(a) 排ガス中の粒子状物質

燃料が燃焼する過程で走行状態によっては酸素不足の状態で高温となり，脱水素分解及び縮重合反応などにより，炭素，有機物質よりなる粒子が生成される。この他軽油等で硫黄分が含まれる場合は硫酸塩が，また窒素酸化物に起因する硝酸塩並びに燃料及び潤滑油に含まれる金属成分が排出される。ディーゼルエンジンでは，その80～90％が炭素，残りは水素２～５％，窒素１％前後，硫黄２～５％の測定結果がある。

(b) タイヤの摩耗，舗道の摩耗によるもの

自動車の走行にともなうタイヤの摩耗，舗道の摩耗により粒子状物質が発生する。その発生量，粒径等は現在のところ把握されていないが，トンネル内で行った実験によれば，ゴム粉じん量としては総量の４～７％を占めているという報告もある[22]。

(c) 走行にともなう道路上の物質の巻き上げ飛散

道路上の物質が自動車走行により巻き上げ飛散される。飛散量は，道路が舗装されているか未舗装かによって大きく変わり，舗装されている場合は道路の清掃状況によって大きく異なる。

(3) そ　の　他

粒子状物質は航空機，船舶からも排出される。航空機の場合はエンジンの種類，飛行状態（アイドル，アプローチ，テイクオフ）等によりその発生量は大きく変化する。また船舶の場合も船種（トン数），動力（ディーゼル機関，ボイラ），航行状況（航行，入出港，荷揚）などにより，粒子状物質発生量は大きく変化する。

2.2.3 二次粒子

大気中のSO_2，H_2S，NO_x　NH_3，HC等のガス体は光化学反応や熱化学反応を経て，他のガス体と付着したり，粒子状物質に吸着したりして，次第に固体や液体の粒子状物質に変換し，雨等によって除去されてゆく。

ガスから粒子への生成過程（gas to particle conversion process）は複雑であるが，ガスから液相または固相に相変化して新しい粒子を生成するものと，ガス状のまま既存粒子に凝集（condensation）するものがある。前者を均質核形成過程（Homogeneous nucleation process），後者を非均質核形成過程（Heterogeneous nucleation process）という。前者の過程では，ガス体が酸化などにより，非凝縮性ガスから凝縮性ガスに転換し，さらに蒸気圧の低い物質に変換し，凝縮により粒子を生成する。後者の非均質核形成過程では，ガス分子のとり込みは粒子の表面積と化学的性質により変化する。この他非均質核形成過程では，MgO，Fe_2O_3などの金属酸化物等にガス体が酸化されて吸着してゆく過程も多いと言われている。また，大気中の水滴などにガス体が溶け込み酸化され，水滴が蒸発後に粒子が生成される液滴中の反応も重要である。二次粒子の

生成機構は複雑で多くの研究が行われているが，未だ解明されていない点が多い。

(1) 無機粒子状物質の生成

無機系二次粒子の主な成分は硫酸イオン，硝酸イオン，アンモニウムイオン等である。SO_2から硫酸塩を生ずる反応としては，

① 炭化水素とO_3による酸化

② 直接光酸化

③ 乾燥した粒子（Pb, Fe, Al等）の触媒作用によるSO_2の酸化

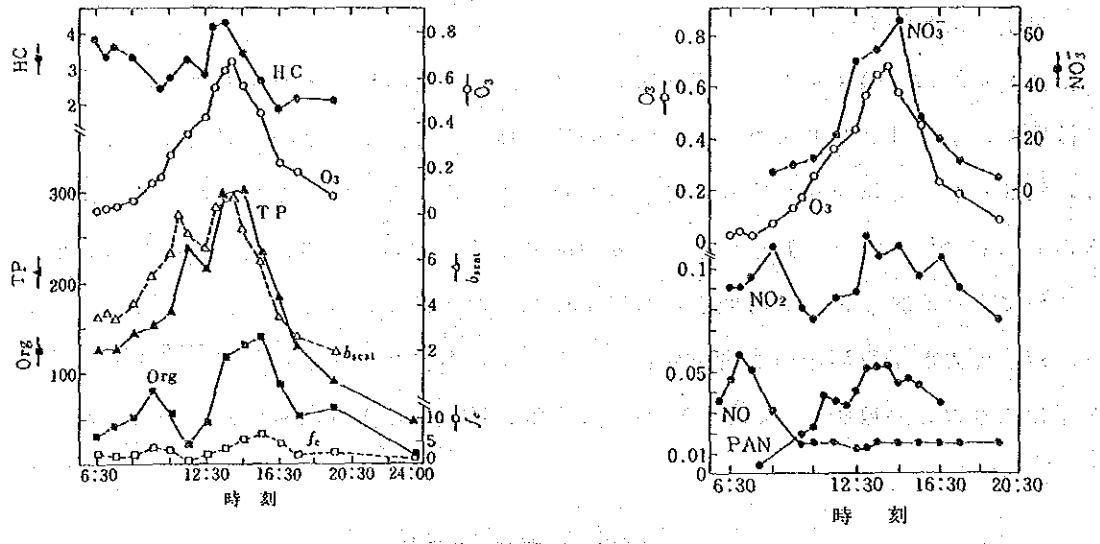
④ 液滴中の鉄，マンガンの触媒作用によるSO_2の酸化

がある。このような均質核形成過程及び不均質核形成過程より生じた硫酸の粒子は，大気中にガス状で存在している硫酸蒸気をとり込んで成長する。また，大気中のアンモニアとの中和反応により硫酸アンモニウム粒子となる。ガス状のSO_2から粒子状のSO_4^{--}へ変換される速度は大気中のオゾン濃度，湿度，触媒として作用する物質の有無によって変化するが，最近における排煙観測データより求められた値は0.1～10％／h程度であり[23]，夜間より日中，冬季より夏季に大きな値となっている。

NO_2 からHNO_3への酸化過程は複雑であるが，硝酸は蒸気圧が高く気化しやすいので，一度生成された硝酸粒子が蒸発して硝酸蒸気として存在することがある。また，ガス状硝酸の濃度が高い場合には，海塩粒子との化学反応により$NaNO_3$粒子を生ずる。$NaNO_3$の粒子は海塩粒子と同様の粒径をもっているので，NO_3^-の粒径分布では夏季の方が粗大粒子側のピークが大きくなる。また，冬季は不均質核形成過程で生じた硝酸とアンモニアとの中和反応により生じたNH_4NO_3がNO_3^-イオンの大部分を占め，微小粒子側にピークをもつ。海塩粒子と硝酸の反応が進むと，塩化水素ガスが生じ，粒子中の塩素が減少する。したがって，粒子状物質全体としてのNa量とCl量を比較すれば，海水中でのCl^-/Na^+ に比べてCl量が少なくなる。この現象をchlorine Loss と呼んでいる。

(2) 有機粒子状物質の生成

無機系粒子状物質の生成過程に比べて，有機粒子状物質の生成過程の研究は少ないが，その生成過程は，有機ガス体から物理化学的変化で粒子化するものと，高温ガスとして放出され，大気中で冷却され凝縮するもの，微粒子に吸着される過程が考えられている。図Ⅱ－2－2はGrosjeanら[6]が1973年7月25日に光化学大気汚染時に各種物質が増減する模様を示したもので，NO_3^-，有機物成分，全粒子状物質濃度がオゾンとともに増加することがよく分かる。



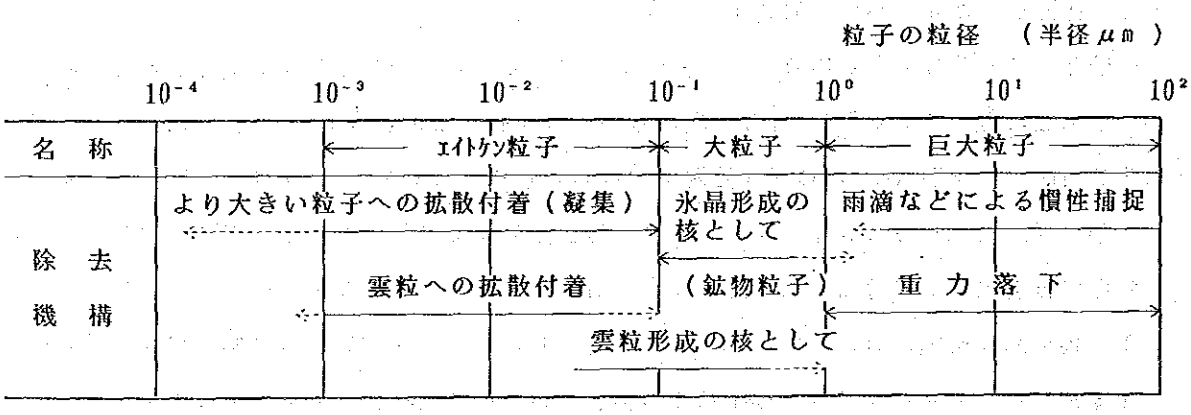
HC: ガス状炭化水素　TP: 全エアロゾル
Org: 有機エアロゾル成分
b_{scat}: エアロゾルによる光散乱係数
f_c: エアロゾル状 HC/ガス状 HC

図Ⅱ－2－2　パサデナにおける各種汚染物質の変動

2.3　粒子状物質の除去機構

粒子状物質の大気からの除去には降水過程にともなう雲粒や氷晶及び雨滴に取り除かれる湿式除去(Wet removal) と，自然落下や渦輸送により地表面へ沈着する乾式除去(Dry removal) の二つに大別される。また，全地球的な大気中の粒子状物質濃度の消長を論ずるには海面近くでの粒子状物質の除去過程も重要である。

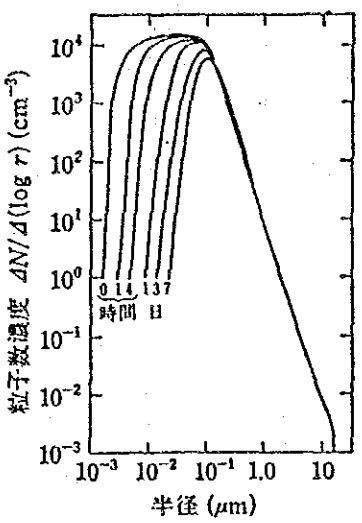
図Ⅱ－2－3は大気中の粒子状物質の除去機構を示したものである。図から明らかなように，粒子状物質の除去過程はその粒径によって異なっているのが特徴である。



図Ⅱ－2－3　大気中での粒子状物質の除去機構

2.3.1　凝集による除去

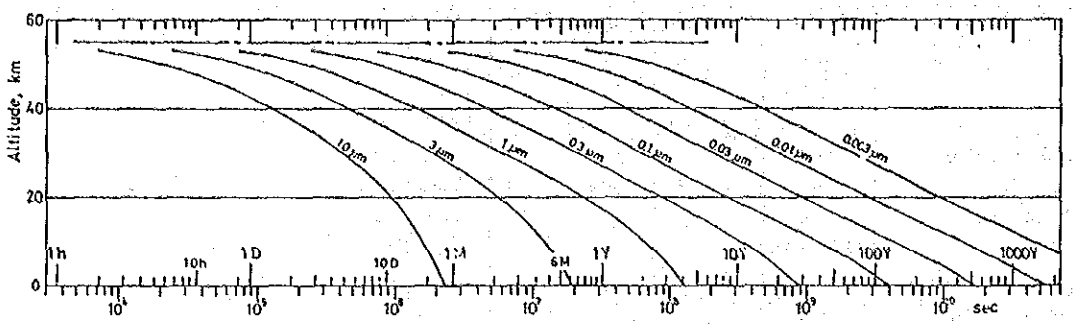
粒径 r ＜0.1μmのエイトケン粒子はブラウン運動による移動距離が大きいので，粒子相互の拡散衝突により付着してより大きい粒子の集合体を作る。この過程を凝集（Coagulation)という。図Ⅱ－2－4は粒子状物質の粒径分布が凝集によって時間とともに変化する様子を示したものである[24]。r ＜0.01μmの粒子は凝集によって数時間でその数濃度が減少し，数濃度のピーク値にあたる粒子粒径も時間とともにより大きな粒径に移っていく。しかし，粒径 r ＞0.1μm 以上の大粒子は凝集の影響を受けず，数濃度にも変化がみられない。凝集したエイトケン粒子はより大きい粒子への拡散付着や雲粒への拡散付着により大気中から除去される。



図Ⅱ－2－4　凝集による粒子状物質の粒径分布変化

2.3.2　沈降及び地表面への沈着による除去

図Ⅱ－2－5は粒子状物質を高度55kmから落としたものとして各高度に落ちる所要時間をプロットしたものである[25]。　この図から例えば高度15kmから落下して地上に達するまでに要する時間は，半径10μmの粒子（比重１）なら約12日であるが，１μmなら2.8年，0.1μmなら112年，0.01μmなら1530年かかる。これは静止空気中での話であって，実際には乱流のある大気中では上記の計算値よりもずっと長くなる。したがって微小粒子の除去については，重力落下は効果的な要因とはなり難い。しかし，落下しない粒子状物質でも渦輸送により地表面近くまで運ばれ，さらにブラウン運動による拡散や慣性衝突及び種々の泳動力によって地表面に沈着することができる。



図Ⅱ－２－５　粒子状物質の沈降に要する時間

沈着量の測定は種々行われているが，その一例を表Ⅱ－２－３に示す。

表Ⅱ－2－3　粒子の沈着速度Vdの調査例

研究者	v_d (cm/s)	粒径 (μm)	表面の状態	備考
Chamberlain (1953)	2.1	16	草	u = 9.2 m/s
	1.1	16		u = 3.2 m/s
	0.5	16		u = 1.1 m/s
Eriksson (1959)	0.7		太洋	スカンジナビア
	1.6		陸地	塩化物
Small (1960)	0.5		陸地	ノルウェー
	(0.2～3.4)			放射性粒子
Neuberger ら(1967)		ぶたくさ	針葉樹	森によってぶたくさの花粉の80%を除去する
White ら(1970)	5.6	Na	広葉樹混合林	v_d を過大評価している可能性がある
	4.7	K		
	3.0	Ca		
	7.1	Mg		
	0.8	P		
Esmen ら(1971)	0.5D	0.1～10	沪紙 ミリポア沪紙 ガラススライド	
Chamberlain ら (1972)	0.06 u_*	20～30	穀物用作物	乾燥湿潤(風洞実験および野外データ)
	0.12 u_*			
Pierson ら(1973)	0.1～0.6		陸地	23の微量元素
Cawse (1974)	1.3	Al		
	0.22	As		
	(0.45)	Cd		
	0.50	Cr		
	(0.50)	Cu		
	1.1	Fe		
	0.56	Mn		
	(0.45)	Ni		
	0.30	Pb		
	(1.0)	Ti		
	0.29	V		
	0.62	Zn		
Hart ら(1974)		Na, Ca, Mg, K, P, NO_3	ドーグラスもみ 杜松	樹下の沈着量／開地の沈着量 = 3～16
Clough (1975)	3.4	30	草	乾燥 u_* = 37 cm/s
	7.3		〃	〃 u_* = 87 〃
	11		〃	湿潤 u_* = 87 〃
	61		乾いたこけ	
	100		湿ったこけ	
	0.74	4	草	乾燥 u_* = 37 〃
	1.1		〃	
	0.75	3	乾いたこけ	〃 u_* = 37 〃
	12.7			
Abrahamsen ら(1976)		SO_4^{2-}	とうひ，松	樹下の沈着量／開地の沈着量 = 2
Dovland ら(1976)	0.16		雪	鉛
	0.68			SO_4^{2-}上限値
Fritschen ら	0.07	3	ドーグラスもみ	
	0.46			
Prahm ら(1976)	0.4		大西洋	SO_4^{2-}
Krey ら(1977)	0.5			
Wesley (1977)	0.6	0.05～0.1	裸地，草	u <2 m/s

$$Vd = \frac{flux}{c}$$

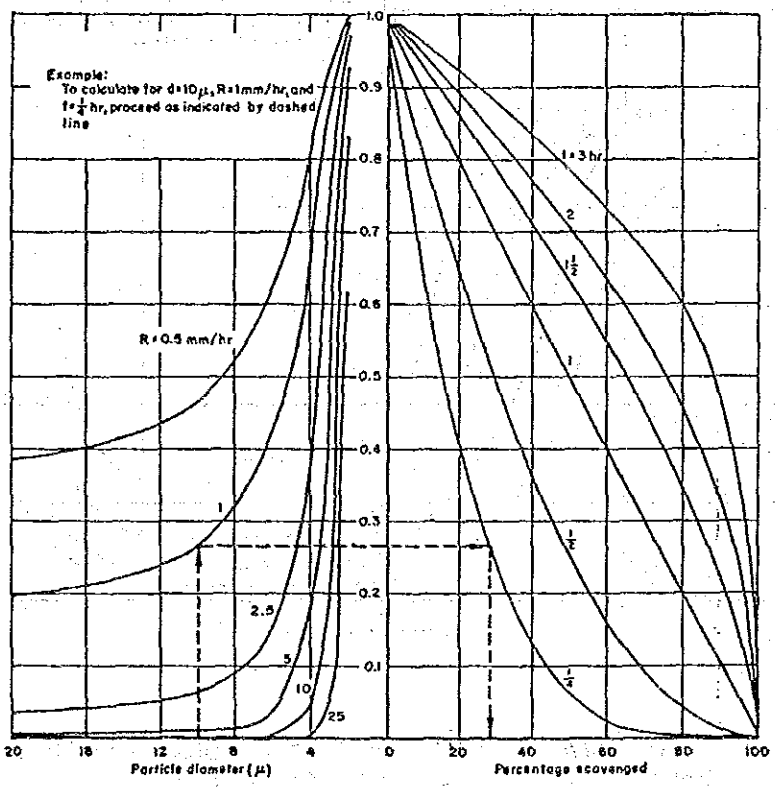
ここで，flux ；　単位時間，単位面積あたりの沈着量（g/cm.S）
　　C　；　地上1mにおける沈着物質の濃度（g/cm）

2.3.3　降水による粒子状物質の除去

重力落下がほとんど期待されない10μm 以下の粒子に対する最も効果的な除去作用は降水による除去である。この過程は通常レインアウト(rainout) とウォッシュアウト(washout) に区別されている。レインアウトとは雲の中で起こるすべての除去過程を表し，ウォッシュアウトとは雲の下で降水粒子にとり込まれて除去される過程を指すと定義されている。

(1)　雲底下での雨滴による除去 (washout)

ウォッシュアウトは粒子状物質の拡散付着，慣性衝突で粒子状物質が降水粒子にとり込まれる機構が考えられる。図Ⅱ－2－6は降雨強度と降雨継続時間をパラメータとする曲線を画いたものである[26]。 破線と矢印で示した読みとり順に進めば，任意の条件下における着目粒径の粒子状物質の除去される割合を知ることができる。この図より，雨滴による粒子状物質の除去は巨大粒子の4～5μm 以上の粒子に対して効率が良く，大粒子，エイトケン粒子の除去には直接の寄与をしていないことが分かる。



図Ⅱ－2－6　衝突により雨滴に捕捉される粒子状物質の比率

(2)　雲過程での除去 (rainout)

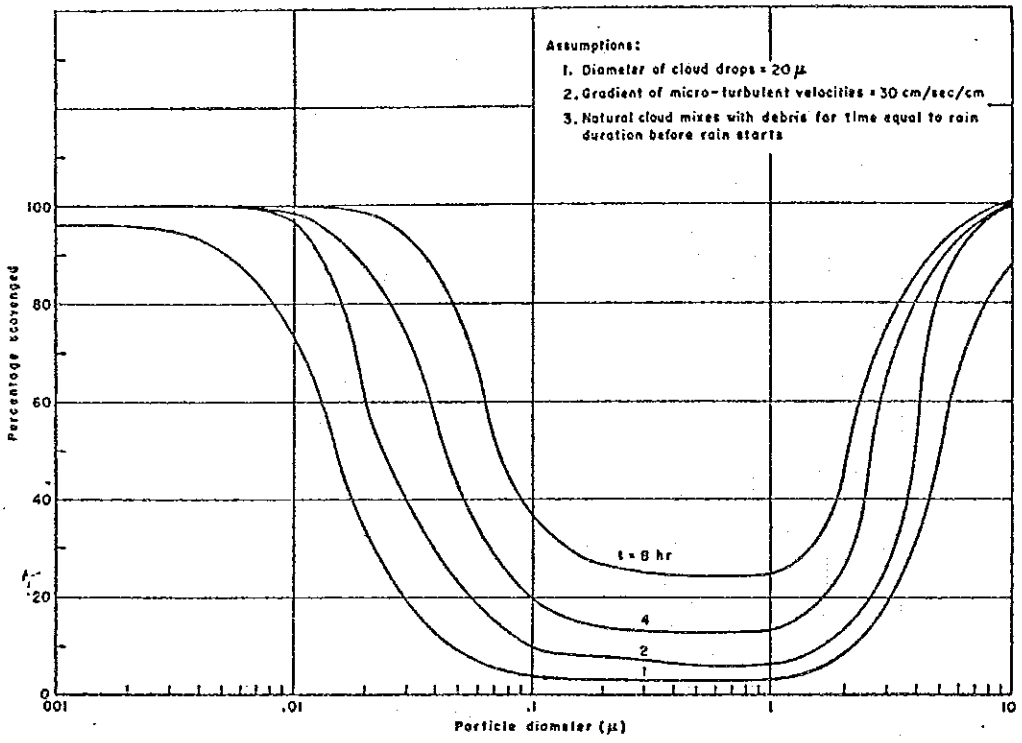
レインアウトとは雲中で起こる除去作用の総称であり，次に示すような物理過程が考えられる。

① 雲粒子が生成される時に，粒子状物質がその核として消費される過程

② ブラウン運動に基づく粒子状物質の雲粒子への凝集，大気に渦乱流があるときは，それに起因する凝集を含む

③ 成長中の雲粒子へ向かう水蒸気の流れに乗った粒子状物質の捕集

図Ⅱ－２－７はGreenfieldが降雨強度Ｒ，流線に垂直な速度勾配ｗ，雲粒子の半径r_c，及び雲水量を一定とし，降雨継続時間をパラメータとした降水による粒子状物質の総合結果を示したものである[26]。この図から明らかなように，雨滴による補足は直径２μm 以上の粒子状物質に対して有効であり，雲粒子による補足は0.1μm以下の粒子に対して有効であることが分かる。また，その中間の大粒子に対しては，いずれの過程も効果的でない領域が残されていることが分かる。



雲粒半径：10μm，　流線に垂直な乱流速度傾度；30cm/sec.cm，
降雨強度；2.5mm/hr，　雲水量；0.4×10^{-6}g/cm³

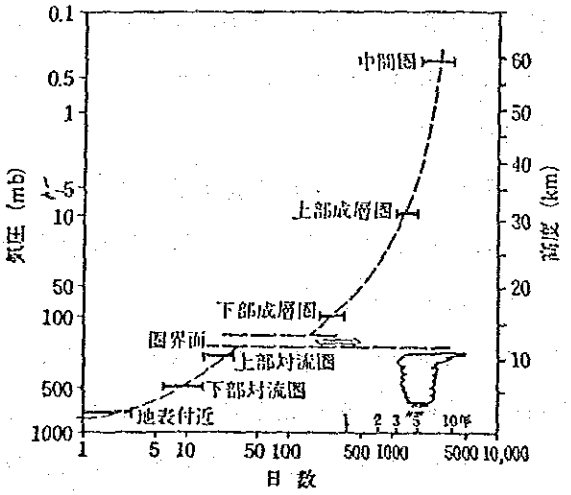
図Ⅱ－２－７　降水による粒子状物質の除去率

2.3.4　海上での粒子状物質の消滅

海面近くでの粒子状物質の除去過程は陸上のそれと異なるところがあると考えられるが，その除去過程はよく分かっていない。鳥羽[27]によると，海面近くには波浪による微小滴や巨大海塩核が常に存在し，これらが海面近くで上下する間に落下して海面に消滅するが，一方では絶えず発生して補われるために，そこの空間には常にほぼ一定量が存在し，しかもそれらは蒸発や凝縮をくり返しているので，そこへ粒子状物質が進入してくると，それらは降水の場合と同様に拡散泳動や熱泳動による沈着過程の効果を受け，これらの微水滴に吸着されるとしている。

2.4　粒子状物質の滞留時間

粒子状物質の大気中での滞留時間はその除去機構によって決まるが，一般に発生源近くでは粒子状物質の物質構成は比較的単純であり，発生源から遠くに輸送される過程で粒子間の凝集，粒子表面での化学反応，雲粒による取り込み，その中での化学反応，それに続く雲粒の蒸発などさまざまな変質を受けて，その物質構成は複雑になる。したがって，粒子状物質の発生後の履歴を考慮して物質構成と粒径による滞留時間を推定することが望ましいが，これは極めて困難である。図Ⅱ－２－８はFlohn[28]が，大気中の種々な高度における粒子状物質の平均的な滞留時間を示したものである。雲及び降水過程を通しての除去機構が有効に作用する対流圏では



図Ⅱ－２－８　高度別にみた粒子状物質の平均滞留時間

成層圏に比べて平均滞留時間は極めて短い。対流圏の粒子状物質の滞留時間は１～２週間程度であるのに対し，成層圏では１～３年である。なお最近，核実験によって大気中に放出された放射性物質は粒子状物質に付着しやすいので，放射性物質をトレーサーとした粒子状物質の平均的な滞留時間を調べる研究が実施されている。

第３章　粒子状物質の測定法と環境基準

3.1　粒子状物質の測定法

粒子状物質の測定法は多岐にわたっており，サンプリングの方法，化学成分分析，連続測定方法等多くの方法があるが，ここでは各測定法の詳細な説明は避け，主に重量濃度測定法について現在各国が採用している測定法について説明を行う。

3.1.1　測定法の分類

粒子状物質の測定法を大別すると表Ⅱ－３－１に示すように，６つの方法に分けられる。

ろ紙汚濁法とは，白いフィルターを通じて大気を引き，汚染させたフィルターに光を照射し光の反射率または透過率を測定し，あらかじめ用意した校正曲線により重量濃度に変換する方法でスモーク法と呼ばれ，イギリスを始めヨーロッパで古くから使用されている測定法である。この方法はOECD，イギリスで推奨されており，アメリカでは自動的にテープフィルターを移動する方式が採用されている。

ろ過捕集法はフィルターを通してポンプで大気を吸収し，フィルター上に集められた物質の重量を秤量する方法であり，重量濃度測定法の基本となる方法である。ポンプの吸引流量の大小によりハイボリウム法とローボリウム法があり，その境界の流量値は６㎥／ｈ前後である。

光散乱法は吸引した浮遊粉じんに光を照射し，粒子の光学的特性（粒子の大きさ，密度，屈折率等）が同一と仮定し，発生した散乱光の強度が浮遊粉じんの重量濃度と一定の関係があるとして，重量濃度に変換する方法である。

β線吸収法はフィルター上の円形のスポットにβ線を照射するとエネルギーの一部はフィルター及び捕集された浮遊粉じんに吸収され，透過したβ線の強度と重量濃度の間には一定の関係が存在することを応用した測定法である。

ピエゾバランス法は一対の水晶発振子をその固有振動数で発振させ，発振子の表面に測定すべき粒子を堆積させ，重量濃度に比例する振動数の変化を測定する方法である。また，分粒法は測定原理はろ過捕集法と同一の測定原理であるが，粒径範囲を数段階に分けて捕集する方法である。

以上の測定法はそれぞれ長所，短所を有しており，環境濃度のモニタリング用としてどの測定法を採用するかは，国の事情により異なる。表Ⅱ－３－２は現在主要諸国で粒子状物質の環境濃度のモニタリングに使用されている測定器である。

日本では法定上の測定器としては，10μｍ分粒装置付ローボリウムサンプラーが用いられている。またローボリウムサンプラーは短時間濃度計測には適さないので，１時間濃度値が計測可能なデジタル粉じん計，β線吸収式粉じん計，ピエゾバランス式粉じん計も用いられている。

アメリカではEPAハイボリウムサンプラーが数多く使用されている。この方法は吸引流量が大きいのでフィルター上に化学分析をするのに充分なサンプル量を捕集することができ，重量濃度の他に粒子状物質の化学成分の構成も知ることができる。しかし，この測定法は全粒径の粒子状物質の測定であるので，測定場所によってはその測定値が比較的大きな粒子（例えば風じん）に左右される。

なお，ろ過捕集法ではフィルターの選択も重要であり，例えばアメリカで市販されているグラスファイバーフィルターは酸性ガスが吸着し，みかけの重量増加をもたらすと言われている。また，この方法はフィルターの交換，流量チェックの作業が必要であるため，自動測定が出来ず，また感度の問題から短時間濃度（１時間値）の計測は不可能である。

短時間濃度を自動的に測定するための計測値としては，アメリカではAISIテープサンプラーが使用されている。この測定器は短時間（例えば２時間）平均濃度の時間変化を調べるのには便利であるが，濃度はCOH (Coefficient of Haze) 単位で評価される。なお，短時間濃度計測器としてはこの他に上述のデジタル粉じん計，β線吸収式粉じん計，ピエゾバランス式粉じん計があるが，これらの測定値はあらかじめろ過捕集法で得られた測定値との相関を調べておくことが必要である。

表Ⅱ－3－1　粒子状物質の測定法の分類

測定法	測定器	原理	測定粒径	備考
濾紙汚濁法	スモークサンプラー（OECD法）	・白いフィルターを通して空気を引く。通常は24時間である。フィルター紙の汚染度は反射率計で計測する。その値は国際的なスモーク単位（μg／m³）に変換される。簡単な計器なので，連続運転に適している。	0～20-30 μm	・ヨーロッパで広く用いられており，OECDによって推奨されている手法。吸引速度は低いので，サンプルは呼吸器吸入性粒子に限定される。測定結果は，黒色物質によって主に影響されるため，必ずしも真の重量を示さない。限られた範囲の化学分析が少量のサンプルに対して可能である。
	テープサンプラー（ASTM法）	・OECD方式と同様であるが，フィルター上に集められたサンプルは，自動的に2～6時間の間隔で移動する。汚染度は通常透過率で評価され，haze単位(COH)によって表現される。時折反射率単位（RUDS）によって表現される。	0～40μm	・流量はOECD法よりも若干多い。しかし，米国で使われている方法では呼吸器吸入性粒子を有効にサンプルできる。連続運転に適する。
濾過捕集法	ハイボリウムサンプラー	・空気はグラスファイバーフィルター紙を通して通常はタービンブロワーで吸引される。集められた物質の量は，恒温，恒湿の条件下で重量測定がなされる。最も広く用いられている器具は，ハイボリウム・サンプラーである（米国）が，西独ではグラスファイバーフィルターよりむしろメンブランフィルターとロータリーポンプが使用される。	0.1～80-100μm	・米国で広く用いられている。呼吸器吸入性粒子以上の径の粒子を集めやすいので，汚れた場所での測定は望ましくない。連続運転に不適である。サンプルは通常6日毎に24時間周期で集められる。化学分析をするのに充分なサンプルが得られる。
	ローボリウムサンプラー	・原理はハイボリウムサンプラーと同じであるが，流量は少なくして，長期連続吸引ができるようにしている。	0～20-30 μm	・ハイボリウムサンプラーより流量は少ないので呼吸器吸入性粒子を有効にサンプルできる。 日本においては，10μm 以上の粒子をカットするために，サイクロン型分粒装置又は多段型分粒装置と組み合わせて用いられている。
光散乱法	デジタル粉じん計	・光散乱によりエアロゾルとしての浮遊粒子を直接測定する。個々の微粒子を数え，粒径を測定するか，或いは特定の空気の体積から散乱された光を積分する。	0.5 ～ 10 μm	・浮遊粒子状物質のモニターとして，日本である程度使用されている。しかし，常時校正が必要であり，直接重量法との比較は必ずしもできない。
β線吸収法	β線吸収式マスモニター	・フィルター紙上に，特定の時間（通常は30分）浮遊粒子を連続採集する。サンプルにβ線を照射すると，エネルギーの一部が吸収される。重量濃度は透過したβ線の強度によって決定される。	0 ～ 20 μm （フィルター式）	・測定器は通常高価である。西独ではモニタリング用として使われている。浮遊粒子の短時間の変化を研究するのに貴重な測定器である。
ピエゾバランス法	ピエゾバランス式マスモニター	・圧電結晶振動法を利用したもので，一対の水晶発振子をその固有振動数で発振させる。発振子の表面に堆積した物質の重量は振動数の変化に比例するのでこの関係より重量濃度が決定される。	0.01～ 10 μm （静電式） 0.3 ～ 20 μm （インパクター式）	・この方法は非常に高感度であるが，静電捕集率やサンプルに対する湿度の影響等に問題がある。又，水晶に堆積した物質をとり除かずに検出できる重量には限界がある。
分粒法	カスケードインパクター	・粒子は，衝突により数段の粒子区分に分類され，各々の物質の重量は，直接秤量により測定される。	0.5 ～ 20 μm	・特定の粒径範囲の濃度を評価できる。米国である程度使用されているが，広くは使われていない。
	ダイコトマスサンプラー	・竪形インパクターとして知られており，粒子を2つの粒径範囲に分離し，各々の粒子はフィルター上に捕集され，重量の測定がなされる。	0～30μm	・米国で硫酸塩のモニター用として使われている。最近，米国では浮遊粒子に対してもその使用法が検討されている。

表Ⅱ－3－2　主要諸国で粒子状物質の環境濃度モニタリングに使用されている測定器の概要

国名	日本				アメリカ・カナダ	アメリカ	西ドイツ		イギリス・スペイン
測定器	ローボリウムサンプラー	デジタル粉じん計	β線吸収式粉じん計	ピエゾバランス式粉じん計	EPAハイボリウムサンプラー	AISIテープサンプラー	LIBハイボリウムサンプラー	β線吸収式自動サンプラー	BSスモークサンプラー
原理と構成	1. 空気中に浮遊する粒子状物質を低流量のポンプで吸引し，フィルター上の粒子の重量を測定する。分粒装置を用い，10μm以上の粒子を除去する。 2. 吸引ポンプ，分粒装置（サイクロン型又は多段分粒型），フィルターホルダー，流量測定部より成る。	1. 暗室中に粒子状物質を導入し，光を照射すると，粒子状物質より散乱光が発せられる。散乱光の強度は，粒子の形状，大きさ，相対屈折率等が同一なら，粒子の質量と比例関係を有する。この原理を応用し，粒子状物質の重量濃度を散乱光の強度を測定することにより求める。 2. 検出器，パワーユニットなどにより成る。	1. 放射性同位元素から放射されるβ線は，エネルギーの一部が濾紙およびその上に捕集された浮遊粒子状物質に吸収され，透過するβ線強度と浮遊粒子状物質重量との間には一定の関係が成立することを利用したものである。 2. 吸引ポンプ，β線源，β線検出器より成る。	1. 一対の水晶発振子をその固有振動数で発振させ，検出素子の表面に測定すべき粉じんを堆積捕集することにより，検出素子の質量増加に直接比例する振動数の変化量を参照素子の振動数との差から電気的に測定し，堆積した粉じんの質量を求めると同時に，一定流量で吸引した空気量から質量濃度を電気的に演算して表示する。 2. 試料採取部，圧電天びん部，記録部等より成る。	1. 空気はフィルターを通して，高流量のポンプで吸引される。大気中の浮遊粒子状物質の重量濃度（μg／m³）は，集められた粒子の重量と吸引された空気の量より計算される。 2. シェルター，フィルターホルダー，吸引ポンプ，流量計，タイマーなどにより成る。	1. 小さなサイクロンで40μmの粒子を除去された空気は，フィルターテープ上の円形のスポットを通過する。 フィルターテープは，1時間あるいはそれ以上の間隔で自動的に送られる。汚染した円形のスポットに光を照射し，その反射率又は透過率を測定する。濃度はCOH単位で評価される。 2. サンプリングプローブ，フィルターホルダー，クイマー，流量計，エアポンプ，コントロール系などにより成る。	1. 粒子状物質を含んだ空気は，ポンプにより，フィルター上に集められる。円形のフィルターホルダーは枠に固定され，地上約1.5mのところへ下向きに設置される。 2. LIBフィルター法と呼ばれ，吸引ポンプ，温度計付ガス流量計，タイマー，消音器，クーラー，フィルターホルダー，組立て枠などにより成る。	1. フィルターテープ上の円形のスポットは，一定時間間隔で自動的に送られる。汚染させたスポットにβ線を照射すると，エネルギーの一部フィルターおよびその上の浮遊粒子状物質に吸収され，透過したβ線の強度と重量濃度の間には一定の関係が存在する。 2. サンプリングプローブ，フィルターホルダー，β線照射装置，増巾器などにより成る。	1. 白いフィルターを通して，低流量のポンプで空気を吸引する。フィルター上の汚染度を反射率計で測定し，あらかじめ準備した較正曲線により，質量濃度（μg／m³）に変換される。 2. 吸引ポンプ，流量計，フィルターホルダー，ケネルなどにより成る。
測定粒径	0 ～ 10 μm	0.5 ～ 10 μm	0 ～ 10 μm	0 ～ 10 μm	0.1 ～ 100μm	0 ～ 40 μm	0.5 ～ 80 μm	0 ～ 20 μm	0 ～20－30μm
サンプリング時間	24時間又はその整数倍	1時間	1時間	1時間	24時間	1時間又はその整数倍	24時間	1～3時間	24時間
測定条件	1. 空気流量……1.2 m³/h 2. フィルター・・直径0.3μmのエアロゾルに対し，99％以上の初期捕集率を有する。ガラスファイバーフイルター又はポアサイズ1～3μmのニトロセルロース，又はアセチルセルロース製のメンブランフィルター。（100mmφ又は42mmφ） 3. 乾燥条件・・・温度20℃，相対湿度50％で24時間放置 4. 測定限界・・・流量計0.5ℓ／min バランス 0.1mg	1. 感度・・・1cph（平均粒径 0.3μmのステアリン酸エアロゾル0.67μg／m³大気浮遊粒子状物質1μg／m³に相当） 2. 測定範囲・・・1～10⁴cph 3. 測定精度・・・±10％	1. 空気流量・・・18ℓ／min 2. 測定範囲・・・0～5mg／m³ 3. 感度・・・1パルス 1μg／m³	1. 空気流量・・・1ℓ／min 2. 計測濃度範囲・・・0～50mg／m³ 3. 感度・・・・・・1μg／m³	1. 空気流量・・・67.8～102m³／h 2. フィルター・・・直径0.3μmの粒子に対して，99％以上の捕集効率をもつグラスファイバーフィルター（20.3×25.4cm） 3. 乾燥条件・・・温度15°～35℃（カナダ20°～30℃），相対湿度50％以下で24時間放置 4. 測定限界・・・流量計0.03m³／min 感度1μg／m³ バランス0.1mg 5. 再現性・・・3％程度	1. 空気流量・・・0.42m³／h 2. フィルター・・・汚れに対し相対的に低い抵抗と高い捕集効率をもったものなら良い。 3. サンプル時間・・・光学密度が0.3より大きな汚染度はさけるように選ぶ。 4. 同時にハイボリウムサンプラーにより重量濃度を測定する。	1. 空気流量・・・15.6～16.8m³／h 2. フィルター・・・流量16m³／hのとき0.3μmの粒子に対して99％以上の捕集効率をもつ，グラフスファイバーフィルター又はメイブランフィルター（120mmφ） 3. 乾燥条件・・・乾燥器（Mg-Parchorate）で24時間乾燥又は120℃の乾燥室で24時間乾燥した後，20℃，50％の相対湿度の秤量室で24時間放置される。 4. 測定限界・・・濃度10～13μg／m³	1. 空気流量・・・1.2m³／h 2. 測定範囲・・・5～11.000μg／m³ 3. β線源・・・・・Kr85（50mCi）（但しFH62A型）	1. 空気流量・・・0.08m³／h 2. フィルター・・・滑らかな表面をもち，必要な流量を通す上質の白いセルロース紙を用いる。例えば，Whatman No.1（25，50又は100mmφ） 3. ファネル・・60°の角度で40mmφのガラス製で，根元は内径6.5mmφ 4. 測定精度・・・±10％以下
特徴	1. フイルターの選択に注意を要する。ガラスファイバーフィルターより，酸性ガスの吸着の少ない石英ファイバーフィルターが望ましい。 2. 恒温，恒湿の雰囲気を長時間維持するのが難しい。 3. 分粒装置の性能，使用法に注意が必要である。	1. 重量濃度との対応が悪く，空間的時間的に大きく変動する。 2. 湿度の増加が粒子の膨張を招し，相対濃度を増加させる。特に霧・雨の時にこの現象が顕著である。 3. 散乱光強度は粒径にもっとも大きく影響される。測定器は0.3μm付近に最大感度があり1μmでは最大感度の1／10に低下する。	1. ローボリウムサンプラーによる24時間，48時間平均濃度との対応は比較的良いが，1時間濃度の検出限界が20～25μg／m³程度であり，低濃度域での測定に対し充分な感度でない。 2. 水分の影響をやや受ける。	1. 非常に高感度のため，低濃度の測定に有利であるが，素子へのどんな付着物（例えば水）でも検出してしまう。 2. 素子の清浄なしに使用できる時間が短い。	1. 市販のグラスファイバーフィルターの多くは，PHが7.5以上であり，酸性ガスがフィルターに吸収し，みかけの質量増をもたらす。 2. 分粒装置を使わないため，データは粒径の比較的大きな風じんに左右される。測定器の設置場所はデータに重要な影響を及ぼすと考えられる。 3. 流量測定上の誤差が±10％程度あると考えられる。 4. 化学分析するに充分な量を捕集できる。	1. 短時間濃度を自動的に測定することができる。 2. 重量濃度に換算するときに，エアロゾルの性質により，校正曲線は大きく影響を受ける。	1. 粒径の比較的大きい風じんも捕集してしまうので，分粒して採集するのが望ましい。 2. フィルターの選択に注意が必要である。	1. 短時間濃度を自動的に測定し，結果をすぐ出力できる。 2. 重量濃度との対応が比較的良いが，低濃度での精度が悪い。 3. 装置が高価である。	1. 捕集効率と捕集粒径が不明確である（特に風速依存性）。 2. 粒子が吸引孔の壁に吸着する。 3. Whatman No.1フィルターはサブミクロン粒子を捕集できない。 4. サンプル量が少ないので，化学分析ができない。

3.1.2　測定法の動向

3.1.1に述べたように，各国で使用している測定法は長所，短所をもっている。そこで各国では測定法の改良，開発に力を注いでいる。主要諸国の動向を表Ⅱ－3－3に示す。

アメリカで使用されている EPAハイボリウムサンプラーでは大気中の全浮遊じんを捕集してしまうので，呼吸器吸入性粒子（Inhaled Particulates）（<15μm）だけを捕集する分粒装置付のハイボリウムサンプラーの検討が行われている。分粒装置の捕集効率は，分粒装置の形状，流量，風速によって左右されるので，EPA ではこの点に着目し，15μm でシャープなカットが出来るような分粒装置の開発を行っている。また2.5μm以下の微小粒子と2.5－15μmの粗大粒子の2つに分けて捕集するダイコトマスサンプラー（Dichotomous sampler)も注目を浴びている。

EPA では呼吸器吸入性粒子の観測を目的として，従来のハイボリウムサンプラーとともに，これらサンプラーによる比較測定を実施し，データを蓄積，検討中である。この解析結果の発表が各国で待たれている。

表Ⅱ－3－3　主要諸国の粒子状物質の測定法の改良，開発の動向

国名	日本	アメリカ		カナダ	西ドイツ	イギリス	フランス
現在の測定器	分粒装置付ローボリウムサンプラー，デジタル粉じん計，β線吸収式粉じん計，ピエゾバランス粉じん計	EPAハイボリウムサンプラー，AISI テープサンプラー		EPAハイボリウムサンプラー	LIB ハイボリウムサンプラー β線吸収式自動サンプラー	BSスモークサンプラー	スモークサンプラー β線吸収式自動サンプラー ハイボリウムサンプラー 又はローボリウムサンプラー
検討中の測定器	——	分粒装置付ハイボリウムサンプラー	ダイコトマスサンプラー	ダイコトマスサンプラー β線吸収式自動サンプラー	既存のサンプラー ローボリウムサンプラー	既存のサンプラー	ピエゾバランス式サンプラー
内容	——	<原理> 従来の EPAハイボリウムサンプラーの吸引入口を改良し，15μm 以下の粒子だけをサンプル出来るようにしたものである。吸引入口スリットのすき間と勾配より衝突チャンバー内に入った空気は，加速ノズルを通して，衝突板に衝突し，15μm 以上の粒子は取り除かれる。 <問題点> 1. 除去効率は，分粒装置の形状（例えば加速ノズルの長さ，おおいの形など）や流量などによって異なる。 2. 風速によりカット粒径が異なる。	<原理> 吸引孔で15μm 以上の粒子を除去し，さらにインパクターにより，空気を2つの部分に分けてろ過捕集する低流量のサンプラーである。現在のモデルでは，2.5μm以下の微小粒子と2.5～15μmの粗大粒子に分けて捕集している。フィルターを自動的に交換する型と手動型の2つのタイプがある。 <問題点> 1. 15μm のカット粒径が風速に依存する。 2. 自動捕集した場合のフィルターの保存，運搬がむずかしい。 3. サンプラーが高価である。	<検討点> アメリカで主に研究されているダイコトマスサンプラー，欧に諸国で使用実績のあるβ線吸収式自動サンプラーを試験的に使用している。	<検討点> 1. 改良した標準測定法として低流量（1.5～3 m³/h）ポンプを使い，取り込み流速1.25 m／sでサンプリングを行うローボリウム法が検討され，そのドラフトが作成されている。（1979年） 2. LIB ハイボリウム法を改良して（低流量，50mmのフィルター），サンプリングを行うコンパクト，サンプラーが検討されている。 3. 環境庁委託研究で，自動フィルター交換サンプラーが開発されている。流量は3～：5 m³／hで，フィルターは1～99時間のサンプリング時間が選べるが，24時間が望ましい。	<検討点> 1. ミリポア・メンブランフィルターを使用する。 2. フィルターをファネルの中に入れファネルを大きくする。 3. ガス流量計をポンプの後に置く。	<検討点> 日本と同様に，ピエゾバランス原理に基づくサンプラーの研究を行っている。

3.2 粒子状物質の環境基準

大気質の環境基準は大気汚染物質の濃度と健康，動植物，気象，物質への影響を総合的に考慮し設定される。これらの影響に対する判定基準をクライテリア（Criteria）と呼ぶが，クライテリアのうち最も重要な要素は，大気汚染物質の人間への健康影響度である。

粒子状物質はSO_2と共存状況で，健康への悪影響があることが以前より指摘されており，多くの研究者により粒子状物質及びSO_2の汚染レベルと呼吸器病との関係が調査研究されている。これらのデータはSO_2と粒子状物質が共存した大気の健康への影響であり，粒子状物質単独で調査された例は少ない。表Ⅱ－3－4は1969年に発表されたアメリカ厚生教育省のクライテリアである[29]。イギリスのデータを参考にアメリカで得られたデータを基にして勧告値が示されている。現在のアメリカの環境基準はこの勧告値に基づいて設定されている。また，表Ⅱ－3－5は1970年に発表された日本の判定条件である[30]。諸外国でのデータに日本で得られたデータを加え，勧告値が決定されている。その他各国においても表Ⅱ－5－6に示すように粒子状物質に関する勧告値が示されている。これら勧告値を基にした主要諸国の環境基準を表Ⅱ－3－7に示す。

ところで，環境基準の対象としている粒子の大きさはその測定法によって決まる。アメリカ，カナダで使われているEPAハイボリウム法では粒径0.1～100μmの粒子が捕集されると言われており，これらの全浮遊粉じんが環境基準の対象となっている。西ドイツ，スエーデンで用いられているLIBハイボリウム法では0.5～80μm の粒子が捕集されると言われている。BS標準法またはOECDスモーク法では，ローボリウムのポンプを用いているので，捕集粒径の最大粒径は20～30μm程度であると考えられている。10μm以下の粒子を対象にしているのは日本だけであり，ほとんどの国は全浮遊粉じん，もしくは20～30μm以下の粒子を対象としている。

粒子状物質が人体に取り込まれる粒径とそのメカニズムについては近年多くの研究がなされているが，[31),32),33)] 医学的な体内への取り込みということで粒径との関係をまとめると次のようになる。

- ＞10μm ； 鼻腔（Nasal cavity）及び咽喉頭（Pharynx）でほとんど捕捉
- 5～10μm ； 90％が気道（Respiratory）及び肺胞（Alveoli）に沈着（肺胞沈着率は2～4μmが最大）
- 0.5～5μm ；沈着率は次第に減少 0.5μmで25～30％
- ＜0.5μm ； 沈着率は再び増加

このように粒子状物質の呼吸器官への影響を与える可能性のある粒径は10μm 以下と考えられるが，この点に着目した日本の環境基準は特筆すべきことである。なお，EPA では，粒子状物質の健康，気象等への総合的な見直しが行われており，そのドラフトの検討が重ねられている。粒子状物質の健康への主要な見直し点は，呼吸器吸入性粒子（＜15μm）と，微小粒子

（＜2.5μm）を重視している。15μmの根拠としては，これまでの知見では10μm以下の粒子が呼吸器に侵入し，健康に悪影響を及ぼすと考えられていたが，これは鼻を通しての呼吸時であり，口を通しての呼吸時（例えば運動時）には15μm以下の粒子も呼吸器に侵入するとしている[34]。また，2.5μmについては肺胞への粒子の沈着量が3μm前後で急激に変化し，かつ粒径分布，化学成分も2μm前後で変わることを根拠としている[34]。

表Ⅱ－3－4　米国の全浮遊粉じんに係るクライテリア

対象＼項目 評価時間			濃度（μg/m³） TSP	濃度（μg/m³） SO_2	影響	勧告値
健康	日平均値		750以上	715以上	病人と死亡者の増加（英）	―
			300以上	630以上	慢性気管支炎患者の病状の急性悪化（英）	
			200以上	250以上	労働者の病気による欠勤の増加（英）	
	年平均値	算術平均	140から60へ低下	―	労働者のたんの減少（英）	80（μg/m³）（年幾何平均値）
			100～130	120以上	このような地域に住む児童の呼吸器系疾患の増加	
		幾何平均	100以上	Sulfation level 30mg/cm²・月以上	50才以上の人の死亡率の増加がみられる。（英）	
			80～100	Sulfation level 30mg/cm²・月以上	50才以上の人の死亡率の増加が起きる可能性がある。（米）	
日射	―		150～100	―	中，高緯度地域においては日射が夏は1/3，冬は1/2に減少（米）	―
視程	年幾何平均値		150	―	視程は5マイルに減少（米）	150（μg/m³）
物質	年幾何平均値		60～180	SO_2と共存	鋼鉄，亜鉛板の腐蝕が急速に進む。（米）	60（μg/m³）
公衆の関心	年幾何平均値		70	他の汚染物質と共存	大気汚染に対する公衆の懸念と心配が始まる。	―

表Ⅱ－３－５　日本の浮遊粒子状物質に係る判定条件

評価時間＼項目		濃度（μg／m³） 浮遊粒子状物質	濃度（μg／m³） SO_2	影響	勧告値
―		６００	―	視程は２km以下となり，地域住民の中に不快，不健康感を訴える者の増加	粒径10μm 以下の粒子に対して (1) 連続する24時間の平均1 時間値 …… 100μg／m³ (2) 1時間値 …… 200μg／m³
―		１５０	―	視程は８km以下となり，有視界飛行は困難	
日平均値		１５０	硫黄酸化物濃度指標の値がすでに設定した環境基準値をこえている地区	病弱者，老人の死亡数の増加（日）	
1時間平均値		３００			
年平均値	算術平均	１００		非特異的伝染性呼吸器症（例えば慢性気管支炎症）の有症率が100μg／m³以下の地区に比べ増加（日）	
		１００		学童の気道抵抗の増加（日）	
	幾何平均	80から100に増加	Sulfation level 30mg／cm²・月以上	全死亡率の上昇（米）	
	算術平均	140から60に改善	―	労働者のたんの減少（英）	

表Ⅱ－３－６　各国における粒子状物質に関する勧告値

評価時間	国名又は組織名（設定年度）	濃度（μg／m³） 0 100 200 300	備考
1時間平均値	日本（1970）	○	粒径10μm以下
24時間平均値	日本（1970）	○	粒径10μm以下，連続する24時間の平均1時間値
	カナダ（1971）	◎	Maximum Acceptable Limit
	WHO（1979）	◎―◎	
年幾何平均値	アメリカ（1969）	◎◎ (1)(2)	(1) 物質 (2) 健康
	カナダ（1971）	◎◎ (1)(2)	(1) Maximum Desirable Limit (2) Maximum Acceptable Limit
	WHO（1979）	◎―◎	年算術平均値

○　浮遊粒子状物質
◎　全浮遊粉じん

表Ⅱ－3－7　各国における粒子状物質の環境基準

国　　名	設定年月	環境基準	法定上の測定法	環境基準の性格
日　　本	1972年1月	10μm 以下の粒子に対して 0.1mg／m³（24時間平均） 0.2mg／m³（1時間平均）	ローボリウム法 （相対濃度測定法）	人の健康を保護するうえで維持されることが望ましい基準（desirable level）であり，できるだけ早期に達成されることが望まれる行政目標でもある。
アメリカ	1971年4月	1次基準値 0.075mg／m³（年幾何平均） 0.26mg／m³（24時間平均） 2次基準値 0.06mg／m³（年幾何平均） 0.15mg／m³（24時間平均）	EPAハイボリウム法	一次基準は，十分な安全率を見込んだ上で，公衆の健康を保護するために必要な大気質のレベルである。二次基準は，ある汚染物質の既知又は予想される悪影響から公衆の福祉を保護するために必要な大気質のレベルである。
カナダ	1974年5月	maximum desirable level 0.06mg／m³（年幾何平均） maximum acceptable level 0.07mg／m³（年幾何平均） 0.12mg／m³（24時間平均） maximum tolerable level 0.40mg／m³（24時間平均）	EPAハイボリウム法	maximum desirable level は大気質の最終目標であり，非汚染地域に対しては汚染防止政策の基本となり，防止技術開発の基本となる。 maxmum acceptable level は土壌，水，植物，物質，動物，視程，個人の快感，福利に対する悪影響を十分保護するためのカナダの現実的な基準であり，もし汚染がこのレベルを超えると，規制当局による防止対策が講じられる。 maximum tolerable levelは，一般の生活様式を危くするような大気質，究極的には公衆の健康に本質的な危険を与える大気質の悪化を避けるため，即刻改善が必要とされる濃度である。
スエーデン	1976年8月	浮遊粒子状物質 アメリカと同じ内容 smoke 0.04mg／m³（冬期平均 10～3月） 0.12mg／m³（24時間平均）	LIBハイボリウム法 OECDスモーク法	アメリカと同じ性格である。
スペイン	1975年4月	0.130mg／m³（年平均） 0.202mg／m³（月平均） 0.3mg／m³（24時間平均）	BSスモーク法 （EPAハイボリウム法）	desirable level である。
西ドイツ	1974年8月	10μm 以下の粒子の場合 0.10mg／m³（年算術平均） 0.20mg／m³（24時間平均） 10μm 以上の粒子を含む場合 0.20mg／m³（年算術平均） 0.40mg／m³（24時間平均）	LIBハイボリウム法 （β線吸収法）	環境基準は，人間，動物，植物，他の物質が環境からの悪影響，危険，不利益を受けないように保護するためのものである。また，新設設備に対しては，環境への悪影響を与えないように抑制するための限界値的な性格を持つ。tolerable level である。
ソ連，東独， ブルガリヤ チェコスロバキア フィンランド ルーマニヤ		0.15mg／m³（24時間平均） 0.5 mg／m³（30分平均）		人間や試験動物による標準の総合テストに対して反応が感知できる汚染物質の最大許容濃度である。 （Maximum Permissible Concentration）
ポーランド		20μm 以下の粒子を対象 特別保全地域（公園等） 0.075mg／m³（24時間平均） 0.20 mg／m³（20分平均） 保全地域（住居地区等） 0.20 mg／m³（24時間平均） 0.60 mg／m³（20分平均）		
イスラエル		0.075mg／m³（年平均） 0.2 mg／m³（24時間平均）		
イタリア	1966年7月	0.30 mg／m³（24時間平均） 0.75 mg／m³（2時間平均）		
アルゼンチン		0.15 mg／m³（30日平均）		

第4章　粒子状物質の発生源寄与率推定法

大気汚染物質の発生源と環境濃度との関連性は，ガス状物質（例えばSO_2）については通常，発生源での排出量が大気中で保存されることをベースとした大気拡散モデル，いわゆる発生源モデル（Source model）が開発利用されている。しかし粒子状物質については発生源の多様性，二次粒子の生成，除去機構のモデル化等に種々の問題があり，大気拡散モデルを利用した予測手法は現在開発途上にある。これに代わるものとして最近，環境中での測定で得られる粒子状物質がもつ多くの情報（元素別濃度，イオン濃度，粒径，形状等）を基に，その発生源（種）(Source type）を推定する手法，いわゆるリセプターモデル（Receptor model）が開発されている。

そこでここでは粒子状物質を対象とした発生源モデルの問題点と，リセプターモデルを利用した発生源類型別寄与率推定法の概要を説明する。

4.1　発生源モデルと粒子状物質への応用の問題点

発生源情報に基づく発生源起点予測手法は，発生源での汚染物質排出強度，排出条件（煙源高度，排ガス量等），気象条件（風向，風速，大気安定度等），地形条件などを基に，ある地点（測定点，メッシュ）での環境濃度，汚染寄与率を個々の煙源別（煙突別，工場別等）に推定する方法であり，濃度計算は拡散方程式を基礎として導かれたプルーム，パフモデル，拡散場が複雑な場合（例えば地形）によく適用されている数値解法（Numerical model ）などのモデルが広く利用されている。

これらの大気拡散モデルは，環境保全計画や新設計画等に伴う事前環境影響評価を行うことができ，計画の判定や，よりよい計画の選択が可能となること，同じ種類の汚染物質を排出する複数の発生源についても個別にその影響を評価できること，など多くの利点を持っている。しかし，これら拡散モデルを粒子状物質に適用して環境濃度，汚染寄与率を求めるには次のような問題点があり，発生源モデルを利用した粒子状物質の汚染予測を精度よく行うことは困難である。

(1)　環境濃度

粒径別の粒子状物質の短時間（少なくとも1時間）濃度を計測する測定器が開発されておらず，短時間内の風向風速等気象要素と粒径別粒子状物質濃度との関連を解析することが困難なこと。

(2) 発生源

発生源の多様性，二次粒子の生成機構を定量的に把握することなどが困難なこと。

① 固定源

重量濃度は容易に得られるが，施設，燃料種別，稼働状況別，集じん機種別等の粒径分布の情報が不足している。

② 自動車

自動車走行に伴う粒子状物質の発生は，排気ガスに含まれるもの，タイヤの摩耗，舗道の摩耗によるもの，走行に伴う道路上の物質の巻き上げ飛散によるものがあるが，これらの区分が困難である。また粒径分布の情報も必要である。

③ 船舶，航空機

粒径分布のみならず，重量濃度についても排出原単位が不明

④ 粉じん発生施設

セメント製造，採石，鉄鋼業などで使われている荷役機械（アンローダ，スタッカ，ベルトコンベア，リクレーマ），石炭ヤード等堆積場，土地造成などに起因する粒子状物質の排出量把握が困難

⑤ 自然源

海塩粒子，火山噴火，風じん，植物の種子等に起因する粒子状物質の定量的把握が困難

⑥ その他

稲わら焼，廃棄物の屋外焼却等に伴う粒子状物質の排出原単位が不明

(3) 予測モデル

重力沈降を考慮した拡散モデル，二次粒子の生成，粒子状物質の除去機構（地表面への沈着，降水による除去，海上での消滅）等のモデル化が必要なこと

4.2 リセプターモデル

リセプターモデルは，ある地点である期間に測定された粒子状物質の化学成分，粒子径，濃度変動，粒子形態などの情報をもとに，その期間にその地点に及ぼす発生源の同定や寄与率を推定する方法であり，最近の微量分析技術の進展により可能となった近年注目を集めている手法である。この方法は，気象条件，地形条件とは無関係に発生源の同定，寄与率推定が可能なこと，把握されている発生源に関係なく，捕捉しがたい発生源や新しい発生源の同定ができること，測定データに基づくことから現実に起こる高濃度時の発生源評価が可能であること，などの利点がある。ただし、発生源モデルは個々の発生源が環境濃度に及ぼす影響を評価できたのに対し，このモデルは発生源種に対する評価であり，同様な化学性状を有する発生源が複数ある場合には，それらの発生源を個別に評価することはできない。またその評価は粒子状物質

の測定を行っている場所に限られ，将来予測は不可能である。

リセプターモデルは図Ⅱ－4－1に示すように，顕微鏡による形態観察法，物理的解析法，化学的解析法に大別できる。以下主なリセプターモデルについて概説する。

4.2.1 顕微鏡による形態観察法

顕微鏡観察法は粒子の大きさ，色，形状，表面の特徴あるいは光学的特性からその発生源を推定する方法で，木の繊維や花粉など特徴的な形態をもつ粒子の発生源同定に有効な方法である。ただしこの方法による解析では，極めて多数の粒子を観察する必要があり，分析に時間がかかったり費用がかさむこと，非晶質粒子や粒子中のかなりの部分を占める有機性粒子に対し感度が悪いなどの欠点がある。

4.2.2 物理的解析法

(1) 流跡線解析法

風向風速データに基づいて，測定地点より順次風上側への流跡線をたどり，発生源域を同定する方法で，高濃度汚染時の発生源同定解析によく用いられる方法である。この方法は，極めて簡単な方法であるが，特定の発生源の寄与を定量的に評価することはできない。

(2) X線回折法

この方法による粒子の同定は，地殻鉱物やセメントダスト，炭酸カルシウムなどの結晶質粒子の定量的同定が可能である。ただし，微細粒子や非晶質粒子の同定には適していない。

4.2.3 化学的解析法

(1) ラジオアイソトープ法

この方法は炭素化合物について，^{14}C ／^{12}C を測定し，化石燃料とそれ以外の炭素の割り当てに利用されている。これは^{14}C の半減期が5730年で，数億年かけて貯えられた化石燃料中には^{14}C は含まれていないことを利用した同定法である[35]。

(2) 濃縮係数法

この方法は次式に示すように，粒子中の元素ｉの人工起源による濃縮度を調べ，発生源のインパクトを評価する方法である。発生源の成分データがある場合には定量的解析も可能である。

$$EFi = \frac{(Ci/Cs)aerosol}{(Ci/Cs)reference}$$

ここで　Ci/Cs ；問題とする微量元素ｉと基準元素ｓとの濃度比

(3) 時系列解析法，空間分布解析法

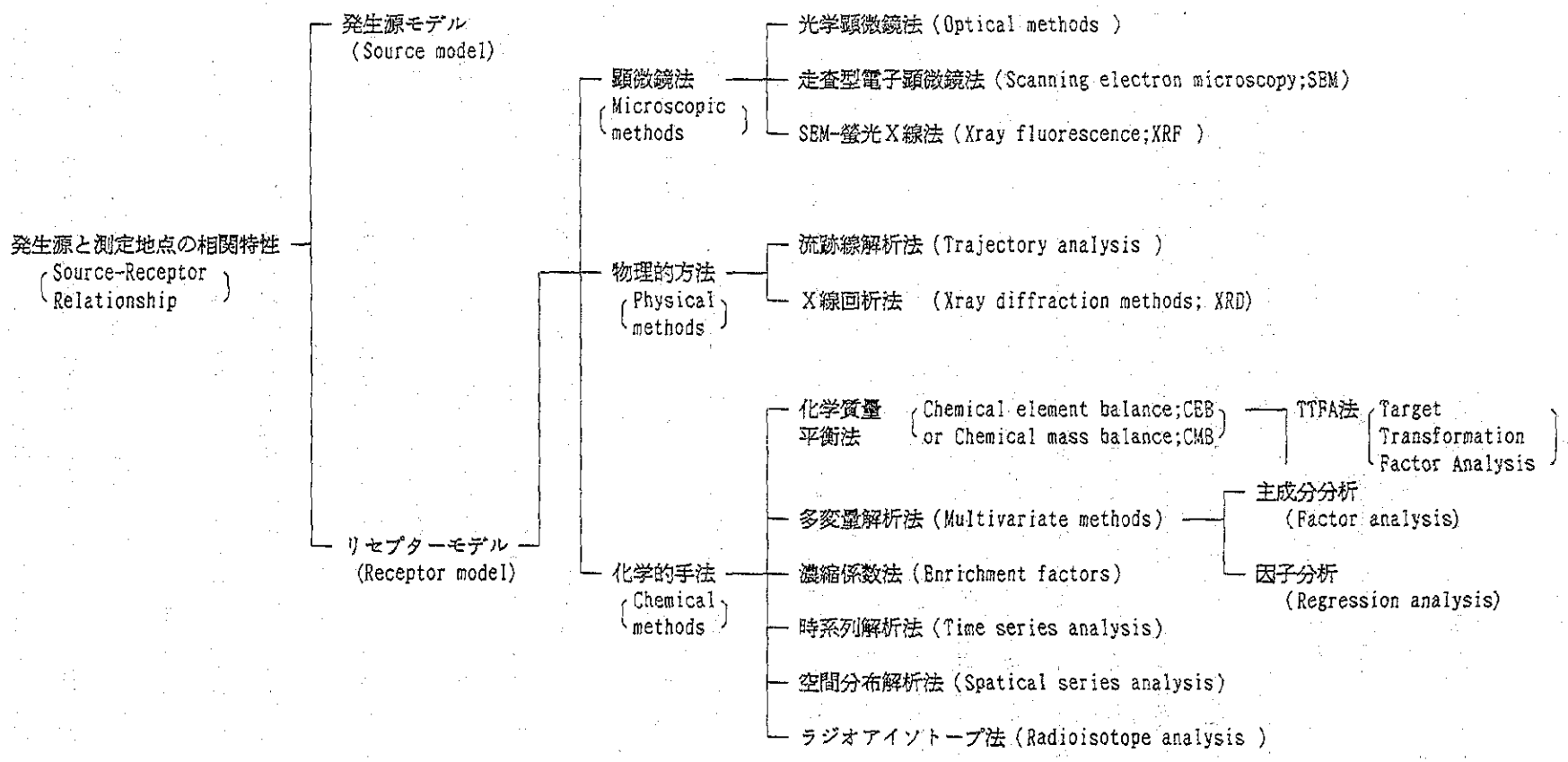
粒子状物質の重量や化学成分間の時系列的相関，あるいは，化学成分濃度の空間的分布と発生源の化学成分，位置分布データを基に発生源の推定を行うもので，簡便な方法であるが，特定の発生源の同定や定量的な推定は不可能である。

(4) 化学質量平衡法

この方法は測定地点と発生源における粒子状物質の化学成分情報を統計的処理により発生源寄与率を定量的に推定する方法であり，Millerら[36]により提案された手法である。

(5) 多変量解析法

多変量解析法としては，主成分分析，因子分析，回帰分析，クラスター分析等の方法があり，これらの方法は，いずれも粒子の化学成分濃度に関する多数のサンプル間における変動に基づいて，発生源寄与に関する情報を得るものである。この方法は化学質量平衡法で必要とされた発生源の種類や化学成分に関する事前の情報は必要としない。この方法をさらに発展させ，発生源寄与率を定量的に推定するTTFA法（Target Transformation FactorAnalysis)[37] が最近特に注目を浴びている。



図Ⅱ－4－1　粒子状物質の寄与率推定法

文　献

1) C. B. Lapple, "Characteristics of Particles and Particle Dispersoids" J. Stanford Res. Ist., 5, 95, (1961).

2) E. T. Whitby, et al "Formation of Atomospheric Aerosol" EPA Research Grant No. R 803851011 Feb. (1976).

3) 坂本和彦 " 大気粒子状物質の二次生成 " 浮遊粒子状物質に関する文献学的調査，昭和56年度環境庁委託調査結果報告書，（特）日本科学技術情報センター，昭和57年３月

4) G. M. Hidy, "Characterization of Aerosols in California (ACHEX)" Vol. 1, Summary, California State Air Resources Board, Sacramento, Apr, 1975.

5) G. M. Hidy, B. R. Appel, R. J. Charlson W. E. Clark, S. K. Friedlander, D. H. Hutchison, T. B. Smith, J. Suder, J. J. Wesolowski, and K. T. Whitby, J. Airpollut. Control Assoc, 25, 1106 (1975).

6) D. Grosjean and S. K. Friedlander, ibid., 25, 1038 (1975).

7) D. Schuetzle, D. R. Cronn, A. L. Crittenden, and R. J. Charlson, Environ, Sci. Technol., 9, 838 (1975).

8) D. R. Cronn, R. J. Charlson, R. L. Knights, A. L. Crittenden, and B. R. Appel, Atmos. Environ., 11 929 (1977).

9) R. J. Countess, G. T. Wolff, and S. H. Cadle, J. Air Pollut. Control Assoc., 30, 1194 (1980).

10) G. T. Wolff, R. J. Countess, R. J. Groblicki, M. A. Ferman, S. H. Cadle, and J. L. Muhlbaier, Atomos Environ., 15, 2485 (1981).

11) S. L. Heisler, R. C. Henry, J. G. Watson, and G. M. Hidy, "The 1978 Denver Winter Haze Study" Vol. 1: Executive Summary, PB 80-185200, Mar. 1980.

12) S. L. Heisler, R. C. Henry, and J. H. Collins, The 13th Annual Meeting of The Air Pollut. Control Assoc., Montreal Quebec, June 22-27, 1980.

13) Partly reported in; K. Sakamoto, S. Sasaki, K. Takahashi, M. Mizouchi, S. Otsuka, I. Iwamoto and N. Yamaki, J. Jpn. Soc. Air Pollut., 15, 429 (1980)

14) 坂本，関口，大塚，岩本，八巻，第21回大気汚染学会，浦和1980年11月

15) R. K. Stevens, T. G. Dzubay, R. W. Shaw, Jr., W. A. McClenny, G. W. Lewis, and W. E. Wilson, Environ Sci, Technol., 14, 1491 (1980).

16) R. J. Countess, G. T. Wolff and S. H. Cadle, "The Denver Winter Aerosol ; A Comprehensive Chemical Characterization" J. Air Pollut. Control Assoc., 30, 1194 (1980).

17) H. E. Ellsaesser, "The Upward Trends in Airborne Particulates That Isn't," 235-269. D. Reidel Publishing Co. 1975.

18) S.Twomey.,"Atmospheric aerosols".Elsvier Scientific Publishing Company,Amsterdam-Oxford-New York,PP302 (1977).

19) C.Junge,and R.Jaenicke.,"New Results in Background Aerosols Studies from the Atlantic Expedition of the R.V.Meteor,Spring 1969." Aerosol Sci 2 305-314 (1971).

20) A.W.Castleman,H.R.Munkelwiz,and B.Manowitz.,"Isotopic Studies of the Stratospheric Aerosol Layer," Tellus,26,222-234, (1974).

21) J.W.Winchester.,"Particulate Matter and Sulfur in the Natural Atomosphere" Nuclear Instruments and Methods.,(1981).

22) 豊沢他，"都市大気におけるゴム粉じんの挙動"大気汚染学会誌.，13 No3～5，(1978).

23) 例えば W.E.Wilson.Jr,Atm.Env.,15,12, (1981).

24) C.E.Junge., "Air Chemistry and Radioactivity," Academic Press,New York,N.Y.(1963).

25) F.Kasten., "Falling Spead of Aerosol,Particles." J.Appl.Meteor.,7,944-947 (1968).

26) S.M.Greenfield., "Rain scavenging of radioactive particulate Matter from the Atmosphere." J.Meteor.,14,115-125 (1957).

27) 鳥羽良明"陸上起源のエアロゾルの吸収源としての海面"海洋環境保全の基礎的研究最終報告書，文部省研究報告集録（昭和53海洋保全），堀部純男編，89-91 1979.

28) H.Flohn.,"Globale Energiebilanz und Klimaschwankungen" Bonner Meterologische Abhandlungen,Westdeutschen Verlag,75-117 (1973).

29) U.S.Department of Health,Education,and Welfare, "Air Guality Criteria for Suspended Particulate Matter",(1969).

30) 生活環境審議会公害部会，浮遊粉じん環境基準専門委員会，浮遊粒子状物質による環境汚染の環境基準に関する専門委員会報告，（1970）

31) V.Prodi,"Deposition of Inhaled Particles and Possible Sampling and Measurement"EPA-60019-80-004 P.348 (1980).

32) B.Hileman,"Particulate Matter:The Inhalable Variety" Environ.Sci,Technol.,15,P.983 (1981).

33) T.L.Chan and M.Lippmann,"Experimental Measurements and Emprical Modelling of the Regional Deposition of Inhaled Particles in Humans"Am.Ind.Hyg.Asso,J.,41,P.399 (1980).

34) J.M.Predrick,E.G.Donald.,A.G.Judith,and E.L.Rovert Jr,JAPCA,29,6,610-615,(1979).

35) J.A.Cooper,L.A.Currie and G.A.Klouda,"Assessment of Contemporary Carbon Combustion Source Contributions to Urban Air Particalate Levels Using carbon-14 Measurements" Environ.Sci.Technol., 15,1045 ～1050 (1981).

36) M.S.Miller S.K.Friedlander and G.M.Hidy,"A Chemical Blement Balance for Pasadena Aerosol" J.Colloid Interface Sci.,39 165～176 (1972).

37) 例えば, D.J.Alpert and P.K.Hopke,"A Quantitative Determination of Sources in the Boston Urban Aerosol", Atmos.Environ.,14,1137 ～1146 (1980).

第 Ⅲ 編

現　地　調　査

第Ⅲ編　現地調査

環境影響調査の実施に当っては，まず，対象汚染物質の現状における環境濃度レベルを把握する必要がある。そのため本調査においては，当該地区に数多くの粒子状物質測定器を設置し，集中的に粒子状物質を測定する短期現地調査（年４回）と，粒子状物質の環境濃度を長期的に把握する長期現地調査（通年測定）を実施した。この他，粒子状物質と硫黄酸化物（SO_2）並びに気象との関係をみるため，SO_2，風向風速，日射量，放射収支量，気温の通年測定を行った。さらに，粒子状物質中の化学成分をみるために，浮遊粉じん中の金属元素，陰イオン，炭素分析も実施した。

第１章　測定点の設置

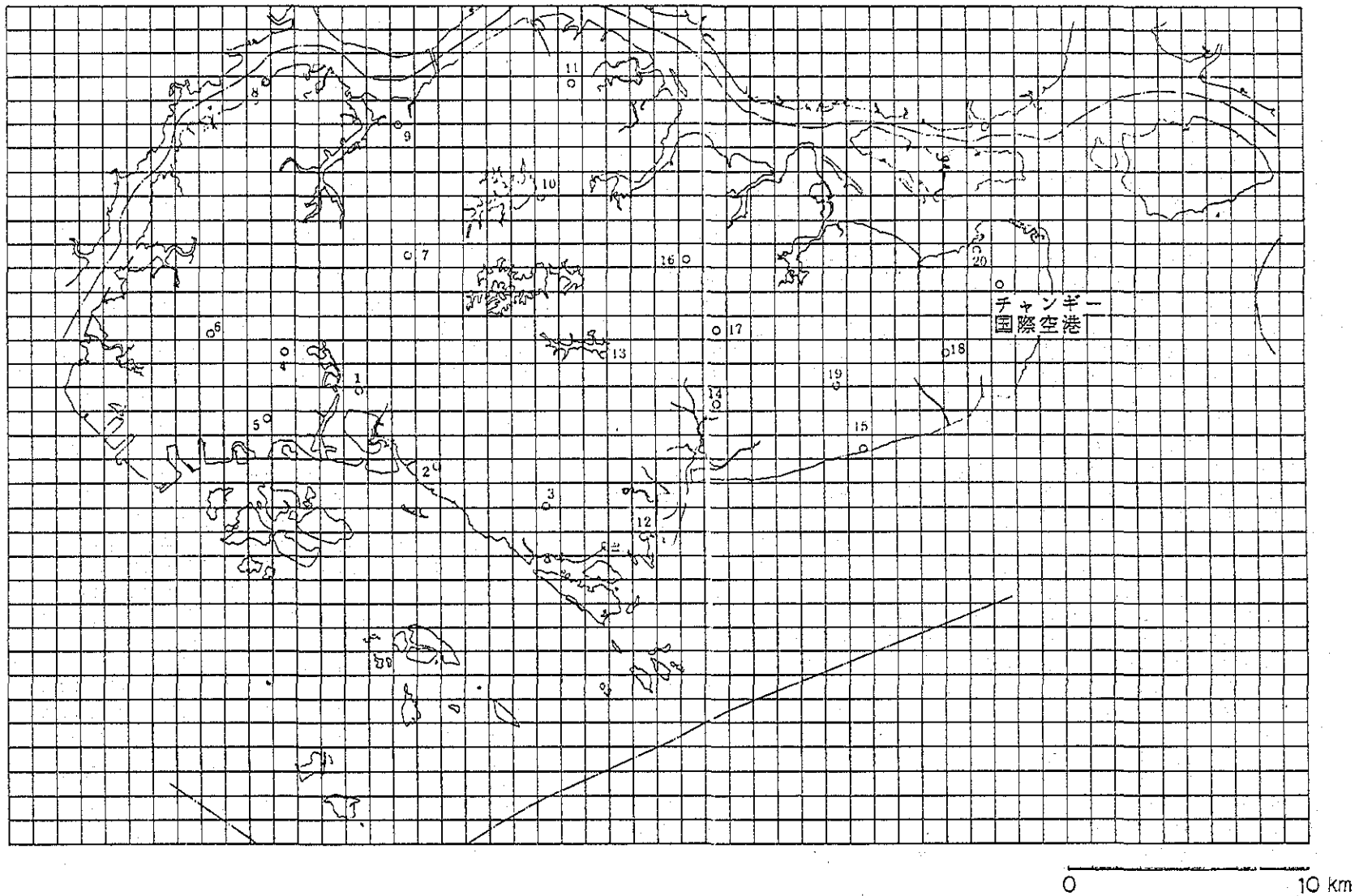
本調査においては、測定点をできるだけ数多く設置し，粒子状物質の環境濃度の測定を行い，これ以外のメッシュ点の濃度を補間法により推定して，この値に大気拡散モデルにより計算される石炭火力発電所並びに一貫製鉄所による粒子状物質環境濃度を重合して，将来における全シンガポールの粒子状物質環境濃度を予測することとした。そのため，当該地域の風系，地形，汚染源の分布状況，土地利用状況等を考慮し，20の測定点を設置した。

1.1　測定点設置位置

図Ⅲ－１－１，表Ⅲ－１－１に示すように，シンガポール本島の略々全土をカバーする20の測定点を設置した。

表Ⅲ－１－１　測　定　点　名

No	地　点　名
1	Jurong Town Hall
2	National University of Singapore
3	Bukit Merah Flatted Factory Block 1
4	Boon Lay Apartment Block 200
5	Jurong Hill Top Restaurant
6	Nanyang Technological Institute
7	Bukit Panjang Police Post
8	Lim Chu Kang Marine Police Post
9	Kranji Sewage Treatment Plant
10	Seletar Reservoir Water Pumping Station
11	Chong Pang Police Post
12	National Institute of Commerce
13	Macritchie Reservoir Water Pumping Station
14	Kallang Flatted Factory Block 3
15	East Coast Swimming Lagoon
16	Ang Mo Kio Flatted Factory Block 5001
17	Paya Lebar Police Station
18	Changi Community Center, 16 Km Changi Road
19	JTC Bedok Flatted Factory
20	Singapore Offshore Petroleum Services



図Ⅲ－1－1　測定点配置図

1.2 測定点における測定項目

各測定点における測定項目は表Ⅲ－1－2に示すとおりであり，浮遊粉じん（TPM），浮遊粒子状物質（SPM），TPMの粒径分布，TPMの金属元素，陰イオン，炭素分析，SO_2，風向風速，気温の測定を行った。その他，チャンギー国際空港内で日射量，放射収支量の観測を行った。

表Ⅲ－1－2 測定点における測定項目

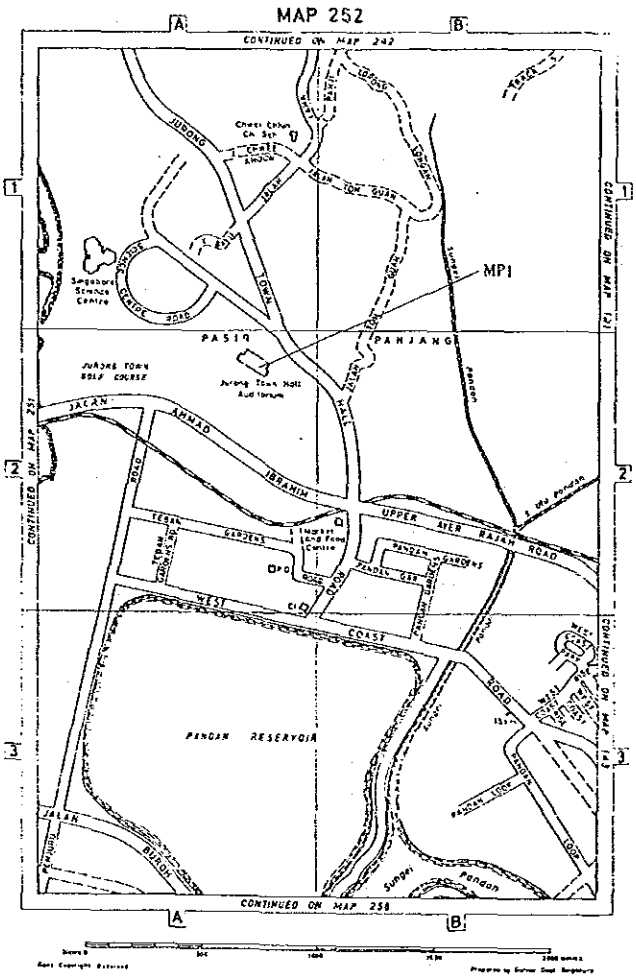
測定点	測定項目	測定期間	測定方法
MP1～MP20	TPM	第1次～第4次現地調査各14日間	ハイボリウムサンプラーによる日平均値
	SPM	第1次～第4次現地調査各12日間	サイクロン付ハイボリウムサンプラーによる日平均値
	金属元素 陰イオン 炭素	第1次～第4次現地調査各1日分	放射化分析，ケイ光X線分析（金属元素），イオンクロマト分析（陰イオン），示差熱分析（炭素）
MP1，2，6	TPMの粒径分布	第1次～第4次現地調査各12日間	アンダーセンサンプラーによる12日間平均値
	SPM	1983年12月7日～1984年12月6日	β線粉じん計による1時間値
MP1，2，4，6，7，14，20	SO_2	1983年12月7日～1984年12月6日	溶液導電率法による1時間値
	風向風速	1983年12月7日～1984年12月6日	微風向風速計による10分間移動平均値
MP1	気温	1983年12月7日～1984年12月6日	白金抵抗温度計による気温（2高度）の瞬間値
チャンギー国際空港	日射量 放射収支量	1983年12月7日～1984年12月6日	日射計，放射収支計による1時間平均値

1.3　測定点の概要

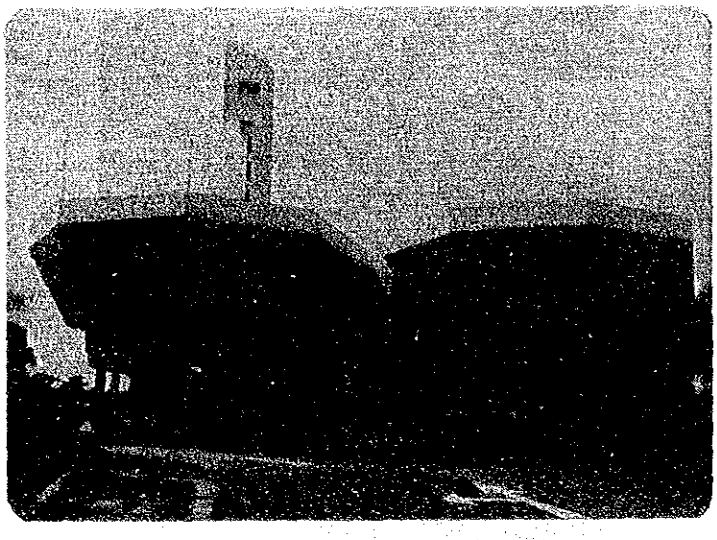
MP1～MP20の合計20の測定点を設置した。なお，測定点の設置及び測定機器の搬入は，JTCの全面的な協力のもとで行った。以下，各測定点の概要を示す。

1.3.1　MP1；ジュロンタウンホール（Jurong Town Hall）

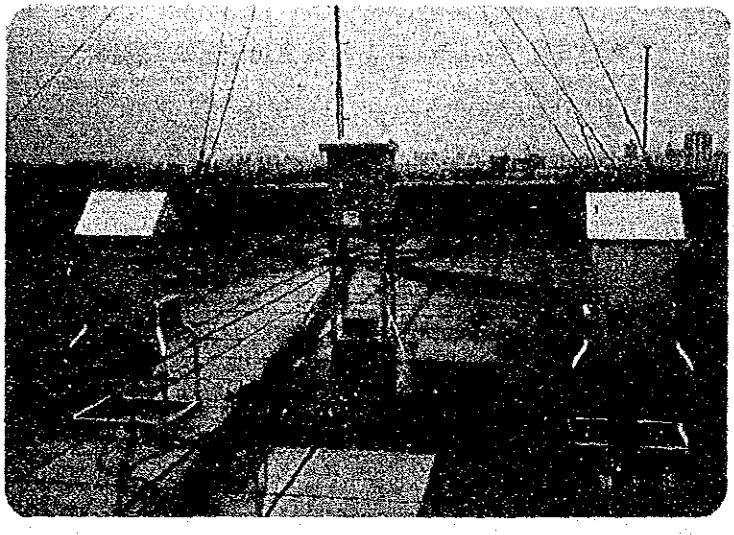
JTCタウンホールは，Jurong工場地帯のほぼ東端に位置し，周辺が樹木で囲まれた小高い丘（標高15m）の上にある。北東約100mにはJurong Town Hall道路が走っている。測定点は，この建物（高さ20m）の屋上に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定，アンダーセンサンプラーによるTPMの粒径分布測定，風向風速測定（ポール高さ10m），気温（風向風速計のポール上10m及びJTCタウンホール敷地内地上1.5m）の測定を行った。また，屋上にある予備室内にβ線粉じん計，SO_2計，風向風速計記録部を置き，SPM，SO_2，風向風速の通年測定を実施した。測定点の位置を図Ⅲ－1－2に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－1に示す。



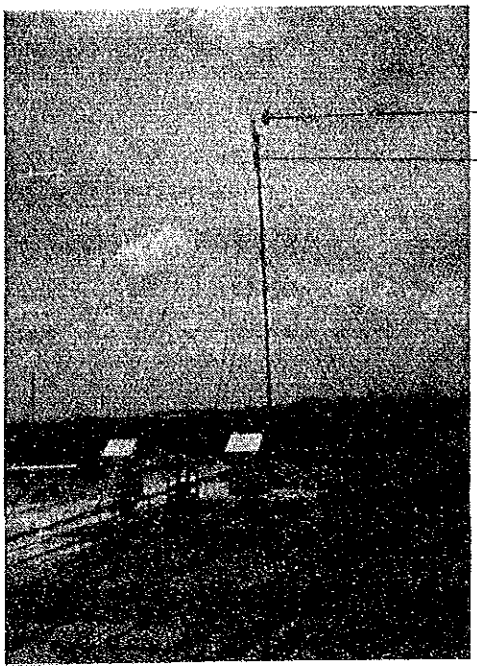
図Ⅲ－1－2　測定点（MP1）位置図



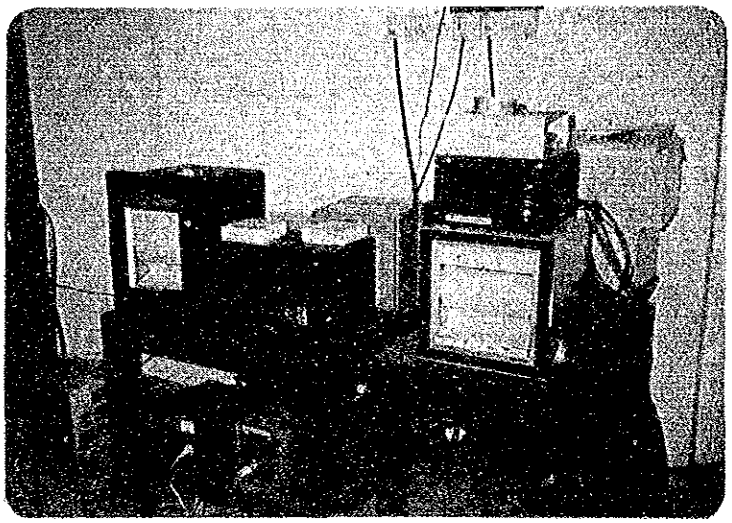
写真Ⅲ－１－１(1)　MP１全景（屋上に風向風速計ポールが見える）



写真Ⅲ－１－１(2)　MP１に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM,　右SPM）
アンダーセンサンプラー（中）



写真Ⅲ－１－１(3)　MP１の風向風速計と気温計

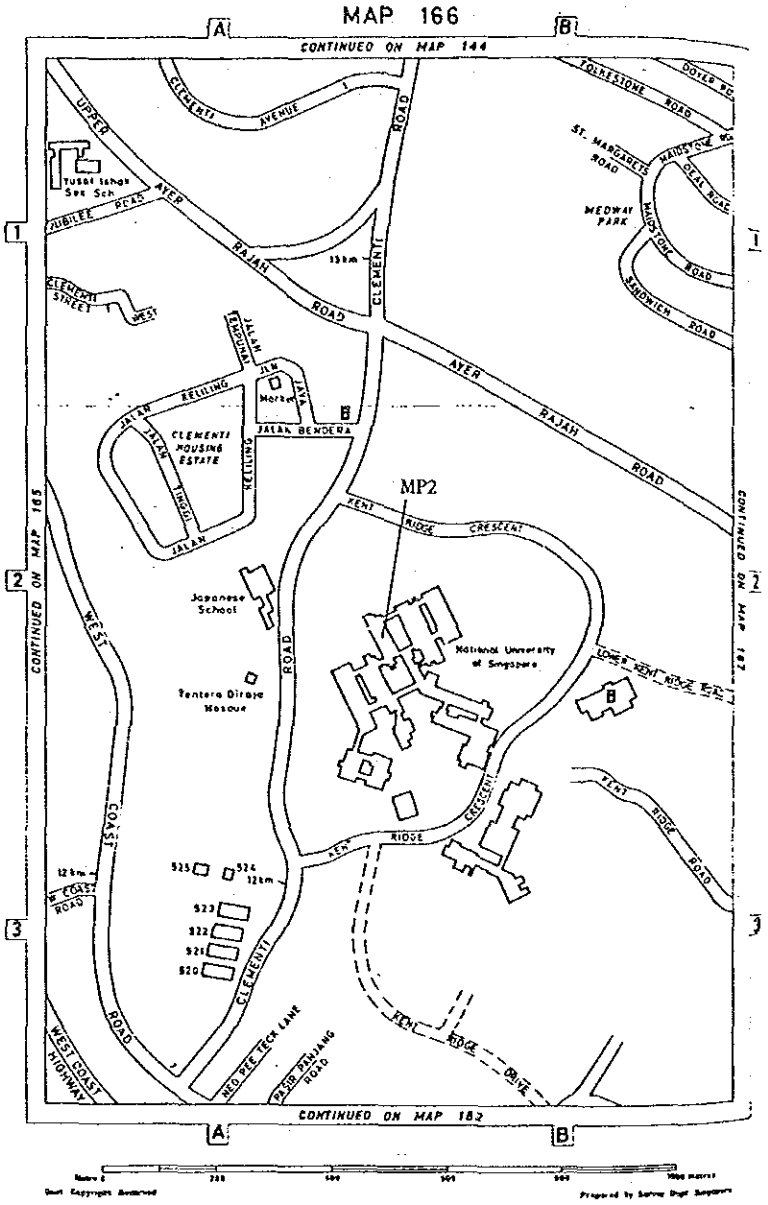


写真Ⅲ－１－１(4)　MP１の記録部（左風向風速，右気温（２高度））

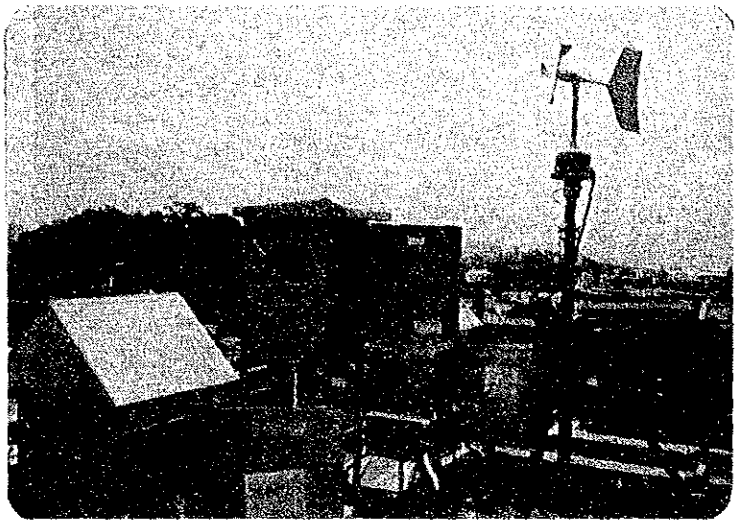
写真Ⅲ－１－１(5)　β線式粉じん計とSO_2計

1.3.2　MP2；シンガポール大学（National University of Singapore）

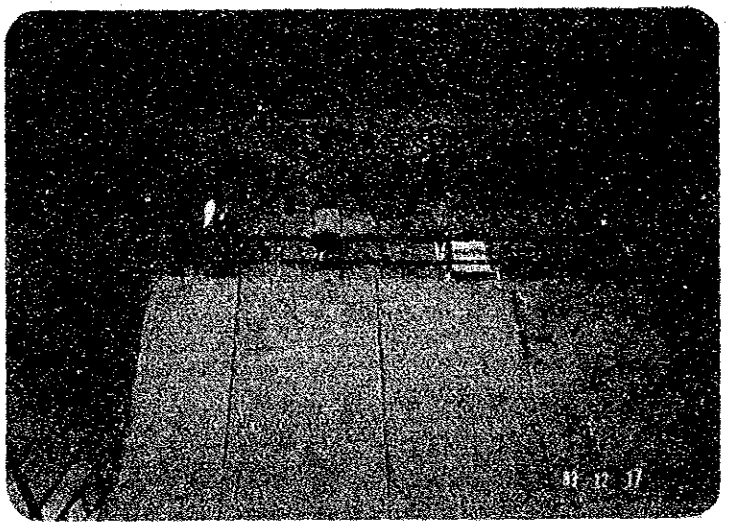
シンガポール大学はJurong工場地帯南東約10kmに位置する居住地域にあり，大学は緑に囲まれたキャンパスとなっている。測定点は，この大学の環境工学を専攻するDr. K. K. Chin 研究室の屋上（標高15m，建物高さ27m）に設置した。ここで，ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPM，アンダーセンサンプラーによるTPM の粒径分布測定及び風向風速測定（ポール高さ3m）を行った。また，1階下の研究室内に，β線式粉じん計，SO_2 計及び風向風速計記録部を置き，SPM，SO_2，風向風速の1時間値を記録した。測定点の位置図を図Ⅲ－1－3に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－2に示す。



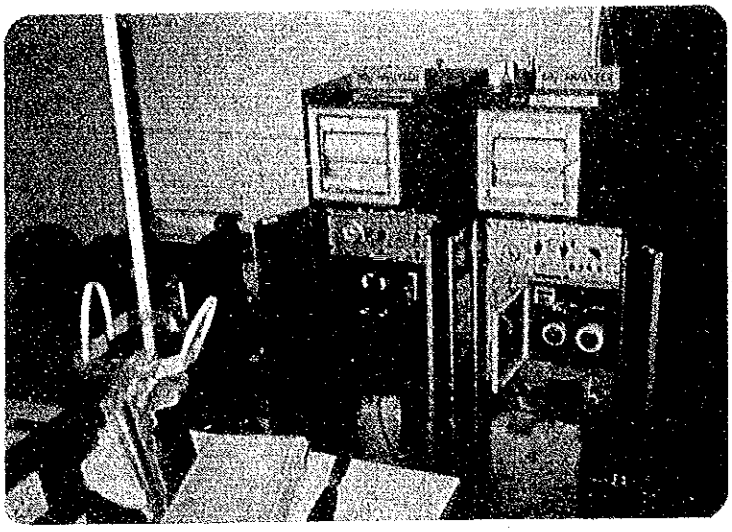
図Ⅲ－1－3　測定点（MP2 ）位置図



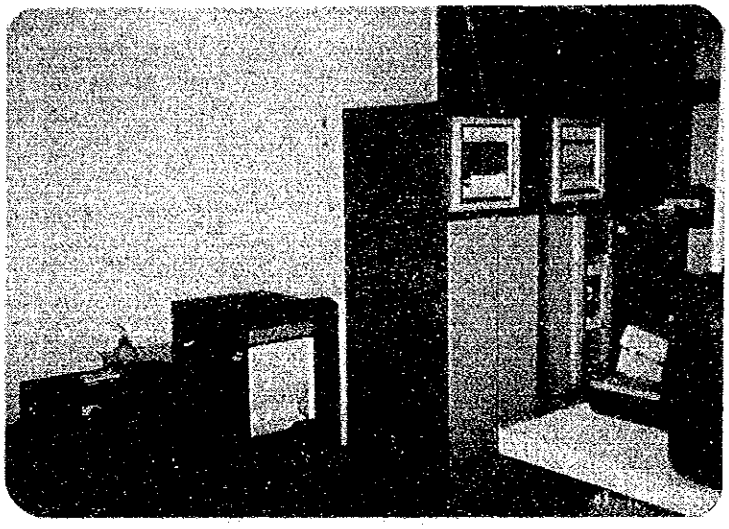
写真Ⅲ－１－２(1)　左からハイボリウムサンプラー（TPM 用），アンダーセンサンプラー，ハイボリウムサンプラー（SPM 用），風向風速計



写真Ⅲ－１－２(2)　測定機器の設置状況



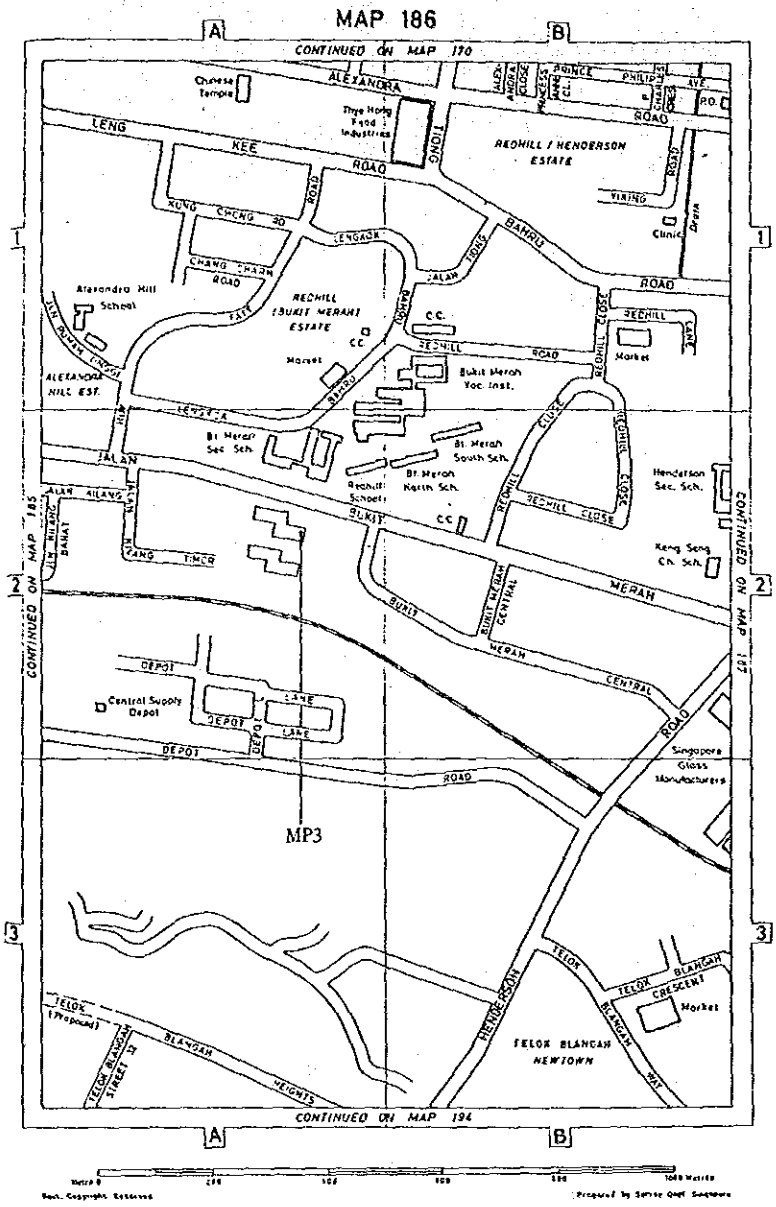
写真Ⅲ－１－２(3)　SO_2計とβ線粉じん計（右），左側はNO_x計



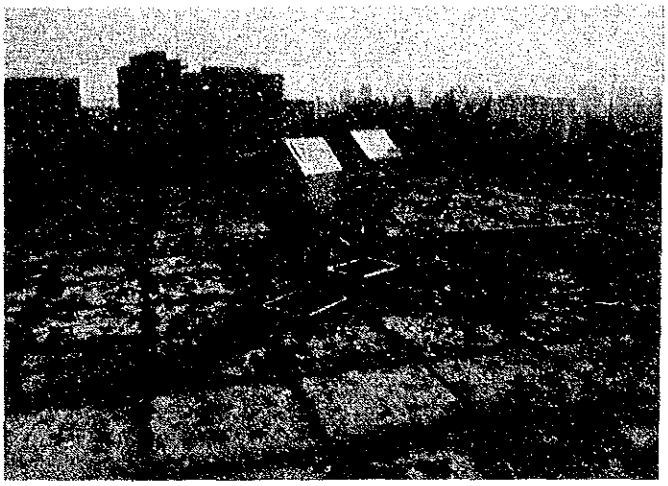
写真Ⅲ－１－２(4)　風向風速計用記録計（左）

1.3.3　MP3；ブキメラフラッテッドファクトリー（Bukit Merah Flatted Factory）

ブキメラフラッテッドファクトリーは，市街部の南西端に位置し，工場北側約30mにはJalan Bukit Merah 道路が走っている。測定点はこの工場9階の屋上（高さ約27m）に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－4に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－3に示す。



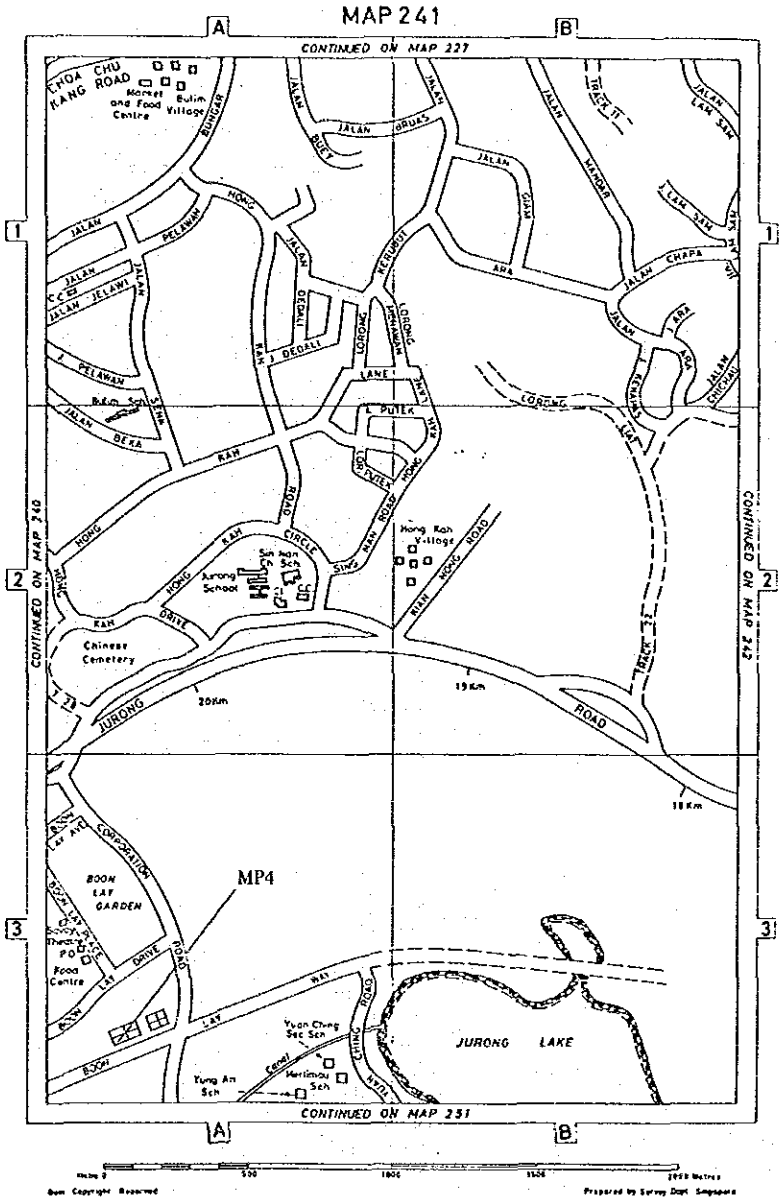
図Ⅲ－1－4　測定点（MP3）位置図



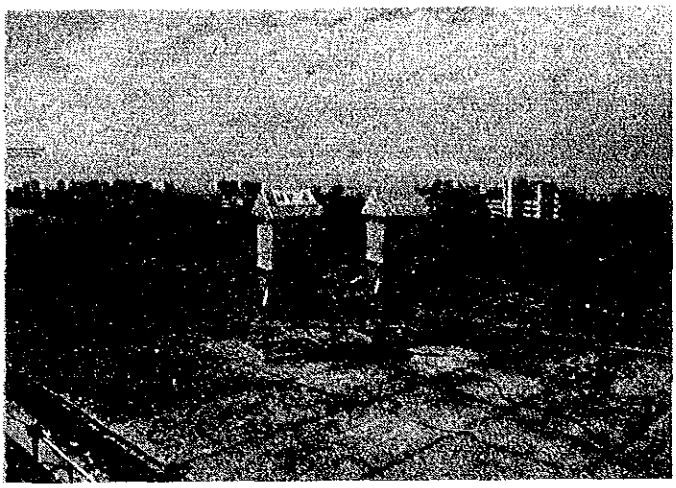
写真Ⅲ－１－３　MP３に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM用）

1.3.4　MP4；ブンレイアパート（Boon Lay Apartment）

ブンレイアパートはJurong工場地帯の北側，Jurong居住地域に位置し，アパート南側約30mにはBoon Lay道路，東側約100 mにはCorporation 道路が走っている。また，東側約700mにはJurong湖が位置している。測定点は，このアパート郡の一画であるBlock200の12階建て，高さ約36mのアパートの屋上に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM, SPM の測定を行った。また，風向風速計のセンサーを屋上にある高さ約8mのエレベーター機械室の側面に10mポールを取りつけ，その頂部に設置し，専用ケーブルにより，屋上階段おどり場に設置した記録部と接続し，SO_2 とともに風向風速の通年測定を実施した。測定点の位置を図Ⅲ－1－5に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－4に示す。

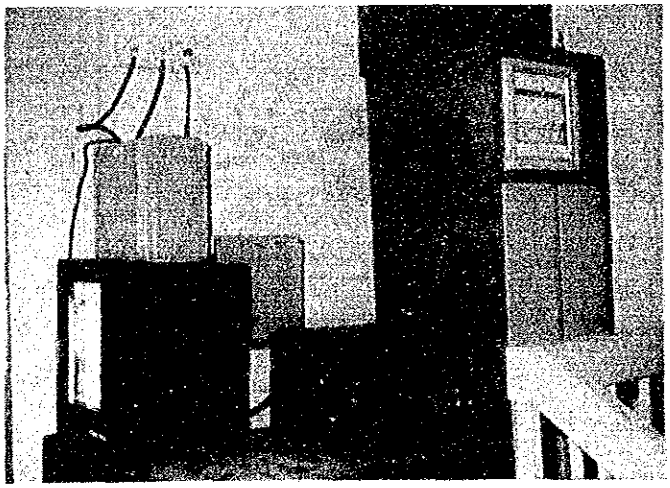


図Ⅲ－1－5　測定点（MP4）位置図



写真Ⅲ－１－４(1)　MP４に設置したハイボリウムサンプラー（左SPM，右TPM）

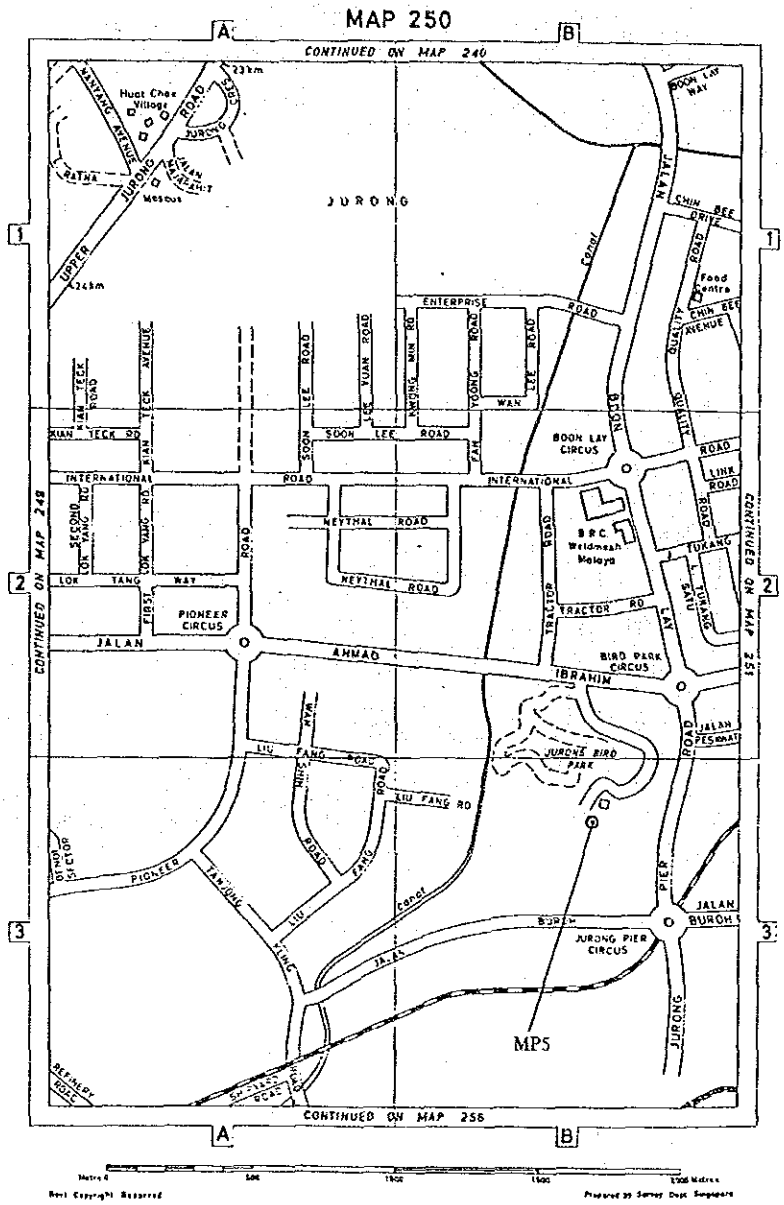
写真Ⅲ－１－４(2)　風向風速計



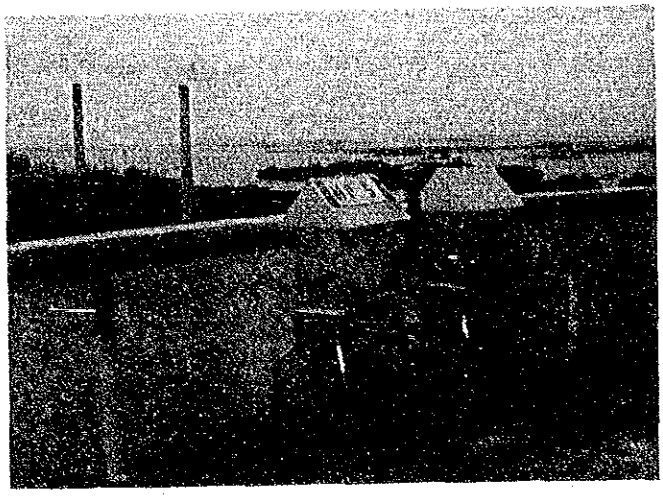
写真Ⅲ－１－４(3)　風向風速計用記録計（左）SO_2計

1.3.5　MP5；ジュロンヒルトップ（Jurong Hill Top）

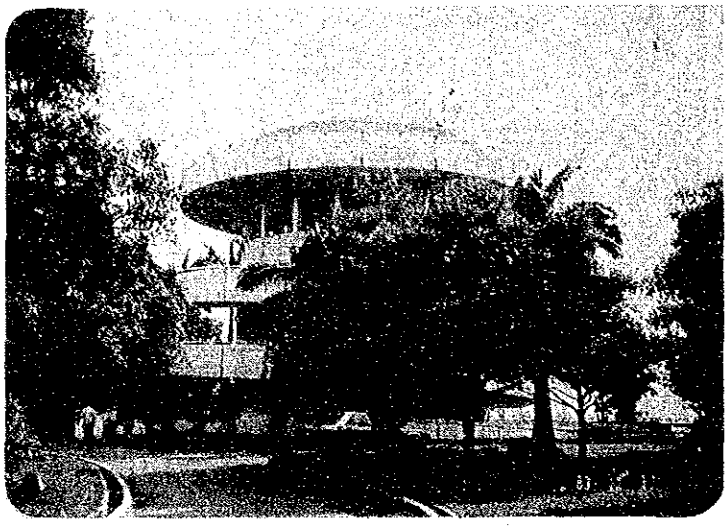
ジュロンヒルトップはJurong工場地帯のほぼ中央に位置するJurong Bird Park内の標高40mの小高い丘である。南側約 700mにはジュロン発電所，製鋼所が位置している。測定点はこのヒルトップのレストラン屋上（高さ約15m）に設置し，ここでハイボリウムサンプラーによるTPM,SPM の測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－6に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－5に示す。



図Ⅲ－1－6　測定点（MP5）位置図



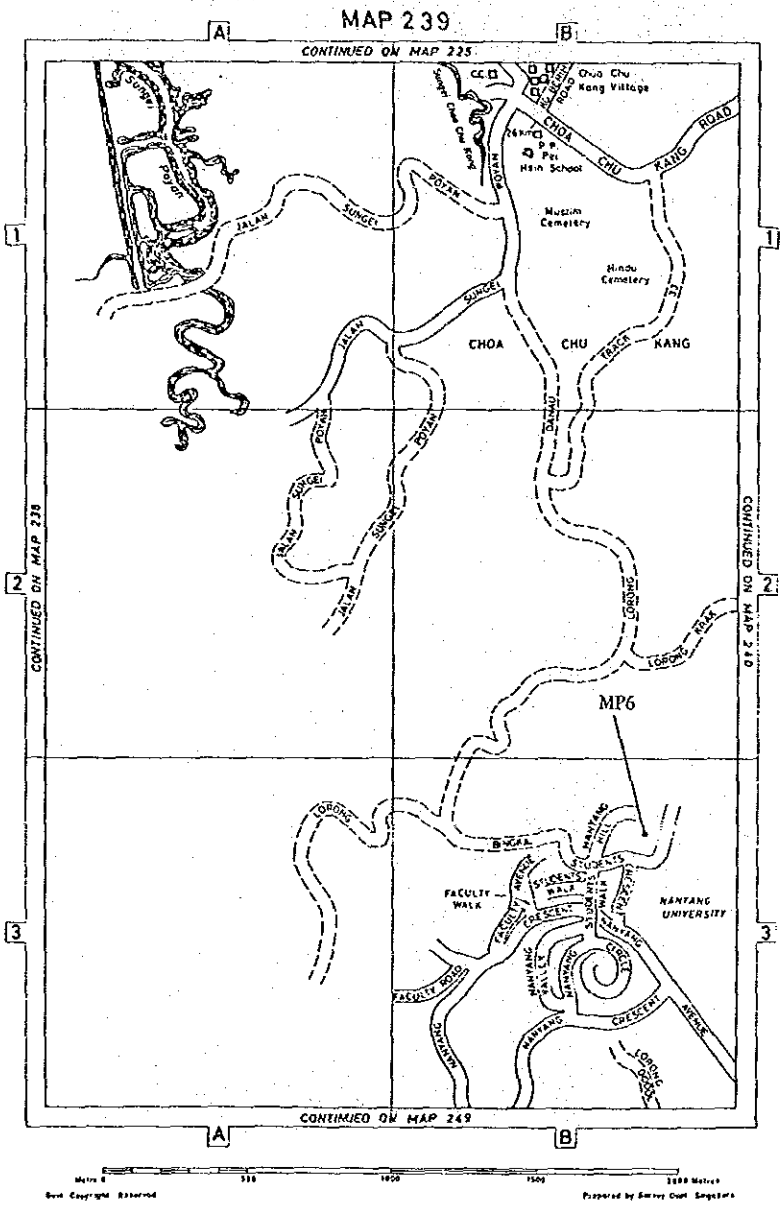
写真Ⅲ－１－５(1)　MP５に設置したハイボリウムサンプラー（左SPM，右TPM）



写真Ⅲ－１－５(2)　MP５　全　景

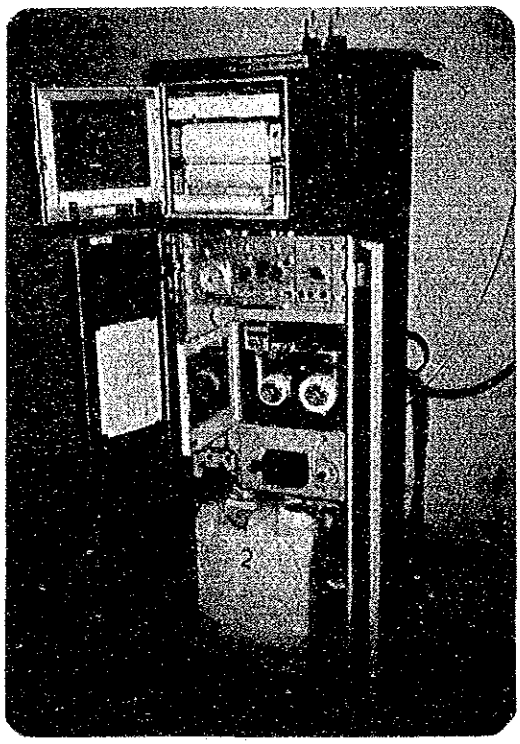
1.3.6　MP6；南洋大学（Nanyang Technological Institute）

南洋大学はJurong工場地帯の北西約1Kmに位置し，大学は緑に囲まれたキャンパスとなっている。測定点はキャンパス内のNanyang Hill（標高約40m）に設置し，芝生上にハイボリウムサンプラー，アンダーセンサンプラーを置き，TPM，SPM，TPMの粒径分布測定を行った。風向風速は，ここに10mポールを立て測定を行い，β線粉じん計によるSPM測定，溶液導電率法によるSO_2測定は，この丘にある車庫（未使用）を利用して行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－7に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－6に示す。

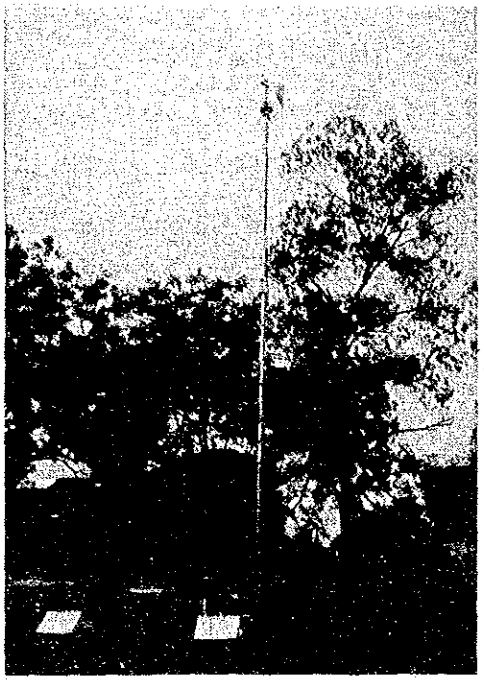


図Ⅲ－1－7　測定点（MP6）位置図

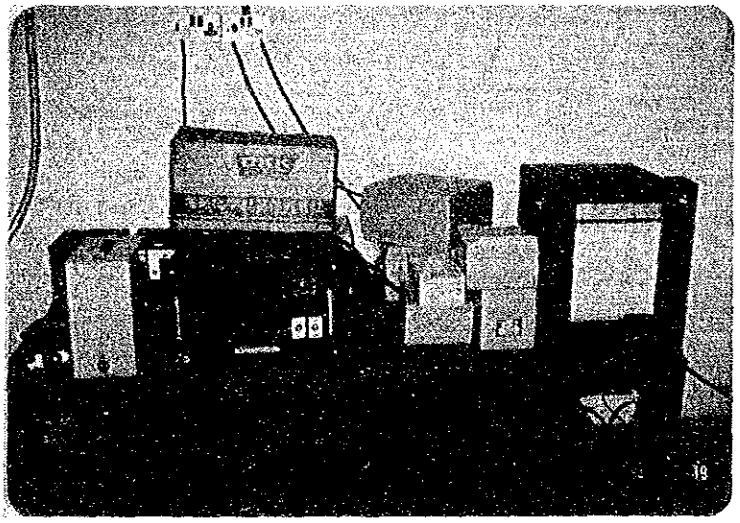
写真Ⅲ－１－６(1)　MP６に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM），
アンダーセンサンプラー（中）



写真Ⅲ－１－６(2)　SO_2計とβ線粉じん計



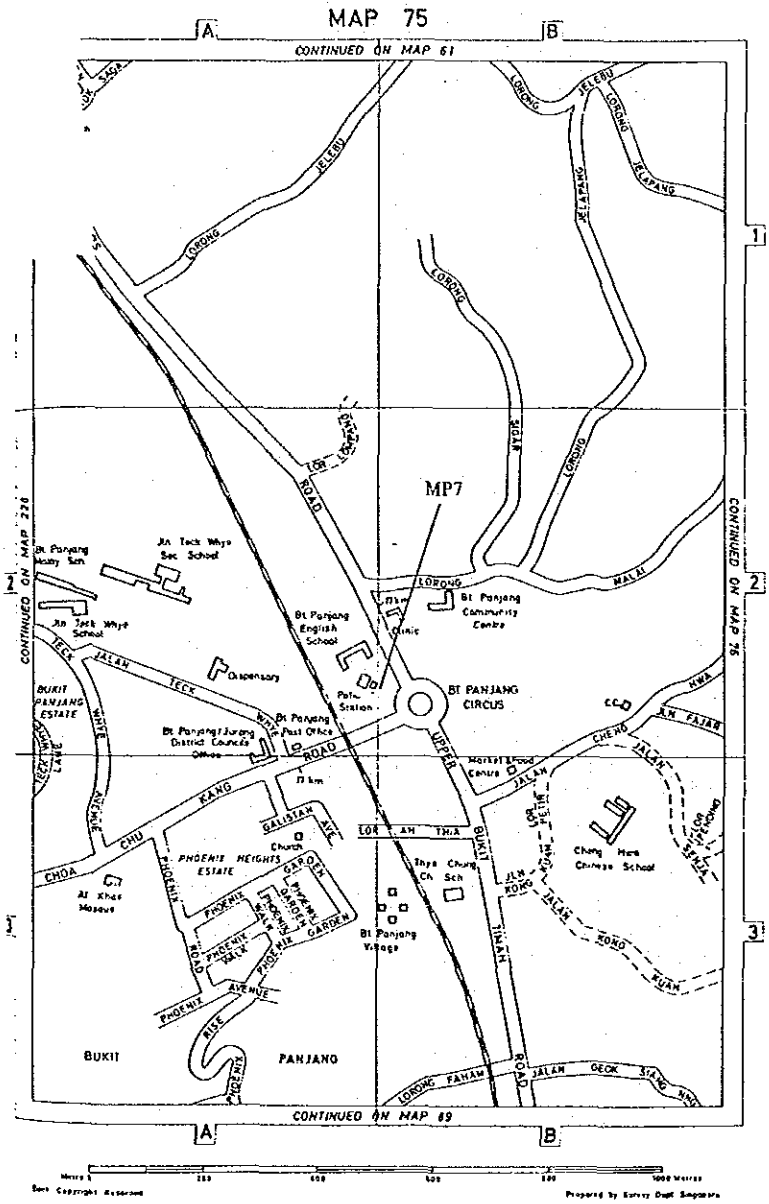
写真Ⅲ－１－６(3)　風　向　風　速　計



写真Ⅲ－１－６(4)　風向風速計用記録計

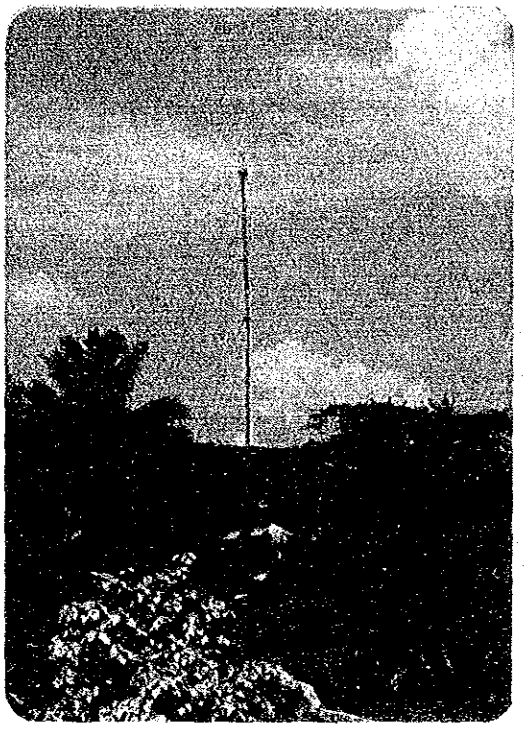
1.3.7　MP7；ブキパンジャンポリスポスト（Bukit Panjang Police Post）

ブキパンジャンポリスポストは，Jurong工場地帯の北東約8Kmに位置し，その東側約30mはWoodlands 道路に，また南側約50mはChoa Chu Kang 道路に面している。測定点は，このポリスポストの中庭に設置した。TPM，SPMの測定は，芝生の上にハイボリウムサンプラーを置き行い，また，風向風速は中庭に10mポールを立て測定を行った。なお，SO_2 は中庭にある予備室に SO_2計を置き，自動連続測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－8に，また，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－7に示す。



図Ⅲ－1－8　測定点（MP7）位置図

写真Ⅲ－１－７(1)　MP７に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）



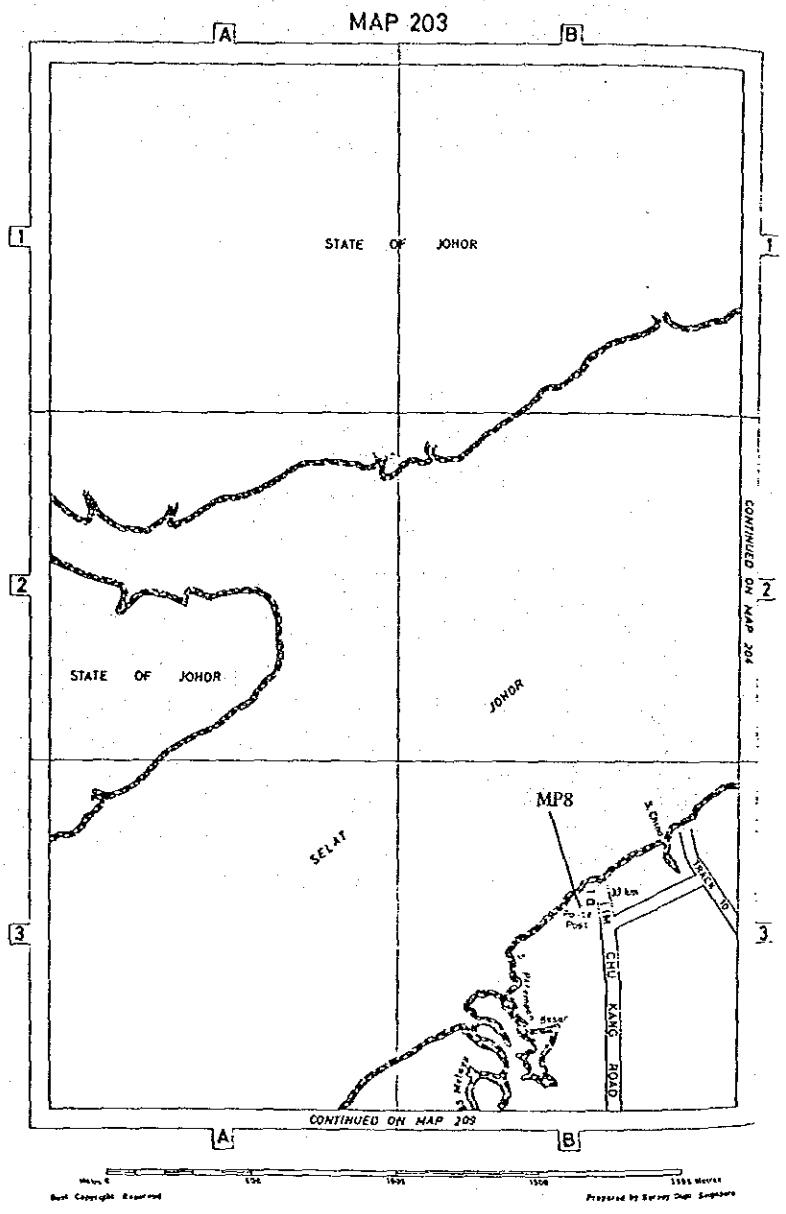
写真Ⅲ－１－７(2)　風向風速計ポール（後方の建物に風向風速計用記録計とSO_2計を設置）

写真Ⅲ－１－７(3)　MP７全景（左側に測定点がある）

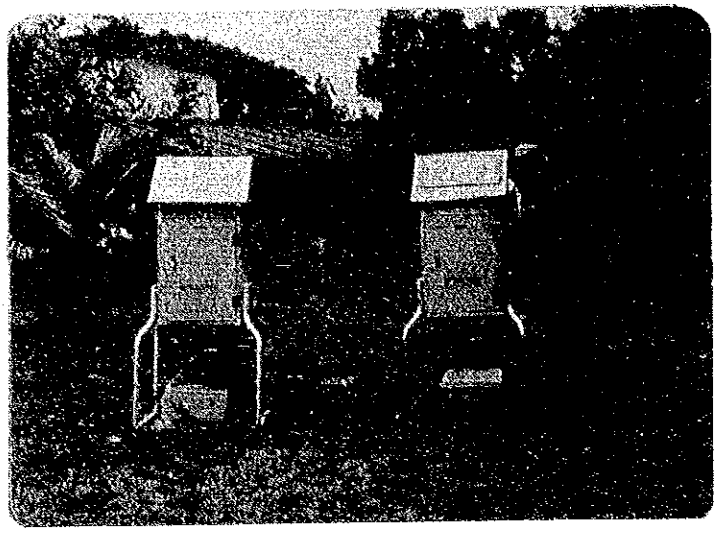
写真Ⅲ－１－７(4)　ポリスポストより道路を見る

1.3.8　MP8；リムチューカンマリンポリスポスト（Lim Chu Kang Marine Police Post ）

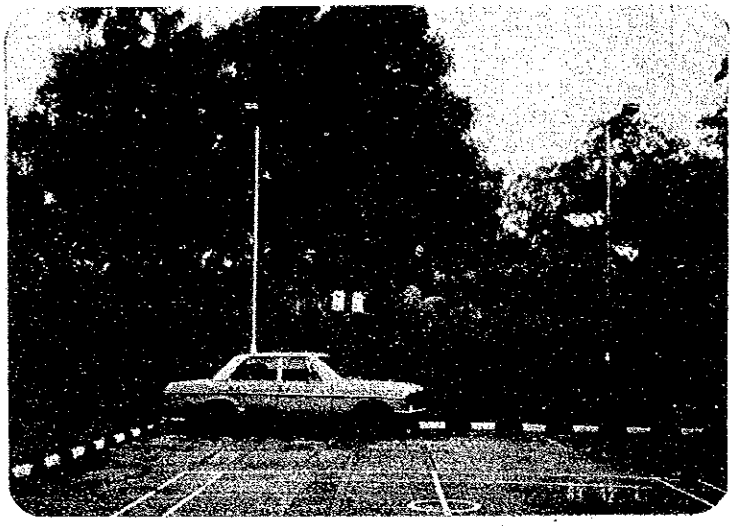
リムチューカンマリンP.P は，シンガポール本島北西部に位置し，Lim Chu Kang道路の終点にある。北側はすぐJohor 水道に面しており，南西約500 mには廃棄物処理場（廃棄物による埋め立て）がある。測定点は，このP.P の庭に設置し，芝生上でハイボリウムサンプラーによるTPM, SPMの測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－１－９に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－１－８に示す。



図Ⅲ－１－９　測定点（MP８）位置図



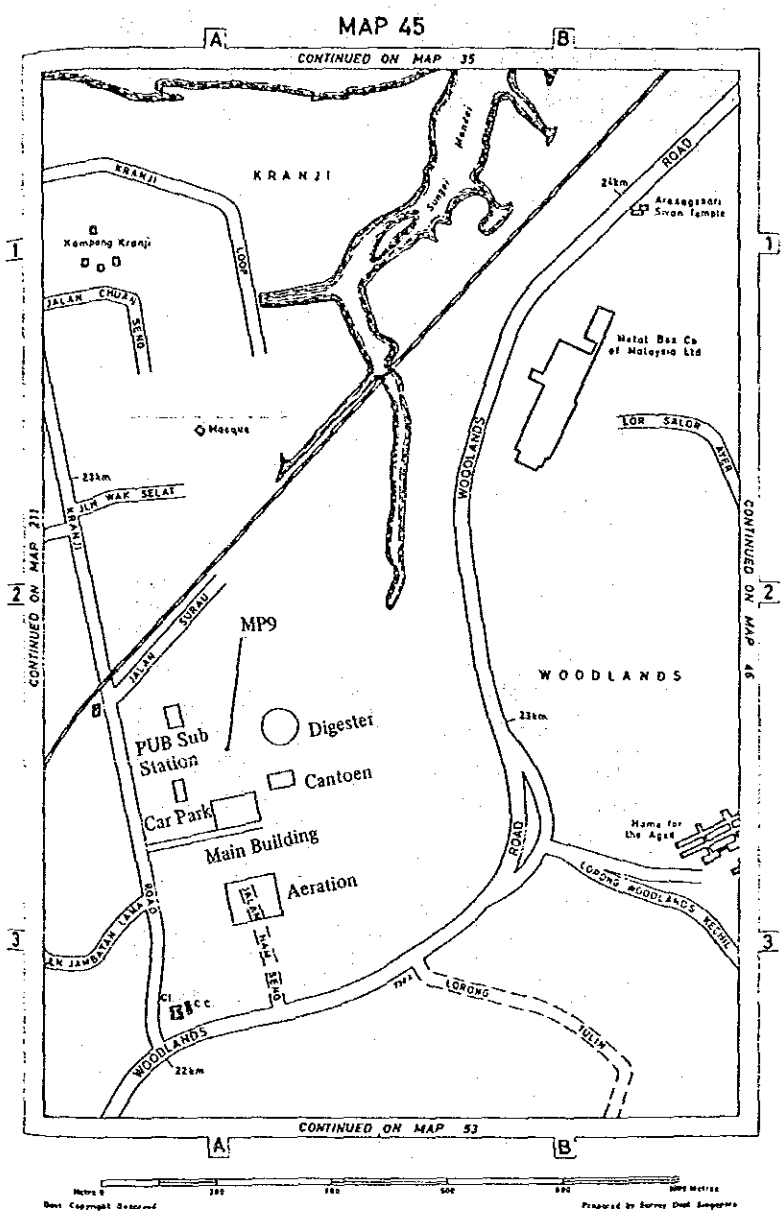
図Ⅲ－１－８(1)　MP８に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）



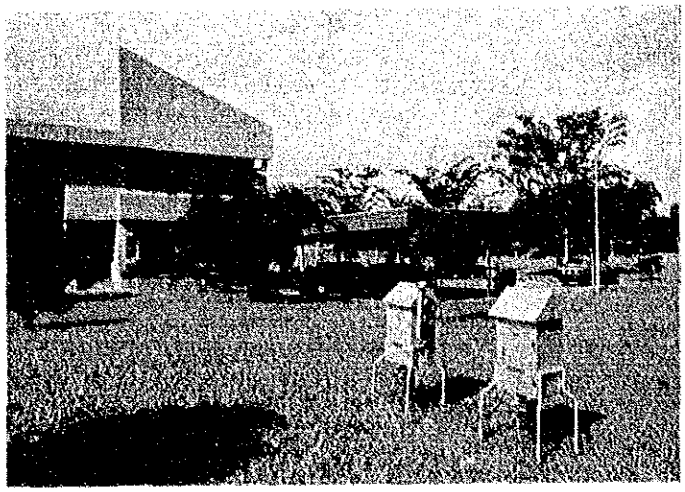
図Ⅲ－１－８(2)　　MP８　全　景

1.3.9　MP9；カランジ汚水処理場（Kranji Sewage Treatment Plant ）

カランジ汚水処理場は，シンガポール本島中央の真北に位置し，西側すぐそばにはKranji道路が，また東側約 800mにはWoodlands 道路が走っている。当処理場にはバッ気槽，メタン発酵槽等汚水処理施設が点在するが，全体としてはかなりひらけた草地となっている。測定点はこの草地の一角に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM,SPM の測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－１－10に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－１－９に示す。



図Ⅲ－１－10　測定点（MP９）位置図



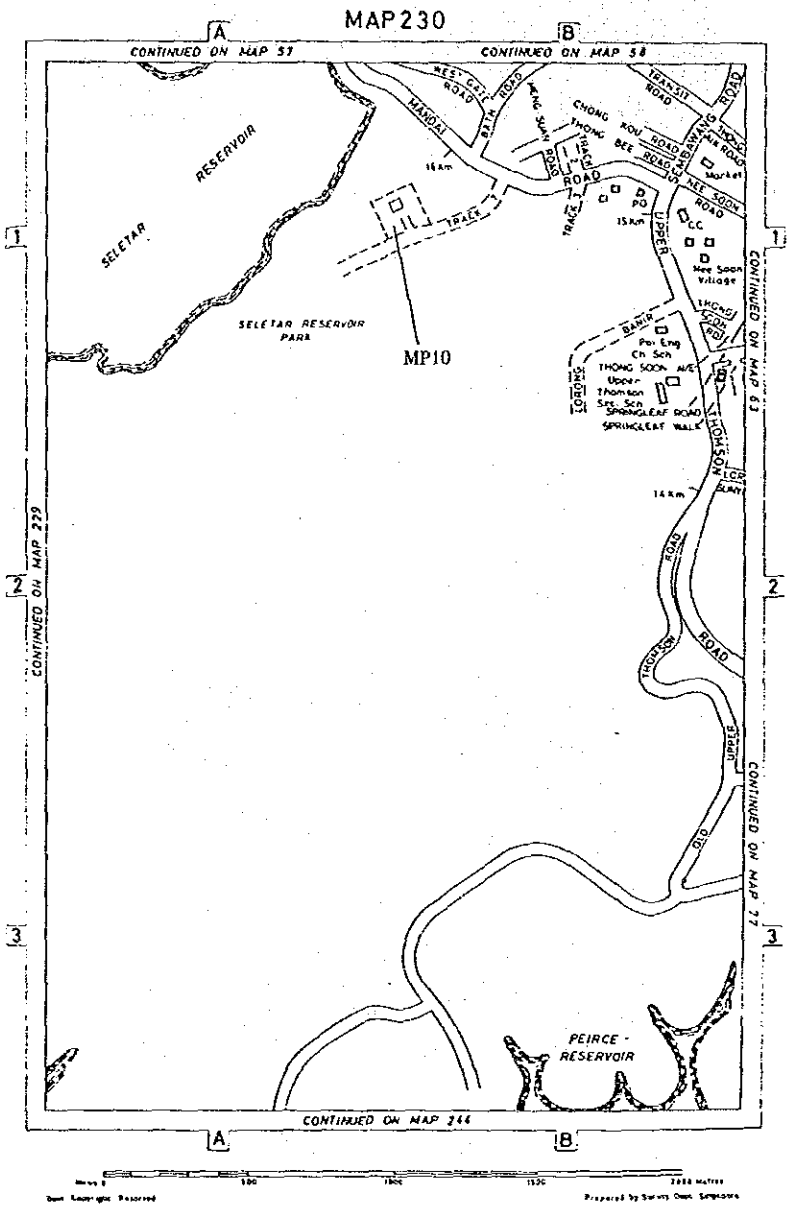
写真Ⅲ－１－９(1)　MP９に設置したハイボリウムサンプラー（左SPM，右TPM ）

写真Ⅲ－１－９(2)　写真Ⅲ－１－９(1)より反対に見たもの

（後方にメタン発酵槽が見える）

1.3.10 MP10; セレタリザーバーポンプ所（Seletar Reservoir Water Pumping Station）

セレタリザーバーポンプ所は，Seletar Reservoir 東側湖岸約300 mのところに位置し，樹木並びに芝におおわれた景色の良い場所である。測定点はこのポンプ所の芝の上に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM, SPM の測定を行った。なお，測定点北東約400 mには，Woodlandにぬけるmardai道路が走っている。測定点の位置を図Ⅲ－1－11に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－10に示す。



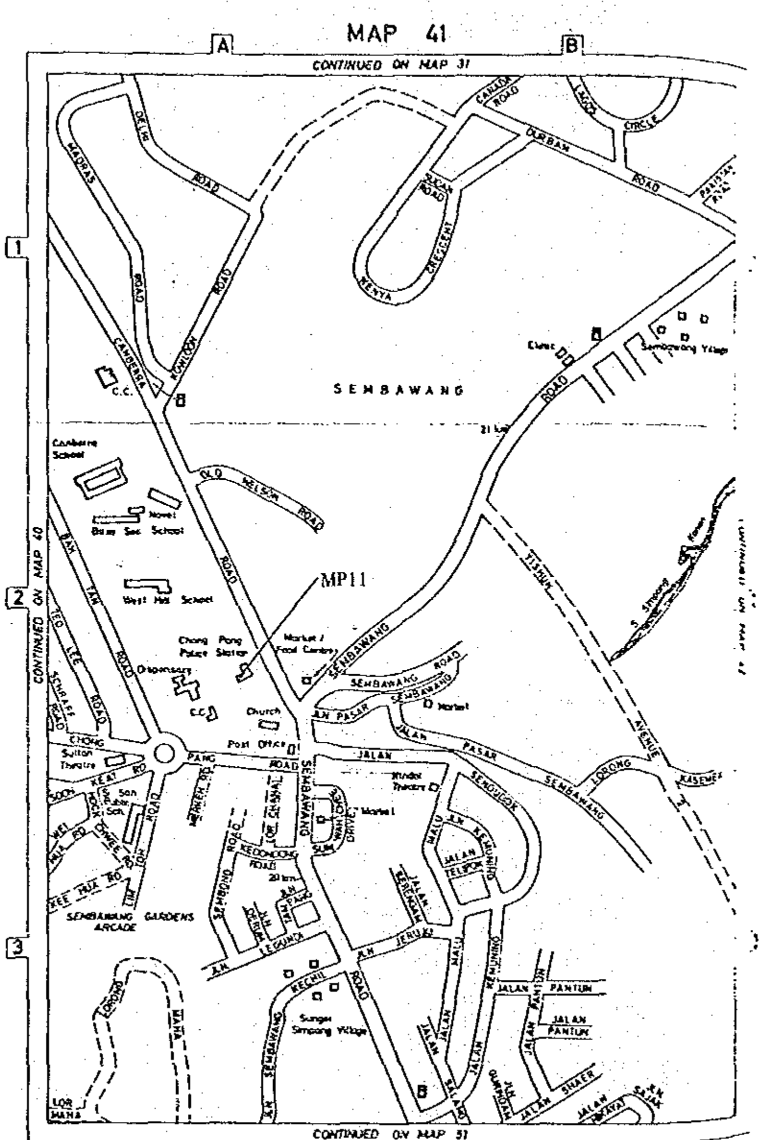
図Ⅲ－1－11 測定点（MP10）位置図

写真Ⅲ－１－10(1)　MP10に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）

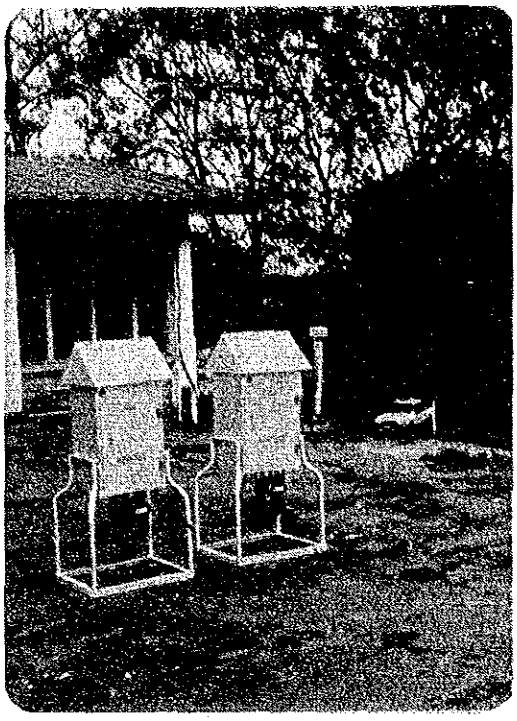
写真Ⅲ－１－10(2)　MP10全景（右側にポンプ建物がある）

1.3.11 MP11; チョンパンポリスポスト (Chong Pang Police Post)

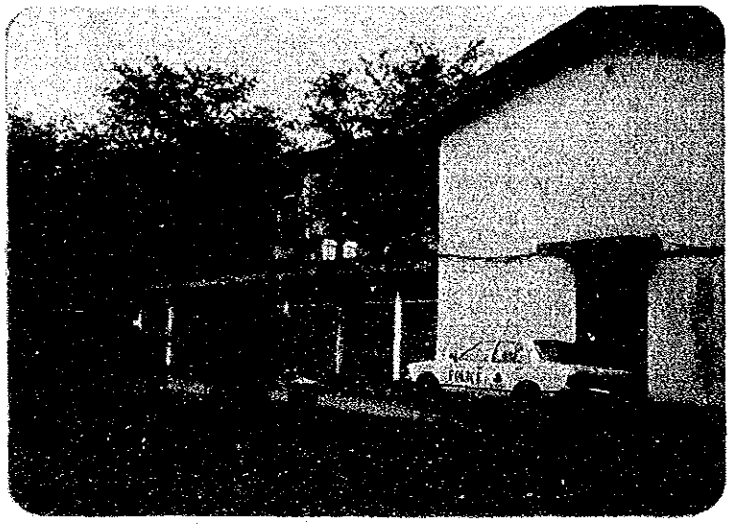
チョンパンポリスポストは，シンガポール本島中央真北に位置し，Sembawang 道路，Chanberra道路，Chong Pang道路が交差した地点にある。測定点は，このポリスポストの建物（1階）屋根に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－12に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－11に示す。



図Ⅲ－1－12 測定点（MP11）位置図



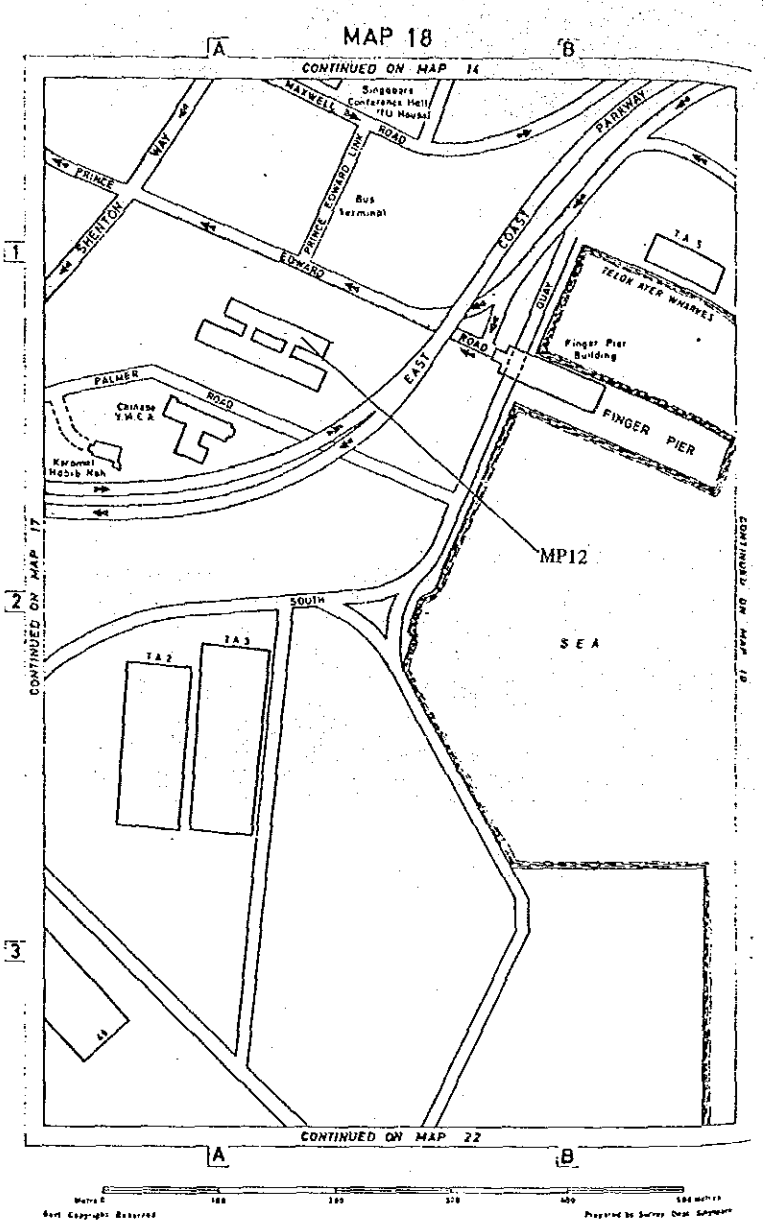
写真Ⅲ－１－11(1)　MP11に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）



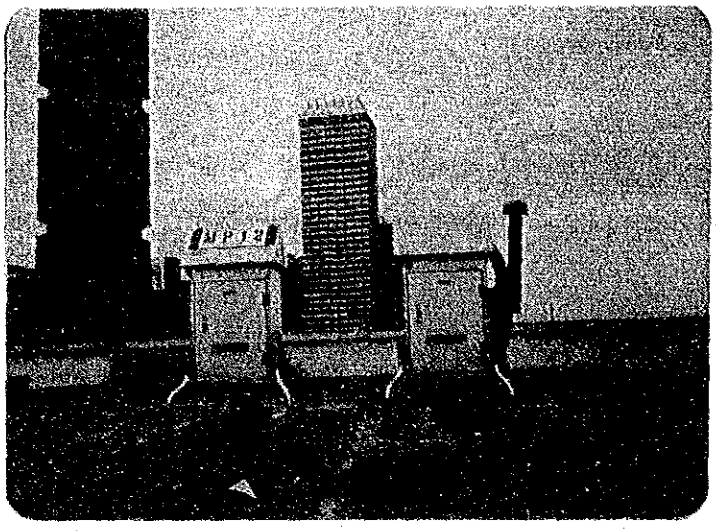
写真Ⅲ－１－11(2)　　MP11　全　景

1.3.12　MP12；国営商業専門学校（National Institute of Commerce）

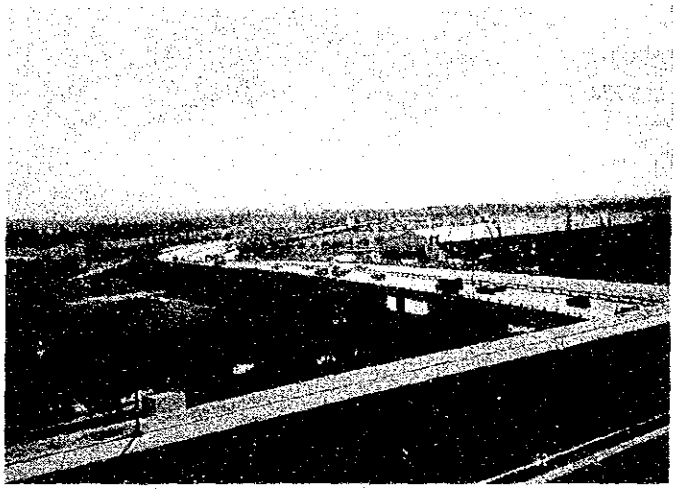
国営商業専門学校は，シンガポールの商業地区高層ビル街の中にあり，東側約80mはEast Coast Parkway が走っており，その東側はすぐ海となっている。また，その他 Prince Edward道路，Shenton 道路，Palmer道路等に囲まれている。測定点はこの学校の6階屋上（高さ18m，East Coast Parkwayとほぼ同じ高さ）に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－13に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－12に示す。



図Ⅲ－1－13　測定点（MP12）位置図



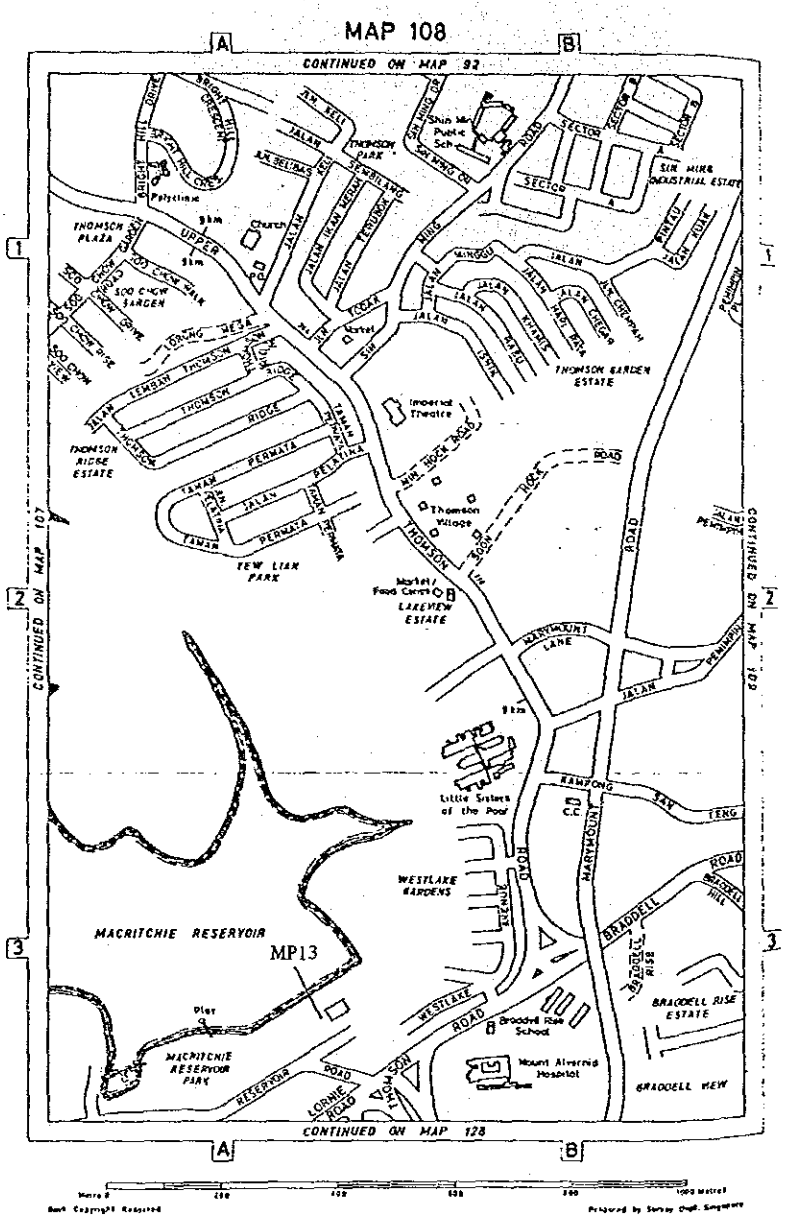
写真Ⅲ－１－12(1)　MP12に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）



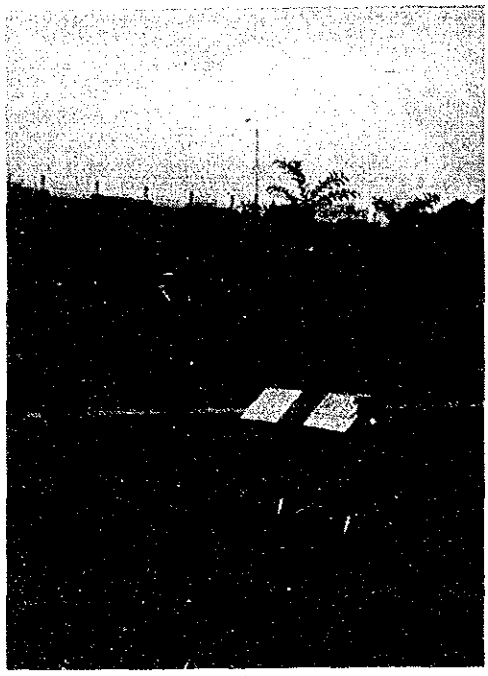
写真Ⅲ－１－12(2)　MP12によりEast Coast Parkway を見る

1.3.13　MP13;マックリッチ貯水池ポンプ所（Macritchie Reservoir Water Pumping Station）

マックリッチ貯水池ポンプ所はシンガポール本島のほぼ中央に位置するマックリッチ貯水池の南東側にあり，周辺は樹木の多い公園となっている。なお，ポンプ所南東約20mには，Reser-voir道路が走っており，そのすぐ南東約 100mには交通量の多いLornie道路が走っている。また，ポンプ所北東約30mは駐車場となっている。測定点はこのポンプ所建屋の南西側5mの芝生の上に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM,SPM の測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－14に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－13に示す。



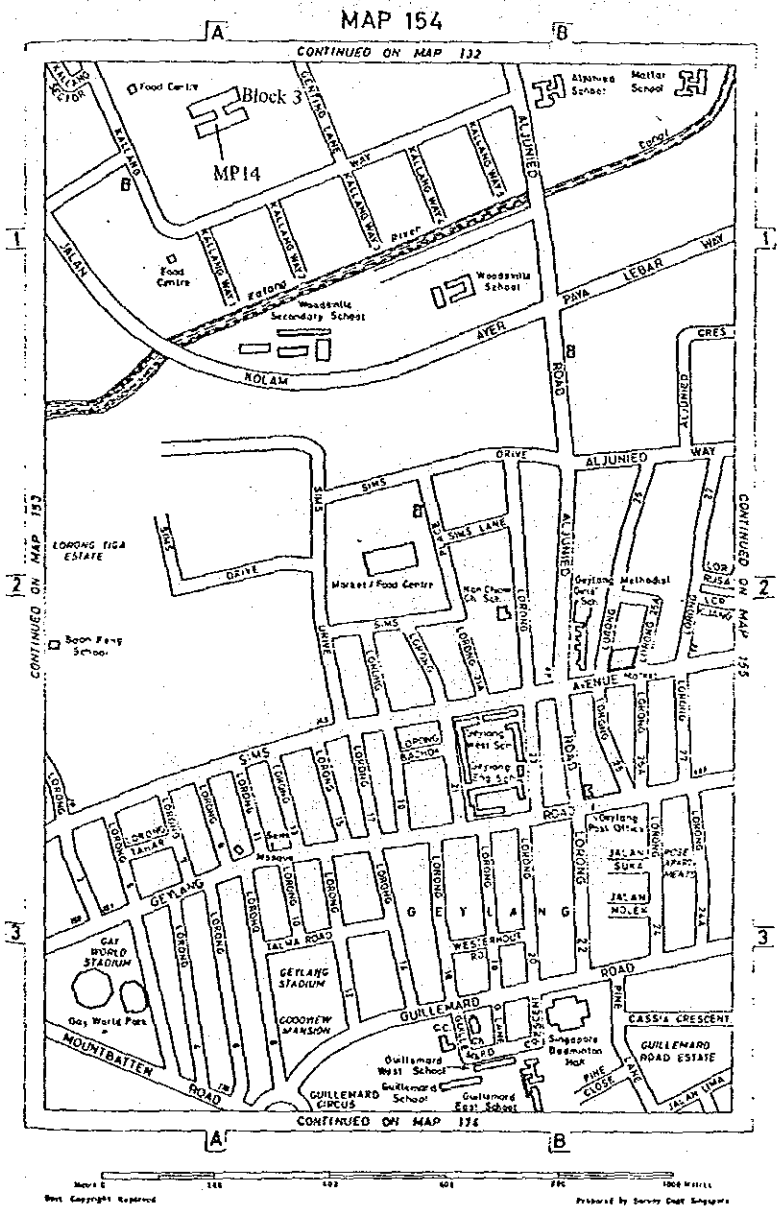
図Ⅲ－1－14　測定点（MP13）位置図



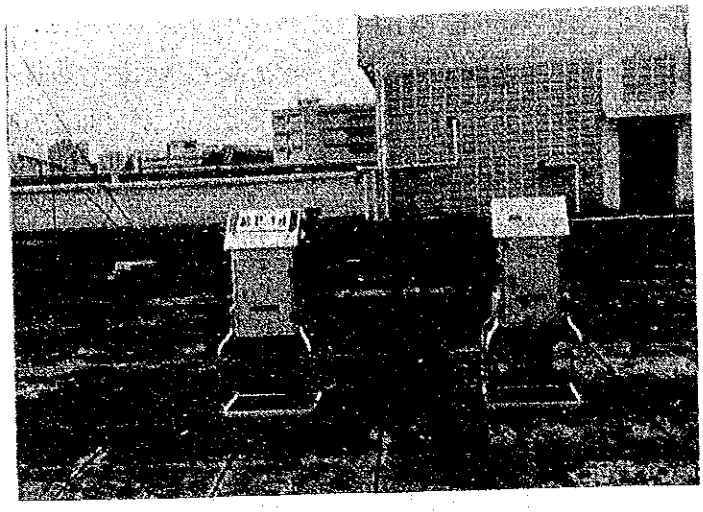
写真Ⅲ－１－13　MP13に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）

1.3.14　MP14；カランフラッテッドファクトリー（Kallang Platted Factory ）

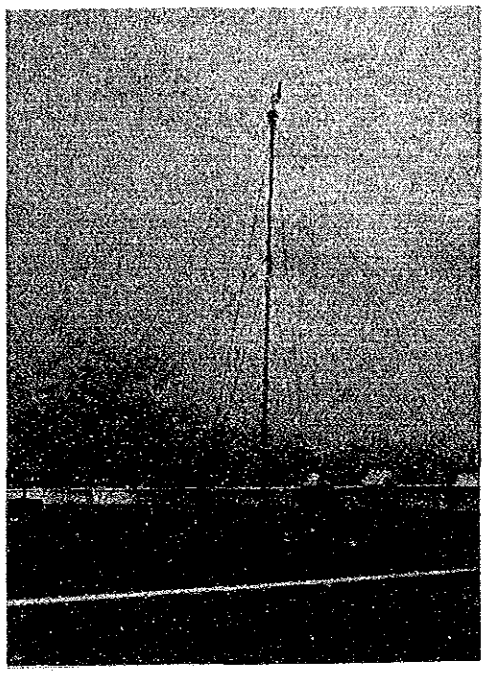
カランフラッテッドファクトリーは，市街部北東，国営競技場の北約２Kmに位置している。周辺は西から南にかけてシンガポールを横断するハイウェイが 150ｍの所を走っており，北，東，西には工場，アパートが群立している。測定点は，この工場のブロック３の屋上（約18ｍ）に設置し，ここでハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定を行った。風向風速の測定は，この屋上に10ｍポールを立て行い，屋上の水槽タンク室内に置いた記録計に記録した。また，SO_2の測定もこの室内にSO_2計を置き行った。測定点の位置を図Ⅲ－１－15に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－１－14に示す。



図Ⅲ－１－15　測定点（MP14）位置図



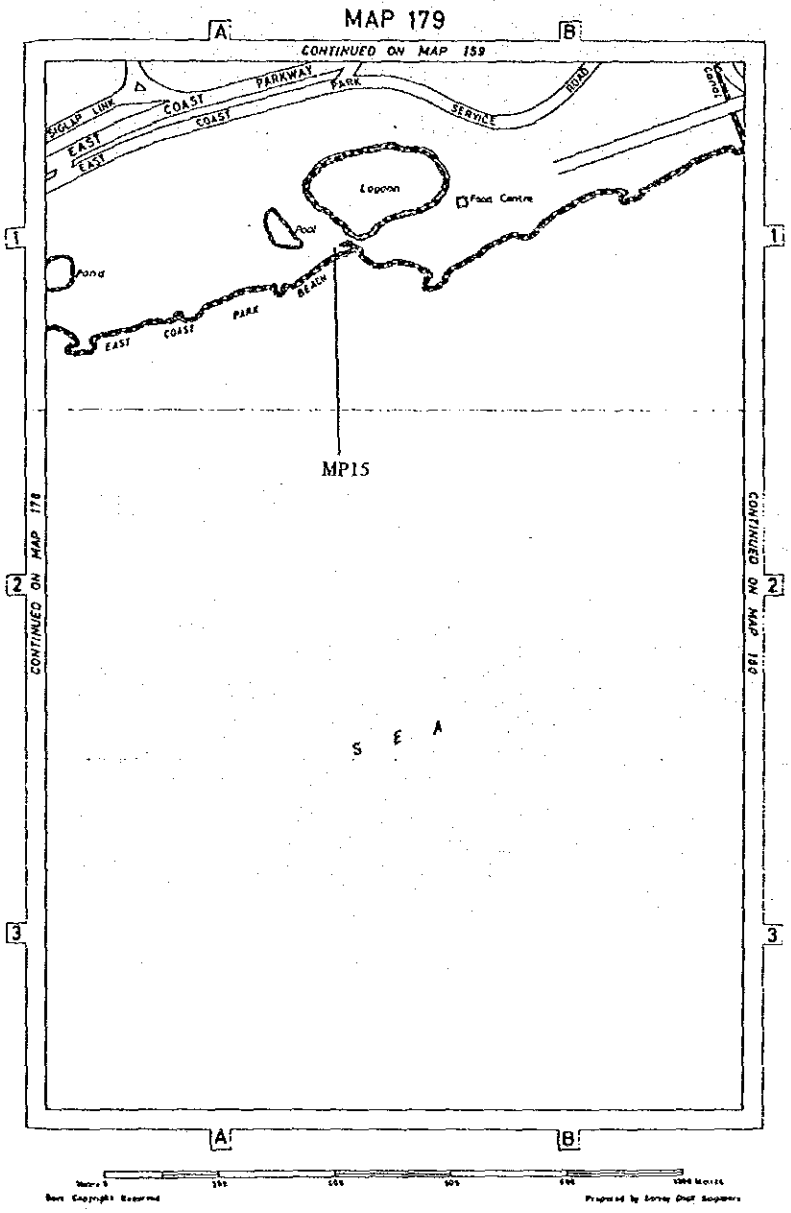
写真Ⅲ－１－14(1)　MP14に設置したハイボリウムサンプラー（左SPM，右TPM）
（後方に見える水槽タンク室にSO_2計，風向風速計用記録部を設置）



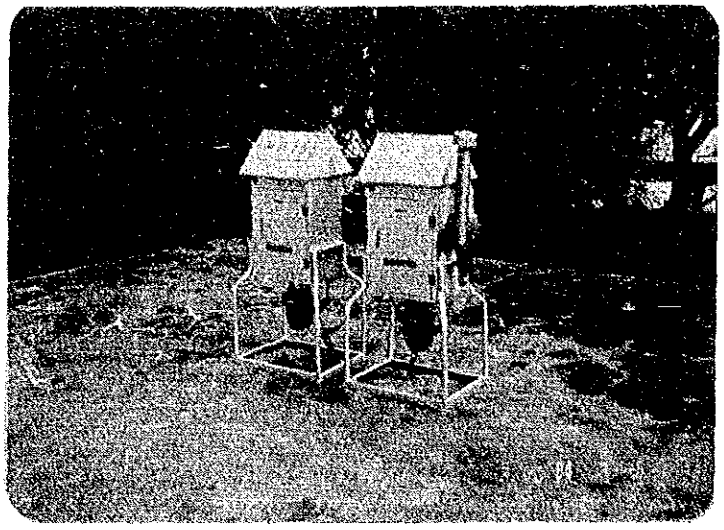
写真Ⅲ－１－14(2)　　MP14の風向風速計

1.3.15　MP15；イーストコーストスイミングラグーン（East Coast Swimming Lagoon）

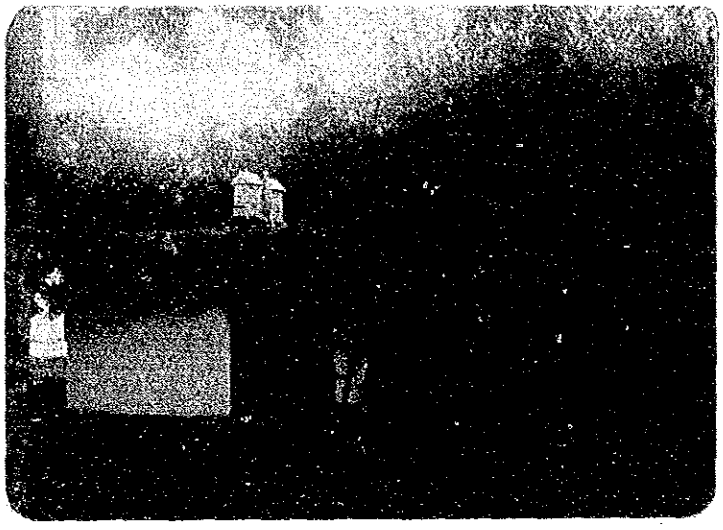
スイミングラグーンは，East Coast Park 内にあり，周辺は芝，樹木におおわれている。測定点はこのラグーン内の作業小屋の屋根（高さ約３ｍ）に設置した。測定点の北約700 ｍには，チャンギー空港から市内に通じるEast Coast Park Way が走っており，南側約20ｍは海になっている。ここでハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－１－16に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－１－15に示す。



図Ⅲ－１－16　測定点（MP15）位置図



写真Ⅲ－１－15(1)　MP15に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）

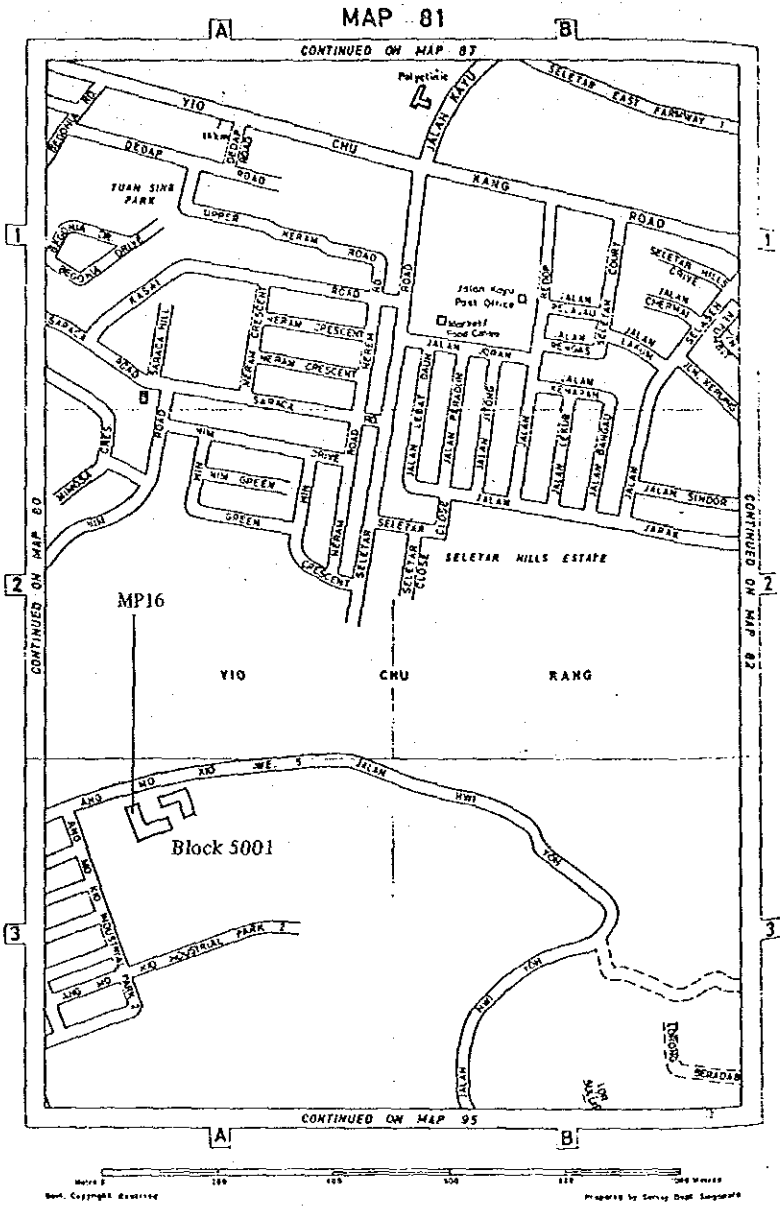


写真Ⅲ－１－15(2)　MP15全景（後方に海が見える）

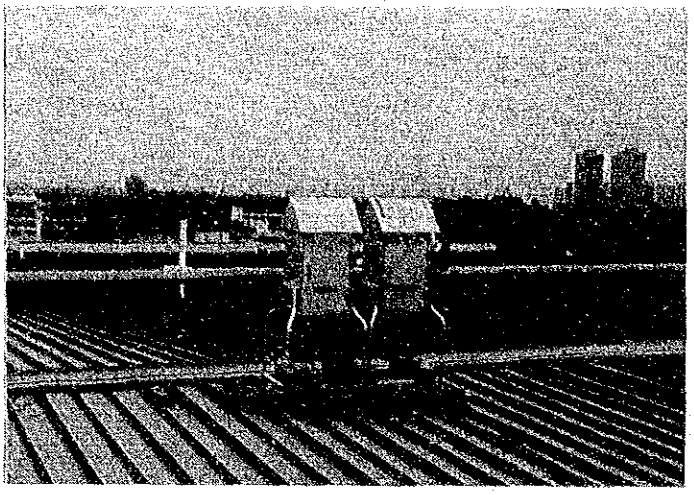
写真Ⅲ－１－15(3)　スイミングラグーン

1.3.16 MP16；アンモーキョーフラッテッドファクトリー（Ang Mo Kio Flatted Factory）

アンモーキョーフラッテッドファクトリーはアンモーキョーニュータウンの北東に位置し，工場すぐ北側はJalan Hwi Yoh 道路が走っている。また，南西から南東にかけては工場群であり，その遠方は10～20階建てのアパート群となっている。北西～北東にかけては樹木の多い林である。測定点はフラッテッドファクトリーBlock No5001の屋上（高さ約18m）に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－17に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－16に示す。



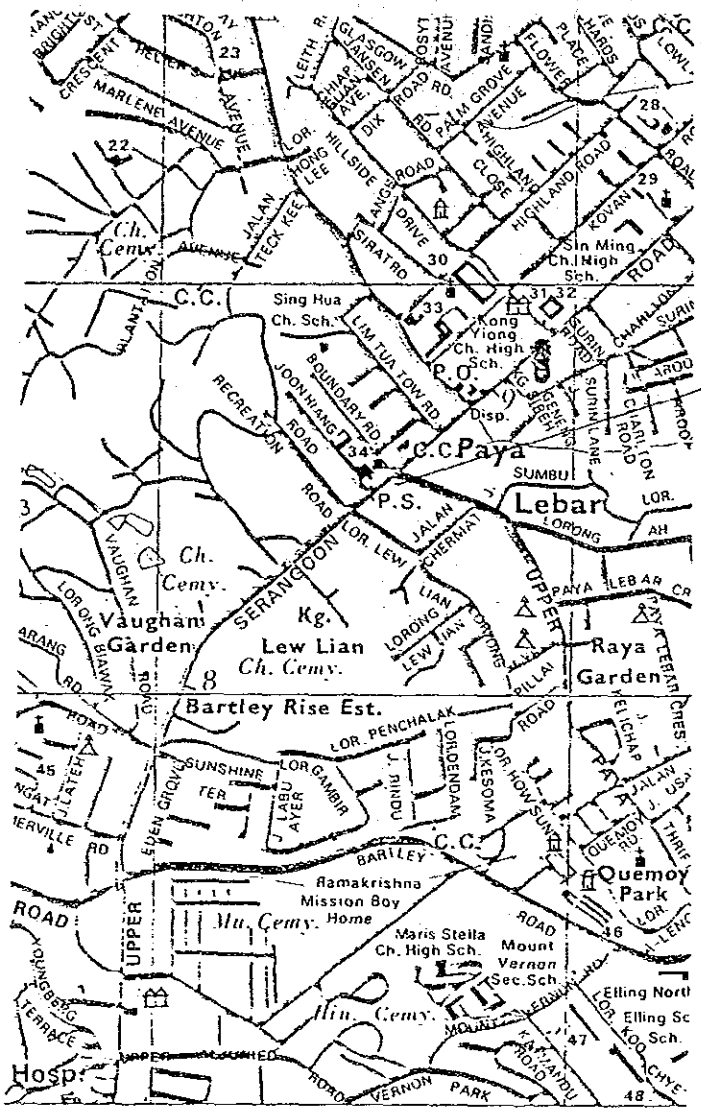
図Ⅲ－1－17　測定点（MP16）位置図



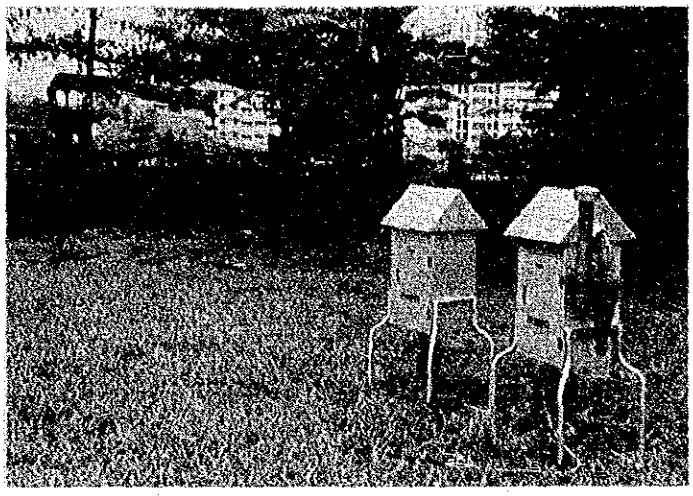
写真Ⅲ－１－16　MP16に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）

1.3.17 MP17；パヤレバーポリスステーション（Paya Lebar Police Station ）

パヤレバーポリスステーションは，MP14の北３km，MP16の南東4.5kmに位置しており，Serangoon 道路とPaya Lebar道路の交差点の南側にある。周辺は２階建ての家々が密集している。測定点は，この警察の芝生の庭（交差点から20ｍ）に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM,SPM の測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－１－18に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－１－17に示す。



図Ⅲ－１－18　測定点（MP17）位置図



写真Ⅲ－１－17　MP17に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）