4.2　SO_2，風向風速，日射量，放射収支量，気温の測定

1983年12月7日から1984年12月6日の1年間，表Ⅲ－4－1に示す測定点において，自動連続測定器により硫黄酸化物，風向風速，日射量，放射収支量，気温（2高度，地上1.5m，30m）の1時間値の測定を行った。

4.2.1　使用機器

本調査においては，SO_2 に係る環境影響調査時に使用した測定機器を第1回短期現地調査時にオーバーホール及び校正を行って使用した。以下，使用した測定機器の仕様を表Ⅲ－4－8～表Ⅲ－4－12に示す。

(1)　SO_2 計

表Ⅲ－4－8　SO_2 計仕様

名称	大気中SO_2測定装置
メーカ	電気化学計器(株)
型名	GRH－72
測定対象	大気中のSO_2
測定原理	硫酸酸性の過酸化水素溶液による間欠溶液導電率方式
測定範囲	0～0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1 ppm 5レンジ自動，手動切替え
測定周期	1測定1時間 （1測定30分間に切替え可能）
記録	測定周期のはじめにゼロを，終りに時間平均濃度を示すのこ歯状記録
試料大気流量	1 ℓ/min
吸収液量	20 mℓ
吸収液タンク容量	20 ℓ
記録計	入　　力：DC 0～1V 記録方式：打点式　赤（SO_2） 記録紙速度：25 mm/h 記　録　紙：有限幅180 mm折りたたみ
出力電圧	DC 0～1V
電源	AC 100V±10%，50Hz又は60Hz（要指定）
所要電力	約150 VA
重量	約110 kg（吸収液20 ℓを含む）
外形寸法	460(W)×1580(H)×500(D)
表面色	マンセルN4，マンセルN7

名　　称	微風向風速計
メ　ー　カ　ー	光進電気㈱
型　　名	MV-110B型
微風向風速計発信器	
風速発信部	4枚羽根プロペラ型
風速電気信号	直流発電機
風向発信部	軽量強化プラスチック製矢羽根型
風向電気信号	シンクロ制御発信器
測定精度	風向　0.4m／sの風速の時誤差±3°以内
	風速　0.4～2m／s±0.3m/s以内
	2～20m／s±3％以内
耐風速	60m／s（風洞内）
遠隔用電源	発信器～記録器又は平均装置　0.75mm²×8芯　1,000m迄
重　　量	約5kg
微風向風速計記録器	
型　　式	2ペン式自動平衡記録器
測定範囲	風向　540°／360°シフト
	風速　0.4～20m／s
記録紙送り早さ	30mm／H
記録紙	有効巾　180mm（風速 100mm，風向70mm）
	長さ　23m（30mm／H送りで1ヶ月）
電　　源	AC 100V±10％　50Hz，60Hz共用
重　　量	約 28 kg
外箱型式	埋込卓上兼用型
平均装置	
記録用出力信号	風向風速平均値 } 手動切替
	風向風速瞬間値 } 手動切替
出力信号	平均風向0～540℃　0～1Vインピーダンス 100Ω
（テレメーター用）	平均風速0～10m／s　0～1Vインピーダンス 100Ω
平均方式	電気的積分方式による10分間連続平均
電　　源	AC 100V±10％　50Hz，60Hz共用
重　　量	約 20 kg
外箱形式	埋込卓上兼用型

(3) 日 射 計

表Ⅲ－4－10 日射計仕様

名称	ネオ日射計
メーカー	英弘精機産業㈱
型名	MS－4型
感度	7 mV／cal cm^{-2} min^{-1}
内部抵抗	100 Ω
応答速度	3.8 秒（63.2％）
気温変化による誤差	－0.1 ％／℃
Cosine 特性	2 ％（受光面に対し45°の角度）
方向性	なし
重量	2.31kg

(4) 放射収支計

表Ⅲ－4－11 放射収支計仕様

名称	示差放射計
メーカー	英弘精機産業㈱
型名	CN－1型
出力	25mV／cal・cm²・min¹
両面感度差	3％以内
内部抵抗	80Ω
応答速度	20秒（90％追従）
波長範囲	0.3～100 μ以上
使用温度範囲	－15℃～＋40℃
受感部面積	38mm×38mm
ポリエチレンドーム	厚さ 0.1mm
積算演算器（日射計共用）	
入力	DC 0～8.33 mV
出力	DC 0～10 mV
積算時間	10min, 30min, 60min
リセット時間	自動又は手動（任意）
入力抵抗	500 KΩ以上
出力抵抗	50 Ω以下
直線性	±0.5 %（全スパンに対し）
温度特性	±0.1 %／℃，±0.5 %／day

(5) 気 温 計

表Ⅲ－4－12 気 温 計 仕 様

名　　称	白金抵抗温度計
メ　ー　カ　ー	光進電気㈱
型　　名	ＫＴＭ型
測温抵抗体	
感　温　部	白金抵抗体 100Ωat０℃
測温範囲	０度～＋60℃　精度± 0.5℃
規格電流	５mA
気温通風筒	
形　　式	二重円筒通風式
通風速度	５～６ｍ／ｓ
主要機質	耐蝕アルミニウム鋳物 AC7A-F
	耐蝕アルミニウム合金板 A5052P-0
塗　　色	銀色メラミン焼付塗装
ファンモーター	型式　FC-100B AC100V 50/60Hz
	電流　0.15／0.18A

4.2.2　保守点検

測定機器の保守点検は，チャートの交換等日常の保守点検はシンガポール側が，また，校正，部品の交換等は日本側が短期現地調査期間中に実施した。測定機器別保守点検項目とその頻度を表Ⅲ－４－13～表Ⅲ－４－16に示す。また，保守点検の様子を写真Ⅲ－４－２に示す。

(1) SO_2 計

表Ⅲ－4－13　SO_2計の保守点検項目と頻度

	保守点検対象				管理周期							
	対象		項目	内容	週	2週	月	2月	3月	4月	6月	年
1	試料大気導入管		点検	汚れ，漏れ，折れ，外れの有無			○					
			洗浄	内壁洗浄					△			
			交換	新品と交換								□
2	試料大気導入管を除くガス流路		点検	汚れ，漏れ，折れ，外れの有無	○							
			洗浄	継手，管内壁洗浄					△			
			交換	各管								□
			テスト	ガス漏れテスト					○			
3	液流路		点検	汚れ，漏れ，折れ，外れの有無		○						
			洗浄	継手，管内壁洗浄					△			
			交換	各管								□
4	流量計		点検	内壁の汚れ，ゴミの有無	○							
				フロートのひっかかりの有無	○							
			調整	1.0 ℓ/min に調整	○							
			洗浄	内壁，フロートの洗浄					△			
			目盛点検	基準流量計で点検							○	
5	流量調整弁		点検	流量調整範囲	○							
			清掃	ニードル，内部の汚れ					△			
6	フィルタ(1)	エレメントPF-1	交換	新品と交換	□							
		ケース	清掃	内壁，継手内壁の清掃					△			
			交換	新品と交換								□
7	吸収液		交換	調整交換		□						
8	ガス吸収部		点検	汚れ，その有無，バブリング状態	○							
			洗浄	内壁，電極の洗浄					△			
9	試料大気吸引ポンプ		点検	異常音，異常振動の有無			○					
				規定流量が得られるか			○					
			清掃	ダイヤフラム，弁，ジョイント内部					△			
			交換	ダイヤフラム，弁，新品交換								□
10	電磁弁		点検	開閉動作の確認					○			
11	送液ポンプ		点検	異常音，異常振動の有無		○						
				必要液流量が得られるか			○					
12	ガス吸収部液量		確認	液量 20±0.4 mℓ以内					○			
			調整	レベル計用電極位置調整					○			
13	等価液目盛校正		校正	各レンジでの校正をする				○				
14	記録計	記録紙	点検	記録紙送り不良の有無	○							
				記録紙時刻ずれの有無	○							
			交換	新品と交換			□					
		インク	点検	記録の濃淡	○							
			補給	パッドへのインクの補給		○						
		指針調整	ゼロ調整	入力ジョートでゼロ調整する								○
15	タイマ		点検	時刻ずれの有無	○							
16	電源，テレメ結線		点検	ゆるみ，外れ，断線などの有無		○						
17	電気回路の調整		調整	スライド，レンジ，バランス，D/A								○
18	フィルタ(2) バイパスフィルタ		交換	グラスエレメント交換								□

○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。

(2) 風向風速計

表Ⅲ－4－14 風向風速計の保守点検項目と頻度

保守点検対象			管理周期			
対象	項目	内容	日	週	月	3月
ポール	点検	鉛直塔立の確認	○			
		ステーのはり具合	○			
センサー	点検	回転の確認	○			
記録計	点検	記録紙送り不良の有無	○			
		記録紙時刻ずれの有無	○			
		記録の濃淡	○			
	交換	記録紙の交換			○	
	補給	インクの補給		○		
校正	調整	センサーのN位置と記録計のN位置の調整				○
		風速ゼロの調整				○
電源及び結線	点検	ゆるみ外れの有無	○			

(3) 日射計，放射収支計

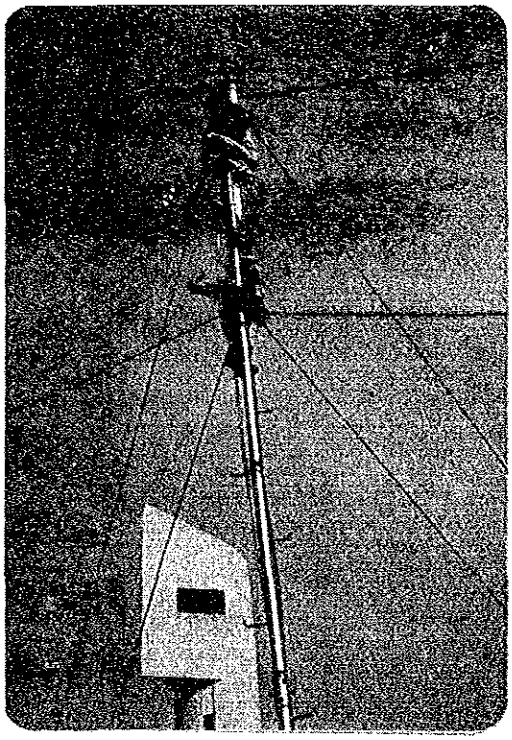
表Ⅲ－4－15 日射計，放射収支計の保守点検項目と頻度

保守点検対象				管理周期			
対象		項目	内容	日	週	月	適時
日射計	ポール	点検	鉛直塔立の確認	○			
	ガラスドーム	点検	曇り，キズの有無	○			
	シリカゲル	点検	必要に応じ交換				○
放射収支計	ポール	点検	鉛直塔立の確認	○			
	ポリエチレンドーム	点検	曇り，キズの有無	○			
			ドームのはり具合	○			
		交換	ドームの交換			○	
	送風器	点検	空気流量の確認	○			
		交換	必要に応じシリカゲルの交換				○
記録部	記録計	点検	記録紙送り不良の有無	○			
			記録紙時刻ずれの有無	○			
			記録の濃淡	○			
		交換	記録紙の交換			○	
		補給	インクの補給		○		
	電源・結線	点検	ゆるみ，外れの有無	○			

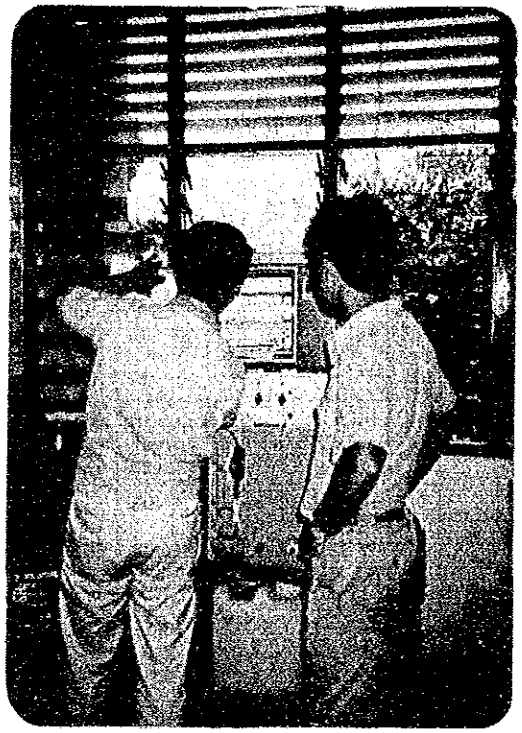
(4) 気 温 計

表Ⅲ－4－16 気温計の保守点検項目と頻度

保守点検対象			管理周期				
対象	項目	内容	日	週	月	3ケ月	年
測温部	点検	通風用モーター異常音の有無	○				
	清掃	保護管，シェルターの清掃					○
記録計	点検	記録紙送り不良，記録紙時刻ずれの有無，記録の濃淡	○				
	交換	記録紙の交換			○		
	補給	インクの補給		○			
校正	調整	アスマン温度計による比較				○	
電源ケーブル	点検	ゆるみ，外れの有無	○				



風向風速計の校正（MP1）



SO_2 計の校正（MP20）

写真Ⅲ－4－2 測定機器の保守点検

4.2.3　測定結果

(1)　有効測定時間

各測定点におけるSO_2，風向風速，日射量，放射収支量，気温の有効測定時間を表Ⅲ－4－17～表Ⅲ－4－20に示す。いずれ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－4－17　SO_2有効測定時間

測定点	有効測定時間	測定率 (%)
MP 1	8011	91.2
MP 2	7645	87.0
MP 4	8229	93.7
MP 6	7515	85.6
MP 7	8302	94.5
MP 14	8011	91.2
MP 20	8445	96.1

表Ⅲ－4－18　風向風速有効測定時間

測定点	有効測定時間		測定率 (%)	
	風向	風速	風向	風速
MP 1	8376	8164	95.4	92.9
MP 2	8195	8080	93.3	92.0
MP 4	8400	8327	95.6	94.8
MP 6	8006	8006	91.1	91.1
MP 7	8447	8316	96.2	94.7
MP 14	8180	8128	93.1	92.5
MP 20	7759	8197	88.3	93.3

表Ⅲ－4－19　日射量，放射収支量有効測定時間

測定地点名	有効測定時間		測定率 (%)	
	日射量	放射収支量	日射量	放射収支量
Changi Air port	8737	8431	99.5	96.0

表Ⅲ－4－20　気温有効測定時間

測定地点名	有効測定時間数		測定率 (%)	
	地上 1.5m	地上 30m	地上 1.5m	地上 30m
MP 1	8121	7994	92.5	91.0

(2)　SO_2

年間，N系モンスーン，S系モンスーン，昼夜別SO_2平均濃度を表Ⅲ－4－21に示す。年平均値でみた場合 SO_2の濃度は，MP4＞MP1＞MP6＞MP7＞MP2＝MP14＞MP20の順となっている。なお，各測定点の1時間値の全測定結果は表Ⅲ－4－22に示す例のように整理し，資料編にまとめてある。また，SO_2濃度の解析結果は第Ⅴ編に記述する。

表Ⅲ－4－21　SO_2測定結果

(ppb)

測定局点	S系モンスーン（4～10月）			N系モンスーン（11月～3月）			年間		
	昼	夜	通日	昼	夜	通日	昼	夜	通日
(1) J.T.C. HALL	20.6	16.0	18.1	21.3	16.0	18.4	20.9	16.0	18.2
(2) N.U.S.	15.4	12.2	13.7	17.2	12.0	14.4	16.2	12.1	14.0
(4) BOON LAY APARTMENT	35.0	16.0	24.7	22.3	15.4	18.5	30.1	15.7	22.3
(6) NANYANG. T. I.	21.1	12.7	16.5	15.1	9.2	11.9	18.9	11.4	14.8
(7) BUKIT PANJANG P.P.	21.6	10.5	15.6	18.7	8.6	13.2	20.4	9.7	14.6
(14) KALLANG. F.F.	16.7	12.9	14.6	15.9	11.0	13.2	16.4	12.1	14.0
(20) SINGAPORE O.P.S.	14.7	9.3	11.7	13.0	8.5	10.5	14.0	9.0	11.3

S系モンスーン　4月～10月
N系モンスーン　11月～3月
昼　7：00～17：59
夜　18：00～6：59

表Ⅲ－4－22　SO_2測定結果(1時間値) 例

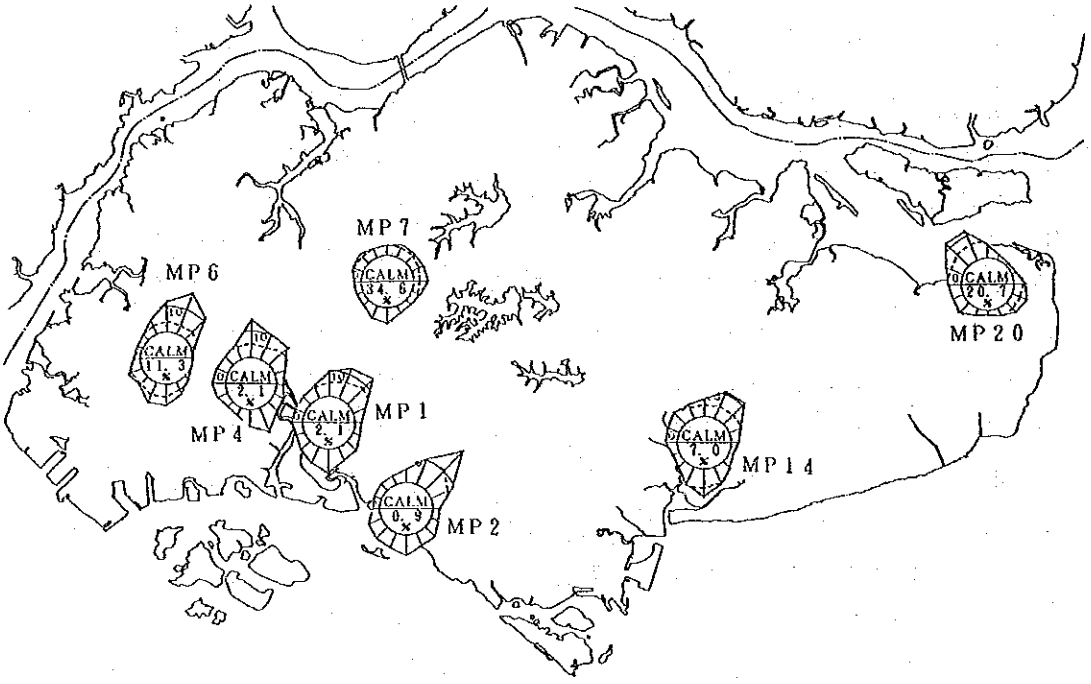
*** メイサイ ケツホウ ***　　PAGE - 3

1984 ネン 1 ガツ　コウモク (101) SO2　クランO ヨウ (1) (MP1) J.T.C. HALL　(PPB)

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	42	9	8	20	24	30	16	20	25	13	14	12	13	12	13	14	22	17	14	13	19	12	17	19	8	42	17	24	418
2	14	9	9	17	24	19	22	37	31	13	18	17	16	28	15	15	20	40	24	21	20	13	11	21	9	40	20	24	474
3	14	19	21	19	17	14	10	11	26	14	11	12	12	16	13	12	13	12	11	14	13	12	11	11	10	26	14	24	338
4	19	24	28	17	26	24	23	17	22	12	12	12	17	18	36	40	70	36	19	33	29	13	9	12	9	70	24	24	568
5	20	18	14	24	16	14	23	22	22****	40	37	23	23	12	23	12	10	10	10	9	10	25	11		9	40	19	23	428
6	9	17	18	29	35	20	13	30	44	16	31	65	29	35	17	12	13	17	14	10	26	17	19	22	9	65	23	24	558
7	20	14	54	28	20	26	12	22	8	8	9	9	15	24	12	9	9	9	9	8	8	8	24	54	8	54	17	24	419
8	30	35	32	10	22	29	10	10	8	11	8	14	9	19	8	9	9	9	8	8	12	9	9	9	8	35	14	24	337
9	9	9	21	20	21	14	17	30	21	82	66	28	51	28	11	15	19	13	23	43	76	26	18	20	9	82	28	24	681
10	18	11	17	15	11	13	17	19	16	39	68	47	29	34	15	14	14	26	17	17	17	18	11	16	11	68	22	24	519
11	11	17	16	16	14	16	16	17	11	14	13	14	49	33	34	23	22	12	10	12	12	7	7	6	6	49	17	24	402
12	14	12	14	25	22	10	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	11	22	18	8	8	36	28	15	6	36	13	24	319
13	32	15	15	15	10	9	8	7	6	8	9	53	23	59	81	23	43	61	27	13	10	9	7	7	6	81	23	24	530
14	8	6	6	6	6	6	5	6	7	7	11	18	24	14	12	31	19	24	18	10	7	6	6	6	5	31	11	24	269
15	6	7	7	9	7	6	6	7	7	8	9	25	30	13	15	20	18	18	13	16	9	8	8	8	6	30	12	24	280
16	8	8	9	13	22	26	14	18	27	16	19	43	40	38	43	37	18	16	14	14	17	12	9	17	8	43	21	24	498
17	43	10	9	9	12	9	9	8	17	26	34	55	60	52	49	31	41	20	11	10	8	9	8	11	8	60	23	24	551
18	9	9	8	9	7	7	8	18	21	23	108	56	18	15	30	32	47	51	15	9	10	7	7	13	7	108	22	24	537
19	7	8	6	5	6	7	7	6	7	19****		83	25	14	19	33	25	22	21	19	44	42	29	24	5	83	21	23	478
20	10	7	9	8	10	9	8	7	9	10	17	31	55	24	39	33**********									7	55	18	16	286
21	**********												53	44	36	33	31	24	28	34	38	25	16	8	8	53	31	12	370
22	6	6	5	6	5	5	5	7	10	7	90	94	54	27	23	15	12	12	15	16	15	9	8	8	5	94	19	24	460
23	8	8	11	7	10	9	8	9	10	11	16	17	26	24	22	19	24	24	20	16	16	14	10	7	7	26	14	24	346
24	7	6	8	10	19	10	7	8	15	52	132	190	59	67	53****		28	14	13	27	13	8	9	12	6	190	33	23	767
25	18	16	18	18	9	6	24	26	15	7	7	7	6	6	7	8	6	13	11	18	7	17	8	5	5	26	12	24	283
26	40	14	11	8	5	28	26	10	19	15	18	43	21	43	13	12	9	12	18	7	6	17	25	9	5	43	18	24	429
27	15	13	20	9	11	6	6	5	5	12	12	11	10	10	10	10	9	11	11	10	11	15	10	9	5	20	10	24	251
28	19	16	13	10	6	20	10	6	6	8	19	21	21	11	10	10	10	9	7	6	10	9	17	21	6	21	12	24	295
29	16	13	5	5	5	5	4	4	4	6	5	7	6	9	8	6	8	17	10	11	8	14	13	16	4	17	9	24	205
30	5	6	22	19	14	5	5	4	11	10	11	46	60	28	26	30	20	13	8	7	15	10	16	21	4	60	17	24	412
31	8	13	7	4	4	4	4	14	12	11	31	16	7	9	11	17	36	11	10	10	16	31	13	8	4	36	13	24	307
MIN	5	6	5	4	4	4	4	4	4	6	5	7	6	6	7	6	6	9	7	6	6	6	6	5	4				
MAX	43	35	54	29	35	30	26	37	44	82	132	190	60	67	81	40	70	61	28	43	76	42	29	54		190			
AVE	16	13	15	14	14	14	12	14	15	17	29	36	28	25	23	20	21	20	15	15	17	15	14	14			18		
HOUR	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29	29	30	31	31	31	30	30	30	30	30	30	30	30	30				721	
TOTAL	485	375	441	410	420	406	349	411	449	485	845	1091	869	786	702	595	638	595	447	450	509	443	408	426					13035

(3) 風向風速

各測定点の年間の風向出現頻度を風配図として図Ⅲ－４－９に示す。また，期時間帯別平均風速を表Ⅲ－４－23に示す。なお，風向風速の解析結果は第Ⅴ編に記述する。また，各測定点の１時間値の風向風速の全測定結果を表Ⅲ－４－24に示す例のように整理し，資料編にまとめてある。



図Ⅲ－４－９　風向測定結果（風向出現頻度）

表Ⅲ－４－23　風速測定結果

(m/sec)

測定局点	S系モンスーン（4～10月）			N系モンスーン（11月～3月）			年間		
	昼	夜	通日	昼	夜	通日	昼	夜	通日
(1) J.T.C. HALL	2.5	1.7	2.1	2.6	2.1	2.3	2.6	1.8	2.2
(2) N.U.S.	3.0	2.1	2.5	3.1	2.8	2.9	3.0	2.4	2.7
(4) BOON LAY APART	3.0	1.9	2.4	2.3	1.7	2.0	2.7	1.8	2.2
(6) NANYANG. T. I.	1.3	0.8	1.1	1.2	1.1	1.1	1.3	0.9	1.1
(7) BUKIT PANJANG P.P.	1.4	0.6	0.9	1.2	0.5	0.8	1.3	0.5	0.9
(14) KALLANG. F.F.	2.3	1.3	1.8	2.0	1.3	1.6	2.2	1.3	1.7
(20) SINGAPORE O.P.S.	1.2	0.7	0.9	2.2	1.5	1.8	1.6	1.0	1.3

表Ⅲ－4－24(1) 風向測定結果（1時間値）例

*** メイケイ ゲツポウ *** PAGE - 1

1984 ネン 1 ガツ コウモク (1) フウコウ ヒガシ 0 キヨク (1) (MP1) J.T.C. HALL

ﾆﾁ. ﾁﾍﾞ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	HOUR
1	NNE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NE	NNE	NNE	N	NNE	N	NNE	N	N	NE	NNE	N	NNE	NNE	NNE	N	N	24
2	NNE	NNE	NNE	N	N	N	N	N	N	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	24
3	N	NNW	NNE	N	N	NNE	NNE	N	N	N	NNE	N	NNE	NNE	NNE	N	N	N	N	N	N	NNE	NNE	N	24
4	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NNE	N	N	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NE	NNE	NE	NE	NNE	NNE	24
5	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N	N	NNE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	24
6	NE	NNE	NNE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N	NNE	NE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	N	NNW	24
7	NNW	NNE	NNE	N	NNE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	NNE	24
8	NNE	NE	NE	NE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	24
9	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	24
10	NNW	NNW	N	NNE	NNE	NNE	N	NNW	NNE	NNE	N	NNE	NE	NE	N	N	NNE	NNE	NNE	N	N	NNE	NNE	NNE	24
11	NNE	N	N	N	N	N	N	NNW	NNW	N	NNE	NNE	NE	NNE	NNE	NNE	N	ENE	N	NNE	ESE	ESE	E	ENE	24
12	NE	NNE	NNE	NE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ENE	NE	NE	NE	NNE	NNE	NNE	24
13	N	NNE	NE	NE	ENE	ENE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	NE	NNE	NNW	WSW	W	ENE	ENE	ENE	NE	NE	24
14	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ENE	NE	NE	NNW	W	C	ENE	NE	NE	NE	NE	24
15	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	NE	NE	NNE	NNW	NNW	NNE	NE	NE	NE	ENE	NNE	24
16	NE	NE	NE	NNE	NNE	NNE	NE	NNE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NNE	NE	ENE	ENE	NE	NE	NNE	NE	NE	NE	NE	24
17	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	24
18	NNE	NE	NE	ENE	NE	NE	NNE	NW	N	NNE	NE	N	NNE	NNE	ESE	NE	C	NNW	NNE	NNW	NE	ENE	ENE	ENE	24
19	ENE	NE	NE	NE	NE	NE	ENE	NE	NE	NNE	NE	NNE	N	NNE	WSW	SSW	SSW	E	ESE	ENE	ENE	ENE	ENE	NE	24
20	ENE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	NNE	SW	SSW	***	***	***	***	***	***	***	***	16
21	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ENE	S	S	S	S	ESE	NNE	ENE	ENE	ENE	NE	ENE	12
22	NE	NE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NNE	NNE	NE	NNE	NNE	NNE	SSW	S	ESE	ESE	E	NNW	N	NNE	***	***	***	21
23	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	NNE	NE	ENE	S	NNW	WSW	NE	NE	NNE	ENE	ENE	NE	NE	NE	14
24	NNE	NNE	NNE	NE	NNE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N	NNE	SSW	WSW	W	N	N	N	NNE	NNE	NNE	NNE	24
25	N	N	NNW	NW	NW	NNW	N	N	NW	NW	***	***	NW	ENE	S	ESE	NNE	N	NNE	NE	NNE	NE	ENE	NE	22
26	NE	NNE	ENE	NE	NE	NE	N	NNW	N	NNE	NNE	NNE	NNE	NE	WSW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	N	NNE	24
27	NNE	N	NNW	N	NNW	NNW	NNW	NNW	N	N	N	N	NNE	NNE	N	N	NNE	N	N	NNE	N	NNE	NNE	NNE	24
28	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N	NNE	NNE	NE	NNE	NE	NNE	N	N	24
29	NNE	NNW	NNW	NW	NW	NNW	NW	NNW	NNW	NE	N	N	N	N	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNW	N	NNW	24
30	NNW	N	N	N	NNW	NNW	NNW	NNW	N	N	NNE	NNE	NNE	NNE	N	SW	E	WNW	NE	NNE	NNE	N	N	N	24
31	NNE	NNW	NNW	NNW	NW	NW	NNE	N	N	NNE	NNE	NE	NE	NE	ESE	SSW	SSE	ENE	NE	NNE	NE	NE	NE	NE	24
HOUR	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	31	31	31	31	30	30	30	30	30	29	29	29	709

表Ⅲ－4 －24(2) 風速測定結果（1時間値）例

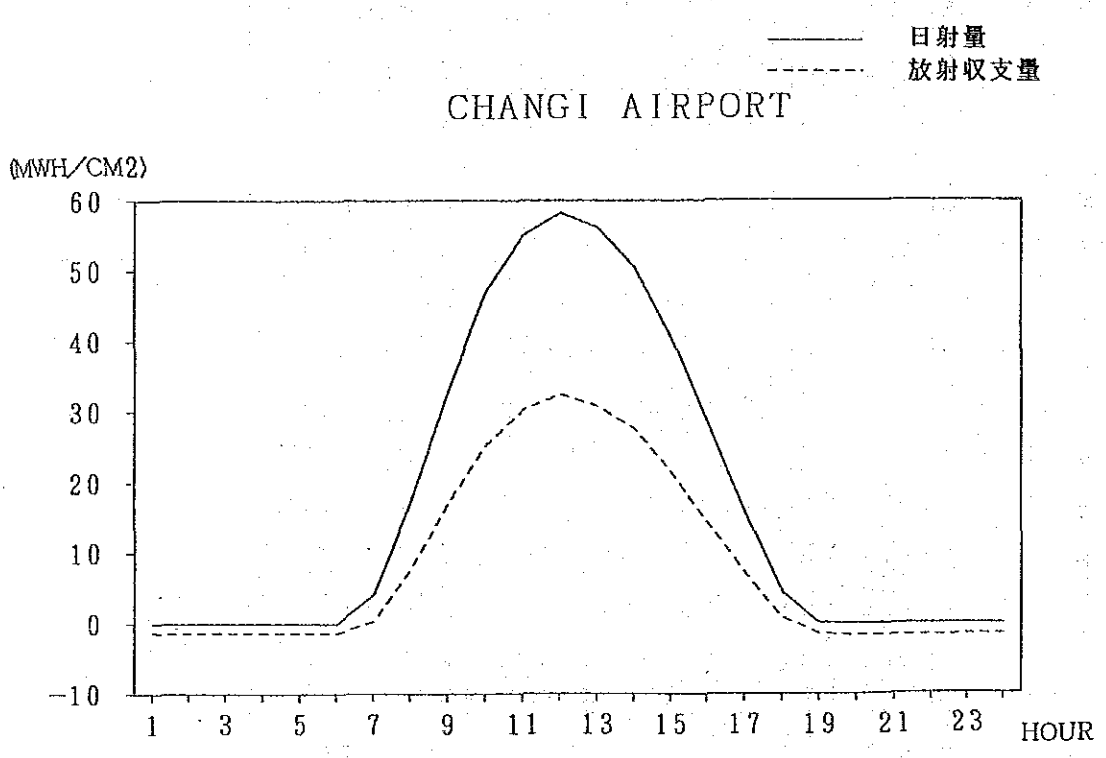
*** メ イ サ イ ゲ ツ ホ ウ ***　　PAGE - 2

1984 ネン 1 ガツ　コウモク (2) フウソク　クブン 0 キヨク (1) (MP1) J.T.C. HALL　(0.1M/S)

ヒヅケ \ ジ	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	24	24	24	22	12	32	33	32	37	29	34	28	34	35	40	37	28	31	26	27	21	26	29	24	12	40	29	24	689
2	21	21	20	15	13	11	16	17	21	28	34	41	45	40	41	38	43	45	50	33	27	36	26	23	11	50	29	24	705
3	14	14	17	20	24	17	20	18	18	28	40	32	44	38	30	45	33	37	37	30	35	37	29	25	14	45	28	24	682
4	29	20	24	22	23	19	27	26	27	39	39	29	41	30	43	35	38	43	43	31	20	17	13	13	13	43	29	24	691
5	14	10	12	16	17	21	18	17	17	35	52	30	32	42	54	44	61	60	57	46	38	34	37	33	10	61	33	24	797
6	24	28	25	41	25	26	30	22	20	30	35	46	40	48	49	51	66	58	49	42	36	25	17	16	16	66	35	24	849
7	15	19	23	19	21	25	25	32	32	31	43	46	35	38	53	52	49	52	45	56	31	27	39	37	15	56	35	24	845
8	31	36	32	29	23	21	34	36	35	43	51	60	53	54	50	43	50	52	52	45	49	47	43	35	21	60	42	24	1004
9	37	29	24	25	19	16	23	28	38	43	46	36	40	41	36	30	38	36	35	35	38	28	24	15	15	46	32	24	760
10	12	8	13	15	18	18	13	12	13	23	26	30	27	44	26	22	34	33	31	26	24	17	18	22	8	44	22	24	525
11	17	12	17	16	15	14	15	13	11	21	13	20	26	22	21	15	11	8	9	6	11	12	10	28	6	28	15	24	363
12	27	29	26	21	20	18	23	31	30	35	41	45	47	58	52	49	53	47	45	36	25	32	30	19	18	58	35	24	839
13	15	17	18	17	18	15	26	28	32	32	31	25	17	21	23	22	7	16	10	8	29	39	28	25	7	39	22	24	519
14	26	24	27	27	30	29	27	28	29	41	41	43	27	32	24	31	22	13	3	20	34	32	31	28	3	43	28	24	669
15	26	22	27	29	18	11	14	17	20	24	35	32	21	26	15	16	20	14	12	28	25	29	30	21	11	35	22	24	532
16	24	19	21	15	20	13	10	13	11	10	24	31	25	22	22	42	45	34	38	27	31	41	33	29	10	45	25	24	600
17	30	31	32	25	26	21	21	24	32	44	44	35	27	29	27	33	37	35	38	30	29	31	23	26	21	44	30	24	730
18	17	13	19	27	23	26	14	7	6	12	29	19	15	14	25	21	3	9	16	19	23	27	25	24	3	29	18	24	433
19	25	27	31	22	19	21	22	23	34	35	37	27	18	16	14	37	25	17	10	28	36	28	24	24	10	37	25	24	600
20	23	23	28	25	18	21	27	24	27	26	36	29	23	18	27	35	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	18	36	26	16	410
21	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	0	0	0	0	0
22	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	0	0	0	0	0
23	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	0	0	0	0	0
24	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	0	0	0	0	0
25	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	11	8	19	12	12	23	32	27	26	30	29	19	8	32	21	12	248
26	18	18	14	23	27	23	19	13	18	17	21	20	28	26	16	9	34	30	40	29	27	27	22	28	9	40	23	24	547
27	22	17	21	28	26	21	25	15	19	27	29	38	36	44	32	34	25	31	33	30	18	21	30	37	15	44	27	24	659
28	27	24	26	26	25	28	28	28	32	28	30	31	29	35	30	34	20	24	21	26	22	23	19	18	18	35	26	24	634
29	18	20	14	16	16	18	14	11	13	14	19	18	26	26	25	32	36	34	29	21	10	7	11	21	7	36	20	24	469
30	18	11	13	10	12	10	15	8	20	21	26	28	22	30	7	34	21	11	29	15	14	17	17	19	7	34	18	24	428
31	20	15	13	10	11	12	7	24	25	27	37	29	28	18	20	12	14	34	32	15	28	26	30	38	7	38	22	24	525
MIN	12	8	12	10	11	10	7	7	6	10	13	18	11	8	7	9	3	8	3	6	10	7	10	13	3				
MAX	37	36	32	41	30	32	34	36	38	44	52	60	53	58	54	52	66	60	57	56	49	47	43	38		66			
AVE	22	20	22	22	20	20	21	21	24	29	34	33	30	32	30	32	32	32	32	28	27	28	26	25			27		
HOUR	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	26	26	26	26	26	26	26	26				628	
TOTAL	574	531	561	519	507	546	547	617	743	893	848	817	855	821	865	825	827	822	736	707	716	667	647						16752

(4) 日射量，放射収支量

Changi Airport において測定した日射量，放射収支量の日変化パターン（年間の同時刻の平均値）を図Ⅲ－4－10に示す。なお，これらの解析結果は第Ⅴ編に記述する。また，日射量，放射収支量の1時間値の全測定結果は表Ⅲ－4－25に示す例のように整理し，資料編にまとめてある。



図Ⅲ－4－10 日射量，放射収支量測定結果（日変化パターン）

表Ⅲ－4－25(1)　日射量測定結果（1時間値）例

*** メ イ サ イ　ゲ ツ ポ ウ ***　　PAGE - 1

1984 ネン　1 ガツ　コウモク（ 3）ニツシヤリヨウ　クワツン　1 ヒヨク（ 30）CHANGI AIRPORT　(W/M2)

ジ ニチ	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	0	0	0	0	0	0	41	240	475	614	666	761	868	707	607	470	263	41	0	0	0	0	0	0	0	868	240	24	5753
2	0	0	0	0	0	0	30	118	390	574	695	811	697	503	429	271	143	55	1	0	0	0	0	0	0	811	197	24	4717
3	0	0	0	0	0	0	21	113	281	425	233	321	344	309	199	163	97	38	0	0	0	0	0	0	0	425	106	24	2544
4	0	0	0	0	0	0	25	195	236	428	524	533	418	415	313	231	143	65	1	0	0	0	0	0	0	533	147	24	3527
5	0	0	0	0	0	0	33	157	388	419	338	864	694	698	690	408	279	82	2	0	0	0	0	0	0	864	211	24	5052
6	0	0	0	0	0	0	36	192	356	390	550	613	623	623	642	417	315	83	2	0	0	0	0	0	0	642	202	24	4842
7	0	0	0	0	0	0	29	90	213	351	494	361	486	321	534	455	286	46	1	0	0	0	0	0	0	534	153	24	3667
8	0	0	0	0	0	0	23	92	233	399	351	369	52	360	213	202	83	33	0	0	0	0	0	0	0	399	100	24	2410
9	0	0	0	0	0	0	29	182	319	357	310	219	242	277	397	374	92	49	1	0	0	0	0	0	0	397	119	24	2848
10	0	0	0	0	0	0	26	140	424	491	506	269	289	555	597	232	101	35	1	0	0	0	0	0	0	597	153	24	3666
11	0	0	0	0	0	0	14	66	71	100	202	139	110	127	189	80	12	2	0	0	0	0	0	0	0	202	46	24	1112
12	0	0	0	0	0	0	34	141	294	317	544	525	467	401	299	207	198	97	2	0	0	0	0	0	0	544	147	24	3526
13	0	0	0	0	0	0	23	166	379	544	684	790	717	740	645	518	317	72	1	0	0	0	0	0	0	790	233	24	5596
14	0	0	0	0	0	0	20	114	380	492	693	881	878	892	558	272	185	85	3	0	0	0	0	0	0	892	227	24	5453
15	0	0	0	0	0	0	24	285	285	540	687	712	889	807	691	509	302	65	1	0	0	0	0	0	0	889	242	24	5797
16	0	0	0	0	0	0	20	115	199	249	497	611	802	479	457	370	257	75	2	0	0	0	0	0	0	802	172	24	4133
17	0	0	0	0	0	0	39	205	422	638	805	865	890	828	485	435	347	108	3	0	0	0	0	0	0	890	253	24	6070
18	0	0	0	0	0	0	32	181	361	618	532	686	608	702	537	315	182	70	4	0	0	0	0	0	0	702	200	24	4808
19	0	0	0	0	0	0	32	199	422	634	788	821	931	620	398	451	107	34	2	0	0	0	0	0	0	931	227	24	5439
20	0	0	0	0	0	0	18	127	245	433	642	780	740	435	335	142	50	4	0	0	0	0	0	0	0	780	165	24	3951
21	0	0	0	0	0	0	13	103	258	513	467	646	732	638	535	429	157	45	0	0	0	0	0	0	0	732	189	24	4536
22	0	0	0	0	0	0	27	195	410	612	755	843	472	445	634	267	194	38	1	0	0	0	0	0	0	843	204	24	4893
23	0	0	0	0	0	0	18	121	398	601	740	869	873	436	46	50	64	51	2	0	0	0	0	0	0	873	178	24	4269
24	0	0	0	0	0	0	13	93	273	228	495	375	736	644	99	29	71	45	1	0	0	0	0	0	0	736	129	24	3102
25	0	0	0	0	0	0	26	190	235	525	394	204	129	26	59	47	30	10	0	0	0	0	0	0	0	525	78	24	1875
26	0	0	0	0	0	0	********		332	566	652	506	281	664	430	55	82	53	3	0	0	0	0	0	0	664	165	22	3624
27	0	0	0	0	0	0	25	80	219	211	328	410	295	315	500	362	192	15	0	0	0	0	0	0	0	500	123	24	2952
28	0	0	0	0	0	0	6	28	77	159	283	369	452	452	231	165	157	56	2	0	0	0	0	0	0	452	102	24	2437
29	0	0	0	0	0	0	3	20	57	102	67	120	93	40	46	32	57	37	3	0	0	0	0	0	0	120	28	24	677
30	0	0	0	0	0	0	41	129	254	506	649	546	462	657	245	137	116	41	3	0	0	0	0	0	0	657	158	24	3786
31	0	0	0	0	0	0	15	40	234	573	769	913	833	783	561	361	232	63	3	0	0	0	0	0	0	913	224	24	5380
MIN	0	0	0	0	0	0	3	20	57	100	67	120	52	26	46	29	12	2	0	0	0	0	0	0	0				
MAX	0	0	0	0	0	0	41	285	475	638	805	913	931	892	691	518	347	108	4	0	0	0	0	0		931			
AVE	0	0	0	0	0	0	25	137	294	439	526	572	552	513	406	273	165	51	1	0	0	0	0	0			165		
HOUR	31	31	31	31	31	31	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31				742	
TOTAL	0	0	0	0	0	0	736	4117	9120	13609	16320	17732	17103	15899	12601	8456	5111	1593	45	0	0	0	0	0					122442

表Ⅲ－4 －25(2) 放射収支量測定結果（１時間値）例

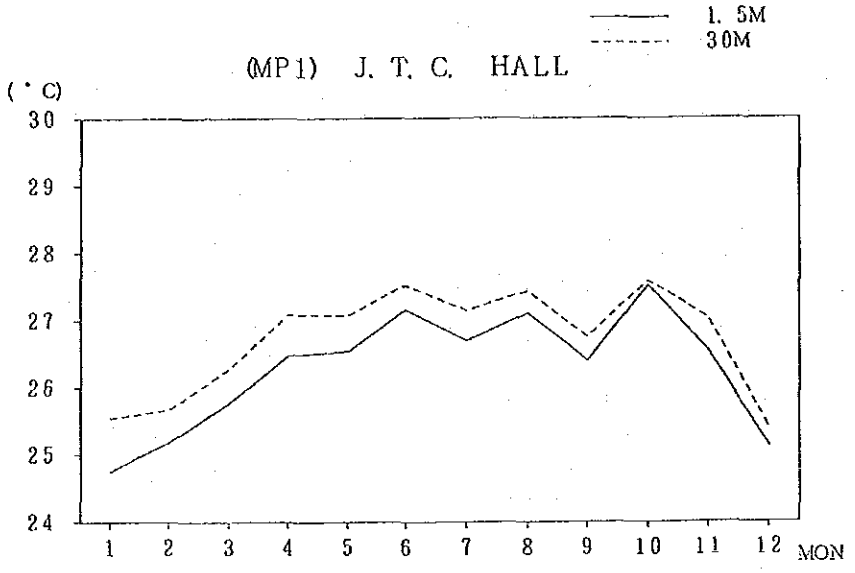
*** メ イ サ イ ゲ ツ ポ ウ *** PAGE - 2

1984 ネン 1 ガツ コウモク (13) ホウシャリヨウ クブン 1 キヨク (30) CHANGI AIRPORT (W/M2)

ﾆﾁ. ｼﾞｶﾝ	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	-15	-15	-9	-6	-12	-21	-3	86	281	294	327	385	447	363	310	233	128	24	-5	-19	-13	-11	-14	-21	-21	447	113	24	2714
2	-21	-20	-17	-26	-22	-22	-5	42	174	276	342	409	351	250	212	134	60	10	-11	-12	-15	-17	-17	-4	-26	409	85	24	2051
3	0	0	0	0	0	0	-3	46	125	202	123	164	177	160	105	85	46	0	-7	-5	0	-11	-14	-18	-18	202	49	24	1175
4	-19	-17	-19	-10	-11	-11	-1	70	99	227	330	331	278	273	216	103	54	16	-12	-7	-7	-8	-15	-12	-19	331	77	24	1848
5	-6	-5	-1	-13	-14	-17	-8	54	170	199	164	441	347	349	345	182	116	14	-18	-29	-30	-24	-29	-32	-32	441	90	24	2155
6	-17	-16	-19	-23	-13	-11	0	56	158	183	267	302	307	305	316	197	140	19	-24	-26	-19	-13	-15	-10	-26	316	85	24	2044
7	-3	-5	-4	-1	-1	-2	-3	39	106	176	243	191	251	164	271	231	140	2	-2	-4	-11	-7	-4	-3	-11	271	74	24	1764
8	-9	-7	-10	-6	-1	-5	-5	35	108	200	180	184	106	83	99	87	27	4	-15	-23	-18	-15	-15	-20	-23	200	40	24	964
9	-14	-15	-15	-13	-10	-14	-7	59	135	165	145	101	116	133	203	179	39	8	-16	-21	-18	-16	-17	-16	-21	203	45	24	1091
10	-17	-8	-10	-13	-20	-21	-15	45	187	225	243	124	129	272	292	109	36	4	-10	-14	-10	-11	-10	-7	-21	292	63	24	1500
11	-6	-4	-5	-6	-6	-8	-6	11	21	35	91	60	42	49	80	24	-3	-9	-10	-1	-2	-4	-5	-7	-10	91	14	24	331
12	-12	-18	-16	-14	-15	-22	-10	35	68	148	268	265	231	199	149	97	81	31	-13	-12	-26	-24	-28	-27	-28	268	56	24	1335
13	-21	-20	-17	-4	-14	-30	-1	55	161	249	325	639	374	377	322	247	139	28	-25	-27	-25	-25	-26	-27	-30	639	111	24	2654
14	-24	-24	-23	-22	-19	-12	-16	11	133	189	423	612	626	628	366	151	82	18	-28	-27	-26	-27	-26	-26	-28	628	122	24	2939
15	-26	-27	-23	-32	-25	-25	-13	73	299	385	505	542	670	598	506	362	209	20	-9	-12	-13	-16	-23	-36	-36	670	162	24	3889
16	-32	-16	-12	-18	-12	-10	5	72	144	178	362	455	604	359	338	256	168	24	-27	-34	-36	-36	-35	-31	-36	604	111	24	2666
17	-30	-25	-19	-24	-22	-26	0	114	279	446	584	638	673	607	373	315	247	52	-25	-24	-25	-24	-24	-22	-30	673	168	24	4038
18	-21	-23	-24	-26	-23	-25	-15	102	254	451	372	512	463	538	404	234	127	37	-8	-10	-10	-5	-5	0	-26	538	137	24	3299
19	-16	-19	-33	-34	-33	-28	-7	97	270	432	557	597	684	444	274	306	42	-4	-37	-39	-35	-41	-37	-38	-41	684	138	24	3302
20	-22	-34	-36	-32	-24	-23	0	59	149	350	391	566	539	320	240	91	19	-25	-1	-4	-5	-4	-6	-7	-36	566	104	24	2501
21	-8	-9	-7	-3	-5	-9	-1	50	160	365	340	461	546	465	386	307	108	25	-13	-30	-30	-36	-32	-37	-37	546	125	24	2993
22	-32	-29	-27	-21	-23	-21	-10	104	273	430	547	633	354	325	464	191	129	13	-3	-12	-15	-20	-11	-10	-32	633	135	24	3229
23	-7	-13	-18	-18	-19	-9	-6	63	261	436	524	633	638	312	26	36	39	26	-11	-24	-18	-27	-32	-36	-36	638	115	24	2756
24	-31	-26	-24	-25	-21	-18	-6	47	128	223	367	289	570	551	83	24	53	23	0	0	0	0	0	0	-31	570	92	24	2207
25	-3	-19	-16	-15	-17	-20	1	104	165	392	295	153	95	16	43	31	13	-1	-7	********		-12	-13	-33	-33	392	52	22	1152
26	-7	-9	-7	-13	-13	-18	-24	58	232	423	494	376	197	500	323	37	48	27	-7	-13	-11	-4	-10	-19	-24	500	107	24	2560
27	-8	-1	-2	-1	0	0	-1	59	162	157	244	316	226	230	370	264	137	-3	-1	-10	-14	-10	-9	-7	-14	370	87	24	2098
28	0	0	0	-3	0	0	0	9	44	109	207	281	350	346	178	115	97	27	0	-1	0	0	0	0	-3	350	73	24	1759
29	0	0	-1	0	0	-1	0	15	41	73	51	93	73	29	39	29	39	14	-10	-9	-11	-16	-10	-11	-16	93	18	24	427
30	-19	-16	-11	-9	-8	-11	-15	71	155	347	474	394	325	486	172	87	70	16	10	-14	-20	-26	-16	-8	-26	486	101	24	2434
31	-12	-18	-15	-15	-8	-1	-1	9	151	400	601	691	640	600	421	253	146	17	-28	-27	-16	-7	-6	-5	-28	691	157	24	3770
MIN	-32	-34	-36	-34	-33	-30	-24	9	21	35	51	60	42	16	26	24	-3	-25	-37	-39	-36	-41	-37	-38	-41				
MAX	0	0	0	0	0	0	5	114	299	451	601	691	684	628	506	362	247	52	10	0	0	0	0	0		691			
AVE	-15	-15	-14	-14	-13	-14	-6	56	164	270	335	382	369	333	256	161	90	15	-12	-16	-16	-16	-16	-17			94		
HOUR	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	30	30	31	31	31				742	
TOTAL		-458		-446		-441		1750		8365		11838		10331		4997		457		-490		-497		-530					69645
	-458		-440		-411		-176		5093		10386		11429		7926		2776		-373		-479		-504						

(5) 気　温

MP1の地上 1.5m及び30mで測定した気温の測定結果を図Ⅲ－4－11に示す。なお，気温測定データの解析は第Ⅴ編に示す。また，全測定結果は表Ⅲ－4－26に示す例のように整理し，資料編にまとめてある。



図Ⅲ－4－11　気温測定結果（月変化パターン）

表Ⅲ－4－26　気温測定結果（1時間値）例

1984 ﾈﾝ　2 ｶﾞﾂ　　ｺｳﾓｸ（ 7）　ｷｵﾝ1.5M　　ｸﾌﾞﾝ　0　ｷﾖｸ（　1）（MP1）J.T.C. HALL　　(0.1°C)

ﾆﾁ. \ ｼﾞｶﾝ	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	235	235	235	230	230	230	230	236	248	260	270	268	275	280	255	260	270	260	254	250	250	240	240	240	230	280	249	24	5981
2	238	240	228	220	210	220	218	214	212	218	220	222	225	228	228	230	232	228	228	225	220	224	222	221	210	240	224	24	5371
3	220	222	220	220	220	225	225	222	226	242	260	270	280	285	288	290	280	270	260	250	248	246	244	240	220	290	248	24	5953
4	239	240	240	240	240	236	235	235	245	256	268	270	280	282	258	230	240	246	245	245	235	235	235	236	230	282	246	24	5911
5	240	240	235	230	230	230	230	235	250	255	270	265	270	265	245	258	265	264	258	250	240	244	240	232	230	270	248	24	5941
6	234	235	230	228	226	224	224	230	240	260	270	280	285	290	298	298	285	276	266	259	250	250	259	248	224	298	256	24	6145
7	248	248	248	248	240	240	236	240	250	260	266	270	270	250	255	248	240	238	235	256	236	236	236	236	235	270	246	24	5910
8	236	236	238	236	238	238	234	239	255	268	272	268	254	241	249	246	240	240	240	238	238	235	234	234	234	272	244	24	5847
9	230	226	228	228	229	229	230	232	242	260	270	274	290	270	270	270	266	270	268	250	248	238	235	235	226	290	250	24	5988
10	235	234	230	230	228	229	230	232	242	260	270	280	290	295	290	290	234	230	240	230	238	240	240	240	228	295	248	24	5957
11	238	238	240	238	238	238	234	238	250	265	280	284	306	300	300	308	298	284	270	265	252	250	248	246	234	308	263	24	6308
12	246	245	242	240	240	240	240	245	260	270	276	290	290	302	304	310	286	272	260	260	250	250	250	248	240	310	263	24	6316
13	249	248	245	244	242	245	240	241	250	260	270	285	302	285	285	275	264	255	252	250	244	244	240	242	240	302	257	24	6157
14	242	242	244	240	240	240	238	240	260	274	278	286	300	315	260	245	234	238	238	238	236	232	232	232	232	315	251	24	6024
15	235	240	238	230	232	238	236	238	250	260	270	280	280	280	286	282	280	284	270	265	254	244	242	240	230	286	256	24	6154
16	238	236	238	235	234	234	230	240	256	265	270	278	289	290	238	240	241	238	235	230	235	240	239	239	230	290	246	24	5908
17	235	234	232	230	230	230	230	235	245	260	265	276	290	288	294	290	240	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	230	294	253	17	4304
18	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	250	265	280	280	285	284	269	278	282	245	234	230	222	228	229		222	285	257	15	3861
19	228	228	231	232	226	224	222	228	240	250	255	269	278	280	270	265	250	242	240	242	240	240	240	238	222	280	244	24	5858
20	234	230	232	232	230	230	226	230	244	258	275	265	240	265	270	276	250	236	230	230	230	**********	**********	**********	226	276	243	21	5113
21	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	0	0	0	0	0
22	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	305	280	280	260	268	268	264	252	252	250	245	240		240	305	264	12	3164
23	238	235	230	235	234	234	228	230	254	255	270	288	294	288	290	290	282	290	280	252	246	240	240	240	228	294	257	24	6163
24	240	234	234	230	230	228	230	234	250	270	275	294	288	290	298	290	295	292	288	260	260	250	244	242	228	298	260	24	6246
25	238	238	236	234	230	230	230	238	256	270	285	295	290	290	250	255	260	275	265	254	248	248	246	244	230	295	254	24	6105
26	240	240	234	238	234	235	238	240	254	**********	**********	**********	**********	**********	**********	270	274	284	272	260	255	250	250	244	234	284	251	18	4512
27	245	246	240	242	240	238	238	238	250	268	284	292	298	305	310	310	302	298	280	268	258	250	245	240	238	310	266	24	6385
28	240	240	238	235	240	238	232	238	260	275	**********	300	310	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	232	310	254	12	3046
29	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	292	292	302	280	295	284	270	270	264	260	255	248	242	242	302	271	14	3796
MIN	220	222	220	220	210	220	218	214	212	218	220	222	225	228	228	230	232	228	228	225	220	222	222	221	210				
MAX	249	248	248	248	242	245	240	245	260	275	292	300	310	315	310	310	302	298	288	268	260	250	259	248		315			
AVE	238	237	235	234	232	233	231	235	248	260	270	278	284	281	275	272	264	263	256	248	244	242	241	239			252		
HOUR	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	26	27	26	26	27	27	26	26	26	26	25	25	25				613	
TOTAL	5941	5930	5886	5845	5811	5823	5784	5868	6189	6489	6746	7221	7661	7309	7150	7339	7124	6830	6647	6453	6348	6046	6016	5968					154424

第５章　粒子状物質中の化学成分の分析

粒子状物質中の化学成分を明らかにするために，各短期現地調査期間中ハイボリウムサンプラーにより捕集された１日分のTPM 試料（MP１～MP20のポリフロンフィルターに捕集された TPM）を日本に持ち帰り，放射化分析法（neutron activation analysis），ケイ光Ｘ線分析法（X-ray fluorescence analysis），イオンクロマト法(ion chromatography)により，金属元素並びに陰イオン分析を行った。また，別の１日分の試料（MP１～MP20の各現地調査で石英ろ紙に捕集されたTPM)については，示差熱分析法（differential thermal analysis)により全炭素（Total Carbon)，不揮発性炭素（Non Volatile Carbon)の分析を行った。なお，第Ⅶ編で記述するが，粒子状物質の土壌寄与率を計算するため，シンガポールの代表的土壌３種についても上記分析を行った。表Ⅲ－５－１に分析対象とした試料採取日を示す。また，表Ⅲ－５－２に分析対象成分を示す。

表Ⅲ－５－１　化学成分分析対象日（試料サンプリング日）

	第１次現地調査（MP１～MP20）	第２次現地調査（MP１～MP20）	第３次現地調査（MP１～MP20）	第４次現地調査（MP１～MP20）
金属元素及び陰イオン（ﾎﾟﾘﾌﾛﾝ ろ紙）	12月19日～20日	３月19日～20日	７月３日～４日	９月25日～26日
全炭素及び不揮発性炭素（石英ろ紙）	12月14日～15日	３月14日～15日	６月26日～27日	９月20日～21日

表Ⅲ－5－2　分析対象成分

分析方法	分析対象成分
放射化分析法	Ag（銀，Silver），Al（アルミニウム，Aluminum），As（ヒ素，Arsenic）Ba（バリウム，Barium），Br（臭素，Bromine），Ca（カルシウム，Calcium）Cd（カドミウム，Cadmium），Ce（セリウム，Cerium），Cl（塩素，Chlorine）Co（コバルト，Cobalt），Cr（クロム，Chromium），Cs（セシウム，Cesium）Cu（銅，Copper），Fe（鉄，Iron），Hf（ハフニウム，Hafnium），K（カリウム，Potassium），La（ランタン，Lanthanum），Lu（ルテチウム，Lutetium）Mn（マンガン，Manganese），Na（ナトリウム，Sodium），Ni（ニッケル，Nickel），Sb（アンチモン，Antimony），Sc（スカンジウム，Scandium），Se（セレン，Selenium），Sm（サマリウム，Samarium），Th（トリウム，Thorium），Ti（チタン，Titanium），V（バナジウム，Vanadium），W（タングステン，Wolfram），Zn（亜鉛，Zinc）
ｹｲ光X線分析法	Cd（カドミウム，Cadmium），Pb（鉛，Lead），S（イオウ，Sulfur），Si（ケイ素，Silicon）
ｲｵﾝｸﾛﾏﾄ分析法	Cl^-（塩素イオン，Chloride），NO_3^-（硝酸イオン，Nitrate），SO_4^{2-}（硫酸イオン，Sulfate）
示差熱分析法	全炭素（Toral Carbon），不揮発性炭素（Non Volatile Carbon）

5.1　放射化分析による金属元素等の分析

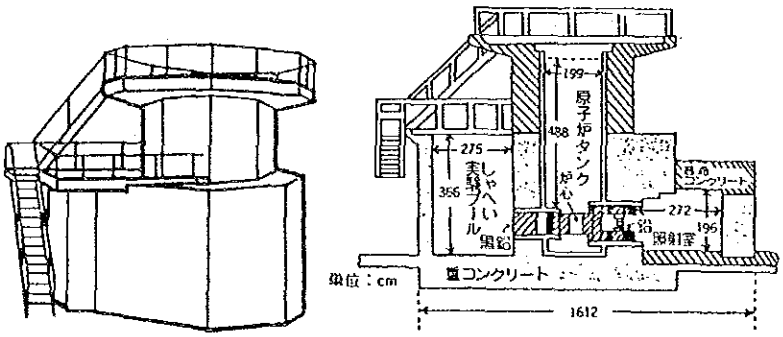
5.1.1　測定原理

試料を原子炉内部に送り込むと，^{235}Uの核分裂によって生じた熱中性子（thermal neutron）が試料中の原子核に衝突し，核分裂を起こす。この結果，もとの原子核とは異なった生成核になる。この生成核は一般に放射性であり，ある時間の後にβ線及びγ線を放出して，娘核（daughter of nuclide）に壊変する。このときに放出されるγ線のエネルギーは生成核によって定まっているので，このγ線のエネルギーを測定すれば，もとの試料中に含まれる元素を確定することが可能となる。また，そのエネルギーのγ線の個数は試料中の元素の数に比例するので，その元素の量を定めることも可能となる。実際の放射化分析においては，試料中に各種の元素が存在し，その半減期が秒，分，時間，日オーダーの核種や，1ヶ月以上の長半減期核種が混在しているので，冷却期間を適当に選択し，これらすべての半減期の核種を測定する。

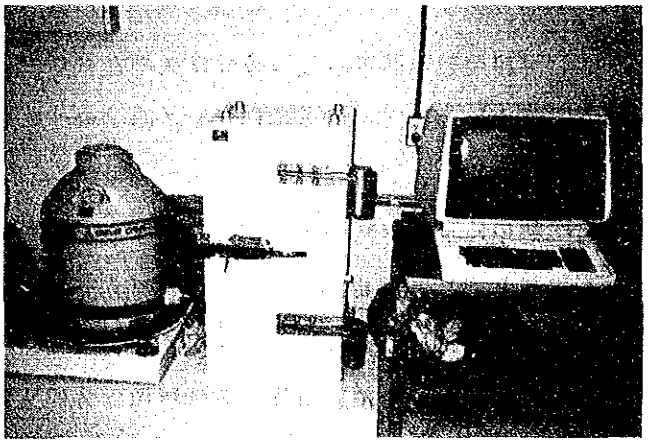
このように，中性子放射化分析法は化学的前処理を行わないですむ“非破壊分析法”で，多種類の元素を微量に含む試料の多元素同時分析が可能であり，近年注目を浴びている分析法である。

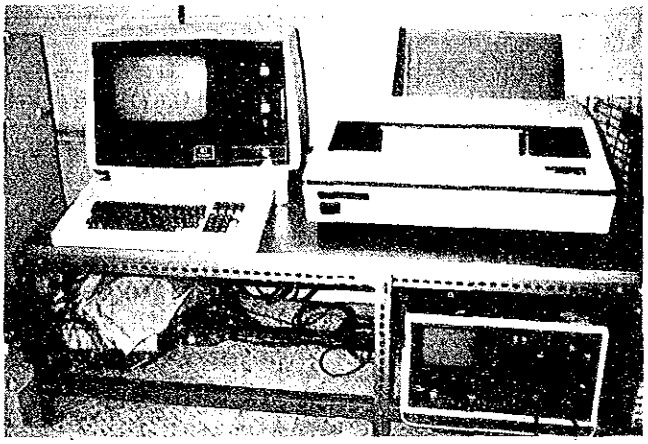
5.1.2　分析方法

試料を図Ⅲ－５－１に示す武蔵工業大学原子力研究所TRIGA-Ⅱ型炉（熱中性子束密度，5×10^{11}～1.5×10^{12} n／cm²・s）に熱中性子照射し，（n，r）反応によって生成する種々の放射性同位元素（radio isotopes）のガンマ線をゲルマニウム－リチウム半導体検出器（キャンベラ社製，検出効率10％，分解能2.0KeV at 1333KeV）とマルチチャンネル波高分析器（キャンベラ社製8100型）並びにミニコンピューター（PDP-11／03）を用いて測定した。試料の熱中性子照射は短時間及び長時間の２回行い，短時間照射試料は原子炉施設内の半導体検出器によりガンマ線を測定し，長時間照射試料は分析所内に試料を持ち帰り，数日～数週間冷却した後分析室内の半導体検出器によりガンマ線を測定した。写真Ⅲ－５－１に放射化分析装置を示す。



図Ⅲ－５－１　トリガⅡ型原子炉外観と断面図





写真Ⅲ－５－１　放射化分析装置

(1) 分析条件

各寿命核種ごとのガンマ線照射時間等の分析条件は次のとおりである。

短寿命核種 …… 熱中性子束密度 1.5×10^{12} n／cm²・sec にて1分間照射，3～4分間冷却して300秒間測定

長寿命核種1 …… 熱中性子束密度 1.5×10^{12} n／cm²・sec にて5時間照射，数日間冷却して1000秒間測定

長寿命核種2 …… 長寿命核種1を数週間冷却して4000秒間測定

表Ⅲ－5－3に各寿命核種別分析対象元素及びその核種，分析条件を示す。

表Ⅲ－5－3　寿命核種別元素とその核種及び分析条件

分類	元素	標的核種	同位体存在比(%)	生成核種	半減期	分析に使用するγ線のｴﾈﾙｷﾞｰ(KeV)	分析条件		
							照射時間	冷却時間	測定時間
短寿命核種	Al	^{27}Al	100	^{28}Al	2.31 分	1778.9	1分間	3~4分間	300秒間
	Br	^{79}Br	50.5	^{80}Br	17.6 分	617.0	〃	〃	〃
	Ca	^{48}Ca	0.185	^{49}Ca	8.8 分	3083.0	〃	〃	〃
	Cl	^{37}Cl	24.5	^{38}Cl	37.3 分	1642.0	〃	〃	〃
	Cu	^{65}Cu	30.9	^{66}Cu	5.1 分	1039.0	〃	〃	〃
	Mn	^{55}Mn	100	^{56}Mn	2.58 時	846.9, 1810	〃	〃	〃
	Ti	^{50}Ti	5.34	^{51}Ti	5.79 分	320.0	〃	〃	〃
	V	^{51}V	99.8	^{52}V	3.76 分	1434.4	〃	〃	〃
長寿命核種1	As	^{75}As	100	^{76}As	26.3 時	559.2	5時間	数日間	1000秒間
	Cd	^{114}Cd	28.9	^{115}Cd	2.23 日	528.0	〃	〃	〃
	K	^{41}K	6.88	^{42}K	12.5 時	1524.7	〃	〃	〃
	La	^{139}La	99.9	^{140}La	1.68 日	1595.4	〃	〃	〃
	Na	^{23}Na	100	^{24}Na	15 時	1368.4	〃	〃	〃
	Sb	^{121}Sb	57.3	^{122}Sb	2.75 日	564.0	〃	〃	〃
	Sm	^{152}Sm	26.7	^{153}Sm	1.96 日	103.2	〃	〃	〃
	W	^{186}W	28.4	^{187}W	24.0 時	685.7	〃	〃	〃
長寿命核種2	Ag	^{109}Ag	48.7	^{110}Ag	253 日	657.8	〃	数週間	4000秒間
	Ba	^{130}Ba	0.101	^{131}Ba	11.5 日	496.0	〃	〃	〃
	Ce	^{140}Ce	88.5	^{141}Ce	32.5 日	145.4	〃	〃	〃
	Co	^{59}Co	100	^{60}Co	5.24 年	1332.4	〃	〃	〃
	Cr	^{50}Cr	100	^{51}Cr	27.8 日	320.0	〃	〃	〃
	Cs	^{133}Cs	100	^{134}Cs	2.07 年	795.8	〃	〃	〃
	Fe	^{58}Fe	0.33	^{59}Fe	45.1 日	1098.6	〃	〃	〃
	Hf	^{180}Hf	35.2	^{181}Hf	44.6 日	482.2	〃	〃	〃
	Lu	^{176}Lu	2.59	^{177}Lu	6.7 日	208.4	〃	〃	〃
	Ni	^{58}Ni	67.9	^{58}Co	71.3 日	810.3	〃	〃	〃
	Sc	^{45}Sc	100	^{46}Sc	83.9 日	889.4	〃	〃	〃
	Se	^{74}Se	0.87	^{75}Se	121 日	264.6	〃	〃	〃
	Th	^{232}Th	100	^{233}Pa	27.0 日	311.8	〃	〃	〃
	Zn	^{64}Zn	48.9	^{65}Zn	245 日	1115.4	〃	〃	〃

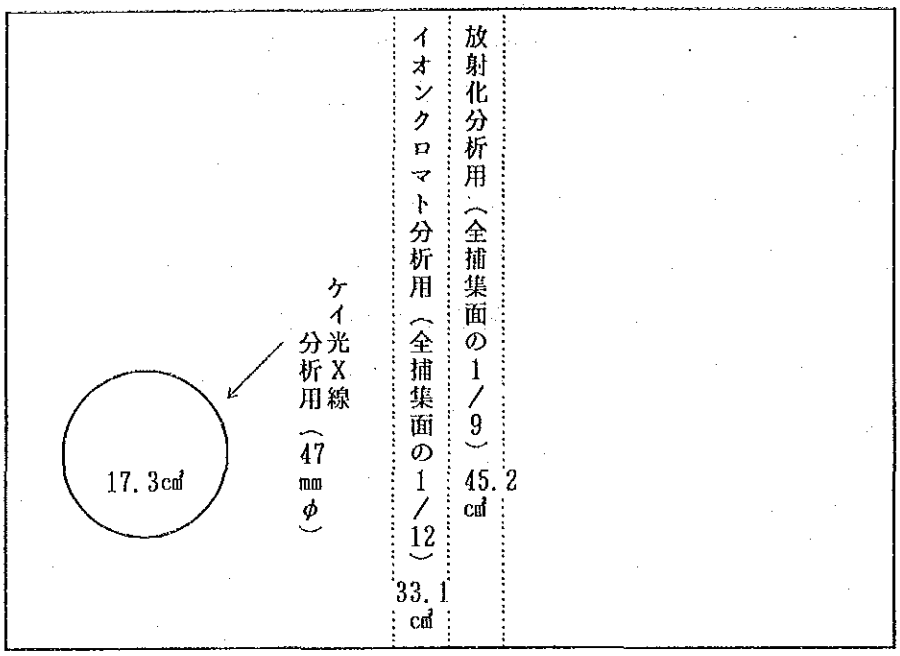
(2) 試料の前処理とスタンダード試料の作製

分析対象試料は図Ⅲ－5－2に示すように，ポリフロンフィルターの1/9をカットし，その1／2をそれぞれ5×7cmのポリ袋に二重に熱封入したものを短時間照射及び長時間照射用試料とした。

スタンダード試料の作製は，適当な試薬を溶解した各元素の標準溶液を調整し，この標準溶液の一定量を東洋ろ紙No.5Aに滴下してマルチエレメントスタンダードとして分析に使用した。表Ⅲ－5－4にスタンダード試料作製に使用した試薬及び元素の含有量を示す。表にはスタンダード試料のガンマ線計数率（γ－ray counting rate)の一例をCPS (Counts per sec)／μg の単位で示してある。なお，スタンダード試料は照射の度ごとに毎回使用したが，ここに示したものはその一例である。

表Ⅲ－5－4　スタンダード試料の作製とガンマ線計数率の一例

分類	元素	スタンダード		ガンマ線計数率
		試薬名	元素含有量（μg)	(CPS／μg)
短寿命核種	Al	Al	99.7	6.30
	Br	KBr	6.71	1.97
	Ca	$CaCO_3$	423	0.00565
	Cl	KCl	238	0.0384
	Cu	Cu	100	0.588
	Mn	Mn	1.86	6.51
	Ti	Ti	48.9	0.321
	V	V	6.21	55.9
長寿命核種1	As	As_2O_3	2.78	39.7
	Cd	Cd	10.0	0.293
	K	KCl	502	0.266
	La	La_2O_3	0.734	10.7
	Na	Na_2CO_3	220	12.9
	Sb	Sb	0.280	17.5
	Sm	Sm_2O_3	0.0404	524
	W	W	0.704	27.9
長寿命核種2	Ag	Ag_2SO_4	0.695	0.341
	Ba	$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	37.7	0.0258
	Ce	$Ce(SO_4)_2 \cdot 2(NH_4)_2SO_4 \cdot 2H_2O$	0.724	0.871
	Co	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	0.484	0.626
	Cr	Cr	3.69	0.431
	Cs	Cs	0.394	1.49
	Fe	Fe	800	0.00212
	Hf	Hf	0.115	2.77
	Lu	$LuCl_3 \cdot 6H_2O$	0.0241	115
	Ni	Ni	130	0.0150
	Sc	Sc_2O_3	0.158	17.7
	Se	H_2SeO_3	1.39	0.390
	Th	$Th(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$	0.0544	6.03
	Zn	Zn	109	0.0271

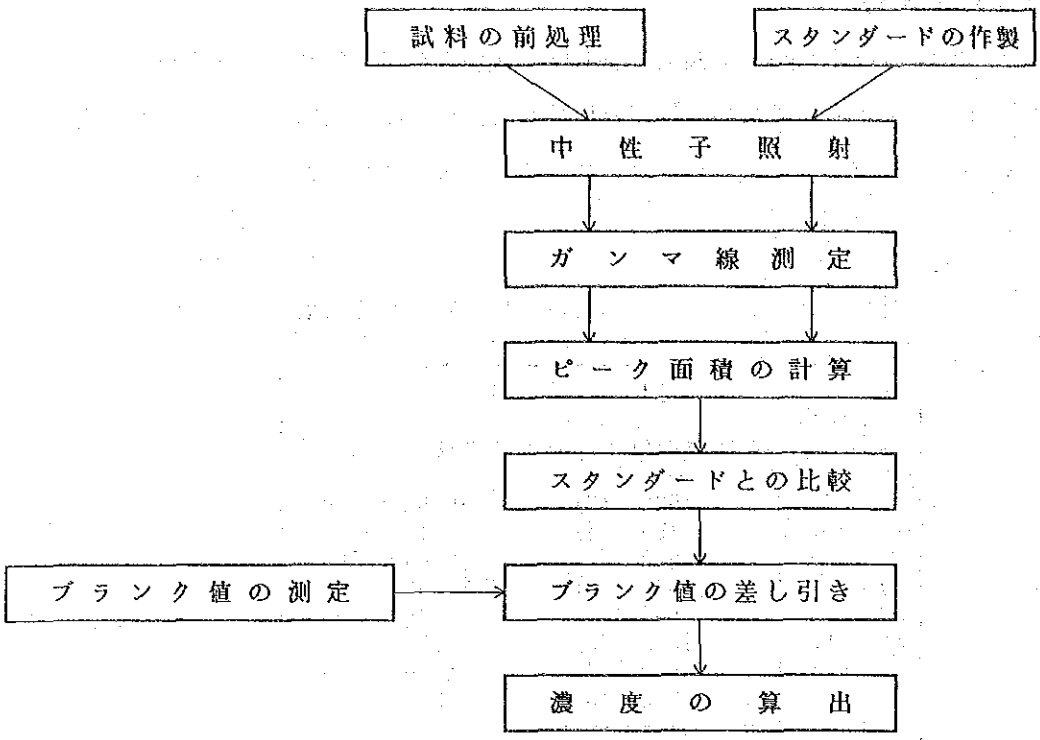


図Ⅲ－5－2　分析用試料ろ紙の分割

(3)　分析手順

前処理を施した試料をスタンダード試料とともに照射用カプセル（irradiation capsule）に入れ，表Ⅲ－5－3に示す分析条件で中性子照射，冷却，ガンマ線測定を行った。着目する（各元素による）ガンマ線ピークの面積を計算し，スタンダード試料のピーク面積と比較して試料中の元素含有量を求めた。

次にあらかじめ求めておいたフィルターのブランク値を差し引いた後，大気吸引流量で割って大気中元素濃度を算出した。図Ⅲ－5－3に分析手順を示す。



図Ⅲ－5－3　放射化分析分析手順

5.1.3　大気標準試料の分析

分析方法のチェックを行うために，濃度既知の粒子状物質標準試料AS-1の分析を行った。その結果を表Ⅲ－5－5に示す。過去の分析例と比較して分析値が比較的よく一致した元素は，Al，Mn，Ti，V，As，La，Na，W，Cr，Ni，Sc，Znであり，その他の元素も文献値の変動幅の中におさまっている。

表Ⅲ－5－5　大気標準試料（AS-1）の分析結果

分類	元素	粉じん標準試料（AS-1）	
		今回分析値（ppm）	文献値*　(ppm)
短寿命核種	Al	57000　(3)	50000±7000
	Br	300　(5)	340±9
	Ca	62000　(2)	56000±5000
	Cl	43000　(2)	31000±4000
	Cu	600　(10)	400±140
	Mn	1300　(2)	1200±100
	Ti	3800　(7)	4200±1100
	V	270　(3)	230±70
長寿命核種1	As	36　(5)	43±13
	Cd	< 100	19**
	K	12000　(10)	9700
	La	18　(10)	18±2
	Na	15000　(1)	14000±1000
	Sb	53　(3)	39±6
	Sm	3.0　(3)	3.4
	W	23　(11)	21±13
長寿命核種2	Ag	< 5	3
	Ba	590　(17)	410
	Ce	36　(7)	30
	Co	19　(7)	26±4
	Cr	350　(2)	340±30
	Cs	2.5　(22)	4.0**
	Fe	41000　(2)	45000±3000
	Hf	3.5　(12)	3.4**
	Lu	0.27　(27)	0.3**
	Ni	210　(30)	200±30
	Sc	11　(1)	11±1
	Se	< 6	9±6
	Th	4.5　(7)	5.1**
	Zn	3000　(2)	3400±500

注）* 大歳恒彦，尾見仁一，日環セ所報，3，59～61，1976.
　　**橋本芳一，放射化分析の実際，講談社，1978.
　　カッコ内は計数誤差（％）

5.1.4　定量限界及びフィルターブランク

表Ⅲ－5－6に大気中の粒子状物質を分析した際の平均的な定量限界値と，フィルターブランク値（PF-1フィルター）を示す。

表Ⅲ－5－6　平均的な定量限界値及びフィルターブランク値

分類	元素	定量限界値 (μg)	フィルターブランク (ng/cm²) 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
短寿命核種	Al	1	60	60	70	80
	Br	0.2	1	0.9	0	0
	Ca	20	400	400	0	200
	Cl	3	700	200	0	500
	Cu	1	0	0	0	0
	Mn	0.02	0.6	0.8	0	1
	Ti	2	0	0	0	0
	V	0.02	0	0	0	0.3
長寿命核種1	As	0.03	0	0	0	0
	Cd	0.5	0	0	0	0
	K	20	0	0	0	0
	La	0.02	0	0	0	0
	Na	0.1	5000	2000	2000	3000
	Sb	0.005	0	0	0	0
	Sm	0.002	0	0	0	0
	W	0.05	0	0	0	0
長寿命核種2	Ag	0.04	2	0.7	0.7	1
	Ba	2	0	0	0	0
	Ce	0.02	0	0	0	0
	Co	0.005	0	0	0	0
	Cr	0.05	2	1	0.9	1
	Cs	0.005	0	0	0	0
	Fe	20	0	0	0	0
	Hf	0.02	0	0	0	0
	Lu	0.005	0	0	0	0
	Ni	1	0	0	0	0
	Sc	0.002	0	0	0.01	0
	Se	0.05	0	0	0	0
	Th	0.01	0	0	0	0
	Zn	0.5	10	10	6	4

5.1.5　金属元素等の計算方法

ろ紙上の金属元素重量はガンマ線のピーク面積より式（Ⅲ－5－1）により計算した。

$$E_W = \left(\frac{St_W}{ST\gamma a} \cdot S\gamma a \right) - Fb_W \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-5-1)$$

ここで，

E_W　；分析検体中の元素重量（μg）

St_W　；スタンダード試料中の元素含有量（μg）

$ST\gamma a$　；スタンダード試料のガンマ線ピーク面積

$S\gamma a$　；分析検体のガンマ線ピーク面積

Fb_W　；フィルターブランク値（μg）

また，大気中金属元素濃度は式（Ⅲ－5－2）で与えられる。

$$C_E = \frac{E_W}{V} \cdot \frac{F_a}{S_a} \times 1000 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-5-2)$$

ここで，

C_E；大気中元素濃度（ng／m³）

E_W；分析検体中の元素重量（μg）

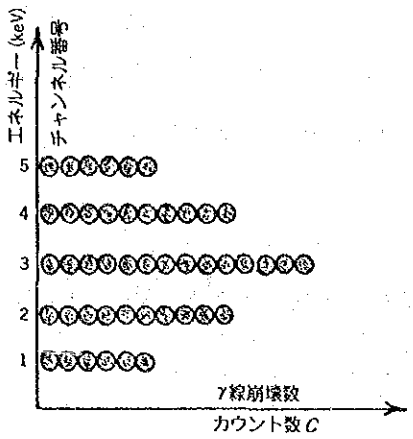
V　；大気吸引流量（m³）

F_a；フィルター全面積（406cm²）

S_a；分析検体フィルター面積（22.6cm²）

なお，ガンマ線のピーク面積は次のとおり計算した。

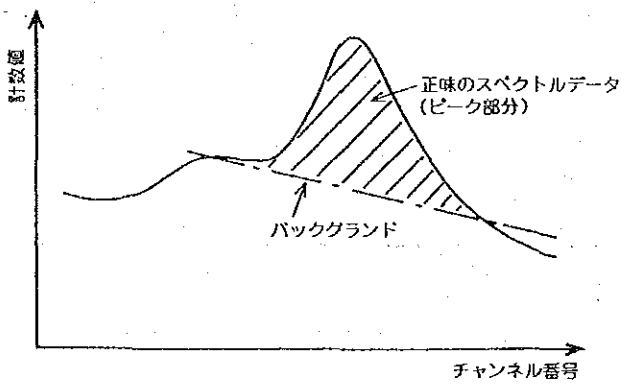
元素特有のγ線ピークを1KeV 前後の分解能をもつ波高分析器にかけると，図Ⅲ－5－4に示すようなスペクトルデータが得られる。このスペクトルデータは，放射エネルギーを波高分析器のチャンネル番号を表示し，各チャンネルに対応するγ線の計数値（カウント数）で表示したものである。すなわち，スペクトルデータとは，エネルギーに対応するチャンネル箱にγ線粒子が散らばって入り込む数の分布を測定した結果を示したものである。



図Ⅲ－５－４　スペクトルデータ（γ粒子の分布）

このスペクトルデータは，図Ⅲ－５－５に示すような分布曲線を示すが，バックグラウンドと称するノイズ部分と，正味のスペクトルデータであるピーク部分とが重なり合ったものである。そこで，着目するピーク周辺の全カウント数をＴ，バックグラウンドをＢ，真のピーク面積をＮとすると，真のピーク面積は式（Ⅲ－５－３）で与えられる。

$$N = T - B \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (\text{Ⅲ}-5-3)$$



図Ⅲ－５－５　スペクトルデータとバックグラウンド

なお，ある測定時間内に検出器が計測した測定値は，統計的なバラツキをもった値であり，そのバラツキ方はPoisson 分布に従っている。計数値Ｃは，計数誤差$\pm\sqrt{C}$の範囲内で確からしい値であり，式（Ⅲ－５－３）で計算された真のピーク面積Ｎは，計数誤差σ_N（％）をもっている。σ_Nは次式で表される。

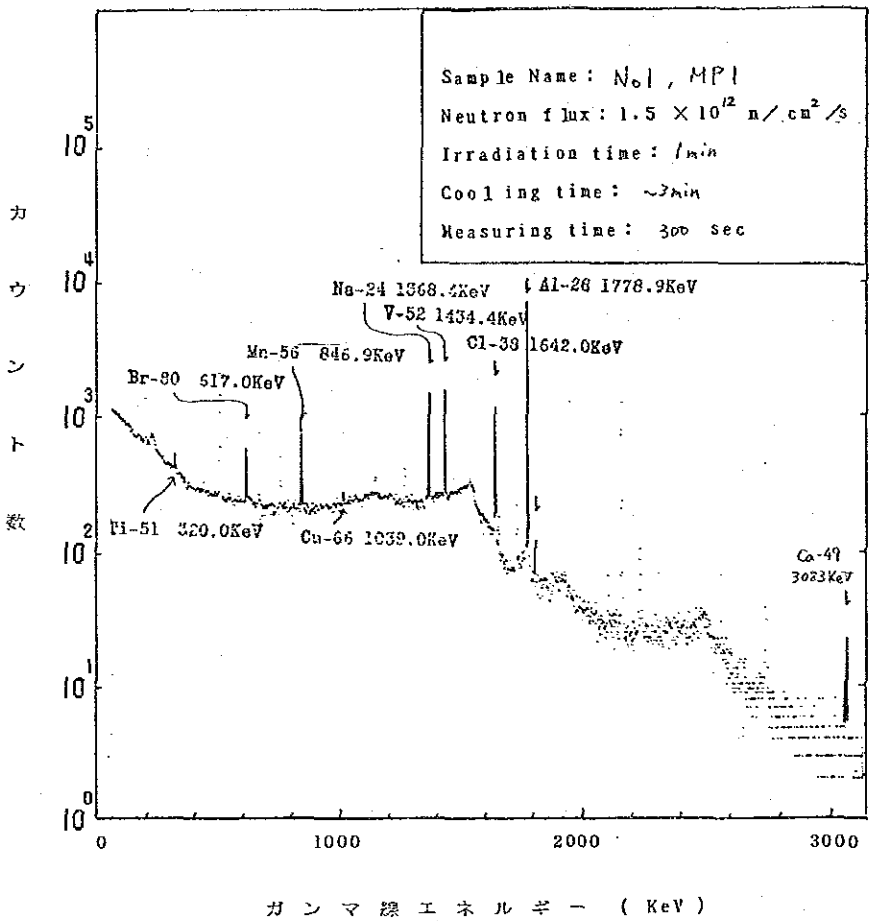
$$\sigma_N = \frac{\sqrt{N + (n - 1/2)\,B}}{N} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (\text{Ⅲ}-5-4)$$

ここで，

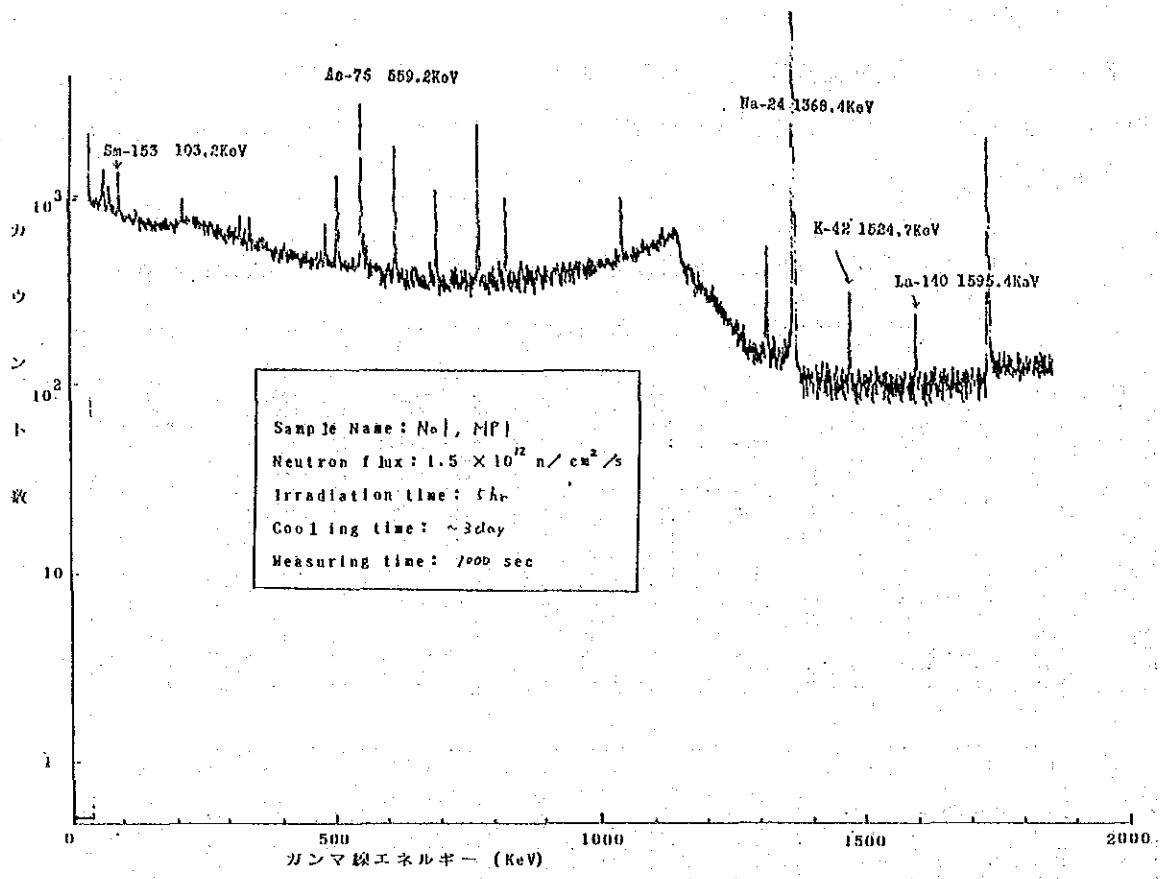
n；チャンネル数（当調査においては前後３チャンネルずつ合計７チャンネルを使用してカウント数を求めた。したがってｎ＝３となる）

5.1.6　ガンマ線スペクトル

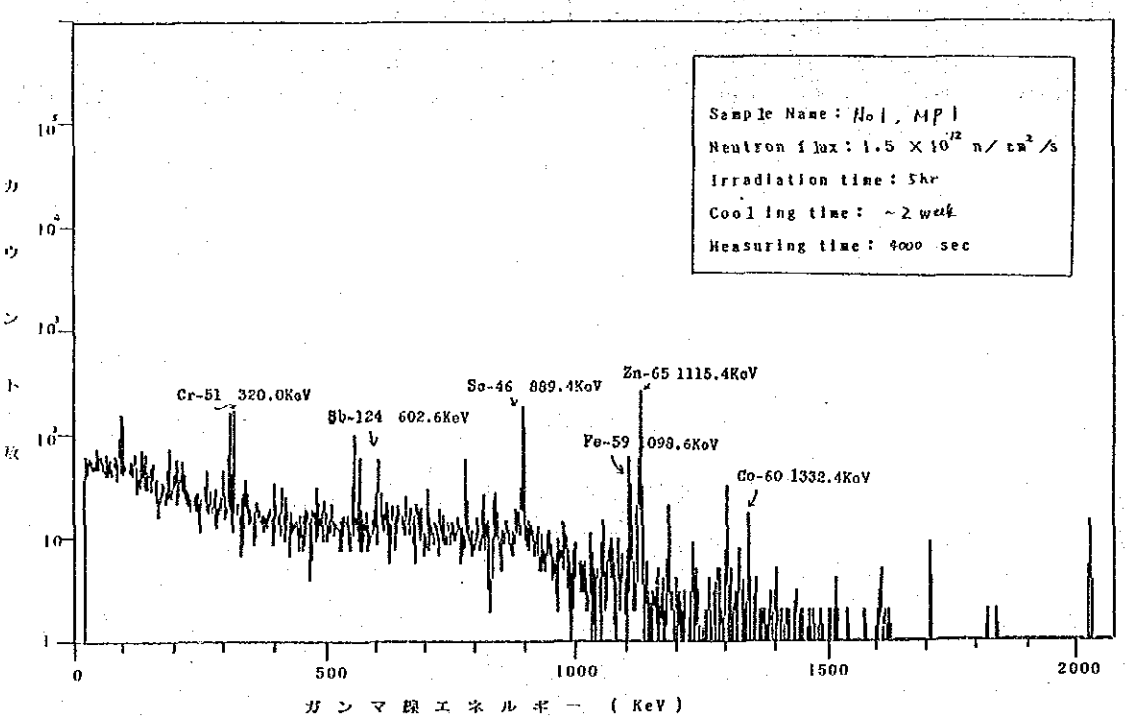
図Ⅲ－５－６～図Ⅲ－５－８にガンマ線スペクトルの一例（第１次現地調査，MP１）を示す。



図Ⅲ－５－６　ガンマ線スペクトル（例）（短寿命核種）



図Ⅲ－5－7　ガンマ線スペクトル（例）（長寿命核種１）



図Ⅲ－5－8　ガンマ線スペクトル（例）（長寿命核種２）

5.1.7　測定結果

放射化分析による金属元素等の測定結果を表Ⅲ－5－7に示す。なお，この表にはケイ光X線分析によるCd，Pb，S，Si の測定結果並びにイオンクロマト法による陰イオン分析結果も同時に示してある。

表Ⅲ－5－7(1)　放射化分析による金属元素等測定結果（第1次現地調査）

	ホウシツカブンセキ(NG/M3)																	
	AG	AL	AS	BA	BR	CA	CD	CE	CL	CO	CR	CS	CU	FE	HF	K	LA	LU	MN
MP 1	<0.70	2800	2.60	< 20	43	1400	<40	3.50	5800	0.23	5.40	<0.090	< 50	880	0.200	< 900	<0.90	0.025	17.0
MP 2	<0.50	430	0.96	< 10	47	480	<30	0.43	4500	0.13	0.97	<0.060	42	150	<0.050	< 700	<0.60	<0.007	5.3
MP 3	<0.60	670	3.90	< 20	110	820	<30	0.73	4000	0.19	3.00	0.094	18	430	<0.070	< 800	<0.60	<0.020	6.7
MP 4	<0.70	3900	30.00	27	49	3600	29	3.80	5100	0.54	6.60	0.350	23	1300	0.190	< 900	0.93	0.022	21.0
MP 5	<0.60	2400	7.90	23	50	1900	<30	1.80	6900	0.49	4.70	0.180	51	840	<0.080	1400	<0.70	<0.020	21.0
MP 6	<0.60	890	18.00	18	25	800	<40	1.10	4800	< 0.20	7.00	<0.080	23	360	<0.060	< 900	<0.70	0.012	8.6
MP 7	<0.90	4800	9.50	< 20	250	1400	<50	3.50	4300	0.87	6.20	0.360	220	1900	0.220	< 900	<0.90	0.022	21.0
MP 8	<0.50	570	6.70	17	59	720	<40	<0.40	4800	< 0.20	0.69	0.094	180	270	0.079	< 900	<0.70	<0.009	4.8
MP 9	<0.50	770	1.90	13	48	600	34	0.72	4400	< 0.20	1.30	<0.060	98	310	0.051	< 900	<0.60	<0.009	8.3
MP10	<0.70	1300	5.00	< 20	37	940	<30	0.91	2900	< 0.20	< 0.80	0.092	77	560	0.075	1300	<0.70	<0.010	6.7
MP11	<0.70	1600	2.00	< 9	63	< 300	<40	1.30	3500	< 0.09	1.70	<0.090	62	590	0.140	< 900	1.20	<0.020	11.0
MP12	<0.80	990	2.90	< 30	130	1800	<40	1.60	6300	0.29	5.80	<0.200	< 40	610	<0.090	< 900	<0.90	<0.020	16.0
MP13	<0.60	760	3.70	< 30	82	670	<30	0.91	3800	0.35	3.10	<0.090	< 20	490	<0.090	< 900	<0.70	<0.020	8.3
MP14	<0.70	990	8.80	< 30	71	1500	<40	0.73	6000	0.35	10.00	<0.090	57	580	0.140	< 900	<0.70	<0.020	15.0
MP15	<0.70	940	< 0.90	< 20	68	1100	<40	1.00	5600	0.29	< 0.90	<0.090	51	290	0.067	< 900	<0.80	0.015	6.4
MP16	<0.50	470	11.00	< 9	31	350	<30	0.49	3900	0.27	6.00	0.064	30	240	0.063	< 900	<0.50	<0.009	6.0
MP17	<0.70	3600	14.00	< 20	370	2100	<50	2.90	4100	0.31	12.00	0.200	42	1600	0.310	1300	1.10	0.023	23.0
MP18	<0.50	720	< 0.70	22	52	590	<20	0.64	4900	0.21	1.30	<0.200	33	250	<0.040	< 800	<0.50	<0.008	5.0
MP19	<0.60	2200	3.80	22	100	1100	<30	1.90	4600	< 0.20	4.90	0.150	< 40	510	<0.070	< 800	1.30	<0.020	9.0
MP20	<0.60	2400	1.50	150	28	1200	<30	2.10	4600	0.26	1.80	0.120	53	590	0.160	< 800	0.91	0.020	16.0

	ホウシツカブンセキ(NG/M3)												イケイコウスセンブンセキ(NG/M3)			イオンクロマト(NG/M3)			TPM
	NA	NI	SB	SC	SE	SM	TH	TI	V	W	ZN	CD	PB	S	SI	CL-	NO3-	SO4--	(UG/M3)
MP 1	1200	18.0	1.00	0.340	1.00	0.220	0.460	140	24.00	2.2	47	4.5	52	1000	12000	4100	750	2400	52.7
MP 2	1000	< 7.0	0.46	0.056	0.72	0.040	0.120	< 60	26.00	< 1.0	38	2.1	110	900	1700	3000	470	1900	25.3
MP 3	720	15.0	1.20	0.081	<0.60	0.034	0.140	< 70	34.00	< 2.0	49	< 2.0	130	1100	2700	2900	500	2200	35.0
MP 4	1000	<20.0	1.20	0.470	1.50	0.310	1.100	250	52.00	2.1	43	4.4	< 40	2000	19000	4200	840	5500	89.2
MP 5	2000	52.0	2.90	0.230	2.30	0.170	0.480	210	81.00	< 2.0	64	2.0	130	2600	12000	4900	780	6700	83.0
MP 6	430	13.0	0.91	0.100	0.59	0.050	0.180	58	17.00	< 2.0	73	3.5	81	940	3700	3100	650	2900	90.0
MP 7	600	<20.0	3.00	0.630	1.10	0.250	0.950	200	25.00	< 2.0	120	3.6	390	1300	19000	3200	510	2600	98.7
MP 8	2100	10.0	< 0.50	0.064	4.40	<0.040	0.130	64	9.30	< 2.0	22	3.6	170	870	2300	3000	530	2400	35.6
MP 9	2100	13.0	0.85	0.064	0.59	0.029	0.200	< 80	31.00	< 2.0	29	< 2.0	180	1200	2800	2900	560	4000	39.4
MP10	1500	< 8.0	0.87	0.120	0.66	0.075	0.510	110	4.80	< 2.0	22	< 2.0	< 50	720	3800	2200	390	1400	34.6
MP11	< 200	< 9.0	0.74	0.130	1.20	0.093	0.660	<200	6.50	< 2.0	64	2.6	190	560	4500	2400	310	1500	34.7
MP12	890	<20.0	6.70	0.140	1.40	0.068	0.200	140	5.10	< 2.0	120	2.9	670	1100	4500	4100	700	2300	47.7
MP13	< 200	13.0	0.89	0.090	<0.60	0.059	0.170	< 80	50.00	< 2.0	53	3.9	94	1300	2400	2500	400	2400	34.5
MP14	700	13.0	7.00	0.110	1.90	0.081	0.260	75	7.10	4.4	120	< 2.0	< 40	890	3700	3800	490	2100	44.0
MP15	2700	<20.0	1.10	0.110	<0.70	0.055	0.200	< 90	1.30	< 2.0	20	3.2	75	760	4300	3900	620	1700	31.4
MP16	860	< 9.0	< 0.30	0.037	0.95	<0.030	0.140	41	17.00	< 0.9	24	3.8	65	890	2300	2900	340	2000	28.2
MP17	430	<20.0	5.70	0.420	<0.80	0.200	1.300	160	9.60	< 2.0	160	4.8	1000	1700	17000	3100	490	2800	103.4
MP18	730	6.3	< 0.30	0.060	0.35	0.059	0.180	< 60	0.97	< 0.8	18	< 2.0	77	590	3000	3300	340	1400	25.5
MP19	2000	13.0	1.40	0.190	<0.50	0.190	0.450	<200	2.10	< 2.0	35	3.0	240	840	9200	3500	570	1700	45.6
MP20	2100	<20.0	< 0.30	0.200	0.87	0.160	0.320	140	2.60	< 2.0	26	< 2.0	140	770	11000	3200	360	1500	42.4

表Ⅲ－5－7(2) 放射化分析による金属元素等測定結果（第2次現地調査）

	ハウジカフンセキ(NG/M3)																		
	AG	AL	AS	BA	BR	CA	CD	CE	CL	CO	CR	CS	CU	FE	HF	K	LA	LU	MN
MP 1	<0.60	1800	11.00	44	110	2900	<30	2.30	2500	0.54	7.60	0.130	100	1400	0.140	1100	1.20	<0.020	36.0
MP 2	<0.60	2000	1.90	< 20	110	3600	<30	2.20	1900	0.51	3.50	<0.080	87	910	0.160	< 800	1.20	<0.020	19.0
MP 3	<0.40	350	< 0.80	< 20	63	420	<30	0.37	1900	0.24	0.77	<0.060	120	220	<0.050	< 800	<0.60	<0.020	5.3
MP 4	0.79	1500	2.70	20	150	1700	<40	1.70	2100	0.30	2.80	0.130	54	660	<0.080	2100	<0.80	<0.020	12.0
MP 5	0.51	1400	2.00	26	140	760	<40	1.10	2200	0.21	3.10	<0.080	92	520	0.096	2200	<0.70	0.015	9.4
MP 6	<0.60	4100	4.80	79	37	1800	<30	3.50	1500	0.94	4.70	<0.200	130	1400	0.280	< 800	1.20	<0.020	20.0
MP 7	<2.00	8900	20.00	< 40	260	8900	<40	5.50	2600	1.30	18.00	0.300	130	4000	0.510	2400	2.50	0.035	82.0
MP 8	0.83	6100	14.00	43	31	1900	<30	4.60	1900	0.41	8.70	0.300	180	2700	0.300	2100	2.30	0.034	38.0
MP 9	<0.70	4700	23.00	23	76	1800	<30	3.10	2400	< 0.30	10.00	0.330	75	1100	0.270	1300	1.00	<0.020	28.0
MP10	<0.70	2300	6.60	< 30	63	1800	<30	2.70	930	< 0.30	4.70	0.190	230	980	<0.090	< 900	1.10	0.016	29.0
MP11	<0.60	4600	7.00	< 30	60	1600	<30	2.90	1000	0.62	4.60	0.270	100	1500	0.250	1700	1.70	<0.020	27.0
MP12	1.50	2600	14.00	43	130	3800	<40	2.60	2600	0.71	12.00	<0.200	110	2100	0.190	< 900	2.00	<0.022	51.0
MP13	0.61	1400	3.20	< 20	220	1100	<30	0.77	1200	< 0.20	3.90	0.120	61	780	0.180	< 700	<0.60	0.013	16.0
MP14	1.10	1200	2.70	< 20	96	1200	<30	1.90	1500	0.27	4.40	<0.200	84	770	0.120	1000	0.71	0.012	17.0
MP15	0.91	1900	14.00	< 30	55	1700	<30	1.90	2400	0.85	9.90	<0.200	68	880	0.110	1100	<0.60	<0.020	31.0
MP16	0.99	3200	6.40	< 30	62	1700	<40	3.10	2100	0.95	10.00	<0.200	< 50	1500	<0.090	< 900	1.20	0.021	30.0
MP17	<0.60	2100	3.10	< 20	160	1800	45	1.90	1500	0.25	3.40	<0.080	240	900	0.180	< 800	0.78	<0.020	19.0
MP18	<0.50	770	1.80	< 30	120	630	<30	0.89	1700	< 0.30	1.80	<0.080	90	390	<0.080	< 800	<0.60	<0.020	7.7
MP19	<0.80	1800	12.00	35	87	7900	<30	3.10	3100	1.30	21.00	<0.200	170	4600	0.240	1600	2.10	<0.020	190.0
MP20	<0.60	1400	2.50	< 20	120	2400	<30	1.70	2100	0.59	6.00	<0.080	59	850	0.100	< 800	0.73	<0.020	16.0

	ハウジカフンセキ(NG/M3)											ライコウスセンフンセキ(NG/M3)				イオンクロマト(NG/M3)			TPM
	NA	NI	SB	SC	SE	SM	TH	TI	V	W	ZN	CD	PB	S	SI	CL-	NO3-	SO4--	(UG/M3)
MP 1	960	24.0	2.60	0.280	2.20	0.180	0.500	130	63.00	4.0	190	4.4	250	2100	8400	1800	2000	5800	74.9
MP 2	1200	14.0	0.70	0.250	<0.60	0.120	0.330	81	31.00	1.4	56	4.1	380	1600	8600	1600	1400	3400	36.6
MP 3	1200	9.8	< 0.40	0.050	0.69	<0.030	0.100	45	13.00	< 2.0	23	3.0	100	610	1400	1400	780	2100	51.4
MP 4	2700	17.0	0.89	0.150	0.79	0.120	0.500	160	21.00	1.7	56	7.8	320	1400	6500	1100	1500	3700	82.7
MP 5	2500	16.0	1.40	0.160	0.78	0.070	0.330	51	23.00	< 2.0	53	5.4	260	1200	6800	1200	1300	3700	95.3
MP 6	700	<20.0	0.55	0.410	1.30	0.300	0.630	110	22.00	< 0.8	73	1.9	170	2000	13000	1100	1800	4800	69.7
MP 7	740	<30.0	13.00	1.600	2.10	0.400	1.500	510	33.00	5.1	230	6.6	610	4000	26000	2100	2000	6200	176.4
MP 8	2200	<20.0	2.60	0.650	3.00	0.290	1.100	< 90	26.00	1.4	110	7.8	85	2800	18000	1200	2000	4600	100.8
MP 9	2100	15.0	3.10	0.460	1.50	0.230	1.100	230	22.00	2.7	140	2.9	150	2600	17000	1400	2300	4600	105.3
MP10	2000	<20.0	16.00	0.300	1.30	0.140	0.510	120	38.00	< 0.9	130	2.1	200	1200	8200	500	1200	3800	61.6
MP11	330	<20.0	3.20	0.450	1.40	0.260	1.600	180	26.00	2.3	100	3.0	230	1100	13000	690	1600	4000	82.8
MP12	1100	<20.0	6.00	0.400	4.20	0.210	0.830	170	39.00	10.0	340	3.1	430	2000	9900	1700	2300	7100	72.8
MP13	370	<20.0	2.70	0.170	0.88	0.100	0.360	110	21.00	< 2.0	84	< 2.0	550	900	4600	750	1200	3800	52.8
MP14	720	13.0	2.50	0.130	1.00	0.056	0.300	46	25.00	1.9	79	< 2.0	370	990	4300	940	1200	3300	49.4
MP15	690	<20.0	4.20	0.260	4.30	0.160	0.450	93	39.00	5.4	150	2.2	230	1600	6800	1600	2200	6100	29.0
MP16	1000	<20.0	3.70	0.360	2.10	0.130	0.620	250	21.00	6.4	130	< 2.0	220	1200	10000	1500	2300	4800	77.5
MP17	960	<20.0	2.50	0.220	0.79	0.110	0.460	130	22.00	< 2.0	70	1.9	460	1100	7100	980	1400	4000	62.8
MP18	1900	13.0	1.20	0.098	0.83	0.055	0.160	49	15.00	< 2.0	34	< 2.0	310	730	2600	1100	1100	2600	61.5
MP19	1300	33.0	5.50	0.340	4.30	0.190	0.510	160	53.00	4.4	690	6.4	310	4700	7000	2100	1300	8800	46.9
MP20	1400	<20.0	1.50	0.200	<0.70	0.090	0.350	56	36.00	1.7	49	< 2.0	310	1100	5600	1500	2100	3100	74.0

表Ⅲ－5－7(3) 放射化分析による金属元素等測定結果（第3次現地調査）

	ハウジカフンセキ(NG/M3)																		
	AG	AL	AS	BA	BR	CA	CD	CE	CL	CO	CR	CS	CU	FE	HF	K	LA	LU	MN
MP 1	<0.40	< 8	21.00	< 20	44	1400	<30	0.62	3300	0.31	18.00	<0.080	23	400	0.130	430	0.67	<0.008	13.0
MP 2	<0.30	280	1.40	< 8	18	510	<30	0.30	3300	0.14	0.92	<0.090	43	220	<0.040	440	<0.60	<0.005	3.0
MP 3	<0.50	950	1.80	< 20	44	2200	<30	0.94	3300	0.50	3.80	0.095	74	760	0.110	710	<0.60	<0.020	15.0
MP 4	0.82	780	4.90	35	41	3300	<30	0.80	3900	0.68	13.00	<0.080	< 40	1400	0.150	470	<0.70	<0.020	60.0
MP 5	<0.60	1100	3.90	< 20	27	5300	<30	2.20	4500	0.94	10.00	<0.200	160	4100	<0.080	430	<0.60	<0.020	140.0
MP 6	<0.60	2100	12.00	57	31	5400	<30	1.60	3600	0.44	15.00	0.190	110	1300	0.160	1200	0.91	0.025	46.0
MP 7	<0.80	6400	8.50	< 30	300	2300	<40	3.50	3800	0.59	12.00	0.360	63	3000	0.210	1300	<0.80	<0.020	46.0
MP 8	<0.60	2600	6.70	32	69	380	<30	1.90	2400	0.32	3.90	0.190	< 40	1400	0.092	630	1.60	<0.020	17.0
MP 9	<0.60	3600	14.00	31	150	< 400	<40	3.30	2300	0.50	8.70	0.310	46	1500	0.120	1100	0.92	<0.020	36.0
MP10	<0.50	780	2.10	23	72	700	<30	0.53	1700	< 0.20	1.60	<0.080	< 30	440	0.053	390	<0.70	<0.009	7.1
MP11	<0.60	1900	4.60	< 30	180	1500	<50	4.90	2900	0.24	4.60	<0.090	47	730	<0.090	820	1.60	<0.020	19.0
MP12	<0.60	1200	1.20	< 20	53	1600	<40	1.30	3500	0.30	4.40	<0.080	< 40	690	<0.070	580	<0.80	0.015	16.0
MP13	<0.50	910	< 0.90	< 20	400	< 400	<50	0.92	1800	< 0.30	3.20	<0.090	59	470	<0.090	< 500	<0.90	<0.020	6.5
MP14	1.10	1300	1.60	19	97	1500	<40	2.10	2900	0.29	3.20	<0.090	31	650	0.096	< 500	1.50	<0.020	12.0
MP15	<0.40	110	< 0.60	< 6	11	< 500	37	0.34	4600	< 0.09	< 0.60	0.044	18	< 50	<0.040	< 500	<0.70	<0.005	< 0.9
MP16	<0.50	1900	< 0.90	< 20	180	1700	<30	1.70	2500	0.41	11.00	<0.090	88	1000	0.130	< 300	1.00	<0.009	28.0
MP17	<0.50	1100	1.10	< 20	140	350	<30	1.00	2200	< 0.20	2.00	0.066	88	490	0.085	< 800	<0.60	<0.020	8.7
MP18	<0.40	1500	< 0.80	< 9	61	870	<30	0.80	2500	0.14	1.60	0.081	31	610	0.091	< 400	<0.60	<0.009	6.6
MP19	<0.40	860	< 0.60	< 8	45	780	<20	1.40	2700	0.22	3.30	<0.060	19	420	0.061	< 300	1.10	<0.006	7.2
MP20	<0.50	2200	< 0.80	600	78	3200	<30	2.00	2200	0.22	2.90	0.120	63	970	0.140	680	1.30	<0.020	24.0

	ハウジカフンセキ(NG/M3)											ライコウスセンフンセキ(NG/M3)				イオンクロマト(NG/M3)			TPM
	NA	NI	SB	SC	SE	SM	TH	TI	V	W	ZN	CD	PB	S	SI	CL-	NO3-	SO4--	(UG/M3)
MP 1	2000	< 8.0	0.98	0.100	0.66	0.061	0.160	< 60	15.00	< 0.8	27	< 2.0	96	1100	4800	2200	680	1800	37.9
MP 2	1700	5.9	< 0.50	0.025	0.35	<0.020	0.055	< 30	7.70	< 0.8	11	< 2.0	77	730	1800	2200	490	1200	24.1
MP 3	2200	< 8.0	1.20	0.110	<0.60	0.080	0.170	< 70	21.00	< 0.8	35	< 2.0	71	1400	6400	2000	670	2000	40.6
MP 4	2500	<20.0	2.50	0.120	<0.60	0.081	0.240	< 70	40.00	4.7	200	3.0	140	2300	5300	2400	580	3700	52.4
MP 5	2700	<20.0	2.40	0.180	1.40	0.110	0.290	98	26.00	3.0	450	9.6	140	2800	6600	3000	1000	4200	56.3
MP 6	1900	<20.0	3.50	0.280	1.20	0.120	0.410	130	15.00	4.8	250	5.8	180	2600	15000	2000	1100	2600	66.0
MP 7	1800	18.0	1.60	1.100	<0.80	0.220	1.100	300	26.00	< 0.8	130	< 2.0	660	1700	33000	2700	670	2700	122.4
MP 8	900	11.0	2.70	0.280	1.00	0.120	0.530	160	12.00	1.4	140	5.0	190	1000	12000	1300	750	1900	65.1
MP 9	970	< 9.0	2.40	0.430	0.73	0.240	1.000	240	25.00	3.1	130	3.2	300	1500	27000	1700	940	2900	104.7
MP10	770	15.0	1.10	0.076	<0.40	<0.040	0.150	< 70	11.00	< 0.9	28	3.7	110	650	3600	590	360	1400	37.3
MP11	920	< 9.0	2.20	0.180	<0.60	0.170	0.640	180	14.00	< 0.9	110	3.1	340	950	11000	1800	670	2100	71.1
MP12	2000	15.0	0.72	0.180	0.81	0.120	0.280	72	1.20	1.4	51	4.1	160	1300	10000	2300	590	1800	45.1
MP13	1100	< 9.0	3.60	0.092	<0.60	<0.050	0.170	71	23.00	< 2.0	58	6.0	900	1100	5300	970	511	1700	53.1
MP14	1900	< 9.0	1.10	0.150	0.65	0.095	0.220	110	7.10	2.3	42	2.2	290	920	7800	1800	640	1300	42.8
MP15	2500	4.7	< 0.50	0.011	0.34	<0.030	0.024	< 70	4.00	< 0.9	< 5	3.6	< 50	590	450	2800	570	1100	21.0
MP16	930	< 9.0	1.60	0.160	<0.60	0.042	0.420	260	19.00	4.2	88	< 2.0	460	1300	9800	1600	690	1900	67.9
MP17	920	< 8.0	1.30	0.120	0.57	0.048	0.230	39	9.30	< 2.0	45	4.3	330	830	6300	1000	560	1400	40.0
MP18	1000	< 7.0	< 0.90	0.110	<0.40	0.049	0.360	81	3.80	< 0.9	34	6.1	190	600	8900	1500	400	1000	42.0
MP19	1200	< 6.0	1.90	0.082	0.49	0.057	0.190	53	4.00	< 0.8	22	3.4	77	690	5200	1700	590	1100	41.7
MP20	850	< 9.0	1.10	0.240	<0.60	0.130	0.480	110	4.00	< 0.9	41	< 2.0	180	1000	15000	1600	860	1500	56.7

表Ⅲ－5－7(4)　放射化分析による金属元素等測定結果（第4次現地調査）

	AG	AL	AS	BA	BR	CA	CD	CE	CL	CO	CR	CS	CU	FE	HF	K	LA	LU	MN
	ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞﾚﾍﾞﾙ(NG/M3)																		
MP 1	<0.40	810	2.80	< 20	85	860	<40	0.62	4200	0.34	3.70	<0.090	17	330	<0.060	< 400	<0.90	<0.009	6.9
MP 2	<0.40	510	< 0.70	< 8	47	480	<40	0.34	4500	0.25	0.80	0.069	< 30	290	0.100	< 400	<0.80	<0.008	< 2.0
MP 3	0.50	2400	< 0.70	< 10	79	1200	42	2.80	4200	0.22	3.80	0.100	< 40	670	0.150	560	0.88	0.023	9.0
MP 4	<0.60	940	13.50	< 20	77	2500	<40	1.10	3500	0.30	11.00	<0.080	54	790	<0.080	600	<0.80	<0.008	27.0
MP 5	<0.60	1100	16.00	< 20	65	9200	<40	1.40	5000	0.56	13.00	0.200	50	1700	0.120	820	<0.80	<0.020	50.0
MP 6	<0.60	1400	17.00	24	37	2000	<40	1.20	4200	0.63	9.40	<0.090	43	720	0.091	690	<0.90	<0.020	20.0
MP 7	<2.00	16000	22.00	79	260	3800	<50	5.90	2900	1.10	19.00	0.420	< 90	5300	0.480	1000	1.90	0.038	51.0
MP 8	<0.70	3500	17.00	70	65	1900	<40	2.10	3700	0.66	16.00	<0.200	140	2200	0.310	1000	1.70	<0.020	41.0
MP 9	<0.70	4500	24.00	< 20	110	810	<30	2.80	2700	0.38	13.00	0.340	67	1400	0.120	1600	1.70	0.030	19.0
MP10	<0.50	710	< 0.90	29	70	260	<30	0.43	1500	0.14	2.30	0.074	46	270	<0.060	< 900	<0.60	<0.020	3.5
MP11	<0.70	5900	5.90	< 30	140	3400	<40	4.70	3400	0.34	5.30	0.260	130	2400	0.300	< 900	3.00	0.042	21.0
MP12	<0.40	1500	1.60	29	61	1900	<30	1.20	5000	0.34	3.90	0.080	24	700	0.140	1300	<0.60	0.017	15.0
MP13	<0.40	980	1.50	18	220	800	<40	0.54	2800	< 0.09	2.00	<0.060	< 40	440	0.068	< 900	<0.60	<0.020	5.9
MP14	0.44	1500	1.30	30	89	1100	<40	1.30	4400	0.57	3.80	<0.080	52	530	0.060	< 800	0.92	<0.020	8.4
MP15	<0.30	420	< 0.80	17	17	< 400	<30	0.63	6700	< 0.09	< 0.70	<0.040	41	190	<0.040	< 900	<0.70	<0.009	1.9
MP16	<0.70	3200	2.20	< 50	100	2600	<40	2.50	5100	0.38	4.80	<0.200	56	1300	<0.200	< 800	<0.80	<0.050	17.0
MP17	<0.60	2000	< 2.00	< 30	210	830	<40	1.40	3400	0.17	3.90	<0.090	110	780	0.110	< 900	0.95	<0.030	9.6
MP18	<0.50	720	< 1.00	34	79	470	<40	0.86	4200	0.15	1.30	<0.090	17	290	<0.060	1700	<0.80	<0.020	4.1
MP19	<0.50	1000	< 0.80	< 20	110	910	<40	0.72	4300	0.17	2.00	<0.070	< 30	440	<0.070	<2000	<0.80	<0.020	7.6
MP20	<0.90	3300	2.30	190	67	17000	<40	4.50	4100	16.00	32.00	0.260	33	1200	0.700	1400	1.80	<0.040	36.0

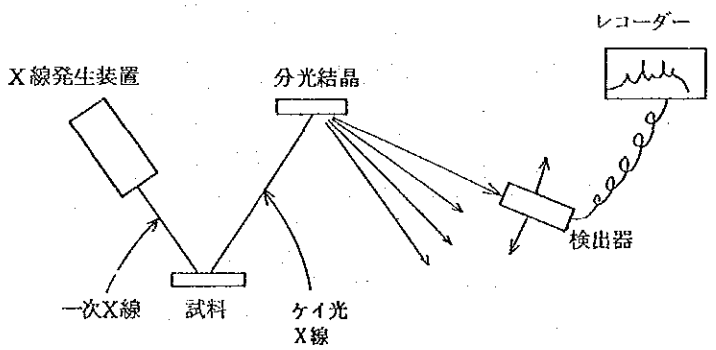
	NA	NI	SB	SC	SE	SM	TH	TI	V	W	ZN	CD	PB	S	SI	CL^-	NO_3^-	SO_4^{--}	TPM (UG/M3)
	ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞﾚﾍﾞﾙ(NG/M3)										ｰｲｵﾝｸﾛﾏﾄ(NG/M3)								
MP 1	2300	14.0	0.82	0.100	0.77	<0.030	0.170	< 80	9.60	< 0.9	31	< 2.0	230	1200	6000	2800	1300	2400	56.9
MP 2	2600	14.0	< 0.50	0.064	0.52	<0.030	0.110	< 60	7.90	< 0.8	18	5.6	67	1200	3600	3000	1300	2300	44.2
MP 3	2400	<10.0	< 0.50	0.290	0.81	0.110	0.460	44	7.40	< 0.7	29	4.4	160	1200	15000	3300	1400	2300	94.2
MP 4	1800	17.0	2.20	0.130	1.20	<0.030	0.220	74	52.00	< 0.8	120	6.0	141	2400	6900	2500	1600	4200	82.0
MP 5	2100	<20.0	3.20	0.210	1.30	0.053	0.270	68	43.00	1.5	320	7.5	120	5700	8700	4000	2300	9500	85.2
MP 6	2000	< 9.0	4.70	0.210	2.00	0.045	0.270	< 90	21.00	2.8	96	2.0	< 20	1800	10000	2700	1700	3900	64.2
MP 7	1400	<30.0	3.00	2.100	1.60	0.330	2.400	560	24.00	< 2.0	120	10.0	680	2200	63000	2100	1500	3500	215.5
MP 8	1100	<20.0	5.40	0.410	1.50	0.096	0.860	170	24.00	2.6	190	7.0	190	2000	19000	2500	1600	4200	100.6
MP 9	1400	15.0	2.80	0.490	1.30	0.190	1.000	160	12.00	< 2.0	77	4.6	230	1300	21000	1900	1500	3200	117.6
MP10	980	9.4	1.90	0.085	0.52	<0.030	0.130	< 70	5.60	< 0.9	18	2.5	89	700	3300	910	940	1900	42.5
MP11	1400	<20.0	9.10	0.550	1.40	0.230	2.800	< 90	10.00	< 2.0	83	6.9	410	1600	26000	2100	1800	3000	137.8
MP12	2700	11.0	1.10	0.210	1.10	0.082	0.300	< 80	1.70	< 2.0	69	3.8	98	1700	12000	3500	1300	2890	55.5
MP13	1600	< 7.0	2.60	0.110	0.97	0.050	0.240	< 70	3.60	< 2.0	38	3.4	550	990	5700	1800	1200	2100	121.4
MP14	2500	< 8.0	1.20	0.140	0.90	0.058	0.360	< 80	5.00	< 2.0	38	3.9	190	1100	8900	3000	1400	2100	65.6
MP15	3500	< 3.0	< 0.40	0.065	0.66	0.041	0.065	< 70	4.10	< 2.0	11	3.6	< 40	980	3300	5000	1200	2100	40.4
MP16	2000	<20.0	42.00	0.390	2.20	0.150	0.650	180	4.90	< 2.0	96	3.4	170	1200	17000	4100	1600	2500	94.1
MP17	1800	<20.0	3.90	0.230	<0.70	0.110	0.440	120	4.20	< 2.0	78	< 2.0	390	1100	12000	2400	1200	2100	107.7
MP18	2200	6.5	0.76	0.073	0.97	0.099	0.170	64	3.80	< 2.0	35	5.5	< 50	830	5600	2500	1000	2000	74.2
MP19	2200	< 8.0	< 0.60	0.110	1.20	<0.030	0.200	39	5.90	< 2.0	53	< 2.0	210	1100	8100	3400	1500	2300	98.3
MP20	2000	84.0	0.95	0.400	1.40	0.220	0.650	210	6.50	10.0	60	7.9	56	3500	20000	3000	1800	5600	107.2

5.2　ケイ光X線分析による金属元素等の分析

放射化分析では測定できない元素（Pb, Si），分析感度の低い元素（Cd, S）については，ケイ光X線分析により測定を行った。

5.2.1　測定原理

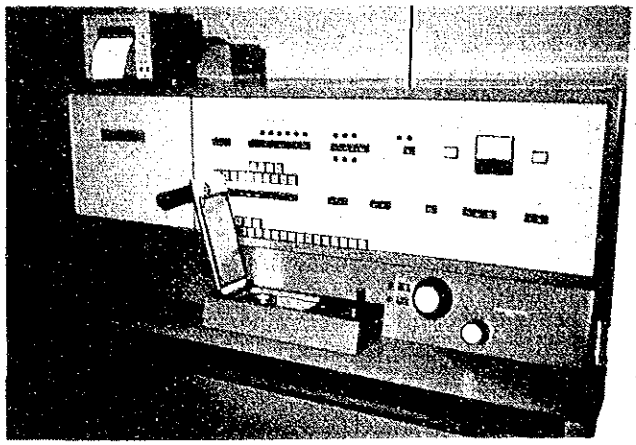
X線発生装置から発生した一次X線（Primary-Xray）を分析試料に照射すると，試料からケイ光X線（characteristic secondary X-ray）が発生する。このケイ光X線は，試料の元素組成に応じたエネルギー強度分布を有しているので，このX線を分光し，定量すべき元素に対応したエネルギーのX線強度を計測し，あらかじめ同一条件で測定した標準試料のX線強度と比較することにより，目的元素の含有量を知ることができる。図Ⅲ－5－9にX線分析装置の原理図を示す。



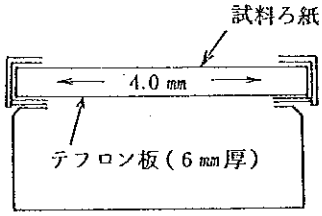
図Ⅲ－5－9　X線分析装置原理図

5.2.2　分析方法

分析対象試料ろ紙（PF－1）を図Ⅲ－5－2に示すように47mmφの円形にカットし，これを理学電気社製ガイガーフレックスSX型ケイ光X線分析装置（写真Ⅲ－5－2）の試料台（図Ⅲ－5－10）にセットして分析を行った。



写真Ⅲ－５－２　ケイ光Ｘ線分析装置



図Ⅲ－５－10　試　料　台

(1)　分析条件

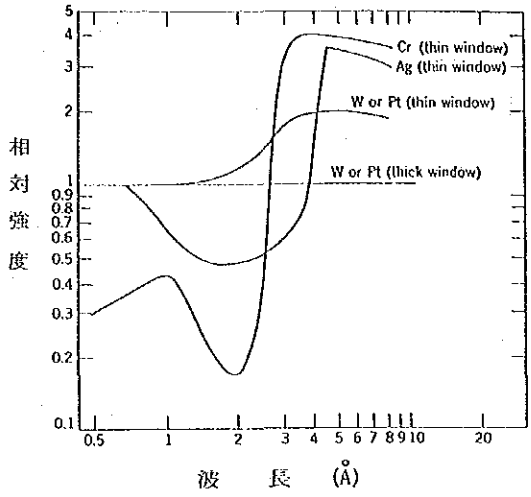
表Ⅲ－５－８に使用したＸ線管，分光結晶，検出器の種類，分析線，測定時間等分析条件を示す。

表Ⅲ－５－８　ケイ光Ｘ線分析の分析条件

元　素	Ｘ線管**	分光結晶	検　出　器	分　析　線	測定時間
Si	ｸﾛﾑ管球	EDDT*	ｶﾞｽﾌﾛｰ型比例計数管	Ｋα線（7.126 Å）	100 S
S	〃	Ge	〃	Ｋα線（5.373 Å）	〃
Cd	〃	EDDT*	〃	Ｌα線（3.960 Å）	200 S
Pb	ﾀﾝｸﾞｽﾃﾝ管球	LiF	ｼﾝﾁﾚｰｼｮﾝ計数管	Ｌβ線（0.982 Å）	〃

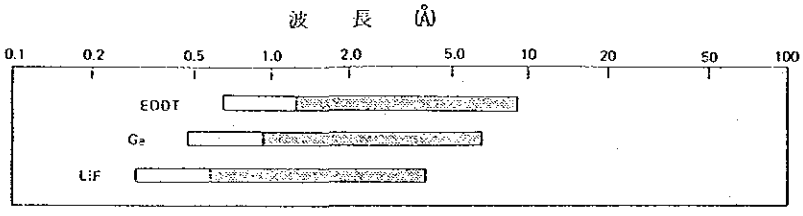
注）*EDDT : Ethylene diamine ditartrate
　　**クロム管球：40KV —— 35mA
　　タングステン管球：50KV —— 40mA

X線管は，Si，S，Cdの分析にはクロム管球を，Pbについては，タングステン管球を用いたが，これは図Ⅲ－5－11に示すように，波長 2.5Å以上ではクロム管球の相対強度が優れているが，波長約 2.5Å以下では逆にタングステン管球の相対強度が大きくなるためである。



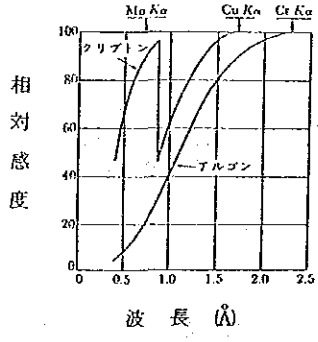
図Ⅲ－5－11　各種X線管の特性

ケイ光X線の分光に用いる分光結晶は，Si，CdにはEDDTを，SにはGeを，また，Pbの分析にはLiF 分光結晶を用いたが，これは図Ⅲ－5－12に示すように，各元素の分析線に対応した分光結晶の使用範囲が限られているためである（斜線の部分）。



図Ⅲ－5－12　各種分光結晶の使用範囲

なお，図Ⅲ－5－13に使用したガスフロー型比例計数管の相対感度を示す。本調査においてはアルゴンガスを使用した。

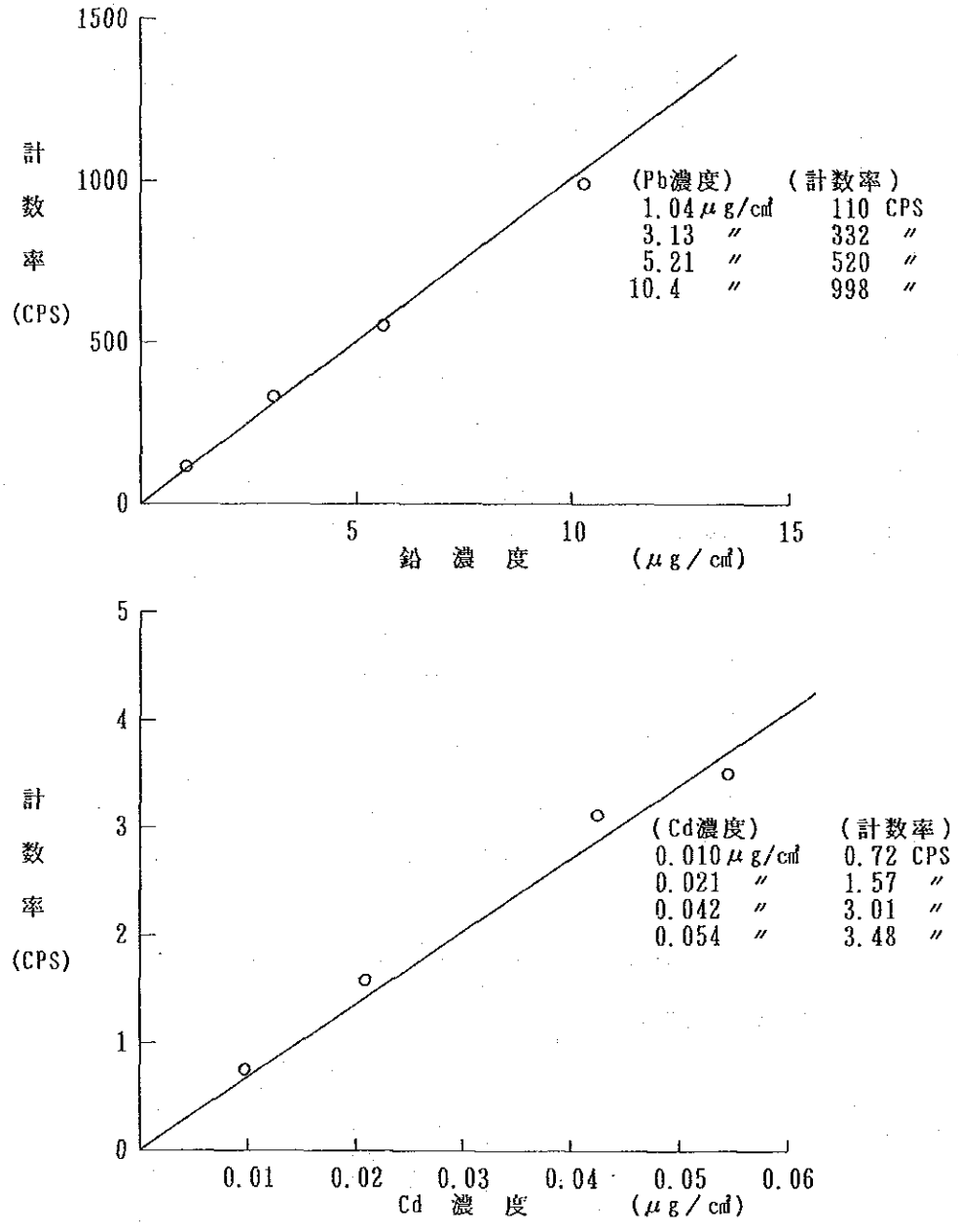


図Ⅲ－5－13　ガスフロー型比例計数管の相対感度

(2) 検量線の作成

① Pb, Cd（鉄共沈による沈殿ろ過法）

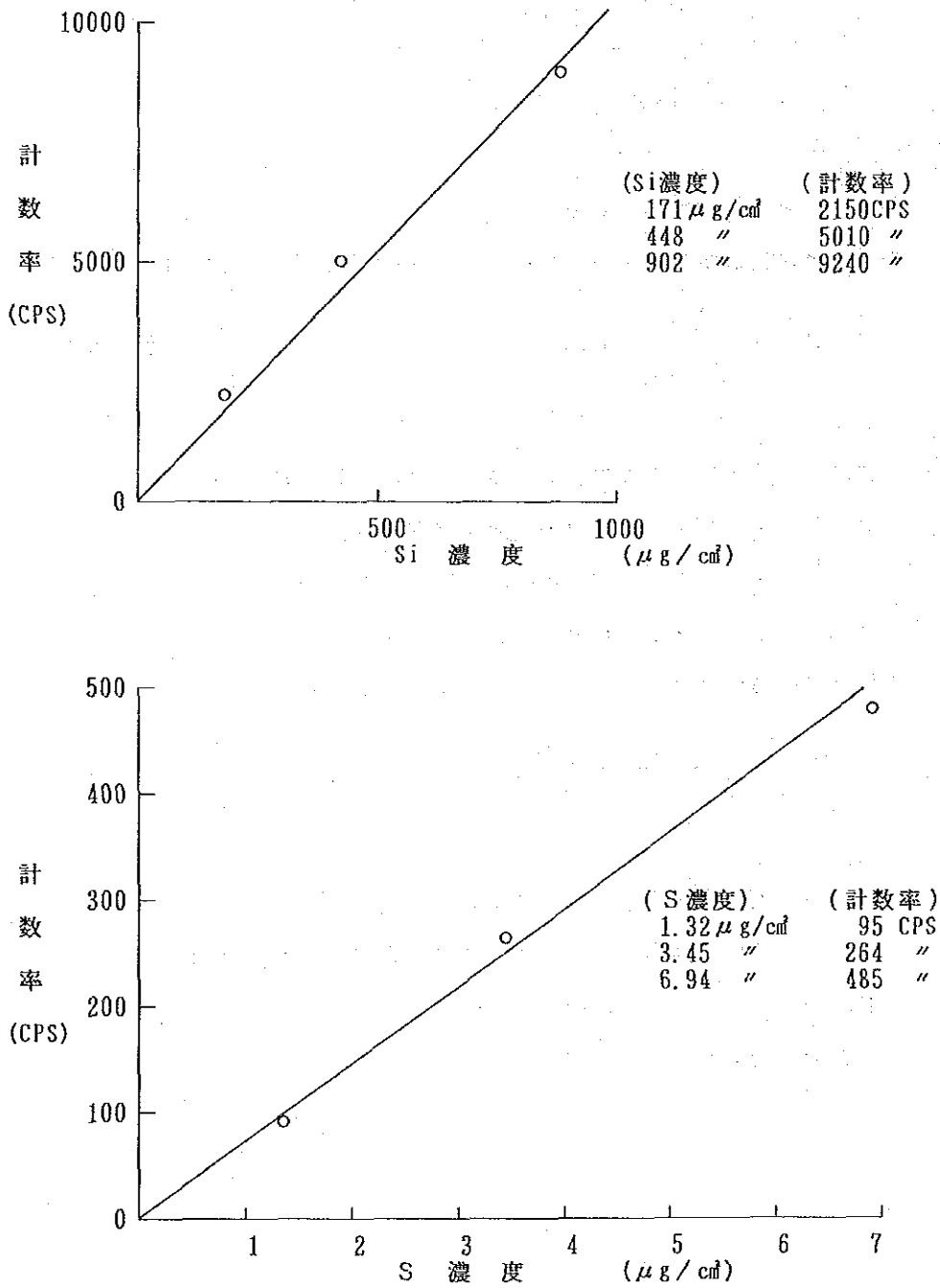
300 μg の鉄（Fe^{3+}）を含む水溶液に，鉛（Pb^{2+}），カドミウム（Cd^{2+}）を一定量加え，ホウ酸ナトリウム溶液及び0.1N塩酸でPHを9.3 とした後，加温して沈殿を熟成させ，ろ紙上に吸引ろ過捕集する。この操作を鉛，カドミウムの量を段階的に変えて，検量線作成用の標準試料とした。検量線を図Ⅲ－5－14に示す。



図Ⅲ－5－14 鉛，カドミウムの検量線

② Si，S（粉体ろ過法）

ケイ素並びに硫黄含有量既知の粉体（フライアッシュ）をメノウ乳鉢で十分にすりつぶす。この粉体を空気により飛散させ，吸引ろ過捕集する。ろ過前後のろ紙の重量及び粉体中のケイ素，硫黄の濃度から，ろ紙上のケイ素，硫黄の量を求める。粉体の捕集量の異なるろ紙をいくつか作成し，検量線作成用の標準試料とした。検量線を図Ⅲ－5－15に示す。



図Ⅲ－5－15 ケイ素，硫黄の検量線

5.2.3　定量限界

大気中の粒子状物質試料をケイ光X線分析で測定した際の平均的な定量限界値は次のとおりである。なお，ケイ光X線分析はブランクろ紙を基準とした表面分析であるため，ろ紙のブランク値を定量的に求めることは通常行わない。

Cd ; 0.02μg/cm²

Pd ; 0.05μg/cm²

Si ; 0.2μg/cm²

S ; 0.2μg/cm²

5.2.4　金属元素等濃度の計算方法

ろ紙上の各元素重量はX線のピーク高さ（CPS）により，式（Ⅲ－5－5）により計算した。

$$E_W = \frac{St_W}{St_{CPS}} \cdot S_{CPS} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-5-5)$$

ここで，

E_W　：分析検体中の単位面積当りの元素重量（μg/cm²）

St_W　：スタンダード試料中の元素濃度（μg/cm²）

St_{CPS}　：スタンダード試料中の計数率（CPS）

S_{CPS}　：分析検体の計数率（CPS）

大気中元素濃度は式（Ⅲ－5－6）により計算される。

$$C_E = \frac{E_W \cdot F_a}{V} \times 1000 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-5-6)$$

ここで，

C_E　；　大気中元素濃度（ng/m³）

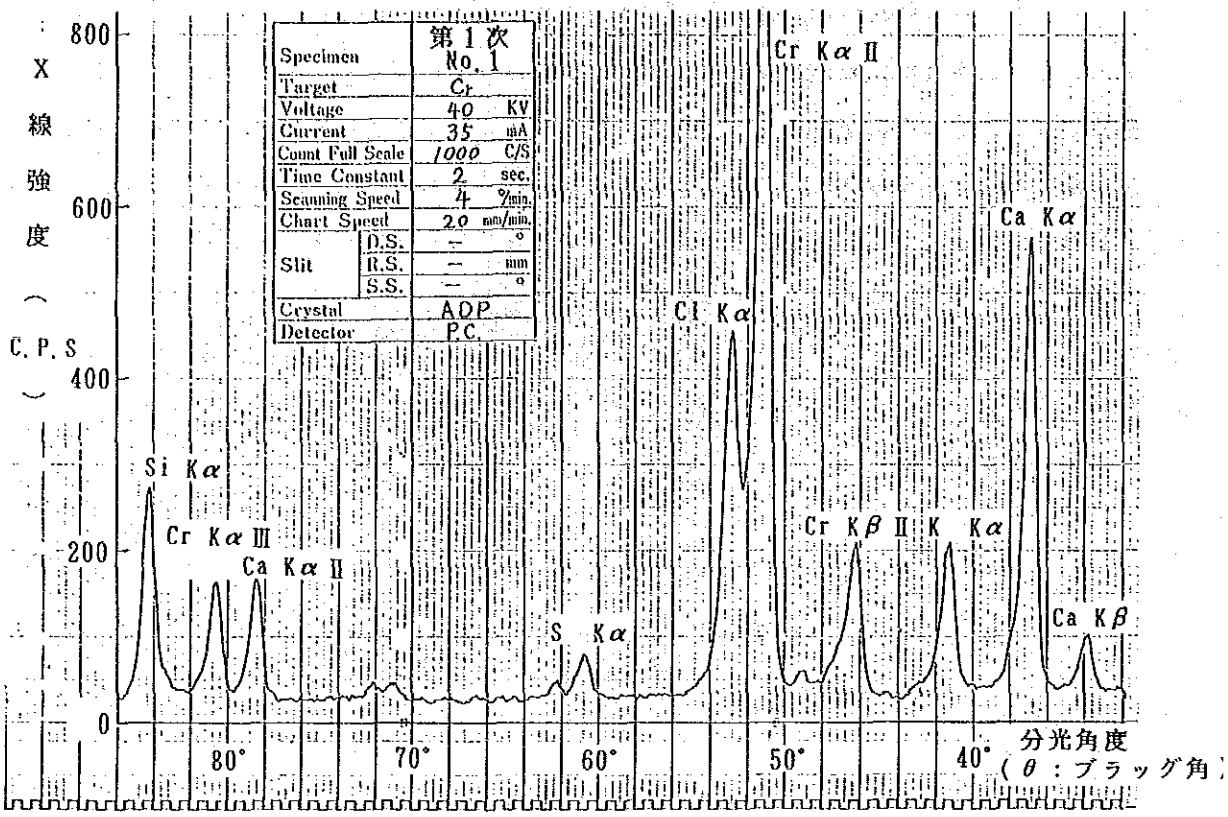
E_W　；　分析検体中の単位面積当りの元素重量（μg/cm²）

F_a　；　フィルター全面積（406cm²）

V　；　大気吸引流量（m³）

5.2.5　ケイ光X線スペクトル

図Ⅲ－5－16にケイ光X線スペクトルの一例（第1次現地調査，MP1）を示す。



図Ⅲ－5－16　ケイ光X線スペクトル

5.2.6　測定結果

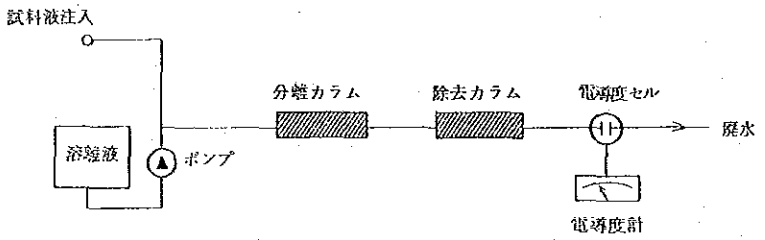
ケイ光X線分析による粒子状物質中の金属元素等の測定結果を表Ⅲ－5－7に示す。

5.3　イオンクロマト分析による陰イオンの分析

5.3.1　測定原理

イオンクロマト法は，固定相としてイオン交換樹脂を用いるカラムクロマトグラフィーの一種で，イオンを含む試料液を溶離液とともに分離カラムに導くと，イオンはイオン交換樹脂に捕集される。溶離液の展開によってイオン種は，イオンと樹脂との分離定数の差により選択的に分離され，さらに除去カラムに導かれ，分離カラムから流れてきた溶離液は，除去または中和される。このようにして目的イオン種のみがつぎつぎと除去カラムから電気伝導度セルに入り各種イオンが測定される。

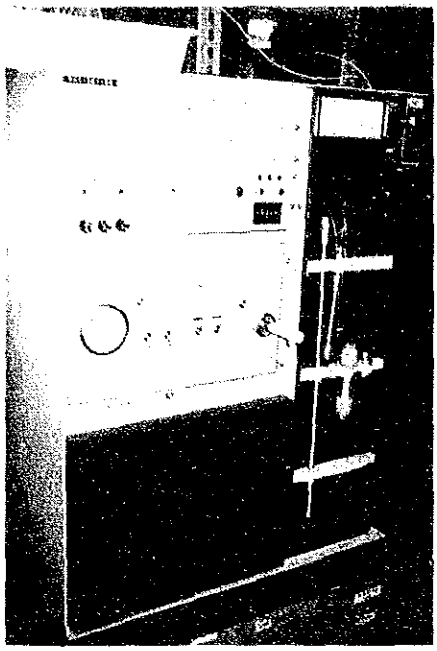
実際のイオンクロマトグラフ装置は，溶離液貯蔵容器，液送ポンプ，試料液注入用ポンプ，分離カラム，除去カラム，電気伝導度検出器により構成されている。図Ⅲ－5－17にイオンクロマトグラフ測定概略図を示す。



図Ⅲ－5－17　イオンクロマトグラフ測定概略図

5.3.2　分析方法

分析対象ろ紙（PF－1）を図Ⅲ－5－2に示すように1/12にカットし，溶離液100mℓを加えて約90分間振とう抽出したものを分析用試料とし，ダイオネックス社製イオンクロマトグラフモデル10を用いて分析を行った。写真Ⅲ－5－3に装置の概要を示す。



写真Ⅲ－５－３　イオンクロマト分析装置概要

(1)　分析条件

次に示す分析条件により分析を行った。

分離カラム　；３㎜φ×150㎜＋３㎜φ×500㎜，陰イオン交換樹脂

除去カラム　；６㎜×250 ㎜

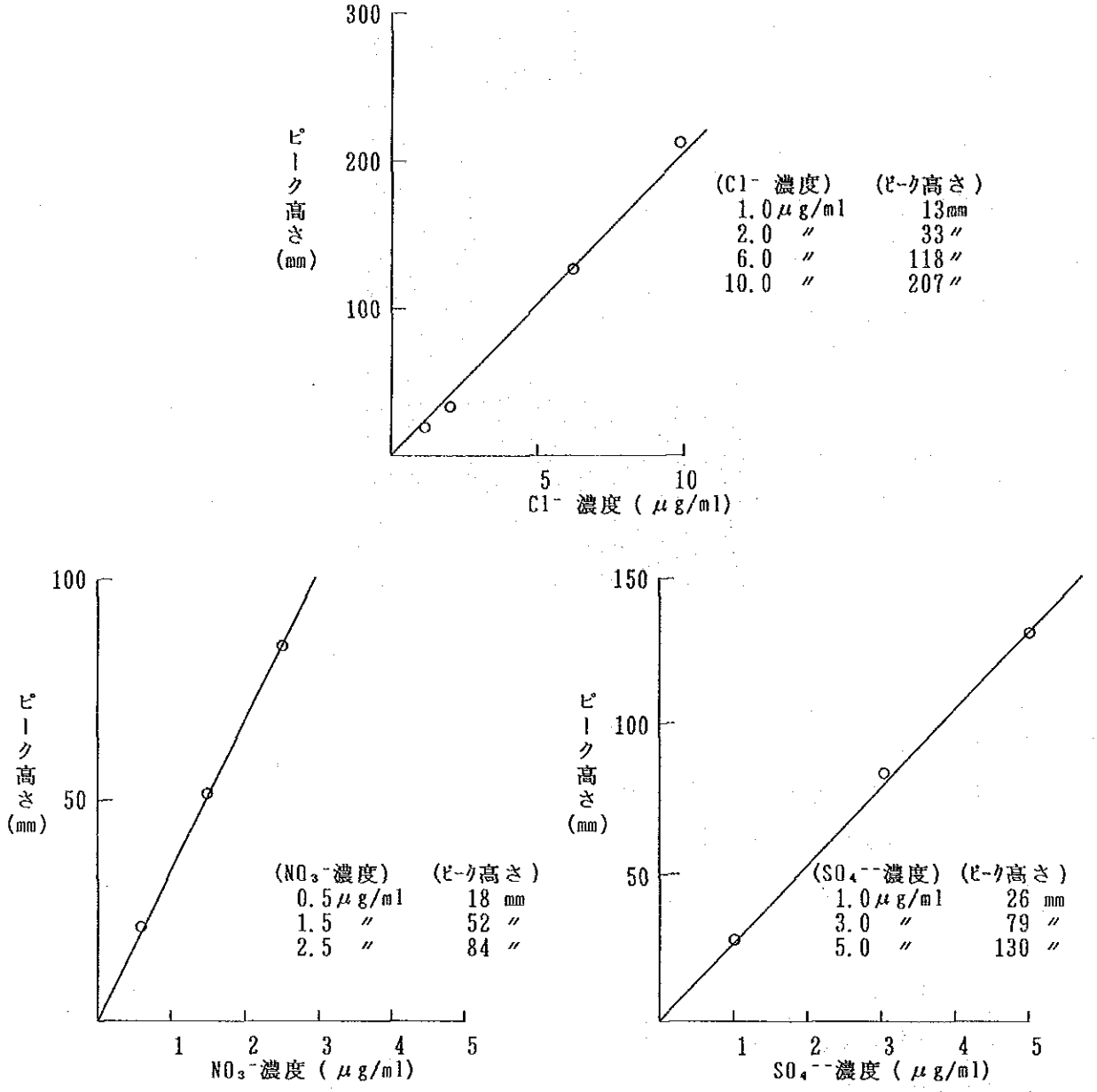
サンプル量　；200 μℓ

溶離液　　；0.0024M　Na_2CO_3／0.003M　$NaHCO_3$

溶離液流速　；138mℓ／hr

(2)　検量線の作成

1000mg／ℓ塩化物イオン標準溶液４mℓ，1000mg／ℓ硝酸イオン標準溶液30mℓ及び1000mg／ℓ硫酸イオン標準溶液 50mℓを１ℓメスフラスコに入れ，溶離液を標線まで加え定容としたものを標準原液とした。この標準原液を希釈倍率 100倍まで段階的に希釈し，検量線用標準溶液とした。この溶液を分析用試料と同じ条件でイオンクロマト装置に注入して検量線を作成した。図Ⅲ－５－18に検量線を示す。なお，この検量線は毎日１回作成した検量線の一例である。



図Ⅲ－5－18 Cl^-, NO_3^-, SO_4^{--}の検量線

5.3.3 定量限界及びろ紙のブランク値

本分析における電導度計のフルスケールは，Cl^-について30μs／cm，NO_3^- 及びSO_4^{--}については3μs／cmである。この時の定量下限を溶液濃度として表Ⅲ－5－9に示す。また，使用したポリフロンろ紙（PF－1）のブランク値をng／cm²の単位で同表に示す。

表Ⅲ－5－9　定量限界およびろ紙ブランク値

分析項目	定量下限 (μg/ml)	フィルターブランク値　(ng/cm²)			
		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
Cl^-	0.1	0	0	0	0
NO_3^-	0.1	0	0	0	0
SO_4^{--}	0.1	300	0	0	0

5.3.4　陰イオン濃度の計算方法

試料中の陰イオン濃度は次のように計算した。

①　分析溶液中のイオン濃度

$$Soul_I = \frac{CSti \cdot H_{soul}}{Hst} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (Ⅲ-5-7)$$

ここで，

$Soul_I$　；分析溶液中のイオン濃度（μg/ml）

CSti　；標準溶液のイオン濃度（μg/ml）

H_{soul}　；分析溶液のピーク高さ（mm）

H_{st}　；標準溶液のピーク高さ（mm）

②　大気中陰イオン濃度

$$C_I = \frac{Soul_I \cdot V_L \cdot Sa}{Fa \cdot V} \times 1000 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (Ⅲ-5-8)$$

ここで，

C_I　；大気中陰イオン濃度（μg/m³）

$Soul_I$　；分析溶液中のイオン濃度（μg/ml）

V_L　；抽出液量（ml）

Sa　；フィルター全面積(406cm²)

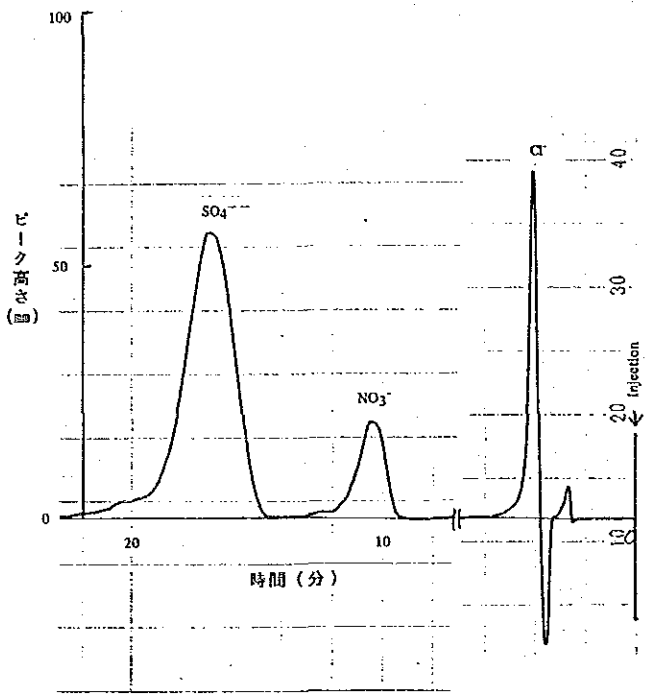
Fa　；分析検体フィルター面積（17.3cm²）

V　；大気吸引流量（m³）

5.3.5　イオンクロマトグラム

図Ⅲ－5－19に代表的なイオンクロマトグラムの例を示す（第1次現地調査，MP1）。横軸は試料注入からの経過時間（分），縦軸はピーク高さである。なお，濃度の算出に用いるピーク高さは，ピーク周辺の平坦な部分を結んだベースラインからの高さとした。

Eluent : 0.0024M Na_2CO_3 / 0.003 $NaHCO_3$
Separator Column : 3×150mm+3×500mm
Suppressor Column : 6×250mm
Injection Volume : 200ul
Conductivity Meter Setting : 30μS/cm
Flow Rate : 138ml/hr.
Recorder Speed : 5mm/min.



図Ⅲ－5－19　イオンクロマトグラム

5.3.6　測定結果

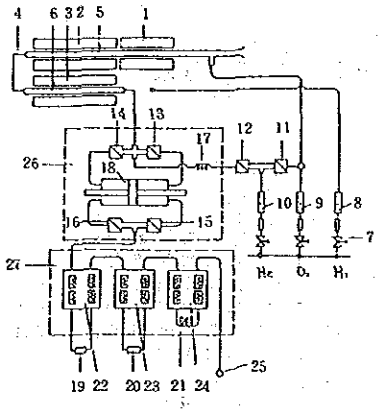
イオンクロマト分析による粒子状物質中の陰イオン分析結果を表Ⅲ－5－7に示す。

5.4　示差熱分析法による全炭素，不揮発性炭素の分析

5.4.1　測定原理

石英ろ紙上に捕集した粒子状物質試料を熱的処理により，揮発，分解性の有機炭素成分（organic carbon）と元素状炭素（elemental carbon）に分別し，これを完全に酸化しCO_2とした後，CO_2吸収管を持つ差動熱伝導度計に導き，CO_2吸着による発熱を不均衡電気信号として取り出し定量する。なお，ここでは試料を窒素気流中，400 ℃で加熱処理して揮発性炭素を除去したものを不揮発性炭素分析用，熱処理を行わないものを全炭素分析用として，それぞれ炭素の定量を行った。

装置の概略は図Ⅲ－5－20に示すとおりであり，試料の燃焼部，燃焼ガスの採取用定量ポンプ及び検出部等からなっている。Heキャリヤーガスをあふれさせた燃焼管口から試料を白金ボードにのせてそう入する。試料は高温で分解され，さらに酸化銅と接触して完全に酸化される。試料より発生するCO_2，H_2O，及びN_2以外のガスは酸化炉，還元炉で消去される。このCO_2，H_2O及びN_2とHeの混合ガスを，それぞれH_2O，CO_2吸収管を持つ三対の差動熱伝導計に導き，不均衡電気信号（カウント数）からC，N，Hの濃度が得られる。

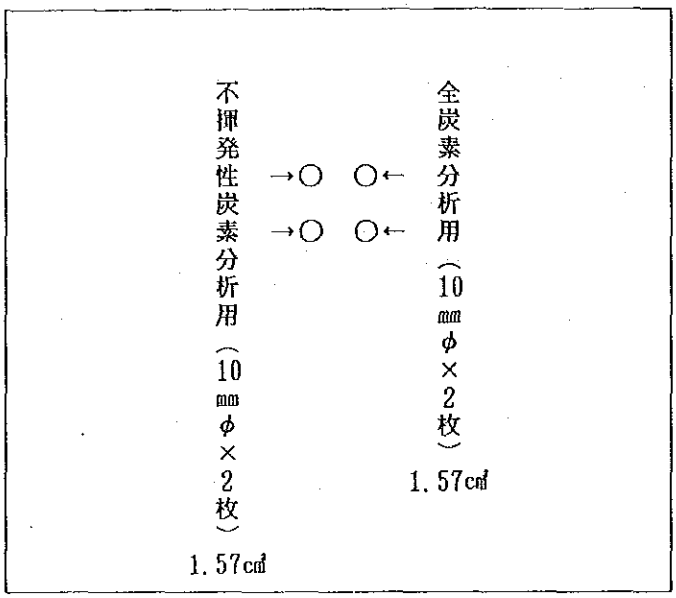


1. 試料分解炉
2. 酸化炉
3. 還元炉
4. 保温連結管
5. 燃焼管
6. 還元管
7. 調圧弁
8～10 流量計
11～16 電磁弁
17. プレヒーター
18. ポンプ
19. H_2O吸収管
20. CO_2吸収管
21. ディレーコイル
22～24 T・C・D
25. EXT.
26. ポンプ恒温槽
27. 検出器恒温槽

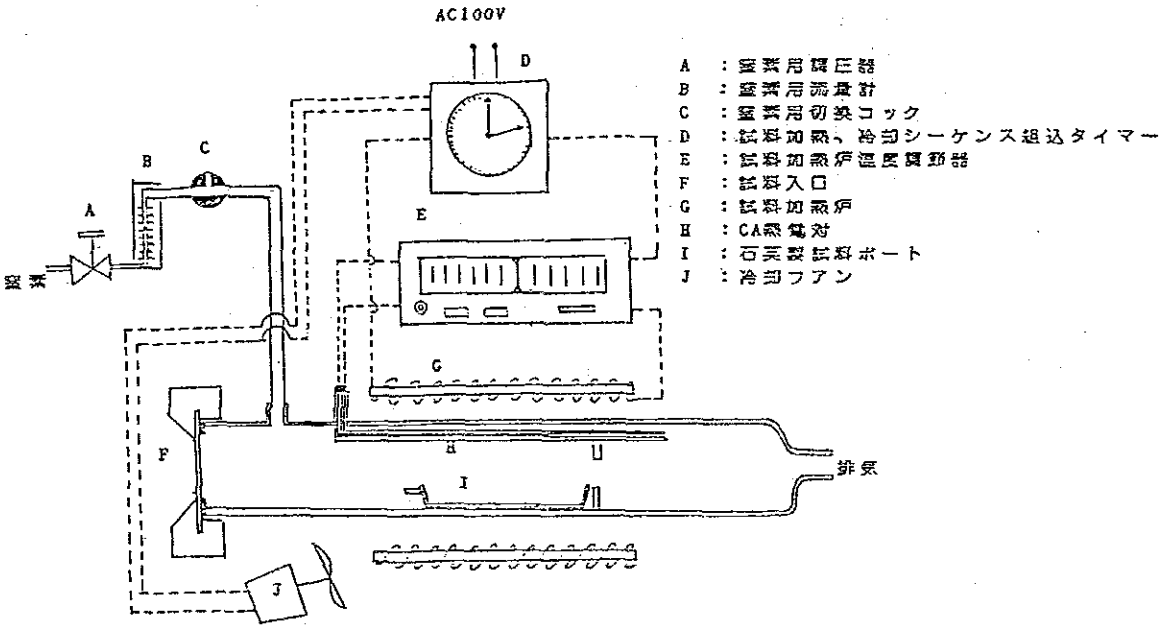
図Ⅲ－5－20　炭素分析装置概略（柳本製作所MT-3型）

5.4.2　分析方法

図Ⅲ－5－21に示すように，石英ろ紙試料からカットした直径1cm（2枚）をそれぞれ分析用試料とし，全炭素についてはそのまま，不揮発性炭素については図Ⅲ－5－22に示す前処理装置で窒素気流中で加熱処理(400℃，4分間）し，揮発性の炭素化合物を気化させた後，分析を行った。



図Ⅲ－5－21　炭素分析用試料ろ紙の分割



図Ⅲ－5－22　元素状炭素分析用前処理装置概略

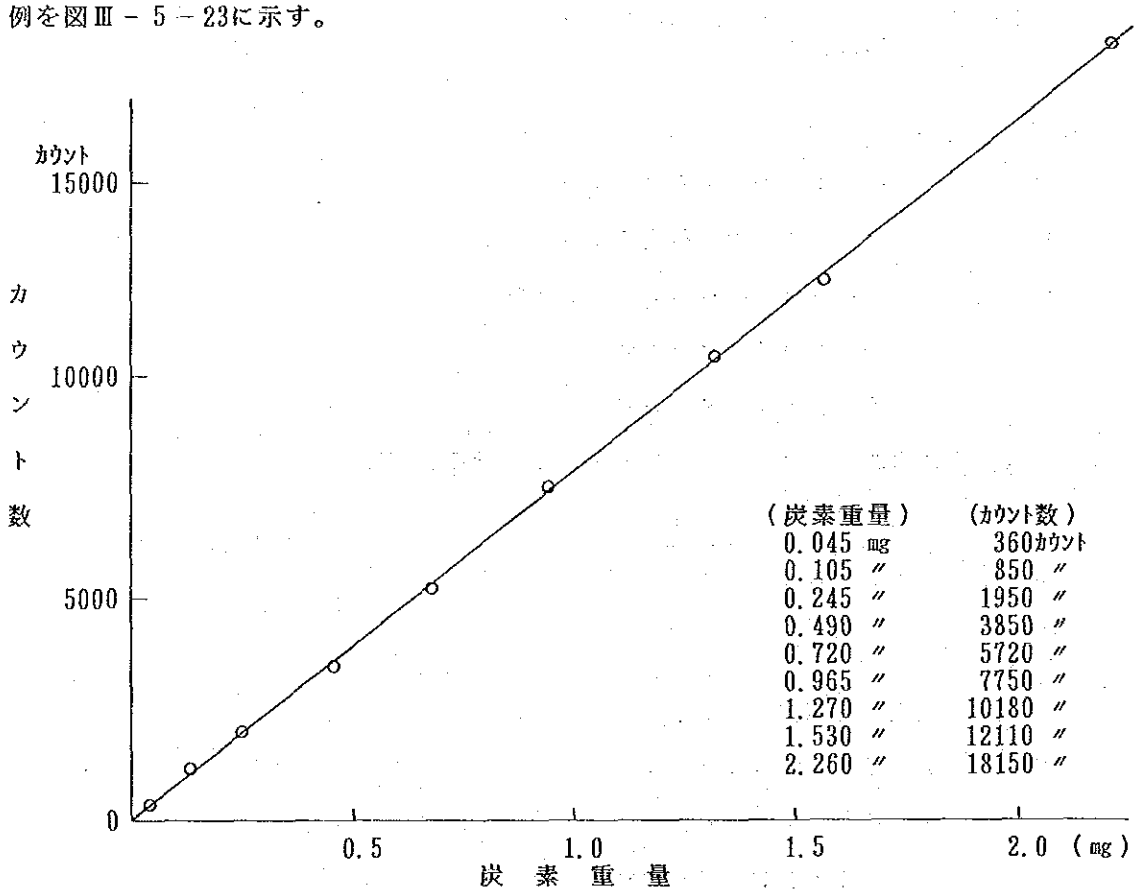
(1) 分析条件

炭素分析は次に示す条件で行った。

試料分解温度	;	950 ℃
酸化炉温度	;	850 ℃
還元炉温度	;	550 ℃
ポンプ恒温槽温度	;	55 ℃
検出器恒温槽温度	;	100 ℃
ヘリウムガス流量	;	200 ml/min
酸素ガス流量	;	20 ml/min
Bridge Current	;	65 mA

(2) 検量線の作成

炭素の標準物質として，パラアミノジメチルアニリンをミクロ天秤で0.1～2.5mgボート上に精秤し，試料と同様の条件で分析し，含有する炭素量から検量線を作成した。検量線の一例を図Ⅲ－5－23に示す。



図Ⅲ－5－23 炭素の検量線

5.4.3　定量限界及びろ紙のブランク値

大気中の粒子状物質を示差熱分析法で測定した際の定量下限を表Ⅲ－5－10に示す。またろ紙のブランク値も同表に示す。

表Ⅲ－5－10　定量下限及びろ紙ブランク値

項　目	定　量	フィルターブランク　（μg／cm²）			
	下限 *	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
全　炭　素	5μg	11	9	6	5
不揮発性炭素	5μg	5	3	2	2

注）フィルター1cmφ2枚あたりのμg

5.4.4　炭素濃度の計算方法

ろ紙上の炭素重量は示差熱伝導度計のカウント数より，式（Ⅲ－5－9）により計算した。

$$C_w = \left(\frac{St_w}{St_{count}} \cdot S_{count} \right) - Fb_w \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-5-9)$$

ここで，

C_w　；　分析検体中の炭素重量（μg）

St_w　；　スタンダード試料炭素含有量（μg）

St_{count}　；　スタンダード試料のカウント数

S_{count}　；　分析検体のカウント数

Fb_w　；　ろ紙ブランク値（μg）

また，大気中炭素濃度は式（Ⅲ－5－10）により計算した。

$$C_c = \frac{C_w \cdot F_a}{V \cdot S_a} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅲ-5-10)$$

ここで，

C_c　；　大気中炭素濃度（μg／m³）

C_w　；　分析検体中の炭素重量（μg）

V　；　大気吸引流量（m³）

F_a　；　フィルター全面積（406cm²）

S_a　；　分析検体フィルター面積（1.57cm²）

5.4.5　測定結果

大気中の粒子状物質中の炭素濃度を示差熱分析法で定量した結果を表Ⅲ－５－11に示す。なお，この表では揮発性炭素を有機炭素，不揮発性炭素を元素状炭素と表示した。また，TPM 濃度と，TPM に対する炭素の割合も表示した。

表Ⅲ－５－11(1)　炭素分析結果（第１次現地調査）

測定点	元素状炭素 μg/m³ (%)	有機炭素 μg/m³ (%)	全炭素 μg/m³ (%)	TPM μg/m³
MP 1	11.4 (17.1)	3.1 (4.6)	14.5 (21.7)	66.7
MP 2	9.3 (15.1)	3.0 (4.9)	12.3 (20.0)	61.4
MP 3	10.8 (20.3)	3.2 (6.0)	14.0 (26.4)	53.1
MP 4	14.0 (14.8)	5.1 (5.4)	19.1 (20.2)	94.4
MP 5	14.6 (16.0)	3.4 (3.7)	18.0 (19.8)	91.1
MP 6	12.7 (14.6)	5.1 (5.8)	17.8 (20.4)	87.2
MP 7	26.9 (18.2)	11.1 (7.5)	38.0 (25.7)	148.0
MP 8	11.3 (14.6)	4.0 (5.2)	15.3 (19.7)	77.5
MP 9	13.1 (16.6)	4.3 (5.4)	17.4 (22.0)	79.1
MP10	10.4 (16.1)	3.7 (5.7)	14.1 (21.8)	64.6
MP11	11.2 (15.1)	3.9 (5.3)	15.1 (20.4)	74.0
MP12	10.9 (19.6)	3.5 (6.3)	14.4 (25.9)	55.5
MP13	11.9 (20.6)	3.9 (6.7)	15.8 (27.3)	57.8
MP14	10.2 (19.0)	3.1 (5.8)	13.3 (24.7)	53.8
MP15	5.3 (10.8)	2.1 (4.3)	7.4 (15.0)	49.2
MP16	11.5 (17.8)	3.6 (5.6)	15.1 (23.3)	64.7
MP17	27.9 (23.0)	7.7 (6.4)	35.6 (29.4)	121.1
MP18	7.3 (14.7)	1.7 (3.4)	9.0 (18.2)	49.5
MP19	8.8 (12.8)	2.4 (3.5)	11.2 (16.3)	68.8
MP20	7.4 (13.7)	2.5 (4.6)	9.9 (18.4)	53.9

表Ⅲ－５－11(2)　炭素分析結果（第２次現地調査）

測定点	元素状炭素 μg/m³ (%)	有機炭素 μg/m³ (%)	全炭素 μg/m³ (%)	TPM μg/m³
MP 1	20.2 (17.1)	3.3 (2.8)	23.5 (19.9)	118.2
MP 2	15.8 (24.2)	2.6 (4.0)	18.4 (28.2)	65.2
MP 3	18.8 (23.2)	3.8 (4.7)	22.6 (27.9)	81.1
MP 4	25.0 (21.4)	3.8 (3.3)	28.8 (24.7)	116.8
MP 5	25.6 (22.2)	5.2 (4.5)	30.8 (26.7)	115.2
MP 6	21.4 (19.9)	5.6 (5.2)	27.0 (25.1)	107.6
MP 7	43.0 (24.4)	10.7 (6.1)	53.7 (30.5)	176.0
MP 8	15.0 (20.1)	3.2 (4.3)	18.2 (24.4)	74.7
MP 9	23.5 (25.2)	8.4 (9.0)	31.9 (34.2)	93.3
MP10	14.8 (22.3)	5.2 (7.8)	20.0 (30.2)	66.3
MP11	17.2 (22.8)	5.1 (6.8)	22.3 (29.5)	75.5
MP12	15.6 (17.1)	2.0 (2.2)	17.6 (19.3)	91.1
MP13	17.0 (22.2)	4.1 (5.3)	21.1 (27.5)	76.7
MP14	13.8 (17.9)	3.4 (4.4)	17.2 (22.3)	77.3
MP15	7.7 (14.4)	1.0 (1.9)	8.7 (16.3)	53.3
MP16	16.0 (18.6)	5.7 (6.6)	21.7 (25.3)	85.8
MP17	33.1 (25.2)	9.7 (7.4)	42.8 (32.6)	131.3
MP18	13.5 (21.6)	3.1 (5.0)	16.6 (26.6)	62.5
MP19	12.2 (19.4)	2.5 (4.0)	14.7 (23.4)	62.8
MP20	7.6 (17.2)	1.2 (2.7)	8.8 (19.9)	44.2

表Ⅲ－5－11(3)　炭素分析結果（第3次現地調査）

測定点	元素状炭素 μg/m³ (%)	有機炭素 μg/m³ (%)	全炭素 μg/m³ (%)	TPM μg/m³
MP 1	6.2 (13.9)	1.4 (3.1)	7.6 (17.0)	44.7
MP 2	4.1 (8.8)	0.5 (1.1)	4.6 (9.9)	46.6
MP 3	8.0 (15.2)	1.6 (3.0)	9.6 (18.2)	52.7
MP 4	12.2 (16.3)	1.8 (2.4)	14.0 (18.7)	74.8
MP 5	6.5 (8.1)	1.6 (2.0)	8.1 (10.0)	80.6
MP 6	7.0 (10.1)	2.6 (3.8)	9.6 (13.9)	69.1
MP 7	32.7 (18.8)	11.7 (6.7)	44.4 (25.6)	173.6
MP 8	15.1 (14.5)	4.9 (4.7)	20.0 (19.2)	104.3
MP 9	23.7 (18.4)	8.7 (6.8)	32.4 (25.2)	128.6
MP10	6.5 (13.7)	2.9 (6.1)	9.4 (19.7)	47.6
MP11	15.8 (20.8)	7.9 (10.4)	23.7 (31.1)	76.1
MP12	10.6 (17.3)	1.9 (3.1)	12.5 (20.5)	61.1
MP13	13.3 (22.9)	4.2 (7.2)	17.5 (30.2)	58.0
MP14	7.8 (13.6)	2.2 (3.8)	10.0 (17.4)	57.5
MP15	2.8 (6.9)	1.2 (3.0)	4.0 (9.9)	40.6
MP16	10.8 (13.8)	4.3 (5.5)	15.1 (19.3)	78.4
MP17	7.6 (14.8)	3.3 (6.4)	10.9 (21.2)	51.4
MP18	8.6 (16.4)	3.0 (5.7)	11.6 (22.1)	52.4
MP19	4.4 (8.8)	2.8 (5.6)	7.2 (14.3)	50.2
MP20	8.6 (12.8)	3.2 (4.8)	11.8 (17.6)	67.1

表Ⅲ－5－11(4)　炭素分析結果（第4次現地調査）

測定点	元素状炭素 μg/m³ (%)	有機炭素 μg/m³ (%)	全炭素 μg/m³ (%)	TPM μg/m³
MP 1	15.5 (21.7)	3.6 (5.0)	19.1 (26.8)	71.3
MP 2	11.1 (22.9)	2.6 (5.4)	13.7 (28.2)	48.5
MP 3	15.6 (24.5)	5.7 (8.9)	21.3 (33.4)	63.8
MP 4	14.2 (24.9)	3.4 (6.0)	17.6 (30.8)	57.1
MP 5	12.1 (18.9)	3.4 (5.3)	15.5 (24.2)	64.0
MP 6	11.3 (18.4)	4.9 (8.0)	16.2 (26.3)	61.5
MP 7	26.9 (18.8)	12.4 (8.6)	39.3 (27.4)	143.4
MP 8	16.1 (17.0)	5.2 (5.5)	21.3 (22.5)	94.6
MP 9	22.3 (18.8)	12.4 (10.4)	34.7 (29.2)	118.9
MP10	11.9 (27.0)	3.2 (7.3)	15.1 (34.3)	44.0
MP11	21.0 (24.1)	6.9 (7.9)	27.9 (32.1)	87.0
MP12	14.3 (18.1)	4.3 (5.4)	18.6 (23.5)	79.2
MP13	16.4 (27.0)	4.4 (7.2)	20.8 (34.2)	60.8
MP14	16.3 (24.2)	4.1 (6.1)	20.4 (30.3)	67.3
MP15	10.2 (20.3)	2.5 (5.0)	12.7 (25.3)	50.2
MP16	19.9 (21.5)	6.5 (7.0)	26.4 (28.5)	92.5
MP17	20.1 (25.5)	5.0 (6.3)	25.1 (31.9)	78.8
MP18	17.1 (19.5)	8.3 (9.5)	25.4 (29.0)	87.6
MP19	14.2 (21.7)	3.7 (5.7)	17.9 (27.4)	65.4
MP20	15.4 (19.5)	4.0 (5.1)	19.4 (24.6)	78.9

5.5 放射化分析，ケイ光X線分析，イオンクロマト分析，示差熱分析による土壌中の金属元素，陰イオン，炭素の分析

シンガポールの代表的な表面土壌3種をＪＴＣソイルラボラトリーから提供をうけ，金属元素，陰イオン，炭素の分析を行った。分析方法は前述の大気中の粒子状物質の分析法と同様であるが，試料の前処理等が若干異なるので以下その方法を記す。

土壌試料は風乾後，ふるいによって小石などを除き，めのう乳鉢ですりつぶして均一とし，分析用試料とした。試料の秤量はシリカゲル入りデシケーター中で数日間乾燥した後，行った。各分析に供する試料の量は次のとおりである。

・放射化分析

短時間照射用約15mg，長時間照射用約30mgをそれぞれ5×7cmのポリエチレン袋に二重封入して，分析用試料とした。

・ケイ光X線分析

土壌試料約 100mgをろ紙上に均一に分散させて，分析用試料とした。

・イオンクロマト分析

土壌試料約1gに溶離液100mℓを加えて約90分間振とう抽出し，ろ紙により不溶成分をろ過除去したものを分析用試料溶液とした。

・炭素分析

土壌試料2～5mgを白金ボート上で秤量し，それぞれ全炭素及び不揮発性炭素分析用試料とした。

表Ⅲ－5－12に測定結果を示す。

表Ⅲ－5－12　土壌成分分析結果

分析法	項目 ＼ 試料名	No.1	No.2	No.3	平均値
	単位	ppm	ppm	ppm	ppm
放射化分析	Ag	< 4	< 4	< 3	< 4
	Al	120000 (1)	70000 (1)	170000 (1)	120000
	As	17 (7)	11 (9)	170 (2)	66
	Ba	660 (9)	260 (20)	< 100	310
	Br	< 30	< 30	10 (34)	< 30
	Ca	< 2000	< 2000	< 3000	< 2000
	Cd	< 70	< 70	< 70	< 70
	Ce	81 (2)	120 (2)	24 (6)	75
	Cl	2200 (13)	< 1000	< 1000	< 1000
	Co	< 0.7	1.5 (26)	0.94 (28)	0.84
	Cr	22 (11)	50 (5)	57 (4)	43
	Cs	3.9 (11)	2.5 (16)	2.8 (13)	3.1
	Cu	< 400	< 300	< 500	< 400
	Fe	25000 (2)	43000 (2)	31000 (2)	33000
	Hf	7.4 (4)	8.9 (4)	7.4 (4)	7.9
	K	37000 (8)	4300 (46)	11000 (15)	17000
	La	54 (4)	56 (4)	20 (7)	43
	Lu	0.68 (5)	0.53 (7)	0.10 (29)	0.44
	Mn	34 (6)	38 (5)	44 (5)	39
	Na	2400 (6)	2000 (3)	790 (27)	1700
	Ni	< 80	< 80	< 70	< 80
	Sb	8.8 (5)	1.7 (19)	7.7 (5)	6.1
	Sc	18 (1)	13 (1)	10 (1)	14
	Se	< 4	< 4	3.9 (45)	< 4
	Sm	6.5 (1)	11 (1)	2.0 (2)	6.5
	Th	20 (1)	14 (2)	35 (1)	23
	Ti	3700 (5)	3800 (7)	4700 (8)	4100
	V	60 (4)	100 (3)	71 (5)	77
	W	7.4 (22)	< 3	7.9 (16)	5.2
	Zn	43 (27)	< 30	28 (39)	25
ケイ光X線分析	Cd	1.3	0.6	0.7	0.9
	Pb	61	70	75	69
	S	190	170	270	210
	Si	310000	300000	190000	270000
イオンクロマト分析	Cl^-	870	41	230	380
	NO_3^-	12	< 7	< 7	< 7
	SO_4^{--}	46	100	18	55
示差熱分析	示素状炭素	850	710	530	697
	有機炭素	1310	140	740	730
	全炭素	2160	850	1270	1427

注）カッコ内の数値は計数誤差（％）

第 IV 編

発　　生　　源

第Ⅳ編　発　生　源

本調査においては，現地調査で得られた各測定点の実測値（この値は，現状における自然発生源，人為発生源に起因する粒子状物質及び二次粒子による環境濃度，すなわち全発生源が寄与している環境濃度である。)が，将来においても変わらないものとして，この実測値に石炭火力発電所及び一貫製鉄所から排出される粒子状物質の拡散濃度を加えることによって，将来における粒子状物質の環境濃度とみなすこととした。

したがってここでは，拡散計算に必要な将来（1990年次）における石炭火力発電所及び一貫製鉄所の粒子状物質の排出量の推定を行った。

第１章　粒子状物質排出量の推定

ここで設定した粒子状物質排出量は，シンガポール政府と日本政府において合意された値であり，ここではこれら粒子状物質の算定根拠を各施設別に記述する。

1.1　石炭火力発電所

1.1.1　Pulau Seraya発電所

使用するオーストラリア産石炭中灰分を，その石炭の高発熱量6,450Kcal/kgからみて，15％とし，その全量が電気集じん機に入るものとする。湿り排ガス量は9.1Nm³/ kg-coal であり，石炭の水素分を５％とすれば，乾き排ガス量は，8.5Nm³／kg-coal (9.1－22.4/2×0.05＝8.5)となる。一方，石炭の灰分は15％であるので，石炭１kg当りの灰分は，0.15kg／kg-coal となる。したがって，乾き排ガス中の灰分濃度は，0.15kg／8.5Nm³，すなわち，18g／Nm³-Dry gasとなる。

電気集じん機の集じん効率を99.7％と設定し，集じん機出口のダスト濃度を計算すれば，0.05g／Nm³-Dry gasとなる。したがって，大気中へ排出されるダスト濃度は 124kg／hrとなる（0.05g／Nm³-Dry gas× 8.5／9.1 × 2,650,000Nm³／hr-Wet gas ÷ 1000)。ここで，電気集じん機の集じん効率の変動を考慮して，ダスト排出量を130kg／hrと設定した。

1.1.2　Pulau Tekong発電所

Pulau Seraya発電所と同様，電気集じん機ダスト出口濃度を0.05g／Nm³-Dry gasと設定し，１時間当り湿り排ガス量2,470,000 Nm³／hrより，ダスト排出量は 115kg／hrと計算される。電気集じん機の集じん効率の変動を考慮して，ダスト排出量を120kg／hrとした。

1.2 一貫製鉄所

1.2.1 Grate Kiln

製鋼用鉄鉱石焼結炉の比較的ダスト濃度の高い日本の例を参考にして，電気集じん機入口のダスト濃度を2g／Nm³と設定した。電気集じん機の集じん効率を91%とし（ダスト濃度の変動が大きいので，ボイラーに比べて低い集じん率を想定した），電気集じん機の出口ダスト濃度を計算すれば，0.18g／Nm³となる。大気中に排出されるダスト量は，Grate Kiln排ガス量 5×10^6 Nm³／hrを乗ずることによって，900kg／hrとなる。

1.2.2 Reheating Furnace

日本でC重油を用いたときの高いダスト濃度例を参考として，Reheating Furnace のダスト濃度を 0.1g／Nm³と設定した。この施設は集じん装置を設置しないので，大気中へ排出されるダスト量は，その排ガス量 6.3×10^4Nm³／hrを乗ずることによって，6.3≒6kg／hrとなる。

1.2.3 Electric Arc Furnace

製鋼は，大電力を必要とするが製鋼時間が短い変圧器容量60MVA の100t／charge UHP炉(Ultra High Power)を用いる。UHP 炉の1回の製鋼時間を2時間とすると，1日（24時間）で12charges になる。したがって1日の生産量は，100×12＝1,200 t／日となる。一方，Molten steelの年間生産量は，1.037 $\times10^6$ tであるから，1日につき3457t（1.037×10^6／12ヶ月×25日）のMolten steelの処理が必要となる。したがって，必要なUHP炉は，3,450t／1,200t≒3Furnacesとなる。

日本における100t炉の平均的な排ガス量を参考にして，100t／charge1基につき，排ガス量を600,000Nm³／hrと設定し，このうち，80%は天井からの吸引，20%は炉から直接吸引するものとし，その全量が集じん装置（COが発生するので，安全のため電気集じん機を用いず，Bag house を用いる）に入るものとする。集じん装置入口のダスト濃度を5g／Nm³，Bag house の集じん効率を96.5%として，出口ダスト濃度を計算すると，0.18g／Nm³となる。大気中に排出されるダスト量は，0.18g／Nm³×600,000Nm³／hr×3基＝324kg／hrとなる。

以上の各施設から排出されるばいじん量をまとめると表Ⅳ－1－1に示すとおりとなる。

表Ⅳ－１－１　事業所及び施設別ばいじん排出量

事業所及び施設名		ばいじん排出量（kg／hr）
Pulau Seraya 発電所		130
Pulau Tekong 発電所		120
Tekong一貫製鉄所	Grate Kiln	900
	Reheating Furnace	6
	Electric Arc Furnace	324

第２章　ばいじんの粒径分布

大気中に排出された粒子状物質は重いものは煙源近くに沈降し，軽いものほど遠くへ拡散していく。本調査においては，この現象を拡散モデルに組み込んで，粒子状物質の環境濃度を計算することにしているが，粒子の沈降速度は式（Ⅳ－２－１）に示すストークス式により計算される。

$$V_s = \frac{2 r^2 \rho_s g}{9 \nu \rho_a} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (Ⅳ-2-1)$$

ここで，

r　；粒子の半径（ｍ）

ρ_s；粒子の密度（ｇ／ｍ³）

ρ_a；空気の密度（ｇ／ｍ³）

ν　；空気の動粘性係数（ｍ²／ｓ）

g　；重力の加速度（ｍ／ｓ²）

V_s；粒子の沈降速度（ｍ／ｓ）

このストークス式では，粒子の終速度は粒径に大きく依存しているが，すべての粒径について沈降速度を考慮して粒子状物質の拡散計算を行うには莫大な計算が必要となるので，ここでは粒径区分を設定した。粒径区分は，環境中の粒径分布が２μｍを境とする２山であること，SPMが10μｍ以下であることを考慮して，表Ⅳ－２－１に示す４粒径階級を設定した。

表Ⅳ－２－１　設定したばいじんの粒径階級

粒　径　階　級
０～　1.9 μｍ
２～　9.9 μｍ
10～ 19.9 μｍ
20 μｍ 以上

施設別のばいじんの粒径分布は，日本での実測値を参考にして設定したが，以下施設別に，その粒径分布，粒径階級別粒径割合を示す。

2.1　発電所ボイラー（石炭ボイラー）

Pulau Seraya及びPulau Tekong発電所の石炭だきボイラーから排出されるばいじんの粒径分布は日本における石炭火力発電所4工場の実測値の平均値（集じん機設置）を設定した。この結果を図Ⅳ－2－1に示す。この図は，横軸に粒径，縦軸に累積頻度をとり，両対数目盛りで表したものであり，粒径分布は直線となる（ロジンラムラー分布）。ロジンラムラー分布は，産業活動で発生する粒子状物質の分布関数として用いられているものであり，フルイ上の残留率（R）は次式で表される。

$$R = 100 \times \exp(-\beta d_p^n) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (Ⅳ-2-2)$$

ここで，

R　；　残留率（％）

d_p　；　粒径（μm）

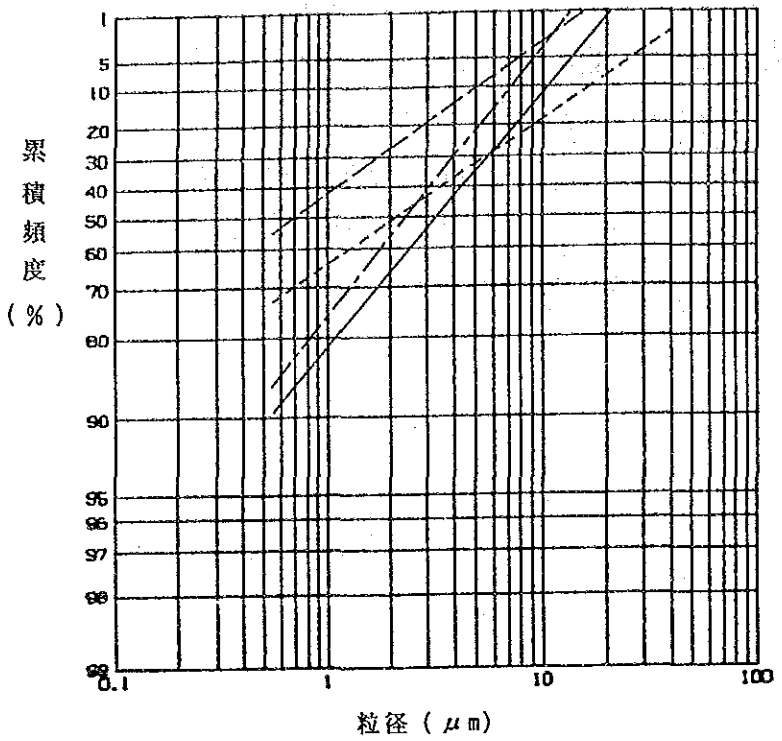
β　；　粒径分布特性

n　；　分布指数

粒径分布特性β，分布指数nは，粒子特性によって決定される定数であり，この値を他の施設のn，βとともに表Ⅳ－2－2に示す。なお，同表には表Ⅳ－2－1に示した粒径階級別の粒径割合も表示した。

表Ⅳ－2－2　粒径分布特性β，分布指数nの値及び粒径階級別粒径割合

施設種類	n	β	中位径（μm）	粒径割合（％）			
				0.0～1.9	2.0～9.9	10.0～19.9	20.0μm 以上
発電ﾎﾞｲﾗｰ	1.029	0.206	3.3	34.3	54.6	10.0	1.1
ｸﾞﾚｲﾄｷﾙﾝ	0.562	0.454	2.1	48.9	32.1	10.4	8.6
加熱炉	0.550	0.911	0.6	73.7	22.4	3.1	0.8
電気炉	1.065	0.270	2.4	43.2	52.5	4.2	0.1



図Ⅳ－２－１　ばい煙発生施設の粒径分布

2.2　グレイトキルン

Tekong一貫製鉄所のグレイトキルンから排出されるばいじんの粒径分布は，日本における４工場の焼結炉の粒径分布の平均値（集じん機設置）を設定した。この結果を図Ⅳ－２－１に示す。また，粒径分布特性β，分布指数ｎの値並びに粒径階級別粒径割合を表Ⅳ－２－２に示す。

2.3　加熱炉

Tekong一貫製鉄所の加熱炉には集じん装置が設置されないので（日本においてはほとんどすべて集じん装置が設置されている），加熱炉から排出されるばいじんの粒径分布は，日本における集じん装置が設置されていない液体ボイラー32施設で実測した粒径分布の平均値を設定した。この結果を図Ⅳ－２－１に示す。また，粒径分布特性β，分布指数ｎの値並びに粒径階級別粒径割合を表Ⅳ－２－２に示す。

2.4　電気炉

Tekong一貫製鉄所の電気炉から排出されるばいじんの粒径分布は，日本における電気炉6施設で実測された粒径分布の実測値の平均値を設定した。この結果を図Ⅳ－2－1に示す。また，粒径分布特性β，分布指数nの値並びに粒径階級別粒径割合を表Ⅳ－2－2に示す。

2.5　粒径別ばいじん排出量

工場，施設別の粒径別ばいじん排出量を，煙源諸元とともに表Ⅳ－2－3に示す。

表Ⅳ－2－3　粒径別ばいじん排出量

工場名，施設名		事業所番号	煙突番号	実煙突高（m）	口径（m）	排ガス速度（m/s）	排ガス温度（℃）	通常湿り排ガス量（Nm³/H）	通常ばいじん排出量（kg/H）	粒径別排出量（kg/H）			
										2μm未満	2～10	10～20	20μm以上
SERAYA POWER STATION		63	2	183	7.62	25	150	2,650,000	130	44.6	71.0	13.0	1.4
TEKONG POWER STATION		64	1	183	7.36	25	150	2,470,000	120	41.2	65.5	12.0	1.3
TEKONG INTERGRATED STEEL MILL	Grate Kiln	65	1	170	8.97	30	100	5,000,000	900	440.1	288.9	93.6	77.4
	Reheating Furnace	65	2	70	1.45	30	500	63,000	6	4.4	1.3	0.2	0.1
	Electric Arc Furnace	65	3	120	6.0	25	120	1,800,000	324	140.0	170.1	13.6	0.3

第 V 編

データ解析

第V編　データ解析

気象及び粒子状物質の環境濃度の状況を把握するため，実測データの解析を行った。データ解析は，数多くの粒子状物質測定器を設置して集中的に粒子状物質を測定する短期現地調査（年4回）の解析と，粒子状物質の環境濃度等を長期的に把握する長期現地調査（通年測定）の解析に大別される。

短期現地調査の解析では，ハイボリウムサンプラーによるTPM，SPM濃度の解析，アンダーセンサンプラーによる TPM濃度の解析，放射化分析等による化学成分の解析を行った。また，長期現地調査の解析では，気象データの解析，SO_2 濃度の解析，β線粉じん計による SPM濃度の解析を行った。なお，短期現地調査期間中におけるβ線粉じん計による SPM濃度と他の測定器による測定値との関連等の解析も行った。

第1章　長期現地調査データの解析

長期現地調査では，風向，風速，気温，日射量，放射収支量，SO_2，β線粉じん計による SPMの1時間値が1年間にわたって測定されている。ここでは，これらの1時間値のデータを用いて，気象解析，環境濃度解析，気象要素と環境濃度との関連等の解析を行った。

1.1　気象データの解析

工場等から排出された汚染物質は風によって流され，また拡散される。このように，風向や風速及び風の乱れ等の気象条件は，汚染物質の排出量と共に環境濃度に大きな影響を与えている。従って，対象地域における気象データを解析することは，単に気象の状況を把握する上からだけでなく，将来における環境濃度を予測する上からも必要不可欠なことである。そこで本調査では，現地調査で得られた風向，風速，日射量，放射収支量及び気温の測定データを用いて気象要素の解析を行った。

1.1.1　期・時間帯区分

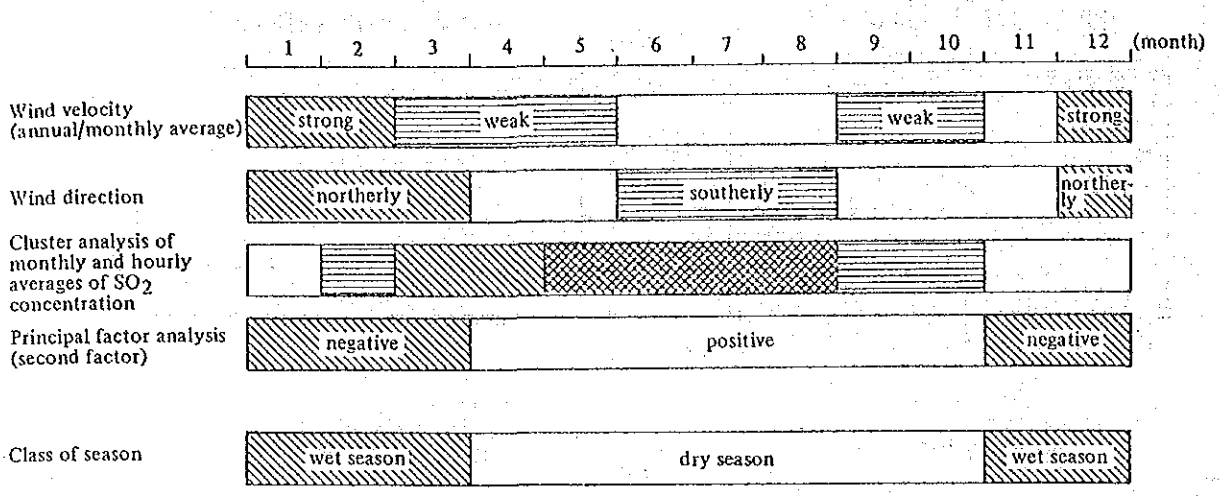
本調査における予測シミュレーションは，各気象条件（風向風速，大気安定度の組み合わせ）での1時間値を計算し，これらの計算結果と気象条件の出現頻度から，年間の平均濃度を予測する年平均予測モデルを採用したが，利用する拡散モデルの精度や，入手できる発生源データ，気象データ等の情報量等からみて，各気象条件別の濃度を正確に再現することは困難であり，あくまでも一定期間の平均濃度の再現にとどまざるをえない。このために，先に実施したSO_2

環境影響調査[注)]では，発生源活動，気象条件，環境濃度の季節変動や日変化についての統計値等を解析（図Ｖ－１－１，図Ｖ－１－２）し，予測結果と実測値の整合性を検討する時間スケールとして期区分，時間帯区分を考え，表Ｖ－１－１のように設定した。したがって，本調査における気象解析等の期・時間帯区分も，この区分に合わせ解析を行った。なお，この区分にしたがった風配特性等は，以後記述するようにSO_2環境影響調査時（1981年７月15日～1982年７月14日）と同様の結果となっている。

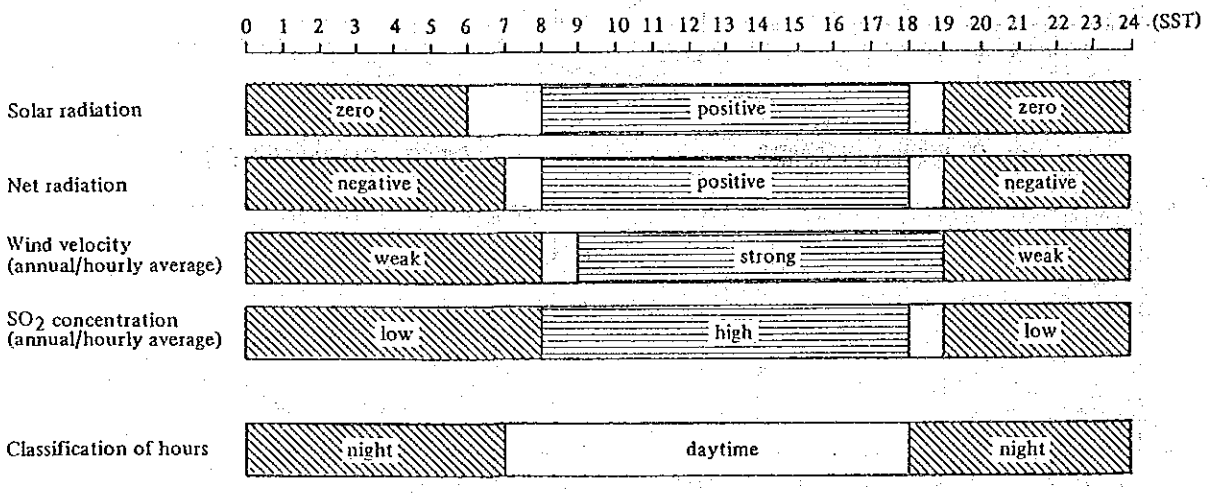
1.1.2　平均風速

各測定点における平均風速を調べることにより，各測定点の風の特徴を把握することができる。風速の月別変化は図Ｖ－１－３に，風速の時刻別変化は図Ｖ－１－４に示すとおりであり，（MP１）J.T.C.HALLおよび（MP４）BOON LAY APARTについては，本調査（1983年12月～1984年11月）のほかに，SO_2環境影響調査時（1981年７月15日～1982年７月14日）の図も重ねて示した。風速の月別変化をみると，MP１，MP２，MP20では12月から２月にかけて風速が強く，３月から11月までは風速が弱い傾向がみられる。しかし，他の測定点では変化が小さい。風速の時刻別変化をみると，日中は風速が強く，夜間は弱い傾向が各測定点に共通してみられる。なお，MP１，MP４における風速の月別変化と時刻別変化をみると，年度による差異は少ない。

（注）「シンガポール共和国石炭火力発電所及び一貫製鉄所に係る環境への影響調査報告書その２－大気関係－」



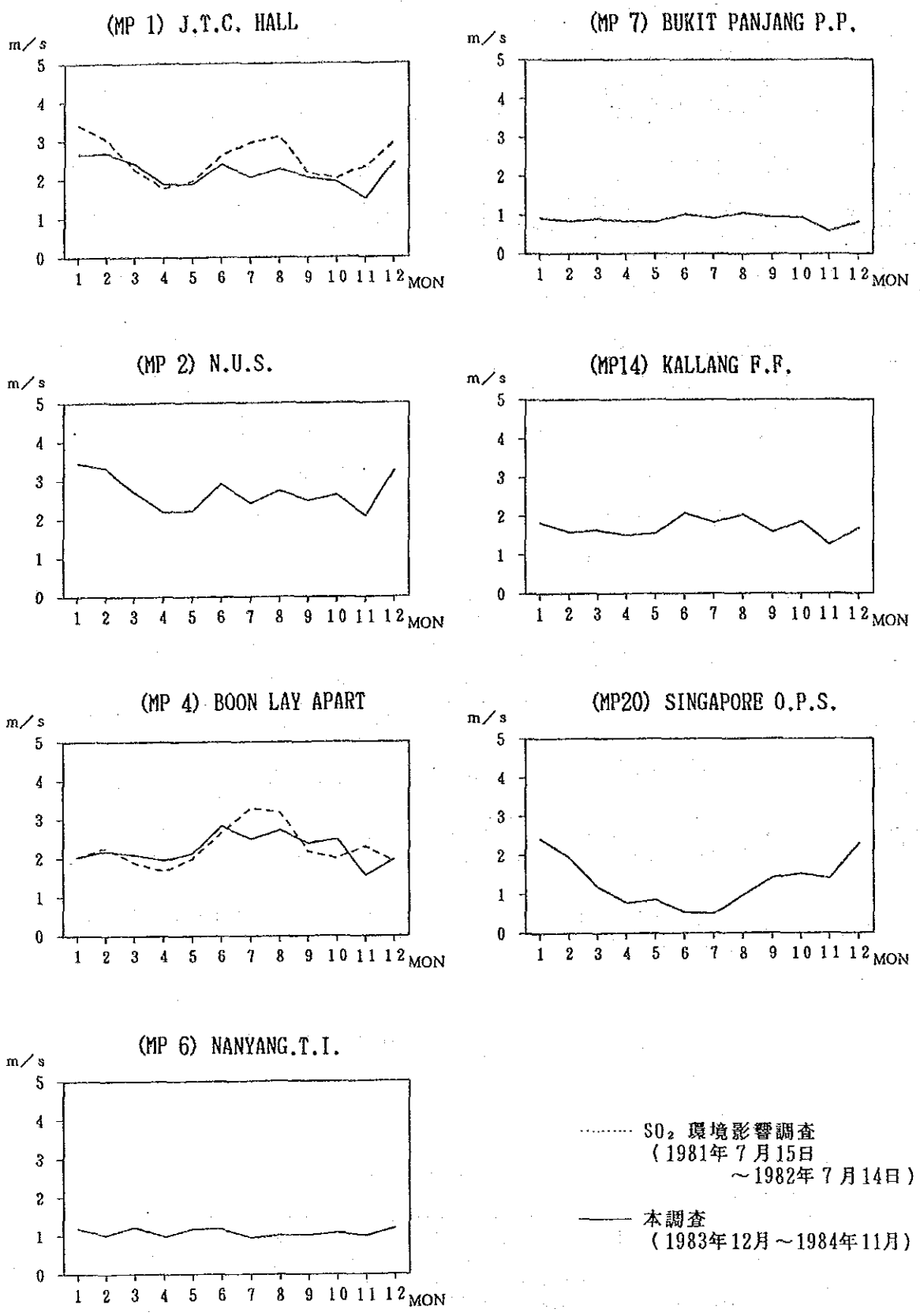
図Ｖ－１－１　季節変動の解析結果概要



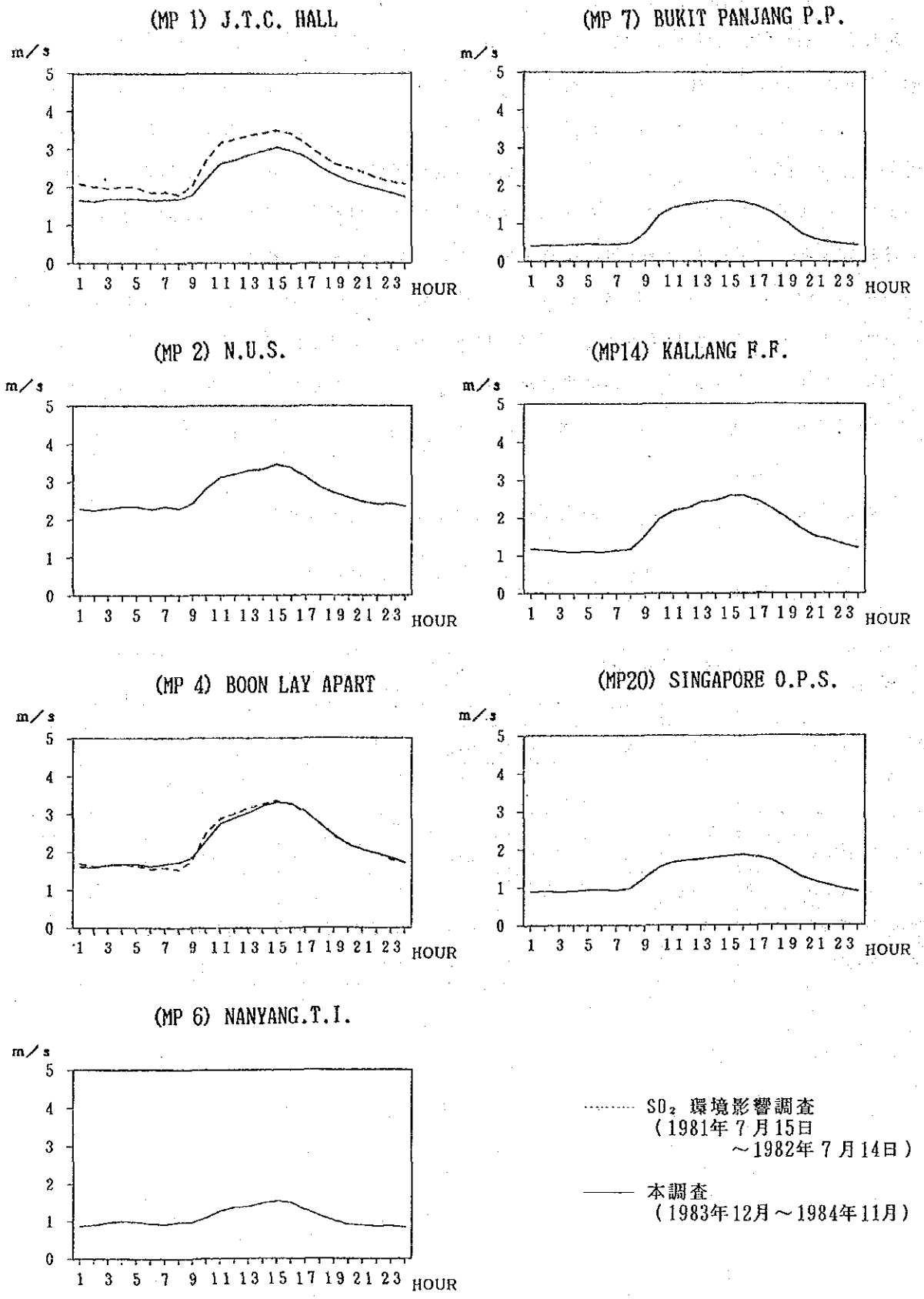
図Ｖ－１－２　日変化の解析結果概要

表Ｖ－１－１　期・時間帯区分

期 / 時間帯	Ｓ系ﾓﾝｽｰﾝ（乾期）	Ｎ系ﾓﾝｽｰﾝ（雨期）
	４月　～　10月	11月　～　３月
昼	７：00～17：59	７：00～17：59
夜	18：00～６：59	18：00～６：59



図V－1－3　風速の月別変化



図V－1－4　風速の時刻別変化

1.1.3　風速ランク別出現頻度

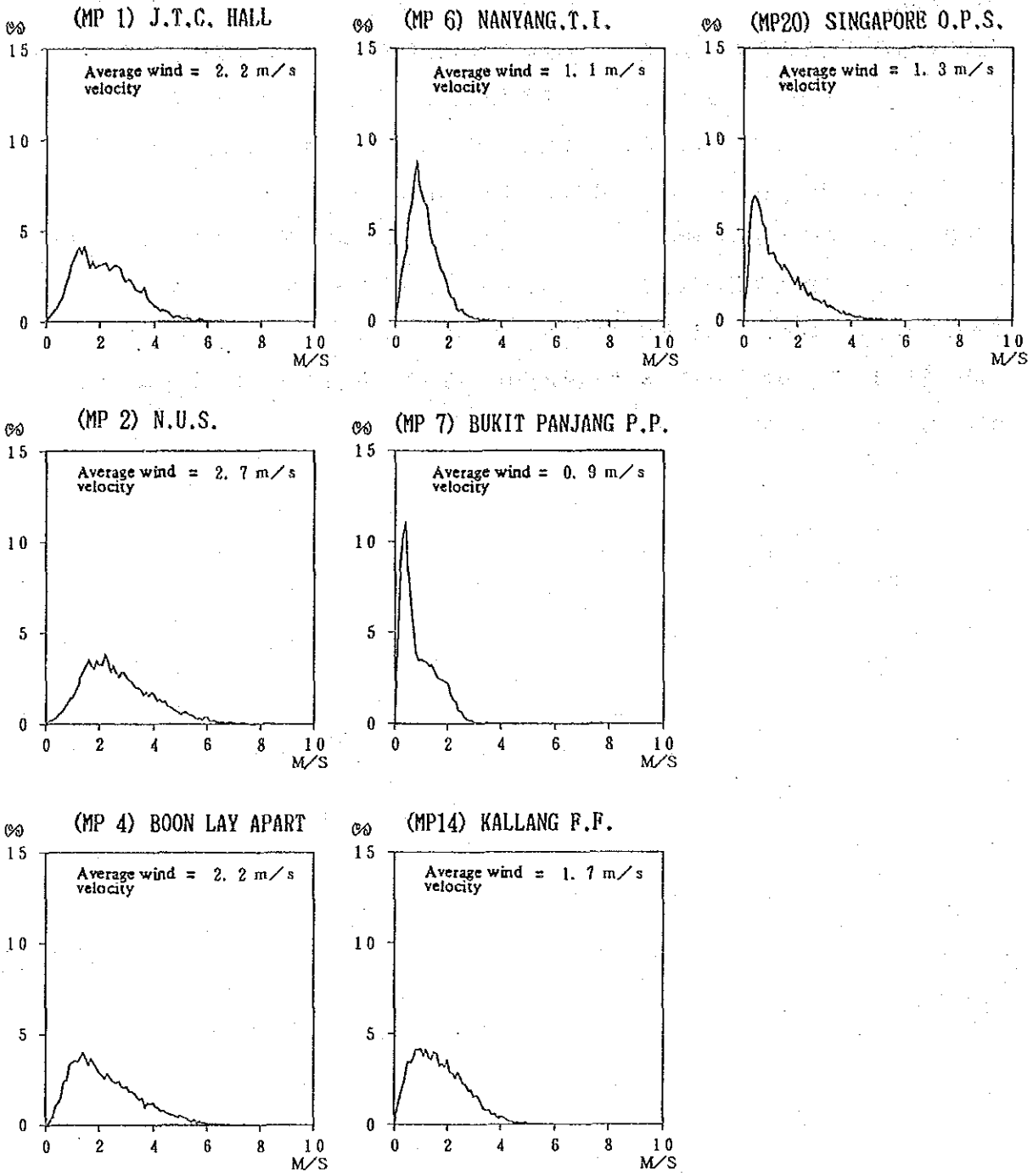
風速はアナログ量であり，図Ｖ－１－５の風速分布図に示すように０～10m/s 程度まで連続的に変化している。これをみると，MP１，MP２，MP４，MP14では風速２m/s 付近になだらかなピークをもっており，１～５m/s 程度の出現頻度が多い。また，MP６，MP７，MP20では，風速0.5m/s付近に鋭いピークをもち，３m/s 未満の出現頻度が多い。MP６，MP７，MP20が風速0.5 m/s 付近にピークをもつのは，これら測定点の周辺には風向風速の位置（高さ10ｍ）よりも高い建物等があり，そのため建物等の影響を受けているためと考えられる。

気象のモデル化にあたっては風速をいくつかの風速ランクに区分して扱うことになる。風速をどのようなランクに区分するかは，風速の出現頻度分布及び拡散計算式の風速に関する感度を勘案して決める必要がある。本調査では，これらの点を考慮して① 0～0.4m/s　② 0.5～0.9 m/s ③ 1.0～1.9m/s　④ 2.0～2.9m/s　⑤ 3.0～3.9m/s　⑥ 4.0～5.9m/s　⑦ 6.0m/s 以上の７つのランクに区分した。

このように区分した風速ランク別出現頻度表を表Ｖ－１－２に示す。

表Ｖ－１－２　風速ランク別出現頻度表

測定点名	測定高度 (m)	平均風速 (m/s)	風速ランク出現頻度 (%)						
			0~0.4	0.5~0.9	1.0~1.9	2.0~2.9	3.0~3.9	4.0~5.9	6.0~
(MP 1) J.T.C.HALL	30	2.2	2.07	9.97	35.11	29.23	17.17	6.21	0.23
(MP 2) N.U.S.	30	2.7	0.94	4.52	27.28	30.84	19.70	14.93	1.79
(MP 4) BOON LAY APART	46	2.2	2.05	11.04	35.44	25.05	15.53	10.34	0.55
(MP 6) NANYANG.T.I.	10	1.1	11.32	36.45	44.09	7.56	0.57	0.01	0.0
(MP 7) BUKIT PANJANG P.P.	10	0.9	34.58	27.14	29.39	8.67	0.23	0.0	0.0
(MP14) KALLANG P.P.	28	1.7	7.03	18.76	37.03	25.48	9.72	1.98	0.0
(MP20) SINGAPORE O.P.S.	10	1.3	20.69	26.94	29.57	15.17	5.95	1.68	0.01

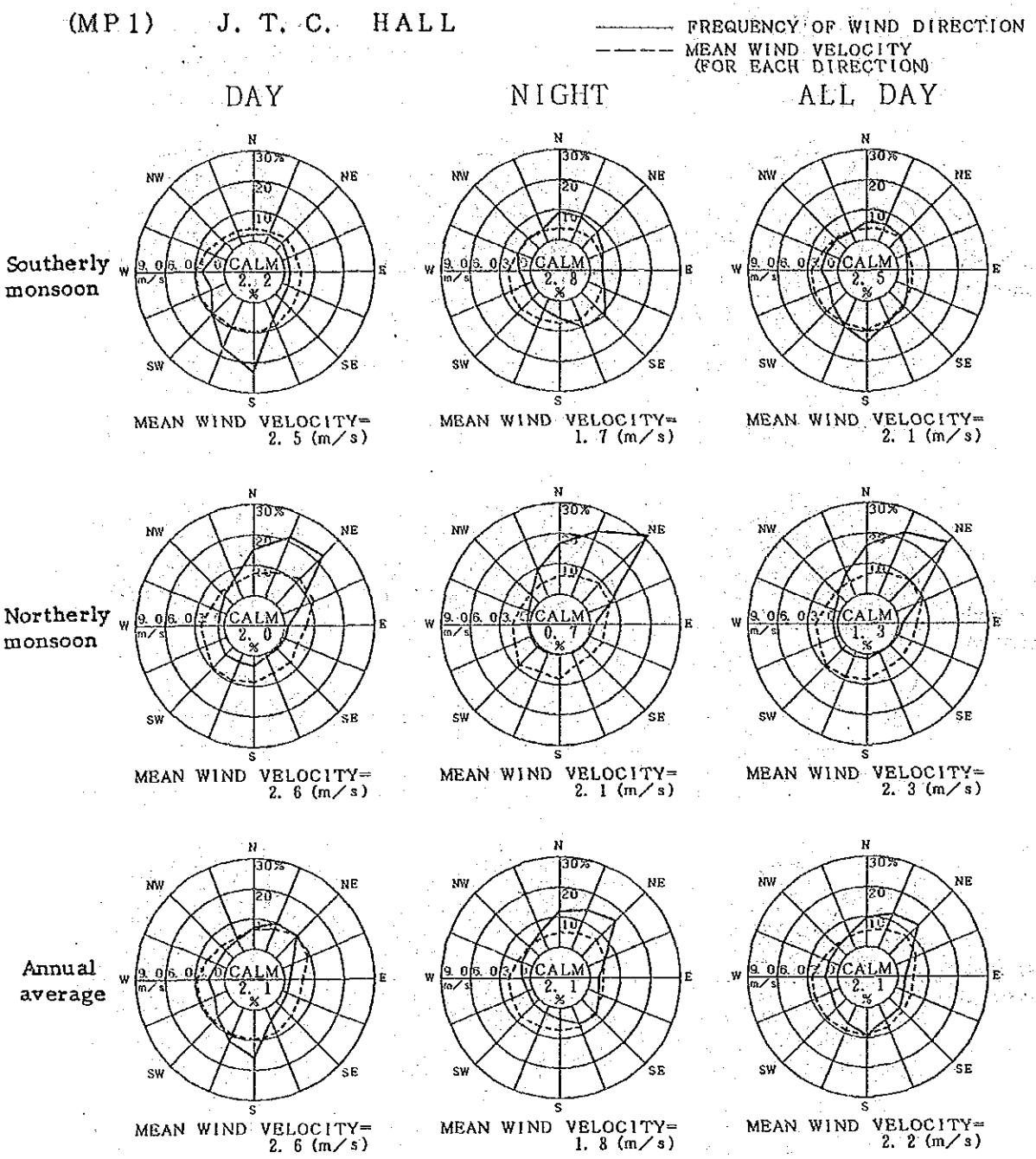

(MP 1) J.T.C. HALL
Average wind velocity = 2. 2 m/s
(MP 6) NANYANG.T.I.
Average wind velocity = 1. 1 m/s
(MP20) SINGAPORE O.P.S.
Average wind velocity = 1. 3 m/s
(MP 2) N.U.S.
Average wind velocity = 2. 7 m/s
(MP 7) BUKIT PANJANG P.P.
Average wind velocity = 0. 9 m/s
(MP 4) BOON LAY APART
Average wind velocity = 2. 2 m/s
(MP14) KALLANG F.F.
Average wind velocity = 1. 7 m/s
(%)
15
10
5
0
0 2 4 6 8 10
M/S

図V－1－5　風速分布図

1.1.4　風配図

風向の出現頻度を表現する方法として風配図が多く利用されている。現地調査で得られた風向の測定データを用い，各風向の出現頻度を風配図として期別・昼夜別に表したものを図Ｖ－１－６に示す。この図では，風向別出現頻度を実線で示し，風向別平均風速を点線で示しており，円内にはCALM（風速0.4m/s以下）の頻度を数値で示してある。

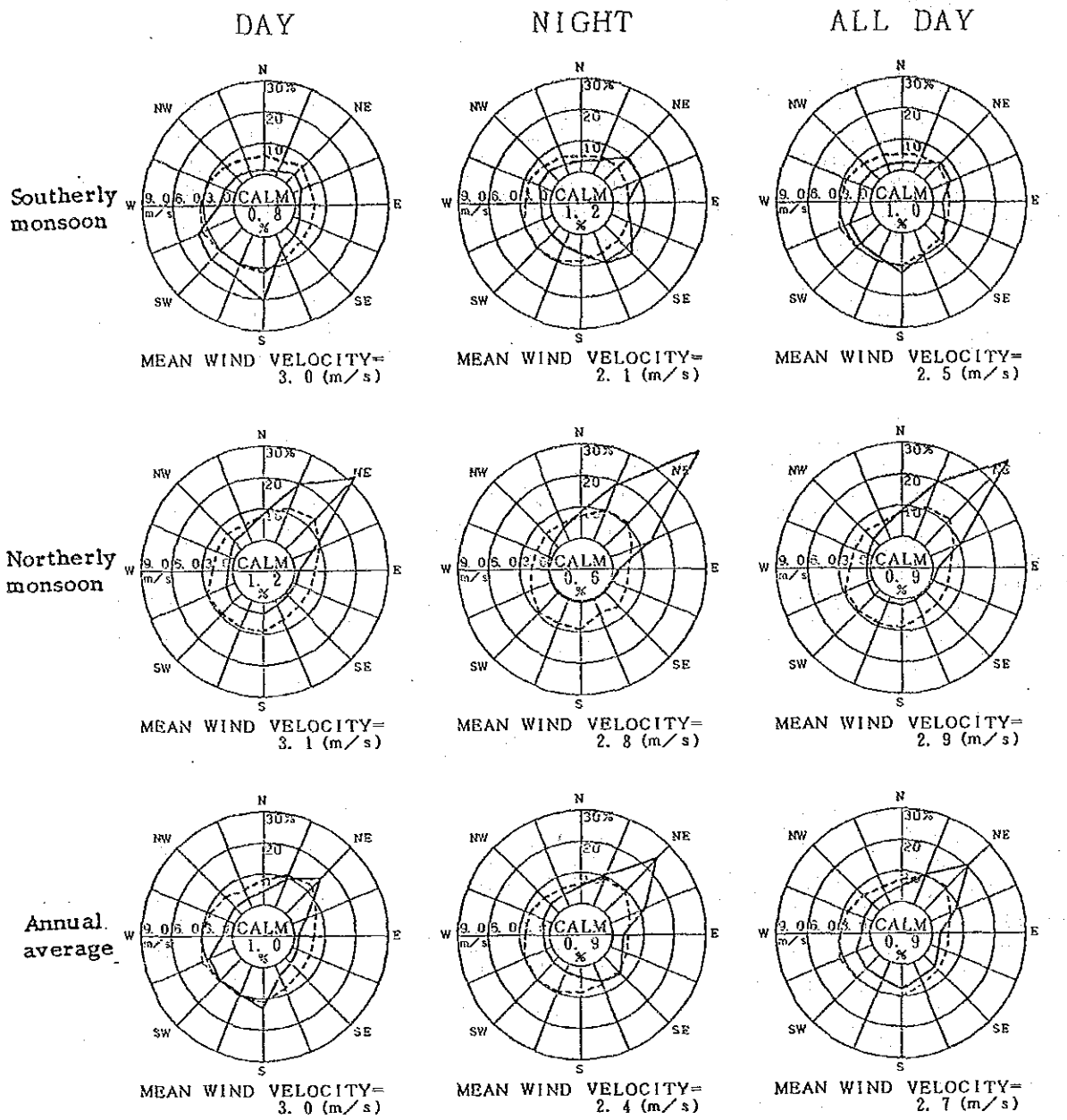
乾季と雨季の区分が各Monsoon に対応しているため，乾季ではＳ系，雨季ではＮ系の風向が卓越している。また昼夜別にみると，昼では夜に比べてＳ系の風の頻度が多くなっており，海陸風の出現がみられる。この傾向は乾季において，より顕著である。なお，MP１，MP４における風配特性は，先に実施したSO_2環境影響調査時（1981年７月15日～1982年７月14日）と，ほぼ同様な傾向を示している。



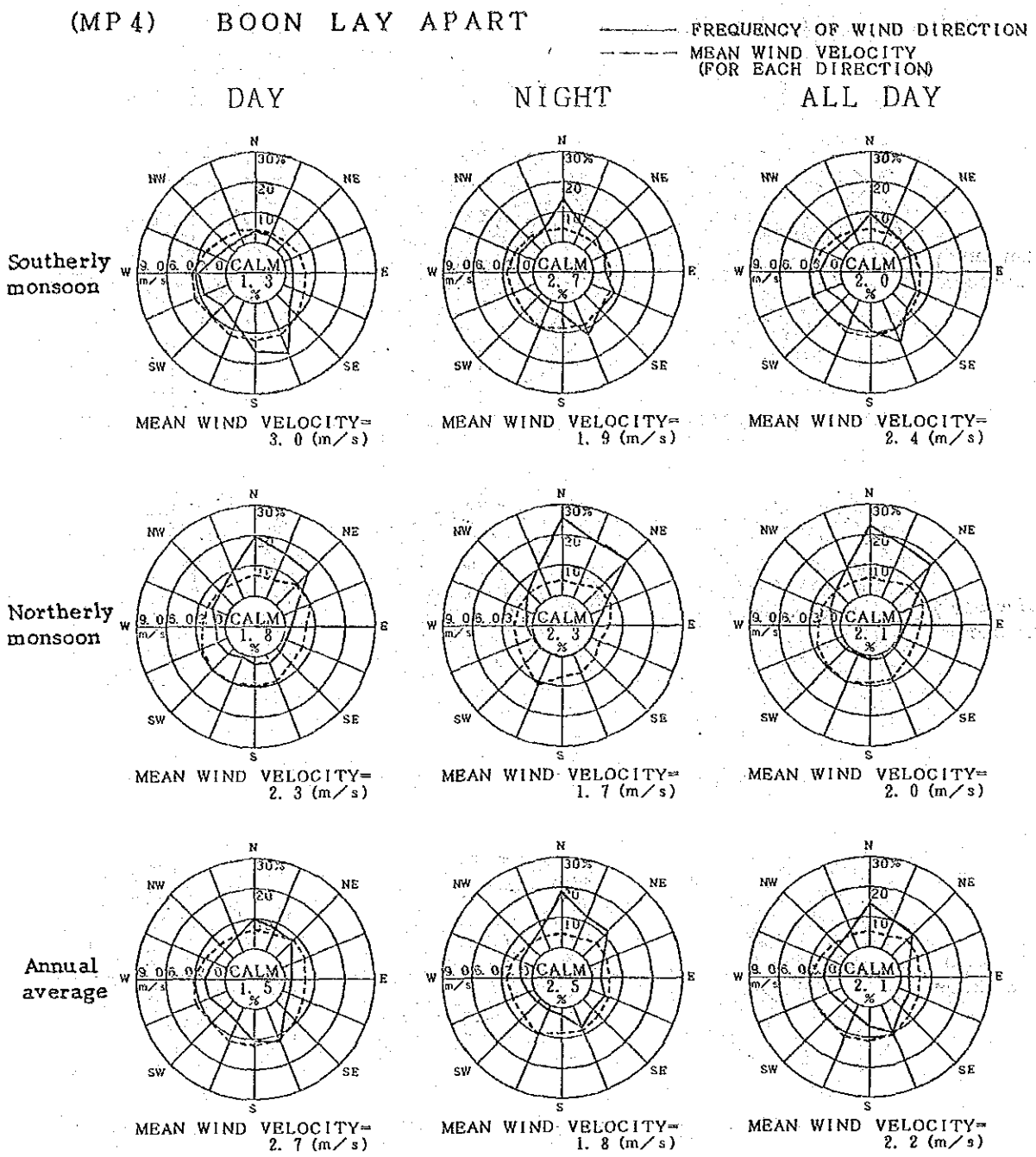
図V－1－6(1) 期別昼夜別風配図

(MP2)　N. U. S.

——— FREQUENCY OF WIND DIRECTION
– – – – MEAN WIND VELOCITY (FOR EACH DIRECTION)



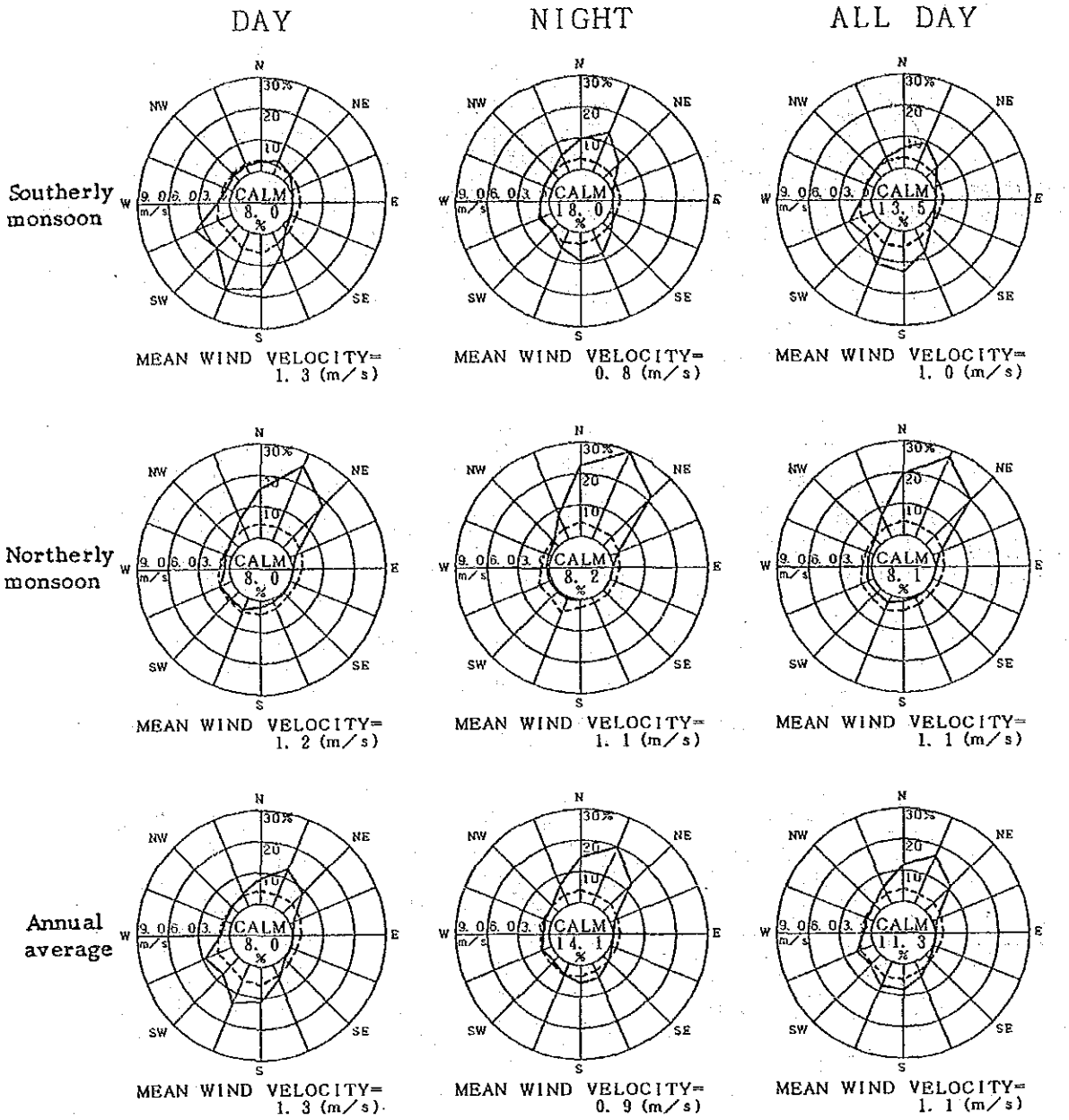
図V－1－6(2)　期別昼夜別風配図



図V－1－6(3) 期別昼夜別風配図

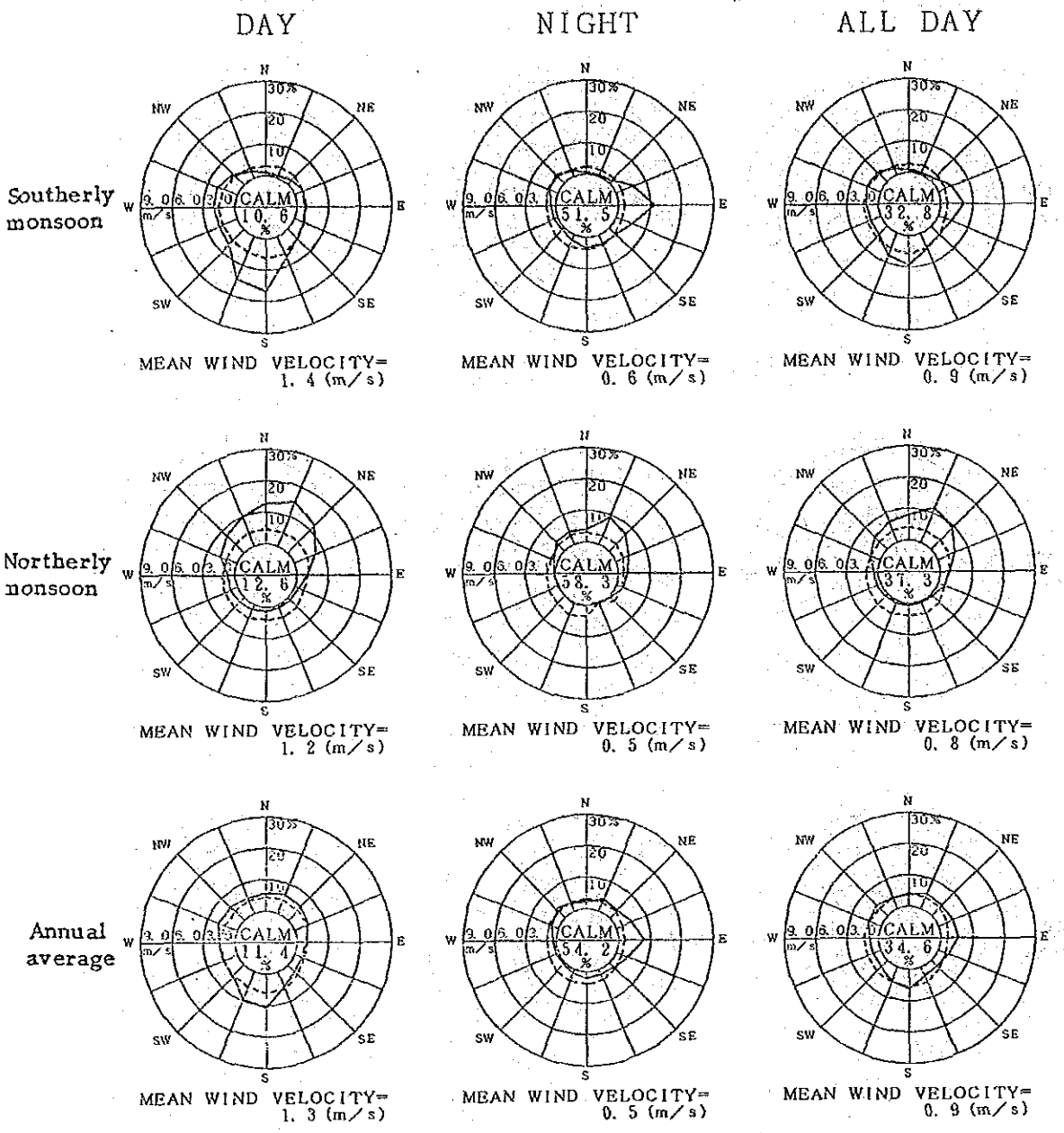
(MP6)　NANYANG. T. I.

——— FREQUENCY OF WIND DIRECTION
– – – – MEAN WIND VELOCITY (FOR EACH DIRECTION)



図V－1－6(4)　期別昼夜別風配図

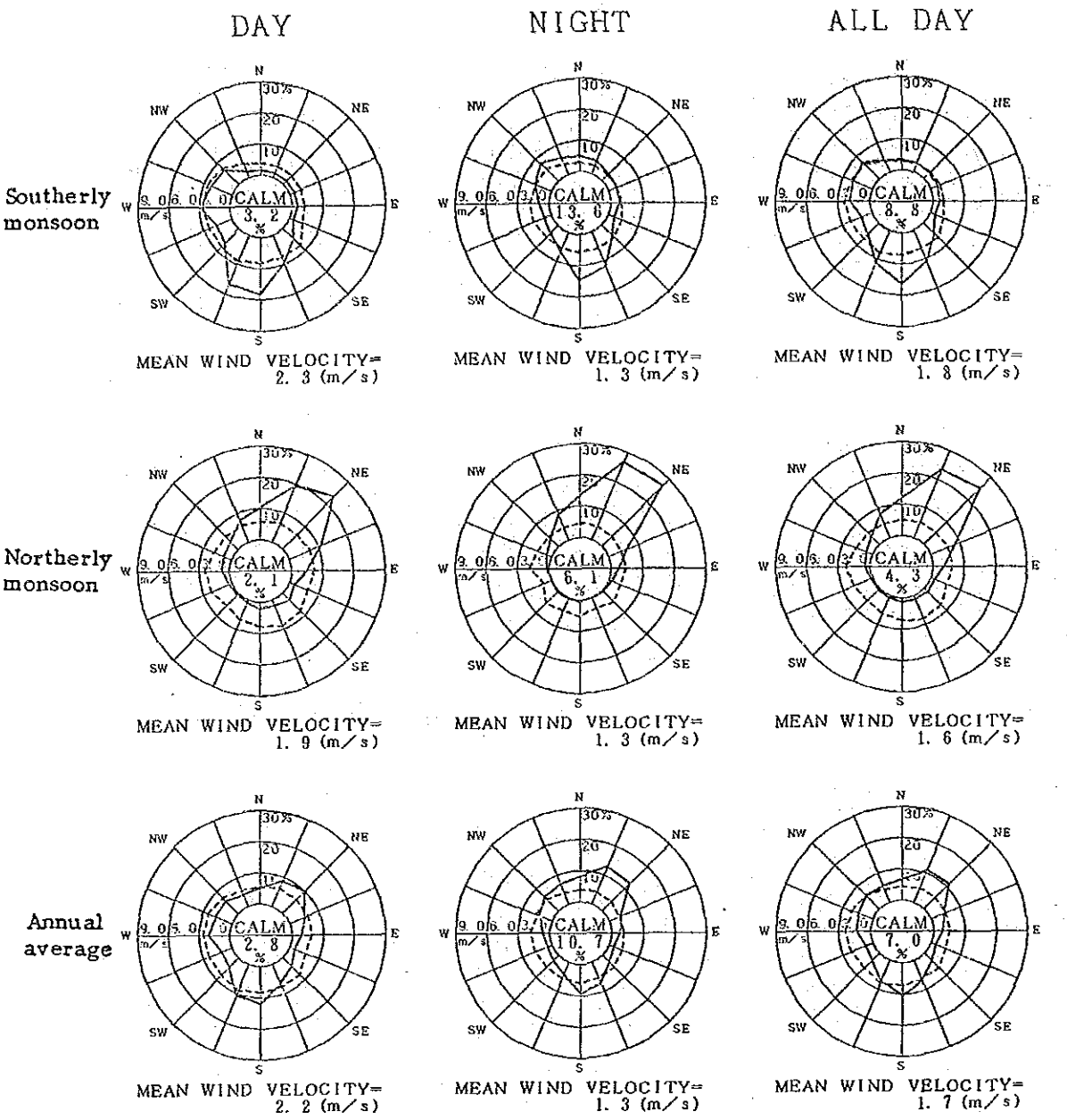
(MP7) BUKIT PANJANG P. P. ——— FREQUENCY OF WIND DIRECTION
– – – – MEAN WIND VELOCITY (FOR EACH DIRECTION)



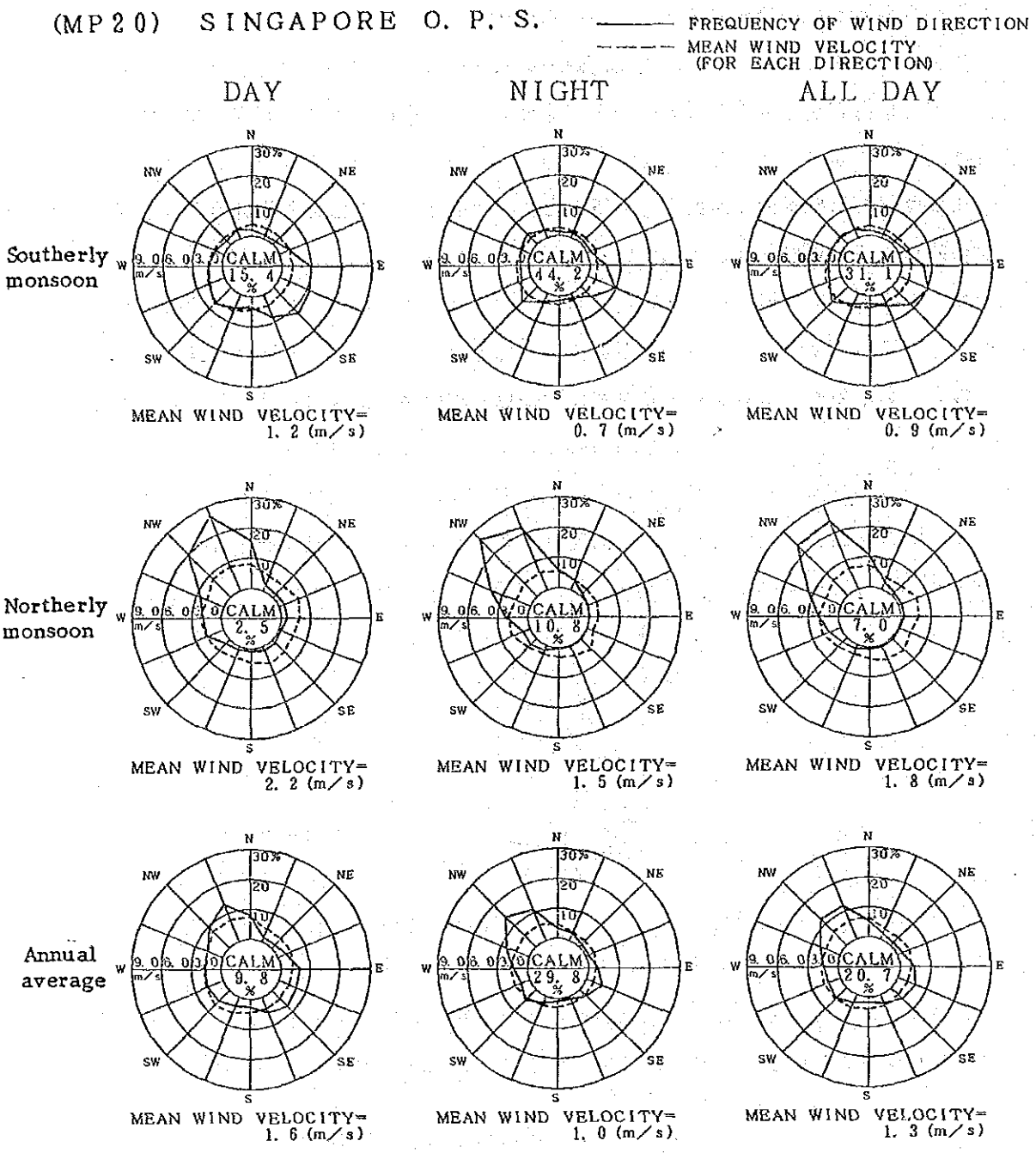
図V－1－6(5) 期別昼夜別風配図

(MP14) KALLANG F. F.

——— FREQUENCY OF WIND DIRECTION
– – – – MEAN WIND VELOCITY (FOR EACH DIRECTION)



図V－1－6(6) 期別昼夜別風配図



図V－1－6(7) 期別昼夜別風配図

1.1.5　各測定点間の風向風速ベクトル相関係数

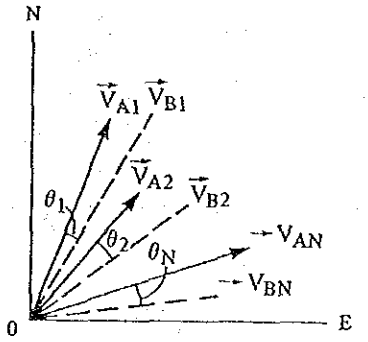
当該地域のように東西60km；南北40kmと広い場合は，気象条件が一様でないと考えられる。そこで，各測定点における毎時の風向風速の測定データをもとに，測定点間の風の類似度を調べた。

測定点間の風向風速の類似度の指標として，次のような方法により計算される風ベクトルの近似的相関係数が多く利用されている。

今，A測定点での風のベクトル観測値V_{A1}，V_{A2}，…V_{AN}と，B地点で同時に測定された風ベクトルV_{B1}，V_{B2}，…V_{BN}とから各時刻i（i＝1，2，…，N）におけるV_{Ai}とV_{Bi}のなす各θ_iを求める。これからAB測定点間の風の相関係数は次式により与えられる。

$$r(A,B)=\frac{\sum_i V_{Ai}V_{Bi}\cos\theta_i}{\sum_i V_{Ai}V_{Bi}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (V-1-1)$$

ここで，V_{Ai}，V_{Bi}は各々A，B測定点における時刻iでの風速である。



図V－1－7　A，B2点間における風ベクトル

このようにして求めた各測定点間の風の相関係数は表V－1－3に示すとおりであり，当該地域の北東部に位置するMP20だけは他の測定点との相関係数が低いことがわかる。

表V－1－3　風向風速ベクトル相関係数

測定点名	MP1	MP2	MP4	MP6	MP7	MP14	MP20
(MP 1) J.T.C. HALL	1.000	0.951	0.931	0.940	0.891	0.888	0.401
(MP 2) N.U.S.	0.951	1.000	0.893	0.911	0.850	0.887	0.326
(MP 4) BOON LAY APART	0.931	0.893	1.000	0.919	0.885	0.819	0.536
(MP 6) NANYANG.T.I.	0.940	0.911	0.919	1.000	0.857	0.852	0.397
(MP 7) BUKIT PANJANG P.P.	0.891	0.850	0.885	0.857	1.000	0.822	0.511
(MP14) KALLANG F.F.	0.888	0.887	0.819	0.852	0.822	1.000	0.331
(MP20) SINGAPORE O.P.S.	0.401	0.326	0.536	0.397	0.511	0.331	1.000

1.1.6　ベクトル相関係数に基づくクラスター分析

クラスター分析とは，ある特性を持った複数の個体をいくつかの群（クラスター）に分類する手法であり，生物学や博物学の分野における標本の分類に多く利用されている。クラスター分析のアルゴリズムとしては多くのものがあるが，本調査では類似度の尺度として，先に求めた測定点間の風の相関係数を用いて最長距離法（Maximum Algorithm, Furthest Neighbour Method)により測定点を分類した。

このアルゴリズムの概要は以下のとおりである。

① 個体（この場合測定点）の相互間の親近性を表す距離として

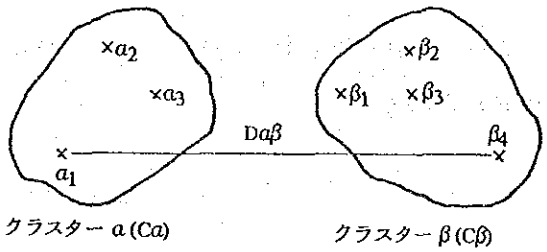
$$d_{ij} = (1 - r_{ij})$$

を定義する。ここでr_{ij}は測定点ｉとｊの風の相関係数である。

② このように定義された個体間の初期距離を用いてクラスターの結合が開始され，最も接近している二つの個体が互いに結合されてクラスターが形成される。

③ 新しく形成されたクラスターと他の個体またはクラスターの距離が更新され，この更新された距離が最も近いクラスターまたは個体が結合され新たなクラスターが形成される。この手順を順次繰返して最終的には一つのクラスターになるまで繰返される。

新しく形成されたクラスターとの距離の更新のアルゴリズムは種々あるが本調査では図Ｖ－１－８に示されるように各クラスターに含まれる個体間の距離（ｄij）のうち最も遠い距離を採用する最長距離法を用いた。この最長距離法は，結合されたクラスターが他のクラスターから遠ざかることになるので分類という点からすると感度の高い方法と言われている。

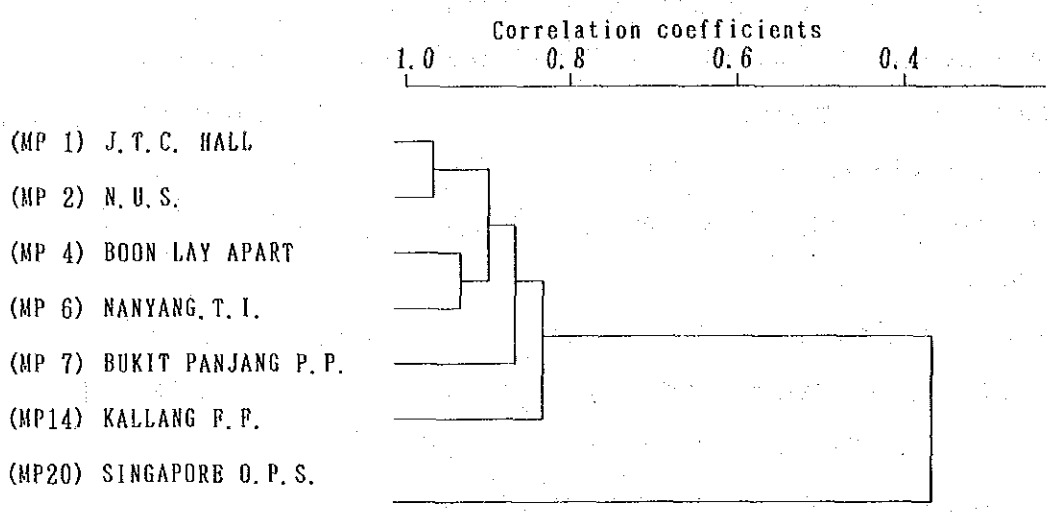


$D\alpha\beta = \max(d_{ij} : i \in C\alpha,\ j \in C\beta)$

$D\alpha\beta$：クラスターαとクラスターβの距離

図Ｖ－１－８　クラスター間の距離（最長距離法）

この方法により分類した風向風速のクラスター分析結果樹状図を図V－1－9に示す。この結果より，シンガポールの風系は，北東部に位置するMP20と他の6測定点では異なっていることがわかる。



図V－1－9　風向風速のクラスター分析結果樹状図（最長距離法）

1.1.7　ベクトル相関係数に基づく主成分分析

主成分分析法とは，多くの特性値 $X_1, X_2 \cdots, X_p$ のもつ情報を，互いに独立（相関がゼロ）な総合特性値 —— これを主成分という —— に要約する方法である。この総合特性値ともとの特性値の関係等を解析することにより，特性値またはサンプルの分類に役立てることができる。

主成分分析法では，この総合特性値 Z_k に（主成分という）は複数の特性値 X_i の重みつき平均として以下のように表わされる。

$$\left.\begin{aligned}
Z_1 &= \ell_{11}X_1+\ell_{12}X_2+\cdots+\ell_{1p}X_p=\sum_{i=1}^{p}\ell_{1i}X_i \\
Z_2 &= \ell_{21}X_1+\ell_{22}X_2+\cdots+\ell_{2p}X_p=\sum_{i=1}^{p}\ell_{2i}X_i \\
Z_k &= \ell_{k1}X_1+\ell_{k2}X_2+\cdots+\ell_{kp}X_p=\sum_{i=1}^{p}\ell_{ki}X_i \\
Z_m &= \ell_{m1}X_1+\ell_{m2}X_2+\cdots+\ell_{mp}X_p=\sum_{i=1}^{p}\ell_{mi}X_i
\end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (V-1-2)$$

ここで，

$$\ell_{k1}^2+\ell_{k2}^2+\cdots+\ell_{kp}^2=\sum_{i=1}^{p}\ell_{ki}^2=1 \quad (k=1,\ 2,\cdots,\ m) \quad \cdots\cdots (V-1-3)$$

係数ℓ_{ki}は以下の条件を満足するように定められる。

条件　①　第1主成分Z_1（におけるX_i）の係数{ℓ_{1i}}（i＝1，2，…，P）は式（V－1－3）の条件のもとでZ_1の分散が最大になるように定める。

②　第2主成分Z_2の係数{ℓ_{2i}}（i＝1，2，…，P）は，式（V－1－3）を満足し，かつZ_2がZ_1と無相関になるという条件のもとで，Z_2の分散が最大になるように定める。

③　以下同様にして，第K主成分の係数{ℓ_{ki}}（i＝1，2，…，P）はZ_kがZ_1，Z_2，…，Z_{k-1}と無相関になるという条件のもとで，Z_kの分散が最大となるように定める。

主成分Z_kはもとの特性値間の相関係数行列または分散・共分散行列を用いて数学的に計算されるが，この手順は割愛する。

本調査では，各測定点の風を特性値（変数）とみなすことにより，先に求めた各測定点間の風のベクトル相関行列を用いて主成分分析を行った。その結果を表V－1－4及び表V－1－5に示す。

表V－1－4は固有ベクトル（係数ℓ_{ki}）と固有値を示したものである。固有値λ_kは主成分Z_kの分散を表しており，総分散（この場合P＝7であるので7となる）に対する割合を寄与率と呼ぶ。第1主成分Z_1の寄与率は$\lambda_1/7=5.658/7=0.81$となり，もとの特性値の持っていた情報量の81％が第1主成分Z_1に要約されていることになる。

第2主成分Z_2の寄与率は，0.836/7＝0.12となる。第1主成分と第2主成分を合計した寄与率を第2主成分までの累積寄与率と呼び，この場合0.93となり，第2主成分まででもとの情報量の93％を要約していることになる。

表V－1－5に示す因子負荷量r（Z_k，X_i）は主成分Z_kともとの特性値X_iの相関係数を表しており，r（Z_k，X_i）＝$\sqrt{\lambda_k}\ell_{ki}$の関係がある。

図V－1－10は各測定点の風の第1主成分と第2主成分に対する因子負荷量をプロットした図であり，MP20では第1主成分因子負荷量と第2主成分因子負荷量ともに特異な値を示している。

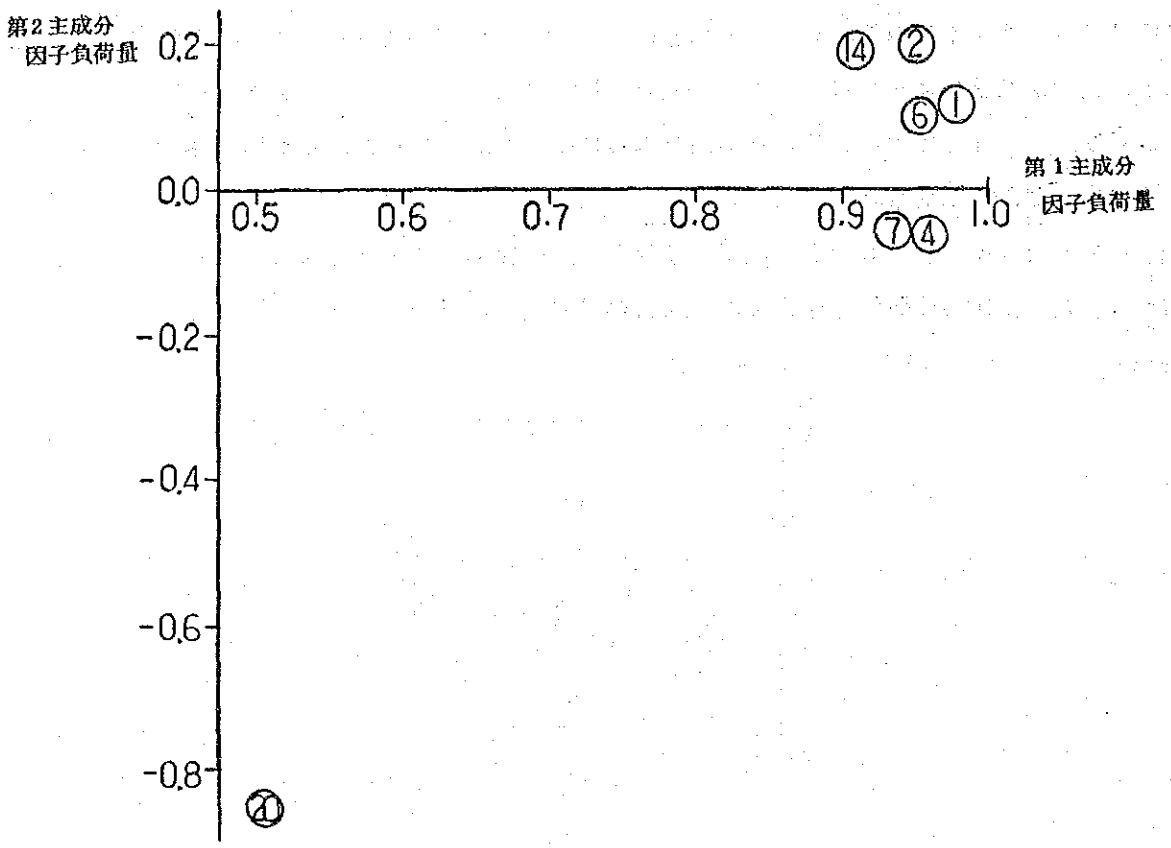
これにより，各測定点はMP20とその他の二つのグループに分類できる。この主成分分析による結果は，クラスター分析による結果と一致している。また，これらの結果は，先に実施したSO_2環境影響調査時に，風の特性がJurong地域とChangi地域に分割されたこととも一致している。

表Ｖ－１－４　風向風速の主成分分析による固有ベクトル及び固有値

測定点名	主成分				
	1	2	3	4	5
MP 1 J.T.C. HALL	0.410	0.125	-0.126	-0.077	-0.188
MP 2 N.U.S.	0.399	0.217	-0.032	-0.199	-0.691
MP 4 BOON LAY APART	0.404	-0.077	-0.391	-0.106	0.000
MP 6 NANYANG T.I.	0.401	0.113	-0.339	-0.251	0.658
MP 7 BUKIT PANJANG P.P.	0.393	-0.073	0.021	0.906	0.042
MP14 KALLANG F.F.	0.383	0.201	0.833	-0.162	0.222
MP20 SINGAPORE O.P.S.	0.214	-0.934	0.144	-0.184	-0.061
固有値	5.658	0.836	0.179	0.146	0.082

表Ｖ－１－５　風向風速の主成分分析による因子負荷量

測定点名	主成分				
	1	2	3	4	5
MP 1 J.T.C. HALL	0.976	0.114	-0.053	-0.029	-0.054
MP 2 N.U.S.	0.950	0.198	-0.014	-0.076	-0.197
MP 4 BOON LAY APART	0.962	-0.070	-0.165	-0.041	0.000
MP 6 NANYANG T.I.	0.955	0.104	-0.143	-0.096	0.188
MP 7 BUKIT PANJANG P.P.	0.935	-0.067	0.009	0.346	0.012
MP14 KALLANG F.F.	0.912	0.184	0.352	-0.062	0.064
MP20 SINGAPORE O.P.S.	0.510	-0.854	0.061	-0.070	-0.017

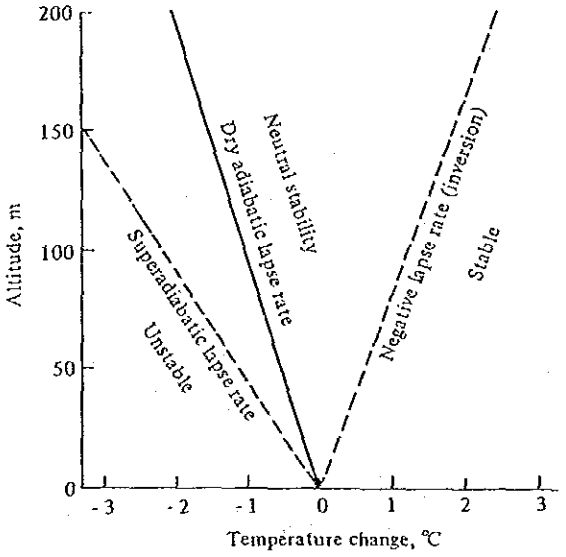


図V－1－10　風向風速の主成分分析結果図

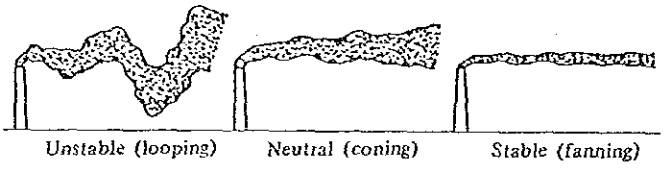
1.1.8　大気安定度

大気安定度は大気の安定性を示す指標であり，気温鉛直分布との密接な関係がある。不安定状態では，乾燥断熱減率（0.98℃／100m）よりも上層で気温が低くなっており，上層と下層の空気の密度差によって対流が生じ，大気の乱れは大きくなる。一方，安定状態では，上層ほど温度は高くなっており，乱れは抑制される形となる。これらのことを図示すると，図Ⅴ－1－11に示すようになる。

この各大気安定度に対応する煙の拡散状況の特徴は図Ⅴ－1－12に示されるとおりであり，大気安定度は煙の拡散幅を与える指標ともなっている。



図Ⅴ－1－11　大気気温減率



図Ⅴ－1－12　安定度別煙の拡散状況

(Church 1949 and Slade 1968)

このように，気温の鉛直分布により大気安定度が区分されるが，気温の鉛直分布測定（地上から高度1000ｍ程度まで）を連続的に行うことは非常に困難である。また，煙の拡がり方は気温の鉛直分布だけでなく風速にも大きく影響され，その他の要因にも無関係ではない。そこでPasquillは簡単な気象観測，すなわち風速，日射量及び雲量から大気安定度をＡからＦに分類する方法を提案し，この方法がイギリス気象局に採用されている。

そこで，本調査においては，Pasquillの安定度分類を基本とし，雲量の代わりに放射収支量を利用する日本の通商産業省による大気安定度分類（表Ｖ－１－６）により毎時の大気安定度を求め，大気安定度出現頻度を計算した。その結果を表Ｖ－１－７に示す。SO_2 環境影響調査時と同位置で風向風速の測定を行っているMP１，MP４の大気安定度出現頻度は，SO_2 環境影響調査時の大気安定度出現頻度と，ほぼ同様な結果となっている。

表　－１－６　大気安定度分類（通産省の方式）

風速（ｍ／sec）（地上10ｍ程度）		日射量				放射収支量	
		上段：（cal／cm²・hr），下段：（W／m²）					
範囲	代表	～50	49～25	24～13	12～0	0～-2.9	-3.0～
		～580	579～290	289～151	150～0	0～-34	-35～
0.0～0.3	0.0	CA	CB	CC	CC	CC	CD
0.4～0.9	0.6	A	B	B	D	E	F
1.0～2.9	2.0	B	B	C	D	E	F
3.0～4.9	4.0	B	C	C	D	D	E
5.0～7.9	6.5	C	D	D	D	D	D
8.0～	10.0	D	D	D	D	D	D

産業公害総合事前調査における大気に係る環境濃度予測手法マニュアルより

表Ｖ－１－７　大気安定度出現頻度

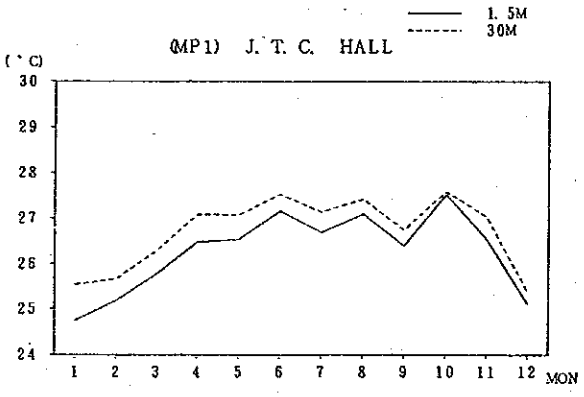
（単位　％）

測定点名	無風時				有風時					
	CA	CB	CC	CD	A	B	C	D	E	F
(MP 1) J.T.C.HALL	0.14	0.35	1.54	0.01	0.40	19.29	13.14	23.02	40.06	2.05
(MP 2) N.U.S.	0.06	0.13	0.73	0.01	0.33	17.10	14.23	30.97	34.46	1.98
(MP 4) BOON LAY APART	0.11	0.25	1.66	0.01	0.70	18.07	13.29	23.97	39.60	2.34
(MP 6) NANYANG T.I.	0.54	0.99	9.46	0.26	2.53	23.38	5.69	15.56	39.18	2.41
(MP 7) BUKIT PANJANG P.P.	0.31	1.13	31.47	1.37	1.33	24.19	4.84	13.38	20.56	1.42
(MP14) KALLANG P.P.	0.13	0.28	6.52	0.11	0.63	22.37	10.30	17.57	39.66	2.43
(MP20) SINGAPORE O.P.S.	0.64	1.22	17.97	0.65	3.02	20.50	7.33	15.48	31.04	2.15

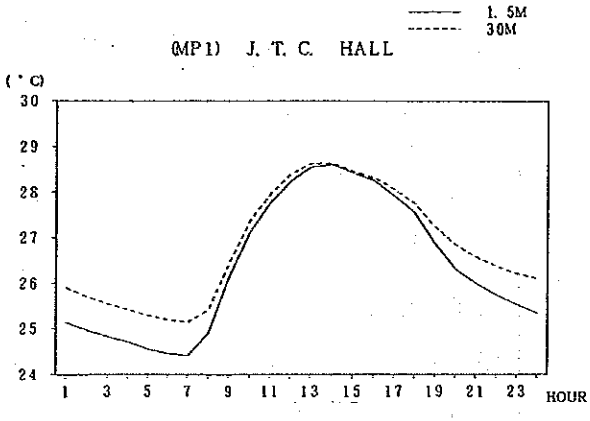
1.1.9　気温の鉛直分布

気温鉛直分布は大気安定度に関係し，煙の拡散状況と密接に関連している。本調査では先に求めた大気安定度を補足する意味から，MP1の高度 1.5m及び30mにおいて測定された気温データを用いて，地表付近の気温鉛直分布を解析した。

図V－1－13は気温の月別変化を表したものであるが，各月とも 1.5mより30mの点における気温が0.3～0.6℃程度高くなっている。図V－1－14は，気温の時刻別変化を表したものである。日中においては 1.5mと30m地点の気温の差はみられないが，夜間においては 1.5mより30m地点の気温が 0.7℃程度高くなっている。この結果は，日中は太陽輻射により地面が暖められ，地表に近い大気のほうが上空に比べて気温が高いという一般的な傾向とは逆の傾向を示している。この原因としては，地上1.5 mの気温の測定が芝生上であるのに対し，地上30mの気温の測定は，地上約20mのＪＴＣのコンクリート製屋上に10mポールを立て，そのポールの上部で行っているため，日中は，コンクリートの放射熱により気温が高くなっているためと考えられる。なお，夜間に上層の気温が高いのは，接地逆転層が形成されているためである。



図V－1－13　気温の月別変化図



図V－1－14　気温の時刻別変化図

表V－1－8は，期別・昼夜別の平均気温を示したものであるが，年平均値でみると，地上30mの気温が 1.5mの気温より 0.4℃だけ高くなっている。表V－1－9は，有風時（U≧0.5m/s)及び無風時（U≦0.4m/s）における放射収支量ランク別の気温差（$T_{30m}-T_{1.5m}$）を示したものである。これをみると大気が安定になるほど気温差が大きくなっており，温位傾度と大気安定度の対応がよくとれていることがわかる。

表Ｖ－１－８　期別昼夜別平均気温

（単位　℃）

地上高さ	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
地上 30m	28.0	26.5	27.2	27.3	25.0	26.0	27.8	26.0	26.8
地上 1.5m	28.0	25.9	26.8	27.0	24.3	25.5	27.6	25.3	26.4
地上30m-1.5m	0.0	0.6	0.4	0.3	0.7	0.5	0.2	0.7	0.4

表Ｖ－１－９　放射収支量ランク別の地上30ｍと1.5ｍの平均気温差

大気安定度	放射収支量ランク（cal/cm²・H）	有風時（U≧0.5m/s）			無風時（U≦0.4m/s）		
		時間数	平均気温差（℃）	標準偏差（℃）	時間数	平均気温差（℃）	標準偏差（℃）
安　定	-3.0 以下	198	0.98	0.59	3	1.87	0.19
↕	-2.9以上 7.9以下	4832	0.50	0.53	107	0.85	0.60
不安定	8.0 以上	2168	0.09	0.57	48	0.37	1.01

注1)　気温データは，（MP１）J.T.C.HALLにおけるデータである。
注2)　気温差は，地上30ｍの気温－地上1.5ｍの気温を表わす。

1.2　SO_2 濃度の解析

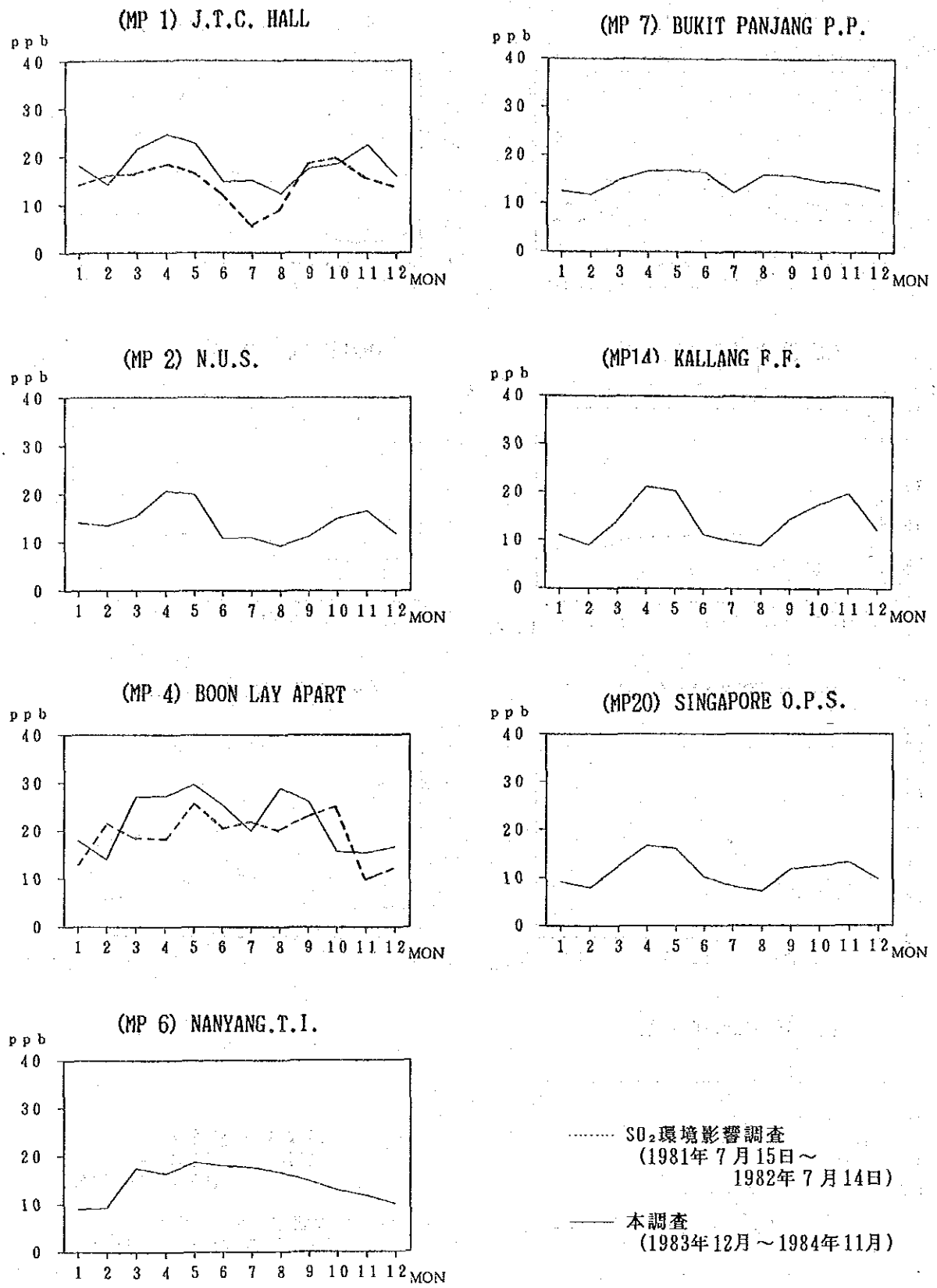
シンガポール共和国におけるSO_2 環境濃度の空間的，時間的変動の特徴を明らかにすること，及び気象条件とSO_2 環境濃度の関係を把握することを目的として長期現地調査で得られたSO_2 環境濃度の測定データと気象の測定データを用いて，SO_2 環境濃度解析，SO_2 濃度と気象要素との関連等の解析を行った。

1.2.1　SO_2 濃度の月別変化

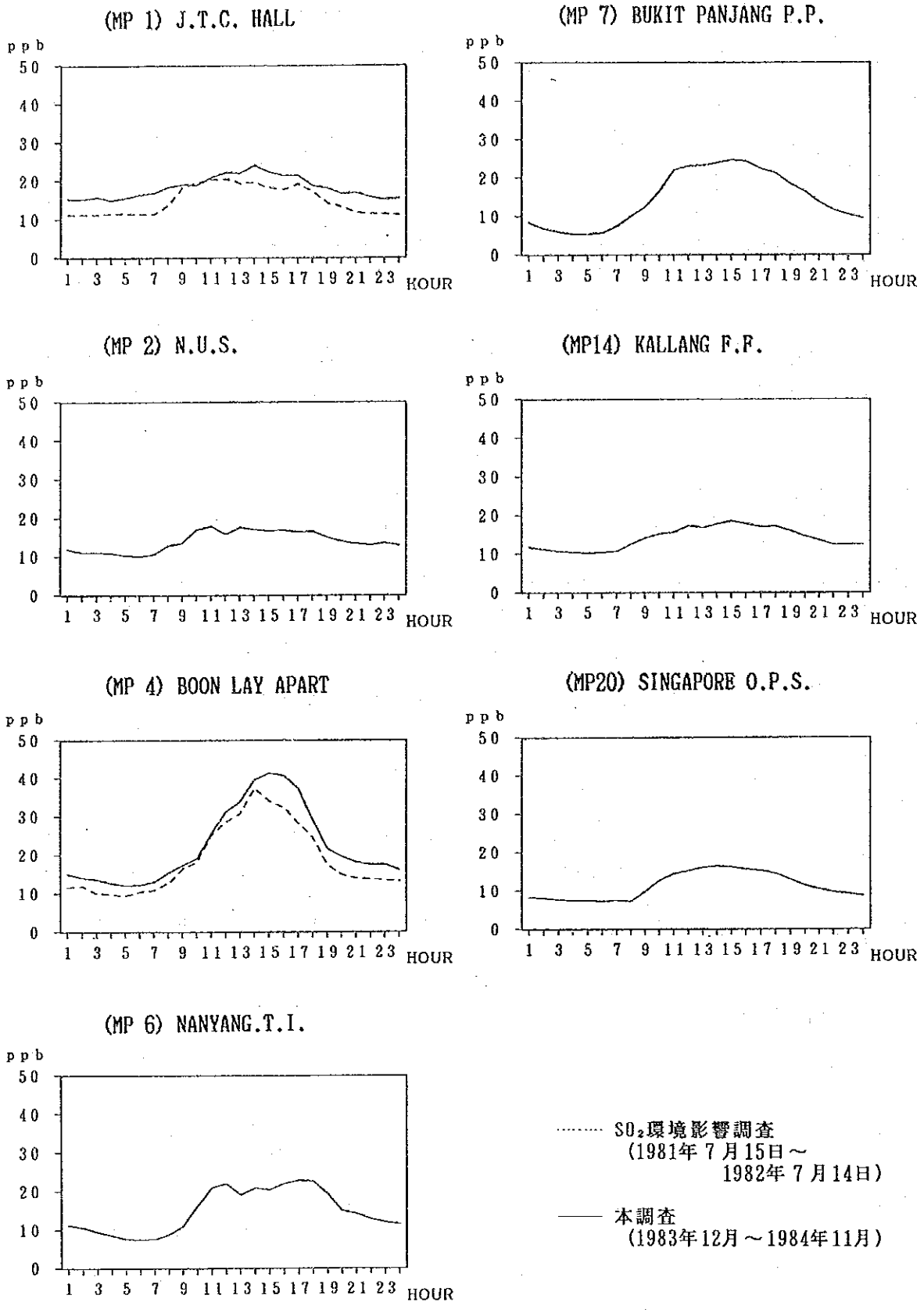
各測定点のSO_2 濃度の月別変化を図Ｖ－１－15に示す。なお，MP１とMP４については，SO_2 環境影響調査時の結果を重ねて示した。この図をみると，MP１，MP２，MP14，MP20では，３月～５月と９月～11月の２期間にピークがある二山型のパターンがみられる。また，MP４，MP６，MP７では３月から10月ごろの濃度が高く，11月から２月ごろまでの濃度が低い。この現象は，MP４，MP６，MP７がJurong工場地帯のSO_2 主要発生源の北側に位置している関係でSE～ Sの風向の時に発生源の風下になるのに対し，MP１，MP２，MP14，MP20ではSSW ～ WSWの風向の時に発生源の風下になることに起因している。

1.2.2　SO_2 濃度の時刻別変化

各測定点のSO_2濃度の時刻別変化を図Ｖ－１－16に示す。なお，MP１，MP４については，SO_2 環境影響調査時の結果も重ねて示した。これらの結果をみると，各測定点とも昼間の濃度が高くなっている。これは，昼間にはＳ系の風向出現頻度が多いためであり，主要発生源の北側に位置するMP４，MP６，MP７では，その傾向が顕著に現れている。なお，MP１，MP４の年度による差はない。



図V－1－15 SO_2 濃度の月別変化



図V－1－16 SO_2 濃度の時刻別変化

1.2.3　SO_2 濃度の累積頻度分布

R.I. Larsen (1969)は米国における種々の汚染物質の環境濃度測定データを解析した結果，大気汚染物質の濃度は対数正規型の分布をなし，これは種々の平均化時間に対して成立する，等の特性を見出し，このような特性を表現した数学的モデルの利用を提唱している。

$$f(c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}Sg} \exp\left\{-\frac{(\ell nC - \ell nmg)^2}{2Sg^2}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (V-1-4)$$

ここで，

f(c)　；濃度Cにおける出現確率

mg　；幾何平均値　　$mg = \exp\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} \ell nCi}{n}\right)$

Sg　；幾何標準偏差

$$Sg = \exp\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\ell nCi - \ell nmg)^2}{n}}$$

図V－1－17は，各測定点におけるSO_2 環境濃度の一時間値及び日平均値の累積出現頻度分布を対数正規確率紙上にプロットしたものである（P-C 曲線図）。この累積出現頻度は濃度を低い順に並べその出現頻度を累積して求めたものである。1時間濃度の分布についてみると，ほぼ直線を示しており，対数正規分布が認められる。また，日平均濃度の分布も概ね直線状であり，ほぼ対数正規分布をしていることがわかる。

この直線の傾斜は，幾何標準偏差Sgの大きさを表しており，傾斜がゆるいほどSgは大きくなる。また，50パーセンタイル点の濃度はmgを表している。Sgは，対数正規分布を仮定することによりグラフ上から次式で計算される。

$$Sg = \exp\left\{\frac{\ell n\ (Ca/Cb)}{Za - Zb}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (V-1-5)$$

ここで，

Ca, Cb　；aパーセンタイル点，bパーセンタイル点における濃度

Za, Zb　；aパーセンタイル点，bパーセンタイル点における標準偏差数

R.I.Larsenはa，b点として対数正規分布をよく代表していると認められた99.9と70パーセンタイル点を用いている。この場合，Za＝3.09，Zb＝0.52となる。この方法により各測定点における1時間濃度の幾何標準偏差を求めてみると，表V－1－10のようになる。

表Ｖ－１－10　SO_2 濃度の１時間値の幾何標準偏差

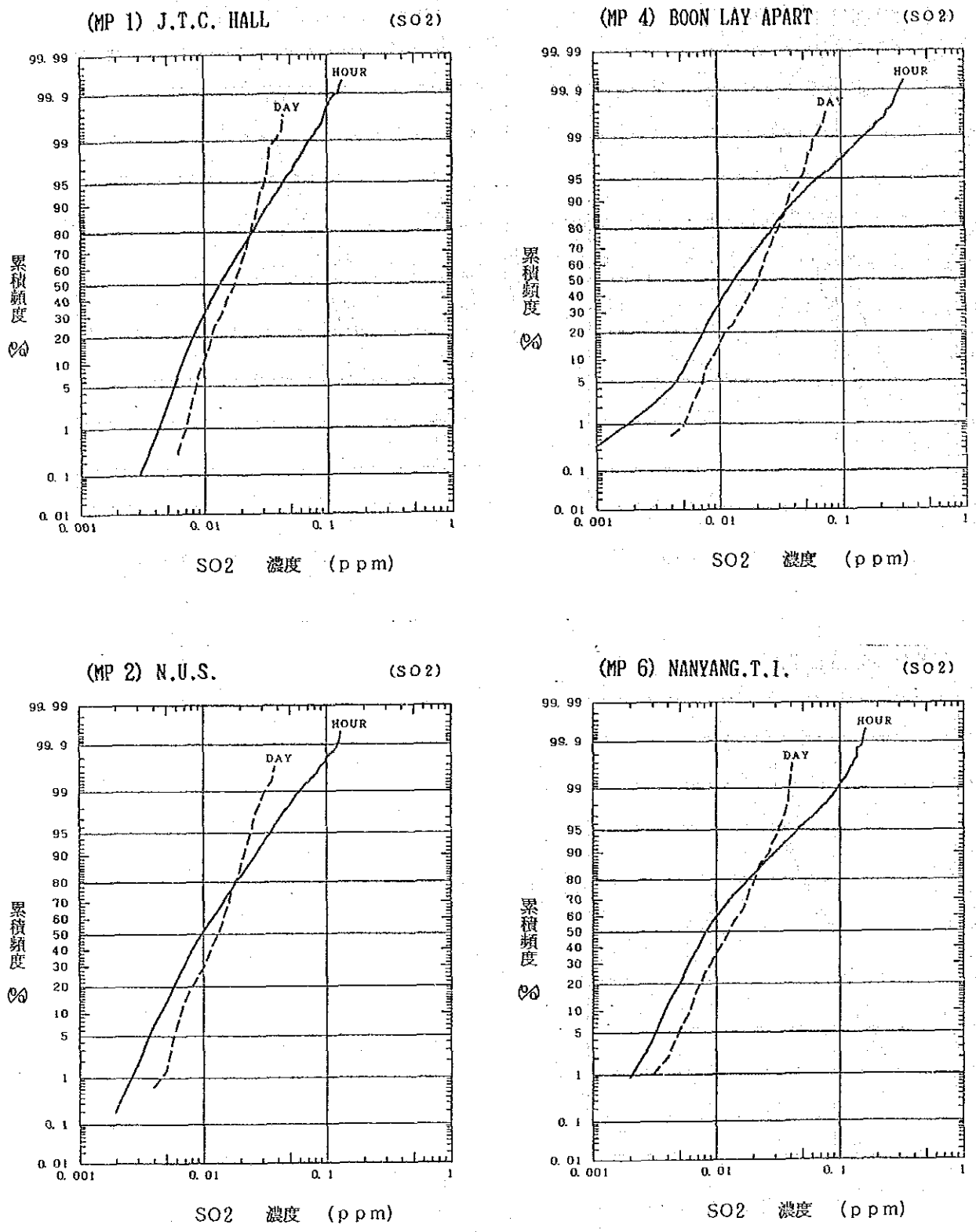
測　定　点　名	幾何標準偏差
(MP１) J.T.C. HALL	2.03
(MP２) N.U.S.	2.30
(MP４) BOON LAY APART	2.81
(MP６) NANYANG.T.I.	2.54
(MP７) BUKIT PANJANG P.P.	2.30
(MP14) KALLANG F.F.	1.96
(MP20) SINGAPORE O.P.S.	2.26

また，この累積出現頻度分布は，高濃度の上位ｘ％を除外した場合の最大値を求める場合，あるいはある濃度以上の超過確率等を求める場合にも有用である。

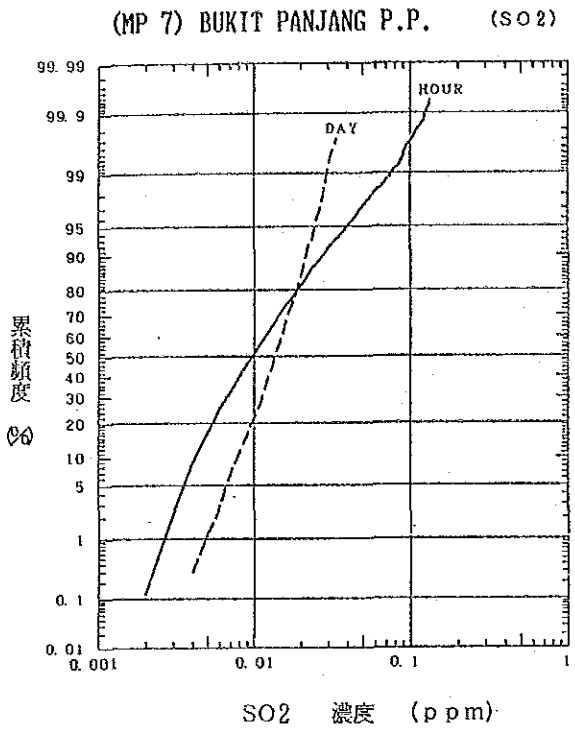
各測定点における日平均値の２％除外値（有効測定日数から高濃度上位２％を除外した値）は表Ｖ－１－11に示すとおりである。また，日平均値，１時間値の最高値（100%タイル値）も合わせて示す。

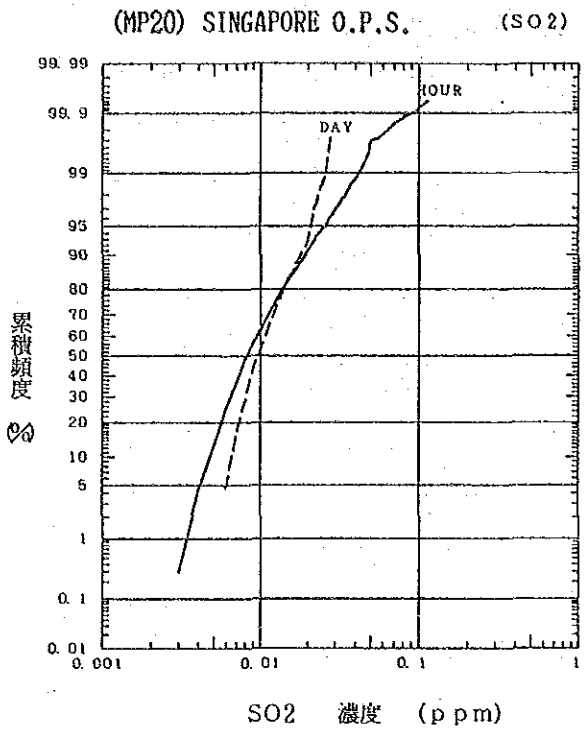
表Ｖ－１－11　SO_2 日平均値の２％除外値と１時間値の最高値（ppb）

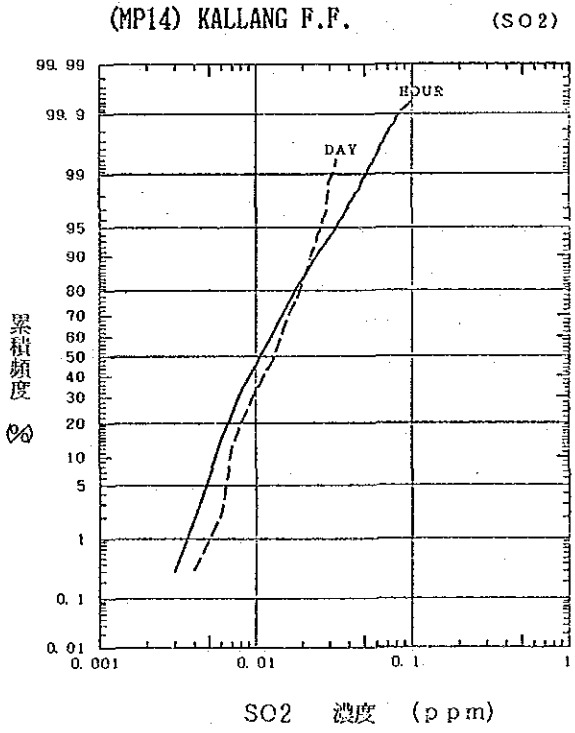
測　定　点　名	日平均値の2%除外値	日平均値の最高値	１時間値の最高値
(MP１) J.T.C. HALL	３３	４５	１９０
(MP２) N.U.S.	２７	４２	１９８
(MP４) BOON LAY APART	５４	７８	４３０
(MP６) NANYANG.T.I.	３７	４６	２１５
(MP７) BUKIT PANJANG P.P.	２８	３５	１７２
(MP14) KALLANG F.F.	２９	３６	１６４
(MP20) SINGAPORE O.P.S.	２３	３３	１５７



図V－1－17(1) SO_2 の累積頻度分布図





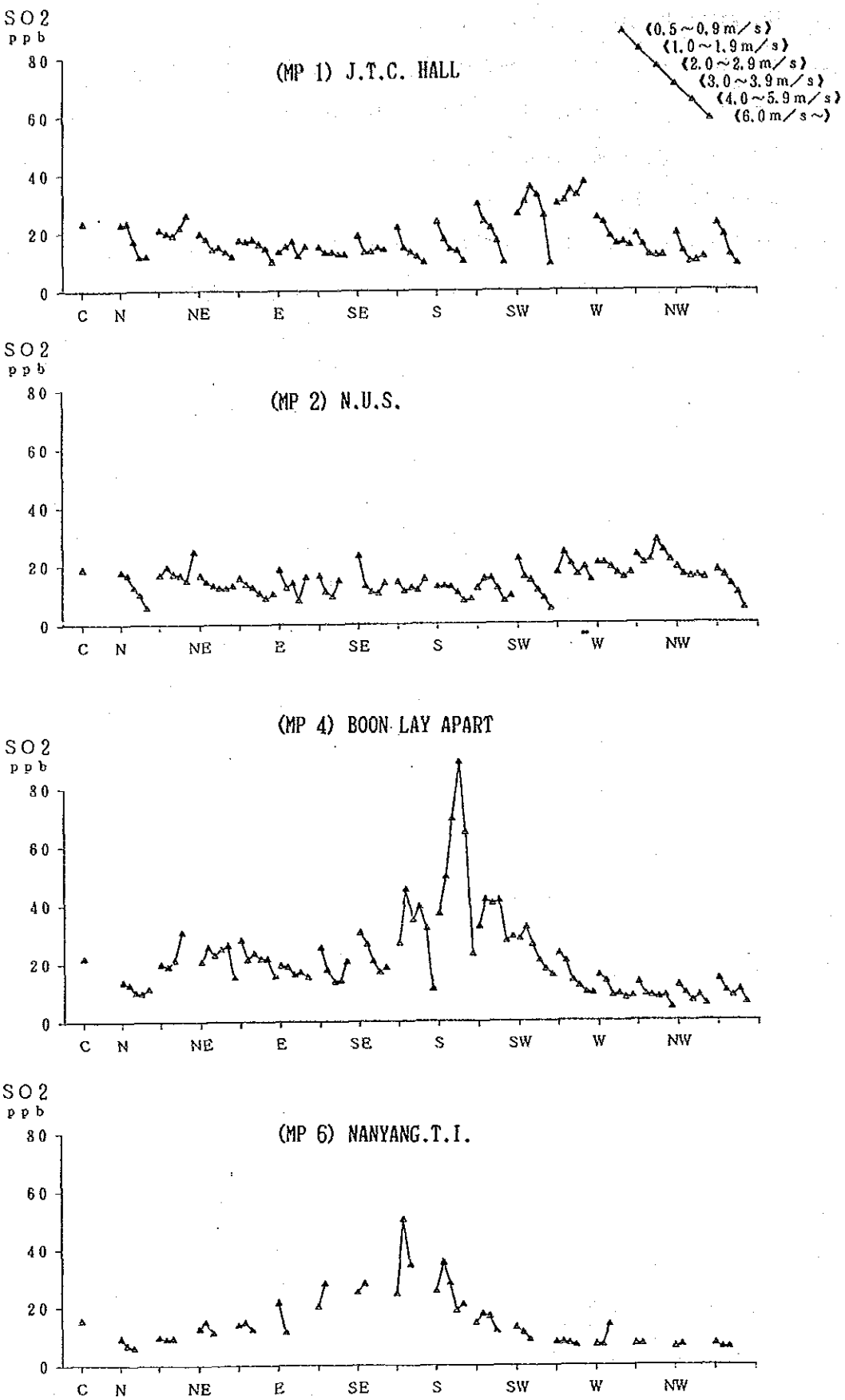


図V－1－17(2) SO_2 の累積頻度分布図

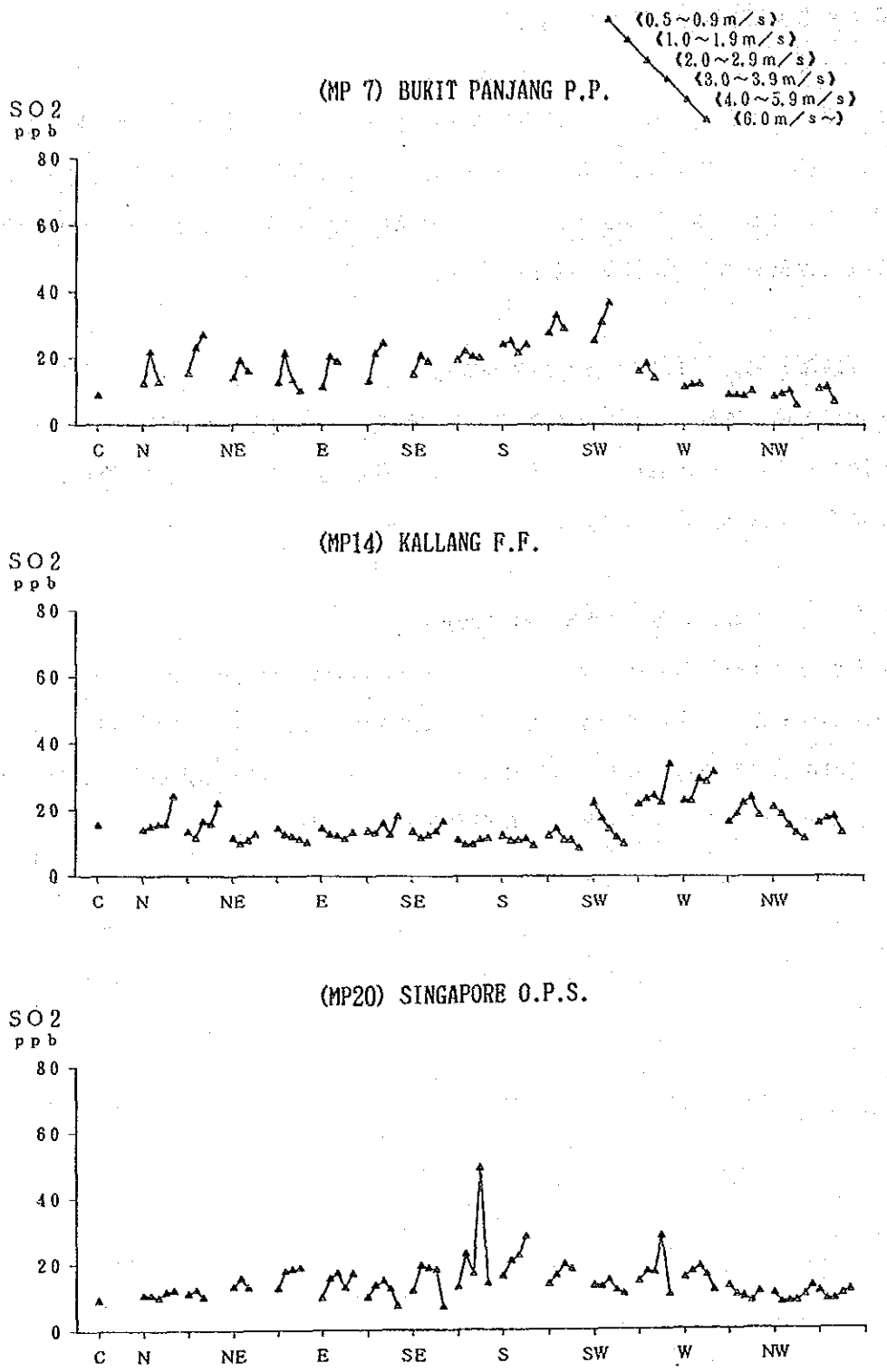
1.2.4　SO_2 濃度の風向別風速ランク別平均濃度

ある地点における環境濃度に影響を与える気象条件として，風向風速は最も重要な要素である。図Ｖ－１－１８は，各測定点におけるSO_2 濃度の風向別風速ランク別平均濃度をプロットしたものである。縦軸は濃度，横軸は風向であり，各風向に対して６個の風速ランクごとの濃度が左から順に示されている。

この結果をみると，SO_2 濃度が高濃度となる風向は，MP１ではSWとWSW，MP４ではＳ，MP６ではSSE，MP７ではSSWとSWとなっている。これは，大規模工場と測定点の位置関係から理解できることである。また，近くに大きな発生源のないMP14，MP20では，風向風速による濃度変動が小さい。



図Ⅴ－1－18(1)　風向別風速ランク別SO_2平均濃度



図V－1－18(2)　風向別風速ランク別SO_2平均濃度

1.3　β線粉じん計によるSPM濃度の解析

シンガポール共和国における SPM環境濃度の空間的，時間的変動の特徴を明らかにすること及び気象条件と SPM環境濃度の関係を把握することを目的として，長期現地調査で得られたβ線粉じん計による SPM環境濃度の測定データと気象の測定データを用いて，SPM 環境濃度解析，SPM 濃度と気象要素との関連等の解析を行った。

1.3.1　β線粉じん計によるSPM濃度の月別変化

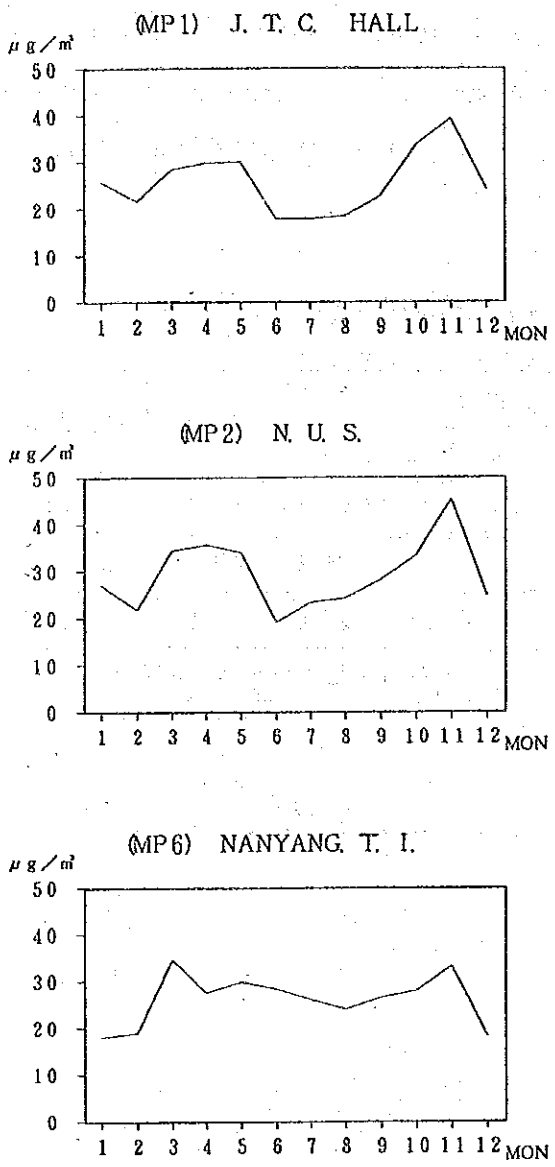
各測定点でのβ線粉じん計により測定した SPM濃度の月別変化を図Ⅴ－1－19に示す。

この図をみると，いずれの測定点も，3～5月及び10～11月に SPMが高濃度となっており，SO_2 とよく似た月別変化をしている。

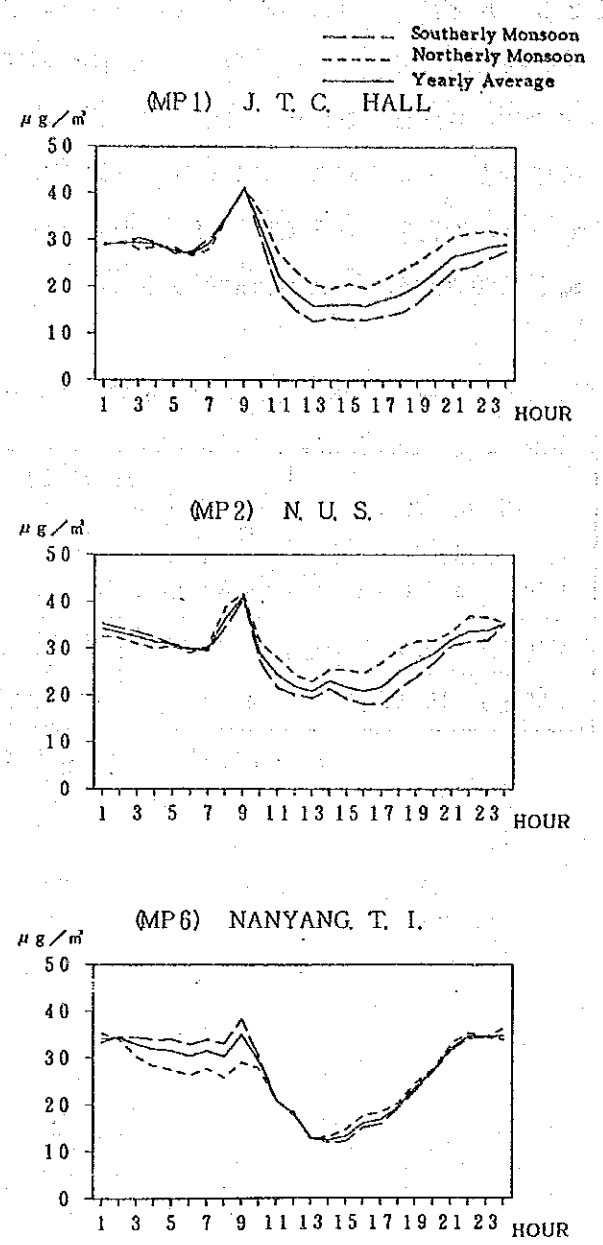
1.3.2　β線粉じん計によるSPM濃度の時刻別変化

各測定点でのβ線粉じん計により測定したSPM濃度の時刻別変化を図Ⅴ－1－20に示す。

この図をみると，いずれの測定点も，日中に濃度が低く，夜間に濃度が高くなっており，SO_2 と逆の傾向が現れている。また，9時にピークを持つ点は，どの測定点も共通している。なお，季節による日変化パターンの差異は，各測定点ともみられない。



図V－1－19 β線粉じん計によるSPM 濃度の月別変化



図V－1－20 β線粉じん計によるSPM 濃度の時刻別変化

1.3.3　β線粉じん計による SPM濃度の週日週末変化

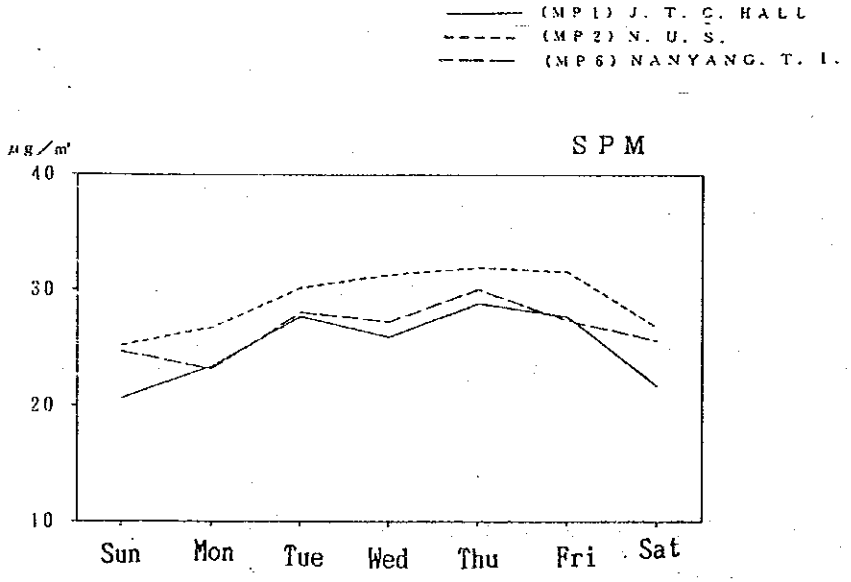
β線粉じん計により測定した SPM濃度の週日週末変化を表Ｖ－１－12及び図Ｖ－１－21に示す。SPM 濃度は，日曜に最も低くなっているが，これは，日曜には自動車の交通量が少ないためであると考えられる。SPM 濃度の平休係数（日曜の濃度／月曜から土曜までの平均濃度）は，MP１では0.796，MP２では0.847，MP６では0.917となった。なお，日曜以外では，月曜と土曜も SPM濃度がやや低い傾向がみられる。

表Ｖ－１－12　β線粉じん計による SPM濃度の週日週末変化

（単位　μｇ／ｍ³）

測定点名	曜日別平均濃度							平均	平休係数
	日	月	火	水	木	金	土		
(MP１) J.T.C.HALL	20.6	23.4	27.7	25.9	28.9	27.7	21.7	25.2	0.796
(MP２) N.U.S.	25.2	26.7	30.2	31.3	31.9	31.6	26.8	29.1	0.847
(MP６) NANYANG.T.I.	24.7	23.2	28.1	27.3	30.1	27.4	25.6	26.6	0.917

注）平休係数＝（日曜の濃度）／（月曜から土曜までの平均濃度）



図Ｖ－１－21　β線粉じん計によるSPM濃度の週日週末変化

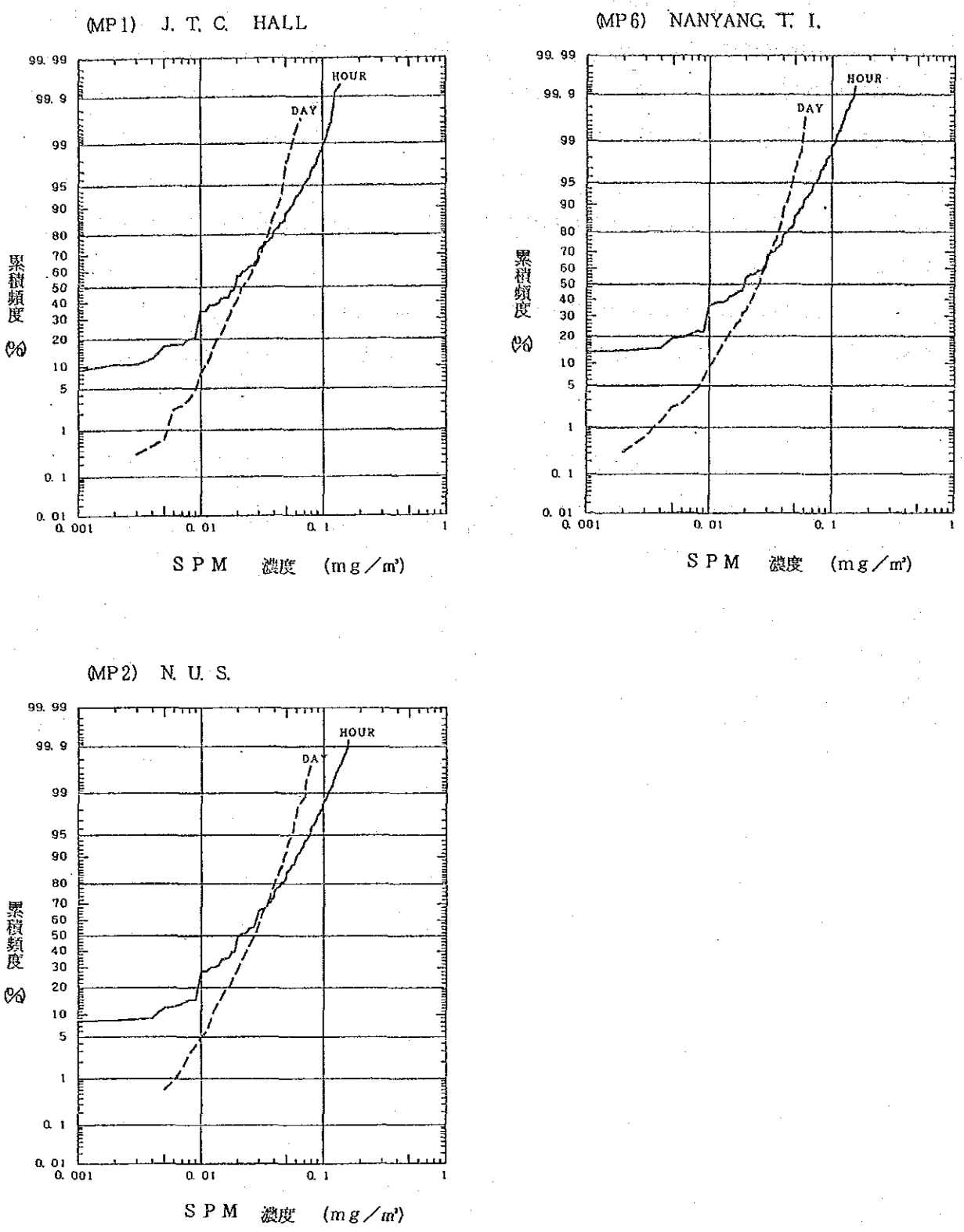
1.3.4　β線粉じん計によるSPM濃度の累積頻度分布

SO_2 の場合と同様に，SPM 濃度についても，1時間値及び日平均値のP－C曲線を作成した。その結果を図V－1－22に示す。また，式（V－1－5）により求めた1時間値の幾何標準偏差Sgの値を表V－1－13に示す。この値をSO_2 のSgと比べてみると，SO_2 の場合Sgは2.0～2.5であるのに対して，SPM では1.8と小さな値となり，直線の傾斜がSO_2のほうがゆるいことを示している。このことは，高濃度領域での濃度の変動が，SO_2の場合は大きく，SPMの場合は小さいことを示している。

なお，各測定点における日平均値の2％除外値（有効測定日数から高濃度上位2％を除外した値）は表V－1－13に示すとおりである。また，日平均値，1時間値の最高値も合わせて示す。

表V－1－13　β線粉じん計によるSPM濃度の幾何標準偏差等

測定点名	幾何標準偏差	日平均値の2％除外値（μg/m³）	日平均値の最高値（μg/m³）	1時間値の最高値（μg/m³）
(MP1) J.T.C.HALL	1.76	50	76	160
(MP2) N.U.S.	1.79	61	89	185
(MP6) NANYANG.T.I.	1.80	52	68	190

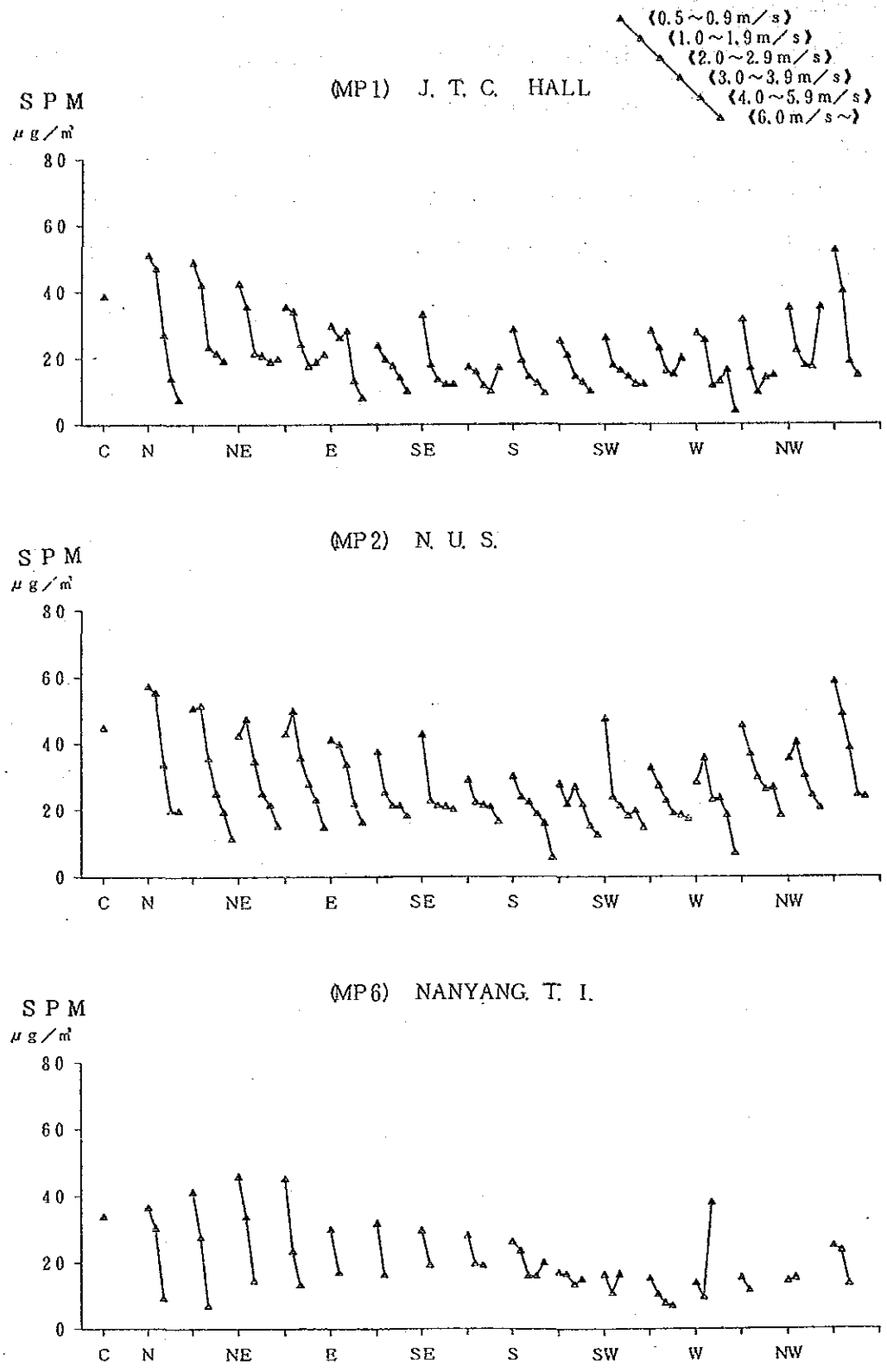


図V－1－22 β線粉じん計によるSPM濃度の累積頻度分布

1.3.5　β線粉じん計によるSPM濃度の風向別風速ランク別平均濃度

SO_2 の場合と同様に，SPM濃度の風向別風速ランク別平均濃度を図Ⅴ－1－23に示す。

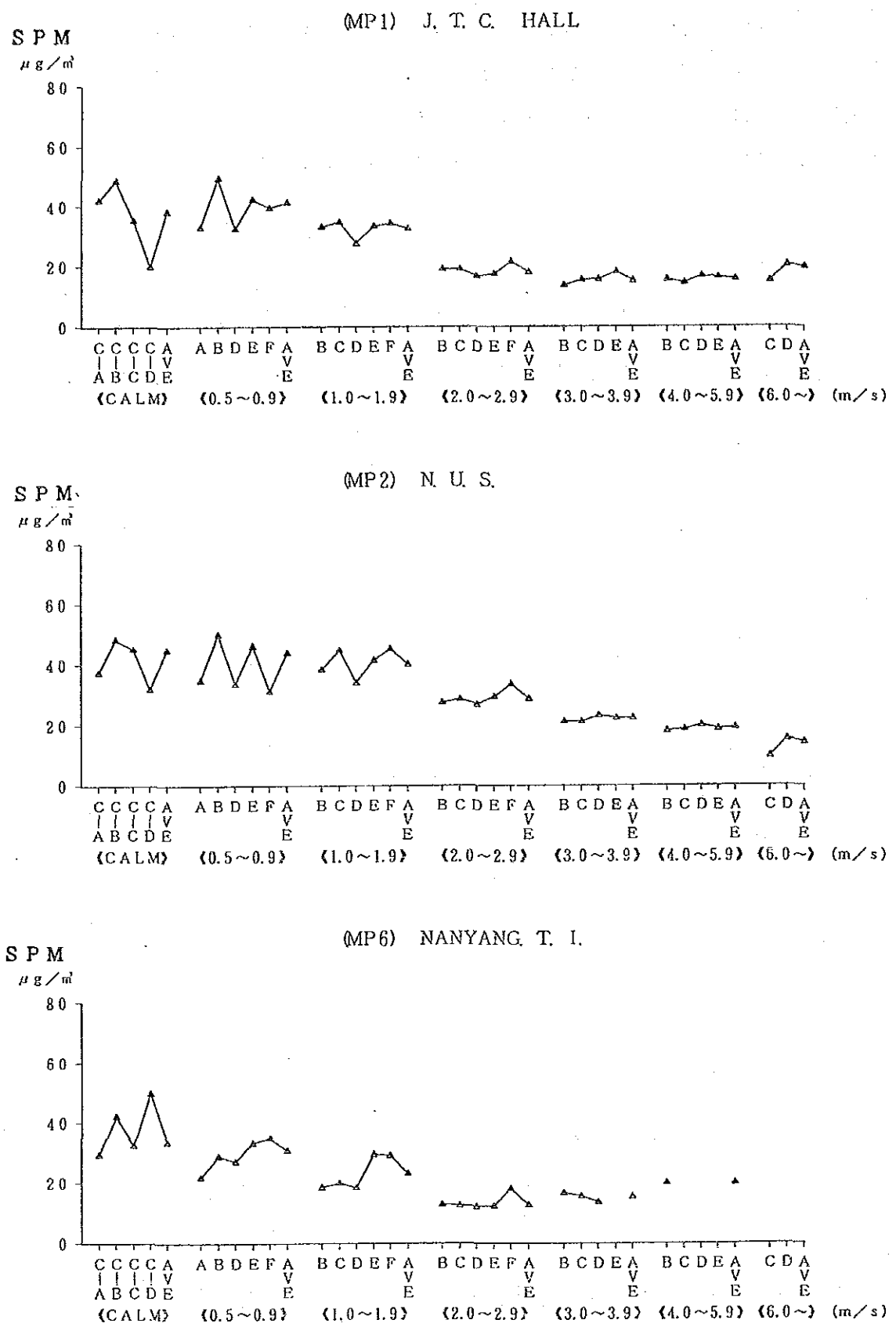
これをみると，各測定点ともN系の風向の時に高濃度となり，S系の風向の時に低濃度となっており，SO_2 と反対の傾向を示している。すなわち，Jurong工場群の直接の影響を受けておらず，N方向に存在する何らかの発生源の影響が考えられる。なお，SPM 濃度の場合，風速が大きいほど濃度が低くなる傾向が顕著である。



図V－1－23 β線粉じん計によるSPM濃度の風向別風速ランク別平均濃度

1.3.6　β線粉じん計によるSPM濃度の風速ランク別大気安定度別平均濃度

β線粉じん計により測定した SPM濃度の風速ランク別大気安定度別平均濃度を図V－1－24に示す。この図は，縦軸は SPM濃度で，横軸は風速ランクと大気安定度であり，風速ランクごとに大気安定度別平均濃度を折れ線で結んだ。これをみると，風速が大きいほど SPM濃度が減少する傾向は顕著であるが，大気安定度による SPM濃度の差異は明確には現れていない。



図V－1－24　β線粉じん計によるSPM濃度の風速ランク別大気安定度別平均濃度

1.3.7　β線粉じん計によるSPM濃度の地点間の相関

β線粉じん計により測定した SPM濃度の地点間の相関係数を表Ｖ－１－14に示す。この表は，MP１，MP２，MP６の３局のうち２局の組合せごとに，Ｓ系モンスーン，Ｎ系モンスーン，年間について，β線粉じん計によるSPM の１時間値のデータを用いて相関係数を計算したものである。

年間でみると，MP１とMP２の相関係数は0.616 と高いが，MP１とMP６の相関係数は0.451，MP２とMP６の相関係数は0.378 となっており，やや低い。これは，MP１とMP２は距離が近いためと考えられ，風向別平均濃度の状況（図Ｖ－１－23）をみても，MP１とMP２が類似している点を合わせて考えると理解できよう。

なお，β線粉じん計による SPMの地点間散布図を図Ｖ－１－25に示す。この図では，横軸と縦軸に両測定点におけるSPM濃度ランクをとり，出現時間数を示してある。

表Ｖ－１－14　β線粉じん計によるSPM濃度の地点間の相関係数

測　定　点　名	Ｓ系ﾓﾝｽｰﾝ（4~10月）	Ｎ系ﾓﾝｽｰﾝ（11~3月）	年　間
(MP1) J.T.C.HALL —— (MP2) N.U.S.	0.640	0.576	0.616
(MP1) J.T.C.HALL —— (MP6) NANYANG.T.I.	0.488	0.406	0.451
(MP2) N.U.S. —— (MP6) NANYANG.T.I.	0.391	0.371	0.378

Y = 0.6625 X +12.3647
EFFECTIVE CASES = 7510
CORRELATION COEFFICIENT = 0.616
STANDARD DEVIATION = 19.19

Y : (MP2) N.U.S.

μg／m³

	0 - 9	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79	80 - 89	90 - 99	100 - 109	110 - 119	120 - 129	130 - 139	140 - 149	150 - 159	160 - 169	170 - 179	180 - 189	190 - 199
190 - 199																				
180 - 189												1			1					
170 - 179											1	2								
160 - 169				1			1				1									
150 - 159									1	1	1	1					1			
140 - 149				3			1		1		1	1								
130 - 139							1	1	1	3	1									
120 - 129				1	1		3	5	4	6	3	4	2							
110 - 119	1				3	4	4	5	4	3	1	1	1		1					
100 - 109		2	1	2	8	6	8	11	5	11	3	3	4		1					
90 - 99		4	4	4	12	12	11	13	6	6	8		1							
80 - 89	3	3	10	16	12	24	18	22	15	10	10	4	1							
70 - 79	3	15	17	29	30	26	30	15	12	4	2	5	2		1					
60 - 69	6	31	44	55	53	52	29	18	14	12	5	2	4			1				
50 - 59	25	66	82	77	66	60	30	20	13	3	3	2	5							
40 - 49	69	147	160	137	81	66	39	16	11	3		1	1							
30 - 39	156	282	255	172	105	54	34	15	13	9	4	1	1							
20 - 29	286	452	280	185	76	55	20	13	2	3	1		1							
10 - 19	510	643	372	181	68	37	13	5	3		2	1	1							
0 - 9	443	413	167	58	23	10	4	1		1	1									

X : (MP1) J.T.C. HALL

μg／m³

図V－1－25(1)　β線粉じん計によるSPM濃度の地点間散布図（MP1－MP2，年間）

Y : (MP6) NANYANG.T.I.

Y = 0.4857 X 114.7855
EFFECTIVE CASES = 6845
CORRELATION COEFFICIENT = 0.451
STANDARD DEVIATION = 21.92

μg／m³

Y \ X	0 - 9	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79	80 - 89	90 - 99	100 - 109	110 - 119	120 - 129	130 - 139	140 - 149	150 - 159	160 - 169	170 - 179	180 - 189	190 - 199
190 - 199				1																
180 - 189																				
170 - 179										1										
160 - 169										1						1				
150 - 159		1		1				1												
140 - 149				1				2			1	1	1							
130 - 139			1					2	2	1	1									
120 - 129		2	1	2	4	1	1	3			2	2					1			
110 - 119	2		2	4	2	4	4	1	5	2	1	2	2							
100 - 109	5	1	3	4	6	9	13	7		3		1	2							
90 - 99	2	8	4	8	12	13	5	5	1	4		2								
80 - 89	2	10	17	20	12	18	12	7	9	1	3	3	3							
70 - 79	8	20	27	26	27	19	9	17	9	4	2	3	2		1					
60 - 69	13	41	57	42	34	35	19	13	11	7	5	2	2		1					
50 - 59	33	96	80	79	46	43	30	13	21	6	10	2	4							
40 - 49	67	145	135	86	55	40	34	22	12	13	8	3	2		1					
30 - 39	128	232	174	105	87	57	35	21	10	9	3	3	2							
20 - 29	221	303	197	140	75	49	28	14	9	11	5	1	2							
10 - 19	419	515	297	174	64	46	25	13	7	2	4									
0 - 9	530	503	239	121	56	34	13	7	5	2	1									

X : (MP1) J.T.C. HALL

μg／m³

図V－1－25(2) β線粉じん計によるSPM濃度の地点間散布図（MP1－MP6，年間）

Y : (MP6) NANYANG.T.I.

Y = 0.3773 X +15.8024
EFFECTIVE CASES = 7356
CORRELATION COEFFICIENT = 0.378
STANDARD DEVIATION = 22.57

μg／m³

Y	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100-109	110-119	120-129	130-139	140-149	150-159	160-169	170-179	180-189	190-199
190 - 199					1															
180 - 189																				
170 - 179				1																
160 - 169					1		1													
150 - 159				1		1				2	2									
140 - 149			1	1		1	1			1	1									
130 - 139	1						1	1	1	2	1									
120 - 129		2	3	3	1	2		2	4		1					1				
110 - 119	3	1		2	4	6	4	4	2	1	2	2			1			1		
100 - 109	2	3	3	5	6	7	6	7	8	3	3	1	1		1					
90 - 99	3	6	7	13	7	6	7	3	4	4	4		1							
80 - 89	3	9	9	16	26	14	11	8	7	5	4	2	5		1					
70 - 79	8	22	24	27	23	21	21	11	12	6	2	1	2			1		1	1	
60 - 69	15	46	32	41	40	45	38	12	9	5	3	4	4	3	1	1	1			
50 - 59	32	92	66	92	58	40	45	32	17	9	6	3	2		1			1	1	
40 - 49	60	118	119	128	90	63	32	20	15	12	6	5	6			2				
30 - 39	93	243	175	135	93	73	51	28	19	8	5	6	1	2	1		1			
20 - 29	172	271	230	182	112	69	32	27	27	14	9	4	2	2						
10 - 19	314	474	350	245	143	71	46	27	14	12	5	1					1			
0 - 9	376	499	329	174	108	48	31	10	8	3	4	1	1	1	1					
X	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100-109	110-119	120-129	130-139	140-149	150-159	160-169	170-179	180-189	190-199

μg／m³

X : (MP2) N.U.S.

図V－1－25(3)　β線粉じん計によるSPM濃度の地点間散布図（MP2－MP6，年間）

1.3.8　β線粉じん計によるSPM濃度の高濃度解析

粒子状物質が高濃度となる時の気象状況及びその時のSO_2濃度の状況を把握するため，β線粉じん計によるSPMの高濃度解析を1時間値と日平均値について行った。

(1)　1時間値の高濃度

β線粉じん計による SPM濃度の1時間値の高濃度上位50時間を抽出し，その日時，SPM 濃度，風向，風速，大気安定度，SO_2濃度，SO_2順位をまとめた表を表V－1－15に示す。 SPM 1時間値が高濃度になりやすい状況は，月別では5月と11月，時刻別では8～9時と21時～4時，風向ではN系であり，風速では2m/s 未満の弱風時である。また，SPM 1時間値が高濃度の時のSO_2 濃度をみると，MP1とMP2では比較的高濃度となる場合が多いが，MP6では，ほとんど高濃度が現れていない。

(2)　日平均値の高濃度

β線粉じん計による SPM濃度の日平均値の上位20日を抽出し，その日付，SPM 日平均値，SO_2日平均値，SO_2順位をまとめた表を表V－1－16に示す。次に，β線粉じん計によるSPM高濃度日の月別出現回数を表V－1－17に示す。この表によると，SPM 高濃度日の起こりやすい月は5月と11月であり，1時間値の高濃度と同じ傾向を示している。また，SPM 高濃度日のSO_2濃度をみると，どの測定点も高濃度となる傾向がみられる。

表V－1－15　β線粉じん計によるSPM濃度の高濃度上位50時間の濃度と気象条件

濃度順	(MP1) J.T.C. HALL 月	日	時	SPM濃度 (μg/m³)	SO_2濃度 (ppb)	SO_2順位	風向	風速 (0.1m/s)	安定度	(MP2) N.U.S. 月	日	時	SPM濃度 (μg/m³)	SO_2濃度 (ppb)	SO_2順位	風向	風速 (0.1m/s)	安定度	(MP6) NANYANG.T.I. 月	日	時	SPM濃度 (μg/m³)	SO_2濃度 (ppb)	SO_2順位	風向	風速 (0.1m/s)	安定度
1)	11	6	19	160	42	464	NNW	7	E	3	29	3	185	33	440	C	1	CC≥%	1	4	19	190	10		NE	13	E
2)	5	4	1	150	33		NNE	9	E	11	6	20	184	41	245	NNE	15	E	5	3	24	170	16		N	12	E
3)	11	6	20	148	31		N	8	E	4	27	9	175	28		NNW	13	B	5	4	1	160	15		NNE	10	E
4)	11	13	23	142	39		NNE	6	E	3	29	4	172	28		ENE	13	E	6	9	9	160	18		ESE	5	B
5)	4	26	22	140	27		NE	16	E	10	10	9	170	28		NNE	14	B	10	25	6	160	8		NNW	12	E
6)	5	26	3	140	37		N	11	E	11	6	21	170	25		ENE	20	E	4	12	23	155	19		C	3	***
7)	5	9	4	128	41	496	NNE	11	E	11	4	4	160	28		NNW	15	E	8	22	22	155	17		N	6	E
8)	6	12	9	128	18		NNE	10	C	11	6	24	160	53	119	NNE	15	E	9	8	23	155	18		NE	9	E
9)	11	13	22	128	27		NNW	5	E	3	29	9	160	39	278	NNW	25	B	9	8	22	152	31		NNE	6	B
10)	4	5	2	125	49	299	W	8	F	3	29	2	158	36	349	C	3	CC≥%	9	8	24	150	15		NNE	6	E
11)	5	8	22	125	37		NNE	15	E	5	9	8	155	21		N	9	B	1	23	21	150	12		NE	8	E
12)	5	22	1	125	43	415	N	12	E	10	10	8	154	56	95	NNE	14	C	6	9	7	145	8		NE	6	Dt%
13)	11	9	21	125	56	195	NNW	11	E	5	8	21	152	17		N	18	E	8	23	9	145	11		N	10	B
14)	4	17	22	124	45	374	NE	11	E	4	18	4	150	31		N	18	E	5	3	23	140	31		C	4	CC≥%
15)	5	22	2	124	63	136	N	11	E	11	6	19	150	32	475	N	10	E	8	22	23	140	12		NNE	6	E
16)	9	21	3	124	29		NNW	14	E	11	6	22	145	21		ENE	18	E	8	23	1	140	10		NNE	7	E
17)	5	4	3	122	26		NNE	12	E	3	29	1	145	26		WNW	11	E	10	4	21	140	16		NE	9	E
18)	9	23	8	122	36		N	9	B	3	24	8	144	45	184	N	18	Dt%	10	25	5	138	8		NNW	13	F
19)	5	14	24	120	29		NNE	10	E	5	25	24	142	***		***	***	***	4	15	17	135	135	19	SSW	13	Dt%
20)	5	25	21	120	22		ENE	12	E	11	4	5	142	14		NNW	16	E	1	8	12	132	14		NE	22	B
21)	5	26	4	120	33		N	10	E	5	26	1	140	***		***	***	***	5	25	22	130	30		NE	6	E
22)	5	26	10	120	25		C	2	C-B	3	28	6	140	32	475	NNW	20	E	8	22	24	130	9		NNE	7	E
23)	6	8	9	120	28		NNE	7	B	4	27	14	138	36	349	SW	44	B	8	23	3	130	11		C	4	CC≥%
24)	7	26	7	120	46	352	C	4	CCt%	11	19	8	138	16		NNW	11	C	8	23	7	130	7		NNE	8	Dt%
25)	8	23	9	120	28		N	11	B	7	13	16	135	73	49	SSW	31	C	10	25	4	130	8		NNW	16	E
26)	9	21	4	120	21		NNE	11	E	11	7	8	135	32	475	N	14	C	10	31	2	130	11		NNE	9	E
27)	9	27	23	120	51	277	N	10	E	3	30	23	135	17		NE	10	E	11	3	22	128	12		NNE	9	E
28)	10	6	3	120	41	496	NNW	12	E	5	8	23	132	23		ENE	23	E	11	6	19	128	13		N	12	E
29)	11	8	7	120	53	167	NNW	14	E	11	7	2	132	62	73	NNE	13	E	3	9	10	128	11		NNE	15	B
30)	3	20	9	120	23		C	3	CCt%	7	24	9	130	22		NNW	16	B	6	17	6	125	12		NNE	5	Dt%
31)	11	9	9	118	24		N	10	B	9	9	4	130	17		N	17	E	8	23	5	125	9		NNE	7	E
32)	11	4	3	116	24		NNW	10	E	5	3	9	128	27		NNE	18	C	10	25	3	125	7		NNW	18	E
33)	4	5	1	115	33		NNW	10	E	5	8	24	128	25		NE	22	E	11	28	2	125	7		NNE	10	***
34)	4	26	3	115	28		NNW	13	E	5	22	3	128	36	29	N	16	E	3	20	10	125	90	96	N	7	B
35)	5	4	2	115	25		N	12	E	4	18	3	126	16		NNE	8	E	11	9	3	124	17		NNE	9	E
36)	5	22	3	115	59	167	N	13	E	5	4	4	125	12		SE	8	E	7	29	22	122	22		NNE	8	E
37)	6	8	8	115	34		N	8	B	5	7	23	125	14		NE	22	E	10	4	22	122	14		NE	12	E
38)	6	13	8	115	32		N	9	B	5	22	1	125	95	22	NNE	12	E	6	4	1	120	19		SE	6	B
39)	8	22	23	115	16		NNE	9	E	11	7	5	125	23		N	17	E	6	8	8	120	7		N	9	B
40)	4	18	1	112	34		N	6	E	11	29	21	125	28		NE	19	E	6	23	21	120	15		NE	9	E
41)	4	27	9	112	46	352	NNW	11	B	5	8	22	124	16		NE	21	E	7	28	23	120	10		NE	7	E
42)	5	4	4	112	24		NNW	8	E	5	15	9	124	28		NNW	25	C	8	23	8	120	8		N	8	B
43)	11	11	2	112	19		NNE	7	E	4	26	24	122	18		NE	20	E	10	25	7	120	8		N	14	Dt%
44)	3	29	3	112	38		NNW	5	E	5	19	9	122	32	475	ENE	12	B	11	6	18	120	16		N	7	E
45)	4	3	22	110	28		NNE	10	F	7	13	17	122	46	173	SSW	31	C	11	9	9	120	16		N	12	B
46)	4	17	24	110	33		N	12	E	11	9	23	122	35	382	NNE	7	E	11	30	24	120	8		NNE	9	E
47)	4	26	21	110	36		NNE	19	E	11	15	23	122	18		ENE	15	E	1	2	3	120	6		N	17	E
48)	4	26	23	110	25		NNE	14	E	3	28	24	122	23		C	2	CC≥%	6	19	12	118	5		WSW	25	B
49)	5	9	8	110	31		NNW	9	B	5	22	9	120	36	349	NE	18	B	11	12	24	116	9		N	13	E
50)	6	13	9	110	28		NNE	10	B	5	26	2	120	***		***	***	***	5	3	21	115	18		N	15	E

注1)　SO_2濃度順位は，上位500時間を対象とした。

表Ｖ－１－16　β線粉じん計によるSPM濃度の高濃度上位20日間の月日と濃度

濃度順	(MP1) J.T.C. HALL				(MP2) N.U.S.				(MP6) NANYANG.T.I.			
	月日	SPM日平均濃度 (μg/m³)	SO_2 日平均濃度 (ppb)	SO_2濃度順位	月日	SPM日平均濃度 (μg/m³)	SO_2 日平均濃度 (ppb)	SO_2濃度順位	月日	SPM日平均濃度 (μg/m³)	SO_2 日平均濃度 (ppb)	SO_2濃度順位
1)	11/ 6	76.3	34.1	6	11/ 6	88.8	22.8	24	8/23	67.8	26.4	32
2)	11/ 9	65.8	22.1		3/29	77.9	20.5	39	3/20	61.0	28.0	25
3)	4/ 5	58.9	39.0	4	4/27	71.6	31.8	4	4/ 3	58.7	37.3	9
4)	11/13	56.2	24.2		7/13	71.2	24.9	14	6/ 7	58.1	22.0	48
5)	5/ 8	54.7	27.6	31	5/ 8	70.6	15.9		10/31	57.3	28.1	24
6)	4/27	52.1	43.4	2	11/ 7	64.7	25.0	13	3/11	55.3	27.4	29
7)	4/26	51.3	29.2	22	11/ 4	61.7	20.5	40	5/26	53.5	27.8	26
8)	11/ 7	49.9	34.6	5	11/ 9	60.8	16.3		4/ 7	52.3	29.1	22
9)	12/28	49.9	20.9		4/ 5	60.3	—		5/ 2	51.5	13.7	
10)	11/11	49.4	17.5		4/26	60.3	19.7		9/ 8	50.9	22.7	43
11)	12/29	48.9	18.0		3/28	59.9	14.9		3/13	50.0	39.4	3
12)	5/14	48.6	20.2		10/10	58.0	22.9	23	10/ 4	49.8	—	
13)	5/18	48.6	33.1	9	5/ 7	57.6	22.3	26	6/ 8	48.7	38.9	5
14)	3/20	48.5	31.7	17	8/23	57.6	17.4		11/13	48.5	21.1	
15)	5/26	48.5	17.9		11/29	57.2	21.0	37	11/ 1	47.8	23.0	41
16)	4/15	48.0	29.8	21	11/ 1	56.9	17.3		3/30	47.7	15.4	
17)	5/ 3	47.7	26.3	45	5/11	55.9	18.5		5/25	47.7	21.3	
18)	5/11	47.5	22.5		11/18	55.1	12.9		6/12	47.5	37.5	8
19)	3/28	47.5	20.6		5/ 3	54.4	23.4	20	5/ 3	47.1	18.8	
20)	11/10	47.2	20.7		4/18	53.2	18.7		10/25	47.0	7.5	

注1)　SO_2濃度順位は，上位50日を対象とした。
注2)　日平均値を計算する際には，１日のうち欠測が４時間を越える日を除外した。

表Ⅴ－1－17

β線粉じん計によるSPM高濃度日の月別出現回数

月	MP 1	MP 2	MP 6	計
1月				
2月				
3月	2	2	4	8
4月	4	4	2	10
5月	6	4	4	14
6月			3	3
7月		1		1
8月		1	1	2
9月			1	1
10月		1	3	4
11月	6	7	2	15
12月	2			2
計	20	20	20	60