

図 3-2-4 東京 2 - 秋 室外

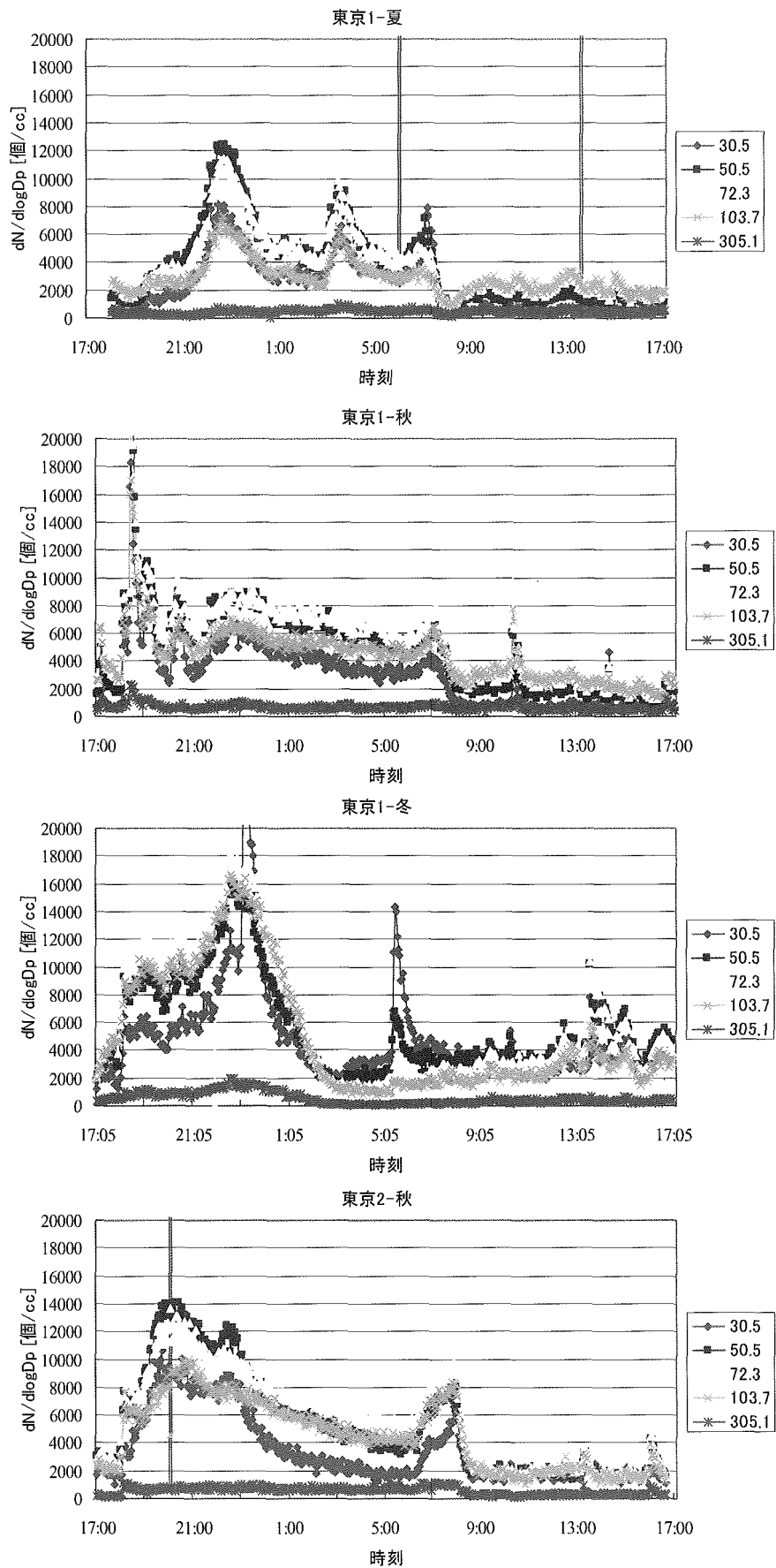


図 3-2-5 室内の粒径別個数濃度の時系列変化

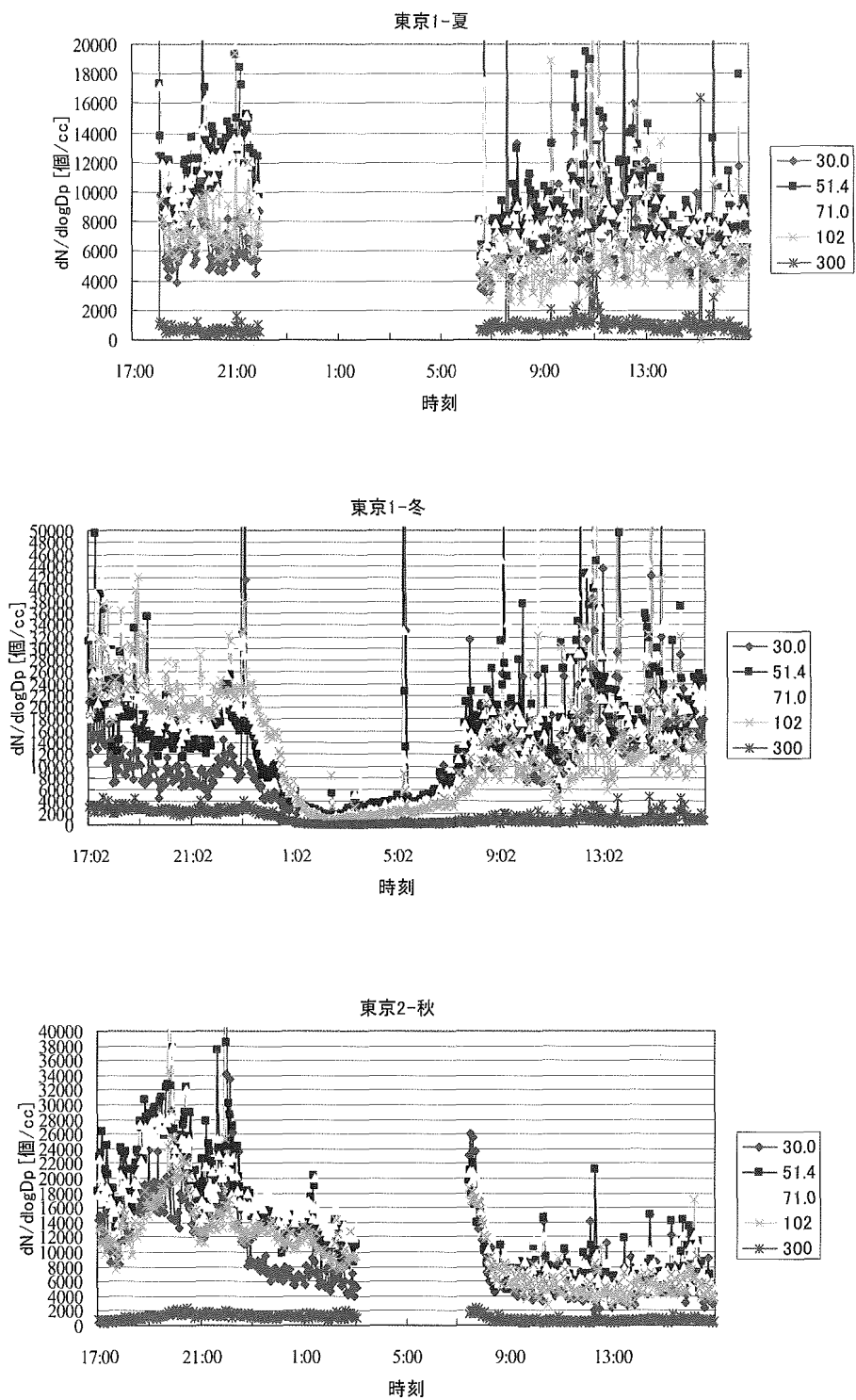


図 3-2-5 室外の粒径別個数濃度の時系列変化

#### (4)季節変動による影響について

時系列の個数濃度の変化においては、SMPSの測定では、空調時間帯は粒子個数が減少しており、その変動は小さくなっている。これは空調の影響が大きいことを示していると思われ、影響は粒径に関係ない。その逆に非空調時間の粒子個数の変動が大きいという傾向が出た。また、室内の湿度の変化と大きく関係している傾向があり、室内の湿度の変化が大きくなる時間と個数濃度の変化が激しくなる時間帯がほぼ同時刻で、湿度が安定してくる時間と個数濃度が安定してくる時間も同時刻という傾向があるという傾向が伺えた。LPCの測定結果では、SMPSのような個数濃度の増減とは違い、夏の測定では空調時間帯の個数濃度が大きく季節を経るごとに、非空調時間と同じような傾向になった。粒径が大きくなることで、個数濃度が少なくなりその影響がこのような結果に繋がったと考えられる。

更に、季節変動より室内個数濃度は徐々に増加するという測定結果が確認された。この傾向は14.8nm～0.2 $\mu$ mの粒径範囲で見られ、外気温度の変化によるもので室外の気温が下がることで室外個数濃度が増加し、その影響で室内個数濃度が増加する可能性があり、1日の室内個数濃度の変化も外気温度の上下変化に追従する傾向があった。

次に室内・室外の粒度分布と季節変動の関係は、まず室内粒度分布に関して、夏の測定の際には夜間の空調の停止している時間にはピークが40～60nmになっているが、朝方から空調が稼働し始めると100nm前後にピークがきている。

秋の測定に関しては非空調時間帯、空調時間帯ともに60nm近辺の粒径の粒子が多くなり、空調時間帯には100nmの粒径の粒子も同じくらいの個数濃度を示す。空調時間帯に関しては60nm、100nmの間をピークが行き来している状態になっている。またはその区間をまたがるような形をしており、

冬の測定に関しては非空調時間帯には20nm近辺にピークを持ち、空調時間帯には60nm近辺にピークを持つような形になる。このように粒子個数の時系列変化と同様に季節毎にその傾向が移り変わる結果が出た。

室外粒度分布に関して夏は、60nm近辺に大きな持つピークを持ち、もう一つ小さなピークとして100nm近辺に持つことが多々ある。または両粒径で同じような個数濃度を示し、台形のようなピークの形を持つ場合もある。先ほど述べたとおり室内の粒度分布は100nmにピークを持ち、冬は夏と同じ粒径でだいたい同じ60nmでピークを持つのだが、測定時の気象状況が非常に風が強く粒度分布が不安定な状態であった。二つの季節においてほぼ同じようなピークをもつが夏の測定でピークを二つ持つという点が両季節の違いであり、その違いが室内の個数濃度に影響している可能性がある。このような変化は、個数濃度の時系列変化と同様に、季節変動により外気温度の低下によるものと考えられ、季節変動の影響を示唆している結果であると思われる。

#### (5)在室者の影響について

アクティビティの測定結果を図3-2-6から図3-2-8に示す。測定結果は、10分間隔で測定室内の在室者・パソコン・プリンタのアクティビティをカウントしたものとす。

測定に際し、室内空間における人体や事務機器等からの発じんによる影響を把握するにあたっては、在室者・パソコン・プリンタの3種類を代表とし、各粒子発生源の動作量・

作業量をアクティビティとして定義した。在室者については、測定室内の室務者及び測定者を在室者とし、座っている人 (A) とその他の人 (B) の 2 種類に分類した。パソコンについては、測定室内の全てのパソコンを対象とし、事前に設置場所と台数を把握した上で電源の ON・OFF で区別した。プリンタについては、測定室内のレーザー出力機器 (カラー・白黒) を対象とし、10 間毎の印刷枚数を計測した。詳細については表 3-1-6 に示す。

在室者とパソコンのアクティビティの変化はどの測定回にも同じような傾向であったが、プリンタのアクティビティについては、測定回毎に異なる変動を示した。印刷のタイミングに傾向は見られず、まとまった枚数の出力回数は日に数回程度である。そして、プリンタの印刷枚数が東京 1 と東京 2 では、その最大数が桁違いであった。

在室者の変動は、出勤時・昼休み・退社時等の人が活発に活動する時間帯に大きくなりやすい傾向があり、東京 1 よりも東京 2 の方が全体の数が多いにも関わらず、活動する人の数が少なかった。また、パソコンは出勤時と退社時以外にはあまり変化は見られなかった。

表 3-1-6 アクティビティの定義

	対象	区分	概要
在室者	測定室内にいる 全ての人	A	座っている
		B	その他
パソコン	測定室内に 設置された 全てのパソコン	ON	電源が入っている (待機中も含む)
		OFF	電源が入っていない
プリンタ	測定室内に 設置された レーザー出力機器 (カラー・白黒)	印刷された紙の枚数 (白紙は含まない)	

室内空間におけるアクティビティと粒径毎の個数濃度との相関を図 3-1-9 から図 3-1-12 に示す。個数濃度については、SMPS と LPC の粒径範囲から任意の粒径を挙げ、空調時間帯のみの値を使用した。在室者については、A,B の合計人数についてみている。

相関は粒径毎にその分布形状が異なり、どのアクティビティとも関係は弱いものばかりであった。特に、プリンタとの相関関係は殆どみられない。

在室者について粒径別にみると、50~300nm の範囲では、在室者の数が増すにつれて個数濃度も高くなるような傾向がややみられる。また、30nm 以下、400nm 以上になるとその相関は弱まっている。パソコンについては、全般的に在室者と同じかそれ以上に強い傾向が著しく見られるが、これはパソコンを使用する人間の存在が影響していると考えられる。  
(西村直也)

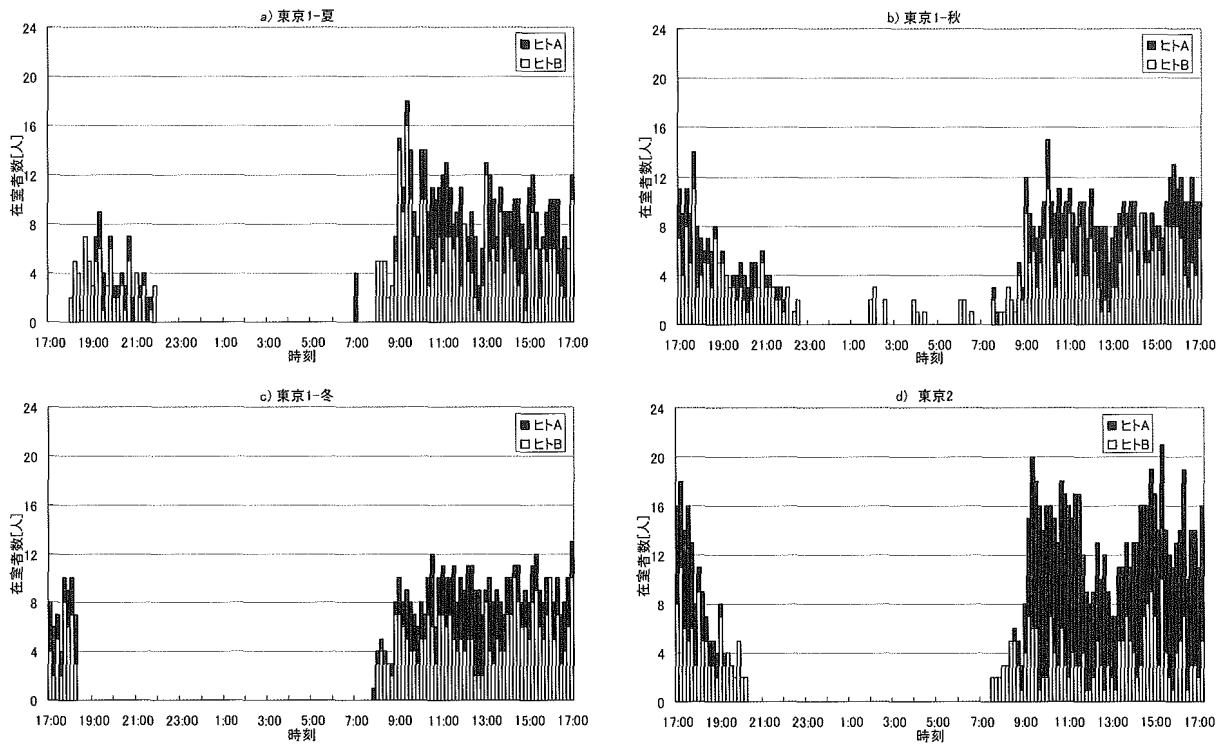


図 3-2-6 在室者のアクティビティ

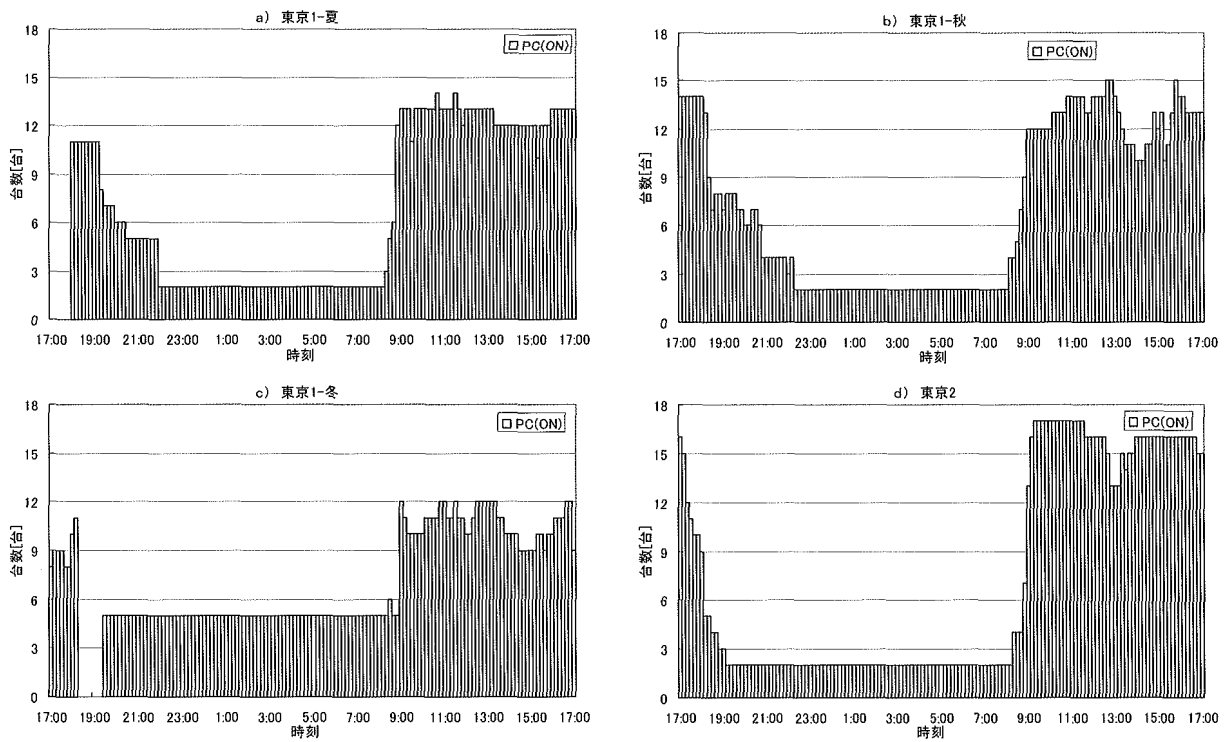


図 3-2-7 パソコンのアクティビティ

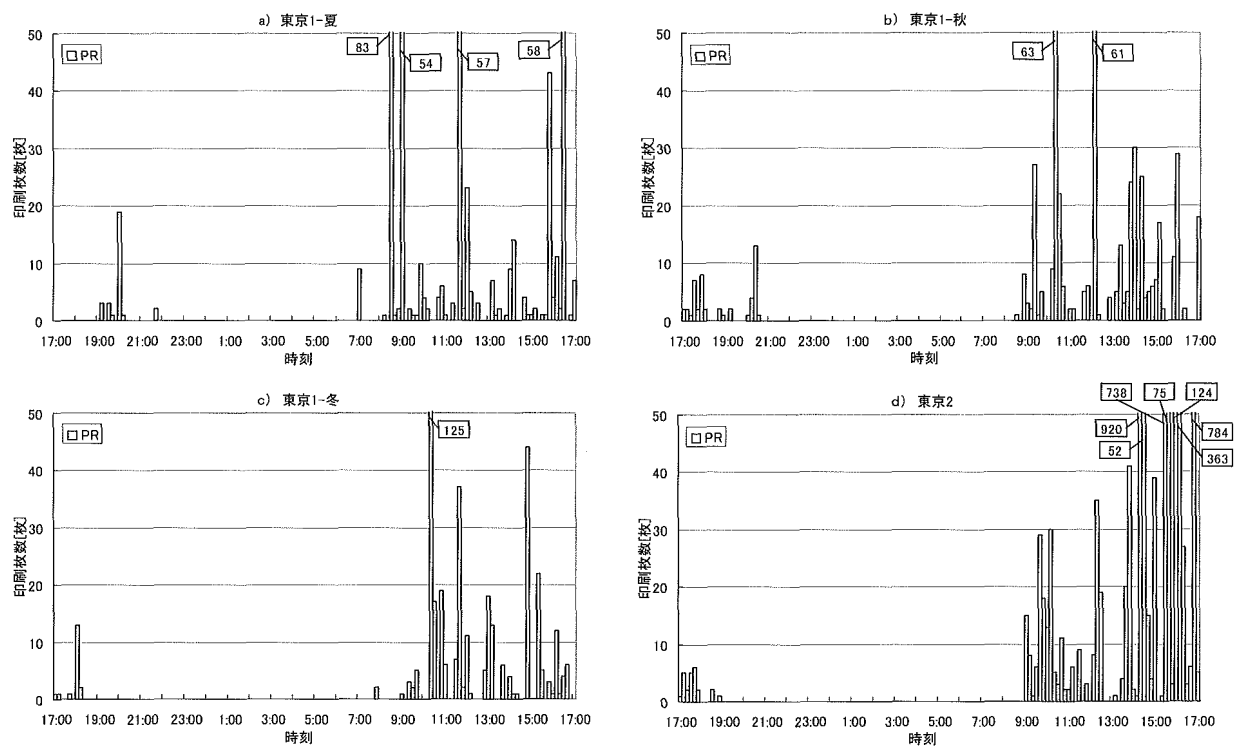


図 3-2-8 プリンタのアクティビティ

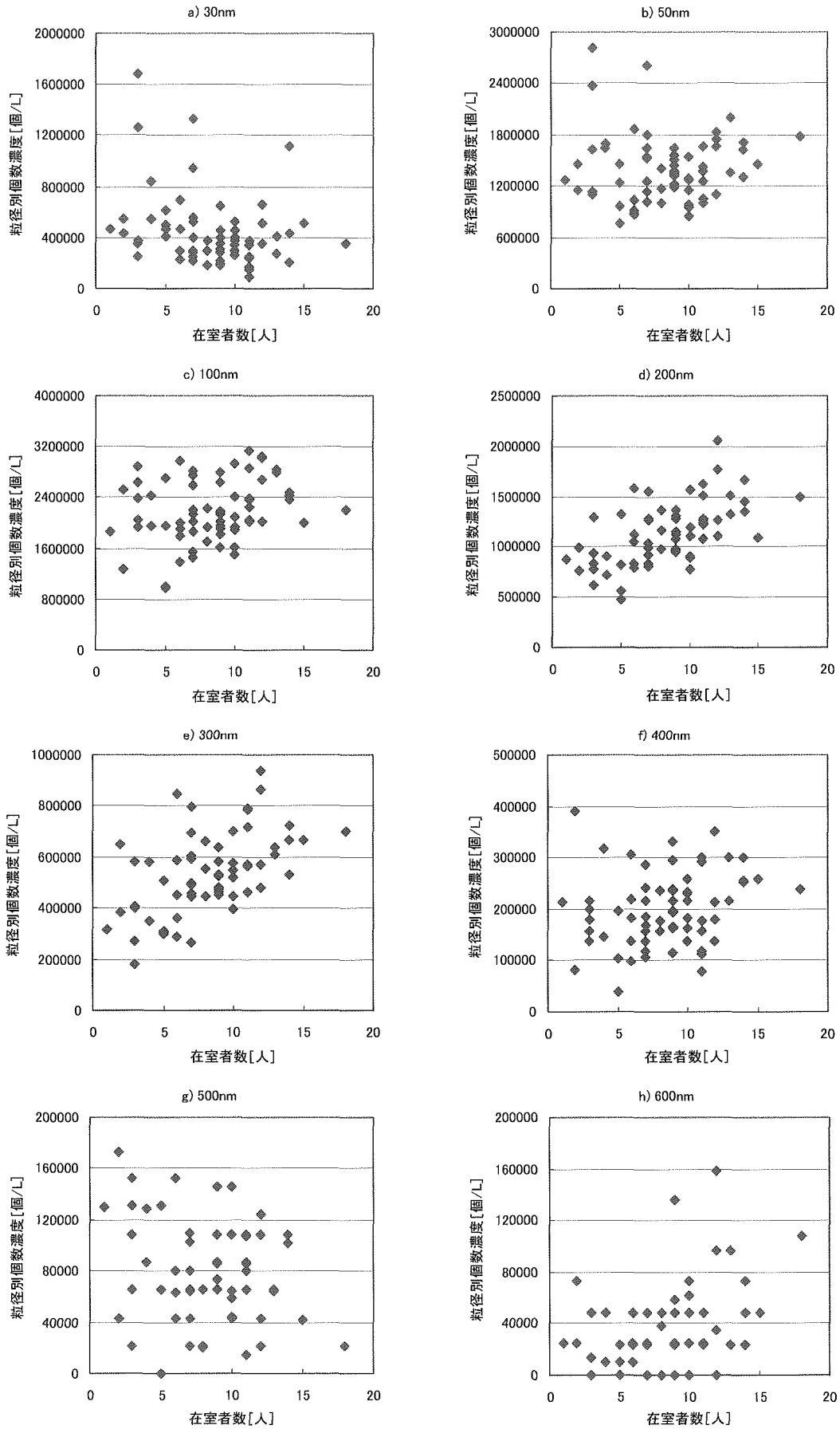


図 3-2-9 在室者と個数濃度の相関<東京 1・夏>



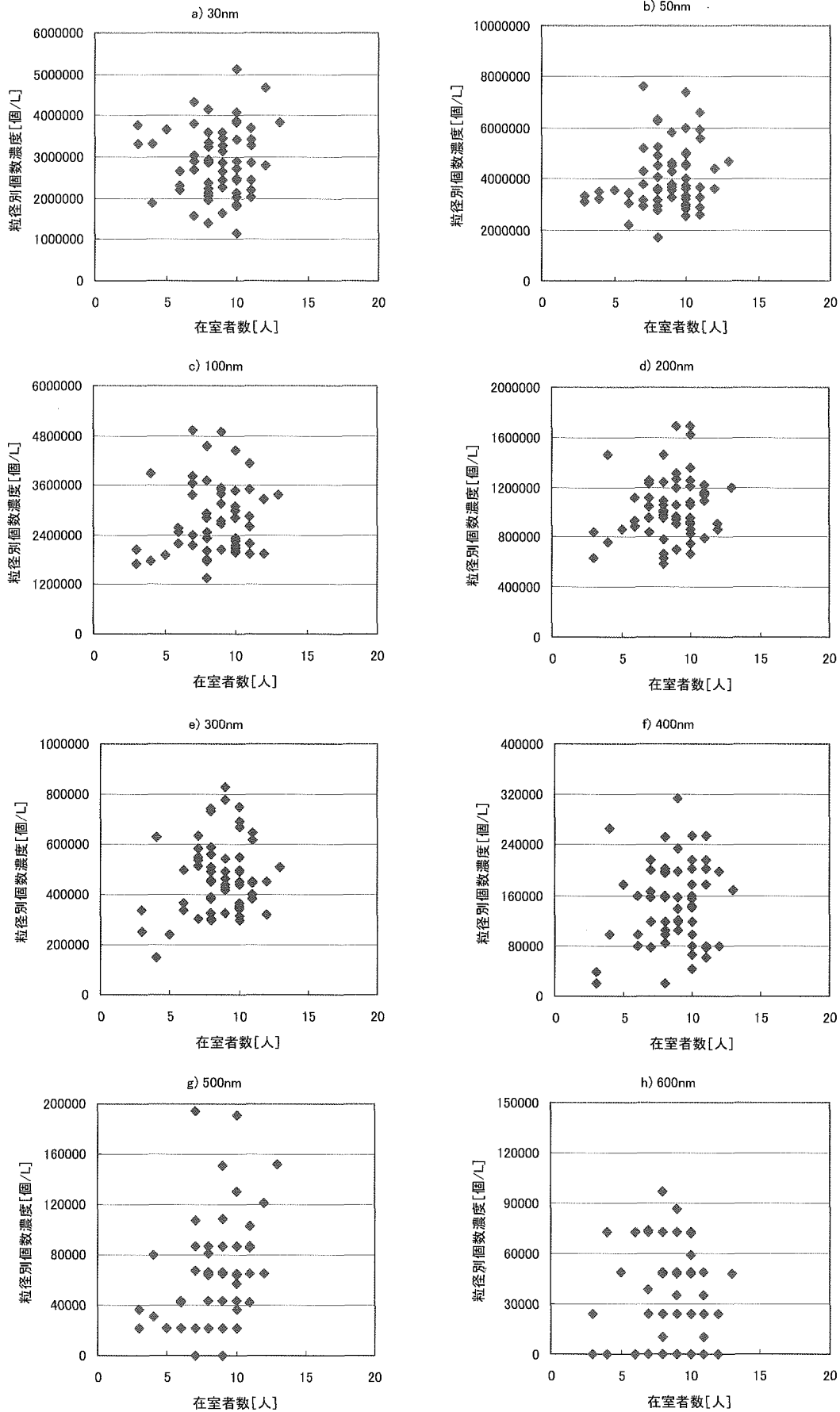


図 3-2-10 在室者と個数濃度の相関<東京 1・冬>

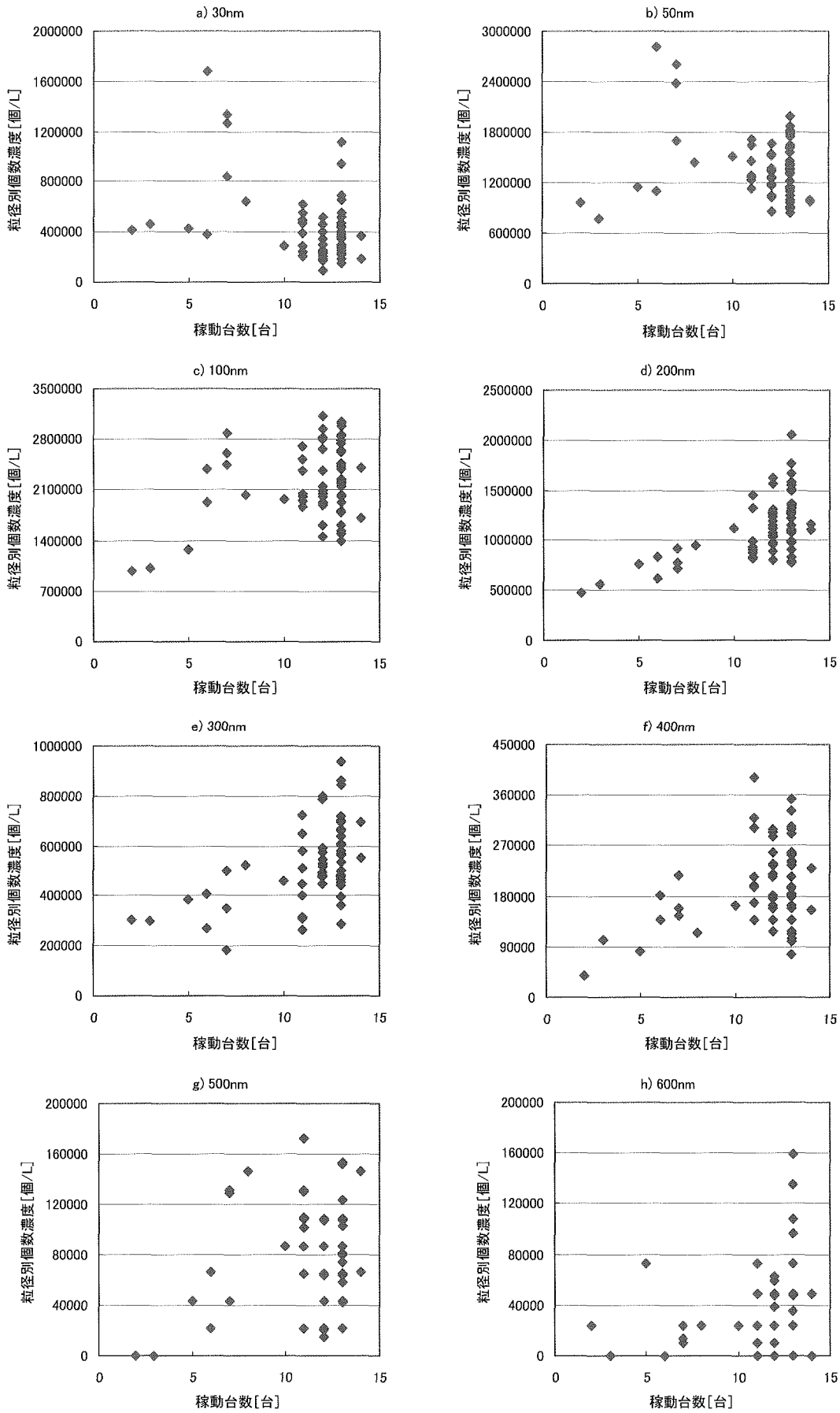


図 3-2-11 パソコンと個数濃度の相関<東京 1-夏>

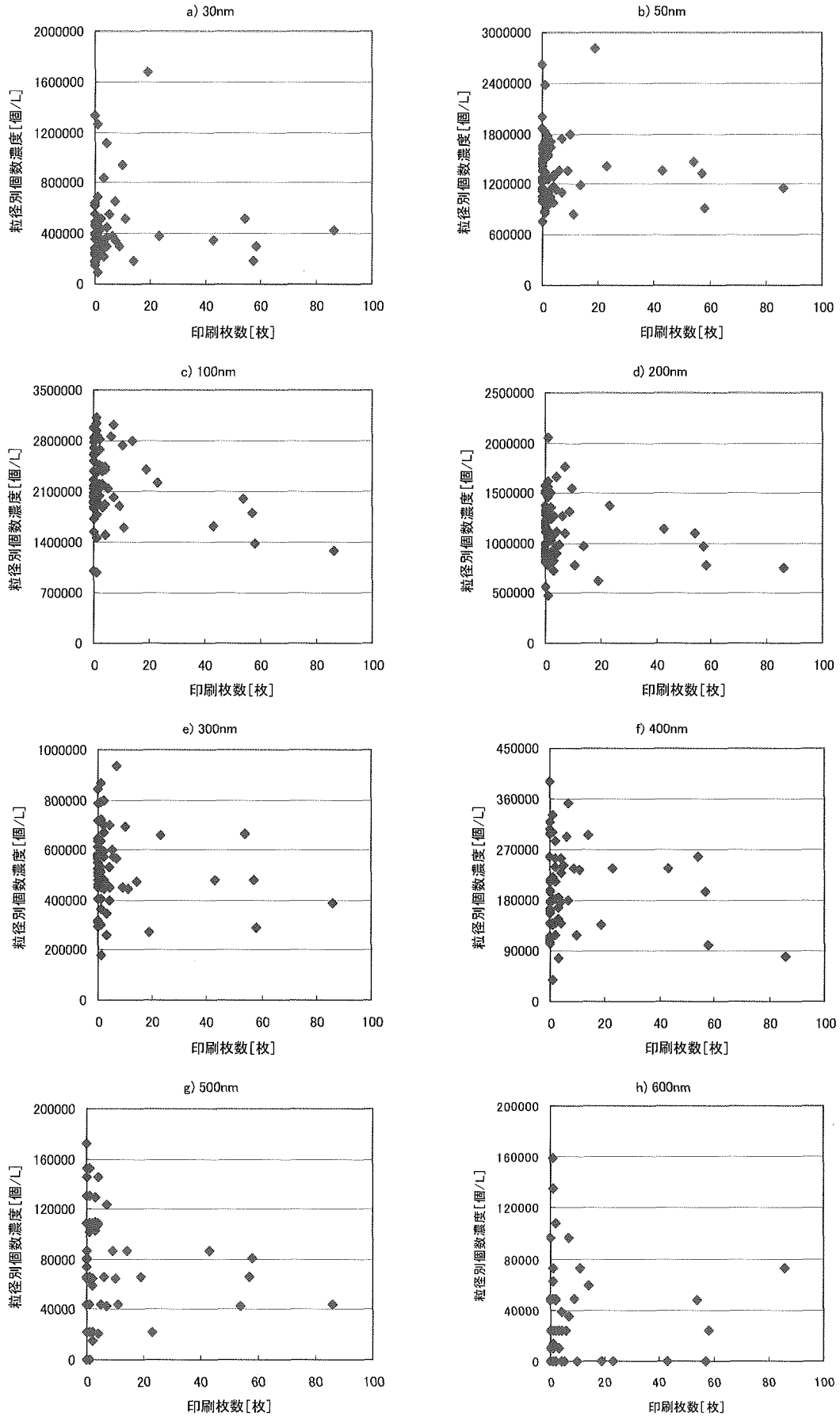


図 3-2-12 プリンタと個数濃度の相関<東京 1-夏>

### 3.3 微生物

#### 3.3.1 測定方法

調査対象ビルと調査日は以下の通りである。

2005年 8月24日：東京1, 1F (冷房期)

2005年 10月25日：東京2, 7F (冷房期)

2005年 12月13日：東京1, 1F (暖房期)

室内浮遊微生物汚染実態を把握するために8:00～17:00(東京ビル1), 7:00～17:00(東京ビル2)の毎正時に屋外(図3-3-1の①), 室内の給気口(②), 室内の机上高さ(③)の三箇所において, 浮遊微生物と浮遊粒子濃度の測定を行った。また, 空調運転開始の前に室内と屋外中の浮遊微生物濃度も測定した。測定風景を写真3-3-1に示す。

浮遊微生物と浮遊粒子の測定は以下の通りで行った。

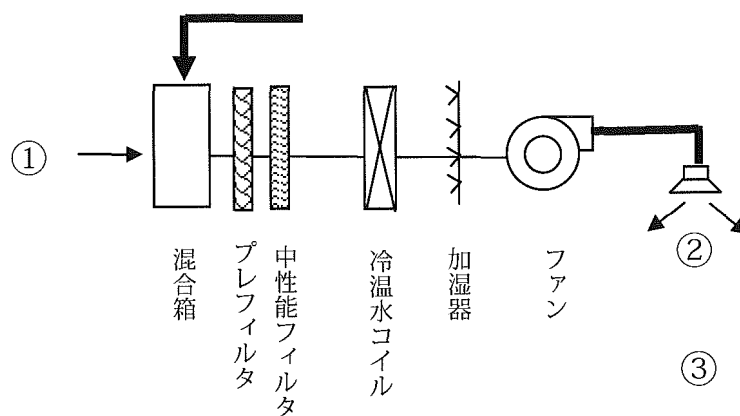


図 3-3-1 測定箇所

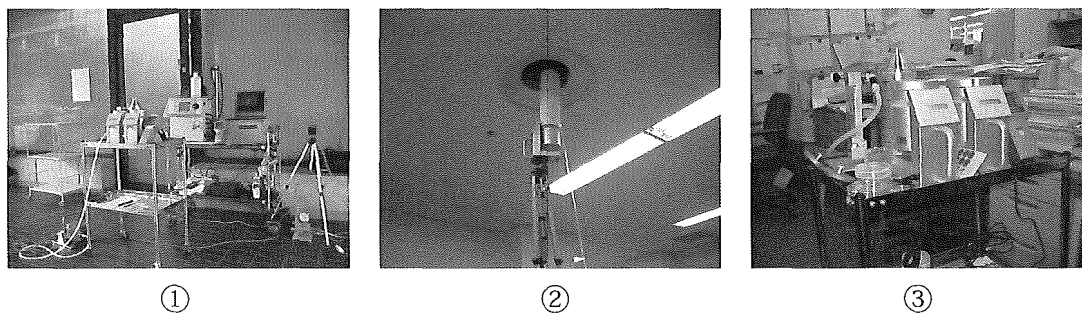


写真 3-3-1 測定風景

### 〔1〕浮遊微生物

浮遊微生物の測定は細菌、真菌の2種類を対象とし、その濃度をMBS-1000 (BIOSAMP MBS-1000, ミドリ安全製, 図3-3-2参照), 粒径別濃度をアンダーセンサンプラ (東京ダイレック製, 図3-3-3参照) を用いて測定した。MBS-1000の1回の測定は200Lの空気(2分)を吸引した。なお, MBS-1000を用いた1回の測定においては同じ種類の培地2枚を使用し, その平均値を求めた。細菌と真菌の測定に使用した培地を以下に示す。

イ) トリプトソーヤ寒天培地 (以降SCDと略す)。

SCDは極めて広範囲の菌の発育に適するため, 一般に細菌の測定に用いられる。本研究ではSCD培地培養後の観察コロニー数を計数した後, コロニーから釣菌したのに対してグラム染色を行い, 生物顕微鏡(1000倍)にて球菌(グラム陰性と陽性), 桿菌(グラム陰性と陽性), 及び芽胞菌の5種類に分類した。

ロ) CP加ポテトデキストロース寒天培地 (以降PDAと略す)。

本培地はポテトデキストロース寒天培地に抗生物質であるクロラムフェニコール100mg/Lを添加して調製したものであるため, 主として真菌の測定に用いられる。本研究ではPDA培地培養後の観察コロニー数を計数した後, カビについて属まで同定を行った。なお, ここではカビと酵母の合計したものを真菌数とした。

培地の培養条件は32℃・2日間(SCD)と25℃・3日間以上(PDA)であった。

### 〔2〕浮遊粒子

パーティクルカウンタKR-12A (リオン製) (粒径範囲: 0.3~0.5 $\mu\text{m}$ , 0.5~0.7 $\mu\text{m}$ , 0.7~1.0 $\mu\text{m}$ , 1.0~2.0 $\mu\text{m}$ , 2.0~5.0 $\mu\text{m}$ , 5.0 $\mu\text{m}$ ~)を用い, 微生物の測定期間(各2分)に1分間隔計2分の測定を行った。

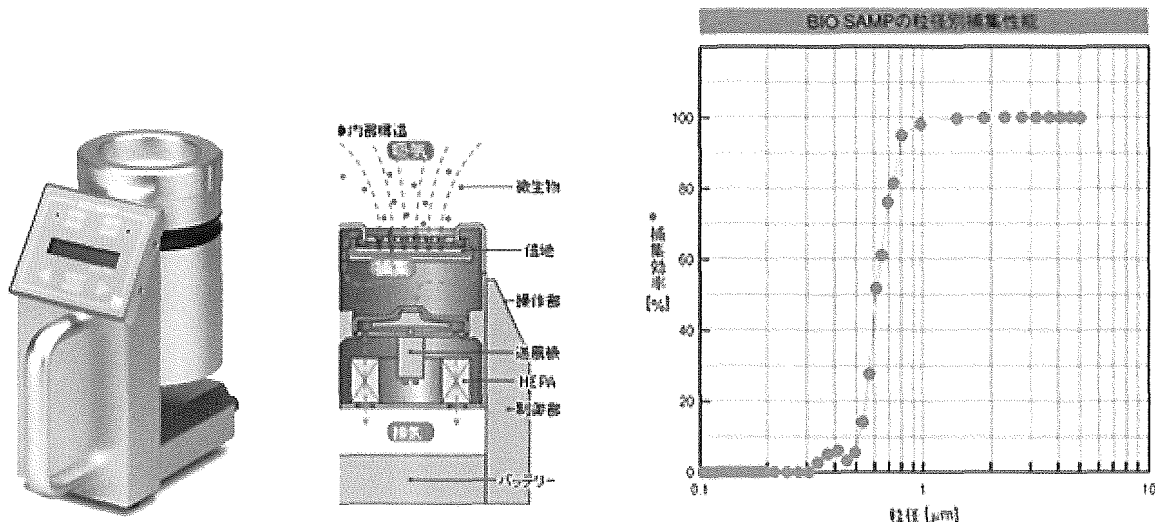


図3-3-2 MBS-1000 (出典: <http://www.midori-anzen.co.jp>)

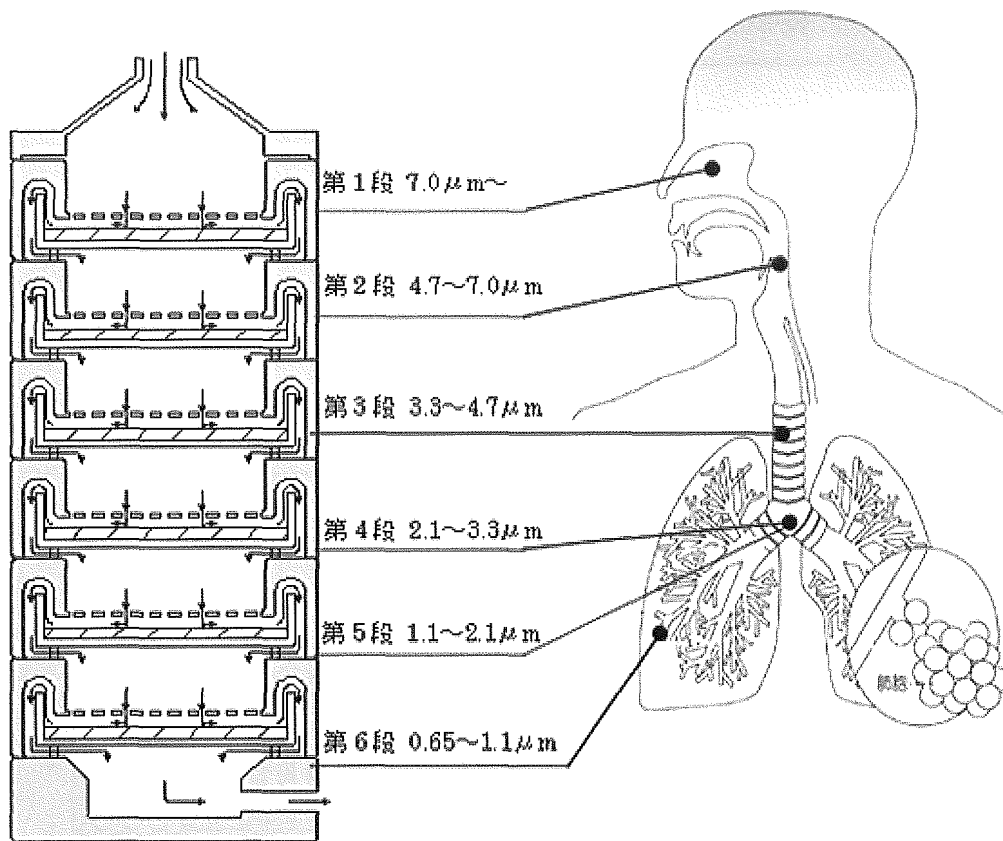


図 3-3-3 アンダーセンサンプラ

### 3.3.2 結果及び考察

#### (1) 室内浮遊細菌，真菌濃度

図 3-3-4～図 3-3-9 に室内浮遊細菌と真菌濃度の測定結果を示す。なお，図中の影部分（8:00 まで）は非空調時を示す。

室内浮遊細菌，浮遊真菌の濃度範囲を表 3-3-1 に示す。冷房期に比べ暖房期の室内浮遊細菌濃度が低く，真菌濃度が同程度であった（東京 1）。また，後述するが，給気濃度は何れも検出されないほど低かったことから，上記の濃度差は季節というよりも，居住者の活動によるものと推察される。何れにしても，測定対象室内浮遊細菌と浮遊真菌濃度は日本建築学会環境基準 AIJES-A002-2005（オフィス管理規準：細菌 500cfu/m<sup>3</sup>，真菌：50cfu/m<sup>3</sup>）を満足している。

一方，室内浮遊細菌濃度は空調開始直後下がったが，その後在室者数に関連して上下するように見受けられる。これに対して，室内浮遊真菌濃度は，空調運転開始に伴って下がり，その後低い濃度のままで維持されている。

表 3-3-1 室内浮遊微生物の濃度範囲 [cfu/m<sup>3</sup>]

		細菌	真菌
東京1	冷房期	50~200	0~50
	暖房期	10~40	0~10
東京2		10~90	0~20

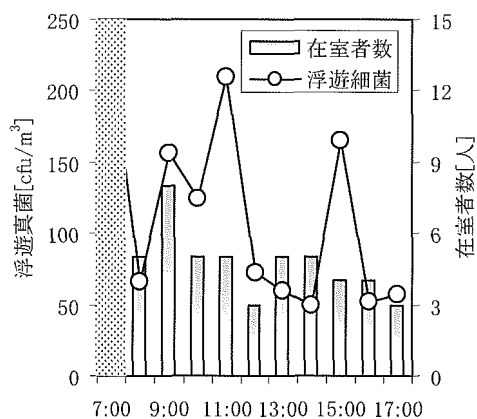


図 3-3-4 浮遊細菌濃度  
(東京 1 冷房期)

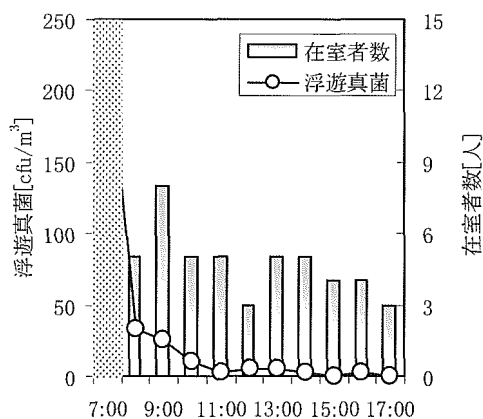


図 3-3-5 浮遊真菌濃度  
(東京 1 冷房期)

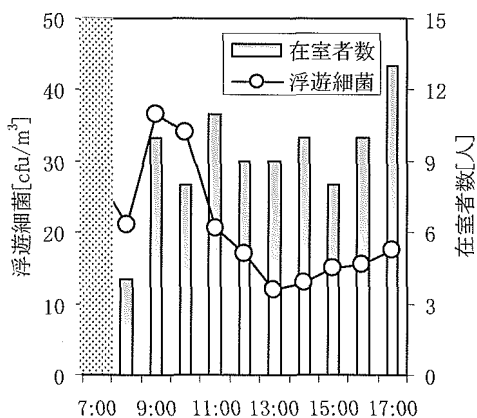


図 3-3-6 浮遊細菌濃度  
(東京 1 暖房期)

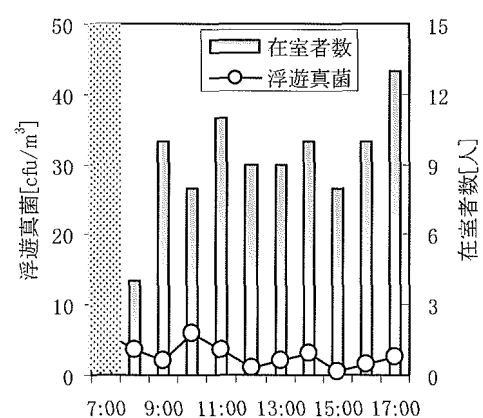


図 3-3-7 浮遊真菌濃度  
(東京 1 暖房期)

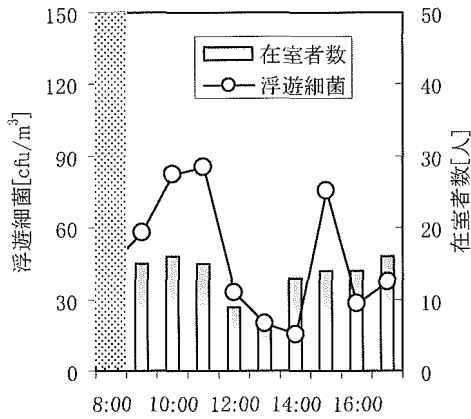


図 3-3-8 浮遊細菌濃度  
(東京 2)

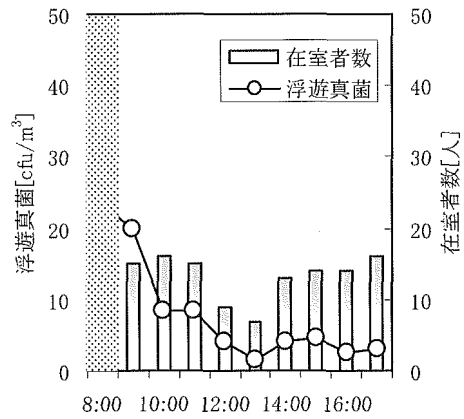


図 3-3-9 浮遊真菌濃度  
(東京 2)

(2) 測定箇所別の浮遊細菌濃度

図 3-3-10～図 3-3-15 に外気，給気，室内浮遊細菌と真菌濃度の比較を示す。細菌については，濃度の低い給気に比べ，室内の濃度は高くなっている。真菌については，給気中与室内の何れにおいても低い濃度を示した。これらのことから，室内浮遊細菌の発生源は主に在室者，浮遊真菌の発生源は外気にあることが推察された。

また，給気中の浮遊細菌濃度，浮遊真菌濃度が非常に低くなっていることから，殆どの浮遊細菌と浮遊真菌がエアフィルタによって除去されたことが分かった。

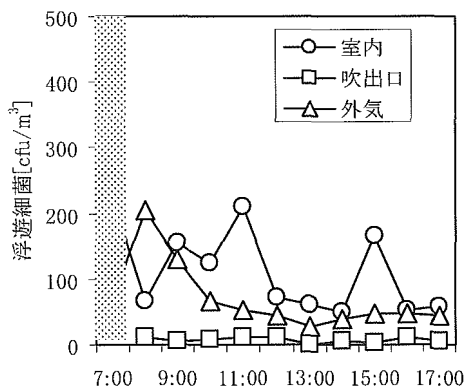


図 3-3-10 浮遊細菌濃度  
(東京 1 冷房期)

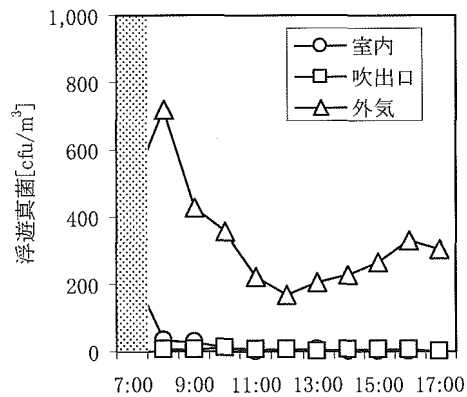


図 3-3-11 浮遊真菌濃度  
(東京 1 冷房期)



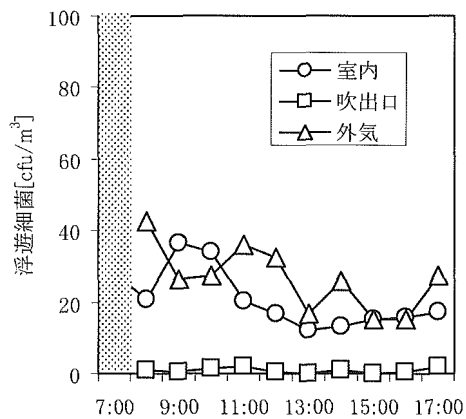


図 3-3-12 浮遊細菌濃度  
(東京 1 暖房期)

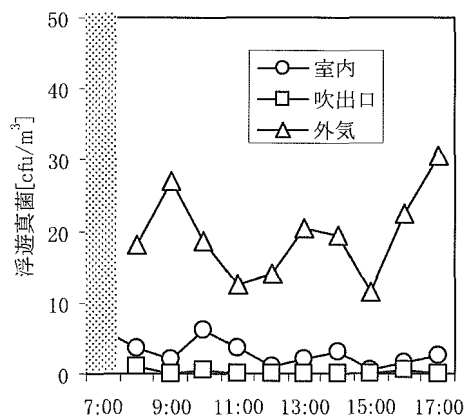


図 3-3-13 浮遊真菌濃度  
(東京 1 暖房期)

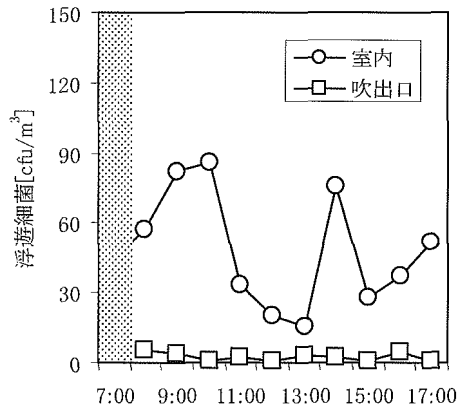


図 3-3-14 浮遊細菌濃度  
(東京 2)

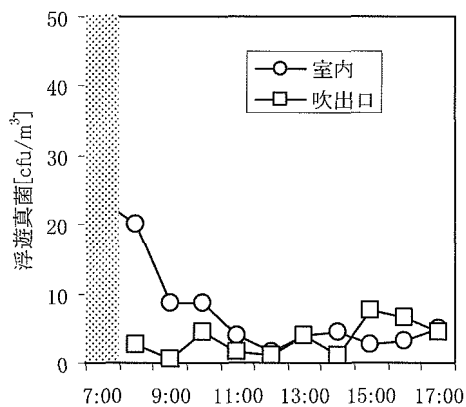


図 3-3-15 浮遊真菌濃度  
(東京 2)

### (3) 浮遊細菌の種類

図 3-3-16～図 3-3-18 に種類別の浮遊細菌濃度を示す。濃度の高い順に球菌，芽胞菌となっているが，桿菌は殆ど検出されなかった。また，総細菌数と球菌数の関係を求めたところ，両者に有意な相関関係があることが明らかになった。図 3-3-19～図 3-3-21 にその関係を示す。測定時期，対象室によって異なるものの，球菌が総細菌の 60～95%を占めていることが明らかになった。

写真 3-3-2 に細菌に対するグラム染色の例を示す。

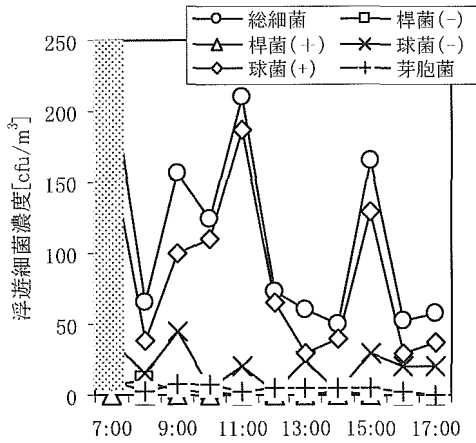


図 3-3-16 浮遊細菌種別濃度  
(東京 1 冷房期)

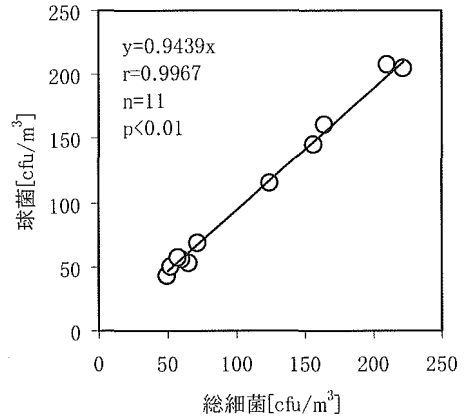


図 3-3-19 総細菌と球菌(+ )の関係  
(東京 1 冷房期)

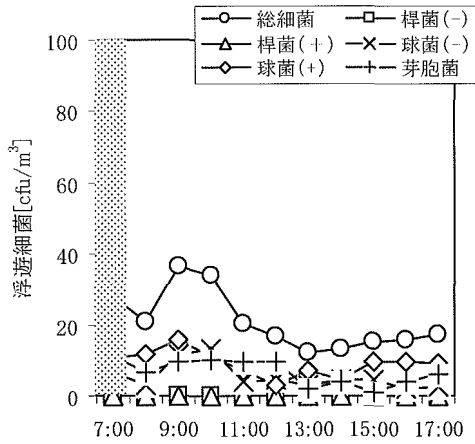


図 3-3-17 浮遊細菌種別濃度  
(東京 1 暖房期)

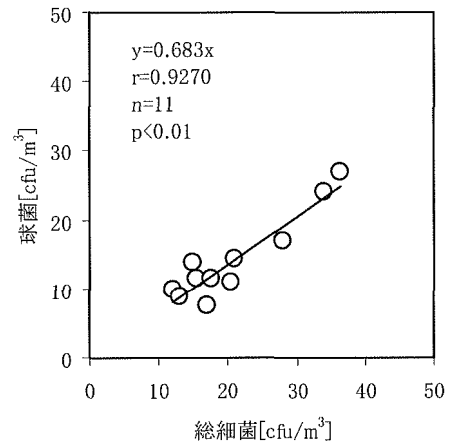


図 3-3-20 総細菌と球菌(+ )の関係  
(東京 1 暖房期)

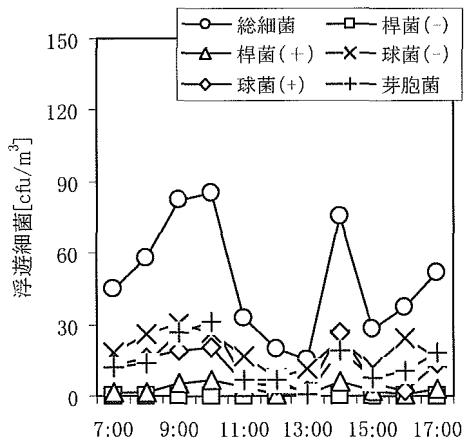


図 3-3-18 浮遊細菌種別濃度  
(東京 2 冷房期)

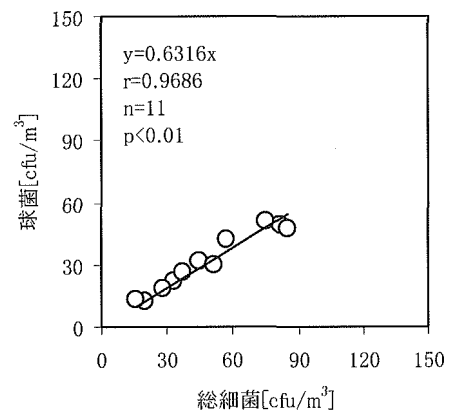
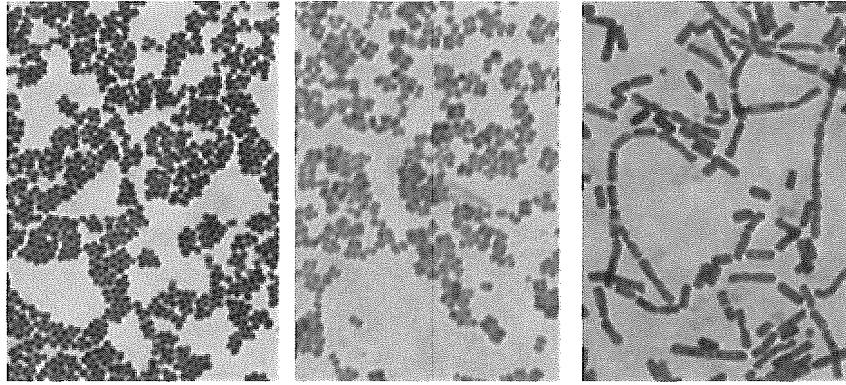


図 3-3-21 総細菌と球菌(+ )の関係  
(東京 2 冷房期)



グラム陽性球菌

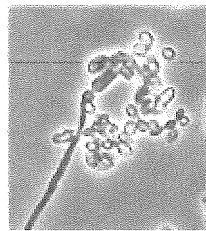
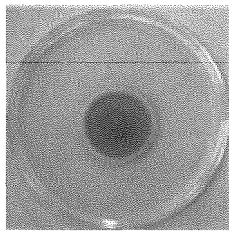
グラム陰性球菌

芽胞菌

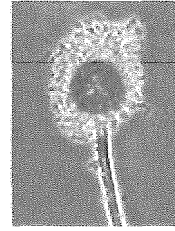
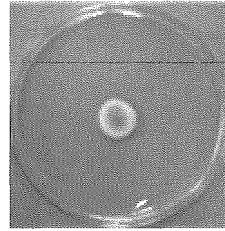
写真 3-3-2 グラム染色結果例

(4) 浮遊真菌の種類

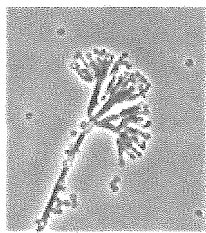
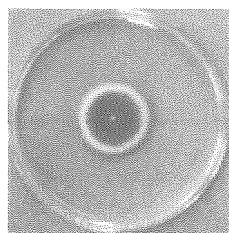
外気中に *Cladosporium* 属菌, *Penicillium* 属菌, *Aspergillus* 属菌, *Fusarium* 属菌, *Alternaria* 属菌, *Yeast* が検出された。中には特に *Cladosporium* が多かった。外気中の上記真菌に比べ、給気中の浮遊真菌濃度は遙かに低くなっていることから、殆どの真菌が中性能エアフィルタによって除去されたことが分かった。



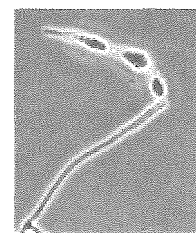
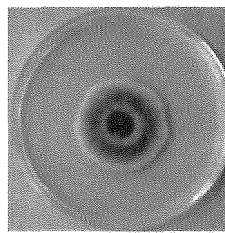
*Cladosporium*



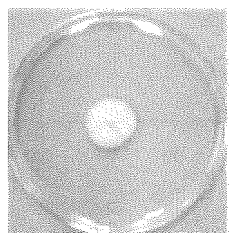
*Aspergillus*



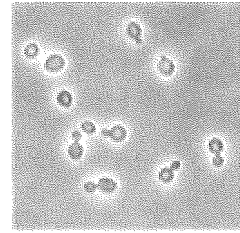
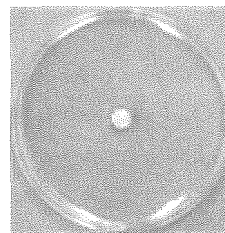
*Penicillium*



*Alternaria*



*Fusarium*



*Yeast*

### (5) 浮遊細菌と浮遊真菌の粒度分布

アンダーセンサンプラによる浮遊微生物粒度分布の測定結果から、浮遊細菌については一定した傾向が見られなかったが、浮遊真菌については、第2～4段、即ち、 $2.1\sim 7.0\mu\text{m}$ （第3段の $3.3\sim 4.7\mu\text{m}$ を中心とした分布）の真菌が検出された。

### (6) 測定機器の比較

図3-3-22、図3-3-23にMBS-1000とアンダーセンサンプラによる浮遊細菌と浮遊真菌の測定結果の比較を示す。浮遊細菌と浮遊真菌において、ともに有意な相関関係が認められた。細菌についてはMBS-1000の測定値がアンダーセンサンプラの約50%、真菌については約85%であることが読み取れる。これは、両者間の捕集性能に関わるものとして考えられ、今後更なるデータの蓄積が必要である。

### (7) 浮遊粒子と浮遊微生物の関係

MBS-1000による浮遊細菌、浮遊真菌濃度の測定結果と、同時に行ったアンダーセンサンプラによる $1\mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子濃度の測定結果を比較してみた。図3-3-24、図3-3-25に示している通り、両者間に有意な相関関係が認められなかったが、一部のデータを除けば、浮遊粒子が多くなれば、浮遊細菌または浮遊真菌数も多くなる傾向が見られた（図中囲んでいる部分）。

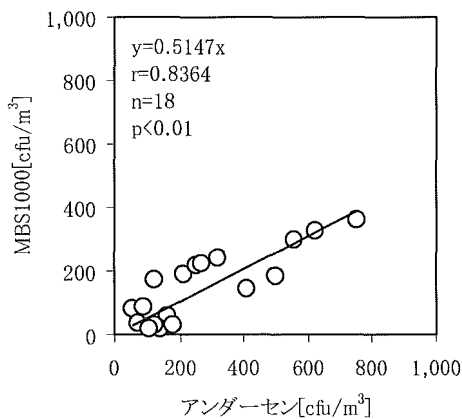


図 3-3-22 サンプラの比較（細菌）

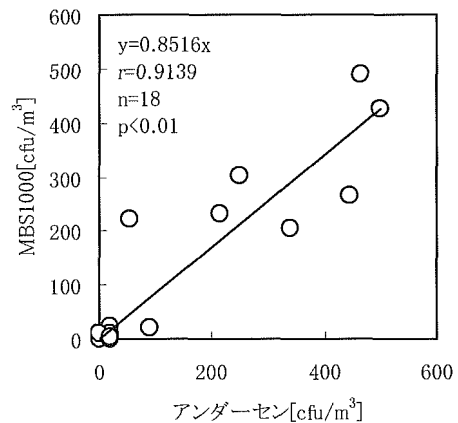


図 3-3-23 サンプラの比較（真菌）