

高速道路走行中の乗用車における 受動喫煙曝露濃度

川俣幹雄^{1,2}

¹九州看護福祉大学看護福祉学部リハビリテーション学科、²くまもと禁煙推進フォーラム

【目的】 高速道路走行中の乗用車内における受動喫煙曝露濃度を明らかにすること。

【方法】 高速道路走行中、助手席で実験協力者が紙巻きタバコ1本を喫煙し、デジタル粉塵計で浮遊粉塵濃度を測定した。喫煙条件(喫煙前、喫煙中、喫煙後)および窓の開閉条件(すべての窓を閉鎖する、窓1つを約1 cm開ける、3つの窓をそれぞれ約1 cm開ける)別に浮遊粉塵濃度を比較検討した。

【結果】 全窓閉鎖の場合、浮遊粉塵濃度は平均 $2,184 \pm 167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、米国環境保護局の空気質基準における“良好”の上限値比約145倍の超高濃度曝露環境であった。窓1つを開けて喫煙した場合でも同比約38倍、窓3つを開けて喫煙した場合でも同比約33倍の超高濃度であった。

【結論】 高速道路走行時の乗用車では窓を開けていても受動喫煙被害が生じることが証明された。

キーワード: 受動喫煙、乗用車、浮遊粉塵、PM 2.5、禁煙法

1. 緒言

受動喫煙によって吸引するタバコ煙には4,000種類以上の化学物質が含まれ、そのうち少なくとも250種類には有毒性が、50種類以上には発がん性が確認されている(米国公衆衛生長官報告¹⁾、2006)。同報告では、非喫煙者や子どもが短時間でも受動喫煙に曝露されると、血小板の粘性増大、血管内皮損傷、冠動脈血流速度の適応力低下などの急性循環機能障害、および咳、喘鳴、呼吸困難、気道内皮損傷などの急性呼吸機能障害をもたらすことが報告されている。さらに受動喫煙は、大人の虚血性心疾患、肺がん、乳がんなどのリスクを高め、

乳幼児突然死症候群および子どもの急性呼吸器感染症、中耳炎、重症気管支喘息のリスクを増大させる。同報告では、受動喫煙への曝露はタバコを吸わない大人と子どもに多くの疾患と早死にをもたらす、と警告している。

近年、カナダ、アイルランド、ドイツをはじめ世界各国で受動喫煙の法的禁止が拡大しつつある²⁾が、タバコ煙が存在する限り公共交通機関、職場、飲食店、家庭などあらゆる場所での受動喫煙のリスクを完全に排除することはできない。

特に乗用車内は、一般建造物や住宅などの空間と比べ狭小であることから高濃度の受動喫煙曝露環境が予測される。実際、Rees³⁾、Sendzik⁴⁾らは、走行中に乗用車内でタバコ1本を喫煙した場合、窓の開閉の有無に関わらず、車内微小粒子(Particulate Matter 2.5: PM 2.5)濃度は有害なレベルであったことを報告している。しかしレストランやバーにおける研究と比べ、乗用車内における受動喫煙の研究報告は極めて少ない。また、上の2つの研究は、いずれも時速約50~60 kmでの市街地走行における報告

連絡先

〒865-0062

熊本県玉名市富尾888番地

九州看護福祉大学看護福祉学部リハビリテーション学科

川俣幹雄

TEL: 096-875-1825 (研究室直通) FAX: 096-875-1825

e-mail: kawamata@kyushu-ns.ac.jp

受付日2010年5月19日 採用日2010年7月6日

である。

一方、高速走行時は風圧や急激な温度変化、騒音などのため窓の開放が困難なことが多く、市街地走行よりさらに高濃度の受動喫煙曝露環境が予測され、健康被害も大きいと思われる。しかし、著者が検索した限り高速走行時の乗用車内受動喫煙に関する報告は存在しなかった。乗用車内における受動喫煙曝露レベルを明らかにすることは、特に子どもや高齢者、アレルギー歴のある人々などを受動喫煙の危険性から守るために、有用であると思われる。また、わが国における受動喫煙対策に科学的根拠のひとつを提供することができると思われる。そこで本研究では、高速道路走行中の喫煙による車内浮遊粉塵濃度の変化を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

走行実験には4ドアの国産車(2005年式トヨタ・ヴィッツ、全長3,750 cm、全幅1,695 cm、全高1,520 cm)を用いた。高速道路における実験走行予定区間は約50 kmとし、著者の元勤務地(愛知県)近郊で次の4つの条件を満たす場合とした。

- ① 渋滞や工事が少なく時速約80 kmでの安定した走行が保てること、
- ② 走行区間直近に工場煤煙など車内粉塵濃度測定に影響を与える要因が少ないこと、
- ③ 実験条件以外での窓の開放を避けるため、走行予定区間内に料金所がないこと、
- ④ 窓開放時の車外粉塵流入を避けるためトンネルがないこと、

であった。東名高速道路、伊勢湾岸道路など計4か所の試験走行の結果、上記の条件を満たしたのは愛知県南部の知多半島道路であった。実験走行区間は、同高速道の大府インター(愛知県大府市)、美浜インター(同知多郡美浜町)間の片道約40 kmとした。

高速道路走行中、助手席で実験協力者がタバコ1本を5分間喫煙した。喫煙中、実験協力者は右手で紙巻きタバコを胸骨前方約20 cmの位置で把持した。運転は著者自身が行った。喫煙前、喫煙中、喫煙後の車内浮遊粉塵濃度の変化を光散乱方式にて、1秒間隔で連続的に測定した。測定機器にはデジタル粉塵計(柴田科学社製LD-3B)を用い、測定前に当該機器の使用マニュアルに準じてキャリブレーションを行った。粉塵計はダッシュボード中央に設置した。

実験デザインは、市街地走行で車内喫煙実験を行ったRees(2006)らの方法を参考とし、3つの喫煙条件と3つの窓の開閉条件に基づいて車内浮遊粉塵濃度を比較検討した。3つの喫煙条件とは、①喫煙前(ベースライン)、②喫煙中、③喫煙後とした。3つの窓の開閉条件とは、①すべての窓を閉鎖する、②喫煙者側の窓1つを約1 cm開ける、③助手席、助手席後方、運転席の計3つの窓をそれぞれ約1 cm開ける、とした。

上記の喫煙条件と窓の開閉条件に基づいて、次の3つのパターン(a~c)の実験走行トライアルを行った。車内浮遊粉塵濃度の測定は、窓をすべて閉鎖した状態で高速道路に進入し、時速約80 kmの安定走行に達した後、任意の時点から喫煙終了後の5分間までの計20分間とした。測定開始から5分間は窓を開鎖したままの状態とし、その後次のように窓の開閉状態を変化させた。

トライアルa: 測定開始から5分後、①3つの窓をそれぞれ約1 cm開ける。②同一状態で喫煙を開始する。③喫煙終了直後にすべての窓を閉鎖する。

トライアルb: 測定開始から5分後、①1つの窓を約1 cm開ける。②同一状態で喫煙を開始する。③喫煙終了直後にすべての窓を閉鎖する。

トライアルc: 測定開始から5分後も、①窓は閉鎖したままの状態を継続し、②同一状態で喫煙を開始する。③喫煙終了後もすべての窓を閉鎖した状態を継続する。

3トライアルとも高速道路から一般道路に移行後、ウォッシュアウトのため、すべての窓をほぼフルオープンとした。また、上記の①~③のそれぞれの間隔はすべて5分間とした(表1)。

走行実験は2006年11月から2007年2月までの4か月間に、トライアルa、bを各7回、トライアルcを計6回、合計20回実施した。実験期間は冬季であったため車内暖房を使用し、ファンの条件は“内気誘導”、“弱”、噴出し方向は“中間位”で統一した。実験の中止基準は、①雨天、②風速10 m/秒以上の強風時とした。

測定値は粉塵計内部の記憶装置に連続的に集積した。その後、専用回線と専用ソフトウェアを用いてパーソナル・コンピュータに取り込み、表計算ソフトを用いて処理し、a~cのトライアルにおける各5分間の浮遊粉塵濃度の平均値、およびピーク値を求めた。ピーク値は、5分間の連続したデータを10

秒間隔に分割し、各10秒間の平均値を求めその最高値とした。統計学的解析には2元配置分散分析、および多重比較 (Turkey's honestly significant difference test) を用い有意水準はいずれも5%未満とした。統計学ソフトウェアは、SPSS18.0 Windows版 (SPSS Japan Inc.) を用いた。測定値は平均と標準偏差で示した。

実験協力者は、著者が勤務していた大学 (当時) 内職員から募集し、現在喫煙者で次の3条件を満たし、なおかつ文書による同意が得られたものとした。

- ① 研究の目的と方法について口頭と文書による説明を行い、十分な理解が得られること、
- ② 実験期間中、通常の喫煙量を超えないこと、
- ③ 研究への協力を機に禁煙に関する説明を聞く意思があること。

実験にあたっては、ヘルシンキ宣言における医学研究の倫理事項を遵守した。

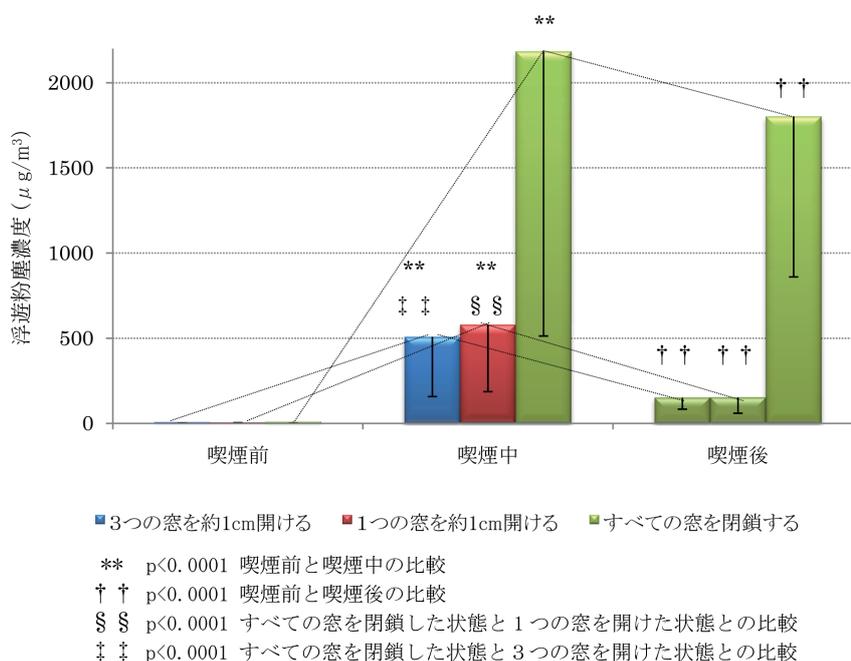
3. 結果

車内浮遊粉塵濃度の平均値の変化を図1に、peak値の変化を図2にそれぞれ示した。喫煙前の車内浮遊粉塵濃度は、窓をすべて閉鎖した場合と窓を1つ開けた場合、窓3つを開けた場合で有意な差を認めなかった。喫煙中、車内浮遊粉塵濃度はa、b、cの各トライアルとも喫煙前から有意に上昇し (各 $p < 0.0001$)、窓をすべて閉鎖して喫煙した場合は平均 $2,184 \pm 167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (peak値 $9,978 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、窓1つを約10 cm開けて喫煙した場合は平均 $580 \pm 392 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (peak値 $4,109 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、窓3つをそれぞれ約10 cm開けて喫煙した場合は平均 $508 \pm 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (peak値

表1 実験の概要

時間 (分)	喫煙状態	窓の状態		
		トライアル a	トライアル b	トライアル c
0-5	喫煙前	すべての窓を閉鎖	すべての窓を閉鎖	すべての窓を閉鎖
5-10		3つの窓を約1cm開ける	1つの窓を約1cm開ける	すべての窓を閉鎖
10-15	喫煙中	3つの窓を約1cm開ける	1つの窓を約1cm開ける	すべての窓を閉鎖
15-20	喫煙後	すべての窓を閉鎖	すべての窓を閉鎖	すべての窓を閉鎖
20~	ウォッシュアウト	すべての窓を閉鎖	すべての窓を閉鎖	すべての窓を閉鎖

図1 高速道路走行中の乗用車における浮遊粉塵濃度 (平均値) の変化



2,335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。窓の開閉条件別の比較では、窓を閉めて喫煙した場合は他の2つの状態(窓1つを開けて喫煙した場合と窓3つを開けて喫煙した場合)と比べ有意に高値だった($p < 0.0001$)。しかし、窓3つを開けた場合と1つ開けた場合では有意な差を認めなかった。

喫煙終了後の車内浮遊粉塵濃度も、窓をすべて閉鎖して喫煙した場合、平均 $1,802 \pm 943 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、窓1つを約10 cm開けて喫煙した場合、平均 $152 \pm 92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、窓3つをそれぞれ約10 cm開けて喫煙した場合、平均 $151 \pm 67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、喫煙前と比べ有意に高か

った(各 $p < 0.0001$)。窓をすべて閉鎖して喫煙した場合の、車内浮遊粉塵濃度変化の1例を図3に示した。

4. 考察

本研究によって明らかとなったことは、まず第1に高速走行中に窓をすべて閉鎖して喫煙した場合、乗用車内における浮遊粉塵濃度は、平均 $2,184 \pm 167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、peak値 $9,978 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、予測された通り超高濃度であったことである。タバコ煙の粒子径は $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ と極めて小さくデジタル粉塵計で測

図2 高速道路走行中の乗用車における浮遊粉塵濃度(ピーク値)の変化

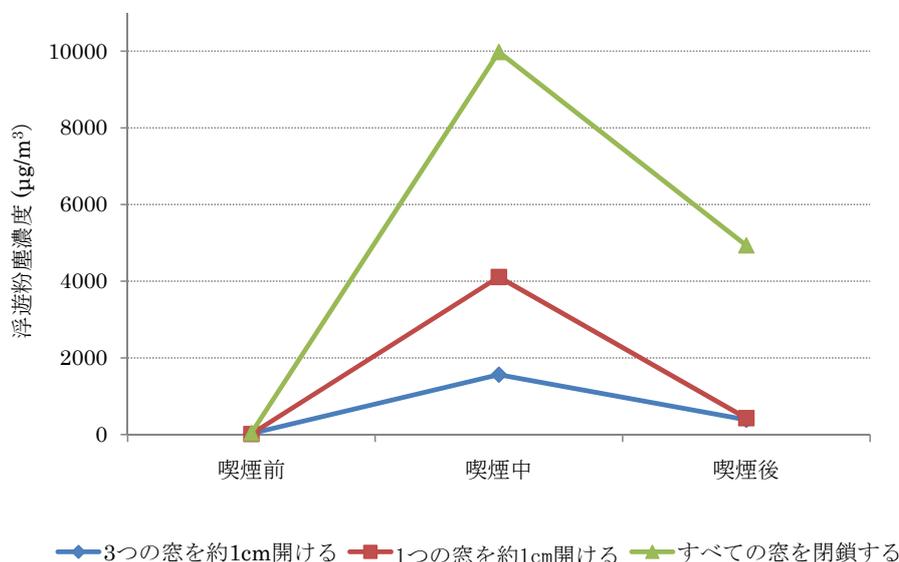
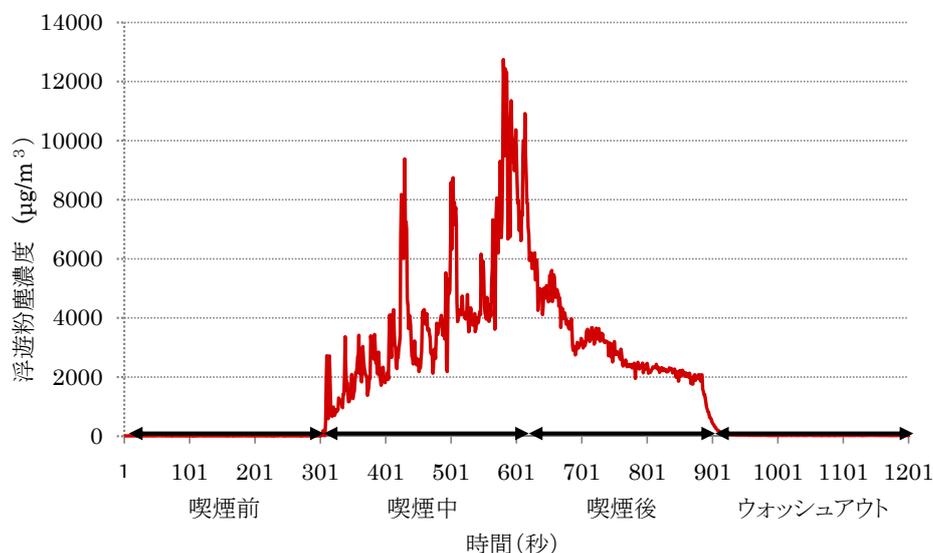


図3 すべての窓を閉鎖して喫煙した場合の浮遊粉塵濃度の変化に関する1例



定した浮遊粉塵濃度とPM 2.5専用の測定機器で測定したPM 2.5濃度とは、近似することが報告されている⁵⁾。上記の測定値は、PM2.5に関する米国環境保護局(United States Environmental Protection Agency: U.S.EPA)の空気の質ガイド⁶⁾における“良好”の上限値と比べると、平均値で約145倍、peak値で約665倍に相当し、超高濃度の受動喫煙曝露環境であった。

第2に窓を開けて喫煙しても換気は十分でなく、窓1つを約10 cm開けて喫煙した場合は平均値でU.S.EPA比約38倍、peak値で同約273倍、窓3つをそれぞれ10 cm開けて喫煙した場合は平均値で同約33倍、peak値で同約104倍と、いずれも高濃度であったことである。Rees³⁾、Sendzik⁴⁾らの市街地走行における実験でも、窓を開けて喫煙してもタバコ煙を完全に除去することは困難であることが示されている。これらのことは、“窓を開けていれば喫煙しても安全”という“思い込み”が通用しないことを示している。

第3に、喫煙終了後も浮遊粉塵濃度(平均)はU.S.EPA比10~120倍の高濃度が持続し、乗用車内における受動喫煙曝露環境は一定期間、遷延することが示されたことである。これらの主な結論は、先行研究とともに乗用車における受動喫煙が高濃度であることをさらに裏付け、車における受動喫煙対策の早急な必要性を強く示唆している。

受動喫煙による健康被害は、肺がん、虚血性心疾患、乳幼児突然死症候群など多数の疾患に及び、最近では慢性閉塞性肺疾患⁷⁾、脳梗塞⁸⁾、末梢動脈閉塞症⁸⁾などとの因果関係も確実視されている。すでに、「タバコ煙への曝露により死亡、疾病及び障害が引き起こされることは、科学的証拠により明白に証明されている」⁹⁾。Flourisら¹⁰⁾の最近の研究では、非喫煙者が1時間、受動喫煙に曝露されると1秒量などの呼吸機能が直ちに低下し、血漿中のコチニン濃度、およびサイトカイン(IL-4、IL-5、IL-6)が増加すること、しかもその傾向は男性においてより顕著であることも報告されている。

では、受動喫煙に曝露されている人口はどの程度であろうか? 1999~2006年までの間に、132か国で行われた世界若年者タバコ調査¹¹⁾によると、13~15歳の子どものうち44%が家庭での受動喫煙に曝露され、56%が公共の場での受動喫煙に曝露されていることが報告されている。また、受動喫煙対策

が進みつつある米国でも、3~11歳の子どもの約60%が受動喫煙に曝露されていることが示されている。上記およびLeatherdale¹¹⁾、Mbulo¹²⁾、Wolfson¹³⁾らの報告では受動喫煙への曝露頻度は約20~約60%であり、世界中では数十億人の人々が受動喫煙のリスクに曝露されていると推測される。

一方、家庭やレストラン、バーなどにおける受動喫煙の報告と比べ乗用車における受動喫煙の実態に関する報告は少ない。米国ネブラスカ州の公立中高生を対象とした調査¹³⁾では、56.9%(2006年)が室内で、40.2%が乗用車内でそれぞれ受動喫煙に曝露されていることが報告されている。また、米国ノースカロライナ州の10大学、4,223人の学生を対象とした調査¹⁴⁾では、55%が家庭で、38%が乗用車内でそれぞれ受動喫煙に曝露されていることが明らかにされている。乗用車内における受動喫煙の頻度は、家庭や室内と比べやや低い傾向にあるが、それでも約30~50%と高頻度であり、若年者が日常的に乗用車における受動喫煙に曝露されていることを示している。乗用車内は、狭小でありかつ走行中は窓が開けにくいことなどから、短時間で急速に超高濃度の受動喫煙に曝露される危険性を有している。Slyら¹⁵⁾は14歳までに乗用車で受動喫煙に曝露された子どもは、難治性喘鳴を起こすリスクが高いことを警告している。

乗用車とともに高濃度の受動喫煙環境が予測されるパブのPM 2.5濃度は、Edword¹⁶⁾、Semple¹⁷⁾、Connolly¹⁸⁾らの研究では、それぞれ平均286 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、246 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、340 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であったことが報告されている。また、市街地走行における喫煙中の乗用車内PM濃度は、喫煙者側の窓のみ5 cm開けた場合³⁾平均275 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、4つの窓すべてを約25 cm開けた場合³⁾平均51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、すべての窓を閉鎖した場合⁴⁾平均2,413 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であったことが報告されている。これらの先行研究と比べ、今回の全窓閉鎖下における高速走行時の車内浮遊粉塵濃度(平均2,184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)は、Sendzikらの全窓閉鎖下での市街地走行に次ぐ2番目の超高濃度曝露レベルであり、乗用車内における受動喫煙の危険性が極めて高いレベルにあることを支持している。またOttら¹⁹⁾は、乗用車における時間当たりの空気変化(air change per hour: ACH)への影響因子は、速度、窓の開閉状態などであるが、窓をすべて閉めた状態では、速度にかかわらず車内の瞬間PM2.5濃度は、2,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えることを報告しており、今回の実

験結果(平均 $2,184 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、peak値 $9,978 \mu\text{g}/\text{m}^3$)とも合致している。これは、高速道路走行では窓を大きく開けられず、換気されにくい可能性がある。

タバコ煙の成分は粒子相とガス相から構成されており、上記の研究はいずれも粒子相に関するものである。タバコ煙が高濃度で存在する場合、粒子相成分だけでなく一酸化炭素、アンモニア、ホルムアルデヒドなどのガス相成分の有毒性も強いと推測される。また、コチニンは粒子相、ガス相の両方に含有されているが、Georgeら²⁰⁾は喫煙者の中古車は、非喫煙者の中古車と比べ車内の埃、表面、空気中のニコチン濃度が高く、特に埃と表面に含まれるニコチンは長期間残留することを報告している。乗用車内における喫煙は、受動喫煙による急性、慢性の健康被害だけでなく、残留タバコ煙成分による継続的な健康被害の発生も危惧される。

乗用車内における受動喫煙を防止するための最も有効な方法は、同乗者がいる際の喫煙を法的に禁止することである。すでにそれは、アメリカ、カナダ、オーストラリアなどのいくつかの州および南アフリカ、プエルトリコ、などで施行され²¹⁾、さらに国際的に拡大する様相を呈している。また、イタリア政府は交通事故を防止する観点から、運転中の喫煙を禁止する法案を議会に上程したと報道されている(msn.産経ニュース、2009年11月27日付)。最近、わが国でも運転中の携帯電話の使用が禁止されているのは、交通事故防止・安全運転を目的としている。わき見運転防止のためには、運転中の喫煙も禁止すべきである。火のついたままのタバコをポイ捨てすると火災・火傷の原因になる。今回の実験結果から示された受動喫煙による健康被害の重要性から、わが国でも乗用車内での喫煙を法律で禁止する必要性が示された。

乗用車内における受動喫煙の危険性に関する社会的啓発も重要である。ギリシャ・アテネにおける調査²²⁾では、喫煙者の両親で子どもがいる車内で喫煙する父親は56.5%、母親は10.3%であると報告されている。子どもの受動喫煙への関連因子として、両親の喫煙本数と父親の教育水準が重要であることが指摘されており、特に喫煙する両親への教育と啓発は肝要である。乗用車における禁煙は、同乗者(特に子ども)の健康被害を防止するばかりでなく、交通事故の防止や良好な車内環境の保全による中古車の商業的付加価値を高める意義もある。

わが国でも近年、路上喫煙防止条例やタクシー禁煙化の拡大、そして神奈川県における初の受動喫煙防止条例の制定など、受動喫煙対策が徐々に進展しつつある。「受動喫煙への曝露に安全なレベルは存在せず」¹⁾、「受動喫煙の危険性から、あなた自身と愛する人を完全に守る唯一の方法は、100%禁煙の環境のみ」¹⁾であり、すべての公共空間と家庭、乗用車などにおける受動喫煙の根絶が望まれる。

参考文献

- 1) The health consequences of involuntary exposure to tobacco smoke: a report of Surgeon General (2006). Available online at: <http://www.surgeongeneral.gov/library/Secondhandsmoke/> Accessed for Nov. 6, 2009.
- 2) World Health Organization: WHO Report on the Global Tobacco Epidemic, 2009: Implementing smoke-free environments. Available online at http://int/publications/2009/9789241563918_eng_full.pdf Accessed for June 8, 2010.
- 3) Rees VW, Connolly GN: Measuring Air Quality to Protect Children from Secondhand Smoke in Cars. *Am J Prev Med* 2006 ; 31: 363-368.
- 4) Sendzik T, Fong GT, Travers MJ et al: An experimental investigation of tobacco smoke pollution in cars. *Nicotine Tob Res* 2009; 11: 627-634.
- 5) 大和 浩: 飲食店従業員の受動喫煙: 平成21(2009)年度の研究成果 Available online at <http://www.tobacco-control.jp/waiters-passive-smoking.htm/> Accessed for Apr. 3, 2010.
- 6) United States Environmental Protection Agency: Air Quality Guide for Particle Pollution. Available online at <http://airnow.gov/index.cfm?action=pubs.aqguidepart/> Accessed for Apr. 3, 2010.
- 7) P Yin, CQ Jiang, KK Cheng, et al: Passive smoking exposure and risk of COPD among adults in China: the Guangzhou Biobank Cohort Study. *The Lancet* 2007; 370: 751-757.
- 8) He Y, Lam TH, Jiang B, et al: Passive smoking and risk of peripheral arterial disease and ischemic stroke in Chinese women who never smoked. *Circulation* 2008; 118: 1535-1540.
- 9) World Health Organization: Conference of the parties to the WHO framework convention on tobacco control second session 2007, First report of Committee A (Draft). Available online at <http://airnow.gov/index.cfm?action=pubs.aqguidepart/> Accessed for Apr.3,2010.
- 10) Flouris AD, Metsios GS, Carrillo AE, et al: Acute

- and short-term effects of secondhand smoke on lung function and cytokine production. *Am J Respir Crit Care Med* 2009 ;179 : 1029-1033.
- 11) The GTSS collaborative group: A cross-country comparison of exposure to second-hand smoke among youth. *Tob Control* 2006; 15: ii4-ii9.
 - 12) Leatherdale ST, Ahmed R: Second-hand smoke exposure in homes and in cars among Canadian youth: current prevalence, beliefs about exposure, and changes between 2004 and 2006. *Cancer Causes Control* 2009; 20: 855-865.
 - 13) Mbulo L: Changes in exposure to secondhand smoke among youth in Nebraska, 2002-2006. *Prev Chronic Dis* 2008; 5. Available online at http://www.cdc.gov/pcd/issues/2008/jul/07_0090.htm. /Accessed for Apr. 3, 2010.
 - 14) Wolfson M, McCoy TP, Sutfin EL: College students' exposure to secondhand smoke. *Nicotine Tob Res* 2009; 11: 977-984.
 - 15) Sly PD, Deverell M, Kusel MM, et al: Exposure to environmental tobacco smoke in cars increases the risk of persistent wheeze in adolescents. *Med J Aust* 2007; 186: 322.
 - 16) Edwards R, Hasselholdt C.P, Hargreaves K, et al: Levels of second hand smoke in pubs and bars by deprivation and food-serving status: a cross-sectional study from North West England. *BMC Public Health* 2006; 6; doi:10.1186/1471-2458-6-42
 - 17) Semple S, Creely KS, Naji A, et al: Secondhand smoke levels in Scottish pubs: the effect of smoke-free legislation. *Tob Control* 2007; 16 : 127-132.
 - 18) Connolly GN, Travers M, Carpenter CM, et al: How Smoke-free Laws Improve Air Quality: A Global Study of Irish Pubs. 2006. Available online at http://www.hsph.harvard.edu/irish_pubs/irishstudy.pdf/ Accessed for Apr. 3, 2010.
 - 19) Ott W, Klepeis N, Switzer P: Air change rates of motor vehicles and in-vehicle pollutant concentrations from secondhand smoke. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 2008;18: 312-325.
 - 20) Georg E M, Penelope JE, Quintana, et al: Residual tobacco smoke pollution in used cars for sale: Air, dust, and surfaces. *Nicotine Tob Res* 2008; 10: 1467-1475.
 - 21) G Thomson, N Wilson: Review Public attitudes to laws for smoke-free private vehicles: a brief review. *Tob Control* 2009; 18: 256-261 doi:10.1136/tc.2008.027672.
 - 22) Mantziou V, Vardavas CI, Kletsiou E, et al: Predictors of Childhood Exposure to Parental Secondhand Smoke in the House and Family Car. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2009; 6: 433-444; doi:10.3390/ijerph6020433

The exposure levels of secondhand smoke in cars while driving on an expressway

Mikio Kawamata^{1,2}

Objective

To investigate the exposure levels of secondhand smoke (SHS) in cars.

Methods

While driving on an expressway, volunteer smokers each smoked one paper-wrapped cigarette in the left side of front seat. The respirable suspended particles (RSPs) were measured using an aerosol monitor. The levels of RSPs were compared between exposures, based on three ventilation conditions (a: closing all windows, b: opening one window by approximately 1 cm, and c: opening three windows by approximately 1 cm each) and three smoking conditions (a: pre-smoking, b: during smoking, and c: post-smoking).

Results

Under the condition of smoking with all windows closed, the mean RSP level was $2,184 \pm 167 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which is approximately 145 times higher than the particulate matter 2.5 reference level described as "Good" in the "United States Environmental Protection Agency's Air Quality Guide for Particle Pollution". The mean RSP level under the condition of smoking with one window open was approximately 38 times higher and that with three windows open was approximately 33 times higher than the "Good" reference level, respectively.

Conclusions

It was revealed that the exposure levels of SHS in cars while driving on an expressway were extremely high as expected, and it was not safe even when the windows are open.

Key words

secondhand smoke, car, respirable suspended particles, particulate matter 2.5, smoke-free law

¹ Faculty of Rehabilitation, School of Nursing and Social Welfare, Kyushu University of Nursing and Social Welfare, Kumamoto, Japan

² Kumamoto Tobacco-Free Forum, Kumamoto, Japan