

原著論文

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～飯田 優里¹⁾, 野下 結衣²⁾, 大和 浩³⁾, 土井 たかし⁴⁾, 宮脇 尚志²⁾⁴⁾, 中村 亜紀⁵⁾Tobacco smoking exposure from outdoors open smoking areas
—preventing from secondhand smoke inhalation for among school children—

Yuri Iida, Yui Noshita, Hiroshi Yamato, Takashi Doi, Takashi Miyawaki and Aki Nakamura

In Japan, the revised Health Promotion Act totally came into force in April of 2020 and has made smoking within buildings a punishable offence. However, this law hasn't provided clarification on the presence of secondhand smoke outdoors. The aim of this study was to examine the effects of outdoor secondhand tobacco smoke on school children.

We generated artificial tobacco smoking at the test point (TP) near an outdoor bus stop, and measured the particulate matter 2.5 (PM2.5) level of both the TP and the surrounding area. After the generation, the PM2.5 levels increased spontaneously at a distance of 3 meters from the TP within 11 minutes, with the maximum level of 316 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The level of PM2.5 was approximately 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ within a distance of 6 meters from the TP and rose above the environmental standard level set by the Japanese Ministry of the Environment at the 14-meter point.

Furthermore, we generated artificial tobacco smoking in the TP near the entrance of a building. The PM2.5 level at a distance of one meter from the TP increased to 1143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ after 6 minutes of smoke generation. Tobacco smoking flowed into the building when the door was opened, and the PM2.5 levels at the 6, 13, and 21meter points rose above the environmental standard level as well.

School children near a bus stop and in a building that had a smoking point outdoor near its entrance, had the possibility of being exposed to a high level of secondhand smoke outdoors.

1. はじめに

タバコ煙には約200種類もの人体に有害な物質が含まれており、発がん性物質として64種類の物質が特定されている¹⁾。非喫煙者であっても受動喫煙に長期間暴露されることによって、動脈硬化性疾患や代謝性疾患、発がんのリスクは高くなる²⁾。

日本では受動喫煙による年間死亡者が約1万5千人と推計され、受動喫煙に関連する健康被害として、成人の慢性疾患では、肺がん、虚血性心疾患、および脳卒中が知られている。呼吸器への急性影響では、臭気・不快感および鼻の刺激感がある。受動喫煙は、特に子どもは感受性が高く影響を受けやすい。小児の喘息発症や喘息の

悪化、学童期の咳、痰、喘鳴、息切れや中耳炎、乳幼児突然死症候群、う歯などの健康影響が知られており、子どもに対しては受動喫煙の防止に向けて特に配慮する必要がある³⁾⁻⁶⁾。また、中高生の半数以上は受動喫煙に不快感を有しており⁷⁾、子ども及びその親に対して、受動喫煙についての教育や受動喫煙予防の啓発活動を行うことが、受動喫煙の影響を受けやすい子どもの健康被害を防止するために極めて重要であるといえる。

これまでの受動喫煙に関する研究は、屋内が中心であり、密閉された喫煙所であったり⁵⁾、フロア分煙のホテルであっても、受動喫煙を防止することができないことが報告されている⁸⁾。屋外における受動喫煙の研究は少なく、また、2019年に施行された改正健康増進法においても、屋外の喫煙については、「周囲の状況に配慮」という漠然とした基準となっており、屋外における受動喫煙には事実上、制限が設けられていない⁹⁾。そこで、本研究では、屋外の開放型喫煙所から発生するタバコ煙に含まれる微小有害物質粉塵成分 (PM2.5) について、

1) 京都女子大学家政学部生活福祉学科

2) 京都女子大学家政学部食物栄養学科

3) 産業医科大学産業生態科学研究所健康開発科学研究室

4) NPO 法人京都禁煙推進研究会 (タバコフリー京都)

5) 京都女子大学発達教育学部教育学科養護・福祉教育学専攻

喫煙所周辺の濃度を測定することにより¹⁰⁾、児童生徒の受動喫煙を防ぐための参考となるエビデンスを創出することを目的とした。

II. 方法

1. 使用機材と測定条件

京都市内の某施設において、2地点の屋外喫煙所で測定を行った。測定日時は2019年3月10日午前9時～11時で、天候は晴れ、平均風向は北西、平均風速0.11 m/sであった。いずれの喫煙所においても、仕切りや囲い等のないオープンスペースであり灰皿のみが設置されていた。

測定装置は、トランステック株式会社のSIDEPAKTM個人用粉塵曝露モニターモデルAM510を用い、微小粒子状物質(PM2.5)の測定を1秒ごとにリアルタイムで行い、5秒移動平均値を記録した。装置は粉塵の吸入口が床から120 cmの高さになるよう調整した三脚の上に設置した(図1)。装置の吸入口の高さは、厚生労働省による職場の空気環境の測定方法等を参考にした¹¹⁾。

喫煙所灰皿上で人工的にタバコ煙を発生させた。人工的なタバコ煙の発生方法は、シリコンチューブをコネクターにしてタバコ(セブンスター)1本をとりつけ、着火後、カテーテルチップ付き50 ml シリンジにて吸引して連続的に煙を発生させた。1本のタバコの燃焼時間は平均4分であった。なお、成人の1回換気量は約500 mlであるが¹²⁾、本研究ではその10分の1の50 mlのシリンジを用いた。

なお、本測定は、いずれの地点においても施設所有者の了解を得て実施した。

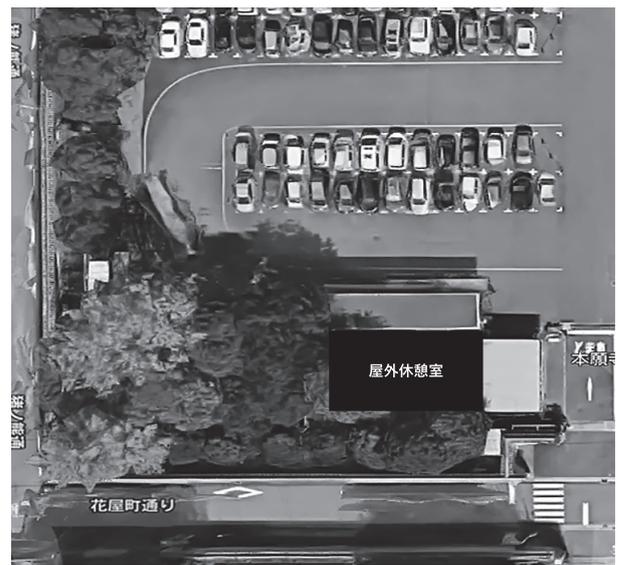
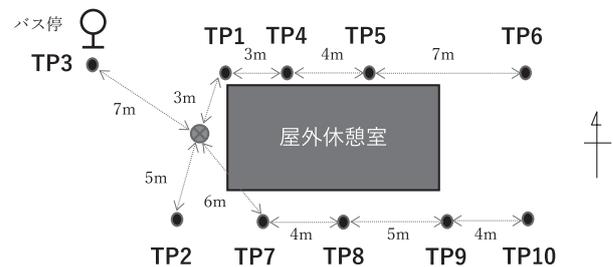


図1 使用機器とタバコ煙発生方法

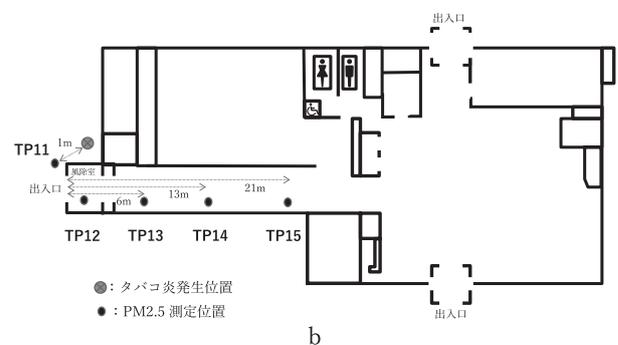
2. 測定場所

①某施設の屋外休憩室外に設置された開放型喫煙所周囲

測定位置(Test Point: TP)は、タバコ煙発生場所から北方向へ3 m (TP1)、南方向へ5 m (TP2)、北西方向へ7 m (TP3)、TP1から東へ3 m (TP4)、TP1から東へ7 m (TP5)、TP1から東へ14 m (TP6)の6カ所で同時刻に測定を行った。その後引き続き、TP1、TP2、タバコ煙発生場所から南東方向へ6 m (TP7)、TP7から東へ4 m (TP8)、TP7から東へ9 m (TP9)、TP7から東へ13 m (TP10)の6カ所で同時刻の測定を行った(図2a)。



a



b

図2 測定場所

- 屋外休憩室外に設置された開放型喫煙所周囲
- 建物出入口横に設置された屋外喫煙所から建物内

②某施設建物出入口横に設置された屋外喫煙所及から建物内

建物出入口横に設置された屋外喫煙所灰皿位置でタバコ煙を発生させ、タバコ煙発生場所から1mの出入口前(TP11)、出入口と建物廊下へ入るための二つの自動ドアの間にある風除室(TP12)、出入口から6m建物内廊下(TP13)、出入口から13m建物内廊下(TP14)、出入口から21m建物内廊下(TP15)の5カ所で同時測定を行った(図2b)。

3. 測定時間

TP1からTP6での測定は8:46-9:00までタバコ煙発生の無い状態で測定し、タバコ煙発生以降との比較データとして採取した。その後タバコ煙の発生を開始し、9:00-9:14までの14分間測定を行った。TP1、TP2、TP7からTP10での測定を9:15-9:46の31分間行った。TP11からTP15では10:00から測定を開始したが、間もなく施設使用者から施設内でタバコ臭があるとの指摘があり、10:07に測定中断し終了した。屋外休憩室周囲での測定時には測定場所付近での車及びバスの走行について記録を行った。また、測定中に喫煙所を使用する喫煙者へは使用を拒まず、喫煙者の滞在時間の記録を行った。

III. 結果

1. 屋外休憩室外に設置された開放型喫煙所周囲のPM2.5濃度

図3にTP1からTP6、図4にTP1、TP2、TP7~10のPM2.5濃度を時系列で示す。横軸の▲はタバコ煙を発生するためのタバコに着火したことを示す。■は喫煙所で喫煙者があったことを示し、つながる矢印は喫煙者の喫煙時間を示している。また、○は測定場所付近を車が通過した時刻である。プロットエリア上の実線は、環境基本法第16条第1項に基づく環境基準で、人の健康を維持するうえで維持されることが望ましいとして、1日に暴露されるPM2.5の平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であるとする値を示している¹³⁾。

タバコ煙を発生させない時間には環境基準を超える値は測定されず、PM2.5高値の出現はタバコ煙排出開始以降であった。測定開始後タバコ煙排出開始までの間に、喫煙者が2名あったが、両名とも新型タバコを使用していたため、PM2.5の上昇は見られなかった。

PM2.5濃度は、タバコ煙発生場所から近いほど高く、3m離れたTP1で、タバコ煙発生1分、9分、10分、11分後に一時的な上昇がみられ、最大は316 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった(午前9時9分)。煙の移動は風向きに影響されるが、タバコ煙発生場所から6mまでの範囲内では約200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

の高濃度が観測され、十分に距離の離れたTP6、TP9でも環境基準値を超える値が測定された。

2. 某施設建物入口の外すぐ横の屋外喫煙所及び施設建物内におけるPM2.5濃度

図5に某施設建物出入口の横の屋外喫煙所及び施設建物内におけるPM2.5濃度を時系列で示す。横軸の▲はタバコ煙を発生するためのタバコに着火したことを示す。出入口は、通行人が連続することを想定して、調査者が建物内への出入りを繰り返し、出入口及び風除室から建物内に入るための自動ドアを開閉している。

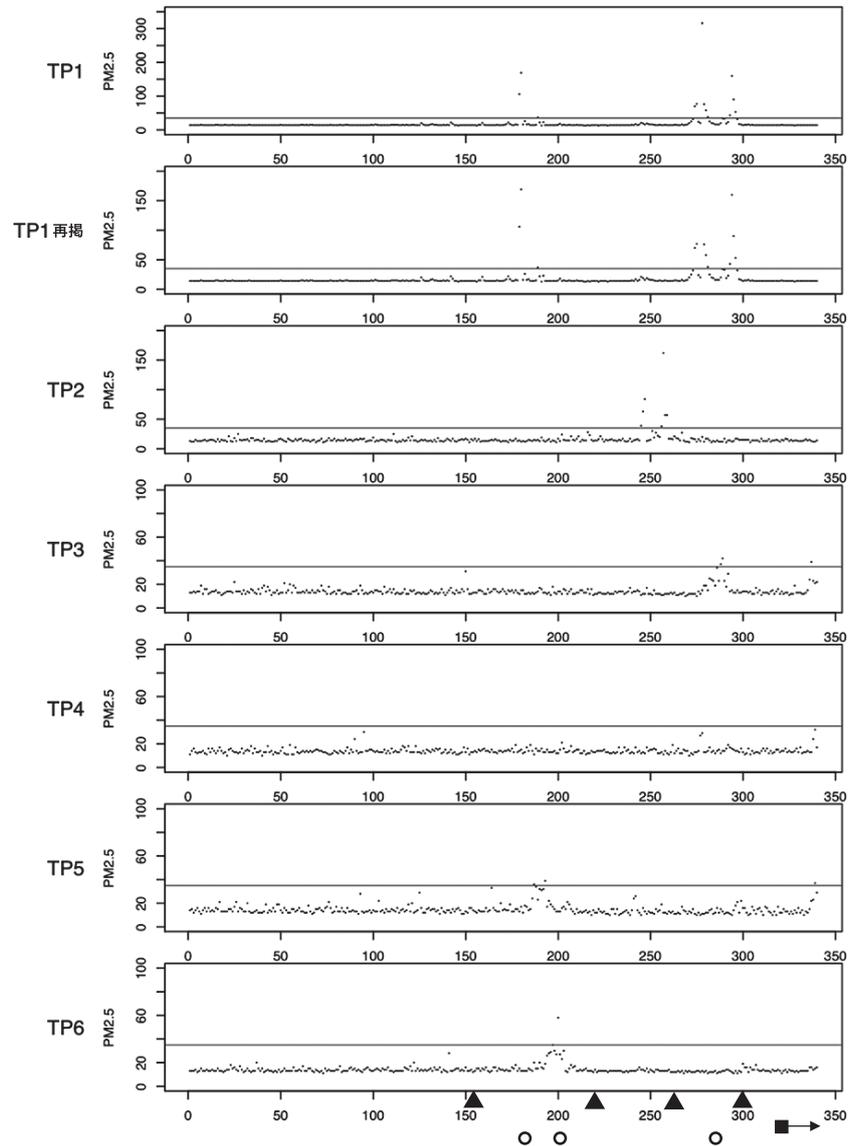
出入口前TP11のPM2.5濃度は、タバコ煙の発生後から上昇し、発生中は間歇的に極めて高値となり、発生6分後に最大で1143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の値が観測された。調査者の出入りに伴い、肉眼的にも多量のタバコ煙が建物内に流入した。風除室内のPM2.5濃度はタバコ煙発生後から上昇し、間歇的に極めて高値となり、発生5分後に最大で149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の値が観測された。ドアから6m、13m、21m地点における建物内のPM2.5濃度は発生後より徐々に上昇し、すべての地点で環境基準を上回った。屋外の喫煙場所からドアを通して21mのTP15より距離の離れた場所で施設使用者からタバコ臭の指摘があった。

IV. 考察

本調査では、屋外における灰皿のみの開放型喫煙所から発生するタバコ煙が周囲に及ぼす影響について、PM2.5濃度を測定することにより検討を行った。その結果、屋外喫煙所においては、喫煙所から3m離れた地点でPM2.5濃度が間歇的に極めて高値となり、喫煙所から最大18m離れた地点においても環境省が定めた大気環境基準を一時的に上回った。

また、建物の入り口の外側すぐに設置された屋外喫煙所から発生するタバコ煙は、建物内にも流入し、喫煙所から18~21m程度までの建物内の地点においてもPM2.5濃度は環境基準を上回った。また、その影響は喫煙所でのタバコ煙の発生終了後もしばらく持続した。バス停や建物の出入り口に隣接する開放型喫煙場所の近辺を通学する児童生徒は高濃度の受動喫煙の曝露を受けている可能性が示唆された。

大気環境基準は1日平均としてそれ以下の値であることが望ましいとされているものであるが、PM2.5の影響は基準値以下であれば健康障害の発生がみられないのではない。特にタバコ煙から発生するPM2.5には同時に多種の有害成分の飛散を伴っていると考えられ、人の感受性次第では基準値以下、かつ短期間の曝露であっても健康障害が引き起こされることがある。そのため、本調



*縦軸 PM2.5 の単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*横軸の単位は秒

9:00 まで タバコ煙なし

| | TP1 | TP2 | TP3 | TP4 | TP5 | TP6 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Min | 13 | 11 | 11 | 10 | 11 | 11 |
| Max | 22 | 25 | 31 | 30 | 29 | 28 |

9:00 から タバコ煙あり

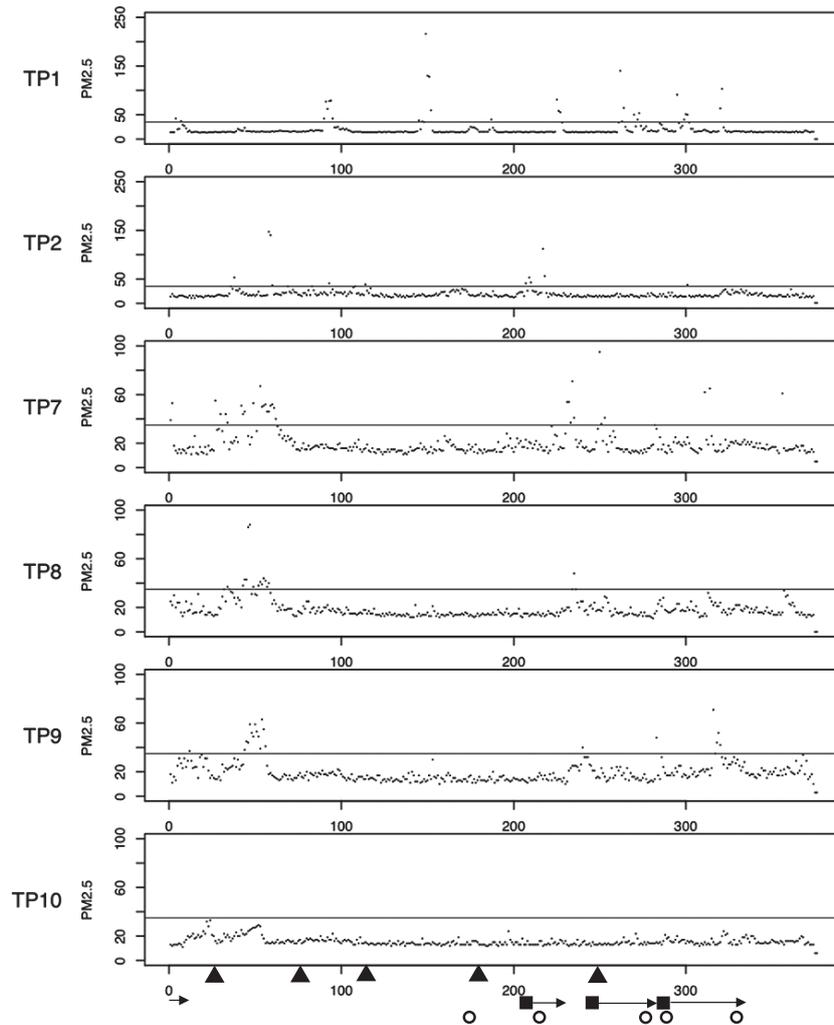
| | TP1 | TP2 | TP3 | TP4 | TP5 | TP6 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Min | 13 | 11 | 10 | 10 | 10 | 11 |
| Max | 316 | 162 | 42 | 32 | 39 | 58 |

図3 屋外休憩室外に設置された開放型喫煙所からの PM2.5 飛散状況 (TP1~6)

査における PM2.5 濃度の評価においては大気環境基準の値を参考値として用いている。

2019年に施行された改正健康増進法では、屋内の受動喫煙対策はとられているものの、屋外の喫煙について

は、「周囲の状況に配慮」というあいまいな基準である⁹⁾。これは、屋外におけるタバコ煙が及ぼす影響について、天候や風向きによりその程度が変わるため、一定の基準を設けることが難しいためであると考えられる。そのた



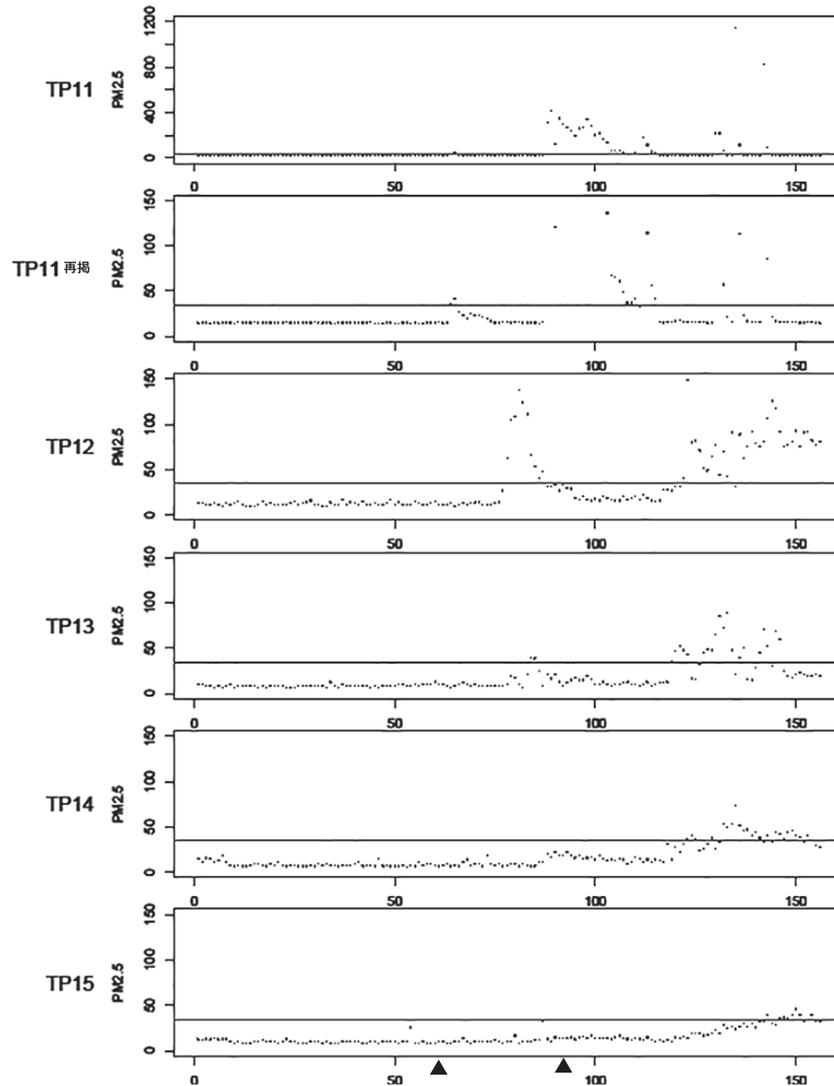
*縦軸 PM2.5 の単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 *横軸の単位は秒

| | TP1 | TP2 | TP7 | TP8 | TP9 | TP10 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Min | 0 | 1 | 5 | 0 | 3 | 6 |
| Max | 216 | 147 | 194 | 88 | 71 | 33 |

図4 屋外休憩室外に設置された開放型喫煙所からの PM2.5 飛散状況 (TP1, 2, 7~10)

め、現状では、灰皿のみ設置してあるオープン型の屋外喫煙所がバス停や小規模の施設の屋外を中心に未だ多く存在している。屋外においてどの程度の距離まで受動喫煙が及ぶかについて、その科学的根拠となるデータが少なく、屋外の受動喫煙を防止するための根拠に基づいた指導等は行われていない¹⁴⁾。屋外の喫煙場所から漏れ出すタバコ煙について検討した報告は少なく、日本の市街地の屋外喫煙場所付近で PM2.5 濃度を測定した報告では、喫煙場所から 25 m 離れた場所まで影響が及ぶとされ¹⁵⁾、また、大学構内において本調査と同様に仕切り等のない屋外の喫煙場所近辺で測定した PM2.5 濃度は、

喫煙所より 5 m 離れた場所でも環境基準を超える値となり喫煙所周囲を通るだけで重大な健康リスクを受ける恐れが指摘されている¹⁶⁾。屋外における喫煙場所から漏れ出る PM2.5 濃度を測定した 18 研究のメタアナリシスでは、高濃度の PM2.5 が屋外における開放型あるいは半開放型の喫煙場所のみならず隣接する屋内の禁煙エリアにおいても認められている¹⁷⁾。また、屋外での受動喫煙は短時間であっても女性の喘息患者における呼吸機能を有意に悪化させることが報告されている¹⁸⁾。これらの報告は、環境条件は異なるものの今回の測定と同様、喫煙場所からかなり離れた場所、あるいは隣接する屋内の



*縦軸 PM2.5 の単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*横軸の単位は秒

| | TP11 | TP12 | TP13 | TP14 | TP15 |
|-----|------|------|------|------|------|
| Min | 14 | 9 | 7 | 6 | 9 |
| Max | 1143 | 149 | 89 | 73 | 46 |

図5 建物出入口横に設置された屋外喫煙所から建物内へのPM2.5飛散状況(TP11~15)

禁煙エリアまでタバコ煙による影響があることを示している。今後はエビデンスの集積により、屋外の受動喫煙についても、屋内と同様の具体的な規制を設定することが望まれる。

日本では、健康と喫煙に関する指導について、小学校から高等学校までの発達段階に応じた内容の充実が図られ、継続的かつ系統的な指導が実施されている。医療系学部の新入生を対象に行われた調査では、「タバコを吸っている人には近づかないでおこうと思う」といった受動

喫煙に関連する項目では、高校までの喫煙防止教育の受講認知回数が3回以上の者は2回以下の者より有意に高かったことから、就学年齢における教育が一定の成果をあげていると言える¹⁹⁾。また、親が喫煙を行う児童の尿中コチニン値は両親の喫煙本数が多いほど有意に高かったが、フォローアップ健診を行うことで両親の喫煙行動が有意に変化していることが明らかとなっている²⁰⁾。さらに、喫煙者に対して受動喫煙が他者に悪影響を及ぼすという認知を高める指導が、喫煙者自身の禁煙への関心

につながるとされる²¹⁾。しかし、受動喫煙が健康に及ぼす害について、就学年齢層への教育は十分であると言えない。高校生に対する受動喫煙に関する調査報告²²⁾では、受動喫煙という言葉自体は多くの高校生に認識されているが、どのような行為が受動喫煙にあたるかという認識については十分とは言えないことが示されている。これらの報告から、屋外における受動喫煙についても屋内と同様に法的な整備を設け、子どもやその親に対してエビデンスに基づいた指導を行うことで、現状の認知を高めることができると考えられる。認知の高まりは子ども自身の受動喫煙に対する回避行動、親の子どもの行動範囲における環境整備への関心を高めることが期待できることから、子どもの屋外における受動喫煙曝露を軽減できる可能性が高い。

本研究の限界として、第一に、PM2.5はタバコ煙以外に自動車から排出されたばい煙等の排気ガスからも発生するため、タバコ煙以外によるPM2.5の影響が考慮されていない。今後は、空気中のニコチン濃度の測定も同時に測定する必要がある。第二に、屋外の環境や設置条件等により、屋外の受動喫煙の影響はかなり変化する可能性がある。風向は時間により常に変化し、雨天時よりも晴天時の方が粉塵成分は遠方まで飛来すると考えられる。また、建物外すぐにある屋外のオープン型喫煙所においても、ドアの開け閉めの頻度などによってもタバコ煙の流量や濃度は変化する可能性がある。今後は、PM2.5の測定と同時に風向計による風向の評価を行ったり、同じ場所で天候、季節、周囲の物理的な状況が異なる場合も検討する必要があると思われる。第三に、タバコ煙を人工的に発生させていることである。発生させたタバコ煙は、通常、喫煙者が喫煙する量よりもかなり少ないが、実際の喫煙者の喫煙状況とはやや異なると考えられる。

V. 結論

今回検討した開放型の喫煙場所では、屋外であってもタバコ煙が高濃度で周囲に露出し、喫煙場所から水平距離で18 mまで及んでいることが明らかとなった。また、屋外であっても建物の出入りに隣接する喫煙場所では、出入り口のドアの開閉時にタバコ煙が建物内に流入し、その影響は喫煙場所から水平距離で21 mまで及んでいた。これらの結果から、バス停や、建物の出入りに隣接する開放型喫煙場所の近辺を利用する児童生徒は日常的に受動喫煙の曝露を受けている可能性がある。そのため、屋外の受動喫煙についても、様々な条件を考慮した測定データを積み重ねることにより、室内と同様の

具体的な基準を設定することが望まれる。また、今後は、屋外における受動喫煙の影響について科学的根拠に基づいた具体的な指導を行う必要があると考えられた。

VI. 謝辞

屋外でのPM2.5濃度測定場所をご提供いただいた京都市内の某施設の皆様、及びPM2.5濃度の測定にご協力いただいた家政学部生活福祉学科及び食物栄養学科の学生の皆様にお礼申し上げます。

VII. 利益相反

本研究において利益相反はない。

文献

- 1) IARC working group on the evaluation of carcinogenic risks to Humans. Tobacco smoke and involuntary smoking. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 2004; 83: 81–83.
- 2) 大和浩. 受動喫煙による障害と受動喫煙防止法・条例による効果【喫煙と健康障害・禁煙支援の理解・普及から「脱タバコ社会」を目指して】. 日本臨床 2013; 71: 464–468.
- 3) 厚生労働省. 喫煙の健康影響に関する検討会編. 喫煙と健康 喫煙の健康影響に関する検討会報告書 2016; <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10901000-Kenkoukyoku-Soumuka/0000172687.pdf> (閲覧日: 2020年7月29日).
- 4) 松崎道幸. 受動喫煙による疾患と対策, in 禁煙学, (日本禁煙学会編), 改訂4版, 南山堂, 東京, 2020年, pp94–99.
- 5) 鈴木史明, 笠松隆洋. 国内空港における喫煙室利用者の能動喫煙および受動喫煙の実態調査. 日本禁煙学会誌 2016; 11: 123–129.
- 6) 和田聖一, 兼平孝. 親の喫煙が幼児のう蝕発生に及ぼす影響と受動喫煙の状況. チャイルドヘルス 2020; 23: 217–221.
- 7) 岩佐景一郎, 渡邊瑞穂, 山縣然太郎その他. 山梨県における中高生の受動喫煙の実態調査. 厚生指標 2018; 65(12): 30–35.
- 8) 小西彩絵, 大和浩, 宮脇尚志その他. フロア分煙の某ホテルにおけるPM_{2.5}濃度の測定. 日本禁煙学会雑誌 2020; 15: 11–16.
- 9) 厚生労働省. 健康増進法の一部を改正する法律(平成30年法律第78号)概要 2018; <https://www.mhlw.go.jp/content/12602000/000345655.pdf> (閲覧日: 2020

- 年7月29日).
- 10) 大和浩. タバコ煙という微小粒子状物質 (PM2.5) への曝露の実態. 日本小児禁煙研究会雑誌 2014 ; 4 : 91-103.
 - 11) 厚生労働省. 職場の空気環境の測定方法等 ; <https://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/05/h0509-2b.html> (閲覧日 : 2020年7月29日)
 - 12) 呼吸器系, in 人体の構造と機能(内田さえ, 佐伯由香, 原田玲子編), 第5版, 医歯薬出版株式会社, 東京, 2019年, pp233-257.
 - 13) 環境省. 微小粒子状物質 (PM2.5) に関する情報 ; <http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html> (閲覧日 : 2020年7月29日).
 - 14) 鬼頭英明. 喫煙, 飲酒, 薬物乱用防止教育, in 学校保健の動向, 平成27年版, 日本学校保健会, 2015年, pp117-123.
 - 15) Yamato H, Mori N, Horie R, et al. Designated smoking areas in streets where outdoor smoking is banned. *Kobe J Med Sci* 2013; 59: 93-105.
 - 16) 宮崎雄輔, 岩崎裕子, 雨谷敬史その他. 静岡県立大学における浮遊粒子測定に基づく喫煙所の撤去について. *禁煙科学* 2018 ; 12 : 1-5.
 - 17) Sureda X, Fernández E, López MJ, et al. Secondhand tobacco smoke exposure in open and semi-open settings: A systematic review. *Environ Health Perspect* 2013; 121: 766-773.
 - 18) Keogan S, Alonso T, Sunday S, et al. Lung function changes in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma exposed to secondhand smoke in outdoor areas. *J Asthma* 2020; 22: 1-7.
 - 19) 松岡麻衣子, 加藤千代子, 中窪萌子その他. 医療系学部新入生の喫煙に対する意識と知識の実態—喫煙環境や性及び高等学校までの喫煙防止教育との関連—. *教育保健研究* 2014 ; 18 : 131-138.
 - 20) Ino T, Kurosawa K. Screening for secondhand smoke in schoolchildren in Japan. *Pediatrics International* 2015; 57: 961-996.
 - 21) 秋山理, 中村正和, 田淵貴大. 受動喫煙の他者危害性の認識と禁煙への関心. *日本公衆衛生学会誌* 2018 ; 11 : 655-665.
 - 22) 中村真, 池田紀子, 後藤史子その他. 千葉県松戸圏域における受動喫煙に関する調査報告. *江戸川大学紀要* 2020 ; 30 : 281-299.