

第3章 SO₂環境濃度測定

SO₂環境濃度予測に当っては、単に立地計画に係る発生源が環境に与える影響を予測するだけでなく、立地計画以外の既設の工場等を含めたシンガポール全体の煙源を対象とした予測を行う必要がある。そのためには、まず現状の汚染の状況を長期的に把握する必要があり、工場、住宅、レクリエーション、郊外地区7ヶ所に測定局を設置し、自動連続測定器により1時間毎のSO₂環境濃度を連続して1年間測定を行った。また、測定器は毎日1回の点検と約3ヶ月に1回の校正を行った。

3-1 SO₂環境濃度測定法

環境大気中の硫黄酸化物(SO₂+SO₃)の測定方法としては表Ⅰ-3-1に示す方法があげられる。

表Ⅰ-3-1 環境大気中の硫黄酸化物測定法

測定法	測定対象成分	適用濃度範囲	関連規格	備考
① 溶液導電率法	SO ₂	0~50ppb, 0~1ppm	JIS B 7952	連続分析法
② 電量法	SO ₂	0~100ppb, 0~1ppm	JIS B 7952	連続分析法
③ 炎光光度検出法	SO ₂	0~100ppb, 0~1ppm	JIS B 7952	連続分析法
④ 紫外線蛍光法	SO ₂	0~100ppb, 0~1ppm	JIS B 7952	連続分析法
⑤ 定電位電解法	SO ₂	0~100ppb, 0~1ppm	JIS B 7952 参考法	連続分析法
⑥ 二酸化鉛法	SO ₂ +SO ₃	0.2 SO ₃ eq/日/100 cfd以上	B. S. 1747 Part 15 ASTM D. 2010	相対濃度測定法
⑦ アルカリろ紙法	SO ₂ +SO ₃	0.2 SO ₃ eq/日/100 cfd以上	—	相対濃度測定法
⑧ モリブデン酸バリウム法	SO ₂ +SO ₃	—	—	化学分析法(手分析)
⑨ パラロザニリン法	SO ₂	3 ppb ~ 5 ppm	ASTM C. 2914	連続分析法 化学分析法(手分析)

このうち、環境大気中SO₂自動計測器として規格化されているものは、日本では日本工業規格(JIS)で①~④の方式が採用されている。また、米国環境保護庁(EPA)のFederal Register では②~③及び⑨が自動計測器として、⑨は標準手分析法として採用されている。なお、日本では環境基準の測定法として①が採用されている。

3-1-1 各測定法の測定原理と特徴

(1) 溶液導電率法

この方法は、SO₂を含む試料ガスを硫酸酸性の過酸化水素の希薄水溶液内に通気してSO₂を過酸化水素で酸化し、吸収液の導電率の増加を測定し、SO₂濃度を測定するものである。しかしこの方法は、通気中に吸収液内の水分が蒸発し、硫酸が濃縮され、これによる誤差を生ずる。またこの方法は、アンモニアのようなアルカリ性、あるいは酸性のガス状物質の妨害をうける。

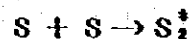
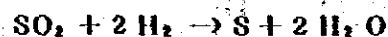
(2) 電 量 法

この方法は電極を用いる酸化還元電位法によって、電解に要した電気量を検出する定電流電解法と称される方法で、SO₂の連続した瞬時値を測定することができる。

臭化カリウム(KBr)を含む硫酸酸性溶液を電解液とする電解槽内では、臭素と臭素イオンとは一定の平衡状態にある。この電解液中にSO₂を含むガスを通すと、その溶液において、 $SO_2 + Br_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2H^+ + 2Br^-$ なる反応が起こりBr₂が臭素イオンに還元されて、酸化還元電位が生ずる。この電位を一定の設定電位と比較して検出すれば、SO₂濃度に対応しているので、この電位変化を増幅器で増幅して、その出力で電気分解することにより、消費されるBr₂が補充されるとともに、このフィードバックされる電解電流を検出し、SO₂量として指示記録させることができる。このように電量方式は、電気分解によって発生させたBr₂の酸化作用を利用して測定するため、Br₂と化学的に反応するSO₂以外に他のH₂S、メチルカブタン(CH₃SH)などの硫黄化合物も同時に測定することになり、これら硫黄化合物が干渉成分となる欠点をもっている。

(3) 炎光光度検出法

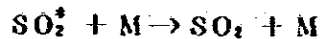
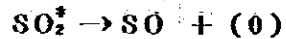
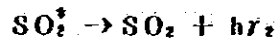
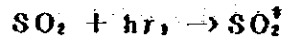
この方式は、水素炎中に硫黄化合物を含有する試料空気を導入し、硫黄化合物が炎中で熱分解するとき次式により近紫外域にかなり強い発光スペクトルを与える。この発光スペクトル中の394 nmの発光を狭帯域光学フィルターを用いて選択的に透過させ、その発光強度を光電子増倍管により電気信号に変換し、SO₂濃度を求める方法である。しかしこの方法はSO₂以外の他の硫黄化合物も同時に測定される。



(4) 紫外線蛍光法

この方式は試料ガス中のSO₂が紫外線を吸収して生じる励起状態のSO₂^{*}から発生する

蛍光を利用し、その強度からSO₂の濃度を求めるものである。この原理を示す反応機構は次式で示される。



この方式による計測器は試料ガス流量の影響を受けず、高範囲(500ppm)にわたり直線性が得られる等の特徴がある。

(5) パラロザニリン法 (West-Gueke 法)

この方法はテトラクロロ水銀四酸カリウム溶液(TUM)を吸収液として大気中のSO₂を吸収し、ジクロルスルフィド水銀(II)錯体を形成させ、これにパラロザニリン・ホルムアルデヒド試薬を加えて、パラロザニリンメチルスルホン酸を生成させ、この溶液の吸光度を分光光度計により測定するものである。この方式は手分析であるので、自動計測器を設置していない地域での臨時的な測定や、多地点同時サンプル等の利点はあるが、試料採取時及び吸光度測定時の温度の影響、低濃度域(10ppb以下)でのばらつきが大きいこと、オゾンとNO₂の影響を受けること、塩化第二水銀(毒)に対する排液処理等欠点もある。

(6) 二酸化鉛法

この方法は素焼円筒に綿布を巻き付けた上にPbO₂を塗布し、百葉箱などのシェルターを用いて大気中に一定期間放置する。大気中のSO₂はPbO₂と反応して硫酸塩を生成するので、硫酸鉛から硫酸イオンを定量して、mg-SO₃/日/100cm²-PbO₂の単位で示した汚染度の指標としてあらわしている。この方法の原典は、建築物の種々の材料に損傷を与えるSO₂の活性度をみる目的で、英国のDepartment of Scientific Industrial Researchで1932年に開発された方法で、英国、米国、カナダ、日本で普及し、今日では自動計測器の設置していない地域の硫酸化物濃度の傾向を1ヶ月単位で把握するのに用いられている。しかし、この方法は、二酸化鉛の活性度がばらつく、風速、湿度に影響される、円筒カバー形状に影響される、硫化水素に影響される、ppm単位への換算が不明確である。近濃度域での適用が困難である等の欠点を有している。

3-1-2 各測定法の比較

各測定法の評価試験を日本の電力中央研究所で実施している。評価対象機種は表1-3-2に示す5測定原理、10機種のSO₂計であり、繰り返し性、安定性、干渉成分の影響等の

試験を実施している。これらの試験結果は次のとおりである。

表 1-3-2 測定方式の異なるSO₂計の評価試験時の試験対象SO₂計一覧

SO ₂ 計	測定方式	最少測定レンジ
A	電 量 法	0 ~ 200 ppb
B	紫外線蛍光法	0 ~ 200 ppb
C	紫外線蛍光法	0 ~ 100 ppb
D	定電位電解法	0 ~ 200 ppb
E	炎光光度検出法	0 ~ 100 ppb
F	炎光光度検出法	0 ~ 100 ppb
G	炎光光度検出法	0 ~ 100 ppb
H	溶液導電率法	0 ~ 200 ppb
I	溶液導電率法	0 ~ 50 ppb
J	溶液導電率法	0 ~ 50 ppb

(II) 繰返し性

標準ガス発生装置を用い、ゼロガス、スパンガス(30 ppb)を交互に2時間ずつ5回導入し、各SO₂計の指示値の変動係数を求めたものが図 1-3-1である。自動ゼロ点調整機構を備えたI、Jは変動係数1%前後であり、他の機構と比べるとばらつきが少ないことがわかる。

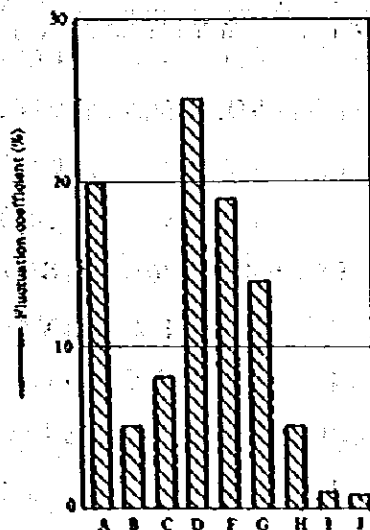


図 1-3-1 各種SO₂計の繰返し性試験の比較

(2) 安定性

10機種のSO₂計を同時にゼロ、スパン校正し、連続1週間のフィールド測定のパターンから安定性をみた結果が図1-3-2である。測定器B, C及びF, Oは低濃度で負にふり切れる現象があり, Aは16時間ごとにゼロガスを導入した結果によればドリフトを生じている。Dは流量低下を生じ応答性が大幅に遅れている。自動ゼロ点調整機構を備えているI, Jは安定性が良好であることがわかる。

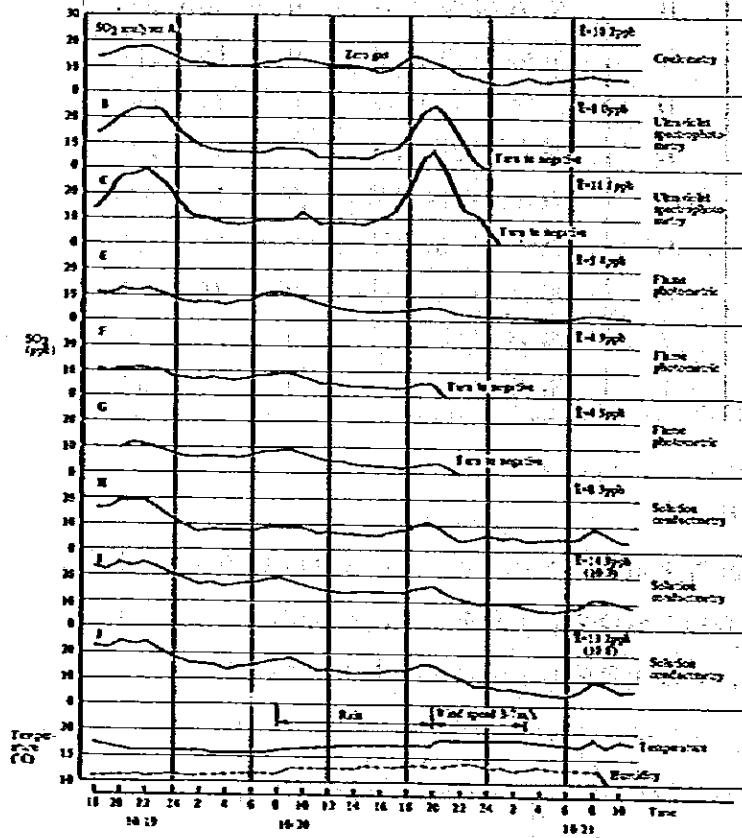


図1-3-2 各種SO₂計のフィールド測定結果

(3) 干渉成分の影響

NO (120 ~ 600ppb), NO₂ (60 ~ 300ppb), H₂S (60 ~ 200ppb), CO (375 ~ 1500ppm) を30ppbのSO₂と共存させた場合、単独で存在させた場合の各種SO₂計の指示値の影響を検討した結果、図1-3-3に示すように、顕著な影響を示したのはD, E, FにおけるH₂Sである。H₂Sがバックグラウンドとして皆無でないことから、これらの機種には脱硫器が必要であることがわかる。

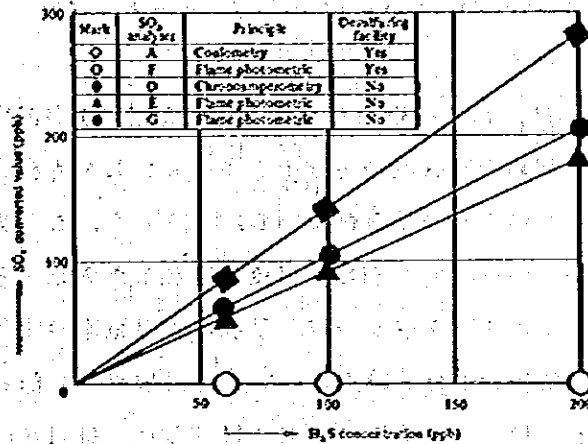


図 1-3-3 H₂S の影響

3-2 調査に使用した SO₂ 計

日本においては環境基準の標準測定法として溶液導電率法が採用されている。この方式はアンモニア等アルカリ性物質の影響は受けるが、他の方式とくらべて最少レンジが 0 ~ 50 ppb と小さく、低濃度域が精度良く測定できること、自動ゼロ点調整機構が備っていて校正頻度が少なくてすむこと、長時間の連続運転にも故障の少ないこと、他の方法（電量法、炎光光度法、紫外線吸収法、パラロザニリン法）は SO₂ 標準ガスを使用し、機器の校正を行う必要があるが、現時点で低濃度の SO₂ 標準ガスを長期間安定に供給することが困難であり、これに変わる方法として導電率法は等価液校正が出来ること等の特徴がある。したがって当調査においても、日本において広く利用されている溶液導電率法 SO₂ 計を用いることとした。溶液導電率法自動連続測定器は日本において 3 社が製造販売しているが、本調査では、日本での使用実績の 1 番多い D 社製測定器を使用した。SO₂ 計の仕様を表 1-3-3 に、その外観を写真 1-3-1 に示す。

この測定器は図 1-3-4 に示すように、一定量の吸収液に、一定量の試料大気を一定時間通気して SO₂ を吸収させ、その導電率の増加に対応した指示記録を行う間欠式自動計測器である。測定結果は各測定周期（通常 1 時間）の通気終了時に最大の値となるので鋸歯状となり、この頂点の位置が SO₂ 濃度の（1 時間）平均値を示す。

吸収液は、 1×10^{-5} N の硫酸を含む 0.006 当量酸化水溶液であり、この吸収液 20 ml に試料大気を 1 l/min の流速で通気するようになっている。1 時間の通気によって大量の大気採取ができるので容易に高い感度を得られ、0 ~ 0.05 ppb という小さな測定レンジが可能となっている。なお、吸収液をあらかじめ硫酸酸性にするのは、一つには SO₂ 吸収による微少な導電率変化を正確に検出するために、あらかじめベースとなる導電率を与えておくこと、二番目には、過酸

化水素の分解を防ぐことである。

溶液導電率法 SO_2 測定器は、毎時初めのゼロ点（初期導電率）が温度と CO_2 の溶解によって影響をうける。したがって初めの吸収液の導電率が多少変化しても測定の障害とならない自動ゼロ点調整機構がこの測定器にとりつけられている。すなわち、この測定器は図 1-3-4 に示すように、測定電極の初めの導電率と SO_2 吸収後の増加した導電率との差を測定する方式であり、温度補償抵抗（サーミスタ）を取りつけ、吸収液の導電率の変化は自動的に補償されている。しかも、大気導入開始後約 1 分の時点において、炭酸ガスを飽和させ反応液の導電率を測定し、これをゼロとする自動ゼロ調整機構が取り付けられ、毎回自動ゼロ調整が行われるので、ゼロ点の安定化と、炭酸ガスの影響の防止がなされている。なお、溶液導電率法に対する干渉成分の影響は日本の環境庁で調べられており、その結果を表 1-3-4 に示す。⁴⁾ これによると、影響度の大きいものとして、 Cl_2 、 HCl 、 HF 、 NH_3 があげられるが、一般環境中では NH_3 を除いてこれらの成分は非常に微量であるので大きな問題とはならない、 NH_3 の影響の除去対策としては、日本では粒状しゅう酸トラップを計測器の試料大気導入口にとりつける方法を採用しているが、しゅう酸は温度が上昇すると（25℃以上）、その一部が昇華して正の誤差を生じるので、本調査には採用しなかった。次に、米国で採用されているパラロザニン法と溶液導電率法の比較⁵⁾ を図 1-3-5 に示す。両方式による測定値は良く一致していることがわかる。

4) 環境庁：自動計測器等の精度に関する研究、(1975)

5) 環境庁：環境大気中の二酸化硫黄測定法に関する研究、(1975)

表 1-3-3 調査に使用した SO₂ 計仕様

名 称	大気中 SO ₂ 測定装置
メーカー	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 μm 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: 有線幅180mm折りたたみ
出力電圧	DC 0 ~ 1V
電源	AC 100V ± 10%, 50Hz 又は 60Hz (要指定)
消費電力	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

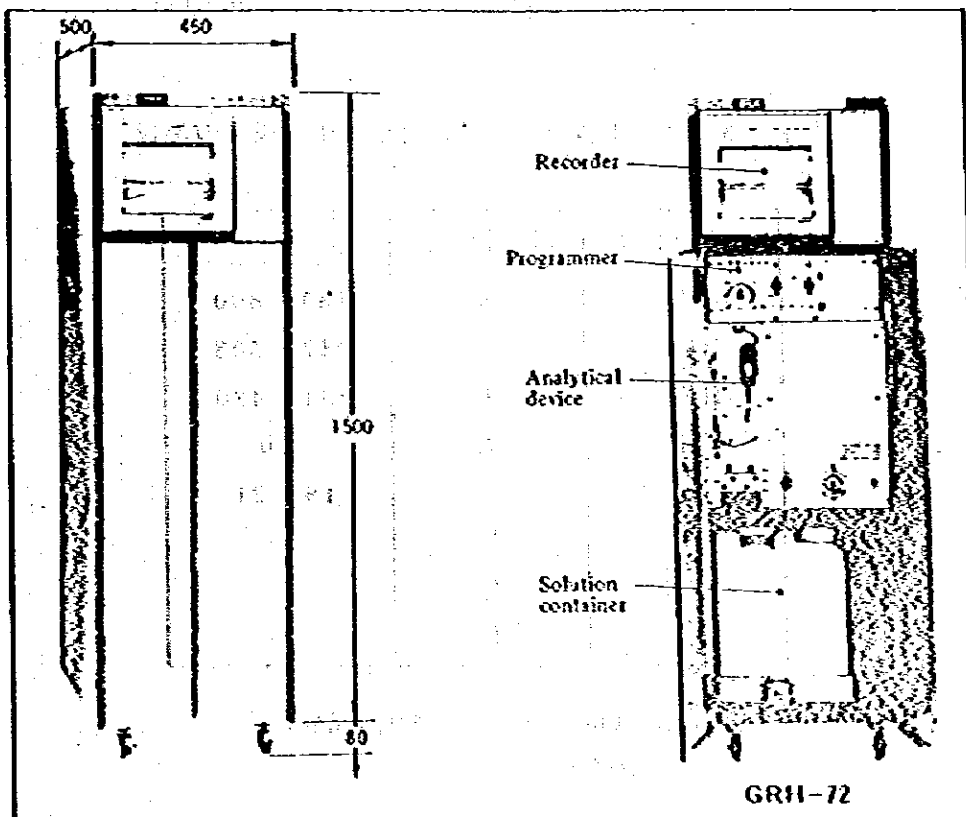


写真 1-3-1 調査に使用した SO₂ 計外観

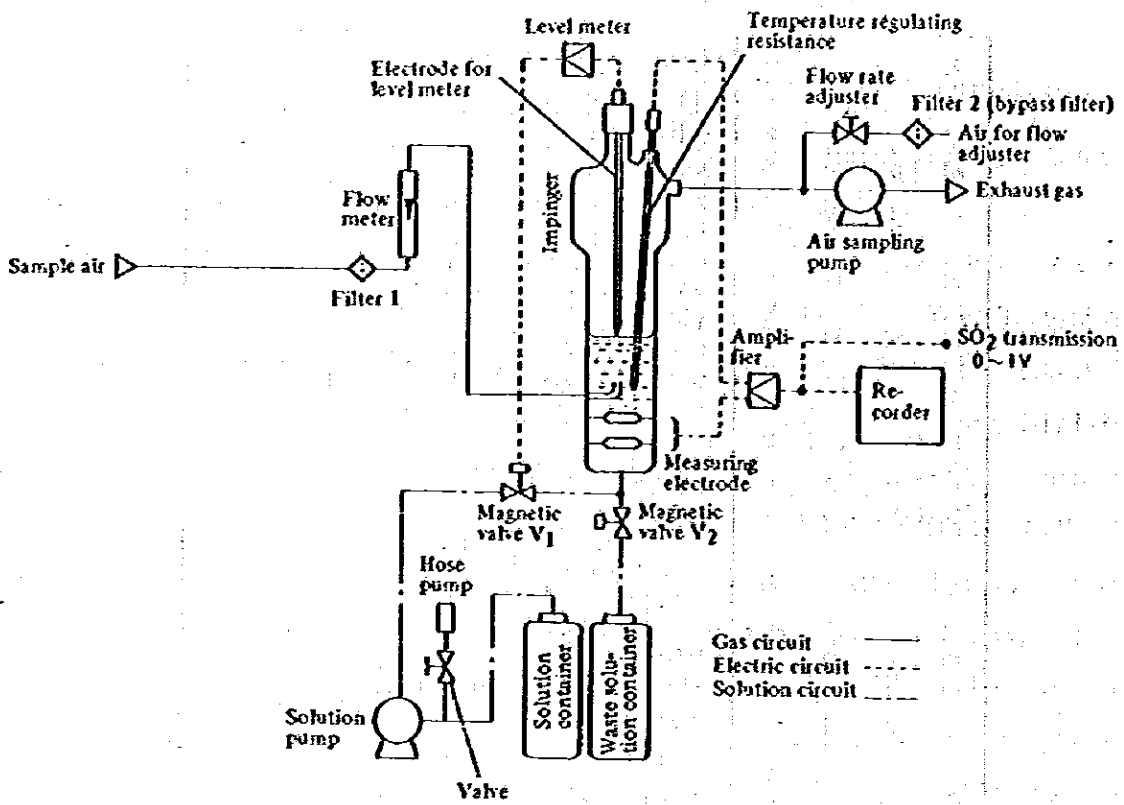


図 3-4 調査に使用した SO₂ 計の測定系統図

表 3-4 溶液導電率法に対する干渉成分の影響

干渉成分	影響度	影響度 [※]
Cl	大	180 ~ 800
HCl	大	287 ~ 508
HF	大	364 ~ 420
NH ₃	大	330
NO ₂	小	19 ~ 21
NO	無	—
H ₂ S	無	—
O ₃	無	—

※ 干渉成分 1ppm 当たりの影響 (SO₂ 換算値)

単位: μsb/ppm

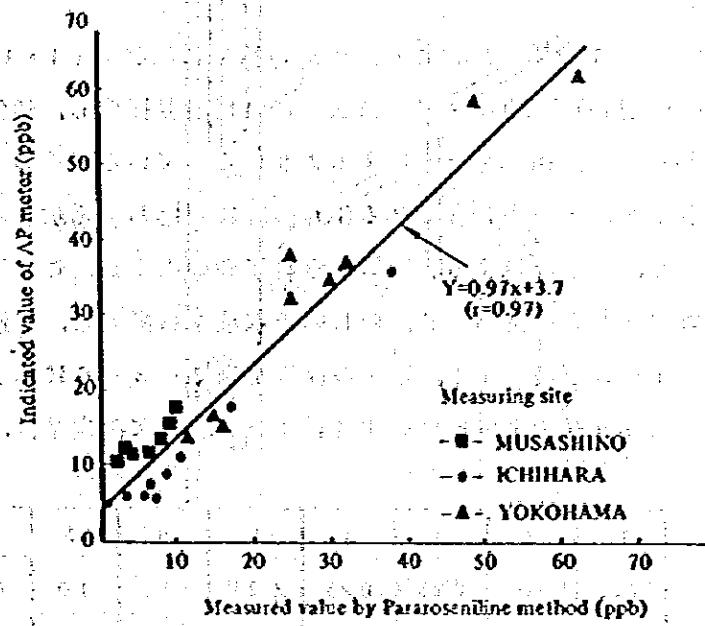


図 1-3-5 パラロザニリン法と溶液導電率法の比較

3-3 測定操作

調査に使用したSO₂計は1時間を周期とし、周期の始めに吸収液(1×10⁻³N硫酸を含む0.006W/V過酸化水素溶液)20mlをガス吸収部に自動計量採取し、通気前の吸収液をゼロ液として自動ゼロ調整を行い、指示をゼロにするようになっている。その後試料大気を1ℓ/minの流量で通気吸収させ、大気中に含まれるSO₂濃度に対応して増加する導電率を濃度換算しながら57.25分測定し、指示記録する。通気測定終了時の指示が、この周期の1時間平均濃度を示す。測定後の吸収液を自動排出させ、新しい吸収液を自動計量、排液することによってガス吸収部を洗浄して1周期が終了する。以上の操作を図1-3-6に示すプログラムに従って各時間ごとに連続的に繰り返すように自動化されている。次に測定準備、測定操作を示す。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
時間(分)	57.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.0	0.25	0.25
操作	通気	排液	計量	通気	排液	計量	通気	自動レンジふっき	ゼロ調整
V ₁			斜線			斜線			
V ₂		斜線			斜線				
試料大気吸引ポンプ	斜線			斜線			斜線	斜線	斜線
送液ポンプ			斜線			斜線			
自動レンジ復帰								斜線	
SO ₂ ゼロ調整									斜線
SO ₂ ホールド		斜線	斜線	斜線	斜線	斜線	斜線	斜線	斜線

図1-3-6 SO₂計プログラムチャート

3-3-1 試料大気導入管の接続

内径6~8mm、長さ5mの四ふっ化エチレン樹脂(テフロン)の末梢を図1-3-7に示すようにSO₂計試料導入口へ接続し、先端にはロートを雨水が入らないように下向きに取りつける。

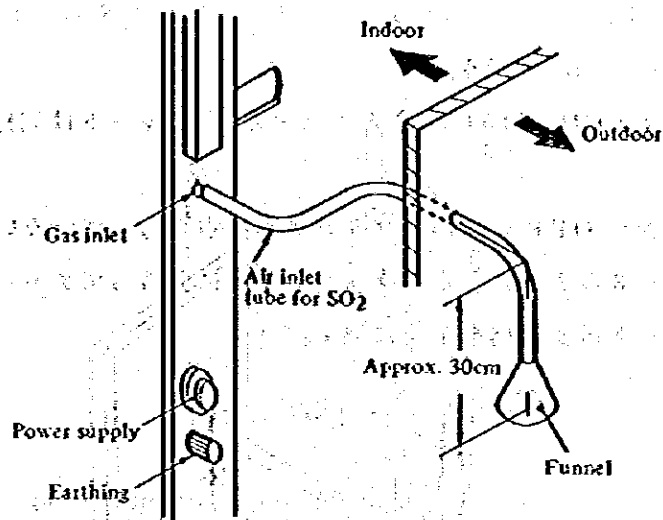


図 1-3-7 大気導入管の取り付け

3-3-2 配 線

電源の電圧、周波数、容量などが装置の仕様と合致していることを確認の上、写真 1-3-2 に示すように装置背面の金属コネクタに電源コードを接続する。（なお、シンガポール国内の電圧は 200V であるので、トランスを用いて 100V に減圧して電源と接続した。）次に、アース線を EARTH 端子に接続し、他端を確実に接地する（当調査においては、雷の影響をさけるためにアレスターを別に用意し、これと SO₂ 計本体を接続し、アレスターを JTC が用意した専用アースと接続した。）



写真 1-3-2 電源及びアースの接続

3-3-3 記録紙の装てん

記録紙の装てんは次の順序で行う。

- ① 専用チャート (CH-5154-5) を用意する。チャートは記録計に入れる前によく振ってほぐす。
- ② 記録計の電源が OFF の状態でプリンタが打点を行っていないことを確認する。
- ③ 写真 1-3-3 のように左右のラッチを手前に引張ってチャート送り機構を手前に引張ってチャート送り機構を手前に倒す。

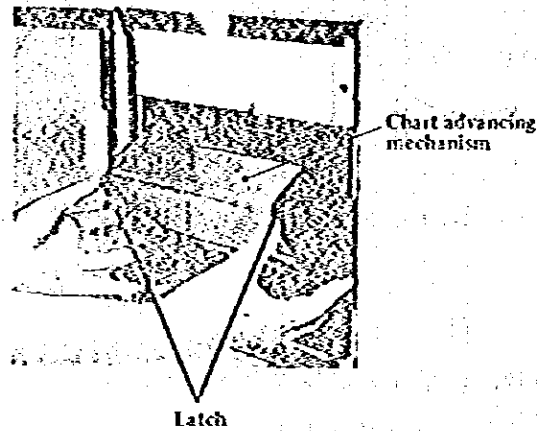


写真 1-3-3 記録紙の装てん

- ④ 図 1-3-8 に示すようにチャートをフィードホルダに入れる。このときチャート先端を 30 cm ほど出しておく。チャート送り機構をラッチが掛るまでもどに戻す。
- ⑤ 引き出してあるチャートをチャートレバーの下をくぐらせ、チャートホルダの上に乗せて置く。

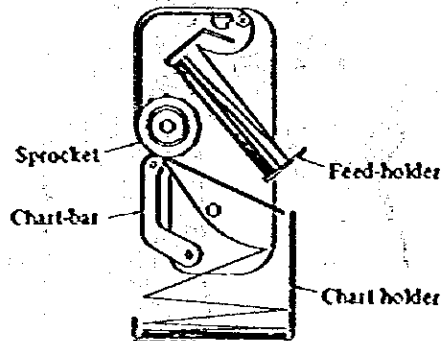


図 1-3-8 記録紙の装てん

- ⑥ インクホイールを図 1-3-9 に示すようにプリンタのインクホイール取付軸へ組み付ける。

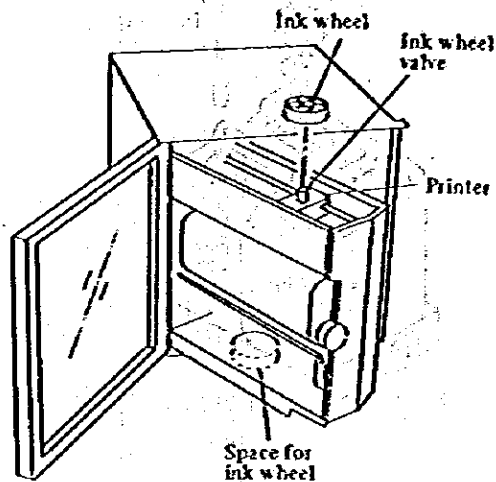


図 1-3-9 インクホイールの装着

3-3-4 フィルタエレメントの装てん

- 写真 1-3-4 に示す分析部内のフィルタケースへフィルタエレメントを図 1-3-10 に示すように取りつける。

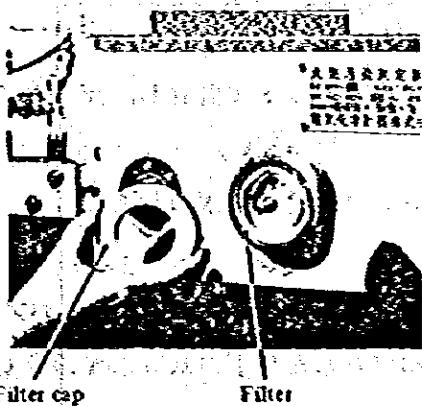


写真 1-3-4 フィルタエレメントの装てん

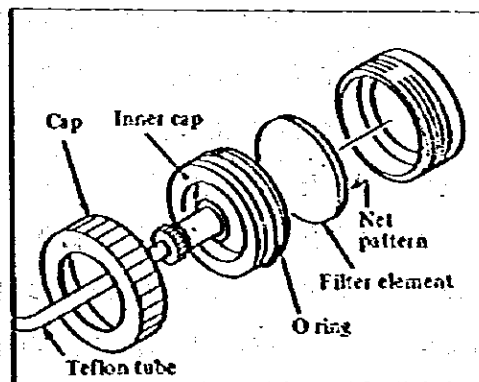


図 1-3-10 フィルタエレメントの装てん

3-3-5 吸収液タンクの取り付け

- 図 1-3-11 に示すストップを手前に倒してタンク台車を引き出し、手前に撈液タンク（空タンク）、奥に吸収液タンクを入れふたをしっかりとめ、台車を押し込む。

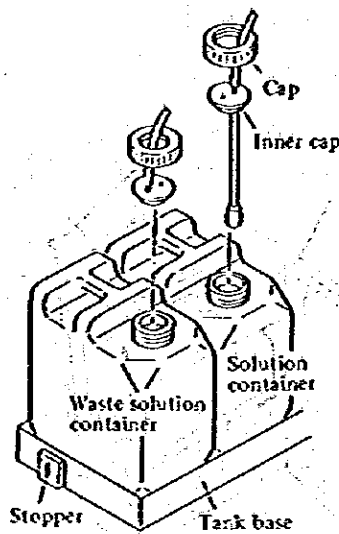


図 1-3-11 吸収液タンクの取り付け

3-3-6 吸収液の調整

吸収液の組成は、 $1 \times 10^{-2} N$ の硫酸を含む0.006W/V%の過酸化水素溶液で次の操作手順で作成する。なおこの吸収液20ℓは約2週間もち、2週間比1度の頻度でJTCが作成した。

- ① ポリエチレンタンクに純水20ℓを計量する。
- ② 30W/V%過酸化水素水（試薬特級）4ℓを正確にピペットで計算し、ポリエチレンタンクの純水に加える。
- ③ 0.1規定硫酸2ℓをピペットで計算しポリエチレンタンクの純水に加える。
- ④ タンクを揺り動かし、よく混合する。

この吸収液の導電率は20℃でおおよそ $4 \mu U/cm$ 前後となる。なお、純水は $1 \mu U/cm$ 以下の抵抗率を有する純水が必要であるが、JTCが当初用意した純水が水道水を蒸留した純水であり、導電率が $100 \sim 300 \mu U/cm$ 程度と高いので、写真1-3-5に示すような日本から用意したイオン交換装置にこの蒸留水を通して $1 \mu U/cm$ 以下の純水を得るようにした。この装置の仕様を表1-3-5に示す。

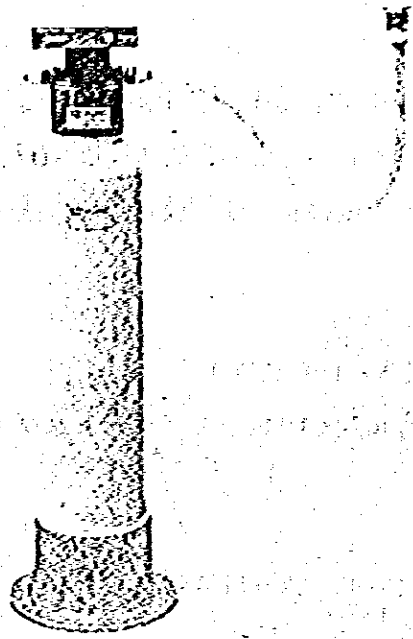


写真 1-3-5 イオン交換型純水製造装置

表 1-3-5 イオン交換型純水装置の仕様

メーカー	オルガノ (株)
型式	G-10型
標準流量 (L/h)	50 ~ 200
採取量 (L)	約 2,000
イオン交換樹脂	アンバーライト MB-2 型樹脂量 10 L
水質計	測定範囲 0 ~ 2 $\mu\text{U}/\text{cm}$, 電源単 3 電池 4 本
外形法 (mm)	165 ϕ × 905 H
運転重量 (kg)	17.5
最高使用圧力 (kg/cm ²)	3.5

3-3-7 測定器の校正

3-3-1~3-3-6までの操作によりSO₂測定が可能であるが、測定の前に測定器の校正が必要である。校正は現在のところ、低濃度のSO₂標準ガスを長期間安定に供給することが困難であるので、ガス濃度に相当する校正用等価液を調整して、測定器の日盛校正を行う。

(II) 等価液の調整

① 等価液調整用原液 (N/100 硫酸)

吸収液調整に使用したN/10硫酸をピペット及びメスフラスコを用いて10倍に希釈して調整する。

② ゼロ調整用等価液

吸収液をそのまま用いゼロ調整用等価液とする。

③ スパン調整用等価液

表Ⅰ-3-6に示すようにSO₂濃度に対応する等価液調整用原液をピペットを用いて採取し、1000mlのメスフラスコに入れ吸収液を加えて1000mlに希釈して調整する。

表Ⅰ-3-6 等価液調整用原液採取量と対応するSO₂濃度

等価液調整用原液採取量	対応するSO ₂ 濃度	測定レンジ
0.5 ml (下記注参照)	0.021 μg	
1.0 ml (")	0.042 μg	
2.0 ml (")	0.084 μg	
4.0 ml	0.168 μg	
10.0 ml	0.420 μg	
20.0 ml	0.839 μg	

注) 精度的には、等価液調整用原液を、さらに吸収液で $\frac{1}{10}$ に希釈して5ml、10ml、20mlを採取する方がよい。

(2) 校正準備

各レンジのスパン調整用等価液、ゼロ調整用等価液をそれぞれ1mlの洗浄ビンに入れて用意する。次に図 1-3-12 に示すように等価液注入口のゴム栓を外し、等価液をレベル計用電極にそわせて静かに液面がレベル計用電極先端にとどくまで入れる。

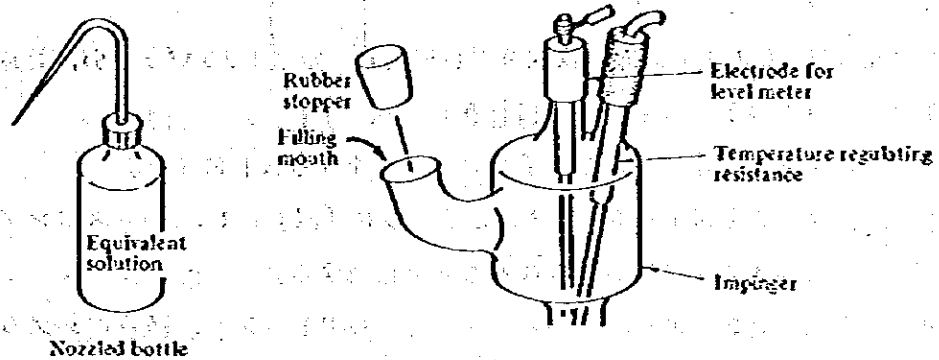


図 1-3-12 等価液の注入

(3) ゼロ調整

ゼロ調整は次の操作にしたがい行う。

- ① SO₂ レンジ選定つまみを最高感度レンジ (0~50ppb) に設定し、ゼロ調整用等価液をガス吸収部に注入し、セレクタを「排液」にし、手動スイッチを「ON」にして排液する。この操作を3~4回繰り返す、内部を十分洗浄する。
- ② ゼロ調整用等価液を注入し、セレクタを「ゼロ点調整」にし、手動スイッチを「ON」にする。約30秒間まって「OFF」にする。
- ③ セレクタを「測定」にして、手動スイッチを「ON」にし、ゼロ調整つまみを回してSO₂ 指示をゼロに合わせる。レンジ選定つまみを回して各レンジの指示がゼロであることを確認し、手動スイッチを「OFF」にする。
- ④ セレクタを「排液」にして、手動スイッチを「ON」にし、排液確認後「OFF」にする。

(4) スパン調整と中間目盛の確認

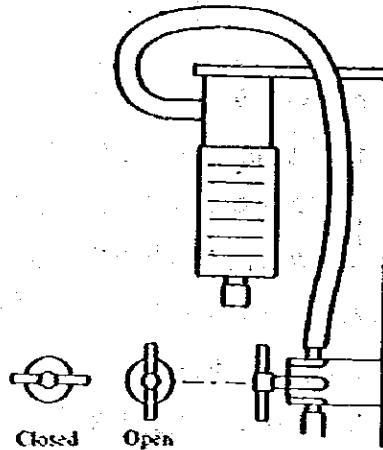
レンジ選定つまみを校正しようとするレンジに合せ、そのレンジのスパン調整用等価液を用いガス吸収部を十分共洗いのする。同等価液をガス吸収部に注入し、そのまま約30秒間まって、セレクタを「測定」にし、手動スイッチを「ON」にする。次に、このレンジ

のスパン調整つまみを動かし、SO₂濃度指示を表Ⅱ-3-5に示すスパン濃度値に合わせ、手動スイッチを「OFF」にする。中間目盛用等価液を用い共洗いのあと、注入、指示確認を行う。この中間目盛確認の際はスパン調整つまみには触れてはならない。以上の操作を高濃度レンジから低濃度レンジまで行う。

3-3-8 呼 び 水

この操作は20ℓタンク内の吸収液が自動的に一定量(20ml)吸引、計量されるための前操作であり以下の手順にしたがって行う。

- ① セレクタを「呼水」にし、手動スイッチを「ON」にする。
- ② 二方コックを図Ⅱ-3-13に示すように「開」にし、ホースポンプを手で操作し、ガス吸引部まで吸収液が送られることを確認する。
- ③ 二方コックを閉にし、手動スイッチを「OFF」にし、送液ポンプの液配管中に気泡がないことを確認する。以上の操作により吸収液が1時間毎に自動的に吸引、計量される。



図Ⅱ-3-13 呼水操作

3-3-9 大気吸引流量の調整

セレクタを「適気」にし、手動スイッチを「ON」にする。次に流量調整弁によって流量計のフロートを図Ⅱ-3-14に示すように1ℓ/分 に合わせる。

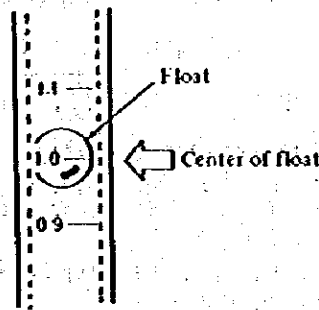


図 1-3-14 流量計の目盛り合わせ

3-3-10 自動測定

セレクタを「自動測定」に、手動スイッチを「OFF」に、また、SO₂測定レンジを「自動」に合わせ、タイマーのつまみを図 1-3-15 に示すように右にまわして現在の時刻に合わせる。また記録計の打点する点が記録紙上の現在の時刻の位置になるようチャート送りノブを回して合せる。以上でSO₂の自動連続測定が図 1-3-6 に示すプログラムにより行われる。

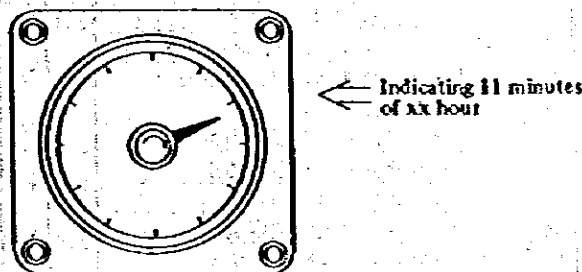


図 1-3-15 タイマーの時刻合せ

3-3-11 保守点検

SO₂測定器を常に正常に動作させ、長期間所定の性能を維持するためには定期的に保守点検を行うことが必要である。表 1-3-7 に測定器の標準的な保守点検項目と頻度を示す。

表 1-3-7 SO₂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器	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								□
3	液 流 路	テ ス ト	ガス漏れテスト					○			
		洗 浄	汚れ、漏れ、折れ、外れの有無		○						
		交 換	継手、管内壁洗浄 各管						△		□
4	流 量 計	点 検	内壁の汚れ、ゴミの有無	○							
		調 整	フロートのひっかき有無	○							
		洗 浄	1.0L/m ³ K調整	○							
		目盛点検	内壁、フロートの洗浄 基準流量計で点検						△		○
5	流量調整弁	点 検	流量調整範囲	○							
6	フィルタ(1)	清 掃	ニードル、内部の汚れ					△			
		交 換	新品と交換	□							
		ケ ー ス	内壁、継手内壁の清掃					△			
7	液 収 取	交 換	新品と交換 調整交換							□	
8	ガ ス 収 取 部	点 検	汚れ、その有無、パプリング状態	○							
9	試料大気吸引ポンプ	洗 浄	内壁、電極の洗浄					△			
		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			○					
10	電 磁 弁	交 換	ダイヤフラム、弁、新品交換					△			
11	送 液 ポ ン プ	点 検	開閉動作の確認					○			
12	ガ ス 収 取 部 流 量	点 検	異常音、異常振動の有無 必要液流量が得られるか		○						
		確 認	流量 20±0.4μl以内					○			
13	等 価 液 目 盛 校 正	調 整	レベル計用電極位置調整					○			
		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	○						
		指 針 調 整	補 給	パッドへのインクの補給	○						
15	タ イ マ	点 検	入力ショートでゼロ調整する							○	
16	電 源、アース	点 検	時刻ずれの有無	○							
17	テ レ メ 結 線	電 気 回 路 の 調 整	ゆるみ、外れ、断線などの有無		○						
18	フ ィ ル タ (2)	バ イ パ ス	調 整	スライド、レンズ、バランス、D/A							○
		フ ィ ル タ	交 換	ガ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。

3-4 測定結果

図1-1-1に示す7つの測定局においてSO₂環境濃度を自動連続測定器を用いて、1981年7月15日～1982年7月14日まで、1年間の連続測定を行った。その間、測定器の保安管理は、日常のチェックについては、JTCが、機器校正については、調査団が3回（設置、撤収時を含めると5回）行った。以下、保守管理結果及び測定結果を示す。

3-4-1 保守点検

(1) 日常の保守点検

表1-3-6に示すSO₂計の標準的な保安管理項目に従い、MP1～MP7のSO₂計をJTCが毎日1回、下記に示す点検を行い、機器の性能を維持するよう努めた。

- ① 試料大気導入管の汚れ、漏れ、折れ、外れの有無
- ② SO₂計内部のガス流路の汚れ、折れ、外れの有無
- ③ 液流路の汚れ、漏れ、折れ、外れの有無
- ④ 流量計内壁の汚れ、ゴミの有無
- ⑤ 流量計のフロートのひっかかりの有無
- ⑥ 大気吸引流量の調整（1L/分）
- ⑦ ガス吸収部の汚れ、バブリング状態
- ⑧ 記録紙送り不良の有無、調整
- ⑨ 記録紙時刻ずれの調整
- ⑩ 記録の濃淡
- ⑪ タイマーの時刻ずれの調整

また、フィルターの交換を3-3-4に示す方法により週1回、吸収液の調整、交換を3-3-6に示す方法により2週間に1回、記録紙の交換を3-3-3に示す方法により月1回JTCが行った。

(2) SO₂計の校正

SO₂測定器を常に正常に動作させ、長期間所定の性能を維持するため、表1-3-8に示すように約3ヶ月に1回の頻度で3-3-7に示す方法により、SO₂測定器の等価液校正を行った。なお、等価液校正時には下記に示すSO₂計の保守点検を表1-3-9に示す様式に従い実施した。

- ① 試料大気導入管の洗浄（実際には新器と交換）
- ② SO₂計の内部ガス流路の経手、管内壁の洗浄（実際には内部管は新器と交換）

- ③ ガス流路のガス漏れテスト
- ④ 液流路の継手、管内壁洗浄（実際には液流路管は新品と交換）
- ⑤ 流量計の内壁、フロートの洗浄
- ⑥ 流量計の日盛点検
- ⑦ 流量調整弁の清掃
- ⑧ フィルタケースの清掃
- ⑨ ガス吸収部の洗浄
- ⑩ 試料大気吸収ポンプの清掃
- ⑪ 電磁弁開閉動作の確認
- ⑫ 送液ポンプ動作の確認
- ⑬ ガス吸収部液量（ $20 \pm 0.4 \text{ ml}$ ）の確認、調整

表Ⅰ-3-8 SO₂計の校正実施日

測定局名	第1回校正 (SO ₂ 計設置時)	第2回校正 (第1回保守点検)	第3回校正 (第2回保守点検)	第4回校正 (第3回保守点検)	第5回校正 (SO ₂ 計撤収時)
MP1	1981年 6月25日	1981年 10月27日	1982年 2月2日	1982年 5月25日	1982年 7月19日
MP2	6月29日	10月26日	2月5日	5月24日	7月16日
MP3	6月26日	10月26日	2月5日	5月24日	7月17日
MP4	7月1日	10月27日	2月3日	5月26日	7月20日
MP5	6月30日	10月27日	2月3日	5月26日	7月20日
MP6	7月2日	10月29日	2月4日	5月27日	7月21日
MP7	7月3日	10月29日	2月4日	5月27日	7月21日

表 II - 3 - 9 SO₂計の保守点検様式

Type. GRH-72

SER. NO. Station: MP-

Maintenance items	Yes	No	Reference section
Sampling tube cleaning	Yes	No	II-3-5 (1)
Sampling paths within analyzer cleaning	Yes	No	II-3-5
Sample leak test	Good	No	II-3-9
Solution path tubes cleaning	Yes	No	II-3-11
Flow meter cleaning	Yes	No	II-3-6 (1)
Flow meter calibration	Yes	No	II-3-6 (2)
Flow control valve cleaning	Yes	No	II-3-7
Filter case cleaning	Yes	No	II-3-5 (2)
Impinger cleaning	Yes	No	II-3-4
Sampling pump cleaning	Yes	No	II-3-3
Solenoid valve inspection	Good	No	
Solution pump inspection	Good	No	II-3-10
Confirmation and adjustment of reagent quantity in impinger	Within 20 ±0.4 ml	Good	II-3-8
Calibration with equivalent solution	Good	No	I-4-3
Remarks :			

Calibration with equivalent solution

Standard (SO ₂ ppm)	Indication (SO ₂ ppm)		
	0.05 Range	0.10 Range	0.20 Range
0.000	0.000	0.000	0.000
0.021			
0.042			
0.084			
0.168			
0.420		before adj.	after adj.

Month/day /

Weather

Surveyor

MP1～MP7に設置したSO₂測定器の等価液校正結果を表Ⅰ-3-10(1)～(8)に示す。ここで表中の前校正とは各測定レンジにおける最大目盛幅の約90%値(例えば測定レンジ500ppbの場合、420ppb)の等価液を導入し、SO₂計の指示濃度を等価液濃度に合わせる校正を意味する。また、後校正とは、前校正実施後、ある期間環境大気を測定した後(ここでは3ヶ月)、前校正時と同じ濃度の等価液を導入した場合、SO₂計指示値が等価液濃度とどのくらい差があるのかを調べる試験を意味する。

表 1-3-10 (I) SO₂ 計の等価液による校正結果 (第 1 回目校正, 前校正)

SO ₂ analyzer	Range (ppm)	Equivalent solution concentration (ppb)					
		0	21	42	84	168	420
MP-1	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	0	-	-	83	168*	###
	0.10	0	-	41	84*	###	###
	0.05	0	19.5	42*	###	###	###
MP-2	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	0	-	-	85	168*	###
	0.10	0	-	41.7	84*	###	###
	0.05	0	20.5	42*	###	###	###
MP-3	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	0	20.0	-	83	166*	###
	0.10	0	20.5	41	83*	###	###
	0.05	0	20.0	42*	###	###	###
MP-4	0.50	0	-	-	-	168	415*
	0.20	0	-	-	82	167*	###
	0.10	0	-	41.5	83*	###	###
	0.05	0	20.5	42.4*	###	###	###
MP-5	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	0	21	42	83	168*	###
	0.10	0	-	41	83*	###	###
	0.05	0	19.7	42*	###	###	###
MP-6	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	0	21	42	87	168*	###
	0.10	0	21	42	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###
MP-7	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	0	-	-	84	166*	###
	0.10	0	-	42	84*	###	###
	0.05	0	20.3	42.5*	###	###	###

* : Span adjustment

表 1-3-10(2) SO₂ 計の等価液による校正結果 (第 2 回目, 後校正)

SO ₂ analyzer	Range (ppm)	Equivalent solution concentration (ppb)					
		0	21	42	84	168	420
MP-1	0.50	0	-	-	-	-	415
	0.20	0	20	41	82	168	###
	0.10	0	-	-	83.7	###	###
	0.05	0	21	42	###	###	###
MP-2	0.50	0	-	-	-	-	409
	0.20	0	-	-	-	164	###
	0.10	0	-	-	80	###	###
	0.05	0	-	40	###	###	###
MP-3	0.50	0	21	42	82	167	420
	0.20	0	-	-	-	166	###
	0.10	0	-	-	83	###	###
	0.05	0	-	41	###	###	###
MP-4	0.50	0	20	42	84	168	420
	0.20	0	20	42	83	168	###
	0.10	0	21	42	84	###	###
	0.05	0	-	42.5	###	###	###
MP-5	0.50	0	21	42	84	168	420
	0.20	0	21	42	83	168	###
	0.10	0	-	-	83.5	###	###
	0.05	0	-	42.3	###	###	###
MP-6	0.50	0	-	-	-	-	438
	0.20	0	-	-	-	176	###
	0.10	0	-	-	87	###	###
	0.05	0	-	44	###	###	###
MP-7	0.50	0	-	-	-	-	415
	0.20	0	-	-	-	167	###
	0.10	0	-	-	83.5	###	###
	0.05	0	-	42.3	###	###	###

表 1-3-10(3) SO₂計の等価液による校正結果(第2回目校正, 前校正)

SO ₂ analyzer	Range (ppm)	Equivalent solution concentration (ppb)					
		0	21	42	84	168	420
MP-1	0.50	0	20	40	83	168	420*
	0.20	0	20	41	82	168*	###
	0.10	0	21	41.5	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###
MP-2	0.50	0	20	40	83	167	420*
	0.20	0	20	41	83	168*	###
	0.10	0	20.5	42	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###
MP-3	0.50	0	21	42	82	167	420*
	0.20	0	21	41	83	168*	###
	0.10	0	21	41.5	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###
MP-4	0.50	0	20	42	84	168	420*
	0.20	0	20	42	83	168*	###
	0.10	0	21	42	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###
MP-5	0.50	0	21	42	84	168	420*
	0.20	0	21	42	83	168*	###
	0.10	0	21	41.5	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###
MP-6	0.50	0	20	42	84	169	420*
	0.20	0	20	42	83	168*	###
	0.10	0	21	42.3	84*	###	###
	0.05	0	21.5	42*	###	###	###
MP-7	0.50	0	22	43	84	167	420*
	0.20	0	21	42	84	168*	###
	0.10	0	20.5	42	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###

* : Span adjustment

表 1-3-10(4) SO₂計の等価液による校正結果(第3回目校正, 後校正)

SO ₂ analyzer	Range (ppm)	Equivalent solution concentration (ppb)					
		0	21	42	84	168	420
MP-1	0.50	0	20	41	82	167	419
	0.20	0	21	41	82	167	###
	0.10	0	21	41.8	83	###	###
	0.05	0	21.2	42	###	###	###
MP-2	0.50	0	22	42	83	168	422
	0.20	0	-	-	-	170	###
	0.10	0	21.4	42.5	84.4	###	###
	0.05	0	-	43.8	###	###	###
MP-3	0.50	0	-	-	-	-	413
	0.20	0	-	-	-	163	###
	0.10	0	-	-	80.5	###	###
	0.05	0	-	40.8	###	###	###
MP-4	0.50	0	21	42	82	167	417
	0.20	0	-	-	-	164	###
	0.10	0	-	-	82	###	###
	0.05	0	21.5	41.3	###	###	###
MP-5	0.50	0	20	43	86	169	418
	0.20	0	21	42	83	168	###
	0.10	0	-	-	82	###	###
	0.05	0	-	41.5	###	###	###
MP-6	0.50	0	21	42	84	170	425
	0.20	0	21	42	83	169	###
	0.10	0	21.4	42.4	84	###	###
	0.05	0	21.3	41.8	###	###	###
MP-7	0.50	0	-	-	-	-	414
	0.20	0	-	-	-	161	###
	0.10	0	-	-	81.5	###	###
	0.05	0	-	41	###	###	###

表 1-3-10(5) SO₂計の等価液による校正結果(第3回目校正, 前校正)

SO ₂ analyzer	Range (ppm)	Equivalent solution concentration (ppb)					
		0	21	42	84	168	420
MP-1	0.50	0	20	41	82	167	419*
	0.20	0	21	41	82	167*	###
	0.10	0	21	41.8	83*	###	###
	0.05	0	21.2	42*	###	###	###
MP-2	0.50	0	22	42	83	168	422*
	0.20	0	21	41.5	83	168*	###
	0.10	0	21.4	42.5	84.4*	###	###
	0.05	0	21.2	42*	###	###	###
MP-3	0.50	0	21	42	82	167	420*
	0.20	0	20.5	41	82.5	168*	###
	0.10	0	21	42	84*	###	###
	0.05	0	20.8*	42*	###	###	###
MP-4	0.50	0	21	42	82	167	417*
	0.20	0	21	42	83	168*	###
	0.10	0	21.5	42.2	84*	###	###
	0.05	0	21.5	41.3*	###	###	###
MP-5	0.50	0	20	43	86	169	418*
	0.20	0	21	42	83	168*	###
	0.10	0	21	42	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###
MP-6	0.50	0	21	42	84	170	425*
	0.20	0	21	42	83	169*	###
	0.10	0	21.4	42.4	84*	###	###
	0.05	0	21.3	41.8*	###	###	###
MP-7	0.50	0	22	42	83	164	420*
	0.20	0	21	42	83	168*	###
	0.10	0	21	42	84*	###	###
	0.05	0	21	42*	###	###	###

* : Span adjustment

表 3-10(6) SO₂計の等価液による校正結果(第4回目校正, 後校正)

SO ₂ analyzer	Range (ppm)	Equivalent solution concentration (ppb)					
		0	21	42	84	168	420
MP-1	0.50	0	-	-	-	-	412
	0.20	0	-	-	-	161	###
	0.10	0	-	-	81	###	###
	0.05	0	-	41	###	###	###
MP-2	0.50	0	21	42	83	167	417
	0.20	0	21	42	84	167	###
	0.10	0	21.2	43	85	###	###
	0.05	0	21.3	42.2	###	###	###
MP-3	0.50	0	20	41	82	167	418
	0.20	0	20.5	41.5	83	169	###
	0.10	0	-	-	83	###	###
	0.05	0	-	42.8	###	###	###
MP-4	0.50	0	21	42	82	167	420
	0.20	0	-	-	-	165	###
	0.10	0	21.7	42.1	84	###	###
	0.05	0	21.3	41.5	###	###	###
MP-5	0.50	0	21	42	83	167	417
	0.20	0	21	42.5	84	167	###
	0.10	0	21.6	43.3	84	###	###
	0.05	0	21.5	41.6	###	###	###
MP-6	0.50	0	-	-	-	-	431
	0.20	0	20	40.5	83	168	###
	0.10	0	20	41	83.5	###	###
	0.05	0	-	41.5	###	###	###
MP-7	0.50	0	-	-	-	-	428
	0.20	0	24	46	87	169	###
	0.10	0	23	44	83.5	###	###
	0.05	0	21.7	41.7	###	###	###

表 1-3-10(7) SO₂計の等価液による校正結果(第4回目校正, 前校正)

SO ₂ analyzer	Range (ppm)	Equivalent solution concentration (ppb)					
		0	21	42	84	168	420
MP-1	0.50	0	19	40	82	165	420*
	0.20	0	20	41	83	168*	###
	0.10	0	20	41.5	84*	###	###
	0.05	0	20.4	42*	###	###	###
MP-2	0.50	0	21	42	83	167	417*
	0.20	0	21	42	84	167*	###
	0.10	0	21.2	43	85*	###	###
	0.05	0	21.3	42.2*	###	###	###
MP-3	0.50	0	20	41	82	167	418*
	0.20	0	20.5	41.5	83	169*	###
	0.10	0	21	42.5	84*	###	###
	0.05	0	20.5	42*	###	###	###
MP-4	0.50	0	21	42	82	167	420*
	0.20	0	21	42.2	83	168*	###
	0.10	0	21.7	42.1	84*	###	###
	0.05	0	21.3	41.5*	###	###	###
MP-5	0.50	0	21	42	83	167	417*
	0.20	0	21	42.5	84	167*	###
	0.10	0	21.6	43.3	84*	###	###
	0.05	0	21.5	41.6*	###	###	###
MP-6	0.50	0	19	39	82	166	420*
	0.20	0	20	40.5	83	168*	###
	0.10	0	20	41	83.5*	###	###
	0.05	0	20.5	42*	###	###	###
MP-7	0.50	0	22	43	89	178	420*
	0.20	0	24	46	87	169*	###
	0.10	0	23	44	83.5*	###	###
	0.05	0	21.7	41.7*	###	###	###

* : Span adjustment

表 I-3-10(8) SO₂ 計の等価液による校正結果 (第 5 回目校正, 後校正)

SO ₂ analyzer	Range (ppm)	Equivalent solution concentration (ppb)					
		0	21	42	84	168	420
MP-1	0.50	0	20	41	81	164	422
	0.20	0	20	41.5	82	168	###
	0.10	0	-	-	83	###	###
	0.05	0	20.7	41.7	###	###	###
MP-2	0.50	0	-	-	-	-	410
	0.20	0	-	-	-	163	###
	0.10	0	-	-	81.2	###	###
	0.05	0	-	41.4	###	###	###
MP-3	0.50	0	21	41	80	163	417
	0.20	0	-	-	-	165	###
	0.10	0	-	-	82	###	###
	0.05	0	20.7	42	###	###	###
MP-4	0.50	0	20	42	82	167	417
	0.20	0	21	42	83.5	168	###
	0.10	0	-	-	82.3	###	###
	0.05	0	-	41.2	###	###	###
MP-5	0.50	0	-	-	-	-	415
	0.20	0	-	-	-	166	###
	0.10	0	21	42.2	83	###	###
	0.05	0	21	42	###	###	###
MP-6	0.50	0	18	39	79	165	420
	0.20	0	20	41	81	168	###
	0.10	0	-	-	81.4	###	###
	0.05	0	-	41	###	###	###
MP-7	0.50	0	-	-	-	-	409
	0.20	0	-	-	-	164	###
	0.10	0	-	-	80	###	###
	0.05	0	-	39.8	###	###	###

次に、等価濃度校正時の等価濃度と SO₂計指示濃度の関係をみるために、等価濃度を x (ppb)、SO₂計指示濃度を y (ppb)としたときの直線回帰式 (y = ax + b)、相関係数(r)、回帰式からの“ずれ” (σ_E)、y = xからの“ずれ”

$$\frac{y = x \text{ からの最大“ずれ”幅 (ppb)}}{\text{フルスケール (ppb)}} \times 100$$

を表 1-3-11 (1) ~ (8) に示す。また直線回帰式を図示したものを資料編に示す。

ここで相関係数 r は、変数 x、y の間の相関関係を式 1-3-1 により数量的に表わしたもので、次の範囲で得られる。

$$-1 \leq r \leq 1$$

この場合、r が 1 あるいは -1 であるときは、相関図上の点がすべて、ある直線上にあることを示し、r が 1 あるいは -1 に近い場合は相関図上の点が、ある直線のまわりに密集していることを示す。逆に r が 0 に近い場合は相関図上の点が各方向に散ばり、なんらかの傾向を示すことが少ないことを示す。なお、r > 0 の場合は正の相関 (x が大きくなれば y も大きくなる) 関係を示し、r < 0 の場合は、この逆で負の相関となる。

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}} \quad \text{式 (1-3-1)}$$

$$\left(\begin{array}{l} S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \\ S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \\ S_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n} \end{array} \right)$$

ここで、

$\sum x$, $\sum y$; サンプル (x), (y) の総和

$\sum x^2$, $\sum y^2$; サンプル (x), (y) の 2 乗和

$\sum xy$; サンプル (x, y) の積和

n ; サンプル数

また、回帰式からのずれ σ_E は、直線回帰式と各変量 (x_i, y_i) のズレの尺度 (ppb) を式 1-3-2 により数量的に示したもので、 σ_E が小さいほど各変量が直線回帰式上に近いことを示す。

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{y_i - (ax_i + b)\}^2}{n-1}} \quad \text{式(1-3-2)}$$

表1-3-11(1) SO₂計の校正時における等価濃度と指示濃度の関係(第1回目校正, 前校正)

SO ₂ 計	レンジ (ppm)	母数 n	回帰式 $y = ax + b$		相関係数 r	回帰からの ずれ σB	y=xからの ずれ (%)
			a	b			
			MP-1	0.50			
	0.20	3	1.000	-0.3	0.999	0.577	0.5
	0.10	3	1.000	-0.3	0.999	0.577	1.0
	0.05	3	1.000	-0.5	0.999	0.866	3.0
MP-2	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	3	1.000	0.3	0.999	0.577	0.5
	0.10	3	1.000	-0.1	0.999	0.173	0.3
	0.05	3	1.000	-0.2	0.999	0.289	1.0
MP-3	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	4	0.990	-0.3	0.999	0.341	1.0
	0.10	4	0.988	-0.2	0.999	0.239	1.0
	0.05	3	1.000	-0.3	0.999	0.577	2.0
MP-4	0.50	3	0.988	0.8	0.999	1.147	1.0
	0.20	3	0.994	-0.5	0.999	0.866	1.0
	0.10	3	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.05	3	1.010	-0.2	0.999	0.404	1.0
MP-5	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.440	0.5
	0.10	3	0.988	-0.2	0.999	0.289	1.0
	0.05	3	1.000	-0.4	0.999	0.751	2.6
MP-6	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	5	1.004	0.4	0.999	1.321	1.5
	0.10	4	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
MP-7	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.20	2	0.988	0.3	0.999	0.577	1.0
	0.10	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.05	3	1.012	-0.3	0.999	0.548	1.4

表 1-3-11(2) SO₂計の校正時における等価濃度と指示濃度の関係(第2回目校正, 後校正)

SO ₂ 計	レンジ (ppm)	母 数 n	回 帰 式 y = ax + b		相 関 係 数 r	回帰からの ずれ σE	y=xからの ずれ (%)
			a	b			
MP-1	0.50	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.20	5	1.001	-0.9	0.999	0.833	1.0
	0.10	2	0.996	0.0	0.999	0.000	0.3
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
MP-2	0.50	2	0.974	0.0	0.999	0.000	2.2
	0.20	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
	0.10	2	0.952	0.0	0.999	0.000	4.0
	0.05	2	0.952	0.0	0.999	0.000	4.0
MP-3	0.50	6	1.000	-0.5	0.999	0.836	0.4
	0.20	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.10	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.05	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
MP-4	0.50	6	1.001	-0.3	0.999	0.387	0.2
	0.20	5	1.001	-0.5	0.999	0.542	0.5
	0.10	4	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.05	2	1.012	0.0	0.999	0.000	1.0
MP-5	0.50	6	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.440	0.5
	0.10	2	0.994	0.0	0.999	0.000	0.5
	0.05	2	1.007	0.0	0.999	0.000	0.6
MP-6	0.50	2	1.043	0.0	0.999	0.000	3.6
	0.20	2	1.048	0.0	0.999	0.000	4.0
	0.10	2	1.036	0.0	0.999	0.000	3.0
	0.05	2	1.048	0.0	0.999	0.000	4.0
MP-7	0.50	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.20	2	0.994	0.0	0.999	0.000	0.5
	0.10	2	0.994	0.0	0.999	0.000	0.5
	0.05	2	1.007	0.0	0.999	0.000	0.6

表1-3-11(3) SO₂計の校正時における等価濃度と指示濃度の関係(第2回目校正, 前校正)

SO ₂ 計 (ppm)	レンジ (ppm)	母数 n	回帰式 $y = ax + b$		相関係数 r	回帰からの ずれ σE	y=xからの ずれ (%)
			a	b			
MP-1	0.50	6	1.002	-1.0	0.999	0.721	0.4
	0.20	5	1.001	-0.9	0.999	0.833	1.0
	0.10	4	0.999	-0.1	0.999	0.249	0.5
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
MP-2	0.50	6	1.002	-1.1	0.999	0.679	0.4
	0.20	5	1.002	-0.8	0.999	0.524	0.5
	0.10	4	1.002	-0.2	0.999	0.239	0.5
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
MP-3	0.50	6	1.000	-0.5	0.999	0.836	0.4
	0.20	5	1.000	-0.4	0.999	0.548	0.5
	0.10	4	0.999	-0.1	0.999	0.249	0.5
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
MP-4	0.50	6	1.001	-0.3	0.999	0.387	0.2
	0.20	5	1.001	-0.5	0.999	0.542	0.5
	0.10	4	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
MP-5	0.50	6	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.440	0.5
	0.10	4	0.999	-0.1	0.999	0.249	0.5
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
MP-6	0.50	6	1.001	-0.1	0.999	0.604	0.2
	0.20	5	1.001	-0.5	0.999	0.542	0.5
	0.10	4	1.000	0.1	0.999	0.149	0.3
	0.05	3	1.000	0.2	0.999	0.289	1.0
MP-7	0.50	6	0.998	0.4	0.999	0.695	0.2
	0.20	5	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.10	4	1.002	-0.2	0.999	0.239	0.5
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0

表 1-3-11(4) SO₂計の校正時における等価濃度と指示濃度の関係(第3回目校正, 後校正)

SO ₂ 計	レンジ (ppm)	母数 n	回帰式 y = ax + b		相関係数 r	回帰からの ずれ σE	y=xからの ずれ (%)
			a	b			
MP-1	0.50	6	0.999	-0.9	0.999	0.623	0.4
	0.20	5	0.993	-0.4	0.999	0.670	1.0
	0.10	4	0.988	0.2	0.999	0.159	1.0
	0.05	3	1.000	0.1	0.999	0.115	0.4
MP-2	0.50	6	1.004	-0.2	0.999	0.781	0.4
	0.20	2	1.012	0.0	0.999	0.0	1.0
	0.10	4	1.004	0.2	0.999	0.171	0.5
	0.05	2	1.043	0.0	0.999	0.000	3.6
MP-3	0.50	2	0.983	0.0	0.999	0.000	1.4
	0.20	2	0.970	0.0	0.999	0.000	2.5
	0.10	2	0.958	0.0	0.999	0.000	3.5
	0.05	2	0.971	0.0	0.999	0.000	2.4
MP-4	0.50	6	0.993	-0.1	0.999	0.635	0.6
	0.20	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
	0.10	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
	0.05	3	0.983	0.3	0.999	0.491	1.4
MP-5	0.50	6	0.995	0.8	0.999	1.255	0.4
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.440	0.5
	0.10	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
	0.05	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
MP-6	0.50	6	1.013	-0.4	0.999	0.378	1.0
	0.20	5	1.005	-0.3	0.999	0.632	0.5
	0.10	4	0.999	0.2	0.999	0.228	0.4
	0.05	3	0.995	0.1	0.999	0.231	0.6
MP-7	0.50	2	0.986	0.0	0.999	0.000	1.2
	0.20	2	0.958	0.0	0.999	0.000	3.5
	0.10	2	0.970	0.0	0.999	0.000	2.5
	0.05	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0

表1-3-11(5) SO₂計の校正時における等価濃度と指示濃度の関係(第3回目校正, 前校正)

SO ₂ 計 (号)	レンジ (ppm)	母数 n	回帰式 y = ax + b		相関係数 r	回帰からの ずれ σE	y=xからの ずれ (%)
			a	b			
MP-1	0.50	6	0.999	-1.0	0.999	0.623	0.4
	0.20	5	0.993	-0.4	0.999	0.689	1.0
	0.10	4	0.988	0.2	0.999	0.159	1.0
	0.05	3	1.000	0.1	0.999	0.115	0.4
MP-2	0.50	6	1.004	-0.2	0.999	0.781	0.4
	0.20	5	0.999	-0.3	0.999	0.445	0.5
	0.10	4	1.004	0.2	0.999	0.171	0.5
	0.05	3	1.000	0.1	0.999	0.115	0.4
MP-3	0.50	6	1.000	-0.5	0.999	0.836	0.4
	0.20	5	1.001	-0.6	0.999	0.651	0.75
	0.10	4	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.05	3	1.000	-0.1	0.999	0.116	0.4
MP-4	0.50	6	0.993	-0.1	0.999	0.635	0.6
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.440	0.5
	0.10	4	0.998	0.2	0.999	0.228	0.5
	0.05	3	0.983	0.3	0.999	0.500	1.4
MP-5	0.50	6	0.995	0.8	0.999	1.255	0.4
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.440	0.5
	0.10	4	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0
MP-6	0.50	6	1.013	-0.4	0.999	0.378	1.0
	0.20	5	1.005	-0.3	0.999	0.633	0.5
	0.10	4	0.999	0.2	0.999	0.228	0.4
	0.05	3	0.995	0.1	0.999	0.231	0.6
MP-7	0.50	6	0.998	-0.4	0.999	1.723	0.8
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.440	0.5
	0.10	4	1.000	0.0	1.000	0.000	0
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0

表 1-3-11(6) SO₂計の校正時における等価濃度と指示濃度の関係(第4回目校正, 後校正)

SO ₂ 計	レンジ (ppm)	母数 n	回帰式 y = ax + b		相関係数 r	回帰からの 「ずれ」 σE	y=xからの 「ずれ」 (%)
			a	b			
MP-1	0.50	2	0.981	0.0	0.999	0.000	1.6
	0.20	2	0.958	0.0	0.999	0.000	3.5
	0.10	2	0.964	0.0	0.999	0.000	3.0
	0.05	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
MP-2	0.50	6	0.993	0.1	0.999	0.245	0.6
	0.20	5	0.994	0.2	0.999	0.209	0.5
	0.10	4	1.013	0.1	0.999	0.257	1.0
	0.05	3	1.005	0.1	0.999	0.115	0.6
MP-3	0.50	6	0.997	-0.8	0.999	0.576	0.4
	0.20	5	1.001	-0.6	0.999	0.621	0.5
	0.10	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.05	2	1.020	0.0	0.999	0.000	1.6
MP-4	0.50	6	1.000	-0.5	0.999	0.836	0.4
	0.20	2	0.982	0.0	0.999	0.000	1.5
	0.10	4	0.997	0.3	0.999	0.322	0.7
	0.05	3	0.988	0.2	0.999	0.318	1.0
MP-5	0.50	6	0.993	0.1	0.999	0.245	0.6
	0.20	5	0.994	0.3	0.999	0.333	0.5
	0.10	4	0.999	0.5	0.999	0.618	1.3
	0.05	3	0.991	0.2	0.999	0.404	1.0
MP-6	0.50	2	1.026	0.0	0.999	0.000	2.2
	0.20	5	1.003	-0.9	0.999	0.641	0.75
	0.10	4	0.997	-0.5	0.999	0.463	1.0
	0.05	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
MP-7	0.50	2	1.019	0.0	0.999	0.000	1.6
	0.20	5	0.998	2.4	0.999	1.636	2.0
	0.10	4	0.988	1.3	0.999	1.248	2.0
	0.05	3	0.993	0.3	0.999	0.491	1.4

表 3-11(7) SO₂計の校正時における等価濃度と指示濃度の関係(第4回目校正, 前校正)

SO ₂ 計	レンジ (ppm)	母 数 n	回 帰 式 y = ax + b		相 関 係 数 r	回帰からの 「ずれ」 σE	y=xからの 「ずれ」 (%)
			a	b			
MP-1	0.50	6	1.003	-1.8	0.999	1.162	0.6
	0.20	5	1.002	-0.8	0.999	0.524	0.5
	0.10	4	1.003	-0.5	0.999	0.463	1.0
	0.05	3	1.000	-0.2	0.999	0.346	1.2
MP-2	0.50	6	0.993	0.1	0.999	0.245	0.6
	0.20	5	0.994	0.2	0.999	0.209	0.5
	0.10	4	1.013	0.1	0.999	0.258	1.0
	0.05	3	1.005	0.1	0.999	0.116	0.6
MP-3	0.50	6	0.997	-0.8	0.999	0.576	0.4
	0.20	5	1.007	-0.6	0.999	0.621	0.5
	0.10	4	1.001	0.10	0.999	0.249	0.5
	0.05	3	1.000	-0.2	0.999	0.289	1.0
MP-4	0.50	6	1.000	-0.5	0.999	0.836	0.4
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.468	0.5
	0.10	4	0.997	0.3	0.999	0.322	0.7
	0.05	3	0.988	0.2	0.999	0.318	1.0
MP-5	0.50	6	0.993	0.1	0.999	0.245	0.6
	0.20	5	0.994	0.3	0.999	0.333	0.5
	0.10	4	0.999	0.5	0.999	0.618	1.3
	0.05	3	0.991	0.2	0.999	0.404	1.0
MP-6	0.50	6	1.004	-1.9	0.999	1.096	0.6
	0.20	5	1.003	-0.9	0.999	0.641	0.75
	0.10	4	0.997	-0.5	0.999	0.463	1.0
	0.05	3	1.000	-0.2	0.999	0.289	1.0
MP-7	0.50	6	1.001	2.8	0.999	3.969	2.0
	0.20	5	0.998	2.4	0.999	1.636	2.0
	0.10	4	0.988	1.3	0.999	1.248	2.0
	0.05	3	0.993	0.3	0.999	0.491	1.4

表 1-3-11(8) SO₂計の校正時における等価濃度と指示濃度の関係(第5回目校正, 後校正)

SO ₂ 計	レンジ (ppm)	母 数 n	回 帰 式 y = ax + b		相 関 係 数 r	回帰からの ずれ σE	y=xからの ずれ (%)
			a	b			
MP-1	0.50	6	1.006	-1.9	0.999	1.937	0.8
	0.20	5	1.001	-0.7	0.999	0.836	1.0
	0.10	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.05	3	0.993	-0.1	0.999	0.087	0.6
MP-2	0.50	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
	0.20	2	0.970	0.0	0.999	0.000	2.5
	0.10	2	0.967	0.0	0.999	0.000	2.8
	0.05	2	0.986	0.0	0.999	0.000	1.2
MP-3	0.50	6	0.993	-1.3	0.999	1.817	1.0
	0.20	2	0.982	0.0	0.999	0.000	1.5
	0.10	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
	0.05	3	1.000	-0.1	0.999	0.173	0.6
MP-4	0.50	6	0.994	-0.4	0.999	0.660	0.6
	0.20	5	0.999	-0.1	0.999	0.220	0.25
	0.10	2	0.980	0.0	0.999	0.000	1.7
	0.05	2	0.981	0.0	0.999	0.000	1.6
MP-5	0.50	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.20	2	0.988	0.0	0.999	0.000	1.0
	0.10	4	0.988	0.2	0.999	0.330	1.0
	0.05	3	1.000	0.0	1.000	0.000	0.0
MP-6	0.50	6	1.005	-2.9	0.999	1.811	1.0
	0.20	5	1.000	-1.0	0.999	1.225	1.5
	0.10	2	0.969	0.0	0.999	0.000	2.6
	0.05	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
MP-7	0.50	2	0.974	0.0	0.999	0.000	2.2
	0.20	2	0.976	0.0	0.999	0.000	2.0
	0.10	2	0.952	0.0	0.999	0.000	4.0
	0.05	2	0.948	0.0	0.999	0.000	4.4

また SO₂計のドリフト量(前校正を実施してから後校正を実施する日までの約3ヶ月間の SO₂計の指示値の変化)を調べるため、420 ppb 等価液(フルスケール 500 ppb の場合)、168 ppb 等価液(フルスケール 200 ppb の場合)、84 ppb 等価液(フルスケール 100 ppb の場合)、42 ppb 等価液(フルスケール 50 ppb の場合)をそれぞれ SO₂計に導入したときの試験前後の指示値の比、 $\left(\frac{\text{後校正時指示値}}{\text{前校正時指示値}}\right)$ 及びドリフト、

$$\left(\frac{\text{後校正時指示値} - \text{前校正時指示値}}{\text{フルスケール}} \times 100\right)$$

を算出した。この結果を表 1-3-12(1)~(3)に示す。

以上の結果より、等価液濃度と SO₂計指示濃度の間には大きな差はなく、しかもドリフトも非常に少ないことがわかる。

表Ⅰ-3-12(Ⅱ) SO₂計のドリフト(第1回目校正時↔第2回目校正時)

SO ₂ 計	レンジ(ppm)	後校正時指示値 前校正時指示値		ドリフト(%)
MP-1	0.50	-	-	-
	0.20	1.000	1.000	0.0
	0.10	0.996	0.996	-0.3
	0.05	1.000	1.000	0.0
MP-2	0.50	-	-	-
	0.20	0.976	0.976	-2.0
	0.10	0.952	0.952	-4.0
	0.05	0.952	0.952	-4.0
MP-3	0.50	-	-	-
	0.20	1.000	1.000	0.0
	0.10	1.000	1.000	0.0
	0.05	0.976	0.976	-2.0
MP-4	0.50	1.012	1.012	1.0
	0.20	1.006	1.006	0.5
	0.10	1.012	1.012	1.0
	0.05	1.002	1.002	0.2
MP-5	0.50	-	-	-
	0.20	1.000	1.000	0.0
	0.10	1.006	1.006	0.5
	0.05	1.007	1.007	0.6
MP-6	0.50	-	-	-
	0.20	1.048	1.048	4.0
	0.10	1.036	1.036	3.0
	0.05	1.048	1.048	4.0
MP-7	0.50	-	-	-
	0.20	1.006	1.006	0.5
	0.10	0.994	0.994	-0.5
	0.05	0.995	0.995	-0.4

表 1-3-12(2) SO₂ 計のドリフト (第2回目校正時 ↔ 第3回目校正時)

SO ₂ 計	レンジ (ppm)	校正時指示値		ドリフト (%)
		後	前	
MP-1	0.50	0.998		-0.2
	0.20	0.994		-0.5
	0.10	0.988		-1.0
	0.05	1.000		0.0
MP-2	0.50	1.005		0.4
	0.20	1.012		1.0
	0.10	1.005		0.4
	0.05	1.043		3.6
MP-3	0.50	0.983		-1.4
	0.20	0.970		-2.5
	0.10	0.958		-3.5
	0.05	0.971		-2.4
MP-4	0.50	0.993		-0.6
	0.20	0.976		-2.0
	0.10	0.976		-2.0
	0.05	0.983		-1.4
MP-5	0.50	0.995		-0.4
	0.20	1.000		0.0
	0.10	0.976		-2.0
	0.05	0.988		-1.0
MP-6	0.50	1.012		1.0
	0.20	1.006		0.5
	0.10	1.000		0.0
	0.05	0.995		-0.4
MP-7	0.50	0.986		-1.2
	0.20	0.958		-3.5
	0.10	0.970		-2.5
	0.05	0.976		-2.0

表 1-3-12(3) SO₂計のドリフト(第3回目校正時 ↔ 第4回目校正時)

SO ₂ 計	レンジ(ppm)	後校正時指示値 前校正時指示値	ドリフト(%)
MP-1	0.50	0.983	-1.4
	0.20	0.964	-3.0
	0.10	0.976	-2.0
	0.05	0.976	-2.0
MP-2	0.50	0.988	-1.0
	0.20	0.994	-0.5
	0.10	1.007	0.6
	0.05	1.005	0.4
MP-3	0.50	0.995	-0.4
	0.20	1.006	0.5
	0.10	0.988	-1.0
	0.05	1.019	1.6
MP-4	0.50	1.007	0.6
	0.20	0.982	-1.5
	0.10	1.000	0.0
	0.05	1.005	0.4
MP-5	0.50	0.998	-0.2
	0.20	0.994	-0.5
	0.10	1.000	0.0
	0.05	0.990	-0.8
MP-6	0.50	1.014	1.2
	0.20	0.994	-0.5
	0.10	0.994	-0.5
	0.05	0.993	-0.6
MP-7	0.50	1.019	1.6
	0.20	1.006	0.5
	0.10	0.994	-0.5
	0.05	0.993	-0.6

表Ⅰ-3-12(4) SO₂計のドリフト(第4回目校正時↔第5回目校正時)

SO ₂ 計	レンジ(ppm)	後校正時指示値 前校正時指示値		ドリフト(%)
		MP-1	0.50	
	0.20	1.000	0.0	
	0.10	0.988	-1.0	
	0.05	0.993	-0.6	
MP-2	0.50	0.983	-1.4	
	0.20	0.976	-2.0	
	0.10	0.955	-3.8	
	0.05	0.981	-1.6	
MP-3	0.50	0.998	-0.2	
	0.20	0.976	-2.0	
	0.10	0.976	-2.0	
	0.05	1.000	0.0	
MP-4	0.50	0.993	-0.6	
	0.20	1.000	0.0	
	0.10	0.980	-1.7	
	0.05	0.993	-0.6	
MP-5	0.50	0.995	-0.4	
	0.20	0.994	-0.5	
	0.10	0.988	-1.0	
	0.05	1.010	0.8	
MP-6	0.50	1.000	0.0	
	0.20	1.000	0.0	
	0.10	0.975	-2.1	
	0.05	0.976	-2.0	
MP-7	0.50	0.974	-2.2	
	0.20	0.970	-2.5	
	0.10	0.958	-3.5	
	0.05	0.954	-3.8	

3-4-2 SO₂環境濃度

(1) SO₂計記録紙の読み取り

SO₂計は測定の精度を上げるため、0～0.05ppm、0～0.1ppm、0～0.2ppm、0～0.5ppm、0～1.0ppmの5レンジを自動的に切替える方式となっている。すなわち、図3-16に示すように、毎時の測定の始めは0～0.05ppmレンジで測定が開始され、指示がスケールオーバーすると、自動的に0.1ppmレンジに変わり、指示がスケールオーバーするたびに次々と、0～0.2ppm、0～0.5ppm、0～1.0ppmレンジまで切り替り、1周期(1時間)の測定が終了すると再び0～0.05ppmレンジにセットされ次の周期の測定が開始される。このようにして測定されたのこ歯状の頂点がその時間のSO₂濃度となる。図3-16に読み取り例を示す。

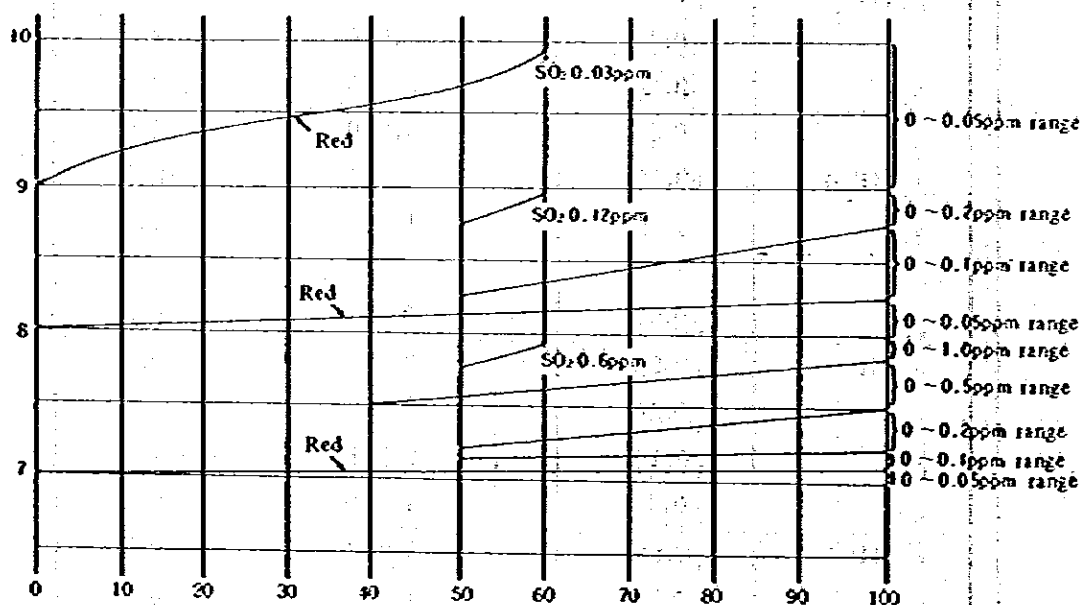


図3-16 SO₂計記録例

(2) 測定結果

MP1～MP7における有効測定時間(校正時、機器のトラブル等の欠測を除いた有効測定時間)は次に示すとおりであり、いずれの測定局も、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。

測定局	有効測定時間	測定率
MP 1	8145	93.0%
MP 2	8329	95.1%
MP 3	8411	96.0%
MP 4	7526	85.9%
MP 5	8137	92.9%
MP 6	8404	95.9%
MP 7	8151	93.0%

各測定局の1時間値のSO₂濃度の生データは表Ⅰ-3-14に示す例のように資料編に示すが、年間、N系モンスーン、S系モンスーン、昼夜別のSO₂平均濃度は表Ⅰ-3-13に示すとおりであり、年平均値でみた場合、MP 3 > MP 4 > MP 5 > MP 2 > MP 1 > MP 7 > MP 6の順に濃度が低くなっている。なお、SO₂環境濃度の日変化パターン、日変化パターン等実測データの解析については第N編で詳述する。

表Ⅰ-3-13 季別SO₂平均濃度

(単位ppb)

測定局	年平均値	S系モンスーン (昼)	S系モンスーン (夜)	N系モンスーン (昼)	N系モンスーン (夜)
MP-1	14.2	17.5	9.4	20.7	11.7
MP-2	14.6	18.0	11.1	18.4	12.1
MP-3	26.2	39.3	18.5	28.4	19.8
MP-4	19.4	34.1	12.8	17.8	12.9
MP-5	17.6	26.9	10.3	23.6	11.8
MP-6	6.7	7.7	6.0	8.7	4.9
MP-7	8.4	11.3	7.6	9.6	5.2

注) 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 1-2-14 測定局におけるSO₂環境濃度(1時間平均値)測定例

DAY	SINGAPORE 1981																								MEAN	MAX	MIN	
	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	24H				
1	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
2	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
3	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
4	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
5	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
6	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
7	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
8	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
9	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
10	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
11	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
12	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
13	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
14	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
15	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
16	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
17	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
18	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
19	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
20	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
21	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
22	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
23	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
24	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
25	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
26	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
27	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
28	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
29	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
30	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
31	7	7	8	7	8	7	10	7	10	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7	10	5
MONTHLY																									10	50	4	

第4章 地上風向風速の測定

大気汚染予測を実施するに当り、調査対象地域全体の気流の性状を知ること、煙の流れる方向を把握するうえでぜひとも必要である。また、風の記録は、地域内の風系を知るばかりでなく、環境濃度との関連を調べるためにも必要となる。そこで、本調査においては、SO₂環境濃度測定地点(MP1~MP7)と同じ地点において、地上風向風速の通年観測を行った。測定は自動連続測定器により、また測定器の点検は1日1回、測定器の保守管理は約3ヶ月に1回行った。

4-1 風向風速測定法

風向風速を測定する測定器は、風向風速の測定が気象要素の基本的量であるため長い歴史があり、現在では次に示す3つのタイプの測定器が使われている。

- ① カップ型風速計と矢羽根型風向計を組み合わせたもの
- ② プロペラ型風向風速計
- ③ 超音波風向風速計

このうち公害計測用に主に用いられているものは②のタイプを微風まで測定できるように風車や尾翼を改良した微風向風速計である。これは、風車型風向風速計と呼ばれるもので、風速を風に正対する風車(プロペラ)に直結した直流発電機の出力で測定し、風向は測定器自身が矢羽根となっており、これにより風向を検出するようになっている。また、比較的最近開発された風向風速計に超音波風向風速計がある。これは、超音波の大気中での伝播速度が、風上方向と風下方向とで異なる性質を利用したもので、可動部分がないため、事実上風速0 m/s から測定できるうえ、応答速度が早いので、風の息—大気乱流を計測するのに適している。なお、①のタイプの風向風速計は現在あまり使われていない。

4-2 本調査に使用した風向風速計

本調査に使用した風向風速計は、日本の大気汚染常時測定局において広く使用されている風車型微風向風速計である。この形式の微風向風速計は、日本において3社が製造販売しているが、本調査では日本での使用実績の一番多いK社製測定器を使用した。使用した風向風速計の仕様を表4-1に、その外観を写真4-1(1)~(3)に示す。

この測定器は、写真4-1に示すように、発信器(センサー)、平均装置及び記録器で構成されている。風速はプロペラ軸に取り付けられた発電機により、風速に比例する電圧を誘起させ、図4-1に示すように、プロペラの回転数から風速を計測するようになっている。ま

た、風向は、風向に追従して回転する矢羽根とその軸に直結されたワイバの回転角(0~360°)が一定のスパンをもつ電圧に変換されるポテンショメータの組合せにより測定できるようになっている。この場合、ポテンショメータが単連(0~360°)だと、風向がスパンの端で変動すると、スパン一杯にデータが移動して風向の読取は不可能となるので、二連のポテンショメータ(0~540°)を使用し、540°方式(NESWNES)としてデータがスパンの端に行くと自動的にシフトし、中央付近の同方位に移動するようになっている。

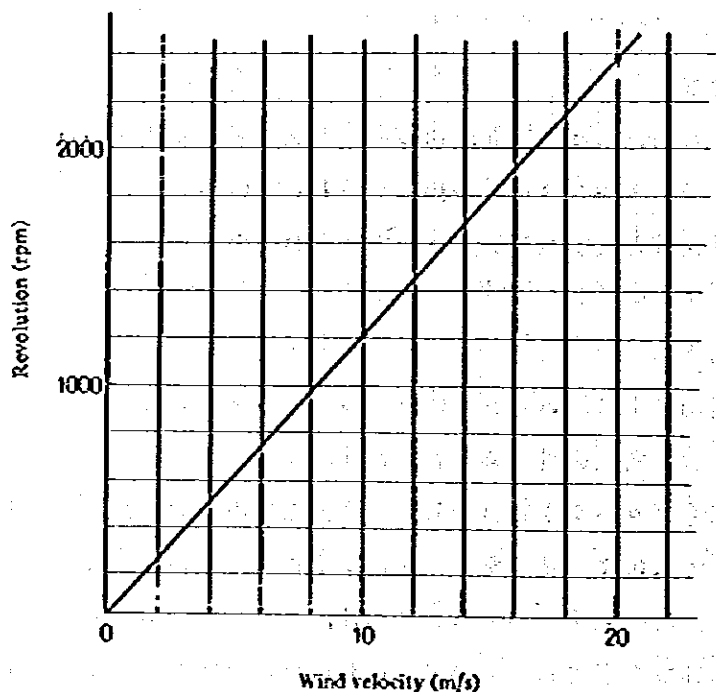


図 1-4-1 プロペラ特性(風速-プロペラ回転数)

風向風速の記録は図 1-4-2 に示すように、平均装置のスイッチを切替えることにより記録器に瞬間値又は平均値（10 分間移動平均値）を記録することができるようになっている。瞬間値の記録の解析は手間がかかるので通常は平均の記録をとるのが一般的である。

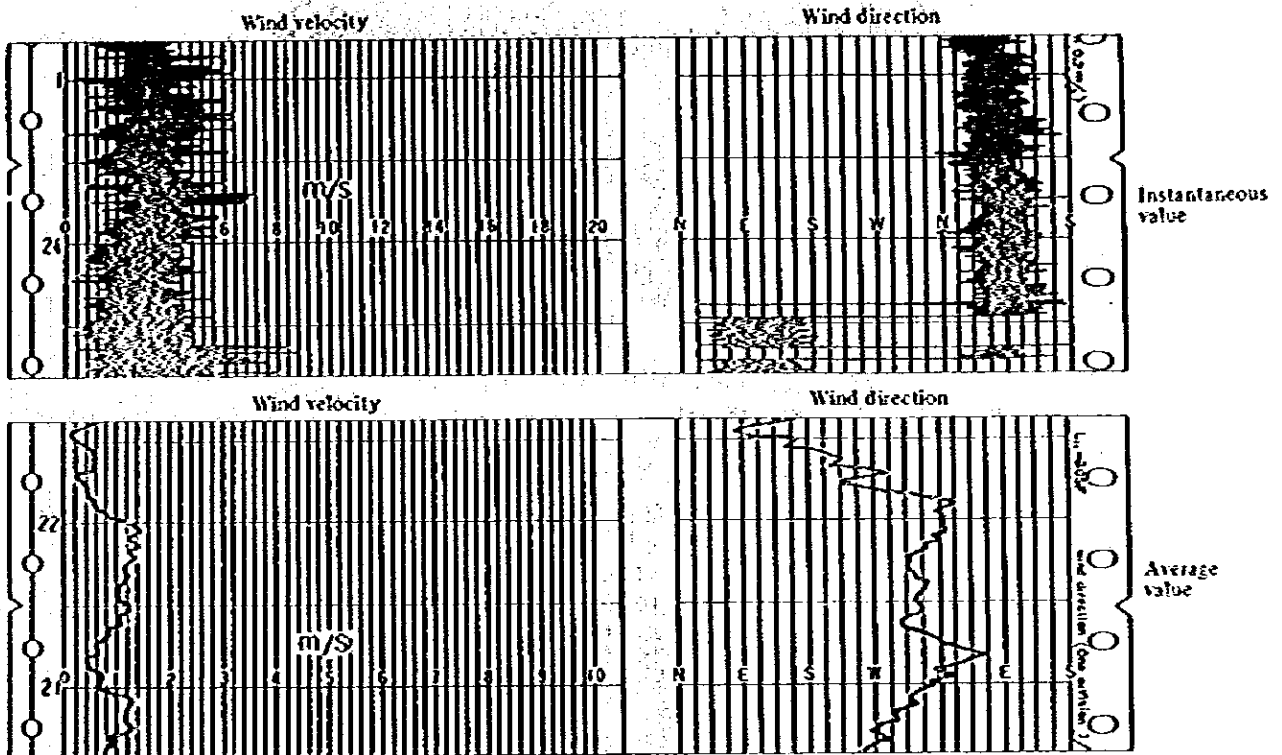


図 1-4-2 風向風速記録例

表 1-4-1 調査に使用した微風向風速計仕様

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 0.4 m/s の風速の時誤差 ± 3° 以内
風速 0.4 ~ 2 m/s ± 0.3 m/s 以内
2 ~ 20 m/s ± 3% 以内
- 耐風速 : 60 m/s (風筒内)
- 遠隔用電線 : 発信器 ~ 記録器又は平均装置 0.75 mm × 8芯 1,000 m迄
- 重量 : 約 5 kg

微風向風速計記録器 (平均装置取付可能)

- 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 ~ 20 m/s
- 記録紙送り速度 : 30 mm/H
- 記録紙 : 有効巾 180 mm (風速 100 mm, 風向 70 mm)
長さ 23 m (30 mm/H送りで1ヶ月)
- 電源 : AC 100V ± 10% 50Hz, 60Hz 共用
- 重量 : 約 28 kg
- 外形型式 : 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
- 出力信号 : 平均風向 0 ~ 540° 0 ~ 1V インピーダンス 100 Ω
(テレメーター用) 平均風速 0 ~ 10 m/s 0 ~ 1V インピーダンス 100 Ω
- 平均方式 : 電気の積分方式による10分間連続平均
- 電源 : AC 100V ± 10% 50Hz, 60Hz 共用
- 重量 : 約 20 kg
- 外形型式 : 埋込卓上兼用型

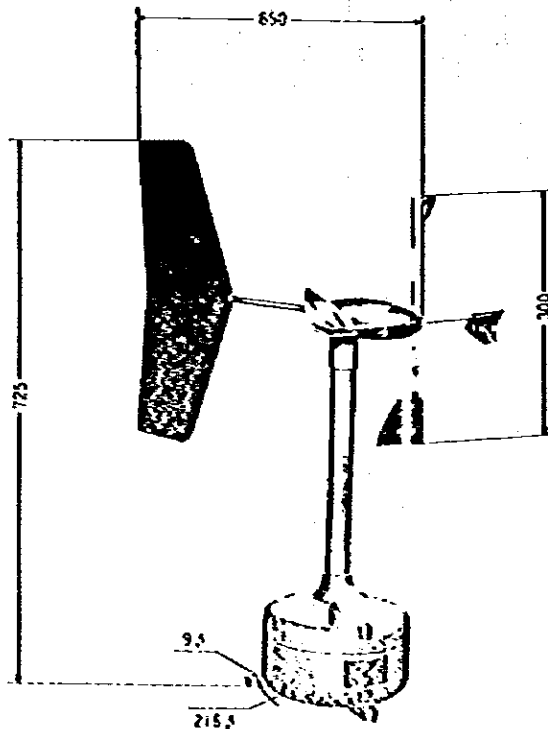


写真 1-4-1 (1) 風向風速計外觀 (発信器)

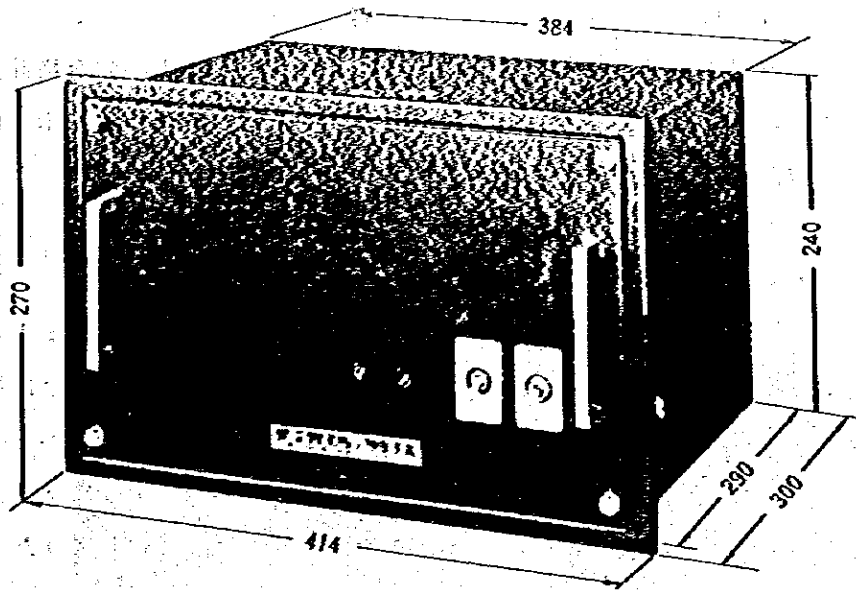


写真 1-4-1(2) 風向風速計外觀(平均装置)

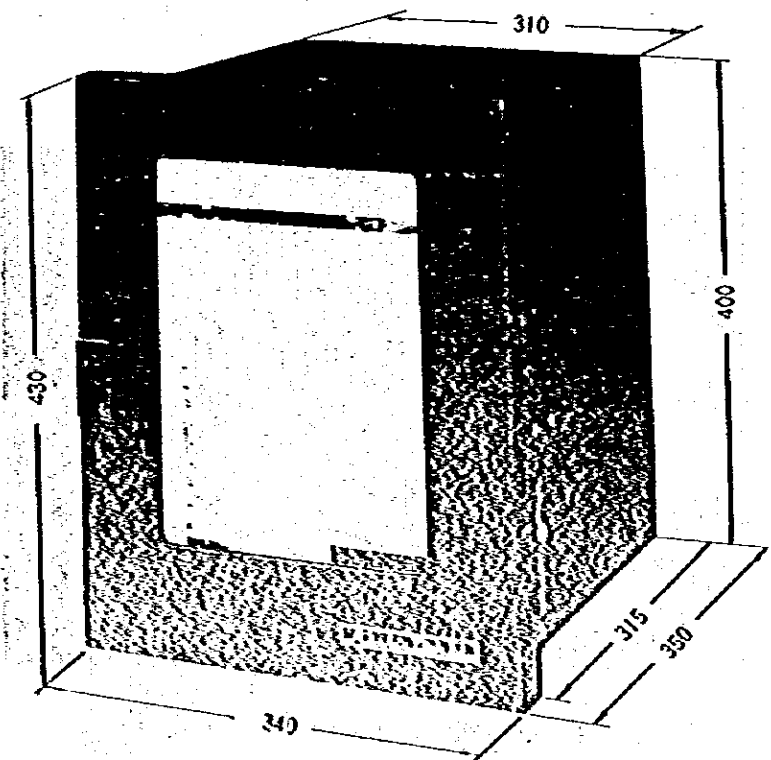


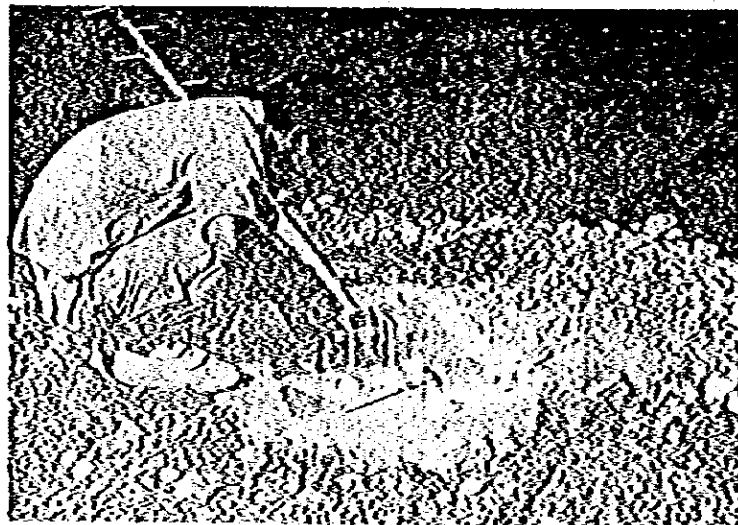
写真 1-4-1(3) 風向風速計外觀(記録器)

4-3 測定操作

調査に使用した風向風速計は、日本の気象庁において検査した検定合格品であり、5年間の有効期間がある。したがって、設置を正しく行えば、通常の使用では途中で校正の必要は生じない。以下測定準備、測定操作を示す。

4-3-1 ポールの設置

風向風速を正しく測定するためには、まず何より、周囲に風を乱すような障害物がないことが必要である。このため通常10 m程度のポールを設置し、その頂部に風向風速計のセンサーを取り付ける。したがってポールの設置場所も付近の樹木や建物から十分離れた所に設置するように注意する。設置に当っては写真Ⅰ-4-2に示すようにコンクリート基礎をつくり、その上にポールを取りつける。コンクリート基礎の上に取り付けたポールは、写真Ⅰ-4-3に示すようにポール取り付けステーを用いてポールを立て、ステーをステー用コンクリート基礎にしっかり固定する。次に、写真Ⅰ-4-4に示すように上下6本のステーの長さを調節してポールを正しく鉛直に立つよう固定する。



写真Ⅰ-4-2 風向風速計ポール取り付け基礎



写真 1-4-3 風向風速計ポールを設置

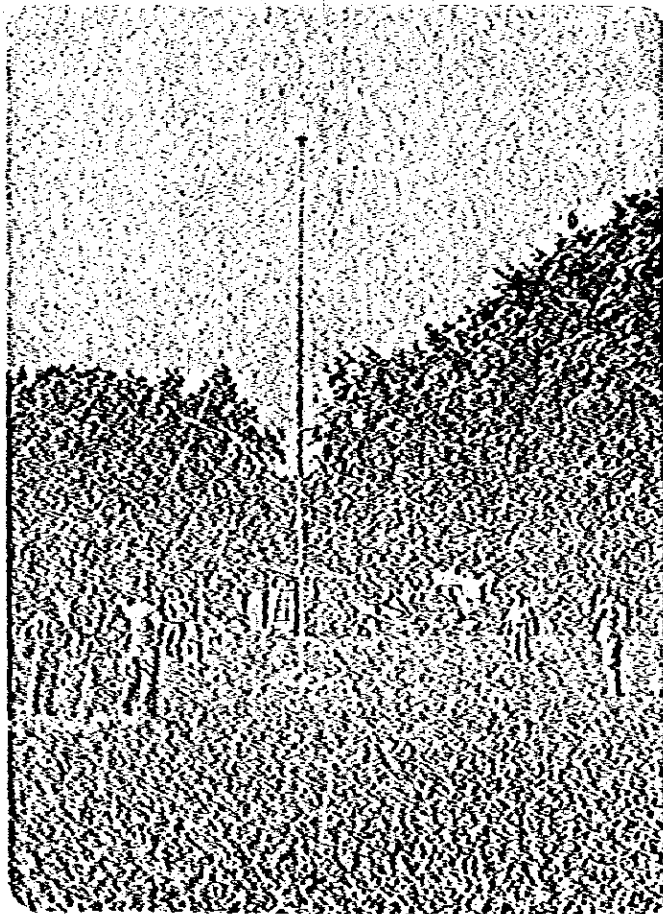
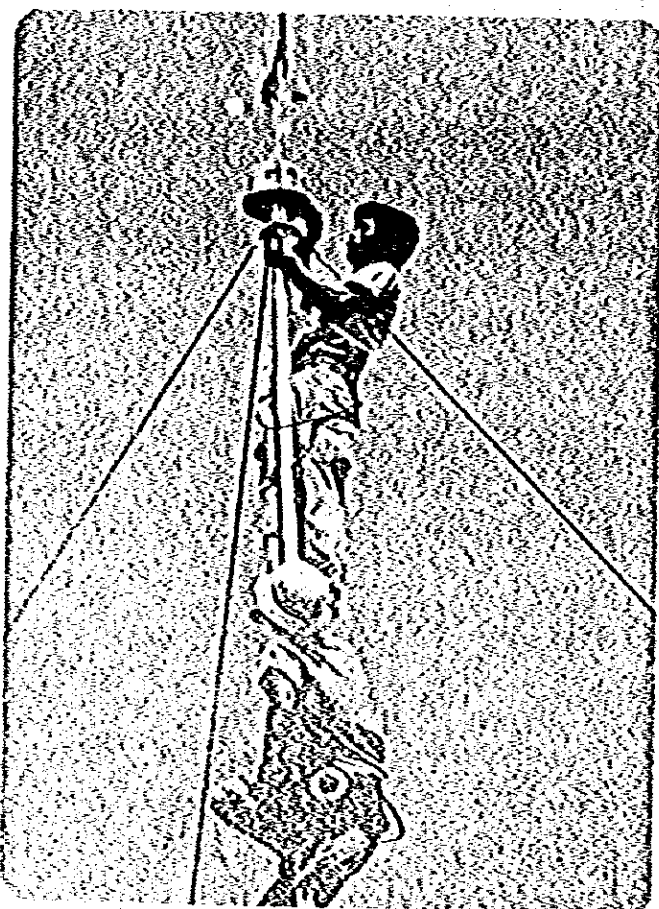


写真 1-4-4 風向風速計ポールの固定

4-3-2 風向風速計センサーの取り付け

風向風速計センサーの取り付けは写真Ⅱ-4-5に示すように、ポール上の台座の上にセンサーを乗せ、磁石を用いて真北の方向にセンサーのN印、南の方向に同じくS印を一致させ、水準器により水平であることを確認して、3本のボルトにより堅固に取り付ける。なお、シンガポールにおいては、真北と磁北の差は10分でありほとんど差はない。



写真Ⅱ-4-5 風向風速計センサーの取り付け

4-3-3 結 線

センサーと記録部の結線は専用ケーブルを用いて、センサー—アンプ—平均装置—記録計の順に配線する。(写真Ⅱ-4-6)なお、ケーブルは、写真Ⅱ-4-7に示すように、専用止め具を用いてポールに強固に固定し、地上のケーブルは写真Ⅱ-4-8に示すように歩行の障害にならないよう地中に埋める。

写真 1-4-6

ケーブルと記録部の結線

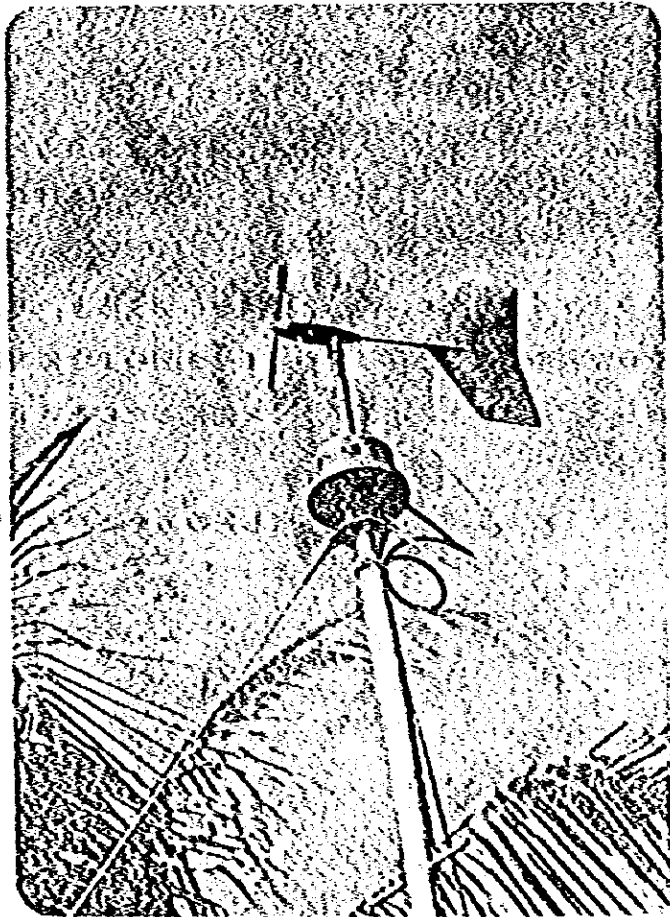


写真 1-4-7

ケーブルの固定



写真Ⅰ-4-8 ケーブルの埋設

4-3-4 記録紙の装てん

記録紙の装てんは次の順序で行う。

- ① 専用チャートを用意する。チャートは記録計に入れる前によく振ってほぐす。
- ② スプロケットの下にある表面板を手前に引いて倒し、記録紙を手前が裏となる方向にストック受けに入れる。このとき、記録ペンは自動的にスプロケットから持ちあげられる。
- ③ 記録紙のはじめの部分を、差し込みやすくするため、両端を三角形に切り取り、写真Ⅰ-4-9(1)のようにスプロケットの下側から差し込み写真Ⅰ-4-9(2)のように右端のスプロケットのツマミを回しながら、記録紙を上面に導き、ペン先にあたらぬようにして手前に引き出す。
- ④ 表面板を記録紙の内側に閉じて、ツマミにより、さらに引き出し先の方を2~3回たんで記録紙受けに入れる。

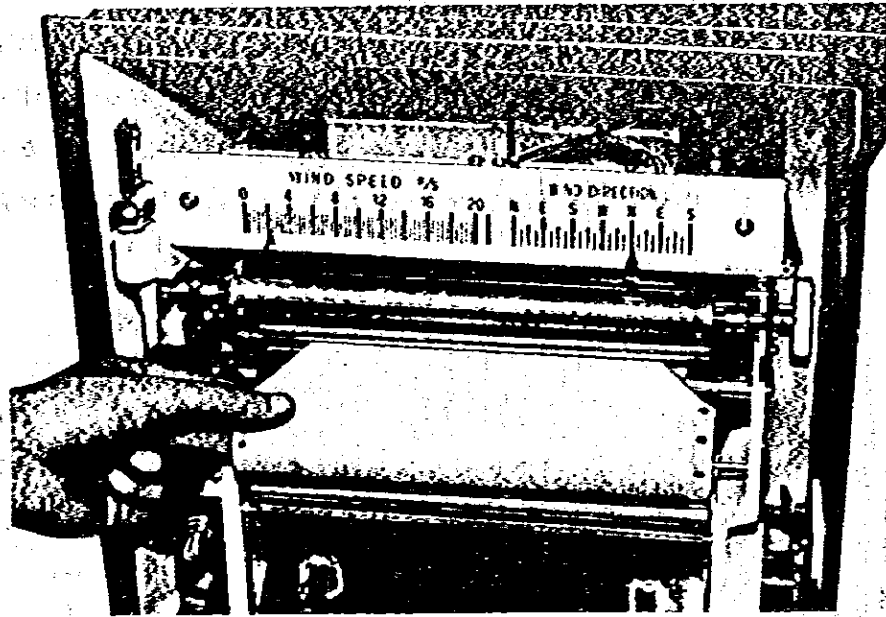


写真 1-4-9(1) 記録紙の装てん

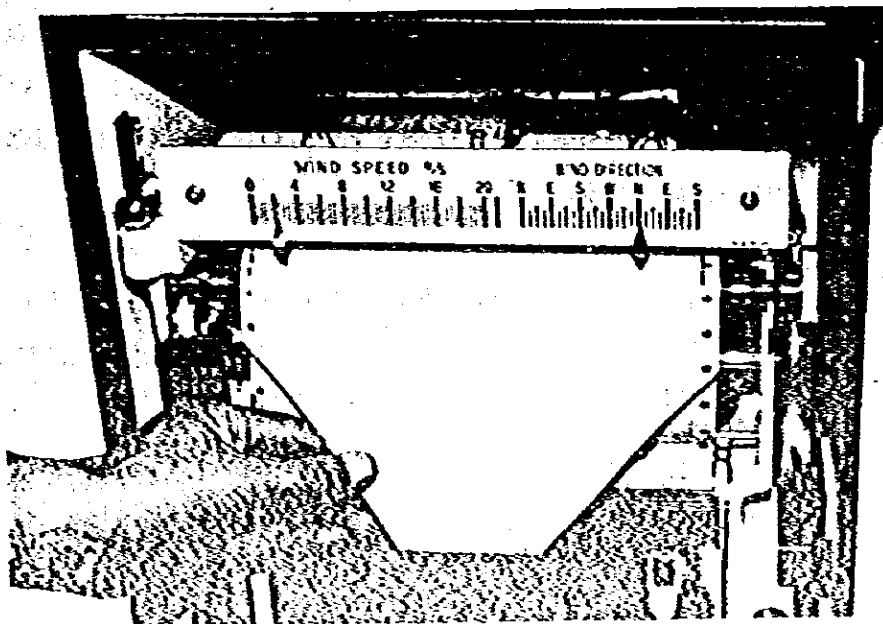


写真 1-4-9(2) 記録紙の装てん

4-3-5 インクの注入

インクタンクにインクを50～60%程度入れる。この場合インクを入れすぎると、記録紙にインクが不必要に多く流れ、読み取りが不可能になることがあるので注意を要する。使用中にインクの水分が蒸発し濃くなると、ペンがつまり、記録が出来なくなることがある。このような時は、インクを蒸留水又はアルコールでうすめると同時に、ペン先を付属の細いワイヤーで掃除する。

4-3-6 測定器の校正

風向風速計の校正は、日本の気象庁において風筒を用いて校正してあり(5年間の有効期間がある)、通常現地においては校正を実行しない。ただし、センサーのNの位置に対して、記録計のNの位置がずれていたり、風速記録部のゼロ位置がずれている場合があるので、以下に示すように、現地において風向風速計の調整を行う。

(1) 風向系統

センサーのNの位置に対して記録計のN位置がずれている場合には、平均装置を瞬間値の位置にし電源を入れた状態で、写真Ⅱ-4-10に示す記録計の内部裏面の風向用セルソンを取り付けている3個の金具をゆるめセルソンを回転して調整する。

(2) 風速系統

風速記録部のゼロ位置がずれている場合は平均装置を瞬間値の位置にして写真Ⅱ-4-10に示す記録計の内部裏面の風速平衡用ポテンショメータ取付金具をゆるめ、ポテンショメータを回して調整する。

以上の操作を終了後、平均装置のスイッチを平均値の位置にもどし、少なくとも10分以上測定し、指示値の確認を行う。

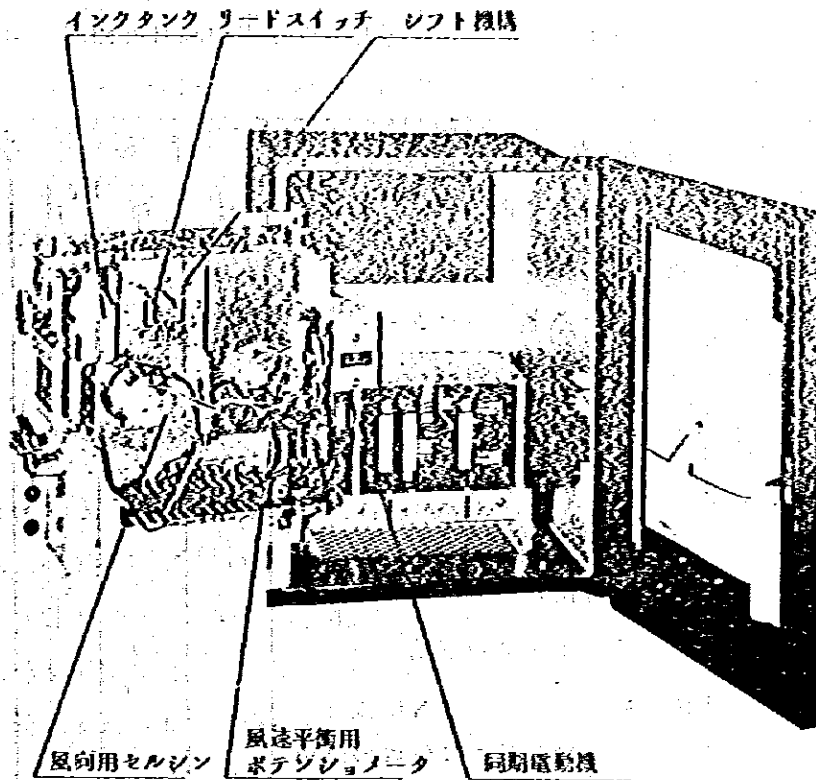


写真 1-4-10 風向風速計の風向及び風速調整用金具位置

4-3-7 自動測定

平均装置の「瞬間値-平均値」のセレクタを平均値の位置に合わせ、記録ペンを現在の位置になるようチャート位置を合わせる。以上で風向風速の自動連続測定が開始される。

4-3-8 保守点検

風向風速計を常に正常に動作させ長期間所定の性能を維持させるため表 1-4-2 に示す保守点検を定期的に行う。

表 1-4-2 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	日	3日
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	○			

4-4 測定結果

図1-1-1に示す7つの測定局において、地上風向風速を1981年7月15日～1982年7月14日まで1年間自動連続観測を行った。その間、風向風速計の保守管理を、日常のチェックについては、JTCが、校正については調査団が3回（設置、撤収時を含めると5回）行った。以下、保守管理及び測定結果を示す。

4-4-1 保守管理

(1) 日常の保守点検

表1-4-2に示す風向風速計の保守管理項目に従い、MP1～MP7の風向風速計をJTCが毎日1回、下記に示す点検を行い機器の性能を維持するよう努めた。

- ① 風向風速計ボールの鉛直塔立の確認
- ② 風向風速計センサーの回転の状況
- ③ 記録紙送り不良の有無、調整
- ④ 記録紙時刻ずれの有無、調整
- ⑤ 記録の濃淡、インクの補給
- ⑥ 電源コード及び結線のゆるみ、外れの有無、調整

また、記録紙の交換を4-3-4に示す方法により月1回JTCが行った。

(2) 風向風速計の校正

風向風速計を常に正常に動作させ、長期間所定の性能を維持させるため、表1-3-7に示すように約3ヶ月に1回の頻度で4-3-6に示す方法により、風向風速計の調整を行った。なお、調整時には、表1-4-3に示す様式に従い、上記風向風速計の点検も合わせて行った。

表 I-4-3 風向風速の保守点検様式

PROPELLER TYPE WIND VANE MAINTENANCE REPORT (Every 3 months)

Station: MP-

Maintenance Items	Result
Wind vane operating condition	Good No
Chart printing	Good No
Chart slip	Good No
Ink balance	3/4, 1/2, 1/4
Pole condition	Good No
Indicated voltage of A.V.R.	V
Remarks:	

Check of the wind direction	
Sensor	Recorder
N	
S	
Check of the wind velocity	
Sensor	Recorder
0 m/s	m/s
Remarks:	

Month/day /

Time

Weather

Surveyor

MP 1 ~ MP 7 に設置した風向風速計の校正 (N, S の確認, 風速ゼロの確認) 結果は表 I-4-4 に示すとおりであり, 風向風速計のセンサーの N, S の位置と記録計の N, S の位置は, いずれの測定局においても一致しており, また, 風速 0 m/s の記録も正常であった。

表 1-4-4 風向風速計校正結果

校正回数	センサー指示	記録計指示						
		MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7
第一回校正 (設置時)	N	N	N	N	N	N	N	N
	S	S	S	S	S	S	S	S
	風速 0 m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s
第二回校正 (第一回保守点検)	N	N	N	N	N	N	N	N
	S	S	S	S	S	S	S	S
	風速 0 m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s
第三回校正 (第二回保守点検)	N	N	N	N	N	N	N	N
	S	S	S	S	S	S	S	S
	風速 0 m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s
第四回校正 (第三回保守点検)	N	N	N	N	N	N	N	N
	S	S	S	S	S	S	S	S
	風速 0 m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s
第五回校正 (撤収時)	N	N	N	N	N	N	N	N
	S	S	S	S	S	S	S	S
	風速 0 m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s	0m/s

4-4-2 風向風速

(1) 風向風速計記録紙の読み取り

風向風速の記録の読み取りは、気象観測所などの日報では、正時の10分前から正時までの平均風向風速を読み取ることになっているが、大気汚染濃度が1時間の累積濃度とし

て測定されているので、それに対応して、1時間の平均の風向風速を読み取る必要がある。したがって、風向風速の読み取りは次のように行った。

本調査における風向風速の記録は平均装置を通して、図1-4-2に示すように10分間の移動平均値として記録されている。したがって、瞬間値の1時間平均値を読み取るように、数多くの点を読み取り平均化する必要はなく、数点の値を読み取り平均化すればよい。ここでは $\Delta t = 10$ 分の間隔で1時間で6個の風向風速値を読み取った。ただし、平均化に当っては、ただ単に6個の読み取り値を単純平均すると、正しい1時間平均風向風速が得られないので(1時間の間に風向が大きく変わった場合、例えば、N系が30分、S系が30分吹いたとすると、これを単純平均すると、W又はEの風向の風となる)、次に示すように風向風速をベクトル平均して1時間平均風向風速とした。

$\Delta t = 10$ 分で読み取った風向風速を式(1-4-1)に示すように、N-S成分、E-W成分に分け、

$$\left. \begin{array}{l} \text{N-S成分} \quad V_{Ni} = V_i \times \cos \theta_i \\ \text{E-W成分} \quad V_{Ei} = V_i \times \sin \theta_i \end{array} \right\} \text{式(1-4-1)}$$

ここで V ; 風速(m/s)

θ ; 風向(度)

i ; 1~6

6個の V_{Ni} 、 V_{Ei} を式(1-4-2)により平均して1時間平均 V_N 、 V_E を算出し、これを式(1-4-3)によりベクトル合成し、1時間平均風向(θ_h)、風速(V_h)を求めた。

$$\left. \begin{array}{l} V_{N1\sim6} = \frac{V_{N1} + V_{N2} + V_{N3} + V_{N4} + V_{N5} + V_{N6}}{6} \\ V_{E1\sim6} = \frac{V_{E1} + V_{E2} + V_{E3} + V_{E4} + V_{E5} + V_{E6}}{6} \end{array} \right\} \text{式(1-4-2)}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_h = \sqrt{(V_{N1\sim6})^2 + (V_{E1\sim6})^2} \\ \theta_h = \tan^{-1} \left(\frac{V_{E1\sim6}}{V_{N1\sim6}} \right) \end{array} \right\} \text{式(1-4-3)}$$

(2) 測定結果

MP 1～MP 7における有効測定期間（校正時、機器のトラブル等の欠測を除いた有効測定時間）は次に示すとおりであり、いずれの測定局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。

測定局	有効測定時間	測定率
MP 1	8568	97.8%
MP 2	8316	94.9%
MP 3	7332	83.7%
MP 4	8628	98.5%
MP 5	8340	95.2%
MP 6	8544	97.5%
MP 7	8484	96.8%

各測定局の1時間値の風向風速生データは表Ⅱ-4-5に示す例のように資料欄に示すが、年間、N系モンスーン、S系モンスーン、昼夜別の平均風速は表Ⅱ-4-6に示すとおりである。

表Ⅱ-4-6 季別平均風速

(単位ppb)

測定局	年平均値	S系モンスーン (昼)	S系モンスーン (夜)	N系モンスーン (昼)	N系モンスーン (夜)
MP-1	0.9	1.2	0.5	1.3	0.7
MP-2	2.5	2.9	1.9	3.2	2.5
MP-3	0.7	0.6	0.4	1.1	0.7
MP-4	2.3	3.1	1.9	2.5	1.7
MP-5	0.7	0.7	0.3	1.1	0.7
MP-6	2.3	3.0	1.8	3.0	1.8
MP-7	1.4	1.4	0.8	2.3	1.5

月別平均風速は、各測定局とも、12月から2月までは風が強く、3月から5月までと、9月、10月は風が弱いという傾向がある。(図Ⅳ-1-3参照)また、時刻別についてみると、日中は風が強く、夜間は弱いという傾向が各測定局ともみられる。(図Ⅳ-1-4参照)

次に、風向についてみると、各測定局とも、12月から3月までは、NNWからNEの風向出現頻度が多く、6月から8月までは、SSWからSの風向出現頻度が多い、その他の月は特に頻度の多い風向はなく、各方位に風が吹いている。(図Ⅳ-1-6参照)

なお、風向風速の解析及びSO₂濃度との関連等については、第Ⅳ編で詳述する。

表1-4-5 測定局Cにおける1時間平均風向風速測定例

DAY	WIND DIRECTION WIND SPEED (0-14/5)																								MEAN	MAX	MIN	
	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	24H				
1	C	C	C	C	C	C	C	C	ESE	SE	S	SE	SSW	SW	W	SSW	SSW	SSE	SE	C	ESE	C	C	C	C	7	19	1
2	C	C	C	C	C	C	C	ESE	C	WNW	C	C	WSW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	C	SE	C	C	C	C	6	15	1
3	C	C	C	C	C	C	C	SE	SSE	SSE	S	SW	SW	SW	S	S	SSE	SE	SE	C	SE	C	C	C	C	8	20	1
4	C	C	C	C	C	C	C	WSW	SW	WSW	SW	SW	WSW	SW	WSW	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	8	20	1
5	C	C	C	C	C	C	C	SE	SE	SSE	S	SSW	SSW	SW	S	SSE	SSE	SSE	SSE	C	C	C	C	C	C	8	16	0
6	C	ESE	C	C	C	C	C	SE	SSE	SSE	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	13	23	1
7	C	C	C	C	C	C	C	SE	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	13	27	1
8	SE	SE	SE	SE	C	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SSE	WSW	WSW	SSE	SSE	C	C	C	C	16	32	3
9	SE	ESE	SE	SE	C	C	ESE	SSE	SSE	S	SSW	SSW	SSW	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	11	20	1
10	C	C	C	C	C	C	C	SE	SSE	SW	WSW	SW	SW	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	10	22	1
11	C	C	C	C	C	C	C	C	SE	SE	SSE	S	SSE	SSW	SSE	SE	SE	SE	SE	SE	C	C	C	C	C	13	27	1
12	SE	C	C	C	C	C	ESE	SE	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	15	27	1
13	ESE	SE	C	C	C	C	SE	SE	SSE	SSE	SE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	13	24	1
14	SE	SE	SE	SE	ESE	SE	C	SE	SE	SSE	SSE	SW	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	13	23	2
15	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SSE	SSE	SW	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SE	C	C	C	C	C	15	26	3

第5章 日射量、放射収支量の測定

大気汚染予測を実施するに当り、調査対象地域の煙の拡散、つまり乱流拡散における拡散係数を見出すことは重要な問題となる。すなわち煙突の風下での濃度を計算するためには、煙の拡がり方を定量的に把握することが重要であり、このためには、煙の拡がりの状態と密接な関係のある大気安定度を求めることが必要である。大気安定度は気温の鉛直分布によって示されるが、気温の鉛直分布測定（地上～高度1000m程度まで）を連続的に長期間行うことは非常に困難であり、また、煙の拡がり方は、気温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、パスキルは簡単な気象観測、すなわち風速、日射量及び雲量（雲量のかわりに放射収支量を用いることができる）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。

したがって本調査においても、当該地域の日射量、放射収支量を観測することによって毎時の大気安定度を求めることとした。観測は1981年7月15日～1982年7月14日までの1年間であり、自動連続測定器により日射量、放射収支量の瞬間値及び1時間積算値をMP1において記録した。その間、測定器の点検を1日1回、保守管理を約3ヶ月に1回実施した。

5-1 日射量、放射収支量測定法

太陽の放射エネルギーの大部分は波長4μ以下に含まれており、これを測る計器を日射計と呼んでいる。日射計は直達日射計、全天日射計、天空散乱日射計に大別される。このうち、直達日射計は太陽から大気を通して直接地上に達する日射のエネルギーを測る機器で、天空からの散乱によるもの、地表面から反射してくるものを除く工夫と、時々刻々移動する太陽を追跡する工夫がなされている。また、直達日射、天空からの散乱日射のすべてのエネルギーを測るのが全天日射計であり、これから直達日射を取り除いたエネルギーを測るのが天空散乱日射計である。このうち大気安定度を求める目的で使用されている日射計は全天日射計である。全天日射量の測定はロビッチ日射計やモル・ゴルチンスキー日射計、エプリー日射計などが使われる。いずれの日射計も白と黒の2表面に吸収される日射量の相異によって生じる温度差を、バイメタルで機械的に生ずる位置の変位や、熱電対の起電力として取り出し日射量に換算する。

放射は天空からの下向きの放射と大地からの上向きの放射があり、これの収支を測定するのが放射収支計である。測定は放射計感部を上下に組合せ、放射の収支を測定する。総放射量が下方へ向うときは地表面は暖められ、逆の場合は冷やされる。

5-2 本調査に使用した日射計，放射収支計

5-2-1 日 射 計

本調査に使用した日射計は日本で広く使用されているエプリー日射計であり，A社製のものを使用した。日射計の仕様を表 5-1 に，受感部を図 5-1 に示す。

表 5-1 調査に使用した日射計仕様

感 度	$7 \mu\text{V}/\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$
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%/°C
Cosine 特性	2% (受光面に対し 45° の角度)
方向性	なし
重 量	2.31 kg

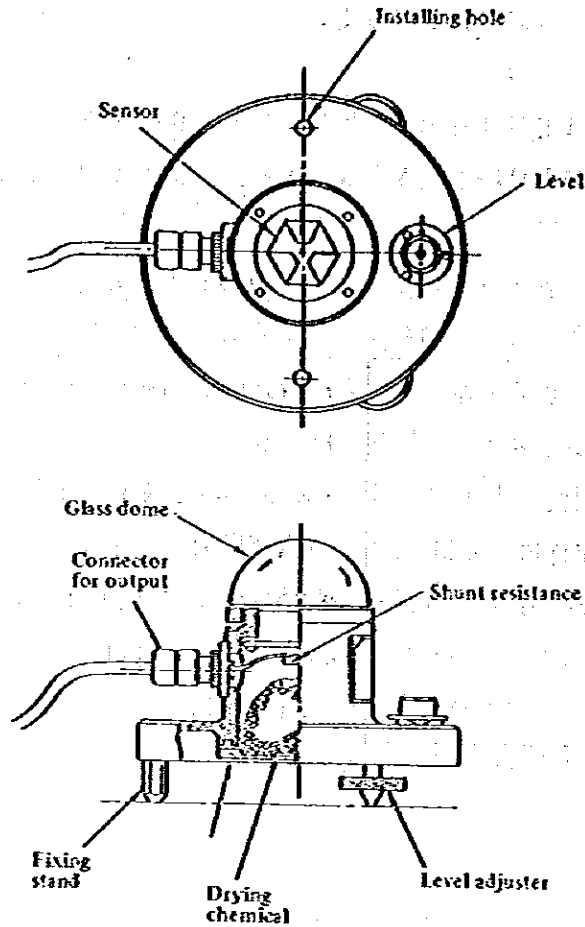


図 5-1 日射計受感部

受感部の構造は図 5-2 に示すように、白黒両板を中心より放射状に配置しており、両者の温度差から受熱量を測定するようになっている。受感部は 39 対の銅/コンスタント熱電堆よりなり、白板には耐湿性の高いしかも反射率の良い硫酸バリウムを、黒板には Parsons Optical Black が塗装されている。また、温度の急変や風の影響を除去するため、受感部の上は図 5-3 に示す透過特性をもったガラスドームでおおわれ、内部気密を保っている。ドームの内部はくもりを防止するためシリカゲルが内蔵されている。測定された受熱量は写真 5-1 に示すシャントボックスを通して日射量を $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (瞬間値) $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ (1 時間積算値) の単位に換算して記録計に記録される。

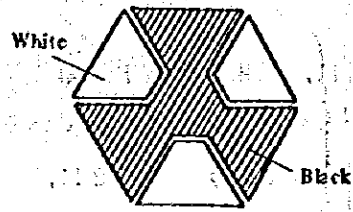


図 1-5-2 日射計受感部

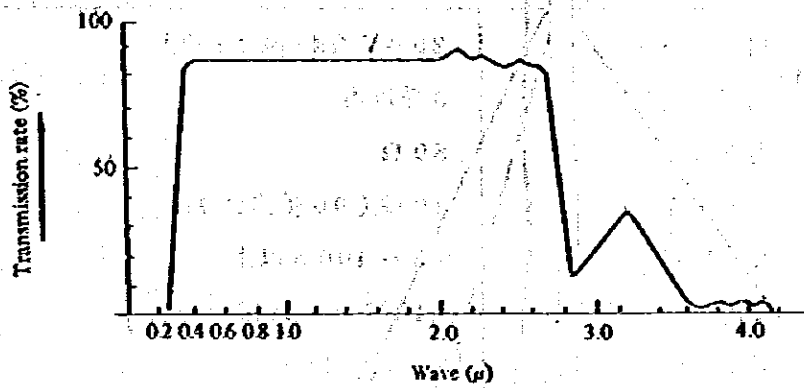


図 1-5-3 日射計ガラスドーム透過特性

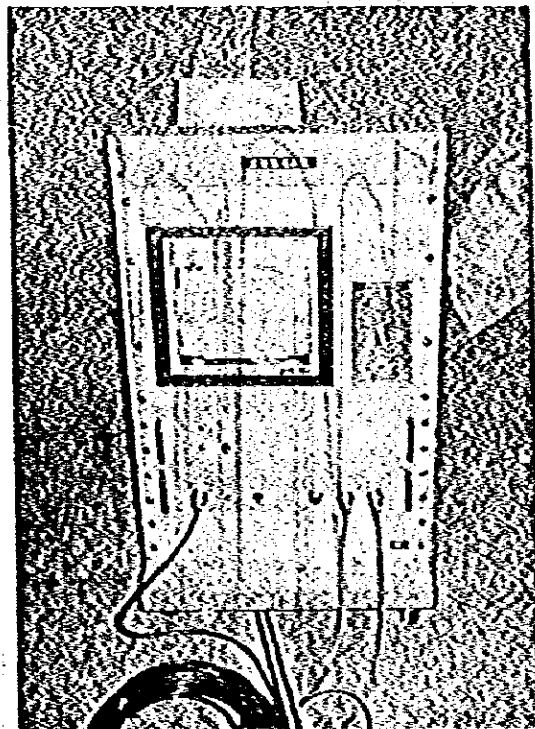


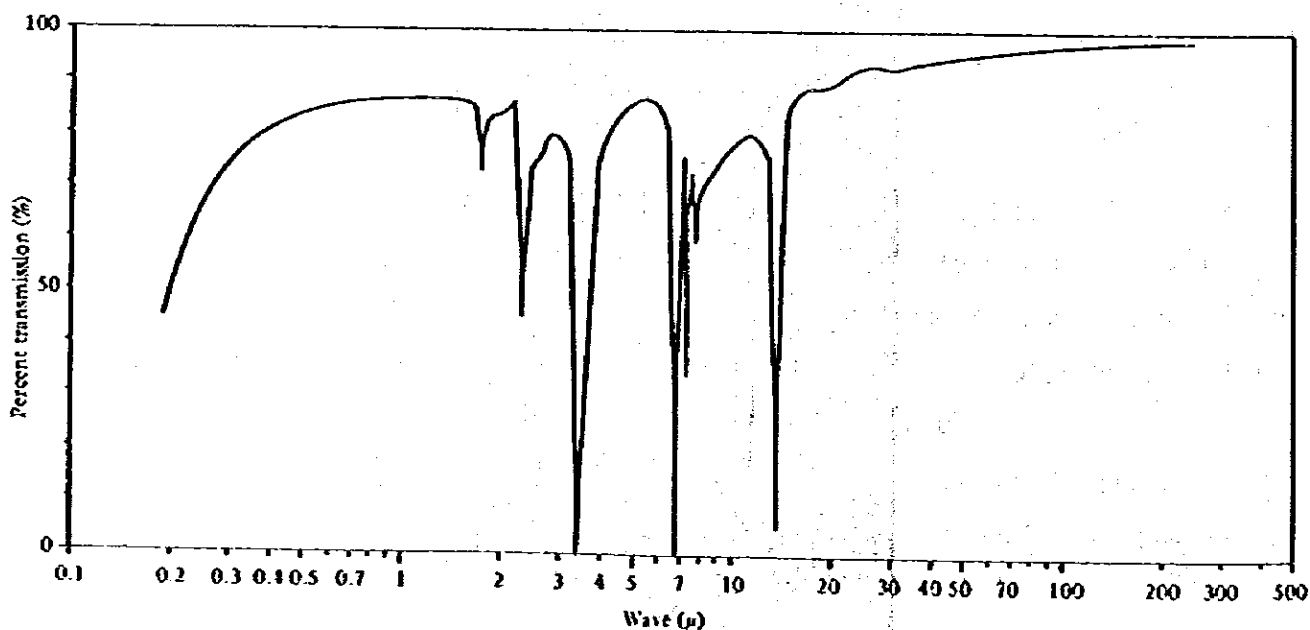
写真 1-5-1 日射計, 放射取支計のシャントボックス及び記録計

5-2-2 放射収支計

本調査に使用した放射収支計は、気象学、濃学、衛生学、工学等短波長から長波長までの放射エネルギー収支が問題となる分野で広く使われているA社製FUNK型放射収支計を使用した。使用した放射収支計の仕様を表Ⅱ-5-2に、その外観を図Ⅱ-5-4に示す。

表Ⅱ-5-2 調査に使用した放射収支計仕様

出力	25 mV/cm ² ・sec ⁻¹
両面感度差	3%以内
内部抵抗	80 Ω
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	38 mm × 38 mm
ポリエチレンドーム	厚さ0.1 mm, 透過特性図Ⅱ-5-5



図Ⅱ-5-5 ポリエチレンドームの透過特性

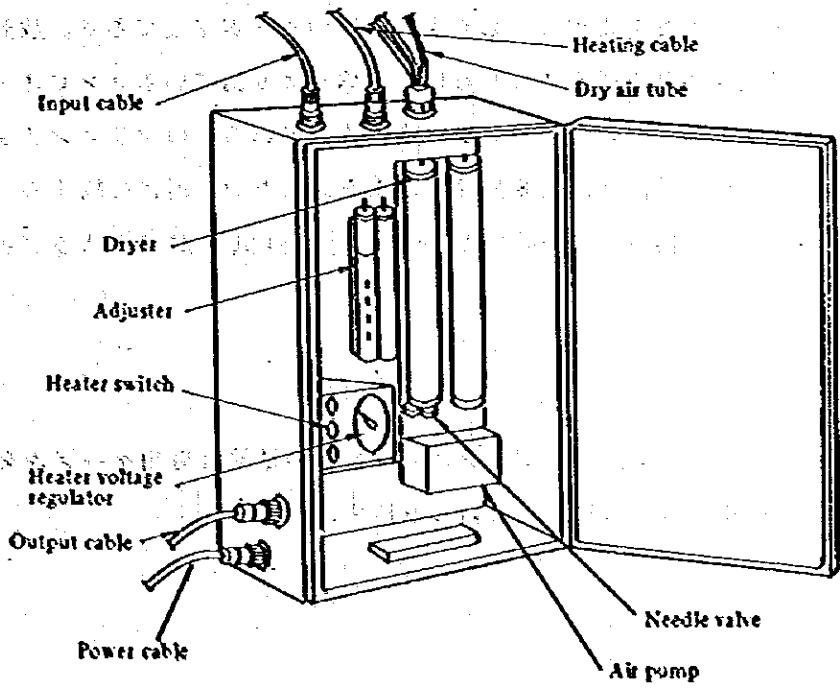
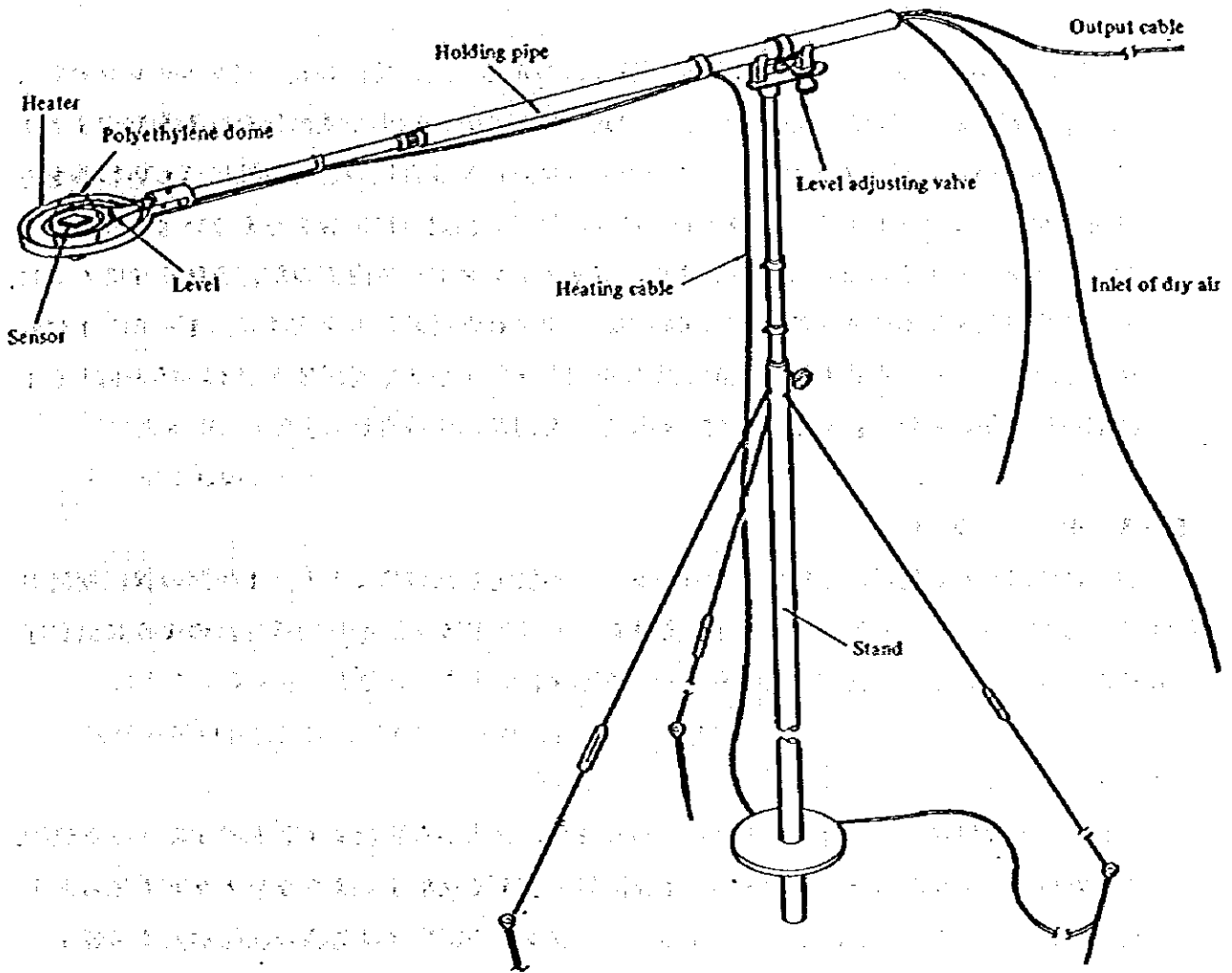


图 1-5-4 放射枝支計外觀

受感部は図 1-5-5 に示すように全波長にわたって透過特性の良いポリエチレンドームで保護され、240 対の熱電堆が両面に橋渡し式で配列され、両面の受熱量の収支を測定するようになっている。ポリエチレンドームの表面の結露は長波長域の透過特性に著しい影響を与えるので、ポリエチレンドームのまわりには加熱環を測定値に影響を与えないように取り付け、結露を防ぐようになっている。また、ポリエチレンドーム内面の結露を防止するために、常時乾燥空気を供給するようになっている。測定された受熱量の収支は写真 1-5-1 に示すシャントボックスを通して、放射収支量を $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (瞬間値) $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ (1 時間積算値) の単位に換算して日射計の記録計と同時に記録される。

5-3 測定操作

調査に使用した日射計、放射収支計は、メーカーが検定した製品であり、1 年間の保証期間がある。したがって通常の使用では途中で校正の必要は生じない。(風向風速計のように気象庁の検定制度はない) 以下測定準備、測定操作を示す。

5-3-1 設置

日射量も放射収支量も地上 1.5 m ほどの高さで、日出から日没まで蔭を投ずるような建物、塔などのない開けた場所で測定する。また、日射をよく反射するような窓ガラスや光った金属の影響を受けないようにも注意をする。放射収支量の測定には地表の状態が強く影響するので、一般には丈の低い草が一面に植えてある場所で測定を行う。設置に当っては日射計、放射収支計とも受感部を水準器を見ながら正しく水平に保つことが必要である。放射収支計はポリエチレンドームに乾燥空気を送り込むために、受感部より出ているコンビネーションケーブル(出力用リード線とシリコンチューブが一括に入っている)のシリコンチューブを送風器のニードル弁出口に接続し、他端は 8 分目程度水を入れた調圧器に接続する。次にニードル弁のネジを廻わして調圧器内で 1 分間に 10~20 程度の気泡が出るように調節する。(図 1-5-4 参照)

5-3-2 結線

日射計、放射収支計の受感部とシャントボックス-記録計の結線は専用ケーブルを用いて結線する。地上ケーブルは歩行の障害にならないよう地中に埋める。

5-3-3 記録紙の装てん

日射及び放射収支計共用の記録計はSO₂計に取り付けてある記録計と同型であり、3-3-3に示すように記録紙を装てんする。

5-3-4 校 正

日射計、放射収支計の受感部はメーカーが検定してあり(1年間の保証期間がある)現地においては校正を実施しない。保証期間がすぎたものでも、異常値があらわれないかぎり使用出来るが、できれば1年間に1回定数の変化を調べるためにメーカーの再検定を受けることが望ましい。

5-3-5 自動測定

シャットボックスの積算記録セレクトを1時間積算の位置に合わせ、記録ペンを現在の位置になるようチャート位置を合わせる。以上の操作で日射量及び放射収支量の瞬間値、1時間積算値の自動連続測定が開始される。

5-3-6 保守点検

日射計、放射収支計を常に正常に動作させ、長期間所定の性能を維持させるため表1-5-3に示す保守点検を定期的に行う。

表 5-3 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	ボール	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	ボール	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	○			
			記録の浸染	○			
		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	○				

5-4 測定結果

図 1-1-1 に示す MP1 において，日射量，放射収支量の観測を 1981 年 7 月 15 日～1982 年 7 月 14 日まで 1 年間，自動連続測定器により行った。その間，日射計，放射収支量計の保守管理を，日常のチェックについては JTC が，定期的な保守については調査団が 3 回（設置，撤収時を含めると 5 回）行った。以下保守管理及び測定結果を示す。

5-4-1 保守管理

(1) 日常の保守点検

表 1-5-3 に示す日射計、放射収支計の保守管理項目に従い、MP 1 に設置した日射計、放射収支計を J.T.C が毎日 1 回、下記に示す点検を行い、機器の性能を維持するように努めた。

- ① 日射計、放射収支計ボールの鉛直塔立の確認
- ② 日射計ガラスドームの曇り、キズの有無
- ③ 放射収支計のポリエチレンドームの曇り、キズの有無、ドームのはり具合の確認
- ④ 記録紙送り不良の有無、調整
- ⑤ 記録紙時刻ずれの有無、調整
- ⑥ 記録の濃淡の確認、必要に応じてインクの補給
- ⑦ 電源コード及び結線のゆるみ、外れの有無、調整

また、日射計受感部の乾燥剤及び日射計送風用乾燥剤の交換を適時、記録紙の交換を月 1 回 J.T.C が行った。

(2) 定期的な保守点検

日射計、放射収支計を常に正常に動作させ、長期間所定の性能を維持させるため、表 1-5-4 に示す様式に従い、日射計、放射収支計の定期的な保守点検を行った。設置、稼働時を含めた 5 回の保守点検はすべて良好であり、測定は調査期間中正常であることがわかる。

表 1-5-4 日射計, 放射収支計温度計の保守点検様式

THERMOMETER, PYRANOMETER & NET RADIATION METER MAINTENANCE REPORT (Every 3 months)

Month/day / Time Weather Surveyor Station: MP-

Thermometer maintenance		Pyranometer maintenance		Net radiation meter maintenance	
Maintenance Items	Result	Maintenance Items	Result	Maintenance Items	Result
Operating condition	Good No	Operating condition	Good No	Operating condition	Good No
Chart printing	Good No	Chart printing	Good No	Chart printing	Good No
Chart slip	min/h	Chart slip	min/h	Chart slip	min/h
Abnormal sound of ventl-motor	Yes No	Dome condition	Good No	Dome condition	Good No
Abnormal vibration of ventl-motor	Yes No	Silicagel condition	Good No	Silicagel condition	Good No
Ventl-duct cleaning	Yes No	Pole condition	Good No	Pole condition	Good No
Check of the temperature monitoring thermometer Temperature 1.5 m 10 m	°C	Confirmation of level	Good No	Confirmation of level	Good No
		Replacement of silicagel	Yes No	Voltage of transformer	V
Standard thermometer Temperature 1.5 m 10 m	°C	Remarks:		Disconnection to heater	Yes No
				Pump condition	Good No
Replacement of silicagel	Yes No				
Replacement of dome	Yes No				
Adjustment of air pump	Yes No				
Humidity at the ground	%			Remarks:	
Remarks:					

5-4-2 日射量, 放射収支量

(1) 日射計, 放射収支計記録紙の読み取り

日射量, 放射収支量の記録は図 1-5-6 に示すように同じ記録紙に, 同時に記録されており, それぞれ瞬間値と 1 時間積算値が記録されている。積算値は SO₂ 計の記録と同様のこ歯状であり, その頂点はその時間の 1 時間積算値である。チャートのフルスケールは日射量, 放射収支量とも $-10 \sim 90 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ (積算値), $-0.2 \sim 1.8 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (瞬間値) となっており, 放射収支量は夜間通常負の値を示す。

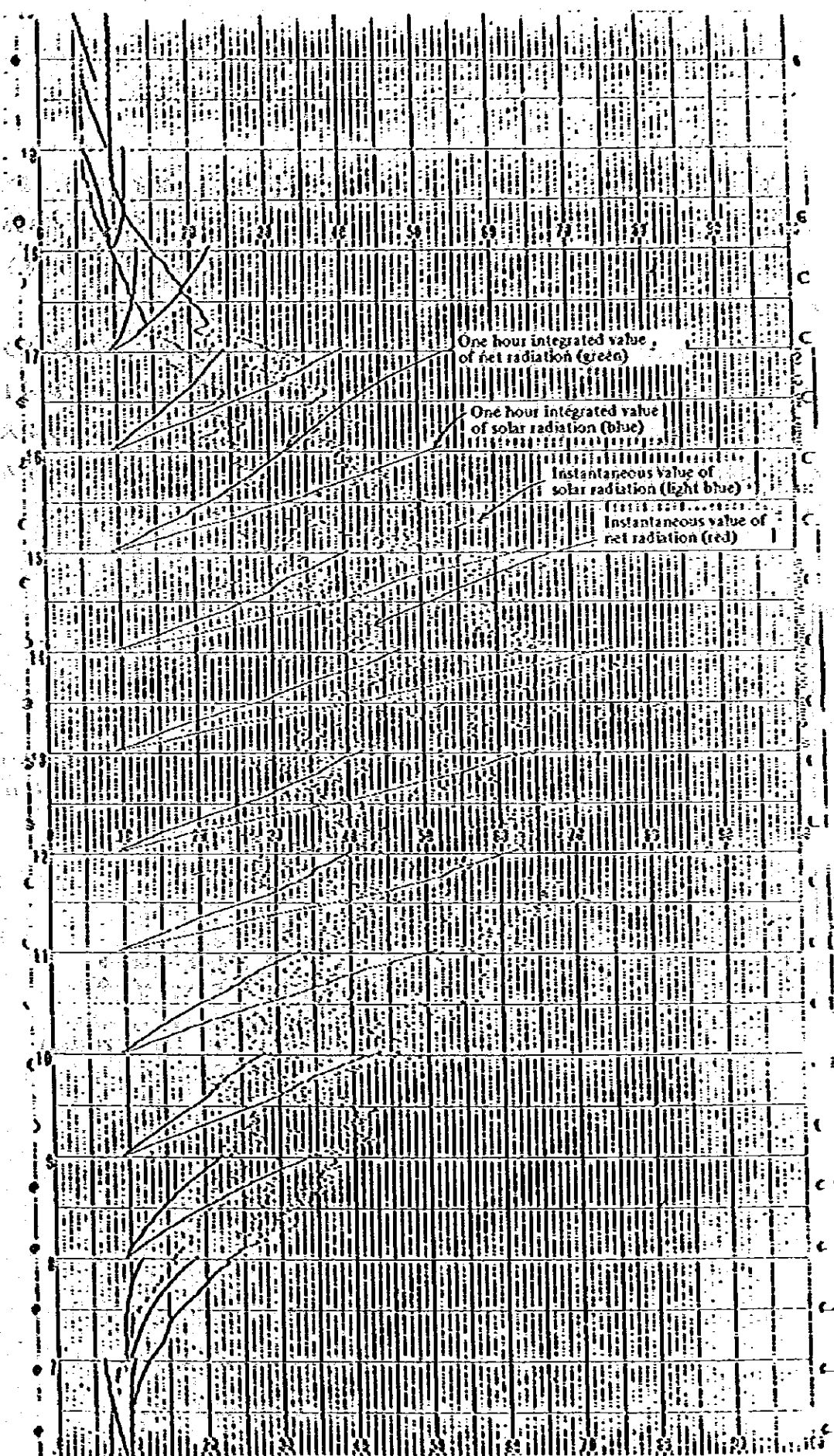
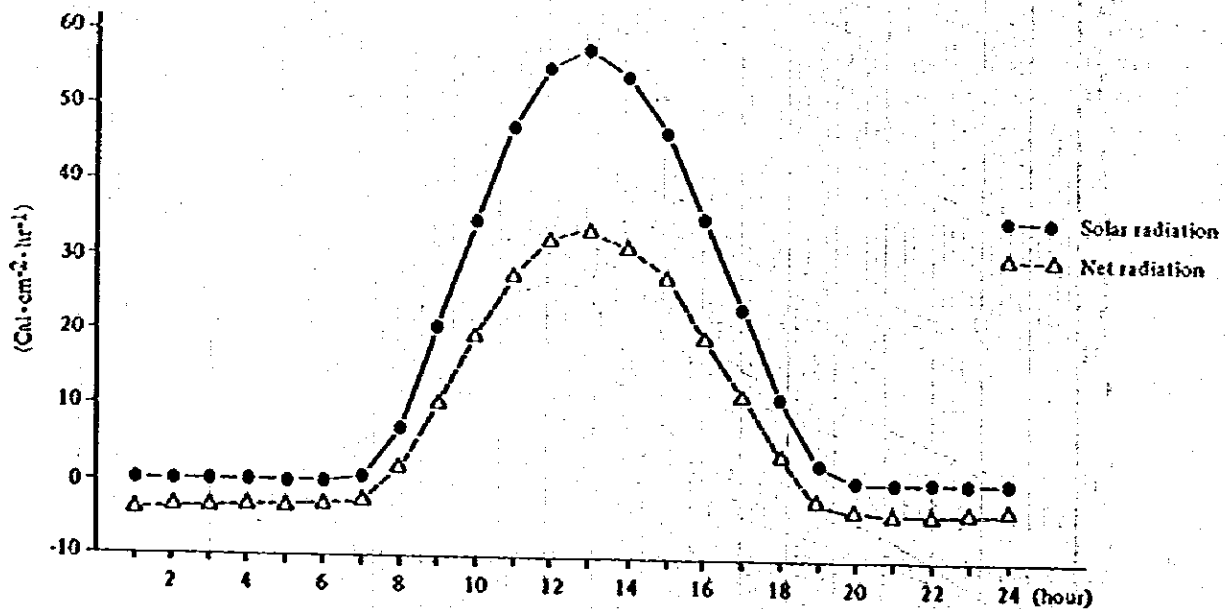


圖 5-6 日射量、放射收支量記錄例

(2) 測定結果

MP 1において測定した日射量、放射収支量の有効測定時間（保守点検時、機器のトラブル等の欠測を除いた有効測定時間）は、日射量が8514時間、放射収支量が8667時間であり、いずれも日本の有効測定局（年間測定時間が6000時間に達した測定局）の基準を大幅に上まわっている。

日射量、放射収支量の1時間値の生データは表Ⅱ-5-5(1)~(2)に示す例のように資料編に示すが、年間の同時刻を平均した日射量、放射収支量の日変化パターンは図Ⅱ-5-7に示すとおりであり、13時が1日のうちで1番日射量、並びに放射収支量が大きい。なお、日射量、放射収支量の解析結果及び大気安定度との対応は第Ⅳ編に記述する。



図Ⅱ-5-7 日射量、放射収支量の時刻別変化

表 II - 5 - 5 (1). 日射量 1 時間 累積値測定例

DAY	SINGAPORE																								100.0%		
	ST. 1																										
1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	24H	MEAN	MAX	MIN	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	68	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	68	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	70	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	70	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	70	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	70	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	70	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	75	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	75	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	78	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	82	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	82	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	82	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	82	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	74	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	76	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	67	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	66	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	71	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	67	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	74	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	63	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	60	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	65	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	62	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	60	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	70	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	66	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	66	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	60	0

MONTHLY

UNIT : 0.1CAL/CM²/HR

表 II - 5 - 5 (2) 放射取定量候算値測定例

DAY	SINGAPORE 1981. 8.												RADIATION												SR. 1		98-62		
	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	24H	MEAN	MAX	MIN	R	
1	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
4	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
6	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
7	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
9	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
16	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
17	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
18	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
19	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
20	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
21	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
22	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
23	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
24	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
26	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
27	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
28	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
29	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
31	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	

UNIT : 0.1CAL/CM²/HR

MONTHLY

第6章 気温の測定

気温そのものは大気拡散には直接的な影響は無いと考えられる。しかし地上付近の気温の鉛直分布は煙の拡がりの状態と密接な関係があり第5章で説明したとおり、気温の鉛直分布で大気安定度を与えている。気温鉛直分布の長期連続観測は通常高塔に温度計を数高度に設置し、夜間に発生する接地性の逆転層を測定する。しかし、高塔を利用する場合は、せいぜい200 m程度の気温の鉛直分布測定が限界であり、これ以上の大気層の気温鉛直分布を測定するためには、気球に温度計と無線発振器を取りつけた低層ゾンデが用いられ、地上から高度2 km程度までの気温の鉛直分布測定が可能となる。しかし、この場合、連続的に長期間の観測を行うには費用の面で制約をうける。

したがって本調査においても、当該地域の接地性の逆転層を測定するため、MPIにおいて、1.5 m, 10 m, 40 mの3高度において気温を連続観測した。ただし、地上40 m地点の気温は、既設の40 m塔に設置してある温度計のデータをDr. Pakiamから提供を受け、利用することとした。観測は1981年7月15日～1982年7月14日までの1年間であり、白金抵抗式自記温度計により、気温の瞬間値を連続観測した。その間、測定器の点検を1日1回、保守管理を約3ヶ月に1回の頻度で実施した。

6-1 気温の測定法

気象観測に使用する温度計には古くからガラス製の温度計が用いられ、気温の時間的経過も調べるためには金属製自記温度計が用いられてきた。しかし、今日では新しい技術を駆使してつくられた白金抵抗温度計、サーミスター温度計などが大幅に取入れられている。普通このような抵抗温度計の示度は電気信号で取り出し、連続的に自動記録される。また、温度計センサー部には通気装置を付け、常に新鮮な外気を感温部に供給するとともに、日射の影響を受けないようシェルターで覆われた構造となっている。

6-2 本調査に使用した温度計

本調査に使用した温度計は、日本の大気汚染常時測定局において広く使用されている通風式白金抵抗温度計である。この形式の温度計は日本において4社が製造販売しているが、本調査では使用実績のあるK社製のものを使用した。使用した温度計の仕様を表Ⅱ-6-1に、その外観を写真Ⅱ-6-1に示す。

この測器は、写真Ⅱ-6-1に示すように、感温部、測温部変換ラック、記録計で構成されて

表 I - 6 - 1 調査に使用した温度計仕様

測温抵抗体	
感温部	白金抵抗体 100Ω at 0℃
測温範囲	0℃ ~ +60℃ 精度 ± 0.5℃
規格電流	5mA
気温通風筒	
型式	二重円筒通風式
通風速度	5 ~ 6 m/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-O
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

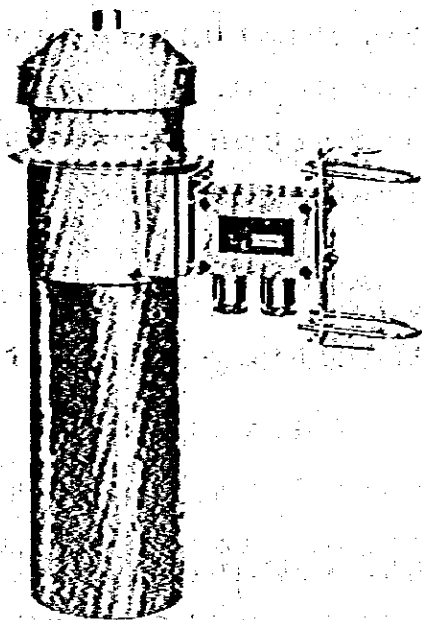
いる。測温部は温度の変化により電気抵抗値が鋭敏に変化し、しかも温度との関係がほとんど直線関係にある白金測温抵抗体を使用しており、温度変化に対する抵抗変化を検出するようになっている。また測温部は保護管で覆われており、保護管全体を外気の直射、輻射熱による温度変化を防ぐため、金属性のシェルターに内蔵し、強制通風するようになっている。検出された抵抗変化は、交換ラック内のブリッジ回路及びリニアライザー回路により、温度変化として記録計に打点される。

6-3 測定操作

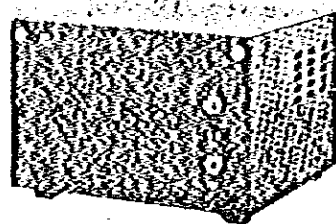
調査に使用した温度計は、日本の気象庁において検査した検定合格品であり、5年間の有効期間がある。したがって通常の使用では途中で校正の必要は生じない。以下測定準備、測定操作を示す。

6-3-1 設置

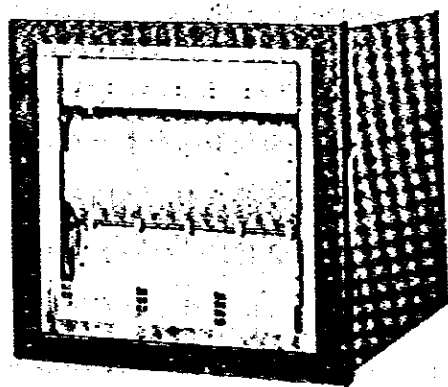
温度計を設置するには、一般に付近に高い建物や樹木の障害物のない比較的平坦な場所を選んで設置する。また取付支柱は、コンクリート基礎にアイボルトを埋込むなど、しっかりした支柱に取り付ける。(本調査においてはMP Iの風向風速計用10mポールに取りつけた。)



温度計測温部



変換ラック



記録計

写真 1-6-1 温度計外観

6-3-2 結 線

結線は、測温部→アレスタ→変換ラック→記録計の順に専用ケーブルを用いて結線する。なお、測定は、温度変化を抵抗変化に換算しているため、測温部より変換ラックまでのケーブルの線路抵抗が測定精度に影響する。従って機器の設置に当っては、ケーブルの導体抵抗が 2Ω 以下(片線)となる様測定部から変換ラックまでの距離により線径を変える必要がある。(本調査においては長さ130mのケーブルとし、線径2mmφのものを使用した。)

6-3-3 記録紙の装てん

温度計用記録計はSO₂計に取り付けてある記録計と同型であり、3-3-3に示すように記録紙を装てんする。

6-3-4 校 正

温度計の校正は、日本の気象庁において検定しており、5年間の有効期間がある。しかし温度差の測定では測定値の微妙な差を問題とするため、年4回程度の割合で定期的に校正を行う。校正は、測温部の横に基準温度計(アスマン温度計)を置き比較する。

6-3-5 自動測定

変換ラック前面のスイッチをON(通風も同時に開始される)にする。記録器の電源スイッチをONにし、記録ペンを現在の時刻の位置になるようチャート位置を合わせる。以上の操作で温度(地上1.5m, 10m)の瞬間値の自動連続観測が開始される。

6-3-6 保守点検

温度計を常に正常に動作させ、長期間所定の性能を維持させるため、表1-6-2に示す保守点検を定期的に行う。

表 1-6-2 温度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ヶ月	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	○				

6-4 測定結果

図 1-1-1 に示す M P I の地上 1.5 m 及び 1.0 m の 2 高度において、気温の観測を 1981 年 7 月 15 日～1982 年 7 月 14 日までの 1 年間、自動連続測定器により行った。その間、温度計の保守管理を、日常のチェックについては J T C が、校正については調査団が 3 回（設置、撤収時を含めると 5 回）を行った。以下保守管理及び測定結果を示す。

6-4-1 保守管理

(1) 日常の保守点検

表 1-6-2 に示す温度計の保守管理項目に従い、M P I に設置した温度計を J T C が毎日 1 回、下記に示す点検を行い、機器の性能を維持するよう努めた。

- ① 通風用モーター異常音の有無。
- ② 記録紙送り不良の有無、調整。
- ③ 記録紙時刻ずれの有無、調整。
- ④ 記録の濃淡の確認、必要に応じインクの補給。
- ⑤ 電源コード、ケーブル結線のゆるみ、外れの有無、調整。

(2) 温度計の校正

温度計を常に正常に動作させ、長期間所定の性能を維持させるため、約 3 ヶ月に 1 回の頻

度で、温度計の校正を行った。校正は地上1.5 m及び10 mに設置してある温度計感温部横にアスマン温度計を置き、その指示値と白金抵抗温度計記録部指示値を比較した。なお、校正時には表Ⅰ-5-4に示す様式に従い温度計の点検も合わせて行った。

温度計の校正結果は表Ⅰ-6-3に示すとおりであり、測定器は調査期間中正常に作動し、測定値も正常であることがわかる。

表Ⅰ-6-3 温度計校正結果

校正回数	温度計指示(℃)		基準温度計指示(℃)	湿度(%)
	地上1.5 m	地上10 m		
第1回校正 (設置時)	地上1.5 m	30.2	30.2	79
	地上10 m	30.1	30.1	
第2回校正 (第1回保安点検)	地上1.5 m	30.3	30.8	67
	地上10 m	30.3	30.2	
第3回校正 (第2回保守点検)	地上1.5 m	27.5	27.6	78
	地上10 m	27.7	27.7	
第4回校正 (第3回保守点検)	地上1.5 m	30.2	30.4	71
	地上10 m	29.4	29.4	
第5回校正 (撤収時)	地上1.5 m	28.8	28.8	86
	地上10 m	28.4	28.4	

6-4-2 気 温

(1) 温度計記録紙の読み取り

気温の記録は図Ⅰ-6-1に示すように、地上1.5 m及び10 mの気温の斜間値が同じ記録紙に記録されている。なお、記録紙上の打点の色は途中で電子パーツを交換したため、地上1.5 mと10 mが表Ⅰ-6-4に示すように変わっている。

表Ⅰ-6-4 温度計記録紙打点の色

測定高度	調査期間	
	1981年7月15日1時~ 10月30日10時	1981年11月30日11時~ 1981年7月14日24時
1.5 m	赤	黒
10 m	黒	赤

チャートのフルスケールは0~60℃であり、0.1℃まで毎正時の値を読み取って、その時間の気温とした。

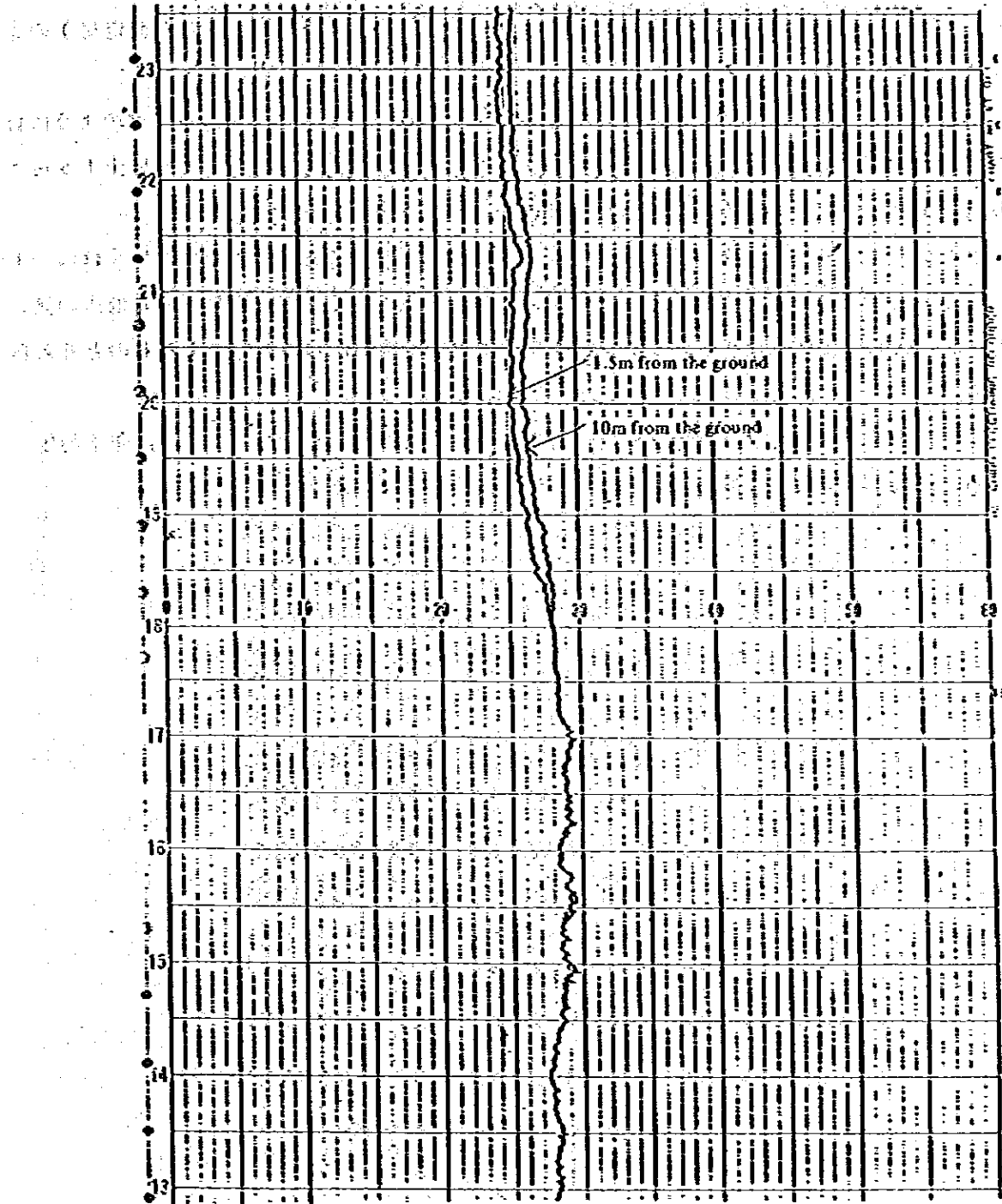


図 6-1 気温記録例

(2) 測定結果

MPIの地上1.5 m及び1.0 mで測定した気温の有効測定時間(保守点検時, 機器のトラブル等の欠測を除いた有効測定時間)は地上1.5 mが8753時間, 地上1.0 m地点が8755時間であり, 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)の基準を大幅に上まわっている。

地上1.5 m及び1.0 mの気温の1時間毎の生データは, 表Ⅰ-6-5に示す例のように資料欄に示すが, 気温の月別変化をみると図Ⅰ-6-2に示すとおり, 各月とも地上1.5 mより地上1.0 m地点における気温が0.3~0.4℃程度高くなっている。

次に気温の時刻別変化をみると図Ⅰ-6-3に示すとおりであり, 日中においては地上1.5 mと1.0 m地点の気温の差はみられないが, 夜間になると地上1.5 mより1.0 m地点の気温が0.5~0.6℃程度高くなっている。これは夜間における地面からの放射によるものと考えられる。

また, 表Ⅰ-6-6は気温の季別, 時間帯別の平均気温を示したものであり, 年平均値でみると, 地上1.0 mの気温が1.5 mより0.5℃高くなっている。

表 1-6-5 毎時の気温測定例

DAY	TEMP. 1-5M																								100% MEAN	MAX	MIN
	1H	2M	3M	4H	5H	6H	7H	8H	9M	10H	11H	12M	13H	14M	15H	16M	17H	18M	19H	20M	21H	22M	23H	24M			
1	250	247	241	242	240	240	242	272	288	259	261	293	282	289	290	290	284	281	275	270	271	254	251	249			
2	243	242	241	242	241	240	245	268	250	243	250	269	272	290	295	293	297	284	266	270	272	255	250	242			
3	240	239	237	238	240	241	249	272	287	293	293	300	298	301	303	300	300	292	282	278	269	255	250	246			
4	248	246	245	245	255	251	260	280	285	294	300	308	303	303	294	300	299	296	282	273	269	252	249	246			
5	242	241	241	241	263	262	245	272	282	291	300	295	300	303	310	308	305	291	285	272	265	262	259	241			
6	253	255	252	262	269	271	272	283	292	299	308	309	315	309	310	308	294	288	262	280	275	274	274	242			
7	240	243	245	243	259	259	268	278	290	298	300	311	311	312	308	294	288	262	287	282	265	274	274	242			
8	271	270	268	269	252	262	253	276	290	300	295	310	310	315	310	309	303	293	286	287	264	260	260	240			
9	261	255	262	263	258	247	246	272	289	290	293	293	300	310	302	300	292	282	280	284	289	287	270	240			
10	259	253	245	243	242	241	249	275	291	298	304	305	302	298	308	297	295	290	279	272	268	251	247	241			
11	244	242	248	248	246	244	249	283	264	300	310	310	320	315	318	312	308	289	284	282	280	277	269	242			
12	267	248	243	243	248	259	268	279	290	294	307	314	320	315	313	309	302	290	282	279	278	275	275	243			
13	260	254	241	240	241	249	249	279	283	293	300	311	301	315	311	309	287	281	281	277	262	257	245	240			
14	268	268	265	258	259	250	250	274	290	300	309	318	319	318	319	313	310	299	289	283	280	272	268	245			
15	253	253	261	252	261	260	254	272	290	295	303	310	319	316	312	310	302	297	286	284	279	275	274	240			
16	267	253	263	251	266	258	258	279	288	292	300	310	314	304	305	307	295	285	280	272	272	272	269	241			
17	269	269	263	261	267	266	268	279	288	292	300	310	314	304	305	303	300	287	276	272	272	270	252	248			
18	259	248	245	246	244	246	244	253	263	254	267	270	292	305	303	300	299	289	283	279	272	265	253	240			
19	247	251	244	239	233	233	242	271	270	294	300	299	300	310	303	299	284	284	283	279	272	265	253	240			
20	250	245	243	242	242	242	244	269	261	264	263	302	300	292	292	290	298	284	276	273	259	262	255	242			
21	251	251	251	243	256	253	262	279	283	283	297	300	299	292	301	300	298	291	282	275	272	270	264	242			
22	249	244	248	243	240	241	246	279	290	298	309	310	319	319	320	314	300	295	290	282	265	252	247	240			
23	248	243	242	238	250	253	239	258	290	303	302	319	310	287	298	312	310	300	289	282	273	272	270	248			
24	268	252	249	245	243	247	246	262	252	269	299	284	292	298	288	290	284	278	274	277	263	260	249	245			
25	258	260	245	245	259	262	261	267	270	278	290	287	292	288	289	289	285	287	271	275	269	262	248	245			
26	261	250	238	234	235	232	235	275	290	293	303	303	306	280	277	272	273	271	255	265	252	253	240	240			
27	260	237	238	230	228	228	224	265	292	294	300	302	299	275	249	243	242	240	232	251	250	230	228	248			
28	253	222	222	222	223	222	224	249	271	290	295	295	287	268	295	290	299	272	272	272	262	258	245	248			
29	242	240	236	235	233	236	238	272	282	292	300	304	307	280	302	305	298	288	272	272	267	271	257	249			
30	243	240	237	232	232	231	232	275	290	295	298	310	298	315	304	300	295	291	272	272	267	271	256	240			
31	243	246	245	244	240	241	247	270	285	293	299	299	308	319	309	301	294	287	279	275	274	274	265	240			

MONTHLY

UNIT = 0.1°C

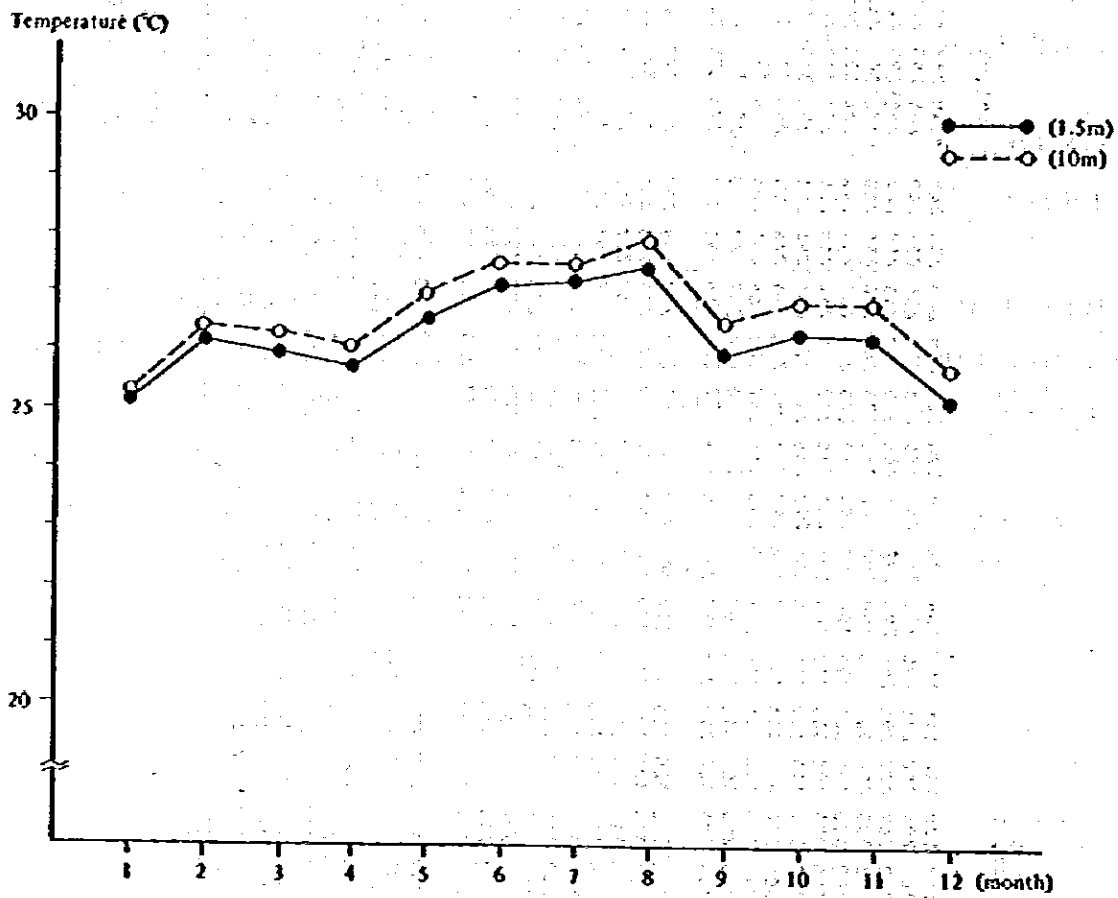


図 1-6-2 気温の月別変化

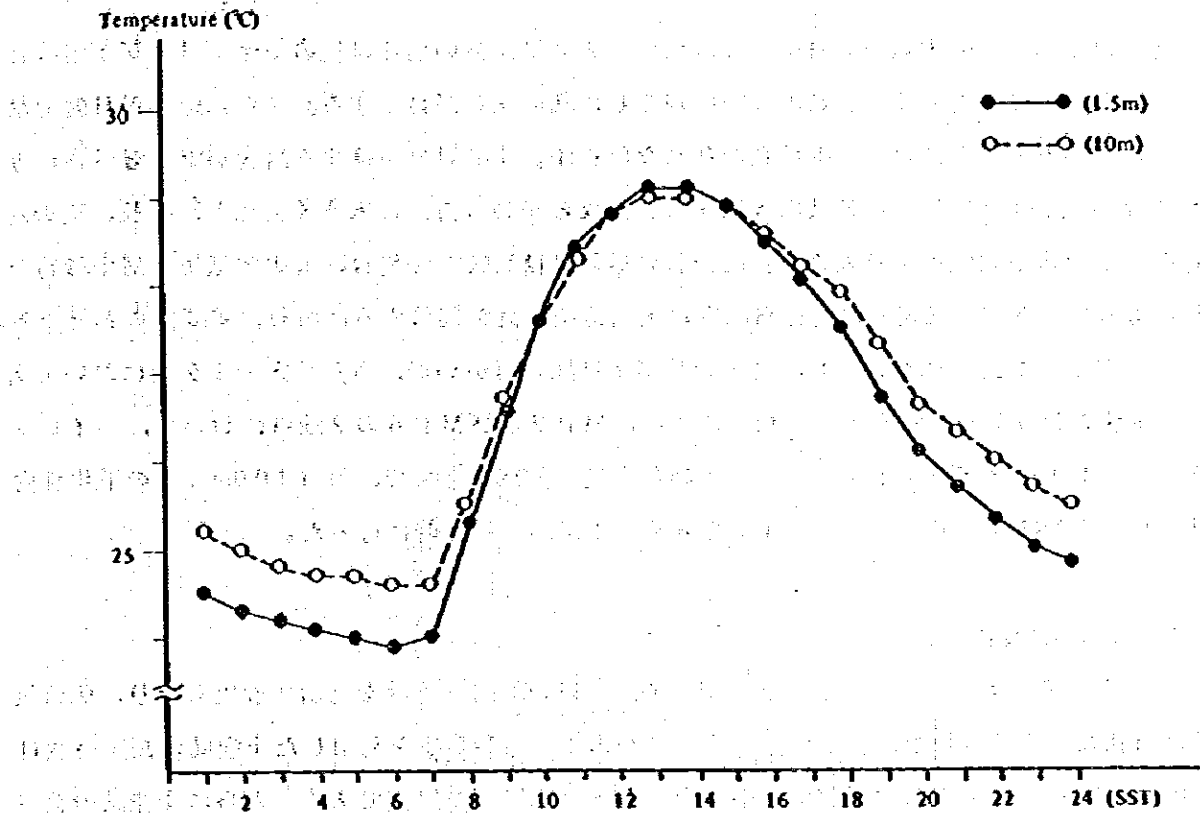


図 6-3 気温の時刻変化

表 6-6 季別・時間帯別平均気温

単位 (°C)

測定点	S系モンスーン			N系モンスーン			年間		
	昼	夜	通日	昼	夜	通日	昼	夜	通日
1.5 m	28.3	25.2	26.6	27.5	24.3	25.8	28.0	24.8	26.3
10 m	28.4	25.9	27.0	27.6	24.8	26.1	28.0	25.5	26.6