

表 2.11.7 空調設備（名古屋）

| 建物名 | 測定室設計 | | 空調方式 (運転状況) | 空調設備 | |
|------|-----------------------|-----------------------|----------------|------------|-----------------|
| | 給気量 | 外気量 | | フィルタ：効率(%) | メンテナンス状態 |
| 名古屋1 | 2400m ³ /h | 1420m ³ /h | AHU (運転中) | 中性能:比色法90% | 交換なし |
| | | | FCU (停止) | プレ:重量法73% | 12回/年 |
| 名古屋2 | 1257m ³ /h | 1257m ³ /h | AC (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 不明 |
| | | | OHU (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 2回/年 ('04/7実施) |
| 名古屋3 | 1733m ³ /h | 1127m ³ /h | AC (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 4回/年 |
| | | | HEX (運転中) | プレ1:重量法82% | 交換なし |
| 名古屋4 | 7534m ³ /h | 1456m ³ /h | AHU (運転中) | 中性能:比色法90% | 1回/年 ('04/6実施) |
| | | | OHU (運転中) | プレ:重量法70% | 4回/年 ('04/10実施) |
| | | | | プレ:重量法70% | 6回/年 ('04/9実施) |

表 2.11.8 空調設備（大阪）

| 建物名 | 測定室設計 | | 空調方式 (運転状況) | 空調設備 | |
|-----|-----------------------|-----------------------|----------------|------------|----------------|
| | 給気量 | 外気量 | | フィルタ：効率(%) | メンテナンス状態 |
| 大阪1 | 4000m ³ /h | 4000m ³ /h | AC (停止) | プレ:メーカー標準品 | 4回/年 ('04/7実施) |
| | | | EF (停止) | — | — |
| 大阪2 | 2400m ³ /h | 2400m ³ /h | AC (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 2回/年 ('04/8実施) |
| | | | EF (運転中) | — | — |
| 大阪3 | 700m ³ /h | 700m ³ /h | AC (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 2回/年 ('04/6実施) |
| | | | HEX (停止) | プレ:重量法82% | 交換なし |
| 大阪4 | 4000m ³ /h | 4000m ³ /h | AC (運転中) | 中性能:比色法90% | 不明 |
| | | | HEX (運転中) | プレ:重量法65% | 不明 |
| | | | | 中性能:比色法65% | 不明 |
| | | | | プレ:重量法82% | 不明 |

表 2.11.9 空調設備（福岡）

| 建物名 | 測定室設計 | | 空調方式 (運転状況) | 空調設備 | |
|-----|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------|-----------------|
| | 給気量 | 外気量 | | フィルタ：効率(%) | メンテナンス状態 |
| 福岡1 | 7487m ³ /h | 4215m ³ /h | AHU (停止) | 中性能:比色法65% | 不明 |
| | | | FCU (停止) | プレ:メーカー標準品 | 1回/年 ('04/10実施) |
| 福岡2 | 1175m ³ /h | 1175m ³ /h | AC (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 不明 |
| | | | HEX (運転中) | プレ:重量法82% | 不明 |
| 福岡3 | 430m ³ /h | 200m ³ /h | AC (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 4回/年 ('04/9実施) |
| | | | HEX (運転中) | 中性能1:比色法65% | 2回/年 ('04/8実施) |
| | | | | 中性能2:比色法65% | 2回/年 ('04/8実施) |
| 福岡4 | 1020m ³ /h | 1020m ³ /h | AC (停止) | プレ:メーカー標準品 | 年3-4回洗浄 |
| | | | HEX (停止) | HEX:不明 | 不明 |
| 福岡5 | 1200m ³ /h | 1200m ³ /h | AC (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 不明 |
| | | | HEX (運転中) | プレ:重量法82% | 不明 |

表 2.11.10 空調設備（東京）

| 建物名 | 測定室設計 | | 空調方式 (運転状況) | 空調設備 | |
|-----|------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|------------------------------|
| | 給気量 | 外気量 | | フィルタ：効率(%) | メンテナンス状態 |
| 東京1 | 3791m ³ /h | 1205m ³ /h | AHU (運転中) | 中性能:比色法90% プレ:比色法70% | 不明 不明 |
| | | | FCU (運転中) | — | — |
| 東京2 | 6900m ³ /h | 4020m ³ /h | AC (運転中) | プレ:メーカー標準品 | 不明 |
| | | | OHU (運転中) | 中性能:比色法90% プレ:重量法80% | 不定期('04/9実施) 不定期('04/9実施) |
| 東京3 | 10350m ³ /h | 2392m ³ /h | AHU (運転中) | プレ:重量法50% | 3-4回/年('04/9実施) |
| | | | FCU (運転中) | — | — |
| 東京4 | 1569m ³ /h | 418m ³ /h | AHU (運転中) | 中性能:比色法65% プレ:重量法50% | 不明 不明 |
| | | | OHU (運転中) | 中性能:比色法65% プレ:重量法50% | 不明 不明 |
| | | | FCU (運転中) | — | — |
| 東京5 | 1600m ³ /h | 1600m ³ /h | AC (運転中) | 中性能:比色法65% プレ:メーカー標準品 | 不明 不明 |
| | | | OHU (運転中) | 中性能:比色法65% プレ:メーカー標準品 | 不明 不明 |
| | | | HEX (運転中) | 不明 | 不明 |

表 2.11.11 各設備の通常運転時間及び換気の種類

| 建物名 | 空調方式 (運転状況) | 空調時間 | 換気の種類 | 換気時間 |
|------|---------------------------------|-------------|-------|-------------|
| 札幌1 | AC (停止) +OHU (運転中) | 必要時 (測定時運転) | 第2種換気 | 0:00-24:00 |
| 札幌2 | AC (運転中) +HEX (運転中) | 必要時 (測定時運転) | 第1種換気 | 必要時 (測定時運転) |
| 札幌3 | AHU (運転中) +FCU (停止) | 8:00-20:00 | 第1種換気 | 8:00-20:00 |
| 札幌4 | AHU (運転中) | 8:20-18:00 | 第1種換気 | 8:20-18:00 |
| 名古屋1 | AHU (運転中) +FCU (停止) | 8:30-17:15 | 第1種換気 | 8:30-17:15 |
| 名古屋2 | AC (運転中) +OHU (運転中) | 7:45-18:30 | 第2種換気 | 7:45-18:30 |
| 名古屋3 | AC (運転中) +HEX (運転中) | 8:00-22:00 | 第1種換気 | 8:00-21:30 |
| 名古屋4 | AHU (運転中) +OHU (運転中) | 8:00-18:00 | 第1種換気 | 8:00-18:00 |
| 大阪1 | AC (停止) +EF (停止) | 7:30-20:30 | 第3種換気 | 必要時 (測定時停止) |
| 大阪2 | AC (運転中) +EF (運転中) | 8:00-20:00 | 第1種換気 | 8:00-20:00 |
| 大阪3 | AC (運転中) +HEX (停止) | 8:00-19:00 | 第1種換気 | 必要時 (測定時停止) |
| 大阪4 | AC (運転中) +HEX (運転中) | 8:00-18:00 | 第1種換気 | 8:00-18:00 |
| 福岡1 | AHU (停止) +FCU (停止) | 8:30-20:00 | 第1種換気 | 8:30-20:00 |
| 福岡2 | AC (運転中) +HEX (運転中) | 9:00-18:00 | 第1種換気 | 9:00-18:00 |
| 福岡3 | AC (運転中) +HEX (運転中) | 8:30-20:00 | 第1種換気 | 8:00-19:00 |
| 福岡4 | AC (停止) +HEX (停止) | 0:00-24:00 | 第1種換気 | 0:00-24:00 |
| 福岡5 | AC (運転中) +HEX (運転中) | 必要時 (測定時運転) | 第1種換気 | 必要時 (測定時運転) |
| 東京1 | AHU (運転中) +FCU (運転中) | 8:30-18:30 | 第3種換気 | 8:30-18:30 |
| 東京2 | AC (運転中) +OHU (運転中) | 8:00-19:00 | 第2種換気 | 8:00-19:00 |
| 東京3 | AHU (運転中) +FCU (運転中) | 8:30-19:00 | 第1種換気 | 8:30-19:00 |
| 東京4 | AHU (運転中) +OHU (運転中) +FCU (運転中) | 8:30-18:30 | 第1種換気 | 8:30-18:30 |
| 東京5 | GHP (運転中) +OHU (運転中) +HEX (運転中) | 9:00-20:00 | 第1種換気 | 9:00-20:00 |

(3) 測定結果

①SPM 質量濃度測定結果

ピエゾバランス粉じん計による SPM 質量濃度測定結果（室内外）を、図 2.11.1 に示す。測定結果については、周波数変化量を用いた 20 分間測定 2 回の平均を、ピエゾバランス粉じん計による SPM 質量濃度とした。また、ピエゾバランス粉じん計による SPM 質量濃度 I/O 比を図 2.11.2 に示す。

デジタル粉じん計による SPM 質量濃度測定結果（室内外）を、図 2.11.3 に示す。測定結果については、40 個の相対濃度（CPM: Count Per Minute）の平均に質量濃度変換係数（ $=0.0013\text{mg}/\text{m}^3/\text{CPM}$ ）を乗じた値を、デジタル粉じん計による SPM 質量濃度とした。

また、デジタル粉じん計による SPM 質量濃度 I/O 比を図 2.11.4 に示す。

なお、ピエゾバランス粉じん計とデジタル粉じん計との結果には若干の差が見られるが、大勢の傾向はほぼ同様である。なお、これらの結果の違いについては明確には分からない。

また I/O 比については一概に低い方が良く、あるいは高い方が良くという様に言うことは出来ない。これは、外気が汚れている場合には換気装置中のフィルタによって浄化される作用が強く現れるために I/O 比は低くなるが、外気が清浄な場合には、室内での汚染の発生により I/O 比としては高くなることがあるからである。但し、この値が 1 を超える場合には、単純に換気をより強くなることで室内をより清浄に保てるため、室内での清浄度が低い場合には改善を行なうべきであると考えられる。

②SPM 粒径別個数濃度測定結果

パーティクルカウンタによる SPM 粒径別個数濃度測定結果、札幌 4 物件の室内・室外を図 2.11.5 に、名古屋 4 物件の室内・室外を図 2.11.6 に、大阪 4 物件の室内・室外を図 2.11.7 に、福岡 5 物件の室内・室外を図 2.11.8 に、東京 5 物件の室内・室外を図 2.11.9 に示す。

測定結果は、ある粒子径 X ($X=0.3,0.5,0.7,1.0,2.0,5.0\mu\text{m}$) 以上の累積値で表している。粒径以上の個数濃度（個/L）、粒径区分ともに対数目盛をとって表現した。また、各測定結果とも、12 回の測定の平均値をとっている。

図 2.11.10 に、 $0.3\mu\text{m}$ 以上と $2.0\mu\text{m}$ 以上における、粒径別の I/O 比を示す。この値そのものに対する解釈は重量濃度のそれと同様であるが、同一測定条件にもかかわらず、粒径の違いによって値が逆転するものも多く、また $0.3\mu\text{m}$ 以上の小粒径を対象とした時の方が 1 を超えている場合が多いことが見て取れる。

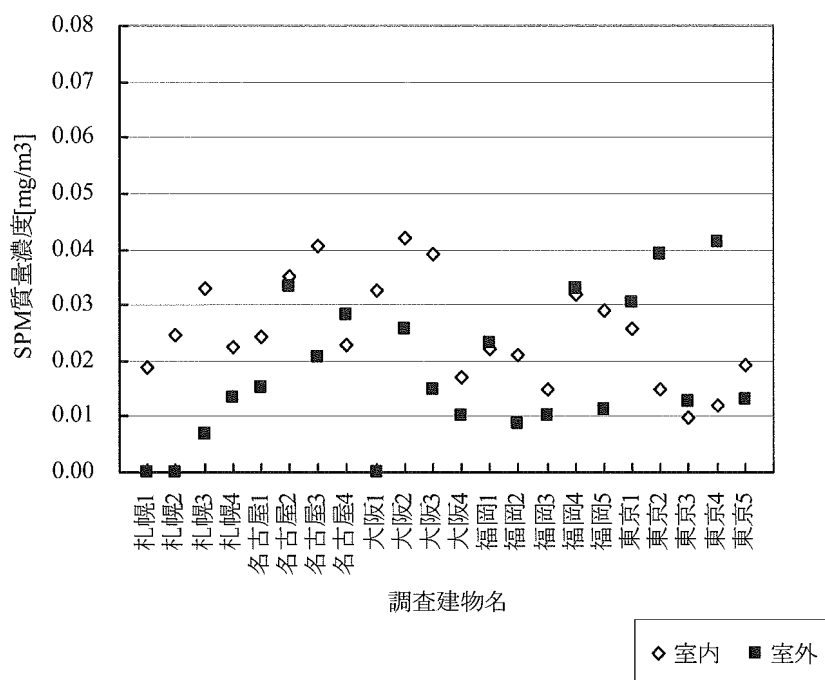


図 2.11.1 SPM 質量濃度 (ピエゾバランス粉じん計)

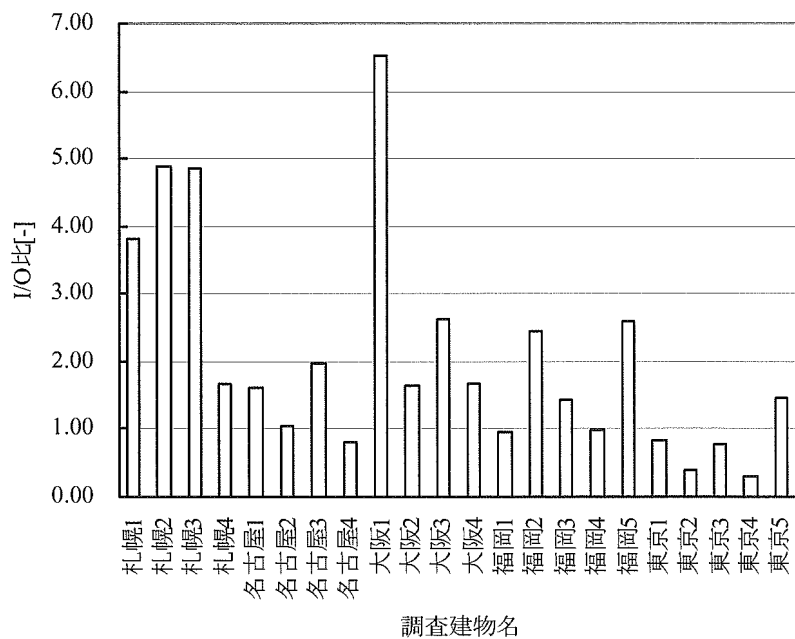


図 2.11.2 SPM 質量濃度 I/O 比 (ピエゾバランス粉じん計)

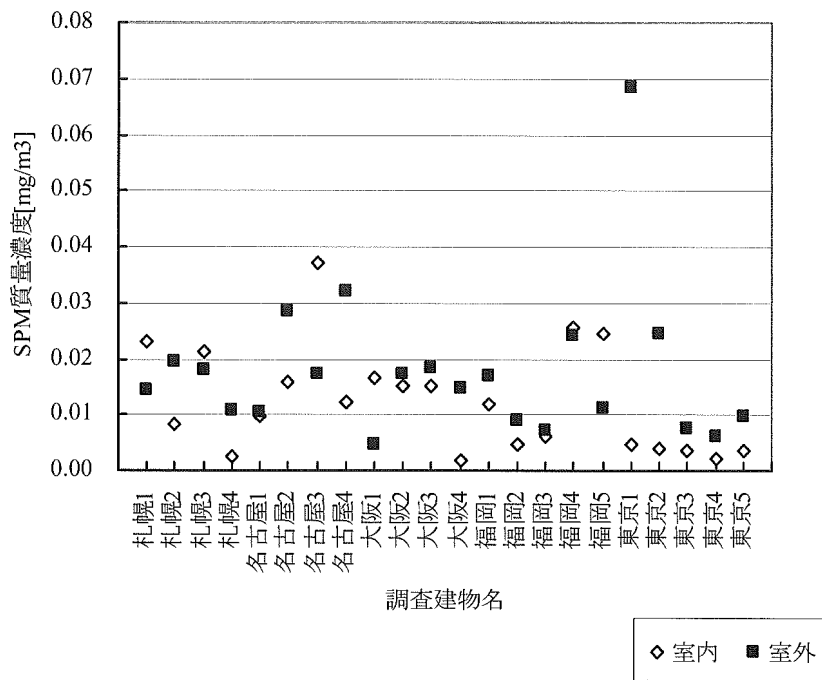


図 2.11.3 SPM 質量濃度 (デジタル粉じん計)

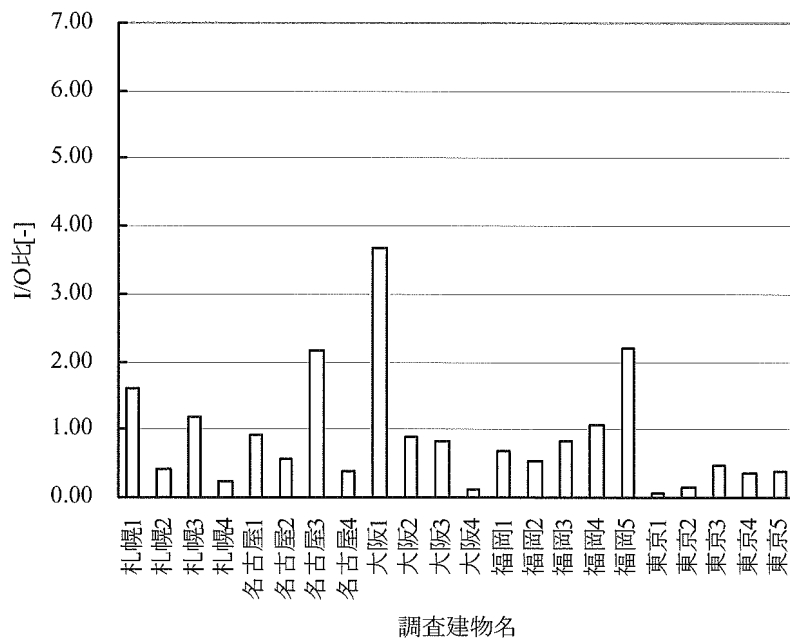


図 2.11.4 SPM 質量濃度 I/O 比 (デジタル粉じん計)

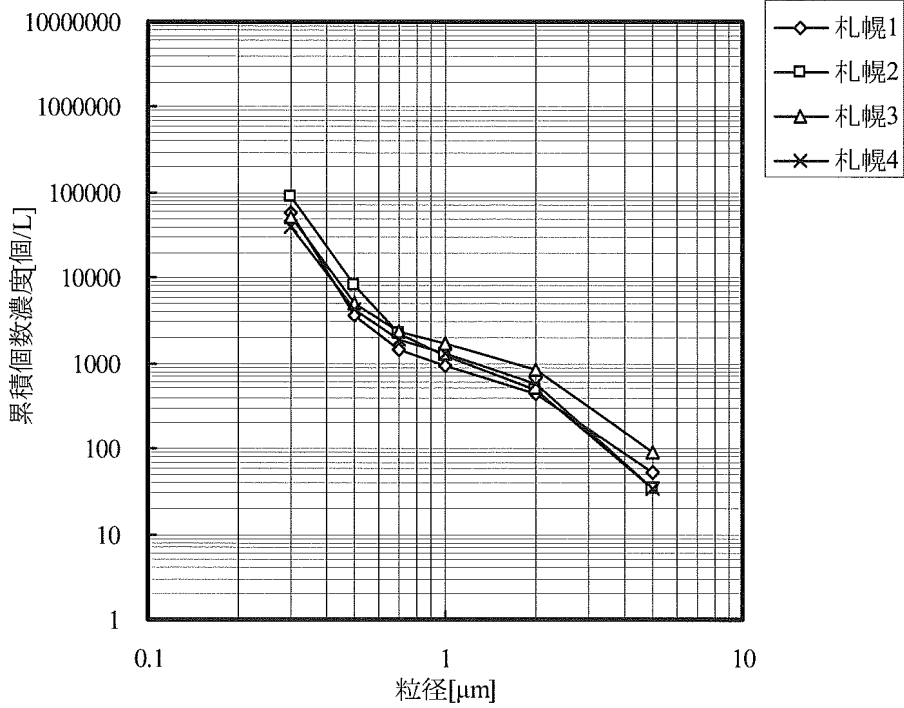
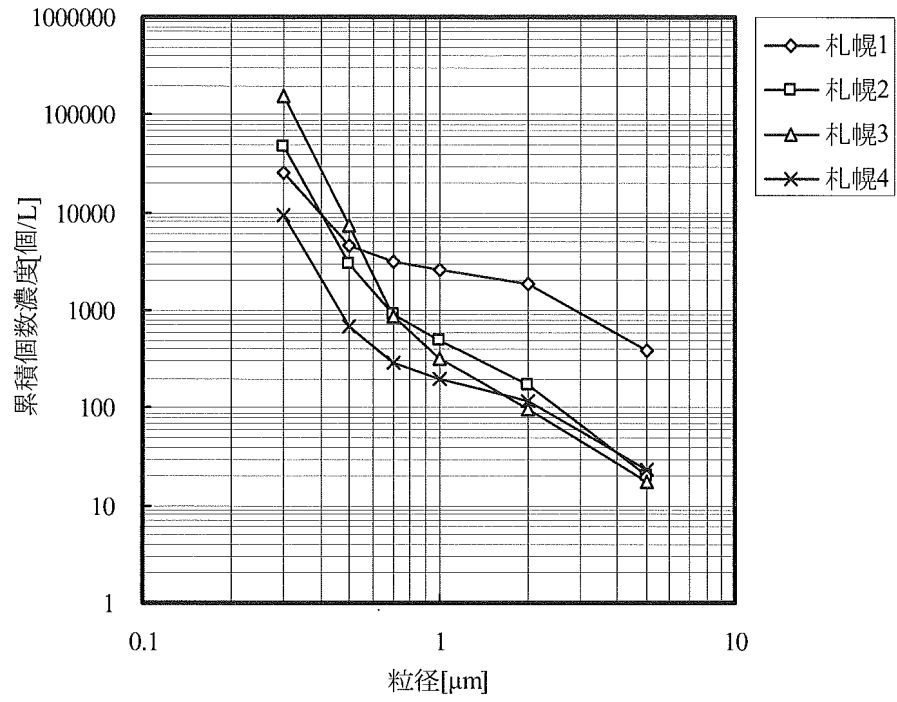


図 2.11.5 粒径別個数濃度：札幌（上：室内，下：室外）

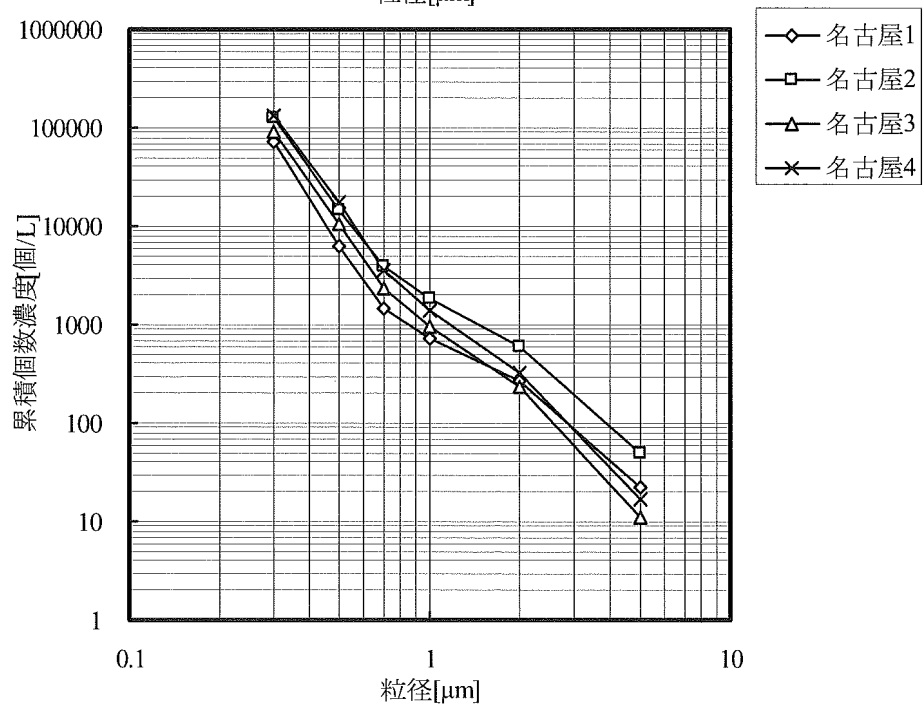
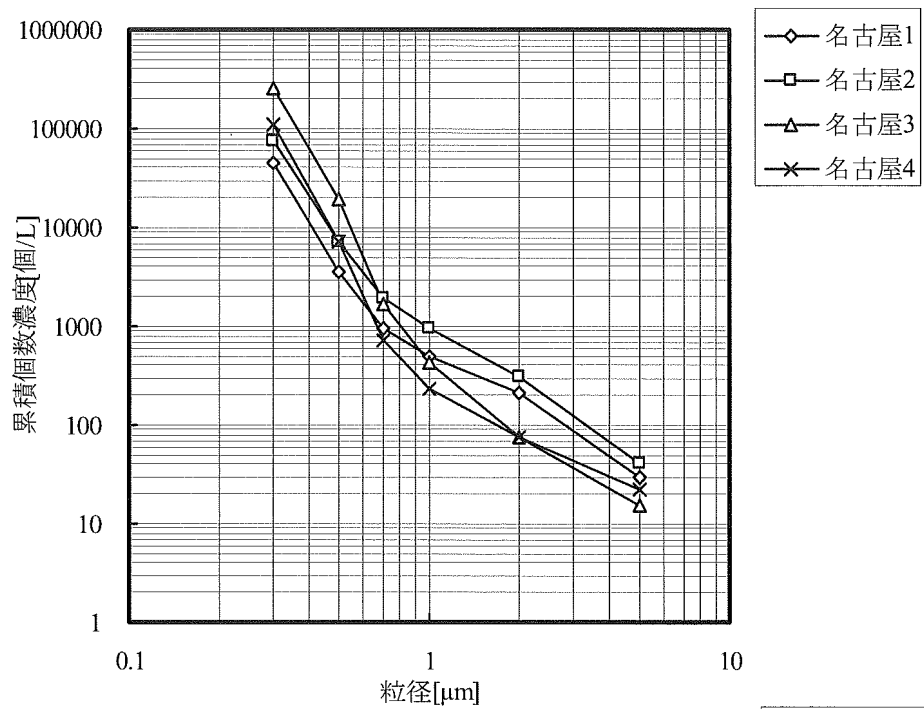


図 2.11.6 粒径別個数濃度：名古屋（上：室内，下：室外）

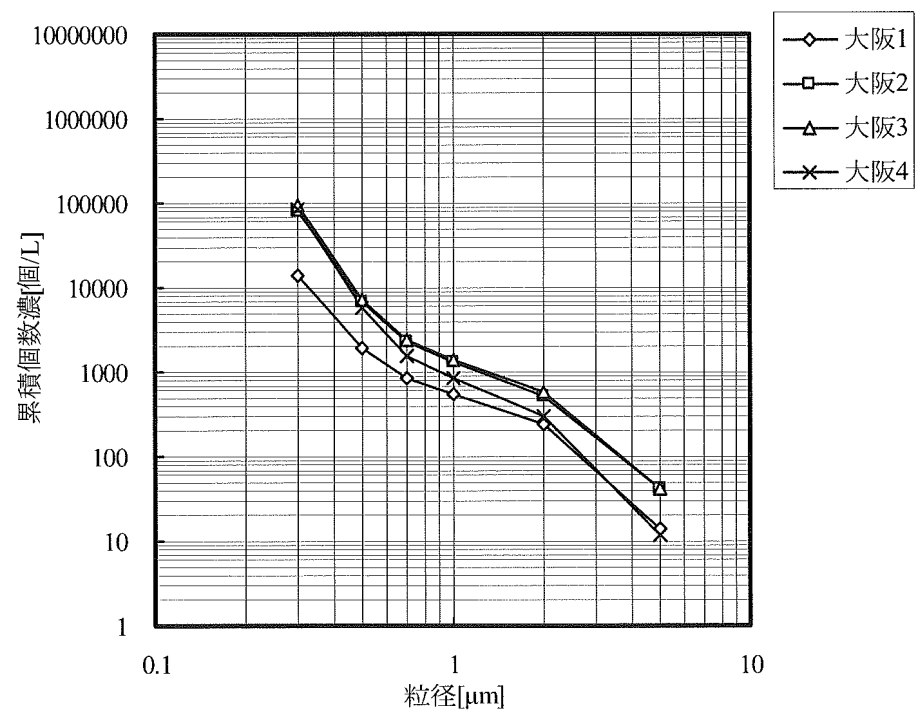
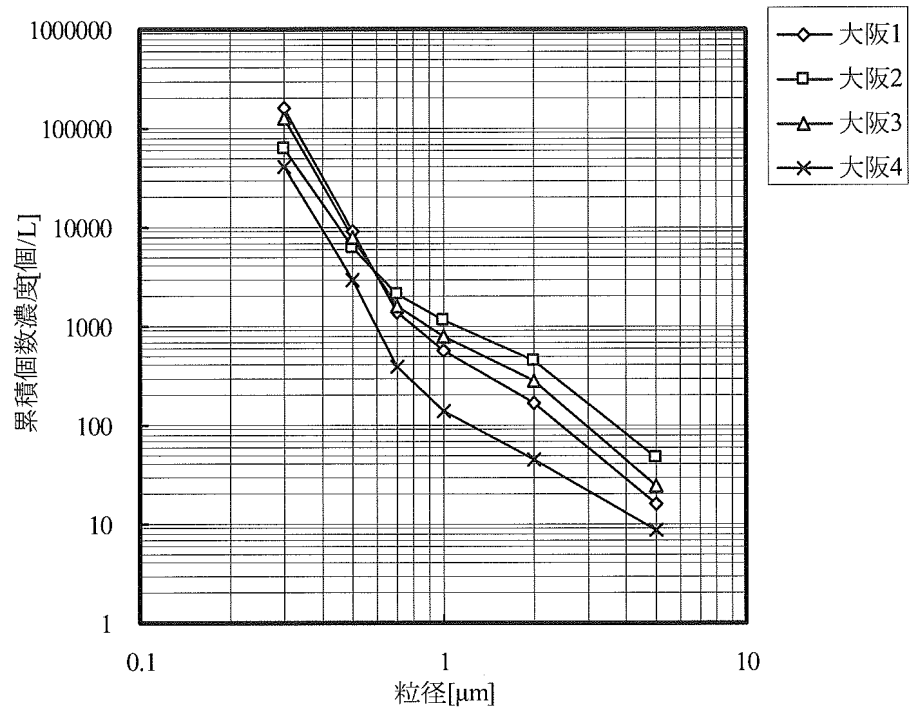


図 2.11.7 粒径別個数濃度：大阪（上：室内，下：室外）

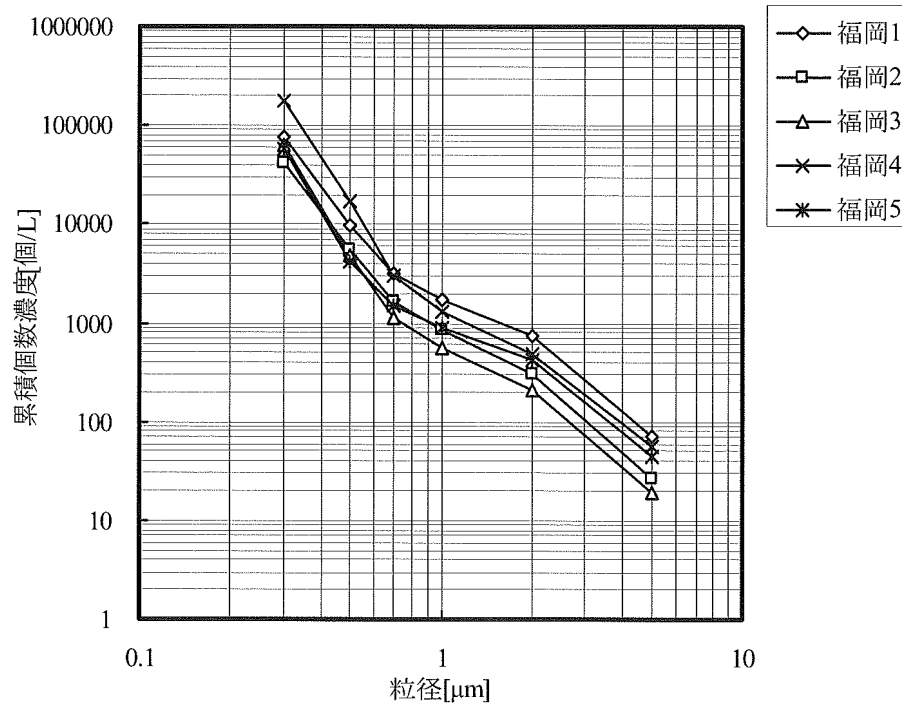
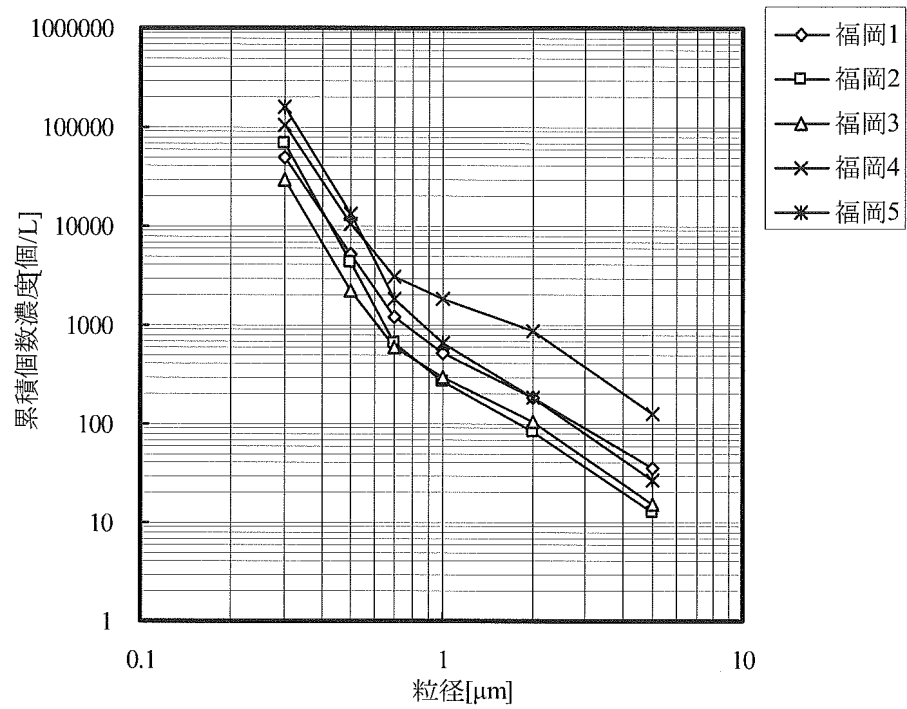


図 2.11.8 粒径別個数濃度：福岡（上：室内，下：室外）

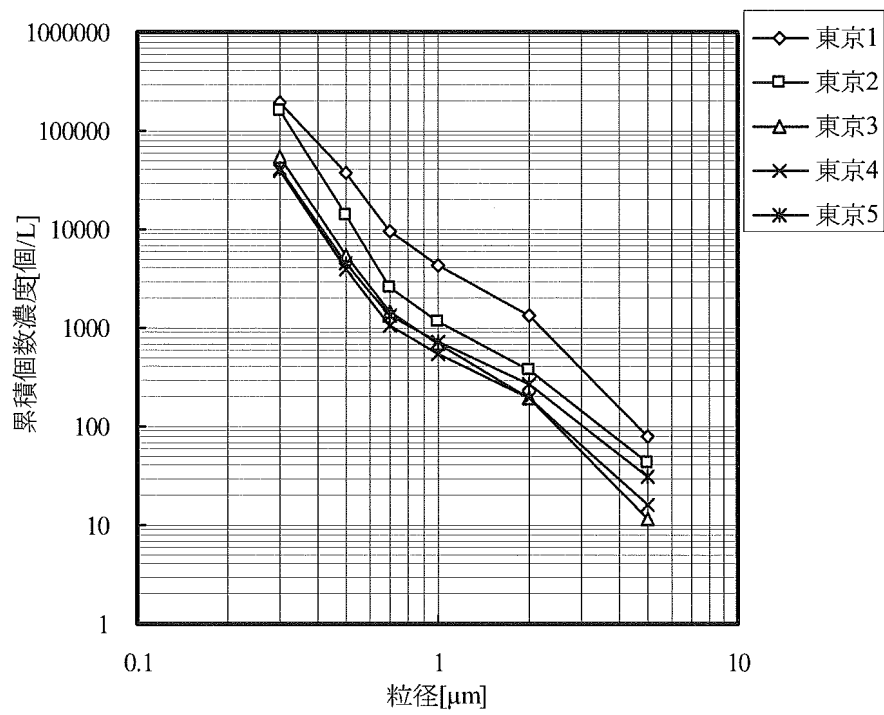
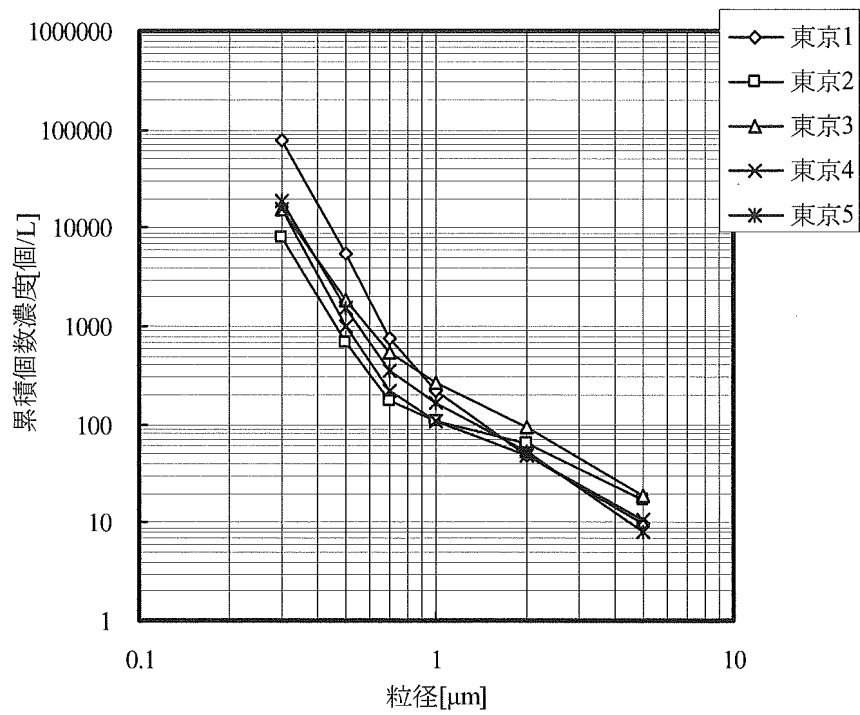


図 2.11.9 粒径別個数濃度：東京（上：室内，下：室外）

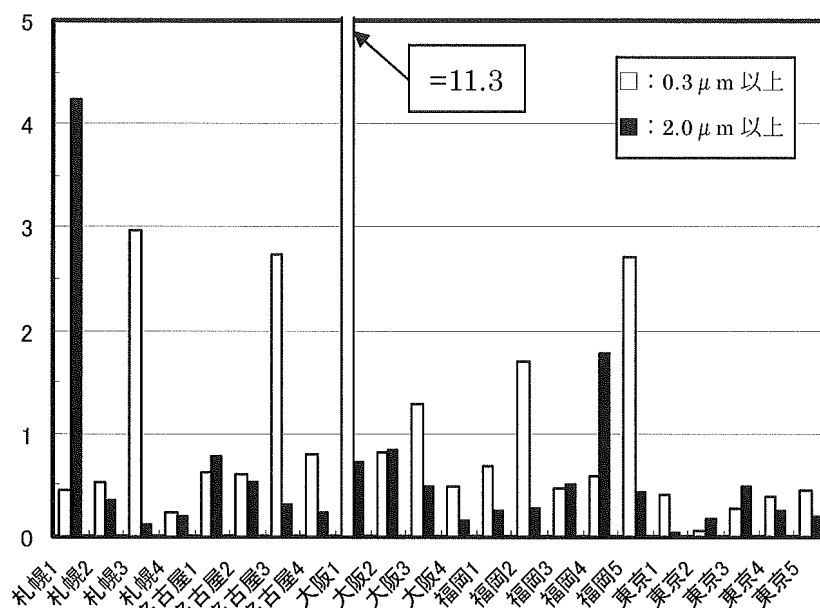
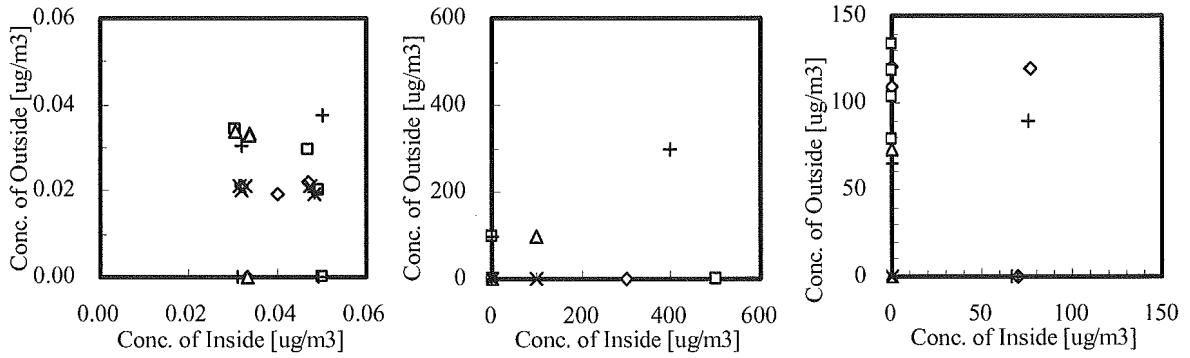
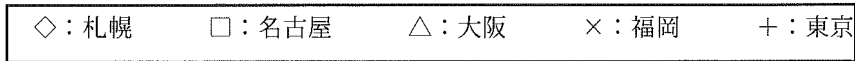


図 2.11.10 粒径別に見た SPM の I/O 比

③VOC 濃度測定結果

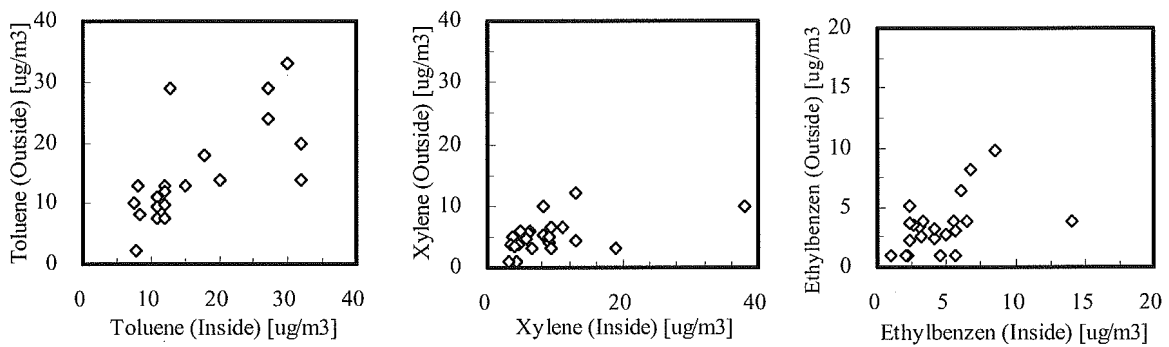
検知管による分析結果を図 2.11.11 に示す。いずれの図でも、横軸に室内での測定結果、縦軸に室外での計測結果を示している。検知管についてはホルムアルデヒド、トルエン、パラジクロロベンゼンについて計測を行っているが、いずれに関しても測定下限値以下となっている場合が多く、測定対象空間が十分に清浄であるために、結果としてあまり計測精度が高くない結果となっている。ホルムアルデヒドについては、検出されたものについても測定地域による違いや測定場所（室内外）による違いは殆ど見られない。同様の傾向はトルエンについても伺える。但し、パラジクロロベンゼンについては札幌および名古屋の室外で多く検出される結果となっているものの、いずれの地域でも室内では殆ど検出されていない。この理由については不明である。

GC-MS による測定結果を図 2.11.12 に示す。図 2.11.11 と同様に、横軸に室内での濃度、縦軸に室外での濃度をとっている。なお GC-MS はクロマトグラフとして結果が分析されるため、これら以外の物質についても多数検出されているが、ここでは代表としてトルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、パラジクロロベンゼンの 5 物質について比較・検討を行っている。検知管と同様、検出限界以下となっている場合も見られる。全体的な傾向として、トルエン、キシレン、エチルベンゼンについては室内外の差は殆ど見られない。従って外気由来のものが直接室内での濃度として反映しているものと推察される。また、トルエンについては東京、名古屋で高い濃度が検出されている。これは東京、名古屋での測定箇所が地域内でも比較的中心部に位置するものが多かったことと関係があると思われる。スチレン、パラジクロロベンゼンについてはかなり低い濃度であったが、いずれも室内の方が高い濃度が検出される傾向が見られ、その発生源が室内にあるものと推察するのが自然と思われる。

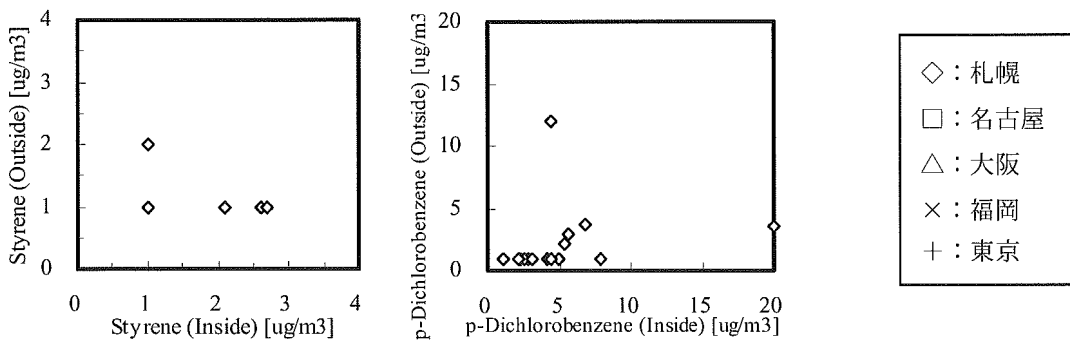


a) ホルムアルデヒド b) トルエン c) パラジクロロベンゼン

図 2.11.11 検知管による、各都市毎の室内外で検出されたガス濃度



a) トルエン b) キシレン c) エチルベンゼン



d) スチレン e) パラジクロロベンゼン

図 2.11.12 GC-MS による、各都市毎の室内外で検出されたガス濃度

(4)考察

①個数濃度と質量濃度の比較

室内空間における、所定の粒径以上の個数濃度と質量濃度の相関を図2.11.13に示す。質量濃度については、ピエゾバランス粉じん計の20分測定2回の平均値を質量濃度とした。粒径が小さい方から大きい方に行くに従い、累積個数濃度と質量濃度の相関の分布形状は変化していく。特に、 $1.0\mu\text{m}$ を境に相関の分布形状が大きく異なっている。

室外空間における粒径以上の個数濃度と質量濃度の相関を図2.11.14に示す。粒径が小さい方では室内と相関形状が似ているが、粒径が大きくなるほど室内との相関形状の違いが大きくなっている。

これは共に、外的要因（＝大気の地域差）に加え、ある粒径以上では、室内空間における人体や事務機器等からの発塵による影響があるからだと考えられる。また、空調設備の種類やそのフィルタの粒径に対する性能が関係していると考えられる。

②空調システム・測定環境とSPM濃度・VOC濃度との比較

図2.11.15に、空調システム別での、換気回数に対する室内でのSPM濃度について示す。空調システムについてはSPMの項と同様、AC（エアコン）型とAHU（エアハンドリングユニット）型に分類しており、AC型は全般に換気回数が小さい、という傾向がある。

SPMの場合には換気回数が多いと室内空気は清浄になる、という傾向が見られたが、VOCについてはあまりそうした傾向は見られない。また、パラジクロロベンゼンは室内に発生源があるのではと先述したが、この図をみる限り換気回数が多い場合でも濃度が低いとも言えず、それらの関係を明確に示すには至っていない。

図2.11.16に、単位面積当たりの在室者数や家具類の数と、SPM濃度との関係を示す。ここでは、在室者数は測定時間中（40分）の平均としており、机に関しては大小や形式、新旧を問わず測定対象室内にあったもの全てをカウントしている。またPCについてもデスクトップ型、ノート型を問わず集計している。重量濃度として測定されたSPM濃度と在室者数や家具類の数との間には、相関らしきものは全く見られない。また、個数濃度として測定されたSPM濃度では、 $2.0\mu\text{m}$ 以上のものについては重量濃度として計測されたものと同様に、全く相関は見られないが、 $0.3\mu\text{m}$ 以上のものについては、在室者数や家具類の数との間にはむしろ負の相関が見られる。但しこれも非常に小さな相関であるので、より詳細な計測、分析を行わない限り明確な因果関係とは言えない。

図2.11.17に、空調システム別での、換気回数に対する室内でのVOC濃度について示す。ここでは4物質について取り上げているが、いずれにおいても換気回数と濃度の関係、あるいは空調システムと濃度との関係に明確なものは見当たらない。

図2.11.18に、単位面積当たりの在室者数や家具類の数と、VOC濃度との関係を示す。トルエン、キシレン、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼン共に、在室者数や家具類との相関は殆ど見られない。ここからも、先述した「パラジクロロベンゼンなどにおいては、室外よりも室内の方が濃度が高い」傾向を説明するに足るデータは得られていない。

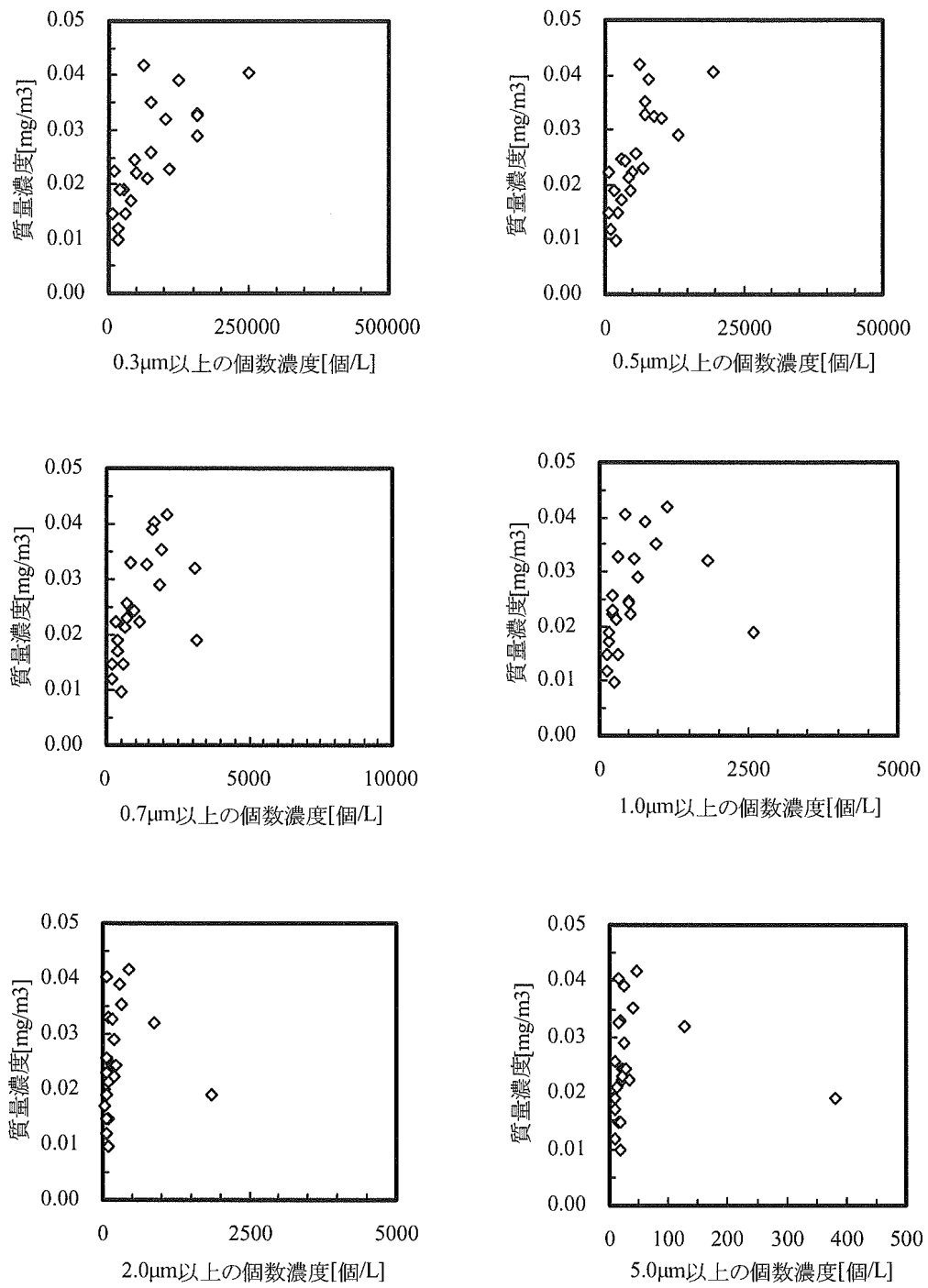


図 2.11.13 個数濃度と質量濃度の比較（室内）

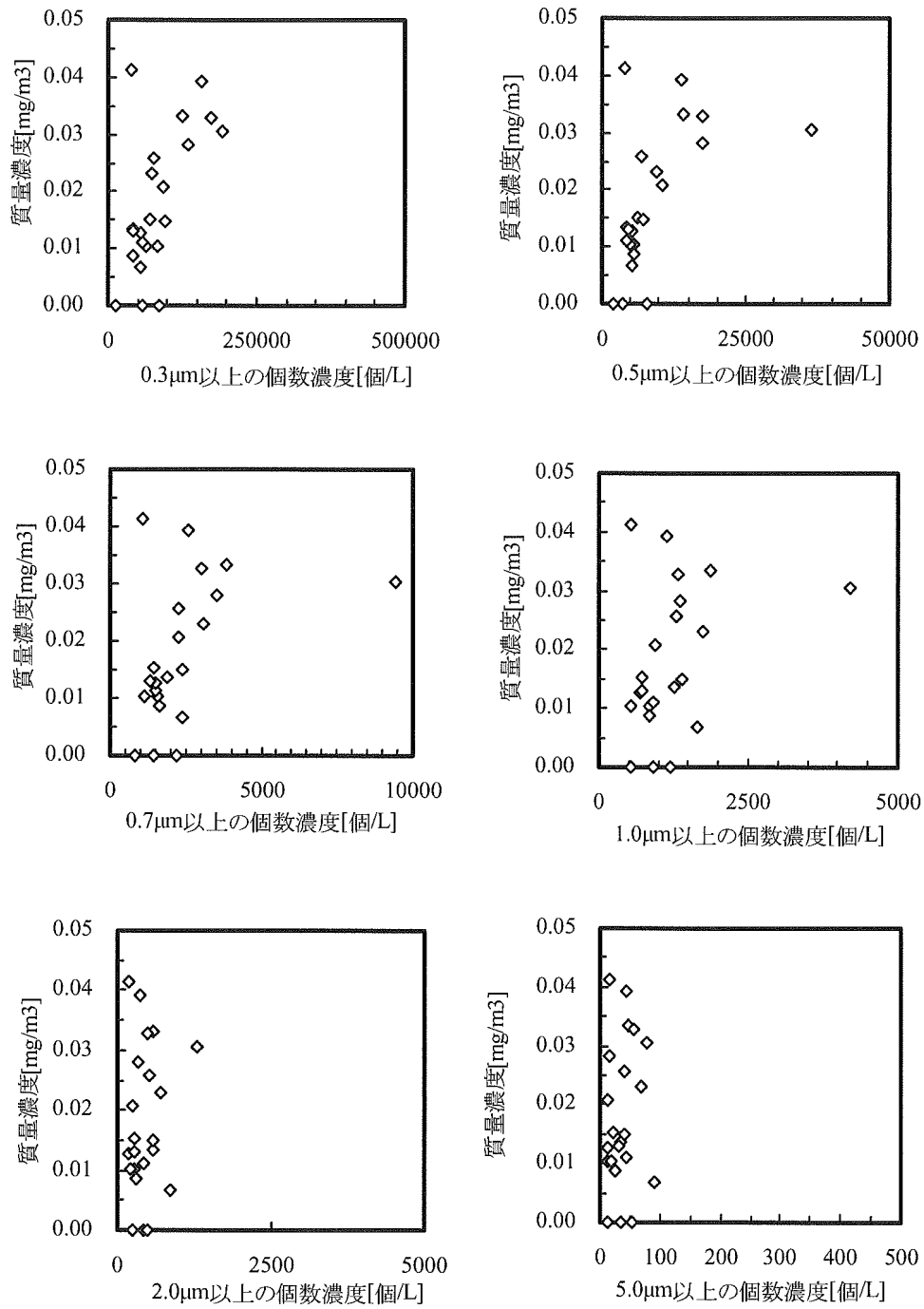
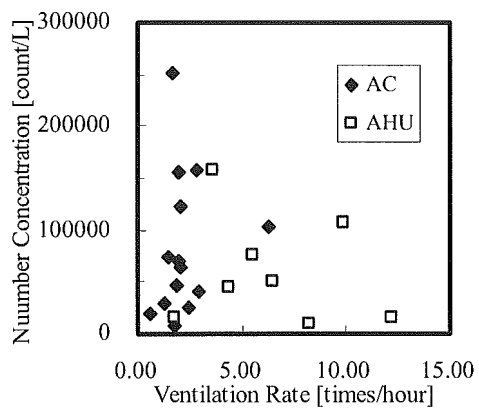
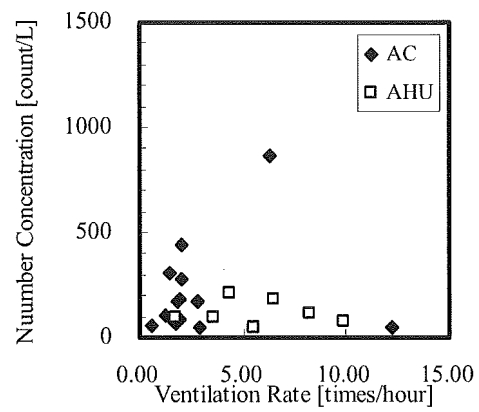


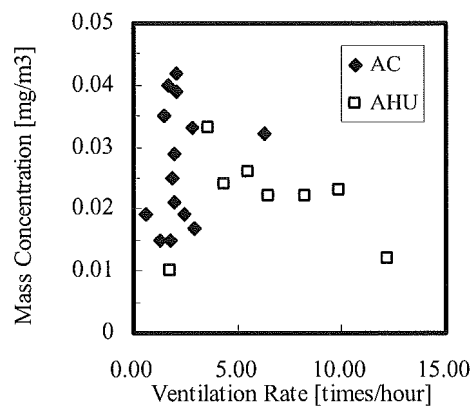
図 2.11.14 個数濃度と質量濃度の比較 (室外)



a) 0.3 μm 以上の場合

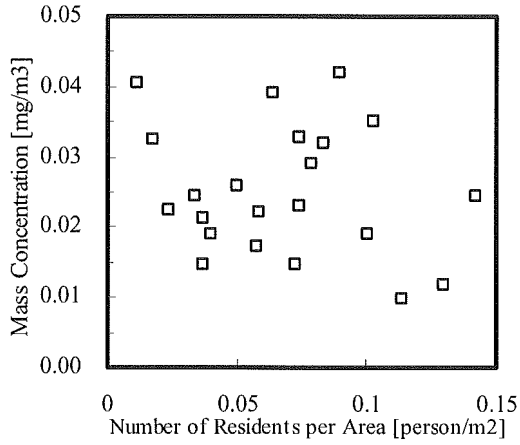


b) 2.0 μm 以上の場合

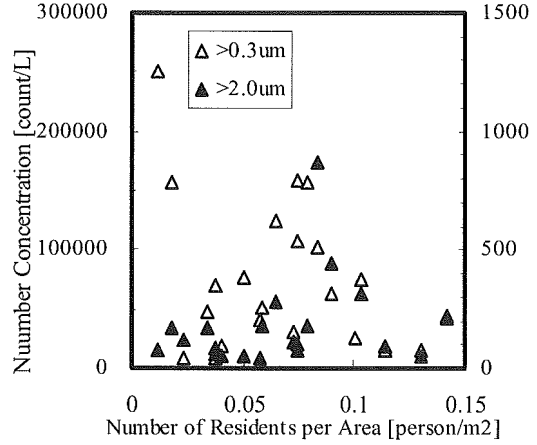


c) 重量濃度の場合

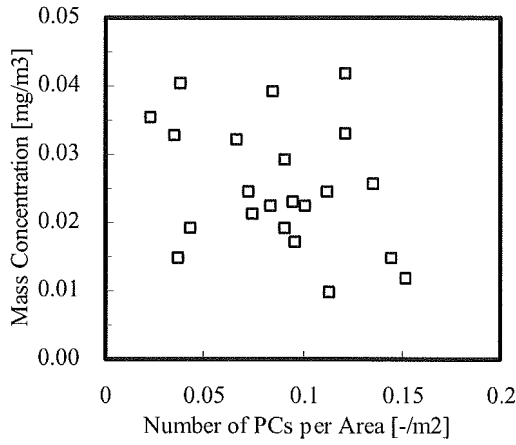
図 2.11.15 空調システム、換気回数と SPM 濃度の関係



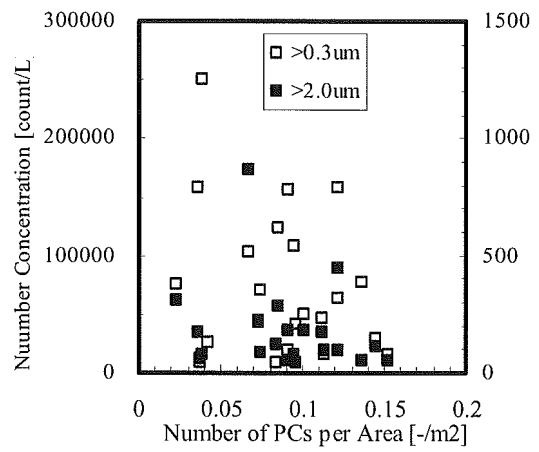
a) 在室者数・重量濃度



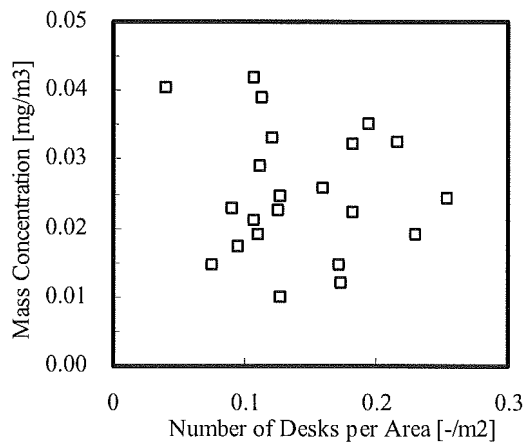
b) 在室者数 個数濃度



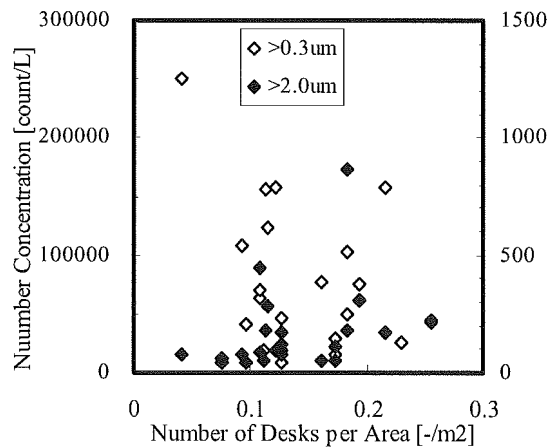
c) パソコンの数・重量濃度



d) パソコンの数・個数濃度

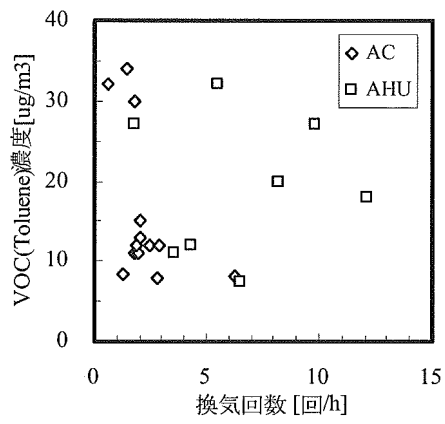


e) 机の数・重量濃度

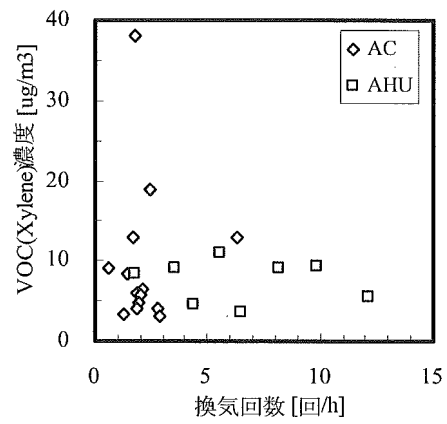


f) 机の数・個数濃度

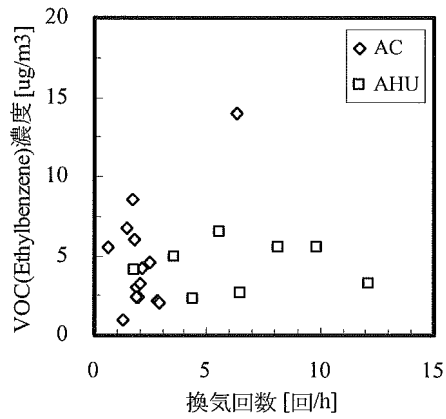
図 2.11.16 在室者数等と SPM 濃度の関係



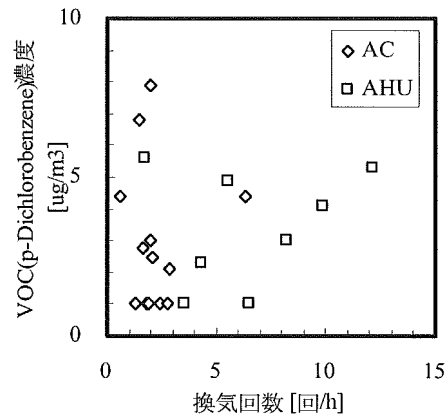
a) トルエン



b) キシレン



c) エチルベンゼン



d) パラジクロロベンゼン

図 2.11.17 空調システムの違いによる, VOC 濃度への影響

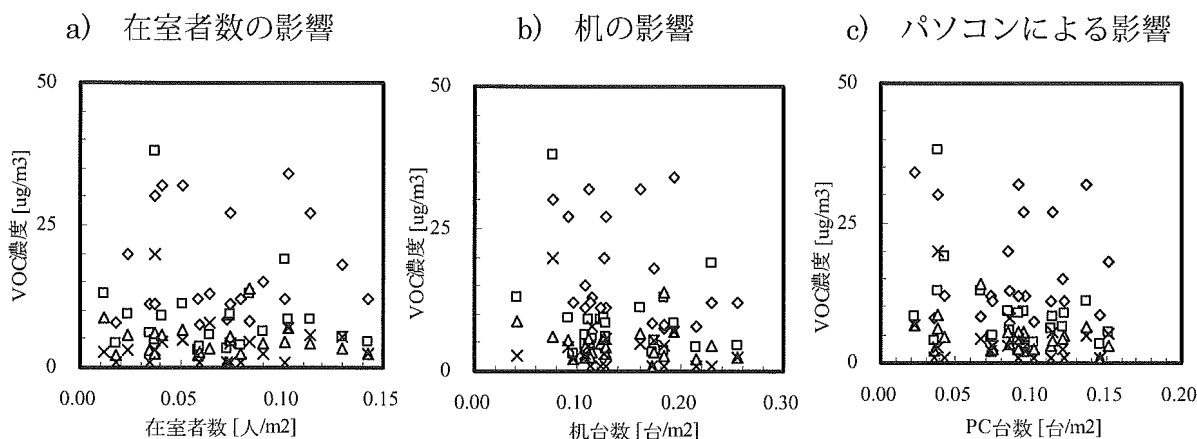


図 2.11.18 在室者・家具類が VOC 濃度に与える影響

◇ : Toluene □ : Xylene △ : Ethylbenzene × : p-Dichlorobenzene

(5) 全国規模による粒子状物質及び化学物質の実測調査のまとめ

SPM については、重量濃度および個数濃度について比較・検討を行ったが、個数濃度と重量濃度ではその傾向に差が見られ、特に粒径別個数濃度については、I/O 比などを取って検討すると、その粒径により測定場所毎にかなり傾向に違いが見られることが分かった。

また、両者を若干の相関がみられるものの、測定場所によってかなりばらつきがあり、重量濃度から個数濃度とを定量的に結びつけ、推定することは難しいと思われる。また、SPM 濃度を低く保つためには換気回数が大きく影響していることが結果に示されている一方で、在室人数や家具類との相関は殆ど見られなかった。VOC については、室内での濃度と外気での濃度が極めて密接な関係を持ち、空調機によってはほとんど影響されないことが示された。但し、パラジクロロベンゼンなどについては室外よりも室内の方が高濃度となる傾向が示されているが、これらが空調方式や家具、在室人数との関係があることを示すデータは得られず、どこに起因しているのかは明らかにされなかった。今後、更なる詳細かつ規模の大きな実測の実施が期待される。

2.12 16 年度の研究結果のまとめ

16 年度の研究は、15 年度結果をふまえて測定法の確認調査のための精密測定による実測調査と、全国的な簡易調査を実施した。また、調査研究の基礎事項であるエアロゾルの健康影響調査及び測定方法の特性と汚染物質の発生源についての調査をすることとし、以下に区分し調査を行った。

- 1) エアロゾルの健康影響
- 2) 室内測定方法と特性
- 3) 汚染物質の発生源
- 4) 精密測定による実測調査

5)化学物質の全国簡易調査

6)粒子状物質の全国簡易調査

全国 5 都市（札幌，東京，愛知，大阪，福岡）において約 20 建物を対象に実測調査した。アンケートに加えて，粒子状物質の実態を測定した。

なお，VOC についてもアクティブサンプリング法により調査することとした。

「室内における汚染物質の発生源」では，汚染物質の発生源として，粒子状物質及び化学物質の発生源とその化学組成について述べた。

「精密測定による粒子状物質と化学物質の実態調査」では，平成 16 年度に実施した全国 4 箇所の建物に関する精密測定の結果についてまとめた。粒子濃度については，レーザーパーティクルカウンターなどによる空調時，非空調時および外気の濃度測定結果を示したほか，SMPS，WPS などを用いてナノオーダー粒径粒子の個数濃度把握を行っている。

また，現在の建築物衛生法で定められている質量濃度の測定に関連して，ローボリュームエアサンプラーによる質量濃度とデジタル粉じん計による平均相対濃度との比率から，各測定対象空間および時間帯による係数値についても検討を行った。また，ガス状物質としての揮発性有機化合物については，経時変化のほか，アクティブサンプリングとパッシブサンプリングの比較検討結果も提示した。さらに，粒子組成による解析を試み，屋内と外気との特性比較を行った。

「パッシブ法を用いた化学物質の全国調査」では，特定建築物の室内における空気環境の実態把握のために，パッシブサンプラーを用いた全国規模の化学物質の濃度調査について述べた。約 100 件の建物について，濃度測定を行うと同時に，建物に関するアンケート調査を行った。結果として，指針値を超過する物件が数例あったが，比較的low濃度となっており，室内に使用されている床材，喫煙の対策，空調設備と室内濃度との関係を明らかにした。今後，濃度の高い建物の原因の詳細を調査する必要がある。

「全国規模による粒子状物質及び化学物質の実測調査」では，特定建築物における空気環境の実態把握のための全国調査を報告した。全国 5 都市より 22 建物を選定し，室内外での SPM，VOC 濃度測定，空調換気設備調査を実施した。SPM については重量濃度と個数濃度の相関は低く，両者を直接結びつける事は難しいと思われる。また換気回数が大きく影響するが，在室人数等との相関は殆ど見られなかった。VOC については，空調設備はほとんど影響しないが，幾つかの物質は室内側が高濃度となる傾向が見られた。但し空調方式や家具等との関係は見られず原因は明確では無い。今後，更なる詳細な実測の実施が期待される。

3. 17 年度の研究成果

3.1 アスベスト汚染の現状と対策

3.1.1 海外でのアスベスト関連文献調査結果

① Asbestos-Containing Materials in Schools

掲載文献及び著者名：

USEPA: Federal Register 40 CFR Part 763; Final Rules and Notice, 1987

内容：

米国環境保護庁（USEPA）が，有害物質管理法（TSCA）に基づいて，地方行政庁の教育