

厚生労働科学研究費（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）
改正健康増進法施行後における喫煙室の設置状況と受動喫煙環境の評価及び
課題解決に資する研究
分担研究報告書

喫煙専用室や屋外喫煙所に関する技術面の課題解決の方策を収集し、
好事例を全国に展開
屋外喫煙室から漏れ出すタバコ煙由来物質の実態調査および簡易消臭対策

研究分担者 樋上 光雄 産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 教授

研究要旨

改正健康増進法が全面施行され、原則的に屋内禁煙となるなど、望まない受動喫煙を防止することへの対策強化が行われた [1]。しかし、屋外の喫煙スペース周辺においてタバコ煙の漏れ出しにより、望まない受動喫煙を受けている事例が報告されている [2]。本研究では、①協力を得られた企業の屋外喫煙スペースにおいて、タバコ煙の漏れ出しの影響がおよぶ範囲を調査、②タバコ煙の漏れ出しを調べるための簡易測定方法の検討、③タバコ煙由来の臭気の簡易消臭方法を目的とした。その結果、①屋外喫煙スペースにおいて、粒子状物質がデジタル粉じん計等により喫煙スペース直近で確認されたが、喫煙スペースから約 10 m 離れた場所では確認することができなかった。一方、アルデヒド類、ニコチン、および 3-エテニルピリジンについては当該場所直近においても確認できなかった [3]。②簡易測定法では、PM2.5 計測器がタバコ煙測定で使用されているデジタル粉じん計（LD-3K2）と同様の粒子状物質の経時変化を調べる事が可能であることが示された。一方で、今回検討したガス検知管ではタバコ煙由来化学物質を検出することは困難であった。③クエン酸溶液を使用することにより、タバコ煙由来のアンモニア臭を低下させる可能性が示された。

A. 研究目的

改正健康増進法により屋内は原則禁煙となり、望まない受動喫煙を防止することへの対策の強化が行われた [1]。その要因として、タバコ煙にはヒトに対して有害性の高い物質も含めて 4,000 種類以上の化学物質が含まれていることが考えられる [3]。一方、屋外の喫煙スペースでは、喫煙によるタバコ煙の漏れ出しにより、その周辺では望ま

ない受動喫煙が起こっている事例が報告されている [2]。屋外喫煙スペースに関しては、設置環境による条件（建物の有無・衝立の有無・広さ等）により、喫煙スペース外（通路等）へのタバコ煙の漏れ出し状況が異なる可能性が高い。このような状況において、屋外の喫煙スペースからの漏れ出しを防止するためには、様々な条件の屋外喫煙スペースにおける知見を収集することが

重要と考えられる。知見に関してインターネットで検索したところ、国や県なども望まない受動喫煙の良好事例を公表しているが[4-6]、前述の理由からより多くの知見が必要だと考えられた。

そこで本研究では、協力を得られた企業の屋外喫煙スペースにおいて、喫煙スペース外へのタバコ煙の漏れ出しを調べるために、喫煙中に喫煙スペース周辺において、タバコ煙由来物質の測定を実施した（実験Ⅰ）。さらに、タバコ煙の漏れ出しを調べるための現状の方法よりも簡易な測定方法についての検討（実験Ⅱ）、タバコ臭の消臭に有効で簡易的な方法について検討を行った。

B. 研究方法

実験Ⅰ

（１）測定場所

屋外喫煙スペースを有し、実験協力を得られた某事業所の喫煙スペース周辺において、タバコ煙由来の化学物質、および粒子状物質の測定を実施した。測定を実施した喫煙スペースとその周辺を図１に示す。図中の①から④は測定を実施した位置を示しており、その地点の地上から 1.3 m で測定を行った。また、当該喫煙スペースに設置されている建屋を図２に示した[3]。図２の建屋内には灰皿が２個設置されており、測定時の喫煙者数は 0～18 名であった。

測定日当日の天候は晴れであった[4]。

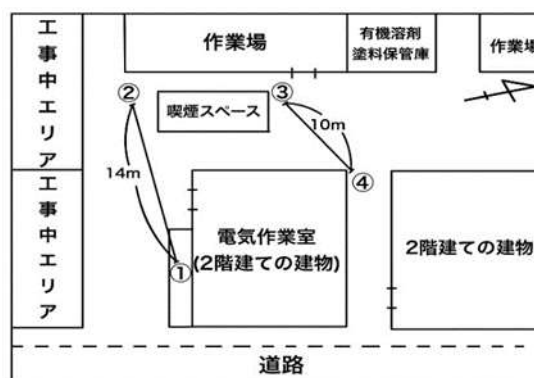


図１ 測定付近の略図および測定点[3]

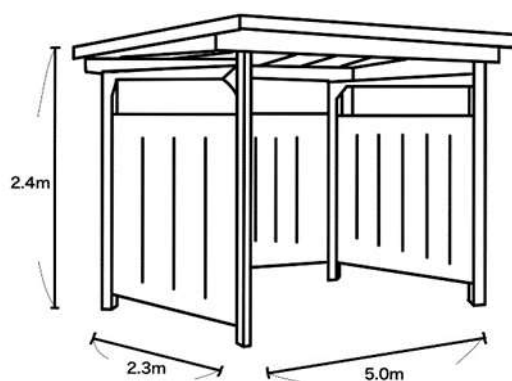


図２ 喫煙スペースの建屋[3]

（２）測定分析条件

- ①ホルムアルデヒド，アセトアルデヒド
 - ・サンプラー：DNPH アクティブカートリッジ（815H 型，光明理化学）
 - ・吸引流量：200 mL/min
 - ・吸引時間：60 分
 - ・分析：高速液体クロマトグラフ（LC-20AD，SHIMADZU，）
 - ・移動相：アセトアルデヒド・水混合（60:40）溶液
 - ・カラム：Inertsil ODS-SP 5 μ m, 150 mm $\times$ 4.6 mm I. D.
 - ・カラムオーブン温度：40 $^{\circ}$ C
 - ・脱着溶液：アセトニトリル
 - ・分析波長：360 nm

②ニコチン, 3-エテニルピリジン[7]

- ・サンプラー：ニコチン捕集用スペシャルトリートメント XAD-4 カートリッジ (Supelpak-4 , MERCK)
- ・吸引流量：400 mL/min
- ・吸引時間：60 分
- ・分析：ガスクロマトグラフ質量分析計 (JMS-Q1500GC , 日本電子)
- ・脱着溶液：0.01%トリエチルアミンを含む酢酸エチル
- ・カラム：IntertCap Pure-WAX ProGuard 5m, 膜厚 0.25 μ m, (30+5) m $\times$ 0.25 mm
- ・カラムオープン温度：50 $^{\circ}$ C (1min)-10 $^{\circ}$ C /min-215 $^{\circ}$ C-20 $^{\circ}$ C/min-240 $^{\circ}$ C (5min)
- ・注入条件：1 μ L, スプリットレス
- ・内部標準物質：キノリン
- ・選択イオン検出法：
3-エテニルピリジン 105, 78(m/z)
ニコチン 84 , 162(m/z)
キノリン 129 , 102(m/z)

③粒子状物質

図2の測定点③および④において浮遊粒子状物質の測定を2種類の測定機器を用いて実施した。

- ・デジタル粉じん計 (LD-3K2 , 柴田科学)：総粉じんを評価するために実施
- ・パーティクルカウンター (Airborne Particle Counter , BECKMAN)：粒子径ごとの挙動を評価するために実施

実験Ⅱ

測定点③において、下記の2種類の測定機器を同時に使用し、得られる粒子状物質の経時変化を比較した。本研究では、デジタル粉じん計と比較して安価なPM2.5測定

器に着目した。また、ガス状物質についてもガス検知管、今回の検討ではアンモニアおよびピリジンの検知管での検出を試みた。

・粒子状物質

簡易測定機器：PM2.5 テスター (光明理化学)

比較機器：デジタル粉じん計 (LD-3K2 , 柴田科学)

・ガス状物質

アンモニア用検知管：105SD (Komyo

Rikagaku Kogyo Co., Ltd.)

ピリジン用検知管 No.182 (GASTEC Co., Ltd.)

実験Ⅲ

- ・ペーパータオルへのタバコ臭付着の準備 [8]

4枚重ねのペーパータオル (サイズ 380 mm $\times$ 330 mm, キムタオル, 日本製紙クラシエ) を4等分した後、1枚ずつはがし、16枚の試料を準備した。それらを約27 Lのプラスチック容器の側面および底面に張り付け、容器内においたタバコ (セブンスター, 日本たばこ産業) を1本入れ燃焼させ密閉し、その状態で約60分間静置した。

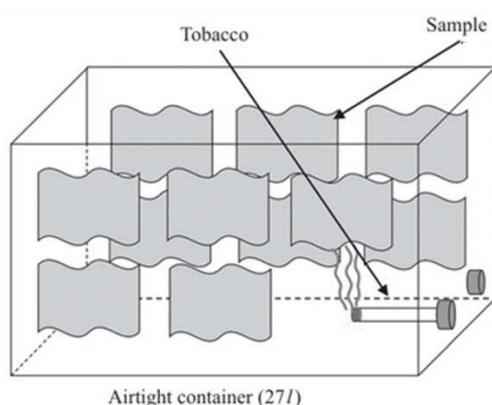


図3 タバコ臭の付着方法の概要[4]

・消臭に使用した溶液と実験条件

消臭には3種類の溶液および2種類の消臭スプレーの計5種類を使用した。実験はタバコ臭を付着させたペーパータオルに3種類の溶液は市販のスプレーボトル、2種類の消臭スプレーはそのままを使用し、タバコ臭を付着させたペーパータオル1枚に溶液が重ならないように4回噴霧した。

なお、市販のスプレーボトルを使用した時の計4回の噴霧量は 0.3 ± 0.07 mg (n=18) であった。

・溶液

クエン酸溶液 (0.05 g/mL) pH 2.0

重曹溶液 (0.05 g/mL) pH 8.6

炭酸水 (Yosa-Soda, KIRIN) pH 5.4

・消臭スプレー (比較のため)

消臭力クリーンミス (タバコ用アクアシトラス, エステー)

消臭力常務用 (タバコ用ミントグリーン, エステー)

・実験方法

1 L テドラーバッグ (アズワン) の端を切り落とし、タバコ臭を付着させたペーパー

タオルにスプレー噴霧後に、密閉クリップで閉じた。それを1つの消臭溶液につき3枚作製した。その後、吸引ポンプでテドラーバッグに室内空気を800 mL 入れた後、約10秒間振り10分間室内 (約25℃) で静置した。その後、アンモニア用検知管 (105SD, 検知限度0.1 ppm, 光明理化学工業) を用いてアンモニア濃度測定を行った。

アルデヒド類及び揮発性有機溶剤を測定する場合は、タバコ臭を付着させ消臭用の溶液を噴霧したペーパータオルとともにDNPH パッシブガスチューブ (アルデヒド・ケトン類用, 柴田化学) およびカーボンビーズパッシブガスチューブ (低ブランク, 柴田化学) をテドラーバッグ内に入れ密閉後、吸引ポンプでテドラーバッグに室内空気を800 mL 入れた。その後、約10秒間振り60分間放置した。放置後、それぞれのサンプラーを取り出し、以下の条件で分析の前処理および分析を行った。

なお、ホルムアルデヒド・アセトアルデヒドは実験Iと同条件である。

揮発性有機化合物

・脱着：二硫化炭素 (作業環境測定用)

・分析：ガスクロマトグラフ質量分析計 (JMS-Q1500GC, 日本電子) を用いた scan30-300 m/z

・カラム：IntertCap Pure-WAX ProGuard 5m, 膜厚0.25 μ m, (30+5) m $\times$ 0.25 mm

・カラムオープン温度：50℃ (1min)-10℃/min-215℃-20℃/min-240℃ (5min)

・注入条件：1 μ L, スプリットレス

C. 結果および考察

実験 I [3]

アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、ニコチンおよび3-エテニルピリジンは、喫煙スペースからの距離にかかわらずいずれにおいても検出されなかった。この原因として、測定日の天候は晴れであったが、風が強く（北九州近辺の平均風速 2.4 m/s）、さらに当該喫煙スペース周辺は建屋が多いため、スモークジェネレーターで調査したところビル風に類似している現象が確認された。そのため、喫煙スペースから漏れ出したタバコ煙は速やかに大気中に拡散し、それに伴いニコチン等の濃度も低くなったことが考えられる。また、協力企業の事情により、測定時間を短くする必要があったため、ニコチンおよび3-エテニルピリジンの測定については、本来の測定時間（3 時間）よりも短い時間で測定を実施した。これらのことが影響していると考えられる。

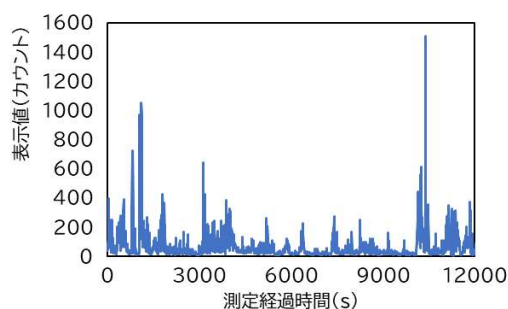


図4 デジタル粉じん計（測定点③）

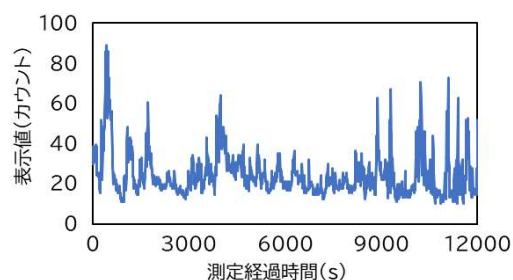


図5 デジタル粉じん計（測定点④）

デジタル粉じん計（LD-3K2）による粒子状物質の経時変化の結果について、喫煙スペース直近の測定点③を図4に、比較的離れた位置の測定点④を図5に示した。図の縦軸は表示値(カウント)である。また、測定に使用した2台のLD-3K2は、1分間当たりのカウント値に差が認められたため、事前にその機差を求め、低い方の値を補正した。

図4と図5より、喫煙スペースから距離が離れると粒子状物質濃度が低下していることが示された。この理由としては、自然拡散の影響により濃度が低下していると考えられる。さらに、アルデヒド類等の測定結果と同様に、当日の測定場所周辺の気流の影響を受けていることが考えられる[9]。

さらに、パーティクルカウンターについては、6種類の粒子径（0.3/ 0.5/ 1.0/ 2.0/ 5.0/ 10.0 μm ）の1 Lあたりの個数を別々に計測が可能であるが、タバコの主流煙の粒子径は0.2 μm と報告[10]があることから、今回の分析では、最も近い0.3 μm の結果を解析することとした。その結果について、測定点③を図6に、測定点④を図7に示した。図の縦軸は個数である。

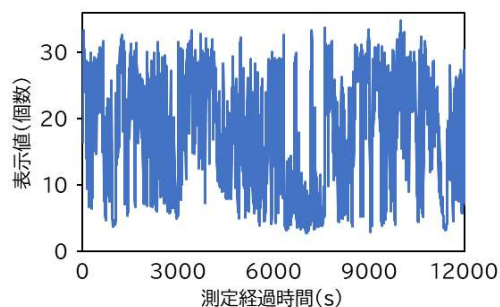


図6 パーティクルカウンター 0.3 μm （測定点③）

図より、測定点による個数濃度に違いは確認できるが、野外での測定であることから、大気塵の影響を大きく受けている可能性が考えられる。

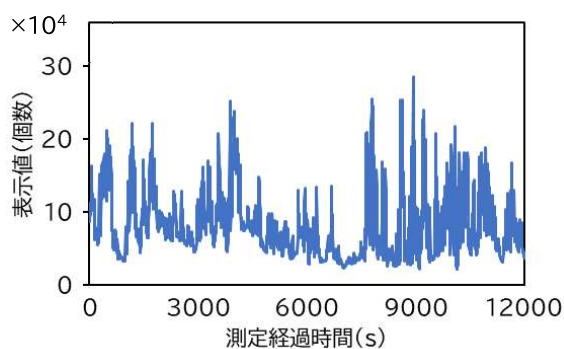


図7 パーティカルカウンター 0.3 μm
(測定点④)

実験Ⅱ

測定点③におけるPM2.5テストの測定結果を図8に示す。図より、同測定点で実施したデジタル粉じん計の結果(図4参照)と類似の挙動を示した。当該機器はデジタル粉じん計よりも安価であるが、タバコ煙の測定においても使用できる可能性が示された。

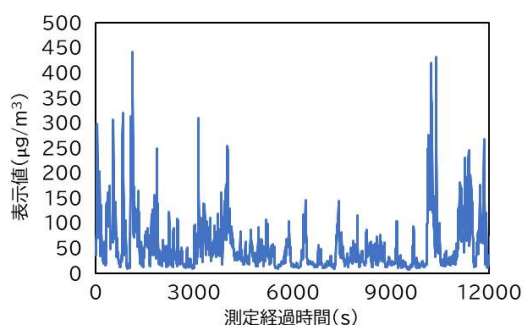


図8 PM2.5 テスター (測定点③)

一方、測定点③において実施したガス検知管では、アンモニアおよびピリジンは検出できなかった。原因として、固体捕集-ガスクロマトグラフ質量分析計においても検

出することができなかったことと同様に、気流の影響を受け、濃度が低かった可能性が考えられた。

実験Ⅲ

実験結果を表1に示す。表より、重曹水以外の炭酸水、クエン酸溶液および2種類の消臭力において、脱イオン水よりもアンモニア濃度を低減させることができた。特にクエン酸溶液では4回の実験において、どちらも検知限度(0.1 ppm)以下であった。この原因はクエン酸溶液が酸性であるため中和反応によりアンモニア濃度が減少したと考えられる。炭酸水に関しても酸性であるが、クエン酸溶液よりはpHが高いため、クエン酸溶液ほどアンモニア濃度を減少できなかったと考えられる。これらのことから、アンモニア臭に関しては、クエン酸水を用いることにより、臭気を低減させることが可能であると考えられる。

なお、ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物に関しては、濃度低下を確認することができなかった。

表1 アンモニア濃度測定（1及び2回目）

実験 回数	消臭対策	アンモニア濃度(ppm)			
		1枚目	2枚目	3枚目	平均±標準偏差
1	脱イオン水	2.5	3.8	4.8	3.7 ± 1.2
	炭酸水	1.5	2.0	2.1	1.9 ± 0.3
	クエン酸	0.1	0.1	0.1	0.1 ± 0.0
	重曹水	20	20	20	20.0 ± 0.0
2	ブランク	11	14	9.8	11.6 ± 2.2
	クエン酸	0.1	0.1	0.1	0.1 ± 0.0
	消臭力	1.4	1.3	1.4	1.4 ± 0.1
	消臭力 (業務用)	2.9	3.0	3.6	3.2 ± 0.4
3	脱イオン水	20	20	20	20.0 ± 0.0
	クエン酸	0.1	0.1	0.1	0.1 ± 0.0
	重曹水	14	16.0	14	14.7 ± 1.2
	クエン酸+ 重曹水	1.0	1.0	0.1	0.7 ± 0.5
4	脱イオン水	18	20	20	19.3 ± 1.2
	クエン酸	0.1	0.1	0.1	0.1 ± 0.0
	重曹水	18	20	20	19.3 ± 1.2
	クエン酸+ 重曹水	0.1	0.1	1.0	0.4 ± 0.5

D. 研究発表

なし

E. 学会発表

なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

この研究において、知的財産権に該当するものはなかった。

G. 参考文献

1. 厚生労働省：受動喫煙対策

<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000189195.html>（閲覧日 2023年4月21日）

2. 飯田優里，野下結衣，大和浩，土井たかし，宮脇尚志，中村亜紀（2021）：屋外の開放型喫煙所から拡散するタバコ煙の状況～就学年齢の子どもに対する受動喫煙防止に向けて～．京都女子大学生生活福

祉学科紀要 16：1-8 学 59(2):139-144;2010.

3. 吉田羽里(2024)：令和5年度産業医科大学産業保健学部産業衛生科学科卒業研究抄録集

4. 新潟県 福祉保健部 健康づくり支援課：みんなでつくる！受動喫煙防止対策取組事例集

<https://www.kenko-niigata.com/material/files/group/4/R4zireisyuu.pdf>（閲覧日 2026年2月9日）

5. 厚生労働省：全国の受動喫煙対策事例 <https://jyudokitsuen.mhlw.go.jp/example/>（閲覧日 2026年2月10日）

6. 厚生労働省：屋外分煙施設の技術的留意事項について <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000359324.pdf>（閲覧日 2026年2月13日）

7. 大貫文，斎藤育江，保坂三継，中江大（2014）：副流煙を吸着させた布から放散される化学物質．東京健安研セ年報 65：209-215

8. Hinoue M, Hara K, Jiang Y, Yamato H: Capability of relative odor level monitors to measure the odor of thirdhand smoke. Journal of UOEH 44:269-275, 2022

9. 気象庁：各種データ・資料 過去の気象データ検索 https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/hourly_a1.php?prec_no=82&block_no=0780&year=2023&month=11&day=8&view=（閲覧日 2023年12月12日）