

機関番号：34519

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20390177

研究課題名（和文） 日本と中国における自動車排出ガスの健康影響の国際比較に関する疫学研究

研究課題名（英文） Epidemiological study on health effects of automobile exhaust in Japan and China

研究代表者

島 正之（SHIMA MASAYUKI）

兵庫医科大学・医学部・教授

研究者番号：40226197

研究成果の概要（和文）：

自動車排出ガスを主成分とする大気中粒子状物質の濃度は、中国の北京及び武漢では東京都よりも相当高かった。北京では大気中粒子状物質が高齢住民の肺機能に急性影響を及ぼす可能性が示された。しかし、オリンピックが開催された2008年夏季には北京の大気汚染が大きく改善し、肺機能への影響は観察されなかった。中国武漢では、学生の肺機能と屋内の微小粒子状物質及び元素炭素濃度との間にも関連が認められた。東京都の健常学生では大気汚染の影響は小さかったが、アレルギー素因を有する者ではその影響を受けやすい可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

The concentrations of airborne particulate matter (PM), derived primarily from automobile exhaust, were considerably higher in Beijing and Wuhan, China than in Tokyo, Japan. The acute effects of PM on pulmonary function among elderly subjects in Beijing were suggested. However, the airborne PM concentrations decreased markedly during the 2008 Olympic Games, and no effect on pulmonary function was observed. The associations between pulmonary function among students and the concentrations of fine PM and elemental carbon were also observed in Wuhan, China. Allergic subjects are considered to be more susceptible to air pollution in Tokyo, Japan.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2009年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2010年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

研究分野：環境疫学

科研費の分科・細目：社会医学・衛生学

キーワード：自動車排出ガス、粒子状物質、炭素成分、オゾン、肺機能、大都市、中国

1. 研究開始当初の背景

自動車排出ガスによる大気汚染の健康影響は世界的に関心が持たれているが、日本と中国の大都市部においても自動車交通量が増加し、それに伴う大気汚染は両国に共通する重要な環境問題となっており、住民の健康に及ぼす影響が懸念されている。

日本ではこれまでに様々な自動車の排出

ガス規制が進められてきたが、幹線道路沿道部における大気汚染は現在も深刻な状況が続いている。一方、中国においても近年自動車が急速に普及し、北京をはじめとする大都市圏の幹線道路では渋滞が著しく、大気汚染が主要な問題となっている。このように、自動車排出ガスによる大気汚染は日中両国に共通する問題であり、それによる健康影響を

明らかにすることが求められている。

近年、わが国ではディーゼル自動車の排ガス規制の強化や運行規制などにより、大気汚染には改善傾向が認められている。中国では2008年の北京オリンピック開催に伴い、中国の大気汚染に対して国際的な関心が高まり、交通規制や建設工事の停止等の積極的な対策が実施され、大気環境は大きく改善した。このように、両国で実施されている自動車排出ガス対策が大気汚染状況とそれによる健康影響の改善にどのように寄与しているのかを検証することが求められている。

2. 研究の目的

日本と中国の都市部の自動車交通量の多い幹線道路周辺において、大気中の粒子状物質濃度を粒径別に測定して、自動車排出ガスをはじめとする大気汚染物質への曝露実態を解明するとともに、各都市の住民を対象として、季節毎に肺機能モニタリングを繰り返し実施し、大気汚染物質が呼吸器系に及ぼす急性影響を評価した。これらの結果より、大気環境の変化と住民の肺機能に及ぼす影響との関連性について検討した。特に、2008年度には北京でのオリンピック開催に伴って積極的な大気汚染対策が実施されたことから、その効果についても評価した。

3. 研究の方法

(1) 対象者と実施時期

自動車排出ガスによる大気汚染が住民の肺機能の変化に与える影響を評価するため、日本では東京都、中国では北京市と武漢市において、それぞれ以下のものを対象とした。

① 東京都

対象者は、東京都多摩地区にある女子大学に通学する学生のべ20名(18~22歳)である。対象者のうち13名は東京都新宿区にある学生寮から通学しており、その他の7名の居住地は、新宿区、渋谷区、世田谷区などであった。調査は2008年7月、10~11月、2009年1~2月、4月、7月、10~11月、2010年1月の7回、それぞれ約2週間ずつ実施した。

② 北京市

対象者は、北京市内の幹線道路に近い集合住宅に居住する成人41名(男18名、女23名、50~72歳)である。調査は、2008年5~6月、8~9月、10~11月、2009年2~3月の4回、それぞれ約2週間ずつ実施した。

③ 武漢市

対象者は、武漢市東部の東湖湖畔の幹線道路沿道に位置する武漢大学の学生37名(男18名、女19名、21~23歳)であり、全員が大学構内の学生寮で生活している。調査は、2009年10~11月、2009年12月~2010年1月、3~4月、7~8月の4回、それぞれ約2週間ずつ実施した。

(2) 健康影響評価

最初に、標準的呼吸器症状質問票(ATSD-DLDに準拠)を用いて、咳、痰、喘鳴、喘息等の呼吸器症状、既往歴、家族歴、職業歴、喫煙歴等の生活環境因子の評価を行った。次に、電子式ピークフローメーター(Electronic PEF/FEV1 Diary、Vitalograph社製)を対象者に1台ずつ渡して、それぞれ約2週間ずつの調査期間中に連続して毎日朝と夜の1日2回、最大呼気流量(PEF)と1秒量(FEV1)の自己測定を行ってもらった。呼吸機能検査実施時には、呼吸器症状についての簡易質問票を用いて、せき・たん等の毎日の呼吸器症状の有無を確認した。

東京都では、調査開始時に電子式スパイロメータ(Vitalograph 2120、Vitalograph社製)を用いて標準的肺機能検査を実施するとともに、アレルギー素因の有無を評価するために採血を行って血清総IgE、ダニ特異的IgE値の測定も行った。

(3) 曝露評価

各調査期間中の自動車排出ガスへの曝露評価として、対象者が居住する学生寮または住居の屋外及び屋内において24時間ごとに大気中粒子状物質(PM)の測定を行った。屋内での測定は暖房や炊事場などのPM発生源を避けて行うこととし、対象者及びその家族には喫煙者がいないことを基本的な条件とした。ミニポンプ(MP-Σ3、柴田科学)にインパクタ(ATPS-20H、柴田科学)を接続した個人サンプラーを使用し、1.5L/minで粗大粒子(PM_{10-2.5})と微小粒子(PM_{2.5})に分級捕集して重量濃度を求めた。吸引大気量が少なく、捕集量はμg単位で秤量する必要があるため、国立環境研究所の秤量室(室温25℃、湿度50%)において24時間以上衡量後、読みとり限度0.1μgの電子天秤で秤量した。

中国ではPMの質量濃度に加えて、PM中の炭素成分の分析を行うため、石英繊維フィルターを装着したもの並行して稼働させた。炭素分析は熱分離・光学補正式炭素分析計を用いてIMPROVEプロトコルにより有機炭素(OC)と元素状炭素(EC)の濃度を分析した。

また、対象者の居住地に近接した大気環境測定局における粒子状物質濃度と我々が実測した濃度との比較を行った。比較に用いた項目は、日本では浮遊粒子状物質(SPM)、中国では公表されているAPI(Air Pollution Index)値より粒径10μm以下の粒子状物質(PM₁₀)濃度に換算した日平均値とした。

(4) 解析方法

解析は、対象者の年齢、身長、季節、気温、湿度の影響を調整し、毎日の大気汚染物質濃度とPEF及びFEV1値の変動との関係性を評価した。東京都では、対象者のアレルギー素因の有無、北京市では喫煙歴、喘鳴症状の有無についても調整した。同一対象者で同一項目

を反復測定したデータには自己相関があるため、それを考慮したモデルである一般化推定方程式(GEE)を用いた。各時期に繰り返し測定されたPEFまたはFEV1値を従属変数とし、大気汚染物質濃度が一定量増加した時のPEF及びFEV1値の変化量を示した。

大気汚染物質濃度は、実測したPM_{2.5}、PM₁₀、EC、OC濃度の他に、近傍の大気環境測定局で測定・公表されている粒子状物質(SPMまたはPM₁₀)、二酸化窒素(NO₂)、二酸化硫黄(SO₂)、さらに東京都では光化学オキシダント(Ox)の日平均濃度を用いた

本研究は兵庫医科大学倫理委員会の承認を受け、いずれも対象者から文書によるインフォームド・コンセントを得て実施した。

4. 研究成果

(1) 東京都における結果

① 健康影響評価

対象者のうち、血清総IgE値が170 IU/ml以上またはダニ特異IgE抗体陽性でアレルギー素因を有すると考えられた者は12名、アレルギー素因がないと考えられた者は8名であった。各検査時期に朝は平均226.0回、夜は平均221.4回、合計ではそれぞれのべ1,582回、1,550回の測定結果が得られた。

PEFの平均値は7期ともに朝よりも夜の方が高く、FEV1の平均値も2009年4月を除き夜の方が高かった。全期間を通じての平均±標準偏差は、PEFは朝398.1±67.8L/min、夜414.2±73.7L/min、FEV1は朝2.34±0.46L、夜2.37±0.47Lであった(表1)。

表1. 実施時期別肺機能値の平均値(標準偏差)

実施時期	朝	夜
PEF (L/min)		
2008年7月	402.6 (59.1)	423.9 (67.4)
2008年10~11月	412.4 (77.2)	431.5 (81.6)
2009年1~2月	408.9 (82.4)	428.0 (86.0)
2009年4月	397.0 (62.8)	407.3 (70.9)
2009年7月	386.3 (60.6)	402.3 (67.1)
2009年10~11月	383.2 (53.6)	399.1 (62.2)
2010年1月	395.5 (63.1)	410.0 (67.4)
全期間	398.1 (67.8)	414.2 (73.7)
FEV ₁ (L)		
2008年7月	2.30 (0.45)	2.36 (0.46)
2008年10~11月	2.43 (0.45)	2.47 (0.46)
2009年1~2月	2.42 (0.49)	2.51 (0.51)
2009年4月	2.25 (0.46)	2.24 (0.45)
2009年7月	2.30 (0.42)	2.33 (0.40)
2009年10~11月	2.29 (0.42)	2.31 (0.43)
2010年1月	2.32 (0.45)	2.36 (0.48)
全期間	2.34 (0.46)	2.37 (0.47)

② 曝露評価

実測したPM₁₀平均濃度は時期によって差があり、屋外では0.018~0.036 mg/m³、屋内では0.009~0.022 mg/m³であり、全期間を通じ

での平均はそれぞれ0.030 mg/m³、0.017 mg/m³であった。PM_{2.5}の平均濃度は、屋外0.015~0.036 mg/m³、屋内0.008~0.016 mg/m³であり、全期間を通じての平均はそれぞれ0.013 mg/m³、0.021 mg/m³であった。いずれも屋外において屋内よりも高濃度であった。

全期間を通じて、測定局におけるSPM濃度と屋外の実測濃度の相関係数は、PM₁₀については0.783、PM_{2.5}については0.773と比較的大きかった(図1)。一方、屋内濃度との相関係数はそれぞれ0.400、0.464であり、屋外濃度に比べて相関は小さかった(図2)。

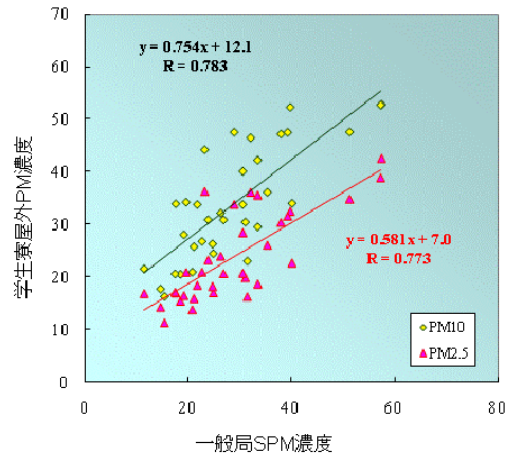


図1 屋外粒子状物質濃度と近傍測定局におけるSPM濃度の関係(東京都)

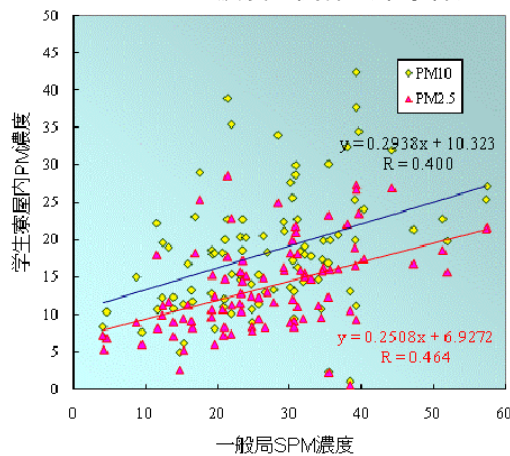


図2 屋内粒子状物質濃度と近傍測定局におけるSPM濃度の関係(東京都)

③ 大気汚染物質と肺機能との関連

朝のPEF値は、2009年7月は大気中SPM及びNO₂、2009年10月はOxの24時間平均濃度(前日午前6時~当日午前6時)が増加すると有意に低下するという関連が認められた。夜のPEF値は、2010年1月のSPMの24時間平均濃度(前日午後6時~当日午後6時)の増加により有意な低下がみられた。朝のFEV1値は、2008年10月のSPM及びNO₂濃度、2009年10月のOx、2010年1月のSPM濃度、夜のFEV1値は2009年10月のOx濃度と2010年1月のNO₂濃度が増加すると有意な低下が観察

された。

全期を合わせた解析では、朝、夜の PEF 値、FEV₁ 値ともに大気汚染物質濃度との間に有意な関連は認められなかった。アレルギー素因を有する者では、NO₂ の 24 時間平均濃度が 10ppb 増加すると、朝の FEV₁ 値が 24.7ml (95%信頼区間 4.1, 45.3) 低下し、夜の PEF 値が 2.85L/min (95%信頼区間 0.49, 5.22) 低下するという有意な負の関連が認められた。しかし、SPM 及び O_x 濃度との間に有意な関連は認められなかった (表 2)。

表 2. 大気汚染物質濃度の増加に伴う最大呼気流量(PEF)と1秒量(FEV₁)の変化量

汚染物質	アレルギー素因あり				アレルギー素因なし			
	変化量	95%信頼区間	p値	変化量	95%信頼区間	p値		
PEF (L/min)								
朝 SPM	2.10	-0.59	4.79	0.125	3.83	-0.57	8.23	0.088
Ox	-0.20	-3.52	3.13	0.908	-0.06	-2.19	2.06	0.954
NO ₂	-0.74	-4.11	2.63	0.666	3.92	-2.78	10.63	0.251
夜 SPM	0.71	-1.86	3.28	0.588	0.62	-2.71	3.95	0.715
Ox	2.75	-1.90	7.40	0.247	3.37	-0.68	7.43	0.103
NO ₂	-2.85	-5.22	-0.49	0.018	0.43	-2.96	3.81	0.804
FEV ₁ (ml)								
朝 SPM	-10.2	-24.5	4.2	0.164	-6.1	-24.2	11.9	0.505
Ox	19.4	-3.0	41.8	0.090	-3.9	-37.7	29.9	0.820
NO ₂	-24.7	-45.3	-4.1	0.019	-8.8	-40.7	23.0	0.586
夜 SPM	-7.1	-20.7	6.5	0.306	-3.2	-34.6	28.2	0.842
Ox	6.1	-16.0	28.2	0.588	-4.8	-18.4	8.9	0.495
NO ₂	-8.1	-31.8	15.6	0.504	-5.0	-49.2	39.1	0.823

SPM濃度10 μ g/m³、NO₂およびOx濃度10ppb増加あたりのPEFまたはFEV₁の変化量(対象者の年齢、身長、気温、湿度の影響を調整)。

(2) 北京市における結果

① 健康影響評価

肺機能検査対象者のうち、男性で現喫煙者2名(11.1%)、既喫煙者は8名(44.4%)であり、女性は全員喫煙の経験がなかった。喘鳴症状があるのは男性3名(16.7%)、女性2名(8.7%)であった。男性は朝のべ772回(1人平均42.9回)、夜578回(32.1回)、女性は朝976回(42.4回)、夜772回(33.6回)の測定記録が得られた。PEF及びFEV₁の平均値を表3に示した。4期を通じて、女性ではPEFの平均値は朝よりも夜のほうが高かった。一方、男性ではFEV₁の平均値は朝よりも夜のほうが低かった。

表 3. 季節別肺機能値の平均値(標準偏差)

Season	Males		Females	
	Morning	Evening	Morning	Evening
PEF (L/min)				
Spring	464.0 (126.8)	385.0 (118.4)	312.2 (80.8)	356.7 (60.7)
Summer	430.1 (111.6)	423.0 (113.3)	331.1 (54.3)	338.4 (55.3)
Autumn	411.6 (132.5)	401.3 (135.6)	326.4 (64.9)	328.8 (75.5)
Winter	411.4 (156.2)	419.1 (160.6)	321.0 (82.3)	327.5 (85.8)
FEV ₁ (L)				
Spring	2.77 (0.57)	2.30 (0.38)	2.00 (0.41)	2.02 (0.48)
Summer	2.61 (0.55)	2.53 (0.57)	1.99 (0.39)	1.94 (0.36)
Autumn	2.62 (0.60)	2.53 (0.64)	2.06 (0.50)	1.96 (0.46)
Winter	2.64 (0.72)	2.60 (0.72)	1.95 (0.42)	1.96 (0.46)

② 曝露評価

季節ごとの大気測定局におけるPM₁₀平均濃度は、春季0.276 \pm 0.147mg/m³、夏季0.060 \pm 0.035mg/m³、秋季0.115 \pm 0.075mg/m³、冬季0.113 \pm 0.063mg/m³であった。春季は極めて高かったが、オリンピックが開催された夏季に

は大きく改善していた。しかし、秋季以降は再びやや増加がみられた(図3)。

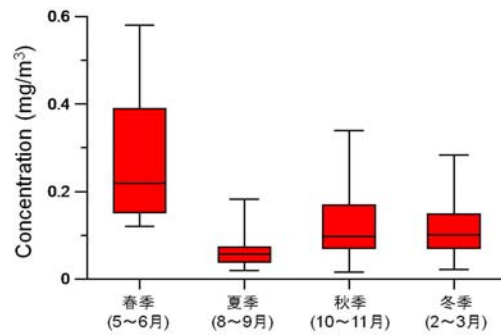


図3 肺機能検査期間中のPM₁₀濃度の分布

実測したPM_{2.5}の屋外平均濃度は、春季0.100 mg/m³、夏季0.059 mg/m³、秋季0.069 mg/m³、冬季0.075 mg/m³であった。春季は黄砂飛来もあったために高濃度であったと考えられる。夏季は最も低かったが、日本や米国のPM_{2.5}環境基準(1日平均値0.035 mg/m³以下)を超える日が多かった。屋内濃度の平均は、各季節とも屋外濃度より低かったが、特に春季と冬季はその差が大きかった。

各季節のPM₁₀濃度について測定局濃度と屋外の実測濃度の相関係数は、夏季~冬季は0.89~0.90と非常に高い相関を示した。黄砂飛来を含む春季は0.80と他の季節よりはやや低かった。実測濃度は測定局濃度と比べて春季が0.66倍と低かったが、他の3季節は0.92~1.13倍であり、非常に近い値であった。

PM₁₀中の総炭素成分(TC)重量は、通年的に屋外、室内ともPM_{10-2.5}よりPM_{2.5}に多かった。PM₁₀重量は黄砂期を除けばPM_{2.5}がPM_{10-2.5}より多いが、粒子中に占めるTCの割合ではPM_{2.5}の方がPM_{10-2.5}より多かった。また、PM_{2.5}中のTCに占めるECの割合は、いずれの季節でも屋外の方が室内より大きかった(表4)。

表4. 粒子状物質中のEC/TCの平均(標準偏差)

	EC/OC	
	PM _{10-2.5}	PM _{2.5}
Outdoor		
Spring	0.219 (0.037)	0.228 (0.110)
Summer	0.264 (0.046)	0.280 (0.067)
Autumn	0.293 (0.058)	0.324 (0.040)
Winter	0.327 (0.035)	0.299 (0.038)
Indoor		
Spring	0.166 (0.052)	0.146 (0.079)
Summer	0.209 (0.080)	0.214 (0.069)
Autumn	0.214 (0.062)	0.235 (0.079)
Winter	0.207 (0.068)	0.213 (0.066)

③ 大気汚染物質と肺機能との関連

近傍の測定局における大気中PM₁₀濃度が50 μ g/m³増加したときのPEFの変化量を季節別にみると、春季は男性では夜-7.42L/min、女性では朝-2.81L/minとそれぞれ有意な低下が観察された。夏季は男女ともにPEFとの有意な関連はみられなかった。秋季および冬季

は、男性の夜の PEF 値のみ有意な低下がみられた(それぞれ-11.48、-8.77L/min)(表5)。

FEV1 は、冬季のみ女性の夜の値が-24.6mlと有意な低下がみられたが、春、夏、秋季は男女ともに有意な関連はなかった(表6)。

表5. 大気中PM₁₀濃度の増加とピークフロー値(PEF)の変化量

	朝			夜				
	変化量	95%信頼区間	p値	変化量	95%信頼区間	p値		
春季								
男	1.78	-1.16	4.73	0.234	-7.42	-12.30	-2.53	0.003
女	-2.81	-4.33	-1.28	<0.001	4.70	-0.62	10.02	0.083
夏季								
男	-3.36	-34.28	27.56	0.831	13.79	-35.28	62.85	0.582
女	-4.04	-13.65	5.56	0.409	-6.73	-13.68	0.23	0.058
秋季								
男	2.82	-4.05	9.68	0.421	-11.48	-22.28	-0.69	0.037
女	1.86	-3.14	6.86	0.466	3.90	-1.88	9.68	0.186
冬季								
男	7.77	0.97	14.57	0.025	-8.77	-14.77	-2.77	0.004
女	0.04	-3.26	3.34	0.979	0.54	-2.95	4.03	0.761

PM₁₀濃度50 μ g/m³増加あたりのピークフロー値(PEF)変化量(L/min)を示す。
対象者の年齢、身長、喫煙歴(男のみ)、喘鳴症状の有無、気温の影響を調整した。

表6. 大気中PM₁₀濃度の増加と1秒量(FEV₁)の変化量

	朝			夜				
	変化量	95%信頼区間	p値	変化量	95%信頼区間	p値		
春季								
男	16.0	-2.1	34.1	0.083	-16.4	-38.1	5.4	0.140
女	-9.6	-25.9	6.8	0.252	23.8	-8.2	55.8	0.145
夏季								
男	19.3	-119.5	158.1	0.785	63.3	-84.9	211.5	0.403
女	41.2	-26.3	108.7	0.231	32.2	-32.3	96.7	0.328
秋季								
男	-39.5	-96.0	17.1	0.171	-56.1	-120.4	8.1	0.087
女	-23.6	-69.2	21.9	0.309	-8.6	-50.3	33.1	0.687
冬季								
男	21.6	-14.7	57.9	0.244	-29.3	-65.2	6.5	0.109
女	-5.3	-29.9	19.4	0.675	-24.6	-44.4	-4.9	0.015

PM₁₀濃度50 μ g/m³増加あたりの1秒量(FEV₁)変化量(ml)を示す。
対象者の年齢、身長、喫煙歴(男のみ)、喘鳴症状の有無、気温の影響を調整した。

(3) 武漢市における結果

① 健康影響評価

男子は朝のべ990回(1人平均55.0回)、夜997回(55.3回)、女子は朝1,076回(56.6回)、夜1,127回(59.3回)の測定記録が得られた。女子では、PEF、FEV1ともに全期を通して朝よりも夜の方が高かった(表7)。

全期間を通じての平均±標準偏差は、男子のPEFは朝581.1±100.5L/min、夜584.2±97.4L/min、FEV1は朝3.59±0.67L、夜3.59±0.66L、女子のPEFは朝377.7±54.1L/min、夜381.6±51.1L/min、FEV1は朝2.43±0.37L、夜2.45±0.39Lであった。

表7. 季節別肺機能値の平均値(標準偏差)

Season	Males		Females	
	Morning	Evening	Morning	Evening
PEF (L/min)				
Autumn	578.3 (95.7)	585.4 (85.9)	373.7 (54.3)	381.5 (49.1)
Winter	581.1 (110.2)	585.3 (108.9)	385.8 (58.7)	388.5 (52.2)
Spring	579.6 (93.8)	581.5 (96.2)	376.6 (50.7)	379.3 (51.1)
Summer	585.5 (102.2)	584.3 (97.6)	374.4 (51.5)	375.4 (51.6)
Total	581.1 (100.5)	584.2 (97.4)	377.7 (54.1)	381.6 (51.1)
FEV ₁ (L)				
Autumn	3.55 (0.69)	3.55 (0.65)	2.46 (0.35)	2.47 (0.36)
Winter	3.64 (0.66)	3.66 (0.69)	2.50 (0.34)	2.52 (0.37)
Spring	3.63 (0.69)	3.61 (0.68)	2.38 (0.40)	2.38 (0.43)
Summer	3.55 (0.62)	3.53 (0.62)	2.36 (0.36)	2.39 (0.38)
Total	3.59 (0.67)	3.59 (0.66)	2.43 (0.37)	2.45 (0.39)

② 曝露評価

全期を通しての屋外PM_{2.5}平均濃度は94.2 μ g/m³、PM_{10-2.5}は66.6 μ g/m³で、いずれも冬季が最も高く、夏季が最も低かった(表8)。屋内濃度は屋外よりも低く、季節別では夏季よりも冬季が低かった。屋内/屋外比は、PM_{2.5}では季節により0.71~0.99であったのに対し、PM_{10-2.5}では0.25~0.86であった。屋内外のPM_{2.5}濃度には非常に強い相関があったが(季節別にr=0.87~0.99)、PM_{10-2.5}ではばらばらについていた(r=0.58~0.96)。これらは、窓の開放時間の違いなどの影響が考えられた。近傍測定局のPM₁₀濃度との比較では、各季節ともに相関は非常に大きかったが、寮の屋外濃度の方が約50%高かった。

粒子中の炭素分析の結果では、PM_{2.5}の方がPM_{10-2.5}よりもEC、OCの割合が多かった。炭素成分濃度は冬季が高かったが、粒子濃度当たりでは季節による大きな違いはなかった。

表8. 季節別粒子状物質及び炭素成分濃度

季節	粒子状物質濃度		PM _{2.5} 中炭素成分	
	PM _{10-2.5} (μ g/m ³)	PM _{2.5} (μ g/m ³)	OC(μ g/m ³)	EC(μ g/m ³)
屋外				
秋季	49.7 (32.0)	104.2 (48.5)	24.4 (14.9)	11.8 (7.1)
冬季	104.0 (41.3)	140.4 (48.4)	29.2 (16.7)	15.4 (9.7)
春季	77.3 (39.0)	79.6 (17.0)	9.9 (2.4)	6.0 (2.2)
夏季	35.4 (11.0)	54.5 (17.7)	7.4 (3.5)	4.7 (2.8)
合計	66.6 (41.9)	94.2 (47.8)	17.7 (14.6)	9.5 (7.6)
屋内				
秋季	31.5 (19.9)	91.3 (44.4)	22.5 (13.1)	10.3 (6.2)
冬季	37.6 (16.6)	110.6 (42.6)	24.8 (11.5)	12.7 (9.1)
春季	37.7 (23.8)	65.3 (17.2)	10.1 (2.3)	5.1 (2.0)
夏季	20.7 (7.9)	50.3 (16.4)	7.5 (3.4)	4.4 (2.6)
合計	31.9 (19.1)	79.4 (40.0)	16.2 (11.6)	8.1 (6.7)

③ 大気汚染物質と肺機能との関連

近傍の測定局における大気汚染濃度との関係は、女子では夏季にPM₁₀濃度と夜のFEV1値、秋季にNO₂濃度と朝のPEF値の間に有意な負の関連が観察されたが、男子では全期を通して関連性は認められなかった。

表9. 屋内外の微小粒子状物質及びEC濃度と夜のPEF値の変化量(L/min)

	PM _{2.5} (10 μ g/m ³ 増加当たり)				EC(1 μ g/m ³ 増加当たり)			
	変化量	95%信頼区間	p値		変化量	95%信頼区間	p値	
屋外濃度								
男子								
秋季	1.12	-0.65	2.89	0.215	0.41	-0.97	1.79	0.559
冬季	-2.13	-4.97	0.71	0.141	-0.79	-1.32	-0.25	0.004
春季	-2.77	-5.29	-0.24	0.032	-0.68	-5.37	4.02	0.778
夏季	0.89	-3.31	5.08	0.679	0.86	-2.74	4.45	0.640
女子								
秋季	0.14	-1.10	1.39	0.822	0.47	-0.23	1.16	0.190
冬季	-0.86	-1.96	0.25	0.130	-0.13	-0.71	0.44	0.648
春季	2.58	-1.62	6.78	0.228	0.37	-3.43	4.16	0.849
夏季	-3.17	-6.42	0.07	0.055	-1.72	-4.05	0.62	0.150
屋内濃度								
男子								
秋季	0.37	-1.57	2.31	0.706	-0.14	-1.48	1.21	0.843
冬季	-0.39	-2.20	1.42	0.675	-0.55	-1.06	-0.04	0.036
春季	-3.29	-6.07	-0.50	0.021	-0.27	-4.10	3.55	0.889
夏季	1.61	-2.29	5.52	0.418	2.03	-2.27	6.32	0.355
女子								
秋季	-0.22	-1.77	1.33	0.784	0.17	-0.75	1.09	0.717
冬季	-0.51	-1.20	0.18	0.146	-0.53	-1.05	-0.01	0.048
春季	2.40	-3.92	8.72	0.456	1.03	-1.58	3.63	0.439
夏季	-2.50	-6.95	1.94	0.269	-3.96	-7.86	-0.07	0.046

学生寮における実測濃度との関係では、男子では春季に屋内外の PM_{2.5} 濃度が増加すると夜の PEF の有意な低下が観察された。冬季には PM_{10-2.5} との関連も有意であった。また、PM_{2.5} 中の EC 濃度が増加すると、全期を通して男女ともに夜の PEF は低下傾向が認められ、男子では冬季、女子では冬季と春季に有意な低下が認められた (表 9)。

(4) 両国における大気汚染の影響の比較

大気中 PM_{2.5} 及び PM_{10-2.5} 濃度は、中国では東京都よりも相当高く、北京では大気中 PM₁₀ 濃度が住民の肺機能に影響を及ぼしている可能性が示された。北京でオリンピックが開催された 2008 年夏季には大気汚染が大きく改善し、肺機能への影響は観察されなかった。

中国武漢では、学生の肺機能と屋内の PM_{2.5} 濃度及び EC 濃度との間に関連が認められた。東京都の健常学生では、大気汚染の肺機能への影響は小さいが、アレルギー素因のある者では影響を受けやすい可能性が示唆された。今後はより詳細な曝露評価が必要であろう。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① Yamazaki S, Shima M, Ando M, Nitta H, Watanabe H, Nishimuta T. Effect of hourly concentration of particulate matter on peak expiratory flow in hospitalized children: a panel study. *Environ Health*. 2011; 10: 15. (査読有)
- ② Jia X, Song X, Shima M, Tamura K, Deng F, Guo X. Effects of fine particulate on heart rate variability in Beijing: a panel study of healthy elderly subjects. *Int Arch Occup Environ Health*. 2011. [Epub ahead of print] (査読有)
- ③ Jia X, Song X, Shima M, Tamura K, Deng F, Guo X. Acute effect of ambient ozone on heart rate variability in healthy elderly subjects. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2011. [Epub ahead of print] (査読有)
- ④ Yamazaki S, Shima M, Ando M, Nitta H. Modifying effect of age on the association between ambient ozone and nighttime primary care visits due to asthma attack. *J Epidemiol*. 2009; 19: 143-151, 2009. (査読有)
- ⑤ Ma L, Shima M, Yoda Y, Yamamoto H, Nakai S, Tamura K, Nitta H, Watanabe H, Nishimuta T. Airborne Particulate Matter and Respiratory Morbidity in Asthmatic Children. *J Epidemiol*. 2008; 18: 97-110. (査読有)
- ⑥ 島 正之. 微小粒子状物質の健康影響.

日本医事新報 No. 4442, pp. 60-64, 2009.
(査読無)

[学会発表] (計 17 件)

- ① Shima M, Tamura K, Yoda Y. Health effects of traffic-related air pollution in Japan. Annual Conference of Environmental Medicine and Health, Chinese Society for Environmental Sciences 2010. 7. 18. Shanghai.
- ② Jia X, Song X, Shima M, Tamura K, Deng F, Guo X. The indoor and outdoor fine particulate matter exposure and heart rate variability in healthy older subjects in Beijing. Joint Conference of International Society of Exposure Science and International Society for Environmental Epidemiology. 2010. 8. 30. Seoul
- ③ 島正之, 余田佳子, 田村憲治. 北京における大気汚染が住民の肺機能に与える短期的影響. 第 68 回日本公衆衛生学会総会 2009. 10. 22. 奈良

[図書] (計 1 件)

- ① 島 正之. 環境と健康, 最新保健学 改訂第 2 版 (野尻雅美編), pp. 63-83, 真興交易医書出版部, 東京, 2011.

[その他]

ホームページ等

<http://www.hyo-med.ac.jp/department/pbh1/WEB/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島 正之 (SHIMA MASAYUKI)
兵庫医科大学・医学部・教授
研究者番号: 4 0 2 2 6 1 9 7

(2) 研究分担者

田村 憲治 (TAMURA KENJI)
国立環境研究所・環境健康研究領域・室長
研究者番号: 1 0 1 7 9 8 9 8

(3) 連携研究者

櫻井 四郎 (SAKURAI SHIRO)
大妻女子大学・社会情報学部・教授
研究者番号: 8 0 0 4 8 5 2 9

(4) 研究協力者

郭 新彪 (GUO XINBIAO)
北京大学・公共衛生学院・教授
鄧 芙蓉 (DENG FURONG)
北京大学・公共衛生学院・教授
宋 曉明 (SONG XIAOMING)
北京大学・公共衛生学院・講師
馬 露 (MA LU)
武漢大学・公共衛生学院・教授