

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 生活衛生化学部 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6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
千葉 真弘	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
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
仲野 富美	神奈川県衛生研究所
田中 礼子	横浜市衛生研究所

村木 沙織	横浜市衛生研究所
篠田 愛華	名城大学薬学部
小林 葵々	名城大学薬学部
小池 南々葉	名城大学薬学部
天野 真怜	名城大学薬学部
岡庭 めぐみ	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

A. 研究目的

A1: 室内空气中化学物質の標準試験法の整備

① 「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」の作成

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）が示す室内空气中化学物質の採取方法と測定方法は、平成13年に通知された方法であり、サンプリング・分析機器等の技術進展に応じた測定方法のリバイスが必要である。また、平成13年以降に室内濃度指針値が設定された化学物質については、暫定版として示していたものであった。このような背景から、室内濃度指針値の設定された化学物質の標準試験法の改良法を確立し、「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」を作成した。

② 室内濃度指針値が設定された準揮発性有機化合物の固相吸着-溶媒抽出-液体クロマトグラフィー/質量分析法の開発

「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」には、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の標準キャリアガスにはヘリウムが汎用されているが、昨今のヘリウムガス供給不足により

代替試験法の開発が求められている。本研究ではSVOCの一斉分析法として、既存の2つの方法とは別に、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)の開発を目的とした。

③ 室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）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

「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」には揮発性有機化合物(VOC)の測定方法として第2法に固相吸着-加熱脱離-ガスクロマトグラフィー/質量分析法が掲載されており、VOC類の市販捕集管が数種類例示されている。捕集管はそれぞれの特性に応じて、測定対象となる化合物との相性が異なることから、本研究では、それらの適用性について検証を行った。

④ 室内環境中のベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の試験法開発および実態調査

ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤(BUVSs)は熱や光に安定であることから、様々なポリマーに使用されてきたが、それらの一部は国内外で規制対象となっている。環境中におけるBUVSsの存在については、生物の体内からも検出された事例が報告されていることから、その汚染が懸念されている。本研究では、室内環境中のBUVSsについてLC-MS/MSによる測定法を開発し、国内の一般居住住宅における実態調査を行った。

A2: TVOC構成成分のデータベース構築

室内空气中の総揮発性有機化合物(TVOC; Total Volatile Organic Compounds)は、無極性カラムを用いるガスクロマトグラフィーにおいて、*n*-ヘキサンから*n*-ヘキサデカンの中に溶出する化合物の総和をToluene相当量として表したものである。総体的な空気質の指標としての有効性は確立しており、現在、室内空气中のTVOCには400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の暫定目標値が設定されている。一方、ヒトに対する健康影響については、TVOCとの間で直接的な因果関係

が示されているわけではない。したがって、多種多様なVOCの混合物であるTVOCとその健康影響の関連性を調べるためには、あらかじめTVOC構成成分の有害性情報を収集し、GC分析における溶出挙動と関連付けておくことが現実的なアプローチであると考えられる。本研究では、室内空気中の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た。

A3: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化

シックハウス検討会が継続的に開催され、室内濃度指針値の見直しや新たな規制汚染物質が検討されている。本研究では、関連する国際会議に参加し、諸外国における室内空気質の標準試験法に関する情報収集を行うことを目的とした。また、室内における有機フッ素化合物およびSVOC濃度を測定し、オフィス空間での室内空気環境評価を試行した。

A4: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

シックハウス検討会における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した。

A5: ハザード情報収集および国際的な規制動向の調査

本分担研究課題においては、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、我が国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VOCを含む関連物質について、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室内濃度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する。また、第三には、国内居住環境に関する以前の調査から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した。

A6: 室内空気中化学物質の新規試験法の開発

室内空気中化学物質の測定マニュアル（統合版）に示される平常実態把握法は、日常生活を営みながら室内空気を24時間採取することが求められている。しかしながら、化学物質の放散特性によっては適切な採取時間が異なる可能性がある。本分担研究課題では、平常実態把握法としてより適切な試料採取時間について検討する目的で、24時間捕集する標準試験法と4時間捕集を6回繰り返す分割捕集法を比較した。

A7: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化

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て、既存の室内濃度指針値策定物質の測定法について、最新の分析技術を基に汎用性の高い標準試験法に改訂し、公表する。

B. 研究方法

B1: 室内空気中化学物質の標準試験法の整備

① 「室内空気中化学物質の測定マニュアル（統合版）」の作成

これまで段階的に発出された複数の通知に記載される室内空気中化学物質の標準試験法（試料採取方法および測定方法）の統合作業を行った。

② 室内濃度指針値が設定された準揮発性有機化合物の固相吸着-溶媒抽出-液体クロマトグラフィー/質量分析法の開発

室内濃度指針値が設定されているクロルピリホス、フェノブカルブおよびダイアジノン、DnBPおよびDEHPに7種のフタル酸エステル類を加えた計12物質を測定対象とし、LC/MSの分析条件、溶媒抽出条件等を詳細に検討し、検量線・検出下限値・定量下限値・回収率等を評価した。

- ③ 室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）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

室内濃度指針値が設定された化学物質、初期リスク評価の終了した化学物質を含むVOC類53物質の測定について、Tenax®GR捕集管、Tenax®TA捕集管、およびCarbotrap™-217捕集管(Or217捕集管)を用いて、真度・併行精度・キャリーオーバーに関する検量線の妥当性評価を実施し、それらの適用性について検証した。

- ④ 室内環境中のベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の試験法開発および実態調査

BUVSs 8物質について、LC-MS/MSによる測定法ならびにハウスダスト(HD)からの精製方法を開発し、国内の一般居住住宅における実態調査を行った。

B2: TVOC構成成分のデータベース構築

VOCs 87化合物を選定し、衛生試験法・注解2020 追補2024および室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）に基づいて実際に加熱脱離-ガスクロマトグラフ-質量分析計(TD-GC-MS)による分析を行い、保持指標(RI)に関する情報を取得した。また、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。

B3: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化

2024年9月に開催されたISO TC146/SC6 Plenary MeetingおよびWorking Groupに参加して標準試験法の国際規格化について協議した。室内における有機フッ素化合物およびSVOCの濃度測定については、室内空気・HD中の濃度を測定した。オフィス実験室における室内空気環境測定評価システムを試行した。

B4: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

局所生理的薬物動態(PBPK)モデルを汎用的な気道曝露解析に適用するため、健康影響が懸念される106種類の化学物質を対象としてモデルパラメータの整理を行った。

B5: ハザード情報収集および国際的な規制動向の調査

- 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WHO本部、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。

- 2) ハザード情報

室内空気汚染化学物質に関して、刺激性や感作性、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およびNOELやLOAEL等の情報収集を行った。

- 3) アンケート調査

2025年1月～2月にかけて、全国規模のアンケート調査により実施した。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つを用意した。調査対象者の選定は、全国8地区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、世帯主を委託業者の登録モニターから2,000名の調査規模で層化無作為抽出した。世帯主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、一人暮らし世帯も対象に含めた。

B6: 室内空气中化学物質の新規試験法の開発

捕集剤には、Tenax TA捕集管を使用した。標準試験法（平常実態把握法）は、室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）に準じて、日常生活を営みながら室内の空気を流速2 mL/minで24時間捕集した。分割捕集法は、自動連続サンプラーを用いて、標準試験法と同時に流速2 mL/minで4時間ずつ計6回、同量の体積を捕集した。

B7: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化

室内濃度指針値設定物質であるフタル酸ジ-*n*-ブチルおよびフタル酸ジ-2-エチルヘキシルについては、屋外空气中の粒子状物質に吸着して検出されるレベルは極めて低いが、室内空气中では粒子状物質・微小粒子状物質に吸着して存在する。したがって、室内空气中の粒子状物質はSVOCの最高濃度を増大させるとともに、肺深部にまで到達可能な状態で空气中に存在させるいわばCarrierとしての役割を果たす。本分担研究課題では、室内濃度指針値設定物質のばく露媒体として重要な役割を果たす粒子状物質の採取方法の見直しを行った。

（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扱うものではなく、研究倫理委員会などに諮る必要が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

C1: 室内空气中化学物質の標準試験法の整備

① 「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合

版）」の作成

シックハウス検討会では、これまで室内濃度指針値が設定された化学物質やTVOCの標準的測定方法を示してきたが、先行研究課題の成果をとりまとめて、「室内空气中の化学物質の測定マニュアル（統合版）」として整備した。

② 室内濃度指針値が設定された準揮発性有機化合物の固相吸着-溶媒抽出-液体クロマトグラフィー/質量分析法の開発

室内濃度指針値の設定されたSVOCを同時分析する分離・分析条件を確立し、検出感度として十分な定量下限値が得られた。また、添加回収試験および安定性試験においても良好な結果が得られた。

③ 室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）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

評価結果が最も良好だった検量線は「5 ng–50 ngの4点検量線（定量範囲 5 ng–50 ng）、重み付け有」であった。「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」に示される測定方法に従い3種類の捕集管の定量下限値および検出限界値を算出したところ、測定マニュアル（統合版）において標準的測定方法を示している室内濃度指針値策定化学物質については、いずれの捕集管においても室内濃度指針値の1/10値を十分に下回る数値であった。

④ 室内環境中のベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の試験法開発および実態調査

LC-MS/MSは、ダイナミックレンジと回収率の安定性から大気圧化学イオン化法を選択した。HDの精製法としては、順相系の固相抽出カラムがBUVSsを強力に保持し、溶出にバックフラッシュを用いることで定量的に溶出可能なことが示された。実態調査の結果からは、我が国の一般居住住宅のHDにBUVSsが常在する可能性が示唆された。

C2: TVOC構成成分のデータベース構築

VOCs 87化合物のRIと有害性情報の関連付けを行った。

C3: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化

我が国の標準試験法の国際規格化としては、ISO16000-33: 2024 Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)が2024年7月2日に公開された。フタル酸エステル類以外の分析方法の規格化の可能性に関しては研究班で検討中である。アクロレインに関しては、国内での発生源や課題に関して整理を行う必要がある。室内における有機フッ素化合物については、室内気中濃度は検出限界以下（4 ng以下）であったが、ハウスダスト中からは4種類の有機フッ素化合物が検出された。DBP, DEHPの気中濃度は指針値よりかなり低い値であったが、シックハウス検討会で初期リスク評価が行われた2E1H, TMPD-MIB, TMPD-DIBは測定場所によって大きな差が見られた。これらの物質は仕上げ材として使用している水性ペイント、壁紙、PVC床材から放散されていることが推測される。TMPD-MIB, TMPD-DIBはフタル酸エステル類の代替物質として使用が増えている可能性もある。今後、ハウスダスト中濃度と現場測定装置などを用いて、室内における仕上げ材からの放散量を測定する必要がある。

C4: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

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ことが確認されたが、その一方で、芳香族や脂肪族といった分類毎にみれば、類似したモデルパラメータ値となっている化学物質も多かった。より詳細に分析することで、未規制の化学物質を対象とした経気道暴露リスク評価のための内部境界濃度予測を段階的に行うための、適切なモデルパラメータ設定が議論できる可能性があると考えられた。

C5: ハザード情報収集および国際的な規制動向

の調査

1) 国際的な規制動向の調査

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。2024年度において、WHOからは新たな動きはみられなかった。2024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新たに公表された室内空気質ガイドラインはなかった。

WHOの国際がん研究機関による発がん性分類のアップデートのうち、2024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。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物質の検討が予定されている。

2) ハザード情報

網羅的に収集した有害性情報をもとに、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル, ジプロピレングリコール, D-リモネン, α -ピネン, n-ヘキサン, n-ヘプタン, 3-エチルトルエン, アクリロニトリル, メントール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、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル, ジプロピレングリコール, 3-エチルトルエン, メントールについては、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, 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。なお、アクリロニトリルに関しては、動物実験で発がん性に関する十分な証拠があり、ヒトの疫学研究でも発がん性が報告されていることから、多数の評価機関がユニットリスクを算出していた。また、IARCは2024年にアクリロニトリルの発がん性をグループ1に分類した。現時点では、IARCのモノグラフが公開さ

れておらず、発がん性に関する最新の知見に基づく発がん性の評価を行うのは時期早々であることから、各評価機関が算出したユニットリスクをまとめるにとどめた。

3) アンケート調査

世帯調査票については、2,063世帯から回答を得た。また、個人調査票については、4,378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。調査結果の集計及び解析については、次年度に実施予定である。

C6: 室内空气中化学物質の新規試験法の開発

一般居住住宅3軒における室内空気を標準試験法及び分割捕集法で同時に採取した。2法におけるTVOC濃度の一致率はそれぞれ80~85%であり、標準試験法の測定値と分割捕集法の合算値が概ね同等であったことから、標準試験法に規定される採取時間が妥当であることが示された。

測定対象とした50種のVOCのうち、Nonanal, Decanal, 及びTetradecaneでは、分割捕集法において均等に分割されたことから定常型の放散特性を示した。D5やLimoneneはセグメントによって変動が認められ、これらが含まれる製品の使用によって瞬時型の放散特性を示した可能性がある。 α -Pineneは、住宅ごとに異なる変動パターンであったことから、 α -Pineneは瞬時型と定常型との混合型の放散特性を示した。

C7: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化

空気中の粒子状物質の採取方法について、最新の分析技術を基に汎用性の高い標準試験法に改訂した。すなわち、現在汎用されている採取装置・採取資材を用いる方法に改め、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まとめた。改訂した2編は日本薬学会第145年会にて公表、ならびに日本薬学会編 衛生試験法・注解 2020 追補 2025 に記載した。

D. 結論

D1: 室内空气中化学物質の標準試験法の整備

① 「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」の作成

「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」は、先行研究課題の分担研究課題の成果を総括したものであり、シックハウス検討会の中間報告書—第24回~第28回までのまとめ（別紙5）として提示され、令和7年1月17日付で厚生労働省医薬局医薬品審査管理課長より通知された。

② 室内濃度指針値が設定された準揮発性有機化合物の固相吸着-溶媒抽出-液体クロマトグラフィー/質量分析法の開発

室内濃度指針値の設定されたSVOCを同時分析する分離・分析条件を確立し、検出感度として十分な定量下限値が得られた。また、添加回収試験および安定性試験においても良好な結果が得られた。今後は多機関バリデーション試験により標準試験法としての妥当性を検証する。

③ 室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）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

加熱脱離法によるVOC類53物質の測定に関し、Tenax®GR捕集管、Tenax®TA捕集管、およびOr217捕集管の3種類の捕集管を用いて真度および併行精度、並びにキャリーオーバーに関する検量線の妥当性評価を実施した。妥当性評価を行った検量線のうち、最適と考えられた検量線を用い、3種類の捕集管にて「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」に示された方法に従って定量下限値および検出限界値を算出したところ、測定マニュアル（統合版）において標準的測定方法を示している室

内濃度指針値策定化学物質については、いずれの捕集管においても室内濃度指針値の1/10値を十分に下回る数値であった。

④ 室内環境中のベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の試験法開発および実態調査

BUVSs 8成分のLC-MS/MSによる分析法とHDからの精製法を検討した。LC-MS/MS分析では、ダイナミックレンジの広さと、回収率の安定性からAPCIを選択した。精製法では、Sep-pak alumina BがBUVSsを強力に保持し、溶出にバックフラッシュを用いることで定量的に溶出可能なことが分かった。構築した条件を用いたHDの実態調査から、BUVSsは日本の一般居住住宅のHDに常在する可能性が示唆された。

D2: TVOC構成成分のデータベース構築

本研究では、VOCs 87化合物について、衛生試験法・注解 2020 追補 2024 および室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）に記載された標準的なTD-GC-MS法による分析を行い、保持時間を基にRI値を導出した。さらに、対象化合物について、「政府によるGHS分類結果」を基に有害性情報を取り纏め、各VOCsにAnnotationとしてRI値と有害性情報を付与した。引き続き対象化合物を拡大してTD-GC-MS法におけるRI値および有害性情報を取得することによって、VOCsの健康影響の観点から室内空气中化学物質のリスク評価等に資するデータを取得することが可能になるものと考えられる。

D3: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化

我が国の標準試験法の国際規格化としては、ISO16000-33: 2024 Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)が2024年7月2日に公開された。アクリロレインに関しては、国内での発生源や課題に関して整理を行う必要がある。室内における有機フッ素

化合物及びSVOC物質については、気中ではなくハウスダスト中に存在していることが分かった。また、測定場所によって2E1H, TMPD-MIB, TMPD-DIBの気中濃度が高かったことから、室内での放散源を把握する必要がある。オフィスにおける空気環境評価の試行としては、測定の安定化とシステム構築を行う必要がある。

D4: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

研究初年度である本年度は、106種類の化学物質を対象として、経気道暴露評価のための局所PBPモデルのモデルパラメータを同定し、その結果を整理した。

D5: ハザード情報収集および国際的な規制動向の調査

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。2024年度においては、WHOからは新たな動きはみられなかった。また、2024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新たに公表された室内空気質ガイドラインはなかった。なお、発がん性に関してIARCは、今年度において、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、タルクとしてグループ2Aに格上げされた。アクリロニトリルはグループ2Bからグループ1に格上げとなった。

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、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル、ジプロピレングリコール、D-リモネン、 α -ピネン、n-ヘキサン、n-ヘプタン、3-エチルトルエン、アクリロニトリル、メントールの9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、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル、ジプロピレングリコー

ル、3-エチルトルエン、メントールについては、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。アクリロニトリルについては、IARCが2024年にグループ1に分類しており、各評価機関が算出したユニットリスクをとりまとめた。

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した。世帯調査票については2,063世帯、個人調査票については4,378名から回答を得た。調査結果の集計及び解析については、次年度に実施予定である。

D6: 室内空气中化学物質の新規試験法の開発

TVOCの測定に関しては、標準試験法の測定値と分割捕集法の合算値が概ね同等であったことから、標準試験法に規定される採取時間が妥当であることが示された。個別VOCの測定に関しては、定常型、瞬時型及びその混合型に大別され、定常型に関しては空気採取時間4時間でも一定の評価は可能と考えられるが、瞬時型や混合型に関してはVOCの放散量が生活の営みに大きく起因するため、現行の24時間採取が規定されている標準試験法による評価が必須であると判断された。

D7: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化

室内濃度指針値設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、室内空气中でガス状としてよりはむしろ粒子状物質に吸着して存在するフタル酸-ジ-n-ブチルおよびフタル酸ジ-2-エチルヘキシルをはじめとするSVOCs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となる。

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) Yoshitomi T, Nishi I, Uemura H, Tahara M, Sakai S: Simultaneous analysis of insecticides and phthalates in residential buildings based on Japan's indoor air quality guidelines, *BPB Reports*, **7**, 85-89 (2024)
- 2) 千葉 真弘, 兼俊 明夫, 大泉 詩織, 田原 麻衣子, 酒井 信夫: 除湿管を使用した室内空气中揮発性有機化合物分析を想定した添加回収試験, *室内環境*, **27**, 107-117 (2024)
- 3) 金 炫兌, 田辺 新一: マイクロチャンバーを用いた準揮発性有機化合物の現場測定方法開発, *日本建築学会環境系論文集*, **Vol. 89**, No. 820, pp.351-357 (2024)
- 4) Akamatsu N, Sugano S, Amada K, Tomita N, Iwaizumi H, Takeda Y, Wargocki P, Olesen BW, Tanabe S: Effects of a gas-phase air cleaner in removing human bioeffluents and improving perceived air quality, *Building and Environment*, **257**, 111540 (2024)
- 5) Park HG, Yoo SJ, Seo J, Sumiyoshi E, Harashima H, Kuga K, Ito K: Integration of computer-simulated persons with multi-node thermoregulation model that considers the effect of clothing for skin surface temperature distribution analysis, *Building and Environment*, **248**, 111105 (2024)
- 6) Kuga K, Kizuka R, Abouelhamd I, Ito K: Aspiration efficiency and respiratory tract deposition of indoor suspended micro-particles during steady and transient breathings, *Building and Environment*, **249**, 111114 (2024)
- 7) Li H, Khoa ND, Kuga K, Ito K: In silico identification of virus loads in cough-generated

- droplets - Seamless integrated analysis of CFPD-HCD-EWF, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **246**, 108073 (2024)
- 8) Abouelhamd I, Kuga K, Yoo SJ, Ito K: Effect of Crowd Density, Wind Direction, and Air Temperature on the Formation of Individual Human Breathing Zones in a Semi-outdoor Environment, *Sustainable Cities and Society*, **103**, 105274 (2024)
- 9) Li H, Kuga K, Ito K: Allometric Comparison of Viral Dynamics in the Nasal Cavity-Nasopharyngeal Mucus Layer of Human and Rhesus Monkey by CFD-HCD Approach, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **255**, 108354 (2024)
- 10) Park HG, Yoo SJ, Sumiyoshi E, Harashima H, Kuga K, Ito K: Impact of human micro-movements on breathing zone and thermal plume formation, *Building and Environment*, **264**, 111916 (2024)
- 11) Abouelhamd I, Kuga K, Ito K: Convective Heat Transfer and Drag Coefficients of Human Body in Multiple Crowd Densities and Configurations in Semi-outdoor Scenarios, *Building and Environment*, **265**, 111983 (2024)
- 12) Ruth O, Kuga K, Wargocki P, Ito K: Observational study of close contact behaviors in a multinational graduate student office, *Building and Environment*, **265**, 112015 (2024)
- 13) Murga A, Bale R, Ito K, Tsubokura M: Ventilation strategies for inhalation exposure risk mitigation: Eulerian - Lagrangian LES of particle laden - turbulent flow analysis applying virtual manikins, *Building and Environment*, **266**, 112149 (2024)
- 14) Hanioka N, Isobe T, Saito K, Nagaoka K, Mori Y, Jinno H, Ohkawara S, Tanaka-Kagawa T: Hepatic glucuronidation of tetrachlorobisphenol A and differences in humans and laboratory animals and responsible UDP-glucuronosyltransferase isoforms in humans. *Archives of Toxicology*, **98**, 837-848 (2024)
- 15) Hanioka N, Isobe T, Saito K, Nagaoka K, Mori Y, Jinno H, Ohkawara S, Tanaka-Kagawa T.: Glucuronidation of tizoxanide, an active metabolite of nitazoxanide, in liver and small intestine: Species differences in humans, monkeys, dogs, rats, and mice and responsible UDP-glucuronosyltransferase isoforms in humans. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, **283**, 109962 (2024)

2. 書籍

- 1) 酒井 信夫：化学物質 室内濃度指針値，レギュラトリーサイエンス教材ポイントシリーズ，ファームテックジャパン，**40**，86-88：株式会社じほう（2024）
- 2) 東 賢一（分担執筆）：テキスト健康科学 改訂第3版，第6章 住宅と健康，南江堂（東京）（2024）
- 3) 大貫 文，香川 聡子，酒井 信夫，神野 透人，鈴木 浩，鳥羽 陽，中島 大介，長宗 寧，藤森 英治：空気試験法 / 試料採取法 / 粒子状物質 / ハイポリウムエアサンプラー法（改訂），日本薬学会編 衛生試験法・注解 2020・追補 2025，公益社団法人 日本薬学会 環境・衛生部会（東京），43-46（2025）
- 4) 大貫 文，香川 聡子，酒井 信夫，神野 透人，鈴木 浩，鳥羽 陽，中島 大介，長宗 寧，藤森 英治：空気試験法 / 試料採取法 / 粒子状物質 / ローポリウムエアサンプラー法（改訂），日本薬学会編 衛生試験法・注解 2020・追補 2025，公益社団法人 日本薬学会 環境・衛生部会（東京），47-49（2025）

3. 学会発表

- 1) 吉富 太一, 西 以和貴, 田原 麻衣子, 上村 仁, 酒井 信夫: 室内濃度指針値が策定された揮発性有機化合物の一斉分析法の構築と住宅における実態調査, 第 32 回環境化学討論会, 広島, 2024 年 7 月
- 2) 酒井 信夫, 田辺 新一, 伊藤 一秀, 田原 麻衣子, 香川 (田中) 聡子, 神野 透人: 衛生試験法・注解の国際標準化と行政的利活用について, フォーラム 2024 衛生薬学・環境トキシコロジー, 仙台, 2024 年 9 月
- 3) 井上 薫, 東 賢一, 酒井 信夫, 平林 容子: シックハウス (室内空気汚染) 問題のための初期リスク評価, 第 61 回全国衛生化学技術協議会年会, 大阪, 2024 年 11 月
- 4) 大嶋 直浩, 高木 規峰野, 酒井 信夫, 内山 奈穂子, 千葉 真弘, 西堀 祐司, 宮手 公輔, 大槻 良子, 橋本 ルイコ, 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, 吉田 俊明, 古市 裕子, 吉野 共広, 伊達 英代, 谷脇 妙, 島田 友梨, 出口 雄也, 田崎 盛也: 令和 5 年度 室内空気環境汚染に関する全国実態調査, 第 61 回全国衛生化学技術協議会年会, 大阪, 2024 年 11 月
- 5) 酒井 信夫, 田原 麻衣子, 神野 透人, 香川 (田中) 聡子, 田辺 新一, 東 賢一: シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会が示す「室内空気中化学物質の測定マニュアル (統合版)」について, 2024 年室内環境学会学術大会, 札幌, 2024 年 11 月
- 6) 村木 沙織, 田原 麻衣子, 田中 礼子, 酒井 信夫: LC/MS を用いた室内空気中 SVOC の標準試験法の開発 (第 1 報), 2024 年室内環境学会学術大会, 札幌, 2024 年 11 月
- 7) 吉富 太一, 西 以和貴, 田原 麻衣子, 仲野 富美, 上村 仁, 酒井 信夫: 室内環境中のハウスダストにおけるベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤の実態調査, 2024 年室内環境学会学術大会, 札幌, 2024 年 11 月
- 8) 田原 麻衣子, 村木 沙織, 田中 礼子, 酒井 信夫: LC/MS を用いた室内空気中 SVOC の標準試験法の開発 (第 2 報), 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 2025 年 3 月
- 9) 篠田 愛華, 亀谷 春香, 青木 明, 岡本 誉士典, 神野 透人: 室内空気中の揮発性 PFAS に関する研究, 第 70 回日本薬学会東海支部総会・大会, 名古屋, 2024 年 7 月
- 10) 篠田 愛華, 亀谷 春香, 青木 明, 岡本 誉士典, 酒井 信夫, 神野 透人: 室内空気中フッ素テロマーアルコール類の実態調査, 第 10 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, 草津, 2024 年 9 月
- 11) 篠田 愛華, 川合 結稀, 亀谷 春香, 青木 明, 岡本 誉士典, 酒井 信夫, 神野 透人: 室内空気中の PFAS 曝露に関する研究, 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 2025 年 3 月
- 12) 岩泉 秀隆, 富田 奈歩, 赤松 奈美, 竹田 雄紀, 天田 侃汰, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 森本 正一, 田辺 新一: 活性炭を利用した空気清浄機が生体発散物質除去および知覚空気質に与える影響 (第一報) 実験概要と化学物質分析の結果, 令和 6 年度日本建築学会大会, 東京, 2024 年 8 月
- 13) 富田 奈歩, 岩泉 秀隆, 赤松 奈美, 竹田 雄紀, 天田 侃汰, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 森本 正一, 田辺 新一: 活性炭を利用した空気清浄機が生体発散物質除去および知覚空気質に与える影響 (第二報) 被験者実験による臭気評価, 令和 6 年度日本建築学会大会, 東京, 2024 年 8 月
- 14) 岩泉 秀隆, 赤松 奈美, 富田 奈歩, 竹田 雄紀, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 森本 正一, 小林 徳和, 田辺 新一: 活性炭を利用した空気清浄機が生体発散物質の除去および知覚空気質に与える影響 (第一報) 被験者を用いた生体発散物質の測定とにおい袋法による臭気評価, 令和 6 年度空気調和衛生工学会大会, 佐賀, 2024 年 9 月
- 15) 赤松 奈美, 岩泉 秀隆, 富田 奈歩, 竹田 雄紀,

- 菅野 颯馬, 金 炫兌, 森本 正一, 小林 徳和, 田辺 新一: 活性炭を利用した空気清浄機が生体発散物質の除去および知覚空気質に与える影響 (第二報) 直接嗅ぎ法を用いた異なる温熱環境条件下での実験, 令和6年度空気調和衛生工学会大会, 佐賀, 2024年6月
- 16) Naho TOMITA, Kosuke IKEUCHI, Nami AKAMATSU, Yuta FUKAWA, Hyuntae KIM, Shin-ichi TANABE: Effects of Applying “Natural Paints” to Wooden Surfaces on Indoor Air Quality, Indoor Air 2024, Hawaii, July 2024.
 - 17) Kazuhide ITO, Kazuki KUGA: Numerical modeling of airborne transmission from airway mucosa of infected person to that of uninfected individual via indoor airflow, ROOMVENT 2024, Sweden, April 2024.
 - 18) Nguyen Dang KHOA, Kazuki KUGA, Kazuhide ITO: Effects on respiratory droplet generation and virus concentration of changes in oral opening geometry, Indoor Air 2024, Hawaii, June 2024.
 - 19) Alicia MURGA, Rahul BALE, Kazuhide ITO, Makoto TSUBOKURA: Using virtual manikins to tackle particle transport and inhalation risk assessment under different advanced air distribution methods, Indoor Air 2024, Hawaii, June 2024.
 - 20) Islam ABOUELHAMD, Junya URASHI, Kazuki KUGA, Kazuhide ITO: The Change in Convective Heat Transfer Coefficient Distributions of Human Bodies in a Crowded Event, Indoor Air 2024, Hawaii, June 2024.
 - 21) Ruth ONKANGI, Kazuki KUGA, Kazuhide ITO: Human Close Contact Behaviour in a Non-Homogenous Indoor Population, Indoor Air 2024, Hawaii, June 2024.
 - 22) Teruaki HIRAYMA, Kazuki KUGA, Kazuhide ITO: In silico 3D ocular model integrating tear evaporation and physiologically based pharmacokinetic modelling, Indoor Air 2024, Hawaii, June 2024.
 - 23) Hyun-Gyu PARK, Sung-Jun YOO, Kazuki KUGA, Kazuhide ITO: The effect of micro-movement of a computer-simulated person on the formation of breathing zones, Indoor Air 2024, Hawaii, June 2024.
 - 24) Kazuki KUGA, Kazuhide ITO: Numerical Investigation of Inhalation Exposure to Droplets Generated by Speaking, The 9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS Congress 2024, June 2024, Lisbon, Portugal.
 - 25) Alicia MURGA, Haruki NAKAGAWA, Rahul BALE, Kazuhide ITO, Makoto TSUBOKURA: High Performance Computational Fluid Dynamics and Optimization Algorithms for Indoor Environmenta Design, ECCOMAS Congress 2024, June 2024, Lisbon, Portugal
 - 26) Makoto TSUBOKURA, Alicia MURGA, Rahul BALE, Kazuhide ITO: Airborne Transmission Simulation by Unifying Infloor and Respiratory tract flows toward Indoor Environment Optimization, 8th International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering – CMBE 2024, June 2024, USA.
 - 27) Makoto TSUBOKURA, Rahul BALE, Alicia MURGA, Kazuhide ITO, Mario RUTTGERS, Andreas LINTERMANN: HPC-CFD Based Optimization of Indoor Environment to Minimize Airborne Contaminants, Workshop and Advancements of Global Challenges Applications, AGCA – PPAM 2024, September 2024, Ostrava, Czech Republic.
 - 28) Kazuma NITA, Nguyen Dang KHOA, Kasuki KUGA, Kazuhide ITO: Numerical Study of Respiratory Droplets/Droplet Nuclei

- Generation via a Coughing Event Using Eulerian Wall Film model and Lagrangian Discrete Phase Model, ASIM 2024, Osaka, December 2024.
- 29) Ryu ITOKAZU, Kazuki KUGA, Kazuhide ITO: Determination of inhaled carbon dioxide concentration using pseudo-steady-state analysis with computer-simulated persons, ASIM 2024, Osaka, December 2024.
- 30) Azuma K. The latest information on the scientific evidences and political activity in Japan. 2024 Asia Conference on Innovative Approaches to Enhance Healthy Indoor Environment (TSIEQ 2024). Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan, November 2024.
- 31) Azuma K. Risk assessment concepts for indoor air pollutants: past approach and future issues in Japan. 20th Anniversary Event of Korean Society for Indoor Environment. EL Tower, Seoul, Republic of Korea, May 2024.
- 32) Azuma K, et al. Health risk assessment of indoor air pollutants in modern large office buildings in Japan. 18th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Honolulu, Hawaii, USA. July 2024.
- 33) 大嶋 直浩, 高木 規峰野, 酒井 信夫, 内山 奈穂子:「室内空气中化学物質の測定マニュアル」における試料採取時間の検証, 2024 年室内環境学会学術大会, 札幌, 2024 年 11 月
- 34) 大嶋 直浩, 酒井 信夫, 内山 奈穂子:「室内空气中化学物質の瞬時型放散源の特定に関する研究, 日本薬学会第145年会, 福岡, 2025年3月
- 35) 香川 (田中) 聡子, 高橋 美優, 沖野 優衣, 森 葉子, 大河原 晋, 北川 康行, 波多江 典之, 磯部 隆史, 埴岡 伸光, 神野 透人: 欧州連合化粧品規制における義務表示香料成分による TRPA1 活性化の *in silico* 評価, 第 51 回日本毒性学会学術年会, 福岡, 2024 年 7 月.
- 36) 沖野 優衣, 高橋 美優, 森 葉子, 大河原 晋, 北川 康行, 波多江 典之, 磯部 隆史, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川 (田中) 聡子: 改正欧州連合化粧品規制における義務表示香料成分によるヒト TRPA1 の活性化予測, フォーラム 2024 衛生薬学・環境トキシコロジー, 仙台, 2024 年 9 月.
- 37) 湯浅 竜斗, 森 葉子, 青木 明, 岡本 誉士典, 磯部 隆史, 大河原 晋, 埴岡 伸光, 香川 (田中) 聡子, 神野 透人: フタル酸エステル類の代替可塑剤による TRPA1 活性化の種差, フォーラム 2024 衛生薬学・環境トキシコロジー, 仙台, 2024 年 9 月.
- 38) 東 珠希, 湯浅 竜斗, 森 葉子, 青木 明, 岡本 誉士典, 磯部 隆史, 大河原 晋, 埴岡 伸光, 香川 (田中) 聡子, 神野 透人: メントール異性体による侵害刺激の種差に関する研究, 第 10 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, 草津, 2024 年 9 月.
- 39) 香川 (田中) 聡子, 鈴木 浩, 長宗 寧, 大貫 文, 酒井 信夫, 鳥羽 陽, 中島 大介, 藤森 英治, 神野 透人: 空気試験法: 試料採取法・粒子状物質・ハイボリウムエアサンプラー法(改訂), 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 2025 年 3 月.
- 40) 長宗 寧, 鈴木 浩, 大貫 文, 酒井 信夫, 鳥羽 陽, 中島 大介, 藤森 英治, 神野 透人, 香川 (田中) 聡子: 空気試験法: 試料採取法・粒子状物質・ローボリウムエアサンプラー法(改訂), 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 2025 年 3 月.
- 41) 廣田 佳乃, 森 葉子, 湯浅 竜斗, 大河原 晋, 北川 康行, 波多江 典之, 磯部 隆史, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川 (田中) 聡子: 有機リン系難燃剤によるヒト TRPA1 活性化の *in silico* 評価, 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 2025 年 3 月.
- 42) 鈴木 優花, 森 葉子, 湯浅 竜斗, 大河原 晋, 北川 康行, 波多江 典之, 磯部 隆史, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川 (田中) 聡子: 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, 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 2025 年 3 月.

- 43) 小川 詩乃, 森 葉子, 湯浅 竜斗, 大河原 晋, 北川 康行, 波多江 典之, 磯部 隆史, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川 (田中) 聡子: メディカルアロマセラピーで用いられる精油成分とヒト TRPA1 の分子間相互作用の *in silico* 評価, 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 2025 年 3 月.
- 44) 湯浅 竜斗, 森 葉子, 青木 明, 岡本 誉士典, 磯部 隆史, 大河原 晋, 埴岡 伸光, 香川 (田中) 聡子, 神野 透人: フタル酸エステル代替可塑剤の加水分解代謝物による QGP-1 細胞からのセロトニン放出, 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 2025 年 3 月.
- 45) 森 葉子, 河上 強志, 田原 麻衣子, 湯浅 竜斗, 香川 (田中) 聡子, 内山 奈穂子, 神野 透人: 合成 TRPA1 ペプチドと化学物質との結合性を指標とする気道刺激性予測法の構築に向けた検討, 日本薬学会第 145 年会, 福岡, 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