

シンガポール共和国石炭火力発電所
及び一貫製鉄所設立に係る環境への影響

調査報告書

その2

大気関係

1983年7月

国際協力事業団

紙計工

SC

83-59

シンガポール共和国石炭火力発電所
及び一貫製鉄所設立に係る環境への影響
調査報告書

その2

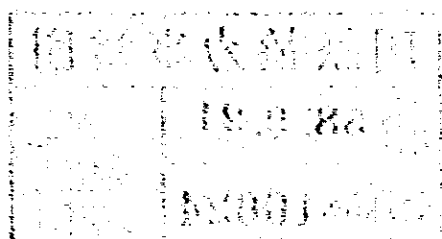
—— 大気関係 ——

JICA LIBRARY



1030610(8)

1983年7月



国際協力事業団

國際協力事業團
事務部
〒100 東京都千代田区千代田 1-1-1
電話 03-3581-1111

事務部
庶務課

国際協力事業団	
箱 584. 8. 24 ¹	118.0
登録No. 103853	64.31
	MPL

〒100 東京都千代田区千代田 1-1-1

は し が き

日本政府は、シンガポール政府の要請に基づき、同国における石炭火力発電所及び一貫製鉄所の立地に係る環境影響調査（水質及び大気）を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は1981年に水質調査を完了し、1982年2月その成果を報告書にとりまとめた。また、1981年6月から1982年7月までの間に5回に亘り、大気調査団を派遣し、ジュロン、タウン・コーポレーションをはじめとするシンガポール政府関係機関の協力を得て、7地点におけるSO₂環境濃度の測定等現地調査を実施した。

本報告書は、現地調査及び収集資料に基づき、データの解析並びにSO₂拡散シミュレーションを実施し、その成果をとりとまとめたものである。

本報告書が、シンガポール共和国において将来環境アセスメント調査並びに公害防止対策が実施される際の指針となれば幸いである。

終りに、調査に際し多大の協力をいただいたシンガポール共和国政府、在シンガポール日本国大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し、衷心より感謝の意を表するものである。

1983年7月

国際協力事業団
総裁 有田 圭 輔

Text block 1

Text block 2

Text block 3

Text block 4

Text block 5

Text block 6

Text block 7

Text block 8

目 次

要約及び結論	1
< I > 調査の概要	1
< II > 現地調査結果の要約	9
1. SO ₂ 環境濃度	10
2. 地上風向風速	15
3. 風向風速の鉛直分布	26
4. 日射量・放射収支量	31
5. 気 温	33
< III > SO ₂ 環境濃度予測シミュレーション結果の要約	35

目 次

第I編 序 論	1
第1章 調査の経緯と目的	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 調査の目的	1
第2章 調査の実施概要	2
2-1 調査対象地域	2
2-2 調査期間	3
2-3 調査項目と調査方法の概要	4
2-3-1 現地調査	4
2-3-2 現地調査データの解析	5
2-3-3 発生源データの収集と将来想定	6
2-3-4 SO ₂ 予測シミュレーション	6
2-4 調査の組織	8
2-5 調査経過	9
第II編 現地調査	1
第1章 測定局の設置	1
1-1 測定局設置の基本的考え方	1
1-2 地域の概況	5
1-2-1 地 勢	5
1-2-2 気 候	5
1-2-3 発生源の分布	5
1-2-4 長期開発計画	5
1-3 測定局設置位置	6
1-4 測定局における測定項目	7
1-5 測定局の概要と設置状況	8
1-5-1 シンガポール大学(MP1)	8
1-5-2 JTCタウンホール(MP2)	14
1-5-3 JTCノイルラボラトリー(MP3)	20

1-5-4	ブンレイアポート (MP4)	24
1-6-5	ブキテマ消防署 (MP5)	30
1-5-6	チャンギエアポート (MP6)	34
1-5-7	ベドック交番 (MP7)	38
第2章 測定機器の取り扱い等に関する教育・訓練		43
2-1	測定機器の名称と測定項目の説明	43
2-2	測定機器の取り扱い方法, 保守管理方法に関する教育・訓練	45
2-3	SO ₂ 計の吸収液, 校正用等価液の作成方法, 純水製造器の取り扱いに関する教育・訓練	46
第3章 SO ₂ 環境濃度測定		50
3-1	SO ₂ 環境濃度測定法	50
3-1-1	各測定法の測定原理と特徴	51
3-1-2	各測定法の比較	52
3-2	調査に使用したSO ₂ 計	55
3-3	測定操作	60
3-3-1	試料大気導入管の接続	60
3-3-2	配線	61
3-3-3	記録紙の装てん	62
3-3-4	フィルタエレメントの装てん	63
3-3-5	吸収液タンクの取り付け	63
3-3-6	吸収液の調整	64
3-3-7	測定器の校正	66
3-3-8	呼び水	68
3-3-9	大気吸引流量の調整	68
3-3-10	自動測定	69
3-3-11	保守点検	69
3-4	測定結果	71
3-4-1	保守点検	71
3-4-2	SO ₂ 環境濃度	98
第4章 地上風向風速の測定		101
4-1	風向風速測定法	101

4-2	本調査に使用した風向風速計	101
4-3	測定操作	101
4-3-1	ボールの設置	106
4-3-2	風向風速計センサーの取り付け	108
4-3-3	結線	108
4-3-4	記録紙の装てん	110
4-3-5	インクの注入	112
4-3-6	測定器の校正	112
4-3-7	自動測定	113
4-3-8	保守点検	113
4-4	測定結果	115
4-4-1	保守管理	115
4-4-2	風向風速	117
第5章	日射量・放射収支量の測定	122
5-1	日射量・放射収支量測定法	122
5-2	本調査に使用した日射計・放射収支計	123
5-2-1	日射計	123
5-2-2	放射収支計	126
5-3	測定操作	128
5-3-1	設置	128
5-3-2	結線	128
5-3-3	記録紙の装てん	129
5-3-4	校正	129
5-3-5	自動測定	129
5-3-6	保守点検	129
5-4	測定結果	130
5-4-1	保守管理	131
5-4-2	日射量・放射収支量	132
第6章	気温の測定	137
6-1	気温の測定法	137
6-2	本調査に使用した温度計	137

6-3	測 定 操 作	138
6-3-1	設 置	138
6-3-2	結 線	140
6-3-3	記録紙の装てん	140
6-3-4	校 正	140
6-3-5	自 動 測 定	140
6-3-6	保 守 点 検	140
6-4	測 定 結 果	141
6-4-1	保守管理	141
6-4-2	気 温	142
第7章	風向風速の鉛直分布測定	148
7-1	上空風の測定法	148
7-2	本調査における風向風速の鉛直分布測定	148
7-3	測 定 方 法	149
7-3-1	ガスの充填	149
7-3-2	セオドライトによる気球の追跡	150
7-4	気球の上昇速度	152
7-5	風向風速計算法	155
7-6	測 定 結 果	156
第Ⅱ編	発 生 源	
第1章	煙源データの収集	1
1-1	固 定 発 生 源	1
1-2	給 船	10
第2章	SO ₂ 排出量の推定	13
2-1	固 定 発 生 源	13
2-1-1	SO ₂ 排出量の推定方法	13
2-1-2	SO ₂ 排出量の推定結果	20
2-2	給 船 発 生 源	27
2-2-1	排出量の推定方法	27
2-2-2	SO ₂ 排出量の推定結果	31

2-3	SO ₂ 排出量のまとめ	II	34
-----	-------------------------	----	----

第IV編 気象とSO₂ 環境濃度測定データの解析

第1章	気象測定データの解析	IV	1
1-1	季・時間帯区分	IV	1
1-2	平均風速	IV	3
1-3	風速ランク別出現頻度	IV	8
1-4	風配図	IV	10
1-5	風の地域分布	IV	25
1-5-1	各測定局間の風向風速ベクトル相関係数	IV	25
1-5-2	ベクトル相関係数に基づくクラスター分析	IV	28
1-5-3	ベクトル相関係数に基づく主成分分析	IV	29
1-6	パイロットバルーンによる上空の風	IV	32
1-7	日射量及び放射収支量	IV	37
1-8	大気安定度	IV	39
1-9	気 温	IV	43
第2章	SO ₂ 環境濃度測定データの解析	IV	46
2-1	SO ₂ の年間・S系モンスーン・N系モンスーン別平均濃度	IV	46
2-2	SO ₂ 濃度の月別変化	IV	48
2-3	SO ₂ 濃度の時刻別変化	IV	57
2-4	SO ₂ 濃度の累積頻度分布	IV	66
2-5	SO ₂ 濃度の風向別風速階級別平均濃度	IV	72
2-6	SO ₂ の風速階級別大気安定度別の平均濃度	IV	77
2-7	SO ₂ の高濃度時の解析	IV	82

第V編 SO₂ 予測シミュレーション

第1章	SO ₂ 予測シミュレーションの方法	V	1
1-1	予測手法の手類	V	1
1-1-1	大気拡散実験と模型実験	V	1
1-1-2	数理モデル	V	2
1-2	予測モデルの構成	V	13

1-3	予測モデルの詳細	V-14
1-3-1	気象モデル	V-14
1-3-2	発生源モデル	V-18
1-3-3	拡散モデル	V-20
1-3-4	年平均値の計算	V-25
1-3-5	モデルの整合性	V-25
1-3-6	バックグラウンド濃度	V-40
第2章	SO ₂ 予測シミュレーションの結果	V-41
2-1	測定点の予測結果	V-43
2-2	メッシュ点の予測結果	V-46
2-3	測定点及びピーク濃度地点における発生源別寄与率	V-51

ANNEX1 SCOPE OF WORK FOR THE STUDY OF ENVIRONMENTAL EFFECTS OF COAL FIRING POWER STATION AND INTEGRATED STEEL MILL-DECEMBER 1980

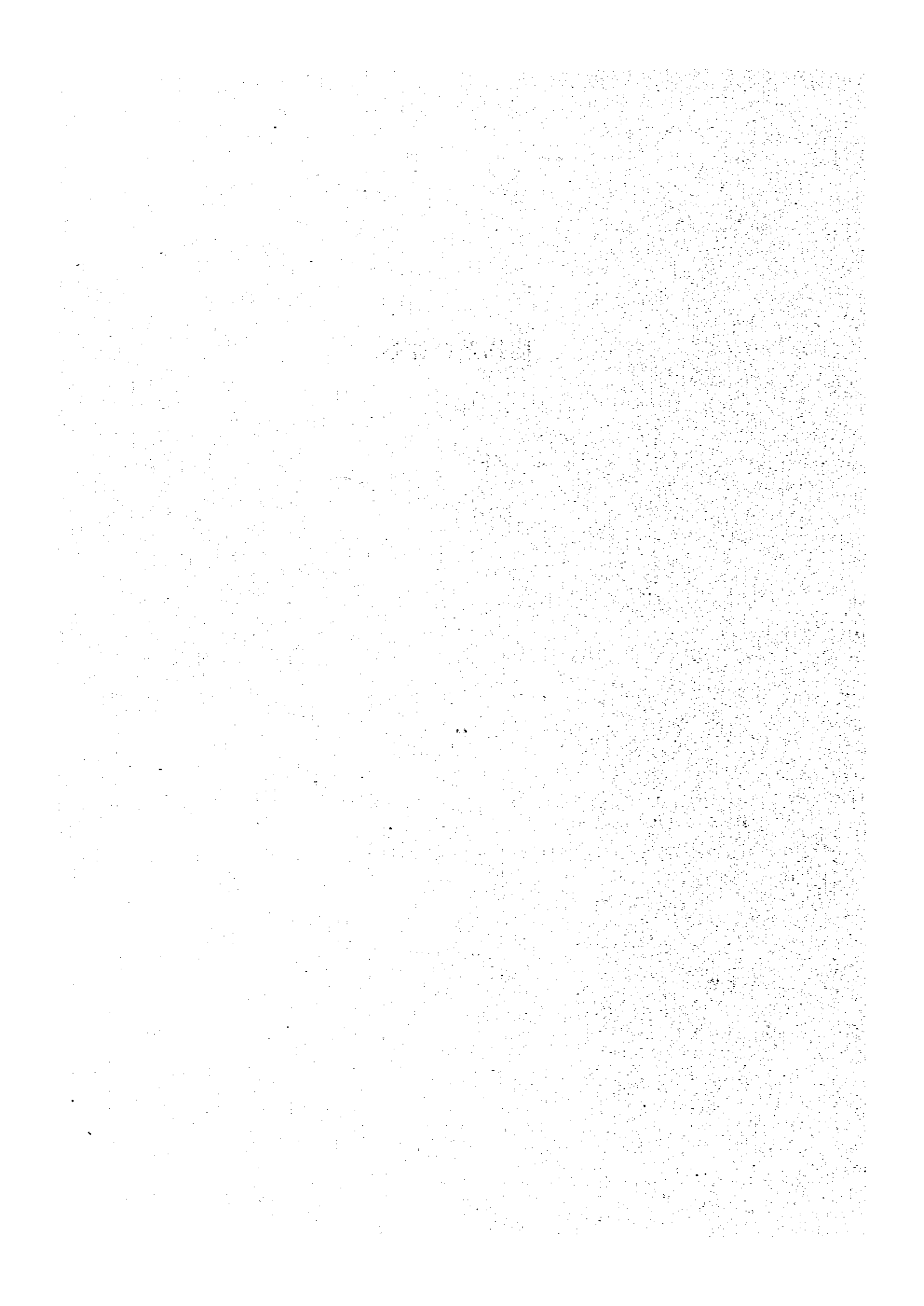
ANNEX2 MINUTES OF MEETINGS FOR THE STUDY OF ENVIRONMENTAL EFFECTS OF COAL FIRING POWER STATIONS AND INTEGRATED STEEL MILL-DECEMBER 1980

ANNEX3 MINUTES OF MEETINGS FOR THE STUDY OF ENVIRONMENTAL EFFECTS OF COAL FIRING POWER STATIONS AND INTEGRATED STEEL MILL-FEBRUARY 1980

ANNEX4 MINUTES OF MEETING OF THE PRESENTATION OF DRAFT REPORT VOLUME I-WATER QUALITY-FEBRUARY 1982

ANNEX5 MINUTES OF MEETING FOR THE STUDY OF ENVIRONMENTAL EFFECTS OF COAL FIRING POWER STATIONS AND INTEGRATED STEEL MILL-JULY 1982

要約及び結論



要約及び結論

〈1〉 調査の概要

シンガポール共和国政府は、同国が策定中の新工業地区に立地を予定している石炭火力発電所及び一貫製鉄所の環境に与える影響調査に関する技術協力について日本国政府に要請した。

右要請にもとづき、国際協力事業団より1980年12月、事前調査団が派遣されシンガポール側との間で、調査項目、調査内容、調査スケジュール等について合意が得られた。

日本側調査団は、1981年2月から同年12月にわたり水質関係の現地調査及び化学的酸素要求量(COD)並びに温排水についてのシミュレーションを実施し、1982年2月、水質関係の調査結果報告書を取りまとめた。

一方、大気関係については、当該地域の二酸化硫黄(SO₂)の環境濃度等を長期的に調べるために、日本側調査団が1981年6月15日から7月14日まで30日間にわたり、当該地区7ヶ所に測定局を設置し、測定機器の設置調整と、シンガポール側への測定機器保守管理方法等の教育、訓練を実施した。その間、短期間ではあるが、当該地区の2ヶ所において2日間、風向風速の鉛直分布測定の実施を行った。

通年測定は、シンガポール側の管理により1981年7月15日から1982年7月14日までの1年間、自動連続測定器によりSO₂環境濃度、日射量、放射収支量、気温の測定を行った。その間、4回にわたり調査団が現地において、測定機器の校正等保守管理及び発生源データの収集を行った。

得られた測定データは日本において逐次読み取り整理を行い、1981年8月から同年12月にかけて、現地測定データの解析並びにSO₂拡散シミュレーションを実施し、ここに大気関係調査結果報告書を取りまとめるに至った。図〈1〉-1に調査全体のフロー図を示す。また、表〈1〉-1に現地調査の実施概要を、表〈1〉-2に現地調査の実施スケジュールを示す。

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for ensuring transparency and accountability in financial management. This section also highlights the need for regular audits and reviews to identify any discrepancies or areas for improvement.

2. The second part of the document focuses on the role of technology in streamlining financial processes. It explores how digital tools and software can enhance efficiency, reduce errors, and provide real-time insights into financial performance. The text suggests investing in reliable technology solutions that integrate seamlessly with existing systems.

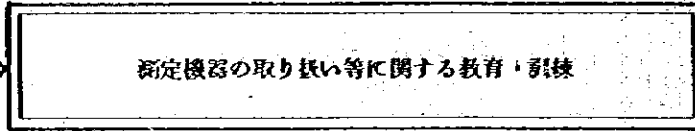
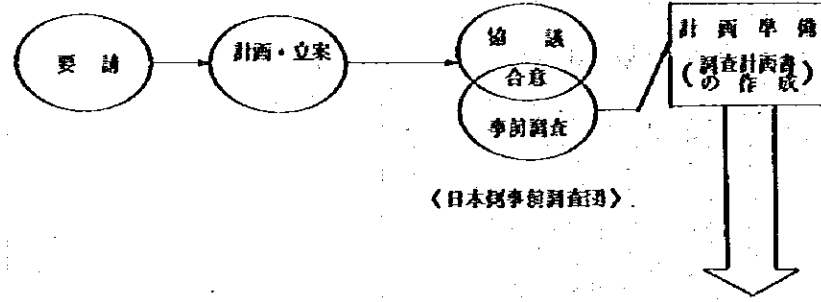
3. The third part of the document addresses the importance of strong internal controls and risk management. It outlines key principles for designing effective controls that prevent fraud, misstatements, and other financial risks. The text also discusses the need for a robust risk assessment framework to identify and mitigate potential threats to the organization's financial health.

4. The fourth part of the document discusses the importance of clear communication and collaboration between different departments. It emphasizes that financial success is often achieved through the effective exchange of information and resources across the organization. The text suggests implementing regular communication channels and cross-functional teams to foster a culture of transparency and shared responsibility.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key takeaways and providing a call to action. It encourages the organization to embrace a proactive approach to financial management, focusing on continuous improvement and innovation. The text also offers resources and support for further exploration of these topics.

<シンガポール共和国政府>

<シンガポール共和国政府>



測定局の設置	設置測定器
シンガポール大学 (MP1) (測定局の概要) Jurong工業地帯南東約10kmに位置する居住地域にあり、この大学構内のDr. Pekiam研究室の隣にプレハブで測定局を建設。	SO ₂ 計 (1地点) 微風向風速計 (1地点) 気温計 (1地点、2高度) 日射計 (1地点) 放射収支計 (1地点)
JTC タウンホーム (MP2) (測定局の概要) Jurong工業地帯のほぼ中央に位置するJurong Gardenの中にあり、測定局は、タウンホームの建物(高さ約20m)による影響を考え、屋上に設置。	SO ₂ 計 (1地点) 微風向風速計 (1地点)
JTC ツイルラボラトリー (MP3) (測定局の概要) Jurong工業地帯のほぼ中央、海岸よりに位置し、南には、Southern Islandsがある。測定局は、このツイルラボラトリーの実験室建物東西約50mのところにプレハブを設置。	SO ₂ 計 (1地点) 微風向風速計 (1地点)
ブレイアパート (MP4) (測定局の概要) Jurong工業地帯の北側、Jurong居住地域に位置している。測定局は、このアパート群の一画である12階建て、高さ約41mのアパートを利用しその屋上階設部分のおどり場に設置。	SO ₂ 計 (1地点) 微風向風速計 (1地点)
ブキテマ消防署 (MP5) (測定局の概要) Jurong Townの東北東約4kmに位置し、Woodlandsに近づくBUKIT TIMAH道路沿いにあり、消防署の消防自動車駐車場の一角に設置。	SO ₂ 計 (1地点) 微風向風速計 (1地点)
チャンギーエアポート (MP6) (測定局の概要) チャンギー国際空港はシンガポール本島の東側に位置し、その北端はChangi Beach、東から南にかけては、シンガポール海峡に面し、北東約5kmにTekong島がある。測定局はこの空港の気象観測所の予備室に設置。	SO ₂ 計 (1地点) 微風向風速計 (1地点)
ベドック文番 (MP7) (測定局の概要) チャンギー国際空港南西約5kmに位置し、この地域周辺は東海岸の居住地域及びレクリエーション地域となっている。測定局は、この文番棟にプレハブを設置。	SO ₂ 計 (1地点) 微風向風速計 (1地点)

測定機器の取り扱い等に関する教育・訓練

教育・訓練内容

- (目的)
計器が毎日正常に作動するように、日常の保守管理を出来るようにする。
- 測定機器の名称と測定項目の説明
- 測定機器の取り扱い方法及び保守管理方法に関する教育・訓練
- SO₂計の検収液、校正用等価液の作成方法及び純水製造器の取り扱いに関する教育・訓練

SO₂計、風向風速計、気温計、日射計、放射収支計及び純水製造器に関する測定機器と測定項目の関連並びに測定機器の各パーツの名称説明。
(実施日 1981年6月22日)

MP1~MP7に設置した測定機器を実際に作動させて、SO₂計、風向風速計、気温計、日射計及び放射収支計の取り扱い方法、校正方法、測定原理並びに修理方法の教育訓練。
(実施日 1981年7月6日、7日、8日、及び9日)

SO₂計の検収液作成に際しての純水の導電率及び日本製イオン交換型純水製造器の取り扱いに関する教育訓練。
(実施日 1981年7月8日)

調査項目と調査地点

調査方法

SO₂環境 Jurong 地点 5点 (MP1~MP5)
濃度調査 Changi 地点 2点 (MP6~MP7)

通年測定
溶液導電率式SO₂計を調査地点に設置。1年間にわたり1時間値を連続測定
(調査期間) 1981年7月15日~1982年7月14日

(目的)
現地のSO₂環境濃度を長期的に把握し現状における拡散シミュレーションの整合性を検討する。

地上風向 Jurong 地点 5点 (MP1~MP5)
風速調査 Changi 地点 2点 (MP6~MP7)

通年観測
風車型微風向風速計を調査地点に設置。1年間にわたり10分間値の移動平均値を連続測定
(調査期間) 1981年7月15日~1982年7月14日

(目的)
現地の地上風向風速の特性を把握しシミュレーションのためのデータを得る。

日射量・放射 地点 1点 (MP1)

通年観測
日射計、放射収支計を調査地点に設置。1年間にわたり、時間値並びに1時間値を連続測定
(調査期間) 1981年7月15日~1982年7月14日

(目的)
現地の日射量・放射収支量を把握しシミュレーションのためのデータを得る。

気温の測定 Jurong 地点1点2高度 (MP1)

通年観測
白金抵抗温度計を調査地点の2高度に設置。1年間にわたり時間値を連続測定
(調査期間) 1981年7月15日~1982年7月14日

(目的)
現地の気温を把握しシミュレーションのためのデータを得る。

風向風速の 地点 1点 (MP2)
鉛直分布調査 Changi 地点 1点 (MP6)

パイロットバルーンにより、地上から2,000mまでの層厚100m毎の平均風向風速を測定。
(調査期間) 1981年6月23日、24日
8:00~17:00の毎正時に調査

(目的)
現地の風向風速の鉛直分布の特性を把握し、シミュレーションのためのデータを得る。

発生源調査

固定発生源データ(煙突の位置、高さ、口径、燃料消費量、排ガス量など)、船舶データ(入出港別、船舶別隻数、トン数別入出港隻数など)

(目的)
シミュレーションのための資料を得る

図< I > - 1 環境影響調査全体フロー



Section 1

Text block 1 containing several lines of faint, illegible text.

Text block 2 containing several lines of faint, illegible text.

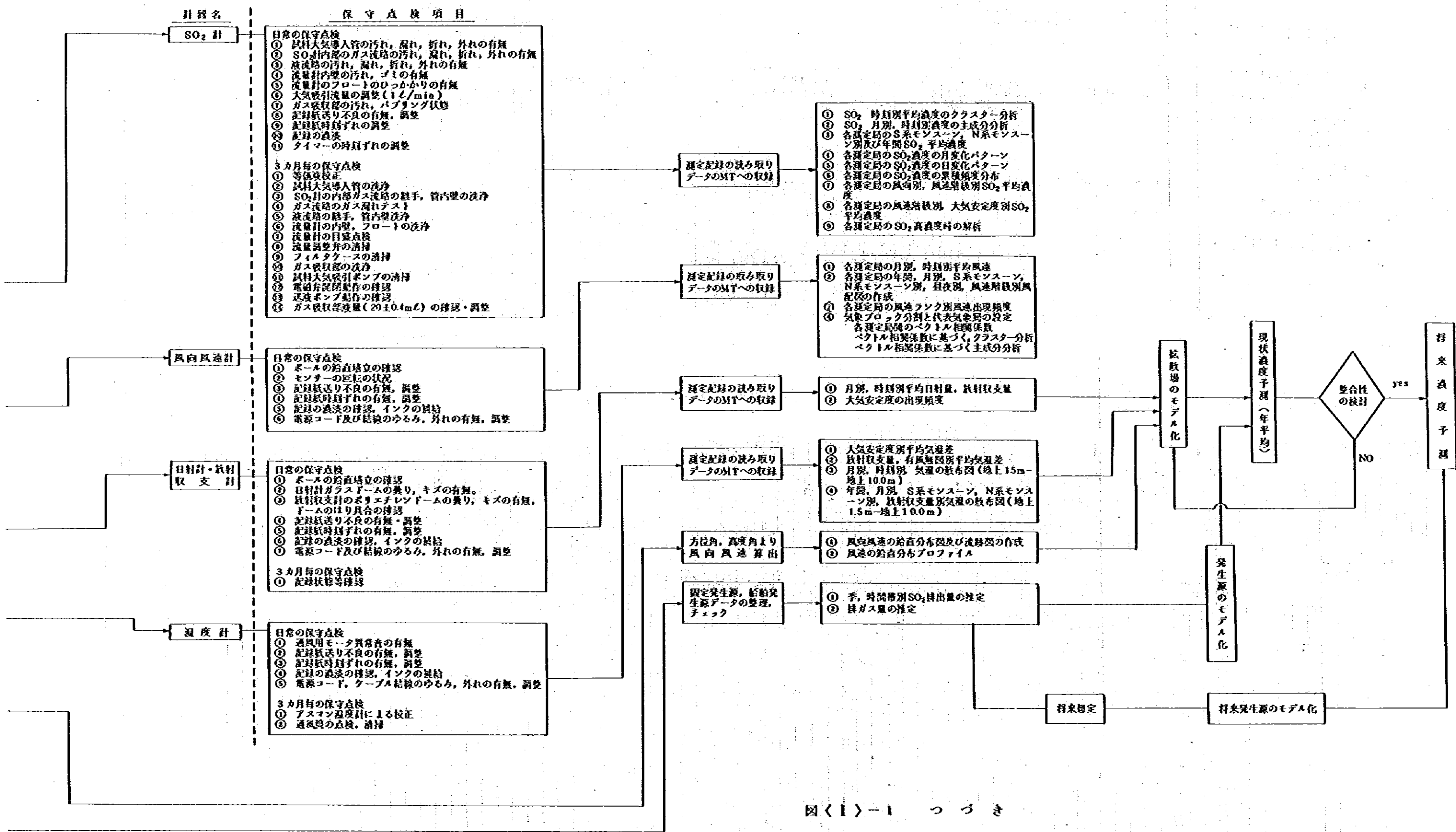
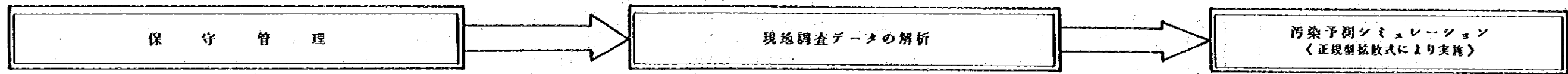
Text block 3 containing several lines of faint, illegible text.

Text block 4 containing several lines of faint, illegible text.

Text block 5 containing several lines of faint, illegible text.

Text block 6 containing several lines of faint, illegible text.

Text block 7 containing several lines of faint, illegible text.



図<1>-1 つづき

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent and reliable data collection processes to support effective decision-making.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and reporting, thereby improving efficiency and accuracy.

4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data management, such as data quality, security, and privacy. It provides strategies to mitigate these risks and ensure that data is used responsibly and ethically.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key findings and recommendations. It stresses the importance of ongoing monitoring and evaluation to ensure that data management practices remain effective and aligned with the organization's goals.

CONFIDENTIAL - INTERNAL USE ONLY

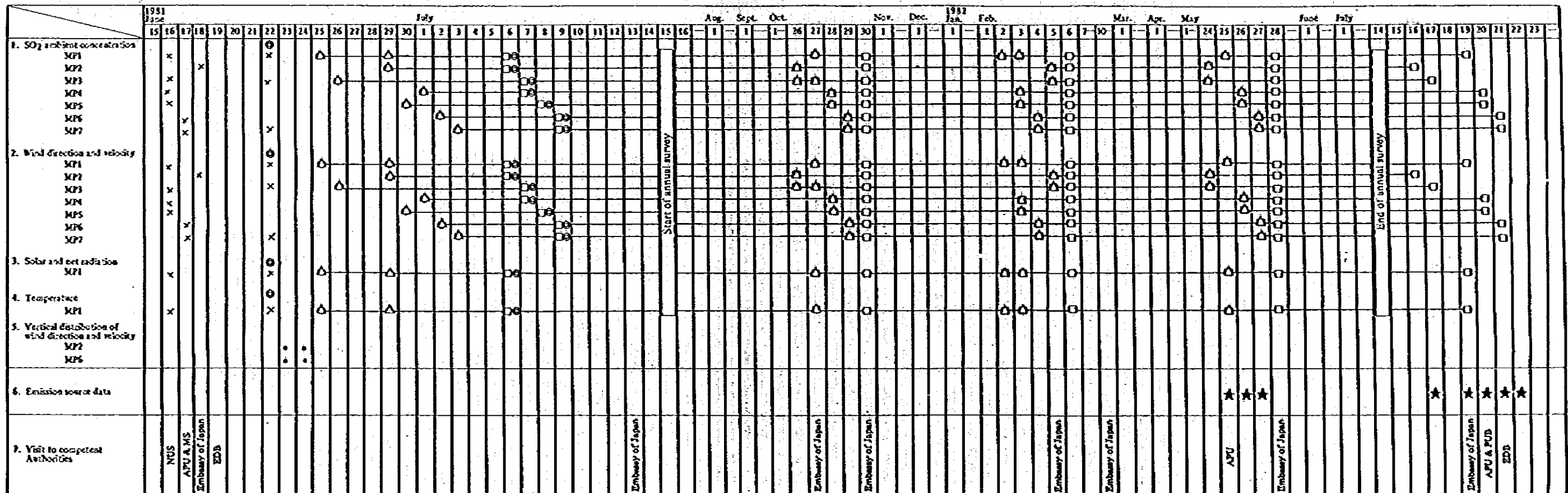
CONFIDENTIAL - INTERNAL USE ONLY

表(1)-1 現地調査実施概要

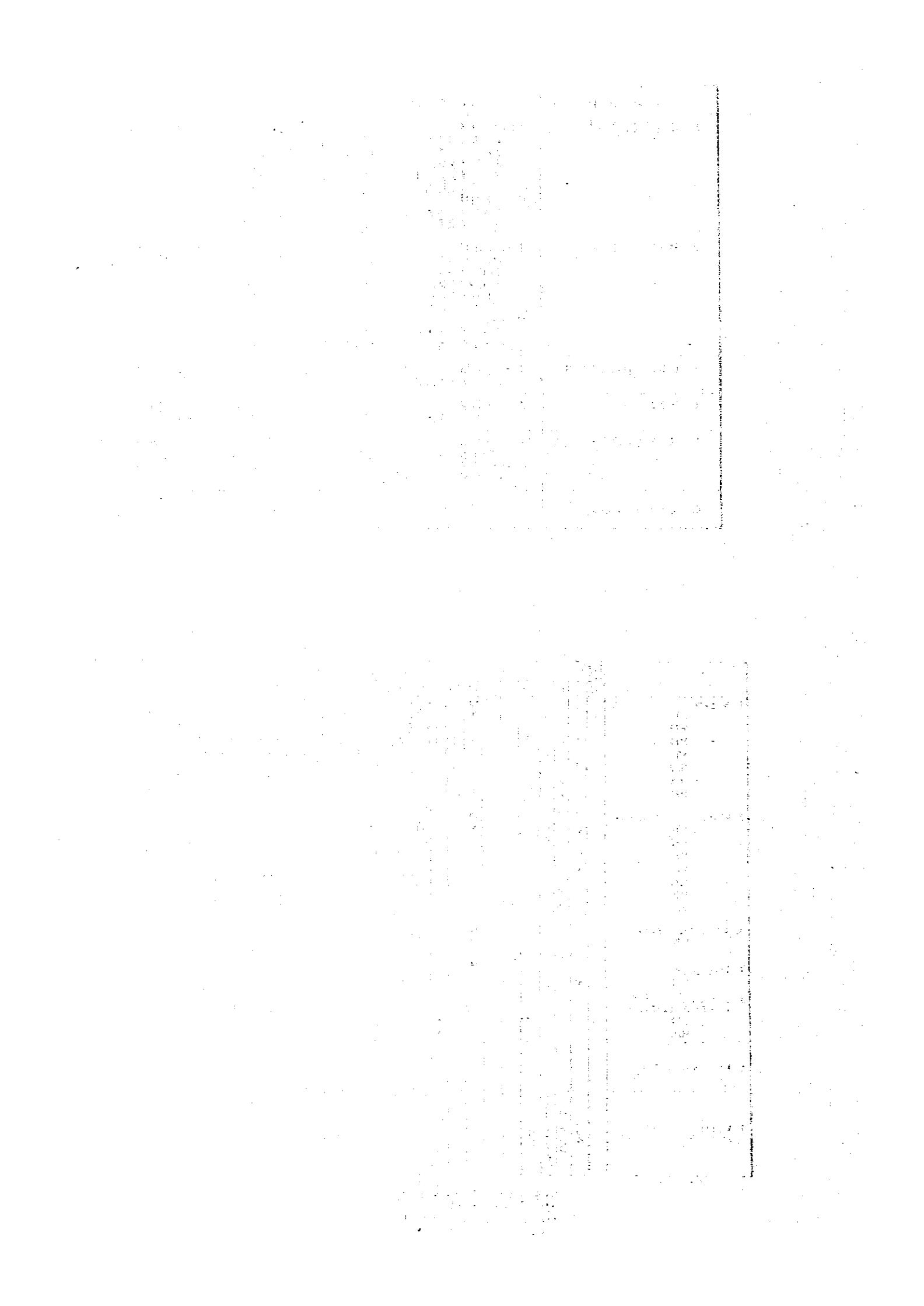
調査項目	調査地点	観測高度	調査期間	調査方法	測定機器の取り扱い等に関する教育・訓練	測定局の設置
1. SO ₂ 環境濃度調査	Jurong 地域 シンガポール大学 (MP1) JTC ホール (MP2) JTCソイルラボラトリー (MP3) ブレイアポート (MP4) ブキテマ消防署 (MP5) Changi 地域 チャンギーエアポート (MP6) ベドック文番 (MP7)	地上 2m 20.5m 2m 45m 4m 地上 2m 2.5m	1981年7月15日 ～1982年7月14日	溶液導電率式SO ₂ 計を調査地点に設置し、1時間値を連続測定。	各バープの名称説明、取り扱い方法、校正方法、測定原理並びに修理方法の教育訓練。 吸収液、校正用等標準の作成方法及び、純水製造器の取り扱いに関する教育・訓練。	① シンガポール大学 (MP1) 大学構内のDr. Pakiam 研究室の棟にプレハブで測定局を建設 ② JTC タウンホール (MP2) タウンホール (高さ約20m)の屋上の予備室に測定局を設置 ③ JTC ソイルラボラトリー (MP3) ソイルラボラトリーの実験室建物約50mのところにプレハブで測定局を建設 ④ ブレイアポート (MP4) アポート群の一画である高さ約41mの屋上階段部分のおどり場に測定局を設置 ⑤ ブキテマ消防署 (MP5) 消防署の消防自動車駐車場の一角に測定局を設置 ⑥ チャンギーエアポート (MP6) 空港の気象観測所の予備室に測定局を設置 ⑦ ベドック文番 (MP7) 文番棟にプレハブで測定局を建設
2. 地上風向風速調査	Jurong 地域 シンガポール大学 (MP1) JTC ホール (MP2) JTCソイルラボラトリー (MP3) ブレイアポート (MP4) ブキテマ消防署 (MP5) Changi 地域 チャンギーエアポート (MP6) ベドック文番 (MP7)	地上 10m 29m 10m 51m 10m 地上 6m 13m	1981年7月15日 ～1982年7月14日	風車型自動数風向風速計を調査地点に設置し、10分間値の移動平均値を連続測定。	各バープの名称説明、取り扱い方法、校正方法、測定原理並びに修理方法の教育訓練。	
3. 日射、放射収支量の測定	Jurong 地域 シンガポール大学 (MP1)	地上 1.5m	1981年7月15日 ～1982年7月14日	日射計、示差式放射収支計を調査地点に設置し、時間値並びに1時間値を連続測定	各バープの名称説明、取り扱い方法、測定原理並びに修理方法の教育訓練	
4. 気温の測定	Jurong 地域 シンガポール大学 (MP1)	地上 1.5m 及び 10m	1981年7月15日 ～1982年7月14日	白金抵抗温度計を調査地点に設置し時間値を連続測定	各バープの名称説明、取り扱い方法、測定原理、校正方法の教育訓練	
5. 風向風速の鉛直分布調査	Jurong 地域 JTC ホール (MP2) Changi 地域 チャンギーエアポート (MP6)	地上から 2000mまで積層 100m毎の平均 風向風速	1981年6月23日、24日	40秒間に100m上昇するよう気球にヘリウムガスを充填し、飛揚させ、セオドライトにより追跡し、方位角、高度角を求め、風向風速の鉛直分布を測定。	各バープの名称説明、取り扱い方法、測定原理の教育訓練	
6. 発生源データの収集	61工場	—	1982年5月23日～29日 1982年7月15日～24日	発生源調査書により煙突位置、SO ₂ 排出量、排ガス量等発生源の諸元を詳細に調査	—	

- ◎ : 測定機器の取り扱いに関する教育・訓練
- × : 測定局の設置
- : 測定機器の設置
- △ : 調整
- : 点検
- : 自動連続測定
- : パイロットバルーン実施日
- ★ : 発生源調査

表(1)-2 現地調査の実務スケジュール

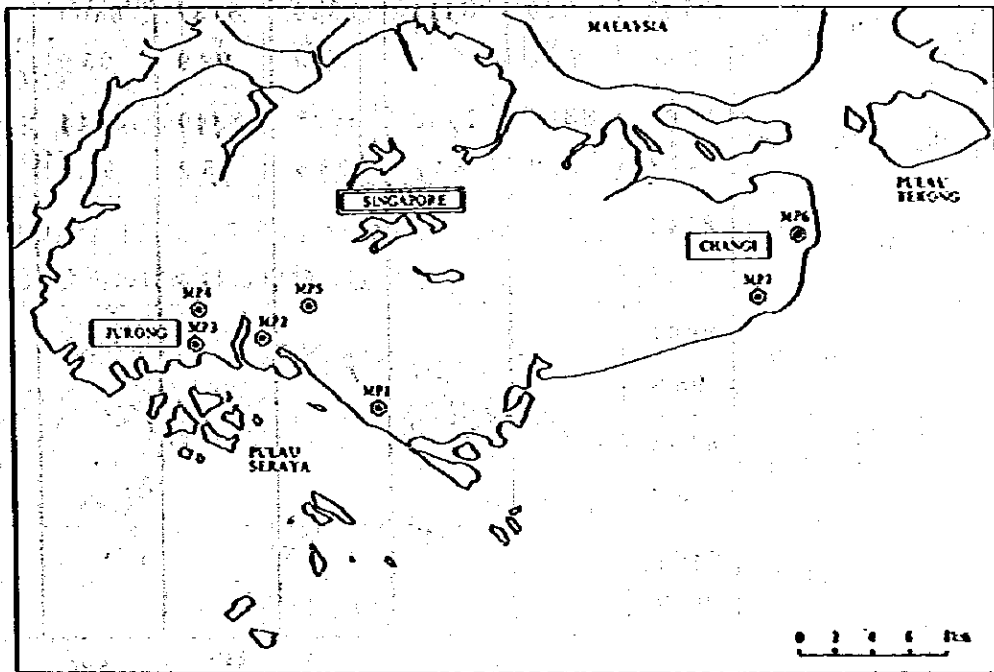


NUS: National University of Singapore
 APU: Anti Pollution Unit
 EDB: Economic Development Board
 MS: Meteorological Service
 PUB: Public Utility Board



〈Ⅰ〉 現地調査結果の要約

環境影響調査の実施に当たっては、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、まず現状における汚染の状況を長期的に把握する必要があるので、図〈Ⅰ〉-1に示す当該地域7ヶ所に測定局を設置し、二酸化硫黄(SO₂)環境濃度、気象(風向風速、日射量、放射収支量、気温)の測定を自動連続測定器により1年間(1981年7月15日~1982年7月14日)行った。また、短期間(1981年6月23,24日)ではあるが風向風速の鉛直分布測定も行った。



- MP1: シンガポール大学
- MP2: JTCタウンホール
- MP3: JTCソイルラボラトリー
- MP4: プンレイアポート
- MP5: プキテマ消防署
- MP6: チャンギーエアポート
- MP7: ベドック交番

図〈Ⅰ〉-1 測定局設置地点

各測定局における測定項目毎の有効測定時間（校正時、機器のトラブル等の欠測を除いた有効測定時間）は表くⅠ）-1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）の基準を大巾に上まわっている。

以下測定結果の概要を記す。

表くⅠ）-1 各測定局における有効測定時間

上段：有効測定時間数

下段：測定率

		MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7
SO ₂ 環境濃度		8145	8329	8411	7526	8137	8404	8151
		93.0	95.1	96.0	85.9	92.9	95.9	93.0
風 向 風 速		8568	8316	7332	8628	8340	8544	8484
		97.8	94.9	83.7	98.5	95.2	97.5	96.8
日 射 量		8514	—	—	—	—	—	—
		97.2	—	—	—	—	—	—
放 射 収 支 量		8667	—	—	—	—	—	—
		98.9	—	—	—	—	—	—
気 温	地上 1.5 m	8753	—	—	—	—	—	—
		99.9	—	—	—	—	—	—
	地上 10 m	8755	—	—	—	—	—	—
		99.9	—	—	—	—	—	—

1. SO₂環境濃度

表くⅠ）-2は各測定局におけるSO₂環境濃度の季別、時間帯別平均値を示したものである。これをみると昼の濃度は夜間に比較して約2倍高くなっている。これは、昼と夜の風向や大気安定度の差異及び発生源活動の差異によっているものと考えられる。

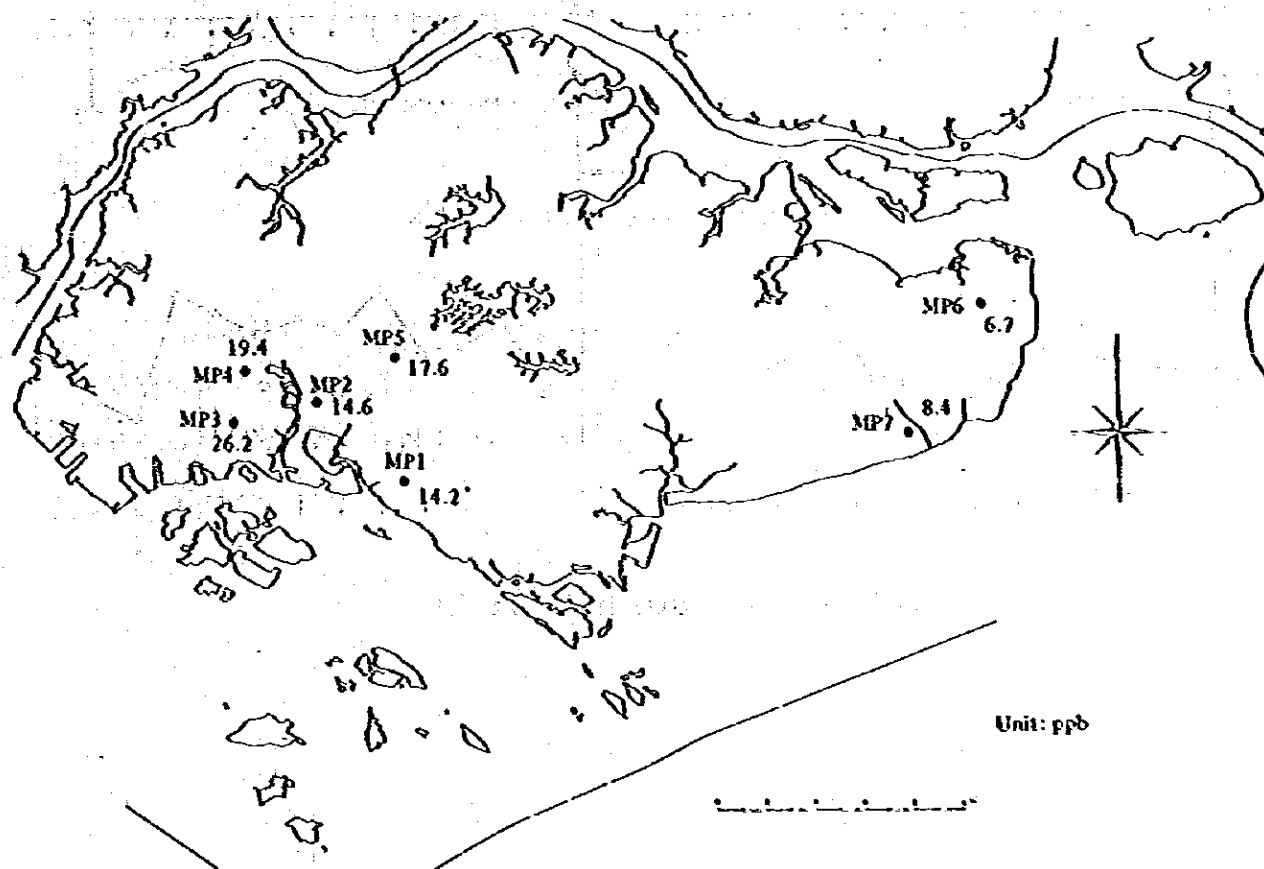
また、S系モンスーン（4月～10月）とN系モンスーン（11月～3月）についてみるとMP 3、MP 4においてS系モンスーンの平均濃度が高くなっているが、これは、S系モンスーンはN系モンスーンに比較し南寄りの風の出現頻度が多く、発生源とこれらの測定局の位置関係から濃度が高くなっているものと考えられる。

表(1)-2 各測定局におけるSO₂環境濃度の季別・時間帯別平均値

単位: ppb

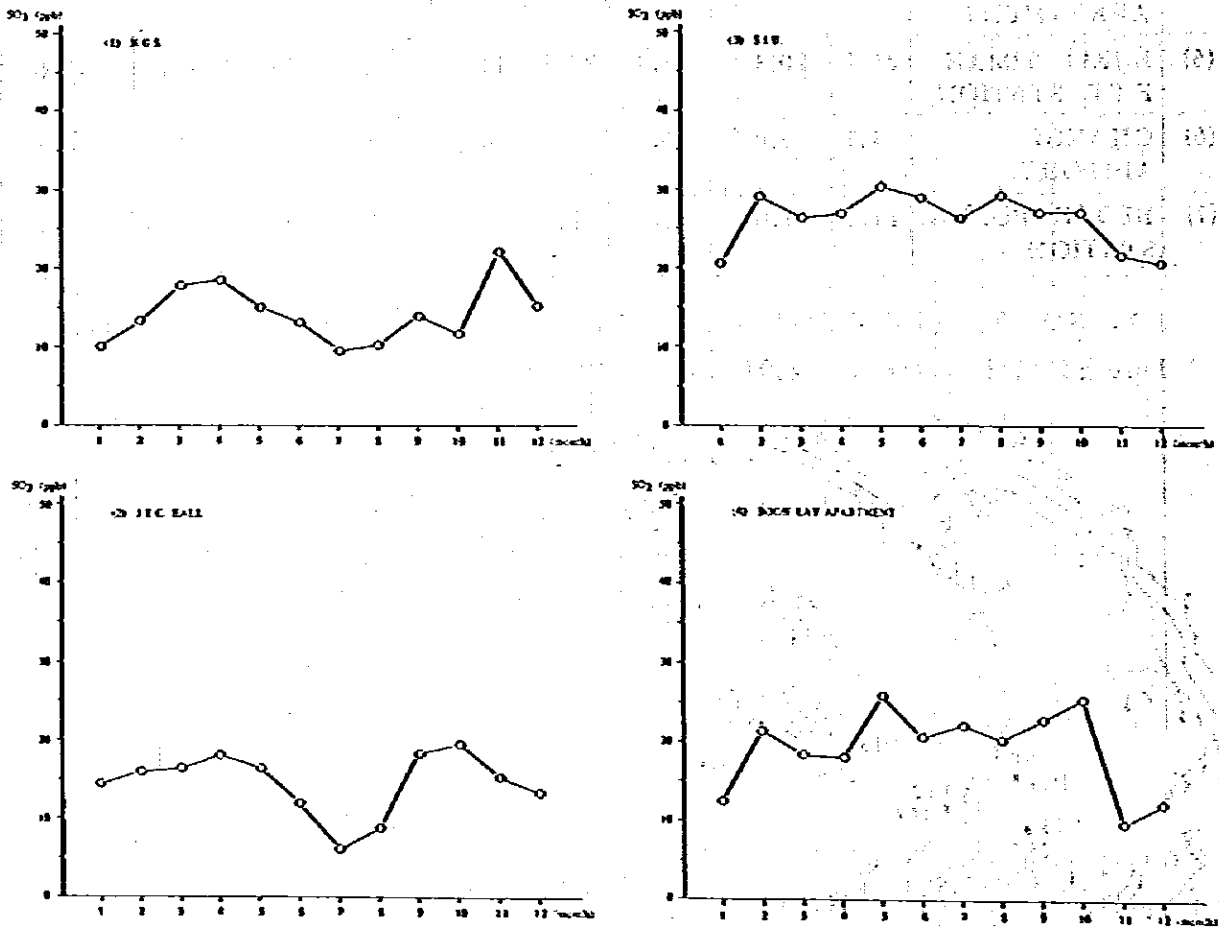
局名	S系モンスーン(4~10月)			N系モンスーン(11~3月)			年間		
	昼 18~7	夜 7~18	通日	昼	夜	通日	昼	夜	通日
(1) N.U.S.	17.5	9.4	13.1	20.7	11.7	15.8	18.8	10.4	14.2
(2) JTC HALL	18.0	11.1	14.3	18.4	12.1	15.0	18.2	11.5	14.6
(3) S.I.U.	39.3	18.5	28.0	28.4	19.8	23.7	34.8	19.0	26.2
(4) BOON LAY APARTMENT	34.1	12.8	22.3	17.8	12.9	15.0	27.8	12.8	19.4
(5) BUKIT TIMAH FIRE STATION	26.9	10.3	17.9	23.6	11.8	17.2	25.5	10.9	17.6
(6) CHANGI AIRPORT	7.7	6.0	6.8	8.7	4.9	6.6	8.1	5.5	6.7
(7) BEDOK POLICE STATION	11.3	7.6	9.3	9.6	5.2	7.2	10.6	6.6	8.4

また、SO₂環境濃度の年平均値の地域分布は図(1)-2に示すとおりであり、これによるとJurong地域周辺における環境濃度が高く、Changi地区周辺では比較的低くなっている。

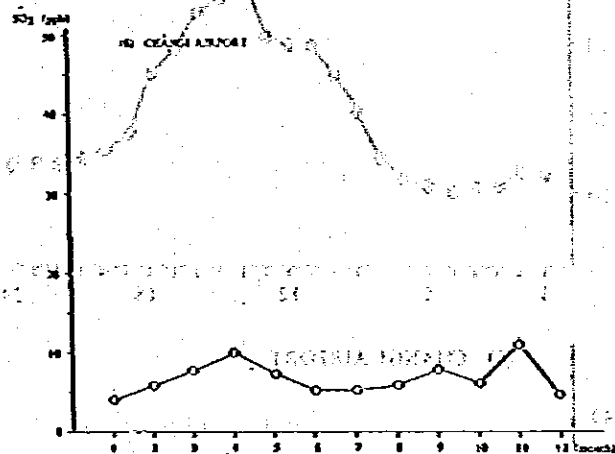
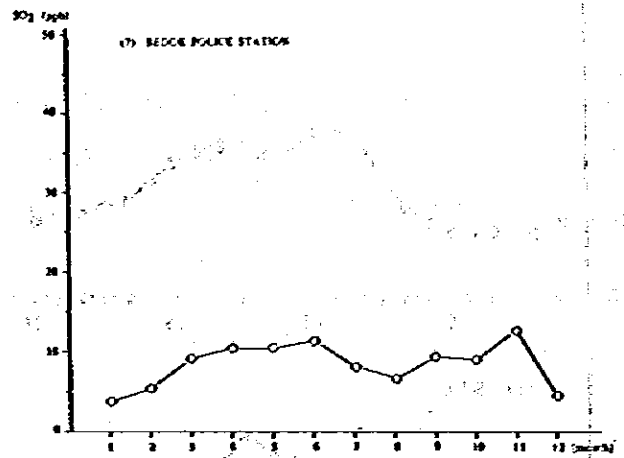
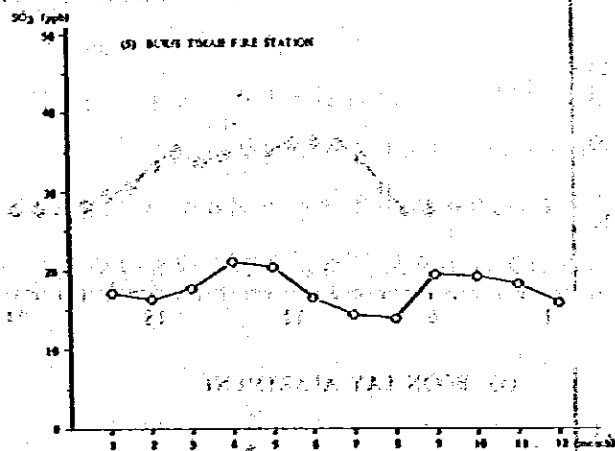


図(1)-2 SO₂環境濃度の地域分布(年平均値)

次に、各測定局のSO₂濃度の月別変化をみると図<■>-3(1)、(2)に示すとおりであり、MP3、MP4以外の局では3月から5月と、9月から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。これに対しMP3、MP4では2月から10月まで濃度が高く、11月から1月まで濃度が低い。このようにMP3、MP4が他の測定局と異っているのは、これらの測定局が最も西側に位置しており、S-E~Sの風で主要発生源の風下になるのに対し、その他の測定局ではSSW~WSWで主要な発生源の風下になることに起因している。

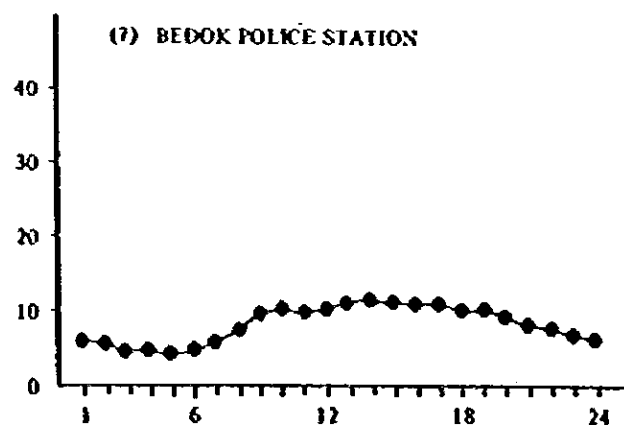
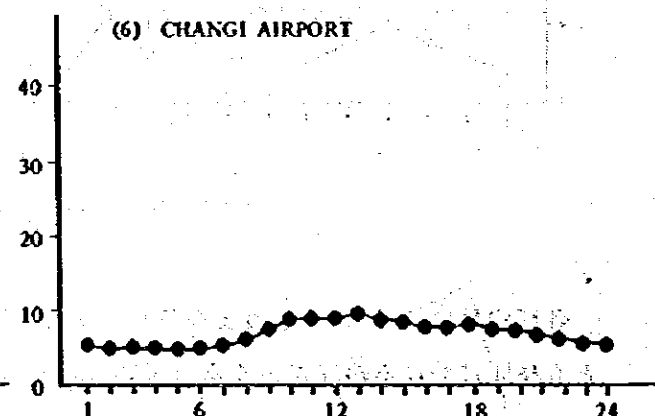
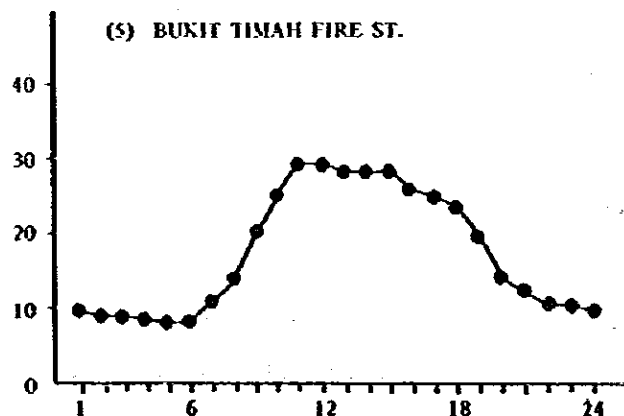
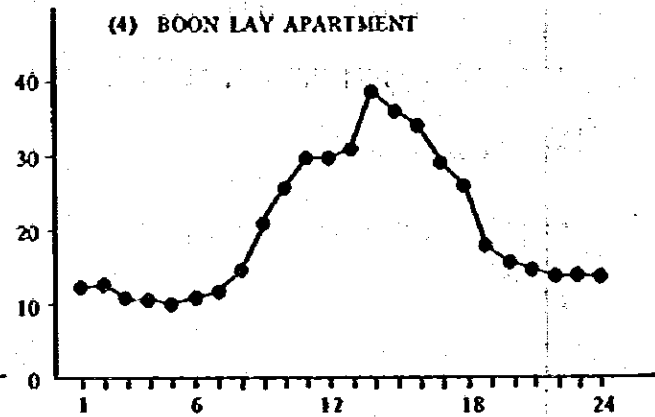
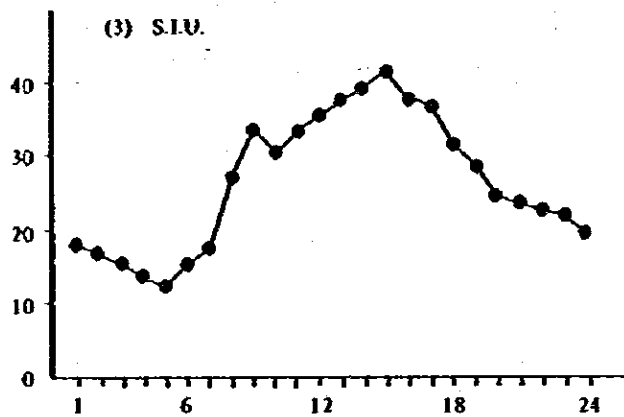
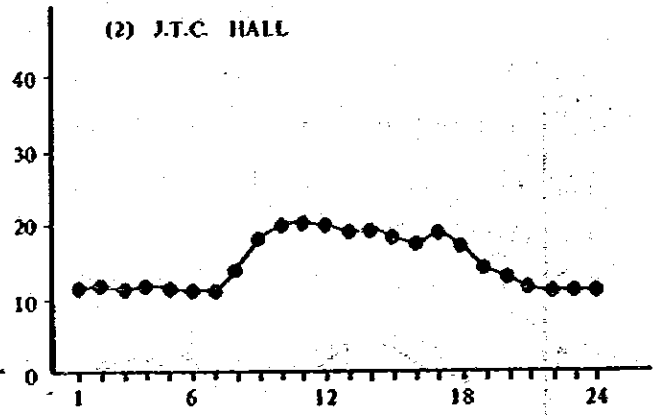
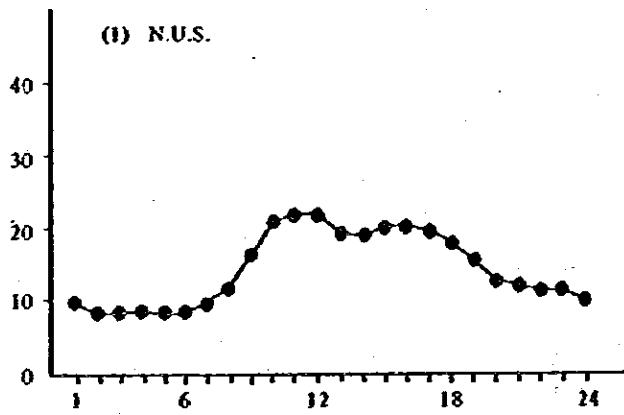


図<■>-3(1) SO₂濃度の月別変化



図<I>-3(2) SO₂濃度の月別変化

各測定局におけるSO₂濃度の時刻別平均濃度は図<I>-4に示すとおりであり、各測定局とも昼間における濃度が高くなっている。また、発生源に近いMP1~MP5の時刻変動は大きいのに対し、発生源から遠く離れたMP6, MP7の時刻変動は小さい。

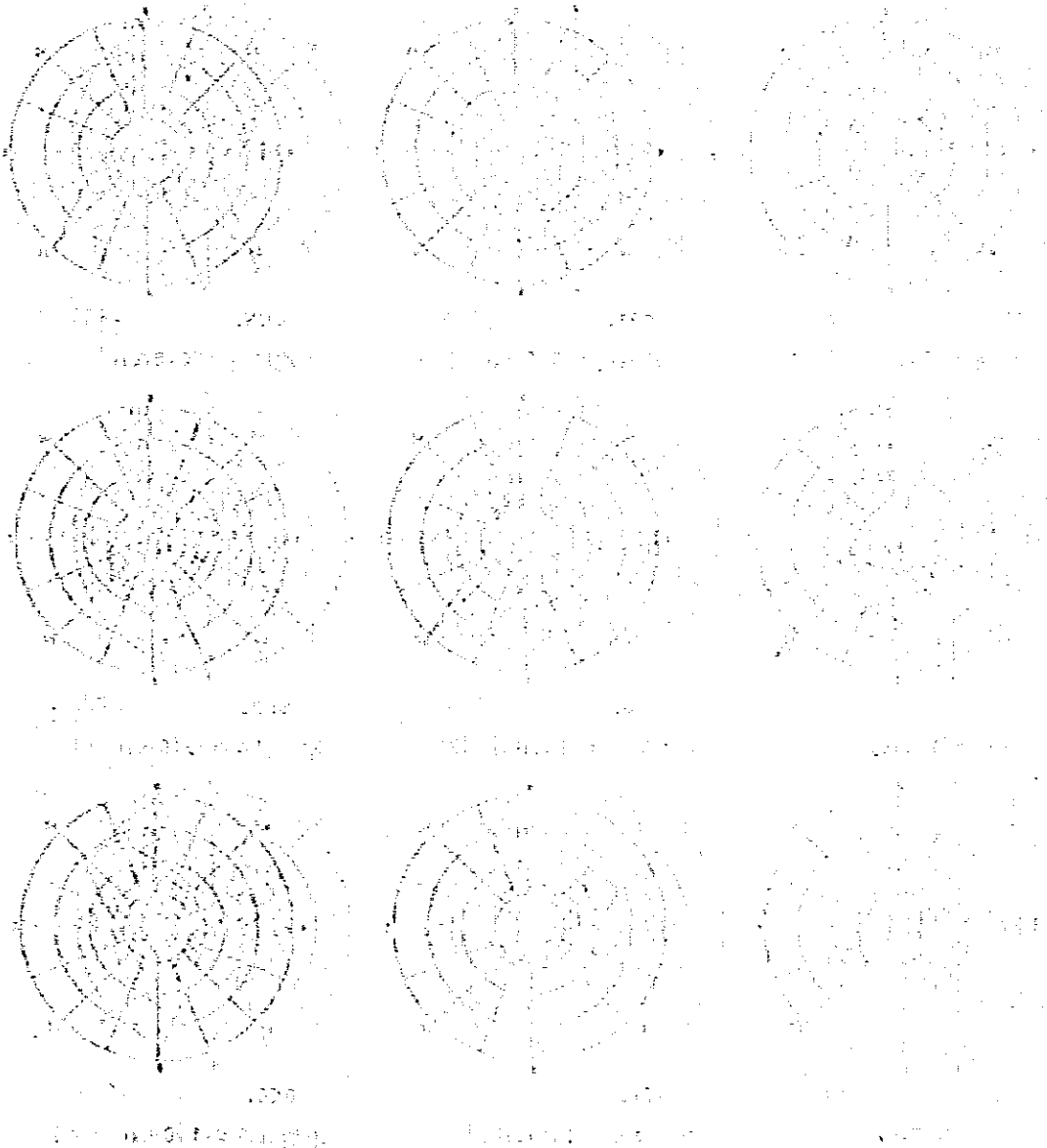


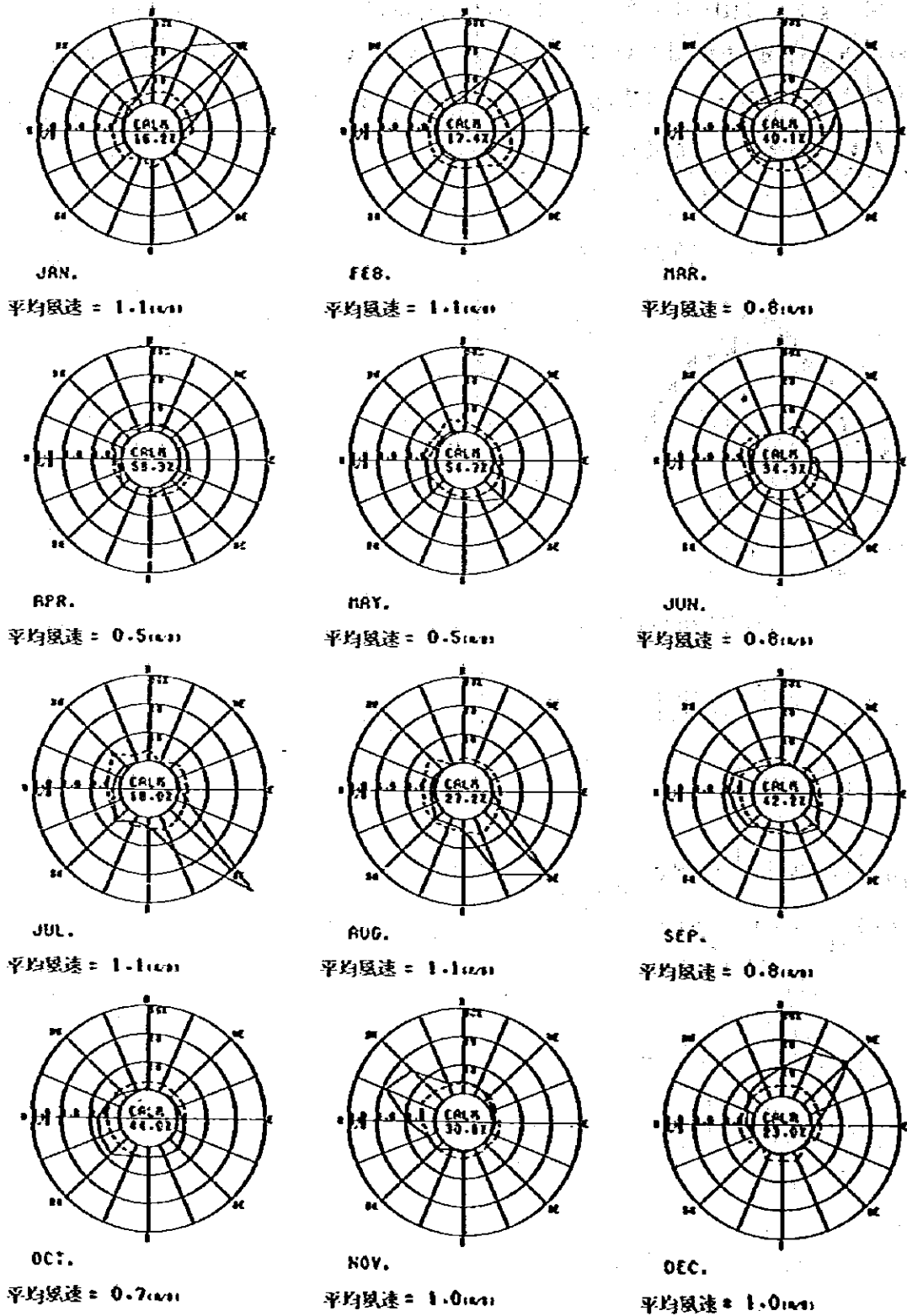
図<1>-4 SO₂濃度の時刻別変化

2. 地上風向風速

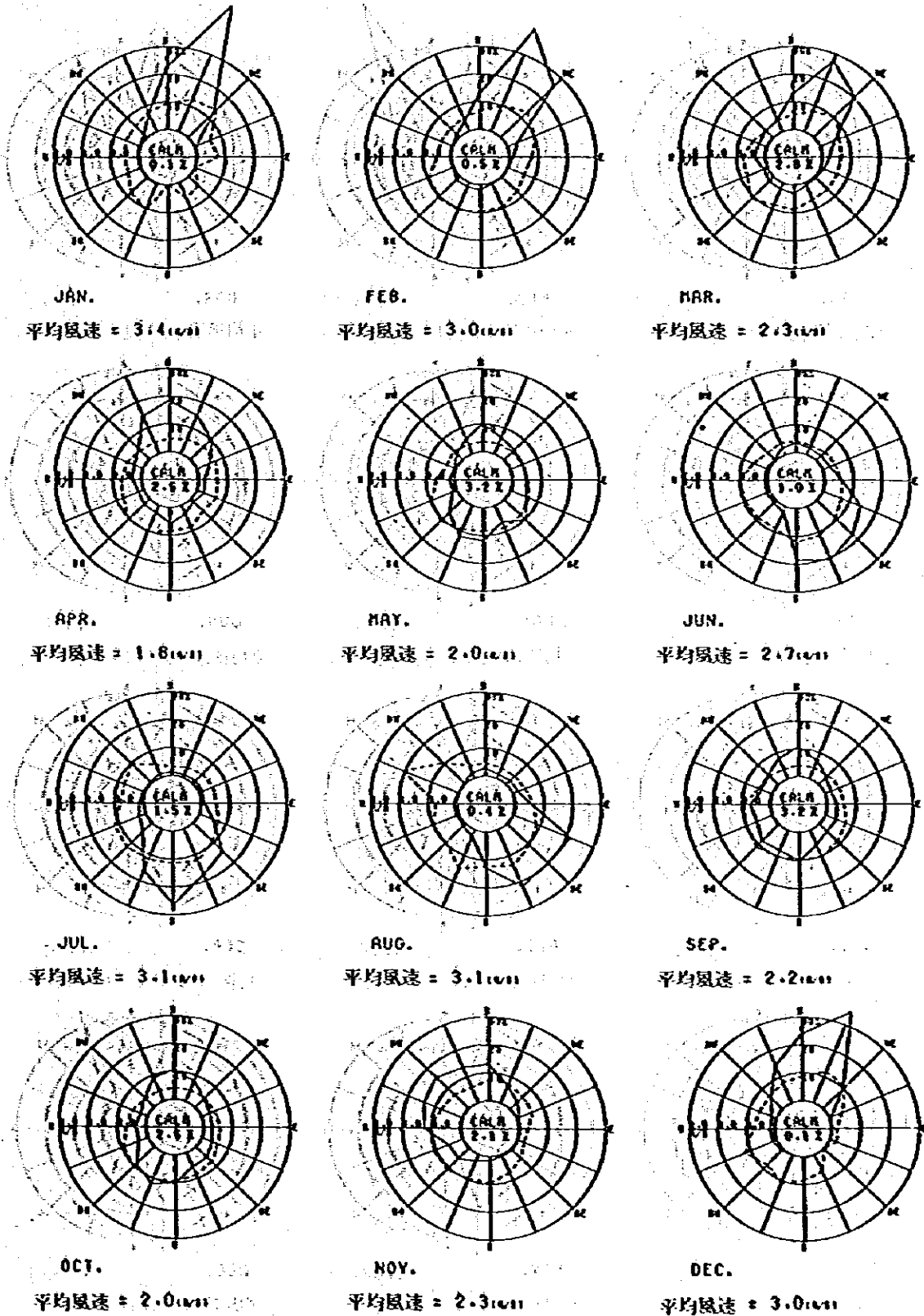
(1) 風 向

図<1>-5(1)~(7)は各測定局における月別の風向の出現頻度を風配図として現わしたものである。これをみると12月から3月まではNNW~NEのN系の風が卓越し、逆に6月~8月ではSSE~SのS系の風が卓越している。またその他の月では特に卓越した風系を示さないという際立った特徴を示している。

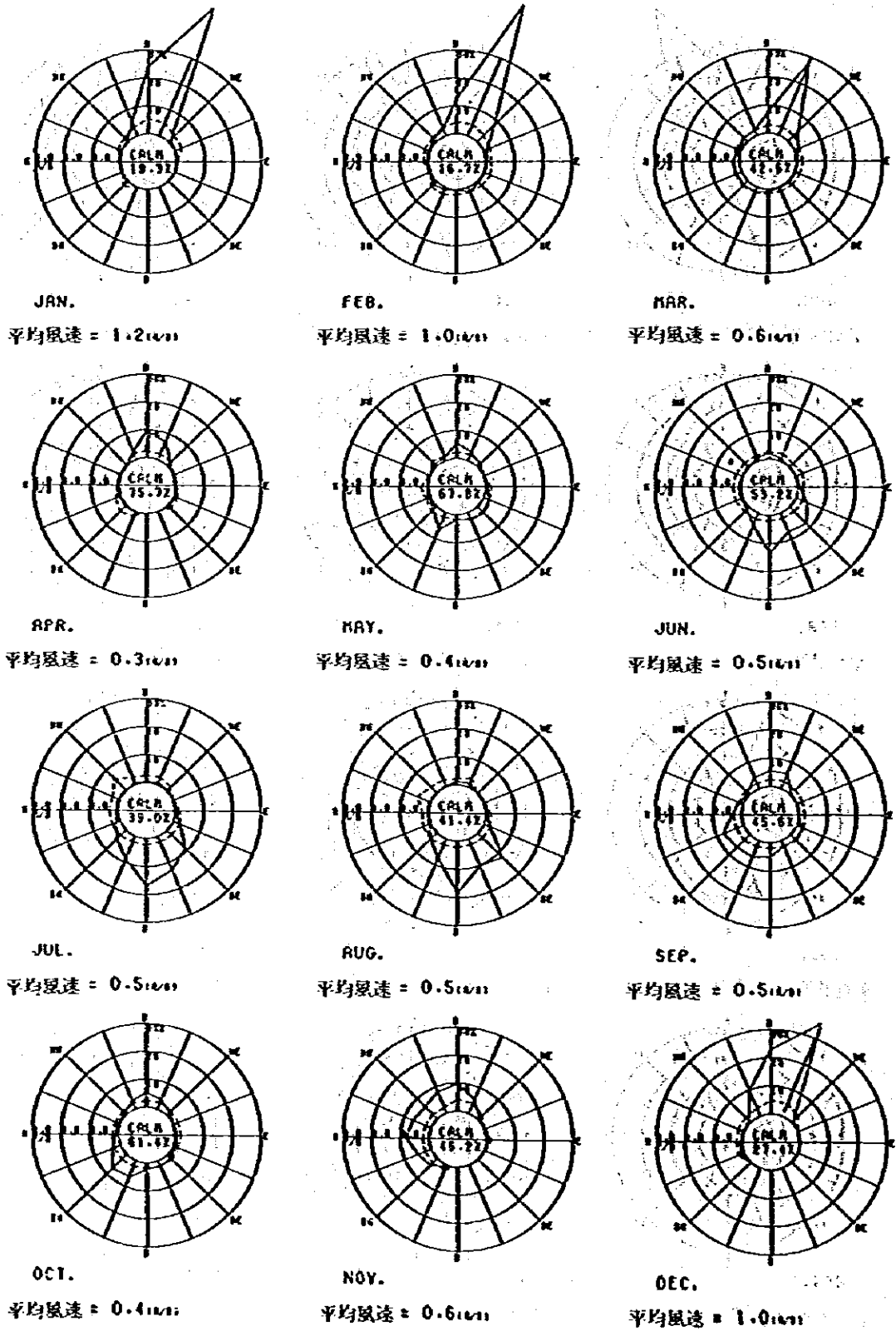




図(1) - 5(1) M P I における月別風配図

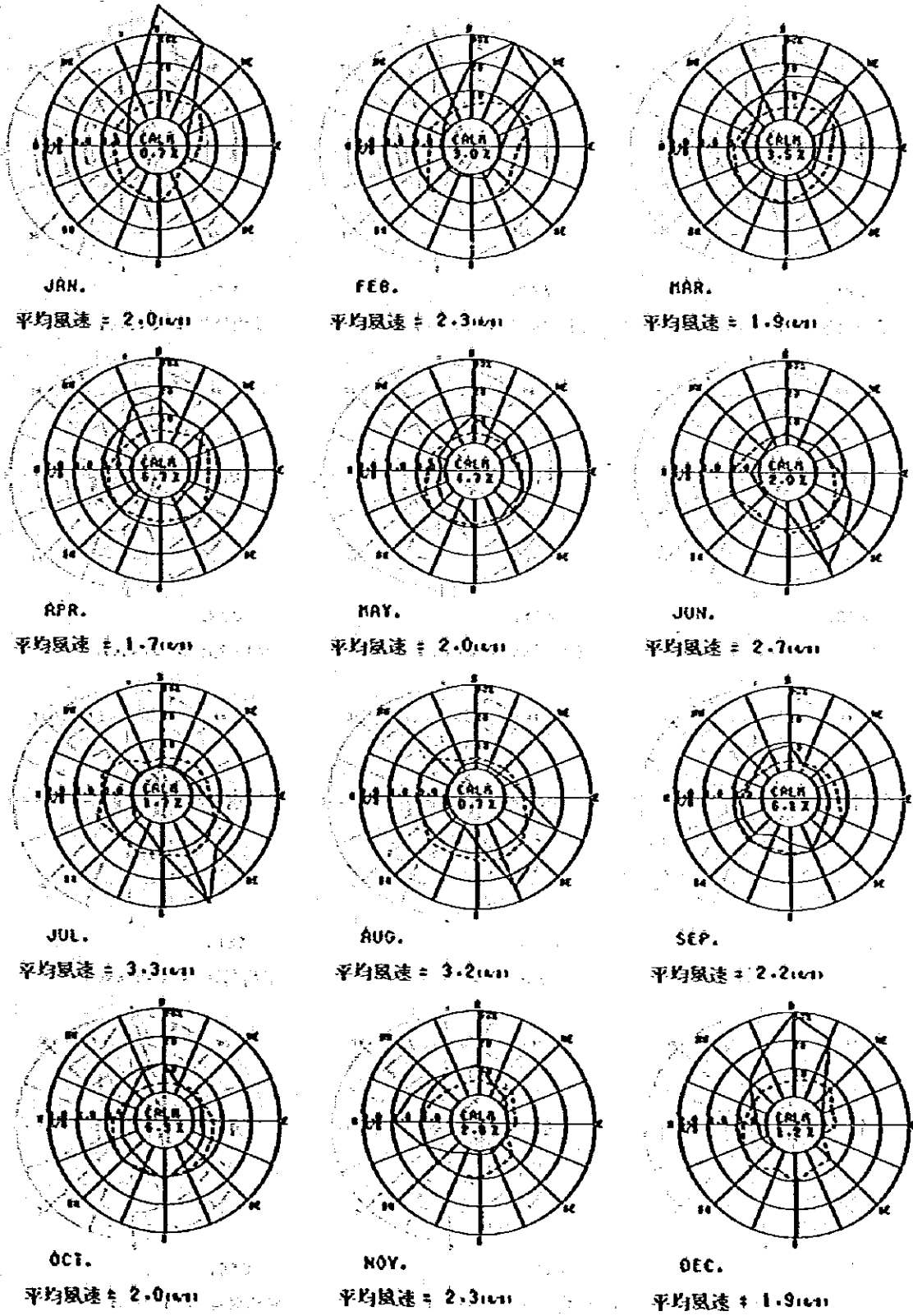


図<1>-5(2) MP 2における月別風配図



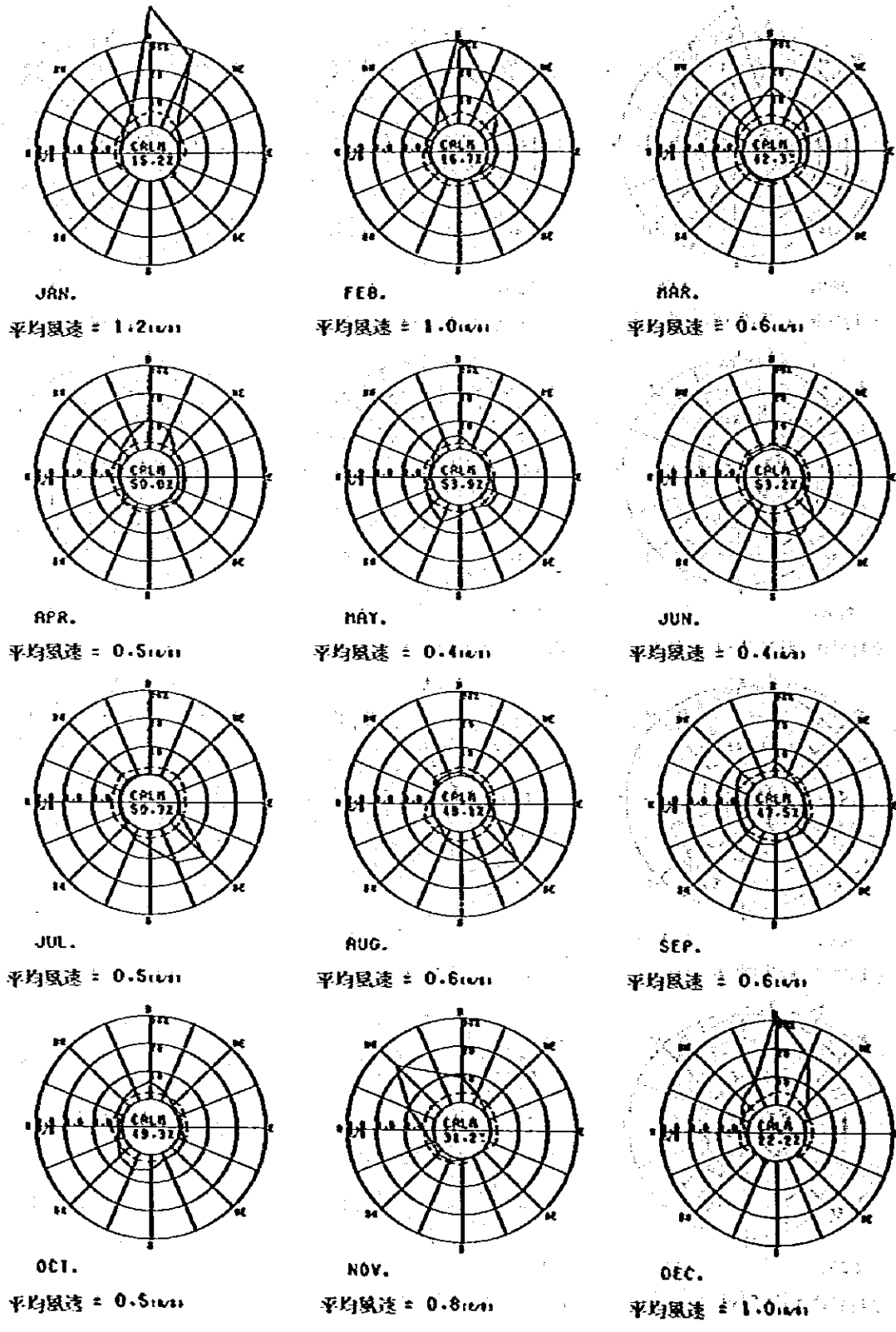
図<1>-5(3) MP 3Kにおける月別風配図

4 BOON LAY APARTMENT



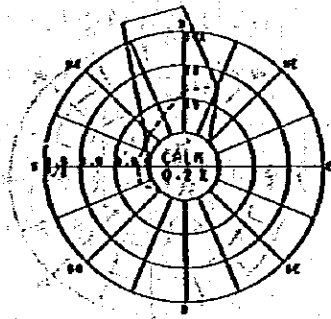
図(1) - 5(1) MP 4における月別風況図

5 BUKIT TIKAH FIRE ST.

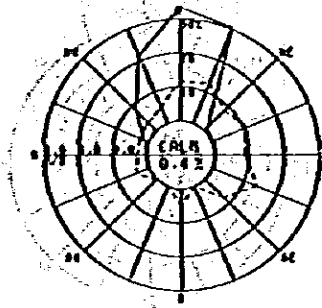


図<1>-5(5) MP 5 における月別風配図

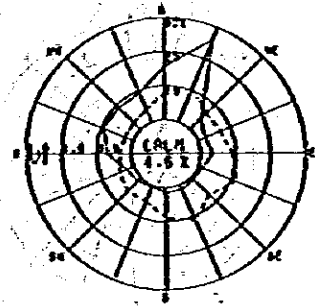
6. CHANGI AIRPORT



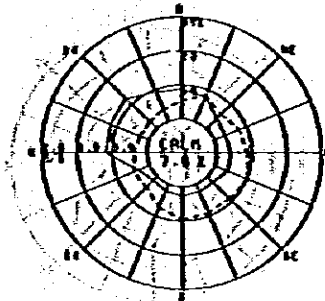
JAN.
平均風速 = 2.9 (m/s)



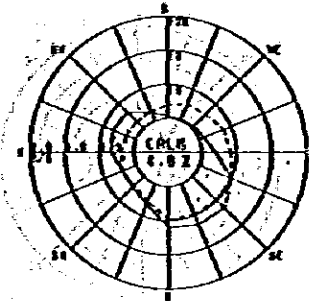
FEB.
平均風速 = 2.9 (m/s)



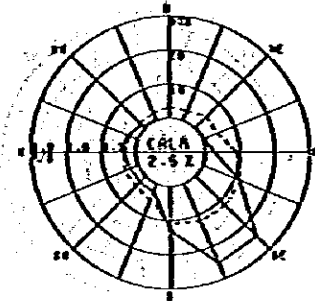
MAR.
平均風速 = 2.0 (m/s)



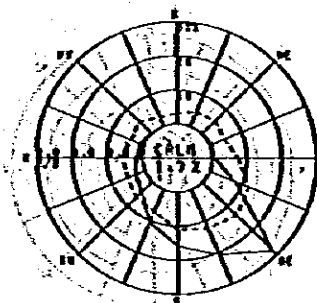
APR.
平均風速 = 1.5 (m/s)



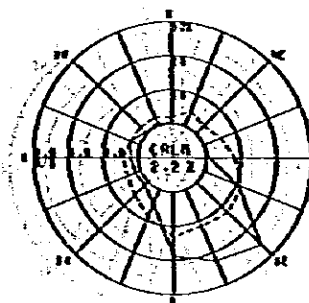
MAY.
平均風速 = 2.0 (m/s)



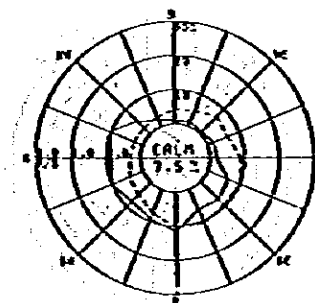
JUN.
平均風速 = 3.0 (m/s)



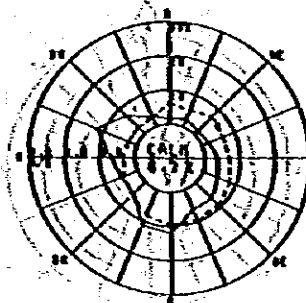
JUL.
平均風速 = 3.3 (m/s)



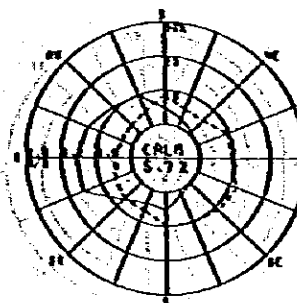
AUG.
平均風速 = 3.3 (m/s)



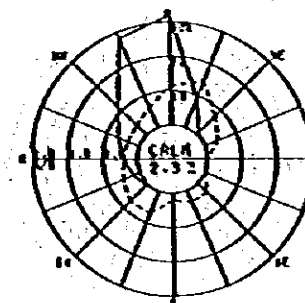
SEP.
平均風速 = 1.8 (m/s)



OCT.
平均風速 = 1.7 (m/s)



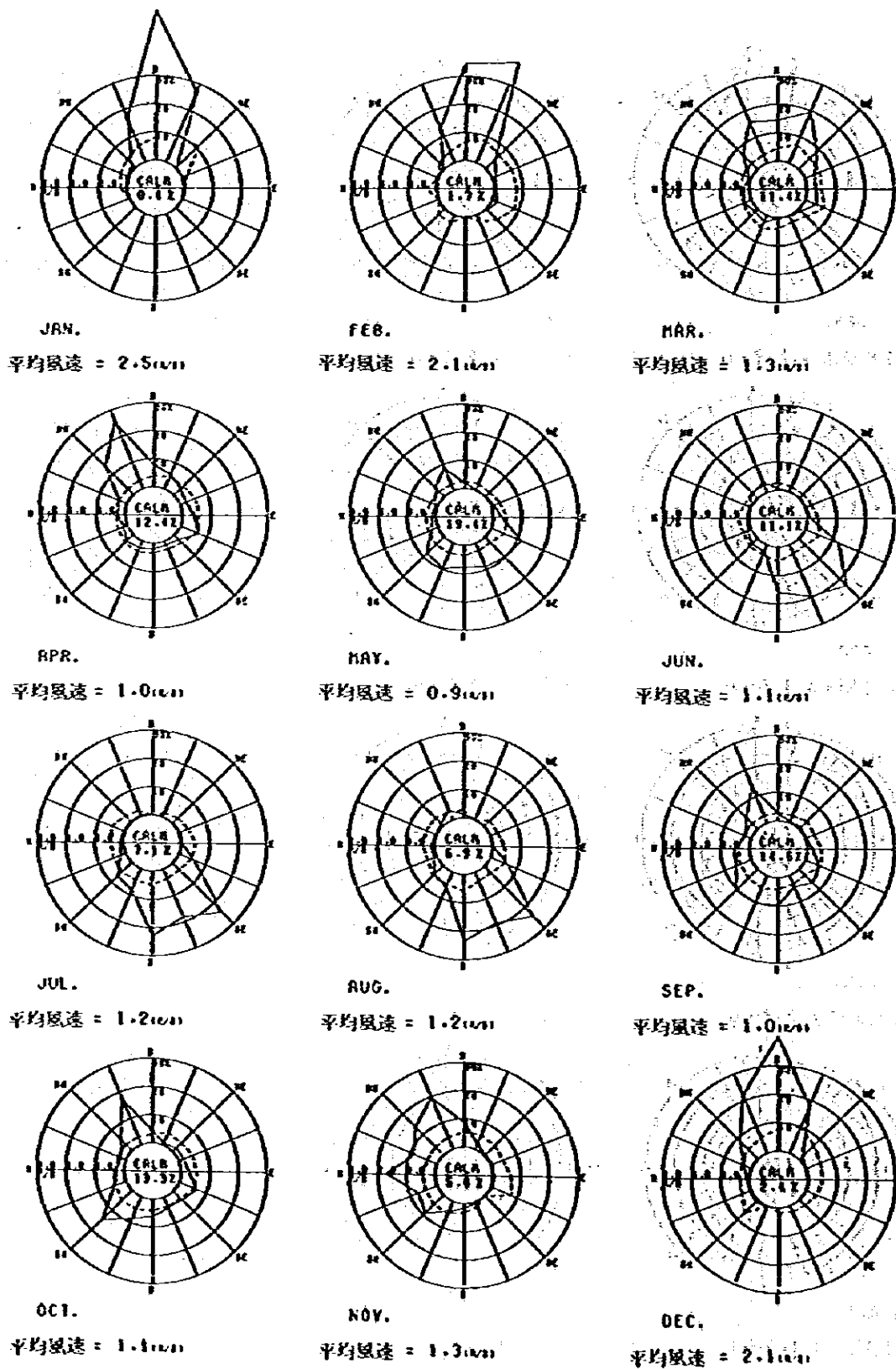
NOV.
平均風速 = 1.5 (m/s)



DEC.
平均風速 = 2.4 (m/s)

図<1>-5(6) MP 6における月別風配図

7 BEOOK POLICE STATION

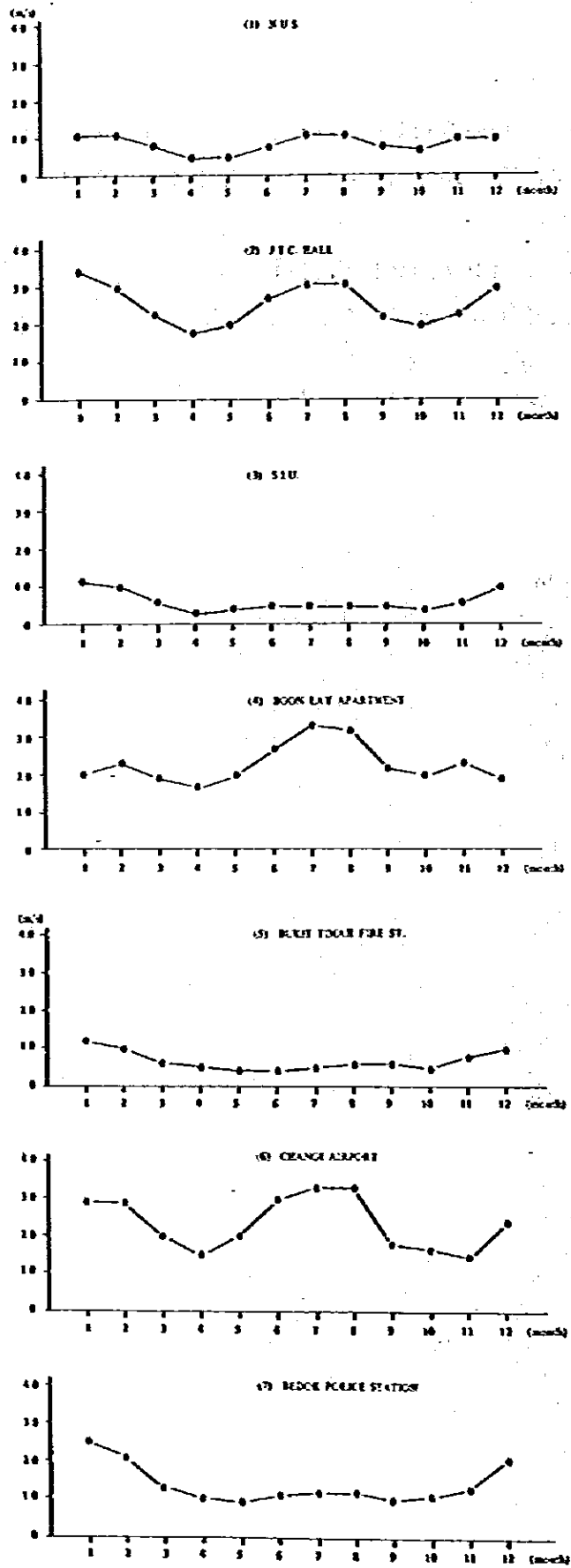


図(1)-5(7) MP 7 における月別風配図

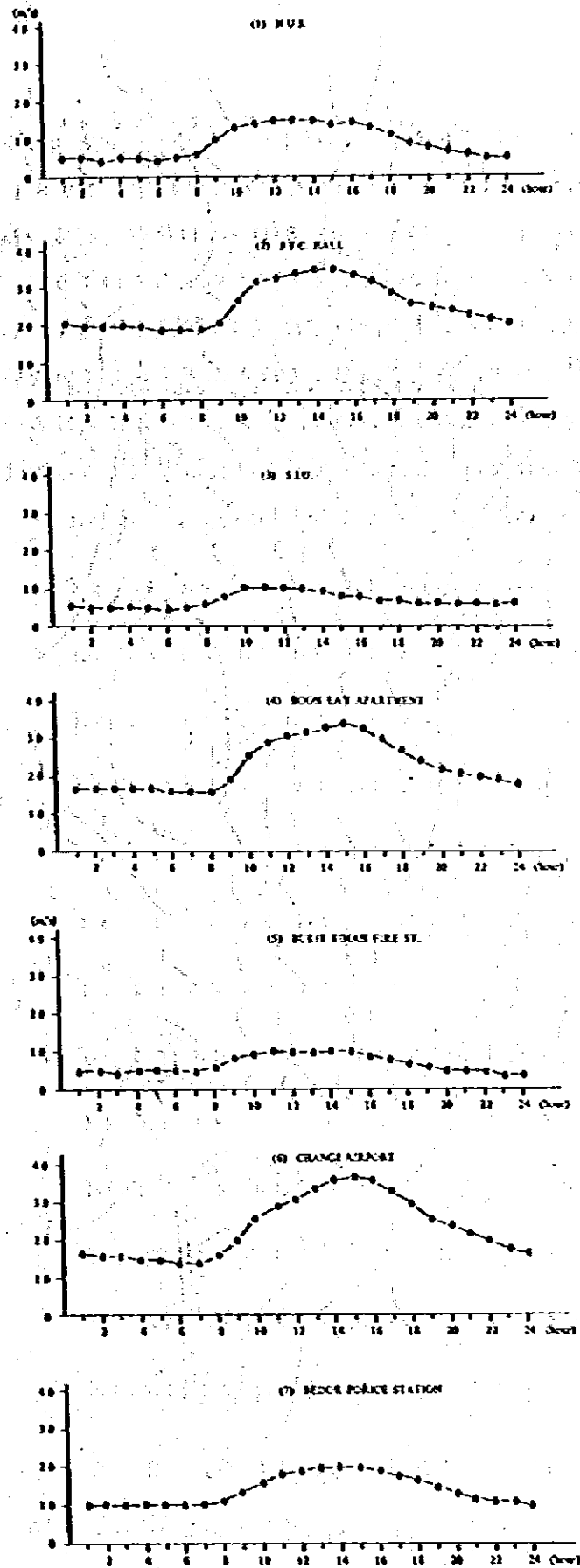
(2) 風 速

図〈Ⅰ〉-6は各測定局の月別平均風速を示したものである。これをみると、各測定局とも12月から2月までは風速が強く、3月から5月までと9月、10月は風速が弱い傾向を示している。

なお、平均風速が強いMP2、MP4、MP6では7月、8月でも風速が強くなっている。また、時刻別の平均風速(図〈Ⅰ〉-7)をみると、日中は風速が強く、夜間は弱いという顕著な傾向を示している。



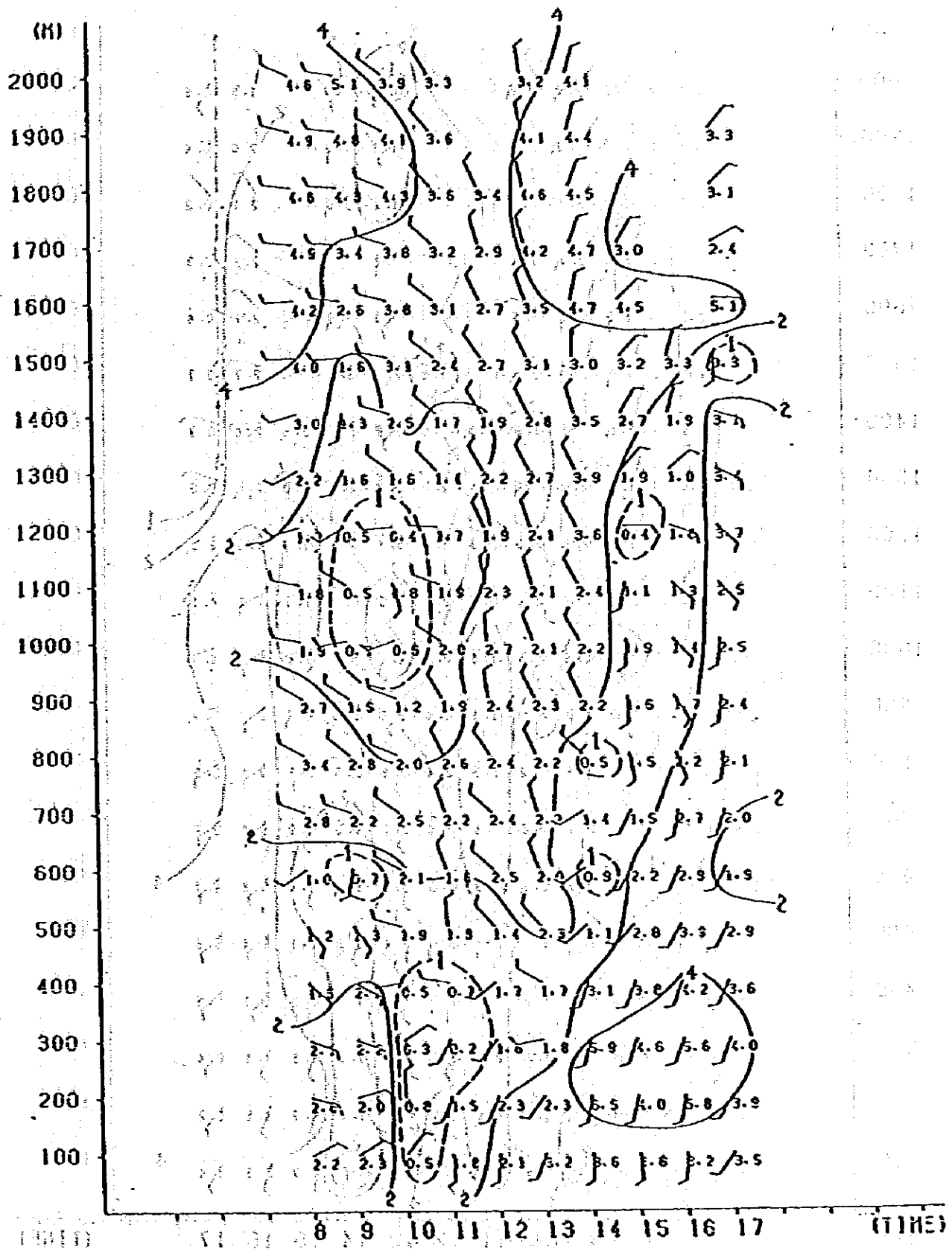
図(Ⅱ)-6 各測定局の月別平均風速



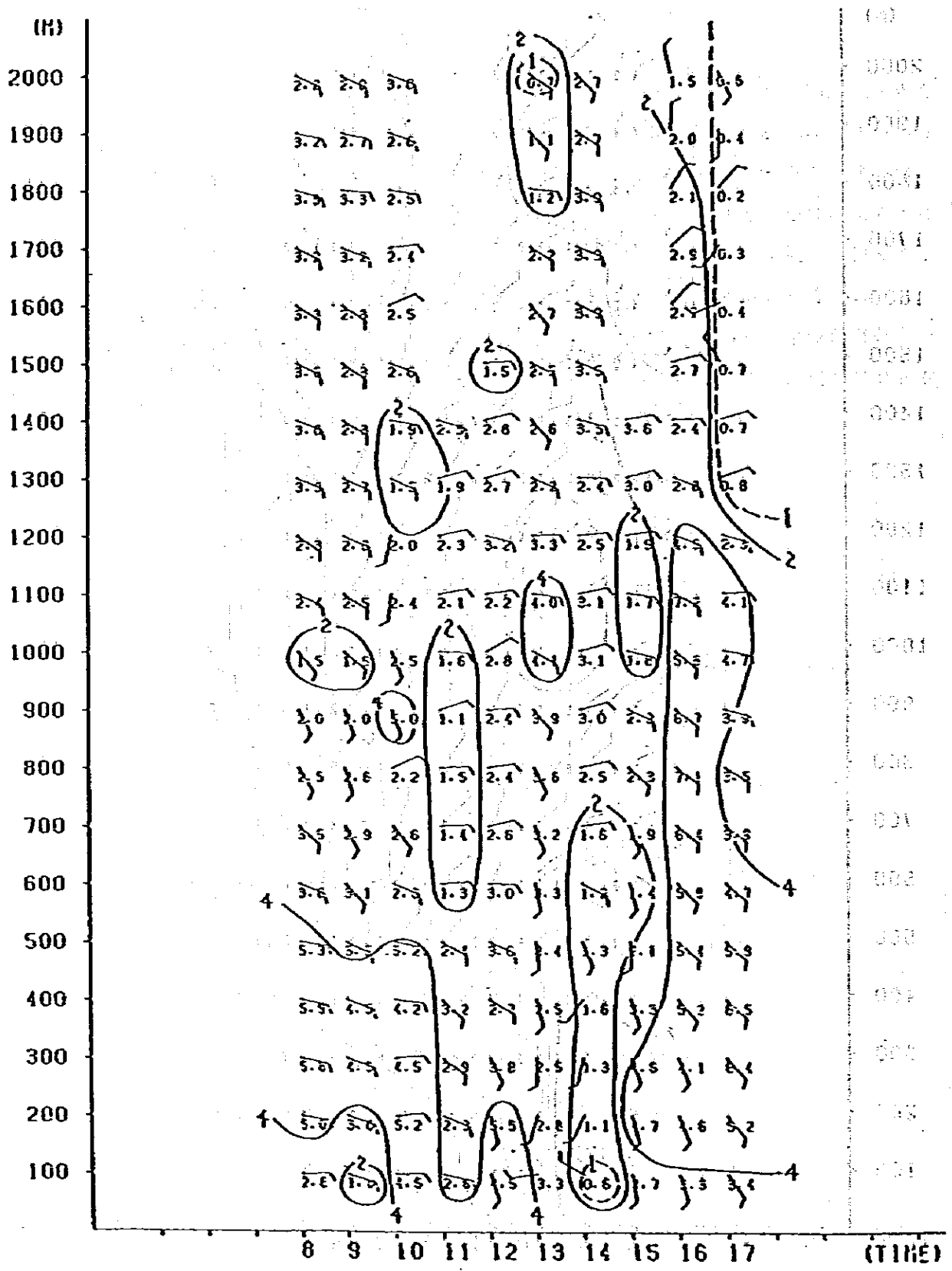
図<1>-7 各測定局の時刻別平均風速

3. 風向風速の鉛直分布

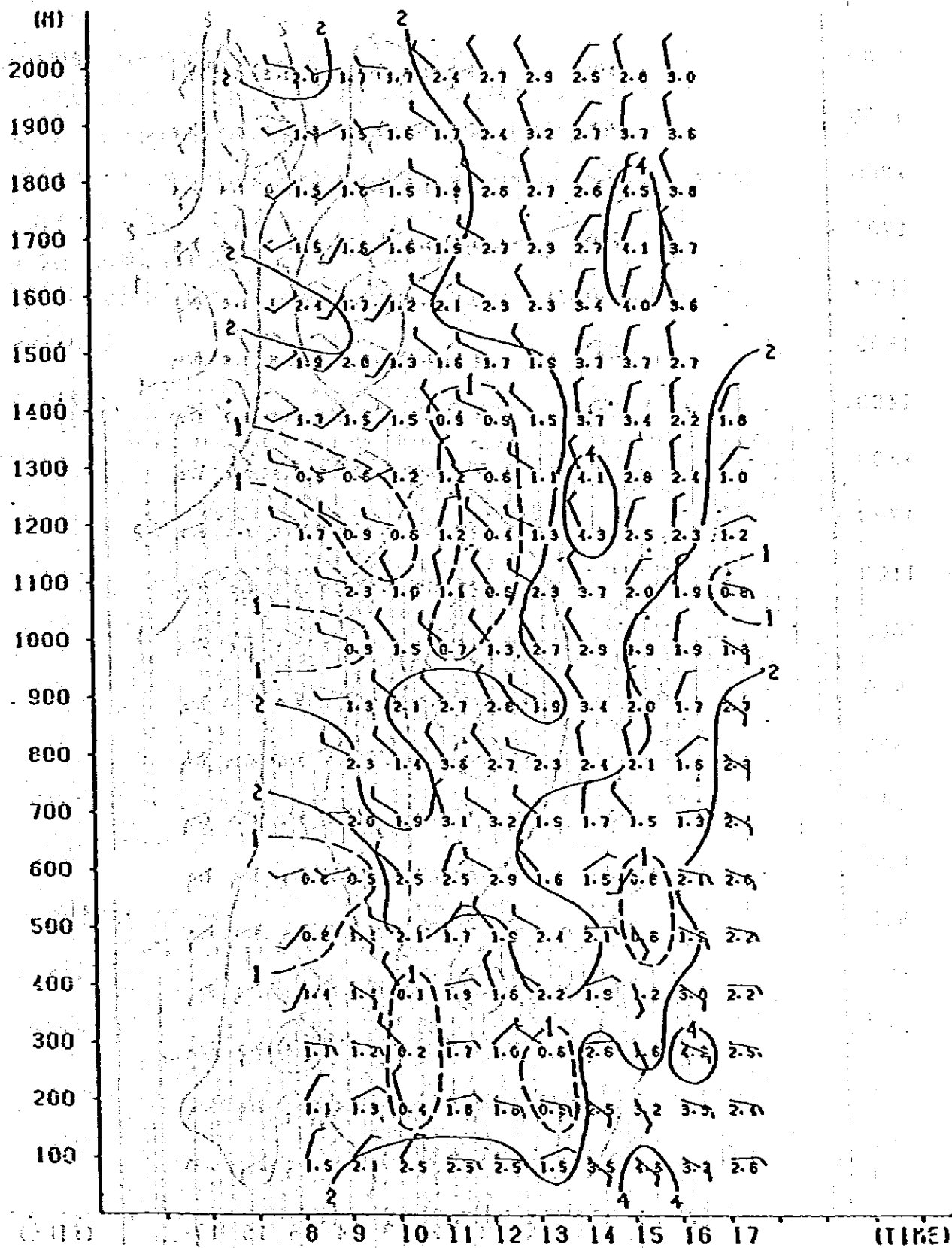
MP 2 及び MP 6 の 2 地点において、パイロットバルーンとセオドライトを用い、地上から高度 2,000 m まで、層厚 100 m ごとの平均風向風速測定を 1981 年の 6 月 23, 24 日の 8 時～17 時の毎正時に行った。図<Ⅱ>-8(1)～(4)は縦軸に高度、横軸に時間をとり風向風速をプロットしたイソプロット図である。この図から明らかのように、地上と上空では明らかに異った風向の風が吹いている。また、風速については高度が増すにしたがって風速が強くなるという一般的傾向は示さず、高度が増してもほとんど変化していないことがわかる。しかし、この傾向は測定期間が 2 日であり短いので、シンガポールにおける一般的な風速の鉛直分布を示しているとは考えられない。したがって拡散計算の実施に当っては上層凡の推定を EPA が CDM マニュアルに用いた値を用いることとした。



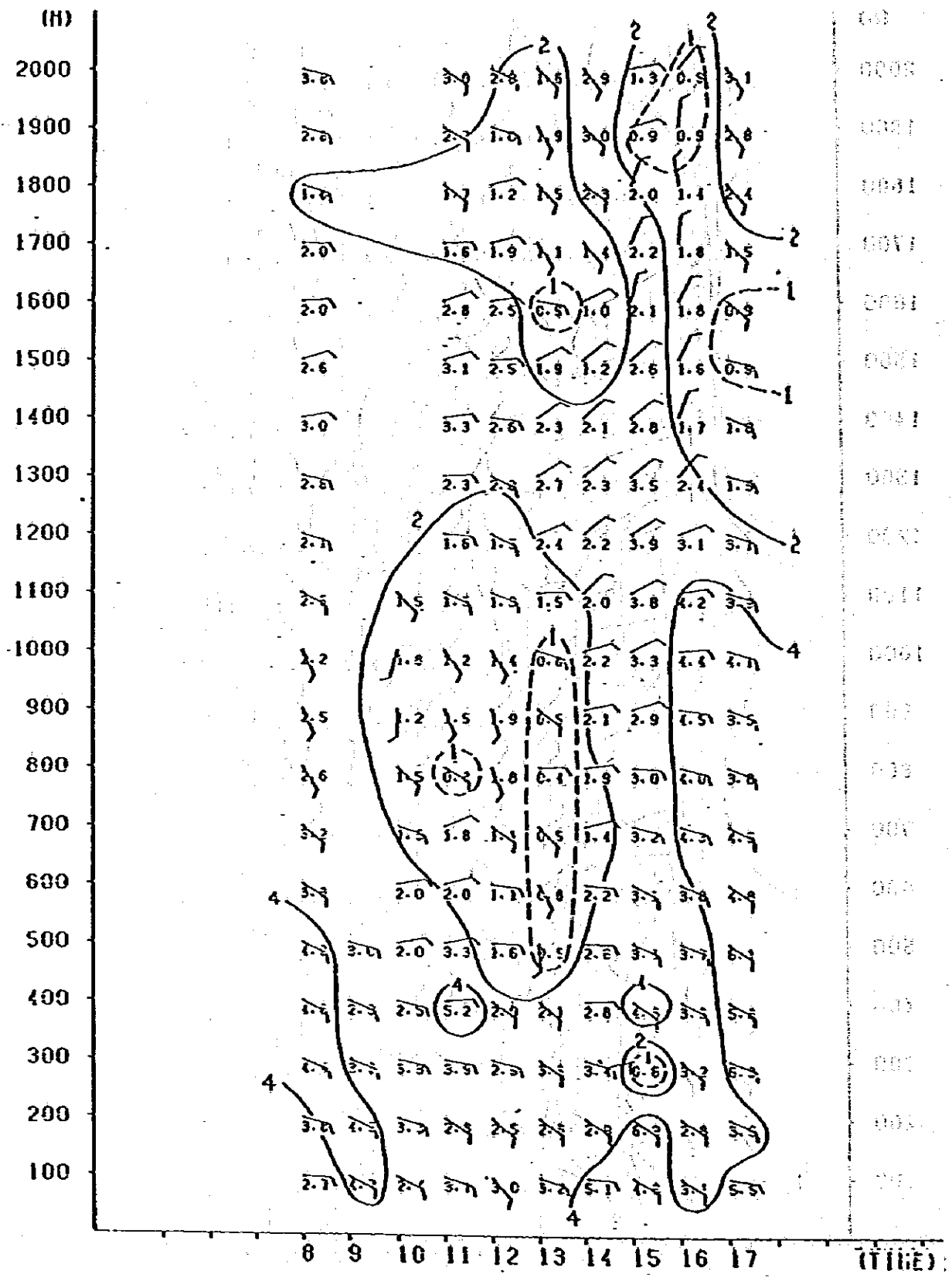
図(1)-8(1) 風向風速のイソプレット図(23.6.1981 MP2)



図(1) - 8(2) 風向風速のイソプロット図 (24. 6. 1981 MP2)



図(1)-8(3) 風向風速のイソプレット図(23.6.1981 MP6)



図(1) - 8(4) 風向風速のイソプレット図 (24, 6, 1981 MP6)

4. 日射量, 放射収支量

煙突等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必要である。このために煙の拡がり方と密接な関係のある大気安定度(大気安定度は風速, 日射量, 放射収支量により分類される)を求めるため毎時の日射量, 放射収支量を測定した。

表くⅠ) - 3, 表くⅠ) - 4は日射量及び放射収支量の月別, 時刻別平均値を示したものである。日射量, 放射収支量とも月別の変化はあまり大きくない。放射収支量は19時~7時の間においては負の値を示しており, 夜間には地面からの放射すなわち地面が冷やされていることがわかる。

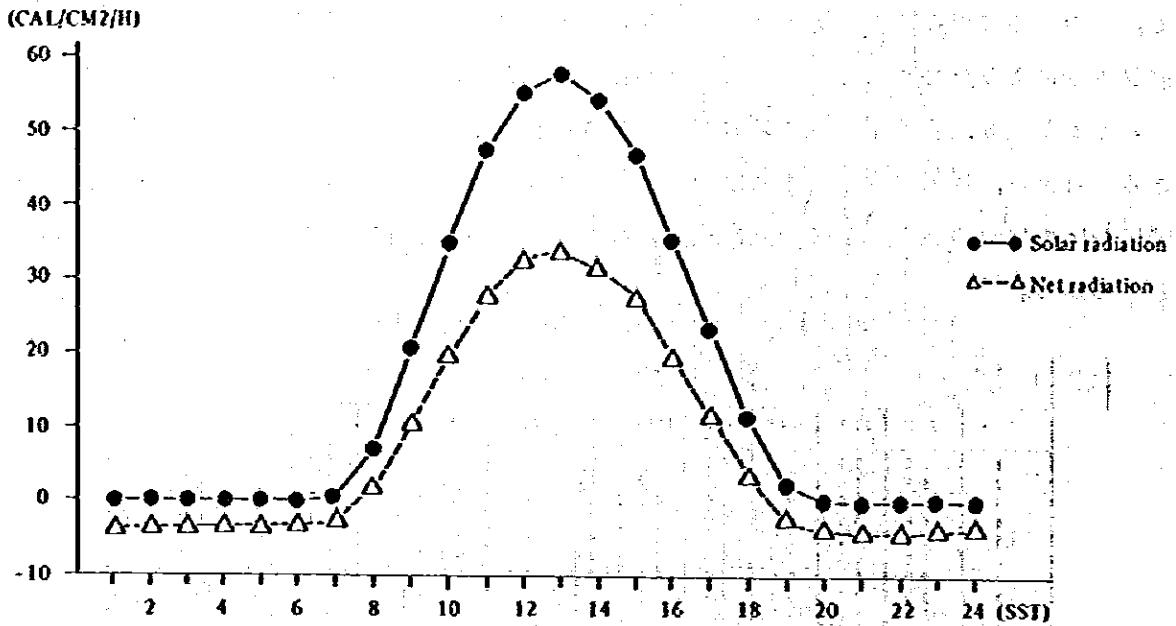
表くⅠ) - 3 日射量の月別, 時刻別平均値

Site No.	1	Site name	N.U.S.	Rem No.	Rem name	Solar radiation												Yard-stick	KCAL/CM ² /H
						JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY.	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	Annual average	
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	0.0	
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	0.0	
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	0.0	
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	0.0	
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	0.0	
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	0.0	
7						0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	1.3	1.5	1.3	1.6	0.6	
8						2.0	2.1	5.2	5.5	3.8	3.4	5.1	9.9	11.4	15.1	10.1	11.7	7.1	
9						13.7	16.1	19.5	20.1	17.5	15.4	17.2	25.1	23.4	23.2	22.2	27.0	20.5	
10						20.6	26.0	32.7	35.5	29.1	26.8	30.3	39.0	36.1	45.9	37.0	37.1	34.1	
11						41.4	52.6	45.5	45.5	40.8	41.8	45.2	52.4	47.0	53.9	48.0	50.5	47.2	
12						52.3	61.3	53.4	51.1	47.6	50.4	55.5	68.8	55.4	62.2	53.2	49.6	55.0	
13						53.7	65.0	54.6	50.7	53.0	54.9	60.9	72.4	61.4	59.7	50.5	47.1	57.5	
14						52.5	62.5	54.2	45.4	54.5	41.9	59.3	61.8	54.4	52.7	48.3	37.9	54.0	
15						46.7	55.0	46.1	38.7	45.6	35.8	49.8	54.6	45.9	41.4	42.2	33.1	45.4	
16						34.6	42.4	33.9	25.9	34.0	45.2	41.0	44.7	33.8	30.1	32.0	23.3	35.2	
17						22.5	33.3	23.5	18.9	23.5	39.4	27.5	29.9	18.7	17.2	19.8	15.2	23.4	
18						12.3	18.4	13.1	9.1	12.0	17.4	13.4	12.2	6.4	7.1	7.0	6.5	11.4	
19						3.2	5.4	3.2	2.0	3.4	5.5	3.1	1.9	0.2	0.1	0.1	0.0	2.3	
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	0.0	
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	0.0	
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	0.0	
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	0.0	
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	0.0	
Daily average						15.2	18.7	16.0	14.5	15.1	17.4	17.0	19.7	16.5	17.0	15.6	14.2	16.4	

表くⅠ) - 4 放射収支量の月別, 時刻別平均値

Site No.	1	Site name	N.U.S.	Rem No.	Rem name	Net radiation												Yard-stick	KCAL/CM ² /H
						JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY.	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	Annual average	
1						-4.6	-4.0	-3.6	-3.1	-3.2	-3.0	-4.0	-4.6	-3.6	-3.3	-3.2	-3.3	-3.8	
2						-4.5	-4.0	-3.6	-3.1	-3.2	-3.7	-3.9	-4.3	-3.4	-3.1	-3.2	-3.4	-3.7	
3						-4.4	-4.0	-3.5	-3.0	-3.0	-3.4	-3.9	-4.0	-3.3	-3.1	-3.2	-3.3	-3.6	
4						-4.4	-4.7	-3.4	-2.7	-2.8	-3.3	-3.4	-3.7	-3.0	-2.7	-3.1	-3.2	-3.4	
5						-4.2	-4.5	-3.2	-2.5	-2.4	-3.0	-3.0	-3.5	-2.7	-2.6	-2.9	-3.3	-3.3	
6						-4.1	-4.4	-3.1	-2.3	-2.7	-2.9	-3.5	-3.4	-2.6	-2.8	-2.9	-3.4	-3.2	
7						-4.1	-4.1	-3.0	-2.1	-2.6	-2.4	-3.2	-2.3	-1.2	-1.3	-1.8	-2.1	-2.5	
8						-2.3	-2.4	0.3	1.7	0.2	-0.2	0.4	3.4	5.0	7.0	4.5	4.6	1.9	
9						5.1	6.6	9.1	10.2	8.6	7.2	8.5	12.9	13.5	15.7	12.4	14.6	10.4	
10						15.0	19.8	18.7	19.9	16.1	17.0	19.2	21.7	22.2	24.6	22.2	20.6	19.7	
11						23.5	30.7	27.4	27.1	24.2	24.0	26.7	30.0	28.4	32.0	27.3	29.2	27.7	
12						30.0	35.9	31.6	30.0	26.7	29.5	32.7	39.9	32.9	35.8	32.5	29.7	32.5	
13						31.4	39.0	32.4	27.7	32.0	34.8	35.8	42.1	35.9	35.3	30.4	27.0	33.8	
14						30.7	37.2	32.8	27.3	33.1	34.7	35.5	41.7	30.0	27.7	22.2	22.2	31.6	
15						27.1	32.5	27.1	20.7	28.2	33.7	29.1	30.4	26.7	23.9	22.9	18.3	26.7	
16						19.4	24.8	19.0	14.2	19.4	24.5	23.5	23.5	18.2	18.0	16.7	12.2	19.4	
17						11.9	16.7	11.7	7.4	12.6	17.1	14.7	14.2	8.5	8.1	8.4	6.2	11.9	
18						5.2	9.0	5.4	3.4	5.2	6.8	4.5	2.7	0.3	0.1	0.9	0.2	5.7	
19						-1.0	0.1	-0.0	-1.5	-1.4	-0.6	-1.9	-4.1	-3.8	-3.4	-3.5	-3.1	-2.1	
20						-3.7	-4.1	-3.3	-3.2	-3.7	-4.0	-4.2	-5.0	-3.9	-3.7	-3.6	-3.4	-3.8	
21						-4.3	-4.6	-3.8	-3.3	-3.6	-4.2	-4.2	-4.9	-4.0	-3.9	-3.6	-3.5	-4.0	
22						-4.4	-4.0	-3.4	-3.4	-3.6	-4.1	-4.2	-4.6	-3.9	-3.7	-3.3	-3.5	-4.0	
23						-4.4	-5.0	-3.8	-3.3	-3.5	-4.0	-4.0	-4.8	-3.9	3.7	-3.3	-3.5	-3.9	
24						-4.4	-5.0	-3.7	-3.1	-3.5	-4.0	-4.0	-4.8	-3.7	-3.6	-3.1	-3.4	-3.8	
Daily average						6.0	8.1	7.1	6.5	6.9	8.0	7.5	8.4	7.5	7.1	7.0	5.9	7.2	

次に、日射量と放射収支量の日変化パターンをみると図<Ⅱ>-9に示すとおりであり、日射量、放射収支量とも昼の13時に最大となっている。



図<Ⅱ>-9 日射量、放射収支量の時刻別変化

また、毎時の日射量、放射収支量測定データを用い、煙の拡がり方と密接な関係のある大気安定度の出現頻度をみたものが表<Ⅱ>-5である。表中のCA~CDは無風時(0~0.3m/s)における大気安定度でありAからDになるほど大気が安定であることを示している。またA~Fは有風時の大気安定度であり、これもAからFになるにしたがって大気が安定になることを示している。Jurong地域としてMP2、Changi地域としてMP6を両地域を代表する測定局としてみると、MP2、MP6とも有風時における大気安定度安定(B~F)の出現頻度が一番多く、つぎに中立(C~D)、不安定(A~B)という順になっている。

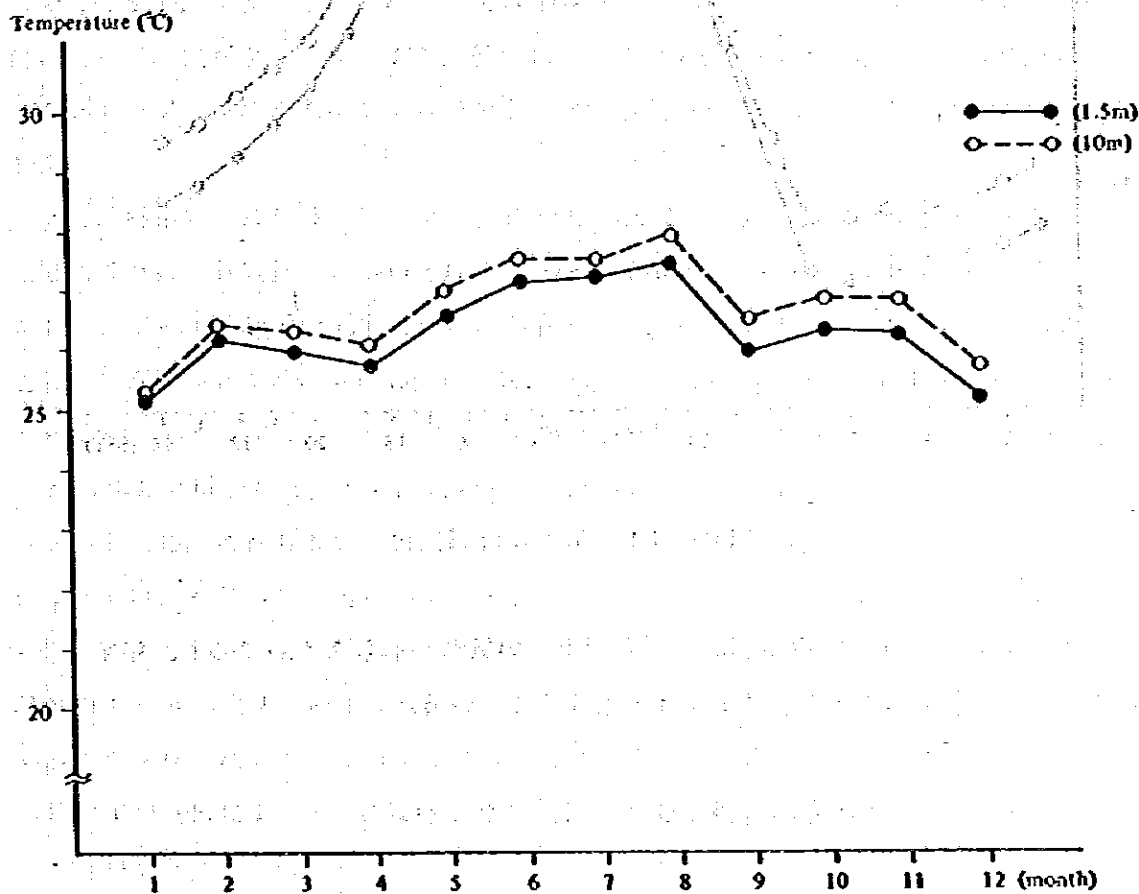
表<Ⅱ>-5 大気安定度出現頻度

Station	CA	CB	CC	CD	A	B	C	D	E	F
(1) N.U.S	0.25	0.64	15.61	17.57	3.74	24.94	4.05	7.32	7.79	18.09
(2) J.T.C HALL	0.02	0.20	1.03	0.45	0.82	17.13	14.84	15.81	23.88	25.82
(3) S.LU	0.99	2.76	18.88	18.46	15.10	11.16	2.09	5.55	7.34	17.67
(4) BOON LAY APARTMENT	0.02	0.17	1.79	1.30	0.93	18.25	14.01	13.58	21.01	28.89
(5) BUKIT TIMAH FIRE ST.	0.97	1.74	17.09	21.12	11.56	16.26	2.36	6.24	8.28	14.38
(6) CHANGI AIRPORT	0.01	0.10	2.28	1.77	0.87	16.50	14.37	15.89	23.05	25.15
(7) BEDOK POLICE STATION	0.06	0.24	3.91	4.77	2.55	23.69	7.76	10.21	16.68	30.13

5. 気 温

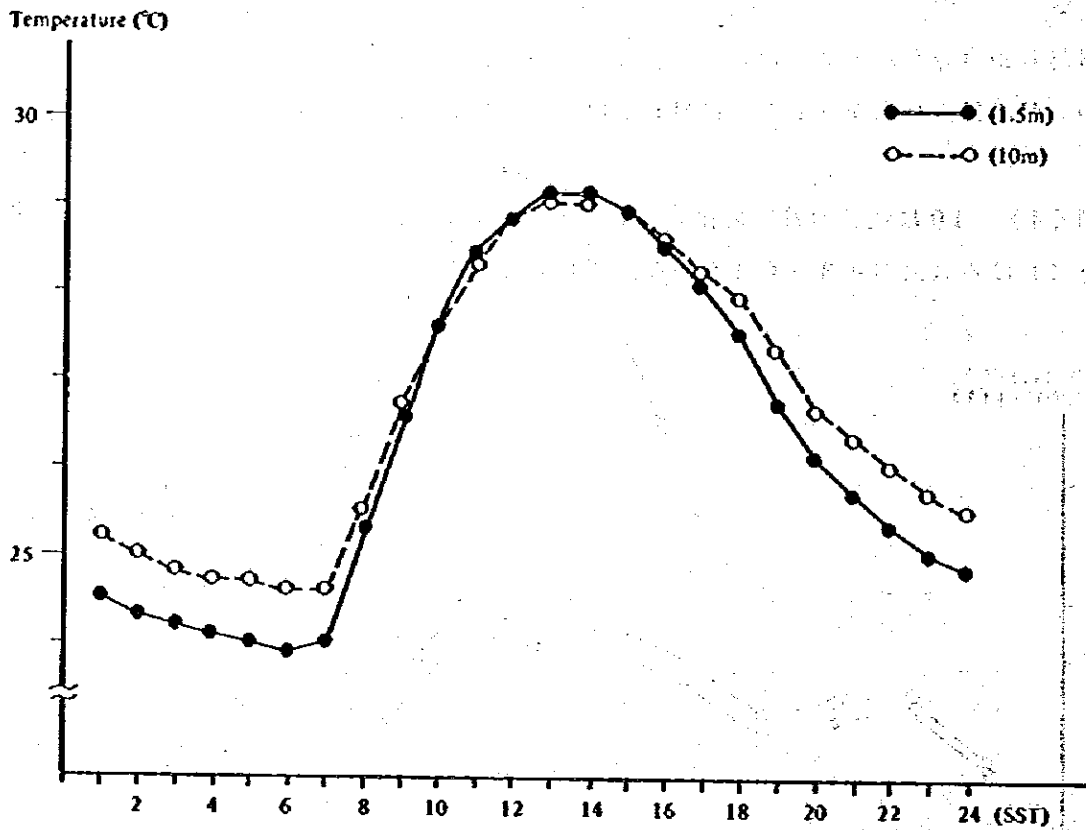
気温の鉛直分布は大気安定度に関係し、煙の拡散状況と密接に関連している。そこで地上付近の気温の鉛直分布をみるためにMP 1の地上1.5及び10mにおいて気温の連続測定を行った。

図<1>-10は気温の月別変化を示したものであるが、各月とも地上1.5mより地上10m地点における気温が0.3～0.4℃程度高くなっている。



図<1>-10 気温の月別変化

次に気温の時刻別変化をみると図<1>-11に示すとおりであり、日中においては地上1.5mと10m地点の気温の差はみられないが、夜間になると地上1.5mより10m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。



図<I>-11 気温の時刻変化

また、表<I>-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、年平均値で見ると、地上10mの気温が1.5mより0.3℃高くなっている。

表<I>-6 季別、時間帯別平均気温

Height	Southerly Monsoon			Northerly Monsoon			Yearly Average		
	Day time	Night	Through day	Day time	Night	Through day	Day time	Night	Through day
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

〈Ⅰ〉 SO₂環境濃度予測シミュレーション結果の要約

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、まず現状の汚染の確認、すなわち現状における全煙源を対象とした拡散シミュレーションを実施し、その計算値と実測値の整合性を確認し、次にここで採用した拡散パラメーター等が妥当なものであるとして、立地計画を含めた将来年次における全煙源を対象としたSO₂環境濃度予測を行う必要がある。

そこでまず、当該地域における現状のSO₂排出量等の煙源を把握するため、工場等固定発生源に関しては調査票により、また、船舶についてはPort of Singapore Authorityより入手したシンガポール港に入出港する船種別トン階級別船舶隻数データより、SO₂排出量等を推定した。

また、将来年次における固定発生源のSO₂排出量は、調査票による方法をとらず、石炭火力発電所並びに一貫製鉄所については、Jurong Town Corporation (JTC)を通じて入手したシンガポール共和国の開発計画に係る資料をもとにJTCと協議して煙源の諸元を決定し、既設の煙源については、Singapore Economic Development Board (EDB)を通じて入手した1990年次までの産業別生産金額の伸び率を現状のSO₂排出量に乗じて将来年次におけるSO₂排出量を推定した。なお、既設の発電所等についても表〈Ⅰ〉-1に示す新增設の開発計画があるため、これらの煙源についてもJTCと協議し、煙源の諸元を決定した。また、船舶については、船舶の将来隻数のデータを入手することは出来ないため、タンカーについては現状と同一とし、タンカー以外の船についてはEDBを通じて入手したシンガポール共和国の全産業の1990年次までの生産金額の伸び率を現状の船舶数に乘じSO₂排出量を推定した。しかし、この伸び率は新規立地の工場については考慮されていないので、新規工場の燃料使用量から新規工場立地によるタンカー及び貨物船の増加隻数を推定し、これらから排出されるSO₂量も考慮した。

表<I>-1 新規施設の概要

	稼働開始予定	概 要
Senoko Power Station Phase I	1983年 6月	250MW×1基, 燃料(石油)
	1983年12月	" "
Seraya Power Station	1987年	250MW×2基, 燃料(石油)
	1988年	250MW×1基,
	1990年	250MW×3基, 燃料(石炭)
Tekong Power Station	1990年	350MW×2基, 燃料(石炭)
Tekong Integrated Steel Mill	1990年	Grate Kiln
	1990年	Reheating Furnace
Sumitomo Petrochemical	1983年	ボイラ×2基, 燃料(石油)

このようにして推定した固定発生源のSO₂排出量は表<I>-2に示すとおり現状(1981年次)で226,362 ton/年であり, 将来(1990年次)は現状に比べて約2.1倍の480,019 ton/年となる。産業別排出量についてみると, 現状では発電所と石油製精業で97.9%とほとんどをしめ, 将来では発電所, 石油製精業及び製鉄所で96.4%をしめている。

表<I>-2 シンガポール共和国における固定発生源からのSO₂排出量

I	II	現状 (1981年次)				将来 (1990年次)					
		工場	炉	焼却炉	SO ₂ 排出量 (ton/年)と削減率(%)	工場	炉	焼却炉	SO ₂ 排出量 (ton/年)と削減率(%)	削減率SO ₂ 削減率	
Electric Power Ind	3	6	97	270599	271	5	10	17	327330	63.2	152820.6
Petroleum	4	47	68	47266	299	4	47	69	47439	3.0	
Petrochemical	7	1	2	259	0.0	2	2	4	4033	0.0	4244.0
Chemicals	4	13	15	434.0	0.2	2	13	15	3923.9	0.2	
Pharmaceutical	5	3	4	37.2	0.0	0	3	4	211.9	0.0	
Waste	4	4	5	102.1	0.0	1	4	5	157.5	0.0	
Non-Metalluc	7	4	4	418.0	0.2	3	4	4	1002.6	0.2	
Food	1	0	2	1470.1	0.0	1	0	2	2535.5	0.0	
Textiles	7	1	1	151.6	0.1	3	4	7	236.7	0.0	
Metallucous	3	1	0	502.0	0.2	3	1	0	503.0	0.2	
Mach. Equip	1	1	2	18.9	0.0	1	1	2	18.0	0.0	
Iron & Steel	1	5	5	1529.4	0.1	2	7	7	4394.5	1.6	5912.9
Aluminum Metal	6	11	11	109.9	0.0	6	11	11	233.0	0.0	
Cement/Industrial Structural Mat	1	5	7	40.1	0.0	1	4	7	218.0	0.0	
Others	10	15	15	0.0	0.0	10	15	15	0.0	0.0	
TOTAL	61	121	175	226362.4	100.0	70	131	139	480185	100.0	24728.2

(注) 将来SO₂排出量は現状のSO₂削減率を仮定している。

また、船舶発生源のSO_x排出量の推定結果は表<Ⅱ>-3に示すとおりであり、現状(1981年次)で3,917 ton/年、将来(1990年次)は、現状に比べて約1.5倍の5,705 ton/年となる。

表<Ⅱ>-3 シンガポール共和国における船舶からのSO₂排出量

船 種	現 状 (1981年次)		将 来 (1990年次)	
	SO _x 排出量 (ton/年)	構成比 (%)	SO _x 排出量 (ton/年)	構成比 (%)
Container & Freighter	743.5	19.0	1936.8	33.9
Container	213.3	5.4	555.6	9.7
Janper	2861.5	73.1	2908.7	51.0
Bulk Carrier	97.0	2.5	299.5	5.2
Others	1.8	0.1	4.7	0.1
合 計	3917.1	100.0	5705.3	100.0

次に予測モデルであるが、大気汚染の予測モデルは種々ありそれぞれ特徴を有している。大気汚染の予測に当りどの方法を採用するかは予測の目的、対象地域の地形等の状況を考慮して決定する必要がある。本調査の目的はSO₂に係る環境影響をシンガポール共和国全体としてみることであり、現状及び将来における汚染動向を解析し、広範囲かつ多数の発生源からの寄与濃度を把握する必要がある。また、当該地域は東西60km、南北30kmと広く、この広範囲な地域全体の予測を行なわなければならない。そこで、本調査においては当該地域の地域的状況、調査の目的、予測モデルの特徴等を総合的に勘案し、正規型ブルーム・パフ拡散式を使用した年平均予測モデルを採用することとした。

表<Ⅱ>-4は各測定点におけるSO₂濃度の年平均値予測結果を示したものである。SO₂濃度の年平均値は、1981年次実測値で6.7~26.2ppb、計算値で6.7~23.2ppbであり、寄与率をみると工場等固定発生源が79~93%、船舶が7~21%となっている。また、1990年次には、すべての測定局でSO₂濃度は増加し、その増加濃度は、SO₂濃度が一番高いMP3で15.4ppb、SO₂濃度が一番低いMP6で2.8ppbとなっている。なお、固定発生源と船舶の寄与率については1981年次とほぼ同じ結果になっている。

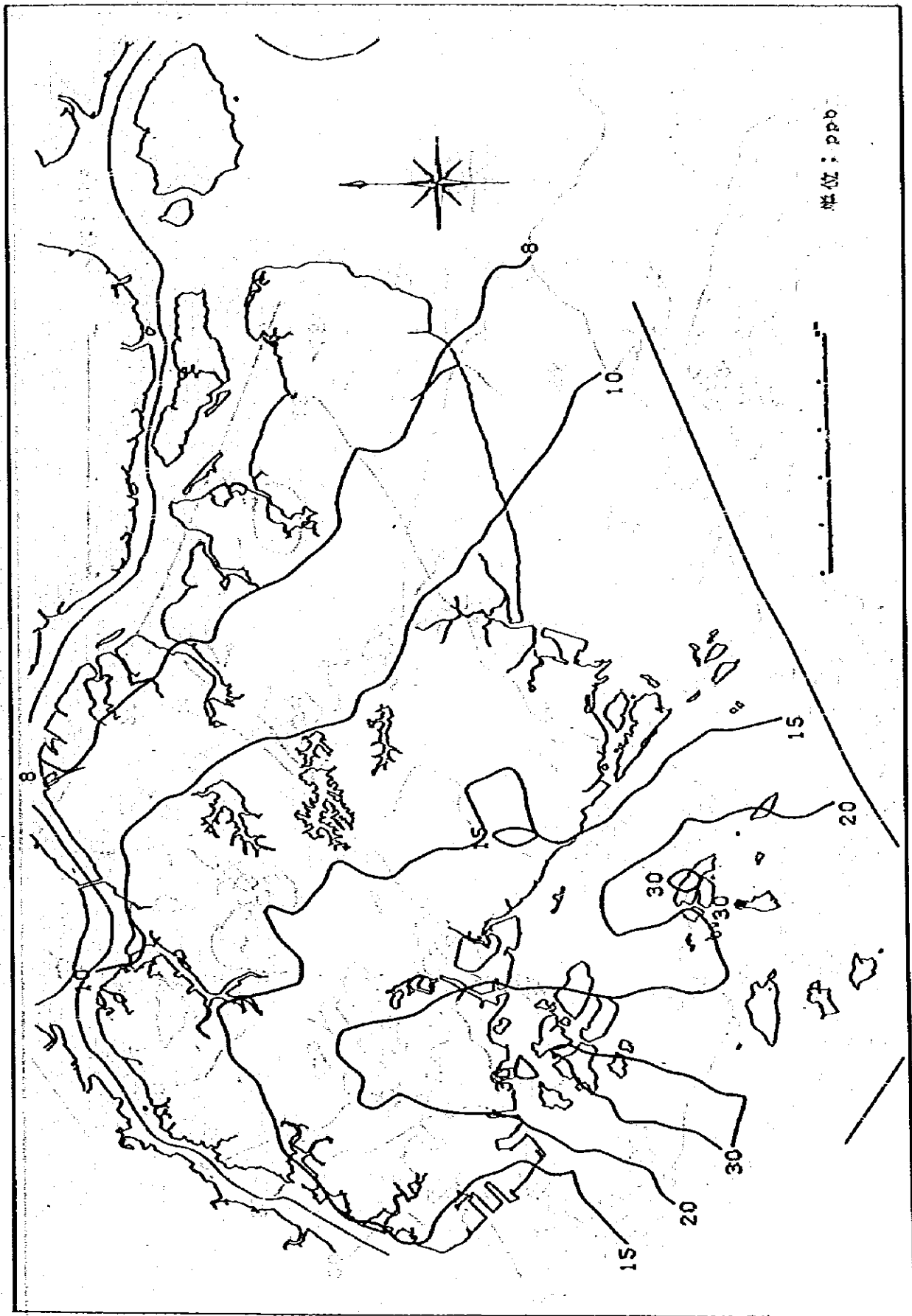
表くⅠ) - 4 測定局におけるSO₂環境濃度の予測結果

測 定 局	対象年次	(参考)	予測濃度 (ppb)	固定発生源 (工場・事業場)(ppb)	寄与率 (%)	船 舶 (ppb)	寄与率 (%)	バック グランド (ppb)	寄与率 (%)
		実測濃度 (ppb)							
MP1) N. U. S	1981	14.2	15.9	10.10	64	1.46	9	4.3	27
	1990	—	21.6	13.66	63	2.23	10	5.7	26
MP2) J. T. C HALL	1981	14.6	16.7	11.21	67	1.14	7	4.3	26
	1990	—	24.7	17.30	70	1.74	7	5.7	23
MP3) S. I. U.	1981	26.2	23.2	17.26	74	1.61	7	4.3	19
	1990	—	39.9	31.85	80	2.38	6	5.7	14
MP4) BOON LAY APAR TMENT	1981	19.4	21.4	15.88	74	1.18	6	4.3	20
	1990	—	33.9	26.50	78	1.73	5	5.7	17
MP5) BUKIT TIMAH FIRE STATION	1981	17.6	14.9	9.70	65	0.94	6	4.3	29
	1990	—	20.7	13.61	66	1.42	7	5.7	27
MP6) CHANGI AIRPORT	1981	6.7	6.7	1.97	29	0.43	6	4.3	64
	1990	—	9.5	3.18	33	0.66	7	5.7	60
MP7) BEDOK POLICE STATION	1981	8.1	8.1	2.99	37	0.79	10	4.3	53
	1990	—	11.5	4.58	40	1.26	11	5.7	49

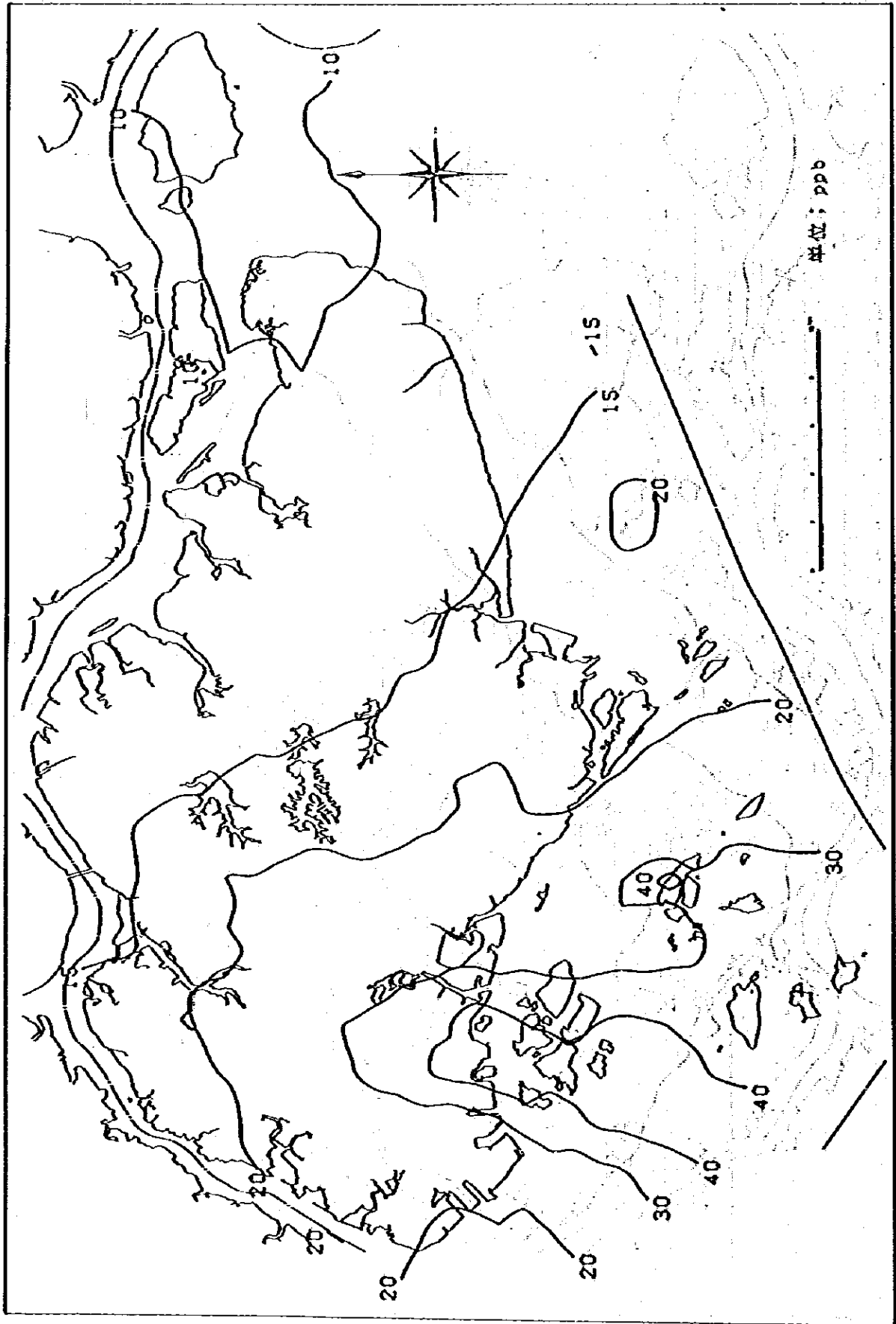
さらに、地域全体の環境濃度をみると図くⅠ) - 1, 図くⅠ) - 2に示すとおりであり、1990年次には地域全体の濃度の増加がみられる。また、メッシュ点(計算対象1210点)におけるSO₂濃度ランク別のメッシュ数は表くⅠ) - 5に示すとおりであり、1981年次の年平均濃度で30ppb以上のランクが18点であったものが、1990年次は168地点と増加する結果となっている。

表くⅠ) - 5 SO₂予測濃度ランク別メッシュ数

濃度ランク (ppb)	1981年次	1990年次
10未済	467	103
10以上~15未済	368	397
15以上~20未済	196	280
20以上~30未済	161	262
30以上	18	168
合 計	1210	1210



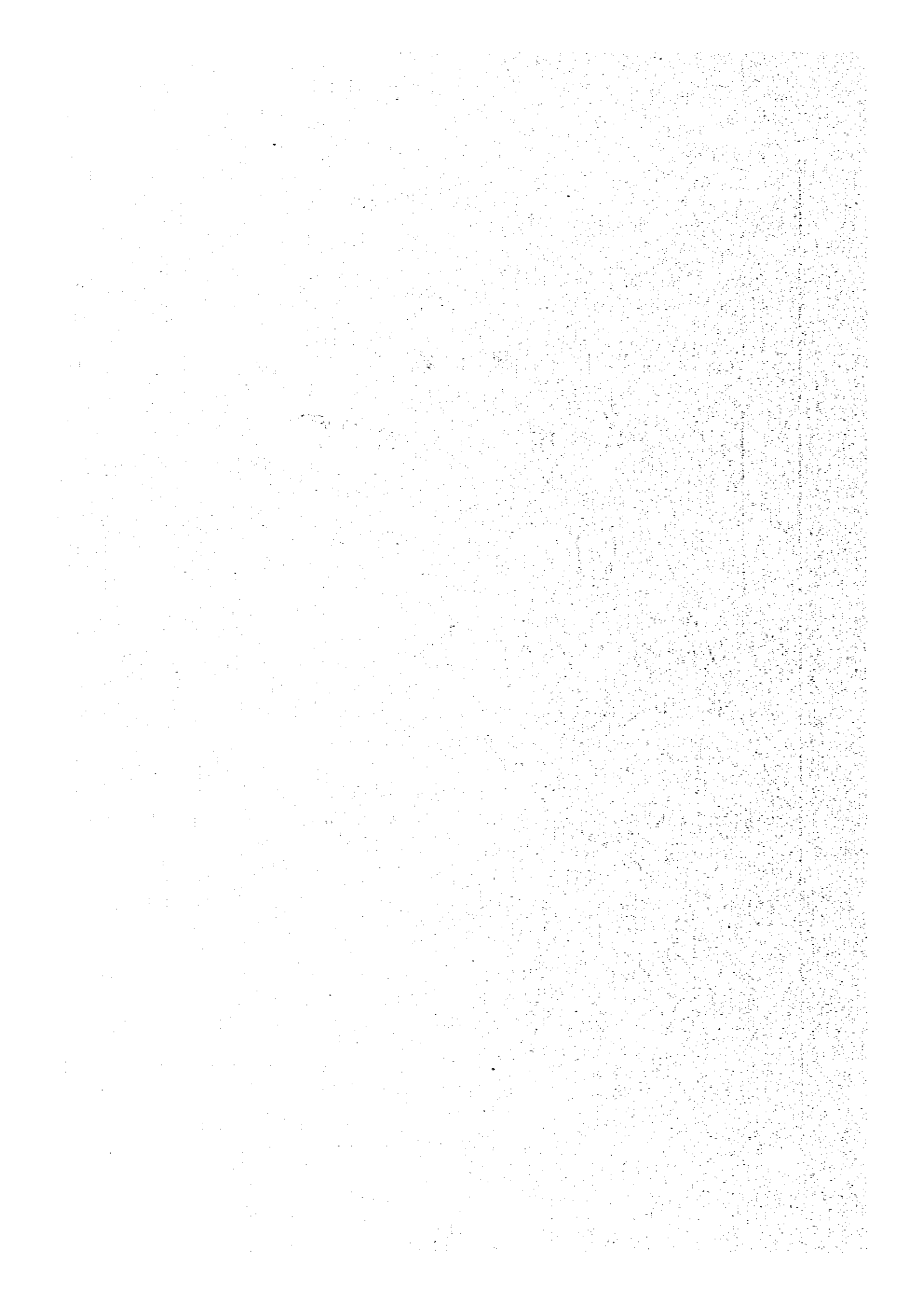
図<II>-1 SO₂環境濃度予測値の等濃度線図(1951年次年平均)



図<Ⅱ>-2 SO₂環境濃度予測値の等濃度線図(1990年次年平均)

第 I 編

序 論



第 1 章 調査の経緯と目的

1-1 調査の経緯

1979年8月シンガポールで開催された対シンガポール技術協力年次協議の際、同協議に出席したシンガポール側 Jurong Town Corporation (以下 JTC) より同国が開発する石炭火力発電所及び一貫製鉄所立地に係る環境への影響調査につき技術協力方提案があり、さらに同国政府より日本政府に要請があった。日本政府はこの要請に基づき調査の実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、通商産業省立地公害局公害防止指導課菊島一郎課長補佐を団長とする7名の調査団を編成し、1980年12月8日から同月20日まで13日間にわたって現地において事前調査を実施した。事前調査団はシンガポール側カウンターパートである JTC と協議し、合意した下記事項について Scope of Work 及び Minutes of Meetings を取交した。

- ① 環境影響調査全体のスケジュール
- ② 現地調査の内容(実施時間、調査項目、調査地点等)
- ③ 汚染予測の内容(実施時間、予測項目等)
- ④ シンガポール側の協力(現地調査協力、汚染予測に必要な資料収集等)

当事業団は、この Scope of Work 及び Minutes of Meetings に従い、1981年2月より同年12月にわたって実施した水質関係の現地調査及び化学的酸素要求量(COD)、温排水についてのシミュレーションに引きつづき、1981年6月より1982年3月にわたって、大気関係の現地調査及び二酸化硫黄(以下 SO_2)に係るシミュレーションを実施した。

1-2 調査の目的

シンガポール政府が計画している石炭火力発電所及び一貫製鉄所の立地に係る環境影響調査として、当該地域の SO_2 環境濃度並びに気象に関する現地調査を行い、これら測定データの解析結果並びに別に収集した発生源データに基づき、 SO_2 拡散シミュレーションを行い、石炭火力発電所及び一貫製鉄所立地後(1990年次)における環境予測を行う。

第2章 調査の実施概要

環境影響調査の実施に当たっては、まず当該地域の汚染物質の現状における環境濃度レベルを長期的に知る必要がある。そのため、本調査においては、SO₂環境濃度測定、風向風速等気象観測を年間を通じて行った。測定は自動連続測定器による方法を採用したが、その保守管理については、日常のチェックはシンガポール政府が、機器の校正等については日本側が行うこととした。そのため、長期測定を行う前に、機器の取り扱い方法、保守管理方法を調査団がシンガポール政府のカウンターパートであるJTC職員に教育訓練した。また、機器の校正は、約3ヶ月に1回の頻度で、合計4回、調査団がシンガポールにおいて行った。得られた測定データは、日本において解析を行い、この解析結果並びに別に収集した発生源データを用い、SO₂拡散シミュレーションを実施し、立地が予定されている石炭火力発電所及び一貫製鉄所から排出されるSO₂による環境への影響予測を行った。

2-1 調査対象地域

環境影響調査対象地域は、図1-2-1に示す東西60km、南北30kmのシンガポール共和国全域とし、石炭火力発電所立地後SO₂汚染の影響をうけると考えられるJurong地域周辺に5地点、また、石炭火力発電所及び一貫製鉄所立地後SO₂汚染の影響をうけると考えられるChangi地域周辺に2地点、測定局を設置し、SO₂環境濃度測定、風向風速等気象観測現地調査を実施した。各測定局(MP1~MP7)の設置地点を図1-2-1並びに表1-2-1に示す。

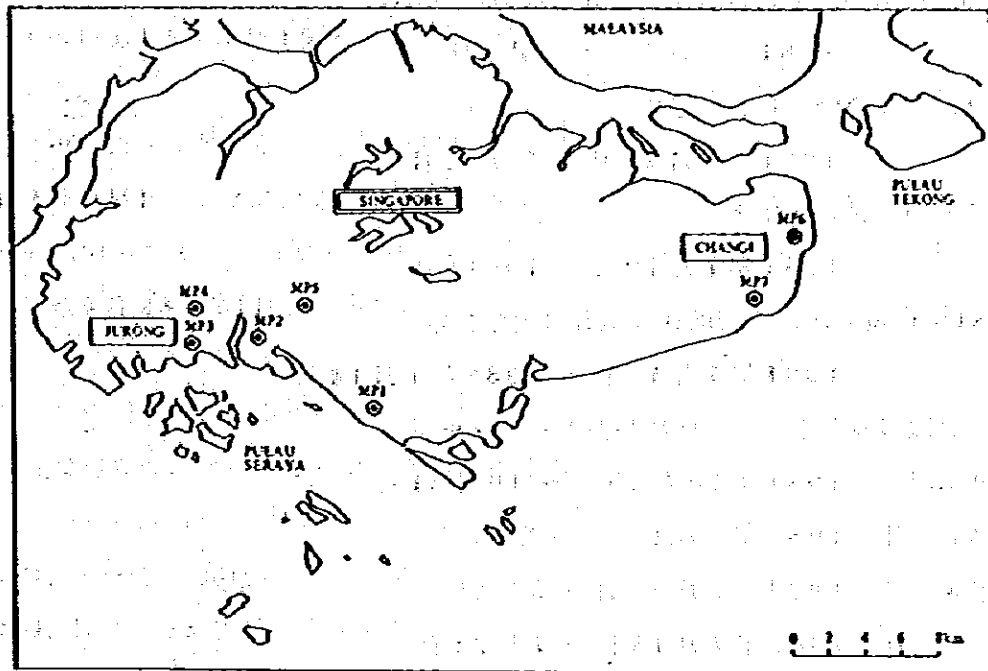


図1-2-1 環境影響調査対象地域並びに測定局設置地点

表1-2-1 測定局設置地点

JURONG 地域	CHANGI 地域
MP1 シンガポール大学	MP6 チャンギーエアポート
MP2 JTCタウンホール	MP7 ベドック交番
MP3 JTCソイルラボラトリー	
MP4 プンレイナパート	
MP5 ブキテマ消防署	

2-2 調査内容及び調査期間

調査内容及び調査期間は次のとおりである。

(i) 現地調査 1981年6月15日～1982年7月24日

① 測定機器の設置調整

1981年6月15日～6月22日

1981年6月25日～7月5日

② 測定機器の取り扱い方法、保守管理方法の訓練

1981年7月6日～7月9日

③ 風向風速の鉛直分布測定

1981年6月23日～6月24日

④ 煙源条件収集打合せ

1981年7月10日～7月14日

⑤ SO₂環境濃度、風向風速等気象の通年測定

1981年7月15日～1982年7月14日

⑥ 測定機器の保守点検並びに煙源データ収集

第1回目 1981年10月25日～10月31日

第2回目 1982年2月1日～2月11日

第3回目 1982年5月23日～5月29日

第4回目 1982年7月15日～7月24日

(2) 測定データの解析及び予測シミュレーション

1982年4月～1982年12月

2-3 調査項目と調査方法の概要

2-3-1 現地調査

長期的にみたSO₂環境濃度及び気象の現況を把握し、工場立地後のSO₂環境濃度を予測するため、下記の現地調査を実施した。なお、この調査はJTCを始め、Anti Pollution Unit (以下APU)、National University of Singapore (以下NUS)、Singapore Economic Development Board (以下EDB)の協力のもとに行われた。

(1) SO₂環境濃度測定

MP1～MP7に間欠形溶液導電率法自動連続SO₂計を設置し、毎時のSO₂環境濃度を通年測定した。

(2) 地上風向風速測定

MP1～MP7に風車型自動連続風向風速計を設置し、風向風速の10分間移動平均値を1年間通年観測した。

(3) 日射量、放射収支量の測定

MP1にネオ日射計及び示差放射収支計を設置し、日射量、放射収支量の瞬間値及び1時間平均値を通年測定した。

(4) 気温の測定

MP1の地上1.5m及び10.0mに白金抵抗線温度計を設置し、気温の瞬間値の測定を1年間行った。

(5) 風向風速の鉛直分布測定

MP2及びMP6の2地点においてパイロットバルーンとセオドライトを用いて、地上から高度2,000mまで、層厚100mごとの平均風向風速を8時～17時の毎正時に2日間(1981年6月23, 24日)測定を行った。

2-3-2 現地調査データの解析

現地調査で得られたデータを用い下記の解析を行った。

(1) SO₂環境濃度測定データの解析

- ① SO₂時刻別平均濃度のクラスター分析
- ② SO₂月別、時刻別濃度の主成分分析
- ③ 各測定局のN系モンスーン、S系モンスーン別及び年間SO₂平均濃度
- ④ 各測定局のSO₂濃度の月変化パターン
- ⑤ 各測定局のSO₂濃度の日変化パターン
- ⑥ 各測定局のSO₂濃度の累積頻度分布
- ⑦ 各測定局の風向別、風速階級別SO₂平均濃度
- ⑧ 各測定局の風速階級別、大気安定度別SO₂平均濃度
- ⑨ 各測定局のSO₂高濃度時の解析

(2) 気象測定データの解析

- ① 各測定局の月別、時刻別平均風速
- ② 各測定局の年間、月別、N系モンスーン、S系モンスーン、昼夜別、風速階級別風配図
- ③ 各測定局の風速ランク別風速出現頻度
- ④ 気象ブロック分割と代表気象局の設定
 - I) 各測定局間のベクトル相関係数
 - II) ベクトル相関係数に基づくクラスター分析
 - III) ベクトル相関係数に基づく主成分分析
- ⑤ パイロットバルーンによる風向風速の鉛直分布及び流跡図の作成
- ⑥ 風速の鉛直分布プロファイル

- ⑦ 月別、時刻別平均日射量、平均放射収支量
- ⑧ 大気安定度出現頻度
- ⑨ 大気安定度別平均気温差
- ⑩ 放射収支量、有風無風別平均気温差
- ⑪ 日別、時刻別、気温の散布図（地上1.5m - 地上10.0m）
- ⑫ 年間、月別、S系モンスーン、N系モンスーン、放射収支量別、気温の散布図（地上1.5m - 地上10.0m）

2-3-3 発生源データの収集と将来想定

SO₂拡散シミュレーションの入力データとなる発生源データについては、日本側で作成した調査票をもとにJTCがシンガポールに立地している企業等の現状（1981年次）の煙源データを収集した。また、将来（1990年次）における発生源データは、石炭火力発電所並びに一貫製鉄所については、JTCを通じて入手したシンガポール共和国の開発計画に関する資料をもとにJTCと協議して決定し、既設の煙源については、EDBを通じて入手した1990年次までの産業別生産金額の伸び率を現状の煙源データ（SO₂排出量等）に乗じて推定した。

2-3-4 SO₂予測シミュレーション

現地調査解析データ及び発生源データに基づいて、正規型ブルーム、パナ拡散モデルを使用し、図1-2-2に示す予測手続に従い、SO₂年平均濃度の予測を行った。予測地点等は次のとおりである。

- ① 測定点（MP1～MP7）、予測濃度（現状及び将来）
- ② メッシュ点（1km×1kmメッシュ、シンガポール共和国全メッシュ）予測濃度（現状及び将来）
- ③ 測定点、ピーク濃度地点における企業別、煙突別、船舶別寄与率（現状及び将来）

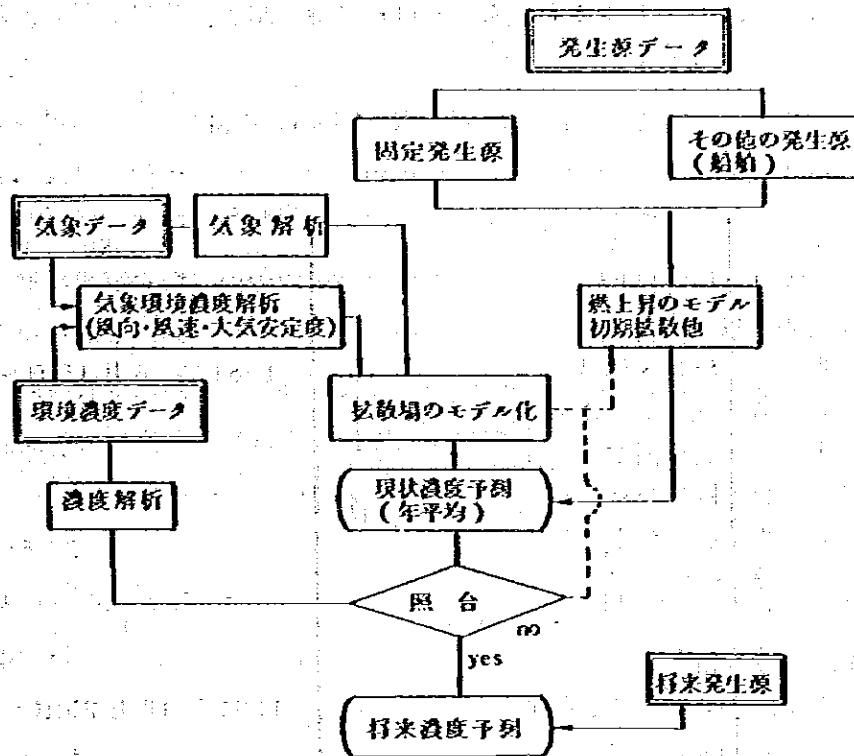


図1-2-2 SO₂予測シミュレーション実施手順

2-4 調査の組織

表1-2-2に現地調査にかかわった調査団員名簿を示す。

表1-2-2 調査団員名簿

氏名	担 当	派 遣 期 間
① 測定器の設置調整等		
小林 恵 三	総括・団長	1981年 6月15日～ 7月14日
稲垣 喜 八	コーディネータ、煙源調査	"
日下 太 一	観測測定	"
中橋 薫	観測測定	"
野口 哲 男	観測測定	"
藤川 政 徳	観測測定	"
② 第1回保守点検		
小野 憲 仁	団長・保守点検	1981年 10月25日～ 10月31日
野口 哲 男	保守点検	"
③ 第2回保守点検		
小林 恵 三	団長・保守点検	1982年 2月 1日～ 2月11日
稲垣 喜 八	測定機器取扱トレーニング	1982年 2月 3日～ 2月11日
野口 哲 男	保守点検	1982年 2月 1日～ 2月11日
④ 第3回保守点検及び煙源調査		
稲垣 喜 八	団長・煙源調査	1982年 5月23日～ 5月29日
日下 太 一	保守点検	"
野口 哲 男	保守点検	"
⑤ 第4回保守点検、煙源調査及び撤収		
稲垣 喜 八	団長・煙源調査	1982年 7月15日～ 7月24日
小野 憲 仁	保守点検、撤収	"
野口 哲 男	" "	"

(注) 上記調査団員は当該調査事業を受託した(社)産業公害防止協会の職員である。

2-5 調査経過

本環境影響調査の調査経過は次のとおりである。

現地調査	1981年 6月15日～1982年 7月24日
○測定機器の設置、調整、測定機器の取り扱い等に関する教育、訓練	1981年6月15日～ 7月14日
○現地測定	1981年 7月15日～1982年 7月14日
○第1回測定機器保守点検	1981年10月25日～10月31日
○第2回測定機器保守点検	1982年 2月 1日～ 2月11日
○第3回測定機器保守点検並びに煙源調査	1982年 5月23日～ 5月29日
○第4回測定機器保守点検並びに煙源調査、測定機器撤収	1982年 7月15日～ 7月24日
実測データの整理	1982年 4月～ 8月
発生源データの整理、モデル化	1982年 4月～ 8月
実測データの解析	1982年 8月～ 9月
現状シミュレーション	1982年10月～12月
将来シミュレーション	1982年12月

なお、現地調査時の調査経過を表1-2-3～表1-2-7に示す。

表1-2-3 測定器の設置等経過一覧表

年 月 日	曜日	作 業 概 要
1981年 6月15日	月	団員6名JAL715便にてシンガポール入国。 (宿舎 アポロホテル)
16日	火	JTCへの挨拶と打合せ。輸送機材の確認。 MP1, MP3, MP4及びMP5の測定地点の視察。 シンガポール大学 Pakiam 教授と打合せ。
17日	水	APUへの挨拶。 Metrological Serviceへの挨拶。 シンガポール大学 Huang Hsing Hua 教授へSO ₂

年 月 日	曜日	作 業 概 要
17日	水	測定等について説明。 MP 6 及びMP 7 の測定地点の視察。
18日	木	日本大使館への挨拶。 JTC へ本調査の概要をスライドを使用して説明。 MP 2 の測定地点の視察。 プレハブ資材の整理。 SO ₂ 計に使用する純水の確認。
19日	金	Economic Development Board への挨拶。 測定機器の整理。
20日	土	測定機器の整理。
21日	日	休 日
22日	月	JTC と 7 測定地点への計器設置打合せ。
23日	火	MP 2 及びMP 6 においてパイロットバルーン観測。
24日	水	MP 2 及びMP 6 においてパイロットバルーン観測。
25日	木	MP 1 へ機器設置及び調整。
26日	金	MP 3 へ機器設置及び調整。
27日	土	パイロットバルーン観測データ整理。
28日	日	休 日
29日	月	MP 2 へ機器設置及び調整。 MP 1 の機器調整。
30日	火	MP 5 へ機器設置及び調整。
7月 1日	水	MP 4 へ機器設置及び調整。

年 月 日	曜日	作 業 概 要
2日	木	MP 6 へ機器設置及び調整。
3日	金	MP 7 へ機器設置及び調整。
4日	土	パイロットバルーン観測データ整理。
5日	日	休 日
6日	月	MP 1 及びMP 2 設置計器の点検及び JTC 職員へのメンテナンス訓練。
7日	火	MP 3 及びMP 4 設置計器の点検及び JTC 職員へのメンテナンス訓練。
8日	水	MP 5 設置計器の点検及び JTC 職員へのメンテナンス訓練。
9日	木	MP 6 及びMP 7 設置計器の点検及び JTC 職員へのメンテナンス訓練。
10日	金	JTC と煙源データについて打合せ。
11日	土	JTC と煙源データについて打合せ。
12日	日	休 日
13日	月	JTC と打合せ。日本大使館へ挨拶。
14日	火	団員6名。SQ012 便にて帰国。

表 1-2-4 第 1 回保守点検経過一覧表

年 月 日	曜日	作 業 概 要
1981 年 10 月 25 日	日	団員 2 名 JAL715 便にてシンガポール入国。 (宿舎 オーチャードホテル)
26 日	月	MP 2 及び MP 3 測定機器の保守点検。
27 日	火	MP 1 及び MP 3 測定機器の保守点検。 日本大使館への挨拶。 JTC との打合せ。
28 日	水	MP 4 及び MP 5 測定機器の保守点検。
29 日	木	MP 6 及び MP 7 測定機器の保守点検。
30 日	金	MP 1 ~ MP 7 測定機器の巡回点検。 (但し、MP 4 を除く。) 日本大使館へ挨拶。
31 日	土	団員 2 名 SQ 012 便にて帰国。

表1-2-5 第2回保守点検経過一覧表

年 月 日	曜日	作 業 概 要	
1982年 2月 1日	月	団員2名 JAL715便にてシンガポール入国。 (宿舎 キングスホテル)	
2日	火	MP1測定機器の保守点検。	
3日	水	MP1, MP4及びMP5測定機器の保守点検。 団員1名 JAL715便にてシンガポール入国。 (3日～6日までは水質関係報告会へ出席)	
4日	木	MP6及びMP7の測定機器の保守点検。	
5日	金	日本大使館と打合せ。 MP2及びMP3測定機器の保守点検。	
6日	土	MP1～MP7測定機器の巡回点検。	
7日	日	休日	
8日 9日 10日	月 火 水	} SO ₂ 計, 風向風速計, 日射計, 放射収支計及び気温計の保守点検方法, 測定原理, 操作方法並びに修理方法等についてJTC及びAPU等環境関係諸機関に説明。	
10日	水		日本大使館に挨拶。
11日	木		団員3名 SQ012便にて帰国。

表1-2-6 第3回保守点検及び煙源調査経過一覧表

年 月 日	曜日	作 業 概 要
1982年 5月 23日	日	団員3名 JAL715便にてシツガポール入国。 (宿舎 キングスホテル)
24日	月	JTCと打合せ。 MP2及びMP3の測定機器の保守点検。
25日	火	APUと打合せ。 MP1の測定機器の保守点検。 煙源データ調査のため6社訪問。
26日	水	JTCと煙源データに関する打合せ。 MP4及びMP5の測定機器の保守点検。
27日	木	MP6及びMP7の測定機器の保守点検。 煙源データ収集のため15社訪問。
28日	金	JTCと打合せ。 日本大使館と打合せ。 MP1～MP7測定機器の巡回点検。
29日	土	団員3名 SQ12便にて帰国。

表1-2-7 第4回保守点検、煙源調査及び撤収経過一覧表

年 月 日	曜日	作 業 概 要
1982年 7月 15日	木	団員3名 JAL715便にてシンガポール入国。
16日	金	JTCと打合せ。 MP2測定機器の保守点検。
17日	土	煙源データ収集、整理。 MP3測定機器の保守点検。
18日	日	休 日
19日	月	煙源データ収集、整理。 MP1測定機器の保守点検。 日本大使館へ挨拶。
20日	火	煙源データ収集、整理。 MP4及びMP5測定機器の保守点検。 APU、PUBへ挨拶及び打合せ。
21日	水	煙源データ収集、整理。 MP6及びMP7測定機器の保守点検。 EDBへ挨拶及び打合せ。
22日	木	煙源データのチェック。
23日	金	①部機器撤収。 JTCとの最終打合せ。(大使館同席)
24日	土	団員3名 SQ012便にて帰国。

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice to ensure transparency and accountability. This is particularly crucial for businesses that handle large volumes of cash or credit sales.

2. The second section outlines the various methods used to collect and analyze financial data. It includes a detailed description of the accounting cycle, from identifying transactions to preparing financial statements. The text also covers the use of spreadsheets and specialized accounting software to streamline these processes and reduce the risk of human error.

3. In the third part, the author explores the impact of financial reporting on decision-making. It explains how key performance indicators (KPIs) and ratios can provide valuable insights into a company's financial health and operational efficiency. This information is essential for management to identify trends, anticipate challenges, and implement strategic initiatives.

4. The final section discusses the role of internal controls in preventing fraud and ensuring the integrity of financial data. It highlights the importance of segregation of duties, regular audits, and a strong ethical culture within the organization. These measures are vital for maintaining the trust of stakeholders and ensuring long-term success.