

# 道路沿道における浮遊粒子状物質中の炭素成分

秋山 薫 吉岡 秀俊 鎌滝 裕輝 泉川 碩雄

## 要 旨

浮遊粒子状物質の道路沿道付近における高濃度要因を把握するために、幹線道路際で浮遊粒子状物質中の主要な成分である元素状炭素などの実態を調査し、その特徴と自動車の影響について検討した。その結果、元素状炭素濃度は、道路沿道では他の地域に比較して高いこと、及び季節変化があり、日変化も大きいことが認められた。自動車走行台数の多い平日や昼間に元素状炭素濃度が特に微小粒子側で高くなることも明らかになった。また、発生源寄与の推定からも、自動車の影響が大きいことが認められた。

キーワード：浮遊粒子状物質、元素状炭素、有機炭素、発生源寄与、道路沿道

## Characteristics of Carbon Components in Ambient Particulate Matter in the Vicinity of Roads

Kaoru Akiyama, Hidetoshi Yoshioka, Hiroki Kamataki and Sekio Izumikawa

### Summary

Characteristics of carbon components which are the main components in ambient particulate matter were investigated in the vicinity of roads for the purpose of understanding the cause of its high concentration. In addition, the influence of vehicles was examined. Concentration of elemental carbon was higher in the vicinity of roads than in the other area. The seasonal as well as the daily variation were assessed to be large. Concentration of elemental carbon consisting of fine particles was higher during weekdays and day-time when the traffic volume was large compared to holidays and nights. According to estimate of the source apportionment, it was recognized that the influence of vehicles was large in the vicinity of roads.

Keywords : ambient particulate matter, elemental carbon, organic carbon, apportionment of source, vicinity of roads

### 1 はじめに

浮遊粒子状物質は都内の広い範囲にわたって高い濃度となることが知られ、この環境基準達成率は低い状況で推移している。浮遊粒子状物質の主要な発生源は自動車と考えられている<sup>1)</sup>ことから交通量の多い道路沿道付近では更に高い濃度となることが予測される<sup>2)-4)</sup>。自動車から排出される粒子は炭素成分が多くを占め、大部分が

粒径が $2\mu\text{m}$ 以下の微小な粒子とも考えられている<sup>5)</sup>。

ここでは、道路沿道付近における浮遊粒子状物質の高濃度要因を把握するために、主要な幹線道路際で浮遊粒子状物質中の元素状炭素、有機炭素の実態を調査し、その特徴について、また発生源寄与の推定により自動車の影響についても検討し、幾つかの知見が得られたので報告する。

## 2 調査方法

### (1) 調査地点及び期間

調査は、1989年から1996年にかけて、道路沿道地点として、自動車排ガス測定局である八幡山測定局（世田谷区）、梅島測定局（足立区）、日比谷測定局（千代田区）、豊玉測定局（練馬区）、柿ノ木坂測定局（目黒区）と首都高速道路に隣接する墨田区役所の屋上で実施した。調査にあたっては対照地点として幹線道路からは離れた環境科学研究所（江東区）や福生測定局（福生市）などで同時に捕集した。

### (2) 採取方法

浮遊粒子状物質の捕集は、アンダーセンサンプラーで行った。捕集ろ紙には石英繊維ろ紙（Pallflex 2500 QAST）を用いた。

### (3) 分析方法

炭素成分の分析は熱的方法で行った<sup>1)</sup>。酸素存在下窒素気流中で、350℃で5分間保持して炭酸ガスとして発生するものを有機炭素と見なし、その後、900℃以上で発生する炭酸ガスから求めた炭素成分を元素状炭素とした。

## 3 結果と考察

### (1) 日変化

#### ア 元素状炭素

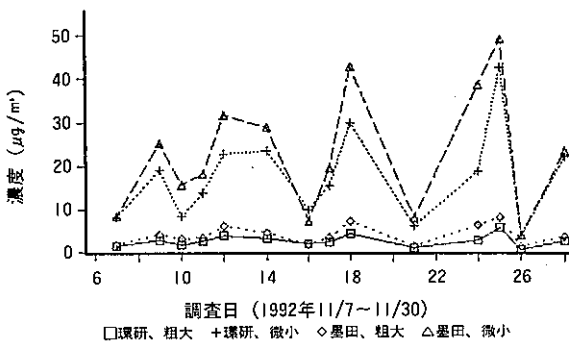


図1 元素状炭素濃度の日変化

調査は1992年の11月7日から11月30日にかけて実施した。これは首都高速6号線が11月14日の午前0時から19日の午後の12時にかけて道路工事のために車両の通行止めが行われることに併せて、この自動車の通行止めによる元素状炭素濃度等への影響を把握する目的でその前後の期間を調査したものである。この首都高速道路は高架上を走っていることから同じ位の高さで出来るだけ隣接

している測定点を考え、墨田区役所の、道路と概ね同じ高さの建物の屋上で測定した。建物は首都高速道路との間に障害物はないが、道路からは30m位離れていて<sup>6),7)</sup>、自動車排ガス測定局が置かれている道路沿道とは若干異なる状況にはある。ここでの元素状炭素濃度の日変化を、環境科学研究所の例と共に粒径別に図1に示した。

粗大粒子(粒径が2µm以上で7µm以下の粒子)、微小粒子(粒径が2µm以下の粒子)とも環境科学研究所の値よりも概ね高い濃度で推移している。濃度が高くなる程濃度差が広がる傾向は、自動車の影響を示唆するが、他の要因が大きく反映している可能性も否定出来ない。また、車両通行止めの期間とそうでない期間との差も明確ではない。墨田区役所における元素状炭素濃度の日変化が約5km離れた環境科学研究所の変化と似通っていることから、気象的要因で濃度の日変化が大きいことが認められる。

#### イ 有機炭素

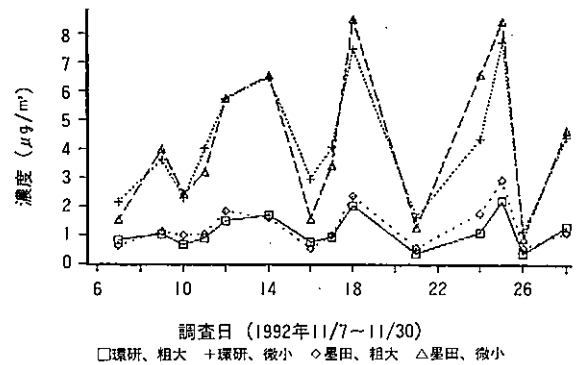


図2 有機炭素濃度の日変化

有機炭素濃度の日変化を図2に示した。有機炭素の場合には元素状炭素ほど濃度差は明確ではない。特に微小粒子では墨田区役所の方が環境科学研究所よりも低い例も見られた。濃度変化は両地点とも似通っており、気象的要因が大きいことが認められた。

### (2) 休日と平日

#### ア 元素状炭素

走行する自動車の影響を把握するために、ここでは走行台数が減少する休日と平日における道路沿道での浮遊粒子状物質中の炭素成分の特徴を調査した。調査は、夏期のお盆の時期（1996年8月12日から16日）とお盆明けの時期（8月19日から23日）、及び晩秋期の平日（1996年11月18日から22日）と休日（11月23日から24日）に実施

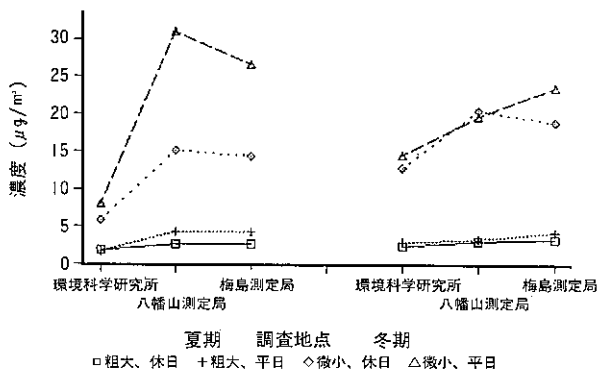


図3 休日及び平日と元素状炭素濃度

した。この元素状炭素の濃度変化を図3に示した。粗大粒子については道路沿道でも休日と平日の濃度差は少ない。微小粒子も冬期にあっては休日と平日の濃度差は比較的少なく、道路沿道の八幡山測定局では僅かだが休日の方が高くなる例もあった。冬期には都内の広い範囲に渡って高濃度となることも、休日と平日の濃度差を少なくしている要因と考えられる。一方、夏期の場合は、環境科学研究所の濃度が示すように環境濃度が低いことからお盆とお盆明けの濃度の違いが顕著に現れた。同時に、地点間の相違も明確となり、道路沿道にあたる八幡山測定局や梅島測定局では環境科学研究所の数倍以上の値となり、元素状炭素が自動車に由来することが明らかとなった。

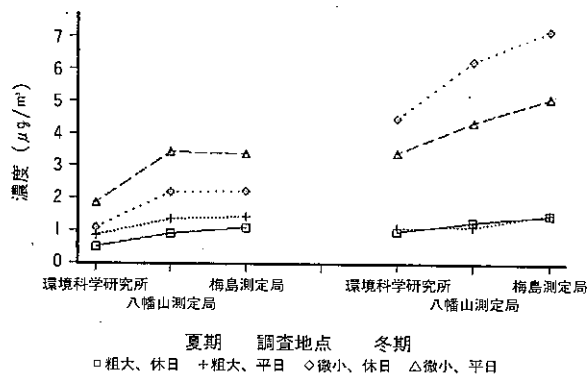


図4 休日及び平日と有機炭素濃度

### イ 有機炭素

休日と平日における有機炭素濃度を図4に示した。粗大粒子についても夏期には若干の差が認められた。微小粒子については、夏期は元素状炭素の場合と同様に休日よりも平日の方が高い濃度となるが、冬期の場合は反対に平日よりも休日の方が高い濃度であった。この時は、環境科学研究所でも同様の結果であった。

### (3) 昼間と夜間

自動車の影響を把握する一つとして、昼間（ここでは午前8時から午後4時）と夜間（午後8時から午前4時）における浮遊粒子状物質中の炭素成分の実態を調査した。調査は、夏期のお盆の時期（1993年8月9日から13日）及びその前後の時期（8月2日から6日と8月16日から20日）と冬期（11月22日から26日）に実施した。結果を

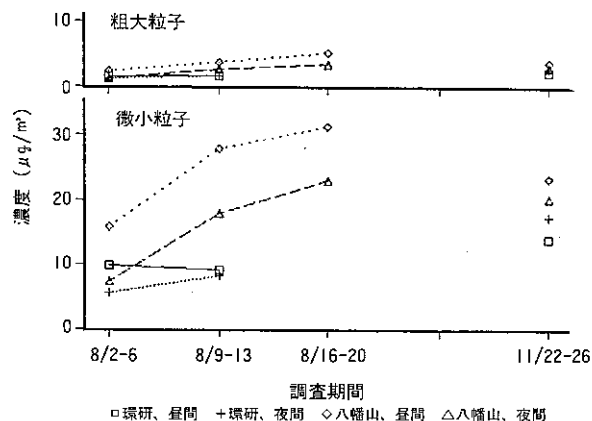


図5 昼間及び夜間と元素状炭素濃度

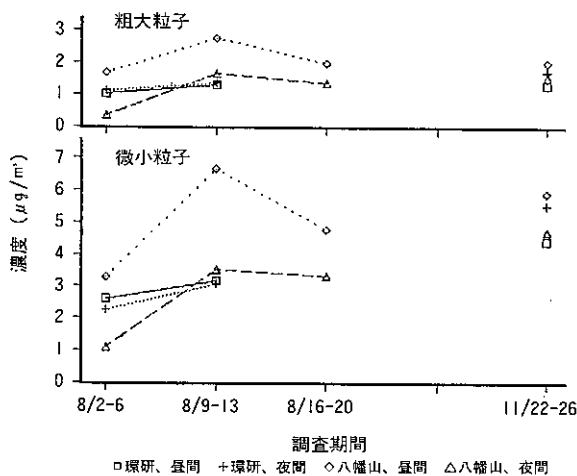


図6 昼間及び夜間と有機炭素濃度

図5、6に示した。元素状炭素は粗大粒子の濃度差はやはり少ない。微小粒子の場合は、広い範囲で高濃度となる冬期の例では環境科学研究所と道路沿道での濃度差は比較的少ない。しかし、夏期には昼間と夜間の濃度の相違が明確に認められた。この差は自動車に起因すると考えられる。次に、有機炭素は昼間と夜間では、道路沿道では粗大粒子にも差が認められた。微小粒子では、環境科学研究所では夏期には差が認められず、冬期には夜間の方が高くなっているが、道路沿道では差が認められ、夏期が顕著であった。これらのことから有機炭素の発生

源として自動車が考えられる。

(4). 地域的特徴と季節変化

ア 元素状炭素

道路沿道にあたる日比谷測定局と豊玉測定局での季節変化を、都心部の環境科学研究所と郊外の福生測定局で

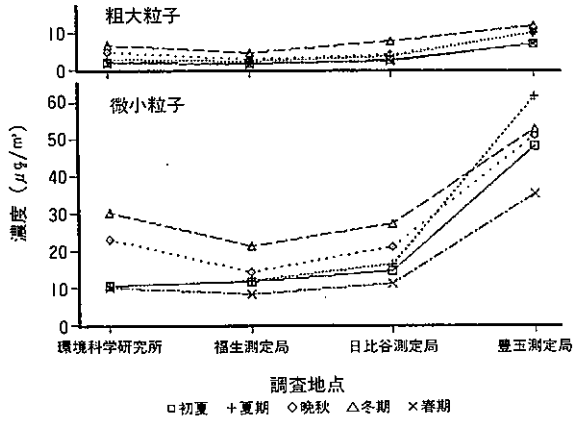


図7 元素状炭素濃度の地域的特徴と季節変化

の例と比較して図7に示した。粗大粒子については季節変化も、道路沿道とそうでない地点の差も少ない。微小粒子については、晩秋から冬期にかけて元素状炭素濃度が高濃度となることは知られているが、この場合、自動

車排ガス測定局であっても都心部に位置し、ディーゼル車の走行台数が少ない日比谷測定局では付近に物流施設がある環境科学研究所よりも低い値となった。一方、目白通りを環7通りが跨ぐ陸橋下の交差点内にある豊玉測定局では高濃度となることが認められ、特に夏期には環境科学研究所や福生測定局の5倍以上の値も得られた。この時の浮遊粒子状物質中の元素状炭素の割合は60%を超えており、このことは元素状炭素の主要な発生源が自動車であることを、とりわけディーゼル車であることを

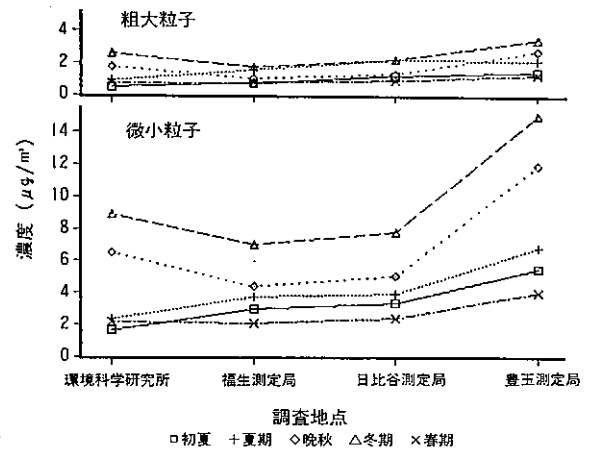


図8 有機炭素濃度の地域的特徴と季節変化

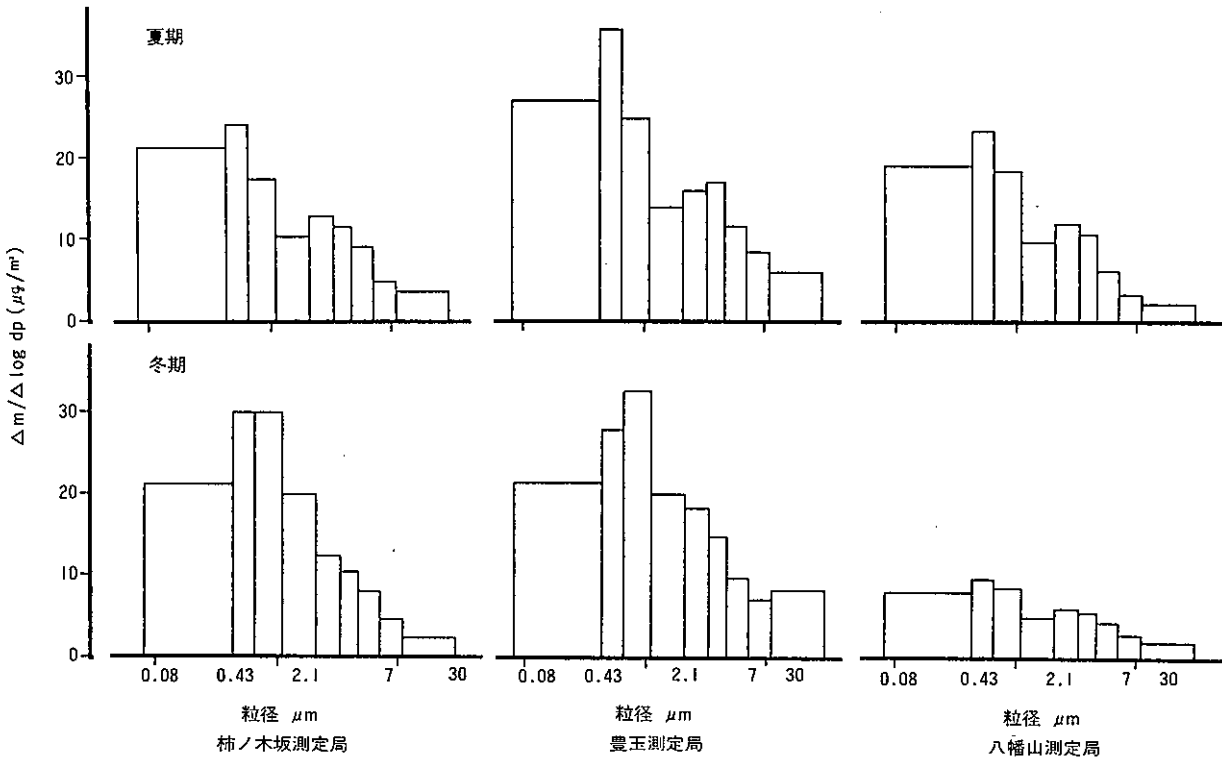


図9 元素状炭素の粒径分布

示唆している。

イ 有機炭素

有機炭素濃度を図8に示した。粗大粒子については冬期が高い傾向だが、道路沿道とそうでない地点との濃度差は少ない。微小粒子についても季節的には晩秋から冬期が高い。道路沿道でも豊玉測定局はいずれの季節も他の3地点よりも高い値となり、有機炭素についても自動車の影響が認められた。

(5) 粒径分布

ア 元素状炭素

道路沿道にあたる柿ノ木坂測定局、豊玉測定局及び八幡山測定局での粒径分布例を図9に示した。調査はそれぞれ、1991年、1992年及び1995年の夏期、冬期に実施した。いずれの地点、どの季節も0.43 $\mu$ m以下の極微小な粒子の多い、微小側に偏った粒径分布であり、粗大側のピークが認められない、一山型に近い例もあった。自動車起源の元素状炭素が発生源付近では粒径の極めて小さい粒子が多いことが窺われた。豊玉測定局については11 $\mu$ m以上の粗大な粒子も多いことが特徴と認められた。これは、豊玉測定局が陸橋下の交差点内にある、自動車の走行に伴う巻き上げ粉塵の影響が大であることを反映

しているものと考えられる。

イ 有機炭素

有機炭素の粒径分布を図10に示した。有機炭素は二山型の分布と言えた。道路沿道では、ガス成分の粒子への

表1 各種発生源における排出粒子の元素組成

	アルミニウム	ナトリウム	バナジウム	マンガン	カリウム	元素状炭素
土壌	8.85	0.659	0.0302	0.135	0.796	3.08
海塩	0.00003	30.42	0.0000058	0.0000053	1.1	0
重油燃焼	0.21	1.0	0.92	0.012	0.085	0
鉄鋼工業	1.0	1.4	0.013	2.2	1.3	0
廃棄物焼却	0.42	12	0.0027	0.033	20	0
自動車	0	0	0.010	0.023	0.43	63.9

単位：%

吸着を含めて、粗大側にも有機炭素成分が多いことが認められた。また、0.43 $\mu$ m以下の極微小な粒子が相対的に多いのも道路沿道の特徴と言えた。

(6) 自動車の寄与濃度の推定

発生源寄与の推定は、発生源粒子の粒径分布の推定<sup>5)</sup>と同様に表1の値を用いた。算定にあたっては、道路沿道における自動車の寄与濃度の把握を考慮して、微小粒子中の元素状炭素は全て自動車に由来すると仮定して試

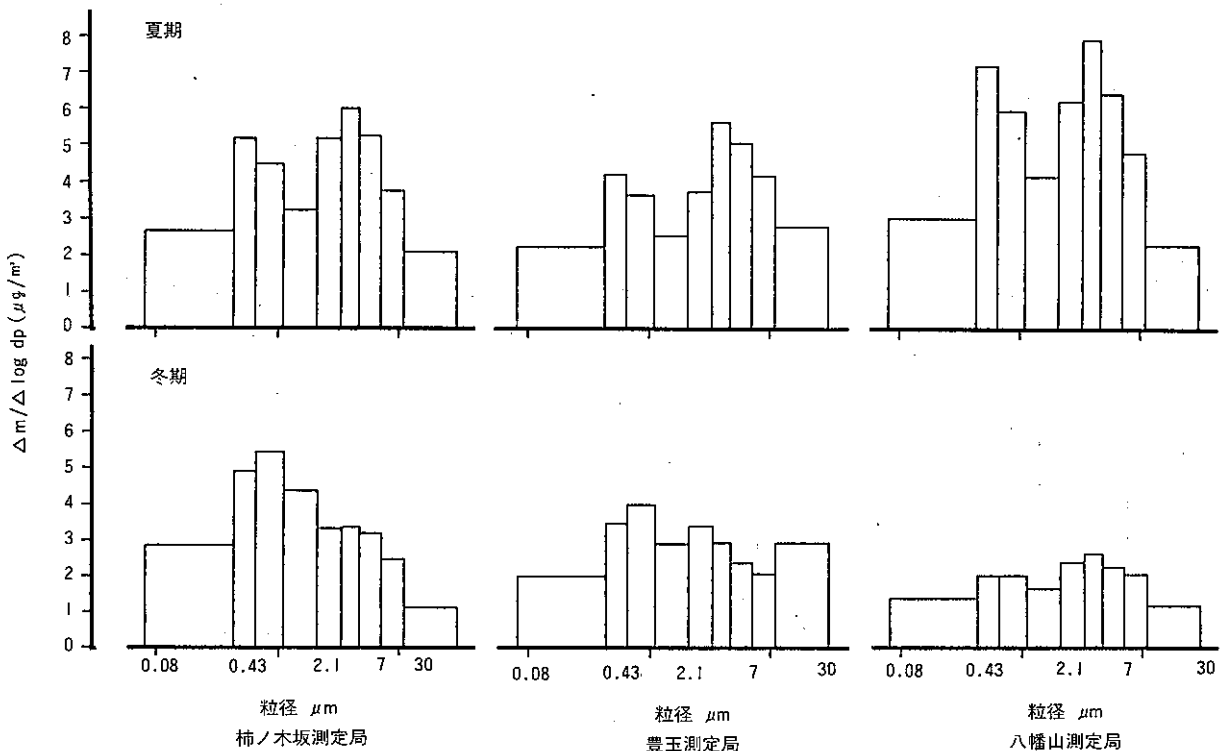


図10 有機炭素の粒径分布

算した。次に、残りの5発生源について5項目の線形計画法で算定して求めた。この推定方法では自動車を始め各発生源の寄与率は高めに見積られることになる。実際、二次生成粒子をも含めた寄与率の和は、100%を超える例も多く、最大で130%近くにもなった。しかし、自動車の寄与濃度を地域間で比較検討する値としては妥当な値が得られているものと考えられる。粗大粒子の発生源については、元素炭素が全て自動車に由来するとは考えられないので、6発生源6項目の線形計画法で求めた。いずれの場合も二次生成粒子は、硝酸イオン、硫酸イオン、塩素イオン及びアンモニウムイオンの実測の和とした。

ア 地域的特徴と季節特性

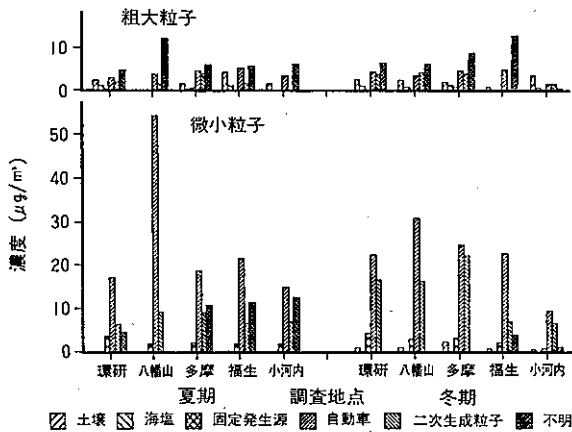


図11 自動車寄与濃度の地域的特徴と季節変化

自動車の寄与濃度を図11に示した。調査は、1996年の夏期（7月22日から26日）と冬期（11月25日から29日）に実施した。粗大粒子については余り明確ではないが、微小粒子では差が認められ、道路沿道の八幡山測定局では高い値となった。それは夏期に顕著で、都心部の環境科学研究所や郊外の多摩測定局、福生測定局の2倍から3倍近い寄与濃度と推定された。

イ 休日及び平日と寄与濃度

先に述べた休日と平日の調査例についても自動車の寄与濃度を推定し、図12に示した。微小粒子について休日と平日を比べると、冬期には余り明確ではないが、夏期には明らかとなり、自動車の走行台数の多い平日は休日の2倍ほどの寄与濃度が得られた。また、道路沿道の八幡山測定局と梅島測定局は、環境科学研究所よりも高い自動車寄与濃度が推定され、道路沿道地域にあっては自動車の影響が極めて大きいことが明らかになった。

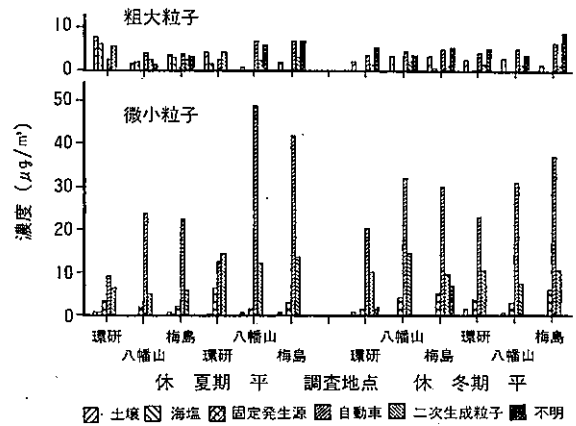


図12 休日及び平日と自動車の寄与濃度

引用文献

- 1) 秋山薫ら：東京都内における浮遊粒子状物質中の炭素成分の粒径分布と発生源寄与の推定、東京都環境科学研究所年報1991、P.71-77.
- 2) 鎌滝裕輝ら：沿道における浮遊粒子状物質の特性、東京都環境科学研究所年報1993、p.3-6.
- 3) 新井久雄ら：横浜市内での年末年始時における浮遊粒子状物質調査、第36回大気環境学会年会講演要旨集、p.537.
- 4) 清水源治ら：山梨県大月における浮遊粒子状物質のキャラクターゼーション、第38回大気環境学会年会講演要旨集、p.618.
- 5) 秋山薫ら：東京都における浮遊粒子状物質中の炭素成分の粒径分布と季節特性、及び各種発生源粒子の粒径分布の推定、東京都環境科学研究所年報1992、p.44-53.
- 6) 藤村満：沿道におけるディーゼル黒煙粒子の影響について - 距離減衰 -、第33回大気汚染学会講演要旨集、p.301.
- 7) 小野治雄ら：沿道におけるディーゼル黒煙粒子の影響について(II)、第34回大気汚染学会講演要旨集、p.334.