

看護、介護現場で活用可能な機能性繊維の開発による 快適空間の創造 (第2報)

色染化学チーム 緒方規矩也, 津村 幸夫

要 旨

空間中の臭気物質を定性分析する手段を確立するため、大気の採取方法を検討した。大気の採取には希薄な臭気を濃縮するため吸着材を用い、加熱脱着法でガスクロマトグラフ質量分析計へと導入した。採取は喫煙所で行い、タバコ燃焼ガスのデータと比較することで、測定条件の有用性を評価した。

分析の結果、喫煙所の大気からニコチンやトルエンなどタバコ燃焼ガスと共通する物質が複数検出された。このことから、本報で用いた測定条件の一定の有用性が示された。他方で、吸着材の種類などで結果に差異が見られたことから、大気を採取するには特性が異なる複数の方法を併用し、比較検討することの重要性が示された。

1. 緒 言

高齢社会における介護現場の環境改善に資するため、京都市産業技術研究所では平成28年度より消臭をテーマとした重点研究を行っている。

消臭繊維製品の開発においては「現場に存在する臭気成分の同定」と、それに応じた「適切な消臭機能加工剤の選定」が重要となる。既報ではこのうちの後者に資するべく、既存の評価規格では取り扱われない臭気成分を対象とした評価方法について検討し、有意な結果が得られる測定条件を見出した¹⁾。またそれを活用して機能加工布の評価も行い、使用した薬剤ごとの特性に関する情報を蓄積した。

一方で、消臭対策にとって重要となる「現場に存在する臭気成分」については、詳細な情報が公となっていない状況にある。それゆえ、現行の消臭製品開発においては、アンモニアなどの一般的な悪臭物質に対する検討しか行われておらず、現場における多種多様な臭気成分には対応できていなかった。このことから分かるように、介護現場の環境を改善する消臭製品を開発するためには、現場の空気を測定することで、そこに存在する臭気成分を明らかにし、除去すべき対象物質を選定する必要がある。

そこで本報では、介護現場での環境測定条件を検討するため、臭気の漂う環境のモデルケースとして喫煙所の空気を対象とした測定を行い、その結果について考察した。喫煙所を対象とした理由は、臭気が強い環境であることに加え、受動喫煙に関する法規制が厳しくなる中²⁾、タバコ臭そのものにも消臭のニーズが高まっており、本

報で得られた知見が企業のタバコ消臭製品の開発支援に繋がると期待したためである。

環境中の臭気成分を測定するにあたっては、大きな課題が2つ存在する。1つは、最新の測定機器にも勝る人の嗅覚である。極端な例ではあるが、イソアミルメルカプタンに対する人の嗅覚閾値は0.77pptとの測定結果が出ている³⁾。このことは、人が知覚できる臭気であっても、機器分析においては検出限界を下回り、測定ができないケースの存在を示している。

もう1つは、現場に存在する成分の複雑さである。臭いを感じさせる物質は30万種とも40万種ともいわれており⁴⁾、我々が日常的に感じている臭気は、これらの化合物がいくつか混合したものである。また、環境中には無臭の成分も存在するため、それらの中から悪臭の原因となる成分を特定する手段を講じる必要がある。

これらの課題を解決するため、以下の手法を検討した。まず、環境中の希薄な臭気成分を濃縮するため、吸着材を用いて浮遊する成分を吸着、捕集した。次いで、加熱脱着法により捕集した成分をガスクロマトグラフ(GC)に導入し、カラムによる分離を行った。最後に、分離された成分を質量分析計(MS)にかけ、そのスペクトルを解析し、個々の成分の同定を試みた。

本報では上記の手法によって得られた環境測定に関する知見を報告する。

2. 実験方法

2.1 吸着材

吸着材は吸着特性の異なるものを複数種使用した。使

用した吸着材は、信和化工株式会社製試料濃縮注射針 NeedlEx の有機溶媒用（以下 VOC）、トリメチルアミン用（TMA）、脂肪酸用（FAT）、アルコール用（ALC）および、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（RSC18）、RGC18 TD（RGC18）、RGPS TD（RGPS）の計 7 種類である。

2.2 大気の採取条件

NeedlEx は、北川式ガス採取器 AP-20N を用いて大気を採取した。

MonoTrap ではジーエルサイエンス株式会社製の大気サンプリングポンプ SP208-1000Dual II を用いて大気を採取した。採取方法は図 1 に示すような系にて、ポンプで大気を吸引し、その流路にある吸着材と接触させることで大気中の物質を吸着させた。

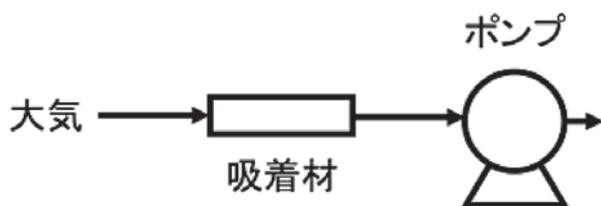


図 1 大気中の成分を採取する際の流路図

比較用のデータとなるネガティブコントロール試験（NC）には、タバコの燃焼ガスを利用した。内寸が 260 × 180 × 260mm の V-1 型真空デシケーター内部でタバコを 1 本分燃焼させ、発生したガスをガスタイトシリンジで 1ml 採取し、機器分析に供した。タバコの銘柄は、一般財団法人日本電機工業会の家庭用空気清浄機に関する規格 JEM1467⁵⁾ の脱臭性能試験に用いられる銘柄と同一ものを使用した。

2.3 試料導入条件

吸着材で捕集した物質を加熱することで吸着した成分を脱着し、機器分析に供した。

NeedlEx で捕集した成分の脱着には、GC の注入口気化室の温度を利用した。NeedlEx を 1ml のガスタイトシリンジに接続し、テドラーバッグから窒素ガス 1ml を吸引した。その後、GC の注入口に根元まで挿入し、プランジャーを 10 秒かけてゆっくりと押し込み、捕集された成分を分析装置に導入した。各吸着材における注入口の温度条件は 2.4 分析条件の項に記載する。

MonoTrap に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、導入ガスには純度 99.9999% のヘリウムを用いた。導入条件は、初期ガスパーズ流量が 5ml/分、導入圧力は 100kPa、温度は初期加熱として 40℃ で 1 分間保持した後、45℃ / 秒で RSC18 および RGC18 は 200℃、RGPS は 250℃ まで昇温し、1.5 分保持する設定とした。

2.4 分析条件

分析装置として株式会社島津製作所製のガスクロマトグラフ質量分析計 GCMS-QP5050A、カラム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 μm）、キャリアガスには純度 99.9999% のヘリウムを用いた。

ガスクロマトグラフ装置の設定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を行った。気化室温度は、各吸着材の性質に合わせ、VOC、TMA、RSC18、RGC18 を測定する際には 200℃、FAT、RGPS は 250℃、ALC およびブランク、ネガティブコントロールは 300℃ とした。カラムオープン時の温度条件は 30℃ で 8 分保持した後 5℃ / 分で 150℃ まで加熱、そこから 30℃ / 分で 300℃ 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、標準物質を用いた確認は行っていない。

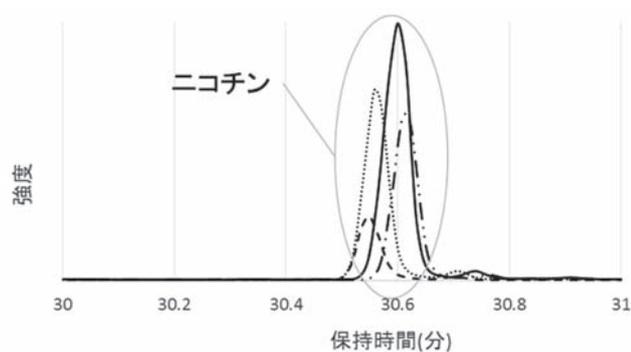
3. 結果と考察

3.1 大気の採取条件に関する調査

環境測定における、大気の採取条件を検討するため、タバコの燃焼ガスを用いて吸着材（RGPS）の挙動を検証した。タバコに由来する代表的な物質であるニコチンの結果について、図 2 に示す。

ピーク面積と採取条件の関係から、以下のことが解った。先ずガス採取量に注目すると、A と C また B と D のように流速が同じ試料であれば、採取量が多いほど、物質を多く吸着することが解った。

次いで流速に注目し、採取量が同量である A と B および C と D をそれぞれ比較したところ、流速が遅い方がより多量の物質を捕集できることが判明した。他方で、流速が速いものと遅いものではそれぞれ測定時間に 5 倍の差があるが、ピーク面積にはそれほど差は見られな



試料	凡例	ガス採取量	ガス流速	測定時間
A	—————	2000ml	200ml/min	10分
B	2000ml	1000ml/min	2分
C	- - - - -	1000ml	200ml/min	5分
D	-----	1000ml	1000ml/min	1分

図2 吸着材 (RGPS) へのタバコ燃焼ガスの吸着挙動

かった。このことから、測定時間が限られる場面で多量の物質を捕集したい場合には、流速を上げてでもガス採取量を増やすことが有効であると示唆された。

3.2 環境測定結果

環境測定によって得られたクロマトグラム (MIC m/z 40~150) を図3に示す。

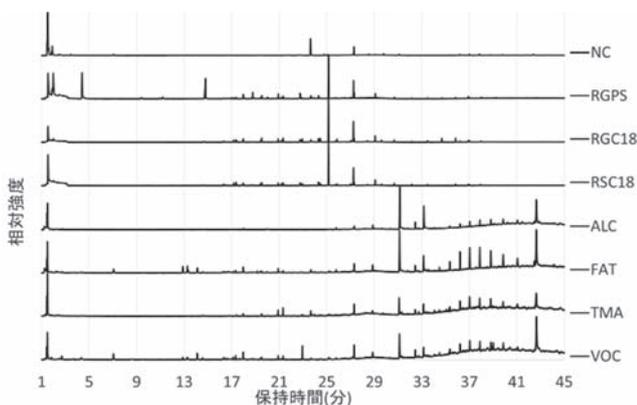


図3 各試料のクロマトグラム

測定の結果、喫煙所の空間とNCを合わせて59種類の物質のピークが検出された。そのうちの主要なものを表1に示す。

表1 検出された主要な物質

吸着材	物質名	保持時間(分)
VOC, RSC18, RGC18, RGPS	アセトン	1.8
FAT, ALC	酢酸	2.2
NC, VOC, ALC	ベンゼン	3.5
NC, VOC, FAT, ALC, RSC18, RGC18	トルエン	7.1
NC, VOC, FAT, RSC18, RGC18	エチルベンゼン	12.9
NC, VOC, FAT, RSC18, RGC18	キシレン	13.3
NC, VOC, FAT	スチレン	14.1
NC, ALC	リモネン	18.0
VOC, TMA, FAT, RSC18, RGC18, RGPS	メントール	20.9
NC, VOC, TMA, FAT, RSC18, RGC18, RGPS	ニコチン	23.7

3.2.1 環境測定とNCで共通した成分

タバコの主要な成分として知られるニコチンや、香料の成分であるリモネン、そして芳香族炭化水素であるベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレンなどが、NCと環境測定とで共通して見られた。このように、環境中からタバコの成分が検出されたことから、今回用いた測定条件の有用性が示された。

このうち、ニコチンはALCを除く吸着材すべてで検出された。他方で、NCでも検出されたりモネンのピークが確認できた吸着材はALCのみであった。これらは吸着材の特性の違いが捕集可能な物質の種類に影響することを示している。この結果より、環境測定においてより多くの情報を得るためには、種々の吸着材で測定した結果を比較検討することが重要であると判明した。

3.2.2 タバコに含まれることが知られている成分

タバコには、代表的なニコチン以外にもアンモニア、アセトアルデヒド、アセトン、酢酸など種々の成分が含まれていることが知られている⁶⁾。

このうち、アンモニアとアセトアルデヒドについては、NC、環境測定のどちらにおいても存在を確認できなかった。これらの物質の検出が難しい理由としては、低沸点で吸着材に捕集されにくいことに加え、GCに導入できた場合においても保持時間が非常に短く、エアーのピークのショルダーに隠れてしまうためと考えられる。これらを測定する場合は、JIM1467のように検知管を使う方法や、アンモニアであれば吸光法やイオンクロマトグラフ法⁷⁻⁸⁾、アセトアルデヒドでは2,4-ジニトロフェニルヒドラジンで誘導体化した後に分析にかける方法⁹⁾な

ど、それぞれの物質に合わせた専用のアプローチを用いることで対応は可能となる。他方で、これらの物質をいかに簡便に汎用的なアプローチで定性分析出来るかが今後の課題となる。

4. まとめ

空間中の臭気成分を測定する方法について検討するため、喫煙所の環境を測定し、タバコ燃焼ガスのデータとの比較を行った。

タバコの燃焼ガスを用いた実験により、吸着材を用いて大気中の物質を捕集する場合、ガスの採取量と流速が捕集量に影響を与えることが判明した。特に、物質を多量に捕集するためには、ガスの採取量を増やすことが有効であると示唆された。

喫煙所での環境測定では、ニコチンやトルエンなど、タバコ燃焼ガスに含まれる物質が検出された。このことは今回の測定条件の有用性を示している。

また、吸着材の違いによって得られた結果が異なったことから、環境測定でより多くの情報を得るためには、複数の方法を比較検討することが重要であることが明らかとなった。加えて、どの条件でも捕集できなかった物質があったことから、介護現場や他の環境においても「環境中に浮遊しているが捕捉できていない物質」の存在に留意しなければならない。これらについて、検知管法など、物質毎に特化したアプローチを用いることで、一つ一つ検証していくことが可能である。他方で、このような方法では作業が膨大になってしまうため、今後はこれらの物質をいかに簡便に定性測定できるようにするのが一つの課題となる。

今回得られた環境測定における知見は、介護施設での測定に活用することで、現場における臭気成分の特定を目指す。そして、その臭気成分を既報のメソッドに組み込むことで、より実用的な消臭性能評価方法を確立し、企業の消臭製品開発支援へと繋げていく。

引用文献

- 1) 緒方規矩也, 津村幸夫: 京都市産業技術研究所研究報告, No.7, P.89 (2017)
- 2) 厚生労働省: ホームページ『受動喫煙対策』
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000189195.html> (2018年4月10日閲覧)
- 3) 永田好男, 竹内教文: 日本環境センター所報, 17, P.77 (1990)
- 4) 株式会社東レリサーチセンター: "臭気対策技術" p.1 (2013)
- 5) 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)
- 6) 厚生労働省: ホームページ『たばこ煙の成分分析について』
<http://www.mhlw.go.jp/topics/tobacco/houkoku/seibun.html> (2018年4月10日閲覧)
- 7) 環境庁: 環境省告示 59号 特定悪臭物質の測定の方法 別紙1 (2017)
- 8) 経済産業省: JIS K 0099 排ガス中のアンモニア分析方法 (2004)
- 9) 環境庁: 有害大気汚染物質測定方法マニュアル p.71 (2008)