

SR-2-'89

複合大気汚染が及ぼす呼吸器系健康影響に
関する総合的研究

—局地的汚染に係る複合影響に関する実験的研究—

Comprehensive Studies on Respiratory Diseases by Complex Air Pollutants

昭和60~62年度

FY 1985-1987

NIES

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立公害研究所

複合大気汚染が及ぼす呼吸器系健康影響に
関する総合的研究

—局地的汚染に係る複合影響に関する実験的研究—

Comprehensive Studies on Respiratory Diseases by Complex Air Pollutants

昭和60～62年度

FY 1985-1987

環境庁 国立公害研究所

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

特別研究「複合大気汚染が及ぼす呼吸器系健康影響に関する総合的研究
—局地的汚染に係る複合影響に関する実験的研究—」
(期間 昭和 60～62 年度)

特別研究責任者：脇阪一郎 環境保健部長 (昭和 60 年度)

小泉 明 同 上 (昭和 61 年度)

村上正孝 同 上 (昭和 62 年度)

特別研究幹事：太田庸起子・三浦 卓・嵯峨井勝

報告書編集担当：小野雅司

序

本報告書は国立公害研究所において実施された大気汚染物質の健康影響に関する特別研究「複合大気汚染が及ぼす呼吸器系健康影響に関する総合的研究」(昭和60~62年度)の3年間の研究成果をとりまとめたものである。従来の比較的高濃度の硫黄酸化物や粉じんによる環境汚染は、我が国ではこれまでに各関係者の努力により、改善されてきた。しかし、近年の都市部における大気汚染に関しては、窒素酸化物、光化学オキシダント及び粒子状物質などを主体とする複合汚染による影響が主たる関心事となってきた。

現在、CO、SO₂、NO₂などのガス状物質について、地球環境大気中の汚染状況及び生体影響に関する知見はかなり蓄積されてきた。特に、NO₂については、動物実験による生体影響に関する知見の集積には著しいものがある。また、その汚染状況の把握においても広域から局地にわたっての濃度分布が確認され、研究の成果はその地域住民の家屋内及び個人レベルでのNO₂暴露量の推定が可能となるところまで到達した。これに対して、NO₂を除く大気汚染物質、とりわけ、多様な成分を含む浮遊粒子状物質については、その汚染分布状況をはじめ生体影響についても不明な点が多い。

そこで、本研究は、特に都市での重要な汚染源である自動車等の移動発生源による大気汚染物質、なかでも浮遊粒子状物質に重点をおいて、沿道の家屋内汚染の状況と住民の健康状態の調査を行い、地域環境測定上の方法論の検討、さらに、健康影響評価に必要な個人暴露量推定の方法、そして大気汚染に起因すると推定される健康影響指標の問題点を検討し、複合汚染が及ぼす健康影響の総合的評価に必要な条件を明らかにすることを目的として行われた。

本研究の成果については、担当研究員のみでなく、客員研究員をはじめとして多くの方々の御指導、御助言によるところが大きい。ここにこれらの方々に深く感謝の意を表したい。

大気汚染による健康影響の評価研究に対しては行政的ニーズも高く、当研究所では今後も引き続き重点的にこの分野の研究を遂行し、科学的知見を集積していく必要があると考えている。

この研究報告と今後の研究活動に対して、なお一層の御批判、御指導をお寄せ頂ければ幸いである。

平成元年3月

国立公害研究所

所長 不破 敬一郎

目 次

1. 研究の目的	1
2. 研究の成果	3
2.1 沿道汚染と健康影響に関する調査研究	3
2.1.1 屋内粒子状物質及び屋内外二酸化窒素濃度に関する研究	3
2.1.2 沿道住民の呼吸器症状有症率に関する研究	5
2.2 家屋内浮遊粒子状物質濃度及びその組成元素濃度と汚染指標元素濃度に関する研究	8
2.2.1 家屋内浮遊粒子状物質濃度	9
2.2.2 浮遊粒子状物質組成元素濃度	10
2.2.3 浮遊粒子状物質中の汚染指標元素濃度	10
2.3 家屋内外における SPM 及び多環芳香族化合物濃度に関する研究	10
2.3.1 SPM 測定用個人サンプラー	12
2.3.2 幹線道路沿道家屋内外における SPM 及び多環芳香族化合物濃度	14
2.3.3 SPM 中有機成分の変異原活性	16
2.4 スパイクタイヤ使用に伴う粉じん発生状況と住民の健康調査	17
2.4.1 沿道及び家屋内外の浮遊粉じん濃度調査	17
2.4.2 個人暴露量調査	19
2.4.3 住民の意識と自覚症状調査	19
2.5 粒子状物質の肺内蓄積及び体内摂取に関する検討	22
2.6 粒子状物質の生体影響に関する実験的研究	23
2.6.1 炭素粒子の肺内沈着に関する研究	23
2.6.2 経気道侵入重金属の毒性に関する研究	24
2.6.3 肺に沈着したアスベストの毒性に関する研究	27
2.6.4 フライアッシュ吸入による抗体産生能に関する研究	29
2.6.5 二酸化窒素とオゾンの複合暴露による病態成立に関する研究	31
3. 考 察	34
4. まとめ及び今後の研究の展望	37

[資料]

I 研究の組織と研究課題の構成	39
1. 研究の組織	39
2. 研究課題と担当者	40
II 研究成果発表一覧	42
1. 口頭発表	42
2. 誌上発表	46

1 研究の目的

我が国において、ぜん息、鼻アレルギー、肺がんなど、大気汚染と関連があると推定される呼吸器系疾患は、特に都市化の進展の著しい地域において年々増加の傾向が認められ、その因果関係の解明と対策が求められている。

さて、我々が日常吸う空気の汚染源は、自動車等の移動発生源、喫煙、暖房、調理などの室内発生源、工業、農業などの産業由来、そして火山、土砂など自然由来のものからなる。現在、環境保健の観点から最も関心を集めているのは、移動発生源による大気汚染と屋内空気汚染であろう。

汚染は屋外に限っても多様であり、その汚染質としては、 NO_2 、 NO 、 CO 、 CO_2 、 O_3 などガス状のオキシダント類、多環芳香族化合物、硫酸ミスト等の粒子状物質、等々、きわめて多様な物質が含まれている。しかも、かつての産業型大気汚染とは異なり、その濃度レベルは比較的低く、修飾する因子は季節、気象、日内変動、汚染源からの距離等多々ある。

屋外の汚染質の濃度レベルが低くなるに従い、屋内の空気汚染が問題となってきた。また、人が実際に長い時間生活する家屋内においても、暖房、調理により発生する NO_2 や多環芳香族化合物等の濃度は屋外に劣らない。また、建材、家具等から発生するホルムアルデヒド、ラドン等の汚染物質も存在する。このように大気中の汚染物質の個人の吸入量を推定するのに際し、屋外のみならず屋内の検討も不可欠となってきた。

これらの汚染物質のなかでも、 CO 、 SO_2 、 NO_2 などのガス状物質に関する地域環境大気中の汚染状況、及び生体影響に関する知見はかなり蓄積されつつある。昨今では、前述のごとく屋内汚染が問題とされ、都市地域環境での NO_2 濃度分布を面的に確定した上で、さらに家屋内での NO_2 濃度レベル及び個人レベルでの NO_2 暴露量の推定が試みられるまでに至り、一定のコンセンサスが得られつつある。しかしながら、 NO_2 を除く大気汚染物質、とりわけ浮遊粒子状物質については、健康影響への寄与が懸念されているにもかかわらず、その呼吸器への吸入の難易度を左右する粒径、形状、そして毒性等、多様な種類の物質の存在のために知見が乏しい。例えば、自動車排気ガス中の多環芳香族化合物、建築材、ブレーキライニングに使われるアスベスト等の突然変異原あるいは発がん物質、またシリカ等の免疫増強物質、硫酸ミスト、硝酸ミストなどの粘膜刺激物質、カドミウム、鉛等の化学毒性物質が挙げられる。

個々の物質については、動物吸入実験で、その取り込み、代謝的運命、生体影響についての知見が部分的ながら得られている。しかし、その低濃度レベルの生体影響評価については、アスベストの発がん性等、わずかな物質で報告されているのみである。

まして、現在の都市における地域環境大気中において、浮遊粒子状物質を構成する個々の物質について、その濃度分布を面的にとらえる調査は行われていない。いわんや、住民が生活している家屋内でのその汚染状況と、個人暴露量に関する知見は乏しく、その解明が求められている。

一方、大気汚染による健康影響を考えるときに、個体あるいは人口集団レベルの健康状態は、それぞれの遺伝的素質をベースに、それをとりまく生活環境、食生活、職業生活、ストレス等による生体負荷の総体として決定されるということを考えておかなければならない。単一の環境要因、例えば特定の大気汚染物質によって、特有な健康障害が現われることはむしろ稀である。したがって、現時点での生体影響のとらえ方としては、死亡、疾病、自覚症状、さらには不快、不安、不満などの感覚的・心理的反応などを含む多様な段階で、全体像として把握することが重要となる。

本研究では、特に都市での重要な汚染源である自動車等移動発生源に起因する大気汚染物質、なかでも浮遊粒子状物質に重点をおいて、沿道の家屋内汚染の状況と住民の健康状態の調査、地域環境大気測定の方法論、健康影響評価に必要な個人暴露量推定の方法、そして大気汚染に起因すると推定される健康影響指標の問題点を検討し、複合大気汚染が及ぼす健康影響の総合的評価に必要な条件を明らかにすることを目的とした。

研究の全体計画は、成果の項に挙げられた研究課題から成り立つ。すなわち、その内容は、交通量の多い幹線道路沿道地域において、その沿道家屋内の浮遊粒子状物質汚染状況調査と住民の呼吸器症状の有症率調査を主要なテーマとして、その周辺に、浮遊粒子状物質の家屋内外の濃度レベルの相互の関係分析、浮遊粒子状物質に含まれる有機成分及び汚染指標元素の分析、ヒト肺内蓄積物質の組成元素分析といった調査研究を配置し、さらにその生体影響の機構の解明のために粒子状物質の動物吸入実験を加えた。

2 研究の成果

2.1 沿道汚染と健康影響に関する調査研究

交通量の多い沿道周辺に住む住民の健康への不安は、我が国の大気汚染の大きな問題の一つである。沿道汚染に焦点をあてた調査としては、環境庁、東京都、東海大学公衆衛生学教室の行った調査があり、いずれも沿道での大気汚染と健康影響の存在を示唆するものであった。我々は、都市沿道周辺に位置する家屋内外の大気汚染（粒子状物質と二酸化窒素）の状況を把握するための環境測定とともに、その家屋に居住する住民の呼吸器系症状にかかわる健康状態の調査を行った。

調査地域は、東京都葛飾区内の水戸街道及び環状七号線（各、交通量約 35,000 台）沿道で、各道路端から 150 m 以内の地域とし、同地域内に 3 年以上居住し、幼児、児童のいる世帯を対象とした。対象地域は道路端からの距離に応じて 20 m 以内、20～50 m、50 m 以遠の 3 区分とした。

2.1.1 屋内粒子状物質及び屋内外二酸化窒素濃度に関する研究

調査は、200 世帯を対象に、昭和 61 年 3, 7, 11 月、62 年 2, 5 月の 5 回、屋内の粒子状物質濃度及び屋内外の二酸化窒素(NO_2)濃度を測定した。粉じんサンプラーは Bright ら (Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 44, 528-536) のサンプラーを改良したものを使用し、吸引流量毎分 6 l で、 $10 \mu\text{m}$ 以上の粒子をカット (50%) したのち、生成過程や主要成分が異なる点を考慮して、粗大粒子（粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 以上）と微小粒子（粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 以下）とに分級捕集した。 NO_2 の測定には東洋口紙製のフィルターパッチを用いた。測定は粒子状物質、 NO_2 とも、平日の 4 日間連続して行った。調査世帯の家屋構造、測定期間中の家庭内喫煙の有無と喫煙本数、暖房器具使用の有無と種類、調理用ガス器具使用の有無を併せて調べた。そのうち、調理用ガス器具は全世帯で使用していた。同時に、対象地区内での一般大気環境測定局（葛飾区役所）データ並びに交通量に関する資料を収集した。

屋内の汚染質濃度には、調理用ガス器具（本調査では全世帯使用）、開放型ストーブ、喫煙等の汚染質発生源と、家屋内外を遮断する家屋の気密性が寄与することが知られている。昭和 62 年 2 月に実施した第 4 回目の調査結果によれば、屋内 NO_2 濃度は開放型ストーブ使用世帯で上昇が認められたが、喫煙の影響は認められなかった。また、屋内の微小粒子濃度は喫煙者のいる世帯で高く、喫煙本数の増加に伴って濃度の上昇が認められたが、粗大粒子濃度では喫煙の影響は認められなかった。一方、粗大粒子、微小粒子とも、暖房器具の影響は認められなかった（表 1）。

屋内の微小粒子濃度、 NO_2 濃度に対する屋内汚染質発生源（喫煙、開放型ストーブ）の影響は季節により大きく異なり、鉄筋鉄骨のような気密性の高い家屋内での汚染質濃度の上昇は冬季に最も著しく、夏季には家屋構造による差は見られず、また影響も比較的小さかった。これは、屋内発生源、家屋の気密性に加えて、窓の開放、換気といった生活行動が屋内濃度に反映している

ことを示していると考えられた。

道路端からの距離と家屋内外の汚染質濃度との関係を見るために、5回の調査結果を喫煙と暖房の影響を除いて整理すると図1のごとくなる。非喫煙世帯の粒子状物質濃度と開放型ストーブ非使用世帯のNO₂濃度をみると、粒子状物質濃度は粗大粒子、微小粒子ともに、1, 2回目では道路からの距離によって緩やかな減衰が認められたが(いずれも有意差なし)、他の3回では認められなかった。しかし、NO₂濃度は屋内外ともに道路端に近い地域ほど有意に高い濃度を示し、自動車排ガス等の影響を示唆する結果であった。

表1 喫煙の有無別、暖房方法別粒子状物質、NO₂濃度
(昭和62年2月)

喫煙	暖房	粒子状物質(μg/m ³)			NO ₂ (ppb)			
		n	≥2.5 ^a	≤2.5 ^a	n	居間	台所	屋外
-	-	28	13.9	36.8	33	25.8	41.1	29.3
-	+	26	18.4	45.8	27	53.1	64.2	29.9
+	-	31	16.9	77.2	35	26.4	43.7	30.9
+	+	80	16.2	69.1	86	63.3	76.0	28.8

n : 世帯数, ^a : 粒径(μm)

喫煙 : - (非喫煙世帯), + (喫煙世帯)

暖房 : - (開放型ストーブ非使用世帯及び暖房器具非使用世帯)

+ (開放型ストーブ使用世帯)

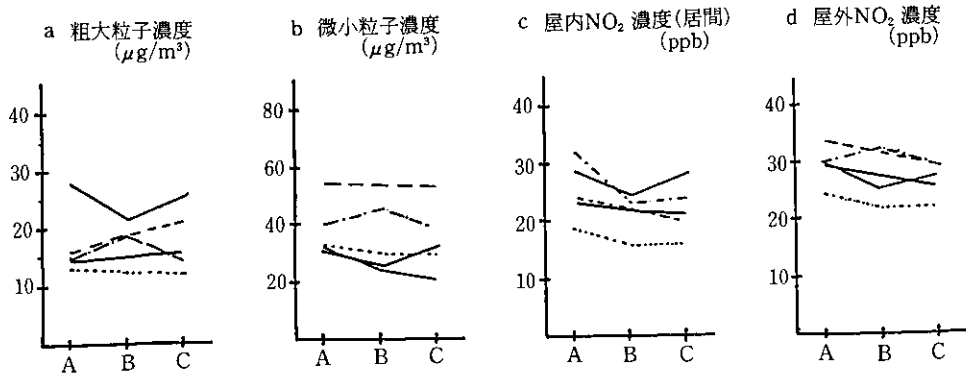


図1 道路からの距離別粒子状物質濃度、NO₂濃度

濃度は平日の4日間の平均値を示す。粒子状物質測定には、床置き式の小型サンプラーを、二酸化窒素測定にはNO₂バッジを使用した。

A, B, Cは道路からの距離を示す(A: 20m以内, B: 20~50m, C: 50m以遠)。

各線は測定時期を示す(—: 昭和61年3月, ---: 61年7月,: 61年11月, -.-: 62年2月, — —: 62年5月)。

2.1.2 沿道住民の呼吸器症状有症率に関する研究

呼吸器症状調査は、ATS-DLD 標準質問票（環境庁版）を使用し、昭和 61 年 11 月に、上記の屋内環境調査実施世帯を含む約 1,100 世帯を対象に行った。調査は、留置法で実施し、調査票の回収率は 73.8% (811/1,099) であった。回収した質問票は、電子計算機入力後、プログラムによる点検を行い、確認の必要な質問項目のある質問票について電話による再調査を行った。

〔児童の呼吸器症状〕

児童の呼吸器症状有症率については、家庭内における受動喫煙を始めとして、性、乳児期の栄養法、アレルギー既往歴、暖房方法、家屋構造等多くの要因が影響するとされている。本調査で一貫して呼吸器症状有症率に差の見られた要因としては、性（男児に高い）、居住歴（6 年未満群が高率）、年齢（9～11 歳群が最も低率）、乳児期の栄養法（ミルク群が最も高率）とアレルギー既往歴（有り群が高率）であった（表 2）。一方、各属性別の対象者割合に関して地区間で有意な差が見られたのは、居住歴（20～50 m に 6 年未満が多い）と家屋構造（20 m 以内に鉄筋鉄骨家屋が多い）のみであり、両者を併せ考えると、居住歴の違いから 20～50 m 地区の有症率をやや過大に評価することになるが、その他の要因に関しては比率等の補正は必要ないと考えられた。

表 3 に道路からの距離別に呼吸器症状有症率と既往歴を示した。呼吸器症状については、全ての症状が道路端に近い地域で最も高率であり、「ぜん息様症状」、「ぜん鳴症状」、「たんを伴うひどい咳」については有意差が見られた。既往歴については、ぜん息性気管支炎 ($p < 0.05$)、ちくのうが道路端に近い地域で高率であったが、百日ぜきのように後背地区で高率を示すものもあった。

表 2 要因別児童の呼吸器症状有症率 (%)

		対象数 (人)	持続性 せき	持 続 性 ぜろぜろ た ん	ぜん息様 症状現在	ぜん鳴 症 状	たんを伴 うひどい 咳
性	男	573	3.5	2.3	5.9	8.1	13.3
	女	541	3.1	2.0	3.9	7.1	12.0
居 住 歴	3 ～ 6 年	325	4.3	2.8	5.6	9.7	16.0
	6 年 以 上	789	2.9	1.9	4.7	6.8	11.3
年 齢	4 ～ 5 歳	165	4.2	2.4	3.7	11.5	17.0
	6 ～ 8 歳	426	3.8	3.5	5.9	8.4	15.3
	9 ～ 11 歳	523	2.7	1.0	4.6	5.7	9.2
受 動 喫 煙	あ り ¹⁾	200	3.0	1.5	5.5	7.1	15.0
	あ り ²⁾	584	3.6	2.6	5.1	7.9	11.6
	な し	330	3.0	1.8	4.3	7.3	13.0
暖 房	開 放 型	484	4.1	2.5	4.3	8.6	13.0
	排 気 型 ³⁾	630	2.7	1.9	5.4	6.8	12.4
家 屋	木 造 木 枠	162	6.8	3.7	3.1	8.3	14.2
	木 造 アルミ	535	3.7	2.1	4.3	8.1	10.7
	鉄 筋 鉄 骨	417	1.4	1.7	6.5	6.6	14.6
栄 養 法	母 乳	385	2.6	1.3	4.4	8.3	10.4
	混 合	341	2.6	1.8	4.4	6.3	11.7
	ミ ル ク	388	4.6	3.4	5.9	8.1	15.7
ア レ ル ギ ー 既 往	あ り	416	5.5	4.1	9.6	11.7	17.5
	な し	698	2.0	1.0	2.1	5.3	9.7

¹⁾: 母親喫煙あり ²⁾: 母親喫煙なし ³⁾: 暖房器具非使用世帯を含む。

表3 道路からの距離別児童の呼吸器症状有症率, 既往歴(%)

道路からの距離 対象数(人)	A	B	C
	209	248	657
持続性せき	4.8	2.4	3.2
持続性ゼロゼロ・たん	3.8	1.6	1.8
ぜん息様症状	11.0	5.2*	5.9*
ぜん息様症状現在	6.7	4.0	4.7
ぜん鳴症状	11.3	3.8*	7.9
ひどいかぜ	30.6	22.2	26.3
たんを伴うひどいかぜ	16.3	8.5*	13.1
ちくのう	11.5	8.5	8.7
気管支炎	22.0	17.5	22.0
ぜん息性気管支炎	17.2	9.3*	11.0*
肺炎	4.3	4.1	5.6
百日ぜき	1.9	4.1	5.5
湿疹	27.3	27.5	30.0
中耳炎	33.0	37.1	33.3
へんとう腺の手術	3.3	1.2	2.3
じんましん	17.2	18.5	21.5
アレルギー性鼻炎	26.3	21.5	24.7
2歳までの呼吸器の病気	9.6	9.7	9.1

A: 20m以内 B: 20~50m C: 50m以遠

*: Aと危険率5%で有意差あり。

[成人の呼吸器症状]

成人については、対象数の少ない30歳未満(1.0%)と50歳以上(2.9%),及び粉じん職歴を有する者(4.3%)は分析から除いた。

表4に各要因別に呼吸器症状有症率を示した。男女とも喫煙者で呼吸器症状有症率は高かったが、その他の要因に関しては有症率に差は認められなかった。一方、各属性別の対象者割合に関しては、地区間で有意な差が見られたのは、居住歴(50m以遠, 20m以内, 20~50mの順に居住歴が長い)と父親の年齢(50m以遠, 20~50m, 20m以内の順に40歳以上が多い)のみであり、児童同様、比率等の補正は必要ないと考えられた。

表5に道路からの距離別に呼吸器症状有症率と既往歴を示した。「持続性せき」(母親),「持続性たん」,「持続性せきたん」(母親),「ぜん鳴症状」(母親),「息切れ」が道路端に近い地域で高率であり、既往歴では、肺炎,アレルギー性鼻炎,慢性気管支炎,心臓病(父親)が道路端に近い地域で高率であり、一部では有意差も見られた。なお、呼吸器症状有症率について、喫煙の有無別に検討したが、喫煙者,非喫煙者ともほぼ同様の傾向を示した。

本調査での呼吸器症状の訴え率は、全体としてみると、従来報告された環境庁の疫学調査(大気保全局:「大気汚染健康影響調査(1986)」,環境保健部:「質問票を用いた呼吸器疾患に関する調査(1986)」)における都市域の有症率と比べても、20m以内では児童,成人ともに高率の訴えであった。さらに、沿道からの距離によって訴え率は減衰するという傾向がみられ、これは昭

表4 要因別成人の呼吸器症状有症率(%)

			対象数	持続性	持続性	持続性	ぜん息様	ぜん鳴	息切れ
			(人)	せき	たん	せきたん	症状現在	症状	
父	居住歴	3~6年	141	4.3	13.5	3.5	0.7	4.3	8.0
		6年以上	476	3.4	12.0	2.1	0.0	3.0	9.8
	年齢	30~39歳	292	3.8	11.6	2.1	0.0	3.1	9.7
		40~49歳	325	3.4	12.9	2.8	0.3	3.4	9.1
親	喫煙	あり	489	4.3	13.7	2.9	0.2	3.7	10.6
		なし	128	0.8	7.0	0.8	0.0	1.6	4.7
	暖房	開放型	274	3.6	11.7	2.9	0.0	3.0	10.7
		排気型 ¹⁾	343	3.5	12.8	2.0	0.3	3.5	8.3
母	居住歴	3~6年	161	0.6	2.5	0.6	1.9	7.0	10.6
		6年以上	555	1.6	5.8	1.1	1.1	2.9	10.4
	年齢	30~39歳	484	0.4	4.8	0.4	1.2	3.4	10.2
		40~49歳	232	3.4	5.6	2.2	1.3	4.8	10.9
親	喫煙	あり	168	2.4	7.8	2.4	1.2	4.3	11.4
		なし	548	1.1	4.2	0.5	1.3	3.7	10.2
	暖房	開放型	313	1.6	5.1	1.3	1.6	4.6	11.9
		排気型 ¹⁾	403	1.2	5.0	0.7	1.0	3.3	9.3

¹⁾: 暖房器具非使用世帯を含む。

表5 道路からの距離別成人の呼吸器症状有症率, 既往歴(%)

道路からの距離 対象数(人)	父			親		
	A	B	C	A	B	C
	106	134	377	131	158	427
持続性のせき	3.8	3.0	3.7	2.3	1.3	1.2
持続性のたん	18.9	11.9	10.6*	8.5	3.2	4.7
持続性せきたん	2.8	1.5	2.9	2.3	0.0	1.2
持続性せきたん2年以上	2.8	1.5	2.7	2.3	0.0	0.9
ぜん息様症状	0.0	0.7	0.8	0.8	3.2	1.4
ぜん息様症状現在	0.0	0.7	0.0	0.8	2.5	0.9
ぜん鳴症状	3.8	3.8	3.0	7.0	4.6	2.6*
息切れ	11.5	6.1	9.9	14.8	7.6	10.2
肺炎	8.5	5.3	6.6	10.7	8.9	9.2
アレルギー性鼻炎	14.2	11.9	11.4	19.1	17.2	17.1
ちくのう	10.5	12.0	8.8	11.5	11.5	8.0
肺結核	2.8	4.5	4.5	4.6	2.5	3.8
ろくまく炎	4.7	3.7	1.9	1.5	0.0	1.2
肺気腫	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
気管支拡張症	0.0	0.8	0.3	0.8	0.0	1.2
慢性気管支炎	2.8	0.8	0.0*	3.8	2.5	1.2
心臓病	4.7	1.5	2.1	0.8	0.6	0.7
高血圧	6.6	9.1	11.7	6.1	6.4	5.2

A: 20m以内 B: 20~50m C: 50m以遠

*: Aと危険率5%で有意差あり。

和 50 年に環境庁環境保健部が実施した自動車道沿道住民健康影響調査結果 (1979) や新田らの報告 (日本公衆衛生雑誌, 30, 381-389) と同様であった。また, 既往歴に示される有病率も距離に従って減少する傾向がみられた。

そこで, これらの結果を, 同時に実施した家屋内外の環境測定結果と対応させて検討してみる。屋内の微小粒子と NO_2 は, 道路からの距離による濃度差がそれぞれ $0 \sim 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1 \sim 9 \text{ppb}$ であり, 家庭内喫煙の有無による微小粒子の濃度差 ($23 \sim 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) あるいは開放型ストーブ使用の有無による NO_2 の濃度差 ($27 \sim 37 \text{ppb}$) より小さかった。一方, 呼吸器症状の有症率についてみると, 沿道からの距離に従って訴え率に減衰が見られたにもかかわらず, 喫煙, 暖房については成人の喫煙群で有病率が高率であった点を除けば, 開放型ストーブの使用や受動喫煙の影響は必ずしも認められなかった。ところで, 開放型ストーブ使用による NO_2 汚染に関しては, 冬季のみの限られた期間の汚染であり, 年間を通してみた総暴露量への寄与はそれほど大きくないのではないかと考えられること, あるいは, 開放型ストーブ使用による NO_2 汚染により短期的に健康影響が認められたとしても, 健康調査が 10, 11 月の暖房開始前に実施されたことから, それらの影響が顕在化しにくかったのではないかとといったことなどが考えられる。しかし, 個人の暴露を考える場合, その生活形態の多様さから暴露量のバラツキも相当大きいと考えられ, より詳細な検討が必要であろう。また, 受動喫煙の影響に関しても, 最近, 家族への健康影響の配慮から喫煙スタイル (時間, 場所等) に変化が見られるといった報告もあり, 屋内濃度と個人暴露量との関係についてはより詳しく検討する必要がある。一方, 粒子状物質や NO_2 は, SO_2 やオゾン (O_3) とともに動物実験等によりその健康影響毒性の比較的明らかな物質である。しかし, 沿道汚染に関しては, 粒子状物質や NO_2 は自動車排気ガス等による沿道汚染を示す一つの指標にすぎず, 現実の沿道汚染は, これらを含むより多くの物質の複合汚染である。このような観点から, 本調査で示された沿道住民の健康状態を, 粒子状物質や NO_2 だけでなく, 同時に存在するであろうより多くの要因をにらみつつ評価する必要がある。

2.2 家屋内浮遊粒子状物質濃度及びその組成元素濃度と汚染指標元素濃度に関する研究

都市域における大気汚染とその健康への影響を検討するため, 環境中有害因子の一つである浮遊粒子状物質の肺内沈着に関する調査研究を昭和 54 年度から特別研究及び経常研究において行ってきた。人の一生を通じて生活時間の大部分は屋内生活であること, さらに, 昨今の大気汚染は都市における交通公害に見られるように生活者に起因し, 広域化してきたことから, 大都市幹線道路沿道の住民家屋を中心に, 地方都市の家屋も含めて屋内浮遊粒子状物質の汚染状況を把握し, 家屋外気との関連を考察することとした。本研究は, 自動車排気ガス, その他燃焼由来の物質を中心に, 家屋内空気に含まれる浮遊粒子状物質について検討し, その量 (重量) と質 (組成元素) を明らかにし, 人が生活環境中で吸入する粒子状物質の暴露の程度を考慮した調査である。したがって, 調査地域も粒子状物質が多いと考えられる自動車道沿道のみでなく, 人が多く

集まるところや、仕事に関係する事務所、研究所内等を対象とした。ダスト集じん器は作業環境測定用の個人サンプラーを用いた。通常環境測定は、より大容量の機器を用いて多量の試料を集め分析に供するが、本研究では個人レベルのモニタリングである点に特徴がある。

調査は東京都区内環状七号線及び首都高速道沿道（江東区、北区、板橋区）の3地区の住民家屋各10戸、都内（池袋）のデパート内売り場11か所、及び高層ビル内の会議室、応接室等、さらに都市大気と比較のために、つくば市内の家屋と粉じん作業現場について、昭和61年冬と夏、及び62年冬の計3回、同一対象に対して同一方法で浮遊粒子状物質の捕集測定を行った。また、地方都市として仙台市内（春）の12戸、奈良県下（秋）の14戸に対して各1回ずつ浮遊粒子状物質の捕集測定を行った。

使用した個人サンプラーは多孔インパクション方式パーソナルダストサンプラー（カノマックス製 model 3312）で、アルミ製ステージ（4段）とバックアップフィルターとから成り、第1ステージは $5.0\ \mu\text{m}$ （50%粒径カット、以下同じ）、第2ステージは $2.5\ \mu\text{m}$ 、第3ステージは $1.2\ \mu\text{m}$ 、第4ステージは $0.61\ \mu\text{m}$ となっている。バックアップフィルターにはフロロポアフィルターを使用した。サンプラー本体を木製防音箱にいれ、各家庭の居間に設置し、吸引流量毎分 $1.4\ \text{l}$ で7日間連続吸引した。

捕集した試料については、①各ステージ上及びバックアップフィルター上の浮遊粒子状物質を微量天秤にて重量測定し、粒径 $2.5\ \mu\text{m}$ 以上、 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下に分けて重量を比較した。②粒径別ステージ上に捕集沈着した粒子の主成分を走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型X線分析機を組み合わせた装置で分析し、組成元素の相対濃度を重量%で求めた。③汚染指標元素として石油燃料及び鉄鋼業等人工発生源由来と言われるV、Mnと、土壌など自然発生源由来と言われるAl、Tiを対象に、バックアップフィルター上の浮遊粒子状物質中の元素を非破壊微量分析法により定量した。

2.2.1 家屋内浮遊粒子状物質濃度

粒径別に各ステージ上に捕集された粒子試料の重量を算出して相互比較をし、結果を表6に示した。なお、沿道に出入口が面している家屋構造では外気中粒子の侵入が多いことは確かであるが、屋内測定の場合、サンプラーの設置場所による濃度の相違が認められた。すなわち、環状7号線に面した出入りの多い入口のある室のドア付近で $2.5\ \mu\text{m}$ 以上の粒子が $51.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下の粒子が $90.7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ （昭和63年2月）、同一室内の奥の壁付近で $2.5\ \mu\text{m}$ 以上の粒子が $6.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下の粒子が $14.9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ （昭和62年7月）であった。前者（冬）ではストーブを使用しているものの、表1（2.1.1）に示されるように、浮遊粒子状物質濃度にはほとんど参与していないため、測定場所の違いが関係していると考えられた。また、家屋内での喫煙があると、特に $2.5\ \mu\text{m}$ 以下の粒子の重量が増し、これは表1（2.1.1）の結果と同様であった。人が多く集まるデパートの売り場内濃度は一般家屋内の濃度よりもやや低かった。

表6 地区別屋内ダスト濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地区	江東区			北区			板橋区			仙台			奈良県		
	計	+	-	計	+	-	計	+	-	計	+	-	計	+	-
タバコ対象数	10	3	7	9	5	4	9	5	4	12	6	6	13	6	7
粒 $>2.5\mu\text{m}$	28	33	26	23	24	22	30	35	23	22	22	20	22	19	
径 $<2.5\mu\text{m}$	51	85	36	80	107	46	82	106	51	31	43	19	35	41	29

地区	つくば市			豊島区			建材				
	住宅	研究室	作業室	デパート	事務室	作業場	計	+	-		
タバコ対象数	-	-	-	計	+	-	11	1	10	3	2
粒 $>2.5\mu\text{m}$	43	26	277	28	12	30	28	12	30	12	202
径 $<2.5\mu\text{m}$	55	66	194	34	25	35	34	25	35	109	85

ただし、つくば市の研究室及び作業室以外は、冬期測定の前平均値である。

2.2.2 浮遊粒子状物質組成元素濃度

板橋区の一家屋及びデパートの売り場で捕集された粒子状物質の主要な組成元素についての結果を表7に示した。このほかの試料についても表に示されたのとほとんど同様の組成元素であった。その相対濃度比(重量%)は、Si, Caは粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以上の粒子に多く含まれ、S, Fe等は $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子に多かった。

組成元素分析結果から、重量濃度が大きくても汚染と言えない元素が検出された例があった。北区の一家屋において $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子が $130\mu\text{g}/\text{m}^3$ と重量が大きかったが、分析の結果、Na, Clが多く検出された。これはサンプラーの吸引ヘッドの近くで調理が行われ、食品の一部が捕集された結果であり、室内浮遊粒子濃度測定に際し注意すべき点を示すものであった。

2.2.3 浮遊粒子状物質中の汚染指標元素濃度

Mn, Vは燃焼, Mnは鉄鋼業等の人工発生源, Al, Tiは土砂等の自然発生源に由来していると言われているため、これらを指標元素に用いた。

屋内粒子状物質のなかでTiは検出されず、Alは小数例に検出されたのみであった。そこでMn及びVの値を表8に示した。ただし、バックアップフィルター上の微量試料の分析結果であるため検出限界値以下の試料もあった。表には検出された値の平均値を示した。都区内の値と地方都市の値とに差が認められた。

以上の結果から屋内浮遊粒子は屋外及び屋内発生源由来に関連していることを確認した。

2.3 家屋内外におけるSPM及び多環芳香族化合物濃度に関する研究

近年のディーゼル車の普及と都市における交通網の発達や物流の集中は、幹線道路や交差点における著しい大気中SPMの発生をもたらしている。このような高いSPM濃度の出現は、都市幹線道路周辺住民の居住環境改善にとって大きな課題となっている。この都市大気中のSPM中に

表6 地区別屋内ダスト濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地区	江東区			北区			板橋区			仙台			奈良県		
	計	+	-	計	+	-	計	+	-	計	+	-	計	+	-
タバコ対象数	10	3	7	9	5	4	9	5	4	12	6	6	13	6	7
粒 $>2.5\mu\text{m}$	28	33	26	23	24	22	30	35	23	22	22	20	22	19	
径 $<2.5\mu\text{m}$	51	85	36	80	107	46	82	106	51	31	43	19	35	41	29

地区	つくば市			豊島区			建材		
	住宅	研究室	作業室	デパート	事務室	作業場	計	+	-
タバコ対象数	-	-	-	計	+	-	+	-	-
対 象 数	1	3	2	11	1	10	3		2
粒 $>2.5\mu\text{m}$	43	26	277	28	12	30	12		202
径 $<2.5\mu\text{m}$	55	66	194	34	25	35	109		85

ただし、つくば市の研究室及び作業室以外は、冬期測定の前平均値である。

2.2.2 浮遊粒子状物質組成元素濃度

板橋区の一家屋及びデパートの売り場で捕集された粒子状物質の主要な組成元素についての結果を表7に示した。このほかの試料についても表に示されたのとほとんど同様の組成元素であった。その相対濃度比(重量%)は、Si, Caは粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以上の粒子に多く含まれ、S, Fe等は $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子に多かった。

組成元素分析結果から、重量濃度が大きくても汚染と言えない元素が検出された例があった。北区の一家屋において $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子が $130\mu\text{g}/\text{m}^3$ と重量が大きかったが、分析の結果、Na, Clが多く検出された。これはサンプラーの吸引ヘッドの近くで調理が行われ、食品の一部が捕集された結果であり、室内浮遊粒子濃度測定に際し注意すべき点を示すものであった。

2.2.3 浮遊粒子状物質中の汚染指標元素濃度

Mn, Vは燃焼, Mnは鉄鋼業等の人工発生源, Al, Tiは土砂等の自然発生源に由来していると言われているため、これらを指標元素に用いた。

屋内粒子状物質のなかでTiは検出されず、Alは小数例に検出されたのみであった。そこでMn及びVの値を表8に示した。ただし、バックアップフィルター上の微量試料の分析結果であるため検出限界値以下の試料もあった。表には検出された値の平均値を示した。都区内の値と地方都市の値とに差が認められた。

以上の結果から屋内浮遊粒子は屋外及び屋内発生源由来に関連していることを確認した。

2.3 家屋内外におけるSPM及び多環芳香族化合物濃度に関する研究

近年のディーゼル車の普及と都市における交通網の発達や物流の集中は、幹線道路や交差点における著しい大気中SPMの発生をもたらしている。このような高いSPM濃度の出現は、都市幹線道路周辺住民の居住環境改善にとって大きな課題となっている。この都市大気中のSPM中に

表7 屋内浮遊粒子状物質の主組成元素相対濃度
(粒径別のインパクションプレート上に捕集された分)

板橋区 M氏家屋内				
元素	主組成元素濃度 (重量%)			
	粒径 5 μm 50%カット	2.5 μm 50%カット	1.2 μm 50%カット	0.61 μm 50%カット
Na	14.78	13.67	21.54	14.82
Si	29.59	34.33	22.72	2.46
S	8.49	12.26	17.76	41.40
Cl	13.05	9.52	6.20	7.61
K	4.20	3.45	4.00	12.04
Ca	15.05	13.21	7.36	2.43
Ti	1.27	0.85	0.57	1.27
Fe	10.01	12.72	15.14	10.61
Cu	1.70	N.D.	4.73	7.36
Zn	1.86	N.D.	N.D.	N.D.

デパート7階 催物売場				
元素	主組成元素濃度 (重量%)			
	粒径 5 μm 50%カット	2.5 μm 50%カット	1.2 μm 50%カット	0.61 μm 50%カット
Na	9.01	9.57	20.92	20.78
Si	29.09	29.72	18.00	12.63
S	7.69	7.05	14.60	36.26
Cl	9.39	7.76	7.53	5.94
K	5.73	5.13	3.58	7.82
Ca	24.28	23.67	12.47	4.72
Ti	2.75	1.99	1.32	0.62
Fe	9.38	15.12	21.59	11.21
Zn	2.68	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: 検出限界以下 (SEM-EDAX法)

は、発がんのリスクを高めるとされる多種の多環芳香族化合物やニトロ多環芳香族化合物をはじめ、人の健康上問題とされる有害な有機成分が多く含まれている。このような交通要所に居住する住民のSPM暴露量とその影響を予測していくためには、実際の生活環境におけるSPM濃度を正確に測定していく必要がある。さらに住民の健康影響を考慮したとき、このSPM中の有害な有機成分、特に多環芳香族化合物の分析が必要になると考えられる。

SPMの個人暴露量は、家屋外暴露と家屋内暴露の両方がある。家屋外は、その時の地域の大気環境測定値との関連で予測していくとしても、家屋内は、家屋構造、喫煙、暖房、炊事など個人の生活行動による相違が著しい。したがって、SPMの個人暴露量を推定するためには、屋外の主要な発生源近傍の濃度を測定する従来の方法に加えて、個人ごとのSPMの暴露濃度を、実際の生活環境中において測定していく必要がある。このためには、一般環境中SPMの測定に用いられている据え付け式の測定器の代わりに、可搬型の小型測定器が必要となる。

表8 屋内浮遊粒子状物質中のMn, V濃度

Mn (ng/m ³)		江東区	北 区	板橋区	仙台市	奈良県
61年冬	37 (5/10)	73(5/10)	30(2/9)			
61年夏	8.7(10/10)	35(10/10)	18(7/9)			
62年冬	17 (6/10)	96(9/ 9)	88(7/8)			
62年春				3.6(3/12)		
62年秋						5.2(10/14)
V (ng/m ³)		江東区	北 区	板橋区	仙台市	奈良県
61年冬	5.6(4/10)	5.2(3/10)	4.9(1/9)			
61年夏	9.7(10/10)	4.8(10/10)	2.5(6/9)			
62年冬	4.7(9/10)	5.4(9/ 9)	6.4(7/8)			
62年春				3.2(6/12)		
62年秋						3.1(11/14)

数値は、検出された家屋の平均値（検出された家屋数/測定家屋数）。

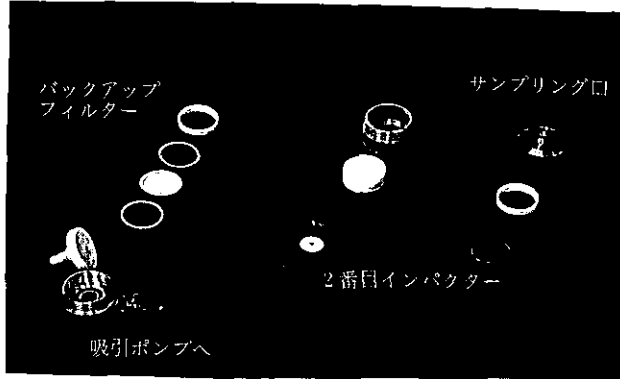
この目的に合い、さらに粒径による分級機能を兼ね備えたSPM測定用の個人サンプラーを新たに作製し、このサンプラーを用いて都心部環状幹線道路周辺の家屋内外のSPM濃度について調査すると共に、SPM中の多環芳香族化合物の家屋内外濃度及び変異原活性についても検討した。

2.3.1 SPM測定用個人サンプラー

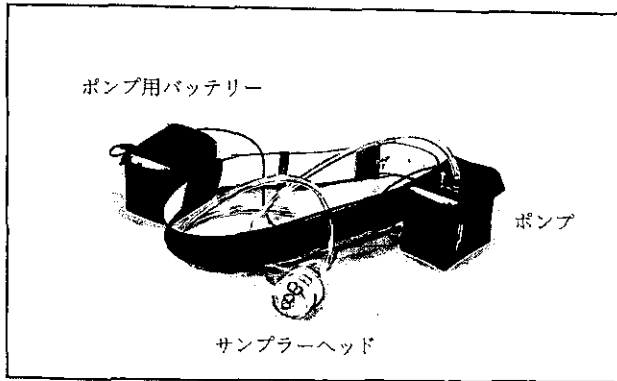
SPMの個人暴露量測定のために、個人サンプラー（SPMPサンプラー）を開発した。このSPMPサンプラーは7μm 100%のカットオフ特性を持つ労研式のTR個人サンプラー（柴田科学）を基に、SPM測定用に設計しなおしたものである。このサンプラーは環境基準に規定している浮遊粒子状物質の定義（大気中に浮遊する粒子状物質であって、その粒径が10ミクロン以下のもの）に合わせ、一段目に空気力学的粒径10μm以上の粒子を100%カットするインパクターを置いている。また気管支部と肺胞部への沈着率が粗大粒子と微小粒子で異なるため、新たに二段目に2μm以上の粒子を100%カットするインパクターを置き、2μmで分級できるようにしてある。2μm以下の粒子はバックアップフィルターで捕集し、合わせて三段から構成されている（図2a）。ポンプ部はバッテリー部と分離して、個人サンプラーとして腰にベルトで装着する際の負担が軽くなるよう設計した（図2b）。後述するように、このサンプラーを用いて、スパイク粉じんへの個人暴露量の測定を行った。

このように、本来このサンプラーは個人サンプラーとして作製したものであるが、バッテリーでは12時間の連続サンプリングが限界であるため、長時間のサンプリングに際しては、100V交流電源も利用できるように設計した。家屋内に設置するときはサンプリング口の位置を床上90

a サンプラーヘッドの構成



b SPM個人暴露測定時



c 家庭屋外SPM測定時

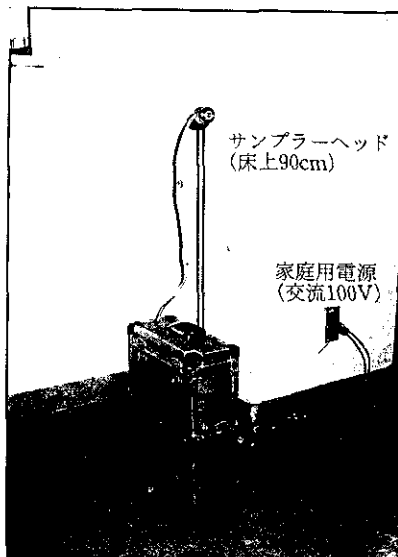


図2 SPM測定用個人サンプラー (SPMPサンプラー)

cmとし、1 mの距離におけるポンプ部の発生騒音レベルを40 db以下に下げる防音ケースを別途作製した(図2c)。

一方、試料を天秤感度(0.01 mg)まで捕集するために、ポンプは毎分2.5 lの吸引流量が必要となり、ポンプ重量はかなり重いものとならざるを得なかった。このサンプラーを個人暴露量調査に使用した結果では、測定者への負担が小さくないことが分かり、現在さらに新しいサンプラーの試作にとりかかっている。これは、エアロゾル濃度の評価に天秤の代わりに、 β 線吸収法を採用したパーソナルエアロゾルサンプリングシステムである。今後、測定値の再現性等について十分な検討を進め、SPM測定用個人サンプラーとして使用できるよう精度を高めていく予定である。

2.3.2 幹線道路沿道家屋内外におけるSPM及び多環芳香族化合物濃度

これまでの調査において、幹線道路周辺は、郊外や農村に比べ自動車交通に由来する大気中粒子状物質濃度がかかなり高いことが知られている。このことは、粒子状物質の発生の著しい幹線道路沿道の住民の詳しい暴露量調査が必要なことを示している。

このため、本調査においては粒子状物質の暴露量を把握するために以下の調査を行った。調査家屋は都心部環状7号線に面した木造一戸建ての家屋6戸で、SPM測定器は喫煙のない道路側居室と、当該家屋の道路に面した屋外に設置した。61年冬期におけるこの環状幹線道路の交通量の15地点における平均は1日71,000台である。調査は61年夏から62年夏にかけて、各季節ごとに計5回行った。幹線道路周辺家屋内外のSPM濃度測定は、各季節とも6世帯一斉に72時間連続して測定した。フィルターに捕集されたSPM中の多環芳香族化合物は、超音波抽出後、微粒子を除去し、窒素気流下で濃縮後、高速液体クロマトグラフィーにより分析した。

ローボリューム・アンダーセン・サンプラーにより浮遊粉じんを粒径別に捕集し、発生源(車道)直近のSPMの粒径分布等を測定してみると、大気中粒子の粒径別濃度のパターンは各季節で類似しており、相対的な粒径別濃度は比較的安定していた。また、主に巻き上げ粉じんに由来すると考えられる粒径 $10\mu\text{m}$ 以上の粒子濃度が高く、SPMの濃度としては粒径 $4\sim 5\mu\text{m}$ 及び $1\mu\text{m}$ 付近と $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$ に相対的に高い濃度が観察された。粒子中ベンゾ[a]ピレン(B[a]P)の濃度は粒径 $1\mu\text{m}$ 付近と $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$ の微小粒子部分に高い濃度が観察された。

図3に示すように、家屋外濃度が家屋内のSPM濃度に反映し、両者の間には強い相関関係があることが判明した。得られた回帰式は

$$y = 0.52x + 22.2 \quad (1)$$

($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $r = 0.86$, $P < 0.001$)

であった。ここで y は屋内SPM濃度、 x はそのときの屋外SPM濃度を示している。 y 切片が正の値となっていることは屋内発生源による寄与を示していると考えられる。今回の調査では屋外SPM濃度の増加に対し、屋内SPM濃度の増加の割合は約52%であり、屋外のSPM汚染に対し

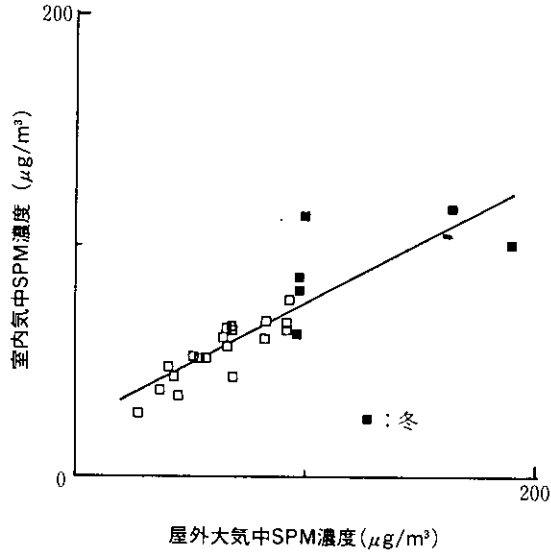


図3 幹線道路沿道家屋内外のSPM濃度

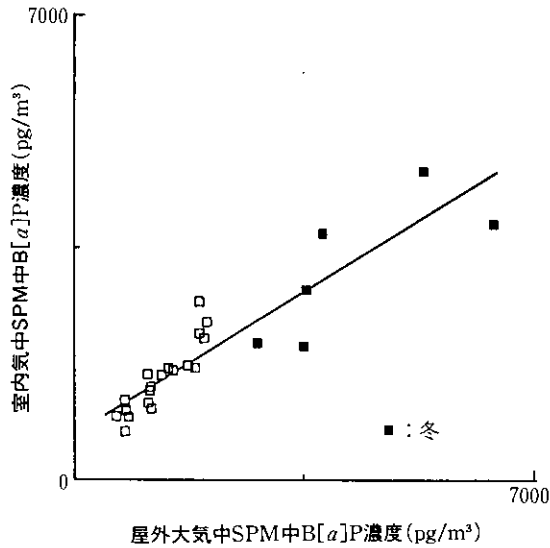


図4 幹線道路沿道家屋内外のSPM中B[a]P濃度

て、屋内はある程度遮へい効果があると予想される。その一方、 $10\ \mu\text{m}$ 以上の粒径の浮遊粒子については有意な相関がみられるものの、両者の間の関連は弱かった。

家屋内外のSPM濃度について得られたこのような傾向が、SPM中の多環芳香族化合物についてはどうか検討した結果、粒子中のB[a]Pの家屋内濃度もまた、その家屋外濃度に比例して増加していく傾向が観察された(図4)。

B[a]Pの屋外濃度(x)と屋内濃度(y)の関係は、

$$y=0.62x+688 \quad (2)$$

(pg/m³, r=0.91, P<0.001)

となった。この式では B[a]P の家屋内外濃度の関係は (1) 式の SPM の重量濃度の関係式に比べてこう配が大きい、 y 切片は同様に正の値となっている。このことから、屋内 B[a]P 濃度についても、屋内発生源の寄与に相当すると考えられる部分と、屋外大気中 B[a]P 濃度の増加に比例して増加していく部分が加算されたものであると考えられる。

粒子中の多環芳香族化合物濃度を粒径別に検討すると、家屋内外で捕集される SPM 中の多環芳香族化合物濃度は、粒径によって著しく異なっていた。SPM のなかで粒径 2 μm 以下の微小粒子中の B[a]P 濃度は、2~10 μm の粗大粒子中の濃度に比べ、屋外及び屋内いずれにおいても高かった。ベンゾ [k] フルオランセン (B[k]F) 及びベンゾ [ghi] ペリレン (B[ghi]P) も同様に微小粒子中にその濃度が高かった。微小粒子の方が発生源より広く拡散し易く、呼吸器への沈着率が高いため、このことは幹線道路周辺の住環境を改善していく上で、今後 SPM、特に微小粒子成分の濃度に充分配慮していく必要があることを示している。

また家屋内 SPM 濃度と、B[a]P、B[k]F 及び B[ghi]P の間には強い相関が認められた。このことは、幹線道路周辺家屋における SPM 濃度の増加は、多数の多環芳香族化合物の濃度の増加に結びつくことを示している。近年のディーゼル車の普及と都市における交通網の発達や物流の集中は、幹線道路等において著しい SPM の発生をもたらしている。以上の結果は、これら交通要所周辺の家屋内の SPM 濃度を減らし住民の居住環境の改善を図っていく上で、屋外濃度を減少させていくよう配慮していく必要があることを示している。

今後各種の発生源による SPM の高濃度発生が観察される地域においては、周辺の一般生活環境における SPM 濃度の測定と同時に、SPM の中で人の健康に関連があると考えられる有害成分についての詳細な調査研究が必要であると考えられる。

2.3.3 SPM 中有機成分の変異原活性

SPM に含まれる有機成分の毒性の一つの指標として、Ames テストによる変異原性試験を行った。捕集した SPM 試料を粒径 2~10 μm の粗大粒子と 2 μm 以下の微小粒子に分けて変異原性を測定するとともに、多環芳香族化合物濃度との関連について検討した。さらに都市と農村における SPM の発生状況及びその変異原性の相違点についても検討した。Ames テストは、超音波抽出により得られたタール分をジメチルスルホキシドに溶解したものを試料として、矢作らのプレインキュベーション法により行った。菌株は *Salmonella typhimurium* TA100 を使用し、S9(-) により実施した。表 9 に、SPM 濃度、B[k]F 濃度、変異原比活性を春から秋(4~10 月)と冬(12~2 月)に分けて示した。先に述べたように、SPM 中には多数の多環芳香族化合物、ニトロ多環芳香族化合物が含まれている。自動車排気ガスをはじめ、燃焼により生成する多くの有機化合物が変異

表9 大気中浮遊粒子濃度と粒子中のB[k]F濃度及び変異原比活性

			SPM濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	B[k]F濃度 (ng/m^3)	変異原比活性 (rev/m^3)
東京	春～秋	2～10 μm	59.5	0.055	29.7
		2 μm 以下	118.6	0.741	66.8
	冬	2～10 μm	149.4	0.255	26.2
		2 μm 以下	208.4	3.947	72.2
長野	春～秋	2～10 μm	29.5	0.133	19.2
		2 μm 以下	33.3	0.159	26.8
	冬	2～10 μm	138.9	0.160	17.6
		2 μm 以下	23.9	0.422	20.4
つくば	春～秋	2～10 μm	16.1	0.017	5.7
		2 μm 以下	25.7	0.331	9.2
	冬	2～10 μm	25.2	0.056	8.8
		2 μm 以下	39.3	0.979	26.5

原活性に寄与していることが知られている。B[k]Fは燃焼により生成し、環境中での安定性もよいため、排気ガス等燃焼由来の有機化合物の指標となりうると考えられる。表に示すように、B[k]F濃度と変異原比活性の間には正の相関が認められ、B[k]Fを燃焼由来の有機化合物の指標とできるのではないかと考えられた。さらにSPMの有機成分の変異原活性は、季節に関係なくいずれの地域においても粒径2 μm 以下の微小粒子において高かった。

季節変動については、今後さらに調査の回数を増やして、検討していく予定である。

2.4 スパイクタイヤ使用に伴う粉じん発生状況と住民の健康調査

沿道住民の自動車排出粉じんの暴露による健康影響をとらえようとするとき、NO₂などの排ガス成分の影響を分離することはできない。一方、冬期の沿道におけるスパイクタイヤ使用に伴う道路粉じん（スパイク粉じん）では、粉じんの発生が特に高濃度となる、という特徴がある。ここでは、沿道大気中の浮遊粉じん濃度を測定して発生実態を明らかにし、家屋内外の粉じん濃度への影響を調査した。また、歩行者や沿道商店主の浮遊粉じん暴露濃度を測定し、こうした環境に対応して住民の日常生活や自覚症状などにどのような影響が現われているのか質問紙によって調査した。

2.4.1 沿道及び家屋内外の浮遊粉じん濃度調査

調査地区は長野県南佐久郡白田町の国道141号沿道で、片側1車線の道路沿いには低層の商店や住宅が並ぶ、一般的な農村の市街地である。沿道大気中の浮遊粉じん濃度の継続測定は沿道6地点（東側5, 13, 21, 64 m, 西側4, 20 m）の地上1.0～1.3 mにおいて、24時間（粉じん量の少ない季節は48あるいは72時間）サンプリングを行った。調査期間は昭和61年11月～62年5月で、この間に22回の測定を実施した。家屋内外の浮遊粉じん濃度測定は、沿道家屋と道路から50 m以上離れた対照家屋内外を各々14戸選び、家屋内外の濃度を2日間測定した（昭和62年2月及

び63年2月)。以上の測定には、前節同様、今回開発した個人サンプラー (SPMP サンプラー) を防音箱に納めて用いた。

冬期をはさむ6か月にわたる沿道の浮遊粉じん濃度測定結果を、走行車両のスパイクタイヤ装着率によって、以下のように群別して比較した。すなわち1月上旬~3月中旬を「スパイク期」(装着率50%以上)、12月上旬以前と4月上旬以降を「非スパイク期」(装着率10%以下)、この間を「中間期」として22回の測定結果を3群(順に6, 12, 4回)に分けて濃度の差を検討した。その結果、スパイクタイヤ装着率の増加に対応して10 μm 以上の浮遊粒子を加えた総浮遊粉じん濃度の上昇が著しかった。またSPM濃度にもスパイクタイヤ装着率に対応した明らかな上昇がみられた。道路からの距離との関係では、距離が離れるに従い粉じん濃度は減少していることが分かった(図5a, b)。

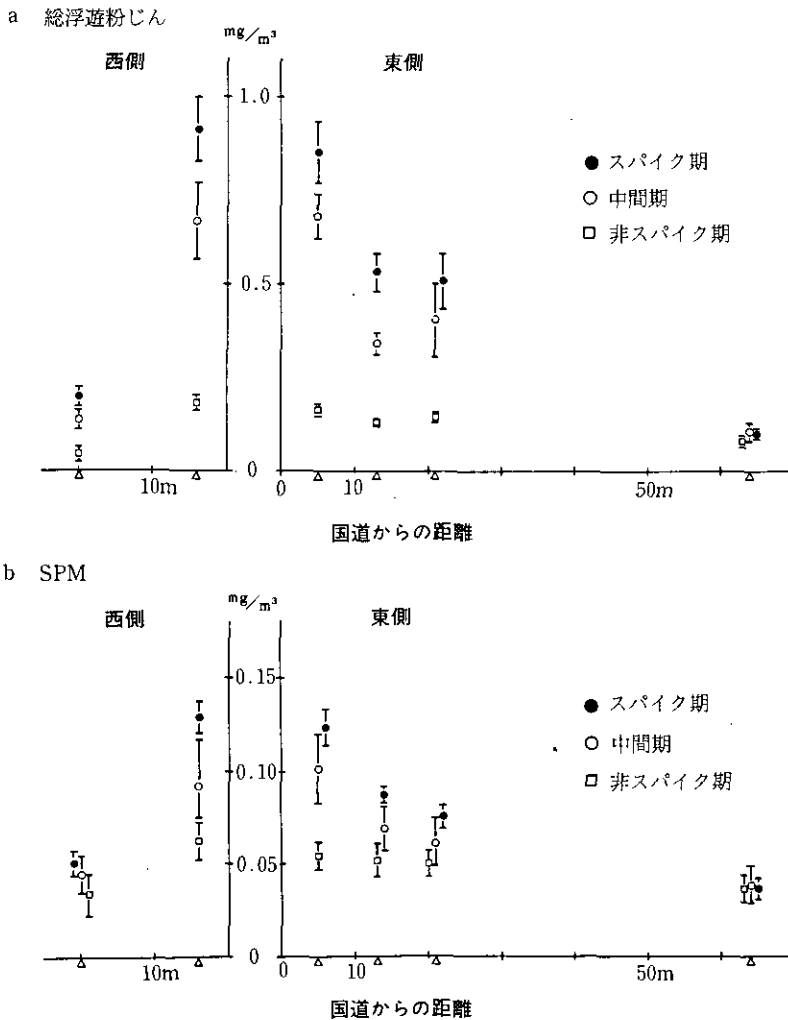


図5 時期別平均濃度と標準誤差

家屋内外の浮遊粉じん濃度測定の結果、沿道家屋のSPM濃度は家屋内外とも対照家屋に比べ有意に高かった。また家屋内外の関連をみると、総浮遊粉じん濃度には有意な相関はないが($r=0.40$, $p>0.05$), SPM濃度には有意な相関があり($r=0.57$, $p<0.01$), 発生した粉じんのうちSPM部分は、家屋内濃度の上昇に結びついていることを示唆した。

2.4.2 個人暴露量調査

歩行者の浮遊粉じん個人暴露量測定は、国道沿い歩道の歩行群(6人)、国道から約100m入った脇道歩行群(3人)、国道から300m以上離れた裏道歩行群(3人)及び対照の畑地内歩行群(2人)を設け、昭和63年2月の3日間の朝夕各1時間(計6時間)についての暴露量を求めた。この測定では、前述の個人サンプラーを各人に装着し、襟元で浮遊粉じんのサンプリングを行った。

その結果、国道沿いを歩行する人のSPM濃度は1時間値の環境基準(0.20 mg/m^3)を超えていた。

また、沿道付近で長時間過ごす人の例として、国道沿いの商店主(4人)と自動二輪運転による郵便配達人(3人)について、従業中(1日約8時間、2日間)の平均個人暴露量を測定した。暴露条件が各個人で異なるためばらつきが大きいが、最も高いSPMの暴露量は店先を開放している商店主の 0.12 mg/m^3 で、沿道直近の1日平均濃度レベルに等しく、1日平均の環境基準である 0.10 mg/m^3 より高い濃度であった(表10)。

表10 歩行者と従業者の個人暴露濃度 (mg/m^3)

暴露条件(対象数)	総粉じん	SPM	$2\mu\text{m}$ 以下
国道沿い歩行(6)	1.506(0.112)	0.234(0.016)	0.129(0.011)
脇道歩行(3)	0.456(0.090)	0.081(0.006)	0.043(0.006)
裏道歩行(3)	0.525(0.089)	0.085(0.016)	0.043(0.013)
畑地歩行(2)	0.399(0.082)	0.071(0.023)	0.039(0.008)
沿道商店主(4)	0.463[1.083]	0.093[0.121]	0.053[0.069]
郵便配達人(3)	0.550[0.879]	0.056[0.086]	0.034[0.043]

歩行者の暴露濃度は平均(標準偏差)、従業者は平均[最大値]

2.4.3 住民の意識と自覚症状調査

主要道路沿道住民及び小学校児童(4~6年)とその家族を対象として質問紙調査を昭和62年2月に行った。調査票は、粉じんによる日常生活への影響と自覚症状に関するものに、ATS-DLD標準質問票(環境庁版)を併せて用いた。

調査対象者、児童634人、成人962人に対し、有効回収数は児童590人(93%;男297,女293),成人895人(93%;男438,女457)であった。対象者は住居の位置によって、国道と主要道路に面した群(沿道群)、主要道路から50m以内(中間群)、50m以上(遠方群)の3群に分けて検

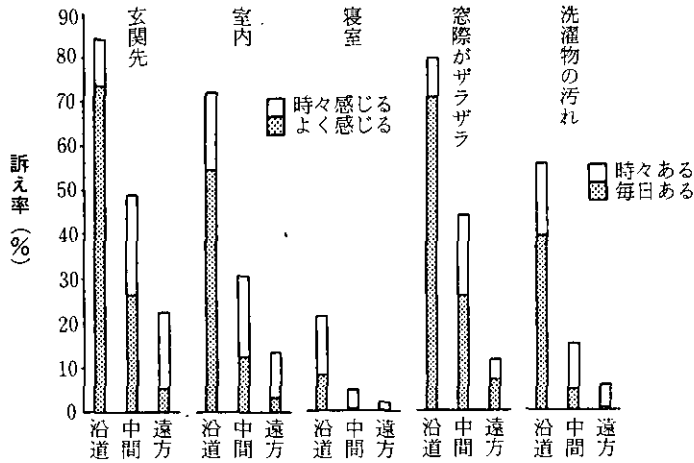


図6 家でスパイク粉じんを感じる率

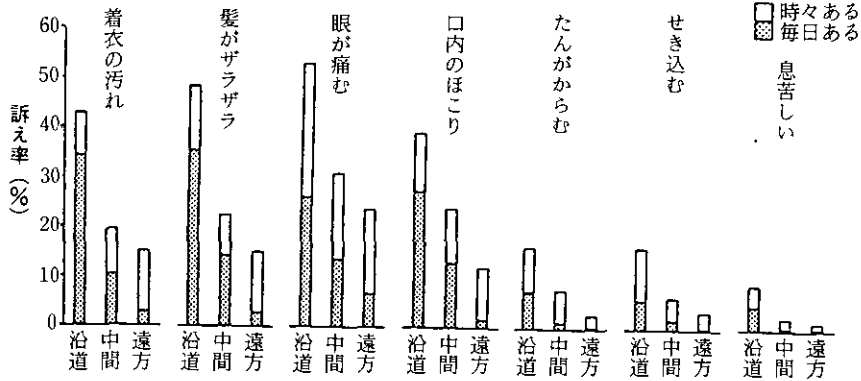
討した。

スパイク粉じんを玄関先、室内、寝室で感じるかという成人に対する質問では、いずれも沿道群が最も高く、以下中間群、遠方群の順で「よく感じる」とする率が高かった。また「窓際がザラザラ」、「洗濯ものが汚れる」は、沿道群で特に高率で、環境測定結果の傾向と一致していた(図6)。

次に、スパイク粉じんのためと思っている日常生活上の不快やたんやせきなどの訴えについてみると、児童ではすべての質問項目で沿道が最も高率であったが、中間と遠方の差は小さいものが多かった(図7a)。成人の訴え率も、各項目とも児童と同様沿道で高率であった。また、中間と遠方の差は児童より明確であった(図7b)。「せき込む」、「息苦しい」など、単なる不快感に留まらない訴えでも居住地間の差がでていた。なお、冬期の受診率や、その他の一般的な自覚症状は訴え数が少なく、居住地間の差もはっきり見られなかった。ATS-DLD調査票から、家族内喫煙者の有無や家屋構造等を考慮しても、沿道群で様々な訴え率が高く、これらの訴えにはスパイク粉じんが関与しているものと考えられた。また、これらの症状は、スパイク粉じん中のSPMの影響というより浮遊粉じん全体による影響と考えられるが、スパイクタイヤ使用によりSPM濃度が増加していることから、その暴露による健康影響の追跡は今後も必要と考えられる。

スパイク粉じん対策は、児童では「うがい」をしている割合が高く(沿道:44.8%, 中間:55.2%, 遠方:45.5%, 以下同様)、「マスク」(10.4%, 7.0%, 6.2%)や「眼洗い」(10.9%, 5.8%, 4.5%)は低率であり、居住地間の差は明確ではなかった。成人も、ほぼ同様の傾向であるが、「マスク」、「眼洗い」の率が児童よりやや高く、沿道群に高い傾向がはっきりしていた。粉じん発生防止策の「道路脇の粉じん清掃」、「自分はスパイクタイヤを使わない」では、「清掃」(66.7%, 23.3%, 10.0%)は沿道群が明らかに高く、熱心な対応が認められた反面、スパイクタイヤに関しては使わないとする人は全体で11.1%に過ぎず、居住地間の差はなかった(図8)。

a 児童



b 成人

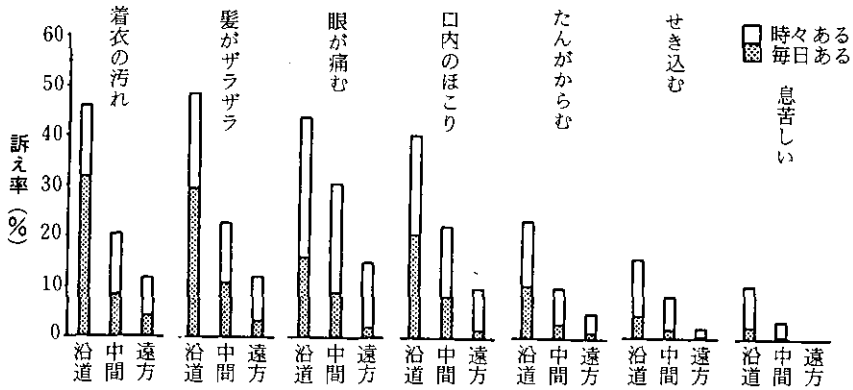
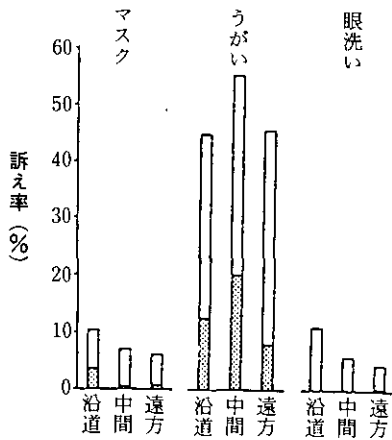


図7 スパイク粉じんによると思う日常生活・自覚症状

a 児童



b 成人

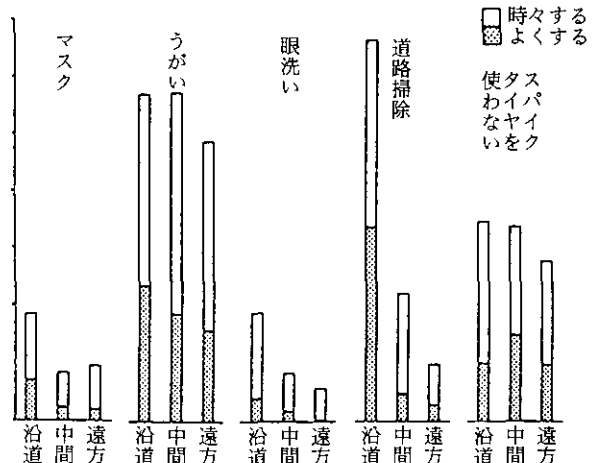


図8 粉じん対策としてしていること

以上、農村部といえども、スパイクタイヤ装着率の高い地区の道路沿いは高濃度の粉じん発生が続いており、歩行者や沿道商店主などの個人暴露濃度は一般の環境基準と比べると高いことが分かった。また、発生した粉じんのうち、微小粒子は沿道家屋内へ侵入し、スパイク粉じんが関与すると考えられる訴えが沿道で多いことも確認された。

2.5 粒子状物質の肺内蓄積及び体内摂取に関する検討

昨今、職業由来のみでなく、大都市における自動車などの走行により生じる環境中の浮遊粒子状物質 (SPM) を吸入することによる肺への障害の可能性も検討されるようになってきた。SPM 暴露による生体への影響を考える場合、環境中の SPM 存在量の把握、その吸入、摂取による肺内沈着及び蓄積の程度の把握、さらに沈着物の組成を明らかにすることにより有害物質のリスク評価を検討することが可能となる。ここにおいて、環境中の SPM 濃度、特に屋内 SPM に関する知見については本報告 2.2 において実際に調査をして知見を得たが、それらがどの程度肺内に摂取され、蓄積されているか、生体側からの知見を明らかにすることが必要であると考えた。この観点から特別研究「環境中の有害物質による人の慢性影響に関する基礎的研究」(昭和 54~56 年度) で得た成果をさらに研究発展させ、肺への外来性蓄積物の生体影響を検討することを目的として、蓄積物を元素組成の観点から検討した。すなわち、ヒト肺組織から分離された吸入粒子沈着物を呼吸器系より体内に侵入した外来物質であると考え、その組成元素濃度と年齢との相関より体内移行に関する検討を行った。

試料は、肺に疾病歴のない 10 代より 80 代にわたる剖検肺を対象とした (国立公害研究所研究報告、第 67 号の 11 項「環境中のじんあいと肺」の試料と同一)。肺黒色沈着粒子 (病理学的には炭粉と称する) のみを化学的操作により組織と分離した。すなわち、肺湿潤組織を精秤した後、脱イオン水と共にボトルクミに入れ、高速遠心分離操作を 2 回繰り返した後、組織を溶解させるため 0.5 N NaOH 又は 0.2 N KOH を一定倍量加えて 40°C に一週間放置した後、12,000 rpm ないし 30,000 rpm で高、超遠心分離を行った。黒い沈殿物にさらにアルカリを加え、この操作を平均 5 回繰り返してから、エタノール、アセトンに短時間浸漬した後、完全に風乾させてから炭粉粉体として回収した。組成元素の総体的把握としては、走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型 X 線分析を組み合わせた装置 (SEM-EDAX) により検出可能な元素を重量% で求めた。放射化分析による定量は、分析に要する時間、費用、研究目的等を考慮して、汚染指標元素として有用な Mn, V, Al, Ti, Ca については全 72 試料を、その他の微量元素 (Fe, Zn, Hg, Cr, Co, Ag, Sb, Cd, As) については 13 試料について測定した。

SEM-EDAX により肺黒色粉体から検出された元素は Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Fe, Zn, Cr, Ni, Mn, Cu, Pb であり、Si, Fe, Al, Ti, Zn などが含有量 (重量%) の多い元素であった。黒色沈着物粉体の組成元素は、本報告 2.2 の粒子組成元素と同じであった。環境側と生体側の両者の知見から環境中の浮遊粒子は吸入されて肺に沈着していることが確認され

た。さらに、微量元素定量値と年齢との相関係数より蓄積を検討した。Vは $r=0.34$ ($n=72$, $p<0.001$), Alは $r=0.48$ ($n=72$, $p<0.001$), Feは $r=0.39$ ($n=72$, $p<0.001$), Siは $r=0.48$ ($n=72$, $p<0.001$) で正の相関を示した。Mnは $r=0.14$ ($n=72$), Tiは $r=0.25$ ($n=70$) と相関がないことから蓄積性があまりないと考えられた。すなわち、肺内では吸入及びブクリアランスが速いのではないかと考えられた。Caは $r=-0.56$ ($n=72$, $p<0.001$) で逆相関であった。これは、Caの生体内への移行を示唆し、加齢によるCa不足との関係を考えて興味のある所見であった。また、これらの元素の多くは生体必須元素でもあり、生体への作用の考察も必要であると考えている。

2.6 粒子状物質の生体影響に関する実験的研究

2.6.1 炭素粒子の肺内沈着に関する研究

大気中には浮遊炭素粒子が存在しており、最近ではディーゼル排ガスによる粒子の増大もあると言われていることから、炭素粒子の由来も複雑になってきた。特に、元素炭素は、ガス又はエアロゾル等が吸着して、それが体内に入る可能性が高いことから最近注目されている。それらが吸入されて肺内に蓄積されていることも分析的に確認されている。本研究の目的は、浮遊粒子としての炭素粒子に関し、呼吸器系内への摂取及び移行を、実験的に究明することにある。短時間における肺内移行をトレーサー法で観察するため、安定同位体炭素 ^{13}C 標識の粉体(カーボンアモルファス)を小動物に吸入暴露させ、 ^{13}C の組織中濃度を検討することを目的とした。

小動物用の粉じん、ガス同時暴露ができる吸入実験装置を用いて、 ^{13}C 標識炭素粒子を鼻部暴露した。 ^{13}C のみを暴露し、肺内沈着を観察した。粉体暴露濃度は、インパクション方式の個人ダストサンプラーのヘッドを動物吸入実験装置内に入れて粒径別濃度を実測した。 ^{13}C 吸入後の組織中濃度については、同位体質量分析計で測定した。同時に組織への粒子の取り込みを組織標本により観察した。暴露条件は、粒径 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下において、1回目の実験では ^{13}C 粉体濃度 $2.4\ \text{mg}/\text{m}^3$, 1.85時間, 2回目は $0.93\ \text{mg}/\text{m}^3$, 1.92時間, 3回目は $1.2\ \text{mg}/\text{m}^3$, 2.37時間であった。

表11 ^{13}C 炭素粒子暴露後の肺組織中の ^{13}C 濃度 (%)

試料No	D-2-1	D-2-2	D-2-4	C-1	CG-1	CG-2	CG-3	CG-6	対照群
肺	-12.0	-8.8	-10.1	L1-18.7	L1-8.5	L1-13.9	L1-13.8	L1-14.0	-20.1
	-12.5	-8.8	-10.3	L2-18.9	L2-5.4	L2-12.2	L2-10.1	L2-15.3	-20.4
	-12.7		-9.8	L3-18.8	L3-7.5	L3-14.0	L3-14.9	L3-15.7	-20.4
				L4-19.2	L4-11.6	L4-13.6		L4-15.8	-20.5
				L5-19.2	L5-11.2		L5-14.4	L5-16.3	
血しょう	-19.2		-19.2						-19.3
血球			-19.8						-19.8
気管		-19.7			-18.6	-19.2			

L1~L5は肺葉の番号。番号の記載のない試料は全肺葉組織の混合試料である。

^{13}C 濃度は対照群の肺組織の $\delta^{13}\text{C}_{\text{pdb}}$ (pdb とは炭素 $\delta^{13}\text{C}$ 値の国際的標準物質に用いるある種の貝化石の値)が -20.4% (パーミル)に対し、最も吸入したとみられる動物では、 -5.4% であった。最も吸入量の少なかった試料では -19.8% であった。また、気管支には粉体の沈着は見られず、血液にも移行は認められなかった。表 11 に測定結果の一部を示す。この結果は炭素粒子が短時間で肺内に吸入されたことを示した。また、光学顕微鏡による組織標本観察から肺胞壁に黒色粒子が点在しているのを認めた。

2.6.2 経気道侵入重金属の毒性に関する研究

人間活動にともなって環境中に放出される重金属量は年々増加している。最近の試算では大気中に放出される重金属のうち、鉛(33万トン)に次いで量的に多い亜鉛で1年間に13万トン、カドミウムで7,600トンに達する。

環境汚染物質がヒトの体内に侵入する経路として、経口、経気道及び経皮がある。重金属の侵入経路としては、主として食物や飲料水と共に取り込まれる経口経路が重要であると考えられ、その毒性が研究されてきた。また、実験的には注射による非経口投与による毒性実験が最も多い。しかし、経気道的に侵入した重金属の毒性は極めて高いことが一部の金属では知られていたにもかかわらず、実験的に困難なこともあってその研究例は少ない。

重金属の吸入実験には実験装置や方法を始めとする数多くの制約がある。気管内に直接投与する気管内注入法は、その簡便法として注目されている。今回、重金属の肺への影響を評価するに当たり、溶液投与後、ただちに強制換気するなど気管内注入法を改良し、実験操作を確立することをまず第一に行った。次いで、経気道的に投与した重金属の代謝的運命を明らかにし、影響を評価する方法を検討した。

重金属は原子価の違いはもちろんのこと、水に可溶性であるか難溶性であるかによって、その代謝的運命や毒性がまったく違ってくる。使用量が年々増加しているカドミウムは原子価が2価のもの一種類であるため、その可溶性化合物として塩化物、及び難溶性化合物として酸化物を選び検討した。次いで、大気中への放出量が非常に多い亜鉛についても、可溶性及び難溶性化合物について検討を加えた。

雄性ラットにカドミウムを気管内投与法で注入し、肺への取り込み過程を調べた。可溶性のカドミウムとして塩化カドミウムを用いたとき、肺に取り込まれ蓄積しているカドミウム量は、注入したカドミウム量に依存したが、体重270gのラット当たりで $2.5\mu\text{g}$ までの投与量では直線的に増加したにもかかわらず、それ以上の量では蓄積率は投与量に応じて減少した。一方、肺から肝臓に移行するカドミウム量は投与量と共に増加していた。この結果は、投与量が $2.5\mu\text{g}$ /ラットまでとそれ以上の投与量では、肺におけるカドミウムの挙動がまったく異なってくることを示している(図9)。

肺への影響を検出する手段として、臨床的にも応用可能な肺胞洗じょう液を用い、各種指標を

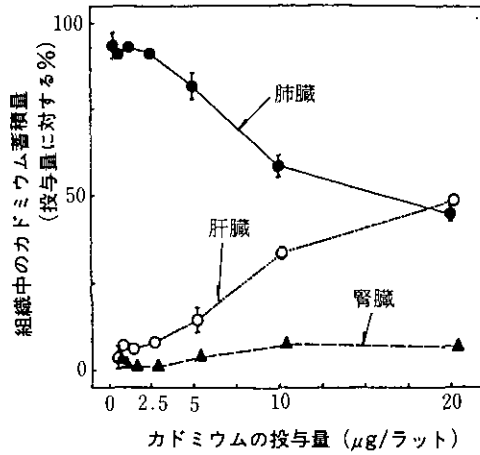


図9 気管内に投与したカドミウムの量による各臓器への分布の違い
カドミウム投与2日後における各臓器への分布を示した。

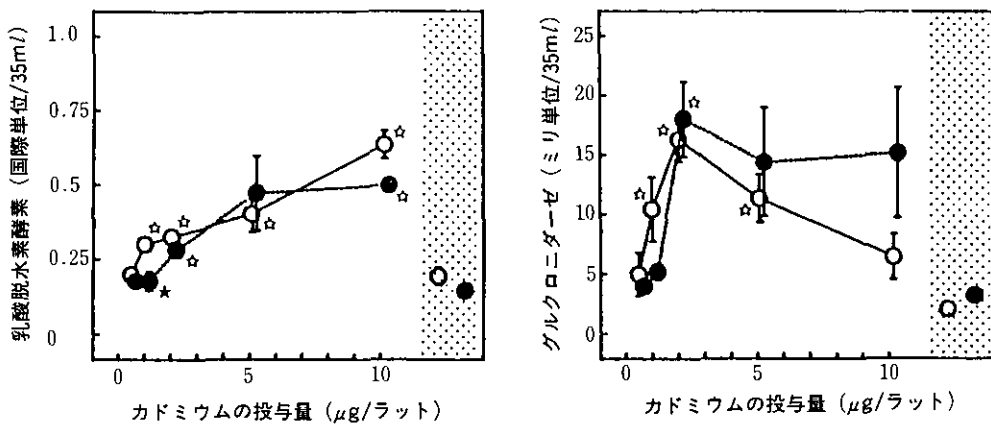


図10 気管内に投与したカドミウム量と生物学的影響の関係

ラットの気管内にカドミウムを投与し、2日後に得た肺胞洗じょう液35ml中の乳酸脱水素酵素とグルクロニダーゼの活性量によって、カドミウムの影響を評価した。○、塩化カドミウム投与群；●、酸化カドミウム投与群。各図の右側に対照群の値を示した。☆印は各対照群より有意に増加していることを示す。

検討した。肺胞中の各種細胞が傷害を受けたとき肺胞腔内に逸脱してくる、タンパク質量、乳酸脱水素酵素及びβ-グルクロニダーゼ活性量が臨床生化学的に有用な指標であった(図10)。また、炎症性の応答として、肺胞腔内のマクロファージと多形核白血球の量的変化が指標となった。さらに、肺胞の表面張力を制御している表面活性物質であるリン脂質の量的及び質的な変化も調べたところ、質的な変化はなく量的な変化だけがおこることが明らかとなった。したがって、表面活性物質を指標として用いるときは、肺胞洗じょう液の可溶性分画中のリン含量を測定することで十分であることが分かった。

塩化カドミウムの肺への影響を上記指標によって調べた結果は、いずれも投与量が $2.5\mu\text{g}/$ ラット以下ではカドミウムに対し適応が見られ、それ以上の投与量では傷害がおこることを示していた。投与量に依存して肺におけるカドミウムの代謝的挙動が変化することも上記結果と関連していることが分かった。標的臓器は異なるが経気道的に投与したカドミウムは血管や腹腔内への非経口投与の少なくとも $1/50$ 、経口投与の $1/1,000$ 程度の用量で毒性を示すと推定される。

難溶性の酸化カドミウムを気管内に投与し、カドミウムの代謝的運命を調べた結果、肺胞腔内で速やかに可溶化され肺に取り込まれることが分かった。また、肺胞洗じょう液中の毒性指標は塩化カドミウムを投与したときと類似した変化を示し、カドミウムは塩化物として投与しても、酸化物として投与しても低濃度で類似した毒性を示すことが分かった (図 10)。

可溶性亜鉛として、酢酸亜鉛を気管内に投与した結果、亜鉛は速やかに肺に取り込まれるとともに、肺からも速やかに消失し、他の臓器に移行することが分かった。肺胞洗じょう液中の毒性指標は $20\mu\text{g}/$ ラット以上の暴露で有意に上昇した (図 11)。

難溶性の亜鉛として、酸化亜鉛を投与した結果、投与量が少ない場合は速やかに可溶化され、可溶性の酢酸亜鉛を投与したときと類似した代謝的挙動及び毒性を示すことが分かった。しかし、 $200\mu\text{g}/$ ラット以上の投与量では、可溶性のものとは難溶性のものでは代謝的挙動も毒性も異なってくることを示唆された。

カドミウムと亜鉛について可溶性及び難溶性化合物をラットの気管内に投与し、代謝的運命を明らかにし、毒性を評価した結果、投与量が少ないときは代謝的運命も毒性も、これら2種類の金属では投与した金属の化学形態に左右されないことが分かった。経気道的に投与した金属の毒性が極めて高いことは、大気環境中に放出される重金属量が増加していることから注目すべきことであろう。

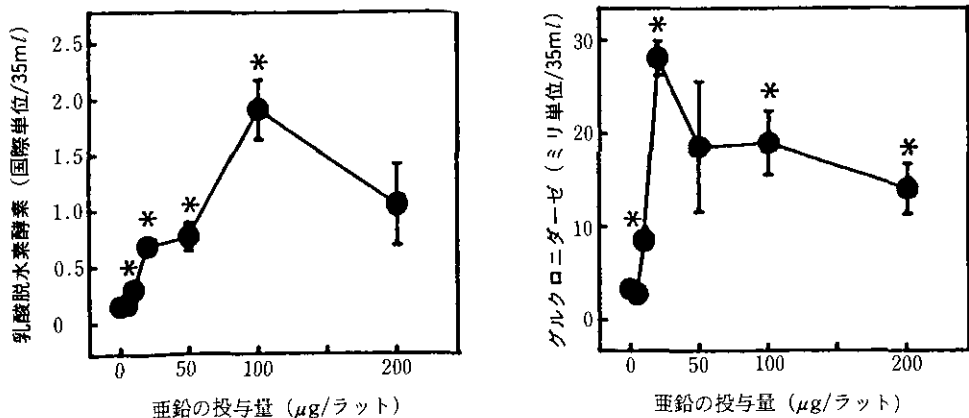


図11 気管内に投与した亜鉛量と生物学的影響の関係

ラットの気管内に亜鉛を投与し、2日後に得た肺胞洗じょう液35ml中の乳酸脱水素酵素とグルクロニダーゼの活性量によって、亜鉛の影響を評価した。酢酸亜鉛として投与した。

*印は対照群より有意に変化していることを示す。

2.6.3 肺に沈着したアスベストの毒性に関する研究

アスベストは、耐火性や防音性に優れた素材であり、アスベストの吹き付けが規制された1975年以前に建設されたほとんどのビルに使用されている。老朽化に伴いこれらのビルが取り壊されつつあるが、その際発生するアスベスト粉じんは、肺がんなど、呼吸器を始めとする人の健康に影響を及ぼしているのではないかと危惧されている。事実、都市に長い居住歴のあった人の剖検肺からは、ほとんどの場合、アスベストの暴露指標である含鉄小体が検出されている。

我が国のアスベスト使用量は、年々減少傾向にあるものの、1987年の年間消費量は、24万トンにもものぼる。また、アスベストの使用制限に伴い、その代替材料の開発が急速に進んでいるが、これら新素材の毒性評価は十分になされていない。したがって、繊維状鉱物粒子による環境汚染は多岐多様化するものと予測される。本研究では、以上の展望を踏まえ、物理的そして化学的にも性質が詳しく分かっているUICC (Union Internationale contre le Cancer) の試料を用いて、繊維状粒子の代表とも言えるアスベストの肺への影響を、主として呼吸生理学的知見より明らかにすることを目的とした。

アスベストは、UICCの試料より、クリソタイルB(カナダ産)、クロシドライト及び一部の実験ではアンソフィライトを用いた。ラット(Fischer 344, 雄, 体重約150g)への暴露は、アスベストを滅菌生理食塩水に懸濁させ、直接試料を肺に注入する気管内投与方法を用いた。投与量は、1.6mg/ラットとした。

呼吸機能測定において、アスベスト投与群では、機能的残気量や肺気流抵抗の上昇並びに、最大呼気流量の低下が顕著であり(表12)、肺気腫様の変化が生じたと考えられる。実験群の中では、ほとんどの測定項目において、クリソタイル投与群がクロシドライト投与群に比べ、有意に呼吸機能の低下を示し、この傾向は投与1か月から1年後まで一貫して認められた。

呼吸機能測定と並行して、肺の間質を構成し、肺の弾性を調節しているタンパク質であるコラーゲンとエラスチンを生化学的手法を用いて定量した。肺の単位重量当たりのコラーゲンとエラスチン量は、クロシドライト投与群では特に変化を認めなかったが、クリソタイル投与群では、対照群やクロシドライト投与群に比べ、1回投与にもかかわらず、1年間を通じ有意な上昇を示した(図12)。

本実験では、クリソタイル投与群において、肺のコラーゲンやエラスチン含量の上昇と、肺末梢部における著しい気道狭窄を認めた。これらのことは、クリソタイルの気管内投与により、繊維増殖した組織が肺の末梢気道腔を狭めていたという他の研究グループの病理学的所見と良い一致を示している。

次に、投与初期において、各種アスベストにより引き起こされる肺の傷害の程度を調べるために、クリソタイル、クロシドライト並びにアンソフィライトを、各1.6mg/ラットの用量で投与し、投与後20日まで、気管支肺胞洗じょう液中に回収される酵素等を、経時的に測定した。洗じょう液中の乳酸脱水素酵素と β -グルクロニダーゼ活性、並びにタンパク質量は、アスベストの投与群

表12 アスベストを投与したラットの呼吸機能測定結果

投与後の月数	処置群	FRC (ml)	$\dot{V}25$ (ml/s)	$\dot{V}10$ (ml/s)	FVC (ml)	R (cm H ₂ O / ml·s)
1か月	生理食塩水	4.45	32.4	18.3	6.29	0.383
	クロシドライト	4.92	24.2	10.8 ^a	6.64	0.463
	クリソタイル	6.27 ^{a,b}	15.0 ^{a,b}	4.3 ^{a,b}	4.83 ^{a,b}	0.596 ^a
3か月	生理食塩水	4.17	28.0	9.8	6.89	0.389
	クロシドライト	4.46 ^a	25.4	9.7	6.99	0.430
	クリソタイル	6.63 ^{a,b}	12.6 ^{a,b}	4.6 ^{a,b}	5.31 ^{a,b}	0.622 ^{a,b}
6か月	生理食塩水	4.22	26.5	9.1	7.70	0.314
	クロシドライト	4.49 ^a	26.5	8.7	7.33	0.348
	クリソタイル	6.45 ^{a,b}	13.1 ^{a,b}	4.4 ^{a,b}	6.41 ^{a,b}	0.558 ^{a,b}
9か月	生理食塩水	4.53	29.4	11.6	8.12	0.272
	クロシドライト	4.78	22.1	6.9	7.69 ^a	0.287
	クリソタイル	6.68 ^{a,b}	16.2 ^a	5.2 ^a	6.64 ^{a,b}	0.362 ^{a,b}
12か月	生理食塩水	4.21	37.3	14.7	9.20	0.284
	クロシドライト	4.43	37.0	12.6	9.03	0.258
	クリソタイル	6.29 ^{a,b}	17.4 ^{a,b}	4.7 ^{a,b}	7.75 ^{a,b}	0.389 ^{a,b}

FRC：機能的残気量， $\dot{V}25$ (10)：25 (10)%肺活量値の最大呼気流量，FVC：努力性肺活量，

R：肺気流抵抗，表中の数字は平均値を示している。

a 対照群に比べ，5%の危険率で有意差あり。

b クロシドライト投与群に比べ，5%の危険率で有意差あり。

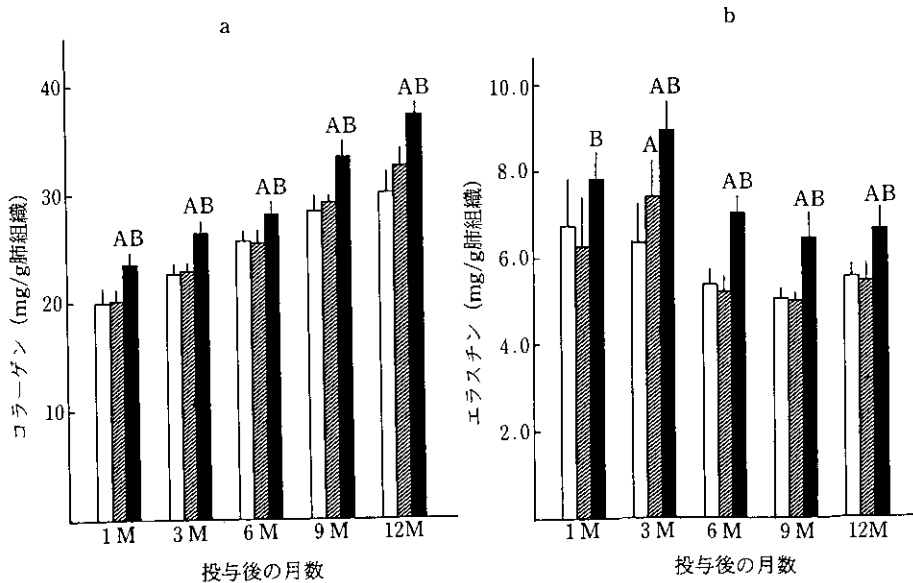


図12 アスベストを投与したラットの肺の a：コラーゲンと b：エラスチン濃度

□：対照群，▨：クロシドライト投与群，■：クリソタイル投与群

A 対照群に比べ5%の危険率で有意差あり。

B クロシドライト投与群に比べ5%の危険率で有意差あり。

間では、ほとんど差がなかった。しかし、洗じょう液中のアンギオテンシン変換酵素とリゾチーム活性において、クリソタイル投与群は他のアスベスト投与群に比べ、前者で有意な上昇、後者で有意な低下を示した。また、洗じょう液中での活性低下とは対照的に、血清のリゾチーム活性はクリソタイル投与群で有意に上昇した。このことは、アスベスト作業員において、血清リゾチームの上昇が認められたという疫学調査の結果と一致が見られ、アスベストの暴露指標としての本酵素の有用性に関心がもたれる。さらに、クリソタイル投与群では他の実験群に比べ、肺重量、並びにタンパク質の合成能の指標である RNA/DNA の有意な上昇が認められた。

以上、本課題研究では、ラットにアスベストを気管内投与した場合、呼吸生理学的並びに生化学的見地より、クリソタイルがクロシドライトやアンソフィライトより毒性が高いことが明らかとなった。

今世紀の前半、アスベスト作業員に、じん肺や肺がんの罹患率が高いことが報告されてから、疫学的研究とともに、アスベストの毒性に関する多くの動物実験と培養細胞を用いた実験がなされてきた。動物実験においては、病理学研究がほとんどであったが、本研究で、コラーゲンやエラスチンの変化を呼吸機能の低下と結びつけて、各種アスベストの毒性を比較し得た意義は大きい。しかし、クリソタイルがクロシドライトやアンソフィライトに比べ高毒性であることの原因については未解決のままである。クリソタイルは、ケイ酸のマグネシウム塩を多く含むのに対し、クロシドライトの主成分はケイ酸の鉄塩である。しかし、アンソフィライトは、高毒性のクリソタイルとほぼ同じ化学組成を示す。また、鉱物学的には、クリソタイルがジャコ石族であるのに対し、クロシドライトとアンソフィライトは角閃石族に属している。これらのことは、アスベストの毒性発現において、従来より指摘されている繊維の長さだけでなく、鉱物繊維の表面構造も関与しているのではないかと考えさせる。

今後、アスベスト代替材料の開発に伴い、様々な無機繊維材料が使用されるものと予想される。しかし、毒性が詳しく評価されていないこれらの物質による環境汚染と、その健康に及ぼす影響評価に対応するため、繊維状物質による生体影響を、さらに詳しく研究する必要があると考えられる。

2.6.4 フライアッシュ吸入による抗体産生能に関する研究

フライアッシュは主に火力発電所等で発生するものであるが、SPM を構成している汚染物質の一つである。しかしながら、これまでにフライアッシュが生体の防御機構の一つである抗体産生機構に及ぼす影響についてはほとんど報告がない。我々は、汚染物質と呼吸器におけるアレルギー性疾患の発症との関連に着目しその解明のための研究を進めている。これまでに、ケイ酸アルミニウムがアレルギー反応で重要な過程である IgE 抗体産生を亢進、あるいは、修飾する作用を有することを明らかにした。

本研究では、実際の大气中に存在し、入手が容易であったフライアッシュを取り上げ、その気

管内投与によって IgE 抗体産生機構を亢進させる作用の有無について明らかにすることを目的とした。

フライアッシュは、試験用ダスト 10 種 (日本粉体工業技術協会) を、また、抗原としては、卵白アルブミン (OA) を用いた。BALB/c マウスに 0.2 mg のフライアッシュを 10 μ g の OA と共に気管内に投与し経時的に血中の抗体価を調べると、2 週後から高い抗 OA IgE 抗体産生がみられた (図 13)。また、4 週後の OA エアロゾル投与による追加免疫によりさらに高い IgE 抗体産生が認められた。0.02 mg のフライアッシュを 10 μ g の OA と共に気管内に投与した実験でも、OA の追加免疫により高い IgE 抗体産生が誘導された。しかしながら、抗原 (OA) のみの気管内投与では、OA を追加免疫しても IgE 抗体産生の誘導はみられなかった。フライアッシュと OA を投与経路を変えて腹腔内に投与したときにも気管内投与のときと同様の結果が得られた。

次にフライアッシュと抗原 OA とを別々に投与して IgE 抗体産生の変動を調べた。その結果、0.2 mg フライアッシュをまず気管内に投与して、その後抗原 OA をエアロゾル投与すると IgE 抗体産生が誘導されたが、抗原のみのエアロゾル投与では IgE 抗体産生の誘導はみられなかった (図 14)。

このことから、フライアッシュが OA に対する IgE 抗体産生を亢進する働きを有することが明らかとなり、フライアッシュを抗原性のある物質と共に吸入するとその IgE 抗体産生を高める可能性を示唆している。また、他の粒子状物質の中にもフライアッシュ (主に Si, Al) と元素組成の似ているものがあることから、さらにフライアッシュ以外の汚染物質についての免疫学的研究が必要と考える。

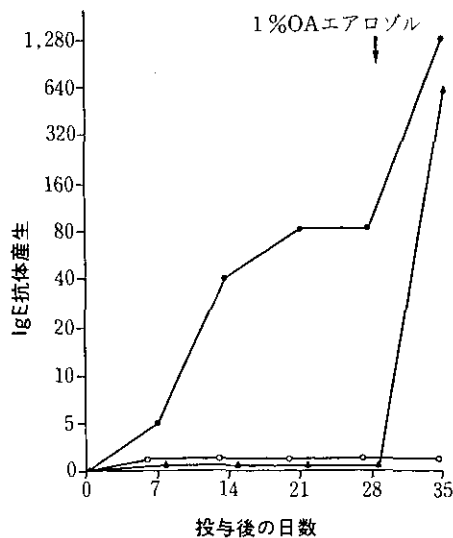


図13 マウスに0.02mgフライアッシュ(▲), 0.2mgフライアッシュ(●)そして生理食塩水(○)を10 μ gの抗原とともに、それぞれ気管内投与したときのIgE抗体産生

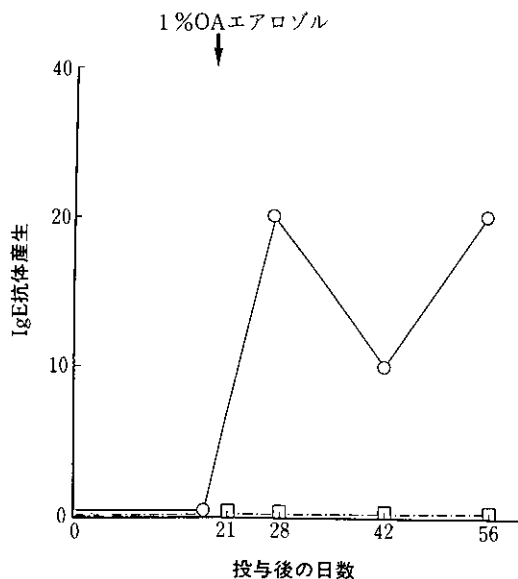


図14 マウスに0.2mgフライアッシュ(○), 生理食塩水(□)をそれぞれ気管内投与し, そのあと抗原(卵白アルブミン)のエアロゾル投与をしたときのIgE抗体産生

2.6.5 二酸化窒素とオゾンの複合暴露による病態成立に関する研究

局地的な沿道汚染と気管支ぜん息, 肺気腫, 肺線維症などの慢性閉そく性肺疾患の発症との関連を検討することを目的として本課題に取り組んだ。

気管支ぜん息は, 正常者が反応するよりもはるかに弱い気道の刺激に対しても過敏に反応する気道過敏性を一つの特徴としている。この気道過敏性が, 沿道大気汚染物質の一つである NO_2 やオゾン (O_3) 暴露により発現するかどうかは, 気管支ぜん息の発症とこれらの汚染物質との関連を考える上で重要である。

NO_2 と O_3 暴露により気道が過敏状態になるかどうかは, 実験動物及び人において, 短時間暴露で検討されている。その結果, 比較的高い濃度 (NO_2 20 ppm, O_3 1~3 ppm) で気道反応性が亢進する例が報告されている。しかしながら, 比較的低い濃度で長時間の暴露により, 気道反応性がどのように変動するかに関する報告はない。また, 汚染物質が摘出気管筋の反応性や自発性収縮にどのような影響をおよぼすかについての報告もない。そこで, 比較的長時間の NO_2 又は O_3 暴露がモルモットの気道の反応性及び摘出気管筋の反応性に及ぼす影響を検討した。

上記の目的のため, モルモットに低い濃度から高い濃度のヒスタミン-エアロゾルを順次吸入させ, 気道抵抗が平常の2倍に成るヒスタミン濃度により気道反応性を比較するシステム, 及び摘出気管平滑筋のヒスタミンに対する反応性を測定するシステムを作製した。

このシステムを用いて, 4 ppm NO_2 あるいは 0.4 ppm O_3 に 1, 3, 7 日間暴露したモルモット

の気道反応性を測定すると、一時的に気道反応性が亢進し過敏な状態が生ずることを見いだしたが、その後、気道反応性は次第に低下した。一方、NO₂やO₃暴露直後の気道抵抗は気道反応性とは逆に、暴露期間が長くなるにつれて上昇することも観察された。

一方、摘出気管平滑筋を用いた実験では、O₃暴露により、ヒスタミンに対する反応性には変化がなく、また、気管平滑筋の自発的収縮も気道抵抗が上昇している時点でも有意な差は認められなかった。これらのことから、1)短時間暴露では気道の過敏状態を生じさせないような低い濃度のNO₂(4 ppm)やO₃(0.4 ppm)でも、NO₂の場合3日間、O₃の場合1日間といった比較的長時間暴露すると気道が過敏状態になることが明らかになった。2)大気汚染物質の暴露により気道が過敏状態になった後、気道反応が低下する過程に、粘液の貯留などの炎症過程に伴う生体反応により、気道が閉そく状態に移行する過程があることが示唆された。

以上のことから、もっと低い濃度で、さらに長期間暴露した場合でも気道が過敏状態になるかどうかを検討することは、大気汚染物質と慢性閉そく性肺疾患との因果関係を明らかにしていくうえで重要と考える。

一方、ラットに低濃度のNO₂(0.4 ppm)とO₃(0.05 ppm)の複合ガスを22か月という長期間暴露し、それによって肺にどのような病変が生じるかを病理学的に検討した。また、呼吸器の様々な病変(病態)が酸化ストレス(oxidative stress)と関連しているとする報告が多いことから、その一つの指標としての肺の過酸化脂質の生成と、その生成を抑制する抗酸化性生体防御機構の変化を生化学的に検討した。さらに、病理学的に観察された肺のコラーゲン線維の変化と対応させて評価することが可能かどうかを検討するために血清と尿中のHOP含量の変化を調べた。

病理学的には、肺深部の肺胞について、肺胞壁厚の変化と非細胞性間質の変化を形態計測的手法を用いて定量的に調べた。その結果、肺胞壁厚は、4か月目にNO₂+O₃暴露群で有意に増加したが、9及び18か月目では壁厚に対する暴露の影響は不明りょうになった。しかし、22か月目では再び暴露濃度に依存した壁厚の増加傾向が認められた。非細胞性間質のコラーゲン量は、4か月目では暴露群で有意に増加したが、9か月目では増減はあまり明りょうではなく、18~22か月目に再び増加する傾向が認められた。また、18か月以降の増加傾向は暴露と加齢の影響による線維化の進行を示唆するものと考えられる。全体としてみると、電子顕微鏡によって観察されたNO₂+O₃の複合暴露による肺胞壁は、暴露期間と暴露濃度につれて複雑に変化するが、2~4か月目の変化は初期反応とそれともなう修復過程の変化を示し、9~18か月目には、それに続く軽微な変化がみられ、18~22か月目には老化ともない、影響が修飾されて現われたものと解釈される。

一方、生化学的測定においては、5、9、18及び22か月目にコラーゲンの代謝産物である血清と尿中のHOP含量を調べた。尿中HOP比は5か月目で有意に増加していたが、その後9~22か月目にかけて有意差は認められなくなり、対照群より低下する傾向がみられた。一方、血清中の

HOP 量の変化はこれとは全く対照的な変化を示していた。これらの結果と病理学的に観察された肺のコラーゲン含量の変化とを比較すると、4 か月目前後のコラーゲン含量の増加は合成の増加による可能性があり、22 か月目前後にみられたコラーゲン含量の増加はコラーゲン代謝の低下によるものと思われる。このように、コラーゲン線維の増加という一つの現象でも生化学的にみると合成の亢進と代謝の低下という全く異なる現象が起こっていることが示唆され、その変化を病理的变化と対応させて評価することが可能であり、さらにヒトに及ぼす影響の評価に有効な指標であると思われる。

また、酸化ストレスの指標としての肺の脂質過酸化は $\text{NO}_2 + \text{O}_3$ の暴露開始後 13 か月目までは増加したが、18~22 か月目では有意差は認められないが対照レベル以下に低下していた。一方、酸化性防御機構のうち、酵素的防御機構には全く変化は認められなかったが、肺の非タンパク質性 SH 含量とビタミン E などは 9 か月目では有意に増加し、酸化防御能が働いていることが示唆されたが、18~22 か月目には両酸化性物質とも有意に低下し、このころには肺も酸化傷害を受けやすい状態にあることを示唆している。このような酸化ストレスに対する過敏状態が肺のコラーゲン線維の増加、すなわち肺の線維化傾向の進行あるいは加齢の促進等と深く関連している可能性も考えられ、慢性閉そく性肺疾患との関連性はさらに詳しく検討される必要があると思われる。

3 考 察

本特別研究の一つの大きな特徴は、都市幹線道路沿道の家屋内の浮遊粒子状物質（SPM）の濃度測定を行ったことにある。

今回使用したサンプラーは、SPM を粒径 $2.0\ \mu\text{m}$ もしくは $2.5\ \mu\text{m}$ で微小粒子と粗大粒子に分類し、粒径別に粒子濃度及び多環芳香族化合物が分析できるように改良した。都市大気環境においては、大気汚染物質は有害粉じん作業環境に比べれば低濃度レベルであり、小型サンプラーでは数日間の連続集じんが必要とされる。これらの新しいサンプラーはそれに耐えるものである。なお、SPM サンプラーはそもそも個人暴露測定用に開発されたものであり、今後、この種の調査では標準的なサンプラーとして汎用されることになろう。

葛飾での沿道地域における粒子状物質及び NO_2 についての大気環境測定調査は、屋外の気象条件、屋内の暖房、台所ガス器具、喫煙など、さらには屋内外の通気性を考慮して家屋構造に留意し、統計的に処理し得る対象サンプル数を確保しており、その結果には一般性がある。さらに沿道汚染による健康への影響評価が国民の関心を集めているにもかかわらず、このような広範囲の屋内粒子状物質汚染調査は今までになされていないことを強調したい。その結果、幹線道路沿道直近（20m以内）に位置する家屋内の粒子状物質、 NO_2 は、それ以遠に比べて高い濃度レベルを示すことが明らかにされた。この調査に先立って実施された、昭和50年の環境庁による兵庫の国道43号線、川崎の高速道路料金所周辺の調査によれば、 SO_2 、 NO は、道路端ではかなり高く、50 m 以遠では急速に減衰する。しかし NO_2 は、道路から緩やかなこう配で減衰することが報告されていた。また新田らは、昭和54年に、沿道から20m以内と20m以遠に分けて家屋内外の NO_2 濃度を測定し、道路から緩やかなこう配で減衰することを示した。したがって、今回の調査では、 NO_2 については、これらの報告を改めて確認したことになった。また、新しく試みられた粒子状物質についてもほぼ NO_2 と同様に沿道からの距離により減衰傾向があることが示唆された。ただし、粒子状物質、 NO_2 とともに、家屋内での喫煙、暖房等、屋内汚染源がある時は、その影響の方がむしろ大きく寄与することも確認された。

家屋内粒子状物質に含まれる組成元素の分析では、主として自然由来の Al, Ti, 人工発生源由来の Mn, V, そしてその他 Si, Ca, Fe, Na, S, Cl, K, Cu, Zn などが含まれ、Mn, V については、都区区内においては地方都市より高い値を示した。一方、剖検ヒト肺内沈着物から検出された元素は Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Fe, Zn, Cr, Ni, Mn, Cu, Pb であり、Si, Fe, Al, Ti, Zn などが含有量の多い元素であった。これらの元素は、大気中の粒子状物質に含まれた組成元素でもあり、吸入されて肺に沈着したことを示している。ただし、粒子状物質中に多く含まれた Ca は、ヒト肺中にあまり含まれていなかった。また、各元素について、年齢と蓄積量との相関をみると、Si, Fe, Al, V は正の相関であり、加齢とともに蓄積量も増加することを示していた。しかし、Ca は負の相関を示していた。

家屋内空気中のSPMに含まれる発がん物質の一つである多環芳香族化合物の濃度レベルは遅発性の健康影響評価にとって重要である。化石燃料の燃焼による多環芳香族化合物等発がん性物質、突然変異性物質の大気環境中における汚染状況については、ハイ・ボリュームサンプラーを用いての調査・研究があり、屋外の濃度は自動車交通量に対応して増加することが明らかにされてきているが、家屋内濃度についての検討は少ない。この多環芳香族化合物は多種類の物質からなるが、その代表的な汚染指標物質としてベンゾピレンが用いられてきた。本研究では、交通量の多い交差点に面する家屋において、屋内SPM濃度は屋外の濃度に比例して上昇していた。また、微粒子中に含まれるベンゾピレンについても同様に正の相関関係が見られた。本研究は一般の木造家屋のみの調査であるが、住民のベンゾピレン等の多環芳香族化合物や変異原物質への暴露のレベルを低減させるためには、屋外SPM濃度の低減が必要であることを示唆していた。

このように交通量の多い道路にごく近い地域の家屋内では、局所的な大気汚染の存在が環境調査により確認されたが、一方、居住者についても、児童、成人ともにATS-DLD調査による呼吸器系症状の有症率が高く、せきこむ等の粘膜刺激症状のみならず慢性閉そく性肺疾患関連の児童の「ぜん息様症状」、成人の「持続性せきたん」などが高いのが目についた。喫煙者では有症率が高かったが、児童の受動喫煙や開放型ストーブ使用の影響が小さかったことは従来の報告と同様であった。本調査と同様の方法（ATS-DLD質問票）により実施された環境庁の2つの疫学調査（大気保全局の実施した「大気汚染健康影響調査（1986）」の都内5区、環境保健部の実施した「質問票を用いた呼吸器疾患に関する調査（1986）」の全国都市部）の結果と比較した。児童についてみると、本調査結果では20m以遠の住民の有症率は両調査結果とほぼ同じレベルであったが、20m以内では「持続性せき」、「持続性ゼロゼロたん」、「ぜん息様症状」、「ぜん息様症状現在」、「ぜん息様症状」のいずれも両調査結果より高い傾向を示した。一方、成人についても、20m以内では「持続性たん」、「持続性せきたん」、「ぜん息様症状（母親）」で両調査結果より高い傾向がみられた。その他既往歴では、児童のちくのう症、ぜん息性気管支炎、成人の肺炎、アレルギー性鼻炎、ろく膜炎、慢性気管支炎がそれぞれ道路端に近い地域で高率であった。

さて、交通量が都内に比べて少ない白田町の調査であるが、スパイクタイヤ粉じん汚染地域での健康調査では、沿道直近の住民が洗濯物の汚れ、家の中のザラザラなどの生活の不便に関連した訴えと共に、目や鼻などの粘膜刺激症状を多く訴え、自動車排ガス由来のSPMとは、ややおもむきを異にしていた。

ヒトは、多種多様な成分からなる粒子状物質を吸入するが、その生体影響を評価するに当たって、それぞれの成分の毒性発現の機序を知ることが必要である。そこで、自動車排ガス中にも含まれる炭素粒子、繊維状物質のアスベスト、重金属、さらにフライアッシュなどの粒子状物質を、ラット、マウス、モルモットなどの動物に吸入、あるいは気管内投与法により経気道的に暴露した。当該物質の肺内での沈着、生体内への取り込み、毒性発現及び生体防御反応の過程の機序について検討し、用量一応答関係や臨界濃度など新しい知見を得た。

以上の研究成果は、調査地域の^{大気汚染}状況を把握したに留まらず、地域住民が吸入する屋内外の大気による^{呼吸器系}影響への^{リスク}評価に際し、多様な都市生活をする住民の大気汚染物質の^{暴露}レベルを推定する時の問題点を指摘した点にある。すなわち、まず^{粒子状物質}の^{分級}捕集方法の開発、その成分の^{測定・分析法}の標準化の必要性を明らかにし、さらに健康影響の評価に用いられる^{呼吸器症状}の有症率の意味に検討を加えねばならないことを示唆していたことであった。

4 まとめ及び今後の研究の展望

大気汚染のレベルは、広域的にみれば交通量の多い都心部で高く、交通量の少ない住宅地、郊外では低い傾向がある。また、沿道地域では、気象条件、建物の構造や並びかた、交通量に対応して汚染濃度の日内及び日間変動が大きい。いずれにせよ NO、CO、粉じん濃度は道路端が著しく高く、道路からの距離に比例して急激に減衰し、NO₂ は緩やかに減衰する。NO₂ は、動物実験によれば約 0.2 ppm から様々な影響を与え、ヒトでは、ぜん息患者の 0.1 ppm 短期吸入などで前臨床的レベルの影響を発現させる。このような濃度は、沿道では起こり得るレベルである。さらに、現実の汚染は SO₂、オキシダント、多環芳香族化合物、硫酸ミスト、重金属などの SPM 等の複合汚染であることを考慮すると、健康影響とよく対応した汚染指標の開発に併せて沿道直近地域の継続的な環境測定と、沿道住民に対する多様な視点からの健康調査の継続が必要であり、そのための健康影響指標の開発が望まれる。

幹線道路沿道家屋内外の汚染レベルの調査では、対象世帯が少なく予備的規模のものであったが、家屋外濃度に比例した屋内濃度の上昇が示された。このため、今後 NO₂ 濃度分布図のごとく、沿道周辺地域での SPM 及び多環芳香族化合物の地理的濃度分布を把握した上で、解析に耐えられるだけの数の家屋について調査を行えば、一定の普遍的な傾向が確認できる見通しが出てきた。生活環境大気中の SPM の変異原性評価についても、本調査は試行的な段階に過ぎないが、健康影響を防止するための指標開発の研究として今後の展開が期待される。

葛飾の調査では、従来報告された知見を裏付けるような形で、沿道からの距離により、家屋内外において NO₂ の濃度が緩やかに減衰し、屋内粒子状物質の減衰はより緩やかであった。しかし、粒径 2.5 μm 以下の微小粒子については喫煙が、また NO₂ については暖房の影響が大きく影響しており、この調査レベルの屋外環境下にある地域の屋内汚染を考えると、その家屋の気密性を配慮した上で、喫煙、暖房等屋内汚染質発生源からの寄与を考慮しなければならないことを示していた。また、本調査での呼吸器症状の訴え率は、20 m 以内に限定してみると、従来報告された環境庁の疫学調査に比べて、児童、成人ともに高率の訴えであった。また、沿道からの距離によって訴え率が減衰するという傾向がみられ、これは昭和 50 年に実施された環境庁の健康影響調査の結果や新田らの結果と同様であった。ここには真の呼吸器系の健康障害に加え、居住地域の生活環境に対する住民の関心あるいは評価の反映が含まれていると考えられる。そのことを明らかにするには、国民健康保険診療報酬請求明細書などを利用して、当該地域における呼吸器系疾患をはじめとする傷病の受診状況調査と、居住生活環境に対する住民の意識調査が、その背景の分析のために今後必要とされる。

都市機能の高度化、人口の集中により、都市自動車交通量は今後減る可能性は少なく、都市大気環境は一定のレベルの汚染状態が継続されるであろう。このような状態に対応するために、地域住民の発がん等の遅発性影響をも含む疾患の罹患及びそれに起因する死亡や、呼吸器系を主と

した症状の有症率に関する情報，さらに生物学的指標としてヒト，動物などの肺の汚染質の蓄積状況などの情報をその地域の大気環境情報と併せて長期的に収集し，その関連について総合的に解析できるようなシステムの構築が環境保健上必要である。沿道周辺など，局所的に大気汚染濃度の高い地域においては，家屋内外の大気環境測定と共に，個人暴露量を推定し，併せて呼吸器疾患患者等の高リスク集団と健康人とに分けて，有症率及び有病率などの指標に基づき健康状態の観察を行い，局所地域の大気汚染レベルの評価を行っていくことが必要とされる。そのための方法論の開発が待たれる。

[資 料]

I 研究の組織と研究課題の構成

1 研究の組織

[A 研究担当者]

環境保健部 部長	脇阪一郎* ¹ (昭和 60 年度 特別研究責任者)
	小泉 明* ² (昭和 61 年度 同 上)
	村上正孝 (昭和 62 年度 同 上)
環境保健研究室	太田庸起子・安藤 満・中野篤浩* ³ ・三森文行・松本 理
環境疫学研究室	小野雅司・金子 勇・田村憲治
人類生態研究室	鈴木和夫・遠山千春・青木康展・三種裕子* ⁴ ・杉平直子・平野靖史郎
環境心理研究室	東郷正美* ⁵ ・兜 真徳・相本篤子
環境生理部	
環境病理研究室	藤巻秀和・米元純三・河越昭子
環境生化学研究室	三浦 卓・持立克身
慢性毒性研究室	嵯峨井勝・小林隆弘・市瀬孝道・山根一祐・佐野友春
計測技術部	
底質土壌計測研究室	相馬悠子
分析室	功刀正行
大気環境部	
大気環境計画研究室	植田洋匡・宮崎 武
エアロゾル研究室	金谷 健* ⁶
技 術 部	
動物施設管理室	高橋 弘・高橋慎司・清水 明・山元昭二・伊藤勇三
* ¹ 現在 鹿児島大学医学部	* ² 現在 副所長
* ³ 現在 国立水俣病研究センター	* ⁴ 現在 (株)伊藤園
* ⁵ 現在 東京大学教育学部	* ⁶ 現在 総合解析部環境管理研究室

[B 客員研究員]

浅沼信治	(日本農村医学研究所)	(昭和 60~62 年度)
安藤哲夫	(鹿児島大学医学部)	(昭和 62 年度)
伊瀬洋昭	(東京都環境科学研究所)	(昭和 60 年度)
井上幹朗	(北海道大学医学部)	(昭和 60 年度)

板野龍光	(奈良県吉野保健所)	(昭和 60～62 年度)
市村国俊	(奈良県衛生研究所)	(昭和 60～62 年度)
吉良枝郎	(順天堂大学医学部)	(昭和 60～62 年度)
小林悦子	(金沢医科大学)	(昭和 60～62 年度)
清水 真	(杏林大学保健学部)	(昭和 60～62 年度)
白石浩二	(東京大学工学部)	(昭和 60～62 年度)
田中慶一	(神戸学院大学栄養学部)	(昭和 60～62 年度)
田畑米穂	(東京大学工学部)	(昭和 60～62 年度)
中村隆一	(東北大学医学部)	(昭和 60～62 年度)
新田裕史	(東京大学医学部)	(昭和 60～62 年度)
能川浩二	(金沢医科大学)	(昭和 60～62 年度)
前田和甫	(東京大学医学部)	(昭和 60～62 年度)
松島松翠	(佐久総合病院)	(昭和 60～62 年度)
溝淵鷹彦	(奈良県衛生研究所)	(昭和 60～62 年度)
矢島毅彦	(東邦大学薬学部)	(昭和 60～62 年度)
若松國光	(福岡女子大学家政学部)	(昭和 60～62 年度)
鷲見 和	(聖マリアンナ医科大学)	(昭和 60～62 年度)

[C 共同研究員]

児玉 弘	(筑波大学環境科学)	(昭和 61～62 年)
須長宏行	(筑波大学環境科学)	(昭和 60～62 年)
玉川洋子	(筑波大学環境科学)	(昭和 62 年)
中井里史	(東京大学医学部)	(昭和 60～62 年)
永倉仁史	(慈恵医科大学)	(昭和 62 年)
肥後幸呼	(共立薬科大学)	(昭和 62 年)
アルバート・E・ サイショ	(筑波大学社会医学)	(昭和 60 年)

2 研究課題と担当者 (括弧内は客員研究)

(1) 都市域における大気汚染とその健康影響に関する研究

小野雅司・金子 勇・平野靖史郎・田村憲治・相本篤子
(前田和甫・新田裕史)

(2) 気中毒性有機化合物の地域住民の暴露状態と健康影響に関する研究

安藤 満・松本 理・田村憲治・功刀正行・植田洋匡・金谷 健
(若松國光・伊瀬洋昭・松島松翠・浅沼信治)

(3) 人体（肺）蓄積によるリスク評価に関する研究

太田庸起子・中野篤浩・三森文行・松本 理・相馬悠子

(4) 呼吸器内沈着と体内移行等に関する実験的研究

1) 粒子状物質の呼吸器内沈着と体内移行等に関する実験的研究

太田庸起子・中野篤浩・三森文行・松本 理

2) 経気道暴露による重金属の呼吸器内沈着と体内移行並びにその影響に関する実験的研究

鈴木和夫・平野靖史郎・三種裕子・遠山千春・青木康展・杉平直子・中野篤浩

(小林悦子)

3) 粒子状物質の呼吸機能に及ぼす影響試験

平野靖史郎・小野雅司・相本篤子・清水 明・高橋 弘

4) フライアッシュ吸入による抗体産生能に関する研究

藤巻秀和

5) NO₂ とオゾンの複合暴露による病態成立に関する研究

嵯峨井勝・小林隆弘・市瀬孝道・山根一祐・佐野友春・河越昭子・米元純三

II 研究成果発表一覧

1 口頭発表

(昭和 60 年度)

Ando, M. and A.L. Tappel: Peroxide damage to enzymes: Methyl ethyl ketone peroxide damage to cytochrome P-450 peroxidase. 69th Annu. Meet. Fed. of Am. Soc. for Exp. Biol. and Guest Soc., Anaheim, California (USA), (60.4).

安藤 満・田村憲治・松本 理: 農村部, 都市部の気中粒子状物質への個人暴露量調査. 第 56 回日本衛生学会総会, 津, (61.3).

太田庸起子・A.E. Saisho・星 正敏・本田照幸: 肺黒色沈着物の放射化分析—特に遷移金属を中心として. 第 22 回理工学における同位元素研究発表会, 東京, (60.7).

太田庸起子・A.E. Saisho・渡辺圭子・中野篤浩・脇坂一郎: 環境中浮遊粒子の肺沈着に関する多面的知見(1)—肺内粒子の主要組成成分—. 第 44 回日本公衆衛生学会総会, 富山, (60.10).

Tappel, A.L., F.W. Summerfield and M. Ando: Damage to DNA, enzymes, and proteins by lipid peroxidation and other oxidant reactions. Am. Oil Chem. Soc., Honolulu (USA), (60.12).

田村憲治・安藤 満・田谷利光: ハウス内作業者における農薬の暴露—フローダストにおける検討. 第 34 回日本農村医学会, 長野, (60.10).

平野靖史郎・小野雅司: アスベストの肺への影響. 第 26 回大気汚染学会, 東京, (60.11).

(昭和 61 年度)

Ando, M. and K. Wakamatsu: Inhibition of insecticide acephate (O, S-dimethyl N-acetyl phosphoramidothioate) on the activity of cytochrome C oxidase in mitochondria. 4th Int. Congr. Toxicol., Tokyo, (61.7).

天沼喜美子・鈴木和夫: カドミウムの肺表面リン脂質に及ぼす影響. 第 59 回日本生化学会大会, 西宮, (61.9).

太田庸起子・A.E. Saisho・松本 理・脇坂一郎: 肺黒色沈着物のフリーラジカルについて—その蓄積と性状の検討. 第 59 回産業衛生学会, 広島, (61.4).

太田庸起子・中野篤浩・松本 理: 肺内カルシウム濃度に関する知見—とくに肺黒色沈着物について. 第 3 回微量栄養素研究会シンポジウム, 名古屋, (61.5).

Ohta, Y., M. Matsumoto, Y. Tabata and M. Inui: Urban air quality evaluated by analysis of human lung deposits. 7th World Clean Air Congr., Sydney (Australia), (61.8).

太田庸起子・松本 理: 肺沈着物(炭粉)中変異原の検出について. 第 27 回大気汚染学会, 京都, (61.11).

- 太田庸起子：安定同位体二酸化窒素の生体影響研究への応用。第 27 回大気汚染学会，京都，(61.11)。
- 小野雅司・平野靖史郎・新田裕史：小型粉塵サンプラーによる一般家庭内粒子状物質の測定。第 27 回大気汚染学会，京都，(61.11)。
- Ozawa, M., H. Fujimaki, T. Imai, T. Ashikawa, Y. Honda, K. Kubota and N. Watanabe : Enhanced IgE antibody production in mice intratracheally instilled with fly ash. 6th Int. Congr. Immunol., Toronto (Canada), (61.7).
- 功刀正行・小山博巳・若狭秀一：新しいパーソナルエアロゾル評価システム(1)。第 27 回大気汚染学会，京都，(61.11)。
- 功刀正行・小山博巳・若狭秀一：新しいパーソナルエアロゾル評価システム(2)。第 27 回大気汚染学会，京都，(61.11)。
- 小林悦子・鈴木和夫：気管内投与したカドミウムイオンの体内移動と肺の必須元素への影響。第 13 回環境汚染物質とそのトキシコロジーシンポジウム，金沢，(61.10)。
- 田村憲治・安藤 満・田谷利光：農作業に伴う浮遊粒子状物質の吸入暴露。第 35 回日本農村医学会，東京，(61.10)。
- 平野靖史郎・小野雅司：アスベストの肺への影響－クリソタイルとクロシドライトの比較。第 27 回大気汚染学会，京都，(61.11)。

〔昭和 62 年度〕

- 浅沼信治・佐々木喜一郎・内藤英輔・横山孝子・松島松翠・田村憲治・安藤 満：農村部国道沿いのスパイクタイヤ使用による浮遊粉じん発生状況調査。第 36 回日本農村医学会，山口，(62.10)。
- 安藤 満・田村憲治・松本 理：浮遊粒子状物質の屋外の汚染，第 57 回日本衛生学会総会，東京，(62.4)。
- 安藤 満・田村憲治・松本 理：浮遊粒子状物質中多環芳香族化合物の屋外および屋内の汚染。第 28 回大気汚染学会，東京，(62.10)。
- 安藤 満・田村憲治・松本 理：生活環境中浮遊粒子状物質多環芳香族化合物－家屋内外濃度の関連について。科学環境シンポジウム 1987，東京，(62.11)。
- 安藤 満・田村憲治：浮遊粒子状農薬吸入に伴う生体影響。第 58 回日本衛生学会総会，岡山，(63.3)。
- 市瀬孝道・嵯峨井勝：NO₂ と O₃ の単独及び複合暴露によるラットとモルモットの肺の過酸化脂質生成と抗酸化性防御系の変化。第 11 回過酸化脂質学会，名古屋，(62.10)。
- 太田庸起子：肺黒色沈着物(炭粉)中の炭素成分の検討。第 60 回日本産業衛生学会，東京，(62.4)。
- 太田庸起子・星 正敏・本多照幸：屋内浮遊粒子の元素組成について。第 24 回理工学における同

- 位元素研究発表会，東京，(62.6).
- Ohta, Y., Y. Soma, M. Shimizu, A.E. Saisho and M. Shiraishi: Analysis of the composition of human lung deposits. Euroanalysis VI, Paris (France), (62.9).
- 太田庸起子・柴田恵子：屋内浮遊粒子に関する調査知見(1) SEM-EDAX による組成元素濃度および粒子観察について。第 28 回大気汚染学会，東京，(62.10)。
- 太田庸起子：屋内浮遊粒子に関する調査知見(2)放射化分析法による指標元素濃度の比較検討。第 28 回大気汚染学会，東京，(62.10)。
- 太田庸起子・中野篤浩：浮遊粒子状物質と健康(1)屋内浮遊粒子の組成とカルシウムの体内摂取について。第 46 回日本公衆衛生学会総会，長崎，(62.11)。
- 小野雅司・村上正孝・新田裕史・中井里史・前田和甫：都内幹線道路沿道の住民健康調査結果。第 58 回日本衛生学会，岡山，(63.3)。
- 河越昭子・米元純三・白石不二雄・村上正孝：NO₂ と O₃ の交互暴露と複合暴露による肺組織への影響について。第 58 回日本衛生学会総会，岡山，(63.3)。
- 功刀正行・小山博巳・若狭秀一：パーソナルエアロゾルサンプリングシステムの開発(3)。第 28 回大気汚染学会，東京，(62.10)。
- 小林悦子・須長宏行・鈴木和夫：気管内投与後におけるカドミウムの化学形態の変化。第 57 回日本衛生学会総会，東京，(62.4)。
- 嵯峨井勝・市瀬孝道・平野靖史郎：硫酸エアロゾルの実験動物に及ぼす影響(2)ラットとモルモットの肺のコラーゲン代謝と病理組織変化。第 5 回エアロゾル科学技術研究討論会，筑波，(62.7)。
- 嵯峨井勝・市瀬孝道：NO₂ と O₃ の複合暴露による過酸化脂質生成の動物種差について。第 11 回過酸化脂質学会，名古屋，(62.10)。
- 嵯峨井勝・市瀬孝道・平野靖史郎：硫酸エアロゾル吸入動物のコラーゲン代謝と病理組織学的変化について。第 28 回大気汚染学会，東京，(62.10)。
- 田村憲治・安藤 満・浅沼信治・佐々木喜一郎・内藤英輔・横山孝子・松島松翠：農村部国道沿いのスパイクタイヤ使用による浮遊粉じん中金属濃度。第 36 回日本農村医学会，山口，(62.10)。
- 田村憲治・安藤 満：農村部幹線道路周辺のスパイクタイヤ使用に伴う浮遊粉じん濃度変化。第 58 回日本衛生学会，岡山，(63.3)。
- 塚本直美・平野靖史郎・肥後幸呼・鈴木和夫：気管内投与した酸化カドミウムの肺に対する急性毒性。第 58 回日本衛生学会総会，岡山，(63.3)。
- 永倉仁史・遠藤朝彦・米元純三・村上正孝：大気汚染物質（オゾン）の鼻粘膜上皮の透過性に及ぼす影響について。第 6 回耳鼻咽喉アレルギー免疫研究会，東京，(63.3)。
- 平野靖史郎・清水 明・嵯峨井勝：硫酸エアロゾルの実験動物に及ぼす影響 (1) 吸入装置の開発，

第5回エアロゾル科学技術研究討論会, 筑波, (62.7).

平野靖史郎・村上正孝: アスベストの肺への影響—急性影響—. 第28回大気汚染学会, 東京, (62.10).

平野靖史郎・塚本直美・肥後幸呼・小林悦子・鈴木和夫: 酸化カドミウムの気管内投与による肺の抗酸化酵素への影響. 環境科学シンポジウム1987, 東京, (62.11).

平野靖史郎・塚本直美・肥後幸呼・小林悦子・鈴木和夫: 気管内投与した酸化カドミウムの生体内挙動と肺の必須元素に及ぼす影響. 第58回日本衛生学会総会, 岡山, (63.3).

藤巻秀和・河越昭子・米元純三・村上正孝: フライアッシュとケイ酸アルミニウムの気管内投与によるIgE抗体産生の増強比較. 第58回日本衛生学会総会, 岡山, (63.3).

Maeda, K., H. Nitta, S. Nakai and M. Ono: Relationship between pollutants level of indoors and outdoors in homes around traffic congested roadside area in Tokyo, 80th Annu. Meet. of APCA, New York (USA), (62.6).

[昭和63年度]

浅沼信治・佐々木喜一郎・内藤英輔・松島松翠・安藤 満・田村憲治: 農村部国道沿いのスパイクタイヤ使用による浮遊粉じんへの自覚症状調査. 第37回日本農村医学会, 青森, (63.10).

Ando, M., K. Tamura and S. Asanuma: Lipid peroxidation and inhalation toxicity by pesticide particle. Int. Conf. Med. Biochem. Chem. Aspects of Free Radicals, Kyoto, (63.4)

Ando, M., K. Tamura and S. Asanuma: Exposure and risk assessment of pesticides and related contaminants at rural area in Japan. 4th Asian Congr. of Rural Med. and Primary Health Care, Beijing (China), (63.10).

安藤 満・田村憲治: スパイクタイヤ使用による浮遊粉じんの暴露とその影響, (I) 沿道住民の暴露量調査. 第29回大気汚染学会, 仙台, (63.11).

太田庸起子・松本 理・中野篤浩: 肺内蓄積微量元素に関する検討会. 第5回微量元素研究会シンポジウム, 大阪, (63.4).

太田庸起子・星 正敏・本多照幸: 屋内浮遊粒子状物質中の指標元素濃度の比較. 第25回理工学における同位元素研究発表会, 東京, (63.7).

太田庸起子: ^{13}C 炭素粒子の肺内沈着—粒子状物質吸入実験への安定同位体の利用. 第25回理工学における同位元素研究発表会, 東京, (63.7).

Ohta, Y.: Accumulation and composition of inhaled particulates in human lungs. 7th Int. Pneumoconioses Conf., Pittsburgh (USA), (63.8).

太田庸起子: 浮遊粒子状物質吸入に係る肺内蓄積元素濃度の検討. 第29回大気汚染学会, 仙台, (63.11).

- 太田庸起子：屋内浮遊粒子に関する調査知見(3)浮遊粒子状物質と汚染の評価について。第 29 回大気汚染学会，仙台，(63.11)。
- 小野雅司・村上正孝・中井里史・新田裕史・前田和甫：都内幹線道路沿道の一般家屋内における環境測定結果(1)粒子状物質について。第 29 回大気汚染学会，仙台，(63.11)。
- Ozawa, M., H. Fujimaki, M. Ono, H. Nagakura, N. Watanabe and Y. Honda: Enhancement of IgE antibody production by air pollutants in mice. 12th Congr. Eur. Rhino. Soc., Amsterdam (Holland), (63.6)。
- 河越昭子・米元純三・村上正孝：NO₂ + O₃ 長期暴露のラットに及ぼす影響(II)病理形態学的変化のまとめ。第 29 回大気汚染学会，仙台，(63.11)。
- 小林悦子・平野靖史郎・塚本直美・玉川洋子・鈴木和夫：ラットに気管内投与した酢酸亜鉛の代謝と気管支肺胞洗滌液中の炎症応答。環境科学シンポジウム 1988，東京，(63.12)。
- Sagai, M., S. Hirayama and T. Ichinose: Inactivation of glutathione S-transferase isozymes by superoxide, hydrogen peroxide and lipid peroxides. Int. Conf. Med. Biochem. Chem. Aspects of Free Radicals, Kyoto, (63.4)。
- 嵯峨井勝：環境因子とフリーラジカル。1st Conf. SFRR/Japan, 修善寺，(63.11)。
- 鈴木和夫・小林悦子・平野靖史郎：経気道侵入重金属の毒性。環境科学シンポジウム 1988，東京，(63.12)。
- 関 理恵・佐野友春・三沢章吾・嵯峨井勝：アスベストとタバコの煙による DNA 鎖切断について。第 12 回過酸化脂質フリーラジカル学会，京都，(63.10)。
- 田村憲治・安藤 満・浅沼信治・佐々木喜一郎・内藤英輔・松島松翠：農村部国道沿いのスパイクタイヤ使用による住民の粉じん暴露調査。第 37 回日本農村医学会，青森，(63.10)。
- 田村憲治・安藤 満：スパイクタイヤ使用による浮遊粉じんの暴露とその影響，(II)沿道住民の自覚症状調査。第 29 回大気汚染学会，仙台，(63.11)。
- 中井里史・新田裕史・前田和甫・小野雅司・村上正孝：都内幹線道路沿道の一般家屋内における環境測定結果(2)NO₂ について。第 29 回大気汚染学会，仙台，(63.11)。
- 平野靖史郎・肥後幸呼・塚本直美・小林悦子・鈴木和夫：ラットに気管内投与した酸化亜鉛の体内動態と肺への影響。第 14 回環境汚染物質とそのトキシコロジーシンポジウム，熊本，(63.11)。

2 誌上発表

[昭和 60 年度]

- Ando, A. and A.L. Tappel (1985): Methyl ethyl ketone peroxide damage to cytochrome P-450 peroxidase activities. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 81, 517-524.
- Ando, A. and A.L. Tappel (1985): Effect of dietary vitamin E on methyl ethyl ketone

peroxide damage to microsomal cytochrome P-450 peroxidase. *Chem. Biol. Interactions*, **55**, 317-326.

Ohta, Y., H. Shiraishi and Y. Tabata (1985): An electron spin resonance study of free radicals in black dust deposited in human lungs. *Arch. Environ. Health*, **40** (5), 279-282.

太田庸起子・乾 道夫・白石浩二(1985): 人肺の沈着物の分析からみた首都圏大気汚染度の検討. *日本胸部臨床*, **44** (4), 266-274.

太田庸起子 (1985): 大気汚染と塵肺. *Med. Technol.*, **13**, 1161-1163.

田畑米穂・太田庸起子・本多照幸(1985): 肺炭粉塵あいの組成元素に関する研究. 武蔵工業大学原子炉等共同利用研究報告書, **9**, 97-100.

[昭和 61 年度]

安藤 満(1986): 有機過酸化物によるミクロゾーム酵素の障害作用とチトクローム P-450 のペルオキシダーゼ活性. *日本衛生学会雑誌*, **41**, 587-592.

Ohta, Y., M. Inui, H. Shiraishi and M. Matsumoto (1986): Air quality of Tokyo metropolis evaluated by analysis of human lung deposits. *In: Int. med. today and tomorrow*, Oda, T. *et al.* (eds.), Kyoto, Amsterdam, Excerpta Medica, 106-112.

太田庸起子・中野篤浩・松本 理(1986): 肺内カルシウム濃度に関する知見—とくに肺黒色沈着物について. *微量栄養素研究*, **3**, 203-210.

Kobayashi, E. and K. T. Suzuki (1986): Transfer of cadmium ion instilled intratracheally into rats and its effect on lung essential elements. *Eisei Kagaku*, **33**, 16.

田畑米穂・太田庸起子(1986): 肺炭粉じんあい組成元素に関する研究. 武蔵工業大学原子炉等共同利用成果報告書, **10**, 73-75.

[昭和 62 年度]

Amanuma, K. and K. T. Suzuki (1987): Effect of intratracheal instillation of cadmium chloride on phospholipids in alveolar wash fluid. *Toxicology*, **44**, 321-328.

安藤 満・田村憲治(1987): 交差点付近および家屋内外における浮遊粒子状物質 (SPM) の研究—可搬型 SPM サンプラーによる調査成績. *日本衛生学雑誌*, **42** (5), 939-946.

市瀬孝道・嵯峨井勝(1987): 二酸化窒素暴露によるラットの肺, 血清及び尿中のコラーゲン代謝関連因子の変化. *大気汚染学会誌*, **22**, 397-407.

Ohta, Y., M. Inui and H. Shiraishi (1987): Determination of accumulated heavy metals and other substances in human lungs with special regards to the toxic effects of hexavalent chromium in a factory worker. *In: Toxicology of Metals: Clinical and Experimental Research*, Brown, S. S. and Y. Kodama. (eds.), Ellis Horwood, 369-370.

- 太田庸起子(1987)：薰炭製造時に発生する有害物質。日本医事新報, (3314), 129-130.
- 小野雅司・平野靖史郎・金子 勇・脇阪一郎・新田裕史・前田和甫(1987)：屋内・屋外の窒素酸化物濃度の長期測定結果について。日本衛生学雑誌, **42**(5), 922-932.
- 小林悦子・鈴木和夫(1987)：ラットに気管内投与した重金属の影響(第1報)塩化カドミウムの投与量に依存した肺への取り込みと肝への移行。衛生化学, **33**, 356-359.
- 小林悦子・須長宏行・鈴木和夫(1987)：ラットに気管内投与した重金属の影響(第2報)塩化カドミウムの投与量に依存した肺への取り込みと肝への移行。衛生化学, **33**, 360-364.
- 小林悦子・児玉 弘・須長宏行・鈴木和夫(1987)：ラットに気管内投与した重金属の影響(第3報)塩化カドミウム投与後の肺上清中のカドミウムの存在形態の変化。衛生化学, **33**, 409-414.
- Sagai, M. and T. Ichinose (1987): Lipid peroxidation and antioxidative protection mechanism in rat lungs upon acute and chronic exposure to nitrogen dioxide. *Environ. Health Perspective*, **73**, 179-189.
- Sagai, M. and T. Ichinose (1987): Changes of lipid peroxides, Vitamin E and peroxidizability index in rat lungs during aging. *In: Clinic. Nutr. aspects of Vitamin E.*, O. Hayaishi and N. Mino (eds.), Elsevier Sci. Pub., 321-324.
- Sagai, M., K. Arakawa, T. Ichinose and N. Shimojo (1987): Biochemical effects of combined gases of nitrogen dioxide and ozone. 1. Changes of lipid peroxides and phospholipids in lungs of various animals. *Toxicology*, **4**, 251-265.
- 田畑米穂・太田庸起子・本多照幸(1987)：屋内浮遊粒子の組成元素濃度に関する研究。武蔵工業大学原子炉等共同利用研究成果報告書, **11**, 88-90.

〔昭和 63 年度〕

- 安藤 満(1988)：大気中農薬の測定法。大気汚染防止の技術と機器, 産調出版, 272-276.
- 安藤 満・田村憲治・金谷 健(1988)：微粉剤スプラサイド FD 吸入による生体影響。日本農村医学会雑誌, **37**(4), 873-878.
- 安藤 満・田村憲治(1988)：幹線道路沿道の家屋内外における浮遊粒子状物質および多環芳香族化合物濃度の研究。大気汚染学会誌, **23**(6), 342-348.
- 安藤 満(1988)：浮遊粒子状農薬吸入に伴う生体影響, 医学のあゆみ, **147**(7), 625.
- Ando, M., K. Tamura and S. Asanuma (1988): Lipid peroxidative damage and inhalation toxicity by suspended particulate pesticide. *In: Med. Biochem. and Chem. Aspects of Free Radicals*, Hayaishi, O., M. Kondo, T. Yoshikawa and E. Niki (eds.), Elsevier Sci. Pub., (in press)
- Ichinose, T., K. Arakawa and M. Sagai (1988): Biochemical effects of combined gases of nitrogen dioxide and ozone. 2. Species differences of lipid peroxides and antioxidative

- protective enzymes in lungs. *Toxicol. Lett.*, **42**, 167-176.
- 小野雅司・村上正孝・新田裕史・中井里史・前田和甫(1988)：都内幹線道路沿道の一般家庭内における粒子状物質並びに二酸化窒素濃度について。大気汚染学会誌, **24** (2), (印刷中)。
- 小林悦子・平野靖史郎・塚本直美・玉川洋子・鈴木和夫(1988)：ラットに気管内投与した重金属の影響(第4報)肺における酢酸亜鉛の代謝。衛生化学, **34**, 560-564。
- 小林悦子・平野靖史郎・塚本直美・鈴木和夫(1988)：ラットに気管内投与した重金属の影響(第5報)酢酸亜鉛投与がもたらす気管支肺胞洗滌液中の炎症応答。衛生化学, **34**, 524-530。
- Sagai, M., S. Hirayama and T. Ichinose: Inactivation of glutathione S-transferase isozymes in rat liver by superoxide and lipid peroxides. *In: Med. Biochem. and Chem. Aspects of Free Radicals*, Hayaishi, O., M. Kondo, T. Yoshikawa and E. Niki (eds.), Elsevier Sci. Pub., (in press).
- 嵯峨井勝(1988)：脂質過酸化。毒性試験講座 第8巻, 佐藤哲男他編, 地人書院, (印刷中)。
- 嵯峨井勝(1988)：生体内でフリーラジカル反応を誘起する種々な環境因子。Mebio, **5**, 69-74。
- 嵯峨井勝 訳(1988)：第25章大気汚染。トキシコロジー, 福田英臣・内山 充・佐藤哲男訳編, 同文書院, 830-854. [Toxicology, Klaasseu, C. D., M. O. Amdur and J. Doull (eds.), Macmillan Pub. Co., Inc.]
- Hirano, S., M. Ono and A. Aimoto (1988): Functional and biochemical effects on rat lung following instillation of crocidolite and chrysotile asbestos. *J. Toxicol. Environ. Health*, **24**, 27-39.
- Hirano, S., N. Tsukamoto, E. Kobayashi and K. T. Suzuki (1988): Toxicity of cadmium oxide instilled into the rat lung. I. Metabolism of cadmium oxide in the lung and its effects on the essential elements. *Toxicology*, (in press).
- Hirano, S., N. Tsukamoto, S. Higo and K. T. Suzuki (1988): Toxicity of cadmium oxide instilled into the rat lung. II. Inflammatory responses in broncho-alveolar lavage fluid. *Toxicology*, (in press).
- Hirano, S., S. Higo, N. Tsukamoto and K. T. Suzuki (1988): Metabolic behavior and pulmonary toxicity of zinc oxide instilled into the rat lung. *Eisei Kagaku*, (in press).
- 松尾光芳・嵯峨井勝・吉川敏一 訳(1988)：フリーラジカルと生体, 学会出版センター, 374 p. [Free Radicals in Biology and Medicine. Halliwell, B. and J.M.C. Gutteridge (eds.), Oxford Univ. Press]
- 若月俊一・住井すゑ・安藤 満(1989)：食品汚染一食と健康からみた輸入農産物。労働旬報社, 226 p.
- Witshi, H. P., 嵯峨井勝(1988)：オゾン及び二酸化窒素暴露と肺ガンー最近の知見と問題点, 大気汚染学会誌, **24**, 1-20。

編集委員会委員

委員長	後藤典弘	委員	笹野泰弘
副委員長	相馬光之	〃	相崎守弘
〃	三浦卓	〃	小林隆弘
委員	海野英明	〃	太田庸起子
〃	宇都宮陽二郎	〃	古川昭雄
〃	田村正行	〃	大政謙次
〃	藤井敏博	事務局	古田早苗

REPORT OF SPECIAL RESEARCH FROM
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN

国立公害研究所特別研究報告
SR-2-'89

平成元年3月16日発行

編集 国立公害研究所 編集委員会

発行 環境庁 国立公害研究所

〒305 茨城県つくば市小野川16番2

印刷 日青工業株式会社

東京都港区西新橋2-5-10

Published by the National Institute for Environmental Studies
Onogawa 16-2, Tsukuba, Ibaraki 305 Japan
March 1989