	5.9	270	2.2	n.d.	n.d.	5.3	9.2	11
S-89	9.8	4.3	15	5.0	1.8	1.7	n.d.	1.5	9.2	n.d.	39	0.8	n.d.	n.d.	11	27	14
S-90	6.6	7.6	8.7	7.8	3.6	3.4	n.d.	n.d.	n.d.	10	45	0.9	n.d.	n.d.	13	10	12
S-91	5.6	4.1	5.2	3.8	1.4	1.2	n.d.	n.d.	n.d.	8.4	30	0.7	n.d.	n.d.	6.9	5.5	9.1
S-92	7.0	5.2	9.4	2.5	1.1	1.2	n.d.	1.0	n.d.	13	45	0.8	n.d.	n.d.	12	9.9	14
S-93	11	36	5.5	7.9	2.9	2.6	n.d.	0.9	n.d.	n.d.	68	1.0	n.d.	n.d.	13	13	16
S-94	11	14	13	7.8	2.4	2.0	n.d.	0.3	n.d.	4.3	53	0.9	n.d.	n.d.	14	15	9.5
S-95	10	8.1	5.9	16	8.0	5.7	n.d.	1.3	n.d.	n.d.	62	0.9	n.d.	n.d.	15	21	6.9
S-96	9.9	3.8	13	3.5	1.1	0.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	23	0.5	n.d.	n.d.	18	16	7.7
S-97	6.4	5.2	14	3.6	1.7	1.7	n.d.	0.7	5.2	n.d.	33	0.9	n.d.	n.d.	24	9.1	9.1
S-98	8.7	6.6	7.5	5.7	1.2	1.4	n.d.	0.5	n.d.	2.8	36	1.0	n.d.	n.d.	22	18	14
S-99	12	5.8	9.6	2.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	11	n.d.	37	0.8	n.d.	n.d.	24	7.3	6.3
S-100	6.1	2.1	12	7.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3.7	22	0.8	n.d.	n.d.	35	11	8.6
S-101	6.0	3.0	5.1	57	4.6	4.3	n.d.	n.d.	n.d.	4.0	100	0.6	1.7	n.d.	8.4	23	12
S-102	8.0	13	7.7	27	6.9	4.7	n.d.	n.d.	n.d.	2.3	83	1.2	2.9	n.d.	11	32	8.7
S-103	8.0	4.6	5.3	3.4	0.9	0.7	n.d.	n.d.	n.d.	5.1	34	0.6	n.d.	n.d.	5.2	19	6.5
S-104	2.4	2.1	8.2	1.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.9	21	0.9	n.d.	n.d.	18	9.2	9.0
S-105	3.9	5.2	14	6.6	6.2	6.0	n.d.	2.6	n.d.	3.7	84	0.8	2.7	n.d.	13	24	9.4
S-106	8.7	5.8	7.6	5.4	1.5	2.2	n.d.	n.d.	22	2.5	57	1.9	n.d.	n.d.	6.4	8.8	6.2
S-107	8.5	5.9	5.2	4.9	1.7	1.6	n.d.	n.d.	16	1.6	50	1.0	2.4	n.d.	11	14	6.3
S-108	6.6	4.7	7.1	5.8	1.7	1.8	n.d.	n.d.	21	1.9	53	0.9	1.9	n.d.	14	14	6.9
S-109	10	5.9	15	7.2	n.d.	n.d.	n.d.	0.7	n.d.	n.d.	30	0.8	n.d.	n.d.	11	15	4.9
S-110	16	19	4.6	8.9	1.6	3.5	n.d.	0.4	0.7	1.1	57	0.3	n.d.	n.d.	9.2	9.9	5.3
S-111	12	12	19	11	5.1	17	n.d.	3.4	6.5	6.1	93	0.3	n.d.	n.d.	9.1	5.7	17

Table 13. Concentrations of chemical compounds for which guideline or standard values are specified

name	FA	AA	TD	TL	EB	XY	ST	PDC	EH	TX	TVOC	BZ	TrCE	TeCE	O ₃	NO ₂	NH ₃
W2-1	5.9	4.5	6.9	2.4	0.3	0.6	n.d.	0.5	0.9	2.0	87	0.4	n.d.	n.d.	15	n.d.	2.7
W2-2	5.1	6.3	1.6	7.2	1.9	2.4	n.d.	1.4	n.d.	1.6	91	0.9	0.5	n.d.	6.2	7.3	1.9
W2-3	3.8	6.3	2.4	1.6	0.3	0.9	n.d.	0.3	0.7	1.9	59	0.5	n.d.	n.d.	4.6	22	2.5
W2-4	7.4	5.1	15	4.9	0.4	1.0	n.d.	0.5	0.8	2.3	200	0.8	44	n.d.	9.0	11	3.9
W2-5	11	7.3	15	2.9	0.7	1.0	n.d.	0.3	n.d.	1.7	120	0.7	0.3	n.d.	13	14	2.7
W2-6	5.8	27	11	7.0	1.3	2.8	n.d.	4.1	n.d.	2.2	260	1.7	0.6	n.d.	3.4	20	5.8
W2-7	3.5	7.0	13	7.6	2.5	2.6	n.d.	0.4	0.2	1.9	130	1.0	0.7	n.d.	6.3	24	3.4
W2-8	11	23	8.2	9.1	2.1	2.6	n.d.	4.0	3.4	1.5	190	1.1	1.0	0.5	7.8	16	5.8
W2-9	3.5	3.8	11	2.5	0.4	0.8	n.d.	0.3	n.d.	1.6	67	0.8	n.d.	n.d.	12	4.5	2.3
W2-10	14	12	2.9	5.4	4.8	5.0	n.d.	1.3	3.2	1.8	170	0.8	n.d.	n.d.	4.7	3.0	6.3
W2-11	6.6	13	13	8.2	1.7	2.3	n.d.	1.3	n.d.	1.0	150	1.3	1.0	n.d.	3.7	23	n.d.
W2-12	5.6	6.5	n.d.	6.6	0.9	1.3	n.d.	0.2	n.d.	2.3	71	0.7	0.5	n.d.	4.4	10	0.9
W2-13	9.6	16	11	3.4	0.7	1.5	n.d.	0.2	n.d.	3.1	170	0.2	n.d.	n.d.	5.4	14	3.6
W2-14	6.5	4.2	5.6	2.9	0.6	2.1	n.d.	0.4	n.d.	1.9	67	1.2	n.d.	n.d.	5.2	40	2.1
W2-15	7.0	23	8.2	3.6	0.4	0.8	n.d.	1.2	n.d.	1.6	120	0.7	n.d.	n.d.	13	14	3.7
W2-16	8.4	8.5	14	2.0	0.7	1.5	n.d.	0.4	n.d.	2.5	110	0.6	n.d.	n.d.	11	8.9	3.2
W2-17	3.9	4.7	9.0	2.4	0.7	1.0	n.d.	0.5	n.d.	1.3	82	0.6	0.7	n.d.	9.3	7.9	2.2
W2-18	7.1	11	9.4	2.6	0.5	0.7	n.d.	0.5	3.6	1.2	110	0.7	n.d.	n.d.	11	11	4.8
W2-19	4.3	4.9	9.9	2.9	0.8	0.8	n.d.	1.6	n.d.	1.3	71	0.5	n.d.	n.d.	16	11	4.1
W2-20	10	9.7	7.4	9.6	1.8	4.9	n.d.	0.3	0.8	2.1	170	1.0	n.d.	n.d.	3.9	32	6.4
W2-21	11	6.8	22	3.2	1.3	1.5	n.d.	0.2	n.d.	1.9	150	0.9	n.d.	n.d.	8.1	5.3	5.1
W2-22	7.6	7.0	13	9.9	1.3	1.7	n.d.	1.3	n.d.	2.5	130	1.2	1.6	n.d.	9.1	23	5.3
W2-23	5.2	4.4	1.2	3.6	0.9	1.3	n.d.	0.4	n.d.	1.4	84	0.9	n.d.	n.d.	9.0	17	2.1
W2-24	13	10	18	10	2.1	2.5	n.d.	0.5	n.d.	2.9	680	1.2	n.d.	n.d.	7.8	4.7	3.0
W2-25	6.1	5.8	2.0	6.8	1.4	1.9	n.d.	0.5	n.d.	2.2	160	0.9	0.5	n.d.	9.5	18	4.2
W2-26	6.7	4.1	9.4	2.4	0.4	0.9	n.d.	0.5	n.d.	1.2	81	1.0	0.3	n.d.	7.7	14	1.8
W2-27	5.7	11	7.0	2.5	0.4	0.6	n.d.	n.d.	0.8	1.6	87	0.9	n.d.	n.d.	7.1	1.0	2.0
W2-28	7.0	9.8	7.4	20	3.1	4.1	n.d.	1.7	0.7	2.0	260	1.8	0.9	n.d.	6.0	27	2.2
W2-29	9.0	6.3	2.1	12	3.3	4.5	0.7	1.9	0.5	2.2	110	1.2	n.d.	n.d.	6.6	2.8	2.9
W2-30	8.0	8.3	15	6.7	1.0	1.2	n.d.	4.4	2.0	1.9	130	0.8	0.5	n.d.	7.6	19	5.9
W2-31	6.6	3.9	18	5.8	1.4	2.5	n.d.	0.7	n.d.	1.8	140	0.9	0.3	0.4	7.2	23	3.0
W2-32	4.0	4.2	5.7	2.9	0.5	0.7	n.d.	0.1	n.d.	0.6	70	0.8	n.d.	0.3	13	6.8	1.8
W2-33	8.6	9.1	13	11	4.4	4.2	n.d.	1.4	0.8	2.3	180	2.9	n.d.	n.d.	9.7	42	6.0
W2-34	8.2	9.8	4.5	1.2	0.3	0.6	n.d.	0.3	n.d.	1.5	97	0.6	n.d.	n.d.	8.8	4.5	4.3
W2-35	6.3	4.6	12	3.3	0.7	0.9	n.d.	0.4	n.d.	1.1	88	1.0	n.d.	n.d.	9.4	5.1	1.3
W2-36	8.3	11	7.3	2.0	0.6	1.2	n.d.	2.6	0.5	2.0	130	0.5	n.d.	n.d.	8.6	7.5	6.1
W2-37	9.9	21	3.5	6.6	2.7	3.6	n.d.	1.9	2.2	2.1	160	1.4	0.5	n.d.	6.0	14	6.9
W2-38	6.2	5.1	3.2	7.1	1.8	2.5	n.d.	0.6	n.d.	1.0	88	1.4	n.d.	n.d.	11	19	2.9
W2-39	7.3	7.3	14	3.7	0.5	1.8	n.d.	2.1	n.d.	1.3	120	1.1	n.d.	n.d.	6.0	4.3	2.7
W2-40	4.2	4.7	9.3	1.9	0.4	0.9	n.d.	1.8	n.d.	1.4	150	1.0	n.d.	n.d.	11	4.2	2.1
W2-41	8.6	6.4	6.8	4.5	0.7	1.0	n.d.	1.4	0.6	2.1	100	0.7	n.d.	n.d.	9.7	8.9	6.1
W2-42	5.2	5.5	9.2	2.2	0.8	1.2	n.d.	0.4	n.d.	1.3	82	0.9	n.d.	n.d.	8.0	14	4.0
W2-43	8.6	4.9	15	1.0	0.3	0.9	n.d.	n.d.	n.d.	8.7	110	0.5	n.d.	n.d.	13	6.8	3.6
W2-44	2.6	3.9	20	3.6	0.7	1.1	n.d.	0.2	0.8	2.5	100	n.d.	n.d.	n.d.	7.5	11	1.5
W2-45	8.7	19	17	8.6	1.7	2.5	1.1	2.2	n.d.	2.7	240	1.8	n.d.	0.3	6.9	13	7.8
W2-46	2.5	1.9	8.4	7.7	1.4	1.3	n.d.	4.8	0.7	1.1	88	0.7	n.d.	n.d.	9.5	13	2.6
W2-47	5.7	8.6	9.4	6.9	3.5	3.3	n.d.	0.6	0.9	19	180	0.2	0.4	n.d.	4.9	24	3.7
W2-48	5.0	7.5	19	5.5	1.1	1.5	n.d.	2.1	1.7	3.1	160	0.5	0.5	n.d.	7.6	14	4.7
W2-49	4.2	7.1	13	11	3.4	4.1	n.d.	0.6	3.7	2.6	130	1.1	1.3	n.d.	7.1	32	2.3
W2-50	4.0	3.8	12	1.4	0.4	0.7	n.d.	0.6	n.d.	2.0	120	0.3	n.d.	0.8	9.4	9.1	3.3
W2-51	7.4	6.8	11	4.4	3.2	15	0.1	n.d.	2.4	1.7	260	1.3	n.d.	n.d.	9.3	18	2.8
W2-52	21	22	11	21	0.9	1.9	n.d.	0.6	n.d.	4.8	380	3.1	n.d.	n.d.	4.2	23	6.1
W2-53	4.1	4.0	8.7	4.6	0.7	1.0	n.d.	0.8	2.3	2.9	70	0.2	n.d.	n.d.	10	8.9	2.1
W2-54	4.6	4.4	9.8	4.6	1.1	1.5	n.d.	0.5	2.1	2.9	76	0.8	0.8	n.d.	7.0	20	2.6
W2-55	7.0	9.2	10	5.9	1.0	1.7	n.d.	1.2	1.0	1.4	110	0.7	0.6	n.d.	4.7	12	2.9
W2-56	7.9	7.8	20	3.3	1.1	1.5	n.d.	0.4	0.7	2.0	130	0.3	n.d.	n.d.	7.2	29	4.5
W2-57	4.1	6.2	15	2.6	0.6	0.8	n.d.	3.6	n.d.	1.8	100	n.d.	n.d.	n.d.	8.8	5.6	3.8
W2-58	5.9	6.0	9.8	3.3	0.5	0.8	n.d.	0.2	n.d.	1.5	120	1.8	n.d.	n.d.	9.6	12	3.5
W2-59	19	11	13	8.0	2.7	5.4	0.3	0.3	0.9	2.6	270	2.1	0.8	n.d.	4.9	110	2.4
W2-60	5.9	8.9	14	6.7	2.0	2.1	n.d.	0.4	n.d.	2.7	140	0.6	0.5	n.d.	9.6	18	6.6
W2-61	6.3	4.7	14	2.3	0.8	1.2	n.d.	0.2	n.d.	2.2	110	0.4	n.d.	n.d.	6.4	5.6	2.6
W2-62	3.7	3.5	9.2	3.3	0.7	1.3	n.d.	0.7	n.d.	2.7	97	0.9	n.d.	n.d.	3.3	6.4	2.8
W2-63	6.3	6.6	9.3	12	2.1	2.6	n.d.	0.5	n.d.	2.5	150	0.7	0.4	n.d.	3.8	21	3.6
W2-64	6.2	5.5	13	4.2	1.1	1.8	n.d.	0.7	n.d.	1.3	96	1.3	0.2	n.d.	4.7	5.1	2.5
W2-65	4.5	1.8	5.7	2.8	0.5	0.8	n.d.	n.d.	n.d.	0.6	65	1.4	n.d.	n.d.	20	30	2.0
W2-66	7.1	6.8	26	6.9	1.7	2.5	n.d.	0.6	4.7	2.0	150	0.8	0.8	0.6	8.1	22	n.d.
W2-67	4.7	4.4	13	3.3	0.6	0.9	n.d.	0.5	n.d.	1.5	81	0.5	0.6	0.5	7.4	9.6	3.7
W2-68	5.6	6.4	16	7.6	1.4	1.7	n.d.	0.4	n.d.	1.6	120	0.6	1.2	n.d.	9.5	24	6.2
W2-69	6.6	7.1	13	2.3	0.6	1.1	n.d.	n.d.	n.d.	1.3	110	1.1	0.3	n.d.	9.0	6.1	3.9
W2-70	4.0	5.0	5.9	1.2	0.3	0.6	n.d.	0.1	n.d.	1.0	68	0.7	n.d.	n.d.	5.4	2.8	1.6
W2-71	6.9	9.3	18	6.8	0.8	3.2	n.d.	0.5	n.d.	2.3	170	1.1	n.d.	n.d.	3.2	4.2	7.1
W2-72	4.9	3.1	5.8	1.0	0.3	0.6	n.d.	0.2	n.d.	2.6	79	0.6	n.d.	n.d.	15	12	3.8
W2-73	4.5	3.2	0.8	5.5	1.4	1.5	n.d.	0.3	n.d.	1.4	69	0.8	0.6	n.d.	9.6	19	1.9
W2-74	6.2	11	15	11	0.5	1.1	n.d.	0.8	2.7	2.1	190	0.8	n.d.	n.d.	4.9	8.2	4.4
W2-75	6.9	6.8	28	9.8	1.1	1.7	n.d.	0.6	1.0	3.8	140	0.7	n.d.	0.8	7.2	11	2.5

Table 14. Concentrations of chemical compounds in office building and general housing. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

compounds	Office building on the proposed study		NIPH				NIHS	
	Winter Jan. 2022 to Feb. 2022		Summer 2012 - 2014		Winter 2012 - 2014		Winter Oct. 2002 to Mar. 2003	
	mean	max.	mean	max.	mean	max.	mean	max.
formaldehyde	6.9	21	34	220	13	58	27	120
acetaldehyde	8.0	27	19	210	21	230	24	150
propanal	0.7	12	7.4	37	4.1	62	1.9	18
valeraldehyde	n.d.	n.d.	1.9	35	0.8	11	2.1	12
i-valeraldehyde	n.d.	n.d.	0.1	4.6	0.5	9.3	0.6	2.9
hexanal	n.d.	n.d.	7.0	110	3.2	23	7.0	63
heptanal	n.d.	n.d.	0.7	7.6	0.8	9.3	1.1	29
octanal	n.d.	n.d.	1.6	13	1.0	7.5	1.1	15
nonanal	0.2	15	12	37	4.3	33	4.8	28
decanal	n.d.	n.d.	3.7	15	1.4	32	2.0	120
acrolein	n.d.	n.d.	0.9	4.8	0.8	8.5	0.2	0.9
crotonaldehyde	n.d.	1.8	0.2	18	0.5	18	0.3	34
2-nonenal	n.d.	n.d.	0.3	3.4	0.6	5.2	n.d.	n.d.
benzaldehyde	n.d.	n.d.	1.3	16	0.8	25	2.7	50
o-tolualdehyde	n.d.	n.d.	0.2	13	0.8	61	3.2	250
p-tolualdehyde	n.d.	2.2	1.9	15	1.0	120	1.7	6.1
2,5-DMBA	n.d.	n.d.	2.6	19	0.9	11	1.3	17
acetone	13	60	22	490	27	2500	31	270
2-butanone	n.d.	n.d.	1.7	99	1.3	23	13	210
MIBK	n.d.	1.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
total carbonyls	29	n.d.	120	n.d.	84	n.d.	130	n.d.
hexane	5.0	29	3.5	240	2.8	160	29	1400
cyclohexane	2.6	61	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5.4	100
heptane	1.9	99	2.0	68	3.9	250	4.9	38
octane	0.8	6.2	2.0	110	2.8	110	16	280
nonane	1.0	29	6.6	540	11	460	2.1	410
decane	13	84	7.8	320	13	420	31	1300
undecane	1.4	20	18	310	19	580	20	710
dodecane	7.7	57	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	250
tridecane	2.6	12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4.1	130
tetradecane	11	28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3.1	57
pentadecane	0.3	1.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.2	8.7
hexadecane	1.0	3.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.5	4.0
benzene	0.9	3.1	1.3	14	2.3	19	3.3	62
toluene	5.5	21	12	330	9.6	370	56	1100
ethylbenzene	1.2	4.8	5.8	180	5.3	710	13	480
o-xylene	0.6	5.4	2.6	77	3.4	120	7.5	120
m,p-xylene	1.4	10	4.4	240	8.2	430	18	570
1,3,5-TMB	0.3	2.4	1.2	45	1.9	49	3.3	50
1,2,4-TMB	1.2	9.9	4.0	150	6.4	190	12	180
1,2,3-TMB	0.3	2.5	0.9	31	1.7	46	3.4	55
1,2,4,5-TMB	0.1	1.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.0	19
styrene	n.d.	1.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4.2	98
p-dichlorobenzene	0.9	4.8	120	13000	31	2100	57	1000
trichloromethane	0.4	0.9	0.7	16	0.7	16	0.7	5.4
CCl ₄	0.2	1.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.6	0.1
DBCM	n.d.	n.d.	n.d.	6.7	0.1	12	0.1	1.9
1,2-dichloroethane	n.d.	2.3	0.2	11	n.d.	9.4	0.1	0.3
1,1,1-TCE	n.d.	n.d.	0.2	40	0.1	26	0.4	9.1
trichloroethylene	0.8	44	n.d.	1.9	0.1	2.5	1.2	23
tetrachloroethylene	0.1	0.8	0.2	18	0.4	45	0.9	34
ethanol	3000	9200	—	—	—	—	890	19000
2-ethyl-1-hexanol	0.6	4.7	—	—	—	—	0.6	8.8
texanol	2.5	22	—	—	—	—	0.9	12
ethylacetate	3.9	27	8.5	650	5.4	780	8.6	230
butylacetate	1.7	5.9	6.2	410	3.8	220	4.0	210
2,2,4-TMP	n.d.	1.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.4	4.1
α -pinene	0.2	1.0	30	1900	5.6	180	86	1000
d-limonene	8.6	390	17	260	24	440	20	150
total VOCs	140	680	250	—	160	—	450	—
ozone	8.2	20	10	62	1.7	27	n.d.	n.d.
formic acid	13	27	28	240	54	440	n.d.	n.d.
acetic acid	39	93	130	840	93	330	n.d.	n.d.
hydrogen chloride	18	59	1.9	150	2.7	150	n.d.	n.d.
nitrogen dioxide	15	110	13	99	220	2000	71	590
ammonia	3.6	7.8	37	590	16	350	n.d.	n.d.

E. 参考文献

1. Uchiyama, S.; Aoyagi, S.; Ando, M., Evaluation of a diffusive sampler for measurement of carbonyl compounds in air. *Atmospheric Environment* **2004**, *38*, (37), 6319-6326.
2. Uchiyama, S.; Inaba, Y.; Kunugita, N., A diffusive sampling device for simultaneous determination of ozone and carbonyls. *Analytica Chimica Acta* **2011**, *691*, (1-2), 119-124.
3. Yamada, T.; Uchiyama, S.; Inaba, Y.; Kunugita, N.; Nakagome, H.; Seto, H., A diffusive sampling device for measurement of ammonia in air. *Atmospheric Environment* **2012**, *54*, (0), 629-633.
4. Uchiyama, S.; Ando, M.; Aoyagi, S., Isomerization of aldehyde-2,4-dinitrophenylhydrazone derivatives and validation of high-performance liquid chromatographic analysis. *J. Chromatogr. A* **2003**, *996*, (1-2), 95-102.
5. Uchiyama, S.; Matsushima, E.; Aoyagi, S.; Ando, M., Measurement of acid-catalyzed isomerization of unsaturated aldehyde-2,4-dinitrophenylhydrazone derivatives by high-performance liquid chromatography analysis. *Anal. Chim. Acta* **2004**, *523*, (2), 157-163.
6. Behforouz, M.; Bolan, J. L.; Flynt, M. S., 2,4-Dinitrophenylhydrazones - a Modified Method for the Preparation of These Derivatives and an Explanation of Previous Conflicting Results. *Journal of Organic Chemistry* **1985**, *50*, (8), 1186-1189.
7. Uchiyama, S.; Tomizawa, T.; Tokoro, A.; Aoki, M.; Hishiki, M.; Yamada, T.; Tanaka, R.; Sakamoto, H.; Yoshida, T.; Bekki, K.; Inaba, Y.; Nakagome, H.; Kunugita, N., Gaseous chemical compounds in indoor and outdoor air of 602 houses throughout Japan in winter and summer. *Environmental Research* **2015**, *137*, (0), 364-372.
8. Tohmura, S.-i.; Ishikawa, A.; Miyamoto, K.; Inoue, A., Acetaldehyde emission from wood induced by the addition of ethanol. *Journal of Wood Science* **2012**, *58*, (1), 57-63.
9. Sakamoto, H.; Uchiyama, S.; Isobe, T.; Kunugita, N.; Ogura, H.; Nakayama, S. F., Spatial Variations of Indoor Air Chemicals in an Apartment Unit and Personal Exposure of Residents. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2021**, *18*, (21), 11511.
10. 安藤正典, 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 厚生労働科学研究費補助金 健康安全総合研究経費 がん予防等健康科学総合研究, 研究報告書 200301361A, 2003.
11. 樫田尚樹, シックハウス症候群の発生予防・症状軽減のための室内環境の実態調査と改善対策に関する研究 厚生労働科学研究費補助金 健康安全確保総合研究 健康安全・危機管理対策総合研究, 究報告書 H23-健危-一般-010, 2013.

F. 本研究に関する研究発表

1. 論文発表

Win-Yu Aung, Hironari Sakamoto, Ayana Sato, Ei-Ei-Pan-Nu Yi, Zaw-Lin Thein, Myint-San Nwe, Nanda Shein, Htin Linn, Shigehisa Uchiyama, Naoki Kunugita, Tin-Tin Win-Shwe, and Ohn Mar: Indoor Formaldehyde Concentration, Personal Formaldehyde Exposure and Clinical Symptoms during Anatomy Dissection Sessions, University of Medicine 1, Yangon, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, *18* (2), 712-728.

Hironari Sakamoto, Shigehisa Uchiyama, Tomohiko Isobe, Naoki Kunugita, Hironao Ogura, Shoji F. Nakayama: Spatial Variations of Indoor Air Chemicals in an Apartment Unit and Personal Exposure of Residents, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, *18* (21), 11511-11521.

Hironari Sakamoto, Shigehisa Uchiyama, Moka Shimidzu, Hironao Ogura: Simple Ozone Scrubber Using a Glass Fiber Filter Impregnated with Hydroquinone for the Quantitative Analysis of Ambient Air Samples, *Analytical Sciences*, 2021, *37*, 1713-1718.

2. 学会発表

Hironari Sakamoto, Shigehisa Uchiyama, Tomohiko Isobe, Naoki Kunugita, Hironao Ogura, Shoji F. Nakayama: Influence of chemical compounds in indoor air on personal exposures, Healthy Buildings America 2021, January 2022.

坂元宏成; 内山茂久 Determination of Carbonyl Compounds in Air Using Hydroquinone Coated Frits for Ozone Removal 日本化学会第 100 春季年会, 2020 年 3 月

坂元宏成; 内山茂久 ヒドロキシベンゼンをコーティングしたポリエチレン焼結フィルターによるオゾン除去 第 61 回大気環境学会年会, 2020 年 9 月

坂元宏成; 佐藤綾菜; 内山茂久; Win-Yu AUNG; Tin-Tin WIN-SHWE; 稲葉洋平; 樫田尚樹; 牛山明 解剖学教室におけるホルムアルデヒド個人曝露量の測定 第 79 回日本公衆衛生学会総会, 2020 年 10 月

小山真緒；内山茂久；野口真由美；坂元宏成；稲葉洋平；牛山明 室内環境に存在する化学物質の挙動と居住者の曝露評価 2020 年室内環境学会学術大会，2020 年 12 月，福島

坂元宏成；内山茂久；佐藤綾菜；稲葉洋平；牛山明 有害化学物質の個人曝露濃度を与える室内濃度の影響 2020 年室内環境学会学術大会，2020 年 12 月，福島

坂元宏成；内山茂久；磯部 友彦；樺田尚樹；小倉裕直；中山 祥嗣 室内空間各所における化学物質濃度と個人曝露を与える影響 第 79 回日本公衆衛生学会総会，2021 年 6 月

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

4. 現場立入調査とアクティブサンプリング

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

研究要旨

建築物環境衛生管理基準におけるホルムアルデヒドの基準値は、 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。シックハウスに関連してホルムアルデヒドを含む13物質が厚生労働省により濃度指針値が、TVOCについては暫定目標値が定められているが、建築物衛生法においてホルムアルデヒド以外は基準値にはなっていない。特定建築物では、建築物環境衛生管理基準により二酸化炭素濃度を基準に適切な換気が行われていることが確認できることや、室内の化学物質発生源が住宅ほど多くないこと、設計換気量が住宅より多いことから化学物質濃度は低いと考えられている。

そこで、事務所建築物における化学物質濃度の現状を把握するため、ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値に示されている物質を中心にアクティブ法を用いて実測調査を行った。また、並行して温度、湿度、 CO_2 濃度、浮遊微粒子濃度の測定を行った。

結果として、基準値であるホルムアルデヒドおよび指針値に挙げられている化学物質については、濃度を超過する建物はなく、いずれも低い濃度であった。また、TVOC濃度についても、暫定目標値を超過している建物はなかった。 $22.0^\circ\text{C}\sim 30.6^\circ\text{C}$ の外気温度に対して、室内温度平均は $26.0\pm 1.3^\circ\text{C}$ と安定していた。湿度平均は $51\pm 9\%$ で建築物衛生法の管理基準40～70%に不適な物件はなかった。 CO_2 濃度は1件だけ1000ppm近傍で推移していたが、全体的には外気 CO_2 濃度平均445ppmに対し、室内濃度は622ppmと全体的に良好な環境で維持されていた。温度・湿度においては空調方式による大きな顕著な差は見られなかったが、 CO_2 濃度に対しては個別式より中央式空調の室内濃度がやや低く観察された。

浮遊粒子状物質の個数濃度積算値としては1施設を除く全施設で室内濃度(IA)は外気濃度(OA)より低い傾向が見られたが、粒径別IO比では $10\mu\text{m}$ の大きな粒径でIO比 >1 が2施設のみ観測された。他の全ての粒径では全測定個所でIO比 <1 と外気より低い濃度を示した。前年度測定では、粒子濃度に対しては中央式がよりよい可能性が示唆されたが、本年度の実測結果からは空調方式による明確な違いは見られなかった。

4-1 化学物質-カルボニル化合物及び揮発性有機化合物 (VOC)

A. 研究目的

建築物環境衛生管理基準におけるホルムアルデヒドの基準値は、 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。シックハウスに関連して表5-1-1のようにホルムアルデヒドを含む13物質が厚生労働省により濃度指針値が、TVOCについては暫定目標値が定められているが、建築物衛生法においてホルムアルデヒド以外は基準値にはなっていない。特定

建築物では、建築物環境衛生管理基準により二酸化炭素濃度を基準に適切な換気が行われていることが確認できることや、室内の化学物質発生源が住宅ほど多くないこと、設計換気量が住宅より多いことから化学物質濃度は低いと考えられている。

ここでは、事務所建築物における化学物質濃度の現状を把握するため、ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値に示されている物質を中心にアクティブ法を用いて実測調査を行った。

表 4-1-1 化学物質の濃度指針値

揮発性有機化合物	室内濃度指針値
ホルムアルデヒド	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08 ppm)
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03 ppm)
トルエン	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppm)
キシレン	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)
エチルベンゼン	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88 ppm)
スチレン	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)
クロルピリホス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppb) 小児の場合 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007 ppb)
フェノブカルブ	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8 ppb)
ダイアジノン	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02 ppb)
フタル酸ジ-n-ブチル	17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.5 ppb)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6.3 ppb)
TVOC (暫定目標値)	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

B. 研究方法

B.1 調査対象

対象とした建築物は表 4-1-2 に示す建築物 A から G の大阪府、東京都、埼玉県にある事務所建築物である。建築物 A 及び G については、同じ建築物内で居室 3 箇所を測定対象としたが、その他は各建物 1 箇所のみとなる。2021 年 10 月の冷房期において行った。

表 4-1-2 空气中化学物質の測定概要

ID	測定日	地域	空調方式
A_1	2021/10/14	大阪	個別
A_2			
A_3			
B	2021/10/14	大阪	個別
C	2021/10/14	大阪	個別
D	2021/10/15	大阪	中央
E	2021/10/5	東京	中央
F	2021/10/5	東京	中央
G_1	2021/10/8	埼玉	中央

G_2			
G_3			

B.2 調査方法

建築物衛生法によるホルムアルデヒドの測定については、2・4—ジニトロフェニルヒドラジン (DNPH) 捕集—高速液体クロマトグラフ法により測定する機器、4—アミノ—3—ヒドラジノ—5—メルカプト—1・2・4—トリアゾール (AHMT) 法により測定する機器又は厚生労働大臣が別に指定する測定器とされている。

厚生労働省による通知「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」によれば、ホルムアルデヒド濃度の指針値制定にあたっては、一般的な人達における明らかな刺激感覚を防ぐことを指標として、30 分平均値で 0.1 mg/m^3 を指針値とすることが適当である、としている。

建築物衛生法においても、ホルムアルデヒド測定のタイミングを、新築、増築、大規模の修繕又は大規模の模様替えを完了し、その使用を開始した時点から直近の 6 月 1 日から 9 月 30 日までの間に 1 回と規定している。これは、ホルムアルデヒドの発生が新しい建材から多く発生すること、温度上昇に伴って多く発生することを意識したものである。なお、ホルムアルデヒドの量の測定結果が管理基準を超過した場合は、空気調和設備又は機械換気設備を調整し、外気導入量を増加させるなど、室内空气中におけるホルムアルデヒドの量の低減策に努める必要がある。さらに、翌年の測定期間中に 1 回、再度、当該測定を実施することが必要となる。

測定時間についての規定はないものの、上述のように 30 分平均値で 0.1 mg/m^3 を指針値としていることから、30 分の平均値が求められると考えられる。厚生労働大臣が別に指定する測定器においても、30 分のサンプリング時間での測定値の一致を求めている。ただし、特定建築物などの室内においては、空調条件が定常であれば、室内濃度は定常状態となっているものと考えられる時点でのサンプリングを行うことを考慮することが重要である。

ここでは、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドなどのカルボニル化合物については、

DNPH カートリッジを用いて 30 L 捕集 (30min at 1.0L/min) を行い、HPLC により 12 成分の定量分析を行った。トルエンなど VOCs については、Tenax-TA 充填捕集管を用いて 9 L 捕集 (30min at 300 mL/min) し、GC/MS により 45 成分の定量を行った。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 4-1-2 空气中化学物質の測定概要

測定項目	内容
アルデヒド類	DNPH カートリッジ 30L (at 1.0L/min) 溶媒抽出-HPLC
VOCs	Tenax-TA 9L (at 300 mL/min) 加熱脱着-GC/MS

C. 研究結果及び考察

各測定点における化学物質濃度を表 4-1-3 に示す。

アルデヒド類であるホルムアルデヒド、アセトアルデヒドは建築物衛生法の基準値 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及び厚生労働省指針値 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対し指針値を超過する室はなかった。室内濃度が外気濃度よりやや高くなっているが、普段の室内濃度レベルであり、室内に高放散の汚染源は存在しないと考えられる。

VOCs の中からも厚生労働省指針値を超過する物件はなく、TVOC 暫定目標値を上回る物件もなかった。

厚生労働省で指針値が定められている 13 物質中、室内の建材からの発生源としてトルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、テトラデカンが検出されたが、濃度としては低い水準であり、厚生労働省指針値を超えた物質はなか

った。また、室内の持ち込みとなる防虫剤から発生するパラジクロロベンゼンについては検出限界以下であった。

TVOC も暫定目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく超える結果はなかった。建物 C については、その前に冬期における実測で、TVOC の暫定目標値を超過していたが、この前年に倉庫を改修して事務所とした建物で、比較的新しい内装材料により濃度が若干高くなったものと考えられる。今回の冷房期においては、TVOC 濃度も低濃度となった。

D. まとめ

事務所建築物における化学物質濃度の現状を把握するため、ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値に示されている物質を中心にアクティブ法を用いて実測調査を行った。

結果として、基準値であるホルムアルデヒドおよび化学物質の指針値については、濃度を超過する建物はなかった。TVOC 濃度についても超過する建築物はなかった。前回冬期に暫定目標値を超過した建物においても、この夏期にはその濃度以下となっていた。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

表 4-1-3 室内化学物質濃度の結果

ID	A 1	A 2	A 3	B	C	D	E	F	G 1	G 2	G 3	mean
ホルムアルデヒド	6.3	6.8	8.2	11.2	7.8	10.7	9.3	11.8	12.3	15.7	16.0	10.6
アセトアルデヒド	6.5	7.0	7.8	30.8	9.2	8.8	10.0	16.2	6.0	6.3	5.8	10.4
トルエン	4.6	5.9	5.1	6.1	7.5	14.2	20.2	10.8	3.4	3.1	3.3	7.7
エチルベンゼン	1.8	2.0	1.9	2.6	6.6	3.1	8.5	4.4	1.6	1.5	1.5	3.2
キシレン	2.1	2.2	2.6	3.8	4.7	3.3	8.5	2.8	1.4	n.d.	n.d.	3.5
スチレン	1.7	2.1	1.8	2.0	2.6	2.7	4.5	2.0	n.d.	n.d.	n.d.	2.4
p-ジクロロベンゼン	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.0
テトラデカン	2.0	3.4	2.1	0.9	4.1	1.6	n.d.	n.d.	1.2	n.d.	1.4	2.1
TVOC	113.9	133.6	114.7	115.7	142.1	91.1	114.2	118.7	31.1	39.1	34.2	95.3

4-2 温度、湿度、CO₂濃度

A. 研究目的

建築物衛生法では CO₂ 濃度 1000ppm を換気の管理基準としている。CO₂ の有害性による人体影響からではなく外気導入による室内 CO₂ 希釈と排出効果を換気基準として定めたものである。人間活動が行われる空間では人体の呼気、暖房器具、調理器具の燃焼から必ず CO₂ が発生するため、換気が足りない場合は CO₂ 濃度が上昇し、適切な換気が行われていれば CO₂ 濃度も一定レベル以下に維持できる。更に、建材や人体、人間活動から発生する化学物質、におい、粒子状物質など他の空気汚染物質もコントロールできる。

2017 年現在、相対湿度の不適合率は 55%以上、温度 30%以上、CO₂ は 30%に近接し、上昇傾向が続いている^{1) -3)}。

本研究は特定建築物における室内空气中化学物質濃度の実態調査であるが、空気濃度は換気と直結するため、換気の把握を行う必要がある。そこで、立入による化学物質のアクティブサンプリング測定と同時に温度、湿度、CO₂ 濃度の測定を行った。

B. 研究方法

温度・湿度・CO₂用の連続測定小型センサー (T & D TR-76Ui) を空気サンプリング場所に設置、5分間隔で 30 分間以上測定し、その中から設置後から 5~10 分以上経過した安定している 30 分間のデータを抽出して使用した。但し、建物 G だけは 1 日連続測定ができたため勤務時間帯の 10 : 00~17 : 00 のデータとなっている。

C. 測定結果

図 4-2-1 に温度、図 4-2-2 に相対湿度、図 4-2-3 に CO₂ 濃度の集計グラフを示す。また、表 4-2-1 には各項目の平均値を集計したものである。

C.1 温度

外気温は 22.0~30.6°C で平均 26.8±2.3°C と測定場所と時間による差が見られたが、室内温度は 24.3~29.4°C とばらつきがあったが、G では窓開け換気を行っており、G を除くと 24.3~26.6°C と安定している。全体平均は 26.0±1.3°C

と外気より安定していた。

同一物件である A_1、A_2、A_3 は 3 ヶ所共に 26°C 付近で変動も少なく非常に安定していた。G は平均温度が 27~28.3°C とやや高めとなっているが、窓開け換気による影響である。

A、B、C は個別式空調、D、E、F (G は中央式であるが窓開け換気を行っていたことから除く) 中央式空調であり、平均温度はそれぞれ 25.6°C、24.9°C と空調方式による大きな顕著な差は見られなかった。

C.2 相対湿度

外気の相対湿度は全測定点で 34~59%、室内では 44~62% と良好な環境となっていた。まだ冷房運転がされている 10 月であり、外気の相対湿度もさほど低くないことが影響していると考えられる。

室内の湿度平均は 51±9% であった。建築物衛生法の管理基準 40~70% に不適な物件はなかった。冷房期には稼働しないが、A は外調機と無給水加湿器が設置されており、湿度管理をしっかり念頭に置いた設計となっている。

A、B、C は個別式空調、D、E、F、G は中央式空調であり、空調方式に係わらず冷房期の湿度管理は問題なかった。但し、G はコロナ禍での感染防止のため窓開け換気を行っていたため、相対湿度に変動が見られるがその幅は大きくなかった。

C.3 CO₂

外気の CO₂ 濃度平均は 445±27ppm、対象物件全体の室内濃度平均は 622±167ppm であった。B の室内濃度だけ平均 1048±11ppm と管理基準値を少し超える濃度で推移していたが、他の測定対象では 439~777ppm と低いレベルで管理されていた。室内濃度の平均が 450~500ppm 程度と外気濃度に近い濃度を示している物件 G_1、G_2、G_3 は窓開け換気の影響によるものである。

一方、CO₂ 濃度では個別式と中央式空調に傾向の差が見られた。個別式である A、B、C の室内濃度平均は 745ppm だったのに対し、中央式空調である D、E、F (G は窓開け換気を行っていたことから除く) は 551ppm と低い濃度で運

転されていた。

CO₂濃度は在室者密度と換気量のバランスで決まり、空調設計によって換気量が変わるため、CO₂濃度が低いからよい設計とは限らないが、低い濃度で管理されていることは室内空気汚染因子によるリスク低減の面では好ましい。

D. 結論

22.0°C～30.6°Cの外気温度に対して、窓開け換気物件を除くと室内温度は 24.3～26.6°Cと安定していた。測定対象全体の室内温度平均は 26.0±1.3°Cであった。空調方式による大きな顕著な差は見られなかった。

室内の湿度平均は 51±9%で建築物衛生法の管理基準 40～70%に不適な物件はなかった。空調方式に係わらず冷房期の湿度管理は問題なかった。

CO₂濃度は1件だけ 1000ppm 近傍で推移していたが、全体的には外気 CO₂濃度平均 445ppm に対し、室内濃度は 622ppm と全体的に良好な環境で維持されていた。今回の測定対象でも、個別式空調より中央式空調の室内 CO₂濃度がやや低く観察された。

E. 参考文献

- 1) 金勲、東賢一、鍵直樹、柳宇 他、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「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究」(研究代表者:小林健一)、3. 事務所建築物における CO₂濃度の全国実態調査－Phase2 調査－、平成 29 年～令和元年度総括・分担総合研究報告書、2020.3
- 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、2019.11、pp.1011-1018.
- 3) 金勲、林基哉、開原典子、小林健一、柳宇、鍵直樹、東賢一、長谷川兼一、中野淳太、李時桓、事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その3 冷暖房期における二酸化炭素濃度の実態、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2019.9、pp.53-56.

F. 研究発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

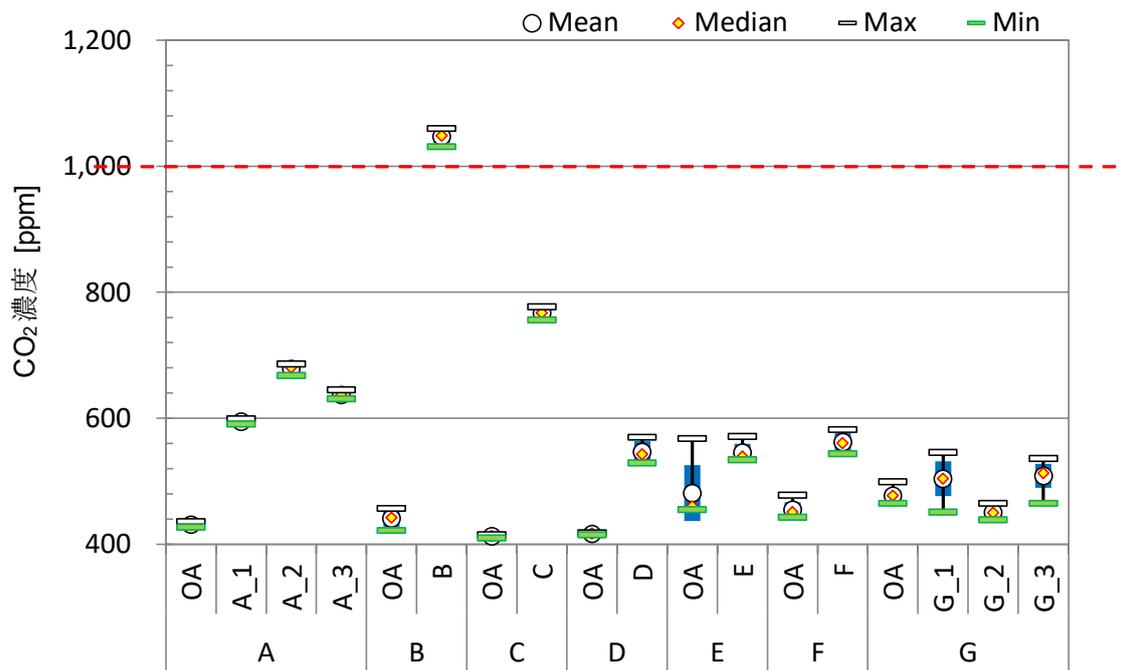


図 4-2-1 CO₂濃度測定結果

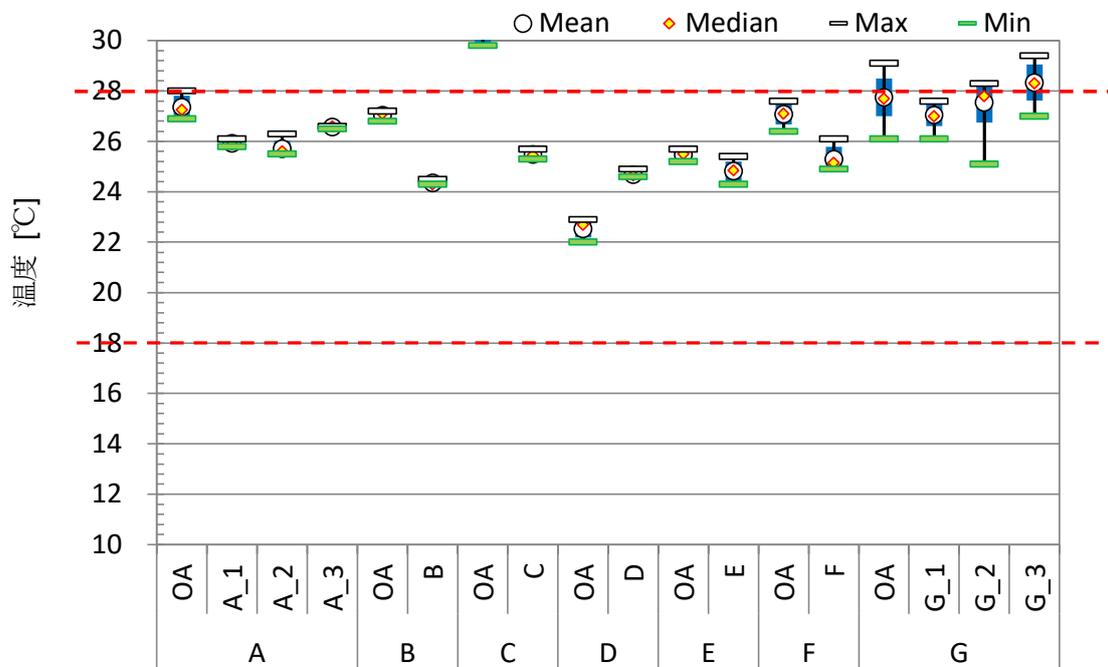


図 4-2-2 温度測定結果

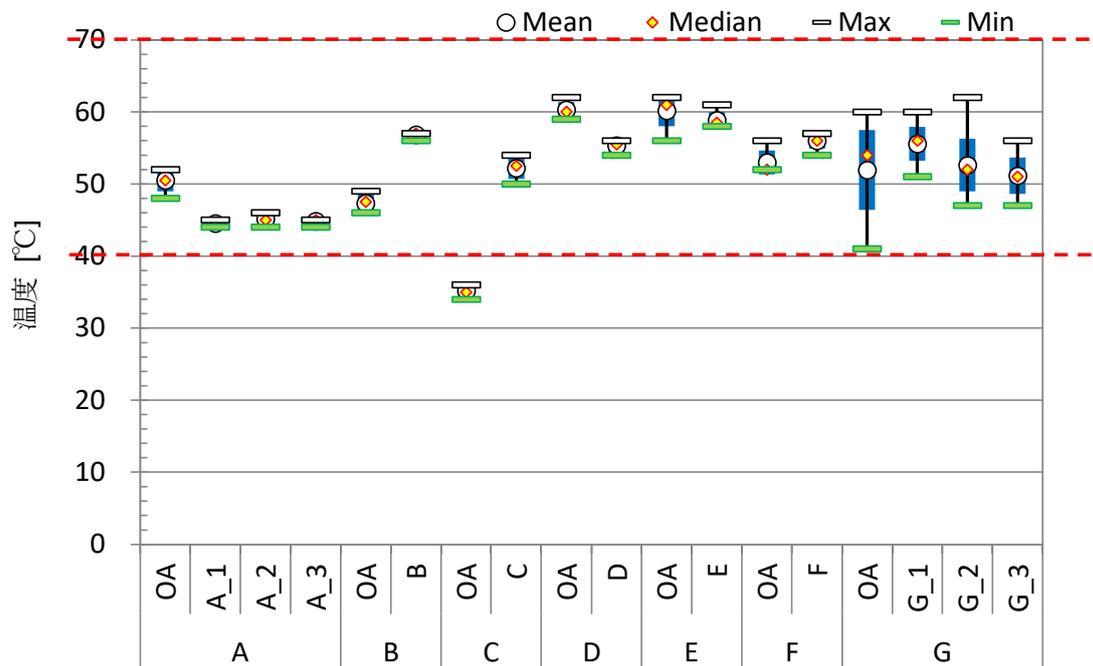


図 4-2-3 相对湿度測定結果

表 4-2-1 CO₂濃度、温度、相对湿度の測定結果集計

2021	CO ₂ [ppm]		Temp [°C]		RH [%]	
	OA	IA	OA	IA	OA	IA
Mean	445	622	26.8	26.0	51	52
S.D.	27	167	2.3	1.3	9	5

4-3 浮遊粒子状物質

A. 研究目的

建築物衛生法における浮遊粒子に関する室内基準は、浮遊粉じん濃度 0.15 mg/m^3 以下と設定されている。ここでの浮遊粉じんは粒径 $10 \mu\text{m}$ 以下の粒子となるが粉じん計のカットオフ径に関する定義の違いから PM10 とは少し異なる。また、大気環境基準は PM2.5 の 1 年平均が $15 \mu\text{g/m}^3$ 以下、1 日平均が $35 \mu\text{g/m}^3$ と設定されているが、室内基準は存在しない。

特定建築物及び中規模建築物における PM2.5 濃度の実態に関する既往研究結果については、本研究の令和 2 年度研究報告書に説明している。

本研究では、特定建築物における室内浮遊粒子状物質 (Suspended Particulate Matter) 濃度の実測を行うことで、建築物における浮遊粒子状物質濃度のデータの蓄積と実態把握、そして空調方式の違いによる室内 PM 濃度の差などの比較を行い、その特徴について検討する。

B. 研究方法

粒径別浮遊粒子濃度は Particle Counter (Kanomax Model 3889) を用いて、6 粒径 (0.3、0.5、1.0、3.0、5.0、 $10 \mu\text{m}$) に対する個数濃度の測定を行った。2.83L/min で 1 分間の計測を 15 分間連続で行い、濃度が安定していると考えられる開始から 4 分～13 分までの 10 分間のデータを平均して用いた。

C. 測定結果

図 4-3-1 に室内浮遊粒子の個数濃度積算値を、図 4-3-2 には代表粒径の個数濃度分布を示す。また、図 4-3-3 に粒径別 IO 比 (室内濃度/外気濃度) を示す。

個数濃度の積算値 (図 4-3-1) として、C を除く全施設で外気 (OA) が室内濃度 (IA) より高い傾向が見られる。

外気濃度は大阪 (A、B、C、D) が東京・埼玉 (E、F、G) より低く、地域と季節特性に加え測定対象の立地による差と考えられる。一般的に室内濃度は外気より低くなっているが、室内濃度は外気濃度に影響され追従して増減している。

A、B、C は個別式空調であり、C 以外は外気より有意に低くなっていることから、「外調機+

換気装置+PAC」 と外調機の中性能フィルターによる粒子浄化能力を有していると思われる。しかしながら、C は外気と同レベルの PM 濃度を示しており、外気導入時の PM 低減が行われず、更に室内発生分が加算されていると見られる。

D、E、F、G は中央式空調が入っており、D、E、F は外気より有意に低い粒子濃度を示している。G は窓開け換気を行っていたため外気影響が大きく、粒子濃度の低減が大きくなかった。

代表粒径の濃度分布は小さな粒子濃度が高く、大きな粒径の粒子濃度は低い、対数的に減少する典型的な濃度分布を示している。

IO 比としては、0.3、0.5、1.0、3.0、 $5.0 \mu\text{m}$ までは全測定個所で IO 比 < 1 と外気由来の粒子が室内では低く維持されているが、 $10 \mu\text{m}$ では IO 比 > 1 が A₂、D の 2 ヶ所で観測された。

0.3、 $0.5 \mu\text{m}$ の小さな粒子では平均 IO 比 = 0.6、1.0、3.0、 $5.0 \mu\text{m}$ では IO 比 0.3～0.4 とより低くなっている。粒径に対する空調システムや室内環境での低減効率によるものと考えられる。大きな粒子は人工的に生成されることが多く、 $5.0 \mu\text{m}$ や $10 \mu\text{m}$ の比較的大きな粒子の IO 比が高い室内 (A₂、D) は在室者密度が高いか他に室内発生分が多いと推測される。

前年度測定からは、粒子の除去性能は中央式がよりよい可能性が示唆されたが、本年度の実測結果から空調方式による明確な違いは見出せなかった。

D. 結論

外気濃度は大阪が東京・埼玉より低く、地域と季節特性に加え測定対象の立地による差が考えられた。個数濃度積算値としては 1 施設を除く全施設で室内濃度 (IA) は外気濃度 (OA) より低い傾向が見られたが、粒径別 IO 比では $10 \mu\text{m}$ の大きな粒径で IO 比 > 1 が 2 施設のみ観測されたものの、他の全ての粒径では全測定個所で IO 比 < 1 と外気より低い濃度を示した。大きな粒径の粒子は人工的に生成されることが多いことから、室内発生分が多いと推測された。

前年度測定では、粒子濃度に対しては中央式がよりよい可能性が示唆されたが、本年度の実

測結果からは空調方式による明確な違いは見られなかった。

E. 参考文献

1) 環境省：微小粒子状物質健康影響評価検討会
報告書：粒子状物質の特性について、2008

F. 研究発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

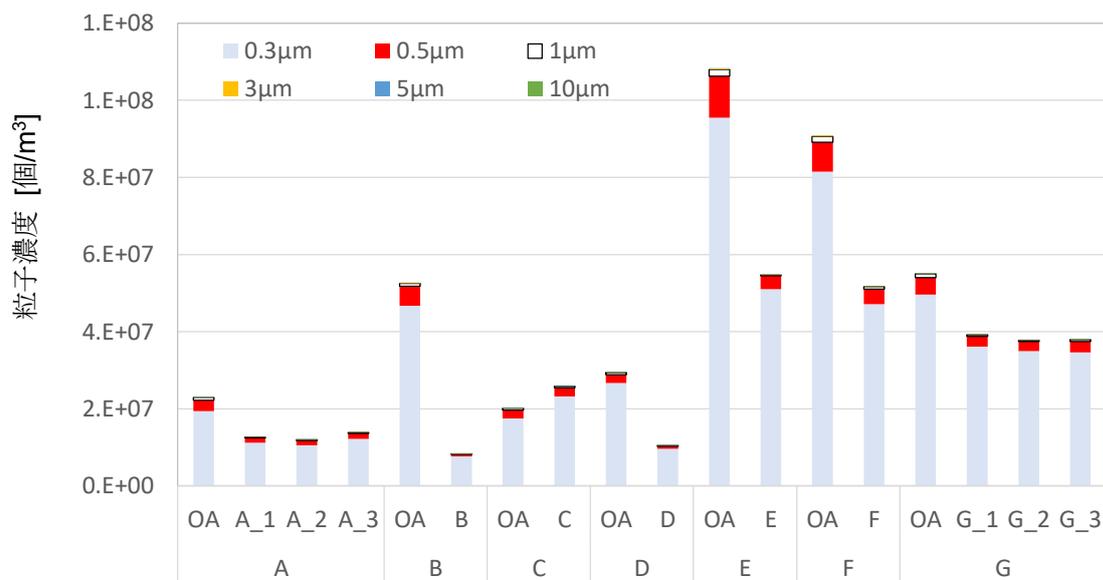


図 4-3-1 室内浮遊粒子の個数濃度積算値

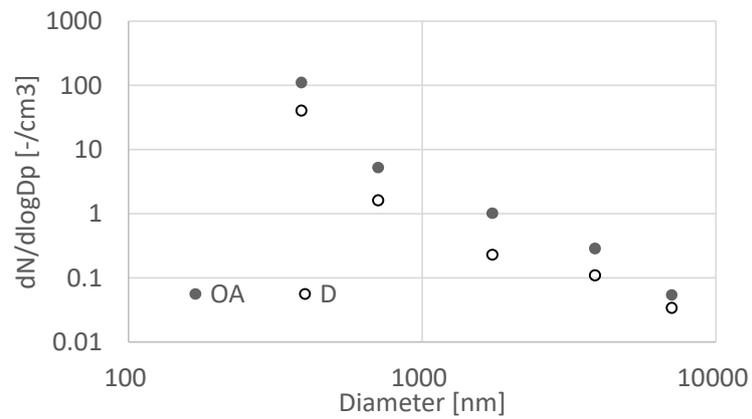
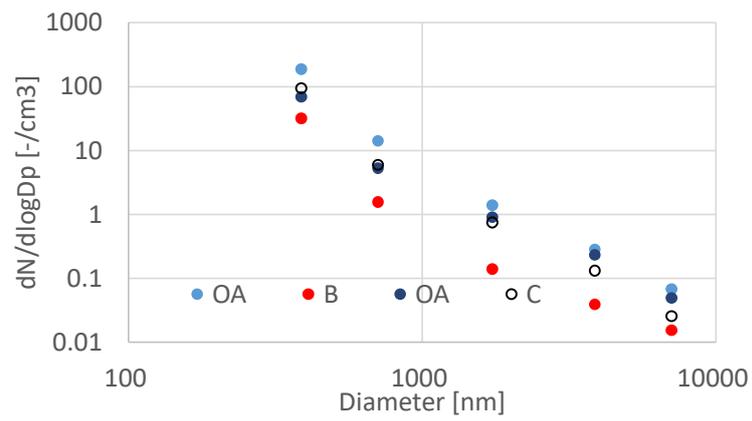
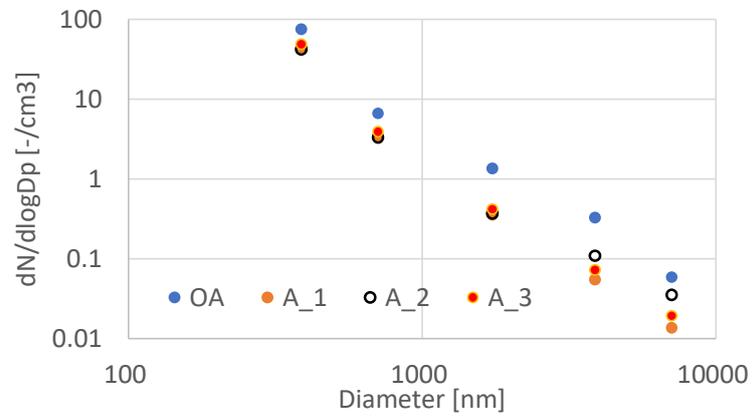


図 4-3-2 代表粒径の個数濃度分布

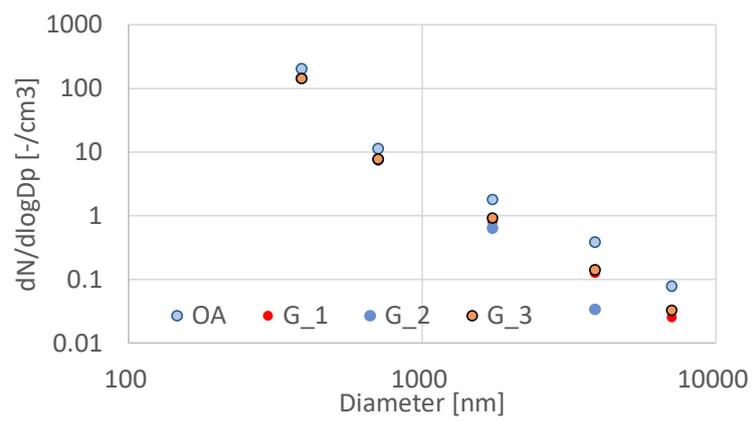
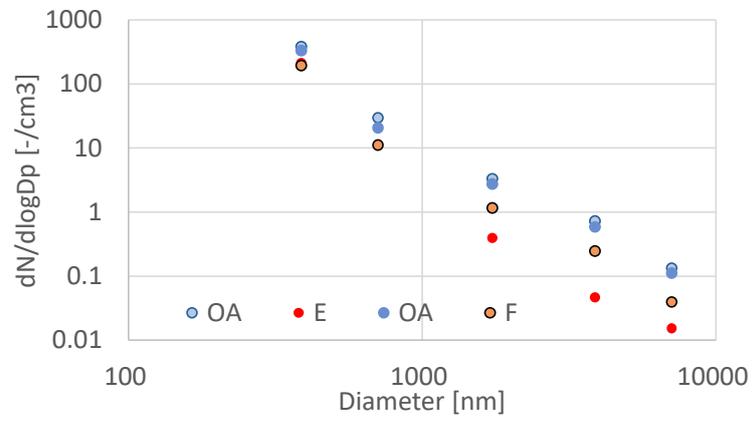


図 4-3-2 (続き) 代表粒径の個数濃度分布

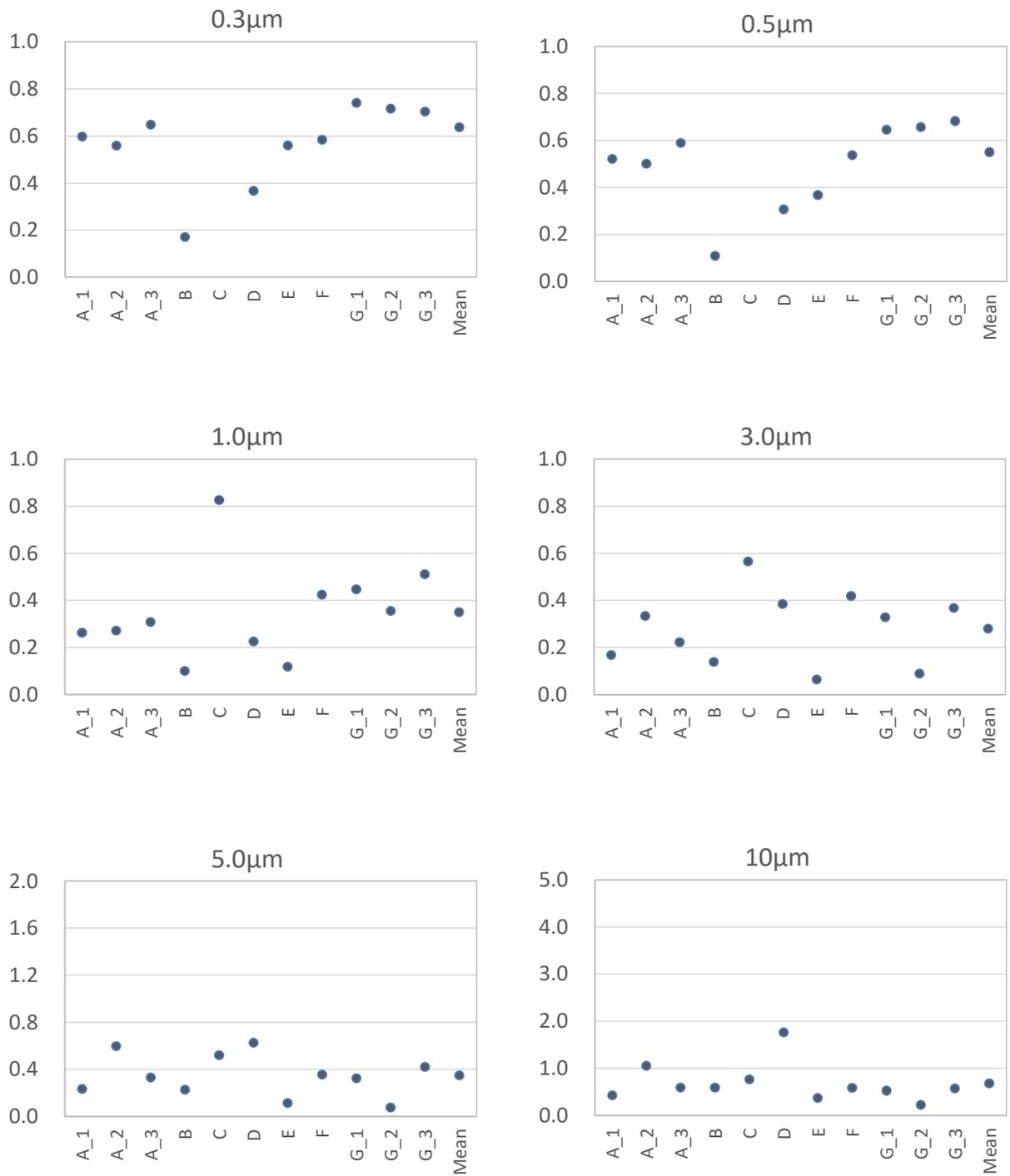


图 4-3-3 粒径别 IO 比 (室内浓度 / 外气浓度)

5. 特定建築物の室内環境管理と室内空気中化学物質の健康リスク評価—冬期夏期横断調査—

分担研究者 東 賢一 近畿大学医学部 准教授

研究要旨

建築物衛生法が適用される特定建築物に対しては、建築物環境衛生管理基準として、温度、相対湿度、気流、二酸化炭素、一酸化炭素、浮遊粉じん、ホルムアルデヒドの測定が規定されている。厚生労働省では1997年から2002年までに13物質に対して室内濃度指針値を策定してきたが、2012年以降、一般住宅の実態調査を行い、新たに室内濃度指針値を追加で設定等実施すべきかについて検討がなされている。そこで本研究では、特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査と健康リスク評価を行った。また、近年における諸外国での室内空気質ガイドラインの動向についても調査を行い、建築物衛生法における環境衛生管理基準を今後検討するための基礎資料とする。室内空気質ガイドラインに関する国際動向の把握では、WHO、ドイツ、フランス、カナダにおける室内空気質ガイドラインの設定状況を調査した。令和3年度以降に公表された室内空気質ガイドラインでは、WHOが空気質ガイドラインを改正したことが大きな動きであった。粒子状物質（PM_{2.5}、PM₁₀）、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。ドイツでは、メタクリル酸メチル、ベンゾ-a-ピレン、アセトン、2-プロパノール、一酸化炭素、塩化ビニルの指針値が新たに設定され、カナダではアクロレインと二酸化炭素に室内空気質ガイドラインが設定された。フランスでは令和3年度に新たに設定された室内空気質ガイドラインはなかった。特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査について、2020年度～2021年度冬期で130件、2021年度夏期で111件における68物質の室内濃度測定結果に対して健康リスク評価を行った。その結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。アクロレイン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、アセトアルデヒド、トルエン、クロトンアルデヒド、クロロホルムでは、特定の事務所でリスクが高かったが、平均的にはそれほどリスクは高くなかった。炭素数9～18の脂肪族炭化水素は冬期夏期ともに平均的にリスクが高く、ホルムアルデヒドは夏期でリスクが高い傾向にあった。その他、平均的にリスクが高い傾向にあったのは、冬期夏期のオゾン、冬期のエタノール、夏期の酢酸であった。

研究協力者

尾崎貴之（公社）全国ビルメンテナンス協会

A. 研究目的

建築物衛生法が適用される特定建築物（店舗、事務所等の特定用途で延床面積3000㎡以上の建築物、同8000㎡以上の学校）には、建築物環境衛生管理基準の遵守、その管理実態の報告、建築物環境衛生管理技術者の選任等が義務づけられている。建築物環境衛生管理基準では、温度、相対湿度、気流、二酸化炭素、一酸化炭素、

浮遊粉じん、ホルムアルデヒドの測定が規定されている。厚生労働省では、1997年から2002年にかけて、室内空気汚染化学物質による室内空気汚染対策として、13物質に室内濃度指針値が策定された。そのことを踏まえて、建築物環境衛生管理基準においても、2002年にホルムアルデヒドの管理基準が追加された。

その後厚生労働省では、2012年から室内空気汚染問題に対する検討会が再開され、室内濃度指針値を追加で設定等すべきかについて、検討がなされている。主として一般住宅における実態調査をもとに健康リスクの初期評価を行い、

2-エチル-1-ヘキサノール、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 (TMPD-MIB)、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 (TMPD-DIB) の3物質が指針値策定の候補にあがるなど、検討が継続されている。

そこで本研究では、特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査と健康リスクの初期評価を行うことを目的とする。本研究で得られた成果は、建築物衛生法における環境衛生管理基準の検討に資するものであり、今後の建築物衛生行政における施策の立案に寄与するものである。

B. 研究方法

B.1 諸外国における室内空気質ガイドラインの動向

国際機関や諸外国における室内空気質ガイドラインに関する評価文書、関連学会の資料、関連論文をインターネットおよび文献データベースで調査した。世界保健機関本部 (WHO 本部)、世界保健機関欧州地域事務局 (WHO 欧州)、ドイツ、フランス、カナダを主な調査対象国とした。なお、日本の室内濃度指針値の状況もあわせて報告する。

B.2 特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査 (全国規模の横断調査) と健康リスクの初期評価

B.2.1 研究デザイン

近年、インターネットの普及に伴い、インターネットを利用した質問調査方法が普及し、喘息やアレルギー疾患の有病率の疫学調査でも利用されるようになってきていた。本分担研究者も、インターネットを利用した化学物質高感受性や循環器疾患に関する疫学調査で学術成果をあげてきた。インターネット調査においても、調査協力者に対して材料やサンプルを送付し、室内環境の調査が可能である。

令和2年度の冬期調査では、インターネットを利用した質問調査および室内空気の採取を行った。また、調査件数を確保するにあたり、自記式調査票と空気採取管等を調査協力候補者へ送付および回収する手法も併用した。それにあ

たっては、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会の協力を得た。なお、インターネット調査では、特定建築物に入居する調査協力事務所の確保数が乏しかったことから、令和3年度は、被験者代行業を業務とするモニター調査会社に依頼して協力事務所の確保を行った。本研究は、人体から採取された試料を用いない観察研究である。

B.2.2 調査対象と調査手順

令和2年度は、既存のインターネット調査会社である株式会社マクロミルに委託し、そのモニター会員を調査対象とした。詳細は、令和2年度の実担研究報告書を参照されたい。アンケート調査、空気採取、温湿度記録は2020年12月14日～2021年1月15日に実施した。また、調査件数を確保するにあたり、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会等の協力のもと、自記式調査票と空気採取管等を調査協力候補者へ送付し回収した。

令和3年度の夏期は、令和2年度に直接調査依頼を行った事務所に対して再度調査依頼を行った。また、令和3年度夏期、冬期において、株式会社エイジェックに75件の調査事務所の確保を依頼した。調査では、管理者用アンケート調査と事務所の空気採取と温湿度記録の依頼を行った。管理者用アンケートの調査票は、平成23～令和元年度の建築物衛生に関する厚労科研で使用した調査票¹⁾⁵⁾をもとに作成した。空気の採取と温湿度の記録は、事務所に出社される任意の1日で、事務所での就業時間が8時間以上となる日 (例：9時～17時) に実施するよう依頼した。夏期の調査は2021年8月20日～2021年9月30日に実施した。冬期の調査は、2022年1月20日～2022年2月14日に実施した。

B.2.3 測定および分析項目

室内の温度と湿度の測定を行った。また、68の化学物質の分析を行った。分析結果の詳細は、他の分担研究報告書を参照されたい。

B.2.4 健康リスク評価方法

調査で得られた室内濃度の統計値 (算術平均値、中央値、最大値) に対して、各物質の非発

がんリスク評価値 (RfC) を導出した。発がん物質については、ユニットリスク (UR) から、日本の環境基準で用いられている 10 万分の 1 の過剰発がんリスク時のリスク評価値を RfC として用いた。RfC に対して室内濃度を割り算して曝露余裕度 (MOE) を算出し、健康リスクの程度を評価した。これらのリスク評価値は、国際機関及び各国の関係省庁等が公表している評価文書をもとに、最も信頼性のあると思われる亜急性毒性、慢性毒性または生殖発生毒性の無毒性量または最小毒性量を判断し、断続曝露から連続曝露への換算、デフォルトで用いられる曝露期間、最小毒性量、種差及び個体差に関する不確実係数から導出した。ユニットリスクは、国際がん研究機関の発がん性分類でグループ 1 かつ発がんリスク評価が必要と判断される物質について、国際機関及び各国の関係省庁が公表しているユニットリスクを用いた。

MOE が 1 未満であればリスク A (ハイリスク)、MOE が 1 以上 10 未満であればリスク B (調査等要検討)、MOE が 10 以上であればリスク C (静観) と判定できる。これらのリスク評価方法は、著者らが既往研究⁶⁾⁸⁾で行ったものである。

(倫理面での配慮)

本調査は、国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認 (課題名: 特定建築物における室内空気中科学物質濃度の拡散サンプラーによる全国調査: NIPH-IBRA#12310) を得て実施した。

C. 研究結果および考察

C.1 国内外における室内空気質ガイドラインの動向

日本における室内濃度指針値の状況を表 1-1 に示す。日本では、1996 年に全国 230 戸の住宅で実施されたホルムアルデヒドの室内濃度の実態調査において、当時、WHO 欧州が公表していた室内空気質ガイドライン 0.1 mg/m^3 (0.08 ppm) を超えていた住宅の比率が約 25% 強であった (安藤, 1997)。この結果を踏まえて、1997 年にホルムアルデヒドの室内濃度指針値が策定された (厚生省, 1997)。また、1997 年から 1998 年にかけて 44 の揮発性有機化合物 (VOC) の室内濃度に関する全国規模の実態調査が行われ、

一部の家屋では室内空気汚染が高いレベルにあることが明らかとなった (厚生省, 1999)。そのため厚生労働省は、室内空気汚染の問題に対応するため、2000 年から 2002 年にかけて「シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会」を開催し、13 種類の化学物質に対して室内濃度指針値を策定した (厚生省 2000a, 2000b, 2001, 2002)。

その後 2012 年より、関係省庁や関係団体等のシックハウス問題への取り組みに関するヒアリングを行い、並行して諸外国等の室内空気質規制の調査や居住環境における VOC 等の実態調査を実施した結果を踏まえて初期リスク評価を行った結果、2-エチル-1-ヘキサノール、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 (TMPD-MIB)、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 (TMPD-DIB) に対して室内濃度指針値案が提示され、キシレン、エチルベンゼン、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの室内濃度指針値改正案が提示された。その後パブリックコメントを経て、キシレン、DnBP、DEHP の室内濃度指針値が 2019 年 1 月 17 日に改正された (厚生労働省, 2019)。

世界保健機関 (WHO) の空気質ガイドライン、ドイツ連邦環境庁の室内空気質ガイドライン、フランス環境労働衛生安全庁 (ANSES) の室内空気指針値、カナダ保健省の室内空気指針値に関する情報を収集した。

令和 3 年度以降に公表された室内空気質ガイドラインでは、WHO が空気質ガイドラインをアップデートしたことが大きな動きであった。粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10})、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された (表 1-2)。

粒子状物質と二酸化窒素においては、長期間曝露 (年平均値等) では全死亡 (不慮の事故を除く) を指標とし、5 パーセント値を導出して空気質ガイドラインを設定していた。また、短期間曝露 (日平均等) では、1 日の全死亡 (不慮の事故を除く) を指標とし、年平均値の空気質ガイドラインに合致する日平均濃度の 99 パーセント値を推算し、その値をもとに空気

質ガイドラインを設定していた。

オゾンでもピーク季節のガイドラインについては、全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、5パーセンタイル値を導出して空気質ガイドラインを設定していた。

二酸化硫黄と一酸化炭素では、24時間平均のガイドラインに対して、それぞれ1日の喘息による入院や救急搬送・全死亡（不慮の事故除く）・呼吸器疾患死亡、入院と心筋梗塞による死亡を指標として空気質ガイドラインを設定していた。

諸外国では、ドイツ連邦環境庁がメタクリル酸メチル、ベンゾ-a-ピレン、アセトン、2-プロパノール、一酸化炭素、塩化ビニルの室内空気質ガイドラインを公表した（表1-3）。一酸化炭素は、WHOの空気質ガイドラインを踏まえて改正したものである。ベンゾ-a-ピレンと塩化ビニルは閾値のない発がん物質と評価し、100万分の1及び10万分の1の過剰発がんリスクに対応する濃度を設定している。

カナダ保健省では、アクロレインと二酸化炭素の室内空気質ガイドラインを公表した（表1-4）。ANSESについては、2021年度に新たに公表された室内空気質ガイドラインはなかった。

C.2 特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査（全国規模の横断）と健康リスクの初期評価

2020年度の冬期では、マクロミルのモニターから18件、直接調査協力依頼を行った事務所から37件の試料を得た。2021年度夏期では、直接調査協力依頼を行った事務所から36件、エイジェックのモニターから75件の試料を得た。2021年度冬期では、エイジェックのモニターから75件の試料を得た。健康リスク評価を行うにあたっては、冬期と夏期でそれぞれ統合し、2020年度～2021年度冬期で130件、2021年度夏期で111件とした。

表2-1及び2-2に有害性評価結果と非発がんリスク評価値及びユニットリスクを示す。調査を行った68物質のうち、7物質については、非発がんリスク評価値やユニットリスクが得られず有害性評価ができなかった。また、夏期の3物質については分析結果が得られなかった。

これらの評価値に対して、2020年度から2021

年度にかけて冬期及び夏期に実施した全国調査で得られた室内濃度の統計値（算術平均値、中央値、最大値）に対して、各物質のリスク評価値（RfC）を用い、曝露余裕度（MOE）を算出した。また、各事務所での測定値がRfCを超えている割合（RfC超過率）を冬期及び夏期で算出した。冬期の結果を表2-3、夏期の結果を表2-4、健康リスク評価結果のまとめを表2-5に示す。

健康リスク評価の結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。二酸化窒素では、冬期夏期ともにRfC超過率が60%を超えていた。塩化水素では冬期のRfC超過率が70%を超えていた。ベンゼンでは夏期のRfC超過率が40%を超えていた。これら3つの物質のリスクは突出して高かった。

アクロレイン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、アセトアルデヒド、トルエン、クロトンアルデヒド、クロロホルムでは、最大値のリスクが高かった（A判定）。しかしながら、平均的にはそれほど高いリスクではなく（C判定）、特定の事務所において高濃度であったことが原因と考えられた。

炭素数9～18の脂肪族炭化水素は冬期夏期ともに平均的にリスクが高く、ホルムアルデヒドは特に夏期でリスクが高い傾向（B判定）にあった。その他、平均的にリスクが高い傾向にあったのは、冬期夏期のオゾン、冬期のエタノール、夏期の酢酸であった。

D. 総括

室内空気質ガイドラインに関する国際動向を把握するために、WHO、ドイツ、フランス、カナダにおける室内空気質ガイドラインの設定状況を調査した。令和3年度以降に公表された室内空気質ガイドラインでは、WHOが空気質ガイドラインをアップデートしたことが大きな動きであった。粒子状物質（PM_{2.5}、PM₁₀）、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。ドイツでは、メタクリル酸メチル、ベンゾ-a-ピレン、アセトン、2-プロパノール、一酸化炭素、塩化ビニルの指針値が新たに

設定され、カナダではアクロレインと二酸化炭素に室内空気質ガイドラインが設定された。

特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査について、2020年度～2021年度冬期で130件、2021年度夏期で111件における68物質の室内濃度測定結果に対して健康リスク評価を行った。その結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。アクロレイン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、アセトアルデヒド、トルエン、クロトンアルデヒド、クロロホルムでは、特定の事務所でリスクが高かったが、平均的にはそれほどリスクは高くなかった。炭素数9～18の脂肪族炭化水素は冬期夏期ともに平均的にリスクが高く、ホルムアルデヒドは夏期でリスクが高い傾向にあった。その他、平均的にリスクが高い傾向にあったのは、冬期夏期のオゾン、冬期のエタノール、夏期の酢酸であった。

E. 参考文献

- 1) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究, 平成25年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2014年3月.
- 2) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Prevalence and risk factors associated with nonspecific building-related symptoms in office employees in Japan: relationships between work environment, Indoor Air Quality, and occupational stress. *Indoor Air* 25:499–511, 2015.
- 3) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(114), 38, 2017. doi:10.1186/s12199-017-0645-4.
- 4) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成28年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2017年3月.
- 5) 小林健一ら. 中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究, 令和元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, 2020年3月.
- 6) 樺田尚樹ら. シックハウス症候群の発生予防・症状軽減のための室内環境の実態調査と改善対策に関する研究, 平成25年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2014年3月.
- 7) Azuma, K., Uchiyama, I., Ikeda, K. The Risk Screening for Indoor Air Pollution Chemicals in Japan. *Risk Analysis* 27(6): 1623–1638, 2007.
- 8) Azuma K, Uchiyama I, Uchiyama S, Kunugita N. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. *Environ Res* 145:39–49, 2016.

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 東賢一. 世界保健機関 (WHO) による「住宅と健康のガイドライン」. *公衆衛生* Vol 85, No.7, pp. 432–437, 2021.

2. 学会発表

- 1) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms in indoor air on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. *Healthy Buildings Europe 2021*, Oslo, Norway, June 21-23, 2021.
- 2) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: associations with thermal conditions and carbon dioxide. *Healthy Buildings America 2021*, Honolulu, Hawaii, January 18-20, 2022.
- 3) Azuma K. Indoor air quality and health effects in Japanese modern office buildings. the 33rd International Congress on Occupational Health

2022, Special Session: Indoor air quality in modern office buildings. Global digital congress, Melbourne-Rome, February 6-10, 2022.

3. 書籍

- 1) 東 賢一. 新版生活健康科学第2版：第7章生活環境と健康. 218頁, 三共出版, 東京, 2022.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

<詳細データ>

C1. 国内外における室内空気質ガイドラインの動向

1. 日本における室内濃度指針値の動向

表1-1 厚生労働省の室内濃度指針値

化学物質	室内濃度指針値 (µg/m ³)	主な排出源
ホルムアルデヒド	100 (0.08)	合板、接着剤
トルエン	260 (0.07)	接着剤、塗料
キシレン	200 (0.05)*	接着剤、塗料
パラジクロロベンゼン	240 (0.04)	防虫剤
エチルベンゼン	3800 (0.88)	断熱材、塗料、床材
スチレン	220 (0.05)	断熱材、塗料、床材
クロルピリホス	1 (0.00007)*小児 0.1	シロアリ駆除剤
フタル酸ジ-n-ブチル	17 (0.0015)*	軟質塩ビ樹脂、塗料
テトラデカン	330 (0.04)	接着剤、塗料
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	100 (0.0063)*	軟質塩ビ樹脂、塗料
ダイアジノン	0.29 (0.00002)	シロアリ駆除剤
アセトアルデヒド	48 (0.03)	合板、接着剤
フェノブカルブ	33 (0.0038)	シロアリ駆除剤
ノナナール	41 (0.007) 暫定値	合板、接着剤
総揮発性有機化合物 (TVOC)	400 暫定目標値	内装材、家具、家庭用品

* 2019年1月17日改正 () 内は 25°C換算時の体積濃度 ppm

2. WHO の空気質ガイドラインアップデート

WHO は、2021年9月22日に空気質ガイドラインの改正を公表した (WHO, 2021)。粒子状物質 (PM_{2.5}、PM₁₀)、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。

表1-2 WHO の新しい空気質ガイドライン

物質	アセスメントの概要	空気質ガイドライン	キー研究
PM _{2.5}	全死亡 (不慮の事故を除く) について、最も低濃度で影響が観察された 5 つの研究の 5 パーセンタイル値が 3.0 µg/m ³ (Pinault et al., 2016), 3.2 µg/m ³ (Cakmak et al., 2018), 3.5 µg/m ³ (Pinault et al., 2017), 4.8 µg/m ³ (Villeneuve et al., 2015) and 6.7 µg/m ³ (Weichenthal et al., 2014)であり、これらの平均値が 4.2 µg/m ³ となった。PM _{2.5} の影響がみられなかった Villeneuve et al., 2015 と Weichenthal et al., 2014 を除くと平均値が 4.9 µg/m ³ となった。これらの結果から出発点を 4.2-4.9 µg/m ³ PM _{2.5} とし、年平均値を 5	5 µg/m ³ (年平均値)	Pinault et al., 2016、Cakmak et al., 2018、Pinault et al., 2017、Villeneuve et al., 2015、Weichenthal et al., 2014

	μg/m ³ としている。		
	1日の全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、年平均値のガイドライン 5 μg/m ³ に合致する日平均濃度の 99 パーセンタイル値を推算し、Liu et al., 2019 のデータから年平均値の 3 倍の値を導出した。	15 μg/m ³ （24 時間平均値）	Liu et al., 2019
PM ₁₀	全死亡（不慮の事故を除く）について、最も低濃度で影響が観察された 5 つの研究の 5 パーセンタイル値が 13.7 μg/m ³ (Beelen et al., 2014), 15.0 μg/m ³ (Bentayeb et al., 2015), 15.1 μg/m ³ (Puetz et al., 2008), 15.9 μg/m ³ (Carey et al., 2013) and 16.0 μg/m ³ (Hart et al., 2011)であり、これらの平均値が 15.1 μg/m ³ となった。そこで年平均値を 15 μg/m ³ としている。	15 μg/m ³ （年平均値）	Beelen et al., 2014、 Bentayeb et al., 2015、 Puetz et al., 2008、 Carey et al., 2013、 Hart et al., 2011
	1日の全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、年平均値のガイドライン 15 μg/m ³ に合致する日平均濃度の 99 パーセンタイル値を推算し、Liu et al., 2019 のデータから年平均値の 3 倍の値を導出した。	45 μg/m ³ （24 時間平均値）	Liu et al., 2019
オゾン	全死亡（不慮の事故を除く）について、最も低濃度で影響が観察された 3 つの研究のピーク季節の 5 パーセンタイル値が 55 μg/m ³ (Weichenthal, Pinault & Burnett, 2017), 56 μg/m ³ (Cakmak et al., 2018) and 68 μg/m ³ (Di et al., 2017a)であり、これらの平均値が 60、または 64 μg/m ³ となった。そこでピーク季節の 8 時間平均値を 60 μg/m ³ としている。	60 μg/m ³ （8 時間平均値、ピーク季節[平均値が高濃度の 6 ヶ月間]）	Weichenthal, Pinault & Burnett, 2017、Cakmak et al., 2018、Di et al., 2017
	全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、6 ヶ月のピーク値ガイドライン 60 μg/m ³ が年平均値 48.7 μg/m ³ に相当すると計算し、日平均値の 99 パーセンタイルと 8 時間日最大値への換算を行い、8 時間日最大値を 100 μg/m ³ としている。	100 μg/m ³ （8 時間の日最大値）	Vicedo-Cabrera et al. 2020、 Turner et al., 2016、de Hoogh et al., 2018
二酸化窒素	全死亡（不慮の事故を除く）について、最も低濃度で影響が観察された 5 つの研究の 5 パーセンタイル値が 7.3 μg/m ³ (Tonne & Wilkinson, 2013), 8.3 μg/m ³ in two separate studies (Hart et al., 2011,	10 μg/m ³ （年平均値）	Tonne & Wilkinson, 2013、 Hart et al., 2011, 2013、Turner et al., 2016、Carey et al., 2013

	2013), 9.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Turner et al., 2016) and 10.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Carey et al., 2013) であり、これらの平均値が 8.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。そこで年平均値を 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ としている。		
	1 日の全死亡（不慮の事故を除く）を指標とし、年平均値のガイドライン 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に合致する日平均濃度の 99 パーセンタイル値を推算し、Liu et al., 2019 のデータから年平均値の 2.5 倍の値を導出した。	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 時間平均値)	Liu et al., 2019
		200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 時間平均値) *	改正なし
二酸化硫黄	1 日の喘息による入院や救急搬送、全死亡（不慮の事故除く）、呼吸器疾患死亡を指標とし、30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の日平均濃度の増加分を算出し、10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の年平均濃度に加算して 24 時間平均値 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、または 99 パーセンタイル値と年平均値との差を 4 倍と推算して 24 時間平均値 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ としている。	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 時間平均値)	Liu et al., 2019、Zheng et al. 2021、Orellano, Reynoso & Quaranta 2021
		500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 分平均値) *	改正なし
一酸化炭素	入院と心筋梗塞による死亡を指標とし、中央値 1.15 mg/m^3 を観察された最も低濃度とし、相対リスク 1.019 を用いて心筋梗塞が 5.4% 増となる日平均濃度として 4 mg/m^3 を導出している。	4 mg/m^3 (24 時間平均値)	Lee et al. 2020
		10 mg/m^3 (8 時間平均値) * 35 mg/m^3 (1 時間平均値) * 100 mg/m^3 (15 分平均値) *	改正なし

* 改正されず現状維持とされたガイドライン

3. ドイツ連邦環境庁の室内空気質ガイドライン

令和 3 年度に新たに公表された室内空気質ガイドラインは、メタクリル酸メチル (IRK, 2021a)、アセトン (IRK, 2021b)、2-プロパノール (IRK, 2021c)、ベンゾ-a-ピレン (IRK, 2021d)、塩化ビニル (IRK, 2021e)、一酸化炭素 (IRK, 2021f) であった。

表 1-3 ドイツ連邦環境庁の室内空気質ガイドライン (2021 年度)

物質	エンドポイント等	指針値	キー研究
メタクリル	ラットの吸入慢性毒	・指針値 II : 2.1 mg/m^3	Hazleton (1979), Lomax

酸メチル (CAS no. 80-62-6)	性試験における嗅上 皮の変性	・指針値 I : 1.1 mg/m ³	et al. (1992, 1997) from Ref. IRK 2020a
アセトン (CAS no. 67-64-1)	マウスの吸入発達毒 性試験における胎児 の骨化の減少	・指針値 II : 160 mg/m ³ ・指針値 I : 53 mg/m ³	Mast et al., 1988; NTP, 1988 from Ref. IRK 2020b
2-プロパノ ール (CAS no. 67-63-0)	ラットの吸入慢性毒 性試験における腎臓 傷害	・指針値 II : 45 mg/m ³ ・指針値 I : 22 mg/m ³	Burleigh-Flayer et al. 1997 from Ref. IRK 2020c
ベンゾ-a-ピ レン	職業性曝露の疫学調 査に基づく過剰肺が んリスク	100 万分の 1 の過剰発がんリス クに対応する濃度として約 0.033 ng/m ³ 10 万分の 1 の過剰発がんリス クに対応する濃度では約 0.33 ng/m ³ 指針値としては、ドイツの実態 調査 (von Neumann et al., 2020 from IRK 2021d) から、居間で 0.79 ng/m ³ が 95 パーセントイル 値であったことから、0.8 ng/m ³ を暫定的に勧告	Armstrong et al. (2003, 2004) from IRK 2021d
塩化ビニル	職業性曝露の疫学調 査に基づく肝臓の血 管肉腫のリスク	100 万分の 1 の過剰発がんリス クに対応する濃度として 2.3 µg/m ³ 10 万分の 1 の過剰発がんリス クに対応する濃度では 23 µg/m ³	DFG (2019) from Ref. IRK 2020e
一酸化炭素	WHO の空気質ガイド ラインに準じる	4 mg/m ³ (24 時間平均値) 10 mg/m ³ (8 時間平均値) 35 mg/m ³ (1 時間平均値) 100 mg/m ³ (15 分平均値)	WHO (2021)

※指針値 II (RW II) は、既知の毒性および疫学的な科学的知見に基づき定められた値であり、不確実性が考慮されている。RW II を越えていたならば、特に、長時間在住する感受性の高い居住者の健康に有害となる濃度として、即座に濃度低減のための行動を起こすべきと定義されている。指針値 I (RW I) は、長期間曝露したとしても健康影響を引き起こす十分な科学的根拠がない値である。従って、RW I を越えていると、健康上望ましくない平均的な曝露濃度よりも高くなるため、予防のために、RW I と RW II の間の濃度である場合には行動する必要があると定義されている。RW I は、RW II に不確実係数 10 を除した値、つまり RW II の 10 分の 1 の値が定められている。不確実係数 10 は慣例値を使用している。RW I は、改善の必要性を示す値としての役割を果たすことができる。可能であれば、RW I の達成を目指すのではなく、それ以下の濃度に維持することを目指すべきであるとされている。

4. カナダ保健省

カナダ保健省は、居住環境用の室内空気質ガイドラインを公表している（Health Canada, 2021a）。2021年度、アクロレイン（Health Canada, 2021b）と二酸化炭素（Health Canada, 2021c）の室内空気質ガイドラインを公表した。

表1-4 カナダ保健省の室内空気質ガイドライン（2021年度）

物質	キー研究	ガイドライン	Ref.
アクロレイン	ヒトの眼の刺激	短時間（1時間） 38 µg/m ³	Dwivedi et al. (2015)
	ラットの鼻腔の嗅上皮の変性	長時間（24時間） 0.44 µg/m ³	Dorman et al. (2008)
二酸化炭素	近年の疫学研究や実験研究によって、二酸化炭素濃度の増加と、粘膜や呼吸器系（目の刺激、喉の痛み、喉の渇き、鼻づまりや鼻水、くしゃみ、咳、鼻炎など）への影響や生産性（意思決定、課題の成果、試験成績など）の低下、神経生理学的症状（頭痛、疲労、倦怠感、めまい、集中困難など）に関するリスクの増加に関する報告がある。これらの因果関係に関する証拠は十分ではないが、1000ppm以上でこれらの影響の大半が報告されている。従って、室内空気質に対する改善度合いを認識する、あるいは健康に対する有益性を鑑みると、1000ppmは曝露限界値として適切であると判断した。	長時間（24時間） 1000 ppm (1800 mg/m ³)	Health Canada (2021c)

5. フランス環境労働衛生安全庁（ANSES）

フランスでは室内空気指針値（VGAI）が定められている（ANSES, 2021）。今年度に新たに公表された室内空気質ガイドラインはなかった。

<参考文献>

- 安藤正典 (1997) 平成 9 年度厚生科学研究：化学物質のクライシスマネジメントに関する研究. pp. 82-87.
- 厚生省 (1997) 快適で健康的な住宅に関する検討会議，健康住宅関連基準策定専門部会化学物質小委員会報告書. 1997年6月13日.
- 厚生省 (1999) 居住環境中の揮発性有機化合物の全国実態調査について. 1999年12月14日.
- 厚生省 (2000a) 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. 2000年6月26日.
- 厚生省 (2000b) 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4回及び第5回のまとめ. 2000年12月15日.
- 厚生労働省 (2001) 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6回及び第7回のまとめ. 2001年7月5日.
- 厚生労働省 (2002) 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その4—第8回及び第9回のまとめ. 2002年1月22日.
- 厚生労働省 (2019) 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. 2019年1月17日.
- ANSES (2021) Valeurs Guides de qualité d’Air Intérieur (VGAI). available at <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>, accessed at 23 December 2021.
- Health Canada (2021a) Residential Indoor Air Quality Guidelines. available at <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/air-quality/residential-indoor-air-quality-guidelines.html>, accessed at 23 December 2021.
- Health Canada (2021b) Residential Indoor Air Quality Guidelines: Acrolein. Pub. 200446, Health Canada, Ottawa.
- Health Canada (2021c) Residential Indoor Air Quality Guidelines: Carbon Dioxide. Pub. 200438, Health Canada, Ottawa.
- DFG (2019) Vinylchlorid. Mak Collect Occup Health Saf 4(3):2019. <https://doi.org/10.1002/3527600418.mb7501d0067>
- Dorman, D.C., Struve, M.F., Wong, B.A., Marshall, M.W., Gross, E.A. and Willson, G.A. (2008) Respiratory tract responses in male rats following subchronic acrolein inhalation. *Inhalation Toxicology*, 20(3): 205–216.
- Dwivedi, A.M., Johanson, G., Lorentzen, J.C., Palmberg, L., Sjogren, B. and Ernstgard, L. (2015) Acute effects of acrolein in human volunteers during controlled exposure. *Inhalation Toxicology*, 27(14): 810–821.
- IRK (2021a) Richtwerte für Methylmethacrylat in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:126–135.
- IRK (2021b) Richtwerte für Aceton in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:1184–1192.
- IRK (2021c) Richtwerte für 2-Propanol in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:1318–1327.
- IRK (2021d) Vorläufiger Leitwert für Benzo[a]-pyren (B[a]P) in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte. *Bundesgesundheitsbl* 64:1036–1046.
- IRK (2021e) Risikobezogener Leitwert für Vinylchlorid (Chlorethen) in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:1616–1623.
- IRK (2021f) Guide values for carbon monoxide (2021). Available at https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/guide_values_for_carbon_monoxide_2021.pdf, accessed at 4 January 2022.
- Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, Andersen ZJ, Weinmayr G, Hoffmann B et al. (2014). Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet*. 383(9919):785–95.
- Bentayeb M, Wagner V, Stempfelet M, Zins M, Goldberg M, Pascal M et al. (2015). Association between long-term exposure to air pollution and mortality in France: a 25-year follow-up study. *Environ Int*. 85:5–14.
- Cakmak S, Hebborn C, Pinault L, Lavigne E, Vanos J, Crouse DL et al. (2018). Associations between long-term

- PM2.5 and ozone exposure and mortality in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CANHEC), by spatial synoptic classification zone. *Environ Int.* 111:200–11. doi: 10.1016/j.envint.2017.11.030.
- Carey IM, Atkinson RW, Kent AJ, van Staa T, Cook DG, Anderson HR (2013). Mortality associations with long-term exposure to outdoor air pollution in a national English cohort. *Am J Respir Crit Care Med.* 187(11):1226–33.
- de Hoogh K, Chen J, Gulliver J, Hoffmann B, Hertel O, Ketzler M et al. (2018). Spatial PM2.5, NO2, O3 and BC models for Western Europe: evaluation of spatiotemporal stability. *Environ Int.* 120:81–92.
- Di Q, Wang Y, Zanobetti A, Wang Y, Koutrakis P, Choirat C et al. (2017). Air pollution and mortality in the Medicare population. *N Engl J Med.* 376:2513–22.
- Hart JE, Garshick E, Dockery DW, Smith TJ, Ryan L, Laden F (2011). Long-term ambient multipollutant exposures and mortality. *Am J Respir Crit Care Med.* 183(1):73–8.
- Hart JE, Rimm EB, Rexrode KM, Laden F (2013). Changes in traffic exposure and the risk of incident myocardial infarction and all-cause mortality. *Epidemiology.* 24(5):734–42.
- Lee KK, Spath N, Miller MR, Mills NL, Shah ASV (2020). Short-term exposure to carbon monoxide and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 143:105901. doi: 10.1016/j.envint.2020.105901.
- Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S et al. (2019). Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities. *N Engl J Med.* 381(8):705–15.
- Orellano P, Reynoso J, Quaranta N (2021). Short-term exposure to sulphur dioxide (SO2) and all-cause and respiratory mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 150:106434. doi: 10.1016/j.envint.2021.106434.
- Pinault L, Tjepkema M, Crouse DL, Weichenthal S, van Donkelaar A, Martin RV et al. (2016). Risk estimates of mortality attributed to low concentrations of ambient fine particulate matter in the Canadian Community Health Survey cohort. *Environ Health.* 15:18. doi: 10.1186/s12940-016-0111-6. License: CC BY 4.0.
- Pinault LL, Weichenthal S, Crouse DL, Brauer M, Erickson A, Donkelaar AV et al. (2017). Associations between fine particulate matter and mortality in the 2001 Canadian Census Health and Environment Cohort. *Environ Res.* 159:406–15. doi: 10.1016/j.envres.2017.08.037.
- Puett RC, Schwartz J, Hart JE, Yanosky JD, Speizer FE, Suh H et al. (2008). Chronic particulate exposure, mortality, and coronary heart disease in the nurses' health study. *Am J Epidemiol.* 168(10):1161–8
- Tonne C, Wilkinson P (2013). Long-term exposure to air pollution is associated with survival following acute coronary syndrome. *Eur Heart J.* 34(17):1306–11.
- Turner MC, Jerrett M, Pope CA III, Krewski D, Gapstur SM, Diver WR et al. (2016). Long-term ozone exposure and mortality in a large prospective study. *Am J Respir Crit Care Med.* 193(10):1134–42.
- Vicedo-Cabrera AM, Sera F, Liu C, Armstrong B, Milojevic A, Guo Y et al. (2020). Short term association between ozone and mortality: global two stage time series study in 406 locations in 20 countries. *BMJ.* 368:m108. doi: 10.1136/bmj.m108
- Villeneuve PJ, Weichenthal SA, Crouse D, Miller AB, To T, Martin RV et al. (2015). Longterm exposure to fine particulate matter air pollution and mortality among Canadian women. *Epidemiology.* 26(4):536–45.
- Weichenthal S, Pinault LL, Burnett RT (2017). Impact of oxidant gases on the relationship between outdoor fine particulate air pollution and nonaccidental, cardiovascular, and respiratory mortality. *Sci Rep.* 7(1):16401. doi: 10.1038/s41598-017-16770-y.
- Weichenthal S, Villeneuve PJ, Burnett RT, van Donkelaar A, Martin RV, Jones RR et al. (2014). Long-term exposure to fine particulate matter: association with nonaccidental and cardiovascular mortality in the

- agricultural health study cohort. *Environ Health Perspect.* 122(6):609–15. doi: 10.1289/ehp.1307277.
- WHO (2021) WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, Geneva.
- Zheng X-y, Orellano P, Lin H-l, Jiang M, Guan W-j (2021). Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency room visits and hospital admissions due to asthma: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 150:106435. doi: 10.1016/j.envint.2021.106435.

C2. 特定建築物における室内空気汚染化学物質の実態調査と健康リスク評価結果

表2-1 有害性評価結果と非発がんリスク評価およびユニットリスク、リスク評価値 (RfC)

化学物質	指標	吸入 毒性量 mg/m ³	経口 毒性量 mg/kg/day	動物種	曝露条件		エンドポイント	UF			ユニットリ スク (μg/m ³) ⁻¹	リスク評価 値 μg/m ³	出典
					時/日	日/週		経路	UF ₂ 試験 L-N	UF ₃ 種差			
ホルムアルデヒド	NOAEL	0.6		ヒト	4.0	10週間	結核の発赤、瞬目頻度増加	1	1	1	5	100	WHO Europe (2010)
アセトアルデヒド	NOAEL	90		ラット	6.0	5.0	鼻上皮の炎症(発がん性、重大係数5)	5	1	2.5	10	125	Dorman et al (2008a), MOE (2020)
プロピオンアルデヒド	NOAEL	357		ラット	6.0	7.0	鼻上皮の萎縮	10	6	2.5	10	1500	Union Carbide (1993), USEPA(2008)
バニルアルデヒド	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ヘキサナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ヘキサナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
オクタナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ノナナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
デカナール	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ドデカナール	NOAEL	0.46		ラット	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	1	2	2.5	10	50	1.6 Dorman (2008b), Health Canada (2021)
クロロホルム	NOAEL	8.6		ラット	6.0	5.0	鼻腔の炎症	10	1	2.5	10	250	6.1 MOE (2015)
2-ネオペンチル	NOAEL	363		ラット、イヌ	6.0	5.0	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	500	130 Union Carbide Corporation (1979, 1980), IRK (2009)
ペンタフルオロ	NOAEL	363		ラット	6.0	5.0	鼻と目の刺激、肝臓重量増加	10	6	10	10	6000	90 MOE (2003)
o-トルエン	-	2170		ラット	6.0	7.0		-	-	-	-	-	-
m,p-トルエン	-	-		ラット	-	-		-	-	-	-	-	-
2,5-ジメチルベンゼン	-	-		ラット	-	-		-	-	-	-	-	-
アセトン	NOAEL	5200		マウス	6.0	7.0	胎児の骨化の減少	1	1	10	10	100	13250 NTP (1988), IRK(2021)
メチルエチルケトン	NOAEL	2978		マウス	7.0	7.0	胎児の体重の減少と胸骨の異常	1	1	10	10	100	8686 MOE (2008)
メチルイソブチルケトン	NOAEL	1845		ラット、マウ	6.0	5.0	肝臓の炎症	10	1	10	10	1000	329 Stout (2008), NTP (2007)
シクロヘキサン	NOAEL	1720		ラット、マウ	6.0	5.0	神経行動への影響(感覚刺激への応答低下、鎮静作用)	1	2	10	10	200	1536 ECB (2004)
n-ヘキサン	NOAEL	204		ヒト	8.0	5.0	頭痛、四肢知覚異常、筋力低下	10	1	1	10	100	486 MOE (2002)
n-ヘプタン	-	-		ラット	-	-		-	-	-	-	-	-
2,2,4-トリメチルペンタン	-	-		ラット	-	-		-	-	-	-	-	-
n-オクタナ	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ノナン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-デカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ウンデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ドデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-トリデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-テトラデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ペンタデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)
n-ヘキサデカン	NOAEL	138		ラット	6.0	5.0	副腎髄質過形成	1	1	10	10	100	246 NTP (2004), USEPA (2009)

ECHA. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R8: Characterisation of dose[concentration]-response for human health. Version: 2.1, 2017.
 LOELの場合は近年は採用することが多いが、変性が生じたことから安全サイドに10を採用
 試験期間はECHAのクライテリアを採用、ヒトの短時間曝露は係数10を採用
 種差はECHAのクライテリアを採用、局所影響として気道への影響は2.5を採用

表2-2 有害性評価結果と非発がんリスク評価値およびユニットリスク、リスク評価値 (RfC)

化学物質	指標	吸入 毒性量 mg/m ³	経口 毒性量 mg/kg/day	動物種	曝露条件		エンドポイント	UF			リスク評価 値 μg/m ³	出典		
					経路	時/日		期間	UF1 L-N	UF2 試験 期間			UF3 種差	UF4 個体 差
ベンゼン	閾値なし	-	-	ヒト	吸入	-	骨髄白血病	-	-	-	6.0E-06	1.7 WHO (2010)		
トルエン	LOAEL	332	8.0	ヒト	吸入	5.0	平均5.7年	10	3	1	10	300	Foo et al (1990,1993), Na et al (1992), MHLW (2000), WHO Europe (2000)	
o-キシレン	LOAEL	61	8.0	ヒト	吸入	5.0	7年	10	3	1	10	300	Uchida et al (1993), MHLW (2019), ATSDR (2007)	
m,p-キシレン	LOAEL	61	8.0	ヒト	吸入	5.0	7年	10	3	1	10	300	Uchida et al (1993), MHLW (2019), ATSDR (2007)	
エチルベンゼン	LOAEL	868	6.0	ラット	吸入	6.0	15週	10	2	2.5	10	500	Gagnaire et al (2007), IRK (2012)	
1,3,5-トリメチルベンゼン	NOAEL	123	6.0	ラット	吸入	6.0	13週	10	2	10	10	200	Korsak et al (1996, 2000a,b), USEPA (2016a)	
1,2,4-トリメチルベンゼン	NOAEL	123	6.0	ラット	吸入	6.0	14週	10	2	10	10	200	Korsak et al (1996, 2000a,b), USEPA (2016a)	
1,2,3-トリメチルベンゼン	NOAEL	123	6.0	ラット	吸入	6.0	15週	10	2	10	10	200	Korsak et al (1996, 2000a,b), USEPA (2016a)	
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
スチレン	NOAEL	17	8.0	ヒト	吸入	5.0	6.2年	5	1	1	10	50	Kishi et al (2001), Benignus et al (2005)	
クロホルム	LOAEL	25	6.0	マウス	吸入	5.0	2年間	10	1	2.5	10	250	18 MOE (2006)	
四塩化炭素	NOAEL	6.1	7.0	ラット	吸入	5.0	90日	1	2	10	10	200	6.4 WHO (1999)	
クロロジロモタン	NOEL	-	-	30 ラット	経口	-	13週	1	2	10	10	200	357 MOE (2009), USEPA (1991a)	
1,1,1-トリクロロエタン	NOAEL	384	24.0	ラット	吸入	7.0	3ヶ月	1	2	10	10	200	1920 ATSDR (2006a)	
1,1,2-ジクロロエタン	閾値なし	-	-	ラット	吸入	-	-	-	-	-	-	6.1E-06	1.6 MOE (2006)	
1,2-ジクロロプロパン	ラット	69.3	6.0	ラット	吸入	5.0	15週	10	2	2.5	10	500	25 MOE (2004), USEPA (1991b)	
トリクロロエチレン	閾値なし	200	-	ラット	吸入	-	-	-	-	-	-	23 WHO (2010)	23 MOE (2004), USEPA (1991b)	
テトラクロロエチレン	LOAEL	102	8.0	ヒト	吸入	5.0	10年間	10	1	1	10	100	250 WHO (2010)	
1,4-ジクロロベンゼン	NOAEL	120	6.0	ラット、マウス	吸入	5.0	2年間	1	1	10	10	100	214 Also et al (2005), JBRC (1995), ATSDR (2006b)	
エタノール	NOAEL	950	8.0	ヒト	吸入	5.0	長期間	1	1	1	10	10	22819 DFG (1999, 2018)	
1-ブタノール	NOAEL	150	6.0	ラット	吸入	5.0	3ヶ月	1	2	10	10	200	134 Korsak et al (1994)	
2-エチル-1-ヘキサノール	NOAEL	116.5	8.0	マウス	吸入	5.0	3か月	10	2	2.5	10	500	55 Miyake et al (2016)	
TMPD-MIB	NOAEL	-	-	100 ラット	経口	-	7.0 15日, 51日	1	6	10	10	600	558 O' Donoghue et al (1984), Eastman (1992)	
TMPD-DIB	NOAEL	-	-	30 ラット	経口	-	7.0 44, 53日間	1	6	10	10	600	167 厚生省監修化学物質毒性試験報告書 (1995)	
α-ピネン	NOAEL	225	2.0	ヒト	吸入	2.0	2時間	1	1	10	10	100	2250 Falk et al (1990)	
α-リモネン	NOAEL	450	2.0	ヒト	吸入	2.0	2時間	1	1	10	10	100	4500 Falk-Filipsson et al (1993)	
酢酸エチル	LOAEL	1280	6.0	ラット	吸入	5.0	13週	10	2	10	10	2000	114 Christoph et al (2003), Hansen (1996)	
酢酸n-ブチル	LOAEL	700	-	ヒト	吸入	-	4時間	10	10	1	10	1000	700 Iregren et al (1993), ACGIH (2016)	
酢酸	NOAEL	60	5.0	ラット、マウス	吸入	5.0	2-13週	1	2	2.5	10	50	214 ECB (2000)	
酢酸	NOAEL	25	8.0	ヒト	吸入	8.0	5.0	1	1	1	10	10	595 ACGIH (2013)	
塩化水素	LOAEL	15	6.0	ラット	吸入	5.0	128週	10	1	2.5	10	250	10.7 USEPA (1995), OEHA (2000)	
二酸化窒素	-	-	-	ヒト	吸入	-	-	1	1	1	1	1	10	10 WHO (2021)
アンモニア	NOAEL	13.6	8.0	ヒト	吸入	5.0	平均12.2年	1	1	1	10	10	324 USEPA (2016b)	
オゾン	-	-	-	ヒト	吸入	-	-	1	1	1	1	1	60	WHO (2021)

ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment, Chapter R8: Characterisation of dose[concentration]-response for human health, Version: 2.1, 2016
 LOAELの場合は近年3を採用することが多いが、変性が生じたことから安全サイドに10を採用
 試験期間はECHAのクライテリアを採用。ヒトの短時間曝露は係数10を使用。
 種差はECHAのクライテリアを採用、局所影響として気道への影響は2.5を採用

表2-3 2020年度冬期及び2021年度冬期連結の健康リスク評価結果

	N	室内濃度(µg/m ³)			MOE			RfC
		平均値	中央値	最大値	平均値	中央値	最大値	超過率
ホルムアルデヒド	130	8.4	6.4	155.7	11.9	15.6	0.64	0.8%
アセトアルデヒド	130	10.6	6.3	198.8	11.3	19.0	0.60	0.8%
プロピオンアルデヒド	130	2.7	0.0	22.9	22.4	60000.0	2.6	0.0%
n-ペンタナール	130	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
i-ペンタナール	130	0.1	0.0	4.1	2353.4	130000.0	32.0	0.0%
ヘキサナール	130	0.2	0.0	20.5	826.2	130000.0	6.4	0.0%
ヘプタナール	130	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
オクタナール	130	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ノナナール	130	0.4	0.0	23.0	324.8	130000.0	5.6	0.0%
デカナール	130	0.1	0.0	14.5	1165.8	130000.0	9.0	0.0%
アクロレイン	130	0.1	0.0	9.1	16.1	1600.0	0.18	1.5%
クロトンアルデヒド	130	0.3	0.0	6.0	21.6	6100.0	1.02	0.0%
2-ノネナール	130	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ベンズアルデヒド	130	0.1	0.0	5.4	1200.0	90000.0	16.6	0.0%
o-トルアルデヒド	130	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
p-トルアルデヒド	130	0.1	0.0	8.6	-	-	-	-
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	130	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
アセトン	130	13.6	10.3	143.5	971.2	1291.2	92.3	0.0%
メチルエチルケトン	130	1.0	0.0	33.7	8864.9	8686000.0	257.9	0.0%
メチルイソブチルケトン	130	0.1	0.0	3.2	5305.1	329000.0	103.4	0.0%
シクロヘキサン	75	2.6	0.7	61.2	598.9	2064.4	25.1	0.0%
n-ヘキサン	130	9.1	4.6	272.9	53.4	104.7	1.8	0.0%
n-ヘプタン	130	1.4	0.4	98.8	-	-	-	-
2,4-ジメチルペンタン	55	0.2	0.0	11.0	-	-	-	-
2,2,4-トリメチルペンタン	130	0.1	0.0	2.3	-	-	-	-
n-オクタン	130	0.7	0.5	7.2	353.0	479.2	34.0	0.0%
n-ノナン	130	1.4	0.5	35.3	177.3	460.9	7.0	0.0%
n-デカン	130	14.7	5.7	741.4	16.7	42.8	0.33	0.8%
n-ウンデカン	130	1.8	1.1	23.4	139.5	229.3	10.5	0.0%
n-ドデカン	130	8.3	8.2	57.4	29.8	30.2	4.3	0.0%
n-トリデカン	130	4.7	3.0	41.8	52.4	81.2	5.9	0.0%
n-テトラデカン	130	10.1	9.9	31.5	24.3	24.9	7.8	0.0%
n-ペンタデカン	130	1.5	0.4	20.7	161.6	586.6	11.9	0.0%
n-ヘキサデカン	130	2.3	1.3	14.5	109.2	195.2	17.0	0.0%
ベンゼン	130	1.2	0.8	24.0	1.4	2.1	0.07	10.8%
トルエン	130	10.1	4.6	397.1	25.8	56.1	0.65	0.8%
o-キシレン	130	1.0	0.5	9.6	207.2	390.4	20.9	0.0%
m,p-キシレン	130	2.7	1.3	35.2	75.2	158.5	5.7	0.0%
エチルベンゼン	130	2.8	1.1	70.2	134.7	339.4	5.3	0.0%
1,3,5-トリメチルベンゼン	130	0.3	0.2	3.0	352.1	656.4	36.1	0.0%
1,2,4-トリメチルベンゼン	130	1.2	0.7	9.9	88.6	147.7	11.1	0.0%
1,2,3-トリメチルベンゼン	130	0.3	0.2	3.1	399.3	590.2	35.7	0.0%
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	130	0.1	0.0	1.6	-	-	-	-
スチレン	130	0.0	0.0	2.0	1979.1	81000.0	39.9	0.0%
クロロホルム	130	0.5	0.4	12.7	36.6	46.5	1.4	0.0%
四塩化炭素	130	0.2	0.0	2.5	34.0	6400.0	2.6	0.0%
クロロジプロモetan	130	0.0	0.0	1.5	30870.3	357000.0	237.5	0.0%
1,1,1-トリクロロエタン	130	0.0	0.0	0.0	55324816.7	1920000.0	425575.5	0.0%
1,2-ジクロロエタン	130	0.1	0.0	2.3	31.5	1600.0	0.68	1.5%
1,2-ジクロロプロパン	55	0.1	0.0	3.7	371.2	25000.0	6.7	0.0%
トリクロロエチレン	130	0.6	0.0	43.9	37.6	23000.0	0.52	0.8%
テトラクロロエチレン	130	0.1	0.0	1.5	4173.1	250000.0	168.6	0.0%
1,4-ジクロロベンゼン	130	1.7	0.5	103.5	127.5	443.7	2.1	0.0%
エタノール	75	3042.9	2645.9	9238.4	7.4	8.5	2.4	0.0%
1-ブタノール	55	0.7	0.2	9.3	195.6	748.4	14.4	0.0%
2-エチル-1-ヘキサノール	130	1.7	0.8	14.8	33.3	67.2	3.7	0.0%
TMPD-MIB	130	2.3	1.8	22.1	241.9	306.0	25.2	0.0%
TMPD-DIB	75	3.8	2.4	15.4	43.9	68.4	10.9	0.0%
α-ピネン	130	0.3	0.2	6.2	7391.2	14670.8	361.6	0.0%
d-リモネン	130	6.7	2.2	393.4	675.1	2076.0	11.4	0.0%
酢酸エチル	130	4.4	2.8	31.5	25.7	40.4	3.6	0.0%
酢酸-n-ブチル	130	1.6	1.3	24.9	434.8	557.3	28.1	0.0%
ギ酸	75	13.3	11.8	27.4	16.1	18.1	7.8	0.0%
酢酸	75	39.0	32.2	93.1	15.3	18.5	6.4	0.0%
塩化水素	75	17.6	15.7	59.0	0.61	0.68	0.18	72.0%
二酸化窒素	75	15.3	12.2	114.8	0.65	0.82	0.09	61.3%
アンモニア	74	3.6	3.2	7.8	90.3	99.8	41.8	0.0%
オゾン	130	7.4	7.1	32.9	8.1	8.5	1.8	0.0%

表2-4 2021年度夏期の健康リスク評価結果

	N	室内濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			MOE			RfC
		平均値	中央値	最大値	平均値	中央値	最大値	超過率
ホルムアルデヒド	111	12.9	11.5	60.0	7.7	8.7	1.7	0.0%
アセトアルデヒド	111	11.1	8.0	61.7	10.8	15.0	1.9	0.0%
プロピオンアルデヒド	111	2.1	0.0	23.1	28.7	60000.0	2.6	0.0%
n-ペンタナール	111	0.0	0.0	3.9	3679.7	130000.0	33.2	0.0%
i-ペンタナール	111	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ヘキサナール	111	0.3	0.0	15.2	499.5	130000.0	8.6	0.0%
ヘプタナール	111	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
オクタナール	111	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ノナナール	111	0.7	0.0	38.3	192.1	130000.0	3.4	0.0%
デカナール	111	0.2	0.0	19.2	749.8	130000.0	6.8	0.0%
アクロレイン	111	0.0	0.0	0.0	1600.0	1600.0	1600.0	0.0%
クロトンアルデヒド	111	0.2	0.0	6.2	36.9	6100.0	0.98	0.9%
2-ノネナール	111	0.0	0.0	0.0	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ベンズアルデヒド	111	0.0	0.0	0.0	90000.0	90000.0	90000.0	0.0%
o-トルアルデヒド	111	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
p-トルアルデヒド	111	0.0	0.0	4.1	-	-	-	-
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	111	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
アセトン	111	12.4	9.7	66.1	1067.5	1362.5	200.4	0.0%
メチルエチルケトン	111	0.0	0.0	2.6	228552.8	8686000.0	3326.8	0.0%
メチルイソブチルケトン	111	0.2	0.0	1.6	1762.6	329000.0	204.0	0.0%
シクロヘキサン	111	1.3	0.0	65.6	1182.7	1536000.0	23.4	0.0%
n-ヘキサン	111	5.2	2.7	198.8	93.6	180.8	2.4	0.0%
n-ヘプタン	111	0.5	0.0	11.9	-	-	-	-
2,4-ジメチルペンタン	-	-	-	-	-	-	-	-
2,2,4-トリメチルペンタン	111	0.0	0.0	3.1	-	-	-	-
n-オクタン	111	1.0	0.0	8.8	243.6	246000.0	27.8	0.0%
n-ノナン	111	0.6	0.0	38.5	428.1	246000.0	6.4	0.0%
n-デカン	111	195.9	13.7	20061.1	1.3	18.0	0.012	0.9%
n-ウンデカン	111	1.2	0.6	31.5	207.5	423.6	7.8	0.0%
n-ドデカン	111	5.4	3.5	77.7	45.5	69.4	3.2	0.0%
n-トリデカン	111	4.5	1.8	135.0	54.6	133.5	1.8	0.0%
n-テトラデカン	111	9.4	6.5	109.8	26.2	38.0	2.2	0.0%
n-ペンタデカン	111	0.1	0.0	3.6	1695.8	246000.0	68.0	0.0%
n-ヘキサデカン	111	0.4	0.0	4.5	578.8	246000.0	54.6	0.0%
ベンゼン	111	1.6	1.2	5.0	1.1	1.4	0.34	41.4%
トルエン	111	8.7	5.9	125.6	29.9	44.1	2.1	0.0%
o-キシレン	111	0.6	0.4	5.5	310.8	517.3	36.1	0.0%
m,p-キシレン	111	1.9	1.5	12.1	106.8	131.2	16.6	0.0%
エチルベンゼン	111	1.9	1.6	10.6	192.4	234.3	35.0	0.0%
1,3,5-トリメチルベンゼン	111	0.3	0.0	3.8	343.6	110000.0	28.9	0.0%
1,2,4-トリメチルベンゼン	111	1.2	0.6	15.4	92.7	198.4	7.1	0.0%
1,2,3-トリメチルベンゼン	111	0.2	0.0	8.9	603.8	110000.0	12.4	0.0%
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	111	0.1	0.0	14.6	-	-	-	-
スチレン	111	0.0	0.0	0.0	81000.0	81000.0	81000.0	0.0%
クロロホルム	111	0.7	0.0	41.2	25.1	18000.0	0.44	0.9%
四塩化炭素	111	0.0	0.0	2.2	320.9	6400.0	2.9	0.0%
クロロジプロモetan	111	0.0	0.0	0.0	357000.0	357000.0	357000.0	0.0%
1,1,1-トリクロロエタン	111	0.0	0.0	0.0	1920000.0	1920000.0	1920000.0	0.0%
1,2-ジクロロエタン	111	0.0	0.0	1.8	66.0	1600.0	0.89	0.9%
1,2-ジクロロプロパン	-	-	-	-	-	-	-	-
トリクロロエチレン	111	0.2	0.0	2.9	138.0	23000.0	7.9	0.0%
テトラクロロエチレン	111	0.0	0.0	3.3	8536.3	250000.0	76.9	0.0%
1,4-ジクロロベンゼン	111	0.9	0.6	13.5	246.5	383.3	15.8	0.0%
エタノール	111	1078.0	538.1	17711.1	21.0	42.0	1.3	0.0%
1-ブタノール	-	-	-	-	-	-	-	-
2-エチル-1-ヘキサノール	111	4.3	1.9	33.2	12.6	28.3	1.7	0.0%
TMPD-MIB	111	3.0	2.9	14.1	183.4	194.1	39.5	0.0%
TMPD-DIB	111	6.3	0.0	146.6	26.4	167000.0	1.1	0.0%
α -ピネン	111	0.0	0.0	1.5	54947.2	2250000.0	1486.1	0.0%
d-リモネン	111	1.7	0.0	94.2	2647.9	4500000.0	47.8	0.0%
酢酸エチル	111	5.1	3.5	46.1	22.1	33.0	2.5	0.0%
酢酸-n-ブチル	111	0.6	0.0	12.1	1145.6	700000.0	58.0	0.0%
ギ酸	111	20.3	19.7	49.3	10.5	10.9	4.3	0.0%
酢酸	111	88.6	89.1	251.8	6.7	6.7	2.4	0.0%
塩化水素	111	8.7	5.5	89.5	1.2	1.9	0.12	14.4%
二酸化窒素	111	14.9	13.5	63.6	0.67	0.74	0.16	64.9%
アンモニア	110	11.8	11.5	23.5	27.5	28.2	13.8	0.0%
オゾン	111	13.9	11.4	48.4	4.3	5.3	1.2	0.0%

表2-5 健康リスク評価のまとめ

	2021年度夏期					2020年度冬期及び2021年度冬期連結				
	N	MOE			RfC 超過率	N	MOE			RfC 超過率
		平均値	中央値	最大値			平均値	中央値	最大値	
二酸化窒素	111	0.67	0.74	0.16	64.9%	75	0.65	0.82	0.09	61.3%
塩化水素	111	1.2	1.9	0.12	14.4%	75	0.61	0.68	0.18	72.0%
ベンゼン	111	1.1	1.4	0.34	41.4%	130	1.4	2.1	0.07	10.8%
アクロレイン	111	1600.0	1600.0	1600.0	0.0%	130	16.1	1600.0	0.18	1.5%
1,2-ジクロロエタン	111	66.0	1600.0	0.89	0.9%	130	31.5	1600.0	0.68	1.5%
n-デカン	111	1.3	18.0	0.012	0.9%	130	16.7	42.8	0.33	0.8%
トリクロロエチレン	111	138.0	23000.0	7.9	0.0%	130	37.6	23000.0	0.52	0.8%
アセトアルデヒド	111	10.8	15.0	1.9	0.0%	130	11.3	19.0	0.60	0.8%
ホルムアルデヒド	111	7.7	8.7	1.7	0.0%	130	11.9	15.6	0.64	0.8%
トルエン	111	29.9	44.1	2.1	0.0%	130	25.8	56.1	0.65	0.8%
クロトンアルデヒド	111	36.9	6100.0	0.98	0.9%	130	21.6	6100.0	1.02	0.0%
クロホルム	111	25.1	18000.0	0.44	0.9%	130	36.6	46.5	1.4	0.0%
n-ヘキサン	111	93.6	180.8	2.4	0.0%	130	53.4	104.7	1.8	0.0%
オゾン	111	4.3	5.3	1.2	0.0%	130	8.1	8.5	1.8	0.0%
1,4-ジクロロベンゼン	111	246.5	383.3	15.8	0.0%	130	127.5	443.7	2.1	0.0%
エタノール	111	21.0	42.0	1.3	0.0%	75	7.4	8.5	2.4	0.0%
四塩化炭素	111	320.9	6400.0	2.9	0.0%	130	34.0	6400.0	2.6	0.0%
プロピオンアルデヒド	111	28.7	60000.0	2.6	0.0%	130	22.4	60000.0	2.6	0.0%
酢酸エチル	111	22.1	33.0	2.5	0.0%	130	25.7	40.4	3.6	0.0%
2-エチル-1-ヘキサノール	111	12.6	28.3	1.7	0.0%	130	33.3	67.2	3.7	0.0%
n-ドデカン	111	45.5	69.4	3.2	0.0%	130	29.8	30.2	4.3	0.0%
エチルベンゼン	111	192.4	234.3	35.0	0.0%	130	134.7	339.4	5.3	0.0%
ノナナール	111	192.1	130000.0	3.4	0.0%	130	324.8	130000.0	5.6	0.0%
m,p-キシレン	111	106.8	131.2	16.6	0.0%	130	75.2	158.5	5.7	0.0%
n-トリデカン	111	54.6	133.5	1.8	0.0%	130	52.4	81.2	5.9	0.0%
ヘキサナール	111	499.5	130000.0	8.6	0.0%	130	826.2	130000.0	6.4	0.0%
酢酸	111	6.7	6.7	2.4	0.0%	75	15.3	18.5	6.4	0.0%
1,2-ジクロロプロパン	-	-	-	-	-	55	371.2	25000.0	6.7	0.0%
n-ノナン	111	428.1	246000.0	6.4	0.0%	130	177.3	460.9	7.0	0.0%
n-テトラデカン	111	26.2	38.0	2.2	0.0%	130	24.3	24.9	7.8	0.0%
ギ酸	111	10.5	10.9	4.3	0.0%	75	16.1	18.1	7.8	0.0%
デカナール	111	749.8	130000.0	6.8	0.0%	130	1165.8	130000.0	9.0	0.0%
n-ウンデカン	111	207.5	423.6	7.8	0.0%	130	139.5	229.3	10.5	0.0%
TMPD-DIB	111	26.4	167000.0	1.1	0.0%	75	43.9	68.4	10.9	0.0%
1,2,4-トリメチルベンゼン	111	92.7	198.4	7.1	0.0%	130	88.6	147.7	11.1	0.0%
アンモニア	110	27.5	28.2	13.8	0.0%	74	90.3	99.8	41.8	0.0%
d-リモネン	111	2647.9	4500000.0	47.8	0.0%	130	675.1	2076.0	11.4	0.0%
n-ペンタデカン	111	1695.8	246000.0	68.0	0.0%	130	161.6	586.6	11.9	0.0%
1-ブタノール	-	-	-	-	-	55	195.6	748.4	14.4	0.0%
ベンズアルデヒド	111	90000.0	90000.0	90000.0	0.0%	130	1200.0	90000.0	16.6	0.0%
n-ヘキサデカン	111	578.8	246000.0	54.6	0.0%	130	109.2	195.2	17.0	0.0%
o-キシレン	111	310.8	517.3	36.1	0.0%	130	207.2	390.4	20.9	0.0%
シクロヘキサン	111	1182.7	1536000.0	23.4	0.0%	75	598.9	2064.4	25.1	0.0%
TMPD-MIB	111	183.4	194.1	39.5	0.0%	130	241.9	306.0	25.2	0.0%
酢酸-n-ブチル	111	1145.6	700000.0	58.0	0.0%	130	434.8	557.3	28.1	0.0%
i-ペンタナール	111	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%	130	2353.4	130000.0	32.0	0.0%
n-オクタン	111	243.6	246000.0	27.8	0.0%	130	353.0	479.2	34.0	0.0%
1,2,3-トリメチルベンゼン	111	603.8	110000.0	12.4	0.0%	130	399.3	590.2	35.7	0.0%
1,3,5-トリメチルベンゼン	111	343.6	110000.0	28.9	0.0%	130	352.1	656.4	36.1	0.0%
スチレン	111	81000.0	81000.0	81000.0	0.0%	130	1979.1	81000.0	39.9	0.0%
アセトン	111	1067.5	1362.5	200.4	0.0%	130	971.2	1291.2	92.3	0.0%
メチルイソブチルケトン	111	1762.6	329000.0	204.0	0.0%	130	5305.1	329000.0	103.4	0.0%
テトラクロロエチレン	111	8536.3	250000.0	76.9	0.0%	130	4173.1	250000.0	168.6	0.0%
クロロジプロモetan	111	357000.0	357000.0	357000.0	0.0%	130	30870.3	357000.0	237.5	0.0%
メチルエチルケトン	111	228552.8	8686000.0	3326.8	0.0%	130	8864.9	8686000.0	257.9	0.0%
α-ピネン	111	54947.2	2250000.0	1486.1	0.0%	130	7391.2	14670.8	361.6	0.0%
n-ペンタナール	111	3679.7	130000.0	33.2	0.0%	130	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
ヘプタナール	111	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%	130	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
オクタナール	111	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%	130	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
2-ノネナール	111	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%	130	130000.0	130000.0	130000.0	0.0%
1,1,1-トリクロロエタン	111	1920000.0	1920000.0	1920000.0	0.0%	130	55324816.7	1920000.0	425575.5	0.0%
o-トルアルデヒド	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
p-トルアルデヒド	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
2,5-ジメチルベンズアルデヒド	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
n-ヘプタン	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
2,4-ジメチルペンタン	-	-	-	-	-	55	-	-	-	0.0%
2,2,4-トリメチルペンタン	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	111	-	-	-	0.0%	130	-	-	-	0.0%
C4~C11の飽和脂肪族非環式アルデヒド	111	113.5	130000.0	3.4	0.0%	130	179.5	130000.0	3.0	0.0%
C9~C18の脂肪族炭化水素	111	1.1	8.4	0.012	1.8%	130	5.4	6.9	0.3	0.8%
キシレン	111	79.5	108.4	11.7	0.0%	130	55.2	113.5	4.5	0.0%
トリメチルベンゼン	111	65.2	187.2	3.9	0.0%	130	60.1	101.6	6.9	0.0%

参考文献

- ACGIH (2013). TLVs® and BEIs® based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices: Acetic acid. 7th Edition, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati.
- ACGIH (2016) Guide to Occupational Exposure Values, BUTYL ACETATES, ALL ISOMERS. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati.
- Aiso S, Takeuchi T, Arito H, et al. (2005). Carcinogenicity and chronic toxicity in mice and rats exposed by inhalation to para-dichlorobenzene for two years. *J Vet Med Sci* 67(10):1019-1029.
- ATSDR (2006a). Toxicological profile for 1,1,1-trichloroethane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- ATSDR (2006b) TOXICOLOGICAL PROFILE FOR DICHLOROBENZENES. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- ATSDR (2007). Toxicological profile for xylene. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- Benignus VA, Geller AM, Boyes WK, et al. (2005). Human neurobehavioral effects of long-term exposure to styrene: A meta-analysis. *Environ Health Perspect* 113:532-538.
- Christoph GR, Hansen JF, Leung HW. (2003). Subchronic inhalation neurotoxicity studies of ethyl acetate in rats. *Neurotoxicology*. 24: 861-874.
- DFG (1999). MAK Value Documentation, Ethanol. Vol. 12, 129-165
- DFG (2018). The MAK Collection for Occupational Health and Safety 2018: Ethanol. Vol 3, No 4, 1869-1878
- Dorman DC, Struve MF, Wong BA, Gross EA, Parkinson C, Willson GA, Tan YM, Campbell JL, Teeguarden JG, Clewell HJ 3rd, Andersen ME. (2008a). Derivation of an inhalation reference concentration based upon olfactory neuronal loss in male rats following subchronic acetaldehyde inhalation. *Inhal Toxicol* 20:245-256.
- Dorman DC, Struve MF, Wong BA, Marshall MW, Gross EA, Willson GA (2008b). Respiratory tract responses in male rats following subchronic acrolein inhalation. *Inhalation Toxicology*, 20(3): 205–216.
- Eastman (1992). Propanoic Acid, 2-Methyl-, Monoester with 2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol, Synonym: Texanol Ester-Alcohol, Combined Repeated Dose and Reproductive/Developmental Toxicity Study in the rat, Unpublished Eastman Kodak Report TX-92-57.
- ECB (2000). Formic acid. IUCLID Dataset, European Commission, European Chemicals Bureau.
- ECB (2004). Cyclohexane. European Union Risk assessment Report, European Chemicals Bureau, Vol. 41.
- ECHA (2012). Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R8: Characterisation of dose[concentration]-response for human health, Version: 2.1, 2012. Available at: <https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-information-requirements-and-chemical-safety-assessment>. Access at 10 February 2017.
- Falk A, Gullstrand E, Löf A, Wigaeus-Hjelm E. (1990). Liquid/air partition coefficients of four terpenes. *Br J Ind Med*. 47: 62-64.
- Falk-Filipsson A, Löf A, Hagberg M, Hjelm EW, Wang Z. (1993). d-limonene exposure to humans by inhalation: uptake, distribution, elimination, and effects on the pulmonary function. *J Toxicol Environ Health*. 38: 77-88.
- Foo SC, Jeyaratnam J, Koh D. (1990). Chronic neurobehavioural effects of toluene. *Br J Ind Med*.

147: 480-484.

- Foo SC, Ngim CH, Salleh I, Jeyaratnam J, Boey KW. (1993). Neurobehavioral effects in occupational chemical exposure. *Environ Res.* 60: 267-273.
- Gagnaire, F., C. Langlais, S. Grossmann et al. (2007). Ototoxicity in rats exposed to ethylbenzene and to two technical xylene vapours for 13 weeks. *Arch. Toxicol.* 81(2):127-143.
- Hansen JF. (1996). 90-day inhalation toxicity study with ethyl acetate in rats. Haskell Laboratory for toxicology and industrial medicine, E.I. du Pont de Nemours and Company. NTIS/OTS0558575.
- Health Canada (2021) Residential Indoor Air Quality Guidelines: Acrolein. Pub. 200446, Health Canada, Ottawa.
- Iregren A, Löf A, Toomingas A, Wang Z. (1993). Irritation effects from experimental exposure to n-butyl acetate. *Am J Ind Med.* 24: 727-742.
- IRK (Innenraumlufthygiene-Kommission) (2012). Richtwerte für Ethylbenzol in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsbl* 55: 1192-1200.
- IRK (Innenraumlufthygiene-Kommission) (2021). Richtwerte für Aceton in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). *Bundesgesundheitsbl* 64:1184-1192.
- IRK (Innenraumlufthygiene-Kommission) (2009). Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz.* 52, 650-659.
- JBCR (1995). p-ジクロロベンゼンのラット及びマウスを用いた吸入によるがん原性試験報告書. 試験番号 ラット/0158; マウス/0159, 日本バイオアッセイ研究センター
- Kishi R, Eguchi T, Yuasa J, Katakura Y, Arata Y, Harabuchi I, Kawai T, Masuchi A. (2001). Effects of low-level occupational exposure to styrene on color vision: dose relation with a urinary metabolite. *Environ Res.* 85: 25-30.
- Korsak Z, Rydzynski K. (1996). Neurotoxic effects of acute and subchronic inhalation exposure to trimethylbenzene isomers (pseudocumene, mesitylene, hemimellitene) in rats. *Int J Occup Med Environ Health.* 9: 341-349.
- Korsak Z, Stetkiewicz J, Majcherek W, Stetkiewicz I, Jajte J, Rydzynski K. (2000a). Sub-chronic inhalation toxicity of 1,2,4-trimethylbenzene (pseudocumene) in rats. *Int J Occup Med Environ Health.* 13: 155-164.
- Korsak Z, Stetkiewicz J, Majcherek W, Stetkiewicz I, Jajte J, Rydzynski K. (2000b). Subchronic inhalation toxicity of 1,2,3-trimethylbenzene (hemimellitene) in rats. *Int J Occup Med Environ Health.* 13: 223-232.
- Korsak Z., Wisniewska-Knypl J., Swiercz R. (1994). Toxic effects of subchronic combined exposure to n-butyl alcohol and m-xylene in rats. *Int J Occup Med Environ Health,* 7 155-166, 1994
- MHLW (2000). Committee on sick house syndrome: indoor air pollution, summary on the discussions at the 1st and 3rd meetings, progress report No. 1, 26 June, Ministry of Health, Labour and Welfare, Tokyo
- MHLW (2019). Committee on sick house syndrome: indoor air pollution, summary on the discussions until the 23rd meetings, progress report, 17 January, Ministry of Health, Labour and Welfare, Tokyo
- Miyake M, Ito Y, Sawada M, Sakai K, Suzuki H, Sakamoto T, Sawamoto K, Kamijima M. (2016).

- Subchronic inhalation exposure to 2-ethyl-1-hexanol impairs the mouse olfactory bulb via injury and subsequent repair of the nasal olfactory epithelium. *Arch Toxicol.* 90: 1949-1958.
- MOE (2002). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 1, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2003). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 2, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2004). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 3, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2005). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 4, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2006). Future policy for countermeasures against hazardous ambient air pollutants, eighth report: air quality guideline for chloroform, 1,2-dichloroethane and 1,3-butadiene. Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2008). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 6, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2009). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 7, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2015). Environmental risk assessment of chemicals. Vol. 13, Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- MOE (2020). Health risk assessment of acetaldehyde. Ministry of the Environment, Tokyo. (in Japanese)
- Ng TP, Foo SC, Yoong T. (1992). Risk of spontaneous abortion in workers exposed to toluene. *Br J Ind Med.* 49: 804-808.
- NTP (1988). Inhalation Developmental Toxicity Studies: Acetone (CAS No. 67-64-1) in Mice and Rats. <https://ntp.niehs.nih.gov/publications/abstracts/dev/ter87036/ter87036.html>
- NTP (2004). Toxicology and carcinogenesis studies of Stoddard Solvent IIC (CAS No. 64742-88-7) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). NTP TR 519.
- NTP (2007). Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Methyl Isobutyl Ketone (CAS No. 108-10-1) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalations studies). NTP TR 538
- O'Donoghue, J.L. Eastman Kodak Company Reports, TX-84-35 (1984). (unpublished study) cited in OECD SIDS: TEXANOL CASN: 25265-77-4.
- OEHHA (2000). Air toxics hot spots program, risk assessment guidelines part III, Technical support document for the determination of noncancer chronic reference exposure levels. Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency, Oakland, CA.
- Stout MD, Herbert RA, Kissling GE, Suarez F, Roycroft JH, Chhabra RS, Bucher JR. (2008). Toxicity and carcinogenicity of methyl isobutyl ketone in F344N rats and B6C3F1 mice following 2-year inhalation exposure. *Toxicology.* 244: 209-219.
- Uchida Y, Nakatsuka H, Ukai H, Watanabe T, Liu YT, Huang MY, Wang YL, Zhu FZ, Yin H, Ikeda M. (1993). Symptoms and signs in workers exposed predominantly to xylenes. *Int Arch Occup Environ Health.* 64: 597-605.
- Union Carbide (1993). Propionaldehyde: combined repeated-exposure and reproductive/developmental toxicity study in rats with cover letter dated 041493. Submitted

- under TSCA Section 8D; EPA Document No. 86-930000198; NTIS No. OTS0538178.
- Union Carbide Corporation (1979). Unpublished study. Carnegie-Mellon Institute of Research Report 42-50., dated June 11, 1979.
- Union Carbide Corporation (1980). Unpublished study. Butyraldehyde. Twelve-Week Vapor Inhalation Study in Rats Bushy Run Research Center Report 43-61, dated September 17, 1980.
- USEPA (1991a). Dibromochloromethane. Chemical Assessment Summary, Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (1991b). 1,2-Dichloropropane. Chemical Assessment Summary, Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (1995). Hydrogen chloride. Summary information on the integrated risk information system. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2009). Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Complex Mixtures of Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2016a). Toxicological Review of Trimethylbenzenes, EPA/635/R-16/161Fa, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2016b). Toxicological review of ammonia noncancer inhalation executive summary, the integrated risk information system (IRIS). EPA/635/R-16/163Fc, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2008). Toxicological review of propionaldehyde: in support of summary information on the integrated risk information system (IRIS). EPA/635/R-08/003F, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- WHO (1999). Carbon tetrachloride. Environmental Health Criteria 208, World Health Organization, Geneva.
- WHO (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, Geneva.
- WHO Europe (2000). Air Quality Guidelines for Europe, econd Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO Europe (2010). WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen.
- 厚生省 (1995). 化学物質毒性試験報告 Vol. 2、厚生省生活衛生局企画課生活化学安全対策室監修、化学物質点検推進委員会発行、pp. 229-252.

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3年度

研究成果の刊行に関する一覧

(1) 論文

1) 東 賢一. 世界保健機関 (WHO) による「住宅と健康のガイドライン」. 公衆衛生 Vol 85, No.7, pp. 432-437, 2021.

(2) 総説・著書

1) 東 賢一. 新版生活健康科学第2版：第7章生活環境と健康. 218頁, 三共出版, 東京, 2022.

(3) 学会発表

1) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms in indoor air on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. Healthy Buildings Europe 2021, Oslo, Norway, June 21-23, 2021.

2) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: associations with thermal conditions and carbon dioxide. Healthy Buildings America 2021, Honolulu, Hawaii, January 18-20, 2022.

3) Azuma K. Indoor air quality and health effects in Japanese modern office buildings. the 33rd International Congress on Occupational Health 2022, Special Session: Indoor air quality in modern office buildings. Global digital congress, Melbourne-Rome, February 6-10, 2022.

—以上—

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 曽根 智史

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 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

3. 研究者名 (所属部署・職名) 医療・福祉サービス研究部・上席主任研究官

(氏名・フリガナ) 小林 健一・コバヤシ ケンイチ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職 名 院長

氏 名 曽根 智史

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 研究課題名 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
- 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官
(氏名・フリガナ) 金 勲・キム フン

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	国立保健医療科学院	<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職 名 院長

氏 名 曽根 智史

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 研究課題名 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
- 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官
(氏名・フリガナ) 稲葉 洋平・イナバ ヨウヘイ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	国立保健医療科学院	<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 東京工業大学

所属研究機関長 職 名 学長

氏 名 益 一哉

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 (所属部署・職名) 環境・社会理工学院・教授
(氏名・フリガナ) 鍵 直樹・カギ ナオキ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 近畿大学

所属研究機関長 職 名 学長

氏 名 細井 美彦

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 (所属部署・職名) 医学部 准教授
(氏名・フリガナ) 東 賢一・アズマ ケンイチ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 産業医科大学

所属研究機関長 職 名 学長

氏 名 尾辻 豊

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 (所属部署・職名) 産業保健学部・教授
(氏名・フリガナ) 櫻田 尚樹・クヌギタ ナオキ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。