

寒冷地冬期粉塵の形態と化学組成関連文献について

星 加 安 之

信州大学医学部衛生学教室

References on Morphology and Elemental Accumulation of the Studded Tire-Generated Dust Fall Particles.

Yasuyuki HOSHIKA

Department of Hygiene, Shinshu University School of Medicine

Key words: スパイクタイヤ粉塵, 状態分析, X線解析, Studded tire-generated dust, Chemical formula identification, X-ray analytical methods.

1 緒 言

寒冷地冬期スパイクタイヤ車道粉塵は、我国の最近の重大な環境汚染の一つとして社会問題化したが、北欧においてはすでに1950年代に注目されていた。札幌市や仙台市の実態調査からは、主たる車道粉塵は粒径 $5\sim 50\mu\text{m}$ のものが多く、粒子状物質、降下はいじん、道路堆積物などがスパイクタイヤ装着期は非装着期の1.8~700倍に達しており、アスファルト粒子は細径部分に集中し、鉄、アルミニウム、チタン、カルシウム、マンガンなどを同時に含み、かつ、粗大粒径の粉塵濃度が高いことや、空中分布は地上100mの高度に及ぶ例のあることなどが明らかにされた^{1)~9)}。

また、これらの粉塵の生体への健康影響としては、内科、小児科、眼科、耳鼻科など臨床の各科にわたっており、上気道疾患の多発、肺磁界測定による道路粉塵肺内沈着量の異常などが指摘された^{10)~11)}。さらに、野犬および実験用ねずみ肺胞への鉄、カルシウム、チタン、マンガンなどの重金属が高濃度であり、スパイクピンやアスファルト成分の蓄積が推定された¹²⁾。

一般に、大気中粒子状物質の環境および生体影響を明らかにするための疫学調査は、その起因物質の推定と背景にある暴露歴にもとづいて原因診断が行われる。この中では、粒子状物質の粒径や形態、個々の粒子の化学組成、結晶構造を明らかにすることが基本であるとされている。

X線分光学的手法は、1970年代より飛躍的發展がみ

られ、多元素同時分析を含む分析電子顕微鏡(AEM)によるX線微小分析がルーチン化され、一般環境癌に先行して見出される種々の職業癌(特に肺疾患性)の病理組織学的解明のための不可欠な手段とされている。この分野の研究は、極地を含む大気汚染、火山噴火、石炭フライアッシュ、標準的試料の基礎的解明のための粒子状物質とその化学反応による変化に関する報告^{13)~43)}、炭粉症、肺癌、硅肺症、石綿症、塵肺症など実験動物およびヒトについての病理組織学的生体試料に関する報告^{12), 44)~63)}など多くの重要な成果がある。

スパイクタイヤ車道粉塵関係についてもすでに走査-AEMによる分析報告^{12), 38)~40), 42), 45)}があるが、降下ばいじんについてはほとんど報告されていなかった。内陸型で比較的降雨積雪量が少なく、道路凍結しやすい、やや標高の高い(海拔約600m)当地区では道路粉塵の微量分析調査として1985年にPIXE法による研究⁶⁴⁾が報告されている。

我々は、これまでに当地区の「寒冷地冬期スパイクタイヤ車道粉塵の環境と健康影響に関する研究」として、長野県松本市周辺地域の粉塵についての環境と健康影響調査⁶⁵⁾、X線マイクロアナライザー測定(EPM A)^{66), 67)}、荷電粒子励起X線法(PIXE)⁶⁸⁾、X線回折および蛍光X線分析⁶⁹⁾など若干の知見について報告してきている。昭和62(1987)年度よりのデータを中心にこれまでにえられた特徴をまとめると以下のとおりである。

①降下ばいじん(松本市内60か所、隣接1村)は、

昭和62年度の同一期においても約30倍の差が認められた。

②道路堆積粉塵中Zn、Mnは、場所や経日変化がある。Al、S、Clは少ない傾向である。

③関連病院内浮遊粉塵量は、冬期に高い傾向であるがビル管理法ビル内粉塵基準値 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 以下である。

④昭和62年度12月期降下ばいじん最高値は、 $74.1\text{t}/\text{km}^2/30\text{日}$ 、最低値は $2.7\text{t}/\text{km}^2/30\text{日}$ で両サンプル水抽出液陰イオン、 NO_2^- 、 Br^- 、 F^- 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} が検出され、前者で $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ の比が小さく、後者でこの比が大であった。

⑤関連病院外来患者の電算集計件数データからは、冬期から春先に多い傾向は認められなかった。

⑥外来患者病名使用件数リスト（月別）で、診断名が確定し、患者が10人／月以上、月間総病名使用件数の0.1％以上に相当する疾患のうち、6～7月には、いわゆる風邪症候群の減少変化が認められたほかは、著大な季節変化はみられなかった。

⑦昭和62年度冬期松本市内降下ばいじん2検体のEPMA測定の結果、 $5\mu\text{m}$ 付近の粒子も多数みられ、土壌鉱物由来のSi、Alばかりでなく、Ca、Sの多い特徴的な形態の粒子を見出した。

⑧平成2年度冬期の降下ばいじん（24時間）測定では、道路直近で、 $550\sim 590\text{t}/\text{km}^2/30\text{日}$ であり、この値は昭和62年度冬期の最高値 $74.1\text{t}/\text{km}^2/30\text{日}$ の約8倍であった。

⑨PIXEでは、K、Ca、Feが主体で、Zn、Cuは日変化が明確になることがわかった。微量元素として、Ti、Mn、Ni、As、Rb、Zrが検出された。

⑩蛍光X線とX線回折分析では、他地域の既報データと類似して、Si、Al、K、Fe、Cuなどが多く、Cl、S、P、Mg、Na、Sr、Rb、Zn、Cu、Ni、Mn、Tiなどを微量成分として検出した。また、Quartz (SiO_2) が主成分であり、微量成分としてMuscovite (K、Na) ($\text{Al、Mg、Fe})_2[(\text{Si}_{3.1}\text{Al}_{1.9})\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$ 、Illite ($\text{K}_{0.7}\text{Al}_{2.1}(\text{Si、Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)、Kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_2$)、酢酸アンモニウム、DL-ロイシン、チオシアン酸カリウムなどが同定された。

現在、スパイクタイヤに関しては、環境庁主管による「スパイク粉塵の発生防止に関する法律」の施行（平成2年6月）、指定地域内での使用禁止（平成3年4月）、罰則適用（平成4年4月）、となり平成3年度冬期でスパイクタイヤ装着率が約30%、平成4年度冬期—現在では、最高でも5.8%（平成3年12月より平成

4年2月松本市調査による）と激減している。

しかしながら、塵肺症は、塵肺の原因因子に暴露中断後も数年においても突然発症する例や、長い潜伏期間の存在する症例などがあり不明の点の多い疾患であるとされていることから、今後数年間にわたって、注意深い追跡調査が当地区には必要であると考えられる。

本報告は、既報^{66),67)}の2地点の粉塵検体のうち、未発表の6粒子のEPMAデータについてとりまとめるとともに、先に引用した関連文献の主なものについて、個別に主要項目をまとめたものである。

2 実 験

2. 1 対象試料

No. 6 およびNo.91は既報^{66),67)}のとおり。

1) 降下ばいじん (No. 6)

昭和63年1月11日より昭和63年2月12日まで集められた。同地点は、南約800mに国道158号、北約1.2kmに国道147号とJR大糸線があり、2車線道路に面した2階ベランダで、比較的交通量は少ない。降下ばいじん $52.3\text{t}/\text{km}^2/30\text{日}$ 。

2) 降下ばいじん (No.91)

昭和62年12月1日より昭和63年1月4日まで集められた。同地点は、国道254号より東約300mの温泉街主要道路直近2階ベランダで、同時期、松本市内60か所では最高値は $74.1\text{t}/\text{km}^2/30\text{日}$ であった。

これらの地点周辺を写真1、2に示した。

2. 2 EPMA測定

測定条件は、既報^{66),67)}に準じた。

3 結果および考察

降下ばいじん試料No. 6 およびNo.91のSEMデータをFig.1,2に、EDSデータをFig.3,4に示した。

これらの粒子は、基本的には土壌・鉱物起源のものが主になっているものと考えられる。またまき上げ粉塵が重要である。

我国では、通常大気汚染で問題とされるのは $10\mu\text{m}$ 以下の粒径のもので肺内（肺胞内）侵入性の高い粒子とされている。図1、3に示したように、No. 6サンプルには $10\mu\text{m}$ 以下の粒径のものがいくつか認められたうえ、各粒子表面にはさらに、微小粒子が付着しているものがあり、これらは道路に残留するまき上げ粉塵として機械的損傷をうけながら複雑な気象条件のもとで挙動することが考えられる。また、降下ばいじんの水溶性成分は約10%程度でほとんど水に不溶で残留することから数 μm 程度の微小粒子と同様かあるいはそ

寒冷地冬期粉塵の形態

れ以上に挙動が注目される。

6-4は、比較的硫黄が多く、6-8は、硅素を主体としている。6-10のEDSは欠測である。

91-2は、比較的カルシウムが多く、91-9はカリウムが比較的多いことがわかった。

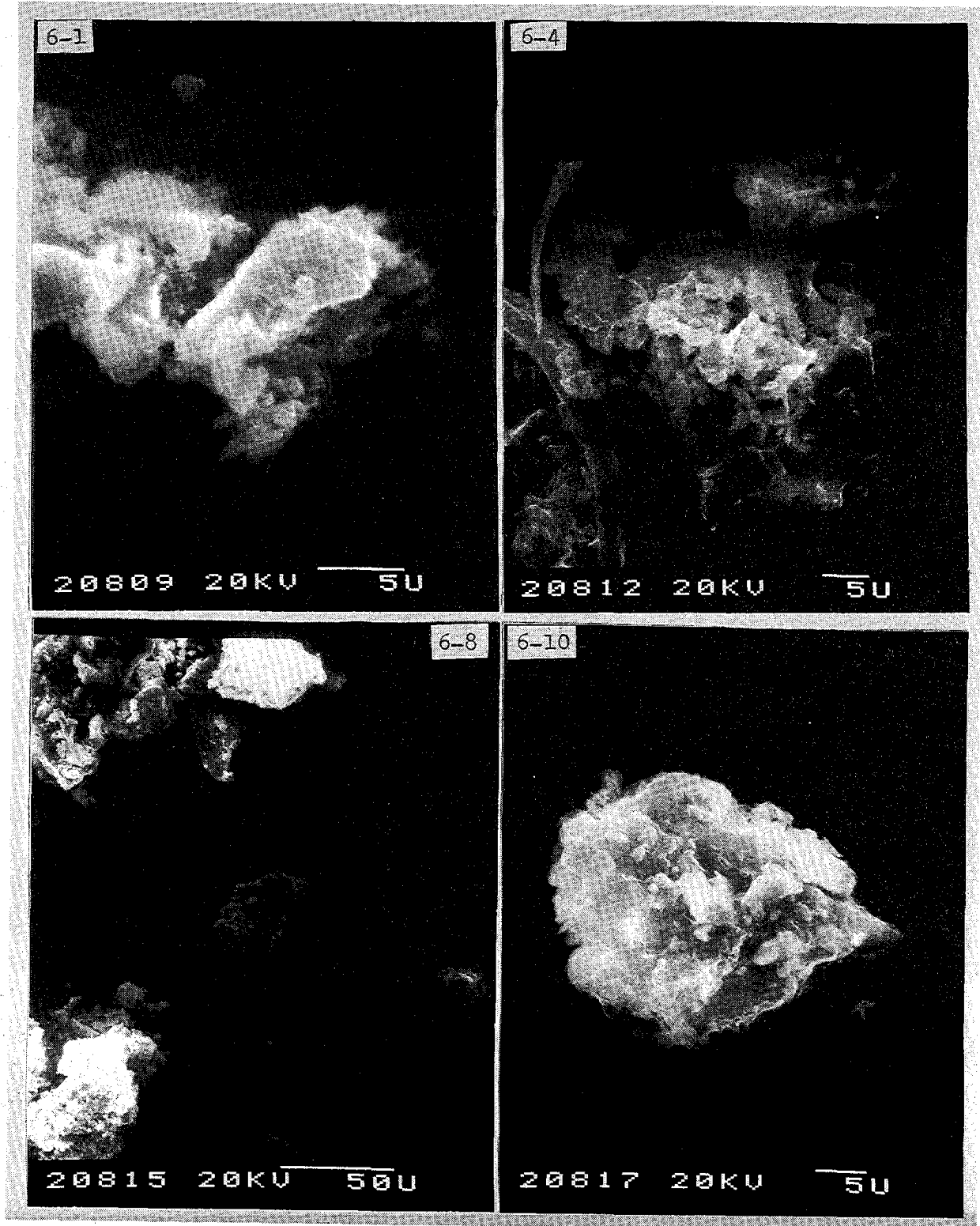


Fig.1 Photographs (6-1, 6-4, 6-8 and 6-10) of dust fall No.6 sample and with SEM

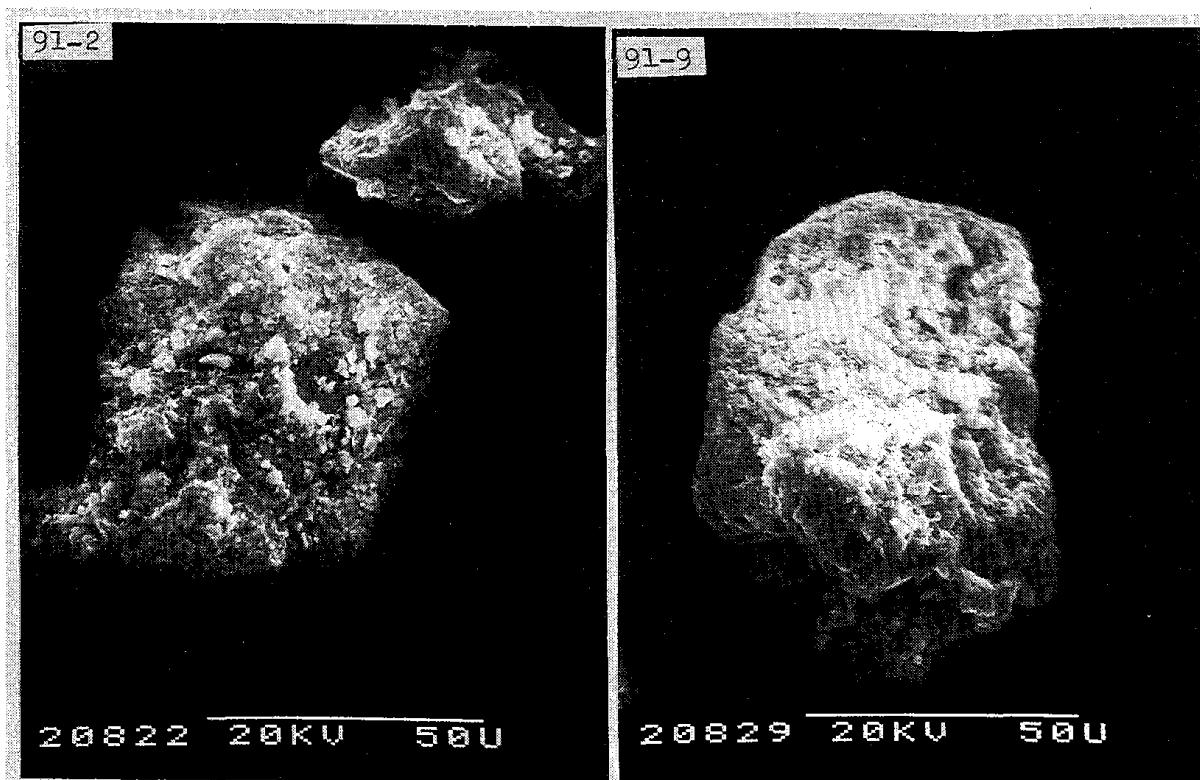


Fig.2 Photographs (91-2 and 91-9) of dust fall No.91 sample with SEM



Photo.1 No.6 Sampling position

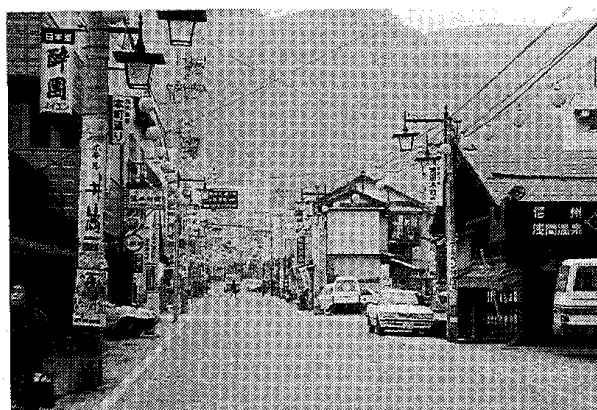


Photo.2 No.91 Sampling position

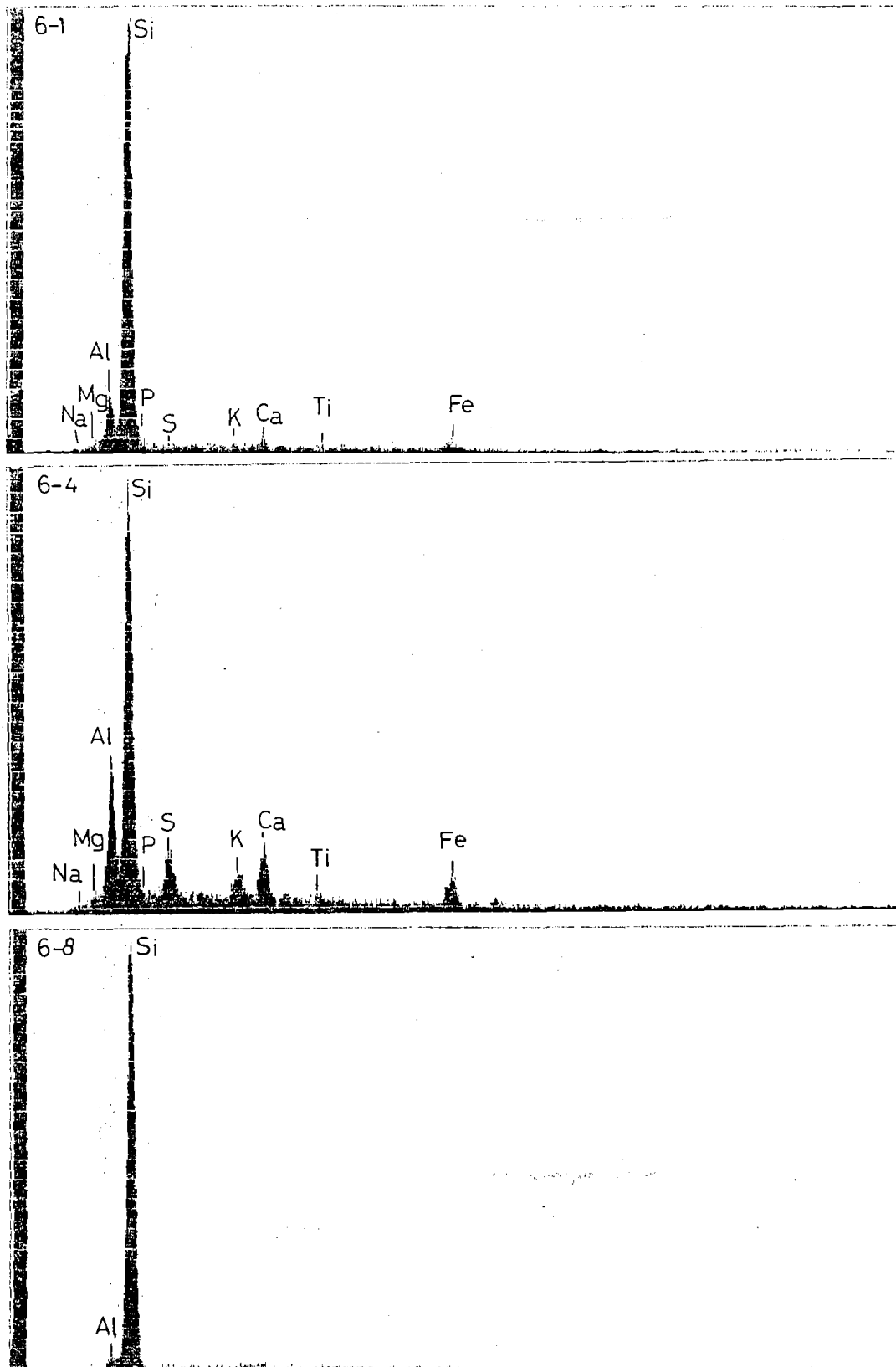


Fig.3 The spectra (6-1, 6-4 and 6-8) of the dust fall No.6 sample with EDS

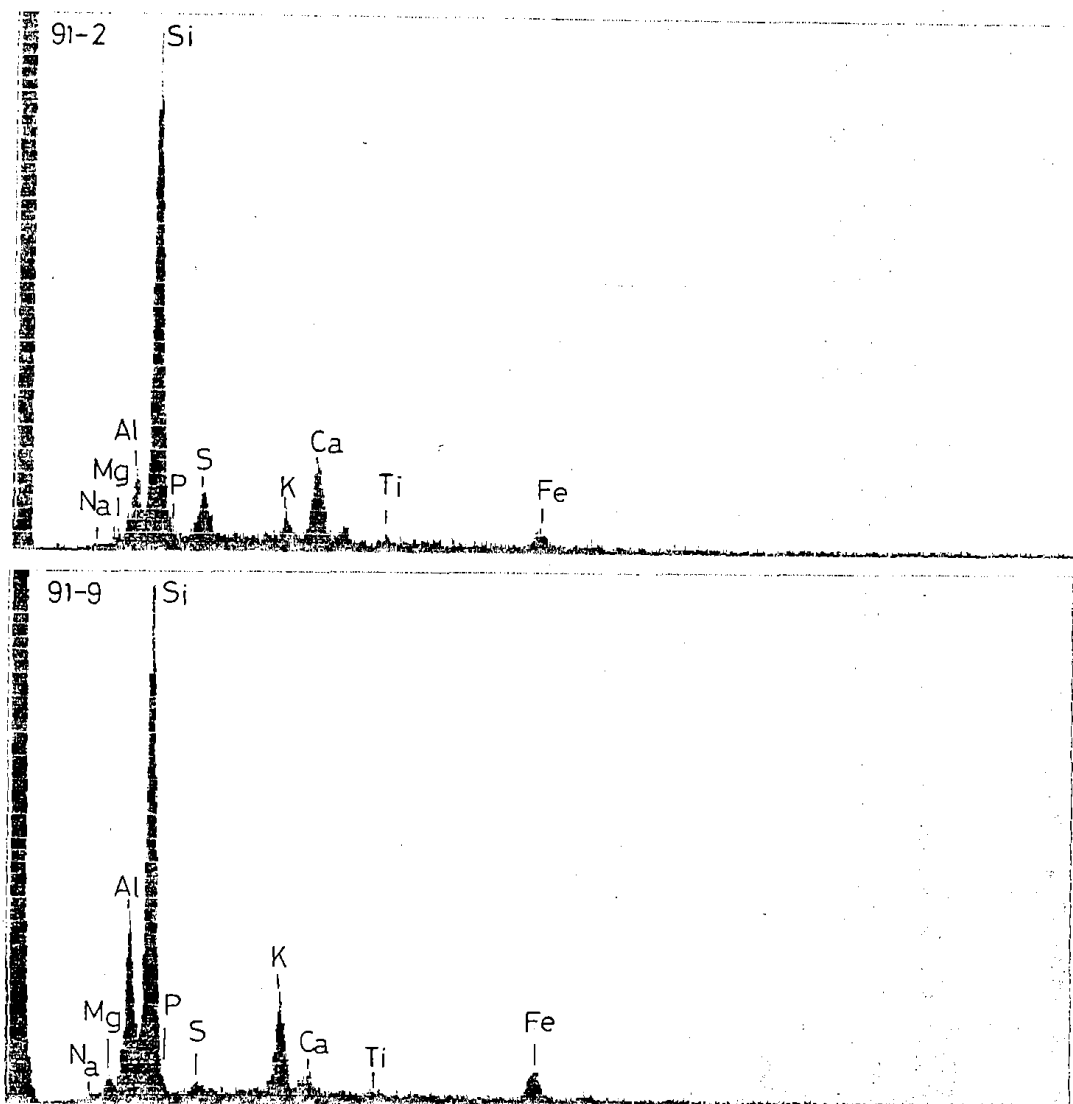


Fig.4 The spectra (91-2 and 91-9) of the dust fall No.91 sample with EDS

4 関連文献に対する 2・3 のコメント

- (1) 文献No.13: 煙道、製鉄所周辺、高速道路、SEM、重油蜂巢状特徴の粒子
- (2) 文献No.14: 光化学スモッグ、 SO_4^{2-} 、 H_2SO_4 ミスト、SEM-EPMA
- (3) 文献No.15: エアースンプラーステージNo.1~7、SEM
- (4) 文献No.16: 空気試料、Serpentine、Chrysotile、Antigorite、針状粒子
- (5) 文献No.17: aerosol、sub-micrometer、micrometer、 NH_4NO_3 、sulfate、chlorides、carbonate with NaNO_3 、nitron film
- (6) 文献No.18: chemical composition of single aerosol particle、 $\times 300$ 、粒子1つづつ、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 KMnO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ -particles
- (7) 文献No.19: 静電インパクターサンプラーによる H_2SO_4 、海塩粒子、S、Cl、Na、Mg
- (8) 文献No.20: 火山噴火前後、 H_2SO_4 and volatile sulfur particles
- (9) 文献No.21: polydisperse latex particles on a 2 μm 、酸化白金エアロゾール
- (10) 文献No.22: BaCl_2 薄膜上エアロゾル粒子、炭素薄膜上粒子数濃度100-200個/ cm^2 、静電式エアロゾルサンプラーで採取
- (11) 文献No.23: fly ash particles、shredded sponge type、rolled paper type、paint chip type、spherical type、2.4 μm cut off impactor stage

- (12) 文献No.24: テフロン上 J I S 10種フライアッシュ、ガラス繊維
- (13) 文献No.25: coal combustion、washing
- (14) 文献No.26: phologically classes in the correct fly ash solid sphere、carbonaceous material、glassy particles
- (15) 文献No.27: dust-cake on the inside of a bag cleaned by reverse gas
- (16) 文献No.28: combustion aerosol Btu coal gas
- (17) 文献No.29: $\times 3000$ 、flat angular edges、Si、Al、Na、P、S、K、Ca、Fe
- (18) 文献No.30: externally mounted resin secretion with several perforations
- (19) 文献No.30: ニールドフェルト内粉じん堆積1.5 mm
- (20) 文献No.32: particles from car wind shield、fly ash from stack、particles from car painted surface
- (21) 文献No.33: particles deposited on leaf surface at various site $> 20\text{km}$ from power stations、 $10-100\mu\text{m}$
- (22) 文献No.34: フライアッシュ、 $\times 8000$ 、微粉炭燃焼灰 (フライアッシュ)
- (23) 文献No.35: submicron ash particles at 1750K in $20\% \text{O}_2$
- (24) 文献No.36: non magnetic particles、iron sulfide、iron oxide
- (25) 文献No.37: spherical coal fly ash
- (26) 文献No.38: 環境試料 SEM (EPMA)
- (27) 文献No.39: Ca、Si、Ti、スパイクタイヤ粉塵、3月-10月、 CaCO_3 -アスファルトから、道路粉塵、ハイボリュームエアサンプラー、ボイラー、環境と発生源粉塵
- (28) 文献No.40: 環境中アスベスト
- (29) 文献No.41: ローボリュームエアサンプラー、ハイボリュームエアサンプラー、粒子状物質
- (30) 文献No.42: 道路堆積粉塵、粉塵付着野犬肺胞腫瘍部、野犬肺胞、沈着粉塵、実験ねずみ、肺胞壁沈着粉塵 SEM
- (31) 文献No.43: 堆積粉塵、標準的試料
- (32) 文献No.44: volcanic ash sample $\times 500$ 、majority of ash particles、sharp angular edges、rat lung、24hr following inject of 10mg ash、 $\times 400$ 、 $\times 1100$
- (33) 文献No.45: road dust分粒、ラット肺胞
- (34) 文献No.46: W deposited peribronchiolar particles X線マイクロアナライザー
- (35) 文献No.47: a typical beaded appearance type I ~IV
- (36) 文献No.48: 硅肺症は、遊離硅酸(シリカ)を含んだ粉塵を吸入することによっておこる肺の線維化である。
- (37) 文献No.49: four different amphibole asbestos fibers、amosite Si、Fe $>$ Mg、sometimes Mn、crocidolite Si、Fe、Na $>$ Mg、anthophyllite Si、Mg $>$ Fe、tremolite Si、Mg、Ca、X-ray micro analysis
- (38) 文献No.50: typical ferruginous bodies in bronchoalveolar lavage samples $\times 1200$ 、Si、Mg、Fe、Mn、amosite
- (39) 文献No.51: asbestos(ferruginous) bodies、Mg 13.7%、Si 47.2%、Ca 13.0%、Fe 3.5%
- (40) 文献No.52: PP membrane filter上に肺沈着物を前処理して集める。 $< 0.1-10\mu\text{m}$ 、Si、Ca、Fe、Al、Mg、P、Ti、total RFR
- (41) 文献No.53: 前処理蛍光X線分析 Total Si、Mg、Fe、Ca、Al、Cu、Pb、Cr、Mn、Ni
- (42) 文献No.54: 地域差
- (43) 文献No.55: 地域差、前処理、mass spectrometry
- (44) 文献No.56: Na、Mg、Al、Si、S、Cl、Ca、Ti、Mn、Fe、Zn、 $\times 100$ 、SEM of random area of lung tissue in a silicotic patients、silica nodula
- (45) 文献No.57: 大気浮遊粒子状物質をGB-100RでサンプリングしたもののSEM $\sim 10\mu\text{m}$
- (46) 文献No.58: silica nodula and thickened alveolar spta、 $\times 100$ 、S/P ratio
- (47) 文献No.59: 肺試料をのぞいて多くの試料を分析している。
- (48) 文献No.60: Hi-vol. samples 24hr、 $\times 1400$ 、fly-ash、coal burning power plant、alumino-silicate particles $\times 1800$ 、Hamster tracheal epithelium exposed to、crocidolite asbestos fiber、 $\times 3000$ 、asbestos tontalum suspension、four days after installation clearance、 $\times 4000$ 、coal workers pneumoconiosis、bronchiolites ofli、foundary worker SEM、EDX、Si、S、Al、P、Fe、Zircon($\text{Zr}-\text{SiO}_4$)、 SiO_2 、asbestos body、 $\times 16,000$ 、Beryllium disease、 $\times 160$ 、Si、Al、F
- (49) 文献No.61: occupational exposure history to

chrysotile asbestos for 12y, $\times 30$, $\times 3600$, fibrous particles Mg, Si, Fe, occupational of 35y insulation work typical asbestos fibers in the interstitium, $\times 3900$, tissue digestate two asbestos bodies, $\times 650$, Fe, Mg, chrysotile fiber, Hematite (Fe_2O_3) focal intrestitial section, silica talc, Si, $\times 3600$

- (50) 文献No.62: サブミクロン、Pb暴露ラット肺、Pb、Cu、 $0.5\mu\text{m}$ 、ペイント原料取扱い塵肺組織中の細胞食細胞 $2\mu\text{m}$ 、Al、Si、Fe、クロム肺癌、Cr、 $3\mu\text{m}$ 、雲母鉱物、溶接工肺、含鉄小体、超硬合金癌肺W、Ti
- (51) 文献No.63: 炭粉じんあいのSEM、アスベスト、クリソタイル

今回のEPMAデータからも今後当地区特有の疾患の疫学的解明にあたっての基礎的糸口を提供できるものと期待できる。今冬期当地区のこれまでの調査では、スパイクタイヤ装着率が10%以下に激減している今日ではあるが、環境由来の粉塵問題はいまだに不明の点

の多い分野である。更に少なくとも数年の継続研究が望まれる。

終わりに、EPMA測定についてご指導ご高配を賜りました東京大学生産技術研究所教授二瓶好正先生に深謝致します。また、貴重なる資料と体験をご教示いただいた埼玉医科大学第二病理学教室大島 晋先生はじめ関係各位とフィールドワークに参加された信州大学医学部学生諸君並びに種々のご指導、ご助言をいただいた東京大学名誉教授埼玉工業大学名誉学長武藤義一先生、信州大学医学部衛生学教室主任教授村山忍三先生に深謝致します。

さらに、国立環境研究所環境保健部小野雅司先生ならびに、坂下先生からは、貴重な研究資料をご教示いただいた。記して謝意を表する。

本研究に要した経費の一部は、平成3年度財団法人イオングループ環境財団第一回助成研究「信州における環境保健フィールドワークの研究・教育・地域活動」によってまかなわれた。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) S.H. Cadle, R.L. Williams: Gas and particle emissions from automobile tires in laboratory and field studies. J. Air Pollut. Assoc., 28, 502-507(1978).
- 2) 木村敦彦: スパイクタイヤ問題の現状と対策. 公害と対策. 20, 222-227(1984)
- 3) 公害と対策 (スパイクタイヤ) 特集号 20, 1143-1270(1984)
- 4) 玉川勝美, 高橋陽子, 三島靖子, 関敏彦, 角田行: 仙台市における道路堆積土砂の変異原性とベンゾ (α) ピレン含有量スパイクタイヤ粉塵の影響. 衛生化学. 31, 329-333(1985)
- 5-a) 北島永一, 谷中隆明: ゲル浸透高速液体クロマトグラフ法によるアスファルト舗装道路から発生する粉じん中アスファルトの定量. 大気汚染学会誌. 20, 378-383(1985)
- 5-b) 北島永一, 谷中隆明, 丸山隆雄, 黒崎裕人: 新潟市における道路粉じん中のアスファルト. 同誌, PP.438-443
- 5-c) 加藤拓紀: スパイクタイヤ粉じん公害の現状. ぶんせき. 1985-3, 193-195
- 6) 黒崎裕人, 北島永一, 丸山隆雄, 谷中隆明: 新潟市における道路近傍大気中のタイヤトレッド摩耗粉じん. 大気汚染学会誌. 21, 60-66(1986)
- 7) 佐藤夫二男, 山田秀樹, 今野和彦, 高橋陽子, 関敏彦, 角田行: スパイクタイヤによる道路粉じんの実態調査—仙台市における道路粉じんの発生と気象との関係. 公害と対策. 22, 143-150(1986)
- 8) 今野和彦, 山田秀樹, 佐藤夫二男, 相原良之, 関敏彦, 角田行: スパイクタイヤによる大気汚染と道路粉じんの実態調査—融雪剤散布に伴う植樹帯への影響. 公害と対策. 23, 154-158(1987)
- 9) 玉川勝美, 相原良之, 高橋陽子, 関敏彦: 大気浮遊粉塵の変異原性の季節変動—スパイクタイヤによるアスファルト粉塵の影響. 大気汚染学会誌. 23, 143-150(1988)
- 10) 池田正之: スパイクタイヤ粉塵による健康影響. トキシコロジーフォーラム. 11, 170-181(1988)
- 11) M. Ikeda, K. Watanabe, S. Hisamichi, H. Shimizu, S. Fujisaki, Y. Ichinowatari, Y. Ida, M. Suda, K. Kato: Upperrespiratory symptoms presumably due to studded tire-generated dust. Environ. Intern., 12,

505-511(1986)

- 12) 毛利衛, 雨宮進, 前田滋, 福田伸, 加藤茂樹, 佐竹徹, 橋場正男, 山科俊郎: スパイクタイヤ車粉塵の精密分析 (第二報). 北海道大学工学部研究報告. 114号, 47-56(1983)
- 13) 田中康信, 坂田衛: 粉じん・ばいじんのX線マイクロアナリシス. 島津評論, 昭和46年, (6)135-143(1971)
- 14) 本間克典: 反応生成物とその分析上の問題点. 大気汚染研究, 第15回大気汚染研究全国協議会大会号—大気中浮遊粒子状物質. 9(2), (76)114-(84)122(1974)
- 15) A.N. Dingle, B.M. Joshi: Ammonium sulfate crystallization in Andersen cascade impactor samples. Atmos. Environ., 8, 1119-1130(1974)
- 16) A.N. Rohl, A.M. Langer, I.J. Selikoff: Environmental asbestos pollution related to use of quarried serpentine rock. Science. 196, 1319-1322(1977)
- 17) Y. Mamane, R.F. Pueschel: A method for the detection of individual nitrate particles. Atmos. Environ., 14, 629-639(1980)
- 18) P. Wieser, R. Warster, H. Seiler: Identification of airborne particles by laser induced mass spectrometry. ibid., 14, 485-494(1980)
- 19) 伊藤朋之: 南極昭和基地における大気エアロゾル観測. 天気. 27-1, 13-24(1980)
- 20) R. Leifer, L. Hinchleife, I. Fisenne, H. Franklin, E. Knutsen, M. Olden, W. Sedlacek, E. Mroz, T. Cahill: Measurements of the stratospheric plume from the St. Helens eruption: Radioactivity and chemical composition. Science. 214, 904-907(1981)
- 21) N.Z. Heidam: Review, Aerosol fractionation by sequential filtration with nucleopore filters. Atmos. Environ., 15, 891-904(1981)
- 22) 小野晃: 大気中の硫酸塩(SO_4^{2-})粒子の挙動—気象学の立場からのアプローチ. 産業公害. 18, 477-484(1982)
- 23) D.R. Tayler, M.A. Tompkins, S.E. Kirton, T. Mauney, D.F.S. Natusch, P.K. Hopke: Analysis of fly ash produced from combustion of refuse-derived fuel and coal mixtures. Environ. Sci. Technol., 16, 148-154(1982)
- 24) 井伊谷鋼一: ろ過集じん技術の新しい方向. 産業公害. 18, 304-310(1982)
- 25) R.J. Lauf, L.A. Harris, S.S. Rawiston: Pyrite framboids as the source of magnetite spheres in fly ash. Environ. Sci. Technol., 16, 218-220(1982)
- 26) E. Donoyer, D.F.S. Natusch, P. Surkyn, F.C. Adams: Laser microprobe mass analysis (LAMMA) as a tool for particle characterization. A Study of coal fly ash. ibid., 17, 457-462(1983)
- 27) L.G. Felix and W.B. Smith: Preservation of fabric filter dust cake samples. J. Air Pollut. Control Assoc., 33, 1092-1094(1983)
- 28) Y.S. Cheng, H.C. Yeh, R.L. Carpenter, R.L. Hanson, G.J. Newton, R.F. Henderson: Low Btu coal gas combustion emission characteristics. ibid., 33, 1080-1084(1983)
- 29) V. Vallyathan, M.S. Mentnech, L.E. Stettler, D.D. Dollberg, F.H.Y. Green: Mount St. Helen's volcanic ash: Hemolytic activity. Environ. Res., 30, 349-360(1983)
- 30) R. Holm, G. Kampf, D. Kirchner, H.J. Heinen, S. Meiere: Laser microprobe mass analysis of condensed matter under atmospheric conditions. Anal. Chem., 56, 690-692(1984)
- 31) 松永晃: 四フッ化エチレン多孔膜をラミネートしたバグフィルターのパフォーマンスと集じんへの応用. 公害と対策. 22, 387-393(1986)
- 32) N.W. Paik, R. Keller: Fly ash emissions from a power plant and damage to automobile finishes. J. Air Pollut. Control Assoc., 36, 821-823(1986)
- 33) J.M. Coe, S.E. Lindberg: The morphology and size distribution of atmospheric particles deposited on foliage and on inert surfaces. ibid., 37, 237-243(1987)
- 34) 鈴木隆雄: 石炭利用の現状と将来. 産業公害. 17, 983-989(1981)
- 35) R.J. Suann, M. Neville, M. Janghorbani, C.A. Mims, A.F. Sarofim: Mineral matter and trace-element

- vaporization in a laboratory - pulverized coal combustion system. *Environ. Sci. Technol.*, 16, 776-781(1982)
- 36) S.Y. Lee : Coal gasofication solid wastes : physicochemical characterization. *ibid.*, 16, 728-731(1982)
- 37) 相馬光之, 宮坂恵子, 西川雅高, 葛原由章 : 石炭フライアッシュの酸処理による元素抽出と表面組成の変化. *分析化学*. 34, 305-308(1985)
- 38) 下原孝章, 宇都宮彬, 岩本眞二, 今武純, 武藤博昭 : 走査-分析型電子顕微鏡によるスパイクタイヤ粉じんの分析. *大気汚染学会誌*. 22, 269-277(1987)
- 39) 下原孝章, 宇都宮彬, 岩本眞二 : 走査-分析型電子顕微鏡を用いた発生源粉じんの指標化および環境粉じん評価の試み. *大気汚染学会誌*. 24, 100-111(1989)
- 40) 高尾真一, 田上四朗, 櫻井利彦 : 分析電子顕微鏡による環境中アスベストに関する研究 (第一報) - 商業地域について. *同誌*. 24, 214-226(1989)
- 41) 劉国林, 尾張真則, 迫雄二, 江川一, 鈴木周一, 二瓶好正 : X線マイクロアナライザーによる都市浮遊粒子状物質の起源解析. *分析化学*. 38, 515-521(1989)
- 42) 平賀洋明, 山本朝子, 菊池弘毅 : スパイクタイヤにより発生する車粉の呼吸器系に及ぼす影響. *北海道医誌*. 60, 4-7(1985)
- 43) 平田衛 : E PMAによる微粒子の組成分析. *空気清浄*. 24(3), 31-44(1986)
- 44) V. Vallyathan, M. Mentnech, J.H. Tucker, F.H.Y. Green : Plumonary response to mount St. Helens volcanic ash. *Environ. Res.*, 30, 361-371(1983)
- 45) S. Ohyama, A. Tanaka, A. Hisanaga, and N. Ishinishi : Chronic toxicity tests of road dust which was produced by studded tires and intratracheally instilled into hamsters. *J. Japan Soc. Air Pollut.*, 24, 270-275(1989)
- 46) 日下幸則, 杉本寛治, 関幸雄, 後藤稠, 横山邦彦, 山本暁, 渡良好澄, 京野洋子, 神山宣彦 : 超硬合金粉じんによる気管支肺疾患・医学的調査結果を中心として. *産業医学*. 24, 636-648(1982)
- 47) 君塚五郎, 林豊 : 都市および農村住民における含鉄小体 : 小体の比率と相違について. *大気汚染学会誌*. 18, 127-131(1983)
- 48) 小池重夫 : シリカによる肺の繊維化について. *産業医学*. 27, 376-389(1985)
- 49) V.L. Roggle, P.C. Pratt, A.R. Brody : Asbestos content of lung tissue in asbestos associated diseases : a study of 110 cases. *Brit. J. Ind. Med.*, 43, 18-18(1986)
- 50) A.R. Gellert, J.Y. Kitajewska, S. Uthayakumar, J.B. Kirkham, R.M. Rudd : Asbestos fibres in bronchoalveolar lavage fluid from asbestos workers : examination by electron microscopy. *Brit. J. Ind. Med.*, 43, 170-176(1986)
- 51) 岸本卓巳, 岡田啓成 : 石綿の家族内暴露が疑われた例. *産業医学*. 30, 212-213(1988)
- 52) 大島晋, 高浜素秀 : 人肺の炭粉沈着症の研究 - 特に波長分散型蛍光X線法による肺組織内粒子状物質の元素分析を中心に. *埼玉医科大学雑誌*. 11, 349-357(1984)
- 53) 大島晋, 高浜素秀 : ヒト肺組織内粒子沈着物の元素組成と職業歴との関係. *産業医学*. 30, 404-405(1988)
- 54) S. Ohshima : Studies on plumonary anthracosis with special reference to the mineral constitution of intraplumonary particulate pollutants in the human lung. *Acta, Path. Jap.*, 40, 41-49(1990)
- 55) 初鹿野浩, 岩井和朗, 重松照世, 岩崎竜朗, 吉村三郎, 若月俊一, 青山鉄美 : 黒色粉塵の分離, 分析を主とした人肺炭粉症の病理. *医学のあゆみ*. 64, 594-603(1968)
- 56) A. Funahashi, K. Pintar, K.A. Siegesmund : Identification of foreign mineral in lung by energy dispersive X-ray analysis. *Arch. Environ. Health.*, 30, 285-289(1975)
- 57) 費家怒夫, 戸田浩之, 中村利廣 : けい光X線による大気浮遊粒子状物質中の重金属元素の定量. *X線分析の進歩*. IX, 63-69(1976)
- 58) A. Funahashi, K.A. Siegesmund, R.F. Dragon, K. Pinter : Energy dispersive X-ray analysis in the study of pneumoconiosis. *Brit. J. Ind. Med.*, 34, 95-101(1977)

- 59) 水平敏和：分析電子顕微鏡の医学，生物学領域への応用．電子顕微鏡．12, 107-121(1977)
- 60) J.L. Abraham, : Recent Advances in Pneumoconiosis : The Pathologist's Role in Etiologic Diagnosis" in W.T. Thurlbeck and M. Abell. The Lung Chapter 6, 91-137(1978) Williams & Williams, Baltimore.
- 61) N.V. Vallyathan, F.H.Y. Green, J.E. Craighead : Recent Advances in the Study of Mineral Pneumoconiosis. Pathology Annual., 15(2), 77-108(1980)
- 62) 京野洋子：職業性肺疾患研究へのX線微小分析の応用．電子顕微鏡．17, 225-232(1983)
- 63) 太田庸起子，乾道夫，白石浩二，田畑米穂，松本理，森武三郎：「環境中のじんあいと肺」II, 71(1984, 国立公害研究所研究報告第67号R-67-84 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 特別研究総合報告 環境庁国立公害研究所
- 64) 松本市公害関係調査結果等報告書，昭和60年度，pp.79, 昭和61年度，pp.85
- 65) 星加安之：寒冷地冬期スパイクタイヤ車道粉塵の環境および健康影響に関する研究について．環境科学年報—信州大学—12, 131-141(1990) (第一報)
- 66) 星加安之，劉国林，尾張真則，二瓶好正：寒冷地冬期スパイクタイヤ車道粉塵(降下ばいじん)のX線マイクロアナライザー測定(E PMA)について．同誌．12, 142-145(1990) (第二報)
- 67) 星加安之，劉国林，尾張真則，二瓶好正：長野県松本市における冬期スパイクタイヤ車道粉塵(降下ばいじん)のX線マイクロアナライザー測定(E PMA)．日本化学会誌．1991-(6), 821-825(1991)
- 68) 星加安之，湯川雅枝，藤井孝：寒冷地冬期スパイクタイヤ車道粉塵(降下ばいじん)の荷電粒子励起X線法(P I X E)による測定例．環境科学年報—信州大学—13, 140-144(1991) (第四報)
- 69) 星加安之：寒冷地冬期スパイクタイヤ車道粉塵(降下ばいじん)のX線回折法による測定．環境科学年報—信州大学—13, 145-149(1991) (第五報)

本研究報告を「寒冷地冬期スパイクタイヤ車道粉塵の環境と健康影響に関する研究」第六報とする。