

副流煙を吸着させた布から放散される化学物質

大 貫 文^a, 斎藤 育江^a, 保坂 三継^a, 中 江 大^b

三次喫煙とは、喫煙後の室内内装や喫煙者の衣類等に付着したたばこ煙による受動喫煙のことである。本研究では、三次喫煙の実態を把握するために、副流煙を吸着させた布から放散される化学物質について調査を行った。方法は、布と点火したたばこをチャンバー（約175 L）に入れ、布に副流煙を吸着させた後、ビニル製バッグに移した。このバッグに乾燥空気を注入し、静置して、布に吸着した化学物質を再放散させた。11種類の布について、バッグ内空気中の化学物質を測定した結果、主に検出された物質は、ニコチン、3-エテニルピリジン、アルデヒド類及び揮発性有機化合物類を含む23物質であった。ホルムアルデヒド及び2-フルアルデヒドは11試料全てから、ニコチンは10試料から検出された。23物質の総濃度は布によって差が見られ、生地 of 厚さと物質濃度との間には正の相関が見られた。再放散の時間的な傾向については、23物質の濃度合計の約半量が再放散されるのは、たばこ煙吸着後の最初の20～45分間であると推計された。以上の結果から、三次喫煙の影響を低くするためには、たばこ煙が付着した上着等を非喫煙場所に持ち込まないことが有効であると考えられた。

キーワード：三次喫煙，再放散，布，ニコチン，ホルムアルデヒド

はじめに

受動喫煙には、副流煙や呼出煙が原因となる二次喫煙の他、2009年1月に初めて用語が発表されたThird hand Smoke（三次喫煙）がある¹⁾。三次喫煙とは、喫煙後の室内（内装材や家具等）及び喫煙者（衣服や髪 of 毛等）に付着（残留）したたばこ煙による受動喫煙のことである²⁾。

二次喫煙については、健康影響等の知見が十分にあり、健康増進法等による受動喫煙防止対策が進められている。一方、三次喫煙については、内装や衣類等に吸着した物質が体内に取り込まれる可能性や、吸着物質が残留中に有害物質へ変化すること等による有害性が報告されている²⁻⁵⁾が、情報量は少なく、ばく露防止に対する意識も低い。

そこで我々は、たばこ煙が付着した衣類が非喫煙場所における三次喫煙の原因になり得ると考え、その実態を把握

すべく基礎的データを得るため、副流煙を吸着させた布（衣類を想定）から再放散される化学物質についての調査を行ったので報告する。

実験方法

1. 材料

実験に用いた布11種の主な素材は、綿、アクリル、ポリエステル、麻、絹及び毛で、これらの混合率、商品名（特徴）、色及び生地 of 厚さをTable 1に示す。A及びAPは人工毛を有しており、長さはそれぞれ約8.3 mm及び3～4 cmであった。

2. 再放散空気試料の作成

布11種を約20×30 cmに切断し、ビニル製チャンバー（約

Table 1. Characteristics of Tested Fabrics

| Fabric | Material | Color | Thickness (mm) | Name of Product |
|--------|---|-------------|----------------|-----------------|
| C1 | cotton 100% | ecru | 0.20 | broad |
| C2 | cotton 100% | sky blue | 0.60 | jersey |
| C3 | cotton 100% | ecru | 0.85 | sweat |
| C4 | cotton 100% | white | 0.65 | towel |
| C5 | cotton 89%, polyester 10%, polyurethane 1% | black | 0.60 | denim |
| A* | acryl 85%, nylon 13%, polyurethane 2% | white | 0.90 | boa |
| AP* | fiber : acryl 100%, ground : polyester 100% | light beige | 0.95 | fake fur |
| H | hemp 100% | salmon pink | 0.25 | hemp |
| P | polyester 100% | beige | 0.30 | twill |
| S | silk 100% | ecru | 0.10 | silk |
| W | wool 90%, nylon 10% | moss green | 0.70 | flannel |

* A and AP had fibers (about 8.3 mm and 3-4 cm long).

^a 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部環境衛生研究科
169-0073 東京都新宿区百人町 3-24-1

^b 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部

175 L) に入れた後、点火したたばこをチャンバーに入れ、2本分の副流煙を約20分間吸着させた (Fig. 1)。その後、直ちに布をチャンバーから空気採取に使用するバッグ (ANALYTIC-BARRIER BAG, GLサイエンス) に移し、バッグ内に乾燥空気を約20 L注入、室温で約2時間静置した。このバッグ内空気を再放散空気試料とした。対照試料は、副流煙を吸着させる前の布をバッグに入れ、乾燥空気を注入したものを用いた。使用したたばこのニコチン及びタールの外箱表示量は0.3 mg及び3.0 mgであった。

布2種 (AP及びBH) については、上記の実験以外に、副流煙を約20分間吸着させた後、空気採取用バッグに入れる前に室内で0~30分間再放散させ、その後、バッグに移した再放散空気試料も分析した。使用したたばこのニコチン及びタールの外箱表示量は0.7 mg及び8.0 mgであった。

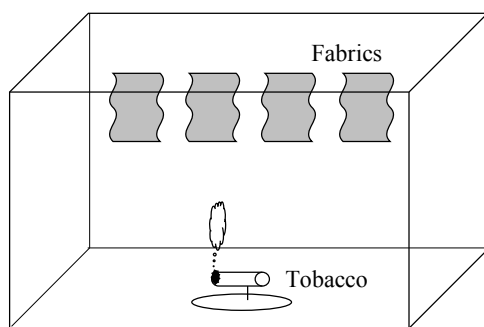


Fig. 1. Schematic of an Experimental Sidestream Smoke Exposure to Fabrics

3. 測定対象化学物質

再放散空気試料及び対照試料について、ニコチン、3-エチルピリジン (3-EP)、アルデヒド・ケトン類10物質 (ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、アクロレイン、プロピオンアルデヒド、2-フルアルデヒド、2-ブタノン、ヘキサナール、オクタナール及びノナナール) 及び揮発性有機化合物 (VOC) 類11物質 (1,3-ブタジエン、アクリロニトリル、プロパンニトリル、イソプレン、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、1-メチルピロール、ピリジン及びピロール) の合計23物質を測定した。

布から抽出した試料については、ニコチン、陰イオン (硫酸イオン、塩化物イオン及びリン酸イオン) 及び硫酸ニコチンを測定した。

4. 空気試料の採取及び分析方法

ニコチン及び3-EPは、捕集管 (SUPELPAK-4, スペルコ) に空気試料を流速1.0 L/minで約8.0 L採取し、10 µg/mL トリエチルアミン/ジクロロメタン溶液5 mLで抽出後、ガスクロマトグラフ/質量分析計 (GC2010/QP2010, 島津製作所) で分析した。分析条件は、カラム: DB-5 (30 m × 0.25 mm, 膜厚0.25 µm, アジレント・テクノロジー)、オープン温度: 50°C (2 min) -20°C/min-250°C (2 min)、キャリアーガス: ヘリウム (70 kPa)、注入口温度: 250°C、

検出器温度: 250°C, SIMモード、定量用イオン及び確認用イオンはそれぞれニコチンが m/z 162及び m/z 133, 3-EPが m/z 104及び m/z 105を用いた。定量下限値はいずれも14.0 µg/m³であった。

アルデヒド・ケトン類は、捕集管 (ORBO-DNPH, スペルコ) に空気試料を流速0.5 L/minで約5.0 L採取し、アセトニトリル2 mLで抽出後、高速液体クロマトグラフ (LC-10Aシリーズ, 島津製作所) で分析した。分析条件は、カラム: ZORBAX Bonus RP (250 mm × 4.6 mm, 粒径5 µm, アジレント・テクノロジー)、カラム温度: 40°C、移動相A: アセトニトリル50:水50:テトラヒドロフラン0.1、移動相B: アセトニトリル80:水20:テトラヒドロフラン0.1、グラジェント (%B): 25% (14 min) -25%/min-100% (9 min)、流速: 1.0 mL/min、検出波長: 360 nmで、定量下限値は1.0~12.0 µg/m³であった。

VOC類は、捕集管 (Carboxen1016, スペルコ) に空気試料を流速0.5 L/minで約3.0 L採取し、加熱脱着装置 (TurboMatrix 650, パーキンエルマー) - ガスクロマトグラフ/質量分析計 (GC17A/QP5050A, 島津製作所) で分析した。分析条件は、加熱脱着装置が、一次脱着: 280°C (10 min)、脱着流量: 30 mL/min、二次トラップ: Carboxen1016 (4°C)、二次脱着: 280°C (5 min)、トランスファライン温度: 225°C、バルブ温度: 200°Cであった。ガスクロマトグラフ/質量分析計は、カラム: DB-1 (30 m × 0.25 mm, 膜厚1 µm, アジレント・テクノロジー)、オープン温度: 40°C (3 min) -12°C/min-220°C (2 min) -20°C/min-300°C (1 min)、キャリアーガス: ヘリウム (50 kPa)、検出器温度: 250°C, SCANモード (m/z 45-350) であった。定量下限値は全て1.0 µg/m³であった。

5. 布からの抽出試料の作成

副流煙を吸着させた後の布を10~12 cm²に切断し、10 µg/mL トリエチルアミン/ジクロロメタン溶液を10 mL加え超音波抽出したものをニコチン分析用、精製水を5~15 mL加え振とう抽出したものを陰イオン分析用、精製水を3~6 mL加え超音波抽出したものを硫酸ニコチン分析用の試料とした。

6. 抽出試料の分析

ニコチンは、空気試料と同じ条件で分析した。

陰イオンは、イオンクロマトグラフ (ICS-1000, サーモフィッシャーサイエンティフィック) を用いて分析を行った。分析条件は、カラム: IonPac AS12A (200 mm × 4 mm, サーモフィッシャーサイエンティフィック)、カラム温度: 35°C、移動相: 2.7 mM炭酸ナトリウム/0.3 mM炭酸水素ナトリウム、流速: 1.5 mL/min、サブレッサー電圧: 22 mAとした。

硫酸ニコチンは、雨谷ら⁹⁾の方法を参考に高速液体クロマトグラフ (Infinity 1290, アジレント・テクノロジー) を用いて分析した。分析条件は、カラム: Zorbax 300-SCX

(150 mm×4.6 mm, 粒径5 μm, アジレント・テクノロジー), カラム温度: 40°C, 移動相A: 50 mM酢酸アンモニウム, 移動相B: 50 mM酢酸アンモニウム/メタノール, グラジェント (%B): 60% (2 min) -0.6%/min-70% (5.4 min), 流速: 1.0 mL/min, 検出波長: 260 nmとした。

結果及び考察

1. 再放散空気試料中の化学物質

再放散空気試料中の化学物質濃度及び検出物質数を Table 2に示す。

測定対象とした23物質のうち, 全ての試料から検出されたのはホルムアルデヒド及び2-フルアルデヒドで, ホルムアルデヒド濃度が比較的高かったのはAP (426 μg/m³) 及

びC3 (412 μg/m³), 最も低かったのはS (59.1 μg/m³) であった。ホルムアルデヒドは, A及びWを除く9試料において, 他の物質に比べて高濃度に検出されており, 主要な再放散物質であることが分かった。2-フルアルデヒドは, 木材の燃焼や炭水化物の熱分解により生成する物質であることが知られており⁷⁾, 最も高濃度に検出されたのはAP (289 μg/m³), 最も低濃度だったのはS (1.0 μg/m³) であった。11試料中10試料から検出されたのは, ニコチン, 1-メチルピロール, ピリジン及びピロールで, いずれもピリジン環またはピロール環を持つ窒素含有物質であった (Fig. 2)。このほか, 3-EP, アクリロニトリル及びプロパンニトリルが窒素を含む物質で, それぞれ11試料中9試料, 5試料及び9試料から検出された。

Table 2. Concentration of Chemicals re-emitted in the Air Bag from various Fabrics exposed to Sidestream Smoke

| Chemicals | Concentration in the air bag (μg/m ³) | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | A | AP | H | P | S | W |
| Nicotine | 172 | 81.8 | 67.2 | 109 | <14.0 | 162 | 40.1 | 97.2 | 146 | 45.4 | 256 |
| 3-Ethenylpyridine | 30.4 | 80.7 | 138 | 38.2 | 102 | 463 | 367 | <14.0 | 43.2 | <14.0 | 68.8 |
| Formaldehyde | 297 | 329 | 412 | 267 | 196 | 270 | 426 | 229 | 163 | 59.1 | 167 |
| Acetaldehyde | 7.4 | 54.7 | 89.1 | 30.3 | 104 | 29.5 | 118 | <5.4 | 35.1 | <5.4 | 95.7 |
| Acetone | <1.3 | <1.3 | <1.3 | <1.3 | <1.3 | <1.3 | 6.4 | <1.3 | <1.3 | <1.3 | 7.6 |
| Acrolein | <5.3 | <5.3 | <5.3 | <5.3 | <5.3 | <5.3 | 29.1 | <5.3 | 8.6 | <5.3 | <5.3 |
| Propionaldehyde | <7.7 | <7.7 | 10.4 | <7.7 | 9.8 | <7.7 | <7.7 | <7.7 | <7.7 | <7.7 | <7.7 |
| 2-Furaldehyde | 22.6 | 44.5 | 77.0 | 33.0 | 82.7 | 138 | 289 | 13.2 | 54.3 | 1.0 | 41.8 |
| 2-Butanone | <1.0 | <1.0 | 2.7 | <1.0 | 3.0 | 4.4 | 34.6 | <1.0 | 3.4 | <1.0 | 6.1 |
| Hexanal | <10.0 | <10.0 | <10.0 | <10.0 | <10.0 | <10.0 | 12.1 | <10.0 | <10.0 | <10.0 | <10.0 |
| Octanal | <10.0 | <10.0 | <10.0 | <10.0 | <10.0 | <10.0 | 24.6 | <10.0 | <10.0 | <10.0 | <10.0 |
| Nonanal | <12.0 | 46.3 | 17.3 | 52.5 | <12.0 | <12.0 | 108 | <12.0 | 18.8 | <12.0 | <12.0 |
| 1,3-Butadiene | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | 3.2 | <1.0 | 67.9 | <1.0 | 12.0 | <1.0 | 6.2 |
| Acrylonitrile | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | 6.2 | 1.6 | 22.4 | <1.0 | 11.2 | <1.0 | 13.2 |
| Propanenitrile | 1.7 | 2.7 | 5.3 | 2.4 | 8.6 | 5.3 | 33.2 | <1.0 | 9.0 | <1.0 | 9.6 |
| Isoprene | <1.0 | 1.8 | 4.1 | 1.3 | 14.4 | 20.7 | 155 | <1.0 | 9.5 | <1.0 | 4.5 |
| Benzene | <1.0 | <1.0 | 2.1 | <1.0 | 6.8 | 16.6 | 52.8 | <1.0 | 3.1 | <1.0 | 2.1 |
| Toluene | <1.0 | 2.3 | 5.8 | <1.0 | 20.7 | 54.9 | 136 | <1.0 | 4.5 | <1.0 | 3.2 |
| Ethylbenzene | <1.0 | <1.0 | 1.1 | <1.0 | 4.1 | 15.6 | 27.5 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 |
| Xylene | <1.0 | 1.7 | 3.7 | <1.0 | 9.9 | 39.6 | 56.3 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | 1.1 |
| 1-Methylpyrrole | 12.5 | 29.1 | 25.8 | 29.7 | 12.1 | 9.7 | 26.1 | 5.9 | 4.4 | <1.0 | 4.3 |
| Pyridine | 11.2 | 22.3 | 40.5 | 15.9 | 53.8 | 38.8 | 137 | 4.1 | 13.9 | <1.0 | 21.4 |
| Pyrrole | 12.0 | 27.9 | 51.4 | 21.1 | 55.6 | 131 | 195 | 7.2 | 31.5 | <1.0 | 37.1 |
| Sum of 23 Chemicals | 567 | 725 | 954 | 600 | 693 | 1,400 | 2,360 | 357 | 571 | 106 | 746 |
| Number of chemicals detected | 9 | 13 | 17 | 11 | 17 | 16 | 22 | 6 | 17 | 3 | 17 |

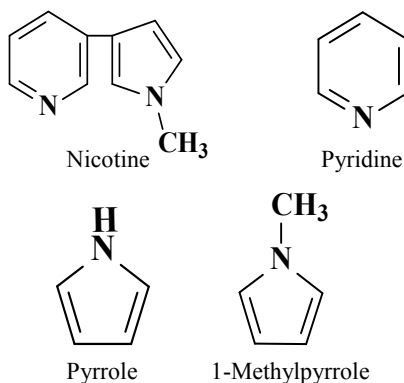


Fig. 2. Structure of the Chemicals containing Nitrogen

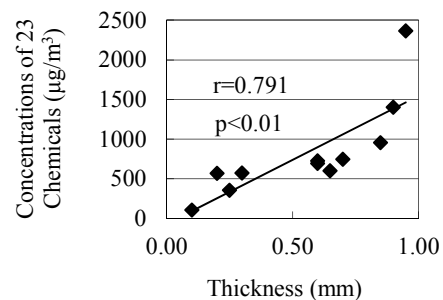


Fig. 3. Correlation between Concentration of 23 Chemicals and Thickness of Fabrics

検出物質数が最も多かったのはAP (22物質), 最も少なかったのはS (3物質) であった。

23物質濃度の合計値が最大値を示したのはAP (2,360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 最小値を示したのはS (106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) で, APはSの22倍以上高濃度であった。この23物質濃度合計値と生地 of 厚さとの関連を調べた結果, これらの間には正の相関が見られた (Fig. 3)。

今回検討した試料の中で, C1, C2, C3及びC4は同じ素材 (綿100%) であったが, これらの検出物質数は9~17物質, 23物質濃度合計値は567~954 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と差が見られた。

2. 再放散空気試料の物質濃度割合

ニコチン, ホルムアルデヒド, 3-EP, アルデヒド・ケトン類 (ホルムアルデヒドを除く) 及びVOC類について, 23物質濃度合計値に対する各割合をFig. 4に示す。ニコチン及びホルムアルデヒドの2物質濃度の合計が総濃度の50%以上を占める試料が11試料中8試料あった。なかでもC1, H及びSは, 2物質濃度の合計が全体の80%以上を占めていた。一方, これら2物質濃度の割合が最も低かったのはAPで, この試料はVOC類の割合が最も高かった (約38%)。

綿素材のC1, C2, C3及びC4について比較した結果, C2, C3及びC4の濃度割合が類似していた。一方, C1はニコチンの割合が高く, ホルムアルデヒド以外のアルデヒド・ケトン類が少なかった。これらと同様, 綿が主要な素材であるC5 (綿89%) については, 11試料中で唯一ニコチンの再放散が見られなかった。ホルムアルデヒドの濃度割合が低いこと及びVOC類の割合が比較的高い (28%) ことから, 同じ綿素材の試料よりもAPに近い傾向が見られた。

Aについては, 11試料で最も3-EPの濃度割合が高く (約33%), 他の物質については, AP及びC5に近い傾向が見られた。

H及びSについては, ニコチン及びホルムアルデヒドの濃度割合が高く, 2物質で総濃度の90%以上を占めていた。両試料とも, 検出物質数が少なく, 23物質濃度の合計値が低い等, 類似した傾向を示すことが分かった (Table 2)。

Pの素材は, C5及びAPにも使用されていたが, 各物質濃度の割合はWに近い傾向を示した。

Wについては, ニコチンの割合がSに次いで高く, その濃度は11試料中で最も高かった (256 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Table 2)。

色による違いについては, C1, C3及びSがきなり (生成り), C4及びAが白で共通していたが, 類似した傾向は見られなかった。

3. 再放散の時間的傾向

チャンパー内でAP及びHに副流煙を吸着後, APは0, 5, 15及び25分後に, Hは0, 15及び30分後に空気採取用バッグに移し, それぞれを約2時間放置後, バッグ内空気を分析した。

APについて, ニコチン, アルデヒド・ケトン類, VOC類及び全23物質は一次反応式に従って再放散することが分

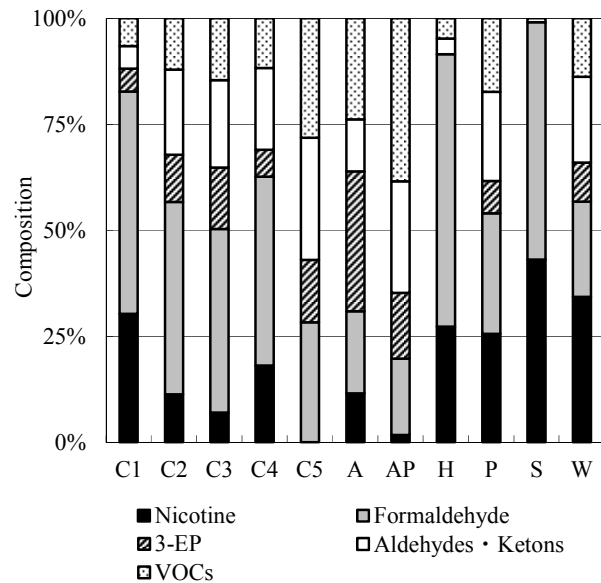


Fig. 4. Composition of the Chemicals re-emitted from Fabrics

3-EP: 3-Ethenylpyridine.

Aldehydes · Ketons: The sum of the aldehydes and ketons except formaldehyde.

かった。それぞれの一次反応式 (相関係数) は, ニコチンが $y=74.0e^{-0.066x}$ ($r=0.939$), アルデヒド・ケトン類が $y=640.3e^{-0.026x}$ ($r=0.964$), VOC類が $y=350.8e^{-0.048x}$ ($r=0.968$), 全23物質が $y=1220.2e^{-0.035x}$ ($r=0.961$) で, それぞれの相関は高かった。

Hの結果より得られた一次反応式は, ニコチンが $y=78.9e^{-0.154x}$ ($r=0.998$), アルデヒド・ケトン類が $y=446.1e^{-0.01x}$ ($r=0.760$), VOC類が $y=21.0e^{-0.026x}$ ($r=0.948$), 全23物質が $y=527.1e^{-0.015x}$ ($r=0.826$) で, ニコチン及びVOC類は一次反応式に従って再放散し, 相関が高いことが分かった。アルデヒド・ケトン類については, 0分後よりも30分後のバッグ内濃度の方が高い物質が見られたため, 一次反応式の相関が低くなったと考えられた。

前述の速度定数を用い, 初期濃度に100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を代入した一次反応式を作成し, この式より得られた各物質の推測濃度をFig. 5に示す。AP及びHのいずれの速度定数を用いた場合でも, 再放散速度はニコチン>VOC類>23物質合計>アルデヒド・ケトン類の順であった。しかし, 0分後から採取した物質濃度の半量が再放散される時間について, AP及びHでは, それぞれニコチンが10分及び5分, VOC類が15分及び25分, アルデヒド・ケトン類が27及び70分, 23物質合計が20分及び45分で, 布によって時間差があると推計された。

4. C5におけるニコチンの吸着特性

布11種の再放散空気試料について, C5からのみニコチンが検出されなかった。そこで, C5におけるニコチンの吸着特性を考察するため, 布からのニコチン, 陰イオン及

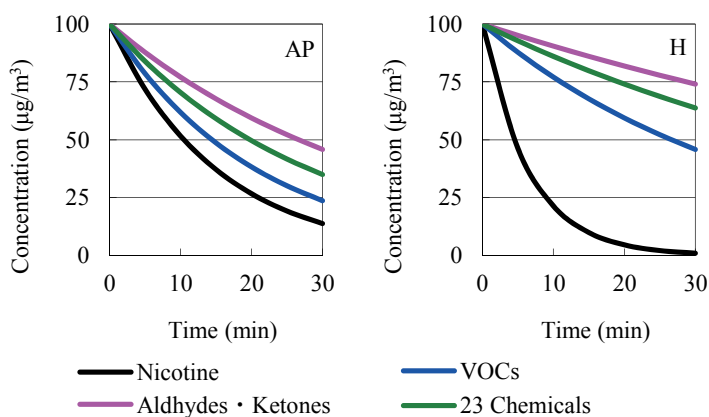


Fig. 5. Estimation of the Concentration of Chemicals re-emitted in the Air Bag

X-axis: Start Time of sampling chemical substances re-emitted from fabrics after sidestream smoke exposure

Y-axis: Concentration of the estimated chemical substance

び硫酸ニコチンの抽出濃度を測定した (Table 3). なお, 塩化物イオン及びリン酸イオン濃度については, 最大値がそれぞれ $6.6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 及び $9.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ で, 硫酸イオンのように高濃度に検出された試料はなかった.

C5について, ニコチン濃度は $1,560 \text{ ng}/\text{cm}^2$, 硫酸イオン濃度は $104 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ で, 他の試料に比べて最も高かった. したがって, 副流煙中のニコチンはC5に吸着後, 再放散されず吸着したままであり, その吸着に硫酸イオンが関係していた可能性が考えられた.

ニコチンは, 酸性硫酸ナトリウムと反応すると硫酸ニコチンを生成する⁶⁾. 硫酸ニコチンは毒物に指定される物質であることから, 布中の硫酸ニコチン濃度を測定した. その結果, C5からの抽出量は他の綿製試料 (C1~C4) と大きな差が見られず, C5に吸着したニコチンは硫酸ニコチンに変化していないと考えられた.

ま と め

たばこ煙が付着した衣類等は, 非喫煙場所における三次喫煙の原因となると考えられた. そこで, 本研究では, 布に付着した副流煙の再放散について, 物質の同定及び濃度, 布による違い等を調査した. その結果, 再放散空気試料中から検出された主な物質は, ニコチン, 3-EP, アルデヒド・ケトン類及びVOC類の合計23物質で, その中には発がん性物質⁸⁾ (ホルムアルデヒド, 1,3-ブタジエン及びベンゼン), 特定悪臭物質⁹⁾ (アセトアルデヒド, トルエン等) 及び不快臭物質 (ピリジン等) が含まれていた.

布によって再放散される検出物質数や物質濃度が異なっており, 検出物質数は3から22物質, 23物質濃度合計値は最大で22倍の差があり, 布の厚さと23物質の合計濃度との間には正の相関が見られた. 再放散空気試料中の物質濃度割合については, ニコチン及びホルムアルデヒド濃度の合計値が総濃度の50%以上を占めた布が11試料中8試料あり,

Table 3. Concentration of the Nicotine, Sulfate Ion and Nicotine sulfate extracted from Fabrics

| Fabric | Nicotine (ng/cm^2) | SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) | Nicotine sulfate (ng/cm^2) |
|--------|---|---|---|
| C1 | 162 | 2.1 | 286 |
| C2 | 489 | 1.3 | 507 |
| C3 | 698 | 1.3 | 634 |
| C4 | 262 | 0.7 | 395 |
| C5 | 1,560 | 104 | 363 |
| A | 24.0 | 0.4 | 3,810 |
| AP | 273 | 5.8 | 14 |
| H | 59.9 | 0.1 | 182 |
| P | 288 | 0.3 | 777 |
| S | 8.1 | 0.3 | 7.1 |
| W | 287 | 1.2 | 490 |

なかには両物質で80%以上を占めた布もあった. 再放散速度については物質によって異なり, たばこ煙の吸着直後から採取し始めた再放散量の約50%が再放散される時間は, ニコチンが5分以上, VOC類が15分以上, アルデヒド・ケトン類が27分以上で, 全23物質については20分以上かかると推計された.

以上の結果から, 再放散物質には有害物質及び悪臭物質が含まれており, たばこ煙が衣類に吸着し, 再放散し始めた最初の5分間は特にニコチンの再放散量が多く, その他の物質については, その後数十分間再放散され続けるものと推測された. したがって, 三次喫煙の影響を低くするためには, たばこ煙が付着した衣類等を非喫煙場所に持ち込まないことが有効であると考えられた.

付 記

(本研究の概要は第72回日本公衆衛生学会総会2013年10月及び平成25年室内環境学会学術大会2013年12月で発表した.)

文 献

- 1) Winckoff, J. P., Friebely, J., Tanski, S. E., et. al.: *PEDIATRICS*, **123**(1), e74-79, 2009.
- 2) Sleiman, M., Gundel, L. A., Pankow, J. F., et. al.: *PNAS*, **107**(5), 6576-6581, 2010.
- 3) Hang, B., Sarker, A. H., Havel, C., et. al.: *Mutagenesis*, **28**(4), 381-391, 2013.
- 4) Matt, G. E., Quintana, P. J. E., Zakarian, J. M., et. al.: *Tob. Control*, **20**, e1, 2011.
- 5) Manuera, M. G., Neema, A., Michael, F., et. al.: *PLOS ONE*, **9**(1), e86391, 2014.
- 6) 雨谷敬史, 白敏, 三宅祐一: 第23回環境化学討論会, 177-178, 2014.

- 7) 国際医薬品食品衛生研究所 : CICAD, No.21 2-Furaldehyde, 2006. AlphaOrder.pdf (2014年10月9日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性ある)
- 8) IARC : <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/Classifications>
- 9) 環境省 : 悪臭防止法, 昭和41年6月1日法律第91号.

Chemicals Released from Clothing Fabrics Exposed to Sidestream SmokeAya ONUKI^a, Ikue SAITO^a, Mitsugu HOSAKA^a and Dai NAKAE^a

Third-hand smoke is recognized as a cause of indoor air contamination by chemicals re-emitted from the tobacco smoke that adheres to an object or a smoker after smoking. In this study, we analyzed the chemicals re-emitted from clothing fabrics previously exposed to tobacco smoke, in order to determine the compounds present in third-hand smoke. Various fabrics exposed to sidestream smoke in a chamber were individually moved to a bag that did not contain any of the substances that made the object of this analysis, and the bags were filled with dry air. After analyzing the air inside the bags containing 11 types of fabrics, we detected 23 chemical substances, including nicotine, 3-ethenylpyridine, aldehydes, and volatile organic compounds. Formaldehyde and 2-furaldehyde were detected on all the fabrics, and nicotine was detected on 10 of the fabrics. The concentrations of the 23 chemical substances were different for each fabric, and a positive correlation was found between the thickness of fabric, and the concentration of the chemical. By examining the results obtained for fabrics that were left in the environment for different amounts of time before being placed in bags, we noted that the many amounts of chemicals were re-emitted in the first 20 min after tobacco smoke exposure. Therefore, to reduce the influence of third-hand smoke, the outerwear exposed to tobacco smoke should not be carried into a non-smoking area.

Keywords: third-hand smoke, re-emission, clothing fabrics, nicotine, formaldehyde

^a Tokyo Metropolitan Institute of Public Health
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan