

厚生労働行政推進調査事業費補助金

化学物質リスク研究事業

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

令和7年度 総括・分担研究報告書

(24KD2001)

研究代表者 酒井 信夫

令和8（2026）年 3月

# 目 次

## I. 総括研究報告

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究 -----	1
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	

## II. 分担研究報告

1. 室内空气中化学物質の標準試験法の整備	
「アルデヒド分析におけるオゾンスクラバーの効果および影響 -----	9
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	
加熱脱離-GC/MS 法を用いたグリコールエーテル・エステル類	
45 物質の一斉分析法の検討 -----	18
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	
固相吸着－溶媒抽出－液体クロマトグラフィー/質量分析法を用いた	
室内空气中 SVOC の標準試験法の開発 -----	28
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	
汎用型空気清浄機を用いたハウスダスト中	
ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の捕集法の検討 -----	40
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	
2. TVOC 構成成分のデータベース構築 -----	49
神野 透人 (名城大学)	
3. 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化 -----	66
田辺 新一 (早稲田大学)	
4. 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測 -----	71
伊藤 一秀 (九州大学)	
5. ハザード情報収集・評価および国際的な規制動向、住宅室内環境と健康に関する実態調査 -----	81
東 賢一 (近畿大学)	
6. 室内空气中化学物質の新規試験法の開発 -----	151
大嶋 直浩 (国立医薬品食品衛生研究所)	

7. 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化 ----- 157  
香川（田中）聡子（横浜薬科大学）

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 164

## 室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

研究代表者 酒井 信夫 国立医薬品食品衛生研究所 食品添加物部 室長

厚生労働省 医薬局 医薬品審査管理課 化学物質安全対策室を事務局とするシックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会では、室内濃度指針値の設定・見直しの在り方が整理され、検討会を定期的  
に開催して新たなスキームに則した議論を継続的に遂行する計画が示された。新たなスキームは、（1）  
モニタリング対象物質の選定、（2）室内空気中の濃度に関する調査、（3）初期リスク評価、（4-  
1）詳細リスク評価等の実施、（4-2）使用実態に関する調査、（5）指針値の設定・見直しの必要  
性について検討、（6）その他の留意事項 で構成されており、検討会で各議案を滞りなく議論するた  
めには、各項目をシームレスに遂行していく必要がある。

本研究課題では、上述の項目を遂行する具体的な方法として、① 諸外国や国際機関等において指針  
値が設定されている物質や学術論文等の科学的知見がある物質等を対象としたモニタリング対象物質  
の選定方法を確立する。② ①でモニタリング対象物質とされた物質について標準試験法を整備し、国  
内および国際規格化を推進する。③ 先行研究で提言されたTVOCの在り方を踏まえ、TVOC標準試験  
法における種々のVOCの溶出挙動とその毒性をデータベース化することによって、健康リスク指標と  
してのTVOCの活用について検討する。④ 初期リスク評価の時点で吸入曝露のデータが得られない化  
学物質に対応するため、経気道曝露量・曝露濃度の推定方法を確立し、室内空気中化学物質の濃度から  
実際のヒト曝露量を推定する。⑤ 諸外国における室内空気汚染化学物質に関する最新の規制状況、ハ  
ザード情報を収集することを目的としている。

合計7課題の分担研究の成果の詳細については、令和7年度 分担研究報告書において報告する。

### 研究分担者

酒井 信夫	国立医薬品食品衛生研究所
神野 透人	名城大学 薬学部
田辺 新一	早稲田大学 創造理工学部
伊藤 一秀	九州大学 総合理工学研究院
東 賢一	近畿大学 医学部
大嶋 直浩	国立医薬品食品衛生研究所
香川（田中）聡子	横浜薬科大学 薬学部

### 研究協力者（研究分担者を除く）

田原 麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所
高木 規峰野	国立医薬品食品衛生研究所
千葉 真弘	北海道立衛生研究所
市村 天	北海道立衛生研究所
大貫 文	東京都健康安全研究センター
角田 徳子	東京都健康安全研究センター
村木 沙織	横浜市衛生研究所
松本 幸一郎	横浜市衛生研究所

吉富 太一	神奈川県衛生研究所
西 以和貴	神奈川県衛生研究所
上村 仁	神奈川県衛生研究所
小澤 敦揮	名古屋市衛生研究所
若山 貴成	名古屋市衛生研究所
六鹿 元雄	名古屋市衛生研究所
小林 葵々	名城大学薬学部
石子 輝昌	名城大学薬学部
渡井 健太郎	近畿大学医学部
鈴木 浩	柴田科学株式会社
鳥羽 陽	長崎大学医歯薬学総合研究科
中島 大介	国立環境研究所
長宗 寧	グリーンブルー株式会社
藤森 英治	環境調査研究所
近藤 杏樹	横浜薬科大学
市川 綾乃	横浜薬科大学
酒井 美聡	横浜薬科大学

## A. 研究目的

シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会においては、室内濃度指針値の見直しおよび新規対象物質の選定に向けた検討が継続的に実施されている。近年では、建材由来化学物質に加え、生活用品由来化学物質や代替可塑剤、準揮発性有機化合物（SVOC）等、曝露源および対象物質が多様化しており、これらに対応するための標準試験法、曝露評価手法およびハザード情報の整備が一層重要となっている。

本研究課題では、検討会が示す評価スキームを円滑に遂行するための科学的基盤の構築を目的として、以下の課題を設定した。

第一に、酒井信夫の分担研究課題：室内空気中化学物質の標準試験法の整備においては、室内空気中化学物質の標準試験法の高度化を目的とし、アルデヒド測定におけるオゾン影響の評価、グリコールエーテル・エステル類の一斉分析法の確立、SVOCの代替分析法（SE-LC/MS）の開発、並びにハウスダスト中化学物質の新規捕集手法の検討を行うこととした。これにより、低濃度域における測定精度

の向上および分析対象物質の拡張を図る。

第二に、神野透人の分担研究課題：TVOC 構成成分のデータベース構築においては、総揮発性有機化合物（TVOC）の構成成分に関するデータベース構築を目的とし、GC-MS分析における保持指標と有害性情報を統合することにより、TVOCの質的評価を可能とする基盤を整備することとした。

第三に、田辺新一の分担研究課題：室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化においては、室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化を目的とし、ISO規格化に向けた基礎資料の収集および国際会議への参画を通じて、アクロレインや有機フッ素化合物（PFAS）等の新規課題に関する国際動向の把握を行うこととした。

第四に、伊藤一秀の分担研究課題：室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測においては、室内空気中化学物質の曝露評価手法の高度化を目的とし、数値気道モデルと生理的薬物動態（PBPK）モデルを統合した数値人体モデルを用いて、未規制物質を含む化学物質の経気道曝露量および曝露濃度の推定手法を確立することとした。

第五に、東賢一の分担研究課題：ハザード情報収集および国際的な規制動向の調査においては、ハザード情報の収集および国際的な規制動向の調査並びに室内環境と健康影響に関する実態把握を目的とし、国内外の評価文書の収集整理および全国規模の疫学調査を実施することとした。

第六に、大嶋直浩の分担研究課題：室内空気中化学物質の新規試験法の開発においては、室内空気中化学物質の新規試験法の開発を目的とし、加熱脱離-GC/MS法におけるキャリアガスとして水素および窒素の適用可能性を検討することにより、ヘリウム供給制約に対応した持続可能な分析技術の確立を図ることとした。

第七に、香川（田中）聡子の分担研究課題：室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化においては、室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化を目的とし、アルデヒド類を中心とした測定方法の見直しおよび改訂を行い、最新の分

析技術に基づく汎用性の高い標準試験法の整備を行うこととした。

以上の各分担研究課題を通じて、室内空気汚染化学物質対策における「測定・評価・規制」を総合的・一体的に支える科学的基盤の強化を図ることを本研究の目的とする。

## B. 研究方法

本研究では、各分担研究課題において以下の方法により検討を行った。

室内空气中化学物質の標準試験法の整備に関しては、アルデヒド類の測定におけるオゾンの影響評価を目的として、DNPH捕集管を用いた添加回収試験を実施し、ブランクの影響および回収率との関係について検討した。また、グリコールエーテル・エステル類45物質を対象として、固相吸着-加熱脱離-GC/MS法による一斉分析法の適用可能性を評価した。さらに、ヘリウム代替技術として、SE-LC/MSを用いたSVOC分析法の開発を行い、多機関共同による妥当性評価試験を実施した。加えて、室内環境中のハウスダストに含まれるベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤 (BUVs) について、空気清浄機のプレフィルターを利用した捕集手法を開発し、回収率および再現性の評価を行った。

TVOC構成成分のデータベース構築に関しては、環境リスク初期評価対象物質を基に、有害性情報 (無毒性量等) および保持指標 (RI) を収集・整理し、両者の関連付けを行った。

室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化については、ISO/TC146/SC6会議および国際学会への参加を通じて、アクロレインおよびPFAS等の最新動向に関する情報収集を行った。

室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測に関しては、数値気道モデルおよびPBPKモデルを統合した数値人体モデルを用い、対象化学物質を拡張した上で、経気道曝露量の推定を行った。

ハザード情報収集および国際的な規制動向の調査については、国際機関および諸外国の評価文書の収集に加え、全国規模のアンケート調査を実施し、

室内環境および健康症状との関連について解析を行った。

室内空气中化学物質の新規試験法の開発に関しては、加熱脱離-GC/MS法におけるキャリアガスとして従来用いられてきたヘリウムの代替として、水素および窒素の適用可能性を検討した。具体的には、VOCおよびフタル酸エステル類を対象として、加熱脱離装置とGC/MSを接続した分析系において、水素および窒素を適用し、ピーク分離、検出感度および定量性について評価を行った。

室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化に関しては、アルデヒド類の測定方法の見直しおよび改訂を行い、日本薬学会衛生試験法への収載を目指した整理を行った。

### (倫理面への配慮)

本研究は、公表されている既存資料を中心とした情報収集を行った後、それらの整理を客観的に行うものであり、特定の個人のプライバシーに係わるような情報を取り扱うものではない。資料の収集・整理にあたっては、公平な立場をとり、事実のみに基づいて行う。本研究は、動物実験および個人情報を取り扱うものではなく、研究倫理委員会などに諮る必要のある案件ではないと判断している。

## C. 研究結果および考察

室内空气中化学物質の標準試験法の整備に関しては、アルデヒド類の測定において、低濃度域ではブランク面積値の影響が相対的に大きくなり、回収率が低下することが明らかとなった。特に、試料がブランクの3倍未満となる条件では回収率が評価基準を満足しない場合が認められた。一方、捕集管前段に無添加捕集管を接続することでブランクを低減し、低濃度域においても回収率が改善することが確認された。これらの結果は、指針値の10分の1レベルにおける測定精度確保に重要な技術的知見を提供するものである。

グリコールエーテル・エステル類の一斉分析においては、多くの対象物質で良好な直線性および回収

率が得られたが、一部物質については分離不良が認められた。これは化学構造の類似性に起因するものと考えられ、カラム選択や分析条件の最適化が今後の課題として抽出された。

SVOC 分析法の開発では、SE-LC/MS 法によりヘリウムに依存しない分析法を確立し、多機関試験において良好な真度および再現性が得られた。これは、分析資源の制約を踏まえた持続可能な試験法への転換を示すものであり、今後の標準化に資する重要な成果である。

BUVs の捕集手法に関しては、空気清浄機フィルターを利用した方法により、従来の掃除機法と比較して高い検出頻度および濃度が得られた。これは、浮遊粒子の効率的捕集によるものと考えられ、室内環境における曝露評価の高度化に寄与する。

TVOC 構成成分のデータベース構築では、保持指標と有害性情報の統合により、TVOC を単なる総量指標から質的評価指標へと拡張する基盤が整備された。

室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化では、PFAS やアクロレイン等の新規課題が顕在化しており、室内環境における測定手法および曝露評価の必要性が指摘された。

室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測に関しては、PBPK モデルの対象物質を拡張し、CFD 解析との連成により経気道曝露量の推定精度が向上した。これにより、未規制物質に対する迅速なリスク評価の実施が可能となる。

ハザード情報収集および国際的な規制動向の調査により、生活由来化学物質曝露や湿潤環境等の複合的要因が健康症状に関与している可能性が示された。これは従来の建材中心の評価枠組みを見直す重要な知見である。

室内空気中化学物質の新規試験法の開発では、キャリアガス代替に関する検討では、水素および窒素の適用可能性が示され、ヘリウム依存からの脱却に向けた技術的基盤が整備された。

室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化に関しては、アルデヒド測定法の改訂を行い、

最新の分析技術を反映した標準試験法として整理した。

## D. 結論

本研究により、室内空気汚染化学物質対策における標準試験法、曝露評価手法およびハザード情報の各側面において重要な進展が得られた。

特に、低濃度域における測定精度の向上に関する技術的知見の蓄積、ヘリウム代替分析法の確立、TVOC 構成成分の質的評価基盤の整備、並びにPBPK モデルを用いた曝露評価の高度化は、今後の指針値見直しおよび新規物質評価に直接的に寄与する成果である。

また、生活由来曝露の重要性を示す疫学的知見および PFAS 等の新規課題に関する国際動向の整理により、室内空気質評価の枠組みを拡張する必要性が明確となった。

これらの成果は、室内空気汚染化学物質に係る規制科学の基盤強化に資するとともに、標準試験法の国内外規格化および行政施策への反映を通じて、国民の健康保護に貢献するものである。

## E. 健康危険情報

国民の生命、健康に重大な影響を及ぼす情報として厚生労働省に報告すべきものはない。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 田原 麻衣子, 大貫 文, 角田 徳子, 大泉 詩織, 千葉 真弘, 酒井 信夫, 五十嵐 良明: 室内空気中 VOC およびフタル酸エステル類の分析におけるカーボン系捕集管の適用性, 28, 7-16 (2025)
- 2) Tahara M, Chiba M, Oizumi S, Onuki A, Saito I, Tanaka R, Yamanouchi T, Sakai S: Validation study for establishing a standard test method for volatile organic compounds in indoor air in Japan using thermal desorption, BPB Reports, 8, 38-42 (2025)

- 3) Onuki A, Tahara M, Sakai S, Takagi M, Tanaka R, Muraki S, Saito I, Chiba M, Oizumi S, Ohno H, Wakayama T, Jinno H: Validation study to establish a standard test method for phthalate in indoor air in Japan using thermal desorption, *BPB Reports*, 8, 138-142 (2025)
- 4) Yoshitomi T, Nishi I, Nakano F, Uemura H, Tahara M, Sakai S: Occurrence of benzotriazole-based UV absorbers in Japanese household dust, *BPB Reports*, 9, 8-14 (2026)
- 5) Muta R, Ishizuka C, Li C, Yoo SJ, Ito K: A numerical simulation-based reproducibility investigation and visualization of NSF/ANSI 49 safety performance testing of biological safety cabinets, *Building and Environment*, 270, 112498 (2025)
- 6) Khoa ND, Nita K, Kuga K, Ito K: Oral configuration-dependent variability of the metrics of exhaled respiratory droplets during a consecutive coughing event, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 261, 108601 (2025)
- 7) Fernandez KB, Itokazu R, Ito K: Occupant-centric multicriteria optimization of hybrid personalized HVAC system: Impact of supply inlet layout and returning airflow rate, *Energy and Buildings*, 333, 115494 (2025)
- 8) Kuga K, Zhu J, Wargocki P, Ito K: The effects of air temperature and background CO<sub>2</sub> concentration on human metabolic CO<sub>2</sub> emissions, *Building and Environment*, 276, 112857 (2025)
- 9) Ruth O, Kuga K, Yanagi U, Wargocki P, Ito K: Modeling of inhalation exposure to transmitted droplets at different interpersonal distances and postures in indoor environments, *Indoor Environments*, 2, 100091 (2025)
- 10) Itokazu R, Kabanshi A, Kuga K, Ikegaya N, Ito K: Exploring ventilation efficiency through scalar transport equations with existing and new CFD-based indices, *Building and Environment*, 277, 112942 (2025)
- 11) Wang X, Gomyo T, Sotokawa H, Ito K: Energy saving effects of integrated implementation of a multi-layered heat exchange duct and energy recovery ventilation system, *Energy and Buildings*, 337, 115679 (2025)
- 12) Ruth O, Kuga K, Ito K: Subjective and objective measurement of Indoor Environmental Quality and occupant comfort in a multinational graduate student office, *Environments*, 12(4), 117 (2025)
- 13) Abouelhamda IMS, Kuga K, Saito K, Takai M, Kikuchi T, Ito K: Experimental and computational predictions of odorant transport dynamics from indoor environment to olfactory tissue, *Sustainable Cities and Society*, 126, 106397 (2025)
- 14) Park HG, Yoo SJ, Sumiyoshi E, Harashima H, Kuga K, Ito K: Skin surface boundary conditions for dermal exposure assessment using computer simulated person, *Building and Environment*, 281, 113188 (2025)
- 15) Khoa ND, Kuga K, Ito K: Comprehensive integration framework of CFD – Local and Whole-Body hybrid PBPK in indoor chemical exposure modeling: An inhalation exposure study, *Sustainable Cities and Society*, 128, 106463 (2025)
- 16) Kabanshi A, Andersson H, Sundberg M, Senkic D, Itokazu R, Ito K, Sandberg M: Performance of the new spatiotemporal airborne infection risk model across varied indoor air flowrates: An experimental study, *Building and Environment*, 281, 113192 (2025)
- 17) Suda Y, Kuga K, Khoa ND, Ito K: Computational fluid-particle dynamics method in predicting the particle aspiration and

- deposition in the comprehensive monkey respiratory tract, *Computers in Biology and Medicine*, 196, 110664 (2025)
- 18) Dong Q, Kuga K, Khoa MD, Ito K: In silico determination of temporal viral load in the saliva and exhaled droplets from the oral cavity, *Computers in Biology and Medicine*, 196, 110692 (2025)
  - 19) Ruth O, Kuga K, Ito K: Is exhaled carbon dioxide an appropriate tracer for assessing airborne transmission risk? *Building and Environment*, 285, 113560 (2025)
  - 20) Chung J, Wang X, Sotokawa H, Yoo SJ, Ito K: Locally alternating layout of heat exchange and adiabatic surfaces to improve heat exchange efficiency in duct, *International Journal of Ventilation*, 25, 1-27 (2025)
  - 21) Abouelhamd IMS, Kuga K, Mansuy T, Ito K: Respiratory retention of 35 toxicants from E-Cigarette gaseous emissions: Comprehensive numerical study, *Building and Environment*, 285, 113663 (2025)
  - 22) Inoue K, Hirabayashi Y, Azuma K: Detailed hazard assessment of ethylbenzene to establish an indoor air quality guideline in Japan, *Environmental Health and Preventive Medicine*, 30, 34 (2025)
  - 23) Watai K, Taniguchi M, Azuma K: The gut-brain-immune axis in environmental sensitivity illnesses: Microbiome-centered review of fibromyalgia syndrome, myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome, and multiple chemical sensitivity, *International Journal of Molecular Sciences*, 26, 9997 (2025)
  - 24) Oshima N, Uchiyama N, Sakai S: Comparison of helium-alternative carrier gases for thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry of official test methods for indoor air quality guidelines in Japan, *BPB Reports*, 9, 15-18 (2026)
- ## 2. 書籍
- 1) 酒井 信夫 (分担執筆) : 実例から学ぶレギュラトリーサイエンス, 環境化学物質 室内濃度指針値化学物質, 194-197 : 株式会社じほう (東京) (2025)
  - 2) 東 賢一 (分担執筆) : 事例で読み解く 環境汚染と健康リスク-大気汚染から気候変動, マイクロプラスチックまで-, 第1章 環境汚染と健康影響の基礎, 第4章 環境汚染の評価と対策, 第6章 予防原則, 朝倉書店(東京) (2025)
- ## 3. 学会発表
- 1) 田中礼子, 村木沙織, 田原麻衣子, 酒井信夫 : 「室内空气中化学物質の測定マニュアル(統合版)」の揮発性有機化合物の測定方法 第2法に示される捕集管の検証, 第33回環境化学討論会, 山形, 2025年7月
  - 2) 酒井信夫, 田原麻衣子 : 規制の最前線 シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会の新たなフェーズ, 室内環境学会 車室内環境分科会, 東京, 2025年8月
  - 3) 酒井信夫 : 室内空气中化学物質に関するレギュラトリーサイエンス研究, 名古屋市衛生研究所講演会 : 生活環境衛生分野のレギュラトリーサイエンス研究, 名古屋, 2025年9月
  - 4) Shinobu Sakai: Regulatory Science for Indoor Air Chemicals in Japan, 2025 Asian Indoor Environment Forum, Seoul, September (2025)
  - 5) 高木規峰野, 大嶋直浩, 酒井信夫, 内山奈穂子, 千葉真弘, 西堀祐司, 涌井玲, 大槻良子, 熊谷貴美代, 草原紀子, 大竹正芳, 角田徳子, 上村仁, 田中礼子, 高居久義, 三宅崇弘, 堀井裕子, 望月映希, 羽田好孝, 山本優子, 若山貴成, 和田拓樹, 吉田俊明, 古市裕子, 吉野共広, 伊達英代, 別役由香, 島田友梨, 出口雄也, 田崎盛也 : 令和6年度 室内空気環境汚染に関する全国実態調査, 第62回全国衛生化学技術協議会

- 年会, 群馬, 2025 年 11 月
- 6) 高木規峰野, 田原麻衣子, 酒井信夫: 3 種捕集法における放散化学物質のプロファイル比較—サンプリングバッグ法・超小形チャンバー法・直接脱離法—, 2025 年室内環境学会学術大会, 北九州, 2025 年 12 月
  - 7) 田原麻衣子, 村木沙織, 松本幸一郎, 吉富太一, 西以和貴, 千葉真弘, 市村天, 大貫文, 小澤敦揮, 若山貴成, 六鹿元雄, 高木規峰野, 酒井信夫: LC/MS を用いた室内空气中 SVOC の標準試験法の開発 (第 3 報), 2025 年室内環境学会学術大会, 北九州, 2025 年 12 月
  - 8) 吉富太一, 西以和貴, 田原麻衣子, 上村仁, 酒井信夫: 汎用型空気清浄機によるハウスダスト中ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の捕集法の検討, 2025 年室内環境学会学術大会, 北九州, 2025 年 12 月
  - 9) 小林葵々, 青木明, 岡本誉士典, 大嶋直浩, 田原麻衣子, 酒井信夫, 香川(田中)聡子, 神野透人: 室内空气中の総揮発性有機化合物(TVOC)構成成分のデータベース構築, 第 71 回日本薬学会東海支部総会・大会, 名古屋, 2025 年 7 月
  - 10) 金炫兌, 吳濟元, 田辺新一: 室内における有機フッ素化合物 (PFAs) の測定 その 1) 空気・ハウスダスト中 PFAS の濃度, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 九州, 2025 年 9 月
  - 11) Nguyen Dang Khoa, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Local and whole-body PBPK model to investigate the organ disposition concentration of di(2-Ethyhexyl)phthalate (DEHP) following inhalation exposure, COBEE 2025, Eindhoven, Netherland, 2025
  - 12) Islam Abouelhamd, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Spatiotemporal Concentration Distribution Profile of Odorants from the Indoor Environmental Scale to the Airway Microstructure, COBEE 2025, Eindhoven, Netherland, 2025
  - 13) Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Numerical risk assessment of first and second-hand exposure to group 1 hazardous chemicals generated by e-cigarette smoking using coupled CFD-PBPK model, COBEE 2025, Eindhoven, Netherland, 2025
  - 14) Yuichiro Suda, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Computational fluid-particle dynamics (CFPD) simulations to predict particle aspiration and deposition efficiencies in the monkey airway model, COBEE 2025, Eindhoven, Netherland, 2025
  - 15) Ryota Muta, Kazuhide Ito. Influence of heat sources on personal protection performance of biological safety cabinets, Healthy Buildings 2025 Europe, Iceland, Reykjavík, June 8th to 12th, 2025
  - 16) Onkangi R. Nyabonyi, Kazuki Kuga and Kazuhide Ito. In silico modelling of inhalation exposure to droplets and droplet nuclei in indoor environments as influenced by human close contact behavior, COMPSAFE 2025, Kobe,
  - 17) Hyun-Gyu Park, Eisaku Sumiyoshi, Hiroshi Harashima, Kazuki Kuga and Kazuhide Ito. The effect of metabolic heat generation on dermal exposure heterogeneity, COMPSAFE 2025, Kobe,
  - 18) Yuan Ni, Nguyen Dang Khoa, Kazuhide Ito. Computational Modeling and Deposition Analysis of Indoor Micro-plastics/Micro-fibers in the Realistic Human Respiratory System, COMPSAFE 2025, Kobe,
  - 19) Ruru Sakata, Kazuki Kuga and Kazuhide Ito. Numerical Investigation of Inhalation Exposure to Spherical and Nonspherical Particles Assuming Pollen in Semi-outdoor Environments, COMPSAFE 2025, Kobe,
  - 20) Alicia Murga, Tokiya Tanaka, Rahul Balel, Kazuhide Ito and Makoto Tsubokura. Linked

between-host and within-host modeling of viral exposure dynamics using high-performance computing, COMPSAFE 2025, Kobe,

- 21) Yuichiro Suda, Kazuki Kuga, Kunio Hashimoto, Kazuhide Ito. Comparative computational modeling of airborne particle transport in 2-year-old human and monkey airways for inhalation exposure assessment, ISHVAC 2025 Tokyo
- 22) Nguyen Dang Khoa, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Effects of turbulence modeling and mouth shape on respiratory droplet generation during coughing events, ISHVAC 2025 Tokyo
- 23) 東賢一:室内空気および大気中におけるホルムアルデヒドの健康影響について, 2025 年度日本環境変異原ゲノム学会公開シンポジウム, 川崎, 2025 年 6 月
- 24) 東賢一:室内環境学会の活動と室内環境汚染問題の解決に向けて, 第 4 回環境化学物質合同大会, 山形, 2025 年 7 月
- 25) 大嶋直浩, 内山奈穂子, 酒井信夫:室内空気濃度指針値設定物質の加熱脱離ガスクロマトグラフィー質量分析法におけるキャリアガスの比較, フォーラム 2025 衛生薬学・環境トキシコロジー, 名古屋, 2025 年 9 月
- 26) 鈴木優花, 廣田佳乃, 小川詩乃, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川(田中)聡子:衣料用柔軟仕上剤に含まれる香料成分によるヒト TRPA1 活性化の in silico 評価フォーラム, 2025 衛生薬学・環境トキシコロジー, 名古屋, 2025 年 9 月
- 27) 廣田佳乃, 鈴木優花, 小川詩乃, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川(田中)聡子:生活環境中の香り成分を対象としたヒト TRPA1 アンタゴニストの in silico 探索, フォーラム 2025 衛生薬学・環境トキシコロジー, 名古屋, 2025 年 9 月
- 28) 近藤杏樹, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川(田中)聡子:食品添加物・18 類

香料に指定されているラクトン類を対象としたヒト TRPA1 アンタゴニストの in silico 探索, フォーラム 2025 衛生薬学・環境トキシコロジー, 名古屋, 2025 年 9 月

- 29) 廣田佳乃, 石神明優, 酒井美聡, 小山夏朋, 鈴木優花, 小川詩乃, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川(田中)聡子:In silico アプローチによる香り成分を対象とした TRPA1 アンタゴニスト探索, 第 11 回 次世代を担う若手のためのレギュラトリーサイエンスフォーラム, 埼玉, 2025 年 9 月
- 30) 酒井美聡, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川(田中)聡子:In silico 解析による脂肪族及び芳香族アルコールを対象としたヒト TRPA1 アンタゴニスト探索, 日本薬学会第 146 年会, 大阪, 2026 年 3 月
- 31) 市川綾乃, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川(田中)聡子:ヒト TRPA1 を活性化または阻害する可能性のある芳香族アルデヒド類の in silico 探索, 日本薬学会第 146 年会, 大阪, 2025 年 3 月

## G. 知的財産権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

令和7年度 厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）  
分担研究報告書

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

室内空气中化学物質の標準試験法の整備

アルデヒド分析におけるオゾンスクラバーの効果および影響

研究分担者 酒井 信夫 国立医薬品食品衛生研究所 食品添加物部 室長  
研究協力者 千葉 真弘 北海道立衛生研究所 生活科学部 生活衛生グループ 主査  
市村 天 北海道立衛生研究所 生活科学部 生活衛生グループ 研究職員  
田原麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 室長

室内空气中におけるホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの試験法は、「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」に示されている。同試験法では、室内外においてオゾンの発生または存在が懸念される場合、オゾンスクラバーの使用が可能とされているが、その効果および測定値への影響については十分に明らかにされていない。そこで本研究では、ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの測定におけるオゾンスクラバーの効果および影響を明らかにすることを目的として、添加回収試験の実施条件について検討を行った。

その結果、添加試料の面積値がブランク面積値に対して低い場合には、回収率が低くなることが明らかとなった。特に、現行の実験条件において指針値の10分の1濃度を想定した添加回収試験では、ブランク面積値の影響が相対的に大きくなり、回収率が目標とする評価基準（70～130%）を満足しない場合が認められた。一方で、添加試料の面積値がブランク面積値の概ね3倍以上となる条件では、添加量に依らず回収率は評価基準を満足することが確認された。さらに、添加捕集管の前段に無添加の捕集管をブランク除去用として接続する手法を検討したところ、ブランク面積値の低減に伴い回収率は改善し、指針値の10分の1濃度を想定した条件においても評価基準を満足した。

以上の結果から、低濃度域における添加回収試験ではブランクの影響が支配的であり、これを低減する前処理の導入が有効であることが示唆された。今後は、除去用捕集管を用いた手法を含めた試験条件の最適化を進めるとともに、オゾンスクラバーの効果および測定値への影響について体系的に検証する予定である。

## A. 目的

室内空気中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの標準的測定方法は、「室内空気中化学物質の測定マニュアル(統合版)」<sup>1)</sup>(以下、公定法)として厚生労働省より示されている。公定法では、2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン(DNPH)を担持した捕集剤を用い、両物質をDNPH誘導体として定量する方法が採用されている。

一方、生成したDNPH誘導体は、空気中のオゾンにより分解されることが知られており、この影響を低減するためにオゾンスクラバーの使用が認められている。しかしながら、オゾンスクラバーの使用が測定結果に与える影響や、その効果の程度については十分に明らかになっていない。

そこで本研究では、種々の条件における添加回収試験を実施し、その結果に基づいてオゾンスクラバーの効果および測定への影響を明らかにすることを目的とした。まず、評価に先立ち実験条件を確立するための添加回収試験を行ったため、本報ではその結果について報告する。

## B. 研究方法

### B1. 試薬及び器具

アセトニトリルは関東化学製(LC/MS用)を使用した。ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドは、DNPH誘導体化された混合標準液(富士フイルム和光純薬製、2種アルデヒド-DNPH混合標準液、100 µg/mL)を使用した。捕集管には、ジーエルサイエンス製 DNPH 含浸捕集管(InertSep mini AERO DNPH)を使用した。

### B2. 分析装置とその他の使用機器

液体クロマトグラフ(HPLC)は島津製作所製 Prominence を、ガスクロマトグラフ-水素炎イオン化検出器(GC-FID)は同社製 GC-2014 を用いた。各装置の詳細な分析条件は Table 1 に示す。溶離液調製に用いる超純水は、アドバンテック東洋製超純水製造装置(RFD270NC)により作製した。通気には、ガステック製 GSP-400FT(1 L/min)

およびジーエルサイエンス製 SP208-100 Dual, SP209-100 Dual (各 100 mL/min)を使用した。

### B3. 通気場所の選定と添加回収試験

通気場所の選定は、公定法における「最大濃度推定法」<sup>1)</sup>に準拠して実施した。すなわち、捕集管に通気後、アセトニトリルで溶出し、HPLCにより測定したホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの DNPH 誘導体の面積値が最も低い地点を通気場所として選定した。

添加回収試験は、鍵らの報告<sup>2)</sup>を参考に行った。添加捕集管は、捕集管の吸気部に DNPH 混合標準液を添加し、ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの添加量がそれぞれ 500, 750, 1,000 ng および 5,000 ng となるよう調製した。その後、室内空気を 100 mL/min で 24 時間(総通気量 144 L)通気した。これらの添加量は、それぞれ 3.47, 5.21, 6.94 および 34.7 µg/m<sup>3</sup>に相当する。

通気後、捕集管からアセトニトリル 5 mL で溶出し、溶出液は全量を 5 mL に調製した後、HPLCにより DNPH 誘導体の面積値を測定した。回収率は当該面積値に基づき算出した。回収率の評価は、水道水質の妥当性評価ガイドライン(有機物)<sup>3)</sup>を参考とし、70~130%を評価基準とした。

## C. 研究結果および考察

### C1. 通気場所の選定

はじめに、添加捕集管を作製するための通気場所の選定を行った。地点 A~D の 4 地点において室内空気を採取し(各 1 併行)、ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの DNPH 誘導体の面積値を比較した。その結果、両物質の面積値が相対的に低い地点を通気場所として選定した(Table 2)。

ホルムアルデヒド DNPH 誘導体の面積値は実験室 D で最少となり、アセトアルデヒド DNPH 誘導体の面積値は実験室 A が最小であった。一方、実験室 D におけるアセトアルデヒド DNPH 誘導体の面積値は実験室 A と同程度であったことから、

総合的に判断し、添加捕集管の作製は実験室 D で実施することとした。

なお、本実験で得られたクロマトグラフにおいて、アセトアルデヒド DNPH 誘導体ピークの直前に未知ピークが確認された (Fig. 1)。アセトアルデヒドは DNPH による誘導体化により *syn* 体および *anti* 体の 2 種類の異性体を生成することが知られており、岡本ら<sup>4)</sup>は HPLC 分析条件によりこれらが分離して検出されることを報告している。そこで、本ピークが異性体由来する可能性について検討を行った。

DNPH 混合標準液を GC-FID および HPLC で測定したところ、GC-FID ではアセトアルデヒド DNPH 誘導体由来するピークが 2 本確認され、標準液中に 2 種類の異性体が含まれていることが確認された (Fig. 2a)。一方、HPLC 測定では、ピークは 1 本として検出されたことから、本研究で用いた HPLC 分析条件においては、これら異性体は単一ピークとして検出されるものと判断した (Fig. 2b)。

以上の結果を踏まえ、以降の添加回収試験は当該 HPLC 条件下で実施することとした。

## C2. 添加回収試験

はじめに、予備検討として添加量 750 ng (144 L 通気で 5.21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  相当) における添加回収試験を実施した (1 併行, Table 3)。その結果、アセトアルデヒドの回収率は 78.9% と評価基準を満足した。一方、ホルムアルデヒドの回収率は 57.8% と基準を下回った。添加試料の面積値は、ブランク面積値に対してホルムアルデヒドで 0.37 倍、アセトアルデヒドで 0.76 倍であった。

一方、指針値相当量に近い 5,000 ng (34.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  相当) を添加した場合、ホルムアルデヒドの回収率は 79.2~85.7%、アセトアルデヒドは 84.7~91.1% となり、いずれも評価基準 (70~130%) を満足した (1 併行×3 日, Table 4)。このとき、添加試料の面積値はブランク面積値に対してホルムアルデヒドで 2.2~2.6 倍、アセトアルデヒドで 3.4

~5.0 倍であった。

次に、指針値の約 10 分の 1 濃度に相当する条件で検討を行った。ホルムアルデヒドは 750 ng から 1,000 ng (6.94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  相当) へ添加量を増量し、アセトアルデヒドは 750 ng から 500 ng (3.47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  相当) へ減量して、それぞれ 3 併行で試験を実施した。その結果、ホルムアルデヒドの回収率は 60.1~70.8%、アセトアルデヒドは 54.0~83.2% であり、一部条件で評価基準を満たさなかった (Table 5)。このとき、添加試料の面積値は、ブランク面積値に対してホルムアルデヒドで 0.60~0.71 倍、アセトアルデヒドで 0.39~0.60 倍であった。

鍵ら<sup>2)</sup>は、ブランク面積値が大きい場合、低添加試料では回収率が低下することを報告している。本研究においても同様に、低濃度条件ではブランクの寄与が相対的に大きく、添加試料の面積値がブランク面積値を下回る場合に回収率が低下する傾向が確認された。一方、高濃度条件では添加試料の面積値がブランクに対して十分に大きくなるため、回収率が改善したと考えられる。

そこで、これまでに得られた添加回収試験データについて、添加試料の面積値に対するブランク面積値の比と回収率との関係を整理した。その結果、添加試料の面積値がブランク面積値の概ね 3 倍以上となる条件では、回収率が評価基準 (70~130%) を満足することが示された (Fig. 3)。

さらに、通気時に添加捕集管の前段へ無添加の捕集管をブランク除去用として接続し、その効果を検証した。500 ng 添加 (3 併行) において、未接続条件では、ホルムアルデヒドの回収率は 67.6~74.8%、アセトアルデヒドは 73.3~82.4% であったのに対し、接続条件ではそれぞれ 79.8~81.6% および 77.8~81.2% となり、いずれも評価基準を満足した (Table 6)。これは、ブランク除去用捕集管の導入によりブランク面積値が低減し、添加試料の面積値に対する相対値が増大したこと (ホルムアルデヒドで 14 倍、アセトアルデヒドではブランクが検出限界未満) によるものと考えられた。

以上より、低濃度域における添加回収試験ではブランクの影響が支配的であり、ブランク低減処理の導入が回収率改善に有効であることが示された。今後は、除去用捕集管の連結等による実験条件の最適化を図るとともに、オゾンスクラバーおよびオゾンの影響について詳細に検討する予定である。

#### D. 結論

本研究では、ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの測定におけるオゾンスクラバーの効果および影響の評価に先立ち、添加回収試験を通じた実験条件の確立を行った。

その結果、添加試料の面積値がブランク面積値に対して相対的に小さい場合には回収率が低下することが明らかとなり、特に指針値の10分の1程度の濃度域では、ブランクの寄与により回収率が評価基準(70~130%)を満たさない場合があることが示された。一方、添加試料の面積値がブランク面積値の概ね3倍以上となる条件では、回収率は安定して評価基準を満足した。

また、添加捕集管の前段に無添加の捕集管をブランク除去用として接続することにより、ブランクの影響が低減され、低濃度条件においても良好な回収率が得られることが確認された。

以上より、低濃度域における添加回収試験ではブランクの影響が支配的であり、その低減が測定精度確保の鍵となることが示された。今後は、除去用捕集管の適用条件の最適化を進めるとともに、オゾンスクラバーおよびオゾンの影響について体系的に検討する予定である。

#### 【引用文献】

- 1) 厚生労働省医薬局医薬品審査管理課長通知医薬審発0117第4号、室内空气中化学物質の測定マニュアル(統合版)について(令和7年1月17日)
- 2) 鍵直樹, 池田耕一, 柳宇, 長谷川あゆみ, 日本建築学会技術報告書, 15(29), 163-166 (2009)

- 3) 厚生労働省健康局水道課長通知 健水発 0906 第1号, 水道水質検査方法の妥当性評価ガイドラインについて(平成24年9月6日), 別添 水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン
- 4) 岡本誓志, 坂元宏成, 千葉県環境保健研究所年報, 23, 69-73 (2016)

#### E. 健康危機情報

なし

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 書籍等刊行物

- 1) 酒井信夫: 環境化学物質 室内濃度指針値, 実例から学ぶレギュラトリーサイエンス, レギュラトリーサイエンス研究会, 194-197: 株式会社じほう (2025)

##### 3. 学会発表

- 1) 酒井信夫, 田原麻衣子: 規制の最前線 シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会の新たなフェーズ, 室内環境学会 車室内環境分科会, 東京, 2025年8月
- 2) 酒井信夫: 室内空气中化学物質に関するレギュラトリーサイエンス研究, 名古屋市衛生研究所講演会: 生活環境衛生分野のレギュラトリーサイエンス研究, 名古屋, 2025年9月
- 3) Shinobu Sakai: Regulatory Science for Indoor Air Chemicals in Japan, 2025 Asian Indoor Environment Forum, Seoul, September (2025)
- 4) 高木規峰野, 大嶋直浩, 酒井信夫, 内山奈穂子, 千葉真弘, 西堀祐司, 涌井玲, 大槻良子, 熊谷貴美代, 草原紀子, 大竹正芳, 角田徳子, 上村仁, 田中礼子, 高居久義, 三宅崇弘, 堀井裕子, 望月映希, 羽田好孝, 山本優子, 若山貴成, 和田拓樹, 吉田俊明, 古市裕子, 吉野共広, 伊達

英代, 別役由香, 島田友梨, 出口雄也, 田崎盛也: 令和6年度 室内空気環境汚染に関する全国実態調査, 第62回全国衛生化学技術協議会年会, 群馬, 2025年11月

## G. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

Table 1 HPLC 及び GC-FID の分析条件

a) HPLC

HPLC	島津製作所製 Prominence
分離カラム	GLサイエンス製 Inertsil ODS-P (4.6 × 250 mm、5 μm)
移動相	A : 水 B : アセトニトリル (0 - 14.0 min) A : 40%、B : 60% (14.0 - 27.0 min) A : 40% → 20%、B : 60% → 80% (27.0 - 30.0 min) B : 100% (30.0 - 50.0 min) A : 40% B : 60%
流速	1 mL/min
カラムオーブン温度	40°C
検出器光源	D <sub>2</sub>
検出波長	360 nm
試料注入量	10 μL

b) GC-FID

GC-FID	島津製作所製 GC-2014
分離カラム	Agilent製 DB-1 (0.25 mm × 30 m, 0.25 μm)
昇温条件	50°C (5 min) — 10°C/min — 250°C (10 min)
注入口温度	250°C
注入モード	スプリット
キャリアガス	ヘリウム (21.5 cm/sec)
スプリット比	1:30
注入量	1 μL
検出器	FID
検出器温度	250°C

Table 2 各実験室におけるホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド DNPH 誘導体の面積値

	面積値			
	実験室A	実験室B	実験室C	実験室D
ホルムアルデヒド	21488	42348	32443	16389
アセトアルデヒド	6073	11963	10136	6076
空気採取量(L)	29.98	29.98	29.95	29.93

**Table 3 予備実験における DNPH 誘導体の面積値と回収率**

	面積値		回収率 (%)
	ブランク	添加	
ホルムアルデヒド	88664	33052	57.8
アセトアルデヒド	45161	34218	78.9

**Table 4 添加量 5,000 ng における DNPH 誘導体の面積値と回収率**

	1回目			2回目			3回目		
	面積値		回収率 (%)	面積値		回収率 (%)	面積値		回収率 (%)
	ブランク	添加		ブランク	添加		ブランク	添加	
ホルムアルデヒド	128521	339346	85.7	140636	307514	79.2	126188	316202	81.1
アセトアルデヒド	55231	274411	91.1	74054	252776	86.0	58334	250764	84.7

**Table 5 指針値の約 10 分の 1 相当を想定した添加量における DNPH 誘導体の面積値と回収率**

	面積値				回収率 (%)			
	ブランク	1	2	3	1	2	3	平均
ホルムアルデヒド	80176	56723	48102	53770	70.8	60.1	67.2	66.0
アセトアルデヒド	42185	25211	16369	22321	83.2	54.0	73.7	70.3

ホルムアルデヒド添加量：1000 ng (6.94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 相当)

アセトアルデヒド添加量：500 ng (3.47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 相当)

**Table 6 除去用捕集管の有無による DNPH 誘導体の面積値と回収率 (添加量：各 500 ng)**

a) 除去用捕集管無し

	面積値				回収率 (%)			
	ブランク	1	2	3	1	2	3	平均
ホルムアルデヒド	29941	27315	30209	27763	67.6	74.8	68.7	70.4
アセトアルデヒド	25575	22532	25321	24124	73.3	82.4	78.5	78.1

b) 除去用捕集管有り

	面積値				回収率 (%)			
	ブランク	1	2	3	1	2	3	平均
ホルムアルデヒド	2335	32217	32964	32304	79.8	81.6	80.0	80.5
アセトアルデヒド	0	23989	24948	23894	78.1	81.2	77.8	79.0

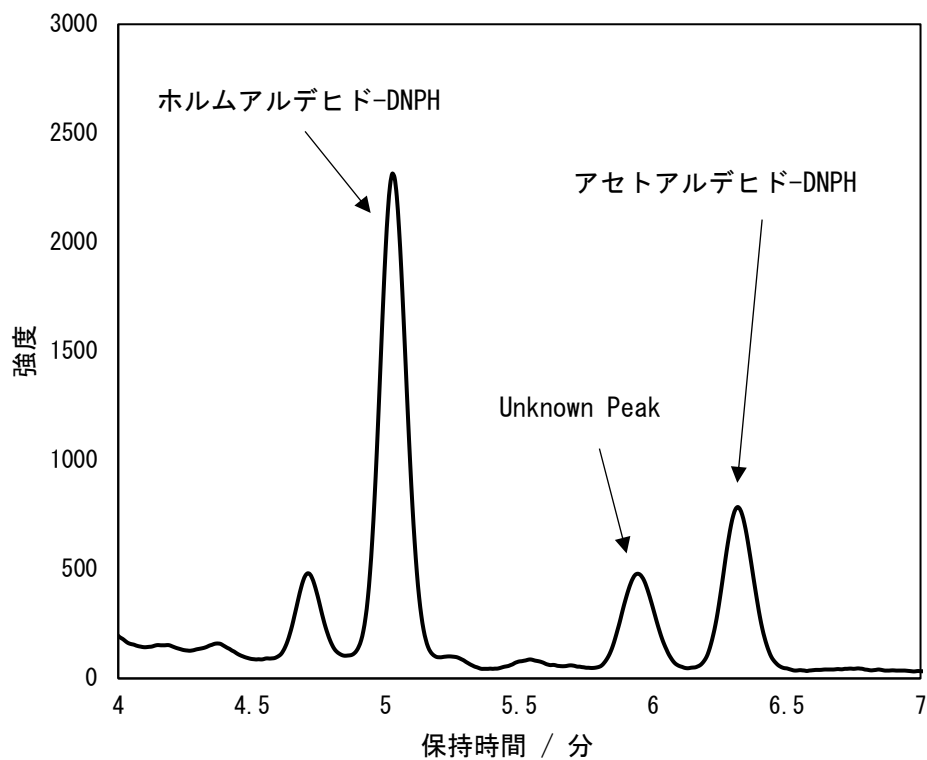


Fig.1 実験室 D における室内空気のカロマトグラム

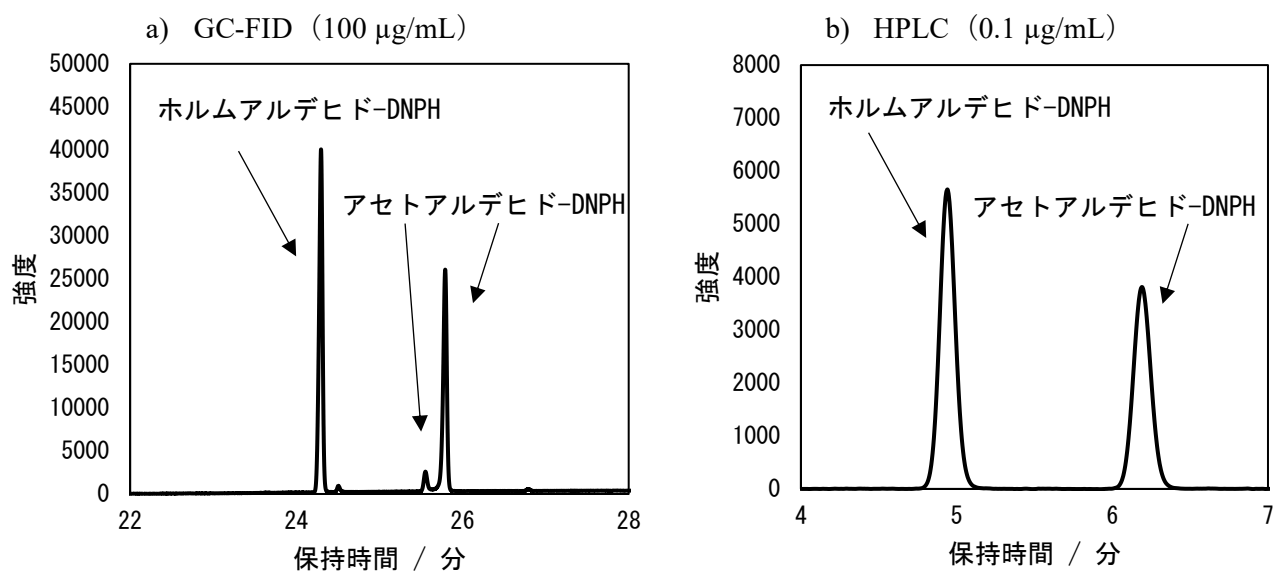


Fig.2 標準液のカロマトグラム

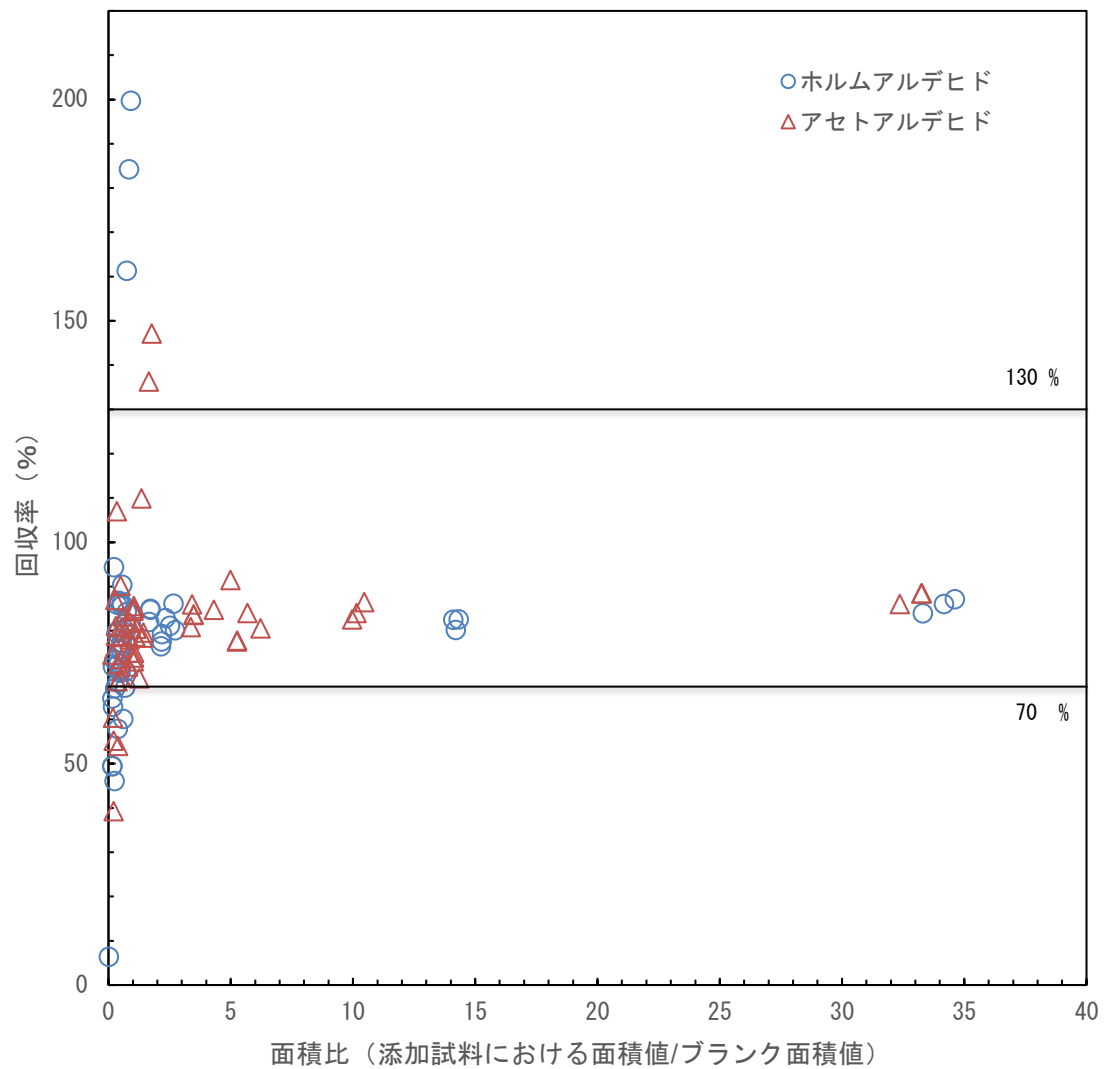


Fig.3 添加試料における面積値に対するblank面積値の比と回収率の関係

令和7年度 厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）  
分担研究報告書

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

室内空气中化学物質の標準試験法の整備

加熱脱離-GC/MS法を用いたグリコールエーテル・エステル類  
45物質の一斉分析法の検討

研究分担者 酒井 信夫 国立医薬品食品衛生研究所 食品添加物部 室長  
研究協力者 大貫 文 東京都健康安全研究センター 薬事環境科学部 主任研究員  
角田 徳子 東京都健康安全研究センター 薬事環境科学部 主任  
田原麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 室長

グリコールエーテル・エステル類は、生殖毒性や造血系等への影響、ならびに呼吸器刺激性を有することが報告されている。ドイツ連邦環境庁ではこれらのうち14物質について室内空気質ガイドラインが設定されており、日本においてもTVOC測定に際して一部物質の個別同定が推奨されている。

そこで本研究では、TVOC測定法として広く用いられている固相吸着-加熱脱離-GC/MS法を適用し、グリコールエーテル・エステル類45物質の一斉分析法の確立を目的として検討を行った。分析カラムとして、無極性カラムおよび中極性カラムを用いて比較検討を行った結果、いずれの条件においても一部物質については分離が不十分であり、定量に課題が認められた。また、物質間でも検出感度に差が認められた。一方で、多くの対象物質については良好な直線性および添加回収率が得られ、本手法による一斉分析の適用可能性が示された。

以上の結果から、カラム選択や分析条件の最適化により、グリコールエーテル・エステル類の網羅的評価手法としての実用化が期待される。

## A. 目的

グリコールエーテル・エステル類については、47物質を対象とした有害性評価が実施されており、一部の物質において生殖毒性、造血系への影響および呼吸器刺激性が報告されている<sup>1)</sup>。これを踏まえ、ドイツ連邦環境庁は有害性が認められた14物質および毒性データが不十分な物質につ

いて、室内空気質ガイドラインにおける指針値を設定している。

一方、日本においてはこれら個別物質の室内空气中濃度に関する指針値は設定されていないが、総揮発性有機化合物(TVOC)の構成成分として、グリコール類およびグリコールエーテル類の一部(4物質)について個別同定が推奨されている<sup>2)</sup>。

これらの測定法としては、固相吸着-溶媒抽出-GC/MS 法<sup>3)</sup>および固相吸着-加熱脱離 (TD) -GC/MS 法が知られており、厚生労働省が定める TVOC の標準測定法は TD-GC/MS 法が採用されている。

そこで本研究では、ドイツ連邦環境庁がガイドラインを設定した 14 物質および日本で個別同定が推奨されている 4 物質を含む、グリコールエーテル・エステル類等計 45 物質を対象として、TD-GC/MS 法による一斉分析法の確立を目的とし、その分析特性について検討を行った。

## B. 方法

### 1) 測定対象物質

測定対象とした 45 物質を表 1 に示す (No. 20 は欠番)。このうち、厚生労働省により個別同定が推奨されている 4 物質は No. 1, No. 14, No. 18 および No. 19 であり、ドイツの室内空気質ガイドラインが設定されている 14 物質は No. 2-7, No. 9-12, No. 14, No. 16, No. 17 および No. 19 である。

### 2) TD-GC/MS 分析条件の検討

捕集管には Tenax TA を充填したガラス製加熱脱離用チューブを用いた。混合標準液はメタノールで希釈し、捕集管に添加した後、TD-GC/MS 法により分析した。TD 条件および GC/MS 条件はそれぞれ表 2 および表 3 に示す。GC 条件の検討には TD 条件 1 を、TD 条件の検討には GC 条件 1 を用いた。

なお、No. 33 および No. 34 はメタノール中でメチル化の可能性があるため、アセトニトリルで希釈し、他の 43 物質とは別系統として取り扱った。内部標準物質はトルエン-*d*<sub>8</sub>を用いた。

### 3) 検量線

検量線用捕集管は、各標準物質を 2~400 ng の範囲で添加した後、乾燥空気を約 1 分間 (100 mL/min) で通気して作製した。TD 条件 1 および

GC 条件 1 で分析し、内標比の平均値 (n=2) を用いて検量線を作成した。

なお、分離定量が困難であった No. 1, No. 26, No. 39, No. 40 および No. 46 については、個別に標準液を添加し、検量線を作成した (n=1)。

### 4) 添加回収試験

捕集管に各標準物質を 100 ng 添加し、実験室内空気を通気した後、TD 条件 1 および GC 条件 1 で分析し、回収率を算出した。通気時には、添加捕集管の前段に未添加の捕集管を接続し、室内空気由来成分の影響を低減した。通気量は TVOC 測定法に準拠し、約 3 L (0.5 L/min で 60 分) とした。

回収率の評価は、添加無通気試料に対する平均回収率 (n=3) が 70~130%、かつ併行精度が 20% 以下である場合を良好と判断した。

### 5) 室内空気中 VOC による影響

室内空気中に存在する VOC 類との分離性を確認するため、測定対象物質および VOC 標準物質を捕集管に添加し、TD 条件 1 および GC 条件 1 で分析した。VOC 標準液には、厚生労働省が室内濃度指針値を設定している VOC6 物質を含む Indoor Air Standard (50 成分、シグマアルドリッチ製) を用いた。

## C. 結果および考察

### 1) GC 条件の検討

GC 条件 1 および 2 による GC/MS クロマトグラム (TIC) を図 1 a および図 1 b に示し、定量用イオンおよび確認用イオンを表 1 に示す。また、複数のピークが検出された 8 物質 (No. 18, No. 19, No. 39, No. 40, No. 41, No. 42, No. 44 および No. 46) については、SIM クロマトグラムを図 2 に示した。定量解析において、ピークを分割して積分した場合には枝番を、分割せず一括積分した場合には括弧内にピーク数を記載した。なお、図中の赤字は GC 条件 1、青字は GC 条件 2、黒字は両条件共通の積分手法を示す。さらに、図 1

における No. 33m および No. 34m は、No. 33 および No. 34 の水酸基がメチル化された生成物であり、希釈溶媒であるメタノールによるメチル化反応に起因すると推定された (図 3)。

GC 条件 1 (図 1 a) では約 50 本のピークが検出され、一部の物質で溶出時間の重なりが認められたが、多くの物質については表 1 に示す定量用イオン ( $m/z$ ) を用いることで分離定量が可能であった。しかし、No. 1 および No. 26 については、近接ピークとの分離が不十分であり、定量精度の低下が懸念された。また、溶出時間 23.4~24.2 分に検出された No. 39, No. 40 および No. 46-3~7 については特異的な定量イオンが得られず、個別定量が困難であった。

これら 3 物質について、共通イオン ( $m/z=59$ ) を用いた合算定量の可能性を検討した。各物質を個別に添加し、該当保持時間領域の面積値から内標比を比較したところ、内標比は物質間で 2~10 倍以上の差を示した。このことから、単一標準物質を用いた合算定量では、濃度誤差が大きくなると判断された。

次に、分析カラムを無極性から中極性に変更した GC 条件 2 (図 1 b) で検討したところ、No. 1, No. 39 および No. 40-2 については分離定量が可能となった。一方、No. 26 および No. 46 については依然として近接ピークとの分離が不十分であり、カラム極性の変更によっても定量は困難であった。

なお、個別同定が推奨されている 4 物質およびドイツの室内空気質ガイドライン対象 14 物質 (計 16 物質) については、GC 条件 1 では No. 1 が No. 36 と近接するものの概ね定量可能であった。GC 条件 2 では No. 2, No. 10 および No. 17 がそれぞれ No. 24, No. 38 および No. 15 と分離不十分であったが、他の 13 物質は定量可能であった。

以上の結果から、対象物質全体としての分離性および定量適用性を総合的に評価し、以降の検討には GC 条件 1 を採用することとした。

## 2) TD 条件の検討

測定対象物質には、プロピレングリコール (No. 13) や各種ジオール (No. 25, No. 26 および No. 31) など、加熱に伴う熱分解が懸念される物質が含まれている。そこで、脱着温度を低下させ、脱着時間を短縮した TD 条件 2 を設定し、標準条件である TD 条件 1 との比較を行った。

各物質を 100 ng および 300 ng 添加した捕集管を用い、TD 条件 1 または TD 条件 2 で分析した。得られた内標比から、TD 条件 1 に対する TD 条件 2 の比を算出し、その値が 70~130% の範囲内である場合を良好と評価した。

その結果、いずれの濃度においても 130% を超える物質は認められず、TD 条件 1 における高温脱着による顕著な熱分解の影響は小さいと考えられた。一方で、70% 未満となる物質が複数確認され、特に No. 31 (テトラエチレングリコール) は 40% 未満と著しく低い値を示した。

No. 31 は分子量が大きく揮発性が低い物質であることから、低温条件では十分な脱着が行われず、回収効率が低下したものと考えられる。すなわち、本検討においては熱分解よりも脱着効率の影響が支配的であることが示唆された。

以降の結果から、対象物質の網羅的分析においては高温条件による脱着効率の確保が重要であると判断し、以降の検討には TD 条件 1 を採用することとした。

## 3) 検量線

検量線を図 4 に示す。各物質の枝番および括弧内の数値は図 2 に準じ、検量線の最低濃度を定量下限値とした。

45 物質のうち 24 物質は 10 ng 以下 (2, 5 および 10 ng) から 400 ng の範囲で良好な直線性 ( $R^2 > 0.995$ ) が得られた。一方、複数の物質において直線性および検出感度が低く、特に No. 26 および No. 31 では定量下限値が 100 ng と高くなった。また、No. 31 では直線性が低く ( $R^2 = 0.887$ )、定量精度に課題が認められた。

#### 4) 添加回収試験

実験室内空気(室温 22.1°C, 相対湿度 53%)を  
通気して添加回収試験を行った結果, 45 物質のうち  
43 物質については回収率および併行精度が評価  
基準を満足した。一方, No. 26 および No. 31 は  
回収率が約 200%と高値を示した。

これらの結果は, 通気(パージ)操作による影響  
の可能性が考えられたため, 当該2物質について  
は, 検量線用捕集管の作成条件を再検討した。な  
お, 分離定量が困難であった No. 39, No. 40 およ  
び No. 46-3~7 については, 共通イオン( $m/z=59$ )  
の面積値を合算し, 添加無通気試料に対する割合  
から回収率を算出した。

#### 5) TEG および 4EG の検量線および添加回収試験

検出感度が低く, かつ回収率が高値を示した No.  
26 (TEG) および No. 31 (4EG) について, 検量  
線用捕集管作成時のパージ条件を検討した。乾燥  
空気の通気時間を 1 分, 2 分および 5 分とし内標  
比を比較した結果, 1 分に比べて 2 分以上では両  
物質の内標比が増加することが確認された。

この結果を踏まえ, 通気時間を 2 分に設定して  
検量線を再作成し, 添加回収試験を実施した。200  
ng 添加後, 実験室内空気(室温 21.9°C, 相対湿度  
51%)を約 3 L 通気した結果, No. 26 では回収率  
89%, 併行精度は 19%と改善が認められた。一方,  
No. 31 では回収率 91%であったものの, 併行精度  
は 61%とばらつきが大きかった。

また, 検量線についても測定回ごとに傾きの変  
動が認められ, 定量下限値が 200 ng に上昇するな  
ど, 定量の安定性に課題が残った(図 5)。以上よ  
り, No. 26 および No. 31 については, 本研究で用  
いた TD 条件 1 および GC 条件 1 の組み合わせで  
は安定した定量が困難である可能性が示唆された。

#### 6) 室内空気中 VOC による影響

各物質を 100 ng 添加して分析した結果, No. 46-  
6 についてはトリデカンと溶出時間が重なり, 定

量妨害が生じることが確認された。この場合, ト  
リデカンは  $m/z=59$  をほとんど有しないことから,  
定量イオンを  $m/z=59$  に変更することで影響を回  
避可能と考えられた。

一方, その他の物質については, 室内空気中  
VOC による顕著な定量妨害は認められなかった。

#### D. 結論

本件研究では, グリコールエーテル・エステル  
類等計 45 物質を対象として, TD-GC/MS 法によ  
る一斉分析の適用性を検討した。その結果, 一部  
の物質を除き, 本手法により分離定量が可能であ  
ることが確認された。

一方で, 分離可能な物質であっても, カルボキ  
シル基を有する物質のように希釈溶媒の影響を受  
けて化学変化を生じるものや, トリエチレングリ  
コールおよびテトラエチレングリコールのように  
定量精度および再現性に課題を有する物質が存在  
することが明らかとなった。これらの物質につい  
ては, 前処理条件や分析条件の最適化, あるいは  
別法の適用を含めた追加検討が必要である。

なお, 本研究で検討した条件においては, 室内  
空気中の VOC による定量妨害は認められず,  
TVOC 測定と併せた同時分析への適用可能性が示  
唆された。

#### 【引用文献】

- 1) Mangelsdorf, I. *et al.*: Indoor air guide values for glycol ethers and glycol esters—A category approach, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219, 419–436 (2016)
- 2) 厚生労働省: 室内空気中化学物質の測定マニュアル(統合版), 2025 年 1 月 17 日 <https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/001376419.pdf>
- 3) The MAK Collection for Occupational Health and Safety 2019, Vol 4, No 1, 285-302 (2019)

#### E. 健康危機情報

なし

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Maiko Tahara, Aya Onuki, Tokuko Tsunoda, Shiori Oizumi, Masahiro Chiba, Shinobu Sakai, Yoshiaki Ikarashi: Applicability of carbon-based adsorption tubes for the analysis of VOC and phthalates in indoor air, Indoor Environment, 28, 7-16 (2025) in Japanese
- 2) Maiko Tahara, Masahiro Chiba, Shiori Oizumi, Aya Onuki, Ikue Saito, Reiko Tanaka, Takashi Yamanouchi, Shinobu Sakai: Validation study for establishing a standard test method for volatile organic compounds in indoor air in Japan using thermal desorption, BPB Reports, 8, 38-42 (2025)
- 3) Aya Onuki, Maiko Tahara, Shinobu Sakai, Mihono Takagi, Reiko Tanaka, Saori Muraki, Ikue Saito, Masahiro Chiba, Shiori Oizumi, Hiroyuki Ohno, Takanari Wakayama, Hideto Jinno: Validation study to establish a standard test method for phthalate in indoor air in Japan using thermal desorption, BPB Reports, 8, 138-142 (2025)

### 2. 書籍等刊行物

- 1) 酒井信夫：環境化学物質 室内濃度指針値，実例から学ぶレギュラトリーサイエンス，レギュラトリーサイエンス研究会，194-197：株式会社じほう(2025)

### 3. 学会発表

- 1) 田中礼子，村木沙織，田原麻衣子，酒井信夫：「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」の揮発性有機化合物の測定方法 第2法に示される捕集管の検証，第33回環境化学討論会，山形，2025年7月
- 2) 酒井信夫，田原麻衣子：規制の最前線 シック

ハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会の新たなフェーズ，室内環境学会 車室内環境分科会，東京，2025年8月

- 3) 酒井信夫：室内空气中化学物質に関するレギュラトリーサイエンス研究，名古屋市衛生研究所講演会：生活環境衛生分野のレギュラトリーサイエンス研究，名古屋，2025年9月
- 4) Shinobu Sakai: Regulatory Science for Indoor Air Chemicals in Japan, 2025 Asian Indoor Environment Forum, Seoul, September (2025)
- 5) 高木規峰野，大嶋直浩，酒井信夫，内山奈穂子，千葉真弘，西堀祐司，涌井玲，大槻良子，熊谷貴美代，草原紀子，大竹正芳，角田徳子，上村仁，田中礼子，高居久義，三宅崇弘，堀井裕子，望月映希，羽田好孝，山本優子，若山貴成，和田拓樹，吉田俊明，古市裕子，吉野共広，伊達英代，別役由香，島田友梨，出口雄也，田崎盛也：令和6年度室内空気環境汚染に関する全国実態調査，第62回全国衛生化学技術協議会年会，群馬，2025年11月
- 6) 高木規峰野，田原麻衣子，酒井信夫：3種捕集法における放散化学物質のプロファイル比較－サンプリングバッグ法・超小形チャンバー法・直接脱離法－，2025年室内環境学会学術大会，北九州，2025年12月
- 7) 田原麻衣子，村木沙織，松本幸一郎，吉富太一，西以和貴，千葉真弘，市村天，大貫文，小澤敦揮，若山貴成，六鹿元雄，高木規峰野，酒井信夫：LC/MSを用いた室内空气中SVOCの標準試験法の開発（第3報），2025年室内環境学会学術大会，北九州，2025年12月
- 8)

## G. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他 なし

表1 測定対象物質，定量イオンおよび確認イオン

No.	CAS.No.	物質名	略語	日本	ドイツ	分析カラム：Rtx-1		分析カラム：Rxi-624	
						定量イオン	確認イオン	定量イオン	確認イオン
1	24621-61-2	1,3-Butylene glycol	BG	○		57	72	43	45
2	109-86-4	Ethylene glycol methyl ether	EGME		○	45	76	47	76
3	110-80-5	Ethylene glycol ethyl ether	EGEE		○	59	72	59	72
4	111-15-9	Ethylene glycol ethyl ester	EGEEA		○	43	59	43	59
5	111-76-2	Ethylene glycol butyl ether	EGBE		○	57	87	57	45
6	112-07-2	Ethylene glycol butyl ester	EGnBEA		○	57	43	43	57
7	112-25-4	Ethylene glycol hexyl ether	EGHE		○	43	85	43	85
8	122-99-6	Ethylene glycol phenyl ether	EGPhE			94	138	94	138
9	111-77-3	Diethylene glycol methyl ether	DEGME		○	45	90	45	59
10	111-96-6	Diethylene glycol dimethyl ether	DEGDME		○	59	89	59	89
11	111-90-0	Diethylene glycol ethyl ether	DEGEE		○	72	89	45	59
12	112-34-5	Diethylene glycol butyl ether	DEGBE		○	57	45	45	57
13	57-55-6	Propylene glycol	PG			45	43	45	43
14	107-98-2	Propylene glycol methyl ether	2PG1ME	○	○	45	47	45	47
15	108-65-6	Propylene glycol Methyl ester	2PG1MEA			43	72	43	72
16	1569-02-4	Propylene glycol ethyl ether	2PG1EE		○	59	61	45	59
17	57018-52-7	Propylene glycol tert-butyl ether	2PG1tBE		○	57	59	57	59
18	25265-71-8	Dipropylene glycol	DPG	○		45,59	89,103	59,45	103,59
19	34590-94-8	Dipropylene glycol methyl ether	D1PG2ME	○	○	59,103	103,59,73	59	103,73
21	107-21-1	Ethylene glycol	EG			62	43	43	62
22	109-59-1	Ethylene glycol iso-propyl ether	EGiPE			43	45	43	45
23	110-49-6	Ethylene glycol methyl ester	EGMEA			58	73	43	45
24	110-71-4	Ethylene glycol dimethyl ester	EGDME			45	60	60	90
25	111-46-6	Diethylene glycol	DEG			76	75	45	75
26	112-27-6	Triethylene glycol	TEG			45	58	89	58
27	112-35-6	Triethylene glycol monomethyl ether	TEGME			45	59	45	59
28	112-36-7	Diethylene glycol diethyl ether	DEGDDE			45	72	45	72
29	112-49-2	Triethylene glycol diethyl ether	TEGDME			59	45	59	45
30	112-50-5	Triethylene glycol ethyl ether	TEGEE			45	59	89	59
31	112-60-7	Tetraethylene glycol	4EG			45	89	45	89
32	112-73-2	Diethylene glycol dibutyl ether	DEGDDBE			57	75	57	75
33	625-45-6	Acetic acid methyl ether	AAME			45	60	45	60
34	627-03-2	Acetic acid ethyl ether	AAEE			59	60	59	60
35	629-14-1	Ethylene glycol diethyl ether	EGDEE			59	74	59	74
36	1569-01-3	Propylene glycol propyl ether	2PG1PE			73	59	45	73
37	2807-30-9	Ethylene glycol propyl ether	EGPE			43	45	43	45
38	5131-66-8	Propylene glycol butyl ether	2PG1nBE			57	87	57	87
39	24800-44-0	Tripropylene glycol	TPG			59	103	59	103
40	25498-49-1	Tripropylene glycol methyl ether	T1PG2ME			59	117,73	59	103
41	29911-27-1	Dipropylene glycol propyl ether	D2PG1PE			59	103	59	103
42	29911-28-2	Dipropylene glycol butyl ether	D2PG1nBE			59	103	59,57	103
43	54839-24-6	Propylene glycol ethyl ester	2PG1EEA			43	59	43	59
44	55934-93-5	Tripropylene glycol butyl ether	T2PG1BE			59	117	59	117
45	70657-70-4	Propylene glycol methyl ester	1PG2MEA			59	43	59	43
46	132739-31-2	Dipropylene glycol tert-butyl ether	D2PG1tBE			59,57	57,103,101	57,59	103,101

No.20は欠番

日本：厚生労働省により個別同定が推奨されている4物質

ドイツ：室内空気質ガイドラインが設定されている14物質

表2 加熱脱離条件

	TD条件 1	TD条件 2
カラム流量	1mL/min	1mL/min
一次脱着温度	280℃	230℃
一次脱着時間	10分	5分
トラップ温度	2℃	2℃
二次脱着温度	280℃	230℃
二次脱着時間	20分	5分
バルブ温度	280℃	230℃
トランスファーライン温度	290℃	230℃
導入率	7.5%	8.0%

表3 GC/MS 条件

GC条件 1	
カラム	Rtx-1 (Restek製) 長さ60 m, 内径0.32 mm, 膜厚1 μm
昇温	40℃(5min) -10℃/min-300℃(2min)
GC条件 2	
カラム	Rxi-624 Sil MS (Restek製) 長さ60 m, 内径0.32 mm, 膜厚1.8 μm
昇温	40℃(5min) -5℃/min-250℃-20℃/min-280℃(6min)
MS条件	
イオン源温度	200℃
インターフェース温度	250℃
測定モード	SCAN (m/z=41-450)

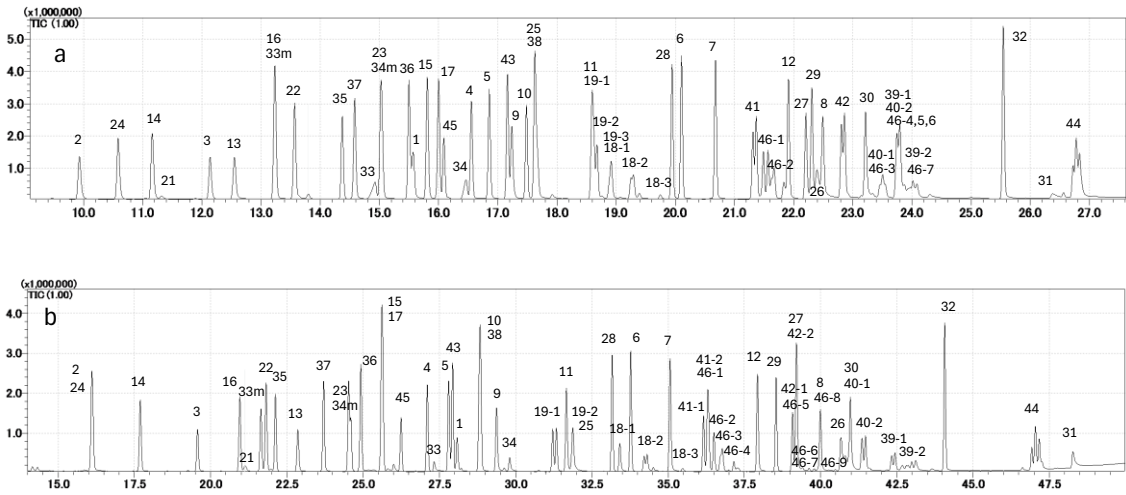


図1 グリコールエーテル・エステル類 45 物質の GC/MS クロマトグラム (TIC)  
 a : TD 条件1 および GC 条件1, b : TD 条件1 および GC 条件2, 枝番は図2 に示すとおり

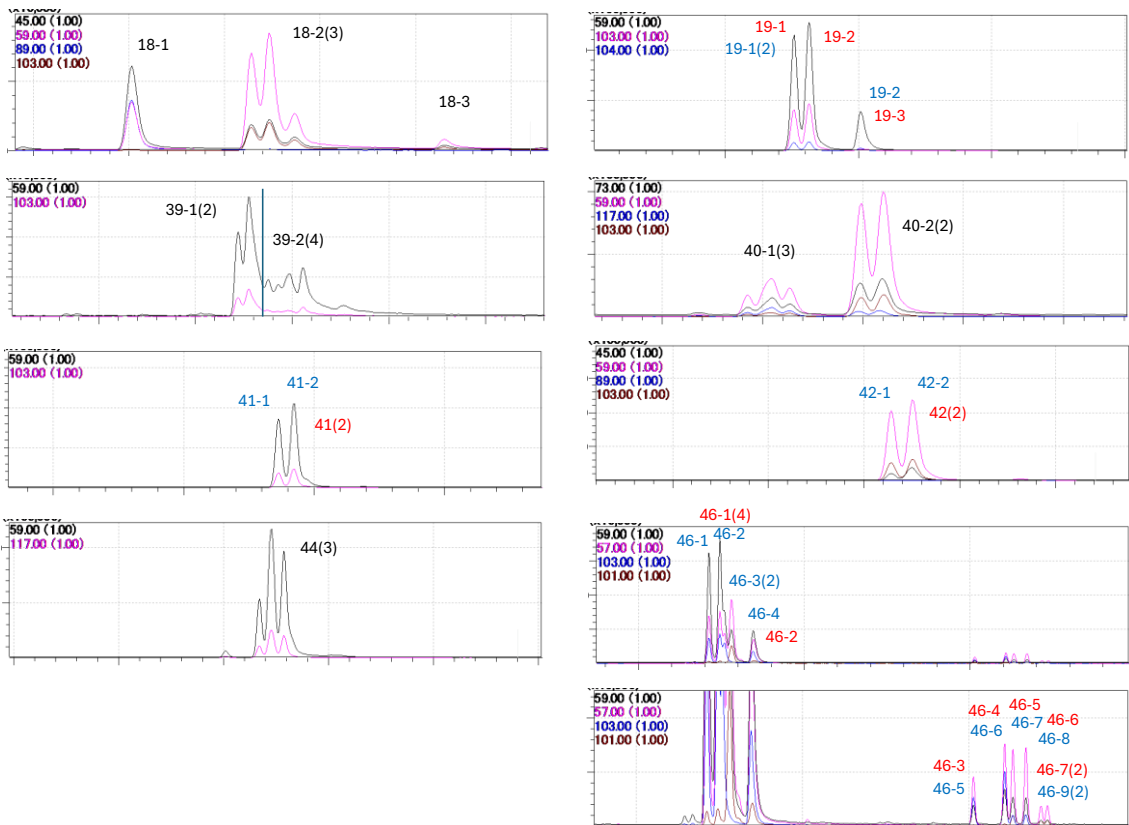


図2 複数のピークがみられた物質の GC/MS クロマトグラム (SIM)  
 枝番：ピークを分割して定量した物質，括弧内数字：分割せずにまとめて積分したピーク数，  
 赤字：GC 条件1，青字：GC 条件2，黒字：GC 条件1 および 2

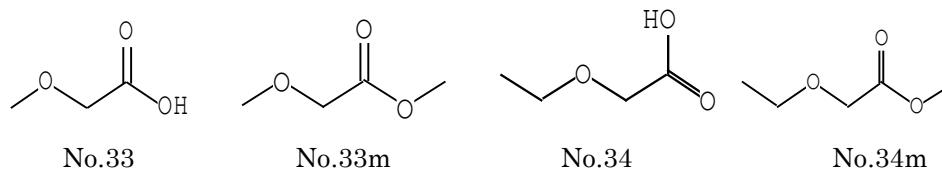


図3 No. 33, No. 34 および関連物質の構造式

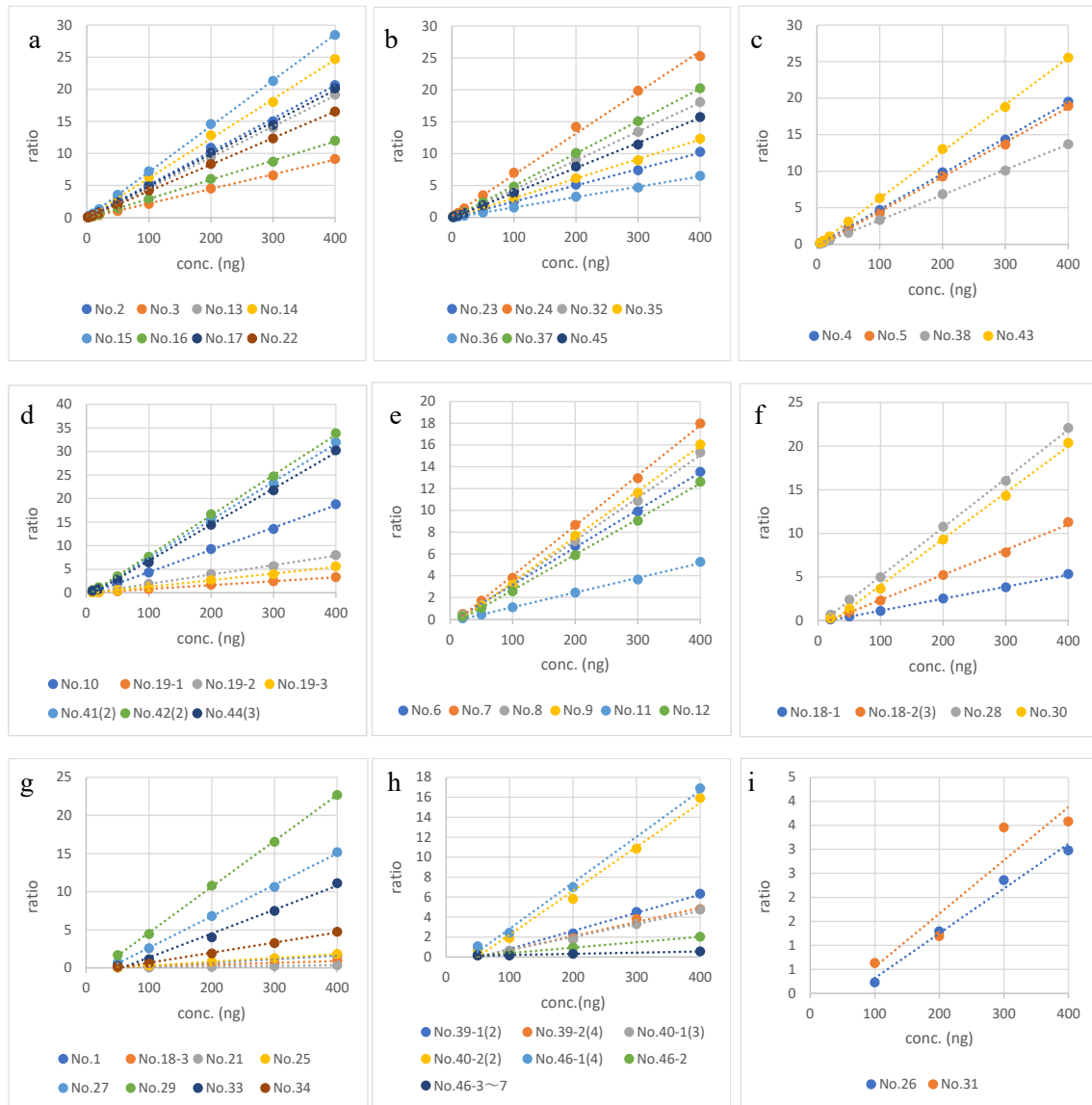


図4 GC条件1によるグリコールエーテル・エステル類45物質の検量線  
 検量線濃度範囲, a, b: 2~400 ng, c: 5~400 ng, d: 10~400 ng, e, f: 20~400 ng,  
 g, h: 50~400 ng, i: 100~400 ng

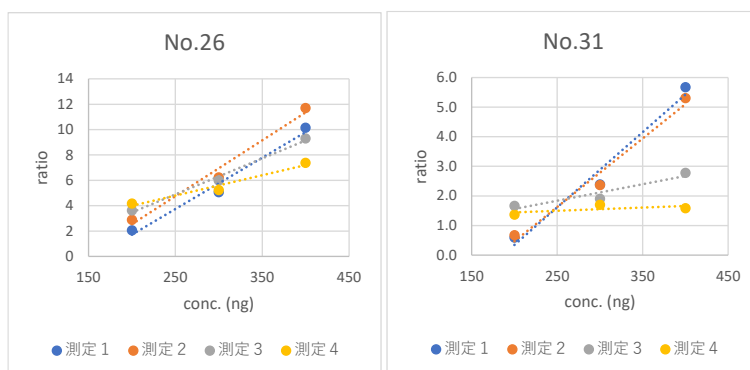


図5 トリエチレングリコールおよびテトラエチレングリコールの検量線  
 No. 26：トリエチレングリコール， No. 31：テトラエチレングリコール

令和7年度 厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）  
分担研究報告書

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

室内空气中化学物質の標準試験法の整備

固相吸着－溶媒抽出－液体クロマトグラフィー/質量分析法を用いた  
室内空气中 SVOC の標準試験法の開発

研究分担者	酒井 信夫	国立医薬品食品衛生研究所	食品添加物部	室長
研究協力者	村木 沙織	横浜市衛生研究所	理化学検査研究課	技術職員
	松本幸一郎	横浜市衛生研究所	理化学検査研究課	研究職員
	吉富 太一	神奈川県衛生研究所	理化学部	主任研究員
	西 以和貴	神奈川県衛生研究所	理化学部	主任研究員
	千葉 真弘	北海道立衛生研究所	生活科学部	生活衛生グループ 主査
	市村 天	北海道立衛生研究所	生活科学部	生活衛生グループ 研究職員
	大貫 文	東京都健康安全研究センター	薬事環境科学部	主任研究員
	小澤 敦揮	名古屋市衛生研究所	生活環境部	研究員
	若山 貴成	名古屋市衛生研究所	生活環境部	研究員
	六鹿 元雄	名古屋市衛生研究所	生活環境部	部長
	高木規峰野	国立医薬品食品衛生研究所	生活衛生化学部	研究補助員
	田原麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所	生活衛生化学部	室長

本研究は、室内濃度指針値が設定された準揮発性有機化合物（SVOC）を対象として、ヘリウムガスに依存しない分析法の確立を目的に、固相吸着－溶媒抽出－液体クロマトグラフィー/質量分析法（SE-LC/MS）を開発し、その妥当性評価を実施したものである。

近年、GC/MS におけるキャリアーガスとして広く用いられてきたヘリウムの供給逼迫を背景に、代替分析法の必要性が高まっている。本研究では、殺虫剤成分 3 種およびフタル酸エステル類を含む計 12 物質を対象とし、多機関共同による試験法の適用性を検証した。まず、妥当性評価試験に先立ち、配布試料の輸送および保管条件を想定した安定性試験および均一性試験を実施した。その結果、カートリッジ内における SVOC は冷蔵輸送および室温保管の条件下で約 1 週間安定に保持され、外部汚染も認められなかった。また、添加カートリッジはロット内およびロット間ともにばらつきが小さく、十分な均一性を有することが確認された。これらの条件を踏まえ、6 機関による妥当性評価試験を実施した結果、一部の外れ値を除外した場合、真度は 72.2～121%、併行精度（RSD<sub>r</sub>）は 0.064～16%、室間精度（RSD<sub>R</sub>）は 4.7～17%となり、設定した評価基準を

満足した。外れ値については、破過やマトリックス効果等の影響が示唆され、分析条件の違いによる影響も確認された。以上より、本手法は適切な条件下において良好な真度および再現性を有し、複数機関における適用性が確認されたことから、SVOCの新規標準試験法として有用であると判断された。今後は、室内空气中化学物質の測定マニュアルへの反映や国内外規格への展開が期待される。

## A. 目的

「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」<sup>1)</sup>では、準揮発性有機化合物（SVOC）の測定方法としてガスクロマトグラフィー／質量分析法（GC/MS）による標準試験法が示されている。GC/MSではキャリアガスとしてヘリウムが広く用いられているが、近年の供給逼迫により、ヘリウムに依存しない代替分析法の開発が求められている。

本研究では、SVOCに分類される殺虫剤成分3種およびフタル酸エステル2種を対象とし、固相吸着－溶媒抽出－液体クロマトグラフィー／質量分析法（SE-LC/MS）による一斉分析法を開発した。本報では、当該手法の妥当性評価試験の実施に先立ち、各参加機関へ配布する試料について、輸送時および保管時の安定性ならびに送付試料の均一性を確認することを目的とした。さらに、これらの条件を満たした試料を用いて、6機関による妥当性評価試験を実施し、SE-LC/MS法の適用性について検証した。

## B. 方法

### 1. 測定対象物質

本研究では、室内濃度指針値<sup>2)</sup>（以下「指針値」という）が設定されているクロルピリホス、フェノカルブ、ダイアジノン、フタル酸ジ-n-ブチル（DnBP）およびフタル酸ジ-2-エチルヘキシル（DEHP）の5物質を主要対象とした。

これに加え、フタル酸エステル類としてフタル酸ジエチル（DEP）、フタル酸ジ-n-プロピル

（DnPrP）、フタル酸ジイソブチル（DiBP）、フタル酸-n-ブチルベンジル（BBP）、フタル酸ジベンチル（DnPP）、フタル酸ジシクロヘキシル（DCHP）およびフタル酸ジ-n-ヘキシル（DnHP）の7物質を選定し、合計12物質を測定対象とした。

### 2. 試薬

標準物質として、クロルピリホス（富士フィルム和光純薬製、Traceable Reference Material）、ダイアジノン（同社製、TraceSure）およびフェノカルブ（BPMC、残留農薬試験用）を用いた。また、フタル酸エステル類については、関東化学製フタル酸エステル類混合標準液（9種、各100 mg/mL アセトン溶液、DnBP、DEHP、DEP、DnPrP、DiBP、BBP、DnPP、DCHPおよびDnHP）を使用した。

内部標準物質として、クロルピリホス-*d*<sub>10</sub>（関東化学製、1 mg/mL ノナン溶液）およびフタル酸エステル類混合内部標準液（5種、各100 mg/L ヘキササン溶液：DnBP-*d*<sub>4</sub>、DEHP-*d*<sub>4</sub>、DEP-*d*<sub>4</sub>、BBP-*d*<sub>4</sub>およびアジピン酸ジ-2-エチルヘキシル-*d*<sub>8</sub>）を用いた。

溶媒には、メタノール（関東化学製、フタル酸エステル試験用）およびアセトン（関東化学製、残留農薬・PCB測定用5,000倍濃縮検定品）を使用した。移動相調製には、関東化学製1 mol/L ぎ酸アンモニウム（高速液体クロマトグラフィー用）を用いた。

大気中SVOC捕集用カートリッジには、ジーエルサイエンス製 AERO LE Cartridge SDB400HF

を使用した。

### 3. カートリッジへの添加

カートリッジへの添加量は、試験溶液量 5 mL および積算捕集量 4,320 L (3 L/min で 24 時間) を前提として設定した。殺虫剤成分については、クロルピリホス (小児) の指針値  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の 1/10 以下となるよう、各  $30 \text{ ng}/\text{Cartridge}$  ( $0.00694 \mu\text{g}/\text{m}^3$  相当) とした。フタル酸エステル類については、DnBP の指針値  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の 1/100 以下となるよう、各  $600 \text{ ng}/\text{Cartridge}$  ( $0.139 \mu\text{g}/\text{m}^3$  相当) とした。

これらの添加量となるよう、各殺虫剤成分を  $0.5 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、各フタル酸エステル類を  $10 \mu\text{g}/\text{mL}$  とする混合標準液をアセトンで調製した。調製した標準液  $60 \mu\text{L}$  をカートリッジのフィルター部に添加し、室温下で溶媒を乾燥させて添加カートリッジを作成した。

### 4. 通気条件

通気ポンプには MP-W5S (柴田科学製) を、捕集ホルダーには AERO ホルダーおよび AERO ホルダーカートリッジ 2 連結用 ASSY (ジーエルサイエンス製) を用いた。

未添加カートリッジを前段、添加カートリッジを後段として、AERO ホルダーカートリッジ 2 連結用 ASSY により直列に接続した (図 1)。この連結カートリッジを通気ポンプに接続し、室内空気を  $3 \text{ L}/\text{min}$  の流量で 24 時間連続通気した。

### 5. 分析試料の調製

カートリッジは、フィルターおよび捕集剤を  $10 \text{ mL}$  遠沈管に移し、アセトン  $5 \text{ mL}$  を正確に加えて 20 分間超音波抽出を行った。その後、 $3,000 \text{ rpm}$  で 10 分間遠心処理し、上清を回収した。得られた上清  $1 \text{ mL}$  に対し、クロルピリホス- $d_{10}$  が  $0.1 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、フタル酸エステル類の各重水素標識体 ( $d_4$  体) が  $1 \mu\text{g}/\text{mL}$  となるようアセトンで調製した添加用混合内部標準液  $100 \mu\text{L}$  を加え、分析試料とし

た。

検量線溶液は、各殺虫剤成分濃度について  $0.001$ ,  $0.002$ ,  $0.005$ ,  $0.01$ ,  $0.02$ ,  $0.05$  および  $0.1 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、各フタル酸エステル類について  $0.01$ ,  $0.02$ ,  $0.05$ ,  $0.1$ ,  $0.2$ ,  $0.5$  および  $1 \mu\text{g}/\text{mL}$  となるよう、アセトンで調製した。各検量線溶液  $1 \text{ mL}$  を正確に分取し、添加用混合内部標準液  $100 \mu\text{L}$  を加えて分析試料とした。

### 6. 装置および分析条件

LC/MS には、Nexera X3 (島津製作所製) および QTRAP4500 (SCIEX 製) を用いた。分析カラムには Imtakt 製 Cadenza CX-C18 UP (内径  $2.0 \text{ mm}$ 、長さ  $150 \text{ mm}$ 、粒子径  $3.0 \mu\text{m}$ ) を使用し、ディレイカラムとして Inertsil ODS-3 HP (ジーエルサイエンス製、内径  $4.6 \text{ mm}$ 、長さ  $30 \text{ mm}$ 、粒子径  $3 \mu\text{m}$ ) を移動相ミキサーとサンプルインジェクターの間に設置した。

カラムオープン温度は  $40^\circ\text{C}$ 、試料注入量は  $2.0 \mu\text{L}$  とした。移動相には、 $10 \text{ mM}$  ぎ酸アンモニウム溶液 (A 液) およびメタノール (B 液) を用い、グラジエント条件は以下のとおりとした： $0$ - $1.5 \text{ min}$  で  $60\%B$ 、 $1.5$ - $22.5 \text{ min}$  で  $60$ - $95\%B$ 、 $22.5$ - $28.5 \text{ min}$  で  $95\%B$ 、 $28.5$ - $30.5 \text{ min}$  で  $95$ - $60\%B$ 。流量は  $0.35 \text{ mL}/\text{min}$  とした。

イオン化法はエレクトロスプレーイオン化法 (ESI 法) を用い、正イオンモードで測定した。定量イオンは表 1 に示す条件に従って設定した。

### 7. 安定性試験

輸送中の温度上昇を避けるため、冷蔵温度帯での輸送を想定し、カートリッジの安定性試験を実施した。アルミホイルで遮光した連結カートリッジ 4 セットおよび未添加カートリッジを収納したコンテナ (カートリッジ用運搬保管容器) 1 個を、活性炭入りステンレス製容器に封入し、冷蔵条件下で 3 日間保管した後、室温で 4 日間保管した。

保管後、連結カートリッジ 3 セットは通気操作を行い、残り 1 セットはアルミホイルを外した状

態でポンプ近傍に 24 時間静置した。また、コンテナに収納した未添加カートリッジについては、コンテナ内に保持したままポンプ近傍に 24 時間静置した。これら計 9 個のカートリッジを分析し、輸送および保管条件下におけるカートリッジ内の測定対象物の安定性を確認した。

さらに、標準液および内部標準液の輸送・保管時の影響を評価するため、アセトン模擬標準液として約 1.7 mL 充填した 2 mL ガラスバイアル 3 本をポリプロピレン容器に収納し、横置き状態で冷蔵条件下にて 7 日間保管した。保管後に分析を行い、容器由来の測定対象物質の溶出の有無を確認した。

## 8. 均一性試験

添加カートリッジを 20 個ずつ 2 ロット作製し、各ロットから無作為に 4 個を抽出した。これら計 8 個のカートリッジについて通気後に分析を行い、測定値のばらつきから試料間の均一性を評価した。

## 9. 妥当性評価試験

妥当性試験は、北海道立衛生研究所、東京都健康安全研究センター、神奈川県衛生研究所、横浜市衛生研究所、名古屋市衛生研究所および国立医薬品食品衛生研究所の 6 機関で実施した。

送付試料は、前段に未添加カートリッジ、後段に SVOC 標準溶液を添加したカートリッジを連結した連結カートリッジ 4 セットと、トラベルブランク用カートリッジ 1 個をコンテナに収納したものとした。これらはそれぞれアルミホイルで遮光し、活性炭を同封したステンレス製容器に密封して各機関へ送付した。

各機関では、到着後、連結カートリッジ 3 セットについて室内空気を 3 L/min で 24 時間通気し、残り 1 セットはアルミホイルを外した状態でポンプ近傍に 24 時間静置した。また、トラベルブランクはコンテナに収納した状態で同様に 24 時間静置した。その後、これら計 9 個のカートリッジをアセトンで抽出し、各機関において分析した。

捕集剤への添加量はブラインド条件とし、殺虫剤成分 30 ng およびフタル酸エステル 600 ng を添加した。なお、各妥当性評価における検量線濃度設定、内部標準溶液の調製、分析条件等は統一せず、各機関の条件に基づく分析結果（検量線、定量値等）を収集し、手法の再現性および適用性を評価した。

## 10. 妥当性の評価方法

確立した試験法の妥当性評価には、「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」における有機物の項目を参考とした。評価指標として、真度 (accuracy), 併行精度 (repeatability;  $RSD_r$ ) および室間精度 (reproducibility;  $RSD_R$ ) を設定した。

評価基準は、真度 70~130%、併行精度 ( $RSD_r$ ) は 20% 以下とした。また、室間精度 ( $RSD_R$ ) については、より厳格な評価として室内精度の基準を準用し、25% 以下を目標値とした。

## C. 結果および考察

### 1. 安定性試験

回収率、回収量および精度を表 2 に示す。コンテナに収納した未添加カートリッジはいずれの測定対象物質についても検量線下限値未満であり、輸送・保管過程における外部汚染は認められなかった。

保管後に通気したカートリッジの回収率は 87.8~99.4%、相対標準偏差は 0.561~5.35% であり、いずれも良好な結果が得られた。これらの結果から、冷蔵条件下での輸送および室温での一時保管も含め、約 1 週間程度の期間においては、カートリッジ内の SVOC は安定に保持されることが確認された。

以上より、妥当性評価試験における試料の取扱い条件として、冷蔵温度帯での輸送および添加後 1 週間以内の測定を実施条件とすることが適切であると判断した。

また、アセトン模擬標準液として、スクリーキャップ等からの溶出の有無を評価した結果、

対象としたフタル酸エステル類 9 物質はいずれも検出されず、容器由来の汚染は認められなかった。

## 2. 均一性試験

回収率、回収量および精度を表 3 に示す。1 回目の回収率は 90.6~104%，相対標準偏差は 0.446~4.20%，2 回目の回収率は 83.1~108%，相対標準偏差は 1.35~5.02%であり、いずれも良好な結果が得られた。

これらの結果から、作製した添加カートリッジはロット内およびロット間ともにばらつきが小さく、十分な均一性を有することが確認された。

## 3. 妥当性評価結果

各機関の分析条件を表 4 に、添加量に対する回収率、併行精度および室間精度を表 5 に示す。

真度 ( $n = 3$  の平均値) については、機関 A の DnBP および DEP、ならびに機関 B のダイアジノンの 3 項目で評価基準を逸脱した (表 5)。機関 A では、前段カートリッジに DnBP、DEHP および DEP がそれぞれ高濃度 (5,000, 1,100 および 1,100 ng) で検出されており、後段への破過により DnBP および DEP の回収率が 100% を超過したものと考えられた。一方、機関 B では、通気なし条件におけるダイアジノンの回収率は 102% と良好であったことから、通気時に特異的な影響が生じた可能性が示唆された。機関 B のみ移動相 A にギ酸を使用していることから (表 4)、通気によるマトリックス効果の関与が推察されたが、この点については今後の検証が必要である。

これらの逸脱値 (表 5 の赤字) を外れ値として除外した場合、真度は 72.2~121%，併行精度 ( $RSD_r$ ) は 0.064~16%，室間精度 ( $RSD_R$ ) は 4.7~17% となり、いずれも設定した評価基準を満足した。

以上より、本手法は適切な条件下において良好な真度および再現性を有し、複数機関における適用性が確認された。

## D. 結論

本研究では、SVOC の標準試験法として開発した SE-LC/MS の妥当性評価試験に先立ち、各参加機関への試料送付を想定した安定性および均一性の確認を行った。その結果、カートリッジ内における SVOC の安定性および作製した添加カートリッジの均一性はいずれも良好であることが確認された。

これらの結果に基づき、均一性試験で作製した添加カートリッジを安定性試験と同様の条件で密封・輸送し、6 機関による妥当性評価試験を実施した。その結果、室内濃度指針値の概ね 1/10 未満の濃度域においても、真度および精度は概ね良好であり、本手法の妥当性が確認された。

以上より、本法は SVOC の新規標準試験法として有用であると判断され、今後、シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会への提案および「室内空気中化学物質の測定マニュアル」への反映を目指す。さらに、日本薬学会編「衛生試験法・注解」への追補による国内規格化および ISO/TC 146/SC 6 における国際規格化への展開が期待される。

## 【参考文献】

- 1) 厚生労働省医薬局医薬品審査管理課長通知 室内空気中化学物質の測定マニュアル (統合版) について (医薬薬審発 0117 第 4 号 令和 7 年 1 月 17 日)
- 2) 厚生労働省医薬局長通知 室内空気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 (医薬発 0117 第 1 号 令和 7 年 1 月 17 日)

## E. 健康危機情報

なし

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

## 2. 書籍等刊行物

- 1) 酒井信夫：環境化学物質 室内濃度指針値，実例から学ぶレギュラトリーサイエンス，レギュラトリーサイエンス研究会，194-197：株式会社じほう(2025)

## 3. 学会発表

- 1) 田中礼子，村木沙織，田原麻衣子，酒井信夫：「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」の揮発性有機化合物の測定方法 第2法に示される捕集管の検証，第33回環境化学討論会，山形，2025年7月
- 2) 酒井信夫，田原麻衣子：規制の最前線 シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会の新たなフェーズ，室内環境学会 車室内環境分科会，東京，2025年8月
- 3) 酒井信夫：室内空气中化学物質に関するレギュラトリーサイエンス研究，名古屋市衛生研究所講演会：生活環境衛生分野のレギュラトリーサイエンス研究，名古屋，2025年9月
- 4) Shinobu Sakai: Regulatory Science for Indoor Air Chemicals in Japan, 2025 Asian Indoor Environment Forum, Seoul, September (2025)
- 5) 高木規峰野，大嶋直浩，酒井信夫，内山奈穂子，千葉真弘，西堀祐司，涌井玲，大槻良子，熊谷貴美代，草原紀子，大竹正芳，角田徳子，上村仁，田中礼子，高居久義，三宅崇弘，堀井裕子，望月映希，羽田好孝，山本優子，若山貴成，和田拓樹，吉田俊明，古市裕子，吉野共広，伊達英代，別役由香，島田友梨，出口雄也，田崎盛也：令和6年度 室内空気環境汚染に関する全国実態調査，第62回全国衛生化学技術協議会年会，群馬，2025年11月
- 6) 高木規峰野，田原麻衣子，酒井信夫：3種捕集法における放散化学物質のプロファイル比較ーサンプリングバッグ法・超小形チャンバー法・直接脱離法ー，2025年室内環境学会学術大会，北九州，2025年12月

- 7) 田原麻衣子，村木沙織，松本幸一郎，吉富太一，西以和貴，千葉真弘，市村天，大貫文，小澤敦揮，若山貴成，六鹿元雄，高木規峰野，酒井信夫：LC/MSを用いた室内空气中SVOCの標準試験法の開発（第3報），2025年室内環境学会学術大会，北九州，2025年12月

## G. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

表1 測定対象物質および内部標準物質の概要

		保持 時間 (min)	定量 イオン ( <i>m/z</i> )	内部標準物質
測定対象物質				
		3.9	208	クロルピリホス- <i>d</i> <sub>10</sub>
		9.2	305	クロルピリホス- <i>d</i> <sub>10</sub>
		16.1	352	クロルピリホス- <i>d</i> <sub>10</sub>
	DnBP	12.2	279	DnBP- <i>d</i> <sub>4</sub>
	DEHP	23.7	391	DEHP- <i>d</i> <sub>4</sub>
-----				
	DEP	3.2	223	DEP- <i>d</i> <sub>4</sub>
	DnPrP	7.1	251	DEP- <i>d</i> <sub>4</sub>
	DiBP	11.5	279	DnBP- <i>d</i> <sub>4</sub>
	BBP	12.5	313	BBP- <i>d</i> <sub>4</sub>
	DnPP	16.5	307	DEHP- <i>d</i> <sub>4</sub>
	DCHP	16.7	331	DEHP- <i>d</i> <sub>4</sub>
	DnHP	19.9	335	DEHP- <i>d</i> <sub>4</sub>
-----				
内部標準物質				
		15.9	362	-
	DnBP- <i>d</i> <sub>4</sub>	12.1	283	-
	DEHP- <i>d</i> <sub>4</sub>	23.6	153	-
	DEP- <i>d</i> <sub>4</sub>	3.2	153	-
	BBP- <i>d</i> <sub>4</sub>	12.4	317	-

表 2 安定性試験結果（室内空気を 3 L/min 通気, 24 時間）

測定対象物質	通気あり (n=3)						通気なし (n=1)		
	前段			後段 (添加)			前段	後段 (添加)	
	濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	捕集量 (ng)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	回収量 (ng)	精度 (RSD%)	捕集量 (ng)	回収率 (%)	回収量 (ng)
フェノブカルブ	<0.00116	<5		96.0	28.8	1.26	<5	94.9	28.5
ダイアジノン	<0.00116	<5		89.1	26.7	2.58	<5	89.4	26.8
クロルピリホス	<0.00116	<5		87.8	26.3	1.07	<5	87.3	26.2
DnBP	0.0156	67.2	7.86	96.2	577	5.35	<50	89.1	535
DEHP	0.0325	140	3.23	92.1	553	3.03	<50	92.7	556
DEP	<0.0116	<50		97.6	586	5.06	<50	92.6	555
DnPrP	<0.0116	<50		95.5	573	1.97	<50	95.3	572
DiBP	<0.0116	<50		99.4	596	4.65	<50	95.4	573
BBP	<0.0116	<50		94.3	566	4.65	<50	94.3	566
DnPP	<0.0116	<50		95.5	573	0.561	<50	98.6	592
DCHP	<0.0116	<50		96.3	578	1.34	<50	102	613
DnHP	<0.0116	<50		92.5	555	3.67	<50	95.9	576

表3 均一性試験結果（室内空気を3 L/min 通気, 24 時間）

測定対象物質	1 回目 (n=4)						2 回目 (n=4)					
	前段			後段 (添加)			前段			後段 (添加)		
	濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	捕集量 (ng)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	回収量 (ng)	精度 (RSD%)	濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	捕集量 (ng)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	回収量 (ng)	精度 (RSD%)
フェノブカルブ	<0.00116	<5		99.2	29.8	1.45	<0.00116	<5		96.9	29.1	2.90
ダイアジノン	<0.00116	<5		93.1	27.9	3.23	<0.00116	<5		83.1	24.9	1.36
クロルピリホス	<0.00116	<5		90.6	27.2	1.60	<0.00116	<5		87.0	26.1	1.35
DnBP	0.0170	73.3	14.9	99.8	599	0.446	0.0161	69.4	2.46	99.8	599	2.65
DEHP	0.0329	142	7.51	104	622	1.63	0.0345	149	4.92	108	648	2.28
DEP	<0.0116	<50		96.2	577	1.07	<0.0116	<50		91.7	550	3.12
DnPrP	<0.0116	<50		100	602	1.24	<0.0116	<50		96.4	578	5.02
DiBP	<0.0116	<50		98.0	588	2.39	<0.0116	<50		99.7	598	3.28
BBP	<0.0116	<50		96.5	579	1.46	<0.0116	<50		101	609	2.36
DnPP	<0.0116	<50		104	625	3.60	<0.0116	<50		105	628	2.48
DCHP	<0.0116	<50		101	605	3.62	<0.0116	<50		102	612	4.96
DnHP	<0.0116	<50		103	616	4.20	<0.0116	<50		102	610	2.54

表4 各機関の分析条件

分析機関		A	B	C	D	E	F	
試験操作・使用機器								
超音波洗浄機	発振周波数	40 kHz	38 kHz	34 kHz	35 kHz	40 kHz	38 kHz	
	出力	150 W	—	50 W	100 W	400 W	300 W	
抽出操作	ろ過の有無	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
	濃縮操作の有無	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
LC	メーカー	島津製作所	Waters	島津製作所	島津製作所	島津製作所	島津製作所	
	型式	Nexera lite	UPLC H-CLASS	LC-2060	Nexera XR	Nexera XR	Nexera X3	
	オープン温度(°C)	40	40	40	40	40	40	
	流量 (mL/min)	0.35	0.23	0.35	0.35	0.35	0.35	
	移動相A	10 mM ギ酸アンモニウム溶液	0.1% ギ酸水溶液	10 mM ギ酸アンモニウム溶液	10 mM ギ酸アンモニウム溶液	10 mM ギ酸アンモニウム溶液	10 mM ギ酸アンモニウム溶液	
	移動相B	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	
	グラジエント条件	0-1.5 min 60% B; 1.5-22.5 min 60-95% B; 22.5-28.5 min 95% B; 28.5-30.5 min 95-60% B; 30.5-50.5 min 60% B	B: 0 min (40%) - 3 min (50%) - 7 min (60%) - 11 min (70%) - 15 min (90%) - 20 min (99%) - 27 min (99%) - 27.1 min (40%)	0-1.5 min 60% B; 1.5-22.5 min 60-95% B; 22.5-28.5 min 95% B; 28.5-30.5 min 95-60% B; 30.5-34.0 min 60% B	0-1.5 min 60% B; 1.5-22.5 min 60-95% B; 22.5-28.5 min 95% B; 28.5-30.5 min 95-60% B	0-1.5 min 60% B; 1.5-22.5 min 60-95% B; 22.5-28.5 min 95% B; 28.5-30.5 min 95-60% B	0-1.5 min 60% B; 1.5-22.5 min 60-95% B; 22.5-28.5 min 95% B; 28.5-30.5 min 95-60% B	
	注入量 (μL)	1.0	2.0	2.5	2.5	1.0	2.0	
	サンプルクーラー温度(°C)	5	5	5	5	15	8	
	分離カラム	メーカー	GL Sciences	Waters	Imtakt	GL Sciences	Imtakt	Imtakt
型式		Inertsil ODS-4	ACQUITY UPLC BEH C18	Cadenza CX-C18 UP	Inertcore Plus C18	Cadenza CX-C18 UP	Cadenza CX-C18 UP	
内径 (mm)		2.1	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	
長さ (mm)		150	150	150	150	150	150	
粒子径 (μm)		3.0	1.7	3.0	2.6	3.0	3.0	
ディレイカラム	ディレイカラムの有無	なし	あり	あり	あり	あり	あり	
	メーカー	—	GL Sciences	Waters	GL Sciences	Waters	GL Sciences	
	型式	—	InertSustain C18	ACQUITY UPLC BEH C18	Inertsil ODS-3 HP	ACQUITY UPLC BEH C18	Inertsil ODS-3 HP	
	内径 (mm)	—	2.1	2.1	4.6	2.1	4.6	
	長さ (mm)	—	50	30	50	30	30	
	粒子径 (μm)	—	2.0	1.7	3.0	1.7	3	
MS	メーカー	島津製作所	SCIEX	島津製作所	島津製作所	島津製作所	SCIEX	
	型式	LCMS-8050	QTRAP5500	LCMS-8045	LCMS-8050	LCMS-8045	QTRAP 4500	
	イオン化法	ESI+	ESI+	ESI+	ESI+	ESI+	ESI+	
	測定モード	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	
	測定イオン (m/z)	Fenobucarb	208	208.3	208	208	208	208
		Diazinon	305	305.3	305	305	305	305
		Chlorpyrifos	350	350.1	350	350	352	352
		DnBP	279	279.3	279	279	279	279
		DEHP	391	391.4	391	391	391	391
		DEP	223	223.3	223	223	223	223
		DnPP	251	251.3	251	251	251	251
		DtBP	279	279.3	279	279	279	279
		BBP	313	313.3	313	313	313	313
		DnPP	307	307.3	307	307	307	307
		DCHP	331	331.3	331	331	331	331
		DnHP	335	335.3	335	335	335	335
		Chlorpyrifos-d <sub>10</sub>	360	362.2	360	360	360	362
		DnBP-d <sub>4</sub>	283	283.3	283	283	283	283
		DEHP-d <sub>4</sub>	395	395.4	395	395	395	153

表5 添加量に対する回収率, 併行精度および室間精度

(% , n = 3)	A		B		C		D		E		F		Six facilities*	
	Average	RSD <sub>r</sub>	Average	RSD <sub>r</sub>	Average	RSD <sub>r</sub>	Average	RSD <sub>r</sub>	Average	RSD <sub>r</sub>	Average	RSD <sub>r</sub>	Average	RSD <sub>R</sub>
Fenobucarb	86.3	13	85.8	4.7	93.6	3.6	96.7	1.3	108	4.2	98.7	2.4	94.8	8.6
Diazinon	91.0	11	<b>61.3</b>	2.3	72.2	4.2	93.2	1.5	109	1.4	94.7	2.1	92.1	14
Chlorpyrifos	86.0	14	79.2	1.2	82.2	1.0	89.8	3.0	121	4.2	90.8	1.9	91.5	17
DnBP	<b>158</b>	9.4	101	2.3	92.6	1.3	99.6	1.1	93.0	2.7	102	0.098	97.7	4.7
DEHP	100	7.1	82.1	7.2	89.6	0.93	98.6	1.3	96.0	0.58	103	2.8	94.9	8.2
DEP	<b>141</b>	0.84	99.8	5.8	88.6	1.7	90.4	0.77	93.0	3.4	97.8	2.3	93.9	5.1
DnPrP	105	16	96.9	0.61	92.3	1.4	95.3	1.4	93.4	0.30	99.6	1.5	97.1	4.9
DiBP	89.8	2.2	104	3.6	92.0	1.1	101	1.8	94.6	1.6	101	1.0	97.0	5.8
BBP	92.9	3.4	98.0	4.5	90.1	2.7	99.2	0.78	91.0	2.3	101	3.6	95.5	4.9
DnPP	101	8.4	89.0	6.9	97.1	0.82	98.9	0.71	106	2.5	106	2.7	99.6	6.3
DCHP	101	11	87.6	12	93.6	0.74	98.5	0.064	98.2	6.3	101	3.6	96.6	5.3
DnHP	96.4	7.0	86.4	4.9	93.7	0.59	97.6	2.6	92.0	0.56	104	2.2	95.0	6.3

\* Calculated excluding the red-marked outliers.

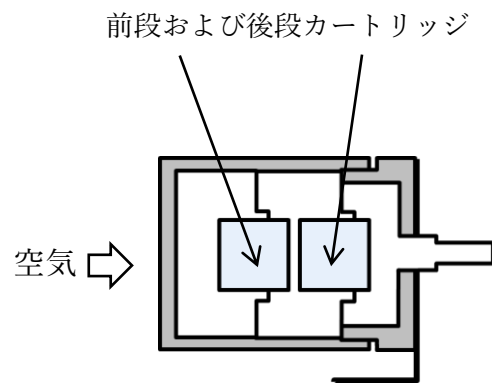


図1 連結カートリッジの断面図

令和7年度 厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）  
分担研究報告書

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

室内空气中化学物質の標準試験法の整備

汎用型空気清浄機を用いたハウスダスト中  
ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の捕集法の検討

研究分担者 酒井 信夫 国立医薬品食品衛生研究所 食品添加物部 室長  
研究協力者 吉富 太一 神奈川県衛生研究所 理化学部 主任研究員  
西 以和貴 神奈川県衛生研究所 理化学部 主任研究員  
上村 仁 神奈川県衛生研究所 理化学部 専門研究員  
田原麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 室長

本研究は、室内環境中のハウスダスト（HD）に含まれるベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤（BUVs）の実態把握を目的として、汎用型空気清浄機のプレフィルター（PF）を用いた新たな捕集手法（PF法）の有用性を検討したものである。BUVsはプラスチックや繊維等に広く使用される一方、環境中での残留性や生物蓄積性が懸念されており、室内環境における曝露評価の重要性が指摘されている。しかし、国内におけるHD中BUVsの実態把握は十分ではなく、従来の掃除機法には混入リスクや発生源特定の困難性といった課題があった。

PF法の妥当性評価として実施した添加回収試験では、対象8成分において回収率80～111%、相対標準偏差3.2～6.3%と良好な精度および再現性が得られ、既存の前処理法が適用可能であることを確認した。また、住宅10軒における実態調査の結果、約1か月間の捕集により定量に必要なHD量を確保可能であり、捕集量は床材や生活様式により大きく変動することが示された。PF法と掃除機法の比較では、PF法により得られたBUVsの濃度および検出頻度はいずれも高い傾向を示した。これは、不織布フィルターがBUVsを多く含有する繊維片や樹脂粒子などの浮遊粒子を効率的に捕集したためと考えられる。特に、規制対象外であるUV-326が高濃度で検出され、規制物質の代替としての使用進展が示唆された。

以上より、PF法は室内環境中のBUVsの実態把握に有効な手法であり、曝露評価および化学物質管理に資する基盤的手法として有用であると結論された。

## A. 背景と目的

紫外線吸収剤は1950年代以降、プラスチック、塗料、繊維等の材料に添加され、紫外線による劣化防止を目的として広く利用されてきた。なかでもベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤(BUVs)は、300–400 nmの紫外線を吸収し、熱および光に対して高い安定性を有することから、各種高分子材料に汎用されている。一方で、近年、環境試料および生体試料からの検出事例が報告されており、難分解性および生物蓄積性に起因する環境残留性が懸念されている。このため、一部のBUVsは国内外で規制対象物質とされている<sup>1),2)</sup>。

室内環境においても、フィリピンおよびノルウェーの一般居住住宅において、室内空気およびハウスダスト(HD)中からBUVsが検出されており<sup>3),4)</sup>、我が国で化審法第一種特定化学物質に指定されているUV-320やUV-328を含む複数成分が高頻度で検出されている。しかしながら、国内におけるHD中のBUVsの実態把握は十分に進んでおらず、汚染状況に関する知見は限られている。

我々はこれまでに、LC-MS/MSを用いた分析法を確立し、掃除機を用いて採取したHD中から複数のBUVsを検出した(以下、掃除機法)。その結果、UV-PSおよびUV-320を除く6成分において100%の検出率が得られ、BUVsが国内の室内環境に広く存在する可能性が示唆された<sup>5)</sup>。一方で、掃除機法は大量のHDを採取可能であるものの、装置由来の混入や発生源の特定が困難といった課題を有している。

そこで本研究では、より浮遊粒子に由来するHDを反映した試料採取法として、イオン発生や加湿機能を有しない汎用型空気清浄機に着目し、そのプレフィルター(PF)に捕集されたHDを試料とする新たな採取手法(プレフィルター法:PF法)を検討した。本報では、PF法により得られたBUVsの濃度および検出傾向を掃除機法と比較し、その室内環境調査への適用可能性を評価することを目的とする。

## B. 実験方法

### 1. 試薬および分析装置

標準品には、UV-P, UV-PS, UV-234, UV-326, UV-327, UV-328 および UV-329 (東京化成工業製, 純度 98% 以上), ならびに UV-320 (AccuStandard Inc 製, 純度 100%) を使用した。溶媒には、残留農薬・PCB 試験用および高速液体クロマトグラフ用(富士フィルム和光純薬製)を用いた。固相抽出カートリッジ(SPE)には Sep-Pak Alumina B Plus (Waters 製) を使用した。分析装置および測定条件は Table 1 に示す。

### 2. PF を用いた添加回収試験

空気清浄機の PF を 3.5 cm 角に切断し、BUVs 混合標準液 (1,000 ng/mL) 0.05 mL を添加した。添加後、室温で乾燥させた PF をガラス製遠沈管に移し、アセトン 15 mL を加えて 15 分間の超音波抽出を行った。この抽出操作を 2 回繰り返し、得られた抽出液を回収した。

抽出液は減圧下で 2-3 mL まで濃縮した後、目盛付試験管に移し、窒素気流下で 1 mL まで濃縮した。これにヘキサンを 9 mL 加えて溶液を調製し、Sep-Pak Alumina B に負荷した。カートリッジを窒素ガスで乾燥した後、バックフラッシュにより 2-プロパノール/水 (6:4, v/v) 混液 5 mL で溶出し、分析試料とした。本試験は 7 併行 (n=7) で実施した。

### 3. 空気清浄機を用いた実態調査

空気清浄機は VeSync 社製装置を用い、HD の捕集には空気清浄フィルター外部に装着されている不織布製 PF 部分を使用した (Fig. 1a-c)。サンプリングは 2025 年 6 月から 10 月にかけて実施し、リビングや寝室等に設置した空気清浄機を約 1 か月間連続運転した。HD の捕集量は、サンプリング前後の PF の質量差から算出した。

HD を捕集した PF は切断後、500 mL ビーカーに移し、アセトン 250 mL を加えて超音波抽出 (15 分間) を 2 回行った。得られた抽出液は PTFE 製

メンブレンフィルター（Millipore 製）でろ過し、減圧濃縮により溶媒を除去した後、乾固した残渣をアセトンに再溶解した。この際、HD 濃度が概ね 0.1 g/mL となるよう調製した。

再溶解液 1 mL を正確に分取し、ヘキサン 9 mL を加えて希釈した後、予めコンディショニングした Sep-Pak Alumina B に負荷した。カートリッジを窒素ガスで乾燥した後、逆向きに接続してバックフラッシュを行い、2-プロパノール/水 (6:4, v/v) 混液 5 mL で溶出したものを分析試料とした。

本実態調査は、先行研究における掃除機法と同一の住宅 10 軒を対象として実施した。

## C. 結果および考察

### 1. 空気清浄機の PF を用いた添加回収試験

PF を用いた添加回収試験において、BUVs 8 種の平均回収率は 80~111%，相対標準偏差は 3.2~6.3% であり、いずれも良好な再現性が得られた (Table 2)。この結果から、掃除機法で用いている Sep-Pak Alumina B による精製手順は、PF 由来マトリクスの影響を受けることなく適用可能であることが確認された。

また、PF ブランクの分析では、UV-P および UV-326 が検出された。そこで、3.5 cm 角に切断した PF および PF 全体から得られたブランク濃度を、それぞれの面積で除して正規化した。その結果、切断 PF では UV-P が 0.262 ng/cm<sup>2</sup>、UV-326 が 0.408 ng/cm<sup>2</sup>、PF 全体では UV-P が 0.321 ng/cm<sup>2</sup>、UV-326 が 0.336 ng/cm<sup>2</sup> となり、両者のブランクレベルは概ね同程度であった。

以上より、PF 由来のブランク寄与は面積当たりで一定とみなせることから、実態調査においては UV-P および UV-326 についてブランク値を差し引いて濃度を算出することとした。

### 2. PF 法による HD の捕集量

空気清浄機を住宅内に設置し、PF 法による HD の捕集量を評価した。PF に捕集された HD 量は 118~1,601 mg であり、捕集日数で補正した 1 日

あたりの捕集量は 3.4~48.5 mg/日と、住宅間で大きなばらつきが認められた (Table 3)。

掃除機法で一般的に用いられる HD 量 0.1 g を基準として定量下限値を算出した結果、分析対象 8 成分のうち UV-P が 14.32 ng/g と最も高い値を示した。この値に基づき必要な HD 捕集量を見積もったところ、捕集量が最小であった住宅 A (3.37 mg/日) においても約 30 日で 0.1 g に到達することが確認された。したがって、本研究で設定した約 1 か月間の捕集期間は妥当であり、すべての住宅において BUVs の定量に十分な試料量を確保可能であることが示された。

HD 捕集量に影響を与える因子としては、床材の種類、部屋の用途および居住者の生活様式が関与していることが示唆された。特に、ラグやカーペットを使用している住宅では、フローリング主体の住宅に比べて HD の捕集量が多い傾向が認められた (Table 3)。また、聞き取り調査の結果から、単なる居住人数よりも、小児やペットの有無、生活行動の頻度、部屋間の往来の多さといった要因が、HD の空中への飛散および床面からの再浮遊に強く影響している可能性が示唆された。

### 3. PF 法による HD 中の BUVs 実態調査

PF 法によって捕集した HD 中の BUVs 濃度を、先行研究における掃除機法 (250 μm ふるい分級)<sup>5)</sup>と比較したところ、最大値、中央値および検出頻度のいずれにおいても PF 法の方が高い傾向を示した (Table 4, Table 5)。この差異は、PF 法が床面近傍の空気を連続的に吸引し、不織布製フィルターにより浮遊粒子を効率的に捕集したことに起因すると考えられる。一般に不織布は繊維が絡み合った構造を有し、数 μm 以上の粒子を効率的に捕集できることが知られている<sup>6)</sup>。そのため、摩耗した繊維片や樹脂片など、BUVs を高濃度に含有する可能性のある粒子が選択的に捕集されたと推察される。

一方、掃除機法では床面に沈降した粒子を広く回収するため、BUVs を含まない無機粒子等も多

く混在し、ふるい分級後においても相対的に濃度が希釈された可能性がある。すなわち、PF法は浮遊粒子に富む成分を反映する一方、掃除機法は床面堆積粒子の平均的組成を反映する方法であり、両者の特性差が濃度として現れたものと考えられる。

個別成分の挙動としては、PF法で得られたHD中においてUV-326の濃度が他のBUVsに比べて顕著に高かった。一方、UV-320は掃除機法と同様に低濃度であった。UV-320は2007年に化審法第一種特定化学物質に指定され、使用が大きく制限されているのに対し、UV-326は現時点で規制対象外であり、経済産業省の報告書においてUV-320およびUV-328の代替候補物質として挙げられている<sup>7)</sup>。

以上より、本研究でUV-326が高濃度で検出されたことは、規制物質の代替としての使用が進行している可能性を示唆するものであり、今後の室内環境中におけるBUVsの監視において重要な知見であると考えられる。

#### D. まとめ

本研究では、汎用型空気清浄機のPFを用いたHDの新たな捕集手法を検討し、PF法により得られたHD中のBUVsの実態を評価した。

その結果、PFを用いた添加回収試験において、対象8成分すべてで良好な回収率および再現性が得られ、先行研究の掃除機法と同一の精製手順が適用可能であることが確認された。また、PF法では約30日間の捕集によりBUVsの定量に必要なHD量を確保でき、捕集量には床材や居住者の生活行動などの影響が大きいことが示唆された。

さらに、PF法により捕集したHD中のBUVsは、掃除機法と比較して検出頻度および濃度が高い傾向を示した。これは、不織布製PFが繊維片や樹脂片など、BUVsを高濃度に含有する浮遊粒子を効率的に捕集したためと考えられる。

とりわけ、現時点で規制対象外であるUV-326が高濃度で検出されたことから、規制が強化され

たBUVsの代替物質として使用されている可能性が示唆された。以上より、PF法は室内環境中のBUVsの実態把握に有効な手法であり、今後の曝露評価および化学物質管理に資する基盤的知見を提供するものと考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 独立行政法人製品評価技術基盤機構製品含有化学物質のリスク評価UV-328 (2023).
- 2) Nakao T, Yuzuriha T, Kakutani T. Benzotriazole ultraviolet absorber contamination in breast milk and the infant health risk. BPB reports, 7(2), 61-65 (2024).
- 3) Kim J-W, Isobe T, Malarvannan G, Sudaryanto A, Chang K-H, Prudente M, Tanabe S. Contamination of benzotriazole ultraviolet stabilizers in house dust from the Philippines: Implications on human exposure. Sci.Total Environ., 424, 174-178 (2012)..
- 4) Schlabach M, Halse AK, Kringstad A, Nikiforov V, Nizzetto PB, Pfaffhuber KA, Reid M, Rostkowski P, Vogelsang C. Screening program 2018, Volatiles, Gd, BADGE, UV filters, Additives, and Medicines. Norwegian Institute for Air Research (NILU) report. <<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2019/oktober-2019/screening-program-2018/>>
- 5) 吉富ら, 室内環境学会学術大会講演要旨集, pp 161-162 (2024).
- 6) 木場ら, 繊維と工業., 51(5), 206-210 (1995).
- 7) 令和5年度化学物質規制対策(規制化学物質に関する国際的な動向調査) [https://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2023FY/000041.pdf](https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2023FY/000041.pdf).

#### E. 健康危機情報

なし

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Taichi Yoshitomi, Iwaki Nishi, Fumi Nakano, Hitoshi Uemura, Maiko Tahara, Shinobu Sakai: Occurrence of benzotriazole-based UV absorbers in Japanese household dust, BPB Reports, 9, 8-14 (2026)

### 2. 書籍等刊行物

- 1) 酒井信夫：環境化学物質 室内濃度指針値，実例から学ぶレギュラトリーサイエンス，レギュラトリーサイエンス研究会，194-197：株式会社じほう(2025)

### 3. 学会発表

- 1) 田中礼子，村木沙織，田原麻衣子，酒井信夫：「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」の揮発性有機化合物の測定方法 第2法に示される捕集管の検証，第33回環境化学討論会，山形，2025年7月
- 2) 酒井信夫，田原麻衣子：規制の最前線 シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会の新たなフェーズ，室内環境学会 車室内環境分科会，東京，2025年8月
- 3) 酒井信夫：室内空气中化学物質に関するレギュラトリーサイエンス研究，名古屋市衛生研究所講演会：生活環境衛生分野のレギュラトリーサイエンス研究，名古屋，2025年9月
- 4) Shinobu Sakai: Regulatory Science for Indoor Air Chemicals in Japan, 2025 Asian Indoor Environment Forum, Seoul, September (2025)
- 5) 高木規峰野，大嶋直浩，酒井信夫，内山奈穂子，

千葉真弘，西堀祐司，涌井玲，大槻良子，熊谷貴美代，草原紀子，大竹正芳，角田徳子，上村仁，田中礼子，高居久義，三宅崇弘，堀井裕子，望月映希，羽田好孝，山本優子，若山貴成，和田拓樹，吉田俊明，古市裕子，吉野共広，伊達英代，別役由香，島田友梨，出口雄也，田崎盛也：令和6年度室内空気環境汚染に関する全国実態調査，第62回全国衛生化学技術協議会年会，群馬，2025年11月

- 6) 高木規峰野，田原麻衣子，酒井信夫：3種捕集法における放散化学物質のプロファイル比較－サンプリングバッグ法・超小形チャンバー法・直接脱離法－，2025年室内環境学会学術大会，北九州，2025年12月
- 7) 田原麻衣子，村木沙織，松本幸一郎，吉富太一，西以和貴，千葉真弘，市村天，大貫文，小澤敦揮，若山貴成，六鹿元雄，高木規峰野，酒井信夫：LC/MSを用いた室内空气中SVOCの標準試験法の開発（第3報），2025年室内環境学会学術大会，北九州，2025年12月
- 8) 吉富太一，西以和貴，田原麻衣子，上村仁，酒井信夫：汎用型空気清浄機によるハウスダスト中ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の捕集法の検討，2025年室内環境学会学術大会，北九州，2025年12月

## G. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

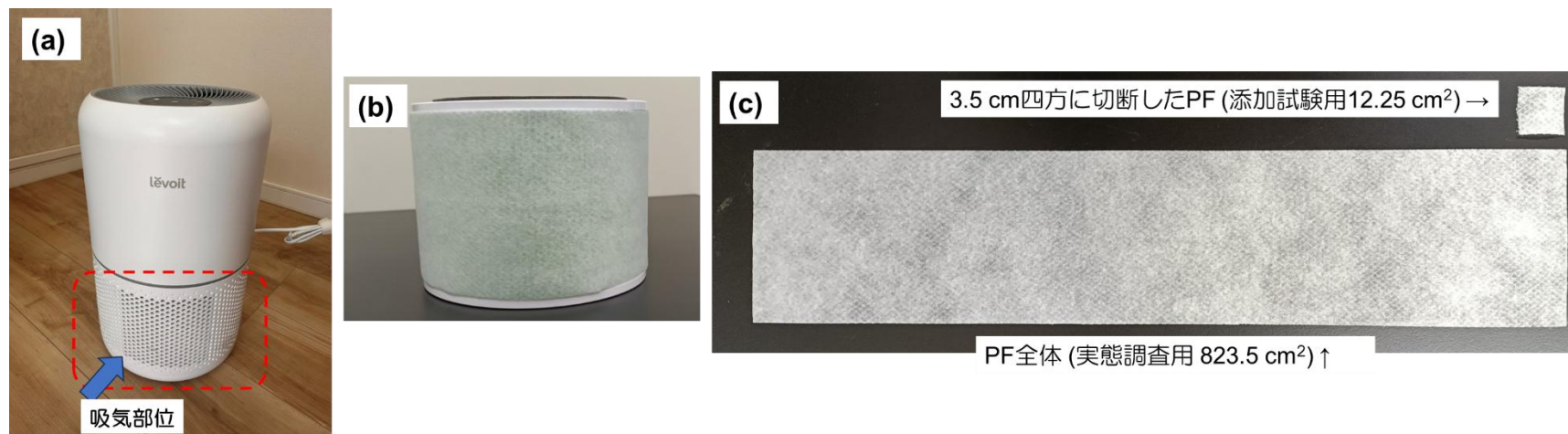


Fig. 1 HD 捕集に用いた汎用型空気清浄機とフィルター類

(a) 空気清浄機本体 (吸気高さ: 床から 3-17 cm), (b) 捕集フィルター本体, (c) PF

Table 1 本研究で使用した LC-MS/MS 分析条件等の詳細

Liquid Chromatograph		
Instrument	Nexera LC-40D <sub>XR</sub>	
Column	InertCore Plus C18 2.1 x 100 mm, 2.6 μm	
Mobile phase	A: Water, B: Methanol	
Gradient program	70%B(6.5 min)-90%B(9.5 min)-93%B(14 min)-93%B(18 min)-100%B(18.01 min)-100%B(24 min)-70%B(24.01 min)-70%B(30 min)	
Flow rate	0.25 ml/min	
Injection volume	10 μL	
Column oven	40°C	
Mass Spectrometry		Monitor ion ( <i>m/z</i> ) [CE (V)]
Instrument	LCMS-8050	UV-P, 226>107 [-21]
Ionization	APCI (positive)	UV-PS, 268>212 [-21]
Interface temperature	350°C	UV-234, 448>370 [-23]
Desolvation temperature	600°C	UV-320, 324>268 [-22]
DL temperature	200°C	UV-326, 316>260 [-20]
Heat block temperature	200°C	UV-327, 358>302 [-24]
Nebulizing gas	3 L/min	UV-328, 352>282 [-24]
Drying gas	5 L/min	UV-329, 324>57 [-28]

Table 2 空気清浄機の PF を用いた添加回収試験

回収率	UV-P	UV-PS	UV-234	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328	UV-329
添加_1	115	122	84	85	84	89	84	114
添加_2	108	115	77	78	77	82	75	108
添加_3	109	117	76	76	82	81	74	110
添加_4	106	106	85	86	85	89	85	104
添加_5	105	108	80	85	84	84	83	106
添加_6	101	105	83	82	82	84	81	103
添加_7	104	103	84	83	82	83	81	101
平均	107	111	81	82	82	84	80	107
標準偏差	4.2	6.9	3.7	4.0	2.6	3.2	4.4	4.4
RSD%	4.0	6.3	4.5	4.9	3.2	3.8	5.4	4.1

Table 3 PF 法による HD の捕集量, 日数, 設置部屋など詳細

住宅	捕集量(mg)	1日あたりの捕集量(mg/日)	捕集期間(日数)	設置部屋	床材質	設置部屋の最大人数
A	118	3.4	6月3日-7月7日(35日)	リビング	フローリング	3
B	800	22.9	6月3日-7月7日(35日)	リビング	フローリング, ラグ	4
C	201	5.4	6月19日-7月25日(37日)	寝室	フローリング	1
D	932	28.2	7月16日-8月17日(33日)	子供部屋	フローリング, ラグ	1
E	1601	48.5	7月16日-8月17日(33日)	リビング	フローリング	5(ペット1)
F	480	15.0	8月23日-9月24日(33日)	リビング	フローリング	4(ペット1)
G	876	27.4	8月23日-9月24日(32日)	リビング	カーペット	4
H	411	11.4	8月19日-9月23日(36日)	リビング	フローリング	3(ペット1)
I	216	6.8	8月25日-9月25日(32日)	リビング	フローリング	3
J	968	28.5	8月29日-10月1日(34日)	リビング	フローリング	5(ペット1)

Table 4 PF 法を用いた HD 中 BUVs の実態調査 (ng/g)

住宅	UV-P	UV-PS	UV-234	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328	UV-329
A	503.2	52.4	869.2	39.8	16143.0	245.4	4905.9	2124.9
B	9987.6	56.6	381.8	18.3	49328.5	179.4	943.4	13265.9
C	717.4	ND	149.5	23.6	8629.5	705.9	469.1	8009.4
D	665.6	9.8	189.9	20.8	12454.9	19504.7	506.5	1382.8
E	ND	ND	488.9	ND	14954.9	244.0	314.2	1608.1
F	ND	ND	406.0	21.3	12977.7	1921.9	510.1	2319.4
G	10055.4	7.5	230.6	ND	86221.0	113.5	2787.4	9614.2
H	1121.3	8.0	599.9	12.8	22792.3	ND	117.1	4887.4
I	8429.6	52.1	750.4	13.9	41908.7	178.3	884.7	22390.5
J	4767.7	6.4	352.1	35.3	15664.5	153.6	7780.5	10695.2
Max	10055	56.6	869.2	39.8	86221.0	19504.7	7780.5	22390.5
Median	2944.5	9.8	393.9	21.0	15903.8	244.0	697.4	6448.4
Min	503.2	6.4	149.5	12.8	8629.5	113.5	117.1	1382.8
Detection frequency (%)	80	70	100	80	100	100	100	100

Table 5 先行研究の掃除機法を用いた HD 中 BUVs の実態調査 (ng/g) ※

住宅	UV-P	UV-PS	UV-234	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328	UV-329
A	134.3	ND	71.6	ND	270.3	16.4	40.0	143.2
B	205.9	ND	181.2	ND	553.0	16.6	36.6	197.1
C	352.7	ND	312.0	ND	6539.4	32.6	122.9	147.9
D	601.6	ND	471.8	ND	516.4	6317.4	60.3	312.7
E	100.2	ND	413.5	ND	496.2	22.2	66.8	218.6
F	292.4	ND	365.6	ND	844.2	25.0	1207.0	101.8
G	311.2	ND	343.7	ND	662.6	11.2	136.4	233.6
H	441.4	ND	2121.9	ND	1626.1	8.6	88.1	661.3
I	841.4	ND	937.4	ND	8115.5	22.3	317.4	4507.1
J	241.1	ND	449.3	ND	1611.5	38.4	403.7	575.4
Max	841.4	ND	2121.9	ND	8115.5	6317.4	1207.0	4507.1
Median	301.8	ND	389.6	ND	753.4	22.2	105.5	226.1
Min	100.2	ND	71.6	ND	270.3	8.6	36.6	101.8
Detection frequency (%)	100	0	100	0	100	100	100	100

※ 本データは 2023 年に掃除機法で実施し、A-J の各住宅から得られた HD をそれぞれ n=3 で測定した濃度の平均値である。

厚生労働行政推進調査事業費 補助金 (化学物質リスク研究事業)  
分担研究報告書

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

TVOC 構成成分のデータベース構築

研究分担者 神野 透人 名城大学薬学部 教授

研究要旨: 室内空気中の総揮発性有機化合物 (TVOC) の構成成分について、GC-MS 分析における溶出挙動と有害性情報を関連付けたデータベースを構築することを目的として、環境省が実施した「化学物質の環境リスク初期評価」を基に対象物質を選定し、質量スペクトルデータベース NIST23 に基づく保持指標 (Retention Index : RI) と有害性情報 (無毒性量等) との関連付けを行った。

研究協力者 :

酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)  
香川 (田中) 聡子 (横浜薬科大学)  
小林 葵々 (名城大学薬学部)  
石子 輝昌 (名城大学薬学部)

A. 目的

室内空気中の総揮発性有機化合物 (TVOC) は、分析化学的には「無極性カラムを用いるガスクロマトグラフィー (GC) において、*n*-ヘキサン (沸点 69°C) から *n*-ヘキサデカン (沸点 287°C) の間に溶出する化合物の総和を、トルエン相当量として表したものと定義されている。総体的な空気質の指標としての有用性から、室内空気中の TVOC には 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  の暫定目標値が設定されている。

本研究では、加熱脱離-ガスクロマトグラフ-質量分析計 (TD-GC-MS) による TVOC 測定で得られる構成成分に関する情報を最大限に活用することを目的として、有害性情報にかかるデータベースの構築を進めた。令和 6 年度は有害性情報にかかるデータベースとして「GHS 分類」に着目し、対象化合物の RI と有害性情報の関連付けを行った。令和 7 年度は、環境省が実施した「化学物質の環境リスク初期評価」を基に対象物質を選定し、RI と有害性情報 (無毒性量等) との関連付けを行った。

B. 研究方法

環境リスク初期評価実施物質 (<https://www.env.go.jp/content/000315549.pdf>) について、化合物名、CAS 番号、有害性 (無毒性量等) および沸点にかかる情報を抜粋して取り纏めた。有害性情報については、吸入による無毒性量等を優先し、当該情報が得られないものについては経口による無毒性量を採用した。大気圧における沸点が明らかでない化合物については、必要に応じて熱力学物性推算ソフトウェア BIOVIA COSMOtherm による推算を行った。さらに、GC-MS 分析における各物質の RI については、質量スペクトルデータベース NIST23 から情報を抽出した。

C. 結果と考察

令和 6 年度までに環境リスク初期評価が実施された 435 物質を取り纏めた結果、吸入ばく露による無毒性量等が示されている物質が 156、暫定的な無毒性量等が示されている物質が 61 物質であった。これらの化合物の中で、提示されている沸点が 50°C~260°C の物質がそれぞれ 103 物質、31 物質の計 134 物質であった (表 1)。一方、経口ばく露による無毒性量または暫定無毒性量が示されている物質のうち、沸点が 50°C~260°C の

VOCsに該当するものは96物質であった(表2)。

表3には、質量スペクトルデータベースNIST23に基づき、表1の134物質および表2の6物質、合計230物質についてRIを抽出し、RI順に整理した結果を示す。

今後、室内における放散源の有無やTD-GC-MS法の適用可能性を考慮して優先順位付けを行い、順次、実測によるRIの取得を進めていく予定である。

最終的に、TVOC測定で得られる個々のVOCsの半定量値(トルエン換算値、あるいはトルエン-d8とのピーク強度比により算出した推定値)を基にばく露マージンを算出し、以下のような判定を行うアルゴリズムを完成させることとしている。

#### [判定基準]

ばく露マージンMOEに基づいてリスク判定(空気質改善の提案)を行う。

MOE ≤ 10: 詳細な評価を行う候補と考えられる。

(放散源の特定と代替等による空気質の改善が必要と考えられる)

10 < MOE ≤ 100 以下: 情報収集に努める必要があると考えられる。

100 < MOE: 現時点では作業は必要ないと考えられる。

#### D. 結論

環境省が実施した「化学物質の環境リスク初期評価」を基に、吸入あるいは経口ばく露の無毒性量等が示されており、かつ、その沸点がVOC(50°C~260°C)に該当する候補化合物として230物質を選定した。室内での放散源の有無やTVOC測定法の適用可能性の観点から精査を行った上で、RIを実測し、データベースの構築を進める。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

[学会発表]

- 1) 小林 葵々、青木 明、岡本 誉士典、大嶋 直浩、田原 麻衣子、酒井 信夫、香川(田中) 聡子、神野透人: 室内空気中の総揮発性有機化合物(TVOC)構成成分のデータベース構築, 第71回日本薬学会東海支部総会・大会, 7月, 名古屋(2025)

#### H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

特許取得

なし

実用新案登録

なし

表1 吸入無毒性量等が示されている VOCs のまとめ

番号	化合物名	ばく露方法	無毒性量等	沸点 (°C)
1	グリオキサール	吸入	0.003 mg/m <sup>3</sup>	50.4
2	アクロレイン	吸入	0.00160 mg/m <sup>3</sup>	52.6
3	メチル-t-ブチルエーテル	吸入	260.000 mg/m <sup>3</sup>	55.2
4	アセトン	吸入 (暫定)	17.00000 mg/m <sup>3</sup>	56.0
5	酢酸メチル	吸入 (暫定)	18.000 mg/m <sup>3</sup>	56.8
6	1,1-ジクロロエタン	吸入	36.000 mg/m <sup>3</sup>	57.3
7	クロロプレン	吸入 (暫定)	0.820 mg/m <sup>3</sup>	59.4
8	2-ブロモプロパン	吸入	17.000 mg/m <sup>3</sup>	59.5
9	シス-1,2-ジクロロエチレン	吸入	4.100 mg/m <sup>3</sup>	60.0
10	クロロホルム	吸入	4.300 mg/m <sup>3</sup>	61.2
11	1,2-エポキシブタン	吸入	2.60000 mg/m <sup>3</sup>	63.4
12	イソブチルアルデヒド	吸入	26.00000 mg/m <sup>3</sup>	64.1
13	テトラヒドロフラン	吸入	11.000 mg/m <sup>3</sup>	65.0
14	ブロモクロロメタン	吸入 (暫定)	4.100 mg/m <sup>3</sup>	68.0
15	n-ヘキサン	吸入	1.000 mg/m <sup>3</sup>	68.7
16	1-ブロモプロパン	吸入	0.130 mg/m <sup>3</sup>	70.8
17	3-クロロ-2-メチル-1-プロペン	吸入	3.300 mg/m <sup>3</sup>	72.0
18	酢酸ビニルモノマー	吸入	31.000 mg/m <sup>3</sup>	72.7
19	n-ブチルアルデヒド	吸入 (暫定)	0.260 mg/m <sup>3</sup>	74.8
20	1,3-ジオキソラン	吸入	16.000 mg/m <sup>3</sup>	75.3
21	四塩化炭素	吸入	0.560 mg/m <sup>3</sup>	76.7
22	酢酸エチル	吸入	2.300 mg/m <sup>3</sup>	77.1
23	アクリロニトリル	吸入	0.77000 mg/m <sup>3</sup>	77.3
24	メチルエチルケトン	吸入	870.000 mg/m <sup>3</sup>	79.6
25	アクリル酸メチル	吸入	0.88000 mg/m <sup>3</sup>	80.7
26	アセトニトリル	吸入	3.00000 mg/m <sup>3</sup>	81.6
27	ジビニルベンゼン	吸入	9.600 mg/m <sup>3</sup>	82.0
28	2-メチルプロパン-2-オール	吸入	29.000 mg/m <sup>3</sup>	82.3
29	2-プロパノール	吸入	220.000 mg/m <sup>3</sup>	82.3
30	シクロヘキセン	吸入	181.000 mg/m <sup>3</sup>	83.0
31	1,2-ジクロロエタン	吸入	8.300 mg/m <sup>3</sup>	83.5

32	トリエチルアミン	吸入	1.800 mg/m <sup>3</sup>	89.0
33	ブロモジクロロメタン	吸入	0.170 mg/m <sup>3</sup>	90.0
34	メタクリロニトリル	吸入 (暫定)	0.190 mg/m <sup>3</sup>	90.3
35	1,2-ジクロロプロパン	吸入	0.120 mg/m <sup>3</sup>	95.0
36	tert-ブチル=ヒドロペルオキシド	吸入	0.130 mg/m <sup>3</sup>	96.0
37	アリルアルコール	吸入	0.09800 mg/m <sup>3</sup>	97.0
38	1-プロパノール	吸入	200.000 mg/m <sup>3</sup>	97.2
39	アクリル酸エチル	吸入	3.60000 mg/m <sup>3</sup>	98.9
40	メタクリル酸メチル	吸入	18.000 mg/m <sup>3</sup>	100.6
41	ギ酸	吸入 (暫定)	0.027 mg/m <sup>3</sup>	100.8
42	1,4-ジオキサン	吸入	83.000 mg/m <sup>3</sup>	101.1
43	ニトロメタン	吸入	0.420 mg/m <sup>3</sup>	101.2
44	クロトンアルデヒド	吸入	0.150 mg/m <sup>3</sup>	102.2
45	塩化クロロアセチル	吸入 (暫定)	0.00410 mg/m <sup>3</sup>	106.0
46	ビス(クロロメチル)エーテル	吸入 (暫定)	0.008 mg/m <sup>3</sup>	106.0
47	イソブチルアルコール	吸入	56.00000 mg/m <sup>3</sup>	107.8
48	1,3-ジクロロプロペン	吸入	0.900 mg/m <sup>3</sup>	108.0
49	ジメチルジスルフィド	吸入	0.340 mg/m <sup>3</sup>	109.7
50	トルエン	吸入	7.900 mg/m <sup>3</sup>	110.6
51	トリクロロニトロメタン	吸入	0.120 mg/m <sup>3</sup>	112.0
52	2,3-エポキシ-1-プロパナール	吸入 (暫定)	0.35000 mg/m <sup>3</sup>	112.5
53	2-プロピン-1-オール	吸入	0.016 mg/m <sup>3</sup>	113.0
54	3,4-ジクロロ-1-ブテン	吸入	1.700 mg/m <sup>3</sup>	116.0
55	メチルイソブチルケトン	吸入	33.000 mg/m <sup>3</sup>	116.5
56	エチレンジアミン	吸入	3.10000 mg/m <sup>3</sup>	117.0
57	2-メトキシ-3,4-ジヒドロ-2H-ピラン	吸入 (暫定)	0.770 mg/m <sup>3</sup>	117.6
58	1-ブタノール	吸入	2.700 mg/m <sup>3</sup>	117.7
59	エチレングリコールモノメチルエーテル	吸入	2.30000 mg/m <sup>3</sup>	124.1
60	テトラヒドロ-1,4-オキサジン	吸入	6.400 mg/m <sup>3</sup>	128.0
61	4-ビニル-1-シクロヘキセン	吸入	20.000 mg/m <sup>3</sup>	130.0
62	1,2-ジブromoエタン	吸入	0.410 mg/m <sup>3</sup>	131.3
63	モノクロロベンゼン	吸入	6.000 mg/m <sup>3</sup>	131.7

64	エチレングリコールモノエチル エーテル	吸入	9.30000 mg/m <sup>3</sup>	135.0
65	エチルベンゼン	吸入	58.00000 mg/m <sup>3</sup>	136.2
66	アクリル酸	吸入	0.02600 mg/m <sup>3</sup>	141.0
67	キシレン	吸入	1.200 mg/m <sup>3</sup>	144.4
68	酢酸 2-メトキシエチル	吸入 (暫定)	26.000 mg/m <sup>3</sup>	145.0
69	スチレン	吸入	3.400 mg/m <sup>3</sup>	145.3
70	アクリル酸ブチル	吸入	1.30000 mg/m <sup>3</sup>	146.6
71	2-プロポキシエタノール	吸入 (暫定)	7.600 mg/m <sup>3</sup>	149.8
72	ブタン-2-オン=オキシム	吸入	0.190 mg/m <sup>3</sup>	151.5
73	イソプロピルベンゼン	吸入	8.80000 mg/m <sup>3</sup>	152.4
74	<i>N,N</i> -ジメチルホルムアミド	吸入	0.520 mg/m <sup>3</sup>	153.0
75	1-アリルオキシ-2,3-エポキシプロ ロパン	吸入	0.08400 mg/m <sup>3</sup>	154.0
76	トリクロロブテン	吸入 (暫定)	0.018 mg/m <sup>3</sup>	155.0
77	酢酸 2-エトキシエチル	吸入	34.000 mg/m <sup>3</sup>	156.6
78	1,2,3-トリクロロプロパン	吸入	0.120 mg/m <sup>3</sup>	158.0
79	<i>o</i> -クロロトルエン	吸入	25.000 mg/m <sup>3</sup>	159.0
80	メタクリル酸	吸入	0.130 mg/m <sup>3</sup>	160.0
81	2-(ジエチルアミノ)エタノール	吸入	0.960 mg/m <sup>3</sup>	162.1
82	メタクリル酸 <i>n</i> -ブチル	吸入	32.000 mg/m <sup>3</sup>	163.0
83	1,3,5-トリメチルベンゼン	吸入	0.220 mg/m <sup>3</sup>	164.7
84	$\alpha$ -メチルスチレン	吸入	0.640 mg/m <sup>3</sup>	165.4
85	<i>N,N</i> -ジメチルアセトアミド	吸入	11.000 mg/m <sup>3</sup>	165.9
86	4-ヒドロキシ-4-メチル-2-ペンタ ノン	吸入 (暫定)	4.200 mg/m <sup>3</sup>	167.9
87	2-ブトキシエタノール	吸入	5.300 mg/m <sup>3</sup>	168.4
88	1,2,4-トリメチルベンゼン	吸入	2.200 mg/m <sup>3</sup>	169.4
89	ジシクロペンタジエン	吸入	0.500 mg/m <sup>3</sup>	170.0
90	2-ヒドロキシ-2-メチルプロパン ニトリル	吸入 (暫定)	0.590 mg/m <sup>3</sup>	171.0
91	<i>n</i> -ブチル-2,3-エポキシプロピル エーテル	吸入	0.470 mg/m <sup>3</sup>	171.0
92	2-アミノエタノール	吸入	0.12000 mg/m <sup>3</sup>	171.0
93	<i>p</i> -ジクロロベンゼン	吸入	7.500 mg/m <sup>3</sup>	174.1
94	1,2,3-トリメチルベンゼン	吸入	2.200 mg/m <sup>3</sup>	176.0

95	グルタルアルデヒド	吸入	0.0016 mg/m <sup>3</sup>	176.0
96	ベンズアルデヒド	吸入	5.400 mg/m <sup>3</sup>	178.7
97	塩化ベンジル	吸入	1.10000 mg/m <sup>3</sup>	179.0
98	<i>o</i> -ジクロロベンゼン	吸入	0.750 mg/m <sup>3</sup>	180.2
99	フェノール	吸入	4.500 mg/m <sup>3</sup>	182.0
100	メタクリル酸 2-(ジメチルアミノ)エチル	吸入 (暫定)	12.000 mg/m <sup>3</sup>	186.0
101	ペルフルオロオクタン酸及びその塩	吸入	0.030 mg/m <sup>3</sup>	188.0
102	1,2-プロパンジオール	吸入 (暫定)	0.290 mg/m <sup>3</sup>	188.2
103	1(又は2)-[2-メトキシ(メチル)エトキシ]プロパノール	吸入 (暫定)	4.900 mg/m <sup>3</sup>	188.3
104	アクリル酸 2-ヒドロキシエチル	吸入	0.04900 mg/m <sup>3</sup>	191.0
105	2,4,6-トリクロロ-1,3,5-トリアジン	吸入 (暫定)	0.005 mg/m <sup>3</sup>	192.0
106	1,2-ジブromo-3-クロロプロパン	吸入 (暫定)	0.170 mg/m <sup>3</sup>	196.0
107	ヘキサメチレンジアミン	吸入	0.055 mg/m <sup>3</sup>	197.0
108	エチレングリコール	吸入	4.10000 mg/m <sup>3</sup>	197.3
109	<i>N</i> -メチル-2-ピロリドン	吸入 (暫定)	7.100 mg/m <sup>3</sup>	202.0
110	ジエチレングリコールモノエチルエーテル	吸入	1.60000 mg/m <sup>3</sup>	202.0
111	無水マレイン酸	吸入	0.002 mg/m <sup>3</sup>	202.0
112	1,3,5-トリクロロベンゼン	吸入	1.700 mg/m <sup>3</sup>	208.0
113	ニトロベンゼン	吸入	1.200 mg/m <sup>3</sup>	210.8
114	1,2,4-トリクロロベンゼン	吸入	0.400 mg/m <sup>3</sup>	213.5
115	2,4-ジメチルアニリン	吸入	0.540 mg/m <sup>3</sup>	214.0
116	イソホロン	吸入	0.37000 mg/m <sup>3</sup>	215.2
117	1-クロロ-2-(クロロメチル)ベンゼン	吸入 (暫定)	0.540 mg/m <sup>3</sup>	217.0
118	ナフタレン	吸入	0.940 mg/m <sup>3</sup>	217.9
119	<i>N</i> -ビニル-2-ピロリドン	吸入	0.082 mg/m <sup>3</sup>	218.0
120	ベンゾトリクロライド	吸入 (暫定)	0.091 mg/m <sup>3</sup>	220.8
121	ベンジリジン=トリクロリド	吸入	0.091 mg/m <sup>3</sup>	221.0
122	2-(ジ- <i>n</i> -ブチルアミノ)エタノール	吸入	2.800 mg/m <sup>3</sup>	222.0
123	<i>tert</i> -ドデカンチオール	吸入 (暫定)	0.370 mg/m <sup>3</sup>	227.0

124	トリプロピレングリコールモノ メチルエーテル	吸入 (暫定)	0.240 mg/m <sup>3</sup>	242.4
125	<i>p</i> -アニシジン	吸入 (暫定)	0.100 mg/m <sup>3</sup>	243.0
126	2-クロロアセトフェノン	吸入 (暫定)	0.018 mg/m <sup>3</sup>	244.0
127	2,3-エポキシプロピル=フェニ ルエーテル	吸入	1.000 mg/m <sup>3</sup>	245.0
128	ジエチレングリコール	吸入	54.000 mg/m <sup>3</sup>	245.5
129	2-クロロニトロベンゼン	吸入	0.013 mg/m <sup>3</sup>	246.2
130	安息香酸	吸入 (暫定)	0.045 mg/m <sup>3</sup>	249.2
131	ジニトロトルエン	吸入 (暫定)	0.050 mg/m <sup>3</sup>	250.0
132	メチル-1,3-フェニレン=ジイソ シアネート	吸入	0.0013 mg/m <sup>3</sup>	251.0
133	<i>p</i> -フェネチジン	吸入 (暫定)	0.200 mg/m <sup>3</sup>	254.0
134	ヘキサメチレン=ジイソシアネ ート	吸入	0.006 mg/m <sup>3</sup>	255.0

表2 経口無毒性量等が示されている VOCs のまとめ

番号	化合物名	ばく露方法	無毒性量等 mg/kg/day	沸点 (°C)
1	1,1-ジメチルヒドラジン	経口	0.100	62.4
2	トリフルオロ酢酸	経口	0.82000	72.0
3	アクリルアミド	経口	0.200	87.0
4	トリクロロアセトアルデヒド	経口 (暫定)	0.09500	97.8
5	吉草酸アルデヒド	経口 (暫定)	3.000	103.0
6	ヒドラジン	経口	0.001	113.5
7	ピリジン	経口	0.100	115.2
8	ジブロモクロロメタン	経口	2.100	120.0
9	シクロヘキシルアミン	経口	15.000	134.0
10	<i>N</i> -エチルモルホリン	経口 (暫定)	5.000	138.0
11	酢酸 2-メトキシエチル	経口	18.000	142.0
12	ヘプタクロル	経口	0.025	145.0
13	<i>N</i> -ニトロソジメチルアミン	経口	0.005	146.0
14	ピペラジン	経口	2.500	146.0
15	ブロモホルム	経口 (暫定)	1.800	149.1
16	<i>N</i> -ニトロソジフェニルアミン	経口	5.000	151.0
17	2- <i>tert</i> -ブトキシエタノール	経口 (暫定)	0.400	153.0
18	2-メルカプトエタノール	経口 (暫定)	1.500	157.0
19	2-ビニルピリジン	経口	1.300	159.5
20	<i>p</i> -クロロトルエン	経口	20.000	162.4
21	モノフルオロ酢酸	経口	0.004	168.0
22	ベンゼンチオール	経口 (暫定)	0.090	168.3
23	1,3-ジフェニルグアニジン	経口 (暫定)	1.000	170.0
24	1,3-ジクロロ-2-プロパノール	経口	0.070	171.0
25	<i>m</i> -ジクロロベンゼン	経口	0.090	173.0
26	<i>o</i> -クロロフェノール	経口	5.000	173.4
27	<i>N</i> -ニトロソジエチルアミン	経口	0.001	175.0
28	2-クロロプロピオン酸	経口	0.800	186.0
29	ビス (1-メチル-2-クロロエチル) エーテル	経口 (暫定)	13.000	187.0
30	3,5,5-トリメチル-1-ヘキサノール	経口 (暫定)	1.200	190.0

31	o-クレゾール	経口	2.100	191.0
32	N,N-ジメチルアニリン	経口	0.210	193.5
33	ジクロロ酢酸	経口 (暫定)	0.130	194.0
34	スチレンオキシド	経口 (暫定)	2.900	194.1
35	トリクロロ酢酸	経口 (暫定)	33.000	196.5
36	サリチルアルデヒド	経口 (暫定)	4.000	197.0
37	N-メチルアニリン	経口	0.050	197.0
38	2,6-ジクロロトルエン	経口 (暫定)	3.000	198.0
39	N,N-ジシクロヘキサン-1-イル(1,3-ベンゾチアゾール-2-イルスルファニル)アミン	経口 (暫定)	2.500	200.0
40	p-トルイジン	経口	0.400	200.4
41	2,4-ジクロロトルエン	経口 (暫定)	0.130	201.0
42	2,6-キシレノール	経口	0.060	201.1
43	p-クレゾール	経口	2.100	202.0
44	アセトフェノン	経口 (暫定)	7.500	202.0
45	m-クレゾール	経口	2.100	202.3
46	N-エチルアニリン	経口	0.100	203.0
47	m-トルイジン	経口	0.300	203.3
48	ベンジルアルコール	経口	290.000	205.3
49	N-(2-アミノエチル)-1,2-エタンジアミン	経口	4.100	206.5
50	2,4-ジクロロフェノール	経口	0.300	210.0
51	2,4-キシレノール	経口	3.000	211.0
52	4-ヒドロキシ-2,2,6,6-テトラメチルピペリジン	経口 (暫定)	0.600	212.0
53	2,5-ジメチルアニリン	経口	0.200	214.0
54	2,6-ジメチルアニリン	経口	1.000	215.0
55	1,2,3-トリクロロベンゼン	経口	0.770	218.5
56	p-クロロフェノール	経口 (暫定)	0.130	220.0
57	イソデシルアルコール	経口	17.000	220.0
58	3,5-ジメチルアニリン	経口	1.000	220.5
59	2,4-ジアミノアニソール	経口 (暫定)	60.000	221.0
60	o-アニシジン	経口	1.600	221.0
61	2,3-ジメチルアニリン	経口	0.120	221.5
62	o-ニトロトルエン	経口	2.500	222.0
63	4-クロロ-2-メチルフェノール	経口	6.000	223.0

64	2- <i>tert</i> -ブチル-5-メチルフェノール	経口 (暫定)	1.300	224.0
65	リン酸クレジルジフェニル	経口 (暫定)	0.500	225.0
66	ケルセン	経口 (暫定)	0.007	225.0
67	2-エチルヘキサノ酸	経口 (暫定)	6.100	227.5
68	メタクリル酸 2-エチルヘキシル	経口	3.000	227.6
69	2- <i>sec</i> -ブチルフェノール	経口 (暫定)	1.200	228.0
70	3,4-ジメチルアニリン	経口	1.000	228.0
71	ジプロピレングリコール	経口 (暫定)	115.000	230.0
72	4-クロロ-3-メチルフェノール	経口 (暫定)	21.000	235.0
73	2-メトキシ-5-メチルアニリン	経口	20.000	235.0
74	<i>p</i> -ニトロトルエン	経口	4.300	238.3
75	2-メチルナフタレン	経口	5.000	241.1
76	2,2,4-トリメチルペンタン-1,3-ジオールモノイソブチラート	経口 (暫定)	0.730	244.0
77	4- <i>tert</i> -ブチルフェノール	経口	7.000	244.0
78	1-メチルナフタレン	経口	7.200	244.7
79	1,2,3,5-テトラクロロベンゼン	経口 (暫定)	0.410	246.0
80	ピロカテコール	経口	3.300	246.0
81	2,4,6-トリクロロフェノール	経口	0.300	246.0
82	1,2,4,5-テトラクロロベンゼン	経口	0.034	247.0
83	2- <i>tert</i> -ブチル-4,6-ジメチルフェノール	経口 (暫定)	0.600	249.0
84	2,3,5,6-テトラクロロピリジン	経口 (暫定)	0.300	250.5
85	<i>m</i> -アニシジン	経口	0.024	251.0
86	<i>N,N</i> -ジシクロヘキシルアミン	経口	2.000	251.0
87	2,4,5-トリクロロフェノール	経口 (暫定)	10.000	253.0
88	ビフェニル	経口	3.800	254.0
89	1,2,3,4-テトラクロロベンゼン	経口 (暫定)	0.590	254.0
90	1,2-ジクロロ-4-ニトロベンゼン	経口 (暫定)	0.400	255.5
91	2-クロロナフタレン	経口 (暫定)	25.000	256.0
92	<i>o</i> -フェニレンジアミン	経口	4.000	257.0
93	1,2-ジクロロ-3-ニトロベンゼン	経口	0.500	257.5
94	グリセリン=トリアセテート	経口 (暫定)	100.000	258.0
95	<i>N,N</i> -ジメチルドデシルアミン	経口 (暫定)	0.400	260.0
96	<i>p,p'</i> -DDT	経口	0.060	260.0

表3 各 VOCs の保持指標 (Retention Index RI) のまとめ

RI	化合物名	ばく露方法	無毒性量等
600	<i>n</i> -ヘキサン	吸入	1.000 mg/m <sup>3</sup>
601	クロロホルム	吸入	4.30000 mg/m <sup>3</sup>
603	1-ブロモプロパン	吸入	0.130 mg/m <sup>3</sup>
605	ブロモクロロメタン	吸入 (暫定)	4.10000 mg/m <sup>3</sup>
606	エチレンジアミン	吸入	3.100 mg/m <sup>3</sup>
608	アクリル酸メチル	吸入	0.880 mg/m <sup>3</sup>
614	1,3-ジオキソラン	吸入	16.000 mg/m <sup>3</sup>
617	3-クロロ-2-メチル-1-プロペン	吸入	3.300 mg/m <sup>3</sup>
622	塩化クロロアセチル	吸入 (暫定)	0.004 mg/m <sup>3</sup>
623	クロトンアルデヒド	吸入	0.150 mg/m <sup>3</sup>
624	テトラヒドロフラン	吸入	11.000 mg/m <sup>3</sup>
624	1,2-ジクロロエタン	吸入	8.300 mg/m <sup>3</sup>
625	イソブチルアルコール	吸入	56.000 mg/m <sup>3</sup>
629	エチレングリコールモノメチルエーテル	吸入	2.300 mg/m <sup>3</sup>
649	四塩化炭素	吸入	0.560 mg/m <sup>3</sup>
661	1-ブタノール	吸入	2.700 mg/m <sup>3</sup>
666	吉草酸アルデヒド	経口 (暫定)	3.000 mg/kg/day
667	シクロヘキセン	吸入	181.000 mg/m <sup>3</sup>
671	2-アミノエタノール	吸入	0.120 mg/m <sup>3</sup>
680	1,2-ジクロロプロパン	吸入	0.120 mg/m <sup>3</sup>
681	アクリル酸エチル	吸入	3.600 mg/m <sup>3</sup>
690	1,4-ジオキサン	吸入	83.000 mg/m <sup>3</sup>
692	ブロモジクロロメタン	吸入	0.170 mg/m <sup>3</sup>
698	メタクリル酸メチル	吸入	18.000 mg/m <sup>3</sup>
699	ビス (クロロメチル) エーテル	吸入 (暫定)	0.008 mg/m <sup>3</sup>
702	エチレングリコールモノエチルエーテル	吸入	9.300 mg/m <sup>3</sup>
703	トリエチルアミン	吸入	1.800 mg/m <sup>3</sup>
705	トリクロロアセトアルデヒド	経口 (暫定)	0.095 mg/kg/day
706	ピリジン	経口	0.100 mg/kg/day
708	<i>N</i> -ニトロソジメチルアミン	経口	0.005 mg/kg/day
711	メタクリル酸	吸入	0.130 mg/m <sup>3</sup>
716	エチレングリコール	吸入	4.100 mg/m <sup>3</sup>

719	2,3-エポキシ-1-プロパノール	吸入	0.220 mg/m <sup>3</sup>
720	2-メルカプトエタノール	経口 (暫定)	1.500 mg/kg/day
721	ジメチルジスルフィド	吸入	0.340 mg/m <sup>3</sup>
721	1,2-プロパンジオール	吸入 (暫定)	0.290 mg/m <sup>3</sup>
723	メチルイソブチルケトン	吸入	33.000 mg/m <sup>3</sup>
737	トリフルオロ酢酸	経口	0.820 mg/kg/day
751	トルエン	吸入	7.900 mg/m <sup>3</sup>
754	N,N-ジメチルホルムアミド	吸入	0.520 mg/m <sup>3</sup>
757	酢酸 2-メトキシエチル	吸入 (暫定)	26.000 mg/m <sup>3</sup>
757	酢酸 2-メトキシエチル	経口	18.000 mg/kg/day
761	トリクロロニトロメタン	吸入	0.120 mg/m <sup>3</sup>
766	3,4-ジクロロ-1-ブテン	吸入	1.700 mg/m <sup>3</sup>
768	ジブロモクロロメタン	経口	2.100 mg/kg/day
779	1,2-ジブromoエタン	吸入	0.410 mg/m <sup>3</sup>
784	ジメチルスルホキシド	吸入	24.000 mg/m <sup>3</sup>
793	ブタン-2-オン=オキシム	吸入	0.190 mg/m <sup>3</sup>
795	テトラヒドロ-1,4-オキサジン	吸入	6.400 mg/m <sup>3</sup>
799	無水マレイン酸	吸入	0.002 mg/m <sup>3</sup>
801	2-プロポキシエタノール	吸入 (暫定)	7.600 mg/m <sup>3</sup>
826	モノクロロベンゼン	吸入	6.000 mg/m <sup>3</sup>
827	N,N-ジメチルアセトアミド	吸入	11.000 mg/m <sup>3</sup>
830	4-ヒドロキシ-4-メチル-2-ペンタノン	吸入 (暫定)	4.200 mg/m <sup>3</sup>
832	4-ビニル-1-シクロヘキセン	吸入	20.000 mg/m <sup>3</sup>
846	ピペラジン	経口	2.500 mg/kg/day
849	ブromoホルム	経口 (暫定)	1.800 mg/kg/day
852	エチルベンゼン	吸入	58.000 mg/m <sup>3</sup>
854	シクロヘキシルアミン	経口	15.000 mg/kg/day
864	1,3-ジクロロ-2-プロパノール	経口	0.070 mg/kg/day
869	1-アリルオキシ-2,3-エポキシプロパン	吸入	0.084 mg/m <sup>3</sup>
875	N-エチルモルホリン	経口 (暫定)	5.000 mg/kg/day
879	N-ニトロソジエチルアミン	経口	0.001 mg/kg/day
879	アクリル酸ブチル	吸入	1.300 mg/m <sup>3</sup>
881	1,2,3-トリクロロプロパン	吸入	0.120 mg/m <sup>3</sup>
883	1,1,2,2-テトラクロロエタン	吸入	0.016 mg/m <sup>3</sup>
884	2-(ジエチルアミノ)エタノール	吸入	0.960 mg/m <sup>3</sup>

884	酢酸 2-エトキシエチル	吸入	34.000 mg/m <sup>3</sup>
892	スチレン	吸入	3.400 mg/m <sup>3</sup>
895	2-ブトキシエタノール	吸入	5.300 mg/m <sup>3</sup>
911	イソプロピルベンゼン	吸入	8.800 mg/m <sup>3</sup>
919	2-ビニルピリジン	経口	1.300 mg/kg/day
928	ベンズアルデヒド	吸入	5.400 mg/m <sup>3</sup>
930	<i>o</i> -クロロトルエン	吸入	25.000 mg/m <sup>3</sup>
936	ジエチレングリコール	吸入	54.000 mg/m <sup>3</sup>
938	<i>p</i> -クロロトルエン	経口	20.000 mg/kg/day
957	フェノール	吸入	4.500 mg/m <sup>3</sup>
964	<i>o</i> -クロロフェノール	経口	5.000 mg/kg/day
966	メタクリル酸 <i>n</i> -ブチル	吸入	32.000 mg/m <sup>3</sup>
972	$\alpha$ -メチルスチレン	吸入	0.640 mg/m <sup>3</sup>
974	ベンゼンチオール	経口 (暫定)	0.090 mg/kg/day
978	1,2,4-トリメチルベンゼン	吸入	2.200 mg/m <sup>3</sup>
981	<i>m</i> -ジクロロベンゼン	経口	0.090 mg/kg/day
982	塩化ベンジル	吸入	1.100 mg/m <sup>3</sup>
991	<i>p</i> -ジクロロベンゼン	吸入	7.500 mg/m <sup>3</sup>
991	ジエチレングリコールモノエチルエーテル	吸入	1.600 mg/m <sup>3</sup>
1006	1,2,3-トリメチルベンゼン	吸入	2.200 mg/m <sup>3</sup>
1006	ベンジルアルコール	経口	290.000 mg/kg/day
1008	<i>o</i> -ジクロロベンゼン	吸入	0.750 mg/m <sup>3</sup>
1008	<i>N</i> -メチル-2-ピロリドン	吸入 (暫定)	7.100 mg/m <sup>3</sup>
1012	サリチルアルデヒド	経口 (暫定)	4.000 mg/kg/day
1014	ジシクロペンタジエン	吸入	0.500 mg/m <sup>3</sup>
1024	1,4-ジチアン	経口 (暫定)	1.100 mg/kg/day
1026	ビス (1-メチル-2-クロルエチル) エーテル	経口 (暫定)	13.000 mg/kg/day
1027	<i>N</i> -(2-アミノエチル)-1,2-エタンジアミン	経口	4.100 mg/kg/day
1030	<i>o</i> -クレゾール	経口	2.100 mg/kg/day
1037	<i>o</i> -トルイジン	経口 (スロー プファクタ ー)	0.240 (mg/kg/day) -1
1045	ペルフルオロオクタン酸及びその塩	吸入	0.030 mg/m <sup>3</sup>
1045	3,5,5-トリメチル-1-ヘキサノール	経口 (暫定)	1.200 mg/kg/day

1046	<i>N</i> -メチルアニリン	経口	0.050 mg/kg/day
1051	アセトフェノン	経口 (暫定)	7.500 mg/kg/day
1051	2,4,6-トリクロロ-1,3,5-トリアジン	吸入 (暫定)	0.005 mg/m <sup>3</sup>
1052	1,2-ジブromo-3-クロロプロパン	吸入 (暫定)	0.170 mg/m <sup>3</sup>
1052	<i>m</i> -クレゾール	経口	2.100 mg/kg/day
1053	ニトロベンゼン	吸入	1.200 mg/m <sup>3</sup>
1055	<i>p</i> -トルイジン	経口	0.400 mg/kg/day
1055	<i>p</i> -クレゾール	経口	2.100 mg/kg/day
1056	<i>m</i> -トルイジン	経口	0.300 mg/kg/day
1060	3-メチル-1,5-ペンタンジオール	経口 (暫定)	30.000 mg/kg/day
1064	<i>N,N</i> -ジメチルアニリン	経口 (暫定)	0.210 mg/kg/day
1070	メチルホスホン酸ビス(1-メチルエチル)エステル	経口 (暫定)	4.500 mg/kg/day
1070	<i>N</i> -ニトロソジフェニルアミン	経口	5.000 mg/kg/day
1080	2,6-キシレノール	経口	0.060 mg/kg/day
1088	スチレンオキシド	経口 (暫定)	2.900 mg/kg/day
1090	<i>N</i> -ビニル-2-ピロリドン	吸入	0.082 mg/m <sup>3</sup>
1090	イソホロン	吸入	0.370 mg/m <sup>3</sup>
1090	アジポニトリル	吸入 (暫定)	0.550 mg/m <sup>3</sup>
1104	2,6-ジクロロトルエン	経口 (暫定)	3.000 mg/kg/day
1112	1,3,5-トリクロロベンゼン	吸入	1.700 mg/m <sup>3</sup>
1113	<i>N</i> -エチルアニリン	経口	0.100 mg/kg/day
1116	2,4-ジクロロトルエン	経口 (暫定)	0.130 mg/kg/day
1120	<i>o</i> -クロロアニリン	吸入	0.020 mg/m <sup>3</sup>
1123	2,4-キシレノール	経口	3.000 mg/kg/day
1123	2-エチルヘキササン酸	経口 (暫定)	6.100 mg/kg/day
1130	2,4-ジメチルアニリン	吸入	0.540 mg/m <sup>3</sup>
1136	2,6-ジメチルアニリン	経口	1.000 mg/kg/day
1143	2,5-ジメチルアニリン	経口	0.200 mg/kg/day
1143	3,5-キシレノール	経口	3.000 mg/kg/day
1146	2,4-ジクロロフェノール	経口	0.300 mg/kg/day
1150	1,2,4-トリクロロベンゼン	吸入	0.400 mg/m <sup>3</sup>
1154	<i>o</i> -ニトロトルエン	経口	2.500 mg/kg/day
1159	3,5-ジメチルアニリン	経口	1.000 mg/kg/day
1162	<i>o</i> -アニシジン	経口	1.600 mg/kg/day

1165	2,3-ジメチルアニリン	経口	0.120 mg/kg/day
1166	<i>p</i> -クロロフェノール	経口 (暫定)	0.130 mg/kg/day
1167	安息香酸	吸入 (暫定)	0.045 mg/m <sup>3</sup>
1169	<i>p</i> -ニトロトルエン	経口	4.300 mg/kg/day
1170	ナフタレン	吸入	0.940 mg/m <sup>3</sup>
1176	3,4-ジメチルアニリン	経口	1.000 mg/kg/day
1187	<i>p</i> -アニシジン	吸入 (暫定)	0.100 mg/m <sup>3</sup>
1187	1,2,3-トリクロロベンゼン	経口	0.770 mg/kg/day
1194	ベンジリジン=トリクロリド	吸入	0.091 mg/m <sup>3</sup>
1194	ベンゾトリクロライド	吸入 (暫定)	0.091 mg/m <sup>3</sup>
1194	2-クロロニトロベンゼン	吸入	0.013 mg/m <sup>3</sup>
1200	ピロカテコール	経口	3.300 mg/kg/day
1204	<i>p</i> -クロロアニリン	吸入	0.020 mg/m <sup>3</sup>
1207	ヘキサメチレンテトラミン	経口	27.000 mg/kg/day
1214	<i>m</i> -アニシジン	経口	0.024 mg/kg/day
1216	ジクロルボス	吸入	0.048 mg/m <sup>3</sup>
1224	3-メチル-4-ニトロフェノール	経口 (暫定)	10.000 mg/kg/day
1230	2-クロロアセトフェノン	吸入 (暫定)	0.018 mg/m <sup>3</sup>
1234	ビスフェノール A	吸入	0.180 mg/m <sup>3</sup>
1234	2-メトキシ-5-メチルアニリン	経口	20.000 mg/kg/day
1251	2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテル	吸入	1.000 mg/m <sup>3</sup>
1252	2- <i>sec</i> -ブチルフェノール	経口 (暫定)	1.200 mg/kg/day
1255	$\epsilon$ -カプロラクタム	吸入	0.430 mg/m <sup>3</sup>
1259	4- <i>tert</i> -ブチルフェノール	経口	7.000 mg/kg/day
1265	<i>p</i> -アミノフェノール	経口	10.000 mg/kg/day
1265	<i>p</i> -フェネチジン	吸入 (暫定)	0.200 mg/m <sup>3</sup>
1269	4-クロロ-3-メチルフェノール	経口 (暫定)	21.000 mg/kg/day
1288	2-メチルナフタレン	経口	5.000 mg/kg/day
1290	1-メチルナフタレン	経口	7.200 mg/kg/day
1296	グリセリン=トリアセテート	経口 (暫定)	100.000 mg/kg/day
1296	メタクリル酸 2-エチルヘキシル	経口	3.000 mg/kg/day
1303	<i>m</i> -フェニレンジアミン	経口	2.200 mg/kg/day
1304	<i>o</i> -フタロジニトリル	経口 (暫定)	0.300 mg/kg/day
1306	1,2,4,5-テトラクロロベンゼン	経口	0.034 mg/kg/day

1308	1,2,3,5-テトラクロロベンゼン	経口 (暫定)	0.410 mg/kg/day
1312	3-アミノ-1H-1,2,4-トリアゾール	吸入 (暫定)	0.040 mg/m <sup>3</sup>
1316	無水フタル酸	吸入 (暫定)	2.000 mg/m <sup>3</sup>
1331	ヒドロキノン	経口	1.500 mg/kg/day
1331	2,4,6-トリクロロフェノール	経口	0.030 mg/kg/day
1335	<i>m</i> -アミノフェノール	経口 (暫定)	5.000 mg/kg/day
1341	2,4,5-トリクロロフェノール	経口 (暫定)	10.000 mg/kg/day
1347	デカン酸	経口	500.000 mg/kg/day
1347	1,2,3,4-テトラクロロベンゼン	経口 (暫定)	0.590 mg/kg/day
1348	2-クロロナフタレン	経口 (暫定)	25.000 mg/kg/day
1351	1,2-ジクロロ-3-ニトロベンゼン	経口	0.500 mg/kg/day
1353	2- <i>tert</i> -ブチル-5-メチルフェノール	経口 (暫定)	1.300 mg/kg/day
1362	1,4-ジクロロ-2-ニトロベンゼン	経口	1.000 mg/kg/day
1364	2- <i>tert</i> -ブチル-4,6-ジメチルフェノール	経口 (暫定)	0.600 mg/kg/day
1365	ビフェニル	経口	3.800 mg/kg/day
1372	ニトログリセリン	吸入	0.019 mg/m <sup>3</sup>
1372	1,2-ジクロロ-4-ニトロベンゼン	経口 (暫定)	0.400 mg/kg/day
1372	アジピン酸	経口	470.000 mg/kg/day
1380	3,4-ジクロロアニリン	吸入	0.018 mg/m <sup>3</sup>
1390	トリクロロ酢酸	経口 (暫定)	33.000 mg/kg/day
1401	2,6-ジニトロトルエン	経口	0.040 mg/kg/day
1420	<i>N,N</i> -ジシクロヘキシルアミン	経口	2.000 mg/kg/day
1427	4-ヒドロキシ安息香酸メチル	経口	25.000 mg/kg/day
1430	アセフェート	吸入 (暫定)	0.002 mg/m <sup>3</sup>
1439	アセナフチレン	経口 (暫定)	1.000 mg/kg/day
1446	<i>m</i> -ニトロアニリン	経口 (暫定)	0.500 mg/kg/day
1447	アセナフテン	経口	1.200 mg/kg/day
1465	テレフタル酸ジメチル	吸入	1.000 mg/m <sup>3</sup>
1474	2-フェニルフェノール	経口 (暫定)	39.000 mg/kg/day
1479	<i>p-tert</i> -ブチル安息香酸	吸入	0.027 mg/m <sup>3</sup>
1482	2,4-ジニトロフェノール	経口	0.020 mg/kg/day
1484	1-ナフトール	経口	13.000 mg/kg/day
1488	ペンタクロロベンゼン	経口 (暫定)	0.050 mg/kg/day
1496	2,6-ジ- <i>tert</i> -ブチル-4-メチルフェノール	経口	25.000 mg/kg/day

1498	2-ナフチルアミン	経口 (スロ プファクタ ー)	1.800 (mg/kg/day) - <sup>1</sup>
1508	メチル=ドデカノアート	経口	100.000 mg/kg/day
1513	<i>N,N</i> -ジメチルドデシルアミン	経口 (暫定)	0.400 mg/kg/day
1517	2,4-ジニトロトルエン	経口	0.200 mg/kg/day
1529	<i>p</i> -ニトロフェノール	吸入	0.089 mg/m <sup>3</sup>
1529	2,4-ジ- <i>tert</i> -ブチルフェノール	経口 (暫定)	0.500 mg/kg/day
1538	メラミン	経口	18.000 mg/kg/day
1539	2-ナフトール	経口	4.000 mg/kg/day
1545	<i>S</i> -エチル=ヘキサヒドロ-1 <i>H</i> -アゼピン-1-カルボチオアート	吸入 (暫定)	0.036 mg/m <sup>3</sup>
1546	フタル酸ジエチル	経口	15.000 mg/kg/day
1560	1-クロロ-2,4-ジニトロベンゼン	経口	0.100 mg/kg/day
1560	<i>p</i> -ニトロアニリン	経口 (暫定)	0.250 mg/kg/day
1568	4,6-ジニトロ- <i>o</i> -クレゾール	経口	1.100 mg/kg/day
1569	フェノブカルブ	経口 (暫定)	1.200 mg/kg/day
1572	フルオレン	経口 (暫定)	1.300 mg/kg/day
1597	2,4,6-トリブロモフェノール	経口	10.000 mg/kg/day

## 研究要旨

本研究では、室内空気汚染化学物質の標準試験法の国際規格化に関する調査研究を行った。シックハウス対策には、厚生労働省がとりまとめている「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」及び一連の日本産業規格（JIS）が用いられている。これらと国際規格であるISOとの整合性を維持するため、日本で用いられている分析・測定方法をISO規格へ提案していくことが求められている。そこで、2025年に開催されたHealthy Buildings 2025国際会議（アイスランド）及び同年9月に開催されたISO/TC 146/SC 6において、アクロレイン及び有機フッ素化合物（PFAS）に関する調査を行った。室内空气中のアクロレインについては、ドイツ室内空気指針値委員会（AIR）が指針値を設定したことを確認した。また、PFASは撥水・撥油性、熱的安定性、化学的安定性に優れることから、溶剤、界面活性剤、繊維、革、紙、プラスチック等の表面処理剤、家具、家電製品、室内仕上げ材など幅広い用途で使用されているため、関連する米国規格及び測定法の動向についても調査した。その結果、空气中PFASの体系的な測定・評価は未だ十分に整備されていないことが分かった。さらに、室内環境におけるPFAS汚染濃度に関する研究が少ないことから、室内ダスト中PFAS濃度を測定する手法の開発を目的として試験測定を行った。その結果、対象とした10種類のうち8種類のPFASが検出された。

## A. 研究目的

厚生労働省のシックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会が継続的に開催され、指針値の見直しや新たな規制対象物質の検討が進められている。本研究では、精度の高い国内規格の国際標準化を図るため、ISO規格への新規提案に向けた基礎資料の収集・整理を目的とした。また、関連する国際会議に参加し、欧米における室内空気質に関する最新動向を把握することを目的とした。ISO国際会議及びHealthy Buildings 2025（アイスランド）において、アクロレイン及び近年注目されている有機フッ素化合物（PFAS）の室内環境における最新研究動向を調査した。アクロレインについては、従来のDNPHカートリッジを用いる測定法では捕集効率が低いことが指摘されており、日本では調理等により室内で発生する可能性も示唆されている。また、PFASは撥水・撥油性、熱的安定性、化学的安定性に優れることから、溶剤、界面活性剤、繊維、革、紙、プラスチック等の表面処理剤、家具、家電製品、室内仕上げ材など幅広い用途で使用されている。とくにペルフルオロオクタン酸（PFOA）及びペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）については、健康影響や環境影響の観点からさまざまな問題が指摘されており、国内でも水道水における規制強化が進められている。一方で、大気、海洋、河川等の自然環境に関する研究は多いものの、室内環境におけるPFAS汚染濃度に関する研究は少ない。とくにハウスダストは在室者にとって重要な曝露経路であるが、その濃度実態や曝露寄与には未解明な点が多い。そこで本研究では、アクロレインの指針値に関する調査に加え、室内環境中のPFASに関する動向調査及び室内ダスト中PFASの測定方法の検討を行い、生活空間におけるPFAS分布の実態把握と健康リスク評価に資する基礎データの取得を目的とした。

## B. 研究方法

### B-1 アクロレインに関する調査

2025年6月に開催されたHealthy Buildings 2025（ア

イスランド）及び2025年9月に開催されたISO/TC 146/SC 6会議に参加し、アクロレインに関する関連国際基準及び最新動向を調査した。

### B-2 PFASに関する動向調査

2025年6月に開催されたHealthy Buildings 2025（アイスランド）及び2025年9月に開催されたISO/TC 146/SC 6会議に参加し、PFASに関する関連国際基準及び最新動向を調査した。

### B-3 PFASの測定

表1に測定概要を示す。大学施設5か所、住宅3か所、幼稚園2か所の計10か所を対象としてダストを捕集し、PFAS濃度を測定した。ハウスダストは家庭用一般真空掃除機を用いて捕集し、その後、粒径63  $\mu\text{m}$ 以下にふるい分けした試料を分析対象とした。試料0.1 gを遠沈管に量り取り、サロゲートを添加した後にメタノール5 mLを加え、振とう抽出及び超音波抽出を行った。抽出後は遠心分離により上澄みを回収し、この操作を3回繰り返して粗抽出液を得た。粗抽出液はフィルター（NY シリンジフィルター25 mm、0.22  $\mu\text{m}$ ）でろ過した後、窒素吹付により0.5 mLまで濃縮し、LC/MSで分析した。

分析対象物質は、ペルフルオロオクタン酸（PFOA）、ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）、ペルフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS）、ペルフルオロナン酸（PFNA）、ペルフルオロデカン酸（PFDA）、ペルフルオロヘプタン酸（PFHpA）、ペルフルオロブタン酸（PFBA）、ペルフルオロヘキサン酸（PFHxA）、ペルフルオロブタンスルホン酸（PFBS）、GenX（HFPO-DA）の10種類を対象物質とした。表2にLC/MSの分析条件を示す。

## C. 研究結果

### C-1 アクロレインに関する調査

室内空气中のアクロレインに関する指針値は、2025年4月11日にドイツ室内空気指針値委員会（AIR）から公表された。<https://doi.org/10.1007/s00103-025-04040-6>

ドイツ室内空気指針値委員会 (AIR) は、一般住民が室内空気中の汚染物質に曝露されることによる潜在的な健康リスクを標準化して評価するため、健康に基づく指針値を設定している。アクロレインの吸入曝露に関する健康評価には、短期および長期曝露に関する複数の動物実験データのほか、感覚器系への影響を調べたヒトボランティア試験の結果が利用されている。アクロレインの室内曝露において最も感受性の高いヒトの指標は「眼の感覚刺激」であり、この知見に基づいて指針値が設定されている。急性曝露後の眼刺激に対して、最小影響濃度 (LOAEC) として  $0.23 \text{ mg/m}^3$ 、無影響濃度 (NOAEC) として  $0.12 \text{ mg/m}^3$  が得られている。個人差を考慮するため、局所刺激性物質に対しては安全係数 20 が適用されている。影響が時間と無関係であることから、時間に関する補正係数は使用されていない。これらの知見に基づき、AIR はアクロレインに対して以下の室内空気指針値を設定した。

指針値 II :  $12 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

指針値 I :  $6.0 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

### C-2 PFAS に関する動向調査

PFAS の空気中測定は、従来の水系評価では把握できない吸入曝露、材料由来放散、PFAS 処理・破壊過程における環境影響を評価するうえで重要性が高まっている。PFAS は、揮発性、半揮発性、イオン性など物性の幅が極めて広く、単一の分析手法で全種を網羅することは困難である。このため、イオン性・非揮発性 PFAS には LC-MS/MS、揮発性・中性 PFAS には吸着管を用いた TD-GC-MS/MS を適用する「目的適合型 (fit-for-purpose)」の測定体系が国際的に整理されつつある。とくに室内空気や建材・製品からの放散評価では、FTOH 等を対象とした TD-GC-MS/MS により、 $\text{pg/m}^3$  オーダーの高感度かつ再現性の高い測定が可能である。さらに、PFAS の分解・焼却処理では、 $\text{CF}_4$  等の分解不完全生成物を監視する EPA OTM-50 が整備され、処理技術の妥当性検証に用いられている。ASTM D8560 (空気中 PFAS 測定ガイド) 及び D8591 (FTOH 試験法) などの標準化を踏まえると、今後は建築・室内環境分野における曝露評価や環境安全性検証への活用が期待される。

### C-3 PFASの測定結果

大学5か所、住宅3か所、幼稚園2か所を対象とし、 $63 \text{ } \mu\text{m}$ 以下のダストを分析対象としてダスト中PFAS濃度を測定した。分析対象物質は、PFOA、PFOS、PFHxA、PFNA、PFDA、PFHpA、PFBA、PFHxA、PFBS、HFPO-DAの10種類であり、LC/MSを用いて分析した。図1に各物質の検出頻度を、図2にダスト中PFAS濃度を示す。すべての測定対象からPFOA、PFNA、PFBAが検出された。また、PFHpA、PFHxA、PFBSの検出率も高かった。測定の結果、10種類中8種類のPFASが検出された。とくに、住宅におけるPFNA、幼稚園におけるPFBA及びPFHxAの濃度が高かった。以上より、室内ダストはPFASの室内空気中における主要な存在媒体の1つである可能性が示唆され、今後は室内における発生源及び放散量をさらに検討する必要がある。

## D. 考察

### D-1 アクロレインに関する調査

ドイツでアクロレインの室内空気指針値が設定されたことは、日本における今後の指針値検討に重要な示唆を与える。とくに、眼刺激を主要指標とした評価枠組みは、国内での健康影響評価や測定法整備を進めるうえで参考となる。今後は、国内の曝露実態や測定精度の検証とあわせて、その妥当性を検討する必要がある。

### D-2 PFASに関する動向調査

本調査結果から、空気中PFAS、とりわけ揮発性・中性PFASや分解不完全生成物に対する体系的な測定・評価は、我が国では未整備であることが分かった。国際的には、ASTMやEPAを中心にTD-GC-MS/MSを用いた標準化が進展しており、日本においても室内環境、建材評価、PFAS処理技術の検証に空気中PFAS測定を位置付け、既存の水系規制と連動した包括的なリスク評価体系を構築することが重要である。国際的には空気中の揮発性・中性PFAS評価が急速に進展しており、関連調査を継続する必要がある。

### D-3 PFASの測定について

本測定では、室内におけるPFASの重要な曝露媒体となり得るダストに着目した。複数のPFASが高頻度で検出され、とくに住宅及び幼稚園で高濃度の物質が認められたことから、建材、家具、生活用品等からの寄与が示唆される。今後は、試料数を拡大するとともに、発生源、粒径分布、曝露量との関係を継続的に検討する必要がある。

## E. 結論

### E-1 アクロレインに関する調査

ドイツ室内空気指針値委員会 (AIR) により、アクロレインの室内空気指針値が新たに示された。眼刺激を主要影響指標とし、指針値I  $6.0 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 、指針値II  $12 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  が設定された点は、今後の国内検討に重要な示唆を与える。本研究で得られた国際動向に関する知見は、日本におけるアクロレインの評価法および測定法の整備に有用である。今後は、国内の曝露実態や測定精度の検証とあわせて、指針値設定の妥当性を検討する必要がある。さらに、標準試験法の国際規格化に向けた継続的な情報収集と整理が重要である。

### E-2 PFASに関する動向調査

PFASの空気中測定については、国際的に目的適合型の測定体系及び標準化が進展していることが明らかとなった。イオン性・非揮発性物質にLC-MS/MS、揮発性・中性物質にTD-GC-MS/MSを適用する目的適合型の体系が国際的に整備されつつある。ASTMやEPAを中心とした標準化の進展により、室内空気、建材、処理技術評価を含む曝露評価の枠組みが形成されつつある。一方、我が国では空気中PFASの体系的な測定・評価は未整備である。本研究で得られた知見は、国内における標準試験法整備および包括的なリスク評価体系構築の基礎資料となる。今後も国際動向を継続的に把握し、室内環境分野への適用可能性を検討する必要がある。

### E-3 PFASの測定について

大学、住宅、幼稚園の計10地点から捕集した  $63 \text{ } \mu\text{m}$

以下ダストを対象にPFASを測定した結果、対象とした10種類のうち8種類が検出された。特に、PFOA、PFNA、PFBAは10地点すべての測定対象から検出され、室内ダストがPFASの室内空気における主要な存在媒体の1つである可能性が示唆された。また、PFNA、PFBAおよびPFHxAの検出濃度が高い住宅、幼稚園もあり、用途や空間特性に応じた分布差がみられた。本測定手法は、生活空間におけるPFAS汚染実態の把握に有効な基礎的手法である。検出されたPFASの有害性情報の収集やリスク評価についても今後の課題であり、現時点ではPFASが検出されたことをもって有害性等の判断はできない。

### 3. その他

なし

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

- ・室内における有機フッ素化合物 (PFAs) の測定 その  
1) 空気・ハウスダスト中 PFAS の濃度、金炫兌、呉濟元、田辺新一、日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), pp.1185-1186、2025.9

## G. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

表一覧

表 1 測定概要

対象建築物	場所	サンプル名称	仕上げ材			換気種類	築年数(年)	延べ床面積 (㎡)
			床	壁	天井			
K 大学	多目的ホール	K-MC	フローリング	塗装	石膏ボード	機械換気	9	201.5
	131 講義室	K-CR	カーペット				9	298.1
	新棟講義室	K-NB	カーペット				1	150.0
	新棟製図室	K-AR	コンクリート		アルミニウム合板		1	150.0
	研究室	K-KL	カーペット		ケイ酸カルシウム板		30	45.0
幼稚園	教室	NS-A	フローリング	化粧合板	石膏ボード	29	40.0	
		NS-T	フローリング			25	35.0	
住宅	リビング	H-HG	PVC シート	紙クロス	木板	自然換気	27	13.9
		H-HD	フローリング	PVC シート	PVC シート		22	17.2
		H-YG	フローリング	紙クロス	ケイ酸カルシウム板		24	20.0

表 2 LC/MS 分析条件

液体クロマトグラフ	機種	VANQUISH (Thermo Fisher Scientific 社製)
	カラム	ZORBAX Eclipse Plus C18(2.1mm×100mm、1.8μm)
	移動相 A	2mM 酢酸アンモニウム
	移動相 B	アセトニトリル
質量分析計	機種	Q Exactive FOCUS (Thermo Fisher Scientific 社製)
	イオン化法	HESI Negative (FullMS)
	質量数 (m/z)	70~1050

図一覧

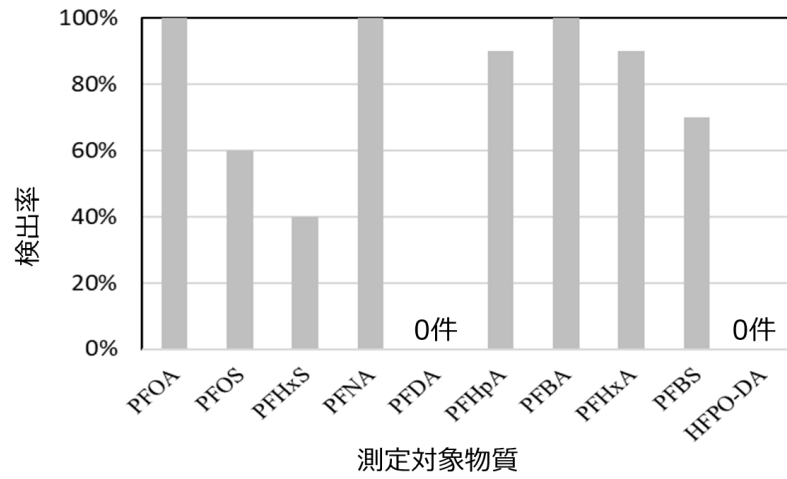


図1 各物質の検出頻度

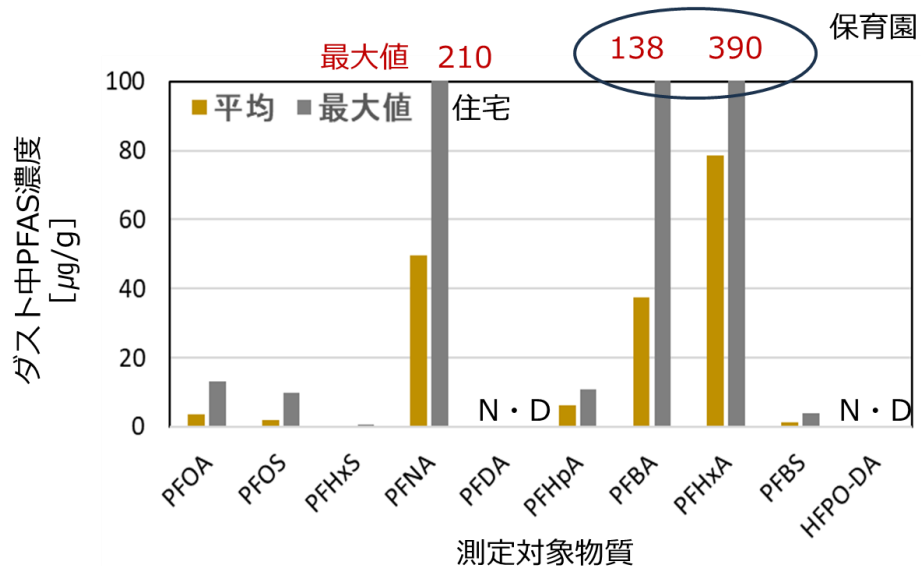


図2 ダスト中PFAS濃度

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

研究分担者 伊藤一秀 九州大学総合理工学研究院 教授

研究要旨：

本申請課題(分担)では、分担課題として、初期リスク評価の時点で、吸入曝露のデータが得られない化学物質への対応を前提として、経気道曝露量・曝露濃度の推定方法の確立を目的とする。特に室内空気中の代表位置における化学物質濃度の情報から実際の居住者の経気道曝露量を定量的に推定する一連の数値解析技術を開発する。

A. 研究目的

室内空気環境中には多様なガス状汚染物質の存在が確認されているが、新建材の導入や居住者による持ち込み等により放散源が多様であることから、健康影響が懸念される全ての化学物質を事前に特定し、規制することは容易ではない。そのため、特に未規制の化学物質による健康影響が懸念される場合には、迅速に初期リスク評価を実施するための技術基盤の確立が重要である。

本研究は 2023 年度までに実施された先行研究課題「室内空気汚染化学物質の標準試験法の開発・規格化および国際規制状況に関する研究（21KD2002）プロジェクトの成果である数値気道モデルと生理的薬物動態(PBPK)モデルを統合した数値人体モデルの基盤技術を基に、室内空気環境中に存在が確認されている未規制の化学物質までを対象として、経気道曝露リスク評価のための局所生理的薬物動態 (PBPK)モデルのモデルパラメータを同定し整理すると共に、経気道曝露シミュレーションの予測精度向上に取り組むことを目的とする。研究初年度(2024 年度)は、27 種類の

化学物質を対象としたが、本年度(2025 年度)は対象を拡大し、合計 62 種類の化学物質を対象として PBPK モデルパラメータを整備した。その上で、数値気道モデルと PBPK モデル、計算流体力学 (CFD)を連成した感度解析を実施した。

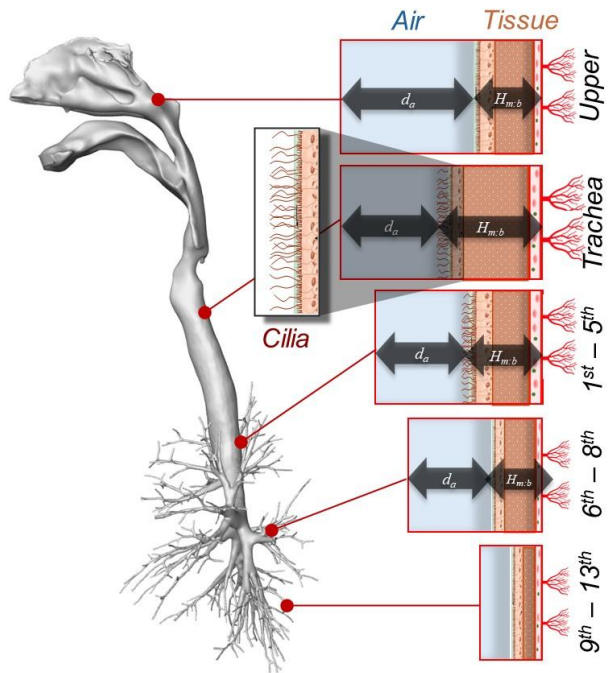
B. 研究方法

経気道曝露予測のための生理的薬物動態 (PBPK)モデルは 2024 年度に作成した数値気道モデル粘膜上皮界面に適用する局所 PBPK モデルと同一である。気道内は計算流体力学 CFD 解析により対象化学物質の移流拡散を解析した上で、気道粘膜上皮層に対する吸着フラックスを質量保存則を満たすよう解析し、PBPK モデルの入力条件とする。

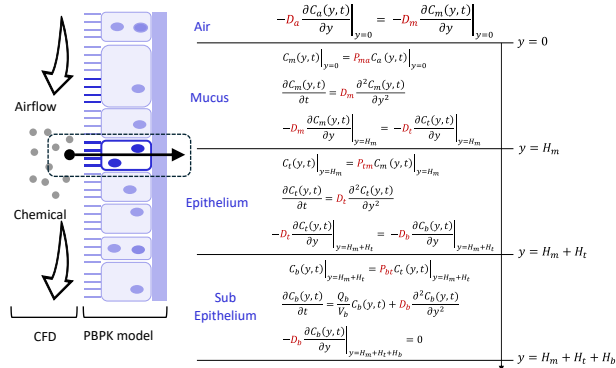
室内環境中でのガス状化学物質による経気道曝露は、室内化学物質放散源から室内気流による移流拡散を経て、人体呼吸域に輸送された後、鼻呼吸もしくは口呼吸により呼吸器系に輸送され、気道粘膜上皮層へ吸着、もしくは下気道(肺胞領域)で吸収される、複雑で非線形の輸送プロセスを経由する。これまでの曝露リスク評価の際には、人

体呼吸域の化学物質濃度もしくは鼻孔位置の濃度を参照濃度として入力するモデルが過半であったが、これらの濃度はリスク評価上、外部境界濃度となる。更に精緻な曝露リスク評価を実施するためには、気道粘膜上皮細胞に対する化学物質吸着フラックスや平衡濃度を推定する必要がある、これらの濃度は内部境界濃度となる。

経気道曝露評価に関する内部境界濃度の精緻な予測のためには、気道内流体解析・化学物質輸送解析の壁面境界条件を高精度化する必要がある、すなわち、局所生理的薬物動態(PBPK)モデルの適用と化学物質種類毎に個別のモデルパラメータセットを準備する必要がある。



(a) 数値気道モデル



(b) 気道界面に適用する PBPK モデル

図1 経気道曝露評価のための数値気道モデルと局所 PBPK モデル

本研究では、図1に整理した経気道曝露用数値気道モデルと局所 PBPK モデルを多様な化学物質に適用するため、昨年度(2024 年度)に引き続き、合計 62 種類の化学物質を対象として PBPK モデルパラメータを整備した。

### C. 研究成果

経気道曝露評価のための局所 PBPK モデルは以下に示す輸送方程式と界面境界条件にて構成される。化学物質に依存する式中の拡散係数、分配定数( $D_m, D_a, D_t, D_b, P_{ma}, P_{ow}, P_{tm}, P_{ba}$ )を文献データならびに理論式より同定作業を行った。PBPK モデルパラメータの同定結果を表1に示す。

気道内の化学物質輸送(スカラ)方程式

$$\frac{\partial \bar{C}_a}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}_i \bar{C}_a}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \left( D_a + v_t \right) \frac{\partial \bar{C}_a}{\partial x_j} \right\}$$

気道・粘液層界面でのフラックス保存式

$$-D_a \frac{\partial C_a(y, t)}{\partial y} \Big|_{y=0} = -D_m \frac{\partial C_m(y, t)}{\partial y} \Big|_{y=0}$$

界面濃度の Partitioning (吸着等温線)

$$C_m(y, t)|_{y=0} = P_{ma} C_a(y, t)|_{y=0}$$

粘液層での化学物質輸送

$$\frac{\partial C_m(y, t)}{\partial t} = D_m \frac{\partial^2 C_m(y, t)}{\partial y^2}$$

界面でのフラックス保存式

$$-D_m \frac{\partial C_m(y, t)}{\partial y} \Big|_{y=H_m} = -D_t \frac{\partial C_t(y, t)}{\partial y} \Big|_{y=H_m}$$

界面濃度の Partitioning (吸着等温線)

$$C_t(y, t)|_{y=H_m} = P_{tm} C_m(y, t)|_{y=H_m}$$

粘膜上皮細胞組織内での化学物質輸送

$$\frac{\partial C_t(y, t)}{\partial t} = D_t \frac{\partial^2 C_t(y, t)}{\partial y^2}$$

界面でのフラックス保存式

表 1-1 同定した PBPK モデルパラメータ (62 種類)

PBPK physiochemical parameters	Ethanol	2-Propenal	Acetone	Acetic acid	Isopropyl Alcohol	2-Butanone	Ethyl formate
Chemicals Composition	C2H6O	C3H4O	C3H6O	C2H4O2	C3H8O	C4H8O	C3H6O2
CAS Number	64-17-5	107-02-8	67-64-1	64-19-7	67-63-0	78-93-3	109-94-4
Molecular Weight (MW)	46.07	56.07	58.08	60.05	60.10	72.11	74.08
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.124	0.112	0.106	0.104	0.103	0.091	0.101
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	1.3E-05	1.2E-05	1.2E-05	1.1E-06	1.1E-05	1.0E-05	1.1E-05
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_t$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	4.4E-06	4.1E-06	3.8E-06	3.6E-07	3.7E-06	3.4E-06	3.6E-06
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.5E-06	2.4E-06	2.3E-06	2.3E-06	2.3E-06	2.2E-06	2.2E-06
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	5.6E-03	3.0E-01	4.4E-02	1.2E+05	2.0E-02	7.0E-02	2.2E-03
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	8.2E-01	8.3E-01	8.2E-01	8.2E-01	8.3E-01	8.3E-01	8.3E-01
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	-0.31	-0.01	-0.24	-0.17	0.05	0.29	0.23
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	5.00E-06	1.22E-04	3.50E-05	1.00E+02	8.10E-06	5.69E-05	1.60E-06
PBPK physiochemical parameters	Ethyl Ether	1-Butanol	2-Propanol, 2-methyl-	1-Propanol, 2-methyl-	Acetic acid, hydroxy-	Propylene Glycol	2,3-Butanedione
Chemicals Composition	C4H10O	C4H10O	C4H10O	C4H10O	C2H4O3	C3H8O2	C4H6O2
CAS Number	60-29-7	71-36-3	75-65-0	78-83-1	79-14-1	57-55-6	431-03-8
Molecular Weight (MW)	74.12	74.12	74.12	74.12	76.05	76.10	86.09
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.085	0.090	0.089	0.090	0.103	0.098	0.089
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	9.4E-06	1.0E-05	9.9E-06	1.0E-05	1.8E-05	1.2E-05	1.1E-05
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_t$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	3.1E-06	3.4E-06	3.3E-06	3.3E-06	0.0E+00	3.8E-06	0.0E+00
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.2E-06	2.2E-06	2.2E-06	2.2E-06	2.1E-06	2.1E-06	2.1E-06
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	1.5E+00	9.2E-03	8.8E-03	1.0E-02	4.2E+05	9.9E-06	1.9E+02
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	8.5E-01	8.5E-01	8.3E-01	8.4E-01	8.3E-01	8.2E-01	8.2E-01
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	0.89	0.88	0.35	0.76	-1.1	-0.92	-1.34
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	1.23E-03	8.81E-06	9.05E-06	9.78E-06	2.80E+02	1.29E-08	1.40E-01
PBPK physiochemical parameters	Acetic acid ethenyl ester	Ethyl Acetate	1,3-Dioxane	Acetoin	Pyrazine, methyl-	Disulfide, dimethyl	Furfural
Chemicals Composition	C4H6O2	C4H8O2	C4H8O2	C4H8O2	C5H6N2	C2H6S2	C5H4O2
CAS Number	108-05-4	141-78-6	505-22-6	513-86-0	109-08-0	624-92-0	35796
Molecular Weight (MW)	86.09	88.11	88.11	88.11	94.11	94.20	96.09
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.085	0.090	0.099	0.095	0.091	0.089	0.085
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	1.0E-05	9.7E-06	1.1E-05	1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	1.1E-05
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_t$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	3.3E-06	3.2E-06	3.7E-06	3.5E-06	3.4E-06	3.4E-06	3.3E-06
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.1E-06	2.0E-06	2.0E-06	2.0E-06	2.0E-06	2.0E-06	2.0E-06
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	7.0E-01	1.7E-01	4.5E+03	7.7E+03	1.2E+04	9.1E+00	1.0E+03
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	8.4E-01	8.4E-01	8.2E-01	8.2E-01	8.3E-01	1.1E+00	8.3E-01
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	0.73	0.73	-0.11	-0.15	0.2	1.77	0.41
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	5.11E-04	1.34E-04	1.80E+00	3.10E+00	4.90E+00	5.80E-03	8.40E-01

$$-D_t \frac{\partial C_t(y,t)}{\partial y} \Big|_{y=H_m+H_t} = -D_b \frac{\partial C_b(y,t)}{\partial y} \Big|_{y=H_m+H_t}$$

界面濃度の Partitioning (吸着等温線)

$$C_b(y,t)|_{y=H_m+H_t} = P_{bt} C_t(y,t)|_{y=H_m+H_t}$$

上皮細胞組織内での化学物質輸送

$$\frac{\partial C_b(y,t)}{\partial t} = \frac{Q_b}{V_b} C_b(y,t) + D_b \frac{\partial^2 C_b(y,t)}{\partial y^2}$$

界面でのフラックス保存式

$$-D_b \frac{\partial C_b(y,t)}{\partial y} \Big|_{y=H_m+H_t+H_b} = 0$$

ここで、 $U_i$ はアンサンブル平均風速、 $\nu_t$ は渦粘性係数、 $\sigma_t$ は乱流シュミット数、 $C_a, C_m, C_t, C_b$ は各々空气中、粘液中、粘膜上皮細胞組織中、上皮細胞組織中の化学物質濃度、 $D_a, D_m, D_t, D_b$ は各々空气中、粘液中、粘膜上皮細胞組織中、上皮細胞組織中の拡散係数、 $P_{ma}, P_{tm}, P_{bt}$ は各々空气中-粘液、粘

液-粘膜上皮細胞組織，粘膜上皮細胞組織-上皮細胞組織の分配定数， $Q_b$ は上皮組織の血流量， $V_b$ は上皮組織体積を示す。

また，図1に示した数値気道モデルとPBPKモデルを汎用的な流体シミュレーションソフトに実装し，非定常の口呼吸を想定した条件で数値気道モデル内の非定常流れ場解析を行った上で，PBPKモデルと連成解析を行うことで気道・粘液層界面濃度分布の時間変化を解析した結果を図2に示す。

#### D. 考察

PBPKモデルのモデルパラメータは化学物質の種類によりその値は大きく変化するため，基本的には化学物質毎にデータベース構築が必要となる。空気中の拡散係数と細胞中の拡散係数には一定の相関関係が確認されるものの，気相(空気)-粘液の分配定数(Partitioning Coefficient)は化学物質の種類に応じて大きくその値が変化している。

表 1-2 同定した PBPK モデルパラメータ (62 種類)

PBPK physiochemical parameters	2,3-Pentanedione	2-Hexanone	Propanoic acid, ethyl ester	1-Hexanol	Benzaldehyde	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	n-Hexylmeth-ylamine
Chemicals Composition	C5H8O2	C6H12O	C5H10O2	C6H14O	C7H6O	C6H6O2	C7H17N
CAS Number	600-14-6	591-78-6	105-37-3	111-27-3	100-52-7	620-02-0	35161-70-7
Molecular Weight (MW)	100.12	100.16	102.13	102.80	106.13	110.11	115.22
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.086	0.078	0.083	0.069	0.074	0.082	0.072
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	9.7E-06	8.8E-06	9.1E-06	8.4E-06	9.5E-04	9.5E-06	8.4E-06
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_e$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	3.2E-06	2.9E-06	3.0E-06	2.8E-06	3.2E-04	3.2E-06	2.8E-06
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.0E-06	2.0E-06	1.9E-06	1.9E-06	1.9E-06	1.9E-06	1.9E-06
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	1.5E+02	1.9E+02	4.6E+03	1.6E-02	3.5E-02	1.2E+04	8.7E+01
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	8.2E-01	9.2E-01	8.9E-01	1.3E+00	9.4E-01	9.0E-01	1.8E+00
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	-0.36	1.38	1.21	2.03	1.48	1.28	2.37
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	1.30E-01	1.70E-01	4.70E+00	1.71E-05	2.67E-05	4.70E+00	3.50E-02
PBPK physiochemical parameters	Isobutyl acetate	Acetic acid, butyl ester	Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	Ethane, 1,1-diethoxy-	Phenylethyl Alcohol	1-Octen-3-ol	1-Butanol, 3-methyl-, acetate
Chemicals Composition	C6H12O2	C6H12O2	C6H12O2	C6H14O2	C8H10O	C8H16O	C7H14O2
CAS Number	110-19-0	123-86-4	97-62-1	105-57-7	22258	3391-86-4	123-92-2
Molecular Weight (MW)	116.16	116.16	116.16	118.17	122.16	128.21	130.18
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.076	0.076	0.077	0.076	0.072	0.064	0.064
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	8.4E-06	8.4E-06	8.5E-06	8.4E-06	8.4E-06	7.3E-06	7.9E-06
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_e$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.8E-06	2.8E-06	2.8E-06	2.8E-06	2.8E-06	2.4E-06	2.6E-06
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	1.9E-06	1.9E-06	1.9E-06	1.9E-06	1.8E-06	1.8E-06	1.8E-06
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	4.4E+01	4.9E+01	1.8E+01	3.0E+02	2.0E+00	8.5E+02	5.8E+01
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	1.1E+00	1.1E+00	1.1E+00	8.6E-01	9.1E-01	3.0E+00	1.9E+00
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	1.78	1.82	1.76	1.01	1.36	2.73	2.42
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	3.70E-02	4.30E-02	1.50E-02	1.20E-01	2.00E-03	9.10E-01	5.30E-02
PBPK physiochemical parameters	Formic acid, hexyl ester	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	Acetic acid, pentyl ester	o-Cymene	p-Cymene	Benzaldehyde, 4-methoxy-	Benzoic acid, methyl ester
Chemicals Composition	C7H14O2	C7H14O2	C7H14O2	C10H14	C10H14	C8H8O2	C8H8O2
CAS Number	629-33-4	624-41-9	628-63-7	527-84-4	99-87-6	123-11-5	93-58-3
Molecular Weight (MW)	130.18	130.19	130.19	134.22	134.22	136.15	136.15
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.068	0.076	0.068	0.067	0.053	0.066	0.072
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	7.9E-06	8.1E-06	7.8E-06	7.8E-06	7.3E-06	8.0E-06	8.9E-06
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_e$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.6E-06	2.7E-06	2.6E-06	2.6E-06	2.4E-06	2.7E-06	3.0E-06
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	1.8E-06	1.8E-06	1.8E-06	1.8E-06	1.8E-06	1.8E-06	1.8E-06
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	2.0E+01	1.8E+01	3.4E+01	3.2E+00	1.5E+01	2.0E+04	2.9E+02
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	3.4E+00	1.7E+00	1.6E+00	2.9E+01	5.1E+01	1.1E+00	1.3E+00
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	2.8	2.36	2.3	3.84	4.1	1.76	2.05
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	8.00E-03	7.40E-03	3.30E-02	1.30E-03	1.10E-02	2.40E+01	2.60E-01

これらの PBPK モデルパラメータデータベースは、CFD-PBPK 解析モデルの境界条件として読み込み可能な書式で一連の数値解析モデルに実装を完了している。図 2 には気道モデル内化学物質濃度分布の予備的な解析結果を示しているが、口呼吸に伴い気道内に輸送された化学物質が気道・粘

液層界面で非定常・不均一な濃度分布を形成する様子が確認できる。気道内での化学物質吸収は均一ではなく、化学物質種類の他、複雑な気道内腔形状と流れ場形成に依存して化学物質吸着が局所的に大きくなる領域が存在する。

表 1-3 同定した PBPK モデルパラメータ (62 種類)

PBPK physiochemical parameters	.beta.-Myrcene	.beta.-Ocimene	trans-.beta.-Ocimene	3-Hexen-1-ol, acetate, (E)-	Hexanoic acid, ethyl ester	Acetic acid, hexyl ester	Ethanedioic acid, diethyl ester
Chemicals Composition	C10H16	C10H16	C10H16	C8H14O2	C8H16O2	C8H16O2	C6H10O4
CAS Number	123-35-3	13877-91-3	3779-61-1	3681-82-1	123-66-0	142-92-7	95-92-1
Molecular Weight (MW)	136.24	136.24	136.24	142.20	144.21	144.21	146.14
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.068	0.068	0.068	0.063	0.062	0.062	0.063
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	7.9E-06	7.9E-06	7.9E-06	7.4E-06	7.2E-06	7.2E-06	7.6E-06
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_t$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.6E-06	2.6E-06	2.6E-06	2.5E-06	2.4E-06	2.4E-06	2.5E-06
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	1.8E-06	1.8E-06	1.8E-06	1.7E-06	1.7E-06	1.7E-06	1.7E-06
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	2.3E-01	9.9E-01	7.4E-01	8.2E+01	3.1E+03	3.7E+01	1.1E+04
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	9.7E+01	7.7E+01	8.5E+01	3.0E+00	5.3E+00	9.2E+00	8.7E-01
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	4.38	5.4	4.32	2.74	3.05	3.32	1.09
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	1.30E-04	4.00E-04	3.00E-04	3.30E-02	3.00E+00	3.60E-02	4.50E+00
PBPK physiochemical parameters	Methyl anthranilate	Eucalyptol	Linalool	Decanal	Citronellol	Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	Diethyl malonate
Chemicals Composition	C8H9NO2	C10H18O	C10H18O	C10H20O	C10H20O	C9H18O2	C7H12O4
CAS Number	134-20-3	470-82-6	78-70-6	112-31-2	106-22-9	106-27-4	105-53-3
Molecular Weight (MW)	151.16	154.25	154.25	156.27	156.27	158.24	160.17
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.062	0.062	0.061	0.060	0.058	0.056	0.057
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	7.7E-06	7.4E-06	7.2E-06	7.9E-06	7.0E-06	6.6E-06	7.1E-06
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_t$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.6E-06	2.5E-06	2.4E-06	2.6E-06	2.3E-06	2.2E-06	2.4E-06
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	1.7E-06	1.7E-06	1.7E-06	1.7E-06	1.7E-06	1.7E-06	1.7E-06
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	8.9E+03	2.2E+02	2.3E+03	1.6E+01	1.2E+03	1.1E+05	7.8E+03
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	1.1E+00	3.0E+00	4.6E+00	1.2E+01	1.1E+01	1.8E+01	8.6E-01
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	1.88	2.74	2.97	3.44	3.41	3.63	0.97
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	3.60E+00	9.00E-02	1.60E+00	1.90E-02	4.90E-01	1.10E+02	7.90E+00
PBPK physiochemical parameters	Octanoic acid, ethyl ester	2-Buten-1-one, 1-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	Decanoic acid, ethyl ester	1H-3a,7-Methanoazulene	Caryophyllene	Triacetin	
Chemicals Composition	C10H20O2	C13H20O	C12H24O2	C15H24	C15H24	C9H14O6	
CAS Number	106-32-1	35044-68-9	110-38-3	469-61-4	87-44-5	102-76-1	
Molecular Weight (MW)	172.27	192.30	200.32	204.35	204.35	218.21	
Diffusivity in Air ( $D_a$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	0.052	0.047	0.044	0.049	0.049	0.026	
Diffusivity in Mucus (water) ( $D_m$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	6.3E-06	5.9E-06	5.5E-06	5.7E-06	5.7E-06	6.6E-06	
Diffusivity in Epithelium Tissue ( $D_t$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	2.1E-06	2.0E-06	1.8E-06	1.9E-06	1.9E-06	2.2E-06	
Diffusivity in Sub-Epithelium Blood ( $D_b$ ) [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]	1.6E-06	1.6E-06	1.6E-06	1.5E-06	1.5E-06	1.5E-06	
Partition Coefficient between Mucus:Air ( $P_{ma}$ )	1.9E+01	7.0E+02	3.5E+01	3.8E-01	3.7E+00	3.0E-05	
Partition Coefficient between Tissue:Mucus ( $P_{tm}$ )	5.8E+01	3.8E+01	7.0E+02	1.3E+04	8.0E+03	8.3E-01	
Log Partition Coefficient - Octanol:Water ( $P_{o:w}$ )	4.15	3.97	5.24	6.5	6.3	0.25	
Henry's low constant at 25 °C [solubility]	7.80E-03	2.83E-01	1.40E-02	2.80E-04	2.60E-03	1.23E-08	

## E. 結論

研究二年目の 2025 年度は、合計 62 種類の化学物質を対象として PBPK モデルパラメータを同定し、一覧表として整備すると共に、CFD-PBPK 解析モデルに実装した。

## F. 健康危険情報

(総括研究報告書に纏めて記入)

## G. 研究発表

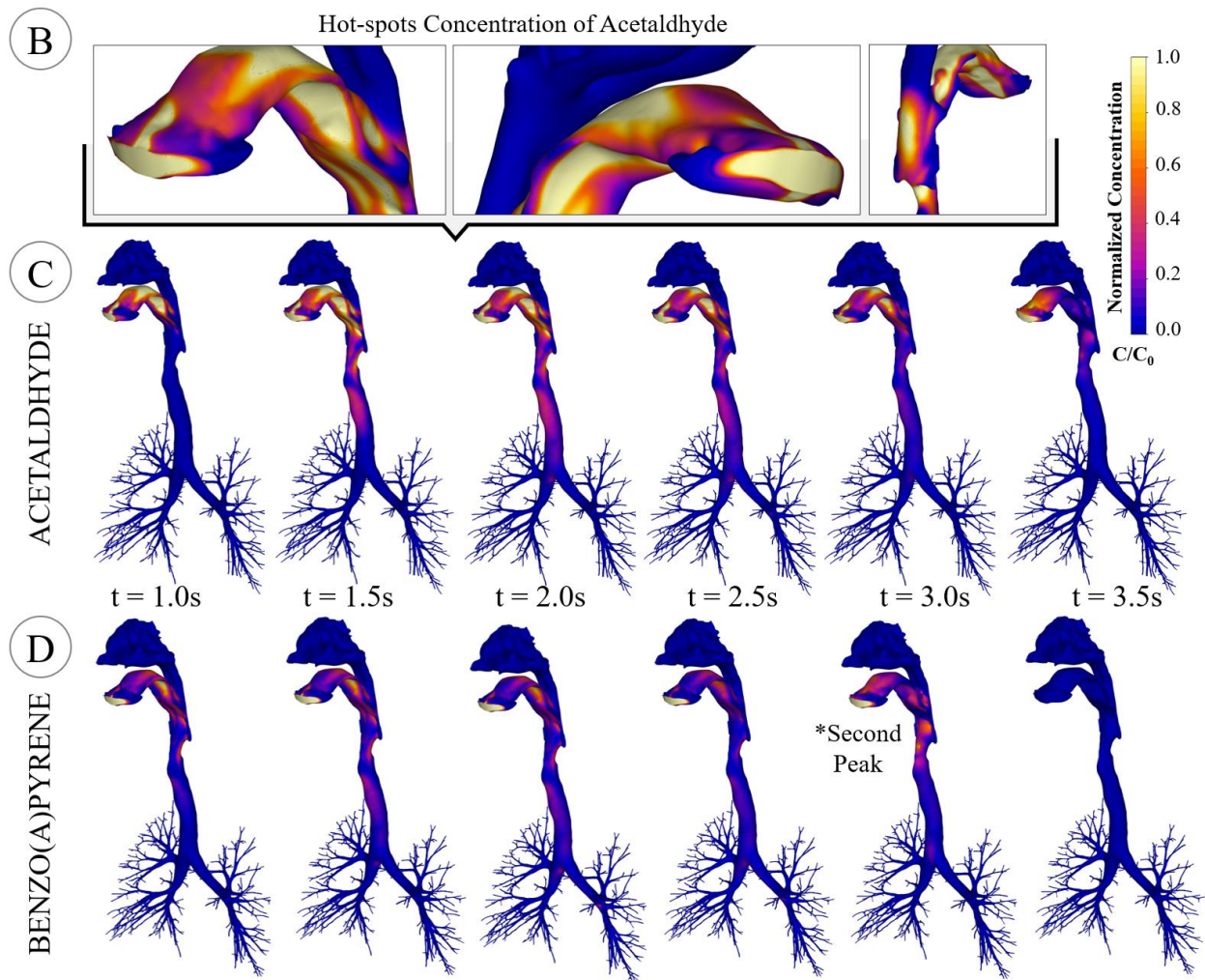


図2 数値気道モデル内濃度分布解析結果

## 1. 論文発表

- [1] Ryota Muta, Chika Ishizuka, Cong Li, Sung-Jun Yoo, and Kazuhide Ito. A numerical simulation-based reproducibility investigation and visualization of NSF/ANSI 49 safety performance testing of biological safety cabinets, *Building and Environment*, 270 (2025) 112498 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112498)
- [2] Nguyen Dang Khoa, Kazuma Nita, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Oral configuration-dependent variability of the metrics of exhaled respiratory droplets during a consecutive coughing event, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 261 (2025) 108601 (doi.org/10.1016/j.cmpb.2025.108601)
- [3] Ken Bryan Fernandez, Ryu Itokazu, Kazuhide Ito. Occupant-centric multicriteria optimization of hybrid personalized HVAC system: Impact of supply inlet layout and returning airflow rate, *Energy and Buildings*, 333 (2025) 115494 (doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115494)
- [4] Kazuki Kuga, Jiayi Zhu, Pawel Wargocki, Kazuhide Ito. The effects of air temperature and background CO<sub>2</sub> concentration on human metabolic CO<sub>2</sub> emissions, *Building and Environment*, 276 (2025) 112857

- (doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112857)
- [5] Onkangi Ruth, Kazuki Kuga, U Yanagi, Pawel Wargocki, Kazuhide Ito. Modeling of inhalation exposure to transmitted droplets at different interpersonal distances and postures in indoor environments, *Indoor Environments*, 2 (Issue 2) (2025) 100091 (doi.org/10.1016/j.indenv.2025.100091)
- [6] Ryu Itokazu, Alan Kabanshi, Kazuki Kuga, Naoki Ikegaya, Kazuhide Ito. Exploring Ventilation Efficiency through Scalar Transport Equations with existing and new CFD-based indices, *Building and Environment*, 277 (2025) 112942 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112942)
- [7] Xin Wang, Taisaku Gomyo, Hajime Sotokawa, Kazuhide Ito. Energy saving effects of integrated implementation of a multi-layered heat exchange duct and energy recovery ventilation system, *Energy and Buildings*, 337 (2025) 115679 (doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115679)
- [8] Onkangi Ruth, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Subjective and objective measurement of Indoor Environmental Quality and occupant comfort in a multinational graduate student office, *Environments*, 2025, 12(4), 117 (doi.org/10.3390/environments12040117)
- [9] Islam M. S. Abouelhamda, Kazuki Kuga, Kazuko Saito, Megumi Takai, Takahiro Kikuchi, Kazuhide Ito. Experimental and computational predictions of odorant transport dynamics from indoor environment to olfactory tissue, *Sustainable Cities and Society*, 126 (2025) 106397 (doi.org/10.1016/j.scs.2025.106397)
- [10] Hyun-Gyu Park, Sung-Jun Yoo, Eisaku Sumiyoshi, Hiroshi Harashima, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Skin Surface Boundary Conditions for Dermal Exposure Assessment using Computer Simulated Person, *Building and Environment*, 281 (2025) 113188 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113188)
- [11] Nguyen Dang Khoa, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Comprehensive integration framework of CFD – Local and Whole-Body hybrid PBPK in indoor chemical exposure modeling: An inhalation exposure study, *Sustainable Cities and Society*, 128 (2025) 106463 (doi.org/10.1016/j.scs.2025.106463)
- [12] Alan Kabanshi, Harald Andersson, Mikael Sundberg, Dario Senkic, Ryu Itokazu, Kazuhide Ito and Mats Sandberg. Performance of the new spatiotemporal airborne infection risk model across varied indoor air flowrates: An experimental study, *Building and Environment*, 281 (2025) 113192 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113192)
- [13] Yuichiro Suda, Kazuki Kuga, Nguyen Dang Khoa, Kazuhide Ito. Computational fluid-particle dynamics method in predicting the particle aspiration and deposition in the comprehensive monkey respiratory tract, *Computers in Biology and Medicine*, 196 (2025) 110664 (doi.org/10.1016/j.combiomed.2025.110664)
- [14] Qiwei Dong, Kazuki Kuga, Nguyen Dang Khoa, Kazuhide Ito. In silico determination of temporal viral load in the saliva and exhaled droplets from the oral cavity, *Computers in Biology and Medicine*, 196 (2025) 110692 (doi.org/10.1016/j.combiomed.2025.110692)
- [15] Juyeon Chung, Xin Wang, Hajime Sotokawa, Sung-Jun Yoo, and Kazuhide Ito. Locally Alternating Layout of Heat Exchange and Adiabatic Surfaces to Improve Heat Exchange Efficiency in Duct, *International Journal of Ventilation*, 2025, 1-27 (doi.org/10.1080/14733315.2025.2530262)

- [16] Onkangi Ruth, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Is exhaled carbon dioxide an appropriate tracer for assessing airborne transmission risk? *Building and Environment*, 285 (2025), 113560 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113560)
- [17] Islam M. S. Abouelhamd, Kazuki Kuga, Thibault Mansuy, Kazuhide Ito. Respiratory Retention of 35 Toxicants from E-Cigarette Gaseous Emissions: Comprehensive numerical study, *Building and Environment*, 285 (2025) 113663 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113663)
- ## 2. 学会発表
- [1] Nguyen Dang Khoa, Kasuki Kuga, Kazuhide Ito. Local and whole-body PBPK model to investigate the organ disposition concentration of di(2-Ethyhexyl)phthalate (DEHP) following inhalation exposure, COBEE 2025, Eindhoven, Netherland, 2025
- [2] Islam Abouelhamd, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Spatiotemporal Concentration Distribution Profile of Odorants from the Indoor Environmental Scale to the Airway Microstructure, COBEE 2025, Eindhoven, Netherland, 2025
- [3] Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Numerical risk assessment of first and second-hand exposure to group 1 hazardous chemicals generated by e-cigarette smoking using coupled CFD-PBPK model, COBEE 2025, Eindhoven, Netherland, 2025
- [4] Yuichiro Suda, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Computational fluid-particle dynamics (CFPD) simulations to predict particle aspiration and deposition efficiencies in the monkey airway model, COBEE 2025, Eindhoven, Netherland, 2025
- [5] Ryota Muta, Kazuhide Ito. Influence of heat sources on personal protection performance of biological safety cabinets, Healthy Buildings 2025 Europe, Iceland, Reykjavík, June 8th to 12th, 2025
- [6] Onkangi R. Nyabonyi, Kazuki Kuga and Kazuhide Ito. In silico modelling of inhalation exposure to droplets and droplet nuclei in indoor environments as influenced by human close contact behavior, COMPSAFE 2025, Kobe,
- [7] Hyun-Gyu Park, Eisaku Sumiyoshi, Hiroshi Harashima, Kazuki Kuga and Kazuhide Ito. The effect of metabolic heat generation on dermal exposure heterogeneity, COMPSAFE 2025, Kobe,
- [8] Yuan Ni, Nguyen Dang Khoa, Kazuhide Ito. Computational Modeling and Deposition Analysis of Indoor Micro-plastics/Micro-fibers in the Realistic Human Respiratory System, COMPSAFE 2025, Kobe,
- [9] Ruru Sakata, Kazuki Kuga and Kazuhide Ito. Numerical Investigation of Inhalation Exposure to Spherical and Nonspherical Particles Assuming Pollen in Semi-outdoor Environments, COMPSAFE 2025, Kobe,
- [10] Alicia Murga, Tokiya Tanaka, Rahul Bale1, Kazuhide Ito and Makoto Tsubokura. Linked between-host and within-host modeling of viral exposure dynamics using high-performance computing, COMPSAFE 2025, Kobe,
- [11] Yuichiro Suda, Kazuki Kuga, Kunio Hashimoto, Kazuhide Ito. Comparative computational modeling of airborne particle transport in 2-year-old human and monkey airways for inhalation exposure assessment, ISHVAC 2025 Tokyo
- [12] Nguyen Dang Khoa, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Effects of turbulence modeling and mouth shape on respiratory droplet generation during

coughing events, ISHVAC 2025 Tokyo

H. 知的財産権の出願・登録状況

特に無し

令和7年度厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）  
分担研究報告書

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

ハザード情報収集・評価および国際的な規制動向、住宅室内環境と健康に関する実態調査

分担研究者 東 賢一 近畿大学医学部 教授  
研究協力者 渡井健太郎 近畿大学医学部 講師

研究要旨

2000年前後に13の室内空気中化学物質に対して室内濃度指針値が策定されて以降も、継続して室内濃度指針値の見直し等の検討が進められている。本研究では、第一に、諸外国における室内空気質の規制動向等の情報を収集し、日本における取り組みの参考情報とすることを目的とした。第二に、厚生労働省によるシックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会（以下、「シックハウス検討会」という。）で初期曝露評価を実施した揮発性有機化合物及び代替物質を含むその関連物質について、健康リスク評価値および有害性等の情報を網羅的に収集し、今後のリスク評価や既存の指針値の見直し等において鍵となる重要なハザード情報をとりまとめた。第三には、国内居住環境に関する日本での以前の調査から15年以上経過したこと及び行政機関による法規制に対して関係業界が対応を行ってきたことを踏まえて、住宅室内環境と健康状態を把握するための全国規模のアンケート調査を2025年1月～2月の冬期と8月の夏期に実施した。また、専門機関によるシックハウス関連の相談件数を調査した。

諸外国における取り組みでは、国際的に大きな動きとして、健康的な室内空気的重要性を国際的に共通した認識にすることを目的に開催された国連総会において、「Healthy Indoor Air: A Global Call to Action」というイベントが開催され、「Global Pledge for Healthy Indoor Air」というグローバル誓約が宣言された。また、2025年度以降に公表された室内空気質ガイドラインにおいて、ドイツ連邦環境庁、フランスのANSES、カナダ保健省のいずれにおいても、既往のガイドラインのアップデートや新たな室内空気質ガイドラインの設定が実施されていた。発がん性に関してIARCは、今年度において、自動車用ガソリン及びその中に含まれる5物質、農薬のアトラジン、アラクロール、ビクロゾリンの発がん性分類を公表した。

ハザード情報に関しては、シックハウス検討会で初期曝露評価を実施した揮発性有機化合物及び代替物質を含むその関連物質のうち、エチレングリコール、リナロール、オクタナール、ポリ(オキシエチレン)＝アルキルエーテル、酢酸リナリルの5物質に関する急性影響と慢性影響のキー研究（ハザード評価の鍵となる研究）を調査した。その結果、リナロール、ポリ(オキシエチレン)＝アルキルエーテル、酢酸リナリルについては、急性影響の評価可能なキー研究が見つからなかった。その他の物質については、急性影響と慢性影響のキー研究をとりまとめることができた。

全国規模のアンケート調査の結果、冬期・夏期の両季節に共通して、ストレス度、喫煙歴、ダンプネス、揮発性日用品の使用個数が、家に由来する症状と独立して関連していた。住宅建材や住宅環境由来のみならず、生活由来の環境曝露の関与が示唆された。一方、季節による差異も認められ、冬期においては暖房機器及び機械換気設備、夏期においては冷風機及び熱交換式換気との関連が示された。以上の結果から、湿潤環境及び生活由来化学物質曝露を含む複合的な住環境要因が健康症状に関与している可能性が示された。

専門機関によるシックハウスに関連する相談件数を調査したところ、全体的な相談件数は減

少していたが、一定程度の相談件数が生じており、新築住宅の建材、家具、殺虫剤などで体調不良を訴える事例がみられた。

## A. 研究目的

1997年から2002年にかけて、13の室内空気中化学物質に対して室内濃度指針値が策定されたが、その後も、建材等に使用される化学物質の代替や準揮発性有機化合物 (SVOC) と呼ばれる揮発性の低い物質による影響等も含め、継続してシックハウス検討会において室内濃度指針値の見直しあるいは対象物質の追加に関する議論が進められている。このような状況を踏まえ、シックハウス検討会における議論に必要な情報を収集することにより、厚生労働行政施策の円滑な進行に貢献することを主たる目的として、本研究課題が進められている。

本研究においては、第一に、室内空気汚染問題に対する国際機関や諸外国における室内濃度指針値作成や規制動向等の情報を収集し、日本における取り組みの参考情報とする。また第二に、シックハウス検討会で初期曝露評価を実施した揮発性有機化合物及び代替物質を含むその関連物質について、健康リスク評価値および有害性等の情報を収集し、今後のリスク評価や指針値の設定等において鍵となる重要なハザード情報をとりまとめることを目的としている。ハザード情報の収集においては、短時間曝露による急性影響と長期間曝露による慢性影響の2項目を調査する。第三には、国内居住環境に関する日本での以前の調査から15年以上経過したこと及び行政機関による法規制に対して関係業界が対応を行ってきたことを踏まえて、住宅室内環境と健康状態を把握するための全国規模のアンケート調査を実施する。また、専門機関によるシックハウス関連の相談件数を調査する。

## B. 研究方法

### B.1 国際的な規制動向の調査

国際機関や国内外の室内空気質規制に関する報告書、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。近年、主だった活動が見受けられた世界

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。また、諸外国の研究者と関連情報の情報交換を行った。

### B.2 ハザード情報

室内空気中化学物質に関して、刺激性や感受性、一般毒性、神経毒性、免疫毒性、生殖発生毒性、発がん性等に関する有害性情報およびこれらの有害性に関する量反応関係に関する科学的知見が記載された国際機関や諸外国の評価文書等を網羅的に収集するとともに、Pubmed や TOXLINE 等のデータベース検索を行い、各物質の有害性情報をとりまとめた。特に、各物質の評価値の導出に必要なエンドポイント及び NOEL (No Observed Adverse Effect Level) や LOAEL 等の情報収集を行った。

本分担研究では、シックハウス検討会で初期曝露評価を実施した揮発性有機化合物について、健康リスク評価値および有害性等の情報を収集してとりまとめる。

2025年度は、エチレングリコール (CAS 107-21-1)、リナロール (CAS 78-70-6)、オクタナール (CAS 124-13-0)、ポリ(オキシエチレン) = アルキルエーテル (CAS 9002-92-0 (C=12-13), 27306-79-2 (C=14-15), 27731-62-0 (C=13-15))、酢酸リナリル (CAS 115-95-7) の5物質を調査対象とした。

得られた有害性情報から有害性評価を行い、急性影響の健康リスク評価値 (AcRfC: Acute Reference Concentration) と慢性影響の健康リスク評価値 (ChRfC: Chronic Reference Concentration) を導出した。これらの RfC は、Critical effect level の影響濃度 (NOEL や LOAEL) に対して、不確実係数の適用 (種差や個体差) や、慢性影響では反復曝露から連続曝露への補正係数の適用を行って導出した。不確実係数としては、初期リスク評価で用いることを想定し、LOAEL を用いた場合は10、曝露期間については動物種と平均寿命から算

出した値<sup>1)2)</sup>、種差については10、個体差10とした。これらの数値は、初期リスク評価として、リスクの取りこぼしがないように安全側の不確実係数を用いている。また、閾値のない発がん物質については、各評価機関が導出したユニットリスクをレビューし、10万分の1の過剰発がんリスクの気中濃度を発がんの健康リスク評価値（CarRfC: Carcinogenic Reference Concentration）とした。

なお今後、詳細リスク評価や指針値の検討を行う際には、LOAELに対する不確実係数、種差、個体差に対する不確実係数について、感受性、作用機序、体内動態等を詳細に評価し、必要に応じて改めて検討を行い、室内濃度指針値を設定することができる。本研究で導出したAcRfC及びChRfCは、曝露評価で得られた室内濃度の知見に対して、迅速に健康リスクの初期評価を実施するために用いることができる。

### B.3 住宅室内環境と健康に関するアンケート調査

国内居住環境に関する日本での以前の調査から15年以上経過したこと及び行政機関による法規制に対して関係業界が対応を行ってきたことを踏まえて、住宅室内環境と健康状態に関して、現状の実態を把握するためのアンケート調査を行った。本調査は、全国規模のアンケート調査を2024年度の2025年1月～2月に冬期の調査として実施した。2025年度は、夏期の調査を2026年8月に実施した。

調査に際しては、住宅室内環境を調査するための世帯調査票と世帯構成員の健康状態等を調査するための個人調査票の2つを用意し、株式会社マクロミルに委託して調査を実施した。

調査対象者の選定にあたっては、全国8地区（北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州）の世帯及び世帯員を対象とし、令和2年度総務省国勢調査結果における全国8地区の世帯数にマッチングさせて世帯数の割り付けを8セルで行い、世帯主を株式会社マクロミルの登録モニターから2000名の調査規模で層化無作為抽出した。世帯主（世帯を代表する方）に対してアンケート調査を依頼し、世帯調査票

は世帯主、個人調査票は世帯員全員を対象とし、一人暮らしの世帯も対象に含めた。

住宅室内環境に係る症状及びそのリスク要因の解析にあたっては、住宅室内環境に係る症状として、既往の研究<sup>3,4)</sup>のクライテリアを用い、米国NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)の5つの主症状（目の症状、非特異症状、上気道症状、下気道症状、皮膚症状）及びそのいずれか一つ以上の症状を用いて、各リスク要因との関係を解析した。

### B.4 シックハウス等に関わる相談件数の状況

公益財団法人住宅リフォーム紛争処理支援センターの報告書及び一般社団法人日本化学工業協会の化学製品PL相談センターの報告書を調査した。

#### （倫理面での配慮）

本研究は、公表されている既存資料を中心とした情報収集を行った後、それらの整理を客観的におこなうものであり、特定の個人のプライバシーに係わるような情報を取り扱うものではない。資料の収集・整理にあたっては、公平な立場をとり、事実のみにもとづいて行う。本研究は、動物実験および個人情報扱うものではなく、研究倫理委員会などに諮る必要のある案件ではないと判断している。

住宅室内環境と健康に関するアンケート調査は、個人の健康状態を対象としたアンケート調査を実施するものであり、近畿大学医学部倫理審査委員会にて承認を得て実施した（承認番号R6-153、研究代表機関一括審査）。

## C. 研究結果及び考察

### C.1 諸外国の室内空気質規制

#### C1.1 室内空気質に関わる取り組み

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

2025年度において、WHOからは室内空気質ガイドラインの新設に向けて新たな動きはみられなかった。

2025年9月23日に国連本部で開催された国

連総会において、オーストラリア科学アカデミー、オーストラリアバーネット研究所、米ブラウン大学公衆衛生学部、OSLUV プロジェクトの主催で「Healthy Indoor Air: A Global Call to Action」というサイドイベントが開催された。フランス政府とモンテネグロ政府が共催であった。WHO、ILO、UNEP といった国際機関も参加して講演を行っている。健康的な室内空気的重要性を国際的に共通した認識にすることを目的としたもので、「Global Pledge for Healthy Indoor Air」というグローバル誓約が宣言された。日本からは室内環境学会がこの誓約に署名した。

2025 年度以降に公表された室内空気質ガイドライン（指針値と同義）において、ドイツ連邦環境庁では、アクロレインとポリ塩化ビフェニル（PCB）に室内空気質ガイドラインが設定された。

カナダ保健省ではラドンに対して室内空気質ガイドラインが設定された。

フランスの ANSES では、ベンゼンとテトラクロロエチレンの室内空気質ガイドラインで従来のガイドラインの修正が公表された。

### C.1.2 室内空気汚染物質に関連する発がん性分類のアップデート

WHO の国際がん研究機関（IARC）による発がん性分類のアップデートのうち、2025 年度以降における室内環境汚染関連物質のアップデートをレビューした。自動車用ガソリンに含まれる 5 物質（メチル-*tert*-ブチルエーテル、エチル-*tert*-ブチルエーテル、*tert*-ブチルアルコール、ジイソプロピルエーテル、*tert*-アミルメチルエーテル）の発がん性分類が公表され、自動車用ガソリンはグループ 1 に分類された。個別の物質では、メチル-*tert*-ブチルエーテルとエチル-*tert*-ブチルエーテルがグループ 2B、*tert*-ブチルアルコールとジイソプロピルエーテルと *tert*-アミルメチルエーテルがグループ 3 に分類された。農薬のアトラジンがグループ 2A、アラクロールがグループ 2A、ビンクロゾリンがグループ 2B に分類された。次年度は、リン酸トリス（クロロプロピル）、ブチルアルデヒド、クメンヒドロペルオキシド、フタル酸ブチルベンジ

ル、フタル酸ジブチル、フタル酸ジイソノニルの評価が予定されている。

### C.2 室内環境化学物質のハザード情報

網羅的に収集した有害性情報をもとに、エチレングリコール（CAS 107-21-1）、リナロール（CAS 78-70-6）、オクタナール（CAS 124-13-0）、ポリ（オキシエチレン）=アルキルエーテル（CAS 9002-92-0(C=12-13), 27306-79-2(C=14-15), 27731-62-0(C=13-15))、酢酸リナリル（CAS 115-95-7）の 5 物質に関する急性影響と慢性影響のキー研究を選定した。その結果、リナロール、ポリ（オキシエチレン）=アルキルエーテル、酢酸リナリルについては、急性影響を評価可能なキー研究が見つからなかった。その他の物質については、それぞれのキー研究をもとに曝露時間の補正（断続曝露から連続曝露）、不確実係数等の評価係数を適用して AcRfC および ChRfC を導出した（表 1 3、表 1 4）。

### C.3 住宅室内環境と健康に関するアンケート調査

#### 1) 2025 年 1 月～2 月の冬期の調査

世帯調査票については、2063 世帯から回答を得た。また、個人調査票については、4378 名から回答を得た。世帯当たりの世帯構成員の平均は 2.1 名であった。平成 27 年度国勢調査によると、全国の 1 世帯当たりの人員は平均 2.3 名であり、令和 2 年度国勢調査では平均 2.2 名であったことから、本アンケート調査の結果は国勢調査の結果とほぼ同レベルであった。男性 55.1%、女性 44.9%から成り、年齢分布は中央値（4 分位）で男性 53（37～64）歳、女性 49（28～62）歳、家に由来するいずれかの有症者は 24.3%であった。

本人が家に由来すると評価したいずれかの症状の有無に関する多変量解析の結果、Model 1（表 17）では、年齢に関し 50～59 歳、60～69 歳、70 歳以上では、0～9 歳を基準として有意に低値であった。また、職業では農林水産業で有意な正の関連を認めた。喫煙歴では、過去喫煙、ときどき吸う、毎日吸う、いずれも喫煙歴なしに比して有意にオッズ比

が高かった。ストレス度は、「あまり感じない」から「とても感じている」に至るまで段階的にオッズ比が上昇し、「とても感じている」では OR 6.80 (95%CI 5.00–9.24) と最も強い関連を示した。飼育歴では、ネコおよびトリの飼育が有意に関連した。

Model 2 (表 18) で周辺環境および住宅構造を加えて解析すると、年齢、喫煙歴、ストレス度などの関連は概ね維持された。周辺環境要因としては、工場、果樹園、飲食店が有意な正の関連を示し、特に果樹園は OR 2.23 (95%CI 1.40–3.53) であった。一方、住宅構造そのものは有意な関連を示さなかった。飼育歴では、ネコ飼育の有意性は減弱し、トリ飼育のみが有意に関連した。

Model 3 (表 19) では、さらに暖房機器、部屋の換気設備、ダンプネスを加えた。その結果、周辺環境では工場および飲食店が引き続き有意であった。暖房機器では、居間の給排気式温風暖房機および電気カーペットの使用が有意な正の関連を示した。換気設備では、排気のみ機械換気、給気のみ機械換気、給排気機械換気が、換気設備なしに比して有意にオッズ比の上昇と関連し、特に給気のみ機械換気は OR 2.78 (95%CI 1.53–5.04) であった。また、ダンプネスはランク 0 を基準として、ランク 1、ランク 2、ランク 3 の順にオッズ比が上昇し、ランク 3 では OR 2.62 (95%CI 2.02–3.40) となり、量反応的な関連が認められた。なお、この段階では年齢や喫煙歴の一部、ペット飼育歴の有意性は減弱したが、ストレス度の関連は引き続き強固であった。

最終調整モデルである Model 4 (表 20) では、居間の壁や床の素材および揮発性日用品の使用個数を追加した。最終モデルにおいても、過去喫煙、ときどき吸う、強いストレスは独立して関連しており、ストレス度は「とても感じている」で OR 7.49 (95%CI 5.28–10.6) と最も強い関連を示した。住宅環境要因としては、周辺環境のうち飲食店、暖房機器では給排気式温風暖房機および電気カーペット、換気設備では排気のみ機械換気、給気のみ機械換気、給排気機械換気が有意な関連を示した。ダンプネスは最終モデルでもランク 1、

2、3 で有意な正の関連を維持し、ランク 3 では OR 2.43 (95%CI 1.86–3.17) であった。さらに、揮発性日用品の使用個数は 0 個を基準として 1 個、2 個、3 個以上のいずれでも有意にオッズ比が上昇していた。居間の壁表面ではタイルが有意な正の関連を示した一方、床表面材質との明確な関連は認めなかった。以上より、冬期調査では、個人要因として喫煙歴とストレス度、住宅環境要因としてダンプネス、特定の換気設備、暖房機器、揮発性日用品の使用、および一部の周辺環境が、家に由来する症状と独立して関連していた。

## 2) 2025 年 8 月の夏期の調査

2063 世帯及び 4304 名の居住者 (男性 2332 名、女性 1972 名) から回答を得た。世帯当たりの世帯構成員の平均は 2.1 名であった。男性 54.0%、女性 45.6% から成り、年齢分布は中央値 (4 分位) で男性 54 (38–64) 歳、女性 51 (31–63) 歳、家に由来するいずれかの有症者は 21.3% であった。

本人が家に由来すると評価したいずれかの症状の有無に関する多変量解析の結果、Model 1 (表 21) において、年齢は有意な関連を示さず、喫煙歴では、過去喫煙、ときどき吸う、毎日吸うがいずれも有意に関連した。ストレス度は冬期と同様に有意な関係を示し、「とても感じている」で OR 5.72 (95%CI 4.14–7.90) であった。飼育歴ではネコおよび魚が有意な正の関連を示した。表には示していないが、魚の飼育歴とダンプネススコアとの間に有意な相関は認めなかった Spearman's  $\rho = 0.024$ ,  $p = 0.14$ 。

Model 2 (表 22) で周辺環境および住宅構造を加えると、喫煙歴、ストレス度、ネコおよび魚の飼育歴との関連は概ね維持された。周辺環境では、列車・電車線路が有意な負の関連を示した一方、飲食店および商店・事務所は有意な正の関連を示した。住宅構造はいずれも有意ではなかった。

Model 3 (表 23) では、さらに居間の冷房機器、換気設備、ダンプネスを投入した。その結果、喫煙歴では「ときどき吸う」および「毎日吸う」が有意であり、ストレス度は引き続き強い関連を示した。飼育歴ではネコおよび

魚が正の関連を示し、周辺環境では、列車・電車線路が負の関連、飲食店および商店・事務所が正の関連を示した。冷房機器では冷風機の使用が有意に関連し、OR 1.79 (95%CI 1.13–2.83) であった。換気設備では、給気のみ機械換気および熱交換式換気が有意な正の関連を示した。ダンプネスはランク 2 およびランク 3 で有意な関連を示し、特にランク 3 では OR 2.83 (95%CI 2.17–3.68) と強い関連を認めた。

最終モデルである Model 4 (表 24) では、壁・床材および揮発性日用品の使用個数を追加した。喫煙歴では「ときどき吸う」および「毎日吸う」が有意であり、ストレス度は最終モデルでも一貫して強い関連を示し、「とても感じている」で OR 5.18 (95%CI 3.61–7.43) であった。周辺環境では列車・電車線路が負の関連、飲食店および商店・事務所が正の関連を示した。冷房機器では冷風機が引き続き有意であり、換気設備では熱交換式換気が有意な正の関連を示した。ダンプネスはランク 2 およびランク 3 で有意に関連し、ランク 3 では OR 2.57 (95%CI 1.96–3.38) であった。さらに、揮発性日用品の使用個数は 0 個に比していずれでも有意にオッズ比が上昇し、3 個以上では OR 2.25 (95%CI 1.51–3.37) であった。壁表面ではタイルが有意な正の関連を示し、床表面ではたたみが有意な正の関連、リノリウムが有意な負の関連を示した。以上より、夏期調査においても、喫煙歴、ストレス度、ダンプネス、揮発性日用品の使用個数は一貫して家に由来する症状と関連し、加えて夏期特有の要因として冷風機使用や熱交換式換気との関連が示された。

### 3) アンケート調査結果の考察

本研究は、全国 8 地区を対象とした大規模なインターネット調査により、住宅室内環境要因と居住者の健康症状との関連を、冬期および夏期の両季節に分けて検討したものである。建築基準法改正等の法規制や建材・住宅設備の変化を経た現在の国内住宅環境において、なお居住環境要因と健康症状との関連が認められたことは、公衆衛生学および環境保健学的に重要な知見と考えられる。

本研究で最も一貫して認められた所見は、ストレス度、喫煙歴、ダンプネス、ならびに揮発性日用品の使用個数が、「家に由来するいずれかの症状」と独立して関連していた点である。ストレス度については、ストレスが症状知覚の増強、睡眠の質の低下、自律神経系や免疫系を介した反応性の変化などを通じて、住宅環境由来と認識される不調の出現に関与している可能性を示唆する。一方で、本研究の目的は心理的要因のみに還元することではなく、ストレス調整後にもなお住宅環境要因が独立して残存した点に、本研究の重要性がある。

喫煙歴についても両季節で概ね一貫した関連が認められた。喫煙は呼吸器症状、眼・鼻咽頭刺激症状、非特異的愁訴などに影響しうる既知の要因であり、住宅環境と健康症状の関連を検討する上で基本的な交絡因子である。本研究では喫煙歴を調整した後も住宅環境要因の関連が維持されたことから、観察された関連の一部は単なる喫煙の影響では説明しきれないと考えられる。

住宅環境要因の中では、ダンプネスの高さが両季節で一貫して強い関連を示したことが特に注目される。ダンプネスは、結露、カビ、カビ臭など複数の湿潤関連所見を統合した指標であり、従来から呼吸器症状やアレルギー症状との関連が指摘されてきた。本研究でもランクが高いほど症状オッズが上昇しており、ダンプネスは微生物由来成分、カビ関連物質、建材劣化産物、室内化学物質の挙動変化など複合的な曝露を反映する可能性があり、単一物質では捉えにくい「不良な住環境」の指標として重要と考えられる。

また、揮発性日用品の使用個数が冬期・夏期ともに有意に関連したことも重要である。消臭剤、芳香剤、防虫剤、洗濯柔軟剤などの日用品は、揮発性有機化合物を含む可能性があり、使用数の増加は室内化学物質曝露の増加、あるいは香料・洗浄成分などへの複合曝露の増加を反映している可能性がある。室内環境中の生活由来化学物質負荷が、現代住宅においてなお健康影響に関連しうることを示唆する。

一方で、冬期では、給排気式温風暖房機や電気カーペットなどの暖房関連機器が症状と関連し、夏期では冷風機が有意な関連を示した。これらの結果は、季節ごとに使用頻度が増加する設備や機器が、室内空気質や熱環境、気流、粉塵再飛散、機器由来のにおい・化学物質曝露などを介して症状に影響している可能性を示唆する。特に冷風機は、水分を利用した冷却機構や内部汚染、清掃状態などの影響を受けうるため、単なる冷房の有無というより、機器の種類や管理状態が重要である可能性がある。

換気設備に関しても、冬期と夏期で異なる関連がみられた。冬期では排気のみ機械換気、給気のみ機械換気、給排気機械換気など複数の換気形式が関連し、夏期では熱交換式換気が関連した。通常、換気は室内汚染物質低減に資する方向に働くと考えられるが、本研究では一部の換気設備が症状と正の関連を示した。これは、換気設備自体が原因であるというより、換気の必要性が高い住宅条件、設備の清掃・維持管理状態、外気導入経路、気密性の高い住宅との関連などを反映している可能性がある。すなわち、換気設備は単独で解釈するよりも、住宅全体の構造・運用状況の指標として理解する必要がある。

周辺環境要因については、冬期では飲食店、工場、果樹園など、夏期では飲食店、商店・事務所が正の関連を示した一方、夏期の列車・電車線路は負の関連を示した。これらの所見は一部一貫性に乏しく、周辺環境を自己申告で把握していること、居住地の都市性や土地利用、交通環境、社会経済的背景などを十分に調整しきれていない可能性を考慮する必要がある。そのため、周辺環境要因の解釈は探索的に位置づけるのが妥当である。

総じて本研究の結果は、現在の国内住宅環境において、健康症状と関連する要因は単一ではなく、個人要因（ストレス、喫煙）と住宅環境要因（湿潤環境、日用品使用、換気・空調設備、周辺環境）が複合的に関与していることを示している。特にダンプネスや揮発性日用品使用個数のように、季節を超えて再現性をもって関連した指標は、今後の住宅環

境改善施策や住民啓発において重点的に扱うべき候補と考えられる。

本調査にはいくつかの限界がある。第1に、本研究は横断研究であるため、住宅環境要因と健康症状との時間的前後関係を明確にできず、因果関係を直接示すことはできない。例えば、症状を有する者が室内環境により敏感となり、住宅要因をより強く認識・報告した可能性は否定できない。また、生物学的な個体要因（遺伝学的素因、腸脳連関など）も重要となる。

第2に、住宅環境要因および健康症状はいずれも自己記入式質問票により把握しており、客観的測定値ではない。そのため、想起バイアス、報告バイアス、症状認知の個人差の影響を受ける可能性がある。とくに「家に由来する症状」というアウトカムは、主観的判断を含む指標であり、実際の曝露との乖離が存在する可能性がある。

第3に、対象はインターネット調査会社の登録モニターであり、健康意識の高い者やインターネット調査に参加しやすい層が相対的に多く含まれた可能性があり、選択バイアスの影響を考慮する必要がある。

第4に、住宅環境要因の評価は、設備や日用品の使用の有無や個数、周辺環境の認識に基づくものであり、実際の化学物質濃度、微生物曝露量、温湿度、換気量などの環境測定値を伴っていない。そのため、どの具体的曝露が症状に関与しているかを直接同定することはできない。特に換気設備や空調機器との関連については、設備そのものの影響というより、住宅特性や維持管理状況を反映した代理指標である可能性がある。

以上の限界を有するものの、本研究は全国規模で冬期・夏期の両季節にわたり、現代住宅における室内環境要因と健康症状との関連を包括的に検討した点に意義がある。今後は、縦断研究や実測を組み合わせた研究により、因果関係の解明と介入可能な環境要因の特定を進める必要がある。

C.4 シックハウス等に関わる相談件数の状況  
公益財団法人住宅リフォーム紛争処理支援

センターの報告書からシックハウスの相談件数の推移をみると、厚生労働省の室内濃度指針値が策定された2000～2002年頃、またシックハウス対策で建築基準法が改正された2003年以降、シックハウスの相談件数は減少していたが、2010年以降は一定程度の相談件数が生じていた。特にリフォームによる相談件数は、相談件数の集計を開始した2000年以降、大幅な減少はみられていなかった。

一般社団法人日本化学工業協会の化学製品PL相談センターの報告書から、2019年度から2023年度の商品群別クレーム関連相談件数をみると、建材、家具、塗料に関する相談件数は、比較的上位であった。2023年度に報告された個別のクレームの内容をみると、フローリングの張り替えによる体調不良、新築住宅の臭いによる体調不良、外壁塗装後の体調不良、購入した家具の設置による体調不調、殺虫剤使用による体調不良、シロアリ防除の施工後に体調不良などが報告されていた。

#### D. 総括

諸外国における取り組みは、室内空気質ガイドラインの作成に重点が置かれている。目標となる気中濃度を設定し、それを目指した発生源対策等を行うアプローチである。とりわけドイツ連邦環境庁は、これまで継続的に室内濃度指針値を設定してきている。

2025年度以降に公表された室内空気質ガイドラインにおいて、ドイツ連邦環境庁、フランスのANSES、カナダ保健省のいずれにおいても、既往のガイドラインのアップデートや新たな室内空気質ガイドラインの設定が実施されていた。発がん性に関してIARCは、今年度において、自動車用ガソリン及びその中に含まれる5物質、農薬のアトラジン、アラクロール、ビクロゾリンの発がん性分類を公表した。

国際的に大きな動きとして、健康的な室内空気的重要性を国際的に共通した認識にすることを目的に、2025年9月23日に国連本部で開催された国連総会において、「Healthy Indoor Air: A Global Call to Action」というサイドイベントが開催され、「Global Pledge for Healthy Indoor Air」というグローバル誓約が宣言され

た。

ハザード情報に関しては、シックハウス検討会で初期曝露評価を実施した揮発性有機化合物及び代替物質を含むその関連物質のうち、エチレングリコール、リナロール、オクタナール、ポリ(オキシエチレン)＝アルキルエーテル、酢酸リナリルの5物質に関する急性影響と慢性影響のキー研究を調査した。その結果、リナロール、ポリ(オキシエチレン)＝アルキルエーテル、酢酸リナリルについては、急性影響を評価可能なキー研究が見つからなかった。その他の物質については、急性影響と慢性影響のキー研究をとりまとめることができた。

2025年1月～2月の冬期と8月の夏期に実施した全国規模のアンケート調査の結果、冬期および夏期の住宅室内環境と居住者の健康症状との関連を検討した。解析の結果、両季節に共通して、ストレス度、喫煙歴、ダンプネス、揮発性日用品の使用個数が、「家に由来するいずれかの症状」と独立して関連していた。また、揮発性日用品の使用個数も両季節で関連を示しており、現代住宅においては建材由来化学物質のみならず、生活由来の化学物質曝露も無視できないことが示された。

一方で、季節ごとの差異も認められた。冬期では、給排気式温風暖房機や電気カーペットなどの暖房関連要因、複数の機械換気設備が症状と関連し、夏期では冷風機や熱交換式換気が関連した。これらの結果は、住宅設備と健康症状との関係が一様ではなく、季節に応じた使用状況や維持管理状況、住宅の構造特性を反映している可能性を示している。すなわち、住宅の健康影響対策は、単一の化学物質管理のみでは不十分であり、湿潤管理、換気、空調機器の適切な管理、生活用品の使用実態を含めた包括的な視点が必要であると考えられる。

本研究は横断研究であり、また曝露・症状とも質問票に基づく自己申告であるため、因果関係を直接示すものではない。しかしながら、法規制後の現代住宅を対象として、冬期・夏期の両季節にわたり、住宅環境要因と健康症状との関連を全国規模で包括的に検討した点に意義がある。特に、ダンプネスや揮発性

日用品使用個数のように、季節を超えて一貫した関連が認められた指標は、今後の住宅衛生対策や住民啓発において重点的に取り上げるべき候補と考えられる。

今後は、室内化学物質濃度、温湿度、換気量、微生物関連指標などの実測を組み合わせた研究、ならびに縦断的研究デザインによる因果関係の検証が必要である。また、住宅設備の維持管理や日用品使用の改善といった介入可能な要因に着目し、住環境改善による健康影響低減の可能性を検討していくことが求められる。以上より、本研究は、現代の住宅環境における健康リスクの再評価に資する基礎資料を提供するとともに、今後のシックハウス対策の方向性を示す知見を得たものと考えられる。

住宅リフォーム紛争処理支援センターが報告しているシックハウスの相談件数では、2003年以降、シックハウスの相談件数は減少していたが、2010年以降は一定程度の相談件数が生じていた。特にリフォームによる相談件数は、相談件数の集計を開始した2000年以降、大幅な減少はみられていなかった。化学製品PL相談センターの報告では、近年でも、建材、家具、塗料に関する相談件数は比較的上位であった。また、個別のクレームの内容をみると、新築住宅の建材、家具、殺虫剤などで体調不良を訴える事例がみられた。

#### E. 参考文献

- 1) Azuma K, Uchiyama I, Ikeda K. The risk screening for indoor air pollution chemicals in Japan. *Risk Anal* 27(6): 1623–1638, 2007.
- 2) Azuma K, Uchiyama I, Uchiyama S, et al. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: Screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. *Environ Res* 145: 39–49, 2016.
- 3) 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(5):499–511.
- 4) 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(1), 38. doi:10.1186/s12199-017-0645-4.
- 5) 長谷川兼一, 鍵直樹, 坂口淳, 篠原直秀, 白石靖幸, 三田村輝章. 住宅のダンプネスのアンケートによる評価法の提案と子供のアレルギー疾患に及ぼす影響に関する全国調査. *日本建築学会環境系論文集*. 2016;81:477–485. doi:10.3130/aije.81.477

F. 研究業績等 (著者氏名・発表論文・学協会誌名・発表年(西暦)・巻号(最初と最後のページ))

#### 1. 学術論文

- 1) Kaoru Inoue, Yoko Hirabayashi, Kenichi Azuma. Detailed hazard assessment of ethylbenzene to establish an indoor air quality guideline in Japan. *Environ Health Prev Med*. 30:34. <https://doi.org/10.1265/ehpm.24-00415>.
- 2) Watai K, Taniguchi M, Azuma K. The gut–brain–immune axis in environmental sensitivity illnesses: Microbiome-centered review of fibromyalgia syndrome, myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome, and multiple chemical sensitivity. *International Journal of Molecular Sciences* 6(20):9997. <https://doi.org/10.3390/ijms26209997>

#### 2. 学会発表

- 1) 東 賢一. 室内空気および大気中におけるホルムアルデヒドの健康影響について. 2025年度日本環境変異原ゲノム学会公開シンポジウム, 川崎, 2025年6月14日.
- 2) 東 賢一. 室内環境学会の活動と室内環境汚染問題の解決に向けて. 第4回環境化学物質合同大会, 山形, 2025年7月15

日.

2. 書籍

- 1) 東 賢一、他. 環境汚染と健康リスク. 朝倉書店, 東京, 2025.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)  
予定なし

## 調査結果（１）国際的な規制動向の調査

### 1. 世界保健機関

2025年度は主だった活動はみあたらなかった。但し、2025年9月23日に国連本部で開催された国連総会において、オーストラリア科学アカデミー、オーストラリアバーネット研究所、米ブラウン大学公衆衛生学部、OSLUVプロジェクトの主催で「Healthy Indoor Air: A Global Call to Action」というサイドイベントが開催された。フランス政府とモンテネグロ政府が共催であった。WHO、ILO、UNEPといった国際機関も参加して講演を行った。

健康的な室内空気の重要性を国際的に共通した認識にすることを目的としたもので、「Global Pledge for Healthy Indoor Air」というグローバル誓約が宣言された。日本からは室内環境学会がこの誓約に署名した。

#### 1) グローバル誓約（分担研究者による和訳）

署名者一同は、適切な場合、以下の事項を約束します。

1. 健康的な室内空気の重要性を認識し、以下の事項を実施します。
  - a. 2022年の国連総会において、きれいな水へのアクセスに加え、きれいな空気へのアクセスが基本的人権として定められたことに留意し、人権を擁護します。
  - b. 短期的にも長期的にも、すべての人の健康を守ります。
  - c. 空気感染症は主に屋内環境で伝染するため、パンデミックへの備えを強化します。
  - d. 気候変動に対する建築環境のレジリエンス（回復力）を高めます。室内空気質の向上は、山火事や洪水、気温上昇、大気汚染物質による空気感染の影響から保護するのに役立ちます。
  - e. 空気中の生物学的危害物質や汚染物質から労働者を守る職場環境の安全衛生対策を確保します。
  - f. すべての人のアクセシビリティとケアを改善し、すべての人が公共スペースに安全にアクセスできる環境を提供します。特に、室内空気質の悪さから不釣り合いに高い健康リスクにさらされている子供、高齢者、社会的弱者、慢性疾患を持つ人々にとって、そのアクセスとケアは重要です。小児期の大気汚染物質への曝露は、長期的な健康に影響を与える可能性があります。
2. 室内空気質に関する行動を優先し、推進します。必要に応じて、今後の検討事項を概説したガイドライン文書への貢献などを行います。
3. 政府、非政府組織、民間セクターなど、セクターや国境を越えて協力し、健康的な室内空気を推進するための世界的な連合に貢献します。
4. 健康的な室内空気に関する行動における成功事例と課題を共有し、知識を交換し、すべての人の学習を促進します。
5. 健康的な室内空気の重要性について、一般の人々に啓発活動を行い、啓発活動を行います。
6. 運動を強化し、進捗を加速させるために、「健康的な室内空気のための世界誓約」に新たなステークホルダーを導入します。
7. より健康的な目標に向けた進捗状況を共有するために、再度会合を開きます。

2) 各機関などからの講演の概要

共催国	モンテネグロ政府	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ グローバル誓約の発表。健全な環境は憲法上の価値であり、学校は中心的な存在。</li> <li>・ 「グリーンスクール」イニシアチブ（最も汚染された地域であるプリェヴリャで試験的に実施）を発表。全校舎の監査、国家データベース、監視と浄化を含むロードマップ、インフラのアップグレード、IAQ の教育改革への統合など。</li> <li>・ 目標は全ての自治体に拡大し、実際に空気の質を改善することで「測定を超越する」こと。</li> </ul>
	フランス政府	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 健康の重要な決定要因としての IAQ (COVID-19 の教訓)。</li> <li>・ 国家的な取り組み：2023 年から幼稚園と学校での監視を義務付け、2024 年から室内環境品質観測所を設立。</li> <li>・ 基準と監視要件を調和させて国際協力を行い、誓約書に署名。</li> </ul>
国際機関	ILO	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2022 年から職場における健康と安全は基本的な権利となり、IAQ は不可欠な要素となる。</li> <li>・ ILO 規制枠組み (C155、C187 など) と 2025 年の新しい生物学的危害に関する条約：室内リスクを特定、評価、管理するための枠組み。</li> </ul>
	WHO	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IAQ は、喘息、COPD、CVD、がん、経済的負担、パンデミックに影響を与える目に見えない危機。</li> <li>・ アクション: WHO のガイドラインを実行し、世界的な室内基準を設定し、アクセス可能な技術（クリーン調理、スマート換気）を普及させ、IAQ を気候/エネルギー/都市計画政策に統合し、監視を強化する。</li> </ul>
	UNEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 屋内外の汚染と気候の関連性、クリーンな調理を優先。</li> <li>・ 資金の呼びかけ、投資の調整。クリーンな解決策に向けて；タバコの環境影響（森林伐採、プラスチック廃棄物）</li> </ul>
科学及び保健医療のコミュニティ	Lydia Morawska (QUT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 屋外の空気の質の向上と屋内の規制の空白の 70 年間。</li> <li>・ 提案：監視→報告→基準→すべての公共建築物に対する法律制定。自発的なアプローチのみ</li> </ul>
	Joseph Allen (Harvard T.H. Chan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3つの真実: 建物は人々を病気にすることも守ることもできる。現在の基準は最小限。建物を管理する人々の影響力は医師よりも大きい。</li> <li>・ 認知能力に関するエビデンス。</li> <li>・ 必須事項: IAQ を健康問題として認識し、最低限以上の換気/浄化を行う。強制的な監視</li> </ul>
	Bettina Borisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IAQ は横断的な公衆衛生問題。屋外の空気質と気候を</li> </ul>

	(World Federation of Public Health Associations)	<p>統合した指標、ベンチマーク、基準、そして啓発活動が必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>家庭内大気汚染 (HAP) は、心血管疾患への甚大な負荷と関連。屋内曝露の歴史的証拠 (ミイラの遺体) も存在する。</li> <li>提言: WHO 空気質ガイドラインの採用、IAQ を健康課題に統合、クリーン燃料への移行、換気/基準の改善、必要に応じて移行措置として LPG を導入。</li> </ul>
	Kerry Kinney (ISIAQ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>「屋内/屋外」の区別はない。きれいな空気か汚れた空気か。</li> <li>現代の建物でも問題は依然として残っている (化学物質の蓄積)。拡張性のある解決可能策はあるが、国際的な調整と地域社会への働きかけが必要。</li> </ul>
	Alison Cox (NCD Alliance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>大気汚染は NCDs にとって主要な環境リスクです。HLM の NCDs に関する声明は前向きだが化石燃料については慎重すぎる。</li> <li>提案: IAQ を組み込むことで各国の NCDs 対策を加速し、今後の世界的な資金調達の機会を活用し、監視と説明責任を強化し、WHO に汚染対策の「ベストバイ」を定義するよう促す。</li> </ul>
	Omnia El Omrani (Global Climate & Health Alliance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>IAQ は正義の問題 (世代間、社会、グローバル)。</li> <li>要求: 化石燃料への補助金を削減し、健康と IAQ に資源を集中させ、「汚染者負担」の原則を適用し、最も汚染にさらされているコミュニティを優先する。</li> </ul>
基準、建物、実践	ASHRAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>広範囲にわたる IAQ のモニタリングとタイムリーな介入を推進。ラドンとホルムアルデヒドの例を示す。</li> <li>主要基準: 62.1、62.2、170 (換気)、241 (感染性エアロゾル、「同等の清浄な空気流」)。米国における政策立案活動。</li> </ul>
	USGBC	<ul style="list-style-type: none"> <li>IAQ とグリーンビルディングを統合し、ASHRAE 基準の参照と WELL との整合性を考慮した LEED のアップデートを実施。</li> <li>グリーンスクールセンター: 250 以上の学区 (900 万人以上の生徒) をサポート。ポートフォリオ構築とパフォーマンス追跡のためのツールを提供。</li> </ul>
	International WELL Building Institute	<ul style="list-style-type: none"> <li>健康的な室内空気に関する世界委員会 (約 100 名の専門家、約 35 カ国) の設立を発表。この委員会は、この誓約との相乗効果を発揮し、世界的な行動枠組みと各国の青写真の策定を目指す。世界屋外空気質基準 (GoAQS)。</li> <li>150 名以上の専門家が参加するオープンイニシアチブにより断片化された基準を単一の実行可能な枠組みに統合。エネルギーだけでなく、再生可能エネルギーや効</li> </ul>

		率性と健康のためのスマートモニタリングも考慮した IAQ の構築を目指す。
	Boston Public Schools	<ul style="list-style-type: none"> <li>模範的なプログラム：4,400 個の IAQ センサー（すべての教室／オフィス／保育室）＋118 個の屋根センサー、公開ダッシュボード、統合 DCV、ターゲットメンテナンス、投資の優先順位付け、ボストン大学との提携、2,250 万ドル以上のアップグレード助成金（HVAC、エンクロージャー、電気設備、HEPA）。</li> </ul>
	Safer Air Project	<ul style="list-style-type: none"> <li>アクセシビリティ／インクルージョンの問題としての IAQ（Long COVID、慢性疾患）。</li> <li>要件：病原体／汚染物質に関する必須の性能基準と一般公開されるリアルタイムデータ。</li> </ul>
アカデミー/アドボカシーと若者の声	Australian Academy of Science	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビジョン 2035：すべての新築ビルで CO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/PM2.5 のモニタリング、1 人あたり 14L/秒の換気、優先的な改修（病院、学校など）、IAQ ディスプレイ、自動制御を実施。経済効果（オーストラリアの例：年間 200 億ドル）。</li> <li>複数セクターによる連携と段階的かつ具体的な対策を呼びかける。</li> </ul>
	若者の声：Violet Affleck	<ul style="list-style-type: none"> <li>若者における空気感染と Long COVID の過小評価を非難。屋内喫煙禁止と歴史的に類似。</li> <li>文化的目標：浄化された空気を飲料水のように直感的に利用できる権利とし、あらゆる場所にクリーンエアインフラを構築。</li> </ul>
	Air Club	<ul style="list-style-type: none"> <li>低コストで効果の高い IAQ ソリューションを推進するために、「早期に信じる人々」を結集する、オープンなグローバルムーブメント（黄色いカナリアのシンボル）。</li> </ul>

### 3) アウトプットの要点

- グローバル誓約の発効と署名：更なる署名者（政府／組織）の呼びかけ。
- 提案された規制の方向性：モニタリング → 透明性 → パフォーマンス基準 → 義務。
- 学校を優先課題とする：モンテネグロ（全国規模）とボストン（広範囲なモニタリング + DCV + 助成金）の事例。
- 基準と認証：市場レバレッジ（ASHRAE 241、更新版 LEED、WELL、GoAQS イニシアチブ）。
- 公平性／資金：化石燃料への補助金と開発を屋内空気質（IAQ）／クリーンクッキングに向け直す。WHO の NCD ロードマップと気候変動レジリエンス計画に屋内空気質（IAQ）を組み込む。

## 2. ドイツ連邦環境庁の室内空気質ガイドライン

ドイツ連邦環境庁は、室内空気質ガイドラインを公表している（IRK, 2025）。2025 年度以降に公表された室内空気質ガイドラインにおいて、ドイツ連邦環境庁では、アクロレインとポリ塩化ビフェニル（PCB）に室内空気質ガイドラインが設定された。

PCB は、数十年前から製造と使用が禁止されている合成化合物である。かつて PCB は、密閉系用途（電気機器、冷却装置、変圧器、コンデンサー、油圧システムなど）または開放系用途（塗料、コーティング剤、シーラント／充填剤、可塑剤、接着剤、難燃剤など）の建設用途で大規模に使用されていたため、現在でも環境中や建物中に存在している。建物や部屋が改修されていない、または不十分に改修されている場合、ジョイントシーラントやコーティング剤などの開放系用途から室内空気中に PCB が放出されることは、現在でも大きな問題となる可能性があるドイツでは考えられている。

ドイツ連邦環境庁の室内空気質ガイドライン（2025 年度以降）

物質	アセスメントの概要	指針値	キー研究
アクロレイン(CAS no. 107-02-8)	ヒトボランティアの 2 時間吸入曝露における感覚刺激（眼）より、LOAEL(Lowest Observed Adverse Effect Level)として 0.23 mg/m <sup>3</sup> 、NOAEL(No observed Adverse Effect Level)として 0.12 mg/m <sup>3</sup> を導出。眼の刺激影響は曝露濃度で決定され、曝露期間の影響を受けないことから時間換算は行わず、個人差 20（化学物質不耐性のある人や、場合によっては子供など、特に感受性の高い人を含む）を適用し、評価値 II として 11.5 μg/m <sup>3</sup> 、評価値 I として 6.0 μg/m <sup>3</sup> を導出。数値を丸めて指針値としている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・指針値 II（LOAEL から導出） 12 μg/m<sup>3</sup></li> <li>・指針値 I（NOAEL から導出） 6.0 μg/m<sup>3</sup></li> </ul>	Dwivedi et al. (2015)
ポリ塩化ビフェニル	室内空気中の PCB は、6 つの同族体（PCB 28、52、101、138、153、180）を 5 倍した値（Σ PCB6 × 5、または PCBtotal）で分析される。 Tryphonas らによる経口投与サル試験（1989 年 [44] および 1991 年 [45]）における免疫毒性作用に基づく、体重 1kg あたり 5 μg の LOAEL に対して、種差 2、トキシコダイナミクス 2.5、個体差 10 の合計 50 を適用して	<ul style="list-style-type: none"> <li>・指針値 II（LOAEL から導出） 0.8 μg/m<sup>3</sup></li> <li>・指針値 I（NOAEL から導出） 0.08 μg/m<sup>3</sup></li> </ul>	Tryphonas et al., (1989, 1991) Hammel et al (2023)

	<p>ヒトのLOAELを100 ng/kg/dayとした。Hammelら(2023)[23]の評価に基づくと、室内空気中のPCB濃度の中央値2164 ng/m<sup>3</sup>への曝露は、約280 ng/kg体重/日の吸入摂取量と関連する。室内空気中のPCB濃度と吸入経路による対応する摂取量との間に直線関係があると仮定すると、室内空気中のPCB濃度が約773 ng/m<sup>3</sup>のときに、ヒトのLOAELである100 ng/kg体重/日に達する。そこで指針値IIを0.80 μg/m<sup>3</sup>と設定している。</p> <p>指針値Iは、指針値IIに対してLOAELからNOAELへの係数10を適用し、0.080 μg/m<sup>3</sup>に設定している。</p> <p>なお、2007年に導出された室内空気中のダイオキシン様PCB(dl-PCB)の評価値5 pg/m<sup>3</sup>は、指針値IIで考慮されているため撤回された。</p>		
--	---	--	--

※指針値II(RWII)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。RWII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(RWI)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、RWI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、RWIとRWII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。RWIは、RWIIに不確実係数10を除いた値、つまりRWII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。RWI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、RWI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。

### 3. 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, 2025)。2024年度にはベンゼンとテトラクロロエチレンの室内空気質ガイドラインで従来のガイドラインの修正が公表された。

#### ANSESの室内空気質ガイドライン(2024年度以降)

物質	旧ガイドライン	新ガイドライン	Ref.
ベンゼン	2008年のガイドライン 短期: 1~14日間: 30 μg/m <sup>3</sup> 中期: 14日~1年間: 20 μg/m <sup>3</sup>	短期: 1~14日間: 30 μg/m <sup>3</sup> 中期: 14日~1年間: 20 μg/m <sup>3</sup>	骨髄性白血病に関するリスクの計算を生命表を

	長期: 1年間以上 : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長期: 生涯 ( $10^{-5}$ 発がんリスク) : 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長期: 生涯 ( $10^{-6}$ 発がんリスク) : 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	長期: 1年間以上 : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長期: 生涯 ( $10^{-5}$ 発がんリスク) : 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長期: 生涯 ( $10^{-6}$ 発がんリスク) : 0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	用いて見直した。Scholten et al. (2022) のメタ回帰分析から UR $1.6 \times 10^{-6} (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$ を導出
テトラクロロエチレン	2010年のガイドライン 短期: 1~14日間 : 1380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長期: 1年間以上 : 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	短期: 1~14日間 : 1380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 中期: 14日~1年間 : 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長期: 1年間以上 : 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長期: 生涯 ( $10^{-5}$ 発がんリスク) : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長期: 生涯 ( $10^{-6}$ 発がんリスク) : 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cavalleri et al. 1994 の色覚障害の知見から長期の指針値を見直し、JISA(1993)の雄マウスにおける肝細胞腺腫および肝細胞ンも知見から閾値なしモデルを適用して UR $2.6 \times 10^{-7} (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$ を導出

#### 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, 2025)。2025年度はラドンに対して室内空気質ガイドラインが設定された。

##### カナダ保健省の室内空気質ガイドライン (2025年度以降)

物質	キー研究	ガイドライン	Ref.
ラドン	Canadian Guidelines for the Management of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM)に基づいている	200 Bq/m <sup>3</sup>	Canadian NORM Working Group (2011)

#### 5. WHO の国際がん研究機関 (IARC) による発がん性分類のアップデート (2025年度以降)

室内空気汚染物質に関連する IARC による発がん性分類のアップデートを表 1-1 に示す。タルク (石綿含まず) とタルク (会陰部用の粉体) が一つに統合され、タルクとして 2A に格上げされた。アクリロニトリルは 2B からグループ 1 に格上げとなった。なお、次年度以降のワーキンググループでは、自動車用ガソリンに含まれる 5 物質 (メチル・tert-ブチルエーテル、エチル・tert-ブチルエーテル、tert-ブチルアルコール、ジイソプロピルエーテル、tert-アミルメチルエーテル) の検討が予定されている。

表 1-1 室内空気汚染物質に関連する発がん性分類のアップデート (2025年度以降)

物質	改正前	改正または新設	発表時期	Monographs
自動車用ガソリン	—	1	2025年3月	Vol. 138

自動車用ガソリン Methyl tert-butyl ether (MTBE) (CAS No. 1634-04-4)	3 (1998年)	2B	2025年3月	Vol. 138
同上 Ethyl tert-butyl ether (ETBE) (CAS No. 637-92-3)	—	2B	2025年3月	Vol. 138
同上 tert-Butyl alcohol (TBA) (CAS No. 75-65-0)	—	3	2025年3月	Vol. 138
同上 Diisopropyl ether (DIPE) (CAS No. 108-20-3)	—	3	2025年3月	Vol. 138
同上 tert-Amyl methyl ether (TAME) (CAS No. 994-05-8)	—	3	2025年3月	Vol. 138
Tris(chloropropyl)phosphate (CAS 6145-73-9)	—	検討予定 検討予定	2026年3月	Vol. 141
Butyraldehyde (CAS 123-72-8)	—	検討予定	2026年3月	Vol. 141
Cumyl Hydroperoxide (80-15-9)	—	検討予定	2026年3月	Vol. 141
Butyl Benzyl Phthalate (85-68-7)	3 (1998年)	検討予定	2026年6月	Vol. 142
Dibutyl Phthalate (84-74-2)	—	検討予定	2026年6月	Vol. 142
Diisononyl Phthalate (28553-12-0)	—	検討予定	2026年6月	Vol. 142

グループ 1：ヒトに対して発がん性がある

グループ 2A：ヒトに対しておそらく発がん性がある

グループ 2B：ヒトに対して発がん性があるかもしれない

グループ 3：ヒトに対する発がん性を分類できない

グループ 4：ヒトに対しておそらく発がん性がない

#### 参考文献

ANSES (2025) Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI). available at <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualite-dair-interieur-vgai>, accessed at 17 December 2025.

Canadian NORM Working Group (2011) Canadian Guidelines for the Management of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM). Health Canada, Ottawa.

Cavalleri, A., F. Gobba, M. Paltrinieri, G. Fantuzzi, E. Righi et G. Aggazzotti. (1994). Perchloroethylene exposure can induce colour vision loss. *Neuroscience Letters* 179 (1-2): 162-166.

Dwivedi AM et al (2015) Acute effects of acrolein in human volunteers during controlled

- exposure. *Inhal Toxicol* 27(14):810–821.
- Hammel SC et al (2023) Inhalation and dermal absorption as dominant pathways of PCB exposure for residents of contaminated apartment buildings. *Int J Hyg Environ Health* 247:114056.
- Health Canada (2025) 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 17 December 2025.
- IARC (2025) IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans. International Agency for Research on Cancer. <https://monographs.iarc.who.int/>, accessed at 17 December 2025.
- IRK (2025) Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR). available at <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte#ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-air>, accessed at 17 December 2025.
- JISA. (1993). Hadano, Japan.
- Scholten B., Portengen L., Pronk A., Stierum R., Downward G.S., Vlaanderen J., Vermeulen R. (2022). Estimation of the exposure-Response relation between benzene and acute myeloïde leukemia by combining epidemiologic, human biomarker, and animal data. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 31(4):751–757.
- Tryphonas H et al (1989) Immunotoxicity studies of PCB (Aroclor 1254) in the adult rhesus (*Macaca Mulatta*) monkey—preliminary report. *Int J Immunopharmacol* 11(2):199–206..
- Tryphonas H et al (1991) Effects of PCB (aroclor® 1254) on non-specific immune parameters in rhesus (*Macaca mulatta*) monkeys. *Int J Immunopharmacol* 13(6):639–648.

## 調査結果（２）室内環境化学物質の有害性評価

下記に示した 9 物質について、有害性評価を行った国際機関や国内外の関連機関等の評価文書や規制情報等を収集し、有害性評価に関する書誌情報等の整理を行った。

<調査対象物質>

- ・ エチレングリコール (CAS 107-21-1)
- ・ リナロール (CAS 78-70-6)
- ・ オクタナール (CAS 124-13-0)
- ・ ポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテル (CAS 9002-92-0(C=12-13), 27306-79-2(C=14-15), 27731-62-0(C=13-15))
- ・ 酢酸リナリル (CAS 115-95-7)

国内外の評価機関等による評価文書類の公表状況を次ページに示す。

表1 対象9物質に関する既存評価文書類の有無（遡及期間限定せず）

No	1	2	3	4	5
物質名 評価機関	エチレングリコール	リナロール	オクタナール	ポリ(オキシエチレン)= アルキルエーテル	酢酸リナリル
厚労・室内空気	×	×	×	×	×
WHO Air (Europe)	×	×	×	×	×
WHO Air 2005 Update (Europe)	×	×	×	×	×
WHO Air (Global)	×	×	×	×	×
WHO Indoor Air	×	×	×	×	×
WHO Drinking Water	×	×	×	×	×
IPCS EHC	×	×	×	×	×
IPCS CICAD	○ 2002	×	×	×	×
IARC	×	×	×	×	×
JEGFA	×	● 1979 経口	● 1984 経口	×	● 1979 経口
JMPR	×	×	×	×	×
US EPA (IRIS)	● 1987 経口	×	×	×	×
US EPA (AEGL)	×	×	×	×	×
US EPA (PPRTV)	×	×	×	×	×
US EPA (RED/TRED/OPP)	● 2011 経口	● 2008, 2023 経口	○ 2004, 2025	○ 2025	○ 2025
US EPA (OCSP/OPPT)	● 1997 経口	○ 2010	○ 2004	○ 2009	○ 2010
VCCEP (TERA) (自主プログラム)	×	×	×	×	×
ATSDR	● 2010 A (経口 A/C)	×	×	×	×
CalEPA	● 2000	×	● 2025	×	×
テキサスEPA	● 2016 A/C	● 2012, 2017 A/C	● 2015 A/C	● 2007, 2012 A/C	● 2010 A/C
ミシガンEPA	● 2017 A	×	×	● 2004	×
ミネソタ州	● 2023 経口	×	×	×	×
ACGIH	● 2016 A/C	×	×	×	×
EUリスク評価	×	×	×	×	×
EU INDEX Project	×	×	×	×	×
EU LCI	● 2016	×	● 2013	×	× (未設定のまま リストから削除された)
EU ECHA (DNEL)	●	●	●	●	●
EU SCOEL/RAC (ECHA)	● 1995 A/C	×	×	×	×
EU EFSA 又は EC SCGS, SCF, SSCP	● 1986 経口	● 2012 経口	● 2021 経口	● 2007 経口	● 2012 経口
IUCLID	○ 2000	○ 2000	×	×	×
SIDS	○ 2004 (2007)	○ 2002	×	×	○ 2002
独・室内空気	×	×	● 2009 (C <sub>1</sub> -C <sub>11</sub> )	×	×
独・AGÖF	○ 2013 (90 percentile が定量限界未満のため)	○ 2013 (90 percentile が定量限界未満のため)	● 2013	×	×
独・DFG (MAK)	● 1991 A/C	×	×	×	×
独・AGS (TRGS)	● 2013 A/C	×	×	×	×
独・AgBB	● 2024	×	● 2024	×	×
オランダ	● 2020	×	×	×	×
仏・ANSES/Afset	[参考 ● 2009 CL1]	×	[参考 ● 2009 CL1]	×	[参考 ● 2009 CL1]
オーストリア・室内空気	● 2025	×	×	×	×
デンマーク	● 2013 (B値 2006)	● 2006 経口	[参考 ● 1998 LC1]	○ 2003	×
オーストラリア	○ 2016	○ 2016	×	○ 2019	○ 2018
カナダ	● 2010	○ 2020	● 2024	● 2022 経口	×
カナダ室内空気	×	×	×	×	×
オンタリオ州	● 2016	● 2020	● 2020	● 2018	● 2020
アルバータ州	×	×	×	×	×
日本産衛学会	×	×	×	×	×
食品安全委員会	○ 2015	×	×	×	×
環境省・有害大気	×	×	×	×	×
環境省・初期評価	● 2004	×	×	×	×
厚労省・リスク評価 (リスクアセスの濃度基準値)	● 2023 A/C	×	×	×	×
NITE・初期評価	● 2007 経口	×	×	● 2007 経口	×
その他	● NRC (1996) ○ NTP (1993, 2004) ○ Fowlesら (2017)	● Apiら (2022) ○ ベルギー (2023) ○ Soulimaniら (2020)	● NRC (2008) A/C C3-C8 ● Apiら (2025)	● 石鹼工業会 (2001) 経口 ● HERA (2009) 経口 ○ Fimeira (2012)	● Apiら (2024) ○ Bickersら (2003) ○ ベルギー (2023)

●: 定量的評価 (リスク評価値を設定せずも含む)、○: 有害性情報のみ、×: 情報なし (赤字は過去に報告済み)

黄色欄 吸入曝露

A: 急性 (acute, STEL等含む)、I: 中期 (intermediate)、C 又は無印: 慢性 (chronic, TLV-TWA等含む)、SF: slope factor (がん)、UR: unit risk (がん)

## 1-1 (1) エチレングリコール (CAS 107-21-1)

### 1) 評価されている主な毒性とその概要

エチレングリコールに関しては、急性毒性、反復曝露の一般毒性、発生毒性、遺伝子傷害性、発がん性に関する知見が得られているが、それらのほとんどが経口曝露であり、信頼できる吸入曝露の試験結果はわずかとされていた。遺伝子傷害性は陰性で、ラット、マウスの発がん性試験結果も陰性であったことから、発がん性が問題になることはないと考えられている。

### 2) 有害性評価結果の概要（影響指標、不確実係数、評価値／参照値／指針値）

国内外の評価機関において設定されたエチレングリコールの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表2に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表3に示す。

慢性のリスク評価値設定におけるキー研究についてみると、ほとんどの機関が Wills ら(1974) のヒトの知見を採用しており、その他には Coon ら(1970) の動物の知見が2機関、Gérin ら(1977) のヒトの知見が1機関であったが、エンドポイントはいずれも刺激性に係るものであった。

Wills ら(1974) の試験は、男性受刑者を対象にして日平均で3~67 mg/m<sup>3</sup>、週平均で17~49 mg/m<sup>3</sup>を30日間(20~22時間/日)吸入させながら、曝露休止時に最高で308 mg/m<sup>3</sup>まで高めた室内に戻して高濃度を短時間曝露させたものであったことから、NOAELの数値には各機関でバラツキがみられた。

テキサス州やデンマークでは、Coon ら(1970) の動物の知見(90日間連続曝露)を基に大きな不確実係数(810や1,000)で除してリスク評価値を設定していたことから、ヒトの知見を基に設定していた機関に比べて1桁以上低い値となっていた。

なお、ラットに28日間吸入曝露させた試験の結果からNOAELを100 mg/m<sup>3</sup>以上としたKim ら(2016)の報告があったが、具体的な曝露条件(連続か、断続か)の記載がなかったことから、新しい知見であっても活用は難しいと考えられた。

急性のリスク評価値では、NRC(U.S.)を除くすべての機関がWills ら(1974)を採用しており、エンドポイントはいずれも刺激性に係るものであったが、ATSDR(Agency for Toxic Substances and Disease Registry)は12~14日目の日平均値からNOAEL、その他の機関は短時間高濃度曝露時のLOAELをPOD(Point of Departure)に設定していた。NRC(U.S.)はヒト(吸入曝露)とチンパンジー(静脈内投与)の試験結果から同じリスク評価値が得られるとしていたが、宇宙飛行士を対象とした値であり、それらの知見も閉鎖空間における空気汚染に関する学会(1969年)の報告・質疑応答であったことから、あまり参考にならないと考えられた。

### 3) 気中濃度に関する法規制等の情報

法規制に関する情報は見当たらなかった。

主要な政府機関における労働現場での許容濃度の設定状況を表4に示す。

日本(厚生労働省)のように蒸気、粒子の区別がない国、オーストラリアのように蒸気と粒子で異なった値が設定されている国、スウェーデンやEUのように蒸気と粒子で同じ値が設定されている国や地域があった。

表2 エチレングリコールの有害性評価結果（慢性曝露） その1

ファイル番号	02	03	05	06	07	08	09	10
評価機関等	CalEPA	テキサス州	ACGIH	EU LCI	EU ECHA (DNEL)	EU SCOEL	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)
評価年	2000	2016	2016	2016	—	1995	1991	2013
キー研究	Wills ら(1974)	Coon ら(1970)	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	DFG (MAK)
動物種	ヒト (ボランティア)	ラット、モルモット、 ウサギ、サル、イヌ	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	—
曝露状況	30 日間 (20 時間/日)	90 日間 (24 時間/日、7 日/週)	4 週間間 (20~22 時間/日)	30 日間 (20~22 時間/日)	30 日間 (20~22 時間/日)	30 日間 (20~22 時間/日)	30 日間 (20~22 時間/日)	—
エンドポイント	気道の刺激	眼の刺激、 肺の炎症性変化	気道、眼の刺激	上気道の刺激	皮膚刺激/腐食性	粘膜の刺激	粘膜の刺激	—
N(L)OAEL	NOAEL 20 ppm (49 mg/m <sup>3</sup> )	LOAEL 12 mg/m <sup>3</sup>	NOAEL 26 ppm (67 mg/m <sup>3</sup> )	NOAEL 67 mg/m <sup>3</sup>	NOAEL 67 mg/m <sup>3</sup>	NOAEL 67 mg/m <sup>3</sup>	LOAEL 50 ppm (130 mg/m <sup>3</sup> )	—
連続曝露補正	×20/24	—	—	—	—	—	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	16.7 ppm (20×20/24=16.67)	12 mg/m <sup>3</sup>	26 ppm	67 mg/m <sup>3</sup>	67 mg/m <sup>3</sup>	67 mg/m <sup>3</sup>	—	—
不確実係数	100 (UF <sub>H</sub> 10, UH <sub>s</sub> 10)	810 (UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>A</sub> 3, UF <sub>S</sub> 3, UF <sub>L</sub> 3, UF <sub>DB</sub> 3)	—	20 (UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>DB</sub> 2)	10 (UF <sub>H</sub> 10)	2 (UF <sub>H</sub> ×UF <sub>DB</sub> )	—	—
リスク評価値	0.2 ppm (0.4 mg/m <sup>3</sup> )	0.015 mg/m <sup>3</sup> (12/810 = 0.0148)	25 ppm (63.5 mg/m <sup>3</sup> )	3.4 mg/m <sup>3</sup> (67/20 = 3.35)	7 mg/m <sup>3</sup> (67/10 = 6.7)	20 ppm (52 mg/m <sup>3</sup> )	10ppm (26 mg/m <sup>3</sup> )	10ppm (26 mg/m <sup>3</sup> )
備考	30 日間の週平均濃度の最大値を NOAEL に採用している。	参照値として設定。スクリーニング値はハザード比 0.3 を乗じて算出して設定。 0.015×0.3 = 0.0045 mg/m <sup>3</sup> = 4.5µg/m <sup>3</sup>	4 週間の曝露濃度の日平均は 3~67 mg/m <sup>3</sup> (1~26 ppm) であり、140 mg/m <sup>3</sup> では上気道の刺激がより頻繁に認められた。			67/2 = 33.5 mg/m <sup>3</sup> となるが、preferred value approach を考慮して職業曝露の 8 時間 TWA 値 52 mg/m <sup>3</sup> を設定した。		DFG の値を採用。

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>T</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

Wills JH, Coulston F, Harris ES, McChesney EW, Russell JC, Serrone DM. (1974): Inhalation of aerosolized ethylene glycol by man. Clin Toxicol. 7(5):463-476.

Coon RA, Jones RA, Jenkins LJ Jr, Siegel J. (1970): Animal inhalation studies on ammonia, ethylene glycol, formaldehyde, dimethylamine, and ethanol. Toxicol Appl Pharmacol. 16(3): 646-655.

表2 エチレングリコールの有害性評価結果（慢性曝露） その2

ファイル番号	11	12	13	14	15	16	17	18
評価機関等	独・AgBB	オランダ	オーストリア 室内空気	デンマーク	カナダ	オンタリオ州	環境省・初期評価	厚労省・濃度基準値
評価年	2024	2020	2025	2013	2010	2016	2024	2023
キー研究	EU LCI	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	Coon ら(1970)	Wills ら(1974)	—	Wills ら(1974)	Gérin ら(1997)
動物種	—	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ラット、モルモット、 ウサギ、サル、イヌ	ヒト (ボランティア)	—	ヒト (ボランティア)	ヒト
曝露状況	—	30 日間 (20~22 時間/日)	30 日間 (20~22 時間/日)	90 日間 (24 時間/日、7 日/週)	30 日間 (20~22 時間/日)	—	30 日間 (20~22 時間/日)	職業曝露
エンドポイント	—	気道の刺激	気管の刺激	肺の炎症性変化	刺激	—	臨床・心理検査所見	刺激性にかかる影響
N(L)OAEL	—	NOAEL 30 mg/m <sup>3</sup>	NOAEL 67 mg/m <sup>3</sup>	LOAEL 12 mg/m <sup>3</sup>	NOAEL 67 mg/m <sup>3</sup>	—	NOAEL 49 mg/m <sup>3</sup>	NOAEL 8.5 ppm
連続曝露補正	—	—	—	—	—	—	×20/24 (49×20/24 = 40.8)	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	—	30 mg/m <sup>3</sup>	67 mg/m <sup>3</sup>	12 mg/m <sup>3</sup>	67 mg/m <sup>3</sup>	—	41 mg/m <sup>3</sup>	—
不確実係数	—	60 (UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>S</sub> 6)	20 (UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>DB</sub> 2)	1,000 (UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>A</sub> 10, UF <sub>L</sub> 10)	—	—	—	—
リスク評価値	3.4 mg/m <sup>3</sup>	0.5 mg/m <sup>3</sup> (30/60 = 0.5)	3.4 mg/m <sup>3</sup> (67/20 = 3.35)	0.012 mg/m <sup>3</sup>	—	12.7 mg/m <sup>3</sup>	—	10 ppm
備考	EU の LCI 値を採用。	30 mg/m <sup>3</sup> は 30 日間の曝露期間全体の平均。  無視できるリスクレベルとして×1/100 した 0.005 mg/m <sup>3</sup> を設定。		同様の根拠に基づき、2006 年に B 値を 0.01 mg/m <sup>3</sup> と設定した。	リスク評価値は設定していないが、予測最大曝露濃度の範囲は NOAEL 67 mg/m <sup>3</sup> の 10 分の 1 以下であり、安全な範囲内にあるとみなされるとしている。	ガイドライン値として設定。	UF <sub>S</sub> 10 で除した 4.1 mg/m <sup>3</sup> を無毒性量等に設定して MOE で評価している。	職場のリスクアセスメントにおける濃度基準値（時間加重平均）として設定。

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>t</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

Gérin M, Patrice S, Bégin D, Goldberg MS, Vyskocil A, Adib G, Drolet D, Viau C. (1997): A study of ethylene glycol exposure and kidney function of aircraft de-icing workers. Int Arch Occup Environ Health. 69(4): 255-265.

表2 エチレングリコールの有害性評価結果（慢性曝露） その3

ファイル番号	19		
評価機関等	NRC (U.S.)		
評価年	1996		
キー研究	Wills ら(1974)		
動物種	ヒト (ボランティア)		
曝露状況	30日間 (20~22時間/日)		
エンドポイント	中枢神経系の抑制 腎毒性		
N(L)OAEL	NOAEL 30 mg/m <sup>3</sup>		
連続曝露補正	—		
dosimetry 補正	—		
POD	134.2 mg/m <sup>3</sup> (30×√20 = 134.2)		
不確実係数	10 (UF <sub>H</sub> 10)		
リスク評価値	13 mg/m <sup>3</sup>		
備考	宇宙飛行士の許容濃度として、7日、30日、180日間の曝露に対して同じ値を設定。  (×√20) は被験者の人数が20人と少なかったことによる補正。		

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>t</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

表3 エチレングリコールの有害性評価結果（急性曝露） その1

ファイル番号	01	03	04	05	08	09	10	18
評価機関等	ATSDR	テキサス州	ミシガン州	ACGIH	EU SCOEL	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)	厚労省・濃度基準値
評価年	2010	2016	2017	2016	1995	1991	2013	2023
キー研究	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	Wills ら(1974)	DFG (MAK)	Wills ら(1974)
動物種	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	—	ヒト (ボランティア)
曝露状況	30日間 (20~22時間/日)	不明 (短時間)	1時間	15分間	15分間	15分間	—	15分間
エンドポイント	気道の刺激の他に 血液や尿、臨床所見	気道の刺激	気道の刺激	上気道の刺激	粘膜刺激	粘膜の刺激	—	刺激性にかかる影響
N(L)OAEL	NOAEL 23 mg/m <sup>3</sup>	LOAEL 140 mg/m <sup>3</sup>	LOAEL 140 mg/m <sup>3</sup>	LOAEL 140 mg/m <sup>3</sup> (55 ppm)	LOAEL 140 mg/m <sup>3</sup>	LOAEL 50 ppm (130 mg/m <sup>3</sup> )	—	LOAEL 55 ppm (140 mg/m <sup>3</sup> )
連続曝露補正	—	—	—	—	—	—	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	23 mg/m <sup>3</sup>	140 mg/m <sup>3</sup>	140 mg/m <sup>3</sup>	55 ppm	—	—	—	—
不確実係数	10 (UF <sub>H</sub> 10)	90 (UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>L</sub> 3, UF <sub>DB</sub> 3)	30 (UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>L</sub> 3)	—	—	—	—	—
リスク評価値	2 mg/m <sup>3</sup>	1.5 mg/m <sup>3</sup> (140/90 = 1.56)	4.7 mg/m <sup>3</sup> (140/30 = 4.66)	50 ppm (127 mg/m <sup>3</sup> )	40 ppm (104 mg/m <sup>3</sup> )	20ppm (52 mg/m <sup>3</sup> )	20ppm (52 mg/m <sup>3</sup> )	50 ppm
備考	日平均曝露濃度は最初の14日間で0.8~44.8 mg/m <sup>3</sup> 、30日間で0.8~67 mg/m <sup>3</sup> で、最後の10日間に短期間高濃度曝露も実施。12~14日目の曝露濃度をとってNOAELとしている。	参照値として設定。スクリーニング値はハザード比0.3を乗じて算出して設定。 1.5×0.3 = 0.45 mg/m <sup>3</sup>  188 mg/m <sup>3</sup> では15分で耐えられなくなり、この刺激は140 mg/m <sup>3</sup> で明らかになったとされていたが、曝露時間の報告はなかった。	1時間平均のスクリーニング値として設定。  曝露時間については、高濃度曝露試験の時間枠として設定していた1時間が妥当と考えられるとしている。	エアロゾルとしてのSTELを10 mg/m <sup>3</sup> と設定すれば、飽和蒸気濃度を超えた場合のミスト発生量も制限されるとして、吸入性粒子、エアロゾルのみを対象としたSTELを10 mg/m <sup>3</sup> に設定。	PODを140 mg/m <sup>3</sup> として設定したのか、慢性のリスク評価値の2倍として設定したのかは記載がなく不明。	15分平均値が慢性のリスク評価値の2倍を超えてはならない。	DFGの値を採用。	ミストに対する値として10 mg/m <sup>3</sup> も設定。

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>T</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

表3 エチレングリコールの有害性評価結果（急性曝露） その2

ファイル番号	19		
評価機関等	NRC (U.S.)		
評価年	1996		
キー研究	Harris (1969)	Felts (1969)	
動物種	ヒト (ボランティア)	チンパンジー	
曝露状況	約 15 分間	単回静脈内投与	
エンドポイント	粘膜刺激	中枢神経系の抑制	
N(L)OAEL	NOAEL 64 mg/m <sup>3</sup>	LOAEL 1,100 mg/kg (1 mL/kg)	
連続曝露補正	—	—	
dosimetry 補正	—	—	
POD	64 mg/m <sup>3</sup>	6,417 mg/m <sup>3</sup>	
不確実係数	—	100 (UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>L</sub> 10)	
リスク評価値	64 mg/m <sup>3</sup>	64 mg/m <sup>3</sup>	
備考	宇宙飛行士の許容濃度として、1時間、24時間の曝露に対して同じ値を設定。	ヒトの体重を 70 kg、呼吸量を 20 m <sup>3</sup> /日、吸入による吸収率を 60%として吸入換算。 1,100×70/20/0.6 = 6,417 mg/m <sup>3</sup>	

Harris, ES. (1969): Inhalation toxicity of ethylene glycol. Proceedings of the Fifth Annual Conference on Atmospheric Contamination in Confined Space. AMRL TR-69-130, Paper No. 8. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio. NTIS/AD709994.

Felts, M. (1969): Effects of exposure to ethylene glycol on chimpanzees. Proceedings of the Fifth Annual Conference on Atmospheric Contamination in Confined Space. AMRL TR-69-130, Paper No. 9. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio. NTIS/AD709994.

表4 エチレングリコールの許容濃度

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	F/cm <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	F/cm <sup>3</sup>
Belgium	20	52		40	104	
European Union	20	52		40	104	
Finland	20	50		40	100	
Hungary		52			104	
Italy	20	52		40	104	
Japan (MHLW)	10			50		
New Zealand				50	127	
Norway	20	52		40	104	
Poland		15			50	
Romania	20	52		40	104	
South Africa Mining		20			40	
Sweden	10	25		40	104	
Switzerland	10	26		20	52	

【 粒子 】

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	F/cm <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	F/cm <sup>3</sup>
Australia		10				
Canada - Ontario					100	
Canada - Québec				50	127	
Denmark		10			20	
European Union	20	52		40	104	
Germany (AGS)	10	26		20	52	
Germany (DFG)	10	26		20	52	
Hungary		52			104	
Ireland		10				
Latvia	20	52		40	104	
Norway	20	52		40	104	
People's Republic of China		20			40	
Poland		15			50	
South Africa					20	
Spain	20	52		40	104	
Sweden	10	25		20	50	
The Netherlands		10				
United Kingdom		10				

【 蒸気 】

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	F/cm <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	F/cm <sup>3</sup>
Australia	20	52		40	104	
Austria	10	26		20	52	
Canada - Québec				50	127	
Denmark	10	26		20	52	
European Union	20	52		40	104	
France	20	52		40	104	
Germany (AGS)	10	26		20	52	
Germany (DFG)	10	26		20	52	
Ireland	20	52		40	104	
Italy	20	52		40	104	
Norway	20	52		40	104	
People's Republic of China		20			40	
Poland		15			50	
Singapore				50	127	
South Africa	50			100		
South Korea					100	
Spain	20	52		40	104	
Sweden	10	25		20	50	
The Netherlands	20	52		40	104	
United Kingdom	20	52		40	104	

出典)



<https://limitvalue.ifa.dguv.de/limitvalues/26048>

## 1-2 (2) リナロール (CAS 78-70-6)

### 1) 評価されている主な毒性とその概要

リナロールに関しては、急性毒性、反復曝露の一般毒性、発生毒性、遺伝子傷害性、発がん性に関する知見が得られており、遺伝子傷害性の知見はほぼすべてが陰性であり、腹腔内投与による発がん性試験や混餌投与による共発がん性試験の結果から、発がん性を疑う根拠はないと考えられている。しかし、吸入曝露の知見はごく限られており、不十分な急性毒性の試験結果と unpublished の 2 週間反復曝露の試験結果しかなかった。

### 2) 有害性評価結果の概要（影響指標、不確実係数、評価値／参照値／指針値）

国内外の評価機関において設定されたリナロールの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表 5 に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表 6 に示す。

慢性のリスク評価値設定におけるキー研究についてみると、1 機関が 90 日間混餌投与、1 機関が 2 週間吸入曝露の試験結果を採用していたが、共にエンドポイントは最高用量（濃度）で影響なしであり、どちらも unpublished の報告であった。他の 2 機関はスクリーニング値としてのリスク評価値が設定されていただけで、設定根拠の情報はなかった。

急性のリスク評価値では、1 機関でスクリーニング値としての慢性のリスク評価値が 10 倍された値が設定されているだけであった。

### 3) 気中濃度に関する法規制等の情報

法規制に関する情報は見当たらなかった。

また、労働現場での許容濃度についても、設定している国や機関はなかった。

#### 補記

ECHA がキー研究に採用していた 90 日間混餌投与試験は Unnamed (匿名) で報告年以外の書誌情報は不明であったが、PSL という試験機関を示唆する略称が記載されていたことから、PSL を調べると、Product Safety Labs を指す略称と思われた。そこで、Product Safety Labs を頼りに検索していると、Flavor and Extract Manufacturers Association of the United States (FEMA) の文書 (FEMA GRAS 31 (2024)\_Supplementary Information\_0.pdf) にある Bauter M., 2020 の試験結果であった。

表5 リナロールの有害性評価結果（慢性曝露）

ファイル番号	01	02	03	04				
評価機関等	テキサス州	EU ECHA (DNEL)	オンタリオ州	RIFM (Api ら, 2022)				
評価年	2012	—	2020	2022				
キー研究	—	PSL (2020)	—	RIFM (2012)				
動物種	—	ラット	—	ラット				
曝露状況	—	90 日間混餌投与	—	2 週間 (6 時間/日)				
エンドポイント	—	最高用量で影響なし	—	最高濃度で影響なし				
N(L)OAEL	—	NOAEL 497.9 mg/kg/day	—	NOAEL 63 mg/m <sup>3</sup>				
連続曝露補正	—	—	—	—				
dosimetry 補正	—	—	—	—				
POD	—	216.48 mg/m <sup>3</sup>	—	—				
不確実係数	—	50 (UF <sub>A</sub> 2.5, UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>S</sub> 2)	—	100 (UF <sub>A</sub> 10, UF <sub>H</sub> 10)				
リスク評価値	0.1 mg/m <sup>3</sup>	4.33 mg/m <sup>3</sup> (216.48/50 = 4.3296)	0.05 mg/m <sup>3</sup>	—				
備考	暫定のスクリーニング 値として設定。	ラットの呼吸量を 1.15 m <sup>3</sup> /kg/day、ラットの 経口吸収率とヒトの吸 入吸収率の比を 1/2 と して換算。 497.9 × 1/1.15 × 1/2 = 216.478	スクリーニング値とし て設定。	1 日の肺重量当たりの 曝露量に換算して、 MOE で評価してい る。				

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>t</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

PSL (2020): Unnamed. Unpublished. Cited in: ECHA Registration Dossier. Repeated dose toxicity: oral. 001 Key experimental result.

RIFM (Research Institute for Fragrance Materials, Inc) (2012): A two-week inhalation toxicity study of aerosolized linalool in the Sprague Dawley rat. RIFM Report Number 63821. Unpublished.

表6 リナロールの有害性評価結果（急性曝露）

ファイル番号	01		
評価機関等	テキサス州		
評価年	2012		
キー研究	—		
動物種	—		
曝露状況	—		
エンドポイント	—		
N(L)OAEL	—		
連続曝露補正	—		
dosimetry 補正	—		
POD	—		
不確実係数	—		
リスク評価値	1 mg/m <sup>3</sup>		
備考	暫定のスクリーニング 値として設定。		

## 1-3 (3) オクタナール (CAS 124-13-0)

### 1) 評価されている主な毒性とその概要

オクタナールに関しては、急性毒性、*in vitro* の遺伝子傷害性に関する知見が得られている程度で、反復暴露による一般毒性や生殖・発生毒性、発がん性に関する知見はなく、固有の有害性情報は極めて乏しい物質の 1 つであった。しかし、飽和非環式脂肪族アルデヒドの中の 1 つとして有害性情報が整理され、それらのリードアクロスでリスク評価されていた。

### 2) 有害性評価結果の概要（影響指標、不確実係数、評価値／参照値／指針値）

国内外の評価機関において設定されたオクタナールの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表 7 に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表 8 に示す。

慢性のリスク評価値設定におけるキー研究についてみると、3 機関がブタナール、各 1 機関がプロパナール、2,6-ジメチル-5-ヘプテナール、イソブタナール、ヘキサナールのいずれかを用いたラットの試験結果を採用し、リードアクロスによりリスク評価値を設定していた。このうち、2,6-ジメチル-5-ヘプテナールの知見のみが経口曝露で、得られた NOAEL を吸入換算して POD を設定したいが、それ以外はすべて吸入曝露の知見のリードアクロスであった。

2,6-ジメチル-5-ヘプテナールを用いた評価は ECHA (DNEL) であり、2023 年 5 月 19 日をもって更新が停止された情報であった。その後は ECHA CHEM のデータベースに移管されて更新されていたことから、ECHA CHEM で最新版 Dossier を確認するとすべての曝露経路の DNEL が [Not publishable] に変更され、DNEL に関する情報が削除されていた。このため、DNEL が削除された理由を ECHA CHEM のサイトで調べたところ、Dossier evaluation というプロセスがあり、2022 年 6 月 27 日付けで Compliance check の決定文書が作成されており、その中で Dossier 作成者 (Lead member 企業) は 2,6-ジメチル-5-ヘプテナールのデータからオクタナールの関連特性を予測できることを立証していないので、Dossier に記載されていたグループ化及びリードアクロス手法を却下すると決定されていた。この決定を受けて DNEL が削除され、新たな DNEL が設定されないまま現在に至ったものと思われた。

急性のリスク評価値では、1 機関がヒト (ボランティア) を対象にしたプロパナールの試験結果からリードアクロスで設定しており、他の 1 機関がスクリーニング値としての慢性のリスク評価値を 10 倍した値を設定していた。

### 3) 気中濃度に関する法規制等の情報

法規制に関する情報は見当たらなかった。

また、労働現場での許容濃度についても、設定している国や機関はなかった。

表7 オクタナールの有害性評価結果（慢性曝露） その1

ファイル番号	01	02	03	04	05	06	07	08
評価機関等	CalEPA	テキサス州	EU LCI	EU ECHA (DNEL)	独・室内空気	独・AGÖF	独・AgBB	カナダ
評価年	2025	2015	2013	—	2009	2013	2024	2024
キー研究	Union Carbide (1993) プロパナール	—	Union Carbide (1980) ブタナール	Gaunt ら(1983) 2,6-ジメチル-5-ヘプテナール	Union Carbide (1979) ブタナール	—	—	Union Carbide (1980) ブタナール
動物種	ラット	—	ラット	ラット	ラット	—	—	ラット
曝露状況	6~7 週間 (6 時間/日、7 日/週)	—	12 週間 (6 時間/日、5 日/週)	90 日間混餌投与	13 週間 (6 時間/日、5 日/週)	—	—	12 週間 (6 時間/日、5 日/週)
エンドポイント	嗅上皮の萎縮	—	最高濃度で影響なし	腎濃縮能の軽度低下、 血清グルコース上昇	嗅上皮の扁平上皮化生	—	—	最高濃度で影響なし
N(L)OAEL	BMCL <sub>10</sub> 128 mg/m <sup>3</sup>	—	NOAEL 145 mg/m <sup>3</sup>	NOAEL 37 mg/kg/day	LOAEL 360 mg/m <sup>3</sup>	—	—	NOAEL 150 mg/m <sup>3</sup>
連続曝露補正	×6/24×7/7 (128×6/24×7/7 = 32)	—	×6/24×5/7 (145×6/24×5/7 = 25.89)	—	×6/24×5/7 (360×6/24×5/7 = 64.3)	—	—	×6/24×5/7 (150×6/24×5/7 = 26.8)
dosimetry 補正	×0.26 (32×0.26 = 8.3)	—	—	—	—	—	—	—
POD	8 mg/m <sup>3</sup>	—	25.9 mg/m <sup>3</sup>	16 mg/m <sup>3</sup> (37×0.5/1.15 = 16.09)	64 mg/m <sup>3</sup>	—	—	27 mg/m <sup>3</sup>
不確実係数	1,000 (U <sub>H</sub> A 3, U <sub>F</sub> H 10, U <sub>H</sub> S 10, U <sub>F</sub> DB 3)	—	40 (U <sub>F</sub> H 10, U <sub>F</sub> S 2, U <sub>F</sub> DB 2)	50 (U <sub>F</sub> A 2.5, U <sub>F</sub> H 10, U <sub>F</sub> S 2)	40 (U <sub>F</sub> A 1, U <sub>F</sub> H 10, U <sub>F</sub> S 4)	—	—	100 (U <sub>F</sub> A 10, U <sub>F</sub> H 10)
リスク評価値	0.008 mg/m <sup>3</sup>	0.15 mg/m <sup>3</sup>	0.9 mg/m <sup>3</sup> (25.9/40×100.16/72 = 0.90)	0.32 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup> (64/40 = 1.6)	0.008 mg/m <sup>3</sup>	0.9 mg/m <sup>3</sup>	—
備考	US EPA (IRIS)がプロパナールの RfC として設定した値を採用している。	暫定のスクリーニング値として設定。	最後にブタナールの分子量 (72) との比で変換しているが、100.16 はヘキサナールの分子量であるため、ヘキサナールとして算出した LCI 値を採用している。	ラットの呼吸量を 1.15 m <sup>3</sup> /kg/day、経口吸収率を 0.5、吸入吸収率を 1 として換算。  2,6-ジメチル-5-ヘプテナールをリードアクロスに採用する根拠が不十分と評価されたため、最新の Dossier ではすべての曝露経路における DNEL が削除され、非公開に修正されていた。	RW II 値として設定。RW I 値は×1/10 した 0.2 mg/m <sup>3</sup> となるが、臭気問題を十分に考慮していないことから追加の係数 2 で除した 0.1 mg/m <sup>3</sup> を RW I 値に設定。 C <sub>4</sub> ~C <sub>11</sub> の飽和非環式脂肪族アルデヒドの合計値に適用。	3,630 件の室内空気測定値の 90 パーセントイル値(Attention value P 90)が採用されている。	EU LCI 値を採用。	リスク評価値は設定せず、MOE で評価。MOE の値を評価する際の UF 積は種差×個体差で 100 を設定。

U<sub>F</sub>A: 種差、U<sub>F</sub>H: 個体差、U<sub>F</sub>S: 慢性曝露補正、U<sub>F</sub>L: LOAEL→NOAEL、U<sub>F</sub>DB: データベース不足、U<sub>F</sub>SE: 影響の重症度、U<sub>F</sub>C: 子供などの高感受性集団、U<sub>F</sub>T: 腫瘍発生（発がん性）、U<sub>F</sub>RR: 経路間外挿の補正

Union Carbide. (1993) Propionaldehyde: combined repeated-exposure and reproductive/developmental toxicity study in rats. Unpublished. NTIS/OTS0538178.

Union Carbide (1980): Butyraldehyde. Twelve-week vapor inhalation study in rats. Project report 43-61. Unpublished. NTIS/OTS0000647.

Gaunt IF, Wright MG, Cottrell R, Gangolli SD. (1983): Short-term toxicity of 2,6-dimethylhept-5-en-1-al in rats. Food Chem Toxicol. 21(5): 543-549.

Union Carbide (1979): Butyraldehyde. Vapor inhalation by dogs and rats for 14 and 13 weeks, respectively. Project report 42-50. NTIS/OTS0000647.

表7 オクタナールの有害性評価結果（慢性曝露） その2

ファイル番号	09	10	11
評価機関等	オンタリオ州	NRC (U.S.)	RIFM (Api ら, 2025)
評価年	2020	2008	2025
キー研究	—	Abdo ら(1998) イソブタナール	Ernstgård ら(2006) ヘキサナール
動物種	—	ラット	ヒト (ボランティア)
曝露状況	—	2年間 (6時間/日、5日/週)	2時間
エンドポイント	—	呼吸上皮の 扁平上皮化生	目刺激
N(L)OAE	—	LOAEL 500 ppm	NOAEL 8.19 mg/m <sup>3</sup>
連続曝露補正	—	—	—
dosimetry 補正	—	—	—
POD	—	500 ppm	8.19 mg/m <sup>3</sup>
不確実係数	—	90 (UF <sub>A</sub> 3, UF <sub>L</sub> 10, UF <sub>ad</sub> 3)	10 (UF <sub>H</sub> 10)
リスク評価値	0.075 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm (11.8 mg/m <sup>3</sup> ) (500/90 = 5.6)	—
備考	スクリーニング値として設定。	宇宙飛行士の許容濃度として7、30、180、1,000日の曝露に対して同じ値を設定。  C3～C8の脂肪族飽和アルデヒドに対する値として設定。  不確実係数 UF <sub>ad</sub> 3はC3～C8のアルデヒドの中にはイソブタナールよりも刺激性の強い物質がある可能性を考慮して設定。	1日の肺重量当たりの曝露量に換算して、MOEで評価している。

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>t</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

Abdo KM, Haseman JK, Nyska A. (1998): Isobutyraldehyde administered by inhalation (whole body exposure) for up to thirteen weeks or two years was a respiratory tract toxicant but was not carcinogenic in F344/N rats and B6C3F1 mice. Toxicol Sci. 42(2): 136-151.

Ernstgård L, Iregren A, Sjögren B, Svedberg U, Johanson G. (2006): Acute effects of exposure to hexanal vapors in humans. J Occup Environ Med. 48(6): 573-580.

表8 オクタナールの有害性評価結果（急性曝露）

ファイル番号	02	10	
評価機関等	テキサス州	NRC (U.S.)	
評価年	2015	2008	
キー研究	—	Sim ら(1957) プロパナール	
動物種	—	ヒト (ボランティア)	
曝露状況	—	30分	
エンドポイント	—	粘膜刺激	
N(L)OAE	—	LOAEL 134 ppm	
連続曝露補正	—	—	
dosimetry 補正	—	—	
POD	—	134 ppm	
不確実係数	—	3	
リスク評価値	1.5 mg/m <sup>3</sup>	45 ppm (113 mg/m <sup>3</sup> ) (134×1/3=44.7)	
備考	暫定のスクリーニング値として設定。	宇宙飛行士の許容濃度として、1時間、24時間の曝露に対して同じ値を設定。  C3～C8の脂肪族飽和アルデヒドに対する値として設定。  不確実係数の3はC3～C8のアルデヒドの中にはプロパナールよりも刺激性の強い物質がある可能性を考慮して設定。	

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>t</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

Sim VM, Pattle RE. (1957): Effect of possible smog irritants on human subjects. J Am Med Assoc. 165(15): 1908-1913.

## 1-4 (4) ポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテル (CAS 9002-92-0(C=12-13), 27306-79-2(C=14-15), 27731-62-0(C=13-15))

### 1) 評価されている主な毒性とその概要

ポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテルに関しては、急性毒性、反復曝露の一般毒性、生殖・発生毒性、遺伝子傷害性、発がん性の知見が得られており、遺伝子傷害性はすべて陰性の結果で、経口投与の発がん性試験でも腫瘍の発生率に増加はなかった。吸入曝露の知見としては、200 mg/L 水溶液から発生させたミストを 10 日間 (2 時間/日、5 日/週) ラットの全身に曝露させた報告はあったが、曝露濃度は不明であった。

### 2) 有害性評価結果の概要 (影響指標、不確実係数、評価値/参照値/指針値)

国内外の評価機関において設定されたポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテルの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表 9 に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表 10 に示す。

慢性のリスク評価値設定におけるキー研究についてみると、1 機関がラットに単回経口投与した急性毒性試験の結果を採用し、LD<sub>50</sub> 値を POD に設定して吸入換算し、補正した値を不確実係数で除してリスク評価値を設定していたが、これらの係数の根拠は不明であった。他の 1 機関は 28 日間経口投与した雄ラットの試験結果(Unpublished) を採用し、吸入換算してリスク評価値を設定していたが、吸入換算過程の説明はなかった (ECHA のガイドラインに従った換算と思われた)。他の 2 機関はスクリーニング値としてのリスク評価値が設定されていただけで、設定根拠の情報はなかった。

急性のリスク評価値では、1 機関がスクリーニング値としての慢性のリスク評価値を 10 倍した値を設定していた。

### 3) 気中濃度に関する法規制等の情報

法規制に関する情報は見当たらなかった。

また、労働現場での許容濃度についても、設定している国や機関はなかった。

### 補記

CAS 番号 27731-62-0 の物質 ( $\alpha$ -スルホ- $\omega$ - (テトラデシルオキシ) ポリ (オキシエチレン) の 1 ナトリウム塩) の有害性情報としては、アメリカの官報 (参\_02\_1\_US EPA (OPP) (2014)\_Federal Register. pdf) で、農薬補助成分として使用する場合のリスク評価 (食物や動物飼料中の残留基準値) の適用免除を定めた規則の中で、多くの類似物質の中の 1 つとして CAS 番号が示されていたことしか見つけられなかった。

表9 ポリ(オキシエチレン)＝アルキルエーテルの有害性評価結果（慢性曝露）

ファイル番号	01	02	03	04				
評価機関等	テキサス州	ミシガン州	EU ECHA (DNEL)	オンタリオ州				
評価年	2007, 2012	2004	－	2018				
キー研究	－	IRDC (1977)	Unnamed (2022)	－				
動物種	－	ラット	ラット	－				
曝露状況	－	単回経口投与	28日間経口投与	－				
エンドポイント	－	死亡	運動活性の低下	－				
N(L)OAEL	－	LD <sub>50</sub> 3,743 mg/kg	NOAEL 100 mg/kg/day	－				
連続曝露補正	－	－	－	－				
dosimetry 補正	－	－	－	－				
POD	－	3,743 mg/kg	100 mg/kg/day (43.5 mg/m <sup>3</sup> )	－				
不確実係数	－	500×40×100	150 (U <sub>H</sub> 2.5, U <sub>FH</sub> 10, U <sub>Fs</sub> 6)	－				
リスク評価値	0.1 mg/m <sup>3</sup>	0.012 mg/m <sup>3</sup>	0.29 mg/m <sup>3</sup> (43.5/150 = 0.29)	0.12 mg/m <sup>3</sup>				
備考	暫定のスクリーニング値として設定。  対象物質は CAS: 9002-92-0 CAS: 27306-79-2	ラットの経口 LD <sub>50</sub> にラットの体重を乗じ、呼吸量で除して吸入換算し、0.167 を乗じて補正。これを不確実係数で除してリスク評価値を算出しているが、これらの係数の根拠は不明。  対象物質は CAS: 9002-92-0	吸入換算過程の説明はなかった。 (ECHA のガイダンスではラットの呼吸量は 1.15 m <sup>3</sup> /kg/day であるため、吸収率を経口で 50%、吸入で 100% として算出したと思われる。 100×0.5/1.15 = 43.47)  対象物質は CAS: 9002-92-0	スクリーニング値として設定。  対象物質は CAS: 9002-92-0 CAS: 27306-79-2				

U<sub>FA</sub>: 種差、U<sub>FH</sub>: 個体差、U<sub>FS</sub>: 慢性曝露補正、U<sub>FL</sub>: LOAEL→NOAEL、U<sub>FD</sub>: データベース不足、U<sub>SE</sub>: 影響の重症度、U<sub>FC</sub>: 子供などの高感受性集団、U<sub>Ft</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、U<sub>FR</sub>: 経路間外挿の補正

IRDC (International Research and Development Corporation) (1977): Acute oral toxicity (LD<sub>50</sub>) study in rats. Unpublished. NTIS/OTS 0543789.

Unnamed (2022): Unpublished. Cited in: ECHA Registration Dossier. Repeated dose toxicity: oral. Unpublished.

表10 ポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテルの有害性評価結果（急性曝露）

ファイル番号	01		
評価機関等	テキサス州		
評価年	2007, 2012		
キー研究	—		
動物種	—		
曝露状況	—		
エンドポイント	—		
N(L)OAEL	—		
連続曝露補正	—		
dosimetry 補正	—		
POD	—		
不確実係数	—		
リスク評価値	1 mg/m <sup>3</sup>		
備考	暫定のスクリーニング 値として設定。  対象物質は CAS: 9002-92-0 CAS: 27306-79-2		

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>t</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

## 1-5 (5) 酢酸リナリル (CAS 115-95-7)

### 1) 評価されている主な毒性とその概要

酢酸リナリルに関しては、急性毒性、*in vitro* の遺伝子傷害性、不十分な発がん性試験（24週間の腹腔内投与、BaP と混ぜた皮膚塗布試験）の知見がある程度で、反復曝露の一般毒性、生殖・発生毒性、長期間の発がん性試験などの知見はなく、固有の有害性情報は極めて乏しい物質の1つであった。しかし、消化管内でリナロールと酢酸に代謝されると考えられており、リナロールの有害性知見が評価に採用されていた。

### 2) 有害性評価結果の概要（影響指標、不確実係数、評価値／参照値／指針値）

国内外の評価機関において設定された酢酸リナリルの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表1-1に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表1-2に示す。

慢性のリスク評価値設定におけるキー研究についてみると、1機関がリナロールを72.9%含むエッセンシャルオイルをラットに28日間経口投与した試験結果(Unpublished)を採用し、リナロール曝露に吸入換算してリスク評価値を設定していた。また他の1機関はリナロールをラットに2週間吸入させた試験結果(Unpublished)と酢酸をヒト(ボランティア)に2時間吸入させた試験結果の両方を採用し、それぞれでMOSによる評価を行っていた。この他に2機関がスクリーニング値としてのリスク評価値を設定していたが、このうち1機関はアクリル酸イソオクチルで設定したリスク評価を採用していた。

なお、28日間経口投与の試験結果を採用していた機関はEU(DNEL)であったが、リナロールのDNEL設定のキー研究は90日間混餌投与した2020年の試験結果であり、NOAELは497.9 mg/kg/dayで28日間投与のNOAEL(117 mg/kg/day)よりも約4倍大きかったことから、将来的には90日間投与のNOAELでDNELが更新される可能性が高いと思われる。

酢酸リナリルのSIDS文書では、28日間経口投与の試験結果から酢酸リナリルの投与量に換算してNOAELを148 mg/kg/dayとしていた。酢酸リナリルのDNELを設定では、酢酸リナリル換算の148 mg/kg/dayを吸入換算すべきか、体内で加水分解したリナロールが有害物質であるとしてリナロール換算で良いのか、吸入曝露のDNELであるため加水分解を考慮は不要なのか、など疑問が残った。

また、US EPA(OPPT)のHazard Characterization(HC) Document(参\_03\_1\_US EPA(2010)\_OPPT\_HP.V.pdf)では、酢酸リナリルの反復経口投与のNOAELは750 mg/kg/day超(最高用量で影響なし)とされ、SIDS文書が出典となっていたが、SIDS文書で該当する記載は見つけられなかった。HCのデータ表示(参\_03\_0\_US EPA\_HP.Vの有害性データの有無.pdf)でもヒト健康のデータは急性毒性と変異原性/遺伝子毒性しかなかったため、反復経口投与のNOAEL 750 mg/kg/day超はHC文書の記載ミスか、SIDS作成段階で取り下げられた試験結果と思われた。

EU LCIでは、フランス(ANSES/AFSSET, 2009)がドイツのAGS(TRGS)が設定した酢酸ビニルの許容濃度18,000 µg/m<sup>3</sup>を不確実係数の100で除して丸めた200 µg/m<sup>3</sup>を酢酸リナリルのCLI値に設定していたことから、EU LCIのマスターリストに加えられものの、LCI値の設定

は保留とされた (参\_04\_1\_EU LCI\_Report 29 (2013))。その後も保留が続いたままでリストが更新されていたが、最終的には LCI 値の設定目的とは関連性のない物質と判断され、取り消し線でリストから削除 (Removed from the list (not relevant). Removed due to non-relevance) されていた。

急性のリスク評価値では、1 機関がスクリーニング値としての慢性のリスク評価値を 10 倍した値を設定していた。

### 3) 気中濃度に関する法規制等の情報

法規制に関する情報は見当たらなかった。

また、労働現場での許容濃度についても、設定している国や機関はなかった。

表 1 1 酢酸リナリルの有害性評価結果（慢性曝露）

ファイル番号	01	02	03	04				
評価機関等	テキサス州	EU ECHA (DNEL)	オンタリオ州	RIFM (Api ら, 2024)				
評価年	2010	—	2020	2024	2024			
キー研究	—	Serota (1990) リナロール	—	RIFM (2012) リナロール	Ernstgård ら(2006) 酢酸 ヒト (ボランティア)			
動物種	—	ラット	—	ラット	ヒト (ボランティア)			
曝露状況	—	28 日間強制経口投与 (7 日/週)	—	2 週間 (6 時間/日)	2 時間			
エンドポイント	—	腎臓・胃の組織 への影響	—	最高濃度で影響なし	鼻の刺激			
N(L)OAEL	—	NOAEL 117 mg/kg/day	—	NOAEL 63 mg/m <sup>3</sup>	NOAEL 12.3 mg/m <sup>3</sup>			
連続曝露補正	—	—	—	—	—			
dosimetry 補正	—	—	—	—	—			
POD	—	101.7 mg/m <sup>3</sup>	—	—	—			
不確実係数	—	150 (UF <sub>A</sub> 2.5, UF <sub>H</sub> 10, UF <sub>S</sub> 6)	—	100 (UF <sub>A</sub> 10, UF <sub>H</sub> 10)	10 (UF <sub>H</sub> 10)			
リスク評価値	0.038 mg/m <sup>3</sup>	0.68 mg/m <sup>3</sup> (101.7/150 = 0.678)	0.019 mg/m <sup>3</sup>	—	—			
備考	暫定のスクリーニング 値として設定。 アクリル酸イソオクチ ルの値を採用。	ラットの呼吸量を 1.15 m <sup>3</sup> /kg/day、吸収率を 経口、吸入で 100%と して吸入換算。 117×1/1/1.15 = 101.74	スクリーニング値とし て設定。	1 日の肺重量当たりの 曝露量に換算して、 MOE で評価してい る。	1 日の肺重量当たりの 曝露量に換算して、 MOE で評価してい る。			

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>t</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

Serota DG. (1990): 28-day oral toxicity study in rats, compound B10. Hazleton Laboratories America Inc, Rockville, MD 20850. HLA study no. 642-460. Test commissioned by Lorillard Inc, Greensboro NC 27420. Unpublished.

RIFM (Research Institute for Fragrance Materials, Inc) (2012): A two-week inhalation toxicity study of aerosolized linalool in the Sprague Dawley rat. RIFM Report Number 63821. Unpublished.

Ernstgård L, Iregren A, Sjögren B, Johanson G. (2006): Acute effects of exposure to vapours of acetic acid in humans. Toxicol Lett. 165(1): 22-30.

表 1 2 酢酸リナリルの有害性評価結果（急性曝露）

ファイル番号	01		
評価機関等	テキサス州		
評価年	2010		
キー研究	—		
動物種	—		
曝露状況	—		
エンドポイント	—		
N(L)OAEL	—		
連続曝露補正	—		
dosimetry 補正	—		
POD	—		
不確実係数	—		
リスク評価値	0.375 mg/m <sup>3</sup>		
備考	暫定のスクリーニング値として設定。 アクリル酸イソオクチルの値を採用。		

UF<sub>A</sub>: 種差、UF<sub>H</sub>: 個体差、UF<sub>S</sub>: 慢性曝露補正、UF<sub>L</sub>: LOAEL→NOAEL、UF<sub>DB</sub>: データベース不足、UF<sub>SE</sub>: 影響の重症度、UF<sub>C</sub>: 子供などの高感受性集団、UF<sub>t</sub>: 腫瘍発生（発がん性）、UF<sub>RR</sub>: 経路間外挿の補正

## 2. 有害性評価結果のまとめ

各物質における有害性評価については、急性影響および慢性影響について、一覧表として整理した結果をまとめている。従って、ここでは RfC の導出に適していると考えられるキー研究の選定について概説する。

### 1) エチレングリコール

急性影響では、Wills ら (1974) がキー研究であった。この研究では、男性ボランティアを対象に 15 分間の吸入曝露実験を行った結果、上気道の刺激をエンドポイントとして  $140 \text{ mg/m}^3$  の LOAEL が得られている。本報告ではこの値を LOAEL として AcRfC の導出に採用した。

慢性影響では、Wills ら (1974) がキー研究であった。この研究では、20 人の男性ボランティアを対象に、日平均で  $3\sim 67 \text{ mg/m}^3$ 、週平均で  $17\sim 49 \text{ mg/m}^3$  を 30 日間 (20~22 時間/日) 吸入させた結果、数人が軽い頭痛と腰痛を時折訴えていたが、全員の臨床検査及び心理学的検査で影響を認めなかった。また、 $140 \text{ mg/m}^3$  の曝露で上気道に刺激を感じ、 $188 \text{ mg/m}^3$  の曝露では 15 分間しか耐えられず、 $244 \text{ mg/m}^3$  では 1~2 分、 $308 \text{ mg/m}^3$  の曝露では直ぐに耐えられなくなった。この結果から、NOAEL は  $49 \text{ mg/m}^3$ 。そこでこの NOAEL を ChRfC の導出に採用した。

### 2) リナロール

急性影響ではテキサス州でリスク評価値が設定されているが、暫定のスクリーニング値として設定されており、設定根拠やキー研究が明示されていなかった。従って、本報告においては、「評価可能な知見が得られなかった」と評価した。

慢性影響では、RIFM (2012) のラットの知見をキー研究とした。この知見では、ラットに 2 週間吸入曝露 (6 時間/日) した実験の結果から、何ら影響がみられなかった最高濃度として  $63 \text{ mg/m}^3$  が得られている。そこでこの値を NOAEL とし、ChRfC の導出に採用した。なお、PSL ら (2020) によるラットの 90 日間混餌投与実験では、何ら影響がみられなかった最高濃度として  $497.9 \text{ mg/kg/day}$  が得られている。本報告ではこれら 2 つの実験から得られたラットの NOAEL から ChRfC を導出した。

### 3) オクタナール

急性影響では、Sim ら (1957) によるヒトボランティアによる 30 分間吸入曝露実験において、ヒトにおける粘膜刺激から  $336 \text{ mg/m}^3$  ( $134 \text{ ppm}$ ) の LOAEL が得られている。この実験で用いられた物質はプロパナールであったが、この知見を採用した NRC (2008) は C3~C8 の脂肪族飽和アルデヒドに対する値として設定していた (オクタナールは C8 アルデヒド)。そこで本報告ではこの値を LOAEL として AcRfC の導出に採用した。

慢性影響では、UCC (1979) のラットの知見をキー研究とした。この知見では、ラットに 13 週間吸入曝露 (6 時間/日、5 日/週) した実験の結果から、嗅上皮の扁平上皮化生をエンドポイントとして  $360 \text{ mg/m}^3$  の LOAEL が得られている。この実験で用いられた物質はブタナールであったが、この知見を採用したドイツ連邦環境庁 (2009) は C4~C11 の脂肪族飽和アルデヒドに対する値として設定していた (オクタナールは C8 アルデヒド)。そこでこの LOAEL を ChRfC の導出に採用した。

### 4) ポリ(オキシエチレン)＝アルキルエーテル

急性影響ではテキサス州でリスク評価値が設定されているが、暫定のスクリーニング値として設定されており、設定根拠やキー研究が明示されていなかった。従って、本報告においては、「評

価可能な知見が得られなかった」と評価した。

慢性影響では、ECHA (2022)が採用していた未出版の知見をキー研究とした。この知見では、ラットに 28 日間経口投与した実験の結果から、運動活性の低下をエンドポイントとして 100 mg/kg/day が得の NOAEL が得られている。そこでこの NOAEL を ChRfC の導出に採用した。

#### 5) 酢酸リナリル

急性影響ではテキサス州でリスク評価値が設定されているが、暫定のスクリーニング値として設定されており、設定根拠やキー研究が明示されていなかった。従って、本報告においては、「評価可能な知見が得られなかった」と評価した。

酢酸リナリルは、消化管内でリナロールと酢酸に加水分解されると考えられている。酢酸リナリルそのものを用いた知見はみあたらず、リナロールを用いた知見が酢酸リナリルの評価値導出に用いられていた。そこで、リナロールの慢性評価値の導出に用いた RIFM (2012) のラットの知見をキー研究とした。この知見では、ラットに 2 週間吸入曝露 (6 時間/日) した実験の結果から、何ら影響がみられなかった最高濃度として 63 mg/m<sup>3</sup> が得られている。そこでこの値を NOAEL とし、ChRfC の導出に採用した。なお、Serota ら (1990)によるラットの 28 日間強制経口投与実験では、リナロール 72.9%を含むコリアンダー油が使用され、腎臓と胃の組織への影響をエンドポイントとして 160 mg/kg/day の NOAEL が得られ、リナロール換算で 116.64 mg/kg/day であった。本報告ではこれら 2 つの実験から得られたラットの NOAEL から ChRfC を導出した。なお、リナロールの分子量は 154.24、酢酸リナリルの分子量は 196.29 となる。酢酸リナリル換算にするとリナロール 116.64 mg/kg/day は酢酸リナリル 148.43 mg/kg/day に換算できる。しかしこの換算は用いずに評価を行った。従って、リナロールとしての評価結果を同じとなる。

### 3. 健康リスク評価値 (RfC) の導出

個々の物質の有害性評価結果に基づいて、健康リスク評価値 (Reference Concentration: RfC) を導出した。有害性評価の方法は、拙著の方法を用いた (Azuma et al., 2007; Azuma et al., 2016)。影響量に対して、反復曝露から連続曝露への補正、不確実係数の適用を行って RfC を導出した。不確実係数としては、初期リスク評価であるため、近年欧州化学品庁 (ECHA) が公表している不確実係数を用いた (表 1 5) (ECHA, 2012)。なお、ヒトボランティアによる短時間の曝露データを用いた場合は、試験期間の調整係数を 10 とした。また、LOAEL を用いた場合は 10 とし、初期評価として、リスクの取りこぼしがないように安全側の不確実係数を用いた。詳細リスク評価や指針値の導出を行う際には、LOAEL に対する不確実係数、種差、個体差に対する不確実係数等について、感受性、作用機序、体内動態、影響の重大性などに基づいて見直す必要がある。

表 1 3 室内環境汚染物質の AcRfC 一覧 (急性影響)

	指標	曝露経路	影響量*	種	エンドポイント	不確実係数(UF)**				AcRfC (mg/m <sup>3</sup> )	キー研究
						1	2	3	4		
エチレンジングリコール	LOAEL	吸入	140	ヒト	上気道の刺激	10	1	1	10	1.4	Willsら (1974)
リナロール	評価可能な知見が得られなかった										
オクタナール	LOAEL	吸入	336	ヒト	粘膜刺激	10	1	1	10	3.4	Simら(1957)
ポリ(オキシエチレン)＝アルキルエーテル	評価可能な知見が得られなかった										
酢酸リナリル	評価可能な知見が得られなかった										

\* 吸入 (mg/m<sup>3</sup>). 経口 (mg/kg/day). 経口換算では体重 50kg 及び呼吸量 15 m<sup>3</sup>/day を用いた

\*\* UF1: LOAEL to NOAEL extrapolation. UF2: Extrapolation across durations. UF3: Interspecies extrapolation UF4: Intraspecies extrapolation.

表 1 4 室内環境汚染物質の ChRfC 一覧 (非発がんの慢性影響)

	指標	曝露経路	影響量*	種	エンドポイント	不確実係数(UF)**				ChRfC (µg/m <sup>3</sup> )	キー研究
						1	2	3	4		
エチレンジングリコール	NOAEL	吸入	49	ヒト	上気道の刺激	1	6	1	10	681	Willsら (1974)
リナロール	NOAEL	吸入	63	ラット	影響なし	1	6	10	10	26.3	RIFM (2012)

	NOAEL	経口	497.9	ラット	影響なし	1	2	10	10	8298	PSL (2020)
オクタナール	LOAEL	吸入	360	ラット	鼻腔の扁平上皮化生	10	2	2.5	10	129	UCC (1979)
ポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテル	NOAEL	経口	100	ラット	運動活性の低下	1	6	10	10	556	Unnamed (2022) quoted from ECHA (2022)
酢酸リナリル	NOAEL	経口	117	ラット	腎臓や胃の組織への影響	1	6	10	10	650	Serota ら (1990)
(リナロールとして)	NOAEL	吸入	63	ラット	影響なし	1	6	10	10	26.3	RIFM (2012)

\* 吸入 (mg/m<sup>3</sup>). 経口 (mg/kg/day). 経口換算では体重 50kg 及び呼吸量 15 m<sup>3</sup>/day を用いた

\*\* UF1: LOAEL to NOAEL extrapolation. UF2: Extrapolation across durations. UF3: Interspecies extrapolation UF4: Intraspecies extrapolation.

表 1 5 欧州化学品庁によるアセスメント係数のデフォルト値 (ECHA 2012)

		アセスメント係数	
種間差	体重あたりの代謝の差	全身影響	局所影響
	残りの種間差	AS <sup>a, b</sup> 2.5	1 <sup>f</sup> 2.5 <sup>g</sup>
種内差	労働者	5	5
	一般人	10 <sup>c</sup>	10 <sup>c</sup>
曝露期間の差	亜急性から亜慢性への外挿	3	3 <sup>h</sup>
	亜慢性から慢性への外挿	2	2 <sup>h</sup>
	亜急性から慢性への外挿	6	6 <sup>h</sup>
曝露経路の差			
量反応関係への懸念、 影響の重大性	量反応関係データの信頼性 (NOAEL が得られていないなど)、重大な影響 への懸念 (発がん影響など)	1 <sup>d</sup>	1 <sup>d</sup>
データベースの質	不完全なデータ	1 <sup>d</sup>	1 <sup>d</sup>
	選ぶべきデータの信頼性	1 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup>

a: ラットでは4(表 2-25 参照)。f, g: 局所影響 (local effect) では AS(Allometric Scaling)による補正は不要であり、皮膚、眼、消化管に対する単純な粘膜障害作用については種間差を認めず UF を 1 とする。但し曝露を受ける局所における代謝の結果として皮膚、眼、消化管への影響が現れる場合および呼吸器 (respiratory tract) に対する影響が現れる場合には 2.5 の UF を採用。d: NOAEL が得られず LOAEL を用いる場合は、実験における曝露量の設定の公比 (dose spacing) (最近の試験では通常 2~4 倍) の大きさ、量反応関係の形や傾き、LOAEL で観察された毒性影響の程度などを勘案して UF を決定するが、ECHA は 3 (通常) ~10 (例外的) の UF を示唆。f: 皮膚、眼、消化管における膜組織だけの破壊による影響。g: 局所的な代謝を通じた皮膚、眼、消化管への影響、気道への影響。h: 気道への影響

表 1 6 ヒトへの外挿に用いる allometric scaling (AS) factor

種	体重 (kg)	AS factor
ラット	0.250	4
マウス	0.03	7
ハムスター	0.11	5
モルモット	0.8	3
ウサギ	2	2.4
サル	4	2
イヌ	18	1.4

(参考文献)

Azuma K, Uchiyama I, Ikeda K. 2007. The risk screening for indoor air pollution chemicals in Japan. Risk Anal, 27(6), 1623–1638.

Azuma K, Uchiyama I, Uchiyama S, et al., 2016. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: Screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. Environ Res, 145, 39–49.

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.

### 調査結果（3）全国規模のアンケート調査結果

#### 1. 住宅室内環境に関連する症状の有症率

図1に過去1か月の住宅室内環境に関連する症状の頻度を示す。強い疑い有りは、よくある（毎週）頻度で症状を呈し、かつ住宅の環境によるものと回答したものを表している。弱い疑い有りは、過去1か月で時々ある頻度で症状を呈し、かつ住宅の環境によるものと回答したものを表している。

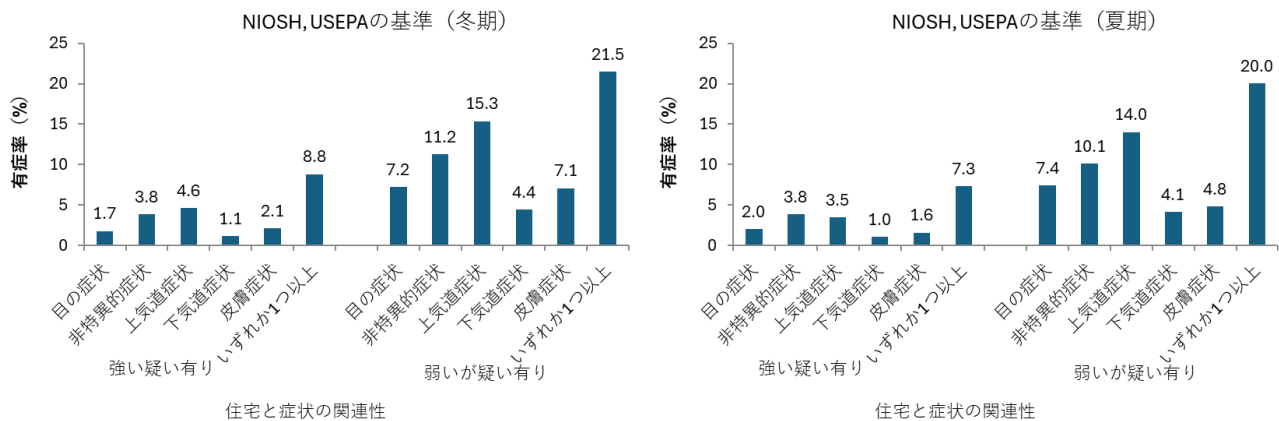


図1 住宅室内環境に関連する症状の有症率

2. リスク要因の解析

2-1 2024年冬期の調査結果

表17 家に由来するいずれかの臓器症状の有無と患者背景因子の関連 (2024年冬期, Model 1)

	Any symptom OR (95%CI)
年齢	
0～9歳	Ref.
10～19歳	0.74 (0.41–1.33)
20～29歳	0.66 (0.32–1.36)
30～39歳	0.62 (0.30–1.32)
40～49歳	0.66 (0.32–1.37)
50～59歳	0.40 (0.19–0.83)*
60～69歳	0.40 (0.19–0.83)*
70歳以上	0.42 (0.20–0.88)*
性別 (女性)	0.90 (0.76–1.07)
職業	
勤め人	Ref.
自由業・自営業	1.22 (0.87–1.70)
農林水産業	3.23 (1.14–9.16)*
パート・アルバイト	1.19 (0.93–1.52)
学生 (高・専門・大)	0.71 (0.42–1.21)
小学生、中学生	0.71 (0.38–1.33)
未就学	0.90 (0.38–2.14)
主婦 (夫)	0.94 (0.68–1.29)
無職	1.66 (1.29–2.14)**
その他	2.64 (1.19–5.82)*
喫煙歴	
吸ったことがない	Ref.
過去喫煙	1.31 (1.06–1.62)*
ときどき吸う	2.61 (1.64–4.16)**
毎日吸う	1.32 (1.06–1.64)*
ストレス度	
ほとんど感じない	Ref.
あまり感じない	1.69 (1.28–2.22)**
やや感じている	3.76 (2.88–4.91)**
とても感じている	6.80 (5.00–9.24)**
飼育歴	
ネコ	1.29 (1.04–1.62)*
トリ	1.82 (1.06–3.12)*
ハムスター	1.32 (0.63–2.77)

\*p < 0.05, \*\*p < 0.01

表 1 8 家に由来するいずれかの臓器症状の有無と自宅周辺環境と住宅構造の関連  
(2024 年冬期, Model 2)

	Any symptom OR (95%CI)
年齢	
0～9 歳	Ref.
10～19 歳	0.74 (0.41–1.34)
20～29 歳	0.65 (0.31–1.34)
30～39 歳	0.63 (0.30–1.34)
40～49 歳	0.66 (0.32–1.38)
50～59 歳	0.42 (0.20–0.88)*
60～69 歳	0.43 (0.20–0.90)*
70 歳以上	0.44 (0.21–0.93)*
性別 (女性)	0.89 (0.74–1.05)
職業	
勤め人	Ref.
自由業・自営業	1.20 (0.86–1.67)
農林水産業	2.92 (1.01–8.42)*
パート・アルバイト	1.17 (0.91–1.50)
学生 (高・専門・大)	0.73 (0.43–1.25)
小学生、中学生	0.72 (0.38–1.34)
未就学	0.91 (0.38–2.17)
主婦 (夫)	0.95 (0.69–1.31)
無職	1.71 (1.32–2.20)**
その他	2.68 (1.21–5.95)*
喫煙歴	
吸ったことがない	Ref.
過去喫煙	1.31 (1.06–1.63)*
ときどき吸う	2.56 (1.60–4.10)**
毎日吸う	1.30 (1.05–1.62)*
ストレス度	
ほとんど感じない	Ref.
あまり感じない	1.71 (1.30–2.26)**
やや感じている	3.81 (2.91–4.99)**
とても感じている	6.69 (4.91–9.11)**
飼育歴	
ネコ	1.23 (0.98–1.55)
トリ	1.75 (1.01–3.03)*
ハムスター	1.28 (0.60–2.72)
周辺環境	
幹線道路	0.95 (0.80–1.14)
列車・電車の線路	0.92 (0.74–1.14)
工場	1.62 (1.15–2.27)**
果樹園	2.23 (1.40–3.53)**

焼却炉、ごみ処理場	1.10 (0.57–2.12)
飲食店	1.61 (1.27–2.04)**
住宅街	0.94 (0.79–1.12)
商店・事務所	0.87 (0.65–1.16)
住宅構造	
木造	Ref.
鉄骨造	1.20 (0.96–1.49)
鉄筋コンクリート	1.05 (0.89–1.25)
その他	0.59 (0.23–1.49)

---

Model 1+自宅周辺環境+住宅構造で解析

\*p < 0.05, \*\*p < 0.01

表 1 9 家に由来するいずれかの臓器症状の有無とダンプネス因子との関連  
(2024 年冬期, Model 3)

	Any symptom OR (95%CI)
年齢	
0～9 歳	Ref.
10～19 歳	0.68 (0.36–1.27)
20～29 歳	0.51 (0.23–1.13)
30～39 歳	0.64 (0.28–1.44)
40～49 歳	0.67 (0.30–1.48)
50～59 歳	0.47 (0.21–1.05)
60～69 歳	0.55 (0.25–1.24)
70 歳以上	0.57 (0.25–1.29)
性別 (女性)	0.89 (0.73–1.08)
職業	
勤め人	Ref.
自由業・自営業	1.27 (0.88–1.82)
農林水産業	1.98 (0.60–6.49)
パート・アルバイト	0.99 (0.75–1.31)
学生 (高・専門・大)	0.70 (0.38–1.30)
小学生、中学生	0.68 (0.34–1.35)
未就学	0.71 (0.28–1.79)
主婦 (夫)	0.80 (0.56–1.12)
無職	1.60 (1.20–2.14)**
その他	2.07 (0.82–5.25)
喫煙歴	
吸ったことがない	Ref.
過去喫煙	1.22 (0.96–1.54)
ときどき吸う	2.51 (1.49–4.22)**
毎日吸う	1.15 (0.90–1.46)
ストレス度	
ほとんど感じない	Ref.
あまり感じない	1.93 (1.42–2.63)**
やや感じている	3.93 (2.90–5.32)**
とても感じている	7.28 (5.14–10.3)**
飼育歴	
ネコ	1.13 (0.88–1.45)
トリ	1.39 (0.75–2.57)
ハムスター	1.14 (0.44–2.93)
周辺環境	
幹線道路	0.99 (0.81–1.21)
列車・電車の線路	0.86 (0.68–1.10)
工場	1.52 (1.04–2.24)*
果樹園	1.64 (0.95–2.83)

焼却炉、ごみ処理場	0.94 (0.46–1.94)
飲食店	1.52 (1.16–1.99)**
住宅街	1.01 (0.83–1.23)
商店・事務所	0.93 (0.67–1.29)
住宅構造	
木造	Ref.
鉄骨造	1.20 (0.94–1.54)
鉄筋コンクリート	1.02 (0.84–1.25)
その他	0.73 (0.28–1.91)
暖房機器 居間	
給排気式温風暖房機	1.82 (0.18–2.83)**
石油ストーブ	1.18 (0.95–1.47)
ガスストーブ	1.03 (0.75–1.41)
電気ストーブ	1.08 (0.77–1.51)
電気カーペット	1.47 (1.14–1.89)**
電気パネルヒーター	0.41 (0.16–1.04)
電気こたつ	0.92 (0.74–1.15)
電気温風器	0.42 (0.13–1.29)
電気式オイルヒーター	0.68 (0.34–1.38)
床暖房	0.97 (0.75–1.27)
エアコン	0.91 (0.74–1.27)
その他	0.95 (0.47–1.89)
暖房機器無し	1.35 (0.82–2.23)
部屋の換気設備	
排気のみ機械換気	1.26 (1.03–1.54)*
給気のみ機械換気	2.78 (1.53–5.04)**
給排気機械換気	1.46 (1.08–1.95)*
熱交換式換気	1.65 (0.96–2.83)
全館空調	1.06 (0.68–1.65)
その他	N.E.
換気設備はない	Ref.
ダンプネスの程度	
ランク 0	Ref.
ランク 1	1.31(1.06–1.63)*
ランク 2	1.64(1.32–2.04)**
ランク 3	2.62(2.02–3.40)**

Model 2+暖房機器+部屋の換気設備+ダンプネスで解析

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

表 20 家に由来するいずれかの臓器症状の有無と内装仕上げ材および揮発性日用品との関連  
(2024 年冬期, Model 4)

	Any symptom OR (95%CI)
年齢	
0～9 歳	Ref.
10～19 歳	0.70 (0.37–1.31)
20～29 歳	0.53 (0.24–1.17)
30～39 歳	0.60 (0.27–1.35)
40～49 歳	0.67 (0.30–1.47)
50～59 歳	0.43 (0.19–0.96)*
60～69 歳	0.47 (0.21–1.05)
70 歳以上	0.45 (0.20–1.03)
性別 (女性)	0.89 (0.73–1.08)
職業	
勤め人	Ref.
自由業・自営業	1.23 (0.85–1.78)
農林水産業	2.13 (0.63–7.19)
パート・アルバイト	1.02 (0.77–1.34)
学生 (高・専門・大)	0.69 (0.37–1.29)
小学生、中学生	0.67 (0.34–1.35)
未就学	0.82 (0.33–2.06)
主婦 (夫)	0.86 (0.61–1.21)
無職	1.72 (1.29–2.29)**
その他	2.41 (0.96–6.03)
喫煙歴	
吸ったことがない	Ref.
過去喫煙	1.27 (1.00–1.61)*
ときどき吸う	2.42 (1.43–4.10)**
毎日吸う	1.19 (0.93–1.52)
ストレス度	
ほとんど感じない	Ref.
あまり感じない	1.96 (1.44–2.68)**
やや感じている	3.90 (2.88–5.28)**
とても感じている	7.49 (5.28–10.6)**
飼育歴	
ネコ	1.09 (0.84–1.40)
トリ	1.43 (0.78–2.63)
ハムスター	1.33 (0.51–3.48)
周辺環境	
幹線道路	0.99 (0.81–1.21)
列車・電車の線路	0.84 (0.66–1.07)
工場	1.42 (0.96–2.10)
果樹園	1.53 (0.88–2.67)

焼却炉、ごみ処理場	0.94 (0.45–1.96)
飲食店	1.54 (1.17–2.02)**
住宅街	0.99 (0.82–1.21)
商店・事務所	0.88 (0.63–1.22)
住宅構造	
木造	Ref.
鉄骨造	1.16 (0.90–1.49)
鉄筋コンクリート	0.97 (0.79–1.19)
その他	0.71 (0.27–1.86)
暖房機器 居間	
給排気式温風暖房機	1.63 (1.04–2.55)*
石油ストーブ	1.10 (0.89–1.37)
ガスストーブ	1.00 (0.73–1.37)
電気ストーブ	1.00 (0.72–1.42)
電気カーペット	1.46 (1.13–1.89)**
電気パネルヒーター	0.39 (0.15–1.00)
電気こたつ	0.88 (0.70–1.11)
電気温風器	0.39 (0.15–1.00)
電気式オイルヒーター	0.62 (0.30–1.31)
床暖房	1.01 (0.77–1.33)
エアコン	0.88 (0.71–1.09)
その他	0.88 (0.44–1.77)
暖房機器無し	1.31 (0.79–2.17)
部屋の換気設備	
排気のみ機械換気	1.24 (1.02–1.52)*
給気のみ機械換気	2.04 (1.08–3.85)*
給排気機械換気	1.45 (1.08–1.96)*
熱交換式換気	1.60 (0.92–2.76)
全館空調	1.00 (0.63–1.58)
その他	N.E.
換気設備はない	Ref.
ダンプネスの程度	
ランク 0	Ref.
ランク 1	1.29 (1.04–1.61)*
ランク 2	1.51 (1.21–1.88)**
ランク 3	2.43 (1.86–3.17)**
揮発性日用品の使用個数	
0 個	Ref.
1 個	1.61 (1.33–1.95)**
2 個	2.00 (1.51–2.64)**
3 個以上	1.89 (1.29–2.76)**
壁表面 居間	
タイル	2.40 (1.30–4.44)**
ビニルクロス	0.89 (0.74–1.07)

床表面 居間	
カーペット	0.89 (0.69–1.14)
たたみ	1.10 (0.86–1.39)
カーペットタイル	2.01 (0.98–4.10)
リノリウム	1.02 (0.31–3.29)
塩ビシート	1.49 (0.85–2.61)

---

Model 3+内装仕上げ材+揮発性日用品個数で解析

\*p < 0.05, \*\*p < 0.01

## 2-2 2025年夏期の調査結果

表2-1 家に由来するいずれかの臓器症状の有無と患者背景因子の関連  
(2025年夏期, Model 1)

	Any symptom OR (95%CI)
年齢	
0~9歳	Ref.
10~19歳	0.66 (0.34-1.26)
20~29歳	0.95 (0.41-2.18)
30~39歳	1.05 (0.45-2.49)
40~49歳	0.92 (0.40-2.15)
50~59歳	0.62 (0.27-1.45)
60~69歳	0.56 (0.24-1.31)
70歳以上	0.76 (0.32-1.83)
性別 (女性)	0.93 (0.77-1.11)
職業	
勤め人	Ref.
自由業・自営業	1.00 (0.71-1.42)
農林水産業	1.66 (0.51-5.46)
パート・アルバイト	1.33 (1.03-1.72)*
学生 (高・専門・大)	0.83 (0.55-1.25)
小学生、中学生	0.99 (0.68-1.43)
未就学	1.40 (0.82-2.39)
主婦 (夫)	1.33 (0.97-1.81)
無職	1.32 (1.02-1.69)*
その他	1.58 (0.47-5.33)
喫煙歴	
吸ったことがない	Ref.
過去喫煙	1.33 (1.06-1.68)*
ときどき吸う	2.32 (1.44-3.75)**
毎日吸う	1.57 (1.26-1.96)**
ストレス度	
ほとんど感じない	Ref.
あまり感じない	1.68 (1.25-2.26)**
やや感じている	3.41 (2.57-4.52)**
とても感じている	5.72 (4.14-7.90)**
飼育歴	
ネコ	1.48 (1.17-1.88)**
トリ	0.57 (0.27-1.19)
ハムスター	1.21 (0.49-3.03)
魚	1.88 (1.31-2.70)**

\*p &lt; 0.05, \*\*p &lt; 0.01

表 2 2 家に由来するいずれかの臓器症状の有無と自宅周辺環境と住宅構造の関連  
(2025 年夏期, Model 2)

	Any symptom OR (95%CI)
年齢	
0～9 歳	Ref.
10～19 歳	0.67 (0.35–1.30)
20～29 歳	0.96 (0.42–2.22)
30～39 歳	1.04 (0.44–2.48)
40～49 歳	0.94 (0.40–2.22)
50～59 歳	0.63 (0.27–1.48)
60～69 歳	0.57 (0.24–1.35)
70 歳以上	0.77 (0.32–1.86)
性別 (女性)	0.89 (0.75–1.07)
職業	
勤め人	Ref.
自由業・自営業	0.94 (0.66–1.34)
農林水産業	1.70 (0.47–6.16)
パート・アルバイト	1.31 (1.01–1.70)*
学生 (高・専門・大)	0.82 (0.54–1.23)
小学生、中学生	0.99 (0.68–1.44)
未就学	1.26 (0.73–2.17)
主婦 (夫)	1.36 (0.99–1.86)
無職	1.31 (1.01–1.69)*
その他	1.38 (0.41–4.61)
喫煙歴	
吸ったことがない	Ref.
過去喫煙	1.30 (1.03–1.65)*
ときどき吸う	2.18 (1.33–3.55)**
毎日吸う	1.44 (1.15–1.80)**
ストレス度	
ほとんど感じない	Ref.
あまり感じない	1.68 (1.24–2.26)**
やや感じている	3.43 (2.58–4.56)**
とても感じている	5.70 (4.11–7.90)**
飼育歴	
ネコ	1.47 (1.16–1.88)**
トリ	0.63 (0.30–1.34)
ハムスター	1.12 (0.45–2.77)
魚	2.01 (1.40–2.89)**
周辺環境	
幹線道路	1.05 (0.87–1.27)
列車・電車線路	0.75 (0.60–0.94)*
工場	1.29 (0.88–1.88)

果樹園	0.82 (0.44–1.52)
焼却炉、ゴミ処理場	1.86 (0.97–3.58)
飲食店	1.42 (1.11–1.82)**
商店、事務所	1.42 (1.07–1.87)*
住宅構造	
木造	Ref.
鉄骨造	1.26 (0.99–1.61)
鉄筋コンクリート	1.16 (0.97–1.38)
その他	0.72 (0.34–1.53)

---

Model 1+自宅周辺環境+住宅構造で解析

\*p < 0.05, \*\*p < 0.01

表 2 3 家に由来するいずれかの臓器症状の有無とダンプネス因子との関連  
(2025 年夏期, Model 3)

	Any symptom OR (95%CI)
年齢	
0～9 歳	Ref.
10～19 歳	0.76(0.37–1.55)
20～29 歳	1.43(0.58–3.54)
30～39 歳	1.82(0.71–4.70)
40～49 歳	1.76(0.70–4.45)
50～59 歳	1.29(0.51–3.28)
60～69 歳	1.25(0.49–3.19)
70 歳以上	1.96(0.75–5.13)
性別 (女性)	0.89 (0.73–1.09)
職業	
勤め人	Ref.
自由業・自営業	1.02 (0.69–1.49)
農林水産業	1.22 (0.32–4.69)
パート・アルバイト	1.25 (0.94–1.67)
学生 (高・専門・大)	0.81 (0.53–1.24)
小学生、中学生	0.89 (0.60–1.34)
未就学	1.09 (0.60–1.96)
主婦 (夫)	1.21 (0.86–1.70)
無職	1.30 (0.98–1.71)
その他	1.53 (0.37–6.40)
喫煙歴	
吸ったことがない	Ref.
過去喫煙	1.27 (0.99–1.62)
ときどき吸う	2.07 (1.21–3.51)**
毎日吸う	1.41 (1.10–1.81)**
ストレス度	
ほとんど感じない	Ref.
あまり感じない	1.67 (1.22–2.30)**
やや感じている	3.11 (2.29–4.23)**
とても感じている	5.24 (3.67–7.48)**
飼育歴	
ネコ	1.37 (1.05–1.78)*
トリ	0.38 (0.15–0.93)*
ハムスター	0.93 (0.36–2.40)
魚	1.58 (1.06–2.35)*
周辺環境	
幹線道路	1.03 (0.84–1.28)
列車・電車線路	0.73 (0.57–0.95)*
工場	1.18 (0.77–1.79)

果樹園	0.93 (0.49–1.78)
焼却炉、ゴミ処理場	1.24 (0.59–2.59)
飲食店	1.41 (1.06–1.86)*
商店、事務所	1.44 (1.05–1.97)*
住宅構造	
木造	Ref.
鉄骨造	1.24 (0.95–1.62)
鉄筋コンクリート	1.07 (0.88–1.30)
その他	0.40 (0.14–1.11)
冷房機器 居間	
エアコン	0.94 (0.63–1.39)
扇風機	0.98 (0.82–1.17)
冷風機	1.79 (1.13–2.83)*
その他	1.87 (0.74–4.68)
使用無し	0.87 (0.42–1.82)
換気設備	
排気のみ機械換気	1.05 (0.85–1.31)
給気のみ機械換気	2.06 (1.23–3.45)**
給排気機械換気	1.04 (0.76–1.41)
熱交換式換気	1.79 (1.07–2.98)*
全館空調	1.02 (0.63–1.65)
その他	1.49 (0.53–4.24)
換気設備はない	Ref.
ダンプネス	
ランク 0	Ref.
ランク 1	1.04 (0.82–1.31)
ランク 2	1.39 (1.11–1.74)**
ランク 3	2.83 (2.17–3.68)**

---

Model 2+暖房機器+部屋の換気設備+ダンプネスで解析

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

表 2 4 家に由来するいずれかの臓器症状の有無と内装仕上げ材および揮発性日用品との関連  
(2025 年夏期, Model 4)

	Any symptom OR (95%CI)
年齢	
0～9 歳	Ref.
10～19 歳	0.76 (0.37–1.55)
20～29 歳	1.43 (0.58–3.54)
30～39 歳	1.82 (0.71–4.70)
40～49 歳	1.76 (0.70–4.45)
50～59 歳	1.29 (0.51–3.28)
60～69 歳	1.25 (0.49–3.19)
70 歳以上	1.96 (0.75–5.13)
性別 (女性)	0.88 (0.71–1.07)
職業	
勤め人	Ref.
自由業・自営業	1.01 (0.69–1.49)
農林水産業	0.69 (0.15–3.27)
パート・アルバイト	1.26 (0.94–1.69)
学生 (高・専門・大)	0.81 (0.52–1.25)
小学生、中学生	0.94 (0.62–1.42)
未就学	0.98 (0.53–1.80)
主婦 (夫)	1.22 (0.86–1.72)
無職	1.28 (0.97–1.70)
その他	1.78 (0.43–7.35)
喫煙歴	
吸ったことがない	Ref.
過去喫煙	1.25 (0.97–1.61)
ときどき吸う	2.10 (1.21–3.65)**
毎日吸う	1.37 (1.06–1.77)*
ストレス度	
ほとんど感じない	Ref.
あまり感じない	1.62 (1.17–2.23)**
やや感じている	3.07 (2.25–4.18)**
とても感じている	5.18 (3.61–7.43)**
飼育歴	
ネコ	1.21 (0.92–1.58)
トリ	0.34 (0.13–0.85)*
ハムスター	0.82 (0.32–2.11)
魚	1.39 (0.93–2.09)
周辺環境	
幹線道路	1.00 (0.80–1.24)
列車・電車線路	0.70 (0.54–0.91)**
工場	1.25 (0.81–1.92)

果樹園	0.82 (0.42–1.61)
焼却炉、ゴミ処理場	1.14 (0.53–2.46)
飲食店	1.40 (1.05–1.85)*
商店、事務所	1.41 (1.02–1.94)*
住宅構造	
木造	Ref.
鉄骨造	1.29 (0.99–1.69)
鉄筋コンクリート	1.08 (0.88–1.32)
その他	0.45 (0.16–1.30)
冷房機器 居間	
エアコン	1.00 (0.66–1.50)
扇風機	0.96 (0.80–1.15)
冷風機	1.74 (1.07–2.83)*
その他	2.26 (0.87–5.89)
使用無し	0.92 (0.44–1.94)
換気設備	
排気のみ機械換気	1.04 (0.83–1.30)
給気のみ機械換気	1.53 (0.87–2.70)
給排気機械換気	0.95 (0.69–1.30)
熱交換式換気	1.92 (1.14–3.23)*
全館空調	1.01 (0.62–1.66)
その他	1.77 (0.63–5.03)
換気設備はない	Ref.
ダンプネス	
ランク 0	Ref.
ランク 1	0.99 (0.78–1.26)
ランク 2	1.33 (1.06–1.68)*
ランク 3	2.57 (1.96–3.38)**
揮発性日用品の使用個数	
0 個	Ref.
1 個	1.74 (1.42–2.13)**
2 個	2.00 (1.51–2.66)**
3 個以上	2.25 (1.51–3.37)**
壁表面 居間	
タイル	2.88 (1.68–4.94)**
ビニルクロス	0.88 (0.72–1.08)
床表面 居間	
カーペット	1.13 (0.86–1.50)
たたみ	1.63 (1.26–2.10)**
カーペットタイル	0.98 (0.50–1.93)
リノリウム	0.20 (0.05–0.83)*
塩ビシート	0.59 (0.28–1.22)

Model 3+内装仕上げ材+揮発性日用品個数で解析

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

2-3 補足資料

揮発性日用品の使用割合、および揮発性日用品の種類と家に由来するいずれかの症状有無との2項ロジスティック回帰分析の結果を以下に示す。

Supplementary Table 1. 揮発性日用品の使用割合  
(2024年冬期)

	Any symptom (+)	Any symptom (-)
居間, n (%)	n = 3199	n = 1028
置き型芳香剤	423 (13.2)	262 (25.5)
置き型消臭剤	290 (9.1)	185 (18.0)
スプレー型消臭剤	142 (4.4)	121 (11.8)
置き型防虫剤	74 (2.3)	61 (5.9)
スプレー型防虫剤	56 (1.8)	38 (3.7)
置き型殺虫剤	115 (3.6)	82 (8.0)
スプレー型殺虫剤	139 (4.3)	79 (7.7)
置き型防カビ剤	42 (1.3)	32 (3.1)
スプレー型防カビ剤	44 (1.4)	47 (4.6)
洗濯用柔軟剤	157 (4.9)	69 (6.7)
その他	10 (0.3)	1 (0.1)
使用なし	2166 (67.7)	492 (47.9)
夫婦寝室, n (%)	n = 3083	n = 937
置き型芳香剤	405 (13.1)	218 (23.2)
置き型消臭剤	217 (7.0)	146 (15.6)
スプレー型消臭剤	68 (2.2)	69 (7.4)
置き型防虫剤	59 (1.9)	48 (5.1)
スプレー型防虫剤	32 (1.0)	40 (4.3)
置き型殺虫剤	59 (1.9)	51 (5.4)
スプレー型殺虫剤	52 (1.7)	49 (5.2)
置き型防カビ剤	42 (1.4)	29 (3.1)
スプレー型防カビ剤	12 (0.4)	23 (2.5)
洗濯用柔軟剤	37 (1.2)	21 (2.2)
その他	11 (0.4)	1 (0.1)
使用なし	2283 (74.1)	171 (21.6)

Supplementary Table 2. 家に由来するいずれかの臓器症状の有無と揮発性日用品の関連  
(2024年冬期)

	Any symptom OR <sup>†</sup> (95%CI)	
	居間	夫婦寝室
置き型芳香剤	1.69 (1.30–2.19)**	1.74 (1.28–2.37)**
置き型消臭剤	1.39 (1.08–1.80)*	1.55 (1.15–2.10)**
スプレー型消臭剤	1.79 (1.33–2.42)**	2.29 (1.53–3.44)**
置き型防虫剤	1.48 (0.97–2.26)	1.23 (0.78–1.96)
スプレー型防虫剤	1.19 (0.72–1.94)	1.59 (0.91–2.76)
置き型殺虫剤	1.43 (0.99–2.04)	1.75 (1.10–2.79)*
スプレー型殺虫剤	1.08 (0.76–1.53)	1.41 (0.87–2.28)
置き型防カビ剤	0.70 (0.40–1.23)	1.01 (0.57–1.79)
スプレー型防カビ剤	1.77 (1.08–2.92)*	2.06 (0.91–4.64)
洗濯用柔軟剤	1.01 (0.70–1.46)	0.87 (0.45–1.69)
その他	0.35 (0.04–2.88)	0.31 (0.04–2.46)
使用なし	0.83 (0.64–1.10)	0.86 (0.63–1.18)

†ダンプネス スコアで調整

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

Supplementary Table 3. 揮発性日用品の使用割合  
(2025年夏期)

	Any symptom (+)	Any symptom (-)
居間, n (%)	n = 3270	n = 858
置き型芳香剤	410 (12.5)	222 (25.9)
置き型消臭剤	274 (8.4)	134 (15.6)
スプレー型消臭剤	173 (5.3)	106 (12.4)
置き型防虫剤	69 (2.1)	64 (7.5)
スプレー型防虫剤	61 (1.9)	46 (5.4)
置き型殺虫剤	154 (4.7)	59 (6.9)
スプレー型殺虫剤	177 (5.4)	75 (8.7)
置き型防カビ剤	27 (0.8)	33 (3.8)
スプレー型防カビ剤	41 (1.3)	44 (5.1)
洗濯用柔軟剤	133 (4.1)	66 (7.7)
その他	10 (0.3)	3 (0.3)
使用なし	2238 (68.4)	399 (46.5)
夫婦寝室, n (%)	n = 3119	n = 813
置き型芳香剤	342 (11.0)	177 (21.8)
置き型消臭剤	208 (6.7)	109 (13.4)
スプレー型消臭剤	97 (3.1)	52 (6.4)
置き型防虫剤	73 (2.3)	78 (9.6)
スプレー型防虫剤	52 (1.7)	50 (6.2)
置き型殺虫剤	109 (3.5)	38 (4.7)
スプレー型殺虫剤	96 (3.1)	39 (4.8)
置き型防カビ剤	20 (0.6)	36 (4.4)
スプレー型防カビ剤	10 (0.3)	26 (3.2)
洗濯用柔軟剤	43 (1.4)	17 (2.1)
その他	11 (0.4)	1 (0.1)
使用なし	2294 (73.5)	406 (49.9)

Supplementary Table 4. 家に由来するいずれかの臓器症状の有無と揮発性日用品の関連  
(2025年夏期)

	Any symptom OR <sup>†</sup> (95%CI)	
	居間	夫婦寝室
置き型芳香剤	1.61(1.24–2.08)**	1.30 (0.96–1.77)
置き型消臭剤	1.16(0.88–1.54)	1.03 (0.74–1.41)
スプレー型消臭剤	1.32(0.96–1.80)	1.03 (0.67–1.59)
置き型防虫剤	1.73(1.13–2.65)*	2.51 (1.70–3.71)**
スプレー型防虫剤	1.57(1.01–2.46)*	1.78 (1.12–2.83)*
置き型殺虫剤	0.80(0.56–1.17)	0.51 (0.33–0.81)**
スプレー型殺虫剤	0.94(0.66–1.32)	0.75(0.48–1.18)
置き型防カビ剤	1.97(1.06–3.67)*	2.68(1.45–4.98)**
スプレー型防カビ剤	1.25(0.73–2.14)	3.67(1.52–8.88)**
洗濯用柔軟剤	1.08(0.74–1.58)	0.59(0.29–1.21)
その他	1.37(0.36–5.27)	0.25(0.03–2.00)
使用なし	0.67(0.51–0.89)**	0.51 (0.37–0.71)**

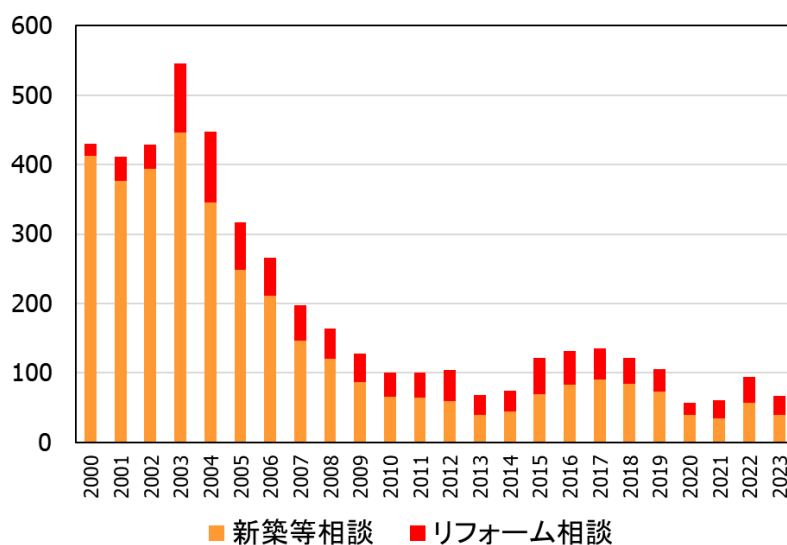
†ダンプネス スコアで調整済

\*p < 0.05, \*\*p < 0.01

#### 調査結果（４）シックハウス等に関わる相談件数の状況

##### 1. 住宅リフォーム紛争処理支援センター

シックハウス相談件数の年次推移



## 2. 化学製品 PL 相談センター（日本化学工業協会）

### 1) 近年の商品群別クレーム関連相談件数

2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度					
洗剤・洗浄剤	13	抗菌剤・除菌剤	26	洗剤・洗浄剤	14	洗剤・洗浄剤	8	柔軟剤	17
家具	11	洗剤・洗浄剤	15	その他生活用品	13	家電製品	6	洗剤・洗浄剤	8
その他生活用品	11	その他生活用品	15	プラスチック製品	10	その他生活用品	5	建材	8
殺虫剤	7	柔軟剤	10	家電製品	8	柔軟剤	5	その他生活用品	7
建材	6	不明	7	化粧品	7	抗菌剤・除菌剤	4	繊維製品	6
柔軟剤	6	塗料	7	建材	7	芳香剤・消臭剤	4	芳香剤・消臭剤	5
抗菌剤・除菌剤	5	プラスチック製品	7	殺虫剤・防虫剤	6	建材	4	塗料	4
プラスチック製品	5	農薬	6	柔軟剤	5	化粧品	4	化粧品	4
芳香剤・消臭剤	5	家具	5	抗菌剤・除菌剤	4	家具	4	家具	4
オートケミカル	4	化粧品	4	芳香剤・消臭剤	4	入浴剤	2	家電製品	3
家電製品	4	漂白剤	4	不明	4	プラスチック製品	2	殺虫剤	3
化粧品	4	芳香剤・消臭剤	4	家具	4	塗料	2	プラスチック製品	2
繊維製品	4	建材	3	塗料	4	繊維製品	2	抗菌剤	1
塗料	4	殺虫剤	3	繊維製品	3	漂白剤	1	染毛剤	1
不明	3	接着剤・粘着剤	3	農薬	2	防虫剤	1	接着剤	1
他1品目	3	他2品目	3	オートケミカル他	1	その他	1	防蟻剤	1
120		140		97		55		78	

### 2) 2023年度のクレームの抜粋

#### <フローリングの張り替えによる体調不良>

2週間前に賃貸マンションに転居した。入居直前にフローリングを張り替えたので室内に化学的な臭いがして、喉が腫れ、吐気や頭痛などの症状がある。受診した医師から喉に炎症があり、シックハウス症候群の可能性があるとされている。

今回のフローリングの張り替えについては、入居前の物件見学時に行うことを説明されていたが、施工が遅れ張り替え工事が終わった当日に入居した経緯がある。2週間経っても臭いが軽減されない。

#### <新築住宅の臭いによる体調不良>

新築住宅に転居する予定だが、事前に見に行ったところ室内に化学的な臭いがして、自分だけ咳き込みと頭痛などの症状がある。ホルムアルデヒドによるシックハウス症候群の可能性があり、施工会社に相談したが、建築基準は満足していると言われている。

#### <新築住宅で体調不良>

住宅を新築したが、家の中に入るとせき込むなどのシックハウスの症状が出て入居することができない状況である。ハウスメーカーがホルムアルデヒド、キシレン、トルエンの3物質について濃度を測定したが、どれも基準値以下で問題ないと言われ、具体的な対応はしてもらえない。臭いは溶剤ではなく別の種類の臭いで換気では解決しない。

#### <賃貸住宅の外壁塗装後に体調不良>

賃貸住宅の外壁塗装後2カ月たっても体調不良が続いている。塗装には油性ペイントが使用され、その臭いでせき込むなどのシックハウスの様な症状が出ている状況である。施工業者に問い合わせたところ時間が経てば臭いはなくなると言われている。色々なところに相談しているが、もともと化学物質には過敏な体質である。

#### <注文した家具が到着後に体調不良>

インターネットで本棚を注文し、届いて開封したところ、臭いは感じなかったが目がかゆく、呼吸も苦しくなりしばらく横になっていた。受診し、アレルギーと診断されたが、家具との因果関係はわからないとのことであった。

<設置した押し入れ用チェストで体調不良>

〇〇製の押し入れ用チェストを3日前に設置したが、臭いが強く部屋に入ると喉の痛みやせき込むなどの症状が出る。チェストに入れたローブなどを使用しても同じ症状となる。

<購入した木製本棚の臭いが強い>

購入した木製本棚の臭いが強い。家族は臭いを感じないと言うが、自分はその臭いを強く感じて吐き気がした。販売店に申し出て既に返品し、吐き気は感じなくなったが、まだ、室内に本棚の成分が残り将来なんらかの影響が出るのではないか心配である。

<殺虫剤を使用後に体調不良>

3年前にテレビショッピングで購入したスプレータイプの殺虫剤を2カ月前にカーテンに向けて2度使用した。1度目は、足元に刺激を感じただけであったが、数日後に2度目に使用した後からは、眼や体に痛みが出てきた。眼科を受診したが異常はないとの診断であった。体の痛みは市販の痛み止めを飲んでいる。成分はピレスロイド系と書かれている。

<シロアリ防除の施工後に体調不良>

新築10年目のハウスメーカーのメンテナンスチェックでシロアリ防除の施工を提案され、紹介された業者にて2カ月前に施工を実施した。施工終了の2週間後から顔が腫れたため、皮膚科を受診して飲み薬と塗り薬を処方された。皮膚症状は治ったが、息苦しさなどの体調不良が続いているため、耳鼻咽喉科を受診した。アレルギー症状で治りかけであると診断されたが、今でも薬剤の臭いを感じ体調不良も続いている。使用された薬剤のメーカーに相談したが、使用したのは認定薬剤で安全性は確認していると言われ対応してもらえない。

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）  
分担研究報告書

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

室内空气中化学物質の新規試験法の開発

研究分担者 大嶋 直浩 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官

## 研究要旨

室内空气中化学物質の標準試験法において、加熱脱離(TD)-GC-MS におけるヘリウム代替キャリアーガスの適用可能性を検証した。揮発性有機化合物 (VOC) およびフタル酸エステル類の分析におけるキャリアーガスとして水素および窒素による代替について検討した結果、いずれも標準試験法として十分な検出感度および良好な直線性が得られ、室内空気濃度指針値の 1/100 以下まで定量可能であった。これらのことから、室内空气中 VOC およびフタル酸エステル類を対象とする TD-GC-MS を用いた標準試験法に、ヘリウム代替キャリアーガスとして水素および窒素を適用できることが明らかとなった。

## A. 研究目的

室内空气中の化学物質は一般的に GC-MS を用いて分析され、キャリアーガスとしてヘリウムが使用されている。しかし日本はヘリウムを全量輸入しており、近年の世界的な需給逼迫により<sup>1-4)</sup>、ヘリウムの調達には従来以上のコスト負担や調整が必要となっている。他方、水素や窒素は国内で安定的に供給されており、GC-MS 分析における代替キャリアーガスとして注目されている<sup>5-8)</sup>。

室内空気濃度指針値（以下、指針値）と照合するための実測値は「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）<sup>9)</sup>」に従って算出されるものであり、GC-MS 分析法として、溶媒抽出 (SE) 法と加熱脱着 (TD) 法が規定されている。これまでにヘリウム代替キャリアーガスとして、SE-GC-MS 法における水素および窒素の適用可能性を検証してきた<sup>10)</sup>。しかしながら、TD-GC-MS 法への適用は未実施である。

本研究では、室内空气中の VOC およびフタル酸エステル類の TD-GC-MS 法に、ヘリウム代替キャリアーガスとして水素および窒素を適用できるか検討した。

## B. 研究方法

### 試薬

VOC として toluene, xylene, styrene, ethylbenzene, 1,4-dichlorobenzene, tetradecane を、フタル酸エステル類として di-*n*-butyl phthalate (DnBP) および di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP) を、東京化成工業株式会社（東京）、富士フイルム和光純薬株式会社（大阪）、関東化学株式会社（東京）より購入した。内部標準物質として、VOC 用に toluene-*d*<sub>8</sub>（富士フイルム和光純薬、大阪）、フタル酸エステル類用に

di-*n*-butyl phthalate-*d*<sub>4</sub> (DnBP- *d*<sub>4</sub>) および di-2-ethylhexyl phthalate-*d*<sub>4</sub> (DEHP- *d*<sub>4</sub>) を使用した。農薬残留およびポリ塩化ビフェニル分析用メタノールを、富士フイルム和光純薬（大阪）より購入した。

### 装置

加熱脱離装置 TD100-xr (Markes International Ltd., Llantrisant, UK) を、Extractor イオン源およびリークチェック機能を備えた GC-MS (5977B GC-MSD, Agilent Technologies Inc., CA, USA) に接続し測定した。水素発生装置 NM Plus 160 Hydrogen Generator (Airtech Co., 神奈川) から生成された水素（純度：99.99996 vol%）をキャリアーガスとして使用した。ヘリウム（純度：≥99.999 vol%）および窒素（純度：≥99.9995 vol%）は、集中配管ガス供給システムを介して供給された気体をそれぞれキャリアーガスとして使用した。

### 分析条件

GC の分析条件は、厚生労働省が定める測定マニュアルに従って設定した<sup>9)</sup>。ヘリウム条件は同マニュアルに準じ、分析時間は 53 min とした。一方、水素条件では高速分析条件を採用し、分析時間は 25 min とした。窒素条件は、EZGC Method Translator and Flow Calculator (Restek Corporation, PA, USA) を用いて水素条件から変換した。同一線速度条件では理論段高さ (HETP) が著しく増大したため、窒素のキャリアーガス流量を 0.5 mL/min に調整し、分析時間は 52.5 min に延長した。

測定対象物質の測定は選択イオンモニタリング (SIM) モードで実施した。定量イオンおよび確認イオン

ンを **Table 1** に示す。検量線の濃度範囲は、VOC で 0.1–100 ng、フタル酸エステル類で 0.1–5 ng とした。

Xyleneの 3 異性体のうち、*m*- および *p*-xyleneはピークが重なって溶出したため、同一のピークとして定量した。クロマトグラムの表示には PRISM 10 (GraphPad Software, CA, USA) を用いた。

定量下限 (LOQ) は、最低濃度試料 (0.1 ng) を 6 回測定した標準偏差の 10 倍として算出し、さらに測定マニュアルに基づく想定採取体積で除して算出した<sup>9)</sup>。詳細な測定条件を **Table 2** および **Table 3** に示す。

### C. 研究結果および考察

測定対象物質の SIM クロマトグラムを **Fig. 1** に示す。いずれのキャリアガスにおいても測定対象物質のピークは良好に分離され、定性および定量分析に適すると判断した。

測定対象物質 100 ng におけるシグナル/ノイズ (S/N) 比を **Table 4** に示す。S/N 比は概ねヘリウムで最も高かった。水素ではヘリウムと同等、あるいはそれ以上の S/N 比を示したが、toluene や xylene など一部の VOC では、ヘリウムと比較して最大約 45% の低下が認められた。窒素においては、ヘリウムと比較して 15–77% の低下が認められ、3 種のキャリアガスの中で最も低い値を示した。フタル酸エステル類では、DnBP および tetradecane の S/N 比は、水素使用時にヘリウムよりも顕著に高かったのに対し、DEHP では窒素と同等の低い感度を示した。これらの差異は、化学物質の揮発性や脱着挙動の違いなどに起因すると考えられる。

検量線の決定係数 ( $R^2$ ) を **Table 5** に示す。DnBP を除き、VOC では 0.1–100 ng、フタル酸エステル類では 0.1–5 ng の濃度範囲において、いずれの化学物質も  $R^2$  が 0.9990 を超える良好な直線性を示した。

室内空気濃度指針値と LOQ の比較を **Table 6** に示す。いずれのキャリアガスにおいても、各物質は指針値の 1/100 以下まで定量可能であった。さらに、TD-GC-MS 法における LOQ は、SE-GC-MS 法のそれを下回り、TD 法の感度がより高いことが確認された。

VOC およびフタル酸エステル類は、従来はそれぞれ異なる分析条件を必要とするが、本法では単一条件下での同時分析が可能であった。我々の知る限り、同一の GC-MS カラムを用いて、VOC およびフタル

酸エステル類の同時分析は報告されていない。

水素は気相中の拡散係数が比較的大きいため、一般的に膜厚の大きい固定相および内径の細かいカラムが推奨されている。膜厚を増すことで分析対象物質の保持は向上するが、同時にカラム内での拡散経路が長くなり、固定相と移動相間の物質移動が阻害される。それとは対照的に、膜厚の小さいカラムでは、高線速度条件下において分離効率が向上した可能性が本研究で示された。したがって、高い線速度条件で水素をキャリアガスとして使用する場合には、膜厚の大きいカラムが必ずしも最適解ではなく、十分な保持が確保される範囲において、より小さい膜厚のカラムが有用となる可能性が示唆された。

本研究の結果から、水素をキャリアガスとして用いた場合、ヘリウムと同等、あるいは一部の化合物ではそれを上回る分析結果が得られた。したがって、水素は、室内空気中 VOC およびフタル酸エステル類を対象とした TD-GC-MS による標準試験法において、ヘリウムの有望な代替キャリアガスであると考えられる。また、窒素では、感度は低いものの、ターゲット分析においては十分な定量性を示した。そのため、窒素においてもターゲット分析に限れば TD-GC-MS による標準試験法に適用可能であることが示された。

### D. 結論

室内空気中の VOC およびフタル酸エステル類の標準試験法において、ヘリウム代替キャリアガスとして水素および窒素を TD-GC-MS 法に適用できることが明らかとなった。

### E. 研究発表

#### 1. 論文発表

- 1) **Naohiro Oshima\***, Nahoko Uchiyama, Shinobu Sakai. “Comparison of helium–alternative carrier gases for thermal desorption–gas chromatography–mass spectrometry of official test methods for indoor air quality guidelines in Japan”, *BPB Reports*, **2026**, 9, 15–18 (DOI: [https://doi.org/10.1248/bpbreports.9.1\\_15](https://doi.org/10.1248/bpbreports.9.1_15))

#### 2. 学会発表

1. **大嶋直浩**, 酒井信夫, 内山奈穂子. 室内空気濃度指針値設定物質の加熱脱離ガスクロマトグラフィー質量分析法におけるキャリアガスの比較. フォーラム 2025: 衛生薬学・環境トキシコロジー

## F.知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

## G.引用文献

- 1) Nuttall WJ, Clarke RH, Glowacki BA. Stop squandering helium. *Nature*, **485**, 573–575 (2012).
- 2) Izumi Oe. Outlook for the supply and demand of helium. *Rev High Press Sci. Technol.*, **22**, 185–190 (201)
- 3) Reisch M. Helium shortage looms. *C&EN Glob Enterp.*, **95**, 11–12 (2017).
- 4) Bettenhausen C. Membranes open up new sources of helium. *C&EN Glob Enterp.*, **99**, 21 (2021)
- 5) Kikuchi H, Sakai T, Okura T, Nemoto S, Akiyama H. Evaluation of simultaneous LC–MS/MS method for quantifying residual pesticides in agricultural products as a measure against the helium shortage. *Jpn. J. Food Chem. Safety*, **27**, 184–189 (2020).
- 6) Abe Y, Yamaguchi M, Ohno H, Kataoka Y, Mutsuga M, Sato K. Validation of the testing method for the determination of dibutyltin compounds in food utensils, containers, and packaging products made from polyvinyl chloride using gas chromatography–mass spectrometry with nitrogen as a carrier gas. *Japan J. Food Chem.*, **28**, 16–22 (2021).
- 7) Lin Y-P, Lee Y-L, Hung C-Y, Chang C-F, Chen Y. Detection of adulterated drugs in traditional Chinese medicine and dietary supplements using hydrogen as a carrier gas. *PLOS ONE*, **13**, e0205371 (2018).
- 8) Saito-Shida S, Nagata M, Nemoto S, Akiyama H. Multi-residue determination of pesticides in green tea by gas chromatography–tandem mass spectrometry with atmospheric pressure chemical ionisation using nitrogen as the carrier gas. *Food Addit. Contam. Part A*, **38**, 125–135 (2021).
- 9) 厚生労働省. 室内空气中化学物質の測定マニュアル(統合版). シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会, 通知第2号. <https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/001376419.pdf> (2025年10月30日閲覧).
- 10) Oshima N, Takagi M, Sakai S, Ikarashi Y. Comparison of Helium–Alternative Carrier Gases for Gas Chromatography/Mass Spectrometry of Standard Test Methods for Indoor Air Quality Guidelines in Japan. *BPB Reports*, **5**, 84–87 (2022).

**Table 1.** 測定対象物質の保持時間 (RT)、ターゲットイオン( $m/z$ )、確認イオン( $m/z$ )

Chemicals	Quantifier Ion	Confirmation Ion
Toluene	91	65, 92
Ethylbenzene	91	51, 106
Xylene	91	105, 106
Styrene	104	78, 103
1,4-Dichlorobenzene	146	75, 111
Tetradecane	57	43, 71
DnBP	149	223
DEHP	149	167
<hr/>		
Toluene- $d_8$	98	70, 100
DnBP- $d_4$	153	227
DEHP- $d_4$	153	171

**Table 2.** 各キャリアガスの測定条件

Carrier gases	He	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Column	DB-1ms Ultra Inert (0.25 mm i.d. x 60 m, 0.25 $\mu$ m)		
Time	53 min	25 min	52.5 min
Temperature Program	40°C(5 min)→(10°C/min)→ 130°C(0 min)→(25°C/min)→ 300°C(5 min)	40°C(5 min)→(10°C/min)→ 130°C(0 min)→(25°C/min)→ 280°C(5 min)	40°C(0 min)→(5°C/min) →250°C(5 min)→ (20°C/min)→300°C(3 min)
Inlet temperature	250°C		
Source temperature	280°C		
Quad temperature	150°C		
Linear velocity (cm/sec)	20.3	25.5	12.7
flow (mL/min)	1	1	0.5
Inlet pressure (kPa)	136.2	75.3	75.9
Acquisition type	SIM/Scan		
Range ( $m/z$ )	35-450		

**Table 3.** 各キャリアガスの加熱脱離条件

Carrier gases	He	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Tube desorption	280 °C, 10 min, 50 mL/min		
Primary tube desorption	splitless		
Cold trap	-10 °C, 50 mL/min, 1 min		
Trap desorption	300 °C, 5 min		
Trap desorption split flow	29 mL/min		splitless

**Table 4.** 各キャリアーガスにおける指針値設定物質のS/N比

Chemicals	S/N ratio*		
	He	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Toluene	4,260	2,345	1,200
Ethylbenzene	4,084	2,583	1,549
<i>m,p</i> -Xylene	6,298	3,931	2,606
Styrene	2,896	2,910	1,478
<i>o</i> -Xylene	2,547	1,667	1,276
1,4-Dichlorobenzene	2,457	4,156	1,947
Tetradecane	1,497	3,978	338
DnBP	800	4,620	673
DEHP	441	550	502

\* 100 ng

**Table 5.** 各キャリアーガスにおける指針値設定物質の直線性

Chemicals	R <sup>2</sup>		
	He	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Toluene	0.9997	0.9997	0.9996
Ethylbenzene	0.9994	0.9994	0.9995
<i>m,p</i> -Xylene	0.9993	0.9995	0.9991
<i>o</i> -Xylene	0.9993	0.9997	0.9990
Styrene	0.9996	0.9994	0.9990
1,4-Dichlorobenzene	0.9993	0.9993	0.9993
Tetradecane	0.9997	0.9998	0.9993
DnBP <sup>#</sup>	0.9998	0.9996	0.9933
DEHP <sup>#</sup>	0.9997	0.9996	0.9993

0.1-100 ng in MeOH

<sup>#</sup>0.1-5 ng in MeOH

**Table 6.** 室内濃度指針値と各物質のLOQの比較

Chemicals	LOQ <sup>#</sup> (μg/m <sup>3</sup> )						Guideline values ×10 <sup>-2</sup> (μg/m <sup>3</sup> )
	SE <sup>*1, §</sup>			TD <sup>*2</sup>			
	He	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	He	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Toluene	0.21	0.11	3.40	0.11	0.08	0.33	2.6
Ethylbenzene	0.65	0.49	2.30	0.03	0.03	0.06	3.7
Xylene	2.40	0.90	7.20	0.06	0.03	0.10	2
Styrene	1.80	0.47	1.20	0.05	0.01	0.05	2.2
1,4-Dichlorobenzene	2.30	0.56	1.50	0.02	0.01	0.04	2.4
Tetradecane	0.96	0.66	5.90	0.02	0.02	0.03	3.3
DnBP	0.0047	0.039	0.059	0.01	0.06	0.02	0.17
DEHP	0.0080	0.010	0.059	0.02	0.02	0.01	1

<sup>#</sup> 0.1 ng inhection at six times repeatedly

<sup>\*1</sup> Divided by specified collection volume (VOC; 144 L, Phthalate esters; 4,320 L)

<sup>\*2</sup> Divided by specified collection volume (VOC; 20 L, Phthalate esters; 144 L)

<sup>§</sup> Oshima N et al., *BPB reports*, 5(4), 2022

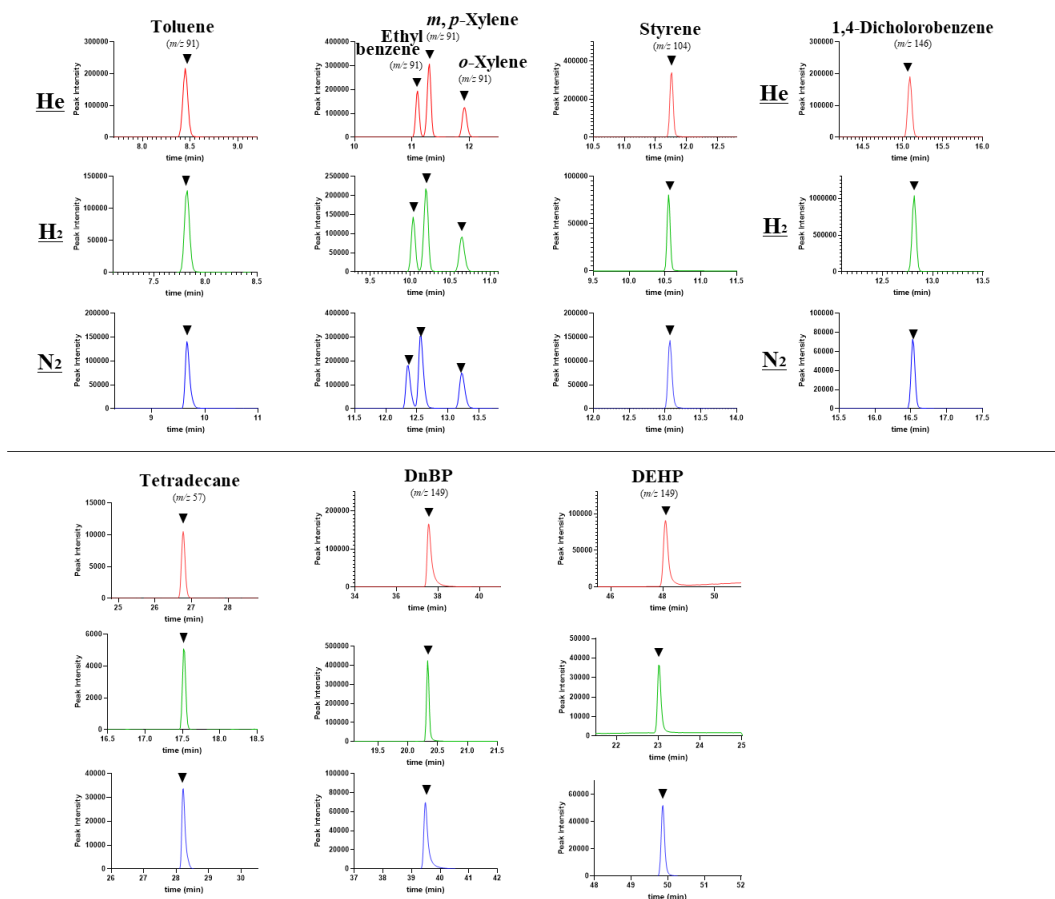


Fig. 1 各キャリアーガスにおける指針値設定物質のクロマトグラム (SIM)

厚生労働行政推進調査事業費 補助金 (化学物質リスク研究事業)  
分担研究報告書

室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化

研究分担者 香川(田中) 聡子 横浜薬科大学 教授  
研究協力者 神野 透人 名城大学薬学部 教授

研究要旨: シックハウス対策として 1997 年よりホルムアルデヒドやトルエンなど 13 物質に室内濃度指針値が、総揮発性有機化合物に暫定目標値が定められ、2019 年 1 月にキシレン、フタル酸ジ-n-ブチルおよびフタル酸ジ-2-エチルヘキシル、2025 年 1 月にはエチルベンゼンの指針値が設定・改定された。本研究では、指針値の新規策定もしくは改定候補となる化学物質の曝露評価に資する標準試験法の国内規格化を目的として、今年度はアルデヒド類の測定方法の見直しを行い、さらに、測定精度を向上させるための技術についての要点を取り纏めた。改訂した標準試験法は、日本薬学会編 衛生試験法・注解 2020 追補 2027 に掲載予定である。

研究協力者:

大貫 文 東京都健康安全研究センター  
大島 直浩 国立医薬品食品衛生研究所  
酒井 信夫 国立医薬品食品衛生研究所  
鈴木 浩 柴田科学株式会社  
鳥羽 陽 長崎大学  
中島 大介 国立環境研究所  
長宗 寧 グリーンブルー株式会社  
藤森 英治 東京薬科大学  
近藤杏樹 横浜薬科大学  
市川 綾乃 横浜薬科大学  
酒井 美聡 横浜薬科大学

科学的妥当性および再現性が担保された試験法を体系的に整理・提示したものであり、我が国において標準的指針として広く活用されている。本研究で改訂した試験法を『衛生試験法・注解』に掲載することにより、国内規格としての標準試験法として広く活用され、それにより、室内空气中化学物質の詳細な曝露評価の精度向上に資することが期待される。

## B. 研究方法

室内濃度指針値設定物質であるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドをはじめとするアルデヒド類を対象として、測定方法の見直しを行った。具体的には、「室内空气中化学物質の測定マニュアル(統合版)」(厚生労働省 2025)<sup>1)</sup>に基づき、空气中アルデヒド類の測定法に関する既知知見<sup>2,3)</sup>を整理すると共に、技術的汎用性および再現性を担保した測定方法に関する標準作業手順書(SOP: Standard Operating Procedures)を整備し、試験法原案を作成した。

## A. 目的

室内空气中化学物質に関するリスク評価においては、室内濃度の実態把握が重要であり、曝露評価の基盤を構成する要素である。また、室内空气中濃度に関する実態調査の信頼性および比較可能性を確保するためには、標準化された試験法の整備が求められる。そこで本研究では、室内空气中化学物質の標準試験法の国内規格化を目的とする。

日本薬学会編『衛生試験法・注解』は、環境・食品・衛生分野に関する分析法について、

## C. 研究結果

室内気中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドをはじめとするアルデヒド類について、DNPH 誘導体化/HPLC 法を用いた測定方法を、最新の分析技術に基づき汎用性の高い標準試験法へと改訂し、あわせて測定精度向上のための技術的要点を取りまとめ標準作業手順書 (SOP : Standard Operating Procedures) を整備して、試験法原案を作成した (別添資料参照)。

本年度に作成した試験法原案に基づき、次年度は複数の測定機関の協力のもとで妥当性評価 (精度確認) を実施する予定である。これらの結果を踏まえ、改訂した標準試験法を日本薬学会第 147 年会において公表するとともに、「日本薬学会編 衛生試験法・注解 2020 追補 2027」への収載を予定している。

さらに、次年度以降は、指針値設定物質であるホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドに加え、ドイツ連邦環境庁により室内空気ガイドラインが新たに設定されたアクロレインについても試験法の整備を進める予定である。

アクロレイン (Acrolein : IUPAC 名 Acrylaldehyde、CAS 名 2-Propenal) は一価不飽和アルデヒドであり、極めて反応性が高い。DNPH 誘導体化/HPLC 法は操作が簡便であり、他のアルデヒド類との同時測定が可能であること、標準物質の調製が容易であることなどの利点を有する一方で、アクロレインについては保存安定性が低く、空気捕集後に DNPH 誘導体が分解しやすいため、正確な測定が困難であることが報告されている。また、共存する窒素酸化物による妨害の可能性も指摘されている。このため、複数の測定・分析手法が提案されている状況にある。今後はこれらの試験法を精査し、室内空気中のアクロレイン測定に関する標準試験法の策定に向けた検討を進める。

#### D. 考察

本研究で、室内濃度指針値策定物質を対象とする標準試験法について、最新の技術を踏

まえた更なる整備を進めることにより、室内濃度指針値物質であるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの実態調査の精度が向上し、その結果としてばく露評価を円滑に実施することが可能になる。

#### E. 結論

室内濃度指針値設定物質であるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの標準試験法の見直しを行い、さらに、測定精度を向上させるための技術についての要点を取り纏めた。

#### E. 引用文献

- 1) 「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」, 環境省 (2019)
- 2) 「室内空气中化学物質の測定マニュアル (統合版)」, 厚生労働省 2025)
- 3) Maiko Tahara, Naoki Sugimoto, Toshiko Tanaka-Kagawa, Shinobu Sakai, Yoshiaki Ikarashi, Hideto Jinno : Ensuring Traceability Using qNMR in the Quantitative Analysis of Formaldehyde and Acetaldehyde : Yakugaku zasshi, 138, 551 (2018)

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

[学会発表]

- 1) 鈴木優花, 廣田佳乃, 小川詩乃, 大河原晋, 礒部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川 (田中) 聡子 : 衣料用柔軟仕上剤に含まれる香料成分によるヒト TRPA1 活性化の *in silico* 評価フォーラム, 2025 衛生薬学・環境トキシコロジー, 9月, 名古屋 (2025).
- 2) 廣田佳乃, 鈴木優花, 小川詩乃, 大河原晋, 礒部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川 (田中) 聡子 : 生活環境中の香り成分を対象としたヒト TRPA1 アンタゴニストの *in silico* 探索, フォーラム 2025 衛生薬学・環境トキシコロジー, 9月, 名

古屋 (2025).

- 3) 近藤杏樹, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川 (田中) 聡子: 食品添加物・18 類香料に指定されているラクトン類を対象としたヒト TRPA1 アンタゴニストの *in silico* 探索, フォーラム 2025 衛生薬学・環境トキシコロジー, 9 月, 名古屋 (2025).
- 4) 廣田佳乃, 石神明優, 酒井美聡, 小山夏朋, 鈴木優花, 小川詩乃, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川 (田中) 聡子: *In silico* アプローチによる香り成分を対象とした TRPA1 アンタゴニスト探索, 第 11 回 次世代を担う若手のためのレギュラトリーサイエンスフォーラム, 9 月, 埼玉 (2025).
- 5) 酒井美聡, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川 (田中) 聡子: *In silico* 解析による脂肪族及び芳香族アルコールを対象としたヒト TRPA1 アンタゴニスト探索, 日本薬学会第 146 年会, 3 月, 大阪 (2025).
- 6) 市川綾乃, 大河原晋, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川 (田中) 聡子: ヒト TRPA1 を活性化または阻害する可能性のある芳香族アルデヒド類の *in silico* 探索, 日本薬学会第 146 年会, 3 月, 大阪 (2025).

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

特許取得

なし

実用新案登録

なし

#### 4.4.5 有機物質

##### 2) アルデヒドおよびケトン類<sup>1)</sup> (改訂)

ここでいうアルデヒドおよびケトン類とは、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン (DNPH) によりヒドラゾン誘導体 (アルデヒド-DNPH 誘導体) として高速液体クロマトグラフィーで分析可能のものであり、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、プロピオンアルデヒド、*n*-ブチルアルデヒド、イソブチルアルデヒド、*n*-バレラルデヒド、イソバレラルデヒド、アクリルアルデヒド (アクロレイン) およびアセトンを含む。

##### 【注解】

1) アセトアルデヒド ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) は強い刺激性の臭気を有する可燃性の液体で、密度 0.788, bp 21°C であり、水およびエタノールによく溶ける。バラアルデヒド、酢酸、ブタノールの製造、香水、香料の製造、アニリン染料、プラスチック、合成ゴムの原料などに用いられる。生理作用：ヒトに対する毒性として一般的な麻酔を起し、慢性アルコール中毒と同様の症状を呈する。多量の摂取により呼吸麻酔を起し死亡する。ラットに対して経口投与で  $\text{LD}_{50}$  は 660 mg/kg である。労働環境におけるアセトアルデヒドの許容濃度は、10 ppm [日本産業衛生学会勧告値 (2025)]、ACGIH (2025) による許容濃度天井値は 25 ppm である。

プロピオンアルデヒド ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}$ ) はむせるような臭気を有する液体で、密度 0.807, bp 49°C であり、20°C で 5 倍量の水に溶け、エタノール、エーテルによく溶ける。ラットに対して経口投与で  $\text{LD}_{50}$  は 1.4 g/kg であり、空気中の致死濃度は 8000 ppm である。労働衛生上のプロピオンアルデヒドの ACGIH (2025) による時間加重平均許容濃度は 20 ppm である。

アセトン ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) は、無色透明で特有の刺激臭を持つ可燃性液体である。密度 0.792, bp 56.5 °C, mp -94°C で、水によく混和する。工業的には有機合成の原料となるほか、アセチルセルロース、ニトロセルロース、ワックス、ラッカー、ワニスなどの溶剤に用いられる。人体に対して比較的毒性は弱い、高濃度の蒸気に曝露されると粘膜刺激が起こり、体内吸収により麻酔作用が現れる。すなわち、500 ppm 以上で眼・鼻・のどに刺激を与え、約 1000 ppm で頭痛や吐き気が起こる。労働環境におけるアセトンの許容濃度は、200 ppm [日本産業衛生学会勧告値 (2025)]、ACGIH (2025) による時間加重平均許容濃度は 250 ppm、短時間ばく露限界濃度は 500 ppm である。

ホルムアルデヒドについては 2.4.2.4.1) ホルムアルデヒド、アクリルアルデヒドについては 4.4.5.3) アクリルアルデヒド類参照

*n*-ブチルアルデヒド ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{CHO}$ ) およびイソブチルアルデヒド [ $(\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}$ ]。ノルマル体は刺激臭および麻酔性があり、密度 0.8016, bp 78.8°C の可燃性の液体で、主にゴム製造の促進剤、合成樹脂、プラスチックの原料として用いられる。イソ体は辛みのある刺激臭があり、密度 0.7938, bp 64°C の可燃性のある液体で、パントテン酸、バリン、ロイシンなどアミノ酸やセルロースエステル合成原料、香料、プラス

チック、樹脂の合成にも用いられ、ガソリンにも添加されている。

*n*-バレラルデヒド ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{CHO}$ ) およびイソバレラルデヒド [ $(\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}$ ]。ノルマル体は刺激臭を有する液体で、密度 0.8095, bp 102~103°C。水にはわずかに溶けるが、一般的な有機溶媒にはよく溶ける。食品の風味付けに用いられ、プラスチック、樹脂の合成やゴム製造の促進剤として用いられる。労働衛生上の *n*-バレラルデヒドの ACGIH (2025) による時間加重平均許容濃度は 50 ppm である。イソ体は強いリンゴ様の臭気を持つ密度 0.785, bp 92~93°C の透明な液体で、水には溶けにくく、一般的な有機溶媒にはよく溶ける。天然にはオレンジ油、レモン油、ペパーミント油、ユーカリ油中に存在し、合成香料、香水の原料として用いられている。悪臭防止法における規制基準を表 1 に示す。

##### (1) 高速液体クロマトグラフィーによる定量<sup>1)</sup>

空気環境中のアルデヒドおよびケトン類を測定する場合に用いる。

【試薬】① 水：蒸留水を超純水製造装置などを用いて精製したもの。精製直後の水を使用することが望ましい。

② アセトニトリル：測定対象物質を含まないもの<sup>2)</sup>。例えば、アルデヒド分析用、高速液体クロマトグラフ用などを用いる。

③ ホルムアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラジン (DNPH) 標準原液：ホルムアルデヒド-DNPH<sup>3)</sup> 70.0 mg をとり、アセトニトリルに溶かして 100 mL とする。この溶液 1 mL は、ホルムアルデヒド 100  $\mu\text{g}$  を含む。

④ アセトアルデヒド-DNPH 標準原液：アセトアルデヒド-DNPH<sup>3) 4)</sup> 50.9 mg をとり、アセトニトリルに溶かして 100 mL とする。この溶液 1 mL は、アセトアルデヒド 100  $\mu\text{g}$  を含む。

⑤ プロピオンアルデヒド-DNPH 標準原液：プロピオンアルデヒド-DNPH<sup>3)</sup> 41.0 mg をとり、アセトニトリルに溶かして 100 mL とする。この溶液 1 mL は、プロピオンアルデヒドを 100  $\mu\text{g}$  を含む。

⑥ *n*- およびイソブチルアルデヒド-DNPH 標準原液：ノルマルおよびイソブチルアルデヒド-DNPH<sup>3)</sup> 35.0 mg をとり、アセトニトリルに溶かして 100 mL とする。この溶液 1 mL は、*n*- およびイソブチルアルデヒドを 100  $\mu\text{g}$  を含む。

⑦ *n*- およびイソバレラルデヒド-DNPH 標準原液：*n*- およびイソバレラルデヒド-DNPH<sup>3)</sup> 30.9 mg をとり、アセトニトリルに溶かして 100 mL とする。この溶液 1 mL は、*n*- およびイソバレラルデヒドを 100  $\mu\text{g}$  を含む。

⑧ アクリルアルデヒド-DNPH 標準原液：アクリルアルデヒド-DNPH<sup>3)</sup> 42.1 mg をとり、アセトニトリルに溶かして 100 mL とする。この溶液 1 mL は、アクリルアルデヒドを 100  $\mu\text{g}$  を含む。

⑨ アセトン-DNPH 標準原液：アセトン-DNPH<sup>3)</sup> 41.0 mg をとり、アセトニトリルに溶かして 100 mL とする。この溶液 1 mL は、アセトン 100  $\mu\text{g}$  を含む。

⑩ アルデヒドおよびケトン類-DNPH 混合標準溶液：アルデヒドおよびケトン類-DNPH の標準原液各 1 mL を全量フラスコ (10 mL) に入れ、アセトニトリルを加えて 10 mL とする。この溶液 1 mL は、測定対象物質 10  $\mu\text{g}$  を含む。

【装置および器具】① 高速液体クロマトグラフ：UV 検出器付き

② 試料捕集管：2,4-DNPH 1 mg 程度の一定量を粒径 50 ~ 250 μm 程度の粒状シリカゲル 350 mg 程度に被覆し、樹脂製の管（10 mm i. d. × 20 mm 程度）に充てんしたもので、両端を密閉できる構造のもの<sup>5)</sup>

③ オゾンスクラバー：捕集管の先端に装着でき、オゾンを除き、アルデヒド類に影響を及ぼさないもの<sup>6)</sup>

【試料の採取】 試料捕集管およびオゾンスクラバーを開封し<sup>7)</sup>、4.4.1. 13 捕集剤による乾式採取 図 4.4.1-17 のように試料捕集管、吸引ポンプおよびガスメーターを直列に接続し、0.1 L/min 程度の流量で 24 時間、または 1 L/min で 30 分吸引して試料を試料捕集管に捕集する<sup>8)</sup>。捕集管は 2 本を 2 連にして使用する。試料採取後、捕集管を密栓し、密封容器に保存する。また、トラベル試験用として、試料採取用の捕集管と同様に持ち運び取り扱う。

【試料溶液の調製】 1 段目の試料捕集管の両端の栓を取りはずしたのち、上部に注射筒を装着し<sup>9)</sup>、任意の抽出溶液を加え、1 mL/min 程度の流速で溶出する<sup>10)</sup>。例えば、注射筒にアセトニトリル 5 mL を入れ、全量フラスコまたは目盛り付き試験管に溶出し、アセトニトリルで全量 5 mL とする。2 段目の捕集管についても同様に操作する<sup>10)</sup>。別に用意した未使用の試料捕集管およびトラベルブランク用試料捕集管およびについて同様に操作し、空試験溶液およびトラベルブランク溶液とする。

#### 【操作】

##### 高速液体クロマトグラフィーの条件

カラム：内径 3~5 mm、長さ 150~250 mm のステンレス管にオクタデシルシリル基 (ODS) を化学結合させたシリカゲル（粒径 3.5~10 μm）を充填したもの。またはこれと同様の分離性能を持つもの<sup>11)</sup>。

以下に分析条件の一例を示す。

カラム：シリカゲルにトリアコンチル基 (C30) を化学結合させたもの (4.6 mm i.d. × 250 mm)

カラム温度：37°C

移動相：A 液；メタノール・水 (70 : 30)

B 液；メタノール

リニアグラジエントの条件

min	A (%)	B (%)
0	90	10
16	90	10
35	10	90

流速：0.6 mL/min

検出器：UV 検出器 (360 nm)

定量：試験溶液の一定量を高速液体クロマトグラフに注入し、得られたピーク面積を検量線に照らし各アルデヒドおよびアセトン量 (μg) を求める。空試験溶液およびトラベルブランク溶液について同様に操作し、各アルデヒドおよびアセトン量 ( $a_0$  μg) を求める。

検量線の作成：各アルデヒドおよびケトン-DNPH 混合標準溶液 (各 10 μg/mL) をアセトニトリルの 0~2 mL を段階的に全量フラスコにとり、アセトニトリルを加えて 10 mL とする。混合標準溶液の一定量を高速液体クロマトグラフに注入し、得られたピーク面積と量 (μg) との関係から検量線を作成する。

計算：試料空気中の各アルデヒドおよびアセトン濃度 (ppm) は次式から求める。

各アルデヒドおよびケトン類 (ppm)

$$= \frac{22.4 \times (a - a_0)}{M \times V \times \frac{273}{273 + t}}$$

$a$ ：試料溶液中の各アルデヒドおよびアセトン量 (μg)

$M$ ：各アルデヒドおよびケトンの分子量

$V$ ：吸引空気量 (L)

$t$ ：温度 (°C)

#### 【注解】

1) 試料を DNPH 含浸シリカゲルを充てんした捕集管に吸引し、試料中のアルデヒドおよびケトン類をヒドラゾン誘導体として濃縮・捕集し、アセトニトリルで抽出したのち、HPLC を用いて測定するもので環境省「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」2019 年 3 月 (文献 1)、および「室内空气中化学物質の測定マニュアル (統合版)」2025 年 1 月に準じた方法である (文献 2)。

2) 高速液体クロマトグラフに注入したとき、アルデヒドおよびケトン類の保持時間にピークを与えないものを使用する。

3) ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド等のアルデヒド類およびケトン類の誘導体を生成することもできる：ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、プロピオンアルデヒド、*n*-ブチルアルデヒド、イソブチルアルデヒド、*n*-バレルアルデヒド、イソバレルアルデヒド、アクリルアルデヒドおよびアセトンの 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体 (-DNPH)：DNPH 1 g および H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 mL をエタノールに溶解したものに、各アルデヒドおよびアセトンを 5 mmol 相当量ずつ、すなわちホルムアルデヒド (150 mg)、アセトアルデヒド (220 mg)、プロピオンアルデヒド (290 mg)、*n*-ブチルアルデヒド (360 mg)、イソブチルアルデヒド (360 mg)、*n*-バレルアルデヒド (430 mg)、イソバレルアルデヒド (430 mg)、アクリルアルデヒド (280 mg) およびアセトン (290 mg) を 5 mL のエタノールに溶解して加え、よく振り混ぜて放置する。生成した結晶をろ過してとり、水で洗い、エタノールから再結晶を繰り返す。再結晶したものは、デシケーターに保存する。

4) DNPH 誘導体化反応により生成するアセトアルデヒド-DNPH の異性体は、<sup>1</sup>H-qNMR 法により精度よく定量することができる (文献 3)。

5) 試料捕集管は捕集時以外は両端に栓をし、試料ガス捕集の前後を問わず保存および運搬時は遮光すること。市販品として Sep-Pack DNPH-silica, LpDNPH, DNPH アクティブガスタンブなどがある。

6) 大気中に存在しているオゾンは、捕集後のヒドラゾン誘導体を分解することが知られており、捕集に際してはオゾンスクラバーを装置する必要がある。市販品のオゾンスクラバーもある。

7) 密閉されていない捕集管は周辺の空気により汚染を受けるので、接続や取りはずしの作業は速やかに行う。

8) 捕集管を室外に設置する場合はアルミ箔などを巻き付けることにより遮光する。水が凝縮するおそれのあるときには、オゾンスクラバー、捕集管を気温よりやや高めに加温する。試料を採取した捕集管は速やかに抽出操作を行う。

9) 溶出に用いる器具などはあらかじめアセトニトリルを加えて洗浄し、清浄な場所で乾燥する。溶出操作も同様に清浄な場所で行う。

10) 溶出速度が速すぎると、アルデヒド類のヒドラゾン誘

導体の回収率が低下するので、通常 1~2 mL / min 程度の流速にする。溶出量は 4~5 mL 程度が一般的であるが、使用する捕集管により異なるためあらかじめ検討しておく。

11) ODS シリカを用いる HPLC 分析では、ノルマルブチルアルデヒド-DNPH とイソブチルアルデヒド-DNPH を分離できない。シリカゲルにトリアコンチル基 (C30) を化学結合させた充てん剤を使用し、グラジエント溶出法により 2 物質の分離が可能。市販品に Wakosil-DNPH がある。図 I に高速液体クロマトグラムの例を示した。

## 文 献

- 1) 「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」, 環境省 (2019)
- 2) 「室内空气中化学物質の測定マニュアル (統合版)」, 厚生労働省 (2025)
- 3) 田原麻衣子ら : 薬学雑誌, 138, 551 (2018)

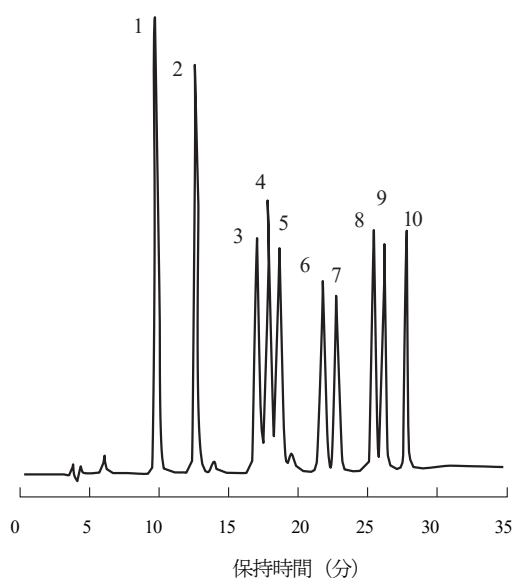


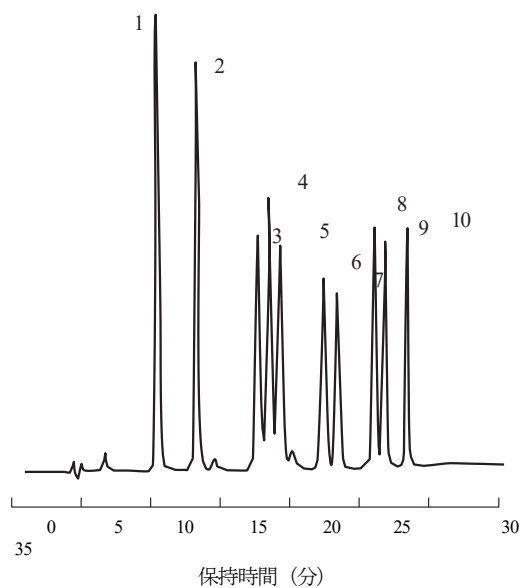
図 I アルデヒド及びケトン類・DNPH の高速液体クロマトグラム

1:ホルムアルデヒド, 2:アセトアルデヒド, 3:プロピオンアルデヒド, 4:アクロレイン, 5:アセトン, 6:イソブチルアルデヒド, 7: *n*-ブチルアルデヒド, 8:クロトンアルデヒド, 9:イソバレルアルデヒド, 10: *n*-バレルアルデヒド

表 I 悪臭防止法施行令悪臭防止法における規制基準

(2025 年現在)

悪臭物質	基準 (ppm)
1 アンモニア	1~5
2 メチルメルカプタン	0.002~0.01
3 硫化水素	0.02~0.2
4 硫化メチル	0.01~0.2
5 二硫化メチル	0.009~0.1
6 トリメチルアミン	0.005~0.07
7 アセトアルデヒド	0.05~0.5
8 プロピオンアルデヒド	0.05~0.5
9 <i>n</i> -ブチルアルデヒド	0.009~0.08
10 イソブチルアルデヒド	0.02~0.2
11 <i>n</i> -バレルアルデヒド	0.009~0.05
12 イソバレルアルデヒド	0.003~0.01
13 イソブタノール	0.9~20
14 酢酸エチル	3~20
15 メチルイソブチルケトン	1~6
16 トルエン	10~60
17 スチレン	0.4~2
18 キシレン	1~5
19 プロピオン酸	0.03~0.2
20 ノルマル酪酸	0.001~0.006
21 ノルマル吉草酸	0.0009~0.004
22 イソ吉草酸	0.001~0.01



図I アルデヒド及びケトン類・DNPH の高速液体クロマトグラム

1 : ホルムアルデヒド, 2 : アセトアルデヒド, 3 : プロピオンアルデヒド, 4 : アクロレイン, 5 : アセトン, 6 : イソブチルアルデヒド, 7 : *n*-ブチルアルデヒド, 8 : クロトンアルデヒド, 9 : イソバレルアルデヒド, 10 : *n*-バレルアルデヒド

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
酒井 信夫	環境化学物質 室内濃度指針値	レギュラトリー サイエンス研究会	実例から学ぶ レギュラトリー サイエンス	株式会社 じほう	東京	2025	194- 197
東 賢一	第1章 環境汚染と健康 影響の基礎 第4章 環境汚染の評価 と対策 第6章 予防原則	東 賢一 水越 厚史	事例で読み解 く 環境汚染 と健康リスク —大気汚染か ら気候変動, マイクロプラ スチックまで —	朝倉書店	東京	2025	192

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
田原 麻衣子, 大貫 文, 角田 徳子, 大泉 詩織, 千葉 真弘, 酒井 信夫, 五十嵐 良明.	室内空气中VOCおよび フタル酸エステル類の 分析におけるカーボン系 捕集管の適用性	室内環境	28	7-16	2025
Tahara M, Chiba M, Oizumi S, Onuki A, Saito I, Tanaka R, Yamanouchi T, Sakai S.	Validation study for establishing a standard test method for volatile organic compounds in indoor air in Japan using thermal desorption	BPB Reports	8	38-42	2025
Onuki A, Tahara M, Sakai S, Takagi M, Tanaka R, Muraki S, Saito I, Chiba M, Oizumi S, Ohno H, Wakayama T, Jinno H.	Validation study to establish a standard test method for phthalate in indoor air in Japan using thermal desorption	BPB Reports	8	138-142	2025
Yoshitomi T, Nishi I, Nakano F, Uemura H, Tahara M, Sakai S.	Occurrence of benzotriazole- based UV absorbers in Japanese household dust	BPB Reports	9	8-14	2026

Muta R, Ishizuka C, Li C, Yoo SJ, Ito K.	A numerical simulation-based reproducibility investigation and visualization of NSF/ANSI 49 safety performance testing of biological safety cabinets	Building and Environment	270	112498	2025
Khoa ND, Nita K, Kuga K, Ito K.	Oral configuration-dependent variability of the metrics of exhaled respiratory droplets during a consecutive coughing event	Computer Methods and Programs in Biomedicine	261	108601	2025
Fernandez KB, Itokazu R, Ito K.	Occupant-centric multicriteria optimization of hybrid personalized HVAC system: Impact of supply inlet layout and returning airflow rate	Energy and Buildings	333	115494	2025
Kuga K, Zhu J, Wargocki P, Ito K.	The effects of air temperature and background CO <sub>2</sub> concentration on human metabolic CO <sub>2</sub> emissions	Building and Environment	276	112857	2025
Ruth O, Kuga K, Yanagi U, Wargocki P, Ito K.	Modeling of inhalation exposure to transmitted droplets at different interpersonal distances and postures in indoor environments	Indoor Environments	2	100091	2025
Itokazu R, Kabanshi A, Kuga K, Ikegaya N, Ito K.	Exploring ventilation efficiency through scalar transport equations with existing and new CFD-based indices	Building and Environment	277	112942	2025

Wang X, Gomyo T, Sotokawa H, Ito K.	Energy saving effects of integrated implementation of a multi-layered heat exchange duct and energy recovery ventilation system	Energy and Buildings	337	115679	2025
Ruth O, Kuga K, Ito K.	Subjective and objective measurement of Indoor Environmental Quality and occupant comfort in a multinational graduate student office	Environments	12 (4)	117	2025
Abouelhamda IMS, Kuga K, Saito K, Takai M, Kikuchi T, Ito K.	Experimental and computational predictions of odorant transport dynamics from indoor environment to olfactory tissue	Sustainable Cities and Society	126	106397	2025
Park HG, Yoo SJ, Sumiyoshi E, Harashima H, Kuga K, Ito K.	Skin surface boundary conditions for dermal exposure assessment using computer simulated person	Building and Environment	281	113188	2025
Khoa ND, Kuga K, Ito K.	Comprehensive integration framework of CFD – Local and Whole-Body hybrid PBPK in indoor chemical exposure modeling: An inhalation exposure study	Sustainable Cities and Society	128	106463	2025
Kabanshi A, Andersson H, Sundberg M, Senkic D, Itokazu R, Ito K, Sandberg M.	Performance of the new spatiotemporal airborne infection risk model across varied indoor air flowrates: An experimental study	Building and Environment	281	113192	2025

Suda Y, Kuga K, Khoa ND, Ito K.	Computational fluid-particle dynamics method in predicting the particle aspiration and deposition in the comprehensive monkey respiratory tract	Computers in Biology and Medicine	196	110664	2025
Dong Q, Kuga K, Khoa MD, Ito K.	In silico determination of temporal viral load in the saliva and exhaled droplets from the oral cavity	Computers in Biology and Medicine	196	110692	2025
Ruth O, Kuga K, Ito K.	Is exhaled carbon dioxide an appropriate tracer for assessing airborne transmission risk?	Building and Environment	285	113560	2025
Chung J, Wang X, Sotokawa H, Yoo SJ, Ito K.	Locally alternating layout of heat exchange and adiabatic surfaces to improve heat exchange efficiency in duct	International Journal of Ventilation	25	1-27	2025
Abouelhamd IMS, Kuga K, Mansuy T, Ito K.	Respiratory retention of 35 toxicants from E-Cigarette gaseous emissions: Comprehensive numerical study	Building and Environment	285	113663	2025
Inoue K, Hirabayashi Y, Azuma K.	Detailed hazard assessment of ethylbenzene to establish an indoor air quality guideline in Japan	Environmental Health and Preventive Medicine	30	34	2025
Watai K, Taniguchi M, Azuma K.	The gut–brain–immune axis in environmental sensitivity illnesses: Microbiome-centered review of fibromyalgia syndrome, myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome, and multiple chemical sensitivity	International Journal of Molecular Sciences	26	9997	2025

<p>Oshima N, Uchiyama N, Sakai S.</p>	<p>Comparison of helium– alternative carrier gases for thermal desorption–gas chromatography–mass spectrometry of official test methods for indoor air quality guidelines in Japan</p>	<p>BPB Reports</p>	<p>9</p>	<p>15-18</p>	<p>2026</p>
---	--	--------------------	----------	--------------	-------------

厚生労働大臣 殿

機関名 国立医薬品食品衛生研究所

所属研究機関長 職 名 所長

氏 名 齋藤 嘉朗

次の職員の令和7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 化学物質リスク研究事業

2. 研究課題名 室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 食品添加物部・第三室長

(氏名・フリガナ) 酒井 信夫・サカイ シノブ

## 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"/>	国立医薬品食品衛生研究所	<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) 未審査の場合は、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。

厚生労働大臣  
(国立医薬品食品衛生研究所長) 殿  
(国立保健医療科学院長)

機関名 名城大学  
所属研究機関長 職名 学長  
氏名 野口 光宣

次の職員の令和7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 化学物質リスク研究事業
2. 研究課題名 室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究
3. 研究者名 (所属部署・職名) 薬学部・教授  
(氏名・フリガナ) 神野 透人

#### 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) 未審査の場合は、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。

厚生労働大臣  
(国立医薬品食品衛生研究所長) 殿  
(国立保健医療科学院長)

機関名 早稲田大学

所属研究機関長 職名 総長

氏名 田中 愛治

次の職員の(元号) 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 化学物質リスク研究事業

2. 研究課題名 室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 早稲田大学 創造理工学部・教授

(氏名・フリガナ) 田辺 新一・タナベ シンイチ

## 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。

厚生労働大臣 殿

機関名 国立大学法人九州大学

所属研究機関長 職名 総長

氏名 石橋 達朗

次の職員の令和6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 化学物質リスク研究事業

2. 研究課題名 室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

3. 研究者名 (所属部局・職名) 九州大学総合理工学研究院・教授

(氏名・フリガナ) 伊藤 一秀・イトウ カズヒデ

## 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) 未審査の場合は、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。

厚生労働大臣 殿

機関名 近畿大学  
所属研究機関長 職名 学長  
氏名 松村 到

次の職員の令和7年度厚生労働行政推進調査事業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 化学物質リスク研究事業
2. 研究課題名 室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究
3. 研究者名 (所属部署・職名) 近畿大学医学部 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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	近畿大学医学部 (代表機関一括審査)	<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) 未審査の場合は、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。

厚生労働大臣 殿

機関名 国立医薬品食品衛生研究所

所属研究機関長 職名 所長

氏名 齋藤 嘉朗

次の職員の令和7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 化学物質リスク研究事業

2. 研究課題名 室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活衛生化学部・主任研究官

(氏名・フリガナ) 大嶋 直浩・オオシマ ナオヒロ

## 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。

令和8年3月18日

厚生労働大臣 殿

機関名 横浜薬科大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 都築 明寿香

次の職員の令和7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 化学物質リスク研究事業
2. 研究課題名 室内空気汚染化学物質対策の推進に資する総合的研究
3. 研究者名 (所属部局・職名) 薬学部 健康薬学科 環境科学研究室 教授  
(氏名・フリガナ) 香川 聡子 カガワ・トシコ

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) 未審査の場合は、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。