

タバコ由来の化学物質による喫煙所の分煙効果の評価について

環境技術センター 長谷川 あゆみ

1 はじめに

たばこ副流煙中には、窒素酸化物や、悪臭であるアセトアルデヒド、アクリロレイン、ピリジン、発がん性が強い多環式芳香族炭化水素、毒物であるニコチン、その他1,3-ブタジエン、ベンゼン、トルエン等揮発性有機化合物など多岐に渡るガス状物質が含まれていることが知られている^{1, 2, 3, 4)}。特にアルデヒド類やアミン類のような悪臭物質が多く含まれ、独特の「タバコ臭」を形成していると考えられる。またアルデヒド類は、たばこ煙中の不飽和炭化水素とオゾンの反応により濃度が増加することも分かっており、生成したアルデヒドによる刺激性が懸念されている⁵⁾。受動喫煙による健康への悪影響は、流涙、鼻閉、頭痛などの諸症状や、呼吸抑制、心拍増加、血管収縮など生理学的反応の知見も得られており、より適切な受動喫煙対策が必要とされている⁶⁾。

平成15年5月9日に厚生労働省から発表された「新たな職場における喫煙対策のためのガイドライン」では、従来分煙対策機器とされていた空気清浄機は、粒子は除去できるが、ガス状物質は除去できないことを指摘している⁶⁾。分煙対策は、非喫煙者の受動喫煙による健康影響をさらに充実させるだけでなく、臭気等による不快感の排除・軽減がなされてはじめて効果的な対策と判断されるべきであることも言及されている²⁾。そのためには、分煙環境を出来るだけ適切に・科学的に評価する

ことが必要だが、ガス状物質については適当なモニター成分およびモニター法が提示されていない。

環境たばこ煙 (Environmental Tobacco Smoke : ETS) 中のガス状物質については、ISO 18145として、3-エテニルピリジン (3-ET) およびニコチンをモニター成分としたETS評価法についての規格がある⁷⁾。3-ETは臭気拡散や臭気除去のモニター成分として有用性が伺える。ニコチンは特異的成分で、速やかな濃度減衰が起こるとされるが、健康影響を考慮する場合その濃度を無視できない。

我々は、ISO 18145を基に、分煙法の異なる施設の実測調査を実施し、ガス状成分の分煙効果モニター法としての有用性を評価した。そのほか、アルデヒド類や揮発性有機化合物の捕集・分析も並行し、「タバコの臭気」として喫煙所近傍のガス状成分の把握を試みた。

2 捕集および分析条件

2.1 捕集条件

捕集はXAD-4 20/40 meshを120mg充填した市販品チューブを用

い、1L/minの流量で行った。

2.2 前処理方法

チューブからXAD樹脂を取り出しGC-MS測定用バイアル瓶に移した。内部標準物質としてキノリンおよびガラス吸着防止のための0.01%トリエチルアミン (TEA) を含む酢酸エチルを加え、30分超音波抽出し、上澄みをGC-MS測定に供した。

2.3 ISO 18145に基づくGC-MS分析条件の最適化

ISO 18145において、3-ETおよびニコチンの分析はDB-5カラムを用い、NPD検出器で検出する条件となっている。しかし、日本では広くガスクロマトグラフ-質量分析計 (GC-MS) が利用されている。GC-MSの適用を試みたところ、DB-5カラムでは3-ETに妨害成分が重複し、分析が困難である事がわかったため、分析条件の最適化を行った。最適化した分析条件を表1に示す。

3 調査箇所

調査は特定建築物に指定されている5

表1 GC-MS分析条件

装置	GC-MS 6890-5973N (Agilent)			
カラム	DB-WAX 30m x 0.25mmID 膜厚0.5 μm			
オープン温度	50 (1min) - (10 /min) -215 - (20 /min) -240 (5min)			
注入口温度	230			
注入条件	1 μL スプリットレス			
検出法	選択イオン検出法			
		3-ET	ニコチン	IS (キノリン)
	定量イオン (m/z)	105	84	129
	確認イオン (m/z)	78	162	102

表2 調査箇所概要

建物	調査日	調査時間	分煙方法
A	2005/10/13	11:00 ~ 15:00	壁による仕切・喫煙室から建物外へ排気
B	2005/10/31	11:00 ~ 15:00	エリアを閉鎖した喫煙室・喫煙室から建物外へ排気
C	2005/11/1	11:00 ~ 15:00	仕切りなし・分煙機設置
D	2005/11/2	11:00 ~ 15:00	分煙対策なし(喫煙時間設定). EVホールを非喫煙場所として測定
E	2005/12/13	10:00 ~ 16:00	仕切りなし・非喫煙側から喫煙側へ空気が流れ排気される設計

表3 各施設の調査結果とガス状物質の喫煙室外漏洩率

建物	測定場所	3-ET		ニコチン		分煙状況
		空気中濃度(μg/m ³)	漏洩率(%)	空気中濃度(μg/m ³)	漏洩率(%)	
A	喫煙室	0.94	9	7.7	1	
	喫煙室外	0.09		0.11		
B	喫煙室	4.1	7	42	1	
	喫煙室外	0.27		0.38		
C	喫煙室	1.0	45	4.9	29	
	喫煙室外	0.45		1.4		
D	喫煙室	1.4	38	4.1	9	
	喫煙室外	0.52		0.36		
E	喫煙室	5.2	6	15	9	
	喫煙室外	0.34		1.4		

つの事務所ビルにおいて、喫煙室や喫煙を許可するエリアを喫煙場所、そのエリア境界から5mの位置を非喫煙場所として測定を行った。各々の分煙方法は異なっており、概要を表2に示す。

4 結果および考察

各施設の3-ETおよびニコチンの測

定結果を表3に示す。ここでは、3-ETとニコチンの測定結果について、喫煙室と非喫煙場所の測定結果を式1を用いて「漏洩率」として評価した結果を併せて示す。

$$\text{漏洩率}(\%) = \frac{\text{非喫煙場所濃度} \times 100}{\text{喫煙室内濃度}} \quad (\text{式1})$$

概ね分煙状況をよく反映した結果と

表4 喫煙室内・外のアルデヒド類・揮発性有機化合物(VOC)の類別集計結果

	A			B			C			D			E		
	喫煙	非喫煙	漏洩率	喫煙	非喫煙	漏洩率	喫煙	非喫煙	漏洩率	喫煙	非喫煙	漏洩率	喫煙	非喫煙	漏洩率
	μg/m ³	μg/m ³	%	μg/m ³	μg/m ³	%	μg/m ³	μg/m ³	%	μg/m ³	μg/m ³	%	μg/m ³	μg/m ³	%
飽和炭化水素	68	55	81	71	30	42	170	98	58	310	200	65	110	150	136
不飽和炭化水素	57	16	28	100	8.5	8	41	33	81	90	42	47	52	44	85
環状飽和炭化水素	11	15	139	9.0	3.7	41	8.1	8.0	99	110	71	64	26	110	430
アルコール	57	45	80	50	47	93	260	210	81	320	120	38	110	97	89
アルデヒド	74	54	73	140	38	27	63	58	92	99	130	131	89	48	54
ケトン	31	24	76	9.6	2.5	26	17	12	73	180	23	13	520	260	50
有機酸	32	20	62	33	7.9	24	4.9	6.8	137	13	6.4	49	13	2.4	18
芳香族	160	122	76	61	35	58	100	84	84	200	210	105	190	190	100
テルペン	2.9	1.0	34	0.2	0.0	0	5.8	3.5	60	8.0	4.3	54	2.1	1.3	64
塩素系有機化合物	17	23	136	6.2	2.7	44	10	9.7	96	580	400	69	1000	930	93
含窒素化合物	20	1.5	8	56	0.7	1	17	7.1	42	12	5.8	48	43	15	35
含酸素化合物	8.0	1.0	13	8.8	1.2	14	11	4.7	44	5.9	5.7	97	7.1	58	812
エステル類	43	38	89	9.8	12	121	12	27	227	48	35	73	7.3	6.4	88
合計	582	420	72	550	190	35	720	570	79	2000	1200	60	2200	1900	86
3-ET	0.90	0.10	9	4.1	0.27	7	1.0	0.45	45	1.4	0.52	38	5.2	0.34	6
ニコチン	7.7	0.20	3	42	0.38	1	4.9	1.4	29	4.1	0.36	9	16	1.4	9
分煙状況							x			x(分煙なし)					

考えられる。ほとんどの施設においてニコチンの漏洩率が3-ETより低くなっているが、ニコチンの速やかな酸化や壁面・粒子への付着による減衰などが考えられる。

5 喫煙室外のアルデヒド類・揮発性有機化合物特性

調査建物において、ISO 18145の有用性確認と並行して、アルデヒド類・揮発性有機化合物(VOC)の調査も行い、喫煙室外へのタバコ臭気の影響を評価することを試みた。

VOCは、超揮発性有機化合物(VVOC)も捕集できるようバックアップ吸着剤を配したTenax-TAを使用し、加熱脱離-ガスクロマトグラフ-質量分析(TDS-GC-MS)法で分析した。アルデヒド類はDNPHカートリッジで捕集し、高速液体クロマトグラフ法で分析した。同定・定量した化学物質を類別に分けて濃度を集計した。

集計結果を表4に示す。ニコチン・3-ETを含む含窒素化合物の総量は、表3で判断した分煙効果とほぼ同じ値となったが、その他の悪臭を構成する

アルデヒド・アルコール・ケトン・有機酸では、喫煙室内外での差が小さい傾向があった。アルデヒド類は全化合物類の中でその構成割合が非喫煙場所で変わらないまたは増える傾向があった。嗅覚閾値が低いため、特に非喫煙場所でのタバコ臭に寄与するものと考えられる。

6 喫煙室外へのニコチンの持ち込み

4項で述べたとおり、ニコチンは速やかな酸化や壁面付着のほか、粒子への付着が考えられ、喫煙室外への漏洩率が低くとも粒子状で喫煙室外へ持ち込まれることを検討する必要が示唆される。実際に喫煙室から隔たれた室内では、粒子状のニコチンが検出されており、実例を紹介する。

図1はあるオフィスの粒子状物質の組成を調査した結果である。喫煙室からは2部屋隔てた室内であるが、非常

に大きくニコチンが検出されている。これは喫煙者が粒子状で持ち込むことや、喫煙所の分煙効果が悪いなど理由が推測される。また、図2にはある一般住宅の粒子状物質組成の調査例を示す。この住宅は集合住宅で、新築入居後喫煙された履歴はないが、ニコチンが検出されている。しかし、当該室階下の入居者が愛煙家であり、理由のひとつとして推測される。流入経路の解明は非常に興味深い。

7 おわりに

喫煙室実態調査において、様々な角度からガス状物質の調査を実施した。喫煙は、受動喫煙による健康影響のみならず、タバコ臭による在室者の快適性も言及されてきており、これからもより実態に迫る効果的な調査方法の確立を進める。

謝辞

本調査は平成17年度厚生労働科学研究費補助金研究「建築物における環境衛生管理に関する研究」の成果の一部を含む。調査実施機関である財団法人ビル管理教育センターならびに研究部会の池田耕一様、鍵直樹様（国立保健医療科学院）、藤井修二先生（東京工業大学）、西村直也先生（芝浦工業大学）に甚大なる謝意を表する。

文献

- 1) 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室健康情報管理係；平成11-12年度 たばこ煙の成分分析について（概要）（たばこ健康に関する情報ページより）
- 2) 厚生労働省 分煙効果判定基準策定検討会報告書（2002）
- 3) Brett C. et al., Gas-phase organics in environmental tobacco smoke.1. Effects of smoking rate, ventilation, and fumishing level on emission factors; Environ. Sci. Technol.2002,36,846-853
- 4) Yan S. et al., Determination of 14 polycyclic aromatic hydrocarbons in mainstream smoke from domestic cigarettes; Environ. Sci. Technol.2005,39, 471-478
- 5) Richard J. et al., Indoor chemistry: Ozone and volatile organic compounds found in tobacco smoke; Environ. Sci. Technol. 2001, 35, 2758-2764
- 6) 厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課環境改善室；新たな職場における喫煙対策のためのガイドラインの策定について（2003）
- 7) ISO18145 Environmental tobacco smoke; Determination of vapor phase nicotine and 3-ethenylpyridine in air; Gas-chromatographic method.
- 8) Hasegawa A. et al., BUEE2006. TOKYO, pp.365-370（2006）
- 9) 長谷川あゆみ他，平成18年度室内環境学会総会講演集，pp98-99（2006）

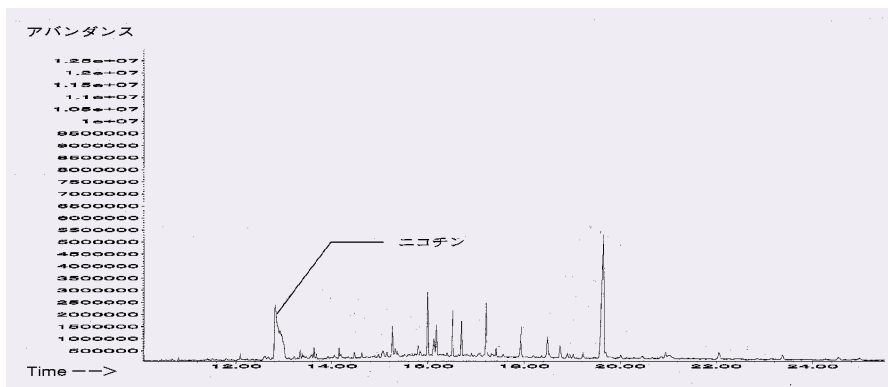


図1 某オフィスの粒子状物質有機物組成の調査結果

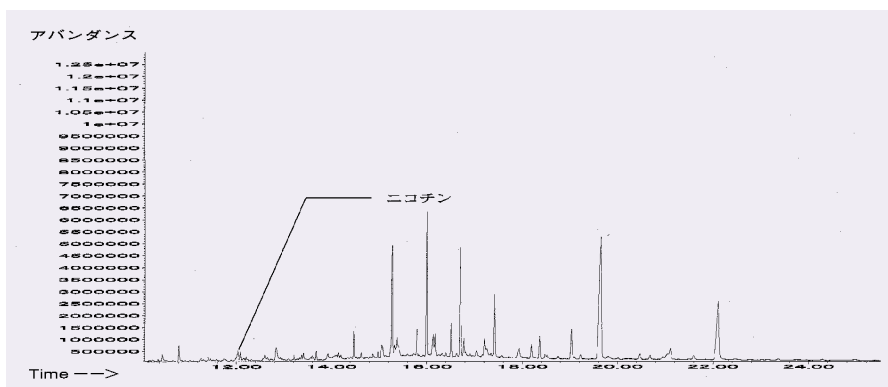


図2 某住宅の粒子状物質有機物組成の調査結果



長谷川 あゆみ
（はせがわ あゆみ）
環境技術センター