

喫煙と室内環境

国立保健医療科学院 生活環境研究部
稲葉洋平、内山茂久

はじめに

我々の日常生活におけるリスク要因の1つとして喫煙があり、我が国における喫煙のほとんどが、紙巻たばこを吸う行為を指す。これまでにこの喫煙による健康影響が懸念され、世界的にこれまで数多くのたばこ対策と先行研究が実施されてきた。我が国でも2012年度の次期がん対策推進基本計画の素案において10年後の喫煙率を数値目標として12.2%にすることが盛り込まれた。また、地方自治体でも2010年4月から神奈川県が、「公共的施設における受動喫煙防止条例」を施行し、さらなるたばこ対策を推進している。さらに世界保健機関(WHO)の附属機関である国際がん研究機関(IARC)は、発がん性の網羅的な分類において「喫煙」、「たばこ煙」と「受動喫煙」は、分類最上位のグループ1の「発がん性がある」としている。この喫煙とがんに関する問題は、たばこの煙に有害化学物質が数多く含まれていることに起因している¹⁾。たばこの煙は喫煙者が生体内に吸い込む「主流煙」とたばこの先端から発生する「副流煙」の2種類に大別される。主流煙は「喫煙者」の健康影響に及ぼす大きな因子であり、副流煙は「受動喫煙者」の健康に大きな影響を及ぼす因子となる。特に副流煙は、

室内環境の汚染における発生源となりうるものである。そこで今回は、本シリーズの「建築と健康」のテーマに関連して、室内環境の空気汚染に関わるたばこ煙とこれに含まれる有害化学物質の解説及び受動喫煙そして「三次喫煙」といった最近の話題について説明する。

たばこの煙に含まれる有害化学物質について

たばこ主流煙は、喫煙者が喫煙時にたばこの末端(吸い口)から吸い込む煙をさす。一方で副流煙は、紙巻たばこの燃焼時にたばこの先端から発生する煙を指す。現在までにたばこの主流煙には5,300種類以上の化学物質が含まれていると報告されている²⁾。RodgmanとPerfettiらの報告²⁾によるとその化学物質はガス相に95.5%、粒子相に4.5%が含まれている。ガス相の内訳は、水分4.0%、窒素59%、酸素13%、二酸化炭素12.5%、一酸化炭素4.0%、アルゴン、ヘリウム、水素を合計して1.5%そしてカルボニル類などその他の化合物が1.5%である。一方、粒子相の内訳は、水分0.70%、ニコチン0.28%そしてタールが3.52%である。そしてガス相のその他の化合物と粒子相のタールには、IARCの発がん性リスク一覧に

において70種類以上の化学物質が含まれている。表-1には、IARCの発がん性リスク一覧のグループ1とされた「ヒトに対する発がん性が認められる」16化合物とグループ2Aとされた「ヒトに対する発がん性がおそらくある」とされた8化合物を示した。グループ1には、厚生労働省によって室内濃度指針値が定められているホルムアルデヒド、大気汚染物質として知られている多環芳香族炭化水素類のベンゾ[a]ピレンとたばこに特有の有害物質であるたばこ特異的ニトロソアミンであるN'-ニトロソノルニコチン

(NNN) および4-(N-ニトロソメチルアミノ)-1-(3-ピリジル)-1-ブタノン (NNK) などが含まれている。グループ2Aには、多環芳香族炭化水素であるシクロペンタ[cd]ピレン、ジベンゾ[a,h]アントラセンとジベンゾ[a,i]ピレンやN-ニトロソ化合物であるN-ニトロソジエチルアミン、N-ニトロソジメチルアミンなどが含まれている。以上のように、たばこの煙にはガス相、粒子相のそれぞれから多数の有害化学物質が排出されることが報告されている。次に、国内で販売されているたばこについて旧厚生省が

表-1 たばこに含まれる発がん性物質の一覧 (一部抜粋)

グループ1 (ヒトに対する発がん性が認められる)	グループ2A (ヒトに対する発がん性がおそらくある)
4-アミノビフェニル	アクリルアミド
塩化ビニル	シクロペンタ [cd] ピレン
酸化エチレン	ジベンゾ [a,h] アントラセン
ベンゼン	ジベンゾ [a,i] ピレン
1,3-ブタジエン	IQ (2-アミノ-3-メチルイミダゾ [4,5-f] キノリン
ホルムアルデヒド	無機鉛化合物
2-ナフチルアミン	N-ニトロソジエチルアミン
ベンゾ [a] ピレン	N-ニトロソジメチルアミン
N'-ニトロソノルニコチン (NNN) および4-(N-ニトロソメチルアミノ)-1-(3-ピリジル)-1-ブタノン (NNK)	
ニッケル化合物	
カドミウムおよびカドミウム化合物	
ヒ素および無機ヒ素化合物	
ベリリウムおよびベリリウム化合物	
6価クロム	
ポロニウム-210	
たばこの喫煙	
たばこの煙および受動喫煙	
無煙たばこ	

1) より一部変更

実施した「平成11-12年度たばこ煙の成分分析について」³⁾の一部測定結果を表-2に示す。ここではたばこ外箱表示量がニコチン0.3mg、タール3mgのマイルドセブンエクストラライトとニコチン0.8mg、タール10mgのマイルドセブンの2銘柄についての測定結果を抜粋した。また、上記のたばこの外箱に表示されている値は、たばこ1本を消費する際に発生する主流煙中の

タール・ニコチン量であり、我が国では、たばこ事業法施行規則に基づき「財務大臣の定める方法により測定したたばこ煙中に含まれるタール及びニコチン量」と定義されている。そして、これら主流煙の捕集法は国際標準化機構(International Organization for Standardization; ISO)の手法に基づいている⁴⁾。その手順は、まず図-1(A)に示す機械喫煙装置を用いてたばこの末端

表-2 たばこ1本に含まれる化学物質の重量及び副流煙(SS)と主流煙(MS)の比率(SS/MS)

	主 流 煙		副 流 煙		比 率 (SS/MS)	
	マイルドセブン エクストラライト	マイルドセブン	マイルドセブン エクストラライト	マイルドセブン	マイルドセブン エクストラライト	マイルドセブン
一酸化炭素 (mg)	3.81	11.6	46.8	48.7	12.3	4.2
ニコチン (mg)	0.30	0.96	5.79	5.03	19.2	5.3
タール (mg)	3.19	11.8	21.5	24.4	6.7	2.1
カルボニル類 (μg)						
ホルムアルデヒド	7.64	37.9	459	439	60.1	11.6
アセトアルデヒド	228	560	1711	1689	7.5	3.0
アセトン	142	295	936	957	6.6	3.2
アクロレイン	18.9	47.6	307	310	16.2	6.5
プロピオンアルデヒド	21.4	44.4	172	172	8.0	3.9
クロトンアルデヒド	2.23	12.3	54.5	64.2	24.4	5.2
メチルエチルケトン	23.0	55.0	178	190	7.7	3.5
ブチルアルデヒド	14.4	35.4	111	114	7.7	3.2
窒素酸化物 (μg)						
NO	54.8	125	2011	1973	36.7	15.8
NOx	55.3	128	2155	2080	39.0	16.3
アンモニア (μg)	4.80	15.5	7047	6701	1468	432
有機化合物 (μg)						
1,3-ブタジエン	17.4	37.4	426	363	24.5	9.7
イソプレン	148	272	3203	2547	21.6	9.4
アクリロニトリル	2.27	5.77	104	93.5	45.8	16.2
ベンゼン	14.9	25.8	339	294	22.8	11.4
トルエン	18.7	35.9	645	583	34.5	16.2
ベンツピレン (ng)	3.72	11.4	128	92.0	34.4	8.1
ニトロソアミン類 (ng)						
NNN	45.6	81.0	92.9	92.4	2.0	1.1
NAT	44.4	96.2	47.5	44.9	1.1	0.5
NAB	9.90	15.9	16.3	15.7	1.6	1.0
NNK	27.7	47.7	137	116	4.9	2.4

3) より一部抜粋

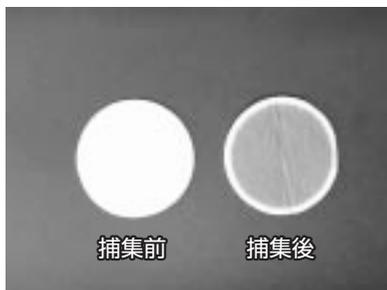
(吸い口)部より放出されるたばこ主流煙をガラスフィルターに捕集する(図-1(B))。次に各種化学物質を分析装置によって測定する。このとき重要なのが捕集法である。ISOによる捕集法は、吸煙量が35mL、吸煙時間が2秒、吸煙間隔が60秒と指定されている。同様に副流煙も副流煙専用の喫煙装置(図-1(C))で捕集することで、たばこ先端から排出される煙成分のほとんどを捕集している。マイルドセブンエクストラライトとマイルドセブンの主流煙測定結果を比較すると各化学物質共に外箱タール・ニコ

チン量と同様にマイルドセブンの方が高くなった。一方で、2つの銘柄の副流煙の測定結果を比較すると各種有害化学物質成分においてほぼ同じ値となった。この結果は、たばこ先端から発生する副流煙が、たばこ外箱表示には依存しないことを示している。次に、副流煙測定結果と主流煙測定結果の比率(SS/MS)を示した。SS/MS比の数値の高さから分かる通り、2つの銘柄ともに副流煙が主流煙より多くの有害化学物質を含むことが分かった。また、マイルドセブンエクストラライトの方が、主流煙

(A) 主流煙用機械喫煙装置



(B) フィルターによる捕集



(C) 副流煙用機械喫煙装置



図-1 機械喫煙装置とたばこ煙を捕集したフィルター

の化学物質量が低いためにこの比率が高くなる傾向が認められた。以上のように、受動喫煙の原因となる副流煙の発生量は、捕集法に係らずほぼ一定であり、主流煙より数倍から千倍以上になることが報告されている³⁾。このことから室内環境下でたばこの喫煙がされた場合、副流煙に含まれる有害化学物質が一気に室内空気に拡散することになり、喫煙者を含む多くのヒトの健康に影響を及ぼし、いわゆる受動喫煙問題へと発展していくことになる。

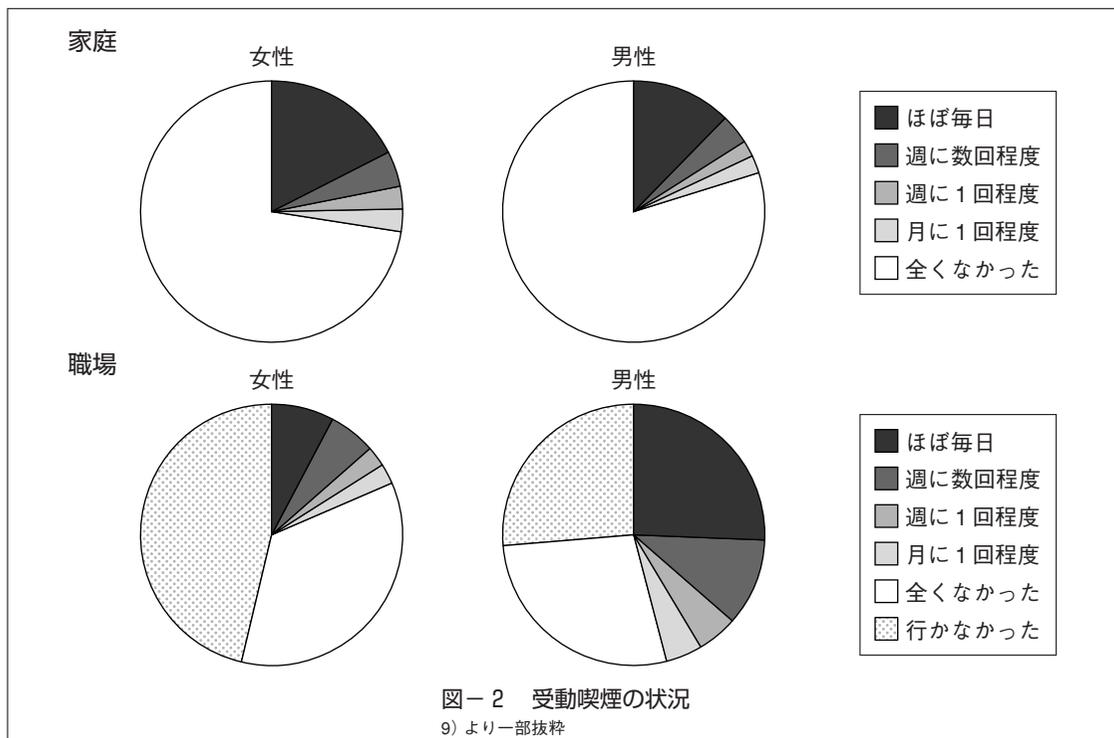
受動喫煙について

ここまで、たばこの煙の有害性について述べてきたが、副流煙に含まれる有害化学物質が室内環境汚染の発生源となり、受動喫煙問題を引き起こしている。次に受動喫煙とその社会背景について説明する。世界的には、受動喫煙はIARCモノグラフ第83号において分類上最上位のグループ1の「発がん性がある」とされ¹⁾、米国の2006年公衆衛生総監報告書「受動喫煙の健康影響」においても各種疾病の原因と報告された⁵⁾。また、我が国も批准している「たばこ規制枠組み条約(FCTC)」の第8条「たばこの煙にさらされることからの保護」には、「屋内の職場、公共の輸送機関、屋内の公共の場所において受動喫煙から保護されるために効果的な措置をとる」の一文が記されている。これらFCTCや先行報告などと合わせて、現況認識として2009年の「受動喫煙防止対

策のあり方に関する検討会」報告書⁶⁾で、「多数の者が利用する公共的な空間については、原則として全面禁煙であるべきである」という基本的な方向性が示された。また2010年2月には、健康増進法第25条に規定された受動喫煙防止対策において上記の全面禁煙とする方向性が、健康局長通知として発出された⁷⁾。さらに2010年5月には、「職場における受動喫煙防止対策に関する検討会」報告書において「快適職場形成という観点ではなく、労働者の健康障害防止という観点から取り組む必要性」⁸⁾と「労働安全衛生法において、受動喫煙防止対策を規定する必要性」が基本的な方向性として示された。このように、我が国を含めた世界各国での受動喫煙に関する科学研究とそれを受けたたばこ対策が少しずつではあるが進んできている。上記対策を踏まえたうえでの現在の我が国の喫煙、受動喫煙の状況は、2010年「国民健康・栄養調査の概要」によると日本人の喫煙率は19.5%であり、これまでの調査で初めて20%以下となった。一方で、男性の喫煙率は32.2%であり、その内訳は、20-29歳、30-39歳、40-49歳、50-59歳において34.2、42.1、42.4、40.3%と高く3人に1人以上は喫煙をする結果となっている。女性の喫煙率は8.4%であり、その内訳は、20-29歳、30-39歳、40-49歳、50-59歳において12.8、14.2、13.6、10.4%と男性と比較すると低い結果になっている。ここで男性と女性の家庭及

び職場における受動喫煙の状況を図-2に示す。家庭における受動喫煙について「毎日」から「月に1回程度」まで合計した割合は、女性が27.5%と男性が20.2%となり、女性の方が高い結果となっている。また職場における受動喫煙の割合は女性が18.4%、男性が45.9%となり、男性の方が高い結果となっている。以上のことから、日本人全体の喫煙率は毎年徐々に低下しているものの、男性の20-59歳の喫煙率はいまだに高く、喫煙の有害性について認識するための啓蒙普及活動が依然必要であると考えられる。さらに家庭における受動喫煙の割合は女性が高く、職場における受動喫煙の割合は男性が高いことから、家庭、職場と

もに今以上の受動喫煙対策を講ずる必要があると考えられる。しかしながら、たばこの煙にはガス相、粒子相合わせて5300種類以上の化学物質が存在しているため、それら化合物を完全に除去することは困難であるのが実情である。実際に米国暖房冷凍空調学会(American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers; ASHRAE)は、2010年の「環境たばこ煙における意見書」¹⁰⁾において家庭における環境たばこ煙を最小限に抑えるために最適な方法は、室内における禁煙を推奨している。今後は、空気環境測定法の高感度化が進むことで、浮遊粉じん濃度と一酸化炭素濃度ばかりではなく、たばこ特有の有害化学物



質であるニコチンをはじめとする各種化学物質の総合結果による評価が確立することが室内環境の衛生対策では望まれる。また、室内環境の基準ばかりではなく、家庭であれば居住者、職場であれば労働者の個人曝露の基準について評価することも必要となってきた。最近の研究報告¹¹⁾では、受動喫煙者の尿中に含まれるニコチン代謝物であるコチニンなどは、尿1mLあたりで0.05ngといった高感度測定で実施されている。今後は、生体試料中に含まれるたばこ特異的なバイオマーカーをもとに受動喫煙の評価をすることも必要となってくるかもしれない。

おわりに

最後に、最近出てきた新しい概念である「三次喫煙」についてご紹介したい。ここまで説明してきた受動喫煙は、たばこの副流煙をはじめとする環境たばこ煙に曝露されることをさすが、三次喫煙とは、副流煙中

に含まれるニコチンなどの化学物質が、室内の壁紙などに吸着し、その後、室内のガス成分と反応し、有害化学物質のニトロソアミンとなって室内に放出され、これを曝露されることを示す¹²⁾。この概念は、比較的新しい概念であり、最近、論文報告¹²⁻¹⁷⁾が増えてきている。しなしながら、まだ我が国における三次喫煙の実態調査は、これからであるため健康影響の評価に関しては今後の研究成果によるものとなる。以上、これまでの喫煙と室内環境の関わりを説明してきた。今後、我が国は、たばこ規制枠組条約を批准し、喫煙による健康影響がより確実になり、さらには三次喫煙といった新たなリスクが出てきた現況において、「喫煙と室内環境」について居住者や労働者の健康を確保する視点での対策が急務であると考えている。

次回は、生活環境研究部の小林先生から、「健康・療養とかわりの深い病院の環境について」の情報提供をしたいと考える。

【筆者紹介】稲葉 洋平 氏

大学院を卒業後、産業技術総合研究所で生体影響を評価するためのバイオマーカー測定法の開発を行う。2008年国立保健医療科学院に移動後は、主にたばこの煙中に含まれる有害化学物質測定法の開発に従事。博士（水産学）。

【参考文献】

- 1) IARC. Tobacco smoke and involuntary smoking. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 83: 1-1438, 2004.
- 2) Rodgman A, Perfetti TA. Alphabetical Component Index. In: The Chemical Components of Tobacco and Tobacco Smoke. Rodgman A, Perfetti TA, editors. Boca Raton, FL: CRC Press, 1483-1784, 2009.

-
- 3) 厚生労働省. 平成11-12年度たばこ煙の成分分析について.
<http://www.mhlw.go.jp/topics/tobacco/houkoku/seibun.html>
 - 4) ISO 3308 Routine analytical cigarette - smoking machine - Definitions and standard conditions, International Organization for Standardization, 2000.
 - 5) US Department of Health and Human Services. The Health Consequences of Involuntary Exposure to Tobacco Smoke: A Report of the Surgeon General. 2006.
 - 6) 厚生労働省. 受動喫煙のあり方に関する検討会の報告書.
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2009/03/dl/h0324-5b.pdf>
 - 7) 厚生労働省. 平成22年2月25日付け健発0225第2号号厚生労働省健康局長通知.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000004k3v-img/2r98520000004k5d.pdf>
 - 8) 厚生労働省. 職場における受動喫煙防止対策に関する検討会の報告書.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000006f2g-att/2r98520000006f47.pdf>
 - 9) 厚生労働省. 平成22年 国民健康・栄養調査結果の概要.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000020qbb-att/2r98520000021c0o.pdf>
 - 10) ASHRAE. ASHRAE Position Document on ENVIRONMENTAL TOBACCO SMOKE, 2010.
http://www.ashrae.org/File%20Library/docLib/About%20Us/PositionDocuments/ASHRAE_PD_Environmental_Tobacco_Smoke_2010.pdf
 - 11) Goniewicz ML, Eisner MD, Lazcano-Ponce E, Zielinska-Danch W, Koszowski B, Sobczak A, Havel C, Jacob P, Benowitz NL. Comparison of Urine Cotinine and the Tobacco-Specific Nitrosamine Metabolite 4-(Methylnitrosamino)-1-(3-Pyridyl)-1-Butanol (NNAL) and Their Ratio to Discriminate Active From Passive Smoking. *Nicotine Tob Res.* 13: 202-208, 2011.
 - 12) Sleiman M, Gundel LA, Pankow JF, Jacob P III, Singer BC, Destailats H. Formation of carcinogens indoors by surface-mediated reactions of nicotine with nitrous acid, leading to potential thirdhand smoke hazards. *Proc Natl Acad Sci USA* 107:6576-6581, 2010.
 - 13) Matt GE, Quintana PJ, Hovell MF, Chatfield D, Ma DS, Romero R, Uribe A. Residual tobacco smoke pollution in used cars for sale: air, dust, and surfaces. *Nicotine Tob Res* 10:1467-1475, 2008.
 - 14) Winickoff JP, Friebely J, Tanski SE, Sherrod C, Matt GE, Hovell MF, McMillen RC. Beliefs about the health effects of "thirdhand" smoke and home smoking bans. *Pediatrics* 123:e74-e79, 2009.
 - 15) Becquemin MH, Bertholon JF, Bentayeb M, Attoui M, Ledur D, Roy F, Roy M, Annesi-Maesano I, Dautzenberg B. Third-hand smoking: indoor measurements of concentration and sizes of cigarette smoke particles after resuspension. *Tob Control* 19:347-348, 2010.
 - 16) Burton A. Does the smoke ever really clear? Thirdhand smoke exposure raises new concerns. *Environ Health Perspect* 119:A70-A74, 2011.
 - 17) Matt GE, Quintana PJE, Destailats H, Gundel LA, Sleiman M, Singer BC, Jacob III P, Benowitz N, Winickoff JP, Rehan V, Talbot P, Schick S, Samet J, Wang Y, Hang B, Martins-Green M, Pankow JF, Hovell MF. Thirdhand Tobacco Smoke: Emerging Evidence and Arguments for a Multidisciplinary Research Agenda. *Environ Health Perspect* 119:1218-1226, 2011.