

図 4-1-18 C 建物（喫煙箇所）における粒度分布

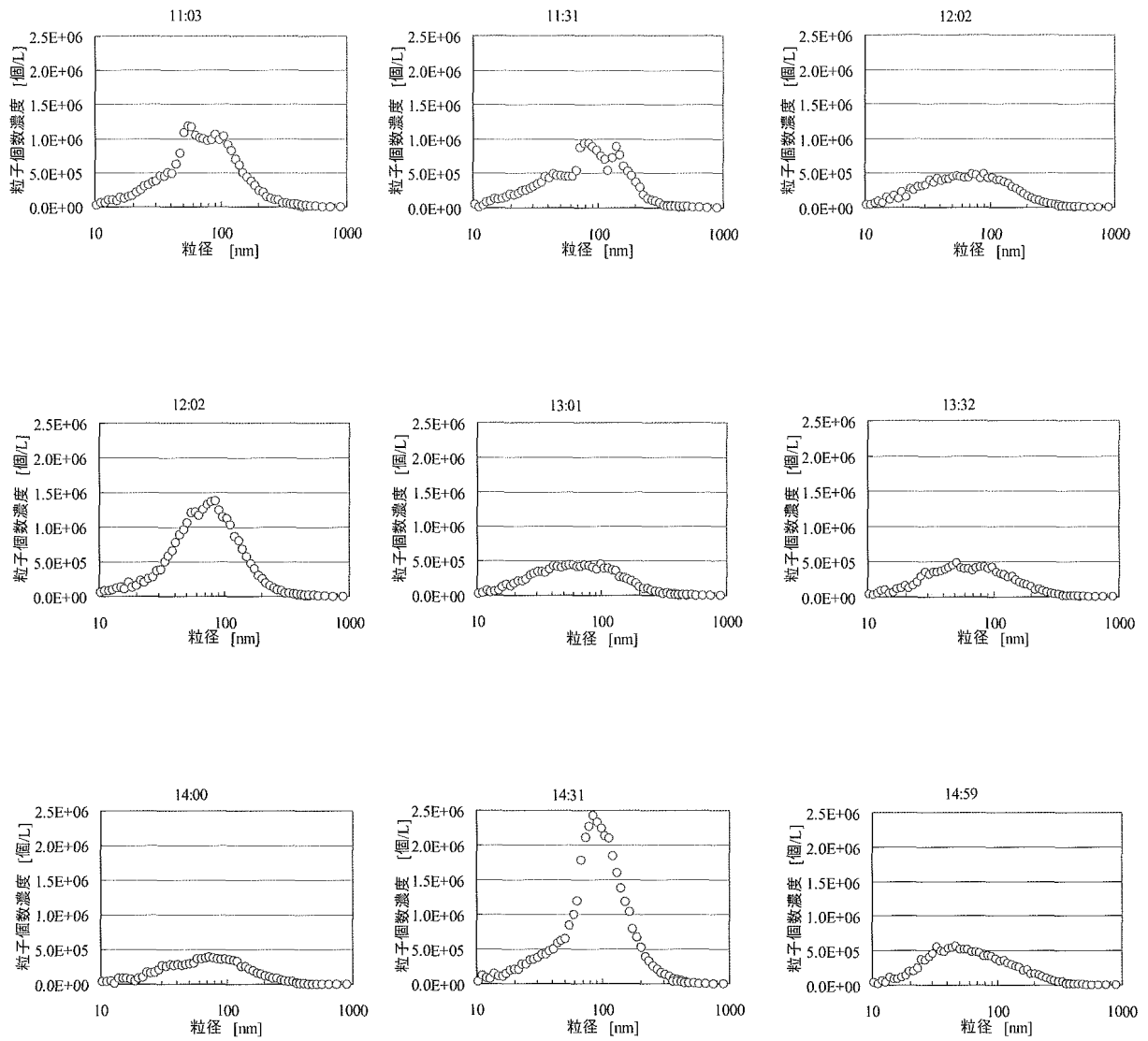


図 4-1-19 D建物（喫煙箇所）における粒度分布

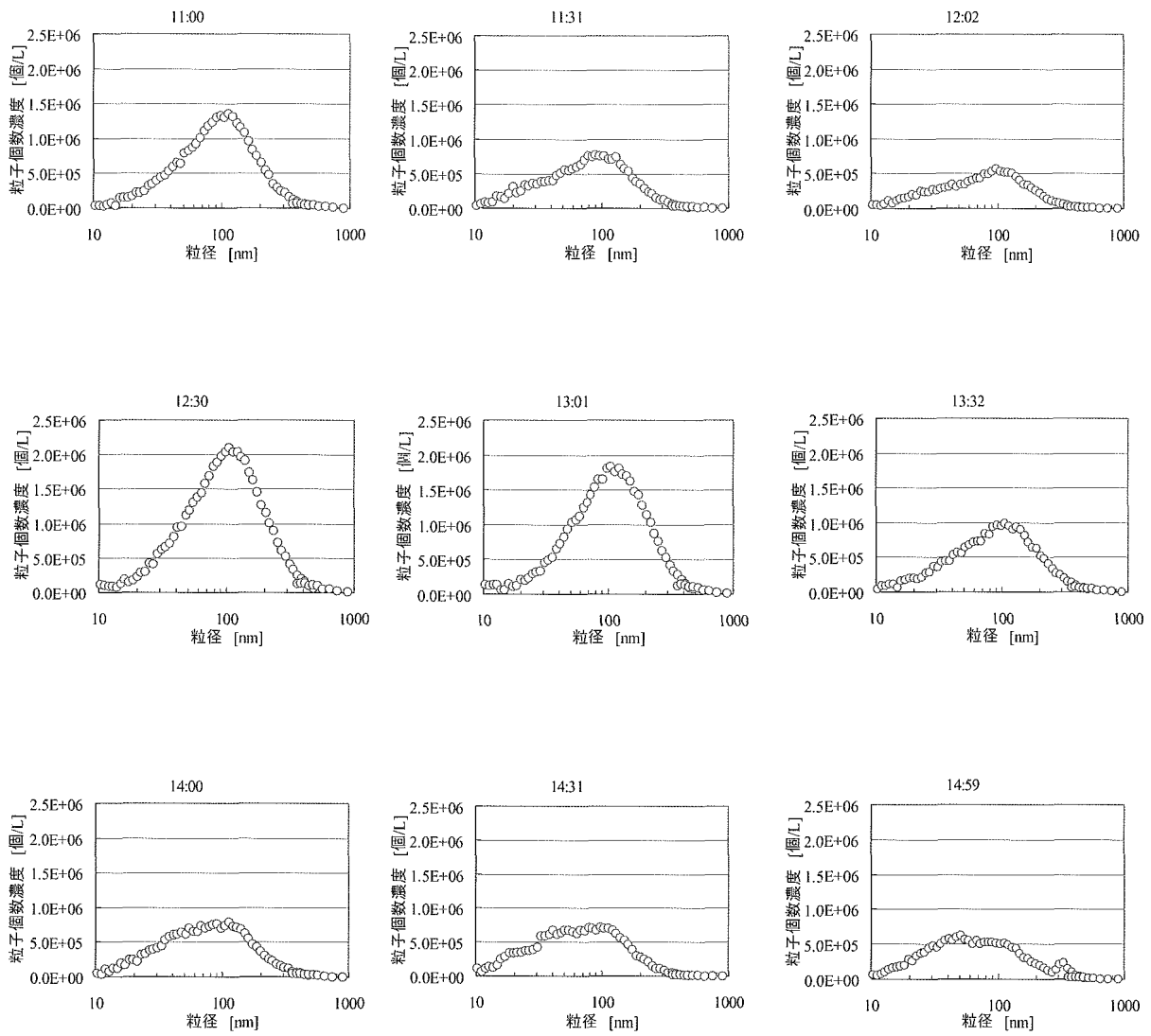


図 4-1-20 E 建物（喫煙箇所）における粒度分布

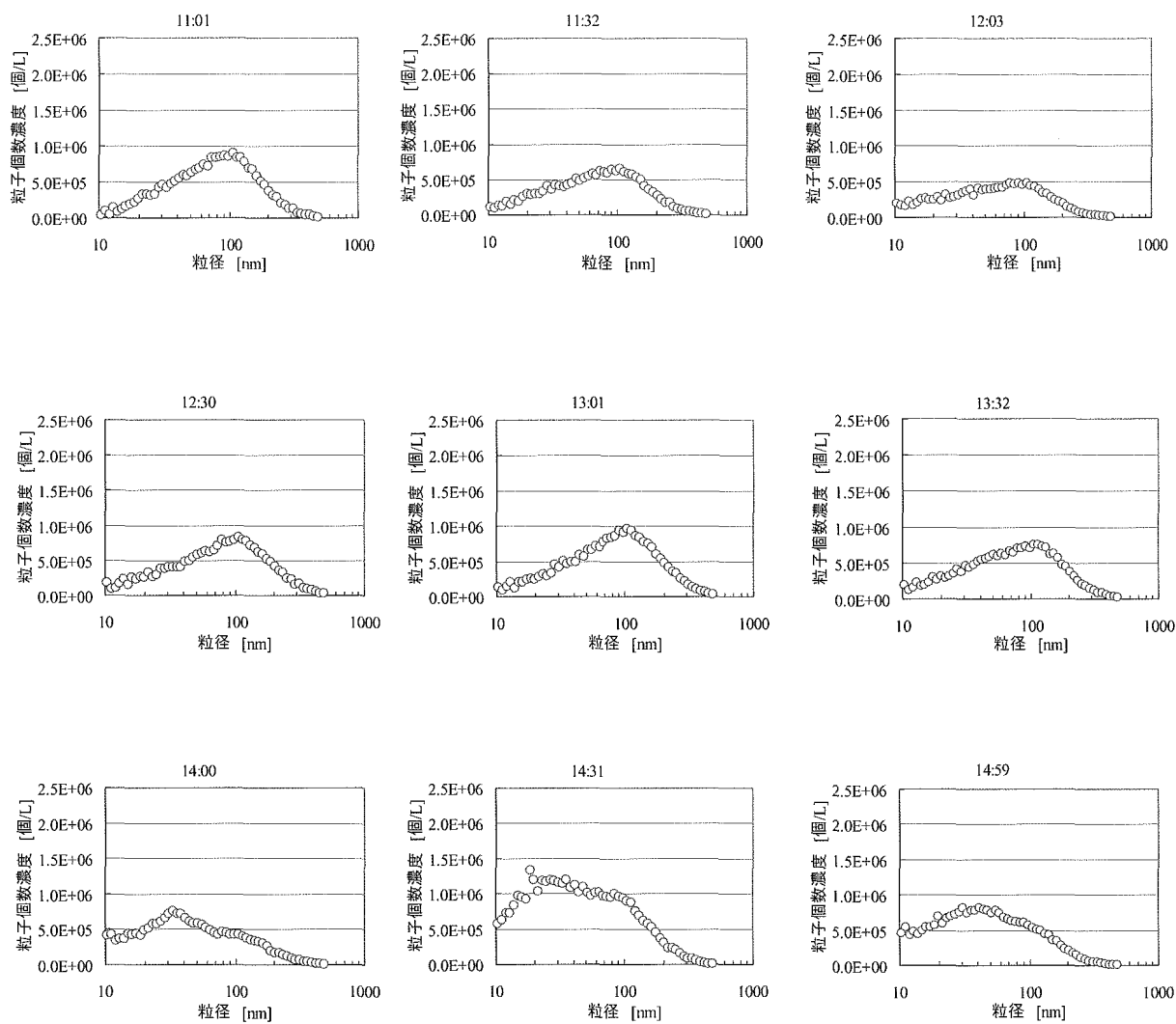


図 4-1-21 E 建物（非喫煙箇所）における粒度分布

(7) 臭気濃度

ニオイセンサを用いた測定は、11:00～15:00の4時間の間1分毎の測定値を記録した。それらの測定結果を図4-1-22に示す。測定は、各測定対象室において、喫煙箇所及び非喫煙箇所の毎分の測定値を載せている。但し、A建物に関しては喫煙箇所での測定を行うことができなかった為、非喫煙箇所の測定データのみを掲載しており、B建物の測定箇所に関しては5分毎の測定値を掲載している。

また、喫煙箇所の測定に用いたニオイセンサは建物A・Bと建物C・D・Eでは違う機種を用いている。毎回、測定開始前に計測器の較正を行ったが、2機種間で数値の比較を行ったところ、A・Bで用いたものとC・D・Eで用いたものは同じ環境下でも違う測定値を示すことがわかっている。その為、この節におけるデータの取扱いは、傾向の把握程度に留める。

A建物では安定した数値を取り続けていた。時々高い数値を示しているが、これはその時間に喫煙箇所ではタバコが吸われていたか、もしくは非喫煙箇所の測定を行っていた廊下を人が通った為、と考えられる。

B建物では喫煙箇所と非喫煙箇所が違う濃度変動を見せている。非喫煙箇所では安定した値を取り続けているのに対して、喫煙箇所では激しい濃度変化を示しており、測定された数値は非常に高いことがわかる。但し、喫煙箇所では濃度が高くなっているのは喫煙時間以外の時間帯であることがわかる。

C建物では測定時間の中頃で両エリアの濃度変動が変化していることがわかる。測定が開始してから途中までは両エリアで同じような濃度変動を示している。しかし、途中から非喫煙箇所では安定した値をとっているのに、喫煙箇所では激しい濃度変動を示していることがわかる。

E建物では、喫煙箇所・非喫煙箇所共に他の測定箇所よりも高い数値を示していることがわかる。また、建物D、Eでは、喫煙箇所よりも非喫煙箇所の濃度の方が高くなっていることが読み取れる。

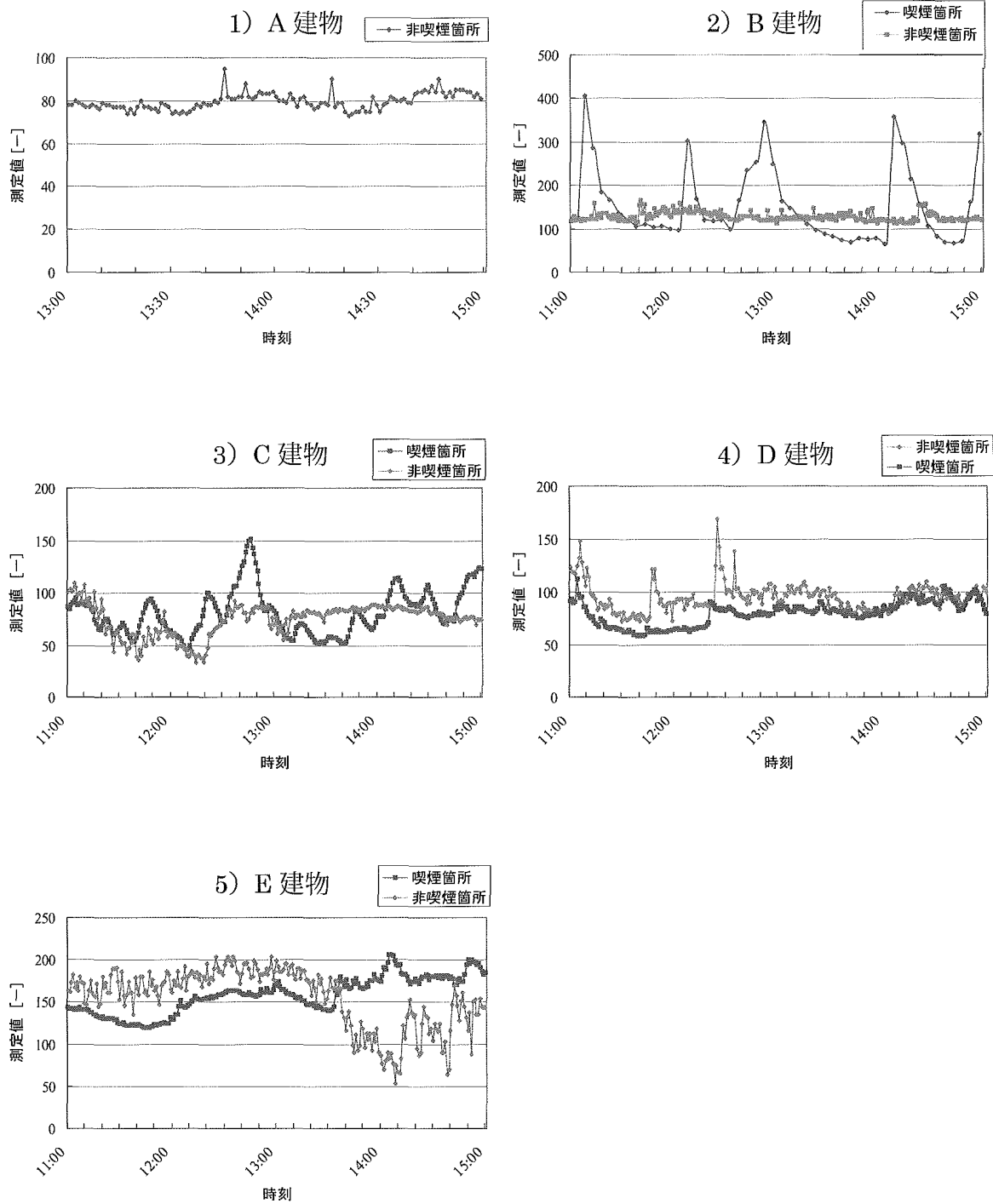


図 4-1-22 臭気濃度における時間変動

(8) まとめ

この章では室内環境濃度、浮遊粒子状物質、ガス状物質の測定を5つの測定建物の喫煙箇所及び非喫煙箇所で行うことでそれぞれの分煙方法の違いを明らかにした。様々な測定項目による測定を行い、各々の測定項目間で比較を行った結果、それぞれの分煙方法の良い点、悪い点が明らかになった。以下に各測定建物の結果について示す。

A 建物では喫煙エリアと非喫煙エリアでそれぞれ独立した空調システムを設け、直接建物外へ排気する空調方式を用いることで、お互いのエリアに空気が流出していないことが測定結果から明らかになった。その為、基準で設けられている風速に関する規定は満たしていないが、十分有効な分煙方法であると言える。

B 建物では測定建物の喫煙箇所では喫煙室内の空気を直接外に排気できる空調システムを設けていた為、測定結果から非喫煙箇所が喫煙箇所から受ける影響が少ないことが判明した。これは特に喫煙本数が多く、タバコ煙が高濃度になる時に高い分煙効果を表すことがわかる。この測定建物では喫煙箇所から非喫煙箇所へ給気する形式を取っていたが、両エリアの境界での風速分布は基準を満たしていないものの、両エリアで各測定項目で濃度に差が見られた為、ある程度の分煙効果があったと言える。

C 建物では両エリアの境界を壁で仕切り、他の室にタバコ煙が漏れないような「喫煙室」を設ける分煙方式を用いていた。ここには分煙機はなく、喫煙本数がきわめて高かったが、多くの測定項目において最大の濃度比率を示している為、タバコ煙を物理的に遮断するこの分煙方式は分煙効果があると言える。但し、この喫煙箇所では質量濃度が基準値をはるかに超えていたが、非喫煙箇所には影響していない為、有効な方法であると言える。

D 建物では喫煙箇所と非喫煙箇所の間仕切りが一切なく、天井から給気をして室圧を正圧に変える、という分煙方式を用いていた。分煙機も置いてあったが、仕切りがない為に喫煙箇所のタバコ煙が非喫煙箇所へ流れていることが多くの測定項目の測定結果から明らかになっている為、効果のある分煙方法だとは言えない。

E 建物では時間分煙を用いており、決められた時間にだけ事務室で喫煙を行う、という分煙方式を用いていた。しかし、測定結果を見ると、喫煙箇所よりも非喫煙箇所の方が高い数値を示していることから有効な分煙方法だとは言えない。喫煙時間は1時間であっても、喫煙箇所の個数濃度が元に戻るまでに2時間半以上かかっており、タバコ煙がずっと事務室内に滞っていることがわかるからである。

測定全体を通して、C 建物のように、喫煙エリアの四方を壁で仕切り、タバコ煙がその四方へ漏れないようにすることが簡易で効果的な方法であることがわかったが、壁で囲まなくてもA 建物のように独立した空調方式を設けることで空気の流出を防ぎ、分煙効果を表していることが見て取れる。

また、喫煙箇所と非喫煙箇所が隣接しており、全く仕切りがなく、分煙機のみしかないD 建物のような分煙方法では全く分煙効果が得られないこと、及び時間分煙を取り入れた分煙方法はやはりそれほど分煙効果をもたらさないことが明らかになった。

また、分煙効果の指標として用いる測定項目として、分煙効果判定基準策定検討会報告書で取り上げられている風速及び質量濃度に関する基準を満たしていても、分煙効果を表している測定建物があったことがわかった。その為、分煙効果を判断する基準について検討が必要であると考えられる。

(西村直也)

4.2 喫煙空間における粒子状物質の EC/OC 及びニコチン測定結果

(1) 粒子中の炭素成分の分析法

微小粒子の発生源として注目されているディーゼルエンジンからの排気にはすばが多く、粒子状物質発生源としてこのディーゼルエンジンの寄与を見積もるために、元素状炭素 (Elemental Carbon: EC)、有機性炭素 (Organic Carbon: OC)、またはその和である全炭素 (Total Carbon: TC) により環境を評価している。米国の鉱山等では NIOSH の分析法 5040 により分析が行われ、その値を基準に規制値が定められている¹⁻⁴⁾。室内環境においてもタバコ煙やコピー機など種々の炭素を含む粒子が発生しており、この方法の応用が考えられる。

試料は外気や室内 (タバコ煙/有無) 環境でシウタスインパクトなどを用いて石英フィルタに粒径別に捕集した粒子、または室内 (タバコ煙/無) 環境で分粒装置付きのパーソナルサンプラを用いて石英フィルタ上に粒径別に捕集した粒子を対象とした。

分析には Sunset Laboratory (OR, USA) 社製のカーボンモニタを使用した。この装置の概略を図 4-2-1 に示す。この装置は石英ガラスで作られた試料オーブン、酸化オーブン、メタナイザーとガスクロマトグラフで用いられる検出器の FID からできている。

測定は以下の手順で行われる。まず図 4-2-1 中央付近に、1 x 1 cm 角に打ち抜いた石英フィルタ試料をセットする。装置をヘリウム気流①下で段階的に加熱し、一旦温度を低下させた後、ヘリウムと酸素との混合気流②下で再び温度を上げる。燃焼した炭素分は試料オーブンの下流にある酸化オーブンにおいて触媒により二酸化炭素に完全に酸化される。発生した二酸化炭素は更に下流のメタネーターにおいて触媒によりメタンに還元され、FID により炭素量が測定される。分析終了時には毎回一定量のメタンガス③が添加されて、FID の検量を行う。試料の加熱温度やガス雰囲気などの分析条件については数種類が提案されている。ここで用いた温度とガスの条件を表 4-2-1 に示した。

基本的にはヘリウム気流下で燃焼した炭素を OC と見なし、酸素添加後に燃焼した分を EC と考えるが、ヘリウム気流下で生成する熱分解炭素は酸素添加後に燃焼するために、OC であるにも関わらず EC に計算される。この分の誤差を補正するために、本装置はレーザー光を下方向から照射して連続的に光の透過率を測定し、透過度が始めと等しくなった時点をもとに OC と EC の区切り (スプリットタイム) としている。

炭素の量は FID シグナルの面積を基に、スクロース (蔗糖) 液を石英フィルタに滴下・乾燥して作成した標準試料の結果と比較して定量される。

(2) 測定例

種々の環境において粉じん濃度、OC、EC、TC を測定した例を以下に示す⁵⁻⁶⁾。図 4-2-2 にディーゼル排出粒子の標準試料である NIST SRM 1650 を測定した例を示す。分析開始時から OC は粒子中の酸素分を利用して燃焼して FID で検出される分 (実線) と炭化して黒くなる分があるため、ろ紙は温度が上昇するにつれて黒さを増し、点線で示す透過率が低下する。酸素を加えて新たに生成した分の炭素を燃焼させ、元の透過率に戻る前述のスプリットタイムまでの炭素量を OC とする。その後燃焼した分

の炭素を EC とする。典型的なディーゼル粒子では図のように、EC の大きなピークが観察される。この NIST SRM 1650 では全粒子量に対して、全炭素分が重量比で 73.6%、元素状炭素分が 52.1%と半分以上が EC である。

図 4-2-3 に種々の場所でサンプリングした粒子について、分析した結果をまとめて示す。E-1,2 は道路沿線で、I-1~3 は室内で捕集した粒子の結果である。測定は DPM サンプラ (SKC, DPM Cassette, 2 L/min) を用いて捕集した。E 試料では EC/TC が高かった。EC はディーゼルの指標であるが、これらの地点ではディーゼルエンジン由来の粉じんが多いことが示唆される。I-1,2 は喫煙者がいる室内の試料であるが、喫煙者のいない I-3 に比べて EC/TC が低かった。タバコ副流煙には殆ど EC が認められないことから、タバコの影響が高い環境では EC/TC が低くなると考えられる。また、FID で測定する炭素量は、天秤で測定する質量よりも検出限界が一桁以上高く、環境によっては微小粒子のモニタリングに適した方法である。

図 4-2-4 は喫煙者のいない事務室 (在室者 8 人) で SKC シウタスインパクタ (昨年度報告書にて解説) を 8 時間運転し、 4.3 m^3 の空気を吸引・粒子捕集をした結果である。捕集した質量は $0.25 \mu\text{m}$ 以下の粒子に多いが、全体として数 $10 \mu\text{g}$ であり、感度 $10 \mu\text{g}$ の天秤で秤量するには十分ではない。しかし、炭素量としては十分な量が捕集できる。 $0.25 \mu\text{m}$ 以下の粒子は炭素分が全体の 80 重量%であり、また元素状炭素 EC を含んでいる。このように EC/TC は粒径にも依存する。

その他に測定した粒子中の炭素分として、たばこ副流煙のみでは全炭素量 TC は全体の 60%程度、トナー粒子も 60%前後であった。黒のトナーには数%の EC も認められた。

(3)本年度の喫煙場所と非喫煙場所での計測

場所 サンプリングは喫煙区域とその近くの非喫煙区域と指定されている場所および外気または非喫煙の事務室で行った。東京のビルは一回目と二回目では喫煙区域と非喫煙区域のレイアウトを変更している。大阪は都合 5 ケ所で建物 B は非講習時と講習時で二日間に亘って測定を行った。

サンプラ 柴田科学の個人サンプラ (NWPS-35) を用い、 $2.5 \mu\text{m}$ 50% 以上と以下についてそれぞれ石英フィルタ上に粒子を捕集した。以下本節では、大粒子は $2.5 \mu\text{m}$ 50% 以上のものを、小粒子は $2.5 \mu\text{m}$ 50% 以下のもの、通称 PM_{2.5} を指す。ポンプは柴田科学の個人サンプラ用ポンプ (ミニポンプ MP-Σ-500) を用い、流量 2.5 L/min で吸引した。

フィルタ 使用したフィルタは石英繊維からなるフィルタ (PALLFLEX の 2500QAT) を予め 400°C で 4 時間加熱処理したものをを用いた。

天秤 天秤はメトラー社製 MT5 型 (感量 $1 \mu\text{g}$) を用いた。また秤量時にフィルタの静電気の影響を除去するために HAUG 社製イオナイザーを用いた。測定時の気温は 20°C 、湿度は 30 から 50% であった。

ニコチンの分析 試験的に ECOC 分析を行ったフィルタ試料 (小粒子のフィルタのみ) の一部を用いて GC/MS 加熱脱着法により、タバコ煙の指標であるニコチンを分析した。GC/MS の測定条件を表 4-2-2 に示す。ニコチンのメタノール溶液の一定量を

ろ紙に添加し試料と同様の方法で計測を行い、検量線を作成した。

ニコチンはガス状態にある割合が高いので、粒子としてフィルタに捕集されているものは全体の一部であろうと推定されるが、今回行ったガス状のニコチンの計測結果と比較検討を行うことは意味があると考える。

(4) 今回の測定結果

4回に亘って行った測定結果を測定毎に質量濃度、ECOC濃度、ニコチン濃度について述べる。

1) 東京 1 第一回目 (図 4-2-5~図 4-2-7)

計測は喫煙場所のみ 4 時間を 2 回、他は 8 時間連続測定を行った。粒子はほとんど PM2.5 に相当する微小粒子であり、喫煙区域ではかなり高濃度の微小粒子が発生している。喫煙時間は 8 時間の間の一部であり、喫煙者の集まっている時期の濃度は平均濃度に比べてかなり高いと思われる。

ECOC 濃度は、タバコ煙がほとんど有機炭素であるため、測定結果はほとんど OC であることは理解できる。喫煙区域と非喫煙区域では ECOC が全粒子の 60% 程度を占め、タバコ煙由来の粒子と考えられる。一方、事務室では ECOC が粉じんの 30% 程度であり、タバコ煙以外の由来の粒子が多いと思われる。粒子に含まれるニコチンは喫煙区域と非喫煙区域で検出され、非喫煙区域では喫煙区域の約半分程度であったが、事務室ではほとんど測定されなかった。本ビルでは非喫煙区域にかなりのタバコ煙が流出していることがわかる。

2) 建物 A,B (図 4-2-8~4-2-11)

計測は各 4 時間連続測定を二つのビルで都合 3 日間に亘って行った。図は喫煙区域、禁煙区域、大気の順である。粒子はほとんど PM2.5 に相当する微小粒子であるが、測定場所に関係なく各測定日で同じ程度の濃度であった。三日目の非喫煙のサンプルは欠けている。また東京のビルに比べてかなり濃度の高い日もあった。微小粒子は外気に由来するものかもしれない。

炭素はほとんどが OC であった。微小粒子の炭素濃度は各測定日ともに喫煙区域で高く、大気では低かった。炭素の濃度は東京 1 に比べ低く、粉じんに占める炭素の割合は 20% 以下であった。

ニコチンは各測定ともに喫煙区域からのみ検出された。

3) 建物 C,D,E (図 4-2-11~4-2-13)

計測は一回目と同じく各 4 時間連続測定を三つの建物で行った。図は喫煙区域、禁煙区域、大気の順である。粒子はほとんど PM2.5 に相当する微小粒子であるが、測定場所により微小粒子の濃度は順に少なくなる傾向があった。

炭素はほとんどが OC であった。微小粒子の炭素濃度は喫煙区域で高く、大気では低かった。しかし、建物 D ではこの傾向がはっきりしなかった。建物 E では喫煙区域の炭素濃度が再度大気にくらべ高くなった。炭素の濃度は東京 1 に比べ低く、粒子量に占める炭素量の割合は 40% 以下であった。

ニコチンは喫煙区域と非喫煙区域から検出された。建物 E では非喫煙区域のニコチン濃度が喫煙区域より多い結果となった。

4) 東京 1 第二回目 (図 4-2-14~4-2-16)

計測はすべて 8 時間連続測定を行った。図では事務室、非喫煙区域、喫煙区域と一回目との逆順となっている。粒子はほとんど PM2.5 に相当する微小粒子である。各場所とも一回目と同程度の粒子濃度であった。

ECOC 濃度は、一回目より喫煙区域と非喫煙区域ともかなり低下している。ある程度レイアウトの変更の効果によると考えられる。また ECOC が粉じんの 40% 程度の比率となった。一方、事務室では ECOC の粒子に占める割合が増加したが、理由は不明である。

粒子に含まれるニコチンは、一回目よりやや多くそれぞれ喫煙区域と非喫煙区域で検出された。非喫煙区域では喫煙区域の約半分程度であったが、事務室ではほとんど測定されなかった。

(5)まとめ

今回、喫煙区域とその近くの非喫煙区域と指定されている場所および外気または非喫煙の事務室でサンプリングした粒子の分析結果から

- 1) 室内で測定された粒子でも質量基準でほとんどが PM2.5 であった。
- 2) 元素状炭素 (EC) は有機性炭素 (OC) に比べ非常に少なく、ほとんどが有機性炭素であった。
- 3) 粒子に含まれる炭素分は 20 から 60% と幅広く分布した。60% の場合は明らかにタバコ煙由来の粒子が主成分と思われる。
- 4) ニコチンは喫煙区域と非喫煙区域でサンプリングされた粒子から検出された。
- 5) 以上の 3 種類の成分分析から、EC と OC の分析のみではタバコ煙と大気中の粒子成分とを区別することは十分には出来なかった。しかし、空調装置で大気中の粒子が除去され、換気量が比較的少ない場合では OC のかなりの分がタバコ煙由来と思われる。逆に大気中の粒子を除去せずに換気量を大きくするとほとんどが外気中の粒子となり、ECOC 分析でタバコ煙の影響を見ることは困難と思われる。

(明星敏彦)

引用文献

- 1) Birch ME, Cary RA (1996) Elemental Carbon-based method for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust. *Aerosol Sci Technol* **25**, 221-24.
- 2) Chow JC, Watson JG, Pritchett LC, Pierson WR, Frazier CA, Purcell RG (1993) The DRI thermal/optical reflectance carbon analysis system: description, evaluation and applications in U.S. Air quality studies. *Atmos Environ* **27A**, 1185-201.
- 3) NIOSH (1999) Method 5040 Issue 3 (Interim) Elemental Carbon (Diesel Exhaust). In NIOSH Manual of Analytical Methods. National Institute of Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.
- 4) Conny JM, Klinedinst DB, Wight SA, Paulsen JL (2003) Optimizing Thermal-Optical Methods for Measuring Atmospheric Elemental (Black) Carbon: A Response Surface Study. *Aerosol Sci Technol*, **37**, 703-23

5) Ono-Ogasawara, M. and Smith, T.J. (2004) Diesel exhaust particles in the work environment and their analysis, *Ind. Health*, 42:389-399.

6) 小野真理子, 長野真弓, 明星敏彦 (2004) 環境中粉じんの有機/無機炭素量による評価の試み. 第44回日本労働衛生工学会, 抄録集, p74-75.

謝辞

本節の計測にはあたっては委員以外に, 小野真理子, 小林駿 (以上産業医学総合研究所), 霜村浩一, 寺門真吾 (以上柴田科学株式会社) の各氏の協力を得た。

表 4-2-1 カーボンモニタの温度・ガス条件

ガス	保持時間(min)	設定温度 (°C)
He	60	310
He	60	475
He	60	615
He	100	870
He	45	0
He/Ox	45	550
He/Ox	45	625
He/Ox	45	700
He/Ox	45	775
He/Ox	45	850
He/Ox	120	890

He/Ox は酸素 5%

表 4-2-2 ニコチン分析のための GC/MS の運転条件

装置の名称: Finnigan POLARIS Q

GC

カラム: SGE HT8, 25 m x 0.22 mm i.d., 膜厚: 0.25mm

キャリアガス: He 1mL/min

昇温条件: 80C(3min)→(15C/min)→330C(9min)

オートサンプラー ATAS GL 製マルチインジェクターシステム FOCUS-OPTIC3

注入口温度: 150C→(10C/sec)-300C(5min)→(-1.25C/sec)→150C

MS

イオン源温度: 225C

トランスファーライン温度: 350C

MS Mode: Selected Ion Monitoring (SIM) 測定質量 133

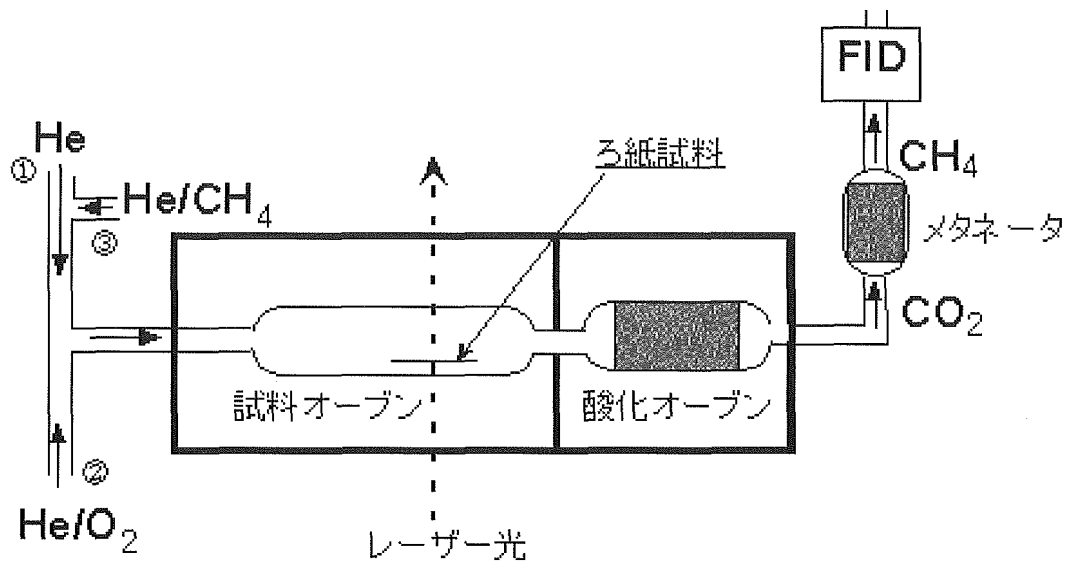


図 4-2-1 カーボンモニター

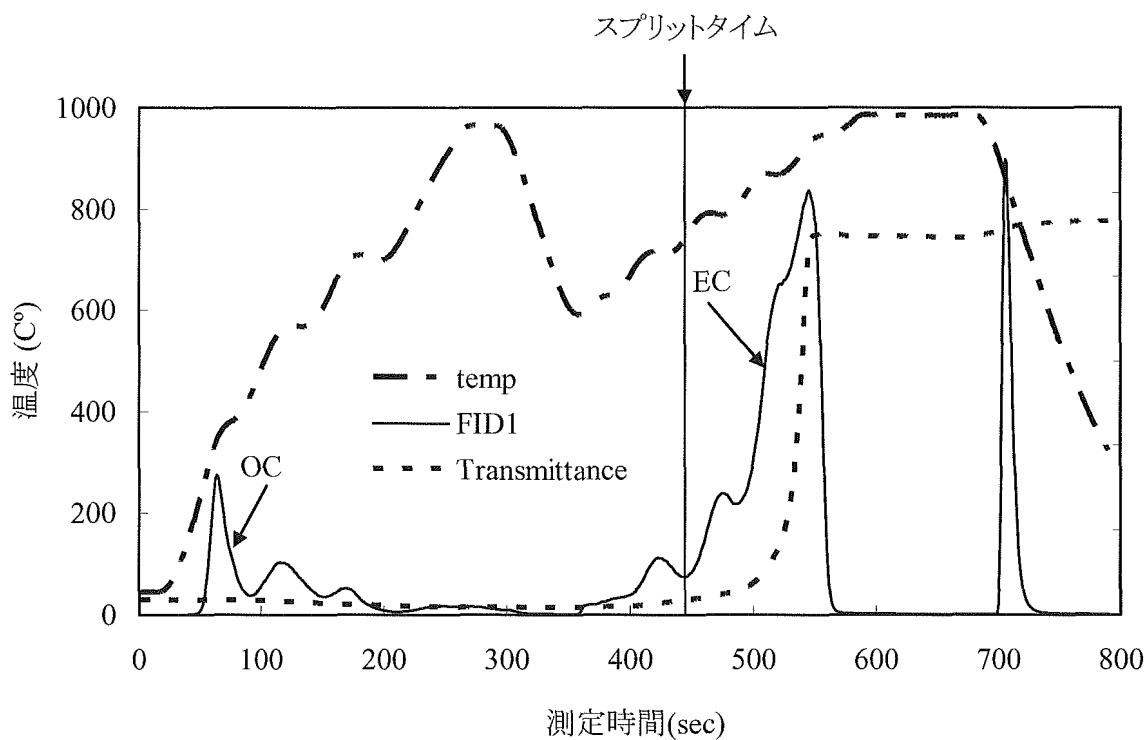


図 4-2-2 カーボンモニターによる測定例
NIST SRM 1650 (ディーゼル排出粒子標準品)

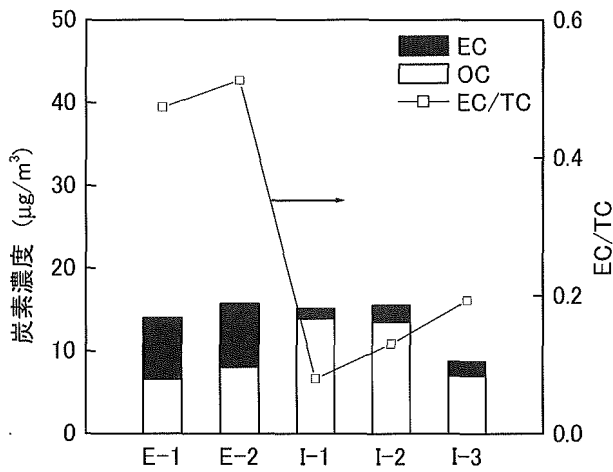


図 4-2-3 種々の試料の炭素濃度

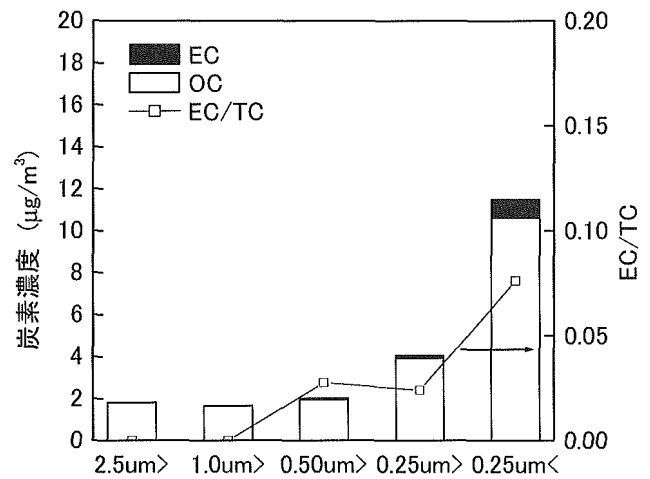


図 4-2-4 シュタスインパクトに捕集された室内粒子の炭素濃度

EC は元素状炭素 (Elemental Carbon), OC は有機性炭素 (Organic Carbon), TC はその和である全炭素 (Total Carbon) である。図 4-2-3 の E-1, E-2 は道路沿道, I-1I-3 は室内で捕集された粒子状物質の測定結果である。

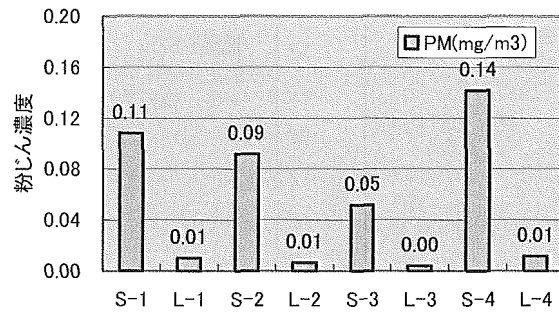


図 4-2-5 東京 1 (1 回目) における粉じん濃度 (1, 4 は 4 時間サンプリング, 2, 3 は 8 時間サンプリング), L: 大粒子, S: 小粒子, 1: 喫煙区域午前, 2: 非喫煙, 3: 事務室, 4: 喫煙区域午後

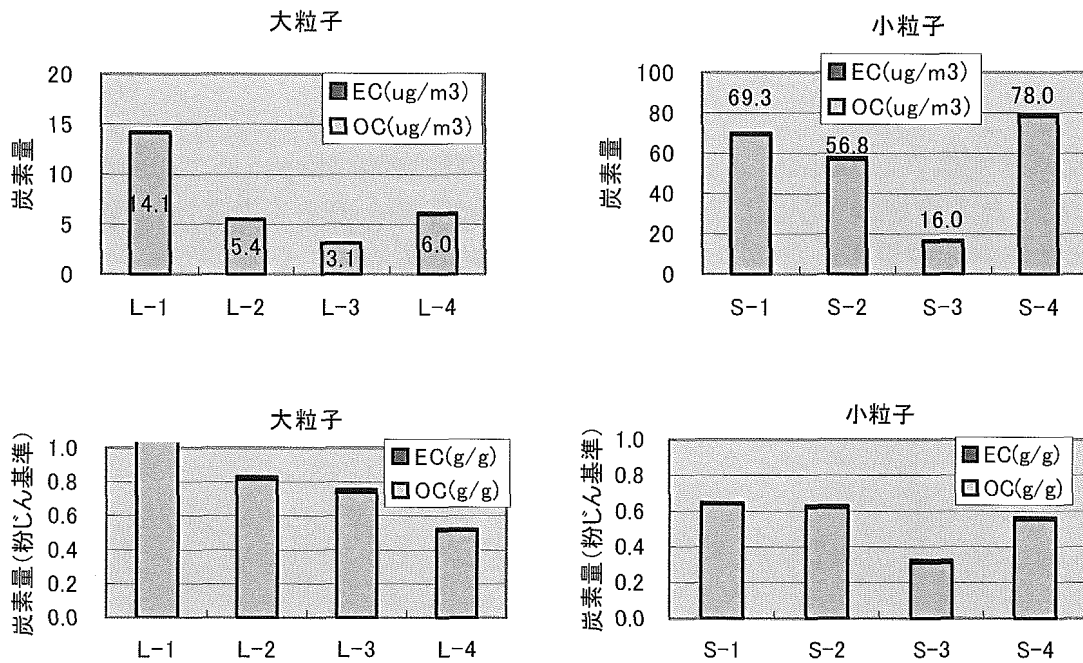


図 4-2-6 東京 1 (1 回目) における EC/OC 濃度
L: 大粒子, S: 小粒子, 1: 喫煙区域午前, 2: 非喫煙, 3: 事務室, 4: 喫煙区域午後

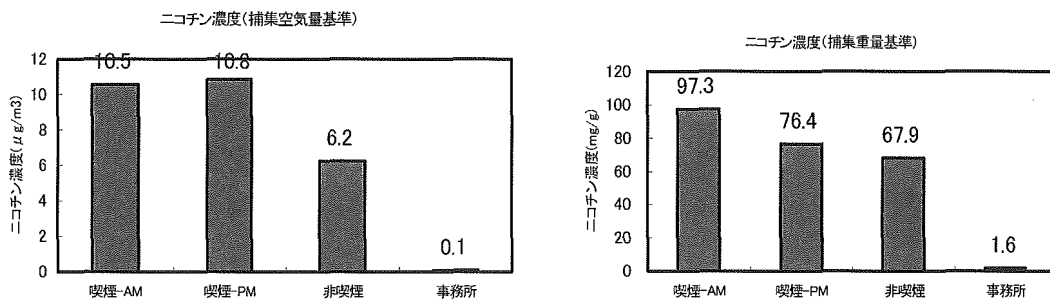


図 4-2-7 東京 1 (1 回目) における小粒子に含まれるニコチン

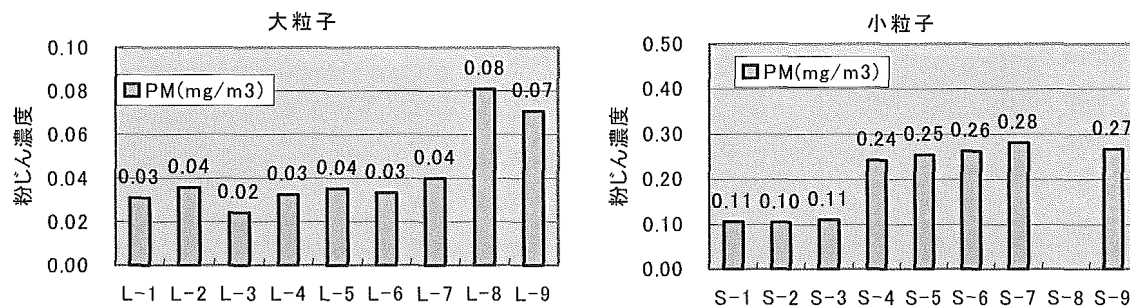


図 4-2-8 建物 A(1,2,3), 建物 B(3,4,5:非講習時,6,7,8:非講習時)における粉じん濃度(4時間サンプリング)L:大粒子, S:小粒子

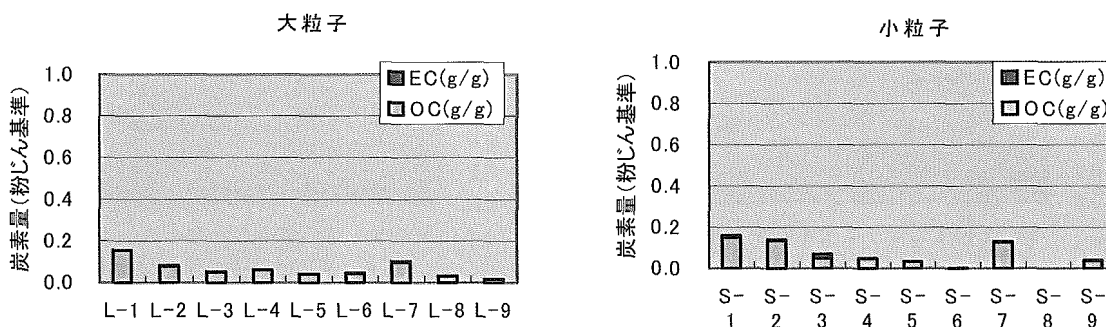
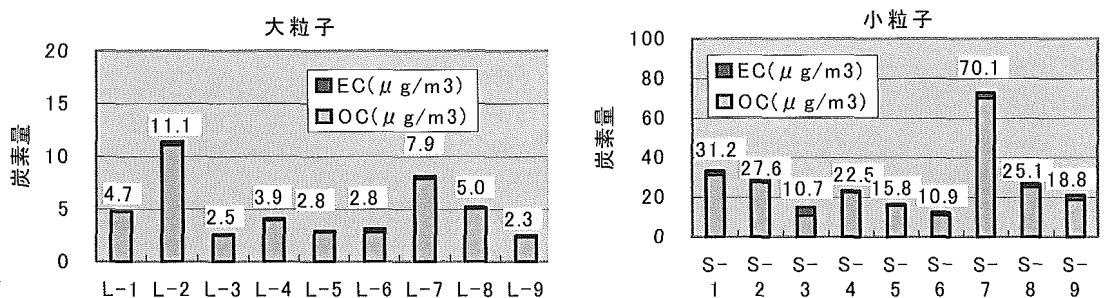


図 4-2-9 建物 A(1,2,3), 建物 B(3,4,5:非講習時,6,7,8:非講習時)における EC/OC 濃度 L:大粒子, S:小粒子, 1:喫煙区域 2:非喫煙, 3:大気, 4-6, 7-9 も同様

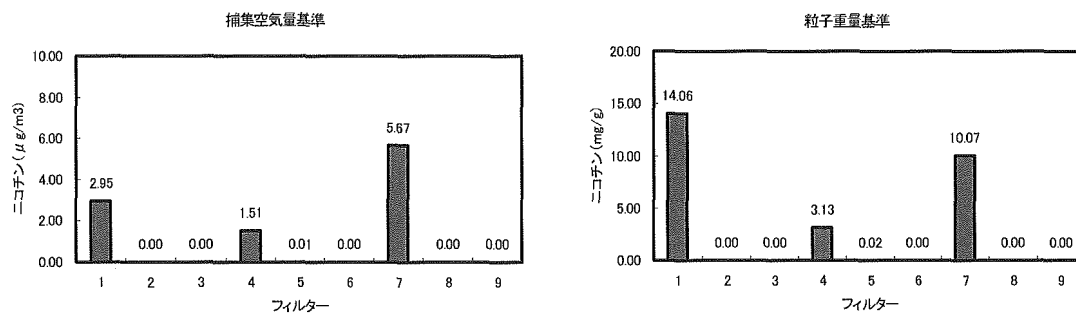


図 4-2-10 建物 A(1,2,3), 建物 B(3,4,5:非講習時,6,7,8:非講習時)におけるニコチン濃度(小粒子中の濃度で, 1~9は S-1~ S-9に対応する)

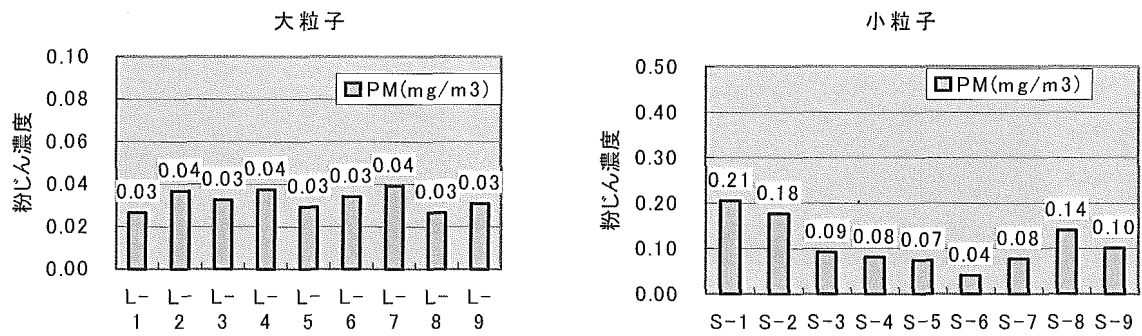


図 4-2-11 建物 C(1,2,3), 建物 D(4,5,6), 建物 E(7,8,9)における粉じん濃度
L: 大粒子, S:小粒子

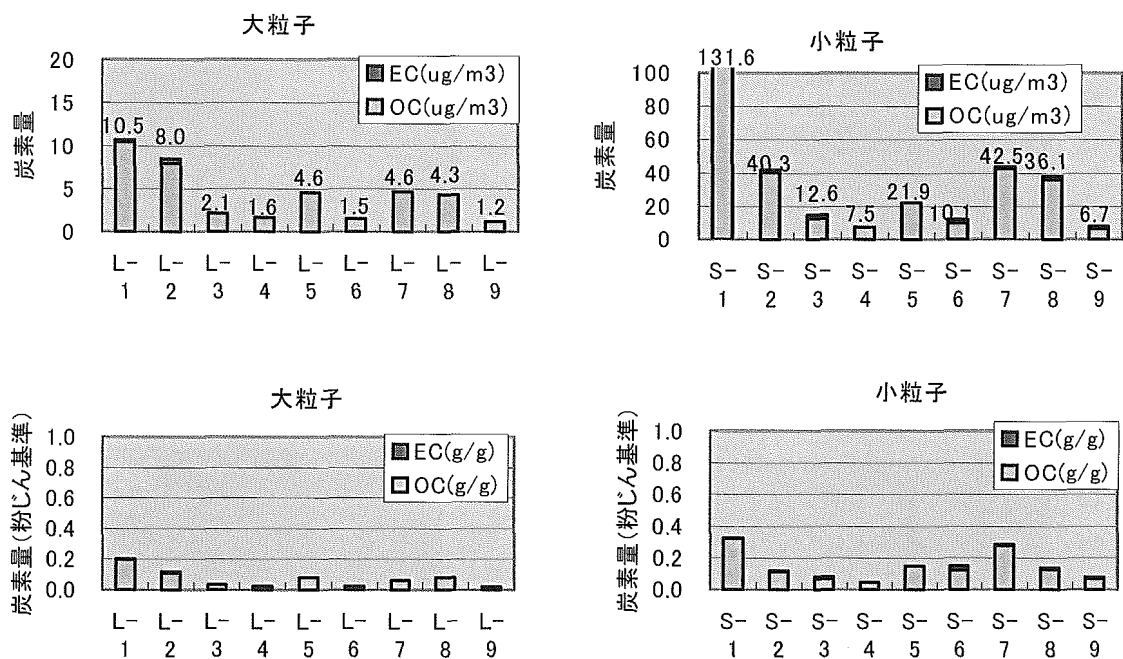


図 4-2-12 建物 C(1,2,3), 建物 D(4,5,6), 建物 E(7,8,9)における EC/OC 濃度
L: 大粒子, S:小粒子(PM2.5), 1:喫煙区域, 2:非喫煙区域, 3:大気, 4-6, 7-9 は同様の順

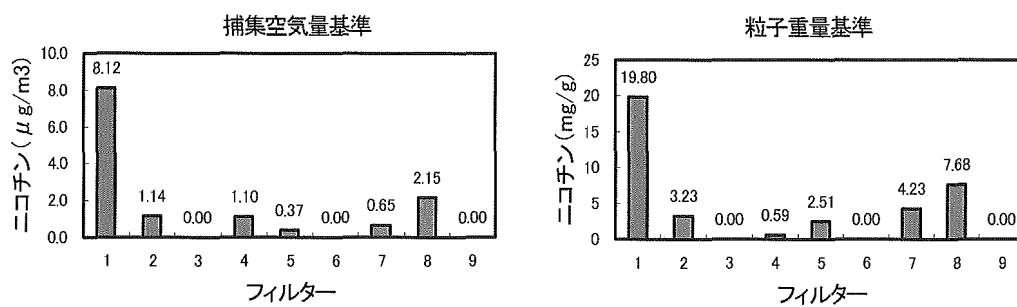


図 4-2-13 建物 C(1,2,3), 建物 D(4,5,6), 建物 E(7,8,9)におけるニコチン濃度 (小粒子中の濃度で, 1~9 は S-1~ S-9 に対応する)

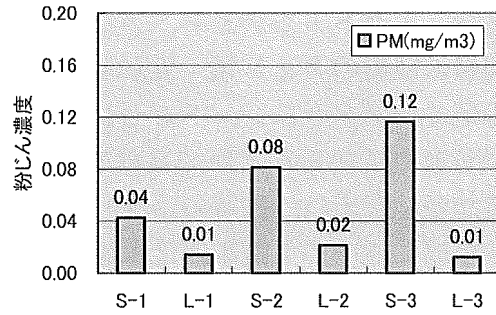


図 4-2-14 東京 1 (2 回目) における粉じん濃度(2005/12/13, 8 時間サンプリング)
L: 大粒子, S: 小粒子 1: 事務室, 2: 非喫煙区域, 3: 喫煙区域

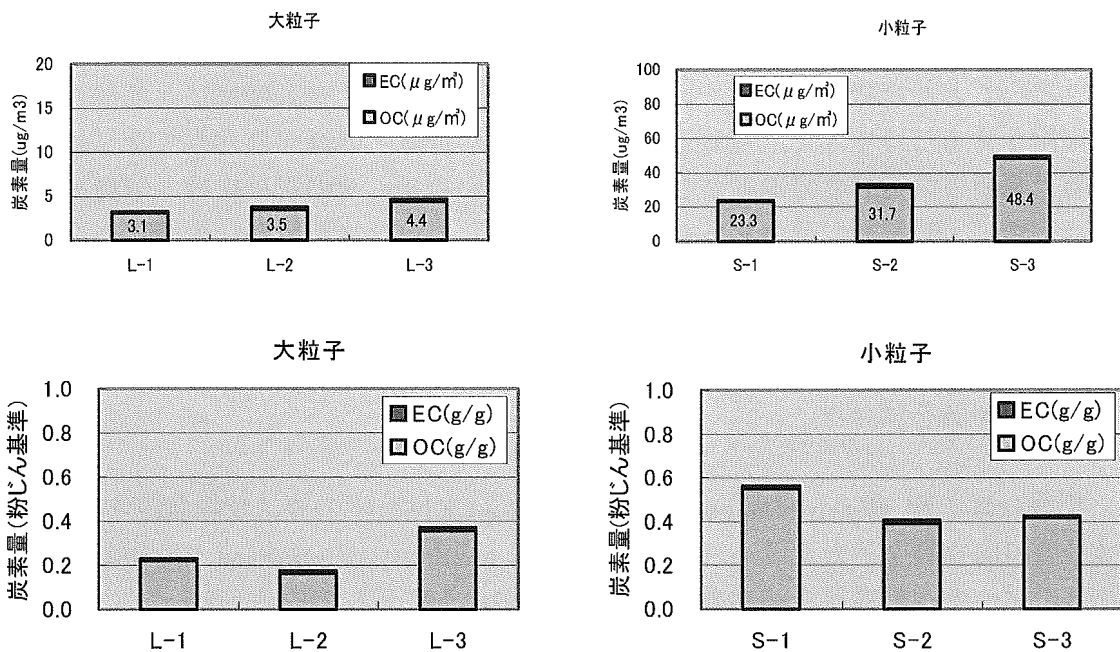


図 4-2-15 東京 1 (2 回目) における EC/OC 濃度(2005/12/13)
L: 大粒子, S: 小粒子(PM2.5), 1: 事務室, 2: 非喫煙区域, 3: 喫煙区域

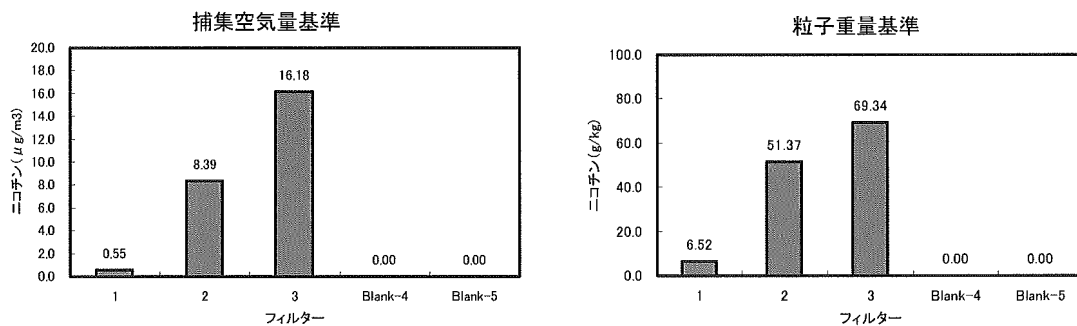


図 4-2-16 東京 1 (2 回目) における小粒子中のニコチン濃度
(フィルタ No.4, No.5 はブランクフィルタ)

4.3 ガス状物質の測定結果

たばこ副流煙中には、窒素酸化物、アセトアルデヒド、アクロレイン等悪臭のアルデヒド・カルボニル類、ピリジン等同様に悪臭のアミン類、発がん性が強い多環式芳香族炭化水素、毒物であるニコチン、その他 1,3-ブタジエン、ベンゼン、トルエン等揮発性有機化合物など多岐に渡るガス状物質が含まれていることが知られている^{1,2,3,4)}。特にアルデヒド類やアミン類のような悪臭物質が多く含まれ、独特の「タバコ臭」を形成していると考えられる。またアルデヒド類は、たばこ煙中の不飽和炭化水素とオゾンの反応により濃度が増加することも分かっており、生成したアルデヒドによる刺激性が懸念されている⁵⁾。受動喫煙による健康への悪影響は、流涙、鼻閉、頭痛などの諸症状や、呼吸抑制、心拍増加、血管収縮など生理学的反応の知見も得られており、より適切な受動喫煙対策が必要とされている⁶⁾。

平成 15 年 5 月 9 日に発表された「新たな職場における喫煙対策のためのガイドライン」では、従来分煙対策機器とされていた空気清浄機は、粒子は除去できるが、ガス状物質は除去できないことを指摘している⁶⁾。分煙対策は、非喫煙者の受動喫煙による健康影響をさらに充実させるだけでなく、臭気等による不快感の排除・軽減がなされてはじめて効果的な対策と判断されるべきであることも言及されている²⁾。そのためには、分煙環境を出来るだけ適切に・科学的に評価することが必要だが、ガス状物質については適当なモニター成分およびモニター法が開発されていない。

そこで、環境たばこ煙 (Environmental Tobacco Smoke : ETS) 中のガス状物質測定法評価法の海外規格や文献を調査し、また実際の喫煙室/非喫煙場所の測定を通じて、ガス状成分除去率の評価を試みた。

4.3.1 環境たばこ煙 (Environmental Tobacco Smoke : ETS) 中のガス状物質測定法の調査

アメリカの国立科学アカデミー (NAS, national academy of sciences, 1990) は、ETS の暴露評価のマーカートの満足すべき要件を表 4-3-1 のように示している。

表 4-3-1 ETS の暴露評価のマーカートの満足すべき要件

I.	ETS に特異的であること (たばこ以外に当該化学物質の発生源がない)
II.	喫煙率が低くても室内で容易に検知できること (発生濃度が低くても検出できる)
III.	発生割合が、たばこの種類 (銘柄) に大きく依存しないこと (多くの銘柄からほぼ同じ割合で発生する)
IV.	ほかの ETS 構成物質と一定の割合にあること (他の化学物質濃度がある程度推測できる)

厚生労働省では、既存の文献から室内環境濃度への ETS の寄与率(当該物質の喫煙場所の空气中濃度に対するたばこ煙から発生した当該物質の割合)を表 4-3-2 のようにまとめている²⁾。ニコチンは 100% が ETS 由来であり、特異性の点で非常に有効なマーカーである。ニコチンは空气中でガス状と粒子状で存在し、ガス状のニコチンは、発生直後から壁などへの吸着による減衰が激しいためマーカーの要件 IV を満たさないが、比較的発生直

後であれば良いマーカーとなる。

その次が吸入性浮遊粉塵(RSP)で寄与率は 50%であるが測定・分析が比較的容易であるためマーカーとしての価値もある。さらにその寄与率を高めるためにたばこ煙中のタール成分などの不揮発成分に注目をして、吸入性浮遊粉塵(RSP)を適当な溶媒に抽出した後、その紫外波長分析成分や蛍光分析成分などの値を測定項目とした UV-PM (ultraviolet particulate matter), F-PM (fluorescent particulate matter), Sol-PM (solanesol particulate matter) がマーカーとして注目されている。

その他の化学物質は寄与率が低く、建材や什器等他の要因による寄与があり、特異性に欠けるためマーカーとして良好であるという報告はほとんど見られていないが、他の文献から特異性という点からは 3-Etenylpyridine (3-ET) 濃度も有効と考察している。

それ以外にも、1,3-butadiene がマーカーとしてよいとする文献も見られた⁷⁾。

表 4-3-2 室内環境濃度への ETS からの寄与率

一酸化炭素	15%
アンモニア	3%
ホルムアルデヒド	5%
オゾン	0%
窒素酸化物	12%
吸入性浮遊粉塵 (RSP)	50%
メタン系炭化水素	5%
塩素化炭化水素	0%
ベンゼン	35%
二酸化硫黄	20%
ニコチン	100%
ペンツピレン	5%
微生物, 細菌等	0%

ETS 評価法および寄与率が 100%であるニコチンについて、海外規格を調査した結果を表 4-3-3 に示す。