

興行場における衛生的な環境確保のための研究
興行場における空気中化学物質の分析法の検討と実態調査

研究分担者 戸次 加奈江 国立保健医療科学院 生活環境研究部 主任研究官

研究要旨

空気中には多種類の化学物質が存在し、我々は主に吸入、経皮、経口曝露を介してこのような化学物質に日常的に曝露されることで、健康影響を引き起こす可能性が指摘されている。幅広い世代を対象とした娯楽施設として多くの人が利用する映画館などの興行場では、上映のための機器や客席などの設備、4Dのエフェクトに使用される香料、さらに飲食も可能であることから食べ物に由来した様々なにおい成分など、多種類の化学物質が存在するものと考えられる。近年、においによる香害を訴える患者も増えてきていることや、室内化学物質との関連性が指摘されるシックハウス症候群の要因も定かでないことなどから、未だ、多方面から室内の化学物質を対象とした研究が行われている。そこで、本研究では以下に示す3項目について、主に吸入により摂取する可能性の高い空気中の化学物質の分析法を検討し、実態調査を行うこととした。

① 空気中の準揮発性有機化合物（SVOC）の分析

SVOC13成分及び可塑剤・難燃剤を含む12成分の合計25成分を対象に、固体捕集法による空気捕集とTD-GCMSを用いた分析法を検討した。特に揮発性が低く低濃度の成分（BDE-3、DBA及びDBE-DBCH etc.）は、室温35℃、吸引流量48L（100 ml/min）の条件下で検出された。そのため、環境条件や季節の違いなどが、SVOC濃度に影響しているものと考えられた。

② 空気中のイソシアネートの分析

拡散サンプラーを使用したイソシアネートの捕集法及び分析法を検討したところ、室内外で1週間のサンプリングが可能となり、長期のモニタリングを行うことで、低濃度の成分についても高感度に検出可能となった。実際の環境測定で検出されたイソシアネートは、成分によって、室内または屋外からの異なる発生源が影響している可能性が考えられた。

③ 空気中のにおい成分の分析

株式会社島津製作所によるGCMS/異臭分析システムを用い、異臭成分が登録されたデータベースに含まれる145成分を対象に、4D及び2D映画上映中の空気中のにおい成分を分析した。その結果、4D及び2Dから検出された成分は65種であり、臭いの系統ごとに分類すると、カビ系（2種）、果物（19種）、食品・植物系（13種）、防虫剤系（6種）、溶剤・油系（23種）、その他（2種）であった。これらは、主に上映中の飲食や衣類などの人の行動に由来する成分の影響が比較的大きいと考えられたが、建物の内装材や施設に由来する有害性のある成分も含まれていた。

以上の結果、映画館などの興行場は、多数の人々が利用する場として、今後も継続した衛生管理を行っていく必要があると考えられた。

A. 研究目的

空気中には多種類の化学物質が存在し、我々は主に呼吸を介してこうした化学物質に日常的に曝露されることで、健康を損なう可能性も指摘されている。特に映画館では、設置された様々な機器や客席などの設備、食べ物、4Dのエフェクトに使用される香料など、様々な化学物質が存在しているものと思われる。また近年、においによる香害を訴える患者も増えてきていることや、室内の化学物質との関連性の強いシックハウス症候群の要因も定かでないことなど、様々な健康影響と化学物質との関連性が示唆されている。

そこで本研究では、室内において空気中での汚染が懸念される化学物質を対象に、捕集及び分析法を検討し、映画館内での濃度レベルを調べることにした。

B. 研究方法

B1. 空気中の準揮発性有機化合物に関する分析

B1.1. 標準物質

実験室内において、SVOCが空気中へ放散する可能性を検討するため、SVOC13成分標準混合試料（GLサイエンス）及び可塑剤・難燃剤を含む12成分の合計25種類の標準物質を用いた（表1）。

B1.2. サンプルング及び分析方法

可塑剤及び難燃剤を含む数種類のSVOC標準物質を異なる温湿度条件下で自然拡散させ、流速100 ml/minで一定時間空気を捕集した（室温：25℃、30℃、湿度：50%）。これらのサンプルをTD-GCMS（TD-GCMS-QP2020 NX、島津製作所）で分析した（表2）。このとき、空気捕集にはコンディショニング済みのTenax-TA捕集管を用い、捕集流量は12 Lまたは48 Lとした。本研究で実施した成分分析は、株式会社島津製作所分析計測事業部、グローバルアプリケーション開発センターへ依頼し実施したものである。

B2. 空気中イソシアネートの分析

B2.1. 対象物質

本研究では、環境中での検出頻度が高く主に環境中においてガス状で存在するイソシアネート4種（イソシアン酸（ICA）、メチルイソシアネート（MIC）、エチルイソシアネート（EIC）、プロピルイソシアネート（PIC））を測定の対象とした。

B2.2. サンプルング及び分析方法

メタノール洗浄したガラスファイバーフィルター（GFF）（AP25、Merk社製）（厚さ1.2 mm、直径9 mm）に、誘導体化剤1.5 mol/lジブチルアミン（DBA）と等量の酢酸を溶解したメタノール溶液を含浸させ溶媒を乾燥（50℃）させた後、専用のカートリッジに装着したものを拡散サンプラー（GDDサンプラー）としてサンプルングに使用した。

拡散サンプラーを屋内外に設置しサンプルングを実施した後、メタノール：硫酸：トルエン（＝3：3：5、v/v）で液液抽出し濃縮したものを試料としイソシアネート誘導体をLC-MS/MS¹⁾で分析した。また、比較のためアクティブサンプラーにより0.1 L/minの流速でサンプルングを行った。SCX-DBAサンプラーは、アセトニトリルで抽出後、濃縮したものを同様の方法で分析した。

B3. 空気中におい成分の分析

B3.1. 対象物質

株式会社島津製作所によるGCMS/異臭分析システムを用い、過去の異臭問題で特定された異臭成分が登録されたデータベースに含まれる145成分を対象とする（表3）。

B3.2. サンプルング及び分析方法

4D及び2D映画上映中の空気中におい成分を分析するため、流速100 ml/minで一定時間空気を捕集した。これらのサンプルをTD-GCMS（TD-GCMS-QP2020 NX、島津製作所）で分析した（表4）。このとき、空気捕集にはコンディショニング済みのTenax-TA捕集管を用い、捕集流量は12 Lとした。本研究で実施した成分分析には、株式会社島津製作所社製GC/MS異臭分析システムを用いた。

C. 研究結果及び考察

C1. 空気中の準揮発性有機化合物 (SVOC) に関する分析

C1.1. SVOC の同定

実験室内で自然拡散させた標準物質においては、揮発性の高い 2E1H、DEP、Hexadecane、DBP、DEHP、DEHA が比較的高濃度検出される傾向が見られた。また、スキヤンにより検出されたクロマトを同定したところ、標準試料に含まれる化合物以外にも 25 成分が検出され、これらには Nonane、Hexadecanoic acid、methyl ester などの成分が含まれていた。

C1.2. 捕集条件の比較

温湿度の異なる条件下で捕集した各サンプルの分析結果を表 5 に示す。対象とした 25 成分のうち、9 成分を除く全ての成分が、設定したいずれかの温湿度または捕集流量において検出された。DBA、PBBZ 及び DBE-DBCH は、25℃条件下では検出されなかったものの、35℃条件下では微量ながらピークが確認された。さらに、BDE-3、DBA 及び DBE-DBCH など低濃度の成分については、捕集流量を 12L から 48L にすることでピーク面積が増加し、検出可能となることが確認された。

C2. 拡散サンプラーを用いた空気中イソシアネートの分析

C2.1. サンプリングレート (SR) の算出

はじめに、捕集期間を検討するため、GDD サンプラーで 1 日ごとに 7 日間まで室内空気を捕集し、イソシアネート濃度の推移を調べた。その結果、対象とするイソシアネート 4 種 (ICA、MIC、EIC、PIC) が検出され、7 日間まで直線性のある時間依存的な濃度の増加が確認されたため、1 週間の連続した捕集が可能であることを確認した。次に、空気中のイソシアネート濃度を算出するため、SCX-DBA サンプラーによるアクティブ法と GDD サンプラーとの比較により SR を求めたところ、各成分ごとに次の結果が得られた。

(ICA: 296 ml/min、MIC: 78 ml/min、EIC: 548 ml/min、PIC: 311 ml/min)。

C2.2. 室内環境測定

拡散サンプラーを用い、関東に位置する一般住宅 23 軒にて、2022 年 9 月-11 月のいずれかの 1 週間連続したサンプリングを行った (図 1)。その結果、各住宅で検出されたイソシアネートは、住宅によって濃度に差が見られたものの、ICA については、屋内よりも屋外で濃度が有意に高い傾向が見られ、屋外に発生源が多い可能性が考えられた。一方で、環境中で検出された EIC 及び PIC の濃度は、比較的低濃度であったものの、屋外よりも屋内で検出される住宅が多い傾向にあり、生活用品や生活習慣に起因した特異的な発生源があるものと考えられた。また、一部の住宅において、屋内で ICA (0.8 ppb) が突出して高い濃度検出されたが、この住宅では室内で紙巻タバコを吸う喫煙者がいたため、喫煙の影響と考えられた。これまでの調査研究から、大気中の ICA 濃度は、1 ppb を超えると健康に影響を及ぼす可能性がある²⁾とされている。実際に、喫煙をする住宅では、ICA が 1ppb 近く検出されていたことから、環境の改善や生活習慣を見直す必要性が考えられた。

C3. におい成分の定性/定量

分析の対象とした 145 成分のうち、4D 及び 2D のいずれかから検出された成分は 65 種であり、これらの成分を臭いの系統ごとに分類すると、カビ系 (2 種)、果物 (19 種)、食品・植物系 (13 種)、防虫剤系 (6 種)、溶剤・油系 (23 種)、その他 (2 種) であった。また、2D から検出された成分は 59 成分であり、4D から検出された成分は、61 成分であった。さらにこのとき、フェノール、2、4-ノナジエナール、メシチルオキサイド、1-ウンデカノール及びグアヤコールについては、4D のみから検出され、ボルネオール、2-エチル-1-ヘキサノール、5-メチル-2-フルフラール及びベルベノールについては、2D のみから検出された。2-エチル-1-ヘキサノールについては、プラスチックの可塑剤の加水分解による生成や接着剤、塗料などが発生源となっているこ

とが知られており、その健康リスクへの懸念から、室内環境指針値の検討物質としても挙げられている。実際に、調査を行った映画館内には、材質の一部にプラスチックが使用された客席などが多数設置されていることや、壁紙や絨毯などが整備されていることから、こうした設備や内装材が発生源の一つとなり、影響している可能性も示唆された。

4D 及び 2D のいずれの場所からも検出された 55 成分のうち、厚生労働省がシックハウス対策の取り組みの一環として、健康への有害な影響を受けないレベルとの判断により設定された室内濃度指針値が定められる成分としては、キシレン、トルエン、パラジクロロベンゼン、スチレンが含まれていたが、いずれも指針値を上回る濃度のものはないことを確認している。

E. 結論

本研究で、室内において空気中での汚染が懸念される化学物質を対象に、補習及び分析法を検討したところ、SVOC については、特に揮発性の低い成分について、室内の温度や捕集流量が検出結果に大きく影響し、長時間捕集することで、検出可能となることが示唆された。

拡散サンプラーを使用したイソシアネートの測定については、1 週間の長期サンプリングが可能となったことで、低濃度であっても高感度に長期のモニタリングが可能となった。一般住宅で検出されたイソシアネートは、成分によって、室内または屋外からの異なる発生源が影響している可能性が考えられ、屋外濃度については、季節的な変動等についても調べる必要性が考えられた。また、一部の住宅では、喫煙により発生したイソシアネートが、汚染の要因となる可能性があり、健康影響への配慮から、環境改善の必要性も示唆された。今後は、さらに継続したモニタリングを行うことで季節変動や、汚染源を詳細に調べる必要性が示唆された。

さらにもっと成分を分析した結果からは、主に上映中の飲食や衣類などの人の行動に由来する成分の影響が比較的大きいと考えられたが、建物の内装材や施設に由来する可能性のある成分も含まれていたことから、多数の人々が利用する場としても、継続した衛生管理を行っていく必要性が考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 戸次加奈江、内山茂久、稲葉洋平、牛山明. 拡散サンプラーを用いた空気中イソシアネートの捕集及び分析. 2022 年室内環境学会学術大会; 2022. 12.1-2; 東京. 同講演集
- 2) 戸次加奈江、内山茂久、稲葉洋平、牛山明. 簡易測定法による空気中イソシアネートの濃度調査. 第 93 回日本衛生学会学術総会; 2022. 3.2-3; 東京. 同講演集

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) Bekki K et al. Anal. Bioanal. Chem. 2020, 412, 103-111.1.
- 2) Marand A. et al. J. Environ. Monit. 2005, 7, 335-343.

表1 対象成分

Table1 対象成分

| | | 化合物 | 略称 | M.W. |
|--------------------|----|---|----------|------|
| SVOC13成分標準混合 試料 | 1 | Dodecamethylcyclohexasiloxane | | 444 |
| | 2 | Butyl hydroxy toluene | | 220 |
| | 3 | n-Hexadecane | | 226 |
| | 4 | n-Eicosane | | 282 |
| | 5 | Di-n-butyl adipate | DBA | 258 |
| | 6 | Di(2-ethylhexyl)adipate | DEHA | 371 |
| | 7 | Di-ethyl phthalate | DEP | 222 |
| | 8 | Di-n-butyl phthalate | DBP | 278 |
| | 9 | Di(2-ethylhexyl)phthalate | DEHP | 390 |
| | 10 | Tri-n-butyl phosphate | TBP | 266 |
| | 11 | Tris(2-chloroethyl)phosphate | TCEP | 285 |
| | 12 | Triphenyl phosphate | TPP | 326 |
| | 13 | 2-Ethyl-1-hexanol | 2E1H | 130 |
| 追加成分 | 14 | Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate | TDCIPP | 430 |
| | 15 | Triphenyl phosphate | TPHP | 326 |
| | 16 | 2,2,4-Trimethylpentane-1,3-diyl diisobutyrate | TXIB | 286 |
| BFR&NBFR | 17 | 4-bromodiphenyl ether | BDE-3 | 249 |
| | 18 | 2,4-dibromodiphenyl ether | BDE-7 | 328 |
| | 19 | 4,4'-dibromodiphenyl ether | BDE-15 | 328 |
| | 20 | 2,4,4'-tribromodiphenyl ether | BDE-28 | 406 |
| | 21 | 2,2',4-tribromodiphenyl ether | BDE-17 | 406 |
| | 22 | 2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether | BDE-99 | 564 |
| | 23 | 1,2-Dibrom-4-(1,2-dibromomethyl)cyclohexan | DBE-DBCH | 427 |
| | 24 | Pentabromobenzene | PBBZ | 472 |
| | 25 | 2-ethyl-hexyl tetrabromobenzoate | EH-TBB | 549 |

表 2 分析条件

表 1 分析条件

| | | |
|----------|---------------|--|
| TD 部 | チューブ加熱温度 | 250℃ |
| | チューブデソープ流量 | 60mL/min |
| | チューブデソープ時間 | 10 min |
| | トラップ冷却温度 | 10℃ |
| | トラップ加熱温度 | 250℃ |
| | トラップデソープ時間 | 5 min |
| | ドライバージ | なし |
| | 捕集管 | TENAX-TA |
| | トラップ管 | TENAX-TA (PN S225-23328-41) |
| | バルブ保温温度 | 250℃ |
| | トランスファライン温度 | 250℃ |
| | ジョイント温度 | 250℃ |
| | 内部標準 | ----- |
| チューブ待機温度 | 35℃ | |
| トラップ待機温度 | 35℃ | |
| GC 部 | 使用カラム | Ultra Alloy-PBDE 長さ 15m 内径 0.25mm 液相膜厚 0.05μm |
| | カラム温度 | 50℃(3 min)→20℃/min→300℃(3 min) |
| | キャリアガス | He |
| | キャリアガス制御 | 圧力一定 |
| | 入口圧 | 50 kpa |
| | 注入方法 | スプリット法 |
| | スプリット比 | 10 |
| MS 部 | イオン源温度 | 230℃ |
| | インターフェース温度 | 300℃ |
| | 測定モード | FAAST(スキャン,SIM 同時測定) |
| | 走査範囲及びモニタイオン | m/z 50-1000 モニタイオンは Insight レポートを参照ください |
| | イベント時間 | スキャン : 0.15sec,SIM:0.15sec |
| | イオン化法 | 電子イオン化 (EI) |
| エミッション電流 | 60 μ A(標準モード) | |

表3 成分表

| | 化合物 | 保持時間 | 臭いの種類 | 質量 | 確認イオン |
|----|--------------------------------|-------|-------------------------|-----|---------------|
| 1 | プロピオン酸 | 2.27 | 酢, 酢酸, 酪酸 | 73 | 74.00-45.00 |
| 2 | ペンタナール | 2.51 | チーズ, 油の酸化 | 58 | 57.00-44.00 |
| 3 | アセトイン | 2.63 | ヨーグルト, バター | 88 | 45.00-43.00 |
| 4 | メチルメタクリレート | 2.67 | アクリル樹脂 | 69 | 100.00-99.00 |
| 5 | ジメチルジスルフィド | 3.25 | 硫黄, 玉ねぎ, 腐ったキャベツ | 94 | 79.00-61.00 |
| 6 | イソ酪酸 | 3.33 | チーズ, ヨーグルト | 73 | 88.00-43.00 |
| 7 | 酢酸-sec-ブチル | 3.47 | 甘い溶剤 | 87 | 43.00-56.00 |
| 8 | 1-ペンタノール | 3.69 | ブタノール | 70 | 55.00-42.00 |
| 9 | トルエン | 3.75 | 溶剤, ペンキ, シンナー | 91 | 65.00-51.00 |
| 10 | 5-ヘキセン-2-オン | 3.85 | セメダイン, ゴム, 甘いメロン, 酢酸エチル | 55 | 83.00-98.00 |
| 11 | 酪酸 | 3.97 | チーズ, ヨーグルト | 60 | 73.00-55.00 |
| 12 | 2-ヘキサノン | 4.19 | シンナー, セメダイン, 熟したメロン | 100 | 58.00-85.00 |
| 13 | メシチルオキサイド | 4.43 | 甘い溶剤 | 83 | 98.00-55.00 |
| 14 | ヘキサナール | 4.53 | 油, フライ油 | 56 | 82.00-72.00 |
| 15 | 酢酸-n-ブチル | 4.96 | バナナ | 43 | 56.00-73.00 |
| 16 | 2-メチルピラジン | 5.27 | 落花生, 雑巾 | 94 | 67.00-53.00 |
| 17 | イソ吉草酸 | 5.85 | 酸, 足の裏, ブルーチーズ | 60 | 87.00-69.00 |
| 18 | 2-メチル酪酸エチル | 6.12 | リンゴ | 102 | 115.00-85.00 |
| 19 | 2-メチル酪酸 | 6.16 | 酸, 足の裏, ブルーチーズ | 74 | 87.00-57.00 |
| 20 | エチルベンゼン | 6.49 | 溶剤, ペンキ, キシレン | 91 | 106.00-77.00 |
| 21 | プロピレングリコール-1-モノメチルエーテル-2-アセテート | 6.64 | 溶剤 | 43 | 58.00-72.00 |
| 22 | m-キシレン | 6.77 | 溶剤, ペンキ | 91 | 106.00-77.00 |
| 23 | p-キシレン | 6.80 | 溶剤, ペンキ | 91 | 106.00-77.00 |
| 24 | 吉草酸 | 7.10 | 酸, 足の裏, ブルーチーズ | 60 | 73.00-55.00 |
| 25 | 3-ヘプタノン | 7.16 | 熟したメロン | 57 | 85.00-72.00 |
| 26 | 2-ヘプタノン | 7.29 | 甘い溶剤 | 58 | 114.00-99.00 |
| 27 | スチレン | 7.38 | 樹脂, 発泡スチロール | 104 | 78.00-103.00 |
| 28 | o-キシレン | 7.41 | 溶剤, ペンキ | 91 | 106.00-65.00 |
| 29 | ブチルセロソルブ | 7.70 | 溶剤 | 57 | 100.00-75.00 |
| 30 | エトキシエチルアセテート | 7.72 | 溶剤 | 72 | 59.00-43.00 |
| 31 | 2-エチルピラジン | 7.99 | 落花生, ナッツ, ローストアーモンド | 107 | 108.00-80.00 |
| 32 | 2,3-ジメチルピラジン | 8.04 | 落花生, ナッツ | 108 | 67.00-109.00 |
| 33 | ジエチルジサルファイド | 8.19 | ニンニク, ガス, ニラ | 122 | 94.00-66.00 |
| 34 | α -ピネン | 8.53 | 柑橘, 木 | 93 | 121.00-136.00 |
| 35 | β -ピネン | 8.53 | 柑橘, 木 | 93 | 121.00-136.00 |
| 36 | イソカブロン酸 | 8.81 | 酸, 足の裏, ブルーチーズ | 57 | 73.00-83.00 |
| 37 | 2-ヘプテナール | 9.03 | 油の酸化, ゴマ | 83 | 97.00-68.00 |
| 38 | 5-メチル-2-フルフラール | 9.15 | 焦げ | 110 | 109.00-81.00 |
| 39 | ベンズアルデヒド | 9.20 | 杏仁豆腐, ビターアーモンド | 106 | 77.00-105.00 |
| 40 | ジメチルトリスルフィド | 9.40 | 硫黄, タクアン | 126 | 111.00-79.00 |
| 41 | カブロン酸 | 9.55 | 酸, ドライフルーツ | 60 | 87.00-73.00 |
| 42 | フェノール | 9.62 | 樹脂 | 94 | 66.00-65.00 |
| 43 | メチルスチレン | 9.67 | 発泡スチロール | 118 | 103.00-115.00 |
| 44 | 2-オクタノン | 9.79 | チーズ, フルーツ | 58 | 43.00-128.00 |
| 45 | o-クロロフェノール | 9.84 | 消毒, 塩素 | 128 | 100.00-92.00 |
| 46 | 2-n-プロピルピリジン | 9.92 | 落花生, ナッツ | 93 | 120.00-106.00 |
| 47 | オクタナール | 10.13 | 柑橘, ミカンの皮 | 84 | 56.00-110.00 |
| 48 | ヘキシルアセテート | 10.31 | 洋ナシ | 84 | 69.00-56.00 |
| 49 | 2,4-ヘプタジエナール | 10.31 | 柑橘 | 81 | 110.00-79.00 |
| 50 | p-ジクロロベンゼン | 10.42 | 防虫剤 | 146 | 111.00-75.00 |
| 51 | 5-エチル-2-メチルピリジン | 10.58 | 落花生, 雑巾 | 121 | 106.00-77.00 |
| 52 | 2-エチル-1-ヘキサノール | 10.68 | 樹脂, カーペット, 車 | 83 | 57.00-70.00 |
| 53 | リモネン | 10.74 | 柑橘 | 93 | 121.00-136.00 |
| 54 | シネオール | 10.80 | ハッカ | 139 | 111.00-154.00 |
| 55 | ベンゼンメタノール | 10.82 | バラ | 108 | 77.00-90.00 |
| 56 | フェニルアセトアルデヒド | 11.03 | ハチミツ, 菜の花 | 91 | 120.00-65.00 |
| 57 | サリシルアルデヒド | 11.05 | 樹脂の焦げ, 辛い | 122 | 121.00-104.00 |
| 58 | o-クレゾール | 11.19 | 消毒, 獣 | 108 | 77.00-90.00 |
| 59 | アセトフェノン | 11.50 | 樹脂, さくらんぼ (チェリー) | 105 | 120.00-77.00 |
| 60 | 1-オクタノール | 11.54 | カメムシ, 酸化した油 | 56 | 70.00-84.00 |
| 61 | o-プロモフェノール | 11.54 | 消毒, 塩素 | 172 | 174.00-93.00 |
| 62 | 5-ノナン | 11.56 | 甘い, フルーツ | 85 | 142.00-100.00 |
| 63 | エナント酸 | 11.56 | チーズ, ドライフルーツ | 60 | 87.00-101.00 |
| 64 | p-クレゾール | 11.60 | 消毒, 獣 | 107 | 77.00-90.00 |
| 65 | m-クレゾール | 11.62 | 消毒, 獣 | 108 | 107.00-79.00 |
| 66 | 6-クロロ-o-クレゾール | 11.76 | 消毒, 塩素 | 107 | 142.00-77.00 |
| 67 | ベンジルメチルカプタン | 11.85 | エポキシ接着剤, 硫黄 | 91 | 77.00-65.00 |
| 68 | グアヤコール | 11.89 | スモーク, 正露丸 | 109 | 53.00-81.00 |
| 69 | 3-エチル-4-メチルピリジン | 11.89 | タバコ, ピリジン | 121 | 106.00-79.00 |
| 70 | 2-メトキシ-3-イソプロピルピラジン | 11.91 | ゴボウ, ビーマン | 137 | 152.00-124.00 |
| 71 | 2-ノナン | 11.93 | チーズ, ヨーグルト | 58 | 71.00-142.00 |
| 72 | ソルビン酸エチル | 12.07 | 甘い, カaramel | 140 | 125.00-95.00 |
| 73 | リナロール | 12.11 | フローラル | 93 | 121.00-136.00 |
| 74 | 2-ノナノール | 12.13 | カメムシ, 油 | 45 | 98.00-129.00 |

| | 化合物 | 保持時間 | 臭いの種類 | 質量 | 確認イオン |
|-----|---------------------|-------|-------------------------|-----|---------------|
| 75 | 2-フェニルエタノール | 12.38 | ハチミツ, 菜の花 | 92 | 122.00-103.00 |
| 76 | 1,2,4,5-テトラメチルベンゼン | 12.47 | コールドタール, 石油 | 119 | 134.00-115.00 |
| 77 | イソホロン | 12.58 | 薬品, 焦げた樹脂, 弱いハッカ | 82 | 138.00-95.00 |
| 78 | ベルペノール | 12.97 | ハッカ, メントール, ユーカリ | 94 | 109.00-137.00 |
| 79 | カンファー | 13.10 | 防虫剤, ハッカ, 樟脳 | 95 | 152.00-108.00 |
| 80 | 2-ノネナール | 13.22 | カメムシ, 油の酸化, 枕, バジヤマ | 83 | 96.00-70.00 |
| 81 | p-エチルフェノール | 13.31 | 獣, 絨毯, 羊毛 | 107 | 122.00-77.00 |
| 82 | オクタン酸 | 13.33 | 綿実油, 油様酸, 酸化した油 | 73 | 101.00-115.00 |
| 83 | 2,4-ジクロロフェノール | 13.43 | 消毒, 農薬 | 162 | 126.00-98.00 |
| 84 | 2,3-キシレノール | 13.52 | 溶剤, ベンキ, 石油 | 107 | 122.00-91.00 |
| 85 | 2-イソブチル-3-メトキシピラジン | 13.52 | ゴボウ, ビーマン, 土 | 124 | 151.00-94.00 |
| 86 | ボルネオール | 13.54 | カビ, 目薬, 墨汁 | 95 | 110.00-139.00 |
| 87 | L-メントール | 13.60 | ハッカ | 95 | 123.00-138.00 |
| 88 | 2-ブロモ-p-クレゾール | 13.63 | 消毒, 樹脂 | 186 | 188.00-107.00 |
| 89 | ナフタレン | 13.83 | 防虫剤, ナフタレン, 口臭 | 128 | 102.00-126.00 |
| 90 | 2-メチルイソボルネオール | 13.86 | カビ, 目薬, 墨汁 | 95 | 135.00-150.00 |
| 91 | サリチル酸メチル | 13.88 | 湿布, サロンパス | 120 | 152.00-65.00 |
| 92 | α -テルピネオール | 13.90 | 柑橘, 木 | 136 | 59.00-43.00 |
| 93 | p-ジブロモベンゼン | 13.95 | 防虫剤, パラゾール, 塩素系溶剤, スチレン | 236 | 155.00-75.00 |
| 94 | n-デカナール | 14.00 | 柑橘 | 57 | 112.00-128.00 |
| 95 | 2,6-ジクロロフェノール | 14.03 | 消毒, 塩素, カルキ | 162 | 164.00-126.00 |
| 96 | ベルペノン | 14.16 | 柑橘, 木, ヒノキ, 杉 | 107 | 135.00-150.00 |
| 97 | 2,4-ノナジエナール | 14.19 | 油, フライ油 | 81 | 53.00-67.00 |
| 98 | 2-フェノキシエタノール | 14.27 | 弱いバラの香り, 弱いハチミツ | 94 | 45.00-107.00 |
| 99 | ベンゾチアゾール | 14.51 | 機械油 | 135 | 108.00-91.00 |
| 100 | フェニル酢酸 | 14.61 | ハチミツ | 91 | 136.00-92.00 |
| 101 | ベンジルアセトン | 14.67 | フルーツ, パイン | 148 | 105.00-133.00 |
| 102 | ゲラニオール | 14.74 | バラ | 123 | 111.00-69.00 |
| 103 | γ -オクタラクトン | 14.85 | ピーチ, マンゴー | 85 | 100.00-124.00 |
| 104 | p-プロピルフェノール | 14.85 | 樹脂, 獣 | 107 | 136.00-77.00 |
| 105 | カプロラクタム | 14.87 | 杏仁豆腐, ベンズアルデヒド | 113 | 56.00-84.00 |
| 106 | ペラルゴン酸 | 14.92 | ドライフルーツ様酸 | 73 | 115.00-129.00 |
| 107 | 2-デセナール | 14.93 | カメムシ, 油の酸化 | 70 | 110.00-121.00 |
| 108 | 4,6-ジクロロ-o-クレゾール | 14.97 | 消毒 | 141 | 176.00-111.00 |
| 109 | p-エチルグアヤコール | 15.19 | スモーク, 焦げ | 137 | 152.00-122.00 |
| 110 | 2,4-ジクロロアニソール | 15.38 | カビ | 176 | 161.00-133.00 |
| 111 | 2-ウンデカノン | 15.40 | チーズ, フルーティー | 71 | 112.00-170.00 |
| 112 | インドール | 15.54 | 防虫剤, ナフタレン, 口臭 | 117 | 90.00-63.00 |
| 113 | 2-メチルナフタレン | 15.66 | コールドタール, 重油 | 142 | 141.00-115.00 |
| 114 | 2,4-デカジエナール | 15.84 | キュウリ | 81 | 152.00-95.00 |
| 115 | 1-メチルナフタレン | 15.93 | コールドタール, 重油 | 142 | 115.00-89.00 |
| 116 | 2,4,6-トリクロロアニソール | 16.08 | カビ | 195 | 210.00-167.00 |
| 117 | オイゲノール | 16.39 | 木 | 164 | 149.00-131.00 |
| 118 | カブリン酸 | 16.41 | 蠟 | 73 | 129.00-143.00 |
| 119 | 2,4-ジブロモフェノール | 16.41 | 消毒 | 252 | 250.00-171.00 |
| 120 | 2,4,6-トリクロロフェノール | 16.45 | 消毒, 樹脂 | 196 | 160.00-198.00 |
| 121 | 1-ウンデカノール | 16.62 | 柑橘, カメムシ | 83 | 126.00-111.00 |
| 122 | 4,5-エボキシデセナール | 16.75 | 金属, カーベット, 中華鍋, 印刷カタログ | 68 | 81.00-152.00 |
| 123 | 2,6-ジブロモフェノール | 16.89 | 消毒, 塩素, カルキ | 252 | 250.00-143.00 |
| 124 | スカトール | 16.98 | 防虫剤, ナフタレン, 口臭 | 130 | 131.00-103.00 |
| 125 | メチルオイゲノール | 17.02 | 木, サウナ | 178 | 163.00-147.00 |
| 126 | バニリン | 17.08 | バニラ | 152 | 123.00-109.00 |
| 127 | n-ドデカナール | 17.16 | 柑橘 | 82 | 57.00-96.00 |
| 128 | 2,4,6-トリクロロアニリン | 17.30 | カビ | 195 | 159.00-124.00 |
| 129 | p-プロモキシレノール | 17.31 | 消毒, 樹脂, 薬品 | 200 | 202.00-121.00 |
| 130 | α -イオン | 17.45 | スマイル, フローラル, 柔軟剤, リンス | 121 | 192.00-136.00 |
| 131 | ジオスミン | 17.48 | カビ, 下水管, 泥, 土 | 112 | 125.00-149.00 |
| 132 | クマリン | 17.79 | 桜餅 | 146 | 118.00-90.00 |
| 133 | イソオイゲノール | 17.80 | 木 | 164 | 149.00-131.00 |
| 134 | γ -デカラクトン | 18.01 | ピーチ, マンゴー | 85 | 128.00-100.00 |
| 135 | 1-ドデカノール | 18.05 | 蠟, ワックス | 111 | 140.00-83.00 |
| 136 | β -イオン | 18.26 | スマイル, フローラル, 柔軟剤, リンス | 177 | 192.00-162.00 |
| 137 | 2,6-ジブロモ-p-クレゾール | 18.49 | 消毒, 塩素, カルキ | 266 | 185.00-187.00 |
| 138 | ジブチルヒドロキシトルエン ; BHT | 18.54 | 樹脂 | 205 | 220.00-177.00 |
| 139 | 2-メチル-3-フリルジスルフィド | 18.98 | ビタミン (B1) | 113 | 226.00-85.00 |
| 140 | 2,4,6-トリブロモアニソール | 20.18 | カビ | 344 | 329.00-301.00 |
| 141 | ベンゾフェノン | 20.36 | 樹脂, 杏仁豆腐 | 182 | 105.00-77.00 |
| 142 | 2,4,6-トリブロモフェノール | 20.49 | 消毒, 樹脂 | 330 | 332.00-250.00 |
| 143 | 1-テトラデカノール | 20.71 | 蠟, 甘い油 | 97 | 111.00-125.00 |
| 144 | γ -ドデカラクトン | 20.79 | ピーチ, マンゴー | 85 | 128.00-110.00 |
| 145 | ジベンジルジサルファイド | 25.43 | ゴム | 91 | 246.00-181.00 |

表 4 分析条件

| | | |
|----------|--------------|--|
| TD 部 | チューブ加熱温度 | 280°C |
| | チューブデソープ流量 | 60mL/min |
| | チューブデソープ時間 | 5min |
| | トラップ冷却温度 | -20°C |
| | トラップ加熱温度 | 250°C |
| | トラップデソープ時間 | 5min |
| | ドライバージ | なし |
| | 捕集管 | TENAX-TA |
| | トラップ管 | TENAX-TA (PN S225-23328-41) |
| | バルブ保温温度 | 250°C |
| | トランスファライン温度 | 250°C |
| | ジョイント温度 | 250°C |
| | 内部標準 | ---- |
| | チューブ待機温度 | 40°C |
| トラップ待機温度 | 50°C | |
| GC 部 | 使用カラム | InertCap 5MS/Sil 長さ 30m 内径 0.32 mm 液相膜厚 0.5µm |
| | カラム温度 | 50°C(5min)→10°C/min→250°C(10min) |
| | キャリアガス | He |
| | キャリアガス制御 | 圧力一定 |
| | 入口圧 | 44.5kpa |
| | 注入方法 | スプリット法 |
| | スプリット比 | 5 |
| MS 部 | イオン源温度 | 200°C |
| | インターフェース温度 | 250°C |
| | 測定モード | FAAST(スキャン,SIM 同時測定) |
| | 走査範囲及びモニタイオン | m/z 45-500 |
| | イベント時間 | スキャン:0.1sec,SIM:0.3sec |
| | イオン化法 | 電子イオン化(EI) |
| | エミッション電流 | 60µA(標準モード) |

表5 分析結果(ピーク面積)

| ID | 化合物名 | STD | BL1 | BL2 | 25°C_12L | | 25°C_48L | | 25°C_12L | | 25°C_48L | |
|----|---|---------|-------|-------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2-Ethyl-1-hexanol | 327858 | 8752 | 9062 | 700267 | 1180956 | 2978107 | 2568302 | 1692764 | 1009232 | 3759880 | 4069831 |
| 2 | Dodecamethylcyclodioxane | 347564 | - | - | 136530 | 229410 | 451305 | 404707 | 441010 | 288145 | 844467 | 953882 |
| 3 | Butyl hydroxy toluene | 346640 | - | - | 2313 | 6302 | 10957 | 11674 | 31277 | 22833 | 83862 | 115761 |
| 4 | Diethyl Phthalate | 441553 | 1547 | 5277 | 6324 | 9428 | 28438 | 22584 | 33788 | 24013 | 95892 | 120460 |
| 5 | 2,2,4-Trimethylpentane-1,3-diyl diisobutyrate | 693134 | 841 | 485 | 526575 | 868992 | 2198535 | 1924359 | 1911506 | 1138671 | 4284752 | 4666404 |
| 6 | n-Hexadecane | 464415 | 1676 | 918 | 24921 | 41397 | 115980 | 97255 | 121469 | 78258 | 307489 | 364211 |
| 7 | Tri-n-butyl phosphate | 114416 | - | - | 869 | 1779 | 5033 | 4895 | 7052 | 4510 | 24047 | 30115 |
| 8 | 4-bromodiphenyl ether | 30149 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1468 | 1993 |
| 9 | Tris(2-chloroethyl)phosphate | 84755 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Di-n-butyl adipate | 225314 | - | - | - | - | - | - | 1620 | 1474 | 6372 | 10025 |
| 11 | 2,4-dibromodiphenyl ether | 46729 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 1,2-Dibrom-4-(1,2-dibromethyl) cyclohexan | 462954 | - | - | - | - | - | - | 1037 | 710 | 2516 | 3425 |
| 13 | Di-n-butyl phthalate | 824141 | 17305 | 15940 | 117886 | 189206 | 398467 | 369054 | 539072 | 325438 | 1215155 | 1289902 |
| 14 | 4,4'-dibromodiphenyl ether | 42595 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 1,2-Dibrom-4-(1,2-dibromethyl) cyclohexan | 91830 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | Pentabromobenzene | 62098 | - | - | - | - | - | - | 110 | 54 | 160 | 179 |
| 17 | n-Eicosane | 458706 | 3006 | 573 | 8147 | 13790 | 37154 | 33559 | 56927 | 32589 | 135108 | 137332 |
| 18 | 2,4,4'-tribromodiphenyl ether | 15840 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | 2,2',4-tribromodiphenyl ether | 16597 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | Tris (1,3-dichloroisopropyl) phosphate | 93310 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | Triphenyl phosphate | 2315105 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | Di (2-ethylhexyl) adipate | 349122 | - | - | 4135 | 10001 | 28309 | 27497 | 53703 | 32305 | 140053 | 164013 |
| 23 | Di (2-ethylhexyl) phthalate | 468075 | 23888 | 12926 | 83344 | 151557 | 208958 | 182490 | 388824 | 248938 | 899664 | 1047815 |
| 24 | 2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether | 8079 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 2-Ethylhexyl tetrabromobenzoate | 1757162 | 2281 | 297 | 3086 | 4005 | 1024 | 1093 | 2600 | 5613 | 1824 | 1739 |

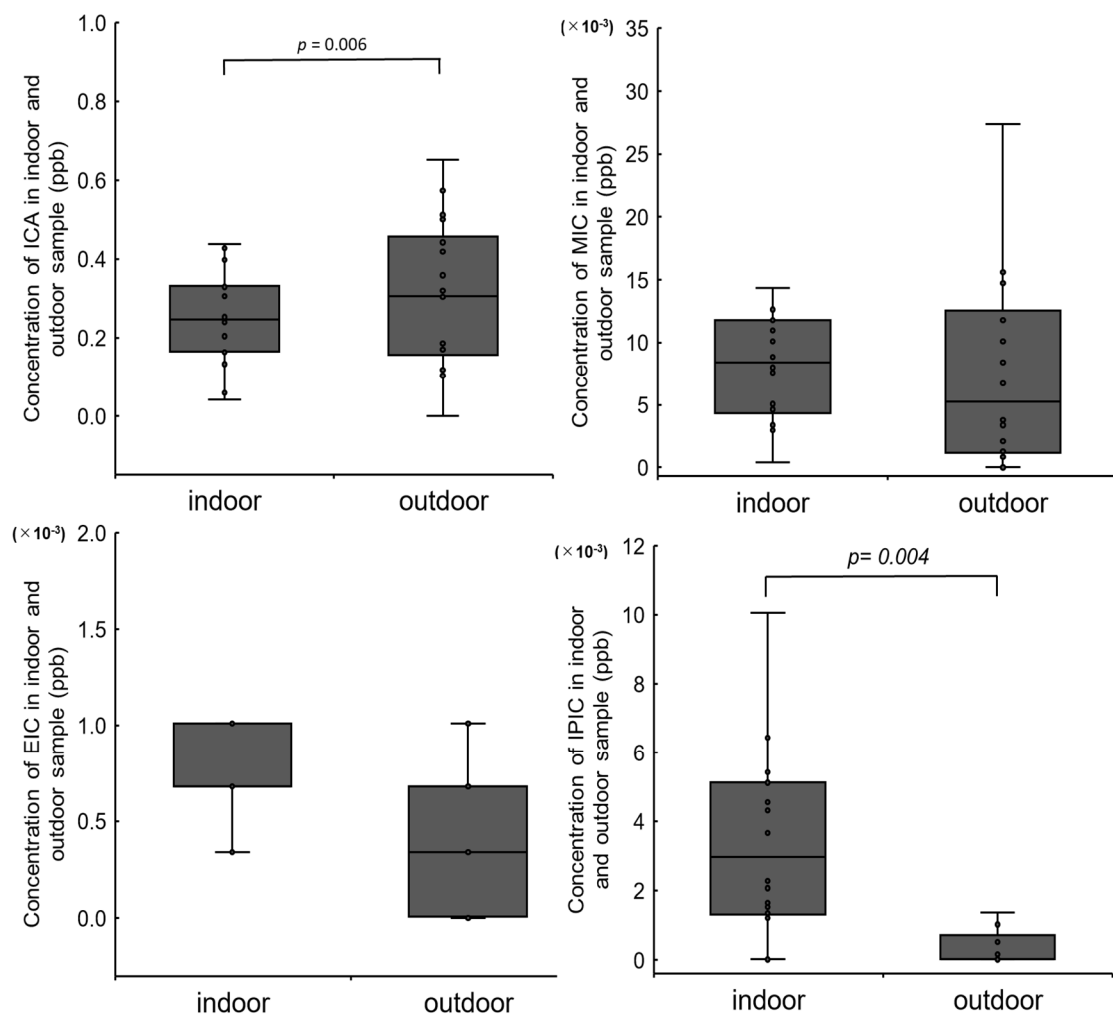


図1 室内外のイソシアネート濃度

(このページは空白です)