

大阪市の大気汚染と建物内空気汚染

大阪市立大学家政学部* 石 堂 正 三 郎

1. 緒 言

大都市、産業都市の公害問題は産業の進展と併行して大きな問題となり、その実態の解明のための調査研究やおくれればせながらの対策について国、地方自治体や各研究機関でも相当の予算と人員をあてて対処しようという態勢が新聞面にも大きくとりあげられている。

公害の中で大気汚染の問題はわが国だけでなく世界中の大都市、産業都市に共通した問題でソ連のような社会主義の国でも工業都市の降下ばいじんはやはり相当なもの⁽¹⁾のようである。このような大気汚染対策として英国、米国では Clean Air Act が制定され、わが国でも昭和37年6月に「ばい煙の排出の規制等に関する法律」が公布され、12月に施行されたが、実際的な効果を期待するには種々問題点があるようにいわれる。

大阪府の公害の陳情件数は昭和29年～37年総計で7,576件⁽²⁾というが、この大きな数字を見ると為政者が公害問題に眼を向けてきたことは人間尊重という公言のたてまえからも当然のことであろう。公害の陳情件数の中では騒音、振動についての苦情が大阪府の場合64.8%と高率で、この比率は東京都のものもほとんど同じである。これは騒音、振動はその発生源が明白で、直接的な不快感、不都合を与えることにもよるであろう。しかし他面において騒音、振動については感情的な要素も多いのでこの件数の意味する内容はなかなか複雑である。

大気汚染に関する陳情件数は大阪府も東京都も31%程の比率である。これは大気汚染はスケールが大きく、直接訴えるべき汚染源が数多く存在する工場群であり、疾走する自動車群でありといったことから市民には直接手が届かないということも考えられる。

冬季に濃い Smog が都市を覆ってもそれが人為的な原因によって醸成されたという実感が薄く、雨や寒さと同じ自然現象の一つ位に考えられているのではないだろうか。しかも日射が地面を暖ため、気温が上ると Smog は次第に拡散されて薄れて行く。一応数時間たてば生活には不都合、不快な程度ではなくなる。このような日本の Smog の特性が市民の関心をそらさせている理由の一つ

かもしれない。濃い Smog のときにどれ位のじんあい濃度かをしらべて見ると、暗視野の顕微鏡下には正に銀河面のように微細なじんあいが光って密集している、根気よく一つ一つ計数すると 1 c.c. の空気中 1 万個程度という濃度のものもあつた。鉾山の切羽の状況にも近いというべきである。

大気汚染といってもその包含する内容は複雑である。降下ばいじん、浮遊じんあい、空気中細菌などや、イオン、SO₂、CO 等種々のものがある。また、産業事情が転するとその汚染質も変化してくる。ばいじんの都市だった宇部市は過去13年間にわたり市当局、企業、大学の共同の積極的な研究と除じん対策施設の整備のための長期間の努力が成果をあげ、降下ばいじんについては1/3迄の低減化の実績をあげ、青空をとりもどしたというが、SO₂ 濃度については増加してをり、決して減少していない⁽³⁾という。石油使用量の増大等で汚染の様相が変化してきたのである。

私共建築環境工学を勉強しているものの目標は建築内の環境諸条件が生活、労働の場として適正な条件に保持されるための方策の追究にあると考えている。大気汚染の研究は当然外気の問題について主に指向されているが私共はその汚染質が建物内にどの程度侵入するものか、空調設備等によってどの程度に防止、除去出来るものかなどについて解明したいと念じている。

これまでに実施した調査資料などによって大阪市の気汚染の中の浮遊じんあいについて建物内浮遊じんあいの関連の実態等を述べ、ご教示を得たいと考える次第である。

2. 大気中の浮遊じんあい

大気汚染が主として工場、ビルの暖房設備などから排出されるばい煙、汚染物質、自動車の排気ガスなどの人為的な要素によることは明らかで、従って季節的には冬季に降下ばいじん、浮遊じんあいによる汚染度が高くなることも当然である。Smog のひどい大阪の冬も正月3日間位は窓から生駒の山なみが非常に間近に美しく見られてその風景を見直すのである。

図1に示すように沪紙式 Air Sampler によって測定した正月3日間の平均浮遊じんあい濃度はその前後の数

* 西区北堀江御池通

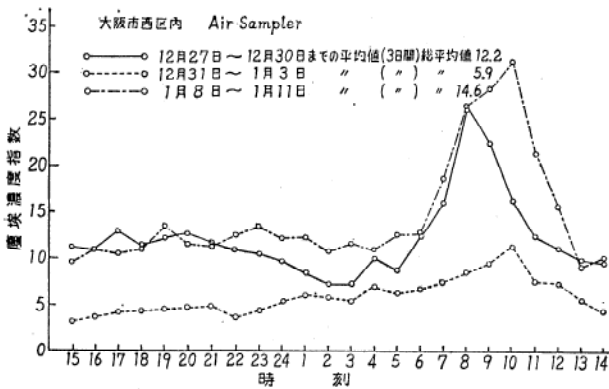


図1 年末、年始の外気浮遊じんあい濃度の変動比較

日間平均の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 程度しかない。正月3日間の清浄な大阪の空も都市活動の再開で再び汚れて行く。

濾紙式 Air Sampler とは濾紙を通して空気を継続的に吸引し、濾紙に塵埃を捕集するもので濾紙は1時間毎に自動的に巻取られて行き、空気中の浮遊じんあいは濾紙に汚点として残る。これに光を当てて反射率（或いは透過率）の減少度を以てじんあい濃度指数として出すものである。すなわち、濃度指数の大きいものは高濃度である。しかしこの指数は相対的なものでじんあい濃度を直接的に示すものではなく、また、たとえば30という濃度指数は10の3倍の濃度を示すものでもない。この濃度指数と労研式じんあい計による1c.c.の空気中のじんあい個数との対応をしらべてみたものが図2である。大体

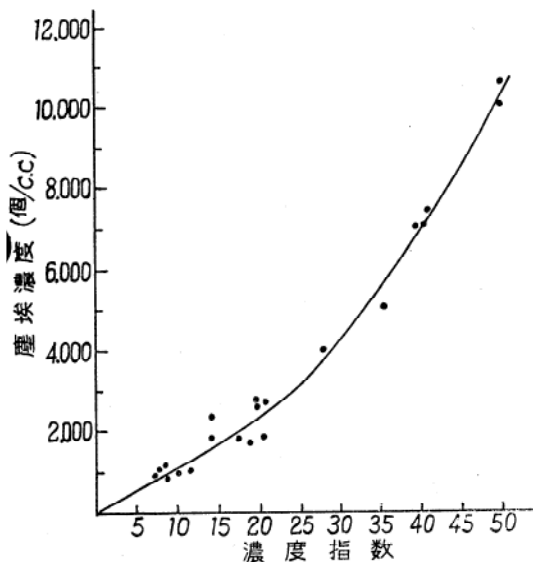


図2 じんあい濃度指数と個数との関係

こんな関係にあるようであるがやゝ偏差が大きい。これは労研式じんあい計によって捕集されるのは主として 1μ 前後の微小粒子とされてをり、Air Samplerの濾紙は 1μ 以下の粒子はほとんど通過してしまうという計器

の特性によると考えられる。

じんあいの測定計器は現在までに20種類程のものが考案使用されてきたが、これはどんな場合も利用出来る適確なものがないことを裏書きしている。紡績工場などの綿ぼこり、降下ばいじんのような大きいものから 0.1μ といった微細なものまで、すなわち、1:何千という大きさの非常に違うものを特に個数として網羅的に測定出来る適当な計器はないのである。

現在わが国のじんあいの許容濃度としては労働省通牒によれば一般じんあいについては1c.c.の空气中に1,000個、或いは $1m^3$ 中に15mgが発じん有害業務の判定基準とされている。この個数及び重量法による両者が対応するかというところでもなく、前も述べたように個数法も顕微鏡の倍率、照明法で測定値に大きな相違が出るなどいろいろ問題を含んでいる。

表1は筆者が大阪市天王寺区内の外気について測定し

表1 外気の季節別1日の浮遊塵埃濃度の比較 (個/c.c.)

月別	最高値	最低値	平均値	標準偏差
3月	4028	372	1528	996
5月	2874	245	1047	768
6月	1303	295	752	304
8月	1585	272	819	238
10月	4166	410	1595	1048
11月	5009	509	1897	1034
12月	7572	698	2346	1602

(注) 大阪市天王寺区住宅地、1日24時間の測定
労研式じんあい計、400倍、斜照法計数

た各月の1日中の毎時の測定から季節的な比較と24時間中の最高、最低、平均値を示したものである。表に見るように冬季に高濃度で1日の変動の最高値は7572個/c.c.といわゆる許容濃度の7倍以上にもなっている。外気自体がこのように高濃度で、これがそのまま建物内に侵入して測定され、そこが有害発じん業務ではいかにもおかしい。冬季の24時間の平均値も2346個/c.c.と夏季の3倍程度の状況である。

外気の浮遊じんあい濃度には以上の季節的変動の他に1日の間の時刻的変動がある。すなわち、24時間の間に二つの山と谷を示して変動しているのであるがこれは主として日射それによる拡散、生産活動の開始、停止などが主原因であり、また、風の影響もあるとされている。図3~4はこの時刻的変動型を示したものである。すなわち、毎日の24時間のAir Samplerによる測定値の最高濃度を100として、他の時刻の濃度係数を出し、それぞれ一週間の平均値によってその期間の山と谷の発現時

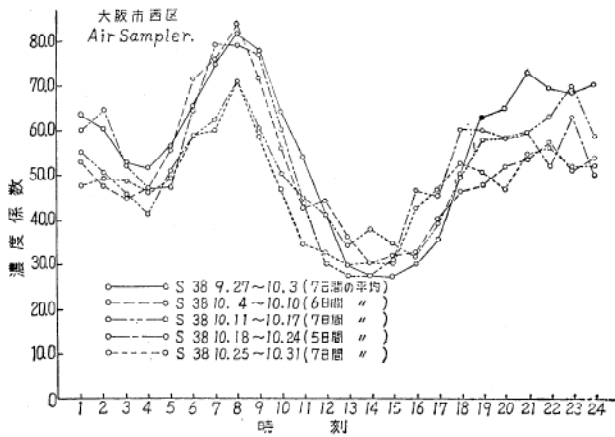


図3 外気浮遊じんあい濃度の時刻的変動型

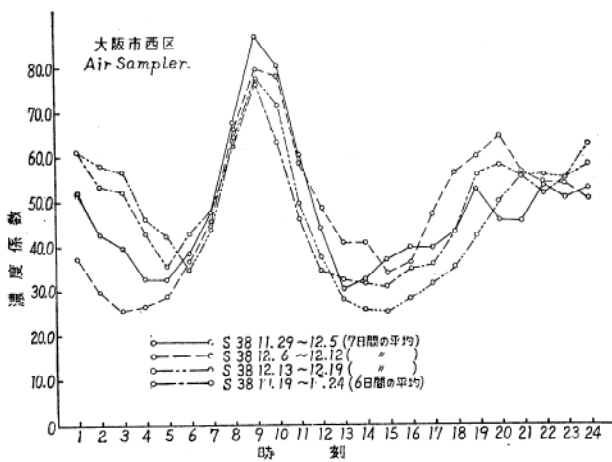


図4 外気浮遊じんあい濃度の時刻的変動型

刻を示したものである。従ってこれはじんあい濃度そのものの比較ではない。こうした操作で図のように二つの山と谷の発現がはっきり見られる。図3の10月の場合には朝8時に1日の最高値があり、13~14時に最小値がある。他に夜間と早朝にそれぞれ他の山と谷が見られる。図4の12月では二つの山と谷は全く同様であるが1日の最高値、最小値がそれぞれ1時間位ずれておそくなっている。これは日出時刻、人間の活動開始時刻のおくれと一致しているといえる。

しかし毎日の変動型が必ずこのようにはっきりした定型的なものかという点、雨、風などの影響で形がくずれている場合もある。風についてふれると、風速の大きい日、時刻では汚染質が大きく拡散稀釈されて浮遊じんあい濃度は一般に低減化する。その関係を示したものが図5、図6である。図5は1日の平均風速と24時間平均濃度指数の相関を示したものであり、図6は風向と時刻を規制して風速と毎時濃度の関連を示したものである。すなわち、図6の場合は主に工場地帯からの風向と高濃度の発現時刻という条件での同じ時期の測定結果から両者の関

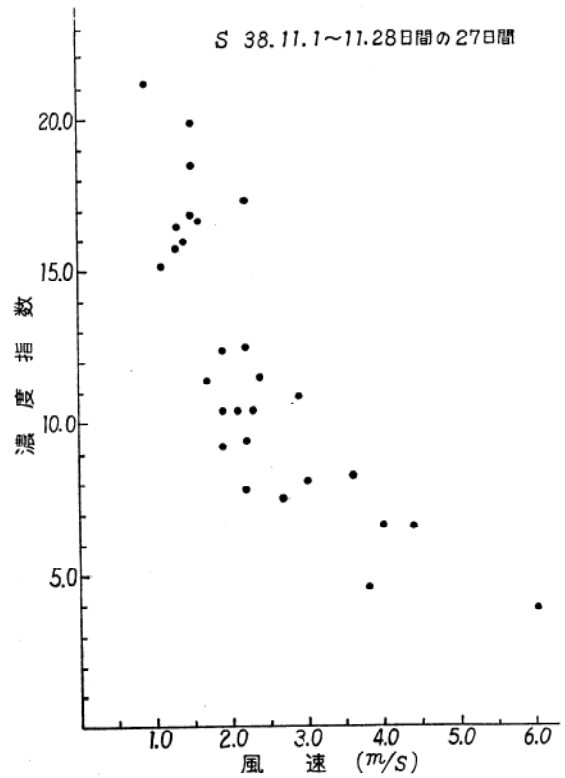


図5 1日の平均じんあい濃度と平均風速との関係

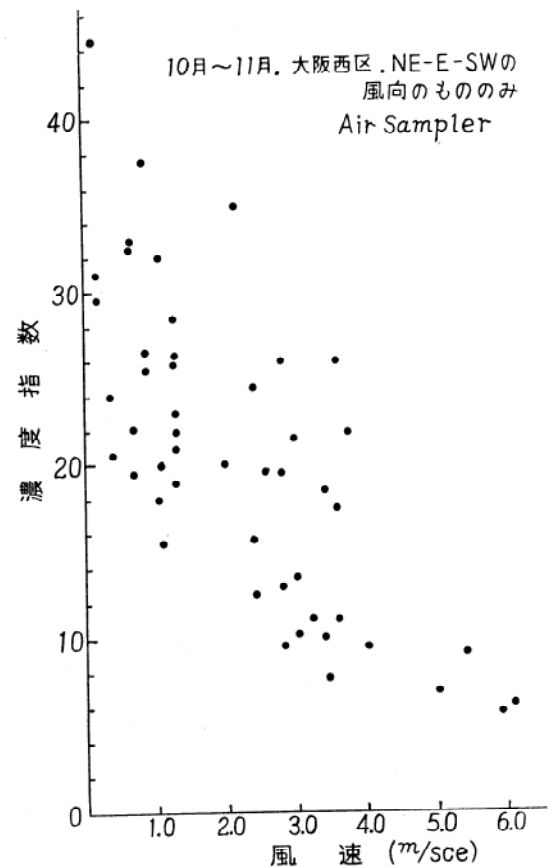


図6 8時、9時、10時の濃度指数と風速の関係

連を示したものである。これらによると風速の大きい日時には外気浮遊じんあい濃度が低減している状況が明らかである。

3. 建物内空气中の浮遊じんあい

以上のような外気浮遊じんあいが建物内にどのように侵入し、或いは気密な建物ではどの程度に阻止出来ているのか、空調等の除じん装置がどの程度建物内の空気清浄化に効果をあげ得ているだろうか。このような問題についてふれてみようとする。

開放的な建物、気密性の小さい建物、すなわち自然換気量の大きい場合には当然外気は容易に建物内に侵入しているので室内に特別なじんあいの発生源がなければ外気と室内のじんあい濃度、その変動は一致する。たとえば木造住宅、コンクリートアパートの温暖季などである。気密性の大きい建物、たとえばビル、R. C. アパートでも冬季の閉鎖的な時期になると様相が相違する。

図7は大阪中心地の新しいビルの全閉された日曜日

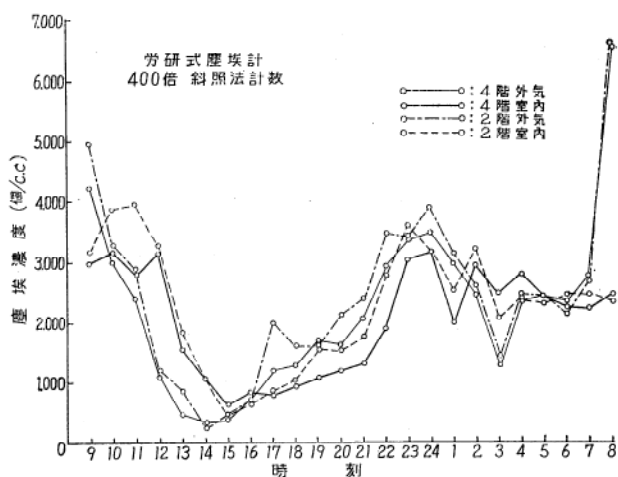


図7 気密なビル室内外のじんあい濃度の変動、休日、全閉時での状況

の無人の2階、4階の外気と室内の浮遊じんあい濃度の変動例である。これで見られるように気密なビルでも、その室内浮遊じんあいは外気の変動に全く影響され追随している。たゞ室内の推移には外気の変動に対して二つの相違点がある。その一つは時間的なズレ (time lag) であり、二つには変動巾が外気のそれよりも小さくなっていることである。この様相は R. C. アパートで冬季の閉鎖的な時期に測定した結果でも同様であった。

この time lag についていえばビルなどの環境調査に際して1日何例かの簡単な濃度測定を実施して室内外の比較をしても室内外の関連性、室内の汚染度を適確に判断出来ない事態も出てくるということになる。その例と

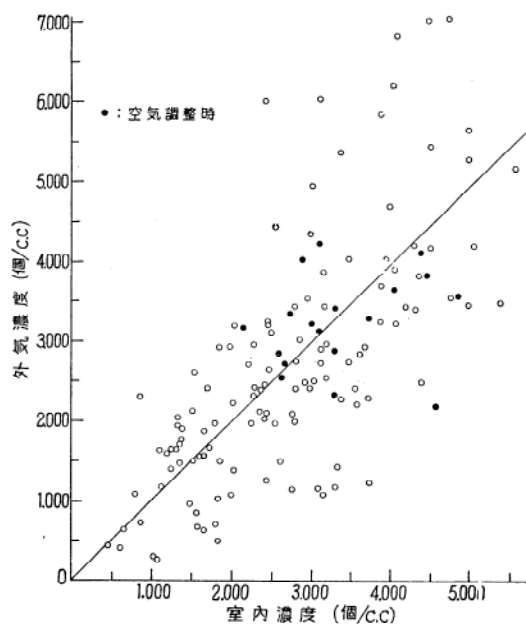


図8 室内外のじんあい濃度の比較
—毎時の測定値による—

して図8は気密なビル内の同時刻における外気と室内濃度の関連を示したものであるが図に見るように非常にバラツキが大きい。第2の室内の浮遊塵埃濃度の変動巾が気密な建物内では外気に比較して小さくなるという点は室内外の温湿度の変動型と一致している。すなわち、室内では特別な発じんがなければ外気の最高濃度よりは低く、また、最低濃度までは低下しないといった特性が見られる。

しかしこれら個々の1日24時間の測定結果の平均値によって外気と室内の関連性を見ると図9に示すようにほとんど一致している。すなわち、労研式じんあい計に捕

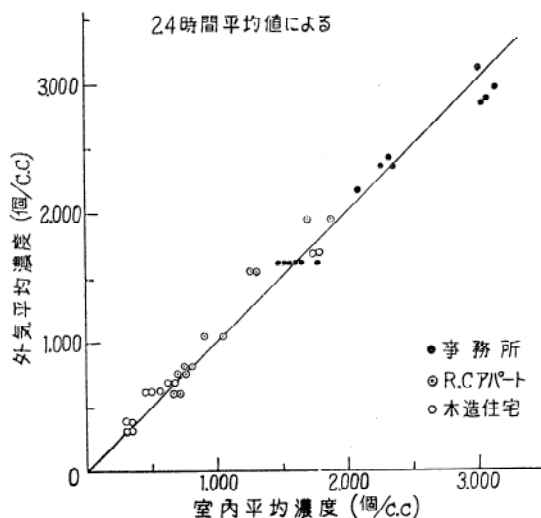


図9 室内外のじんあい濃度の比較
—24時間平均値による—

集される程度の微細粒子についていうと相当気密度の高い建物内でもその浮遊じんあいは全く外気に支配されて平均的にはほとんど外気と同程度になっているというべきである。従って室内空気の清浄化には当然のことながら外気汚染対策が大きな前提となると考える。

外気の浮遊じんあいを効果的に除去し、室内への侵入を防止するために空調装置には各種の Air Filter, 或いは電気集じん機があって自衛を講じているわけであるが Air Filter では 1μ 以下といった微細粒子の効果的な除去は期待出来ない。一方において人間の肺胞まで侵入沈着するのは 1μ 或いは 0.5μ 以下の微小粒子とされているのである。従って浮遊じんあいの高度の除去を期待する場合にはやむを得ず高価な電気集じん機を設備することになる。

電気集じん機の作動時の除じん効果は相当に高い。普通90%以上と示されているが、実際に使用されている建物内では種々の原因でそう高率にはならないようである。図10は電気集じん機を設備した非常に気密度の高い大阪

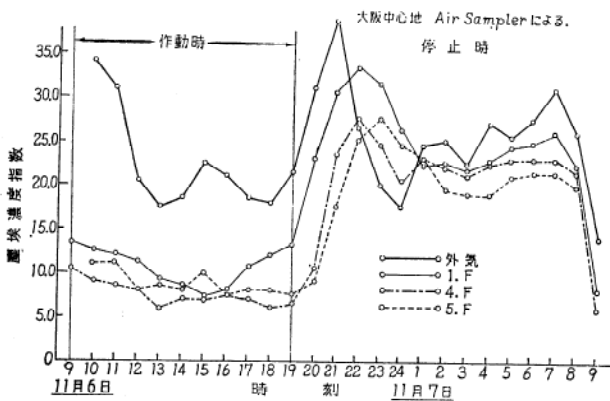


図10 室内外浮遊じんあい濃度の変動 (電機集じん機による除じん効果)

中心地の新しいビルで作動時、停止時の外気、室内の状況を Air Sampler で測定した結果の一部である。電気集じん機の作動中はこのように外気じんあいが除去された空調がなされているが、停止すると急速に室内濃度は外気に追従して高くなって行く。同じビル内の勤務時中、すなわち空調時の労研式じんあい計による測定結果の一部を図11に示したが外気に比較して電気集じん機の作動中は各階室とも微小粒子も非常に少なくなっていることが明らかであろう。

この電気集じん機の停止とともに外気じんあいが建物内に侵入して行く径路としてはこの建物では地階ガレージ入口、外気取入口、排気口、ダクトなどが考えられる。図10に見られる限りでは建物内空気を常に清浄に保持しようとする電気集じん機を24時間運転するか、侵入径

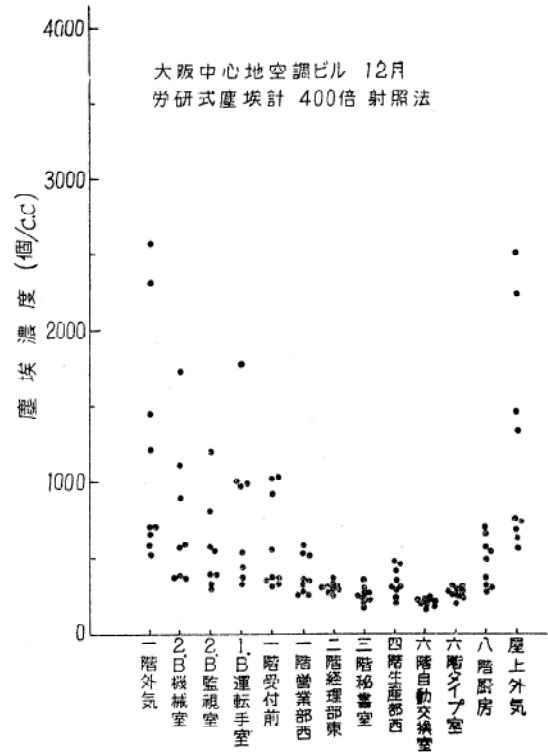


図11 室内外の浮遊じんあい濃度の比較 (電気集じん機による除じん効果)

路をすべて閉鎖する方法しかない。しかし外気取入口ダクト内の隔壁処置など簡単な方策で電気集じん機の停止時にも清浄化を図る可能性はある程度あるように考えられる。

以上空気中の浮遊じんあいのみについて述べてきたが大気汚染には他にも SO_2 、自動車の排気中の CO 、ガソリン蒸気の炭化水素などとあり、又、空気中細菌も汚染質の一つである。空気中細菌の測定をしてみると大阪中心地では1階外気はもちろん、高層ビルの屋上外気中でも浮遊じんあいと同様に随分多いのである。一般には当然これが建物内の状況にも影響することになるが浮遊じんあいとはやゝ相違した様相を示す。たとえば外気は冬季には夏季より減少するのが一般である。空気中細菌も浮遊じんあいと同様に電気集じん機の作動によって高率に除去はされる。

大都市、産業都市の大気汚染の現状は多くの研究資料に示されているように相当高度というべきで、しかもこのまゝ推移すれば増大する一方であろう。私共の生活はガラス鉢の金魚が酸素不足で水面に浮上りあえいでいるのと全く同じ状況になるであろう。

4. 結 語

以上筆者の調査資料などにより、外気、建物内の空気汚染、その関連性などについてふれてきたが、浮遊じん

あい濃度の測定に関して平素感じていることを述べて結びにしたい。浮遊じんあいの測定は前にも述べたように特に計数法の場合に現在の計器では相当に厄介である。じんあいの測定計器が20種類位次々と発表されていること自体が測定の厄介さに基づいてのことといえる。一般に大都会の大気汚染は Deposit Gauge を設置して降下ばいじん量の測定が主になされて来た。最近になってこれに加えて浮遊じんあい及び SO₂ の継続的測定がなされている。環境調査によく利用されてきた労研式じんあい計の場合は顕微鏡をのぞいて粒子を1個ずつ計数する手間は特に高濃度のもものでは非常に大きい。しかも捕集、計数に個人差が避けがたいのである。またこれとても空气中に浮遊しているじんあいがある条件で捕集したものの相対的な比較ということである。空气中に浮遊しているじんあい或いは細菌のすべてを捕集して計数することはほとんど不可能であり、また環境工学的には意味も薄いとも考えられる。濾紙式 Air Sampler も同様でこれで得られた濃度指数は相対的なものでしかも指数30は指数10の3倍の濃度を意味していない。これも困るのであるがそれぞれの計器の特性でやむを得ず測定調

査の目的に応じて計器を選択し、或いは組合せて使用し、より正確な資料をと研究者は苦心しているのである。最近は以上のような理由で個数によるものはなるべく避けて1m³の空气中的浮遊じんあい重量(mg)での方向に移行する提案もある。この方が測定もその後処理も比較的簡易化されるであろう。ただ計器が高価、現場などで同時に多数個処の測定は無理などの問題がある。浮遊じんあいなどのようにいわばたわいのないものでも、それを適確に数量化しようとする随分困難な問題がある。しかし要は大都市、産業都市、或いは職場の空気が清浄に保持される段階になれば測定計器や許容濃度の問題はすべて消滅することなのである。(39, 2, 14)

文 献

- (1): G. V. Sheleikhovskii, "Smoke Pollution of Towns" 1962.
- (2): 庄司光, 宮本憲一, "恐るべき公害" 岩波新書 1964. 4.
- (3): 野瀬善勝 "宇部市における大気汚染対策の成果と今後の問題点, 特に宇部方式の解析" 大気汚染研究全国協議会, 第5回総会抄録, 1964, 5.