

# 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

色染化学チーム 緒方規矩也，津村 幸夫

## 要 旨

繊維製品の消臭性能評価に関する国際規格であるISO17299-3のプロトコルを基に，ガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）を用いた臭気成分の濃度測定法について検討した。試料調製及び装置の設定を最適化することで，アセトアルデヒドのようなISOの対象外となっている物質についても，評価が可能であることを確認した。

また消臭繊維製品の開発に向けて，消臭加工を施した綿布に対して性能評価を行い，消臭機能加工剤ごとの性質の違いをデータベースとして蓄積した。このとき，綿布は未加工の生地においても，インドールに対して約30%，イソ吉草酸には50%程度の臭気成分減少率を示した。これは，消臭効果は加工剤のみならず基材の影響もあり，消臭繊維製品の開発にあたっては，それらの双方に着目する必要があることを示唆している。

## 1. はじめに

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，現在では人口の4人に1人が65歳以上の高齢者となっている。今後も高齢者率の増加傾向は続くと推計されており<sup>1)</sup>，介護ビジネスへの需要が高まりを見せている。

これを受けて京都市では，平成27年3月に「京都市ライフイノベーション推進戦略」を策定し，介護機器の開発支援や産学公共同研究の促進など，地場産業の振興や技術の高度化を目指した様々な活動を行っている<sup>2)</sup>。この施策の中で京都市産業技術研究所は「京都市ライフイノベーション推進機関」として，地元企業の「研究開発支援」及び「事業化支援」に力を注いでいる。

看護，介護の現場では「臭い」が大きな問題となっており，介護者の身体的・精神的ストレス軽減とともに要介護者のクオリティ・オブ・ライフを向上させる消臭製品の開発が求められている。

介護現場などの臭いは，複数の物質が混ざり合っていることが多く，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「適切な消臭機能加工剤の選定」が重要となる。特に後者を実現するためには，加工剤の種類ごとに，どのような臭気成分に効果を発揮するのかという基礎データの収集が不可欠である。平成28年度の研究では，このデータ収集を行う際の基礎となる，消臭性能評価法について検討を行った。

繊維製品の消臭性能評価はISO17299において国際規格化されている<sup>3)</sup>。本報ではその中から，ガスクロ

マトグラフ水素炎イオン化型検出器（GC-FID）を用いたISO17299-3のプロトコルを基に，より精緻な定量を行えるガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）による評価を試みた。また，ISO17299-3ではイソ吉草酸（汗臭），2-ノネナール（加齢臭），インドール（便臭）の3物質が対象であるが，環境中の臭気成分は多岐にわたるため，消臭繊維製品の開発においては上記3物質以外の臭気成分に対しても，効果を検証する必要がある。そこで本報では，臭い対策に関する情報収集の中で特に問題視されている成分であることが判明したジアセチル（オヤジ臭），アセトアルデヒド（タバコ臭），スカトール（便臭）についてもGC-MSによる評価が可能か試みた。

また，実際に消臭機能加工を施した繊維の性能評価を行い，各加工剤の基礎データを蓄積した。

## 2. 実 験

### 2.1 試薬

本報で用いた各臭気成分の構造式を図1に示す。

試薬は和光純薬株式会社製のものを使用した。試薬等級はtrans-2-ノネナール，ジアセチル，アセトアルデヒド，スカトールは一級を，イソ吉草酸，インドール，エタノールは特級をそれぞれ用いた。

標準液はエタノールを溶媒とし，濃度はノネナールを10g/L，それ以外は20g/Lとなるように調整した。

繊維の加工剤は市内繊維加工薬剤メーカーから研究用に提供されたものを使用した。

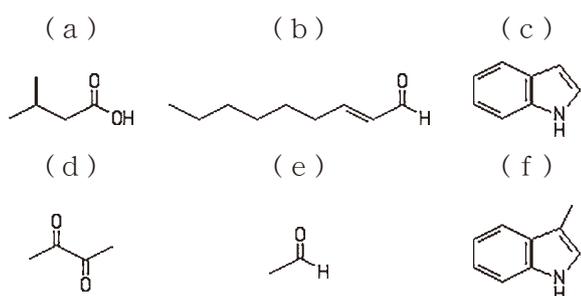


図1 実験に用いた臭気成分

(a) イソ吉草酸(汗臭), (b) 2-ノネナル(加齢臭),  
 (c) インドール(便臭), (d) ジアセチル(オヤジ臭),  
 (e) アセトアルデヒド(タバコ臭), (f) スカトール(便臭)

## 2.2 臭気成分ごとの測定条件の検討

GC-MSを用いた測定にあたり、各臭気成分の保持時間の確認とモニタリングイオンを選択するため、ISOプロトコルのトレースを行った。

窒素ガスで洗浄した500mlの三角フラスコの口をパラフィルムでシールする。パラフィルムを貫通するようにしてマイクロシリンジをフラスコの口に刺し入れ、5 μLの臭気成分標準液をフラスコ底部の隅に注入する。パラフィルムに空いた穴の上を塞ぐため、もう一枚パラフィルムを用意して一枚目のフィルムを覆うように再度フラスコの口をシールする。

中のガスをかき混ぜないようにフラスコを20℃の環境下で2時間静置する。2時間後、フラスコの口を持って、約20秒間20回勢い良く振り混ぜる。パラフィルムの中心に穴をあけるようにして、ガスタイトシリンジの針先を4 cmほど垂直にフラスコへと挿入し、試料ガス1 mlをGC-MSに注入する。ガスタイトシリンジは次のサンプルを吸う際に残った試料ガスの影響が出ないように、きれいな空気を使って吸引と排出を数回繰り返す。

GC-MS測定には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及びアジレント社製無極性キャピラリーカラムカラムであるDB-5 MS (内径0.25mm, 長さ30m, 膜厚0.25 μm) を使用した。ISOでは内径0.53mmのカラムが推奨されていたが、今回は検出器がMSであるため、より細かい内径のカラムを採用した。キャリアガスにはヘリウム(純度99.9999%)を用いた。試料の注入方法はスプリット注入(スプリット比1:20)で気化室温度、カラム入口圧はそれぞれ250℃, 150kPaに設定した。カラムオー

ブンの温度条件はISOに倣い、定値運転でイソ吉草酸を70℃, 2-ノネナルとインドールを120℃とした。ISOに規定のない3物質については、沸点の低いアセトアルデヒド及びジアセチルは70℃, 高沸点のスカトールは120℃として、測定結果を踏まえながら各種条件を調整した。

## 2.3 布帛での試験

綿織物について、消臭機能加工を行ったものと未加工のものそれぞれをISOの対象臭気成分を用いて性能評価した。

繊維の加工条件は、各加工剤のメーカー推奨処方を用いた。

生地は5 cm角の正方形に裁断し、窒素ガスで洗浄した500mlの三角フラスコの底に平らになるよう設置した。その後さらにフラスコ内を窒素ガスでパージし、パラフィルムを用いてフラスコの口をシールした。このとき、布帛の入っていないブランクのフラスコも準備する。これらのフラスコのペアは、測定したい臭気成分ごとに用意する。それぞれのフラスコについて、2.2で示した方法と同様の手順で前処理を行い、SIMモードのGC-MS測定によって消臭性能を評価した。

臭気減少率(%)はGC-MSのピーク面積から以下の式で算出した。

$$\text{ORR} = 100 \times \frac{S_b - S_m}{S_b}$$

ORR: 臭気減少率(%)

S<sub>m</sub>: サンプルを用いた試験でのピーク面積値

S<sub>b</sub>: ブランク試験のピーク面積値

## 3. 結果と考察

### 3.1 ISO標準物質での検討

測定により得られたクロマトグラムについて、マススペクトルとライブラリーの比較により、標準物質のピークを同定した。マススペクトルから、強度が大きく且つベースラインが安定している質量数(m/z)を選択し、SIMモードで測定する際のモニタリングイオンとした。

イソ吉草酸, 2-ノネナル, インドールについては、ISOに記載された条件において、適切なモニタリングイオンを選択することで、分離の良いピークが得られた。

### 3.2 他の臭気成分での検討

#### 3.2.1 ジアセチルの分析条件

ジアセチルは沸点が88℃と低く、保持時間が短い  
ためカラム温度70℃ではピーク位置がエタノールの  
ショルダー位置とオーバーラップしてしまう（図2  
(a)）。対策として、カラム温度を30℃まで落とし、  
カラム入口圧を下げたキャリアガスの線速度を遅く  
することで、より分離の良いピークが得られた（図2  
(b)）。

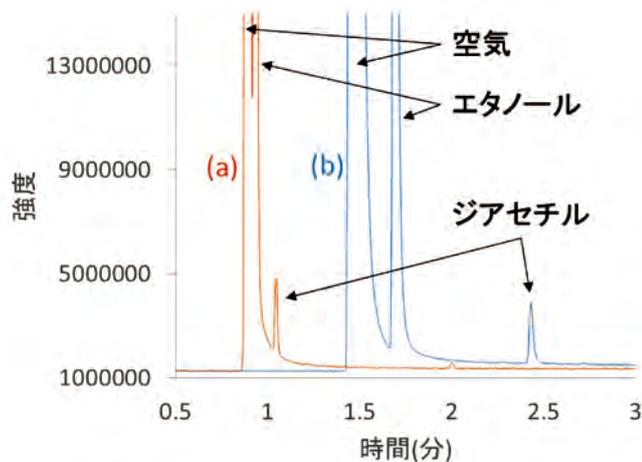


図2 ジアセチルのクロマトグラム (SCANモード)  
(a) カラムオープン70℃, 注入口圧力150kPa,  
(b) カラムオープン30℃, 注入口圧力45kPa

#### 3.2.2 アセトアルデヒドの分析条件

アセトアルデヒドはジアセチル以上に低沸点  
(20.2℃) であり、GCの測定条件をジアセチルと同様  
に調節してもピーク位置が空気のピークのショルダー  
部分となり、ベースラインが安定したきれいなピーク  
が得られなかった（図3 (a)）。しかしながら、マス  
クロマトグラムを用いて適切なモニタリングイオンを  
選択することによって、ピークがオーバーラップして  
いる部分からアセトアルデヒドの成分のみを抽出し観  
察することが可能であった（図3 (b)）。

このようなマスクロマトグラムを用いた分離はGC  
-FIDではできないため、GS-MSの強みを生かした  
評価方法といえる。

#### 3.2.3 スカトールの分析条件

スカトールは高沸点 (265℃) であるためカラムオー  
プン温度が120℃の場合、保持時間は7.76分と長大と

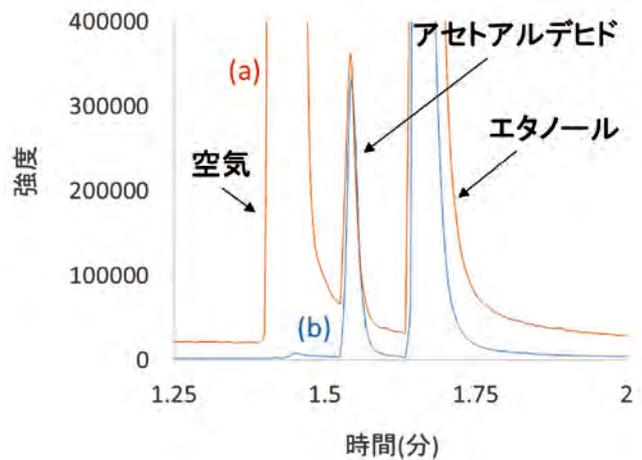


図3 アセトアルデヒドのクロマトグラム  
カラムオープン30℃, 注入口圧力45kPa  
(a) SCANモード (強度1/6), (b) SIMモード (m/z = 43)

なった。測定サイクルを短縮するため、設定温度を  
50℃上げ、170℃にすることで、保持時間が2.35分と  
なり、5分以上の時間短縮に成功した。

また蒸気圧が低く飽和しやすいことから、標準液濃  
度とピーク面積の関係は、図4のように低濃度領域に  
おいてのみ濃度/面積間の直線的な関係が見られた (1  
~ 5 g/L で  $R^2=0.9989$ )。この結果から、蒸気圧の低い  
物質を評価するにあたっては、標準液を低濃度に調製  
することが肝要であることが示唆された。

各臭気成分に対する最終的な測定条件を表1に示  
す。

現在、繊維の評価に最適な標準液濃度については検

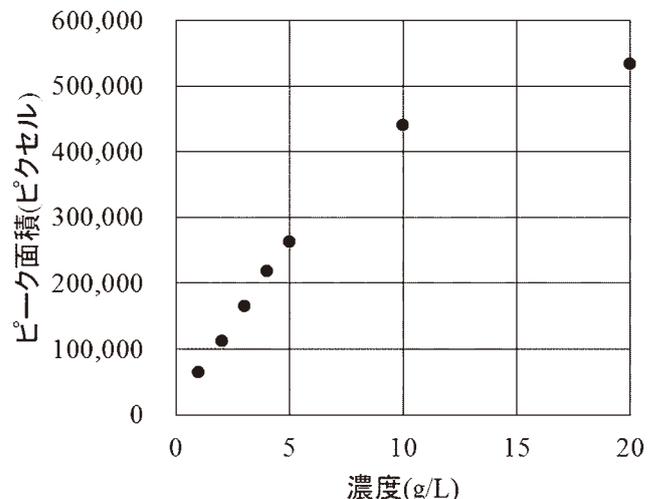


図4 スカトール (エタノール溶液) の濃度とクロマトグ  
ラムのピーク面積との関係

表1 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)
イソ吉草酸	70	150	60	1.97
2-ノネナール	120	150	43	2.82
インドール	120	150	117	5.06
ジアセチル	30	45	43	2.39
アセトアルデヒド	30	45	43	1.56
スカトール	170	150	130	2.35

討中であるが、対応可能な臭気成分の拡大へ向けて意義深い結果が得られた。

### 3.3 布帛での試験

布帛を用いた試験においては、使用した加工剤の種類により効果的な臭気成分が異なることが確認された。この情報は、目的とする性能に合致した加工剤を選定する際の基礎データとなる。また、消臭機能加工を施していない綿布を用いた試験の結果、ノネナールに対する消臭性能は見られなかったが、インドールに対しては30%程度、イソ吉草酸には50%程度の減少率を示した。このことから、消臭の効果は加工剤のみならず基材の影響もあることが示唆され、消臭繊維製品の開発にあたっては、繊維そのものの選定についても考慮する必要があることが判明した。

## 4. まとめ

繊維の消臭性能に関する国際規格であるISO 17299-3のプロトコルを基にGC-MSによる臭気成分の分析が可能であるか検討した。イソ吉草酸、2-ノネナール、インドールについては、ISOに記載された条件において、適切なモニタリングイオンを選択することで、分離の良いピークが得られた。

さらに、ISO17299-3では測定対象外となっている臭気成分（ジアセチル、アセトアルデヒド、スカトール）についても分析条件の検討を行い、アセトアルデヒドのような低沸点物質やスカトールのような高沸点物質においても、分析条件を最適化することによって評価が可能となることを確認した。寝室やトイレなど、現場ごとに臭気成分は異なるが、今回のようにそれぞれの成分について分析条件を検討・最適化することで、対応可能な臭気成分の拡大が見込めるため、より実用性の高い消臭繊維製品の設計に役立てられる。

綿布を用いた評価では、各加工剤がどのような臭気成分に効果的であるのかという基礎データを蓄積した。また、未加工の生地においてもインドールに対しては30%程度、イソ吉草酸には50%程度の臭気減少率があることが解った。このことから、消臭の効果は加工剤のみならず基材の影響もあり、消臭繊維製品の開発にあたっては、それらの双方に着目する必要があることが示唆された。

今回の実験のベースとなったISO17299-3は閉鎖系のモデルであるが、今後は開放系モデルにおける消臭性能評価や、官能評価なども行い、より詳細なデータベース構築を目指していきたい。

## 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) 京都市産業観光局新産業振興室：京都市印刷物第263278号
- 3) 国際標準化機構：ISO17299