

NO. 15

マレーシア国
大気汚染災害救済

国際緊急援助隊専門家チーム

報告書

平成9年12月

JICA LIBRARY



J 1150874 (4)

国際協力事業団

緊急

JR

97-03

保存用

マレーシア国 大気汚染災害救済国際緊急援助隊専門家チーム 報告書

平成9年12月

国際

1150874 (4)

マレーシア国
大気汚染災害救済
国際緊急援助隊専門家チーム
報告書

平成9年12月

国際協力事業団



1150874 [4]

序 文

日本国政府は、平成9年9月26日、マレーシア国政府からの要請に基づき、同年6月下旬以降深刻化してきたインドネシア・スマトラ島及びカリマンタン島に発生した大規模な森林火災による大気汚染災害に対し、緊急援助を行なうことを決定しました。

これを受けて国際協力事業団は、平成9年9月29日から10月10日まで、外務省アジア局南東アジア第二課 石井健氏を団長とする国際緊急援助隊（専門家チーム）を同国に派遣しました。同援助隊は今回の大気汚染災害に対し、環境および医療の分野における技術的助言や今後の対策に関する提言等を行い、帰国後、活動結果を本報告書に取りまとめました。

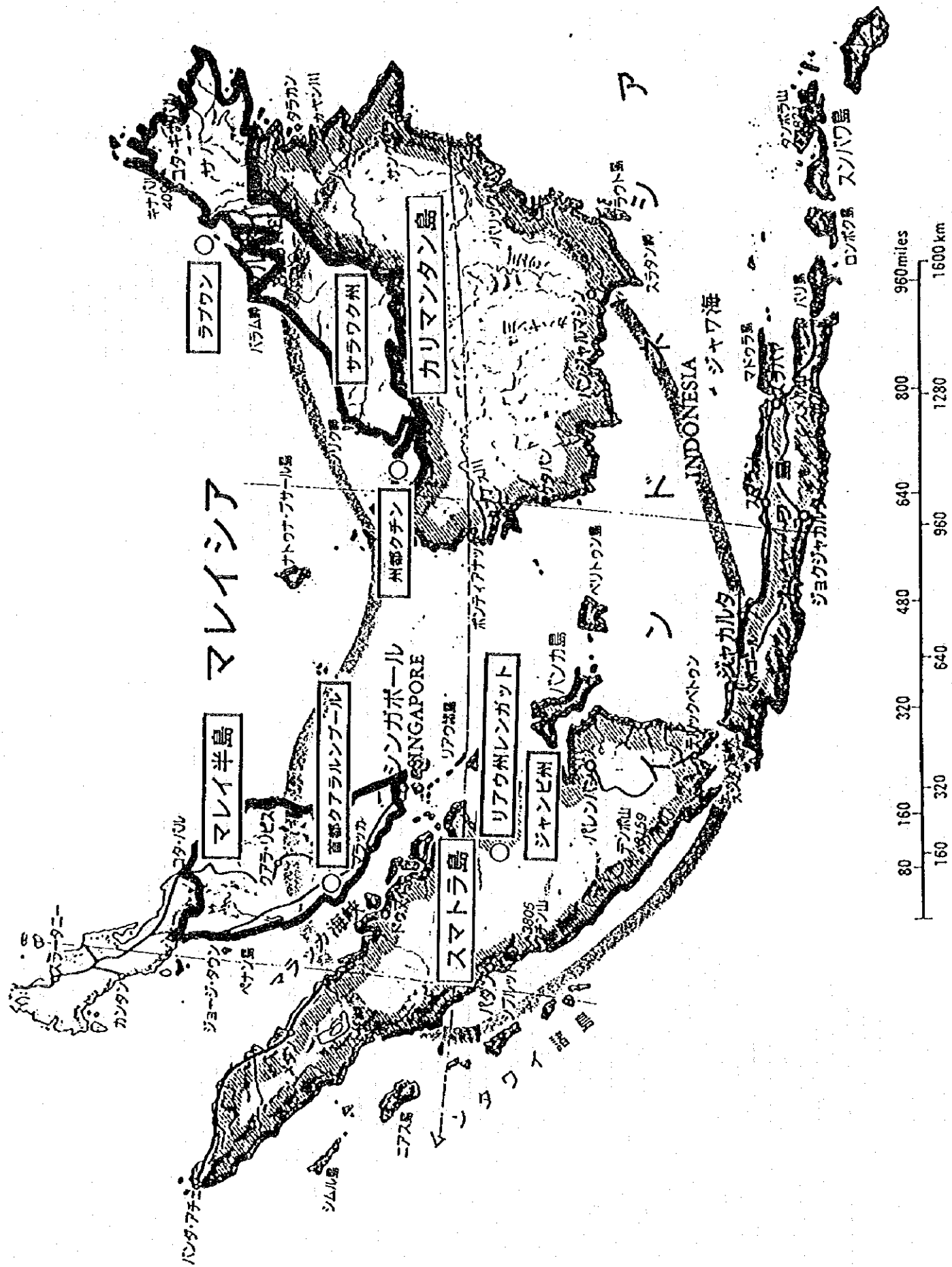
今回の救援活動の特徴としては、大規模な森林火災により発生した深刻な大気汚染という過去に類をみない災害に対する援助であったこと、また、環境、医療の両分野において、中長期的な視点から専門家としての非常に高次の調査、提言を求められた点があげられます。

本報告書が、マレーシア国及び近隣諸国の今後の災害対策に貢献し、より一層の友好・親善に寄与することを期待致します。

終わりに、今回の緊急援助活動にご協力とご支援をいただいた関係者の皆様に対し、心から感謝の意を表します。

平成9年12月

国際協力事業団
理事 小澤 大二



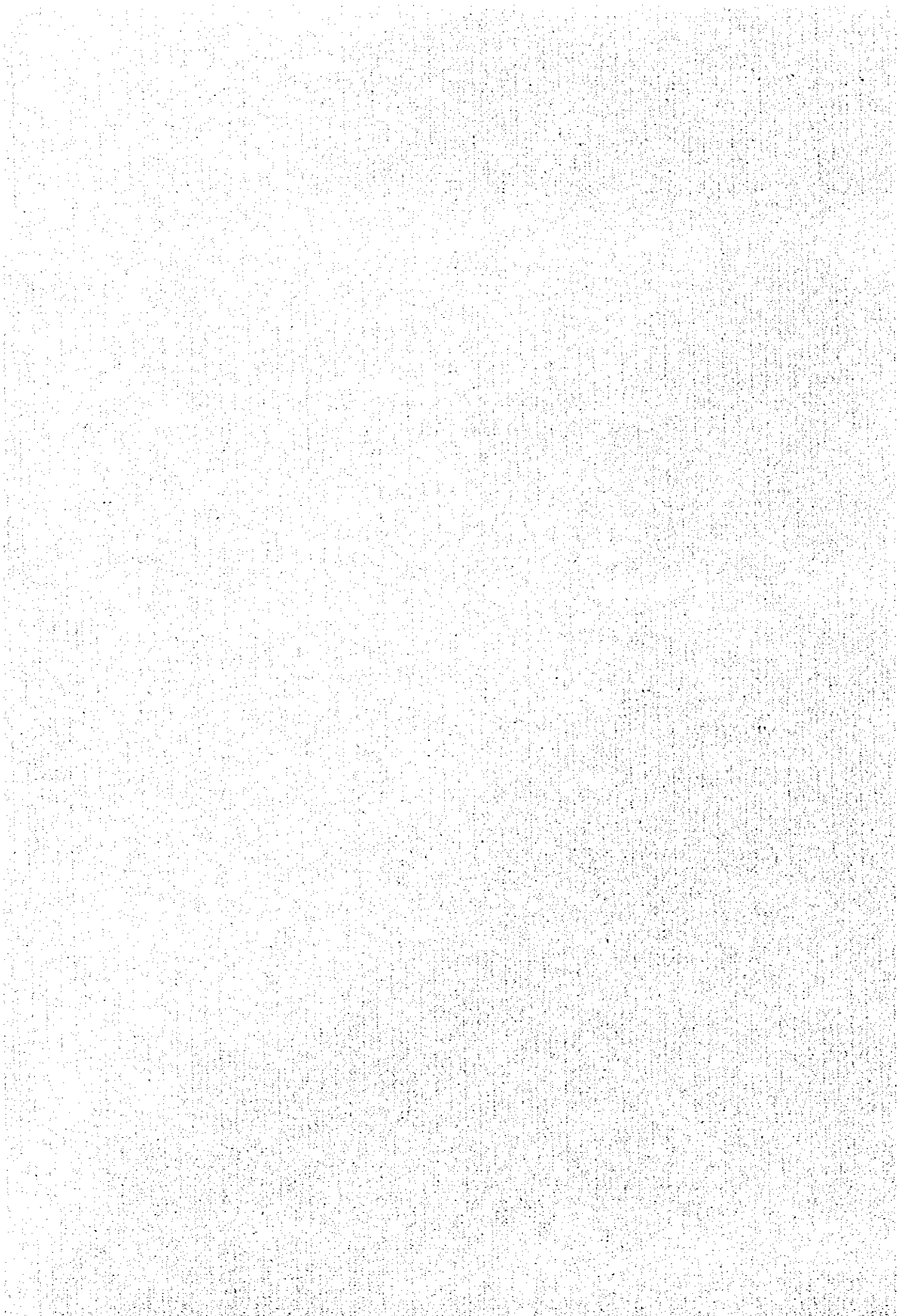
目次

序文

地図

I. 災害概要	1
II. 活動概要	3
III. 活動結果及び提言	5
1. 総括（石井団長）	5
2. 環境分野（根津・渡辺団員）	7
3. 医療分野（富岡・谷口団員）	50
4. 業務調整（橋口団員）	70
卷末資料	
1. 被害状況データ	71
2. 面談者一覧表	72
3. 活動日誌	75
4. 現地報道記事	89
5. 本邦報道記事	102
6. 写真	111

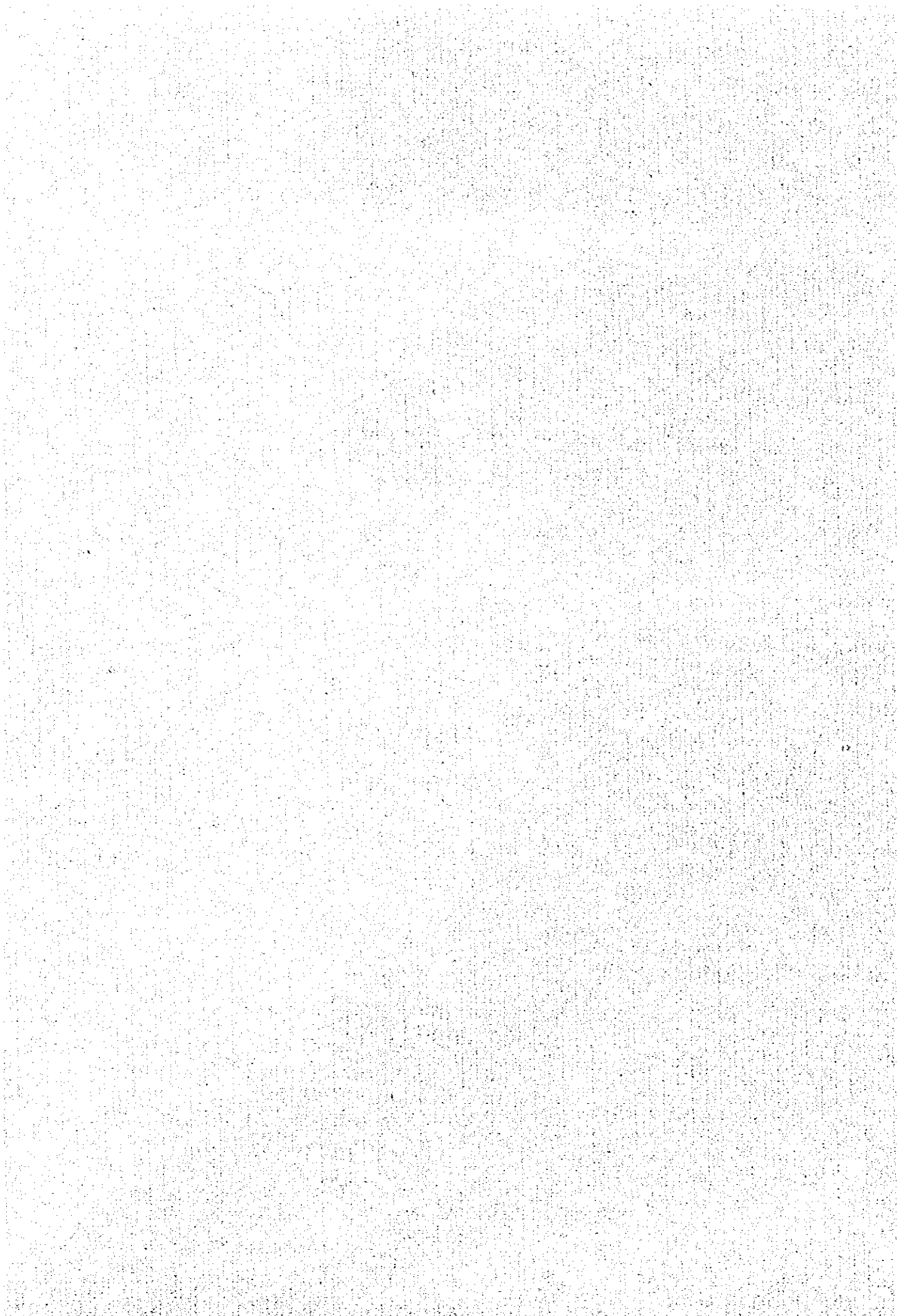
I. 災 害 概 要



1. 災 害 概 要

インドネシア・スマトラ島及びカリマンタン島において、エル・ニーニョ現象から来るインドネシア全域に及ぶ極端な雨不足とこれに伴う森林の異常乾燥、それに加え森林伐採業者による放火等もあり、6月下旬以降、大規模な火災が発生し、コントロール不能の状態に陥った。その結果、特に9月に入り、大量の煙霧がインドネシアのみならず、マレーシアの大部分にも到達し、住民に大きな健康上の影響を及ぼすこととなった。被害の最も甚大な東部マレーシア・サラワク州においては、9月19日に史上初の緊急事態宣言が発出され、学校の休校、航空路線の運休、政府・企業の休業、マスクの着用、工場操業停止等の方策がとられた。

II. 活動概要



II. 活動概要

1. 派遣期間

平成9年9月29日から10月10日まで

2. 派遣地

マレーシア（クアラルンプール、サラワク州クチン）

3. 派遣隊員

- | | | | | |
|-----|-------|---------|------------------------------|------|
| (1) | 石井 健 | (団長・総括) | 外務省アジア局南東アジア第二課 | 課長補佐 |
| (2) | 冨岡 譲二 | (医療) | 日本医科大学付属多摩永山病院
救命救急センター | 医局長 |
| (3) | 谷口万紀子 | (医療) | 大阪府済生会中津病院 | 医師 |
| (4) | 根津 豊彦 | (環境測定) | 財団法人日本環境衛生センター
環境科学部計測技術課 | 課長代理 |
| (5) | 渡辺 一朗 | (環境測定) | 財団法人日本環境衛生センター
環境科学部計測技術課 | 主任 |
| (6) | 橋口 祐子 | (業務調整) | 国際協力事業団東北支部 | 職員 |

4. 派遣目的

- (1) 被災状況及び援助ニーズに関する調査
- (2) 環境及び医療面に関する助言及び技術指導

5. 活動概要

- | | |
|-----------|--|
| 9月29日(月) | 成田空港にて結団式の後 MH 071 便にてKL着。
ホテルにて日本大使館田良原参事官、JICA 事務所西牧所長他
と打ち合わせ |
| 9月30日(火) | 午前 科学技術環境大臣表敬
マ側関係者と今後の活動計画につき協議
午後 調査資料の作成、携行機材等の準備 |
| 10月 1日(水) | 午前 KL発 クチンへ移動(当初予定便MH2682が遅延、
キャンセルのため、MH2564便に変更、13:20発)
午後 サラワク州副知事以下関係者との協議。夕刻より州知事
邸を表敬訪問 |
| 10月 2日(木) | (医療班) クチン市内中学校にて終日サンプリング調査を実
施(問診票の記入、呼吸器機能検査及び診察)。
診察においては、特段ヘイズによる呼吸機能障害
等はみられなかった。 |

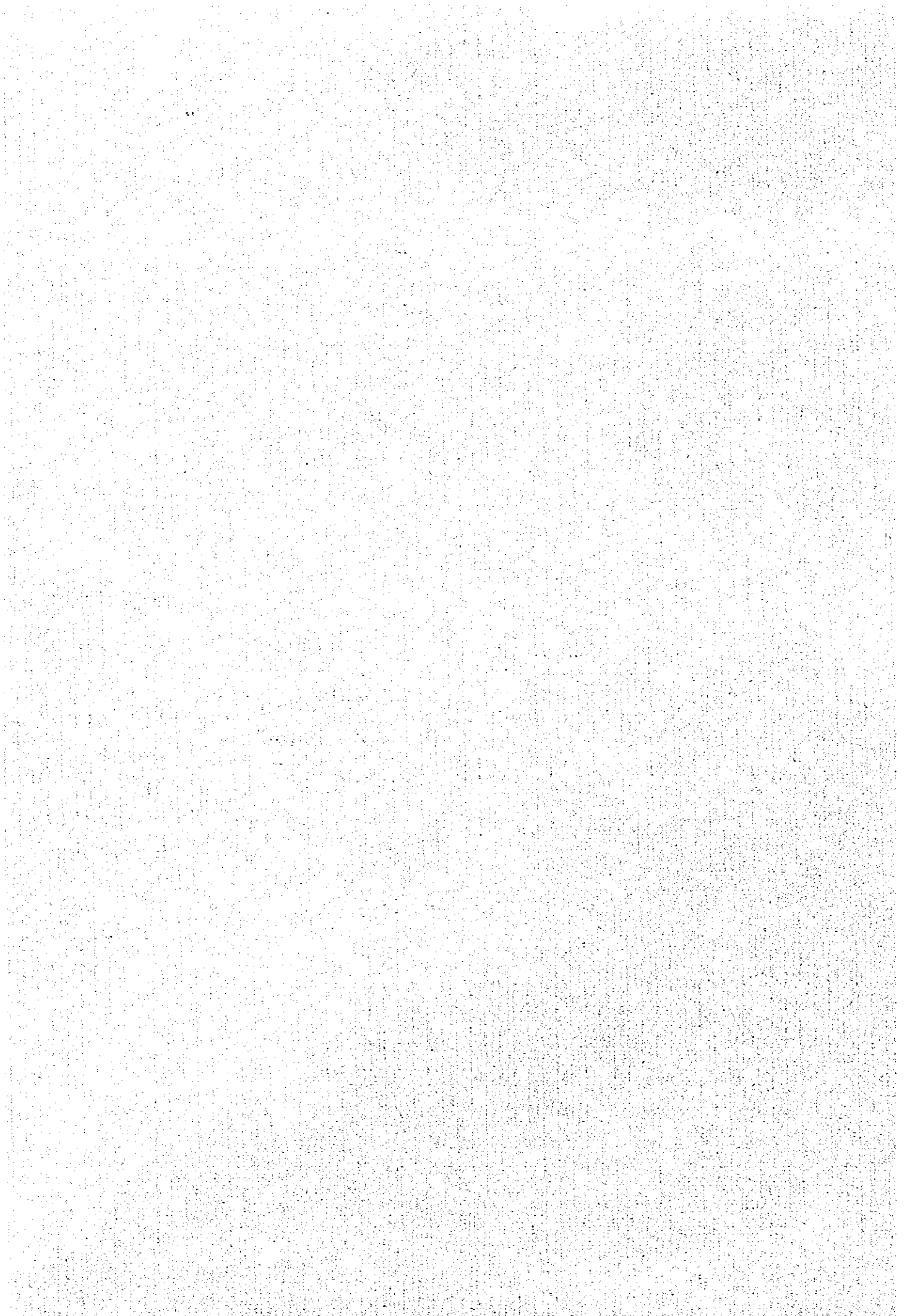
(環境班)

- | | |
|----|---|
| 午前 | 医療班と共に、クチン市内中学校にてサンプリング調
査実施(大気汚染測定装置=ドジチューブ、及びディ
テクターによる測定)。 |
| 午後 | 気象庁の観測所にて観測状況等の調査。機材、観測体制
等については問題ないことが確認された。 |

*中学校におけるサンプリング調査では、マスコミの取材多数あり。

- 10月 3日 (金) 午前
(医療班) サラワク州保健局にて打ち合わせ後、サラワク総合病院、市内クリニックを訪問し関係者と協議。各病院においても、ヘイズによると思われる患者の処置は適切に行われていたことを確認した。
- (環境班) サラワク州環境局、同観測所にて調査及び協議。昨日の気象観測所と同様、機材、観測体制等適切であることを確認した。
- 午後 サラワク州庁舎にて、副知事他の関係者に対し、今回の調査への協力に対し専門家チームより感謝の意を表すると共に、大気汚染測定機器等の供与を実施した(マスコミの取材多数あり)後、KLに移動(MH2625)。
- 10月 4日 (土) 午前
(医療班) 保健省にて調査及び協議。今回のヘイズ対策のために派遣されたWHOの短期専門家等も交えたミーティングとなった。
- (環境班) 環境庁にて調査及び協議。環境分野においては、機材、観測体制が適切である旨確認されているため、KLにおけるデータの解析方法等が今後の調査の焦点となった。JICA事務所にて、調査結果の整理及び今後の活動計画に関する打ち合わせ。
- 午後
- 10月 5日 (日) 終日 JICA事務所にて資料整理、レポート作成。
- 10月 6日 (月) 終日 KL市内中学校にてクチンと同様のサンプリング調査を実施。マスコミの取材複数あり。ヘイズによる呼吸機能障害等は診られなかった。環境班のみ途中から化学庁を訪問。協議及びラボの見学。
- 10月 7日 (火) 午前
(医療班) KL市内の日本人学校にてサンプリング調査を実施。
- (環境班) 既に昨日KL市内の対汚染測定を実施済のため、教職員等からの質疑応答のみに対応した。
- 午後 JICA事務所にて英文レポート作成。
(ただし、石井団長、富岡団員、根津団員は日本大使館にておこなわれた日本人安全対策協議会(11:30~14:00)に出席し、ヘイズ問題にかかる参加者との質疑応答に対応した。
- 10月 8日 (水) 終日 英文レポート作成。
- 10月 9日 (木) 午前
午後 科学技術環境大臣他マ側関係者にレポートを提出
関係者への報告、及び機材等の仕分け・処理後、JL724便にて帰国。
- 10月10日 (金) 午前 成田到着後、帰国報告及び解団式

Ⅲ. 活動結果及び提言



III 活動結果及び提言

1. 総括

1-1 総論

今次緊急援助隊専門家チームは、マレーシアにおける煙霧（ヘイズ）被害に対して派遣されたものであるが、その被害原因がマレーシアの隣国のインドネシアにおける森林火災であったことを勘案すると、我が国からマレーシア及びインドネシア両国に時期を同じくしてそれぞれ専門家チームが派遣されたことは、我が国と両国との友好・協力関係を増進を図る上で、極めて有意義であったと考える。また、各専門家チームによる両国における調査結果を比較、検討し、将来の支援の在り方等について適切にフォローアップし得る観点からも、有意義な派遣であったと思われる。

1-2. 活動と成果

専門家チーム（環境班、医療班）の主たる活動は、環境関係（大気汚染）及び医療関係（ヘイズ関連疾病）の現状に関する評価とそれを踏まえてマレーシア政府当局に対する提言をとりまとめることであった。その活動に時間的制約はあったものの、マレーシア側からの協力（下記参照）、現地 JICA 事務所及び在マレーシア大使館関係者の協力、そして、専門家各位の専門知識と経験等によって、マレーシア政府に対する有用な環状評価と提言（大気汚染観測データの活用方法、中・長期的な健康診断体制の検討等）を盛り込んだ報告書（英文）を提出することができた。また、専門家チームの活動及びその報告に対しては、マレーシア政府代表たるラウ科学、技術、環境大臣から直接謝意表明がなされた。

煙霧被害地への派遣であったため、チーム各位の病気や事故等の不慮の事態も心配されたところ、過労や熱帯性気候（室内外の温度差）により体調を崩すことはあったが、全員無事に任務を果たし帰国することができた。

1-3. マレーシア側からの協力等

専門家チームが活動する上で、マレーシア関係当局からの協力は不可欠であったところ、訪問地たるクアラ・ルンプール及び地方のクチン（サラワク州）において、派遣要請当局（科学・技術・環境省）のみならず、保健省、州政府、病院等の関係機関や学校（生徒の肺機能及び大気汚染度のサンプリング調査を実施）からも積極的な協力を得られた。

なお、ラウ科学・技術・環境大臣より、マレーシア国民にもならず邦人を含む同国在留外国人も煙霧により被災していることを憂慮している旨の発言がなされたことを踏まえて可能な範囲で、在留邦人代表への調査状況の説明（正確な情報を欠いていることにより不安も解消）及び日本人学校でのサンプリング活動（現地校との調査比較）も実施した。

1-4.広報

我が国による支援として専門家チームの活動が現地において正当に評価される必要があるとの観点から、現地プレス（新聞、テレビ）からの取材要請にはチームの活動の妨げにならない範囲で積極的に対応した。その結果、チームの活動振り等が全国版のテレビ・ニュースで報道された他、新聞では特に地方部（サワラク州）において大きく取り上げられた。右報道振りは、現地における被害状況の深刻さと我が方の支援活動に対する関心の高さを示すものであった。

1-5.気付きの点等（英文報告書の作成）

調査と提言を主たる任務とする専門家チームの活動が派遣要請国側に評価されるためには、活動の成果として充実した英文報告書を提出することが肝要であり、そのためには、報告内容が充実していることは勿論のこと、英語の正式文書として運用することにも留意する必要があると考える。

今次派遣時には、英語を特に専門とするメンバーがいなかったため、各専門家により起案された英文報告内容を現地 JICA 事務所の協力を得て、取りまとめ、更に在マレーシア日本大使館の支援も得て、英文の報告書として評価されるものを作成することが出来た。専門家チームや関係者にとって精神的・肉体的に厳しい徹夜の作業となるざるを得なかった右経験から、英文報告書の作成体制が十分検討される必要性を痛感した（例えば、専門家チームの構成と活動、報告書の内容及び現地での支援体制等の状況に応じて、報告書原文（和文）の起案とその英訳作業の分担体制や英訳担当者の現地同行の必要性等について検討してみることも一案と思われる）。

以上

2. 環境分野

1. 1 はじめに

インドネシア・スマトラ島及びカリマンタン島においては、極端な雨不足とこれに伴う森林の異常乾燥、それに加えて森林伐採業者による放火等もあり、6月下旬以降大規模な火災が発生し、コントロール不能の状態に陥っている。その結果、特に9月に入り大量の煙霧がインドネシアのみならず、マレーシアの多くの地域にも到達しており、重大な大気汚染が発生している。この煙霧による影響は人の健康に対して重大な影響を及ぼしているばかりでなく、視界不良による空港閉鎖、学校の休校、工場休業などの事態も発生している。またこの深刻な大気汚染状況は、日射量に対しても重大な影響を及ぼしており、長期化した場合には、さらに農作物や生態系全体に対する影響を及ぼすことが懸念されるなどの異常な事態となっており、大気汚染状況の把握と対策を緊急に講じる必要がある。

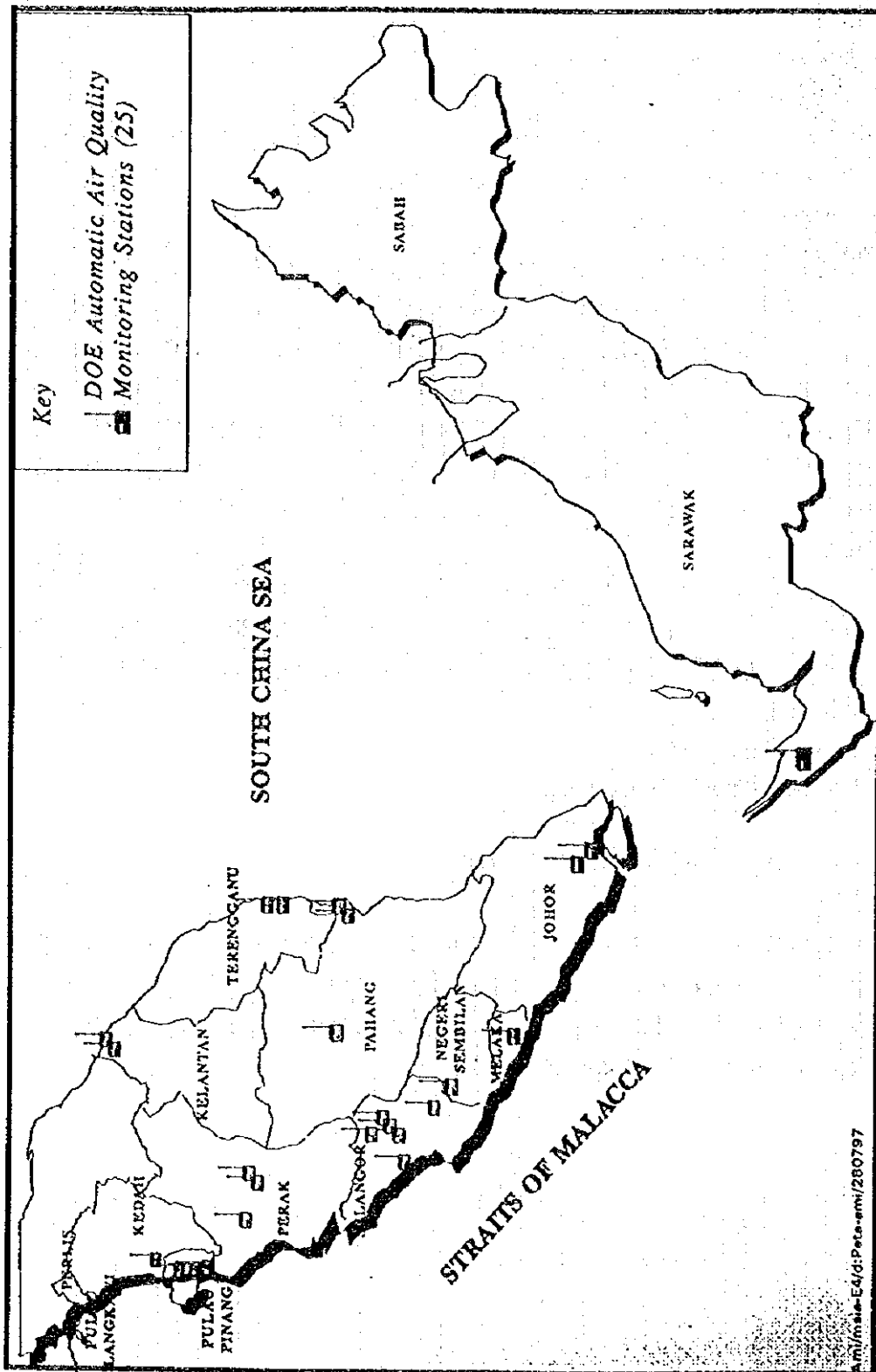
本緊急援助隊の大気汚染専門家チームは、マレーシア内で最も深刻な大気汚染が生じたクチンと首都クアラルンプールにおいて、大気汚染測定所の調査をするとともに、最も深刻な大気汚染の生じた9月下旬の大気汚染状況についての調査結果を中心に報告する。

1. 2 大気汚染の監視状況

1. 2. 1 ASMA 大気汚染測定所

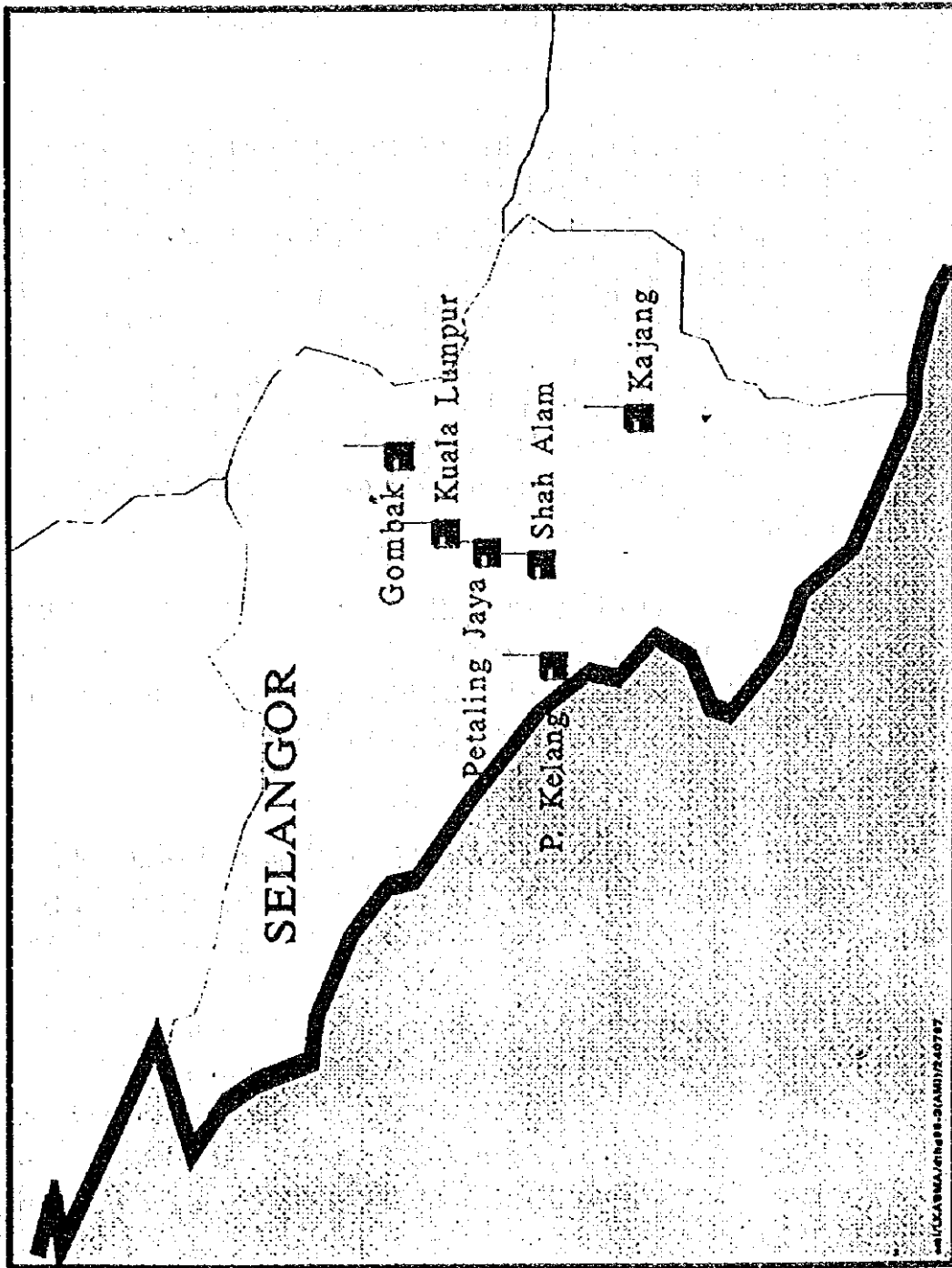
(1) 測定項目

マレーシア政府では、大気汚染状況を的確にモニターするための大気汚染測定所の整備に力を入れており、1996年からはマレーシア国内26地点でASMA大気汚染測定所及びDOE大気汚染測定所において測定が開始されている。大気汚染測定所の配置図を図1-1に示す。



Malaysia: Location of Automatic Air Quality Monitoring Stations (July 1997)

図1-1 (1) マレーシア国内の大気汚染測定所の配置



Klang Valley: Locations of Automatic Air Quality Monitoring Stations (July 1997)

図1-1 (2) SELANGORにおける大気汚染測定所の配置図

大気汚染測定所では、PM-10¹⁾(粒子径10ミクロンにおいて50%のカット特性を持つ微小粒子)、SO₂(二酸化硫黄)、NO₂(二酸化窒素)、NO(一酸化窒素)、NO_x(窒素酸化物、二酸化窒素と一酸化窒素の合計)、O₃²⁾(オゾン)、CO(一酸化炭素)、CH₄(メタン)及びNMCH(非メタン炭化水素)の9成分の大気汚染物質と、風向、風速、気温の3要素について、自動測定を行っている。

測定している上記の9成分の大気汚染物質の種類は、一般的な大気汚染のモニタリング項目として十分なものといえる。

測定機器は、最新の機器が設置されており、全ての測定機器は、US EPAに準拠したものであった。

以上述べたとおり、通常の大気汚染物質の測定を行う上では、十分な項目の選択と高水準の機器が整備されていた。

さらに追加することが望ましい測定項目としては、今後HAZEの解析をしていく上で浮遊粉じん中の化学成分の測定は非常に重要となることから、PM-10のフィルタ採取装置のASMA全測定局への整備と化学成分分析を行う体制のさらなる充実が挙げられる。

注1) 日本における浮遊粒子状物質の測定は、10ミクロンで100%のカット特性をもつ微小粒子で行われている。

注2) 日本では、光化学オキシダントとして測定している。そのほとんどの成分はオゾンであるが、PAN等も同時に測定される。

(2) メンテナンス体制

メンテナンスは、2週間に1回ASMAの技術員が、各測定局を訪れて行っている。今回我々が調査を行った測定所において対応した技術員は、十分な訓練と知識を持ち通常のメンテナンスを行うための技術を持っていると考えられた。

自動測定器の日常の管理としては、標準ガスによる動的キャリブレーションを24時間に1回行っており、感度チェックの体制も十分である。

使用していた、標準ガスは、SCOT社製のSO₂、NOおよびCO混合標準ガス、およびメタン、プロパン混合標準ガスであり、いずれもトレーサビリティが確保されたもので、測定値の国際比較を行う上でも満足できる精度保証体制となっていた。

(3) 測定値の公表

測定値は1時間値として計測され、すべてのデータは各大気汚染測定所内

にあるコンピュータシステムによりデータ処理がなされ、クアラルンプールにあるASMA本社およびDOE (Depart of Environment)のオフィスにつながっており、任意の測定結果をコンピュータシステムで表示、集計できるシステムが構築されている。

また、機器にトラブルが発生した場合には、オンラインシステムへの警報信号が入り、トラブル発生時の連絡体制も整っていた。

このように、測定値は、全てコンピュータによるオンラインシステムで通信できるネットワークが構築されており、リアルタイムで、マレーシア全土の状況が把握できる。

また、HAZE汚染が顕著となる時期には、新聞、TV等のマスメディアを通じて一般国民に対する、大気汚染情報として Air pollution index (API) という人の健康への影響を考慮した指数が公表されており、一般市民への情報提供も十分に行われている。

APIへの換算をしている汚染質は、PM-10, SO₂, NO₂, O₃ およびCOの5種類であるが、一般に公表している数値は、それぞれの汚染物質をAPIに換算した結果、最も数字の大きいもののみである。

APIは、大気汚染の状態を専門知識のない一般市民が簡単に把握できる指標として、その有効性は高い。APIの算出方法については参考のため資料編に示した。

このように、現在マレーシアにおける測定データの通信システムとその情報提供の体制は良く整っており、十分に国際的に通用するシステムが構築されていたがさらにより改良するための課題としては、以下の項目が挙げられる。

- a) 現在用いているAPIは、各汚染物質のうち最も大きな数値であるが、実際には他の汚染物質とも複合的に作用する恐れがあることから、将来的にはこれを加味した指標を開発していくことが望まれる。
- b) APIは、あくまで指標値であることから、測定値をそのまま表示する態勢も併せて整える必要がある。
- c) 大気汚染状況の公表は、前日の状況として公表されているが、特に今回のような緊急時においては、事前の汚染予報システムの構築、リアルタイムの情報と、人々の健康への影響を防御するための具体的な対処方法についての情報を提供できるシステムの構築が必要である。

(4) 重大な大気汚染発生時の対応

9月に発生したHAZEの非常時にはクチンのASMA測定局では技術員が24時間常駐の管理をしており、非常によいサポート態勢がとられていた。

重大な大気汚染発生時のデータは、今後の短期的、長期的な人の健康への影

響や大気汚染の状況を解析する上で極めて重要である。

この時、測定器は全て異常無く作動していることは確認されている。しかし、今回の大気汚染の濃度は、測定器のメーカーでも想定していない、異常な高濃度であったことから、測定への妨害物質の存在、キャリブレーション、測定可能範囲の超過等の問題が生じている可能性がある。

このため、今回の様な異常事態時の、測定値への影響について、検討しておく必要がある。

1. 2. 2 PM中の化学成分分析

大気汚染測定は、ASMAだけではなく気象庁でも行われている。

今回調査を行った気象庁管轄の測定局では、PM-10の自動測定およびTSP（総浮遊ふんじん）のフィルター採取を定常的に行っている。

ここでは、浮遊ふんじんに関して、非常に充実した測定が行われており、PM-10の測定には、TEOM法が採用されていた。本方式は、PM-10の自動測定方法として現在最も信頼できる機器の一つといえる。

浮遊ふんじんの採取は、ハイボリウムエアサンプラーによるTSPとダイコトマスサンプラーを用いたPM-2.5、PM-10の2種類で行っている。

ダイコトマスサンプラーは今回のHAZEによる重大な汚染の解明のために導入したもので、的確な機種選択であるといえる。

これらのフィルター採取したPM中の化学成分分析は、大気汚染状況の解析や人への影響についての重要な情報を提供してくれる。

マレーシアでは、このサンプルの全てをクアラルンプールのDOCで測定している。DOCでは、ICP-MS法、原子吸光法によるクロム、ニッケル、カドミウム等10種類程度の金属成分、GC-MSによるベンゾaピレン、イオンクロマトグラフによるアニオン成分の分析が現在行われている。

DOEに設置している分析機器類は、最新のタイプであり、今後の研究を行う上で、十分な性能を持っていると考えられる。

これらの情報は、健康への影響が懸念される化学物質の測定および各種発生源寄与率推定手段としてさらに充実した活用ができる可能性がある。一例としては、有害化学物質として現在ベンゾaピレンの測定が開始されているが、ほとんど同じ手法によりベンゾaピレン以外の多環芳香族炭化水素類の分析を行うことも可能であることから、さらに多くの情報を得ることが可能と考えられる。

また金属成分の測定は、健康への影響をモニターする以外にも各種発生源の寄与率推定を行う手段としても有効となりうる。

特にクアラルンプールでは、今回の森林火災の影響以外にも、常習的な大気

汚染の問題は深刻化している。また、今年のように大規模ではないが、毎年野焼きによる大気汚染の影響を大きく受けていることから今後有効な大気汚染対策を行う上でも、発生源別の寄与率を推定方法を開発することは重要である。この手法としてはマレーシアとインドネシアのエミッションデータから計算によって発生源の寄与を Chemical Mass Ballance (CMB) Model により推定する方法が最も有効と考えられるがこの場合、各種発生源における Emission data が必要となる。

この発生源データを完備するにはさらに様々な調査が必要となることから、最初に行うラフなデータ解析として、過去数年における月変動と今回のデータを比較したときの増加量を寄与濃度と考え、平常時と比較することにより、寄与の増大を推定することが有効な手段と考えられる。

またダイコトマスサンプラーによる粒子状成分の粒径別成分の情報も今後の極めて重要な情報となる。

1.3 緊急時の大気汚染状況

1.3.1 環境基準

マレーシアでは、大気汚染についての Recommended Guideline を定めている。

マレーシア、日本、アメリカの環境基準を表1に示す。

環境基準の項目は各国で大きな違いはない。また基準値については日本の基準は全体に厳しく、マレーシアのガイドライン値はアメリカの環境基準により近いものといえる。

1.3.2 緊急時の大気汚染濃度

マレーシアにおいて、最も被害が大きかった9月下旬の汚染状況について PM10, SO₂, CO, NO₂ の4成分の日平均濃度の変動を図2に、各汚染質の日平均値及び一時間値の最高、最低濃度を表2～5に、マレーシア環境ガイドライン値を超過した一時間値の時間数をまとめて表6に示す。ここでは、森林火災の影響を最も大きく受けたクチン、首都のクアラルンプール及び比較的森林火災の影響を受けていない対照地域としてコタキナバルの3地点について示した。

今回の森林火災の影響を最も大きく受けた汚染物質は、PM10である。

特に9月22日は、特に汚染が激しく、クチンにおける PM-10 濃度は、日平均値 852ug/m³, 1時間平均値の最高濃度は、測定器の限界である 1000ug/m³ を越えていたと考えられる。この濃度は、マレーシアの Recommended Guideline である日平均値 150 ug/m³ の7倍以上であることを示している。

森林からの火災により直接排出される汚染物質としては、PM10の他にSO₂、NO₂およびCOが考えられる。

森林火災の影響を大きく受けたクアラルンプール、クチンでは、PM10の

表1 マレーシア、日本、アメリカの環境基準の比較

Ambient Air Quality Guidelines or Standards				
POLLUTANT	AVERAGING TIME	AIR QUALITY GUIDELINES OR STANDARDS		
		MALAYSIA	JAPAN	USA
PM10 (ug/m3)	1 Hour		200	
	24 Hour	150	100	150
	1 Year	50		50
PARTICLES (TSP) (ug/m3)	24 Hour	260		
	1 Year	90		
SULFUR DIOXIDE (ppm)	10 Minute	0.19		
	1 Hour	0.13	0.1	
	24 Hour	0.04	0.04	0.14
	1 Year			0.03
NITROGEN DIOXIDE (ppm)	1 Hour	0.17	0.04-0.06	
	1 Year			0.053
CARBON MONOXIDE (ppm)	1 Hour	30	20	35
	8 Hour	9	10	1
OZONE (ppm)	1 Hour	0.10	0.05	0.12
	8 Hour	0.06		

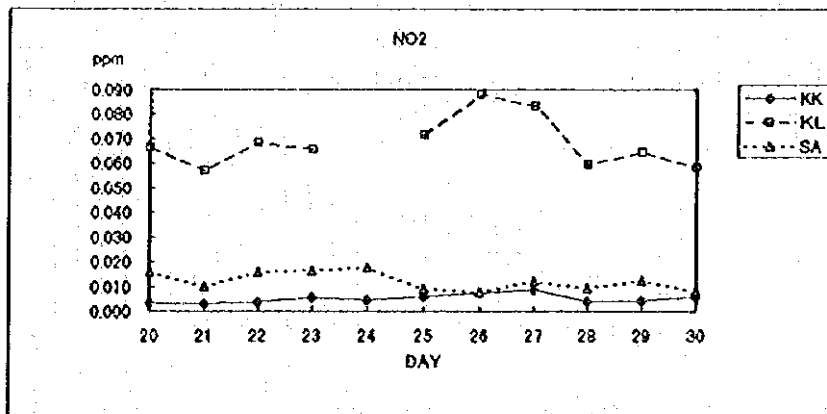
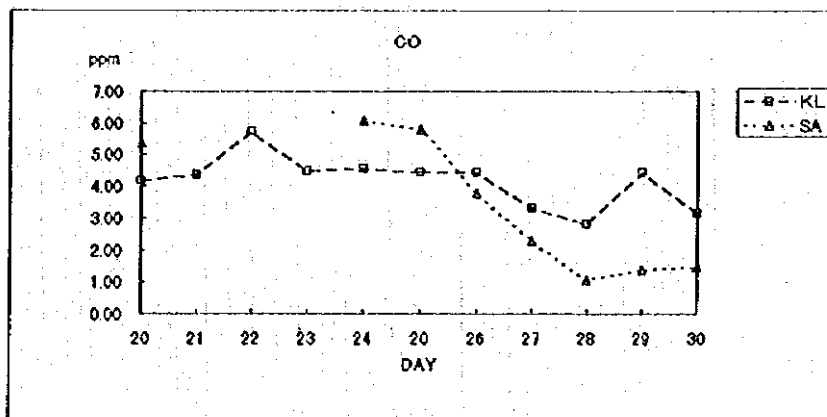
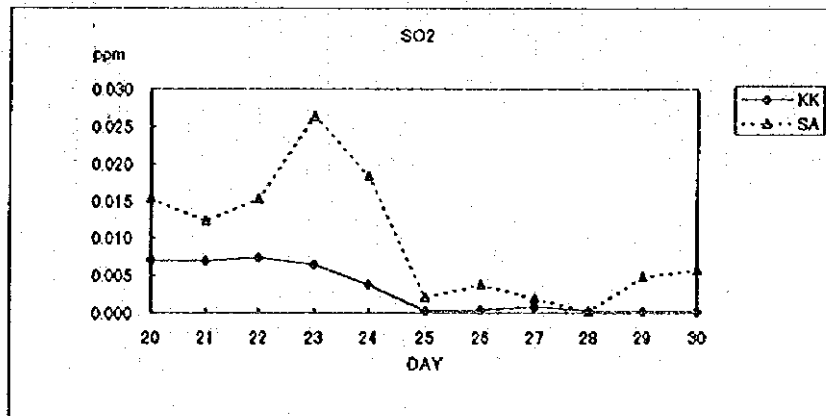
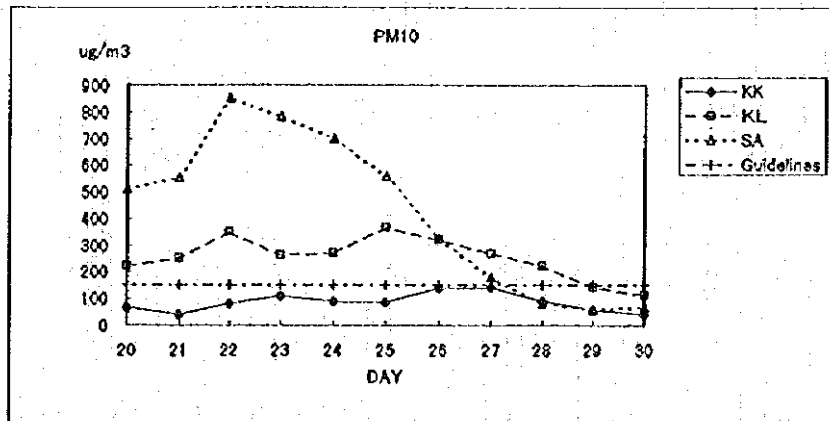


図2 各大気汚染質の日平均濃度の変動

表2 PM10濃度の日平均値及び1時間値の最高、最低濃度

DAILY	Pollutant: PM10			μg/m ³		
	KK	KL	SA	MAX	MIN	AVG
20	66	220	509	509	66	265
21	40	251	553	553	40	281
22	80	349	852	852	80	427
23	109	263	783	783	109	385
24	89	271	699	699	89	353
25	87	366	556	556	87	336
26	139	320	325	325	139	261
27	141	267	179	267	141	196
28	89	221	80	221	80	130
29	57	140	57	140	57	84
30	40	112	66	112	40	73
MAX	141	366	852	852		
MIN	40	112	57		40	
AVG	85	253	424			254

表3 二酸化硫黄の日平均値及び1時間値の最高、最低濃度

DAILY	Pollutant			SO2			PPM
	KK	KL	SA	MAX	MIN	AVG	
20	0.007	NA	0.015	0.015	0.007	0.011	
21	0.007	NA	0.012	0.012	0.007	0.010	
22	0.007	NA	0.015	0.015	0.007	0.011	
23	0.007	NA	0.026	0.026	0.007	0.016	
24	0.004	NA	0.018	0.018	0.004	0.011	
25	0.000	NA	0.002	0.002	0.000	0.001	
26	0.000	NA	0.004	0.004	0.000	0.002	
27	0.001	NA	0.002	0.002	0.001	0.001	
28	0.000	NA	0.000	0.000	0.000	0.000	
29	0.000	NA	0.005	0.005	0.000	0.002	
30	0.000	NA	0.006	0.006	0.000	0.003	
MAX	0.007	-	0.026	0.026			
MIN	0.000	-	0.000		0.000		
AVG	0.003	-	0.009			0.006	

表4 一酸化炭素の日平均値及び1時間値の最高、最低濃度

DAILY	Pollutant: CO			PPM		
	KK	KL	SA	MAX	MIN	AVG
20	NA	4.2	5.3	5.3	4.2	4.8
21	NA	4.4	5.5	5.5	4.4	4.9
22	NA	5.7	UD	5.7	5.7	5.7
23	NA	4.5	UD	4.5	4.5	4.5
24	NA	4.6	UD	4.6	4.6	4.6
20	NA	4.4	5.8	5.8	4.4	5.1
26	NA	4.4	3.8	4.4	3.8	4.1
27	NA	3.3	2.3	3.3	2.3	2.8
28	NA	2.8	1.1	2.8	1.1	1.9
29	NA	4.4	1.4	4.4	1.4	2.9
30	NA	3.1	1.5	3.1	1.5	2.3
MAX	-	5.7	5.8	5.8		
MIN	-	2.8	1.1		1.1	
AVG	-	4.2	3.0			3.8

表5 二酸化窒素の日平均値及び1時間値の最高、最低濃度

DAILY	Pollutant: NO2			PPM		
	KK	KL	SA	MAX	MIN	AVG
20	0.004	0.066	0.018	0.066	0.004	0.029
21	0.003	0.057	0.010	0.057	0.003	0.023
22	0.004	0.068	0.016	0.068	0.004	0.029
23	0.006	0.066	0.016	0.066	0.006	0.029
24	0.005	ND	0.018	0.018	0.005	0.011
25	0.006	0.072	0.009	0.072	0.006	0.029
26	0.007	0.088	0.008	0.088	0.007	0.034
27	0.008	0.083	0.012	0.083	0.008	0.035
28	0.004	0.059	0.009	0.059	0.004	0.024
29	0.004	0.064	0.012	0.064	0.004	0.027
30	0.006	0.058	0.008	0.058	0.006	0.024
MAX	0.008	0.088	0.018	0.088		
MIN	0.003	0.057	0.008		0.003	
AVG	0.005	0.068	0.012			0.027

表6 マレーシア環境ガイドライン値を超過した1時間値の時間数

マレーシア環境基準をオーバーした1時間値の個数

DAY	PM10>150			CO>9		
	KK	KL	SA	KK	KL	SA
20	1	22	24	-	0	0
21	0	16	23	-	3	0
22	3	24	24	-	3	11
23	1	24	24	-	2	24
24	0	17	22	-	0	10
25	0	23	24	-	0	0
26	7	23	22	-	0	0
27	10	24	16	-	0	0
28	0	18	5	-	0	0
29	0	9	0	-	1	0
30	0	3	0	-	0	0

マレーシア環境基準をオーバーした1時間値の個数

DAY	NO2>0.17			SO4>0.04		
	KK	KL	SA	KK	KL	SA
20	0	0	0	0	-	0
21	0	0	0	0	-	0
22	0	0	0	0	-	0
23	0	0	0	0	-	0
24	0	0	0	0	-	9
25	0	0	0	0	-	0
26	0	0	0	0	-	0
27	0	0	0	0	-	0
28	0	0	0	0	-	0
29	0	0	0	0	-	0
30	0	0	0	0	-	0

濃度の上昇とともにCO、SO₂の濃度も上昇していた。特にクチンでは、最も汚染の激しかった9月22～24日にかけては、測定機の定量上限である50ppmを越える高濃度が出現していることがわかり、COについても重大な汚染状況であったことが判明している。またSO₂の濃度の上昇も見られてはいるが、この濃度は直ちに人への影響を考えなければならないような高濃度ではなかった。

今回のデータから見た範囲では、大気汚染に関してマレーシアのRecommended Guideline を越えていた汚染物質は、クアラルンプールでは、PM₁₀、CO、クチンではPM₁₀、CO、SO₂であった。

また今回の森林火災の影響が最も少なかった地点の一つであるコタキナバルでは、各汚染質の濃度ともに目立った上昇傾向は見られなかった。

この報告書では、マレーシアが森林火災の影響を最も大きく受けた、9月下旬の各大気汚染の濃度の現状について調査した結果をまとめたものであるが、このデータは、世界的に見てもあまり例のない高濃度の大気汚染の状況を示していたことから、人の健康に対して短期、長期的な視点で追跡を必要とする。

マレーシアでは、大気汚染モニタリングネットワークが構築されており、またデータの質も高いことから、これらのデータは、今後の解析をする上で十分に役立つと考えられる。

また野焼きによる広域的な大気汚染は、今後とも起こる恐れがあることから、気象データとを用いた、汚染予測システムの開発が必要と考えられる。

このシステムにより、事前に大気汚染に関する警報と防衛手段に関する情報を出すことは、健康被害の未然防止の有効な手段となる。

1.4 提言

今回の調査・分析結果から以下の内容を提言する。

1. 今回の森林火災の影響については大気環境のみならず、水、土壌、生体影響等のを含む全ての環境要素についての継続的な調査・研究が必要となる。
2. 人の健康に関しても短期的な影響、長期的な影響という視点で継続的な調査が不可欠である。
3. 大気汚染に関して、汚染予測システムの開発が必要と考えられる。

このシステムにより、事前に大気汚染に関する警報と防衛手段に関する情報を出すことは、健康被害の未然防止の有効な手段となる。

4. 現在用いているAPIは、各汚染物質のうち最も大きな数値であるが、実際には他の汚染物質とも複合的に作用する恐れがあることから、将来的にはこれを加味した指標を開発していくことが望まれる。
5. APIは、あくまで指標値であることから、加工していない濃度測定値を提供するシステムも併せて整える必要がある。
6. 大気汚染状況の公表は、前日の状況として公表されているが、リアルタイムの情報と、人々の健康への影響を防御するための具体的な対処方法についての情報を提供できるシステムの構築が必要である。
7. 今回の大気汚染の濃度は、測定器のメーカーでも想定していない、異常な高濃度であったことから、測定への妨害物質の存在、キャリブレーション、測定可能範囲の超過等の問題が生じている可能性があることから測定値への影響について、検討しておく必要がある。
8. 浮遊粒子状物質中の化学成分分析は、大気汚染状況及び人の健康影響を解析する上で有用な手段となる。

以上

資料編

資料1. クチン・クアラルンプールにおける実測調査結果

今回の緊急援助隊の活動では、機動性のある大気汚染測定装置を携行し、クチン、クアラルンプール市内において大気汚染状況の実測調査も行っている。

測定は、クチンでは10月2日から3日にかけて、クアラルンプールでは10月6日から7日にかけて、いずれも市内の中学校の協力を得て大気汚染状況の実測を行った。

測定した汚染質は、浮遊粒子状物質、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の4項目で、浮遊粒子状物質については連続測定、一酸化炭素については検知管を用いた測定を行った。また二酸化窒素、二酸化硫黄については、分子拡散を利用したパーソナルモニターを採用し、今回医療班がサンプリング調査を行った中学校の生徒を対象に、24時間の個人別暴露量の調査を実施した。

また、ミドルボリウムエアサンプラによる大気ふんじんの採取及びふんじん中の化学成分分析も実施した。

以下に、使用した測定器の概要と調査内容を示す。

1. 調査に用いた測定器の概要

a) 浮遊粒子状物質の測定

機種名： デジタル粉じん計 P-5H型 柴田科学機械工業株式会社製

測定原理： 散乱光方式に基づく相対質量濃度

検出感度： 0.001 mg/m³ で 1 CPM

出力： 10分ごとにカウント数として別の記録計により出力

電源： 乾電池で動作可能

重量： 3.1 kg

大きさ： W202 D84 H187

概要： 暗室内に浮遊するふんじんに光を照射したときに、ふんじんの物理的性質が同一条件であるとき、ふんじんによる散乱光量は質量濃度に比例する。この原理を応用して浮遊ふんじんの相対濃度を散乱光量の積算値として表示する機器である。質量濃度に変換するためには、濃度換算係数を求めて換算する必要がある。ここでは一般的に用いられている校正値に基づき 0.001 mg/m³ で1 CPMに換算して濃度を表示した。

測定：測定は、機器の採気口を地上約1.5mとなるように設置し24時間の連続測定を行った。

b) 二酸化窒素

名称： フィルターバッジ NO₂ 東洋濾紙株式会社製

概要： 大気中の二酸化窒素を捕集する

目的のパーソナルサンプラとして一般的に用いられているサンプラーである。フィルターバッジの構造を図に示す。トリエタノールアミンを浸み込ませたろ紙上にポリプロピレンフィルターを乗せバッジケースに入れたもので、雨、風等に影響されにくく大気に暴露するだけで定量的に二酸化窒素の捕集が

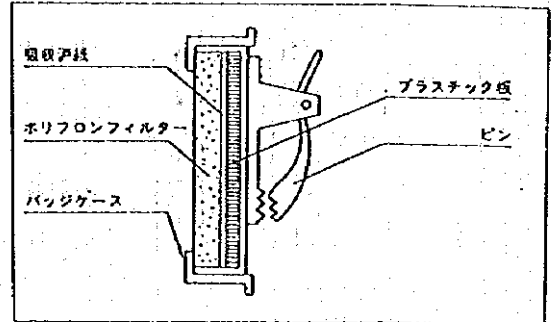


図 フィルタバッジの構造

可能となる。捕集後のサンプラーは、日本に持ち帰り、トリエタノールアミン含浸ろ紙に捕集された二酸化窒素を亜硝酸イオンとして、比色法により定量して、大気中の二酸化窒素濃度を算出する方法である。

測定： 医療班のサンプリング対象とした生徒の衣服にバッジをつけ24時間大気に暴露した。

c) 二酸化硫黄

名称： バッシブドジチューブ SO₂ 株式会社ガステック製

概要： バッシブドジチューブは、気体の自然拡散を利用して平均気体濃度を測定する長時間用のガス検知管である。図のように拡散誘導体と検知剤を平行に挿入することにより、気体の拡散速度を一定にする機能を持ち、濃度は検知剤の変色域により直接測定することかできる。ホルダーを用いて直接衣類等

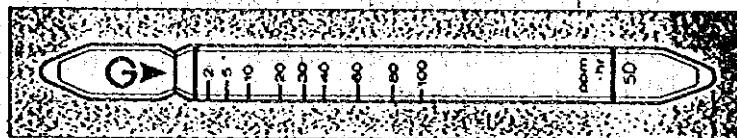


図 バッシブドジチューブの構造

に取り付けることができ簡易的なパーソナル検知管として使

用されている。

測定 : 医療班のサンプリング対象とした生徒の衣服にパッシブドジチューブをつけ24時間大気に暴露したあと、検知管の変色により直接濃度の計測を行った。

d) 一酸化炭素

名称 : 検知管 CO 株式会社ガステック製

概要 : 検知管は一定内径のガラス管にCOと反応して変色する粒状の検知剤を充填したもので、100~200mlの試料大気を直接吸引して使用する。濃度は検知剤の変色域により直接測定することかできる。

2. 浮遊ふんじんの採取とふんじん中の化学成分分析

a) 浮遊ふんじんの採取

浮遊ふんじんの捕集は、ミドルポリウムエアサンプラーに石英繊維性フィルター(パールフレックス社製2500QAT-UP 直径100mm)を装着し、毎分約500lの吸引速度で24時間行った。

b) 浮遊ふんじん濃度の測定

捕集フィルターは、気温20℃、湿度50%の恒温恒湿条件で48時間放置して恒量とした後秤量した。

浮遊ふんじん濃度は、試料大気の捕集前後の重量差を吸引量で除して求めた。

c) 浮遊ふんじん中の化学成分

1) 分析成分

浮遊ふんじん中の化学成分について以下の項目について分析を行った。

炭素成分 : 総炭素、揮発性炭素成分(有機炭素)、不揮発性炭素成分(無機炭素)

金属成分 : アルミニウム(Al), 銅(Cu), マンガン(Mn), バナジウム(V), ヒ素(As), コバルト(Co), クロム(Cr), 鉄(Fe), ニッケル(Ni), セレン(Se), 亜鉛(Zn), カドミウム(Cd), 鉛(Pb), スカンジウム(Sc)

水溶性イオン成分 : 塩化物イオン(Cl⁻), 硝酸イオン(NO₃⁻), 硫酸イオン(SO₄²⁻)

ナトリウムイオン(Na⁺), アンモニウムイオン

(NH₄⁺), カリウムイオン (K⁺), カルシウムイオン (Ca²⁺)

多環芳香族 : ベンゾ(a)ピレン, ベンゾ(k)フルオランテン, ベンゾ
炭化水素類 (ghi)ペリレン

2) 分析方法

1. 炭素成分の分析

1-1 概要

試料フィルタを10mmφのポンチで打ち抜き、その2枚をサンプルとした。

炭素類の測定は、不活性ガス (He) 中600℃で処理したときに揮発する成分を有機炭素、残存した成分を無機炭素と定義して分析を行った。

1-2 有機炭素

有機炭素の測定には、元素分析計を用いた。

分析条件は、次のとおりである。

分析機器 : 株式会社 柳本製作所製 CHNコーダ
MT-5型
試料分解 (前処理) 温度 : 450℃ (5分間)
酸化炉温度 : 850℃
還元炉 : 550℃
ポンプ恒温槽温度 : 55℃
検出器恒温槽温度 : 100℃
ヘリウムガス流量 : 200ml/min
酸素流量 : 0ml/min
ブリッジ電流 : 80mA

1-3 無機炭素

無機炭素の測定には、有機炭素の測定終了後の試料を用い、CHNコーダMT-5で行った。

有機炭素との分析条件の相違点は、次のとおりである。

試料分解温度 : 850℃
酸素流量 : 20ml/min

1-4 総炭素

有機炭素と無機炭素の合計量を総炭素とした。

2. ICP-MS分析による金属類の分析

2-1 試料のカット量

フィルターの1/2量を加圧分解容器に入れ、超高純度試薬（多摩化学工業製）ふっ化水素酸3 ml 及び硝酸5 ml を加えて分解を行い、内標準としてインジウムを添加したものを分析用試料とした。

2-2 分析条件

以下に示す条件で分析を行った。

分析元素及び分析質量数：	アルミニウム (Al)	27
	銅 (Cu)	65
	マンガン (Mn)	55
	バナジウム (V)	51
	ヒ素 (As)	75
	コバルト (Co)	59
	クロム (Cr)	52
	鉄 (Fe)	57
	ニッケル (Ni)	60
	セレン (Se)	82
	亜鉛 (Zn)	66
	カドミウム (Cd)	114
	鉛 (Pb)	208
	スカンジウム (Sc)	45

分析機器	: HEWLETT PACKARD 社製 ICP-MS HP-4500
標準液	: SPEX 社製混合標準液 XSTC-107 (金属元素30種混合標準液), XSTC-1 (希土類元素等16種混合標準液) 関東化学株式会社社製 アンチモン標準液 (化学分析用)
RFパワー	: 1200W
ガス	: アルゴン プラズマ 15 l/min キャリア 1.28 l/min 補助 1.0 l/min
積分時間	: 質量数毎 0.34 SEC
繰り返し測定回数	: 3回

3. 水溶性イオン成分

3.1 抽出方法

試料の1/6を扇型に裁断し、純水25mlを加えて30分間超音波抽出し、静置した後に、その上澄みをメンブランフィルタで濾過して分析に供した。

3.2 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} の分析方法

イオンクロマトグラフ法により Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} の同時分析を行った。

分析条件は、次のとおりである。

分析機器	: 横河アナリティカルシステムズ社製 イオンクロマトアナライザIC7000シリーズII
分離カラム	: エクセルバック ICS-A23
除去システム	: 陰イオンエレクトロサプレッサ ELS-SA1
溶離液	: 0.0030M 炭酸ナトリウム溶液
溶離液流速	: 1.0ml/min
サンプル量	: 50 μ l

3.3 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} の分析方法

イオンクロマトグラフ法により Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} の同時分析を行った。分析条件は次のとおりである。

分析機器	: 横河アナリティカルシステムズ社製 イオンクロマトアナライザIC7000シリーズII
分離カラム	: 陽イオン分離カラム イオンバック CS12
サプレッサー	: オートサプレッサー CSRS-1 4mm
溶離液	: 18mM メタンスルホン酸溶液 ($\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$)
溶離液流速	: 1.0ml/min
サンプル量	: 50 μ l

4. 多環芳香族炭化水素類

4.1 抽出方法

試料の1/6を扇型に裁断し、ベンゼン-エタノール(3:1)10mlを加えて30分間超音波抽出した後に遠心分離し、その上澄みを液の一定量を取り窒素を吹き付けて蒸発乾固したものをアセトニトリル溶液に溶解した溶液を分析に供した。

4.2 ベンゾ(a)ピレン、ベンゾ(k)フルオランテン、ベンゾ(ghi)ペリレンの分析方法

HPLC法によりベンゾ(a)ピレン、ベンゾ(k)フルオランテン、ベンゾ(ghi)ペリレンの同時分析を行った。

分析条件は、次のとおりである。

分析機器 : ウォーターズ製HPLCポンプ MODEL510

蛍光光度検出器 MODEL470

分離カラム : ワコーシルPAHs 4.6mm × 250mm

溶離液 : アセトニトリル-水 (85 : 15)

溶離液流速 : 1.0 ml/min

サンプル量 : 20 μ l

検出波長 : 励起波長 365 nm

蛍光波長 410 nm

表1-1 デジタル粉じん計によるSPM測定結果

クチンにおけるSPM測定結果(97.10.2-10.3)

時刻	SPM濃度 ug/m3	時刻	SPM濃度 ug/m3
10時～11時	<20	22時～23時	<20
11時～12時	<20	23時～24時	<20
12時～13時	<20	0時～1時	<20
13時～14時	<20	1時～2時	<20
14時～15時	<20	2時～3時	<20
15時～16時	<20	3時～4時	<20
16時～17時	<20	4時～5時	<20
17時～18時	<20	5時～6時	<20
18時～19時	<20	6時～7時	<20
19時～20時	<20	7時～8時	<20
20時～21時	<20	8時～9時	<20
21時～22時	<20	9時～10時	<20
		日平均	<20
		最高値	<20
		最低値	<20

KLにおけるSPM測定結果(97.10.6-10.7)

時刻	SPM濃度 ug/m3	時刻	SPM濃度 ug/m3
10時～11時	73	22時～23時	60
11時～12時	55	23時～24時	55
12時～13時	103	0時～1時	58
13時～14時	48	1時～2時	67
14時～15時	52	2時～3時	73
15時～16時	45	3時～4時	63
16時～17時	43	4時～5時	58
17時～18時	41	5時～6時	56
18時～19時	52	6時～7時	50
19時～20時	54	7時～8時	56
20時～21時	22	8時～9時	41
21時～22時	57	9時～10時	64
		日平均	56
		最高値	103
		最低値	22

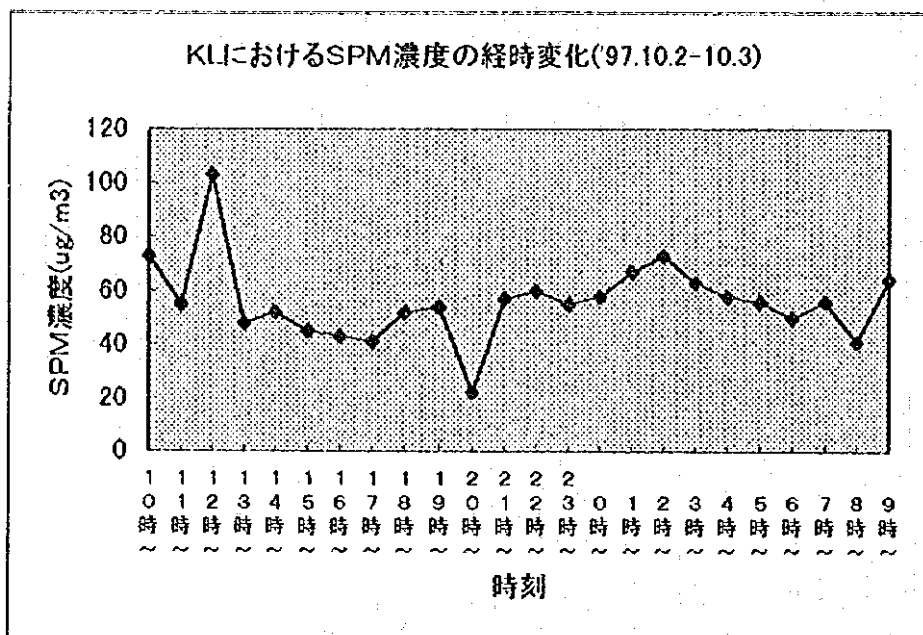


図1-1 KLにおけるSPM濃度の経時変化

フィルターバッチ法による二酸化窒素測定結果

測定地点：クチン

測定日時：'97.10.2-10.3

サンプル NO	測定開始 時刻	測定終了 時刻	測定時間 (日)	吸光度 (ABS)	二酸化窒素 濃度 (ppb)
SW 1	9:42	10:50	1.05	0.1363	7
SW 2	9:30	10:55	1.06	0.1678	9
SW 3	10:00	10:50	1.03	0.1982	11
SW 4	9:38	10:47	1.05	0.109	6
SW 5	10:00	10:55	1.04	0.1896	10
SW 6	10:00	10:55	1.04	0.1799	10
SW 7	9:37	10:50	1.05	0.1585	8
SW 8	10:05	10:55	1.03	0.1702	9
SW 9	9:45	10:47	1.04	0.1766	9
SW10	9:34	10:45	1.01	0.1645	9
SW11	10:05	11:00	1.04	0.153	8
SW12	9:39	10:46	1.05	0.1682	9
SW13換	10:00	10:00	1.00	0.174	10
SW14	9:37	11:50	1.09	0.1481	7
SW15	9:43	10:50	1.05	0.1623	9
SW16	9:35	10:55	1.05	0.1452	8
SW17	9:35	10:55	1.05	0.1848	10
SW18	9:33	10:50	1.05	0.1651	9
SW19	9:42	10:46	1.04	0.2045	11
SW20	9:36	10:55	1.05	0.174	9
SW21	10:05	10:55	1.03	0.1608	9
SW22	9:37	11:49	1.09	0.1497	8
SW23	9:36	10:55	1.05	0.2001	10
SW24	9:37	10:55	1.05	0.1661	9
SW25	9:34	10:55	1.06	0.1937	10
SW26	9:37	10:55	1.05	0.166	9
SW27	9:36	10:45	1.05	0.1915	10
SW28	9:37	10:50	1.05	0.1693	9
SW29	9:33	10:55	1.06	0.143	7
SW30	9:33	10:45	1.05	0.2227	12
SW31	10:05	10:55	1.03	0.1597	8
SW32	10:04	10:48	1.03	0.1569	8
SW33	9:31	10:50	1.05	0.1459	8
SW34	10:05	11:00	1.04	0.156	8
SW35	10:05	10:45	1.03	0.1539	8
SW36	10:05	10:45	1.03	0.1549	8
SW37	10:05	10:55	1.03	0.2196	12
SW38	10:05	10:45	1.03	0.1829	10
SW39	10:05	10:55	1.03	0.2261	12
SW40	9:33	10:05	1.02	0.1599	9
SW41	10:05	10:45	1.03	0.1569	8
SW42	10:09	11:00	1.04	0.1433	8
SW43	10:05	10:55	1.03	0.1528	8
SW44	10:05	10:55	1.03	0.1428	8
SW45	10:05	10:55	1.03	0.1994	11
SW46	10:05	10:55	1.03	0.1502	8
SW47	10:00	10:50	1.03	0.1451	8
SW48	10:00	10:50	1.03	0.2034	11
SW48	10:05	10:55	1.03	0.1525	8
SW49	10:05	10:55	1.03	0.2196	12
SW50	10:00	10:55	1.04	0.1469	8
SW51	10:00	10:55	1.04	0.1617	9
SW52	10:05	10:45	1.03	0.1497	8
SW53	10:05	10:45	1.03	0.1523	8
SW54	*10:05	10:47	1.03	0.1783	10
SW55	10:05	10:55	1.03	0.1618	9
SW56	10:48	10:48	1.00	0.2534	14
				平均値	9
				最大値	14
				最小値	6

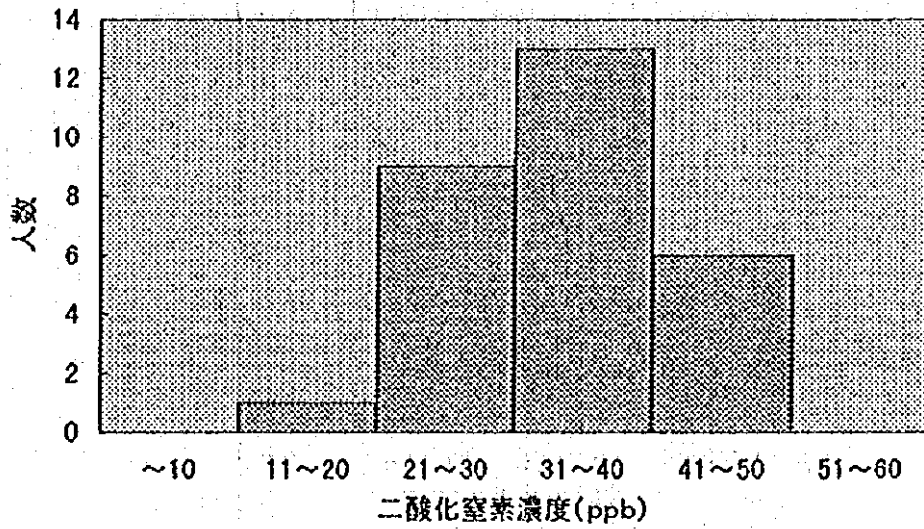
フィルターバッチ法による二酸化窒素測定結果

測定地点：クアラルンプール

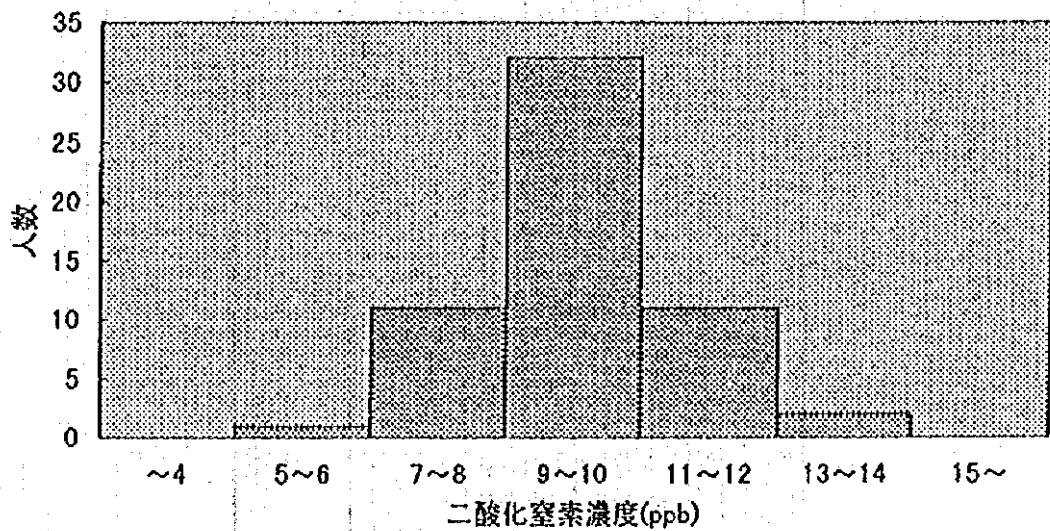
測定日時：' 97. 10. 6-10. 7

サンプル NO	測定開始 時刻	測定終了 時刻	測定時間 (H)	吸光度 (ABS)	二酸化窒素 濃度 (ppb)
KL 1	9:30	10:40	1.05	0.5523	29
KL 2	9:30	10:40	1.05	0.6802	36
KL 3	9:30	10:40	1.05	0.5511	29
KL 4	9:30	10:40	1.05	0.7974	42
KL 5	9:30	10:40	1.05	0.4954	26
KL 6	9:33	10:40	1.05	0.6273	33
KL 7	9:30	10:40	1.05	0.6424	34
KL 8	9:30	10:40	1.05	0.6	31
KL 9	9:30	10:40	1.05	0.5964	31
KL 10	9:30	10:40	1.05	0.7871	41
KL 21	9:30	10:40	1.05	0.4759	25
KL 22	9:30	10:40	1.05	0.653	25
KL 23	9:30	10:40	1.05	0.8029	34
KL 25	9:30	10:40	1.05	0.5089	42
KL 26	9:30	10:40	1.05	0.6099	27
KL 27	9:30	10:40	1.05	0.794	32
KL 28	9:30	10:40	1.05	0.7672	42
KL 29	9:30	10:40	1.05	0.922	40
KL 30	9:30	10:40	1.05	0.5637	48
KL 31	9:30	10:40	1.05	0.6573	34
KL 32	9:30	10:40	1.05	0.5754	30
KL 33	9:30	10:40	1.05	0.5618	29
KL 34	9:30	10:40	1.05	0.6719	35
KL 35	9:30	10:40	1.05	0.7017	37
KL 36	9:30	10:40	1.05	0.6987	37
KL 37	9:30	10:40	1.05	0.5272	28
KL 38	9:30	10:40	1.05	0.5999	31
KL 39	9:30	10:40	1.05	0.338	18
KL 40	9:30	10:40	1.05	0.4578	24
				平均値	33
				最大値	48
				最小値	18

KLにおける二酸化窒素濃度の頻度分布(97.10.6-10.7)



クチンにおける二酸化窒素濃度の頻度分布(97.10.2-10.3)



ドジチューブ法による二酸化硫黄測定結果

測定地点：クチン

測定日時：'97. 10. 2-10. 3

サンプル NO	測定開始 時刻	測定終了 時刻	測定時間 (日)	二酸化硫黄 濃度 (ppb)
SW 1	9:42	10:50	1.05	< 80
SW 2	9:30	10:55	1.06	< 80
SW 3	10:00	10:50	1.03	< 80
SW 4	9:38	10:47	1.05	< 80
SW 5	10:00	10:55	1.04	< 80
SW 6	10:00	10:55	1.04	< 80
SW 7	9:37	10:50	1.05	< 80
SW 8	10:05	10:55	1.03	< 80
SW 9	9:45	10:47	1.04	< 80
SW10	9:34	10:45	1.01	< 80
SW11	10:05	11:00	1.04	< 80
SW12	9:39	10:46	1.05	< 80
SW13根	10:00	10:00	1.00	< 80
SW14	9:37	11:50	1.09	< 80
SW15	9:43	10:50	1.05	< 80
SW16	9:35	10:55	1.05	< 80
SW17	9:35	10:55	1.05	< 80
SW18	9:33	10:50	1.05	< 80
SW19	9:42	10:46	1.04	< 80
SW20	9:36	10:55	1.05	< 80
SW21	10:05	10:55	1.03	< 80
SW22	9:37	11:49	1.09	< 80
SW23	9:36	10:55	1.05	< 80
SW24	9:37	10:55	1.05	< 80
SW25	9:34	10:55	1.06	< 80
SW26	9:37	10:55	1.05	< 80
SW27	9:36	10:45	1.05	< 80
SW28	9:37	10:50	1.05	< 80
SW29	9:33	10:55	1.06	< 80
SW30	9:33	10:45	1.05	< 80
SW31	10:05	10:55	1.03	< 80
SW32	10:04	10:48	1.03	< 80
SW33	9:31	10:50	1.05	< 80
SW34	10:05	11:00	1.04	< 80
SW35	10:05	10:45	1.03	< 80
SW36	10:05	10:45	1.03	< 80
SW37	10:05	10:55	1.03	< 80
SW38	10:05	10:45	1.03	< 80
SW39	10:05	10:55	1.03	< 80
SW40	9:33	10:05	1.02	< 80
SW41	10:05	10:45	1.03	< 80
SW42	10:09	11:00	1.04	< 80
SW43	10:05	10:55	1.03	< 80
SW44	10:05	10:55	1.03	< 80
SW45	10:05	10:55	1.03	< 80
SW46	10:05	10:55	1.03	< 80
SW47	10:00	10:50	1.03	< 80
SW48	10:00	10:50	1.03	< 80
SW48	10:05	10:55	1.03	< 80
SW49	10:05	10:55	1.03	< 80
SW50	10:00	10:55	1.04	< 80
SW51	10:00	10:55	1.04	< 80
SW52	10:05	10:45	1.03	< 80
SW53	10:05	10:45	1.03	< 80
SW54	*10:05	10:47	1.03	< 80
SW55	10:05	10:55	1.03	< 80
SW56	10:48	10:48	1.00	< 80
			平均値	< 80
			最大値	< 80
			最小値	< 80

ドジチューブ法による二酸化硫黄測定結果

測定地点：クアラルンプール

測定日時：'97. 10. 6-10. 7

サンプル NO	測定開始 時刻	測定終了 時刻	測定時間 (日)	二酸化硫黄 濃度 (ppb)
KL 1	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 2	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 3	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 4	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 5	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 6	9:33	10:40	1.05	< 80
KL 7	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 8	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 9	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 10	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 21	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 22	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 23	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 25	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 26	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 27	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 28	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 29	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 30	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 31	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 32	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 33	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 34	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 35	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 36	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 37	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 38	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 39	9:30	10:40	1.05	< 80
KL 40	9:30	10:40	1.05	< 80
			平均値	< 80
			最大値	< 80
			最小値	< 80

浮遊ふんじん中の化学成分分析結果

測定地点名		単位	クチン	クアラランプール
測定日	開始 終了		10月2日 10月3日	10月6日 10月7日
浮遊ふんじん濃度		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	52	214
炭素 成分 濃度	総炭素	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	16.3	48.5
	有機炭素	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	12.7	44.7
	無機炭素	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.6	3.8
金属 成分 濃度	アルミニウム	ng/m^3	510	4100
	銅	ng/m^3	1700	23000
	マンガン	ng/m^3	6.9	38
	バナジウム	ng/m^3	0.90	9.9
	ヒ素	ng/m^3	0.86	7.5
	コバルト	ng/m^3	0.27	1.1
	クロム	ng/m^3	2.0	6.4
	鉄	ng/m^3	320	1800
	ニッケル	ng/m^3	6.5	65
	セレン	ng/m^3	0.41	1.7
	亜鉛	ng/m^3	330	420
	カドミウム	ng/m^3	0.19	0.75
鉛	ng/m^3	12	64	
スカンジウム	ng/m^3	0.059	0.41	
水溶 性イ オン 成分	塩化物イオン	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.05	0.13
	硝酸イオン	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.10	0.60
	硫酸イオン	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.9	18.8
	ナトリウムイオン	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.12	0.42
	アンモニウムイオン	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.22	2.79
	カリウムイオン	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.26	0.81
	カルシウムイオン	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.86	4.47
	マグネシウムイオン	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.17	0.048
PA Hs	ベンゾ ^a (a)ピレン	ng/m^3	0.28	1.08
	ベンゾ ^k (k)フルアンテン	ng/m^3	0.14	0.39
	ベンゾ ^{ghi} (ghi)ペリレン	ng/m^3	0.98	4.05

5. まとめ

今回のマレーシアにおける大気汚染災害では、サラワク州において9月19日には史上初の緊急事態宣言が発出されるという深刻な状況に直面するに至ったわけであるが、緊急援助隊が現地を訪れた9月29日頃は、風向の変化や降水により急激な大気汚染状況の改善が見られ始めた時期であった。

今回の派遣に当たっては準備した大気汚染測定用機材は、測定の正確さを追求するよりもむしろ最も大気汚染状況の深刻な地域において、きめ細かい汚染状況の把握が可能となる簡易測定器や電池でも測定可能な浮遊粒子状物質測定器の準備を中心に行ったわけであるが、緊迫した大気汚染状況下での測定を行う場面には、遭遇しなかった。

しかし、これら簡易測定法はパーソナルサンプラーとして個人別の大気汚染質暴露量調査が可能であり、今後の健康影響に関する考察を行う上で、最も有効な方法であることから、今回はほぼ正常な状況に戻った環境下ではあったが、現地学校の協力を得て、二酸化窒素、二酸化硫黄の測定を行った。今回の測定結果では、いずれの項目についてもクチンでは非常に清浄な地域の、またクアラルンプールにおいては、ごく一般的な大都市大気レベルの汚染度という結果であったが、測定方法としては、非常に簡易でありこのような緊急時においても十分に実用性のある方法であることが確認できた。

また、今回の災害において最も重大な汚染を示したのは、浮遊粒子状物質であるが、特に健康影響を考えた場合、浮遊粒子状物質濃度以上に重要なのが、粉じん中の化学成分である。今回の測定では、簡易的に大気浮遊粒子状物質の捕集ができるエアサンプラーを用いて捕集を行い、不完全燃焼物質の指標となりかつ粉じんの主要成分である炭素成分、同様に不完全燃焼によって生成し、強い発ガン性を持つベンゾ_aピレンをはじめとする多環芳香族炭化水素類の測定を行っている。

また浮遊粉じん中の金属成分の測定は、重金属類による健康影響影響を評価する際に有効となるばかりでなく、粉じんの起源を推定する手段となり得る。例えば今回のような森林火災の影響を大きく受けた場合には、植物体中の主要成分であるカリウム濃度が増加するなどの現象が明確にでてくる。森林の燃焼、自動車排ガス、固定発生源等の各発生源からの程度の割合で指標となる元素が発生するののかといった情報と組み合わせることにより、その地域の粉じん組成が各発生源毎の寄与をどの程度受けているのかといった情報を得ることも可能となり、今後の大気汚染質と健康影響の評価を行う上でも非常に有用な手段となる。ここでは、今回の測定を行った粉じん中の各成分濃度測定結果について、簡単に特徴を述べることにする。

炭素成分：日本の都市大気中では、一般的に炭素成分は粉じん中で最も存在率の高い成分であり全粉じん重量の2～3割程度を示している。今回のマレーシアでの測定結果においてもほぼ同程度の存在率を示していた。しかし無機炭素と有機炭素の存在比には大きな違いが見られた。すなわち日本においては一般的に全炭素中に占める無機炭素の割合は6～8割程度を示しているが、マレーシアにおける無機炭素の比率は1～2割程度と日本に比べて極めて低い存在率となっていた。この理由の一つとして日本においてはディーゼル車による黒煙由来の無機炭素の排出が極めて多いのに対してマレーシアにおいては、ディーゼル車の走行台数が少ないことが挙げられる。しかし、粉じん中に占める炭素成分全体の割合は日本と同様に大きいことから、マレーシアにおける炭素成分の大きな特徴として、

燃料の未燃成の影響を受けたと考えられる有機性の炭素成分が多く存在していることが挙げられる。この有機性炭素成分の中には人体に対して悪影響を及ぼす成分も多く含まれていることから、今後とも炭素成分の継続的な測定は重要と考えられるとともに有機成分の内容に関する情報を得ることが必要と考えられる。

金属類、多環芳香族炭化水素類：今回の測定結果と日本各地の濃度を比較するとクチンは、各成分とも日本のバックグラウンド的な清浄地域の濃度とほぼ同程度の濃度を示していた。またクアラルンプールでは、日本の大工業都市とほぼ同程度の濃度を示しており日本と比較しても大きな違いは見られなかった。

(注：銅濃度についてはいずれの地点でも非常に高い結果を示していた。この測定結果は実際に大気中に高濃度の銅が存在している可能性もあるが、サンプリング装置のモーターブラシから少量の銅が排出されて汚染を起こすケースも考えられることから、再度捕集し直した後に検討する必要がある。)

イオン成分：大気粉じん中の硝酸イオンや硫酸イオンは、ガス状の窒素酸化物や硫黄酸化物が光化学反応等を経て二次的に粒子として生成するものが比較的多く存在する。日本の大都市部では、特に窒素酸化物の影響を大きく受け硝酸イオン濃度が高くなる傾向を示すが、今回のマレーシアにおける結果では、クアラルンプールにおける硝酸イオンの濃度でも、日本のバックグラウンド的な清浄地域の濃度とほぼかわらず低濃度であった。またクチンの濃度は非常に低いレベルであるといえる。またクチンにおける硫酸イオンの濃度は、日本の清浄地域の濃度とほぼ同程度の水準であったが、クアラルンプールの濃度は日本の工業都市と比較してもやや高い水準の濃度を示していた。

また前述のとおり森林火災の影響を大きく受けた場合、植物を起源とするカリウム濃度の上昇が一般的に見られるが、今回の測定結果はほぼ日本での濃度とほぼ同じレベルにあり、特徴的な濃度の上昇は見られなかった。

以上今回マレーシア国内では、ごく簡易的な機材のみを用いた大気浮遊粉じんの捕集を行ったわけであるが、このようにごくわずかな試料であっても多成分の測定を行うことが可能であり、これら情報は十分に実用的レベルにあることが確認できた。マレーシアでは、従来より浮遊粉じん試料の採取は定期的に行っていることから、これらの試料中の成分分析を改めて行うことにより、今回の汚染状況について非常有用な情報を得ることが出来る。今回の災害に関するより有効な情報を得るためには、改めて浮遊粉じん測定と、データの活用法に関しての協力体制を構築し、継続的していくことは極めて重要と考えられる。

資料2 9月下旬の大気汚染質データ

マレーシアにおいては、APIという指標を用いて大気汚染状況を公表しているが、各汚染質の測定データをダイレクトに公表した例は過去にほとんどなかった。今回の災害において、大気汚染状況を正確に把握することは不可欠であることから、緊急援助隊大気汚染専門家チームは、マレーシア政府の協力を得て、最も被害の大きかった9月下旬の各汚染質データを入手したので参考として示す。

最も被害の大きかったクチンにおいては、一酸化炭素濃度が9月22日の夕刻から9月24日の朝方にかけて測定上限値である50 ppmを越えるといった非常に高濃度汚染を示していた。また浮遊粒子状物質濃度についてもこの期間中は、いずれも800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越えていた。また測定値上では995 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の数値が連続している時期が2日間ほど継続しているが、この数値は測定値の送信システム上これより大きな数値の出力ができなかったためと推定され、実際の濃度は測定上限である1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ をかなり越えたレベルであったと考えられる。

表 2-1 SPM濃度

PM10

時間	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
PM10	50.50	51.37	51.77	51.24	50.46	51.00	50.30	50.82	51.62	52.89	52.45	52.82	53.13	53.10	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
MAX	51.77	51.77	51.77	51.24	50.46	51.00	50.30	50.82	51.62	52.89	52.45	52.82	53.13	53.10	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
MIN	50.50	51.37	51.77	51.24	50.46	51.00	50.30	50.82	51.62	52.89	52.45	52.82	53.13	53.10	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
AVG	50.50	51.37	51.77	51.24	50.46	51.00	50.30	50.82	51.62	52.89	52.45	52.82	53.13	53.10	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00

PM10

時間	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
PM10	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76
MAX	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76
MIN	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76
AVG	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76	51.76

PM10

時間	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
PM10	50.50	51.37	51.77	51.24	50.46	51.00	50.30	50.82	51.62	52.89	52.45	52.82	53.13	53.10	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
MAX	51.77	51.77	51.77	51.24	50.46	51.00	50.30	50.82	51.62	52.89	52.45	52.82	53.13	53.10	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
MIN	50.50	51.37	51.77	51.24	50.46	51.00	50.30	50.82	51.62	52.89	52.45	52.82	53.13	53.10	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
AVG	50.50	51.37	51.77	51.24	50.46	51.00	50.30	50.82	51.62	52.89	52.45	52.82	53.13	53.10	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00

資料3 A P I 換算方法に関する資料

マレーシアでは、大気汚染状況に関してA P I (Air Pollution Index) という指標値に換算した数値で公表されている。A P Iという言葉は広く普及しているが、その算出方法についてはほとんど知られていない。その結果として今回のような極めて深刻な大気汚染災害が起きた際に、A P Iは情報操作をし易くするために用いられているといった誤解を招く様な事態も一部では生じたようである。この単位は、浮遊粒子状物質、二酸化窒素、オゾン、二酸化硫黄、一酸化炭素の各大気汚染質濃度について、健康への影響の度合いを加味して指標化したもので、0-50は良好 51-100は普通 101-200は不健康 201-300は非常に不健康 301-500は危険という区分に分けている。この算出方法はUS EPAで採用されている換算方法に極めて近いものであり、一般市民が現在の大気汚染の度合いを簡単に理解する上での情報として、その有効性は高いと考えられる。ここでは、A P Iの算出方法について簡単に示すとともに、各汚染質濃度とA P Iの換算表を参考資料として示した。

A P Iの計算は、次式によるが、この時のサブインデックスは、図1から5に示したとおりである。

また、日本大使館がまとめた9月のA P I公表結果を表2に示した。この時示されている数値は最も汚染の度合いが高かった成分のものであるが、この汚染質の大半は浮遊粒子状物質であった。

A P Iの算出式

$$I = \alpha_j (x - a_j) + b_j$$

$$\alpha_j = (b_{j+1} - b_j) / (a_{j+1} - a_j)$$

$$\text{for } a_j < x \leq a_{j+1}$$

$$\text{and } j = 1, 2, 3, \dots, m \text{ segments}$$

where,

- I** - index of the pollutant concerned
- α** - slope of **j**-th segment
- x** - concentration of the pollutant concerned
- a_j** - concentration of the pollutant at beginning of segment
- b_j** - corresponding value of subindex **I** at beginning of segment

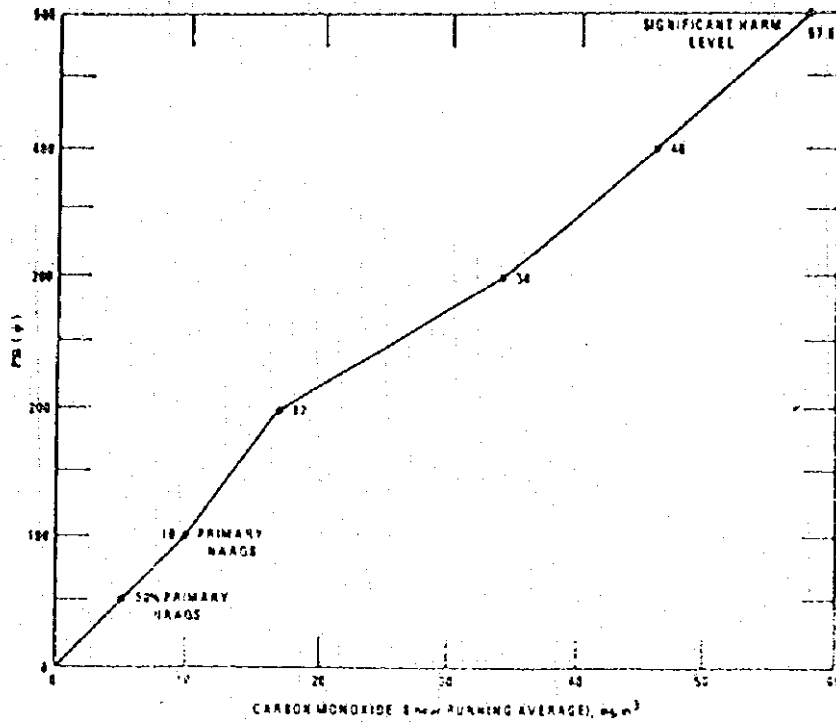


Figure 1. PSI function for carbon monoxide.

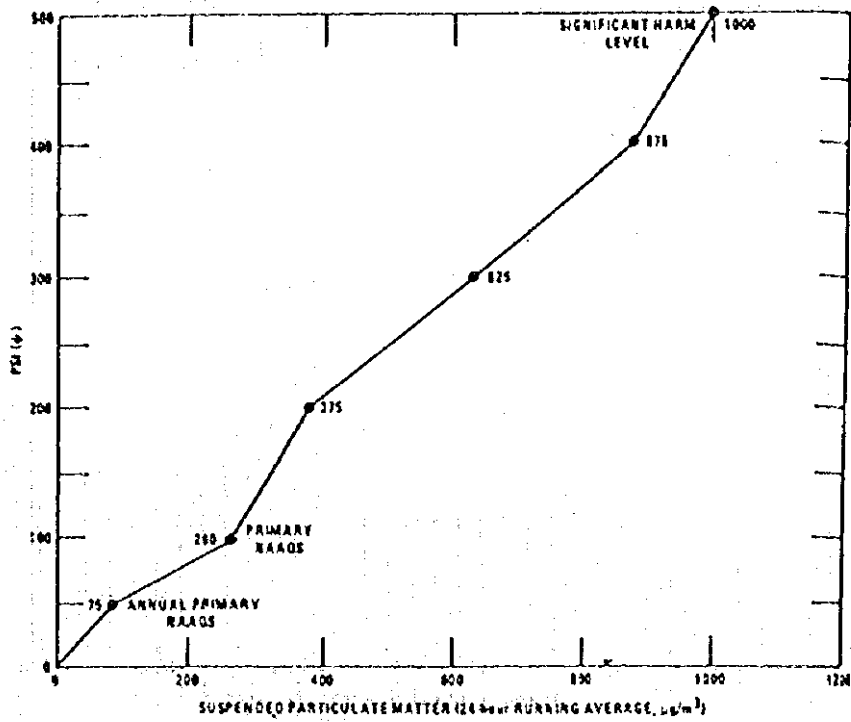


Figure 2. PSI function for suspended particulate matter.

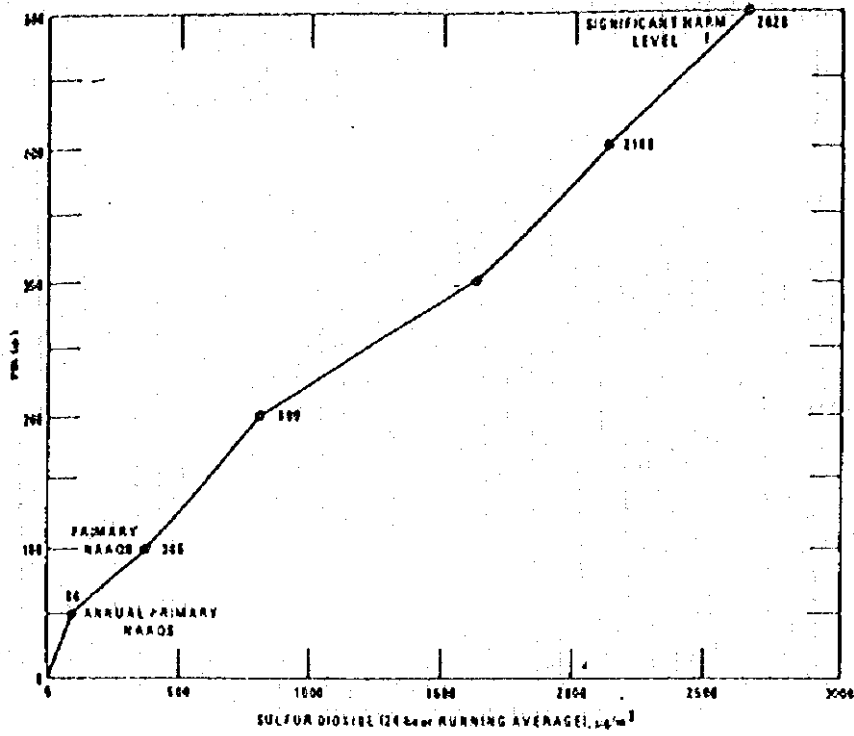


Figure 3. PSI function for sulfur dioxide.

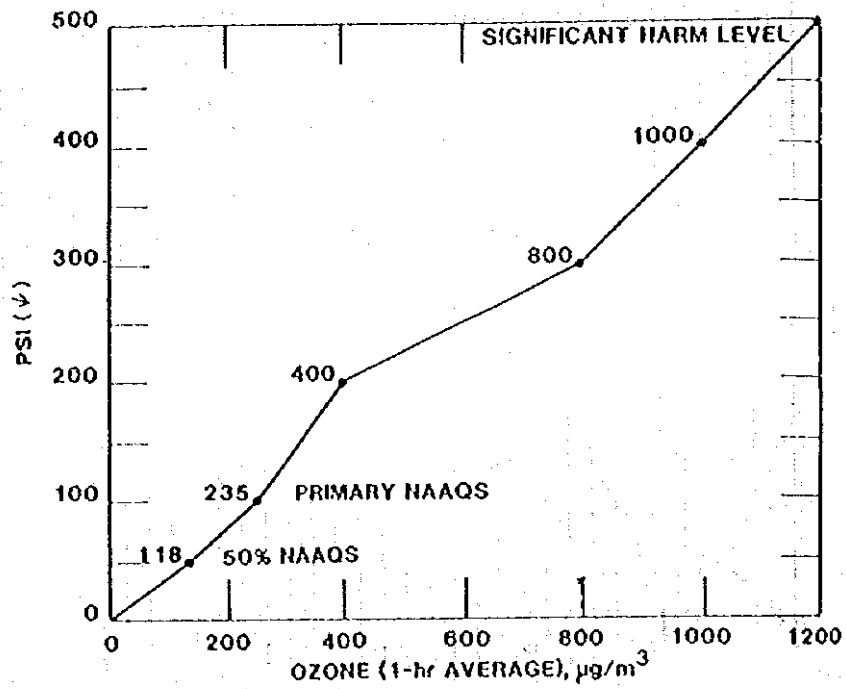


Figure 4. PSI function for ozone.

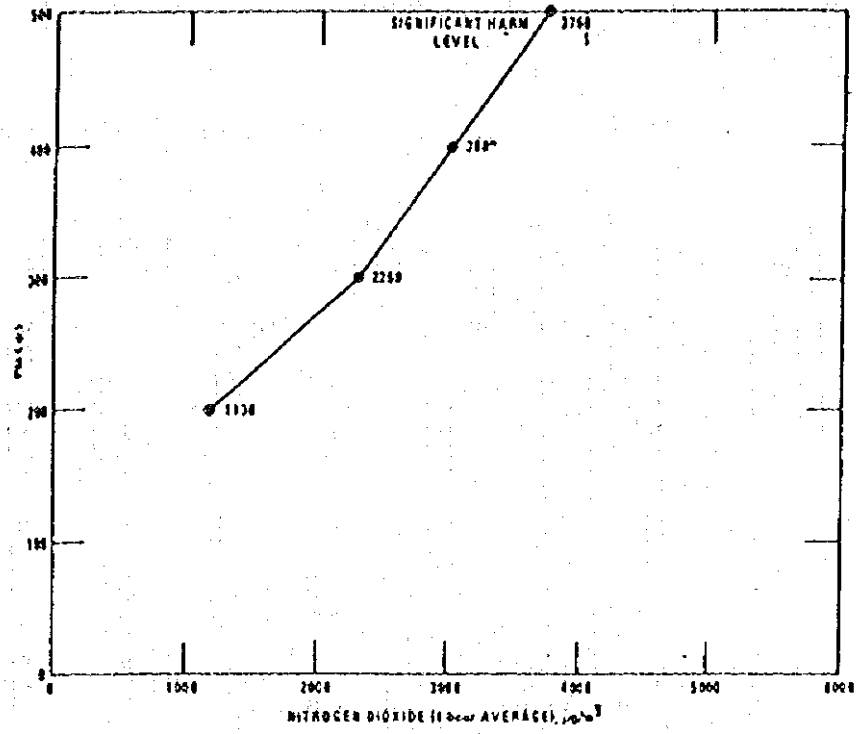


Figure 5. PSI function for nitrogen dioxide.

表1 各汚染質の濃度とAPIへの換算表(1)

Table 4-3 MPSI Values, At Intervals Of 5 For MPSI 5 To 500

MPSI	Gravimetric Units					Volumetric Units			
	CO mg/m ³	O ₃ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	CO ppm	O ₃ ppm	SO ₂ ppm	NO ₂ ppm
5	0.30	10	3.23	16.00	7.30	0.43	0.003	0.021	0.009
10	1.00	30	10.30	31.00	13.00	0.90	0.010	0.034	0.017
15	1.50	30	15.75	43.00	22.50	1.23	0.015	0.036	0.024
20	2.00	40	21.00	64.00	30.00	1.80	0.020	0.038	0.034
25	2.50	52	26.25	82.00	37.50	2.25	0.023	0.040	0.043
30	3.00	60	31.50	94.00	45.00	2.70	0.030	0.043	0.051
35	3.50	70	36.75	112.00	52.50	3.15	0.033	0.044	0.060
40	4.00	80	42.00	123.00	60.00	3.60	0.040	0.045	0.068
45	4.50	90	47.25	144.00	67.50	4.05	0.043	0.048	0.077
50	5.00	100	52.50	160.00	75.00	4.50	0.050	0.050	0.083
55	5.50	110	57.75	176.00	82.50	4.95	0.053	0.053	0.094
60	6.00	120	63.00	192.00	90.00	5.40	0.060	0.054	0.101
65	6.50	130	68.25	208.00	97.50	5.85	0.063	0.056	0.113
70	7.00	140	73.50	224.00	105.00	6.30	0.070	0.058	0.120
75	7.50	150	78.75	240.00	112.50	6.75	0.073	0.060	0.128
80	8.00	160	84.00	256.00	120.00	7.20	0.080	0.062	0.136
85	8.50	170	89.25	272.00	127.50	7.65	0.083	0.064	0.145
90	9.00	180	94.50	288.00	135.00	8.10	0.090	0.064	0.153
95	9.50	190	99.75	304.00	142.50	8.55	0.093	0.068	0.162
100	10.00	200	105.00	320.00	150.00	9.00	0.100	0.070	0.170
105	10.50	210	110.25	336.00	160.00	9.45	0.103	0.073	0.179
110	10.70	220	116.30	340.00	170.00	9.60	0.110	0.066	0.213
115	11.00	230	122.35	441.30	180.00	9.90	0.113	0.079	0.223
120	11.40	240	128.40	482.00	190.00	10.20	0.116	0.092	0.216
125	11.75	250	134.45	523.30	200.00	10.50	0.119	0.105	0.278
130	12.10	260	140.50	563.90	210.00	10.80	0.120	0.118	0.289
135	12.45	270	146.55	603.50	220.00	11.10	0.123	0.131	0.321
140	12.80	280	152.60	644.00	230.00	11.40	0.126	0.144	0.343
145	13.15	290	158.65	684.30	240.00	11.70	0.129	0.157	0.364
150	13.50	300	164.70	723.00	250.00	12.00	0.130	0.170	0.385
155	13.85	310	170.75	763.30	260.00	12.30	0.133	0.183	0.407
160	14.20	320	176.80	806.00	270.00	12.60	0.136	0.196	0.428
165	14.55	330	182.85	846.50	280.00	12.90	0.141	0.209	0.450
170	14.90	340	188.90	887.00	290.00	13.20	0.146	0.222	0.471
175	15.25	350	194.95	927.50	300.00	13.50	0.149	0.235	0.493
180	15.60	360	201.00	968.00	310.00	13.80	0.150	0.248	0.514
185	15.95	370	207.05	1008.30	320.00	14.10	0.153	0.261	0.536
190	16.30	380	213.10	1049.00	330.00	14.40	0.156	0.274	0.557
195	16.65	390	219.15	1089.30	340.00	14.70	0.159	0.287	0.579
200	17.00	400	225.20	1130.00	350.00	15.00	0.160	0.300	0.600

CO is measured as an 8-hr average; O₃ and NO₂ are 1-hr averages; SO₂ and PM₁₀ are 24-hr averages

表1 各汚染質の濃度とAPIへの換算表(2)

Table 4-3 (continued)

MPHY	Gravimetric Units					Volumetric Units			
	CO mg/m ³	O ₃ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	CO ppm	O ₃ ppm	SO ₂ ppm	NO ₂ ppm
204	17.83	423	844	1187	333.93	11.71	0.310	0.315	0.61
210	18.79	465	883	1263	357.80	14.50	0.230	0.230	0.64
218	19.53	480	903	1308	363.30	17.23	0.230	0.243	0.69
220	20.49	480	900	1334	364.00	18.00	0.240	0.260	0.71
225	21.33	500	1000	1413	367.30	18.77	0.250	0.273	0.75
234	22.18	520	1040	1469	373.00	19.50	0.260	0.290	0.78
235	22.33	540	1080	1516	376.50	20.15	0.270	0.305	0.81
240	23.89	560	1120	1582	378.00	21.00	0.280	0.320	0.84
244	24.43	580	1168	1639	381.50	21.75	0.290	0.335	0.87
250	25.50	600	1200	1693	385.00	22.38	0.300	0.350	0.90
265	26.33	620	1260	1753	388.30	23.25	0.310	0.365	0.93
269	27.39	640	1300	1808	392.00	24.00	0.320	0.380	0.96
268	28.03	660	1350	1863	395.50	24.75	0.330	0.395	0.99
279	28.93	680	1400	1921	398.00	25.50	0.340	0.410	1.02
278	29.77	700	1400	1978	401.50	26.25	0.350	0.425	1.05
288	30.60	710	1440	2034	406.00	27.00	0.360	0.440	1.08
295	31.43	740	1490	2091	409.50	27.75	0.370	0.455	1.11
290	32.30	760	1520	2147	413.00	28.50	0.380	0.470	1.14
293	33.13	780	1560	2204	416.50	29.25	0.390	0.485	1.17
300	34.00	800	1600	2260	420.00	30.00	0.400	0.500	1.20
303	34.60	810	1613	2297	424.00	30.50	0.405	0.416	1.21
310	35.30	810	1650	2334	428.00	31.00	0.410	0.430	1.24
315	35.80	830	1677	2371	431.00	31.50	0.415	0.436	1.24
320	36.40	840	1700	2408	436.00	32.00	0.420	0.440	1.28
323	37.00	850	1713	2443	440.00	32.50	0.425	0.450	1.30
330	37.60	860	1750	2482	444.00	33.00	0.430	0.460	1.31
333	38.20	870	1775	2519	448.00	33.50	0.435	0.470	1.34
340	38.80	880	1800	2556	452.00	34.00	0.440	0.480	1.36
345	39.40	890	1823	2593	456.00	34.50	0.445	0.490	1.38
350	40.00	900	1850	2630	460.00	35.00	0.450	0.500	1.40
363	40.60	910	1873	2667	464.00	35.50	0.455	0.510	1.42
360	41.20	920	1900	2704	468.00	36.00	0.460	0.520	1.44
368	41.80	930	1923	2741	472.00	36.50	0.465	0.530	1.46
370	42.40	940	1950	2778	476.00	37.00	0.470	0.540	1.48
373	43.00	950	1973	2815	480.00	37.50	0.475	0.550	1.50
380	43.60	960	2000	2852	484.00	38.00	0.480	0.560	1.52
385	44.20	970	2023	2889	488.00	38.50	0.485	0.570	1.54
390	44.80	980	2050	2926	492.00	39.00	0.490	0.580	1.56
393	45.40	990	2073	2963	496.00	39.50	0.495	0.590	1.58
400	46.00	1000	2100	3000	500.00	40.00	0.500	0.600	1.60

CO is measured as an 8-hr average; O₃ and NO₂ are 1-hr averages; SO₂ and PM₁₀ are 24-hr averages

表1 各汚染質の濃度とAPIへの換算表(3)

MPSI	Gravimetric Units					Volumetric Units			
	CO mg/m ³	O ₃ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	CO ppm	O ₃ ppm	SO ₂ ppm	NO ₂ ppm
405	44.59	1010.	2135.	3032.	507.00	40.50	0.523	0.810	1.43
410	47.15	1022.	2152.	3073.	512.00	41.00	0.518	0.820	1.44
415	47.72	1034.	2172.	3115.	517.00	41.50	0.513	0.830	1.44
420	48.29	1046.	2192.	3156.	522.00	42.00	0.508	0.840	1.45
425	44.89	1058.	2212.	3198.	527.00	42.50	0.523	0.850	1.70
430	43.45	1070.	2232.	3240.	532.00	43.00	0.518	0.860	1.71
435	42.01	1082.	2252.	3282.	537.00	43.50	0.513	0.870	1.71
440	40.57	1094.	2272.	3324.	542.00	44.00	0.508	0.880	1.72
445	39.13	1106.	2292.	3366.	547.00	44.50	0.503	0.890	1.72
450	37.69	1118.	2312.	3408.	552.00	45.00	0.498	0.900	1.73
455	36.25	1130.	2332.	3450.	557.00	45.50	0.493	0.910	1.73
460	34.81	1142.	2352.	3492.	562.00	46.00	0.488	0.920	1.74
465	33.37	1154.	2372.	3534.	567.00	46.50	0.483	0.930	1.74
470	31.93	1166.	2392.	3576.	572.00	47.00	0.478	0.940	1.75
475	30.49	1178.	2412.	3618.	577.00	47.50	0.473	0.950	1.75
480	29.05	1190.	2432.	3660.	582.00	48.00	0.468	0.960	1.76
485	27.61	1202.	2452.	3702.	587.00	48.50	0.463	0.970	1.76
490	26.17	1214.	2472.	3744.	592.00	49.00	0.458	0.980	1.77
495	24.73	1226.	2492.	3786.	597.00	49.50	0.453	0.990	1.77
500	23.29	1238.	2512.	3828.	602.00	50.00	0.448	1.000	1.78

CO is measured as an 8-hr average; O₃ and NO₂ are 1-hr averages; SO₂ and PM₁₀ are 24-hr averages.

表-2 9月のAPI公表結果

0-50 良好 (ヘイズの影響)
 51-100 普通 201-300 非常に不健康
 101-200 不健康 301-500 危険 在マレーシア日本国大使館

	PN	IP	KL	PJ	SA	MC	JB	KK	KC
9月 1日 (月)	27	32	54	43	130	50	83	-	39
2日 (火)	24	30	79	55	n/a	70	46	-	53
3日 (水)	35	68	100	83	61	72	49	-	105
4日 (木)	51	40	79	69	48	80	51	-	37
5日 (金)	49	46	91	95	78	103	46	-	32
6日 (土)	82	82	121	100	84	106	52	-	31
7日 (日)	50	82	124	105	110	114	80	-	51
8日 (月)	94	57	115	101	95	77	61	-	47
9日 (火)	73	72	154	132	119	69	68	-	58
10日 (水)	66	57	76	63	42	53	59	-	49
11日 (木)	56	33	71	52	46	66	35	-	101
12日 (金)	61	68	145	111	98	93	66	-	239
13日 (土)	122	135	182	161	139	129	116	-	144
14日 (日)	127	146	224	200	188	194	104	-	91
15日 (月)	112	192	284	221	194	221	94	-	85
16日 (火)	39	135	302	206	146	275	92	-	96
17日 (水)	33	46	152	121	97	184	69	-	146
18日 (木)	41	60	137	120	111	174	69	76	104
19日 (金)	67	102	292	195	149	244	122	74	635
20日 (土)	67	100	229	186	163	230	73	79	538
21日 (日)	84	44	123	115	100	123	101	140	677
22日 (月)	113	125	260	235	204	154	56	145	677
23日 (火)	127	181	164	125	115	68	69	142	839
24日 (水)	135	147	167	148	141	151	113	148	651
25日 (木)	127	162	201	164	150	196	128	103	579
26日 (金)	170	173	267	190	173	145	84	43	340
27日 (土)	371	165	167	145	139	138	87	51	150
28日 (日)	178	135	155	138	127	168	-	49	107
29日 (月)	106	76	109	89	85	135	86	50	37
30日 (火)	67	62	93	78	52	58	55	43	42

(注1) 各日にちの公表された最大値を記入。

(注2) 地名は次のとおり。PN:ペナン、IP:イポー、KL:クアラルンプール、PJ:ペタリンジャヤ、
 SA:セアツァム、MC:マラカ、JB:ジョホールバル、KK:コタキナバル、KC:クチン