

令和4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）
総括研究報告書

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・生活衛生局 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こと。また、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等を調査する。

合計8課題の分担研究の成果の詳細については、令和4年度 分担研究報告書において報告する。

研究分担者（分担研究課題番号）

- | | | | |
|------------|--------------|-----------|--------------|
| (1) 酒井 信夫 | 国立医薬品食品衛生研究所 | (5) 田辺 新一 | 早稲田大学創造理工学部 |
| (2) 神野 透人 | 名城大学薬学部 | (6) 金 炫兌 | 山口大学工学部 |
| (3) 田原 麻衣子 | 国立医薬品食品衛生研究所 | (7) 伊藤 一秀 | 九州大学総合理工学研究院 |
| (4) 香川 聡子 | 横浜薬科大学薬学部 | (8) 東 賢一 | 近畿大学医学部 |

研究協力者（分担研究課題番号）

(1) 田原 麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所
(1/3) 田中 礼子	横浜市衛生研究所
(1/3) 村木 沙織	横浜市衛生研究所
(1/3) 大嶋 直浩	国立医薬品食品衛生研究所
(1) 高木規峰野	国立医薬品食品衛生研究所
(2) 香川 聡子	横浜薬科大学薬学部
(2) 酒井 信夫	国立医薬品食品衛生研究所
(2) 森 葉子	名城大学薬学部
(2) 湯浅 竜斗	名城大学薬学部
(2) 水田 佑香	名城大学薬学部
(2) 青木 望実	名城大学薬学部
(2) 東 珠希	名城大学薬学部
(2) 青木 明	名城大学薬学部
(2) 岡本 誉士典	名城大学薬学部
(3) 千葉 真弘	北海道立衛生研究所
(3) 大泉 詩織	北海道立衛生研究所
(3) 大貫 文	東京都健康安全研究センター
(3) 角田 徳子	東京都健康安全研究センター
(3) 西 以和貴	神奈川県衛生研究所
(3) 吉富 太一	神奈川県衛生研究所
(4) 神野透人	名城大学薬学部
(4) 小池 加那子	横浜薬科大学薬学部
(4) 高橋 直也	横浜薬科大学薬学部
(4) 中嶋 康一郎	横浜薬科大学薬学部
(4) 堤 亜里紗	横浜薬科大学薬学部
(4) 小林 叶奈	横浜薬科大学薬学部
(4) 浦島 桃香	横浜薬科大学薬学部
(4) 中向井 璃奈	横浜薬科大学薬学部

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

新型コロナウイルス感染症対策として手指消毒用アルコールの使用が励行されており、感染症蔓延以前と比較して室内空気中のエタノール濃度が増加している。本研究は、室内濃度指針値代替化学物質の測定において、室内におけるエタノール濃度が影響を及ぼすかどうか詳細な検討を行った。

A2: 総揮発性有機化合物 (TVOC) の在り方に関する研究

我が国では、室内空気質の総合的な指標として、TVOCに400 µg/m³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限り低い範囲で決定した値として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て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、国立医薬品食品衛生研究所が実施した全国実態調査のデータを基に、デコンボリューション解析による未同定VOCsの探索を行い、いわゆる「必須VOCリスト」の候補化合物を選定した。

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急務である。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標準試験法を改良し、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、フタル酸エステル類について① 固相吸着-加熱脱離GC/MS法の測定マニュアルの改訂、② 固相吸着-溶媒抽出GC/MS法におけるカーボン系捕集管の適用、③ LC/MS法について検討した。

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、標準化された室内空気の測定法、すなわち採取方法ならびにその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必要である。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ている。

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

本研究課題において開発した室内空気中フタル酸エステル類の標準試験法は、日本薬学会編 衛生試験法・注解2015：追補2019に公表され、国内規格化されている。本分担研究では、本標準試験法を国際規格化するために、ISO/TC 146 (大気の状態) /SC 6 (室内空気) 国際会議においてISO 16000-33: Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)の定期見直し(システムテックレビュー)を行っており、その進捗情報について報告する。

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

室内におけるSVOCは揮発性が低いため、気中よりハウスダストや室内の表面に付着し、呼吸・経口摂取・経皮吸収等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。

JIS A 1904で標準化されたマイクロチャンバー法は建材から放散するSVOCの測定が可能であるが、実空間における仕上げ材等からの放散速度測定が困難であるため、我々はオンサイト測定方法を開発した。今年度は、一般居住住宅における床材と壁材の温度変化がSVOC放散速度に及ぼす影響を明らかにするため、夏期・冬期における床材・壁材からのSVOC放散速度を測定した。

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評価の為に *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。今年度は、室内に形成される不均一濃度分布と経気道曝露濃度までを定量的に評価する計算流体力学と統合した *in silico* 人体モデルを開発した。

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

本分担研究では、室内空気汚染問題に対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ている。

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

Tenax®TA捕集管を用いた加熱脱離法および単層型カーボンビーズアクティブ捕集管を用いた溶媒抽出法により、室内濃度指針値代替物質等の添加回収試験を冬季と夏季に2回実施した。測定室内の机上に消毒用エタノールを複数回噴霧して室内濃度指針値代替物質等の室内濃度を比較した。

B2: 総揮発性有機化合物 (TVOC) の在り方に関する研究

国立医薬品食品衛生研究所より提供された2015年度(100軒)、2016年度(112軒)および2020年度(90軒)の室内空気環境汚染化学物質調査(全国実態調査)データについて、AnalyzerPro ver. 6.0.0.246 (SpectralWorks社)を用いてデコンボリューション解析を行った。

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) に、フタル酸ジエチル (DEP)、フタル酸ジ-n-プロピル (DPrP)、フタル酸ジイソブチル (DiBP)、フタル酸-n-ブチルベンジル (BBP)、フタル酸ジペンチル (DPP)、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) を加えた9物質とした。

2) LC/MS分析条件の検討

LC/MS は ACQUITY UPLC H-Class/SQ Detector (Waters社製) を用い、長さ50 mmまたは100 mmのACQUITY UPLC BEH C18カラム (内径: 2.1 mm, 粒子径: 1.7 μm) を用い、MeOHまたはMeCN/10 mMギ酸アンモニウム溶液の移動相により、エレクトロスプレーイオン化で条件検討した。

3) 検量線

検量線溶液は9種混合標準液および混合内部標準液から、各測定対象物質濃度が0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 μg/mL、各内部標準物質濃度が各0.2 μg/mLとなるようMeCNで調製し、検量線の濃度範囲および補正に用いる内部標準物質を検討した。絶対検量線および内部標準物質との強度比で補正した検量線 (内部標準検量線) を作成し、妥当性評価ガイドラインに従いキャリーオーバー、検量線の真度および精度を確認した。

4) 検出下限値および定量下限値

ブランク試料および定量下限値付近に調製した検量線溶液を5回測定し、検出下限値は標準偏差の3倍、定量下限値は10倍として算出した。

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

室内濃度指針値策定物質DnBPおよびDEHPについて2019年に改定された指針値に対応した固相吸着-加熱脱離GC/MS法による標準試験法を日本薬学会編 衛生試験法・注解2020 追補2024にて公表すべく準備を進めた。

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

本研究課題において開発された固相吸着-溶媒抽出GC/MS法によるフタル酸エステル類の標準試験法は日本薬学会編 衛生試験法・注解2020に公表されている。この規格を国際標準化するために、我々は、ISO/TC146/SC6国際会議に参加し、ISO 16000-33: Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry のシステムレビューを行っている。今年度は2022年9月に開催された国際会議に参加し、国際規格化に関する審議を行った。

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) マイクロチャンバー法(JIS A 1904)

測定前にマイクロチャンバー (容積630 mL) を解体・洗浄した後、チャンバー内に残存している化学物質を揮発させるために、1時間 220°Cで加熱処理を行った。加熱処理後、チャンバーを常温まで冷却させ、試験片端部および裏面をアルミ箔でシールをし、蓋と試験片が直接接触しないようにした。試験片をチャンバーに挿入し、建材表面から放散するSVOCの測定を行った。放散試験は28°Cの恒温槽で24時間行い、試験に供した試料を取り外した後、チャンバーを加熱脱着装置に設置し、チャンバー内表面に付着したSVOCを220°C 1時間で加熱脱着させ、Tenax® TA捕集管に回収した。

2) オンサイト測定方法

オンサイト測定機には2つのポンプが設置されており、1つは30 mL/minの空気を供給、もう1つのポンプは15 mL/minを吸引するように調整した。測定前にチャンバー内に付着しているSVOCを脱着するため、加熱装置を用いて1時間 220°Cで加熱処理を行った。加熱処理後、ステンレス製の専用箱にチャンバーを入れて測定現場まで運搬した。測定場所を選定し、測定面をエタノールで拭取後、測定

表面を乾燥させ、直径82 mmの正円形に切り取ったアルミホイルを敷設した上にチャンバーを設置した。床面からの放散試験を24時間行った後、チャンバーを測定面から取り外し、ステンレス製専用箱に格納して実験室に持ち帰り、加熱脱着装置でチャンバー内表面に付着したSVOC物質を回収した。

3) 壁面のマイクロチャンバー固定装置

壁材から放散するSVOCの測定にあたり、マイクロチャンバーを壁面に固定するための装置を新たに開発した。約12 kgのステンレス板のベースに長さ30 cmのアルミ丸棒をナットで取り付け、アルミ丸棒とチャンバーの間にばねを用いて壁面に固定した。チャンバー内に室内空気の流入を防止するため、固定に使用したばねを106 mmから95 mmまで縮めることで、2 kg以上の荷重をかけられることを確認した。

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、テキサノール、TXIB、フタル酸ジ-n-オクチル、フタル酸ジイソノニル、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。

5) 測定対象住宅

オンサイト測定方法により一般居住住宅の床面と壁面に使用されている建材からのSVOC放散速度を測定した。今年度の測定対象住宅は4軒である。

B7: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

室内空気中の有害物質の曝露濃度基準は、本来、動物試験における経気道曝露時の無毒性量であるにも係わらず、実際には環境空気中の有害物質濃度の基準（閾値）として採用される場合が多い。空気

環境設計上、室の代表濃度をこれらの閾値で代表することは第一次近似として一定の妥当性があると思われるが、室内環境中での実質的な経気道曝露を考慮すれば、室の平均濃度と呼吸濃度には大きな乖離が存在する可能性がある。この経気道曝露濃度の正確な予測評価に向けて、非定常呼吸を再現した数値人体モデルと数値気道モデル、室内濃度場解析を統合解析することで、曝露経路と曝露濃度の正確な予測を行い、その上で健康リスク評価を行う一連の数値解析手法を開発する。室内空間から人体呼吸域、さらに鼻腔、口腔を介して気道内まで連続した解析領域を再現することで、室内汚染物質濃度分布と呼吸によって形成される気道内汚染物質濃度分布までを高精度に予測することが可能となる。加えて、気道内壁面境界条件として生理的薬物動態（Physiologically Based Pharmacokinetic; PBPK）モデルを統合することで、気道粘膜上皮組織に沈着後の汚染物質の体内動態と人体影響を定量的に評価することも可能となる。

本研究で作成した気道統合型数値人体モデル（*in silico*人体モデル）は、標準人体の幾何形状を数値流体力学（Computational Fluid Dynamics; CFD）解析への適用を前提としてグリッドデータ化（表面積1.7 m²、身長1.736 m）したものである。再現性や精度について十分な事前検討を実施している。数値気道モデルは、非喫煙の日本人男性のCTデータをもとに形状作成したもので、鼻腔・口腔から咽頭、喉頭、気管を経て気管支の第四分岐部までの上気道の実形状を正確に再現している。鼻孔を介して室内空間から気道内部への流れと汚染物質濃度場を連続して予測するために、数値人体モデルと数値気道モデルをなめらかに統合し、室内環境から気道内までを一連の解析空間として再現している。

本研究では気道粘膜上皮界面での汚染物質吸収と体内動態を予測するため、*in silico*人体モデルの気道内壁面境界条件としてPBPK-CFDモデルを適用した。経気道曝露予測においては、ガス状汚染物質の気道粘膜上皮表面への沈着、拡散輸送、代謝クリアランス、血流による上皮組織外への輸送を数

理的に再現するため、3層からなる生理的薬物動態PBPKモデルを導入している。

本年度は、この*in silico*人体モデルを実大居室スケール実験室内に設置した条件で、アンモニアを対象とした室内拡散と経気道曝露予測に適用した。本解析では、開発した*in silico*人体モデルと室内環境解析の統合解析の検証を主たる目的とすることから、化学物質発生に関しては簡易的な境界条件と想定し、液体アンモニアが漏洩した条件を設定した。

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ている。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本部、世界保健機関欧州地域事務局、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

加熱脱離法および溶媒抽出法を用い、添加回収試験を冬季と夏季に2回実施した。加熱脱離法では室内空気中のエタノール濃度の違いによる回収率の差異は認められず、これらの測定に室内におけるエタノール濃度が及ぼす影響は小さいと考えられた。溶媒抽出法ではエタノール高濃度条件下、夏季における2E1HとTPMIの回収率が高くなり、これらの測定に室内におけるエタノール濃度が影響を及ぼす可能性が考えられた。他方、溶媒抽出法に使用されるカーボンビーズアクティブ捕集管は、高湿度下におけるアルコール類の回収率が低下すること報告されており、室内におけるエタノール濃度以外にも湿度が測定に影響を及ぼす可能性が考えられた。

C2: 総揮発性有機化合物 (TVOC) の在り方に関する研究

デコンボリューション解析により暫定的に同定された一群のVOCsについて、それぞれの住居のTVOCの50%を占める最小数のVOCsをリスト化した。本研究では、2020年度に国立医薬品食品衛生研究所生活衛生化学部第一室が90軒の住居を対象に実施した全国実態調査の測定結果をデコンボリューション解析し、近年の室内空気中で検出されるVOCsの特徴付けを行った。TVOCの中央値は229 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、暫定目標値400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した割合は25.3%であった。また、比較的高頻度、高濃度で検出される特徴的な化合物群として、室内濃度指針値策定化合物の他に、脂肪族炭化水素類(27.4%)、テルペン類(16.9%)、環状シロキサン類(15.0%)が特定された。

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

分析条件 1 (50 mmカラム, MeOH系移動相)

9 種混合標準液の m/z 149 におけるクロマトグラムでは、5つのピークが分離し、4つのピークが分離しなかった。MeOH 比率を下げることで分離する可能性はあるが、分析時間が長くなることが想定されるため、質量電荷比を用いた分離を検討することとした。その結果、9種のフタル酸エステル類および4種内部標準物質は良好に分離した。

分析条件 2 (50 mm カラム, MeCN 系移動相)

BBP と DnBP は分離度 1.87 (m/z 205) で分離したが、新たに DiBP と DnBP のピークが重なった。DnBP は質量電荷比でも DiBP と分離できないため LC 条件を検討する必要があるが、カラムを変えずグラジエントを緩やかにすることで分離の改善を図ると、既報の分析時間以上になる可能性がある。よって、長さ 100 mm カラムを用いた分析条件の検討を優先した。

分析条件 3 (100 mm カラム, MeCN 系移動相)

分析条件 1 と同様、質量電荷比での分離を検討し、9種のフタル酸エステル類および4種内部標準物質は良好に分離した。以後の実験は、分析条件 1 と分析条件 3 を用いて比較した。

2) 検量線

検量線溶液の濃度が高くなるに従って面積値が小さくなる内部標準物質もあり、室内空気を測定した際、マトリックスの影響により挙動に差がでる可能性があるため、補正に用いる内部標準検量線を作成することとした。0.02-1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の濃度範囲において、直線回帰モデルを用い、濃度の逆数で重みづけを行って検量線を作成した結果、キャリーオーバーは全ての検量線において検量線の濃度範囲の下限值である 0.02 $\mu\text{g}/\text{mL}$ を下回った。全ての測定対象物質の検量点 0.02-1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ において、ガイドラインの示す真度および精度の目標値に適合した。ただし、

分析条件 1 は分析条件 3 に比べ測定対象物質の面積値が物質により 1.5~3 倍大きかったことから、イオン化の飽和が生じやすいと考えられた。

3) 検出下限値および定量下限値

試験溶液 5 mL, 積算捕集量 4,320 L (流量 3 L/min で 24 時間) の条件において、検量線の濃度範囲の下限值 (0.02 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 相当量は 0.023 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。分析条件 1 において、絶対検量線を用いた場合の検出下限値は 0.0047 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 定量下限値は 0.023 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 内部標準検量線を用いた場合の検出下限値は 0.0077 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 定量下限値は 0.026 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。分析条件 3 において、絶対検量線を用いた場合の検出下限値は 0.0076 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 定量下限値は 0.025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 内部標準検量線を用いた場合の検出下限値は 0.0050 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 定量下限値は 0.023 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。今回設定したサンプリング条件において、分析条件 1 および分析条件 3 はともに室内濃度指針値の 1/100 以下まで測定できると考えられた。

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

2019年に改定されたDnBPおよびDEHPの室内濃度指針値に対応した固相吸着-加熱脱離GC/MS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にて国内規格化する予定である。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 WG 20がWeb開催され、日本代表団は田辺新一 (早稲田大学), 酒井信夫 (国立医薬品食品衛生研究所), 伊藤一秀 (九州大学), 金炫兌 (山口大学) が参加した (2022年9月6日, 日本時間18:00~20:00)。WG 20では, ISO16000-33のシステムテックレビューについて議論が行われ, 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に追加されることが承認され、2022年末までにDIS原案を提出することになった。

国際会議後に作成されたISO/TC 146/SC 6/WG 20 N 59 Recommendationsを列記する。

Recommendation 38

ISO/TC 146/SC 6/WG 20 adopts the agenda (Doc. N 55) and the minutes of the last meeting (Doc. N 53).

Recommendation 39

ISO/TC 146/SC 6/WG 20 appoints Elisabeth Hösen as member of the recommendations' drafting committee.

Recommendation 40

ISO/TC 146/SC 6/WG 20 finalizes the draft of ISO 16000-33 and agrees to submit the document for DIS Ballot by end of 2022.

Recommendation 41

ISO/TC 146/SC 6/WG 20 will meet again in September 2023 and considers to have an intermediate meeting, if necessary.

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

オンサイト測定の結果、仕上げ材からのSVOCの放散は夏期に比べ、冬期に減少する傾向が見られ、仕上げ材表面温度によるSVOC放散速度の違いが確認出来た。仕上げ材の表面温度が低下すると、建材に含有している可塑剤の内部拡散が遅くなることと、建材の表面に可塑剤が染み出てもガス状にならず建材表面に凝縮する可能性が考えられた。また、家電製品表面からのSVOCの放散が確認された。

C7: 室内空気環境汚染化学物質の曝露濃度予測

流れ場解析にはSST $k-\omega$ モデルを適用し、CFDによる定常流れ場解析後にアンモニア液面位置に飽和気相濃度を与えて、非定常濃度場解析を行った。実大スケール実験室モデルの給気口からの流入空気のアンモニア濃度は0とした。液体アンモニアの蒸発に伴う液面の温度変化（蒸発潜熱）は無視し、一定温度を仮定して解析を実施した。アンモニア液面から人体周囲へ向かう輸送経路中に、室に流入した清浄空気によってアンモニア濃度は十分に希釈され、室内に不均一な濃度分布が形成されていることを確認した。アンモニア水溶液の蒸発開始から30秒後に鼻孔開口部における濃度の増加を確認した。本解析ではアンモニア水溶液の蒸発開始後、30秒後に完全に蒸発する条件とした。また、鼻孔開口部におけるアンモニア濃度は、室全体の平均濃度と比べて時間経過と共に大きく変動する様子を確認した。これは室内濃度分布の不均一性と呼吸活動および発生ガスの非定常性に因るものであり、高濃度短期暴露の場合には、室内の不均一濃度分布を考慮した人体の経気道暴露濃度を予測することが重要となることを示している。

時間経過に伴い呼吸によって気道内に取り込まれるガス濃度上昇に応じて、気道内表面における汚染物質濃度も上昇する様子を確認した。アンモニアの場合、粘膜上皮・上皮下組織での代謝クリアランスが無視できるほど小さく、これらの組織内をほぼ拡散移動する。アンモニア水溶液が漏洩してから蒸発して消失するという一連の解析において、経気道曝露（鼻孔開口部）濃度は漏洩開始から30秒後に変化が確認され、57秒後に179 ppmまで上昇した。これは、室の平均濃度と比べて10倍以上大きい値であり、室の平均濃度と呼吸濃度には大きな乖離が存在することが*in silico*解析によって明らかとなった。

3人の被験者データが作成した3種類の数値気道モデルを対象とした既往研究では、特に上気道曝露量予測において最大20%程度の個体差があることを報告している。また、RMITのTaoらの研究グループは人体形状やサイズが異なる場合の個体差について小型のマネキンを用いた風洞実験結果を

報告しており、体型や姿勢が人体周辺微気象形成に一定程度影響を与えることを報告している。

本年度の *in silico* 人体モデルを用いた解析では、室の代表濃度とは異なる経気道曝露濃度を予測することが可能となることを例証的に示す事には成功したと云えるが、室内環境から人体、さらには気道内の曝露予測を一連の解析として実施した場合の全体的な予測精度に関しては、定量的な検証が出来ていない。人体幾何形状から気道幾何形状を含めた個体差の影響に関する検討は今後の課題である。

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

2022 年度は、メチルシクロヘキサン、プロピルシクロヘキサン、1-ブタノール、ヘキサナール、デカナール、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,2-ジクロロエタン、アクロレインについて、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た。

2) 国際的な規制動向の調査

① 諸外国の室内空気質ガイドライン

世界保健機関、ドイツ連邦環境庁、フランス環境労働衛生安全庁、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 からは、新たな室内空気質ガイドラインの公表はなかったが、健康と環境に関する WHO およびその他の国連機関からこれまで公表されてきたガイダンスを体系的にまとめた compendium を公表した (2022 年 4 月アップデート)。

令和 4 年度以降に公表された室内空気質ガイドラインとしては、ドイツ連邦環境庁がメタノール、アセトフェノン、1-プロパノールの室内空気質ガイドラインを公表した。フランス環境労働衛生安全庁ではアンモニア、カナダ保健省ではキシレンの室内空気質ガイドラインが公表された。

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による発がん性分類のアップデートのうち、令和 4 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。室内ダスト中で検出されるコバルト金属が 2B から 2A に格上げとなっている。なお、可溶性と不溶性のコバルト二価化合物では発がん性が異なっており、可溶性のコバルト二価化合物で 2A となっているが、不溶性の二酸化コバルトは 2B で、その他のコバルト化合物は 3 となっている。PET 樹脂の触媒などに使用され、室内ダスト中からも検出される三酸化アンチモンが 2B から 2A に格上げとなっている。また、次年度以降のワーキンググループでは、室内ダストに含まれる可能性のある物質 (PFOA や PFOS) 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

Tenax[®] TA 捕集管を用いた加熱脱離法は、室内におけるエタノール濃度が室内濃度指針値代替化学物質の測定に及ぼす影響が小さかった。他方、単層型カーボンビーズアクティブ捕集管を用いた溶媒抽出法では、エタノール高濃度条件下、夏季における 2E1H と TPMI の回収率が高くなり、これらの測定に室内におけるエタノール濃度が影響を及ぼす可能性が考えられた。

D2: 総揮発性有機化合物 (TVOC) の在り方に関する研究

全国実態調査結果のデコンボリューション解析に基づいて必須 TVOC リストを作成した。研究課題最終年度に向け、本リスト化合物を標準物質とした TVOC 標準試験法を作成することにより、暫定目標値設定項目としての TVOC の精度や再現性を向上させることが可能になると考えられる。

D3: 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

LC/MS を用いたフタル酸エステル類の分析法を検討した結果、2つの分析条件で十分な分離が得られた。検量線は0.02-1 µg/mLの濃度範囲で良好な妥当性が確認され、DnBPおよびDEHPについて、室内濃度指針値の1/100以下の定量下限値が確認された。これらの結果から、LC/MSを用いた室内空气中フタル酸エステル類の試験法について基礎的な分析条件を確立することができた。本法は、昨今のヘリウムガス供給不足に対応する有用な測定方法になりうる。

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

2019年に改定されたDnBPおよびDEHPの室内濃度指針値に対応した固相吸着-加熱脱離GC/MSを用いたフタル酸エステル類の標準試験法について国内規格化を推進した。

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

本研究課題で開発したGC/MSを用いたフタル酸エステル類の測定法を国際規格化するために、ISO国際会議に参加した。ISO 16000-33: Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometryのシステムレビューにおいて、本法をAnnex Bに追加収載することが合意された。今後の予定として、ISO DIS原案を提出することになっている。

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

室内に形成される不均一濃度分布と経気道曝露濃度までを定量的に評価する計算流体力学と統合した*in silico*人体モデルを開発した。特に、気道モ

デルに流体解析と連成解析可能な生理的薬物動態モデル(PBPK-CFDモデル)を適用することで、室内の濃度分布情報に加えて不均一濃度分布を考慮した経気道曝露濃度の評価が可能となることをガス状アンモニアの室内拡散を想定した例証的な解析事例として示すことができた。

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、メタノール、アセトフェノン、1-プロパノールの指針値が新たに設定された。また、フランスのANSESではアンモニア、カナダ保健省ではキシレンに対する室内空気質ガイドラインが新たに設定された。発がん性に関してIARCは、コバルト、アンチモン、兵器用タンゲステン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ており、計画どおり進捗している。これらの調査結果は、最終的にとりまとめる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して反映させる。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 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фта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) Tahara M, Kawakami T, Sakai S, Ikarashi Y: Survey of phthalates, glycols, and several volatile organic compounds in domestic hand-

- pump spray products and evaluation of their effect on indoor air quality, *Journal of Environmental Chemistry*, 32, 84-94 (2022)
- 5) Oshima N, Tahara M, Sakai S, Ikarashi Y: Nationwide survey of the candidate substances in guideline values for indoor air concentrations, *Bulletin of National Institute of Health Sciences*, 140, 40-47 (2022)
 - 6) Oshima N, Tahara M, Sakai S, Ikarashi Y: A nationwide survey on indoor air concentrations of benzene and naphthalene in general residential housings, *Indoor Environment*, 25, 177-184 (2022)
 - 7) Sakai S, Tahara M, Kubota R, Kawakami T, Inoue K, Ikarashi Y: Characterization of synthetic turf rubber granule infill in Japan: Volatile organic compounds, *Science of the Total Environment*, 838, 156400 (2022)
 - 8) Oshima N, Takagi M, Sakai S, Ikarashi Y: Comparison of the helium-alternative carrier gases for the gas chromatography/mass spectrometry of standard test methods for indoor air quality guidelines in Japan, *BPB Reports*, 5, 84-87 (2022)
 - 9) 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)
 - 10) Mori Y, Aoki A, Okamoto Y, Isobe T, Ohkawara S, Hanioka N, Tanaka-Kagawa T, Jinno H: Species-specific activation of transient receptor potential ankyrin 1 by phthalic acid monoesters, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 45, 1839-1846 (2022)
 - 11) Hanioka N, Tanaka-Kagawa T, Mori Y, Ikushiro S, Jinno H, Ohkawara S, Isobe T: Regioselective glucuronidation of flavones at C5, C7, and C4' positions in human liver and intestinal microsomes: Comparison among apigenin, acacetin, and genkwanin, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 45, 1116-1123 (2022)
 - 12) Hanioka N, Isobe T, Tanaka-Kagawa T, Jinno H, Ohkawara S: In vitro glucuronidation of bisphenol A in liver and intestinal microsomes: interspecies differences in humans and laboratory animals, *Drug and Chemical Toxicology*, 45, 1565-1569 (2022)
 - 13) 杉田 隆, 香川 (田中) 聡子: 環境・衛生部会衛生試験法シンポジウム: 微生物検査による食品・環境衛生管理の新展開, *薬学雑誌*, 142, 9-10 (2022)
 - 14) 稲坂 まりな, 赤松 奈美, 菅野 颯馬, 池内 宏維, 高橋 秀介, 田崎 未空, 金 炫兌, 田辺 新一: 異なる木材表面へのアルコール塗布が VOC 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*, 87, 846-854 (2022)
 - 15) 赤松 奈美, 池内 宏維, 稲坂 まりな, 小野田 亮介, 松尾 和弥, 田崎 美空, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 田辺 新一: 木材表面へのアルコール清拭が VOC 放散量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測定結果, *日本建築学会大会学術講演梗概集*, 2022, 1595-1596 (2022)
 - 16) 池内 宏維, 赤松 奈美, 稲坂 まりな, 小野田 亮介, 松尾 和弥, 田崎 美空, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 田辺 新一: 木材表面へのアルコール清拭が VOC 放散量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結果, *日本建築学会大会学術講演梗概集*, 2022, 1597-1598 (2022)
 - 17) 赤松 奈美, 池内 宏維, 稲坂 まりな, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 田辺 新一: 木材表面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1報) アルコールの1回塗布によるチャンバー実験結果, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, 46, 9-12 (2022)
- 18) 池内 宏維, 赤松 奈美, 稲坂 まりな, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 田辺 新一: 木材表面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2報) アルコールの繰り返し噴霧によるチャンバー実験結果, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, 2022, 13-16 (2022)
 - 19) 田崎 健悟, 金 炫兌, 小金井 真, 益崎 慶人, 田辺 新一: 一般住宅における床材・壁材からの SVOC 放散量の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2022, 1589-1590 (2022)
 - 20) 益崎 慶人, 金 炫兌, 小金井 真, 田辺 新一: 実空間モデルにおける可塑剤からの SVOC 放散挙動に関する実験, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, 2022, 129-132 (2022)
 - 21) 田崎 健悟, 金 炫兌, 小金井 真, 田邊 慶宗, 益崎 慶人, 田辺 新一: 現場測定方法を用いた準揮発性有機化合物(SVOC)の放散速度測定-家電製品表面からの SVOC 放散速度測定, 日本建築学会中国支部研究報告集, 46, 407-410 (2023)
 - 22) 田邊 慶宗, 金 炫兌, 小金井 真, 田崎 健悟, 益崎 慶人, 田辺 新一: 現場測定方法を用いた準揮発性有機化合物(SVOC)の放散速度測定 夏期・冬期における床材・壁材からの SVOC 放散量の測定, 日本建築学会中国支部研究報告集, 46, 403-406 (2023)
 - 23) 益崎 慶人, 金 炫兌, 小金井 真, 田崎 健悟, 田辺 新一: 建材からの SVOC 放散速度と気中濃度との相関性に関する研究, 日本建築学会中国支部研究報告集, 46, 399-402 (2023)
 - 24) 細田 実里, 金 炫兌, 小金井 真, 益崎 慶人, 田崎 健悟: 住宅及び大学施設における空気中の準揮発性有機化合物(SVOC)濃度の測定, 日本建築学会中国支部研究報告集, 46, 395-398 (2023)
 - 25) Fernandez KB, Ikegaya N, Ito K, Chen Q: Age of air, purging flow rate, and net escape velocity in a cross-ventilation model sheltered by urban-like blocks using LES, *Building and Environment*, 226, 109759 (2022)
 - 26) 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)
 - 27) Harashima H, Sumiyoshi E, Ito K: Internal diffusion and re-emission of leaked liquid ethyl acetate from mortar materials, *Japan Architectural Review*, 5, 672-681 (2022)
 - 28) Lim E, Tanaka H, Ni Y, Bai Y, Ito K: Microplastics/microfibers in settled indoor house dust- Exploratory case study for 10 residential houses in the Kanto area of Japan, *Japan Architectural Review*, 5, 682-690 (2022)
 - 29) Yamasawa H, Hirayama T, Kuga K, Muta R, Kobayashi T, Ito K: Influence of inlet turbulent condition on the formation mechanism of local scalar concentrations, *Japan Architectural Review*, 5, 691-701 (2022)
 - 30) Muta R, Ito K: Impact of heat generation and use of experimental instruments in a fume hood on pollutant capture efficiency, *Japan Architectural Review*, 5, 702-713 (2022)
 - 31) Yoo SJ, Ito K: Validation, verification, and quality control of computational fluid dynamics analysis for indoor environments using a computer-simulated person with respiratory tract, *Japan Architectural Review*, 5, 714-727 (2022)
 - 32) Salati H, Fletcher DF, Khamooshi M, Dong J, Ito K, Vahaji S, Inthavong K: Exhaled aerosol and jet flow characterization during nasal

- sneezing, *Aerosol and Air Quality Research*, 22, 210338 (2022)
- 33) Li H, Kuga K, Ito K: SARS-CoV-2 dynamics in the mucus layer of the human upper respiratory tract based on host-cell dynamics, *Sustainability*, 14, 3896 (2022)
- 34) Muta R, Yoo SJ, Kim H, Matsumoto T, Ito K: Multiscale analysis of material flow and computational fluid dynamics for predicting individual DEHP exposure concentration in indoors, *Indoor and Built Environment*, 31, 2291-2311 (2022)
- 35) Ikegaya N, Ito K, Sandberg M: Rigorous mathematical formulation of net escape velocity and net escape probability determining a macroscopic concentration, *Indoor Air*, 32, e13072 (2022)
- 36) Kuga K, Sakamoto M, Wargocki P, Ito K: Prediction of exhaled carbon dioxide concentration using a computer-simulated person that included alveolar gas exchange, *Indoor Air*, 32, e13079 (2022)
- 37) Harashima H, Sumiyoshi E, Ito K: Numerical models for seamlessly predicting internal diffusion and re-emission of leaked liquid toluene from indoor mortar materials, *Journal of Building Engineering*, 57, 104976 (2022)
- 38) Khoa ND, Phuong NL, Takahashi K, Ito K: Transport and deposition of inhaled man-made vitreous and asbestos fibers in realistic human respiratory tract models: An in-silico study, *Japan Architectural Review*, 5, 592–608 (2022)
- 39) Wang Y, Shen X, Yoo SJ, Long Z, Ito K: Error analysis of human inhalation exposure simulation in industrial workshop, *Building and Environment*, 224, 109573 (2022)
- 40) Muta R, Chung J, Li C, Yoo SJ, Ito K: Pollutant capture efficiencies in and around the opening-surface of a fume hood under realistic conditions, *Indoor and Built Environment*, 31, 1636-1653 (2022)
- 41) Kuga K, Wargocki P, Ito K: Breathing zone and exhaled air re-inhalation rate under transient conditions assessed with a computer-simulated person, *Indoor Air*, 32, e13003 (2022)
- 42) Fan X, Shao H, Sakamoto M, Kuga K, Lan L, Wyon DP, Ito K, Bivolarova MP, Liao C, Wargocki P: The effects of ventilation and temperature on sleep quality and next-day work performance: pilot measurements in a climate chamber, *Building and Environment*, 209, 108666 (2022)
- 43) Karagas, MR, Wang A, Dorman DC, Hall AL, Pi J, Sergi CM, Symanski E, Ward EM, Arrandale VH, Azuma K, Brambila E, Calaf GM, Fritz JM, Fukushima S, Gaitens JM, Grimsrud TK, Guo L, Lynge E, Marinho-Reis AP, McDiarmid MA, Middleton DRS, Ong TP, Polya DA, Quintanilla-Vega B, Roberts GK, Santonen T, Sauni R, Silva MJ, Wild P, Zhang CW, Zhang Q, Grosse Y, Benbrahim-Tallaa L, de Conti A, DeBono NL, Ghissassi FE, Madia F, Reisfeld B, Stayner LT, Suonio E, Viegas S, Wedekind R, Ahmadi S, Mattock H, Gwinn WM, Schubauer-Berigan MK: Carcinogenicity of cobalt, antimony compounds, and weapons-grade tungsten alloy, *THE LANCET Oncology*, 23, 577–578 (2022)
- 44) 東 賢一： 燃焼で排出される室内空気汚染物質の健康影響, *室内環境*, 25, 307–315 (2022)

2. 書籍

- 1) Tham KW, Wargocki P, Tanabe S. (2022). Postulated pathways between environmental exposures and cognitive performance. Zhang Y, Hopke PK, Mandin C. (eds) *Handbook of Indoor Air Quality*. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5155->

5_62-1

- 2) 東 賢一:今日の治療指針 2023 年版 私はこう治療している:シックハウス症候群/化学物質過敏症, 医学書院, 東京 (2023)

3)

3. 学会発表

- 1) 大嶋 直浩, 高木 規峰野, 酒井 信夫, 五十嵐 良明: マイクロチャンバー及び加熱脱離 GC/MS による穀物由来揮発性有機化合物のメタボローム解析, 日本食品化学学会第 28 回学術大会 (2022.5)
- 2) 酒井 信夫: 質量分析法を用いた標準試験法の必要条件: レギュラトリーサイエンス研究に基づく信頼性と汎用性とサステナビリティ, 第 70 回質量分析総合討論会 (2022.6)
- 3) 森 葉子, 井上 凌子, 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: TVOC のデコンボリューション解析による室内空気汚染化学物質の探索, 第 68 回日本薬学会東海支部総会・大会 (2022.7)
- 4) 大嶋 直浩, 河上 強志, 高橋 夏子, 高木 規峰野, 小濱 とも子, 田原 麻衣子, 酒井 信夫, 五十嵐 良明: マスクの規格改定を指向した揮発性有機化合物の実態調査, 第 8 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 (2022.8)
- 5) 大嶋 直浩, 高橋 夏子, 高木 規峰野, 小濱 とも子, 河上 強志, 酒井 信夫, 五十嵐 良明: 家庭用マスクから放散される揮発性有機化合物, フォーラム 2022 衛生薬学・環境トキシコロジー (2022.8)
- 6) 香川 (田中) 聡子, 酒井 信夫, 神野 透人: 室内空気中総揮発性有機化合物 (TVOC) に関する最新の動向, 第 63 回大気環境学会年会 (2022.9)
- 7) Azuma K, Jinno H, Tanaka-Kagawa T, Sakai S: Hazard and risk assessment for indoor air

pollutants: dimethylsiloxanes, glycols, butanediol, hydrocarbons, trimethylbenzenes, benzene, naphthalene, and ethyltoluene, 34th Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology (2022.9)

- 8) 大嶋 直浩, 高木 規峰野, 高橋 夏子, 酒井 信夫, 五十嵐 良明, 千葉 真弘, 柴田 学, 岩館 樹里, 後藤 吉乃, 佐藤 智子, 田中 智子, 大竹 正芳, 角田 徳子, 上村 仁, 田中 礼子, 高居 久義, 中村 雄介, 堀井 裕子, 望月 映希, 伊藤 彰, 山本 優子, 大野 浩之, 藤本 恭史, 吉田 俊明, 古市 裕子, 八木 正博, 伊達 英代, 谷脇 妙, 松本 弘子, 吉村 裕紀, 前田 美奈子: 令和 3 年度 室内空気環境汚染に関する全国実態調査, 第 59 回全国衛生化学技術協議会年会 (2022.10)
- 9) 酒井信夫: ヘリウムガス供給不足に対する国立衛研の対応, 第 59 回全国衛生化学技術協議会年会 (2022.10)
- 10) 千葉 真弘, 兼俊 明夫, 大泉 詩織, 田原 麻衣子, 大嶋 直浩, 酒井 信夫: 室内空気中の揮発性有機化合物 (VOCs) 分析における除湿管の影響, 2022 年室内環境学会学術大会 (2022.12)
- 11) 大嶋 直浩, 田原 麻衣子, 酒井 信夫, 五十嵐 良明: 一般居住住宅における室内空気質に関する全国実態調査, 2022 年室内環境学会学術大会 (2022.12)
- 12) 森 葉子, 香川 (田中) 聡子, 田原 麻衣子, 河上 強志, 青木 明, 岡本 誉士典, 磯部 隆史, 大河原 晋, 埴岡 伸光, 東 賢一, 酒井 信夫, 神野 透人: 2-Ethyl-1-hexanol, Texanol および TXIB による侵害刺激の種差に関する研究, 2022 年室内環境学会学術大会 (2022.12)
- 13) 高木 規峰野, 大嶋 直浩, 田原 麻衣子, 酒井 信夫, 五十嵐 良明: GC-MS/MS を用いた室内空気中殺虫剤の分析, 日本薬学会第 143 年会 (2023.3)
- 14) 大嶋 直浩, 高木 規峰野, 酒井 信夫, 五十嵐

- 良明:機能性繊維製品から放散する揮発性有機化合物の GC/MS 分析に用いるキャリアガスの比較, 日本薬学会第 143 年会 (2023.3)
- 15) 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動物種特異的な生体影響に関する研究: TRPA1 活性化の種差を生じるタンパク質構造の解明, フォーラム 2022: 衛生薬学・環境トキシコロジー (2022.9)
- 16) 吉富 太一, 西 以和貴, 田原 麻衣子, 仲野 富美: 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, 日本薬学会第 143 年会 (2023.3)
- 17) 小池 加那子, 中嶋 康一郎, 河村 伊久雄, 三浦 伸彦, 森 葉子, 磯部 隆史, 大河原 晋, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川(田中) 聡子: Vitamin D 代謝酵素のヒト組織における発現とその個体差, 第 49 回日本毒性学会学術年会 (2022.6)
- 18) 堤 亜里紗, 小林 叶奈, 河村 伊久雄, 三浦 伸彦, 森 葉子, 磯部 隆史, 大河原 晋, 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 2022 衛生薬学・環境トキシコロジー (2022.9)
- 19) 高橋 直也, 中嶋 康一郎, 河村 伊久雄, 三浦 伸彦, 森 葉子, 磯部 隆史, 大河原 晋, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川(田中) 聡子: 気道過敏性に関与する生体内因子のヒト気道組織中での発現と個体差, 第 66 回日本薬学会関東支部大会 (2022.9)
- 20) 中嶋 康一郎, 高橋 直也, 河村 伊久雄, 三浦 伸彦, 森 葉子, 磯部 隆史, 大河原 晋, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川(田中) 聡子: GLP-1 受容体のヒト組織における発現とその個体差, 第 66 回日本薬学会関東支部大会 (2022.9)
- 21) 小池 加那子, 中嶋 康一郎, 河村 伊久雄, 三浦 伸彦, 森 葉子, 磯部 隆史, 大河原 晋, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川(田中) 聡子: ヒト組織における Vitamin D 代謝酵素及び VDR の発現と個体差, 第 66 回日本薬学会関東支部大会 (2022.9)
- 22) 小林 叶奈, 堤 亜里紗, 河村 伊久雄, 三浦 伸彦, 森 葉子, 磯部 隆史, 大河原 晋, 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組織中での発現とその個体差, 第 66 回日本薬学会関東支部大会 (2022.9)
- 23) 中向井 璃奈, 浦島 桃香, 森 葉子, 磯部 隆史, 大河原 晋, 河村 伊久雄, 三浦 伸彦, 北川 康行, 埴岡 伸光, 神野 透人, 香川(田中) 聡子: Isothiazolinone 系抗菌薬によるヒト TRPA1 活性化の *in silico* 分子機構解析, 日本薬学会第 143 年会 (2023.3)
- 24) 赤松 奈美, 池内 宏維, 稲坂 まりな, 小野田 亮介, 松尾 和弥, 田崎 未空, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 田辺新一: 木材表面へのアルコール清拭が VOC 放散量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測定結果, 2022 年度日本建築学会大会学術講演会 (2022.9)
- 25) 池内 宏維, 赤松 奈美, 稲坂 まりな, 小野田 亮介, 松尾 和弥, 田崎 未空, 菅野 颯馬, 金 炫兌, 田辺新一: 木材表面へのアルコール清拭が VOC 放散量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, 2022 年度日本建築学会大会学術講演会 (2022.9)
- 26) 田崎 健悟, 金 炫兌, 小金井 真, 益崎 慶人, 田辺 新一: 一般住宅における床材・壁材からの SVOC 放散量の測定, 2022 年度日本建築学会大会学術講演会 (2022.9)
- 27) 益崎 慶人, 田辺 新一, 小金井 真, 金 炫兌: 実空間モデル内における可塑剤からの SVOC 放散挙動に関する実験, 令和 4 年度空気調和・衛生工学会大会 (2022.9)
- 28) Kizuka R, Kuga K, Ito K: Regional deposition of inhaled nano-to-microscale particle in realistic upper respiratory tract under steady and

- transient breathing conditions, 5th International Conference on Building Energy and Environment (2022.7)
- 29) Li H, Kuga K, Ito K: SARS-CoV-2 infection dynamics integrated with mucociliary transport in human upper airway, 5th International Conference on Building Energy and Environment (2022.7)
- 30) Khoa ND, Ito K: Regional deposition characteristics of fibrous particles compared to spherical particles in human upper airway – in silico case study, 5th International Conference on Building Energy and Environment (2022.7)
- 31) Kuga K, Ito K: Integrated Modeling of CO₂ Transport from Indoor to Alveolar Region for Elucidating Human CO₂ Emission Mechanism, 5th International Conference on Building Energy and Environment (2022.7)
- 32) Nishihara T, Kuga K, Ito K: Numerical investigation of cough droplets dispersion dynamics in indoor environment: Effect of oral cavity shape, 5th International Conference on Building Energy and Environment (2022.7)
- 33) Hoshiyama S, Kuga K, Ito K: Formation of Acetone concentration distribution around breathing zone and transport efficiency to olfactory epithelium cells, 5th International Conference on Building Energy and Environment (2022.7)
- 34) Muta R, Ito K: Numerical investigation of pollutant capture and ventilation efficiencies in laboratory fume hood, Indoor Air 2022 (2022.6)
- 35) Kuga K, Wargocki P, Ito K: Impact of room temperature on human carbon dioxide emission rates at different physical activity levels, Indoor Air 2022 (2022.6)
- 36) Wargocki P, Sakamoto M, Fan X, Kuga K, Ito K, Williams J, Beko G, CO₂ emission rates from humans when sleeping and awake. Impact of environmental factors and age, Indoor Air 2022 (2022.6)
- 37) Lim E, Tanaka H, Ito K: Preliminary Investigation of Indoor Microplastic Concentrations in house dust in Japanese Residential Houses, Indoor Air 2022 (2022.6)
- 38) Li H, Kuga K, Ito K: Infection dynamics of SARS-CoV-2 in musus later of the human nasal cavity-nasopharynx, Roomvent 2022 (2022.9)
- 39) Hyodo S, Murota K, Yoo SJ, Ito K: Development of three-dimensional clothing model for computer simulated person integrated with thermoregulation model, Roomvent 2022 (2022.9)
- 40) Khoa ND, Ito K: Computational analysis of ultrafine and fine particle deposition mechanisms in human lower airway, The 13th Asian Computational Fluid Dynamics Conference (2022.10)
- 41) Fernandez KB, Ikegaya N, Ito K: Large Eddy Simulation of Flow and Concentration Distributions in an Indoor Space Surrounded by Urban-like Block Arrays, The 13th Asian Computational Fluid Dynamics Conference (2022.10)
- 42) Muraga A, Ito K, Tsubokura M: Using CFD to develop a virtual human manikin for infection risk assessment, The 13th Asian Computational Fluid Dynamics Conference (2022.10)
- 43) Park HG, Yoo SJ, Sumiyoshi E, Harashima H, Ito K: Indoor Thermal Comfort Assessment Using CFD-CSP Hybrid Analysis, The 13th Asian Computational Fluid Dynamics Conference (2022.10)
- 44) Hyodo S, Yoo SJ, Ito K: Three-Dimensional Modeling and Computational Fluid Dynamics Analysis for Ventilation in Clothing, The 13th Asian Computational Fluid Dynamics

Conference (2022.10)

- 45) Khoa ND, Phuong NL, Ito K: Numerical Investigation of Fine particle Transportation and Deposition in the Human Lower Airway: Impact of airflow and particle size on deposition efficiency, The 8th International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (2022.10)
- 46) Azuma K: Indoor air quality and health effects in modern office buildings, 16th international conference on indoor air quality and climate (2022.6)
- 47) 東 賢一：室内空気環境対策総論－室内環境における健康リスク要因とその対策について－，第 32 回日本産業衛生学会全国協議会シンポジウム：新型コロナウイルス感染症と室内空気環境対策 (2022.9)

F. 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