

〔総説〕 自動車排出ガスによる大気汚染の健康影響

島 正 之

(2004年11月26日受付)

要 旨

わが国では硫黄酸化物による大気汚染は改善されたが、自動車交通量の増加に伴い、二酸化窒素や浮遊粒子状物質による大気汚染が問題となっている。とりわけ交通量の多い大都市部の幹線道路沿道部における大気汚染物質の濃度は高く、住民の健康に及ぼす影響が憂慮されている。われわれが千葉県で行った疫学研究では、学童の気管支喘息症状の有症率及び発症率は幹線道路沿道部において高かった。アレルギー等の多くの関連要因の影響を調整しても沿道部における喘息の発症率は統計学的に有意に高く、大気汚染が学童の喘息症状の発症に関与することが示唆された。近年、欧米諸国においても道路に近いほど呼吸器疾患患者が多いこと、大気汚染物質が喘息や気管支炎症状を増悪させることが数多く報告されている。幹線道路の沿道部に多くの人々が居住しているわが国にとって、自動車排出ガスによる大気汚染への対策は早急に取り組むべき喫緊の課題であり、自動車排出ガスと健康影響との因果関係を解明するために大規模な疫学研究を実施することが必要である。

Key words: 自動車排出ガス, 大気汚染, 気管支喘息, 小児, 疫学研究

略語一覧: 二酸化窒素 (NO_2)

浮遊粒子状物質 (SPM)

気管支喘息様症状 (喘息症状)

I. はじめに

気管支喘息の患者数は世界的に増加傾向にあり、特に都市化の進んだ地域における増加が著しいことから、大気汚染をはじめとする環境因子との関連が示唆されている[1-3]。

わが国では1960年代の高度経済成長期に工場等を主な排出源とする大気汚染が顕在化し、いわゆる四日市喘息に代表される深刻な健康被害を生み出した[4]。こうした大気汚染が人の健康に与える影響に関する疫学研究は広く実施され、環境基準の設定など公害防止対策において重要な役割を果たしてきた[5-7]。その後、硫黄酸化物による汚染は大幅に改善されたが、代わって二酸化窒素

(NO_2)や浮遊粒子状物質 (SPM) による大気汚染が問題となっている[4,8]。これらの主要発生源は自動車（特にディーゼル車）であり、大都市地域、とりわけ交通量の多い幹線道路沿道部における大気汚染物質の濃度は高く[9]、沿道部住民の健康に及ぼす影響が憂慮されている。

こうした沿道部における大気汚染は従来経験された一般環境下の汚染とは異なり、局地的な高濃度汚染によるものであり、近年欧州諸国を中心に自動車排出ガスの健康影響に関する疫学研究が実施されつつある[10-15]。筆者らは幹線道路沿道部の大気汚染が住民の健康に与える影響を評価するため、千葉県下の小学生を対象に疫学研究を行ってきた[16-22]。調査内容は呼吸器症状調査、

肺機能検査, 血清IgE検査をはじめ多岐にわたるが, ここでは気管支喘息について得られた知見を中心に紹介するとともに, 今後の課題について述べてたい。

II. 千葉県における疫学研究の経緯と対象地域

本研究は, 1986年から2000年までの15年間にわたり千葉県環境部(現環境生活部)から千葉大学医学部公衆衛生学教室への委託により, 千葉県下8地区の10小学校を対象として実施した(千葉県からの委託は1999年で終了したが, 2000年は教室が主体となって実施した)。3年ごとに研究内容, 対象などの見直しを行ったが, 呼吸器症状調査は全期間を通して同一の方法で実施した。小学生を対象とした理由は, 小児は成人よりも地域定着性が強いこと, 職業曝露や喫煙の影響を考慮する必要がないこと, 成人よりも大気汚染の影響を受けやすい可能性があること, 学校単位で集団として把握しやすいことなどによる。

対象校のうち4市(千葉, 船橋, 市川, 柏)の

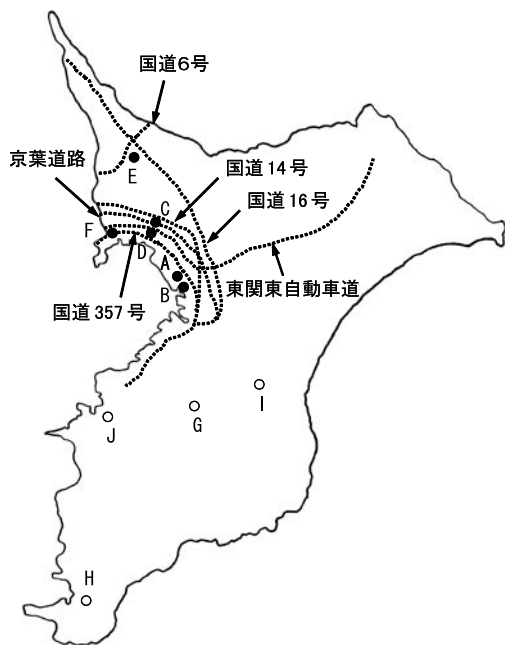


図1 千葉県における幹線道路と調査対象小学校の位置

A-Fの小学校(黒丸)は都市部, G-Jの小学校(白丸)は田園部に位置している

6校は都市部にあり, 自動車交通量の多い主要幹線道路の近くに位置している(図1)。1997年における昼間12時間の自動車交通量はおよそ37,000~83,000台であり, 大型車混入率は18~44%であった。他の4市(市原, 館山, 茂原, 木更津)の4校は田園部にあり, 近隣には主要幹線道路や工場などの大気汚染の発生源は存在しない。各小学校に近接する一般環境大気測定局における1990~1994年度のNO₂の5年平均濃度は都市部25.4~31.2ppb, 田園部7.0~19.6ppbであり, 幹線道路沿道部にある自動車排出ガス測定局では37.0~38.6ppbと高かった。SPMの5年平均濃度は都市部49.8~54.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 田園部29.4~45.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 沿道部52.2~65.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり, 沿道部が最も高く, 次いで都市部, 田園部の順であった。

III. 健康影響の評価方法

1980年以降わが国で行われた大気汚染に関する疫学研究のほとんどは, 米国胸部疾患学会が考案したもの[23]をもとに作成された標準化呼吸器症状質問票(ATS-DLD質問票)を用いている[24-28]。この質問票には呼吸器症状に関する質問のほか, 居住歴, 呼吸器疾患やアレルギー性疾患の既往歴, 両親の既往歴, 乳児期の栄養法, 受動喫煙, 家屋構造, 暖房器具等の呼吸器症状に関連する項目が含まれている。われわれも毎年秋に学校を通じて対象学童の家庭にATS-DLD質問票を配布し, 保護者に記入してもらった。対象者の協力は極めて良好であり, 毎年98%以上の高い回収率を得た。

気管支喘息様症状(以下喘息症状)の定義は質問票への回答により, 胸がゼーゼー, ヒューヒューして, 呼吸困難を伴う発作を過去に2回以上起こしたことがあり, 医師に喘息または喘息性気管支炎と診断されたことがあり(そのとき息をするとゼーゼー, ヒューヒューという音がして, 呼吸困難を伴った), かつ最近2年間にこのような発作を起こしたか喘息の治療を受けたことがある者とした[24]。この定義は全期間を通じて共通である。

解析に際して, 都市部にある小学校の児童の住居は, 住宅地図で幹線道路からの距離を計測して

表1 居住地区別アレルギー疾患、気管支炎の既往、喘鳴、喘息症状有症率の比較

(1992年の1～3年生のうち、現住地に3年以上居住していたもの)					
	対象数	アレルギー疾患の既往 (%)	気管支炎の既往 (%)	喘息症状 (%)	喘鳴 (%)
男子					
幹線道路沿道部 (都市部)	82	62.2	25.6*	8.5	8.5
非沿道部 (都市部)	623	57.1*	25.5**	7.9	7.1*
田園部	558	50.9	16.5	6.1	3.9
P値		0.010†	< 0.001†	0.210†	0.012†
女子					
幹線道路沿道部 (都市部)	93	53.8	28.0**	8.6	5.4
非沿道部 (都市部)	630	54.0	23.3**	8.7**	5.7
田園部	520	49.2	16.5	4.6	4.2
P値		0.260	0.001†	0.020	0.516

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ (田園部との比較)

†沿道部>非沿道部>田園部についての傾向性の検定

幹線道路から50m未満に居住するもの(沿道部)と50m以上に居住するもの(非沿道部)に分類し、これに田園部を加えた3地区間の比較を行った。

IV. 喘息症状と居住地域との関連

(1) 喘息症状有症率 (横断的研究)

1992年に1～3年生であった学童のうち、調査開始時に現住地に3年以上居住していた男子のアレルギー性疾患及び気管支炎の既往、喘鳴の有症率は、沿道部に居住するものが最も高く、次いで非沿道部、田園部の順であり、この傾向は統計学的に有意であった(表1)[22]。喘息症状は沿道部が最も高率であったが、有意ではなかった。女子でも気管支炎の既往は沿道部が最も高率であった。アレルギー性疾患の既往、喘鳴、喘息症状の有症率は田園部が最も低かったが、沿道部と非沿道部の間に差は認められなかった。

(2) 喘息症状発症率 (縦断的研究)

1992年に1～4年生であった学童のうち調査1年目に喘息症状がなかった2,562名を1994年まで観察したところ、2年間に63名(男子39名、女子24名)が新たに喘息症状を発症した。地区別の発症率は男女とも沿道部が最も高く、次いで非沿道部、田園部の順であり、この傾向はいずれも統計学的に有意であった(図2a)[18]。

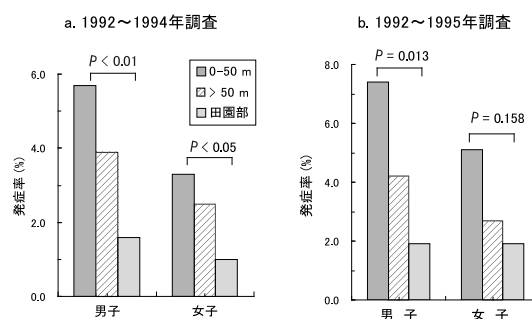


図2 観察期間中の気管支喘息症状発症率

- a. 対象は、1992年に1～4年生であった学童のうち調査1年目に喘息症状がなかった2,562名
 b. 対象は、1992年の1～3年生であった学童のうち調査1年目に喘息症状がなかった1,735名

同様に、1992年の1～3年生で喘息症状がなかった1,735名を1995年まで観察すると、3年間に54名(男子30名、女子24名)が新たに喘息症状を発症した。地区別には男女とも沿道部が最も高く、次いで非沿道部、田園部の順であり、男子ではその傾向が有意であった(図2b)[22]。

小児期の喘息にはアレルギー素因の関与が大きく、気道感染などの多くの因子によっても影響される[29]。1992年から1994年まで観察した2,562名について、喘息症状の発症を目的変数、本人及び両親のアレルギー性疾患の既往等の11項目を説明変数とした多重ロジスティック回帰を行った(表2)[18]。地区別の要因調整オッズ比は、田

表2 喘息症状発症に及ぼす居住地区等の要因の影響 (1992-1994年, 対象者数2,562名)

(多重ロジスティック回帰分析による)

		男 子			女 子		
		オッズ比	95%信頼区間		オッズ比	95%信頼区間	
居住地区	0-50 m	3.70	1.16-11.80	*	5.97	1.54-23.08	**
	> 50 m	1.92	1.08- 3.44	*	2.44	1.24- 4.80	**
	田園部	1.00			1.00		
学年 (1992年)	4 年生	1.01	0.41- 2.50		0.80	0.16- 1.67	
	1 年生	1.00			1.00		
アレルギー性疾患の既往	あり	4.29	1.81-10.17	**	5.27	1.73-16.03	**
	なし	1.00			1.00		
2歳以前の呼吸器疾患の既往	あり	1.34	0.53- 3.41		1.31	0.36- 4.84	
	なし	1.00			1.00		
乳児期の栄養法	母乳	0.91	0.44- 1.91		0.50	0.16- 1.52	
	その他	1.00			1.00		
両親のアレルギー性疾患既往	あり	1.21	0.62- 2.37		0.83	0.35- 1.94	
	なし	1.00			1.00		
母親の喫煙	あり	1.77	0.73- 4.28		1.10	0.29- 4.13	
	なし	1.00			1.00		
家屋構造	鉄筋・鉄骨	1.54	0.75- 3.16		0.46	0.17- 1.30	
	木造	1.00			1.00		
暖房器具の種類	非排気型	1.34	0.66- 2.74		1.69	0.64- 4.52	
	排気型・他	1.00			1.00		
過去の転居歴	あり	1.02	0.51- 2.04		0.95	0.38- 2.37	
	なし	1.00			1.00		
回答者	父親	2.16	0.60- 7.77		0.00	0.00- ∞	
	母親	1.00			1.00		

1992年の1～4年生で喘息症状がなく、1994年まで追跡できたもの、* $P<0.05$, ** $P<0.01$

園部における発症を1とすると、男子では沿道部3.70、非沿道部1.92、女子ではそれぞれ5.97、2.44であり、男女ともに沿道部、非沿道部は田園部よりも有意に大きかった。

1992年から1995年まで観察した1,735名について同様の解析を行ったところ、喘息症状発症の地区別オッズ比は、田園部を1とすると、男子は沿道部3.75、非沿道部1.98、女子ではそれぞれ4.06、1.74であり、男子の沿道部が有意に大であった[22]。

以上のように、学童の喘息症状の有症率、発症率は、居住地区により差がみられ、各地区の大気汚染濃度が高いほど高率という結果であった。アレルギー等の影響を調整しても、喘息症状の発症率は沿道部が最も高かったことから、自動車排出ガス由来の大気汚染が学童の喘息症状の発症に関与していることが示唆された。

(3) データの偏り（バイアス）の可能性

疫学研究は人口集団を対象とした観察研究であり、データの偏り（バイアス）が要因と結果の関連を歪めている可能性がある[30]。われわれは、10小学校の全学童を対象に同時期に同一の方法で調査を行い、いずれの学校でも高い回収率を得た。記入に不備のある場合は再記入を依頼し、正確な回答を得るように努めるとともに、父母以外が回答したものは両親によるものと同等の信頼性があると思われないために解析から除外した。また、横断的研究で喘息症状有症率を比較するだけでなく、同じ対象者を追跡する縦断的研究（コホート研究）により発症率を評価したため、偏りの影響は小さいと考える。

コホート研究では観察期間中に転出などによる対象者の減少は避けられない[31]。3年間で全対象者の81.0%、4年間で74.1%を追跡できたが、

沿道部では田園部よりもやや低率であった。オランダにおける研究[12]では、呼吸器症状を有する小児の居住期間は道路沿道部で短いことが観察され、親が沿道部での居住を好まず、転居することが多いためとされている。このように症状の有無が転居に影響を及ぼすとすれば、今回見出された沿道部における喘息発症のリスクは過小評価となっている可能性がある。

V. 大気汚染物質への曝露の評価

(1) 幹線道路沿道部における大気汚染濃度

大気汚染による健康影響を評価するためには、対象者が汚染物質にどの程度曝露されているのかを推定する必要がある。従来の疫学研究では、最寄りの環境測定局における大気汚染物質の濃度を用いて対象集団の曝露量を評価したものが多い[5-7,24,25,28]。また、近年行われている道路沿道住民を対象とした疫学研究では、曝露指標として居住地周辺道路の交通量や道路から住居までの距離を用いている[10-12]。

自動車由来の主要な大気汚染物質である NO_2 及びSPMの濃度は、田園部よりも都市部が高く、特に幹線道路の周辺では一般環境よりも高いことが知られている[8,9]。道路周辺の NO_2 濃度は気象や地形等の条件によっても異なる[32]が、道路端が最も高く、道路からの距離とともに減衰し、50mを超えるとほぼ一定になるとされている[11]。SPM濃度の道路からの距離減衰についてはまだ十分な知見が得られておらず、今後の検討が必要である。

(2) 室内 NO_2 濃度の測定

大気汚染物質は家屋内における喫煙、暖房器具の使用等によっても発生するため、曝露量を正確に評価するためには対象者毎の個人曝露量を測定することが望ましいという意見がある[33]。 NO_2 は簡易測定による個人曝露量の評価が可能である[34]が、多額の費用と対象者の協力を必要とし、短期間の平均濃度のみしか測定できないという問題がある[9]。SPMについては簡易測定法が確立しておらず、疫学的研究で多数の対象者の曝露量を直接測定することは不可能である。

1992年度の4年生約1,000名の家庭において、

冬期と夏期の年2回、室内 NO_2 濃度の簡易測定を実施した[9]。その結果、冬期は石油またはガスファンヒーター等の室内に直接排気する暖房器具を使用している家庭で極めて高く、地区間に濃度の差はみられなかった。夏期には都市部の幹線道路から50m以内の沿道部の家庭が、非沿道部、田園部よりも有意に高かった。室内の喫煙、家屋構造等を調整すると、沿道部を除く家庭で室内 NO_2 濃度と大気中濃度との関連が有意であった。以上の結果より、室内 NO_2 濃度は大気環境濃度及び冬期の暖房器具使用と関連があり、沿道部では自動車排出ガスの影響を受けることが示された。

(3) 喘息症状との関連

呼吸器症状調査と室内 NO_2 濃度の両者の結果が得られた者を対象に、喘息症状の発症と大気環境及び室内の NO_2 濃度との関連を検討した[20]。室内 NO_2 濃度は年2回の測定の幾何平均値を用いた。結果は図3に示すように、大気中 NO_2 濃度が高い地区ほど喘息症状の発症率が有意に高いという関連が認められた。他の要因の影響を考慮した多重ロジスティック回帰分析の結果は、大気中 NO_2 濃度が 0.01ppm 増加すると喘息症状を発症するリスクが2.13倍と有意に大きかったが、室内濃度の影響は認められなかった(表3)。

このように、喘息症状の発症は大気中の NO_2 と関連するが、室内の NO_2 とは関連しないという一見矛盾した結果が得られた。ドイツにおける疫学研究[35]でも、小児の花粉症、アレルギー性鼻

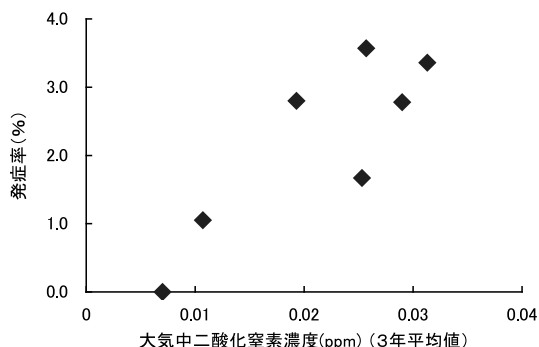


図3 大気中二酸化窒素濃度と気管支喘息症状発症率の関連

対象は、1992年の4年生のうち調査1年目に喘息症状がなく、年2回の室内 NO_2 濃度測定結果の得られた842名

表3 喘息症状の発症に及ぼす二酸化窒素濃度等の影響（1992-1994年、対象者数842名）

		(多重ロジスティック回帰分析による)		
		オッズ比	95%信頼区間	
大気中二酸化窒素濃度	0.01ppm増加あたり	2.10	1.10- 4.75	*
家屋内二酸化窒素濃度	0.01ppm増加あたり	0.87	0.51- 1.43	
性別	男子	2.08	0.75- 6.72	
	女子	1.00		
アレルギー性疾患の既往	あり	7.96	2.15-51.61	**
	なし	1.00		
2歳以前の呼吸器疾患の既往	あり	2.86	0.85- 8.29	
	なし	1.00		
乳児期の栄養法	母乳	0.60	0.36- 1.07	
	その他	1.00		
両親のアレルギー性疾患の既往	あり	1.02	0.38- 2.83	
	なし	1.00		
母親の喫煙	あり	0.51	0.19- 1.35	
	なし	1.00		
暖房器具の種類	非排気型	1.26	0.36- 4.62	
	排気型・他	1.00		

1992年の4年生で喘息症状がなく、1994年まで追跡でき、かつ年2回の室内二酸化窒素濃度測定でいずれも有効な結果が得られたもの

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

炎、喘鳴症状、花粉およびハウスダストへの感作は屋外NO₂濃度と関連があるが、個人のNO₂曝露量とは関連がないとしている。先に述べたように、室内のNO₂濃度は非排気型暖房器具の使用等により大気環境レベルを超える高い値となる。一方、大気中にはディーゼル排気微粒子をはじめ、様々な汚染物質が含まれている。今回見出された大気中NO₂濃度と喘息症状発症との関連は、NO₂による直接的な影響を示したものではなく、未知の原因物質があり、NO₂はその代替指標となっているのであろう。

VI. 疫学的な因果関係の評価と今後の課題

仮に大気汚染が高濃度の地域の住民は必ず喘息を発症し、大気清浄地域では一人も喘息に罹患しないのであれば、大気汚染と喘息の関連は明らかであるが、ほとんどの疾病の発症には多くの要因が関与しており、単一の因子のみでその発症を説明することは不可能である。

疫学研究は原因として疑わしい要因の有無によって疾病の発生頻度が異なるかどうか、すなわ

ち要因と疾病との関連があるかどうかを観察するものである。両者の関連が認められた場合、因果関係であるか否かを判断する上での視点として、Hill[36]は、1) 強固な関連 (Strength)、2) 一致した関連 (Consistency)、3) 特異的な関連 (Specificity)、4) 時間的な関連 (Temporality)、5) 生物学的傾きのある関連 (Biological gradient)、6) もっともらしい関連 (Plausibility)、7) 整合性のある関連 (Coherence)、8) 実験的な証拠の存在 (Experimental evidence)、9) 類似の関連の存在 (Analogy) の9項目を示している。

ただし、因果関係があっても必ずこれらの項目を満たすわけではなく、実際にこれらをすべて満たすことは困難である[37]。環境要因のリスクを評価する際には、これらの中でも一貫性、すなわち異なる時期、状況においても同様な結果が得られるかどうかが重視される。これは疫学研究の結果に影響しうるバイアスや交絡因子は、状況が異なれば再現されにくいことによると思われる。

われわれの疫学研究の対象は千葉県の小中学生に限られている。わが国の都市部における幹線道路沿道部の大気汚染が深刻であることに疑い

はないが、その汚染状況は地形や気象等の条件によっても異なるであろう[32]。自動車排出ガスと健康影響との因果関係を実証するためには、異なる地域における研究や成人を対象とした研究などの結果と対比することが望まれる。最近、欧州諸国から、道路に近いほど呼吸器疾患が多いこと、大気汚染物質が喘息及び気管支炎症状を増悪させることや心臓疾患の発症・死亡とも関連があることなどを示した研究結果が数多く報告されている[12-15,38-40]。また、環境省のディーゼル排気微粒子リスク評価検討会では国内外の文献をレビューし、DEPが人に対する発がん性を有することを強く示唆する報告を行っている[41]。

わが国では欧米諸国に比して幹線道路沿道部に多くの人々が居住しているにも関わらず、千葉県以外では自動車排出ガスの健康影響に関する疫学研究はほとんど行われてこなかった。住民の自動車排出ガスへの曝露の実態についても十分に知られていない。環境省では、2005年度から大都市部の幹線道路沿道の住民を対象とした大規模な疫学研究を実施することになっており、筆者もその調査設計に加わっている。この研究では複数の地域を対象に詳細な曝露評価を含めたコホート研究を展開する予定であり、自動車排出ガスによる大気汚染と住民への健康影響との関係が解明されることが期待される。

Ⅶ. おわりに

千葉県で行った疫学研究の結果、学童の喘息症状発症率は幹線道路沿道部が最も高く、アレルギー等の多くの関連要因の影響を調整しても、統計学的に有意な関連が認められた。この結果は、様々な限界はあるにしても、都市部の幹線道路沿道部における大気汚染が学童の喘息症状の発症に関与することを疫学的に示唆するものと考ええる。

幹線道路の沿道部に多くの人々が居住しているわが国にとって、自動車排出ガスによる大気汚染は早急に取り組むべき喫緊の課題である。大気汚染と喘息をはじめとする健康影響との関連が一日でも早く解明され、汚染を低減するための環境対策が推進されることを念願するものである。

謝 辞

本研究は、1986年に故 吉田 亮 先生（当時千葉大学医学部公衆衛生学教授）が開始され、安達元明先生（現名誉教授）を中心に公衆衛生学教室員が全員で取り組んだものです。長年にわたってご指導をいただいた両先生をはじめ、長期間にわたる調査に携わった公衆衛生学教室の皆様に深く感謝いたします。また、本研究の実施にあたり多大なご協力をいただいた千葉県環境生活部、教育委員会、各小学校をはじめとする関係機関の皆様には謝意を表します。

本論文は、第156回国会衆議院環境委員会（2003年3月25日）において参考人として陳述した内容をもとに加筆したものである。

SUMMARY

In Japan, the concentration of atmospheric sulfur oxide had been decreased by the regulatory efforts to control air pollution. However, the increasing automobile traffic has caused considerable increases in levels of air pollution derived primarily from automobile exhaust in urban areas. In the districts adjacent to trunk roads, the concentrations of nitrogen dioxide and suspended particulate matter are higher than in the general environment. The potential effect of these concentrations on the health of residents who live near trunk roads is a matter of concern. Our epidemiological study in Chiba Prefecture showed that the prevalence and the incidence of asthma were higher among schoolchildren who lived in roadside areas than among schoolchildren in the other areas studied. Even after adjustment for potential confounding factors such as a history of allergic diseases, the incidence of asthma was significantly high among schoolchildren who lived in roadside. Recently, epidemiological studies in European countries and USA have reported that traffic-related air pollution affects respiratory diseases and symptoms of the residents who live near trunk roads. In Japan, many people are living in areas adjacent to trunk roads. Therefore, the effects of traffic-related air pollution on health should be further evaluated in large-scale epidemiological studies.

文 献

- 1) Anderson HR. Air pollution and trends in asthma. In: Holgate ST, Chadwick D, Cardew G ed, The rising trends in asthma. Chichester: John Wiley & Sons; 1997: 190-207.
- 2) Schwartz J. Air pollution and children's health. Pediatrics 2004; 113: 1037-43.

- 3) Stevens E, Cullinan P, Colville R. Urban air pollution and children's asthma: what do parents and health professionals think? *Pediatric Pulmonology* 2004; 37: 530-6.
- 4) 日本の大気汚染経験検討委員会. 日本の大気汚染経験－持続可能な開発への挑戦－, 東京: 公害健康被害補償予防協会, 1997.
- 5) Yoshida K, Oshima H, Imai M. Air pollution and asthma in Yokkaichi. *Arch Environ Health* 1966; 13: 763-8.
- 6) 吉田 亮, 安達元明, 仁田善雄, 村井雅子, 岩崎明子. 千葉県における慢性気管支炎症状の疫学的研究. *日本公衆衛生雑誌* 1976; 23: 435-41.
- 7) 鈴木武夫, 石西 伸, 吉田 亮, 常俊義三, 一杉正治, 富永祐民, 福富和夫, 野添篤毅. 大気汚染と家庭婦人の呼吸器症状および呼吸機能との関係について－千葉県, 大阪府, 福岡県の6地区における環境庁が実施した「複合大気汚染健康影響調査」の結果についての一検討－. *大気汚染学会誌* 1978; 13: 310-55.
- 8) Tamura K, Ando M, Sagai M, Matsumoto M. Estimation of levels of personal exposure to suspended particulate matter and nitrogen dioxide in Tokyo. *Environ Sci* 1996; 4: 37-51.
- 9) Shima M, Adachi M. Indoor nitrogen dioxide in homes along trunk roads with heavy traffic. *Occup Environ Med* 1998; 55: 428-33.
- 10) Wjst M, Reitmeir P, Dold S, et al. Road traffic and adverse effects on respiratory health in children. *Br Med J* 1993; 307: 596-600.
- 11) Nitta H, Sato T, Nakai S, Maeda K, Aoki S, Ono M. Respiratory health associated with exposure to automobile exhaust. I. Results of cross-sectional studies in 1979, 1982, and 1983. *Arch Environ Health* 1993; 48: 53-8.
- 12) Oosterlee A, Drijver M, Labret E, Brunekreef B. Chronic respiratory symptoms in children and adults living along streets with high traffic density. *Occup Environ Health* 1996; 53: 241-7.
- 13) Brunekreef B, Janssen NA, de Hartog J, Harssema H, Knape M, van Vliet P. Air pollution from truck traffic and lung function in children living near motorways. *Epidemiology* 1997; 8: 298-303.
- 14) Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 2002; 360: 1203-9.
- 15) Zmirou D, Gauvin S, Pin I, Momas I, Sahraoui F, Just J, Le Moulec Y, Bremont F, Cassadou S, Reungoat P, Albertini P, Lauvergne N, Chiron M, Labbe A, Vesta Investigators. Traffic related air pollution and incidence of childhood asthma: results of the Vesta case-control study. *J Epidemiol Community Health* 2004; 58: 18-23.
- 16) Shima M, Nitta Y, Adachi M. Association of outdoor and indoor nitrogen dioxide with pulmonary function in schoolchildren. *J Epidemiol* 1994; 4: 137-46.
- 17) Shima M, Adachi M. Serum immunoglobulin E and hyaluronate levels in children living along major roads. *Arch Environ Health* 1996; 51: 425-30.
- 18) 田中良明, 仁田善雄, 島 正之, 岩崎明子, 安達元明. 主要幹線道路沿道部における大気汚染が学童の呼吸器症状に及ぼす影響. *大気環境学会誌* 1996; 31: 166-74.
- 19) 岩崎明子, 仁田善雄, 島 正之, 安達元明. 小児の気管支喘息症状有症率の動向と環境要因に関する研究. *千葉医学* 1999; 75: 253-62.
- 20) Shima M, Adachi M. Effect of outdoor and indoor nitrogen dioxide on respiratory symptoms in schoolchildren. *Int J Epidemiol* 2000; 29: 862-70.
- 21) Shima M, Nitta Y, Ando M, Adachi M. Effect of air pollution on the prevalence and incidence of asthma in children. *Arch Environ Health* 2002; 57: 529-35.
- 22) Shima M, Nitta Y, Adachi M. Traffic-related air pollution and respiratory symptoms in children living along trunk roads in Chiba Prefecture, Japan. *J Epidemiol* 2003; 13: 108-19.
- 23) Ferris BG. Epidemiology standardization project. II. Recommended respiratory disease questionnaires for use with adults and children in epidemiological research. *Am Rev Respir Dis* 1978; 118 (Suppl 6): 7-53.
- 24) 環境庁大気保全局. 大気汚染健康影響調査報告書(昭和55～59年度), 東京: 環境庁大気保全局, 1986.
- 25) 常俊義三, 福富和夫, 吉田克己, 土井 眞. 学童の呼吸器症状と大気汚染－環境庁大気保全局調査資料についての検討－. *大気汚染学会誌* 1987; 22: 431-58.
- 26) 安達元明, 小林雅子, 岩崎明子, 仁田善雄, 吉田亮. 小児用呼吸器症状質問票(ATS-DLD)(1) 面接方式と自己記入方式の比較. *日本公衆衛生雑誌* 1982; 29: 557-65.
- 27) 安達元明, 小林雅子, 岩崎明子, 仁田善雄, 吉田亮. 小児用呼吸器症状質問票(ATS-DLD)(2) 記入不備項目の検討. *日本公衆衛生雑誌* 1983; 30: 581-8.
- 28) 久保美智子, 安達元明, 仁田善雄, 小林雅子, 岩崎明子, 吉田 亮. 学童の呼吸器症状に影響を及ぼす因子についての考察 多重ロジスティック回帰による解析. *日本公衆衛生雑誌* 1987; 34: 377-87.
- 29) Kaliner MA. The pathogenesis of bronchial asthma. In: Kaliner MA ed, *Current Review of Asthma*, Philadelphia: Current Medicine, 2003: 23-32.
- 30) Rothman KJ. Biases in study design. In: *Epidemiology: An Introduction*, New York: Oxford University Press, 2002: 94-112.
- 31) Forastiere F, Corbo GM, Dell'Orco V, Pistelli R, Agabiti N, Kriebel D. A longitudinal evaluation of bronchial responsiveness to methacholine in children: role of baseline lung function, gender, and change in atopic status. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153: 1098-104.
- 32) 松本幸雄, 新藤純子, 田村憲治, 安藤 満, 伊藤政志. 幹線道路を含む領域における二酸化窒素濃度の変動構造－東京都世田谷区役所周辺における1989年3月の調査－. *大気汚染学会誌* 1994; 29: 41-54.

- 33) Janssen NA, Hoek G, Brunekreef B, Harssema H, Mensink I, Zuidhof A. Personal sampling of particles in adults: relation among personal, indoor, and outdoor air concentrations. *Am J Epidemiol* 1998; 147: 537-47.
 - 34) Yanagisawa Y, Nishimura H. A badge-type personal sampler for measurement of personal exposure to NO₂ and NO in ambient air. *Environ Int* 1982; 8: 235-42.
 - 35) Krämer U, Koch T, Ranft U, Ring J, Behrendt H. Traffic-related air pollution is associated with atopy in children living in urban areas, *Epidemiology* 2000; 11: 64-70.
 - 36) Hill AB. The environment and disease: association or causation ? *Proc R Soc Med* 1965; 58: 295-300.
 - 37) Rothman KJ, Greenland S. Causation and causal inference. In: Rothman KJ, Greenland S ed, *Modern Epidemiology*, Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1998: 7-28.
 - 38) Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U. S. cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000; 343: 1742-9.
 - 39) Clancy L, Goodman P, Sinclair H, Dockery DW. Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *Lancet* 2002; 360: 1210-4.
 - 40) Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, Luepker R, Mittleman M, Samet J, Smith SC Jr, Tager I. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation* 2004; 109: 2655-71.
 - 41) ディーゼル排気微粒子リスク評価検討会. ディーゼル排気微粒子リスク評価検討会平成13年度報告. 東京: 環境省環境管理局, 2002.
-