

看護・介護現場の快適空間化を目指した「消臭機能の設計」

色染化学チーム 緒方規矩也

要 旨

看護・介護現場に適した消臭製品の開発に資するため、介護環境に存在する臭気物質の定性的な調査を行った。調査は京都府内にある介護施設の協力のもと施設内3カ所の部屋で実施した。臭気物質の採取は吸着材を用いたパッシブサンプリング法で行い、捕集した臭気物質を加熱脱着ガスクロマトグラフ質量分析法により分離分析した。得られたクロマトグラムを解析した結果、3カ所で合計159種類の物質が検出された。このうちの33種が3カ所で共通して検出された。これらのうち、特異臭を有することが知られるカプロン酸とヘキサナールに対して、ISO17299-3のプロトコルをベースとした前処理を行い、分析条件を検討した。その結果、これらの物質を標的とした消臭性能評価への応用が期待できる分析条件が見出された。

1. 緒言

現在我が国では世界に類を見ないスピードで高齢化が進行しており、今後も高齢者率の増加傾向は続くと言われている¹⁾。これを受けて京都市は介護ビジネスを新たな成長分野と位置付け、介護ビジネスへの新規参入を目指す市内企業への支援施策として「新しい介護支援ビジネス創出研究会」を立ち上げた。この研究会には京都市産業技術研究所（以下 産技研）も参画している。研究会が行った介護施設に対するニーズ調査により、看護、介護の現場では臭いが大きな問題となっており、「消臭」に商機が見込まれることが判明した。

消臭製品の開発においては、トイレ用、自動車用など環境に応じた消臭機能の設計が重要となる。しかしながら、看護・介護現場に存在する臭気物質については、現在詳細なデータが公になっておらず、消臭機能の設計指針を立てることが困難な状況にある。

また消臭製品の性能評価に関する課題も存在する。現在、消臭製品の性能評価規格としては繊維製品用のISO17299や空気清浄機用のJEM1467などがあるが^{2,3)}、これらは評価対象がアンモニアや吉草酸など特定の臭気物質に限定される。それに対し、実際に消臭製品が必要とされる環境では、種々の臭気物質が混在しており、特定の物質に有効というだけでは実用上の性能を担保できない。そのため、介護現場の環境改善に有効な製品を開発するには、環境中に存在する種々の臭気物質に対する消臭効果を評価できる方法が必要となってくる。

この状況を踏まえて、産技研では消臭製品開発を目指す市内企業を支援するために平成28年度から研究に取

り組んでいる^{4,5)}。

本報では上記の課題に対応するため、まず介護現場に存在する臭気物質の同定を目指し、京都府内の介護施設の協力のもと、施設内でのサンプリングを実施した。今回は環境中に存在する臭気物質について定性的な情報を調査することを目的とし、複数種類の吸着材を用いたパッシブサンプリング法による採取を行った。吸着材に捕集した成分は加熱脱着装置を用いて脱着し、ガスクロマトグラフ質量分析計（以下 GC-MS）にて分離分析した。

次に、介護現場から検出された臭気物質に対する消臭性能評価方法の開発に向けた実験を行った。対象となる物質に対して、GCを用いた消臭性能評価法であるISO17299-3のプロトコルをベースに前処理を行い、分析条件を検討した。また、検討した条件を用いて、臭気物質の量とガスクロマトグラムのピーク面積との関係を調査した。

2. 実験方法

2.1 試薬及び装置

大気採取には吸着特性が異なる3種類の吸着材、ジーエルサイエンス社製シリカモノリス捕集剤 MonoTrap® のRSC18 TD, RGC18 TD, RGPS TDをそれぞれ用いた。吸着材で捕集した物質を分析装置へ導入するにあたっては、ジーエルサイエンス社製の加熱脱着装置である HandyTD TD265を使用した。

消臭性能評価用の試薬は和光純薬株式会社製のものを使用した。臭気物質として、カプロン酸（特級）とヘキサナール（一級）を、臭気物質標準液を調製するための

溶媒としてはエタノール（特級）を用いた。

分析装置としては、株式会社島津製作所製の GC-MS である GCMS-QP5050A を用い、分離カラムにはアジレント社製の無極性キャピラリーカラム DB-5 MS（内径 0.25 mm、長さ 30m、膜厚 0.25 μ m）を採用した。

加熱脱着時の導入ガスおよび GC-MS 測定におけるキャリアガスには純度 99.9999% のヘリウムを用いた。

2.2 介護環境中に存在する臭気物質の捕集及び分析

大気中に存在する物質の捕集は京都府内の介護施設の協力のもと、施設内 3 カ所で行った。捕集箇所 A は一般居室、捕集箇所 B は短期入院用の病室、捕集箇所 C はオムツ交換用の処置室である。

3 種類の吸着材を 1 セットにしてカーテンレールの上や額縁の裏など、室内の目立たない箇所に設置し、およそ 1 カ月間大気中の物質を捕集した。捕集後は、吸着材を 1 つずつヘッドスペースバイアルに入れ、クリンパーでキャップし、密閉した状態で産技研に持ち帰り、分析を行った。

吸着材で捕集した物質は加熱脱着法により GC-MS に導入した。加熱脱着条件は、初期ガスパージ流量が 5ml/分、導入圧力は 100kPa、温度は初期加熱として 40 $^{\circ}$ C で 1 分間保持した後、45 $^{\circ}$ C / 秒で RSC18 TD および RGC18 TD は 200 $^{\circ}$ C、RGPS TD は 250 $^{\circ}$ C まで昇温し、1.5 分保持する設定とした。

ガスクロマトグラフ装置の分析条件はキャリアガスの流量を 1ml/分、線速度を 35cm/秒、スプリット比 1:10 でのスプリット注入とした。気化室温度は、各吸着材の性質に合わせ、RSC18 TD、RGC18 TD を測定する際には 200 $^{\circ}$ C、RGPS TD は 250 $^{\circ}$ C とした。カラムオープンの温度条件は 30 $^{\circ}$ C で 8 分保持した後 5 $^{\circ}$ C / 分で 150 $^{\circ}$ C まで加熱、そこから 30 $^{\circ}$ C / 分で 300 $^{\circ}$ C まで加熱し 8 分保持するように設定した。

質量分析においては、スキャンモードでの測定を行い、m/z 範囲は 10 ~ 300、検出器電圧は 1.3kV に設定した。

今回、検出されたピークの同定はライブラリ検索のみで行い、標準物質を用いた確認は行っていない。

2.3 介護現場から検出された臭気物質を対象とした分析

分析対象となる臭気物質には、介護施設内 3 カ所で共通して検出された物質のうち、特異臭を有することで知られる 2 つの物質、カプロン酸（図 1 (a)）とヘキサナール（図 1 (b)）を選択した。

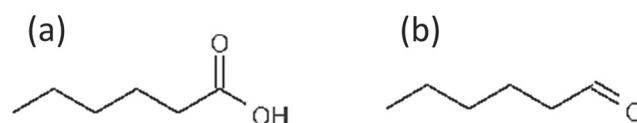


図 1 介護環境から検出された悪臭物質
(a) カプロン酸 (b) ヘキサナール

カプロン酸及びヘキサナールを 20g/L となるようにエタノールで希釈し、これらを臭気物質標準液とした。この臭気標準液を用いて、既報で行った実験⁵⁾と同様に、ISO17299-3 のプロトコルをベースとした前処理を実施し、GC-MS にて分析した。

GC-MS 測定条件は、試料の注入方法をスプリット注入（スプリット比 1:20）、気化室温度を 250 $^{\circ}$ C とした。オーブン温度及びカラム入口圧については各臭気物質のピークが溶媒ピークなどと重ならず、保持時間が 2 分から 3 分の間となるように調整した。ピーク位置の調整の際にはスキャンモード（m/z10 ~ 150）を用い、マススペクトルによって帰属に間違いがないことを確認しながら行った。消臭性能評価を行う際には、感度をあげるためにシングルイオンモニタリング（以下 SIM）モードで測定を行った。SIM モードにおけるモニタリングイオンは、各物質のマススペクトルのうち最も強度が大きいものを選択した。

次にこの条件を用いて、系内に添加する臭気物質の標準液濃度をそれぞれ 2, 5, 10, 20g/L に調整して分析を行い、添加した臭気物質の濃度と得られたクロマトグラムのピーク面積との関係について検討した。

3. 結果と考察

3.1 介護環境中から検出された臭気物質

測定により得られたクロマトグラムを解析した結果、施設内 3 カ所で合計 159 種類の物質が検出された。検出された物質には、臭気物質のみならずリナロールやユーカリプトールなどの香気物質も含まれていた。これらは臭気対策として設置されていた芳香剤に由来するものと考えられる。

今回の測定において施設内 3 カ所で 33 種類の物質が共通して検出された。この 33 種類の物質名、今回の分析条件における GC 保持時間、化学物質等安全データシート等によって調査した臭いの質について纏めたものを表 1 に示す。

表1 施設内3カ所で共通して検出された物質

保持時間(分)	物質名	臭い*
1.7	アセトン	ケトン臭
1.9	エタノール	芳香
2.7	酢酸	刺激臭
9.9	ヘキサナール	青葉・未熟な臭い
13.7	1,3-ブタンジオール	無臭
14.3	シクロヘキサノン	ハッカ臭
14.7	ヘプタナール	ツンとくる果実臭
15.1	3-メトキシ-3-メチルブタノール	かすかなエーテル臭
16.4	ベンズアルデヒド	芳香
16.9	カプロン酸	特徴的なヤギのような臭気
17.4	カルピトール	芳香
17.4	デカン	ガソリン臭
17.5	オクタナール	強い果実臭
18	2-エチル-1-ヘキサノール	バラを連想させる微芳香臭
18.1	ベンジルアルコール	芳香
18.8	アセトフェノン	クマリン様香気
19.5	ウンデカン	
19.6	ノナナール	柑橘～バラ臭
20.5	樟腦	特有の芳香
21	メントール	ハッカ、ペパーミント臭
21.3	ドデカン	
21.4	デカナール	脂肪酸臭、柑橘様臭
21.6	アロソール	かすかな芳香族臭
22.9	トリデカン	特異臭
23	ウンデカナール	脂肪臭およびバラに似た芳香
24.4	テトラデカン	
24.5	ドデカナール	強い脂肪臭
25.4	ドデカノール	僅かな特異臭(芳香)
25.7	ペンタデカン	
25.9	トリデカナール	脂肪臭、シトラス、グレープフルーツの花様の香気
27	ヘキサデカン	
29.4	ヘプタデカン	
39.1	スクアレン	特異臭

*臭いについての記載は安全データシートを参照した

これらは、今回測定した介護環境を特徴づける物質である可能性を有している。このことを明確化するためには、今後も分析調査を継続し、得られた結果を比較検討していくことが求められる。

また今回行った調査方法では、吸着材に捕集されない物質や、分解されやすい不安定な物質、質量分析計での感度が良好でない物質などは検出できない。そのため、一般的に介護現場の臭気の原因と考えられているアンモニアや硫化水素など⁶⁾は検出されなかった。

環境中に存在する臭気物質について更なる知見を得るためには、分析評価を継続し情報を蓄積していくことに加え、本報で用いたものとは異なる調査方法の併用も検討する必要がある。

3.2 ガスクロマトグラムのピーク面積と臭気物質濃度の関係

2.3によって調整した分析条件と、その条件におけるガスクロマトグラムのピーク保持時間を表2に示す。

この条件を用いた際の、ガスクロマトグラムのピーク面積と臭気物質濃度の関係について調査した結果を図2に示す。

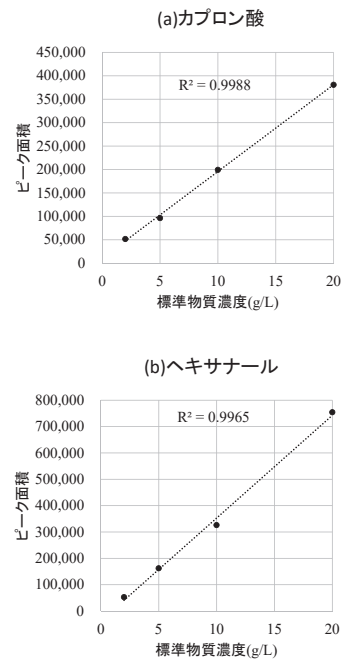


図2 標準液濃度がGC-MSピーク面積に与える影響

この図から、カプロン酸とヘキサナールのどちらにおいても、系内に添加した臭気物質濃度とピーク面積との間に強い相関があることが分かる。このことは消臭性能評価において、評価対象となる消臭繊維や消臭機能物質などの試料が系内の臭気物質濃度を減少させた場合、それがピーク面積の減少として分析結果に反映されることを示している。したがって、本研究で検討した分析方法はこれらの臭気物質を対象とした消臭性能評価に適応可能であると考えられる。

表2 各臭気成分の測定条件と保持時間

対象物質	カラム温度 (°C)	カラム入口圧 (kPa)	モニタリングイオン (m/z)	保持時間 (分)
カプロン酸	100	100	60	2.38
ヘキサナール	70	100	44	2.23

4. 結言

介護現場に存在する臭気物質を特定するために京都府内の介護施設の協力のもと、施設内3カ所で大気中の物質を捕集した。臭気物質の採取は吸着材を用いたパッシブサンプリング法で行い、捕集した物質は加熱脱着GC-MS法により各物質を分離分析した。得られたクロマトグラムを解析した結果、3カ所で合計159種類の物質が検出された。その中には臭気物質のみならず、香料に由来するとみられる物質なども含まれており、介護環境の複雑さが顕れた結果となった。このうちの33種が施設内の3カ所で共通して検出された。これらは、今回測定した介護環境を特徴づける物質である可能性を有している。

次に、この33種の物質の中で、特異臭を有することで知られるカプロン酸とヘキサナールを標的として、ISO17299-3のプロトコルをベースに前処理を行い、GC-MSによる分析条件を検討した。GC-MSのカラム入口圧やオープン温度を調整することで、1サイクル3分以内という短時間での分析が可能となった。またこの条件において、ガスクロマトグラムのピーク面積と臭気物質の濃度との関係を調査した結果、両者の間に強い相関が見られた。これは、本研究で検討した分析条件はこれらの臭気物質を対象とした消臭性能の評価に応用可能であることを示している。このように、対応可能な臭気物質の種類を増やすことによって、より実用的な消臭性能の評価が可能となる。

今後も継続して環境臭に関する知見を深め、消臭性能評価方法を開発していく。加えて、種々の消臭機能物質の性能を評価することで、各種臭気物質に対する性能を記録したデータベースの構築を目指す。これらの取り組みを進めることで、環境に応じた最適な機能物質の選定・配合、つまり消臭機能の設計が可能となり、消臭製品開発を目指す市内企業への支援基盤となる。

引用文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成29年推計）。
- 2) 国際標準化機構：ISO17299。
- 3) 一般財団法人日本電機工業会：日本電機工業会規格JEM1467 家庭用空気清浄機，p.22（2015）。
- 4) 緒方規矩也 他：京都市産業技術研究所研究報告，No.8，P.100（2018）。
- 5) 緒方規矩也 他：京都市産業技術研究所研究報告，

No.7，P.89（2017）。

- 6) 長谷博子 他：空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集，No.3，p.2069（2006）。