

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6年度 総括・分担研究報告書

(24KD2001)

研究代表者 酒井 信夫

令和7（2025）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	
「室内空气中化学物質の測定マニュアル (統合版)」の作成	15
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	
田原 麻衣子 (国立医薬品食品衛生研究所)	
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	20
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	
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	36
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	
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	77
酒井 信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)	
2. 総揮発性有機化合物 (TVOC) の在り方に関する研究	86
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	109
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	116
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	122
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	184
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 ----- 191
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 ----- 199

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: 室内空気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、室内空気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、屋外空気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、室内空気中では粒子状物質・微小粒子状物質に吸着して存在する。したがって、室内空気中の粒子状物質は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気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

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、「室内空気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 室内空気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。「室内空気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

令和6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

室内空気中化学物質の標準試験法の整備

「室内空気中化学物質の測定マニュアル（統合版）」の作成

研究分担者 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
田原麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官
(平成30年度～令和2年度, 令和3年度～5年度 研究分担者)

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
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
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
田中 礼子 横浜市衛生研究所 理化学検査研究課 医務職員
村木 沙織 横浜市衛生研究所 理化学検査研究課 技術職員

これまでシックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会が示してきた「室内空気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、「室内空気中化学物質の測定マニュアル（統合版）」を作成した。

「室内空気中化学物質の測定マニュアル（統合版）」は、先行研究課題（室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およびリスク低変化に関する研究（H30-化学-指定-002）、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（20KD2002））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（室内空気汚染）問題に関する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。

A. 目的

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）が示す室内空気中化学物質の採取方法と測定方法は、平成 13 年（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¹⁾、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（2001 年）以降に室内濃度指針値が設定された化学物質²⁾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、日常の試験検査実務を担当している地方衛生研究所の研究協力者とともに標準試験法のリバイスについて検討し、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、「室内空気中化学物質の測定マニュアル（統合版）」³⁾を作成した。

B. 方法

「室内空気中化学物質の測定マニュアル（統合版）」の作成にあたり、これまで段階的に発出された通知と今般の統合作業を図示したものを図 1 に示す（第 28 回シックハウス検討会 資料 3）。

C. 結果および考察

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（総揮発性有機化合物）の標準的測定方法を示してきたが、先行研究課題（室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およびリスク低変化に関する研究（H30-化学-指定-002）、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（20KD2002））の成果をとりまとめて、「室内空気中の化学物質の測定マニュアル（統合版）」として整備した。

「室内空気中の化学物質の測定マニュアル（統合版）」では、これまで段階的に発出された複数の局長通知で散在していた測定方法を 1 つに集約したことに加え、以下の 4 点を主な改訂点としてい

る。

- ① これまで試料採取の方法として、捕集条件を「新築住宅」、「居住住宅」という名称で示してきたが、その目的を考慮して「最大濃度推定法」、「平常実態把握法」として再定義した。
- ② 揮発性有機化合物の測定方法として、従来は 3 つの方法を規定しており、その第 3 法として容器採取ーガスクロマトグラフ／質量分析法を規定していたが、当該試験法は、一般的に大気の採取に使用される方法であり、室内空気の採取法としては適当ではないと考えられることから削除した。
- ③ 準揮発性有機化合物(SVOC)の測定方法に関してクロルピリホスの測定法等を暫定案として示していたが、室内濃度指針値の設定された全ての SVOC について同時採取を可能とした。
- ④ ガスクロマトグラフィーのキャリアーガスには通常ヘリウムガスが使用されるが、ヘリウムガスが世界的に供給不足や価格高騰といった懸念がなされていることも考慮し、ヘリウムガス以外の代替ガスとして水素ガスや窒素ガスが使用できることを追記した。

また、平成 12 年 12 月 22 日付の厚生省生活衛生局長通知⁴⁾では、標準的測定方法とは別に、簡易的な測定方法に係る機器等目録を示していたが、それらの機器が継続的なアップデートが見込まれるという背景から、標準的測定方法を用いた測定を行うことを前提として、機器等目録について掲載していく必要性は低いという見解が示された。

D. まとめ

「室内空気中化学物質の測定マニュアル（統合版）」は、先行研究課題（室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およびリスク低変化に関する研究（H30-化学-指定-002）、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（20KD2002））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。

【引用文献】

- 1) 厚生労働省医薬局長通知 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法等について（医薬発第828号 平成13年7月25日）
<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/01376637.pdf>
- 2) 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：室内濃度指針値一覧（令和7年1月17日時点）
<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/01377558.pdf>
- 3) 厚生労働省 医薬局医薬品審査管理課長通知 室内空气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）
<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/01377543.pdf>
- 4) 厚生省生活衛生局長通知 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び総揮発性有機化合物の室内濃度暫定目標値について（生衛発第1852号 平成12年12月22日）
<https://www.mhlw.go.jp/content/11120000/01376636.pdf>

E. 健康危機情報

なし

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) Chiba M, Kanetoshi A, Oizumi S, Tahara M, Sakai S: Recovery test for the analysis of volatile organic compounds in indoor air using a dehumidification tube, *Indoor Environment*, **27**, 107-117 (2024).

2. 書籍等刊行物

- 1) 酒井信夫：化学物質 室内濃度指針値，レギュラトリサイエンス教材ポイントシリーズ，ファームテクジャパン，**40**，86-88：株式会社じほう（2024）

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準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) 大嶋直浩, 高木規峰野, 酒井信夫, 内山奈穂子: 「室内空気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
- 7) 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
- 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

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

通知番号	内容	別添
(1) 平成12年 6月30日付け生 衛発第1093号	①ホルムアルデヒドの標準的測定方法	(別添3)
	②トルエン、o-,m-,p-キシレン、パラジクロロベンゼンの標準的測定方法	
(2) 平成12年 12月22日付け生 衛発第1852号	③エチルベンゼン、スチレンの標準的測定方法	(別添2)
	室内空气中化学物質測定に関する機器等目録 ^(※1)	(別添5)
(3) 平成13年 7月25日付け医 薬発第828号	④ホルムアルデヒドの標準的測定方法	(別添2)
	⑤トルエン、o-,m-,p-キシレン、エチルベンゼン、スチレン、パラジクロロベンゼンの標準的測定方法	
	⑥クロロピリホスの測定方法(暫定版)	
	⑦フタル酸ジ-n-ブチルの測定方法(暫定版)	(別添3)
	⑧テトラデカンの標準的測定方法	
	⑨フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの測定方法(暫定版)	
(4) 平成14年 2月7日付け医薬 発第0207002号	⑩ダイアジノンの測定方法(暫定版)	(別添2)
	⑪アセトアルデヒドの標準的測定方法	
	⑫フェノブカルブの測定方法(暫定版)	

室内空气中化学物質の測定マニュアル(統合版)

再構成案
1. 試料採取方法
2. アルデヒド類の測定方法 ※ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド
3. 揮発性有機化合物の測定方法 ※トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、 パラジクロロベンゼン、テトラデカン
3.1 第1法 固相吸着-溶媒抽出-ガスク ロマトグラフィー/質量分析法
3.2 第2法 固相吸着-加熱脱離-ガスク ロマトグラフィー/質量分析法
4. 準揮発性有機化合物の測定方法 ※クロロピリホス、フェノブカルブ、ダイアジノン、 フタル酸-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル
4.1 第1法 固相吸着-溶媒抽出-ガスク ロマトグラフィー/質量分析法
4.2 第2法 固相吸着-加熱脱離-ガスク ロマトグラフィー/質量分析法
5. 総揮発性有機化合物の測定方法

(※1) 平成30年度の厚生労働科学研究における検討の結果、機器については継続的なアップデートが見込まれることから、標準測定法での測定を行うことを前提に、機器等目録について掲載する必要性は低い、との見解が示されている

➡ 上記通知の別添測定方法に係る部分を削除し^(※2)、新たに「室内空气中化学物質の測定マニュアル(統合版)」として示す。

(※2) 経過措置として、令和8年3月末までは従前の方法も使用可とする。

図1 室内空气中化学物質の測定マニュアル(統合版)のイメージ

室内空气中化学物質の測定マニュアル (統合版)

令和 7年 1月17日

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

目次

これまでに指針値等を策定した物質と測定方法対応表	2
1. 試料採取方法	3
1. 1 目的および適用範囲	3
1. 2 測定時間	4
1. 3 試料採取場所	5
1. 4 試料の採取	6
1. 5 ブランク試験	7
1. 6 記録事項	8
A. 測定記録シート(建造物情報)	9
B. 測定記録シート(採取状況情報)	11
C. 測定記録シート(利用者情報)	16
1. 7 分析	19
1. 8 結果の記載	22
D. 測定記録シート(個別分析情報)	23
1. 9 結果の返却	29
測定結果シート	30
2. アルデヒド類の測定方法	31
3. 揮発性有機化合物の測定方法	38
3. 1 第1法 固相吸着-溶媒抽出-ガスクロマトグラフィー/質量分析法	38
3. 2 第2法 固相吸着-加熱脱離-ガスクロマトグラフィー/質量分析法	47
4. 準揮発性有機化合物の測定方法	56
4. 1 第1法 固相吸着-溶媒抽出-ガスクロマトグラフィー/質量分析法	56
4. 2 第2法 固相吸着-加熱脱離-ガスクロマトグラフィー/質量分析法	63
5. 総揮発性有機化合物の測定方法	72
参考文献	81

これまでに指針値等を策定した物質と測定方法対応表

揮発性有機化合物	室内濃度指針値*	指針値の設定日および改定日	試料採取方法および測定方法 (マニュアルの参照ページ)
ホルムアルデヒド	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08 ppm)	設定日： 1997. 6. 13	試料採取方法 (p. 3～24, 29, 30) アルデヒド類の測定方法 (p. 31～37)
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03 ppm)	設定日： 2002. 1. 22	
トルエン	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppm)	設定日： 2000. 6. 26	試料採取方法 (p. 3～23, 25～30) 揮発性有機化合物の測定方法 (p. 38～55)
キシレン	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)	設定日： 2000. 6. 26 改定日： 2019. 1. 17	
エチルベンゼン	370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.0858 ppm)	設定日： 2000. 12. 15 改定日： 2025. 1. 17	
スチレン	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)	設定日： 2000. 12. 15	
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)	設定日： 2000. 6. 26	
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)	設定日： 2001. 7. 5	
クロルピリホス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppb) 小児の場合 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007 ppb)	設定日： 2000. 12. 15	
フェノブカルブ	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8 ppb)	設定日： 2002. 1. 22	
ダイアジノン	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppb)	設定日： 2001. 7. 5	
フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル	17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.5 ppb)	設定日： 2000. 12. 15 改定日： 2019. 1. 17	試料採取方法 (p. 3～23, 25～30) 準揮発性有機化合物の測定方法 (p. 56～71)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6.3 ppb)	設定日： 2001. 7. 5 改定日： 2019. 1. 17	

* 両単位の換算は、25℃の場合による。

総揮発性有機化合物量 (TVOC)	暫定目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	設定日： 2000. 12. 15	総揮発性有機化合物 (TVOC) の測定方法 (p. 72～80)
-------------------	---------------------------------------	----------------------	--------------------------------------

1. 試料採取方法

1. 1 目的および適用範囲

本標準試験法は、各化学物質の室内空気濃度指針値が満たされているかどうかを厳密に判定する為の標準的測定法を定めたものである。

対象となる化学物質は、アルデヒド類、揮発性有機化合物 (VOC)、準揮発性有機化合物 (SVOC) 等である。

空気の採取方法は、**最大濃度推定法**と**平常実態把握法**を使用する。前者は新築住宅等、室内空気中の化学物質の最大濃度を推定する為のものである。後者は居住住宅等、居住、平常時における VOC の存在量や曝露量を推定するためのものである。

【解説】

測定を求める人が求める内容によっては、必ずしも標準試験法として示している厳密な測定をする必要がない場合がある。相手の望む測定レベルによって、測定機関が有しているいくつかの方法を使い分ける事はもちろん可能である。この際重要なのは、使用する測定方法の性格、長所、短所について十分説明し、その目的と結果の意味について明確に認識してもらう必要がある。

但し、以下の場合には標準試験法を用いることが望ましい。

- ・ 室内空気中化学物質濃度の最大値を求めることを希望している場合。
- ・ 室内空気中化学物質濃度の厳密な測定を望んでいる場合。
- ・ 室内濃度指針値を超えていないかの判定を望んでいる場合。

標準試験法では、**最大濃度推定法**と**平常実態把握法**の2つの方法を示している。

最大濃度推定法は、原則として生活行為はない状態を対象としている。純粋に建造物から発散される化学物質濃度が、最大でどの程度のレベルまで達する可能性があるのかを推定する、言い換えれば、建造物(や乗り物)そのものを評価することを、その目的としている。従って、適用範囲としては、新築建造物(や新車両)等、本来主に入居前の什器等の持ち込みもなく、生活行為のない建造物を想定している。また、かつて入居されていても、改築や修築のため、現状として完全に空き建物となっている場合も適用対象となる。

しかしながら、現在入居しており、什器等が存在する建造物にもこの方法を用いたいという希望はあるものと思われる。この場合は、測定作業中生活行為を行うことは出来ない。また、現状における化学物質濃度の到達可能レベルの推定に、その目的が変わることに留意しなくてはならない。言い換えれば、この場合は、建造物の評価ではなく、現生活空間の評価がその目的となる。建造物そのもの由来の化学物質量を厳密に調査するためには、対象物質を放散しないことが明らかである場合を除き、原則持ち込まれた家具等は測定作業中撤去しておく必要がある。

一方、**平常実態把握法**は、実際の生活環境においてどの程度化学物質が存在しているのか、言い換えれば、平常時の現状実態の把握を目的として策定されている。

1. 2 測定時間

最大濃度推定法は、30分換気後に対象室内を5時間以上密閉し、その後、概ね30分間空気を採取する。採取の時刻は午後2～3時頃に設定することが望ましい。換気は窓、扉、建具、備用品の扉等の全てを開いて行い、密閉中は外気に面した開口部は閉鎖する。全ての操作中常時換気システムを有している場合は稼働させてよい。このシステムに必要な開口部は閉鎖の必要はない。

平常実態把握法は、日常生活を営みながら空気を24時間採取する。

【解説】

最大濃度推定法は、30分換気後に5時間以上の密閉期間を置き、その後、概ね30分間採取することとしている。最初の30分間換気と最後の30分間の空気採取は、どちらも多少変更しても問題はない。但し、どちらもその時間は明記する必要がある。最初の換気は、室内空気を外気と同様のレベルにしようとするものであり、室内から発生するVOC量を測定するという目的には欠かせないものである。よってこの目的が達成されると推定されるのであれば、時間の長短は気にする必要はないが、測定条件を後に振り返って判断する際の材料として記載しなくてはならない。また、採取時間は最終的に30分間平均値を出すためには欠かせないものであるが、捕集管や感度の関係で採取時刻を変えてもよい。但し、この場合も測定条件を後に判断するために実測時間を明記することは必須である。

密閉時間は、室内空気の濃度が平衡になる（放散量と換気又は漏出量が等しくなる）まで行うべきものであるが、換気回数が0.5回以上あると見込まれる建造物および換気設備を有する建造物では、この値は充分達成されていると考えられる。換気回数がこれよりも低い場合はほぼ平衡に達するには約12時間かかることとされ、完全に密閉された部屋では、平衡を待つのは事実上不可能である。しかしながら、温度変化による換気回数の変動や放散量の変動を考慮した場合、閉鎖時間による濃度の変動幅よりも、気温変化による変動幅が大きくなると推定され、最低限5時間の密閉と、気温の日変動が最大となる午後2時～3時に空気を採取するやり方が測定作業効率も良く、目的を達成する上では必要かつ充分であると考えられる。もちろん、閉鎖時間を延長することは差し支えない。上記理由から、閉鎖時間、採取時刻の記録は必須である。同時に換気回数が測定できれば最良ではある。

備用品の開放を要求しているが、これらは移動不可能なものを前提としている。建造物と一体であり、建造物の一部として認められるという考えから、安全面を考慮して要求しているものである。よって、後から持ち込まれた什器等は該当しない。また、閉鎖中に常時換気システムの稼働を認めているが、これは常時使用されることが前提となって設計・設置されているものについては、建造物の一部として当然認められるべきであるとの考えからである。これらにはトイレ換気扇、浴室換気扇、レンジフード等で、必要に応じて間欠的に使用され、連続換気を原則としない局所換気システムは含まない。逆に、これらの形式を取っていても、常時使用を前提とするシステムとなっている場合は稼働させてよい。この場合、後掲の「測定記録シート」等にその旨が適切に説明されている必要がある。また、小窓等のパッシブ型の換気システムは原則的には閉めて試料採取する。パッシブ型の常時換気システムは自然条件の影響を受けることが多いので、本件で使用を認める換気システムは、強制換気システムと同等の性能を有する場合例外的に設定できることとする。

平常実態把握法は、試料採取開始時刻を任意に設定した上で、通常的生活状態で24時間行う。

1. 3 試料採取場所

試料採取場所は、室内で滞在時間が長いと想定される2か所および室外（外気）の計3ヶ所で行う。室内にあっては、部屋の中央付近の少なくとも壁から1 m以上離れた呼吸域の高さを設定する。室外にあっては、外壁および空調給排気口から2～5 m離れた、室内の測定高さと同等の高さの所を設定する。

【解説】

室内採取位置は、最も滞在時間が長いと想定される場所であるため、居住住宅においては居間および寝室の2か所を設定する。集合住宅の場合、サンプル検査を行うこともあると思われるが、どの部分の測定を行うかは、それぞれ依頼者が判断する必要がある。また、この結果をもって、全ての住戸に当てはめた表現はできない。サンプル検査をもって個々の住戸の性質に言及する場合は、サンプル検査をした箇所、対象との間取り、部材、施工方法等について明確な説明を加える必要がある。

採取の高さは、日常生活を営む呼吸域の高さを考慮して0.75～1.5 mに設定される¹⁾。壁から1 m以上離すこととしたのは、壁からの放散の影響を排除するためである。よって、この条件を満たしていてもそばに戸棚や机があるのでは同様に望ましくない。設定はこれらの影響がいずれもないところを選んで行われるべきである。条件の記載については、高さや位置はもちろん、周囲の状況について図を利用する等して記載したほうがよい。可能であれば写真として残しておくことが望ましい。

室内に直射日光が差し込む場合は、これにより揮発性化合物の放散量が影響を受ける恐れがあるので、カーテンが取り付けられている場合は使用した方がよい。雨戸については換気量に影響を与える可能性があるため、締め切らないことが望ましい。直射日光の差込具合については、記録したほうがよい。

室外については、測定位置以外の条件を室内と同様にし、並行して採取する。外気の測定位置については、標記の通りであるが、高層建造物や気象条件によって当該位置への採取口の設置が困難な場合は位置を変更してもよい。但し、その場合には設定位置を明確に記しておくことが必要である。また、風向きによっては外壁に施された防水・撥水・防カビ等の加工剤や塗料の影響が出る場合があるので、風向きを記しておくことも重要である。

室外の値は、室外の汚染の有無を確認するものであって、室内濃度の算出時に外気の数値を減算に用いたりしない。室内で汚染が確認されたとき、それが室外由来である可能性の判断を行うために使用する。

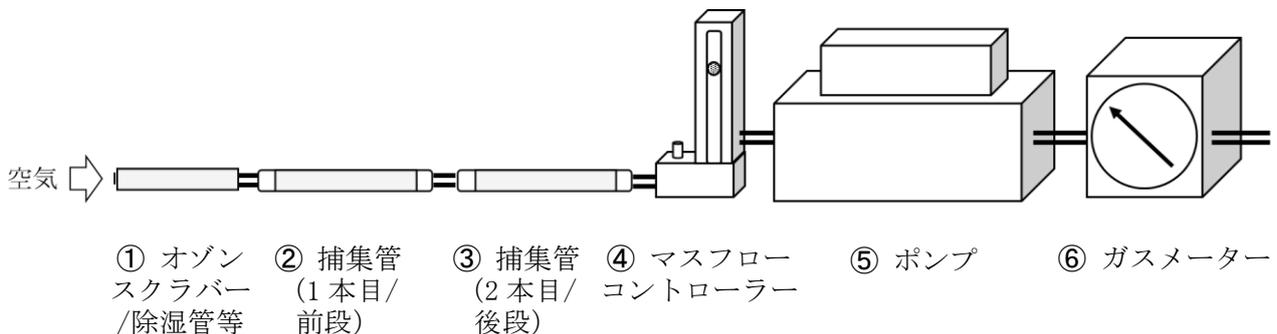
1. 4 試料の採取

試料の採取は、各標準試験法の試料採取の頁に従って、室内2ヶ所、外気1ヶ所について2回ずつ採取する。同時にトラベルブランクも同様に持ち運ぶ。採取の際、室内空気の1時間あたりのサンプリング量は、換気量の10%以下となるように設定する。換気量が不明な場合は、室内空気の1時間あたりのサンプリング量は、部屋容積の10%以下となるように設定することが望ましい。また、試料採取時には気温および相対湿度の測定を併せて行うこと。

【解説】

試料採取装置の基本的な構成例としては、① オゾンスクラバー／除湿管、② 捕集管（1本目／前段）、③ 捕集管（2本目／後段）、④ マスフローコントローラー、⑤ ポンプ、⑥ ガスメーターの順に接続する。各機器の間の接続は、テフロンチューブ等を用いる。なお、④～⑥の代わりに、これらの機能が一体型になっているサンプリングポンプを使用することも多い。

⑤のポンプにて①の側から空気を吸引するが、その際に、①において捕集管の捕集効率に影響を与える可能性があるものを除去し、②および③で捕集対象の化学物質をトラップする。④で流速をコントロールし、⑥で流量を計測する。①は装着してもよいが、通常は必要ではない。②と③で捕集管を2つ含むのは、24時間という長時間の採取を行うため、破過を考慮してのことである。破過がないことが予想される場合は、③の捕集管は必要ない。



採取装置は、測定対象物質と分析の際に採用する方法によって異なる。具体的な採取方法は、それぞれの標準試験法に示したとおりである。

標準試験法では、試料採取中の配管の外れ、その他のミスを考慮し、同一試料を2回ずつ採取することとし、同時に2重測定 ($n=2$) の意味を持たせている。原則、採取は併行して行うが、例外として**最大濃度推定法**にて30分間の空気採取を行う場合は、30分ずつ2回連続して採取し、同じ操作を行ったとして解釈してもよい。また、採取についてはこのように各箇所2回ずつ行うが、分析について2重に行うのは全体の10%の頻度にすることもできる。但し、室内濃度指針値近傍の値が得られた場合等は、全て分析する必要がある。なお、2重測定の測定値平均とそれぞれの測定値との間に±20%以上の開きがある場合には、原則として欠測扱いとし、再度試料採取を行う。

1. 5 ブランク試験

トラベルブランク試験としては、試料の採取に際し、試料採取操作を除いて試料採取管と同様に、密栓した捕集管を持ち運び取り扱う。

操作ブランク試験としては、未使用の捕集管について一連の分析操作を行って値を求める。

【解説】

標準試験法ではブランク試験として、1) トラベルブランク試験および2) 操作ブランク試験の2つを設定している。

1) トラベルブランク試験

トラベルブランク試験は、採取操作から分析操作までの一連の過程（準備－機器の運搬－試料採取－持ち帰り－前処理－測定）において、捕集管が外部から汚染を受けていないかを確認するための試験であるので、本試験の捕集管と同様に持ち運び、保管する。異なるのは、試料採取操作を行うか否かのみである。通常、1 建造物につき1 試験行えばよいが、測定箇所を増やしたりした場合は総数の約 10%の頻度で行う。測定対象物質のトラベルブランク値が操作ブランク値と同等（等しいか小さい）と見なせる場合には、移送中の汚染は無視できるものとする。トラベルブランク値が操作ブランク値を大きく超える場合には、基本的に採取をやり直すことになってしまうので、運搬中の汚染には細心の注意を払うべきである。

移送中の汚染がある場合には、3 試料以上のトラベルブランク値を測定した時の標準偏差 (σ) から求めた定量下限値 (10σ : 大気濃度への換算値)、目標定量下限値 (指針値の 1/10)、測定値と比較して下記の条件を満たせば使用することもできる。

- ・ トラベルブランク値から計算した定量下限値が目標定量下限値以下の場合。
- ・ 目標定量下限値以上であっても、試料の測定値より小さい場合。

これらに当てはまらない場合は、原則として欠測扱いとし、採取をやり直さねばならない。また、これらの条件を表向き満たしていたとしても、トラベルブランク値が大きく、試料の採取に影響を与える可能性が認められる場合は、汚染の原因を取り除いた後、再度試料採取から行う。

2) 操作ブランク試験

分析環境から試験操作過程で汚染されることがあるので、試料測定に先立って、操作ブランクを一連の試験操作の中で少なくとも 1 回以上実施する。操作ブランク試験が目標定量下限値 (指針値の 1/10) 以上であった場合は、試薬、器具、機器を調製・整備し直し、ブランクの低減を確認してから実試料を分析する。

これらのブランク値は、最終的な試料濃度の計算の際に反映される。基本的に試料の測定値から操作ブランク値を差し引いて濃度を計算する。トラベルブランク値が操作ブランク値より大きい場合はこれを差し引く。このときトラベルブランク値が試料の測定値を上回った場合（トラベルブランク試験から計算した定量下限値が目標定量下限値以下であったが、試料の測定値は上回ってしまった場合）には、その物質については欠測扱いとする。

1. 6 記録事項

建造物に関わる項目，試料採取時の天候や生活状況に関わる項目，分析条件等を記録する。

【解説】

測定値に客観性と信頼性を持たせるためには、いつ、どこで、どのような条件で、空気が採取され、分析されたのかが、正確に記録されていなければならない。

これらをもれなく記録するために、測定記録シートを添付したので参考にされたい。

記入の簡便さを考え、測定記録シートは以下の4つの様式を添付した。

- A. 測定記録シート（建造物情報：最大濃度推定法・平常実態把握法共用）
- B. 測定記録シート（採取状況情報：一部最大濃度推定法・平常実態把握法別）
- C. 測定記録シート（利用者情報：平常実態把握法用）
- D. 測定記録シート（個別分析情報：最大濃度推定法・平常実態把握法共用）

A. には測定対象の建造物に関する情報を記載する。これらの内容の多くは測定前後でも記入可能である。測定の依頼を受けた場合には、依頼者に事前に当該情報を入手するよう要求したほうがよい。

B. には空気の採取時刻，場所，気温，周囲の状況等を記録する。これらの内容は現場で記入することになる。基本的に測定現場でのみ記録が可能であるので，漏れのないよう記入することが必要である。

C. は基本的に平常実態把握法の際のみ必要な記録であり，利用者に記入してもらうことを前提としている。

D. は分析を行う実験室で記入する情報であるので，現場で記入する必要はない。本記録シートについては，1. 8 結果の記載に示す。

それぞれについては，記入上の注意を参照しつつ記入していただきたい。

後述の様式は例として示したものであるので，適宜変更して使用してかまわない。

A. 測定記録シート(建造物情報) 記入上の注意

シートの記入に当たっては、下記を参考とすること。

- (1) , (2) 該当のものに○。
- (3) 集合住宅の場合、位置については採取状況情報のシートに記載する。
- (6) 改修時期と工事の内容を記載する。
- (7) 常時機械換気システムについては該当に○。
換気回数は測定できれば記載する。出来ない場合は未測定と記入する。
換気方式についても該当のものに○。
 - 第1種換気：吸気・排気とも機械力による
 - 第2種換気：吸気は機械力、排気は自然排気による
 - 第3種換気：吸気は自然吸気、排気は機械力による
 - 第4種換気：吸気・排気とも自然に任せる
- (8) 該当のものに○。
- (9) **最大濃度推定法**の場合開放した建具等を記入する。
- (10) 購入して搬入されている什器等がある場合、種別、材質、サイズ等を記入。
- (11) 気密性能について評価されている文書があれば記入。
不明の場合は不明と記入。
- (12) 防蟻処理について、防蟻剤の散布の時期、使用薬剤、施工業者名を記入。
不明の場合は不明と記入。
- (13) 建材情報が入手可能な場合記入。必ずしも記入の必要はない。
- (14) その他、室内空気中の化学物質濃度に影響を与えると思われる事項があった場合は、屋外屋内に関わらず概要を記入する。

A. 測定記録シート(建造物情報)

記録者名 _____
 同行者名 _____

年 月 日(記入日)

整理番号		所在地				
(1)建物種別	1. 戸建 2. 集合 3. その他					
(2)構造	1. 木造在来 2. 2×4 3. 木質 ¹ ⅳⅳ ² 4. 鉄骨 ¹ ⅳⅳ ² 5. RC 6. その他 ()					
(3)階数	戸建 (平屋 , 階建)		集合 (階建の 階) 位置については略図を記載			
(4)規模	1階面積	m ³	2階面積	m ³	3階面積	m ³
					延べ面積	m ³
(5)築年数	竣工年月日		引渡し年月日		入居年月日	
(6)改修状況	有 ・ 無 (有の場合時期および内容)					
(7)換気方式	常時機械換気システム 有 ・ 無		換気回数 /h			
	1. 第1種換気 2. 第2種換気 3. 第3種換気 4. 第4種換気 5. 不明他 ()					
(8)居住状況	1. 未入居 2. 以前居住 3. 居住中 (2,3の場合その期間)					
(9)建具	開放したものを記載					
(10)什器等 購入状況	1. 3ヶ月以内に購入した 2. 3ヶ月以内には購入しない (購入の場合時期および内容)					
(11)気密性能	建造物の仕様書, 性能評価書等から記入 (不明の場合はその旨記入)					
(12)防蟻処理	有 ・ 無 (有の場合時期,薬剤,施工業者名等,内容をわかる範囲で記載)					
(13)建材情報	居 間	寝 室	キッチン	その他特記すべき部屋		
床材	床面積					
	表面材					
	接着剤					
	下地材					
壁材	壁面積					
	表面材					
	接着剤					
	下地材					
天井材	天井面積					
	表面材					
	接着剤					
	下地材					
巾木・廻り縁						
キッチン面材						
(14)その他						

B. 測定記録シート(採取状況情報・最大濃度推定法) 記入上の注意

シートの記入に当たっては、下記を参考とすること。

- (1) 該当のものに○。VOC やその他の場合は測定対象物質名も記入。
捕集管の欄には使用した捕集管の種類や名称を記入。ロットがわかればなおよい。
- (2) 建造物の平面図を記入する。
複数階にわたる場合はそれぞれ記入のこと。
おおよそのサイズについても記入が望ましい。
集合建造物の場合は該当階の概要と、測定対象各室の位置を記入のこと。
建造物の平面図には窓の有無，方位，建具も記入する。望ましくは現場の状況につき，写真を撮影し共に保存する。窓にカーテン等ある場合は状況を記載。
居間，寝室，外気それぞれのサンプリング位置は●で示し，壁からの距離や高さについてわかるように記すこと。
- (3) 天候の変化や換気状況，閉鎖時間，採取時間等をタイムコースとして記入する。
やむを得ず入室したり，日照が急変したり，トラブルがあった場合等は，下段に記入する。

<記入例>

(3)タイムコース												
時刻	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
天候	← 晴			→ ←		曇		→ ←	雨			→
換気				■								
閉鎖				■	■	■	■	■	■	■		
採取									■			
						入室						

- (4) 測定対象各室の具体的な時刻等を記入する。オプションで測定した部屋がある場合は空欄を利用する。
時刻や温湿度はそれぞれの操作の開始時と終了時のものを記入する。平均室温と湿度は空気の採取時間中の平均を記入する。吸引量には最終の積算流量を記入する。
2回目の採取を1回目の採取に続けて行った場合も一つの欄に記入する。
- (5) 空気環境に影響を与える可能性のある周囲の状況等，気付いた点を記入する。
また，(3)に記入した突発事項の詳細や，記入しきれなかった事項についても記入する。生活環境について何かアドバイスをを行った場合は，その内容を簡単に記入しておく。

B. 測定記録シート(採取状況情報)

記録者名 _____
 同行者名 _____

年 月 日(記入日)

整理番号		所在地	
(1)採取対象	アルデヒド類		捕集管
	VOC		
	その他		
<p>(2)平面図 サンプルング位置は ● で記入し，位置・高さも記すこと。</p> <p>方位</p>			

B. 測定記録シート(採取状況情報：最大濃度推定法用)

 記録者名 _____
 同行者名 _____

年 月 日(記入日)

整理番号						所在地						
(3) タイムコース												
時刻	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
天候												
換気												
閉鎖												
採取												
(4) 測定時条件												
測定室名	居 間				寢 室				外 気			
換気時間	～				～				～			
そのときの温度	～		℃		～		℃		～		℃	
そのときの湿度	～		%		～		%		～		%	
閉鎖時間	～				～				～			
そのときの温度	～		℃		～		℃		～		℃	
そのときの湿度	～		%		～		%		～		%	
採取時間	～				～				～			
そのときの温度	～		℃		～		℃		～		℃	
そのときの湿度	～		%		～		%		～		%	
平均温度					℃				℃			
平均湿度					%				%			
吸引量					L				L			
(5) 備考												

B. 測定記録シート(採取状況情報：平常実態把握法用) 記入上の注意

シートの記入に当たっては、下記を参考とすること。

- (1) , (2) 最大濃度推定法用と同様に記入する。
- (3) 採取開始時と終了時を記録する。天候については利用者情報を参考にわかる範囲で記入する。

<記入例>

(3)タイムコース												
時刻	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
天候	曇		→ ←	晴								
採取	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
時刻	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
天候												→
採取	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

- (4) 自動機録可能な温湿度計を使用して記入することが望ましい。メモリー機能があるもので有れば後に記入することも可能である。吸引量は総吸引量を記す。
- (5) ①～⑤については、利用者情報を基に機器の回収時等に記入する。それぞれ、総使用時間を記入する。使用した部屋がわかっているならばそれも記入すること。
- ⑥, ⑦は測定開始前に聞き取っておくことが望ましい。

B. 測定記録シート(採取状況情報：平常実態把握法用)

 記録者名 _____
 同行者名 _____

年 月 日(記入日)

整理番号						所在地					
(3)タイムコース											
時刻	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
天候											
採取											
時刻	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
天候											
採取											
(4)測定時条件											
測定室名	居 間			寢 室			外 気				
平均温度	℃			℃			℃				
平均湿度	%			%			%				
吸引量	L			L			L				
(5)生活環境											
①窓の総開放時間	時間										
②換気扇等の設置状況 それらの総使用時間	調理場 ・ 風呂 ・ トイレ ・ その他 ・ ・ ・										
③暖房器具の種別 それらの総使用時間	石油ストーブ			石油ファンヒーター			FF型石油ストーブ				
	ガスストーブ			ガスファンヒーター			FF型ガスストーブ				
	電気ストーブ			床 暖 房			そ の 他				
④冷房器具の種別 それらの総使用時間	エアコン			その他							
⑤利用者の喫煙習慣	有り(室内で計 本ぐらい吸う) ・ 無し										
⑥芳香剤の使用状況 (使用個数,位置もわかる範囲で記載)	居 間			寢 室			台 所				
	浴 室			トイレ			玄 関				
	その他										
⑦防虫剤の使用状況	居 間			寢 室			台 所				
	玄 関			その他							
備考											

C. 測定記録シート(利用者情報) 記入上の注意

測定結果を評価する上で重要な情報となるので、利用者に記入のご協力をお願いします。

測定開始から終了までの 24 時間について記入する。測定開始前に特段に VOC が発生すると思われる状況があれば(下記参考)備考欄に記入する。

シートの記入に当たっては、下記を参考とすること。

- 天候： 天候の変化があれば記入する。
- 在室： 在室期間(可能であればどの部屋に在室したか)を記入する。特に測定を行っている部屋に在室された場合は必ず記入する。
- 換気： 窓開放，換気扇使用等，換気を行った時間を記入する。
- 空調使用： 暖房，冷房を使用した時間を記入する。可能であれば使用した機具の種別，使用した部屋を記入する。
- 喫煙： 喫煙された場合マークして本数を記入する。
- スプレー使用： 殺虫剤，ヘアスプレー，消臭スプレー等，エアゾール製品を使用した場合はマークする。
- 調理： 調理を行った時間を記入する。
- 食事： 食事をした場合はマークする。
- 家具の開閉： タンス，クローゼット等，特に防虫剤を使用している家具等を開閉した場合はマークする。
- アイロンがけ： アイロンがけ等をした場合はマークする。
- 洗濯： 洗濯をした場合はマークする。
- 掃除： 掃除をした場合はマークする。掃除機を使用した場合はその旨記入する。
- 化粧品： 化粧品を使用した場合はマークする。除光液やヘアトニック等を使用した場合は，その旨記入する。
- その他： アルコール除菌剤の使用や飲酒をした場合等，化学物質が発生すると思われる状況があった場合に適宜記入する。

<記入例>

生活状況の記録													
時刻	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
天候				← 晴						→ ← 曇			
在室		寢室 →	← キッチン →					← 居間		→			
換気			← 換気扇 →					← 居間窓		→			
空調使用													1
喫煙													
スプレー使用					●								
調理			●										
食事				●				●					
家具の開閉						〆							
アイロンがけ													
洗濯					●								
掃除							掃除機						
化粧品使用		●											
その他													

C. 測定記録シート（利用者情報）

年 月 日(測定日)

整理番号						所在地						
生活状況の記録												
時刻	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
天候												
在室												
換気												
空調使用												
喫煙												
スプレー使用												
調理												
食事												
家具の開閉												
アイロンがけ												
洗濯												
掃除												
化粧品使用												
その他												
時刻	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
天候												
在室												
換気												
空調使用												
喫煙												
スプレー使用												
調理												
食事												
家具の開閉												
アイロンがけ												
洗濯												
掃除												
化粧品使用												
その他												
1週間の平均在室時間												
備考												

1. 7 分析

分析操作は標準試験法の記載に従って、それぞれ行う。

【解説】

実験室における分析操作については、標準試験法として示された各分析法の記載に従う。以下共通する何点かについて解説する。

(1) 標準物質

標準原液の調製で、標準物質の採取量と全量フラスコの全量は、秤取る比が同じであれば変更してかまわない。市販の標準溶液やガスを用いる場合は、精度保証されているものが望ましい。

(2) 内標準物質

標準試験法には、それぞれ内標準物質を記載しているが、各分析機関で通常使用し、精度確認が出来ているものが有れば使用しても差し支えない。

(3) 捕集管

標準試験法では、各捕集管や捕集装置を検査機関で調製するやり方を示しているが、適宜測定対象物質に対して十分な捕集能力を有する市販品を使用してよい。

(4) 2重測定

本試験法では、試料採取中の配管の外れ、その他のミスを考慮し、同一試料を2回ずつ採取することとし、同時に2重測定 ($n=2$) の意味を持たせている。原則、採取は併行して行うが、**最大濃度推定法**にて30分間の空気採取を行う場合は30分ずつ2回連続して採取し、同じ操作を行ったとして解釈してもよい。採取については、このように各箇所2回ずつ行うが、分析について2重に行うのは全体の10%の頻度でよい。但し、指針値近傍の値が得られた場合等は、全て分析する必要がある。なお、2重測定の測定値平均とそれぞれの測定値との間に±20%以上の開きがある場合には、原則として欠測扱いとし、再度試料採取を行う。

(5) 条件設定

スクリーニングの目的で簡易な方法を用いる場合には、当該条件により化学物質濃度の過小評価が行われないよう配慮すると共に、室内濃度指針値に適合しているか否かの判定は、標準試験法に設定された標準的な条件により行うよう留意すべきである。また、同等以上の信頼性が確保できる条件であれば、設定した標準的な条件に代えて用いても差し支えない。

(6) 試料空气中化学物質濃度の算出

試料空气中化学物質濃度は、下記の濃度算出式により求める。キシレンには *o*-、*m*-、*p*-キシレンの3種の異性体があり、通常の実験条件では *m*-、*p*-キシレンは分離しないので、合わせて取り扱ってよい。最終的にキシレンの測定値を算出するに当たっては、これら3種の合計値をキシレンの値として取り扱う。

濃度算出式

$$C = \frac{(A_s - A_t) \times E \times 1000}{v \times V \times 298 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

- C : 25°Cにおける空気中の各測定対象物質の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 A_s : 分析機器に注入した試料中の各測定対象物質の重量 (ng)
 A_t : 各測定対象物質のトラベルブランク値 (ng)
操作ブランク値と同等と見なせる場合は操作ブランク値を用いる。
 E : 試験液量 (mL)
 v : 分析機器への注入液量 (μL)
 V : ガスメーターで測定した捕集量 (L)
 t : 試料採取時の平均の気温 (°C)。湿式型積算流量計を使用しているときには、積算流量計の平均水温 (°C)
 P : 試料採取時の平均大気圧 (kPa)。湿式型積算流量計の場合には($P - P_w$)を用いる。
ここで、 P_w は試料採取時の平均気温 t (°C)での飽和水蒸気圧 (kPa)

濃度の計算式は、分解すると以下のようなになる。

$$[(A_s - A) \times (E / v) / \{V \times (298 / 273 + t) \times P / 101.3\}] \times 1000$$

● $(A_s - A) \times (E / v)$

測定装置に注入した液中に含まれる化学物質の重量に注入液量で全液量を割ったものをかけることにより、全液中の化学物質重量即ち採取した空気中に含まれる化学物質質量(μg)を求める。加熱脱離法の場合、採取した物質は全て装置に注入されるため、溶液についての補正 (E / v) は不要である。

● $V \times (298 / 273 + t) \times P / 101.3$

採取した空気の体積を 25°C, 1 気圧に補正。(L)

質量流量センサーを内蔵し、25°Cの温度換算機能を有するポンプで空気を捕集する場合は、平均温度で補正する必要はない。

● $\times 1000$

1000 倍することで単位補正 (L \rightarrow m³)。

結局、重量を体積で割ることになり濃度を求めることが出来る。

(7) 単位の換算

重量濃度で表示された市販の標準原ガスの場合における容積の換算は、

$$v(\text{mL}) = 100 \times 22.4 (273 + t) / 273M$$

(M は分子量, t は気温, 測定対象物質 100 mg に相当する採取容積) である。

重量濃度で表示された市販の標準原液の場合における液体容量の換算は、

$$v(\mu\text{L}) = 100 / \rho \quad (\rho \text{ は比重又は密度, 測定対象物質 100 mg に相当する採取容積}) \text{ である。}$$

市販の標準ガス濃度 ppm ($\mu\text{L/L}$) の重量/体積濃度 ($\mu\text{g/L}$) への換算には、

$$273M / \{22.4 (273 + t)\} \quad (M \text{ は分子量, } t \text{ は気温}) \text{ を乗じる。}$$

それぞれの物質の mg/m^3 から ppm への換算は、

$$\text{ppm} \approx \text{mg/m}^3 \times 24.45 / \text{分子量} (25^\circ\text{C})$$

である。

ppm 単位では空気中に存在する当該物質の分子の数を比較できる。

(8) 検出下限値, 定量下限値の算出

検量線作成時の最低濃度 (定量下限値付近) の標準濃度系列について, 測定値 (A : ng) を求め, 濃度算出式の ($As - At$) に A を代入して, 空気濃度を算出する。5 試料以上を測定して求めた標準偏差 (σ) から次式により, 各測定対象物質の検出下限値および定量下限値を算出する。但し, 操作ブランク値のある物質では操作ブランク値を測定し, 標準濃度系列と操作ブランク値のうち, 大きい方の標準偏差を用いて計算する。

$$\text{検出下限値} = 3 \sigma (\mu\text{g/m}^3)$$

$$\text{定量下限値} = 10 \sigma (\mu\text{g/m}^3)$$

検出下限値および定量下限値を求めるために濃度を求める場合は, $t = 25^\circ\text{C}$, $P = 101.3$ を使用する。また, V については, 標準試験法の各測定方法に示された数値を使用する。

目標定量下限値は, 室内濃度指針値の 1/10 である。測定対象物質のいずれかの定量下限値が目標定量下限値より大きい場合には, 試薬, 器具, 機器の汚染等を確認して, 目標定量下限値以下となるようにする。

1. 8 結果の記載

分析結果は測定記録シート(個別分析情報)に記録する。

【解説】

分析結果についても必要事項を記録しておく必要がある。必要事項は分析方法によって異なるが、添付の測定記録シートを参考に適宜様式を作成し、記入する。

高速液体クロマトグラフィー (HPLC) やガスクロマトグラフィー (GC) のクロマトグラム, 積分値等の分析記録はこれらのシートと共に保存する。

D. 測定記録シート(個別分析情報) 記入上の注意

シートの記入にあたっては、下記を参考にすること。

- 個別分析情報は測定方法ごとに異なっているので、該当するものを使用する。
- 個別分析情報は物質ごとに記入する。
- 条件が合致するものについては □ にチェックを入れる。無い場合はその他にチェックし内容を記入する。
- 捕集管を2本とも分析した場合は、それぞれにつき①, ②に結果を記す。
- 分析結果には計算後の測定値とその算出に用いた計算式を合わせて記入する。また、操作ブランク値、トラベルブランク値は検出下限以下であった場合には、N.D.に○をする。これらの内の大きい方を捕集管の測定値から差し引くこと。それぞれの測定値は有効数字3桁で表しておく。
- 二本の捕集管の平均値を求める場合は、計算後有効数字2桁に丸めて示す。
- 検出下限値や定量下限値計算のための試験やそれぞれの分析の面積値等はシートには記さないが、それぞれのクロマトグラムは添付すること。
- 上記を含め、値の算出に用いたクロマトグラム等は全て当シートに添付すること。

D. 測定記録シート（個別分析情報：アルデヒド類）

分析者名 _____

年 月 日～ 日(分析日)

整理番号		所在地		
採取 時 条件	採取箇所	<input type="checkbox"/> 居間 <input type="checkbox"/> 寝室 <input type="checkbox"/> その他()		
	空気採取量 (L)	①	②	③外気
	平均気温 (°C)	①	②	③外気
	平均湿度 (%)	①	②	③外気
	平均大気圧 (kPa)	①	②	③外気
分析 条件	試験液量	<input type="checkbox"/> 5 mL (5000 μL) <input type="checkbox"/> その他 ()		
	希釈係数	<input type="checkbox"/> 5 倍() <input type="checkbox"/> 25 倍() <input type="checkbox"/> その他 ()		
	注入液量	<input type="checkbox"/> 20 μL <input type="checkbox"/> その他 ()		
	移動相	<input type="checkbox"/> アセトニトリル：水 (6:4) <input type="checkbox"/> その他 ()		
	流速	<input type="checkbox"/> 1.0 mL/min <input type="checkbox"/> その他 (mL/min)		
	カラム	名称： 内径： mm 長さ： cm		
	オーブン	<input type="checkbox"/> 恒温 °C <input type="checkbox"/> その他 ()		
	検出器	<input type="checkbox"/> UV 360 nm <input type="checkbox"/> その他 ()		
物質名：				
検 量 線	標準系列	ピーク面積	計算式	
	μg		$\frac{(A_s - A) \times D \times E \times 1000}{v \times V \times (298 / 273 + t) \times P / 101.3}$	
	μg			
μg				
分 析 結 果	①測定値 1 - ④or⑤	(計算式)		
	②測定値 2 - ④or⑤	(計算式)		
	③外気 - ④or⑤	(計算式)		
④操作ブランク値 N.D.・()		⑤トラベルブランク値 N.D.・()		
①, ②平均値	μg/m ³	検出下限値	μg/m ³	
(備考)				

D. 測定記録シート(個別分析情報：溶媒抽出法)

分析者名 _____

年 月 日～ 日(分析日)

整理番号	所在地	
採取 時 条件	採取箇所 <input type="checkbox"/> 居間 <input type="checkbox"/> 寝室 <input type="checkbox"/> その他()	
	空気採取量 (L) ① ② ③外気	
	平均気温 (°C) ① ② ③外気	
	平均湿度 (%) ① ② ③外気	
	平均大気圧 (kPa) ① ② ③外気	
分析 条件	試験液量 <input type="checkbox"/> 1 mL <input type="checkbox"/> その他()	
	希釈係数 <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> その他()	
	注入液量 <input type="checkbox"/> 1 μL <input type="checkbox"/> その他()	
	キャリアーガス <input type="checkbox"/> ヘリウム <input type="checkbox"/> その他()	
	流速 <input type="checkbox"/> 1.0 mL/min <input type="checkbox"/> その他(mL/min)	
	カラム 液層： 膜厚： μm 内径： μm 長さ： m	
	オープン ()	
	検出器 <input type="checkbox"/> MS <input type="checkbox"/> その他()	

<溶媒抽出法>

物質名：		測定質量数	
検 量 線	標準系列	ピーク面積	計算式 $\frac{(A_s - A_t) \times E \times 1000}{v \times V \times (298 / 273 + t) \times P / 101.3}$
	μg		
分 析 結 果	①測定値 1 -④or⑤	(計算式)	
	②測定値 2 -④or⑤	(計算式)	
	③外気 -④or⑤	(計算式)	
④操作ブランク値 N.D.・()		⑤トラベルブランク値 N.D.・()	
①, ②平均値	μg/m ³	検出下限値	μg/m ³ 定量下限値 μg/m ³
(備考)			

<溶媒抽出法>

物質名：		測定質量数	
検量線	標準系列	ピーク面積	計算式 $\frac{(A_s - A_t) \times E \times 1000}{v \times V \times (298 / 273 + t) \times P / 101.3}$
	μg		
分析結果	①測定値 1 -④or⑤	(計算式)	
	②測定値 2 -④or⑤	(計算式)	
	③外気 -④or⑤	(計算式)	
④操作ブランク値 N.D.・()		⑤トラベルブランク値 N.D.・()	
①, ②	①, ② 平均値	検出下限値	①, ② 平均値
	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³
③ 定量下限値			
μg/m ³			
(備考)			

物質名：		測定質量数	
検量線	標準系列	ピーク面積	計算式 $\frac{(A_s - A_t) \times E \times 1000}{v \times V \times (298 / 273 + t) \times P / 101.3}$
	μg		
分析結果	①測定値 1 -④or⑤	(計算式)	
	②測定値 2 -④or⑤	(計算式)	
	③外気 -④or⑤	(計算式)	
④操作ブランク値 N.D.・()		⑤トラベルブランク値 N.D.・()	
①, ②	①, ② 平均値	検出下限値	①, ② 平均値
	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³
③ 定量下限値			
μg/m ³			
(備考)			

D. 測定記録シート(個別分析情報：加熱脱離法)

分析者名 _____

年 月 日～ 日(分析日)

整理番号	所在地	
採取 時 条件	採取箇所 <input type="checkbox"/> 居間 <input type="checkbox"/> 寝室 <input type="checkbox"/> その他()	
	空気採取量 (L) ① ② ③外気	
	平均気温 (°C) ① ② ③外気	
	平均湿度 (%) ① ② ③外気	
	平均大気圧 (kPa) ① ② ③外気	
分析 条件	キャリアガス <input type="checkbox"/> ヘリウム <input type="checkbox"/> その他()	
	流速 <input type="checkbox"/> 1.0 mL/min <input type="checkbox"/> その他(mL/min)	
	カラム 液層： 膜厚： μm 内径： μm 長さ： m	
	オープン ()	
	検出器 <input type="checkbox"/> MS <input type="checkbox"/> その他()	

＜加熱脱離法＞

物質名：		測定質量数	
検 量 線	標準系列	ピーク面積	計算式 $\frac{(A_s - A_t) \times 1000}{V \times (298 / 273 + t) \times P / 101.3}$
	μg		
分 析 結 果	①測定値 1 -④or⑤	(計算式)	
	②測定値 2 -④or⑤	(計算式)	
	③外気 -④or⑤	(計算式)	
④操作ブランク値 N.D.・()		⑤トラベルブランク値 N.D.・()	
①, ②平均値	μg/m ³	検出下限値	μg/m ³ 定量下限値 μg/m ³
(備考)			

<加熱脱離法>

物質名：		測定質量数	
検量線	標準系列	ピーク面積	計算式 $\frac{(A_s - A_t) \times 1000}{V \times (298 / 273 + t) \times P / 101.3}$
	μg		
分析結果	①測定値 1 -④or⑤	(計算式)	
	②測定値 2 -④or⑤	(計算式)	
	③外気 -④or⑤	(計算式)	
④操作ブランク値 N.D.・()		⑤トラベルブランク値 N.D.・()	
①, ②	①, ② 平均値	検出下限値	③, ④ 定量下限値
μg/m ³ μg/m ³ μg/m ³			
(備考)			

物質名：		測定質量数	
検量線	標準系列	ピーク面積	計算式 $\frac{(A_s - A_t) \times 1000}{V \times (295 / 273 + t) \times P / 101.3}$
	μg		
分析結果	①測定値 1 -④or⑤	(計算式)	
	②測定値 2 -④or⑤	(計算式)	
	③外気 -④or⑤	(計算式)	
④操作ブランク値 N.D.・()		⑤トラベルブランク値 N.D.・()	
①, ②	①, ② 平均値	検出下限値	③, ④ 定量下限値
μg/m ³ μg/m ³ μg/m ³			
(備考)			

1. 9 結果の返却

測定結果は、結果が簡便に分かるよう別途測定結果シートを作成し、記入の上、それぞれの測定記録シートを添付して返却する。

【解説】

各測定記録シートは、結果の評価に必要な情報を記したものであるため、あわせて返却する必要がある。しかしながら、記載内容が細かく、わかりにくい面があると思われるので、結果を簡潔に記した測定結果シートを作成し、これを添付して返却することが望ましい。

測定結果シート記入上の注意

シートの記入にあたっては下記を参考にすること。

- ・ 測定方法の名称、測定種別は該当するものに○。記載以外のものを使用した場合は、備考欄に概要を記載する。
- ・ 各測定結果は部屋毎に記載する。
- ・ 測定していない欄には－を記入する。
- ・ 個別の捕集管の値は有効数字3桁、平均値は有効数字2桁で記入する。1本の捕集管のみを分析した場合は平均値の欄には、個別の捕集管の値の3桁目を切り捨てた値を記入する。
- ・ アルデヒド類で温湿度補正を行った場合は、補正前、補正後の双方の値をそれぞれ記載する。
- ・ コメント等は備考欄に記入する。

測定結果シート

年 月 日 (採取日)

年 月 日～ 日(分析日)

整理番号		所在地					
測定方法名：アルデヒド類		溶媒抽出		加熱脱離		その他	
測定種別：最大濃度推定法		平常実態把握法					
測定結果							
物質名	測定箇所	居 間		寝 室		外 気	
ホルムアルデヒド	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
ホルムアルデヒド (補正)	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
アセトアルデヒド	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
アセトアルデヒド (補正)	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
トルエン	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
キシレン	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
エチルベンゼン	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
スチレン	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
パラジクロロベンゼン	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
テトラエカン	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
	1	平均	1	平均	1	平均	
	2		2		2		
(備考)							

2. アルデヒド類の測定方法

ここに掲げる測定方法は、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を対象とする。試料の採取および測定方法は、固相吸着－誘導体化－溶媒抽出－HPLCによって行う。

2. 1 測定方法の概要

2,4-ジニトロフェニルヒドラジン (DNPH) を担持した捕集剤を充填した捕集管に室内空気および外気を一定流速で吸引して、空気中の測定対象物質を捕集すると共に誘導体化させる。これをアセトニトリルで溶出させ、HPLCにより分離、定量することを基本とする。また、空気の採取と同時に気温・湿度を測定し、冬季等気温が低い場合等、必要が認められる場合には、温度・湿度による濃度の補正を行うこととする。(注1)

2. 2 試薬

(1) アセトニトリル

測定対象物質を含まないもの。たとえば、アルデヒド分析用、高速液体クロマトグラフ用等を用いる。

(2) 水

測定対象物質を含まないもの。(注2)

(3) 標準物質

ホルムアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾンおよびアセトアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾンは純度98%以上、またはこれと同等以上のもの。

(4) ホルムアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン標準原液 (100 µg/mL ホルムアルデヒド)

全量フラスコ (100 mL) にホルムアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン 70.0 mg を精秤し、アセトニトリルを加えて100 mLとする。この溶液1 mLは、ホルムアルデヒド100 µg相当を含む。(注3)

(5) アセトアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン標準原液 (100 µg/mL アセトアルデヒド)

全量フラスコ (100 mL) にアセトアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン 50.9 mg を精秤し、アセトニトリルを加えて100 mLとする。この溶液1 mLは、アセトアルデヒド100 µg相当を含む。(注3)

(6) 混合標準溶液 (10 µg/mL)

各標準原液のそれぞれの一定量 (1 mL) を全量フラスコ (10 mL) に入れ、アセトニトリルを用いて10倍に希釈する。この溶液1 mLは、測定対象物質10 µg相当を含む。(注3)

2. 3 器具および装置

(1) 抽出容器

全量フラスコまたは目盛り付き遠沈管。

(2) 注射筒

捕集管に接続が可能なもの。

(3) 液体シリンジ

容量 100 μL のもの。

(4) マイクロシリンジ

容量 10~100 μL が量りとれるもの。

(5) 保存用バイアル

容量 2 mL で共栓付きのもの。

(6) 試料採取装置

試料採取装置は、捕集管、マスフローコントローラー、ポンプおよびガスメーターを連結したものである。

試料採取装置に使用する器具類は、十分に洗浄して汚染に注意する。試料採取に当たって装置を組み立てた後、通気漏れのないことを確認する。(図 2-1)

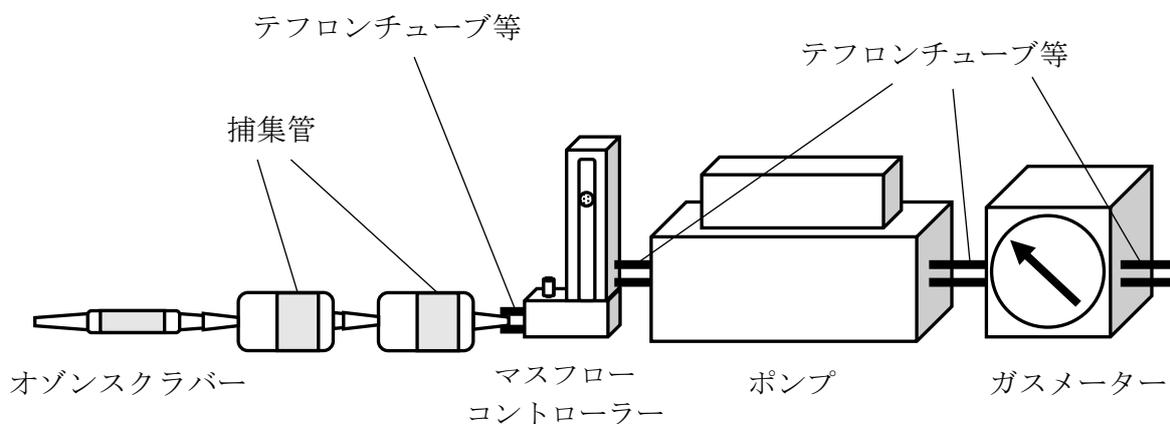


図 2-1 試料採取装置の接続例

- 1) 捕集管：DNPH を担持した捕集剤（シリカゲル等）を充填してあるもの。市販品が販売されている。
- 2) オゾンスクラバー：室内外にオゾンの発生やその存在が懸念される場合は、捕集管の前段に装着することが可能で、測定対象物質の分析に影響しないもの。市販品が販売されている。(注 4)
- 3) マスフローコントローラー：流量を 20~1000 mL/min の範囲で制御でき、設定流量に対して $\pm 10\%$ 以内の制御精度を有するもの。または、これと同等以上の性能を有するもの。(注 5)
- 4) ポンプ：ダイヤフラム型等の密閉式のポンプで、捕集管をつけた状態で 20~1000 mL/min の捕集流量が 24 時間確保可能なもの。または、これと同等以上の性能を有するもの。(注 5)

5) ガスメーター：空気量の積算測定が可能であり，マスフローコントローラーの流量制御範囲で精度よく作動する性能を有するもの。（注5）

(7) 温湿度連続測定器

試料採取時間中，連続して測定や記録が可能なもの。

(8) HPLC（注6）

1) HPLC 装置

- a) 送液ポンプ：有機溶媒と水を任意の割合で混合可能であるもの。また，定流量で必要な圧力が確保され，かつ脈流の少ないものであり流量調節が可能なもの。
- b) 試料導入装置：試験液の一定量をカラムに導入可能な構造であること。
- c) 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。またはこれと同等の分離性能を有するもの。
- d) カラムオープン：分析に使用するステンレス管のカラムを装着可能で，一定温度に保つことが可能なもの。
- e) 検出器：紫外可視吸光度検出器またはダイオードアレイ検出器で，波長360 nmにおける吸光度の測定および記録が可能なもの。

2) HPLC の分析条件

HPLC の分析条件の一例を以下に示す。

カラム： 内径4.6 mm，長さ150 mm のステンレス管に ODS を化学結合させたシリカゲル（粒径5 μm）を充填したもの，またはこれと同等の性能を有するもの。

カラム温度： 40°C

移動相： A: 水，B: アセトニトリル

60% B (0–14 min), 60–80% B (14–27 min), 100% B (27–30 min)

流量： 1.0 mL/min

試料導入量： 20 μL

測定波長： 360 nm

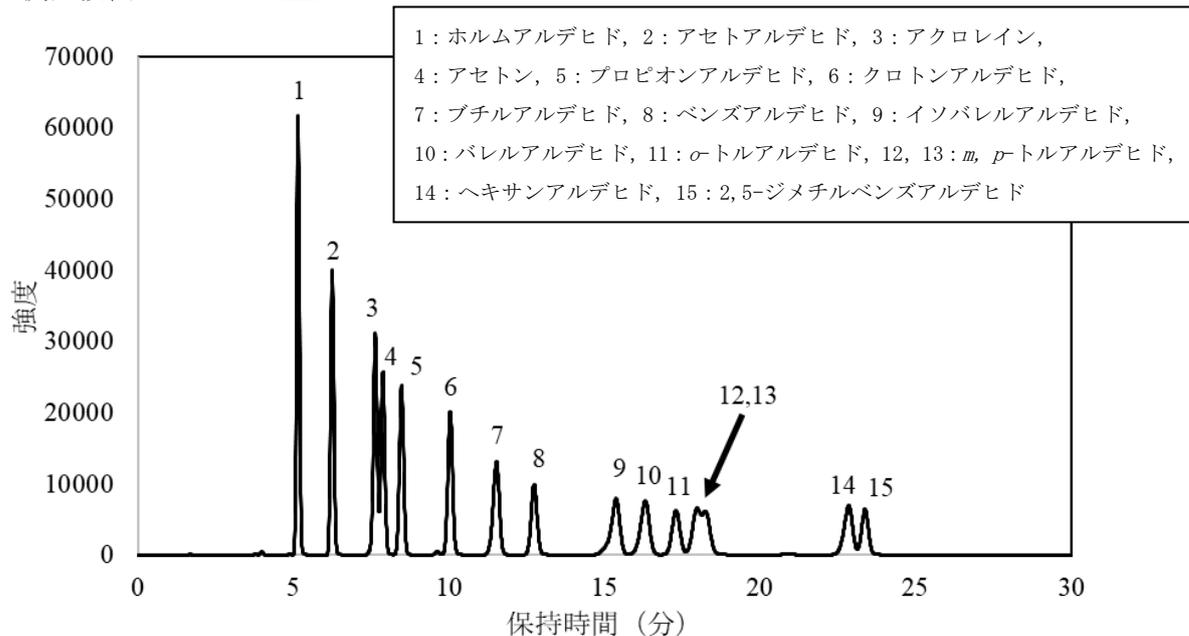


図2-2 クロマトグラムの一例

2. 4 試料採取および試験溶液の調製

(1) 試料採取

空気試料は室内の2カ所および室外1カ所（外気）についてそれぞれ2回ずつ採取する。また、トラベルブランク試験用として、室内空気の試料採取用の捕集管と同様に持ち運び、取り扱う。

（注7）（注8）（注9）（注10）

- a) 最大濃度推定法における試料の採取：試料採取装置を用い、1 L/min 程度の流量で概ね30分間採取する。試料採取後、捕集管は両端を密栓しアルミ箔等で遮光した後、活性炭入り保存容器に入れて分析時まで保存する。採取した捕集管は、なるべく速やかに抽出操作を行う。
- b) 平常実態把握法における試料の採取：試料採取装置を用い、100 mL/min 程度の流量で概ね24時間採取する。試料採取後、捕集管は両端を密栓しアルミ箔等で遮光した後、活性炭入り保存容器に入れて分析時まで保存する。採取した捕集管は、なるべく速やかに抽出操作を行う。（注11）

(2) 検量線用混合標準濃度系列の調製

混合標準溶液を2. 4 (3) 試験溶液の調製で用いる溶媒で希釈し、検量線用混合標準濃度系列を調製する。この溶液を検量線溶液とする。たとえば、2. 2 (6) の混合標準溶液をアセトニトリルで適宜希釈し、HPLCの感度に合わせて混合標準濃度系列を調製する。（注12）（注13）

(3) 試験溶液の調製

1) 試料空気試験溶液の調製

試料採取を終えた捕集管に注射筒を装着し、この注射筒に任意の抽出溶媒を加え、毎分1 mL程度の流速で溶出する。たとえば、注射筒にアセトニトリル5 mLを入れ、全量フラスコ又は目盛り付き試験管に溶出する。溶出後、アセトニトリルで全量を5 mLとし、これを分析用試料溶液とする。分析用試料溶液の濃度が検量線溶液の濃度範囲を超える場合、アセトニトリルで適切な濃度に希釈する。（注14）

- 2) 操作ブランク試験溶液の調製：試料空気用の捕集管と同一の未使用の捕集管について、2. 4 (3) 1)と同様の操作を一連の操作の中で1回以上行い、操作ブランク試験溶液を調製する。
- 3) トラベルブランク試験溶液の調製：トラベルブランク試験用の捕集管について、2. 4 (3) 1)と同様の操作を行い、トラベルブランク試験溶液を調製する。

2. 5 試料の測定および試験溶液中濃度の定量

(1) 検量線用混合標準濃度系列の測定と定量（注15）

- 1) 測定：2. 4 (2) で調製した混合標準濃度系列の一定量をHPLCに注入し、波長360 nmにおけるクロマトグラムを記録する。注入量は試験溶液と同量にする。
- 2) 標準物質保持時間の確認：2. 4 (2) で調製した混合標準濃度系列の中から、測定対象物質の中間程度の濃度におけるクロマトグラムをもとに、保持時間を確認する。
- 3) 検量線の作成：各2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体の保持時間におけるピーク面積またはピーク高さを求め、そのピーク面積またはピーク高さから測定対象物質の濃度により検量線を作成する。

(2) 試料空気試験溶液の測定と定量

- 1) 測定：2. 4 (3) 1) で調製した試験溶液の一定量をHPLCに注入し、波長360 nmにおけるクロマトグラムを記録する。注入量は検量線用混合標準濃度系列と同量にする。平常実態把握

法における第2管の捕集管から得た試験液は、捕集管の破過の有無を確認するために使用する。

- 2) 対象化学物質の確認：2.5(1)2)で決定した保持時間におけるピークの有無を確認する。
- 3) 定量：2.5(1)2)で決定した保持時間におけるピーク面積またはピーク高さを求め、2.5(1)3)により作成した検量線から、注入した試料空気の試験溶液中における測定対象物質の濃度 (A_s : $\mu\text{g/mL}$) を求める。(注15)

(3) 操作ブランク試験溶液の測定と定量

2.4(3)2)で調製した操作ブランク試験溶液について2.5(2)の操作を行い、測定対象物質の操作ブランク値を求める。

(4) トラベルブランク試験溶液の測定と定量

2.4(3)3)で調製したトラベルブランク試験溶液について2.5(2)の操作を行い、トラベルブランク試料溶液中における測定対象物質の濃度を求める。本試験では1試料以上を測定し、その平均値をトラベルブランクの濃度 (A_t : $\mu\text{g/mL}$) とする。

2.6 空气中濃度の算出

2.5で得られた結果から、次式を用いて空气中の測定対象物質の濃度を算出する。

$$C = \frac{(A_s - A_t) \times D \times E \times 1000}{V \times 298 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

C : 25°Cにおける空气中の各測定対象物質の濃度 ($\mu\text{g/m}^3$)

A_s : 検量線より求めた試験溶液中の各測定対象物質の濃度 ($\mu\text{g/mL}$)

A_t : 測定対象物質のトラベルブランク濃度 ($\mu\text{g/mL}$)
操作ブランク値と同等と見なせる場合は操作ブランク値を用いる。

D : 希釈係数 (測定時の希釈倍率)

E : 溶出に用いた溶液量 (mL)

V : ガスメーターで測定した空気の捕集量 (L)

t : 試料採取時の平均気温 (°C)。湿式型積算流量計を使用しているときには、積算流量計の平均水温 (°C)。

P : 試料採取時の平均大気圧 (kPa)。湿式型積算流量計の場合には ($P - P_w$) を用いる。ここで、 P_w は試料採取時の平均気温 t (°C)での飽和水蒸気圧 (kPa)。

室温が25°Cに満たない場合には、以下の式により濃度を補正することが望ましい^{2,3)}。

$$C' = C \times 1.09^{(25-t)} \times 100 / (50 + rh)$$

C' : 補正を行った25°Cにおける空气中の各測定対象物質の濃度 ($\mu\text{g/m}^3$)

C : 前述の式より算出した空气中の各測定対象物質の濃度 ($\mu\text{g/m}^3$)

t : 試料採取時の平均気温 (°C)。湿式型の積算流量計を使用している時には積算流量計の平均水温 (°C)。

rh : 試料採取時の平均湿度 (%)

木質建材からのアルデヒド類の放散量は、温度と湿度の影響を受けることが知られており（温度、湿度とも上昇と共に放散量が増加する）、これまでの研究から上記式がモデルとして適用できることがわかっている。

温湿度の条件により過少評価とならないよう、安全面を考慮して室温 25°C、湿度 50%を基準として温湿度補正を推奨している⁴⁾。

- (注1) : サンプル中の気温が 25°Cに満たない場合は、2.6に示した式で濃度を補正することが望ましい。
- (注2) : 測定対象物質を含まなければ、市販品や蒸留水を超純水製造装置により精製したものを使用しても良い。一般的に、蒸留水等からもホルムアルデヒドのブランクが観測されるものが多いので注意する。
- (注3) : 市販の標準液または混合標準液を使用しても良い。但し、表示されている濃度に注意すること(2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体ではなく、測定対象物質としての濃度となっているものが良い)。なお、ヒドラゾン誘導体は紫外線により分解するため、遮光して保存する。
- (注4) : オゾンスクラバーとしては、主にヨウ化カリウムや *trans*-1,2-ビス(2-ピリジル)エチレン(BPE) が用いられる。なお、DNPH 捕集管との一体型を用いても良い。ヨウ化カリウムは空気中の水分により潮解することがあるので湿度に注意する。また、スクラバー部分を室温よりやや高めに保温し水分の凝縮を防ぐ。
- (注5) : 質量流量センサーを内蔵したポンプも市販されている(図2-3)。間欠サンプリング機能を有するポンプを用いてもよい。

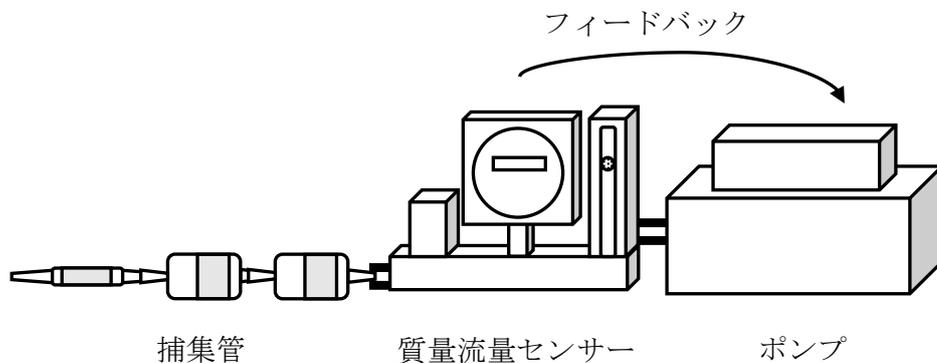


図2-3 試料採取装置の一例

- (注6) : 対象成分が十分に分離出来れば、カラムの種類および温度条件等は任意に設定して良い。あらかじめ設定した条件において、各 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体のピークが分離し、定量が可能であることを確認する。分析条件によっては、アセトアルデヒドのピークが2つに分かれる。
- (注7) : 室内より室外での化学物質濃度が高いと考えられる場合は、室内の他に室外におけるトラベルブランクも併せて採取することが望ましい。試料採取の詳細については1.1～1.5を参照する。
- (注8) : 試料採取時の気温が 10°C以下の場合は、捕集管部分を 10°C以上に保温する。

- (注 9) : 試料採取に際し捕集管の破過が懸念される場合は、十分な量が捕集できる範囲で流速を遅くしても良い。
- (注 10) : 直ちに抽出操作が出来ない場合、捕集管は冷暗所（4℃以下）に保管することで、1週間程度の保存が可能である。また、抽出液で保存する場合は概ね3週間程度は保存が可能である。
- (注 11) : **平常実態把握法**の場合、拡散型（パッシブサンプラー）の捕集管を使用してもよい。但し、使用するサンプラーは第三者機関等で測定精度が保証されたもの、あるいは標準測定方法との換算が可能なものを使用すること。
- (注 12) : 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体ではなく、各測定対象物質としての濃度に対しての検量線を作成すると定量が容易である。
- (注 13) : 各 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体の溶出率が良好（添加回収試験における回収率が70～130%）であれば、溶出溶媒の種類は任意で良いが、溶離液に使用する有機溶媒と同一のものが望ましい。また、溶出溶媒量は任意で良いが、定量の際にはその希釈割合等に注意すること。なお、試料採取における第2管は、破過を確認するためのものである。
- (注 14) : 各 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体標準溶液を用いて確認する。
- (注 15) : 室内空気中の測定対象物質の濃度は、その範囲が広いことが予想されるため、定量上限を明確に把握しておくことが必要である。試料空気の測定値が作成した検量線の範囲を超える場合は、分析の諸条件を検討した上で検量線を再度作成し、定量する。

3. 揮発性有機化合物の測定方法

ここに掲げる測定方法は、室内空気中のトルエン、*o*-、*m*-、*p*-キシレン、エチルベンゼン、スチレン、パラジクロロベンゼンおよびテトラデカンを対象とする。試料の採取および調製方法には、固相吸着－溶媒抽出法および固相吸着－加熱脱離法の2種の方法があり、測定にはガスクロマトグラフィー／質量分析法を用いる。

3.1 第1法 固相吸着－溶媒抽出－ガスクロマトグラフィー／質量分析法

3.1.1 測定方法の概要

吸着剤を充填した捕集管に室内空気および外気を一定流量で吸引し、測定対象物質を捕集する。捕集管から測定対象物質を溶媒で溶出させ、これをキャピラリーカラムに導入してガスクロマトグラフ－質量分析計 (GC-MS) により分離、定量することを基本とする。(注1)^{5,6)}

3.1.2 試薬

(1) メタノールおよび二硫化炭素

測定対象物質、内標準物質およびサロゲート物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。

(2) 標準物質

トルエン、*o*-、*m*-、*p*-キシレン、エチルベンゼン、スチレン、パラジクロロベンゼンおよびテトラデカンは純度98%以上のJIS規格試薬特級、またはこれと同等以上のもの。

(3) 標準原液 (1000 µg/mL)

各全量フラスコ (100 mL) に標準物質 100 mg を精秤し、メタノールを加えて 100 mL とする。この溶液 1 mL は、各々の標準物質 1000 µg を含む。(注2)

(4) 混合標準溶液 (100 µg/mL)

各標準原液のそれぞれの一定量 (1 mL) を全量フラスコ (10 mL) にとり、メタノールを用いて 10 倍に希釈する。この溶液 1 mL は、各々の標準物質 100 µg を含む。(注2) (注3)

(5) 内標準物質 (トルエン-*d*₈)

トルエン-*d*₈ は純度98%以上のJIS規格試薬特級、またはこれと同等以上のもの。

(6) 内標準溶液 (1000 µg/mL)

全量フラスコ (100 mL) に内標準物質 100 mg を精秤し、メタノールを加えて 100 mL とする。この溶液 1 mL は、内標準物質 1000 µg を含む。(注2) (注3) (注4)

(7) サロゲート物質 (スチレン-*d*₈)

スチレン-*d*₈ は純度98%以上、またはこれと同等以上のもの。

(8) サロゲート標準溶液 (1000 µg/mL)

全量フラスコ (100 mL) にサロゲート物質 100 mg を精秤し、メタノールを加えて 100 mL とする。この溶液 1 mL は、サロゲート物質 1000 μg を含む。(注 2) (注 3)

(9) 高純度窒素ガス

測定対象物質、内標準物質およびサロゲート物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。(注 5)

3. 1. 3 器具および装置

(1) 抽出容器

スクリーキャップまたは共栓付き遠沈管 (容量 5~10 mL 程度)

(2) マイクロシリンジ

容量 1~10 μL または 10~100 μL が量りとれるもの。

(3) 試料採取装置

試料採取装置は、捕集管、マスフローコントローラー、ポンプおよびガスメーターを連結したものからなる。接続例を図 3-1 に示す。なお、試料採取環境の湿度が高い場合、捕集管の前段に除湿管を使用してもよい^{7,8)}。試料採取装置に使用する器具類は十分に洗浄して汚染に注意する。また、試料採取にあたって装置を組み立てた後、通気漏れのないことを確認する。(注 6)

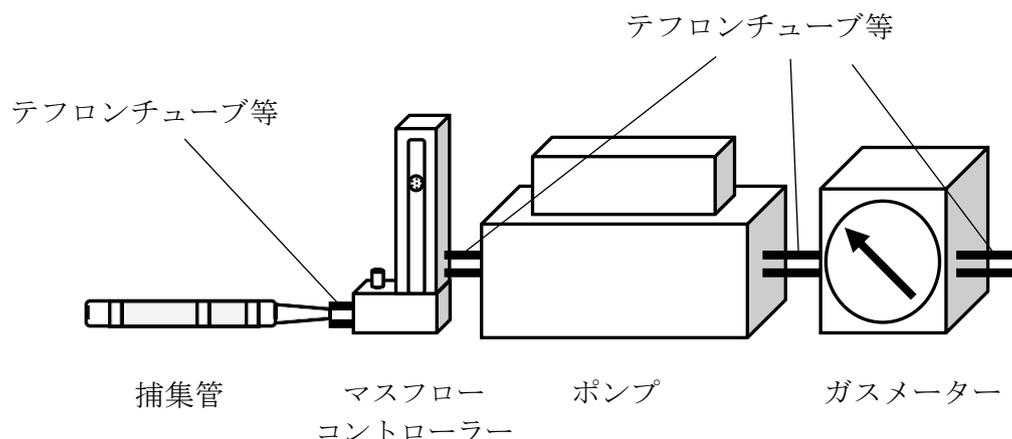


図 3-1 試料採取装置の接続例

- 1) 捕集管：内径 3~4 mm 程度のガラス管にカーボン系吸着剤 150 mg 以上充填したもの。または測定対象物質に対して十分な捕集能力を有するもの。一例を図 3-2 に示す。(注 7)



図 3-2 捕集管

- 2) マスフローコントローラー：流量を 100～1000 mL/min の範囲で制御でき、設定流量に対して±10%以内の制御精度を有するもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。（注8）
- 3) ポンプ：ダイヤフラム型等の密閉式のポンプで、捕集管をつけた状態で 100～1000 mL/min の捕集流量が確保できるもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。（注8）
- 4) ガスメーター：湿式型またはこれと同等以上の性能を有するもので、積算測定が可能であり、流量調節装置の流量制御範囲で精度よく作動する性能を有するもの。（注8）

(4) GC-MS (注9)

1) GC-MS 装置

- a) 試料注入口：スプリットまたはスプリットレス注入が可能なもの。
- b) カラム恒温槽：恒温槽の温度を 35～300℃の範囲で制御できるもの。また、測定対象物質を最適に分離できる昇温プログラムが作成可能なもの。
- c) カラム：内径 0.2～0.32 mm、長さ 25～60 m の熔融シリカ製のものであって、内面にジメチルポリシロキサンまたは 5%フェニル-ジメチルポリシロキサンを 0.25～1.5 μm の膜厚で被覆したキャピラリーカラム、またはこれと同等の分離性能を有するもの。
- d) インターフェース部：温度を 200～300℃程度に保つことができるもの。
- e) イオン源：温度を 160～300℃に保つことができるもの。
- f) 検出器 (MS)：電子 (衝撃) イオン化法 (EI 法) が可能で、選択イオン検出 (SIM) もしくは全イオン検出 (Scan) モードが可能なもの。
- g) キャリヤーガス：ヘリウム等 (純度 99.999 vol%以上, 注10)。1 mL/min 程度。
- h) 測定質量数：各測定対象物質の測定用質量数の一例は表 3-1 の通り。

表 3-1 各測定対象物質の測定質量数 (一例)

測定対象物質	測定質量数 (m/z)
トルエン	65, 91, 92
<i>o</i> -, <i>m</i> -, <i>p</i> -キシレン	91, 105, 106
エチルベンゼン	65, 91, 106
スチレン	51, 78, 104
パラジクロロベンゼン	111, 146, 148
テトラデカン	43, 57, 71
トルエン- <i>d</i> ₈	70, 98, 100
スチレン- <i>d</i> ₈	54, 84, 112

2) GC-MS の分析条件の設定と機器の調整

GC-MS の分析条件およびクロマトグラムを以下に示す。(図 3-3)

カラム温度:	40°C — (5°C/min) → 280°C (4 分間保持)
注入口温度:	250°C
試料注入法:	スプリット (スプリット比 1 : 5~1 : 100)
インターフェース温度:	250°C
イオン源温度:	200°C

*MS に質量校正用標準物質 (パーフルオロトリブチルアミン (PFTBA) またはパーフルオロケロセン (PFK)) を導入し, マスパターンおよび分解能 (質量数 (m/z)=18~300 程度の範囲で 1 質量単位 (amu) 以上) 等を測定目的に応じて所定の値に校正する。質量校正結果は測定結果と共に保存する。(注 11)

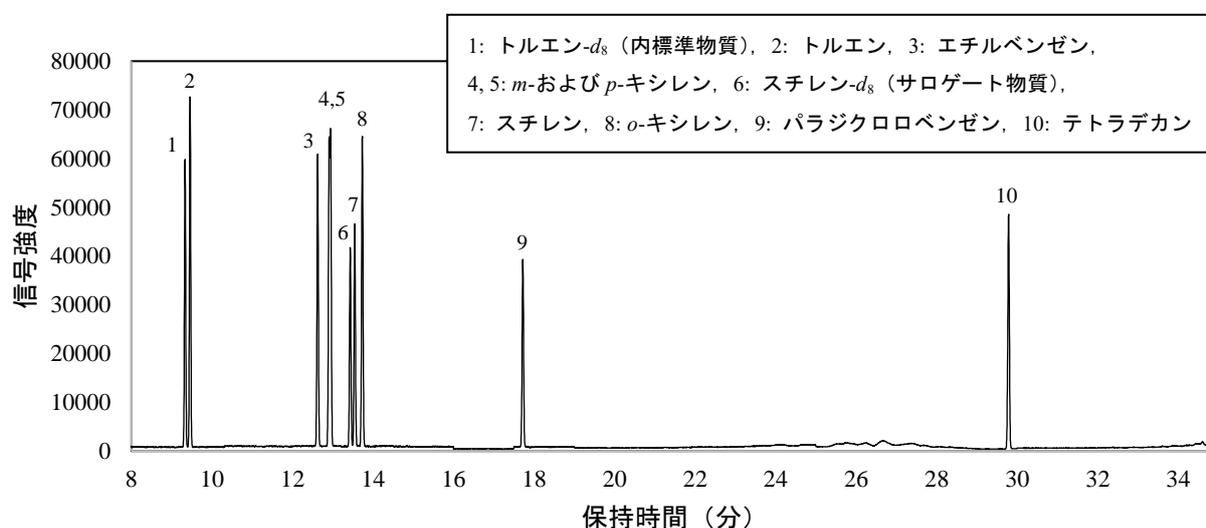


図 3-3 クロマトグラムの一例

3. 1. 4 試料採取および試験溶液の調製

(1) 試料採取

空気試料の採取は, 室内 2 カ所ならびに室外 1 カ所の計 3 カ所について, それぞれ 2 回ずつ採取する。試料採取後, 捕集管は両端を密栓した後, アルミ箔等で遮光し, 活性炭入り保存容器に入れて分析時まで保存する。(注 12) (注 13) (注 14) (注 15)

- 最大濃度推定法における試料の採取:** 試料採取装置を用いて 1 L/min 程度の流量で概ね 30 分間採取する。採取にあたっては, 事前に 30 分間対象室内の換気を行った後, 5 時間以上密閉しておく。採取の時刻は午後 2 時から 3 時頃に設定することが望ましい。
- 平常実態把握法における試料の採取:** 試料採取装置を用いて捕集管に 100 mL/min 程度の流量で 24 時間採取する。採取は日常生活を営みながら行う。

(2) 検量線用混合標準濃度系列の調製

- 希釈による混合標準濃度系列の調製:** 混合標準溶液を試験溶液の調製に用いる二硫化炭素等の溶媒で希釈する。この溶液 1 mL に内標準溶液 (1000 $\mu\text{g/mL}$) を 1 μL 加える。サロゲート物質

を使用する場合、さらにサロゲート標準溶液 (1000 µg/mL) を 1 µL 加える。この溶液を検量線用混合標準濃度系列とする。(注 3) (注 16) (注 17)

- 2) 捕集管への混合標準溶液添加による混合標準濃度系列の調製：図 3-4 の例に示すように、捕集管を T 字管に連結し、希釈した混合標準溶液 1 µL を、高純度窒素ガスを通気しながらマイクロシリンジで添加、または添加した後に通気する。通気は、高純度窒素ガスを 50~100 mL/min の流速で 3~5 分間行う。5 段階程度の混合標準濃度系列を調製し、3. 1. 4 (3) 1) に示す抽出操作を行って、検量線用混合標準濃度系列を調製する。(注 17) (注 18)

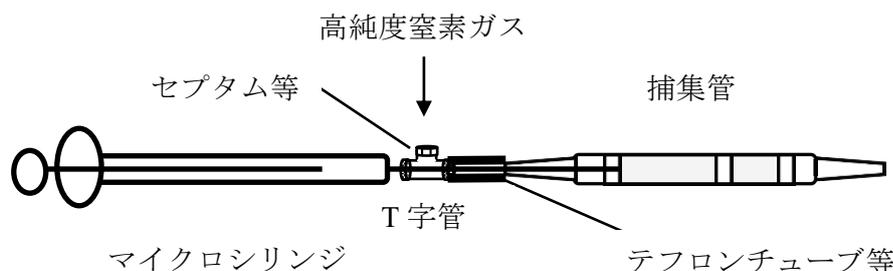


図 3-4 検量線作成用 T 字管の接続例 (注 18)

(3) 試験溶液の調製

- 1) 空気試料用試験溶液の調製：捕集管から吸着剤を抽出容器に取り出し、抽出溶媒を加え、測定対象物質を溶出する。例えば、二硫化炭素 2 mL を加えて 1 時間以上振とう抽出した後、溶液 1 mL を分取し、内標準溶液 (1000 µg/mL) 1 µL を加えたものを試験溶液とする。サロゲート物質を使用する場合、捕集管から取り出した吸着剤にサロゲート標準溶液 (1000 µg/mL) 2 µL を加えた後、抽出操作を行う。(注 19) (注 20)
- 2) 操作ブランク用試験溶液の調製：空気試料用の捕集管と同一ロットの未使用の捕集管について 3. 1. 4 (3) 1) と同様の操作を一連の操作の中で 1 回以上行い、操作ブランク試験溶液を調製する。
- 3) トラベルブランク用試験溶液の調製：3. 2. 4 (1) 2) のトラベルブランク試験用捕集管について 3. 1. 4 (3) 1) と同様の操作を行い、トラベルブランク試験溶液を調製する。
- 4) 2 重測定用試験溶液の調製：3. 2. 4 (1) 3) の 2 重測定用の捕集管について 3. 1. 4 (3) 1) と同様の操作を行い、2 重測定用試験溶液を調製する。

3. 1. 5 試験溶液の測定および定量

(1) 検量線用混合標準濃度系列の測定

- 1) 測定：3. 1. 4 (2) で調製した検量線用混合標準濃度系列の 1 µL 程度を GC-MS に注入し、3. 1. 3 (4) 1) h) で設定した各測定対象物質の質量数におけるクロマトグラムを記録する。
- 2) 測定対象物質の保持時間の確認：3. 1. 4 (2) で調製した混合標準濃度系列の中から、測定対象物質の中間程度における濃度のクロマトグラムをもとに測定対象物質それぞれの保持時間を確認する。
- 3) 測定対象物質の質量数の決定：3. 1. 3 (4) 1) h) で設定した各測定対象物質の質量数から、検量線作成に用いる定量用質量数と確認用質量数を決定する。

- 4) 検量線の作成：各測定対象物質の定量用質量数と内標準物質の定量用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を求め、そのピーク面積またはピーク高さの比と各測定対象物質の濃度とにより検量線を作成する。（注 21）
- 5) 定量用質量数と確認用質量数の比の決定：各測定対象物質の定量用質量数と確認用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を算出する。

(2) 空気試料試験溶液の測定と定量

- 1) 測定：3. 1. 4 (3) 1) で調製した試験溶液の 1 μL 程度を GC-MS に注入する。
- 2) 測定対象物質の確認：3. 1. 5 (1) 3) で決定した各測定対象物質の定量用質量数と確認用質量数によるクロマトグラムを記録し、ピーク面積またはピーク高さの強度比を算出する。（注 22）
- 3) 定量：検出された各測定対象物質の定量用質量数と内標準物質の定量用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を求め、3. 1. 5 (1) 4) により作成した検量線を用いて、注入した空気試料の試験溶液中における各測定対象物質の濃度 (A_s : μg/mL) を求める。（注 23）

(3) 操作ブランク試験溶液の測定と定量

3. 1. 4 (3) 2) で調製した操作ブランク試験溶液について 3. 1. 5 (2) の操作を行い、各測定対象物質の操作ブランク値を求める。

(4) トラベルブランク試験溶液の測定と定量

3. 1. 4 (3) 3) で調製したトラベルブランク試験溶液について 3. 1. 5 (2) の操作を行い、トラベルブランク試料溶液中における各測定対象物質の濃度を求める。本試験は 1 試料以上を測定し、平均値をトラベルブランク値 (A_t : μg/mL) とする。

(5) 2重測定用試験溶液の測定と定量

3. 1. 4 (3) 4) で調製した 2 重測定用試験溶液について 3. 1. 5 (2) の操作を行って、各測定対象物質の濃度を求める。

(6) GC-MS 装置の感度試験

混合標準濃度系列の中から中間程度の濃度のものを選び、3. 1. 5 (1) 1) の操作を行って感度の変動を確認する。この確認は 1 日に 1 回以上行う。（注 24）

3. 1. 6 空气中濃度の算出

3. 1. 5 で得られた結果から、次式を用いて空气中の各測定対象物質の濃度を算出する。

$$C = \frac{(A_s - A_t) \times E \times 1000}{V \times 298 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

- C : 25°Cにおける空气中の各測定対象物質の濃度 (μg/m³)
 A_s : GC-MS に注入した試験溶液中の各測定対象物質の濃度 (μg/mL)
 A_t : 各測定対象物質のトラベルブランク濃度 (μg/mL)
 操作ブランク値と同等と見なせる場合は操作ブランク値を用いる。
 E : 抽出に用いた溶液量 (mL)
 V : 空気試料量 (L)

- t : 試料採取時の平均の気温 (°C)。湿式型ガスマーターを使用した場合は、ガスマーターの平均水温 (°C)
- P : 試料採取時の平均大気圧 (kPa)。湿式型ガスマーターの場合は ($P - P_w$) を用いる。ここで、 P_w は試料採取時の平均気温 t (°C) での飽和水蒸気圧 (kPa)

結果には個々の測定値をそれぞれ記載する。

- (注 1) : 本法は、捕集管に濃縮した測定対象物質を抽出溶媒で希釈するため試料の捕集量を大きくする必要があり、捕集能力を考慮して保持容量の大きい吸着剤を用いる方がよい。捕集管のブランク値は小さいが、抽出溶媒のブランク値が定量下限値に影響することもある。測定対象物質により捕集管の捕集効率や溶媒による溶出率が異なることから、あらかじめ添加回収試験を行い、その回収率について検討しておく必要がある。なお、抽出した試験溶液は繰り返し測定が可能である。平常実態把握法では、ここで述べられた方法と同様の信頼性が確保できる場合、拡散法（パッシブ法）によって空気試料を採取してもよい。但し、最大濃度推定法にはパッシブ法を用いた試料採取による測定は困難である。
- (注 2) : 溶媒に二硫化炭素を用いてもよい。また、試料採取量、濃縮操作および GC-MS の条件等によって測定感度は異なるので、ここに示した濃度を目安に適宜変えてもよい。さらに、市販の標準原液（混合標準原液）を用いてもよい。但し、精度を保証されているものが望ましい。
- (注 3) : 二硫化炭素は揮散しやすく濃度が容易に変化するため、氷冷下での用時調製が望ましい。標準原液と異なる溶媒で希釈する場合、それぞれの溶媒における相互溶解度に注意すること。
- (注 4) : 溶液ではなく、内標準ガスを使用してもよい。たとえば、高純度窒素ガスで置換して大気圧に戻した真空瓶 (1L) の注入口から内標準溶液 (1000 µg/mL) の一定量 (100 µL) を注入して混合し、内標準ガスを調製する。（このガス 1 mL は各標準物質 0.1 µg を含む。）
- (注 5) : 測定対象の有機化合物を含有しないことが重要であり、測定対象以外の物質については全炭化水素で 0.01 ppm 以下、一酸化炭素 0.05 ppm 以下、二酸化炭素 0.3 ppm 以下、水分濃度 2 ppm 以下（露点 -70°C 以下）で純度 99.999% 以上のものが望ましい。
- (注 6) : 除湿管は捕集管と接続できるようなガラス管に過塩素酸マグネシウム約 15 g を充填し、両端を石英ウール等で押さえたもの。両端を密栓し、使用時まで活性炭入りの密閉容器に保存する。過塩素酸マグネシウムは有機元素分析用（粒径 300 ~ 700 µm）を用いる。市販品を用いてもよい。但し、測定対象物質の除湿管や石英ウール等への吸着の有無をあらかじめ確認すること^{7,8)}。
- (注 7) : 市販品としてヤシガラ活性炭、球状活性炭等がある。
- (注 8) : 質量流量センサーを内蔵したポンプが市販されている。間欠サンプリング機能を有するポンプを用いてもよい。
- (注 9) : 対象成分が十分に分離出来れば、カラムの種類および温度条件等は任意に設定してよい。但し、設定した条件において、測定対象物質のピークが分離し、定量が可能であることをあらかじめ確認する。なお、キシレンは m -および p -キシレンの

- ピークが分離しない場合、*m*-および *p*-キシレンの合算値として定量する。
- (注 10) : 純度については 99.999%以上のものが望ましいが、99.999%未満のものを使用する場合は妨害がないことをあらかじめ確認すること。市販のガス精製管を使用してもよい。
- (注 11) : 機器に付属の質量校正用プログラムやチューニングメソッドを使用することが望ましい。
- (注 12) : 試料の採取において、測定に必要な量が得られない（装置の定量下限値を下回る）と考えられる場合は、採取時間をある程度長くする、あるいは採取流量を増加してもよい。但し、いずれの場合も測定対象物質の破過に注意すること。また、測定対象物質が光により分解すると考えられる場合は、採取時の捕集管をアルミ箔等で遮光すること。
- (注 13) : 捕集管は吸引ポンプに接続する側および空気を取り入れる側を明確にしておく。
- (注 14) : 試料採取時に湿度が高い場合、3. 1. 3 (3) および (注 6) で示した除湿管を使用してもよい。
- (注 15) : 室内より室外での化学物質濃度が高いと考えられる場合は、室内の他に室外におけるトラベルブランクも併せて採取することが望ましい。試料採取の詳細については 1. 1 ~ 1. 5 を参照する。
- (注 16) : この方法で混合標準濃度系列を作成する場合、使用する捕集管と溶媒の組み合わせにおいて添加回収試験を行い、測定対象物質の回収率が 70~130%であることを確認する。回収率がこの範囲を超える場合、検量線は 3. 1. 4 (2) 2) の捕集管への混合標準溶液添加による混合標準濃度系列の調製に示す方法で作成する。但し、回収率がこの範囲内にあっても 3. 1. 4 (2) 2) の方法で検量線を作成してもよい。
- (注 17) : 試験溶液にサロゲート物質を添加した場合は、必ず検量線溶液にも試験溶液への添加量と同一量のサロゲート物質を添加する。
- (注 18) : 溶媒にメタノールを用いてもよい。また、試料を添加する場合は、シリンジの針先を捕集管内の吸着剤付近まで差し込むことが望ましい。市販の検量線作成ツール用装置を用いてもよい。
- (注 19) : 分析環境によりスチレンの回収率が低くなる（70%未満となる）場合がある。そのような場合は、サロゲート物質を用いて抽出率補正を行うことにより、分析精度を向上させることができる。
- (注 20) : 測定対象物質の溶出率が良好（添加回収試験における回収率が 70~130%）であれば、抽出溶媒の種類は任意でよい。また、抽出溶媒量、内標準溶液およびサロゲート標準溶液の添加量は任意でよいが、定量の際はその希釈割合等に注意すること。なお、あらかじめ抽出溶媒に内標準溶液およびサロゲート標準溶液を一定量添加した溶液を作製し、抽出溶液としてもよい。その場合、内標準物質が吸着剤に吸着しないことを確認すること。測定対象物質が石英ウールに吸着する可能性がある場合は、石英ウールも（除湿管を使用した場合は除湿管の石英ウールも含めて）一緒に抽出する。
- (注 21) : キシレンは *m*-および *p*-キシレンのピークが分離しない場合、*m*-および *p*-キシレンの合算値として定量するが、検量線における設定濃度（添加量）に留意すること。

- (注 22) : 測定対象物質のピークに対する他の物質からの影響を判断するために行う操作である。測定した空気試料における定量用質量数と確認用質量数の強度比が検量線作成時と大きくかけはなれている場合は、再度標準試料を測定して定量用質量数と確認用質量数の強度比を算出する。再度測定した標準試料の強度比が検量線作成時の 90~110% の範囲内だった場合 (標準物質に問題がない場合)、空気試料における測定対象物質のピークが何らかの影響を受けている可能性があることから、クロマトグラムのベースライン分離条件等の再検討や他の分析カラムによる定量を検討する。
- (注 23) : 室内空気中の測定対象物質の濃度は、その範囲が広いことが予想されるため、定量上限を明確に把握しておくことが必要である。空気試料の測定値が作成した検量線の範囲を超える場合は、諸条件を検討した上で検量線を再度作成し、定量する。
- (注 24) : 内標準物質の感度が検量線作成時の感度と大きく異ならないことを確認する。また、内標準物質との相対感度が検量線作成時の相対感度に対して $\pm 20\%$ 以内の変動であることを確認し、これを越えて感度の変動する場合は、その原因を取り除き、それ以前の試料を再測定する。さらに、保持時間については、比較的短い間に変動 (通常、1 日に保持時間が $\pm 5\%$ 以上、内標準物質との相対保持比が $\pm 2\%$ 以上) する場合は、その原因を取り除き、それ以前の試料の再測定を行う。

3.2 第2法 固相吸着－加熱脱離－ガスクロマトグラフィー／質量分析法

3.2.1 測定方法の概要

吸着剤を充填した捕集管に室内空気および外気を一定流量で吸引し、測定対象物質を捕集する。捕集管を加熱脱離装置に装着し、加熱脱離する測定対象物質をキャピラリーカラムに導入して GC-MS により分離、定量することを基本とする。(注1) (注2) (注3)⁶⁾

3.2.2 試薬

(1) メタノール

測定対象物質および内標準物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。

(2) 標準物質

トルエン、*o*-、*m*-、*p*-キシレン、エチルベンゼン、スチレン、パラジクロロベンゼンおよびテトラデカンは純度 98%以上の JIS 規格試薬特級、またはこれと同等以上のもの。

(3) 標準原液 (1000 µg/mL)

各全量フラスコ (100 mL) に標準物質 100 mg を精秤し、メタノールを加えて 100 mL とする。この溶液 1 mL は、各々の標準物質 1000 µg を含む。(注4)

(4) 混合標準溶液 (100 µg/mL)

各標準原液のそれぞれの一定量 (1 mL) を全量フラスコ (10 mL) にとり、メタノールを用いて 10 倍に希釈する。この溶液 1 mL は、各々の標準物質 100 µg を含む。(注4)

(5) 内標準物質 (トルエン-*d*₈)

トルエン-*d*₈ は純度 98%以上の JIS 規格試薬特級、またはこれと同等以上のもの。(注5)

(6) 内標準原液 (1000 µg/mL)

全量フラスコ (100 mL) に内標準物質 100 mg を精秤し、メタノールを加えて 100 mL とする。この溶液 1 mL は、内標準物質 1000 µg を含む。(注4) (注5)

(7) 内標準溶液 (100 µg/mL)

内標準原液の一定量 (1 mL) を全量フラスコ (10 mL) にとり、メタノールを用いて 10 倍に希釈する。この溶液 1 mL は、内標準物質 100 µg を含む。(注4) (注5)

(8) 高純度窒素ガス

測定対象物質および内標準物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。(注6)

3.2.3 器具および装置

(1) マイクロシリンジ

容量 1～10 µL または 10～100 µL が量りとれるもの。

(2) 試料採取装置

試料採取装置は、捕集管、マスフローコントローラー、ポンプおよびガスメーターを連結したものからなる。接続例を図 3-5 に示す。なお、試料採取環境の湿度が高い場合、捕集管の前段

に除湿管を使用してもよい。試料採取装置に使用する器具類は十分に洗浄して汚染に注意する。また、試料採取にあたって装置を組み立てた後、通気漏れのないことを確認する。（注7）

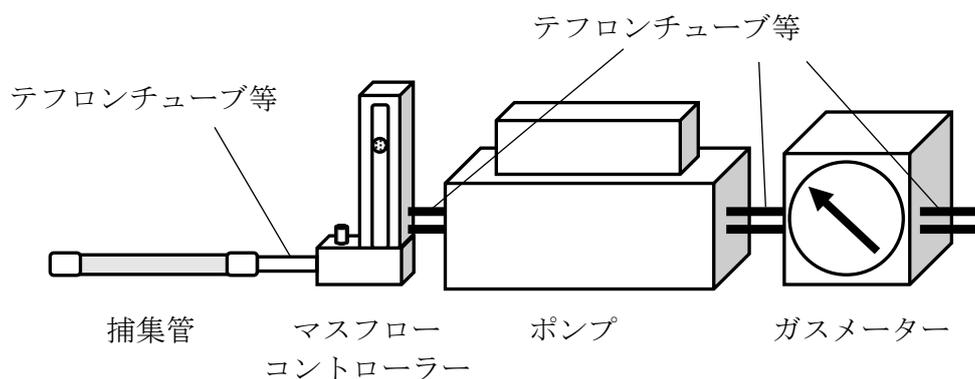


図3-5 試料採取装置の接続例

1) 捕集管

a) 捕集管：内径 3~4 mm 程度のガラス管やステンレス管に測定対象物質を吸着・保持し、且つ加熱による脱離が十分に行うことができる粒径 60~80 メッシュの吸着剤を充填し、両端を石英ウール等で押さえたもの、または測定対象物質に対して十分な捕集能力を有するもの。（注8）

b) 調製：加熱炉に捕集管を装着し、高純度窒素ガス等を 50~100 mL/min 程度に流して捕集管内の空気を十分置換した後、高純度窒素ガス等を流したまま 300°C程度で2時間程度空焼き洗浄し冷却後、両端を密栓する。調製した捕集管は活性炭入りの密閉できるガラスまたは金属製容器等に保存する。なるべく使用直前に調製する。両端を溶封したものは、長期間の保存が可能である。（注9）

2) マスフローコントローラー：流量を 2~500 mL/min の範囲で制御でき、設定流量に対して±10%以内の制御精度を有するもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。（注10）

3) ポンプ：ダイヤフラム型等の密閉式のポンプで、捕集管をつけた状態で2~500 mL/min の捕集流量が確保できるもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。（注10）

4) ガスメーター：湿式型またはこれと同等以上の性能を有するもので、積算測定が可能であり、流量調節装置の流量制御範囲で精度よく作動する性能を有するもの。（注10）

(3) 試料導入装置

捕集管の加熱部とトラップ管およびクライオフォーカスの再捕集部の冷却・加熱部、またはそのどちらかが組み込まれたもので、その例は図3-6のようである。（注11）

捕集管が試料導入装置に装着されると流路と接続され、捕集管を加熱して、脱離する測定対象物質を再捕集部に濃縮した後、再捕集部を加熱して濃縮した対象物質を GC-MS に直結して導入できる装置であり、再捕集部を液体窒素等で-10°C以下に温度制御でき、かつ 80°C以上に急速加熱できるもの、またはこれと同等以上の性能を有するもの。さらに、捕集管および、または再捕集部の後にスプリットができる装置を備えたもの。（注12）

1) **トラップ部**：トラップ管とその加熱部からなるもの。

a) **トラップ管**：捕集管と連結され、捕集管から脱離してきた測定対象物質をトラップ（一次捕

集) するもので、常温から $-10\sim-50^{\circ}\text{C}$ 程度に冷却できるもの。(注 13)

b) 加熱部： $80^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 程度で加熱でき、かつ脱離流速が $30\sim 50\text{ mL}/\text{min}$ 確保できるもの。

2) クライオフォーカス部：クライオフォーカスとその加熱部からなるもの。

a) クライオフォーカス装置：キャピラリーカラムの直前で冷却して測定対象物質をクライオフォーカスできるもの。

b) 加熱部： $250^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で加熱でき、スプリットが可能な流速を確保できること。

3) キャリヤーガス：ヘリウム等(純度 $99.999\text{ vol}\%$ 以上、注 14)。流量 $1\text{ mL}/\text{min}$ 程度。

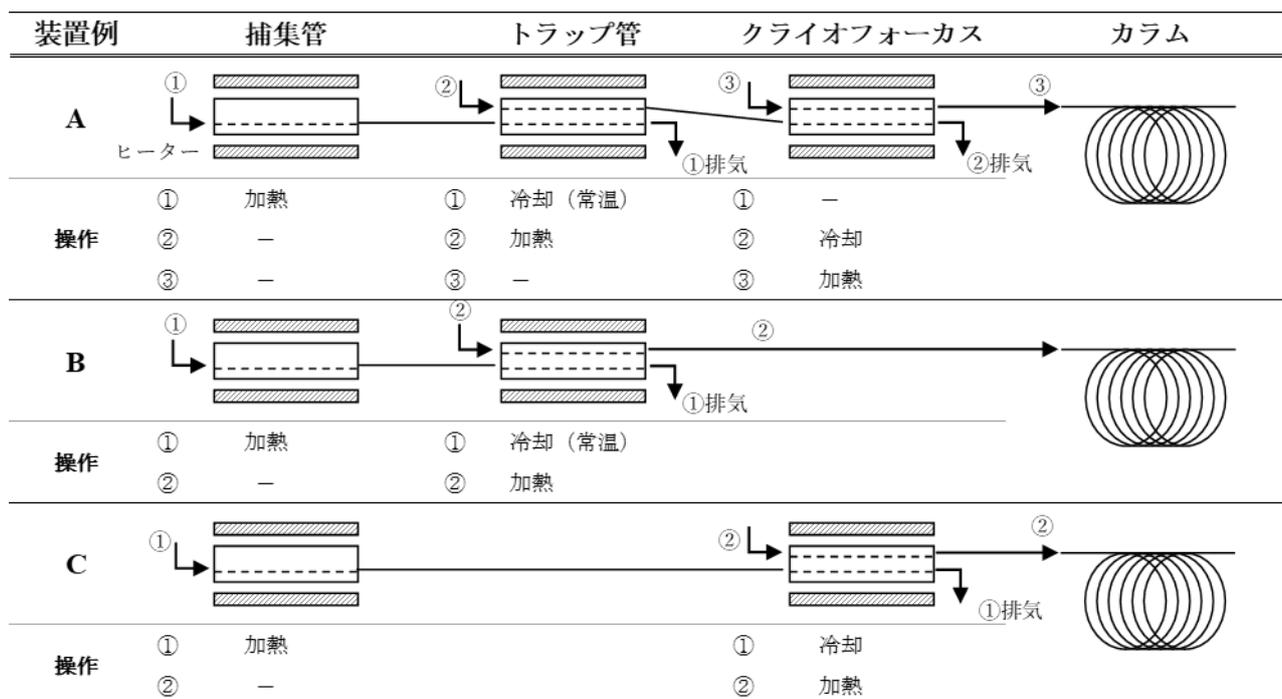


図 3-6 試料導入装置の例

4) 試料導入装置の分析条件の設定

試料導入装置の分析条件の一例を以下に示す。

捕集管加熱温度：	280°C
パージ流量(時間)：	$50\text{ mL}/\text{min}$ (8分)
キャリヤーガス：	ヘリウム
トラップ温度：	-20°C
トラップ加熱温度(時間)：	280°C (5分)
ライン温度：	250°C
バルブ温度：	250°C

(4) GC-MS (注 15)

1) GC-MS 装置

a) 試料注入口：試料導入装置と接続ができるもの。

b) カラム恒温槽：恒温槽の温度を $35\sim 300^{\circ}\text{C}$ の範囲で制御できるもの。また、測定対象物質を最適に分離出来る昇温プログラムが作成可能なもの。

- c) カラム：内径 0.2～0.32 mm，長さ 25～60 m の熔融シリカ製のものであって，内面にジメチルポリシロキサンまたは 5%フェニル-ジメチルポリシロキサンを 0.25～1.5 μm の膜厚で被覆したキャピラリーカラム，またはこれと同等の分離性能を有するもの。
- d) インターフェース部：温度を 200～300°C程度に保つことができるもの。
- e) イオン源：温度を 160～300°Cに保つことができるもの。
- f) 検出器 (MS)：EI 法が可能で，SIM もしくは Scan モードが可能なもの。
- g) キャリヤーガス：ヘリウム等（純度 99.999 vol%以上，注 14）。1 mL/min 程度。
- h) 測定質量数：各測定対象物質の測定用質量数の一例は表 3-2 の通り。

表 3-2 各測定対象物質の測定質量数（一例）

測定対象物質	測定質量数 (m/z)
トルエン	65, 91, 92
<i>o</i> -, <i>m</i> -, <i>p</i> -キシレン	91, 105, 106
エチルベンゼン	65, 91, 106
スチレン	51, 78, 104
パラジクロロベンゼン	111, 146, 148
テトラデカン	43, 57, 71
トルエン- d_8	70, 98, 100

2) GC-MS の分析条件の設定と機器の調整

GC-MS の分析条件およびクロマトグラムの一例を以下に示す。（図 3-7）

カラム温度：	40°C –(5°C/min) → 250°C（3 分間保持）
注入口温度：	250°C
試料注入法：	スプリット（スプリット比 1：5～1：100）
インターフェース温度：	250°C
イオン源温度：	200°C

*MS に質量校正用標準物質（PFTBA または PFK）を導入し，マスパターンおよび分解能（質量数 (m/z) =18～300 程度の範囲で 1 質量単位 (amu) 以上) 等を測定目的に応じて所定の値に校正する。質量校正結果は測定結果と共に保存する。（注 16）

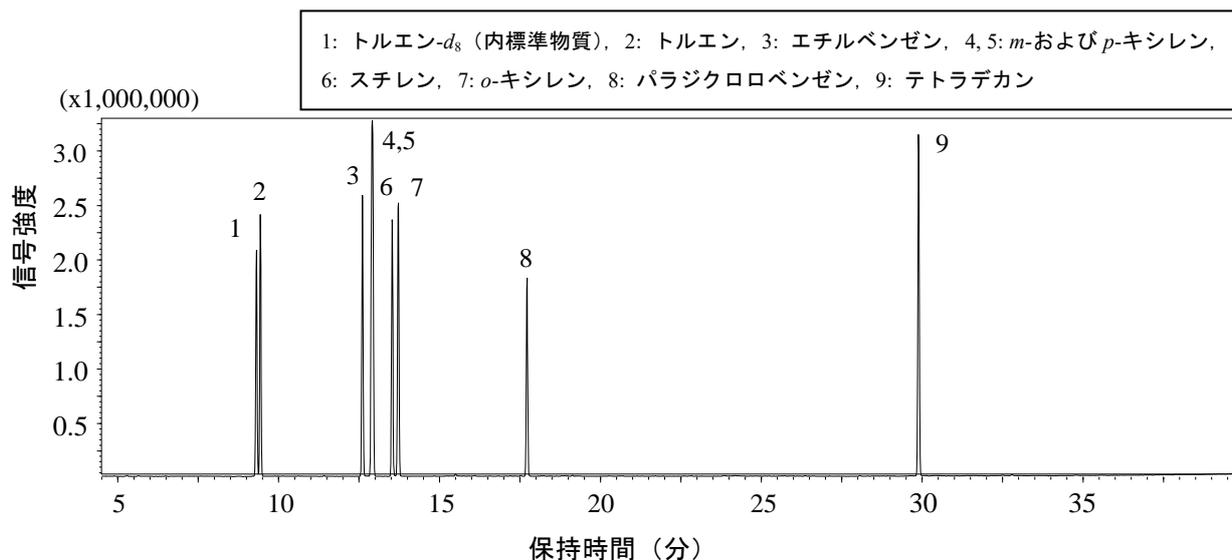


図3-7 クロマトグラムの一例

3. 2. 4 試料採取および試験溶液の調製

(1) 試料採取

空気試料の採取は、室内では居間および寝室の2カ所ならびに室外1カ所の計3カ所について、それぞれ2回ずつ（2併行で）採取する。試料採取後、捕集管は両端を密栓した後、アルミ箔等で遮光し、活性炭入り保存容器に入れて分析時まで保存する。トラベルブランク試験用として、室内空気の試料採取用の捕集管と同様に持ち運び、取り扱う。（注17）（注18）（注19）

- a) 最大濃度推定法における試料の採取：試料採取装置を用い、概ね30分間の採取量が1～5Lになるように流量を設定して採取する。
- b) 平常実態把握法における試料の採取：試料採取装置を用い、24時間の採取量が5～20Lになるように流量を設定して採取する。

(2) 検量線用混合標準濃度系列の調製

3. 2. 2 (3) または (4) の標準溶液を用い、図3-8の例に示すように、検量線作成用T字管に高純度窒素ガスおよび捕集管を連結し、高純度窒素ガスを50～100 mL/minの流速で流しながら標準溶液および内標準溶液の1～10 μ Lを採り、捕集管にマイクロシリンジを用いて注入し、さらに数分間通気して捕集管を調製する。同様の操作を数本について行い、混合標準濃度系列を調製する。（注20）

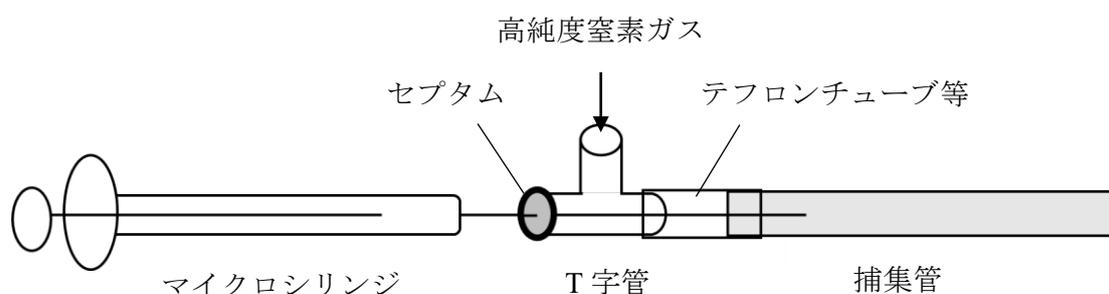


図3-8 検量線作成用T字管の接続例（注20）

(3) 試験用捕集管の調製

- 1) 空気試料用捕集管の調製：図 3-8 の例に示すように、検量線作成用 T 字管に高純度窒素ガスおよび 3. 2. 4 (1) 1) にて空気試料を採取した捕集管を連結し、50~100 mL/min 程度の高純度窒素ガス等を流しながら、内標準溶液をマイクロシリンジで注入して捕集管に吸着させる。
- 2) 操作ブランク試験用捕集管の調製：空気試料用の捕集管と同一の未使用の捕集管について 3. 2. 4 (3) 1) と同様の操作を一連の操作の中で 1 回以上行い、操作ブランク試験捕集管を調製する。
- 3) トラベルブランク試験用捕集管の調製：3. 2. 4 (1) 2) のトラベルブランク試験用捕集管については 3. 2. 4 (3) 1) と同様の操作を行い、トラベルブランク試験捕集管を調製する。
- 4) 2重測定用捕集管の調製：3. 2. 4 (1) 3) の 2重測定用の捕集管について 3. 2. 4 (3) 1) と同様の操作を行い、2重測定用捕集管を調製する。

3. 2. 5 試験操作

(1) 検量線用混合標準捕集管系列の試験

- 1) 測定：3. 2. 4 (2) で調製した検量線用捕集管を試料導入装置に装着し、GC-MS による測定を行う。3. 2. 3 (4) 1) h) で設定した各測定対象物質の測定用質量数毎のクロマトグラムを記録する。
- 2) 測定対象物質の保持時間の確認：3. 2. 4 (3) 1) で調製した検量線用混合標準捕集管系列の中から、各測定対象物質の中間程度における濃度のクロマトグラムをもとに測定対象物質の保持時間を確認する。
- 3) 測定対象物質の質量数の決定：3. 2. 3 (4) 1) h) で設定した各測定対象物質の質量数から、検量線作成に用いる定量用質量数と確認用質量数を決定する。
- 4) 検量線の作成：各測定対象物質の定量用質量数と内標準物質の定量用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を求め、そのピーク面積またはピーク高さの比と各測定対象物質の濃度とにより検量線を作成する。(注 21)
- 5) 定量用質量数と確認用質量数の比の決定：各測定対象物質の定量用質量数と確認用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を算出する。

(2) 空気試料試験の測定と定量

- 1) 測定：3. 2. 4 (3) 1) で調製した空気試料捕集管を試料導入装置に装着し、GC-MS による測定を行う。
- 2) 測定対象物質の確認：3. 2. 3 (4) 1) h) で設定した各測定対象物質の定量用質量数および確認用質量数によるクロマトグラムを記録し、ピーク面積またはピーク高さの強度比を算出する(注 22)
- 3) 定量：検出された各測定対象物質の定量用質量数と内標準物質の定量用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を求め、3. 2. 5 (1) 4) により作成した検量線を用いて、注入した空気試料の試験溶液中における各測定対象物質の重量 (A_s : ng) を求める。(注 23)

(3) 操作ブランク試験の測定と定量

3. 2. 4 (3) 2) で調製した操作ブランク試験捕集管を試料導入装置に装着し、3. 2. 5 (2) の操作を行って各測定対象物質の操作ブランク値を求める。

(4) トラベルブランク試験の測定と定量

3. 2. 4 (3) 3) で調製したトラベルブランク試験捕集管について3. 2. 5 (2) の操作を行い、注入した試験液中の各測定対象物質の重量を測定する。本試験は1試料以上を測定し、平均値をトラベルブランク値 (A_t : ng) とする。

(5) 2重測定用試験の測定と定量

3. 2. 4 (3) 4) で調製した2重測定用試験捕集管について3. 2. 5 (2) の操作を行って、各測定対象物質の重量を測定する。

(6) GC-MS 装置の感度試験

混合標準捕集管系列の中から中間程度の濃度のものを選び、3. 2. 5 (1) 5) の操作を行って感度の変動を確認する。この確認は1日に1回以上行う。(注24)

3. 2. 6 濃度の算出

3. 2. 5 で得られた結果から、次式を用いて空気中の各測定対象物質の濃度を算出する。

$$C = \frac{(A_s - A_t)}{V \times 298 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

- C : 25°Cにおける空気中の各測定対象物質の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 A_s : GC-MS に注入した試料中の各測定対象物質の重量 (ng)
 A_t : 各測定対象物質のトラベルブランク値 (ng)
操作ブランク値と同等と見なせる場合は操作ブランク値を用いる。
 V : 空気試料量 (L)
 t : 試料採取時の平均の気温 (°C)。湿式型ガスメーターを使用しているときには、ガスメーターの平均水温 (°C)
 P : 試料採取時の平均大気圧 (kPa)。湿式型ガスメーターの場合には ($P - P_w$) を用いる。ここで、 P_w は試料採取時の平均気温 t (°C) での飽和水蒸気圧 (kPa)

結果には個々の値をそれぞれ記載する。

- (注1) : 本法は ISO 16017-1: 2000 に対応する。
(注2) : 平常実態把握法では、ここで述べられた方法と同様の信頼性が確保できる場合、拡散法 (パッシブ法) によって空気試料を採取しても良い。但し、**最大濃度推定法**には、パッシブ法を用いた試料採取による測定は困難である。
(注3) : 捕集された VOC のほとんどが測定可能である。室内空気中の VOC は濃度範囲が広いので、濃度が高い物質では測定に際して内径の小さいカラムでは過負荷になり、検量線の範囲を外れる恐れもあるので注意する。
(注4) : 試料採取量、濃縮操作および GC-MS の条件等によって測定感度は異なるので、ここに示した濃度を目安に適宜変えてもよい。また、市販の標準原液 (混合標準原液) を用いても良い。但し、精度保証されているものが望ましい。

- (注5) : 市販の標準ガスを用いても良い。但し、精度が保証されているものが望ましい。なお、加熱脱離装置の種類によっては内部標準ガスが自動添加される機能を有するものがあるが、この機能を利用して内標準物質を添加してもよい。
- (注6) : 有機化合物を含有しないことが重要であり、測定対象以外の物質については全炭化水素で 0.01 ppm 以下、一酸化炭素 0.05 ppm 以下、二酸化炭素 0.3 ppm 以下、水分濃度 2 ppm 以下（露点 -70℃以下）で純度 99.999% 以上のものが望ましい。
- (注7) : 除湿管は捕集管と接続できるようなガラス管に過塩素酸マグネシウム約 15 g を充填し、両端を石英ウール等で押さえたもの。両端を密栓し、使用時まで活性炭入りの密閉容器に保存する。過塩素酸マグネシウムは有機元素分析用（粒径 300 ~700 μm）を用いる。市販品を用いてもよい。但し、測定対象物質の除湿管や石英ウール等への吸着の有無をあらかじめ確認すること。
- (注8) : 市販品には以下のような吸着剤を充填されているものがある⁹⁾。
Tenax® TA, Tenax® GR, Carbopack™ B+Carboxen® 1000 or Carbosive SIII,
Tenax® GR+Carbopack™ B, Carbopack™ C+Carbopack™ B or Carboxen® 1000
- (注9) : 新しく調製または購入した捕集管は充填された捕集剤の耐用温度にて十分空焼きした後、同一の洗浄ロットから少なくとも 10% 以上の割合でブランク値の測定を行い、目的定量下限値よりも十分低い値であることを確認する。なお、300℃を超える温度で長時間空焼きすると炭素の酸化が進み、カーボンモレキュラシーブの性能が変化することがあるので注意する。空焼きの温度と時間は捕集剤の種類によって異なるため、製造メーカーの推奨値を使用する。
- (注10) : 質量流量センサーを内蔵したポンプが市販されている。間欠サンプリング機能を有するポンプを用いてもよい。
- (注11) : 試料導入装置には複数のタイプがあり、それぞれに最適条件を設定する。第1は、捕集管が試料導入装置に装着されると流路が確保され、加熱脱離してトラップ管にいったん再捕集後、さらにトラップ管を加熱してクライオフォーカスに捕集し、さらに加熱してキャピラリーカラムに導入する方式である（図3-6A）。第2には、捕集管が試料導入装置に装着されると流路が確保され、加熱して脱離してトラップ管またはクライオフォーカスに再捕集した後、いずれかを加熱してキャピラリーカラムに導入する方式である（図3-6B および C）。
- (注12) : ガラス製または溶融シリカ製の中空管または吸着剤を充填したトラップ管では冷却を要しない装置もある。また、トラップ管の冷却、加熱条件等は導入装置毎に決定する必要がある。市販の装置ではこれらの条件は提示されている場合が多い。
- (注13) : トラップ管には石英等の不活性物質を詰めることもあるが、吸着剤を充填する場合もある。その充填剤は温度（-20℃程度の低温）でも破過を起こすことがあるので注意する必要がある。
- (注14) : 水素や窒素を用いても良い。また、純度については 99.999% 以上のものが望ましいが 99.999% 未満のものを使用する場合は妨害がないことを予め確認すること。市販のガス精製管を使用してもよい。
- (注15) : 対象成分が十分に分離出来れば、カラムの種類および温度条件等は任意に設定して良い。但し、設定した条件において、測定対象物質のピークが分離し、定量が可能であることをあらかじめ確認する。なお、キシレンは *m*-および *p*-キシレンのピークが分離しない場合、*m*-および *p*-キシレンの合算値として定量する。

- (注 16) : 機器に付属の質量校正用プログラムやチューニングメソッドを使用することが望ましい。
- (注 17) : 吸引側および空気取り入れ側を明確にしておく。
- (注 18) : 試料採取時に湿度が高い場合、3. 2. 3 (2) で示した除湿管を使用しても良い。
- (注 19) : 室内より室外での化学物質濃度が高いと考えられる場合は、室内の他に室外におけるトラベルブランクも併せて採取することが望ましい。試料採取の詳細については1. 1～1. 5を参照する。
- (注 20) : 混合標準溶液等を添加する場合は、シリンジの針先を捕集管内の吸着剤付近まで差し込むことが望ましい。市販の検量線作成ツール用装置を用いてもよい。
- (注 21) : キシレンは *m*-および *p*-キシレンのピークが分離しない場合、*m*-および *p*-キシレンの合算値として定量するが、検量線における設定濃度（添加量）に留意すること。
- (注 22) : 測定対象物質のピークに対する他の物質からの影響を判断するために行う操作である。測定した空気試料における定量用質量数と確認用質量数の強度比が検量線作成時と大きくかけはなれている場合は、再度標準試料を測定して定量用質量数と確認用質量数の強度比を算出する。再度測定した標準試料の強度比が検量線作成時の90～110%の範囲内だった場合（標準物質に問題がない場合）、空気試料における測定対象物質のピークが何らかの影響を受けている可能性があることから、クロマトグラムのベースライン分離条件等の再検討や他の分析カラムによる定量を検討する。
- (注 23) : 室内空气中の測定対象物質の濃度は、その範囲が広いことが予想されるため、定量上限を明確に把握しておくことが必要である。空気試料の測定値が作成した検量線の範囲を超える場合は、諸条件を検討した上で検量線を再度作成し、定量する。
- (注 24) : 内標準物質の感度が検量線作成時の感度と大きく異ならないことを確認する。また、内標準物質との相対感度が検量線作成時の相対感度に対して±20%以内の変動であることを確認し、これを越えて感度の変動する場合には、その原因を取り除き、それ以前の試料を再測定する。さらに、保持時間については、比較的短い間に変動（通常、1日に保持時間が±5%以上、内標準物質との相対保持比が±2%以上）する場合には、その原因を取り除き、それ以前の試料の再測定を行う。

4. 準揮発性有機化合物の測定方法

ここに掲げる測定方法は、室内空気中のフタル酸ジ-*n*-ブチルおよびフタル酸ジ-2-エチルヘキシルのフタル酸エステル2種、クロルピリホス、フェノブカルブおよびダイアジノンの3種を対象とする。試料の採取および調製方法は、固相吸着－溶媒抽出法および固相吸着－加熱脱離法の2種を示すが、固相吸着－加熱脱離法はフタル酸エステル2種にのみ適用する。測定にはガスクロマトグラフィー／質量分析法を用いる。

4.1 第1法 固相吸着－溶媒抽出－ガスクロマトグラフィー／質量分析法

4.1.1 測定方法の概要

吸着剤を装着した捕集部に室内空気および外気を一定流量で吸引して、測定対象物質を捕集する。吸着剤から測定対象物質を溶媒で溶出させ、これをキャピラリーカラムに導入して GC-MS により分離、定量することを基本とする。（注1）^{8,10-13)}

4.1.2 試薬

(1) アセトン

残留農薬測定用、フタル酸エステル試験用等の高純度のもの。GC-MS に注入したとき、測定対象物質および内標準物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。

(2) 標準物質

クロルピリホス、ダイアジノン、フェノブカルブは残留農薬測定用等の高純度のもの。フタル酸ジ-*n*-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルは、フタル酸エステル分析用等の高純度のもの、または同等以上の純度を持つもの。

(3) 標準原液 (1000 µg/mL)

各標準物質 100 mg を精秤し、アセトンに溶解して 100 mL とする。この溶液 1 mL は、各々の標準物質 1000 µg を含む。（注2）

(4) 混合標準溶液 (100 µg/mL)

各標準原液のそれぞれの一定量 (1 mL) を全量フラスコ (10 mL) に入れ、アセトンを用いて 10 mL とする。この溶液 1 mL は、各々の標準物質 100 µg を含む。（注2）

(5) 内標準物質

内標準物質 (クロルピリホス-*d*₁₀, フタル酸ジ-*n*-ブチル-*d*₄, フタル酸ジ-2-エチルヘキシル-*d*₄) は、純度 98% 以上の JIS 規格試薬特級、またはこれと同等以上のもの。

(6) 内標準原液 (1000 µg/mL)

各内標準物質 100 mg を精秤し、アセトンに溶解して 100 mL とする。この溶液 1 mL は、内標準物質 1000 µg を含む。なお、溶液状態で販売している内標準物質を原液として用いてもよい。(注 2)

(7) 混合内標準溶液 (100 µg/mL)

各内標準原液のそれぞれの一定量 (1 mL) を全量フラスコ (10 mL) に入れ、アセトンを用いて 10 mL とする。この溶液 1 mL は、各々の内標準物質 100 µg を含む。(注 2)

(8) 高純度窒素ガス

測定対象物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。

4. 1. 3 器具および装置

(1) マイクロシリンジ

容量 1~10 µL または 10~100 µL が量りとれるもの。

(2) 試料採取装置

試料採取装置は、捕集部、マスフローコントローラー、ポンプ、ガスメーターを連結したものである。その例を図 4-1 に示す。なお、試料採取装置に使用する器具類は十分に洗浄して汚染に注意する。試料採取に当たって装置を組み立てた後、通気漏れのないことを確認する。(注 3)

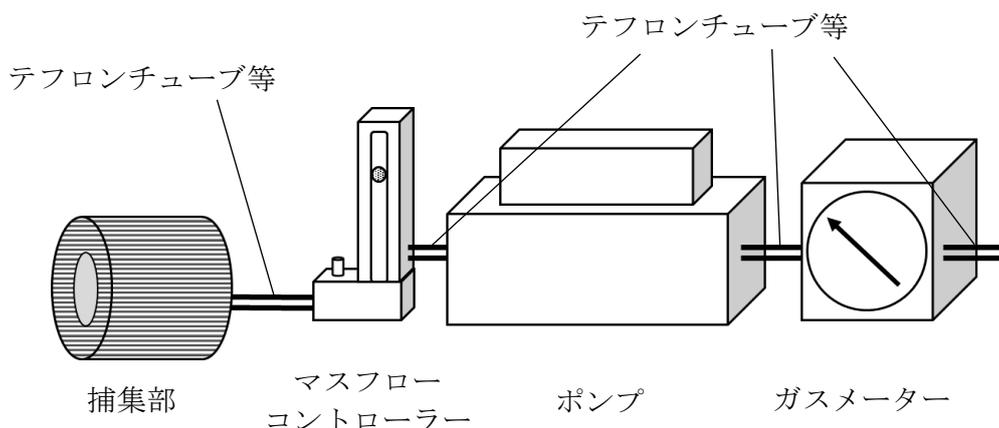


図 4-1 試料採取装置の接続例

- 1) 捕集部：吸着剤として、オクタデシルシリル化シリカゲル、またはスチレンジビニルベンゼン共重合体を用いる。その他、測定対象物質に対して、十分な捕集能力を有するもの。(注 4)
14)
- 2) マスフローコントローラー：流量を 1~10 L/min の範囲で制御でき、設定流量に対して±10% 以内の制御精度を有するもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。
- 3) ポンプ：ダイヤフラム型等の密閉式のポンプで捕集部をつけた状態で 1~10 L/min の捕集流量が確保できるもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。
- 4) ガスメーター：湿式型のもの、またはこれと同等の能力のあるもので、積算測定が可能であり、マスフローコントローラーの流量制御範囲で精度よく作動する性能を有するもの。

(3) GC-MS

1) GC-MS 装置

- a) 試料注入口：スプリット/スプリットレス注入が可能なもの。
- b) カラム恒温槽：恒温槽の温度制御範囲が 300°C 以上であり，測定対象物質の最適分離条件に温度制御できる昇温プログラムが可能なもの。
- c) カラム：内径 0.2~0.32 mm，長さ 25~60 m の熔融シリカ製のものであって，内面にジメチルポリシロキサンまたは 5%フェニル-メチルポリシロキサンを 0.2~1.5 μm の膜厚で被覆したキャピラリーカラム，または同等以上の分離性能を有するもの。
- d) インターフェース部：温度を 200~300°C 程度に設定できるもの。
- e) イオン源：温度を 160~300°C に設定できるもの。
- f) 検出器 (MS)：EI 法が可能で，SIM もしくは Scan モードが可能なもの。
- g) キャリヤースガス：ヘリウム等（純度 99.999 vol% 以上）。流量 1 mL/min 程度。
- h) 測定質量数：各測定対象物質の測定用質量数は表 4-1 を参照。

表 4-1 各測定対象物質の測定用質量数

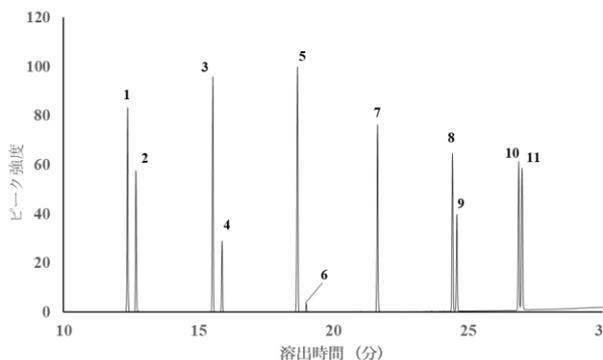
測定対象物質	測定質量数 (m/z)
フタル酸ジ-n-ブチル	149, 205, 223
フタル酸ジ-n-ブチル-d ₄	153, 209, 227
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	149, 167, 279
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル-d ₄	153, 171, 283
フェノブカルブ	121, 150, 91
ダイアジノン	179, 137, 152
クロルピリホス	314, 197, 97
クロルピリホス-d ₁₀	324, 200, 99

2) GC-MS の分析条件の設定と機器の調整

GC-MS 分析条件およびクロマトグラム (図 4-2) の一例を以下に示す。これを参考にして適宜設定する。分離および感度が十分であればこの限りではない。なお，以下の条件を用いた場合，殺虫剤 3 成分とフタル酸エステルの類縁体 8 成分を同時に分離することができる。

カラム温度：	80°C (1 分保持) - (20°C/分) - 120°C - (6°C/分) - 290°C - (30°C/分) - 320°C (3 分保持)
キャリヤースガス：	ヘリウム (カラム流量 1 mL/分，コンスタントフロー)
注入口温度：	280°C
試料注入法：	スプリットレス (1 分)
インターフェース温度：	280°C
イオン源温度：	280°C

*MS に質量校正用標準物質 (PFTBA または PFK) を導入し，マスパターンおよび分解能 (質量数 (m/z) = 18~300 程度の範囲で 1 質量単位 (amu) 以上) 等を測定目的に応じて所定の値に校正する。質量校正結果は測定結果と共に保存する。(注 5)



- 1: フタル酸ジエチル, 10: フタル酸ジシクロヘキシル
- 2: フェノブカルブ, 11: フタル酸ジ-2-エチルヘキシル
- 3: フタル酸ジ-*n*-プロピル,
- 4: ダイアジノン,
- 5: フタル酸ジ-*n*-ブチル,
- 6: クロルピリホス,
- 7: フタル酸ジ-*n*-ペンチル,
- 8: フタル酸ジ-*n*-ヘキシル,
- 9: フタル酸-*n*-ブチルベンジル,

図 4-2 クロマトグラムの一例

4. 1. 4 試料採取および試験液の調製

(1) 試料採取

空気試料の採取は、室内では居間と寝室の 2 カ所ならびに外気 1 カ所について、それぞれ 2 回ずつ採取する。試料採取に際しては、吸着剤とトラベルブランクをそれぞれ別の密閉容器に入れ持ち運ぶ。吸着剤は空気採取後、アルミ箔で覆い、密閉容器（金属製のものが望ましい）に入れて分析時まで保存する。トラベルブランクは密閉容器のままポンプ周辺に置き、空気採取終了後、分析時まで密閉したまま保存する。（注 6）

- a) 最大濃度推定法における試料の採取：試料採取装置を用いて 5～10 L/min 程度の流量で概ね 30 分間採取する。
- b) 平常実態把握法における試料の採取：試料採取装置を用いて 1～10 L/min 程度の流量で 24 時間採取する。
いずれも測定時の気温、気圧を調べて記録する。

(2) 検量線用標準液の調製

4. 1. 2 (4) の混合標準溶液をアセトンで希釈し、5 段階濃度程度の混合標準濃度系列の検量線用標準液を調製する。また、4. 1. 2 (7) の混合内標準溶液を各検量線用標準液に一定量ずつ加え、検量線用標準液とする。

(3) 試験液の調製

- 1) 空気試料の調製：吸着剤からアセトン 5 mL を用いて、超音波抽出装置等を用いて抽出する。抽出液は遠心分離機にかけ、浮遊粒子等の夾雑物を取り除く。得られた上清 1 mL を正確にとり、混合内標準溶液 (10 μg/mL) を 100 μL 加えたものを試験液とする。
濃縮が必要な場合は、遠心分離後の上清 2 mL を目盛り付き試験管にとり、窒素ガスを穏やかに吹き付けて 0.5 mL 以下まで濃縮する。アセトンで 0.5 mL に定容し、混合内標準溶液 (10 μg/mL) を 50 μL 加えたものを試験液とする。（注 7）
- 2) 操作ブランク試験液の調製：試料空気用の吸着剤と同一の洗浄済み吸着剤について 1) と同様の操作を一連の操作の中で 1 回以上行い、操作ブランク試験液を調製する。
- 3) トラベルブランク試験液の調製：トラベルブランク試験用の吸着剤について 1) と同様の操作を行い、トラベルブランク試験液を調製する。

- 4) 2重測定用試験液の調製：2重測定用の吸着剤について1)の操作を行い、2重測定用試験液を調製する。

4. 1. 5 試験操作

(1) 検量線用標準液の測定

- a) 測定：4. 1. 4 (2) で調製した混合標準濃度系列の検量線用標準液を2 μ L程度GC-MSに注入する。(注8)
- b) 測定対象物質の保持時間の確認：4. 1. 4 (2) で調製した混合標準濃度系列の検量線用標準液の中から、各測定対象物質の中間程度における濃度のクロマトグラムに基づき、測定対象物質の保持時間を確認する。
- c) 測定対象物質の質量数の決定：4. 1. 3 (3) h) で設定した各測定対象物質の測定質量数から、検量線作成に用いる定量用質量数と確認用質量数を決定する。
- d) 検量線作成：各測定対象物質および内標準物質の定量用質量数について、ピーク面積またはピーク高さの強度比を求め、その強度比と各測定対象物質の濃度による検量線を作成する。(注9)
- e) 定量用質量数と確認用質量数の比の決定：各測定対象物質の定量用質量数と確認用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を算出する。(注10)

(2) 空気試料の測定と定量

- a) 測定：4. 1. 4 (3) 1) で調製した空気試料を2 μ L程度をGC-MSに注入する。(注11)
- b) 測定対象物質の確認：4. 1. 5 (1) c) で決定した定量用質量数および確認用質量数によるクロマトグラムのピーク面積比またはピーク高さ比から測定対象物質であることを確認する。
- c) 定量：検出された各測定対象物質の定量用質量数と内標準物質の定量用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を求め、4. 1. 5 (1) d) により作成した検量線を用いて、測定した空気試料における各測定対象物質の重量 (A_s : ng) を求める。

(3) 操作ブランク試験液の測定と定量

4. 1. 4 (3) 2) で調製した操作ブランク試験液について、4. 1. 5 (2) の操作を行って各測定対象物質の操作ブランク値を求める。

(4) トラベルブランク試料液の測定と定量

4. 1. 4 (3) 3) で調製したトラベルブランク試験液について、4. 1. 5 (2) の操作を行って各測定対象物質のトラベルブランク値を求める。本試験は1試料以上を測定し、平均値をトラベルブランク値 (A_t : ng) とする。

(5) 2重測定試験液の測定と定量

4. 1. 4 (3) 4) で調製した2重測定試験液について、4. 1. 5 (2) の操作を行って、各測定対象物質の重量を測定する。

(6) GC-MSの感度試験

混合標準濃度系列の中から中間程度の濃度のものを選び、4. 1. 5 (1) の操作を行って感度の変動を確認する。この確認は1日に1回以上行い、内標準物質との相対感度が検量線作成時の相対感度に対して $\pm 20\%$ 以内の変動であることを確認する。(注11)

4. 1. 6 濃度の算出

4. 1. 5 で得られた結果から、次式を用いて空気中の各測定対象物質の濃度を算出する。

$$C = \frac{(A_s - A_t)}{V \times 298 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

- C : 25°Cにおける空気中の各測定対象物質の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 A_s : 吸着剤中の各測定対象物質の重量 (ng)
 A_t : 各測定対象物質のトラベルブランク値 (ng)
操作ブランク値と同等と見なせる場合は操作ブランク値を用いる。
 V : 空気捕集量 (L)
 t : 試料採取時の平均の気温 (°C)。湿式型ガスメーターを使用しているときには、ガスメーターの平均水温 (°C)
 P : 試料採取時の平均大気圧 (kPa)。湿式型ガスメーターの場合には ($P - P_w$) を用いる。ここで、 P_w は試料採取時の平均気温 t (°C) での飽和水蒸気圧 (kPa)

結果には個々の測定値と各場所における平均値の両方を記載する。

- (注1) : フタル酸エステル類の測定精度は、試料の採取、前処理、測定操作におけるブランクをいかに低くするかにかかっており、全操作に細心の注意が必要である。全操作を通じてビニール手袋等は使用せず、作業前には十分に石鹼等で手洗いをする。また、使用する器具はガラス製、テフロン製、金属製のものを用い、器具の洗浄、溶媒や装置の汚染等には十分に配慮する必要がある。
- (注2) : 試料採取量、濃縮操作および GC-MS の条件等によって測定感度は異なるので、ここに示した濃度を目安に適宜変えてもよい。また、市販の標準原液（混合標準溶液）を用いても良い。但し、アセトンと混和するものを用い、精度保証されているものが望ましい。
- (注3) : 各装置の接続には、なるべくシールテープは使用せず、テフロンコネクタ等を使用する。なお、質量流量センサーを内蔵したポンプが市販されている。間欠サンプリング機能を有するポンプを用いてもよい。
- (注4) : 洗浄可能な吸着剤や器具は使用前にアセトンで洗浄し、十分乾かしてから用いる。乾燥が不十分であると室内を二次汚染する可能性がある。吸着剤がフィルター状の場合、通気漏れのないよう吸引部に固定できるフィルターホルダーを用いる。
- (注5) : 機器に付属の質量校正用プログラムやチューニングメソッドを使用することが望ましい。
- (注6) : 測定に十分な量が得られないと考えられる場合は、採取時間をある程度長くしてもよい。ブランクの影響を少なくするためには、ある程度大量に採取したほうがよい。試料採取の詳細については 1. 1 ~ 1. 5 を参照する。
- (注7) : 高濃度が予想される場合、もしくは装置の感度が十分な場合は、抽出液を窒素ガスで濃縮しなくてもよい。濃縮後の定容は目盛り付きの試験管を用いる。
- (注8) : 感度を上げる場合は、高圧注入で数 μL 、GC-MS に注入してもよい。

- (注 9) : 室内空気中の各対象化合物の濃度は範囲が広いことが予想されるため、定量上限を明確に把握しておくことが必要である。出来るだけ広い濃度範囲の標準溶液を測定し、検量点が直線から外れる場合は低濃度側と高濃度側でそれぞれ検量線を作成するような対策を取る。
- (注 10) : 定量用質量数のピークに対する他イオンからの影響を判断するために行う操作であり、強度比が検量線作成時と大きくかけはなれている場合は、まず、装置の性能を確認するために再度標準試料を測定して強度比を算出する。その強度比の変動が±20%の範囲内であれば、測定済み試料のクロマトグラムのベースライン等を再検討し、かけ離れた原因をチェックして再分析を行う。
- (注 11) : 内標準物質の感度が検量線作成時の感度と大きく異なることを確認する。また、内標準物質との相対感度が検量線作成時の相対感度に対して±20%以内の変動であることを確認し、これを越えて感度の変動する場合には、その原因を取り除き、それ以前の試料を再測定する。さらに、保持時間については、比較的短い間に変動（通常、1日に保持時間が±5%以上、内標準物質との相対保持比が±2%以上）する場合には、その原因を取り除き、それ以前の試料の再測定を行う。

4.2 第2法 固相吸着－加熱脱離－ガスクロマトグラフィー／質量分析法

4.2.1 測定方法の概要

吸着剤を充填した捕集管に室内空気および外気を一定流量で吸引し、測定対象物質を捕集する。捕集管を試料導入装置に装着し、加熱脱離する測定対象物質をキャピラリーカラムに導入して GC-MS により分離、定量することを基本とする。(注1) (注2)^{11,12)}

4.2.2 試薬

(1) アセトン

残留農薬測定用、フタル酸エステル試験用等の高純度のもの。GC-MS に導入しても、測定対象物質および内標準物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。コンタミネーションを防ぐため、フタル酸エステル類測定専用を用意することが望ましい。

(2) 標準物質

フタル酸エステル試験用として市販されているもの、または同等以上の純度を持つもの。

(3) 標準原液 (1000 µg/mL)

各全量フラスコ 100 mL に標準物質 100 mg を精秤し、アセトンを加えて 100 mL とする。この溶液 1 mL は、各々の標準物質 1000 µg を含む。(注3)

(4) 混合標準溶液 (100 µg/mL)

各標準原液のそれぞれの一定量 (1 mL) を全量フラスコ (10 mL) にとり、アセトンを用いて 10 倍に希釈する。この溶液 1 mL は、各々の標準物質 100 µg を含む。(注3)

(5) 内標準物質 (フタル酸ジ-*n*-ブチル-*d*₄, フタル酸ジ-2-エチルヘキシル-*d*₄)

内標準物質は純度 98% 以上の JIS 規格試薬特級、またはこれと同等以上のもの。測定対象物質と同じ物質の重水素化体を用いることで、検量線の直線性および決定係数が改善することがある。

(6) 内標準原液 (1000 µg/mL)

各全量フラスコ (100 mL) に内標準物質 100 mg を精秤し、アセトンを加えて 100 mL とする。この溶液 1 mL は、各々の内標準物質 1000 µg を含む。(注3)

(7) 混合内標準溶液 (100 µg/mL)

各内標準原液のそれぞれの一定量 (1 mL) を全量フラスコ (10 mL) にとり、アセトンを用いて 10 倍に希釈する。この溶液 1 mL は、各々の内標準物質 100 µg を含む。(注3)

(8) 高純度窒素ガス

測定対象物質および内標準物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。捕集管の加熱洗浄および調製に使用する。

4. 2. 3 器具および装置

(1) マイクロシリンジ

容量 1~10 μL が量りとれるもの。

(2) 試料採取装置

試料採取装置は、捕集管、流量調節装置、ポンプおよびガスメーターを連結したものである。接続例を図 4-3 に示す。試料採取にあたり装置を組み立てた後、通気漏れのないことを確認する。(注 4)

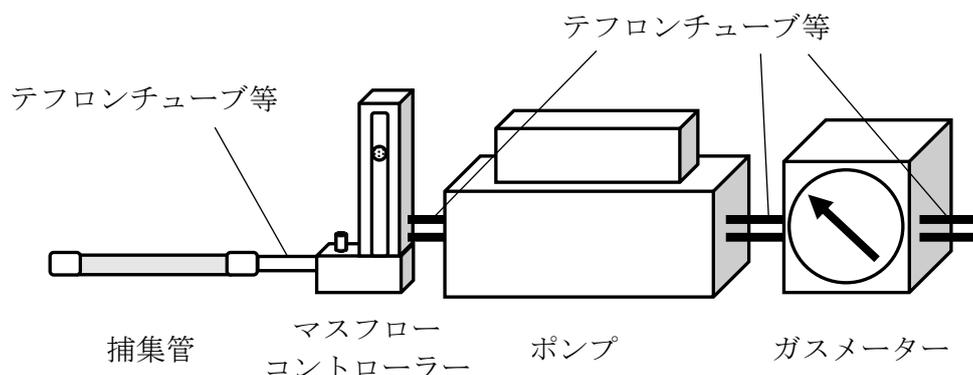


図 4-3 試料採取装置の接続例

1) 捕集管

a) 捕集管：内径 3~4 mm 程度のガラス管やステンレス管に測定対象物質を吸着・保持し、且つ加熱による脱離を十分に行うことができる吸着剤を充填し、両端を石英ウール等で押さえたもの、または測定対象物質に対して十分な捕集能力を有するもの。吸着剤としては Tenax® TA や Tenax® GR 等が利用できる。

b) 調製：加熱炉に捕集管を装着し、高純度窒素ガス等を 50~100 mL/min 程度に流して捕集管内の空気を十分置換した後、高純度窒素ガス等を流したまま 300°C 程度で 2 時間程度加熱洗浄し冷却後、両端を密栓する。なるべく使用直前に加熱洗浄し、密閉できるガラスまたは金属製容器等に保存する。(注 5)

2) マスフローコントローラー：流量を 10~200 mL/min の範囲で制御でき、設定流量に対して $\pm 10\%$ 以内の制御精度を有するもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。

3) ポンプ：ダイヤフラム型等の密閉式のポンプで、捕集管をつけた状態で 10~200 mL/min の捕集流量が確保できるもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。

4) ガスメーター：湿式型またはこれと同等以上の性能を有するもので、積算測定が可能であり、流量調節装置の流量制御範囲で精度よく作動する性能を有するもの。

(3) 試料導入装置

捕集管の加熱部とトラップ管およびクライオフォーカスの再捕集部の冷却・加熱部、またはそのどちらかが組み込まれたもので、その例は図 4-4 のようである。(注 6)

捕集管が試料導入装置に装着されると流路と接続され、捕集管を加熱して、脱離する測定対象物質を再捕集部に濃縮した後、再捕集部を加熱して濃縮した対象物質を GC-MS に直結して導入できる装置である。再捕集部を液体窒素等で -10°C 以下に温度制御でき、かつ 80°C 以上に急速加熱できるもの、またはこれと同等以上の性能を有するもの。さらに、捕集管および、または再捕集部の後にスプリットができる装置を備えたもの。(注 7)

- 1) **トラップ部**：トラップ管とその加熱部からなるもの。
 - a) **トラップ管**：捕集管と連結され、捕集管から脱離してきた測定対象物質をトラップ（一次捕集）するもので、常温から $-10\sim-50^{\circ}\text{C}$ 程度に冷却できるもの。（注8）
 - b) **加熱部**： $80^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 程度で加熱でき、かつ脱離流速が $30\sim 50\text{ mL}/\text{min}$ 確保できるもの。
- 2) **クライオフォーカス部**：クライオフォーカスとその加熱部からなるもの。
 - a) **クライオフォーカス装置**：キャピラリーカラムの直前で冷却して測定対象物質をクライオフォーカスできるもの。
 - b) **加熱部**： $250^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 程度で加熱でき、スプリットが可能な流速を確保できること。
- 3) **キャリアーガス**：ヘリウム等（純度 99.999 vol%以上，注9）。流量 $1\text{ mL}/\text{min}$ 程度。
- 4) **試料導入装置の分析条件の設定**
試料導入装置の分析条件の一例を以下に示す。

捕集管加熱温度：	280°C
パージ流量（時間）：	30 mL/min（20分）
キャリアーガス：	窒素
トラップ温度：	5°C
トラップ加熱温度（時間）：	280°C（10分）
ライン温度：	290°C
バルブ温度：	250°C
導入率：	5.8%

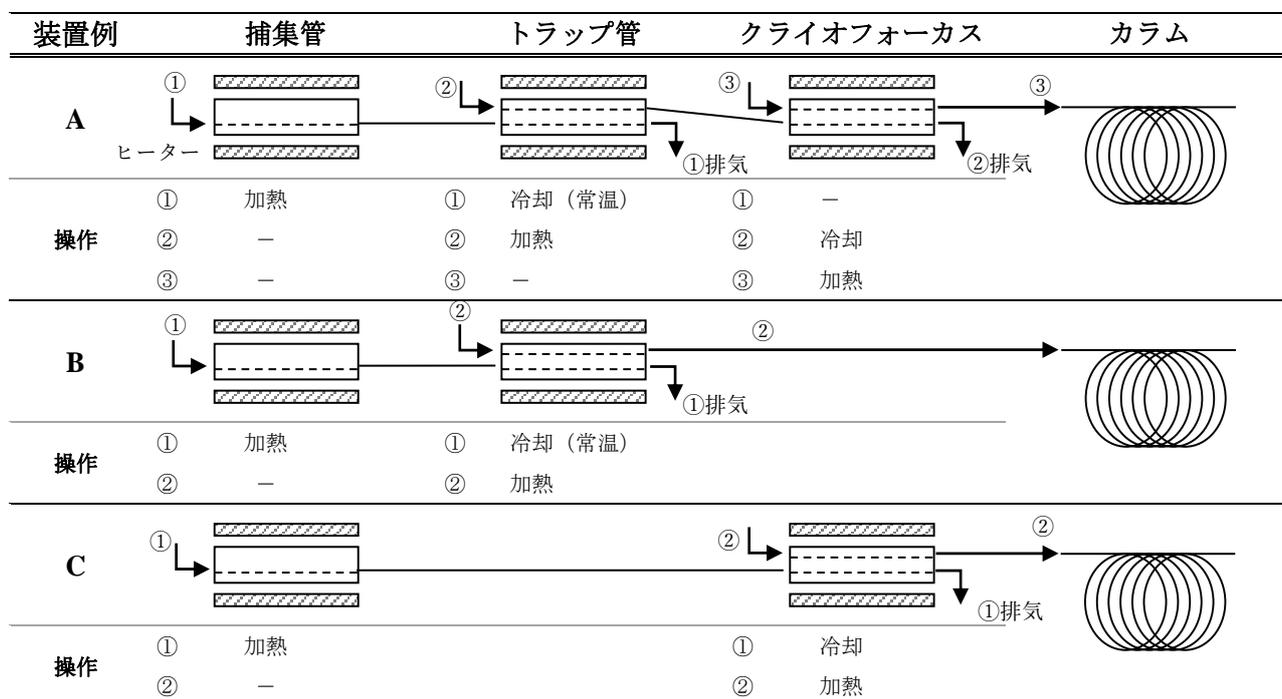


図 4-4 試料導入装置の例

(4) GC-MS（注10）

1) GC-MS 装置

- a) **試料注入口**：試料導入装置と接続ができるもの。

- b) カラム恒温槽：恒温槽の温度を 35～300℃の範囲で制御できるもの。また、測定対象物質を最適に分離出来る昇温プログラムが作成可能なもの。
- c) カラム：内径 0.2～0.32 mm，長さ 15～60 m の熔融シリカ製の物であって、内面にジメチルポリシロキサンまたは 5%フェニル-ジメチルポリシロキサンを 0.1～1.5 μm の膜厚で被覆したキャピラリーカラム，またはこれと同等の分離性能を有するもの。
- d) インターフェース部：温度を 200～300℃程度に保つことができるもの。
- e) イオン源：温度を 160～300℃に保つことができるもの。
- f) 検出器 (MS)：EI 法が可能で，SIM もしくは Scan モードが可能なもの。
- g) キャリヤースガス：ヘリウム等（純度 99.999 vol%以上，注 9）。流量 1 mL/min 程度。
- h) 測定質量数：各測定対象物質の測定質量数の一例は表 4-2 の通り。

表 4-2 各測定対象物質の測定質量数（一例）

測定対象物質	測定質量数 (m/z)
フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル	149, 205, 223
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	149, 167, 279
フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル- d_4	153, 209, 227
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル- d_4	153, 171, 283

2) GC-MS の分析条件の設定と機器の調整

GC-MS の分析条件およびクロマトグラムを以下に示す。（図 4-5）

カラム温度：	80℃（2分保持）-25℃/分-300℃（5分保持）
キャリヤースガス：	窒素
カラム：	5%フェニル-メチルポリシロキサン （長さ 20 m，内径 0.18 mm，膜厚 0.40 μm）
インターフェース温度：	250℃
イオン源温度：	250℃

*MS に質量校正用標準物質（PFTBA または PFK）を導入し，マスパターンおよび分解能（質量数 (m/z) =18～300 程度の範囲で 1 質量単位 (amu) 以上）等を測定目的に応じて所定の値に校正する。質量校正結果は測定結果と共に保存する。（注 11）

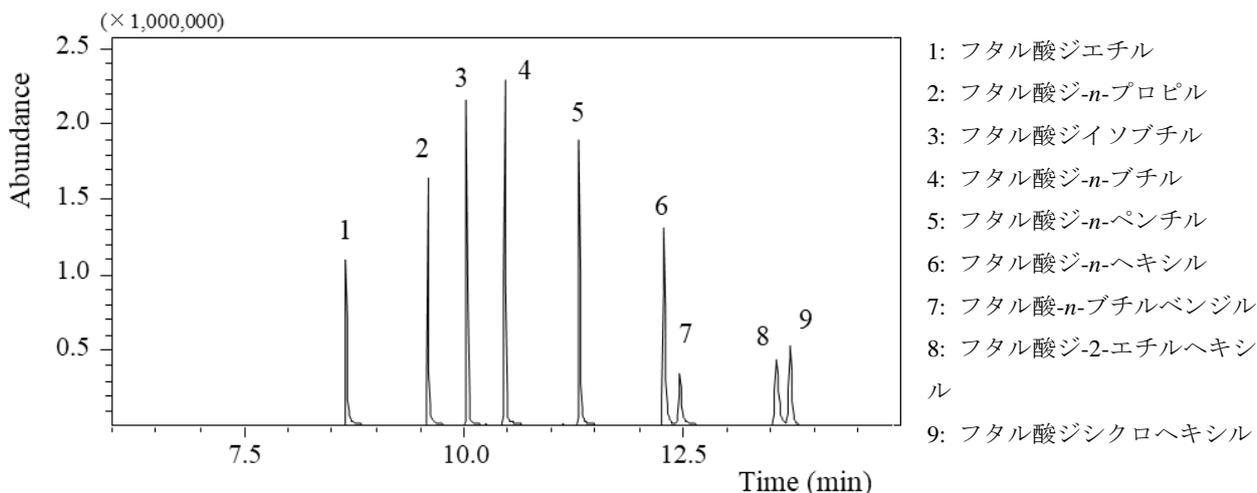


図 4-5 m/z 149 におけるクロマトグラムの一例

4. 2. 4 試料採取および試験用捕集管の調製

(1) 試料採取

空気試料の採取は、室内では居間および寝室の 2 カ所ならびに室外 1 カ所の計 3 カ所について、それぞれ 2 回ずつ採取する。試料採取に際しては、トラベルblankとして捕集管を密閉容器（金属製のものが望ましい）に入れ試料採取と同様に持ち運ぶ。捕集管はアルミ箔等で遮光し、試料採取後、捕集管の両端を密栓し、密閉できる容器に入れて分析時まで保存する。また、捕集管のポンプ吸引側および空気取り入れ側は明確にしておく。（注 12）

a) 最大濃度推定法における試料の採取：試料採取装置を用いて、概ね 30 分間、100~200 mL/min 程度の流量で採取する。

b) 平常実態把握法等における試料の採取：試料採取装置を用いて、24 時間、10~100 mL/min 程度の流量で採取する。

(2) 検量線用捕集管の調製

4. 2. 2 (4) の混合標準溶液および 4. 2. 2 (7) の混合内標準溶液を用い、図 4-6 の例に示すように、検量線作成用 T 字管に高純度窒素ガスおよび捕集管を連結し、高純度窒素ガスを 10~100 mL/min の流速で流しながら、標準溶液および内標準溶液をマイクロシリンジで注入して捕集管に吸着させる。同様の操作を複数本について行い、混合標準濃度系列の検量線用捕集管を調製する。（注 13）

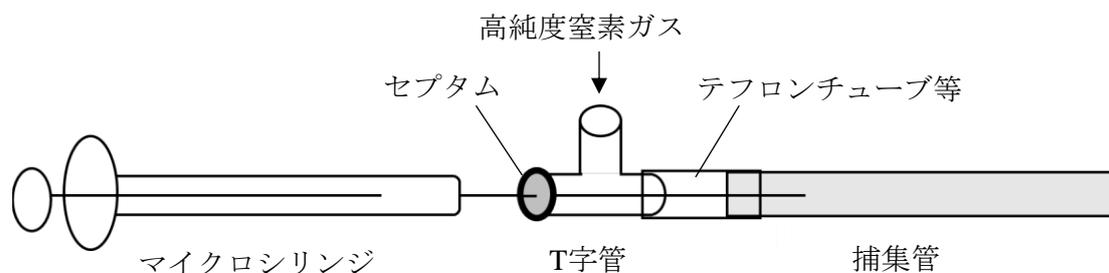


図 4-6 検量線作成用 T 字管の接続例（注 13）

(3) 試験用捕集管の調製

- 1) 空気試料用捕集管の調製：4. 2. 2 (7) の混合内標準溶液を用い、図4-6の例に示すように、検量線作成用T字管に高純度窒素ガスおよび4. 2. 4 (1) 1) にて空気試料を採取した捕集管を連結し、高純度窒素ガスを10~100 mL/minの流速で流しながら、内標準溶液をマイクロシリンジで注入して捕集管に吸着させ、空気試料用捕集管を調製する。
- 2) 操作ブランク試験用捕集管の調製：空気試料用捕集管と同じ仕様の未使用捕集管について、4. 2. 4 (3) 1) と同様の操作を一連の操作の中で1回以上行い、操作ブランク試験用捕集管を調製する。
- 3) トラベルブランク試験用捕集管の調製：4. 2. 4 (1) 2) のトラベルブランク試験用捕集管について、4. 2. 4 (3) 1) と同様の操作を行い、トラベルブランク試験用捕集管を調製する。(注14)
- 4) 2重測定用捕集管の調製：3. 2. 4 (1) 3) の2重測定用の捕集管について、3. 2. 4 (3) 1) と同様の操作を行い、2重測定用捕集管を調製する。

4. 2. 5 試験操作

(1) 検量線用捕集管の試験

- 1) 測定：4. 2. 4 (2) で調製した検量線用捕集管を試料導入装置に装着し、GC-MSによる測定を行う。4. 2. 3 (4) 1) h) で設定した各測定対象物質の測定質量数毎のクロマトグラムを記録する。
- 2) 測定対象物質の保持時間の確認：4. 2. 4 (2) で調製した検量線用捕集管の中から、各測定対象物質の中間程度における濃度のクロマトグラムをもとに測定対象物質の保持時間を確認する。
- 3) 測定対象物質の質量数の決定：4. 2. 3 (4) 1) h) で設定した各測定対象物質の測定質量数から、検量線作成に用いる定量用質量数と確認用質量数を決定する。
- 4) 検量線の作成：各測定対象物質および内標準物質の定量用質量数について、ピーク面積またはピーク高さの強度比を求め、その強度比と各測定対象物質の濃度とによる検量線を作成する。
- 5) 定量用質量数と確認用質量数の比の決定：各測定対象物質の定量用質量数と確認用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を算出する。

(2) 空気試料試験の測定と定量

- 1) 測定：4. 2. 4 (3) 1) で調製した空気試料用捕集管を試料導入装置に装着し、GC-MSによる測定を行う。
- 2) 測定対象物質の確認：4. 2. 5 (1) 3) で決定した定量用質量数および確認用質量数によるクロマトグラムからピーク面積またはピーク高さの強度比を算出し、3. 2. 5 (1) 5) で算出した強度比と大きくかけはなれていないことを確認する。(注14)
- 3) 定量：検出された各測定対象物質の定量用質量数と内標準物質の定量用質量数のピーク面積またはピーク高さの強度比を求め、4. 2. 5 (1) 4) により作成した検量線を用いて、測定した空気試料用捕集管における各測定対象物質の重量 (A_s : ng) を求める。(注15)

(3) 操作ブランク試験の測定と定量

4. 2. 4 (3) 2) で調製した操作ブランク試験用捕集管について、4. 2. 5 (2) の操作を行って各測定対象物質の操作ブランク値を求める。

(4) トラベルブランク試験の測定と定量

4. 2. 4 (3) 3) で調製したトラベルブランク試験用捕集管について、4. 2. 5 (2) の操作を行って各測定対象物質のトラベルブランク値を求める。本試験は1試料以上を測定し、平均値をトラベルブランク値 (A_t : ng) とする。

測定対象物質のトラベルブランク値が操作ブランク値と同等 (等しいか小さい) とみなせる場合には、移送中の汚染は無視できるものとして試料の測定値から操作ブランク値を差し引いて濃度を計算する。

(5) 2重測定試験の測定と定量

4. 2. 4 (3) 4) で調製した2重測定用捕集管について、4. 2. 5 (2) の操作を行って、各測定対象物質の重量を測定する。定量下限値以上の濃度の測定対象物質について、測定値平均とそれぞれの測定値の間に±20%以上の開きがある場合は、原則欠測扱いとして、その原因をチェックし、再度試料採取を行う。

(6) GC-MS 装置の感度試験

混合標準捕集管系列の中から中間程度の濃度のものを選び、4. 2. 5 (1) 5) の操作を行って感度の変動を確認する。この確認は1日に1回以上行い、内標準物質との相対感度が検量線作成時の相対感度に対して±20%以内の変動であることを確認する。(注16)

4. 2. 6 濃度の算出

4. 2. 5で得られた結果から、次式を用いて空気中の各測定対象物質の濃度を算出し、結果には個々の値をそれぞれ記載する。

$$C = \frac{(A_s - A_t)}{V \times 298 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

C : 25°Cにおける空気中の各測定対象物質の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

A_s : 捕集管中の各測定対象物質の重量 (ng)

A_t : 各測定対象物質のトラベルブランク値 (ng)

操作ブランク値と同等と見なせる場合は操作ブランク値を用いる。

V : 空気捕集量 (L)

t : 試料採取時の平均の気温 (°C)。湿式型ガスマーターを使用しているときには、ガスマーターの平均水温 (°C)

P : 試料採取時の平均大気圧 (kPa)。湿式型ガスマーターの場合には ($P - P_w$) を用いる。ここで、 P_w は試料採取時の平均気温 t (°C)での飽和水蒸気圧 (kPa)

(注1) : 本法は採取試料の前処理に溶媒を用いないため、前処理操作における溶媒や雰囲気等からの汚染を受けにくいという利点がある。一方、測定対象のフタル酸エステル類は高沸点で吸着を起こしやすい性質を持つため、試料導入装置内への吸着やクロスコンタミネーションに留意する必要がある。装置内吸着については、分析での待機時間が長くなると空気中フタル酸エステル類の吸着が増加するため、試料の測定前には空の捕集管を複数本測定しブランクを低減させるとよい。クロ

スコンタミネーション防止のためには、高濃度の標準物質および試料を測定した後には、空の捕集管を測定するとよい。

- (注 2) : 器具類は、残留農薬分析用のアセトン等で超音波洗浄し、金属製のかごやアルミホイル等の上で乾燥させる、もしくは高温で加熱し清浄にする。使用直前までアルミホイルで覆う等して、雰囲気からの汚染を防ぐ。清浄後は、試験溶液が触れる部分には手を触れず、ピンセット等を用いる。
- (注 3) : 試料採取量、濃縮操作および GC-MS の条件等によって測定感度は異なるので、ここに示した濃度を目安に適宜変えてもよい。また、市販の標準溶液（混合標準溶液）を用いてもよい。但し、精度保証されているものが望ましい。
- (注 4) : 質量流量センサーを内蔵したポンプが市販されている。間欠サンプリング機能を有するポンプを用いてもよい。
- (注 5) : 新しく充填または購入した捕集管は、充填された吸着剤の耐用温度にて十分に加熱洗浄した後、同一の洗浄ロットから少なくとも 10%以上の割合でブランク値の測定を行い、目的定量下限値よりも十分低い値であることを確認する。なお、300°Cを超える温度で長時間空焼きすると炭素の酸化が進み、カーボンモレキュラーシートの性能が変化することがあるので注意する。空焼きの温度と時間は捕集剤の種類によって異なるため、製造メーカーの推奨値を使用する。
- (注 6) : 試料導入装置には複数のタイプがあり、それぞれに最適条件を設定する。第 1 は、捕集管が試料導入装置に装着されると流路が確保され、加熱脱離してトラップ管にいったん再捕集後、さらにトラップ管を加熱してクライオフォーカスに捕集し、さらに加熱してキャピラリーカラムに導入する方式である（図 4-4A）。第 2 には、捕集管が試料導入装置に装着されると流路が確保され、加熱・脱離してトラップ管またはクライオフォーカスに再捕集した後、いずれかを加熱してキャピラリーカラムに導入する方式である（図 4-4B および C）。
- (注 7) : ガラス製または溶融シリカ製の中空管または吸着剤を充填したトラップ管では冷却を要しない装置もある。また、トラップ管の冷却、加熱条件等は導入装置毎に決定する必要がある。市販の装置ではこれらの条件は提示されている場合が多い。
- (注 8) : トラップ管には石英等の不活性物質を詰めることもあるが、吸着剤を充填する場合もある。充填剤により、低温（-20°C程度）まで冷却を行っても破過を起こすことがあるので注意する必要がある。
- (注 9) : 水素や窒素を用いてもよい。純度については 99.999%以上のものが望ましいが 99.999%未満のものを使用する場合は妨害がないことを予め確認する。市販のガス精製管を使用してもよい。
- (注 10) : 対象成分が十分に分離出来れば、カラムの種類および温度条件等は任意に設定してよい。但し、設定した条件において、測定対象物質のピークが分離し、定量が可能であることをあらかじめ確認する。特に、同時に採取されるフタル酸エステル類の多くは $m/z=149$ のベースピークを持つため、条件確定時には十分留意する。
- (注 11) : 機器に付属の質量校正プログラムやチューニングメソッドを使用することが望ましい。
- (注 12) : 室内より室外での測定対象物質濃度が高いと考えられる場合は、室内の他に室外におけるトラベルブランクも併せて採取することが望ましい。試料採取の詳細については 1.1～1.5 を参照する。
- (注 13) : 混合標準溶液等を添加する場合は、シリンジの針先を捕集管内の吸着剤付近まで差し込むことが望ましい。市販の検量線作成ツール用装置を用いてもよい。

- (注 14) : 測定対象物質のピークに対する他の物質からの影響を判断するために行う操作である。測定した空気試料における定量用質量数と確認用質量数の強度比が、3.2.5(1)5)で算出した強度比と大きくかけはなれている場合は、再度、標準物質用捕集管を調製、測定し、定量用質量数と確認用質量数の強度比を算出する。再度測定した標準物質用捕集管の強度比が検量線作成時の90~110%の範囲内だった場合(標準物質に問題がない場合)、空気試料における測定対象物質のピークが何らかの影響を受けている可能性があることから、クロマトグラムのベースライン分離条件等の再検討や他の分析カラムによる定量を検討する。
- (注 15) : 室内空気中の測定対象物質の濃度は、その範囲が広いことが予想されるため、定量上限を明確に把握しておくことが必要である。空気試料の測定値が作成した検量線の範囲を超える場合は、諸条件を検討した上で検量線を再度作成し、定量する。
- (注 16) : $\pm 20\%$ を越えて感度の変動する場合には、その原因を取り除き、それ以前の試料を再測定する。さらに、保持時間については、比較的短い間に変動(通常、1日に保持時間が $\pm 5\%$ 以上、内標準物質との相対保持比が $\pm 2\%$ 以上)する場合には、その原因を取り除き、それ以前の試料の再測定を行う。

5. 総揮発性有機化合物の測定方法

総揮発性有機化合物 (TVOC) は、捕集管で採取した VOC を無極性のキャピラリーカラムを用いて GC-MS で測定した時に、*n*-ヘキサンと *n*-ヘキサデカンの保持時間の範囲内に溶出するピーク面積の合計をトルエン相当量として表した値である。(注1)

5. 1 測定方法の概要

吸着剤を充填した捕集管に室内空気および外気を一定流量で吸引し、測定対象物質を捕集する。捕集管を加熱脱離装置に装着し、加熱脱離する測定対象物質をキャピラリーカラムに導入して GC-MS により分離、定量することを基本とする。(注2) (注3)¹⁵⁾

5. 2 試薬

(1) メタノール

測定対象物質および内標準物質／サロゲート物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。

(2) 標準物質

定量用：トルエン

定性用：*n*-アルカン類 (*n*-ヘキサン, *n*-ヘプタン, *n*-オクタン, *n*-ノナン, *n*-デカン, *n*-ウンデカン, *n*-ドデカン, *n*-トリデカン, *n*-テトラデカン, *n*-ペンタデカン, *n*-ヘキサデカン), *o*-キシレン, *m*-キシレン, *p*-キシレン, エチルベンゼン, スチレン, 1,4-ジクロロベンゼン, 2-エチル-1-ヘキサノール, 2,2,4-トリメチル1,3-ペンタンジオールモノイソブチレート, 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

純度 98%以上の JIS 規格試薬特級, またはこれと同等以上のもの。(注4)

(3) 定量用標準原液 (10 mg/mL)

全量フラスコ (100 mL) にメタノール 50 mL を入れ, トルエン 1 g を正確に量りとり, メタノールで全量を 100 mL とする。この溶液 1 mL は, 標準物質 10 mg を含む。この溶液 1 mL は, 標準物質 10 mg を含む。(注5)

(4) 定量用標準溶液 (100 µg/mL, 10 µg/mL, 1 µg/mL)

全量フラスコ (100 mL) にメタノール 50 mL を入れ, 定量用標準原液 10 mL を加え, メタノールで全量を 100 mL とし 1000 µg/mL 定量用標準溶液を調製する。この 1000 µg/mL 定量用標準溶液を順次メタノールで希釈して, 100 µg/mL, 10 µg/mL および 1 µg/mL 定量用標準溶液を調製する。

(5) 定性用混合標準溶液

全量フラスコ (100 mL) にメタノール 50 mL を入れ, 定性用標準物質 1 g を正確に量りとり, メタノールで全量を 100 mL とし 10 mg/mL 定性用標準原液を調製する。

全量フラスコ (100 mL) にメタノール 50 mL を入れ, 各定性用標準原液 1 mL を加え, メタノールで全量を 100 mL とし 100 µg/mL 定性用標準溶液を調製する。

(6) 内標準物質／サロゲート物質（トルエン- d_8 ）

トルエン- d_8 は、純度 98%以上の JIS 規格試薬特級、またはこれと同等以上のもの。

(7) 内標準／サロゲート原液（10 mg/mL）

全量フラスコ（100 mL）にメタノール 50 mL を入れ、トルエン- d_8 1 g を正確に量りとり、メタノールで全量を 100 mL とする。この溶液 1 mL は、内標準／サロゲート物質を 10 mg を含む。

(8) 内標準／サロゲート溶液（1000 $\mu\text{g/mL}$ 、100 $\mu\text{g/mL}$ ）

100 mL の全量フラスコ（100 mL）にメタノール 50 mL を入れ、内標準／サロゲート原液 10 mL を加え、メタノールで全量を 100 mL として 1000 $\mu\text{g/mL}$ 内標準／サロゲート溶液を調製する。この 1000 $\mu\text{g/mL}$ 内標準／サロゲート溶液をメタノールで希釈して、100 $\mu\text{g/mL}$ 内標準／サロゲート溶液を調製する。

(9) 高純度窒素ガス

測定対象物質、内標準物質およびサロゲート物質のクロマトグラムに妨害を生じないもの。

5. 3 器具および装置

(1) マイクロシリンジ

容量 1~5 μL 、1~10 μL または 10~100 μL が量りとれるもの。

(2) 試料採取装置

捕集管、流量調節装置、ポンプおよびガスメーターを連結したもの。試料採取装置の例を図 5-1 に示す。（注 6）

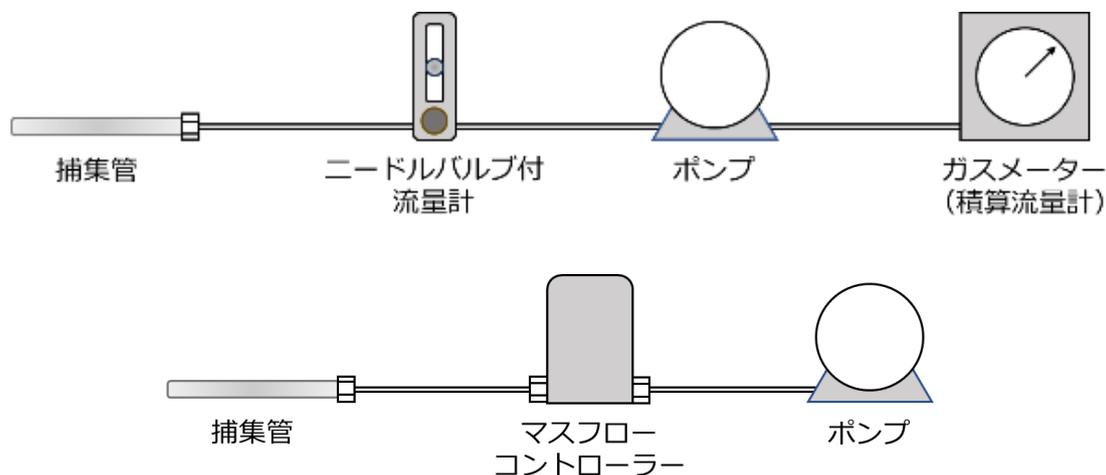


図 5-1 試料採取装置の接続例

1) 捕集管

a) 捕集管：外径 6.4 mm、長さ 89 mm のガラス管またはステンレス管に、粒径 0.18~0.25 mm（60~80 メッシュ）の多孔質ポリマー（ポリ（2,6-ジフェニル-1,4-フェニレンオキシド）200 mg を充填し、不活性処理したグラスウールまたはステンレス鋼製金網で両端を固定したもの。（注 7）

- b) 調製：加熱炉に捕集管を装着し、高純度窒素ガス等を 50～100 mL/min 程度に流して捕集管内の空気を十分置換した後、300℃程度で 2 時間程度高純度窒素ガスを通気洗浄し冷却後、両端を密栓する。調製した捕集管は活性炭入りの密閉できるガラスまたは金属製容器等に保存する。なるべく使用直前に調製する。
- 2) 流量調節装置：流量を 2～10 mL/min の範囲で制御でき、設定流量に対して±10%以内の制御精度を有する精密ニードルバルブ付流量計またはマスフローコントローラー。またはこれらと同等以上の性能を有するもの。（注 8）
- 3) ポンプ：ダイヤフラム型等の密閉式のポンプで、流量調節装置の制御範囲の流量を確保でき、かつ低流量でも安定して作動する性能を有するもの。（注 9）
- 4) ガスメーター：積算流量の測定が可能な湿式ガスメーターで、流量調節装置の流量制御範囲で精度よく作動する性能を有するもの。またはこれと同等以上の性能を有するもの。

(3) 試料導入装置

捕集管加熱部、再捕集部（冷却トラップ・加熱部またはクライオフォーカス・加熱部、もしくはその両方）およびスプリット装置を備えたもの。（注 10）

- 1) 捕集管加熱部：トラップ管とその加熱部からなるもの。試料導入装置に装着された捕集管に不活性ガス（ヘリウム）を流しながら加熱し、脱離した VOC を不活性ガス（ヘリウム）とともに再捕集部に導入する。
- 2) 再捕集部（冷却トラップ・加熱部）：吸着剤（Tenax® TA）等を充填した内径 2 mm 以下のトラップ管を-10℃以下に冷却し、VOC を再捕集する。ついで、トラップ管を 80℃/min 以上の昇温速度で急速に加熱して、気化した VOC をスプリット装置に通し、一部を GC-MS に導入する。
- 3) 再捕集部（クライオフォーカス・加熱部）：内径 0.5 mm 程度の中空細管を液体窒素等で-100℃以下に冷却し、VOC をクライオフォーカスする。中空細管を 250℃/min 以上の昇温速度で急速に加熱して、気化した VOC をスプリット装置に通し、一部を GC-MS に導入する。

(4) GC-MS 装置

- 1) 試料注入口：試料導入装置と接続ができるもの。
- 2) カラム恒温槽：恒温槽の温度を 35～300℃の範囲で制御できるもの。また、測定対象物質を最適に分離出来る昇温プログラムが作成可能なもの。
- 3) カラム：内径 0.2～0.32 mm、長さ 25～60 m の熔融シリカ製のものであって、内面にジメチルポリシロキサンまたは 5%フェニル-ジメチルポリシロキサンを 0.25～1.5 μm の膜厚で被覆したキャピラリーカラム、またはこれと同等の分離性能を有するもの。
- 4) インターフェース部：温度を 200～300℃程度に保つことができるもの。
- 5) イオン源：温度を 160～300℃に保つことができるもの。
- 6) 検出器（MS）：EI 法が可能で、Scan モードが可能なもの。

(5) キャリヤーガス：ヘリウム等（注 11）

5. 4 試料の採取

(1) 捕集管の前処理

試料採取に使用する前に、捕集管を清浄にするための前処理を行う。捕集管に 50 mL/min 程度の流速で高純度窒素ガスを流しながら、100℃で 30 分間、ついで 300℃で 2 時間以上加熱処理し、捕集管に残存する可能性のある VOC を除去する。100℃以下に冷却したのちに、捕集管

の両端をポリテトラフルオロエチレン (PTFE) フェルール付き金属スクリーキャップで密栓し、粒状活性炭を入れたステンレス製容器で保管する。

前処理済捕集管の一部について TVOC の測定を行い、前処理が適切に行われていることを確認する。

(2) 試料採取

- 1) 室内空気の採取：居住住居における空気試料は、居間および寝室で 24 時間採取する。捕集管を部屋の中央付近、高さ 1.2~1.5 m の位置に設置し、試料採取装置を用いて、24 時間の採取量が 3L 以下になるように流速を設定して採取する。空気試料を採取した捕集管は、両端を密栓し、加熱脱離 GC-MS 分析を行うまで粒状活性炭を入れたステンレス製容器で保存する。(注 12) (注 13) (注 14)
- 2) 2 重測定用の試料採取：密栓した前処理済捕集管を、試料採取操作を行わないこと以外は空気試料採取用の捕集管と同様に持ち運び、トラベルブランク試験用捕集管とする。この操作は、居住住居ごとに 1 試料以上、または一連の試料採取において、試料数の 10% 程度の頻度で実施する。
- 3) トラベルブランク：密栓した前処理済捕集管を、試料採取操作を行わないこと以外は空気試料採取用の捕集管と同様に持ち運び、トラベルブランク試験用捕集管とする。この操作は、居住住居ごとに 1 試料以上、または一連の試料採取において、試料数の 10% 程度の頻度で実施する。(注 15)

5. 5 試験操作

(1) 検量線用捕集管の調製

検量線作成用捕集管を検量線作成用 T 字管に接続し、30~50 mL/min の流速で高純度窒素ガスを流しながら、マイクロシリンジを用いて 1 µg/mL, 10 µg/mL, 40 µg/mL, 100 µg/mL, 400 µg/mL, または 1000 µg/mL 定量用標準溶液 1 µL を注入する。高純度窒素ガスを 3~5 分間通気したのちに、捕集管を取り外し、密栓する。(注 16) (注 17)

(2) 内標準物質の添加

試料を採取した捕集管、トラベルブランク試験用捕集管、または検量線作成用捕集管を検量線作成用 T 字管に接続し、30~50 mL/min の流速で高純度窒素ガスを流しながら、マイクロシリンジを用いて 100 µg/mL 内標準溶液 1 µL を注入する。高純度窒素ガスを 3~5 分間通気したのちに、捕集管を取り外し、密栓する。(注 18)

(3) 操作ブランク試験用捕集管の調製

操作ブランク試験用捕集管の調製：空気試料用の捕集管と同一の未使用の捕集管について(2)と同様の操作を一連の操作の中で 1 回以上行い、操作ブランク試験用捕集管を調製する。(注 19)

(4) 加熱脱離 GC-MS 測定

内標準物質を負荷した捕集管を試料導入装置に装着し、キャリアーガスを流しながら捕集管を加熱する。加熱脱離した VOC をあらかじめ冷却したトラップで再捕集したのちに、トラップを急速に加熱し、気化した VOC をスプリットして GC-MS に導入する。(注 20) (注 21)

試料導入装置の分析条件の一例を以下に示す。

捕集管加熱温度：	280°C
パージ流量：	50 mL/min, 8 min
キャリアーガス：	ヘリウム
トラップ温度：	-20°C
トラップ加熱温度：	280°C, 5 min
ライン温度：	250°C
バルブ温度：	250°C

GC-MS の分析条件の一例を以下に示す。

カラム：	キャピラリーカラム (0.2~0.32 mm i.d.×25~60 m, 膜厚 0.25~1.5 μm)
液相：	ジメチルポリシロキサンまたは 5% フェニル-ジメチルポリ シロキサン
カラム温度：	40°C— (5°C/min, 昇温) —280°C (4 min)
スプリット比：	1 : 5 ~ 1 : 20
キャリアーガスおよび流量：	ヘリウム, 40 cm/sec (線速度一定) または 1 mL/min (流量一定)
インターフェース温度：	250°C
イオン源温度：	200°C
スキャン範囲：	35~400 m/z , 2~10 Scans/sec

(5) 定量および定性

- 1) 検量線の作成：トルエンと内標準物質 (トルエン- d_8) のピーク面積比を求め、トルエンの負荷量とピーク面積比をもとに検量線を作成する。
- 2) 定量：Scan 法で測定した質量分析のトータルイオンクロマトグラムを波形処理して、 n -ヘキサンから n -ヘキサデカンの間保持時間に溶出するピークの面積を積算する。
トルエンのピーク面積で作成した検量線をもとに、各ピークの面積をトルエン換算値として表す。
(注 22)
- 3) 定性：定性用標準物質の保持時間とマススペクトルから、試料の主要なピークについて定性を行う。(注 23) (注 24) (注 25)

5. 6 濃度の算出 (注 26) (注 27)

5. 5 で得られた結果から、次式を用いて 25°Cにおける室内空気中の TVOC 濃度 (μg トルエン相当量/ m^3) を算出する。

$$C = \frac{(A_s - A_t)}{V \times 298 / (273 + t) \times P / 101.3}$$

- C : 25°Cにおける室内空気中の TVOC 濃度 (μg トルエン相当量/ m^3)
 A_s : 試料採取捕集管中の TVOC 量 (ng トルエン相当量)
 A_t : トラベルブランク又は操作ブランク捕集管中の TVOC 量 (ng トルエン相当量)
 V : 試料採取量 (L)
 t : 試料採取時の平均の気温 (°C)。湿式型ガスメーターを使用しているときには、ガスメーターの平均水温 (°C)
 P : 試料採取時の平均大気圧 (kPa)。湿式型ガスメーターの場合には ($P - P_w$) を用いる。 P_w は試料採取時の平均気温 t (°C) における飽和水蒸気圧 (kPa)

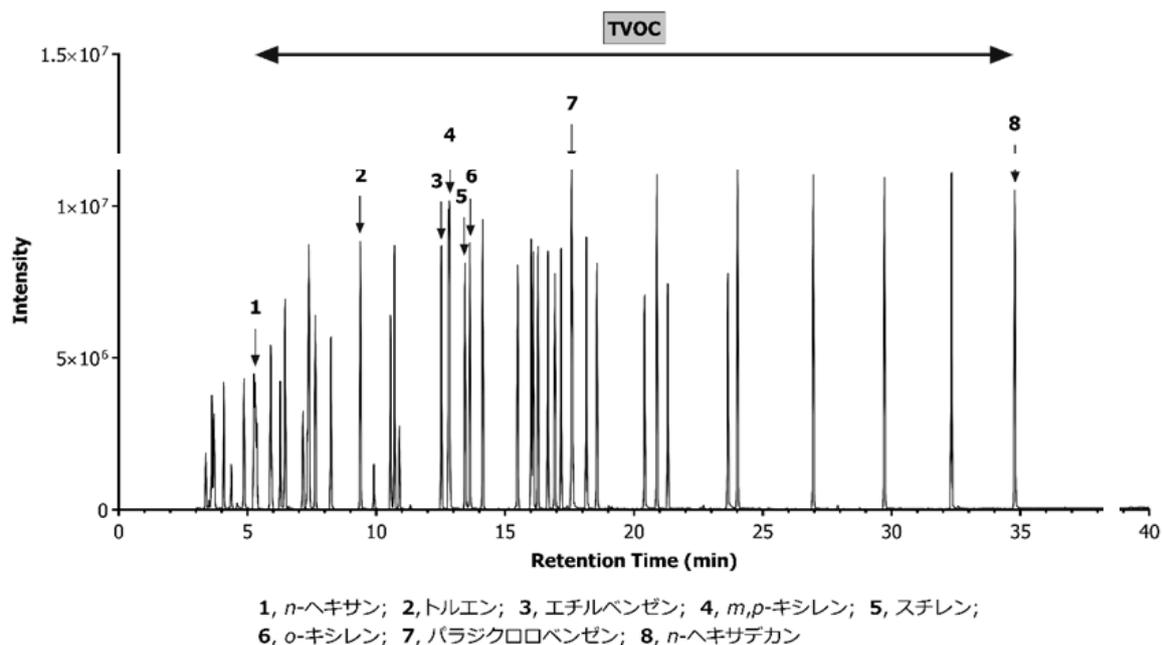


図 5-2 揮発性有機化合物のトータルイオンクロマトグラムの例

- (注 1) : WHO の定義では、VOC は沸点が 50°C ないし 100°C から 240°C ないし 260°C の範囲の化合物である。一方、TVOC は、GC-MS 分析において *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 VOC の総和であり、わが国では室内空気質の総合的な指標として 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の暫定目標値が定められている。
- (注 2) : 本法は、ISO 16000-6: 2021 に対応する。
- (注 3) : 捕集された VOC のほとんどが測定可能である。室内空気中の VOC は濃度範囲が広いので、濃度が高い物質では測定に際して内径の小さいカラムでは過負荷になり、検量線の範囲を外れる恐れもあるので注意する。

- (注4) : TVOC を構成する化合物のうち、1/2 程度の化合物を同定できるように、定性用標準物質を適宜追加すると良い。
日本の室内空気中で高頻度に検出される TVOC 構成成分として、次の VOC が報告されている (文献 1)。
室内濃度指針値が設定されている物質 (6 物質) : トルエン, エチルベンゼン, キシレン, スチレン, 1,4-ジクロロベンゼン, *n*-テトラデカン
初期リスク評価済み物質 (3 物質) : 2-エチル-1-ヘキサノール, 2,2,4-トリメチル 1,3-ペンタンジオールモノイソブチレート, 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
***n*-アルカン類 (10 物質)** : *n*-ヘキサン, *n*-ヘプタン, *n*-オクタン, *n*-ノナン, *n*-デカン, *n*-ウンデカン, *n*-ドデカン, *n*-トリデカン, *n*-ペンタデカン, *n*-ヘキサデカン
脂肪族アルデヒド類 (2 物質) : ヘプタナール, デカナール
グリコール類・グリコールエーテル類 (4 物質) : 1,3-ブタンジオール, プロピレングリコール 1-モノメチルエーテル, ジプロピレングリコール, ジプロピレングリコールモノメチルエーテル
テルペン類 (3 物質) : α -ピネン, *d*-リモネン, メントール
環状シロキサン類 (2 物質) : オクタメチルシクロテトラシロキサン, デカメチルシクロペンタシロキサン
芳香族炭化水素類 (2 物質) : 1,2,4-トリメチルベンゼン, 1-エチル-3-メチルベンゼン
その他 (1 物質) : 酢酸エチル
- (注5) : 試料採取量, および GC-MS 分析の条件などによって測定感度は異なるので, ここに示した濃度を目安に適宜変えてもよい。また, 市販の標準原液 (混合標準原液) を用いてもよい。但し, 精度が保証されているものが望ましい。
- (注6) : 基本的な構成では, 捕集管の後段に体積流量を調節するニードルバルブ付流量計, ポンプおよびガスメーターを PTFE チューブなどを用いて接続する。湿式ガスメーターを用いる場合には, 採取時の平均気温および気圧を記録する必要がある。一方, 流量調節装置として流量積算機能を備えたマスフローコントローラーを用いる場合には, ガスメーターは不要である。
- (注7) : 新しく調製または購入した捕集管は充填された吸着剤の耐用温度にて十分前処理したのち, 同一の洗浄ロットから少なくとも 10%以上の割合でブランク値の測定を行い, 目的定量下限値よりも十分低い値であることを確認する。
- (注8) : マスフローコントローラーの流量単位は, SSCM (Standard Square Centimeter per Minute)あるいは SLM (Standard Litter per Minute)と標記され, 単位時間に流れる 0°C, 1 atm の標準空気の体積を表している。但し, 装置によって標準とされる空気の温度が異なる場合があるため, あらかじめ確認する必要がある。
- (注9) : 質量流量 2 mL/min を正確, かつ精密に制御できるもの。あるいは, 質量流量 10 mL/min を精密に制御でき, かつ一定間隔で作動・停止を繰り返すようプログラムができるもの。いずれも, 流量を積算する機能を有するものが望ましい。

- (注 10) : 試料導入装置には複数のタイプがあり、それぞれに最適条件を設定する。第一は、捕集管が試料導入装置に装着されると流路が確保され、加熱脱離することによりトラップ管にいったん再捕集後、さらにトラップ管を加熱してクライオフォーカスに捕集し、さらに加熱してキャピラリーカラムに導入する方式である。第二には、捕集管が試料導入装置に装着されると流路が確保され、加熱脱離することによりトラップ管またはクライオフォーカスに再捕集したのち、いずれかを加熱してキャピラリーカラムに導入する方式である。
- (注 11) : キャリヤーガスはヘリウム（純度 99.999% (v/v) 以上）を用いるのが望ましいが、水素や窒素を用いてもよい。0.5 ng のトルエンを検出できる純度であることが望ましい。
- (注 12) : Tenax® TA 200 mg を充填した捕集管での *n*-ヘキサンの安全試料採取量 (SSV; Safe Sampling Volume) は約 3 L である。したがって、居住住居において日常生活を営みながら 24 時間試料を採取する場合、2 mL/min 程度の極めて低い流速で採取する必要がある。一方、短時間（30 分）で試料を採取する場合は、制御範囲 100～200 mL/min の流量調節装置を用いて試料を採取することもできる。
- (注 13) : 試料採取時の流速が極端に低い場合、分子拡散によって捕集される VOC の影響が無視できない。このような場合、捕集管の吸気側にポリエーテルエーテルケトン (PEEK) 製の細管（外径 0.8 mm、長さ約 30 cm）を接続することによって、分子拡散による汚染を抑制することができる。また、両端にインサートを挿入し、捕集管の末端から充填した吸着剤までの拡散距離を大きくした捕集管も利用できる。
- (注 14) : 低流速での連続採取のほかに、10 mL/min 程度の流速で間欠的にポンプを作動させてもよい。一例として、10 mL/min で 6 分間ポンプを作動させたのちに、24 分間停止させるサイクルを 48 回繰り返すことで 2.88 L の試料を採取する。
- (注 15) : トラベルブランク値の測定は一連の測定において少なくとも 3 試料行うこととしているが、この 3 試料の測定結果に大きなばらつきが認められ、そのまま差し引くことによって測定結果に対して大きな誤差を与えることが示唆される場合には、統計的に妥当と考えられ得る必要な数のトラベルブランク試験を行うことが望ましい。また、室外で塗装工事などが行われており、室内より室外での化学物質濃度が高いと考えられる場合は、室内の他に室外におけるトラベルブランクも併せて採取することが望ましい。
- (注 16) : 試料を添加する場合は、シリンジの針先を捕集管内の吸着剤付近まで差し込むことが望ましい。市販の検量線作成装置を用いてもよい。
- (注 17) : 既知濃度のトルエンを含む標準空気を捕集管に通して検量線用捕集管を調製してもよい。
- (注 18) : 分析装置による内部標準液の自動添加機能を用いてもよい。
- (注 19) : 分析環境から試験操作過程で汚染されることがあるので、操作ブランクを一連の測定操作の中で少なくとも 1 回以上実施する。
- (注 20) : 質量分析計の種類によって、同一の化合物でもマスパターン、即ちフラグメントイオンの強度比が異なるため、TVOC の測定を行う場合は、磁場型質量分析計のマスパターンに一致させるよう装置を校正する必要がある。この校正方法には、機器のメーカーによって「マスパターン調整」あるいは「標準スペクトルチューニング」などの名称がある。

- (注 21) : 測定対象物質が十分に分離出来れば、カラムの種類および温度条件などは任意に設定してよい。
- (注 22) : VOC のトータルイオンクロマトグラムの一例を図 5-2 示す。
- (注 23) : トータルイオンクロマトグラムの主要な 10 本のピーク、または 2 μg トルエン相当量/ m^3 以上の濃度のピークについて同定を行う。
- (注 24) : 定性には、NIST/EPA/NIH マススペクトルライブラリー、Wiley Registry などのスペクトルライブラリーを用いることもできる。また、各ピークの保持時間をもとに Kovats の保持指標 (RI; Retention Index) を算出し、ライブラリーの RI 値と比較することによって定性の精度を向上させることができる。
- (注 25) : 不分離ピークの定性の精度を向上させる方法として、デコンボリューション解析がある。
- (注 26) : 操作ブランク測定は試料測定に先立って行い、操作ブランク値を気中濃度に換算した値が目標定量下限値を超える場合には、再洗浄や機器の調整を行ったのち、再度測定し、操作ブランク値を十分低減してから試料を測定する。
- (注 27) : トラベルブランク値が操作ブランク値と同等（等しいか小さい）とみなせる場合には、移送中の汚染は無視できるものとして試料の測定値から操作ブランク値を差し引いて濃度を計算する。移送中の汚染がある場合には、3 試料以上のトラベルブランク値を測定した時の標準偏差 (σ) から求めた定量下限値 (10σ : 気中濃度への換算値) が目標定量下限値以下の場合、およびトラベルブランク値による定量下限値が目標定量下限値より大きくても、試料の測定値がトラベルブランク値による定量下限値以上の場合には、試料の測定値からトラベルブランク値を差し引いて濃度を計算する。
- 移送中の汚染が疑われ、トラベルブランク値による定量下限値が目標定量下限値より大きく、さらに試料の測定値がトラベルブランク値による定量下限値より小さい場合は、原則として欠測扱いとする。この場合、汚染の原因を取り除いたのち、再度試料採取から行う。

《参考文献》

- 1) JIS A 1960: 2015 室内空気のサンプリング方法通則, 8 サンプリング場所
- 2) 井上明生: ホルムアルデヒド気中濃度のガイドライン対策, *木材工業*, **52** (1), 9-14 (1997)
- 3) 井上明生ら: デシケータ法によるホルムアルデヒド放散量と気中濃度との相関, *木材工業*, **45** (7), 313-319 (1990)
- 4) JIS Z 8703 試験場所の標準状態
- 5) Chiba M. *et al.*: Validation study for establishing a standard test method for volatile organic compounds in indoor air in Japan using solvent extraction, *BPB Reports*, **7**(2), 39-43 (2024).
- 6) 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)(H30-化学-指定-002)「室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およびリスク低減化に関する研究(研究代表者: 酒井信夫)」平成30年度分担研究報告書
- 7) 千葉真弘ら: 除湿官を使用した室内空気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**(2), 107-117 (2024).
- 8) 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)(21KD2002)「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)」令和3年分担研究報告書
- 9) 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)(21KD2002)「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)」令和5年分担研究報告書
- 10) Tanaka-Kagawa T., *et al.*: Method validation for the determination of phthalates in indoor air by GC-MS with solid-phase adsorption/solvent extraction using octadecyl silica filter and styrene-divinylbenzene copolymer cartridge, *BPB Reports*, **2**(5), 86-90 (2019).
- 11) 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)(H30-化学-指定-002)「室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およびリスク低減化に関する研究(研究代表者: 酒井信夫)」令和元年度分担研究報告書
- 12) 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)(H30-化学-指定-002)「室内空気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およびリスク低減化に関する研究(研究代表者: 酒井信夫)」令和2年度分担研究報告書
- 13) Yoshitomi T., *et al.*: Development of a standard test method for insecticides in indoor air by GC-MS with solid-phase adsorption/solvent extraction, *BPB Reports*, **6**(3), 76-80 (2023).
- 14) 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)(21KD2002)「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)」令和4年分担研究報告書
- 15) 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)(21KD2002)「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)」令和3年度～令和5年度 総合研究報告書

令和6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

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

研究分担者 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
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
田中 礼子 横浜市衛生研究所 理化学検査研究課 医務職員
田原麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官

「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に分類される殺虫剤3種およびフタル酸エステル2種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-LC/MS(SE-LC/MS)の開発を目的とした。

本研究の結果、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ことから、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していく。

A. 目的

「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」¹⁾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に分類される殺虫剤3種およびフタル

酸エステル2種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-LC/MS(SE-LC/MS)の開発を目的とした。

B. 方法

1. 試薬

殺虫剤は、富士フィルム和光純薬社製のクロルピリホス標準物質(Traceable Reference Material)、ダイアジノン標準物質(TraceSure)およびBPMC

標準品（フェノバルブ、残留農薬試験用）を用いた。

フタル酸エステル類は、関東化学社製のフタル酸エステル類混合標準液（9種）（環境分析用、フタル酸ジ-*n*-ブチル（DnBP）、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル（DEHP）、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）各 100 mg/L アセトン溶液）を用いた。

内部標準物質は、関東化学社製のクロルピリホス-*d*₁₀ 標準原液（残留農薬試験用、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）（水質試験用、DnBP-*d*₄、DEHP-*d*₄、DEP-*d*₄、BBP-*d*₄ およびアジピン酸ジ-2-エチルヘキシル-*d*₈ 各 100 mg/L ヘキサン溶液）を用いた。

アセトニトリルは関東化学社製フタル酸エステル試験用、メタノールは関東化学社製フタル酸エステル試験用および LC/MS 用、アセトンは富士フイルム和光純薬社製残留農薬・PCB 測定用 5,000 倍濃縮検定品、ギ酸アンモニウムは関東化学社製の高速液体クロマトグラフィー用 1 mol/L ギ酸アンモニウム溶液を用いた。

捕集剤はジーエルサイエンス社製 AERO LE Cartridge SDB400HF を用いた。

2. 測定対象物質

殺虫剤は、室内濃度指針値²⁾（指針値）が設定されているクロルピリホス、フェノバルブおよびダイアジノンの 3 物質とした。フタル酸エステル類は、指針値が設定されている DnBP および DEHP に DEP, DPrP, DiBP, BBP, DPP, DCHP および DnHP を加えた 9 物質とした。

3. 器具、装置および分析条件

通気ポンプは MP-W5S（柴田科学社製）および SP208-10L（ジーエルサイエンス社製）、捕集ホル

ダーは 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社製）を用いた。

LC/MS は Nexera XR / LCMS-8045（島津製作所社製）を用いた。分析カラムは長さ 100 mm の Waters 社製 ACQUITY UPLC BEH C18（内径 2.1 mm, 粒子径 1.7 μm）および XBridge C18（内径 2.1 mm, 粒子径 5.0 μm）、ジーエルサイエンス社製 InertSustain Swift C18（内径 2.1 mm, 粒子径 1.9 μm）および InertSustain C18 HP（内径 2.1 mm, 粒子径 3.0 μm）、Imtakt 社製 Cadenza CX-C18 UP（内径 2.0 mm, 粒子径 3.0 μm）、Agilent Technologies 社製 ZORBAX SB-C18（内径 2.1 mm, 粒子径 3.5 μm）ならびに長さ 150 mm の Imtakt 社製 Cadenza CX-C18 UP（内径 2.0 mm, 粒子径 3.0 μm）を用いた。ディレイカラム（移動相ミキサーとサンプルインジェクターの間に設置するカラム）は Waters 社製 ACQUITY UPLC BEH C18（内径 2.1 mm, 長さ 30 mm, 粒子径 1.7 μm）を用いた。

4. LC/MS 分析条件の設定

まず、ACQUITY UPLC H-Class / SQ Detector（Waters 社製）を用いた昨年度の研究結果から Nexera XR / LCMS-8045 で分析する条件（分析条件 A）を表 1 および表 2 のとおり設定した。次に、分析条件 A をもとに長さ 100 mm, 内径 2.0 mm または 2.1 mm のカラム 6 種について最大圧力と測定対象 12 物質の分離を比較した。この結果をもとに、ディレイカラムを用いて分析する条件（分析条件 B）を設定した。

5. 溶媒抽出条件の検証

昨年度の研究では捕集剤から測定対象物質をアセトン抽出後、遠心上清を濃縮乾固し、その残留物をアセトニトリルで溶解（アセトニトリル転溶）して LC-MS 分析を行ったが、今年度の研究では、回収率の低下を防ぐためにアセトニトリル転溶を行わずに直接遠心上清（アセトン溶液）を LC-MS 分析することが可能か否か、検量線、検出および

定量下限値，ならびに添加回収試験の結果を比較することにより検証した。

5.1 検量線

昨年度の研究に準じて分析試料を次のとおり調製し，内標準法により作成した検量線の直線性を確認した。

検量線溶液は，殺虫剤各標準物質およびフタル酸エステル類 9 種混合標準液から，各殺虫剤濃度が 0.001, 0.002, 0.005, 0.01, 0.02 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，各フタル酸エステル類濃度が 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ となるようアセトニトリルまたはアセトンで調製した。添加用混合内部標準液は，クロルピリホス- d_{10} 標準原液およびフタル酸エステル類 5 種混合内部標準液から，クロルピリホス- d_{10} 濃度が 0.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ または 0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，各フタル酸エステル類 d_4 体濃度が 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ となるようアセトニトリルまたはアセトンで調製した。各検量線溶液を 1 mL 正確に採り，添加用混合内部標準液 100 μL 加え，分析条件 B により測定した。

5.2 検出下限値および定量下限値

各殺虫剤濃度が 0.001 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，各フタル酸エステル類濃度が 0.01 $\mu\text{g}/\text{mL}$ となるよう，アセトニトリルまたはアセトンで調製した検量線溶液を 5.1 と同様に 5 回測定し，検出下限値は標準偏差 (σ) の 3 倍，定量下限値は 10 倍として算出した¹⁾。

5.3 添加回収試験

5.3.1 添加量の設定

捕集剤への添加量は昨年度の研究と同様に，試験溶液 5 mL，積算捕集量 4,320 L (3 L/min で 24 時間) の条件下で，殺虫剤についてはクロルピリホス (小児) の指針値である 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の 1/10 以下となるよう，各 30 ng/Cartridge (0.00694 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) に設定した。フタル酸エステル類については DnBP の指針値である 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の 1/100 以下となるよう，各 600 ng (0.139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) に設定した。

5.3.2 添加回収用試料の調製

捕集剤のフィルター部に，各 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ に調製した殺虫剤 3 種混合標準液 (アセトン溶液) を 30 μL 添加後，続いてフタル酸エステル類混合標準液 (9 種) を 6 μL 添加し，室温下で溶媒を乾燥させた。添加回収試験用試料は $n=5$ で調製し，捕集剤ブランク試料も $n=1$ で調製した。捕集剤用運搬保管容器 (AERO コンテナ) に入れ 24 時間静置した。

5.3.3 分析試料の調製

昨年度の研究に準じて分析試料を次のとおり調製した。

添加回収試験用試料および捕集剤ブランク試料は，フィルターおよび捕集剤を 10 mL 試験管に採り，アセトン 5 mL を正確に加え，20 分間超音波抽出後 3,000 rpm で 10 分間遠心処理した。その上清を各 1 mL，2 試料分取し，一方は 5.1 に従い調製した添加用混合内部標準溶液を 100 μL 加え分析試料とした。他方は窒素ガス気流下で濃縮乾固し，その残留物にアセトニトリル 1 mL を正確に加えて溶解 (アセトニトリル転溶) し，添加用混合内部標準溶液を 100 μL 加え分析試料とした。

6. 室内空気を通気した添加回収試験

6.1 通気量および添加量の設定

室内空気の通気量は，「室内空气中化学物質の測定マニュアル (統合版)」に示された平常実態把握法における SVOC の試料採取流量である「1~10 L/min 程度」から，3 L/min および 10 L/min に設定した。捕集剤への添加量は，積算捕集量 4,320 L (3 L/min で 24 時間) の条件では 5.3.1 に従った。積算捕集量 14,400 L (10 L/min で 24 時間) の条件では 5.3.1 に準じ，殺虫剤については 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の 1/10 以下となるよう各 150 ng/Cartridge (0.0104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) に，フタル酸エステル類については 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の 1/100 以下となるよう各 1,200 ng (0.0833 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) に設定した。

6.2 通気方法の設定

捕集剤を単品（シングル）または2連結（ダブル）により添加回収試験を実施した。シングルでは混合標準液を添加した捕集剤をAEROホルダーに取り付け、通気ポンプに接続した。ダブルでは添加していない捕集剤（前段）と添加した捕集剤（後段）をAEROホルダーカートリッジ2連結用ASSYで連結させ、通気ポンプに接続した。

6.3 添加回収用試料の調製

捕集剤への添加方法は積算捕集量 4,320 L (3 L/min で 24 時間) の条件では 5.3.2 に従った。積算捕集量 14,400 L (10 L/min で 24 時間) の条件では 5.3.2 に準じ、各 5 µg/mL に調製した殺虫剤 3 種混合標準液 (アセトン溶液) を 30 µL 添加後、続いてフタル酸エステル類混合標準液 (9 種) を 12 µL 添加した。添加回収試験用試料は n=3 で調製し、通気ポンプに接続して 24 時間室内空気を通気後、5.3.3 に従い遠心上清 (アセトン溶液) に添加用混合内部標準溶液を加え分析試料とした。

7. 注入限界量の確認

指針値設定 5 物質について、絶対注入量が各殺虫剤 12.5, 25, 50, 125, 250, 500, 1,250, 2,500, 5,000, 12,500 pg, 各フタル酸エステル類 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1,000, 2,500, 5,000, 10,000 pg となるよう標準液を測定し、注入限界量を確認した。

8. 安定性試験

6 に準じて 8.1 のとおり添加回収試験を行い、これを 0 日間保管とした (n=3)。また、殺虫剤およびフタル酸エステル類を添加した捕集剤をアルミホイルで包み、これを活性炭入りのステンレス製密閉缶に入れ、室温で 1, 3 および 7 日間保管した。保管後室内空気を通気し、安定性を確認した (通気なしで 1, 3 および 7 日間室温保管, 各 n=3)。さらに、添加後ただちに通気した捕集剤を同様に 1, 3 および 7 日間室温保管し、安定性を確認した

(通気後 1, 3 および 7 日間保管, 各 n=3)。

8.1 添加および通気条件の設定ならびに分析試料の調製

捕集剤への添加量は 5.3.1 に従った。添加方法は 5.3.2 に準じ、殺虫剤各 0.5 µg/mL およびフタル酸エステル類各 10 µg/mL に調製した 12 種混合標準液 (アセトン溶液) を 60 µL 添加した。積算捕集量は 4,320 L (3 L/min で 24 時間)、通気方法は 6.2 に従いダブルで実施し、5.3.3 に従い遠心上清 (アセトン溶液) に添加用混合内部標準溶液を加え分析試料とした。捕集剤ブランク試料 (n=1) については開封後ただちに抽出し、同様に分析試料を調製した。

C. 結果および考察

1. LC/MS 分析条件の設定

標準液 (12 物質各 0.1 µg/mL アセトニトリル溶液) を分析条件 A により 5.1 と同様に測定したところ、**図 1** のとおり分離した。また、アセトニトリルを測定したところ、システム由来とみられる DEHP のピークが認められたことから、移動相やシステムに由来する DEHP 低減のためディレイカラムの設置を試みた。分析条件 A での最大圧力は 60 MPa とシステム耐圧 (70 MPa) に近く、圧力上昇に対応できないことが懸念された。そこで、長さ 100 mm、内径 2.0 mm または 2.1 mm のカラム 5 種で先の標準液を同様に測定し、その最大圧力および分離を確認し、結果を**表 3** および**図 1** に示した。最大圧力が 12 MPa と最も低かった XBridge C18 を分析カラムとしてディレイカラムを設置したところ、システム由来の DEHP は検量線下限値の 1/5 以下に低減された。ディレイカラム設置時の圧力は 34 MPa とシステム耐圧まで余裕があったため、DiBP と DnBP の分離度³⁾が最大であった Cadenza CX-C18 UP の、長さ 150 mm カラムを分析カラムとして以下の実験を行った (**表 1** および**表 2**, 分析条件 B)。

2. 溶媒抽出条件の検証

2.1 検量線

表 2 に示した内部標準物質により補正した検量線の直線性を表 4 に示した。殺虫剤は 0.001-0.02 µg/L, フタル酸エステル類は 0.01-0.2 µg/mL の濃度範囲で決定係数 (R^2) は 0.9967~0.9999 となり, 調製溶媒によらず良好な直線性を示した。

2.2 検出下限値および定量下限値の算出結果

試験溶液 5 mL, 積算捕集量 4,320 L (流量 3 L/min で 24 時間) の条件で検出下限値および定量下限値を算出し, 結果を表 5 に示した。定量下限値は殺虫剤で 0.000146~0.00115 µg/m³, フタル酸エステル類で 0.000493~0.00613 µg/m³ となり, 調製溶媒によらず検量線下限値相当量 (殺虫剤: 0.00116 µg/m³, フタル酸エステル類: 0.0116 µg/m³) を下回った。殺虫剤はクロルピリホス (小児) の指針値 0.1 µg/m³ の 1/10 以下まで, フタル酸エステル類は DnBP の指針値 17 µg/m³ の 1/100 以下まで測定できると考えられた。

2.3 添加回収試験

回収率および精度を表 6 に示した。捕集剤ブランク試料はいずれの測定対象物質も検量線下限値未満であり, アセトニトリル転溶ありの回収率は 79.2~98.9%, 相対標準偏差は 0.961~7.93%, 転溶なしの回収率は 86.4~102%, 相対標準偏差は 1.24~7.73% と, 転溶の有無によらず良好であった。この結果から, より簡易な, 遠心上清 (アセトン溶液) を直接 LC-MS 分析する方法を採用することとし, 以下の実験を行った。

3. 室内空気を通気した添加回収試験

回収率, 回収量および精度を表 7 および表 8 に示した。捕集剤単品 (シングル) では室内濃度指針値設定化学物質である DnBP および DEHP の回収率が流量 3 L/min で 129% および 168%, 流量 10 L/min で 122% および 211% となった。一方, 捕集剤 2 連結 (ダブル) では前段 (未添加) で DnBP,

DEHP, DEP および DiBP の 4 物質が検出され, 後段での 12 物質の回収率は流量 3 L/min で 83.6~107%, 10 L/min で 74.2~98.6% と良好であった。ダブルでは前段でバックグラウンドの SVOC を捕集することにより, 後段において室内空气中に常在する SVOC の影響を排除した通気の添加回収試験を実施することができると考えられた。

4. 注入限界量の確認

飽和しない最大注入量を注入限界量とし, その量を上限値として作成した絶対検量線を図 2 に示した。注入限界量はフェノブカルブが 2,500 pg, ダイアジノンが 1,250 pg, クロルピリホスが 5,000 pg, DnBP および DEHP が 1,000 pg であった。室内空気を通気した添加回収試験 (B.6) における最大注入量は各殺虫剤 250 pg, 各フタル酸エステル類 500 pg であったが, 作成した検量線の 0-500 pg 範囲の拡大から, 定量下限値を維持した上限値の拡大が期待された。

5. 安定性試験

回収率および精度を表 9 に示した。捕集剤ブランク試料から検出された物質についてはその濃度を減算し, 回収率とした。指針値設定 5 物質において, 0 日間保管の回収率を 100% としたときの各保管期間での回収率 (残存率) は通気なし (室温保管) では 95.5~114%, 通気後 (室温保管) では 91.3~110% であり, 通気なし (室温保管) または通気後 (室温保管) 7 日間では顕著な回収率の変化はみられなかった (図 3 および図 4)。その他のフタル酸エステル類についても回収率 (残存率) は概ね良好であった。

D. まとめ

本研究は SE-LC/MS を用いた SVOC の標準試験法の開発を目的とした。その結果, 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。

【参考文献】

- 1) 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：室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版），令和7年1月17日付医薬薬審発0117第4号別添
- 2) 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：室内濃度指針値一覧，<http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/situnai/hyou.html>
- 3) 第十八改正日本薬局方 第一追補，一般試験法 2.00 クロマトグラフィー総論，分離度(Rs)，<https://www.pmda.go.jp/files/000242610.pdf>

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：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）

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準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) 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
- 4) 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「室内空气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
- 5) 村木沙織，田原麻衣子，田中礼子，酒井信夫：LC/MSを用いた室内空气中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
- 6) 田原麻衣子，村木沙織，田中礼子，酒井信夫：LC/MSを用いた室内空气中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

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 LC 条件および MS 条件

	分析条件 A	分析条件 B
LC 条件		
分析カラム	ACQUITY UPLC BEH C18	Cadenza CX-C18 UP
(内径×長さ, 粒子径)	(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm, Waters 社製)	(2.0 mm×150 mm, 3.0 μm, Imtakt 社製)
ディレイカラム	-	ACQUITY UPLC BEH C18
(内径×長さ, 粒子径)		(2.1 mm×30 mm, 1.7 μm, Waters 社製)
オープン温度	40 °C	40 °C
注入量	2.0 μL	0.5-2.5 μL
流量	0.35 mL/min	0.35 mL/min
分析時間	28.0 min	38.0 min
グラジエント条件	A: 10 mM ぎ酸アンモニウム溶液 B: メタノール 0-1 min. 60%B, 1-15 min 60-95%B, 15-19 min. 95%B, 19-21 min. 95-60%B	A: 10 mM ぎ酸アンモニウム溶液 B: メタノール 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
MS 条件		
イオン化法	ESI+	ESI+
インターフェイス温度	300 °C	300 °C
DL 温度	250 °C	250 °C
ヒートブロック温度	400 °C	400 °C
ネブライザーガス流量	1.5 L/min	1.5 L/min
ヒーティングガス流量	10 L/min	10 L/min
ドライイングガス流量	10 L/min	10 L/min

表 2 測定対象物質および内部標準物質の MS (SIR) 条件

測定対象物質	略号	分析条件 A		分析条件 B		内部標準物質
		保持	定量	保持	定量	
		時間 (min)	イオン (<i>m/z</i>)	時間 (min)	イオン (<i>m/z</i>)	
フェノブカルブ		3.2	208	3.2	208	クロルピリホス- <i>d</i> ₁₀
ダイアジノン		6.1	305	6.4	305	クロルピリホス- <i>d</i> ₁₀
クロルピリホス		9.5	352	13.0	350	クロルピリホス- <i>d</i> ₁₀
フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル	DnBP	7.9	279	8.9	279	DnBP- <i>d</i> ₄
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	DEHP	15.5	391	19.9	391	DEHP- <i>d</i> ₄
フタル酸ジエチル	DEP	2.7	223	2.8	223	DEP- <i>d</i> ₄
フタル酸ジ- <i>n</i> -プロピル	DnPrP	4.9	251	5.1	251	DEP- <i>d</i> ₄
フタル酸ジイソブチル	DiBP	7.6	279	8.3	279	DnBP- <i>d</i> ₄
フタル酸- <i>n</i> -ブチルベンジル	BBP	7.7	313	9.5	313	BBP- <i>d</i> ₄
フタル酸ジペンチル	DnPP	10.6	307	12.7	307	DnBP- <i>d</i> ₄ または DEHP- <i>d</i> ₄
フタル酸ジシクロヘキシル	DCHP	10.6	331	13.0	331	DnBP- <i>d</i> ₄ または DEHP- <i>d</i> ₄
フタル酸ジ- <i>n</i> -ヘキシル	DnHP	12.8	335	16.1	335	DnBP- <i>d</i> ₄ または DEHP- <i>d</i> ₄
内部標準物質	略号					
クロルピリホス- <i>d</i> ₁₀		9.3	360	12.8	360	-
フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル- <i>d</i> ₄	DnBP- <i>d</i> ₄	7.8	283	8.8	283	-
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル- <i>d</i> ₄	DEHP- <i>d</i> ₄	15.4	395	19.8	395	-
フタル酸ジエチル- <i>d</i> ₄	DEP- <i>d</i> ₄	2.6	227	2.8	227	-
フタル酸- <i>n</i> -ブチルベンジル- <i>d</i> ₄	BBP- <i>d</i> ₄	7.7	317	9.4	317	-

表 3 分析カラム（長さ 100 mm）による最大圧力および分離度の比較

分析カラム	内径 (mm)	粒子径 (μm)	最大圧力 (MPa)	DiBP と DnBP の分離度
分析条件 A : ACQUITY UPLC BEH C18 (Waters 社製)	2.1	1.7	60	1.41
InertSustain Swift C18 (ジーエルサイエンス社製)	2.1	1.9	55	1.44
Cadenza CX-C18 UP (Imtakt 社製)	2.0	3.0	23	1.55
InertSustain C18 HP (ジーエルサイエンス社製)	2.1	3.0	21	1.24
ZORBAX SB-C18 (Agilent 社製)	2.1	3.5	18	1.17
XBridge C18 (Waters 社製)	2.1	5.0	12	1.02

表 4 検量線の直線性

測定対象物質	濃度範囲 ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	アセトニトリルで調製 決定係数 R^2	アセトンで調製 決定係数 R^2
フェノブカルブ	0.001 -0.02	0.9996	0.9995
ダイアジノン	0.001 -0.02	0.9987	0.9988
クロルピリホス	0.001 -0.02	0.9991	0.9973
DnBP	0.01 -0.2	0.9999	0.9995
DEHP	0.01 -0.2	0.9997	0.9995
DEP	0.01 -0.2	0.9999	0.9997
DnPrP	0.01 -0.2	0.9999	0.9994
DiBP	0.01 -0.2	0.9998	0.9992
BBP	0.01 -0.2	0.9999	0.9994
DnPP	0.01 -0.2	0.9980	0.9993
DCHP	0.01 -0.2	0.9978	0.9996
DnHP	0.01 -0.2	0.9967	0.9995

表 5 検出下限値および定量下限値 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

測定対象物質	アセトニトリルで調製		アセトンで調製	
	検出下限値 (3 σ)	定量下限値 (10 σ)	検出下限値 (3 σ)	定量下限値 (10 σ)
殺虫剤				
フェノブカルブ	0.0000672	0.000224	0.000324	0.00108
ダイアジノン	0.0000439	0.000146	0.000208	0.000692
クロルピリホス	<u>0.000190</u>	0.000632	<u>0.000346</u>	0.00115
0.001 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 相当量	-	0.00116	-	0.00116
フタル酸エステル類				
DnBP	0.000527	0.00176	0.000755	0.00252
DEHP	0.000686	0.00229	0.000648	0.00216
DEP	0.000673	0.00224	0.000975	0.00325
DnPrP	0.000697	0.00232	0.00118	0.00394
DiBP	0.000450	0.00150	<u>0.00184</u>	0.00613
BBP	0.000148	0.000493	0.000618	0.00206
DnPP	0.000241	0.000804	0.000729	0.00243
DCHP	0.000414	0.00138	0.000906	0.00302
DnHP	<u>0.00120</u>	0.00401	0.00108	0.00360
0.01 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 相当量	-	0.0116	-	0.0116

下線: 最大値

表 6 添加回収試験結果 (通気なし, 24 時間, n=5)

測定対象物質	アセトニトリル転溶あり (アセトニトリル溶液)		アセトニトリル転溶なし (アセトン溶液)	
	回収率 (%)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	精度 (RSD%)
フェノブカルブ	98.6	3.62	101	3.38
ダイアジノン	97.2	4.96	102	7.73
クロルピリホス	92.6	7.93	86.4	6.21
DnBP	96.7	1.04	95.9	1.24
DEHP	98.9	1.99	97.7	2.06
DEP	79.2	1.39	88.8	1.42
DnPrP	89.5	2.29	94.5	1.78
DiBP	93.5	1.45	97.2	4.08
BBP	94.1	1.87	94.1	1.91
DnPP	94.2	6.77	88.6	5.18
DCHP	95.9	3.67	87.8	5.63
DnHP	95.7	0.961	89.4	4.99

表 7 添加回収試験結果（室内空気を 3 L/min 通気, 24 時間）

測定対象物質	捕集剤 2 連結（ダブル）（n=3）						捕集剤単品（シングル）（n=3）			通気なし（n=1）	
	前段（バックグラウンド）			後段（添加）			回収率（%）	回収量（ng）	精度（RSD%）	回収率（%）	回収量（ng）
	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	<0.00231			107	32.1	2.08	107	32.2	1.59	102	30.7
ダイアジノン	<0.00231			94.7	28.4	1.42	77.3	23.2	15.5	102	30.7
クロルピリホス	<0.00231			83.6	25.1	2.53	72.8	21.8	6.81	84.8	25.4
DnBP	0.0450	194	9.51	104	621	1.63	129	771	0.496	99.5	597
DEHP	0.0934	403	4.47	99.3	596	0.869	168	1010	0.895	98.2	589
DEP	0.0379	164	6.66	94.8	569	1.97	111	667	1.93	92.4	554
DnPrP	<0.0116			96.7	580	0.689	98.7	592	1.49	88.9	533
DiBP	0.0198	85.6	6.68	98.8	593	0.543	114	681	1.74	96.3	578
BBP	<0.0116			94.1	564	0.332	94.8	569	2.52	90.8	545
DnPP	<0.0116			90.5	543	0.538	93.8	563	1.31	87.9	527
DCHP	<0.0116			89.0	534	0.371	90.0	540	0.673	86.8	521
DnHP	<0.0116			97.9	588	0.481	97.6	586	0.694	95.6	574

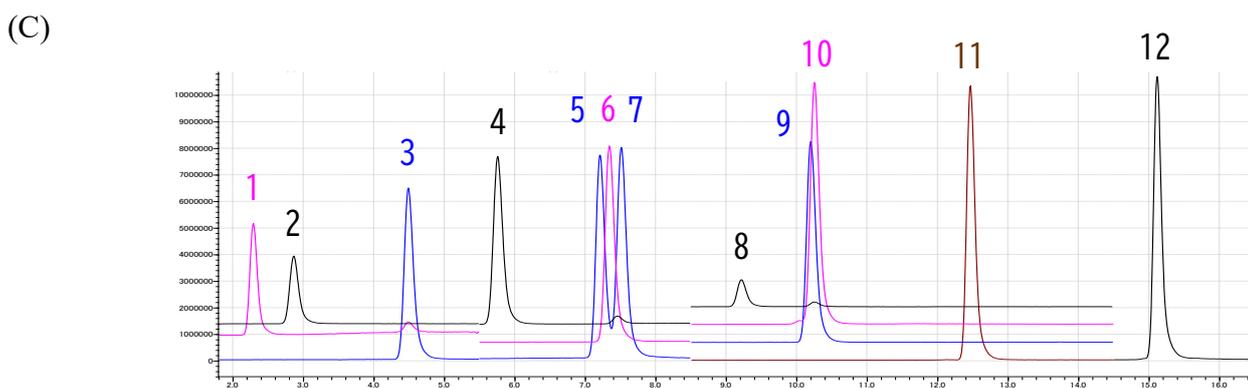
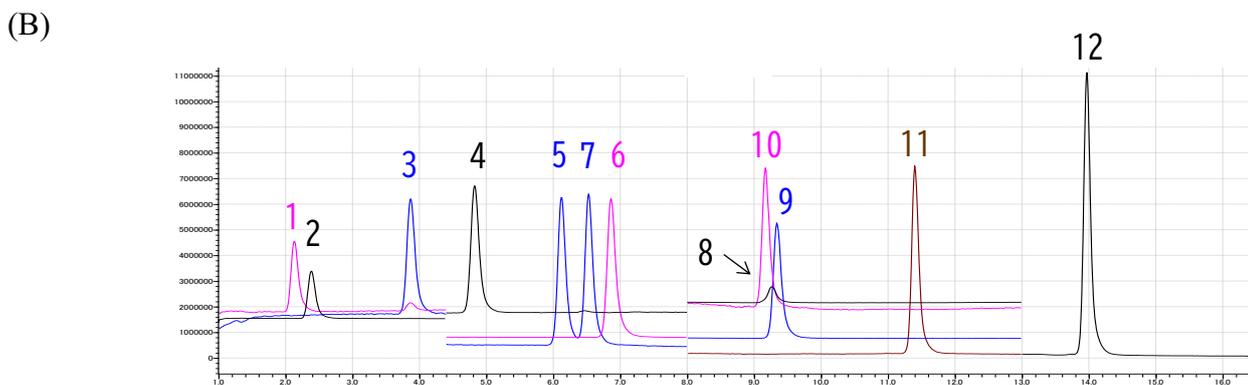
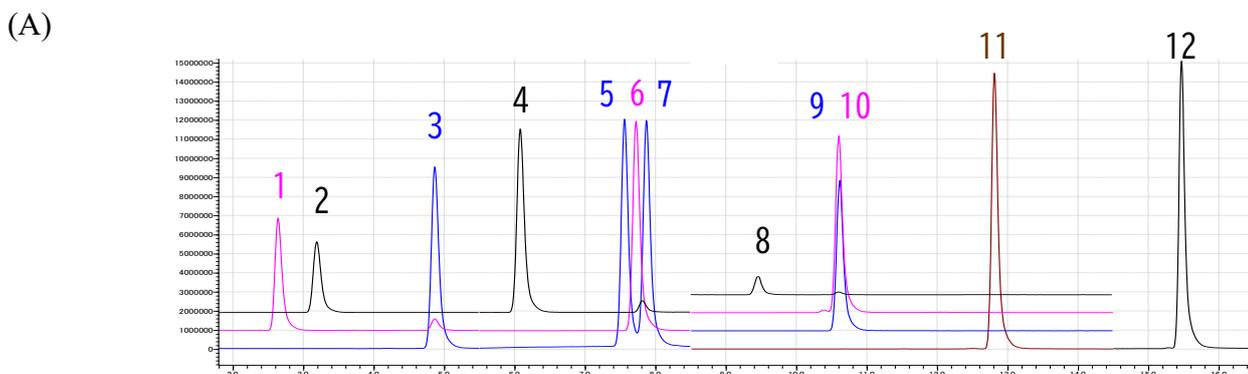
表 8 添加回収試験結果（室内空気を 10 L/min 通気, 24 時間）

測定対象物質	ダブル (n=3)						シングル (n=3)		
	前段 (バックグラウンド)			後段 (添加)			回収率 (%)	回収量 (ng)	精度 (RSD%)
	濃度 (µg/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	<0.00174			83.0	124	1.17	76.6	115	3.48
ダイアジノン	<0.00174			74.2	111	2.95	71.2	107	4.09
クロルピリホス	<0.00174			86.1	129	1.66	83.1	125	3.29
DnBP	0.0357	515	5.60	98.6	1180	3.70	122	1460	2.34
DEHP	0.0939	1350	3.51	95.2	1140	1.47	211	2530	1.23
DEP	0.0130	187	6.79	90.9	1090	2.77	92.3	1110	2.30
DnPrP	<0.00347			83.5	1000	2.03	78.5	943	2.37
DiBP	0.00465	66.9	4.40	81.1	973	1.74	80.4	965	3.42
BBP	<0.00347			93.0	1120	1.44	95.0	1140	0.553
DnPP	<0.00347			92.6	1110	3.18	96.3	1160	2.84
DCHP	<0.00347			93.3	1120	1.50	94.6	1140	1.17
DnHP	<0.00347			94.4	1130	2.04	97.4	1170	2.97

表 9 安定性試験結果

測定対象物質	0 日間		通気なし (室温保管)						通気後 (室温保管)					
			1 日間		3 日間		7 日間		1 日間		3 日間		7 日間	
	回収率 (%)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	精度 (RSD%)	回収率 (%)	精度 (RSD%)
フェノブカルブ	98.2	1.29	95.0	2.24	98.0	1.49	95.3	3.70	98.1	3.80	100	1.45	95.9	1.64
ダイアジノン	77.8	2.29	76.1	0.438	84.1	3.10	79.4	4.42	73.9	10.2	74.3	2.63	71.0	7.15
クロルピリホス	75.2	4.48	75.6	2.87	85.5	1.57	79.4	3.52	79.1	7.52	83.0	3.27	77.3	7.14
DnBP	92.0	2.25	89.1	0.790	87.8 ^{*1}	4.10 ^{*1}	90.3	3.77	92.6	0.882	88.2 ^{*1}	5.67 ^{*1}	90.1	3.70
DEHP	86.7	1.94	85.0	2.15	87.2	0.685	87.8	3.76	89.9	0.578	91.6	1.03	87.9	3.13
DEP	90.2	3.55	89.8	1.37	90.8	2.77	90.3	2.66	93.2	2.09	93.6	1.49	87.5	3.87
DPrP	90.1	2.58	88.1	1.55	86.7	3.10	89.4	0.839	91.3	0.360	90.0	0.940	89.9	3.15
DiBP	91.3	1.82	89.0	0.300	88.6 ^{*1}	2.85 ^{*1}	89.8	3.11	92.6	0.392	90.3 ^{*1}	2.86 ^{*1}	89.9	3.30
BBP	86.8	0.980	85.3	0.536	83.1	0.876	84.1	1.93	89.4	1.13	87.9	1.30	86.8	2.65
DPP	89.6	0.875	88.1	0.335	83.9	0.926	82.5	2.08	90.4	0.724	88.9	1.17	86.1	3.46
DCHP	88.0	0.365	85.8	1.52	83.3	0.888	82.1	2.32	88.1	0.544	87.9	0.609	85.1	2.59
DnHP	88.6	0.609	87.0	1.73	83.5	0.666	83.4	2.49	89.9	0.357	88.9	1.26	86.2	2.39

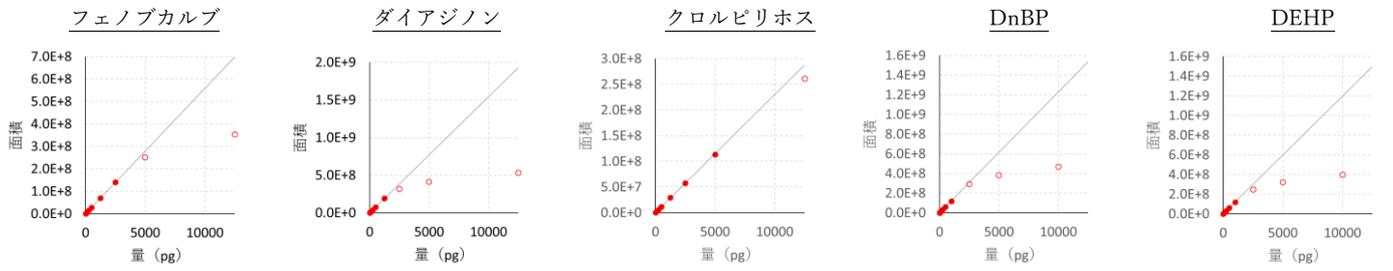
*1 : 捕集剤ブランク試料から検出された値 (n=1) を減算した。



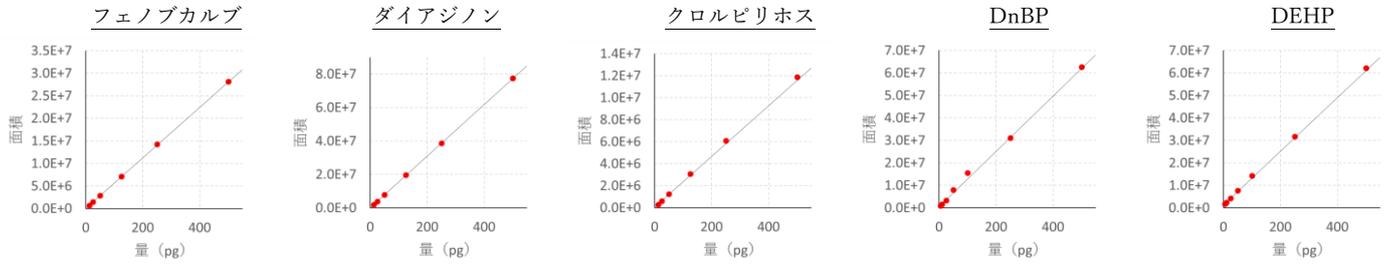
Retention Time (min)

1: DEP (m/z 223), 2: フェノブカルブ (m/z 208), 3: DnPrP (m/z 251),
 4: ダイアジノン (m/z 305), 5: DiBP (m/z 279), 6: BBP (m/z 313),
 7: DnBP (m/z 279), 8: クロルピリホス (m/z 352), 9: DnPP (m/z 307),
 10: DCHP (m/z 331), 11: DnHP (m/z 335), 12: DEHP (m/z 391)

図1 分析カラム (長さ 100 mm, 内径 2.0 または 2.1 mm) による分離の比較
 (A) 分析条件 A : ACQUITY UPLC BEH C18 (Waters 社製, 粒子径 1.7 μm),
 (B) Cadenza CX-C18 UP (Imtakt 社製, 粒子径 3.0 μm),
 (C) XBridge C18 (Waters 社製, 粒子径 5.0 μm)



↓拡大



● : Include, ○ : Exclude, Weighting : 1/x

図2 注入限界量の確認

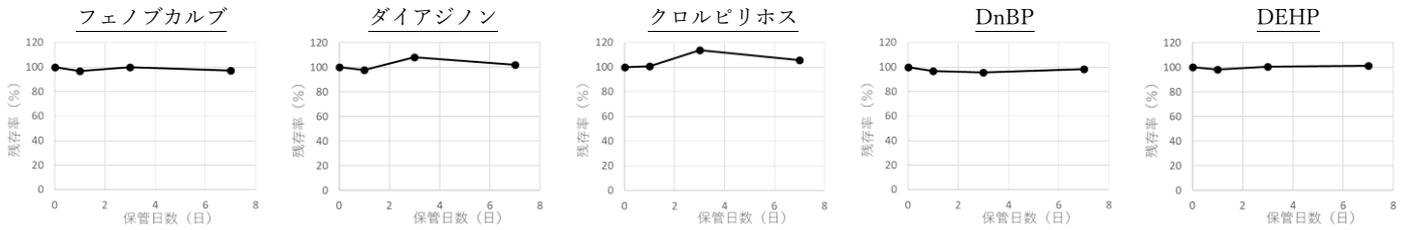


図3 通気なし (室温保管) 日数と残存率

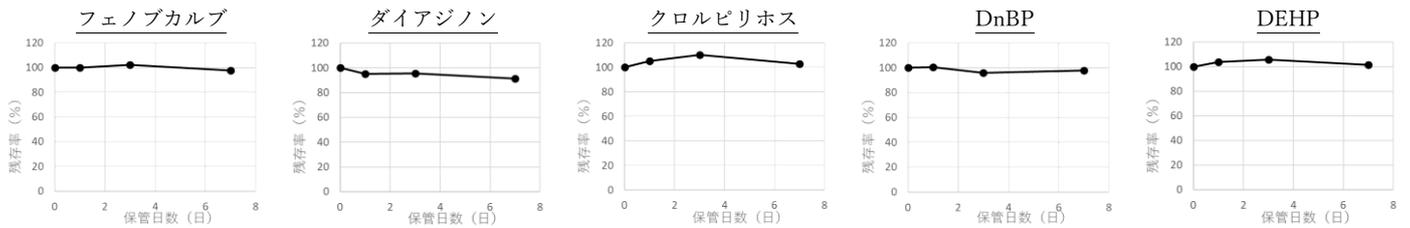


図4 通気後 (室温保管) 日数と残存率

令和6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

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

研究分担者 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
研究協力者 田中 礼子 横浜市衛生研究所 理化学検査研究課 医務職員
村木 沙織 横浜市衛生研究所 理化学検査研究課 技術職員
田原麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官

令和7年1月17日に厚生労働省医薬局医薬品審査管理課長通知によって示された「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」（以下「測定マニュアル（統合版）」という。）に掲載される3. 揮発性有機化合物の測定方法 第2法 固相吸着－加熱脱離－ガスクロマトグラフィー／質量分析法には、数種類の吸着剤を充填した市販捕集管が例示されている。

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、室内濃度指針値策定化学物質および初期リスク評価の終了した化学物質を含む揮発性有機化合物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) を用いた検量線の妥当性評価を実施し、3種類の捕集管の適用性について検証を行った。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。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。これらの検証により、Tenax®TA 捕集管、Tenax®GR 捕集管、Or217 捕集管のいずれも測定において遜色なく適用できることが確認された。

A. 目的

令和7年1月に厚生労働省医薬局医薬品審査管理課長通知によって示された「室内空气中化学物

質の測定マニュアル（統合版）」¹⁾（以下「測定マニュアル（統合版）」という。）には揮発性有機化合物（VOC と略す）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類を捕集する加熱脱離(TDと略す)用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、室内濃度指針値が設定されているToluene, Xylene, Ethylbenzene, Styrene, 1,4-Dichlorobenzene, *n*-Tetradecane, 初期リスク評価の終了した化学物質である 2-Ethyl-1-hexanol (2E1Hと略す), 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (TMPD-MIBと略す), 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TMPD-DIBと略す)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、3種類の捕集管の適用性についてGC/MSの分析条件を揃えた検証を行った。

B. 方法

1. 試薬および試料

VOC類の標準品はシグマアルドリッチ製 Indoor Air Standard (50 components, 各100 μg/mLメタノール溶液, VOC50mixと略す)を用い、新規3物質の標準品は関東化学製2E1H(鹿1級), 富士フイルム和光純薬製TMPD-MIB, 東京化成製TMPD-DIBを用いた。内部標準物質は住友精化製内部標準ガス(C₇H₈-*d*₈・C₆H₅F・C₆H₅Cl-*d*₅各1ppm/N₂, 加熱脱離装置による自動添加), 希釈溶媒は関東化学製メタノール(残留農薬・PCB測定用5000倍濃縮検定品)を用いた。TD捕集管はMarkes International製Tenax®GR捕集管(60/80mesh, stainless steel製TDチューブ), CAMSCO製Tenax®TA捕集管(60/80mesh, 200mg充填, inert-SUS製TDチューブ), およびシグマアルドリッチ製Or217捕集管(Carbopack B+Carboxen 1000充填, ガラス製TDチューブ, ガラスフリット付)を用いた。

1.1 吸着剤の特性

Tenax®TA

Tenax®TAは、2,6-Diphenyl-*p*-phenylene Oxideをベースにした弱極性のポラスポリマービーズで、アルコール、ポリエチレングリコール、ジオール、フェノール、アミン、アルデヒド、ケトンといった高沸点極性化合物の分析に適している。

Tenax®GR

Tenax®GRはTenax®TAに0.5 μmのグラファイトカーボンを23%配合した混合充填剤である。疎水性、熱安定性に優れたTenax®TAは、大気中・水中の揮発性成分の熱脱着に多く使用されているが、23%のグラファイト化により、Tenax®TAの特性はそのままに高揮発性物質に対する破過容量の小ささを補ったものである。

Carbopack B

球状カーボンモレキュラーシーブ型の吸着剤で、表面積が約820 m²/gと大きく、細孔径は15-40Åである。大気中のクロロメタンなどの低分子量物質の捕集に最適である。

Carboxen 1000

カーボンモレキュラーシーブ型の吸着剤で、疎水性が非常に高く高温条件下でも正確なサンプリングが行える。表面積が大きく、細孔径が塩化ビニルのような非常に揮発性の高い物質に最適化されているので、分子サイズの小さな化合物を効率よく捕集できる。

2. 検量線の作成

2.1 VOC 50 mix 検量線

氷冷下においてVOC50mixをメタノールで段階的に希釈し、2, 5, 10, 20, 50 μg/mLの50mix標準系列を調製した。続いて、検量線作成ツール(ジーエルサイエンス製)を用い、窒素気流下(50 mL/分)にて、予めクリーンアップしたTD捕集

管にマイクロシリンジ（ハミルトン製ゼロデッドボリュームタイプ、容量 2 μ L）で 50mix 標準系列を 1 μ L 添加し、1 分 20 秒間静置して窒素を流した後、加熱脱離用 DifflokCap にて密栓した。標準系列の本数分同じ操作を行い、VOC50mix の検量線用試料を作成した。各検量線用試料に添加される VOC50mix の物質量は 2, 5, 10, 20, 50 ng となる。

加熱脱離装置付ガスクロマトグラフ質量分析計（TD-GC/MS と略す）にて VOC50mix 検量線用試料を測定し、得られた測定対象物質のピーク面積値と内部標準物質として加熱脱離装置内で捕集管に自動添加された Toluene- d_8 のピーク面積値を求め、これらの面積比と検量線用試料に含まれる測定対象物質の重量から VOC50mix 検量線を作成した。

2.2 VOC 3 mix 検量線

メスフラスコに 2E1H を 1.0g 量り取り、メタノールを加えて 100 mL に定容し、10 mg/mL の 2E1H 標準原液を調製した。同様に TMPD-MIB および TMPD-DIB についても 1.0 g ずつ別々のメスフラスコに量り取り、10 mg/mL の TMPD-MIB 標準原液と 10 mg/mL の TMPD-DIB 標準原液をメタノールで調製した。さらに、これら 3 種の標準原液を一定量分取、混合してメタノールで希釈し、2E1H, TMPD-MIB, TMPD-DIB を各 100 μ g/mL 含有する混合標準液（3mix 混合標準液と略す）を調製した。

氷冷下において 3mix 混合標準液をメタノールで段階的に希釈し、2, 5, 10, 20, 50 μ g/mL の 3mix 標準系列を調製した。続いて、検量線作成ツール（ジーエルサイエンス製）を用い、窒素気流下（50 mL/分）にて、予めクリーンアップした TD 捕集管にマイクロシリンジ（ハミルトン製ゼロデッドボリュームタイプ、容量 2 μ L）で 3mix 標準系列を 1 μ L 添加し、1 分 20 秒間静置して窒素を流した後、加熱脱離用 DifflokCap にて密栓した。標準系列の本数分同じ操作を行い、VOC3mix の検

量線用試料を作成した。各検量線用試料に添加される VOC3mix の物質量は 2, 5, 10, 20, 50 ng となる。

TD-GC/MS にて VOC3mix 検量線用試料を測定し、得られた測定対象物質のピーク面積値と内部標準物質として加熱脱離装置内で捕集管に自動添加された Toluene- d_8 のピーク面積値を求め、これらの面積比と検量線用試料に含まれる測定対象物質の重量から VOC3mix 検量線を作成した。なお、TMPD-MIB については各異性体のピーク面積を合算した後、同様に検量線を作成した。

3. ブランク試料の分析

予めクリーンアップした TD 捕集管をブランク試料として、TD-GC/MS にてブランク試料の測定を行った。得られた測定対象物質のピーク面積値と内部標準物質として加熱脱離装置内で捕集管に自動添加された Toluene- d_8 のピーク面積値を求め、これらの面積比と VOC50mix 検量線あるいは VOC3mix 検量線からブランク試料に含まれる測定対象物質の重量を算出した。

4. 分析装置および条件

4.1 TD 条件

4.1.1 Tenax[®]GR 捕集管および Tenax[®]TA 捕集管の TD 条件

- ・ TD 装置: TD100-xr (Markes International 製)
- ・ 捕集管加熱温度: 280°C
- ・ 捕集管パージ時間: 10 分
- ・ 捕集管パージ流量: 50 mL/分
- ・ キャリアガス: He
- ・ トラップ管: General Purpose Carbon Cold Trap (Markes International 製)
- ・ トラップ冷却温度: -20°C
- ・ トラップ加熱温度: 320°C
- ・ ライン温度: 250°C
- ・ TD スプリット比: 10

4.1.2 Or217 捕集管の TD 条件

- ・ TD装置:TD100-xr(Markes International 製)
- ・ 捕集管加熱温度:340°C
- ・ 捕集管パージ時間:10分
- ・ 捕集管パージ流量:50 mL/分
- ・ キャリアガス:He
- ・ トラップ管:General Purpose Carbon Cold Trap (Markes International 製)
- ・ トラップ冷却温度:-20°C
- ・ トラップ加熱温度:320°C
- ・ ライン温度:250°C
- ・ TD スプリット比:10

4.2 GC/MS 条件 (共通)

- ・ GC/MS 装置:JMS-Q1500GC (GC 部:Agilent Technologies 製, MS 部:日本電子製)
- ・ カラム:Agilent Technologies 製 VF-1MS (60 m×0.25 mm×1.0 μm)
- ・ 昇温条件:35°C (6分) → 3°C/分 → 100°C (0分) → 8°C/分 → 250°C (3分) → 20°C/分 → 300°C (0分)
- ・ 注入モード:全量注入
- ・ カラムコントロール:Constant Flow
- ・ 注入量:2 mL/分
- ・ イオン源温度:250°C
- ・ インターフェイス温度:250°C
- ・ 測定モード:Scan 測定

C. 結果および考察

1. 検証に用いた VOC 類検量線

3 種類の TD 捕集管それぞれについて、測定対象とした VOC 類 53 物質に関する以下①～⑥の 6 種類の検量線を 3 回ずつ作成し、水道法の検量線妥当性評価に倣い真度と併行精度、キャリアオーバーに関する評価を行った。

	検量点	検量線の範囲 (ng)	定量範囲 (ng)	重み付け
①	4	5-50	5-50	有

②				無
③	5	2-50	2-50	有
④				無
⑤	5	2-50	5-50	有
⑥				無

Tenax®GR 捕集管と Tenax®TA 捕集管は 3 回ずつ作成した上記①～⑥の全ての検量線において、Ethanol は検量線に定量性が見られず、Methylene chloride (ジクロロメタン) は 2, 5, 10 ng などの低濃度域の検量点のピークが検出されないことが多く、あるいは検量点が検出された場合でも検量線に定量性が見られず 3 本の検量線が作成できなかったため、検量線の妥当性評価が実施不能であった。Tenax®GR 捕集管や Tenax®TA 捕集管を用いた場合、今回の分析条件や濃度域での Ethanol および Methylene chloride の測定は難しいものと考えられる。

また、Tenax®GR 捕集管の④と⑥、Tenax®TA 捕集管の②、④、⑥の検量線においては、低濃度域の検量点の返し値がマイナス値となったものがあったため、これらの検量線の妥当性評価が実施不能であった。

Or217 捕集管では、①～⑥の全ての検量線において Acetone は検量線に定量性が認められず、Methylene chloride は 2, 5, 10 ng などの低濃度域の検量点のピークが検出されなかったため、検量線の妥当性評価が実施不能であった。Or217 捕集管を用いた場合、今回の分析条件や濃度域での Acetone および Methylene chloride の測定は難しいものと考えられる。

また、Or217 捕集管の③～⑥の検量線においては、Chloroform および 1,2-Dichloroethane に関し、検量線の最下点である 2 ng の検量点のピークが検出されず、5 点検量線が作成できなかったため、これらの検量線の妥当性評価が実施不能であった。

2. 検量線の真度および併行精度

3 種類の捕集管において、それぞれ 1 に示した

①～⑥の検量線の真度および併行精度の評価を行った結果を表 1-1 から表 3-8 に示した。各表では測定対象の VOC 類 53 物質の測定値について概ね GC/MS のリテンションタイム (RT) 順に記載 (ピークを合算した TMPD-MIB については最終行に記載) した。水道法において検量線妥当性評価の目標値は、各検量点の真度が調製濃度の 80～120% 以内であること、併行精度が相対標準偏差 20% 以内であることとされている²⁾。検量線妥当性評価の目標値を満たさなかったものには表中に色を付けて示した。加えて、1 で述べた検量線の妥当性評価が実施不能であったものには該当部分を斜線で示し、評価不能として表中に色を付けて示した。

2.1 Tenax®GR 捕集管の真度および併行精度

妥当性評価が実施できた物質のうち、1 に示した①の検量線 (5 ng - 50 ng の 4 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け有) では Acetone の併行精度が目標値を満たさなかった (表 1-1 および表 1-2)。

②の検量線 (5 ng - 50 ng の 4 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け無) では、Acetone と 2,4-Dimethylpentane の 2 物質の真度および併行精度が目標値を満たさなかった (表 1-3 および表 1-4)。

③および⑤の検量線 (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 2 ng - 50 ng (③) および 5 ng - 50 ng (⑤)), 重み付け有) では、どちらも Acetone と Benzene の 2 物質の併行精度が目標値を満たさなかった (表 1-5 および表 1-6)。

④の検量線 (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 2 ng - 50 ng), 重み付け無) では 7 物質 (Hexane, 2,4-Dimethylpentane, *n*-Butanol, Iso-octane, β -Pinene, 2E1H, Decanal) の真度と 5 物質 (2-Butanone, Hexane, 2,4-Dimethylpentane, Benzene, TMPD-MIB) の併行精度が目標値を満たさず、⑥の検量線 (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け無) では 2,4-

Dimethylpentane と Benzene の 2 物質の併行精度が目標値を満たさなかった (表 1-7 および表 1-8)。

なお、測定対象物質中の室内濃度指針値策定化学物質 (Toluene, Xylene, Ethylbenzene, Styrene, 1,4-Dichlorobenzene, *n*-Tetradecane) と初期リスク評価の終了した 3 物質 (2E1H, TMPD-MIB, TMPD-DIB) に関しては、検量線④にて 2E1H の真度および TMPD-MIB の併行精度が目標値を満たさなかったが、その他の検量線では全て良好な結果が得られた。

2.2 Tenax®TA 捕集管の真度および併行精度

妥当性評価が実施できた物質のうち、1 に示した①の検量線 (5 ng - 50 ng の 4 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け有) では Acetone の併行精度が目標値を満たさなかった (表 2-1 および表 2-2)。

②の検量線 (5 ng - 50 ng の 4 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け無) では、Benzene の真度が目標値を満たさなかった (表 2-3 および表 2-4)。

③および⑤の検量線 (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 2 ng - 50 ng (③) および 5 ng - 50 ng (⑤)), 重み付け有) では、どちらも Acetone の併行精度が目標値を満たさなかった (表 2-5 および表 2-6)。

④の検量線 (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 2 ng - 50 ng), 重み付け無) では 5 物質 (Hexane, Benzene, β -Pinene, 2E1H, Decanal) の真度と 6 物質 (2-Butanone, Hexane, 2,4-Dimethylpentane, Benzene, Iso-octane, TMPD-DIB) の併行精度が目標値を満たさず、⑥の検量線 (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け無) では Benzene の真度が目標値を満たさなかった (表 2-7 および表 2-8)。

なお、測定対象物質中の室内濃度指針値策定化学物質と初期リスク評価の終了した 3 物質に関しては、検量線④にて 2E1H の真度および TMPD-DIB の併行精度が目標値を満たさなかったが、そ

の他の検量線では全て良好な結果が得られた。

2.3 Or217 捕集管の真度および併行精度

妥当性評価が実施できた物質のうち、1 に示した①の検量線（5 ng - 50 ng の 4 点検量線（定量範囲 5 ng - 50 ng）、重み付け有）では、真度および併行精度が目標値を満たさない物質はなかった（表 3-1 および表 3-2）。

②の検量線（5 ng - 50 ng の 4 点検量線（定量範囲 5 ng - 50 ng）、重み付け無）では、3 物質（Chloroform, TMPD-DIB, TMPD-MIB）の併行精度が目標値を満たさなかった（表 3-3 および表 3-4）。

③および⑤の検量線（2 ng - 50 ng の 5 点検量線（定量範囲 2 ng - 50 ng（③）および 5 ng - 50 ng（⑤））、重み付け有）では、どちらも Hexadecane の真度および併行精度が目標値を満たさなかった（表 3-5 および表 3-6）。

④の検量線（2 ng - 50 ng の 5 点検量線（定量範囲 2 ng - 50 ng）、重み付け無）では 13 物質（Ethanol, 1-Propanol, Benzene, *n*-Butanol, Bromodichloromethane, β -Pinene, 2E1H, Limonene, Decanal, *n*-Tetradecane, *n*-Pentadecane, *n*-Hexadecane, TMPD-MIB）の真度と 6 物質（Benzene, *m*-Xylene, Limonene, Decanal, TMPD-DIB, TMPD-MIB）の併行精度が目標値を満たさず、⑥の検量線（2 ng - 50 ng の 5 点検量線（定量範囲 5 ng - 50 ng）、重み付け無）では TMPD-MIB の併行精度が目標値を満たさなかった（表 3-7 および表 3-8）。

なお、測定対象物質中の室内濃度指針値策定化学物質と初期リスク評価の終了した 3 物質に関しては、検量線②および⑥においては TMPD-MIB の併行精度が目標値を満たさず、検量線④においては *n*-Tetradecane および 2E1H の真度、*m*-Xylene および TMPD-DIB の併行精度、TMPD-MIB の真度および併行精度が目標値を満たさなかったが、検量線①、③、⑤においては全て良好な結果が得られた。

3. キャリーオーバー

キャリーオーバーの確認として、検量線の測定の際、定量範囲の最大値である 50 ng の検量線用試料の測定直後にブランク試料の測定を行った。これを 3 回実施し、ブランク試料の測定結果（面積値）を用いてキャリーオーバーの評価を 3 種類の TD 捕集管それぞれについて行った。この結果を表 4-1 から表 4-3 に示す。水道法の検量線妥当性評価では、キャリーオーバーの目標として検量線濃度範囲の下限值を下回ること（定量下限値の 100%未満）とされている²⁾。ブランク試料の面積値を、1 に示した①～⑥の各検量線において定量範囲の下限として設定した 2 ng あるいは 5 ng の検量線用試料の面積値と比較し、検量線妥当性評価の目標値を満たさなかったものには表中に色を付けて示した。加えて、1 で述べた検量線の妥当性評価が実施不能であったものについては該当部分を斜線で示し、評価不能として表中に色を付けて示した。

3.1 Tenax®GR 捕集管および Tenax®TA 捕集管のキャリーオーバー

妥当性評価が実施できた物質のうち、Tenax®GR および Tenax®TA のどちらの捕集管でも、①、②、③、および⑤の検量線で 1 物質（Acetone）のキャリーオーバーが認められた（表 4-1 および表 4-2）。両捕集管とも Acetone に関しては④と⑥の検量線では妥当性評価が実施不能であり、これにキャリーオーバーの結果を併せると全ての検量線で妥当性評価結果が目標値を満たさない結果となった。Tenax®GR 捕集管あるいは Tenax®TA 捕集管を用いた場合、今回の分析条件や濃度域での Acetone の測定は難しいものと考えられる。

なお、Tenax®GR および Tenax®TA とも、室内濃度指針値策定化学物質と初期リスク評価の終了した 3 物質に関してキャリーオーバーは認められず、良好な結果であった。

3.2 Or217 捕集管のキャリーオーバー

妥当性評価が実施できた物質のうち、Or217 捕集管ではキャリーオーバーが認められた物質はなく、指針値策定物質と新規 3 物質に関しても良好な結果であった (表 4-3)

4. 3 種類の捕集管の妥当性評価結果比較

表 5-1 から表 5-3 に、今回実施した 3 種類の捕集管を用いた妥当性評価において、真度・併行精度・キャリーオーバーのそれぞれの項目で良好な評価結果が得られた物質数を、1 に示した①～⑥の検量線ごとに集計して記載した。併せて、真度・併行精度・キャリーオーバーの全てが良好だった物質数を集計し、総合として表中に赤字で記載した。

各捕集管の検量線ごとに重み付けの有無で比較を行ったところ、概ね、重み付け有の検量線の方が妥当性評価が良好だった物質数が多い傾向が見られた。また、①～⑥の検量線の集計値を比較すると、一部の捕集管で集計値が等しい箇所もあったが、いずれの捕集管においても検量線①は妥当性評価が良好だった物質数が最多で検量線④は最少であった。最多であった検量線①については評価結果が良好な物質数が全 53 物質中 50～51 物質と各捕集管でほぼ同数であった。また、検量線④については 2.1～2.3 で述べたとおり、いずれの捕集管においても妥当性評価結果が目標値を満たさなかった物質の中に室内濃度指針値策定化学物質および初期リスク評価の終了した 3 物質の一部が含まれていた。これらのことから、今回検証を行った検量線の中では、検量線① (5 ng - 50 ng の 4 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け有) が最適な検量線と考えられる。一方で、検量線④ (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 2 ng - 50 ng), 重み付け無) については使用を避けるべきと思われる。

今回実施した妥当性評価に関しては、捕集管の種類および TD 条件については異なっているが、検量線の作成方法やその他の分析条件 (使用した

機器、TD トラップ管、GC/MS カラム、GC/MS 分析条件、定量に用いた質量数等) については同一のものを用いて同じ条件で実施しているため、表 5-1 から表 5-3 の差はそれぞれの捕集管からの脱離状況に起因するものが多いと推測される。図 1 は各検量線の最大濃度である 50 ng の検量線用試料の TIC クロマトグラムの一例であるが、捕集管によりピークの大きさに差が見られた物質があった。例えば、分子量が小さく沸点が低い Ethanol のピークは Tenax®GR 捕集管や Tenax®TA 捕集管では Or217 捕集管に比べてピークが小さかったが、分子量が大きく沸点が高い Hexadecane や TMPD-DIB のピークは逆に Or217 捕集管が最も小さかった。これらの物質は捕集管ごとの妥当性評価結果比較において集計値に差が生じた物質であり、ピークの大きさの差が妥当性評価結果の差の一因となっていることが推察される。例えば Ethanol を測定する必要がある場合などのような、主目的とする測定対象物質がある場合には、捕集管の特性などを踏まえて使用する捕集管を選択する必要があると考えられる。

5. 定量下限値と検出限界値

測定マニュアル (統合版)¹⁾ では定量下限値の算出方法として、5 試料以上を測定して求めた標準偏差 (σ) の 10 倍値 (10σ) を用いるとされている。今回妥当性評価を行った検量線のうち、最も良好な結果が得られた①の検量線 (5 ng - 50 ng の 4 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け有) を用い、3 種類の捕集管にて①の検量線の定量範囲の下限である 5 ng の標準試料の測定をそれぞれ $n=5$ で行った。この結果から測定マニュアルに示された方法で定量下限値および検出限界値を算出し、表 6-1 から表 6-3 に示した (算出方法の詳細については表の下段に記載)。今回実施した検量線の妥当性評価において結果が良好だったものであっても、 10σ 値が検量線①の定量下限設定値である 5 ng を上回っていた物質 (Tenax®GR 捕集管: 2-Propanol, Benzene の 2 物質, Tenax®TA 捕集

管:該当なし, Or217 捕集管: Benzene, β -Pinene, *n*-Hexadecane の 3 物質)があった。これらについては数値が高い 10 σ 値の方を定量下限値の採用値とし、表中に色を付けて示した。

いずれの捕集管とも、10 σ 値が検量線①の定量下限設定値である 5 ng を上回っていた物質のなかには室内濃度指針値策定化学物質と初期リスク評価の終了した 3 物質は含まれておらず、今回算出した定量下限値は、室内濃度指針値の 1/10 値を十分に下回る数値であった。

D. まとめ

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 Carbotrap™-217 捕集管 (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て 6 種類の検量線の検証を行い、各捕集管の妥当性評価結果の比較を行った。

本研究では妥当性評価実施のために各検量線を 3 本ずつ作成したが、3 本の検量線が作成できず妥当性評価が実施不能であった物質が存在した。また、妥当性評価が実施できた物質の中にも評価結果が良好でなかった物質が散見された。なかでも、6 種類全ての検量線において妥当性評価が実施不能、あるいは評価結果が良好でなかった物質 (Tenax®GR 捕集管および Tenax®TA 捕集管: Ethanol, Acetone, Methylene chloride, Or217 捕集管: Acetone, Methylene chloride) に関しては、今回の分析条件や濃度域での測定は難しいものと考えられた。

測定対象物質中の室内濃度指針値策定化学物質 (Toluene, Xylene, Ethylbenzene, Styrene, 1,4-Dichlorobenzene, *n*-Tetradecane) と初期リスク評価の終了した 3 物質 (2E1H, TMPD-MIB, TMPD-DIB) に関しては、3 種いずれの捕集管とも検量線④ (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 2 ng - 50 ng), 重み付け無) ではいくつかの物質 (Tenax®GR 捕集管: 2E1H, TMPD-MIB,

Tenax®TA 捕集管: 2E1H, TMPD-DIB, Or217 捕集管: *m*-Xylene, *n*-Tetradecane, 2E1H, TMPD-MIB, TMPD-DIB) の妥当性評価結果が良好ではなかったが、その他の検量線では一部 (Or217 捕集管の検量線②および⑥) における TMPD-MIB) を除き、3 種いずれの捕集管においても良好な結果が得られた。

3 種の捕集管の妥当性評価結果を比較すると、概ね、重み付けを行った検量線の方が妥当性評価結果が良好な物質数が多い傾向が見られた。また、検量線① (5 ng - 50 ng の 4 点検量線 (定量範囲 5 ng - 50 ng), 重み付け有) は評価結果が良好な物質数が全 53 物質中 50~51 物質と、各捕集管ともほぼ同数かつ最多であったことから、今回検証を行った検量線の中では検量線①が最適な検量線と考えられた。反対に、評価結果が良好な物質数が最少だった検量線④ (2 ng - 50 ng の 5 点検量線 (定量範囲 2 ng - 50 ng), 重み付け無) については、前述の通り、各捕集管とも室内濃度指針値策定化学物質および初期リスク評価の終了した 3 物質中のいくつかの物質に関する評価結果が良好でなかったこともあり、使用を避けるべきと思われた。

今回妥当性評価を行った検量線のうち、最適と考えられた①の検量線を用い、3 種類の捕集管にて測定マニュアル (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、いずれの捕集管とも今回算出した定量下限値は、室内濃度指針値の 1/10 値を十分に下回る数値であった。

【参考文献】

- 1) 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: 室内空气中化学物質の測定マニュアル (統合版), 令和 7 年 1 月 17 日付医薬薬審発 0117 第 4 号別添
- 2) 厚生労働省健康局水道課: 水道水質検査方法

の妥当性評価ガイドライン，平成 24 年 9 月 6 日付健水発 0906 第 1 号別添（最終改正：厚生労働省医薬・生活衛生局水道課，平成 29 年 10 月 18 日付薬生水発 1018 第 1 号）

2024 年 11 月

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：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，ファームテクジャパン，40，86-88：株式会社じほう（2024）

3. 学会発表

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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，

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1-1 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(①)の真度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け有

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)				真度範囲			判定*
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol									—
Acetone		96.8	104.3	107.8	91.1	~	107.8		○
2-Propanol		101.3	95.6	103.7	99.4	~	103.7		○
Methylene chloride									—
1-Propanol		102.4	94.2	101.3	102.2	94.2	~	102.4	○
2-Butanone		100.0	99.9	100.4	99.7	99.7	~	100.4	○
Hexane		97.4	105.2	101.7	95.7	95.7	~	105.2	○
Chloroform		100.3	98.4	102.7	98.6	98.4	~	102.7	○
Ethyl Acetate		98.7	103.1	99.8	98.5	98.5	~	103.1	○
2,4-Dimethylpentane		96.8	105.0	106.0	92.2	92.2	~	106.0	○
1,2-Dichloroethane		100.3	98.6	102.1	99.0	98.6	~	102.1	○
Benzene		99.2	102.5	98.0	100.3	98.0	~	102.5	○
<i>n</i> -Butanol		100.8	98.7	98.9	101.7	98.7	~	101.7	○
1,2-Dichloropropane		99.8	99.9	101.7	98.6	98.6	~	101.7	○
Iso-octane		98.8	101.5	103.3	96.4	96.4	~	103.3	○
Trichloroethylene		99.8	100.0	101.4	98.9	98.9	~	101.4	○
Bromodichloromethane		100.2	99.0	101.7	99.2	99.0	~	101.7	○
<i>n</i> -Heptane		99.3	101.1	101.3	98.3	98.3	~	101.3	○
4-Methyl-2-pentanone		99.5	100.7	100.8	98.9	98.9	~	100.8	○
Toluene		99.0	102.1	100.4	98.5	98.5	~	102.1	○
Dibromochloromethane		100.0	99.6	101.1	99.3	99.3	~	101.1	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		99.3	101.4	100.4	98.9	98.9	~	101.4	○
<i>n</i> -Octane		98.9	102.2	100.7	98.2	98.2	~	102.2	○
Tetrachloroethene		99.5	100.7	101.0	98.7	98.7	~	101.0	○
Ethylbenzene		99.2	101.6	100.9	98.4	98.4	~	101.6	○
<i>m</i> -Xylene		99.5	101.1	100.3	99.2	99.2	~	101.1	○
<i>p</i> -Xylene		99.0	101.8	101.6	97.7	97.7	~	101.8	○
Styrene		99.5	101.0	100.2	99.3	99.3	~	101.0	○
<i>o</i> -Xylene		99.2	101.5	100.7	98.6	98.6	~	101.5	○
<i>n</i> -Nonane		99.0	101.9	100.8	98.2	98.2	~	101.9	○
α -pinene		99.1	101.7	101.0	98.2	98.2	~	101.7	○
3-Ethyltoluene		99.0	101.8	100.8	98.3	98.3	~	101.8	○
4-Ethyltoluene		99.1	101.9	100.6	98.5	98.5	~	101.9	○
1,3,5-Trimethylbenzene		99.1	101.7	100.7	98.5	98.5	~	101.7	○
2-Ethyltoluene		99.1	101.8	100.6	98.5	98.5	~	101.8	○
β -Pinene		100.8	99.3	97.4	102.6	97.4	~	102.6	○
1,2,4-Trimethylbenzene		99.1	101.8	100.6	98.5	98.5	~	101.8	○
<i>n</i> -Decane		99.0	102.2	100.5	98.4	98.4	~	102.2	○
1,4-Dichlorobenzene		99.1	102.0	100.4	98.6	98.6	~	102.0	○
2-Ethyl-1-hexanol		100.7	99.3	97.5	102.5	97.5	~	102.5	○
1,2,3-Trimethylbenzene		99.1	101.9	100.7	98.4	98.4	~	101.9	○
Limonene		99.3	101.4	100.7	98.6	98.6	~	101.4	○
Nonanal		99.6	100.6	100.8	99.0	99.0	~	100.8	○
<i>n</i> -Undecane		98.8	102.6	100.4	98.2	98.2	~	102.6	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		99.1	101.6	100.8	98.4	98.4	~	101.6	○
Decanal		100.8	97.8	100.9	100.5	97.8	~	100.9	○
<i>n</i> -Dodecane		98.4	103.3	100.7	97.6	97.6	~	103.3	○
<i>n</i> -Tridecane		98.7	102.6	100.7	98.0	98.0	~	102.6	○
<i>n</i> -Tetradecane		99.1	101.6	100.8	98.4	98.4	~	101.6	○
<i>n</i> -Pentadecane		99.3	101.5	100.3	98.9	98.9	~	101.5	○
<i>n</i> -Hexadecane		99.4	101.1	100.6	98.9	98.9	~	101.1	○
TMPD-DIB		99.3	101.9	99.4	99.5	99.3	~	101.9	○
TMPD-MIB		100.0	99.3	101.8	98.9	98.9	~	101.8	○

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表1-2 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(①)の併行精度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け有

化合物名	含有量 (ng)	併行精度 (%)				併行精度範囲			判定*
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol								—	
Acetone		9.3	20.5	6.0	11.4	6.0	~	20.5	×
2-Propanol		1.9	6.1	3.8	0.5	0.5	~	6.1	○
Methylene chloride									—
1-Propanol		2.5	7.4	3.4	1.3	1.3	~	7.4	○
2-Butanone		0.3	0.9	0.4	0.2	0.2	~	0.9	○
Hexane		2.6	6.1	2.3	2.2	2.2	~	6.1	○
Chloroform		1.4	3.5	1.5	1.8	1.4	~	3.5	○
Ethyl Acetate		2.5	6.5	3.2	1.8	1.8	~	6.5	○
2,4-Dimethylpentane		2.7	4.2	4.3	6.4	2.7	~	6.4	○
1,2-Dichloroethane		1.0	2.2	1.6	1.8	1.0	~	2.2	○
Benzene		3.9	8.3	0.9	5.4	0.9	~	8.3	○
<i>n</i> -Butanol		1.0	2.7	1.1	0.6	0.6	~	2.7	○
1,2-Dichloropropane		0.5	1.2	1.2	1.0	0.5	~	1.2	○
Iso-octane		0.5	0.5	2.0	1.9	0.5	~	2.0	○
Trichloroethylene		0.7	1.9	1.8	1.3	0.7	~	1.9	○
Bromodichloromethane		0.5	1.6	1.2	0.5	0.5	~	1.6	○
<i>n</i> -Heptane		0.6	1.9	1.4	0.2	0.2	~	1.9	○
4-Methyl-2-pentanone		0.4	1.0	1.0	0.9	0.4	~	1.0	○
Toluene		0.9	2.3	1.3	0.5	0.5	~	2.3	○
Dibromochloromethane		0.3	0.6	0.8	0.7	0.3	~	0.8	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		0.8	1.7	0.5	1.4	0.5	~	1.7	○
<i>n</i> -Octane		0.8	2.1	1.3	0.9	0.8	~	2.1	○
Tetrachloroethene		0.2	0.9	1.2	0.5	0.2	~	1.2	○
Ethylbenzene		0.8	1.9	1.1	0.9	0.8	~	1.9	○
<i>m</i> -Xylene		0.6	1.8	1.8	0.9	0.6	~	1.8	○
<i>p</i> -Xylene		0.7	1.1	1.1	1.5	0.7	~	1.5	○
Styrene		0.6	1.3	0.8	1.1	0.6	~	1.3	○
<i>o</i> -Xylene		0.5	1.2	1.2	0.9	0.5	~	1.2	○
<i>n</i> -Nonane		0.7	1.9	1.3	0.9	0.7	~	1.9	○
α -pinene		0.5	0.9	0.9	1.1	0.5	~	1.1	○
3-Ethyltoluene		0.5	1.4	1.1	0.7	0.5	~	1.4	○
4-Ethyltoluene		0.5	1.4	1.4	0.6	0.5	~	1.4	○
1,3,5-Trimethylbenzene		0.6	1.5	1.2	0.7	0.6	~	1.5	○
2-Ethyltoluene		0.5	1.4	1.2	0.6	0.5	~	1.4	○
β -Pinene		2.2	5.3	2.2	2.6	2.2	~	5.3	○
1,2,4-Trimethylbenzene		0.5	1.4	1.3	0.7	0.5	~	1.4	○
<i>n</i> -Decane		0.6	1.8	1.2	0.4	0.4	~	1.8	○
1,4-Dichlorobenzene		0.5	1.6	1.4	0.5	0.5	~	1.6	○
2-Ethyl-1-hexanol		0.7	2.0	1.4	0.3	0.3	~	2.0	○
1,2,3-Trimethylbenzene		0.5	1.5	1.1	0.5	0.5	~	1.5	○
Limonene		1.2	2.4	1.0	2.1	1.0	~	2.4	○
Nonanal		0.9	2.1	0.3	1.2	0.3	~	2.1	○
<i>n</i> -Undecane		0.6	1.5	1.0	0.2	0.2	~	1.5	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		0.5	1.5	1.0	0.4	0.4	~	1.5	○
Decanal		1.3	2.8	0.5	1.9	0.5	~	2.8	○
<i>n</i> -Dodecane		0.7	2.0	1.1	0.2	0.2	~	2.0	○
<i>n</i> -Tridecane		0.7	1.8	1.1	0.2	0.2	~	1.8	○
<i>n</i> -Tetradecane		0.8	2.4	1.7	0.2	0.2	~	2.4	○
<i>n</i> -Pentadecane		0.5	1.8	1.9	0.6	0.5	~	1.9	○
<i>n</i> -Hexadecane		0.5	1.9	2.0	0.6	0.5	~	2.0	○
TMPD-DIB		0.4	1.1	1.1	0.8	0.4	~	1.1	○
TMPD-MIB		2.5	4.3	4.8	6.1	2.5	~	6.1	○

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表1-3 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(②)の真度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)				真度範囲			判定*
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol									—
Acetone		67.4	100.1	112.2	98.4	67.4	~	112.2	×
2-Propanol		99.5	94.9	103.6	99.6	94.9	~	103.6	○
Methylene chloride									—
1-Propanol		107.2	95.5	100.3	100.1	95.5	~	107.2	○
2-Butanone		99.3	99.7	100.5	99.9	99.3	~	100.5	○
Hexane		86.0	102.9	103.3	99.5	86.0	~	103.3	△
Chloroform		96.6	97.4	103.0	99.7	96.6	~	103.0	○
Ethyl Acetate		94.9	102.4	100.3	99.9	94.9	~	102.4	○
2,4-Dimethylpentane		73.9	100.2	109.7	98.7	73.9	~	109.7	×
1,2-Dichloroethane		97.7	97.9	102.3	99.7	97.7	~	102.3	○
Benzene		99.4	103.1	98.2	100.2	98.2	~	103.1	○
<i>n</i> -Butanol		104.8	99.7	98.4	100.2	98.4	~	104.8	○
1,2-Dichloropropane		96.2	99.0	102.1	99.7	96.2	~	102.1	○
Iso-octane		89.3	99.2	104.6	99.4	89.3	~	104.6	△
Trichloroethylene		96.9	99.2	101.7	99.8	96.9	~	101.7	○
Bromodichloromethane		98.0	98.4	101.8	99.8	98.0	~	101.8	○
<i>n</i> -Heptane		95.1	100.0	101.8	99.8	95.1	~	101.8	○
4-Methyl-2-pentanone		96.9	100.1	101.1	99.8	96.9	~	101.1	○
Toluene		95.3	101.2	100.9	99.8	95.3	~	101.2	○
Dibromochloromethane		98.2	99.1	101.3	99.8	98.2	~	101.3	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		96.4	100.8	100.8	99.9	96.4	~	100.8	○
<i>n</i> -Octane		94.4	101.1	101.4	99.8	94.4	~	101.4	○
Tetrachloroethene		96.3	99.9	101.4	99.8	96.3	~	101.4	○
Ethylbenzene		95.1	100.6	101.4	99.8	95.1	~	101.4	○
<i>m</i> -Xylene		97.3	100.6	100.6	99.9	97.3	~	100.6	○
<i>p</i> -Xylene		93.0	100.4	102.4	99.7	93.0	~	102.4	○
Styrene		97.7	100.6	100.4	99.9	97.7	~	100.6	○
<i>o</i> -Xylene		95.8	100.7	101.1	99.8	95.8	~	101.1	○
<i>n</i> -Nonane		94.6	100.9	101.4	99.8	94.6	~	101.4	○
α -pinene		94.5	100.6	101.6	99.8	94.5	~	101.6	○
3-Ethyltoluene		94.7	100.8	101.4	99.8	94.7	~	101.4	○
4-Ethyltoluene		95.2	101.0	101.2	99.8	95.2	~	101.2	○
1,3,5-Trimethylbenzene		95.4	100.8	101.2	99.8	95.4	~	101.2	○
2-Ethyltoluene		95.5	100.9	101.1	99.8	95.5	~	101.1	○
β -Pinene		106.9	101.0	96.8	100.4	96.8	~	106.9	○
1,2,4-Trimethylbenzene		95.3	100.9	101.1	99.8	95.3	~	101.1	○
<i>n</i> -Decane		95.0	101.3	101.0	99.8	95.0	~	101.3	○
1,4-Dichlorobenzene		95.5	101.2	100.9	99.9	95.5	~	101.2	○
2-Ethyl-1-hexanol		106.7	100.8	96.9	100.4	96.9	~	106.7	○
1,2,3-Trimethylbenzene		94.9	100.9	101.3	99.8	94.9	~	101.3	○
Limonene		95.7	100.6	101.2	99.8	95.7	~	101.2	○
Nonanal		97.0	99.9	101.1	99.8	97.0	~	101.1	○
<i>n</i> -Undecane		94.4	101.6	101.0	99.8	94.4	~	101.6	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		95.2	100.7	101.3	99.8	95.2	~	101.3	○
Decanal		101.8	98.0	100.6	100.0	98.0	~	101.8	○
<i>n</i> -Dodecane		92.3	102.0	101.6	99.7	92.3	~	102.0	○
<i>n</i> -Tridecane		93.6	101.4	101.5	99.8	93.6	~	101.5	○
<i>n</i> -Tetradecane		95.2	100.7	101.3	99.8	95.2	~	101.3	○
<i>n</i> -Pentadecane		96.4	100.9	100.8	99.9	96.4	~	100.9	○
<i>n</i> -Hexadecane		96.6	100.4	101.0	99.9	96.6	~	101.0	○
TMPD-DIB		98.0	101.6	99.6	100.0	98.0	~	101.6	○
TMPD-MIB		96.1	98.5	102.5	99.7	96.1	~	102.5	○

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表1-4 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(②)の併行精度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け無

化合物名	併行精度(%)							
	含有量 (ng)	STD1	STD2	STD3	STD4	併行精度範囲		判定*
		5	10	20	50			
Ethanol								—
Acetone		62.6	20.3	7.3	1.2	1.2	~ 62.6	×
2-Propanol		2.2	6.5	3.5	0.3	0.3	~ 6.5	○
Methylene chloride								—
1-Propanol		4.7	6.7	2.8	0.2	0.2	~ 6.7	○
2-Butanone		0.9	0.8	0.3	0.0	0.0	~ 0.9	○
Hexane		9.5	5.9	1.8	0.2	0.2	~ 9.5	○
Chloroform		5.8	2.9	1.7	0.2	0.2	~ 5.8	○
Ethyl Acetate		6.9	6.4	2.8	0.3	0.3	~ 6.9	○
2,4-Dimethylpentane		28.9	2.0	7.3	1.1	1.1	~ 28.9	×
1,2-Dichloroethane		5.4	1.9	2.0	0.3	0.3	~ 5.4	○
Benzene		16.4	5.3	2.5	0.5	0.5	~ 16.4	△
<i>n</i> -Butanol		2.2	2.4	0.9	0.1	0.1	~ 2.4	○
1,2-Dichloropropane		2.9	1.3	1.4	0.2	0.2	~ 2.9	○
Iso-octane		6.2	1.1	2.6	0.3	0.3	~ 6.2	○
Trichloroethylene		3.9	2.1	2.1	0.2	0.2	~ 3.9	○
Bromodichloromethane		1.5	1.7	1.2	0.1	0.1	~ 1.7	○
<i>n</i> -Heptane		0.3	2.2	1.4	0.1	0.1	~ 2.2	○
4-Methyl-2-pentanone		2.6	1.0	1.2	0.1	0.1	~ 2.6	○
Toluene		2.0	2.4	1.1	0.1	0.1	~ 2.4	○
Dibromochloromethane		2.1	0.7	1.0	0.1	0.1	~ 2.1	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		4.5	1.0	1.0	0.2	0.2	~ 4.5	○
<i>n</i> -Octane		3.0	2.1	1.3	0.2	0.2	~ 3.0	○
Tetrachloroethene		1.1	1.3	1.3	0.1	0.1	~ 1.3	○
Ethylbenzene		2.9	1.8	1.1	0.1	0.1	~ 2.9	○
<i>m</i> -Xylene		2.5	2.1	1.9	0.2	0.2	~ 2.5	○
<i>p</i> -Xylene		4.9	0.4	1.6	0.2	0.2	~ 4.9	○
Styrene		3.5	0.9	1.1	0.2	0.2	~ 3.5	○
<i>o</i> -Xylene		2.6	1.3	1.3	0.2	0.2	~ 2.6	○
<i>n</i> -Nonane		2.9	1.9	1.4	0.2	0.2	~ 2.9	○
α -pinene		3.5	0.6	1.2	0.2	0.2	~ 3.5	○
3-Ethyltoluene		2.3	1.5	1.2	0.1	0.1	~ 2.3	○
4-Ethyltoluene		1.8	1.8	1.5	0.2	0.2	~ 1.8	○
1,3,5-Trimethylbenzene		2.0	1.7	1.3	0.1	0.1	~ 2.0	○
2-Ethyltoluene		1.8	1.6	1.2	0.1	0.1	~ 1.8	○
β -Pinene		7.4	4.1	2.4	0.3	0.3	~ 7.4	○
1,2,4-Trimethylbenzene		2.1	1.6	1.5	0.2	0.2	~ 2.1	○
<i>n</i> -Decane		1.5	1.9	1.1	0.1	0.1	~ 1.9	○
1,4-Dichlorobenzene		1.4	1.9	1.5	0.2	0.2	~ 1.9	○
2-Ethyl-1-hexanol		0.7	2.1	1.3	0.1	0.1	~ 2.1	○
1,2,3-Trimethylbenzene		1.7	1.6	1.1	0.1	0.1	~ 1.7	○
Limonene		6.8	1.4	1.6	0.2	0.2	~ 6.8	○
Nonanal		3.9	1.5	0.5	0.1	0.1	~ 3.9	○
<i>n</i> -Undecane		1.0	1.6	0.9	0.1	0.1	~ 1.6	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		1.2	1.7	1.0	0.1	0.1	~ 1.7	○
Decanal		5.7	1.7	1.1	0.2	0.2	~ 5.7	○
<i>n</i> -Dodecane		1.4	2.1	0.9	0.1	0.1	~ 2.1	○
<i>n</i> -Tridecane		1.1	1.9	1.0	0.1	0.1	~ 1.9	○
<i>n</i> -Tetradecane		0.7	2.6	1.6	0.2	0.2	~ 2.6	○
<i>n</i> -Pentadecane		1.2	2.3	2.0	0.2	0.2	~ 2.3	○
<i>n</i> -Hexadecane		1.1	2.5	2.0	0.2	0.2	~ 2.5	○
TMPD-DIB		2.4	1.2	1.3	0.1	0.1	~ 2.4	○
TMPD-MIB		19.3	2.1	7.0	0.9	0.9	~ 19.3	△

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表1-5 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(③および⑤)の真度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(③)および5 ng - 50 ng(⑤))、重み付け有

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)												
		STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng			
		2	5	10	20	50	真度範囲		判定※	真度範囲		判定※		
Ethanol														
Acetone		98.2	102.5	102.7	106.8	89.8	~	106.8	△	89.8	~	106.8	△	
2-Propanol		100.2	100.8	95.5	103.9	95.5	~	103.9	○	95.5	~	103.9	○	
Methylene chloride														
1-Propanol		101.1	99.5	93.6	102.1	93.6	~	103.8	○	93.6	~	103.8	○	
2-Butanone		101.8	95.3	99.1	101.7	95.3	~	102.1	○	95.3	~	102.1	○	
Hexane		98.5	101.5	105.7	100.6	93.8	~	105.7	○	93.8	~	105.7	○	
Chloroform		100.0	100.2	98.3	102.7	98.3	~	102.7	○	98.3	~	102.7	○	
Ethyl Acetate		100.1	98.3	103.0	99.8	98.3	~	103.0	○	98.3	~	103.0	○	
2,4-Dimethylpentane		101.0	94.0	104.9	107.0	93.1	~	107.0	○	93.1	~	107.0	○	
1,2-Dichloroethane		100.2	99.8	98.5	102.2	98.5	~	102.2	○	98.5	~	102.2	○	
Benzene		103.5	89.9	102.0	100.3	89.9	~	104.4	△	89.9	~	104.4	△	
n-Butanol		102.3	94.7	97.7	100.4	94.7	~	104.8	○	94.7	~	104.8	○	
1,2-Dichloropropane		100.3	98.9	99.8	101.9	98.9	~	101.9	○	98.9	~	101.9	○	
Iso-octane		99.3	100.7	101.8	102.7	95.5	~	102.7	○	95.5	~	102.7	○	
Trichloroethylene		100.5	98.5	99.8	101.7	98.5	~	101.7	○	98.5	~	101.7	○	
Bromodichloromethane		100.9	98.0	98.6	102.3	98.0	~	102.3	○	98.0	~	102.3	○	
n-Heptane		100.6	97.8	100.8	101.7	99.1	~	101.7	○	97.8	~	101.7	○	
4-Methyl-2-pentanone		101.4	95.9	100.2	101.7	95.9	~	101.7	○	95.9	~	101.7	○	
Toluene		101.1	96.2	101.7	101.1	99.9	~	101.7	○	96.2	~	101.7	○	
Dibromochloromethane		101.4	96.3	99.0	102.1	96.3	~	102.1	○	96.3	~	102.1	○	
n-Butyl Acetate		100.8	97.1	101.1	101.0	97.1	~	101.1	○	97.1	~	101.1	○	
n-Octane		101.0	96.4	101.8	101.4	96.4	~	101.8	○	96.4	~	101.8	○	
Tetrachloroethene		100.6	98.1	100.5	101.4	98.1	~	101.4	○	98.1	~	101.4	○	
Ethylbenzene		100.8	97.0	101.3	101.5	97.0	~	101.5	○	97.0	~	101.5	○	
m-Xylene		101.5	95.6	100.5	101.3	95.6	~	101.5	○	95.6	~	101.3	○	
p-Xylene		100.2	98.3	101.7	101.8	98.0	~	101.8	○	98.0	~	101.8	○	
Styrene		101.7	95.1	100.4	101.3	95.1	~	101.7	○	95.1	~	101.5	○	
o-Xylene		100.8	97.2	101.2	101.2	97.2	~	101.2	○	97.2	~	101.2	○	
n-Nonane		101.1	96.0	101.5	101.6	96.0	~	101.6	○	96.0	~	101.6	○	
α-pinene		100.9	96.8	101.4	101.6	96.8	~	101.6	○	96.8	~	101.6	○	
3-Ethyltoluene		100.8	97.0	101.5	101.4	97.0	~	101.5	○	97.0	~	101.5	○	
4-Ethyltoluene		100.8	97.0	101.5	101.2	97.0	~	101.5	○	97.0	~	101.5	○	
1,3,5-Trimethylbenzene		100.8	97.0	101.4	101.3	97.0	~	101.4	○	97.0	~	101.4	○	
2-Ethyltoluene		100.6	97.4	101.5	101.0	97.4	~	101.5	○	97.4	~	101.5	○	
β-Pinene		103.4	92.0	97.8	99.6	92.0	~	107.3	○	92.0	~	107.3	○	
1,2,4-Trimethylbenzene		100.8	97.1	101.5	101.1	97.1	~	101.5	○	97.1	~	101.5	○	
n-Decane		101.1	96.2	101.8	101.2	96.2	~	101.8	○	96.2	~	101.8	○	
1,4-Dichlorobenzene		100.6	97.4	101.7	100.8	97.4	~	101.7	○	97.4	~	101.7	○	
2-Ethyl-1-hexanol		101.3	97.5	98.7	98.3	97.5	~	104.2	○	97.5	~	104.2	○	
1,2,3-Trimethylbenzene		100.7	97.3	101.6	101.2	97.3	~	101.6	○	97.3	~	101.6	○	
Limonene		102.0	94.1	100.6	102.1	94.1	~	102.1	○	94.1	~	102.1	○	
Nonanal		103.0	91.9	99.4	102.9	91.9	~	103.0	○	91.9	~	102.9	○	
n-Undecane		100.6	97.2	102.3	100.8	97.2	~	102.3	○	97.2	~	102.3	○	
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		100.5	97.7	101.4	101.2	97.7	~	101.4	○	97.7	~	101.4	○	
Decanal		103.4	92.1	96.3	103.2	92.1	~	105.0	○	92.1	~	105.0	○	
n-Dodecane		100.8	96.4	103.0	101.2	96.4	~	103.0	○	96.4	~	103.0	○	
n-Tridecane		101.2	95.7	102.1	101.6	95.7	~	102.1	○	95.7	~	102.1	○	
n-Tetradecane		101.4	95.5	101.1	101.8	95.5	~	101.8	○	95.5	~	101.8	○	
n-Pentadecane		101.4	95.5	101.0	101.3	95.5	~	101.4	○	95.5	~	101.3	○	
n-Hexadecane		101.4	95.9	100.5	101.6	95.9	~	101.6	○	95.9	~	101.6	○	
TMPD-DIB		100.7	97.5	101.6	99.8	97.5	~	101.6	○	97.5	~	101.6	○	
TMPD-MIB		102.5	93.7	98.2	103.5	93.7	~	103.5	○	93.7	~	103.5	○	

※真度判定 ○：90～110%以内、△：80～120%以内、×：80～120%を超過、－：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表1-6 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(③および⑤)の併行精度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(③)および5 ng - 50 ng(⑤))、重み付け有

化合物名	含有量 (ng)	併行精度 (%)														
		STD					定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng					
		STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	併行精度範囲		判定*	併行精度範囲		判定*				
2	5	10	20	50	2	5	10	20	50	併行精度範囲	判定*	併行精度範囲	判定*			
Ethanol												—				
Acetone		9.2	16.6	21.1	11.6	20.8	9.2	~	21.1	×			11.6	~	21.1	×
2-Propanol		0.7	0.8	6.5	4.3	0.9	0.7	~	6.5	○			0.8	~	6.5	○
Methylene chloride												—				
1-Propanol		1.8	4.8	7.9	3.6	3.4	1.8	~	7.9	○			3.4	~	7.9	○
2-Butanone		3.4	9.3	2.1	2.5	4.8	2.1	~	9.3	○			2.1	~	9.3	○
Hexane		0.9	3.2	5.9	2.0	2.8	0.9	~	5.9	○			2.0	~	5.9	○
Chloroform		0.8	1.0	3.9	1.9	2.6	0.8	~	3.9	○			1.0	~	3.9	○
Ethyl Acetate		0.5	3.4	6.4	2.9	2.1	0.5	~	6.4	○			2.1	~	6.4	○
2,4-Dimethylpentane		4.7	15.6	3.5	7.9	3.1	3.1	~	15.6	△			3.1	~	15.6	△
1,2-Dichloroethane		0.9	1.5	2.7	1.7	2.8	0.9	~	2.8	○			1.5	~	2.8	○
Benzene		7.6	27.0	5.6	5.7	5.2	5.2	~	27.0	×			5.2	~	27.0	×
n-Butanol		2.3	7.5	2.0	1.0	2.4	1.0	~	7.5	○			1.0	~	7.5	○
1,2-Dichloropropane		0.4	0.6	1.4	1.3	1.2	0.4	~	1.4	○			0.6	~	1.4	○
Iso-octane		0.5	0.7	0.6	1.7	2.5	0.5	~	2.5	○			0.6	~	2.5	○
Trichloroethylene		0.7	1.1	2.1	1.8	2.1	0.7	~	2.1	○			1.1	~	2.1	○
Bromodichloromethane		0.8	1.6	1.9	1.5	1.4	0.8	~	1.9	○			1.4	~	1.9	○
n-Heptane		0.7	2.3	1.7	1.1	1.1	0.7	~	2.3	○			1.1	~	2.3	○
4-Methyl-2-pentanone		0.2	0.7	1.1	1.2	0.7	0.2	~	1.2	○			0.7	~	1.2	○
Toluene		1.1	3.5	2.1	0.8	1.6	0.8	~	3.5	○			0.8	~	3.5	○
Dibromochloromethane		0.5	1.7	0.4	1.0	0.5	0.4	~	1.7	○			0.4	~	1.7	○
n-Butyl Acetate		1.2	2.8	2.1	0.8	2.6	0.8	~	2.8	○			0.8	~	2.8	○
n-Octane		0.9	3.0	1.9	0.7	1.8	0.7	~	3.0	○			0.7	~	3.0	○
Tetrachloroethene		0.4	1.3	0.7	0.9	1.0	0.4	~	1.3	○			0.7	~	1.3	○
Ethylbenzene		0.1	0.9	1.9	1.1	0.8	0.1	~	1.9	○			0.8	~	1.9	○
m-Xylene		0.5	1.4	1.8	1.6	1.6	0.5	~	1.8	○			1.4	~	1.8	○
p-Xylene		0.7	2.2	1.0	1.5	1.1	0.7	~	2.2	○			1.0	~	2.2	○
Styrene		0.2	1.0	1.3	0.7	1.3	0.2	~	1.3	○			0.7	~	1.3	○
o-Xylene		0.3	1.4	1.2	1.3	0.6	0.3	~	1.4	○			0.6	~	1.4	○
n-Nonane		0.5	1.8	1.8	0.9	1.3	0.5	~	1.8	○			0.9	~	1.8	○
α-pinene		0.3	1.1	0.9	1.1	0.9	0.3	~	1.1	○			0.9	~	1.1	○
3-Ethyltoluene		0.2	0.8	1.4	1.2	0.5	0.2	~	1.4	○			0.5	~	1.4	○
4-Ethyltoluene		0.3	1.1	1.4	1.5	0.4	0.3	~	1.5	○			0.4	~	1.5	○
1,3,5-Trimethylbenzene		0.1	0.8	1.6	1.3	0.5	0.1	~	1.6	○			0.5	~	1.6	○
2-Ethyltoluene		0.2	0.8	1.5	1.3	0.3	0.2	~	1.5	○			0.3	~	1.5	○
β-Pinene		1.3	4.1	5.9	3.1	2.7	1.3	~	5.9	○			2.7	~	5.9	○
1,2,4-Trimethylbenzene		0.2	0.8	1.4	1.5	0.5	0.2	~	1.5	○			0.5	~	1.5	○
n-Decane		0.3	1.1	1.8	1.0	0.7	0.3	~	1.8	○			0.7	~	1.8	○
1,4-Dichlorobenzene		0.4	1.4	1.6	1.5	0.3	0.3	~	1.6	○			0.3	~	1.6	○
2-Ethyl-1-hexanol		1.6	4.4	2.1	1.5	2.4	1.5	~	4.4	○			1.5	~	4.4	○
1,2,3-Trimethylbenzene		0.3	1.0	1.5	1.3	0.2	0.2	~	1.5	○			0.2	~	1.5	○
Limonene		0.9	3.1	2.5	1.5	2.1	0.9	~	3.1	○			1.5	~	3.1	○
Nonanal		0.1	1.1	2.2	0.4	1.2	0.1	~	2.2	○			0.4	~	2.2	○
n-Undecane		0.3	1.1	1.5	0.8	0.5	0.3	~	1.5	○			0.5	~	1.5	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		0.5	1.6	1.6	1.2	0.3	0.3	~	1.6	○			0.3	~	1.6	○
Decanal		0.7	0.8	3.3	0.1	2.9	0.1	~	3.3	○			0.1	~	3.3	○
n-Dodecane		0.3	1.4	2.0	1.0	0.5	0.3	~	2.0	○			0.5	~	2.0	○
n-Tridecane		0.2	0.4	1.9	1.2	0.4	0.2	~	1.9	○			0.4	~	1.9	○
n-Tetradecane		0.3	1.2	2.4	1.7	0.6	0.3	~	2.4	○			0.6	~	2.4	○
n-Pentadecane		0.1	0.6	1.8	1.9	0.6	0.1	~	1.9	○			0.6	~	1.9	○
n-Hexadecane		0.5	1.8	1.8	1.7	1.2	0.5	~	1.8	○			1.2	~	1.8	○
TMPD-DIB		0.5	1.1	1.3	1.4	0.8	0.5	~	1.4	○			0.8	~	1.4	○
TMPD-MIB		2.3	4.4	5.3	3.2	8.9	2.3	~	8.9	○			3.2	~	8.9	○

※併行精度判定 ○：0～10%以内、△：10～20%以内、×：20%を超過、—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表1-7 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(④および⑥)の真度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(④)および5 ng - 50 ng(⑥))、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)														
		STD					定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng					
		STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	真度範囲		判定*	真度範囲		判定*				
2	5	10	20	50												
Ethanol											—					—
Acetone											—					—
2-Propanol		97.9	99.9	95.1	103.7	99.6	95.1	~	103.7	○	95.1	~	103.7	○		
Methylene chloride										—						—
1-Propanol		117.5	103.7	93.9	99.9	100.2	93.9	~	117.5	△	93.9	~	103.7	○		
2-Butanone		109.3	97.4	98.9	100.2	100.0	97.4	~	109.3	○	97.4	~	100.2	○		
Hexane		65.7	93.1	105.8	104.2	99.2	65.7	~	105.8	×	93.1	~	105.8	○		
Chloroform		92.7	98.1	98.0	103.2	99.6	92.7	~	103.2	○	98.0	~	103.2	○		
Ethyl Acetate		92.9	96.3	103.0	100.5	99.8	92.9	~	103.0	○	96.3	~	103.0	○		
2,4-Dimethylpentane		60.7	82.2	103.6	110.6	98.4	60.7	~	110.6	×	82.2	~	110.6	△		
1,2-Dichloroethane		95.8	98.5	98.2	102.4	99.7	95.8	~	102.4	○	98.2	~	102.4	○		
Benzene		119.8	95.3	101.4	97.6	100.3	95.3	~	119.8	△	95.3	~	101.4	○		
n-Butanol		122.7	100.2	97.8	97.8	100.4	97.8	~	122.7	×	97.8	~	100.4	○		
1,2-Dichloropropane		94.8	97.3	99.4	102.2	99.7	94.8	~	102.2	○	97.3	~	102.2	○		
Iso-octane		75.5	94.4	101.3	105.2	99.2	75.5	~	105.2	×	94.4	~	105.2	○		
Trichloroethylene		97.3	97.4	99.5	101.8	99.8	97.3	~	101.8	○	97.4	~	101.8	○		
Bromodichloromethane		101.1	97.8	98.3	101.8	99.8	97.8	~	101.8	○	97.8	~	101.8	○		
n-Heptane		95.1	96.1	100.5	101.9	99.7	95.1	~	101.9	○	96.1	~	101.9	○		
4-Methyl-2-pentanone		103.5	96.2	99.8	101.0	99.9	96.2	~	103.5	○	96.2	~	101.0	○		
Toluene		99.0	95.5	101.3	101.0	99.8	95.5	~	101.3	○	95.5	~	101.3	○		
Dibromochloromethane		105.4	97.1	98.6	101.2	99.9	97.1	~	105.4	○	97.1	~	101.2	○		
n-Butyl Acetate		99.3	96.6	100.8	100.9	99.9	96.6	~	100.9	○	96.6	~	100.9	○		
n-Octane		96.7	95.0	101.4	101.4	99.8	95.0	~	101.4	○	95.0	~	101.4	○		
Tetrachloroethene		97.0	96.9	100.2	101.5	99.8	96.9	~	101.5	○	96.9	~	101.5	○		
Ethylbenzene		97.1	95.7	100.9	101.5	99.8	95.7	~	101.5	○	95.7	~	101.5	○		
m-Xylene		105.1	96.3	100.2	100.4	100.0	96.3	~	105.1	○	96.3	~	100.4	○		
p-Xylene		89.4	95.2	101.3	102.7	99.6	89.4	~	102.7	○	95.2	~	102.7	○		
Styrene		107.2	96.3	100.0	100.2	100.0	96.3	~	107.2	○	96.3	~	100.2	○		
o-Xylene		98.1	96.2	100.8	101.2	99.8	96.2	~	101.2	○	96.2	~	101.2	○		
n-Nonane		98.2	95.0	101.0	101.5	99.8	95.0	~	101.5	○	95.0	~	101.5	○		
α-pinene		96.3	95.3	101.0	101.7	99.7	95.3	~	101.7	○	95.3	~	101.7	○		
3-Ethyltoluene		96.2	95.5	101.1	101.5	99.8	95.5	~	101.5	○	95.5	~	101.5	○		
4-Ethyltoluene		97.2	95.8	101.2	101.2	99.8	95.8	~	101.2	○	95.8	~	101.2	○		
1,3,5-Trimethylbenzene		97.5	95.9	101.0	101.3	99.8	95.9	~	101.3	○	95.9	~	101.3	○		
2-Ethyltoluene		96.6	96.1	101.2	101.2	99.8	96.1	~	101.2	○	96.1	~	101.2	○		
β-Pinene		133.4	100.2	98.1	95.8	100.7	95.8	~	133.4	×	95.8	~	100.7	○		
1,2,4-Trimethylbenzene		97.1	95.9	101.2	101.2	99.8	95.9	~	101.2	○	95.9	~	101.2	○		
n-Decane		98.6	95.3	101.4	101.1	99.8	95.3	~	101.4	○	95.3	~	101.4	○		
1,4-Dichlorobenzene		96.6	96.2	101.5	101.0	99.8	96.2	~	101.5	○	96.2	~	101.5	○		
2-Ethyl-1-hexanol		120.2	102.6	99.1	96.4	100.6	96.4	~	120.2	×	96.4	~	102.6	○		
1,2,3-Trimethylbenzene		95.9	95.8	101.2	101.4	99.8	95.8	~	101.4	○	95.8	~	101.4	○		
Limonene		105.5	94.6	100.1	101.1	99.9	94.6	~	105.5	○	94.6	~	101.1	○		
Nonanal		113.4	94.3	98.8	100.8	100.0	94.3	~	113.4	○	94.3	~	100.8	○		
n-Undecane		94.9	95.4	102.0	101.2	99.8	94.9	~	102.0	○	95.4	~	102.0	○		
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		95.3	96.2	101.1	101.4	99.8	95.3	~	101.4	○	96.2	~	101.4	○		
Decanal		123.0	97.2	96.1	100.0	100.1	96.1	~	123.0	×	96.1	~	100.1	○		
n-Dodecane		92.3	93.9	102.6	101.8	99.7	92.3	~	102.6	○	93.9	~	102.6	○		
n-Tridecane		97.0	94.2	101.7	101.5	99.7	94.2	~	101.7	○	94.2	~	101.7	○		
n-Tetradecane		100.8	95.0	100.6	101.3	99.8	95.0	~	101.3	○	95.0	~	101.3	○		
n-Pentadecane		103.4	95.8	100.6	100.7	99.9	95.8	~	103.4	○	95.8	~	100.7	○		
n-Hexadecane		102.9	96.0	100.1	100.9	99.9	96.0	~	102.9	○	96.0	~	100.9	○		
TMPD-DIB		101.6	97.7	101.5	99.6	100.0	97.7	~	101.6	○	97.7	~	101.5	○		
TMPD-MIB		107.3	94.8	97.8	102.2	99.8	94.8	~	107.3	○	94.8	~	102.2	○		

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表1-8 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(④および⑥)の併行精度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(④)および5 ng - 50 ng(⑥))、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	併行精度 (%)													
		STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng				
		2	5	10	20	50	併行精度範囲		判定*	併行精度範囲		判定*			
		2	5	10	20	50	0.3	~	6.9	○	0.3	~	6.9	○	
Ethanol													-		-
Acetone															
2-Propanol	4.3	1.4	6.9	3.4	0.3	0.3	~	6.9	○	0.3	~	6.9	○		
Methylene chloride															
1-Propanol	14.2	3.2	7.5	2.8	0.3	0.3	~	14.2	△	0.3	~	7.5	○		
2-Butanone	21.3	4.2	2.5	0.7	0.2	0.2	~	21.3	×	0.2	~	4.2	○		
Hexane	23.4	5.8	6.5	1.8	0.3	0.3	~	23.4	×	0.3	~	6.5	○		
Chloroform	14.1	3.1	3.9	1.8	0.3	0.3	~	14.1	△	0.3	~	3.9	○		
Ethyl Acetate	11.3	5.0	6.7	2.8	0.3	0.3	~	11.3	△	0.3	~	6.7	○		
2,4-Dimethylpentane	28.9	23.8	3.3	7.3	1.1	1.1	~	28.9	×	1.1	~	23.8	×		
1,2-Dichloroethane	14.6	2.6	2.6	2.3	0.4	0.4	~	14.6	△	0.4	~	2.6	○		
Benzene	19.0	21.5	3.8	2.1	0.3	0.3	~	21.5	×	0.3	~	21.5	×		
n-Butanol	9.2	4.6	1.7	1.1	0.1	0.1	~	9.2	○	0.1	~	4.6	○		
1,2-Dichloropropane	6.6	1.7	1.5	1.5	0.2	0.2	~	6.6	○	0.2	~	1.7	○		
Iso-octane	17.8	2.9	0.5	2.9	0.5	0.5	~	17.8	△	0.5	~	2.9	○		
Trichloroethylene	10.7	1.8	2.3	2.2	0.3	0.3	~	10.7	△	0.3	~	2.3	○		
Bromodichloromethane	6.7	0.5	2.1	1.2	0.1	0.1	~	6.7	○	0.1	~	2.1	○		
n-Heptane	5.6	1.1	1.8	1.5	0.2	0.2	~	5.6	○	0.2	~	1.8	○		
4-Methyl-2-pentanone	3.7	1.8	1.1	1.3	0.2	0.2	~	3.7	○	0.2	~	1.8	○		
Toluene	8.2	2.3	2.2	1.3	0.2	0.2	~	8.2	○	0.2	~	2.3	○		
Dibromochloromethane	2.4	2.0	0.5	1.1	0.1	0.1	~	2.4	○	0.1	~	2.0	○		
n-Butyl Acetate	13.5	2.3	2.1	1.3	0.3	0.3	~	13.5	△	0.3	~	2.3	○		
n-Octane	9.4	2.2	1.9	1.5	0.2	0.2	~	9.4	○	0.2	~	2.2	○		
Tetrachloroethene	5.4	0.1	0.8	1.4	0.2	0.1	~	5.4	○	0.1	~	1.4	○		
Ethylbenzene	4.3	2.0	1.9	1.2	0.2	0.2	~	4.3	○	0.2	~	2.0	○		
m-Xylene	7.5	0.9	1.9	2.1	0.3	0.3	~	7.5	○	0.3	~	2.1	○		
p-Xylene	6.5	3.8	0.9	1.7	0.3	0.3	~	6.5	○	0.3	~	3.8	○		
Styrene	5.9	2.3	1.1	1.3	0.2	0.2	~	5.9	○	0.2	~	2.3	○		
o-Xylene	3.1	2.1	1.2	1.4	0.2	0.2	~	3.1	○	0.2	~	2.1	○		
n-Nonane	6.8	1.9	1.8	1.5	0.2	0.2	~	6.8	○	0.2	~	1.9	○		
α-pinene	5.1	2.4	0.8	1.3	0.2	0.2	~	5.1	○	0.2	~	2.4	○		
3-Ethyltoluene	3.0	1.7	1.5	1.3	0.2	0.2	~	3.0	○	0.2	~	1.7	○		
4-Ethyltoluene	2.3	1.5	1.6	1.6	0.2	0.2	~	2.3	○	0.2	~	1.6	○		
1,3,5-Trimethylbenzene	2.6	1.5	1.7	1.3	0.2	0.2	~	2.6	○	0.2	~	1.7	○		
2-Ethyltoluene	1.8	1.4	1.6	1.2	0.1	0.1	~	1.8	○	0.1	~	1.6	○		
β-Pinene	9.3	6.0	5.3	2.4	0.3	0.3	~	9.3	○	0.3	~	6.0	○		
1,2,4-Trimethylbenzene	2.5	1.6	1.6	1.5	0.2	0.2	~	2.5	○	0.2	~	1.6	○		
n-Decane	3.8	1.0	1.8	1.2	0.1	0.1	~	3.8	○	0.1	~	1.8	○		
1,4-Dichlorobenzene	1.7	1.4	1.8	1.5	0.2	0.2	~	1.8	○	0.2	~	1.8	○		
2-Ethyl-1-hexanol	9.5	1.7	2.1	1.5	0.2	0.2	~	9.5	○	0.2	~	2.1	○		
1,2,3-Trimethylbenzene	1.0	1.5	1.6	1.2	0.1	0.1	~	1.6	○	0.1	~	1.6	○		
Limonene	10.0	5.0	2.3	1.9	0.3	0.3	~	10.0	△	0.3	~	5.0	○		
Nonanal	5.0	2.8	2.0	0.7	0.1	0.1	~	5.0	○	0.1	~	2.8	○		
n-Undecane	2.7	0.9	1.6	0.9	0.1	0.1	~	2.7	○	0.1	~	1.6	○		
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	1.6	1.5	1.7	1.0	0.1	0.1	~	1.7	○	0.1	~	1.7	○		
Decanal	11.2	3.2	2.9	1.5	0.3	0.3	~	11.2	△	0.3	~	3.2	○		
n-Dodecane	2.7	1.3	2.1	0.9	0.1	0.1	~	2.7	○	0.1	~	2.1	○		
n-Tridecane	2.2	0.7	2.0	0.9	0.1	0.1	~	2.2	○	0.1	~	2.0	○		
n-Tetradecane	2.9	0.6	2.6	1.6	0.2	0.2	~	2.9	○	0.2	~	2.6	○		
n-Pentadecane	3.2	0.6	2.0	2.1	0.2	0.2	~	3.2	○	0.2	~	2.1	○		
n-Hexadecane	6.0	0.2	1.9	2.2	0.3	0.2	~	6.0	○	0.2	~	2.2	○		
TMPD-DIB	4.0	1.8	1.4	1.3	0.2	0.2	~	4.0	○	0.2	~	1.8	○		
TMPD-MIB	43.8	9.5	4.4	8.1	1.3	1.3	~	43.8	×	1.3	~	9.5	○		

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、-：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表2-1 TenaxTA捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(①)の真度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け有

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)				真度範囲			判定*
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol									—
Acetone		90.6	119.5	104.3	85.6	85.6	~	119.5	△
2-Propanol		99.2	102.0	99.1	99.6	99.1	~	102.0	○
Methylene chloride									—
1-Propanol		99.0	102.3	99.9	98.8	98.8	~	102.3	○
2-Butanone		97.1	106.6	100.0	96.3	96.3	~	106.6	○
Hexane		97.7	104.8	101.1	96.4	96.4	~	104.8	○
Chloroform		98.9	102.7	99.4	99.0	98.9	~	102.7	○
Ethyl Acetate		98.9	102.8	99.0	99.3	98.9	~	102.8	○
2,4-Dimethylpentane		99.0	101.1	103.4	96.6	96.6	~	103.4	○
1,2-Dichloroethane		99.1	102.2	99.5	99.2	99.1	~	102.2	○
Benzene		96.1	106.8	105.2	91.9	91.9	~	106.8	○
<i>n</i> -Butanol		98.8	102.9	99.6	98.7	98.7	~	102.9	○
1,2-Dichloropropane		99.3	101.7	99.5	99.5	99.3	~	101.7	○
Iso-octane		99.3	101.0	101.8	98.0	98.0	~	101.8	○
Trichloroethylene		99.4	101.7	99.4	99.6	99.4	~	101.7	○
Bromodichloromethane		99.4	101.8	98.7	100.1	98.7	~	101.8	○
<i>n</i> -Heptane		98.8	102.8	100.0	98.4	98.4	~	102.8	○
4-Methyl-2-pentanone		100.1	100.3	98.4	101.2	98.4	~	101.2	○
Toluene		99.0	102.3	99.8	98.9	98.9	~	102.3	○
Dibromochloromethane		99.9	101.0	97.9	101.2	97.9	~	101.2	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		100.3	100.1	98.0	101.6	98.0	~	101.6	○
<i>n</i> -Octane		98.8	102.8	99.5	98.8	98.8	~	102.8	○
Tetrachloroethene		99.6	101.4	98.9	100.1	98.9	~	101.4	○
Ethylbenzene		99.3	102.1	98.9	99.8	98.9	~	102.1	○
<i>m</i> -Xylene		99.1	102.9	98.0	100.1	98.0	~	102.9	○
<i>p</i> -Xylene		99.6	101.1	99.5	99.8	99.5	~	101.1	○
Styrene		99.9	101.1	97.7	101.3	97.7	~	101.3	○
<i>o</i> -Xylene		99.3	102.0	98.7	99.9	98.7	~	102.0	○
<i>n</i> -Nonane		98.8	102.9	99.6	98.7	98.7	~	102.9	○
α -pinene		100.0	100.6	98.5	100.9	98.5	~	100.9	○
3-Ethyltoluene		99.4	101.7	98.8	100.0	98.8	~	101.7	○
4-Ethyltoluene		99.5	101.6	98.9	100.0	98.9	~	101.6	○
1,3,5-Trimethylbenzene		99.5	101.7	98.8	100.1	98.8	~	101.7	○
2-Ethyltoluene		99.4	101.9	98.8	100.0	98.8	~	101.9	○
β -Pinene		100.4	100.4	96.9	102.4	96.9	~	102.4	○
1,2,4-Trimethylbenzene		99.4	101.9	98.8	100.0	98.8	~	101.9	○
<i>n</i> -Decane		98.9	102.8	99.3	99.0	98.9	~	102.8	○
1,4-Dichlorobenzene		99.3	102.0	98.9	99.8	98.9	~	102.0	○
2-Ethyl-1-hexanol		101.2	97.2	100.5	101.2	97.2	~	101.2	○
1,2,3-Trimethylbenzene		99.3	102.0	98.8	99.9	98.8	~	102.0	○
Limonene		100.2	100.3	97.9	101.6	97.9	~	101.6	○
Nonanal		99.4	102.0	98.5	100.2	98.5	~	102.0	○
<i>n</i> -Undecane		98.7	103.5	98.7	99.2	98.7	~	103.5	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		99.3	102.1	98.5	100.1	98.5	~	102.1	○
Decanal		100.3	100.4	97.4	102.0	97.4	~	102.0	○
<i>n</i> -Dodecane		98.3	104.1	99.3	98.4	98.3	~	104.1	○
<i>n</i> -Tridecane		98.7	103.2	99.3	98.8	98.7	~	103.2	○
<i>n</i> -Tetradecane		98.9	102.6	99.7	98.8	98.8	~	102.6	○
<i>n</i> -Pentadecane		98.9	102.7	99.6	98.8	98.8	~	102.7	○
<i>n</i> -Hexadecane		98.7	103.2	99.3	98.8	98.7	~	103.2	○
TMPD-DIB		100.3	99.1	100.3	100.3	99.1	~	100.3	○
TMPD-MIB		101.2	97.0	101.0	100.8	97.0	~	101.2	○

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表2-2 TenaxTA捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(①)の併行精度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け有

化合物名	併行精度(%)							
	含有量 (ng)	STD1	STD2	STD3	STD4	併行精度範囲		判定*
		5	10	20	50			
Ethanol								—
Acetone		15.5	30.8	14.5	11.4	11.4	~ 30.8	×
2-Propanol		1.3	2.6	1.6	2.2	1.3	~ 2.6	○
Methylene chloride								—
1-Propanol		1.9	4.5	1.1	1.7	1.1	~ 4.5	○
2-Butanone		3.5	8.5	3.9	2.0	2.0	~ 8.5	○
Hexane		1.0	2.0	0.3	1.4	0.3	~ 2.0	○
Chloroform		0.1	0.3	1.2	0.8	0.1	~ 1.2	○
Ethyl Acetate		1.7	3.7	0.4	2.0	0.4	~ 3.7	○
2,4-Dimethylpentane		1.9	3.0	3.2	4.6	1.9	~ 4.6	○
1,2-Dichloroethane		0.2	0.7	1.5	1.0	0.2	~ 1.5	○
Benzene		3.6	10.4	8.8	2.1	2.1	~ 10.4	△
<i>n</i> -Butanol		3.1	8.1	3.8	1.9	1.9	~ 8.1	○
1,2-Dichloropropane		0.1	0.4	1.2	0.8	0.1	~ 1.2	○
Iso-octane		1.1	1.9	1.5	2.3	1.1	~ 2.3	○
Trichloroethylene		0.2	0.2	1.2	1.0	0.2	~ 1.2	○
Bromodichloromethane		0.0	0.3	0.8	0.5	0.0	~ 0.8	○
<i>n</i> -Heptane		0.8	1.8	0.3	0.9	0.3	~ 1.8	○
4-Methyl-2-pentanone		0.6	1.7	0.9	0.4	0.4	~ 1.7	○
Toluene		0.5	1.4	1.0	0.4	0.4	~ 1.4	○
Dibromochloromethane		0.1	0.3	0.5	0.3	0.1	~ 0.5	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		1.0	2.5	1.1	0.7	0.7	~ 2.5	○
<i>n</i> -Octane		0.8	2.1	0.9	0.5	0.5	~ 2.1	○
Tetrachloroethene		0.2	0.3	0.5	0.6	0.2	~ 0.6	○
Ethylbenzene		0.3	0.7	0.4	0.3	0.3	~ 0.7	○
<i>m</i> -Xylene		1.2	3.0	1.9	1.2	1.2	~ 3.0	○
<i>p</i> -Xylene		0.6	1.4	0.8	0.6	0.6	~ 1.4	○
Styrene		0.3	1.0	0.7	0.2	0.2	~ 1.0	○
<i>o</i> -Xylene		0.2	0.4	0.5	0.5	0.2	~ 0.5	○
<i>n</i> -Nonane		0.5	1.4	1.0	0.5	0.5	~ 1.4	○
α -pinene		0.6	1.8	1.5	0.8	0.6	~ 1.8	○
3-Ethyltoluene		0.2	0.5	0.5	0.2	0.2	~ 0.5	○
4-Ethyltoluene		0.3	0.4	0.4	0.6	0.3	~ 0.6	○
1,3,5-Trimethylbenzene		0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	~ 0.3	○
2-Ethyltoluene		0.1	0.3	0.5	0.2	0.1	~ 0.5	○
β -Pinene		0.9	2.5	1.9	0.9	0.9	~ 2.5	○
1,2,4-Trimethylbenzene		0.1	0.3	0.5	0.3	0.1	~ 0.5	○
<i>n</i> -Decane		0.3	0.8	0.5	0.2	0.2	~ 0.8	○
1,4-Dichlorobenzene		0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	~ 0.3	○
2-Ethyl-1-hexanol		1.5	3.3	1.1	2.4	1.1	~ 3.3	○
1,2,3-Trimethylbenzene		0.1	0.5	0.5	0.1	0.1	~ 0.5	○
Limonene		0.7	2.1	1.5	0.1	0.1	~ 2.1	○
Nonanal		1.0	2.2	0.5	1.2	0.5	~ 2.2	○
<i>n</i> -Undecane		0.7	1.4	0.2	0.9	0.2	~ 1.4	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		0.3	0.9	0.8	0.2	0.2	~ 0.9	○
Decanal		1.0	2.0	1.5	1.8	1.0	~ 2.0	○
<i>n</i> -Dodecane		0.4	0.8	0.5	0.5	0.4	~ 0.8	○
<i>n</i> -Tridecane		0.6	1.4	0.8	0.8	0.6	~ 1.4	○
<i>n</i> -Tetradecane		0.6	1.3	0.3	0.9	0.3	~ 1.3	○
<i>n</i> -Pentadecane		0.9	1.8	0.4	1.3	0.4	~ 1.8	○
<i>n</i> -Hexadecane		1.3	3.1	1.3	1.0	1.0	~ 3.1	○
TMPD-DIB		1.7	4.2	5.0	3.9	1.7	~ 5.0	○
TMPD-MIB		1.2	2.1	1.9	2.7	1.2	~ 2.7	○

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表2-3 TenaxTA捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(②)の真度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)				真度範囲			判定*
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol									—
Acetone									—
2-Propanol		98.2	101.9	99.4	100.0	98.2	~	101.9	○
Methylene chloride									—
1-Propanol		95.9	101.7	100.4	99.9	95.9	~	101.7	○
2-Butanone		87.5	105.0	101.4	99.7	87.5	~	105.0	△
Hexane		88.4	102.8	102.5	99.6	88.4	~	102.8	△
Chloroform		96.4	102.2	99.9	100.0	96.4	~	102.2	○
Ethyl Acetate		97.1	102.6	99.4	100.0	97.1	~	102.6	○
2,4-Dimethylpentane		89.4	98.8	104.7	99.4	89.4	~	104.7	△
1,2-Dichloroethane		97.2	101.8	99.8	100.0	97.2	~	101.8	○
Benzene		73.4	101.9	108.7	98.8	73.4	~	108.7	×
<i>n</i> -Butanol		95.6	102.4	100.1	99.9	95.6	~	102.4	○
1,2-Dichloropropane		98.2	101.5	99.7	100.0	98.2	~	101.5	○
Iso-octane		93.9	99.7	102.5	99.7	93.9	~	102.5	○
Trichloroethylene		98.3	101.5	99.7	100.0	98.3	~	101.5	○
Bromodichloromethane		99.7	102.0	98.8	100.1	98.8	~	102.0	○
<i>n</i> -Heptane		94.9	102.0	100.6	99.9	94.9	~	102.0	○
4-Methyl-2-pentanone		103.0	101.1	98.2	100.2	98.2	~	103.0	○
Toluene		96.4	101.8	100.2	99.9	96.4	~	101.8	○
Dibromochloromethane		102.9	101.8	97.7	100.3	97.7	~	102.9	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		104.3	101.1	97.6	100.3	97.6	~	104.3	○
<i>n</i> -Octane		96.0	102.2	100.0	99.9	96.0	~	102.2	○
Tetrachloroethene		100.0	101.5	99.0	100.1	99.0	~	101.5	○
Ethylbenzene		98.8	102.0	99.1	100.1	98.8	~	102.0	○
<i>m</i> -Xylene		99.5	103.1	98.1	100.2	98.1	~	103.1	○
<i>p</i> -Xylene		99.1	101.1	99.6	100.0	99.1	~	101.1	○
Styrene		103.1	102.0	97.5	100.3	97.5	~	103.1	○
<i>o</i> -Xylene		99.2	102.1	98.9	100.1	98.9	~	102.1	○
<i>n</i> -Nonane		95.7	102.3	100.1	99.9	95.7	~	102.3	○
α -pinene		102.2	101.2	98.4	100.2	98.4	~	102.2	○
3-Ethyltoluene		99.7	101.9	98.9	100.1	98.9	~	101.9	○
4-Ethyltoluene		99.5	101.7	99.0	100.1	99.0	~	101.7	○
1,3,5-Trimethylbenzene		99.7	101.8	98.9	100.1	98.9	~	101.8	○
2-Ethyltoluene		99.5	102.0	98.9	100.1	98.9	~	102.0	○
β -Pinene		106.2	101.9	96.4	100.4	96.4	~	106.2	○
1,2,4-Trimethylbenzene		99.4	102.0	98.9	100.1	98.9	~	102.0	○
<i>n</i> -Decane		96.5	102.4	99.7	100.0	96.5	~	102.4	○
1,4-Dichlorobenzene		98.9	102.0	99.0	100.1	98.9	~	102.0	○
2-Ethyl-1-hexanol		103.7	97.9	100.0	100.0	97.9	~	103.7	○
1,2,3-Trimethylbenzene		99.3	102.1	98.9	100.1	98.9	~	102.1	○
Limonene		104.1	101.3	97.6	100.3	97.6	~	104.1	○
Nonanal		99.9	102.2	98.6	100.1	98.6	~	102.2	○
<i>n</i> -Undecane		96.7	103.2	99.1	100.0	96.7	~	103.2	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		99.8	102.3	98.6	100.1	98.6	~	102.3	○
Decanal		105.0	101.7	97.0	100.4	97.0	~	105.0	○
<i>n</i> -Dodecane		94.3	103.3	99.9	99.9	94.3	~	103.3	○
<i>n</i> -Tridecane		95.7	102.7	99.8	100.0	95.7	~	102.7	○
<i>n</i> -Tetradecane		96.0	102.0	100.2	99.9	96.0	~	102.0	○
<i>n</i> -Pentadecane		96.0	102.1	100.1	99.9	96.0	~	102.1	○
<i>n</i> -Hexadecane		95.7	102.7	99.8	100.0	95.7	~	102.7	○
TMPD-DIB		100.6	99.2	100.3	100.0	99.2	~	100.6	○
TMPD-MIB		102.9	97.4	100.7	100.0	97.4	~	102.9	○

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表2-4 TenaxTA捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(②)の併行精度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	併行精度 (%)				併行精度範囲			判定*
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol								—	
Acetone								—	
2-Propanol		6.8	1.8	2.2	0.3	0.3	~ 6.8	○	
Methylene chloride								—	
1-Propanol		6.2	3.8	0.4	0.0	0.0	~ 6.2	○	
2-Butanone		9.7	8.7	3.0	0.2	0.2	~ 9.7	○	
Hexane		5.3	1.4	0.8	0.1	0.1	~ 5.3	○	
Chloroform		2.2	0.9	1.4	0.2	0.2	~ 2.2	○	
Ethyl Acetate		6.6	2.7	0.7	0.1	0.1	~ 6.6	○	
2,4-Dimethylpentane		15.1	0.7	4.7	0.7	0.7	~ 15.1	△	
1,2-Dichloroethane		2.9	1.1	1.7	0.2	0.2	~ 2.9	○	
Benzene		6.5	14.0	9.4	1.1	1.1	~ 14.0	△	
<i>n</i> -Butanol		7.7	7.8	3.1	0.3	0.3	~ 7.8	○	
1,2-Dichloropropane		2.3	0.9	1.4	0.2	0.2	~ 2.3	○	
Iso-octane		7.3	0.8	2.2	0.3	0.3	~ 7.3	○	
Trichloroethylene		2.6	0.7	1.5	0.2	0.2	~ 2.6	○	
Bromodichloromethane		1.2	0.6	0.9	0.1	0.1	~ 1.2	○	
<i>n</i> -Heptane		3.1	1.5	0.1	0.0	0.0	~ 3.1	○	
4-Methyl-2-pentanone		1.4	1.6	0.8	0.1	0.1	~ 1.6	○	
Toluene		1.4	1.5	1.0	0.1	0.1	~ 1.5	○	
Dibromochloromethane		0.7	0.5	0.6	0.1	0.1	~ 0.7	○	
<i>n</i> -Butyl Acetate		2.3	2.2	0.9	0.1	0.1	~ 2.3	○	
<i>n</i> -Octane		1.9	2.0	0.7	0.1	0.1	~ 2.0	○	
Tetrachloroethene		1.7	0.1	0.7	0.1	0.1	~ 1.7	○	
Ethylbenzene		1.1	0.7	0.4	0.1	0.1	~ 1.1	○	
<i>m</i> -Xylene		3.7	2.9	1.9	0.2	0.2	~ 3.7	○	
<i>p</i> -Xylene		1.9	1.3	0.8	0.1	0.1	~ 1.9	○	
Styrene		0.5	1.0	0.7	0.1	0.1	~ 1.0	○	
<i>o</i> -Xylene		1.3	0.4	0.6	0.1	0.1	~ 1.3	○	
<i>n</i> -Nonane		1.6	1.4	1.0	0.1	0.1	~ 1.6	○	
α -pinene		2.2	1.9	1.6	0.2	0.2	~ 2.2	○	
3-Ethyltoluene		0.5	0.6	0.6	0.1	0.1	~ 0.6	○	
4-Ethyltoluene		1.7	0.1	0.6	0.1	0.1	~ 1.7	○	
1,3,5-Trimethylbenzene		1.0	0.1	0.4	0.1	0.1	~ 1.0	○	
2-Ethyltoluene		0.6	0.5	0.5	0.1	0.1	~ 0.6	○	
β -Pinene		2.4	2.5	1.8	0.2	0.2	~ 2.5	○	
1,2,4-Trimethylbenzene		0.8	0.4	0.5	0.1	0.1	~ 0.8	○	
<i>n</i> -Decane		0.7	0.9	0.5	0.0	0.0	~ 0.9	○	
1,4-Dichlorobenzene		0.7	0.2	0.4	0.0	0.0	~ 0.7	○	
2-Ethyl-1-hexanol		7.0	1.9	1.8	0.3	0.3	~ 7.0	○	
1,2,3-Trimethylbenzene		0.3	0.6	0.5	0.1	0.1	~ 0.6	○	
Limonene		0.5	2.2	1.3	0.1	0.1	~ 2.2	○	
Nonanal		3.9	1.6	0.7	0.1	0.1	~ 3.9	○	
<i>n</i> -Undecane		2.9	0.9	0.5	0.1	0.1	~ 2.9	○	
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		0.3	1.1	0.8	0.1	0.1	~ 1.1	○	
Decanal		5.0	1.4	1.9	0.2	0.2	~ 5.0	○	
<i>n</i> -Dodecane		1.8	0.7	0.6	0.1	0.1	~ 1.8	○	
<i>n</i> -Tridecane		2.7	1.3	0.9	0.1	0.1	~ 2.7	○	
<i>n</i> -Tetradecane		2.9	0.9	0.5	0.1	0.1	~ 2.9	○	
<i>n</i> -Pentadecane		4.3	1.1	0.8	0.1	0.1	~ 4.3	○	
<i>n</i> -Hexadecane		3.8	2.9	1.0	0.1	0.1	~ 3.8	○	
TMPD-DIB		10.9	4.7	5.7	0.7	0.7	~ 10.9	△	
TMPD-MIB		7.5	0.4	2.7	0.4	0.4	~ 7.5	○	

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表2-5 TenaxTA捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(③および⑤)の真度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(③)および5 ng - 50 ng(⑤))、重み付け有

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)											
		STD					定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng		
		STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	真度範囲		判定*	真度範囲		判定*	
2	5	10	20	50									
Ethanol		斜線							—				—
Acetone	99.6	92.9	116.4	105.4	85.8	85.8	~	116.4	△	85.8	~	116.4	△
2-Propanol	100.1	98.9	101.9	99.2	99.8	98.9	~	101.9	○	98.9	~	101.9	○
Methylene chloride		斜線							—				—
1-Propanol	100.0	99.0	102.3	99.9	98.7	98.7	~	102.3	○	98.7	~	102.3	○
2-Butanone	100.0	97.0	106.4	100.1	96.4	96.4	~	106.4	○	96.4	~	106.4	○
Hexane	98.6	101.3	105.2	100.2	94.7	94.7	~	105.2	○	94.7	~	105.2	○
Chloroform	99.0	101.5	103.1	98.8	97.7	97.7	~	103.1	○	97.7	~	103.1	○
Ethyl Acetate	100.6	97.3	102.6	99.4	100.1	97.3	~	102.6	○	97.3	~	102.6	○
2,4-Dimethylpentane	100.3	98.1	100.9	103.6	97.1	97.1	~	103.6	○	97.1	~	103.6	○
1,2-Dichloroethane	99.3	100.9	102.5	99.0	98.3	98.3	~	102.5	○	98.3	~	102.5	○
Benzene	103.9	85.7	105.9	108.0	96.5	85.7	~	108.0	△	85.7	~	108.0	△
n-Butanol	101.7	94.3	102.3	100.7	101.0	94.3	~	102.3	○	94.3	~	102.3	○
1,2-Dichloropropane	99.5	100.6	101.9	99.1	98.8	98.8	~	101.9	○	98.8	~	101.9	○
Iso-octane	100.5	98.0	100.8	102.1	98.6	98.0	~	102.1	○	98.0	~	102.1	○
Trichloroethylene	99.4	101.0	101.9	99.0	98.7	98.7	~	101.9	○	98.7	~	101.9	○
Bromodichloromethane	99.8	100.0	101.9	98.6	99.7	98.6	~	101.9	○	98.6	~	101.9	○
n-Heptane	99.8	99.3	102.9	99.9	98.2	98.2	~	102.9	○	98.2	~	102.9	○
4-Methyl-2-pentanone	100.9	97.8	99.9	99.0	102.4	97.8	~	102.4	○	97.8	~	102.4	○
Toluene	99.8	99.5	102.4	99.6	98.7	98.7	~	102.4	○	98.7	~	102.4	○
Dibromochloromethane	100.3	99.2	100.9	98.1	101.5	98.1	~	101.5	○	98.1	~	101.5	○
n-Butyl Acetate	98.8	103.5	100.5	97.2	99.9	97.2	~	103.5	○	97.2	~	103.5	○
n-Octane	99.8	99.4	102.9	99.4	98.5	98.5	~	102.9	○	98.5	~	102.9	○
Tetrachloroethene	99.4	101.1	101.6	98.5	99.3	98.5	~	101.6	○	98.5	~	101.6	○
Ethylbenzene	99.6	100.2	102.2	98.7	99.3	98.7	~	102.2	○	98.7	~	102.2	○
m-Xylene	99.8	99.7	102.9	97.9	99.8	97.9	~	102.9	○	97.9	~	102.9	○
p-Xylene	99.5	101.0	101.3	99.1	99.1	99.1	~	101.3	○	99.1	~	101.3	○
Styrene	100.8	97.9	100.8	98.2	102.3	97.9	~	102.3	○	97.9	~	102.3	○
o-Xylene	99.6	100.3	102.2	98.5	99.4	98.5	~	102.2	○	98.5	~	102.2	○
n-Nonane	100.1	98.5	102.8	99.7	98.9	98.5	~	102.8	○	98.5	~	102.8	○
α-pinene	100.1	99.8	100.5	98.6	101.0	98.6	~	101.0	○	98.6	~	101.0	○
3-Ethyltoluene	99.8	99.9	101.8	98.7	99.8	98.7	~	101.8	○	98.7	~	101.8	○
4-Ethyltoluene	99.8	99.9	101.7	98.8	99.8	98.8	~	101.7	○	98.8	~	101.7	○
1,3,5-Trimethylbenzene	99.8	100.0	101.7	98.7	99.8	98.7	~	101.7	○	98.7	~	101.7	○
2-Ethyltoluene	99.7	100.1	102.0	98.6	99.6	98.6	~	102.0	○	98.6	~	102.0	○
β-Pinene	101.6	96.3	99.7	97.9	104.5	96.3	~	104.5	○	96.3	~	104.5	○
1,2,4-Trimethylbenzene	99.6	100.3	102.0	98.5	99.5	98.5	~	102.0	○	98.5	~	102.0	○
n-Decane	99.6	99.9	103.0	99.0	98.5	98.5	~	103.0	○	98.5	~	103.0	○
1,4-Dichlorobenzene	99.9	99.5	102.1	98.8	99.7	98.8	~	102.1	○	98.8	~	102.1	○
2-Ethyl-1-hexanol	103.2	93.0	95.7	102.6	105.5	93.0	~	105.5	○	93.0	~	105.5	○
1,2,3-Trimethylbenzene	99.6	100.3	102.1	98.5	99.4	98.5	~	102.1	○	98.5	~	102.1	○
Limonene	101.4	96.6	99.7	98.8	103.5	96.6	~	103.5	○	96.6	~	103.5	○
Nonanal	100.6	97.7	101.7	98.9	101.0	97.7	~	101.7	○	97.7	~	101.7	○
n-Undecane	99.1	101.1	103.8	98.1	97.9	97.9	~	103.8	○	97.9	~	103.8	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	99.3	101.2	102.3	98.0	99.2	98.0	~	102.3	○	98.0	~	102.3	○
Decanal	102.1	94.9	99.6	98.7	104.8	94.9	~	104.8	○	94.9	~	104.8	○
n-Dodecane	99.4	99.9	104.3	98.8	97.5	97.5	~	104.3	○	97.5	~	104.3	○
n-Tridecane	99.9	98.9	103.2	99.3	98.7	98.7	~	103.2	○	98.7	~	103.2	○
n-Tetradecane	100.0	98.9	102.6	99.7	98.8	98.8	~	102.6	○	98.8	~	102.6	○
n-Pentadecane	99.8	99.3	102.7	99.5	98.6	98.6	~	102.7	○	98.6	~	102.7	○
n-Hexadecane	101.8	94.0	102.5	100.5	101.2	94.0	~	102.5	○	94.0	~	102.5	○
TMPD-DIB	100.5	99.1	99.0	100.5	100.9	99.0	~	100.9	○	99.0	~	100.9	○
TMPD-MIB	101.8	96.4	96.1	102.3	103.3	96.1	~	103.3	○	96.1	~	103.3	○

※真度判定 ○：90～110%以内、△：80～120%以内、×：80～120%を超過、—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表2-8 TenaxTA捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(④および⑥)の併行精度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(④)および5 ng - 50 ng(⑥))、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	併行精度 (%)												
		STD					定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng			
		STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	併行精度範囲		判定*	併行精度範囲		判定*		
2	5	10	20	50	0.4	~	17.1		0.4	~	3.3			
Ethanol														
Acetone														
2-Propanol		17.1	3.3	2.8	2.6	0.4	0.4	~	17.1	○	0.4	~	3.3	○
Methylene chloride														
1-Propanol		11.5	3.9	4.6	0.1	0.1	0.1	~	11.5	△	0.1	~	4.6	○
2-Butanone		24.5	4.8	10.0	2.5	0.1	0.1	~	24.5	×	0.1	~	10.0	○
Hexane		23.8	2.0	2.7	1.2	0.3	0.3	~	23.8	×	0.3	~	2.7	○
Chloroform		7.8	1.0	0.4	1.6	0.2	0.2	~	7.8	○	0.2	~	1.6	○
Ethyl Acetate		16.4	3.1	4.1	1.1	0.3	0.3	~	16.4	△	0.3	~	4.1	○
2,4-Dimethylpentane		44.5	7.9	3.1	5.5	0.9	0.9	~	44.5	×	0.9	~	7.9	○
1,2-Dichloroethane		12.3	1.7	0.2	2.0	0.3	0.2	~	12.3	△	0.2	~	2.0	○
Benzene		25.6	7.4	12.0	9.8	1.2	1.2	~	25.6	×	1.2	~	12.0	△
n-Butanol		8.5	6.0	8.6	2.9	0.2	0.2	~	8.6	○	0.2	~	8.6	○
1,2-Dichloropropane		9.3	1.3	0.2	1.6	0.2	0.2	~	9.3	○	0.2	~	1.6	○
Iso-octane		25.6	2.5	2.4	2.8	0.5	0.5	~	25.6	×	0.5	~	2.8	○
Trichloroethylene		8.9	1.7	0.3	1.6	0.2	0.2	~	8.9	○	0.2	~	1.7	○
Bromodichloromethane		5.9	0.9	0.3	1.0	0.1	0.1	~	5.9	○	0.1	~	1.0	○
n-Heptane		10.5	1.0	2.2	0.3	0.1	0.1	~	10.5	△	0.1	~	2.2	○
4-Methyl-2-pentanone		4.9	0.6	2.1	0.7	0.1	0.1	~	4.9	○	0.1	~	2.1	○
Toluene		3.4	0.9	1.7	1.0	0.1	0.1	~	3.4	○	0.1	~	1.7	○
Dibromochloromethane		1.6	0.8	0.6	0.5	0.1	0.1	~	1.6	○	0.1	~	0.8	○
n-Butyl Acetate		13.3	1.7	3.3	0.6	0.1	0.1	~	13.3	△	0.1	~	3.3	○
n-Octane		5.6	0.8	2.4	0.6	0.0	0.0	~	5.6	○	0.0	~	2.4	○
Tetrachloroethene		3.6	1.6	0.4	0.7	0.1	0.1	~	3.6	○	0.1	~	1.6	○
Ethylbenzene		4.7	0.6	1.0	0.4	0.1	0.1	~	4.7	○	0.1	~	1.0	○
m-Xylene		15.2	1.8	4.0	1.9	0.2	0.2	~	15.2	△	0.2	~	4.0	○
p-Xylene		7.7	0.8	1.9	0.8	0.1	0.1	~	7.7	○	0.1	~	1.9	○
Styrene		0.8	0.7	1.0	0.7	0.1	0.1	~	1.0	○	0.1	~	1.0	○
o-Xylene		3.0	1.3	0.6	0.6	0.1	0.1	~	3.0	○	0.1	~	1.3	○
n-Nonane		7.2	1.3	2.0	0.9	0.1	0.1	~	7.2	○	0.1	~	2.0	○
α-pinene		2.7	1.7	2.0	1.6	0.2	0.2	~	2.7	○	0.2	~	2.0	○
3-Ethyltoluene		3.3	1.2	0.8	0.5	0.0	0.0	~	3.3	○	0.0	~	1.2	○
4-Ethyltoluene		0.7	1.6	0.1	0.6	0.1	0.1	~	1.6	○	0.1	~	1.6	○
1,3,5-Trimethylbenzene		1.5	1.1	0.2	0.4	0.1	0.1	~	1.5	○	0.1	~	1.1	○
2-Ethyltoluene		2.5	1.0	0.6	0.5	0.0	0.0	~	2.5	○	0.0	~	1.0	○
β-Pinene		1.6	2.2	2.6	1.9	0.2	0.2	~	2.6	○	0.2	~	2.6	○
1,2,4-Trimethylbenzene		2.5	1.2	0.5	0.5	0.1	0.1	~	2.5	○	0.1	~	1.2	○
n-Decane		5.9	1.1	1.3	0.4	0.0	0.0	~	5.9	○	0.0	~	1.3	○
1,4-Dichlorobenzene		4.5	1.2	0.4	0.4	0.1	0.1	~	4.5	○	0.1	~	1.2	○
2-Ethyl-1-hexanol		20.0	3.0	3.8	2.5	0.5	0.5	~	20.0	△	0.5	~	3.8	○
1,2,3-Trimethylbenzene		3.8	0.9	0.8	0.5	0.1	0.1	~	3.8	○	0.1	~	0.9	○
Limonene		1.8	0.4	2.4	1.3	0.1	0.1	~	2.4	○	0.1	~	2.4	○
Nonanal		8.2	2.2	2.3	0.9	0.2	0.2	~	8.2	○	0.2	~	2.3	○
n-Undecane		5.8	1.8	1.3	0.6	0.1	0.1	~	5.8	○	0.1	~	1.8	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		4.8	0.7	1.1	0.8	0.1	0.1	~	4.8	○	0.1	~	1.1	○
Decanal		8.6	3.2	1.8	2.2	0.3	0.3	~	8.6	○	0.3	~	3.2	○
n-Dodecane		6.9	0.8	1.1	0.6	0.1	0.1	~	6.9	○	0.1	~	1.1	○
n-Tridecane		8.9	1.8	1.9	0.9	0.1	0.1	~	8.9	○	0.1	~	1.9	○
n-Tetradecane		7.6	1.9	1.5	0.6	0.1	0.1	~	7.6	○	0.1	~	1.9	○
n-Pentadecane		9.2	2.8	1.7	1.0	0.2	0.2	~	9.2	○	0.2	~	2.8	○
n-Hexadecane		9.2	2.2	3.4	1.1	0.2	0.2	~	9.2	○	0.2	~	3.4	○
TMPD-DIB		26.9	5.7	4.1	6.5	0.9	0.9	~	26.9	×	0.9	~	6.5	○
TMPD-MIB		14.3	4.8	1.8	3.2	0.5	0.5	~	14.3	△	0.5	~	4.8	○

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、－：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表3-1 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(①)の真度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け有

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)				真度範囲			判定※
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol		97.9	106.3	96.0	99.8	96.0	~	106.3	○
Acetone									—
2-Propanol		99.2	102.4	98.3	100.1	98.3	~	102.4	○
Methylene chloride									—
1-Propanol		96.4	108.5	98.7	96.4	96.4	~	108.5	○
2-Butanone		100.3	99.8	98.5	101.4	98.5	~	101.4	○
Hexane		98.5	103.3	100.2	98.0	98.0	~	103.3	○
Chloroform		100.4	97.2	105.0	97.4	97.2	~	105.0	○
Ethyl Acetate		99.8	101.1	98.3	100.8	98.3	~	101.1	○
2,4-Dimethylpentane		98.2	104.2	99.8	97.9	97.9	~	104.2	○
1,2-Dichloroethane		99.9	99.3	102.1	98.6	98.6	~	102.1	○
Benzene		101.3	96.3	101.7	100.6	96.3	~	101.7	○
n-Butanol		100.8	99.2	97.6	102.5	97.6	~	102.5	○
1,2-Dichloropropane		99.6	101.2	99.5	99.8	99.5	~	101.2	○
Iso-octane		99.0	102.2	99.9	98.9	98.9	~	102.2	○
Trichloroethylene		99.2	102.1	99.1	99.6	99.1	~	102.1	○
Bromodichloromethane		101.6	97.2	97.9	103.3	97.2	~	103.3	○
n-Heptane		99.1	102.1	99.4	99.3	99.1	~	102.1	○
4-Methyl-2-pentanone		99.9	100.7	98.6	100.8	98.6	~	100.8	○
Toluene		99.6	101.3	98.8	100.3	98.8	~	101.3	○
Dibromochloromethane		99.7	101.0	98.8	100.4	98.8	~	101.0	○
n-Butyl Acetate		99.5	101.0	100.3	99.2	99.2	~	101.0	○
n-Octane		99.2	102.2	99.0	99.6	99.0	~	102.2	○
Tetrachloroethene		99.6	101.2	99.5	99.8	99.5	~	101.2	○
Ethylbenzene		99.2	102.0	99.4	99.4	99.2	~	102.0	○
m-Xylene		99.8	100.0	101.1	99.1	99.1	~	101.1	○
p-Xylene		99.2	102.7	97.7	100.4	97.7	~	102.7	○
Styrene		99.7	101.1	98.8	100.4	98.8	~	101.1	○
o-Xylene		99.5	101.2	99.5	99.8	99.5	~	101.2	○
n-Nonane		99.4	101.7	98.9	100.0	98.9	~	101.7	○
α-pinene		101.2	96.5	102.3	100.0	96.5	~	102.3	○
3-Ethyltoluene		99.8	100.6	99.6	100.0	99.6	~	100.6	○
4-Ethyltoluene		99.5	101.4	99.0	100.0	99.0	~	101.4	○
1,3,5-Trimethylbenzene		99.4	101.8	99.1	99.7	99.1	~	101.8	○
2-Ethyltoluene		99.4	101.7	99.0	99.9	99.0	~	101.7	○
β-Pinene		103.2	91.4	103.7	101.7	91.4	~	103.7	○
1,2,4-Trimethylbenzene		99.3	102.0	99.0	99.7	99.0	~	102.0	○
n-Decane		99.2	102.3	98.4	100.1	98.4	~	102.3	○
1,4-Dichlorobenzene		99.3	101.8	99.3	99.6	99.3	~	101.8	○
2-Ethyl-1-hexanol		101.3	98.7	95.5	104.4	95.5	~	104.4	○
1,2,3-Trimethylbenzene		99.4	101.9	98.7	100.0	98.7	~	101.9	○
Limonene		101.6	94.9	104.4	99.2	94.9	~	104.4	○
Nonanal		101.4	96.0	102.6	100.1	96.0	~	102.6	○
n-Undecane		98.4	104.3	98.1	99.1	98.1	~	104.3	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		98.5	104.0	98.4	99.1	98.4	~	104.0	○
Decanal		103.1	91.7	103.4	101.8	91.7	~	103.4	○
n-Dodecane		98.7	103.1	99.3	98.8	98.7	~	103.1	○
n-Tridecane		99.8	101.1	98.5	100.7	98.5	~	101.1	○
n-Tetradecane		100.7	98.8	99.2	101.4	98.8	~	101.4	○
n-Pentadecane		102.0	95.2	100.8	102.0	95.2	~	102.0	○
n-Hexadecane		104.4	89.6	101.2	104.8	89.6	~	104.8	△
TMPD-DIB		99.5	100.3	102.1	98.1	98.1	~	102.1	○
TMPD-MIB		98.1	102.9	103.9	95.1	95.1	~	103.9	○

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表3-2 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(①)の併行精度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け有

化合物名	含有量 (ng)	併行精度 (%)				併行精度範囲			判定※
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol		3.3	7.3	1.6	3.1	1.6	~	7.3	○
Acetone		斜線				斜線			—
2-Propanol		1.7	4.1	1.2	1.4	1.2	~	4.1	○
Methylene chloride		斜線				斜線			—
1-Propanol		3.3	9.0	7.1	0.7	0.7	~	9.0	○
2-Butanone		1.6	3.2	1.3	2.6	1.3	~	3.2	○
Hexane		1.9	3.4	2.2	3.7	1.9	~	3.7	○
Chloroform		5.8	11.2	6.0	11.5	5.8	~	11.5	△
Ethyl Acetate		1.4	2.5	2.1	3.0	1.4	~	3.0	○
2,4-Dimethylpentane		0.7	1.2	1.2	1.5	0.7	~	1.5	○
1,2-Dichloroethane		2.0	4.3	1.3	3.0	1.3	~	4.3	○
Benzene		3.0	7.7	1.3	3.0	1.3	~	7.7	○
n-Butanol		1.8	3.3	2.5	3.6	1.8	~	3.6	○
1,2-Dichloropropane		1.2	2.3	1.8	2.5	1.2	~	2.5	○
Iso-octane		1.4	2.4	2.0	2.8	1.4	~	2.8	○
Trichloroethylene		1.4	2.6	1.5	2.7	1.4	~	2.7	○
Bromodichloromethane		0.6	1.2	1.6	1.5	0.6	~	1.6	○
n-Heptane		1.8	3.2	2.3	3.6	1.8	~	3.6	○
4-Methyl-2-pentanone		1.2	2.1	1.7	2.4	1.2	~	2.4	○
Toluene		1.5	2.8	1.6	2.8	1.5	~	2.8	○
Dibromochloromethane		1.6	3.2	1.3	2.8	1.3	~	3.2	○
n-Butyl Acetate		1.9	4.8	1.8	1.7	1.7	~	4.8	○
n-Octane		1.4	2.5	1.8	2.8	1.4	~	2.8	○
Tetrachloroethene		1.2	2.1	1.5	2.4	1.2	~	2.4	○
Ethylbenzene		1.5	2.6	1.8	3.0	1.5	~	3.0	○
m-Xylene		2.2	3.5	3.6	5.0	2.2	~	5.0	○
p-Xylene		2.2	4.3	1.7	3.7	1.7	~	4.3	○
Styrene		1.3	2.3	1.9	2.7	1.3	~	2.7	○
o-Xylene		1.5	2.7	1.8	2.9	1.5	~	2.9	○
n-Nonane		1.7	2.9	2.2	3.4	1.7	~	3.4	○
α-pinene		1.0	3.0	2.0	1.2	1.0	~	3.0	○
3-Ethyltoluene		1.8	3.6	1.0	2.8	1.0	~	3.6	○
4-Ethyltoluene		1.5	2.8	2.1	3.1	1.5	~	3.1	○
1,3,5-Trimethylbenzene		1.4	2.5	1.7	2.8	1.4	~	2.8	○
2-Ethyltoluene		1.4	2.4	2.0	3.0	1.4	~	3.0	○
β-Pinene		3.0	8.8	3.1	2.5	2.5	~	8.8	○
1,2,4-Trimethylbenzene		1.5	2.6	1.8	3.0	1.5	~	3.0	○
n-Decane		1.7	3.0	1.6	3.1	1.6	~	3.1	○
1,4-Dichlorobenzene		1.4	2.5	1.7	2.7	1.4	~	2.7	○
2-Ethyl-1-hexanol		1.5	4.8	4.4	1.5	1.5	~	4.8	○
1,2,3-Trimethylbenzene		1.4	2.5	1.9	2.9	1.4	~	2.9	○
Limonene		0.6	2.6	3.9	2.4	0.6	~	3.9	○
Nonanal		1.1	3.3	6.3	4.5	1.1	~	6.3	○
n-Undecane		1.8	3.4	0.9	2.8	0.9	~	3.4	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		1.6	2.8	1.4	2.8	1.4	~	2.8	○
Decanal		1.2	7.0	9.3	4.4	1.2	~	9.3	○
n-Dodecane		2.1	4.5	1.7	2.9	1.7	~	4.5	○
n-Tridecane		1.9	4.3	2.4	2.6	1.9	~	4.3	○
n-Tetradecane		1.8	4.6	3.0	2.5	1.8	~	4.6	○
n-Pentadecane		1.6	4.2	2.9	2.4	1.6	~	4.2	○
n-Hexadecane		2.0	5.3	0.7	2.3	0.7	~	5.3	○
TMPD-DIB		3.6	6.2	5.3	7.8	3.6	~	7.8	○
TMPD-MIB		3.8	7.7	3.4	6.4	3.4	~	7.7	○

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表3-3 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(②)の真度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)				真度範囲			判定※
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol		97.6	106.8	96.4	100.3	96.4	~	106.8	○
Acetone									—
2-Propanol		99.5	102.6	98.4	100.2	98.4	~	102.6	○
Methylene chloride									—
1-Propanol		87.3	107.0	100.1	99.8	87.3	~	107.0	△
2-Butanone		103.5	100.7	98.2	100.2	98.2	~	103.5	○
Hexane		93.2	102.3	101.0	99.8	93.2	~	102.3	○
Chloroform		90.3	95.4	106.7	99.2	90.3	~	106.7	○
Ethyl Acetate		101.7	101.7	98.2	100.2	98.2	~	101.7	○
2,4-Dimethylpentane		92.8	103.1	100.6	99.8	92.8	~	103.1	○
1,2-Dichloroethane		96.1	98.4	102.5	99.7	96.1	~	102.5	○
Benzene		102.3	96.7	101.3	99.9	96.7	~	102.3	○
<i>n</i> -Butanol		106.5	100.8	97.0	100.4	97.0	~	106.5	○
1,2-Dichloropropane		99.0	101.1	99.6	100.0	99.0	~	101.1	○
Iso-octane		96.0	101.7	100.4	99.9	96.0	~	101.7	○
Trichloroethylene		98.3	102.0	99.3	100.0	98.3	~	102.0	○
Bromodichloromethane		109.2	99.2	97.1	100.4	97.1	~	109.2	○
<i>n</i> -Heptane		97.1	101.8	99.9	100.0	97.1	~	101.8	○
4-Methyl-2-pentanone		101.8	101.2	98.5	100.2	98.5	~	101.8	○
Toluene		100.3	101.6	98.8	100.1	98.8	~	101.6	○
Dibromochloromethane		100.6	101.4	98.8	100.1	98.8	~	101.4	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		97.4	100.6	100.6	99.9	97.4	~	100.6	○
<i>n</i> -Octane		98.1	102.1	99.3	100.0	98.1	~	102.1	○
Tetrachloroethene		99.0	101.1	99.6	100.0	99.0	~	101.1	○
Ethylbenzene		97.5	101.7	99.8	100.0	97.5	~	101.7	○
<i>m</i> -Xylene		96.9	99.4	101.5	99.8	96.9	~	101.5	○
<i>p</i> -Xylene		100.1	103.2	97.8	100.2	97.8	~	103.2	○
Styrene		100.6	101.4	98.9	100.1	98.9	~	101.4	○
<i>o</i> -Xylene		98.8	101.2	99.7	100.0	98.8	~	101.2	○
<i>n</i> -Nonane		99.2	101.8	99.1	100.1	99.1	~	101.8	○
α -pinene		100.9	96.3	102.1	99.8	96.3	~	102.1	○
3-Ethyltoluene		99.6	100.7	99.7	100.0	99.6	~	100.7	○
4-Ethyltoluene		99.5	101.5	99.2	100.1	99.2	~	101.5	○
1,3,5-Trimethylbenzene		98.6	101.7	99.4	100.0	98.6	~	101.7	○
2-Ethyltoluene		99.1	101.8	99.2	100.1	99.1	~	101.8	○
β -Pinene		106.5	92.3	102.7	99.8	92.3	~	106.5	○
1,2,4-Trimethylbenzene		98.5	102.0	99.2	100.1	98.5	~	102.0	○
<i>n</i> -Decane		99.4	102.5	98.5	100.1	98.5	~	102.5	○
1,4-Dichlorobenzene		98.3	101.7	99.5	100.0	98.3	~	101.7	○
2-Ethyl-1-hexanol		111.7	101.5	94.6	100.7	94.6	~	111.7	○
1,2,3-Trimethylbenzene		99.3	102.1	98.9	100.1	98.9	~	102.1	○
Limonene		99.0	93.9	104.4	99.5	93.9	~	104.4	○
Nonanal		100.9	95.6	102.6	99.8	95.6	~	102.6	○
<i>n</i> -Undecane		96.3	104.1	98.6	100.1	96.3	~	104.1	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		96.2	103.7	99.0	100.1	96.2	~	103.7	○
Decanal		106.7	92.2	102.7	99.8	92.2	~	106.7	○
<i>n</i> -Dodecane		95.7	102.6	99.9	100.0	95.7	~	102.6	○
<i>n</i> -Tridecane		101.3	101.6	98.4	100.2	98.4	~	101.6	○
<i>n</i> -Tetradecane		103.8	99.6	98.8	100.2	98.8	~	103.8	○
<i>n</i> -Pentadecane		106.5	96.3	100.0	100.1	96.3	~	106.5	○
<i>n</i> -Hexadecane		114.8	92.7	99.3	100.3	92.7	~	114.8	○
TMPD-DIB		93.2	99.1	103.1	99.6	93.2	~	103.1	○
TMPD-MIB		84.0	100.0	106.0	99.2	84.0	~	106.0	△

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表3-4 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(②)の併行精度：5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng)、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	併行精度 (%)				併行精度範囲			判定*
		STD1	STD2	STD3	STD4				
		5	10	20	50				
Ethanol		10.6	6.0	0.6	0.1	0.1	~	10.6	△
Acetone									—
2-Propanol		4.9	3.5	0.6	0.0	0.0	~	4.9	○
Methylene chloride									—
1-Propanol		3.0	10.5	6.9	0.7	0.7	~	10.5	△
2-Butanone		7.4	1.7	2.0	0.3	0.3	~	7.4	○
Hexane		11.9	1.7	3.4	0.5	0.5	~	11.9	△
Chloroform		38.0	4.1	9.9	1.5	1.5	~	38.0	×
Ethyl Acetate		8.3	1.1	2.9	0.4	0.4	~	8.3	○
2,4-Dimethylpentane		4.9	0.7	1.6	0.2	0.2	~	4.9	○
1,2-Dichloroethane		10.0	2.9	2.1	0.3	0.3	~	10.0	○
Benzene		9.6	5.7	0.5	0.1	0.1	~	9.6	○
<i>n</i> -Butanol		9.3	1.4	3.3	0.4	0.4	~	9.3	○
1,2-Dichloropropane		7.3	1.3	2.4	0.3	0.3	~	7.3	○
Iso-octane		8.7	1.2	2.8	0.4	0.4	~	8.7	○
Trichloroethylene		8.2	1.1	2.3	0.3	0.3	~	8.2	○
Bromodichloromethane		3.7	1.0	1.9	0.2	0.2	~	3.7	○
<i>n</i> -Heptane		10.9	1.4	3.4	0.5	0.5	~	10.9	△
4-Methyl-2-pentanone		6.7	1.0	2.3	0.3	0.3	~	6.7	○
Toluene		8.2	1.3	2.4	0.3	0.3	~	8.2	○
Dibromochloromethane		8.3	1.6	2.2	0.3	0.3	~	8.3	○
<i>n</i> -Butyl Acetate		6.0	4.2	1.4	0.1	0.1	~	6.0	○
<i>n</i> -Octane		8.4	1.1	2.6	0.4	0.4	~	8.4	○
Tetrachloroethene		7.1	0.7	2.2	0.3	0.3	~	7.1	○
Ethylbenzene		8.9	1.0	2.7	0.4	0.4	~	8.9	○
<i>m</i> -Xylene		15.2	0.6	5.2	0.7	0.6	~	15.2	△
<i>p</i> -Xylene		11.7	2.4	2.9	0.4	0.4	~	11.7	△
Styrene		7.7	1.1	2.6	0.3	0.3	~	7.7	○
<i>o</i> -Xylene		8.7	1.1	2.6	0.4	0.4	~	8.7	○
<i>n</i> -Nonane		9.8	1.3	3.1	0.4	0.4	~	9.8	○
α -pinene		3.4	3.1	2.1	0.2	0.2	~	3.4	○
3-Ethyltoluene		8.5	2.0	1.9	0.3	0.3	~	8.5	○
4-Ethyltoluene		9.1	1.2	2.9	0.4	0.4	~	9.1	○
1,3,5-Trimethylbenzene		8.3	0.9	2.6	0.4	0.4	~	8.3	○
2-Ethyltoluene		8.7	0.8	2.8	0.4	0.4	~	8.7	○
β -Pinene		7.8	7.5	2.4	0.2	0.2	~	7.8	○
1,2,4-Trimethylbenzene		8.8	1.0	2.7	0.4	0.4	~	8.8	○
<i>n</i> -Decane		9.0	1.3	2.5	0.4	0.4	~	9.0	○
1,4-Dichlorobenzene		8.2	1.0	2.5	0.3	0.3	~	8.2	○
2-Ethyl-1-hexanol		3.3	5.2	4.2	0.4	0.4	~	5.2	○
1,2,3-Trimethylbenzene		8.6	0.8	2.7	0.4	0.4	~	8.6	○
Limonene		6.2	4.2	4.5	0.5	0.5	~	6.2	○
Nonanal		11.6	5.8	7.4	0.9	0.9	~	11.6	△
<i>n</i> -Undecane		8.9	2.0	1.8	0.3	0.3	~	8.9	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		8.9	1.3	2.3	0.3	0.3	~	8.9	○
Decanal		9.5	10.9	10.2	1.2	1.2	~	10.9	△
<i>n</i> -Dodecane		9.7	3.3	2.3	0.3	0.3	~	9.7	○
<i>n</i> -Tridecane		7.9	3.5	2.8	0.3	0.3	~	7.9	○
<i>n</i> -Tetradecane		7.2	4.1	3.3	0.4	0.4	~	7.2	○
<i>n</i> -Pentadecane		6.5	3.7	3.2	0.4	0.4	~	6.5	○
<i>n</i> -Hexadecane		6.0	3.3	0.9	0.2	0.2	~	6.0	○
TMPD-DIB		24.1	2.4	7.6	1.1	1.1	~	24.1	×
TMPD-MIB		25.3	5.7	5.4	0.8	0.8	~	25.3	×

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、
—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表3-5 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(③および⑤)の真度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(③)および5 ng - 50 ng(⑤))、重み付け有

		真度(%)												
							定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng			
化合物名	含有量 (ng)	STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	真度範囲		判定※	真度範囲		判定※		
		2	5	10	20	50								
Ethanol		103.9	87.5	105.2	98.3	105.0	87.5	~	105.2	△	87.5	~	105.2	△
Acetone		斜線					斜線		—	斜線		—		
2-Propanol		97.8	104.9	103.2	96.9	97.2	96.9	~	104.9	○	96.9	~	104.9	○
Methylene chloride		斜線					斜線		—	斜線		—		
1-Propanol		99.2	98.7	108.7	98.1	95.3	95.3	~	108.7	○	95.3	~	108.7	○
2-Butanone		101.3	97.0	99.3	99.3	103.1	97.0	~	103.1	○	97.0	~	103.1	○
Hexane		99.8	98.9	103.4	100.1	97.8	97.8	~	103.4	○	97.8	~	103.4	○
Chloroform		斜線					斜線		—	斜線		—		
Ethyl Acetate		102.3	93.9	100.2	99.8	103.8	93.9	~	103.8	○	93.9	~	103.8	○
2,4-Dimethylpentane		100.8	96.0	103.9	100.4	98.9	96.0	~	103.9	○	96.0	~	103.9	○
1,2-Dichloroethane		斜線					斜線		—	斜線		—		
Benzene		96.4	110.5	98.5	99.1	95.5	95.5	~	110.5	△	95.5	~	110.5	△
n-Butanol		101.5	96.8	98.6	98.6	104.6	96.8	~	104.6	○	96.8	~	104.6	○
1,2-Dichloropropane		100.7	97.8	100.9	99.9	100.7	97.8	~	100.9	○	97.8	~	100.9	○
Iso-octane		100.2	98.4	102.2	100.0	99.2	98.4	~	102.2	○	98.4	~	102.2	○
Trichloroethylene		100.6	97.6	101.9	99.5	100.4	97.6	~	101.9	○	97.6	~	101.9	○
Bromodichloromethane		103.4	92.8	95.6	100.1	108.0	92.8	~	108.0	○	92.8	~	108.0	○
n-Heptane		100.4	98.1	102.0	99.7	99.8	98.1	~	102.0	○	98.1	~	102.0	○
4-Methyl-2-pentanone		101.7	95.5	100.0	99.7	103.1	95.5	~	103.1	○	95.5	~	103.1	○
Toluene		100.8	97.6	101.0	99.3	101.3	97.6	~	101.3	○	97.6	~	101.3	○
Dibromochloromethane		102.0	94.4	100.3	100.2	103.1	94.4	~	103.1	○	94.4	~	103.1	○
n-Butyl Acetate		99.7	100.3	101.3	100.0	98.7	98.7	~	101.3	○	98.7	~	101.3	○
n-Octane		101.5	95.3	101.7	100.0	101.5	95.3	~	101.7	○	95.3	~	101.7	○
Tetrachloroethene		101.4	95.9	100.6	100.4	101.6	95.9	~	101.6	○	95.9	~	101.6	○
Ethylbenzene		101.0	96.5	101.6	100.1	100.7	96.5	~	101.6	○	96.5	~	101.6	○
m-Xylene		100.6	98.2	99.8	101.5	99.9	98.2	~	101.5	○	98.2	~	101.5	○
p-Xylene		100.9	96.7	102.4	98.3	101.6	96.7	~	102.4	○	96.7	~	102.4	○
Styrene		101.3	96.4	100.6	99.7	102.1	96.4	~	102.1	○	96.4	~	102.1	○
o-Xylene		100.8	97.6	101.0	100.0	100.8	97.6	~	101.0	○	97.6	~	101.0	○
n-Nonane		101.2	96.2	101.2	99.7	101.6	96.2	~	101.6	○	96.2	~	101.6	○
α-pinene		98.5	105.0	97.2	101.2	98.1	97.2	~	105.0	○	97.2	~	105.0	○
3-Ethyltoluene		100.8	97.8	100.3	100.1	101.0	97.8	~	101.0	○	97.8	~	101.0	○
4-Ethyltoluene		100.9	97.3	101.1	99.6	101.1	97.3	~	101.1	○	97.3	~	101.1	○
1,3,5-Trimethylbenzene		100.7	97.4	101.5	99.6	100.7	97.4	~	101.5	○	97.4	~	101.5	○
2-Ethyltoluene		100.7	97.5	101.5	99.5	100.9	97.5	~	101.5	○	97.5	~	101.5	○
β-Pinene		103.0	95.7	89.7	105.9	105.8	89.7	~	105.9	△	89.7	~	105.9	△
1,2,4-Trimethylbenzene		100.6	97.7	101.8	99.4	100.5	97.7	~	101.8	○	97.7	~	101.8	○
n-Decane		100.3	98.4	102.2	98.6	100.5	98.4	~	102.2	○	98.4	~	102.2	○
1,4-Dichlorobenzene		100.6	97.8	101.6	99.7	100.4	97.8	~	101.6	○	97.8	~	101.6	○
2-Ethyl-1-hexanol		103.0	93.6	97.3	97.5	108.6	93.6	~	108.6	○	93.6	~	108.6	○
1,2,3-Trimethylbenzene		100.7	97.5	101.7	99.2	101.0	97.5	~	101.7	○	97.5	~	101.7	○
Limonene		96.8	109.8	96.6	101.9	95.0	95.0	~	109.8	○	95.0	~	109.8	○
Nonanal		100.9	99.1	95.5	103.3	101.2	95.5	~	103.3	○	95.5	~	103.3	○
n-Undecane		99.3	100.2	104.6	97.7	98.2	97.7	~	104.6	○	97.7	~	104.6	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene		99.6	99.6	104.1	98.2	98.5	98.2	~	104.1	○	98.2	~	104.1	○
Decanal		103.0	95.5	90.1	105.5	106.0	90.1	~	106.0	○	90.1	~	106.0	○
n-Dodecane		99.8	99.2	103.2	99.2	98.6	98.6	~	103.2	○	98.6	~	103.2	○
n-Tridecane		100.5	98.4	100.9	98.8	101.4	98.4	~	101.4	○	98.4	~	101.4	○
n-Tetradecane		102.8	93.3	97.6	101.1	105.2	93.3	~	105.2	○	93.3	~	105.2	○
n-Pentadecane		107.2	83.6	91.7	105.7	111.8	83.6	~	111.8	△	83.6	~	111.8	△
n-Hexadecane		111.8	74.6	82.8	109.4	121.4	74.6	~	121.4	×	74.6	~	121.4	×
TMPD-DIB		100.0	99.5	100.5	102.1	97.9	97.9	~	102.1	○	97.9	~	102.1	○
TMPD-MIB		93.7	114.5	105.4	99.4	87.0	87.0	~	114.5	△	87.0	~	114.5	△

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表3-6 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(③および⑤)の併行精度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(③)および5 ng - 50 ng(⑤))、重み付け有

化合物名	併行精度(%)													
	含有量 (ng)	STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng			
		2	5	10	20	50	併行精度範囲		判定※	併行精度範囲		判定※		
Ethanol	1.7	7.7	7.7	1.4	3.3	1.4	~	7.7	○	1.4	~	7.7	○	
Acetone	斜線													
2-Propanol	1.4	3.7	4.0	1.4	2.5	1.4	~	4.0	○	1.4	~	4.0	○	
Methylene chloride	斜線													
1-Propanol	1.3	4.2	8.8	7.0	2.3	1.3	~	8.8	○	2.3	~	8.8	○	
2-Butanone	0.9	3.3	3.2	1.3	2.7	0.9	~	3.3	○	1.3	~	3.3	○	
Hexane	0.7	3.7	3.2	2.5	3.1	0.7	~	3.7	○	2.5	~	3.7	○	
Chloroform	斜線													
Ethyl Acetate	0.7	3.5	2.3	2.6	2.1	0.7	~	3.5	○	2.1	~	3.5	○	
2,4-Dimethylpentane	0.5	1.4	1.2	0.9	2.1	0.5	~	2.1	○	0.9	~	2.1	○	
1,2-Dichloroethane	斜線													
Benzene	5.0	13.8	4.3	2.3	4.0	2.3	~	13.8	△	2.3	~	13.8	△	
<i>n</i> -Butanol	1.5	5.4	3.1	3.4	2.6	1.5	~	5.4	○	2.6	~	5.4	○	
1,2-Dichloropropane	0.6	2.6	2.2	1.8	2.3	0.6	~	2.6	○	1.8	~	2.6	○	
Iso-octane	1.0	3.4	2.3	1.9	3.1	1.0	~	3.4	○	1.9	~	3.4	○	
Trichloroethylene	1.0	4.1	2.3	2.1	1.8	1.0	~	4.1	○	1.8	~	4.1	○	
Bromodichloromethane	1.1	2.5	1.6	1.0	2.9	1.0	~	2.9	○	1.0	~	2.9	○	
<i>n</i> -Heptane	0.6	3.3	3.0	2.6	3.1	0.6	~	3.3	○	2.6	~	3.3	○	
4-Methyl-2-pentanone	0.5	2.1	2.1	1.7	2.4	0.5	~	2.4	○	1.7	~	2.4	○	
Toluene	1.1	3.8	2.6	1.8	2.8	1.1	~	3.8	○	1.8	~	3.8	○	
Dibromochloromethane	0.9	4.4	3.0	1.9	1.7	0.9	~	4.4	○	1.7	~	4.4	○	
<i>n</i> -Butyl Acetate	1.7	6.2	4.1	1.4	0.6	0.6	~	6.2	○	0.6	~	6.2	○	
<i>n</i> -Octane	1.0	3.7	2.4	2.0	2.8	1.0	~	3.7	○	2.0	~	3.7	○	
Tetrachloroethene	0.6	2.7	2.0	1.8	2.1	0.6	~	2.7	○	1.8	~	2.7	○	
Ethylbenzene	0.7	3.3	2.4	2.2	2.3	0.7	~	3.3	○	2.2	~	3.3	○	
<i>m</i> -Xylene	0.2	2.2	3.5	3.6	5.1	0.2	~	5.1	○	2.2	~	5.1	○	
<i>p</i> -Xylene	1.3	5.8	4.0	2.5	2.3	1.3	~	5.8	○	2.3	~	5.8	○	
Styrene	0.5	2.6	2.2	2.0	2.4	0.5	~	2.6	○	2.0	~	2.6	○	
<i>o</i> -Xylene	0.8	3.5	2.5	2.1	2.3	0.8	~	3.5	○	2.1	~	3.5	○	
<i>n</i> -Nonane	0.6	3.3	2.8	2.5	2.9	0.6	~	3.3	○	2.5	~	3.3	○	
α -pinene	2.2	6.0	2.1	0.6	3.5	0.6	~	6.0	○	0.6	~	6.0	○	
3-Ethyltoluene	0.7	3.7	3.4	1.4	2.0	0.7	~	3.7	○	1.4	~	3.7	○	
4-Ethyltoluene	0.5	2.9	2.6	2.3	2.7	0.5	~	2.9	○	2.3	~	2.9	○	
1,3,5-Trimethylbenzene	0.6	3.1	2.3	2.1	2.2	0.6	~	3.1	○	2.1	~	3.1	○	
2-Ethyltoluene	0.6	2.8	2.3	2.2	2.5	0.6	~	2.8	○	2.2	~	2.8	○	
β -Pinene	1.7	5.9	9.6	2.7	4.2	1.7	~	9.6	○	2.7	~	9.6	○	
1,2,4-Trimethylbenzene	0.6	2.9	2.5	2.1	2.5	0.6	~	2.9	○	2.1	~	2.9	○	
<i>n</i> -Decane	0.5	2.5	3.0	1.8	2.9	0.5	~	3.0	○	1.8	~	3.0	○	
1,4-Dichlorobenzene	0.5	2.7	2.3	1.9	2.3	0.5	~	2.7	○	1.9	~	2.7	○	
2-Ethyl-1-hexanol	2.7	6.4	6.3	6.3	2.8	2.7	~	6.4	○	2.8	~	6.4	○	
1,2,3-Trimethylbenzene	0.7	3.2	2.3	2.2	2.3	0.7	~	3.2	○	2.2	~	3.2	○	
Limonene	3.2	7.7	0.9	2.5	6.0	0.9	~	7.7	○	0.9	~	7.7	○	
Nonanal	1.1	4.1	3.3	6.8	3.5	1.1	~	6.8	○	3.3	~	6.8	○	
<i>n</i> -Undecane	0.7	3.1	3.3	1.3	2.4	0.7	~	3.3	○	1.3	~	3.3	○	
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.8	3.2	2.7	1.8	2.4	0.8	~	3.2	○	1.8	~	3.2	○	
Decanal	0.9	3.8	6.9	9.0	5.5	0.9	~	9.0	○	3.8	~	9.0	○	
<i>n</i> -Dodecane	0.9	3.8	4.4	2.2	2.1	0.9	~	4.4	○	2.1	~	4.4	○	
<i>n</i> -Tridecane	1.0	3.7	4.3	3.0	1.8	1.0	~	4.3	○	1.8	~	4.3	○	
<i>n</i> -Tetradecane	1.4	5.9	4.3	3.5	0.9	0.9	~	5.9	○	0.9	~	5.9	○	
<i>n</i> -Pentadecane	2.9	11.7	3.4	3.8	2.3	2.3	~	11.7	△	2.3	~	11.7	△	
<i>n</i> -Hexadecane	4.6	20.5	3.2	3.2	3.7	3.2	~	20.5	×	3.2	~	20.5	×	
TMPD-DIB	2.5	9.7	5.2	6.2	5.7	2.5	~	9.7	○	5.2	~	9.7	○	
TMPD-MIB	4.8	12.5	6.1	6.3	3.2	3.2	~	12.5	△	3.2	~	12.5	△	

※併行精度判定 ○：0~10%以内、△：10~20%以内、×：20%を超過、－：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表3-7 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(④および⑥)の真度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(④)および5 ng - 50 ng(⑥))、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	真度 (%)											
		STD					定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng		
		STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	真度範囲		判定*	真度範囲		判定*	
2	5	10	20	50	2	5	10	20	50	2	5	10	判定*
Ethanol	123.2	92.9	104.9	95.7	100.5	92.9	~	123.2	×	92.9	~	104.9	○
Acetone									—				—
2-Propanol	85.5	102.5	103.8	98.8	100.0	85.5	~	103.8	△	98.8	~	103.8	○
Methylene chloride									—				—
1-Propanol	74.9	92.5	109.0	100.8	99.6	74.9	~	109.0	×	92.5	~	109.0	○
2-Butanone	114.9	100.6	99.4	97.8	100.3	97.8	~	114.9	△	97.8	~	100.6	○
Hexane	88.0	95.7	103.3	101.4	99.7	88.0	~	103.3	△	95.7	~	103.3	○
Chloroform									—				—
Ethyl Acetate	118.1	98.1	100.1	97.7	100.3	97.7	~	118.1	△	97.7	~	100.3	○
2,4-Dimethylpentane	94.2	94.0	103.6	100.8	99.8	94.0	~	103.6	○	94.0	~	103.6	○
1,2-Dichloroethane									—				—
Benzene	76.2	107.1	98.8	102.0	99.7	76.2	~	107.1	×	98.8	~	107.1	○
n-Butanol	121.7	102.2	98.9	96.4	100.6	96.4	~	121.7	×	96.4	~	102.2	○
1,2-Dichloropropane	103.1	98.4	100.8	99.6	100.0	98.4	~	103.1	○	98.4	~	100.8	○
Iso-octane	95.3	97.0	102.1	100.5	99.9	95.3	~	102.1	○	97.0	~	102.1	○
Trichloroethylene	101.9	97.9	101.8	99.3	100.1	97.9	~	101.9	○	97.9	~	101.8	○
Bromodichloromethane	136.6	101.9	96.1	96.0	100.7	96.0	~	136.6	×	96.0	~	101.9	○
n-Heptane	98.3	97.5	102.0	99.9	100.0	97.5	~	102.0	○	97.5	~	102.0	○
4-Methyl-2-pentanone	114.8	98.9	100.0	98.1	100.3	98.1	~	114.8	△	98.1	~	100.3	○
Toluene	106.3	99.0	101.0	98.7	100.2	98.7	~	106.3	○	98.7	~	101.0	○
Dibromochloromethane	114.8	97.6	100.1	98.4	100.2	97.6	~	114.8	△	97.6	~	100.2	○
n-Butyl Acetate	93.5	98.7	101.2	100.7	99.9	93.5	~	101.2	○	98.7	~	101.2	○
n-Octane	107.1	96.6	101.5	99.1	100.1	96.6	~	107.1	○	96.6	~	101.5	○
Tetrachloroethene	107.7	97.4	100.5	99.4	100.1	97.4	~	107.7	○	97.4	~	100.5	○
Ethylbenzene	103.1	96.9	101.4	99.7	100.0	96.9	~	103.1	○	96.9	~	101.4	○
m-Xylene	98.3	97.3	99.6	101.6	99.8	97.3	~	101.6	○	97.3	~	101.6	○
p-Xylene	107.9	98.5	102.6	97.6	100.3	97.6	~	107.9	○	97.6	~	102.6	○
Styrene	110.0	98.6	100.6	98.6	100.2	98.6	~	110.0	○	98.6	~	100.6	○
o-Xylene	103.5	98.2	100.9	99.6	100.0	98.2	~	103.5	○	98.2	~	100.9	○
n-Nonane	107.4	97.7	101.2	98.9	100.1	97.7	~	107.4	○	97.7	~	101.2	○
α-pinene	89.7	103.0	97.2	102.4	99.7	89.7	~	103.0	△	97.2	~	103.0	○
3-Ethyltoluene	104.7	98.7	100.3	99.6	100.1	98.7	~	104.7	○	98.7	~	100.3	○
4-Ethyltoluene	105.4	98.4	101.1	99.0	100.1	98.4	~	105.4	○	98.4	~	101.1	○
1,3,5-Trimethylbenzene	103.3	98.0	101.5	99.3	100.1	98.0	~	103.3	○	98.0	~	101.5	○
2-Ethyltoluene	104.1	98.3	101.4	99.0	100.1	98.3	~	104.1	○	98.3	~	101.4	○
β-Pinene	125.9	101.4	90.0	102.0	100.0	90.0	~	125.9	×	90.0	~	102.0	○
1,2,4-Trimethylbenzene	102.3	98.0	101.8	99.2	100.1	98.0	~	102.3	○	98.0	~	101.8	○
n-Decane	102.4	98.9	102.3	98.5	100.2	98.5	~	102.4	○	98.5	~	102.3	○
1,4-Dichlorobenzene	101.6	98.0	101.5	99.5	100.0	98.0	~	101.6	○	98.0	~	101.5	○
2-Ethyl-1-hexanol	139.6	103.8	98.1	93.5	101.0	93.5	~	139.6	×	93.5	~	103.8	○
1,2,3-Trimethylbenzene	104.6	98.4	101.7	98.7	100.1	98.4	~	104.6	○	98.4	~	101.7	○
Limonene	72.3	104.7	96.3	105.1	99.3	72.3	~	105.1	×	96.3	~	105.1	○
Nonanal	105.1	99.9	95.2	102.4	99.8	95.2	~	105.1	○	95.2	~	102.4	○
n-Undecane	90.7	98.2	104.9	98.9	100.0	90.7	~	104.9	△	98.2	~	104.9	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	92.3	97.8	104.3	99.2	100.0	92.3	~	104.3	△	97.8	~	104.3	○
Decanal	126.4	101.4	90.0	101.9	100.0	90.0	~	126.4	×	90.0	~	101.9	△
n-Dodecane	92.5	97.2	103.3	100.1	99.9	92.5	~	103.3	○	97.2	~	103.3	○
n-Tridecane	106.7	100.0	101.1	98.2	100.2	98.2	~	106.7	○	98.2	~	101.1	○
n-Tetradecane	124.2	98.9	97.6	98.2	100.4	97.6	~	124.2	×	97.6	~	100.4	○
n-Pentadecane	150.9	96.3	91.9	98.6	100.5	91.9	~	150.9	×	91.9	~	100.5	○
n-Hexadecane	184.3	98.1	85.3	97.1	100.9	85.3	~	184.3	×	85.3	~	100.9	△
TMPD-DIB	87.7	95.8	100.2	103.4	99.5	87.7	~	103.4	△	95.8	~	103.4	○
TMPD-MIB	12.6	96.1	105.0	107.5	98.7	12.6	~	107.5	×	96.1	~	107.5	○

※真度判定 ○：90~110%以内、△：80~120%以内、×：80~120%を超過、—：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表3-8 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線(④および⑥)の併行精度：2 ng - 50 ngの5点検量線(定量範囲2 ng - 50 ng(④)および5 ng - 50 ng(⑥))、重み付け無

化合物名	含有量 (ng)	併行精度 (%)												
		STD1	STD2	STD3	STD4	STD5	定量範囲 2ng-50ng				定量範囲 5ng-50ng			
		2	5	10	20	50	併行精度範囲		判定*	併行精度範囲		判定*		
Ethanol	12.6	9.0	7.0	0.8	0.2	0.2	~	12.6	△	0.2	~	9.0	○	
Acetone	斜線					-				-				
2-Propanol	15.0	3.8	4.1	0.6	0.1	0.1	~	15.0	△	0.1	~	4.1	○	
Methylene chloride	斜線					-				-				
1-Propanol	16.2	2.3	10.1	6.8	0.7	0.7	~	16.2	△	0.7	~	10.1	△	
2-Butanone	11.3	5.4	2.6	2.3	0.4	0.4	~	11.3	△	0.4	~	5.4	○	
Hexane	18.5	8.3	2.6	3.8	0.6	0.6	~	18.5	△	0.6	~	8.3	○	
Chloroform	斜線					-				-				
Ethyl Acetate	8.8	6.5	1.7	3.2	0.5	0.5	~	8.8	○	0.5	~	6.5	○	
2,4-Dimethylpentane	11.2	2.8	1.1	1.9	0.3	0.3	~	11.2	△	0.3	~	2.8	○	
1,2-Dichloroethane	斜線					-				-				
Benzene	27.7	13.0	3.7	0.8	0.1	0.1	~	27.7	×	0.1	~	13.0	△	
<i>n</i> -Butanol	10.6	7.7	2.5	3.6	0.5	0.5	~	10.6	△	0.5	~	7.7	○	
1,2-Dichloropropane	11.3	5.2	1.7	2.7	0.4	0.4	~	11.3	△	0.4	~	5.2	○	
Iso-octane	16.7	5.9	1.9	3.2	0.5	0.5	~	16.7	△	0.5	~	5.9	○	
Trichloroethylene	9.0	6.6	1.8	2.6	0.4	0.4	~	9.0	○	0.4	~	6.6	○	
Bromodichloromethane	9.7	1.5	1.3	2.3	0.3	0.3	~	9.7	○	0.3	~	2.3	○	
<i>n</i> -Heptane	16.3	7.7	2.4	3.8	0.6	0.6	~	16.3	△	0.6	~	7.7	○	
4-Methyl-2-pentanone	10.4	4.7	1.6	2.7	0.4	0.4	~	10.4	△	0.4	~	4.7	○	
Toluene	13.0	6.1	2.1	2.8	0.4	0.4	~	13.0	△	0.4	~	6.1	○	
Dibromochloromethane	7.5	6.9	2.3	2.4	0.4	0.4	~	7.5	○	0.4	~	6.9	○	
<i>n</i> -Butyl Acetate	3.1	6.4	3.9	1.5	0.2	0.2	~	6.4	○	0.2	~	6.4	○	
<i>n</i> -Octane	13.2	6.1	1.8	3.0	0.5	0.5	~	13.2	△	0.5	~	6.1	○	
Tetrachloroethene	9.6	5.3	1.5	2.5	0.4	0.4	~	9.6	○	0.4	~	5.3	○	
Ethylbenzene	11.5	6.6	1.9	3.0	0.5	0.5	~	11.5	△	0.5	~	6.6	○	
<i>m</i> -Xylene	26.8	9.6	2.6	5.9	0.9	0.9	~	26.8	×	0.9	~	9.6	○	
<i>p</i> -Xylene	11.1	9.5	3.3	3.3	0.5	0.5	~	11.1	△	0.5	~	9.5	○	
Styrene	11.1	5.5	1.7	2.9	0.4	0.4	~	11.1	△	0.4	~	5.5	○	
<i>o</i> -Xylene	11.2	6.5	1.9	3.0	0.5	0.5	~	11.2	△	0.5	~	6.5	○	
<i>n</i> -Nonane	13.6	7.1	2.2	3.6	0.6	0.6	~	13.6	△	0.6	~	7.1	○	
α -pinene	19.5	3.6	2.0	2.6	0.4	0.4	~	19.5	△	0.4	~	3.6	○	
3-Ethyltoluene	9.6	6.6	2.8	2.1	0.4	0.4	~	9.6	○	0.4	~	6.6	○	
4-Ethyltoluene	12.7	6.6	2.1	3.3	0.5	0.5	~	12.7	△	0.5	~	6.6	○	
1,3,5-Trimethylbenzene	10.8	6.2	1.7	2.9	0.4	0.4	~	10.8	△	0.4	~	6.2	○	
2-Ethyltoluene	12.2	6.3	1.8	3.2	0.5	0.5	~	12.2	△	0.5	~	6.3	○	
β -Pinene	15.0	5.9	8.5	2.7	0.4	0.4	~	15.0	△	0.4	~	8.5	○	
1,2,4-Trimethylbenzene	12.5	6.3	2.0	3.0	0.5	0.5	~	12.5	△	0.5	~	6.3	○	
<i>n</i> -Decane	14.1	6.2	2.5	2.9	0.5	0.5	~	14.1	△	0.5	~	6.2	○	
1,4-Dichlorobenzene	11.4	5.9	1.8	2.8	0.4	0.4	~	11.4	△	0.4	~	5.9	○	
2-Ethyl-1-hexanol	8.7	4.2	6.4	4.0	0.4	0.4	~	8.7	○	0.4	~	6.4	○	
1,2,3-Trimethylbenzene	11.3	6.4	1.7	3.1	0.5	0.5	~	11.3	△	0.5	~	6.4	○	
Limonene	42.6	4.1	1.3	5.1	0.8	0.8	~	42.6	×	0.8	~	5.1	○	
Nonanal	17.3	8.4	4.3	7.9	1.1	1.1	~	17.3	△	1.1	~	8.4	○	
<i>n</i> -Undecane	13.9	6.3	3.0	2.2	0.4	0.4	~	13.9	△	0.4	~	6.3	○	
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	13.4	6.4	2.3	2.6	0.4	0.4	~	13.4	△	0.4	~	6.4	○	
Decanal	21.6	4.7	8.6	11.0	1.4	1.4	~	21.6	×	1.4	~	11.0	△	
<i>n</i> -Dodecane	12.1	7.2	4.2	2.5	0.4	0.4	~	12.1	△	0.4	~	7.2	○	
<i>n</i> -Tridecane	8.5	6.3	4.1	2.9	0.4	0.4	~	8.5	○	0.4	~	6.3	○	
<i>n</i> -Tetradecane	3.8	6.8	4.0	3.5	0.4	0.4	~	6.8	○	0.4	~	6.8	○	
<i>n</i> -Pentadecane	6.6	8.2	3.1	3.4	0.4	0.4	~	8.2	○	0.4	~	8.2	○	
<i>n</i> -Hexadecane	7.5	9.9	2.3	0.7	0.1	0.1	~	9.9	○	0.1	~	9.9	○	
TMPD-DIB	35.4	17.6	3.6	8.3	1.3	1.3	~	35.4	×	1.3	~	17.6	△	
TMPD-MIB	26.1	22.4	8.9	5.0	0.9	0.9	~	26.1	×	0.9	~	22.4	×	

※併行精度判定 ○：0～10%以内、△：10～20%以内、×：20%を超過、-：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表4-1 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線のキャリーオーバー

化合物名	検量線①,②				検量線③,④				検量線⑤,⑥			
	5,10,20,50				2,5,10,20,50				2,5,10,20,50			
	5				2				5			
検量点 (ng)				判定※				判定※				判定※
定量下限値 (ng)												
化合物名	キャリーオーバー(%)の範囲			判定※	キャリーオーバー(%)の範囲			判定※	キャリーオーバー(%)の範囲			判定※
Ethanol	-			-	-			-	-			-
Acetone	75.3	~	119.9	×	86.6	~	133.6	×/-*1	75.3	~	119.9	×/-*2
2-Propanol	9.3	~	10.8	○	20.8	~	25.3	○	9.3	~	10.8	○
Methylene chloride	-			-	-			-	-			-
1-Propanol	0.0	~	12.6	○	0.0	~	27.5	○	0.0	~	12.6	○
2-Butanone	19.3	~	30.7	○	29.2	~	44.4	○	19.3	~	30.7	○
Hexane	9.3	~	13.0	○	19.3	~	27.6	○	9.3	~	13.0	○
Chloroform	5.0	~	6.5	○	13.0	~	15.8	○	5.0	~	6.5	○
Ethyl Acetate	8.1	~	13.8	○	17.3	~	30.1	○	8.1	~	13.8	○
2,4-Dimethylpentane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2-Dichloroethane	0.0	~	3.6	○	0.0	~	9.4	○	0.0	~	3.6	○
Benzene	46.6	~	51.1	○	57.8	~	81.1	○	46.6	~	51.1	○
n-Butanol	0.0	~	16.0	○	0.0	~	41.4	○	0.0	~	16.0	○
1,2-Dichloropropane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Iso-octane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Trichloroethylene	0.0	~	2.2	○	0.0	~	5.7	○	0.0	~	2.2	○
Bromodichloromethane	0.0	~	2.2	○	0.0	~	5.5	○	0.0	~	2.2	○
n-Heptane	4.6	~	10.0	○	9.4	~	23.3	○	4.6	~	10.0	○
4-Methyl-2-pentanone	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Toluene	8.5	~	10.4	○	16.9	~	21.8	○	8.5	~	10.4	○
Dibromochloromethane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Butyl Acetate	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Octane	0.0	~	4.3	○	0.0	~	10.8	○	0.0	~	4.3	○
Tetrachloroethene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Ethylbenzene	0.0	~	1.7	○	0.0	~	4.2	○	0.0	~	1.7	○
m-Xylene	0.0	~	1.2	○	0.0	~	2.9	○	0.0	~	1.2	○
p-Xylene	0.0	~	0.4	○	0.0	~	1.0	○	0.0	~	0.4	○
Styrene	0.0	~	3.2	○	0.0	~	7.8	○	0.0	~	3.2	○
o-Xylene	0.0	~	1.0	○	0.0	~	2.5	○	0.0	~	1.0	○
n-Nonane	1.1	~	5.7	○	2.4	~	12.2	○	1.1	~	5.7	○
α-pinene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
3-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
4-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,3,5-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
2-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
β-Pinene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2,4-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Decane	0.0	~	6.9	○	0.0	~	14.6	○	0.0	~	6.9	○
1,4-Dichlorobenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
2-Ethyl-1-hexanol	4.7	~	6.2	○	10.5	~	18.1	○	4.7	~	6.2	○
1,2,3-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Limonene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Nonanal	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Undecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Decanal	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Dodecane	0.0	~	3.2	○	0.0	~	7.9	○	0.0	~	3.2	○
n-Tridecane	0.0	~	2.8	○	0.0	~	6.9	○	0.0	~	2.8	○
n-Tetradecane	0.0	~	2.7	○	0.0	~	6.6	○	0.0	~	2.7	○
n-Pentadecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Hexadecane	0.0	~	2.1	○	0.0	~	5.3	○	0.0	~	2.1	○
TMPD-DIB	1.7	~	2.0	○	4.0	~	5.4	○	1.7	~	2.0	○
TMPD-MIB	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○

※キャリーオーバー判定 ○：100%未満、×：100%以上、-：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

*1：重み付けあり(検量線③)は×、重み付けなし(検量線④)は-

*2：重み付けあり(検量線⑤)は×、重み付けなし(検量線⑥)は-

表4-2 TenaxTA捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線のキャリーオーバー

検量点 (ng)	検量線①,②				検量線③,④				検量線⑤,⑥			
	5,10,20,50				2,5,10,20,50				2,5,10,20,50			
定量下限値 (ng)	5				2				5			
化合物名	キャリーオーバー (%) の範囲			判定※	キャリーオーバー (%) の範囲			判定※	キャリーオーバー (%) の範囲			判定※
Ethanol	-			-	-			-	-			-
Acetone	82.7	~	107.9	×/-*1	84.7	~	125.5	×/-*2	82.7	~	107.9	×/-*3
2-Propanol	9.3	~	12.5	○	17.7	~	29.4	○	9.3	~	12.5	○
Methylene chloride	-			-	-			-	-			-
1-Propanol	0.0	~	14.0	○	0.0	~	33.4	○	0.0	~	14.0	○
2-Butanone	12.7	~	19.8	○	22.4	~	37.4	○	12.7	~	19.8	○
Hexane	4.7	~	12.2	○	10.5	~	22.9	○	4.7	~	12.2	○
Chloroform	5.4	~	8.4	○	11.3	~	20.0	○	5.4	~	8.4	○
Ethyl Acetate	7.6	~	11.2	○	16.7	~	24.5	○	7.6	~	11.2	○
2,4-Dimethylpentane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2-Dichloroethane	5.0	~	7.3	○	9.9	~	17.6	○	5.0	~	7.3	○
Benzene	41.6	~	55.2	○	50.4	~	77.5	○	41.6	~	55.2	○
n-Butanol	4.7	~	18.2	○	10.5	~	36.1	○	4.7	~	18.2	○
1,2-Dichloropropane	0.0	~	3.8	○	0.0	~	9.2	○	0.0	~	3.8	○
Iso-octane	0.0	~	1.2	○	0.0	~	2.6	○	0.0	~	1.2	○
Trichloroethylene	0.0	~	4.3	○	0.0	~	10.5	○	0.0	~	4.3	○
Bromodichloromethane	0.0	~	5.7	○	0.0	~	13.8	○	0.0	~	5.7	○
n-Heptane	0.0	~	5.8	○	0.0	~	11.6	○	0.0	~	5.8	○
4-Methyl-2-pentanone	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Toluene	4.8	~	7.9	○	11.0	~	16.2	○	4.8	~	7.9	○
Dibromochloromethane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Butyl Acetate	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Octane	0.0	~	4.2	○	0.0	~	9.0	○	0.0	~	4.2	○
Tetrachloroethene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Ethylbenzene	0.6	~	1.1	○	1.6	~	2.5	○	0.6	~	1.1	○
m-Xylene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
p-Xylene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Styrene	0.0	~	2.4	○	0.0	~	5.9	○	0.0	~	2.4	○
o-Xylene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Nonane	0.0	~	3.1	○	0.0	~	5.9	○	0.0	~	3.1	○
α-pinene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
3-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
4-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,3,5-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
2-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
β-Pinene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2,4-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Decane	0.0	~	2.0	○	0.0	~	4.1	○	0.0	~	2.0	○
1,4-Dichlorobenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
2-Ethyl-1-hexanol	6.3	~	10.2	○	16.4	~	19.5	○	6.3	~	10.2	○
1,2,3-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Limonene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Nonanal	0.0	~	5.5	○	0.0	~	12.1	○	0.0	~	5.5	○
n-Undecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Decanal	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Dodecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Tridecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Tetradecane	0.0	~	1.6	○	0.0	~	4.0	○	0.0	~	1.6	○
n-Pentadecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Hexadecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
TMPD-DIB	1.4	~	2.3	○	3.8	~	5.6	○	1.4	~	2.3	○
TMPD-MIB	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○

※キャリーオーバー判定 ○ : 100%未満、 × : 100%以上、 - : 評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線 : 集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

*1 : 重み付けあり(検量線①)は×、重み付けなし(検量線②)は-

*2 : 重み付けあり(検量線③)は×、重み付けなし(検量線④)は-

*3 : 重み付けあり(検量線⑤)は×、重み付けなし(検量線⑥)は-

表4-3 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類検量線のキャリーオーバー

化合物名	検量線①,②				検量線③,④				検量線⑤,⑥			
	5,10,20,50				2,5,10,20,50				2,5,10,20,50			
	5				2				5			
検量点 (ng)												
定量下限値 (ng)												
化合物名	キャリーオーバー (%) の範囲			判定※	キャリーオーバー (%) の範囲			判定※	キャリーオーバー (%) の範囲			判定※
Ethanol	14.3	~	18.6	○	20.5	~	24.3	○	14.3	~	18.6	○
Acetone	/			-	/			-	/			-
2-Propanol	18.5	~	22.2	○	39.6	~	44.7	○	18.5	~	22.2	○
Methylene chloride	/			-	/			-	/			-
1-Propanol	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
2-Butanone	13.0	~	15.4	○	28.1	~	30.5	○	13.0	~	15.4	○
Hexane	8.9	~	10.8	○	18.6	~	23.8	○	8.9	~	10.8	○
Chloroform	0.0	~	0.0	○	/			-	/			-
Ethyl Acetate	0.0	~	7.4	○	0.0	~	18.0	○	0.0	~	7.4	○
2,4-Dimethylpentane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2-Dichloroethane	0.0	~	0.0	○	/			-	/			-
Benzene	40.2	~	49.0	○	68.2	~	80.1	○	40.2	~	49.0	○
n-Butanol	0.0	~	3.8	○	0.0	~	9.4	○	0.0	~	3.8	○
1,2-Dichloropropane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Iso-octane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Trichloroethylene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Bromodichloromethane	0.0	~	5.0	○	0.0	~	14.6	○	0.0	~	5.0	○
n-Heptane	3.2	~	4.4	○	7.7	~	9.9	○	3.2	~	4.4	○
4-Methyl-2-pentanone	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Toluene	5.4	~	6.6	○	12.2	~	13.8	○	5.4	~	6.6	○
Dibromochloromethane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Butyl Acetate	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Octane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Tetrachloroethene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Ethylbenzene	0.0	~	1.2	○	0.0	~	2.9	○	0.0	~	1.2	○
m-Xylene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
p-Xylene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Styrene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
o-Xylene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Nonane	1.7	~	2.1	○	4.2	~	4.7	○	1.7	~	2.1	○
α-pinene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
3-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
4-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,3,5-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
2-Ethyltoluene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
β-Pinene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2,4-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Decane	0.0	~	1.6	○	0.0	~	3.8	○	0.0	~	1.6	○
1,4-Dichlorobenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
2-Ethyl-1-hexanol	8.0	~	11.2	○	19.8	~	30.1	○	8.0	~	11.2	○
1,2,3-Trimethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Limonene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Nonanal	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Undecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
Decanal	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Dodecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Tridecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Tetradecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Pentadecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
n-Hexadecane	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○
TMPD-DIB	0.0	~	2.0	○	0.0	~	5.4	○	0.0	~	2.0	○
TMPD-MIB	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○	0.0	~	0.0	○

※キャリーオーバー判定 ○：100%未満、×：100%以上、-：評価不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

斜線：集計不能(ピーク不検出 or 検量線に定量性がない)

表5-1 TenaxGR捕集管を用いて作成した各検量線において良好な妥当性評価結果が得られた物質数

(全53物質)

	検量線①	検量線②	検量線③	検量線④	検量線⑤	検量線⑥
検量点(ng)	5,10,20,50		2,5,10,20,50			
定量下限値(ng)	5		2		5	
重み付け	有	無	有	無	有	無
真度	51	49	51	43	51	50
併行精度	50	49	49	45	49	48
キャリアオーバー	50	50	50	50	50	50
総合	50	49	49	40	49	48

表5-2 TenaxTA捕集管を用いて作成した各検量線において良好な妥当性評価結果が得られた物質数

(全53物質)

	検量線①	検量線②	検量線③	検量線④	検量線⑤	検量線⑥
検量点(ng)	5,10,20,50		2,5,10,20,50			
定量下限値(ng)	5		2		5	
重み付け	有	無	有	無	有	無
真度	51	49	51	45	51	49
併行精度	50	50	50	44	50	50
キャリアオーバー	50	50	50	50	50	50
総合	50	49	50	41	50	49

表5-3 Or217捕集管を用いて作成した各検量線において良好な妥当性評価結果が得られた物質数

(全53物質)

	検量線①	検量線②	検量線③	検量線④	検量線⑤	検量線⑥
検量点(ng)	5,10,20,50		2,5,10,20,50			
定量下限値(ng)	5		2		5	
重み付け	有	無	有	無	有	無
真度	51	51	48	36	48	49
併行精度	51	48	48	43	48	48
キャリアオーバー	51	51	49	49	49	49
総合	51	48	48	34	48	48

表6-1 TenaxGR捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類の分析における定量下限値と検出限界値

化合物名	TD-GCMS測定値 ^{※1} (ng)				室内濃度換算値 ^{※5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	定量下限値			検出限界値	定量下限値			検出限界値
	10 σ 値 ^{※2}	定量範囲 下限となる 設定値	採用値 ^{※3}	3 σ 値 ^{※4}	10 σ 値	定量範囲 下限となる 設定値	採用値 ^{※3}	3 σ 値
Ethanol								
Acetone								
2-Propanol	5.26	5.00	5.3	1.6	1.83	1.74	1.9	0.55
Methylene chloride								
1-Propanol	2.15	5.00	5.0	0.64	0.746	1.74	1.8	0.22
2-Butanone	4.96	5.00	5.0	1.5	1.72	1.74	1.8	0.52
Hexane	1.44	5.00	5.0	0.43	0.500	1.74	1.8	0.15
Chloroform	0.766	5.00	5.0	0.23	0.266	1.74	1.8	0.080
Ethyl Acetate	3.32	5.00	5.0	1.0	1.15	1.74	1.8	0.35
2,4-Dimethylpentane	1.69	5.00	5.0	0.51	0.586	1.74	1.8	0.18
1,2-Dichloroethane	0.970	5.00	5.0	0.29	0.337	1.74	1.8	0.10
Benzene	10.9	5.00	11	3.3	3.78	1.74	3.8	1.1
<i>n</i> -Butanol	1.58	5.00	5.0	0.47	0.547	1.74	1.8	0.16
1,2-Dichloropropane	1.39	5.00	5.0	0.42	0.481	1.74	1.8	0.14
Iso-octane	1.40	5.00	5.0	0.42	0.485	1.74	1.8	0.15
Trichloroethylene	1.01	5.00	5.0	0.30	0.352	1.74	1.8	0.11
Bromodichloromethane	1.01	5.00	5.0	0.30	0.351	1.74	1.8	0.11
<i>n</i> -Heptane	1.59	5.00	5.0	0.48	0.552	1.74	1.8	0.17
4-Methyl-2-pentanone	1.59	5.00	5.0	0.48	0.551	1.74	1.8	0.17
Toluene	1.90	5.00	5.0	0.57	0.661	1.74	1.8	0.20
Dibromochloromethane	1.42	5.00	5.0	0.43	0.492	1.74	1.8	0.15
<i>n</i> -Butyl Acetate	2.00	5.00	5.0	0.60	0.694	1.74	1.8	0.21
<i>n</i> -Octane	1.84	5.00	5.0	0.55	0.639	1.74	1.8	0.19
Tetrachloroethene	1.15	5.00	5.0	0.34	0.398	1.74	1.8	0.12
Ethylbenzene	1.14	5.00	5.0	0.34	0.395	1.74	1.8	0.12
<i>m</i> -Xylene	0.788	5.00	5.0	0.24	0.274	1.74	1.8	0.082
<i>p</i> -Xylene	2.62	5.00	5.0	0.79	0.911	1.74	1.8	0.27
Styrene	1.53	5.00	5.0	0.46	0.531	1.74	1.8	0.16
<i>o</i> -Xylene	1.14	5.00	5.0	0.34	0.397	1.74	1.8	0.12
<i>n</i> -Nonane	1.61	5.00	5.0	0.48	0.558	1.74	1.8	0.17
α -pinene	1.19	5.00	5.0	0.36	0.412	1.74	1.8	0.12
3-Ethyltoluene	0.989	5.00	5.0	0.30	0.344	1.74	1.8	0.10
4-Ethyltoluene	0.894	5.00	5.0	0.27	0.310	1.74	1.8	0.093
1,3,5-Trimethylbenzene	0.935	5.00	5.0	0.28	0.325	1.74	1.8	0.097
2-Ethyltoluene	1.02	5.00	5.0	0.31	0.355	1.74	1.8	0.11
β -Pinene	1.64	5.00	5.0	0.49	0.571	1.74	1.8	0.17
1,2,4-Trimethylbenzene	0.877	5.00	5.0	0.26	0.305	1.74	1.8	0.091
<i>n</i> -Decane	1.25	5.00	5.0	0.38	0.435	1.74	1.8	0.13
1,4-Dichlorobenzene	0.769	5.00	5.0	0.23	0.267	1.74	1.8	0.080
2-Ethyl-1-hexanol	0.912	5.00	5.0	0.27	0.317	1.74	1.8	0.095
1,2,3-Trimethylbenzene	0.882	5.00	5.0	0.26	0.306	1.74	1.8	0.092
Limonene	1.71	5.00	5.0	0.51	0.595	1.74	1.8	0.18
Nonanal	4.53	5.00	5.0	1.4	1.57	1.74	1.8	0.47
<i>n</i> -Undecane	2.64	5.00	5.0	0.79	0.917	1.74	1.8	0.28
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	1.00	5.00	5.0	0.30	0.349	1.74	1.8	0.10
Decanal	2.71	5.00	5.0	0.81	0.940	1.74	1.8	0.28
<i>n</i> -Dodecane	1.48	5.00	5.0	0.44	0.513	1.74	1.8	0.15
<i>n</i> -Tridecane	2.13	5.00	5.0	0.64	0.740	1.74	1.8	0.22
<i>n</i> -Tetradecane	1.80	5.00	5.0	0.54	0.626	1.74	1.8	0.19
<i>n</i> -Pentadecane	1.36	5.00	5.0	0.41	0.472	1.74	1.8	0.14
<i>n</i> -Hexadecane	2.16	5.00	5.0	0.65	0.749	1.74	1.8	0.22
TMPD-DIB	1.54	5.00	5.0	0.46	0.535	1.74	1.8	0.16
TMPD-MIB	2.15	5.00	5.0	0.65	0.748	1.74	1.8	0.22

※1 5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng、重み付けあり)を使用して算出

※2 定量範囲下限の標準試料(5 ng)を5回測定したときの標準偏差の10倍値

※3 10 σ 値と定量範囲下限設定値を比較し、大きい方の数値を切り上げたもの

※4 定量範囲下限の標準試料(5 ng)を5回測定したときの標準偏差の3倍値

※5 積算捕集量を2.88Lとして算出(8 mL/min \times 6hまたは2 mL/min \times 24hのサンプリングを想定)

斜線：使用した検量線(※1)の妥当性評価結果が目標値を満たさず、定量が不能だったもの

表6-2 TenaxTA捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類の分析における定量下限値と検出限界値

化合物名	TD-GCMS測定値 ^{※1} (ng)				室内濃度換算値 ^{※5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	定量下限値			検出限界値	定量下限値			検出限界値
	10 σ 値 ^{※2}	定量範囲 下限となる 設定値	採用値 ^{※3}	3 σ 値 ^{※4}	10 σ 値	定量範囲 下限となる 設定値	採用値 ^{※3}	3 σ 値
Ethanol								
Acetone								
2-Propanol	0.619	5.00	5.0	0.19	0.215	1.74	1.8	0.064
Methylene chloride								
1-Propanol	1.93	5.00	5.0	0.58	0.669	1.74	1.8	0.20
2-Butanone	3.42	5.00	5.0	1.0	1.19	1.74	1.8	0.36
Hexane	3.22	5.00	5.0	0.97	1.12	1.74	1.8	0.34
Chloroform	0.445	5.00	5.0	0.13	0.154	1.74	1.8	0.046
Ethyl Acetate	1.63	5.00	5.0	0.49	0.565	1.74	1.8	0.17
2,4-Dimethylpentane	3.80	5.00	5.0	1.1	1.32	1.74	1.8	0.40
1,2-Dichloroethane	0.565	5.00	5.0	0.17	0.196	1.74	1.8	0.059
Benzene	4.53	5.00	5.0	1.4	1.57	1.74	1.8	0.47
<i>n</i> -Butanol	1.66	5.00	5.0	0.50	0.575	1.74	1.8	0.17
1,2-Dichloropropane	0.555	5.00	5.0	0.17	0.193	1.74	1.8	0.058
Iso-octane	2.42	5.00	5.0	0.72	0.839	1.74	1.8	0.25
Trichloroethylene	0.610	5.00	5.0	0.18	0.212	1.74	1.8	0.064
Bromodichloromethane	0.847	5.00	5.0	0.25	0.294	1.74	1.8	0.088
<i>n</i> -Heptane	0.983	5.00	5.0	0.29	0.341	1.74	1.8	0.10
4-Methyl-2-pentanone	0.805	5.00	5.0	0.24	0.279	1.74	1.8	0.084
Toluene	0.649	5.00	5.0	0.19	0.225	1.74	1.8	0.068
Dibromochloromethane	1.19	5.00	5.0	0.36	0.412	1.74	1.8	0.12
<i>n</i> -Butyl Acetate	1.65	5.00	5.0	0.49	0.573	1.74	1.8	0.17
<i>n</i> -Octane	0.572	5.00	5.0	0.17	0.198	1.74	1.8	0.060
Tetrachloroethene	0.664	5.00	5.0	0.20	0.231	1.74	1.8	0.069
Ethylbenzene	0.676	5.00	5.0	0.20	0.235	1.74	1.8	0.070
<i>m</i> -Xylene	1.51	5.00	5.0	0.45	0.525	1.74	1.8	0.16
<i>p</i> -Xylene	1.08	5.00	5.0	0.32	0.375	1.74	1.8	0.11
Styrene	1.06	5.00	5.0	0.32	0.369	1.74	1.8	0.11
<i>o</i> -Xylene	0.616	5.00	5.0	0.18	0.214	1.74	1.8	0.064
<i>n</i> -Nonane	0.547	5.00	5.0	0.16	0.190	1.74	1.8	0.057
α -pinene	0.998	5.00	5.0	0.30	0.346	1.74	1.8	0.10
3-Ethyltoluene	0.676	5.00	5.0	0.20	0.235	1.74	1.8	0.070
4-Ethyltoluene	0.757	5.00	5.0	0.23	0.263	1.74	1.8	0.079
1,3,5-Trimethylbenzene	0.870	5.00	5.0	0.26	0.302	1.74	1.8	0.091
2-Ethyltoluene	0.649	5.00	5.0	0.19	0.225	1.74	1.8	0.068
β -Pinene	1.63	5.00	5.0	0.49	0.566	1.74	1.8	0.17
1,2,4-Trimethylbenzene	0.716	5.00	5.0	0.21	0.249	1.74	1.8	0.075
<i>n</i> -Decane	0.710	5.00	5.0	0.21	0.246	1.74	1.8	0.074
1,4-Dichlorobenzene	0.707	5.00	5.0	0.21	0.245	1.74	1.8	0.074
2-Ethyl-1-hexanol	0.846	5.00	5.0	0.25	0.294	1.74	1.8	0.088
1,2,3-Trimethylbenzene	0.932	5.00	5.0	0.28	0.324	1.74	1.8	0.097
Limonene	1.49	5.00	5.0	0.45	0.518	1.74	1.8	0.16
Nonanal	1.99	5.00	5.0	0.60	0.692	1.74	1.8	0.21
<i>n</i> -Undecane	0.473	5.00	5.0	0.14	0.164	1.74	1.8	0.049
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.790	5.00	5.0	0.24	0.274	1.74	1.8	0.082
Decanal	2.30	5.00	5.0	0.69	0.798	1.74	1.8	0.24
<i>n</i> -Dodecane	0.688	5.00	5.0	0.21	0.239	1.74	1.8	0.072
<i>n</i> -Tridecane	0.674	5.00	5.0	0.20	0.234	1.74	1.8	0.070
<i>n</i> -Tetradecane	0.661	5.00	5.0	0.20	0.229	1.74	1.8	0.069
<i>n</i> -Pentadecane	0.843	5.00	5.0	0.25	0.293	1.74	1.8	0.088
<i>n</i> -Hexadecane	0.657	5.00	5.0	0.20	0.228	1.74	1.8	0.068
TMPD-DIB	1.39	5.00	5.0	0.42	0.482	1.74	1.8	0.14
TMPD-MIB	1.39	5.00	5.0	0.42	0.484	1.74	1.8	0.15

※1 5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng、重み付けあり)を使用して算出

※2 定量範囲下限の標準試料(5 ng)を5回測定したときの標準偏差の10倍値

※3 10 σ 値と定量範囲下限設定値を比較し、大きい方の数値を切り上げたもの

※4 定量範囲下限の標準試料(5 ng)を5回測定したときの標準偏差の3倍値

※5 積算捕集量を2.88Lとして算出(8 mL/min \times 6hまたは2 mL/min \times 24hのサンプリングを想定)

斜線：使用した検量線(※1)の妥当性評価結果が目標値を満たさず、定量が不能だったもの

表6-3 Or217捕集管を用いた加熱脱離法によるVOC類の分析における定量下限値と検出限界値

化合物名	TD-GCMS測定値 ^{※1} (ng)				室内濃度換算値 ^{※5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	定量下限値			検出限界値	定量下限値			検出限界値
	10 σ 値 ^{※2}	定量範囲 下限となる 設定値	採用値 ^{※3}	3 σ 値 ^{※4}	10 σ 値	定量範囲 下限となる 設定値	採用値 ^{※3}	3 σ 値
Ethanol	3.94	5.00	5.0	1.2	1.37	1.74	1.8	0.41
Acetone								
2-Propanol	3.44	5.00	5.0	1.0	1.20	1.74	1.8	0.36
Methylene chloride								
1-Propanol	4.32	5.00	5.0	1.3	1.50	1.74	1.8	0.45
2-Butanone	4.28	5.00	5.0	1.3	1.49	1.74	1.8	0.45
Hexane	3.10	5.00	5.0	0.93	1.08	1.74	1.8	0.32
Chloroform	3.72	5.00	5.0	1.1	1.29	1.74	1.8	0.39
Ethyl Acetate	3.03	5.00	5.0	0.91	1.05	1.74	1.8	0.32
2,4-Dimethylpentane	0.617	5.00	5.0	0.19	0.214	1.74	1.8	0.064
1,2-Dichloroethane	2.52	5.00	5.0	0.75	0.874	1.74	1.8	0.26
Benzene	17.0	5.00	17	5.1	5.90	1.74	5.9	1.8
<i>n</i> -Butanol	1.74	5.00	5.0	0.52	0.603	1.74	1.8	0.18
1,2-Dichloropropane	0.917	5.00	5.0	0.27	0.318	1.74	1.8	0.095
Iso-octane	1.43	5.00	5.0	0.43	0.498	1.74	1.8	0.15
Trichloroethylene	0.746	5.00	5.0	0.22	0.259	1.74	1.8	0.078
Bromodichloromethane	0.939	5.00	5.0	0.28	0.326	1.74	1.8	0.098
<i>n</i> -Heptane	2.34	5.00	5.0	0.70	0.814	1.74	1.8	0.24
4-Methyl-2-pentanone	0.938	5.00	5.0	0.28	0.326	1.74	1.8	0.098
Toluene	3.90	5.00	5.0	1.2	1.35	1.74	1.8	0.41
Dibromochloromethane	1.05	5.00	5.0	0.31	0.363	1.74	1.8	0.11
<i>n</i> -Butyl Acetate	4.11	5.00	5.0	1.2	1.43	1.74	1.8	0.43
<i>n</i> -Octane	2.12	5.00	5.0	0.64	0.736	1.74	1.8	0.22
Tetrachloroethene	1.07	5.00	5.0	0.32	0.372	1.74	1.8	0.11
Ethylbenzene	1.32	5.00	5.0	0.40	0.459	1.74	1.8	0.14
<i>m</i> -Xylene	1.90	5.00	5.0	0.57	0.661	1.74	1.8	0.20
<i>p</i> -Xylene	1.17	5.00	5.0	0.35	0.406	1.74	1.8	0.12
Styrene	1.03	5.00	5.0	0.31	0.358	1.74	1.8	0.11
<i>o</i> -Xylene	1.25	5.00	5.0	0.37	0.434	1.74	1.8	0.13
<i>n</i> -Nonane	1.79	5.00	5.0	0.54	0.623	1.74	1.8	0.19
α -pinene	4.01	5.00	5.0	1.2	1.39	1.74	1.8	0.42
3-Ethyltoluene	1.28	5.00	5.0	0.38	0.444	1.74	1.8	0.13
4-Ethyltoluene	1.33	5.00	5.0	0.40	0.462	1.74	1.8	0.14
1,3,5-Trimethylbenzene	1.06	5.00	5.0	0.32	0.368	1.74	1.8	0.11
2-Ethyltoluene	1.25	5.00	5.0	0.38	0.435	1.74	1.8	0.13
β -Pinene	6.63	5.00	6.7	2.0	2.30	1.74	2.4	0.69
1,2,4-Trimethylbenzene	1.12	5.00	5.0	0.34	0.390	1.74	1.8	0.12
<i>n</i> -Decane	2.02	5.00	5.0	0.61	0.703	1.74	1.8	0.21
1,4-Dichlorobenzene	1.32	5.00	5.0	0.40	0.460	1.74	1.8	0.14
2-Ethyl-1-hexanol	1.44	5.00	5.0	0.43	0.501	1.74	1.8	0.15
1,2,3-Trimethylbenzene	1.21	5.00	5.0	0.36	0.422	1.74	1.8	0.13
Limonene	4.66	5.00	5.0	1.4	1.62	1.74	1.8	0.48
Nonanal	4.80	5.00	5.0	1.4	1.67	1.74	1.8	0.50
<i>n</i> -Undecane	1.69	5.00	5.0	0.51	0.587	1.74	1.8	0.18
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	1.46	5.00	5.0	0.44	0.508	1.74	1.8	0.15
Decanal	4.42	5.00	5.0	1.3	1.53	1.74	1.8	0.46
<i>n</i> -Dodecane	2.22	5.00	5.0	0.67	0.771	1.74	1.8	0.23
<i>n</i> -Tridecane	2.17	5.00	5.0	0.65	0.755	1.74	1.8	0.23
<i>n</i> -Tetradecane	4.26	5.00	5.0	1.3	1.48	1.74	1.8	0.44
<i>n</i> -Pentadecane	4.42	5.00	5.0	1.3	1.53	1.74	1.8	0.46
<i>n</i> -Hexadecane	9.49	5.00	9.5	2.8	3.30	1.74	3.3	0.99
TMPD-DIB	4.61	5.00	5.0	1.4	1.60	1.74	1.8	0.48
TMPD-MIB	2.42	5.00	5.0	0.73	0.842	1.74	1.8	0.25

※1 5 ng - 50 ngの4点検量線(定量範囲5 ng - 50 ng、重み付けあり)を使用して算出

※2 定量範囲下限の標準試料(5 ng)を5回測定したときの標準偏差の10倍値

※3 10 σ 値と定量範囲下限設定値を比較し、大きい方の数値を切り上げたもの

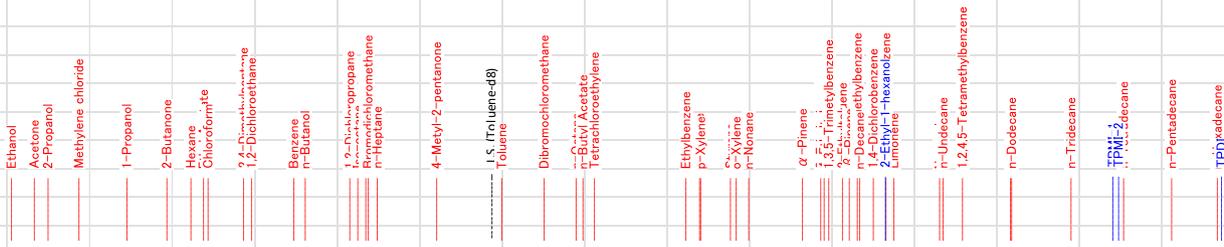
※4 定量範囲下限の標準試料(5 ng)を5回測定したときの標準偏差の3倍値

※5 積算捕集量を2.88Lとして算出(8 mL/min \times 6hまたは2 mL/min \times 24hのサンプリングを想定)

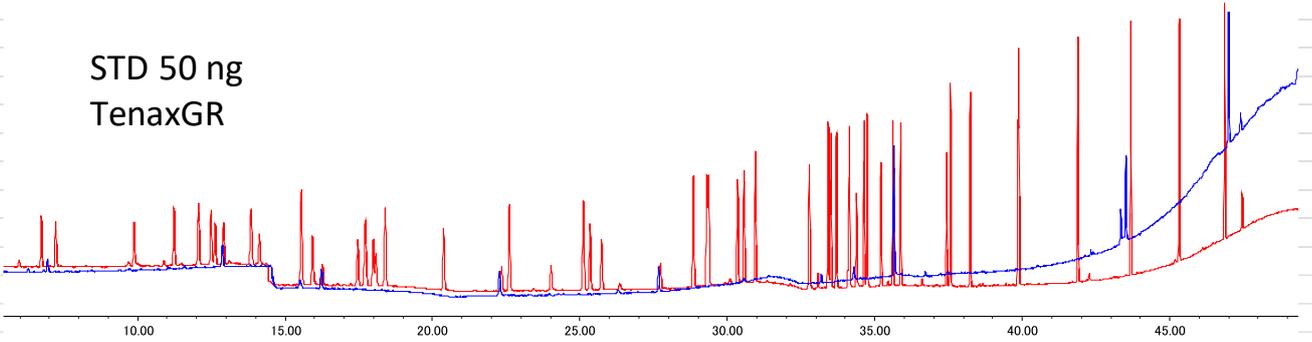
斜線：使用した検量線(※1)の妥当性評価結果が目標値を満たさず、定量が不能だったもの

赤色：VOC 50mix：Indoor Air Standard、及び内部標準物質

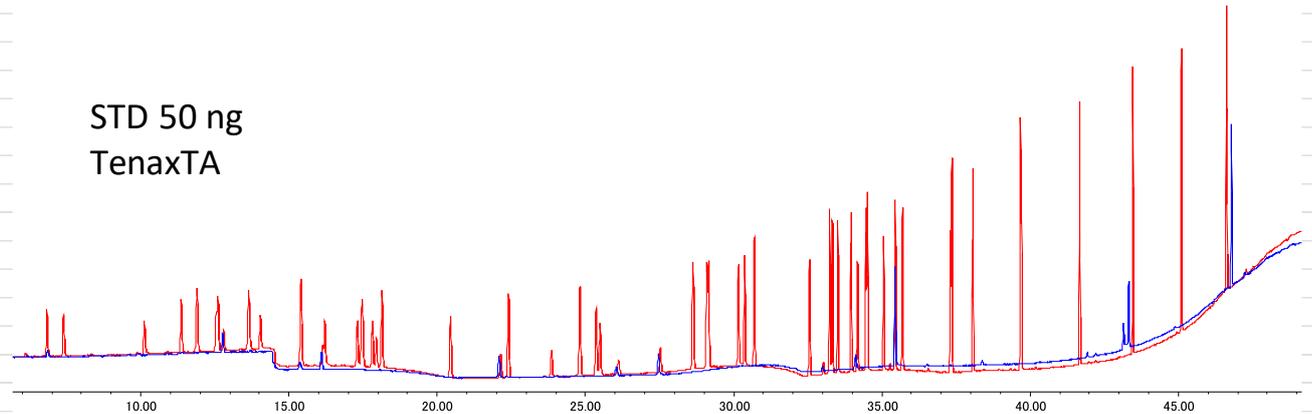
青色：VOC 3mix：2E1H、TMPD-MIB、TMPD-DIB、及び内部標準物質



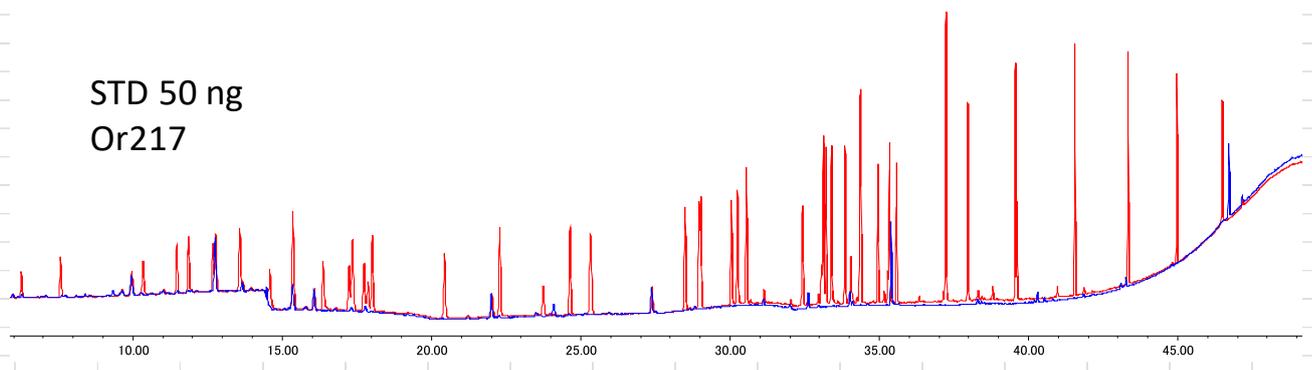
STD 50 ng
TenaxGR



STD 50 ng
TenaxTA



STD 50 ng
Or217



※各クロマトについては内部標準 (I.S. Toluene-d8)のピーク高さが同じようなサイズになるように縦軸スケールを調整した

図1 3種捕集管 (TenaxGR：上段、TenaxTA：中段、Or217：下段) のTICクロマトの一例

令和6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

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

研究分担者 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
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
仲野 富美 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 部長
田原麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究員

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、紫外線からの保護を目的として様々なポリマーに使用されてきた。他方、BUVSsの難分解性や高蓄積性が指摘されるようになり、それらの一部は国内外において規制対象となっている。環境中におけるBUVSsについては、河川水、大気、道路粉塵など既に報告があり、生物の体内から検出された事例もあることから、それらによる環境汚染が懸念されている。室内環境においては、ゴム・プラスチック製品、インク・塗料、接着剤等に使用されてきたことから、室内環境中のBUVSs存在量について諸外国において調査された。その結果、我が国において化学物質審査規制法 第一種特定化学物質に指定されている 2-Benzotriazol-2-yl-4,6-di-*tert*-butylphenyl (UV-320)を含め、数種類のBUVSsが室内空気やハウスダスト(HD)から高い検出率で確認された。HDには多くの化学物質が存在し、室内濃度指針値が策定されている可塑剤や殺虫剤などのSVOCsが検出される事例がこれまでに報告されているが、BUVSsに関する報告例は少なく、国内における調査研究は皆無である。本研究では、室内環境中のBUVSsについてLC-MS/MSによる測定法を構築し、国内の一般居住住宅における実態調査を行った。LC-MS/MSは、ダイナミックレンジの広さ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(塩基性アルミナ)がBUVSsを強力的に保持し、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、実態調査の結果から、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。

A. 目的

紫外線吸収剤は1950年以前から合成され、プラスチック製品を紫外線から保護する目的で使用されている。一般に、プラスチックの劣化は紫外線により発生するアルキルラジカルにより起こり、紫外線吸収剤は紫外線のエネルギーを吸収することでラジカルの発生を抑える作用がある。中でも、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。しかし、難分解性や高蓄積性が指摘されるようになり、それらの一部が国内外で規制対象となっている¹⁾。環境中におけるBUVSsの存在については、河川水、大気、道路粉塵^{2),3)}など既にいくつかの報告があり、生物の体内からも検出された事例があることから、その汚染が懸念されている^{4),5)}。

BUVSsの毒性については、一部に生体毒性があることが知られており、BUVSsであるUV-320の雌ラットのNOAEL(無毒性量)は2.5 mg/kg/dayとされ、哺乳類の内分泌系の影響が指摘されている³⁾。構造多様性のあるBUVSsでは、その他の化合物も毒性の観点からも注視する必要がある。

室内環境では、フィリピンやノルウェーの一般居住住宅において、室内空気やハウスダスト(HD)中の存在量が調査された^{6),7)}。その結果、我が国で化学物質審査規制法 第一種特定化学物質に指定されているUV-320を含め、数種類のBUVSsが高い検出率で確認された。HDは、これまで可塑剤や殺虫剤などが検出される事例が報告され^{8),9)}、多くの化学物質が存在していると考えられているが、BUVSsの報告例は少なく、HDに関する国内の調査研究は皆無である¹⁾。本研究では、室内環境中のHDにおけるBUVSsについてLC-MS/MSによる測定法を構築し、国内の一般居住住宅における実態調査を行ったので報告する。

B. 方法

1. 一般試薬、分析装置

標準品は UV-P, -PS, -234, -326, -327, -328, -

329 (東京化成, 純度 98% 以上), UV-320 (AccuStandard Inc, 純度 100%)を用いた。各種溶媒は残留農薬・PCB 試験, 高速液体クロマトグラフ用 (富士フイルム和光純薬)を用いた。固相抽出カートリッジ(SPE)は, Oasis HLB Plus, Sep-Pak silica Plus, Sep-Pak florisil Plus, Sep-Pak alumina B Plus, Sep-Pak alumina N Plus (Waters), Bond Elut PRS (Agilent Technologies)を用いた。分析装置及び条件を **Table 1** に示した。

2. SPE の溶出パターンの検証

各 SPE をアセトン 10 mL, ヘキサン 10 mL の順にコンディショニングした。アセトンで調製したBUVSs 混合標準液 1000 ng/mL を 0.5 mL 正確に試験管へ取り、窒素ガスで溶媒を乾固させた。これをヘキサンに再溶解して SPE に負荷し(on SPE 500 ng), 目盛り付きの濃縮管にヘキサン 10 mL を溶出させた。次に, アセトン:ヘキサン(9:1)混液を 10 mL 目盛り付きの濃縮管へ溶出し, LC-MS/MS に供した。

3. 検出下限値(LOD), 定量下限値(LOQ)の算出

検出下限値(LOD)及び定量下限値(LOQ)は, BUVSs 混合標準品 0.1 ng/mL と 0.5 ng/mL を 7 回繰り返し分析し, 標準偏差の 3 倍(3σ)を LOD, 10 倍(10σ)を LOQ とした。

4. 洗浄 HD の作成

掃除機で収集した HD を電動ふるい MVS-1N(太洋株式会社)を用いて分級し, 250 μ m 以下の HD を調整した。この HD を 100 mg 量り取り, 3 mL のアセトン:メタノール(1:1)混液を加え, 15 分間超音波抽出後, 遠心して上清を除いた。この操作を 3 回繰り返した。最後に, 3 mL のメタノールで同様の操作を 1 回行い, 75°C のオーブンで乾燥させたものを洗浄 HD とした。

5. 洗浄 HD を用いた添加回収試験

アセトンで調製した BUVSs 混合標準液 1000

ng/mL をマイクロシリンジで 0.05 mL を取り、洗浄 HD に添加した。乾燥後、3 mL のアセトンで超音波抽出を 2 回行い、遠心後の上清を濃縮管に回収後、遠心エバポレーターで 1 mL まで濃縮した。これにヘキサンを 9 mL 加え、予めコンディショニングした Sep-Pak alumina B に負荷した。窒素ガスで SPE を乾燥させ、SPE を逆に接続したバックフラッシュにて 2-プロパノール:水混液(6:4)5 mL を溶出後、分析した。

6. 一般居住住宅における実態調査

HD の収集は各家庭の掃除機を使い、1 か月程度収集したものを供与された。サンプリング期間は、2023 年 10-12 月と 2024 年 10-11 月に行った。実験方法の 4 に従い、250 μm 以下の HD を試料とした。分級した HD を 100 mg 量り取り、実験方法の 5 と同様に抽出、精製を行ったものを分析試料とした。実態調査では、1 軒の HD につき、 $n=3$ で抽出精製操作を行い、分析に供した。

C. 結果および考察

1. LC-MS/MS による BUVSs 8 成分の分析条件の検討

はじめに、LC-MS/MS にて BUVSs 8 成分の分析条件の検討を行った。分離については、水とメタノールのシンプルなグラジエント条件で良好な分離を達成した(**Fig. 1**)。MS のイオン化法は、エレクトロスプレーイオン化法 (ESI) と大気圧化学イオン化法 (APCI) を検討した。その結果、検量線の下限は ESI で 0.01 ng/mL, APCI で 0.1 ng/mL 程度まで検出可能であった。しかし、ESI では多くの成分が 10 ng/mL 付近で飽和傾向にあり、100 ng/mL まで定量可能な APCI の方がダイナミックレンジは広いことを確認した。

2. SPE の溶出パターンの検証

次に、標準品を用いて各 SPE の溶出パターンを調査した。その結果、florisil と alumina B, alumina N 以外はヘキサンのみで溶出することが分かった

(**Fig. 2**)。alumina B と florisil の比較では、alumina B はアセトン:ヘキサン(9:1)混液を加えても溶出しなかったが、florisil は多くが 90% 近く溶出した。また、alumina には中性タイプの alumina N も存在するが、アセトン:ヘキサン(9:1)混液の溶出では、alumina B の方が保持力が強いことも確認した。以上の結果から、alumina B が BUVSs を特異的に保持できるものと判断した。

Alumina B は保持力が非常に強く、メタノールや水、酸を添加した混合溶媒でも多くが 60-70% 程度であり、他の BUVSs より疎水性の低い UV-P や UV-PS は数%しか回収されなかった。そこで、SPE を逆に接続したバックフラッシュにより、2-プロパノール/水混液で溶出すると、高収率で回収されることを見出した。溶媒量を検討した結果、2-プロパノール:水混液(6:4)5 mL の溶出が最適であった(**Fig. 3**)。Alumina は水分により段階的に活性度(保持力)を調整できることから、BUVSs との相互作用を適度に弱めたことが推定された。

3. 検出下限値(LOD)、定量下限値(LOQ)の算出と洗浄 HD を用いた添加回収試験

LOD と LOQ は BUVSs 混合標準品を繰り返し分析し、実態調査時の HD の秤量を想定した 0.1 g から ng/g に単位変換した (**Table 2**)。Kim らの報告によれば、HD 中の BUVSs 含量は幅があるものの、中央値で 3-84 ng/g であり⁹⁾、本研究で算出された LOQ で十分定量可能と考えられた。

次に、分析の妥当性を評価するために、洗浄 HD を用いた添加回収試験を試みた。本研究では、HD を溶媒で洗浄し、ブランクに相当する HD を作成することで、妥当性を評価することとした。HD からの有機物の除去を評価するため、GC-FID で分析を行ったところ、本研究の溶媒洗浄により、多くの有機物が除去されることを確認した。この洗浄 HD に標準品を添加し、抽出精製後、ESI と APCI それぞれで分析することで定量値の比較も行った。試験の結果、APCI では全 BUVSs が 83.9-105% の良好な回収率を示したのに対し、ESI では、回収率

が 22.8-77.1%であった。LC-MS/MS による定量分析において、ESI では分析対象によって、イオン suppression あるいはエンハンスが起こりやすいことが報告されており¹⁰⁾、本研究では、夾雑成分によるイオン suppression の影響が示唆された (Fig. 4)。以上の結果から、本研究の実態調査は、APCI にて行うこととした。

4. 一般居住住宅における実態調査

HD 中の BUVSs 8 成分を調査した結果、UV-PS と UV-320 を除く 6 成分がいずれも確認され、そのうち、最高濃度は UV-326 の 10,582 ng/g であった (Fig. 5, Table 3)。これは、UV-320 を除いて、Kim ら、Schlabach らの住宅における HD の結果と近い傾向にあった^{6), 7)}。UV-320 は、我が国では 2007 年に化審法の第一種特定化学物質に指定され、製造、使用及び輸入が原則禁止となった経緯があり、今回の調査でほとんど確認されなかったことは妥当な結果と考えられた。

また、2023 年と 2024 年の比較では、最大と最小値は変動が大きいものの、中央値や検出率は概ね同様の傾向が見られた。今回、2024 年にサンプリングした HD は、11 軒中 10 軒が 2023 年と同じ住宅から得られたものであることから、BUVSs が日本の HD に常在する可能性が示唆された。今回分析した BUVSs の中で UV-328 は、ストックホルム条約の附属書 A に追加され、我が国でも第一種特定化学物質に追加指定された (令和 6 年 12 月 13 日閣議決定: 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律施行令の一部を改正する政令)。第一種特定化学物質への指定の状況も踏まえつつ、今後も室内環境中の HD における BUVSs の実態を継続して把握していくことが重要と考えられた。

D. まとめ

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。

【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) Yoshiki et al, J. Environ. Chem., 31, 30-39 (2021).
- 3) Nakata et al., J. Environ. Chem., 23, 37-42 (2013).
- 4) Nakata et al., Environ. Sci. Technol., 43, 6920-6926 (2009).
- 5) Nakata et al., J. Environ. Monitor., 12, 2088-2092 (2010).
- 6) Kim et al., Sci. Total Environ., 424, 174-181 (2012).
- 7) Schlabach et al., NILU report, 20 (2019).
- 8) Takeuchi et al., BPB reports, 2, 91-98 (2019).
- 9) Saito et al., Ann. Rep. Tokyo Metr. Inst. PH., 54, 253-261 (2003).
- 10) Omnia A et al., J. Chromatogr. B., 875(2), 333-343 (2008).

E. 健康危機情報

なし

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. 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準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) 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

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

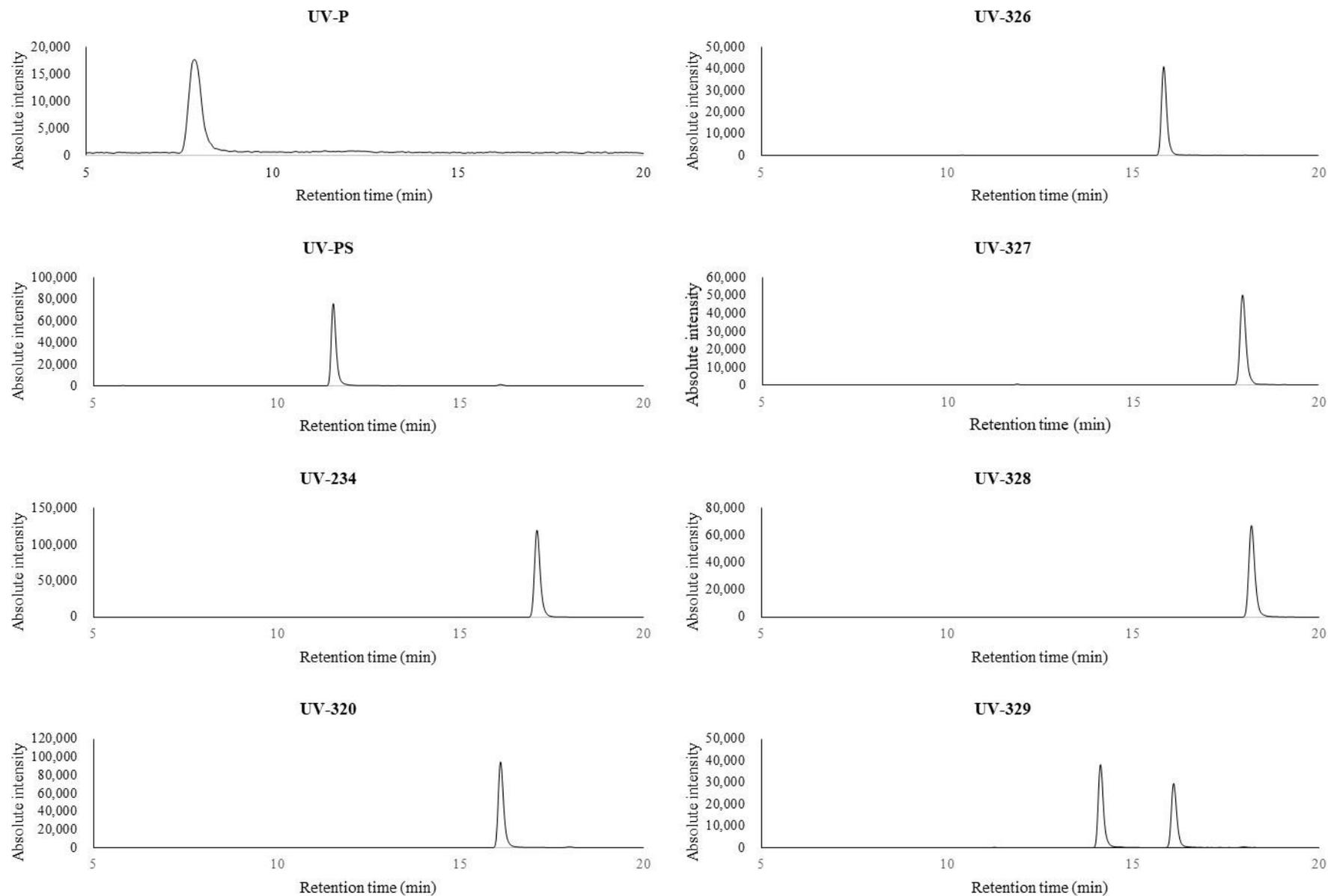


Fig. 1 Multiple Reaction Monitoring (MRM) chromatograms of BUVSs

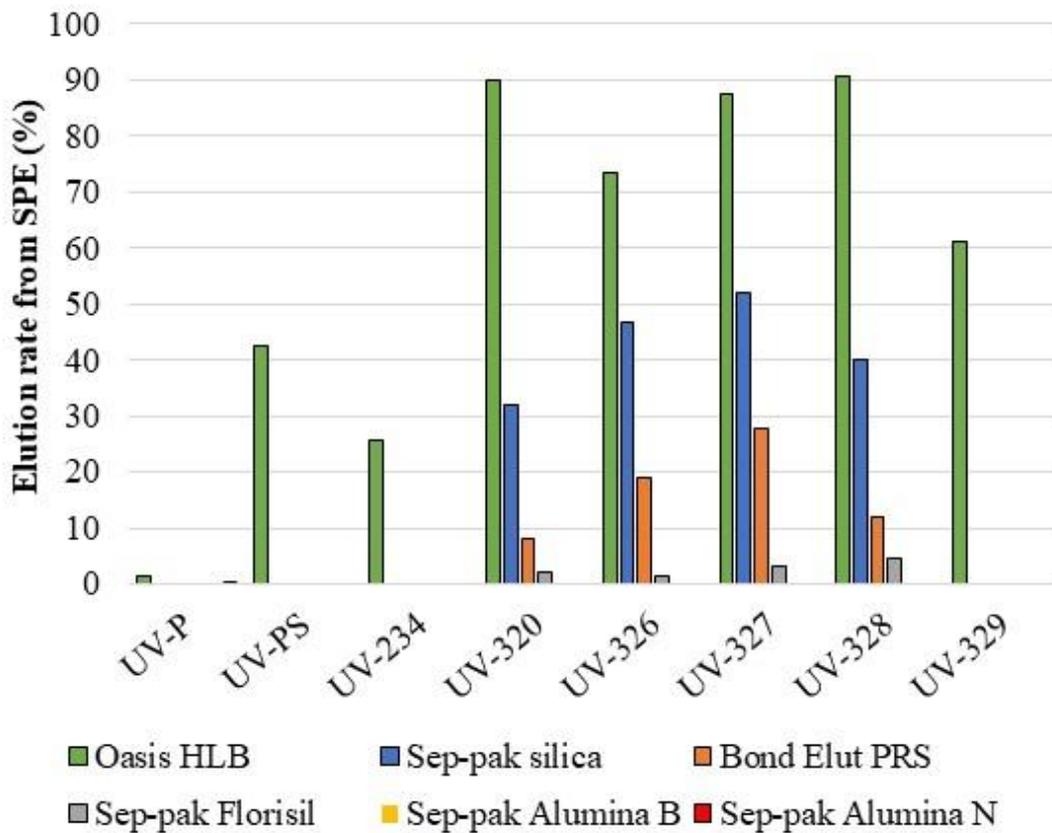


Fig. 2 Elution rate of each SPE with hexane

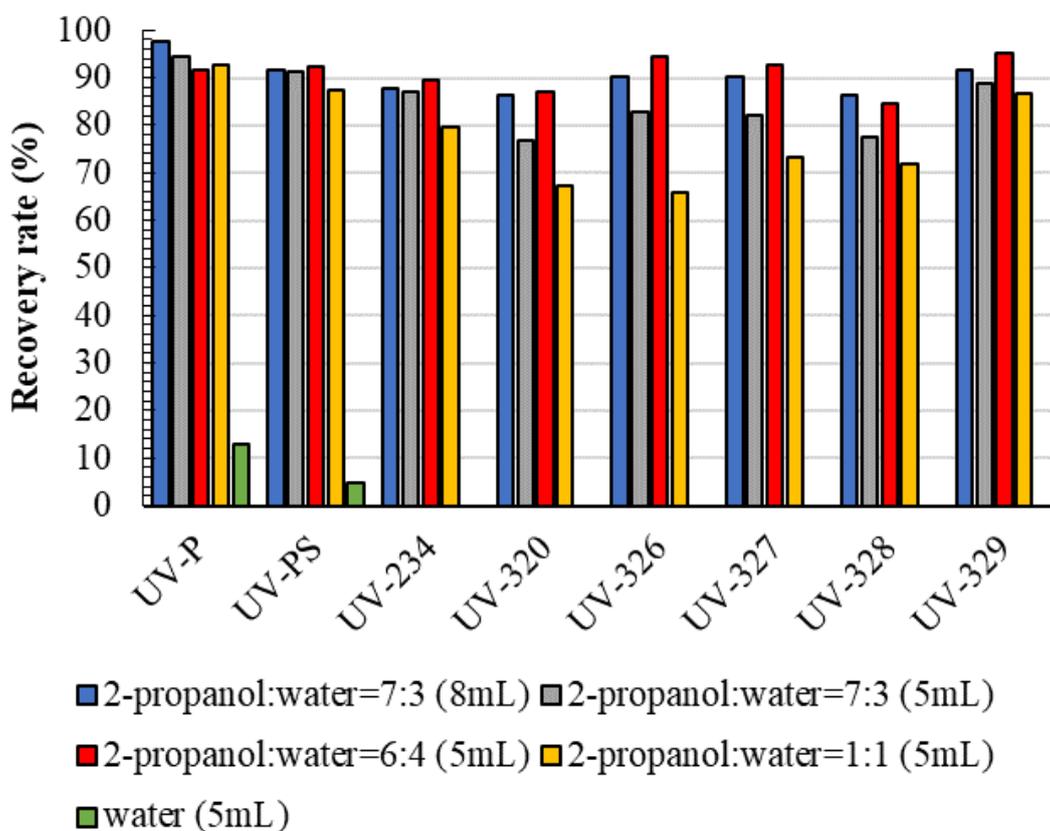


Fig. 3 Recovery of BUVSs by backflush using sep-pak Alumina B

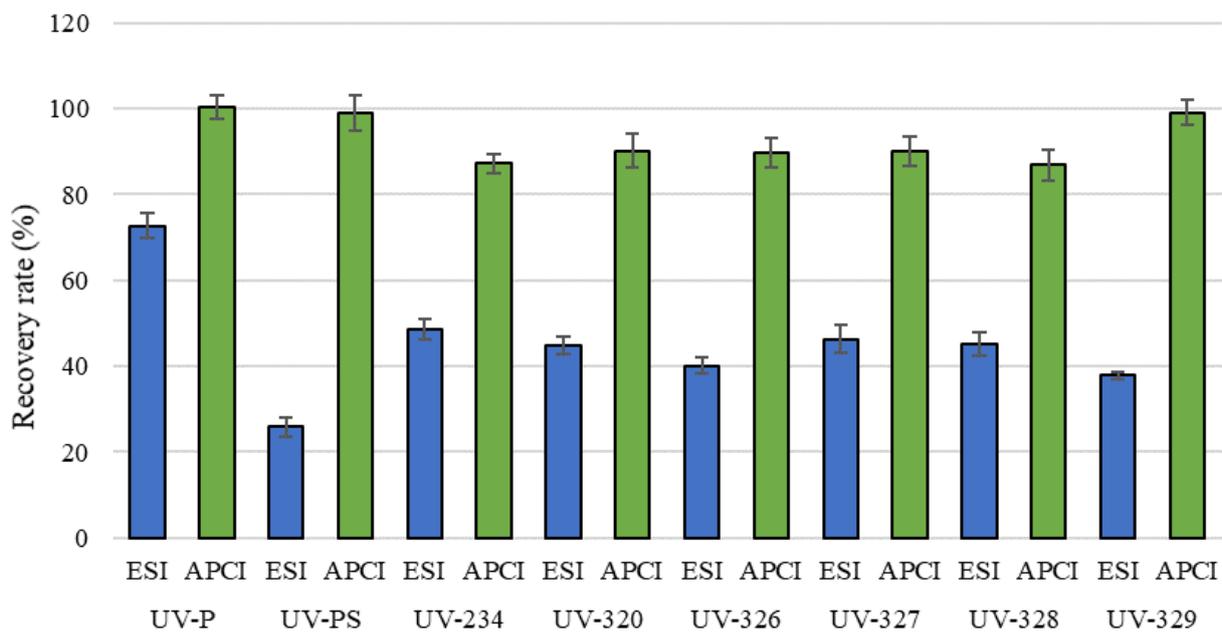


Fig. 4 Recovery test using washed HD (n=6), blue bar: ESI, green bar: APCI

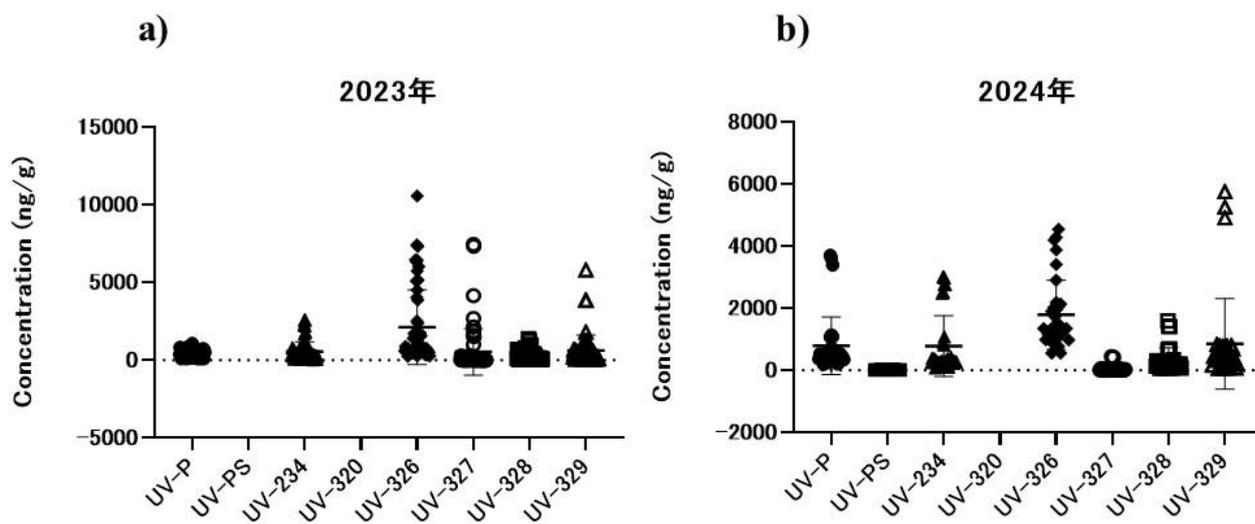


Fig. 5 Scatter plots of UVSs detected in HD, a) 2023, b) 2024

Table 1 LC-MS/MS conditions for BUVSs

Liquid Chromatograph			
Instrument	Nexera LC-40D _{XR}		
Column	Inertcore plus C18 2.1 x 100 mm, 2.6 μ m		
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)		
Mobile phase	A: water, B: methanol		
Flow rate	0.25 ml/min		
Injection volume	10 μ L		
Column oven	40°C		
Mass Spectrometry		Monitor ion (<i>m/z</i>)	
Instrument	LCMS-8050		UV-P, 226>107 (CE:-21)
Ionization	ESI (positive)	APCI (positive)	UV-PS, 268>212 (CE:-21)
Interface temperature	300°C	350°C	UV-234, 448>370 (CE-23)
Desolvation temperature	525°C	600°C	UV-320, 324>268 (CE-22)
DL temperature	250°C	200°C	UV-326, 316>260 (CE-20)
Heat block temperature	400°C	200°C	UV-327, 358>302 (CE-24)
Nebulizing gas	3 L/min	3 L/min	UV-328, 352>282 (CE-24)
Heating gas	10 L/min	-	UV-329, 324>57 (CE-28)
Drying gas	10 L/min	5 L/min	

Table 2 The limits of quantitation and detection for this study (n=7)

ng/g	UV-P	UV-PS	UV-234	UV-320	UV-326	UV-327	UV-328	UV-329
LOD	4.29	0.83	1.80	3.09	2.12	1.55	1.95	1.65
LOQ	14.32	5.23	5.98	10.31	7.05	5.18	6.52	5.50

Table 3 Concentrations of BUVSs in HD in September-December 2023 and September-October 2024

ng/g	UV-P		UV-PS		UV-234		UV-320	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Max	1.08×10^3	3.71×10^3	Tr	31.3	2.59×10^3	3.02×10^3	Tr	Tr
Median	3.70×10^2	4.50×10^2	Tr	16.7	3.50×10^2	3.07×10^2	Tr	Tr
Min	85.8	1.95×10^2	Tr	9.62	49.1	80.2	Tr	Tr
Detection frequency (%)	100	100	8.33	18.2	100	100	26.7	18.2
Ref 2 (Philippines, Survey year 2008: Min-Mas (DF%))	-	-	-	-	ND-817 (94%)		ND-25 (82%)	
Ref 3 (Norway, Survey year 2018: Min-Max (DF%))	-	-	-	-	-		<1-475 (96%)	
ng/g	UV-326		UV-327		UV-328		UV-329	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Max	1.06×10^4	4.55×10^3	7.55×10^3	4.48×10^2	1.38×10^3	1.58×10^3	5.81×10^3	5.76×10^3
Median	7.80×10^2	1.35×10^3	27.6	19.0	1.26×10^2	1.64×10^2	2.81×10^2	3.99×10^2
Min	2.50×10^2	5.55×10^2	5.74	8.30	28.9	59.3	40.8	58.9
Detection frequency (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
Ref 2 (Philippines, Survey year 2008: Min-Mas (DF%))	ND-275 (88%)		ND-73 (88%)		ND-304 (82%)		-	
Ref 3 (Norway, Survey year 2018: Min-Max (DF%))	24-1600 (100%)		<1-800 (96%)		1-18000 (100%)		7.8-8250 (100%)	

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、87 化合物を選定し、衛生試験法・注解 2020 追補 2024 および室内空気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。

研究協力者: 酒井信夫 (国立医薬品食品衛生研究所)、田原麻衣子 (国立医薬品食品衛生研究所)、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)、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)

A. 目的

室内空気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 (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、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。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ない。したがって、多種多様な揮発性有機化合物 (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。そこで、本研究では、先行研究で有害性に関するレ

ビューが実施されている揮発性有機化合物 (VOCs) や、室内空気中の濃度に関して指針値等が定められている VOCs、検出事例の VOCs を中心に対象化合物を選定し、衛生試験法・注解 2020 追補 2024 および室内空気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; Retention Index) に関する情報を取得した。さらに、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。

B. 実験方法

B-1. 対象化合物の選定

令和 6 年度は、1) C5 から C17 の *n*-アルカン類 13 化合物、2) アルコール・エステル類 9 化合物、3) 芳香族炭化水素類 9 化合物、4) ハロゲン化炭化水素類 6 化合物、5) グリコールエーテル類 16 化合物、6) 環状シロキサン類・テルペン類 8 化合物、7) アクリル酸エステル類・メタクリル酸エステル類 9 化合物、8) フルオロロテロマーアルコール類 12 化合物および 9) カルボニル化合物・ベンズアルデヒド・ベンジルアルコール 5 化合物の計 87 化合物を対象とした。

まず、化合物群ごとに 2000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 混合標準原液を調製した (*n*-アルカン類とグリコールエ

ーテル類については、それぞれを2群に分けて2000 µg/mL 混合標準原液を調製)。ただし、m-Xylene および p-Xylene については、GC-MS での分離が困難な場合があることから、各化合物の濃度が1000 µg/mL となるように調製した。次いで、それぞれの化合物群について混合標準原液をメタノールで希釈して100 µg/mL 混合標準溶液を調製し、その1 µL (各化合物100 ngを含む) をCAMSCO社製Tenax TA吸着管に負荷してTD-GC-MSによる分析を行った。

B-2. TD-GC-MSによるVOCsの分析

TD-GC-MSによるVOCsの分析は、衛生試験法・注解2020 追補2024に記載されている総揮発性有機化合物試験法に準拠して行った。

TD装置はShimadzu TD-30、GC-MSはShimadzu GCMS-TQ8030を使用し、下記の条件で分析を行った。

[TD]

加熱脱離温度：280°C

加熱脱離時間：8 min

ガス流量：50 mL/min, He

Trap 冷却温度：-20°C

Trap 加熱温度：280°C

Trap 加熱時間：5min

バルブ温度：250°C

トランスファーライン温度：250°C

スプリット比：5

[GC]

キャリアガス：He, 40 cm/sec (線速度一定)

カラム：SH-Rtx-1 (60 m x 0.32 mm, 1 µm)

オープン昇温：40°C - 6°C/min - 280°C (5 min)

インターフェイス温度：250°C

[MS]

イオン源温度：200°C

測定モード：Q3 Scan

Scan Range：m/z 40 - 500, 10 Hz

C. 結果と考察

C-1. 87 VOCs のTD-GC-MS測定

各化合物群の100 µg/mL 混合標準溶液1 µLをTenax TA吸着管に負荷し、TG-GC-MSで測定したTotal Ion Chromatogram (TIC)を図1~図8に示した。また、図9は、87 VOCs (各100 ng、m-Xylene および p-Xylene は各50 ng) のTICを

示したものである。

衛生試験法・注解2020 追補2024に準拠したTD-GC-MS法で測定した87 VOCsの保持時間(min)と保持指標(RI)値を表1に示した。また、NIST 23 Mass Spectral Libraryに記載されている各VOCのRI値も参考として示した。

両RI値は概ね一致するものの、2-Ethoxyethanol や1H,1H,2H,2H-Nonafluorohexyl Acrylateなど。Referenceとなるn-アルカンとの溶出順序が逆転する事例も散見された。したがって、室内空気中で検出される可能性のあるVOCsを、衛生試験法・注解2020 追補2024および室内空気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法で測定し、RI値に関する情報を広く提供することによって、VOCsの同定精度の向上が期待される。

C-2. 室内空気中VOCs RIデータへの健康影響情報の付与

現在、室内空気中の総揮発性有機化合物(TVOC)には400 µg/m³の暫定目標値が設定されている。この値は、室内空気質の実態調査結果に基づいて導出されたものであり、多種多様なVOCsの総和であるTVOCの値と健康影響との直接的な関連性を考察することは難しい。しかし、その一方で、TD-GC-MSで測定したTVOCのデータには構成成分に関する有益な情報が含まれており、C-1で得られるRIデータに個別のVOC等の健康影響情報を付与する、すなわち“Annotation”を付与することによって、VOCsの健康影響の観点から室内空気質の特徴について考察することが可能になるものと考えられる。

そこで、本研究では“Annotation”としてのGHS分類に着目し、対象化合物の危険有害性(表2)に関する情報を取り纏めた。尚、GHS分類に関する情報は、独立行政法人製品評価技術基盤機構で公開されている「政府によるGHS分類結果」の全対象物質の危険有害性区分一覧表(2024.6更新)”(https://www.chem-info.nite.go.jp/chem/ghs/ghs_download.html)から入手した。

D. 結論

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、収集することによって、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。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

[論文発表]

- 1) 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. *Arch Toxicol.* 2024; 98(3): 837-848. doi: 10.1007/s00204-023-03659-1.
- 2) 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. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.* 2024;283: 109962. doi: 10.1016/j.cbpc.2024.109962.

[学会発表]

- 1) 篠田愛華, 亀谷春香, 青木 明, 岡本誉士典, 神野透人：室内空气中の揮発性 PFAS に関する研究, 第 70 回日本薬学会東海支部総会・大会, 7 月, 名古屋 (2024).
- 2) 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, 7 月, 福岡 (2024).

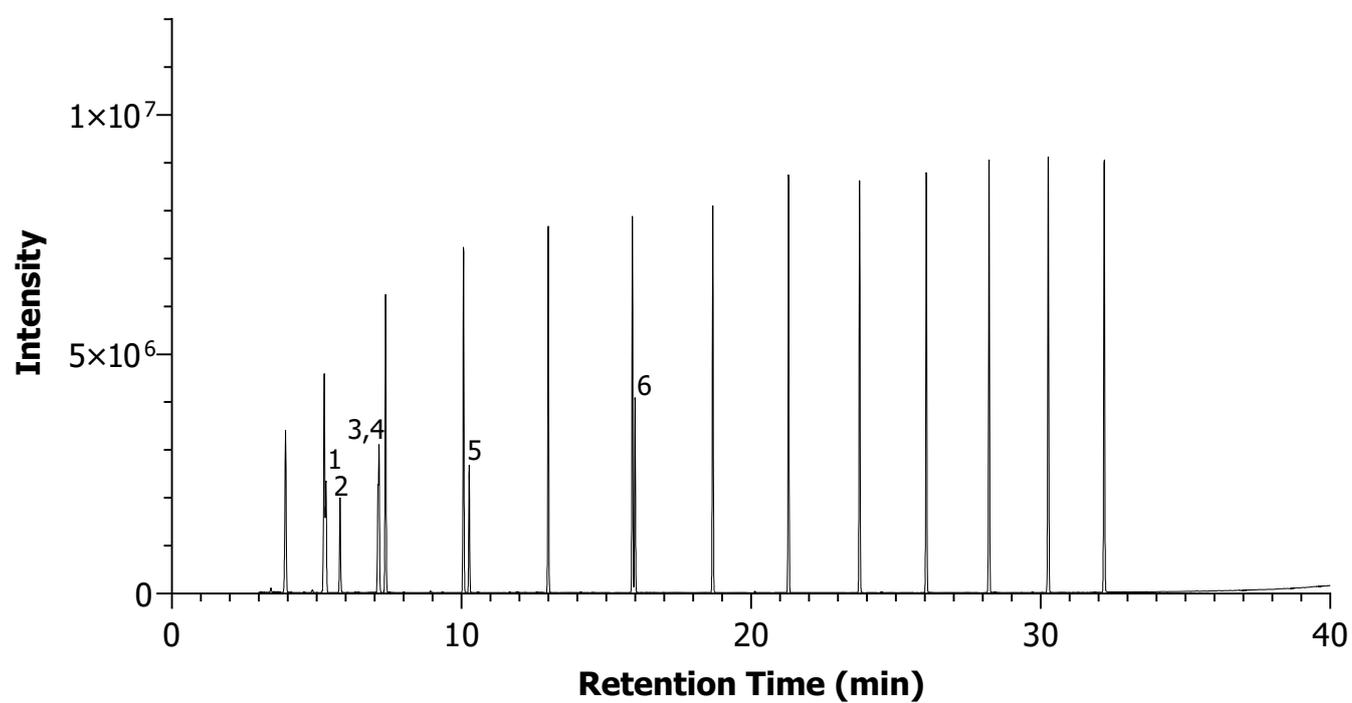
- 3) 沖野優衣, 高橋美優, 森 葉子, 大河原 晋, 北川康行, 波多江典之, 磯部隆史, 埴岡伸光, 神野透人, 香川 (田中) 聡子：改正欧州連合化粧品規制における義務表示香料成分によるヒト TRPA1 の活性化予測, フォーラム 2024 衛生薬学・環境トキシコロジー, 9 月, 仙台 (2024).
- 4) 湯浅竜斗, 森 葉子, 青木 明, 岡本誉士典, 磯部隆史, 大河原 晋, 埴岡伸光, 香川 (田中) 聡子, 神野透人：フタル酸エステル類の代替可塑剤による TRPA1 活性化の種差, フォーラム 2024 衛生薬学・環境トキシコロジー, 9 月, 仙台 (2024).
- 5) 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, 9 月, 草津 (2024).
- 6) 篠田愛華, 亀谷春香, 青木 明, 岡本誉士典, 酒井信夫, 神野透人：室内空气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, 9 月, 草津 (2024).
- 7) 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「室内空气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, 11 月, 札幌 (2024).
- 8) 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ブラー法 (改訂), 日本薬学会第 145 年会, 3 月, 福岡 (2025).
- 9) 長宗 寧, 鈴木 浩, 大貫 文, 酒井信夫, 鳥羽 陽, 中島大介, 藤 英治, 神野透人, 香

- | | |
|---|-----------------------------------|
| <p>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，3 月，福岡（2025）.</p> <p>10) 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 <i>in silico</i> 評価，日本薬学会第 145 年会，3 月，福岡（2025）.</p> <p>11) 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 <i>in silico</i> 評価，日本薬学会第 145 年会，3 月，福岡（2025）.</p> <p>12) 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 <i>in silico</i> 評価，日本薬学会第 145 年会，3 月，福岡（2025）.</p> <p>13) 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，3 月，福岡（2025）.</p> <p>14) 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，3 月，福岡（2025）.</p> <p>15) 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：室内空气中の PFAS 曝露に関する研究，日本薬学会第 145 年会，3 月，福岡（2025）.</p> | <p>なし</p> <p>実用新案登録</p> <p>なし</p> |
|---|-----------------------------------|

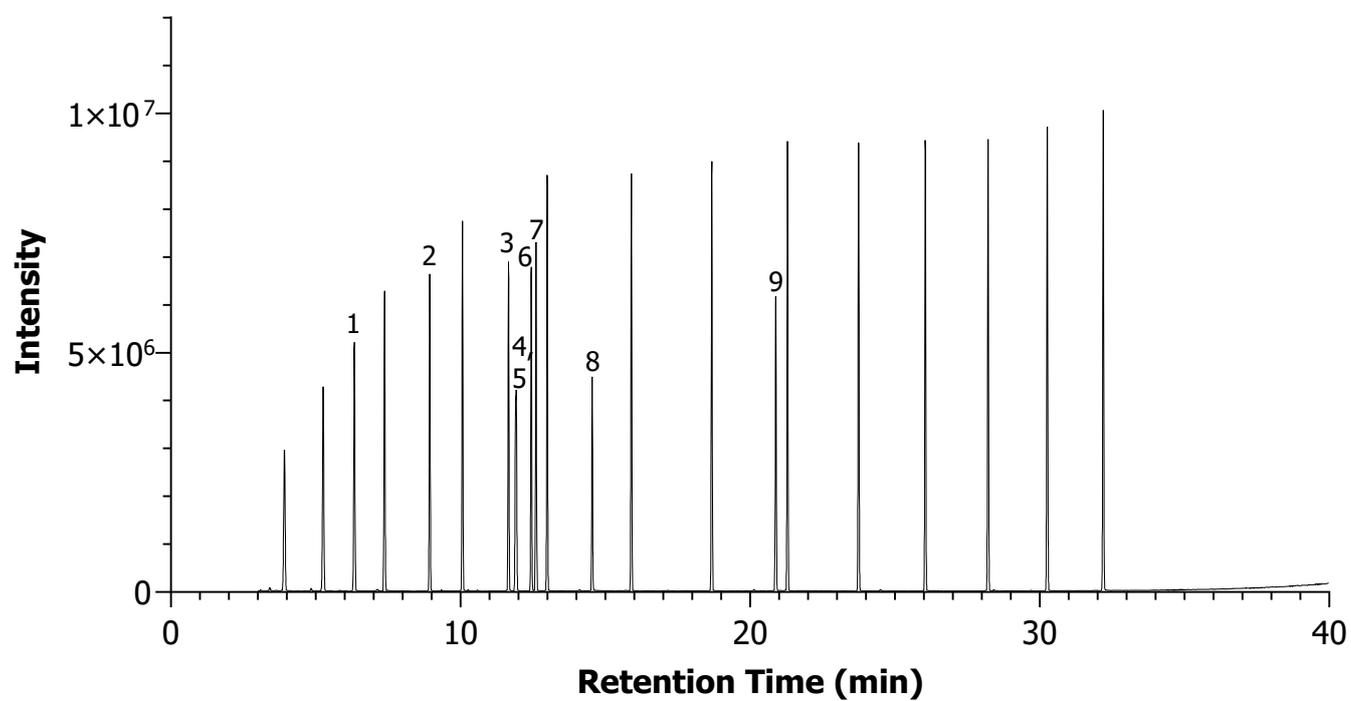
G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

特許取得

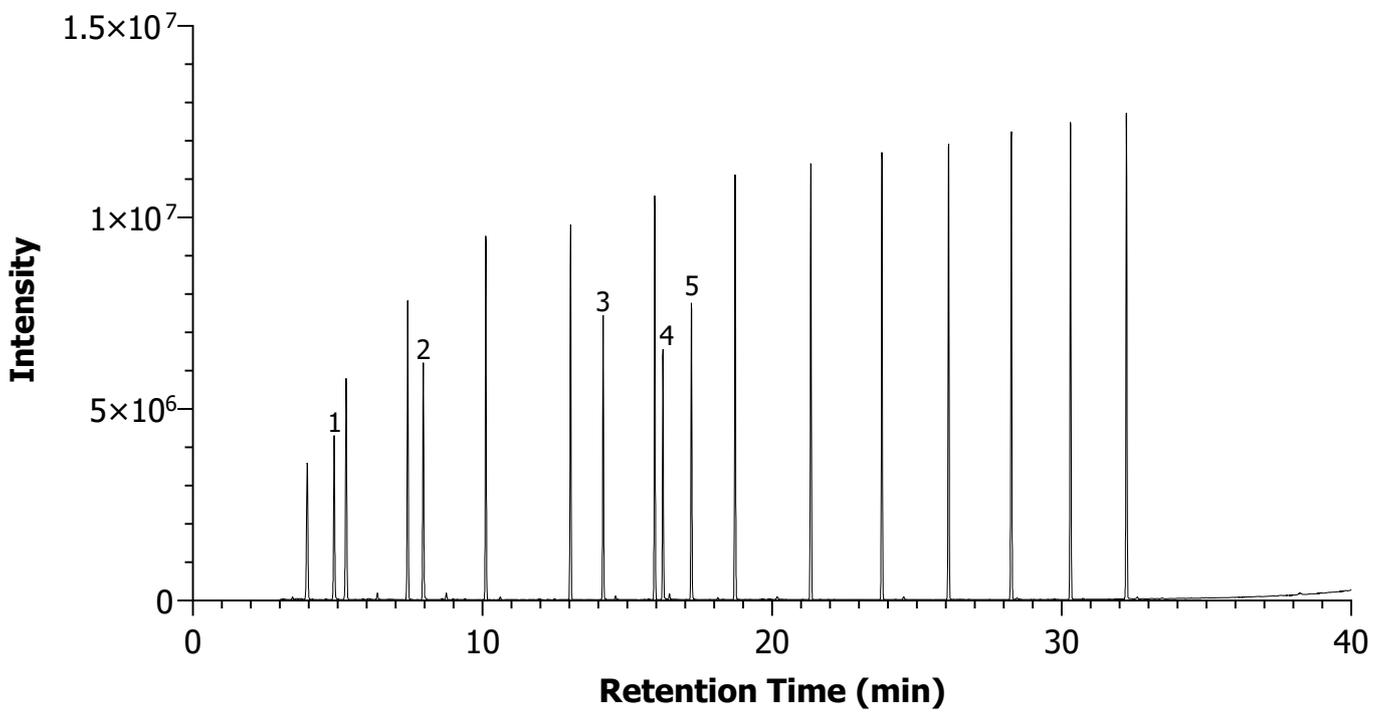
☒1 GC-MS Chromatogram of 6 Organic Halides



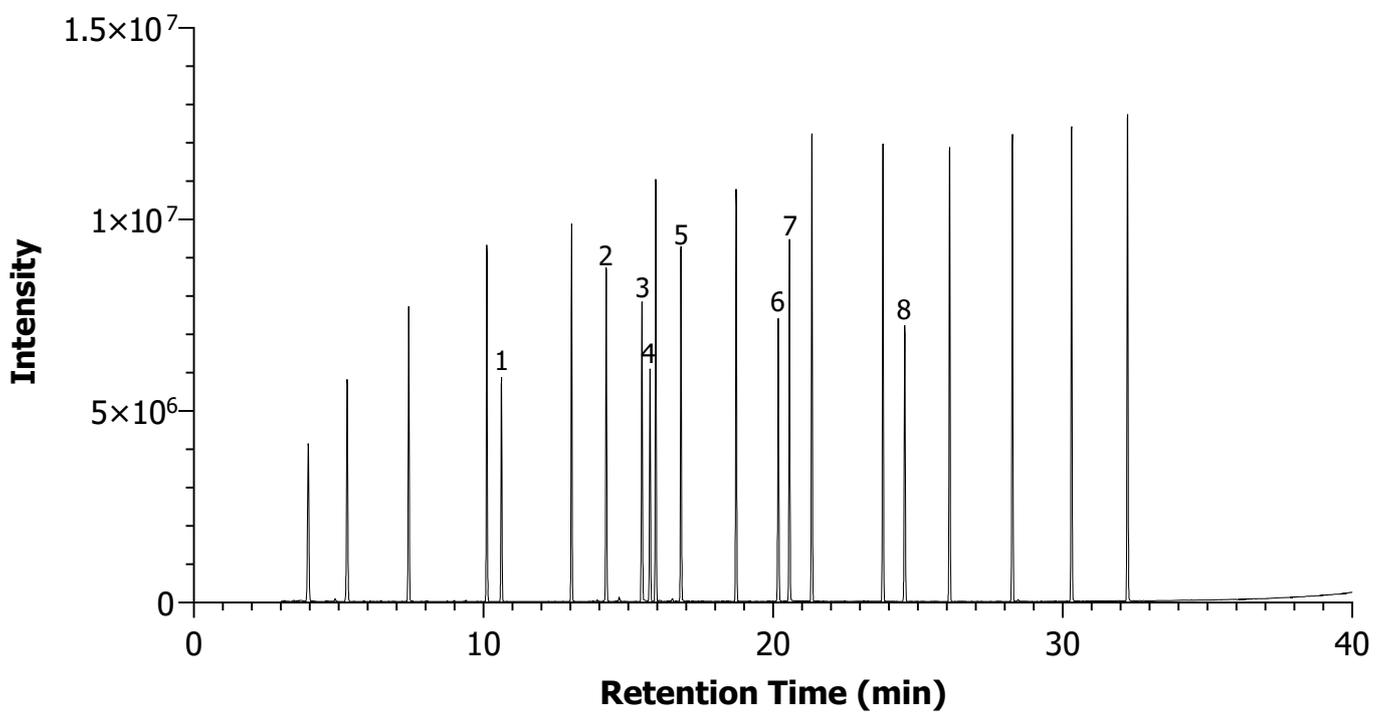
☒2 GC-MS Chromatogram of 9 Aromatic Compounds



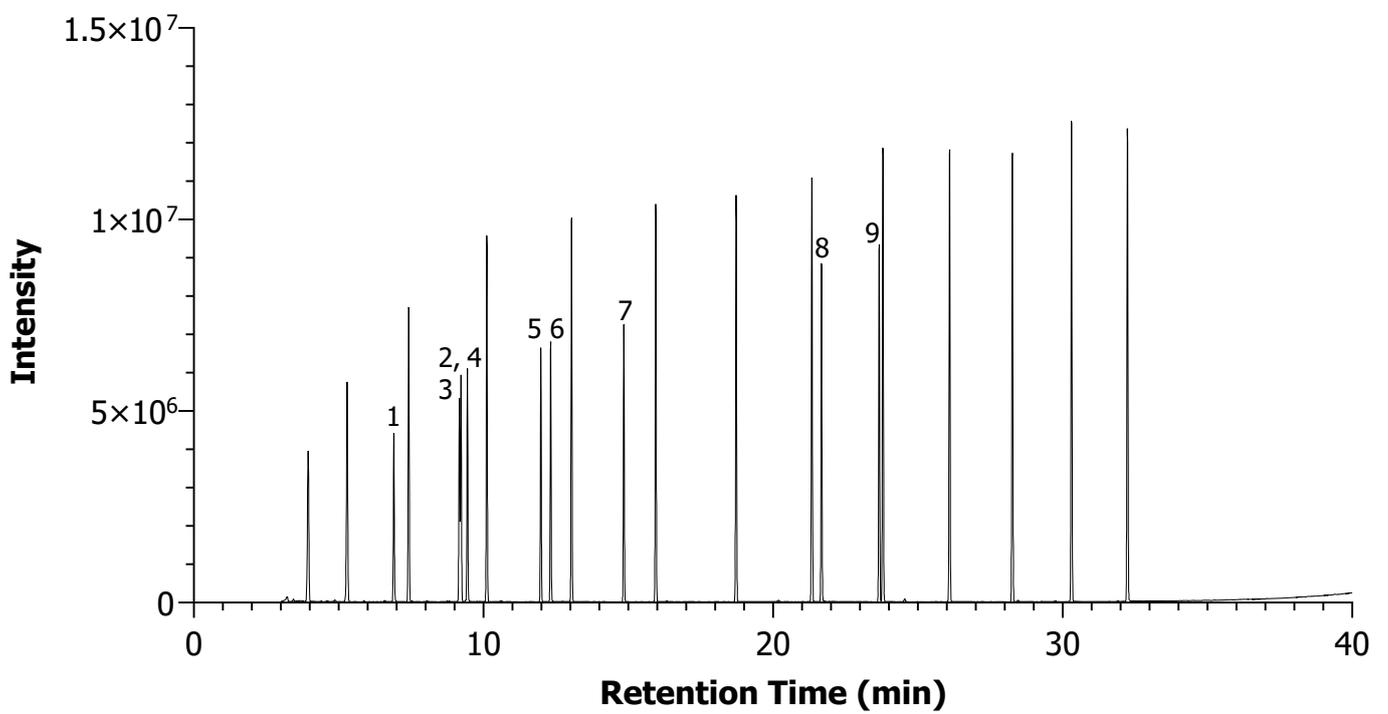
☒3 GC-MS Chromatogram of 5 Carbonyl Compounds



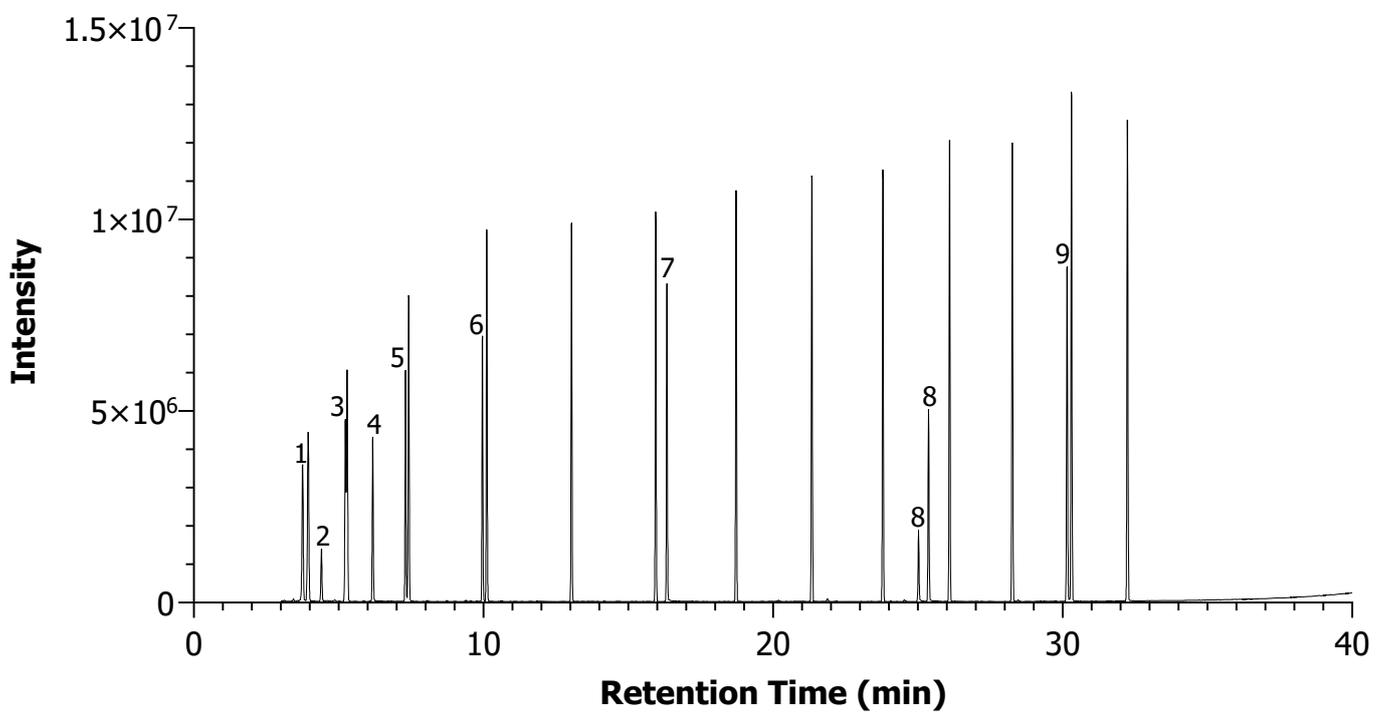
☒4 GC-MS Chromatogram of 8 Cyclosiloxanes and Terpenes



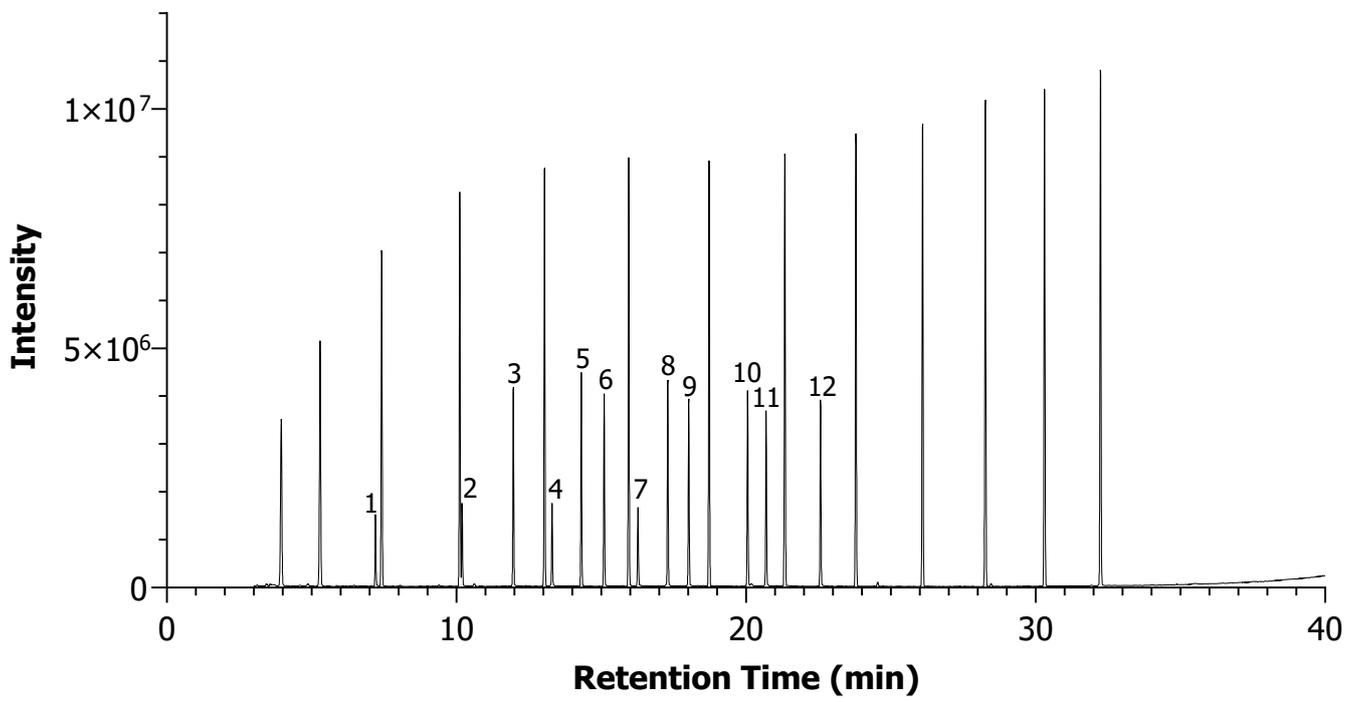
☒5 GC-MS Chromatogram of 9 Acrylates and Metacrylates



☒6 GC-MS Chromatogram of 9 Alcohols and Esters



☒7 GC-MS Chromatogram of 12 PFASs



☒8 GC-MS Chromatogram of 16 Glycol Ethers

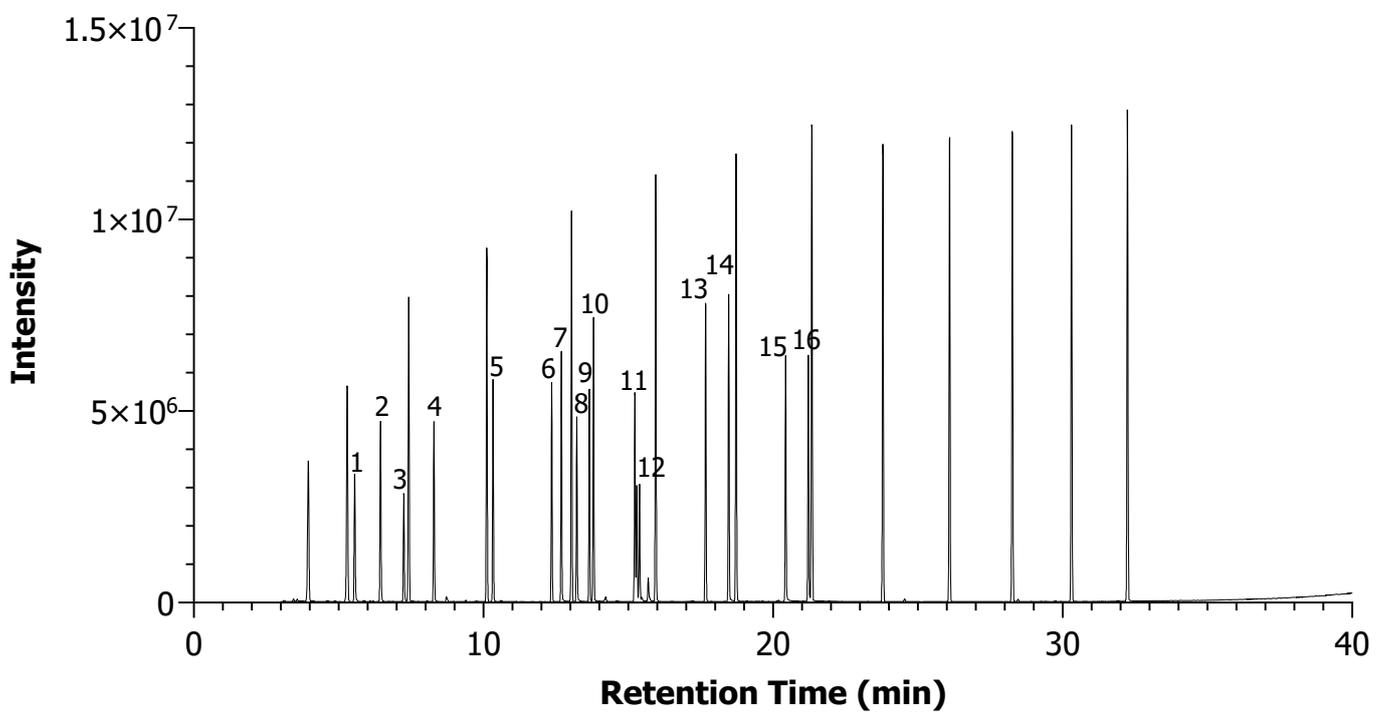


图9 GC-MS Chromatogram of 87 Volatile Organic Compounds

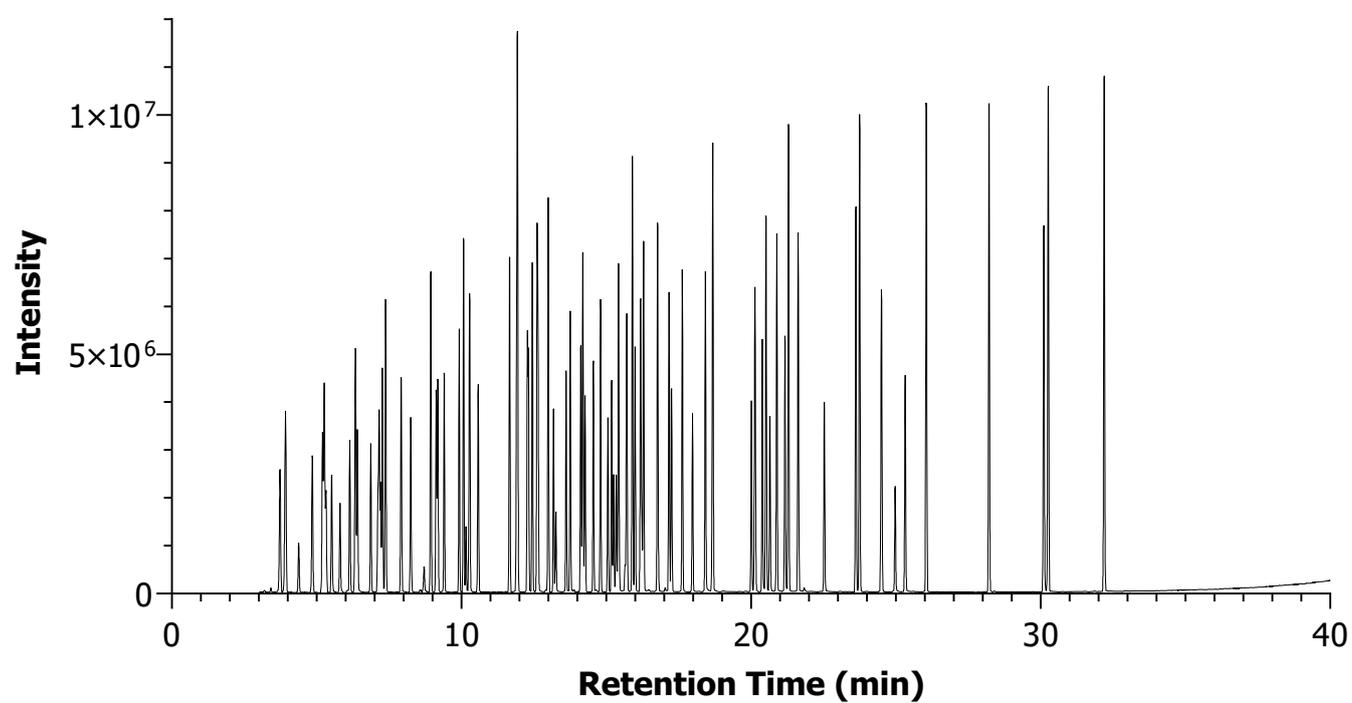


表1 87 VOCsの保持間と保持指標

[*n*-アルカン類の保持時間と保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
<i>n</i> -Pentane	109-66-0	3.953	500	-	
<i>n</i> -Hexane	110-54-3	5.296	600	-	
<i>n</i> -Heptane	142-82-5	7.422	700	-	
<i>n</i> -Octane	111-65-9	10.118	800	-	
<i>n</i> -Nonane	111-84-2	13.044	900	-	
<i>n</i> -Decane	124-18-5	15.952	1000	-	
<i>n</i> -Undecane	1120-21-4	18.728	1100	-	
<i>n</i> -Dodecane	112-40-3	21.343	1200	-	
<i>n</i> -Tridecane	629-50-5	23.797	1300	-	
<i>n</i> -Tetradecane	629-59-4	26.099	1400	-	
<i>n</i> -Pentadecane	629-62-9	28.266	1500	-	
<i>n</i> -Hexadecane	544-76-3	30.310	1600	-	
<i>n</i> -Heptadecane	629-78-7	32.242	1700	-	

[グリコールエーテル類の保持時間と保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
Ethylene Glycol Monomethyl Ether	109-86-4	5.557	612	635	635
1-Methoxy-2-propanol	107-98-2	6.448	654	672	673
2-Ethoxyethanol	110-80-5	7.252	692	717	744
1-Ethoxy-2-propanol	1569-02-4	8.293	732	738	750
2-Methoxyethyl Acetate	110-49-6	10.333	807	NA	
2-Ethoxyethyl Acetate	111-15-9	12.360	877	907	909
Ethylene Glycol Monobutyl Ether	111-76-2	12.693	888	899	904
Diethylene Glycol Monomethyl Ether	111-77-3	13.227	906	938	957
Diethylene Glycol Dimethyl Ether	111-96-6	13.662	921	951	951
1-Butoxy-2-propanol	5131-66-8	13.805	926	936	948
2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	111-90-0	15.232	975	1001	1007
1-(2-Methoxypropoxy)-2-propanol	34590-94-8	15.300	978	NA	
1-(2-Methoxy-1-methylethoxy)-2-propanol		15.392	981		
2-(2-Methoxy-1-methylethoxy)-1-Propanol		15.695	991		
2-(2-Methoxypropoxy)-1-propanol					
2-Butoxyethyl Acetate	112-07-2	17.677	1062	1096	1120
2-(Hexyloxy)ethanol	112-25-4	18.472	1091	1090	
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	112-34-5	20.438	1165	1189	1198
2-Phenoxyethanol	122-99-6	21.222	1195	1226	1245

[環状シロキサン類・テルペン類の保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
Hexamethylcyclotrisiloxane	541-05-9	10.625	817	833	
α -Pinene	80-56-8	14.243	941	936	978
β -Pinene	127-91-3	15.477	984	971	978
Octamethylcyclotetrasiloxane	556-67-2	15.755	993	959	994
(+)-Limonene	5989-27-5	16.823	1031	1027	
Decamethylcyclopentasiloxane	541-02-6	20.185	1156	1193	1215
l-Menthol	2216-51-5	20.570	1170	1172	1178
Dodecamethylcyclohexasiloxane	540-97-6	24.552	1333	1350	

[アルコール類・エステル類の保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
Isopropyl Alcohol	67-63-0	3.760	<500	491	524
1-Propanol	71-23-8	4.410	534	555	560
Ethyl Acetate	141-78-6	5.235	596	613	614
1-Butanol	71-36-3	6.180	642	652	
Propyl Acetate	109-60-4	7.312	695	713	

Butyl Acetate	123-86-4	9.968	794	813	
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	16.338	1014	1027	1028
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol Monoisobutyrate	25265-77-4	25.028	1353	1380	
	(77-68-9)	25.373	1368		
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol Diisobutyrate	6846-50-0	30.158	1593	1588	1591

[カルボニル化合物・ベンズアルデヒド・ベンジルアルコールの保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
2-Butanone	78-93-3	4.882	569	600	
Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	7.960	720	743	
Benzaldehyde	100-52-7	14.172	952	960	966
Benzyl Alcohol	100-51-6	16.237	1010	1029	1040
Acetophenone	98-86-2	17.220	1046	1078	

[フルオロテロマーアルコール類の保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
1H,1H,2H,2H-Nonafluoro-1-hexanol	2043-47-2	7.207	690	NA	
1H,1H,2H,2H-Tridecafluoro-1-n-octanol	647-42-7	10.198	803	NA	
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-decanol	678-39-7	13.305	909	NA	
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-dodecanol	865-86-1	16.272	1012	1068	
1H,1H,2H,2H-Nonafluorohexyl Acrylate	52591-27-2	11.967	863	945	
1H,1H,2H,2H-Tridecafluoro-n-octyl Acrylate	17527-29-6	15.103	971	NA	
1H,1H,2H,2H-Heptadecafluorodecyl Acrylate	27905-45-9	18.025	1075	NA	
1H,1H,2H,2H-Perfluorododecyl acrylate	17741-60-5	20.697	1175	1210	
1H,1H,2H,2H-Nonafluorohexyl Methacrylate	1799-84-4	14.315	944	961	
1H,1H,2H,2H-Tridecafluoro-n-octyl Methacrylate	2144-53-8	17.300	1049	1069	
1H,1H,2H,2H-Heptadecafluorodecyl Methacrylate	1996-88-9	20.057	1151	NA	
1H,1H,2H,2H-Henicosafuorododec-1-yl Methacrylate	2144-54-9	22.575	1250	1280	

[芳香族炭化水素類の保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
Benzene	71-43-2	6.337	651	686	
Toluene	108-88-3	8.940	759	769	784
Ethylbenzene	100-41-4	11.662	854	865	869
m-Xylene	108-38-3	11.928	863	852	878
p-Xylene	106-42-3			872	885
Styrene	100-42-5	12.447	881	893	895
o-Xylene	95-47-6	12.610	887	886	
Phenol	108-95-2	14.550	953	980	
Naphthalene	91-20-3	20.890	1185	1186	

[ハロゲン化炭化水素類の保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
Chloroform	67-66-3	5.325	603	613	620
1,2-Dichloroethane	107-06-2	5.812	626	649	673
Bromodichloromethane	75-27-4	7.122	688	703	706
Trichloroethylene	79-01-6	7.155	689	701	703
Tetrachloroethylene	127-18-4	10.270	807	815	817
1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	15.997	1003	1015	1021

[アクリル酸エステル類・メタクリル酸エステル類の保持指標]

Compounds	CAS RN	Rt (min)	RI	NIST Library	
Ethyl Acrylate	140-88-5	6.910	671	700	702
tert-Butyl Acrylate	1663-39-4	9.172	765	NA	
Ethyl Methacrylate	97-63-2	9.228	767	775	814
n-Propyl Acrylate	925-60-0	9.450	775	NA	
n-Propyl Methacrylate	2210-28-8	11.985	864	835	856

n-Butyl Acrylate	141-32-2	12.325	875	902	
n-Butyl Methacrylate	97-88-1	14.852	962	965	989
2-Ethylhexyl Acrylate	103-11-7	21.677	1214	1228	
2-Ethylhexyl Methacrylate	688-84-6	23.668	1295	NA	

表2 GHS分類の危険有害性、区分、注意喚起語および危険有害性情報

危険有害性	危険有害性区分	注意喚起語	危険有害性情報
急性毒性（経口）	1	危険	飲み込むと生命に危険（経口）
	2	危険	飲み込むと生命に危険（経口）
	3	危険	飲み込むと有毒（経口）
	4	警告	飲み込むと有害（経口）
	5	警告	飲み込むと有害のおそれ（経口）
急性毒性（経皮）	1	危険	皮膚に接触すると生命に危険（経皮）
	2	危険	皮膚に接触すると生命に危険（経皮）
	3	危険	皮膚に接触すると有毒（経皮）
	4	警告	皮膚に接触すると有害（経皮）
	5	警告	皮膚に接触すると有害のおそれ（経皮）
急性毒性（吸入：気体）	1	危険	吸入すると生命に危険（気体）
	2	危険	吸入すると生命に危険（気体）
	3	危険	吸入すると有毒（気体）
	4	警告	吸入すると有害（気体）
	5	警告	吸入すると有害のおそれ（気体）
急性毒性（吸入：蒸気）	1	危険	吸入すると生命に危険（蒸気）
	2	危険	吸入すると生命に危険（蒸気）
	3	危険	吸入すると有毒（蒸気）
	4	警告	吸入すると有害（蒸気）
	5	警告	吸入すると有害のおそれ（蒸気）
急性毒性（吸入：粉じん）	1	危険	吸入すると生命に危険（粉じん）
	2	危険	吸入すると生命に危険（粉じん）
	3	危険	吸入すると有毒（粉じん）
	4	警告	吸入すると有害（粉じん）
	5	警告	吸入すると有害のおそれ（粉じん）
急性毒性（吸入：ミスト）	1	危険	吸入すると生命に危険（ミスト）
	2	危険	吸入すると生命に危険（ミスト）
	3	危険	吸入すると有毒（ミスト）
	4	警告	吸入すると有害（ミスト）
	5	警告	吸入すると有害のおそれ（ミスト）
皮膚腐食性・刺激性	1A	危険	重篤な皮膚の薬傷・眼の損傷
	1B	危険	重篤な皮膚の薬傷・眼の損傷
	1C	危険	重篤な皮膚の薬傷・眼の損傷
	2	警告	皮膚刺激
	3	警告	軽度の皮膚刺激
眼に対する重篤な損傷・眼刺激性	1	危険	重篤な眼の損傷
	2A	警告	強い眼刺激
	2B	警告	眼刺激
呼吸器感受性	1	危険	吸入するとアレルギー、喘息又は呼吸困難を起こすおそれ
皮膚感受性	1	警告	アレルギー性皮膚反応を起こすおそれ
生殖細胞変異原性	1A	危険	遺伝性疾患のおそれ
	1B	危険	遺伝性疾患のおそれ
	2	警告	遺伝性疾患のおそれの疑い
発がん性	1A	危険	発がんのおそれ
	1B	危険	発がんのおそれ
	2	警告	発がんのおそれの疑い
生殖毒性	1A	危険	生殖能又は胎児への悪影響のおそれ
	1B	危険	生殖能又は胎児への悪影響のおそれ
	2	警告	生殖能又は胎児への悪影響のおそれの疑い
	(授乳区分)		授乳中の子に害を及ぼすおそれ
特定標的臓器・全身毒性 (単回ばく露)	1	危険	臓器の障害
	2	警告	臓器の障害のおそれ
	3 (気道刺激性)	警告	呼吸器への刺激のおそれ
	3 (麻酔作用)	警告	眠気又はめまいのおそれ
特定標的臓器・全身毒性 (反復ばく露)	1	危険	長期又は反復ばく露による臓器の障害
	2	警告	長期又は反復ばく露による臓器の障害のおそれ

表3 87 VOCsの危害情報

[フルオロデロマーアルコール類]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入:ガス)	急性毒性 (吸入:蒸気)	急性毒性 (吸入:粉塵・ミスト)	皮膚腐食性/刺激性	眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器毒性 (単回暴露)	特定標的臓器毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
2043-47-2	1H,1H,2H,2H-Nonafluoro-1-hexanol	7.207	690															
647-42-7	1H,1H,2H,2H-Tridecafluoro-1-n-octanol	10.198	803															
678-39-7	1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-decanol	13.305	909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
865-86-1	1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-dodecanol	16.272	1012															
52591-27-2	1H,1H,2H,2H-Nonafluorohexyl Acrylate	11.967	863															
17527-29-6	1H,1H,2H,2H-Tridecafluoro-n-octyl Acrylate	15.103	971															
27905-45-9	1H,1H,2H,2H-Heptadecafluorodecyl Acrylate	18.025	1075															
17741-60-5	1H,1H,2H,2H-Perfluorododecyl acrylate	20.697	1175															
1799-84-4	1H,1H,2H,2H-Nonafluorohexyl Methacrylate	14.315	944															
2144-53-8	1H,1H,2H,2H-Tridecafluorooctyl Methacrylate	17.300	1049															
1996-88-9	1H,1H,2H,2H-Heptadecafluorodecyl Methacrylate	20.057	1151															
2144-54-9	1H,1H,2H,2H-Henicosafuorododec-1-yl methacrylate	22.575	1250															

[n-アルカン類]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入:ガス)	急性毒性 (吸入:蒸気)	急性毒性 (吸入:粉塵・ミスト)	皮膚腐食性/刺激性	眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器毒性 (単回暴露)	特定標的臓器毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
109-66-0	n-Pentane	3.953	500	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	分類できない	区分1
110-54-3	n-Hexane	5.296	600	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分2	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分2	区分3 (麻酔作用・気道刺激性)	区分1 (神経系)	区分1
142-82-5	n-Heptane	7.422	700	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分2	区分2	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (神経系)	区分1
111-65-9	n-Octane	10.118	800	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分2	区分2	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	分類できない	区分1
111-84-2	n-Nonane	13.044	900	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分4	区分に該当しない	区分2	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2 (中枢神経系) 区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	分類できない	区分1
124-18-5	n-Decane	15.952	1000	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1
1120-21-4	n-Undecane	18.728	1100	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性)	分類できない	区分1
112-40-3	n-Dodecane	21.343	1200	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1
629-50-5	n-Tridecane	23.797	1300															
629-59-4	n-Tetradecane	26.099	1400															
629-62-9	n-Pentadecane	28.266	1500															
544-76-3	n-Hexadecane	30.310	1600															
629-78-7	n-Heptadecane	32.242	1700															

[グリコールエーテル類]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入:ガス)	急性毒性 (吸入:蒸気)	急性毒性 (吸入:粉塵・ミスト)	皮膚腐食性/刺激性	眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器毒性 (単回暴露)	特定標的臓器毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
--------	------	------------	------	-----------	-----------	--------------	--------------	------------------	-----------	------------------	--------	-------	--------	------	------	-----------------	-----------------	-------

109-86-4	Ethylene Glycol Monomethyl Ether	5.557	612	区分に該当しない	区分4	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1B	区分1 (中枢神経系・血液系・腎臓) 区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (血液系・精巣)	分類できない
107-98-2	1-Methoxy-2-propanol	6.448	654	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分3 (麻酔作用)	区分に該当しない	分類できない
110-80-5	2-Ethoxyethanol	7.252	692	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1B	区分1 (中枢神経系・血液系・腎臓・肝臓)	区分1 (血液系・精巣)	分類できない
1569-02-4	1-Ethoxy-2-propanol	8.293	732	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (麻酔作用・気道刺激性)	分類できない	分類できない
110-49-6	2-Methoxyethyl Acetate	10.333	807	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1A	区分1 (中枢神経系・血液系・腎臓)	区分1 (血液系・精巣)	分類できない
111-15-9	2-Ethoxyethyl Acetate	12.360	877	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分1B	区分2 (腎臓) 区分3 (麻酔作用)	区分1 (呼吸器・生殖器(男性))	分類できない
111-76-2	Ethylene Glycol Monobutyl Ether	12.693	888	区分4	区分3	区分に該当しない	区分2	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2	区分1 (血液系・呼吸器・肝臓・腎臓) 区分3 (麻酔作用)	区分1 (血液系)	分類できない
111-77-3	Diethylene Glycol Monomethyl Ether	13.227	906	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分1B	区分3 (麻酔作用)	分類できない	分類できない
111-96-6	Diethylene Glycol Dimethyl Ether	13.662	921	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分1B	分類できない	分類できない	分類できない
5131-66-8	1-Butoxy-2-propanol	13.805	926	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	区分2B	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (麻酔作用)	区分に該当しない	分類できない
111-90-0	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	15.232	975	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分1 (呼吸器)	分類できない						
34590-94-8	1-(2-Methoxypropoxy)-2-propanol	15.300 15.392 15.695	978 981 991	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (麻酔作用・気道刺激性)	区分に該当しない	分類できない
112-07-2	2-Butoxyethyl Acetate	17.677	1062	区分に該当しない	区分4	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1 (中枢神経系・血液系・腎臓)	区分2 (血液系・腎臓)	分類できない
112-25-4	2-(Hexyloxy)ethanol	18.472	1091	区分4	区分3	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	区分2B	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2 (呼吸器)	分類できない	分類できない
112-34-5	2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	20.438	1165	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分2A	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (麻酔作用)	区分1 (呼吸器・肝臓)	分類できない
122-99-6	2-Phenoxyethanol	21.222	1195	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分4	区分に該当しない	区分1	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (麻酔作用)	分類できない	分類できない

[カルボニル化合物・ベンズアルデヒド・ベンジルアルコール]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入：ガス)	急性毒性 (吸入：蒸気)	急性毒性 (吸入：粉塵・ミスト)	皮膚腐食性/ 刺激	眼に対する重 篤な損傷性/ 眼刺激性	呼吸器感作性	皮膚感作性	細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器 毒性 (単回暴露)	特定標的臓器 毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
78-93-3	2-Butanone	4.882	569	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2 (腎臓) 区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (神経系)	分類できない
108-10-1	Methyl Isobutyl Ketone	7.960	720	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分3	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	区分1B	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (中枢神経系)	分類できない

100-52-7	Benzaldehyde	14.172	952	区分4	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分2A	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2 (中枢神経系) 区分3 (気道刺激性・麻 酔作用)	区分2 (中枢神経系・血 液系・肝臓・呼吸 器)	分類できない
100-51-6	Benzyl Alcohol	16.237	1010	区分4	区分4	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2	分類できない	区分1A	区分に該当しない	区分に該当しない	区分1 (中枢神経系・腎 臓) 区分3 (麻酔作用)	区分1 (中枢神経系)	分類できない
98-86-2	Acetophenone	17.220	1046	区分4	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2 (気道刺激性・麻 酔作用)	分類できない	分類できない

[環状シロキサン類・テルペン類]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入：ガス)	急性毒性 (吸入：蒸気)	急性毒性 (吸入：粉塵・ ミスト)	皮膚腐食性/ 刺激性	眼に対する重 篤な損傷性/ 眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器 毒性 (単回暴露)	特定標的臓器 毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
541-05-9	Hexamethylcyclotrisiloxane	10.625	817															
80-56-8	α -Pinene	14.243	941	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	区分に該当しない	分類できない	区分1	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分2 (呼吸器系)	区分1 (呼吸器系・神経 系)	分類できない
127-91-3	β -Pinene	15.477	984	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分3	分類できない	区分2	分類できない	分類できない	区分1	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性)	分類できない	区分1
556-67-2	Octamethylcyclotetrasiloxane	15.755	993	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2	区分2	区分に該当しない	分類できない
5989-27-5	(+)-Limonene	16.823	1031	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	分類できない	分類できない	区分1	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分2	区分に該当しない	区分1
541-02-6	Decamethylcyclopentasiloxane	20.185	1156															
2216-51-5	l-Menthol	20.570	1170	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分2	区分2B	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (麻酔作用)	分類できない	分類できない
540-97-6	Dodecamethylcyclohexasiloxane	24.552	1333															

[アクリル酸エステル類・メタクリル酸エステル類]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入：ガス)	急性毒性 (吸入：蒸気)	急性毒性 (吸入：粉塵・ ミスト)	皮膚腐食性/ 刺激性	眼に対する重 篤な損傷性/ 眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器 毒性 (単回暴露)	特定標的臓器 毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
140-88-5	Ethyl Acrylate	6.910	671	区分4	区分4	区分に該当しない	区分3	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	区分1A	区分に該当しない	区分2	分類できない	区分3 (麻酔作用・気道 刺激性)	区分1 (神経系・呼吸器)	分類できない
1663-39-4	tert-Butyl Acrylate	9.172	765	区分4	区分に該当しない	区分に該当しない	区分3	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分1	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分3 気道刺激性	区分2 (全身毒性)	分類できない
97-63-2	Ethyl Methacrylate	9.228	767	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性)	分類できない	分類できない
925-60-0	n-propyl acrylate	9.450	775															
2210-28-8	Propyl Methacrylate	11.985	864															
141-32-2	n-Butyl acrylate	12.325	875	区分に該当しない	区分4	区分に該当しない	区分3	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	区分1A	分類できない	分類できない	分類できない	区分1 (呼吸器)	区分1 (呼吸器)	分類できない
97-88-1	Methacrylic acid n-butyl	14.852	962	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分1B	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性)	区分2 (臓腑)	分類できない
103-11-7	2-Ethylhexyl Acrylate Monomer	21.677	1214	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	区分に該当しない	分類できない	区分1B	区分に該当しない	区分2	分類できない	区分3 (麻酔作用・気道 刺激性)	区分2 (臓腑)	分類できない
688-84-6	2-Ethylhexyl Methacrylate	23.668	1295	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2	区分2	分類できない	分類できない

[アルコール類・エステル類]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入：ガス)	急性毒性 (吸入：蒸気)	急性毒性 (吸入：粉塵・ ミスト)	皮膚腐食性/ 刺激性	眼に対する重 篤な損傷性/ 眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器 毒性 (単回暴露)	特定標的臓器 毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性

67-63-0	Isopropyl Alcohol	3.760	<500	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分2	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2	区分1 (中枢神経系・全身毒性)・区分3 (気道刺激性)	区分1 (血液系) 区分2 (呼吸器・肝臓・膀胱)	分類できない
71-23-8	1-Propanol	4.410	534	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分1	分類できない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分2	区分3 (麻酔作用・気道刺激性)	分類できない	分類できない
141-78-6	Ethyl Acetate	5.235	596	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分3 (麻酔作用・気道刺激性)	区分に該当しない	分類できない
71-36-3	1-Butanol	6.180	642	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分2	区分1	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・聴覚器)	分類できない
109-60-4	Propyl Acetate	7.312	695	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	分類できない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	分類できない	分類できない
123-86-4	Butyl Acetate	9.968	794	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	分類できない	分類できない
104-76-7	2-Ethyl-1-hexanol	16.338	1014	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分2	区分2 (呼吸器) 区分3 (麻酔作用)	分類できない	分類できない
77-68-9	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate	25.028	1353	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない
6846-50-0	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol Diisobutyrate	30.158	1593	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない

[芳香族炭化水素類]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入：ガス)	急性毒性 (吸入：蒸気)	急性毒性 (吸入：粉塵・ミスト)	皮膚腐食性/ 刺激性	眼に対する重 篤な損傷性/ 眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	生殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器 毒性 (単回暴露)	特定標的臓器 毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
71-43-2	Benzene	6.337	651	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	区分に該当しない	区分1B	区分1A	区分2	区分1 (心血管系・中枢神経系) 区分3 (麻酔作用・気道刺激性)	区分1 (造血系・免疫系・中枢神経系)	区分1
108-88-3	Toluene	8.940	759	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分2	区分2B	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分1A (授乳に対するまたは授乳を介した影響に関する追加区分)	区分1 (中枢神経系) 区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・腎臓)	区分1
100-41-4	Ethylbenzene	11.662	854	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	区分に該当しない	分類できない	区分2B	分類できない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2	区分1B	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (聴覚器・神経系)	区分1
108-38-3	m-xylene	11.928	863	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分2	区分2	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1 (呼吸器) 区分3 (麻酔作用)	区分1 (神経系・呼吸器)	区分1
100-42-5	Styrene	12.447	881	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	分類できない	区分2	区分1B	区分1B	区分1 (中枢神経系) 区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・末梢神経系・聴覚器・肝臓・呼吸器・膀胱)	区分1
95-47-6	o-xylene	12.610	887	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分1 (中枢神経系) 区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	分類できない	区分1

108-95-2	Phenol	14.550	953	区分4	区分3	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分1	区分1	分類できない	区分に該当しない	区分2	区分に該当しない	区分1B	区分1 (神経系・呼吸器・心血管系・腎臓)	区分1 (中枢神経系・心血管系・血液系・肝臓・腎臓)	分類できない
91-20-3	Naphthalene	20.890	1185	区分4	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分1	区分に該当しない	区分2	分類できない	区分1 (血液・眼・気道)	区分1 (血液・眼・呼吸器)	分類できない

[ハロゲン化炭化水素類]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入:ガス)	急性毒性 (吸入:蒸気)	急性毒性 (吸入:粉塵・ミスト)	皮膚腐食性/刺激性	眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器毒性 (単回暴露)	特定標的臓器毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
67-66-3	Trichloromethane	5.325	603	区分4	区分に該当しない	区分に該当しない	区分3	分類できない	区分2	区分1	分類できない	分類できない	区分2	区分2	区分2	区分1 (呼吸器・心血管系・肝臓・腎臓) 区分3 (麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・呼吸器・肝臓・腎臓)	分類できない
107-06-2	1,2-Dichloroethane	5.812	626	区分4	区分に該当しない	区分に該当しない	区分3	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	区分1B	分類できない	区分1 (中枢神経系・呼吸器・心血管系・血液系・肝臓・腎臓・消化管) 区分3 (麻酔作用)	区分1 (神経系・肝臓・心血管系・甲状腺) 区分2 (血液系・腎臓)	分類できない
75-27-4	Bromodichloromethane	7.122	688	区分4	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分2	区分に該当しない	分類できない	区分2 (肝臓・腎臓・甲状腺)	分類できない
79-01-6	Trichloroethylene	7.155	689	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分2	区分2A	区分に該当しない	区分1	区分2	区分1A	区分2	区分1 (中枢神経系) 区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・肝臓)	分類できない
127-18-4	Tetrachloroethylene	10.270	807	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分2	区分2B	分類できない	分類できない	区分に該当しない	区分1B	区分2 授乳に対するまたは授乳を介した影響に関する追加区分	区分1 (中枢神経系・呼吸器・肝臓) 区分3 (麻酔作用)	区分1 (神経系・肝臓・呼吸器) 区分2 (腎臓)	分類できない
106-46-7	1,4-Dchlorobenzene	15.997	1003	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分2	分類できない	区分1	分類できない	区分2	区分2	区分1 (中枢神経系・血液系・肝臓) 区分3 (気道刺激性)	区分1 (神経系・肝臓・血液系) 区分2 (呼吸器・腎臓)	分類できない

[その他]

CAS RN	化合物名	保持時間 (min)	保持指標	急性毒性 (経口)	急性毒性 (経皮)	急性毒性 (吸入:ガス)	急性毒性 (吸入:蒸気)	急性毒性 (吸入:粉塵・ミスト)	皮膚腐食性/刺激性	眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性	呼吸器感受性	皮膚感受性	殖細胞変異原	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器毒性 (単回暴露)	特定標的臓器毒性 (反復暴露)	誤嚥有害性
64-17-5	Ethanol	3.447	<600	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	分類できない	分類できない	区分1A	区分1A	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (肝臓) 区分2 (中枢神経系)	分類できない
67-64-1	Acetone	3.865	<600	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分2B	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・呼吸器・消化管)	分類できない
75-09-2	Dichloromethane	4.140	<600	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分4	分類できない	区分2	区分2A	分類できない	分類できない	分類できない	区分1A	区分2	区分1 (中枢神経系・呼吸器) 区分3 (麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・肝臓・生殖器(男性))	分類できない
108-08-7	2,4-Dimethylpentane	5.845	626															

78-87-5	1,2-Dichloropropane	7.007	680	区分4	区分に該当しない	区分に該当しない	区分3	分類できない	区分に該当しない	区分2	分類できない	区分1A	区分2	区分1A	区分2	区分1 (血液系・肝臓・腎臓)	区分1 (血液系・肝臓・腎臓)	分類できない
540-84-1	Isooctane	7.214	690															
124-48-1	Dibromochloromethane	9.458	775	区分4	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分2	区分3 (麻酔作用)	区分2 (肝臓・腎臓)	分類できない
620-14-4	3-Ethyltoluene	14.672	956															
622-96-8	4-Ethyltoluene	14.743	958															
108-67-8	1,3,5-Trimethylbenzene	14.893	963	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分2	区分2B	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・呼吸器)	区分1
611-14-3	2-Ethyltoluene	15.228	975															
95-63-6	1,2,4-Trimethylbenzene	15.657	990	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	区分に該当しない	区分2	区分2	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	区分1 (中枢神経系・呼吸器)	区分1
526-73-8	1,2,3-Trimethylbenzene	16.492	1019	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (気道刺激性・麻酔作用)	分類できない	分類できない
124-19-6	Nonanal	18.343	1086	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	区分2	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	区分3 (麻酔作用)	分類できない	分類できない
95-93-2	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	19.140	1116															
112-31-2	Decanal	21.050	1189	区分に該当しない	区分に該当しない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	区分に該当しない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない	分類できない

研究要旨

室内空気汚染化学物質の標準試験法の国際規格化に関して調査研究を行う。日本の分析・測定方法を ISO 規格に提案することが求められる。日本のフタル酸エステル類の分析方法は 2024 年 7 月に ISO-16000-33 として制定された。また、2024 年 9 月に開催された ISO-TC146/SC6 に参加した。Indoor Air 2024 国際会議（米国）において、欧州でアクロレインの基準値を定める動向があり調査を行った。近年、可塑剤代替物質の SVOC（準揮発性有機化合物）の使用が増加している。加えて、有機フッ素（PFAs）が家庭用品、食品包装、工業製品、消防用消火剤、医療製品などに広範囲に使用されている。SVOC の気中濃度、PFAs の気中濃度・ダスト中濃度を測定した。その結果、PFAs は気中よりハウスダスト中に高濃度に存在していた。SVOC の気中濃度に関しては、2E1H、TEXANOL、TXIB が高い場所が存在した。加えて、オフィス空間での室内空気環境評価法に関して試行を行った。

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対象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指針値改正に対応した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会議に新規案を提案した。本分担研究では、この日本のフタル酸エステル類の測定・分析方法がISO/TC146（大気）/SC6（室内空気）、ISO 16000-33：2017「Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)」に採択されること、及び新規提案を行うことを目的とした。また、関連する国際会議に参加して、欧米での室内空気質に関する情報収集を行う。一方で、室内におけるプラスチック製品の増加により可塑剤、難燃剤、UV吸収剤、添加剤などによる汚染が懸念されている。既往研究では、室内における空気・ハウスダスト中のSVOC濃度を測定したが、代替物質の生産量が増加し、種類も多様多様となっている。今回、代替物質に関して気中濃度を測定した。また、有機フッ素（PFAs）は家庭用品、食品包装、工業製品、消防用消火剤、医療製品などに広い範囲で使用されていることも踏まえ、室内におけるPFAsの気中濃度、ダスト中濃度を測定した。加えて、オフィス空間での室内空気環境評価に関して試行を行った。

B. 研究方法

- 1) 我が国の分析方法の国際規格化
2024年9月に開催されたISO-TC146/SC6に参加
- 2) アクロレインに関して
Indoor Air 2024 国際会議（米国）に参加
- 3) 室内におけるPFAs及びSVOC物質の濃度測定
室内における空気・ハウスダスト中PFAsの汚染濃度を測定した。また、代替物質として使用量が多いSVOC物質は気中濃度のみ測定を行った。表1に測定対象箇所の概要を示す。室内空気採集は、測定対象空間の床面高さ1.2mとし、Tenax TA管を使用し、捕集速度200ml/min、捕集時間150分、総捕集量30Lとした。検出

限界以下で分析が出来ないことを考え、S-H-1住宅では、60L（2本）、90L（2本）、120L（1本）の空気を採取し、分析を行った。

SVOC物質の分析対象は、2E1H、TEXANOL、TXIB、DBP、DEHP、DNOP、DEHT、DINP、DIDPとした。これらの物質は従来の可塑剤の代替物質である。表2にSVOC物質の分析条件を示す。気中濃度のみを測定した。

PFAs物質は、気中濃度とハウスダスト中濃度を測定した。PFHxA、PFHpA、PFOA、PFNA、HFPO-DAの5物質を分析した。ハウスダストは家庭用一般真空掃除機を用いて採集した。ハウスダストは63 μ m以下の粒子にふるい分けをし、GC/MSで定量定性を行った。表3に気中PFAsの分析条件を示す。表4、5にハウスダスト中PFAsの分析条件（LC/MS）とハウスダスト中PFAsの溶媒抽出方法を示す。

4) オフィスにおける空気環境評価に関する試行
オフィス実験室に室内空気環境測定評価を行うシステムに関する試行を行った。これまでの研究を論文としてとりまとめた。

C. 研究結果

- 1) 我が国の分析方法の国際規格化
2024年7月にISO-16000-33として制定された。
- 2) アクロレインに関して
ドイツのAlexandra Schieweck, Erik Uhde, Tunga Salthammerにより論文（DOI: 10.1039/d1em00221j）が公表され、以下の指摘が行われている。アクロレインは、空気中の汚染物質として環境およびヒトの健康に対して腐食性、有毒性、および危険な影響が知られている。室内空気中のアクロレインの測定は、従来のDNPH法は特定の試験プロトコルでは推奨されているものの、エラーが発生しやすい。そのため、正確なアクロレインの測定のために異なるアプローチが必要とされた。研究では、発生源および空気中濃度に関する既発表データの概要を紹介している。さらに、環境試験チャンバーおよび屋内空気中のアクロレインを定量的に測定する新しい方法を提案した。グラフィート化カーボンブラック（GCB）Carbograph™ 5TDでサンプリングした後、熱脱着およびガスクロマトグラフィー/質量分析（TD-GC/MS）を使用して実施誘導体化技術（DNPHおよびDNSH）およびPTR-QMSを使用したオンライン検

出と比較検出限界は $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。サンプリング量を6Lに増やすことで、検出限界を $0.08\mu\text{g}/\text{m}^3$ に下げることができる。サンプリング中のブレークスルーやアクロレインを含むサンプリングチューブの保存中の分析物の損失はなかった。提示された方法は、堅牢で扱いやすく、ルーチン分析および調査にも非常に適している。今後、この分析方法を用いて指針値などをドイツでは定める可能性がある。

3) 室内におけるPFAs及びSVOC物質の濃度

空気・ハウスダスト中PFAs濃度を測定した。しかし、空気採取量の30LでPFAsの気中濃度は全て検出限界以下(4ng未満)であった。また、採集流量60L、90L、120Lでも検出限界以下であった。今後、気中濃度測定に関しては、採集流量、分析方法などを検討する必要がある。

ハウスダスト中PFAsの測定対象は大学3件、住宅7件であったが、ハウスダスト中PFAsの溶媒抽出を検討する段階で、大量のコンタミが生じたため、十分な結果が得られなかった。このため、溶媒抽出の条件を変え、大学1件(S-R1-d)、住宅2件(S-H-1-d、S-H-2-d)の再測定を行った。ここで、-dはハウスダストを示す。

表6にハウスダスト中PFAs濃度を示す。PFHxA、PFHpA、PFOA、PFNAは全ての測定対象から検出された。PFHxAは $100\sim 220(\text{ng}/\text{g})$ の範囲で測定された。特に大学施設のS-R-1が高かった。PFHpAは $5.7\sim 22(\text{ng}/\text{g})$ の範囲で測定された。PFOAの測定濃度は $10\sim 110(\text{ng}/\text{g})$ の範囲で、大学施設のS-R1が高かった。また、PFNAは $21\sim 890(\text{ng}/\text{g})$ の範囲であった。S-R-1の大学施設が最も高かった。HFPO-DAは全ての対象で検出限界以下であった。

SVOC物質の気中濃度の測定結果について、図1～5に測定結果を示す。全ての測定対象建物から2E1Hが検出された。測定結果から見ると、今回測定した大学は $13.7\sim 43.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、住宅は $4.3\sim 19.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であった。2E1Hは住宅より大学の方が高く測定された。その理由として、水性ペイントの使用、PVC床材などのためと推測している。

大学における気中TEXANOL濃度は $0.9\sim 2.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、住宅は $1.6\sim 4.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。大学と住宅の平均濃度はそれぞれ $2.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $3.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、住宅の方が高かった。TXIBに関しては、大学が $1.2\sim 10.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、住宅が $0.7\sim 20.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で測定された。特に大学のS-R-1は $10.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、住宅のTR邸は $20.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ で最も高かった。今後、仕上げ材などからの放散測定を行い、放散源を明らかにする必要がある。

室内空気質ガイドラインに定められたDBP、DEHPも検出されたが、DBPは $0.3\sim 0.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、DEHPは $0.2\sim 1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であり、いずれも指針値以下であった。

4) オフィスにおける空気環境評価に関する試行測定センサーを設置、データ取得が可能なことを確認した。

D. 考察

1) 我が国の分析方法の国際基準化
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研究班で検討中である。

2) アクロレインに関して

国内での発生源や課題に関して整理を行う必要がある。

3) 室内におけるPFAs及びSVOC物質の濃度

PFAs について

今回の測定結果では、室内気中濃度は検出限界以下(4ng以下)であった。しかし、ハウスダスト中からは4種類のPFAsが検出された。PFAsの沸点はVOC物質の範囲であるが、SVOCのようにハウスダスト中濃度が高かった。今後、PFAsの放散挙動の特徴などを調べる必要がある。また、PFAsは飲料水に対する暫定目標値が定められており、PFOA、PFOSが各々50ng/Lである。現在、室内の空気・ハウスダスト中PFAs濃度に関する規制はない。ハウスダスト中PFAsの濃度測定をさらに進め、指などを舐める習慣を持つ幼児も含め、経口摂取による影響の評価に資するようなデータを収集していく必要がある。

SVOC 物質について

厚生労働省のシックハウス検討会で挙げられた2E1H、TEXANOL、TXIBを測定した。今回の測定調査では、既存のDBP、DEHPの気中濃度は指針値よりかなり低い値であった。しかし、2E1H、TEXANOL、TXIBは測定した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。また、TEXANOL、TXIBはDBP、DEHPなど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。

E. 結論

1) 我が国の分析方法の国際基準化
国際規格に収録された。新規提案を行う。

2) アクロレインに関して

国内での発生源や課題に関して整理を行う必要がある。

3) 室内におけるPFAs及びSVOC物質の濃度

PFAsの測定結果から見ると、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。今後、ハウスダストの経口摂取によるPFAsのリスク評価に資するデータを継続して取得する必要がある。また、測定場所によって2E1H、TEXANOL、TXIBの気中濃度が高かった。室内での放散源を把握する必要がある。

4) オフィスにおける空気環境評価に関する試行

今後測定の安定化とシステム構築を行う必要がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

- ・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, 2024.6.
- ・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, pp.916-925, 2023.9
- ・Nami Akamatsu, Soma Sugano, Kanta Amada, Naho Tomita, Hidetaka Iwaizumi, Yuki Takeda, Pawel Wargocki, Bjarne W. Olesen, Shin-ichi Tanabe, Effects of a gas-phase air cleaner in removing human bioeffluents and improving perceived air

2. 学会発表

- ・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(令和五年度日本建築学会大会[京都])
- ・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(令和五年度日本建築学会大会[京都])
- ・富田奈歩, 赤松奈美, 池内宏維, 田崎未空, 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(令和五年度日本建築学会大会[福井])
- ・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(令和五年度日本建築学会大会[福井])
- ・Nami Akamatsu, Marina Inasaka, Kosuke Ikeuchi, Soma Sugano, Hyuntae Kim, Shin-ichi Tanabe, Effect of Applying Alcohol to Wooden Surfaces on VOC Emissions and Perceived Air Quality, 18th Healthy Buildings Europe Conference, 11th – 14th June 2023, Aachen, Germany
- ・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(令和六年度日本建築学会大会[東京])
- ・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(令和六年度日本建築学会大会[東京])
- ・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(令和六年度空気調和衛生工学会大会[佐

賀])

- ・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(令和六年度空気調和衛生工学会大会[佐賀])
- ・Effects of Applying “Natural Paints” to Wooden Surfaces on Indoor Air Quality, Naho Tomita, Kosuke Ikeuchi, Nami Akamatsu, Yuta Fukawa, Hyuntae Kim, Shin-ichi Tanabe, Indoor Air 2024, Hawaii Convention Center, 7th – 11th July 2024, Hawaii, America

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

表一覽

表 1 測定概要

測定対象	場所	仕上げ材			換気	築年数 (年)	面積 (m ²)	
		床	壁	天井				
大学	S-R-1	ラウンジ	タイルカーペット	紙クロス	石膏ボード	換気扇	—	100.0
	S-R-2	研究室	PVC シート					27.3
	S-C	講義室						142.5
住宅	S-H-1	リビング	クッションフロア	PVC クロス	PVC クロス	機械 換気	17	17.7
	S-H-2				木板		32	10.8
	AZ		フローリング	紙クロス	木板		34	12.4
	TR						31	14.6
	HK				石膏ボード		28	21.9
	ST						21	123.8
	MS				木板		33	27.7

表 2 気中 SVOC 物質の分析条件

加熱脱着	装置	TD-100 (Markes International 社製)	
	一次脱着	300°C (12min)	
	二次脱着	-10°C→300°C (4min)	
GC/MS	装置	ガスクロマトグラフ	Agilent 6890N)
		質量分析計	5973 inert
	カラム	Inert Cap 1MS 30m×0.2mm×0.25µm _{df})	
	オープン温度	50°C(2min)→10°C/min→320°C(5min)	
	スプリット比	低濃度 : splitless、高濃度 : 50 : 1	
	キャリアガス	He (1.2mL/min)	
	測定モード	SCAN	
	SCAN パラメータ	m/z 29(Low)~550(High)	
	検出器温度	230°C	

表 3 気中 PFAs 物質の分析条件

熱脱着	装置	TD-100 (Markes International 社製)	
	一次脱着	300°C (12min)	
	二次脱着	-10°C→300°C (4min)	
GC/MS	装置	ガスクロマトグラフ	7890A (Agilent Technologies 社製)
		質量分析計	5975C (Agilent Technologies 社製)
	カラム	VF-200ms (30m×0.25mm, f.t.1.0µm)	
	オープン温度	35°C (2min) - (15°C/min) - 280°C (5min)	
	スプリット比	6:01	
	キャリアガス	He (1.2mL/min)	
	測定モード	SCAN/SIM 法	

表4 ハウスダスト中 PFAs 物質の分析条件 (LC/MS 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

表5 ハウスダスト中 PFAs 物質の溶媒抽出方法

溶媒抽出方法 (初期分析条件)

- ① 試料0.1gを遠沈管に量り取り、サロゲートを添加する。
- ② メタノール5mLを加え、ギ酸を添加する。
- ③ 試料の入った遠沈管を振とう機にセットし、30分間振とう抽出を行う。振とう後、30分間の超音波抽出を行い、次いで3000rpmの回転数で10分間の遠心分離を行う。
- ④ 上澄みを別の遠沈管に回収する。②~④の作業を繰り返し3回行い、回収したメタノール溶液を粗抽出液とする。
- ⑤ 粗抽出液の全量をフィルター(NYシリンジフィルター 25mm,0.22μm)に通し、PPボトルに採取後、全量200mLになるように超純水を加える。
- ⑥ あらかじめコンディショニングを行ったWAX-FFに通水して測定対象物質を吸着させる。PPボトルを超純水で洗い込み、洗液を通水する。
- ⑦ 0.1%NH₃ in MeOHで抽出後、窒素吹付により0.5mLに濃縮する。
- ⑧ 濃縮した抽出液をLC-MSで測定する。

溶媒抽出方法 (今後変更予定)

- ① 試料0.1gを遠沈管に量り取り、サロゲートを添加する。
- ② メタノール5mLを加える。
- ③ 試料の入った遠沈管を振とう機にセットし、30分間振とう抽出を行う。振とう後、30分間の超音波抽出を行い、次いで3000rpmの回転数で10分間の遠心分離を行う。
- ④ 上澄みを別の遠沈管に回収する。②~④の作業を繰り返し3回行い、回収したメタノール溶液を粗抽出液とする。
- ⑤ 粗抽出液の全量をフィルター(NYシリンジフィルター 25mm,0.22μm)に通し、窒素吹付により0.5mLに濃縮する。
- ⑥ 濃縮した抽出液をLC-MSで測定する。

表6 ハウスダスト中 PFAs 物質の濃度 [ng/g]

対象物質	S-R-1-d	S-H-1-d	S-H-2-d
PFHxA	220	130	100
PFHpA	22	6.1	5.7
PFOA	110	42	10
PFNA	890	780	21
HFPO-DA	<12	<5.2	<2.5

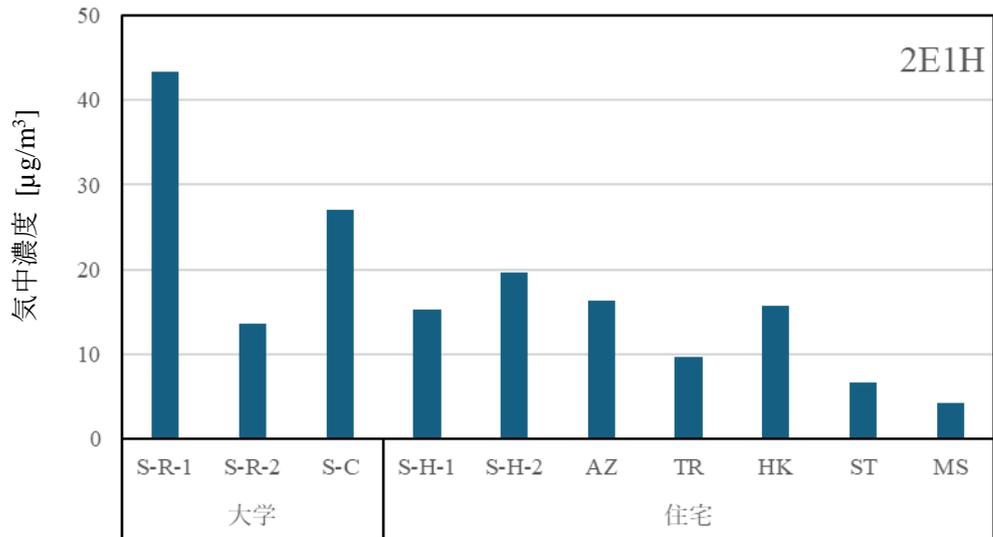


図1 氣中 2E1H 濃度

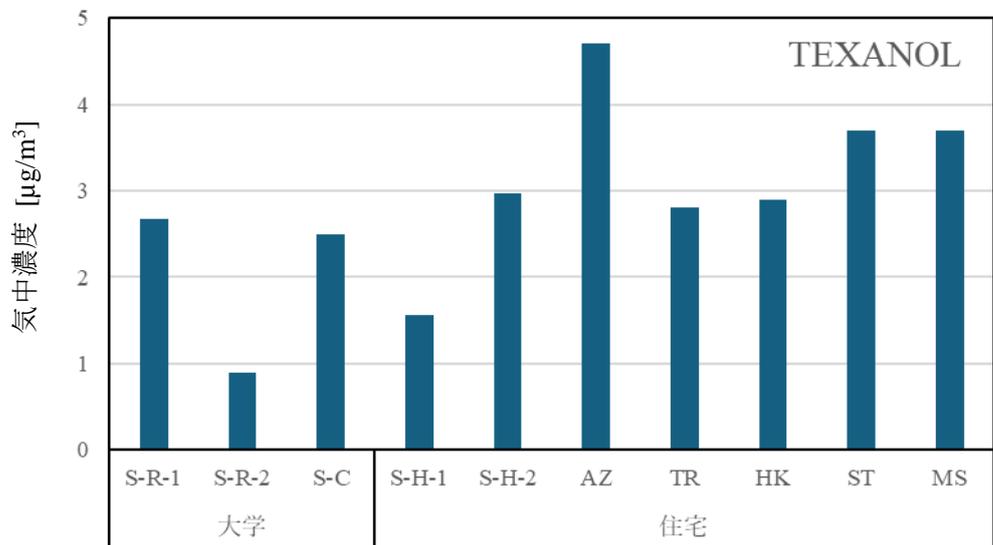


図2 氣中 TEXANOL 濃度

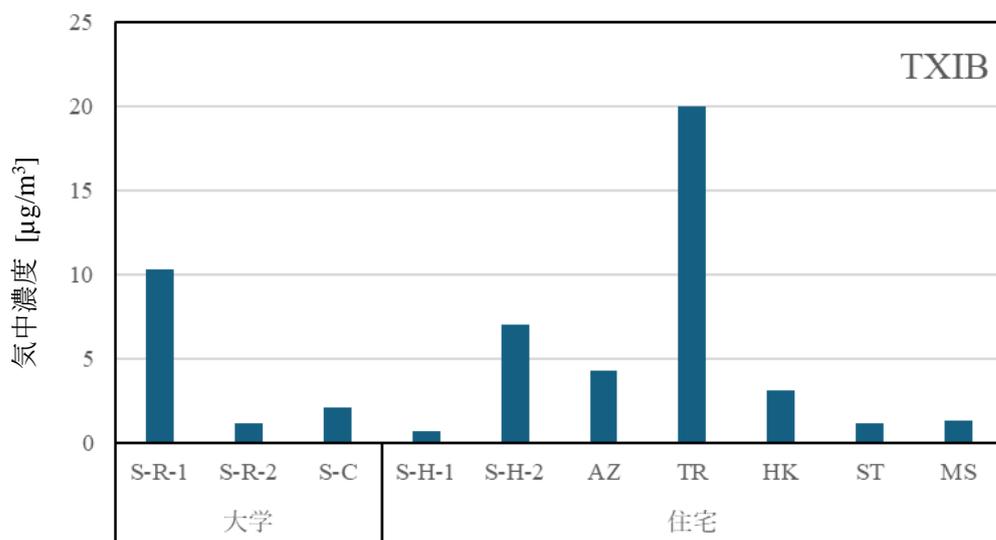


図3 氣中 TXIB 濃度

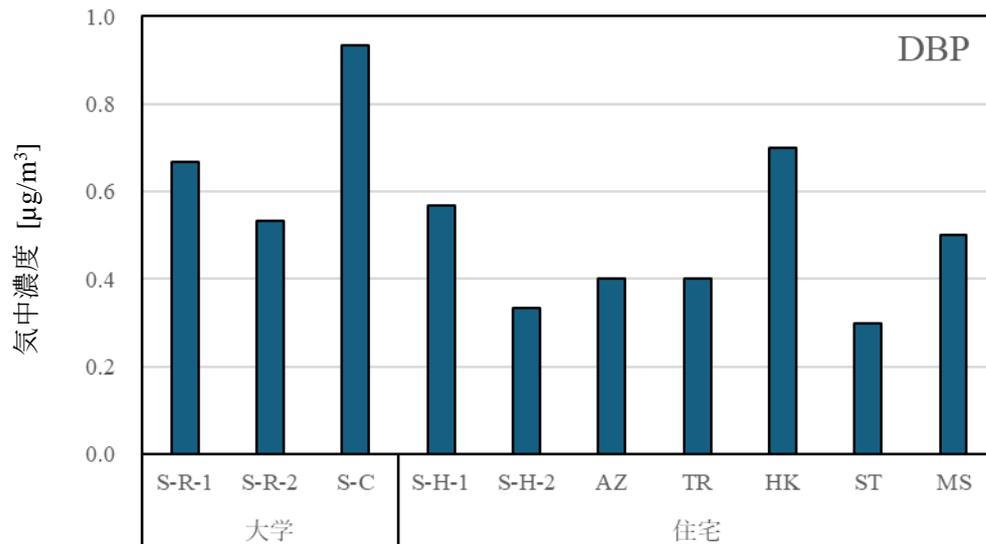


図4 気中DBP濃度

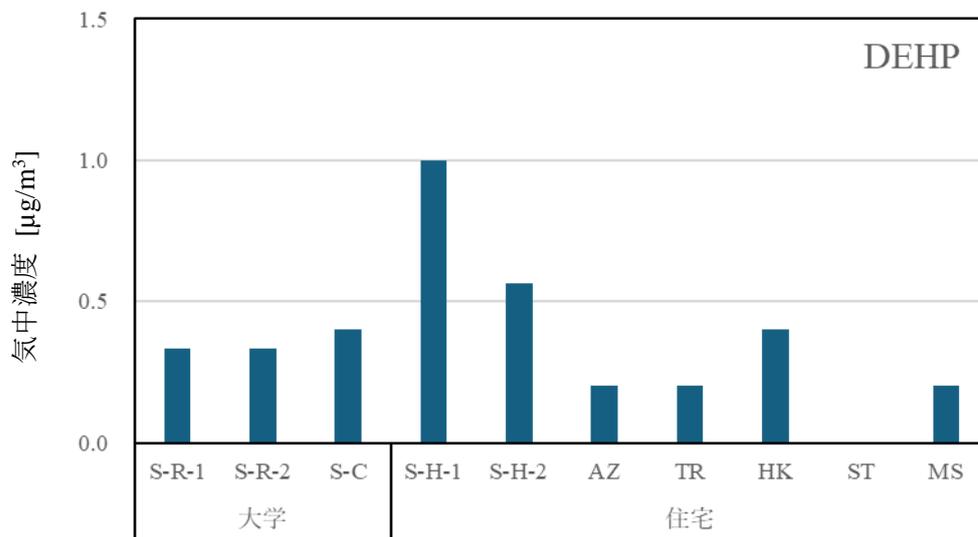


図5 気中DEHP濃度

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化学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。

研究初年度 2024 年度は、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、106種の揮発性有機化合物を対象として、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。研究対象としては、(i) 諸外国や国際機関等において指針値が設定されている化学物質、(ii) 学術論文等の科学的知見がある物質、を調査し、フランス：食品環境労働衛生安全庁(ANSES)が室内空気環境中での健康影響が懸念される化学物質としてリス

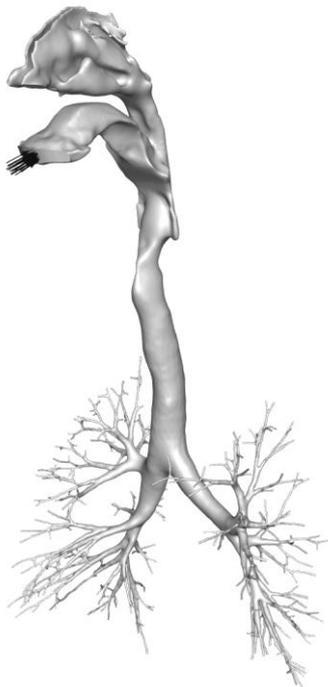
トアップした物質を参考に、106種の揮発性有機化合物を選定した。

B. 研究方法

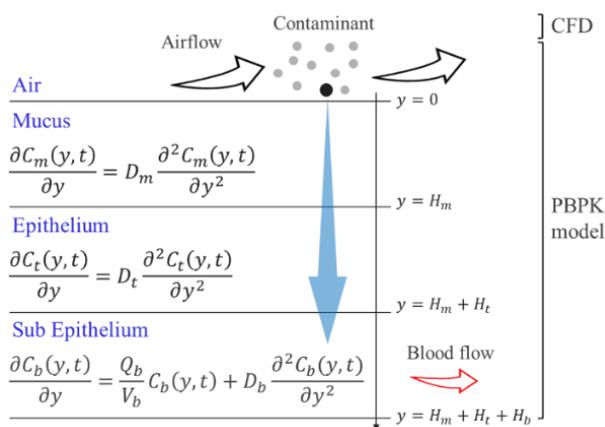
室内環境中でのガス状化学物質による経気道曝露は、室内化学物質放散源から室内気流による移流拡散を経て、人体呼吸域に輸送された後、鼻呼吸もしくは口呼吸により呼吸器系に輸送され、気道粘膜上皮層へ吸着、もしくは下気道(肺胞領域)で吸収される、複雑で非線形の輸送プロセスを経由する。これまでの曝露リスク評価の際には、人体呼吸域の化学物質濃度もしくは鼻孔位置の濃度を参照濃度として入力するモデルが過半であったが、これらの濃度はリスク評価上、外部境界濃度となる。更に精緻な曝露リスク評価を実施するためには、気道粘膜上皮細胞に対する化学物質吸着フラックスや平衡濃度を推定する必要がある、これらの濃度は内部境界濃度となる。

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。

本研究では、図1に整理した局所PBPKモデルを汎用的な経気道暴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。



(a) 数値気道モデル



(b) 気道界面に適用するPBPKモデル

図1 経気道暴露評価のための数値気道モデルと局所PBPKモデル

C. 研究成果

本研究で対象とした106種の化学物質一覧を表1に示す。

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の一部を表2に示す。

気道内の化学物質輸送(スカラ)方程式

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

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

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

界面でのフラックス保存式

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

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

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

界面でのフラックス保存式

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

界面濃度の Partitioning (吸着等温線)

$$C_b(y,t)|_{y=0} = P_{ba} C_a(y,t)|_{y=0}$$

上皮細胞組織内での化学物質輸送

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

界面でのフラックス保存式

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

表1 対象とした化学物質一覧(106 対象物質)

ALDEHYDES	ACROLEIN; CROTONALDEHYDE; ACETALDEHYDE; GLYOXAL; FORMALDEHYDE; 2,4-HEXADIENAL
AROMATIQUES MONOCYCLIQUES	BENZENE; TOLUENE; STYRENE; ETHYLBENZENE; CUMENE
AROMATIQUES HETEROCYCLIQUES	PYRIDINE
ALCENES	ISOPRENE; 1,3-BUTADIENE; MYRCENE
ALCOOLS	ETHANOL
CETONES	METHYL ETHYL KETONE; PULEGONE; ISOPHORONE; METHYL ISOBUTYL KETONE; HYDROQUINONE; BENOPHENONE; METHYLPYRROLIDONE
HAP	BENZO(A)PYRENE; NAPHTHALENE; PHENANTHRENE; ANTHRACENE; CHRYSENE; BENZ(A)ANTHRACENE; BENZO(GHI)PERYLENE; ACENAPHTHENE; BENZO(K)FLUORANTHENE; BENZO(B)FLUORANTHENE; BENZO(E)PYRENE; DIBENZ(A,H)ANTHRACENE; CYCLOPENTA(C,D)PYRENE; BENZO(J)FLUORANTHENE
FURANES	FURFURYL ALCOHOL; FURFURAL; FURFURYL MERCAPTAN; TETRAHYDROFURFURYL ALCOHOL; FURAN; BENZOFURAN
INORGANIQUES	CHROMIUM; LEAD; CADMIUM; ARSENIC; NICKEL; COBALT; ANTIMONY TRIOXIDE; MERCURY; THALLIUM; URANIUM; SELENIUM; BERYLLIUM; THORIUM
AMINES	4-BIPHENYLAMINE; 2-NAPHTHYLAMINE
PHENOLS	SALICYLIC ACID; BENZOIC ACID; BUTYLATED HYDROXYTOLUENE; CATECHOL; P-CRESOL; RESORCINOL; ORTHOCRESOL; PHENOL; METHYLEUGENOL; METACRESOL; 4-HYDROXYBENZOIC ACID; BUTYLATED HYDROXYANISOLE
COMPOSES AZOTES	ACRYLONITRILE; NITROMETHANE; 2-NITROPROPANE
EPOXIDES	GLYCIDOL; 1,2-PROPYLENE OXIDE; BIS(TRIBUTYLTIN) OXIDE; ETHYLENE OXIDE
ALCANES	HEXANE
CHLORES	1,4-DICHLOROBENZENE; METHYLENE CHLORIDE; 1,2-DICHLOROETHANE; 1,2-DICHLOROPROPANE; CHLOROFORM; TRICHLOROETHYLENE; 1,2-DICHLOROBENZENE; TETRACHLOROETHYLENE; CHLOROBENZENE; VINYL CHLORIDE; 3-CHLORO-1,2-PROPANEDIOL; 1,3-DICHLORO-2-PROPANOL; CHLOROPARAFFINS
BROMOCHLORES	BROMODICHLOROMETHANE
BROMES	DECABROMODIPHENYL ETHER
ETHERS	T-BUTYL METHYL ETHER
PHTALATES	DIETHYL PHTHALATE; DIBUTYL PHTHALATE; BIS(2-ETHYLHEXYL)PHTHALATE
SILOXANES	DECAMETHYLCYCLOPENTASILOXANE; OCTAMETHYLCYCLOTETRASILOXANE
ESTERS	VINYL ACETATE
AMIDES	ACRYLAMIDE; N,N-DIMETHYLACETAMIDE
ACIDES	SUCCINIC ACID
OXYDES DE CARBONE	CARBON MONOXIDE

表2 同定した PBPK モデルパラメータ (27 種類/106 対象物質)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	CROTONALDEHYDE	STYRENE	ETHYLBENZENE	CUMENE	PYRIDINE	1,3-BUTADIENE	ETHANOL	METHYL ETHYL KETONE	CHLOROFORM
Molecular Weight (MW) [g/mol]	70.092	104.15	106.17	120.2	79.102	54.092	46.07	72.108	119.38
CAS number	4170-30-3	100-42-5	100-41-4	98-82-8	110-86-1	106-99-0	64-17-5	78-93-3	67-66-3
Diffusivity in Air (Da) (cm ² /s)	0.095990718	0.071114019	0.068465205	0.06030445	0.093088316	0.100348817	0.124322557	0.091446172	0.076919657
Diffusivity in Tissue (Dt) (Dw/3) [cm ² /s]	3.59186E-06	2.92795E-06	2.81861E-06	2.61888E-06	3.63478E-06	3.44789E-06	4.41006E-06	3.39768E-06	3.63026E-06
Log Octanol:water (Log Po:W)	0.6	2.95	3.15	3.66	0.65	1.99	-0.31	0.29	1.97
Diffusivity in water (Mucus) (Dm) [cm ² /s]	1.07756E-05	8.78384E-06	8.45583E-06	7.85665E-06	1.09043E-05	1.03437E-05	1.32302E-05	1.0193E-05	1.08908E-05
Temperature Dependence (dlnHs/d(1/T)) [K]	3600	3700	4500	4800	4700	3200	6400	5700	4200
Henry's law constant (Hcp (T0= 25))	2.90E-01	0.0036	0.0014	0.0009	9.10E-01	1.50E-04	1.9	1.80E-01	0.00367
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	ISOPHORONE	METHYL ISOBUTYL KETONE	HYDROQUINONE	PHENANTHRENE	ANTHRACENE	CHRYSENE	BENZ(A)ANTHRACENE	BENZO(GHI)PERYLENE	1,2-DICHLOROBENZENE
Molecular Weight (MW) [g/mol]	138.21	100.16	110.11	178.24	178.24	228.3	228.3	276.34	147
CAS number	78-59-1	108-10-1	123-31-9	85-01-8	120-12-7	218-01-9	56-55-3	191-24-2	95-50-1
Diffusivity in Air (Da) (cm ² /s)	0.052504778	0.069779656	0.079842512	0.034478446	0.039	0.026113778	0.0261	0.023865917	0.05617034
Diffusivity in Tissue (Dt) (Dw/3) [cm ² /s]	2.50988E-06	2.78257E-06	3.57574E-06	2.22989E-06	2.61667E-06	2.24982E-06	0.00000225	2.03072E-06	2.97376E-06
Log Octanol:water (Log Po:W)	1.7	1.31	0.59	4.46	4.45	5.81	5.76	6.63	3.43
Diffusivity in water (Mucus) (Dm) [cm ² /s]	7.52964E-06	8.3477E-06	1.07272E-05	6.68966E-06	0.00000785	6.74947E-06	0.00000675	6.09216E-06	8.92128E-06
Temperature Dependence (dlnHs/d(1/T)) [K]	3900	6000	7700	4500	4800	12000	8300	3700	3700
Henry's law constant (Hcp (T0= 25))	1.5	6.50E-02	2.10E+05	2.10E-01	1.80E-01	1.9	1.7	3.7	0.00192
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	BENZO(K)FLUORANTHENE	BENZO(B)FLUORANTHENE	BENZO(E)PYRENE	DIBENZO(A,H)ANTHRACENE	ACRYLONITRILE	ETHYLENE OXIDE	HEXANE	METHYLENE CHLORIDE	CHLOROBENZENE
Molecular Weight (MW) [g/mol]	252.32	252.32	252.32	278.36	53.064	44.054	86.178	84.933	112.56
CAS number	207-08-9	205-99-2	192-97-2	53-70-3	107-13-1	75-21-8	110-54-3	75-09-2	108-90-7
Diffusivity in Air (Da) (cm ² /s)	0.025022432	0.025022432	0.023666052	0.023619333	0.113683642	0.133963766	0.073107791	0.099936174	0.072130615
Diffusivity in Tissue (Dt) (Dw/3) [cm ² /s]	2.1446E-06	2.1446E-06	1.99759E-06	2.00502E-06	4.08651E-06	4.8425E-06	2.72192E-06	4.17204E-06	3.15883E-06
Log Octanol:water (Log Po:W)	6.11	5.78	6.44	6.75	0.25	-0.3	3.9	1.25	2.84
Diffusivity in water (Mucus) (Dm) [cm ² /s]	6.43379E-06	6.43379E-06	5.99277E-06	6.01507E-06	1.22595E-05	1.45275E-05	8.16577E-06	1.25161E-05	9.47648E-06
Temperature Dependence (dlnHs/d(1/T)) [K]	6300	5400	8300	12000	3900	3200	4400	3500	3700
Henry's law constant (Hcp (T0= 25))	2.6	1.4	3.30E-01	7.00E-01	0.000138	0.000148	1.8	0.00325	0.00311

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い。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。

E. 結論

研究初年度である本年度(令和 6 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生理的薬物動態(PBPK)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。

F 研究発表

1. 論文発表

- [1] Hyun-Gyu Park, Sung-Jun Yoo, Janghoo Seo, Eisaku Sumiyoshi, Hiroshi Harashima, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. 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 (2024) 111105 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111105)
- [2] Kazuki Kuga, Ryusei Kizuka, Islam Abouelhamd, Kazuhide Ito. Aspiration efficiency and respiratory tract deposition of indoor suspended micro-particles during steady and transient breathings, *Building and Environment*, 249 (2024) 111114

- (doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111114)
- [3] Hanyu Li, Nguyen Dang Khoa, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. In silico identification of virus loads in cough-generated droplets - Seamless integrated analysis of CFPD-HCD-EWF, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 246 (2024) 108073 (doi.org/10.1016/j.cmpb.2024.108073)
- [4] Islam Abouelhamd, Kazuki Kuga, Sung-Jun Yoo, Kazuhide Ito. 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 (2024) 105274 (doi.org/10.1016/j.scs.2024.105274)
- [5] Hanyu Li, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. 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 (2024) 108354 (doi.org/10.1016/j.cmpb.2024.108354)
- [6] Hyun-Gyu Park, Sung-Jun Yoo, Eisaku Sumiyoshi, Hiroshi Harashima, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Impact of human micro-movements on breathing zone and thermal plume formation, *Building and Environment*, 264 (2024) 111916 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111916)
- [7] Islam Abouelhamd, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Convective Heat Transfer and Drag Coefficients of Human Body in Multiple Crowd Densities and Configurations in Semi-outdoor Scenarios, *Building and Environment*, 265 (2024) 111983 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111983)
- [8] Onkangi Ruth, Kazuki Kuga, Pawel Wargocki, Kazuhide Ito. Observational study of close contact behaviors in a multinational graduate student office, *Building and Environment*, 265 (2024) 112015 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112015)
- [9] Alicia Murga, Rahul Bale, Kazuhide Ito, Makoto Tsubokura. Ventilation strategies for inhalation exposure risk mitigation: Eulerian - Lagrangian LES of particle laden - turbulent flow analysis applying virtual manikins, *Building and Environment*, 266 (2024) 112149 (doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112149)

2. 学会発表

- [1] Kazuhide Ito, and Kazuki Kuga. Numerical modeling of airborne transmission from airway mucosa of infected person to that of uninfected individual via indoor airflow, *ROOMVENT2024*, Sweden, 22-24 April, 2024
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 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
- [5] Ruth Onkangi, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Human Close Contact Behaviour in a Non-Homogenous Indoor Population, *Indoor Air 2024*, Hawaii, June, 2024
- [6] 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
- [7] 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
- [8] Kazuki Kuga and 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, 3 – 7 June 2024, Lisbon, Portugal
- [9] Alicia Murga, Haruki Nakagawa, Rahul Bale, Kazuhide Ito, Makoto Tsubokura. High Performance Computational Fluid Dynamics and Optimization Algorithms for Indoor Environment Design, *ECCOMAS* Congress 2024, 3 – 7 June 2024, Lisbon, Portugal
- [10] Makoto Tsubokura, Alicia Murga, Rahul Bale, Kazuhide Ito. Airborne Transmission Simulation by Unifying Indoor and Respiratory tract flows toward Indoor Environment Optimization, 8th International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering – *CMBE* 2024, 24-26 June 2024, USA
- [11] Makoto Tsubokura, Rahul Bale¹, 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, 8-11 September 2024, Ostrava, Czech Republic
- [12] Kazuma Nita, Nguyen Dang Khoa, Kazuki 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
- [13] Ryu Itokazu¹, Kazuki Kuga, Kazuhide Ito. Determination of inhaled carbon dioxide concentration using pseudo-steady-state analysis with computer-simulated persons, *ASIM* 2024, Osaka

G. 知的財産権の出願・登録状況

特に無し

令和6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の室内空気汚染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。ハザード情報としては、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（非発がん影響、発がん影響）の2項目を調査した。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月にかけて実施した。

諸外国における取り組みにおいては、2024年度に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、2024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、厚生労働省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。

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月の冬期に実施した結果、世帯調査票については2063世帯、個人調査票については4378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。

A. 研究目的

1997年から2002年にかけて、13の室内空気汚染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、厚生労働省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。

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

ンドポイント及び NOEL や LOEL 等の情報収集を行った。

本分担研究では、厚生労働省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。

2024年度は、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル（CAS 34590-94-8）、ジプロピレングリコール（CAS 25265-71-8）、D-リモネン（CAS 5989-27-5）、 α -ピネン（CAS 80-56-8）、n-ヘキサン（CAS 110-54-3）、n-ヘプタン（CAS 142-82-5）、3-エチルトルエン（CAS 620-14-4）、アクリロニトリル（CAS 107-13-1）、メントール（CAS 2216-51-5）の9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 LOEL）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、LOEL 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¹⁾²⁾、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、LOEL 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、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。

（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

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。

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（IARC）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（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。

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、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル（CAS 34590-94-8）、ジプロピレングリコール（CAS 25265-71-8）、D-リモネン（CAS 5989-27-5）、 α -ピネン（CAS 80-56-8）、n-ヘキサン（CAS 110-54-3）、n-ヘプタン（CAS 142-82-5）、3-エチルトルエン（CAS 620-14-4）、アクリロニトリル（CAS 107-13-1）、メントール（CAS 2216-51-5）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（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 28、表 29)。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、国際がん研究機関 (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 (表 27)。

C.3 住宅室内環境と健康に関するアンケート調査

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。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。

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。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、厚生労働省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 2025 年 1 月～2 月にかけて実施した。世帯調査票については 2063 世帯、個人調査票については 4378 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。

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.

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. 学会発表

- 1) 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 1, 2024.

- 2) 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 23, 2024.
- 3) 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 7-11, 2024.

2. 書籍

- 1) 東 賢一、他. 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.

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

2024年度は主だった活動はみあたらなかった。

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, 2024）。2024年度は新たに設定された室内空気質ガイドラインなかった。

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, 2024）。2024年度には新たに設定された室内空気質ガイドラインはなかった。

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, 2024）。2024年度には新たに設定された室内空気質ガイドラインはなかった。

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（2024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（2023年度以降）

物質	改正前	改正または新設	発表時期	Monographs
タルク（石綿含まず） (CAS 14807-96-6)	3（2006年）	「タルク」に統合 2A	2024年8月	Vol. 136
タルク（会陰部用の粉体） (CAS 14807-96-6)	2B（2006年）	「タルク」に統合 2A	2024年8月	Vol. 136
アクリロニトリル (CAS 107-13-1)	2B（1998年）	1	2024年8月	Vol. 136
自動車用ガソリン Methyl tert-butyl ether (MTBE) (CAS No. 1634-04-4)	3（1998年）	検討予定	2025年3月	Vol. 138
同上 Ethyl tert-butyl ether (ETBE) (CAS No. 637-92-3)	—	検討予定	2025年3月	Vol. 138

同上 tert-Butyl alcohol (TBA) (CAS No. 75-65-0)	—	検討予定	2025年3月	Vol. 138
同上 Diisopropyl ether (DIPE) (CAS No. 108-20-3)	—	検討予定	2025年3月	Vol. 138
同上 tert-Amyl methyl ether (TAME) (CAS No. 994-05-8)	—	検討予定	2025年3月	Vol. 138

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 (2024) Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI). available at <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>, accessed at 17 December 2024.

Health Canada (2024) 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 2024.

IARC (2024) 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 2024.

IRK (2024) Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR). available at <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte#ausschuss-fur-innenraumrichtwerte-air>, accessed at 17 December 2024.

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>

- ・ ジプロピレングリコールモノメチルエーテル (CAS 34590-94-8)
- ・ ジプロピレングリコール (CAS 25265-71-8)
- ・ D-リモネン (CAS 5989-27-5)
- ・ α -ピネン (CAS 80-56-8)
- ・ n-ヘキサン (CAS 110-54-3)
- ・ n-ヘプタン (CAS 142-82-5)
- ・ 3-エチルトルエン (CAS 620-14-4)
- ・ アクリロニトリル (CAS 107-13-1)
- ・ メントール (CAS 2216-51-5)

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	物質名	1	2	3	4	5	6	7	8	9
評価機関	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	
厚労・室内空気	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
WHO Air (Europe)	×	×	×	×	×	×	×	●1987 UR	×	
WHO Air 2005 Update (Europe)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
WHO Air (Global)	×	×	×	×	×	×	×	●2000 UR	×	
WHO Indoor Air	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
WHO Drinking Water	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
IPCS EHC	×	×	×	×	○1991	×	×	○1983	×	
IPCS CIGAD	×	×	●1998 経口	×	×	×	×	●2002 UR	×	
IARC	×	×	○1999 3 (vol. 73)	×	×	×	×	○ in press 1 (vol. 136)	×	
JECFA	×	○1979	○2004	○2006	×	○1970	×	○1984	●2018経口	
JMPR	×	×	×	×	×	×	×	○1965	×	
US EPA (IRIS)	×	×	○1993	×	●2005	○1993 (がん)	×	●1991 C/UR	×	
US EPA (AEGL)	×	×	×	×	●2013 A	×	×	●2014 A	×	
US EPA (PPRTV)	×	×	×	×	●2009	●2016	×	×	×	
US EPA (RED/TRED)	×	○2007	○1994	×	×	×	×	×	●2004 経口	
US EPA (OCSP/OPPT)	○2006	○2019	○2009	○2010	×	×	×	×	×	
VCCEP (TERA) (自主プログラム)	×	×	×	スポンサー現れず	×	×	×	×	×	
ATSDR	×	×	×	×	●2024 A/I [●1999 C]	×	×	●2024 I [●1990 A]	×	
CalEPA	×	×	×	×	●2000	×	×	●2001/1988 C/UR	×	
テキサスEPA	●2003 A/C	●2004 A/C	●2010 A/C	●2017 A/C	●2017A/C	●2016 A/C	●2015 A/C	●2013 A/C	●2004 A/C	
ミシガンEPA	●2006	×	●1996	●2003	●2006	●1992	×	●1991/1987 C/UR	×	
ミネソタ州	×	×	×	×	●2024	●2024	×	●2002 UR	×	
ACGIH	●1976/1960 A/C	×	×	●2002	●1980	●1976/1974 A/C	×	●1980	×	
EURISK評価	×	×	×	×	×	×	×	●2004	×	
EU INDEX Project	×	×	●2005	●2005	×	×	×	×	×	
EU LCI	●2013	●2013	●2014	●2013	●2016	●2018	×	×	×	
EU ECHA (DNEL)	●	●	●	●	●	●	×	●A/C	●	
EU SCOEL/RAC (ECHA)	●1993	×	×	×	●1995	●1995	×	○2003	×	
EU EFSA 又は EC SCCS	×	×	○2015	○2016	○2024	○2012	×	×	×	
IUCLID	○2000	○2000	○2000	○2000	○2000	○2000	×	○2000	○2000	
SIDS	○2003	○2001	×	×	×	○2010	○2012	EURISK評価書として公開	○2003	
独・室内空気	●2013	×	●2010	●2003	×	×	×	×	×	
独・AGOF	●2013	●2013	×	●2013	●2013	●2013	●2013	●2013	×	
独・DFG (MAK)	●2000/1986 A/C	●2006/2011 A/C	●2011 A/C	●2016 A/C	●2001/1982 A/C	●2000/1958 A/C	×	○2007	×	
独・AGS (TRGS)	●2013 A/C	●2016 A/C	●2013 A/C	×	●2006 A/C	●2023 A/C	×	●2010 UR	×	
独・AgBB	●2024	●2024	×	●2024	●2024	●2024	×	×	×	
オランダ	●2005-2006	×	●2005-2006	×	●2018	×	●1995	●2009 UR	×	
仏・ANSES	×	×	○2019	×	●2013	×	×	×	×	
オーストラリア・室内空気	×	×	×	●2020	×	×	×	×	×	
デンマーク	●2003	○2001	●2013	○2001	●2020	×	×	×	×	
オーストラリア	×	×	○2002	○2018	○2016	○2019	×	○2000	×	
カナダ	○2021	×	○2020	●2020	●2009	×	×	●2000 UR	×	
カナダ室内空気	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
オンタリオ州	●2018	●2018	●2018	●2018	●2016	●2016	●2018	●2016	●2018	
アルバータ州	×	×	×	×	●2008 A/C	×	×	●2004 A/C	×	
日本産衛学会	×	×	×	×	●1985	●1988	×	●1988	×	
食品安全委員会	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
環境省・有害大気	×	×	×	×	×	×	×	●2003	×	
環境省・初期評価	●2011 (暫定)	●2011 (暫定) 経口	×	×	●2002	○2008 (暫定)	×	●2003 C/SF	×	
厚労省・リスク評価	●2023	×	×	×	×	●2023	×	×	×	
NITE・初期評価	×	×	×	×	×	×	×	●2005	×	
その他	○2009 Cosmetic ○2005 ECETOC	○Fowlesら(2013)	●Apiら(2022) ●EPHECT(2013) ●Mandinら(2017)	●Apiら(2022) ●EPHECT(2013) ●Mandinら(2017)	●Apiら(2023) 経口	○2008 米NJ州	●2016化審法C/UR ●2016 NIOSH A ●2005産総研 C/UR	●Apiら(2022) 経口 ○Heckら(2010) ○UR(2019)		

●: 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) ジプロピレングリコールモノメチルエーテル (CAS 34590-94-8)

1) 評価されている主な毒性とその概要

ジプロピレングリコールモノメチルエーテルに関しては、急性毒性、反復曝露の一般毒性、発生毒性、*in vitro* の遺伝子傷害性に関する知見は得られているが、生殖毒性や *in vivo* の遺伝子傷害性、発がん性に関する知見は得られていない。しかし、類似物質や代謝物の知見から、ジプロピレングリコールモノメチルエーテルにヒトや動物に対する発がん性があるとは考え難く、生殖毒性についても特に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ジプロピレングリコールモノメチ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、1980年代までに設定していた2機関が Rowe ら(1954) を採用しており、そのうち1機関が Rowe ら(1954) のヒトの知見、他の1機関が Rowe ら(1954) の動物実験の結果に基づいていたが、前者は具体的なヒトの試験結果や疫学調査結果ではなく、動物実験結果からヒトへ外挿した場合の考察（主に評価機関による）に基づくものと思われた。

1990年代以降にリスク評価値を設定していた機関はすべて Landry ら(1984) を採用しており、2週間の試験結果（マウス）を採用していた1機関を除くとすべてが13週間の試験結果（ラット、ウサギ）であった。

急性のリスク評価値では、4機関が設定していたが、そのうち2機関が慢性リスク評価値を15分平均値で超えないこととしており、2機関が慢性リスク評価値の1.5倍または10倍した値であった。

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。

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。

洋の東西を問わず、多くの国で設定されており、TWA は 50 ppm が多い傾向にあり、多くの国で STEL は TWA の 1.5～2 倍の値が設定されていたが、ドイツ、スイスでは TWA と STEL が同じ値に設定されていた。

表2 有害性評価結果（慢性曝露） ジプロピレングリコールモノメチルエーテル その1

ファイル番号	01	02	03	04	05	06	07	08
評価機関等	テキサス州	ミシガン州	ACGIH	EU LCI	EU ECHA (DNEL)	EU SCOEL	独・室内空気	独・AGÖF
評価年	2003	2006	1960	2013	—	1993	2013	2013
キー研究	—	Landry ら(1984)	Rowe ら(1954)	—	EU SCOEL の値	Landry ら(1984)	Landry ら(1984)	—
動物種	—	ラット、ウサギ	ヒト	—	ヒト (労働者)	ラット、ウサギ	ラット、ウサギ	—
曝露状況	—	13 週間 (6 時間/日、5 日/週)	—	—	職業曝露 (8 時間/日、5 日/週)	13 週間 (6 時間/日、5 日/週)	13 週間 (6 時間/日、5 日/週)	—
エンドポイント	—	影響なし	眼・気道刺激を訴えずに耐えられる濃度	—	—	影響なし	影響なし	—
N(L)OAEL	—	NOAEL 1,212 mg/m ³	LOAEL 100 ppm	—	308 mg/m ³ (許容濃度)	NOAEL 200 ppm (1,212 mg/m ³)	NOAEL 200 ppm	—
連続曝露補正	—	×6/24×5/7	—	—	×8/24×5/7	—	×6/24×5/7 (= 1/5.6)	—
dosimetry 補正	—	1 (デフォルト値)	—	—	—	—	—	—
POD	—	216 mg/m ³ (1,212×6/24×5/7 = 216)	—	—	73.3 mg/m ³ (308×8/24×5/7 = 73.3)	—	LOAEL 600 ppm (= 200×3)	—
不確実係数	—	300 (UF _A 3, UF _H 10, UF _S 10)	—	—	2 (UF _H 2)	5 (UF _A 5)	100 (UF _A 2.5, UF _H 20, UF _S 2)	—
リスク評価値	310 µg/m ³	720 µg/m ³ (216/300 = 0.72)	100 ppm (606 mg/m ³)	3,100 µg/m ³	37 mg/m ³	50 ppm (308 mg/m ³)	1 ppm (7 mg/m ³) (600/5.6/100 = 1.1)	7.0 µg/m ³
備考	暫定のスクリーニング値として設定。		キー研究では、「試験した全動物種は達成可能な最高濃度 (300～400 ppm) の反復曝露に耐え、悪影響は軽微であった。このような濃度は人間にとってもかなり不快なものである。人が苦情を言わずに耐えられる濃度は、起こりうる臓器傷害に関して安全であると考えられる。」と記載されていただけで、100 ppm レベルが苦情を言わずに耐えられる濃度レベルとする記載はなかった。	他の機関が設定していた値を採用。現在、見直し作業中。		200/5 = 40 ppm となるが、Rowe ら(1954)のラット、モルモットの試験では 300 ppm で軽微な影響がみられたことを考慮して、50 ppm としている。	LOAEL が得られなかったので NOAEL の 3 倍を LOAEL と仮定。RW II 値として設定。RW I は丸める前の RW II 値 (1.1) を 1/3 して 0.4 ppm (2 mg/m ³)	2,871 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。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Landry TD, Yano BL. (1984): Dipropylene glycol monomethyl ether: a 13-week inhalation toxicity study in rats and rabbits. *Fundam Appl Toxicol.* 4(4): 612-617.

Rowe VK, McCollister DD, Spencer HC, Oyen F, Hollingsworth RL, Drill VA. (1954): Toxicology of mono-, di-, and tri-propylene glycol methyl ethers. *AMA Arch Ind Hyg Occup Med.* 9(6): 509-525.

表2 有害性評価結果（慢性曝露） ジプロピレングリコールモノメチルエーテル その2

ファイル番号	09	10	11	12	13	14	15	16
評価機関等	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)	独・AgBB	オランダ	デンマーク	オンタリオ州	環境省・初期評価	厚労省・リスク評価
評価年	1986	2013	2024	2005-2006	2020	2018	2011	2023
キー研究	Rowe ら(1954)	EU SCOEL DFG (MAK)	—	—	—	—	Landry ら(1981)	Landry ら(1984)
動物種	ラット、ウサギ、 モルモット、サル	—	—	—	—	—	マウス	ラット、ウサギ
曝露状況	6~8 ヶ月 (7 時間/日、5 日/週)	—	—	—	—	—	2 週間で計 9 回 (6 時間/日、5 日/週)	13 週間 (6 時間/日、5 日/週)
エンドポイント	影響なし	—	—	—	—	—	肝臓重量の増加	影響なし
N(L)OAEL	NOAEL 300 ppm	—	—	—	—	—	NOAEL 50 ppm (303 mg/m ³)	NOAEL 200 ppm
連続曝露補正	—	—	—	—	—	—	× 6/24 × 5/7	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	300 ppm	—	—	—	—	—	49 mg/m ³ (303 × 6/24 × 9/14 = 48.7)	—
不確実係数	—	—	—	—	—	—	—	—
リスク評価値	50 ppm (310 mg/m ³)	310 mg/m ³	3,100 µg/m ³	186 µg/m ³	3.1 mg/m ³	1,550 µg/m ³	—	50 ppm
備考	300 ppm の気中濃度は実質的な飽和濃度であること、高濃度では軽度の刺激や不快臭があることを考慮し、50 ppm に設定された。	EU SCOEL、DFG の値を採用。	EU LCI 値を採用。	暫定最大許容リスクレベルの値として設定されているが、現在では使用されていない方法で導出された値。	EU LCI 値を採用。	スクリーニング値として設定。	試験期間が短いことから 10 で除した 4.9 mg/m ³ を暫定無毒性量等に設定している。	不確実係数の値は記載されていなかったが、不確実計数等を考慮して 50 ppm を設定したとされていた。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Landry TD, Yang BL, Battjes JE. (1981): A 2 week inhalation toxicity study in rats and mice. Unpublished report. Dowanol DPM: 45. Cited in: SIDS Initial assessment report for 12th SIAM. Dipropylene glycol methyl ether.

表3 有害性評価結果（急性曝露） ジプロピレングリコールモノメチルエーテル

ファイル番号	01	03	09	10				
評価機関等	テキサス州	ACGIH	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)				
評価年	2003	1976	2000	2013				
キー研究	—	—	—	DFG (MAK)				
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	3,100 µg/m ³	150 ppm (909 mg/m ³)	50 ppm (310 mg/m ³)	310 mg/m ³				
備考	暫定のスクリーニング値として設定。	慢性のリスク評価値を1.5倍したものと思われる。	15分平均値が慢性のリスク評価値の1倍を超えてはならない。	DFGの値を採用。				

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Stewart RD, Baretta ED, Dodd HC, Torkelson TR. (1970): Experimental human exposure to vapor of propylene glycol monomethyl ether. Experimental human exposure. Arch Environ Health. 20(2):218-223.

表4 ジプロピレングリコールモノメチルエーテルの許容濃度

Dipropylene glycol monomethyl ether (CAS-No.: 34590-94-8)

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m ³	F/cm ³	ppm	mg/m ³	F/cm ³
Australia	50	308				
Austria	50	307		100	614	
Belgium	50					
Canada - Ontario	100			150		
Canada - Québec	100	606		150	909	
Denmark	50	309		100	618	
European Union	50	308				
Finland	50	310				
France	50	308				
Germany (AGS)	50	310		50	310	
Germany (DFG)	50	310		50	310	
Hungary		308				
Ireland	50	308				
Israel	50					
Italy	50	308				
Latvia	50	308				
New Zealand	100	606		150	909	
Norway	50	300				
People's Republic of China		600			900	
Poland		240			480	
Romania	50	308				
Singapore	100	606		150	909	
South Korea	100			150		
Spain	50	308				
Sweden	50	300		75	450	
Switzerland	50	300		50	300	
The Netherlands	48,7	300				
USA - NIOSH	100	600		150	900	
USA - OSHA	100	600				
United Kingdom	50	308				

1-2 (2) ジプロピレングリコール (CAS 25265-71-8)

1) 評価されている主な毒性とその概要

ジプロピ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おり、NTP (2004) がラット及びマウスに2年間飲水投与した発がん性試験ではいずれの動物種でも陰性の結果であった。生殖毒性に関する知見は得られていないが、ジプロピレングリコールは体内に吸収されると急速にプロピレングリコールに分解されること、プロピレングリコールは母胎毒性を示さない用量では受胎能や生殖成績への影響がみられないことから、生殖毒性についても特に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ジプロピ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、8機関中2機関で明示されており、NTP (2004) の2年間飲水投与の発がん性試験の結果が採用され、経口曝露のNOAELを吸入換算してリスク評価値が設定されていた。NOAELの値には3倍以上の差があったが、リスク評価値は1.4倍の差であった。他の6機関ではキー研究やリスク評価値の設定根拠は明示されていなかった。

急性のリスク評価値では、3機関が設定していた。このうち、2機関では慢性リスク評価値の2倍を超えないこととされていた。

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。

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7に示す。

ドイツとスイスの2カ国で設定されていただけだった。

表5 有害性評価結果（慢性曝露） ジプロピレングリコール

ファイル番号	01	02	03	04	05	06	07	08
評価機関等	テキサス州	EU LCI	EU ECHA (DNEL)	独・AGÖF	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)	独・AgBB	オンタリオ州
評価年	2004	2013	—	2013	2011	2016	2024	2018
キー研究	—	—	NTP (2004)	—	NTP (2004)	—	—	—
動物種	—	—	ラット	—	ラット	—	—	—
曝露状況	—	—	2年間飲水投与	—	2年間飲水投与	—	—	—
エンドポイント	—	—	胆管過形成、鼻腔嗅上皮の壊死や変性	—	肝臓の限局性炎症	—	—	—
N(L)OAEL	—	—	NOAEL 470 mg/kg/day	—	NOAEL 115 mg/kg/day	—	—	—
連続曝露補正	—	—	—	—	—	—	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	—	—	351 mg/m ³	—	281 mg/m ³	—	—	—
不確実係数	—	—	5 (UF _H 5)	—	—	—	—	—
リスク評価値	120 µg/m ³	670 µg/m ³	70 mg/m ³	—	100 mg/m ³	100 mg/m ³	670 µg/m ³	1,210 µg/m ³
備考	暫定のスクリーニング値として設定。	他の機関が設定していた値を採用。現在、見直し作業中。	トリプロピレングリコールの体内動態試験結果に基づき経口吸収率を0.86とし、吸入吸収率を1、ラットの呼吸量を1.15 m ³ /kg/dayとして換算。 470×0.86/1.15 = 351	729件の室内空気測定値の50パーセンタイル値(Attention value P 50)は<1 µg/m ³ 、P90値は<5 µg/m ³ であったが、ガイドライン値は設定されていなかった。	ヒトの体重を70 kg、8時間労働時の呼吸量を10 m ³ 、週5日労働、吸収率を経口、吸入で100%、ヒトとラットの体内動態に関する種特異的補正值1/4として、115 mg/kg/dayを吸入換算。 115×7/5×70/10×1/4 = 281.75 mg/m ³ 「優先的アプローチ」を使用して281 mg/m ³ から100 mg/m ³ の値に引き下げたと記載されていた。	DFGの値を採用。	EU LCI値を採用。	スクリーニング値として設定。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

NTP (2004): Toxicology and carcinogenesis studies of dipropylene glycol in F344/N rats and B6C3F1 mice (drinking water studies). TR-511.

表6 有害性評価結果（急性曝露） ジプロピレングリコール

ファイル番号	01	05	06
評価機関等	テキサス州	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)
評価年	2004	2006	2016
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	1,200 µg/m ³	200 mg/m ³	200 mg/m ³
備考	暫定のスクリーニング値として設定。	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。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

表7 ジプロピレングリコールの許容濃度

Dipropylene glycol (CAS-No.: 25265-71-8)

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m ³	F/cm ³	ppm	mg/m ³	F/cm ³
Germany (DFG)		100			200	
Switzerland		200			400	

1-3 (3) D-リモネン (CAS 5989-27-5)

1) 評価されている主な毒性とその概要

D-リモネンに関しては、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、NTP (1990)の強制経口投与による2年間の発がん性試験では雄ラットの腎臓で腫瘍(腺腫、腺癌)の発生が認められているが、これは雄ラットに特有な α 2 μ -グロブリンによるもので、ヒトには外挿性がないとされている。なお、NTP (1990)の試験ではラット、マウスの雌雄の生殖器に対する影響はなかった。

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D-リモネンの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表8に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表9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、キー研究が明示されていた10機関のうち5機関が実験動物への経口投与(13週間~2年間)、3機関がヒトボランティアへの吸入曝露(2時間)、2機関がラットへの吸入曝露(2週間)の試験結果を採用していた。なお、ラットへの吸入曝露の試験結果(Kirkpatrick, 2013)はRIFM(Research Institute for Fragrance Materials, Inc.)による企業レポートで非公開のため、入手できなかった。

急性のリスク評価値では、3機関が設定していた。このうち、2機関では慢性リスク評価値の4倍を超えないこととされていた。

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。

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10に示す。

ヨーロッパの5カ国(6機関)で設定されていた。

表8 有害性評価結果（慢性曝露） D-リモネン その1

ファイル番号	01	02	03	04	05	06	07	08
評価機関等	テキサス州	ミシガン州	EU INDEX Project	EU LCI	EU ECHA (DNEL)	独・室内空気	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)
評価年	2010	1996	2005	2014	—	2010	2011	2013
キー研究	—	NTP (1990)	Falk-Filipsson ら(1993)	NTP (1990)	Webb ら(1990)	NTP (1990)	Webb ら(1989)	—
動物種	—	マウス	ヒト (ボランティア)	ラット	ビーグル犬	マウス	ラット	—
曝露状況	—	2年間強制経口投与 (5日/週)	2時間の軽運動時	2年間強制経口投与 (5日/週)	6ヶ月間強制経口投与 (7日/週)	2年間強制経口投与 (5日/週)	13週間強制経口投与 (5日/週)	—
エンドポイント	—	多核肝細胞、 肝細胞肥大	肺活量の軽度低下	肝組織への影響	腎臓相対重量の増加	多核肝細胞、 肝細胞肥大	酵素誘導によると考え られる肝臓重量の増加	—
N(L)OAEL	—	NOAEL 250 mg/kg/day	LOAEL 450 mg/m ³	NOAEL 300 mg/kg/day	LOAEL 1,000 mg/kg/day	LOAEL 500 mg/kg/day	NOAEL 30 mg/kg/day	—
連続曝露補正	—	×5/7 (250×5/7 = 178.6)	—	×5/7 (= 1/1.4)	—	×5/7 (500×5/7 = 357)	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	—	625.1 mg/m ³	450 mg/m ³	—	2,488 mg/m ³	1,983 mg/m ³	77 mg/m ³ (14 ppm)	—
不確実係数	—	100 (UF _A 10, UF _H 10)	1,000 (UF _H 10, UF _S 10, UF _L 10)	100 (UF _A 10, UF _H 10)	150 (UF _A 2.5, UF _H 10, UF _S 2, UF _L 3)	200 (UF _A 10, UF _H 10, UF _C 2)	—	—
リスク評価値	110 µg/m ³	6,250 µg/m ³	0.45 mg/m ³	5,000 µg/m ³	16.6 mg/m ³ (2,488/150 = 16.59)	9.9 mg/m ³	28 mg/m ³ (5 ppm)	28 mg/m ³
備考	暫定のスクリーニング 値として設定。	ヒトの体重を 70 kg、 呼吸量を 20 m ³ /day と し、連続曝露に補正し た NOAEL 178.6 mg/kg/day を吸入換算 して POD を算出。 178.6×70/20 = 625.1		NOAEL300 mg/kg/day を連続曝露補正係数と 不確実係数の積 140 で 除して 2.14 mg/kg/day とし、経口バックグラ ウンド 0.6 mg/kg/day を減じた 1.54 mg/kg/day を吸入換算 (70 kg/20 m ³ /day)して 算出。 300/140 = 2.14 2.14-0.6 = 1.54 1.54×3.5 = 5.4 mg/m ³ 評価値は丸めた値。	吸収率は経口と吸入で 同じとし、イヌの呼吸 量を 0.402 mg/kg/day として吸入換算。 1,000/0.402 = 2,488 mg/m ³	ヒトの体重を 70 kg、 呼吸量を 20 m ³ /day、 吸収による吸収率を 63%とし、連続曝露に 補正した NOAEL 357 mg/kg/day を吸入換算 して POD を算出。 357×70/20/0.63 = 1,983 RW II 値として設定。 RW I は×1/10 して丸 めた 1 mg/m ³ を設定。	ヒトの体重を 70 kg、8 時間労働時の呼吸量を 10 m ³ 、週 5 日労働、 ラットの経口吸収率を 100%、ヒトの吸入吸 収率を 68%、ヒトと ラットの体内動態に関 する種特異的補正值 1/4 として吸入換算し て POD を算出。 30×70/10×1/4/0.68= 77 mg/m ³ 「優先的アプローチ」 を使用して 77 mg/m ³ から 28 mg/m ³ の値に 引き下げたと記載され ていた。	DFG の値を採用。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

NTP (1990): Toxicology and carcinogenesis studies of d-limonene in F344/N rats and B6C3F₁ mice (gavage studies).

Falk-Filipsson A, Löf A, Hagberg M, Hjelm EW, Wang Z. (1993): d-limonene exposure to humans by inhalation: uptake, distribution, elimination, and effects on the pulmonary function. J Toxicol Environ Health. 38(1): 77-88.

Webb DR, Kanerva LL, Hysell DK, Alden CL & Lehman-McKeeman L (1990): Assessment of the subchronic oral toxicity of d-limonene in dogs. Food and Chemical Toxicology, 28: 669-675.

Webb DR, Ridder GM, Alden CL. (1989): Acute and subchronic nephrotoxicity of d-limonene in Fischer 344 rats. Food Chem Toxicol. 27(10): 639-649.

表8 有害性評価結果（慢性曝露） D-リモネン その2

ファイル番号	09	10	11	12	13	14		
評価機関等	オランダ	デンマーク	オンタリオ州	RIFM (Api ら, 2022)	EPHECT project	Mandin ら(2017) OFFICAIR project		
評価年	2005-2006	2013	2018	2022	2013	2016		
キー研究	—	Falk-Filipsson ら(1993)	—	Kirkpatrick (2013)	Falk-Filipsson ら(1993)	Kirkpatrick (2013)		
動物種	—	ヒト (ボランティア)	—	ラット	ヒト (ボランティア)	ラット		
曝露状況	—	2時間の軽運動時	—	2週間 (6時間/日)	2時間の軽運動時	2週間		
エンドポイント	—	影響なし	—	軽微な呼吸器系組織 への影響	影響なし	—		
N(L)OAEL	—	NOAEL 450 mg/m ³	—	NOAEL 54.3 mg/m ³	NOAEL 450 mg/m ³ (81 ppm)	NOAEL 543 mg/m ³		
連続曝露補正	—	—	—	—	—	—		
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—		
POD	—	450 mg/m ³	—	—	450 mg/m ³	543 mg/m ³		
不確実係数	—	100 (UF _H , UF _{DB})	—	100 (UF _A 10, UF _H 10)	50 (UF _H 5, UF _S 10)	150 (UF _A 2.5, UF _H 10, UF _S 6)		
リスク評価値	306 µg/m ³	4.5 mg/m ³	550 µg/m ³	—	9 mg/m ³ (1.6 ppm)	3.6 mg/m ³ (543/150 = 3.62)		
備考	暫定最大許容リスクレベルの値として設定されているが、現在では使用されていない方法で導出された値。	2%の肺活量低下は有意差のある変化であったが、臨床的、機能的に有意な変化ではないとしていた。	スクリーニング値として設定。	ラットの呼吸量を 0.17 L/min とすると 6 時間曝露時の呼吸量は 61.2 L。これと曝露濃度 0.0543 mg/L の積から吸入による曝露量は 3.32 mg。ラットの肺重量を 0.0016 kg とすると 2,075 mg/kg 肺/day となる。一方、ヒトの吸入による曝露量は 0.4 mg/kg 肺/day と見積もられるため、これらから MOE を算出して評価している。 0.17×60×6 = 61.2 61.2×0.0543 = 3.32 3.32/0.0016 = 2,075		Petry ら(2014)によって算出されたリスク評価値を採用。		

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Kirkpatrick DT. (2013): A two-week inhalation toxicity study of aerosolized D-limonene in the Sprague Dawley rat. RIFM report number 64293. Unpublished.

Petry T, Vitale D, Joachim FJ, Smith B, Cruse L, Mascarenhas R, Schneider S, Singal M. (2014): Human health risk evaluation of selected VOC, SVOC and particulate emissions from scented candles. Regul Toxicol Pharmacol. 69(1): 55-70.

表9 有害性評価結果（急性曝露） D-リモネン

ファイル番号	01	07	08	13	14			
評価機関等	テキサス州	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)	EPHECT project	Mandin ら(2017) OFFICAIR project			
評価年	2010	2011	2013	2013	2016			
キー研究	—	—	—	Falk-Filipsson ら(1993)	—			
動物種	—	—	—	ヒト (ボランティア)	—			
曝露状況	—	—	—	2時間の軽運動時	—			
エンドポイント	—	—	—	影響なし	—			
N(L)OAEL	—	—	—	NOAEL 450 mg/m ³ (81 ppm)	—			
連続曝露補正	—	—	—	—	—			
dosimetry 補正	—	—	—	—	—			
POD	—	—	—	450 mg/m ³	—			
不確実係数	—	—	—	5 (UF _H 5)	—			
リスク評価値	1,100 µg/m ³	20 ppm (112 mg/m ³)	112 mg/m ³	90 mg/m ³ (16 ppm)	90 mg/m ³			
備考	暫定のスクリーニング 値として設定。	15分平均値が慢性の リスク評価値の4倍を 超えてはならない。	DFGの値を採用。		EPHECT projectの値 を採用。			

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

表 1 0 D-リモネンの許容濃度

D-Limonene (CAS-No.: 5989-27-5)

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m ³	F/cm ³	ppm	mg/m ³	F/cm ³
Finland	25	140		50	280	
Germany (AGS)	5	28		20	110	
Germany (DFG)	5	28		20	112	
Norway	25	140				
Spain	30	168				
Switzerland	7	40		14	80	

1-4 (4) α -ピネン (CAS 80-56-8)

1) 評価されている主な毒性とその概要

α -ピネンに関しては、急性毒性、反復曝露の一般毒性、発生毒性、遺伝子傷害性について知見が得られているが、生殖毒性や発がん性に関する知見は得られていない。しかし、ラット、マウスに14週間吸入曝露したNTP(2006)の試験では、雌雄の生殖器に対する影響はなかった。また、NTPの試験では*in vitro*及び*in vivo*で変異原性を示さず、 α -ピネンの遺伝子傷害性に関する従来報告の大部分と一致しているとされていた。

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 α -ピネン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、キー研究が明示されていた10機関のうち4機関がヒトの知見（労働者1機関、ボランティア3機関）、6機関がNTP(2006)の試験結果（マウス）であった。ヒトの知見を採用していた4機関中3機関がNTPの試験結果が公表される以前の評価（2002～2005年）であったことから、利用可能であったヒトの知見を採用した可能性が考えられた。

急性のリスク評価値では、2機関が設定していた。このうち、1機関では慢性リスク評価値の2倍を超えないこととされていた。他の1機関では慢性リスク評価値を10倍した値が設定されていた。

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。

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1-3に示す。

ヨーロッパの5カ国とカナダ（2州）で設定されており、TWAは20～25ppmの狭い範囲で設定されていた。

表 1 1 有害性評価結果（慢性曝露） α-ピネン その 1

ファイル番号	01	02	03	04	05	06	07	08
評価機関等	テキサス州	ミシガン州	ACGIH	EU INDEX Project	EU LCI	EU ECHA (DNEL)	独・室内空気	独・AGÖF
評価年	2017	2003	2002	2005	2013	—	2003	2013
キー研究	—	ACGH-TLV	Dahlqvist ら(1996) Eriksson ら(1996)	Falk ら(1990)	NTP (2006)	NTP (2006)	Johard ら(1993)	—
動物種	—	—	製材所の労働者	ヒト (ボランティア)	マウス	マウス	ヒト (ボランティア)	—
曝露状況	—	8 時間、5 日/週	職業曝露 (8 時間/日、5 日/週)	2 時間の軽運動時	14 週間 (6 時間/日、5 日/週)	14 週間 (6 時間/日、5 日/週)	2 週間の間に 4 回曝露 で合計 12 時間	—
エンドポイント	—	—	肺拡散能及び肺胞容積 の減少	眼、鼻、喉の刺激	膀胱の移行上皮過形成	精子数の減少	呼吸器の炎症反応 (BALF 中細胞数の増加)	—
N(L)OAEL	—	TLV 112 mg/m ³	LOAEL 約 10 ppm (56 mg/m ³)	LOAEL 450 mg/m ³	NOAEL 50 ppm	LOAEL 566.5 mg/m ³ (100 ppm)	LOAEL 450 mg/m ³ (二環式テルペン類)	—
連続曝露補正	—	—	—	—	×6/24×5/7 (×1/5.6)	×6/24×5/7 (×1/5.6)	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	—	112 mg/m ³	10 ppm (56 mg/m ³)	450 mg/m ³	8.929 ppm (50/5.6 = 8.9286)	101.2 mg/m ³ (566.5×6/24×5/7 = 101.16)	450 mg/m ³	—
不確実係数	—	100	—	1,000 (UF _H 10, UF _S 10, UF _L 10)	20 (UF _A 1, UF _H 10, UF _S 2)	150 (UF _A 2.5, UF _H 10, UF _S 2, UF _L 3)	240 (UF _H 10, UF _S 12, UF _C 2)	—
リスク評価値	112 µg/m ³	1.12 mg/m ³ (1,120 µg/m ³)	20 ppm (112 mg/m ³)	0.45 mg/m ³	0.446 ppm (2,500 µg/m ³)	0.674 mg/m ³ (101.2/150 = 0.6747)	2 mg/m ³ (450/240 = 1.9)	68 µg/m ³
備考	暫定のスクリーニング 値として設定。	α-ピネン、β-ピネ ン、Δ ³ -カレンの合計 値として設定。 不確実係数の内訳は記 載されていなかった が、UF _H 10, UF _L 10 と思われる。	テレピン油、α-ピン ネン、β-ピネン、Δ ³ - カレンに対する値とし て設定。 曝露濃度はα-ピネ ン、β-ピネン、Δ ³ -カ レンの合計濃度。 労働者は木材ダスト、 生物活性エアロゾル、 その他の揮発性物質な どを同時に曝露してい たことから、×2 して 20 ppm を設定。		マウスはヒトよりも代 謝が速いため、膀胱上 皮細胞の曝露量は多く なることから、ヒトよ りも感受性は高いと考 えられるので、UF _A 1 で妥当とされていた。		RW II 値として設定。 RW I は× I /10 した 0.2 mg/m ³ を設定。 UF _S 12 は AGS の事例 研究結果による。 キー研究はm ³ 当たり 280 mg のα-ピネン、 30 mg のβ-ピネン、 140 mg の3-カレンか ら成る二環式テルペ ンを曝露した試験であ り、α-ピネンを指標 物質とした二環式テル ペンの値として設定。	3,591 件の室内空気測 定値の 90 パーセンタ イル値(Attention value P 90)が採用されてい る。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Dahlqvist M, Palmberg L, Malmberg P, Sundblad BM, Ulfvarson U, Zhiping W. (1996): Acute effects of exposure to air contaminants in a sawmill on healthy volunteers. *Occup Environ Med.* 53(9): 586-590.
 Eriksson KA, Stjernberg NL, Levin JO, Hammarström U, Ledin MC. (1996): Terpene exposure and respiratory effects among sawmill workers. *Scand J Work Environ Health.* 22(3): 182-190.
 Falk AA, Hagberg MT, Löf AE, Wigaeus-Hjelm EM, Wang ZP. (1990): Uptake, distribution and elimination of alpha-pinene in man after exposure by inhalation. *Scand J Work Environ Health.* 16(5): 372-378.
 NTP (2016): Toxicity studies of α-pinene administered by inhalation to F344/N rats and B6C3F1/N mice. NTP TOX 81. (EU LCI では NTP-study 2006: Identification: TDMS Number 2030203, TOX-81 Study.として引用されていた。)
 Johard U, Larsson K, Löf A, Eklund A. (1993): Controlled short-time terpene exposure induces an increase of the macrophages and the mast cells in bronchoalveolar lavage fluid. *Am J Ind Med.* 23(5): 793-799.

表 1 1 有害性評価結果（慢性曝露） α-ピネン その2

ファイル番号	09	10	11	12	13	14	15	16
評価機関等	独・DFG (MAK)	独・AgBB	オーストラリア 室内空気	カナダ	オンタリオ州	RIFM (Api ら, 2022)	EPHECT project	Mandin ら(2017) OFFICAIR project
評価年	2016	2024	2020	2020	2018	2022	2013	2016
キー研究	NTP (2006)	—	NTP (2006)	NTP (2006)	—	NTP (2006)	Falk ら(1990)	—
動物種	マウス	—	マウス	マウス	—	マウス	ヒト (ボランティア)	—
曝露状況	14 週間 (6 時間/日、5 日/週)	—	14 週間 (6 時間/日、5 日/週)	14 週間 (6 時間/日、5 日/週)	—	14 週間 (6 時間/日、5 日/週)	2 時間	—
エンドポイント	膀胱の移行上皮過形成	—	膀胱上皮の変化	膀胱の移行上皮過形成	—	膀胱の移行上皮過形成	眼、鼻、喉の刺激	—
N(L)OAEL	NOAEL 50 ppm	—	NOAEL 50 ppm (281 mg/m ³)	NOAEL 50 ppm (278.5 mg/m ³)	—	NOAEL 50 ppm	LOAEL 450 mg/m ³ (81 ppm)	—
連続曝露補正	—	—	× 6/24 × 5/7 (× 1/5.6)	× 6/24 × 5/7 (278.5 × 6/24 × 5/7 = 49.73)	—	—	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	50 ppm	—	50.18 mg/m ³ (281/5.6 = 50.18)	66 mg/kg/day (49.73 × 0.04/0.03 = 66.3)	—	118 mg/kg/day	450 mg/m ³	—
不確実係数	8 (UF _A 2, UF _H 2, UF _S 2)	—	50 (UF _A 2.5, UF _H 10, UF _S 2)	—	—	100 (UF _A 10, UF _H 10)	100 (UF _H 5, UFS 10, UF _L 2)	—
リスク評価値	5 ppm (28 mg/m ³) (50/8 = 6.25)	2,500 µg/m ³	1,000 µg/m ³ (50.18/50 = 1.0036)	—	1,350 µg/m ³	1.18 mg/mg/day	4.5 mg/m ³ (0.8 ppm)	(2 mg/m ³)
備考	この場合の UF _H は個 体差でなく、職場での 呼吸量の増加を考慮し た係数。 α-ピネンを含むテレ ピン油に対する値とし て設定。	EU LCI 値を採用。		経口と吸入で吸収率は 同じと仮定し、マウス の体重を 0.03 kg、呼 吸量を 0.04 m ³ /day と して経口換算して 66 mg/kg/day を算出し、 MOE で評価してい る。	スクリーニング値とし て設定。	RfD として算出。 50 ppm を経口換算し て 118 mg/kg/day とし ていたが、算出根拠の 記載はなかった。		独・室内空気の RW II 2 mg/m ³ を採用して評 価するものの、事務所 勤務の労働者を対象に した場合には小児を考 慮した UF _C は不要であ ることから、オーダー レベルの評価として行 う。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Falk A, Gullstrand E, Löf A, Wigaeus-Hjelm E. (1990): Liquid/air partition coefficients of four terpenes. Br J Ind Med. 47(1): 62-64.

表 1 2 有害性評価結果（急性曝露） α -ピネン

ファイル番号	01	09	15	16				
評価機関等	テキサス州	独・DFG (MAK)	EPHECT project	Mandin ら(2017) OFFICAIR project				
評価年	2017	2016	2013	2016				
キー研究	—	—	Falk ら(1990)	—				
動物種	—	—	ヒト (ボランティア)	—				
曝露状況	—	—	2 時間	—				
エンドポイント	—	—	眼、鼻、喉の刺激	—				
N(L)OAEL	—	—	LOAEL 450 mg/m ³ (81 ppm)	—				
連続曝露補正	—	—	—	—				
dosimetry 補正	—	—	—	—				
POD	—	—	450 mg/m ³	—				
不確実係数	—	—	10 (UF _H 5, UF _L 2)	—				
リスク評価値	1,120 μ g/m ³	10 ppm (56 mg/m ³)	45 mg/m ³ (8 ppm)	45 mg/m ³				
備考	暫定のスクリーニング 値として設定。	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。		EPHECT project の値を 採用。				

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

表 1 3 α -ピネンの許容濃度

alpha-Pinene (cf. Terpenes) (CAS-No.: 80-56-8)

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m ³	F/cm ³	ppm	mg/m ³	F/cm ³
Belgium	20					
Canada - Ontario	20					
Canada - Québec	20	112				
Norway	25	140				
Spain	20	113				
Sweden	25	150		50	300	
Switzerland	20	112		40	224	

1-5 (5) n-ヘキサン (CAS 110-54-3)

1) 評価されている主な毒性とその概要

n-ヘキサンに関しては、急性毒性、反復曝露の一般毒性、生殖発生毒性、遺伝子傷害性に関する知見が得られている。発がん性については純度 52% の市販品を用いた吸入曝露の発がん性試験の結果 (Daughtrey ら, 1999) が報告されており、雌雄のラット、雄マウスでは陰性の結果であった。雌マウスでは最高濃度群で肝腫瘍の発生率の有意な増加がみられたが、その発生率は有意差の境界線上にあり、腺腫、癌で分けた発生率には有意差がなかった。混合物を用いた試験であることから、n-ヘキサンの発がん性を示す証拠にはならないとされている。

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 n-ヘキサンの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表 1 4 に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表 1 5 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、キー研究が明示されていた 15 機関のうち 8 機関がヒト (労働者) の知見、7 機関が実験動物 (ラット、マウス) への吸入曝露 (13 週間~1 年間) の試験結果を採用していた。N-ヘキサンに曝露された労働者では末梢神経系への影響がみられることから、これに関連したエンドポイントがヒト及び動物の知見で採用されていた。ATSDR は 1999 年の評価ではヒトの知見を基に末梢神経系への影響をエンドポイントにとってリスク評価値を設定していたが、2024 年の評価では労働現場の知見では他の物質の曝露もあるから相応しくないとして、吸入曝露したマウスの鼻腔組織への影響を基にリスク評価値を設定しており、神経系への影響以外をエンドポイントに採用していた唯一の評価機関であった。

急性のリスク評価値は 6 機関で設定されていた。US EPA (AEGL) が値を設定していたが、AEGL-1 はデータが不十分なため設定できず、AEGL-2 はデータが不十分なため AEGL-3 の値を $\times 1/3$ するとした対応をとっていた。また、2 機関では慢性リスク評価値の 8 倍を超えないことと、1 機関では 3 倍を超えないこととされていた。

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。

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 1 6 に示す。

TWA は 30 カ国 (34 機関) で設定されていたが、このうち、STEL を設定していたのは 7 カ国 (8 機関) だけであった。

表 1 4 n-ヘキサンの有害性評価結果 (慢性曝露) その 1

ファイル番号	01	03	04_1	04_2	05	06	07	08
評価機関等	US EPA (IRIS)	US EPA (PPRTV)	ATSDR	ATSDR	CalEPA	テキサス州	ミシガン州	ミネソタ州
評価年	2005	2009	2024	1999	2000	2007	2006	2024
キー研究	Huang ら(1989)	Huang ら(1989)	NTP (1991)	Sanagi ら(1980)	宮垣 (1967)	Chang ら(1993)	—	—
動物種	ラット	ラット	マウス	ヒト	マウス	ヒト	—	—
曝露状況	16 週間 (12 時間/日、7 日/週)	16 週間 (12 時間/日、7 日/週)	13 週間 (22 時間/日、5 日/週)	職業曝露	1 年間 (24 時間/日、6 日/週)	職業曝露 (12 時間/日、6 日/週)	—	—
エンドポイント	末梢神経障害 (12 週時 MCV 低下)	末梢神経障害 (12 週時 MCV 低下)	嗅上皮の多巢性の 再生と化生	運動神経伝導速度の低 下、残渣潜時の増加	筋電図の変化、異常姿 勢と筋萎縮	末梢神経障害	—	—
N(L)OAEL	NOAEL 1,762 mg/m ³ (BMCL _{1SD} 430 mg/m ³)	NOAEL 1,762 mg/m ³ (BMCL _{1SD} 430 mg/m ³)	LOAEL 1,099 ppm	LOAEL 58 ppm	NOAEL 100 ppm (純度 65~70%)	LOAEL 132 ppm	—	—
連続曝露補正	×12/24	×12/24	×22/24 (1,099×22/24×5/7=719)	—	×6/7	×12/24×6/7	—	—
dosimetry 補正	1 (デフォルト値)	1 (デフォルト値)	×0.1546	—	1 (デフォルト値)	—	—	—
POD	215mg/m ³ (430×12/24=215)	215mg/m ³ (430×12/24=215)	111 ppm (719×0.1546=111)	58 ppm	57.9 ppm (100×0.675×6/7=57.86)	57 ppm (132×12/24×6/7=56.57)	—	—
不確実係数	300 (UF _A 3, UF _H 3, UF _S 3, UF _{DB} 3)	100 (UF _A 3, UF _H 10, UF _{DB} 3)	300 (UF _A 3, UF _H 10, UF _L 10)	100 (UF _H 10, UF _L 10)	30 (UF _A 3, UF _H 10)	300 (UF _H 10, UF _L 10, UF _{DB} 3)	—	—
リスク評価値	0.7 mg/m ³ (215/300=0.72)	2 mg/m ³	0.4 ppm (1.4 mg/m ³) (111/30=0.37)	0.6 ppm (58/100=0.58)	2 ppm (7 mg/m ³) (57.9/30=1.93)	0.19 ppm (670 µg/m ³) (57/300=0.19)	700 µg/m ³	700 µg/m ³
備考		IRIS のリスク評価値は慢性曝露の値であるため、亜慢性曝露の評価値として設定。	ドラフト版の暫定値。中期曝露のリスク評価値として設定。 ヒトとマウスの気管外表面積を 200 cm ² 、3 cm ² 、1 分間の呼吸量を 13,800 mL、32 mL として (32/3)/(13,800/200)=0.1546 このドラフト版では、得られたデータは慢性曝露のリスク評価値を設定するのに相応しくない(他の物質の曝露もある)として、慢性曝露の値は設定されていない。	旧版の評価書で慢性曝露のリスク評価値として設定されていた値。中期曝露の値は設定されていない。	労働者の知見から算出した値は 7~10 倍低くなるが、他の物質の曝露によって影響が強く現れた可能性を考慮すると 2 ppm は妥当な値と考えられるとしている。	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。 0.19×0.3=0.057 ppm (200 µg/m ³)	US EPA (IRIS)の値を採用。	スクリーニング値として、US EPA (IRIS)の値を採用。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生 (発がん性)、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Huang J, Kato K, Shibata E, Sugimura K, Hisanaga N, Ono Y, Takeuchi Y. (1989): Effects of chronic n-hexane exposure on nervous system-specific and muscle-specific proteins. Arch Toxicol. 63: 381-385.

NTP (1991): Toxicity studies of n-hexane in B6C3F1 mice (inhalation studies). TOX-02.

Sanagi S, Seki Y, Sugimoto K, Hirata M. (1980): Peripheral nervous system functions of workers exposed to n-hexane at a low level. Int Arch Occup Environ Health. 47(1): 69-79.

宮垣 仁実 (1967):ノルマルヘキサンの末梢神経毒性に関する電気生理学的研究. 産業医学. 9(8): 660-671.

Chang CM, Yu CW, Fong KY, Leung SY, Tsin TW, Yu YL, Cheung TF, Chan SY. (1993): N-hexane neuropathy in offset printers. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 56(5): 538-542.

表 1 4 n-ヘキサンの有害性評価結果（慢性曝露） その 2

ファイル番号	09	10	11	12	13	14	15	16
評価機関等	ACGIH	EU LCI	EU ECHA (DNEL)	EU SCOEL	独・AGÖF	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)	独・AgBB
評価年	1980	2016	—	1996	2013	1982	2006	2024
キー研究	山田 (1967) Yamamura(1969) 井上ら(1970)	Huang ら(1989)	労働者の DNEL	Governa ら(1987)	—	Sanagi ら(1980)	—	—
動物種	ヒト	ラット	ヒト	ヒト	—	ヒト	—	—
曝露状況	職業曝露	16 週間 (12 時間/日。7 日/週)	職業曝露	職業曝露	—	職業曝露	—	—
エンドポイント	多発性神経炎 (多発性神経障害)	運動神経伝導速度 (MCV)の低下	—	神経筋電図検査結果 の異常	—	多発神経障害	—	—
N(L)OAEL	LOAEL 500 ppm	NOAEL 500 ppm (1,762 mg/m ³)	NOAEL 225 mg/m ³	LOAEL 70 ppm (250 mg/m ³)	—	LOAEL 100 ppm	—	—
連続曝露補正	—	×1/2 (×12/24)	×10/20×5/7	—	—	—	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	500 ppm	BMCL _{1SD} 430 mg/m ³ (121.6 ppm)	80 mg/m ³ (225 × 10/20 × 5/7 = 80.4)	70 ppm	—	—	—	—
不確実係数	—	50 (UF _A 2.5, UF _H 10, UF _S 2)	5 (UF _H 5)	2	—	—	—	—
リスク評価値	50 ppm (176 mg/m ³)	4.3 mg/m ³ (430/2/50 = 4.3)	16 mg/m ³ (80/5 = 16)	20 ppm (72 mg/m ³) (70/2 = 35)	8.0 µg/m ³	50 ppm (180 mg/m ³)	180 mg/m ³	4.3 mg/m ³
備考	使用されていた市販品 に含まれる濃度が 50 ~70%であったことが 考慮されていた。		NOAEL 225 mg/m ³ が 得られた知見は不明。	70 ppm の曝露濃度は 労働者の尿中代謝物濃 度から推定した値。 不確実係数の他に、 preferred value approach が考慮されていた。	3,598 件の室内空気測 定値の 90 パーセンタ イル値(Attention value P 90)が採用されてい る。		DFG の値を採用。	EU LCI 値を採用。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

山田 信也. (1967): n-ヘキサン取扱者に発生した多発性神経炎の原因の追求とその症例について. 産業医学. 9(8): 651-659.

Yamamura Y. (1969): n-Hexane polyneuropathy. Folia Psychiatr Neurol Jpn. 23(1): 45-57.

井上 俊, 竹内 康浩, 竹内 寿和子, 山田 信也, 鈴木 秀吉, 松下 敏夫, 宮垣 仁実, 前田 勝義, 松本 忠雄. (1970): "ノルマンヘキサン"中毒の多発をみたビニールサンダル業者の労働衛生学的調査研究. 産業医学. 12(3): 78-84.

Governa M, Calisti R, Coppa G, Tagliavento G, Colombi A, Troni W. (1987): Urinary excretion of 2,5-hexanedione and peripheral polyneuropathies workers exposed to hexane. J Toxicol Environ Health. 20(3): 219-228.

表 1 4 n-ヘキサンの有害性評価結果（慢性曝露） その 3

ファイル番号	17	18	19	20	21	22	23	24
評価機関等	オランダ	仏・ANSES	デンマーク	カナダ	オンタリオ州	アルバータ州	日本産業衛生学会	環境省・初期評価
評価年	2018	2013	2020	2009	2016	2008	1985	2002
キー研究	—	Huang ら(1989)	—	Ono ら(1982) Mast ら(1988)	—	—	Sanagi ら(1980) Mutti ら(1982)	Sanagi ら(1980)
動物種	—	ラット	—	ラット マウス	—	—	ヒト	ヒト
曝露状況	—	16 週間 (12 時間/日。7 日/週)	—	24 週間 (12 時間/日) 妊娠 6~17 日 (20 時間/日)	—	—	職業曝露	職業曝露
エンドポイント	—	運動神経伝導速度 (MCV)の低下	—	MCV 等の低下 吸収胚の増加	—	—	末梢神経障害	頭痛、四肢知覚異常、 筋力低下等
N(L)OAEL	—	BMCL _{1SD} 122 ppm (430 mg/m ³)	—	LOAEL 705 mg/m ³	—	—	LOAEL 40~88 ppm (平均 58 ppm)	LOAEL 58 ppm (204 mg/m ³)
連続曝露補正	—	×12/24	—	—	—	—	—	×8/24×5/7
dosimetry 補正	—	1 (デフォルト値)	—	—	—	—	—	—
POD	—	215 mg/m ³ (430×12/24=215)	—	705 mg/m ³	—	—	40 ppm	49 mg/m ³
不確実係数	—	75 (UF _A 2.5, UF _H 10, UF _S 3)	—	—	—	—	—	—
リスク評価値	700 µg/m ³	3 mg/m ³ (215/75=2.87)	0.7 mg/m ³	—	2,500 µg/m ³	7,000 µg/m ³ (1,986 ppb)	40 ppm	—
備考	US EPA (IRIS)の値を 採用。 無視できるリスクレ ベルの値として×1/100 した 7 µg/m ³ も設定し ている。	BMCL は US EPA の計 算結果を使用。	US EPA (IRIS)の値を 採用してリスク評価し ていた。	POD の 705 mg/m ³ を 環境大気と室内空気の 曝露濃度でそれぞれ除 して MOE を算出する と 2,500、5,100 とな り、十分に保護されて いると考えられると評 価していた。	大気環境基準として設 定。	カリフォルニア州の値 を採用。		UF _L 10、UF _{DB} 5 で除 した 1 mg/m ³ を無毒性 量等に設定して MOE で評価している。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Ono Y, Takeuchi Y, Hisanaga N, Iwata M, Kitoh J, Sugiura Y. (1982): Neurotoxicity of petroleum benzine compared with n-hexane. Int Arch Occup Environ Health. 50(3): 219-229.

Mast T, Decker J, Stoney K, Westerberg R, Evanoff. (1988): Inhalation developmental toxicology studies: Teratology study of n-hexane in mice. Final report. Battelle Memorial Institute. NTIS/PB2003107682.

Mutti A, Cavatorta A, Lucertini S, Arfini G, Falzoi M, Franchini I. (1982): Neurophysiological changes in workers exposed to organic solvents in a shoe factory. Scand J Work Environ Health. 8 (Suppl 1): 136-141.

表 1 5 n-ヘキサンの有害性評価結果 (急性曝露)

ファイル番号	02			04	06	14	15	22
評価機関等	US EPA (AEGL)			ATSDR	テキサス州	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)	アルバータ州
評価年	2013			2024	2017	2001	2006	2008
キー研究	—	—	Raje ら(1984)	NIEHS (1987)	Glowa (1991)	—	—	—
動物種	—	—	ラット	ラット	マウス	—	—	—
曝露状況	—	—	30 分間	14 日間 (20 時間/日) (妊娠 6~19 日)	30 分間 (100~10,000 ppm へ段階的に増加)	—	—	—
エンドポイント	—	—	死亡	胎子の低体重	神経内分泌への影響	—	—	—
N(L)OAEI	—	—	NOAEL 86,222 ppm	NOAEL 200 ppm	NOAEL 1,000 ppm	—	—	—
連続曝露補正	—	—	—	×20/24	×30/60 (1 時間値設定のため)	—	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	1 (デフォルト値)	1 (デフォルト値)	—	—	—
POD	—	—	86,222 ppm	167 ppm (200×20/24 = 166.7)	500 ppm	—	—	—
不確実係数	—	—	10 (UF _A 3, UF _H 3)	30 (UF _A 3, UF _H 10))	90 (UF _A 3, UF _H 10, UF _{DB} 3)	—	—	—
リスク評価値	—	—	8,600 ppm (30 分) (30,000 mg/m ³)	6 ppm (167/30 = 5.56)	5.5 ppm (19 mg/m ³) (500/90 = 5.56)	400 ppm (1,440 mg/m ³)	1,440 mg/m ³	21,000 µg/m ³ (5,958 ppb)
備考	AEGL-1 を算出するためのデータが不十分のため、AEGL-1 を設定できなかった。	AEGL-2 を算出するためのデータが不十分のため、AEGL-3 を 3 で除した値を設定。 10 分 : 4,000 ppm 30 分 : 2,900 ppm 1 時間 : 2,900 ppm 4 時間 : 2,900 ppm 8 時間 : 2,900 ppm	AEGL-3 として設定。 C ³ ×t=k の式から (8,600) ³ ×30 min = k k=19.08×10 ¹² ppm-min 10 分曝露時の値は C ³ ×10 min = 19.08×10 ¹² ppm-min から C = 12,000 ppm (30,000 mg/m ³)となる。 血中濃度は 30 分以内に平衡に達することから、1、4、8 時間曝露の値は 30 分と同じ値を設定。	ドラフト版の暫定値。	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。 5.5×0.3 = 1.65 = 1.6 ppm (5.6 mg/m ³)	15 分平均値が慢性のリスク評価値の 8 倍を超えてはならない物質に分類されている。	DFG の値を採用。	カリフォルニア州の値を採用して設定した慢性のリスク評価値を 3 倍して設定。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生 (発がん性)、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Raje RR, Greening M, Fine MT. (1984): Blood n-hexane concentration following acute inhalation exposure in rats. Res Commun Chem Pathol Pharmacol. 46(2): 297-300.

NIEHS (1987): Inhalation developmental toxicology studies: Teratology study of n-hexane in rats: Final report. No. NIH-Y01-ES-70153.

Glowa J. (1991): Behavioral toxicology of volatile organic solvents. V. Comparisons of the behavioral and neuroendocrine effects among n-alkanes. J Am Coll Toxicol. 10(6): 639-646.

表 1 6 n-ヘキサンの許容濃度

n-Hexane (CAS-No.: 110-54-3)

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m ³	F/cm ³	ppm	mg/m ³	F/cm ³
Australia	20	72				
Austria	20	72		80	288	
Belgium	20	72				
Canada - Ontario	50					
Canada - Québec	50	176				
Denmark	20	72		40	144	
European Union	20	72				
Finland	20	72				
France	20	72				
Germany (AGS)	50	180		400	1440	
Germany (DFG)	50	180		400	1440	
Hungary		72				
Ireland	20	72				
Israel	50	176				
Italy	20	72				
Japan (JSOH)	40	140				
Japan (MHLW)	40					
Latvia	20	72				
New Zealand	20	72				
Norway	20	72				
People's Republic of China		100			180	
Poland		72				
Romania	20	72				
Singapore	50	176				
South Africa	100					
South Africa Mining	20	70				
South Korea	50					
Spain	20	72				
Sweden	20	72		50	180	
Switzerland	50	180		400	1440	
The Netherlands	20	72		40	144	
USA - NIOSH	50	180				
USA - OSHA	500	1800				
United Kingdom	20	72				

1-6 (6) n-ヘプタン (CAS 142-82-5)

1) 評価されている主な毒性とその概要

n-ヘプタンに関しては、急性毒性、反復曝露の一般毒性、*in vitro* の遺伝子傷害性に関する知見が得られているが、生殖発生毒性や *in vivo* の遺伝子傷害性、発がん性に関する知見は得られていない。

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 n-ヘプタンの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表 17 に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表 18 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、キー研究が明示されていた 5 機関はいずれも n-ヘプタンを吸入曝露（最大 30 週間）させたラット、マウスの知見であり、NOAEL の値は 801~3,000 ppm の範囲内にあって大きかった。このため、リスク評価値も比較的大きな値が算出されており、機関ごとにリスク評価の目的（対象）が異なることから単純な比較はできないが、リスク評価値には 1,000 倍以上の差がみられた。

急性のリスク評価値では、4 機関が設定していた。このうち、テキサス州が 30 分間吸入曝露したマウスの一過性の行動障害をエンドポイントにとってリスク評価値を設定しており、他の 2 機関では慢性のリスク評価値を超えてはならないこととされていた。

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。

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 19 に示す。

TWA は 28 カ国（31 機関）、STEL は 19 カ国（21 機関）で設定されており、TWA と STEL が同じ値の国（ドイツ）から、TWA の 4 倍が STEL という国（オーストリア）まであった。

表 1 7 有害性評価結果 (慢性曝露) n-ヘプタン その 1

ファイル番号	01	02	03	04	05	06	07	08
評価機関等	US EPA (PPRTV)	テキサス州	ミシガン州	ミネソタ州	ACGIH	EU LCI	EU ECHA (DNEL)	EU SCOEL
評価年	2016	2016	1992	2024	1974	2018	—	1995
キー研究	Simonsen ら(1995)	Frontali ら(1981)	NIOSH REL	—	—	Bio/Dynamics (1980)	—	Takeuchi ら(1980, 1981)
動物種	ラット	ラット	—	—	—	ラット	—	ラット
曝露状況	28 日間 (6 時間/日、7 日/週)	30 週間 (9 時間/日、5 日/週)	—	—	—	26 週間 (6 時間/日、5 日/週)	—	16 週間 (12 時間/日、7 日/週)
エンドポイント	聴覚感度の低下	体重増加の抑制、 末梢神経障害	—	—	麻酔作用、刺激作用	影響なし	—	影響なし
N(L)OAEL	NOAEL 801 ppm (3,283 mg/m ³)	NOAEL 1,500 ppm	—	—	—	NOAEL 3,000 ppm (12,510 mg/m ³)	—	NOAEL 2,960 ppm (12,343 mg/m ³)
連続曝露補正	×6/24×7/7	×9/24×5/7	—	—	—	×6/24×5/7	—	—
dosimetry 補正	1 (デフォルト値)	1 (デフォルト値)	—	—	—	—	—	—
POD	BMCL _{1SD} 1,170 mg/m ³	401.785ppm (1,500×9/24×5/7 = 401.785)	350 mg/m ³	—	—	2,235 mg/m ³ (12,510×6/24×5/7 = 2,233.9)	—	約 3,000 ppm (12,500 mg/m ³)
不確実係数	3,000 (UF _A 3, UF _H 10, UF _S 10, UF _{DB} 10)	180 (UF _A 3, UF _H 10, UF _{DB} 6)	×0.01	—	—	150 (UF _A 2.5, UF _H 10, UF _S 2, UF _{DB} 3)	—	5
リスク評価値	0.4 mg/m ³ (1,170/3,000 = 0.39)	2.2 ppm (9 mg/m ³) (401.785/180 = 2.2321)	3,500 µg/m ³	400 µg/m ³	400 ppm	15 mg/m ³ (2,235/150 = 14.9)	447 mg/m ³	500 ppm (2,085 mg/m ³) (3,000/5 = 600)
備考	UF _S を 1 とした不確実係数の積 300 で除して算出した 4 mg/m ³ を亜慢性のリスク評価値に設定している。	参照値として設定。スクリーニング値はハザード 0.3 を乗じて算出して設定。 2.2×0.3 = 0.66 ppm = 660 ppb (2,700 µg/m ³)	1992 年の暫定プロセスに基づき設定。	US EPA (PPRTV)の値を採用。	麻酔作用や刺激作用はペンタン、n-ヘキサンより強く、オクタンより弱いことを考慮し、オクタンの評価値が採用されていた。		算出根拠等は不明。	不確実係数の他に、preferred value approach が考慮されていた。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生 (発がん性)、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Simonsen L, Lund SP. (1995): Four weeks inhalation exposure to n-heptane causes loss of auditory sensitivity in rats. Pharmacol Toxicol. 76(1): 41-46.

Frontali N, Amantini MC, Spagnolo A, Guarcini AM, Saltari MC, Bruignone F, Perbellini L. (1981): Experimental neurotoxicity and urinary metabolites of the C5-C7 aliphatic hydrocarbons used as glue solvents in shoe manufacture. Clin Toxicol. 18(12): 1357-1367.

Bio/dynamics Inc. (1980): A 26 week inhalation toxicity study of heptane in the rat. Project No. 78-7233. NTIS/OTS0556826.

表 1 7 有害性評価結果（慢性曝露） n-ヘプタン その2

ファイル番号	09	10	11	12	13	14	15	
評価機関等	独・AGÖF	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)	独・AgBB	オンタリオ州	日本産業衛生学会	厚労省・リスク評価	
評価年	2013	1958	2023	2024	2016	1988	2023	
キー研究	—	—	—	—	—	—	Kristiansen ら(1988)	
動物種	—	—	—	—	—	—	マウス	
曝露状況	—	—	—	—	—	—	0~10分	
エンドポイント	—	—	—	—	—	神経障害	呼吸量の50%減少 (RD ₅₀)	
N(L)OAEL	—	—	—	—	—	—	RD ₅₀ 17,400 ppm	
連続曝露補正	—	—	—	—	—	—	—	
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	
POD	—	—	—	—	—	—	17,400 ppm	
不確実係数	—	—	—	—	—	—	—	
リスク評価値	9.0 µg/m ³	500 ppm (2,085 mg/m ³)	2,100 mg/m ³	15,000 µg/m ³	11,000 µg/m ³	200 ppm (800 mg/m ³)	500 ppm	
備考	3,624 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。	設定根拠等は不明。1958 年に設定以降、有害性データを更新しても 500 ppm を引き下げる根拠はないとされている。	DFG、EU SCOEL の値を採用。	EU LCI 値を採用。	大気環境基準として設定。	ペンタンや n-ヘキサンとの相対毒性を考慮して設定。	動物実験で得られた RD ₅₀ 値に 0.03 を乗ずると作業者に外挿できるとし、ヒトの気道性刺激を防ぐための濃度として算出している。 17,400 × 0.03 = 522 ppm	

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Kristiansen U, Nielsen GD. (1988): Activation of the sensory irritant receptor by C7-C11 n-alkanes. Arch Toxicol. 61(6): 419-425.

表 1 8 有害性評価結果（急性曝露） n-ヘプタン

ファイル番号	02	05	10	11				
評価機関等	テキサス州	ACGIH	独・DFG (MAK)	独・AGS (TRGS)				
評価年	2016	1976	2000	2023				
キー研究	Glowa (1991)	—	—	—				
動物種	マウス	—	—	—				
曝露状況	30 分間	—	—	—				
エンドポイント	一過性の行動障害	麻酔作用、刺激作用	—	—				
N(L)OAEL	LOAEL (BMC ₁₀) 2,945 ppm	—	—	—				
連続曝露補正	×30/60 (1 時間曝露に変換)	—	—	—				
dosimetry 補正	1 (デフォルト値)	—	—	—				
POD	1,472.5 ppm (2,945/2 = 1,472.5)	—	—	—				
不確実係数	180 (UF _A 3, UF _H 10, UF _L 2, UF _{DB} 3)	—	—	—				
リスク評価値	8.2 ppm (34 mg/m ³) (1,472.5/180 = 8.18)	500 ppm	500 ppm (2,085 mg/m ³)	2,100 mg/m ³				
備考	参照値として設定。 スクリーニング値はハ ザード 0.3 を乗じて算 出して設定。 8.2×0.3 = 2.5 ppm = 2,500 ppb (10,000 µg/m ³)	麻酔作用、刺激作用は ペンタン、n-ヘキサン より強く、オクタンよ り弱いことを考慮して 設定したと記載されて いた。	15 分平均値が慢性の リスク評価値を超えて はならない。	DFG の値を採用。				

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Glowa J. (1991): Behavioral toxicology of volatile organic solvents. V. Comparisons of the behavioral and neuroendocrine effects among n-alkanes. J Am Coll Toxicol. 10(6): 639-646.

Takeuchi Y, Ono Y, Hisanaga N, Kitoh J, Sugiura Y. (1980): A comparative study on the neurotoxicity of n-pentane, n-hexane, and n-heptane in the rat. Br J Ind Med. 37(3): 241-247.

Takeuchi Y, Ono Y, Hisanaga N, Kitoh J, Sugiura Y. (1981): A comparative study of the toxicity of n-pentane, n-hexane, and n-heptane to the peripheral nerve of the rat. Clin Toxicol. 18(12): 1395-1402.

表 1 9 n-ヘプタンの許容濃度

n-Heptane (CAS-No.: 142-82-5)

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m ³	F/cm ³	ppm	mg/m ³	F/cm ³
Australia	400	1640		500	2050	
Austria	500	2000		2000	8000	
Belgium	400	1664		500	2085	
Canada - Ontario	400			500		
Canada - Québec	400			500		
Denmark	200	820		400	1640	
European Union	500	2085				
Finland	300	1200		500	2100	
France	400	1668		500	2085	
Germany (AGS)	500	2100		500	2100	
Germany (DFG)	500	2100		500	2100	
Hungary		2000				
Ireland	500	2085				
Italy	500	2085				
Japan (JSOH)	200	820				
Latvia	85	350		500	2085	
New Zealand	400	1640		500	2050	
Norway	200	800				
People's Republic of China		500			1000	
Poland		1200			2000	
Romania	500	2085				
South Africa	800			1000		
South Africa Mining	400	1600		500	2000	
South Korea	400			500		
Spain	500	2085				
Sweden	200	800		300	1200	
Switzerland	400	1600		400	1600	
The Netherlands	288	1200		384	1600	
USA - NIOSH	85	350		440	1800	
USA - OSHA	500	2000				
United Kingdom	500	2085				

1-7 (7) 3-エチルトルエン (CAS 620-14-4)

1) 評価されている主な毒性とその概要

3-エチルトルエンに関しては、有害性情報は極めて限られており、急性毒性、反復曝露の一般毒性 (Robert ら, 2017) に関する知見が得られているだけであった。なお、RTECS には 100 日間吸入曝露のラット、ウサギの試験結果から得られた TCLo が記載されていたが、原著 (ロシア語) の確認はできなかった。

2-エチルトルエンについては Roberts ら(2017) の他にも Huang ら(2021)の報告がある。

4-エチルトルエンについては US EPA (OPPT) による有害性評価文書が作成されており、急性毒性、反復曝露の一般毒性、発生毒性、*in vitro*/*in vivo* の遺伝子傷害性の知見が収録されていた。生殖毒性、発がん性の試験結果はなかったが、生殖毒性を示唆する知見として雌雄の生殖器への影響について整理されていた。

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 3-エチルトルエンの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表 20 に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表 21 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、4 機関中 3 機関でキー研究は明示されておらず、リスク評価値の算出過程の情報も得られなかった。他の 1 機関は室内空気測定値の 90 パーセンタイル値がリスク評価値に設定されていた。

急性リスク評価値については、テキサス州のみが設定しており、慢性リスク評価値の 10 倍の値を設定していた。

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 2 0 有害性評価結果（慢性曝露） 3-エチルトルエン

ファイル番号	01	02	03	04				
評価機関等	テキサス州	独・AGÖF	オランダ	オンタリオ州				
評価年	2015	2013	1995	2018				
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	125 µg/m ³	6.7 µg/m ³	800 µg/m ³	62.5 µg/m ³				
備考	暫定のスクリーニング値として設定。	1,826 件の室内空気測定値の 90 パーセンタイル値(Attention value P 90)が採用されている。	エチルトルエン及びトリメチルベンゼンの異性体混合物に対する値として設定。	スクリーニング値として設定。				

UFA: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

表 2 1 有害性評価結果（急性曝露）（急性曝露） 3-エチルトルエン

ファイル番号	01		
評価機関等	テキサス州		
評価年	2015		
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	1,250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
備考	暫定のスクリーニング値として設定。		

1-8 (8) アクリロニトリル (CAS 107-13-1)

1) 評価されている主な毒性とその概要

アクリロニトリルに関しては、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、発がん性に関する知見が得られている。IARC は 1998 年の評価では、実験動物に対する発がん性の証拠は十分あるが、ヒトでの証拠は不十分として「2B」に分類していた。しかし、2024 年の評価ではヒトと実験動物で十分な証拠があり、発がんメカニズムについても強い証拠があるとして「1 (ヒトに対して発がん性がある)」に分類している。

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アクリロニトリルの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表 2 2 に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表 2 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、キー研究が明示されていた 13 機関中 10 機関がラットの吸入曝露の試験結果、3 機関がヒト (労働者) の知見であった。ラットの試験では、Quast ら(1980) の 2 年間 (6 時間/日、5 日/週) の試験結果が 7 機関で採用されていて最も多く、その他には Nemec ら(2008)の二世代繁殖試験、Dudley ら(1942)の 8 時間曝露試験、経口 3 件と吸入 3 件の長期試験をプールした検討結果 (Kirman ら, 2005) が各 1 機関で採用されていた。ヒトの知見では Muto ら(1992)が 2 機関、Sakurai ら(1978)が 1 機関で採用されていたが、どちらも同一の研究グループによる日本国内のアクリル繊維工場 (6~7 ケ所) の労働者を対象にした調査結果であった。

(ユニットリスクについては、「(10) ユニットリスクの設定状況」を参照)

急性のリスク評価値については、6 機関で設定されており、一般的な急性のリスク評価値としては Jakubowski ら(1987)のヒトボランティア試験の結果がキー研究として採用されていた。US EPA (AEGL) では AEGL-2 をラットの胎仔への影響、AEGL-3 をラットの死亡をエンドポイントにとってそれぞれ設定されていた。また、NIOSH も IDLH (Immediately dangerous to life or health) として AEGL-3 に近い値 (60 ppm) を設定していたが、この値は労働現場での呼吸保護具を選択する際の重要な判断材料になっているとされていた。

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。

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 2 4 に示す。

TWA は 28 カ国 (31 機関)、STEL は 13 カ国 (14 機関) で設定されており、ニュージーランドの 0.05 ppm (0.1 mg/m³) が最も低く、アイルランド、南アフリカの 4 ppm が最も高かった。STEL については、2~15 ppm の範囲内であった。

なお、ドイツでは、 4×10^{-3} の発がんリスクレベルを耐用濃度 (tolerable concentration)、 4×10^{-4} の発がんリスクレベルを許容濃度 (acceptable concentration) として TWA、STEL が設定されていた。

表 2 2 有害性評価結果（慢性曝露） アクリロニトリル その 1

ファイル番号	04	06_1	07_1	08	09	11	12	13
評価機関等	US EPA (IRIS)	ATSDR	CalEPA	テキサス州	ミシガン州	ACGIH	EU リスク評価書	EU ECHA (DNEL)
評価年	1991	2023 (Draft)	2001	2013	1991	1980	2004	—
キー研究	Quast ら(1980)	Nemec ら(2008)	Quast ら(1980)	Quast ら(1980)	—	Dudley ら(1942)	Quast ら(1980)	Kirman ら(2005)
動物種	ラット	ラット	ラット	ラット	—	ラット	ラット	ラット
曝露状況	2 年間 (6 時間/日、5 日/週)	18 週間 (6 時間/日、5 日/週)	2 年間 (6 時間/日、5 日/週)	2 年間 (6 時間/日、5 日/週)	—	8 時間	2 年間 (6 時間/日、5 日/週)	吸入 3 件・経口 3 件の 計 6 件の長期試験結果
エンドポイント	呼吸上皮の変性と炎症 粘液分泌細胞の過形成	呼吸上皮/移行上皮の 過形成、扁平上皮化生	呼吸上皮の変性と炎症 粘液分泌細胞の過形成	鼻甲介呼吸上皮 の扁平化	—	軽度の不快 (呼吸や CNS への影響なし)	肺、鼻腔の組織変化	脳腫瘍
N(L)OAEL	LOAEL 43 mg/m ³ (20 ppm)	BMCL ₁₀ 0.80 ppm (NOAEL 5 ppm)	BMCL ₀₅ 1.5 ppm (LOAEL 20 ppm)	BMCL ₁₀ 0.564 ppm (LOAEL 20 ppm)	—	NOAEL 90 ppm	LOAEL 20 ppm	LED ₀₅ 0.014 mg/L 脳
連続曝露補正	×6/24×5/7 (43×6/24×5/7 = 7.7)	×6/24×5/7 (0.8×6/24×5/7 = 0.14)	×6/24×5/7 (1.5×6/24×5/7 = 0.27)	×6/24×5/7 (0.564×6/24×5/7 = 0.10)	—	—	—	—
dosimetry 補正	×0.252 (RGDR _{ET})	×0.184 (RGDR _{ET})	×0.25 (RGDR _{ET})	1 (デフォルト値)	—	—	—	PBPK モデルで調整
POD	1.9 mg/m ³ (7.7×0.252 = 1.94)	0.026 ppm (0.14×0.184 = 0.026)	0.067 ppm (0.27×0.25 = 0.0675)	0.1 ppm	—	—	NAEL 4 ppm (20/5 = 4) (No Adverse Effect Level)	21.3 mg/m ³
不確実係数	1,000 (UF _A 3, UF _H 10, UF _L 3, UF _{DB} 10)	30 (UF _A 3, UF _H 10)	30 (UF _A 3, UF _H 10)	30 (UF _A 3, UF _H 10)	—	—	—	220 (UF _A 3.2, UF _H 7, UF _L 10)
リスク評価値	0.002 mg/m ³ (2 µg/m ³)	0.0009 ppm (2.0 µg/m ³) (0.026/30 = 0.00087)	0.002 ppm (5 µg/m ³) (0.067/30 = 0.0022)	3.3 ppb (7.1 µg/m ³) (0.1/30 = 0.0033)	2 µg/m ³	2 ppm (4.3 mg/m ³)	—	0.1 mg/m ³ (21.3/220 = 0.107)
備考	RGDR _{ET} = (0.33/11.6)/(20/177) = 0.2518 ラットとヒトの呼吸量 を 0.33、20 m ³ /day、 胸郭外表面積を 11.6、177 cm ² として 算出。	中期曝露のリスク評価 値として設定。 RGDR _{ET} = (0.190/15.0)/(13.8/200) = 0.1834 ラットとヒトの呼吸量 を 0.190、13.8 L/min 胸郭外表面積を 15.0、200 cm ² として 算出。	RGDR _{ET} = (0.33/11.6)/(20/177) = 0.2518 ラットとヒトの呼吸量 を 0.33、20 m ³ /day、 胸郭外表面積を 11.6、177 cm ² として 算出。	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。 3.3×0.3 = 0.99 ppb ≒ 1 ppb (2.1 µg/m ³)	US EPA (IRIS)の値を 採用。	適切な不確実係数を適 用すると 2 ppm となる とあったが、具体的な 不確実係数の記載はな かった。	リスク評価値は設定せ ず、Margin of safety (MOS) による評価。	全身影響のリスク評価 値として設定。 Kirman ら(2005)が長期 試験結果(雌雄で 12 件) を基に PBPK モデルで 推定した代謝物 (2-シ アノエチレンオキシド) の脳内ピーク濃度と腫 瘍の発生率から LED ₀₅ を 0.014 mg/L 脳と算出 し、PBPK モデルで対 応する曝露濃度を 21.3 mg/m ³ と算出して設定 したリスク評価値を採 用。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Quast JF, Schwetz DJ, Balmer MF, Gushow TS, Park CN, McKenna MJ. (1980): A two-year toxicity and oncogenicity study with acrylonitrile following inhalation exposure of rats. Dow Chemical Co. NTIS/OTS0545173.

Nemec MD, Kirkpatrick DT, Sherman J, Van Miller JP, Pershing ML, Strother DE. (2008): Two-generation reproductive toxicity study of inhaled acrylonitrile vapors in Crl:CD(SD) rats. Int J Toxicol. 27(1): 11-29.

Dudley HC, Neal PA. (1942): Toxicology of acrylonitrile (vinyl cyanide). I. Study of the acute toxicity. J Ind Hyg Toxicol. 24(2): 27-36.

Kirman CR, Gargas ML, Marsh GM, Strother DE, Klaunig JE, Collins JJ, Deskin R. (2005): Cancer dose--response assessment for acrylonitrile based upon rodent brain tumor incidence: use of epidemiologic, mechanistic, and pharmacokinetic support for nonlinearity. Regul Toxicol Pharmacol. 43(1): 85-103.

表 2 2 有害性評価結果（慢性曝露） アクリロニトリル その 2

ファイル番号	13	14	18	19	20	21	22_1	23
評価機関等	EU ECHA (DNEL)	独・AGÖF	オンタリオ州	アルバータ州	日本産業衛生学会	環境省・有害大気	環境省・初期評価	NITE・初期評価
評価年	—	2013	2016	2004	1988	2003	2003	2005
キー研究	Kirman ら(2008)	—	—	—	Sakurai ら(1978)	Muto ら(1992)	Quast ら(1980)	Quast ら(1980)
動物種	ラット	—	—	—	ヒト	ヒト	ラット	ラット
曝露状況	2年間 (6時間/日、5日/週)	—	—	—	職業曝露	職業曝露	2年間 (6時間/日、5日/週)	2年間 (6時間/日、5日/週)
エンドポイント	鼻の粘液分泌細胞 の過形成	—	—	—	自覚症状の訴え、 肝機能検査値の異常	影響なし	鼻甲介上皮の変性など	体重増加抑制、死亡率 増加、化膿性鼻炎など
N(L)OAEL	LOAEL 20 ppm (43.4 mg/m ³)	—	—	—	NOAEL 4.2 ppm	NOAEL 0.53 ppm (1.2 mg/m ³)	LOAEL 43 mg/m ³	LOAEL 20 ppm (45 mg/m ³)
連続曝露補正	×6/24×5/7	—	—	—	—	—	×6/24×5/7	×6/24×5/7
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	BMCL ₁₀ 0.64 mg/m ³	—	—	—	—	1 mg/m ³	7.7 mg/m ³ (43×6/24×5/7 = 7.68)	6.0 mg/kg/day
不確実係数	10 (UF _A 3, UF _H 3)	—	—	—	—	500	—	1,000 (UF _A 10, UF _H 10, UF _L 10)
リスク評価値	0.06 mg/m ³	1.0 µg/m ³	0.12 µg/m ³	2 µg/m ³	2 ppm (4.5 mg/m ³)	2 µg/m ³ (1/500 = 0.002)	—	—
備考	局所影響のリスク評価 値として設定。 Kirman ら(2008)が Quast ら(1980)の試験 結果を用いて算出した リスク評価値を採用。 ヒト等価濃度 (HEC) の算出に当たっては RGDR 1.14 を用いた と記載されていたが、 HEC の値は単に連続 曝露に補正された値で あった。	1,019 件の室内空気測 定値の 90 パーセンタ イル値(Attention value P 90)が採用されてい る。	大気環境基準 (年平均 値) として設定。 24 時間の大気データ を評価するために 24 時間平均値として 0.6 mg/m ³ も設定。	US EPA (IRIS)の値を 採用。 設定時はカリフォルニ ア州のリスク評価値を 採用。(その後、カリ フォルニア州は値を更 新している。)		不確実係数の内訳は示 されていないが、労働 環境と一般環境での曝 露状況が異なること、 発がん性を完全に除外 できないことも考慮さ れていた。	UF _L 10 で除した 0.77 mg/m ³ を無毒性量等に 設定して MOE で評価 している。	ラットの呼吸量を 0.26 m ³ /日、体重を 0.35 kg とし、吸収率 100%で 経口換算して MOE で 評価している。 45×6/24×5/7×0.26/ 0.35×1.0 = 5.97

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Kirman CR, Sweeney LM, Gargas ML, Strother DE, Collins JJ, Deskin R. (2008): Derivation of noncancer reference values for acrylonitrile. Risk Anal. 28(5): 1375-1394.
Sakurai H, Onodera M, Utsumomiya T, Minakuchi H, Iwai H, Matsumura H. (1978): Health effects of acrylonitrile in acrylic fibre factories. Br J Ind Med. 35(3): 219-225.
Muto T, Sakurai H, Omae K, Minaguchi H, Tachi M. (1992): Health profiles of workers exposed to acrylonitrile. Keio J Med. 41(3): 154-160.

表 2 2 有害性評価結果（慢性曝露） アクリロニトリル その 3

ファイル番号	24	25	
評価機関等	化審法・リスク評価	産総研・詳細リスク	
評価年	2016	2005	
キー研究	Quast ら(1980)	Muto ら(1992)	
動物種	ラット	ヒト	
曝露状況	2 年間 (6 時間/日、5 日/週)	職業曝露	
エンドポイント	体重増加抑制、死亡率増加、化膿性鼻炎など	影響なし	
N(L)OAEL	LOAEL 20 ppm (45 mg/m ³)	NOAEL 1.15 mg/m ³	
連続曝露補正	$\times 6/24 \times 5/7$ ($45 \times 6/24 \times 5/7 = 8.04$)	$\times 8/24 \times 240/365$	
dosimetry 補正	—	—	
POD	5.97 mg/kg/day	0.25 mg/m ³ ($1.15 \times 8/24 \times 240/365 = 0.252$)	
不確実係数	1,000 (UF _A 10, UF _H 10, UF _L 10)	50 (UF _H 10, UF _{DB} 5)	
リスク評価値	0.015 mg/m ³	5 μg/m ³	
備考	<p>POD はラットの呼吸量を 0.26 m³/日、体重を 0.35 kg し、吸収率 100% で経口換算。 $8.04 \times 0.26 / 0.35 \times 1.0 = 5.97$</p> <p>POD を不確実係数で除して算出した経口のリスク評価値を、ヒトの呼吸量を 20 m³/日、体重を 50 kg、吸入の吸収率を 100% として吸入換算して吸入のリスク評価値を算出。 $5.97 / 1,000 \times 50 / 20 \times 1.0 = 0.0149$</p>	<p>環境庁の健康影響評価検討会有機塩素化合物・炭化水素類評価作業小委員会報告(1995)で示された目標濃度値の試算を妥当と評価して採用している。</p> <p>連続曝露補正の 240 は年間労働日数。</p>	

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

表 2 3 有害性評価結果（急性曝露） アクリロニトリル

ファイル番号	05			06_2	08	13	19	26
評価機関等	US EPA (AEGL)			ATSDR	テキサス州	EU ECHA (DNEL)	アルバータ州	NIOSH
評価年	2014			1990	2013	—	2004	2016
キー研究	Jakubowski ら(1987) Sakurai ら(1978)	Saillenfait ら(1993)	Dudley ら(1942) Appel ら(1981)	Jakubowski ら(1987)	Jakubowski ら(1987)	Jakubowski ら(1987)	—	Appel ら(1981)
動物種	ヒト (ボランティア)	ラット	ラット	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	ヒト (ボランティア)	—	ラット
曝露状況	8 時間	妊娠 6~20 日 (6 時間/日)	30~8 時間	8 時間	8 時間	8 時間	—	10~180 分
エンドポイント	影響なし (4.6 ppm) 軽度眼刺激 (約 5 ppm)	胎仔への影響なし	死亡	影響なし	影響なし	影響なし	—	死亡
N(L)OAEL	NOAEL 4.6 ppm	NOAEL 12 ppm	BMCL ₀₅ 1,784 ppm (30 分曝露)	NOAEL 4.6 ppm	NOAEL 5 ppm (分析値の平均値)	NOAEL 4.6 ppm	—	BMCL ₀₅ 1,784 ppm (30 分曝露)
連続曝露補正	—	—	—	×8/24	—	NOAEL 4.6 ppm	—	—
dosimetry 補正	—	—	—	—	—	—	—	—
POD	4.6 ppm	312 ppm	1,784 ppm	1.5 ppm (4.6×8/24 = 1.5)	5 ppm	4.6 ppm	—	1,784 ppm
不確実係数	3 (UF _H 3)	36 (UF _A 6, UF _H 6)	36 (UF _A 6, UF _H 6)	10 (UF _H 10)	10 (UF _H 10)	10 (UF _H 10)	—	30 (UF _A ×UF _H ×UF _L)
リスク評価値	1.5 ppm (4.6/3 = 1.533)	8.6 ppm (10 分値) (312/36 = 8.67)	50 ppm (30 分値) (1,784/36 = 49.6)	0.1 ppm	0.5 ppm (1,100 µg/m ³)	0.46 ppm (1 mg/m ³)	43 µg/m ³ (0.9 ppb)	60 ppm (1,784/30 = 59.47)
備考	AEGL-1 として設定。 10 分値、30 分値として設定。 1、4、8 時間値は設定せず。 エンドポイントが眼刺激であり、曝露時間によって変化する反応閾値は期待できないことから、10 分値と 30 分値を同じにした。	AEGL-2 として設定。 C ^{1.1} ×t=k の式から 6 時間曝露時は (12) ^{1.1} ×360 min = k k= 5,538 ppm-min 10 分曝露時の値は C ^{1.1} ×10 min = 5,538 ppm-min から C = 312 ppm となる。 同様にして算出すると 30 分値 : 3.2 ppm 1 時間値 : 1.7 ppm 4 時間値 : 0.48 ppm 8 時間値 : 0.26 ppm	AEGL-3 として設定。 30 分、1、8 時間値は各 BMCL ₀₅ から算出。 10 分、4 時間の値は 30 分、8 時間の BMCL ₀₅ と C ^{1.1} ×t=k の式から算出。 10 分値 : 130 ppm 1 時間値 : 28 ppm 4 時間値 : 9.7 ppm 8 時間値 : 5.2 ppm	1990 年の評価書で設定されていた急性のリスク評価値。 更新された 2023 年の評価書 (Draft) では最も低い LOAEL の知見が得られなかったため、急性のリスク評価値は設定できなとされていた。	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。 0.5×0.3=0.15 ppm (330 µg/m ³)		設定時はテキサス州のリスク評価値を採用。(テキサス州はその後値を更新している。)	Immediately dangerous to life or health (IDLH) の値として設定。 30 分間の曝露時間に基づいており、労働現場での呼吸保護具を選択する際の重要な判断材料になっている。

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_T: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

Jakubowski M, Linhart I, Pielas G, Kopecký J. (1987): 2-Cyanoethylmercapturic acid (CEMA) in the urine as a possible indicator of exposure to acrylonitrile. Br J Ind Med. 44(12): 834-840.
 Sakurai H, Onodera M, Utsunomiya T, Minakuchi H, Iwai H, Matsumura H. (1978): Health effects of acrylonitrile in acrylic fibre factories. Br J Ind Med. 35(3): 219-225.
 Saillenfait AM, Bonnet P, Guenier JP, de Ceaurriz J. (1993): Relative developmental toxicities of inhaled aliphatic mononitriles in rats. Fundam Appl Toxicol. 20(3): 365-375.
 Appel KE, Peter H, Bolt HM. (1981): Effect of potential antidotes on the acute toxicity of acrylonitrile. Int Arch Occup Environ Health. 49(2): 157-163.

表 2 4 アクリロニトリルの許容濃度

Acrylonitrile (CAS-No.: 107-13-1)

Country	Limit value - TWA			Limit value - STEL		
	ppm	mg/m ³	F/cm ³	ppm	mg/m ³	F/cm ³
Australia	2	4,3				
Austria	2	4,5		8	18	
Belgium	2	4,4				
Canada - Ontario	2			10		
Canada - Québec	2	4,3				
Denmark	2	4		4	8	
European Union	0,45	1		1,8	4	
Finland	2	4,4		4	8,8	
France	2	4,5		15	32,5	
Germany (AGS)	TC:	1,2	2,6	9,6	20,8	
	AC:	0,12	0,26			
(TC: tolerable concentration, Risk 4×10^{-3} ; AC: acceptable concentration, Risk 4×10^{-4})						
Hungary		4,3				
Ireland	4	4,5				
Israel	2	4,3				
Japan (JSOH)	2	4,3				
Japan (MHLW)	2					
Latvia		0,5				
New Zealand	0,05	0,1				
Norway	2	4				
People's Republic of China		1			2	
Poland		2			10	
Romania	2,3	5		4,6	10	
Singapore	2	4,3				
South Africa	4					
South Africa Mining	2	4				
South Korea	2	4,5				
Spain	2	4,4				
Sweden	2	4,5		6	13	
Switzerland	2	4,5		2	4,5	
USA - NIOSH	1			10		
USA - OSHA	2			10		
United Kingdom	2	4,4				

1-9 (9) メントール (CAS 2216-51-5)

1) 評価されている主な毒性とその概要

CAS 番号 2216-51-5 の L-メントールに関しては、急性毒性、反復曝露の一般毒性、発生毒性、遺伝子傷害性に関する知見が得られているが、知見の数は少なく、ほとんどが経口曝露の知見であった。CAS 番号 89-78-1 の合成メントールである DL-メントールには L-メントールと D-メントールが 1:1 で含まれており、DL-メントールの中長期経口投与試験では雌雄の生殖器への影響や発がん性がなかったことから、L-メントールには生殖器に対する毒性も発がん性もないと考えられている。また、異性体の毒性に大きな差はないとも考えられている。

吸入曝露の動物実験結果では、ラットに 71~79 日間吸入曝露させた Rakieten ら(1954) が唯一の知見であった。Rakieten ら(1954) は詳細な検討を実施していたが、適切な気中濃度の分析方法がなかったとして、気化させた L-メントールの重量を循環させた空気の体積で除した値を曝露濃度としていた。このため、SIDS (2003) は曝露濃度が信頼できないことを理由に NOAEL の導出には使用できないとしていたが、RIFM EXPET panel の Belsito ら(2008) は気管支炎や肺うっ血をエンドポイントにとって NOAEL を 1.0 mg/m^3 と評価していた。

ヒトの知見では、最大 39.4 mg/m^3 のメントールに曝露されたメントール配合薬用のど飴製造所の労働者で眼や鼻、喉などの刺激症状の訴えがあり、作業前後の検査で肺機能低下が疑われたとした NIOSH (1979) の調査結果、メントール配合による健康リスクの増加はなかったとした Heck (2010) のメントールタバコ疫学調査のレビュー評価があった。

メントールは毒性が低く安全と考えられており、医薬品や食品に広く使用されているが、貯蔵タンク内で高濃度曝露して死に至った男性に関する Kumar ら(2016) の症例報告、口臭対策として慢性的に大量摂取して皮膚、胃腸、神経系の症状を発症し、昏睡状態となった男性に関する Baibars ら(2012) の症例報告などもあった。

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 L-メントールの慢性曝露に対するリスク評価値の概要を表 25 に、急性曝露に対するリスク評価値の概要を表 26 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、キー研究が明示されていたのは EU ECHA (DNEL) のみで、NCI (1979) が実施したラットに DL-メントールを 2 年間混餌投与した試験であったが、経口 NOAEL から吸入 POD ($375 \text{ mg/kg/day} \rightarrow 326 \text{ mg/m}^3$) への換算方法について記載がなく、換算前後の数値が同程度であったことから、類推も出来なかった。テキサス州とオンタリオ州もリスク評価値を設定していたが、キー研究や算出過程等の情報は得られなかった。

急性のリスク評価値については、テキサス州が慢性のリスク評価値の 10 倍の値を設定していた。

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 2 5 有害性評価結果（慢性曝露） メントール

ファイル番号	01	02	03
評価機関等	テキサス州	EU ECHA (DNEL)	オンタリオ州
評価年	2004	—	2018
キー研究	—	NCI (1979)	—
動物種	—	ラット	—
曝露状況	—	DL-メントールの 2年間混餌投与	—
エンドポイント	—	影響なし	—
N(L)OAEL	—	NOAEL 375 mg/kg/day	—
連続曝露補正	—	—	—
dosimetry 補正	—	—	—
POD	—	326 mg/m ³	—
不確実係数	—	10 (UF _A 1, UF _H 10)	—
リスク評価値	100 µg/m ³	33 mg/m ³	120 µg/m ³
備考	<p>暫定のスクリーニング値として設定。</p> <p>粒子状については、粒子状物質として国家環境大気質基準に適合すること。</p>	<p>経口 NOAEL から吸入 POD への換算方法に関する説明は記載されていなかった。</p> <p>ラットよりも高用量を投与したマウスやハムスターの試験でも影響はなかったことから、UF_A は 1 とされた。</p>	<p>スクリーニング値として設定。</p>

UF_A: 種差、UF_H: 個体差、UF_S: 慢性曝露補正、UF_L: LOAEL→NOAEL、UF_{DB}: データベース不足、UF_{SE}: 影響の重症度、UF_C: 子供などの高感受性集団、UF_t: 腫瘍発生（発がん性）、UF_{RR}: 経路間外挿の補正

NCI (National Cancer Institute) (1979): Bioassay of D/L-menthol for possible carcinogenicity. Technical Report Series No. 98

表 2 6 有害性評価結果（急性曝露）（急性曝露） メントール

ファイル番号	01		
評価機関等	テキサス州		
評価年	2004		
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	1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
備考	<p>暫定のスクリーニング値として設定。</p> <p>粒子状については、粒子状物質として国家環境大気質基準に適合すること。</p>		

1-10 (10) ユニットリスクの設定状況

調査対象物質の中でユニットリスクが設定されていたのはアクリロニトリルだけであった。ユニットリスクの算出に用いた知見の動物種とユニットリスクの値、 10^{-5} の発がんリスクレベルの濃度を表27に、その概要を表28に示す。

調査した範囲内では12機関でユニットリスクが設定されており、このうち1つ(独・AGS (TRGS))は労働者に特化したものであったが、ヒトの知見(O'bergら, 1980, 1987)を基にした機関が6機関、ラットの知見(Quastら, 1980)を基にした機関が6機関と半々であった。

10^{-5} の発がんリスクレベルの濃度では、労働者を対象としたものを除くと、CalEPAの $0.034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が最も小さく、 $0.034 \sim 0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲内にあり、26倍の差があった。しかし、CalEPAのユニットリスクはUS EPA (IRIS)が算出したユニットリスクを大きくする方向(95%信頼区間上限値の採用、10年長い寿命)で調整されたものであることから、CalEPAを除くと $0.1 \sim 0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の比較的狭い範囲内にあり、ヒトの知見を用いても、ラットの知見を用いても、大差ないユニットリスクが算出されていた。

表27 ユニットリスクの値と 10^{-5} リスクレベルの濃度

評価機関 (評価年)	動物種	ユニットリスク	10^{-5} リスクレベル
WHO Air (Europe) (1987)	ヒト	$2 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
WHO Air (Global) (2000)	ヒト	$2 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
IPCS CICAD (2002)	ラット	$1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{*1}$	$0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
US EPA (IRIS) (1991)	ヒト	$6.8 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
CalEPA (1988)	ヒト	$2.9 \times 10^{-4}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.034 \mu\text{g}/\text{m}^3$
ミシガン州 (1987)	ヒト	$6.8 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
ミネソタ州 (2002)	ヒト	$6.8 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
独・AGS (TRGS) (2010)	ラット	$1.4 \times 10^{-6}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{*2}$	$7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
オランダ (2009)	ラット	$1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
カナダ (2000)	ラット	$1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{*1}$	$0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
化審法・リスク評価 (2016)	ラット	$1.69 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$
産総研・詳細リスク (2005)	ラット	$1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

*1 : 発がんリスクで示されていた値をユニットリスクに変換

*2 : 労働者の曝露(40年間の労働時)を想定したユニットリスク

表 2 8 アクリロニトリルのユニットリスクの概要

File No	評価機関とユニットリスクの概要
01	<p><u>WHO Air (Europe) (1987)</u> O'berg ら(1985)の労働者コホート調査で得られた肺がんの発生状況(症例 10 人、期待値 7.2 人) から相対リスクを $1.4 (= 10/7.2)$ とし、US EPA による曝露評価(平均曝露濃度 33 mg/m^3 (15 ppm)、平均曝露期間 9 年間) から寿命を 70 年として平均生涯曝露濃度を $930 \text{ }\mu\text{g/m}^3 (= 33 \times 8/24 \times 240/365 \times 9/70)$ と算出し、呼吸器がんによる生涯死亡率を 0.04 とし平均相対リスクモデルに適用し、ユニットリスクを $2 \times 10^{-5}/(\mu\text{g/m}^3)$ と算出している。10^{-5} のリスクレベルの濃度は $0.5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ となる。 ユニットリスク = $0.04 (1.4-1)/930 = 1.7 \times 10^{-5} \approx 2 \times 10^{-5}$</p>
02	<p><u>WHO Air (Global) (2000)</u> WHO Air (Europe) (1987) のユニットリスク $2 \times 10^{-5}/(\mu\text{g/m}^3)$ を採用している。</p>
03	<p><u>IPCS CICAD (2002)</u> Quast ら(1980)の 2 年間の吸入曝露発がん性試験で雌ラットに発生した脳または脊髄の腫瘍の発生状況を基にマルチステージモデルを使用して 5%の過剰発生率となる濃度(TC₀₅)を 6 mg/m^3、その 95%信頼限界下限値(95%LCL)の濃度を 4.5 mg/m^3 と算出し、それらから求めた MOE を過剰発生率区分 ($>10^5$、$10^7 \sim 10^5$) で評価している。ユニットリスクで示すと $8.3 \times 10^{-6}/(\mu\text{g/m}^3)$ になるとされていたが、これは TC₀₅ から算出した値であり、一般的な 95%信頼限界下限値から算出すると $1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g/m}^3)$ となり、10^{-5} のリスクレベルの濃度は $0.9 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ となる。 ユニットリスク = $0.05/(4.5 \text{ mg/m}^3) = 0.011/(\text{mg/m}^3) = 1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g/m}^3)$</p>
04	<p><u>US EPA (IRIS) (1991)</u> O'berg (1980)の労働者コホート調査で得られた呼吸器がんの発生状況(症例 5 人、期待値 1.6 人) から相対リスクを $3.1 (= 5/1.6)$ とし、平均の曝露濃度を 15 ppm、曝露期間を 9 年間、寿命を 60 年として平均生涯曝露濃度を $500 \text{ ppb} (= 15 \times 8/24 \times 240/365 \times 9/60 = 0.493 \text{ ppm})$ と算出し、呼吸器がんによる生涯死亡率を 0.036 とし平均相対リスクモデルに適用し、ユニットリスクを $6.8 \times 10^{-5}/(\mu\text{g/m}^3)$ と算出している。10^{-5} のリスクレベルの濃度を $0.1 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ としている。 ユニットリスク = $0.036 (3.1-1)/500 = 0.036 \times 2.1/500 = 1.5 \times 10^{-4}/\text{ppb}$ $1 \text{ }\mu\text{g/m}^3 = 0.45 \text{ ppb} (20^\circ\text{C})$ とすると、$1 \text{ ppb} = 1/0.45 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ からユニットリスクは $1.5 \times 10^{-4}/(1/0.45 \text{ }\mu\text{g/m}^3) = 1.5 \times 10^{-4} \times 0.45/(\mu\text{g/m}^3) = 0.675 \times 10^{-4}/(\mu\text{g/m}^3) = 6.8 \times 10^{-5}/(\mu\text{g/m}^3)$</p>
07_2	<p><u>CalEPA (1988)</u> US EPA (IRIS)が算出したユニットリスクの 95%信頼区間上限値を $1.8 \times 10^{-4}/(\mu\text{g/m}^3)$ と算出し、寿命を 60 年から 70 年に変更して $(70/60)^3$ で補正し、ユニットリスクを $2.9 \times 10^{-4}/(\mu\text{g/m}^3)$ と算出している。10^{-5} のリスクレベルの濃度は $0.034 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ となる。 ユニットリスク = $1.84 \times 10^{-4} \times (70/60)^3 = 2.9 \times 10^{-4}/(\mu\text{g/m}^3)$</p>
09_1	<p><u>ミシガン州 (1987)</u> US EPA (IRIS) (1991) のユニットリスク $6.8 \times 10^{-5}/(\mu\text{g/m}^3)$ を採用している。</p>
10_1	<p><u>ミネソタ州 (2002)</u> US EPA (IRIS) (1991) のユニットリスク $6.8 \times 10^{-5}/(\mu\text{g/m}^3)$ を採用している。</p>
15	<p><u>独・AGS (TRGS) (2010)</u></p>

	<p>Felter ら(1997)が Quast ら(1980)の発がん性試験で雌ラットに発生した星状細胞腫（良性・悪性）の発生状況に多項式モデルを適用して求めた 10%過剰発生率 ED₁₀ から直線外挿して算出したユニットリスク $8.2 \times 10^{-6}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$を採用し、生涯の日数 (75 年×7 日/週×52 週/年=27,300 日) と労働時の日数 (40 年×5 日/週×48 週/年= 9,600 日) の比で 2.8 倍、1 日の呼吸量(生涯 20 m³/日、労働時間 10m³/日) の比で 2 倍の計 5.6 倍を生涯から労働時間への換算係数とし、ユニットリスク $8.2 \times 10^{-6}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ を 5.6 で除した $1.4 \times 10^{-6}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ を労働者のユニットリスクとして設定した。これを基に 4×10^{-3} レベルを耐用濃度 1.2 ppm (2.6 mg/m³)、4×10^{-4} レベルを許容濃度 0.12 ppm (0.26 mg/m³) とし、耐用濃度は閾値ありで算出した場合の値と同程度となるとしていた。10⁻⁵ のリスクレベルの濃度は 7.1 μg/m³となる。</p>
16_1	<p><u>オランダ (2009)</u> Quast ら(1980)の 2 年間の吸入曝露発がん性試験で雌ラットに発生した神経系腫瘍の発生状況から 5%過剰発生率の信頼限界下限値 LCL-TD₀₅ を 4.5 mg/m³と算出し、ここから直線外挿して 10⁻⁶のリスクレベルの濃度を 0.09 μg/m³としている。これをユニットリスクにすると $1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$となり、10⁻⁵のリスクレベルの濃度は 0.9 μg/m³となる。 ユニットリスク = $0.05/(4.5 \text{ mg}/\text{m}^3) = 0.011/(\text{mg}/\text{m}^3) = 1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$</p>
17	<p><u>カナダ (2000)</u> Quast ら(1980)の 2 年間の吸入曝露発がん性試験で雌ラットに発生した中枢神経系腫瘍の発生状況を基にマルチステージモデルを使用して 5%の過剰発生率となる濃度(TC₀₅)を 6 mg/m³、その 95%信頼限界下限値 (95%LCL) の濃度を 4.5 mg/m³と算出し、それらから求めた MOE と Exposure Potency Index を用いてリスク評価している。ユニットリスクで示すと $1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$となり、10⁻⁵のリスクレベルの濃度は 0.9 μg/m³となる。</p>
24	<p><u>化審法・リスク評価 (2016)</u> Quast ら(1980)の 2 年間の吸入曝露発がん性試験で雌ラットに発生した脳及び脊髄の腫瘍の発生状況を基にベンチマークドーズ法を使用して BMCL₁₀を 17.8 mg/m³と算出し、これを連続曝露に補正して 3.18 mg/m³とし、ラットの呼吸量を 0.26 m³/日、体重を 0.35 kg、吸収率を 1.0 として経口換算して 2.36 mg/kg/day とした。この値を、ヒトの呼吸量を 20 m³/日、体重を 50 kg、吸収率を 1.0 として吸入換算して 5.90 mg/m³とし、これを POD としてユニットリスクを $1.69 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$、10⁻⁵のリスクレベルの濃度を 0.59 μg/m³と算出した。</p>
25	<p><u>産総研・詳細リスク (2005)</u> IPCS CICAD (2002) 及びカナダ (2000) のユニットリスク $1.1 \times 10^{-5}/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ が妥当であるとしている。</p>

O'Berg MT, Chen JL, Burke CA, Walrath J, Pell S. (1985): Epidemiologic study of workers exposed to acrylonitrile: an update. J Occup Med.27(11): 835-840.

O'Berg MT. (1980): Epidemiologic study of workers exposed to acrylonitrile. J Occup Med. 22(4): 245-252.

Felter SP, Dollarhide JS. (1997): Acrylonitrile: a reevaluation of the database to support an inhalation cancer risk assessment. Regul Toxicol Pharmacol. 26(3): 281-287.

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) ジプロピレングリコールモノメチルエーテル

急性影響ではいくつかの評価機関でリスク評価値が設定されているが、ドイツ DFG では慢性曝露のリスク評価値の 1 倍を超えてはならないとして 15 分平均値が設定され、ドイツ TRGS では、DFG の値を採用していた。アメリカ ACGIH では慢性曝露のリスク評価値の 1.5 倍を急性曝露のリスク評価値としており、テキサス州では暫定のスクリーニング値として設定されているため詳細不明であった。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、Landry ら (1984) がキー研究であった。この研究では、ラット及びウサギの 13 週間吸入曝露実験 (6 時間/日、5 日/週) の結果から、曝露に関連した影響はみられなかったことから、1,212 mg/m³ (200 ppm) 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。

2) ジプロピレングリコール

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。ドイツ DFG では慢性曝露のリスク評価値の 2 倍を超えてはならないとして 15 分平均値が設定され、毒性学的知見に基づくものではなかった。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、NTP (2004) がキー研究であった。この研究では、ラットの 2 年間飲水投与実験の結果から、肝臓における限局性炎症をエンドポイントとして、115 mg/kg/day 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。

3) D-リモネン

急性影響では、Falk-Filipsson ら (1993) によるヒトボランティアによる 2 時間軽運動時の吸入曝露実験において、ヒトにおける肺活量の軽度の低下から 450 mg/m³ 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、複数の評価機関で NTP (1990) によるマウスの経口曝露実験の知見が使用されていた。この研究では、雄マウスの 2 年間強制経口投与実験 (5 日/週) の結果から、多核肝細胞及び肝細胞肥大をエンドポイントとして、250 mg/kg/day 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。なお、Kirkpatrick (2013) によるラットの 2 週間吸入曝露実験で軽微な呼吸器組織への影響が報告されているが (54.3 mg/m³ の NOAEL)、試験期間が 2 週間と短いこと及び Petry ら (2014) では NOAEL が 543 mg/m³ と報告されており、原著が入手できないことから正確な NOAEL を確認できないことから参考データとした。

4) α-ピネン

急性影響では、Falk ら (1990) のヒトでの知見をキー研究とした。この知見では、ヒトボランティアに対して 2 時間吸入曝露した実験において、眼や鼻や喉の刺激影響が観察されたことから、450 mg/m³ を NOAEL としている。本報告ではこの値を NOAEL として AcRfC の導出に採用した。

慢性影響では、NTP (2006) のマウスの知見をキー研究とした。この知見では、マウスに 14 週

間吸入曝露（6時間/日、5日/週）した実験の結果から、膀胱の移行上皮過形成をエンドポイントとして 280 mg/m³（50 ppm）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。なお、Johard ら(1993)のヒトボランティアによる吸入曝露実験（2週間の間に4回曝露で合計12時間）では、呼吸器の炎症反応（BALF 中細胞数の増加）をエンドポイントとして 450 mg/m³ の LOAEL 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マウスの NOAEL とヒトの LOAEL から ChRfC を導出した。

5) n-ヘキサン

急性影響では、Glowa (1991)のマウスでの知見をキー研究とした。この知見では、マウスに対して30分間吸入曝露（100～10,000 ppm へ段階的に増加）した実験において、神経内分泌への影響が観察されたことから、1000 ppm（3520 mg/m³）を NOAEL としている。本報告ではこの値を NOAEL として AcRfC の導出に採用した。

慢性影響では、Sanagi ら(1980)のヒトの知見をキー研究とした。この知見では、ヒトの職業性の吸入曝露（平均従事年数6.2年、8時間/日、5日/週）の結果から、頭痛、四肢知覚異常、筋力低下等をエンドポイントとして 204 mg/m³（58 ppm）の LOAEL が得られている。そこでこの NOAEL を ChRfC の導出に採用した。なお、Huang ら(1989)のラットの吸入曝露実験（16週間、12時間/日、7日/週）では、末梢神経障害をエンドポイントとして 1762 mg/m³ の NOAEL が得られている。さらに NTP (1991)のマウスの吸入曝露実験（13週間、22時間/日、5日/週）では、嗅上皮の多巢性の再生と化生をエンドポイントとして 3868 mg/m³（1099 ppm）の LOAEL が得られている。本報告ではこれら3つの実験から得られたラットの NOAEL とマウスとヒトの LOAEL から ChRfC を導出した。

6) n-ヘプタン

急性影響では、Glowa (1991)のマウスでの知見をキー研究とした。この知見では、マウスに対して30分間吸入曝露を行った実験において、一過性の行動障害が観察されたことから、2945 ppm（12280 mg/m³）を LOAEL としている。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、Simonsen ら(1995)の知見をキー研究とした。この研究では、ラットの28日間吸入曝露実験（6時間/日、7日/週）において、聴覚感度の低下をエンドポイントとして、801 ppm（3283 mg/m³）の NOAEL が得られている。本報告では、この NOAEL を ChRfC の導出に採用した。

7) 3-エチルトルエン

急性影響では評価可能な知見が得られなかった。慢性影響においても評価可能な知見が得られなかった。エチルトルエンでは、2-エチルトルエンについては Roberts ら(2017) や Huang ら(2021)の報告がある。また、4-エチルトルエンについては US EPA (OPPT) による有害性評価文書が作成されており、急性毒性、反復曝露の一般毒性、発生毒性、in vitro / in vivo の遺伝子傷害性の知見が収録されていた。2021年度の厚生労働科学研究補助金分担研究報告書において、エチルトルエンの有害性評価を行っており、Huang ら(2021)のラットとマウスの実験結果から ChRfC を導出している。本報告では、参考値として、その結果を記載した。

8) アクリルニトリル

急性影響では、Jakubowski ら(1987)のヒトボランティア実験での知見をキー研究とした。この知見では、ヒトボランティアに対して8時間吸入曝露を行った実験において、何ら影響が観察

されなかった濃度として、4.6 ppm (10.1 mg/m³) を NOAEL としている。本報告ではこの値を NOAEL として AcRfC の導出に採用した。

慢性影響では、Muto ら(1992) の知見をキー研究とした。この研究では、アクリルニトリルに曝露したヒトの労働者の疫学研究において何ら影響が観察されなかった濃度として、0.53 ppm (1.2 mg/m³) を NOAEL としている。なお、Quast ら(1980)のラットの2年間吸入曝露実験(6時間/日、5日/週)では、鼻甲介上皮の変性などをエンドポイントとして43 mg/m³の LOAEL が得られている。さらにその後の新しい知見として、Nemec ら (2008)のラットの18週間吸入曝露実験(6時間/日、5日/週)では、呼吸上皮/移行上皮の過形成と扁平上皮化生をエンドポイントとして5 ppm (11 mg/m³) の NOAEL が得られている。本報告ではこれら3つの実験から得られたラットの LOAEL とラットとヒトの NOAEL から ChRfC を導出した。

なお、アクリル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る。また、国際がん研究機関 (IARC) は2024年にアクリル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(表27)。

9) メントール

急性影響では評価可能な知見が得られなかった。慢性影響では、NCI (1979)の知見をキー研究とした。この研究では、ラットの2年間混餌投与実験において何ら影響が観察されなかった濃度として、375 mg/kg/day を NOAEL としている。本報告では、この NOAEL を ChRfC の導出に採用した。

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 30) (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 28 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 ³)	キー研究
						1	2	3	4		
ジプロピレングリコールモノメチルエーテル	評価可能な知見が得られなかった										
ジプロピレングリコール	同上										
D-リモネン	LOAEL	吸入	450	ヒト	肺活量の軽度の低下	10	1	1	10	4.5	Falk-Filipsson ら(1993)
α-ピネン	LOAEL	吸入	455	ヒト	眼、鼻、喉の刺激	10	1	1	10	4.5	Falk ら (1990)
n-ヘキササン	NOAEL	吸入	3520	マウス	神経内分泌への影響	1	1	10	10	35.2	Glowa (1991)
n-ヘプタン	LOAEL	吸入	12280	マウス	一過性の行動障害	10	1	10	10	12.3	Glowa (1991)
3-エチルトルエン	評価可能な知見が得られなかった										
アクリロニトリル	NOAEL	吸入	10.1	ヒト	影響なし	1	1	1	10	1.0	Jakubowski ら (1987)
メントール	評価可能な知見が得られなかった										

* 吸入 (mg/m³). 経口 (mg/kg/day). 経口換算では体重 50kg 及び呼吸量 15 m³/day を用いた

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

表 2 9 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	キー研究
						1	2	3	4		
ジプロピレングリコールモノメチルエーテル	NOAEL	吸入	1212	ラット	影響なし	1	2	10	10	1082	Landry (1984)
ジプロピレングリコール	NOAEL	経口	115	ラット	肝臓における限局性炎症	1	1	10	10	3833	NTP (2004)
D-リモネン	NOAEL	吸入	54.3	ラット	軽微な呼吸器組織への影響	1	6	2.5	10	90.5	Kirkpatrick ら (2013)、参考データ
	NOAEL	経口	250	マウス	多核肝細胞及び肝細胞肥大	1	1	10	10	5952	NTP (1990)
α -ピネン	NOAEL	吸入	280	マウス	膀胱の移行上皮過形成	10	2	10	10	250	NTP (2006)
	LOAEL	吸入	450	ヒト	呼吸器の炎症反応	10	6	1	10	750	Johard (1993)
n-ヘキササン	NOAEL	吸入	1762	ラット	末梢神経障害	1	2	10	10	4405	Huang ら (1989)
	LOAEL	吸入	3868	マウス	嗅上皮の多巢性の再生と化生	10	2	2.5	10	5065	NTP (1991)
	LOAEL	吸入	204	ヒト	頭痛、四肢知覚異常、筋力低下等	10	1	1	10	486	Sanagi ら (1980)
n-ヘプタン	NOAEL	吸入	3283	ラット	聴覚感度の低下	1	6	10	10	1368	Simonsen ら (1995)
エチルトルエン (3-エチルトルエンでは設定できず)	LOAEL	吸入	750	ラット、マウス	嗅上皮と嗅神経の萎縮	1	6	2.5	10	1250	Huang ら (2021)
アクリロニトリル	LOAEL	吸入	43	ラット	鼻甲介上皮の変性	10	1	2.5	10	30.7	Quast et al (1980)
	NOAEL	吸入	11	ラット	呼吸上皮/移行上皮の過形成、扁平上皮化生	1	2	2.5	10	39.3	Nemec et al (2008)

	NOAEL	吸入	1.2	ヒト	影響なし	1	1	1	10	29	Mutoら (1992)
メントール (DL-メントール)	NOAEL	経口	375	ラット	影響なし	1	1	10	10	12500	NCI (1979)

* 吸入 (mg/m³). 経口 (mg/kg/day). 経口換算では体重 50kg 及び呼吸量 15 m³/day を用いた

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

表 3 0 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 ^{a, b} 2.5	1 ^f 2.5 ^g
種内差	労働者	5	5
	一般人	10 ^c	10 ^c
曝露期間の差	亜急性から亜慢性への外挿	3	3 ^h
	亜慢性から慢性への外挿	2	2 ^h
	亜急性から慢性への外挿	6	6 ^h
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 ^d	1 ^d
データベースの質	不完全なデータ	1 ^d	1 ^d
	選ぶべきデータの信頼性	1 ^e	1 ^e

a: ラットでは 4 (表 2-25 参照)。 f, g: 局所影響 (local effect) では AS 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 3 1 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.

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

分担課題名

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測定マニュアル（統合版）」は、化学物質濃度を室内空気濃度指針値と比較して評価するための標準的な測定手法を定めたものである。測定マニュアルに規定される室内空気の試料採取方法の一つである「平常実態把握法」は、実際の生活環境における化学物質の存在量把握を目的に策定され、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。本研究は、「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ため、24時間捕集する「標準試験法（＝平常実態把握法）」と連続サンプラーを用いて4時間捕集を6回繰り返す「分割捕集法」を3軒の一般居住住宅において比較した。その結果、TVOCの測定では、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、標準試験法として規定される24時間採取が妥当であることが示された。個別VOCの測定では、化学物質の放散特性として定常型、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、標準試験法による評価が必須であると考えられた。

A. 研究目的

厚生労働省は、室内空気汚染による健康被害を防止するため、ホルムアルデヒドを含む13物質の室内空気濃度指針値（以下、指針値）と総揮発性有機化合物（Total Volatile Organic Compounds; TVOC）の暫定目標値を定めている^{1,2)}。指針値は、現時点における最新の科学的知見に基づくものであり、その後集積される新たな知見や、それらに基づく国際的な評価作業の進捗に伴い、必要があれば追加変更され得るものである。

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は、室内濃度指針値が定められた化学物質及び総揮発性有機化合物（TVOC）の標準的測定方法を示してきたが、厚生労働科学研究の成果および検討会での議論を踏まえて標準的測定方法の改訂を行い「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」として新たに提示した³⁾。指針値との比較に用いる室内濃度の実測値は、同マニュアルに基づいた標準試験法により測定される必要がある。室内空気の試料採取方法については、従前の測定マニュアルに規定された「新築住宅」、「居住住宅」の区分をそれぞれ「最大濃度推定法」、「平常実態把握法」として再定義している。このうち「平常実態把握法」は、実際の生活環境における化学物質の存在量把握を目的としており、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。

室内空气中化学物質の放散特性は、物質が放散源から空气中へ移行する際の挙動を時間的側面から捉えたものであり、室内空气中の化学物質を正確に測定するには、これらの放散特性を考慮した上で適切な採取時間を設定する必要がある。本稿では、建材や家具などから化学物質が比較的一定の速度で長期間にわたり放散される製品を定常型放散源、清掃時の溶剤使用やスプレー製品の噴射などにより、短時間に大量の化学物質が放散される製品を瞬時型放散源として分類し、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。

B. 研究方法

サンプリング方法

捕集剤には、Tenax TA単層充填捕集管（Markes International社製SafeLok™仕様ステンレス製）を使用した。標準試験法は、シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会が示す「室内空气中化学物質の測定マニュアル（統合版）」に準じて、サンプリン

ゲポンプSP208-20 Dual II (ジーエルサイエンス社製)を用いて、日常生活を営みながら室内(居間)の空気を流速2 mL/minで24時間(2.88 L)捕集した。分割捕集法は、同ポンプをSTS-25型自動連続サンプラー(Perkin Elmer社製)に連結し、標準試験法と同時に流速2 mL/minで4時間ずつ計6回(2.88 L)、同量の体積を捕集した。(Fig 1) 空気採取時期は2024年夏季(7~9月)とし、その開始時間帯は規定しなかった。

分析方法

加熱脱離(TD: Thermal Desorption)-ガスクロマトグラフィー/質量分析計(GC-MS)による揮発性有機化合物(VOC)の測定にはTD-30R及びGCMS-QP2020 NX(島津製作所社製)を使用した。測定対象化合物はScanおよびSIMモードを高速にスイッチするFASST(Fast Automated Scan/SIM Type)で測定し、Toluene-*d*₈を用いた内部標準法によって定量した。検量線の濃度範囲は0.5~100 ngであり、検量線の下限は0.17 µg/m³とした。指針値設定物質7種を含む50種のVOCを測定対象とした(Table 1)。TVOCに関してはScanモードで測定し、HexaneからHexadecaneまでの範囲で検出されたピーク面積の総和をToluene換算値として求めた。2法の測定値の一致率(%)は、標準試験法の測定値に対する分割捕集法の合算値の百分率として示した。変動係数(Coefficient of Variation: CV, %)は測定値の標準偏差を平均値で除して百分率として表した。

TD-GC/MSの分析条件は下記の通りである。

TD

空気試料の加熱脱離は、280°Cで8分間、50 mL/minの流速で行った。冷却トラップは-20°Cに設定し、トラップからの脱着は280°Cで5分間実施した。ラインおよびバルブの温度は250°Cとした。

GC

Rtx®-1カラム(60 m × 0.32 mm, 1 µm; Restek社製)を使用し、キャリアガスにはヘリウムを用い、流速は40 cm/sec(線速度モード)に設定した。スプリット比は20:1とし、オープン温度は40°Cから開始し、5°C/分の昇温速度で250°Cまで上昇させた後、3分間保持した。

MS

インターフェース温度は250°C、イオン源温度は200°Cに設定した。スキャン範囲は*m/z* 35-450とした。定量イオン及び確認イオンはTable 1の通りである。

C. 研究結果および考察

調査対象とした一般居住住宅のうち、住宅Aは集合住宅・建築基準法改正以前(2003年6月以前)、住宅B・Cは戸建住宅・建築基準法改正後(2003年

7月以後)であった。(Table 2)

総揮発性有機化合物(TVOC)

一般居住住宅3軒の居間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。標準試験法を用いた3軒(A-C)のTVOC濃度はそれぞれ231 µg/m³, 518 µg/m³, および982 µg/m³であった。分割捕集法で4時間ごとに6回採取・測定した濃度の合算値は、それぞれ195 µg/m³, 414 µg/m³, および836 µg/m³であった。2法におけるTVOC濃度の一致率(CM/OM)はそれぞれ84%, 80%および85%であり、標準試験法の測定値と分割捕集法の合算値が3軒とも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(Table 3)。

分割捕集法における各時間帯の変動係数(CV)は住宅Aで50%であり、特に午前の子グメント(Seg. 4)で高い値を示し、瞬時型放散源の使用による影響が考えられた(Fig 2)。他方、住宅Bや住宅CのCVはそれぞれ26%, 22%であり、顕著に変動の大きいセグメントは認められず、定常的に高い濃度を示したことから、定常型放散源の寄与が大きいものと考えられた(Table 3)。

個別VOC

測定対象とした50種のVOCのうち、比較的高濃度に検出されたVOCは、Nonanal, Decanal, Tetradecane, Decamethylcyclotrisiloxane(D5), Limonene, 及びα-Pineneの6物質であった(Table 3)。また、標準試験法の測定値と分割捕集法の合算値を比較した結果、2法の測定値は概ね同等であった(Fig 3及びTable 3)。

これら6物質の放散特性を視覚化するため、各セグメントの放散濃度を住宅ごとに円グラフで示した(Fig 4)。その結果、Nonanal, Decanal, 及びTetradecaneではいずれの住宅も均等に6分割され、セグメント間のCVは23%以下であった。NonanalやDecanalは建材等の塗料⁴⁾や木質製品⁵⁾に使用され、Tetradecaneはビニル床シート等⁵⁾に使用されており、これらに由来するものと考えられた。

D5やLimoneneはセグメントによって変動が認められ、CV値はいずれも37%以上であった(Table 3)。D5は防水性、柔軟性、速乾性、高い生体適合性等の特性から、家庭用品やパーソナルケア製品など多様な製品に含有される⁶⁾。Limoneneは、家庭用掃除用品、化粧品、清涼剤などに使用される⁷⁾。これら製品の使用によってD5やLimoneneは瞬時型の放散特性を示した可能性がある。特に住宅AではTVOC濃度の高い時間帯(Fig 2(A), Seg. 4)がD5の放散量と連動したことから(Fig 3(A)), D5を含有するパーソナルケア製品の使用がTVOC濃度に影響を与えたことが示唆された。

α-PineneのCV値はそれぞれ104%(住宅A),

116% (住宅 B), 8% (住宅 C)であり, 住宅ごとに異なる変動パターンであった (Table 3)。 α -Pinene は, 化粧品, パーソナルケア製品, およびスプレー製剤など香気成分として瞬時的に使用されている一方で⁸⁾, 木材系の建築材料や木質製品など定常型放散源としても使用される⁹⁾。実際に, 住宅 C では木質性の家具が多いことから, α -Pinene は瞬時型と定常型との混合型の放散特性を示したものと推察された。

Decanal について, 本調査で定常型の放散特性を示したが, 化粧品用調合香料やアロマオイル等にも用いられているため¹⁰⁾, 今後の調査により混合型に分類される可能性もある。引き続き住宅数を増やして調査する必要がある。

D. 結論

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。

E. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

1. **大嶋直造**, 高木規峰野, 酒井信夫, 内山奈穂子. 「室内空气中化学物質測定マニュアル」における試料採取時間の検証. 2024年度室内環境学会学術大会, 2024年11月
2. **大嶋直造**, 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, 2025年3月

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) 厚生労働省: 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法について (平成12年), 厚生省生活衛生局長通知, 生衛発第一〇九三号.
- 2) 厚生労働省: 室内空气中化学物質の室内濃度指針値について (平成31年), 厚生労働省医薬・生活衛生局長通知, 薬生発0117第1号.
- 3) 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) について (令和7年), 医薬局医薬品審査管理課長通知, 医薬薬審発0117第4号.
- 4) Hu Y., Cheng X., Wang S., Chen J., Zhao T. and Dai E.: Time series forecasting for urban building energy consumption based on graph convolutional network, *Applied Energy*, 307, 118231 (2022).
- 5) Hodgson A. T., Rudd A. F., Beal D. and Chandra S.: Volatile organic compound concentrations and emission rates in new manufactured and site-built houses, *Indoor Air*, 10(3), 178–192 (2000).
- 6) 日本化粧品成分辞典: デカメチルシクロペンタシロキサン.
- 7) Thevenet F. and de Jonge L.: Indoor air quality and ventilation strategies in low-energy houses, *Building and Environment*, 107433 (2021).
- 8) Cal K. and Sznitowska M.: Application of artificial membranes in topical drug delivery studies, *International Journal of Cosmetic Science*, 28(2), 85–90 (2006).
- 9) An Y., Shaw C. Y. and Magee R. J.: Airflow measurements in a large building, Internal Report No. IRC-IR-750, National Research Council of Canada (1997).
- 10) 大貫文, 斎藤育江, 瀬戸博, 上原眞一: DNPH誘導体化-HPLC法を用いた室内空气中ノナナル及びデカナル分析法の確立と実態調査, 室内環境, 8(1), 1–8 (2005)

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	RT (min)	Target ion	Confirm ion	Chemicals	RT (min)	Target ion	Confirm ion
Dichloromethane	4.20	84	49	3-Ethyltoluene	16.4	105	120, 91
2-Butanone	5.02	43	72	4-Ethyltoluene	16.5	105	120, 91
Ethyl Acetate	5.41	70	61	1,3,5-Trimethylbenzene	16.7	105	120, 77
Hexane	5.47	57	41, 56	2-Ethyltoluene	17.1	105	91, 120
Chloroform	5.53	83	85, 47	β -Pinene	17.4	93	69, 41
1,2-Dichloroethane	6.07	62	98	1,2,4-Trimethylbenzene	17.6	105	77, 120
2,4-Dimethylpentane	5.90	43	57, 85	D4	17.8	281	265, 249
1-Butanol	6.49	56	41	Decane	18.0	43	57, 71
Benzene	6.67	78	77, 51	1,4-Dichlorobenzene	18.0	146	111
1,2-Dichloropropane	7.39	63	41, 76	1,2,3-Trimethylbenzene	18.6	105	120, 77
Bromodichloromethane	7.56	83	47	Limonene	19.0	68	93, 67
Trichloroethylene	7.60	95	97, 130	L4	20.3	207	295
2,2,4-Trimethylpentane	7.65	57	41	Nonanal	20.9	57	41, 98
Heptane	7.88	43	57, 71	Undecane	21.3	43	57, 71
Methyl Isobutyl Ketone	8.50	43	58, 100	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	21.8	119	134, 91
<i>Toluene-d₈</i> (IS)	9.54	98	100, 70	D5	23.1	267	355, 73
Toluene	9.68	91	92, 65	Decanal	24.1	43	41, 57
Dibromochloromethane	10.2	129	127, 131	Dodecane	24.5	43	57, 71
Octane	11.0	43	41, 85	L5	25.8	281	147, 369, 73
Tetrachloroethylene	11.2	166	129, 164	Tridecane	27.4	57	71, 43
Ethylbenzene	12.9	91	106, 51	D6	28.4	341	429
<i>m,p</i> -Xylene	13.2	91	106, 105	Tetradecane	30.2	57	71, 43
Styrene	13.8	104	103, 78	L6	30.6	221	281, 147
<i>o</i> -Xylene	14.0	91	106, 105	Pentadecane	32.8	57	71, 43
Nonane	14.5	43	41, 57	Hexadecane	35.3	57	71, 85
α -Pinene	15.9	93	92, 91				

IS: Internal Standard

D4: Octamethylcyclotetrasiloxane

L4: Tetramethyltetrasiloxane

D5: Decamethylcyclopentasiloxane

L5: Pentamethylpentasiloxane

D6: Dodecamethylcyclohexasiloxane

L6: Hexamethylhexasiloxane

Table 2. 測定対象住宅の内訳

Residence	Start Date	Building Type	Completion Date
A	June 19, 2024	Apartment (Collective Housing)	Before Building Standards Act Revision (Before June 2003)
B	July 20, 2024	Detached House	After Building Standards Act Revision (After July 2003)
C	September 15, 2024	Detached House	After Building Standards Act Revision (After July 2003)

Table 3. 住宅A-Cにおいて比較的高濃度に検出されたTVOC・化学物質の標準試験法の測定値と分割捕集法の各セグメントの測定値及び合算値、ならびに2法の比較による一致率および変動係数

Chemicals	Residence	OM ^{#1} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CM ^{#2} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						Total (Segs. 1-6)	CM/OM (%)	CV (%) ^{#3}
			Seg. 1	Seg. 2	Seg. 3	Seg. 4	Seg. 5	Seg. 6			
TVOC	A	2.31×10^2	3.44×10^1	2.57×10^1	1.91×10^1	6.10×10^1	3.74×10^1	1.70×10^1	1.95×10^2	84.3	49.7
	B	5.18×10^2	6.14×10^1	9.42×10^1	6.13×10^1	4.90×10^1	6.04×10^1	8.75×10^1	4.14×10^2	79.8	25.7
	C	9.82×10^2	1.91×10^2	1.57×10^2	1.41×10^2	1.25×10^2	1.15×10^2	1.07×10^2	8.36×10^2	85.1	22.3
Nonanal	A	2.24×10^1	3.34×10^0	4.34×10^0	3.28×10^0	3.22×10^0	2.78×10^0	2.24×10^0	1.92×10^1	85.8	21.8
	B	2.32×10^1	4.28×10^0	5.44×10^0	4.16×10^0	3.33×10^0	3.25×10^0	5.07×10^0	2.55×10^1	110	20.8
	C	2.58×10^1	4.01×10^0	3.91×10^0	3.04×10^0	2.96×10^0	2.87×10^0	2.77×10^0	1.96×10^1	75.9	16.8
Decanal	A	1.66×10^1	2.10×10^0	2.82×10^0	1.98×10^0	1.92×10^0	1.75×10^0	1.48×10^0	1.21×10^1	72.6	22.5
	B	1.82×10^1	2.05×10^0	3.17×10^0	2.13×10^0	2.99×10^0	1.94×10^0	2.86×10^0	1.51×10^1	83.1	21.6
	C	7.09×10^0	8.34×10^{-1}	7.73×10^{-1}	6.05×10^{-1}	5.77×10^{-1}	6.05×10^{-1}	5.87×10^{-1}	3.98×10^0	56.2	16.7
Tetradecane	A	2.19×10^0	2.45×10^{-1}	2.86×10^{-1}	2.53×10^{-1}	2.87×10^{-1}	2.91×10^{-1}	2.14×10^{-1}	1.58×10^0	72.0	11.7
	B	9.72×10^{-1}	N.D. ^{#4}	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	—	—	—
	C	3.04×10^1	3.59×10^0	3.77×10^0	3.76×10^0	3.32×10^0	2.89×10^0	2.86×10^0	2.02×10^1	66.4	12.3
D5	A	4.31×10^1	1.31×10^0	1.59×10^0	1.32×10^0	2.22×10^1	8.54×10^0	1.42×10^0	3.64×10^1	84.5	139
	B	1.43×10^1	5.49×10^{-1}	2.42×10^0	1.22×10^0	7.07×10^0	7.34×10^{-1}	7.93×10^{-1}	1.28×10^1	89.2	118
	C	8.01×10^1	2.11×10^1	1.22×10^1	9.61×10^0	8.44×10^0	5.87×10^0	4.48×10^0	6.17×10^1	77.0	58.1
Limonene	A	2.16×10^0	5.57×10^{-1}	3.14×10^{-1}	2.24×10^{-1}	5.84×10^{-1}	5.84×10^{-1}	1.69×10^{-1}	2.43×10^0	113	47.3
	B	7.75×10^0	1.27×10^0	2.30×10^0	1.95×10^0	1.06×10^0	1.12×10^0	3.24×10^0	1.09×10^1	141	46.8
	C	4.78×10^1	1.02×10^1	6.30×10^0	5.13×10^0	4.68×10^0	3.93×10^0	5.84×10^0	3.61×10^1	75.5	37.0
α -Pinene	A	2.41×10^1	1.05×10^1	2.53×10^0	1.22×10^0	5.82×10^0	1.53×10^0	4.76×10^{-1}	2.21×10^1	91.3	104
	B	3.15×10^0	N.D.	5.25×10^{-1}	5.12×10^{-1}	N.D.	N.D.	8.42×10^{-1}	1.88×10^0	59.8	116
	C	2.61×10^1	3.35×10^0	3.79×10^0	3.41×10^0	3.40×10^0	3.58×10^0	2.95×10^0	2.05×10^1	78.5	8.21

^{#1} OM: Official method

^{#2} CM: Cumulative split sampling method

^{#3} CV: Coefficient of Variation=Standard deviation/Average \times 100

^{#4} N.D.: Not detected

Cumulative split sampling method (CM)

(4 hours × 6 segments = 1 day)

- SP208-20Dual II, Line 1
- Flow rate: 2 mL/min for 4 hours (0.48 L per sample)
- STS-25 Continuous Sampler

Official method (OM)

(24 hours × 1 segment = 1 day)

- SP208-20Dual II, Line 2
- Flow rate: 2 mL/min for 24 hours (2.88 L per sample)

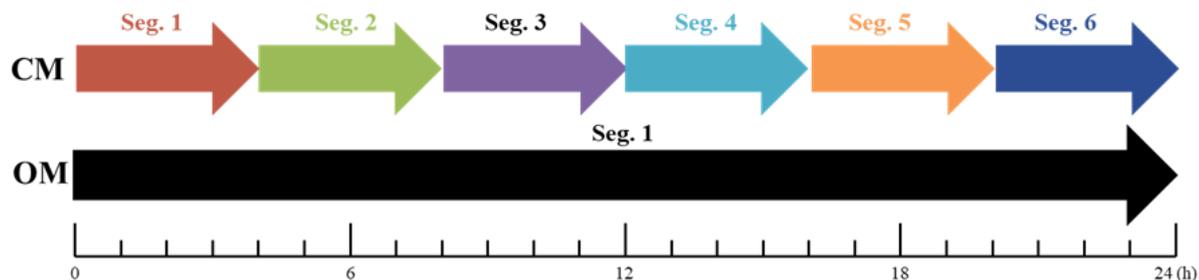


Fig. 1 Flow chart of the official method (OM) and the cumulative split sampling method (CM). Seg.: Segment

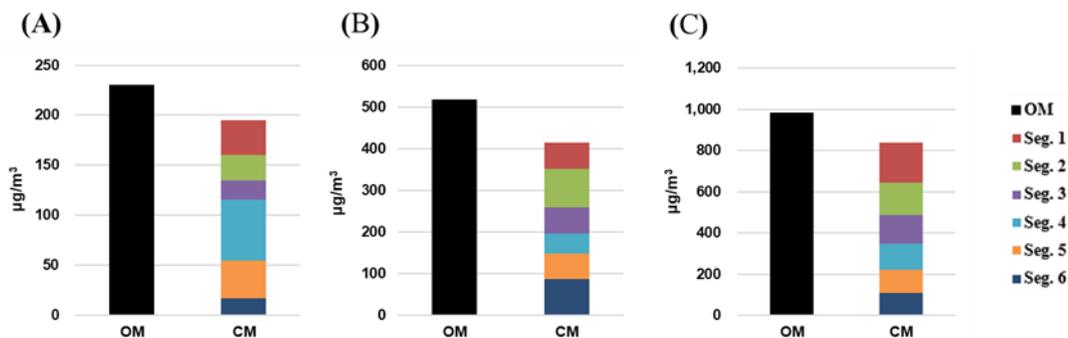


Fig. 2 Comparison of measured TVOC values per segment between the official method (OM) and the cumulative split sampling method (CM) in the three residential houses.

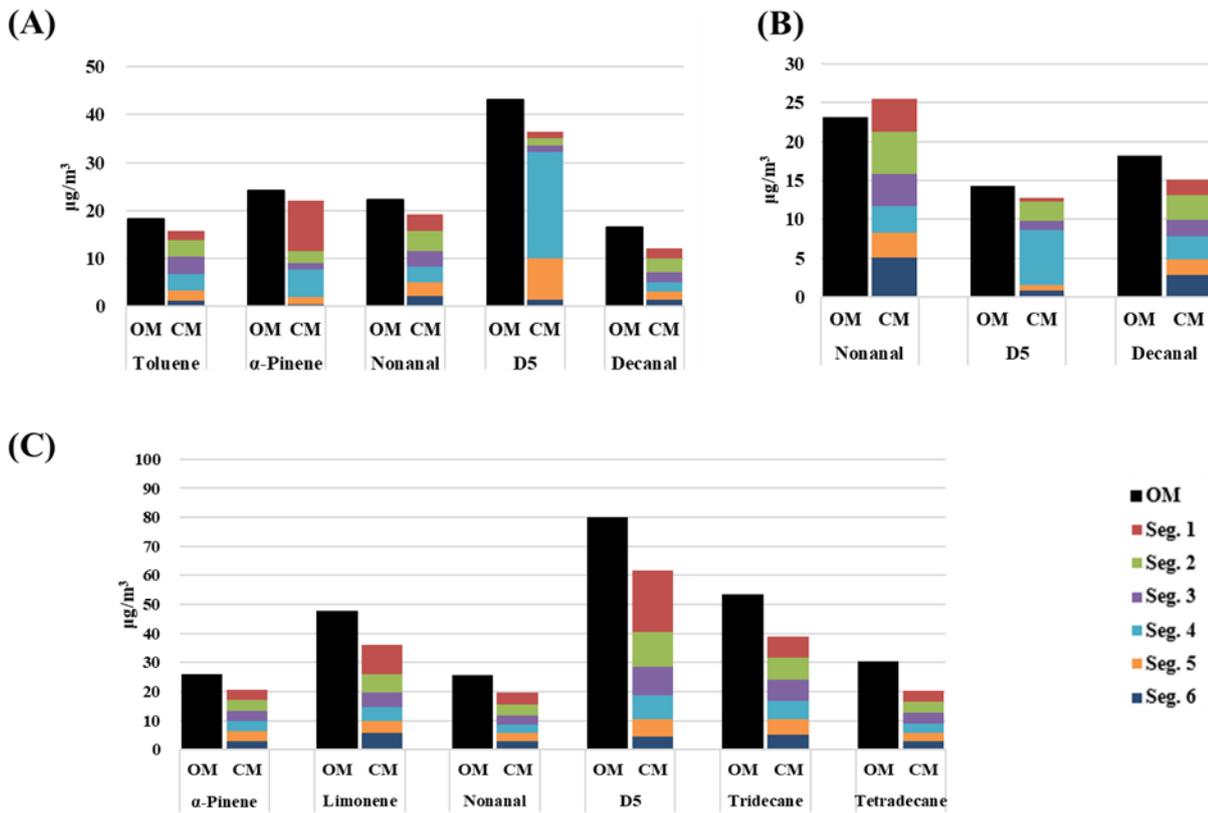


Fig. 3 Comparison of measured VOC values per segment detected above 10 µg/mL between the official method (OM) and the cumulative split sampling method (CM) in the three residential houses.

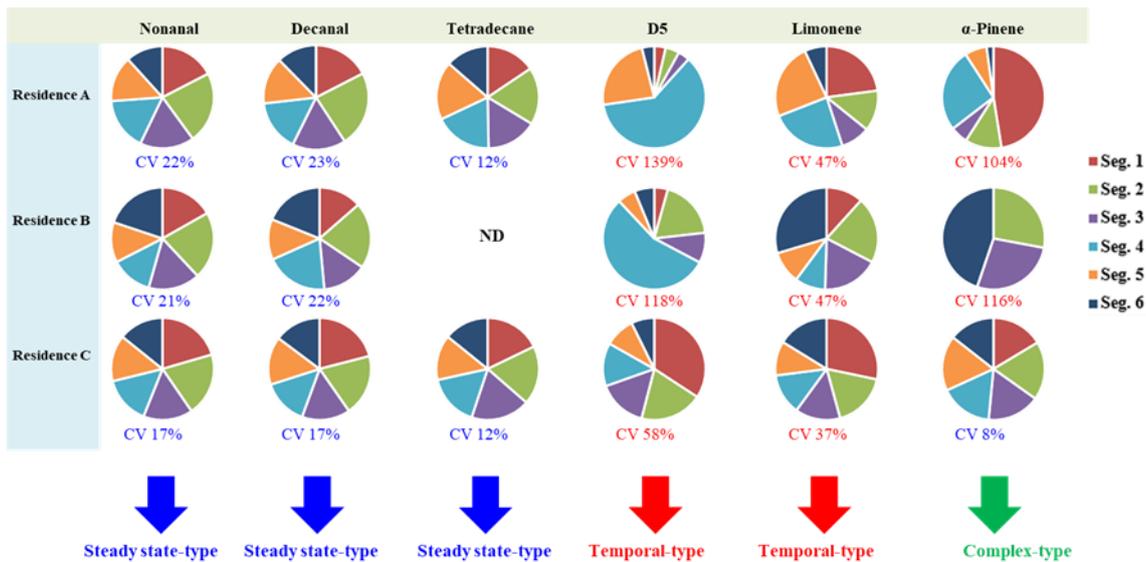


Fig. 4 Comparison of individual VOC measurements by time of day. ND: Not detected.

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改定された。本化学物質リスク研究事業では、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-エチルヘキシルなどの準揮発性有機化合物のCarrierとしての役割を果たす粒子状物質の試料採取法の見直しを行った。改訂した標準試験法2編は、日本薬学会編 衛生試験法・注解2020 追補2025に収載すべく、試験法ならびに注解を取り纏めた。

研究協力者:

大貫 文 東京都健康安全研究センター
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

(図1¹⁾)。したがって、室内空気中の粒子状物質は準揮発性有機化合物の最高濃度を増大させるとともに、準揮発性有機化合物を肺深部にまで到達可能な状態で空気中に存在させるいわばCarrierとしての役割を果たす。本研究では、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。

A. 目的

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

室内濃度指針値設定物質である準揮発性有機化合物フタル酸ジ-*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、屋外空気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、室内空気中では粒子状物質・微小粒子状物質に吸着して存在する

C. 研究結果

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纏めた。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に収載した。なお、別添にその内容を示す。

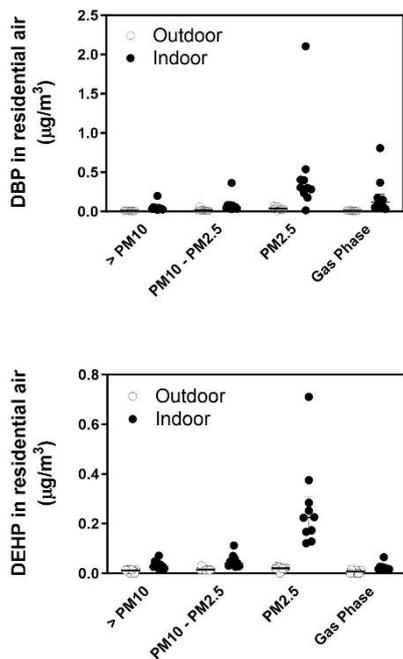


図1 室内外空气中フタル酸エステル類の形態別濃度

関東近郊の一般家庭 10 件の室内及び室外空气中のフタル酸ジ-*n*-ブチル(Dibutyl phthalate DBP)及びフタル酸ジ-2-エチルヘキシル(Diethylhexyl phthalate DEHP)のガス状・粒子状形態別濃度¹⁾

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準揮発性有機化合物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-エチルヘキシルなどの準揮発性有機化合物の室内空气中でのCarrierとしての役割を果たす粒子状物質を対象として、その採取方法に関する標準試験法を整備した。

E. 引用文献

- 1) 厚生労働科学研究費補助金平成 21 年度報告書 研究代表者神野透人 研究課題名 家庭用品に由来する化学物質の多経路暴露評価手法の開発に関する研究 <https://mhlw-grants.niph.go.jp/project/17574>

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

[論文発表]

- 1) 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. Arch Toxicol. 2024; 98(3):837-848. doi: 10.1007/s00204-023-03659-1.
- 2) 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. Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol. 2024;283:109962. doi: 10.1016/j.cbpc.2024.109962.

[学会発表]

- 1) 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, 7 月, 福岡 (2024).
- 2) 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, 9月, 仙台 (2024).
- 3) 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, 9月, 仙台 (2024).
 - 4) 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, 9月, 草津 (2024).
 - 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, 11月, 札幌 (2024).
 - 6) 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, 3月, 福岡 (2025).
 - 7) 長宗 寧, 鈴木 浩, 大貫 文, 酒井信夫, 鳥羽 陽, 中島大介, 藤 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, 3月, 福岡 (2025).
 - 8) 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, 3月, 福岡 (2025).
 - 9) 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, 3月, 福岡 (2025).
 - 10) 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, 3月, 福岡 (2025).
 - 11) 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, 3月, 福岡 (2025).
 - 12) 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, 3月, 福岡 (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 |

4.4.1 試料採取法

4.4.1.2 粒子状物質

1) 粒子状物質

空気中に浮遊している粒子状物質の採取に用いるエアースンプラーにはそれぞれの目的によって、その採気量からハイポリウムエアースンプラー (1~1.5 m³/min) およびローポリウムエアースンプラー (0.01~0.03 m³/min) が使用されている。

(1) ハイポリウムエアースンプラー法 (改訂)

大気、作業環境中に浮遊する粒子状物質をハイポリウムエアースンプラーを用いてフィルター上に捕集する方法で、粒子状物質の重量濃度や粒子状物質中の化学組成成分を測定する場合に適した方法である。この方法は、短時間の採取から7日間連続採取まで可能である。

【装置】 ① 装置の構成：ハイポリウムエアースンプラーの構成は、空気吸引ブローア、フィルターホルダー、流量測定部と保護ケース (シェルター) の4部からなる。図 4.4.1-22, 23 に一例を示す。

② 空気吸引ブローア：ブラシレス DC モーターに二段遠心タービン型ファンが直結されたもので、無負荷時におよそ 2 m³/min の吸引流量を有し、連続して 24 時間以上の使用に耐える。

③ フィルターホルダー：通常、およそ 20×25 cm の大きさのフィルターを破損することなく、空気漏れのないように装着でき、空気吸引部に直結された構造である。なおフィルターホルダーを構成する各部の材質および大きさは次のとおりである。

i) フレーム：材質は耐蝕性のものとし、規定のフィルターを破損させることなく固定できるよう、外寸は 24×29 cm、内寸は 18×23 cm とする。

ii) ネット：フィルターに通気した際、破損を生じないように保持できる強度を有し、フィルターに不純物を付与しないような耐蝕性材料でつくられること。サイズはフィルターと同寸法 (20×25 cm) で、フレーム内寸に合わせ、通気しない部分にフッ素樹脂製テープを貼る。

iii) バッキング：独立気泡で発泡させた合成ゴムによってつくられており、その寸法はフレームに合致させる。なお、フィルターと接触する部分にはフッ素樹脂製テープを貼る。

締め付け具：フィルターを装着した際、破損および空気漏れを生じないような構造で、耐蝕性材料からつくられている。フィルターホルダーは図 4.4.1-24 のように組み立てる。

④ 流量測定部：流量測定は通常、次の方法により行う。空気吸引部と一体をなし、装着および脱着が容易な浮子式流量計¹⁾あるいは同等の性能を有する流量計を用いる。この指示流量計に刻まれる目盛りは相対流量単位とし、0.1~2.0 m³/min の範囲を 0.05 m³/min まで測定できる目盛り付きのものを用いる。指示流量の目盛りはハイポリウムエアースンプラーの通常の使用状態のもとで基準流量計²⁾により校正しておく。

⑤ 保護ケース (シェルター)：ハイポリウムエアースンプラーの粒子状物質捕集面を上にして、水平に固定でき、風雨により捕集用フィルターが破損されない構造で耐蝕性の材質でつくられているもの。図 4.4.1-23 にその一例を示す。構造は屋根、本体ケースおよび脚の部分からなり、屋根の縁と本体ケースとの間の空間 (図 4.4.1-23 の斜線部分) の面積は 650

±65 cm²、本体ケース上部の矩形部分は約 30×35 cm とする。

⑥ 捕集用フィルター^{3) 4)}：通常、石英繊維製フィルターまたはガラス繊維製フィルター⁵⁾が用いられる。

【操作】 ① 試料採取 i) 環境大気：装置の設置場所は、その付近における大気汚染状況を把握しうような場所であって、特定の発生源の影響や、交通機関からの影響を直接うけないような場所にする。試料空気の採取は、地上 3~10 m の高さで行う。試料空気の捕集時間は、24 時間を標準とする。ただし、目的によって捕集時間は変更する。

ii) 作業環境：サンプラーを作業室内に地上 1.5 m の高さになるように保護ケースまたは台にのせ設置する。

② 捕集用フィルターの秤量：温度 20℃、相対湿度 50% で恒量としたのち 0.01 mg の感度を有する化学天秤で恒量としたのち 0.01 mg の感度を有する化学天秤で 0.1 mg まで精秤する。

③ 粒子状物質の捕集 i) サンプラーが正常に作動することを確認する⁶⁾。

ii) 秤量したフィルターをフィルターホルダーに空気漏れが生じないように固定する。

iii) フィルターホルダーをシェルター内に、フィルター面を上にして水平に固定する。

iv) 裏面の排気パネルに設けられているタップに流量計をゴム管で連結する。

v) 電源を入れ、捕集開始時刻を記録する。

vi) 捕集開始から 5 分後に、流量計の浮子の中央の合致した目盛り線を読み取り、記録したのち、流量計のゴム管をサンプラーから取りはずす。一般に吸引流量は 0.1~1.5 m³/min を用いる。

vii) 予定の捕集終了時刻になったら、再び流量計のゴム管をサンプラーに取り付け流量計の目盛りを読みとり記録する。

計算：捕集開始時および終了後の流量計の目盛りの読みから吸引空気量 (m³) を次の式より求める。

$$\text{吸引空気量 (m}^3\text{)} = \frac{(Q_s + Q_e) \times T}{2}$$

Q_s ：開始時の流量 (m³/min)

Q_e ：終了時の流量 (m³/min)

T ：捕集時間 (min)

④ 捕集後のフィルターの秤量：捕集後のフィルターは粒子状物質捕集面が内側になるように、フィルターの長いほう (約 25 cm) を二つ折りにして、②の条件で 24 時間以上放置したのち秤量する。

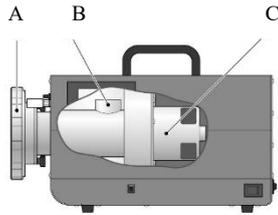
計算：②および④のフィルターの秤量操作および吸引空気量から次式により粒子状物質の濃度を μg/m³ の単位で求める。

$$\text{粒子状物質の濃度 (}\mu\text{g/m}^3\text{)} = \frac{(W_e - W_s)}{V} \times 10^3$$

W_e ：捕集後のフィルターの重量 (mg)

W_s ：捕集前のフィルターの重量 (mg)

V ：吸引空気量 (m³)



A: フィルターホルダー
B: 流量測定部 (内部)
C: 空気吸引部 (内部)

図 4.4.1-22 ハイボリウムエアースンプラーの例

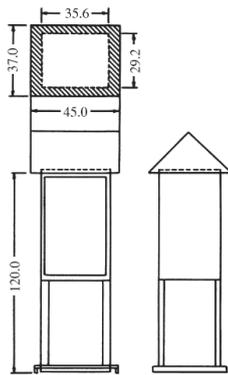


図 4.4.1-23 保護ケース (シェルター) の例 (単位:cm)

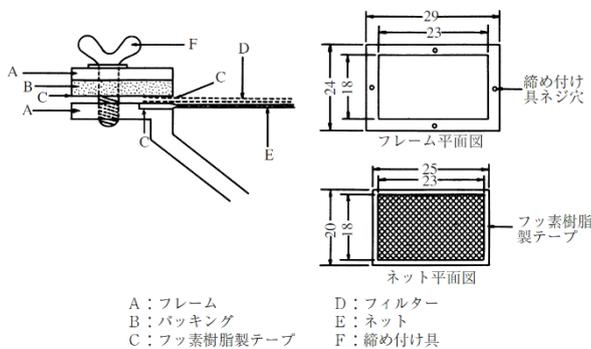


図 4.4.1-24 フィルターホルダーの組み立ての例

【注解】

1) ハイボリウムエアースンプラーの吸排気の一部を浮子式流量計または積算流量計で計測し、瞬間流量あるいは積算流量を求めるもので、流量計はあらかじめハイボリウムエアースンプラーの全吸引流量との関係を求めておく。

2) 流量計の校正

ハイボリウムエアースンプラーによる粒子状物質採取に当たっては、付属指示流量計の読みを校正し、真の流量を求める必要がある。基準流量計としてルーツメーターを用いてオリフィスの校正をしたのち、このオリフィスを用いて付属指示流量計の読みを校正し、真の流量を求める (以下、衛生試

験法・注解 2000, 4.4.1.2 1) (p.975) 参照) (文献 1)。

3) 通常使用されているハイボリウムエアースンプラーでのフィルター通過流速は約 0.5 m/s (1.5 m³/min/500 cm² として) であり、この程度の流速では粒径 0.3 μm の粒子は慣性衝突あるいは、拡散付着による捕集率が最も低いといわれている。そのため 0.3 μm の粒子で 99% 以上の捕集率を有する捕集用フィルターであれば 0.3 μm よりも小さな粒子 (拡散付着効果が高くなる) でも大きな粒子 (慣性衝突効果が高くなる) でも 99% 以上捕集されるので 0.3 μm を試験粒子の粒径と規定し、捕集率の評価がなされている。

4) 各種フィルターの適用性の例を表 I に示す。

使用に先だち、各種フィルター中の種々の元素や金属成分の含量についてのブランク値を、各メーカーのカタログなどで調べておく。なお、ブランク値は製造ロットごとに大きく変動することがあるので、試料の分析の際には必ずブランク値を測定しておかなければならない。

5) 粒子状物質の捕集に用いられるフィルターは 0.3 μm のエアロゾルに対し、99% 以上の捕集率を有し、圧力損失が低く、吸湿性が少なく、酸性ガスの吸着がほとんどなく、しかも分析上で妨害となるような物質を含まないことが条件としてあげられる。以上の物理的、化学的性質をそなえたフィルターとして石英繊維製フィルターが最も良い。ガラス繊維製フィルターは一般に硫黄酸化物などの酸性ガスの吸着が多く、見かけ上の重量増を起し、重量濃度評価上問題が多い。表 II に二酸化硫黄ガスの吸着量とアルカリ金属量 (Na⁺ + K⁺) の関係を示したがその傾向が明らかになっている。また図 I に各フィルターの二酸化硫黄の吸着状態を示した。また金属成分を分析しようとするとき、フィルター中の目的元素のブランク値がしばしば問題となるが、ガラス繊維製のものには鉄や亜鉛が高い。石英繊維製のものには各金属成分ともブランク値が低く、測定上問題となることは少ない。

6) 以下の諸点に留意する。

① 捕集時の流量や、捕集後の質量濃度に異常な値が認められた場合には、指示流量計に異常がないか、サンプラーに空気漏れがないか、電源電圧に変動がないかを調べる。この異常が捕集開始直前であれば、正常運転に復元するのを確認したあとに、捕集を再開する。捕集終了時に認められた場合には、再度異常を生じないように十分な管理のもとに捕集を再開することとし、その試料は保存し、記録を正確にとっておく。

② 空気吸引ブロワーがブラシ付モーターの場合は、400~500 時間 (24 時間連続使用の回数では 17~20 回) 使用後取りかえ、流量校正を行う。

③ 併設する場合、排気による巻き上げに留意し十分に間隔をおくことが必要である。ブラシレスモーターでないハイボリウムエアースンプラーを使用する場合は排気に銅が含まれるため同様に間隔を置くことが必要である。

④ 吸引装置の部品の取り替えを行ったとき、または修理したとき、もしくは採取時の流量に異常がみられたときは、オリフィスを用いて校正を行う。

⑤ 捕集装置の設置に当たっては、騒音、振動などの問題が生じないように留意する。

文 献

1) 衛生試験法・注解 2000, 日本薬学会編, 金原出版, p.975

表 I 各種フィルターの適用性

材質	品名	ポアサイズ	帯電性 ^{a)}	圧損 ^{b)}	初期捕集効率 ^{c)}	吸湿性 ^{d)}	原子吸光光度法 ^{e)}	放射化分析 ^{e)}	蛍光X線分析法 ^{e)}	備考
ガラス 繊維製	ADVANTEC TOYO GB-100R		○	○	○	○	○	×	△	
	Whatman GF/A		○	○	○	○	○	×	△	
	Merck Millipore AP-20		○	○	○	○	○	×	△	
石英 繊維製	Tissue Quartz 2500 QAT-UP		○	○	○	○		△	△	SiO ₂ 99%以上
ニトロセル ローズ製	Merck Millipore RA	1~3	△	×	○	△	○	○	○	
フッ素 樹脂製	ADVANTEC TOYO PF 020-100		○	△	○	○	△	○		繊維状
	Merck Millipore Mitex LS		○	△	○	○	△	○		
	Merck Millipore Florinert FA	1	△	△	○	○	○	○		

この表を作成するに当たって、次の文献を参考とした。Benson, A.L. *et al.* : J. Air Pollut. Contr. Assoc., **5**, 274 (1975), Gelman C. *et al.* : Am. Ind Hyg. Assoc. J. **36**, 512 (1975), Lundgren, D. *et al.* : Am. Ind Hyg. Assoc. J., **36**, 866 (1975), 本間克典 : 労働衛生工学, **13**, 1 (1973), 本間克典 : 労働衛生工学, **16**, 1 (1976), 田中辰雄 : 分析機器, **12**, 347 (1974), Dams, R. *et al.* : Environ. Sci. Technol., **64**, 41 (1872), 本間克典ら : 分析化学, **26**, T1~T7 (1977), 山下敏夫ら : 分析化学, **27**, T1~T5 (1978)

a) 帯電性 ○ ほとんどなし, △ ややある, × 使用に差し支える. b) 圧損 ○ 非常に小さい, △ やや高い, × 高い. c) 初期捕集効率 ○ 99% 以上, △ 99% 前後, × 95% 以下. d) 吸湿性 (吸湿率) ○ 吸湿率 0.1~0.5%, △ 吸湿率 1~2%, × 吸湿率 10% 前後. e) 適用性 ○ 可, △ 使用目的によって可, × 不可

表 II フィルター別 SO₂ 吸着量

フィルター	pH	飽和状態になるまでに要した時間 (h)	SO ₂ 吸着量* μg	アルカリ金属量 (Na ⁺ , K ⁺) 直径47 mm フィルター中 μg
Merck Millipore AP-20	6.31	1.0	15.6	167
Tissue Quartz 2500 QAT-UP	6.31	1.5	20.8	23
PALL Micro Quartz	6.70	1.5	40.8	86
Whatman GF/A	6.63	1.5	144	163
PALL type - AE	6.95	3.5	156	627
ADVANTEC TOYO QR - 80	4.92	2.5	252	96
ADVANTEC TOYO GB - 100R	7.37	5.5	503	1708
ADVANTEC TOYO GB - 100N	6.50	7.5	736	1356

* SO₂量はフィルター中の SO₂および SO₃の合計量をイオンクロマトグラフィーによって測定した結果から SO₂量に換算したものの

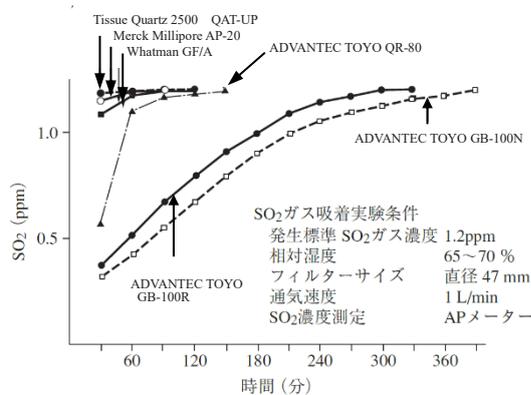


図 I フィルター別 SO₂ 吸着状態

4.4.1 試料採取法

4.4.1.2 粒子状物質

1) 粒子状物質

(2) ローボリウムエアースンプラー法 (改訂)

環境大気、作業環境あるいは普通室内中に浮遊する粒子状物質をローボリウムエアースンプラーを用いフィルター¹⁾上に捕集し、その質量濃度や化学組成を測定するのに適した方法である²⁾。環境大気中の浮遊粒子状物質の測定では、粒径 $10\mu\text{m}$ 以下³⁾の粒子状物質を分粒する。また、作業環境中の浮遊粉じんの測定では、粒径 $4\mu\text{m}$ 以下³⁾のものを分粒・採取する。

【装置】① 装置の構成：図 4.4.1-25 に示す。

② 吸引ポンプ：吸引流量が 30 L/min 以上で、分粒装置の設定流量の1.5倍の吸引能力があり、静圧 27 kPa 以上の吸引圧力を有するポンプ。脈動を生じず、長時間の連続運転に耐えるもの

③ フィルターホルダー：通常、直径 110 mm または 47 mm の大きさのフィルターを破損することなく、空気漏れのないように装着できるもの (図 4.4.1-26 に一例を示す)

④ 流量測定部：流量測定は通常フロート型面積流量計⁴⁾を用いて行う。流量計はフィルターホルダーと吸引ポンプとの間に設置される。この流量計に刻まれる目盛りは 20°C 、 101.3 kPa で、 $10\sim 30\text{ L/min}$ の範囲を 0.5 L/min まで測定できるよう付したものである。

⑤ 分粒装置：(流速 20 L/min で) $10\mu\text{m}$ または $7.07\mu\text{m}$ を超える大きな粒子を除去する装置で、重量沈降型 (多段型)、慣性衝突型、遠心型 (サイクロン型) がある。

⑥ 捕集用フィルター：通常、石英繊維製またはガラス繊維製のフィルターが用いられる⁵⁾。

i) 重量沈降型 (多段型) 分粒装置：図 4.4.1-27 に示すように、薄い平板を一定間隔で何枚も重ね合わせ、板が平行かつ水平になるように置き、これに被測定空気を流し、平行板の間を空気が通り抜ける間に粗大粒子が重力沈降により板上に残り、小さな粒子のみが通過する。

ii) 慣性衝突型分粒装置：図 4.4.1-28 に示すように、粒子加速ノズルの出口にノズルと直角に衝突板を配置し、被測定空気中の粗大粒子を衝突板に衝突させて捕集し、小さな粒子が衝突板の周りに沿って通過する。

iii) 遠心型 (サイクロン型) 分粒装置：図 4.4.1-29 に示すように、被測定空気が吸引口から遠心型分粒装置に入り、内部で旋回回転に変えられ、粗大粒子は遠心力によって壁面に沿って下方に落下して、分粒装置の底部に堆積し、小さな粒子が分粒装置を通過する。

【操作】⁶⁾ ① 試料採取：装置の設置 (4.4.1.2.1) (1) ハイボリウムエアースンプラー法 (p.43) に同じ

② 捕集用フィルターの秤量⁷⁾：温度 20°C 、相対湿度 50% で恒量としたのち 0.01 mg の感度を有する化学天秤で 0.1 mg まで精秤する。フィルターは皿の中央にのせて秤量する⁸⁾。

③ 粒子状物質の捕集 i) 分粒装置が汚れていないことを確認する。

ii) サンプラーが正常に作動することを確認する。

iii) 秤量したフィルターをフィルターホルダーに空気漏れが生じないように固定する。金属類の成分の分析を目的として粒子状物質を捕集するときは直接フィルターが金網に接しないよう、圧損の少ないフッ素樹脂製フィルターなどを敷いて、その上に捕集用フィルターを置き装着する。

iv) 電源を入れ、捕集開始時刻を記録する。

v) 流量計を 20 L/min (例)に合わせる。

vi) 捕集開始から5分後に図 4.4.1-25 の圧力計 (またはマノメーター) によって差圧を測定し、その差圧より吸引流量を補正し、正しく 20 L/min (例) が吸引されることを確認する。

vii) 吸引流量は1日1回以上はチェックし、差圧を測定し、正しく 20 L/min (例) が吸引されることを確認する。

viii) 捕集終了時刻を記録し吸引空気量を求める。

④ 捕集後のフィルターの秤量：捕集後のフィルターは、②の条件で24時間以上放置したのち、秤量する。

計算：粒子状物質の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) は次式から求められる。

$$\text{粒子状物質の濃度 } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{(W - W_0)}{V} \times 10^3$$

W ：捕集後のフィルターの重量 (mg)

W_0 ：捕集前のフィルターの重量 (mg)

V ：吸引空気量 (m^3)

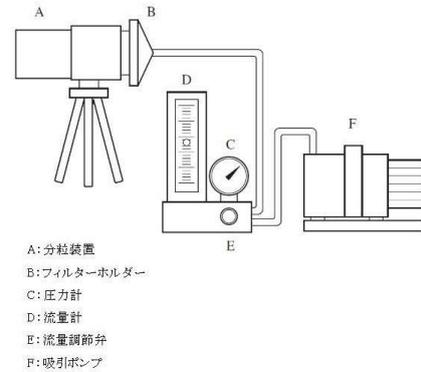
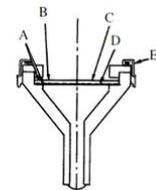


図 4.4.1-25 ローボリウムエアースンプラーの構成図



A: フッ素樹脂パッキン
B: 捕集用フィルター
C: フッ素樹脂製メンブレンフィルター
D: ステンレス鋼金網
E: スプリング式締め付け具

図 4.4.1-26 フィルターホルダー組み立ての例

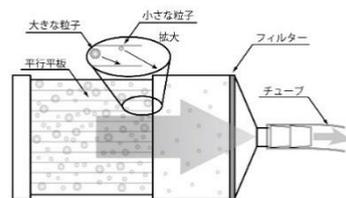


図 4.4.1-27 重力沈降型 (多段型) 分粒装置の原理および例

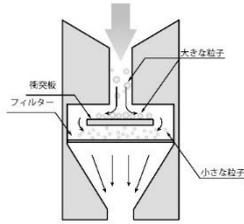


図 4.4.1-28 慣性衝突型分粒装置

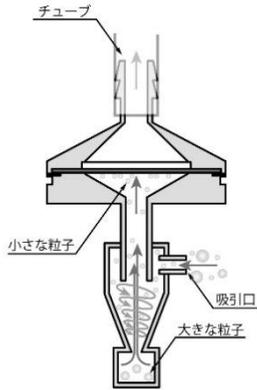


図 4.4.1-29 遠心型（サイクロン型）分粒装置の例

【注解】

1) 放射化分析用の試料捕集には、主成分にナトリウムなどの分析に支障となる元素を多量に含有するガラス繊維製フィルターは用いられない。各種フィルターの適用性などは 4.4.1.2 1) (1) [注解] 4) (p.45) 参照

2) 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) については、4.4.3 2) 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) (p.1090) を参照

3) 環境基準が設定されている浮遊粒子状物質 (SPM) は、10 μm を超える粒子が 100% 除かれた粒子状物質であるのに対し、労働安全衛生法による作業環境測定では、50% 分粒径が 4 μm の分粒装置で採取した粒子状物質 (PM₄ と表記する) を対象としている。

4) 流量計の校正

ローボリュームエアースンプラーによる粒子状物質の採取に当たっては、常に設定された吸引量を維持することが必要であり、フィルターあるいは系内各部分の空気抵抗などによって生じる圧力損失を測定して、流量計の流量補正を行う必要がある。そのためには、以下のような流量計の校正を行う (JIS B 7551 1999)。ローボリュームエアースンプラーには、機構を異にした数種の機器が存在する。

流量校正方法の一例を示す。

フィルターホルダーと流量計との間に T 字管を入れ、T 字管の先に真空計または水銀マンノメーターをつなぐ。真空計またはマンノメーターは測定範囲 200 mmHg 程度まで測れるものを用いるが、用いるフィルターの種類または直径によっては、さらに測定範囲の広いものが要求される。

1. 流量計の流量指示値の圧力による補正

Q_r を流量計の目盛りの読み、 Q_0 を 101.3 kPa (760 mmHg) における流量 (L/min)、 P_0 を流量計の設計条件圧力 (通常は 760 mmHg)、マンノメーターで測った使用条件下での系内圧力

(P mmHg) と外気の圧力差を ΔP (mmHg) とすると、 Q_r は (1) 式で表される。

$$Q_r = Q_0 \sqrt{P_0 / (P_0 - \Delta P)} \dots \dots \dots (1)$$

P_0 が 760 mmHg のとき、ローボリュームエアースンプラーによって $Q_0 = 20$ L/min で空気を吸引したい場合、(1) 式より

$$Q_r = 20 \sqrt{760 / (760 - \Delta P)} \dots \dots \dots (2)$$

式 (2) から Q_r を求めて流量計の読み (フロートの位置) を設定すればよい。式 (2) により ΔP と Q_r の関係をプロットしたものが、流量設定曲線である。校正の操作は式 (2) または流量設定曲線を用いて行う。

5) 粒径 $0.3 \mu\text{m}$ の粒子に対して 95% 以上の捕集効率を有し、初期圧力損失が低く、粒子捕集に伴う圧力損失の増加が少なく、かつ、吸湿性及びガス吸着性が少ないもの

6) 操作に当たっては以下の点に留意する。

① 流量計の設定温度は 20°C が多く、温度補正の影響はあまり大きくない。普通 $\pm 10^\circ\text{C}$ の差に対しても $\pm 2\%$ 以下の誤差である。

② 装置の洗浄などを次に示す。

洗浄箇所	頻度	洗浄方法など
分粒装置	捕集ごと	中性洗剤などを用いて洗浄する。なお超音波洗浄器を利用することにより迅速効果的に洗浄することができる。
パッキング	〃	〃
流量計	年1回	アルコール、中性洗剤を用いて洗浄する。
ポンプサイレンサー	年1回	フェルト状フィルターを交換する。

③ 流量変化は温度および粒子状物質の採取量の増加に伴って大きくなるので、降雨など湿度の高くなったときは流量の確認を必ず行う。

長期間採取の場合は、粒子状物質による目詰まりを考慮して、採取後半には流量確認の頻度を多くする。

このためにサンプラーは、流量測定および流量調整のしやすい位置に設定しなければならない。

④ 流量計を掃除したときは、目盛り校正を行う。

⑤ ハイボリュームエアースンプラーと併設する場合は、排気による巻き上げに留意し十分に間隔をおくことが必要である。ブラシレスモーターでないハイボリュームエアースンプラーを使用する場合は排気に銅が含まれるため同様に間隔を置くことが必要である。

7) 質量測定時の温湿度が恒量条件と大きく異ならないように注意する。

8) メンブランフィルター系のものは静電気を帯びてることがあり、質量測定に際してはフィルターの静電気を放電させると化学天秤の皿の中央にのせやすい。

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	レギュラトリーサイエンス教材ポイントシリーズ 化学物質 室内濃度指針値		PHARM TECH JAPAN	株式会社 じほう	東京	2024	86-88
東 賢一 (分担執筆)	第6章 科学技術と健康 C 住宅と健康	監修: 佐藤 祐造 編集: 柴田 英治 松原 達昭 八谷 寛	テキスト 健康科学 改訂第3版	株式会社 南江堂	東京	2024	
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 / ハイボリ ウムエアサンプラー法 (改訂)	公益社団法人 日本薬学会 環境・衛生部会 試験法出版委員会	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	2025	43-46
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 / ローボリ ウムエアサンプラー法 (改訂)	公益社団法人 日本薬学会 環境・衛生部会 試験法出版委員会	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	2025	47-49

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
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
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
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	89	351-357	2024
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
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

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
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
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
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
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
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

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
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
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	98	837-848	2024
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

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 本間 正充

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 (所属部署・職名) 生活衛生化学部・第一室長

(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 殿

機関名 名城大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 小原 章裕

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 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 (所属部署・職名) 理工学術院・教授

(氏名・フリガナ) 田邊 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。

令和7年3月28日

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6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 本間 正充

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。

令和7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

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) 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。