

図 3. 環状ポリジメチルシロキサンの化学構造

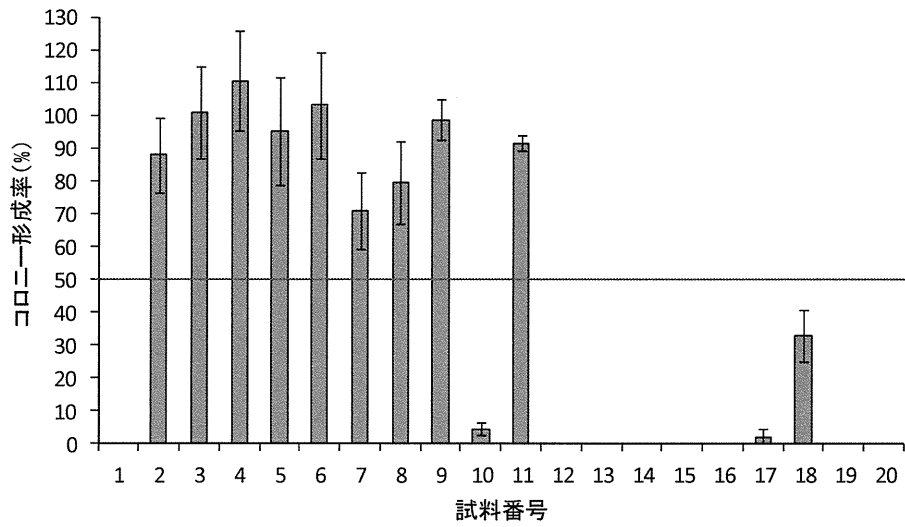


図 4. 各試料濃度 1%におけるコロニー形成率
(n=4、エラーバーは標準偏差)

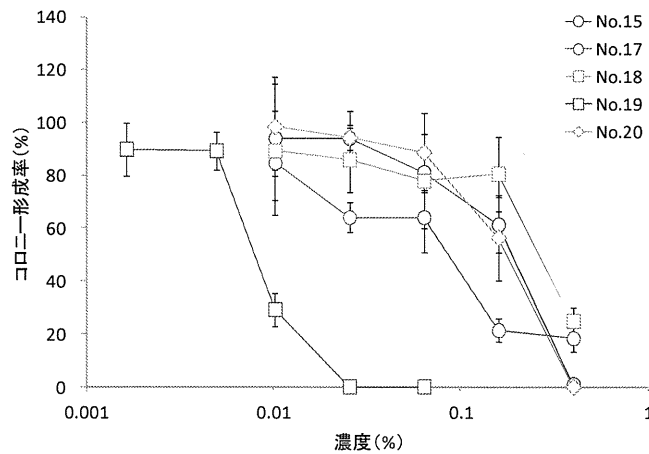
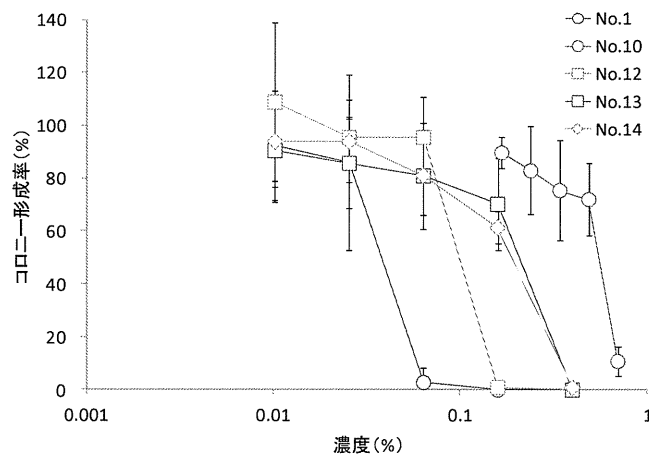


図 5. 各濃度におけるコロニー形成率
(n=4、エラーバーは標準偏差)

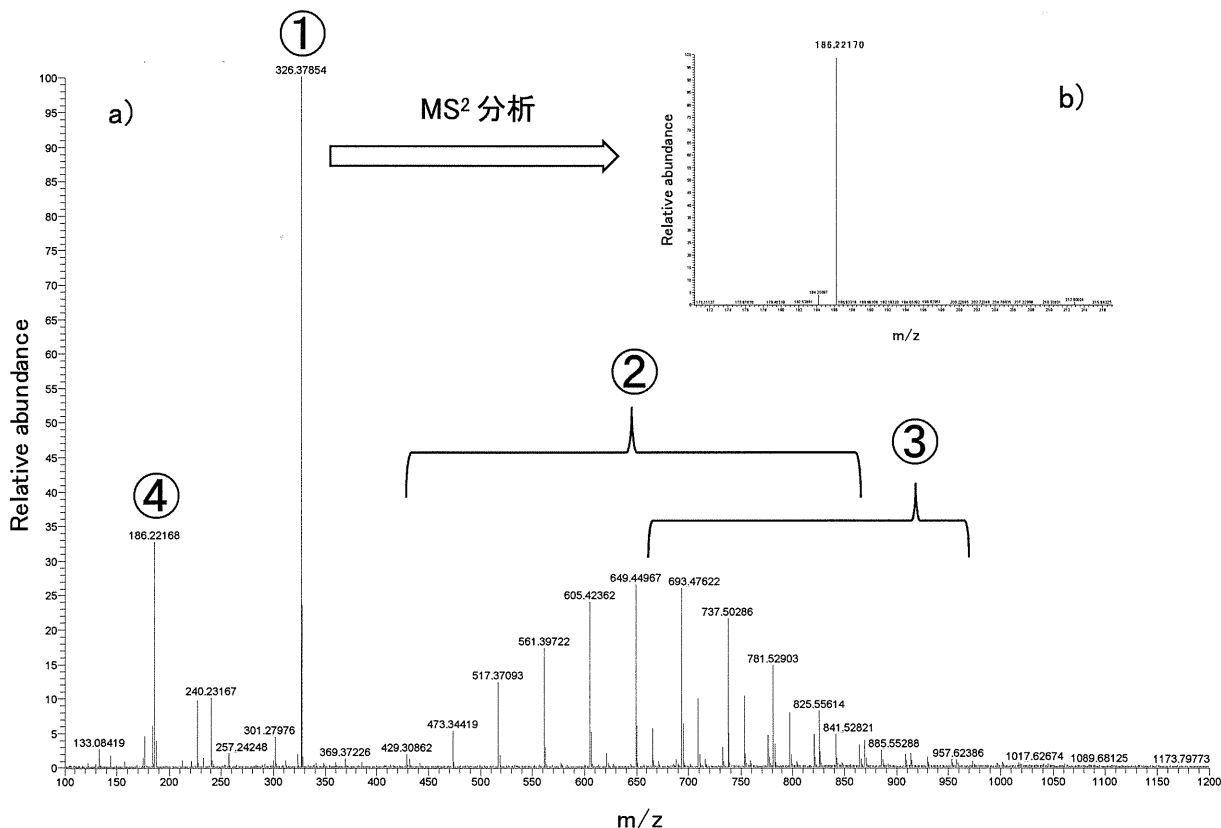
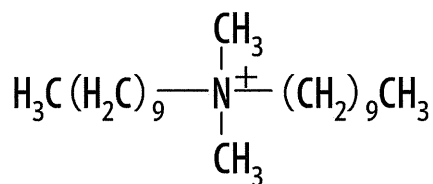
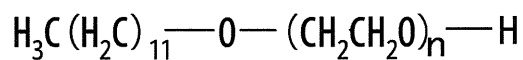


図 6. No.1 の希釈溶液の HRMS 分析から得られたマススペクトル (a) およびピーク①の MS² 分析から得られたマススペクトル (b)



ジデシルジメチルアンモニウム



ポリオキシエチレンラウリルエーテル
(n=10が図6のm/z=649.44967と推定)

図 7. No.1 の HRMS 分析から推定された化合物

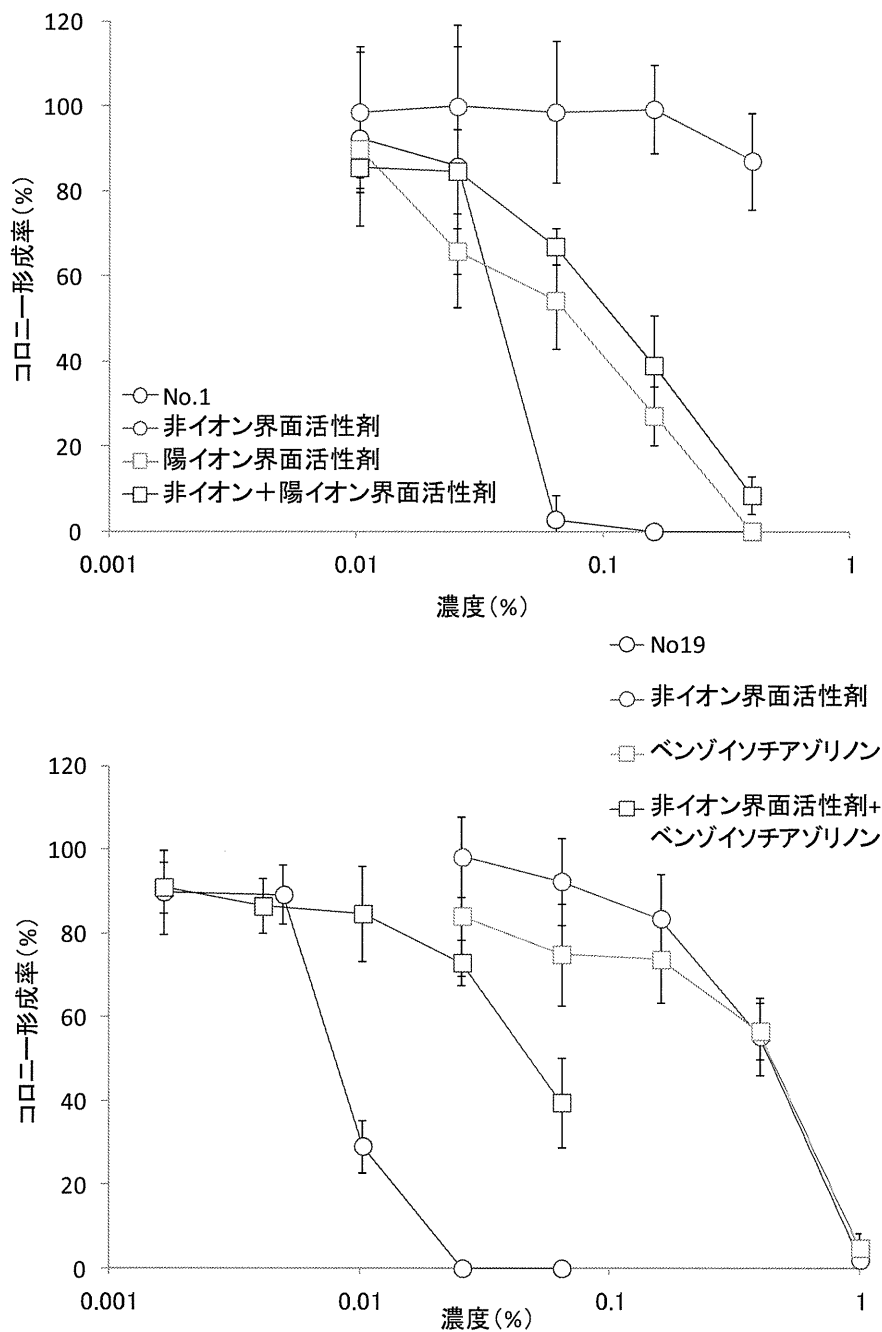


図 8. 家庭用スプレー製品およびそこに含まれる各物質を製品中濃度と同じ濃度で単独、または共存するよう調製した溶液のコロニー形成率 (n=4、エラーバーは標準偏差)
 [上図: No.1、非イオン界面活性剤 ($2.1 \times 10^2 \mu\text{g/mL}$)、陽イオン界面活性剤 ($5.0 \times 10^3 \mu\text{g/mL}$)]
 [下図: No.19、非イオン界面活性剤 ($5.6 \times 10^3 \mu\text{g/mL}$)、ベンゾイソチアゾリノン ($56 \mu\text{g/mL}$)]

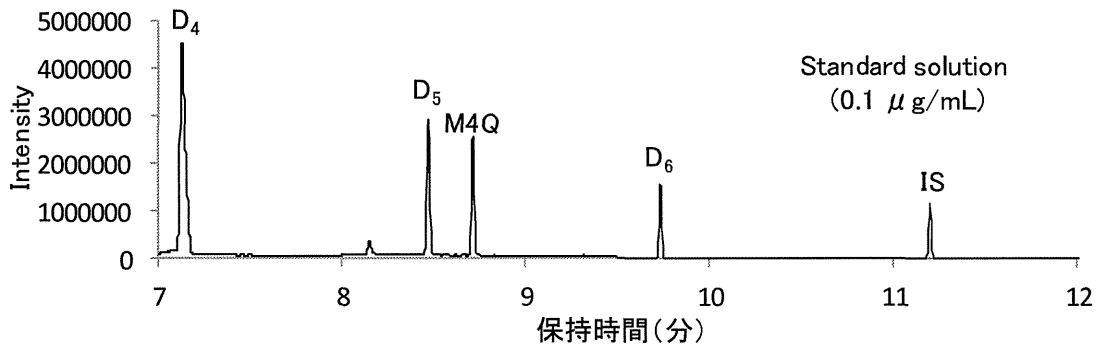


図9. 環状ポリジメチルシロキサン標準溶液 (0.1 $\mu\text{g/mL}$) のトータルイオンクロマトグラム

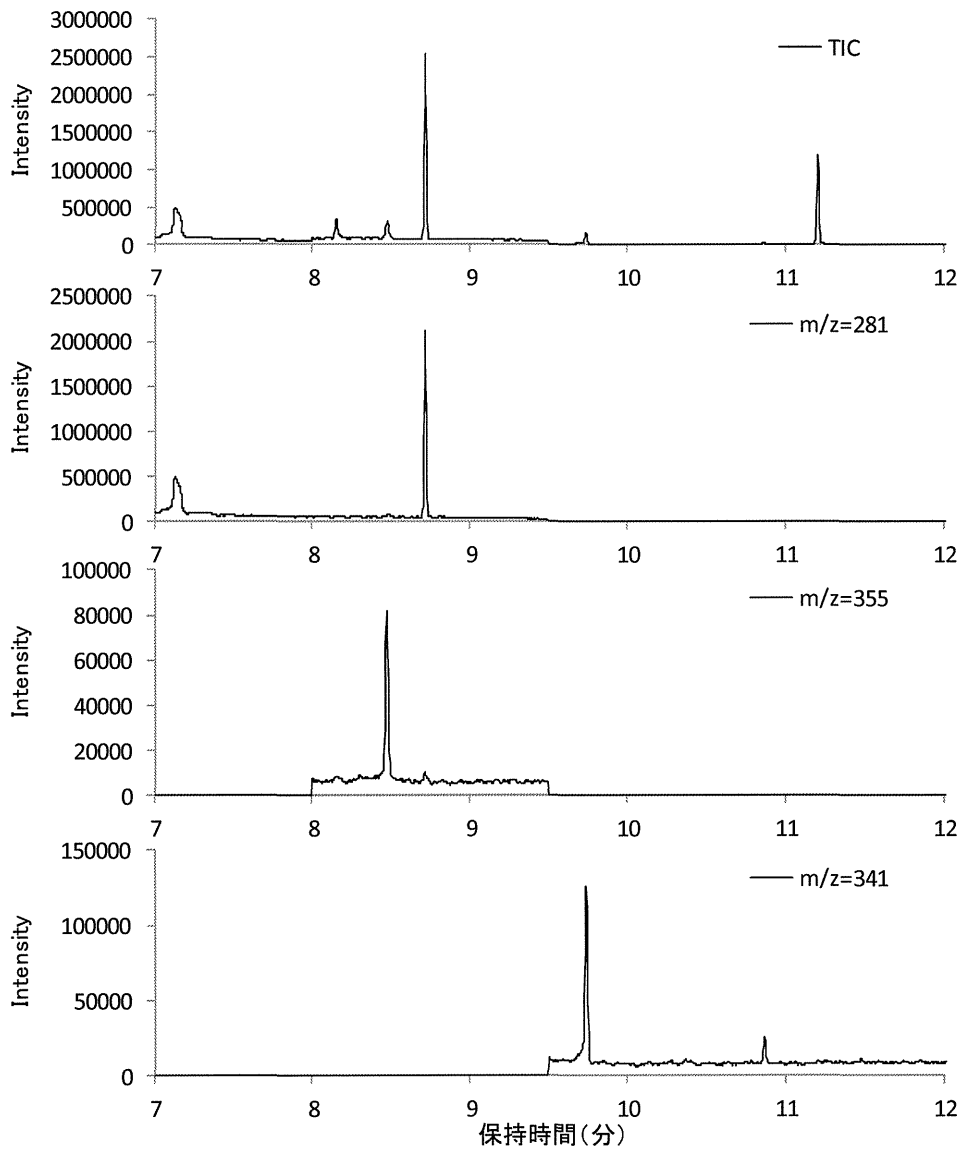


図10. 操作ブランク試料のトータルイオンクロマトグラムおよび各イオンのマスクロマトグラム

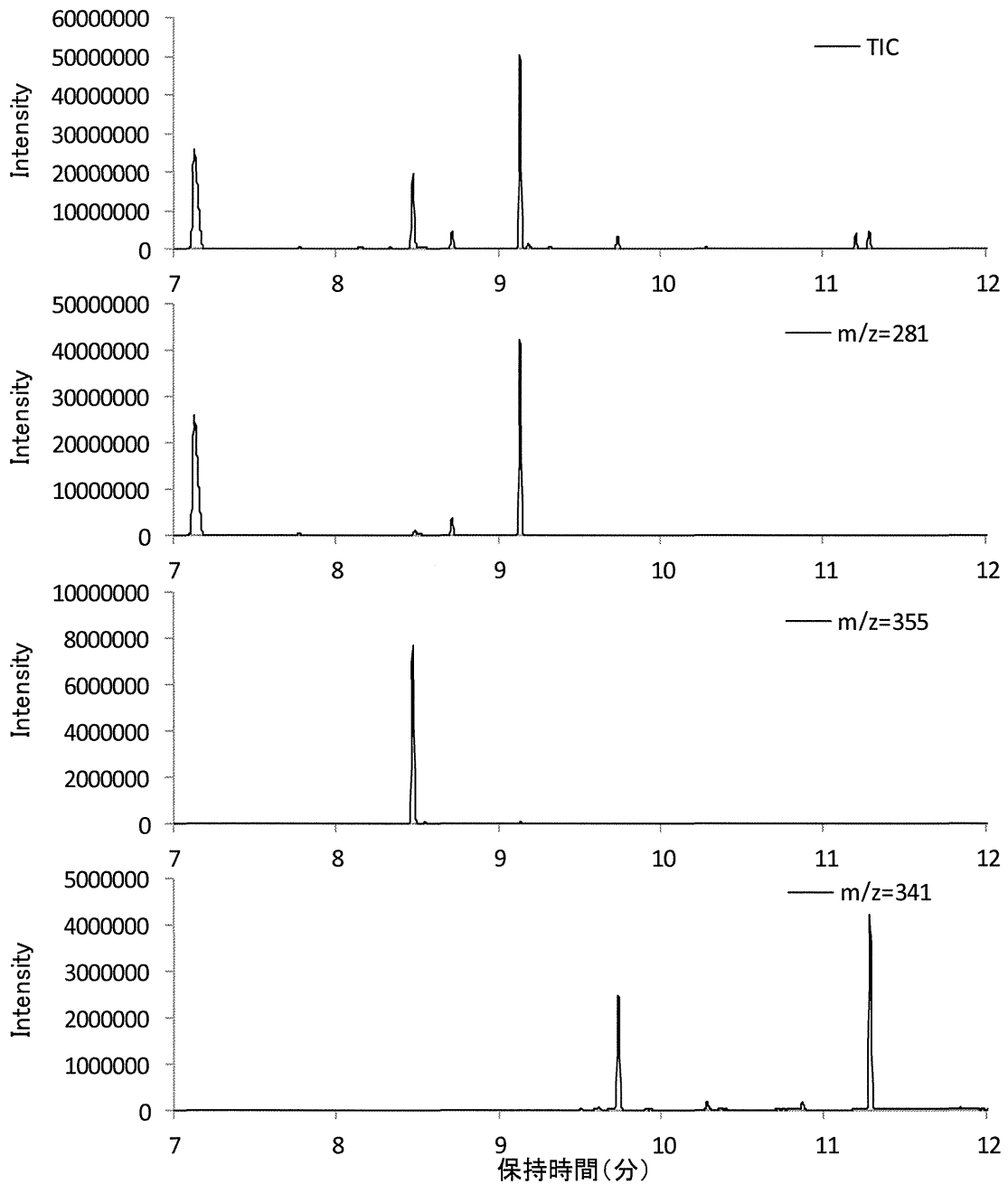


図 11. 試料 No.14 のトータルイオンクロマトグラムおよび各イオンのマスクロマトグラム

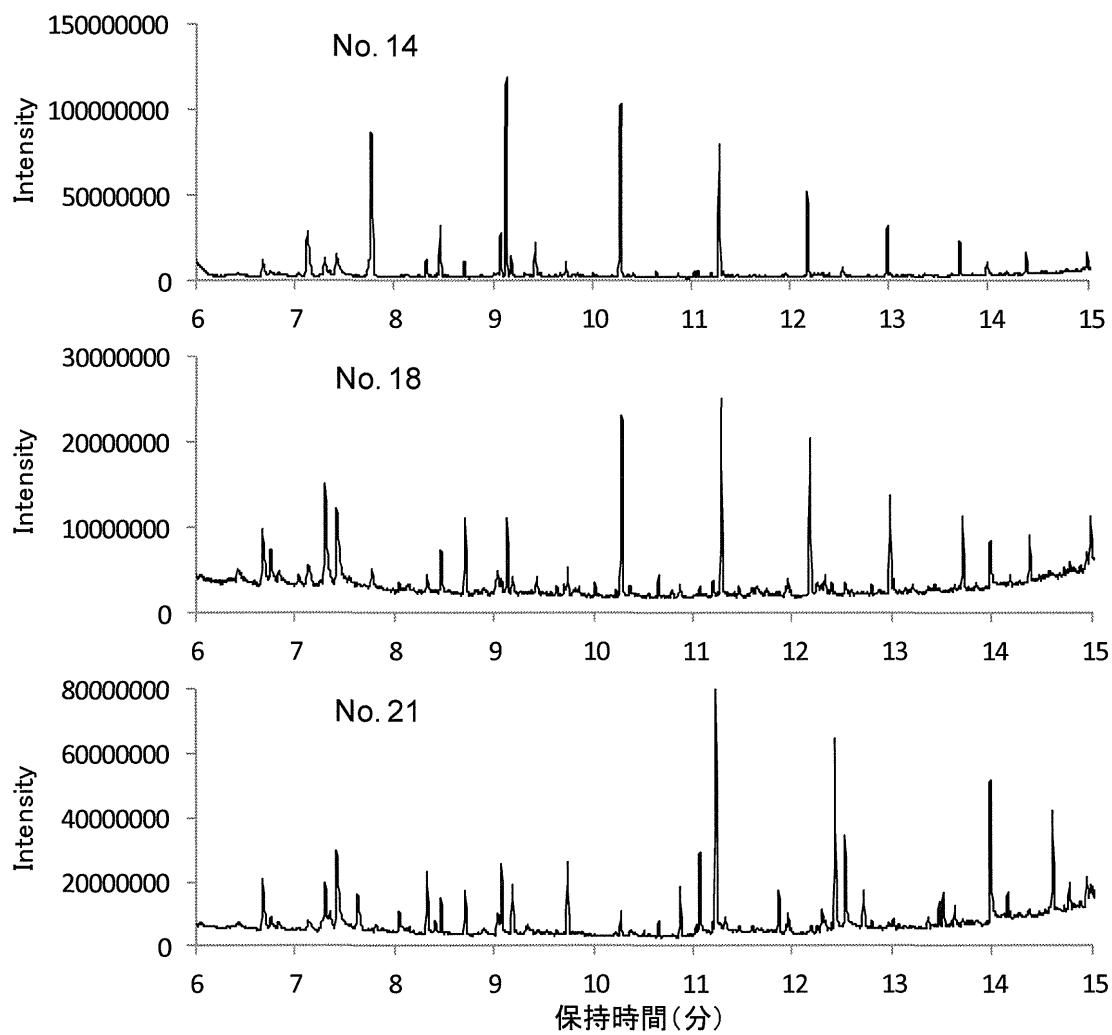


図 12. 試料 No.14、18 および 21 の Scan 分析 ($m/z=50\sim 500$) による
トータルイオンクロマトグラム

表1. 供試製品一覧

番号	用途	表示
1	衣料用お手入れ剤	繊維潤滑剤、除菌剤、消臭剤、エタノール、香料
2	消臭リネンウォーター	消臭液(液体イオン交換体)、精製水、香料、防腐剤
3	消臭リネンウォーター	消臭液(液体イオン交換体)、精製水、香料、防腐剤
4	リネンウォーター	水、ラベンダー水、防腐剤
5	リネンウォーター	水、香料、防腐剤 ^a
6	消臭・芳香剤	消臭液(液体イオン交換体)、精製水、香料、防腐剤
7	衣類用消臭剤	消臭液、精製水、香料、界面活性剤、防腐剤
8	リネンウォーター	消臭液(液体イオン交換体)、精製水、香料、防腐剤
9	芳香剤	消臭液(液体イオン交換体)、精製水、香料、防腐剤
10	リネンウォーター	香料、界面活性剤
11	リネンウォーター	— ^b
12	衣類・布製品・空間用芳香消臭剤	非イオン界面活性剤、植物抽出エキス、エタノール、安定化剤、香料、防腐剤
13	布製品用消臭剤	植物抽出物消臭剤、除菌剤、香料
14	アイロン用のリンスプレー	水溶性ポリマー、シリコン、香料
15	ルームスプレー	— ^b
16	空間用芳香剤	— ^b
17	空間用芳香剤	— ^b
18	アイロン用仕上げ剤	水溶性ポリマー、シリコン、香料
19	ルームフレグランス	— ^c
20	防臭下着スプレー	アルコール、除菌剤、消臭剤、香料、水
21	室内清浄用	ポリシロキサン誘導体、界面活性剤、エタノール、凝集剤、二酸化チタン、香料
22	衣類しわとり剤	繊維潤滑剤、消臭剤、エタノール、香料

^a 貼付されていた日本語表示をはがすと英語で成分表示されていた[aqua (purified water), hexylene glycol, trideceth-9, peg-40 hydrogenated castor oil, parfum (fragrance), polysorbate 20, hexyl cinnamal, citronellol, limonene, butylphenyl methylpropional, linalool, benzyl salicylate, alpha-isomethyl ionone, citral, coumarin, geraniol, magnesium nitrate, magnesium chloride, methylchloroisothiazolinone, methylisothiazolinone]

^b 表示なし

^c 貼付されていた日本語表示をはがすと英語で成分表示されていた[fragrance contains essential oils vetiver (grass) + patchouli + black currant, zinc ricinolate, sodium iminodisuccinate, alcohol ethoxylate, deionized water, benzoisothiazolinone]

表2. 測定対象とした環状ポリジメチルシロキサン類の名称等および保持時間、定量および定性イオン、検出下限値(LOD)および定量下限値(LOQ)ならびに低濃度および高濃度添加時の回収率結果。

化合物	略称	分子量	CAS番号	保持時間 (分)	定量イオン (m/z)	定性イオン (m/z)	LOD ^a ($\mu\text{g/g}$)	LOQ ^b ($\mu\text{g/g}$)	回収率 ^c			
									低濃度	CV(%)	高濃度	CV(%)
Octamethylcyclotetrasiloxane	D ₄	296.6	556-67-2	7.15	281	265	0.0016	0.77	130	5.9	67	1.5
Decamethylcyclopentasiloxane	D ₅	370.8	541-02-6	8.49	355	267	0.017	0.23	98	2.4	91	2.8
Dodecamethylcyclohexasiloxane	D ₆	444.9	540-97-6	9.77	341	429	0.010	0.21	83	2.5	92	2.7
Tetrakis(trimethylsiloxy)-silane	M4Q	320.8	4098-98-0	8.73	281	369			99	3.8	91	2.6
Butylated hydroxytoluene-d ₂₄	BHT-d ₂₄	244.4	1219805-92-1	11.20		225						

^a JIS K0123に従い、低濃度添加試料(1 $\mu\text{g/g}$ 添加、n=4)の分析値の標準偏差 ρ 、検量線の傾きa、内部標準物質との相対感度 r より、 $\text{LOD}=3.3 \times \rho / ar$ として算出した

^b 低濃度添加試料(1 $\mu\text{g/g}$ 添加、n=4)の分析値から得られた標準偏差 ρ に10を乗じた値とした

^c 低濃度(1 $\mu\text{g/g}$ 添加)および高濃度(20 $\mu\text{g/g}$)標準品を試料に添加して求めた(n=4)

表3. 試料濃度1%での各試料のコロニー形成率ならびに各試料のIC₅₀値および非イオン界面活性剤濃度

番号	コロニー形成率 (%)	IC ₅₀ (%)	非イオン界面活性剤濃度 ^a ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
1	0	4.2×10^{-2}	2.1×10^2
2	88	>1.0	6.2×10^{-1}
3	101	>1.0	3.4
4	110	>1.0	— ^b
5	95	>1.0	5.9
6	103	>1.0	1.7
7	71	>1.0	3.4
8	79	>1.0	2.7
9	99	>1.0	6.2×10^{-1}
10	4.7	5.7×10^{-1}	5.2×10^{-1}
11	92	>1.0	4.1×10^1
12	0	1.1×10^{-1}	2.0
13	0	2.3×10^{-1}	3.4×10^1
14	0	1.3×10^{-1}	5.8×10^1
15	0	2.1×10^{-1}	1.8
16	0	>1.0	6.1
17	2.1	9.6×10^{-2}	6.0
18	33	2.9×10^{-1}	6.3
19	0	8.4×10^{-3}	5.6×10^3
20	0	1.9×10^{-1}	1.7×10^2

^a ポリオキシエチレンアルキルエーテルとして ^b 定量下限値 ($1.0 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{mL}$) 以下

表4. 家庭用スプレー製品中のD₄、D₅およびD₆濃度ならびにM4Q回収率

試料番号	D ₄ ($\mu\text{g}/\text{g}$)	D ₅ ($\mu\text{g}/\text{g}$)	D ₆ ($\mu\text{g}/\text{g}$)	M4Q (%) ^a
No.1	— ^b	—	—	36
No.2	—	—	—	51
No.3	—	—	—	20
No.4	—	—	—	52
No.5	—	—	—	68
No.6	—	—	—	32
No.7	—	—	—	36
No.8	—	—	—	33
No.9	—	—	—	37
No.10	—	—	—	72
No.11	—	—	—	62
No.12	—	—	—	52
No.13	—	—	—	81
No.14	3.8	4.0	1.1	53
No.15	—	—	—	77
No.16	—	—	—	31
No.17	—	—	—	58
No.18	tr. ^c	0.94	0.42	81
No.19	—	—	—	40
No.20	—	—	—	54
No.21	—	0.99	2.7	62
No.22	—	—	—	43

^a M4Qの添加量 ($2 \mu\text{g}/\text{g}$) に対する回収率

^b 不検出

^c LOD以上LOD未満

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）
分担研究報告書

家庭用品から放散される揮発性有機化合物/準揮発性有機化合物の
健康リスク評価モデルの確立に関する研究

家庭用品等からの放散化学物質の呼吸域曝露評価手法の開発

研究分担者	田原 麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室
研究協力者	神野 透人	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室長
研究協力者	香川(田中)聡子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官
研究協力者	真弓 加織	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室
研究協力者	川原 陽子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室

研究要旨：本研究では、呼吸器の近傍で使用される家庭用品等から放出/放散される化学物質、特に刺激性が問題となる化学物質の曝露濃度予測手法を開発することを目的とし、家庭用品使用時に吸入曝露する可能性のある化学物質とその曝露濃度を実験的に探索、検証するためのチャンバーを考案し、実際にジェルネイル製品を使用した場合の呼吸器近傍濃度を実測して、局所曝露モデルの構築を行った。その結果、ジェルネイル製品使用時の呼吸器近傍ではアクリル酸エステル類が高濃度となる可能性のあることが明らかとなった。また、製品の配合成分に記載のないアクリル酸エステルのモノマーが検出されたことから、残留モノマーへの曝露についても考慮する必要があると考えられる。本評価モデルはネイリングだけでなく、スプレー式家庭用品等にも適用可能であり、呼吸器近傍で使用される家庭用品等からの放散化学物質の局所気中濃度の推定手法として有用であると考えられる。

A. 研究目的

居住空間の空気中には、建材から放散される化学物質のみではなく、さまざまな家庭用品から意図的あるいは非意図的に放出/放散される化学物質が存在している。建材等から放散される化学物質については、チャンバー法による放散速度試

験が JIS 等で規格化されており、得られた放散速度と試料負荷率から気中濃度、すなわち室内空気質への影響を推定することが可能である。ただし、この場合、試験チャンバー内の空気は十分に攪拌されており、また、外挿する室内空間の空気についても完全混合を仮定することが多

い。したがって、一過性かつ局所的に使用される家庭用品から放出/放散される化学物質については、曝露濃度が実際よりも過小評価されるおそれがある。このような背景から、本研究では呼吸器の近傍で使用される家庭用品等から放出/放散される化学物質、特に刺激性が問題となる化学物質の曝露濃度予測手法を開発することとした。

比較的高濃度の化学物質に曝露される可能性のあるシナリオとして、今年度は一般家庭で簡易に手足の爪を飾る創作作業、いわゆるネイリングを想定した。ネイル産業市場は堅調に成長しており、ネイルサービスを日常的に利用している、もしくは利用経験があるとする消費者は着実に増加している。ネイリングの中でもジェルネイルは、美しく透明感の高いツヤと持続性・耐久性に優れていることから、近年人気を博している。(株)リクルートライフスタイルが全国の人口20万人以上の都市在住の20-49歳の女性を対象に行った「美容領域に関する調査」(美容センサス2013年下期 ネイルサロン編)によると、ネイルサロン利用者の利用メニューはハンドジェルネイルが最も高く61.9%であった。また、ネイルサロンの利用は1年前と比べて0.6ポイント減の8.3%と年々減少傾向にあり、逆に自宅でのジェルネイルを使ったセルフネイル実施率は2013年上期より0.4ポイント増の6.7%と増加していた。このように、自分自身で行うセルフネイルや自宅等で近親者や友人にネイルを施術するホーム

ネイルを楽しむ消費者が増加しつつある。一方で、セルフネイルやホームネイルについては誰でも簡単に楽しむことができるため、衛生管理、特に施術時の換気等が適切に行われていないおそれがある。

そこで、本研究では、まず無作為に選ばれた100人に対してアンケートを実施し、自宅でのジェルネイル製品の使用状況について調査を行った。次いで、家庭用品使用時に吸入曝露する可能性のある化学物質、並びに呼吸器近傍の局所的な曝露濃度を実験的に探索、検証するためのチャンバーを考案し、実際にジェルネイル製品を使用した場合の呼吸器近傍濃度を実測して、局所曝露モデルの構築を行った。

B. 研究方法

B-1 無作為アンケート調査

東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、首都圏4都県の20地点を調査地域とし、一般世帯から無作為に抽出した1地点あたり5世帯の計100世帯からアンケートを回収した。地点の抽出は層化無作為抽出法により都市規模で比例配分し、世帯の抽出は住宅地図データベースを用いて行った。調査は2013年10月18日から11月10日に実施し、ジェルネイル製品使用の有無、頻度、使用する場所、時間帯について質問を行った。

B-2 市販ジェルネイル製品および試薬

国内(インターネットおよび量販店)で入手可能なジェルネイル15製品を選定した。使用用途による分類では、ベース

ジェル 3 製品、カラージェル 9 製品、トップジェル 3 製品であった。

以下に示したアクリル酸エステル 7 種およびメタクリル酸エステル 7 種を定量の対象とした。アクリル酸メチル (MA)、アクリル酸エチル (EA)、アクリル酸 2-ヒドロキシエチル (HEA)、アクリル酸 2-エチルヘキシル (EHA)、メタクリル酸メチル (MM)、メタクリル酸エチル (EM)、メタクリル酸 2-ヒドロキシエチル (HEM)、メタクリル酸 ブチル (BM) は Sigma-Aldrich、アクリル酸イソボニル (IA)、メタクリル酸 2-ヒドロキシプロピル (HPM)、メタクリル酸イソボニル (IM) は和光純薬工業株式会社、アクリル酸ブチル (BA) およびメタクリル酸テトラヒドロフルフリル (THFM) は東京化成工業株式会社、アクリル酸オクチル (OA) は Scientific Polymer Products, Inc.より購入した。

B-3 装置および器具

ジェルネイルから放散される可能性のある化学物質を定性する方法として、シリカを母材とする吸着剤 MonoTrap ディスク (GL Sciences) を用いて固層吸着を行った。約 300 mg のジェルネイルを入れた 40 mL バイアルに MonoTrap ディスクを吊して室温で 30 分間放置し、吸着した揮発性成分をアセトン 500 μ L で抽出した。抽出液をガスクロマトグラフ/質量分析計 (GC/MS, GCMS-TQ8030 (Shimadzu)) に注入し、Scan 測定により検出されたピークについて、GC/MS ソフトウェア

(GCMSsolution) によるマススペクトルライブラリー (NIST11.lib および FFNSC 1.2.lib) のシミラリティ検索を行い、化合物の暫定的な同定を行った。

吸入曝露モデル試験に使用するチャンバーは、グローブポートを側面に配置したグローブボックス (サンプラテック) を改造して作製した。試験時には純空気 G2 (大陽日酸株式会社) を一定流速で通し、実際の気流は多機能型風速・風量計クリモマスター 6501-B0 に風向指向性のプローブ 6541-21 (日本カノマックス) を接続して測定した。ジェルネイルの使用時に放散されるアクリル酸エステル類の定量は、チャンバー排出口の空気を SP 208 100 Dual ポンプ (GL Sciences) を用いて TenaxTA 捕集管 (MARKES) に捕集し、加熱脱離 (TD)-GC/MS (GCMS-QP2010 Ultra, Shimadzu) を用いて定量した。測定条件を Table 1 に示した。検量線範囲は 10-5000 μ g/m³ とし、範囲を超えた場合は概算値として算出した。

C. 結果と考察

C-1 ジェルネイルの使用状況に関するアンケート調査結果

ジェルネイルの自宅での使用に着目し、ジェルネイル製品の使用状況について、Fig. 1 に示す性別および世代の 100 人にアンケートを実施した。

100 世帯のうち、本人を含む同居家族がジェルネイルを使用すると回答した世帯は 10 世帯であった。これらの世帯のネイルサロンの利用がなかったことから、す

すべての世帯がジェルネイルを自宅で使用しているものと考えられた。この10世帯に対し、使用頻度、使用する場所および時間帯について質問した。その結果、使用頻度は月に1, 2回という回答が60%と最も多かったが、週に1回以上と高頻度での使用も30%みられた。ジェルネイルを使用する部屋はリビングが80%と最も多く、時間帯は3時間毎に区切って詳細に質問したが、70%とほとんどが21-24時の夜間であった (Fig. 2)。

これらの結果から、「全体の10%の世帯が週1回もしくは月1回の頻度で、自宅で夜間にジェルネイルを使用する」といふシナリオを想定することができた。また、主な使用時間帯である夜間は、昼間と比較して人の活動に伴う換気や気流が減少すると予想されることから、ジェルネイルの使用によって放散された化学物質が局所的に高濃度になる可能性も高いことが示唆された。

C-2 ジェルネイル製品からの放散化学物質の定性

MonoTrap および GC/MS を用いて、ジェルネイル製品本体から放散される可能性のある化学物質を暫定的に同定した。その結果、使用用途に関わらず、アクリル酸エステル、メタクリル酸エステル、シロキサン、酢酸エステル、酪酸エステル、アルコール、香料等が検出された (Table 2)。購入したジェルネイル15製品のすべてから検出された化合物はアクリル酸エステル類であり、主にアクリル酸

2-ヒドロキシエチル、アクリル酸 *n*-オクチル、アクリル酸イソボニル、メタクリル酸 2-ヒドロキシエチル、メタクリル酸 2-ヒドロキシプロピル、メタクリル酸テトラヒドロフルフリルが検出された。

ジェルネイルはアクリル酸エステルおよびメタクリル酸エステル等からなるジェルを使い、UVライト等を用いて光化学反応で重合させて人工爪を作る技法である。この作業の間、ベース→カラー→トップと使用用途の異なる複数種のジェルが用いられ、さらに、さまざまなアートやテーマを表現するため、いくつものカラージェルが重複して使用されることも多いと考えられる。ネイル製品自体の化粧品としての安全性は薬事法により担保されているが、アクリル酸エステルおよびメタクリル酸エステルの中には気道に対する刺激性や皮膚感作性を示すことが知られているものも存在することから、製品から放散されるアクリル酸エステル類やメタクリル酸エステル類の呼吸器近傍での濃度を定量的に評価することは室内環境中での曝露評価を行う上で極めて重要であると考えられる。

C-3 局所曝露チャンバーの設計および作製

ジェルネイルから放散される化学物質について、温度、湿度、気流等、さまざまな条件下でシミュレーションできるように、局所曝露チャンバーを作製した。チャンバーは呼吸器近傍を評価するため、容積が小さく (約 34 L (0.0342 m³))、グロ

ープポートを側面に配置したグローブボックスをベースとして使用した (Fig. 3a)。温度および気流を計測するため、チャンバー側面上部に穴をあけ、プローブの差し込み口とした (Fig. 3b)。チャンバー内の空気の流れを均一にするため、空気の入口部分に穴をあけたビニールバックまたはチューブを接続し、これを介して空気を流入させた (Fig. 3c)。サンプリングポートは濃度のばらつきをみるために上部の4か所に作製した (Fig. 3d)。また、サンプリングの際の空気の逆流を防止し、サンプルの濃度を考慮して適切なスプリット比で空気採取を行うために、サンプリングポートのベント側のチューブを長めに設定した (Fig. 3e)。これらの条件を考慮に入れて、Fig. 3f に示した局所曝露チャンバーを完成させた。このチャンバーを用いることで、実際の使用に則したサンプリングが可能となった。

C-4 ジェルネイル中のアクリル酸エステル類の経気道曝露評価

ジェルネイルから放散されるアクリル酸エステル類の評価には、C-2 で実際のジェルネイル製品から検出された化合物に加え、皮膚感作性や刺激性を示すことが知られている化合物を含めたアクリル酸エステル類14種、アクリル酸メチル、アクリル酸エチル、アクリル酸2-ヒドロキシエチル、アクリル酸ブチル、アクリル酸オクチル、アクリル酸2-エチルヘキシル、アクリル酸イソボニル、メタクリル酸メチル、メタクリル酸エチル、メタク

リル酸2-ヒドロキシエチル、メタクリル酸2-ヒドロキシプロピル、メタクリル酸ブチル、メタクリル酸テトラヒドロフルフリルおよびメタクリル酸イソボニルを対象とした。換気回数が0.5回/hとなるように、フローコントローラーを用いて285 mL/minの流速で構築したチャンバーに純空気を流した。この局所曝露チャンバー内で、メーカーおよび使用用途の異なるジェルネイル5製品について5分間ネイリング作業をし、その後作業を継続しながらチャンバー排気口の空気を20 mL/minで1分間捕集した。また、吸入曝露量の評価するためのパラメーターとして、ヒトの1日あたりの呼吸量を20 m³として推算した。尚、それぞれの実験に際して、バックグラウンドとして、作業前のチャンバー内からアクリル酸エステル類が検出されないことを確認して実験を行った。

その結果、ジェルネイル使用時の呼吸器近傍の空気中からは、1製品から複数種のアクリル酸エステル類がそれぞれ46-7600 µg/m³という比較的高い濃度で検出された (Table 3)。また、5分間のネイリング作業中のアクリル酸エステル類放散速度EFが一定と仮定し、1製品当たりのネイリング作業における $EF = c \times n \times V$ (c: チャンバー内のアクリル酸エステル類濃度 µg/m³, n: 換気回数 回/h, V: チャンバーの容積 m³) として概算した結果では、放散速度EFは0.78-130 µg/operation/hであった。さらに、5分間の使用時間中の呼吸量は約0.07 m³となることから、各ア

クリル酸エステル類の吸入曝露量は 3.2-530 μg となり、1 回の作業でこの 5 製品をすべて 5 分間ずつ使用した場合を想定すると、総量として最高で 2.5 mg 程度のアクリル酸エステル類を吸入する可能性があることが明らかとなった。

居住住宅における室内空気調査では 24 時間の採取が推奨されており、本研究で検討を行ったネイリングのように一過性かつ局所的に使用される家庭用品から放出/放散される化学物質の場合、そのような平均濃度による評価では過小評価されたり、見過ごされたりするおそれがある。また、従来の建材等からの放散試験で用いられるチャンバーでは、実際の作業に伴う化学物質の評価は想定されておらず、静置した製品からの均一な放散濃度しか評価できない。これに対して、本研究で考案した局所曝露チャンバーでは実際に家庭用品を使用した場合の曝露濃度、曝露量を把握することが可能である。実際に本研究において呼吸器の近傍で化学物質が非常に高濃度となる事例が認められたことから、健康リスクを評価する際にはこのような曝露様式を考慮する必要があることが示唆された。

さらに、ジェルネイル製品に記載されていた成分と検出されたアクリル酸エステル類を比較した結果、原料として記載されていないモノマーが検出される例がみられた (Table 4)。このことから、ポリマーやオリゴマーを用いて製造された製品中では、残留モノマーへの非意図的な曝露も考慮に入れる必要のあることが明

らかとなった。

D. 結論

本研究では、呼吸器近傍で使用される家庭用品等からの放散化学物質の放散量および曝露濃度の推定に用いる局所曝露チャンバーを設計し、ジェルネイルの使用による曝露評価モデルを構築した。ジェルネイル使用時の呼吸器近傍ではアクリル酸エステル類が非常に高濃度となっており、1 回の作業で mg オーダーの吸入曝露量に達する可能性があることが明らかとなった。また、製品の配合成分に記載のないアクリル酸エステルモノマーが検出されたことから、残留モノマーの曝露についても引き続き検討を行う必要があると考えられた。本評価モデルはネイリングだけでなく、呼吸器近傍で使用されるスプレー式家庭用品やペンキ等にも対応可能であり、局所気中濃度の推定手法として有用であると考えられる。本研究により、健康リスク評価を行う上で、生活および行動様式に基づいた一過性かつ局所的に放散される化学物質の曝露を考慮することが重要であると考えられた。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 知的所有権の取得状況

なし

Table 1 GC/MS 測定条件

(a)

Instrument	Shimadzu GC/MS-QP2010 Ultra
Column	Rtx-1 (0.32 mm i.d.×60 m, 1.00 μm)
Column temperature	40°C-5°C/min→250°C (3 min)
Carrier gas	Helium
Inlet mode	Split (ratio 10.0)
Ionization mode	EI
Ionization voltage	70 eV
Ion source temperature	200°C
Interface temperature	250°C
Scan range (<i>m/z</i>)	35-450

(b)

Acrylate	abbr.	SIR monitor ion (<i>m/z</i>)	Retention time (min)
Methyl acrylate	MA	55	5.284
Ethyl acrylate	EA	55	7.091
Methyl methacrylate	MM	41	7.521
Ethyl methacrylate	EM	69	9.713
<i>n</i> -Butyl acrylate	BA	55	13.315
2-Hydroxyethyl acrylate	HEA	55	14.045
Butyl methacrylate	BM	69	16.296
2-Hydroxyethyl methacrylate	HEM	69	16.982
2-Hydroxypropyl methacrylate	HPM	69	18.028
2-Ethylhexyl acrylate	EHA	70	24.415
Tetrahydrofurfuryl methacrylate	THFM	71	24.736
<i>n</i> -Octyl acrylate	OA	55	26.212
Isobornyl acrylate	IA	95	29.031
Isobornyl methacrylate	IM	69	31.466

Table 2 ジェルネイルからの放散化学物質として同定された主な化合物

Use	Main identified compounds	
B-1 Base	Isobornyl acrylate	2-Hydroxyethyl methacrylate
B-2 Base	Diketone alcohol	2-Hydroxypropyl methacrylate
B-3 Base	<i>n</i> -Butyl acetate	Tetrahydrofurfuryl methacrylate
C-1 Color	2-Hydroxyethyl methacrylate	2-Hydroxyethyl acrylate
C-2 Color	Isobornyl acrylate	Camphene
C-3 Color	<i>n</i> -Butyl acetate	2-Hydroxyethyl methacrylate
C-4 Color	Diketone alcohol	2-Hydroxyethyl acrylate
C-5 Color	<i>n</i> -Octyl acrylate	Diketone alcohol
C-6 Color	Isobornyl acrylate	Diketone alcohol
C-7 Color	2-Hydroxyethyl methacrylate	2-Hydroxyethyl acrylate
C-8 Color	<i>n</i> -Butyl acetate	Tetrahydrofurfuryl methacrylate
C-9 Color	<i>n</i> -Octyl acrylate	Diketone alcohol
T-1 Top	2-Hydroxyethyl methacrylate	Octamethyltetrasiloxane
T-2 Top	2-Hydroxypropyl methacrylate	2-Hydroxyethyl methacrylate
T-3 Top	<i>n</i> -Butyl acetate	Tetrahydrofurfuryl methacrylate

Table 3 5 製品から放散されたアクリル酸エステル類

Use	Identified acrylate	Local concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emission rate ($\mu\text{g}/\text{unit}/\text{h}$)	Exposure volume ($\mu\text{g}/5 \text{ min}$)
B-1 Base	2-Hydroxyethyl methacrylate	7600	130	530
	Isobornyl acrylate	3700	63	260
	Methyl methacrylate	130	2.3	9.3
	Ethyl methacrylate	130	2.2	9.0
	<i>n</i> -Butyl acrylate	65	1.1	4.5
C-1 Color	2-Hydroxyethyl methacrylate	4200	72	290
	2-Hydroxyethyl acrylate	4100	71	290
	<i>n</i> -Butyl acrylate	150	2.6	10
	Methyl methacrylate	46	0.78	3.2
C-3 Color	2-Hydroxyethyl methacrylate	3600	61	250
	Isobornyl methacrylate	710	12	49
	2-Hydroxypropyl methacrylate	630	11	44
	Ethyl methacrylate	140	2.4	9.7
	Ethyl acrylate	120	2.1	8.6
	<i>n</i> -Butyl acrylate	65	1.1	4.5
C-7 Color	2-Hydroxyethyl methacrylate	3900	67	270
	2-Hydroxyethyl acrylate	3700	63	260
T-3 Top	Tetrahydrofurfuryl methacrylate	2300	39	160
	2-Hydroxypropyl methacrylate	320	5.5	22
	2-Hydroxyethyl methacrylate	150	2.6	11

Table 4 5 製品の原料と定量化合物の比較

Use	Ingredient	Identified acrylate*
B-1 Base	Polyurethane acrylate oligomer	2-Hydroxyethyl methacrylate
	Hydroxyethyl methacrylate	Isobornyl acrylate
	Isobornyl acrylate	<u>Methyl methacrylate</u>
	Trimethylolpropane triacrylate	<u>Ethyl methacrylate</u>
	Hydroxypropyl methacrylate	<u>n- Butyl acrylate</u>
C-1 Color	Polyurethane acrylate oligomer	2-Hydroxyethyl methacrylate
	2-Hydroxyethyl methacrylate	<u>2-Hydroxyethyl acrylate</u>
	Hydroxyethyl methacrylate	<u>n- Butyl acrylate</u> <u>Methyl methacrylate</u>
C-3 Color	Polyurethane methacrylate	2-Hydroxyethyl methacrylate
	Hydroxyethyl methacrylate	<u>Isobornyl methacrylate</u>
	Hydroxypropyl methacrylate	2-Hydroxypropyl methacrylate
		<u>Ethyl methacrylate</u>
		<u>Ethyl acrylate</u> <u>n- Butyl acrylate</u>
C-7 Color	Epoxy acrylate oligomer	2-Hydroxyethyl methacrylate
	Urethane acrylate oligomer	<u>2-Hydroxyethyl acrylate</u>
	Hydroxyethyl methacrylate	
	Bis(2-HEMA) phosphate	
	Polyethylene telephthalate polymethyl methacrylate laminated film powder	
T-3 Top	Bis-HEMA Poly(1,4-butanediol)-22/IPDI copolymer	Tetrahydrofurfuryl methacrylate
	Di HEMA trimethylhexyl dicarbamate	2-Hydroxypropyl methacrylate
	Tetrahydrofurfuryl methacrylate	<u>2-Hydroxyethyl methacrylate</u>
	PPG-5 methacrylate	
	Hydroxypropyl methacrylate	

* 下線を引いたアクリル酸エステルが原料に記載されていない化合物