

## 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

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

室内濃度指針値既設13物質の代替化学物質による室内空気環境汚染が数多く報告されるようになり、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（以下、シックハウス検討会）では、室内濃度指針値指針値の採用を新たに検討すべき化学物質が提案されている。

室内濃度指針値を策定する際には、対象化学物質の詳細な曝露評価を行うために、妥当性の評価・確認された標準試験法を通知（提示）する必要がある。現在、シックハウス検討会が示す室内空気中化学物質の採取方法と測定方法（室内空気中化学物質の測定マニュアル）は、2001年に通知（医薬発第828号 平成13年7月25日付 厚生労働省医薬局長通知）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急務である。また、シックハウス検討会では、室内空気環境汚染実態調査等の結果に基づいて、室内濃度指針値の採用を新たに検討すべき化学物質が継続的に示されることになっており、これら化学物質の標準試験法についても行政対応していく必要がある。

本指定研究課題では、

- ① 汎用性の高い室内濃度指針値既設・代替化学物質の標準試験法を開発し、多機関バリデーション試験によりそれらの妥当性を検証する。
- ② ①で開発した標準試験法について、国内規格化および国際規格化を推進する。
- ③ 室内環境汚染化学物質の曝露濃度評価の為の*in silico*予測モデルを開発した上で、標準試験法に基づいた化学物質濃度測定結果と*in silico*予測モデルを併用して経気道曝露濃度ならびに経皮曝露濃度を定量的に予測する技術を確立する。

合計8課題の分担研究の成果の詳細については、令和5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	田辺 新一	早稲田大学 創造理工学部
神野 透人	名城大学 薬学部	金 炫兌	久留米工業大学 建築・設備工学科
田原 麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所	伊藤 一秀	九州大学 総合理工学研究院
香川（田中） 聡子	横浜薬科大学 薬学部	東 賢一	関西福祉科学大学 福祉栄養学科

## 研究協力者（研究分担者を除く）

大嶋 直浩	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
大泉 詩織	北海道衛生研究所
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
斎藤 育江	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
田中 礼子	横浜市衛生研究所
村木 沙織	横浜市衛生研究所
大野 浩之	名古屋市衛生研究所
若山 貴成	名古屋市衛生研究所
岡本 誉士典	名城大学薬学部
青木 明	名城大学薬学部
森 葉子	名城大学薬学部
亀谷 春香	名城大学薬学部
湯浅 竜斗	名城大学薬学部
埴岡 伸光	横浜薬科大学薬学部
大河原 晋	横浜薬科大学薬学部
礒部 隆史	横浜薬科大学薬学部
河村 伊久雄	横浜薬科大学薬学部
宮崎 悠里奈	横浜薬科大学薬学部
沖野 優衣	横浜薬科大学薬学部
高橋 美優	横浜薬科大学薬学部
遠藤 治	麻布大学生命・環境科学部
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
藤森 英治	環境調査研究所

## A. 研究目的

### A1: 室内濃度指針値代替化学物質の標準試験法の開発

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）において初期リスク評価が終了した室内濃度指針値代替化学物質である2-エチル-1-ヘキサノール（以下、2E1H）、2,2,4-

トリメチル-1,3-ペンタンジオールモノイソブチレート（以下、TMPD-MIB）、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチレート（以下、TMPD-DIB）を含む揮発性有機化合物（VOC）類53物質について、Carbotrap<sup>TM</sup>-217捕集管を用いた加熱脱離-GC/MS法による検量線を作成し、水道水質検査方法の妥当性評価ガイドラインに基づき検証した。

### A2: 総揮発性有機化合物（TVOC）の在り方に関する研究

わが国では、室内空気質の総合的な指標として、総揮発性有機化合物（TVOC: Total Volatile Organic Compounds）に400 µg/m<sup>3</sup>の暫定目標値が設けられている。この暫定目標値は、室内のVOC実態調査の結果から、合理的に達成可能な範囲の下限値として2000年に設定されたものであり、20年以上が経過した現在、室内環境で使用される化学物質の変遷を踏まえ、目標値の妥当性をあらためて検証する必要がある。また、個別に指針値が設定されている化学物質以外のVOCsによる室内空気汚染に対しても柔軟かつ包括的に対応できる優れた一面がある一方で、測定値の毒性学的な意義については当初より議論が成されてきた。本分担研究では、TVOCの在り方に関する提言を作成することを目的とした。

### A3: 室内空气中揮発性有機化合物（VOC）・準揮発性有機化合物（SVOC）の標準試験法の評価

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（室内空气中化学物質の測定マニュアル）は、2001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。本分担研究では、室内濃度指針値が設定された化学物質の測定方法を改良し、標準試験法として確立することを目的としている。今年度は、VOCについては、① 固相吸着-加熱脱離法における活性炭系（Tenax GR）捕集管の適用性を検討した。SVOCについては、② 新規測定法として前年度構築したフタル酸エステル類の

固相吸着-溶媒抽出-液体クロマトグラフィー/質量分析法(SE-LC/MS)への殺虫剤の適用, ③ SVOCの一斉分析法である固相吸着-溶媒抽出-GC/MS法を用いた一般住宅の実態調査の3項目を検討した。さらに, シックハウス検討会が定める「室内空気中化学物質の測定マニュアル」の改訂文案について全体の整合, 修正, 最終化を行った。

#### **A4: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国内規格化**

一般居住環境の室内空気が室内濃度指針値あるいは暫定目標値を満たしているか否かを評価するためには, 規格化・標準化された室内空気の測定法, すなわち標準試験法(採取方法ならびに分析方法)によって得られた結果に基づいて判断することが肝要である。本研究では, 最新の分析技術を基に開発された汎用性の高い標準試験法の国内規格化を目的とした。

#### **A5: 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, 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。また, フタル酸エステル類については, 改正指針値に対応して精度の高い標準試験法が開発された。これは, 日本薬学会編 衛生試験法・注解2015: 追補2019にて公表され, 国内の規準となっている。この精度の高い国内規格を国際規格化とするためにISO会議に新規案として提案した。

#### **A6: 室内空気環境汚染化学物質のオンサイト試験法の評価**

室内空気中化学物質には, 高揮発性有機化合物(Very Volatile Organic Compounds: VVOC)やVOCといった比較的揮発しやすい物質がある。他方, SVOCは揮発性が低いため, 室内空気よりハウスダストや室内の表面に付着する性質があり, 呼吸・経口・経皮の経路によって体内に吸収されることが報告されている。マイクロチャンバー法(JISA

1904)は建材等から放散する化学物質の放散速度を測定することが可能であるが, 実空間における仕上げ材等からの直接的な測定が困難である。そのため, マイクロチャンバーを用いたオンサイト測定方法を開発し, 実空間におけるSVOC放散速度を測定した。更に, 家具・家電製品の表面から放散するSVOCを測定することで, オンサイト測定方法の適用範囲を拡張している。今年度は, PVC床材の表面温度がSVOC放散量及び表面ブリードアウト量に与える影響について検討した。

#### **A7: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測**

室内環境汚染化学物質の曝露濃度評価の為の*in silico*予測モデルを開発した上で, 標準試験法に基づいた化学物質濃度測定結果と*in silico*予測モデルを併用して経気道曝露濃度ならびに経皮曝露濃度を定量的に予測する技術を確認する。研究3年目である令和5年度は, 改良型*in silico*数値人体モデルを実大スケール居室モデル内での経気道曝露評価に適用し, 気道内粘膜上皮細胞内の曝露濃度時間変化予測を実施する。

#### **A8: 室内空気環境汚染化学物質の国際規制状況調査・ハザード情報の収集**

室内空気汚染問題に関する国際機関や諸外国における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, 室内空気汚染化学物質に関して有害性情報を網羅的に収集し, シックハウス検討会におけるリスク評価や既存の室内濃度指針値見直し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た。

### **B. 研究方法**

#### **B1: 室内濃度指針値代替化学物質の標準試験法の開発**

室内濃度指針値代替化学物質である2E1H, TMPD-MIB, TMPD-DIBを含むVOC 53物質について, 定量範囲2-50 ngもしくは5-50 ngの4点な

いし5点検量線（重み付けの有無）を加熱脱離-GC/MS法で3回ずつ作成し、水道水質検査方法の妥当性評価ガイドラインのクライテリアに基づき、検量線の真度、精度およびキャリーオーバーを評価した。

## **B2: 総揮発性有機化合物 (TVOC) の在り方に関する研究**

2000年12月に、わが国で室内空気中のTVOCに暫定目標値が策定されてから四半世紀近くが経過した。この間、一義的な試験法の策定や同定すべき化合物(必須VOC)の選定などの課題が依然として残されており、その意義も含めてTVOCの在り方を再確認する機運が高まっている。本分担研究では、TVOCの在り方について、健康リスク指標としての有効性と室内空気中の未評価化学物質スクリーニング法としての有用性の2つの観点から検討を行った。

## **B3: 室内空気中揮発性有機化合物 (VOC) ・準揮発性有機化合物 (SVOC) の標準試験法の評価**

### 1) 測定対象物質

室内濃度指針値が設定されているクロロピリホス、ダイアジノン、フェノブカルブ、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化合物にフタル酸エステル類7化合物を加えた12化合物とした。

### 2) LC/MS分析条件の検討

長さ50 mm または100 mm のACQUITY UPLC BEH C18 (内径: 2.1 mm, 粒子径: 1.7  $\mu\text{m}$ ) を用い、メタノールまたはアセトニトリル/10 mM ぎ酸アンモニウム溶液移動相によりLC/MS (イオン化法: ESI) で分析する条件を検討した。

### 3) 検量線

検量線は、殺虫剤が0.001–0.1  $\mu\text{g/mL}$ 、フタル酸エステル類が0.01–1  $\mu\text{g/mL}$ となるよう調製した。内部標準物質とのピーク強度比で補正した検量

線を作成し、水道水質検査方法の妥当性評価ガイドラインに従いキャリーオーバーならびに検量線の真度および精度を評価した。また、それらの結果から、検出下限値および定量下限値を算出した。

### 4) 添加回収試験

捕集剤への添加量は、試験溶液5 mL、積算捕集量4,320 L (3 L/minで24 時間) の条件で、殺虫剤はクロロピリホスの室内濃度指針値である0.1  $\mu\text{g/m}^3$ の1/10 以下となるよう、フタル酸エステル類はDnBPの室内濃度指針値である17  $\mu\text{g/m}^3$ の1/100以下となるよう設定した。捕集剤用ホルダーに逆向きに取り付けた捕集剤のフィルター部に混合標準液を添加後、ホルダーの吸引部から窒素ガスまたは室内空気を通し、添加回収試験を行った。

## **B4: 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DnBPおよびDEHPについて改定指針値に対応した固相吸着—加熱脱離法による標準試験法を策定する。また、室内濃度暫定目標値が設定されているTVOCについて固相吸着—加熱脱離法による標準試験法を策定する。二つの試験法は、日本薬学会 環境・衛生部会 空気試験法専門委員会において原案を作成し、衛生試験法編集委員会に提出して国内規格化する。

## **B5: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化**

本研究課題に参画するメンバーによって、シックハウス検討会の改正指針値に対応可能な精度の高いフタル酸エステル類の標準試験法が開発された。この試験法は日本薬学会編 衛生試験法・注解2015:追補2019にて公表された。この規格を国際標準化するために、フタル酸エステル類の測定・分析方法をISO/TC 146/SC 6, ISO 16000-33:2017, Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)への収載を新規提案した。2023年度のISO/TC 146/SC

6の国際会議はイタリアのローマで開かれた。開催期間は2023年9月18日～22日で、国際規格化に関する審議内容及びその結果について確認した。

## **B6: 室内空気環境汚染化学物質のオンサイト試験法の評価**

### 1) 測定概要

PVC床材を用いてSVOCの放散試験と表面ブリードアウト試験を行った。測定方法には、JIS A 1904のマイクロチャンバー法を用いた。表面ブリードアウト濃度はマイクロチャンバーを用いた放散試験の終了後、試験材の表面を拭き取った。測定条件として恒温槽の温度を18, 22, 28°Cに設定して測定した。

### 2) 放散速度測定

マイクロチャンバーの容積は630 mL (±5%) であり、吸気口直前にベントラインを設けることにより蓋と建材の隙間から外気がチャンバーの中に入らないように気密性を確保した。測定開始前にマイクロチャンバーを解体して洗浄後、チャンバー内に残存する化学物質を揮発させるために、1時間220°Cで加熱した。清浄後、マイクロチャンバーを常温まで放冷し、チャンバー蓋と容器の間に設置した試験片表面からのSVOC放散速度を測定した。放散試験終了後、チャンバー内表面に付着したSVOCを220°Cで加熱脱着し、Tenax TA捕集管に回収した。建材からのSVOC放散速度は放散捕集と加熱脱着捕集の結果を合算した。

### 3) 表面ブリードアウト濃度

表面ブリードアウト濃度は放散試験終了後、試験材の表面を拭き取り、試験材表面のSVOC濃度を測定した。表面ブリードアウト測定で使用するサンプラーには、石英ウール (50 mg) を用いた。測定前に石英ウールをエタノールで3回洗浄し、分析対象化学のコンタミネーションのないサンプラーを製作した。拭き取ったサンプラーはマイクロチャンバーに導入し、加熱脱着することでTenax TA捕集

管に回収した。

### 4) 測定対象物質

測定対象SVOCは、2E1H, 2-エチルヘキシルアクリレート、ブチル化ヒドロキシトルエン、フタル酸ジエチル、リン酸トリブチル、リン酸トリス、アジピン酸ジブチル、DnBP、リン酸トリフェニル、アジピン酸ジオクチル、DEHP、TMPD-MIB、TMPD-DIB、フタル酸ジ-n-オクチル、フタル酸ジイソニル、フタル酸ジイソデシル、テレフタル酸ジオクチル、ノニルフェノール、UV-320, UV-326, UV-327, UV-328の22物質とした。

## **B7: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測**

本年度は、昨年度までに開発した数値気道モデル(鼻腔・口腔から気管支第4分岐まで)を対象とした曝露濃度予測精度を更に向上させる目的で、CTデータを用いて細気管支部分を拡張すると共に、口腔内の歯列までを詳細に再現することで、改良型の数値気道モデルを作成した。気道内の上皮細胞表面の粘液層を再現した上で、化学物質クリアランスを予測するための粘液輸送モデルを開発・統合した。更に昨年度に開発統合した気道内粘膜上皮細胞における界面境界条件設定のための生理的薬物動態モデル(PBPK)を室内濃度指針値既設化学物質ならびに室内環境中に存在するその他の多様な化学物質の経気道曝露濃度予測に展開するため、文献調査データを基にしてホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン等の室内濃度指針値が設定された化学物質を対象としてモデルパラメータの同定を行った。最終的にこの数値気道モデルを数値人体モデルに統合することで改良型*in silico* 数値人体モデルを作成した。

## **B8: 室内空気環境汚染化学物質の国際規制状況調査・ハザード情報の収集**

### 1) 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。

## 2) 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 (WHO) 本部、WHO欧州地域事務局、ドイツ、フランス、カナダを主な調査対象国としている。また、諸外国の研究者と関連情報の情報交換を行った。

### (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

### C1: 室内濃度指針値代替化学物質の標準試験法の開発

測定対象とするVOC 53物質のうち揮発性の高いAcetoneとMethylene chlorideは、いずれの検量線においても評価不能であったが、その他の物質については、定量範囲 5–50 ngの検量線 (重み付け有) で全てのクライテリアを満たした(真度:80~120%, 精度 RSD 20%以下)。その他の検量線については、検量線の評価が不能であった物質以外にも真度あるいは精度の目標値を逸脱した物質が散見された。

また、1,2-Dichloroethaneは、5 ngを定量下限値とする検量線で、Benzeneは、2 ngを定量下限値とする検量線でキャリーオーバーが認められた。

### C2: 総揮発性有機化合物 (TVOC) の在り方に関する研究

PubMed を Keyword: Total Volatile Organic Compounds/TVOC(s)/Total VOC(s) で検索した結果、951件の論文が該当した。年次推移では、2017年の36件から2023年には124件へと大幅に増加しており、学術的にTVOCに対する関心が高まっていることが伺える。しかしながら、個々のTVOC構成成分の健康影響を考察した論文や疫学的な調査でTVOC濃度とある種の健康リスクに関連が認められたとする論文はいくつか存在したものの、総体としてのTVOCによる直接的な健康影響を検討した論文を見出すことはできなかった。従って、20年前と同様に、現状においてもTVOCを健康影響に関連付けることは困難であると考えられる。

環境省が取り纏めた「化学物質の環境リスク評価」において、沸点が50–260°Cの範囲で吸入曝露の「無毒性量等」が導出されている106化合物を選定し、「無毒性量等」の分布を検討したところ、0.0002 mg/m<sup>3</sup>から870 mg/m<sup>3</sup>まで、実に4×10<sup>6</sup>倍もの差異が認められ、「無毒性量等」が1–10 mg/m<sup>3</sup>のVOCが最も多く34化合物、次いで0.1–1 mg/m<sup>3</sup>が28化合物であった。このように、毒性の強さが大きく異なる一群の化合物による健康リスクを質量分析計のイオン強度の和で表現することは、将来にわたっても実質的に困難であると考えられる。

暫定目標値 400 µg/m<sup>3</sup>の妥当性について、国立医薬品食品衛生研究所が実施した2012, 2013, 2016 および2020年度全国実態調査の結果では、TVOCの中央値は229–260 µg/m<sup>3</sup>の範囲であり、暫定目標値を超過した家屋の割合は20ないし40%と報告されている。現行のTVOC暫定目標値は、SIM法で個別定量したVOC 41物質の中央値の総和 153 µg/m<sup>3</sup>を基に、いくつかの仮定を適用して得られた推定値 306 µg/m<sup>3</sup>から設定されたものである。

Scan法によるTVOC分析法で得られた目標値ではないことから、「暫定」とされたものと推察される。

一方、上記の全国実態調査のTVOC中央値は、日本薬学会 環境・衛生部会で衛生試験法として公定法化が進められている標準試験法で採取・測定されたものであり、わが国の室内空気中のTVOCの現状を正確に反映していると言える。各年度のTVOC中央値(229~260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )は、暫定目標値設定時のTVOC推定値(306  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )の75%程度であり、20~40%程度の家屋が暫定目標値を超過していた。国立医薬品食品衛生研究所の精力的なTVOC標準試験法に則った全国実態調査により、暫定目標値が設定された時点と現在で室内のTVOCの状況に大きな変化はなく、400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の目標値を変更する必要はないものと考えられる。

未評価化学物質スクリーニングとしてのTVOCについては、上述した無毒性量等が1  $\text{mg}/\text{m}^3$ を超える56化合物については、室内空気中濃度が概ね10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であれば、100以上のMOE (Margin of Exposure)が確保されていることとなり、「現時点では詳細な評価あるいは情報収集を実施する必要はない」と判定される。

衛生試験法・注解に記載されたTVOC標準試験法は、各構成成分について1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の濃度から定量的な評価が可能であり、室内空気中の化学物質にかかる情報収集や詳細な評価の必要性を判定するのに十分な検出感度を備えている。すなわち、TVOC測定と同時に未評価化学物質のスクリーニングを実施できる点が、総合的な室内空気質指標としてのTVOCの付加価値であると言えよう。

### **C3: 室内空気中揮発性有機化合物 (VOC) ・準揮発性有機化合物 (SVOC) の標準試験法の評価**

#### 1) 分析条件の検討

前年度に確立したフタル酸エステル類の分析条件に殺虫剤3物質を適用した結果、フェノブカルブのピークにリーディングがみられ、クロルピリホスの感度が低かった。フェノブカルブのピーク形状を改善するため注入量を減らし、それに伴う感度低下

をカラム長さおよびモニターイオンの変更で改善することができた。

#### 2) 検量線

全ての測定対象物質について、妥当性評価ガイドラインの示す真度および精度の目標値に適合し、キャリーオーバーは検量線の濃度範囲の下限値を下回った。また、殺虫剤の定量下限値は0.0066  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、フタル酸エステル類の定量下限値は0.069  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と、殺虫剤は室内濃度指針値の1/10以下まで、フタル酸エステル類は1/100以下まで測定できた。

#### 3) 添加回収試験結果

標準品添加後に通気をせず、ただちに抽出した試料の回収率は、アセトン抽出条件では80~104%、アセトニトリル抽出条件では80~93%であり、両抽出条件とも妥当性評価ガイドラインに示された真度の目標値を満たした。24時間通気後の試料でフタル酸エステル類の回収率は81~101%、フェノブカルブの回収率は88%であった。ダイアジノンおよびクロルピリホスの回収率は、通気なしでは93%および90%であったが、通気なし24時間放置の試料では76%および68%、24時間通気では39%および59%と大きく低下した。この低下の改善策を殺虫剤のみの添加および通気なしで検討した結果、標準液の添加方法および抽出時の器具の変更により、真度の目標値を満たすことができた。しかし、SVOCとして同一捕集剤に同時添加すると、ダイアジノンおよびクロルピリホスの回収率が低下することから、更なる改善が必要であると考えられた。

### **C4: 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DnBPおよびDEHPについて改定指針値に対応した固相吸着ー加熱脱離法による標準試験法策定した。また、室内濃度暫定目標値が設定されている総揮発性有機化合物について固相吸着ー加熱脱離法による標準試験法を策定した。日本薬学会編 衛生試験法・注解2020 追補

2024にて公表した。室内濃度指針値策定物質を対象とする標準試験法が策定されることにより、曝露評価を円滑に実施することが可能になる。

### C5: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化

ISO/TC146/SC6 国際会議がローマで開催され、ISO 16000-33に関する会議 (WG20) は2023年9月21日に行われた。日本の代表団は酒井信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)、伊藤一秀 (九州大学) が参加した。WG 20では、ISO 16000-33の改正案について議論が行われた。わが国が提案した「ODS固相ディスクまたはSDB共重合体カートリッジによるサンプリング方法と溶媒抽出・分析方法」がISO 16000-33のAnnex Bに追加され、DIS投票で賛成された。2023年12月4日にFDISに登録された。

WG20での国際会議後、ISO/TC 146/SC 6/WG 20 N66; Recommendations, N68; Draft Minutesが作成された。主な内容は以下に示す。

#### Recommendation 44

ISO/TC 146/SC 6/WG 20 decides to submit the revised draft of ISO 16000-33 to FDIS ballot.

#### Draft Minutes 5

WG 20 discusses the comments received on ISO/DIS 16000-33 and thanks the Japanese delegation, especially Shinobu Sakai, for preparing most of the answers (Doc. N 64).

#### Draft Minutes 6

WG 20 decides to submit the revised document to FDIS after checking for editorial and linguistic issues.

### C6: 室内空気環境汚染化学物質のオンサイト試験法の評価

PVC床材の表面温度変化がSVOC放散量及び表面ブリードアウト量に与える影響について実験を

行った結果、室内で施工している建築材料のみではなく、家庭内で使用している生活用品もSVOC物質の放散源であることを確認した。各SVOC物質の放散量は少ないものの、家具・家電製品の面積は少ないため、引き続き室内のSVOC汚染影響を研究する必要があると考えられた。

温度変化によるPVC建材からのSVOC物質の放散速度と表面ブリードアウト量との相関性を測定した結果、2E1Hを含む9物質が検出された。2E1Hは揮発性が高いVOC物質であるため、建材の表面ブリードアウト量より空气中に放散する量が多かった。

### C7: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

鼻腔・口腔から気管支第16分岐までを再現した上で口腔内の歯列を正確に再現した改良型数値気道モデルを検討した。また、非定常の呼吸サイクル(呼出・吸入)を再現した条件で、室内環境中のガス状化学物質による経気道曝露の非定常解析を行い、鼻腔の嗅覚領域における粘膜上皮細胞に対する化学物質吸着フラックスの時間変化ならびに界面濃度の時間変化を明らかにした。昨年度(令和4年度)までの境界条件に加えて、室内空気中の温度・湿度条件が気道内化学物質輸送に与える影響を定量的に解析するために、気道内の粘膜上皮細胞界面での熱水分輸送解析も連成解析する手法を開発した。

室内空気環境に関連する国際標準化を担うISO/TC 146/SC 6では、WHOならびに厚生労働省が定める室内濃度指針値既設化学物質の他、室内空気中の真菌、エアロゾル等の標準化もターゲットとしており、現時点で規制対象となっていない新規の室内汚染物質に関する議論も進められている。本研究で開発した *in silico* 人体モデルの利点は、倫理的な制約を受けることなく、無限のパラメトリックスタディを可能とする点にある。新規対象化学物質の経気道曝露予測を行うために必要となるモデルパラメータの同定方法を整備することで、これらの将来課題に対して迅速な対応が可能となる。

## **C8: 室内空気環境汚染化学物質の国際規制状況 調査・ハザード情報の収集**

### 1) ハザード情報

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。2023年度は、ベンジルアルコール、ベンズアルデヒド、2-フルアルデヒド、フェノール、フタル酸ベンジルブチル、フタル酸ジ-イソノニル、フタル酸ジ-イソデシル、Di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH)、Di(ethylhexyl) adipate (DEHA)を調査対象とした。情報収集作業は計画通りに進捗しており、2023年度の研究報告書にとりまとめる予定である。

### 2) 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。

WHO 欧州地域事務局が 2023 年 9 月 20 日に First WHO/Europe Indoor Air Conference をスイスのベルンで開催したため、オンラインで参加した。室内空気質と健康障害に関する最新情報が紹介され、今後の課題について議論が行われた。室内空気質に対する取り組みは、WHO においても優先事項であることを改めて確認した。

令和 5 年度以降に公表された室内空気質ガイドラインでは、ドイツ連邦環境庁がギ酸、酢酸、プロピオン酸の室内空気質ガイドラインを公表した。フランスの ANSES では新たに公表された室内空気質ガイドラインはなかった。カナダ保健省で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(IARC)による発がん性分類のアップデートのうち、2023 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。アントラセンと亜リン酸ジメチルが 3 (ヒトに対する発がん性を分類できない) から 2B (ヒトに対して発がん性があるかもしれない) に格上げとなった。2-ブロモプロパンが 2A (ヒトに対

しておそらく発がん性がある)、メタクリル酸ブチルが 2B に新たに分類された。アステルパームとイソオイゲノールが 2B に新たに分類された。メチルオイゲノールは 2B から 2A に格上げとなった。室内ダスト中でも検出されるペルフルオロオクタン酸 (PFOA) が 2B から 1 (ヒトに対して発がん性がある) に格上げとなり、ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) は 2B に新たに分類された。なお、次年度以降のワーキンググループでは、タルクとアクリルニトリルの検討が予定されている。

## **D. 結論**

### **D1: 室内濃度指針値代替化学物質の標準試験法の開発**

測定対象とした53化学物質について各検量線の妥当性を検証したところ、すべて重み付けを行ったものの方が良好な評価結果が得られた。評価結果が最も良好だった検量線は、定量範囲 5–50 ngの重み付け有のものであり、Acetone, Methylene chloride, 1,2-Dichloroethane以外の50物質にて良好な結果が得られた。定量範囲 2–50 ngの重み付け無の検量線は妥当性評価の目標値を逸脱した数が最も多かった。室内濃度指針値代替化学物質 3 物質 (2E1H, TMPD-MIB, TMPD-DIB)については、重み付け有の検量線全てにおいて良好な結果が得られた。

### **D2: 総揮発性有機化合物 (TVOC) の在り方に関する研究**

文献調査では、種々の VOC 混合物である TVOC による直接的かつ定量的な健康影響を検討した論文を見出すことはできず、現状では TVOC を健康リスクに関連付けることは困難であると考えられる。その一方で、TVOC の測定で得られる未評価化学物質に関する情報は、当該物質の既存の有害性情報から推定 MOE を導出することも可能であり、室内空気の質をスクリーニングするために極めて有用である。この 20 年で一義的な TVOC 試験法による全国調査が得られていることも踏まえると、

400 µg/m<sup>3</sup> の目標値を変更する必要はないものと考えられる。

### D3: 室内空気中揮発性有機化合物 (VOC) ・準揮発性有機化合物 (SVOC) の標準試験法の評価

本分担研究では、SE-GC/MS における SVOC 同時分析法の開発を目的とした。その結果、SVOC を一斉分析する分離・分析条件を確立し、十分な定量下限値が得られた。また、通気なしの添加回収試験では真度の目標値を満たした。しかし、室内空気を通気した添加回収試験では殺虫剤の回収率が低下したため課題が残った。

### D4: 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 DnBP および DEHP, ならびに室内濃度暫定目標値が設定されている総揮発性有機化合物について固相吸着-加熱脱離法による標準試験法を策定し、日本薬学会編衛生試験法・注解2020 追補2024に収載した。

### D5: 室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の国際規格化

フタル酸エステル類の測定・分析方法を ISO 16000-33 : 2017, Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) に新規提案した。2023年8月25日にDIS投票においてPメンバー14か国が賛成し(反対国なし)、FDIS に登録されている(2024年1月19日現在 ステージコード50.00 Final text received or FDIS registered for formal approval)。

### D6: 室内空気環境汚染化学物質のオンサイト試験法の評価

オンサイト測定方法の確立・応用により、実空間における仕上げ材等からのSVOC放散速度の測定が可能になることから、室内空気質の管理が期待できる。

### D7: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

本年度(令和5年度)は、昨年度までに開発した数値気道モデルならびに数値人体モデルを改良し、室内環境から気管支第16分岐までの細気管支までの化学物質輸送を連続して解析可能な *in silico* 人体モデルを作成した。また、気道モデル界面に適用する生理的薬物動態モデル(PBPK-CFD モデル)のモデルパラメータを同定・拡張することで、室内濃度指針値既設化学物質を含む多様な化学物質を対象とした経気道曝露濃度予測に適用可能なモデルとして整備した。

### D8: 室内空気環境汚染化学物質の国際規制状況調査・ハザード情報の収集

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、継続的に室内濃度指針値を設定しており、今年度は、ギ酸、酢酸、プロピオン酸の3つの有機酸に対して指針値が新たに設定された。フランスの ANSES とカナダ保健省では今年度新たに設定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、アントラセン、垂リン酸ジメチル、2-ブロモプロパン、メタクリル酸ブチル、アステルパーム、イソオイゲノール、メチルオイゲノール、PFOA、PFOS の発がん性分類を公表した。また、本分担研究では、室内濃度指針値の新規策定や既存策定物質の改定に資する有害性情報を収集した。これらの調査結果は、室内空気汚染物質の室内濃度指針値策定における科学的エビデンスとなる。

## **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, Onuki A, Tsunoda T, Chiba M, Oizumi S, Tanaka R, Muraki S, Oshima N, Uemura H, Tahara M, Sakai S: Development of a standard test method for insecticides in indoor air by GC-MS with solid-phase adsorption/solvent extraction, *BPB Reports*, **6**, 76-80 (2023).
- 2) Mori Y, Tanaka-Kagawa T, Tahara M, Kawakami T, Aoki A, Okamoto Y, Isobe T, Ohkawara S, Hanioka N, Azuma K, Sakai S, Jinno H: Species differences in activation of TRPA1 by resin additive-related chemicals relevant to indoor air quality, *Journal of Toxicological Sciences*, **48**, 37-45 (2023).
- 3) Chiba M, Oizumi S, Onuki A, Saito I, Tanaka R, Yamanouchi T, Yokoyama Y, Wakayama T, Ohno H, Tahara M, Sakai S: Validation study for establishing a standard test method for volatile organic compounds in indoor air in Japan using solvent extraction. *BPB Reports*, **7**, 39-43 (2024).
- 4) 千葉真弘, 兼俊明夫, 大泉詩織, 田原麻衣子, 酒井信夫: 室内空気中の揮発性有機化合物分析における除湿管の影響, 室内環境 (in press).
- 5) 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*, (in press).
- 6) Hanioka N, Isobe T, Saito K, Nagaoka K, Mori Y, Jinno H, Ohkawara S, Tanaka-Kagawa T: Hepatic glucuronidation of tetrabromobisphenol A and tetrachlorobisphenol A: interspecies differences in humans and laboratory animals and responsible UDP-glucuronosyltransferase isoforms in humans, *Archives of Toxicology*, in press (2024).
- 7) Aoki A, Adachi H, Mori Y, Ito M, Sato K, Kinoshita M, Kuriki M, Okuda K, Sakakibara T, Okamoto Y, Jinno H: A modified high-resolution melting-based assay (HRM) to identify the SARS-CoV-2 N501Y variant, *Journal of Virological Methods*, **314**, 114678 (2023).
- 8) Isobe T, Ohkawara S, Mori Y, Jinno H, Tanaka-Kagawa T, Hanioka N: Hydrolysis of dibutyl phthalate and di(2-ethylhexyl) phthalate in human liver, small intestine, kidney, and lung: An in vitro analysis using organ subcellular fractions and recombinant carboxylesterases, *Chemico-Biological Interactions*, **372**, 110353 (2023).
- 9) Aoki A, Jinno H, Ogawa K, Nakagawa T, Inagaki T, Wajima T, Okamoto Y, Uchiya KI. A Rapid Screening Assay for Clarithromycin-Resistant *Mycobacterium avium* Complex Using Melting Curve Analysis with Nonfluorescent Labeled Probes, *Microbiology Spectrum*, **11**, e0432622 (2023).
- 10) 池内 宏維, 富田 奈歩, 赤松 奈美, 新納 稔樹, 田崎 未空, 深和 佑太, 金 炫兌, 田辺新一: 木材への天然系塗料の塗布が揮発性有機化合物放散量および知覚空気質に与える影響, 日本建築学会環境系論文集, Vol.88, No.811. 716-725, 202309 (2023).
- 11) Khoa ND, Phuong NL, Tani K, Inthavong K, Ito K: In silico decongested trial effects on the impaired breathing function of a bulldog suffering from severe brachycephalic obstructive airway syndrome, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **228**, 107243 (2023).
- 12) Li C, Yoo SJ, Ito K: Impact of Indoor Ventilation Efficiency on Acetone Inhalation Exposure Concentration in Respiratory Tract, *Building Simulation*, **16**, 427-441 (2023).
- 13) Yoo SJ, Kurokawa A, Matsunaga K, Ito K: Spatial distributions of airborne transmission

- risk on commuter buses: Numerical case study using computational fluid and particle dynamics with computer-simulated persons, *Experimental and Computational Multiphase Flow*, 1-15 (2023).
- 14) Murga A, Bale R, Li CG, Ito K, Tsubokura M: Large eddy simulation of droplet transport and deposition in the human respiratory tract to evaluate inhalation risk, *PLOS Computational Biology*, **19** (3): e1010972 (2023).
  - 15) Kuga K, Kizuka R, Khoa ND, Ito K: Effect of transient breathing cycle on micro and nanoparticles depositions on respiratory walls, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **236**, 107501 (2023).
  - 16) Khoa ND, Li S, Phuong NL, Kuga K, Yabuuchi H, Kan-o K, Matsumoto K, Ito K: Computational Fluid-Particle Dynamics modeling of ultrafine to coarse particles deposition in the human respiratory system, down to the terminal bronchiole, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **237**, 107589 (2023).
  - 17) Li H, Kuga K, Ito K: Visual prediction and parameter optimization of viral dynamics in mucus milieu of upper airway based on CFPD-HCD analysis, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **238**, 107622 (2023).
  - 18) Abouelhamd I, Kuga K, Yoo SJ, Ito K: Identification of Probabilistic Size of Breathing Zone during Single Inhalation Phase in Semi-Outdoor Environmental Scenarios, *Building and Environment*, **243**, 110672 (2023).
  - 19) Nishihara T, Li H, Kuga K, Ito K: Seamless numerical analysis of transient infectious droplets dispersion and inhalation exposure - in silico study, *Building and Environment*, **244**, 110748 (2023).
  - 20) Yoo SJ, Yamauchi S, Park HG, Ito K: Computational Fluid and Particle Dynamics Analyses for Prediction of Airborne Infection/Spread Risks in Highway Buses: A Parametric Study, *Fluids*, **8** (9), 253 (2023).
  - 21) Wang Y, Sun J, Zhao M, Murga A, Yoo SJ, Ito K, Long Z: Numerical study of indoor oil-mist particle concentration distribution in industrial factory using the Eulerian-Eulerian and Eulerian-Lagrangian methods, *Fluids*, **8** (10), 264 (2023).
  - 22) Kuga K, Hoshiyama S, Wargocki P, Ito K: A pilot numerical study of odourant transport from an indoor environment to the olfactory region during sensory evaluations following ISO 16000-28, *Building and Environment*, **245**, 110868 (2023).
  - 23) Khoa ND, Kuga K, Inthavong K, Ito K: Coupled Eulerian Wall Film-Discrete Phase model for predicting the respiratory droplets generation during the coughing event, *Physics of Fluids*, **35**, 112103 (2023).
  - 24) Mizukoshi A, Okumura J, Azuma K: A COVID-19 cluster analysis in an office: Assessing the long-range aerosol and fomite transmissions with infection control measures. *Risk Analysis*, 1–17 (2023).
  - 25) Mizukoshi A, Hojo S, Azuma K, Mizuki M, Miyata M, Ogura H, Sakabe K, Tsurikisawa N, Oshikata C, Okumura J: Comparison of environmental intolerances and symptoms between patients with multiple chemical sensitivity, subjects with self-reported electromagnetic hypersensitivity, patients with bronchial asthma, and the general population. *Environmental Sciences Europe*, **35**, 32 (2023).
  - 26) Inaida S, Mizukoshi A, Azuma K, Okumura J: Reduced norovirus epidemic follows increased sales of hand hygiene products in Japan, 2020–2021. *Environmental Health and Preventive*

*Medicine*, **28**, 18 (2023).

## 2. 書籍

- 1) 酒井 信夫:用語解説 ベンゼン, 室内環境, **25**, 324 (2022)
- 2) 酒井 信夫:用語解説 ナフタレン, 室内環境, **25**, 324 (2022)
- 3) 酒井 信夫:解説 ISO 16000-33: GC/MS を用いたフタル酸エステル類の定量の改訂, クリーンテクノロジー, **32**, 60-63 (2022)
- 4) 香川 (田中) 聡子, 遠藤 治, 斎藤 育江, 酒井 信夫, 神野 透人, 鳥羽 陽, 中島 大介, 藤森 英治: 空気試験法: 揮発性有機化合物・捕集剤による乾式採取 (アクティブ法) -加熱脱着-ガスクロマトグラフィー/質量分析法による定量 (新規), 衛生試験法・注解 2020 追補 2022, 公益社団法人日本薬学会 環境衛生部会 (2022)
- 5) Tham KW, Wargocki P, Tanabe S: Postulated Pathways Between Environmental Exposures and Cognitive Performance, Handbook of Indoor Air Quality, 1397-1405 (2022)
- 6) Azuma K, Jinno H: Toxicity of SVOCs, Advances in the toxicity of construction and building materials. Elsevier (2022)
- 7) 東 賢一: 新版生活健康科学: 第7章生活環境と健康, 三共出版, 東京 (2022)
- 8) 東 賢一: 今日の治療指針 2022 年版-私はこう治療している: 住宅の温熱環境による障害, 医学書院, 東京 (2022)

## 3. 学会発表

- 1) 大嶋 直浩, 高木 規峰野, 酒井 信夫, 五十嵐 良明: シリコン含有製品から放散するシロキサン類の GC-MS/MS 分析, 第 31 回環境化学討論会 (2023.5)
- 2) 吉富 太一, 西 以和貴, 田原 麻衣子, 大嶋 直浩, 仲野 富美, 上村 仁, 酒井 信夫: GC-MS/MS を利用した室内空気におけるフェ

ノール系内分泌かく乱物質の一斉分析法について, 第 31 回環境化学討論会 (2023.5)

- 3) Kenichi AZUMA, Hideto JINNO, Toshiko TANAKA-KAGAWA, Shinobu SAKAI: Hazard and risk assessment for indoor air pollutants: alicyclic compound, 1-butanol, long-chain aldehydes, chlorinated organic compounds, and acrolein, 35th Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology (2023.9)
- 4) 大嶋 直浩, 高木 規峰野, 酒井 信夫, 五十嵐 良明, 大泉 詩織, 岩館 樹里, 今野 鈴子, 大槻 良子, 草原 紀子, 大竹 正芳, 角田 徳子, 上村 仁, 田中 礼子, 高居 久義, 渡邊 好介, 堀井 裕子, 望月 映希, 羽田 好孝, 山本 優子, 若山 貴成, 小寺 明, 吉田 俊明, 古市 裕子, 八木 正博, 伊達 英代, 高木 春佳, 島田 友梨松, 松永 尚子, 田崎 盛也: 令和 4 年度 室内空気環境汚染に関する全国実態調査第 60 回全国衛生化学技術協議会年会 (2023.11)
- 5) 吉富 太一, 西 以和貴, 田原 麻衣子, 仲野 富美, 上村 仁, 酒井 信夫: 室内空気におけるアルキルフェノール類, ビスフェノール類の実態調査, 第 60 回全国衛生化学技術協議会年会 (2023.11)
- 6) 酒井 信夫: 室内空気中化学物質の規制に関する最新情報, 第 60 回全国衛生化学技術協議会年会 (2023.11)
- 7) 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: 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の検討, 2023 年室内環境学会学術大会 (2023.11)
- 8) 大嶋 直浩, 高木 規峰野, 酒井 信夫, 五十嵐 良明: 一般居住住宅における室内空気中ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの全国実態調査, 2023 年室内環境学会学術大会 (2023.11)
- 9) 吉富 太一, 西 以和貴, 田原 麻衣子, 上村 仁, 酒井 信夫: 室内濃度指針値が設定された揮

発性有機化合物の一斉分析法について，地方衛生研究所全国協議会関東・甲・信・静地区理化学研究部会（2024.2）

- 10) 大貫 文，田原 麻衣子，酒井 信夫，高木 規峰野，田中 礼子，村木 沙織，斎藤 育江，千葉真弘，大泉 詩織，大野 浩之，若山 貴成，鈴木 浩，鳥羽 陽，中島 大介，藤森 英治，香川（田中） 聡子，神野 透人：空気試験法：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 固相吸着-加熱脱離-ガスクロマトグラフィー/質量分析法による定量（新規），日本薬学会第 144 年会（2024.3）
- 11) 香川（田中） 聡子，森 葉子，田原 麻衣子，大河原 晋，磯部 隆史，大貫 文，鈴木 浩，鳥羽 陽，中島 大介，藤森 英治，埴岡 伸光，酒井 信夫，神野 透人：空気試験法：総揮発性有機化合物（新規），日本薬学会第 144 年会（2024.3）
- 12) 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アルキルフェノール類とビスフェノール類の抽出及び精製法の検討と住宅における実態調査，日本薬学会第 144 年会（2024.3）
- 13) 宮崎 悠里奈，大河原 晋，河村 伊久雄，三浦 伸彦，森 葉子，磯部 隆史，埴岡 伸光，神野 透人，香川（田中） 聡子：in vitro 及び in silico 手法を用いる isothiazolinone 系抗菌薬による TRPV1 活性化評価，第 50 回日本毒性学会学術年会（2023.6）
- 14) 浦島 桃香，中向井 璃奈，宮崎 悠里奈，大河原 晋，森 葉子，河村 伊久雄，三浦 伸彦，磯部 隆史，埴岡 伸光，神野 透人，香川（田中） 聡子：SARS-CoV-2 感染に関与する生体内因子のヒト気道組織中での発現とその個体差，フォーラム 2023 衛生薬学・環境トキシコロジー（2023.9）
- 15) 古田 貴大，林 暁翔，白畑 辰弥，上野 朱璃，中森 俊輔，金井 智久，川端 雄資，宇津木 貴子，香川（田中） 聡子，神野 透人，小林 義典：TRPV1 構造活性相関解明に向けた 7 位,10 位 - Evodiamine 誘導体の不斉合成研究，日本薬学会第 144 年会（2024.3）
- 16) 宮崎 悠里奈，大河原 晋，森 葉子，磯部 隆史，北川 康行，埴岡 伸光，神野 透人，香川（田中） 聡子：イソチアゾリノン系抗菌剤によるヒト TRPV1 活性化の in vitro 及び in silico 評価，日本薬学会第 144 年会（2024.3）
- 17) 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：香料アレルゲンによるヒト TRPA1 活性化-in vitro 及び in silico 評価-，日本薬学会第 144 年会（2024.3）
- 18) 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，香川（田中） 聡子：EU 化粧品規制における新規義務表示香料成分による TRPA1 活性化の in silico 評価，日本薬学会第 144 年会（2024.3）
- 19) Akamatsu N, Inasaka M, Ikeuchi K, Sugano S, Kim H, Tanabe S: Effect of Applying Alcohol to Wooden Surfaces on VOC Emissions and Perceived Air Quality. 18th Healthy Buildings Europe Conference (2023.6)
- 20) 富田 奈歩，赤松 奈美，池内 宏維，深和 佑太，金 炫兌，田辺 新一：含有物質の異なる天然系塗料の木材への塗布が室内空気質に与える影響，令和 5 年度空気調和・衛生工学会大会（2023.9）
- 21) 赤松 奈美，富田 奈歩，池内 宏維，深和 佑太，金 炫兌，田辺 新一：木材へのアルコールの塗布・噴霧が VOC 放散量および知覚空気質に与える影響（第 3 報）塗装木材へのアルコール塗布によるチャンバー実験結果，令和 5 年度空気調和・衛生工学会大会（2023.9）
- 22) 富田 奈歩，赤松 奈美，池内 宏維，新納 稔樹，田崎 未空，深和 佑太，金 炫兌，田辺 新一：

- 天然系塗料の木材表面への塗布がVOC放散量および知覚空気質に与える影響 (第1報) 実験概要と化学物質分析の測定結果, 2023年度日本建築学会大会 (2023.9)
- 23) 赤松 奈美, 富田 奈歩, 池内 宏維, 新納 稔樹, 田崎 未空, 深和 佑太, 金 炫兌, 田辺 新一: 天然系塗料の木材表面への塗布がVOC放散量および知覚空気質に与える影響 (第2報) 被験者実験による臭気評価結果, 2023年度日本建築学会大会 (2023.9)
- 24) 金 炫兌: 家電製品表面からのSVOC放散速度測定, 2023年室内環境学会学術大会 (2023.11)
- 25) 熊谷 功誠, 富久 歩真, 金 炫兌: PVC床材におけるSVOC物質の放散量と表面ブリードアウト量に関する研究, 日本建築学会九州支部研究会 (2024.3)
- 26) 山口 千尋, 金 炫兌: 家具・家電製品におけるSVOC放散速度測定, 日本建築学会九州支部研究会 (2024.3)
- 27) Khoa ND, Phuong NL, Ito K. Investigation of ultrafine particle deposition in human airway to the 9th generation of bronchial tubes using computational fluid and particle dynamics, IAQVEC 2023 (2023.5)
- 28) Li H, Kuga K, Ito K: Parameter Optimization of a Viral Dynamics Model in the Mucus Layer of the Human Nasal Cavity-Nasopharynx Based on Computational Fluid-Particle and Host-Cell Dynamics, IAQVEC 2023 (2023.5)
- 29) Nishihara T, Kuga K, Ito K: Computational fluid and particle dynamics simulation of airborne transmission in indoor environment – Effect of physical distance from infected person, IAQVEC 2023 (2023.5)
- 30) Park HG, Yoo SJ, Sumiyoshi E, Harashima H, Ito K; Numerical Thermal Comfort Analysis Using Combined Computer-Simulated Person with Clothing and Multi-Node Thermoregulation Model, IAQVEC 2023 (2023.5)
- 31) Khoa ND, Phuong NL, Ito K: Large Eddy Simulation of Airflow Patterns in the Human Upper and Lower Airway Up To the 16th Generation: A Comparison Study, Healthy Building 2023 Asia and Pacific Rim (2023.7)
- 32) Li H, Kuga K, Ito K: Host Cell Dynamics model development and specific parameterization for 3D upper respiratory tract model coupled with CFPD analysis, Healthy Building 2023 Asia and Pacific Rim (2023.7)
- 33) Hirayama T, Yamasawa H, Kuga K, Ito K: Effect of turbulent inlet boundary conditions on pollutant emissions and dispersion in an indoor environment, Healthy Building 2023 Asia and Pacific Rim (2023.7)
- 34) Kuga K, Ito K: Aspiration probability and resulting airway deposition of indoor particles during steady and transient breathings, Healthy Building 2023 Asia and Pacific Rim (2023.7)
- 35) Murga A, Ito K, Tsubokura M: Rethinking different ventilation strategies in a post-pandemic era: a CFD assessment, 43rd AIVC conference (2023.10)
- 36) Khoa ND, Kuga K, Ito K: Numerical Prediction of Respiratory Droplet Generation from Coughing Using Discrete phase-coupled Eulerian Wall Film Model, ICNAA 2023 (2023.6)
- 37) Abouelhamd I, Yoo SJ, Kuga K, Ito K. Numerical prediction of particle breathing zone in a semi-outdoor environment, ICNAA 2023 (2023.6)
- 38) Ito K: Ventilation Efficiency and Infection Control – in silico Human Modelling Study, International Symposium on Urban Sustainability (2023.11)
- 39) 東 賢一: 室内環境における健康影響問題の経緯と近年の動向, 大気環境総合センター令和5

年度特別セミナー（2023.11）

- 40) 東 賢一：空気成分の指針動向，2023 年室内環境学会学術大会車室内環境分科会セミナー（2023.11）

## 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