

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

旅館業法及び興行場法の施設における感染防止対策等を含む衛生管理の推進のための研究
加熱脱着-ガスクロマトグラフ質量分析計(TD-GC/MS)を用いた興行場における
室内空气中揮発性成分の実態把握

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、有害性のある多種多様な化学物質が存在し、日常的な曝露による健康影響との関連が指摘されている。本研究の調査対象である興行場や宿泊施設など、不特定多数の人々が利用する公共の施設は、様々な発生源に伴う化学物質のヒトへのばく露が懸念されると共に、悪臭なども問題とされるため、衛生上の管理及び対策が日々行われている。こうした中、興行場では4D演出に伴い、観覧場内では様々な香料が使用されるようになったことから、衛生管理の対象の一つとして関心が高まると共に、実態の把握が急務とされている。そこで本研究では、加熱脱着-ガスクロマトグラフ質量分析計(TD-GC/MS)及び異臭分析システム((株)島津製作所)を用い、室内濃度基準値が設定される揮発性の有機化合物をはじめ、過去の異臭問題で特定された異臭成分を含む145成分を対象に、映画館の観覧場における空气中的成分を評価した。

空気捕集には Tenax TA を充填した捕集管を用い、各演目ごとに空気のサンプリングを行った。採取した試料については、TD-GC/MS 及び異臭分析システムにより揮発性成分の同定を行い、空气中成分の特性評価を実施した。

その結果、4D 及び 2D の各観覧場において検出される成分はほぼ共通しており、使用した異臭データベースに登録された 145 成分のうち、4D 及び 2D の両観覧場で検出された成分は 65 成分であった。これらは臭いの分類に基づき、カビ系(2種)、果物系(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)に分類され、果物系および溶剤・油系の成分が比較的多く検出された。これらの成分は、上映中の飲食行動や衣類を介した持ち込みなど利用者の行動に由来するもの、ならびに建材や設備・機材等に由来するものと考えられた。一方、住宅やオフィスなどの一般的な室内環境と比較したところ、映画館の試料では検出される成分の種類が多く、他の環境と比較しても相対的に高濃度を示す特異的な成分の存在が確認された。本調査で検出された成分の濃度は、島津製作所の異臭データベースに基づく判定量により算出したものであるが、室内濃度指針値等が設定されている物質についてはいずれも概ね基準値を下回っていた。

本調査データについては、測定回数に限られていることに加え、季節や施設の稼働状況、清掃方法など管理方法の違いによって数値が変動する可能性がある。そのため、今後は他の施設や異なる時期においても継続的に調査を実施し、データの蓄積を図ることが必要である。

A. 研究目的

日常生活では、利便性の高い様々な化学物質が利用されている一方で、日常的にこうした化学物質にばく露されることで、不快に感じたり健康影響を引き起こすことが懸念されている。興行場は、不特定多数の人々が利用する場であり、特に映画館では、近年、上映形態が変化している。4D の上映では、水の噴霧や香料の散布、振動や風などの多様な演出が取り入れられており、これらのエフェクトが空気中や座席周辺の衛生状態に影響を与える可能性がある。また、幅広い世代を対象とした娯楽施設として利用される他、飲食も可能であることから食べ物に由来した臭いの成分など、多種多様な化学物質による影響があると考えられる。さらに、近年、臭いに対する香害を訴える患者が増加傾向にあり、香水などに含まれる合成香料(化学物質)によって、不快感や様々な健康被害が生じ、化学物質過敏症が懸念されるなど、社会問題にもなっている¹⁾。

そこで本研究では、TD-GC/MS と異臭分析システムを用い、映画館の空気中の揮発性成分について、スクリーニング評価を行い空気環境の実態を調べることとした。

B. 研究方法

B1. 対象施設

本調査で測定を実施した施設は、映画館、オフィス、一般住宅である。それぞれの建物の概要を以下に示す。

映画館：商業施設内に設置された映画館の 4D 及び 2D 観覧場。

オフィス：鉄筋コンクリート造 5 階立て、築 23 年ビル内の一室。

一般住宅：コンクリート造 7 階立て、築 9 年の集合住宅のリビング。

B2. 対象物質

スクリーニング評価の対象は、TD-GC/MS/異臭分析システム (TD-GCMS-QP2020 NX, (株) 島津製作所) に登録された 145 成分である²⁾。

B3. 捕集方法

空気試料の捕集には、280°C でコンディショニングを行った Tenax TA を充填した捕集管を用い、流速 100 ml/min で 2 時間 (12 L) 捕集した。

B4. 揮発性成分のスクリーニング評価

空気を捕集した Tenax TA 捕集管を TD-GCMS/異臭分析システムで分析した。解析に使用した異臭データベースに含まれる主要な臭い成分を表 1 に示す。また、このときの分析条件を表 2 に示す。

C. 研究結果及び考察

C1. 揮発性成分のスクリーニング評価

はじめに、空気試料に含まれる成分や濃度の特徴を把握するため、映画館の室内空気から検出される揮発性成分のスクリーニング評価を行った。ここでは、検出された成分間の出現パターンやサンプル間の特徴を把握しやすくするため、検出された成分の濃度差が色調で表現されるヒートマップに示した (図 1)。その結果、対象とした多くの成分が 4D 及び 2D の映画館で検出され、いずれも同様な成分が検出される傾向が見られた。また、対象とした 145 成分のうち、今回検出された成分は 65 種あり、臭いに関するカテゴリーに分類すると、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 (2E1H) については、プラスチックに使用される可塑剤が加水分解されることで生成されるものや、接着剤、塗料などが発生源となっていると知られている。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となる可能性も考えられた。

一方、映画館との比較対象として測定を行った住宅やオフィスの空気中からは、映画館に比べて検出される成分や濃度は低い傾向にあったものの、検出された成分の中には、映画館よりも特異的に高い濃度のものも検出された。特に、フェノール、オクタノール、クレゾール、3-エチニルピリジン、フルフラール、ピリジン、5-メチルフルフラール、リナロールについては、加熱式たばこから発生することが知られており³⁻⁵⁾、加熱式たばこを使用するオフィスで比較的高く検出された。本調査で検出された成分の濃度は、島津製作所の異臭データベースに基づく判定量により算出したものであるが、室内濃度指針値等が設定されている物質については概ね基準値を下回っていた。

D. 結論

本調査において映画館で検出された空気中成分については、主に飲食物の持ち込みや衣類への付着など利用者の行動に由来する要因、ならびに建材や設備・機材等に由来する要因の影響が比較的大きいものと考えられた。検出された成分の中には有害性が指摘されている物質も含まれていたが、いずれの成分についても室内濃度指針値または関連する基準値を上回るものは認められなかった。

一方で、映画館を含む興行場は不特定多数の人々が継続的に利用する施設であることから、良好な空気環境を維持するためには、平常時からの継続的な衛生管理が重要であると考えられる。今後は、他の施設や異なる時期においても継続的に調査を実施し、データの蓄積を図るとともに、実態把握の精度向上に努めていく必要がある。

E. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

F. 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) 香害：甘い香りが引き起こす新たな空気公害
https://www.nippon.com/ja/indepth/d00703/?cx_recs_click=true（閲覧日：2025年3月3日）
- 2) 戸次加奈江. 加熱脱着 GCMS を用いた空気中
のにおい成分に関する分析. 厚生労働科学研究費
補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業 興
行場における衛生的な環境確保のための研究（研
究代表者：開原典子<21LA1005>）分担研究報告
書
- 3) Maeder S, Jeannot C. A Comparative
Assessment of the FDA List of 93 HPHCs in
Aerosol Generated by Tobacco Heating System
2.2 versus 3R4F Reference Cigarette Smoke.
Chem Res Toxicol 2025. 38(6):1037-1045.
- 4) Uchiyama S et al., Chem Res Toxicol. 2018,
31(7): 585-593.
- 5) Bekki K., et al., Environ Health Prev Med
2021, 26(1): 89.

表1 異臭データベース対象成分

分類	化合物
カビ系	2,4,6-トリクロロアニソール,ボルネオール
果物	β -ピネン,オクタナール,n-デカナール,ペラルゴン酸,カプロン酸,n-ドデカナール,3-ヘプタノン,アセトフェノン, α -ピネン,2-ウンデカノン,エナント酸,ヘキシルアセテート,2-オクタノン,2-メチル酪酸エチル,ベルベノン, γ -オクタラクトン,1-ウンデカノール, γ -デカラクトン
食品・植物系	フェノール,リナロール,ベンゼンメタノール,カプロラクタム,サリシルアルデヒド,ベンゾフェノン,2-メチルピラジン,酪酸,2-メチル酪酸,2-エチル-1-ヘキサノール,フェニルアセトアルデヒド,2-フェニルエタノール,クマリン
その他	5-メチル-2-フルフラール,グアヤコール
防虫剤系	L-メントール,p-ジクロロベンゼン,カンファー,ナフタレン,サリチル酸メチル,ベルベノール
溶剤・油系	ヘキサナール,1-ドデカノール,m-キシレン,ベンゾチアゾール,オクタノ酸,トルエン,ブチルセロソルブ,1-オクタノール,o-キシレン,1-テトラデカノール,2,4-ノナジエナール,メチルメタクリレート,2-ヘキサノン,2-ノネナール,メシチルオキサイド,スチレン,1-ペンタノール,2-ヘプタノン,1,2,4,5-テトラメチルベンゼン,2-メチルナフタレン,p-キシレン,2-デセナール,1-メチルナフタレン

表 2 分析条件(TD-GC/MS/異臭分析システム)

機器	項目	設定値
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
	ドライパージ	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)

