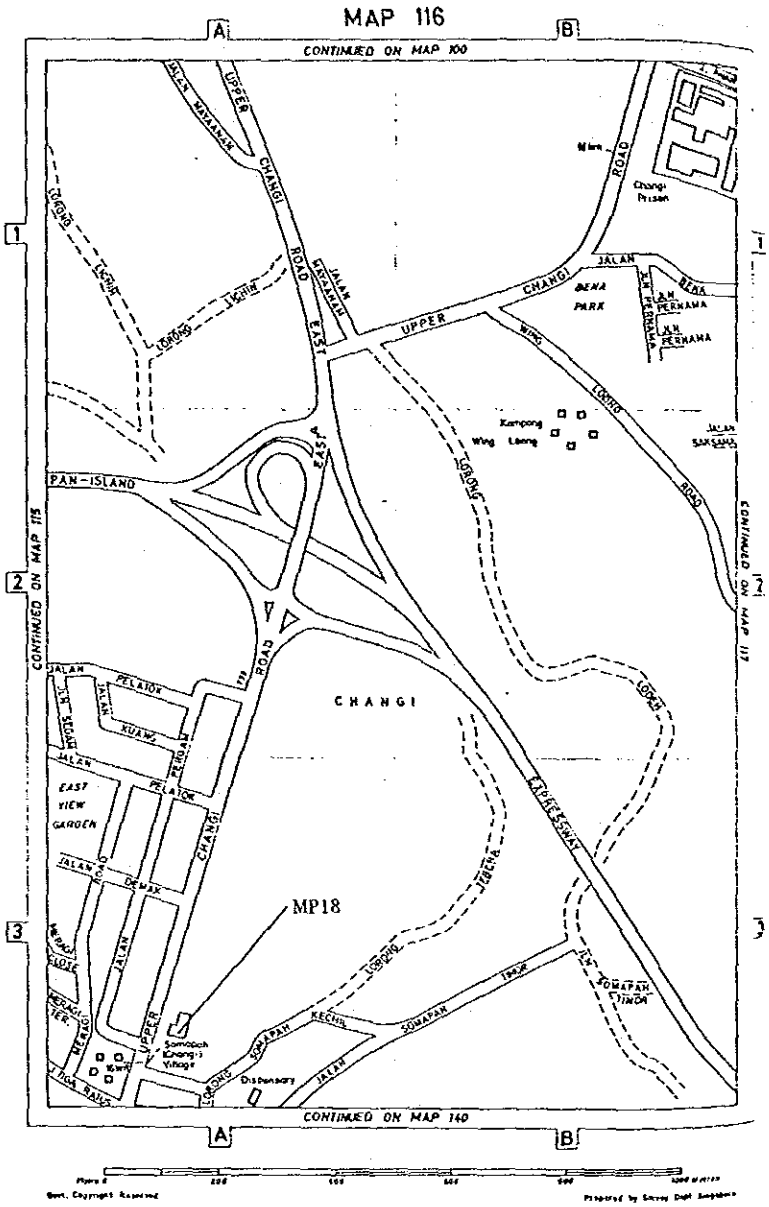
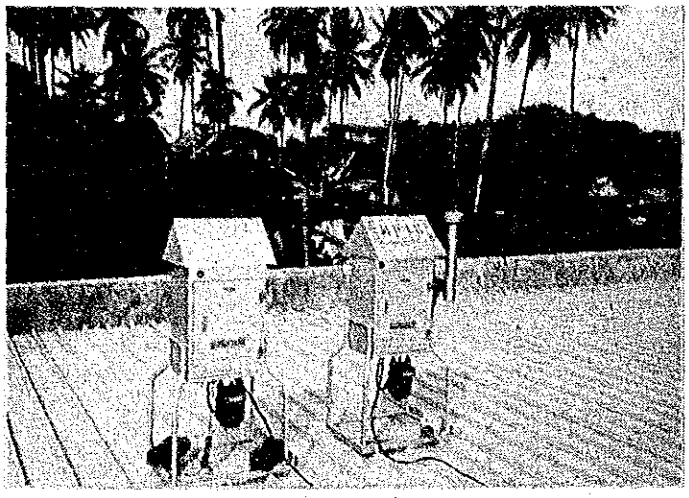
1.3.18 MP18；チャンギーコミュニティセンター（Changi Community Center）

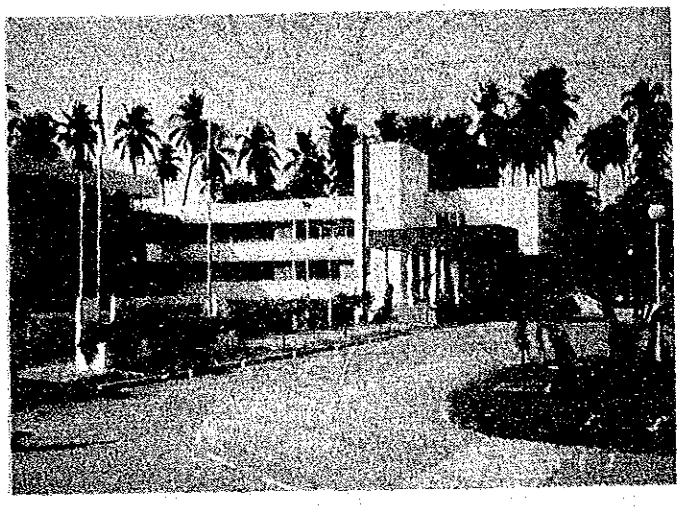
チャンギーコミュニティセンターは，チャンギー国際空港の南西に位置し，西側約20mには，Changi道路が走っている。測定点は，緑に囲まれた2階建て建屋の屋上（高さ約6m）に設置し，ここでハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定を行った。測定点の位置を図Ⅲ－1－19に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－1－18に示す。



図Ⅲ－1－19 測定点（MP18）位置図



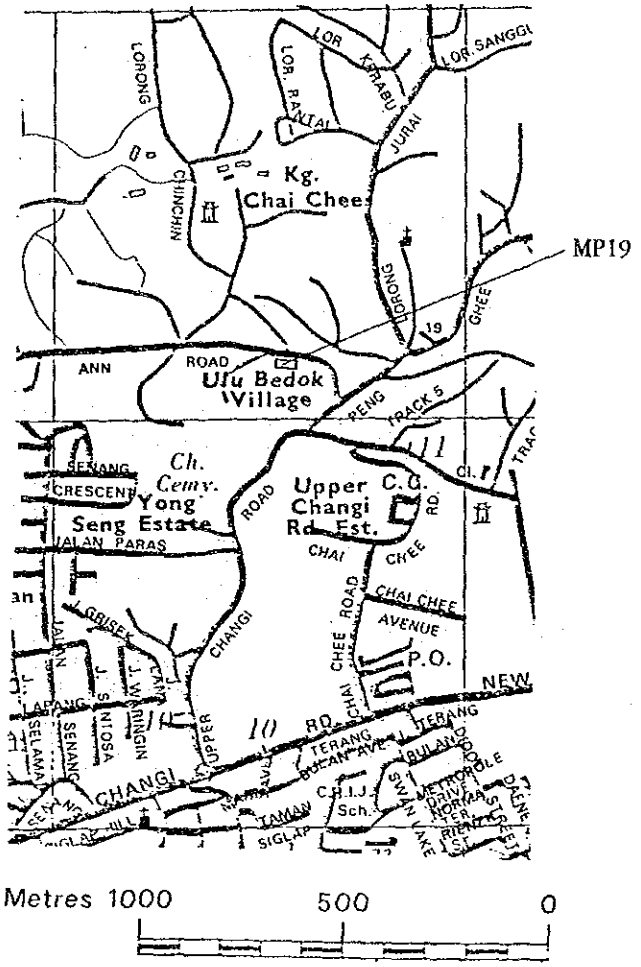
写真Ⅲ－１－18(1)　MP18に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）



写真Ⅲ－１－18(2)　MP18　全　景

1.3.19　MP19；JTCベドックフラッテッドファクトリー（JTC Bedok Flatted Factory ）

ベドックフラッテッドファクトリーは，MP15の北西約2.7kmに位置しており，北側はAnn道路に接し，周辺は10～15階建てのアパート群が林立している。測定局はこのJTC のFlatted Factoryの中の一つである６階建ての工場の屋上（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－１－20に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－１－１９に示す。



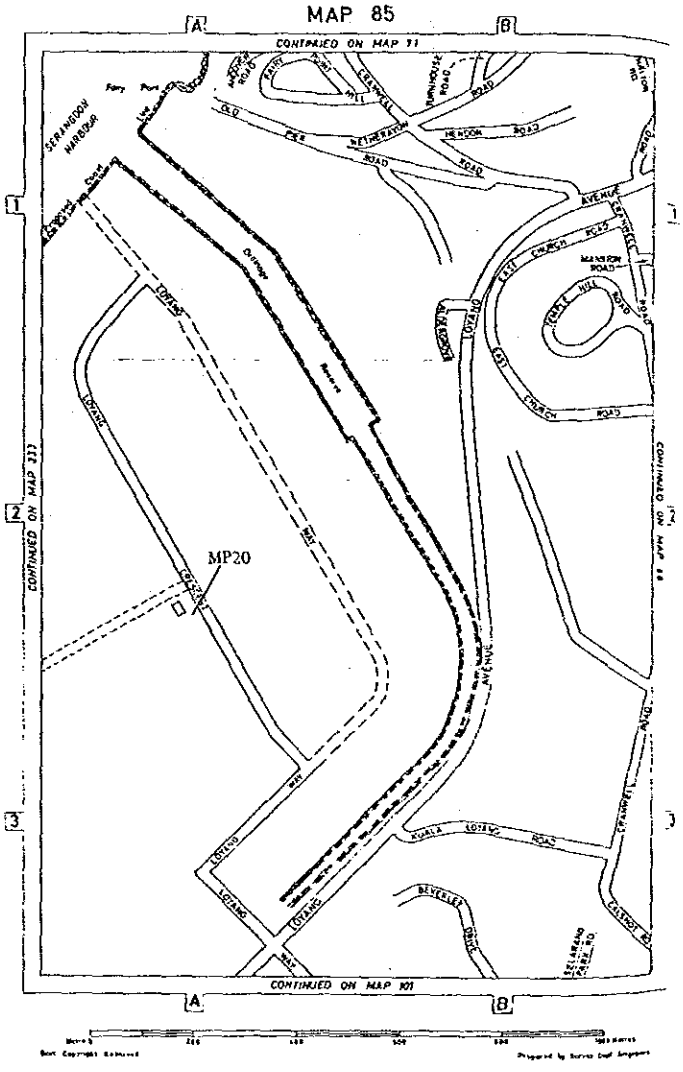
図Ⅲ－１－20　測定点（MP19）位置図

写真Ⅲ－１－19　MP19に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）

1.3.20　MP20；シンガポールオフショー石油サービス（Singapore Offshore Petroleum Services）

シンガポールオフショー石油サービスは，チャンギー国際空港の北に位置しており，周辺はJTC が開発中の工業用造成地が多く見られる。測定点はLoyang Crescent 道路横守衛所の裏に設置し，ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPMの測定を行った。風向風速の測定は，この守衛所横に10ｍポールを立て，守衛所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計を設置し，測定を行った。

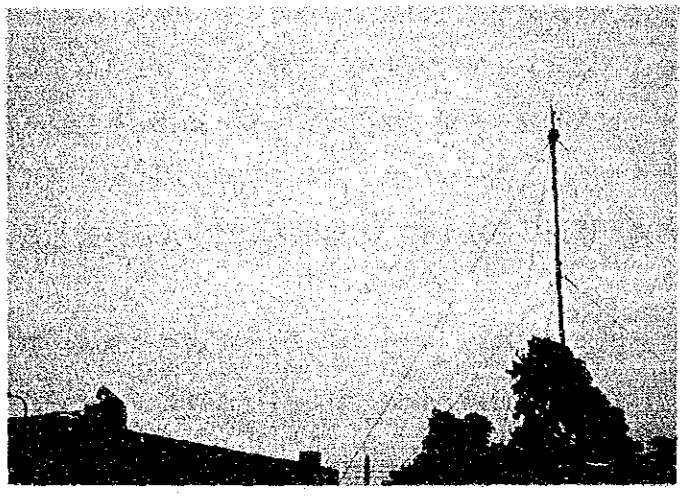
なお，測定点の西約 350ｍには，金属加工工場が存在する。また，測定点の南約20ｍに，第２次現地調査実施後から第４次現地調査にかけて３階建て建物の建築工事を実施している。測定点の位置を図Ⅲ－１－21に，測定機器の設置状況を写真Ⅲ－１－20に示す。



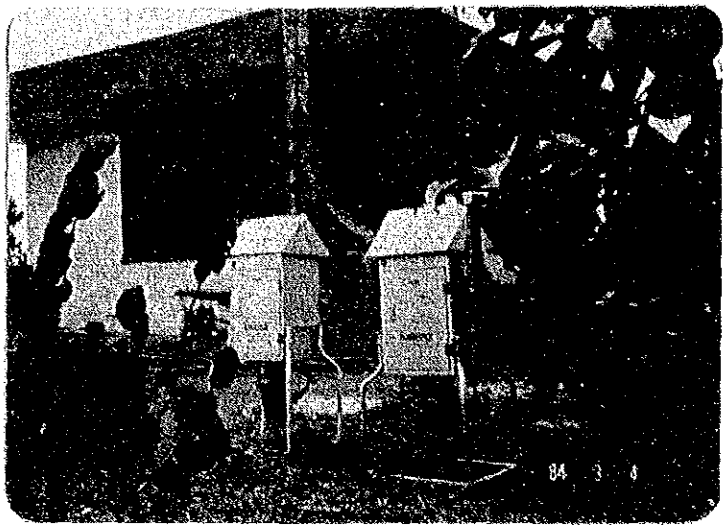
図Ⅲ－１－21　測定点（MP20）位置図

写真Ⅲ－１－20(1)　MP20に設置したハイボリウムサンプラー（左TPM，右SPM）

（後方に建築中の建物が見える）



写真Ⅲ－１－20(2)　　風 向 風 速 計



写真Ⅲ－１－20(3)　守衛室（この建物内にSO_2計，風向風速記録部を設置）

第２章　測定機器の取り扱い等に関する教育・訓練

本環境影響調査における現地調査は，当該地域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濃度を測定する短期現地調査（４回実施）と，粒子状物質並びに硫黄酸化物の環境濃度，風向風速等気象要素を長期的に把握する長期現地調査（通年測定）の２種類の現地調査を実施した。したがって，測定機器の取り扱い等に関する教育・訓練についても，短期及び長期調査で用いる測定機器に分けて教育・訓練を実施した。その概要は次のとおりであるが，測定機器の取り扱い等に関する具体的な内容は，次章以下各測定項目の中で詳述する。

2.1　短期現地調査に係る教育・訓練

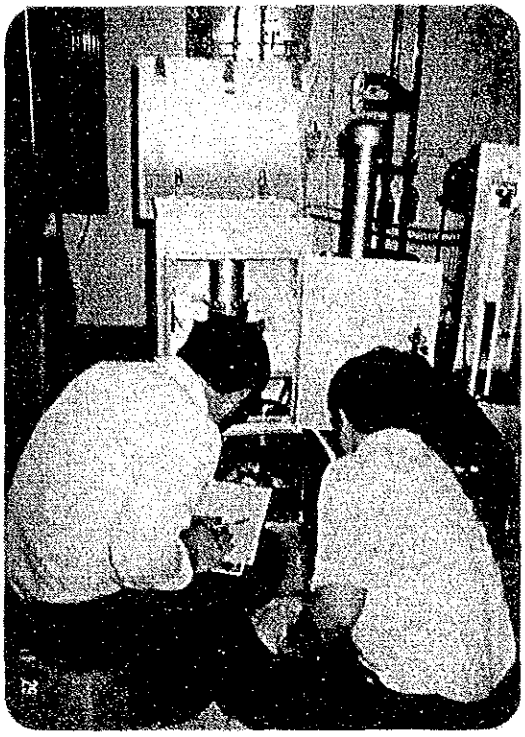
短期現地調査は，当該地区20地点に40台のハイボリウムサンプラーと，３台のアンダーセンサンプラーを設置し，粒子状物質濃度を測定するものであり，取り扱う測定機器の台数がかなり多い。したがって，その校正は測定を開始する前に，測定機器を１ヵ所に集め，集中的に行うこととし，その時同時に，測定機器の取り扱い方法並びに校正に関する教育・訓練を実施した。なお，取り扱い方法，校正に関する教育・訓練は，第１次現地調査の測定開始前（1983年11月26日～12月１日）に行い，（同時に，天秤の取り扱い方法，ろ紙の恒量，秤量方法に関する教育・訓練も実施）それ以後の現地調査（第２次～第４次）における測定機器の校正は，シンガポール側が行った。測定機器の取り扱い方法，校正方法の教育・訓練の様子を写真Ⅲ－２－１に示す。

測定機器の点検方法，ろ紙の交換方法に関する教育・訓練は，各短期現地調査の測定期間中，JTC 職員が調査団に同行することにより行った。教育・訓練を行ったJTC 職員名を表Ⅲ－２－１に，教育・訓練の様子を写真Ⅲ－２－２に示す。

表Ⅲ－２－１　測定機器に関する教育・訓練者

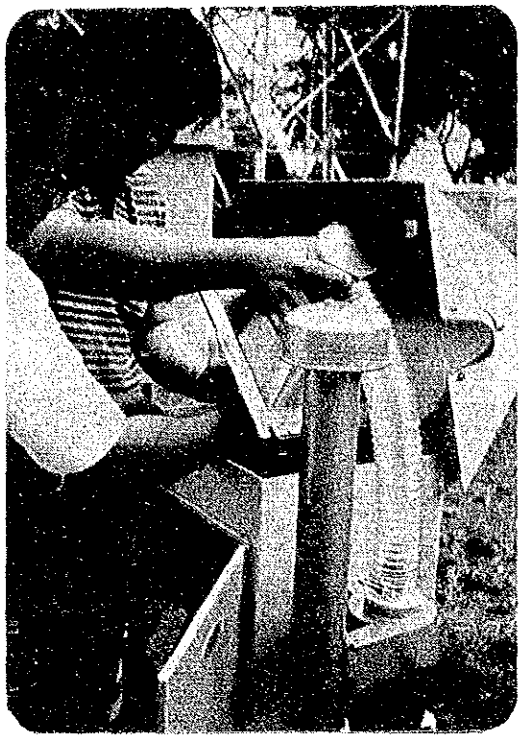
第１次現地調査	第２次現地調査	第３次現地調査	第４次現地調査
Team1	Team1	Team1	Team1
Mr. Ng Hwee Choon	Mr. Ng Hwee Choon	Mr. Ng Hwee Choon	Mr. Ng Hwee Choon
Mr. Tang Tat Kwong	Mr. Tang Tat Kwong	Mr. Tang Tat Kwong	Mr. Tang Tat Kwong
Mr. Wu Seng Chook	Mr. Wu Seng Chook	Mr. Wu Seng Chook	Mr. Cheong Mun Wah
Team2	Team2	Team2	Team2
Mr. Tan Hua Soon	Mr. Tan Hua Soon	Mr. Tan Hua Soon	Mr. Tan Hua Soon
Mr. Simon Chui	Mr. Sonny Yeoh	Mr. Koh Cheng Hui	Mr. Koh Cheng Hui
Mr. Koh Cheng Hui	Mr. Koh Cheng Hui	Mr. Sonny Yeoh	Mr. Sonny Yeoh
Team3	Team3	Team3	Mr. Lee Soon Weng
Mr. Ng Soon Tong	Mr. Ng Soon Tong	Mr. Ng Soon Tong	Team3
Mr. Tan Suan Juan	Mr. Tan Suan Juan	Mr. Tan Suan Juan	Mr. Ng Soon Tong
Mr. Ling Hua Khai	Mr. Ling Hua Khai	Mr. Ling Hua Khai	Mr. Tan Suan Juan
Team4	Team4	Team4	Mr. Ling Hua Khai
Mr. Cheak Sek Thim	Mr. Cheak Sek Thim	Mr. Cheak Sek Thim	Team4
Mr. Wong Kok Cheong	Mr. Wong Kok Cheong	Mr. Lim Chin Chong	Mr. Cheak Sek Thim
Mr. Lim Chin Chong	Mr. Lim Chin Chong	Mr. Chan Yek Seng	Mr. Lim Chin Chong
	Mr. Chan Yek Seng		Mr. Chan Yek Seng

写真Ⅲ－２－１(1)　ハイボリウムサンプラー取り扱い方法の教育・訓練



写真Ⅲ－２－１(2)　ハイボリウムサンプラーの校正方法教育・訓練

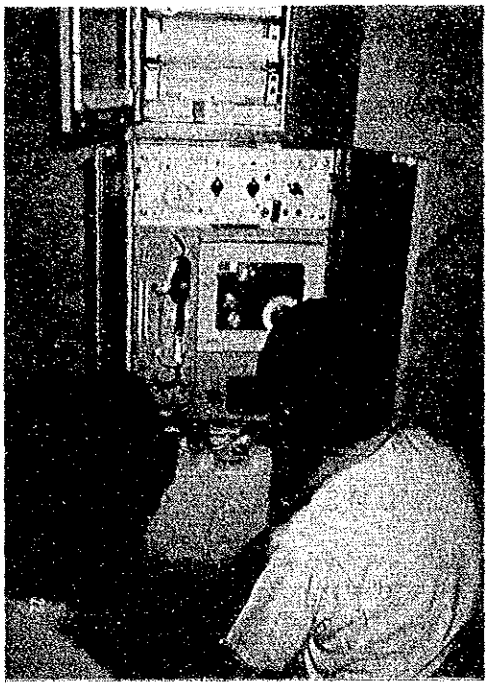
写真Ⅲ－２－２(1)　ハイボリウムサンプラー点検方法の教育・訓練



写真Ⅲ－２－２(2)　ハイボリウムサンプラー用ろ紙の交換方法の教育・訓練

2.2　長期現地調査に係る教育・訓練

長期現地調査は，浮遊粒子状物質，SO_2，風向風速，日射量，放射収支量，気温の測定を年間を通じて行い，その測定は，自動連続測定器による方法を採用した。そこで，日常の保守点検はJTC が，測定機器の校正については日本側が行うこととした。そのため，通年測定を行う前に，測定機器の取り扱い方法，保守管理方法を調査団がJTC 職員に教育・訓練した。なお，教育・訓練は測定点への測定器の収納が終了した時点で行った。またβ線式粉じん計による浮遊粉じん以外の測定項目の教育・訓練は，SO_2 に係る環境への影響調査時に行っているので，今回は，β線式粉じん計の取り扱い方法等に関する教育・訓練だけを行った。写真Ⅲ－２－３に教育・訓練の様子を示す。



写真Ⅲ－２－３　β線式粉じん計の取り扱いに関する教育・訓練

第３章　短期現地調査

短期現地調査は，1983年12月，1984年３月，同年６月から７月及び９月の計４回，粒子状物質の測定をそれぞれ各14日間行った。測定項目は，当該地区20地点（MP１～MP20）におけるハイボリウムサンプラーによる浮遊粉じん（TPM），浮遊粒子状物質(SPM) の日平均値の測定と，MP1, 2, 6 におけるアンダーセンサンプラーによるTPMの粒径分布測定（12日間平均値）である。この他，短期現地調査と並行して，自動連続測定器によるSPM, SO_2, 風向風速，日射量，放射収支量，気温の通年測定（長期現地調査）を実施したが，これらについては第４章で記述する。また，短期現地調査におけるTPMの１日分の試料（20地点×４期）については，化学成分の分析を日本において行ったが，これについては第５章で記述する。

3.1　野外実測調査の概要

あらかじめ校正を終えたハイボリウムサンプラー，アンダーセンサンプラーを表Ⅲ－１－２に示す各測定点に搬入設置し，実測開始当日の午前９時半から11時の間に４班に分かれた調査団が，ハイボリウムサンプラー（各測定点につき２台，１台はTPM用，もう１台はSPM用）については，ろ紙を装着して毎分 800ℓの流量で環境大気を吸引し，また，アンダーセンサンプラー（MP１，２，６）については毎分28.3ℓの流量で大気を吸引して（あらかじめろ紙を装置），測定を開始した。測定開始後は午前と午後の定時に同一の順序で巡回を行い，ハイボリウムサンプラーについては，表Ⅲ－３－１に示す様式にしたがい，ろ紙の交換（翌日の午前），積算吸引流量，瞬間流量等の保守点検を（午前，午後），アンダーセンサンプラーについては，表Ⅲ－３－２に示す様式にしたがい流量調整を行った（午前，午後）。なお，TPMの測定は14日間であり，SPM は12日間である。表Ⅲ－３－３に野外実測調査の作業工程を示す。また，写真Ⅲ－３－１に測定状況を示す。

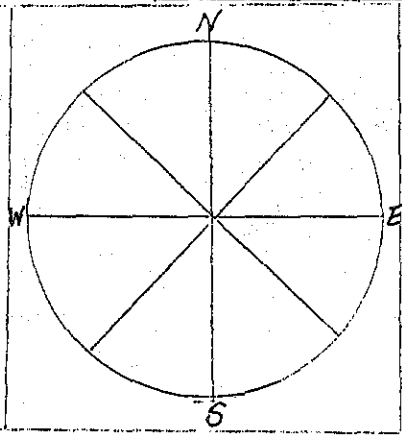
表Ⅲ－3－1 Sampling Record by High Volume Air Sampler

Monitoring Station		Instrument No.		Without Cyclon / With Cyclon	Filter No.
Monitoring Period	From: 198 , hour min. To: 198 , hour min.			Total sampling hour (a) (hour min, min)	Type of: Polyfrone / Quartz

Flow Rate	Date of Checking Month/Day/Hour/Min.	Record of flow rate by rotar-meter: Rotar Value	Adjusted Value(l/m)	Average Value(l/m)	Total Flow Rate	Record of flow rate by cummulative-meter: Counter Value	Count Number	Total Flow Rate
	Start:		(b)		(b)+ --(i)x(a) / N	(j)	(j)-(k)	
	1st Check	*	(c)					
		**	(d)					
	2nd Check:	*	(e)					
		**	(f)					
	3rd Check:	*	(g)					
		**	(h)					
	Finish		(i)			(k)		

Meteorological Conditions				
	Fair	Date:M,D,H.M.	/ :	
	Fair & Cloudy	Temperature	°c	
	Fair & Rain	Humidity	%	
	Cloudy	Visibility		Good
	Cloudy & Fair			Bad
	Cloudy & Rain			Normal
	Rainy			
	Rain & Fair	Wind Velocity (m/s)		
	Rain & Cloudy			

Wind Direction



Instructions

(1) Flow rate adjustment should be performed about 5 minutes after operation of sampler
(2) At filter placement, No. printed side of filter should face downward.
(3) Read rotar-meter at the center of float

Remarks: * = before adjustment
**= after adjustment

Person in charge

表Ⅲ－3－2 Sampling Record by Andersen Sampler

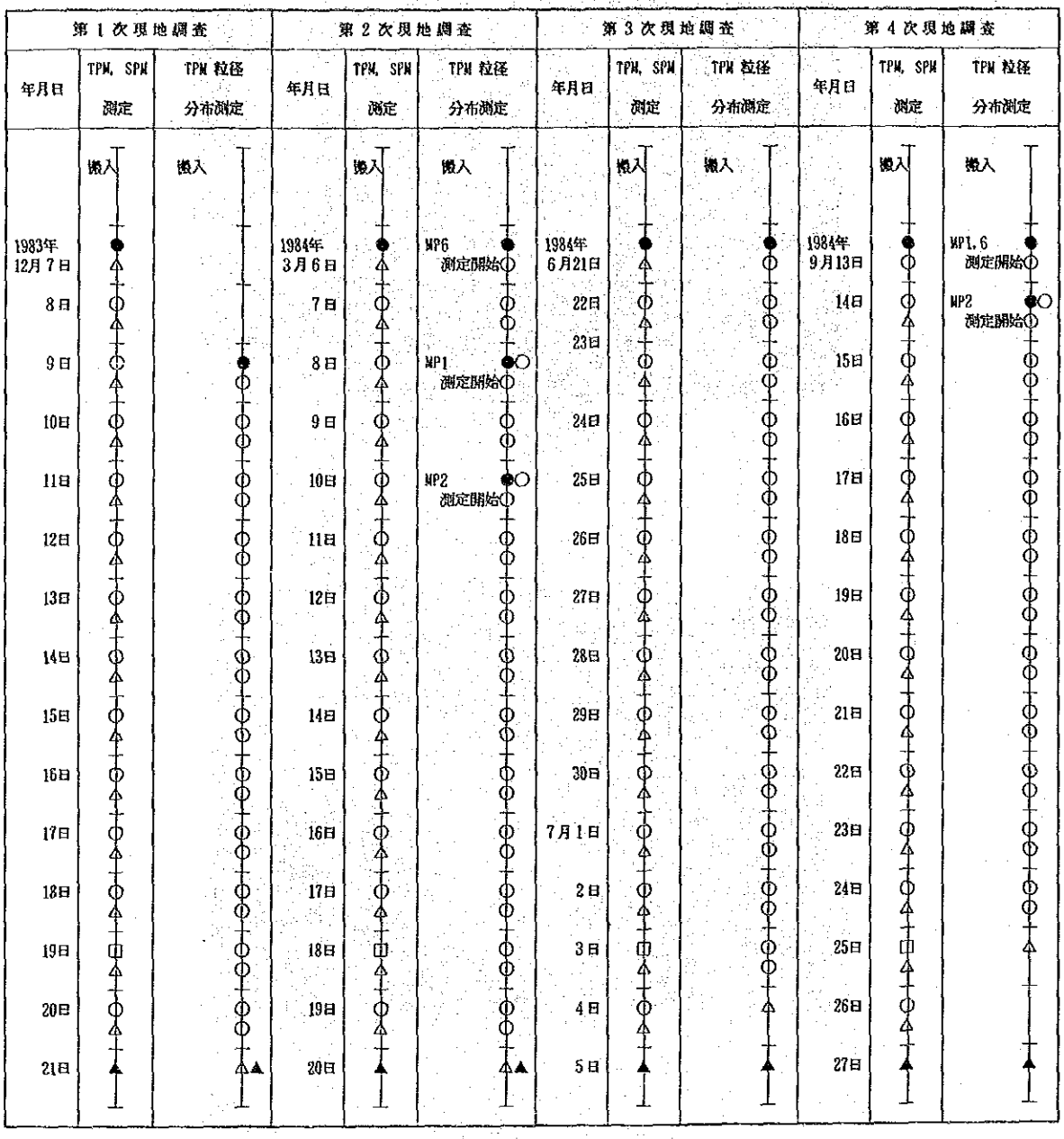
Monitoring Station		Instrument No.		Sampling Time		Person in charge
				Hour	Minutes	
Monitoring Period		From: 198 , , . Morning, Afternoon hour min		(1)	Min.	
		To : 198 , , . Morning, Afternoon hour min				

Classified Stage (μm)	Filter Number	Date Month Day	Hour Min	Flow Rate Q (l/min)	Date Month Day	Hour Min	Flow Rate Q (l/min)	Date Month Day	Hour Min	Flow Rate Q (l/min)	Average Flow Rate (l/min)	(2)
> 11		Start					a)			a)	Total (1)×(2)	(3)
							b)			b)	Absorbed Volume(m^3)	
11 - 7.0				a)*			a)			a)	Remarks:	
				b)*			b)			b)		
7.0 - 4.7				a)			a)			a)		
				b)			b)			b)		
4.7 - 3.3				a)			a)			a)		
				b)			b)			b)		
3.3 - 2.1				a)			a)			a)		
				b)			b)			b)		
2.1 - 1.1				a)			a)			a)		
				b)			b)			b)		
1.1 - 0.65				a)			a)			a)		
				b)			b)			b)		
0.65 - 0.43				a)			a)			a)		
				b)			b)			b)		
< 0.43				a)								
				b)								

*a) = before adjustment

*b) = after adjustment

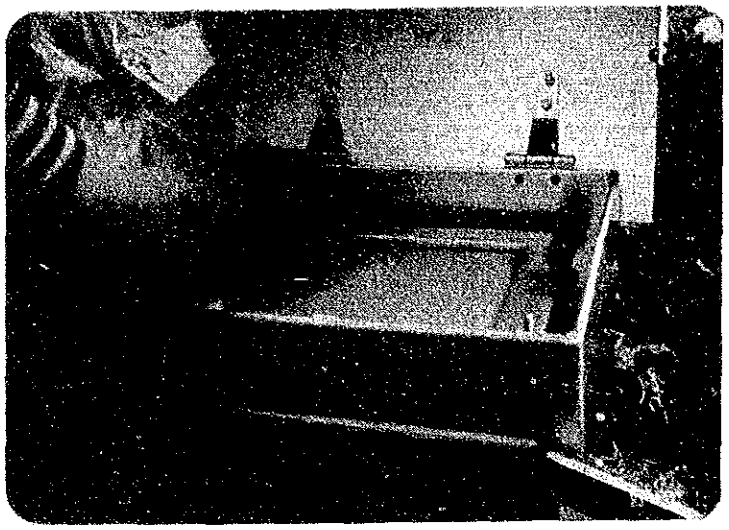
表Ⅲ－3－3　野外実測調査作業工程



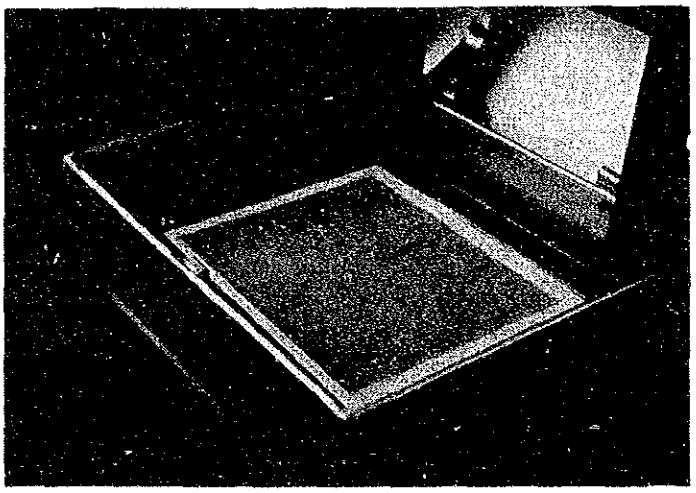
TPM, SPM測定
- ●；ろ紙の装置，流量設定
- ○；ろ紙の交換，流量チェック，流量調整
- □；TPMろ紙の交換，流量チェック
  SPM測定終了，流量チェック
- ▲；TPM測定終了，流量チェック
  ハイボリウムサンプラー撤収
- △；流量チェック，流量調整

TPM粒径分布測定
- ●；流量設定
- ○；流量チェック，流量調整
- △；流量チェック
- ▲；アンダーセンサンプラー撤収

注：アンダーセンサンプラーによる測定期間は，機器のトラブル等により異なる。



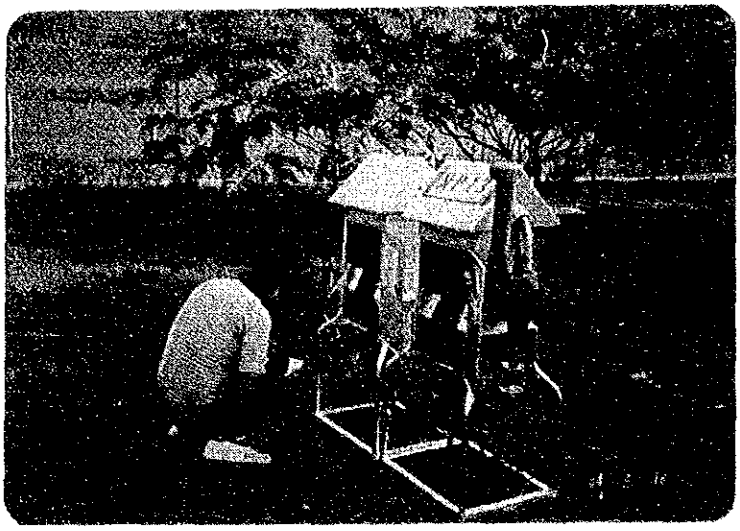
写真Ⅲ－３－１(1)　ハイボリウムサンプラーへのろ紙の装着



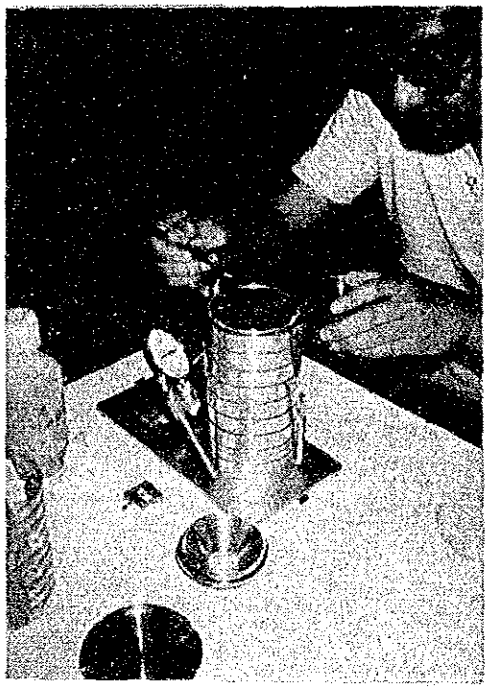
写真Ⅲ－３－１(2)　ろ紙に捕集した粒子状物質

写真Ⅲ－３－１(3)　ろ　紙　の　回　収

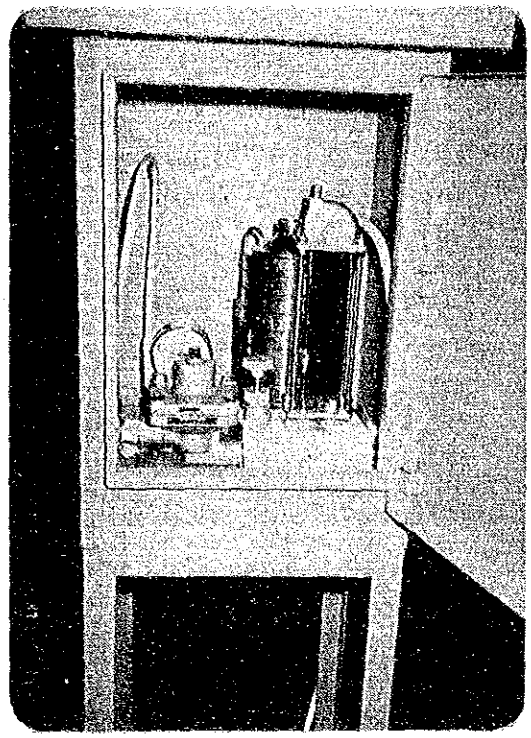
写真Ⅲ－３－１(4)　流　量　チ　ェ　ッ　ク



写真Ⅲ－３－１(5)　野　帳　の　記　載

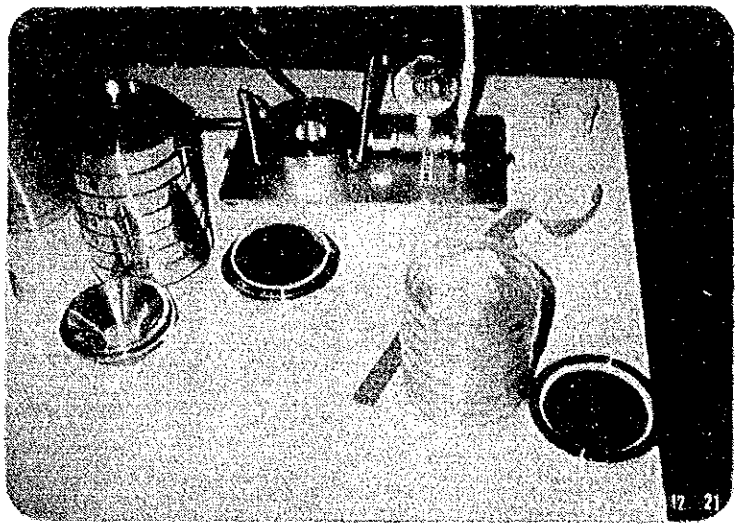


写真Ⅲ－３－１(6)　アンダーセンサンプラーへのろ紙の装着



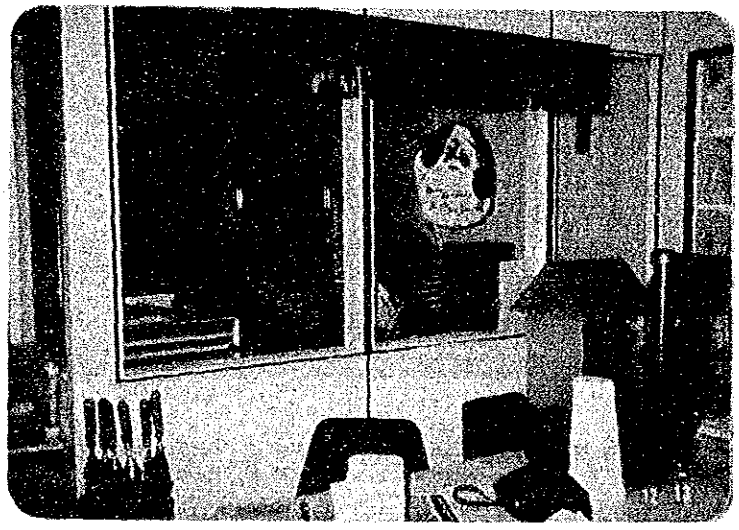
写真Ⅲ－３－１(7)　測定中のアンダーセンサンプラー

写真Ⅲ－３－１(8)　アンダーセンサンプラーの流量チェック



写真Ⅲ－３－１(9)　アンダーセンサンプラーろ紙に捕集した粒子状物質

ろ紙の秤量は，粒子状物質採取前後に，ＪＴＣのソイルラボラトリー内に建設した恒温室内のエアーエージングボックス内で恒量とした後，精密天秤により重量を測定し，表Ⅲ－３－４，表Ⅲ－３－５に示す様式にしたがい記録した。粒子状物質の濃度は，粒子状物質捕集前後のろ紙の重量と大気吸引流量より，後述する方法により計算した。写真Ⅲ－３－２にろ紙の秤量の様子を示す。



写真Ⅲ－３－２(1)　恒　　温　　室

表Ⅲ－3－4 Record of Weight Analysis of High Volume Sampler

Monitoring Station				Instrument No.						Without Cyclon / With Cyclon			
Filter No.	Sampling Period Month, Day, Hour, Min.	Incubating time before sampling	Incubating time after sampling	Sampling time(min)	Total Flow rate (m^3)	Weight before sampling	Weight after sampling	Sampled volume	Particulate concentr. ($\mu g/m^3$)	Labora- Tem. (°c)	Labora- Hum. (%)	Remarks
	From:											
	To:											
	From:											
	To:											
	From:											
	To:											
	From:											
	To:											
	From:											
	To:											
	From:											
	To:											
	From:											
	To:											
	From:											
	To:											
	From:											
	To:											

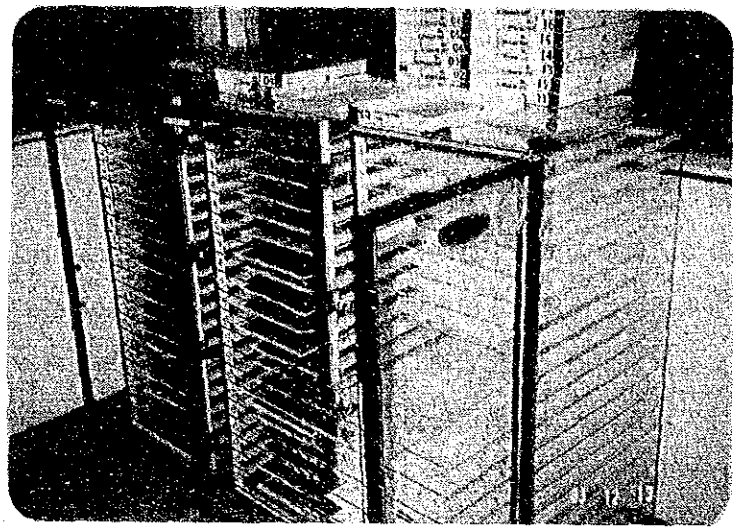
表Ⅲ－3－5 Record of Weight Analysis of Andersen Sampler

Monitoring Station		Instrument No.	
Monitoring Period	From: 198 , , , , .		
	To: 198 , , , , .		
Incubating Time Before Sampling	From: 198 , , , , .		
	To: 198 , , , , .		
Incubating Time After Sampling	From: 198 , , , , .		
	To: 198 , , , , .		

Absorbing Time	(1) min	Incubating time before sampling	min.	Incubating time after sampling	min.
Average Flow Rate	(2) l/min.	Total Flow Rate (1)x(2)	(3) m^3		

Classified Stage (m)	Filter No.	Weight(mg) After sam pling	Weight(mg) Before Sam pling	Sampled Volume (mg)	Particulate Conc. by Size(mg/m^3)	Remarks
> 11				(4)		
11 - 7.0				(5)		
7.0 - 4.7				(6)		
4.7 - 3.3				(7)		
3.3 - 2.1				(8)		
2.1 - 1.1				(9)		
1.1 - 0.65				(10)		
0.65 - 0.43				(11)		
< 0.43				(12)		
Total Sampled Particulate(mg) (4)+ ------(12)				(13)		Temperature of laboratory °c
Total Particulate Conc.(mg/m^3) (13)/(3)						Humidity of laboratory %

Remarks:



表Ⅲ－３－２(2)　エアーエージングボックス

写真Ⅲ－３－２(3)　ろ　紙　の　秤　量

3.2 ハイボリウムサンプラーによるＴＰＭ，ＳＰＭの測定

3.2.1 使用機器とその操作法

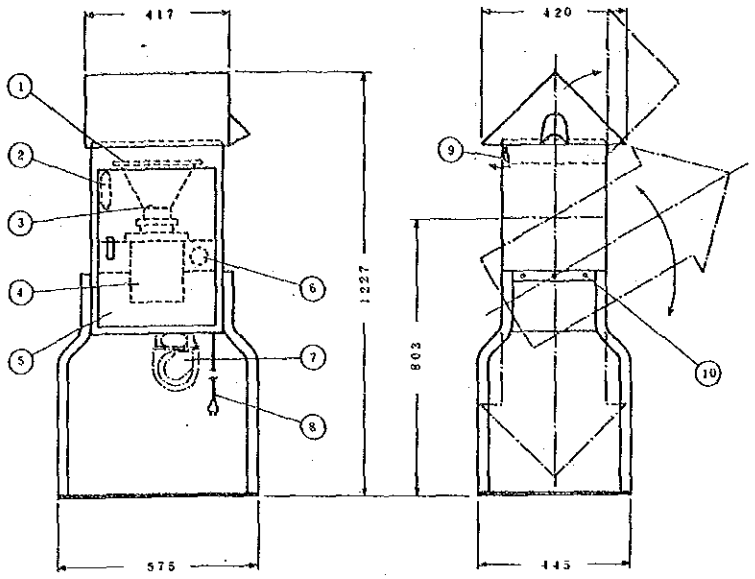
(1) ハイボリウムサンプラー

本調査に使用したTPM測定用ハイボリウムサンプラーは，米国EPAの規格に合致した寸法，特性を持つもので，環境大気を１分間に0.6～1.3m³の吸引速度で24時間連続吸引し，大気中の粒子状物質をろ紙上に捕集する測定器である。この測定器（紀本製MODEL-120A）は，フィルターホルダーをシェルター内に収納して，雨滴とか粒径の大きな降下ばいじんが採取されない構造となっている。また，吸引流量を把握するために，浮子式流量計及び積算ガスメーターが取りつけてある。

一方，SPM 測定用ハイボリウムサンプラー（紀本製MODEL-121A）は，TPM 測定用ハイボリウムサンプラーにサイクロン分粒器を取りつけたもので，10μm 以上の粒子状物質が除去された後，フィルター上に捕集される構造になっている。使用したハイボリウムサンプラーの仕様を表Ⅲ－３－６，全体図を図Ⅲ－３－１，サイクロン外観図を図Ⅲ－３－２，外観図を写真Ⅲ－３－３に示す。

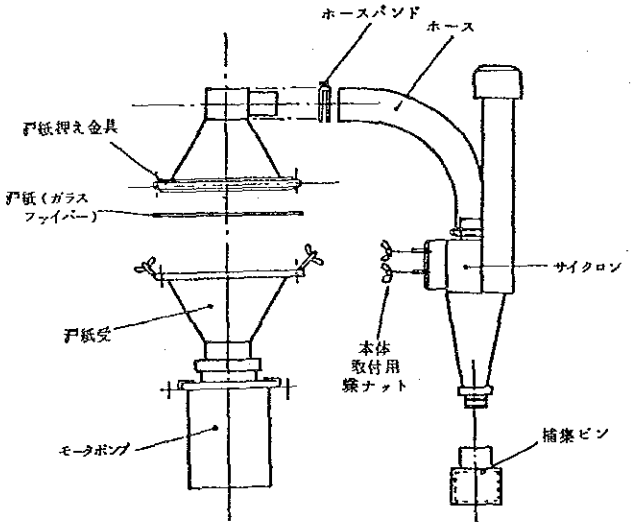
表Ⅲ－３－６　ハイボリウムサンプラー仕様

本　体		
電　源	：	AC 100V，50／60Hz
消費電力	：	600 VA
寸　法	：	W 575 × H 1227 × D 445 mm
重　量	：	モーターポンプ　7 kg
		シェルター　16kg
		サイクロン（121Aのみ）4 kg
試料採取部		
使用ろ紙	：	203 × 254 mm
最大吸引量	：	1.7 m³／min
流量調整	：	1 KVA の電圧調整器（位相制御）による

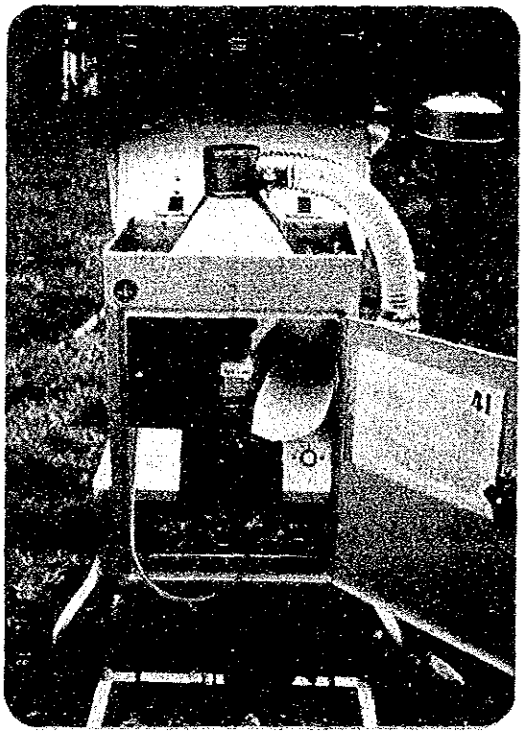


①；フィルターホルダー
②；流量計
③；ろ紙受け
④；モーターポンプ
⑤；シェルター
⑥；電圧調整器
⑦；積算流量計
⑧；電源コード
⑨；屋根固定錠
⑩；シェルター固定用ネジ

図Ⅲ－３－１　ハイボリウムサンプラー全体図

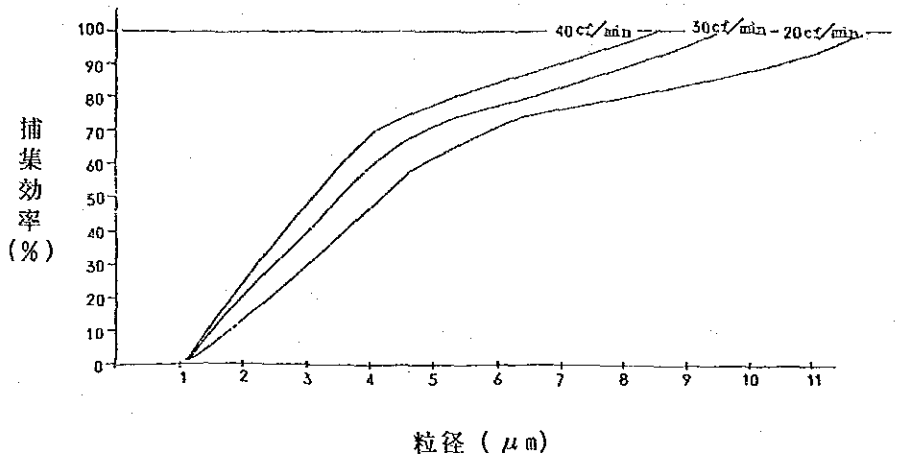


図Ⅲ－３－２　サイクロン外観図



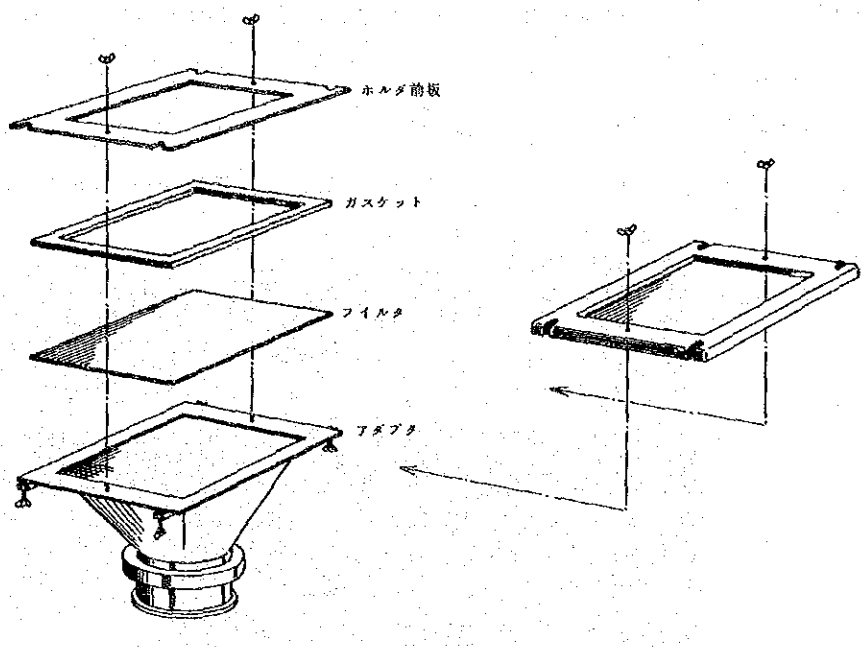
写真Ⅲ－３－３　ハイボリウムサンプラー（SPM用）

なお，ここで用いたサイクロン分粒器は，円筒内に回転気流をおこし，その遠心力のため粒子が外方に分離され，壁面を伝わって落下する粒子を集じんするものであるが，10μm を境とした粒子の正確なカットは不可能であり，10μm 以下の粒子についてもある程度カットされる。図Ⅲ－３－３は用いたサイクロンの粒径別捕集効率曲線であり，この図より当調査で採用した流量800ℓ／min（28.3ft³／min）では，10μm以上は100％カットされるが，10μm以下もカットされ，50％カット粒径は3.6μmとなる（3.6μmの粒子は50％カットされる）。



図Ⅲ－３－３　サイクロンの粒径別捕集効率曲線

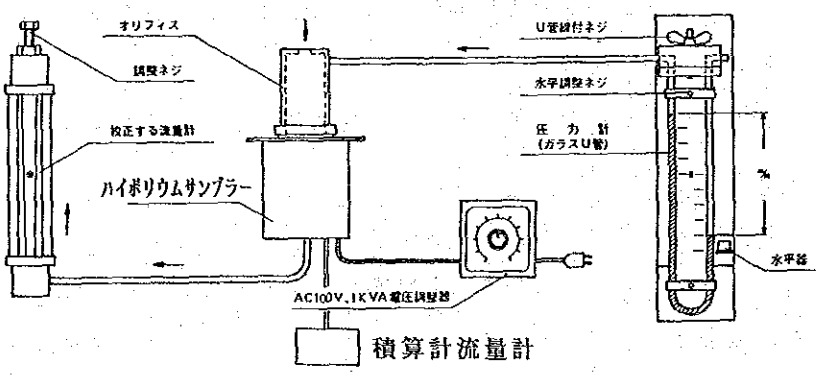
捕集用ろ紙の取りつけは，あらかじめ秤量したろ紙を図Ⅲ－３－４のようにアダプターとガスケットの間に挿入し，固定する。測定は，まず測定開始の時刻，積算流量計の読みを記録し，電源を入れてから５分後に流量計を正確に所定の位置に合せて行う。測定終了時は，積算流量計，浮子式流量計の読みを記録してから電源を切る。なお，モーター部のカーボンブラシは耐用時間が500時間であるので，500時間毎に交換し校正を行う（第１次調査後はＪＴＣがカーボンブラシを交換し，校正を行った）。



図Ⅲ－３－４　ろ紙の取りつけ

(2)　オリフィスキャリブレーター

オリフィスキャリブレーターは，ハイボリウムサンプラーの流量校正器であり，本調査においては紀本製MODEL CB-10 を使用した。この校正器はあらかじめメーカーにより，流量（㎥/ min)と差圧（mmAq）との関係が調べられており，図Ⅲ－３－５に示すようにオリフィスキャリブレーターをハイボリウムサンプラーに取りつけ，オリフィスキャリブレーターの差圧からハイボリウムサンプラーのローターメーター及び積算流量計の校正を行うものである。オリフィスキャリブレーターの仕様を表Ⅲ－３－７に，その外観を写真Ⅲ－３－４に示す。



図Ⅲ－３－５　オリフィスキャリブレーターによるハイボリウムサンプラー流量校正

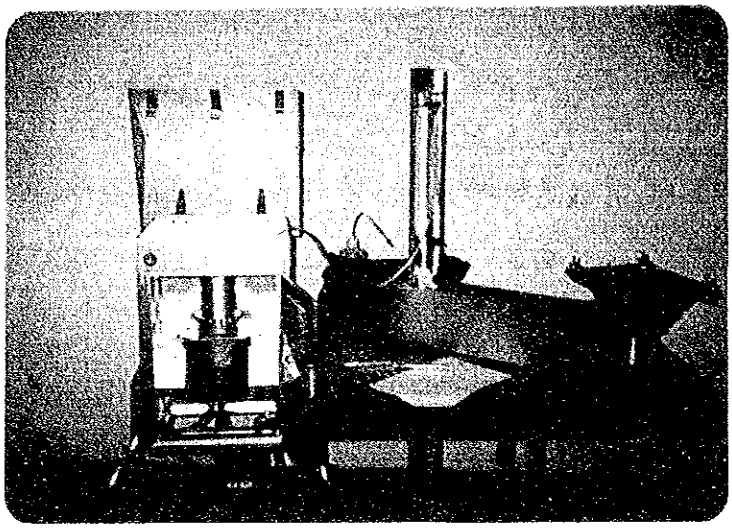
表Ⅲ－３－７　オリフィスキャリブレーター仕様

校正範囲　　0～1500ℓ／min

寸　　法　　本体ケース　W 130 × H 155× L 680 ㎜　（使用時の高さ 705㎜）

　　オリフィス　φ88× H180 ㎜

重　　量　　4.5 kg



写真Ⅲ－３－４　オリフィスキャリブレーター外観

校正手順は次のとおりである。

① オリフィスキャリブレーターを水平な位置にセットする。

② オリフィスキャリブレーターのＵ字管に水を０ラインまで入れる。

③ オリフィス筒とＵ字管をつなぐ。

④ ハイボリウムサンプラーのろ紙アダプターを取り外し，オリフィス筒をハイボリウムサンプラーのモーター吸引口にセットする。

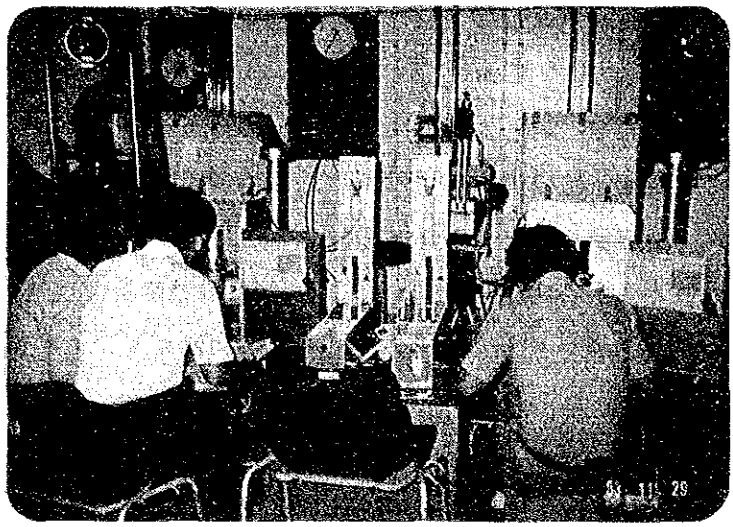
⑤ ハイボリウムサンプラーのモーターを始動し，1500ℓ／min の位置に水柱を合わせる。

⑥ ⑤の時に，ローターメーターの指示を目盛りの90％値（45）に合わせる。

⑦ 順次，設定流量に応じてハイボリウムサンプラーのスライダックを動かしモーターの回転を変え，Ｕ字管の水柱と，その流量に対するローターメーターの値を読み取る。また，積算流量計のカウント数（１ℓが１カウント）とそのカウントに要した時間（カウント最小単位は10とし，時間計測は１分以上とする）を計測する。

⑧　1カウント当りの吸引体積を求め，設定流量との関係をグラフにする（3.2.2　TPM, SPM 濃度の計算において詳述）。

写真Ⅲ－3－5に校正の様子を示す。



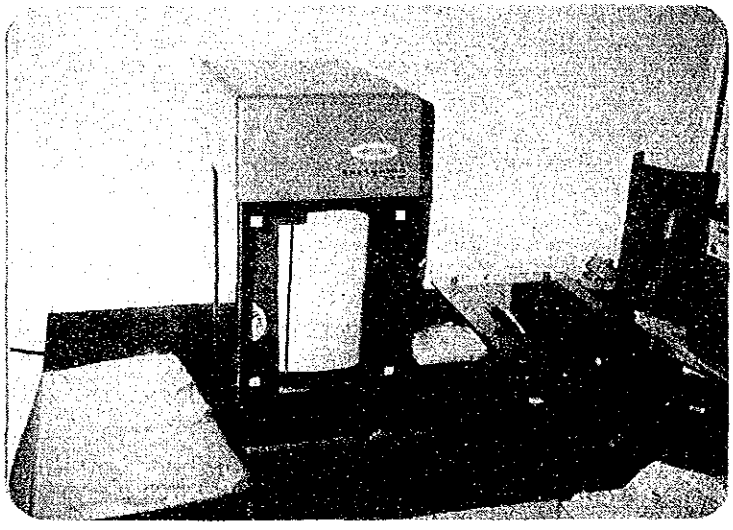
写真Ⅲ－3－5　オリフィスキャリブレーターによるハイボリウムサンプラーの校正

(3) 天　　秤

ハイボリウムサンプラー並びにアンダーセンサンプラーのろ紙の秤量（粒子状物質捕集前後のろ紙の秤量）に精密天秤を使用した。ハイボリウムサンプラーのろ紙の秤量には秤量感度 0.1mg，また，アンダーセンサンプラーのろ紙の秤量には0.01mgの感度が必要であるので，当調査においては西独製ザートリウス2004 MP6型セミミクロ天秤を使用した。この天秤は，電磁力補償方式による電子測定に，全自動式分銅加除機構を組み合わせてあり，16gまでは電子系が測定を行い，それ以上の秤量は，内蔵分銅が自動的に加除されるようになっており，166gまでの測定が全自動的に行われる。したがってこの天秤は，メカニカル式天秤のような煩雑な手動操作，例えばゼロ点調整，風袋消去，粗秤量，精密秤量，分銅加除，マイクロメーター操作などが全くいらず，ろ紙を天秤に乗せるだけでその重量がデジタル表示される。当調査のように多数のろ紙（例えばハイボリウムサンプラー用ろ紙は1回の短期現地調査で，2枚／測定点×40地点×14日×2（秤量前後）＝2240回の秤量が必要になる）を限られた時間内に迅速に秤量するのに適した天秤である。天秤の仕様を表Ⅲ－3－8，外観を写真Ⅲ－3－6に示す。

表Ⅲ－３－８　セミミクロ天秤仕様

秤量範囲	；	166 g
最終読取値	；	0.01 mg
電子的測定範囲	；	16 g
自動式内蔵分銅	；	10～150 g
風袋消去範囲	；	166 g
標準偏差	；	0.02 mg
最大直線性偏差	；	±0.03 mg
電子式測定範囲内の安定時間	；	5 秒
積分時間	；	自動調整式
消費電力	；	12 W



写真Ⅲ－３－６　セミミクロ天秤の外観（Ⅲにハイボリウムサンプラー用ろ紙が乗せてある）

天秤の操作は次のとおりである。

① 設　　置

温度変化，気流，振動がなく，腐蝕性ガスなどの影響のない場所を選び，堅固な台上に設置する。（本調査においてはＪＴＣが作製した恒温室内に，大和科学製天秤台FBT-120（1,200×600×800 ㎜，122kg）を置き，この上に天秤を設置した）

② 表示部の確認

コードを電源（電圧は裏面のセレクターにより，100，120，220，240Ｖに選択できる）に接続し，電源スイッチを入れ“±888.88888ｇ”の表示により各数字のセグメントを確認する。続いて表示は自動的に“0.00000ｇ”に変わる。

③ 感度のチェック

地球の自転による遠心力のため，メーカーが調整した感度を，測定場所において点検する。

ａ．電源を入れ，最低30分間以上，ウォーミングアップする。

ｂ．両サイドのスライド扉を閉める。

ｃ．テアースイッチを押し，表示を“0.00000ｇ”にする。

ｄ．ストップスイッチを押し，内蔵分銅を固定する。

ｅ．基準分銅15ｇを載せ，扉を閉める。

ｆ．表示が“15.00000”を示すかチェックする。許容誤差は0.00001ｇである。これをオーバーする場合は，次に示す感度調整を行う。

④ 感度調整

この天秤は感度調整プログラムを内蔵しているので，補正ファクターを記憶させるだけで自動的に感度の調整が可能である。操作は次のとおりである。

ａ．秤量皿に何も載せないで，スライド扉を閉める。

ｂ．ストップスイッチを“STOP”にセットする。安定するとｇシグナルが表示される。

ｃ．テアースイッチを押す。0.00000ｇが表示される。

ｄ．秤量皿に基準分銅（15ｇ）を載せる。スライド扉を閉め，ｇシグナルの表示を待つ。

ｅ．感度調整スイッチを“CAL”にセットする。補正ファクター測定中，表示部は小数点と“ｇ”がフラッシングする。補正ファクターが決定すると，電子音が鳴り，基準分銅値がフラッシングする。

ｆ．感度調整スイッチを元にもどす。これにより，基準分銅どおりに校正される。

⑤ 秤　　量

ａ．テアースイッチを押してゼロ点を出す。安定するとｇシグナルが表示される。

ｂ．スライド扉を開けて，秤量皿にサンプルを載せる。

c．スライド扉を閉め，gシグナルが表示されたら値を読み取る。

(4) エアーエージングボックス

粒子状物質捕集前後のろ紙の保管と恒量のために，当調査においてはエアーエージングボックスを用いた。通常はこのボックス内に$Ca(NO_3)_2$などの調湿剤を入れ，ろ紙を恒湿に保ち秤量するが，当調査においては取り扱うろ紙の枚数が多く，この調湿剤では恒湿を保てないので，ボックスのふたを開け恒温室での湿度（55～65％）で恒量とした。エアーエージングボックスの仕様を表Ⅲ－3－9，外観を写真Ⅲ－3－2(2)に示す。

表Ⅲ－3－9　エアーエージングボックス仕様

間　口	400 (360) mm
奥　行	525 (500) mm
高　さ	1,040 (950) mm
重　さ	18 kg
材　質	アクリル樹脂
棚　板	10 段

（　）は内寸法

(5) ろ　紙

本調査においては，測定第1日目から12日目まではTPM，SPMとも石英ろ紙（ワットマン社製QM-A）を使用し，13日目，14日目はTPM中の金属元素の分析のため，金属成分ブランク値の少ないポリフロンろ紙（東洋ろ紙社製PF-1）を使用した(SPMは測定せず)。表Ⅲ－3－10にろ紙の仕様を示す。

表Ⅲ－3－10　ろ紙の仕様

	QM－A	PF－1
厚　さ　(mm)	0.45	1.00
空隙率（Vol ％）	—	72
抗張力（kg／cm²）	250~300g/15mm	14
空気抵抗（mmAq／m-min⁻¹）	—	9
孔　径（μm）	6	5

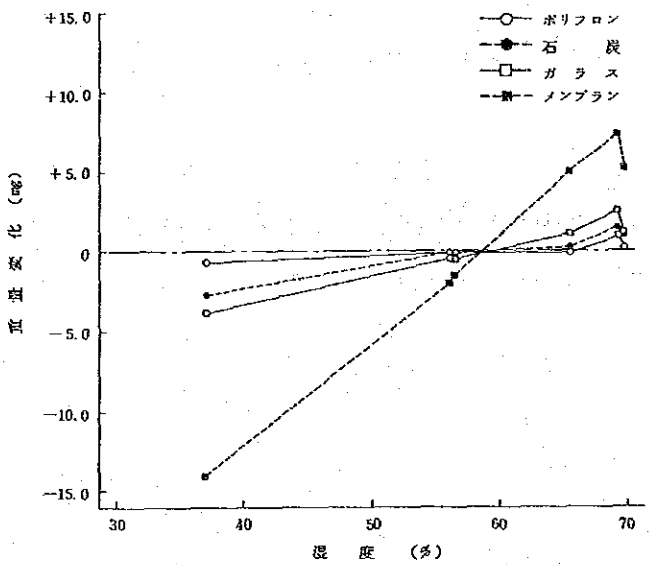
ろ紙材質の違いによる粒子状物質の捕集特性は，㈳産業公害防止協会が検討しており，ろ紙として石英，ガラス，メンブラン，ポリフロンの4種類を選び，同一場所でTPMをハイボリウムサンプラーで捕集し，表Ⅲ－3－11に示す結果を得ている。

表Ⅲ－3－11　ろ紙の捕集特性（全ろ紙平均に対する相対比）

石英	0.99
ガラス	1.06
ポリフロン	0.94
メンブラン	1.00

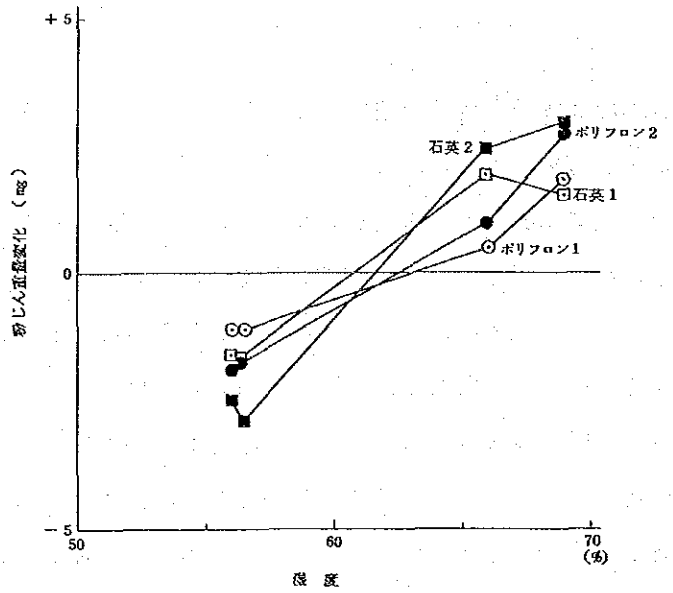
これをみると，ろ紙による濃度差は比較的小さいことがわかる。しかし強いて言うならば，ガラスろ紙が高い値を示している。これはガラス繊維表面のアルカリ分に大気中の酸性ガス（主としてSO_2）が吸着して，見掛け上重量が増加していると考えられる。ポリフロンは平均より若干低めであり，粒子が透過していることが予想される。

ろ紙を秤量して粒子状物質重量濃度を算出する場合，秤量時の湿度に影響される。これについても㈳産業公害防止協会が，①未使用ろ紙の吸湿特性，②粒子状物質の吸湿特性の検討を行っている。未使用ろ紙の吸湿特性の検討は，上記4種類のろ紙各2枚を対象とし，湿度の異なる条件下で秤量を行い，ろ紙が受ける湿度の影響，材質の違いによる影響の大きさを調べている。この結果を図Ⅲ－3－6に示す。これをみると，湿度が高いほどろ紙は水分を吸収して重量が増加し，その傾向はメンブランフィルターが一番大きく，次にガラス，石英，ポリフロンという順になってる。



図Ⅲ－3－6　ろ紙の湿度による重量変化

粒子状物質の吸湿特性についての検討は，2台のハイボリウムサンプラーに，石英及びポリフロンフィルターを装着し，2日間（約8時間毎にろ紙を交換）連続稼働させて粒子状物質を採取した後，各湿度下で恒量，秤量を行い，湿度影響を調べている。この場合，ろ紙及び粒子状物質自身の吸湿の2つの影響が考えられるため，未使用ろ紙を同時に秤量し，ろ紙自身による湿度影響分を補正して（未使用ろ紙の重量変化分を差し引いて），検討している。この結果を図Ⅲ－3－7に示す。この図より，捕集された粒子状物質は湿度の影響を受け，その影響度合はろ紙自身よりも大きいことがわかる。

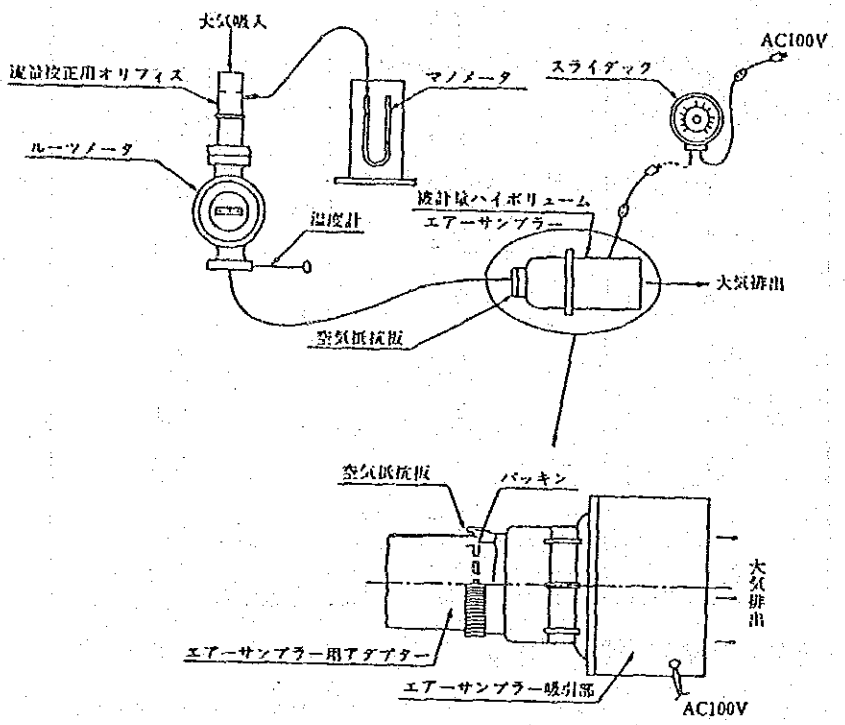


図Ⅲ－3－7　湿度による粒子状物質重量変化

3.2.2　TPM，SPM濃度の計算

(1)　ルーツメーターによるオリフィスキャリブレーターの校正

ハイボリウムサンプラーの校正を行う前に，この校正に使用するオリフィスキャリブレーターの校正をメーカーが行っている。その概要は次のとおりである。オリフィスキャリブレーターの校正は，標準流量計（ルーツメーター）を使用して，図Ⅲ－3－8に示す構成により実施している。この校正では，ルーツメーターにより測定された流量Ｑａ（m³/min）とオリフィスキャリブレーターのマノメーターの差圧Ｐ₁（mmAq）を求めている。その結果を表Ⅲ－3－12に示す。



図Ⅲ－3－8　ルーツメーターによるオリフィスキャリブレーターの校正

当調査においては，このルーツメーター流量Ｑａとマノメーターの差圧Ｐ₁との関係を回帰式Ｑａ＝ｈ（Ｐ₁）で求めた。回帰式は３次式とし，その結果を表Ⅲ－3－13に示す。また，この回帰式と校正時のデータをプロットした結果を図Ⅲ－3－9に示す。

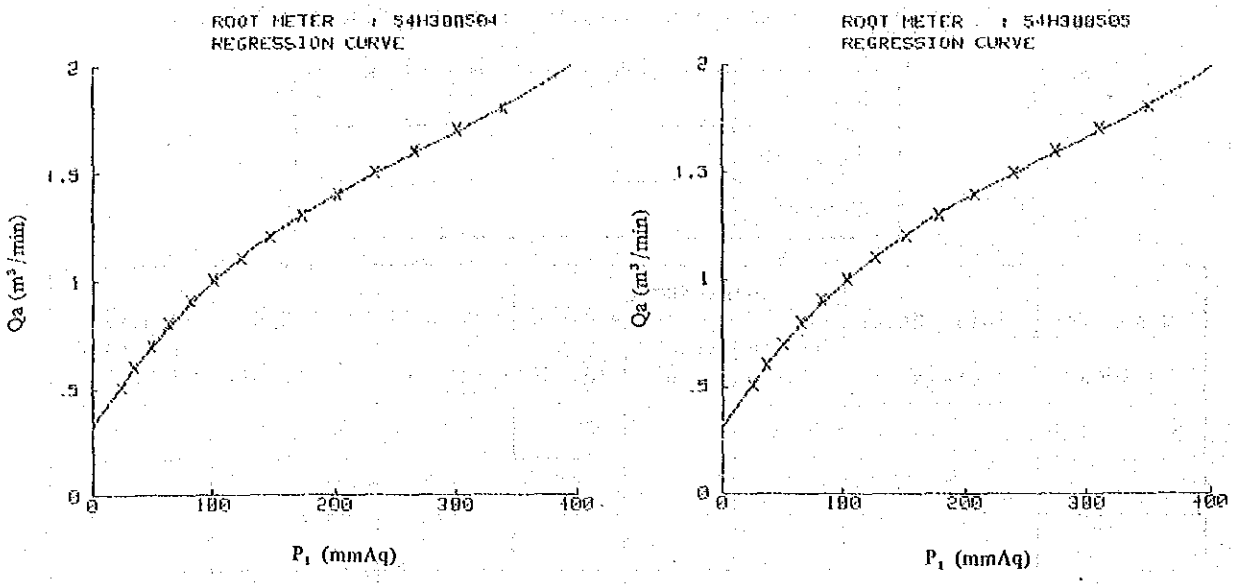
表Ⅲ－3－12　ルーツメーターによるオリフィスキャリブレーターの校正結果

（25℃，760mmHg）

ルーツメーター	オリフィスキャリブレーター	
	54H300504	54H300505
Qa（m³／min）	P_1（mmAq）	P_1（mmAq）
1.8	340	350
1.7	301	310
1.6	266	274
1.5	233	240
1.4	202	208
1.3	174	179
1.2	148	152
1.1	124	127
1.0	101	103
0.9	81	83
0.8	64	66
0.7	49	51
0.6	35	37
0.5	25	26

表Ⅲ－3－13　ルーツメーターによるオリフィスキャリブレーターの校正結果の回帰式

ルーツメーター機器	回　帰　式
54H300504	$Qa = 0.2608\times10^{-7}\cdot P_1^3 - 0.2130\times10^{-4}\cdot P_1^2 + 0.8610\times10^{-2}\cdot P_1 + 0.3180$
54H300505	$Qa = 0.2579\times10^{-7}\cdot P_1^3 - 0.2130\times10^{-4}\cdot P_1^2 + 0.8584\times10^{-2}\cdot P_1 + 0.3079$



図Ⅲ－３－９　ルーツメーターによるオリフィスキャリブレーターの校正曲線

(2)　オリフィスキャリブレーターによるハイボリウムサンプラーの校正

ルーツメーターにより校正したオリフィスキャリブレーターを使用して，ハイボリウムサンプラーに付属しているロータ－メーター及び積算流量計の校正を行った。この校正では，図Ⅲ－３－５に示すようにオリフィスをハイボリウムサンプラーのモーターポンプの上へ装着し，これにマノメーターを取りつける。次に，電圧調整器によりモーターの電圧を上下して，ロータ－メーターの目盛を約15～45の範囲で変化させ，そのときのマノメーターの差圧 P_2 及び積算流量計が20回転（１回転は約１ℓの流量に相当）するのに要する時間ｔを計測し，表Ⅲ－３－14に示す様式に記録した。なお，ハイボリウムサンプラーの校正に使用したオリフィスキャリブレーターの対応を表Ⅲ－３－15に示す。

次に，マノメーター差圧より表Ⅲ－３－13に示す回帰式により，オリフィスを通過する空気量，すなわちハイボリウムサンプラーの流量（Ｑａ）を計算した。この校正は第１次～第４次現地調査実施前に行ったが，各回ごとに校正時の温度が異なるので，式（Ⅲ－３－１）によりハイボリウムサンプラーの流量を補正した。

表Ⅲ－3－14 High Volume Sampler Flow Rate Checking Table

Date	
Moter No.	
Checker	

Manometer P_2 (mmAq)	Rotar Meter Value	Count Number			Time t(sec)	t/C.N (l/count)	Adjusted Flow Rate (ℓ/min)
		before (A)	after (B)	C.N (A)-(C)			

表Ⅲ－3－15 ハイボリウムサンプラーキャリブレーション時に使用したオリフィスキャリブレーター

MP	第 1 次		第 2 次		第 3 次		第 4 次	
	TPM	SPM	TPM	SPM	TPM	SPM	TPM	SPM
1	4	5	4	4	4	4	4	4
2	5	4	4	4	4	4	4	4
3	5	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	5	4	4	4	4
5	4	4	4	5	4	4	4	4
6	4	4	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4	4	4	4
8	5	5	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	4	4
10	4	5	4	4	4	4	4	4
11	5	5	4	4	4	4	4	4
12	4	4	4	4	4	4	4	4
13	5	4	4	4	4	4	4	4
14	5	5	4	4	4	4	4	4
15	4	5	4	4	4	4	4	4
16	4	5	4	4	4	4	4	4
17	4	5	4	4	4	4	4	4
18	5	5	4	4	4	4	4	4
19	5	5	4	4	4	4	4	4
20	5	4	4	4	4	4	4	4

注）4 ：54H300504
　　5 ：54H300505

$$Y = Qa \times 1000 \times \left(\frac{273 + To}{273 + Ta} \cdot \frac{P_a}{P_o} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-1)$$

ここで

Y ；校正時温度におけるハイボリウムサンプラー流量（ℓ／min）

T_o；ハイボリウムサンプラー校正時の温度（℃）（表Ⅲ－3－16）

T_a；ルーツメーターによるオリフィスキャリブレーター校正時における温度（25℃）

P_a；ルーツメーターによるオリフィスキャリブレーター校正時における大気圧（760mmHg）

P_o；ハイボリウムサンプラー校正時における大気圧（760mmHg）

表Ⅲ－3－16　ハイボリウムサンプラー校正時の温度

実施時期	気　温
第1次現地調査	25.0 ℃
第2次現地調査	28.9 ℃
第3次現地調査	29.2 ℃
第4次現地調査	29.2 ℃

この結果より，校正時の温度に補正したハイボリウムサンプラー流量Yとロータ－メータ－指示値RCとの回帰式（3次式）を作成した。

$$Y = f(RC) \quad \cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-2)$$

また，積算流量計がx回転に要する時間SEより，積算流量計1回転当りの流量YYを式（Ⅲ－3－3）により計算した。

$$YY = \frac{SE\ (秒)}{x\ (回転)} \times \frac{Y\ (\ell/分)}{60\ (秒/分)} = \frac{SE \cdot Y}{60x} \quad \cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-3)$$

ここで，

YY ；積算流量計1回転当りの流量（ℓ／count）

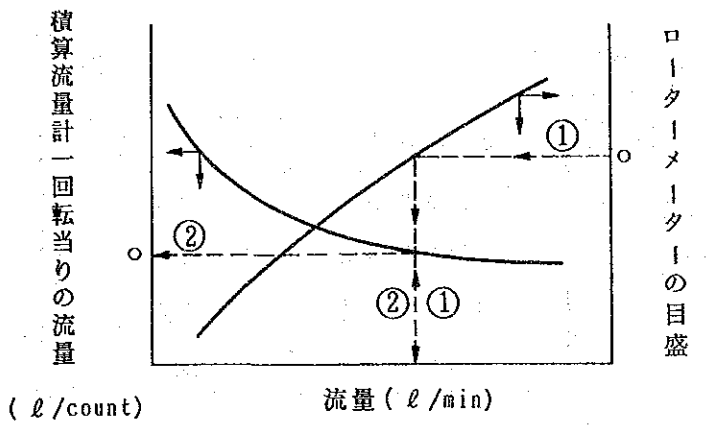
SE ；積算流量計x回転に要する時間（秒）

Y ；式（Ⅲ－3－1）により計算された校正時温度におけるハイボリウムサンプラー流量（ℓ／min）

積算流量計の校正曲線は通常図Ⅲ－３－10に示すように，始めにローターメーターの目盛から流量を求め（図Ⅲ－３－10の①の点線），次にこの流量に対応する積算流量計の流量（図Ⅲ－３－10の②の点線）を求めている。しかし，この方法では２段推定となるので，ここではローターメーターの目盛と積算流量計の１回転当りの流量を直接に表わす回帰式を求めた。この回帰式ｇ（RC）としては３次式を適用した。

$$YY = g(RC) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-4)$$

回帰式Ｙ＝ｆ（RC）とYY＝ｇ（RC）の結果の一例を表Ⅲ－３－17，図Ⅲ－３－11に示す。（資料編に全結果を示す）



図Ⅲ－３－10　ハイボリウムサンプラー流量校正曲線

(3)　ハイボリウムサンプラーの流量計算

野外測定時におけるハイボリウムサンプラーの流量計の読み取り（ローターメーター及び積算流量計）は，原則としてフィルターの装着時，取りはずし時及びその中間の３回行っている。したがって，ハイボリウムサンプラーの総吸引空気量は，前後２回の巡回の間における吸引空気量の和として求められる。当調査においては，ローターメーターの指示値より求めた吸引空気量をR_1，積算流量計の回転数より求めた吸引空気量をR_2とし，R_1，R_2を式（Ⅲ－３－５），（Ⅲ－３－６）より計算した。

表Ⅲ－３－17　オリフィスキャリブレーターによるハイボリウムサンプラー校正結果（例）

SITE.NO.　　1
INST.NO.　18300919
DATE　　1983 12
TEMP.　　25.0°C

ROTER METER (SCALE)	MANOMETER (MM AQ.)	NUMB. OF ROTATION (COUNT)	ACC. METER AVE. (SEC/N COUNT)	FLOW RATE (L/MIN)	ACC. METER FLOW (L/COUNT)
28.	49.	20	44.0	691.8	25.36
33.	64.	20	38.1	788.6	25.00
38.	81.	20	33.3	889.5	24.65
43.	101.	20	29.4	992.1	24.43
47.	124.	20	26.8	1107.8	24.69
51.	148.	20	24.4	1210.2	24.61

REGRESSION CURVE(1)　　Y = f(RC)

X : ROTOR METER　　(SCALE UNIT)
Y : TURE FLOW RATE (L/MIN.)

A0	A1	A2	A3
0.8917287552E 03	-0.3770468704E 02	0.1374697168E 01	-0.1004183576E-01

Y = A0 + A1 * X + A2 * X**2 + A3 * X**3

MULTI. CORR.=　　0.9997
STD. ERROR　=　　5.13

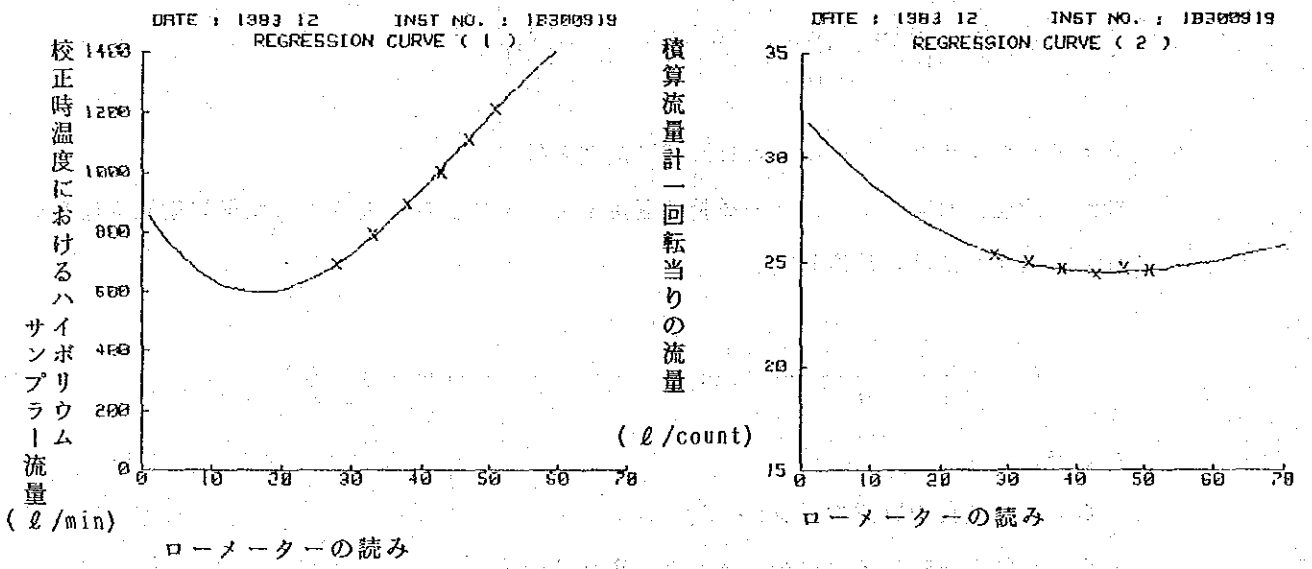
REGRESSION CURVE(2)　　YY = g(RC)

X : ROTOR METER　　(SCALE UNIT)
Y : ACC. METER　　(L/COUNT)

A0	A1	A2	A3
0.3210393568E 02	-0.3905153280E 00	0.6099616128E-02	-0.2565882528E-04

Y = A0 + A1 * X + A2 * X**2 + A3 * X**3

MULTI. CORR.=　　0.6647
STD. ERROR　=　　9909.48



図Ⅲ－３－11　ハイボリウムサンプラー校正曲線（例）

$$R_1 = \sqrt{\frac{273 + TEMP}{273 + TC}} \times \frac{f(RC_1) + f(RC_2)}{2} \times \Delta T \times \frac{1}{1000} \quad \cdots\cdots (Ⅲ-3-5)$$

$$R_2 = g\left(\frac{RC_1 + RC_2}{2}\right) \times (IC_2 - IC_1) \times \frac{1}{1000} \quad \cdots\cdots (Ⅲ-3-6)$$

ここで，

TC ； 校正時の気温（℃）

TEMP ； 大気吸引時の気温（日平均値を使用）（℃）

RC_1 ； 吸引開始（中間巡回）時のローターメーター指示値

RC_2 ； 吸引終了（中間巡回）時のローターメーター指示値

IC_1 ； 吸引開始（中間巡回）時の積算流量計のカウント数

IC_2 ； 吸引終了（中間巡回）時の積算流量計のカウント数

ΔT ； 吸引開始（中間巡回）時から吸引終了（中間巡回）時までの経過時間（分）

R_1 ； ローターメーター指示値より求めた吸引空気量（m^3）

R_2 ； 積算流量計の回転数より求めた吸引空気量（m^3）

次に，個々の巡回における吸引量R_1，R_2を合計して，1枚のフィルターを装着した期間中の総吸引空気量V_1，及びV_2を式（Ⅲ－3－7），（Ⅲ－3－8）により計算した。

$$V_1 = \sum_{i=1}^{n} R_1(i) \quad \cdots\cdots (Ⅲ-3-7)$$

$$V_2 = \sum_{i=1}^{n} R_2(i) \quad \cdots\cdots (Ⅲ-3-8)$$

(4) ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPM濃度の計算

TPM，SPM捕集前後のフィルター重量を測定することにより，大気中の粒子状物質濃度を式（Ⅲ－3－9）により計算した。

$$C = \frac{We - Ws}{V} \times 10^3 \quad \cdots\cdots (Ⅲ-3-9)$$

ここで，

C ；粒子状物質濃度（$\mu g/m^3$）

We ；粒子状物質捕集後のフィルター重量（mg）

Ws ；粒子状物質捕集前のフィルター重量（mg）

V ；吸引空気量（m^3）

この方法で求めた吸引空気量と粒子状物質濃度の計算結果の一例を表Ⅲ－3－18，表Ⅲ－3－19に示す（全結果を資料編に示す）。ここで，FLOW(1)，FLOW(2)がそれぞれ式（Ⅲ－3－7），（Ⅲ－3－8）で計算される吸引空気量であり，CONC(1)，CONC(2)は上記V_1，V_2より計算された粒子状物質濃度である。また，2通りの方法で求めた吸引空気量の計算値を比較した結果を資料編に示す。

表Ⅲ－3－18　ハイボリウムサンプラーのロータメーター読み，積算流量計指示値，吸引空気量及び粒子状物質濃度

SITE	INST.	FILTER	DATE	TIME	ROTOR	ACC.METER	FLOW(1)	FLOW(2)
1	10300919	01201	12 7 12	3	****** 33.0	2005		
			12 7 17	58	33.0 33.0	11000	278.6	224.3
			12 8 12	12	34.0******	47836	869.7	917.3
							1148.3	1141.6

FLOW(1) : BY ROTOR (M**3)
FLOW(2) : BY ACC. METER (M**3)

B.WEIGHT	A.WEIGHT	D.WEIGHT	CONC.(1)	CONC.(2)
4189.4	4263.4	74.0	64.4	64.8

CONC. (MICRO G./M**3)

表Ⅲ－3－19　ハイボリウムサンプラーの吸引空気量及び粒子状物質濃度

SITE-NO.	INST.-NO.	FILTER-NO.	DATE	FLOW(1) (M**3)	FLOW(2) (M**3)	WEIGHT(1) (G)	WEIGHT(2) (G)	DUST-W. (MG)	DUST-CONC.(*) (MG/M**3)
1	10300919	01201	12/ 7-12/ 8	1148.3	1141.6	4.1894	4.2634	74.0	64.8
1	10300919	01202	12/ 8-12/ 9	1112.8	1178.2	4.1842	4.2486	64.4	54.7
1	10300919	01203	12/ 9-12/10	1097.5	1121.8	4.3110	4.3471	36.1	32.2
1	10300919	01204	12/10-12/11	1130.7	1144.4	4.3184	4.3747	56.3	49.2
1	10300919	01205	12/11-12/12	1039.5	1100.0	4.3386	4.3921	53.5	48.6
1	10300919	01206	12/12-12/13	1082.2	1142.2	4.2731	4.3554	82.3	72.1
1	10300919	01207	12/13-12/14	1154.4	1175.1	4.3659	4.4655	99.6	83.3
1	10300919	01208	12/14-12/15	1154.0	1162.9	4.3902	4.4628	77.6	66.7
1	10300919	03209	12/15-12/16	1118.0	1141.6	4.7028	4.7739	71.1	62.3
1	10300919	01210	12/16-12/17	1076.0	1132.5	4.3446	4.4222	83.1	75.4
1	10300919	01211	12/17-12/18	1180.0	1176.6	4.2838	4.3553	71.5	59.8
1	10300919	01212	12/18-12/19	1073.7	1134.0	4.1536	4.2156	62.0	54.6
1	10300919	01113	12/19-12/20	1090.0	1127.3	27.1473	27.2047	59.4	52.7
1	10300919	01114	12/20-12/21	1190.2	1241.7	27.5814	27.6422	60.8	49.0

FLOW(1)　: CALCULATED BY ROTOR METER.
FLOW(2)　: CALCULATED BY ACCUMULATIVE FLOW METER.
WEIGHT(1) : FILTER WEIGHT BEFORE USE.
WEIGHT(2) : FILTER WEIGHT AFTER USE.
(*) DUST-CONC. IS CALCULATED BY FLOW(2)

3.2.3　TPM，SPM 測定結果

3.2.2で示した計算方法により算出したTPM，SPM濃度の一覧を表Ⅲ－3－20に示す。なお，測定途中で停電があった場合，ローターメーターによる吸引空気量は不正確となるので，ここでは積算流量計指示値より求めた吸引空気量を採用して，粒子状物質濃度を計算した結果を示してある。また，停電等のトラブルで吸引空気量が少ない測定地点，測定日を以下に示す。

測定点	項　目	測定日	測定値 (μg／m³)	備　考
MP 2	SPM	12月18～19日	48.6	ろ紙水分吸収のため重量不正確
MP11	TPM	12月 9～10日	32.5	ろ紙破損のため重量不正確
MP11	SPM	12月10～11日	41.0	ろ紙水分吸収のため重量不正確
MP11	TPM，SPM	12月15～16日	62.8，32.4	停電（18時間45分平均値）
MP12	TPM，SPM	12月 9～10日	51.3，25.7	スタートおくれ（20時間30分平均値）
MP17	TPM，SPM	12月 8～9日	153.9，43.7	停電（5時間40分平均値）
MP17	TPM，SPM	12月12～13日	108.7，33.0	停電（4時間15分平均値）
MP20	TPM，SPM	12月17～18日	56.8，20.8	停電（10時間平均値）
MP11	TPM，SPM	3月 8～9日	128.0，77.4	停電（7時間平均値）
MP20	TPM，SPM	3月16～17日	57.6，34.3	停電（19時間平均値）
MP 6	TPM	7月 4～5日	59.6	停電（19時間平均値）
MP12	TPM，SPM	6月29～30日	116.6，26.8	停電（3時間30分平均値）
MP13	TPM	7月 1～2日	74.5	電源接触不良（4時間20分平均値）
MP 2	SPM	9月24～25日	5.8	電源接触不良（5時間平均値）
MP14	TPM，SPM	9月23～24日	49.8，15.0	停電（1時間30分平均値）
MP14	TPM，SPM	9月24～25日	47.9，22.1	停電（19時間50分平均値）
MP15	TPM	9月23～24日	77.3	電源接触不良（6分間平均値）
MP15	TPM	9月26～27日	228.1	停電（2時間10分平均値）
MP17	TPM，SPM	9月13～14日	50.6，25.9	停電（9時間平均値）
MP17	TPM，SPM	9月18～19日	158.5，61.7	停電（6時間平均値）

表Ⅲ－3－20(1) ハイボリウムサンプラーによるTPM, SPM測定結果

（第１次現地調査）

		DATE OF MEASUREMENT (1983/12)														----12 DAYS----		
		7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	MEAN	MAX	MIN
1	TPM	64.8	54.7	32.2	49.2	48.6	72.1	83.3	66.7	62.3	75.4	59.8	54.6	52.7	49.0	60.3	83.3	32.2
	SPM	35.7	24.1	21.6	33.3	21.7	31.4	42.3	32.9	31.4	27.6	16.1	23.6			28.5	42.3	16.1
	S/T	55	44	67	68	45	44	51	49	50	37	27	43			48	68	27
2	TPM	65.1	71.4	47.6	52.1	53.9	44.3	59.0	61.4	51.7	49.2	57.9	45.8	25.3	31.3	54.9	71.4	44.3
	SPM	38.2	42.4	37.2	41.6	37.0	28.4	36.1	41.0	33.4	20.8	27.7	*****			34.9	42.4	20.8
	S/T	59	59	78	80	69	64	61	67	65	42	48	*****			63	80	42
3	TPM	64.3	54.0	42.3	43.2	47.8	55.1	74.0	53.1	50.6	47.6	57.6	42.7	35.0	42.0	52.7	74.0	42.3
	SPM	32.8	27.1	22.6	30.7	29.9	29.0	43.4	26.0	25.0	19.8	23.2	27.1			28.0	43.4	19.8
	S/T	51	50	53	71	63	53	59	49	49	42	40	63			54	71	40
4	TPM	73.9	61.7	42.7	54.1	57.2	83.4	125.2	94.4	82.9	95.0	114.3	72.1	89.2	105.9	79.7	125.2	42.7
	SPM	37.7	31.2	26.5	36.3	28.8	42.9	58.1	54.8	47.0	37.5	44.4	39.8			40.4	58.1	26.5
	S/T	51	51	62	67	50	51	46	58	57	39	39	55			52	67	39
5	TPM	75.7	57.4	41.0	52.4	50.2	85.3	130.1	91.1	91.7	98.9	98.4	69.5	83.0	77.8	78.5	130.1	41.0
	SPM	40.1	31.6	29.2	40.3	31.9	43.3	60.0	48.1	51.0	39.7	43.9	43.1			41.8	60.0	29.2
	S/T	53	55	71	77	64	51	46	53	56	40	45	62			56	77	40
6	TPM	51.2	42.2	36.0	31.2	39.2	52.9	77.2	87.2	64.1	53.8	66.7	48.0	40.0	54.4	54.1	87.2	31.2
	SPM	29.8	22.7	29.9	22.7	25.6	31.3	50.7	53.2	41.2	26.3	33.4	32.1			33.2	53.2	22.7
	S/T	58	54	83	73	65	59	66	61	64	49	50	67			62	83	49
7	TPM	95.7	93.3	64.2	69.5	79.0	118.7	155.6	148.0	110.3	108.7	100.3	82.9	98.7	100.5	102.2	155.6	64.2
	SPM	37.2	38.2	40.1	50.7	43.7	54.0	77.4	79.6	60.6	45.4	46.2	40.5			51.1	79.6	37.2
	S/T	39	41	62	73	55	45	50	54	55	42	46	49			51	73	39
8	TPM	35.5	37.6	21.5	31.6	35.1	41.1	62.1	77.5	45.8	44.4	54.2	29.8	35.6	35.2	43.0	77.5	21.5
	SPM	24.9	25.5	17.0	25.6	24.0	23.0	49.2	53.4	34.6	21.4	27.3	25.9			29.3	53.4	17.0
	S/T	70	68	79	81	68	56	79	69	76	48	50	87			69	87	48
9	TPM	46.2	42.0	28.0	35.3	46.9	42.2	74.4	79.1	53.6	42.0	54.0	43.8	39.4	34.5	49.0	79.1	28.0
	SPM	25.2	20.4	13.3	24.2	25.1	20.5	43.3	44.2	35.2	20.8	25.6	24.3			26.8	44.2	13.3
	S/T	55	49	48	69	54	49	58	56	66	50	47	55			55	69	47
10	TPM	51.4	50.2	34.4	49.3	46.0	40.1	73.7	64.6	47.5	42.6	59.2	47.1	34.6	37.9	50.5	73.7	34.4
	SPM	23.5	32.3	24.7	35.8	27.9	24.1	33.8	39.9	29.5	16.6	22.9	25.5			28.0	39.9	16.6
	S/T	46	64	72	73	61	60	46	62	62	39	39	54			57	73	39
11	TPM	49.1	48.5	*****	33.2	46.4	51.5	83.3	74.0	62.8?	52.2	63.4	49.4	34.7	39.9	55.1	83.3	33.2
	SPM	36.6	31.1	37.6	*****	30.0	28.7	55.1	38.3	32.4?	19.7	30.9	25.0			33.3	55.1	19.7
	S/T	75	64	*****	*****	65	56	66	52	52?	38	49	51			57	75	38
12	TPM	79.2	60.9	51.3?	54.7	56.5	78.4	71.1	55.5	50.9	55.9	67.3	47.8	47.7	42.5	61.7	79.2	47.8
	SPM	37.7	22.6	25.7?	32.3	25.3	30.9	38.6	25.8	24.0	15.2	22.4	25.6			27.3	38.6	15.2
	S/T	48	37	50?	59	45	39	54	46	47	27	33	54			44	59	27
13	TPM	36.4	28.1	24.2	29.6	31.4	47.4	64.0	57.8	34.1	40.8	50.6	37.6	34.5	36.9	40.2	64.0	24.2
	SPM	22.1	14.7	13.0	20.6	19.8	22.8	40.6	30.5	19.6	13.3	16.8	19.3			21.1	40.6	13.0
	S/T	61	52	54	70	63	48	63	53	57	33	33	51			53	70	33
14	TPM	62.7	46.1	39.7	43.3	44.9	58.8	76.1	53.8	46.2	50.2	61.9	51.3	44.0	45.9	52.9	76.1	39.7
	SPM	28.6	19.0	23.1	28.6	23.3	27.8	41.9	25.6	25.1	16.7	22.6	24.7			25.6	41.9	16.7
	S/T	46	41	58	66	52	47	55	48	54	33	37	48			49	66	33
15	TPM	55.4	34.4	30.0	37.4	35.5	38.9	38.6	49.2	30.7	38.4	50.5	38.5	31.4	30.4	39.8	55.4	30.0
	SPM	29.5	18.7	26.0	25.2	21.7	18.3	26.6	21.7	14.7	11.2	15.6	11.7			20.1	29.5	11.2
	S/T	53	54	87	67	61	47	69	44	48	29	31	30			52	87	29
16	TPM	52.3	39.3	24.0	31.5	39.8	56.1	79.2	64.7	34.2	35.0	45.2	32.7	28.2	32.6	44.5	79.2	24.0
	SPM	24.0	16.9	12.1	19.5	22.4	23.4	45.7	29.6	15.0	9.1	13.6	14.8			20.5	45.7	9.1
	S/T	46	43	50	62	56	42	58	46	44	26	30	45			46	62	26
17	TPM	118.8	153.9?	68.5	65.0	94.6	108.7?	131.7	121.1	78.2	132.9	144.5	76.9	103.4	126.9	103.2	144.5	65.0
	SPM	36.4	43.7?	33.6	38.4	36.6	33.0?	54.6	42.8	37.8	34.4	40.9	39.7			39.5	54.6	33.6
	S/T	31	28?	49	59	39	30?	41	35	48	26	28	52			41	59	26
18	TPM	85.0	58.1	49.7	47.6	62.2	73.9	78.6	49.5	43.4	43.1	53.0	36.8	25.5	27.4	56.7	85.0	36.8
	SPM	37.6	31.4	27.6	33.6	36.4	39.2	50.4	30.7	23.2	18.9	23.7	21.0			31.1	50.4	18.9
	S/T	44	54	56	71	59	53	64	62	53	44	45	57			55	71	44
19	TPM	73.3	59.7	49.9	54.2	60.7	78.7	103.1	68.8	57.5	70.7	79.9	57.3	45.6	58.1	67.8	103.1	49.9
	SPM	39.0	14.4	29.3	37.1	34.9	37.9	53.6	35.2	29.9	21.6	26.6	30.0			32.5	53.6	14.4
	S/T	53	24	59	68	57	48	52	51	52	31	33	52			48	68	24
20	TPM	66.1	29.2	21.5	23.1	29.4	50.2	69.8	53.9	39.0	46.5	56.8?	27.5	42.4	44.0	41.5	69.8	21.5
	SPM	26.5	8.7	10.4	12.5	13.9	18.8	30.4	18.5	19.6	13.2	20.8?	14.1			17.0	30.4	8.7
	S/T	40	30	48	54	47	37	44	34	50	28	37?	51			42	54	28

表Ⅲ－3－20(2)　ハイボリウムサンプラーによるTPM, SPM測定結果

（第２次現地調査）

		DATE OF MEASUREMENT (1984/ 3)														----12 DAYS----		
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	MEAN	MAX	MIN
1	TPM	112.9	123.4	83.4	104.5	90.1	99.6	97.8	102.6	118.2	111.6	71.9	75.7	44.9	74.9	99.3	123.4	71.9
	SPM	27.9	48.9	34.6	43.2	51.3	62.1	56.2	50.1	59.4	57.3	44.0	29.6			47.0	62.1	27.9
	S/T	25	40	41	41	57	62	57	49	50	51	61	39			48	62	25
2	TPM	73.3	77.6	73.3	80.0	93.0	65.8	62.6	56.0	65.2	44.9	42.5	38.3	34.5	36.6	64.4	93.0	38.3
	SPM	19.8	24.7	27.1	29.5	57.9	43.0	35.3	29.2	40.0	23.9	24.4	21.4			31.3	57.9	19.8
	S/T	27	32	37	37	62	65	56	52	61	53	57	56			50	65	27
3	TPM	82.2	86.5	76.2	78.5	105.4	85.7	81.3	72.7	81.1	78.2	62.1	67.4	40.4	51.4	79.8	105.4	62.1
	SPM	29.4	36.5	36.3	35.9	69.5	53.2	47.0	40.8	45.9	48.0	36.9	31.9			42.6	69.5	29.4
	S/T	36	42	48	46	66	62	58	56	57	61	59	47			53	66	36
4	TPM	94.4	87.2	80.7	97.2	97.4	98.9	97.3	100.8	116.8	95.9	79.2	52.2	35.9	82.7	91.5	116.8	52.2
	SPM	40.4	41.6	42.9	49.6	74.2	67.4	59.9	60.8	70.8	47.6	47.4	23.1			52.1	74.2	23.1
	S/T	43	48	53	51	76	68	62	60	61	50	60	44			56	76	43
5	TPM	90.6	95.2	87.7	87.8	98.2	93.7	124.5	99.2	115.2	107.2	70.8	75.0	46.9	95.3	95.4	124.5	70.8
	SPM	33.6	38.6	33.7	42.5	56.1	59.0	46.2	49.4	62.5	39.2	33.5	24.6			43.2	62.5	24.6
	S/T	37	41	38	48	57	63	37	50	54	37	47	33			45	63	33
6	TPM	77.7	81.1	70.5	107.2	85.4	109.2	102.8	111.0	107.6	91.1	64.1	35.5	21.4	69.7	86.9	111.0	35.5
	SPM	27.5	33.7	33.2	50.4	55.2	70.2	56.9	60.2	62.4	43.8	32.7	11.5			44.8	70.2	11.5
	S/T	35	42	47	47	65	64	55	54	58	48	51	32			50	65	32
7	TPM	124.0	141.3	118.9	145.3	146.9	137.6	146.5	149.9	176.0	155.7	175.5	112.6	87.1	176.4	144.2	176.0	112.6
	SPM	53.7	58.6	49.9	58.5	72.3	72.2	65.3	66.8	70.7	68.9	88.0	38.9			63.6	88.0	38.9
	S/T	43	41	42	40	49	52	45	45	40	44	50	35			44	52	35
8	TPM	54.5	64.8	70.3	87.4	70.9	76.2	88.3	91.2	74.7	93.9	99.2	53.0	31.8	100.8	77.0	99.2	53.0
	SPM	23.8	30.2	30.9	39.2	44.2	48.4	49.0	49.2	39.1	55.4	41.4	16.8			39.0	55.4	16.8
	S/T	44	47	44	45	62	64	55	54	52	59	42	32			50	64	32
9	TPM	68.8	82.1	69.5	86.9	96.0	78.1	78.4	94.4	93.3	139.8	141.3	60.7	53.1	105.3	90.8	141.3	60.7
	SPM	26.4	39.4	36.1	39.2	56.7	53.1	45.5	46.0	56.9	72.5	72.0	25.7			47.5	72.5	25.7
	S/T	38	48	52	45	59	68	58	49	61	52	51	42			52	68	38
10	TPM	57.6	57.9	62.4	65.0	74.4	73.5	70.9	74.3	66.3	62.2	63.8	55.4	40.2	61.6	65.3	74.4	55.4
	SPM	19.1	26.8	31.6	33.2	38.8	42.0	30.2	31.6	34.0	39.7	40.9	29.4			33.1	42.0	19.1
	S/T	33	46	51	51	52	57	43	43	51	64	64	53			51	64	33
11	TPM	74.2	90.9	128.0?	66.2	84.9	79.3	82.5	84.4	75.5	106.4	88.6	60.2	48.8	82.8	81.2	106.4	60.2
	SPM	27.6	36.0	77.4?	31.4	47.6	43.9	43.3	34.4	38.7	58.3	46.6	27.6			39.6	58.3	27.6
	S/T	37	40	60?	47	56	55	52	41	51	55	53	46			48	56	37
12	TPM	87.9	92.2	97.3	100.1	120.7	89.6	80.0	97.7	91.1	123.2	88.8	92.7	72.6	72.8	96.8	123.2	80.0
	SPM	26.4	28.6	30.4	35.3	58.2	41.1	31.7	33.6	32.0	38.7	31.3	27.9			34.6	58.2	26.4
	S/T	30	31	31	35	48	46	40	34	35	31	35	30			36	48	30
13	TPM	67.2	70.7	81.0	79.6	101.8	76.5	73.3	71.9	76.7	94.0	55.5	57.7	36.4	52.8	75.5	101.8	55.5
	SPM	23.0	29.2	40.3	36.3	58.2	44.8	40.2	35.4	45.2	62.3	34.9	29.3			39.9	62.3	23.0
	S/T	34	41	50	46	57	59	55	49	59	66	63	51			53	66	34
14	TPM	69.8	75.6	70.4	60.6	88.7	75.1	69.4	73.4	77.3	101.2	54.8	76.3	45.0	49.4	74.4	101.2	54.8
	SPM	28.3	34.2	33.7	41.2	56.6	44.9	37.5	37.9	44.3	65.9	34.0	41.9			41.7	65.9	28.3
	S/T	41	45	48	68	64	60	54	52	57	65	62	55			56	68	41
15	TPM	56.8	51.1	49.6	59.6	62.6	67.4	55.3	57.5	53.3	49.0	52.3	58.6	42.5	29.0	56.1	67.4	49.0
	SPM	21.1	23.5	22.9	30.1	40.8	39.3	27.0	27.4	28.7	28.1	30.3	27.6			28.9	40.8	21.1
	S/T	37	46	46	51	65	58	49	48	54	57	58	47			51	65	37
16	TPM	62.9	70.0	77.5	69.2	104.3	83.6	86.3	80.3	85.8	110.4	88.3	79.0	56.3	77.5	83.1	110.4	62.9
	SPM	27.0	28.1	34.8	33.3	57.6	54.6	43.2	37.1	51.9	68.1	44.8	35.7			43.0	68.1	27.0
	S/T	43	40	45	48	55	65	50	46	60	62	51	45			51	65	40
17	TPM	145.2	117.6	123.8	146.5	133.9	120.5	117.9	140.1	131.3	121.0	62.5	81.4	70.4	62.8	120.1	146.5	62.5
	SPM	46.1	48.9	47.3	47.7	70.5	64.1	53.5	54.8	60.1	76.6	35.4	38.4			53.6	76.6	35.4
	S/T	32	42	38	33	53	53	45	39	46	63	57	47			46	63	32
18	TPM	60.6	63.1	55.9	49.6	73.6	57.4	47.1	52.7	62.5	89.0	74.3	80.5	64.6	61.5	63.9	89.0	47.1
	SPM	20.5	21.2	23.8	21.1	39.8	26.7	24.3	28.8	33.2	53.6	37.1	30.7			30.1	53.6	20.5
	S/T	34	34	43	43	54	47	52	55	53	60	50	38			47	60	34
19	TPM	70.5	58.1	54.4	66.7	70.7	67.4	58.7	63.9	62.8	63.8	48.0	54.9	60.4	46.9	61.7	70.7	48.0
	SPM	22.8	25.2	23.5	26.2	43.4	36.4	27.8	27.0	30.6	41.9	27.5	26.8			29.9	43.4	22.8
	S/T	32	43	43	39	61	54	47	42	49	66	57	49			49	66	32
20	TPM	54.1	49.3	46.0	46.1	59.1	59.2	68.2	46.2	44.2	58.1	57.6?	64.7	79.2	74.0	54.1	68.2	44.2
	SPM	15.0	14.9	16.0	17.0	37.4	31.3	29.8	21.7	20.4	31.5	34.3?	28.7			24.0	37.4	14.9
	S/T	28	30	35	37	63	53	44	47	46	54	60?	44			44	63	28

表Ⅲ－3－20(3) ハイボリウムサンプラーによるTPM, SPM測定結果

（第３次現地調査）

		DATE OF MEASUREMENT (1984/ 6)													----12 DAYS----		
		21-22	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	27-28	28-29	29-30	30-1	1-2	2-3	3-4	4-5	MEAN	MAX	MIN
1	TPM	41.9	45.0	87.3	41.1	32.3	44.7	57.1	53.8	52.1	37.7	72.2	57.4	37.9	59.6	51.9	87.3	32.3
	SPM	18.3	20.1	43.3	19.5	18.9	22.1	26.7	21.9	23.9	21.0	37.7	32.0			25.4	43.3	18.3
	S/T	44	45	50	47	59	49	47	41	46	56	52	56			49	59	41
2	TPM	49.1	55.0	77.7	41.7	40.1	46.6	53.5	60.2	54.9	42.5	51.0	40.1	24.1	22.3	51.0	77.7	40.1
	SPM	22.3	23.7	40.9	22.2	23.6	25.5	23.6	25.7	30.6	24.6	24.9	21.6			25.8	40.9	21.6
	S/T	45	43	53	53	59	55	44	43	56	58	49	54			51	59	43
3	TPM	55.9	70.0	88.2	39.7	58.6	52.7	64.2	73.9	64.5	43.5	45.9	69.9	40.6	42.4	60.6	88.2	39.7
	SPM	17.3	18.2	36.5	18.1	20.0	23.5	24.0	22.4	19.2	20.1	19.5	22.1			21.7	36.5	17.3
	S/T	31	26	41	46	34	45	37	30	30	46	42	32			37	46	26
4	TPM	59.3	51.3	99.3	43.8	49.3	74.8	78.6	81.3	60.7	48.2	71.7	61.8	52.4	46.3	65.0	99.3	43.8
	SPM	23.3	21.4	47.9	21.4	24.7	31.2	35.6	34.8	24.7	26.4	35.2	29.2			29.6	47.9	21.4
	S/T	39	42	48	49	50	42	45	43	41	55	49	47			46	55	39
5	TPM	61.7	70.6	104.4	58.9	46.9	80.6	94.0	65.3	58.1	36.4	69.7	57.9	56.3	52.4	67.0	104.4	36.4
	SPM	17.6	19.3	36.1	15.1	19.3	22.1	25.2	20.8	17.2	17.8	28.1	21.7			21.7	36.1	15.1
	S/T	29	27	35	26	41	27	27	32	30	49	40	37			33	49	26
6	TPM	60.2	66.5	106.2	34.9	78.5	69.1	82.5	76.4	61.9	48.8	79.4	48.5	66.0	59.6?	67.7	106.2	34.9
	SPM	24.6	31.4	46.1	19.8	27.2	21.0	38.4	28.1	24.6	25.6	40.5	19.2			28.9	46.1	19.2
	S/T	41	47	43	57	35	30	47	37	40	52	51	40			43	57	30
7	TPM	125.6	130.3	291.8	102.5	132.3	173.6	181.5	148.3	132.1	99.3	107.6	124.4	122.4	135.4	145.8	291.8	99.3
	SPM	50.1	54.9	70.1	41.9	53.7	64.2	66.4	60.7	46.8	44.6	59.3	51.7			55.4	70.1	41.9
	S/T	40	42	24	41	41	37	37	41	35	45	55	42			40	55	24
8	TPM	123.4	112.8	110.4	39.4	99.1	104.3	108.4	134.6	101.7	68.0	51.0	48.0	65.1	58.7	91.8	134.6	39.4
	SPM	48.4	49.0	50.6	19.2	40.8	47.9	61.2	53.0	51.3	39.9	27.9	24.1			42.8	61.2	19.2
	S/T	39	43	46	49	41	46	56	39	50	59	55	50			48	59	39
9	TPM	105.1	84.2	111.7	62.0	101.9	128.6	129.9	116.1	122.4	67.3	79.2	114.7	104.7	84.0	101.9	129.9	62.0
	SPM	40.5	38.3	48.7	28.5	33.5	47.3	60.1	42.5	42.5	36.6	37.7	49.2			42.1	60.1	28.5
	S/T	39	45	44	46	33	37	46	37	35	54	48	43			42	54	33
10	TPM	49.7	36.4	82.7	56.1	39.7	47.6	51.9	55.8	56.2	48.3	74.9	51.7	37.3	32.4	54.2	82.7	36.4
	SPM	21.4	26.6	47.7	31.6	21.3	23.8	25.3	27.4	30.0	28.7	40.2	16.4			28.4	47.7	16.4
	S/T	43	73	58	56	54	50	49	49	53	59	54	32			53	73	32
11	TPM	110.5	121.2	101.5	83.9	74.1	76.1	111.2	117.3	117.5	85.4	73.9	92.7	71.1	73.4	97.1	121.2	73.9
	SPM	44.1	47.6	53.9	46.1	39.7	41.1	66.3	50.0	54.8	52.0	42.0	50.1			49.0	66.3	39.7
	S/T	40	39	53	55	54	54	60	43	47	61	57	54			51	61	39
12	TPM	57.9	48.4	100.2	46.0	48.6	61.1	65.1	69.0	116.6?	31.3	50.1	44.5	45.1	45.5	56.6	100.2	31.3
	SPM	17.4	18.4	29.1	20.8	20.8	25.5	26.4	20.3	26.8?	15.2	17.4	13.7			20.5	29.1	13.7
	S/T	30	38	29	45	43	42	41	29	23?	49	35	31			37	49	29
13	TPM	47.9	56.2	72.7	47.4	88.8	58.0	68.3	56.7	62.9	43.4	74.5?	42.3	53.1	44.0	58.6	88.8	42.3
	SPM	19.2	23.5	37.3	23.8	49.1	31.4	35.1	21.0	24.0	24.3	24.4	21.8			27.9	49.1	19.2
	S/T	40	42	51	50	55	54	51	37	38	56	33?	52			48	56	37
14	TPM	53.2	57.9	95.5	60.1	57.0	57.5	76.4	68.1	67.7	47.5	58.7	56.1	42.8	36.4	63.0	95.5	47.5
	SPM	27.0	25.7	49.6	35.2	31.7	33.8	38.1	28.6	31.2	28.4	15.9	27.5			31.1	49.6	15.9
	S/T	51	44	52	59	56	59	50	42	46	60	27	49			50	60	27
15	TPM	37.6	37.2	57.1	36.8	29.4	40.6	41.9	44.9	44.8	25.1	36.1	22.3	21.0	20.2	37.8	57.1	22.3
	SPM	12.9	13.8	26.9	19.1	17.1	16.4	18.4	14.5	13.7	15.6	15.5	10.6			16.2	26.9	10.6
	S/T	34	37	47	52	58	40	44	32	31	62	43	48			44	62	31
16	TPM	90.6	81.8	109.9	70.1	70.3	78.4	102.0	95.7	95.7	67.5	75.2	87.1	67.9	55.5	85.4	109.9	67.5
	SPM	29.8	28.3	51.3	29.3	30.3	31.0	42.4	32.8	36.3	33.1	33.5	38.6			34.7	51.3	28.3
	S/T	33	35	47	42	43	40	42	34	38	49	45	44			41	49	33
17	TPM	54.6	64.6	111.8	57.7	50.5	51.4	71.1	71.3	75.2	56.4	73.2	68.7	40.0	36.5	67.2	111.8	50.5
	SPM	24.7	33.6	55.8	34.9	31.4	31.8	44.1	35.0	30.5	36.8	39.2	42.4			36.7	55.8	24.7
	S/T	45	52	50	60	62	62	62	49	41	65	54	62			55	65	41
18	TPM	59.9	49.3	72.2	66.3	44.6	52.4	70.2	71.2	59.8	49.0	51.7	66.1	42.0	37.9	59.4	72.2	44.6
	SPM	26.9	19.6	34.3	29.0	22.0	24.8	34.2	31.1	27.3	26.5	22.5	29.5			27.3	34.3	19.6
	S/T	45	40	48	44	49	47	49	44	46	54	44	45			46	54	40
19	TPM	54.1	55.0	95.5	58.1	50.8	50.2	66.2	64.5	61.0	46.1	57.4	49.4	41.7	29.0	59.0	95.5	46.1
	SPM	22.9	25.3	46.0	33.0	29.0	28.6	33.9	25.6	28.6	27.5	29.7	24.2			29.5	46.0	22.9
	S/T	42	46	48	57	57	57	51	40	47	60	52	49			51	60	40
20	TPM	77.8	76.2	96.9	98.4	70.9	67.1	88.3	82.5	95.6	40.0	56.6	132.1	56.7	61.8	81.9	132.1	40.0
	SPM	19.1	22.3	38.9	30.1	21.6	25.3	28.6	21.6	21.6	17.8	18.8	26.3			24.3	38.9	17.8
	S/T	25	29	40	31	30	38	32	26	23	45	33	20			31	45	20

表Ⅲ－3－20(4)　ハイボリウムサンプラーによるTPM, SPM測定結果

（第４次現地調査）

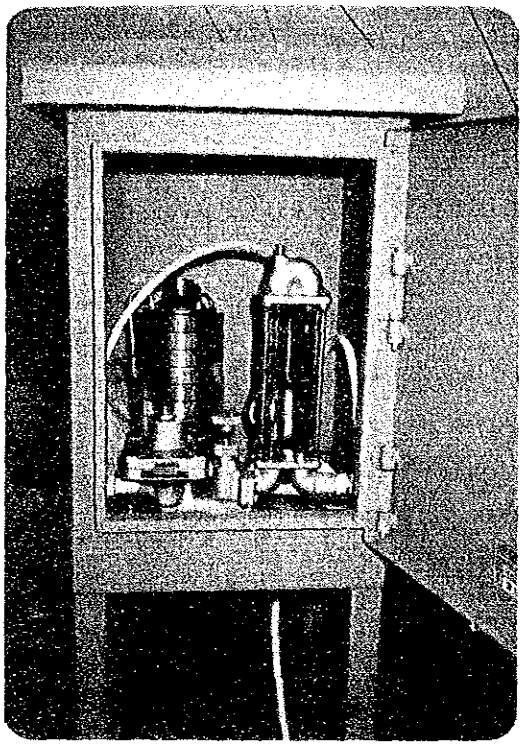
		DATE OF MEASUREMENT (1984/ 9)														----12 DAYS----		
		13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	MEAN	MAX	MIN
1	TPM	66.1	74.6	75.2	59.5	102.7	45.0	69.5	71.3	45.5	55.5	44.6	45.9	56.9	41.1	62.9	102.7	44.6
	SPM	33.7	35.6	40.9	38.5	68.9	22.4	37.2	41.1	20.7	31.6	23.2	21.9			34.6	68.9	20.7
	S/T	51	48	54	65	67	50	54	58	45	57	52	48			54	67	45
2	TPM	43.9	52.8	56.8	55.3	66.2	27.1	45.9	48.5	31.5	25.0	30.7	25.4	44.2	42.8	42.4	66.2	25.0
	SPM	23.8	29.3	29.1	42.2	44.5	15.6	27.5	29.6	15.0	13.9	16.2	5.8?			26.1	44.5	13.9
	S/T	54	55	51	76	67	58	60	61	48	56	53	23?			58	76	48
3	TPM	55.5	93.6	98.8	96.4	87.0	56.2	70.6	63.8	52.9	76.9	63.7	70.3	94.2	76.0	73.8	98.8	52.9
	SPM	25.0	35.8	37.4	54.4	54.6	22.1	41.7	34.7	25.6	29.7	19.1	15.7			33.0	54.6	15.7
	S/T	45	38	38	56	63	39	59	54	48	39	30	22			44	63	22
4	TPM	49.9	58.4	60.8	60.3	96.4	60.9	94.7	57.1	32.3	50.9	45.0	59.7	82.0	81.8	60.5	96.4	32.3
	SPM	28.9	31.2	31.7	37.4	62.6	33.3	61.6	36.0	16.9	31.9	27.1	33.7			36.0	62.6	16.9
	S/T	58	53	52	62	65	55	65	63	52	63	60	56			59	65	52
5	TPM	63.2	78.7	68.7	84.5	105.0	64.6	92.8	64.0	56.9	48.3	56.3	80.5	85.2	93.6	72.0	105.0	48.3
	SPM	26.6	35.1	32.3	36.8	60.1	21.6	50.5	33.1	18.8	19.1	22.5	17.1			31.1	60.1	17.1
	S/T	42	45	47	44	57	33	54	52	33	40	40	21			42	57	21
6	TPM	45.3	58.4	63.5	62.5	78.5	53.5	89.8	61.5	16.7	49.3	42.0	63.0	64.2	45.5	57.0	89.8	16.7
	SPM	21.5	22.8	22.1	28.2	45.8	25.0	49.5	33.1	6.8	25.8	21.2	22.6			27.0	49.5	6.8
	S/T	47	39	35	45	58	47	55	54	41	52	50	36			47	58	35
7	TPM	116.8	137.9	174.5	110.3	163.7	144.7	181.1	143.4	122.7	139.8	119.1	200.4	215.5	173.1	146.2	200.4	110.3
	SPM	40.2	44.4	65.0	49.9	68.6	51.9	64.8	53.9	39.6	52.4	38.9	52.5			51.8	68.6	38.9
	S/T	34	32	37	45	42	36	36	38	32	37	33	26			36	45	26
8	TPM	45.1	40.7	50.1	66.6	75.5	73.6	102.5	94.6	28.3	73.4	60.0	95.1	100.6	82.8	67.1	102.5	28.3
	SPM	21.7	20.8	24.0	38.3	48.2	43.7	52.8	49.8	11.1	29.5	34.6	40.2			34.6	52.8	11.1
	S/T	48	51	48	58	64	59	52	53	39	40	58	42			51	64	39
9	TPM	82.5	71.4	101.1	65.6	112.4	107.5	117.3	118.9	60.3	83.4	64.8	110.1	117.6	86.8	91.3	118.9	60.3
	SPM	32.3	32.3	47.4	33.2	57.0	49.5	56.9	56.2	23.5	43.6	32.4	52.0			43.0	57.0	23.5
	S/T	39	45	47	51	51	46	49	47	39	52	50	47			47	52	39
10	TPM	52.0	51.8	48.7	47.7	61.6	48.1	56.6	44.0	41.1	34.7	31.3	32.9	42.5	37.7	45.9	61.6	31.3
	SPM	25.8	20.8	20.1	26.5	39.6	25.1	30.6	20.1	16.0	17.7	13.2	15.2			22.6	39.6	13.2
	S/T	50	40	41	56	64	52	54	46	39	51	42	46			48	64	39
11	TPM	79.3	66.4	72.8	66.1	86.6	101.9	83.4	87.0	60.0	79.0	65.5	89.8	137.8	59.7	78.1	101.9	60.0
	SPM	34.1	31.5	31.7	35.8	52.5	53.0	43.3	45.3	33.6	40.6	28.4	43.1			39.4	53.0	28.4
	S/T	43	47	44	54	61	52	52	52	56	51	43	48			50	61	43
12	TPM	56.7	77.0	69.9	60.4	79.3	44.7	64.1	79.2	59.8	48.8	42.8	48.0	55.5	78.1	60.9	79.3	42.8
	SPM	24.4	31.1	30.1	34.3	41.6	18.3	33.2	34.3	23.3	17.7	18.0	18.2			27.0	41.6	17.7
	S/T	43	40	43	57	52	41	52	43	39	36	42	38			44	57	36
13	TPM	53.3	58.7	54.5	60.1	70.4	49.9	54.4	60.8	66.6	41.9	43.8	53.6	121.4	40.4	55.7	70.4	41.9
	SPM	29.7	31.2	25.8	36.4	49.0	31.0	32.5	36.6	36.5	23.5	22.6	27.9			31.9	49.0	22.6
	S/T	56	53	47	61	70	62	60	60	55	56	52	52			57	70	47
14	TPM	53.7	67.2	63.3	72.8	78.6	50.5	72.5	67.3	58.0	45.3	49.8?	47.9?	65.6	63.7	62.9	78.6	45.3
	SPM	27.7	35.7	31.7	42.9	49.9	25.3	43.4	36.3	31.0	23.5	15.0?	22.1?			34.7	49.9	23.5
	S/T	52	53	50	59	63	50	60	54	53	52	30?	46?			55	63	50
15	TPM	28.7	46.8	50.7	49.6	62.2	29.6	46.2	50.2	42.9	42.5	77.3?	44.4	40.4	228.1?	44.9	62.2	28.7
	SPM	15.2	26.2	27.0	29.5	43.8	12.8	31.8	26.9	23.9	20.0	12.1	14.6			23.6	43.8	12.1
	S/T	53	56	53	59	70	43	69	54	56	47	16?	33			54	70	33
16	TPM	65.2	71.7	69.4	74.0	96.7	81.2	88.7	92.5	60.1	70.6	65.9	79.1	94.1	66.3	76.3	96.7	60.1
	SPM	31.1	31.9	30.7	40.4	59.7	46.0	50.7	46.5	25.3	34.5	27.6	30.7			37.9	59.7	25.3
	S/T	48	44	44	55	62	57	57	50	42	49	42	39			49	62	39
17	TPM	50.6?	75.5	86.7	89.9	112.1	158.5?	104.6	78.8	66.7	72.0	61.2	69.6	107.7	59.7	81.7	112.1	61.2
	SPM	25.9?	37.0	40.9	48.5	64.5	61.7?	56.0	42.1	31.2	33.8	27.7	31.7			41.3	64.5	27.7
	S/T	51?	49	47	54	58	39?	54	53	47	47	45	46			50	58	45
18	TPM	52.2	83.3	80.9	77.6	93.7	62.8	78.8	87.6	80.0	79.7	54.7	54.3	74.2	96.0	73.8	93.7	52.2
	SPM	27.9	44.3	39.4	44.0	61.3	34.8	46.6	52.9	36.6	49.0	27.4	27.4			41.0	61.3	27.4
	S/T	53	53	49	57	65	55	59	60	46	61	50	50			55	65	46
19	TPM	47.1	81.1	72.4	73.2	87.4	38.1	77.5	65.4	64.2	50.0	48.4	35.8	98.3	48.4	61.7	87.4	35.8
	SPM	25.4	36.0	32.7	37.0	48.3	18.9	42.6	35.2	31.5	27.4	20.8	17.2			31.1	48.3	17.2
	S/T	54	44	45	51	55	50	55	54	49	55	43	48			50	55	43
20	TPM	65.2	120.9	76.5	76.1	102.0	66.7	67.2	78.9	100.7	58.6	45.5	55.2	107.2	58.3	76.1	120.9	45.5
	SPM	23.4	32.7	30.4	39.6	63.4	32.7	29.6	35.9	36.3	28.7	18.1	18.9			32.5	63.4	18.1
	S/T	36	27	40	52	62	49	44	46	36	49	40	34			43	62	27

3.3　アンダーセンサンプラーによるＴＰＭの粒径分布測定

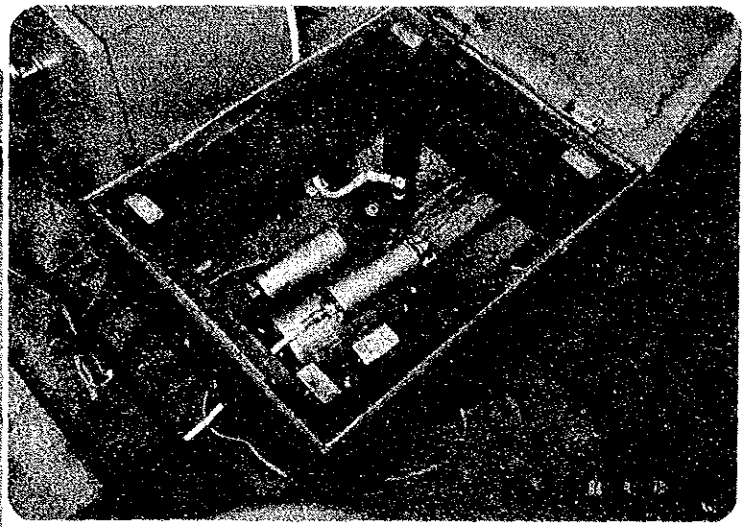
3.3.1　使用機器とその操作法

(1)　アンダーセンサンプラー

本調査に使用したアンダーセンサンプラー（高立理化㈱KA-200型）は，多段多孔ジェットノズルを備えたインパクター方式により，大気中の粒子状物質の粒径分布を測定する測定器で，分級器本体，流量計，圧力計，ポンプ及びシェルターより構成されている（写真Ⅲ－３－７）。

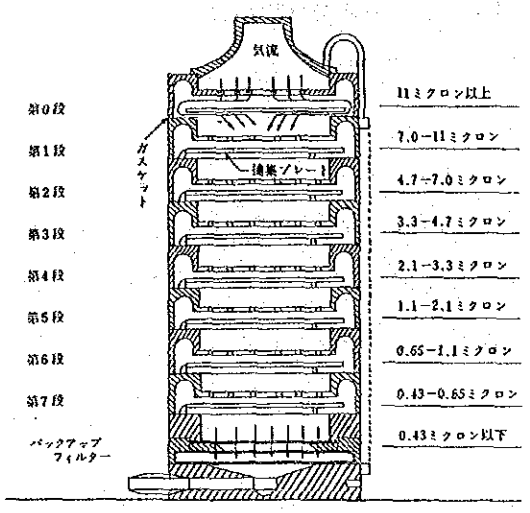


写真Ⅲ－３－７(1)　シェルターに収納された分級器，流量計，圧力計



写真Ⅲ－３－７(2)　アンダーセンサンプラー用ポンプ

この測定器は図Ⅲ－３－12に示すように，８段の耐食アルミニウム合金製のステージが積み重ねられた構造を持ち，各段ステージには800，400及び 200個のジェットノズル（吹き出し口）が開いており，その下部にはステンレス製の円板状捕集板が配置されている。ジェットノズルの直径は下段になるにしたがって小さくなっているので，上部試料空気取入口から一定流量（１cfm＝28.3ℓ／min）で空気を吸引すると，各ステージのジェット気流の速度は下段になるにしたがって増大し，図Ⅲ－３－12に示すように粒径の大きいものから順次粒子が慣性衝突捕集される。



図Ⅲ－3－12　アンダーセンサンプラーの構造

一般にインパクターの慣性パラメータΨ（inertial impaction parameter）は，粒子状物質の粒径並びに粒子状物質の流速とノズルの断面積の比で定義され，Ranz及びWongによれば，これらの間には式（Ⅲ－3－10）に示す関係が成立する。

$$\Psi = \frac{C \cdot \rho \cdot Vc \cdot dp^2}{18\ \mu Dc} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-10)$$

ここで，

C　；カニンガムのスリップ補正係数（Conningham slip correction factor）＝

$$1.00 + \frac{0.16 \times 10^{-4}}{dp}$$

dp　；粒子状物質の粒径（cm）

μ　；空気の粘度（1.84×10^{-4} g／cm・sec）

ρ　；粒子状物質の密度（g／cm³）

Vc；ジェットノズルを通る流速（cm／sec）

Dc；ジェットノズルの直径（cm）

Ψ　；無次元慣性パラメーター（衝突効率50％の場合Ψ_{50}＝0.14）

空気吸引流量をQ（cm³／min），ステージのジェット孔の数をN個とすると，Vc は式（Ⅲ－3－11）で表される。

$$Vc = \frac{Q}{60\pi\ (Dc/2)^2 N} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-11)$$

式（Ⅲ－3－11）を式（Ⅲ－3－10）に代入すれば，各ステージの50％動力学的粒径dp_{50}は次式で求められる。

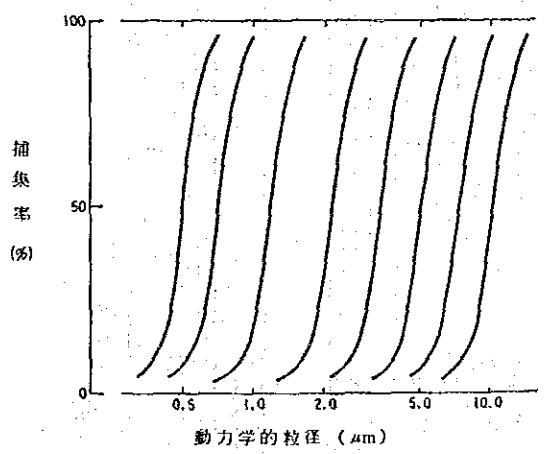
$$dp_{50} = \sqrt{\frac{18\mu\Psi_{50}N\pi\times 60Dc^3}{4CQ}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-12)$$

ここで，Q＝28,317cm³／min＝28.3ℓ／minである。また，幾何学的粒径は，$\sqrt{dp^2/\rho}$として求めることができる。

式（Ⅲ－3－12）を用いて各ステージで捕集される粒子状物質の粒径を求めると，表Ⅲ－3－21に示すような粒度範囲が得られる。また，粒径別捕集効率は図Ⅲ－3－13に示すとおりである。

表Ⅲ－3－21　各ステージにおける50％カットオフ値

ｽﾃｰｼﾞ	ﾉｽﾞﾙ径	個数	ｼﾞｪｯﾄ速度	50%ｶｯﾄｵﾌ径	ｶﾀﾛｸﾞ値
0	1.18 mm	800	0.54 ms^{-1}	10.0μm	11.0μm
1	1.18	400	1.07	7.0	7.0
2	0.91	400	1.85	4.7	4.7
3	0.71	400	2.98	3.3	3.3
4	0.53	400	5.34	2.1	2.1
5	0.34	400	13.0	1.03	1.1
6	0.25	400	24.0	0.62	0.65
7	0.25	200	48.0	0.42	0.43

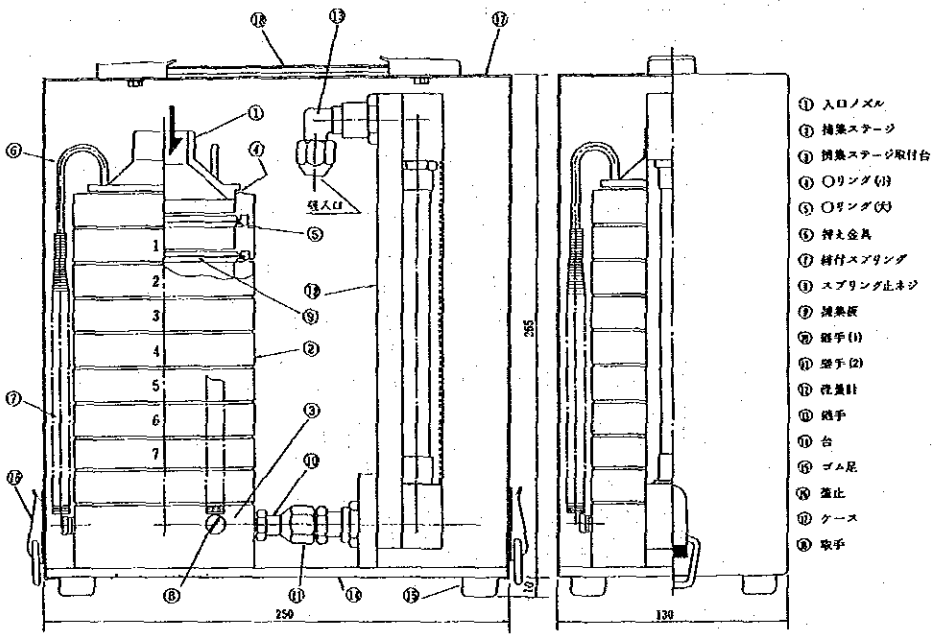


図Ⅲ－3－13　インパクターの分級特性

表Ⅲ－3－22にアンダーセンサンプラーの仕様を，また，図Ⅲ－3－14にアンダーセンサンプラー本体の外観を示す。

表Ⅲ－3－22　アンダーセンサンプラー仕様

サンプラー本体	8段ステージ，浮遊粒子状物質分級捕集用サンプラー（ステンレス製捕集板1組8枚付）
ポンプ機構	日立製ロータリーコンプレッサー
	200 W　RC－20S形
	最高圧力　0.5 kg／cm²
	常用圧力　0.4 kg／cm²
	吐出空気量　55 Nℓ／min（常用圧力）
	出　力　200 W
	電源電圧　100 V
配管関係	流量計（浮子式面積流量計）
	東京計装㈱製
	目盛　4～40ℓ／min
	エルボ及びヒッティング
	真輪ニッケルメッキ
	配管チューブ
	ナイロン11　3／8″内径



図Ⅲ－3－14　アンダーセンサンプラー本体部外観

アンダーセンサンプラーの操作は次のとおりである。

① 準　　備

各分級ステージの捕集板を完全に洗浄し乾燥する（本調査においては後述する超音波洗浄器を使用した）。

コレクションプレート（ポリエチレンシート）とバックアップフィルターをあらかじめ秤量しておく。

② 操　　作

a．ケース下部のバッケン錠をはずし，ケースを取り去って，サンプラーの付属流量計とポンプを配管チューブで接続する。

b．バックアップホルダーに，バックアップフィルターをセットする。

c．各分級ステージにコレクションプレートをセットする（写真Ⅲ－３－８）。

d．サンプラー上部の試料空気取入口のカバーをはずし，電源を入れる。この時，流量はポンプのバルブを調節して，あらかじめ校正したロータ－メーター及び圧力計の指示値より，28.3ℓ／min に調整する。

e．１日に２～３回巡回し，流量が正確に28.3ℓ／min であるかを確認する。適正な流量でなければ，ポンプのバルブを調節して28.3ℓ／min に合わせる。

f．測定が終了（本調査においては約12日間測定）したら，コレクションプレート及びバックアップフイルターを約１昼夜恒温恒湿内に格納した後，0.01㎎感度の天秤で各ステージの重量を測定する。

③ 保　　守

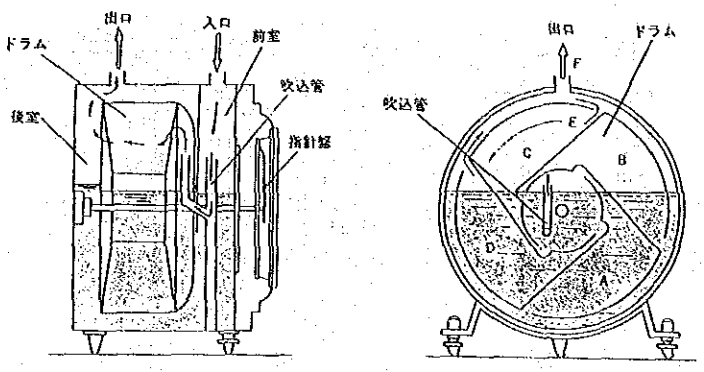
測定が終了した後は，各分級ステージを中性洗剤の入った超音波洗浄器内で洗浄乾燥し，組み立ててケースに収納しておく。

写真Ⅲ－３－８　プレートのセット

(2)　湿式ガスメーター

湿式ガスメーターは，アンダーセンサンプラー付属のロータ－メ－ターの流量校正に使用するもので，本調査においては㈲品川計測器製作所WE-10A型を使用した。この測定器は，図Ⅲ－３－15に示すように，入口から進入する空気が前室に導かれ，吸込管を通って円筒形のドラムに入ってくる。ドラム内は仕切板によって４部屋に分割され，水でシールされている。各々分割された部屋に空気が順次進入，排出を繰り返して矢印の方向に回転運動を起こす。１回転に排出される空気量は一定であるので，この回転数を積算機構に伝えて積算流量値を測定するものでる。湿式ガスメーターの仕様を表Ⅲ－３－23に，その外観を図Ⅲ－３－16に示す。

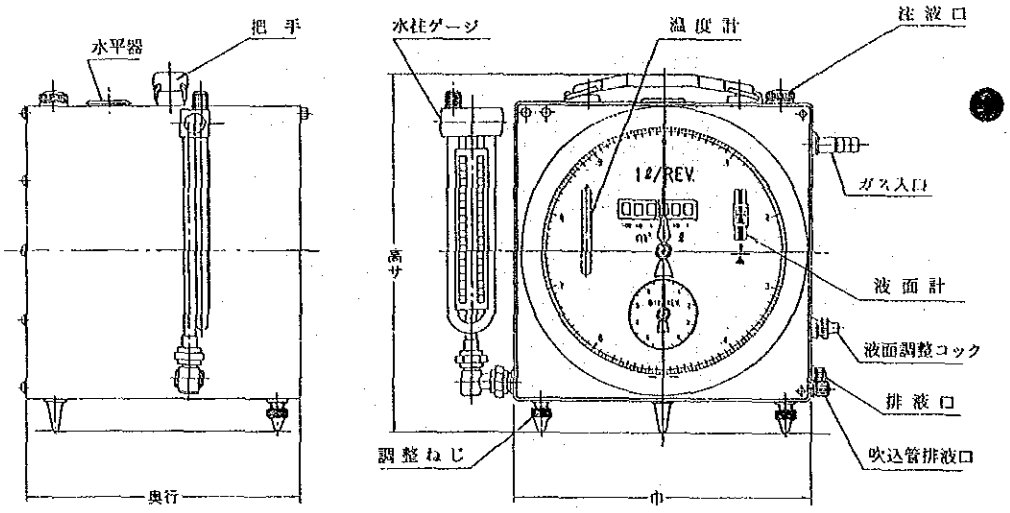
ロータ－メ－ターの校正は，湿式ガスメーター，ロータ－メ－ター，圧力計，ポンプを直列につなぎ，積算流量計流量からロータ－メ－タの目盛校正を行った（3.3.2　アンダーセンサンプラーによるTPM濃度の計算において詳述）。



図Ⅲ－３－15　湿式ガスメーターの構造

表Ⅲ－３－23　湿式ガスメーター仕様

測定範囲	；	20～6,000 ℓ／h
ドラム容量	；	10ℓ
圧力損失	；	15mm H_2O 以下
指針盤	；	指針１回転10ℓ，最小目盛 0.02ℓ，最大積算量 9,999m³
最高使用圧力	；	1000mm H_2O
耐圧	；	1500mm H_2O
使用温度	；	50℃以下
重量	；	製品重量 37kg，使用重量 62kg



図Ⅲ－3－16　湿式ガスメーター外観

湿式ガスメーターの取り扱い方法は次のとおりである。

① 据　付

湿式ガスメーターを振動のない平滑な台上に置き，水平器を注視しつつ調整ネジを加減して正確に水平にする。

② 液面調整

a．注　　水

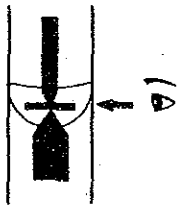
メーター上部右後方にある注液プラグを抜き，液面カーソル線の2㎜ほど上のところまで注水する。

b．吹込管内の水の確認

メーター右側にある吹込管排液プラグを抜き，液の有無を確める。吹込管に水が入っているとメーターが回転しないので，完全に排液してからプラグを締める。

c．空　　転

注液プラグを締め，入口管を接続し20～30回転させる。空転後，出入口ゴム管をはずしてメーター内を大気圧と同圧にしてからメーター右側にある液面調整コックより徐々に排液し，図Ⅲ－3－17に示すように液面計カーソル線に正確に液面を合わせる。



図Ⅲ－3－17　液　面　調　整

③ 漏洩試験

メーター出入口ゴム管を漏洩のないように完全に接続し，出口側を閉じる。入口より圧力を加えて入口側も閉じる。水柱ゲージの液面変化を確かめ，漏洩のないことを確認する。

④ 測　　定

出入管を測定状態に接続し，測定ガス（空気）にて大指針を20回程度空転させた後測定を開始する。空気温度と水温の温度差が大きい場合は，液温が一定になるまで空転してから測定を開始する。

⑤ 排　　液

測定が終了したなら，右側後部の排液プラグを抜き排液し，後方に倒してドラム内の排液も行う。

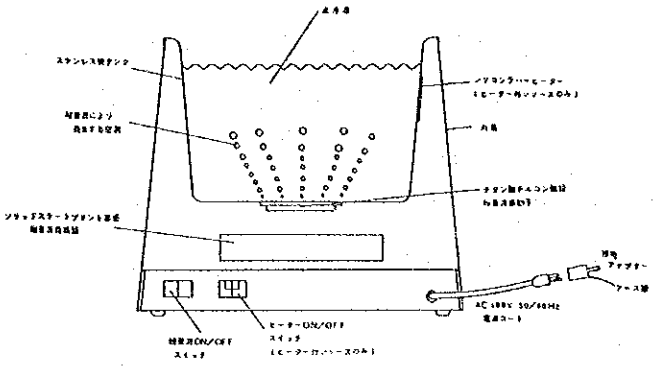
(3) 超音波洗浄器

超音波洗浄器は，アンダーセンサンプラーの分級ステージ捕集板の洗浄に用いるためのものであり，本調査においてはSmith Kline 社製のB-220型を使用した。この洗浄器は，発振子（チタン酸ジルコン酸鉛）により発振された超音波（45kHz)が洗浄タンク中の液に高低の圧力波を起こし，液中に無数の微小な泡を形づくり，この泡が破裂するときの衝撃により機械的なかきとり現象が発生し汚れを除去するものである。表Ⅲ－３－24に超音波洗浄器の仕様を，図Ⅲ－３－18に外観を示す。

表Ⅲ－３－24　超音波洗浄器仕様

外形寸法	；	355 × 191 × 229 mm
洗浄槽寸法	；	229 × 127 × 100 mm
超音波出力	；	100 W
タンク容量	；	2.8 ℓ
重　　量	；	3.5 kg

なお，運転は洗浄槽に洗浄液（中性洗剤）を入れ，付属の洗浄用ラック内にアンダーセンサンプラー捕集板を浸し（タンクの底に直接置かない），約10～15分洗浄する。

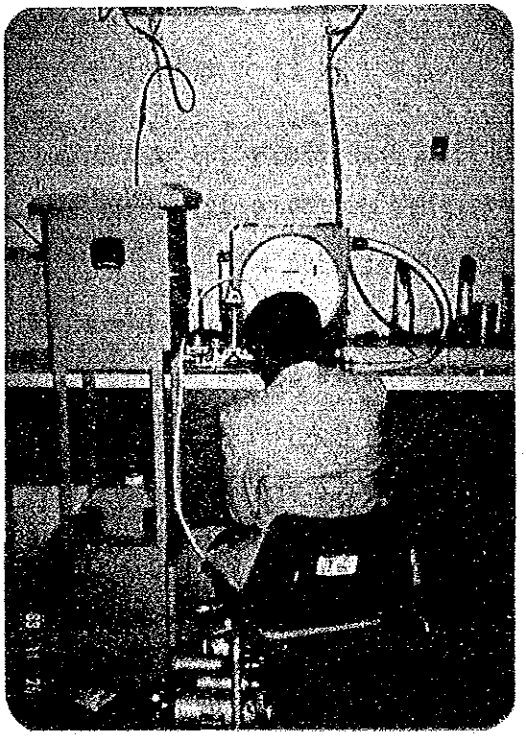


図Ⅲ－３－18　超音波洗浄器外観

3.3.2　TPM 粒径別濃度の計算

(1)　アンダーセンサンプラーの校正

湿式ガスメーターを使用して，アンダーセンサンプラーに付属しているロータ－メーターの校正を行った。校正は，湿式ガスメーター，ロータ－メーター，圧力計，ポンプを図Ⅲ－３－19に示すように接続し，ロータ－メーターの流量指示値を15，20，25，30ℓ／min に調整したときの圧力計の圧力，ガスメーターの流量が20あるいは30ℓを要する時間（秒）を計測した。その結果を表Ⅲ－３－25に示す。また，校正時の様子を写真Ⅲ－３－９に示す。



写真Ⅲ－３－９　アンダーセンサンプラーの校正

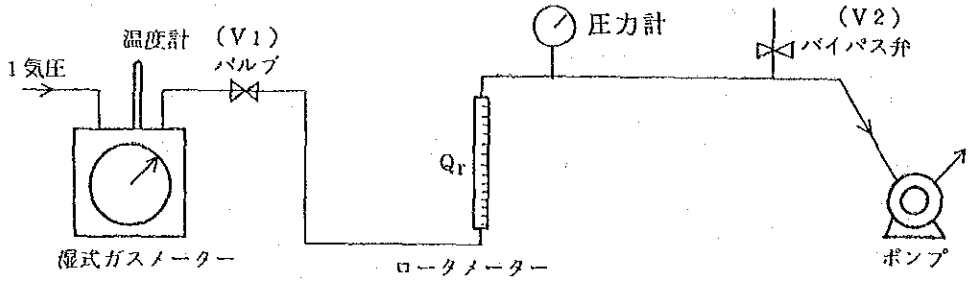
表Ⅲ－3－25　アンダーセンサンプラー用ローターメーター校正結果

調査種類	MP No.	ロータメータ No.	ロータメータ読み Qr (l/min)	圧力ΔP (mmHg)	測定空気量 V (ℓ)	所要時間 t (sec)	ガスメータ温度 (Temp) (℃)
第一次現地調査	MP 1	FB0320	16.8	10.0	20.0	51.6	26.3
			20.0	15.0	20.0	42.4	26.3
			25.0	20.0	20.0	34.9	26.3
			30.0	28.0	30.0	44.5	26.3
	MP 2	FB0320A	17.0	5.0	20.0	51.7	26.5
			20.0	13.0	20.0	43.0	26.5
			25.0	20.0	20.0	35.9	26.5
			30.0	26.0	30.0	45.5	26.5
	MP 6	FB0320B	16.0	10.0	20.0	52.5	26.7
			20.0	14.0	20.0	43.2	26.7
			25.0	20.0	20.0	53.4	26.7
			30.0	28.0	30.0	44.8	26.7

調査種類	MP No.	ロータメータ No.	ロータメータ読み Qr (l/min)	圧力ΔP (mmHg)	測定空気量 V (ℓ)	所要時間 t (sec)	ガスメータ温度 (Temp) (℃)
第二次現地調査	MP 1	FB0320	20.0	22.0	20.0	40.3	25.8
			25.0	35.0	20.0	32.6	25.8
			30.0	54.0	20.0	27.0	25.8
			35.0	72.0	20.0	23.4	25.8
			15.0	14.0	20.0	54.1	25.8
	MP 2	FB0320A	20.0	23.0	20.0	40.8	25.5
			25.0	35.0	20.0	33.2	25.5
			30.0	52.0	20.0	27.7	25.5
			35.0	72.0	20.0	23.8	25.5
			15.0	13.0	20.0	56.3	25.5
	MP 6	FB0320B	20.0	23.0	20.0	40.5	24.5
			25.0	33.0	20.0	33.3	24.5
			30.0	50.0	20.0	27.2	24.5
			35.0	75.0	20.0	23.3	24.5
			15.0	14.0	20.0	54.0	24.5

調査種類	MP No.	ロータメータ No.	ロータメータ読み Qr (l/min)	圧力ΔP (mmHg)	測定空気量 V (ℓ)	所要時間 t (sec)	ガスメータ温度 (Temp) (℃)
第三次現地調査	MP 1	FB0320	15.0	15.0	20.0	53.2	24.5
			20.0	25.0	20.0	40.6	24.5
			25.0	38.0	20.0	32.6	24.5
			30.0	55.0	20.0	26.8	24.5
			35.0	73.0	20.0	23.7	24.5
	MP 2	FB0320A	15.0	15.0	20.0	55.9	24.5
			20.0	25.0	20.0	41.2	24.5
			25.0	35.0	20.0	33.5	24.5
			30.0	52.0	20.0	28.3	24.5
			35.0	70.0	20.0	24.4	24.5
	MP 6	FB0320B	15.0	17.0	20.0	54.7	24.5
			20.0	26.0	20.0	40.8	24.5
			25.0	40.0	20.0	33.2	24.5
			30.0	60.0	20.0	27.0	24.5
			35.0	80.0	20.0	23.3	24.5

調査種類	MP No.	ロータメータ No.	ロータメータ読み Qr (l/min)	圧力ΔP (mmHg)	測定空気量 V (ℓ)	所要時間 t (sec)	ガスメータ温度 (Temp) (℃)
第四次現地調査	MP 1	FB0320	16.0	15.0	20.0	50.9	27.0
			20.0	22.5	20.0	40.0	27.0
			25.0	34.0	20.0	32.3	27.0
			28.4	43.0	20.0	28.7	27.0
	MP 2	FB0320A	16.2	15.0	20.0	51.0	27.0
			20.0	23.0	20.0	41.3	26.8
			25.0	35.5	20.0	32.7	26.7
			30.0	49.5	20.0	27.7	26.7
	MP 6	FB0320B	15.9	18.0	20.0	51.3	26.6
			20.0	25.8	20.0	41.0	26.6
			25.0	36.0	20.0	32.8	26.5
			30.0	54.5	20.0	27.1	26.5



図Ⅲ－3－19　アンダーセンサンプラー用ロータメーターの校正

次に，湿式ガスメーターの所要時間より計算される流量を，式（Ⅲ－3－13）によりロータメーターの設計条件（20℃）における流量に補正した。

$$Qg^{0} = \frac{273 + T_{0}}{273 + Temp} \times v \times \frac{60}{t} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (Ⅲ-3-13)$$

ここで，

Qg^{0}　；　20℃におけるガスメーター流量（ℓ／min）

Temp　；　ガスメーターの温度（校正時温度）（℃）

T_{0}　；　ロータメーター設計条件温度（20℃）

v　；　ガスメーター測定空気量（ℓ）

t　；　測定空気量が流れるのに必要な所要時間（sec）

また，ロータメーターの指示値Qrをロータメーターの設計条件に換算した流量Qr^{0}を式（Ⅲ－3－14）により求めた。

$$Qr^{0} = Qr \times \sqrt{\frac{273 + T_{0}}{273 + Temp}} \times \sqrt{\frac{760 - \Delta P}{P_{0}}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (Ⅲ-3-14)$$

ここで，

Qr^{0}　；　20℃におけるロータメーター流量（ℓ／min）

Qr　；　ロータメーター指示値（ℓ／min）

P_{0}　；　ロータメーター設計圧力（723mmHg）

ΔP　；　圧力計指示値（mmHg）

T_{0}　；　ロータメーター設計温度（20℃）

Temp　；　校正時温度（℃）

式（Ⅲ－3－13）で計算されたガスメーター流量Qg^0と式（Ⅲ－3－14）で計算されたロータメーター流量Qr^0の関係を式（Ⅲ－3－15）に示す3次式であてはめた。

$$Qg^0 = a\,(Qr^0)^3 + b\,(Qr^0)^2 + c\,(Qr^0) + d \qquad \cdots\cdots\cdots (Ⅲ-3-15)$$

ここで，a，b，c，dは回帰係数である。この結果の一例を表Ⅲ－3－26，図Ⅲ－3－20に示す（全結果を資料編に示す）。

表Ⅲ－3－26　湿式ガスメーター流量とロータメーター流量との関係（一例）

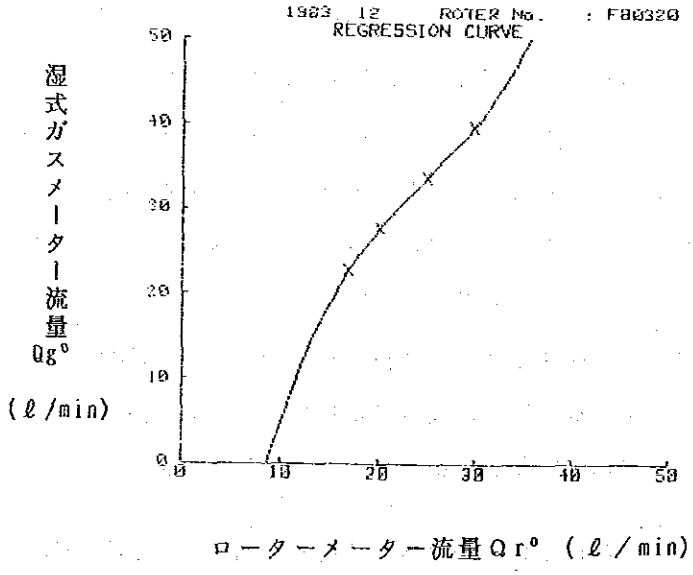
1983 12　　ROTOR NO. FB0320　　TO= 20.0°C　　PO=723.MMHG

	ROTOR METER (L/MIN)	PRESSURE DIF (MMHG)	AIR VOL. (L)	LAPSE TIME (SEC.)	TEMP. (°C)	FLOW RATE BY ROTOR (L/MIN)	FLOW RATE BY GAS METER (L/MIN)
1	16.8	10.0	20.0	51.60	26.3	22.77	16.95
2	20.0	15.0	20.0	42.40	26.3	27.71	20.09
3	25.0	20.0	20.0	34.90	26.3	33.66	25.02
4	30.0	28.0	30.0	44.50	26.3	39.60	29.87

A0	A1	A2	A3
-0.4987175296E 02	0.7821684608E 01	-0.2700842560E 00	0.3632767008E-02

Y = A0 + A1 * X + A2 * X**2 + A3 * X**3

MULTI. CORR.= 1.0000
STD. ERROR = 0.00



図Ⅲ－3－20　基準条件における湿式ガスメーター流量とロータメーター流量との関係（一例）

(2) アンダーセンサンプラーの吸引空気量

アンダーセンサンプラーによる粒子状物質の測定期間は12日間であるが，測定期間中毎日2回巡回し，ローターメーター指示値と圧力計による圧損を記録した。この時，圧力計の読みΔP から真流量28.3ℓ／min になるような設定すべき流量（ローターメーターの位置Qr）を計算で求め，ポンプのバイパスのバルブを調節して，その値にローターの位置を合わせた。このように流量Qr を合わせる（変える）と，圧損（ΔP)も変化するので再び設定すべき流量Qr を計算し直して，調節を繰り返した，上記の操作を終了した後に，ローターメーターの流量指示値と圧力計の圧力を表Ⅲ－3－2に示す様式に記録した。

アンダーセンサンプラーの総吸引空気量は，第ｉ－１回目の巡回時から第ｉ回目の巡回時までの間の吸引空気量Ｒｉ を計算し，これを合計して測定期間全体での総吸引空気量Ｖを求めた。

まず始めに，各巡回時の調整前，調整後のローターメーター流量を式（Ⅲ－3－16）及び式（Ⅲ－3－17）によりローターメーター設計条件（20℃，723mmHg）での流量に補正した。

$$QR^{0}a_{i-1} = \sqrt{\frac{760-\Delta Pa_{i-1}}{P_0}} \times \sqrt{\frac{273+T_0}{273+Temp}} \times Qra_{i-1} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-16)$$

$$QR^{0}b_{i} = \sqrt{\frac{760-\Delta Pb_{i}}{P_0}} \times \sqrt{\frac{273+T_0}{273+Temp}} \times Qrb_{i} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-17)$$

ここで，

$QR^{0}a_{i-1}$ ； 第i-1 回目の巡回時調整後の設計条件流量（ℓ／min)

$QR^{0}b_{i}$ ； 第ｉ回目の巡回時調整前の設計条件流量（ℓ／min)

Qra_{i-1} ； 第ｉ－１回目の巡回時調整後のローターメーター指示値（ℓ／min)

Qrb_{i} ； 第ｉ回目の巡回時調整前のローターメーター指示値（ℓ／min)

T_0 ； ローターメーター設計条件温度（20℃）

P_0 ； ローターメーター設計圧力（723mmHg)

Temp ； 測定時の気温（午前９時から翌日９時までの平均値）（℃）

ΔPa_{i-1} ； 第ｉ－１回目の巡回時調整後の圧力計指示値（mmHg)

ΔPb_{i} ： 第ｉ回目の巡回時調整前の圧力計指示値（mmHg)

次に，ローターメーター設計条件での流量QR^{0} を式（Ⅲ－3－15）の回帰式を用いて校正された流量$QG^{0}a_{i-1}$及び$QG^{0}b_{i}$を求めた。

ここで，

$QG^{0}a_{i-1}$ ；　第ｉ－１回目の巡回時調整後の設計条件での校正流量（ℓ／min）

$QG^{0}b_{i}$ ；　第ｉ回目の巡回時調整前の設計条件での流量（ℓ／min）

さらに，設計条件での校正流量を式（Ⅲ－３－18）を用いて測定時の温度における流量を求めた。

$$\left.\begin{aligned} QGa_{i-1} &= \frac{273 + Temp}{273 + T_0} \times QG^{0}a_{i-1} \\ QGb_{i} &= \frac{273 + Temp}{273 + T_0} \times QG^{0}b_{i} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (Ⅲ-3-18)$$

ここで，

QGa_{i-1} ；　測定時温度における第ｉ－１回目の巡回時調整後の流量（ℓ／min）

QGb_{i} ；　測定時温度における第ｉ回目の巡回時調整前の流量（ℓ／min）

T_0 ；　設計条件での温度（20℃）

Temp ；　測定時の気温（℃）

第ｉ－１回目の巡回時刻から第ｉ回目の巡回時刻までの間の吸引空気量Ｒｉは，第ｉ－１回目の調整後流量と第ｉ回目の調整前流量の平均値にこの間の経過時間t_2を乗じて求めた。

$$Ri = \frac{QGa_{i-1} + QGb_{i}}{2} \times t_2 \times \frac{1}{1000} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (Ⅲ-3-19)$$

ここで，

Ｒｉ ；　第ｉ－１回目の巡回時刻から第ｉ回目の巡回時刻までの吸引空気量（m³）

t_2 ；　第ｉ－１回目の巡回時刻から第ｉ回目の巡回時刻までの経過時間（min）

この方法で計算した吸引空気量の計算結果の一例を表Ⅲ－３－27に示す（全結果を資料編に示す）。

表Ⅲ－3－27　アンダーセンサンプラー吸引空気量計算結果（一例）

ANDERSEN SAMPLER AIR VOLUME CALCULATION

SITE NO.　1　　ROTOR NO.　FB0320

DATE	TIME		LAPSE TIME (MIN)	STOP TIME (MIN)	ROTOR METER (L/MIN)	PRESSURE DIFFERENCE (MM-HG)	CORRECTED FLOW RATE (L/MIN)	CALIBRATED FLOW RATE (L/MIN)	FLOW VOL. (NM^3)
12 9	9 46		0	0	21.4	51.0	21.2	29.4	
12 9	16 47	B	421	0	21.0	51.0	20.8	28.9	12.3
12 9	16 47	F	0	0	21.4	52.0	21.2	29.4	
12 10	12 20	B	1173	0	21.4	52.0	21.2	29.4	34.5
12 10	12 20	F	0	0	21.4	52.0	21.2	29.4	
12 10	16 57	B	277	0	21.2	50.0	21.0	29.2	8.1
12 10	16 57	F	0	0	21.4	50.0	21.2	29.4	
12 11	12 26	B	1169	0	22.0	55.0	21.7	30.1	34.8
12 11	12 26	F	0	0	21.4	54.0	21.1	29.3	
12 12	11 43	B	1397	0	21.8	50.0	21.6	29.9	41.4
12 12	11 43	F	0	0	21.4	50.0	21.2	29.4	
12 12	16 48	B	305	0	21.4	54.0	21.1	29.3	9.0
12 12	16 48	F	0	0	21.4	54.0	21.1	29.3	
12 13	11 6	B	1098	0	21.2	55.0	20.9	29.1	32.1
12 13	11 6	F	0	0	21.4	55.0	21.1	29.3	
12 14	12 3	B	1497	0	21.7	55.0	21.4	29.7	44.2
12 14	12 3	F	0	0	21.4	55.0	21.1	29.3	
12 14	16 30	B	267	0	21.4	55.0	21.1	29.3	7.8
12 14	16 30	F	0	0	21.4	55.0	21.1	29.3	
12 15	12 21	B	1191	0	21.4	56.0	21.1	29.3	34.9
12 15	12 21	F	0	0	21.4	56.0	21.1	29.3	
12 15	16 25	B	244	0	21.4	56.0	21.1	29.3	7.2
12 15	16 25	F	0	0	21.4	56.0	21.1	29.3	
12 16	12 15	B	1190	0	21.9	56.0	21.6	29.9	35.3
12 16	12 15	F	0	0	21.4	56.0	21.1	29.3	
12 16	16 35	B	260	0	21.4	56.0	21.1	29.3	7.6
12 16	16 35	F	0	0	21.4	56.0	21.1	29.3	
12 17	11 30	B	1135	0	21.4	57.0	21.1	29.3	33.3
12 17	11 30	F	0	0	21.4	57.0	21.1	29.3	
12 17	14 24	B	174	0	21.4	57.0	21.1	29.3	5.1
12 17	14 24	F	0	0	21.4	59.0	21.1	29.2	
12 18	11 58	B	1294	0	21.2	59.0	20.9	29.0	37.7
12 18	11 58	F	0	0	21.4	59.0	21.1	29.2	
12 19	12 3	B	1445	0	21.8	58.0	21.5	29.8	42.6
12 19	12 3	F	0	0	21.4	58.0	21.1	29.3	
12 19	17 2	B	299	0	21.8	58.0	21.5	29.8	8.8
12 19	17 2	F	0	0	21.4	58.0	21.1	29.3	
12 20	11 52	B	1130	0	21.4	58.0	21.1	29.3	33.1
12 20	11 52	F	0	0	21.4	58.0	21.1	29.3	
12 20	16 37	B	285	0	21.4	57.0	21.1	29.3	8.3
12 20	16 37	F	0	0	21.4	57.0	21.1	29.3	
12 21	13 8	B	1231	0	21.3	58.0	21.0	29.1	36.0

測定期間中の総吸引空気量は各巡回時刻間の吸引空気量の和として求められる。

$$V = \sum_{i=1}^{n} R_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-20)$$

ここで，

V　；　総吸引空気量（m³）

N　；　巡回の回数（測定開始時を除き終了時を含む回数）

(3) アンダーセンサンプラーによる粒子状物質濃度の計算

アンダーセンセンプラーの各ステージのポリエチレンシート及びバックアップフィルターの粒子状物質捕集前後の秤量値と総吸引空気量より式（Ⅲ－3－21）により粒径別粒子状物質濃度を求めた。

$$C = \frac{We - Ws}{V} \times 10^3 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-3-21)$$

ここで，

We ；ポリエチレンシートあるいはバックアップフィルターの粒子状物質捕集後重量（mg）

Ws ；ポリエチレンシートあるいはバックアップフィルターの粒子状物質捕集前重量（mg）

V ；総吸引空気量（m^3）

C ；粒子状物質濃度（$\mu g/m^3$）

3.3.3 粒径分布測定結果

3.3.2で示した計算方法により算出したアンダーセンサンプラーによる粒子状物質濃度の測定結果を表Ⅲ－3－28に示す。

表Ⅲ－３－28(1)　アンダーセンサンプラーによる粒子状物質測定結果（第１次現地調査）

SITE-NO.　1　　ROTOR NO. FB0320　1983 12/ 9 - 12/21

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	1-0	258.17	260.55	2.38	4.6	40.0
1	7.0 -- 11.	1-1	276.51	277.71	1.20	2.3	35.3
2	4.7 -- 7.0	1-2	265.86	267.92	2.06	4.0	33.0
3	3.3 -- 4.7	1-3	253.88	255.73	1.85	3.6	29.0
4	2.1 -- 3.3	1-4	254.94	256.14	1.20	2.3	25.4
5	1.1 -- 2.1	1-5	273.96	276.57	2.61	5.1	23.1
6	.65 -- 1.1	1-6	276.10	277.00	0.90	1.8	18.0
7	.43 -- .65	1-7	277.05	277.53	0.48	0.9	16.2
8	-- .43	1-8	425.25	433.11	7.86	15.3	15.3

SAMPLING TIME = 291.4 (H)
AIR VOLUME　= 513.9 (M**3)
TOTAL CONC.　= 40.0 (UG/M**3)

SITE-NO.　2　　ROTOR NO. FB0320A　1983 12/ 9 - 12/21

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	2-0	275.62	276.59	0.97	1.9	29.4
1	7.0 -- 11.	2-1	279.07	279.64	0.57	1.1	27.5
2	4.7 -- 7.0	2-2	276.92	277.85	0.93	1.8	26.3
3	3.3 -- 4.7	2-3	260.73	262.18	1.45	2.8	24.5
4	2.1 -- 3.3	2-4	266.01	267.11	1.10	2.2	21.7
5	1.1 -- 2.1	2-5	273.22	274.41	1.19	2.3	19.5
6	.65 -- 1.1	2-6	278.94	280.44	1.50	2.9	17.2
7	.43 -- .65	2-7	278.52	280.13	1.61	3.2	14.2
8	-- .43	2-8	422.03	427.69	5.66	11.1	11.1

SAMPLING TIME = 288.2 (H)
AIR VOLUME　= 510.3 (M**3)
TOTAL CONC.　= 29.4 (UG/M**3)

SITE-NO.　6　　ROTOR NO. FB0320B　1983 12/ 9 - 12/21

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	6-0	266.97	268.14	1.17	2.3	33.2
1	7.0 -- 11.	6-1	273.97	274.55	0.58	1.1	30.9
2	4.7 -- 7.0	6-2	256.78	258.16	1.38	2.7	29.7
3	3.3 -- 4.7	6-3	277.62	279.94	2.32	4.5	27.0
4	2.1 -- 3.3	6-4	280.64	281.96	1.32	2.6	22.5
5	1.1 -- 2.1	6-5	263.43	264.85	1.42	2.8	19.9
6	.65 -- 1.1	6-6	264.06	265.42	1.36	2.7	17.1
7	.43 -- .65	6-7	255.17	257.21	2.04	4.0	14.5
8	-- .43	6-8	430.99	436.33	5.34	10.5	10.5

SAMPLING TIME = 288.8 (H)
AIR VOLUME　= 510.6 (M**3)
TOTAL CONC.　= 33.2 (UG/M**3)

表Ⅲ－3－28(2)　アンダーセンサンプラーによる粒子状物質測定結果（第２次現地調査）

SITE-NO. 1　　ROTOR NO. FR0320　1984 3/ 8 - 3/20

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	1-0	259.04	261.34	2.30	4.9	49.4
1	7.0 -- 11.	1-1	276.41	277.21	0.80	1.7	44.4
2	4.7 -- 7.0	1-2	254.48	255.92	1.44	3.1	42.7
3	3.3 -- 4.7	1-3	263.46	266.17	2.71	5.8	39.6
4	2.1 -- 3.3	1-4	277.40	279.42	2.02	4.3	33.8
5	1.1 -- 2.1	1-5	259.12	260.75	1.63	3.5	29.5
6	.65 -- 1.1	1-6	272.60	273.65	1.05	2.3	26.0
7	.43 -- .65	1-7	269.29	271.78	2.49	5.3	23.7
8	-- .43	1-8	444.69	453.26	8.57	18.4	18.4

SAMPLING TIME = 288.5 (H)
AIR VOLUME = 466.0 (M**3)
TOTAL CONC. = 49.4 (UG/M**3)

SITE-NO. 2　　ROTOR NO. FR0320A　1984 3/10 - 3/20

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	2-0	276.97	278.01	1.04	2.7	39.6
1	7.0 -- 11.	2-1	274.13	274.73	0.60	1.5	36.9
2	4.7 -- 7.0	2-2	265.87	266.93	1.06	2.7	35.4
3	3.3 -- 4.7	2-3	271.87	272.78	0.91	2.3	32.6
4	2.1 -- 3.3	2-4	274.95	276.47	1.52	3.9	30.3
5	1.1 -- 2.1	2-5	253.47	254.57	1.10	2.8	26.4
6	.65 -- 1.1	2-6	264.27	264.77	0.50	1.3	23.5
7	.43 -- .65	2-7	277.98	278.70	0.72	1.9	22.2
8	-- .43	2-8	422.96	430.87	7.91	20.4	20.4

SAMPLING TIME = 234.6 (H)
AIR VOLUME = 387.9 (M**3)
TOTAL CONC. = 39.6 (UG/M**3)

ANDERSEN AIR SAMPLER DATA

SITE-NO. 6　　ROTOR NO. FR0320B　1984 3/ 6 - 3/20

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	6-0	271.76	274.00	2.24	4.4	52.6
1	7.0 -- 11.	6-1	260.03	261.00	0.97	1.9	48.3
2	4.7 -- 7.0	6-2	271.65	273.37	1.72	3.3	46.4
3	3.3 -- 4.7	6-3	272.92	276.12	3.20	6.2	43.0
4	2.1 -- 3.3	6-4	274.75	276.94	2.19	4.3	36.8
5	1.1 -- 2.1	6-5	279.77	282.28	2.51	4.9	32.6
6	.65 -- 1.1	6-6	277.28	278.71	1.43	2.8	27.7
7	.43 -- .65	6-7	260.96	264.75	3.79	7.4	24.9
8	-- .43	6-8	450.39	459.42	9.03	17.5	17.5

SAMPLING TIME = 336.2 (H)
AIR VOLUME = 514.8 (M**3)
TOTAL CONC. = 52.6 (UG/M**3)

表Ⅲ－３－28(3)　アンダーセンサンプラーによる粒子状物質測定結果（第３次現地調査）

SITE-NO. 1　　ROTOR NO. F00320　1984 6/21 - 7/ 4

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	1-0	248.35	249.98	1.63	3.3	40.3
1	7.0 -- 11.	1-1	257.40	258.43	1.03	2.1	37.0
2	4.7 -- 7.0	1-2	272.37	274.22	1.85	3.8	34.9
3	3.3 -- 4.7	1-3	250.84	252.58	1.74	3.5	31.2
4	2.1 -- 3.3	1-4	271.68	274.20	2.52	5.1	27.6
5	1.1 -- 2.1	1-5	257.50	259.10	1.60	3.2	22.5
6	.65 -- 1.1	1-6	264.75	265.28	0.53	1.1	19.3
7	.43 -- .65	1-7	270.77	271.89	1.12	2.3	18.2
8	-- .43	1-8	428.33	436.17	7.84	15.9	15.9

SAMPLING TIME = 312.3 (H)
AIR VOLUME = 492.8 (M**3)
TOTAL CONC. = 49.3 (UG/M**3)

SITE-NO. 2　　ROTOR NO. F00320A　1984 6/21 - 7/ 4

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	2-0	267.80	268.74	0.94	1.8	32.3
1	7.0 -- 11.	2-1	254.23	254.91	0.68	1.3	30.5
2	4.7 -- 7.0	2-2	262.24	263.64	1.40	2.7	29.2
3	3.3 -- 4.7	2-3	265.53	268.05	2.52	4.8	26.5
4	2.1 -- 3.3	2-4	252.69	254.57	1.88	3.6	21.7
5	1.1 -- 2.1	2-5	262.12	263.44	1.32	2.5	18.2
6	.65 -- 1.1	2-6	264.17	264.79	0.62	1.2	15.6
7	.43 -- .65	2-7	269.27	271.11	1.84	3.5	14.5
8	-- .43	2-8	427.30	433.04	5.74	10.9	10.9

SAMPLING TIME = 310.8 (H)
AIR VOLUME = 524.3 (M**3)
TOTAL CONC. = 32.3 (UG/M**3)

SITE-NO. 6　　ROTOR NO. F00320B　1984 6/21 - 7/ 4

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	6-0	261.08	263.48	2.40	4.7	47.8
1	7.0 -- 11.	6-1	251.25	252.42	1.17	2.3	43.1
2	4.7 -- 7.0	6-2	270.69	272.85	2.16	4.2	40.8
3	3.3 -- 4.7	6-3	264.03	267.49	3.46	6.7	36.6
4	2.1 -- 3.3	6-4	264.14	266.66	2.52	4.9	29.9
5	1.1 -- 2.1	6-5	269.24	271.15	1.91	3.7	25.0
6	.65 -- 1.1	6-6	262.58	263.63	1.05	2.0	21.3
7	.43 -- .65	6-7	261.88	264.71	2.83	5.5	19.2
8	-- .43	6-8	427.01	434.08	7.07	13.7	13.7

SAMPLING TIME = 310.8 (H)
AIR VOLUME = 514.5 (M**3)
TOTAL CONC. = 47.8 (UG/M**3)

表Ⅲ－3－28(4)　アンダーセンサンプラーによる粒子状物質測定結果（第4次現地調査）

SITE-NO. 1　　ROTOR NO. FB0320　1984 9/13 - 9/25

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	1-0	25945.	0026125.00	1.80	3.8	45.3
1	7.0 -- 11.	1-1	25398.	0025473.00	0.75	1.6	41.5
2	4.7 -- 7.0	1-2	26041.	0026184.00	1.43	3.0	39.9
3	3.3 -- 4.7	1-3	26360.	0026602.00	2.42	5.1	36.9
4	2.1 -- 3.3	1-4	26217.	0026398.00	1.81	3.8	31.8
5	1.1 -- 2.1	1-5	27128.	0027311.00	1.83	3.8	28.0
6	.65 -- 1.1	1-6	26298.	0026433.00	1.35	2.8	24.2
7	.43 -- .65	1-7	25078.	0025286.00	2.08	4.4	21.4
8	-- .43	1-8	42373.	0043181.00	8.08	17.0	17.0

SAMPLING TIME = 287.5 (H)
AIR VOLUME = 475.7 (M**3)
TOTAL CONC. = 45.3 (UG/M**3)

SITE-NO. 2　　ROTOR NO. FB0320A　1984 9/14 - 9/25

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	2-0	26544.	0026635.00	0.91	2.1	31.8
1	7.0 -- 11.	2-1	27059.	0027093.00	0.34	0.8	29.7
2	4.7 -- 7.0	2-2	25958.	0026056.00	0.98	2.3	28.9
3	3.3 -- 4.7	2-3	27245.	0027334.00	0.89	2.1	26.6
4	2.1 -- 3.3	2-4	26512.	0026665.00	1.53	3.6	24.5
5	1.1 -- 2.1	2-5	27555.	0027669.00	1.14	2.7	21.0
6	.65 -- 1.1	2-6	25262.	0025321.00	0.59	1.4	18.3
7	.43 -- .65	2-7	25818.	0025872.00	0.54	1.3	17.0
8	-- .43	2-8	43092.	0043767.00	6.75	15.7	15.7

SAMPLING TIME = 259.6 (H)
AIR VOLUME = 429.8 (M**3)
TOTAL CONC. = 31.8 (UG/M**3)

SITE-NO. 6　　ROTOR NO. FB0320B　1984 9/13 - 9/25

STAGE	DIAMETER (UM)	FILTER NO.	BEFORE WEIGHT (MG)	AFTER WEIGHT (MG)	DUST WEIGHT (MG)	DUST CONC. (UG/M**3)	ACC.DUST CONC. (UG/M**3)
0	11. --	6-0	25942.	0026111.00	1.69	3.6	39.1
1	7.0 -- 11.	6-1	26893.	0026958.00	0.65	1.4	35.5
2	4.7 -- 7.0	6-2	26702.	0026821.00	1.19	2.5	34.1
3	3.3 -- 4.7	6-3	25615.	0025819.00	2.04	4.4	31.5
4	2.1 -- 3.3	6-4	26274.	0026431.00	1.57	3.4	27.2
5	1.1 -- 2.1	6-5	27685.	0027845.00	1.60	3.4	23.8
6	.65 -- 1.1	6-6	27634.	0027740.00	1.06	2.3	20.4
7	.43 -- .65	6-7	25805.	0026054.00	2.49	5.3	18.1
8	-- .43	6-8	41874.	0042475.00	6.01	12.8	12.8

SAMPLING TIME = 289.0 (H)
AIR VOLUME = 468.4 (M**3)
TOTAL CONC. = 39.1 (UG/M**3)

第４章　長期現地調査

長期現地調査は，1983年12月７日から1984年12月６日にかけて，自動連続測定器により，浮遊粒子状物質，硫黄酸化物，風向風速，日射量，放射収支量，気温の１時間値の通年測定を行った。この間，日常の保守点検はシンガポール側が，測定機器の校正等は短期現地調査期間中に日本側が実施した。表Ⅲ－４－１に長期現地調査における測定地点別測定項目を示す。なお，硫黄酸化物，風向風速，日射量，放射収支量，気温に関する測定原理，測定操作等については，すでに「シンガポール共和国石炭火力発電所及び一貫製鉄所設立に係る環境への影響調査報告書その２－大気関係－」に記述されているので，ここでは測定原理，測定操作については，浮遊粒子状物質についてのみ記述する。

表Ⅲ－４－１　長期現地調査における測定地点別測定項目

測定点	測定地点名	測定項目	測定器
MP1	Jurong Town Hall	浮遊粒子状物質(SPM) 硫黄酸化物（SO_2） 風向風速 気　温	β線粉じん計 溶液導電率法SO_2計 ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ型風向風速計 白金抵抗温度計
MP2	National University of Singapore	SPM SO_2 風向風速	β線粉じん計 溶液導電率法SO_2計 ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ型風向風速計
MP4	Boon Lay Apartment	SO_2 風向風速	溶液導電率法SO_2計 ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ型風向風速計
MP6	Nanyang Technological Institute	SPM SO_2 風向風速	β線粉じん計 溶液導電率法SO_2計 ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ型風向風速計
MP7	Bukit Panjang Police Post	SO_2 風向風速	溶液導電率法SO_2計 ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ型風向風速計
MP14	Kallang Flatted Factory	SO_2 風向風速	溶液導電率法SO_2計 ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ型風向風速計
MP20	Singapore Offshore Petroleum Services	SO_2 風向風速	溶液導電率法SO_2計 ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ型風向風速計
Changi Airport		日射量 放射収支量	エプリー日射計 示差放射収支計

4.1　β線粉じん計によるSPMの測定

粒子状物質の測定法についてはすでに第Ⅱ編第3章で記述したとおり6種類の方法があるが，長期現地調査における粒子状物質測定器としてはβ線式粉じん計を採用し一時間平均濃度を通年測定した。それは，ろ過捕集法並びに分粒法は24時間以上の測定に用いられているが，フィルターの交換，流量のチェック等の作業が必要であり自動測定が出来ず，また感度の問題から短時間濃度の計測が不可能なこと，ろ紙汚濁法は直接重量濃度として表すことができないこと，また，短時間濃度計測法としては，光散乱法，β線吸収法，ピエゾバランス法があるが，このうち光散乱法は相対濃度測定法であること，ピエゾバランス法は直接法であるが，メンテナンスが複雑なこと等から，本調査における一時間平均温度の測定には，β線式粉じん計を採用した。

4.1.1　β線粉じん計

(1)　測定原理と構造

β線吸収式粉じん計は，低いエネルギーのベータ線(β ray) を物質に照射した場合，その物質の質量に比例してβ線の吸収量が増加することを利用した測定器で，ろ紙上に捕集した粒子状物質にβ線を照射し，透過したβ線強度を測定することにより粒子状物質の質量を知るものである。β線透過強度と粒子状物質質量との関係は次式で与えられる。

$$I = I_0 \exp(-\mu m \cdot Xm) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-4-1)$$

ここで，

I　：ろ紙及び粒子状物質を透過したβ線強度

I_0：ろ紙だけを透過したβ線強度

μm：質量吸収係数（cm²／g）

Xm：粒子状物質の質量（g／cm²）

したがって，粒子状物質の質量は，

$$Xm = \frac{1}{\mu m} \ell n \frac{I_0}{I} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-4-2)$$

また，粒子状物質濃度は次式のようになる。

$$C = \frac{S}{V} \cdot Xm = \frac{S}{V} \cdot \frac{1}{\mu m} \cdot \ell n \frac{I_0}{I} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-4-3)$$

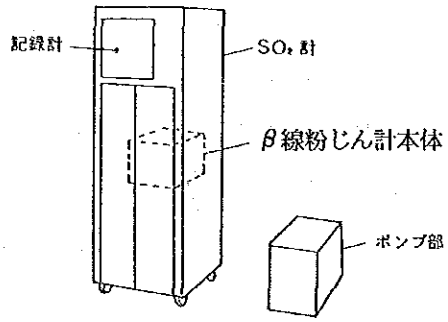
ここで，

C ； 粒子状物質濃度（mg／m³）

S ； 捕集物質（cm²）

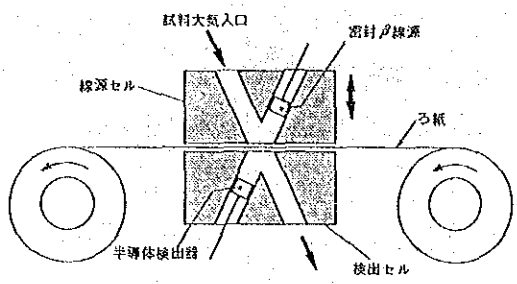
V ； 大気吸引量（m³）

本調査においては電気化学計器㈱製 GRH-76M型β線粉じん計を使用したが，本測定器は図Ⅲ－4－1，写真Ⅲ－1－1(4)に示すように，本調査で使用しているGRH-72型SO_2計に組み込んだものであり，サイクロン型分粒器を通して流量18ℓ／min の一定流量で大気を吸引し，リールに巻いた帯状のガラス繊維ろ紙にSPM を捕集測定し，演算の結果質量濃度（mg／m³）が出力される。測定結果は，自記記録計に一時間平均値として一時間毎に積算され，SO_2の指示値とともに，のこ歯状にレコーダーチャート上に記録される。



図Ⅲ－4－1　β線粉じん計外観

検出部は図Ⅲ－4－2に示すように，試料大気とβ線の放射路が鋭角のX型に交差し，その交差位置に捕集用ろ紙が置かれている。さらに検出部は，ろ紙通過部で上下に2分割されており，上部の線源セルには密封β線源（プロメチウム147，^{147}Pm）が組み込まれ，下部の検出セルには半導体検出器（シリコン荷電粒子検出器）が組み込まれている。この構造によってブランク測定，捕集及び検出を同一の位置で行うことができ，ろ紙の位置ずれによる誤差がなく，低濃度領域を高い精度で測定できるようになっている。また，この構造により時々刻々の値を連続測定することがきる。測定は図Ⅲ－4－3に示すプログラムタイムチャートにしたがい，ろ紙送り，ろ紙ブランク測定，通気測定を繰り返し，全自動測定が出来るようになっている。表Ⅲ－4－2にβ線粉じん計の仕様を，図Ⅲ－4－4に測定系統図を示す。



図Ⅲ－４－２　検出部の構造

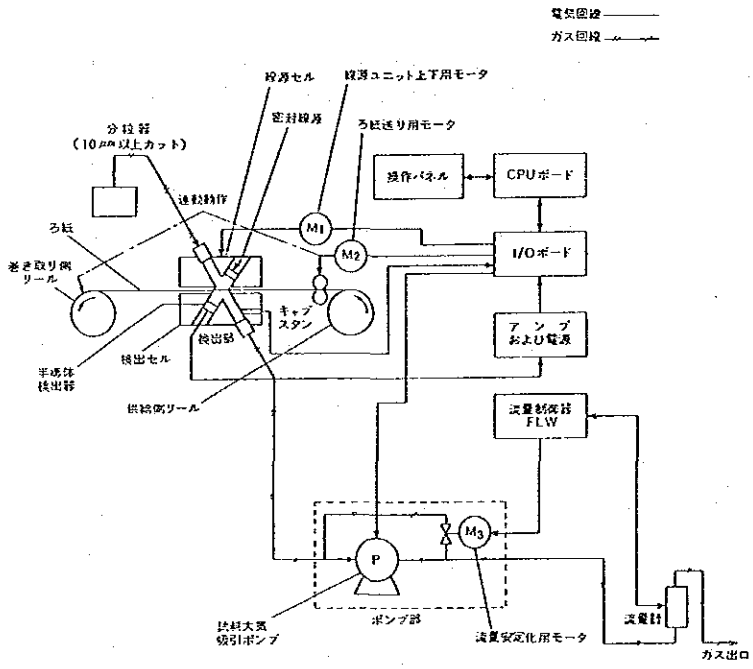
時間→ 0:00															1:00	
測定区分	0				1	2	3	4～13	14	0				1	2
プログラム項目	線源セル上昇	ろ紙送り	線源セル下降	通気ブランク測定	通気測定（55分32秒）					線源セル上昇	ろ紙送り	線源セル下降	通気ブランク測定	通気測定	通気測定
時間	30秒			3分58秒	3分58秒	3分58秒	3分58秒	3分58秒	3分58秒	30秒			3分58秒	3分58秒	3分58秒
線源セル駆動モータ															
ろ紙送りモータ															
試料大気吸引ポンプ															
測定値出力						(1)の測定結果をパルス列として出力。	(2)の測定結果をパルス列として出力。	(3)～(13)の測定結果をパルス列として出力。	(13)の測定結果をパルス列として出力。	(0)の測定結果をパルス列として出力。				(1)～(0)までの測定結果を基にした換算値を出力*。	

＊換算値：１時間値を求めるために，実際の測定を行っていない時間（ブランク測定など）分について，実際に測定を行った時間の測定値を換算して求めた値である。

図Ⅲ－４－３　プログラムタイムチャート

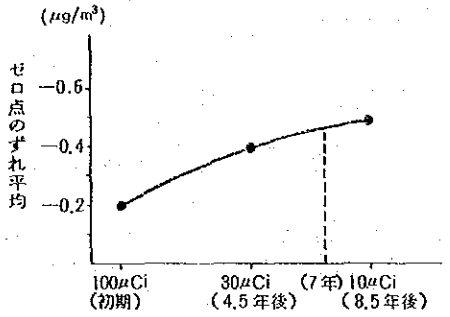
表Ⅲ－4－2　β線粉じん計仕様

機種	DUB型
測定範囲	0～1／5mg／m³
精度	10μg／mg or ±10％
分粒器	サイクロン式
線源	147 Pm
使用ろ紙	ガラス繊維
捕集方法	ろ過式
吸引流量	18ℓ／min（定流量制御）
検出器	半導体検出器
校正方法	等価膜法
表示	時刻（　時　分　） 手動操作時は各シーケンスチェックに対応した状態表示，校正結果の表示
記録	DC　0～1V のこ歯状出力記録
テレメータ出力	パルス0～5×10³　G.P.H DC0～1V（のこ歯状出力）
テレメータ信号	入力（リセット，観測局停止）
電源	AC100V±10％　50／60Hz
消費電力	約150VA
外形寸法	本体：270W×410D×250H ポンプユニット：225W×285D×270H
重量	本体：約20kg ポンプユニット：約10kg
使用温度範囲	－10　～　40℃
SO_2計と組み合わされた場合の型名	GRH－76M型



図Ⅲ－4－4　β線粉じん計測定系統図

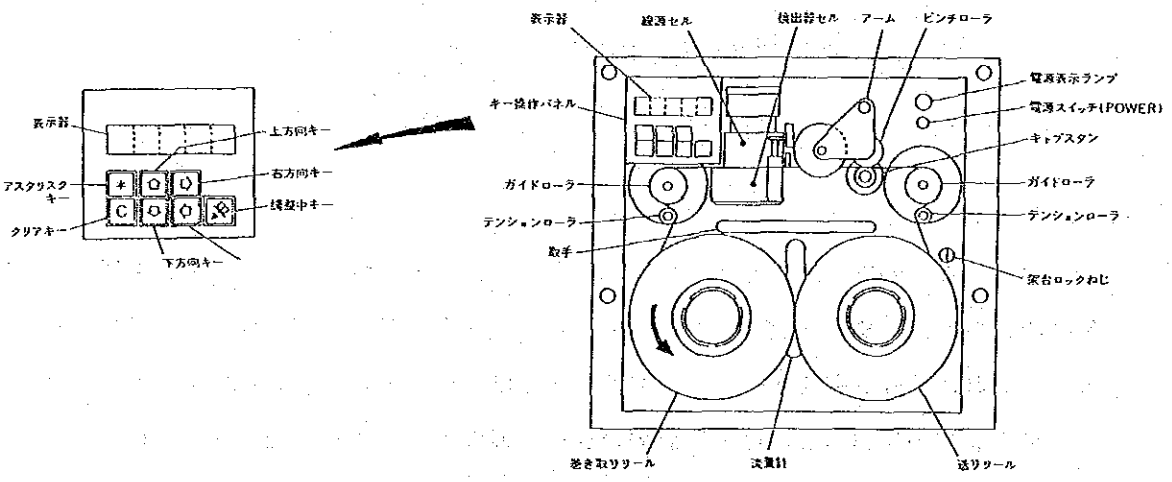
β線源は100マイクロキュリー（μCi）以下のプロメチウム147を密封線源として使用し，放射性同位元素が漏洩や浸透などによって収納容器から散逸して周辺を汚染することがないようになっている（ただし，密封線源を取出すことは厳禁である）。なお，日本においてはこの密封線源の使用に関しては放射線取扱資格，許可及び届出は不要である。また，プロメチウム147は半減期が2.6年であるが，図Ⅲ－4－5に示すように，線源強度が弱くなってもゼロ点のズレはわずかであり，使用期間は7年以上である。



図Ⅲ－4－5　線源強度が異なる場合のゼロ点のズレ

(2)　測定操作

測定操作は図Ⅲ－4－6に示す測定器前面操作部の操作キーパネルを，表Ⅲ－4－3に示す動作モードにすることにより，自動測定，校正，時刻合わせ等の作動ができるようになっている。なお，詳細なキー操作はカタログ（日本文，英文）のとおりである。



図Ⅲ－4－6　測定器前面操作部

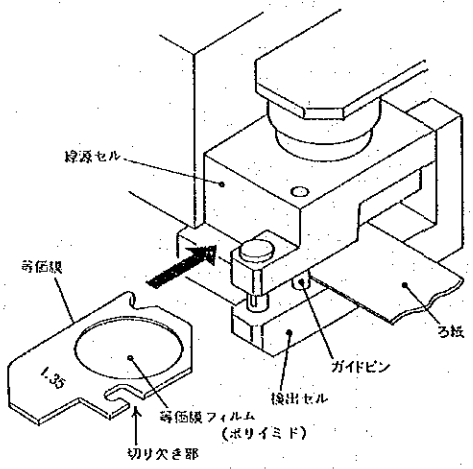
表Ⅲ－4－3　動作モード

表示器	モード名	目　　的
00-00	自動測定	通常は時刻を表示し，異常時にはアラーム記号を表示。
1	手動操作	線源セルの上下，ろ紙送り，ポンプのON/OFF，流量制御装置の調整。
2	等価膜値	付属の等価膜の値の書き込みと表示。
3	校　　正	ブランク測定，等価膜測定，校正。
4	スパン係数	スパン係数の書き込みと表示。
5	時　　刻	時刻合わせと表示。
6	月・日	月・日合わせと表示。
7	年　　号	年号（西暦4けた）合わせと表示。
8	局ナンバー	測定局のナンバーの書き込み。（0～100）
9	診　　断	ROM内容の確認，翻訳改正ナンバーの記入，データのプリント，内蔵時計の確認。
A	補正値A	等価膜値を変更することなくゼロ点補正するための数値の書き込みと表示。
b	補正値b	等価膜値を変更することなく感度補正するための数値の書き込みと表示。
c	伝送試験	1時間0～1000パルスを10分割した感度で選択して出力させることができ

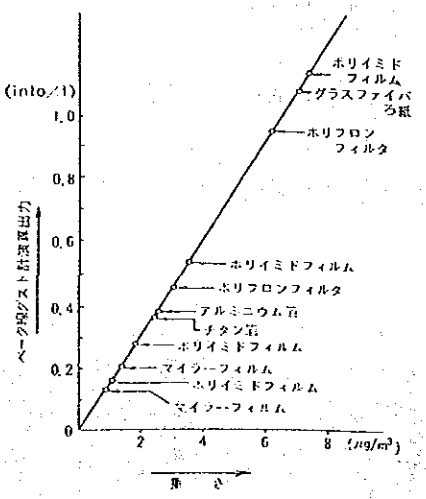
時刻表示の場合1秒間隔で点滅

(3)　校　　正

β線粉じん計の校正は図Ⅲ－4－7に示すように，あらかじめブランク値を測定した検出部のろ紙の上に，薄いプラスチックフィルムにより作った等価膜（ポリイミドフィルム）をのせ，これにβ線を吸収させ，プラスチックの厚さに対応した重量濃度を出力（演算出力）し，等価膜値の確認あるいは等価膜値の変更を操作キーパネルを動作させて行う。なお，図Ⅲ－4－8は種々の材質による等価膜の測定結果を示したものであり，密度の異なる物質についても直線性が得られていることがわかる。



図Ⅲ－４－７　等価膜の挿入



図Ⅲ－４－８　種々な材質の等価膜とβ線粉じん計出力との関係

(4)　保守点検

計測器を正常に動作させ，所定の性能を維持するために，表Ⅲ－４－４に示す保守点検を行う。なお，本調査においては月一回のろ紙の交換及び等価膜による校正並びに日常の点検（記録の確認等）はシンガポール側が行い，それ以外の保守点検は短期現地調査期間中（第２次～第４次）日本側が行った。写真Ⅲ－４－１に保守点検時の様子を示す。

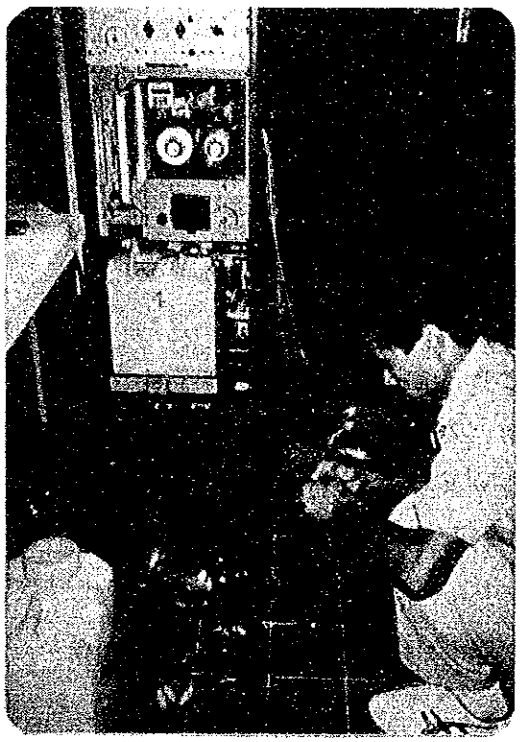
表Ⅲ－4－4　β線粉じん計の保守点検管理表

	保守点検対象				管理周期						
	対象		項目	内容	週	2週	月	2月	3月	6月	年
1	ろ紙		交換	新品と交換			□				
2	分粒器		清掃	内部の清掃					△		
3	試料大気吸引ポンプ	ダイヤフラム及びバルブ	交換	ダイヤフラム及びバルブを新品と交換する						□	
		フィルタ	交換	フィルタの交換							□
4	内部配管		清掃	内部付着の浮じんの清掃					△		
			交換	新品と交換						□	
5	線源セル		清掃	内部付着浮じんの清掃						△	
6	試料大気導入管		清掃	内壁の清掃					△		
			交換	新品と交換							□
7	校正		校正	等価膜（校正フィルム）による			○				

○印　：　異常の有無を点検する。所定の作業を行う。所定の値に調整する。

△印　：　指定箇所の清掃，洗浄を行う。

□印　：　性能保持のため指定の部品などの交換を行う。



写真Ⅲ－4－1　β線粉じん計の保守点検

4.1.2　測定結果

MP1，2，6における浮遊粒子状物質の有効測定時間（校正時，機器のトラブル等の欠測を除いた有効測定時間）を表Ⅲ－4－5に示す。いずれの測定点も日本の有効測定局（年間測定時間が6,000 時間に達した測定局）以上の測定時間となっている。

表Ⅲ－4－5　有効測定時間

測定点	有効測定時間	測　定　率
MP 1	7,642 時間	87.0%
MP 2	8,166 時間	93.0%
MP 6	7,618 時間	86.7%

1983年12月7日～1984年12月6日＝8784時間

各測定点の一時間値の浮遊粒子状物質のデータは表Ⅲ－4－6に示す例のように資料編に示すが，各測定点の年間，N系モンスーン，S系モンスーン，昼夜別濃度は表Ⅲ－4－7に示すとおりである。なお，これら測定データの解析は「第Ⅴ編　現地調査データの解析」に示す。

表Ⅲ－4－7　β線粉じん計による浮遊粒子状物質の期別昼夜別濃度

測定局名	S系ﾓﾝｽｰﾝ(4~10月)			N系ﾓﾝｽｰﾝ(11~3月)			年　間		
	昼	夜	通日	昼	夜	通日	昼	夜	通日
(1)　J.T.C. HALL	20.0	26.3	23.4	26.1	29.0	27.7	22.6	27.4	25.2
(2)　N.U.S.	23.8	31.2	27.8	29.1	32.5	30.9	26.0	31.8	29.1
(6)　NANYANG.T.I.	20.7	32.4	27.1	19.8	30.8	25.8	20.4	31.8	26.6

（μg／m³）

表Ⅲ－4－6　浮遊粒子状物質測定結果（1時間値）例

*** メイサイ　ゲツボウ　***　　PAGE - 4

1984 ネン　1 ガツ　　コウモク (106)　SPM　　クラブン　0 ヨウ (　1) (MP1) J.T.C. HALL　　(UG/M3)

ヒヅケ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	MIN	MAX	AVE	HOUR	TOTAL
1	30	18	10	10	10	8	10	20	4	4	8	10	5	8	5	10	2	2	10	10	16	30	20	28	2	30	12	24	288
2	12	10	10	10	10	30	45	54	78	38	30	10	10	12	0	10	10	8	14	8	12	24	30	38	0	78	21	24	513
3	30	55	40	40	38	32	22	20	38	20	10	10	14	10	20	12	25	15	6	10	12	12	4	10	4	55	21	24	505
4	10	10	24	20	20	20	35	30	35	30	28	20	50	32	20	20	40	40	30	10	20	40	54	40	10	54	28	24	678
5	60	55	30	50	40	50	50	60	80	54	30	30	25	20	22	15	20	20	25	25	25	38	30	30	15	80	37	24	884
6	22	30	10	10	25	15	18	20	30	34	34	32	30	10	14	10	10	20	20	30	20	24	25	40	10	40	22	24	533
7	54	30	18	20	30	15	12	40	50	20	20	20	20	20	10	5	10	8	10	10	30	25	20	20	5	54	22	24	517
8	25	40	10	24	12	10	5	2	12	10	10	20	10	10	10	10	20	35	35	22	45	30	18	10	2	45	18	24	435
9	10	10	20	20	15	10	20	25	35	30	40	20	20	5	5	24	24	25	40	50	25	40	30	30	5	50	24	24	573
10	20	30	30	50	30	28	50	70	65	80	50	45	40	10	40	32	25	22	40	30	40	40	28	35	10	80	39	24	930
11	35	30	38	30	30	30	30	50	45	50	45	60	30	44	50	60	54	60	80	98	60	40	35	26	26	98	46	24	1110
12	10	4	10	10	10	10	10	10	62	40	45	10	24	28	40	25	28	30	30	25	10	10	15	30	4	62	22	24	526
13	55	50	20	20	40	38	20	20	32	30	20	10	20	20	20	20	28	40	70	48	32	20	30	30	10	70	31	24	733
14	30	20	18	12	20	10	10	18	20	30	2	18	12	10	20	20	30	30	20	30	40	20	28	20	2	40	20	24	488
15	12	18	15	20	8	20	30	12	20	30	15	10	4	10	0	14	10	6	10	24	36	40	35	30	0	40	18	24	429
16	40	30	26	30	40	50	50	60	80	85	65	60	50	30	35	30	25	20	2	12	22	32	16	12	2	85	38	24	902
17	5	5	10	5	5	10	14	14	18	18	10	20	15	10	10	10	4	10	10	14	4	20	20	10	4	20	11	24	271
18	16	10	18	20	20	18	12	58	72	70	54	38	22	20	38	20	50	68	40	40	45	34	24	15	10	72	34	24	822
19	10	16	22	15	18	22	35	40	42	40	55	50	40	24	28	28	25	22	30	18	15	12	32	20	10	55	27	24	659
20	20	8	10	10	5	10	15	10	20	35	45	20	40	38	50	60	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	5	60	25	16	396
21	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	30	38	68	40	50	38	50	25	20	30	20	10		10	68	35	12	419
22	10	10	5	10	18	20	24	40	40	20	14	18	20	34	38	28	25	20	28	32	38	28	45	38	5	45	25	24	603
23	34	50	30	24	25	15	15	10	14	15	25	20	10	20	24	20	40	60	55	54	72	54	20	10	10	72	30	24	716
24	10	5	6	10	5	10	10	10	10	25	35	65	45	54	70	36	20	45	18	30	38	20	20	40	5	70	27	24	637
25	20	30	40	30	20	30	55	90	70	50	50	30	20	28	10	10	22	58	20	20	20	15	20	14	10	90	32	24	772
26	10	10	5	10	10	5	10	25	65	88	64	80	28	34	26	18	50	55	25	25	30	26	48	38	5	88	33	24	785
27	30	30	48	20	24	20	10	18	28	30	15	30	4	4	10	15	5	6	10	15	22	40	12	4	4	48	19	24	450
28	10	20	10	10	5	8	5	5	5	5	10	28	40	16	10	24	20	20	20	25	14	34	24	40	5	40	17	24	408
29	18	20	10	10	6	8	8	10	18	40	40	40	34	32	20	22	20	20	20	4	18	32	40	28	4	40	22	24	518
30	10	10	30	60	30	10	18	4	5	12	24	24	20	5	5	18	50	8	12	12	25	30	30	54	4	60	21	24	506
31	30	30	30	15	12	18	22	45	52	40	20	5	2	8	20	20	24	10	10	24	24	26	16	25	2	52	22	24	528
MIN	5	4	5	5	5	5	5	2	4	4	2	5	2	4	0	5	2	2	2	4	4	10	4	4	0				
MAX	60	55	48	60	40	50	55	90	80	88	65	80	50	54	70	60	54	68	80	98	72	54	54	54		98			
AVE	23	23	20	21	19	19	22	30	38	36	30	28	24	21	24	22	26	27	26	26	28	29	26	26			26		
HOUR	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	30	30	30	30	30	30	30	30				724	
TOTAL	688	694	603	625	581	580	670	890	1145	1073	913	853	734	644	738	686	766	821	790	780	830	866	789	775					18534