

社会開発調査部報告書

LIBRARY



JICA LIBRARY



1108858(0)

国際協力事業団

25558

マレーシア国

首都圏大気汚染対策計画調査

最終報告書

要約

平成5年8月

国際協力事業団



## 序 文

日本国政府はマレーシア国政府の要請に基づき、同国の首都圏大気汚染対策計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成3年12月から平成5年6月までの間7回にわたり、(株)数理計画の宮川亮を団長とし、同社及び(株)パシフィック コンサルタンツ インターナショナルから構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、マレーシア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに、本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成5年8月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介



マレーシア国

首都圏大気汚染対策計画調査

計画概要

- (1) 対象地域  
クランバレー地域
- (2) 計画目標年  
2005年
- (3) 環境目標値

汚染物質	目標値 (年平均)
SO <sub>2</sub>	20 ppb
NO <sub>2</sub>	37 ppb
CO	4 ppm

- (4) 予測大気質 (2005年) (対策無し)

汚染物質	最大濃度 (年平均)
SO <sub>2</sub>	66 ppb
NO <sub>2</sub>	63 ppb
CO	11 ppm

- (5) 提言された対策

提言された対策とその概算費用はこの計画概要の最終ページの表に示したとおりである。

(6) 提言された対策の評価

1) 汚染物質総排出量

(トン/年)

汚染物質	1992年	2005年	
		対策無し	対策有り
SO <sub>x</sub>	35,654 (1.0)	51,598 (1.45)	27,055 (0.76)
NO <sub>x</sub>	54,454 (1.0)	115,292 (2.12)	85,490 (1.57)
PM	12,605 (1.0)	18,495 (1.47)	11,604 (0.92)
CO	290,407 (1.0)	659,223 (2.27)	321,430 (1.11)
HC	73,445 (1.0)	166,720 (2.27)	103,973 (1.42)

注) ( ) の中の数値は1992年と比較した割合

2) 予測大気質(2005年)(対策有り)

汚染物質	最大濃度(年平均)	環境目標値
SO <sub>2</sub>	19 ppb	20 ppb
NO <sub>2</sub>	29 ppb	37 ppb
CO	3 ppm	4 ppm

3) 提言された対策の妥当性

提言された対策がガイドラインで提示されたスケジュールに沿って実施した場合、クランバレー地域全域で2005年にはSO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、COの環境目標値は達成される。

## Proposed Measures and Their Rough Costs

Proposed Measures			Cost Estimation
Stationary Sources	Power Station	Fuel conversion from middle fuel oil/coal to natural gas	
	General factories	Fuel conversion from heavy fuel oil to natural gas (Petaling Jaya and Shah Alam)	MS 2.9 million
		Fuel conversion from heavy fuel oil to light fuel oil (other areas)	
		Use of natural gas for new facilities	
		Combustion management	
		Energy saving	
		Installation of dust collector	MS 4.0 million
		Extension of stack	MS 0.2 million
		Replacement of wood combustion boilers	MS 3.1 million
Motor Vehicles	Light Duty Vehicles	Enforcement of 91/441/EEC for petrol vehicles	MS 1,400/unit
		Shift of diesel taxi to petrol taxi	
		Introduction of taxi using compressed natural gas	
	Motorcycles	Shift of 2-stroke motorcycles to 4-stroke motorcycles	Cost-up by 10%
		Use of smokeless lube oil for 2-stroke motorcycles	MS 20/liter
	Fuel Control	Promotion of use of unleaded petrol instead of leaded petrol	
		Decrease of sulphur content in diesel oil to 0.2%	
	Public Transportation System	Complete fulfillment of Transportation Master Plan 2005	
	Open Burning	Establishment of solid waste management system	
Institution and Organization	Department of Environment	Strengthening of the capacity	
	Air Quality Monitoring	Establishment of ambient air quality monitoring system	MS 35.19 million
		- 11 fixed stations	MS 21.71 million
		- 20 mobile stations	MS 13.48 million
	Pollution Source Monitoring	Measurement of factory flue gas	
		Measurement of vehicle exhaust gas by chassis dynamometer test	
	Laws	Establishment of Combustion Management System	
		Establishment of Car Inspection System	MS 9.0 million
	Supporting System	Establishment of a financial support system	
		Conclusion of Pollution Control Agreement	
Introduction of flextime system			
Air Quality Management Center	Establishment of Comprehensive Air Pollution Control Center	MS 53.9 million	
	- Ambient air quality central monitoring center	MS 35.2 million	
	- Combustion training center	MS 5.7 million	
	- Ambient air quality monitoring training center	MS 0.76 million	
	- Pollution source monitoring center	MS 12.24 million	
	Equipment for factory flue gas measurement	MS 0.24 million	
	Chassis dynamometers	MS 12 million	
	1 unit for petrol vehicles	MS 4 million	
	1 unit for diesel vehicles	MS 8 million	



# 目 次

	頁
第1章 はじめに	
1.1 調査の背景と目的 .....	1 - 1
1.2 調査の概要 .....	1 - 1
1.3 調査体制 .....	1 - 2
第2章 調査対象地域の概要	
2.1 自然環境 .....	2 - 1
2.2 社会環境 .....	2 - 2
2.3 大気汚染防止 .....	2 - 3
第3章 気象	
3.1 地上気象 .....	3 - 1
3.2 上層気象 .....	3 - 7
3.3 まとめ .....	3 - 11
第4章 環境大気質	
4.1 環境大気質 .....	4 - 1
4.2 簡易測定 .....	4 - 13
4.2.1 広域における簡易測定 .....	4 - 13
4.2.2 道路周辺における簡易測定 .....	4 - 15
4.3 まとめ .....	4 - 16
第5章 発生源の現況	
5.1 工場・事業場 .....	5 - 1
5.2 自動車 .....	5 - 7
5.3 飛行機 .....	5 - 13
5.4 船舶 .....	5 - 13

5.5	家庭	5 - 13
5.6	汚染物質の総排出量	5 - 13
第6章 拡散シミュレーションモデルによる大気汚染構造の解析		
6.1	拡散シミュレーションモデルの概要	6 - 1
6.2	拡散シミュレーションモデルの再現性	6 - 3
6.3	拡散シミュレーションによる発生源別の寄与	6 - 5
6.4	濃度の地域分布	6 - 7
6.5	大気拡散シミュレーションシステム	6 - 9
第7章 SPMの化学成分析		
		7 - 1
第8章 将来の大気汚染濃度の予測と汚染物質排出量の削減の必要性		
8.1	目標年	8 - 1
8.2	発生源の将来予測	8 - 1
8.2.1	予測方法	8 - 1
8.2.2	汚染物質の総排出量	8 - 2
8.3	将来濃度の予測	8 - 4
8.4	環境目標値	8 - 7
8.5	大気汚染物質排出量削減の必要性	8 - 10
第9章 発生源対策		
9.1	工場	9 - 1
9.1.1	対策の必要性	9 - 1
9.1.2	発生源の規制状況	9 - 1
9.1.3	発生源対策の基本技術	9 - 1
9.1.4	対策の提言	9 - 1
9.1.5	燃焼管理者の養成	9 - 2
9.1.6	省エネルギー	9 - 3

9.1.7	技術支援体制	9 - 3
9.1.8	資金の助成	9 - 3
9.2	自動車	9 - 4
9.2.1	対策の必要性	9 - 4
9.2.2	自動車対策案	9 - 4
9.3	発生源対策の効果	9 - 14
9.4	対策の評価	9 - 19
9.5	野焼き	9 - 21

## 第10章 環境・発生源監視

10.1	監視体制の概要	10 - 1
10.1.1	監視の目的	10 - 1
10.1.2	集中監視体制の概要	10 - 1
10.2	大気監視体制	10 - 4
10.3	発生源監視体制	10 - 6
10.3.1	固定発生源監視	10 - 6
10.3.2	自動車交通監視	10 - 8

## 第11章 大気汚染対策ガイドライン

11.1	目的	11 - 1
11.2	適用地域	11 - 1
11.3	環境目標値	11 - 1
11.4	目標年	11 - 1
11.5	大気汚染状況	11 - 3
11.5.1	汚染負荷量	11 - 3
11.5.2	シミュレーション結果	11 - 5
11.6	発生源対策	11 - 9
11.6.1	固定発生源	11 - 9
11.6.2	移動発生源	11 - 9

11.6.3 対策効果	11-11
11.7 大気質および発生源の監視	11-13
11.7.1 大気監視	11-13
11.7.2 発生源監視	11-13
11.8 人材育成	11-15
11.9 ガイドライン実施のための制度・組織	11-15
11.9.1 固定発生源	11-15
11.9.2 移動発生源	11-15
11.9.3 人材	11-16
11.9.4 大気汚染対策総合センターの設立	11-16
11.10 対策費用及び実施工程	11-20
第12章 調査結果および今後の課題	12-1

## 第1章 はじめに

### 1.1 調査の背景と目的

#### (1) 背景

マレーシア政府の要請にもとづき、日本政府は、国際協力事業団（以下JICAと略す）を通じて、調査団を組織し、マレーシア政府と共同して、『首都圏大気汚染対策計画調査』を実施した。調査は1991年12月に開始された。このレポートは調査結果の概要をまとめたものである。

#### (2) 目的

この調査はマレーシア国の要請に基づき、首都圏（クランバレー地域）を対象とし、大気モニタリングシステムの改善及び観測、主要汚染源の同定、大気汚染の将来予測、及び対策手法を中心に実施可能な汚染防止対策ガイドラインを策定することを目的とした。また同時にこの調査を通じて、調査の実施期間中にマレーシア国側のカウンターパートに対し、技術移転を行った。

### 1.2 調査の概要

#### (1) 対象地域

調査対象地域は、図1.1に示すクランバレー地域で、東西60km、南北40kmであり、連邦区（クアラルンプール）とセランゴール州のクラン、ベタリン、ゴンバク及びウル・ランに相当する地域である。

#### (2) 調査の概要

図1.2に示すフローチャートは調査の方法を要約したものである。

調査は気象観測、大気質の測定、発生源調査により開始され、これらの観測・測定データを解析し、大気拡散シミュレーション・モデルを作成した。

次に、将来の交通・エネルギー需要計画に基づいて将来の汚染物質の排出量を予測し、将来の大気汚染濃度を予測すると共に大気環境を保全するための対策を検討し、大気汚染対策ガイドラインを策定した。

#### (3) 調査スケジュール

調査スケジュールを図1.3に示す。調査期間は1991年12月から1993年8月である。

#### (4) 技術移転

技術移転は気象観測、大気質の測定、煙道ガスの測定、自動車排ガスの測定化学

分析に関して、その測定原理、測定方法、機器の維持管理について行われた。また、解析調査についても、測定データの解析、汚染負荷量の推定、大気拡散シミュレーション・モデル、大気汚染対策、大気汚染管理計画等について技術移転を行った。

### 1.3 調査体制

調査は事業団とマレーシア国政府及びその関係機関により共同で行われた。

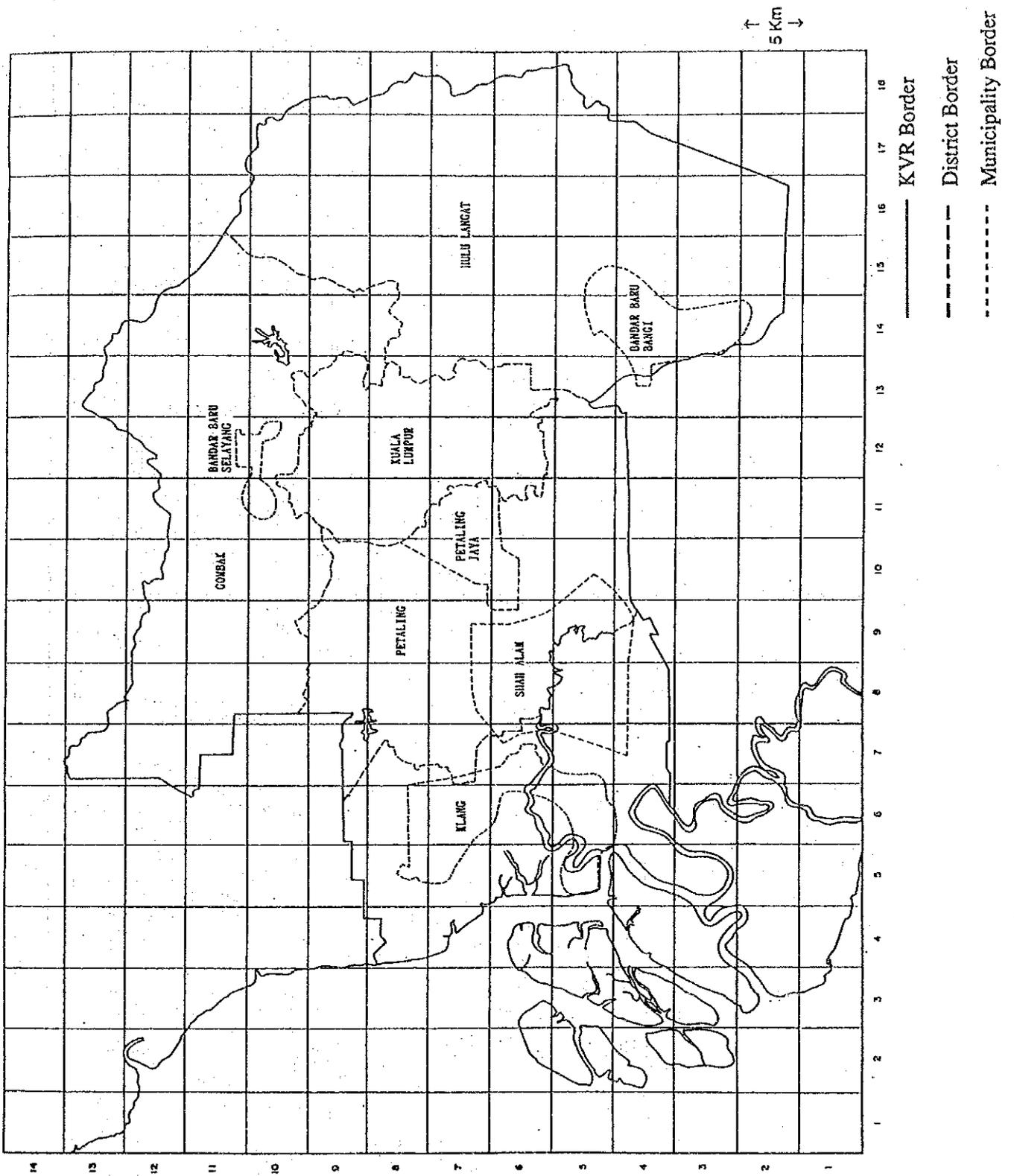
#### (1) マレーシア側組織

本調査のマレーシア国側の調整機関は経済企画庁（EPU）であり、主たるカウンターパート機関は環境局（DOE）である。また、この調査を進めるにあたり、運営委員会、技術委員会、カウンターパート・チームが組織された。運営委員会と技術委員会の委員はそれぞれ表1.1, 1.2に示す通りである。またカウンターパート・チームのリーダーを表1.3に示す。

#### (2) 日本側組織

日本側の技術協力機関であるJICAは表1.4, 1.5に示すように、調査を担当するコンサルタントとして(株)数理計画及び(株)パシフィック コンサルタンツ インターナショナルを選定するとともに、調査を円滑に実施するため作業監理委員会を組織した。

Fig. 1.1 Study Area



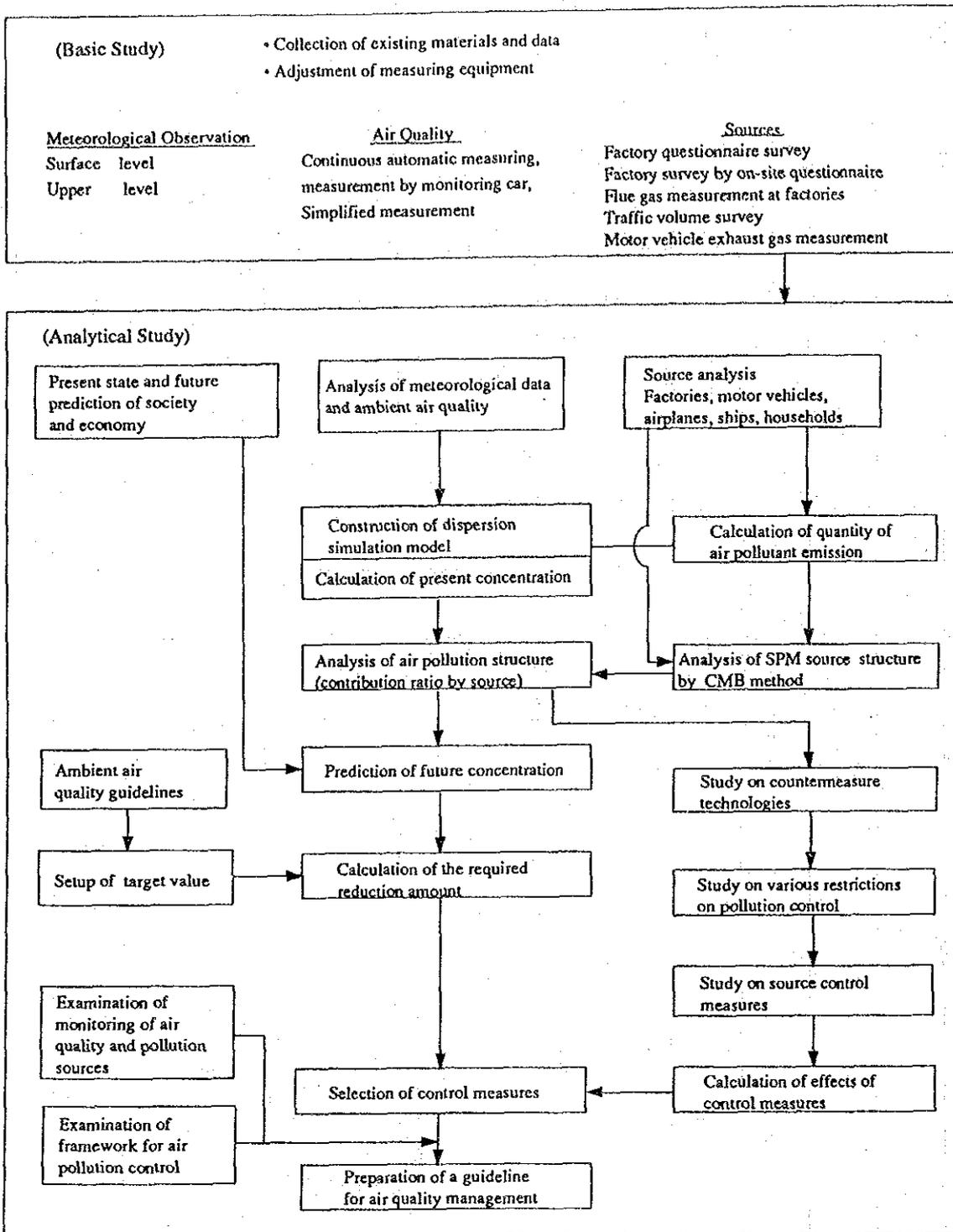


Fig. 1.2 Outline of the Study

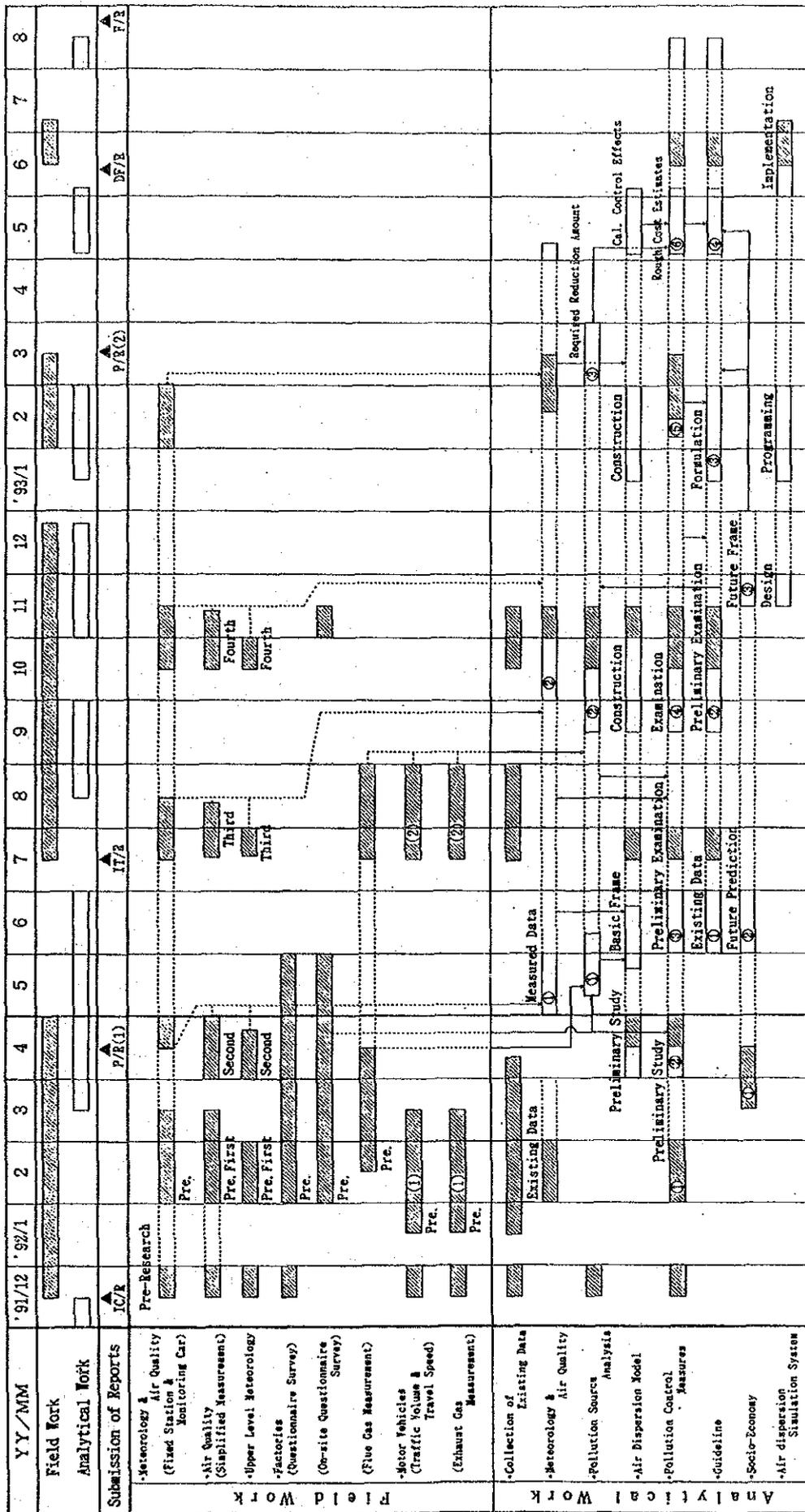


Fig. 1.3 Study Schedule

Table 1.1 Members of the Steering Committee

No.	Name	Department
1.	Abdul Rahman Jamal Director Regional Economics Section (Chairman)	EPU
2.	Hasnol Zam Zam Ahmad (Secretary)	EPU
3.	YM. Tengku Azman bin Tengku Mat	Ministry of Housing & Local Government
4.	R. Letchumanan	Ministry of Energy, Telecommunication and Post
5.	Ismail Mohamad	Ministry of Transport
6.	Leong Chow Peng	MMS
7.	Arisfadilah bin Sariat	EPU
8.	Noor Aini Ahmad	MOSTE
9.	Harvinder Kaur	EPU (Industry)
10.	Abdul Rahman Hj. Ahmad	Health Department, City Hall
11.	YM. Tengku Bakry Shah b. Tengku Johan	DOE
12.	Nor A'zman Rosli	DOE
13.	Mohd. Suhaimi Ahmad	EPU (Energy)
14.	Mohamad Yazid Md. Din	EPU (Energy)
15.	Mohd Fazi Matori	Ministry of Works

Table 1.2 Members of the Technical Committee

No.	Name	Agency
1.	Ir. Tan Meng Leng Deputy Director (Chairman)	DOE
2.	YM Tengku Bakry Shah Tengku Johan (Secretary)	DOE
3.	Mrs. Wan Ramlah Bt. Hj. Wan Ibrahim	DOE
4.	Mr. Ismail Isnin	DOE
5.	Ms. Azuri Azizah Saedon	DOE
6.	Mr. Marzuki B. Mokhtar	DOE
7.	Mr. S. Madhi B. S. Junaidi	DOE
8.	Mr. Masami Mizuguchi	DOE (JICA)
9.	Mr. Terutaka Ishikawa	DOE (JICA)
10.	Mr. Nor A'zman Rosli	DOE
11.	Mr. Hassan Mat	DOE (S'GOR)
12.	Mr. Ahmad Samsudin Che Abas	DOE
13.	Mrs. Wan Noraini Bt. Wan Hamzah	DOE
14.	Ms. Rosnani Bt. Ahmad Kasrin	DOE
15.	Mr. Abdul Rahman B. Hj. Ahmad	CITY HALL
16.	Mr. Dzulfakar B. Maisran	CITY HALL
17.	Mr. Wong Kok Fah	DOC
18.	Mrs. Leong Chow Peng	MMS
19.	Dr. M. Subramaniam	MMS
20.	Mr. Tan Choon Kim	SAMC
21.	Mr. Harjeet Singh	SSS
22.	Mrs. Latifah Bt. Hj. Mohd. Yatim	UPLK
23.	Ass. Prof. Dr. Azizan B. Abu Samah	UM
24.	Mr. Azman Zainal Abidin	UPM
25.	Ms. Lee Tzee Wan	PETRONAS
26.	Mr. Cheah Wai Kong	TNB

Table 1.3 Leaders of the Counterpart Team

1	YM. Tengku Bakry Shah Tengku Johan DOE	Supervision
2	Mrs. Wan Noraini Wan Hamzah DOE	Socio-economic Analysis and Development Plan
3	Mrs. Hajah Rosnani Ibrahim DOE	Guideline
4	Mr. Nor A'zman Rosli DOE	Stationary Source Control
5	Mr. Mohd Izzuddin Abd Ghani DOE	Mobile Source Control
6	Mr. Nor A'zman Rosli DOE	Equipment Management
7	Dr. Azizan Abu Samah UM	Modelling and Simulation
8	Mrs. Rahani Hussin DOE	Pollution Source Investigation
9	Mr. Azman Zainal Abidin UPM	Air Quality Monitoring
10	Mrs. Leong Chow Peng MMS	Meteorological Observation
11	Mr. Lum Koon Woon DOC	Chemical Analysis

Table 1.4 Members of the Study Team

1	Mr. Makoto Miyakawa Suuri-Keikaku Co., Ltd.	Overall Supervision/Organization and Institution
2	Mr. Ikuo Inoue Japan Machinery & Metals Inspection Institute	Meteorological Observation
3	Mr. Masanori Fuzikawa Japan Machinery & Metals Inspection Institute	Air Quality Monitoring
4	Mr. Mitsuru Fukuhara Japan Machinery & Metals Inspection Institute	Stationary Source Investigation
5	Mr. Yoichi Enokido Pacific Consultants International	Mobile Source Investigation
6	Mr. Ikushi Okada Japan Machinery & Metals Inspection Institute	Monitoring System
7	Mr. Akeo Fukayama Suuri-Keikaku Co., Ltd.	Meteorology and Air Quality Analysis
8	Mr. Seisuke Suzuki Suuri-Keikaku Co., Ltd.	Pollutant Source Analysis
9	Mr. Haruo Kikuchi Suuri-Keikaku Co., Ltd.	Modeling and Simulation Analysis
10	Mr. Yukihiko Nakano Suuri-Keikaku Co., Ltd.	Air Dispersion Simulation System
11	Mr. Hidenori Kaku Suuri-Keikaku Co., Ltd.	Mobile Source control
12	Mr. Shinzo Hirasawa Suuri-Keikaku Co., Ltd.	Stationary Source control
13	Mr. Norifumi Yamamoto Pacific Consultants International	Air Pollution Control Planning
14	Mr. Fumiaki Onoda Pacific Consultants International	Socio-economic Analysis/Development Plan
15	Mr. Tetsuaki Yokochi Japan Machinery & Metals Inspection Institute	Equipment Management/Chemical Analysis

Table 1.5 Members of the Advisory Committee

1	Dr. Hidetsuru Matsushita Professor, Graduate School of Nutritional and Environmental Science, University of Shizuoka Prefecture	Chairman/Overall Supervision
2	Mr. Susumu Ota Deputy director of Planning and Coordination Division, Planning and Coordination Bureau, Environment Agency	Air Pollution control
3	Mr. Naoya Tsukamoto Global Environment Specialist, Control and Coordination Division, Global Environmental Department, Environment Agency	Atmospheric Environment Analysis
4	Mr. Fumio Ueno Assistant Director, Office of Industrial Development, Industrial Base Division, Department of Commerce, Industry, Labor and Tourism, Hokkaido Government	Pollution Source Measurement



## 第2章 調査対象地域の概要

### 2.1 自然環境

#### (1) 地形

調査対象地域であるクランバレー地域はマレーシア半島の南西に位置する盆地(図2.1)で、東を1,500 m級の山で囲まれ、西にはマラッカ海峡に面している。

主要河川はクラン川で、多くの支流と合流してクラン海峡を通してマラッカ海峡に注いでいる。

#### (2) 気候

マレーシアは熱帯雨林気候(Af)に属し、南支那海とインド洋からのモンスーンの影響を受ける。北東モンスーンは12月から2月、南西モンスーンは6月から8月に吹く。モンスーン期間は半島マレーシアの西側地域は乾期であり、3月から5月と9月から11月の端境期は雨期で湿度が高い。



Fig. 2.1 Location of Kelang Valley Region

## 2.2 社会環境

### (1) 人口

1991年の8月に国勢調査が行われ、同年11月の速報結果が公表された。それによると、マレーシアの総人口は17.57百万人で、そのうちの2.95百万人（全体の約17%）がクランバレー地域に住んでいる。本調査の予測では2005年には4.25百万人の人々がこの地域に住むと予測された。近年首都クアラルンプールからその周辺への人口のスプロール化が顕著である。

### (2) 経済と産業

マレーシア経済は急速に発展しており、1971～1990年の経済成長率は年率6.7%で、1991～2000年は7.0%の成長が計画されている。

クアラルンプール市では大規模工業は減少し、修理やサービス業などの小工業や雇用率の高い中規模工業が増加すると予測される。セランゴール州では電気や電子機器、輸送機器産業が急速に成長すると予測される。

### (3) 土地利用

クランバレー地域で最も都市化の進んだ地域はクアラルンプール（都市化率は80%）で、次はペタリンの33%となっている。その他の地域では未だ都市化率は低く、最大面積を占めるのは、クランは農地（47%）、ゴンバクは森林（55%）、ウル・ランは森林（40%）となっている。

### (4) 運輸

クランバレー地域では自動車为主要な交通手段である。1991年末のクアラルンプールとセランゴール州の自動車登録台数は併せて約1.57百万台で、そのうちガソリン車とディーゼル車の占める割合はそれぞれ91%と9%となっている。

車種別に見ると、二輪車が全体の44%を占め、次いで乗用車が43%となっており、この2つで全体の87%に達する。しかし、LRT等の大量輸送機関の導入や現存の鉄道の複線化が近い将来開始される予定である。

航空輸送では、クランバレー地域にあるのは民間用の空港ではスパン国際空港ただ一つで、現在その能力の限界に達している。現在、新しい“セパン国際空港”が計画されており、1997年までに完成予定である。

海運ではクラン港で貨物が取扱われているが、近年混雑が始まった。この事態に

対処するために、第6次マレーシア計画期間中に西港が最初に建設される予定である。

(5) エネルギー

クランバレー地域では家庭や工場への天然ガスの供給が近い将来開始される予定であり、複数の火力発電施設が建設中、または2000年までに計画されている。

2.3 大気汚染防止

(1) 法律

環境問題に関してマレーシアで最も重要な地位を占める法律は1974年に制定され、1985年に修正された環境質法である。この法律はマレーシアの全州がその環境政策を規定するうえでの骨格となる枠組を与える。

(2) 行政組織

マレーシアの全環境問題を所掌する部局は環境局(DOE)で、科学・技術・環境省に属する。環境局は3部門、10の地域事務所(州事務所)より構成される。地域事務所の主要な任務は環境質の監視と環境質法の執行である。クランバレー地域はセランゴール州・連邦地域事務所の管轄下にある。



### 第3章 気象

#### 3.1 地上気象

本調査における気象測定局の概要を表3.1 にその位置を図3.1 に示す。

Table 3.1 Outline of the Meteorological Stations

Station Name	Observed Items						
	WD	WS	SUN	NETR	TEMP	HUM	RAIN
S-2 UPM	○	○	-	-	○	○	○
S-3 Petaling Jaya	○	○	○	○	-	-	-
S-4 Shah Alam	○	○	-	-	-	-	-
S-5 Klang	○	○	-	-	○	○	○

Abbreviation WD: Wind Direction, WS: Wind Speed

SUN: Solar Radiation, NETR: Net Radiation

TEMP: Temperature, HUM: Relative Humidity

RAIN: Rainfall Amount

上記のデータに加えて、Subang局（MMS）と Petaling Jaya局（MMS）のデータがマレーシア気象局（MMS）によって提供された。

クランバレー地域における地上気象の特徴は以下のとおりである。

一般的に風が弱く、UPM局ではカーム（風速0.4 m/s以下）の出現頻度は非常に高く50%を超える。UPM局における風速階級出現頻度を図3.2 に示す。各局の年平均風速は0.5~1.3m/sである。

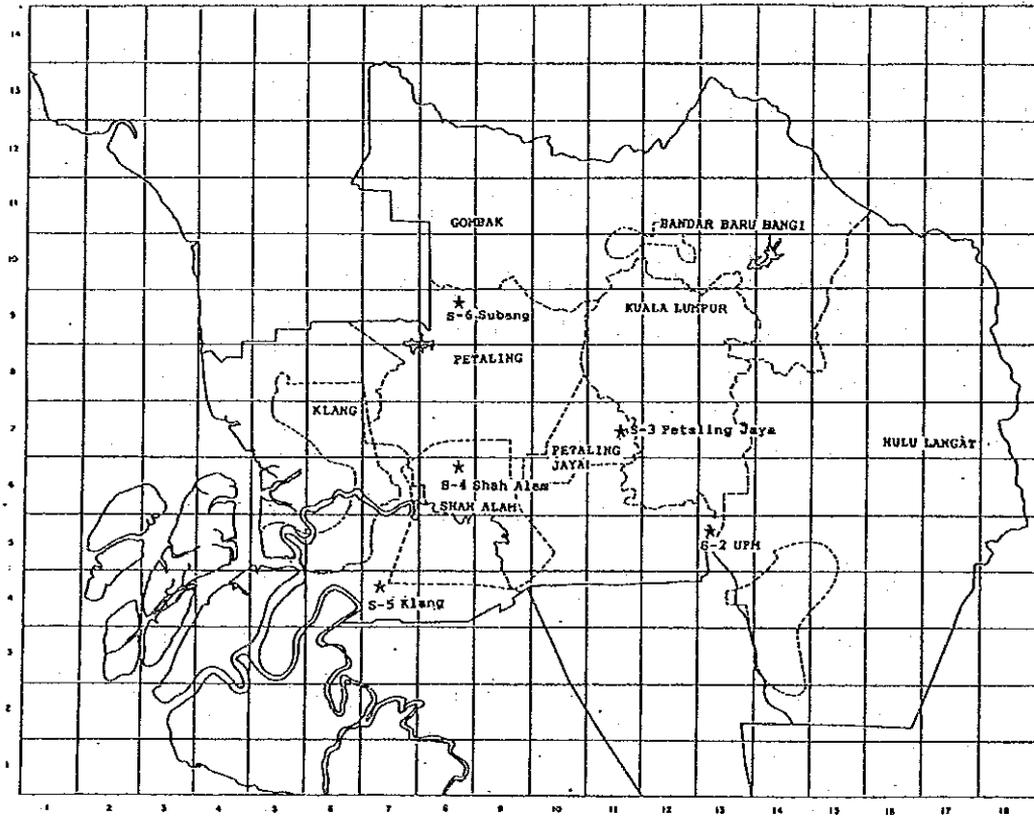
大気の安定度を示すために「大気安定度インデックス」を用いた。「A」クラスは「強不安定」を、「G」クラスは「強安定」を意味する。更に、「D」クラスは「中立」であり、「DD」（昼間の中立）と「DN」（夜間の中立）とに分けられる。

各局に共通の特徴は不安定なクラス（A~B）と安定なクラス（G）の出現頻度が高いことである。これらの安定度の出現状況は放射が強いことと風が弱いことによっても引き起こされる。Petaling Jaya局の大気安定度出現頻度図を図3.3 に示す。

気象要素の日変化は規則的なパターンを示す。風速、放射や気温は全て昼間にピークをもつ一山型のパターンを示す。UPM局における風速の日変化を図3.4 に、Petaling Jaya局における放射収支量の日変化を図3.5 に、UPM局における気温の日変化を図3.6 にそれぞれ示す。相対湿度は昼間に最小値を示し、降水は主に午後か

夕方にかけて起こる。UPM局における相対湿度と降水量の日変化を図3.7 と図3.8 に示す。

Shah Alam 局における風配図を図3.9 に示す。期間を通じて北風の頻度が高いが、その風速は低い。6月～8月にかけては南～南南西の方向で比較的強い風が観測されている。10月には北北西の風向が高い頻度になっている。



Legend

S-2	UPM
S-3	Petaling Jaya
S-4	Shah Alam
S-5	Klang

★ : Meteorological Station

Fig. 3.1 Locations of Meteorological Stations

Wind Speed (0.1m/s)

Stability Index

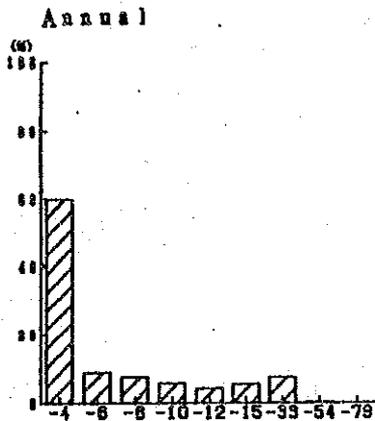


Fig. 3.2 Wind Speed Histogram at UPM (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

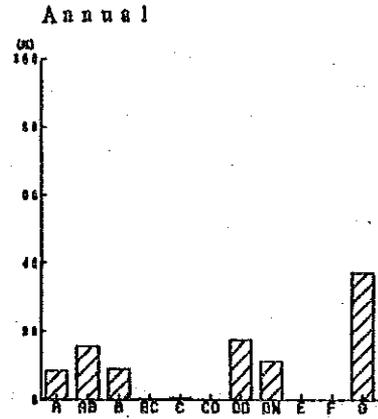


Fig. 3.3 Stability Index Histogram at Petaling Jaya (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

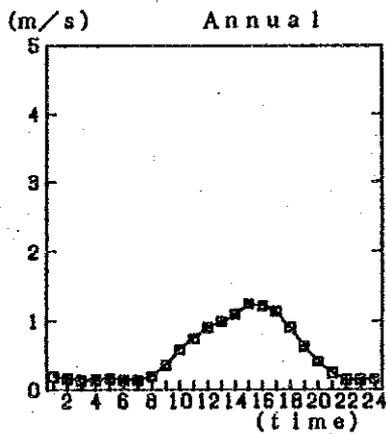


Fig. 3.4 Diurnal Variation of Wind Speed at UPM (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

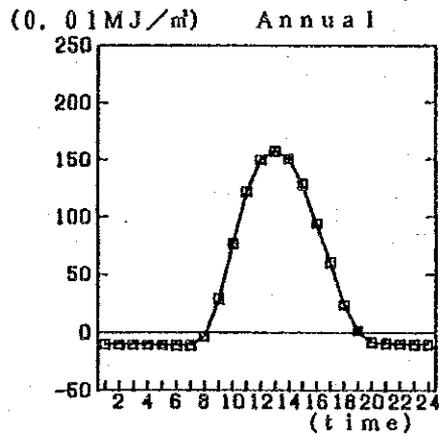


Fig. 3.5 Diurnal Variation of Net Radiation at Petaling Jaya (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

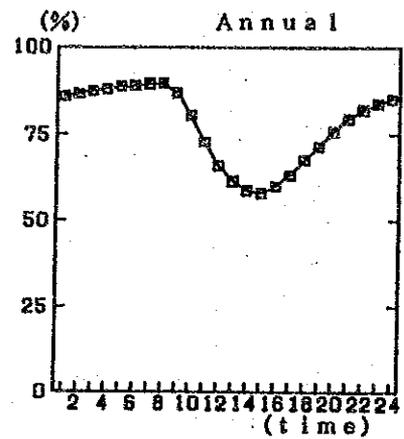
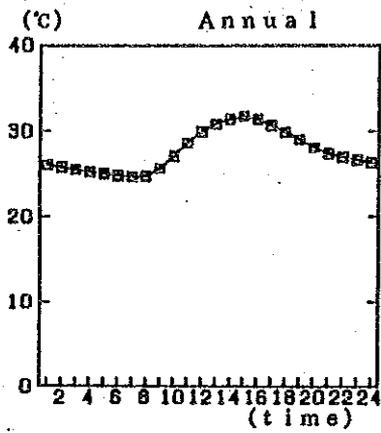


Fig. 3.6 Diurnal Variation of Temperature at UPM (Mar. 1992 ~ Feb. 1993) Fig. 3.7 Diurnal Variation of Relative Humidity at UPM (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

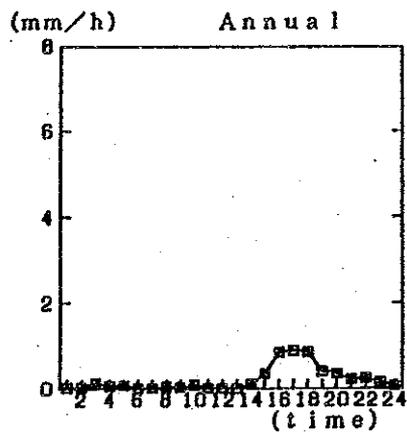


Fig. 3.8 Diurnal Variation of Rainfall Amount at UPM (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

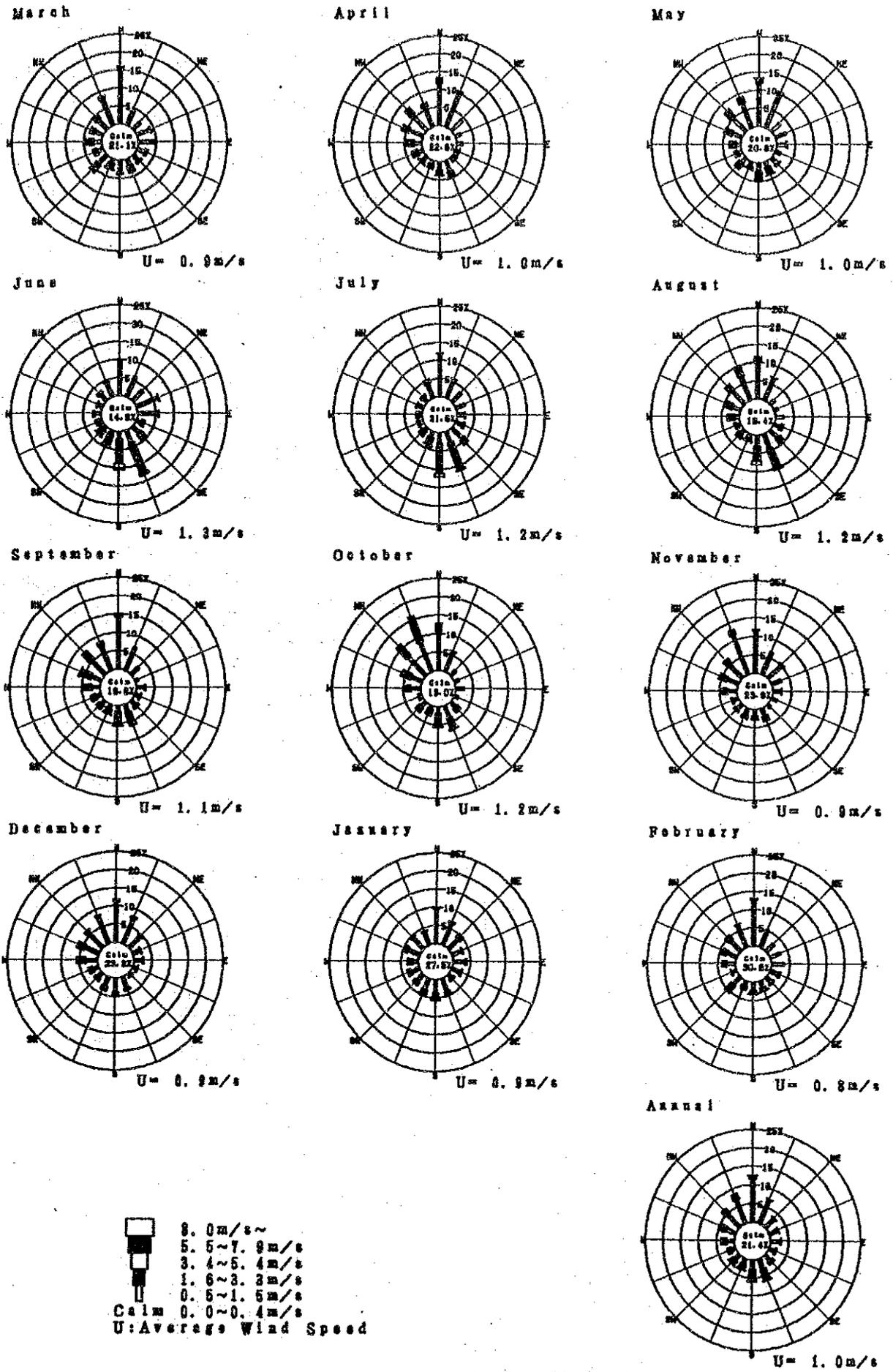


Fig. 3.9

Wind Rose at Shah Alam  
(Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

風速、日射量、気温、相対湿度及び降水量の月変化は図3.10~3.14に示されている。

風速、日射量、気温及び相対湿度は特別な月変化を示さない。一般的に降水量は11月と12月に多く、6月~9月にかけては少ない。

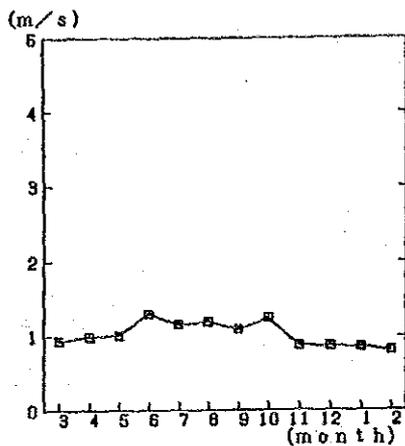


Fig. 3.10 Monthly Change of Wind Speed at Shah Alam (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

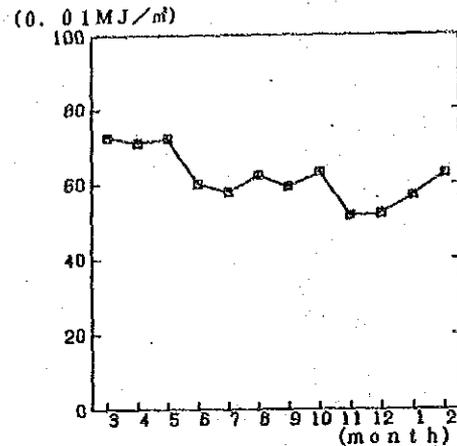


Fig. 3.11 Monthly Change of Solar Radiation at Petaling Jaya (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

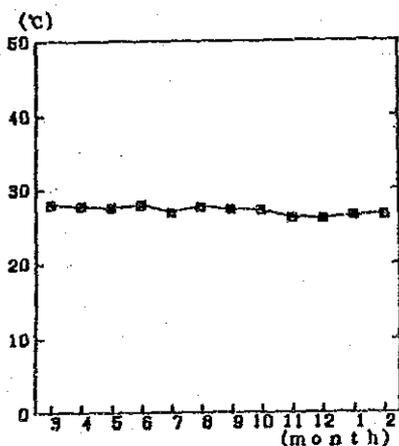


Fig. 3.12 Monthly Change of Temperature at UPM (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

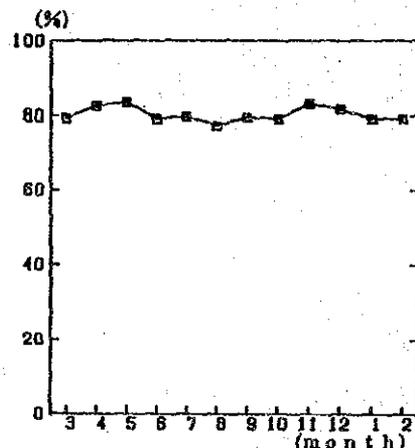


Fig. 3.13 Monthly Change of Relative Humidity at Subang (MMS) (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

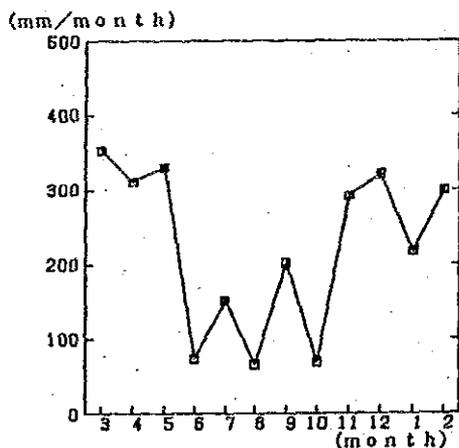


Fig. 3.14 Monthly Change of Rainfall Amount at Petaling Jaya (MMS) (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

### 3.2 上層気象

上層気象の観測はUPMで1992年中に4回行われ、測定項目は風向、風速と気温であった。

観測期間は以下の通りである。

1回目(2月)	2月20日～2月26日
2回目(4月)	4月15日～4月21日
3回目(7月～8月)	7月29日～8月4日
4回目(10月)	10月21日～10月27日

また、期間中、観測は1日8回(0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21時)もしくは1日6回(6, 9, 12, 15, 18, 21時)行われた。

UPM局における4月(1992年4月15日～21日)の風速と気温の鉛直分布を図3.15に示す。個々の観測結果は一つのプロファイルで表されており、観測時間毎にまとめられている。

気温の鉛直分布は共通した特徴を示している。逆転層が夜間に生成し、明け方に崩壊しており、昼間には下層で大気不安定な状態が起こっている。

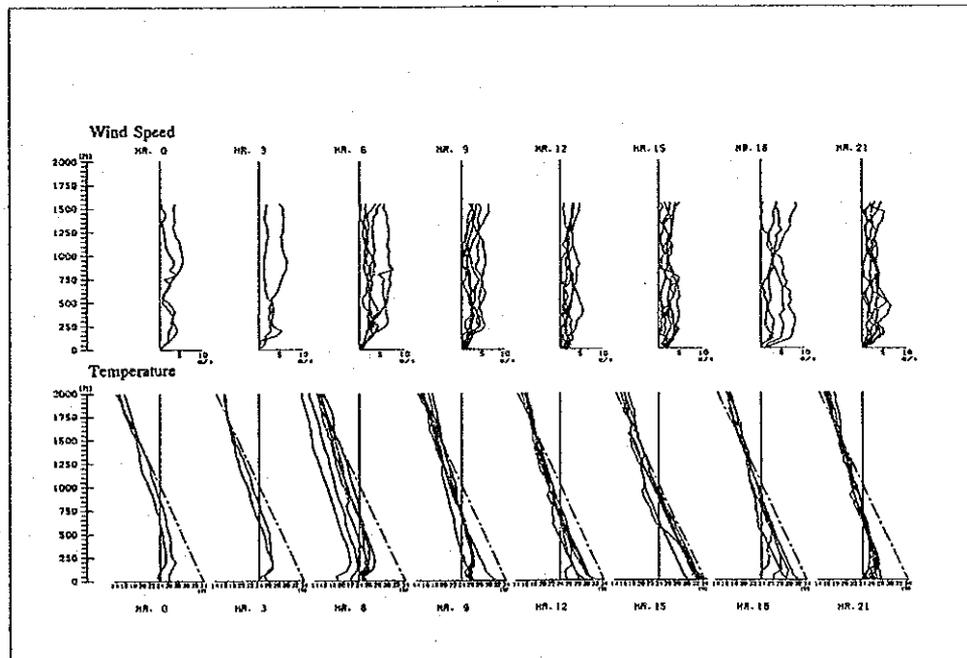


Fig. 3.15 Vertical Profiles of Wind Speed and Temperature at UPM (15th ~ 21st/Apr./1992)

接地逆転層の出現頻度を表3.2 と表3.3 に示す。逆転は1メートルの高度上昇につき0.01℃以上の気温上昇があった場合と定義した。

2月と7～8月においては接地逆転の出現頻度は20%を超えている。また、夜間(19時～2時)における出現頻度は30%を超え、早朝(2時～6時)における出現頻度は25%以上でありそのうちの2回の逆転層は150mに達している。

Table 3.2 Frequency of Occurrences of Surface Layer Inversions in Seasons at UPM (1992)

Height	February	April	July and August	October	Average and Total
50m	15.2% ( 7)	0.0% ( 0)	17.8% ( 8)	4.4% ( 2)	9.4% (17)
100m	4.3% ( 2)	0.0% ( 0)	2.2% ( 1)	0.0% ( 0)	1.7% ( 3)
150m	2.2% ( 1)	2.3% ( 1)	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	1.1% ( 2)
Total	(46)	(44)	(45)	(45)	(180)

In parenthesis: Number of Data

Height: Top height of surface inversion layer

Table 3.3 Frequency of Occurrences of Surface Layer Inversions in Time Zones at UPM (1992)

Height	Morning	Afternoon	Night	Early Morning	Average and Total
50m	0.0% ( 0)	1.2% ( 1)	33.3% (12)	11.4% ( 4)	9.4% (17)
100m	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	8.6% ( 3)	1.7% ( 3)
150m	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	5.7% ( 2)	1.1% ( 2)
Total	(27)	(82)	(36)	(35)	(180)

In parenthesis: Number of Data

Height: Top height of surface inversion layer

Time Zones Morning : from 6:00 to 11:00  
 Afternoon : from 11:00 to 19:00  
 Night : from 19:00 to 2:00  
 Early Morning : from 2:00 to 6:00

上空逆転の解析においては有効煙突高を考慮して「区分高度 (target height)」を設定し、上空逆転を3種類に分類した。それらは全層逆転 (target height inversion)、上層逆転 (upper height inversion) 及び下層逆転 (lower height inversion) である。区分高度と全層逆転、上層逆転及び下層逆転との関係を図3.16に示す。全層逆転が最も大気汚染に対する影響が大きく、上層逆転がそれに次ぎ、下層逆転は対象とした煙突からの大気汚染については影響が無いとされている。逆転層は区分高度の2倍の高度まで調べた。つまり、区分高度が100mであれば、200mの高さまでの間の逆転層について調べた。

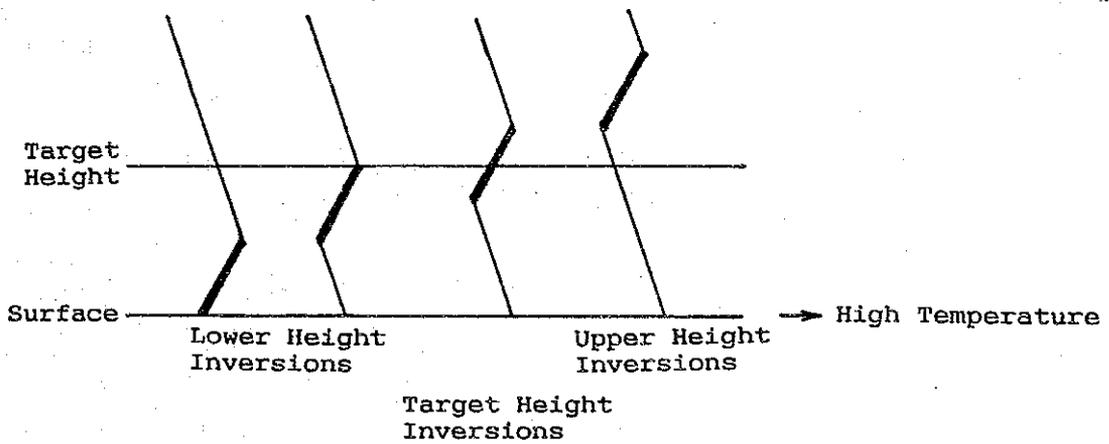


Fig. 3.16 Relations among Target Height and Three Inversion Categories

区分高度が50mの時の上空逆転層の出現頻度を表3.4 と表3.5 に示す。4月における全層逆転の出現頻度は30%を超えており、早朝における全層逆転の出現頻度は非常に高く約49%である。

Table 3.4 Frequency of Occurrences of Upper Layer Inversions in Seasons at UPM (1992, Target height: 50 meters)

	February	April	July and August	October	Average and Total
None	67.4% (31)	68.2% (30)	73.3% (33)	88.9% (40)	74.4%(134)
Lower	15.2% ( 7)	0.0% ( 0)	17.8% ( 8)	4.4% ( 2)	9.4%( 17)
Target	17.4% ( 8)	31.8% (14)	8.9% ( 4)	6.7% ( 3)	16.1%( 29)
Upper	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	0.0%( 0)
Total	(46)	(44)	(45)	(45)	(180)

In parenthesis: Number of Data

Table 3.5 Frequency of Occurrences of Upper Layer Inversions in Time Zones at UPM (1992, Target height: 50 meters)

	Morning	Afternoon	Night	Early Morning	Average and Total
None	81.5% (22)	96.3% (79)	52.8% (19)	40.0% (14)	74.4%(134)
Lower	0.0% ( 0)	1.2% ( 1)	33.3% (12)	11.4% ( 4)	9.4%( 17)
Target	18.5% ( 5)	2.4% ( 2)	13.9% ( 5)	48.6% (17)	16.1%( 29)
Upper	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	0.0% ( 0)	0.0%( 0)
Total	(27)	(82)	(36)	(35)	(180)

In parenthesis: Number of Data  
Time Zones: Same as Table 3.3

### 3.3 まとめ

本調査における解析によりクランバレー地域における気象の特徴は以下のように集約された。

- ・風速が非常に低く大気汚染物質は大気中に滞留しやすい状況にある。
- ・風が弱く、放射が強いため、強安定と強不安定の大気状態が高い頻度で起こっている。強安定の条件下では大気汚染物質は下層に閉じこめられ、強不安定の条件下では大気汚染物質は混合されることになる。
- ・風速、放射や気温などの気象要素の日変化は一山型のパターンを示し、降水は主に午後から夕方にかけて起こる。
- ・逆転層は夜間に生成され明け方に崩壊し、昼の間には下層では不安定な状態が起こっている。
- ・接地逆転は夜間から早朝にかけて25%以上の高い出現頻度で起こっている。早朝の時間帯では、区分高度が50mの時の全層逆転出現頻度は非常に高く、45%を超えている。しばしば起こっているこれらの逆転層は、特定の高度では大気汚染に強く影響を与えている。
- ・強い日射や高温はより強い光化学反応の可能性を示唆しており、このような条件はNO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>やSPMの生成に寄与していると考えられる。

以上のような気象条件を考慮すると、クランバレー地域における大気汚染はより深刻になりうる潜在的な可能性をもっていると言える。



## 第4章 環境大気質

### 4.1 環境大気質

#### (1) 大気汚染物質濃度の概要

環境大気質の測定は5局の固定局と13局の移動局で行われた。大気質のモニタリングの概要を表4.1に、測定方法を表4.2に示す。また、モニタリング局の位置を図4.1に示す。

この章では「窒素酸化物」は $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ と $\text{NO}$ を意味し、「炭化水素類」は $\text{NMHC}$ 、 $\text{THC}$ と $\text{CH}_4$ を意味している。 $\text{NO}_2$ と $\text{NO}$ の合計が $\text{NO}_x$ であり、 $\text{NMHC}$ と $\text{CH}_4$ の合計が $\text{THC}$ である。

Table 4.1 Outline of Monitoring Stations

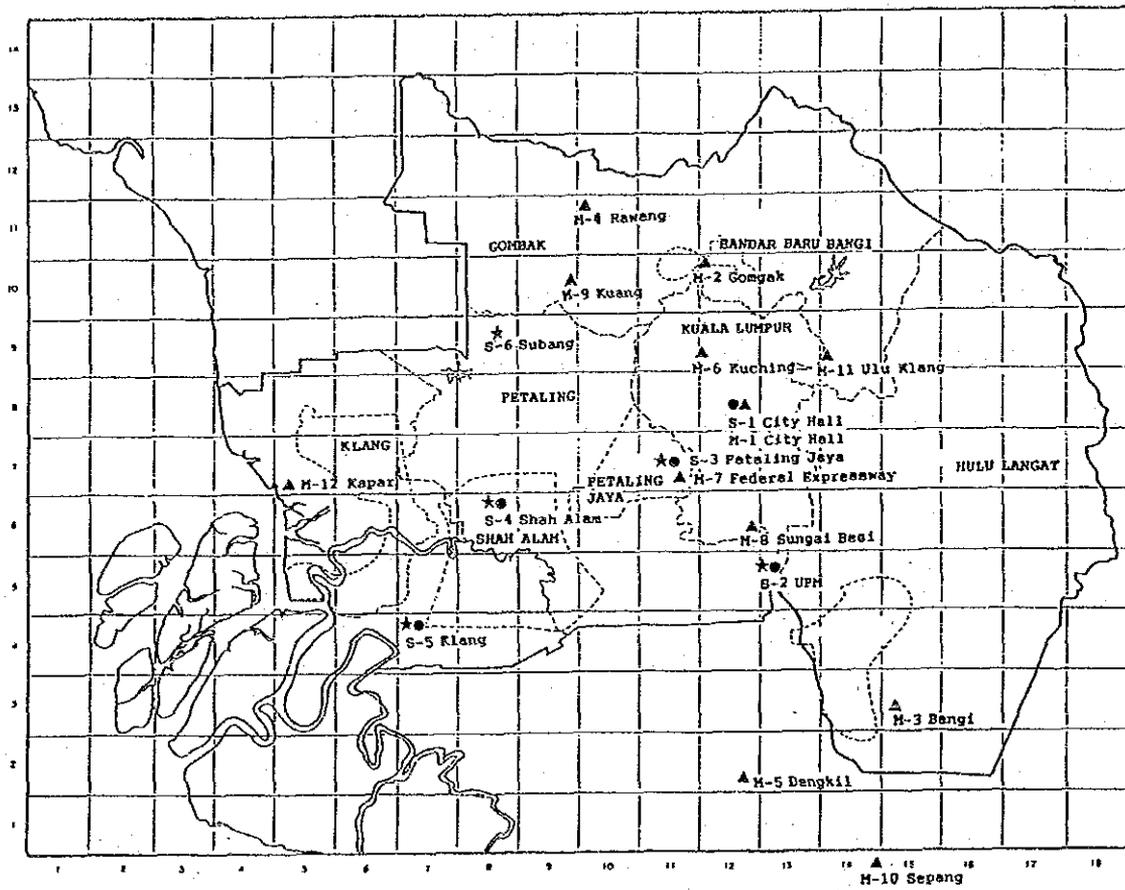
Station Name	Monitoring Items					
	SPM	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub> s	O <sub>3</sub>	HCS
S-1 City Hall	○	○	○	○	○	-
S-2 UPM	○	○	-	○	○	-
S-3 Petaling Jaya	○	○	○	○	○	○
S-4 Shah Alam	○	○	○	○	○	○
S-5 Klang	○	○	-	○	○	-
M-X (Mobile Stations)	○	○	○	○	○	○

Note NO<sub>x</sub>s : Nitrogen Oxides( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}$ )  
HCS : Hydrocarbons( $\text{NMHC}$ ,  $\text{THC}$ ,  $\text{CH}_4$ )

Table 4.2 Summary of Monitoring Instruments

Monitoring Item	Method
SO <sub>2</sub>	Ultraviolet Fluorescence
Nitrogen Oxides	Chemiluminescence
CO	Non-Dispersive Infrared Absorption
SPM	Beta-ray Attenuation
Hydrocarbons	Flame Ionization Detection Gas Chromatography
O <sub>3</sub>	Ultraviolet Absorption or Chemiluminescence*

\*: City Hall, UPM, Klang



**Legend**

● : Fixed Station

S-1	City Hall
S-2	UPM
S-3	Petaling Jaya
S-4	Shah Alam
S-5	Klang

▲ : Mobile Station

★ : Meteorological Station

**Fig. 4.1** Locations of Monitoring Stations

主な大気汚染物質の測定期間を通じての平均濃度を表4.3 に示す。

各汚染物質の最高濃度を示した測定局は以下の通りであった。

	固定局	移動局
S P M	Shah Alam	Jl. Kuching
S O <sub>2</sub>	Petaling Jaya	Sungai Besi
N O <sub>2</sub>	City Hall	Sungai Besi
N O <sub>x</sub>	City Hall	Federal Expressway
C O	Petaling Jaya	City Hall(M)
O <sub>3</sub>	Klang	Sungai Besi
N M H C	Petaling Jaya	City Hall(M)

固定局におけるマレーシア国の環境大気指針値との適合状況を表4.4 に示す。表4.4 で特徴的な点は以下の通りである。

- Shah Alam局の P M10の時間最高値と年平均値が指針値を超えていた。
- S O<sub>2</sub> と N O<sub>2</sub> の指針値は全ての固定局で達成されていたが、City Hall、Petaling Jaya と Shah Alam局の時間値は100ppbを超えていた。
- C Oの8時間平均最高値はCity Hall と Petaling Jaya局で指針値を超えていた。
- 全ての固定局の O<sub>3</sub> の時間値と U P M局以外の局の O<sub>3</sub> の8時間平均値は少なくとも1回以上は指針値を超えていた。

移動局でのデータは正確な評価には不十分であるけれども、Bangi、Dengkil、Sungai Besi と Jl.Kuching 局の S O<sub>2</sub> の時間値は指針値を超えていた。また、Jl. Kuching と City Hall(M) 局の N O<sub>2</sub> の時間最高値は130ppbを超えていた。

これらの大気汚染物質の健康被害は以下のようなものである。

C Oは体内でヘモグロビンと結合して炭酸ヘモグロビン (C O H b) となり、血

液中での酸素の取り込みを阻害する。COHbの増加は心臓血管系への影響や神経障害を引き起こす。一定レベルのCOHbによる狭心症患者の症状悪化も、健康被害として注目されている。

NO<sub>2</sub>はNOよりも人体に対して影響が強いと言われてきた。NO<sub>2</sub>の短期暴露被害としては肺機能の低下、気管支炎患者の肺機能の変化や喘息患者の気管の反応の活発化などがある。動物実験による長期暴露の調査からいくつかの影響がわかっており、その影響は肺、脾臓、肝臓や血液に現れる。構造的な変化は気管支や肺の細胞の変化から肺気腫のようなものまでである。また、NO<sub>2</sub>は肺の細菌感染に対する感受性を高める。

O<sub>3</sub>による短期の急性影響は明らかであり、眼に対する刺激に始まり、高濃度レベルでは特に感受性の強い人々において胸部や上部呼吸器官の症状となる。子供や喘息患者では100～200ppb程度の濃度で肺機能低下、咳や頭痛が起こり得る。

SO<sub>2</sub>と粒子状物質は人体影響について相乗効果を持ち、いくつかの疫学的データによればSO<sub>2</sub>が死亡率の上昇、感受性の高い子供の肺機能の低下や呼吸器系の罹患率の上昇などを引き起こすとされている。

直径10μm以下の粒子は肺に吸い込まれやすく、健康影響の面からはPM10濃度がより重要である。いくつかの疫学的データは慢性気管支炎患者の罹患率の上昇、気道抵抗の上昇や病弱者や老人における死亡率の上昇を示している。また、視程の低下は市民に不快感を与える。

炭化水素類は様々な化学物質の混合物であり、大部分の炭化水素類は現在の濃度レベルでは人体や動物に影響を与えないと言われている。しかし、ホルムアルデヒドやアクロレインのような炭化水素類は特定の作業場などで眼や呼吸器官を刺激する。また、ベンゼン、ベンゾピレンやベンゾアントラシンは発癌性や変異原性があるとされている。更に、NMHC（非メタン系炭化水素類）はO<sub>3</sub>生成活性が高く、NMHCはO<sub>3</sub>濃度を低下させるために削減する必要がある。

Table 4.3 (1) Average Concentrations of SPM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

	Monitoring Sites	SPM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	NO <sub>x</sub> (ppb)
Fixed Station	City Hall	50.7 (6432)	10.4 (3264)	21.7 (6590)	103.3 (6590)
	UPM	24.1 (7114)	8.0 (7363)	8.6 (6005)	18.1 (6005)
	Petaling Jaya	58.8 (7554)	13.3 (8410)	19.3 (8099)	49.4 (8099)
	Shah Alam	67.6 (8227)	7.7 (7990)	15.2 (7832)	31.4 (7832)
	Klang	60.8 (3222)	8.5 (2070)	11.4 (3701)	26.6 (3701)
Mobile Station	City Hall(M)	86.3 (2510)	10.1 (2379)	30.0 (2537)	126.0 (2537)
	Gombak	65.0 (1157)	5.8 (1040)	11.4 (1161)	24.7 (1161)
	Bangi	66.7 ( 849)	12.4 ( 790)	9.4 ( 857)	20.8 ( 857)
	Dengkil	57.8 (1223)	5.2 (1142)	3.6 (1235)	12.2 (1235)
	Jl.Kuching	92.1 ( 902)	8.0 ( 966)	33.1 ( 971)	103.2 ( 971)
	Federal Expressway	87.2 ( 804)	12.1 ( 801)	32.2 ( 808)	131.6 ( 808)
	Sungai Besi	83.3 ( 935)	13.7 ( 888)	33.5 ( 901)	118.2 ( 901)
	Kuang	47.7 (1126)	4.2 (1139)	7.6 (1134)	23.3 (1134)
	Sepang	33.8 ( 550)	3.0 ( 471)	7.8 ( 597)	23.2 ( 597)
	Ulu Klang	30.6 ( 847)	3.2 ( 838)	9.2 ( 856)	22.7 ( 856)
	UTM	47.2 ( 894)	2.9 ( 902)	14.4 ( 903)	40.0 ( 903)
	Kapar	52.1 ( 938)	8.3 ( 637)	5.3 ( 948)	19.7 ( 948)

Note : Number of sample data in parentheses.

Table 4.3 (2) Average Concentrations of CO, O<sub>3</sub> and NMHC  
(Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

	Monitoring Sites	CO (ppm)	O <sub>3</sub> (ppb)	NMHC (10ppbC)
Fixed Station	City Hall	2.73 (6880)	9.5 (6344)	—
	UPM	—	10.0 (7196)	—
	Petaling Jaya	2.84 (8384)	9.7 (8126)	79.1 (7546)
	Shah Alam	0.70 (7405)	10.9 (8017)	22.5 (7804)
	Klang	—	12.4 (3679)	—
Mobile Station	City Hall (M)	3.74 (2537)	10.4 (2536)	145.5 (1959)
	Gombak	0.63 (1161)	17.7 (1161)	27.1 (1162)
	Bangi	0.30 ( 855)	18.3 ( 857)	119.7 ( 519)
	Dengkil	0.39 (1242)	13.6 (1234)	140.3 ( 107)
	Jl. Kuching	2.06 ( 543)	8.7 ( 971)	89.6 ( 401)
	Federal Expressway	2.10 ( 808)	11.0 ( 808)	91.7 ( 811)
	Sungai Besi	2.91 ( 899)	26.2 ( 901)	124.9 ( 905)
	Kuang	—	17.9 (1134)	46.6 ( 788)
	Sepang	0.64 ( 602)	12.5 ( 597)	38.2 ( 466)
	Ulu Klang	0.40 ( 287)	16.8 ( 857)	79.5 ( 854)
	UTM	1.31 ( 902)	18.3 ( 903)	137.0 ( 892)
	Kapar	0.23 ( 949)	20.0 ( 948)	71.8 ( 834)

Note : Number of sample data in parentheses.

Table 4.4 (1)

Compliance with Guidelines  
on TSP, PM10, and SO<sub>2</sub>  
(Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

Items		TSP		PM10		SO <sub>2</sub>	
Guidelines		Yearly 90	Daily 260	Yearly 50	Daily 150	Daily 40	Hourly 130
Unit		(µg/m <sup>3</sup> )		(µg/m <sup>3</sup> )		(ppb)	
City Hall	Avg.	61.3		41.5			
	Max.		112.5		76.3	33.5	106
	99%		106.3		72.1	30.5	43
	98%		104.1		70.6	27.3	35
	95%		92.7		62.8	23.9	25
	No.	6432	267	6432	267	114	3264
UPM	Avg.	29.2		19.8			
	Max.		66.3		44.9	31.4	60
	99%		58.0		39.3	17.5	27
	98%		54.6		37.0	14.8	21
	95%		45.7		31.0	13.3	16
	No.	7114	293	7114	293	297	7363
Petaling Jaya	Avg.	71.1		48.2			
	Max.		165.4		112.1	29.5	111
	99%		144.1		97.7	24.9	44
	98%		136.8		92.7	23.9	37
	95%		120.5		81.7	22.1	29
	No.	7554	314	7554	314	351	8410
Shah Alam	Avg.	81.7		55.4 X			
	Max.		253.1		171.6 X	20.1	103
	99%		179.5		121.6	18.0	43
	98%		164.7		111.6	17.0	34
	95%		137.2		93.0	15.6	24
	No.	8227	342	8227	342	333	7990
Klang	Avg.	73.6		49.9			
	Max.		187.8		127.3	22.8	95
	99%		168.1		113.9	18.2	42
	98%		162.3		110.0	15.1	30
	95%		152.6		103.4	13.6	21
	No.	3222	130	3222	130	83	2070

Abbreviations Avg. : Average value  
Max. : Maximum value  
No. : Number of Data

X: Exceed

Table 4.4 (2)

Compliance with Guidelines  
on CO, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub>

Items		CO		NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	
Guidelines		8 Hours	Hourly	Hourly	8 Hours	Hourly
		9	30	170	60	100
Unit		(ppm)		(ppb)	(ppb)	
City Hall	Avg.					
	Max.	10.53 X	15.4	121	118.7 X	267 X
	99%	6.65	9.1	61	59.4	86
	98%	5.86	8.2	53	50.8	70
	95%	5.09	6.6	45	37.3	46
	No.	6871	6880	6590	6244	6344
UPM	Avg.					
	Max.			73	55.8	106 X
	99%			28	39.6	53
	98%			24	36.0	45
	95%			19	29.6	36
	No.			6005	7159	7196
Petaling Jaya	Avg.					
	Max.	10.15 X	15.7	108	80.1 X	128 X
	99%	6.96	8.6	56	54.4	81
	98%	6.30	7.7	51	47.0	66
	95%	5.49	6.3	42	36.6	47
	No.	8397	8384	8099	8129	8126
Shah Alam	Avg.					
	Max.	3.55	5.2	168	93.9 X	158 X
	99%	2.30	3.0	60	64.5 X	88
	98%	1.99	2.6	45	53.8	68
	95%	1.60	2.0	34	39.9	48
	No.	7419	7405	7832	7995	8017
Klang	Avg.					
	Max.			72	68.9 X	132 X
	99%			30	50.9	70
	98%			27	46.3	59
	95%			23	36.9	45
	No.			3701	3641	3679

Abbreviations Avg. : Average value  
 Max. : Maximum value  
 No. : Number of Data

X: Exceed

(2) 大気汚染物質濃度の日変化

大気汚染物質濃度の日変化には主に3種類のパターンがあった。

1つめのパターンは「二山型」のもので、午前中に急なピークを夕方から夜にかけてなだらかなピークをもっている。ほとんどの測定局のCOと窒素酸化物の日変化はこの二山型のパターンを示す。更に、いくつかの測定局のSPMと炭化水素類の日変化もこの二山型パターンを示す。City Hall局における窒素酸化物とCO日変化を図4.2と図4.3に示す。Petaling Jaya局における炭化水素類の日変化を図4.4に示す。この二山型パターンは自動車による影響を示唆しているものと考えられる。

2つめのパターンは昼間に最小値をもつ「一谷型」のものである。いくつかの測定局のSPMの日変化はこのパターンを示す。SPM濃度は夕方から夜にかけて上昇し明け方まで下がっていないことがわかる。Shah Alam局におけるSPMの日変化を図4.5に示す。

3つめのパターンは午後にピークをもつ「一山型」のパターンである。全ての測定局におけるO<sub>3</sub>濃度の日変化はこのパターンを示す。このパターンは日射の日変化によっている。Shah Alam局におけるO<sub>3</sub>の日変化を図4.6に示す。

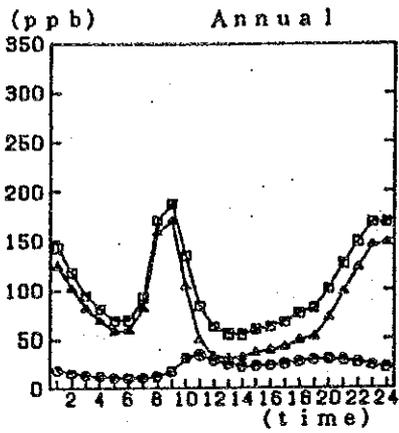


Fig. 4.2 Diurnal Change of Nitrogen Oxides at City Hall (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

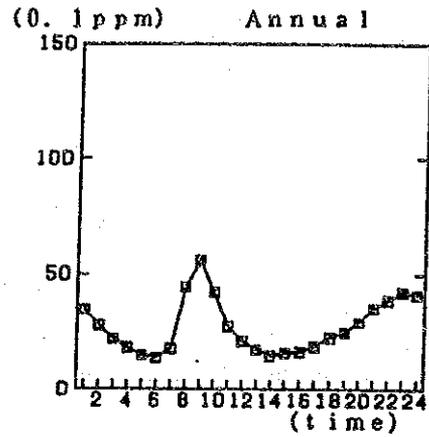


Fig. 4.3 Diurnal Change of CO at City Hall (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

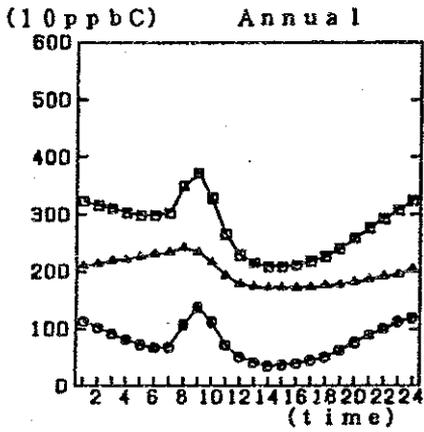


Fig. 4.4 Diurnal Change of Hydrocarbons at Petaling Jaya (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

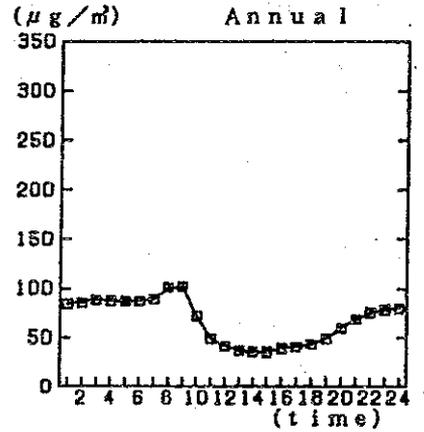


Fig. 4.5 Diurnal Change of SPM at Shah Alam (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

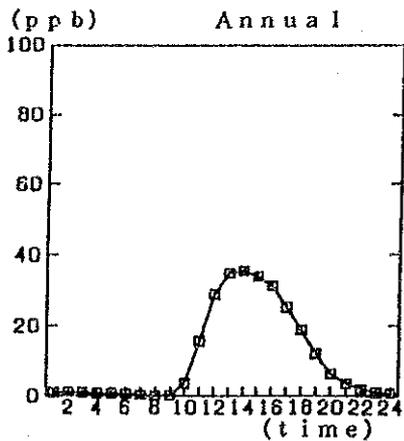


Fig. 4.6 Diurnal Change of O<sub>3</sub> at Shah Alam (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

### (3) 大気汚染物質濃度の気象要素との関係

大気汚染物質濃度と気象要素との関係を解析するために、大気汚染物質濃度を各気象要素のランク毎に平均して解析を行った。この解析に用いた気象要素は風向、風速、大気安定度及び降水量である。

結果として、以下のような特徴が明らかになった。

- ・全ての局の $O_3$ 濃度は南西から西北西の風向で高くなっていた(図4.7)。このことは、午後2時頃の $O_3$ 濃度の上昇が海風の発生と一致していることと関係している。
- ・SPM、CO、窒素酸化物及び炭化水素類の濃度は風速が増加するにつれて低下する。CO濃度と風速の関係を図4.8に示す。
- ・一般的には、大気汚染物質濃度は希釈効果のために風速が増加するにつれて低下するはずであるが、 $O_3$ 濃度は風速の増加に伴って上昇していた(図4.9)。 $O_3$ 濃度の上昇は海風の発生と一致しており、この海風は比較的強い。
- ・SPM、CO、窒素酸化物及び炭化水素類は概ね強安定時に高い濃度を示す。Shah Alam局におけるSPM濃度と大気安定度との関係を図4.10に示す。大気の状態が安定な時には地表付近の発生源の影響がより強くなっているものと考えられる。
- ・ $O_3$ 濃度は不安定な条件下から安定な条件下にかけて低下している。Shah Alam局における $O_3$ 濃度と大気安定度との関係を図4.11に示す。一般的に $O_3$ 濃度は日射の強い午後2時頃に高くなっており、この強い日射が不安定な大気の状態を引き起こしている。
- ・SPM濃度は降水量の増加に伴って低下する。Petaling Jaya局におけるSPM濃度と降水量との関係を図4.12に示す。粒子状物質に対する降水の洗浄効果は大きいと考えられるが、 $SO_2$ のようなガス状物質についてはこの効果は明かではなかった。

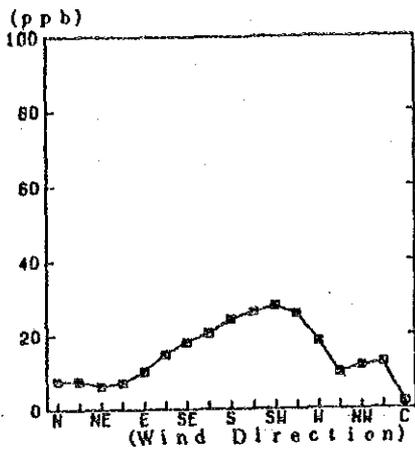


Fig. 4.7 O3 Concentration by Wind Direction at Petaling Jaya (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

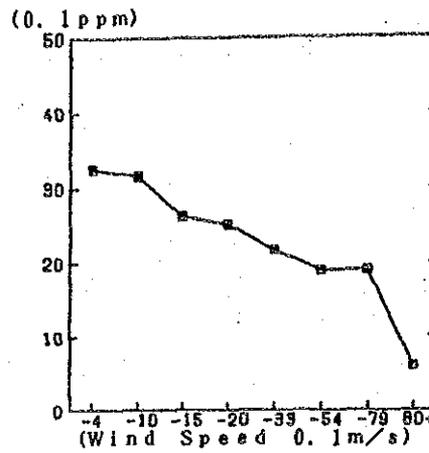


Fig. 4.8 CO Concentration by Wind Speed at Petaling Jaya (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

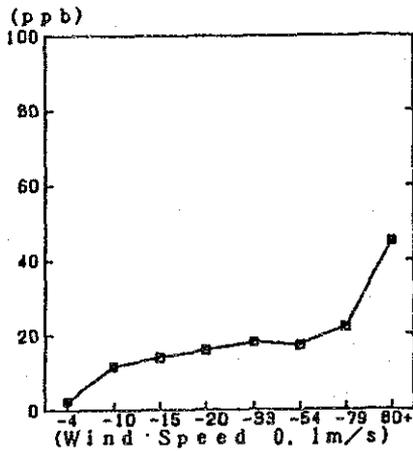


Fig. 4.9 O3 Concentration by Wind Speed at Petaling Jaya (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

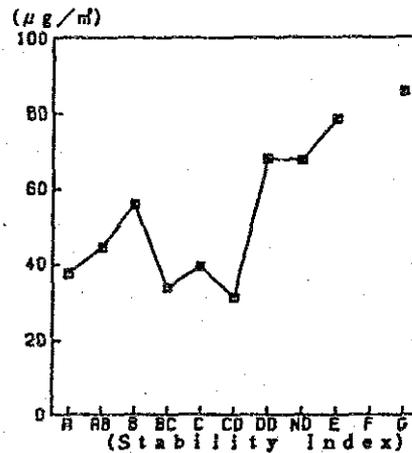


Fig. 4.10 SPM Concentration by Stability Index at Shah Alam (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

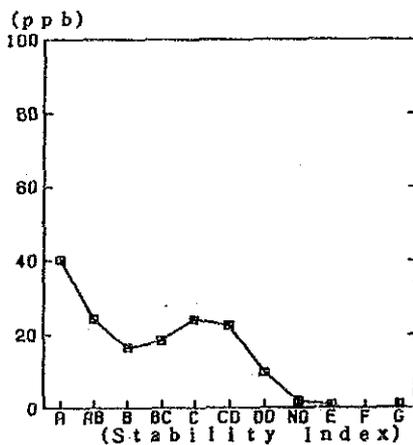


Fig. 4.11 O3 Concentration by Stability Index at Shah Alam (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

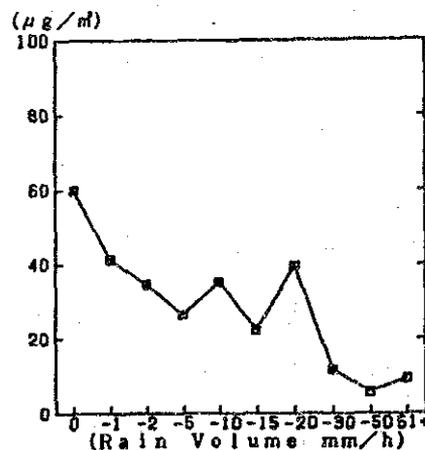


Fig. 4.12 SPM Concentration by Rainfall Amount at Petaling Jaya (Mar. 1992 ~ Feb. 1993)

## 4.2 簡易測定

### 4.2.1 広域における簡易測定

大気汚染物質濃度の水平分布を把握するために以下の期間についてコンター図を作成した。

第1回目 1992年2月～3月

第2回目 1992年3月～4月

第3回目 1992年7月～8月

第4回目 1992年10月～11月

第1回めの測定におけるNO<sub>x</sub>分布を図4.13に示す。20ppb以上の高濃度域はKuala Lumpurから Petaling JayaにかけてとShah Alam から Klangにかけて現れている。第2回～第4回の測定においても20ppb以上の高濃度域は主にKuala Lumpurに現れているが、第2回めの測定では高濃度域がGombakにも現れていた。

第2回めの測定におけるSO<sub>2</sub>分布を図4.14に示す。300 (0.001mg/day/100cm<sup>3</sup>Pb)以上の高濃度域がKuala Lumpurの北部に現れている。この300という数値は12ppbのSO<sub>2</sub>濃度に相当する。

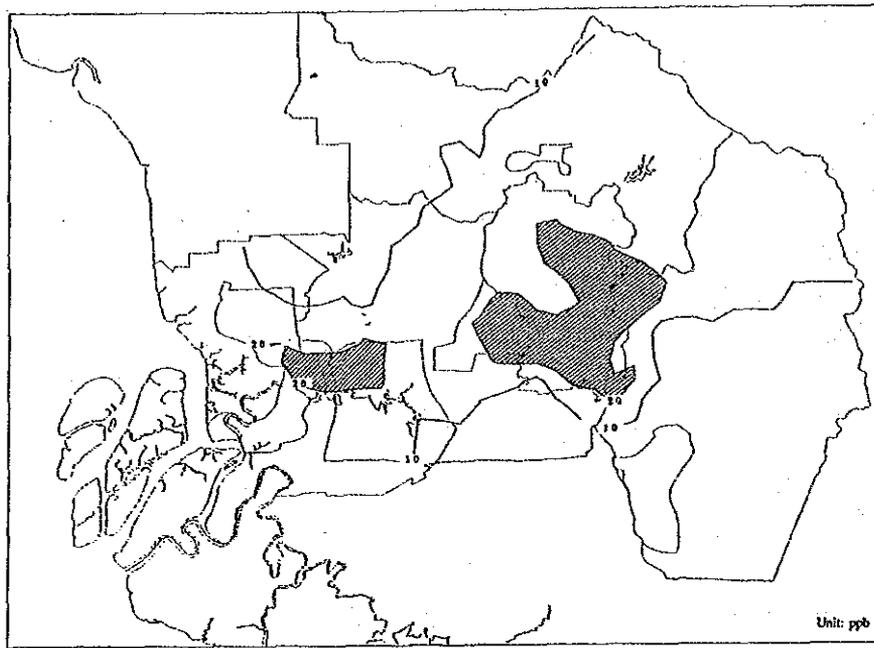


Fig. 4.13 Contour Map of NO<sub>2</sub> by Simplified Measurement over a Wide Area (Feb. ~ Mar. 1992)

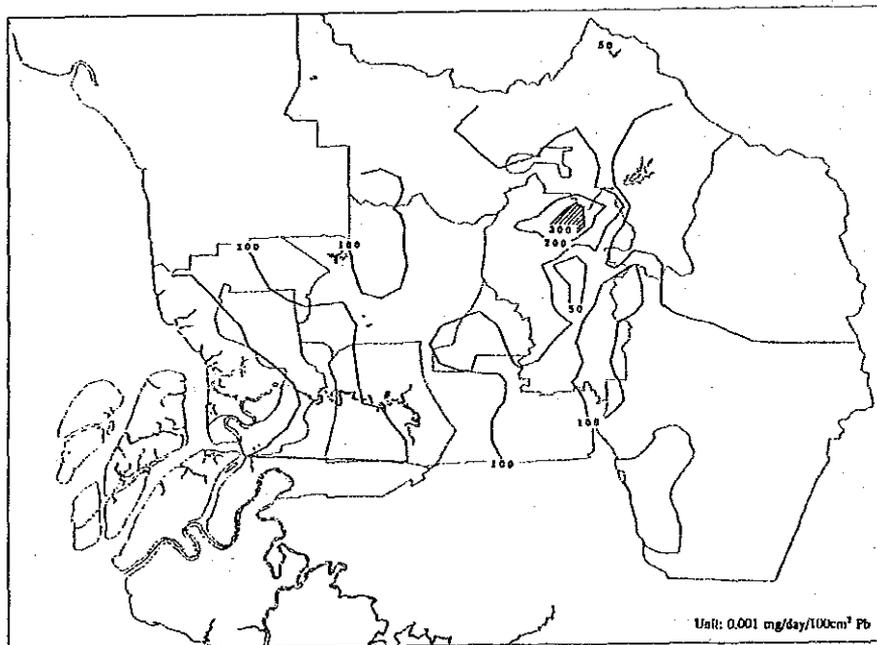


Fig. 4.14 Contour Map of SO<sub>3</sub> by Simplified Measurement over a Wide Area (Mar. ~ Apr. 1992)

#### 4.2.2 道路周辺における簡易測定

道路周辺におけるCO濃度プロファイルを図4.15に示す。CO濃度は道路端からの距離が増すに従って減衰する。

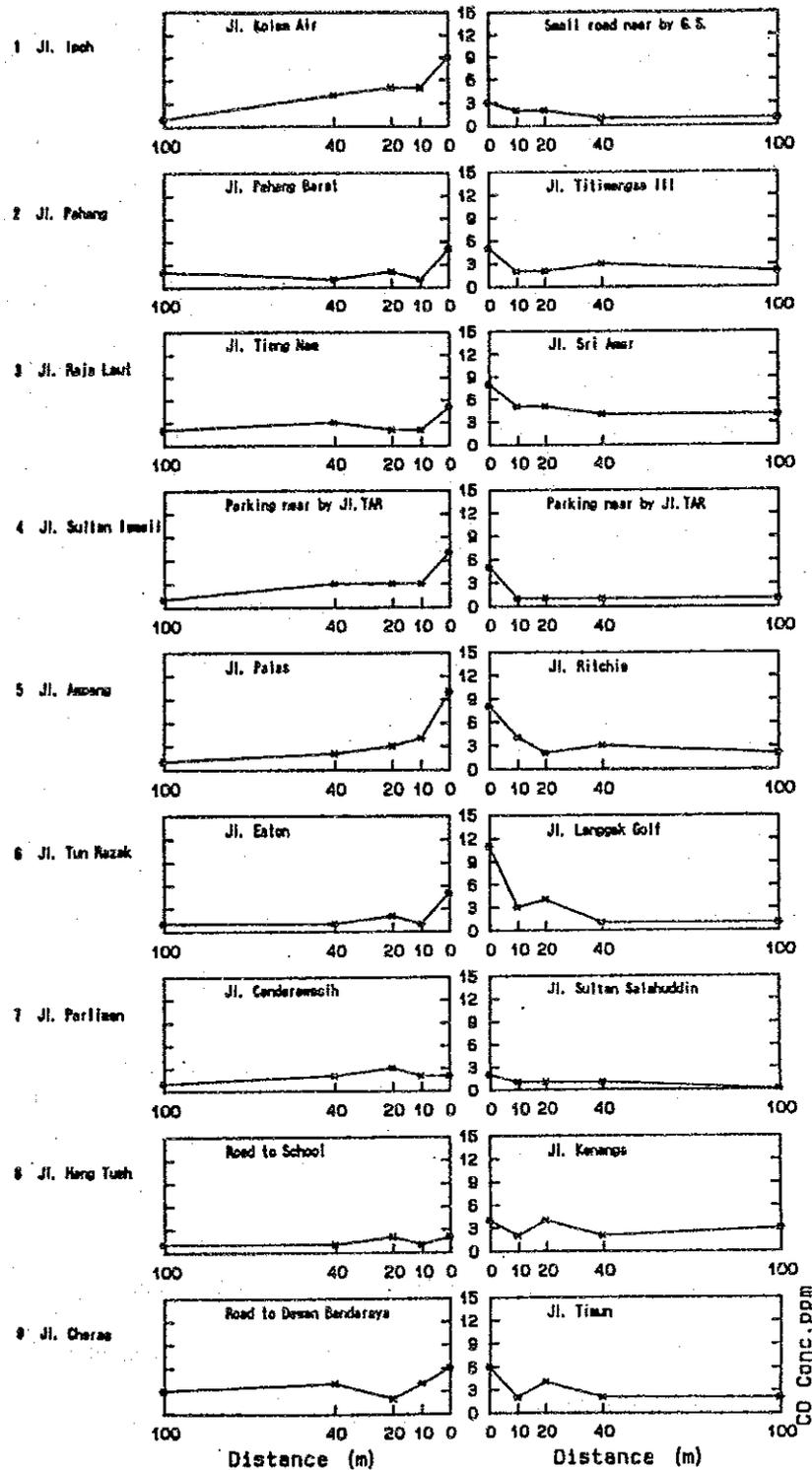


Fig. 4.15 CO Profile by Detector Tube of the First Period (5th ~ 7th/Mar./1992)

#### 4.3 まとめ

本調査の結果、クランバレー地域における環境大気質の特徴は以下のように集約された。

固定局における測定結果によれば、1992年時点のクランバレー地域の大气汚染状況は指針値に比べてかなり深刻なものであった。Shah Alam局におけるPM10の年平均値と日平均値が指針値を超えており、KlangとPetaling Jaya局におけるPM10の年平均値はほぼ指針値に近いレベルであった。City HallとPetaling Jaya局におけるCO濃度が8時間値の指針値を超えていた。O<sub>3</sub>濃度は固定局全局で指針値を超えていた。SO<sub>2</sub>やNO<sub>2</sub>については指針値を超えることはなかったが、City Hall、Petaling JayaとShah Alam局のSO<sub>2</sub>とNO<sub>2</sub>の時間値は100ppbを超えていた。

固定局における各大気汚染物質の年平均濃度最高値はCity Hall、Petaling JayaやShah Alam局で測定された。これらの局の周辺地域は非常に汚染されている。

ほとんどのCOと窒素酸化物の濃度の日変化は「二山型」のパターンを示していた。更に、いくつかの測定局のSPMや炭化水素類の濃度もこのパターンを示した。この「二山型」のパターンは主に自動車からの影響によるものと考えられる。また、Shah Alam局などのSPM濃度の日変化は「一谷型」のパターンを示していた。固定局全局のO<sub>3</sub>濃度の日変化は「一山型」のパターンを示し、このパターンは主に日射によって引き起こされている。

大気汚染物質濃度と気象要素との関係については以下のような結果が得られた。

- SPM、CO、窒素酸化物と炭化水素類の濃度は風速の増加に伴って低下するが、O<sub>3</sub>濃度は風速に対して逆の関係を示す。
- SPM、CO、窒素酸化物と炭化水素類の濃度は強安定時に高濃度を示すが、O<sub>3</sub>濃度は不安定の条件下から安定の条件下にかけて低下傾向を示す。
- SPM濃度は降水量の増加に伴って低下する。

SPM高濃度時の解析によれば、SPM高濃度は低い風速や高い気温とある程度の相関を示した。NO<sub>2</sub>濃度もSPM高濃度時に高くなるという結果も得られたが、1991年におけるヘイズ時には顕著なNO<sub>2</sub>濃度の変化は見られなかった。

O<sub>3</sub>高濃度時の解析によれば、O<sub>3</sub>高濃度は強い日射や高い気温とある程度の相関を示した。また、NMHCやNO<sub>2</sub>濃度はO<sub>3</sub>高濃度時に高くなる傾向を示していた。

広域における簡易測定によってクランバレー地域における大気汚染物質濃度の水平分布が示された。NO<sub>2</sub>の高濃度域は主にKuala Lumpur市内に出現し、KlangやGombak地域にも現れた。SO<sub>2</sub>の高濃度域は主にKuala Lumpur市内に出現した。

道路沿道における簡易測定によって道路端からのCO濃度の距離減衰が示された。

結果的に測定データから判断すると1992年時点でのクランバレー地域の大気汚染状況はかなり深刻なものであり、風速が弱いこと、日射が強いことや気温が高いことなどの気象条件は大気汚染をより悪化させる潜在的な可能性をもっている。更に、いくつかの大気汚染物質濃度の日変化パターンは1992年時点においても自動車の影響を示唆していた。これらのことから環境大気質を改善し保全するために、よりいっそうの努力がなされるべきである。



## 第5章 発生源の現況

発生源調査は大気汚染防止計画を策定する上で最も重要な作業の一つである。本調査で対象とした発生源と汚染物質は表5.1のとおりである。家庭にはホテルやレストランも含まれる。しかし、野焼きや土木工事からの排出量は計算されていない。

Table 5.1 Targeted Pollution Sources and Pollutants

Pollution Sources	Pollutants					Source Model
	SOx	NOx	PM (Dust)	CO	HC	
Factories and Establishments	○	○	○			○
Motor Vehicles	○	○	○	○	○	○
Airplanes	○	○	○			○
Ships	○	○	○			○
Households*		○	○			

\* Households include hotels, restaurants and so on.

### 5.1 工場・事業場

アンケート調査結果と環境局にある工場台帳を基に、172工場について、施設の種類、燃料種類、燃料使用量、稼働状況、汚染防止装置等の項目について情報を収集した。

#### (1) 施設と燃料

172工場の業種別内訳は表5.2のとおりであり、その大半、55%は食品、木材、ゴム、金属製品業に属する。調査対象工場のうち、2つの発電所と1つのセメント工場が大規模工場と考えられる。

Table 5.2 Number of Factories Surveyed by Industry Type

Code	Industry	Number	(%)
101	Food and kindred products	24	14.0
102	Drink feed	1	0.6
103	Tobaccos	1	0.6
104	Textiles	3	1.7
105	Apparel and related products	2	1.2
107	Footgear products	1	0.6
108	Lumber and wood products	15	8.7
109	Furniture and fixtures	1	0.6
110	Pulp, paper and allied products	7	4.1
111	Publishing, printing and allied industries	2	1.2
112	Chemical and allied products	8	4.7
113	Palm oil mill	7	4.1
116	Rubber products	23	13.4
117	Plastic products	4	2.3
118	Ceramic, stone and clay products	2	1.2
119	Glass products	2	1.2
120	Non-ferrous metals and products	2	1.2
121	Iron and steel	6	3.5
122	Fabricated metal products	1	0.6
123	Metal products	15	8.7
124	General machinery and equipment	1	0.6
125	Electrical machinery, equipment and supplies	7	4.1
126	Transportation	1	0.6
128	Other manufacturing industries	24	14.0
129	Electricity supply	2	1.2
131	Hospital	1	0.6
135	Quarry	5	2.9
136	Other establishments	4	2.3
Total		172	100.0

対象とした 172工場には全部で 248施設が存在する。施設種類では、ボイラーが全体の77%を占めており、その他としては、金属加熱炉、乾燥炉、焼却炉が挙げられる。

煙突の高さは50m以下が殆どで、火力発電施設の煙突が高い程度である。

クランバレー地域で使用される燃料は天然ガス、重質・中質・軽質重油、木材、パーム廃材、石炭である。石炭は火力発電所とセメント工場で使われている。

本調査でカバーされた燃料消費量は表5.3 に示されており、それらは PETRONAS や環境局の推計値と非常に近い値となっている。

ボイラーで使用される燃料は主として重質重油で、その他の種類の施設の殆どは軽質重油を使っている。

Table 5.3 (1) Coverage Rate of Fuel Consumption by Factories

Fuel Type	Consumption surveyed	Consumption in Kelang Valley Region	Coverage(%)
HFO	9,068.5 kl/y		
MFO	50,906.7 kl/y		
LFO	287,837.7 kl/y		
IFO	88,929.1 kl/y		
Other Liquid Fuel	18,908.0 kl/y		
Total of Liquid Fuel	455,650.0 kl/y	453,000.0 kl/y *	100.6
LPG	85,236.0 kl/y	85,000.0 kl/y *	100.3
Palm Waste	187,200.0 t/y	187,200.0 t/y **	100.0
Coal	88,460.0 t/y	90,760.0 t/y **	97.5
Wood	307,197.9 t/y	328,448.0 t/y **	93.5
Electricity	291,375.0 1000kw/y	291,375.0 1000kw/y	100.0

\* PETRONAS (1990)

\*\* DOE (1992)

Table 5.3 (2) Coverage Rate of Fuel Consumption by Power Stations

Fuel Type	Consumption surveyed	Consumption in Kelang Valley Region	Coverage(%)
MFO	258,750.0 kl/y	261,473.6 kl/y *	99.0
NG	1,861,109.0 1000M3N/y	1,861,109.0 1000M3N/y *	100.0
Coal	806,400.0 t/y	806,400.0 t/y *	100.0

\* TENAGA Nasional Bhd (1992)

(2) 煙道ガス測定

36工場について煙道ガス中のSO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, DustとO<sub>2</sub>が測定された。施設種類ではボイラーが26と一番多い。測定結果の概要は表5.4のとおりである。ボイラーと炉の測定値の違いは燃料と燃焼管理の違いによるものと考えられる。

Table 5.4 Summary for Flue Gas Measurement Results

Measuring Item	Concentration of emitted		
		Boiler	Furnace
Dust (g/m <sup>3</sup> N)	< 0.53	0.24 ~ 0.53	<0.011
SO <sub>2</sub> (ppm)	0 ~ 1790	0 ~ 1790	0 ~ 550
NO <sub>2</sub> (ppm)	0 ~ 315	79 ~ 315	0 ~ 15
O <sub>2</sub> (%)	3.5 ~ 20.4	3.5 ~ 16.1	20.4 ~ 21.0

(3) 燃料分析

クランバレーで使われている53の燃料サンプルについて分析を行った。S分については、重質重油には平均2.51%（重量%）、中質重油には2.42%のS分が含まれている。

石炭の値は1.0%と0.6%、木材とパーム廃材は約0.2%のS分が含まれていた。

自動車の燃料ではガソリンとディーゼルオイルの平均のS分はそれぞれ0.003%と0.323%であった。

(4) 排出係数

煙道ガス測定結果とアメリカおよび日本の既存の排出係数を基に、NO<sub>x</sub>とダストの排出係数を設定した（表 5.5）。SO<sub>x</sub>の排出量は各施設の燃料消費量と燃料中のS分より計算した。

Table 5.5 Emission Factor for NOx and Dust by Facility Type

Facility	Fuel Type	NOx	Ref	DUST	Ref
0101	(12)WFO	7.34kg/kl		6.01kg/kl	
	(20)Coal	8.86kg/t	J	0.29kg/t	
	(28)NG	5.84kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	J	0.2kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	
0102	(11)HFO	1.74kg/kl		12.74kg/kl	
	(12)WFO	1.74kg/kl		12.74kg/kl	
	(13)LFO	1.74kg/kl		12.74kg/kl	
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
	(16B)IFO	1.74kg/kl		12.74kg/kl	
	(22A)Palm Waste	3.93kg/t		14.88kg/t	
	(22C)Wood	2.19kg/t		6.95kg/t	
	(29)LPG	2.10kg/kl	J	0.20kg/kl	E
	0103	(11)HFO	1.74kg/kl		12.74kg/kl
(12)WFO		1.74kg/kl		12.74kg/kl	
(13)LFO		1.74kg/kl		12.74kg/kl	
(14A)Diesel		1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
(16B)IFO		1.74kg/kl		12.74kg/kl	
(19)Other L.F.		1.74kg/kl		12.74kg/kl	
(22C)Wood		2.19kg/t		6.95kg/t	
(29)LPG		2.10kg/kl	J	0.20kg/kl	E
0202 Gas furnace		(29)LPG	1.35kg/kl	E	0.20kg/kl
0502 Melting furnace	(29)LPG	1.35kg/kl	E	0.20kg/kl	E
0506 Metal melting furnace	(13)LFO	2.99kg/kl	J	0.59kg/kl	J
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
0601 Heating furnace	(13)LFO	3.45kg/kl	J	1.26kg/kl	J
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
0606	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
0607 Metal heating furnace	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
0611	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
0613 Metal forge furnace	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
0821 Combustion furnace	(12)WFO	2.02kg/kl	J	1.53kg/kl	J
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
0901 Cement kiln	(20)Coal	7.90kg/t		0.54kg/t	
0915 Glass melting furnace	(12)WFO	1.93kg/kl	J	0.18kg/kl	J
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
	(16B)IFO	1.74kg/kl		12.74kg/kl	
1001 Reacting furnace	(12)WFO	2.80kg/kl	J	0.59kg/kl	J
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
1004 Direct heating furnace	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
1102 Drying over kiln (drier)	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
1104	(29)LPG	1.35kg/kl	E	0.20kg/kl	E
1106 Dryer	(12)WFO	5.46kg/kl	J	0.30kg/kl	J
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
	(16B)IFO	5.46kg/kl		0.30kg/kl	
	(29)LPG	1.35kg/kl	E	0.20kg/kl	E
1204 Electric furnace	(37)Electricity			0.03kg/10 <sup>3</sup> kw	
1301	(38)G. Waste	0.95kg/t	J	5.46kg/t	J
1303	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
	(22A)Palm Waste	3.23kg/t		10.68kg/t	
	(22C)Wood	1.54kg/t	J	2.27kg/t	J
	(39)I. Waste	2.59kg/t	J	3.08kg/t	J
	(12)WFO	0.38kg/kl		2.08kg/kl	
1304	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
	(39)I. Waste	2.59kg/kl	J	3.08kg/kl	J
0002 Gas turbine	(28)N. Gas	1.35kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> N	J	0.08kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> N	E
0005 Baby cupola	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
	(21)Coke	0.06kg/t		8.32kg/t	J
0006 Glass annealing furnace	(12)WFO	4.33kg/kl	J	0.38kg/kl	J
	(13)LFO	4.33kg/kl	J	0.38kg/kl	J
	(14A)Diesel	1.66kg/kl	J	0.49kg/kl	J
0008 Quarry	(16B)IFO	5.46kg/kl		0.30kg/kl	
	(29)LPG	1.35kg/kl	E	0.20kg/kl	E
	Primary Crushing	-		0.25kg/T	E
	Secondary & Screening & Screening, Conveying, Handing	-		0.75kg/t	E
				1.00kg/t	E

Note 1; Reference; E:EPA, J:Japan Environment Agency, blank:factors obtained from measurement results  
 Note 2; Emission factors for boilers, incinerators were calculated from the flue gas measurement results.

(5) 汚染物質排出量

工場からの汚染物質の排出量を排出係数、燃料消費量等から計算した。結果は表 5.6 (1)と5.6 (2)のとおりである。この表によれば、1992年には、SO<sub>x</sub>が年間に3万トン、ダストが0.9万トン、NO<sub>x</sub>が1.6万トンクランバレー地域から排出されている。主要な排出源は火力発電施設で、SO<sub>x</sub>の64%、NO<sub>x</sub>の81%、ダストの22%をそれぞれ占めている。

一般工場では工業地帯の多いShah Alam、Petaling Jaya、Klang地域の排出量が多い。

Table 5.6 (1) Air Pollution Emission by Facility Type  
(general factories)

Equipment Code & Equipment	Pollutant Amount (ton/y)		
	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	Dust
0102 Boiler	4,015.54	951.15	3,519.81
0103 "	4,355.36	525.50	2,203.83
0202 Gas furnace	0.00	6.12	0.91
0502 Melting furnace	0.00	3.02	0.45
0506 Metal melting furnace	0.67	0.35	0.07
0601 Heating furnace (reheating furnace) for rolling of metal	3.18	1.95	0.71
0606 "	815.10	241.19	71.19
0607 Metal heat treating furnace	79.42	23.50	6.94
0611 "	3.36	0.99	0.29
0613 Metal forge furnace	5.70	1.69	0.50
0615 "	14.32	4.24	1.25
0821 Combustion furnace	133.42	5.80	4.39
0901 Cement kiln (dry and suspension preheater type)	0.00	698.83	47.77
0915 Glass melting furnace	897.19	24.74	181.14
1001 Reacting furnace	36.62	2.21	0.47
1004 Direct heating furnace	13.86	4.10	1.21
1102 Drying over Kiln (drier)	14.26	4.22	1.25
1104 "	0.00	62.25	9.22
1106 "	88.00	12.28	0.93
1204 Electric furnace	0.00	0.00	8.74
1301 Incinerator	0.00	0.62	3.54
1303 "	261.35	285.34	939.95
1304 "	3.46	1.02	0.30
0005 Baby cupola	2.28	0.57	0.17
0006 Glass annealing furnace	31.60	24.39	2.14
0008 Other furnace	302.40	93.05	26.63
TOTAL	11,047.09	2,979.12	7,033.80

Table 5.6 (2) Air Pollution Emission by Facility Type  
(2 power stations)

Equipment Code & Equipment	Pollutant Amount (ton/y)		
	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	Dust
0101 Boiler	19,522.07	10,650.57	1,843.97
0002 Gas turbine	0.00	2,141.10	124.66
TOTAL	19,522.07	12,791.67	1,968.63

## 5.2 自動車

### (1) 交通量調査結果

クランバレー地域で交通量調査が50地点で行われた。内訳は主要道路が40、細街路が10である。

平日の24時間交通量では最大交通量がFederal Route 2(Kota Darul Ehsan)で38.6万台が観測された。Middle Ring Roadや、その中で南北に走る道路では一日約10万台の車が走っている。

自動車の種類では乗用車類（乗用車、バン、タクシー）が平日・休日共に全体の70%近くを占める。二輪車は平日で15%、休日で26%を占める。

### (2) クランバレーの交通量

クランバレー地域の道路を主要道路と細街路に分けた。主要道路は交通量が多く、汚染物質の排出量が多い。細街路は交通量が少なく、汚染物質の排出量も少ない。主要道路の交通量は交通量調査結果と既存の交通量データより設定した。細街路交通量は既存資料を用いて設定した。なお、交通量は平日交通量である。

車種別の年間走行距離は表5.7のとおりで、年間総走行距離は160億台kmで、乗用車が全体の53%を、次いで二輪車が22%を占める。

Table 5.7 Annual Distance Traveled by Various Types of Vehicles (1992)

(Unit: million km)		
Vehicle Type	Annual Distance Traveled (%)	
Motorcycle	3587.6	( 22.2)
Motor Car	8575.6	( 53.1)
Van	1122.4	( 7.0)
Taxi	844.8	( 5.2)
Mini Bus	140.3	( 0.9)
Medium/Large Bus	249.3	( 1.5)
Small Truck	573.9	( 3.6)
Medium/Large Truck	719.9	( 4.5)
Lorry/ Trailer	325.5	( 2.0)
Total	16139.3	(100.0)

表 5.8に地域別の年間総走行距離を示す。クアラ Lumpur が全体の40%、ペタリンが25%を占めている。

Table 5.8 Regional Annual Distance Traveled

Region	Annual Distance Traveled (%) (million km/year)	
Hulu Langat	1864.4	( 11.5)
Gombak	2242.2	( 13.9)
Kuala Lumpur	6488.2	( 40.2)
Petaling	4094.8	( 25.4)
Klang	1449.9	( 9.0)
<b>Total</b>	<b>16139.5</b>	<b>(100.0)</b>

(3) 平均旅行速度

自動車の旅行速度を5ルートで調査した。自動車の速度は汚染物質の排出量と密接な関係がある。一般に低速域ではCO, HC, SO<sub>x</sub>の排出量が多く、NO<sub>x</sub>の排出量は少ない。旅行速度調査結果を基に、クランバレー地域を4ゾーンに分けて、時間帯別の平均車速を表5.9のように設定した。ゾーン4では高速道路(Federal Highway, KL-Sereban Expressway, KL-Karai Highway)については一般道路と異なる速度を設定した。

なお、二輪車の最高速度は40 km/hとした。

Table 5.9 Regional Vehicle Average Speed

Unit: km/h

Time zone		Weekdays				Holidays			
		07-09	10-15	16-20	21-06	07-09	10-15	16-20	21-06
General Roads	Zone 1	20	20	15	20	35	25	25	35
	Zone 2	25	25	20	25	35	30	30	35
	Zone 3	30	35	25	35	45*	40	40	45*
	Zone 4	35	40	35	40	50*	45*	45*	50*
Express Way Zone 4	F.H.	40	50*	40	50*	60*	55*	55*	60*
	KL. S	50*	65*	50*	65*	65*	55*	55*	60*
	KL. K	50*	65*	50*	65*	65*	55*	55*	60*

\* : Motorcycle : 40km/h

Classification of Zone

Zone 1: Inside Inner Ring Road

Zone 2: Zone between Inner Ring Road and Middle Ring Road

Zone 3: Kuala Lumpur (outside of Middle Ring Road) and Petaling Jaya

Zone 4: Kelang Valley Region (outside of Kuala Lumpur and Petaling Jaya)

(4) アイドリング時の排ガス測定

236台の自動車についてアイドリング時のCO、NOx、HCの濃度を測定した。結果は次のとおりである。

① CO

ガソリン車のCO濃度(2.4～5.1%)はディーゼル車の濃度(0～0.1%)よりも高い。車令とCO濃度には明確な関係は見いだせない。排ガス中のCO濃度は自動車の整備状態と関係があるのかも知れない。

② HC

目立つのは、二輪車のHCの平均濃度が4,060 ppmと非常に高いことである。それは乗用車やタクシーの15倍以上、小型トラックの10倍以上もある。ディーゼル車の濃度は最も低く30 ppm未満である。LPG車の平均濃度は500ppmを越えており、ガソリン車よりも高い。

③ NOx

ディーゼル車の平均濃度(106～273ppm)はガソリン車やLPG車の濃度よりも高い。

(5) シャーシダイナモ試験結果

全部で17台の無鉛ガソリン乗用車の排ガス中の汚染物質の量を測定した。試験結果は次のとおりである。

① 空調をつけない場合

1,500cc以下の乗用車について、ECEモード(平均速度:18.7km/h)の試験結果を年式を3区分してまとめると表5.10が得られる。年式が新しくなるにつれ、COとHCの排出量が低くなる半面、NOx濃度が高くなり、燃費も悪くなる傾向がうかがえる。

Table 5.10 Average Emission Rates of Motor Car by Model Year (ECE Mode)

Model Year	HC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	Fuel Economy (km/l)	Mileage (km)
- 1985	2.91	21.36	1.23	10.97	374139
1986 - 1991	2.69	9.26	2.70	10.75	64109
1992	2.35	4.98	2.19	10.11	852

③ 空調をつけた場合

空調をつけた場合の排出量を3台の自動車について測定した。空調をつけない場合と比較した結果は次のとおりである。

H C : 変化なし

C O : 15%増加

N O x : 30%増加

燃費 : 10%悪化

(6) 排出係数

シャーシダイナモ試験結果とアメリカおよび日本の排出係数からH C, C O, N O x, S O x, P Mについてクランバレー地域を走行する自動車について、車種別・車速別の排出係数を表5.11のように設定した。

(7) 汚染物質排出量

交通量、地域別の平均車速、車種別・平均車速別の排出係数から、クランバレー地域における自動車からの大気汚染物質の排出量を推定した。結果を表5.12に示す。

年間総排出量はH Cが73,000トン、C Oが290,000トン、N O xが36,000トン、S O xが3,000トン、P Mが3,000トンである。H Cについては、二輪車が最大の排出源で全体の70%を占めている。C Oについては、乗用車と二輪車が排出割合が高く、それぞれ47%、29%となっている。N O xに関しては乗用車の割合が最も高く、43%に達している。また、S O xとP Mについては、中型・大型貨物車、ローリーとトレーラ、中型・大型バスが主要な排出源である。P Mの全体の排出量に占めるディーゼル車の割合は59%である(表5.13)。

Table 5.11 Current Emission Factors for Motor Vehicles (1992)

(Unit: g/km)

Vehicle Type	Average Speed(km/h)											
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	
Motorcycle	HC	27.18	20.79	17.30	15.12	13.52	12.35					
	CO	44.19	34.03	28.12	24.58	21.98	19.85					
	NOx	0.21	0.19	0.19	0.19	0.20	0.21					
	SOx	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002					
	PM	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205					
Motor Car	HC	3.47	2.57	2.07	1.75	1.50	1.32	1.15	1.02	0.90	0.80	0.73
	CO	36.04	26.44	21.05	17.68	15.16	13.30	11.62	10.27	9.09	8.25	7.58
	NOx	1.51	1.58	1.65	1.74	1.81	1.88	1.93	1.99	2.02	2.07	2.11
	SOx	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	PM	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
Van	HC	2.96	2.25	1.83	1.57	1.36	1.19	1.05	0.93	0.83	0.75	0.69
	CO	59.10	43.43	34.60	29.06	24.91	21.86	19.10	16.89	14.97	13.59	12.48
	NOx	2.80	2.89	2.98	3.11	3.22	3.33	3.40	3.49	3.54	3.64	3.70
	SOx	0.119	0.104	0.096	0.089	0.085	0.081	0.080	0.078	0.076	0.074	0.072
	PM	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102
Taxi	HC	2.57	1.99	1.63	1.40	1.22	1.07	0.95	0.85	0.76	0.69	0.63
	CO	33.48	24.75	19.77	16.59	14.22	12.47	10.90	9.66	8.57	7.80	7.18
	NOx	2.07	2.00	1.95	1.93	1.92	1.93	1.93	1.95	1.97	2.00	2.03
	SOx	0.371	0.323	0.296	0.278	0.263	0.252	0.247	0.240	0.234	0.230	0.226
	PM	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235
Mini Bus	HC	5.66	4.92	4.30	3.82	3.38	3.05	2.76	2.53	2.31	2.17	2.02
	CO	11.37	9.20	7.62	6.35	5.45	4.72	4.17	3.75	3.45	3.21	3.03
	NOx	4.92	4.44	4.07	3.77	3.55	3.40	3.29	3.22	3.22	3.22	3.29
	SOx	1.518	1.399	1.325	1.274	1.240	1.218	1.195	1.178	1.167	1.155	1.144
	PM	1.603	1.408	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028
Medium/Large Bus	HC	7.60	6.59	5.76	5.09	4.55	4.07	3.68	3.39	3.10	2.91	2.71
	CO	26.68	21.68	17.79	14.87	12.79	11.12	9.73	8.76	8.06	7.50	7.09
	NOx	21.06	19.01	17.44	16.18	15.24	14.46	13.98	13.83	13.67	13.83	14.14
	SOx	3.300	3.041	2.881	2.770	2.696	2.647	2.598	2.561	2.536	2.512	2.487
	PM	4.481	3.935	2.872	2.872	2.872	2.872	2.872	2.872	2.872	2.872	2.872
Small Truck	HC	6.14	4.79	4.05	3.51	3.10	2.73	2.40	2.13	1.89	1.69	1.55
	CO	64.04	51.08	44.22	39.26	35.45	31.64	27.83	24.40	21.73	19.82	18.68
	NOx	2.95	3.10	3.31	3.57	3.82	4.08	4.30	4.52	4.66	4.81	4.92
	SOx	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	PM	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
Medium/Large Truck	HC	3.88	3.37	2.94	2.61	2.31	2.08	1.88	1.73	1.58	1.49	1.38
	CO	8.00	6.48	5.35	4.46	3.83	3.32	2.93	2.63	2.42	2.25	2.12
	NOx	6.22	5.61	5.15	4.78	4.49	4.29	4.15	4.07	4.05	4.07	4.17
	SOx	2.201	2.026	1.916	1.852	1.797	1.760	1.733	1.706	1.687	1.678	1.659
	PM	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632
Lorry/Trailer	HC	5.31	4.60	4.03	3.55	3.18	2.84	2.57	2.37	2.17	2.03	1.89
	CO	18.64	15.14	12.43	10.39	8.93	7.77	6.80	6.12	5.63	5.24	4.95
	NOx	21.06	19.01	17.44	16.18	15.24	14.46	13.98	13.83	13.67	13.83	14.14
	SOx	3.246	2.989	2.827	2.732	2.651	2.597	2.556	2.516	2.489	2.475	2.448
	PM	1.389	1.389	1.389	1.389	1.389	1.389	1.389	1.389	1.389	1.389	1.389

Table 5.12 Current Pollution Load by Various Types of Vehicles (1992)  
(Unit: ton/year)

Vehicle Type	HC	CO	NOx	SOx	PM
Motorcycle	51448 (70.0)	83413 (28.7)	720 ( 2.0)	7 ( 0.2)	735 (22.7)
Motor Car	13423 (18.3)	136052 (46.9)	15518 (42.9)	31 ( 1.0)	369 (11.4)
Van	1543 ( 2.1)	28586 ( 9.8)	3633 (10.0)	96 ( 3.1)	114 ( 3.5)
Taxi	1114 ( 1.5)	13259 ( 4.6)	1640 ( 4.5)	229 ( 7.3)	199 ( 6.1)
Mini Bus	512 ( 0.7)	854 ( 0.3)	525 ( 1.5)	180 ( 5.8)	152 ( 4.7)
Medium/Large Bus	1136 ( 1.6)	3254 ( 1.1)	3854 (10.6)	678 (21.8)	737 (22.7)
Small Truck	1740 ( 2.4)	19731 ( 6.8)	2248 ( 6.2)	3 ( 0.1)	25 ( 0.8)
Medium/Large Truck	1573 ( 2.1)	2592 ( 0.9)	3195 ( 8.8)	1036 (33.2)	456 (14.0)
Lorry/Trailer	956 ( 1.3)	2666 ( 0.9)	4879 (13.5)	857 (27.5)	456 (14.1)
Total	73445 (100)	290407 (100)	36212 (100)	3117 (100)	3243 (100)

Figures in parenthesis are percentage values.

Table 5.13 Current PM Emission from Petrol and Diesel Vehicles (1992)

Engine Type	PM Emission (ton/year)
Petrol	1,327 ( 40.9)
Diesel	1,914 ( 59.1)
Total	3,241 (100.0)

Figures in parenthesis are percentage values.

### 5.3 飛行機

Subang空港はクアラルンプールの西にあり、国内・国際線を受け入れている。1992年の飛行数は96,817便、そのうち国際線は44,883便、国内線は51,934便であった。飛行機からの汚染物質の年間総排出量はSO<sub>x</sub>が416トン、NO<sub>x</sub>が1,320トン、PMが115トンである。

### 5.4 船舶

クラン港はクランバレー地域の西側にあり、輸出・入を取扱っており、1990年には5,307隻が同港を訪れた。貨物扱い量は輸出が $8.2 \times 10^6$ トン、輸入が $13.9 \times 10^6$ トンであった。

船舶からの汚染物質の年間総排出量はSO<sub>x</sub>が1,552トン、NO<sub>x</sub>が989トン、PMが200トンである。

### 5.5 家庭

クランバレーの家庭で使われている燃料は主にLPGである。1992年のLPGの全消費量は $286 \times 10^6$ リットルで、そのうちの約70% ( $202 \times 10^6$ リットル)が家庭(ホテル、レストラン等を含む)で消費されている。

家庭からの汚染物質の年間総排出量はダストが44トン、NO<sub>x</sub>が162トンである。

### 5.6 汚染物質の総排出量

#### (1) 発生源別排出量

発生源別の汚染物質の年間排出量を表5.14に示す。汚染物質の年間総排出量はSO<sub>x</sub>が36,000トン、NO<sub>x</sub>が54,000トン、PMが13,000トン、COが290,000トン、HCが73,000トンである。SO<sub>x</sub>では、工場が総排出量の86%を占めている。NO<sub>x</sub>では自動車为主要発生源で、全体の67%を占め、次いで工場(29%)となっている。またPMについては、主要な排出源は工場である(72%)。

#### (2) 地域別排出量

工場、自動車、飛行機および船舶からの排出量の地域別内訳は表5.15のとおりである。SO<sub>x</sub>とPMは主にクランで排出され、NO<sub>x</sub>は主にクランとクアラルンプールで排出されている。

Table 5.14 Current Air Pollution Load from Various Sources (1992)

(Unit: ton/year)					
	SOx	NOx	PM	CO	HC
Factories					
Power stations	19,522	12,792	1,969	-	-
General factories	11,047	2,979	7,034	-	-
Sub-total	30,569 (85.7)	15,771 (29.0)	9,003 (71.4)	-	-
Motor vehicles	3,117 (8.7)	36,212 (66.5)	3,243 (25.7)	290,407 (100)	73,445 (100)
Airplanes	416 (1.2)	1,320 (2.4)	115 (0.9)	-	-
Ships	1,552 (4.4)	989 (1.8)	200 (1.6)	-	-
Households	0 (0.0)	162 (0.3)	44 (0.4)	-	-
Total	35,654 (100)	54,454 (100)	12,605 (100)	290,407 (100)	73,445 (100)

Figures in parenthesis are percentage values(%). Air pollutant emission from open burning activities and earthworks are not included in this Table.

Table 5.15 Regional Annual Air Pollution Load from Factories, Motor Vehicles, Airplanes and Ships (1992)

(unit: ton/year)						
Pollutant	Region	Factories	Motor Vehicles	Airplanes	Ships	Total
SOx	Hulu Langat	1,184	410			1,594 (4.5)
	Gombak	556	529			1,085 (3.0)
	Kuala Lumpur	641	1,029			1,670 (4.7)
	Petaling	5,558	761	416		6,735 (18.9)
	Klang	22,630	390		1,552	24,572 (68.9)
	Total	30,569	3,119	416	1,552	35,656 (100)
NOx	Hulu Langat	575	4,336			4,911 (9.0)
	Gombak	720	5,445			6,165 (11.4)
	Kuala Lumpur	102	13,518			13,620 (25.1)
	Petaling	765	9,319	1,320		11,404 (21.0)
	Klang	13,609	3,593		989	18,191 (33.5)
	Total	15,771	36,211	1,320	989	54,291 (100)
PM	Hulu Langat	1,924	415			2,339 (18.6)
	Gombak	198	514			712 (5.7)
	Kuala Lumpur	346	1,190			1,536 (12.2)
	Petaling	1,698	759	115		2,572 (20.5)
	Klang	4,836	363		200	5,399 (43.0)
	Total	9,002	3,241	115	200	12,558 (100)

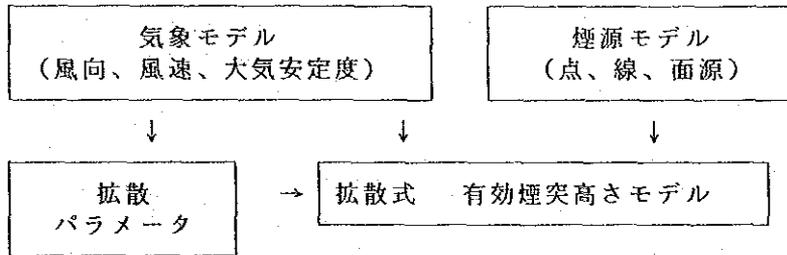
Figures in parenthesis are percentage values.

## 第6章 拡散シミュレーションモデルによる大気汚染構造の解析

拡散シミュレーションモデルは工場の煙突及び自動車の排出ガスの寄与濃度、寄与率を求めるために作成する。

### 6.1 拡散シミュレーションモデルの概要

モデルは次に示すサブ・モデルから構成される。



#### (1) 対象範囲

##### ① 算出濃度

$SO_2$ 、 $NO_x$ 、 $NO_2$ 、 $CO$ の長期平均濃度（年平均値）

##### ② 対象発生源

工場・事業場、自動車、飛行機、船舶

計算地点

固定局5地点及びクランバレー地域の1Kmメッシュの中央点

#### (2) 気象モデル

拡散計算に用いる気象データは風向、風速、大気安定度である。これらの気象要素は地域によって異なるため、対象地域をいくつかに分け気象ブロックを設定する。この調査では、対象地域を図6.1に示すように東側ブロックと西側ブロックの2つに分け、各々そのブロックにある測定局（東側ブロックはPetaling Jaya局、西側ブロックはShah Alam局）の気象データを代表気象として設定した。

なお、大気安定度は日中は風速と日射量、夜間は風速と放射収支量を用いて分類した。また、風速は対象発生源の高さに応じて修正した。

各気象要素は、次に示すとおりに区分した。

風向区分：16方位とカーム

風速区分：8階級

大気安定度：11階級

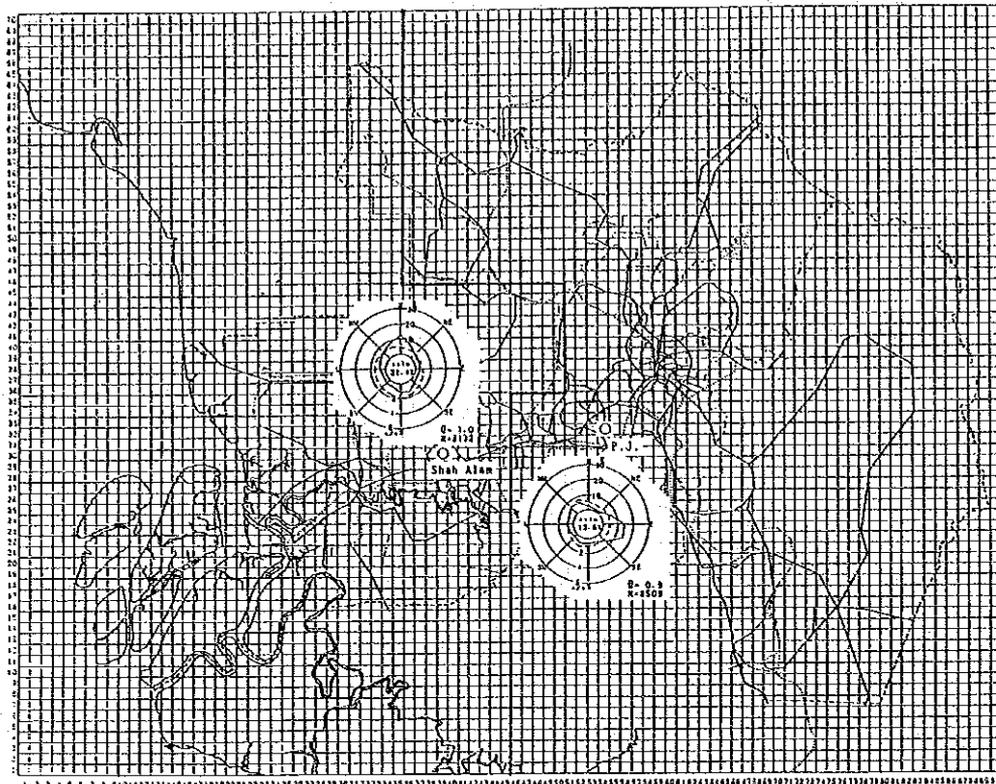


Fig. 6.1 Meteorological Blocks and Representative Meteorological Stations in Kelang Valley Region

(3) 発生源モデル

工場・事業場の煙突は点源として扱った。自動車の走行する道路で、主要幹線は線源、細街路は面源として扱った。飛行機は、地上は面源、地上から上空500mまでを連続点源として扱った。船舶は停泊中は点源、航行時は面源として扱った。

(4) 有効煙突高モデル

煙突からの排出ガスは、温度による浮力と吐出速度によって有効煙突高さまで上昇する。この調査では、この高さを有風時に CONCAWE式、静穏時にBriggs式を用いて算出した。

(5) 拡散式

拡散式は、有風時に一般によく用いられるプリューム式、静穏時にパフ式を用いた。

(6) 拡散パラメータ

拡散パラメータは、プリューム式にPasquill-Gifford線図を、パフ式にTurner線図を用いた。

(7) NO<sub>x</sub> 変換式

拡散計算によって得られたNO<sub>x</sub>濃度からNO<sub>2</sub>濃度を算出する方法は、次に示

す統計的手法を用いた。

$$[\text{NO}_2] = 2.114 [\text{NO}_x]^{0.529} \quad (\text{単位: ppb})$$

NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>: 長期平均濃度 (年平均値)

係数 : 5局で測定されたデータを用いて、

対数回帰分析によって用いた。(図6.2 参照)

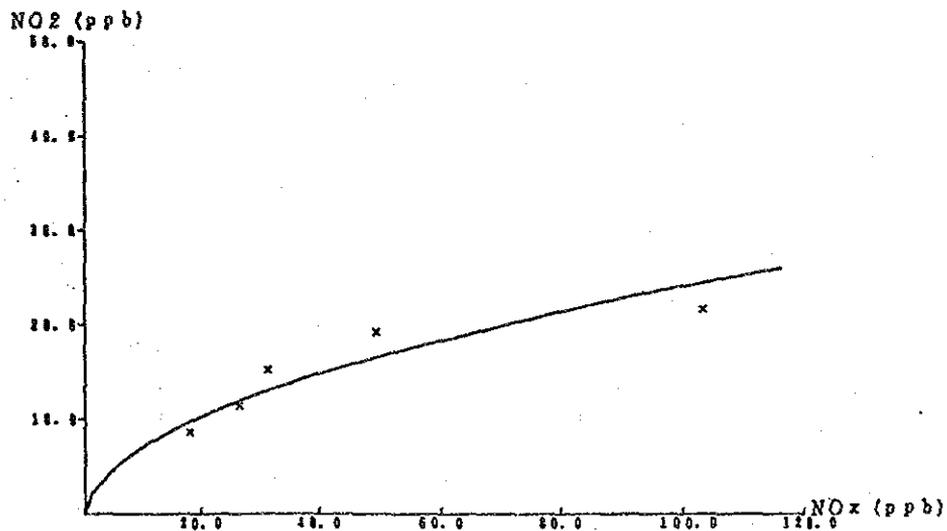


Fig. 6.2 Logarithmic Linear Regression between NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>

## 6.2 拡散シミュレーションモデルの再現性

各大気質について、モデルの再現性を相関係数によって評価した。その結果は表6.1に示すとおりで、COを除く各物質の相関係数は0.9以上で概ね良好な結果が得られた。各汚染物質の実測値と予測値の散布図を図6.3に示す。

Table 6.1 Reproducibility of Simulation Model

(March~ May, '92)

Item	Regression Line	Number of Stations for Evaluation	Correlation Coefficient	Coefficient of Variation	Back-ground
SO <sub>2</sub>	Y=0.487X+6.43 (ppb)	5	0.903	0.291	3.11 (ppb)
NO <sub>x</sub>	Y=0.847X+12.00 (ppb)	5	0.991	0.190	5.91 (ppb)
NO <sub>2</sub>	Y=0.737X+4.28 (ppb)	5	0.945	0.193	0.37 (ppb)
CO	Y=0.724X+1.32 (ppm)	3	0.643	0.658	1.02 (ppm)

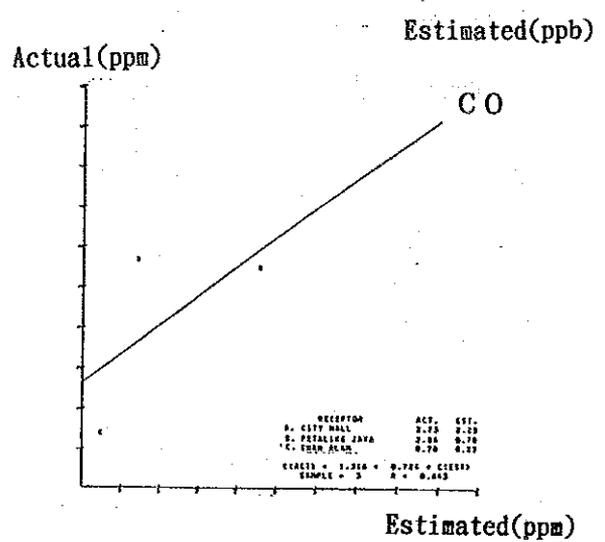
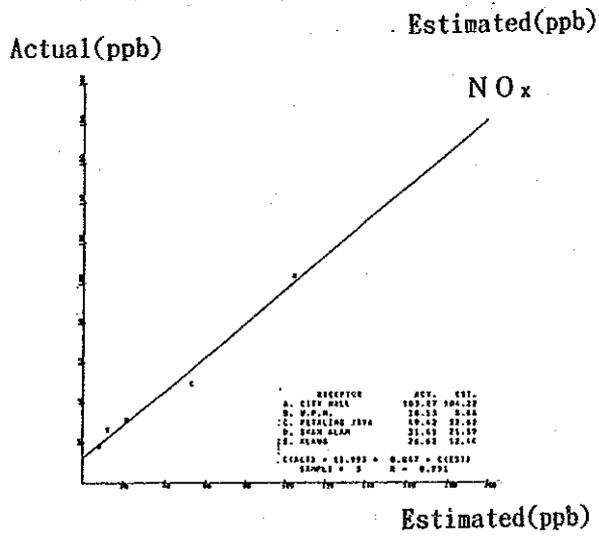
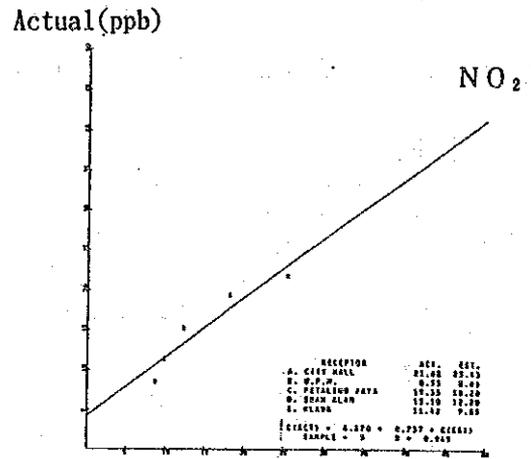
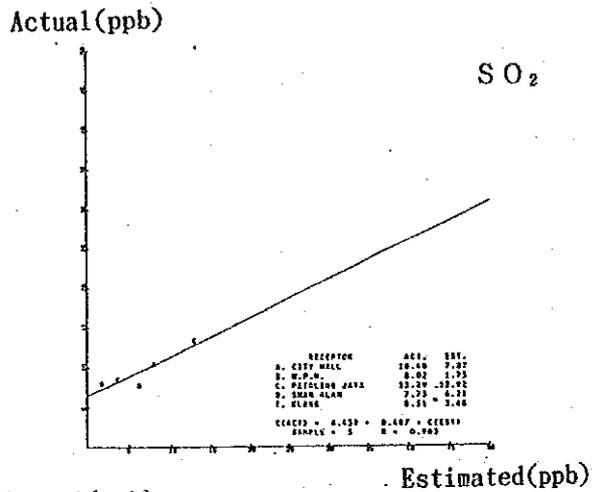


Fig. 6.3 Scatter Diagram of Actual and Estimated Values

### 6.3 拡散シミュレーションによる発生源別の寄与

各測定局及びメッシュ上の最大濃度地点の発生源別寄与濃度及び寄与率は次に示すとおりである。

SO<sub>2</sub> : 計算結果によると、5つの測定局の中ではC. Petaling Jaya 局の濃度(16.0ppb)が最も高く、その2/3が工場・事業場の寄与であり、その寄与濃度は10.6ppbである。また、メッシュ上の最大濃度地点はPetaling Jayaの地域にあり、その濃度は環境目標値(20ppb)を超える59.7 ppbで、工場・事業場の寄与が88%自動車の寄与が7%である。(図6.4 参照)

NO<sub>x</sub> : 窒素酸化物の環境基準はNO<sub>2</sub>で定められているが、発生源から排出されたNOが複雑な反応の下にNO<sub>2</sub>に変換することから、本調査ではNO<sub>x</sub>の寄与率を求めた。

計算結果によると、5局のうちでは市街の中心にあるA. City Hall が濃度が高く、最大濃度地点を含めて大部分が自動車の寄与である。

各測定局及び最大濃度地点の自動車の寄与濃度は8.0~104.0ppbで、その寄与率は44~94%である。

なお、工場・事業場の煙突からのNO<sub>x</sub>排出量が全体の30%を占めるにもかかわらず寄与濃度が低い理由は、上空に排出されて広く拡散することによる。(図6.5 参照)

CO : 工場・事業場の煙突からのCOの排出はほとんど無く、自然界によるものを除くと、寄与は大部分が自動車によるものと考えられる。

計算結果によると、5局のうちでは市街の中心にあるA. City Hall が濃度が高く3.30ppmである。最大濃度地点の濃度は4.90ppmである。

(図6.6 参照)

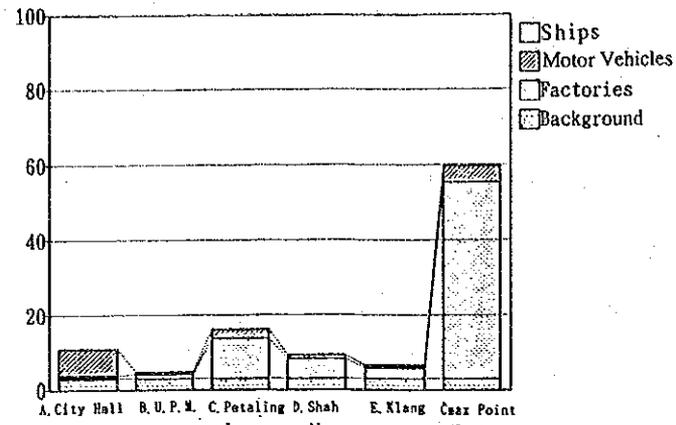


Fig. 6.4 Source Contribution to SO<sub>2</sub> Concentration

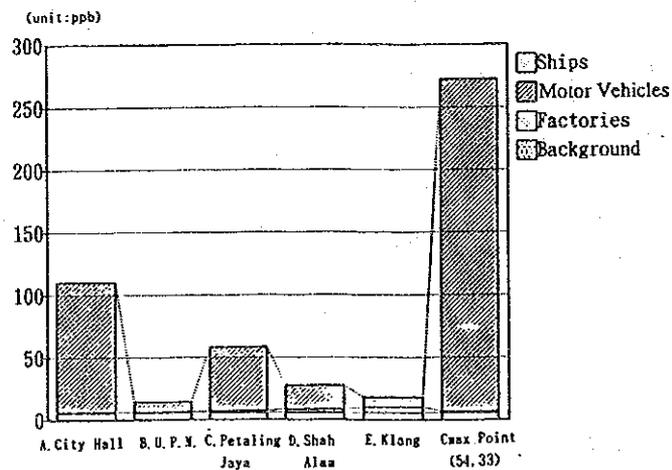


Fig. 6.5 Source Contribution to NO<sub>x</sub> Concentration

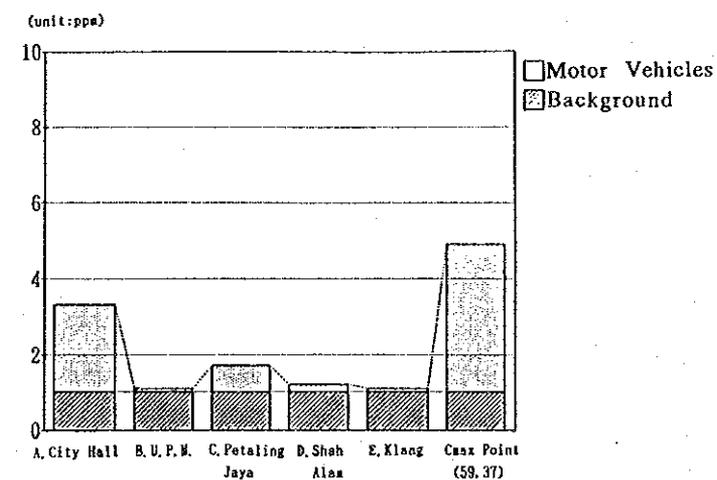


Fig. 6.6 Source Contribution to CO Concentration

#### 6.4 濃度の地域分布

固定局および最大濃度地点のSO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub>、COの年平均濃度は表6.2のとおりである。最大濃度地点のSO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、COの濃度は環境目標値（SO<sub>2</sub>が20ppb、NO<sub>2</sub>が37ppb、COが41ppm）を超えている。また、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO濃度の地域分布(図6.7～図6.9)は次のとおりである。

Table 6.2 Current Annual Average Concentration (1992)

Items Stations	SO <sub>2</sub> (ppb)	NO <sub>x</sub> (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	CO (ppm)
A. City Hall	10.0	110.1	25.4	3.30
B. UPM	4.8	14.4	8.6	1.10
C. Petaling Jaya	16.0	58.5	18.2	1.72
D. Shah Alam	9.3	27.5	12.2	1.25
E. Klang	5.8	18.3	9.8	1.11
Cmax Point Mesh Index	59.7 (54,30)	272.4 (54,33)	41.1 (54,33)	4.92 (59,37)

SO<sub>2</sub> : Petaling Jaya の地域及び Klangの東側の地域で濃度が高い。

NO<sub>2</sub> : Kuala Lumpurから Petaling Jayaにかけての地域で濃度が高い。

CO : NO<sub>2</sub>と同様に、Kuala Lumpurから Petaling Jayaにかけての地域で濃度が高い。

× : Cmax Point unit:ppb

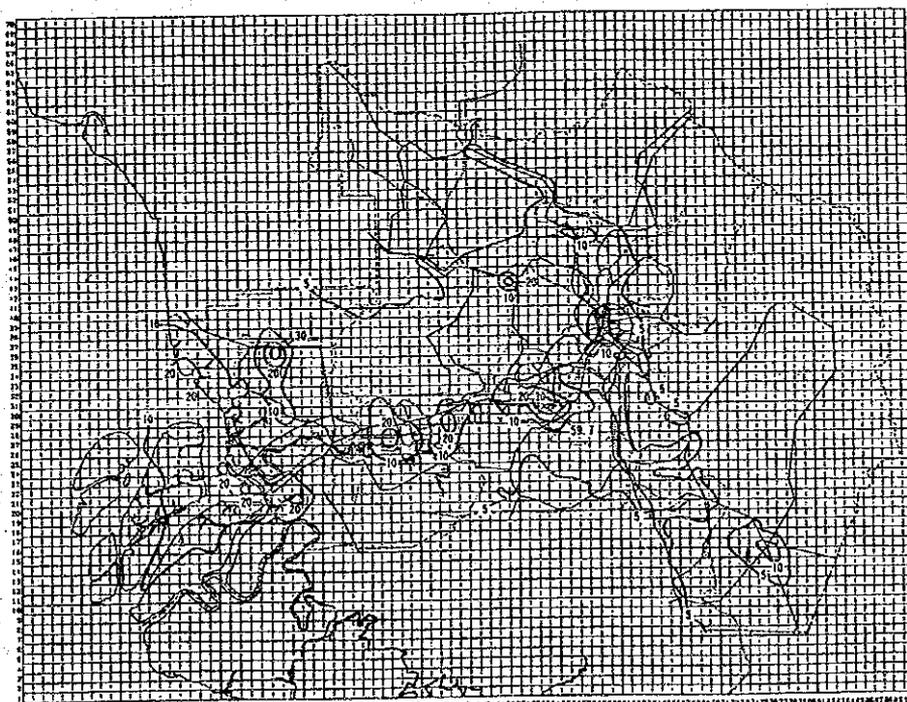


Fig. 6.7 Average Concentration for Isopleths for SO<sub>2</sub>

x :Cmax Point unit:ppb



Fig. 6.8 Average Concentration for Isopleths for NO2

x :Cmax Point unit:ppm

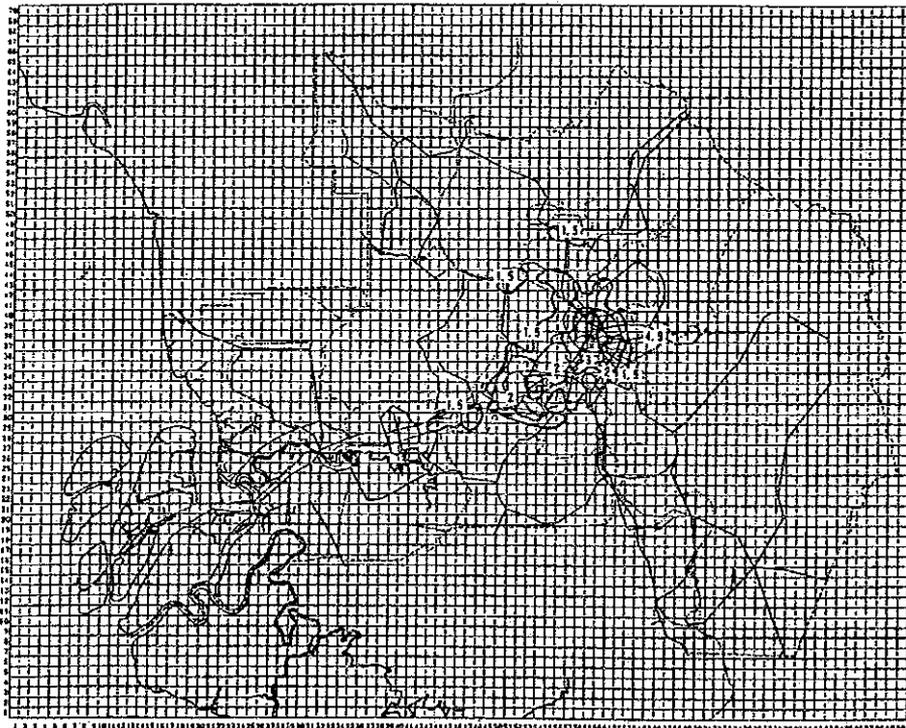


Fig. 6.9 Average Concentration for Isopleths for CO

## 6.5 大気拡散シミュレーションシステム

### (1) 大気拡散シミュレーションシステムの概要

本システムは、クランバレー地域に存在する既設あるいは新設の工場及び道路に係る発生源を、大気汚染物質の排出の状況に応じて適切に発生源としてモデル化し、周辺に与える影響を定量的に予測するシステムである。

図6.10に、本拡散シミュレーションシステムの概要を示す。

### (2) 本システムの機能の概要

本拡散シミュレーションシステムは、以下の事項を扱うものとする。

#### ・対象大気汚染物質

二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ )、窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ )、一酸化炭素 ( $\text{CO}$ )、ばいじん (Dust)、二酸化窒素 ( $\text{NO}_2$ )

#### ・汚染質発生源

工場及び自動車の新設発生源

#### ・期間

年間

#### ・計算対象地域

クランバレー地域

使用するパラメータ及び計算式は大気拡散シミュレーションモデルに従う。

### (3) シミュレーションの例

モデルで計算された拡散予測結果ファイルとして現状(1992)と将来(2005)が発生源種別ごとに用意されており、それらと本システムの計算結果の重合して拡散予測結果を得る。モデルによる拡散予測結果ファイルの値に各発生源種別ごとに増減率を掛けることにより、新たな対策効果等を反映させることが可能である。

本システムは気象局 (WMS)のコンピュータ (CONCURRENT Super minicomputer)に移植された。

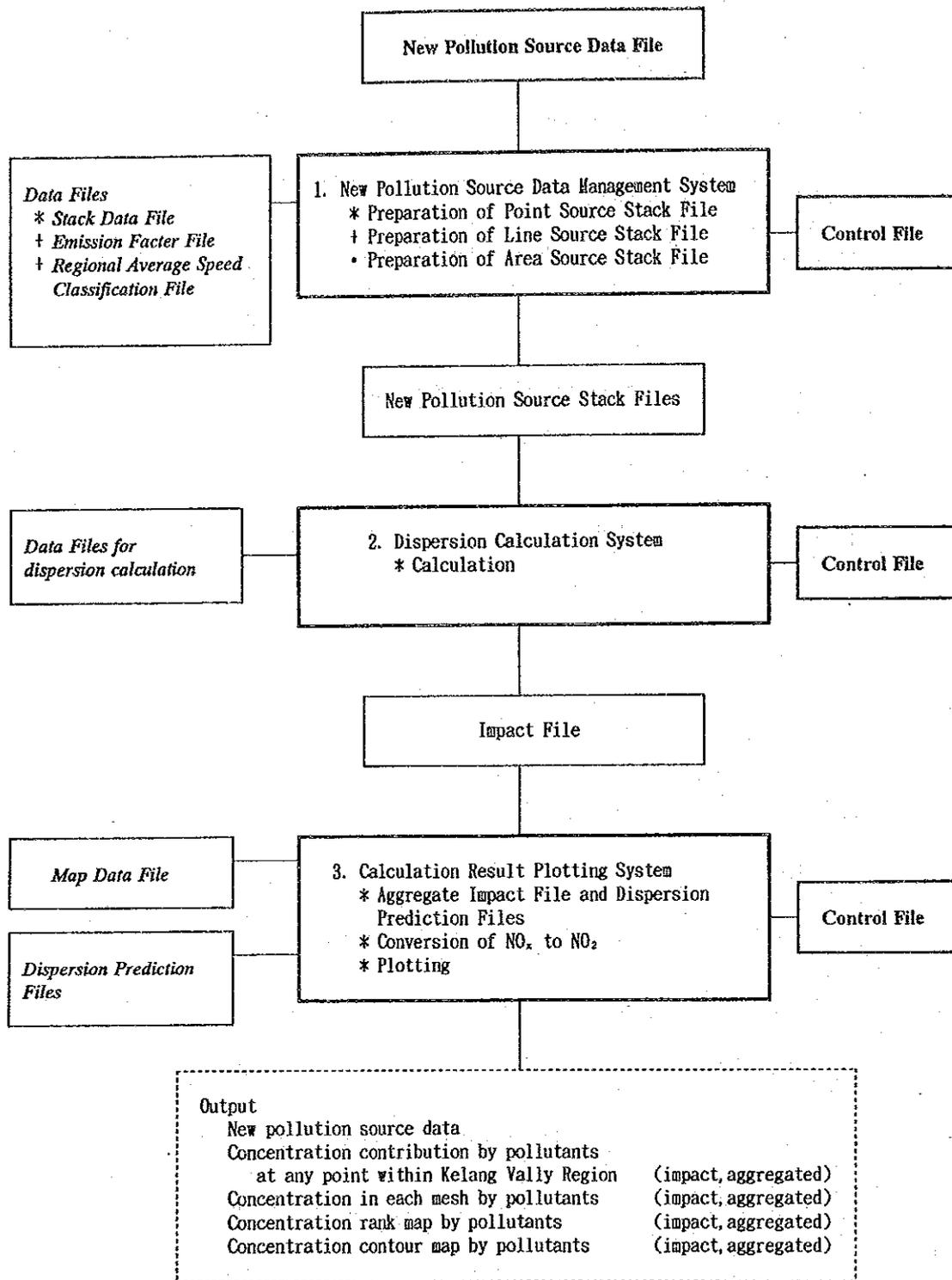


Fig. 6.10 Flowchart of the Air Dispersion Simulation System

## 第7章 SPMの化学成分析

CMB (Chemical Mass Balance) 法は大気中SPM濃度への発生源の寄与を推定するためのレセプターモデルもしくは統計的モデルの一つである。SPM成分の特徴のひとつは自然界発生源の寄与が大きいことであり、この自然界発生源のSPMへの寄与過程を完全に記述する物理的なモデルを確立することは困難である。そこでCMB法は人為発生源及び自然界発生源による寄与を推定する手段として有効であると言える。

また、SPMは1次粒子と2次粒子とに分類される場合もある。この1次粒子は粒子状態で排出されるものであるが、2次粒子はガス状態で排出された後に粒子に変換されるものである。例えば、SO<sub>2</sub>の中のあるものは最終的には硫酸や硫酸塩に変換される。CMB法は1次粒子を対象としており、2次粒子については化学成分濃度によって推定される。

発生源の粒子状成分について分析を行い以下に示す8種類の発生源に分類した。

1. 海塩粒子
2. 土壌及び道路堆積物
3. 無鉛ガソリン燃焼
4. 製鉄所
5. 木材燃焼
6. 重油燃焼
7. ディーゼル油燃焼
8. セメント工場

測定された大気中SPM濃度に対してCMB法を適用した。その結果を表7.1に示した。その特徴は以下の通りである。

自動車(ディーゼルとガソリン)による寄与率は19%から44%であり、City Hallと Petaling Jayaにおける自動車の寄与はUPMにおけるものよりも高かった。

Pb、Cl及びBr濃度から判断すると有鉛ガソリンによる寄与は小さかった。

木材燃焼による寄与率は7%から36%であり、Petaling JayaとUPMにおける寄与は約15%であった。有機炭素成分のおよそ半分は自動車排出粒子と木材燃焼粒子に起因している。有機化合物から変換によって生じた2次粒子がおそらく有機炭素成分の残りの部分に寄与していると考えられ、この寄与はSPM全体の10%程度と推定される。

土壌粒子の寄与は気象や季節の影響を受ける。Petaling JayaとUPMの8月と9月における土壌粒子の寄与は約10%であり、12月、1月及び3月における寄与は5%未満である。

海塩粒子の寄与は多くとも4%で、平均の寄与率は1.8%である。

重油燃焼の寄与はPetaling Jayaでは1.3%~6.2%であり、UPMでは1.0%~1.7%であり、平均寄与率は2.3%であった。Petaling Jayaにおける重油燃焼からの寄与率の方がUPMにおけるものよりも大きかった。

製鉄所からの寄与は1%に満たないものであった。

セメント工場からの寄与は0~3.9%であったが、この寄与率推定結果は土壌粒子の影響による誤差を含んでいると考えられる。

硫酸塩濃度は2~3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、2次生成硫酸塩の平均寄与率は約6%である。

「その他」には以上に述べた1次粒子や2次粒子以外の寄与が含まれ、その大部分は水分である。

Table 7.1 (1) Source Contributions to Ambient SPM

(Unit: ng/m<sup>3</sup>, in parenthesis: %)

	M1	M2	M3	M4	Average
Sea Salt	770 ( 1.4)	1090 ( 2.5)	650 ( 1.2)	110 ( 0.3)	650 ( 1.3)
Soil	6950 (12.7)	3900 ( 8.9)	1940 ( 3.5)	1050 ( 2.4)	3460 ( 7.0)
Unleaded Petrol	340 ( 0.6)	660 ( 1.5)	580 ( 1.0)	500 ( 1.1)	520 ( 1.1)
Iron & S	230 ( 0.4)	50 ( 0.1)	750 ( 1.3)	270 ( 0.6)	330 ( 0.7)
Wood	7070 (12.9)	7850 (17.8)	8720 (15.6)	3590 ( 8.2)	6810 (13.7)
Fuel Oil	730 ( 1.3)	1720 ( 3.9)	2510 ( 4.5)	2720 ( 6.2)	1920 ( 3.9)
Diesel	23290 (42.4)	18740 (42.6)	21650 (38.7)	17590 (40.0)	20320 (40.9)
Cement	990 ( 1.8)	1200 ( 2.7)	350 ( 0.6)	430 ( 1.0)	740 ( 1.5)
Sum	40370 (73.5)	35200 (80.0)	37140 (66.3)	26260 (59.7)	34750 (69.9)
Sulfate	1600 ( 2.9)	1940 ( 4.4)	3330 ( 5.9)	1930 ( 4.4)	2200 ( 4.4)
Nitrate	0 ( 0.0)	20 ( 0.0)	0 ( 0.0)	50 ( 0.1)	0 ( 0.0)
Organic Carbon	8400 (15.3)	4940 (11.2)	5420 ( 9.7)	4200 ( 9.5)	5700 (11.5)
Others	4523 ( 8.2)	1910 ( 4.3)	10110 (18.1)	11380 (25.9)	7980 (14.2)
Observed	54900	44000	56000	44000	49725

M1: MMS, 17th/August/1992

M2: MMS, 11th/September/1992

M3: MMS, 28th/December/1992

M4: MMS, 30th/December/1992

Table 7.1 (2) Source Contributions to Ambient SPM

(Unit: ng/m<sup>3</sup>, in parenthesis: %)

	U1	U2	U3	U4	Average
Sea Salt	600 ( 1.2)	820 ( 1.4)	150 ( 0.5)	60 ( 0.3)	410 ( 1.0)
Soil	5330 (10.9)	6900 (11.9)	20 ( 0.1)	50 ( 0.2)	3070 ( 7.7)
Unleaded Petrol	110 ( 0.2)	240 ( 0.4)	130 ( 0.4)	80 ( 0.3)	140 ( 0.4)
Iron & S	30 ( 0.1)	140 ( 0.2)	180 ( 0.6)	50 ( 0.2)	100 ( 0.3)
Wood	5110 (10.4)	10840 (18.8)	4760 (16.4)	1650 ( 6.9)	5580 (14.0)
Fuel Oil	720 ( 1.5)	990 ( 1.7)	500 ( 1.7)	250 ( 1.0)	610 ( 1.5)
Diesel	18430 (37.6)	16530 (28.6)	9660 (33.3)	7830 (32.6)	13120 (32.8)
Cement	390 ( 0.8)	2240 ( 3.9)	220 ( 0.8)	170 ( 0.7)	860 ( 2.2)
Sum	30710 (62.7)	38700 (66.9)	15630 (53.9)	10130 (42.2)	23890 (59.8)
Sulfate	1190 ( 2.4)	2040 ( 3.5)	1710 ( 5.9)	2120 ( 8.8)	1770 ( 4.4)
Nitrate	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)
Organic Carbon	6290 (12.8)	10200 (17.6)	2940 (10.2)	1800 ( 7.5)	5310 (13.3)
Others	10810 (22.1)	6860 (11.9)	8600 (29.7)	9670 (40.3)	8980 (22.5)
Observed	49000	57800	29000	24000	39950

U1: UPM, 17th/August/1992

U2: UPM, 11th/September/1992

U3: UPM, 28th/December/1992

U4: UPM, 30th/December/1992

Table 7.1 (3) Source Contributions to Ambient SPM

(Unit: ng/m<sup>3</sup>, in parenthesis: %)

	U5	U6	U7	U8	Average
Sea Salt	1540 ( 3.7)	1170 ( 2.5)	1030 ( 2.3)	1380 ( 3.4)	1280 ( 2.9)
Soil	1210 ( 2.9)	1530 ( 3.3)	1790 ( 4.1)	2810 ( 6.9)	1840 ( 4.2)
Unleaded Petrol	390 ( 0.9)	130 ( 0.3)	440 ( 1.0)	60 ( 0.2)	260 ( 0.6)
Iron & S	39 ( 0.1)	50 ( 0.1)	310 ( 0.7)	130 ( 0.3)	130 ( 0.3)
Wood	4440 (10.6)	4670 ( 9.9)	8520 (19.4)	14610 (35.6)	8050 (18.5)
Fuel Oil	0 ( 0.0)	1240 ( 2.6)	870 ( 2.0)	30 ( 0.1)	530 ( 1.2)
Diesel	15190 (36.2)	12650 (26.9)	18660 (42.4)	7700 (18.8)	13560 (31.2)
Cement	850 ( 2.0)	410 ( 0.9)	530 ( 1.2)	0 ( 0.0)	970 ( 2.2)
Sum	23650 (56.3)	21860 (46.5)	32150 (73.1)	26740 (65.2)	26630 (61.2)
Sulfate	6660 (15.8)	4970 (10.6)	1380 ( 3.1)	1930 ( 4.7)	3730 ( 8.6)
Nitrate	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	260 ( 0.6)	0 ( 0.0)
Organic Carbon	4220 (10.1)	3400 ( 7.2)	4870 (11.1)	0 ( 0.0)	2900 ( 6.7)
Others	7470 (17.8)	16560 (35.2)	4850 (11.0)	10980 (26.8)	10250 (23.6)
Observed	42000	47000	44000	41000	43500

U5: City Hall, 26th/January/1993

U6: Shah Alam, 26th/January/1993

U7: City Hall, 1st/March/1993

U8: Toman Sri Andalas, 2nd/March/1993

Table 7.1 (4) Source Contributions to Ambient SPM

(Unit: ng/m<sup>3</sup>, in parenthesis: %)

	Grand Average
Sea Salt	780 ( 1.8)
Soil	2790 ( 6.3)
Unleaded Petrol	310 ( 0.7)
Iron & Steel	190 ( 0.4)
Wood	6810 (15.3)
Fuel Oil	1020 ( 2.3)
Diesel	15660 (35.3)
Cement	860 ( 1.9)
Sum	28420 (64.0)
Sulfate	2570 ( 5.8)
Nitrate	0 ( 0.0)
Organic Carbon	4650 (10.5)
Others	8750 (19.7)
Observed	44390

## 第8章 将来の大気汚染濃度の予測と汚染物質排出量の削減の必要性

### 8.1 目標年

マレーシアは経済を発展させ、社会基盤を整備し、地域計画を進めてきた。クランバレー地域の運輸・交通については2005年を目標にしたマスタープランがある。それは、Mass Rapid Transit (MRT) System やLight Rapid Train (LRT) System の導入、多くの道路建設と現存道路の改善である。もしこの計画が実現したならば、主要な汚染源である交通量の地域分布は劇的に変化する。従って、2005年を大気汚染の将来予測年とし、2005年をベースに汚染物質の排出量の削減の必要性を検討する。

### 8.2 発生源の将来予測

#### 8.2.1 予測方法

##### (1) 工場・事業場

###### a) 発電所

発電所については2000年までの発電計画があり、2005年は2000年の計画値を用いる。

###### b) 一般工場

セメント工場の石炭使用量は年率 9.5%で伸びるものとする。木材の使用量は森林保護の傾向から現状と同じとする。パーム廃材の消費量は年率 3.3%で伸びるものとする。石油製品については現状と同じとし、LPG (天然ガスを含む) の消費量は現在の消費量の5.13倍になるものとする。

##### (2) 自動車

自動車については次の想定をする。

- ① 将来の主要道路網は現状と同じとする。
- ② 交通量は主要道路・細街路とも一律に現状の2.27倍になるとする。
- ③ 排出係数は現状と同じとする。

##### (3) 飛行機

第6次マレーシア計画によれば、2005年にスパン空港を利用する飛行機数は105,421便である。

(4) 船舶

貨物取扱量を現状の1.86倍とした。

(5) 家庭

人口の伸率、2.6%を用いる。

8.2.2 汚染物質の総排出量

(1) 発生源別排出量

発生源別の汚染物質の年間排出量は表 8.1のとおりである。年間総排出量はSOxが52,000トン、NOxが115,000トン、PMが19,000トン、COが659,000トン、HCが167,000トンである。SOxでは、工場が総排出量の80%を占めている。NOxでは自動車为主要発生源で、全体の71%を占め、次いで工場の26%となっている。PMについては、主要発生源は工場と自動車で、それぞれ57%と40%を占めている。

Table 8.1 Future Air Pollution Load from Various Sources (2005)  
(without control measures)

	(Unit: ton/year)				
	SOx	NOx	PM	CO	HC
Factories					
Power stations	30,040	26,038	2,423	-	-
General factories	11,283	4,415	8,163	-	-
Sub-total	41,323 (80.1)	30,453 (26.4)	10,586 (57.2)	-	-
Motor vehicles	7,079 (13.7)	82,199 (71.3)	7,359 (39.8)	659,223 (100)	166,720 (100)
Airplanes	360 (0.7)	574 (0.5)	123 (0.7)	-	-
Ships	2,836 (5.5)	1,840 (1.6)	365 (2.0)	-	-
Households	0 (0.0)	226 (0.2)	62 (0.3)	-	-
Total	51,598 (100)	115,292 (100)	18,495 (100)	659,223 (100)	166,720 (100)

Note 1. Air pollutant emission from open burning activities and earthworks are not included.

Note 2. Figures in parenthesis are percentage values(%).

(2) 1992年排出量との比較

現状（1992年）と将来（2005年、対策なし）の総排出量の比較を表8.2に示す。2005年の各汚染物質の総排出量は1992年の1.45～2.27倍である。COとHCの伸率が最も高く（2.27倍）、NO<sub>x</sub>の2.12倍が続く。

Table 8.2 Comparison of Total Annual Air Pollution Loads from All Sources between 1992 and 2005 (without control measures)

Year	Pollution Load (ton/year)				
	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	CO	HC
1992 (A)	35,654	54,454	12,605	290,407	73,455
2005 (B)	51,598	115,292	18,495	659,223	166,720
B/A	1.45	2.12	1.47	2.27	2.27

### 8.3 将来濃度の予測

推定した将来発生源に基づいて予測した濃度は表8.3及び図8.1～図8.3に示すとおりで、現状濃度に対して10～106%高くなる。

SO<sub>2</sub>は、A. City Hallで20.6ppb、最大濃度地点で65.8ppbといずれも環境目値(20ppb)を超えている。

NO<sub>2</sub>は、A. City Hallで39.0ppb、最大濃度地点で63.1ppbといずれも環境目標値(37ppb)を超えている。

COは、A. City Hallで6.88ppm、最大濃度地点で10.52ppmといずれも環境目標値(4ppm)を超えている。

Table 8.3 Predicted Concentration in Future (2005)  
(without control measures)

Stations	Items	SO <sub>2</sub> (ppb)	NO <sub>x</sub> (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	CO (ppm)
A. City Hall		20.6	246.6	39.0	6.88
B. UPM		6.1	28.5	19.4	1.87
C. Petaling Jaya		19.6	128.1	27.5	3.28
D. Shah Alam		11.0	56.4	17.8	2.21
E. Klang		8.8	33.6	13.6	1.88
Cmax Point		65.8	613.5	63.1	10.52
Mesh Index		(54,30)	(54,33)	(54,33)	(59,37)
Target Value		20	-	37	4

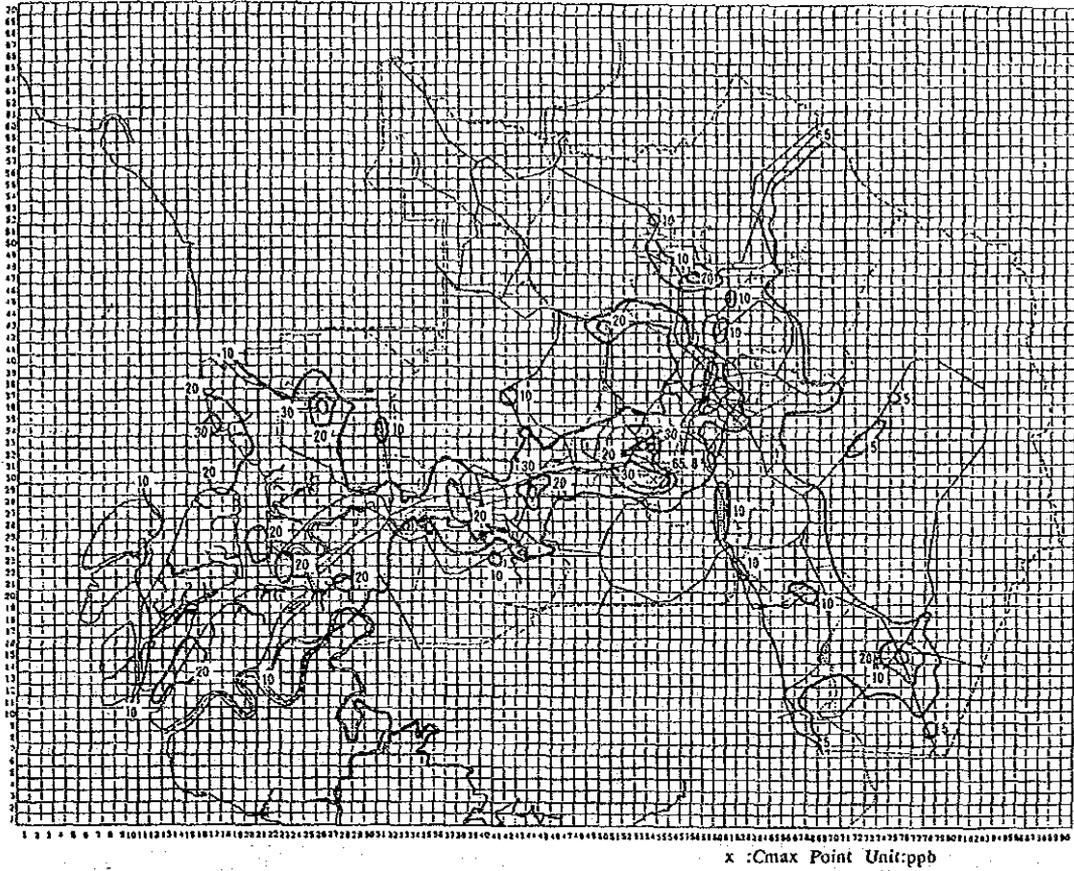


Fig. 8.1 Predicted Average Concentration Isopleths for SO<sub>2</sub> (2005) (without control measures)

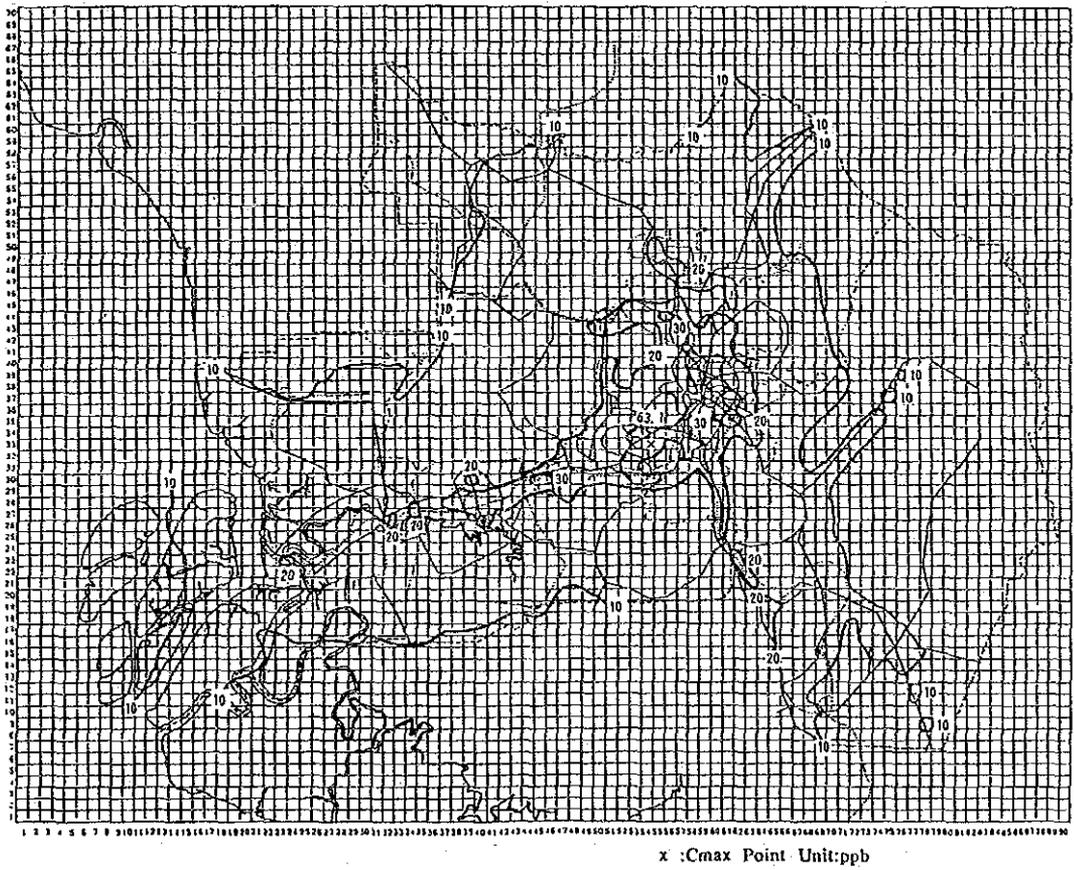


Fig. 8.2 Predicted Average Concentration Isopleths for NO<sub>2</sub> (2005) (without control measures)

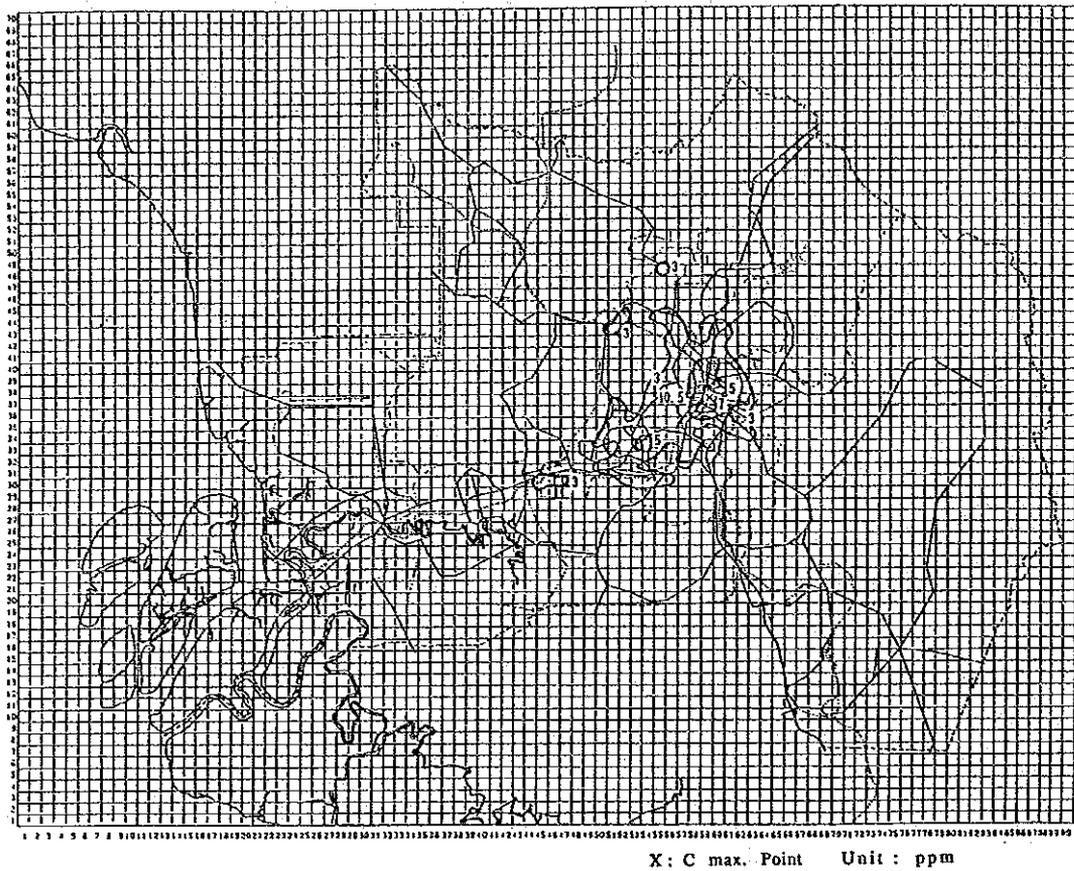


Fig. 8.3 Predicted Average Concentration Isopleths for CO (2005)  
(without control measures)

#### 8.4 環境目標値

本調査では大気汚染物質濃度の年平均値が拡散モデルによって予測された。予測結果を評価するためには年平均値の基準が定められなければならない。更に、長期平均値に基づいて大気質を評価し、発生源対策を行うことが合理的であると考えられる。しかし、大部分のマレーシア大気質指針値は時間値、8時間値や日平均値として定められている（SO<sub>2</sub>については10分間値、時間値と日平均値、NOについては時間値COについては時間値と8時間値など）。大気質の年平均目標値は個々のマレーシア指針値に対応していなければならない。この目標値を「環境目標値」と呼んでいる。環境目標値は指針値の順守を保証すると期待される。

本調査では原則的に環境目標値は「日平均値の目標の約1/2になる」というEPAや環境庁（日本）の経験則に基づいて設定された。それは今回のモニタリングが5局の測定局で1年間行われただけであり、環境目標値を確立するには不十分とみなされたからである。環境目標値の確立のためには、より多くの測定局における数年にわたるモニタリングデータの蓄積が必要である。そこで、経験則の妥当性の確認のためにクランバレー地域におけるモニタリングデータの解析は行われた。

環境濃度の測定にはある程度の誤差は避けられないことから長期的評価のためには何らかの統計値を採用する必要がある。ここでは長期的評価の為に98%値を採用した。

環境目標値を推定するために時間値に対する指針値を使うことは適当ではない。なぜならば測定された時間値は通常と異なる発生源の影響や測定機器の誤動作を含んでいるかもしれないからである。SO<sub>2</sub>日平均値とCOの8時間平均値についてのマレーシアの指針値はそれぞれ40ppbと9ppmであり、環境目標値の推定のために使われた。比較のためにCO日平均値についての日本の環境基準値（10ppm）を用いた場合についても検討した。NO<sub>2</sub>についてはマレーシアでは時間値に対する指針値しか定められていないので、WHOのNO<sub>2</sub>日平均値に対する指針値（73ppb）を推定に用いた。

環境目標値の推定に用いたのは以下の3つの方法である。3つの方法の概念図を図8.4に示す。

##### 1. ラーセンモデルと線形回帰

まず、ラーセンモデルによって個々の測定局に対する環境目標値を求めた。それと同時に個々の測定局における指針値の出現頻度も求めておく。そして、各測定局

における指針値の出現頻度と年平均値とを対数正規座標系上にプロットし回帰直線を求める。最後にこの回帰直線上の98%値に相当する年平均値を対象地域の環境目標値とする。

2. ラーセンモデルと幾何平均値

個々の測定局における環境目標値を求める手順は方法1と同様である。そして、対象地域に対する環境目標値は個々の測定局に対する環境目標値の幾何平均値として求められる。

3. 年平均値と98%値との線形回帰

各測定局の年平均値と98%値とをプロットし回帰直線を作成して対象地域の環境目標値を求める。

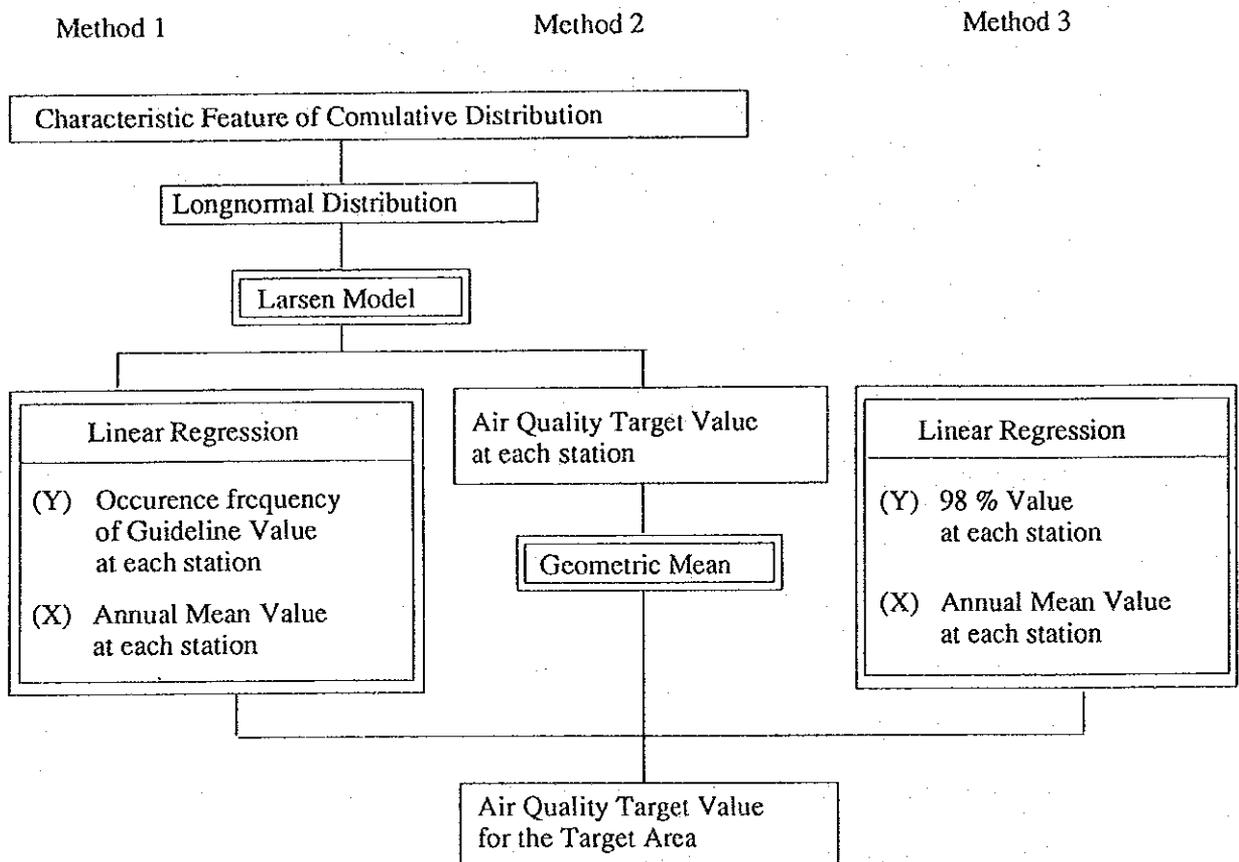


Fig. 8.4 Schematic Diagram of Three Methods of Estimate Air Quality Target Value

3つの方法による推定値と推奨される環境目標値を表8.4に示す。SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>とCOの推定値は指針値や基準値の1/2に近く、この事実は「環境目標値は日平均値についての指針値や基準値の約1/2に設定される」という経験則の妥当性を示している。COの環境目標値はマレーシアの指針値を考慮して設定した。

最終的に、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>とCOの環境目標値は各々 20ppb、37ppb 及び 4 ppm と設定された。また、TSPとPM10についてはマレーシアの指針値に年平均値ベースのものがあるので、それらを環境目標値とした。

Table 8.4 Air Quality Target Value

		SO <sub>2</sub> Daily	NO <sub>2</sub> Daily	CO		TSP Yearly	PM10 Yearly
(Unit)		ppb	ppb	8-Hrs	Daily	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>
Guidelines /Standards		40 (*)	73 (+)	90 (*)	100 (#)	90 (*)	50 (*)
Method 1, 2	City Hall	15.1	44.7	41.9	54.4		
	UPM	22.0	43.5	-----	-----		
	Petaling Jaya	22.6	43.7	40.7	51.5		
	Shah Alam	15.6	39.5	32.3	52.0		
Method 1	Whole Area	27.5	44.1	59.2	55.1		
Method 2	Whole Area	18.5	42.8	38.0	52.6		
Method 3	Whole Area	19.2	43.5	42.8	53.3		
Recommended (Yearly)	Whole Area	20	37	40		90	50
Maximum Mean	Fixed Stations	13.3 (PJ)	21.7 (CH)	28.4 (PJ)		81.8 (SA)	56.8 (SA)

\*: Malaysian Guidelines, #: Japanese Standards,  
 +: WHO Guidelines  
 PJ: Petaling Jaya, CH: City Hall, SA: Shah Alam

## 8.5 大気汚染物質排出量削減の必要性

1992年における対象地域内のSO<sub>2</sub>の最大濃度は59.7ppbであり、環境目標値(20ppb)を大幅に超えている。NO<sub>2</sub>の最大濃度は41.1ppbであり、やはり環境目標値(37ppb)を超えている。更に、COの最大濃度も4.92ppmと環境目標値(4ppm)を超えている。

SO<sub>2</sub>濃度は主に工場や自動車からの寄与によっており、Petaling JayaやShah AlamなどのようにSO<sub>2</sub>濃度の特に高い地点においては工場からの寄与がより顕著である。今回のシミュレーションモデルではNO<sub>2</sub>濃度は統計モデルによって計算されているので、NO<sub>2</sub>濃度に対する個々の発生源の寄与割合を求めることができない。しかし、NO<sub>2</sub>はNO<sub>x</sub>から変換されると考えられ、NO<sub>x</sub>濃度の大部分は自動車からの寄与によっている。また、COはほとんど自動車から排出されている。

2005年における対象地域内のSO<sub>2</sub>の最大濃度は65.8ppmであり、この濃度は環境目標値(20ppb)を大幅に超えるとともに、1992年における予測濃度よりも更に高い。City Hall局とPetaling Jaya局におけるSO<sub>2</sub>濃度はほぼ環境目標値と同レベルである。NO<sub>2</sub>の最大濃度は63.1ppbであり、環境目標値(37ppb)をかなり超えており、City Hall局におけるNO<sub>2</sub>濃度も環境目標値を超えることになる。COの最大濃度とCity Hall局における濃度は、それぞれ10.5ppmと6.9ppmであり、共に環境目標値を超える。

各発生源種類の各汚染物質に対する寄与割合などについては、ほぼ1992年における傾向と同様である。

結果としてSO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>及びCO濃度はいくつかの地域において問題となるレベルに達しており、2005年にはより悪化するという予測が得られた。工場等の発生源はSO<sub>2</sub>に対して最も問題であり、NO<sub>2</sub>とCOについては自動車が主な原因である。従って、工場や自動車からの汚染物質排出量を削減するための対策が必要である。

## 第9章 発生源対策

### 9.1 工場

#### 9.1.1 対策の必要性

クランバレー地域における大気汚染物質の排出量は第5章で記述した通りであり、2005年にはSO<sub>x</sub>が約41,000トン、NO<sub>x</sub>が約30,000トン、ダストが約10,000トンに増加することが推定される。

この排出量はシミュレーション結果によると環境目標値をこえるので、汚染物質の排出量を抑制するための発生源対策が必要であることが分った。

#### 9.1.2 発生源の規制状況

工場からの大気汚染物質は1978年に規定されたEnvironmental Quality (Clean Air) で規制されている。

この法律ではガス状物質や粒子状物質について排出基準が定められているが燃焼装置からのSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の排出には基準が定められていない。

#### 9.1.3 発生源対策の基本技術

発生源対策としては良質の燃料への転換、高煙突化、生成抑制、排ガス処理などがあるほか、燃焼管理及び燃料の節約、省エネルギーによる燃料の節約に伴う汚染物質の低減法がある。SO<sub>x</sub>対策としての燃料転換は効果的で燃料中のS分をゼロにすることもできる。他に排煙脱硫法によってもSO<sub>x</sub>の低減が可能である。

燃料転換を実施するか排煙脱硫法を実施するかは燃料政策や経済性などで決められるものである。

NO<sub>x</sub>対策としては、二段燃焼法や低NO<sub>x</sub>バーナーなどによる低減を行う。

ダスト対策としては、マルチサイクロンと電気集じん機による低減を行う。

#### 9.1.4 対策の提言

##### (1) 火力発電所対策

###### A 発電所

###### 1) No. 1 ボイラー

HFOを天然ガスに転換してSO<sub>x</sub>を12,000トン削減する。

###### 2) No. 3, 4 ボイラー

石炭中のS分を2005年まで0.6%を維持する。

ダスト対策としては高温電気集じん機などの導入を行う。

3) No. 5, 6 ボイラー

SOx対策としては、No. 5については石炭のS分を0.6%を維持し、  
No. 6については石炭から天然ガスに転換する。

(2) 一般工場対策

1) 燃焼管理 (9.1.5 参照)

資格を有する燃焼管理者によって燃焼管理や省エネルギーを行う。対象とする装置の規模は、Shah Alam と Petaling Jayaでは150kg/h、その他の地域では200 kg/h以上とする。

これらの燃焼装置にはO<sub>2</sub>計やオルザット分析計を常備する。

2) 燃料転換

Shah Alam と Petaling Jaya の150kg/h以上のボイラーについては天然ガスへ、その他の地域のボイラーは軽油に転換する。

3) ダスト対策

燃焼量の大きい木材燃焼ボイラーに高効率の集じん機を設置する。

4) 木屑燃焼ボイラー

老朽化したものから自動供給式のボイラーに徐々に更新する。

(3) その他の対策

1) セメント工場 : 停電時のマニュアルの作成と自家発の容量を大きくし  
停電時のダスト対策を行う。

2) 硝酸プラント : 触媒の早期交換や生産量を削減する。

3) 工場移転 : 問題ある工場を住居地域から移転させる。

4) 公害防止協定 : 政府(地方自治体)と会社の間に関する協  
定を結ぶ。

5) ふんじん対策 : 堆積場のカバー、散水、集塵機の設置、設備の維持管  
理などを実施する。

9.1.5 燃焼管理者の養成

ボイラーや加熱炉などで適切な燃焼管理を行えば大気汚染物質を大幅に低減す

ることができるものであるが、クランバレー地域の工場では燃焼管理の基本が遅れている。

燃焼管理技術はエネルギーの有効利用と大気汚染物質の低減を直接的に出来る方法であるため企業としても燃焼管理の重要性を認識して、それぞれの工場が実施する必要がある。

燃焼管理システムは燃料の管理、熱利用設備の保守管理、無公害燃焼、その他の排出物の管理などをシステム的に行って、大気汚染物質の低減や省エネルギーを図るもので、これを実現するためには、まず技術者を養成しなければならない。燃焼管理者の養成は研修センターを設立してボイラーや計測器を使用して1～3ヶ月間研修を行って養成する。

研修終了後、試験を実施し、合格者には燃焼管理者の資格を与える。燃焼管理者はA、Bの二種類とし、Aは燃焼量の多い施設を管理し、Bは燃焼量の少ない施設を管理する。有資格者でないと施設の運転が出来ないようにする。

#### 9.1.6 省エネルギー

省エネルギーを図ることは燃料の節約や大気汚染物質の低減が可能であることから世界的に注目されている。

低空気比燃焼は排ガスによる熱損失を低減し燃料を節約すると共にNO<sub>x</sub>を低減することも出来る。

燃焼管理以外の省エネルギーの方法としては、廃熱回収、CO-Generation、熱利用方式の改善などがあって非常に大きな効果のある技術である。

#### 9.1.7 技術支援体制

大気汚染の防止を効果的に推進するためには国内や国外の専門家の協力が必要であり、各界の専門家の協力が得られるような体制を確立する。

#### 9.1.8 資金の助成

公害防止活動を支援するために低利の資金貸し付け制度などを政府や地方自治体が積極的に推進する。

## 9.2 自動車

### 9.2.1 対策の必要性

自動車はクランバレー地域の主要発生源の一つと考えられ、自動車対策は自動車に起因する大気汚染を低減することを目的としている。

環境質法（EQA）は、環境汚染の規制と防止に係る全ての行為に関する法律で、環境の保全と質的向上を目的として1974年に制定されている。自動車に関する幾つかの法律も、この法に基づいて施行されている。クランバレー地域では多くの自動車が交通しており、これらの自動車からの汚染が著しい。

今回の大気汚染調査では、主要幹線道路周辺の地域でCOとPM10の濃度が指針値を超過しているのが見られる。また、NO<sub>x</sub>汚染も自動車交通の増加により対策を行わなければ深刻な状況になることが推測される。

1992年の年間走行量は160億台kmで、乗用車が53%、モーターサイクルが22%を占めている。

### 9.2.2 自動車対策案

#### (1) 実施対策案の選定

自動車に係る対策として、①排出ガス規制、②交通抑制、③排出ガス装置の維持管理体制、④環境教育の推進等について検討した。その中から、諸外国での適用事例が多く、マレーシア国での実施の可能性が高いと推測されるものについて、削減効果の評価とコスト概算を行った。

「対策の施行時期」に関しては、大まかに「短期・中期」及び「長期」に分類した。短期・中期的対策は、2005年までにほぼ実施が完了し、且つその効果が顕在化するものであり、長期的対策は、2005年頃から着手するものとした。対策の概要は表9.1のとおりである。

Table 9.1 (1) Proposed Countermeasures for Motor Vehicles

Item	Short/Medium term	Long term	
<p>Exhaust emission control</p> <p>a. Enforcement of exhaust gas control</p>	<p>(a) Combustion improvement of motorcycle engine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-stroke ⇒ 4-stroke</li> <li>• Smokeless lube oil</li> </ul> <p>(b) Strengthen emission regulations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 91/441/EEC</li> </ul>	<p>(c) Installation of 3-way catalytic converter</p>	
	<p>b. Control of use of very old vehicles</p>	<p>(a) Promotion of low-pollution vehicles for commercial use</p> <p>ECE R15.04, R24, R49 , 91/441/EEC</p> <p>(b) Switch diesel-taxis to petrol</p> <p>(c) Prohibition of registration of new diesel motor car</p>	
	<p>c. Fuel control</p>	<p>(a) Unleaded gasoline</p> <p>(b) Low-sulphur diesel fuel</p> <p>(c) Supply of oxygenated gasoline</p>	

Table 9.1 (2) Proposed Countermeasures for Motor Vehicles (continued)

Item	Short/Medium term	Long term
Organization/Institution	(a) Vehicles certification system (b) Inspection and maintenance system (c) Installation and operation of chassis dynamometers	
Alternative energy		(a) CNG Taxi (b) Methanol Trucks (c) Palm oil Trucks
Traffic volume control	a. Klang valley transportation plan (Switching to mass-transit system from motor vehicles)	
	(a) KTM system (b) LRT system (c) Bus system ----- (d) Road network plan • Expressway • Primary distributor • District distributor	
	b. Restriction of motor car in congested areas	
	(a) Restriction of motor cars in city center (b) Introduction of flextime system (c) Traffic reduction in congested areas	
	c. Rationalization of commodity transport system	
	d. Traffic survey	

(2) 自動車排出ガス対策

マレーシアでは、ディーゼル自動車に関する1977年の自動車規制法（煙・排気ガス規制）に始まり、ガソリン車の鉛濃度規制やディーゼル車の黒煙規制が実施されている。

政府は、1992年の6月にガソリン車へのECE, R1504 規制とディーゼル車に係るECE, R49 及び粒子状物質(PM)に関するECE, R24 規制を適用している。また、1994年にはガソリン車に対して91/441/EECの導入が計画されている。各種の自動車排出ガス低減対策による排出量の削減状況の評価を以下に示す。

1) モーターサイクルの燃焼改善

当該地域のモーターサイクルは、ガソリンと潤滑油を混入して燃焼させる2サイクルエンジン型式で、大量の未燃焼物質が生成する2サイクルエンジン型式モーターサイクルに関して2種類の対策案が必要とされる。

a) 4サイクルエンジン型式モーターサイクルの利用促進

4サイクルエンジン型式と2サイクル型式の排出係数を比較すると、燃焼効率が改良されるため、NO<sub>x</sub>の排出係数が増加するもののCO, HC とPMで大幅な改善効果が期待されることから、今後4サイクルエンジンを搭載したモーターサイクルの利用促進へ転換を図るべきである。（表9.2）

Table 9.2 Emission Factors for Motorcycles

Vehicle type		Emission factor (g/unit)			Note
Vehicle type	Pollutant	Two-stroke engine	Four-stroke engine	Rate	Reference: Compilation of Air Pollutant Emission Factors (EPA, 1977)
Motorcycle	H C	9.9	1.8	0.18	
	C O	24.0	10.0	0.42	
	NO <sub>x</sub>	0.075	0.15	2.00	
	SO <sub>x</sub>	0.024	0.014	0.58	
	P M	0.21	0.029	0.14	

b) スモークレス潤滑油の使用

スモークレスオイルは、ポリブテン（ポリイソブチレン）を含む潤滑油の一種でそれ自体に潤滑性があるほか、未燃焼油の燃焼促進剤であり、結果的にCOや煙の排出を減少させることができる。

ポリブテンを含む潤滑油の技術的課題は克服されており、日本や台湾、その他の地域で幅広く利用されている。タイ国では、1991年に工業化されている。

2) 乗用車の排出基準の強化

総計 700,000台の乗用車がクランバレー地域で走行しており、大気汚染の主要発生源である。以上の事からより高度な規制案91/441/EECの設定が必要と考えられる。この対策が実施された場合の効果は表9.3 のとおりである。

Table 9.3 Effects of Regulation Plans on Emission Factor for Motor Car (Petrol)

Vehicle type		Emission factor (g/unit)			
Vehicle type of census	Pollutant	Present	New regulated value (91/441/EEC)	Rate	Remarks
Motor car	H C	1.80	0.74	0.41	Oxydation catalytic converter
	C O	10.36	5.06	0.49	
	NOx	1.97	1.64	0.83	
	SOx	0.004	0.004	1.00	

クランバレー地域の約60%は、主として1300-1500ccの国内生産車である。Proton社のニューモデル(ISWARA)は、既にECE規制適合車の開発を終えており酸化触媒装置やその他の対策設備を装備する事が可能である。従って国内販売車についても技術的課題は克服されている。

### 3) 老朽車両の利用制限（低公害型車両への転換促進）

老朽化あるいは過剰に使用されてきた車両に対しては新型の燃焼方式を取り入れた低公害車への転換を促進する必要がある。クランバレー地域の大気汚染の多くはHC, PM, COに因ることから、当面の対策として旧型車の近代化、取り分けタクシーやバスの新エンジンシステムへの転換を図る必要がある。運輸省や運輸業者はトラックやバスに関する調査を実施し近代化を推進する事が望ましい。

商業車両の低公害型車両への転換促進にあたっては、以下のような考え方に従って対策を推進する。

- a) ディーゼルタクシーは、可及的速やかにガソリン車へ転換し、PMやNOxの低減を図る。
- b) 車両検査の結果規制基準を達成できない車両については継続使用を禁止する。

また、その外のディーゼル車対策として、一般車両に関しても、エンジン容量が1600cc以下のディーゼル車に対しては、車両登録を禁止する。

これらの対策により低公害型車両の早期普及促進が図られた場合、クランバレー地域のPM排出量が、20%程度改善される見通しである。

### 4) 燃料の改良

#### a) 無鉛ガソリンの使用促進

クランバレー地域で市販されているガソリン燃料のうち、40~50%が無鉛ガソリンと推定されている。ガソリン中の鉛量は0.15mg/lに規制強化されているが、大気中のPMや有害物質濃度を低減する観点、あるいは酸化触媒装置や3元触媒装置の導入に当たっては、触媒装置の劣化を防止する目的から、有鉛ガソリンの使用は出来るだけ早急に禁止することが望ましい。

b) 低硫黄燃料の供給

燃料分析によるディーゼル燃料の硫黄含有率は、0.323 Wt%であったが、燃料中の硫黄分の低減化の動きは世界的な趨勢であり、ECでも都市域では0.2Wt%までの削減案が提出されている。クランバレー地域においてもSO<sub>x</sub>やSPM対策の面からECレベルの規制を実施する必要がある。

c) 含酸素燃料の供給

メタノール、MTBE、エタノール、ETBE、等は、酸素混合物としてガソリンに添加されている。含酸素燃料の増加は一酸化炭素発生の減少をもたらすことから、含酸素ガソリンの使用は、個々の自動車に触媒装置が広く取り付けられるまでの環境中における一酸化炭素の軽減の有効な対策になると考えられる。

(3) 組織と制度

1) 自動車認証制度

自動車認証制度は、自動車に起因する問題の調査、技術的課題の検討、許容限度の設定、新基準の公布、保安基準の改定、型式認証試験及び初期の車両登録試験により構成される。

2) 自動車維持管理制度

対象とする車両は、自家用・商業用の全てで、この制度により排出ガス試験を合格した自動車には政府の発行する認定証が与えられ、車両登録の更新が許可される。

3) シャーシダイナモメータの導入と運用

シャーシダイナモメータは排出の基準との適合性のチェックやクランバレー地域で走行している車両の排出係数を設定するために必要である。

(4) 代替エネルギーの推進

当該地域のタクシーの登録台数は年々増加傾向にあるが（8,500-1988年、12,000-1992年）、取り分けディーゼル車や旧型車の割合が高く、これらの自動車の増加はクランバレー地域の大气汚染に深刻な影響を与えている。

日本では、タクシーのLPG燃料化が大都市において進んでおり、PM、HC、CO排出量の低減に貢献している。表9.4 以下は、CNG燃料を使用した場合の削減効果を比較したものである。

Table 9.4 Emission Factor Changes via Introduction of CNG Taxi

Car Type	Engine Type	Pollutants	Existing fuel use engine	CNG fuel use engine	Reduction rate(%)
Taxi	Petrol	CO	2.6	0.14	95
		HC	15.4	7.4	52
		NOx	1.8	0.23	87
		SOx	0.0	0.0	100

Note: Average travel speed⇒20km/h

(5) 自動車交通量の規制

1) クランバレー地域の交通計画

[Klang valley transportation study](1987 JICA)では、2005年までの地域開発プランの設定と各地域を連絡する交通機関に関して以下のようなマスタープランの提案が行われている。

(a) 公共交通機関の開発

- a) 公共交通機関の導入
- b) バス交通システムの向上

(b) 道路網整備計画

- a) 高速（自動車専用）道路整備
- b) 幹線道路整備
- c) 地方道路整備

本調査の将来自動車交通量推計では、上記の計画が2005年までに概ね整備されることを想定して計画されており、自動車交通対策として、この[transportation master plan]による効果が評価されている。

2) 市内中心部における自動車規制

クアラルンプールの幹線道路の激しい交通混雑は、経済面や大気汚染に関して、重要な損害を及ぼしており、将来的には解決する必要がある。そこで、クアラルンプールの交通渋滞地域に乗り入れる車両を規制する必要がある。一般的には、時間規制や季節規制が適用されている。

3) 貨物輸送の合理化

大気汚染に係る議論のなかで貨物車を看過することはできない。貨物車は、NO<sub>x</sub>や黒煙だけでなく騒音の原因にもなっており、消費者ニーズの多様化や高度化により、将来における物資流動の活発化や小口輸送の増加が予想されるところから、大気汚染の観点による適切な対策案を策定することが望まれる。

貨物車の走行量を抑制するためには、貨物車の効率的運行を促進することが大切で、このような合理化対策は、環境改善効果とともに経済的メリットも多く見込まれ、その効果が期待されている。

#### 4) フレックスタイム制度の実施

都心部で最も交通混雑が激しい時間帯は、朝が1～2時間、夕方が3時間程度にすぎず、その大部分は通勤・通学者である。したがって、会社や学校の時間帯を変えたり、フレックスタイム制度を実施すれば、上記交通混雑時間帯の交通量を減らす上で効果があると予想される。