

トルコ共和国

アンカラ市大気汚染対策計画調査

概要報告書

昭和61年1月

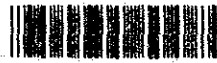
国際協力事業団

開 三
CR(10)
85-180

RY



JICA LIBRARY



1029303E3J

12751



トルコ共和国

# アンカラ市大気汚染対策計画調査

## 概要報告書

昭和61年1月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 5. 30	314
	61.8
登録No. 12721	SDS

## 序 文

日本国政府は、トルコ共和国政府の要請に応じて、アンカラ市大気汚染対策計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。

事業団は、昭和58年3月及び7月に櫻井正昭氏を団長とする事前調査団をアンカラに派遣し、昭和59年8月にS/Wを締結し、さらにこれに基づき、アンカラ市大気汚染対策計画調査共同企業体、猪飼茂氏を団長とする調査団を編成し、昭和59年11月から昭和61年1月に亘り、本格調査を行った。

調査団は、トルコ共和国政府の関係者と意見交換を行うとともに、アンカラ市を対象に現地調査を行った。国内においては、現地調査結果に基づき解析作業を進め、今般その全ての作業を終了し、ここに報告書提出の運びとなった。

本報告書が、同対策計画に寄与するとともに、二国間の友好親善に役立つならば、これにまさる喜びはない。

最後に、当調査団に対し密接な協力を惜しまれなかったトルコ共和国政府関係者に対し、ここに深く感謝する次第である。

昭和61年 1 月

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔





# 目 次

序 文	
第1章 序 論	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の概要	5
第2章 大気汚染の現況の解析	10
2.1 現地調査の概要	10
2.2 濃度変動と出現頻度	13
2.3 濃度と他の要因との関係	20
2.4 汚染物質発生量の分布	25
2.5 まとめ	25
第3章 大気汚染対策の現状	28
3.1 発生源対策	28
3.2 監視測定体制	31
第4章 社会・経済的条件の検討	33
4.1 人口の推移	33
4.2 エネルギーの需要予測	35
第5章 発生源対策の技術的・経済的検討	36
5.1 良質エネルギーへの転換の可能性	36
5.2 リグナイトの改質	37
5.3 燃焼装置及び燃焼方法の改善	42
5.4 煤煙処理装置の導入	44
5.5 建物の断熱性の向上	44
5.6 地域暖房システムの導入	45
5.7 各個別対策の評価	48
第6章 発生源対策案の選定	51
6.1 選定方針	51
6.2 選定した個別対策	52
6.3 選定した対策案	53
6.4 対策案の濃度に対する効果の予測	55
第7章 監視測定体制の検討	59
7.1 監視測定体制の意義	59
7.2 監視測定システム	59
7.3 予報システム	60
第8章 大気汚染対策の提言	62
8.1 発生源対策	62
8.2 監視測定体制	66
8.3 市民の啓発	66
8.4 実施計画	66
第9章 まとめ	68
付 録 二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> ) 濃度の単位換算表	70



# 第 1 章 序 論

## 1.1 調査の背景

アンカラ市はアナトリア高原のほぼ中央に位置し、地形的には西側に開いた盆地である（図 1.1.1 及び図 1.1.2 参照）。

アンカラ市は 1923 年にトルコ共和国の首都に定められて以来、共和国の政治の中心都市として発展を続けてきた。冬期における大気汚染問題は 1960 年代の後半以降急速に顕在化してきたが、この原因は以下の 3 点に要約される。

- i) 灰分と硫黄の含有量の高いリグナイトが冬期の暖房用として、多くの家庭や事務所で使用されている。
- ii) 地方から市内への急速な人口流入に伴い、リグナイトの消費量が増加してきた。
- iii) アンカラ市の地形及び冬期における気象条件下では、汚染物質の上空への拡散の妨げとなる逆転層が低空で生じ易い。

トルコ国では大気汚染を含む種々の環境問題を克服するため官民を上げて努力をしているところである。1978 年 8 月には、大気と水資源の合理的利用・保全・向上を計り、環境汚染の低減対策を実施するために必要な法規、技術上の規則、政策を立案する機関として Undersecretariat of Environment (UE) が総理府 (Prime Ministry) の下部組織として設立された。1983 年 8 月には環境法が制定され、環境の保護と向上の為にとるべき施策を管理し、土地と天然資源を保護すると共に最適な利用に供し、水、土壌、及び大気の汚染を防止し、健康、文明、生活の水準を発展・保証するための法的基盤が整った。

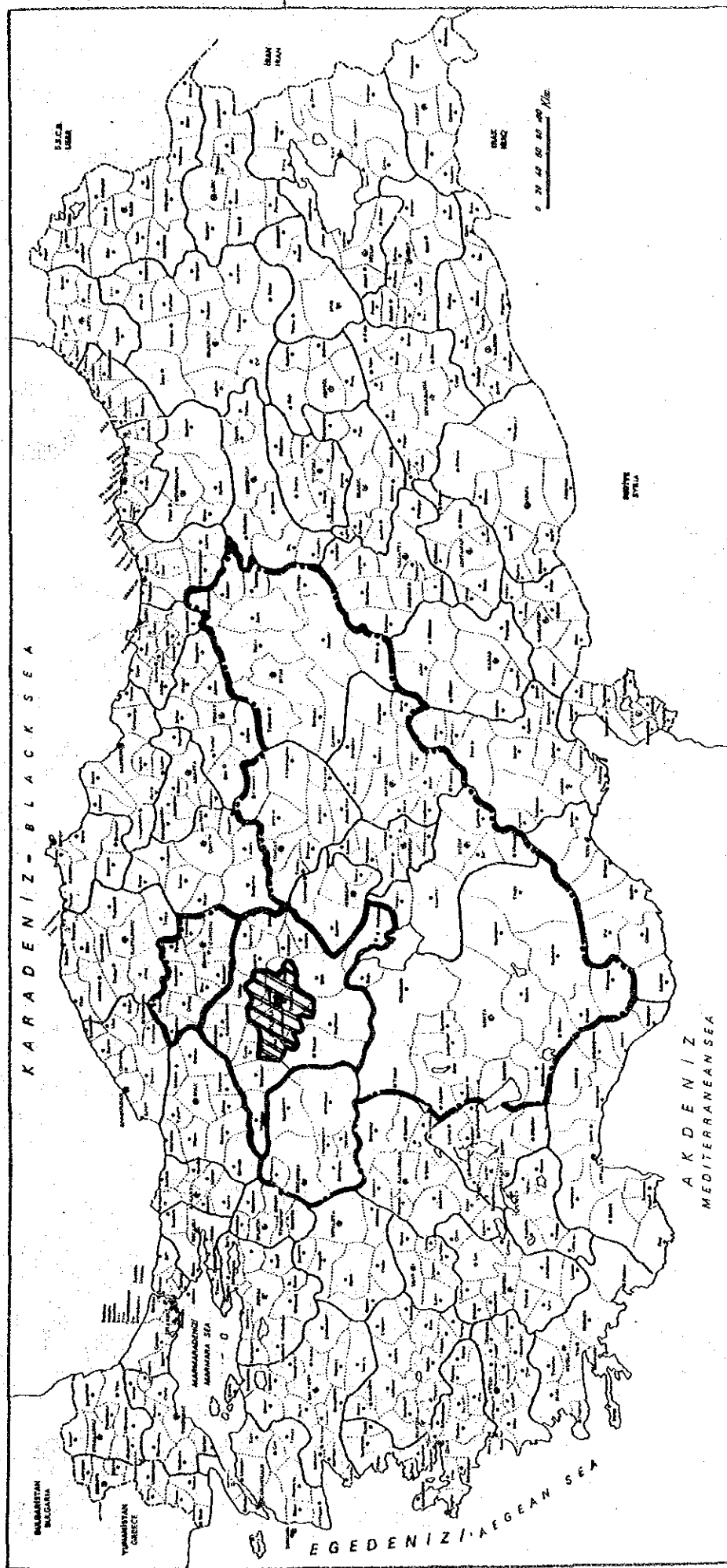
1984 年 6 月には、上記の UE は General Directorate of Environment (GDE) として改組され、再び総理府の管轄下に置かれた。大気汚染の低減対策の策定と実施についても、GDE が中心的役割を担いつつ、中央・地方の諸機関と協力してこれに当ることとなっている。

アンカラの大気汚染問題を克服するため、トルコ国政府は一部に世界銀行の融資なども受けて、調査・研究及び対策の実施を行ってきたが、大気質はまだ満足すべき水準にまで達しておらず、引き続き改善の努力をしているところである。

このような状況のもとで、トルコ国政府は、一時は深刻であった大気汚染を大巾に改善した経験を持つ日本の政府に対し、本問題解決の為の技術協力を要請した。

日本国政府はこの要請を受け、海外技術協力の実施を担当する公的機関である国際協力事業団 (JICA) が調査を行うこととなった。JICA は 1983 年 3 月と 7 月に事前調査団をアンカラに派遣し、本件のトルコ側実施機関である UE の協力のもとに、予備調査を行い、本調査の実施細則 (S/W) について UE と協議を行った。その後外交ルートを通じ

て本調査の実施に関する両国の理解が深まり、このS/Wは1984年8月にJICAとGDE間で正式に調印された。JICAは直ちにアンカラ市大気汚染対策計画調査の為に作業監理委員会と本格調査団を組織した。トルコ国政府も、当調査の実施機関であるGDEのスタッフを中心とする技術委員会(TTC)を組織した。1984年11月に、JICAチームが作成したインセプション・レポートに関して、JICAチームとTTCの間で協議が行われ、当調査の実施方法等について合意に達した後、直ちに調査が開始された。



Legend




-  Central Anatolian Region
-  Ankara Province
-  Ankara City

Figure 1.1.1 アンカラ県及びアンカラ市の位置

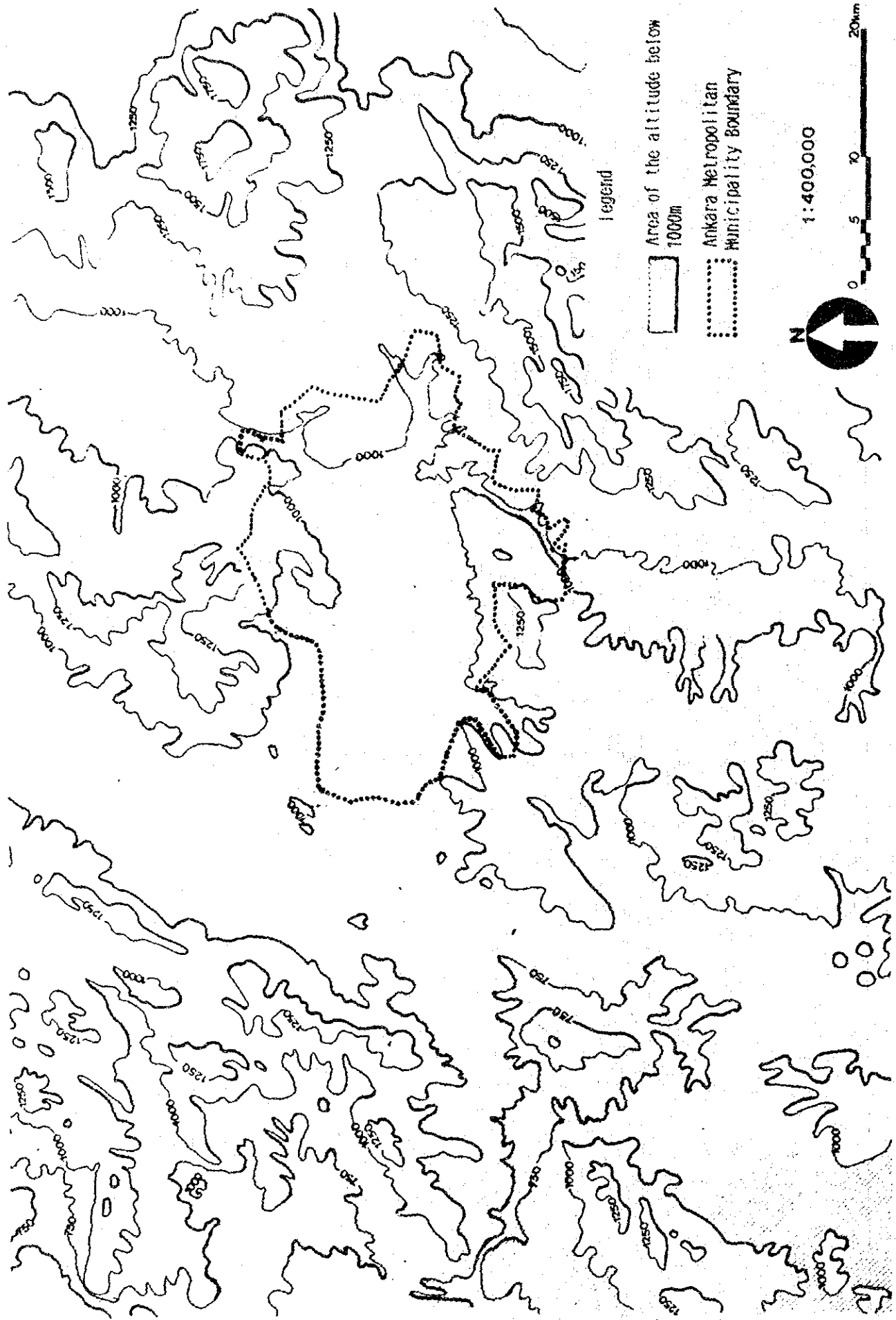


Figure 1.1.2 Topographical Sketch Around Ankara

## 1.2 調査の概要

### 1.2.1 調査の目的と範囲

当調査はアンカラ市の大気汚染問題に対する中期的対策を提示することを目的としており、そのために以下の調査と検討を行ったものである。

- (1) 大気質、気象、及び関連項目の現地測定
- (2) 大気汚染物質の発生源と排出量の現況調査
- (3) 大気汚染対策の現況調査
- (4) 社会的・経済的諸条件の現況調査と将来推定
- (5) 各種の発生源対策の技術的・経済的検討
- (6) 社会的・経済的条件を踏えた、中期的対策、暫定的対策、及び緊急時対策の検討と提案
- (7) 大気汚染シミュレーション・モデルによる各対策案の効果の検討
- (8) 大気質監視システムとその体制の検討及び提案

対象とする大気汚染物質は二酸化硫黄( $\text{SO}_2$ )と粒子状物質(PM)とし、調査の地理的範囲はアンカラ市内の主要部分とした。

### 1.2.2 調査の作業フローと工程

当調査の全体は第一段階(Phase I)、中間段階(Interim Phase)、及び第二段階(Phase II)より成り、それぞれ1984年11月～1985年3月、1985年4月と5月、1985年6月～1986年1月に実施された。

全体の作業フローは図1.2.1に、作業の実施工程は図1.2.2に示すとおりである。

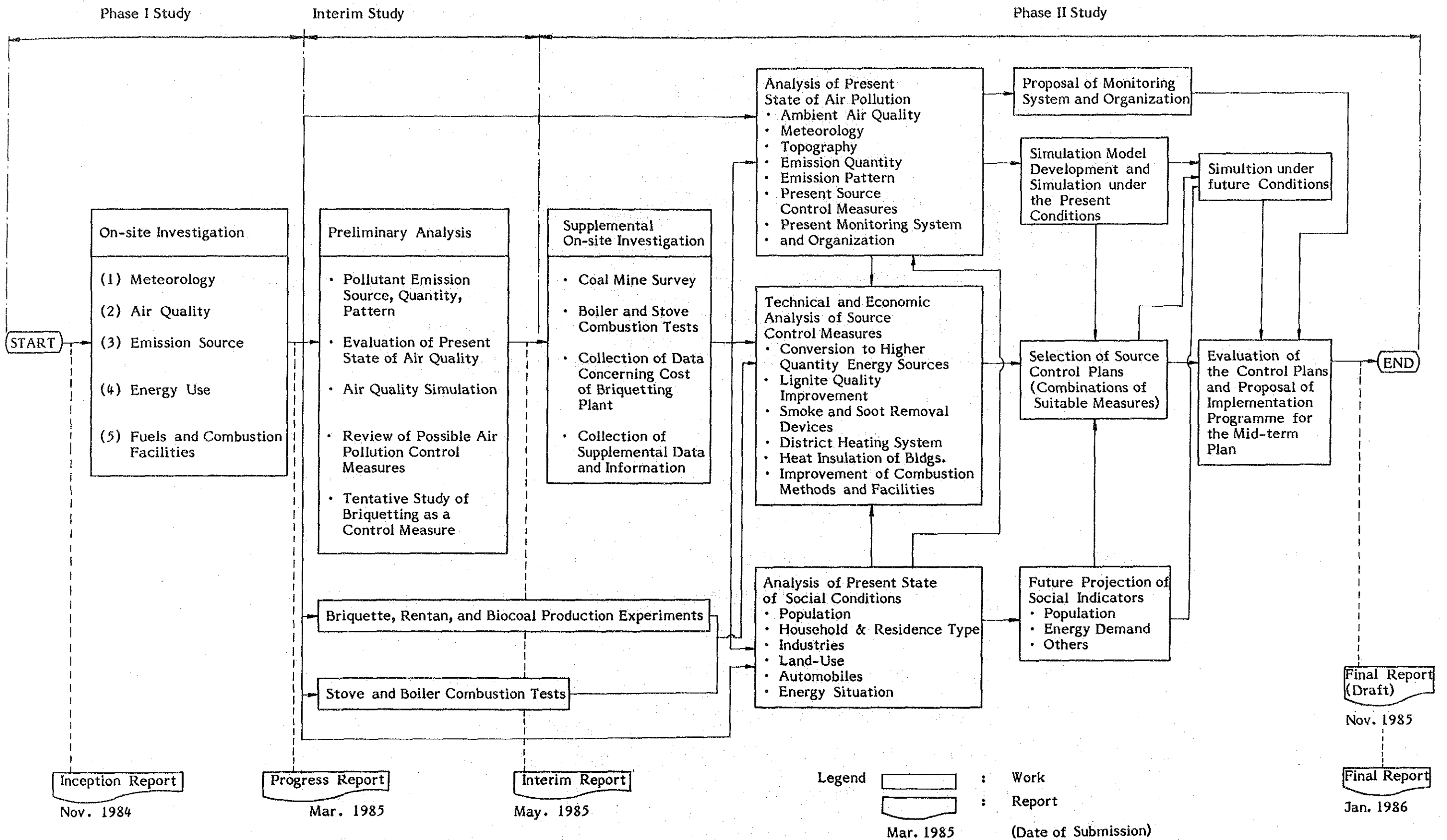
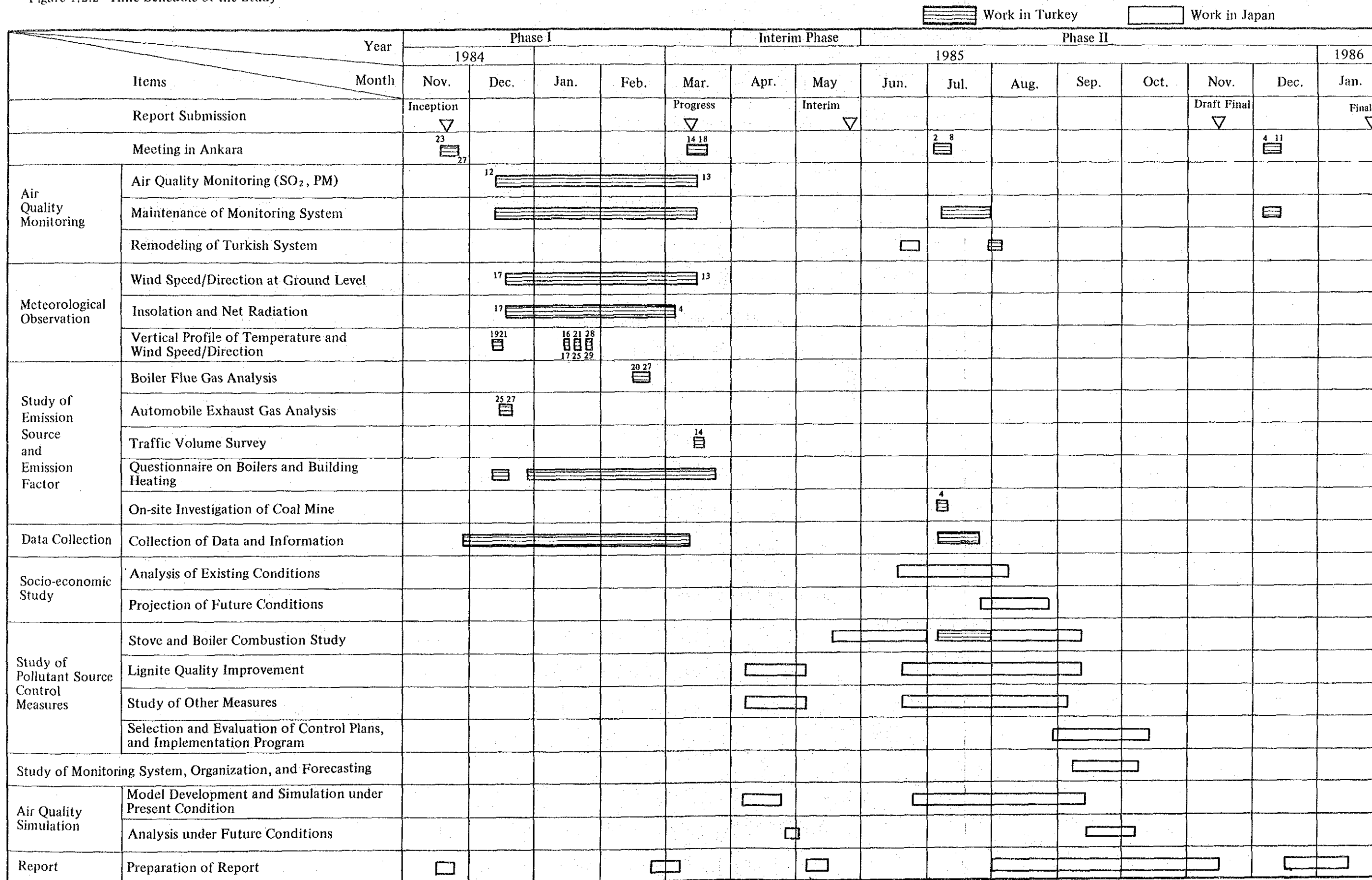


Figure 1.2.1 Study Work Flow



Figure 1.2.2 Time Schedule of the Study





### 1.2.3 調査体制

当調査は日本国の国際協力事業団（JICA）とトルコ国の環境総局（GDE）の協力体制のもとに実施された。JICAは作業監理委員会（Advisory Committee）と調査団（Study Team）を、GDEは技術委員会（Turkish Technical Committee）を組織した。これらの構成人員と担当分野は以下に示すとおりである。

#### (1) 作業監理委員会

露 木 保	委員 長	環境庁大気保全局企画課調査官
池 田 修	大気測定 / 解析	環境庁大気保全局企画課課長補佐
柴 田 蔽 三	汚染対策	北海道生活環境部公害対策課長
岡 崎 誠	規制 / 行政	新潟県環境保健部公害対策課長
金 城 光 男	企画 / 運営	国際協力事業団社会開発協力部参事

(注) 1985年2月迄は吉田徳久氏が大気測定 / 解析を担当した。

#### (2) 調査団

猪 飼 茂	総括 / 暖房システム	(株)日本環境アセスメントセンター
大 森 英 夫	副総括 / 地域開発	パシフィックコンサルタンツインターナショナル
金 清 勝 応	副総括 / 発生源対策	(株)日本環境アセスメントセンター
勝 田 基 嗣	測定 / 測定器維持管理	同
山 川 和 幸	測定	同
毎 田 高 光	測定 / データ解析	同
青 木 淳	測定	同
竹 内 郁 夫	測定 (固定発生源)	同
松 本 剛	社会経済 / 資源	同
喜多村 幸 一	エネルギー対策	同
漆 畑 喜 八 郎	エネルギー対策 / 供給システム	パシフィックコンサルタンツインターナショナル
内 田 顕	大気保全	同
和 気 信 二	データ解析 / シミュレーション	同
野 中 邦 高	経済分析	同
上 野 博 司	亜炭改質 / 燃焼試験	(株)日本環境アセスメントセンター
市 川 永 三	予報システム	同
平 尾 実	測定器改造 / 燃焼試験	同
新 楽 玲 児	ブリケット製造技術	同
谷 田 部 省 三	ブリケット製造技術	同

(3) トルコ国技術委員会

<u>Name</u>	<u>Field in Charge</u>
Dr. Muzaffer EVIRGEN	: Leader of TTC (General Director of Environment)
Dr. Ali Riza YILMAZ	: Sub-leader of TTC (Head of the Department of Environmental Standards)
Dr. Kazim CEYLAN	: Member of TTC (Head of the Department of Organization and Finance)
Mr. Tansu GURPINAR	: Member of TTC (Expert of the Department of Research, Planning and Coordination)
Miss A Ozgur OZER	: Member of TTC (City Planner of GDE)
Miss Serpil GUNAY	: Member of TTC (Physicist of GDE)
Mr. Mustafa YILDIRIM	: Member of TTC (Mechanical Engineer of GDE)
Miss Canan	: Member of TTC (the member from the Public Health Institute)
Mrs. Solmaz UTKU	: Member of TTC (the member from the Ankara Metropolitan Municipality)
Mr. Aipaslan ERTUNA	: Member of TTC (the member from the State Meteorological Works)
Mr. Mahmut AKKAS	: Member of TTC (the member from the State Meteorological Works)
Mr. Yekta KARABIYIK	: Member of TTC (Biologist of GDE)
Mrs. Sema ACAR	: Member of TTC (Chemist of GDE)
Mrs. Nevin PAMUKCU	: Member of TTC (Pharmacist of GDE)
Miss Bilgi YUCEL	: Member of TTC (Environmental Engineer of GDE)

(注) 1985年2月迄は、Mr. Mehmet OZGUNがLeader of TTCの任にあった。

## 第2章 大気汚染の現況の解析

### 2.1 現地調査の概要

アンカラ市の冬期における大気汚染の状況とその基本的要因を把握するため、以下のよ  
うな現地調査を行なった。

#### 2.1.1 調査項目と期間

現地調査の項目と実施期間は、表 2.1.1 に示すとおりである。

なお、実施工程バーチャートは第1章の図 1.2.2 に示してある。

表 2.1.1 現地調査項目と期間

区 分	調 査 項 目	調 査 期 間	地 点 数 等
大 気 質	二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )	1984年12月12日～ 1985年 3月13日	7地点
	粒子状物質 (PM)	同 上	3地点
気 象	地上風向・風速	1984年12月17日～ 1985年 3月13日	2地点
	日射量、放射収支量	1984年12月17日～ 1985年 3月 4日	1地点
	気温及び風向・風速の鉛直 分布(上層気象観測)	1984年12月19日～21日	1地点
		1985年 1月16日～17日 1985年 1月21日～25日 1985年 1月28日～29日	4回
発 生 源	ボイラー排ガス調査	1985年 2月20日～27日	暖房用10缶
	自動車排ガス分析	1985年 1月25日～27日	4車種10台
	交通量調査	1985年 3月14日(16時間)	5ヶ所3車種別
	ボイラー室開きとり調査	1984年12月12日～20日	100サンプル
	建物暖房のアンケート調査	1984年12月24日～ 1985年 3月18日	737サンプル

#### 2.1.2 調査地点位置

気象、大気質、及び交通量の測定地点については、予定地点の現地踏査を行ない、GD  
Eと協議のうえ図 2.1.1 に示すように配置した。

調査地点名と測定項目は、表 2.1.2 に示すとおりである。

表 2.1.2 現地測定地点及び測定項目

Station Name	Investigation Items
Yenimahalle	SO <sub>2</sub>
Tandogan	SO <sub>2</sub> , WD / WS
Cebeci	SO <sub>2</sub>
Bahcelievler	SO <sub>2</sub> , PM
Sihhiye	SO <sub>2</sub> , PM
Kavaklidere	SO <sub>2</sub> , PM, WD / WS
Cankaya	SO <sub>2</sub>
Meteorological Agency	Insolation, Net radiation, Vertical profiles of air temperature and WD/WS (upper-layer meteorological observation)
① Dormitory	Traffic Volume Survey • 16 continuous hours • classified into three types of cars • two-way traffic count
② EGO	
③ MENR	
④ Opera House	
⑤ GDE	

Note : WD / WS = wind direction and wind speed

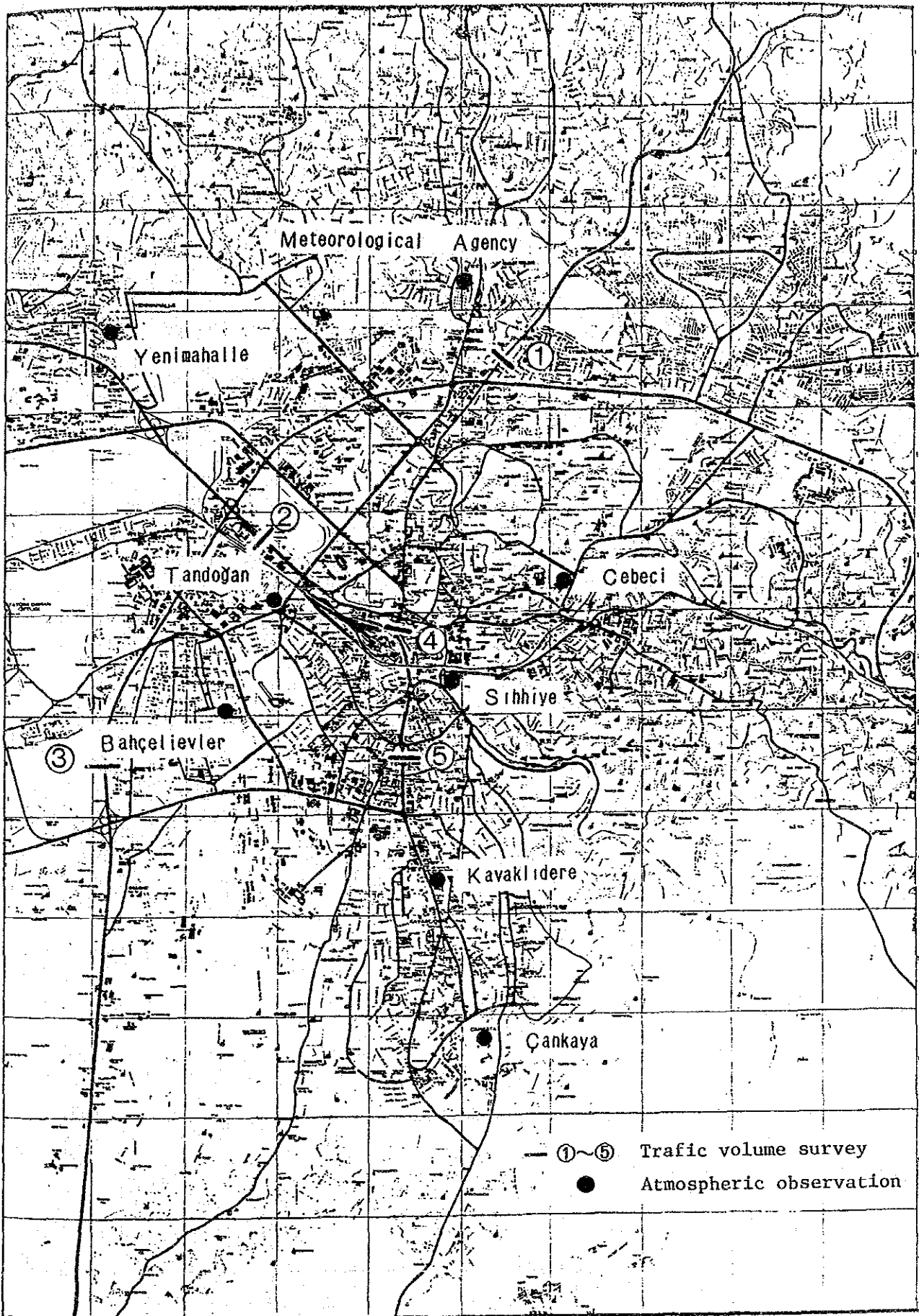


Figure 2.1.1 Location of Field Investigation

## 2.2 濃度変動と出現頻度

### 2.2.1 濃度変動の概要

#### (1) 期間平均値

本調査測定期間における、各地点の日平均値の算術平均値を、表 2.2.1 に示す。

硫黄酸化物 (SO<sub>2</sub>) 測定 7 地点のうち、期間平均値が最も高いのは BAHCHLIEVLER で 0.355 ppm、次いで KAVAKLIDERE 0.339 ppm となっている。CANKAYA では 0.150 ppm と高濃度地区の 1/2 以下となっているが、同地点の期間中の最大値 (日平均値) は 0.844 ppm と、7 地点の中で最も大きく、CANKAYA 地区の地形上の特殊性を反映している。

表 2.2.1 測定地点日平均値\*

単位: ppb

項目	測定地点	平均値	標準偏差	最大値	最小値	有効測定日数
SO <sub>2</sub>	YENIMAHALLE	176.8	102.9	431	42	85
	TANDOGAN	137.4	63.6	324	28	87
	CEBECI	146.3	91.6	458	18	87
	BAMCELIEVLER	355.4	139.4	757	103	87
	SIHHIYE	182.0	68.9	378	57	80
	KAVAKLIDERE	339.1	185.9	817	86	87
	CANKAYA	150.3	140.6	844	7	85
PM	BAMCELIEVLER	227.6	103.9	552	70	87
	SIHHIYE	159.4	84.4	488	60	76
	KAVAKLIDERE	195.0	109.5	535	43	79

\*1~24時の平均、但し、8時間以上欠測の場合欠測とする。

#### (2) 日平均値

図 2.2.1 には、二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) の日平均値の変動を、また図 2.2.2 には粒子状物質 (PM) の日平均値の変動を示す。

測定期間中 SO<sub>2</sub> が高濃度を示したのは、12月20日前後、1月下旬~中旬、及び2月下旬~3月上旬であり、各地点とも共通の傾向を示すが、CANKAYA については、特に3月上旬に異常な高濃度を示している。

PM についても SO<sub>2</sub> と同様の日変動パターンを示している。

なお、図 2.2.3 には METEOROLOGICAL AGENCY における日平均気温の変動を示すが、日平均気温が 0℃ を下回った場合に SO<sub>2</sub> 濃度が高くなるという対応が見られる。



(3) 高濃度の発生状況

測定期間中の日平均値をアンカラ市の4段階の緊急時レベル及び世界保健機構(WHO)のガイドラインと対応した結果、これらを超えた日数は表2.2.2に示すとおりである。

表 2.2.2 大気汚染の緊急時レベルを超えた日数

項目	測定地点	ANKARA市 緊急レベル				WHO ガイドライン	有効測定 日数
		4 ( $\geq 2000$ )	3 ( $\geq 1500$ )	2 ( $\geq 1000$ )	1 ( $\geq 700$ )		
SO <sub>2</sub>	指定濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\geq 2000$ )	( $\geq 1500$ )	( $\geq 1000$ )	( $\geq 700$ )	( $\geq 150$ )	
	YENIMAHALLE	0	0	4	18	77	85
	TANDOGAN	0	0	0	3	76	87
	CEBECI	0	0	2	9	74	87
	BAHCELIEVLER	0	6	33	62	87	87
	SIHHIYE	0	0	0	8	79	80
	KAVAKLIDERE	1	14	31	47	87	87
	CANKAYA	1	2	5	8	64	85
PM	指定濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\geq 1000$ )	( $\geq 800$ )	( $\geq 600$ )	( $\geq 400$ )	-	
	BAHCELIEVLER	0	0	0	6		87
	SIHHIYE	0	0	0	2		76
	KAVAKLIDERE	0	0	0	3		79

(注) 測定値のPM単位は、アンカラの冬期気温と高度を考慮して、0℃、0.9気圧の条件で $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算した。

アンカラ市の緊急レベルとの対比では、PMに比べてSO<sub>2</sub>の超過頻度が高い。WHOのガイドラインに対しては測定期間中の75%~100%の日数がこれを超えている。

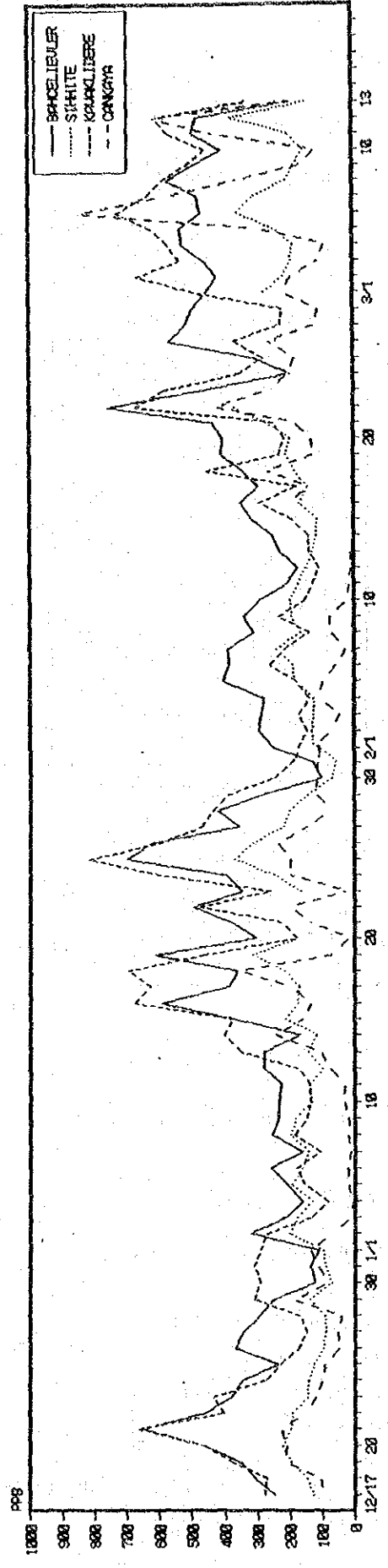
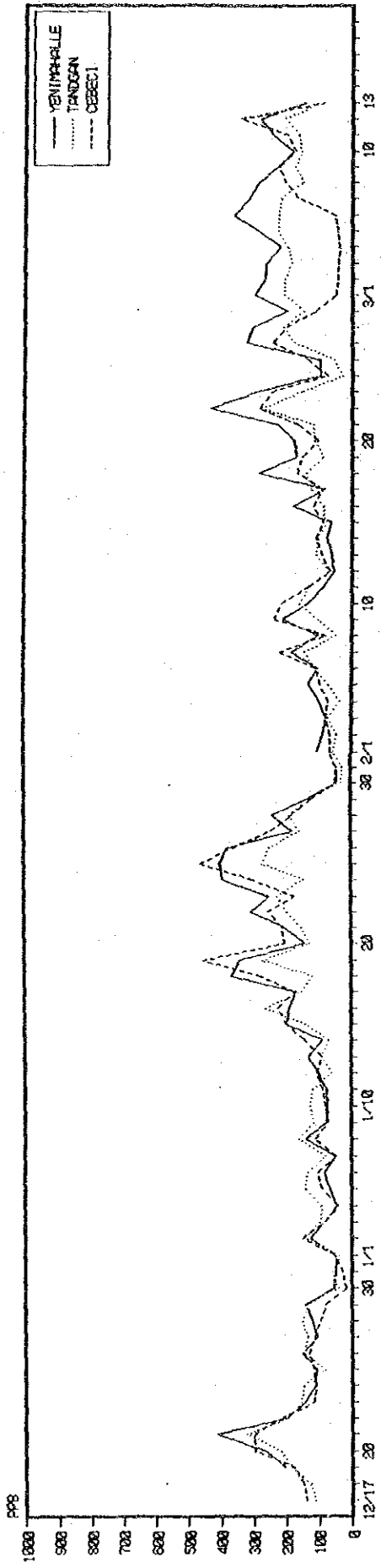


Figure 2.2.1 Time Variation of Daily Mean Concentration of SO<sub>2</sub>

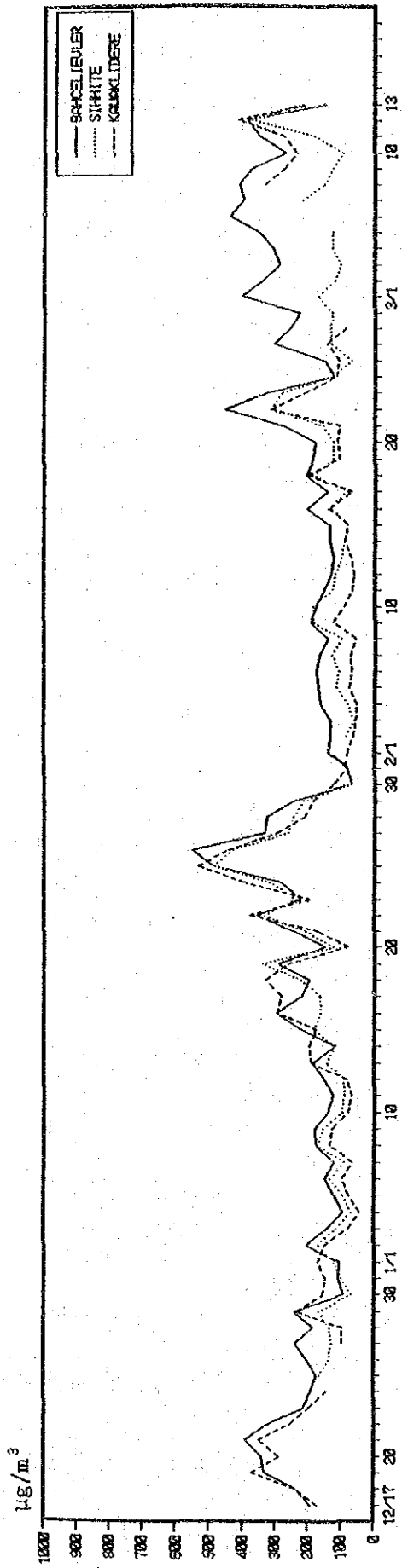


Figure 2.2.2 Time Variation of Daily Mean Concentration of PM

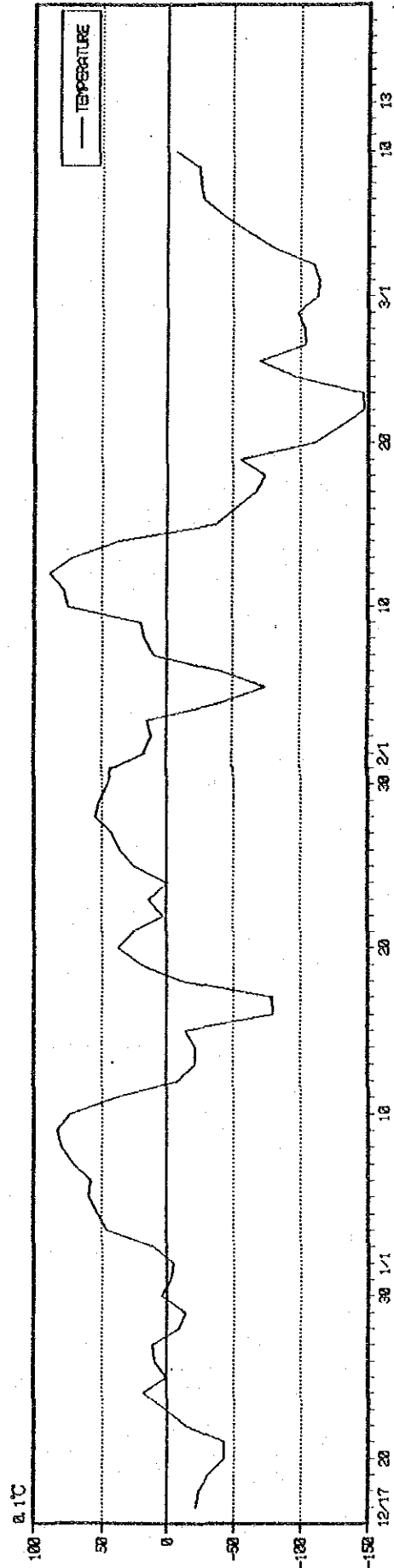


Figure 2.2.3 Time Variation of Daily Mean Air Temperature at the Ground Level

### 2.2.2 時間変動パターン

測定期間中のSO<sub>2</sub>の時間別平均濃度を図2.2.4に示す。濃度の時間変動は朝夕に高い二山型のパターンを示しているが、これは暖房用ボイラーあるいはストーブの燃焼時間帯とよく一致しており、大気汚染の主たる原因がこうしたボイラーあるいはストーブなど低煙源からの排煙によるものであることを示している。(SO<sub>2</sub>の発生源が主として工場等の高煙源である場合は、こうした明瞭な時間変動パターンは見られない。)

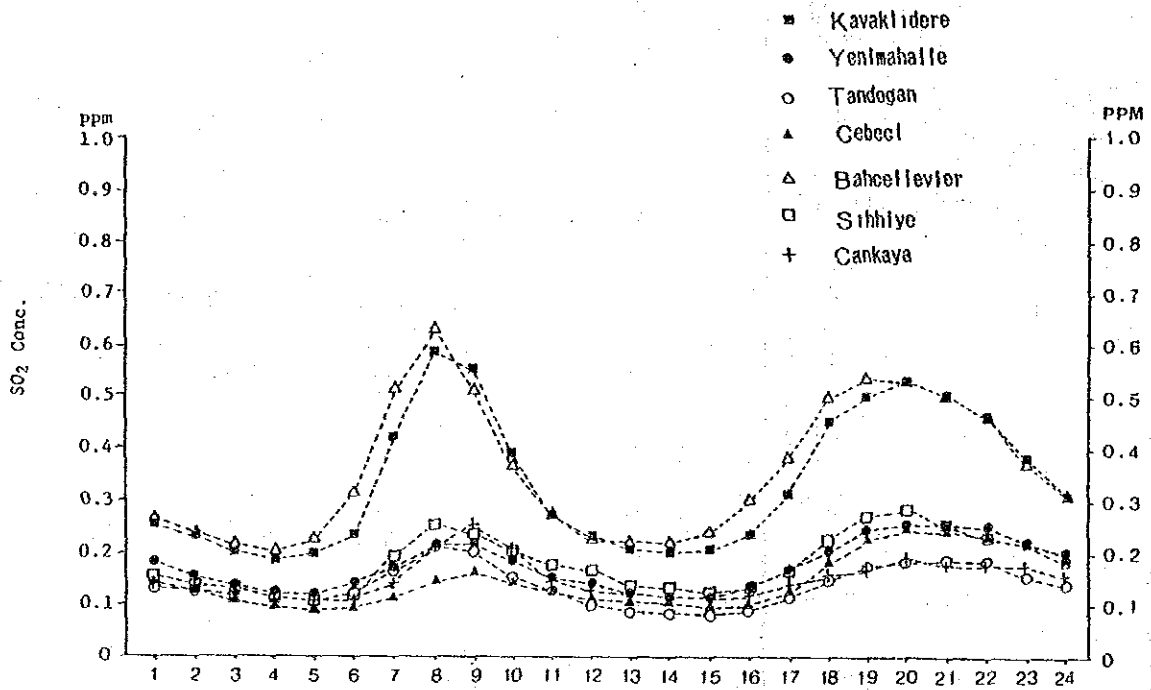


図 2.2.4 時間別汚染物質濃度変化

### 2.2.3 日平均値と時間値の出現頻度分布

図2.2.5にSO<sub>2</sub>及びPMの各地点の日平均値及び時間値の累積頻度分布曲線(対数正規確率紙)を示す。一般に、大規模工場が少く低煙源の多い地域では対数正規分布が比較的よく対応し、大規模工場の多い地域では正規分布やワイブル分布が対応するといわれているが、本調査測定値が対数正規分布を示していることを見ても、アンカラ市の大気汚染が暖房用ボイラー等の中小低煙源に起因していることは明らかである。

### 2.2.4 SO<sub>2</sub>とPMの濃度の関係

粒子状物質を測定した3地点におけるSO<sub>2</sub>とPMの散布図及び回帰式は、図2.2.6に示したとおりであり、各地点ともよい相関を示している。このことは、SO<sub>2</sub>とPMが同一の発生源に起因すること、すなわち、粒子状物質も、ストーブ、ボイラー等の暖房用の低層煙源から排出されていることを示している。

SO<sub>2</sub> (7地点)

PM (3地点)

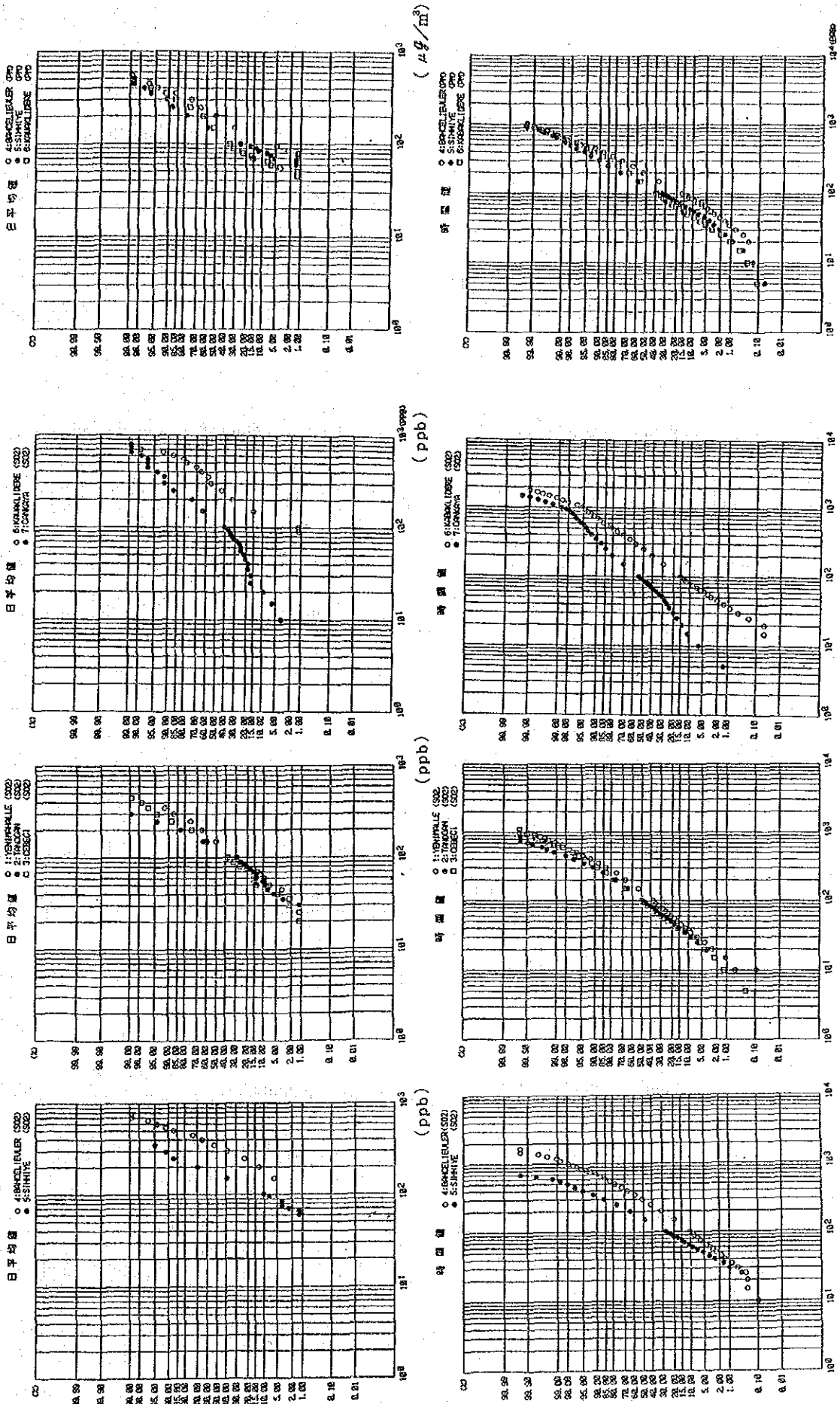


図 2.2.5 SO<sub>2</sub> 及び PM 濃度の累積頻度曲線 (日平均値及び一時間値)

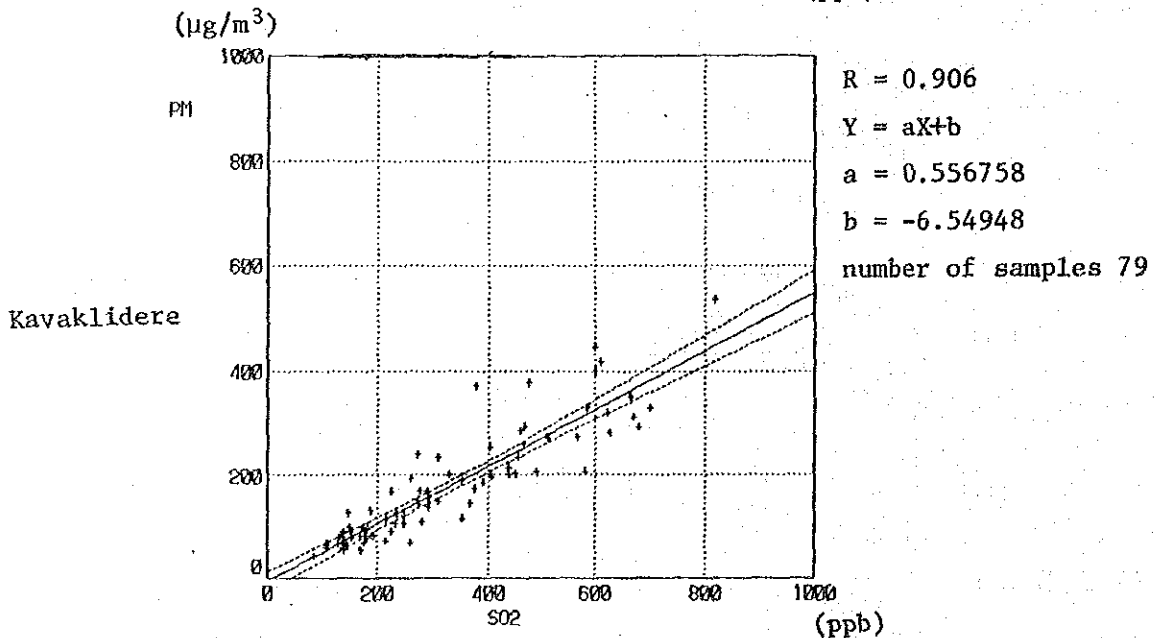
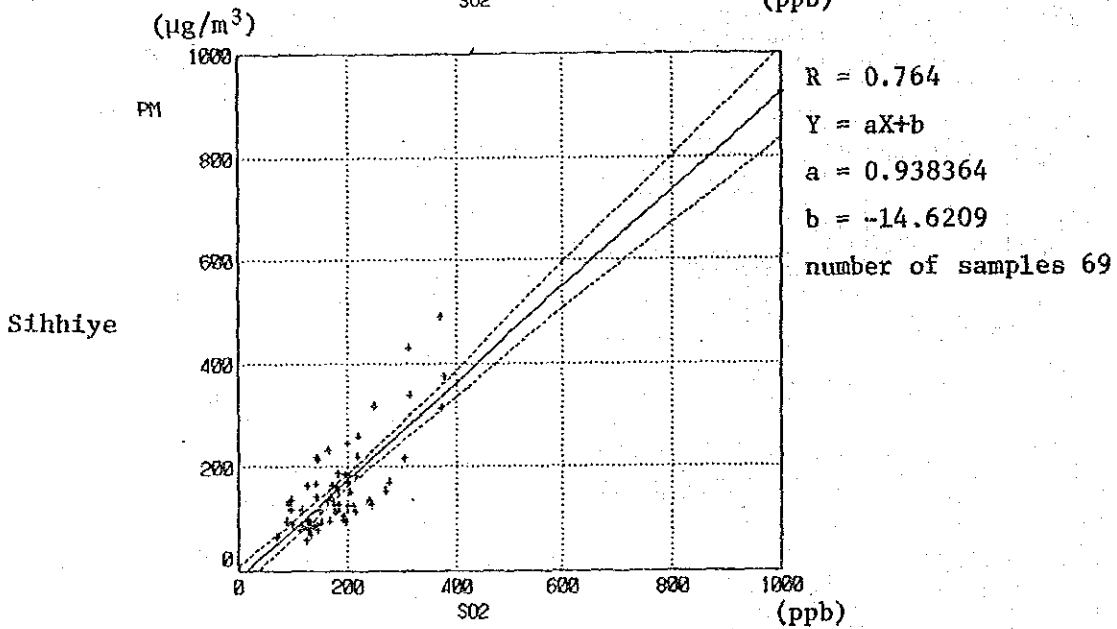
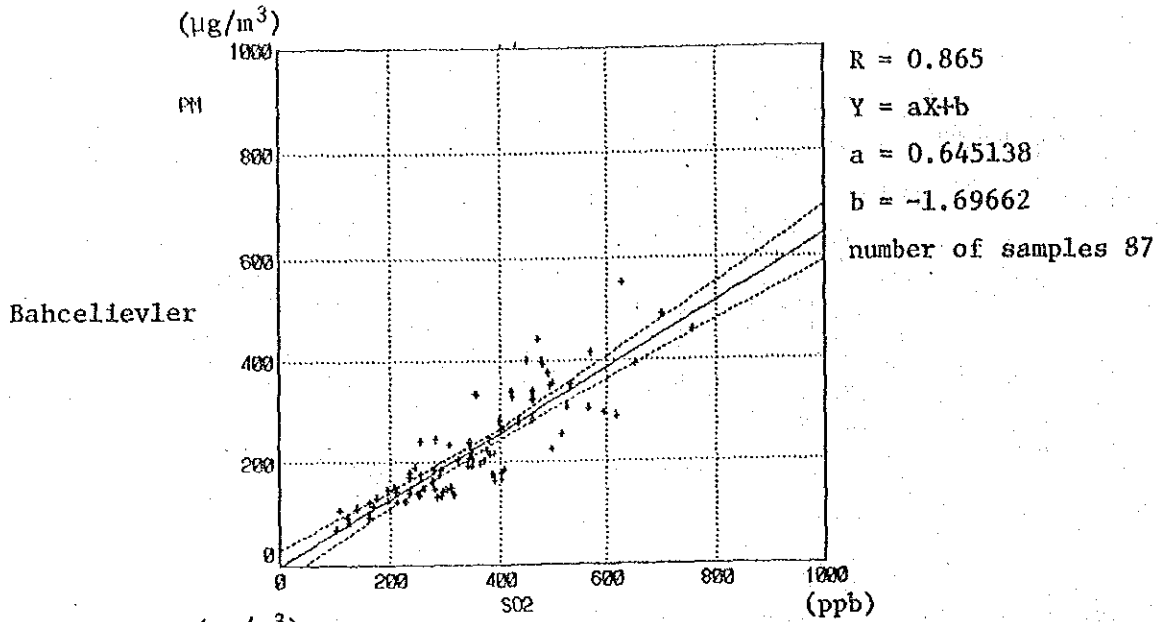


Figure 2.2.6 Relation between SO<sub>2</sub> and PM at Each Station  
(Daily Mean Values)

## 2.3 濃度と他の要因との関係

### 2.3.1 濃度と風向

SO<sub>2</sub>の地点別風向別平均濃度を図 2.3.1 に示す。

YENIMAHALLE, BAHCELIEVLER, TANDOGAN といったアンカラ市中心部より、北西から西に位置する測定点では東南東～南南東の風向の時に高濃度となっている。また、南に位置するKAVAKLIDELE, CANKAYA では、北～東の風向の時に高濃度となっており、いずれの地点も、市中心部からの風向の時に高濃度となっている。市の東部にあるCEBECIでは北西の風向で高くなっているが、これは北西方向にあるALTINDAGの低層住宅群の影響と思われる。市中心部にあるSIHHIYEでは特に風向による変動は見られない。

図中に、弱風時(0.5~0.9 m/s)の風向別平均濃度も示したが、高濃度出現時の風向のパターンは上記と大差ないと云える。

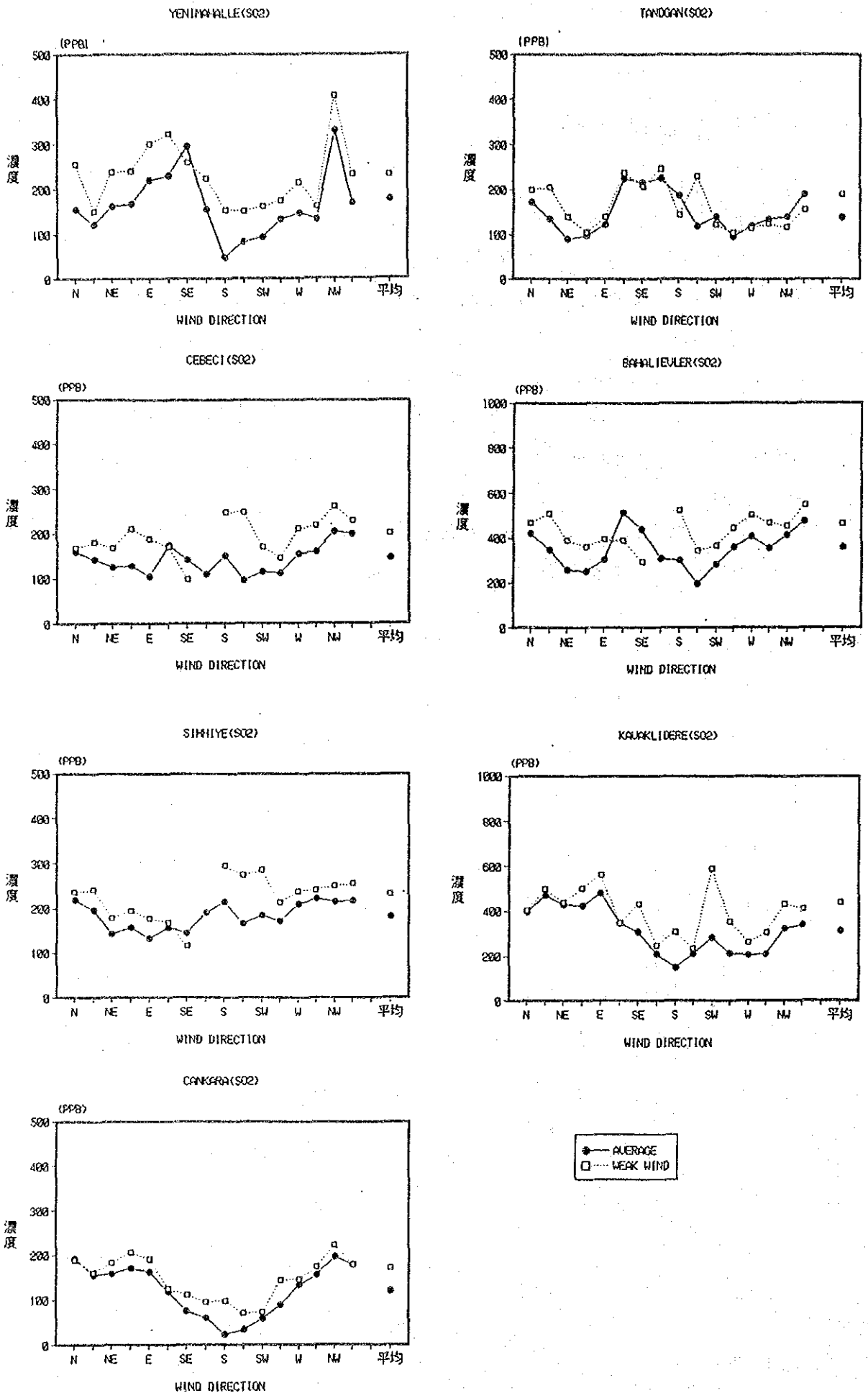


图 2.3.1 地点別・風向別 SO<sub>2</sub> 平均濃度



### 2.3.2 濃度と風速

図 2.3.2 には、風速階級別の濃度を示す。BAHCELIEVLER, KAVAKLIDERE の高濃度地区は特に、無風・弱風域で濃度が高く、ごく近傍の発生源が寄与していることが考えられる。また CANKAYA, SIHHIYE では、無風 (0~0.4 m/s) より弱風 (0.5~0.9 m/s) の時の濃度が高く、他地域からの移流により高濃度となることが推定される。

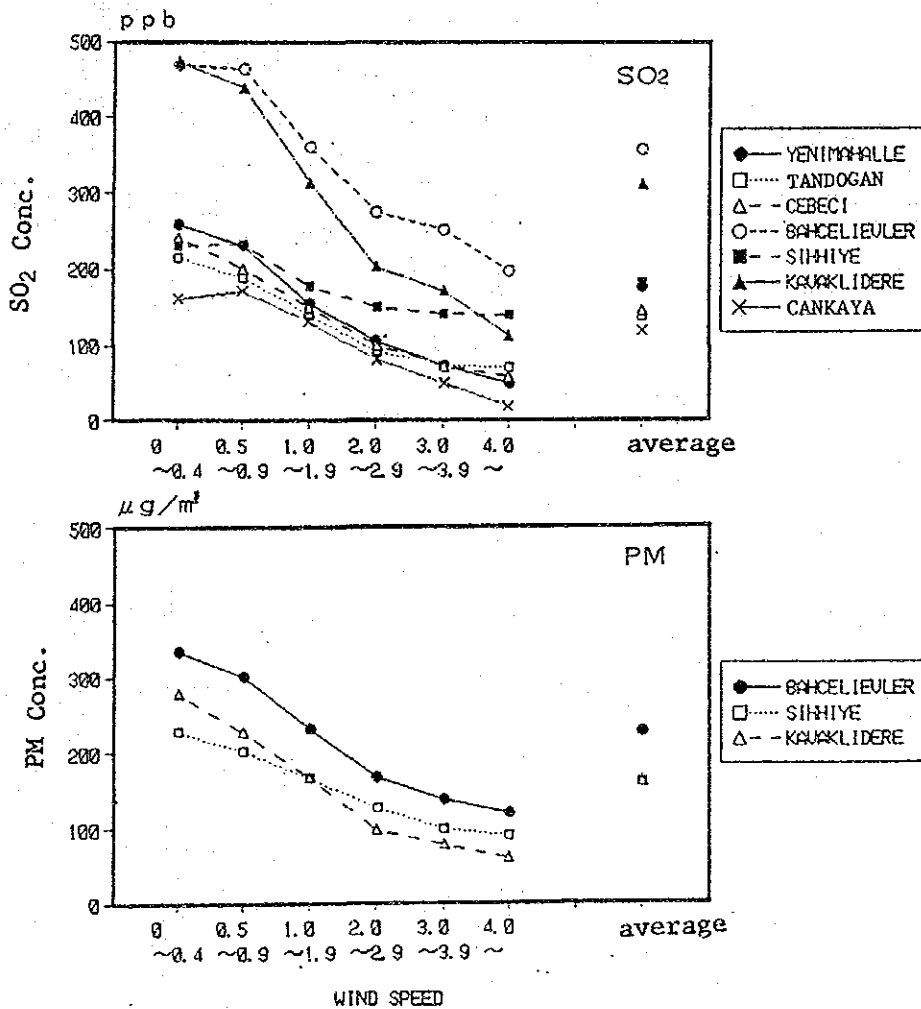


図 2.3.2 風速階級別濃度

### 2.3.3 濃度と混合層高度

図 2.3.3 は、12月19日から4日間の SO<sub>2</sub> 濃度時間変動及び気温の鉛直分布から推定した混合層高度を示す。

この4日間は、図 2.2.1 を見てもわかるように、測定7地点で共に前後の期間と独立し

た濃度のピークを示している。

気圧配置は、アンカラ市を含む中部アナトリア地方全体が西から東へゆっくり移動する高気圧に覆われている状態である。

この時間変化の特性をまとめると次の様になる。

- ① SO<sub>2</sub>濃度と混合層高度には明らかに相関が見られ、混合層高度が低くなると濃度は高くなる。
- ② YENIMAHALLE, BAHCELIEVLER, KAVAKLIDEREなどが高く、発生源の時間変動パターンに似た二山型のパターンを示している。
- ③ CANKAYA は、こうした二山型とは異なり、特異な時間変動を示している。

この様に、高濃度の発生には、混合層高度 (Lid) が大きく関与しており、CANKAYA の特異な濃度変動は、盆地底部との標高差 (約 200 m) と、この混合層高度との関係に起因するものと考えられる。

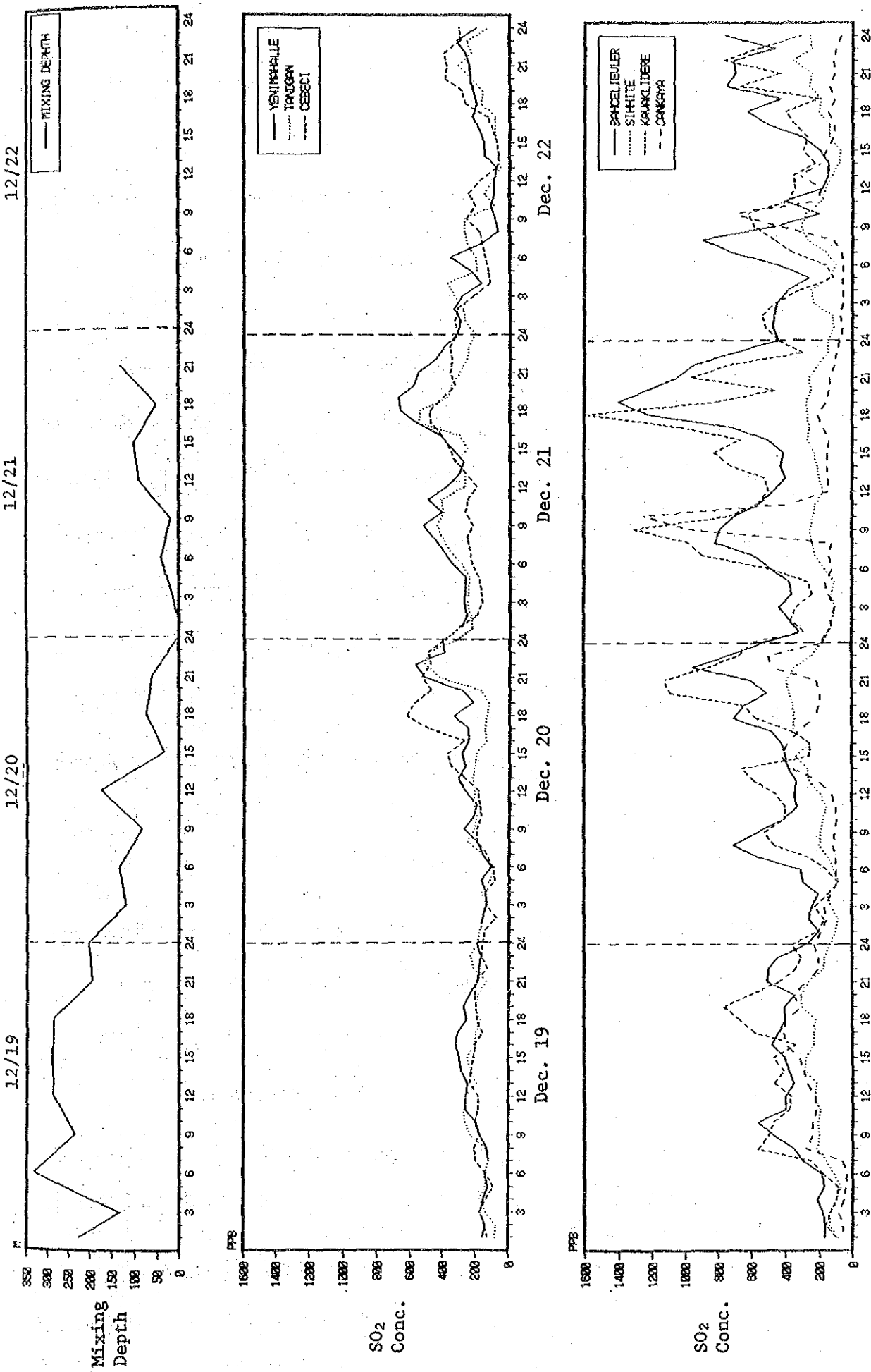


Figure 2.3.3 Time-Variation of SO<sub>2</sub> Concentration and Mixing Depth (Dec. 19 -22, 1984)

## 2.4 汚染物質発生量の分布

### 2.4.1 固定発生源

トルコ国石炭供給公社発表の燃料販売実績、石油供給公社発表のアンカラ地方の燃料油消費量、並びに環境総局の推定値等をもとに積算すると、アンカラ市における1984～1985年の暖房期における燃料種類別使用量及びSO<sub>2</sub>排出量は、表2.4.1に示すとおりである。

表 2.4.1 現況 SO<sub>2</sub> 排出量 (1984/85 冬期)

種 類	使用量	平均S分	SO <sub>2</sub> 排出量
1. 未処理リグナイト	83.7万t	2.7%	45200 t
2. 水洗リグナイト	27.5	1.4	7700
3. コークス	12.4	0.6	1490
4. 燃料オイル	22.0	0.9	3960
5. コークスブリケット	1.3	0.6	160
			総計58510 t

### 2.4.2 移動発生源

ディーゼルの年間消費量及び既往の調査結果をもとに推定した移動発生源からのSO<sub>2</sub>の冬期間の排出量は約1,313 tであり、固定発生源排出量の2.2%でしかない。

即ち、冬季間のSO<sub>2</sub>濃度を考える限り、無視し得る程度であり、以下の解析及び対策の検討に際しては考慮しないこととする。

### 2.4.3 現況のSO<sub>2</sub>排出量分布

500mメッシュに分割した各々の地域の建物戸数を大中小別に把握し、これに従って各種暖房用燃料の供給量を配分し、各燃料のSO<sub>2</sub>原単位をかけてメッシュ毎のSO<sub>2</sub>排出量を算出した。その結果は図2.4.1に示すとおりである。

## 2.5 まとめ

以上の現況大気汚染の解析結果からアンカラ市の大気汚染発生機構をまとめると次のようになる。

- ① 濃度の時間変動、安定度別濃度、SO<sub>2</sub>とPMの相関などから見ても、アンカラ市の大気汚染の発生源はPMも含め暖房用ストーブ、ボイラーといった、低層煙源である。
- ② 風速階級別濃度、風向別濃度から見ると、測定点に対して極く近傍の発生源が寄与していると推定され、煙源の高さがかなり低いことが、高濃度の原因になっている。

4

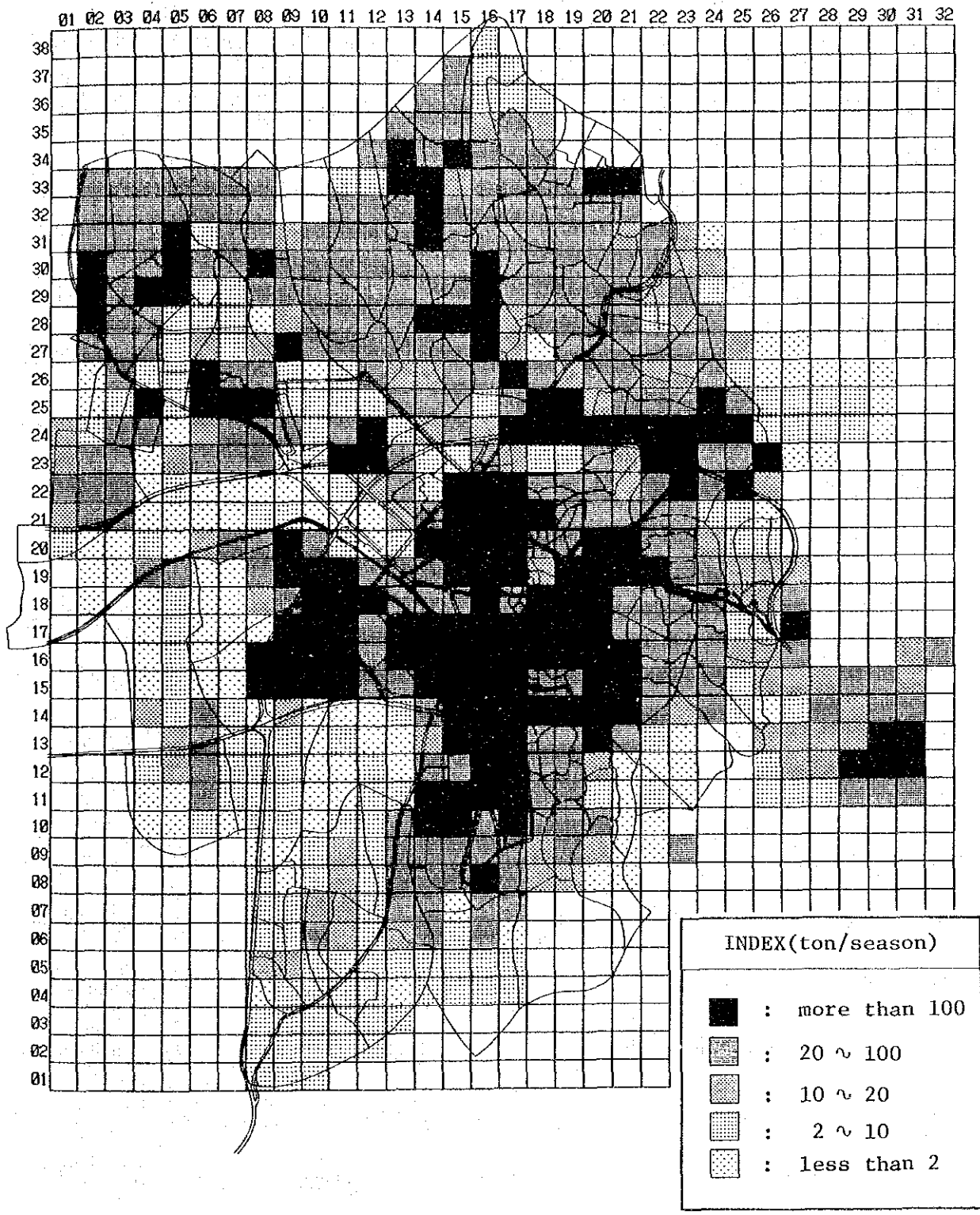


Figure 2.4.1 Geographical Distribution of SO<sub>2</sub> Emission  
(Winter of 1984/1985)

- ③ 盆地性の地形で風が弱く、汚染物質が滞留し易い。又、放射冷却による接地性の逆転層が形成され易く、昼間に地表温度が上昇しても上層に逆転層が残り、フタをされた状態となるためさらに拡散が阻害され高濃度が発生する。
- ④ 混合層高度と汚染物質の濃度には強い関連が見られ、混合層高度が低くなると高濃度が出現する。特にCANKAYA等標高の高い地域では、混合層高度との相対的な関係で、異常な高濃度が出現する。
- ⑤ 発生源対策の対象は、緊急時レベルの超過の度合の著しいSO<sub>2</sub>を優先的に考えるのが妥当であり、また、多くのSO<sub>2</sub>削減対策は同時にPM削減対策にもつながるため、次章以下の検討はSO<sub>2</sub>対策を主体として行うものとする。

## 第3章 大気汚染対策の現状

### 3.1 発生源対策

#### 3.1.1 アンカラ県庁布告の対策

アンカラの冬期の大気汚染に対して、例年アンカラ県庁よりその年の冬期間にとるべき対策が布告されている。1984/85年の冬期間の為に官報により布告された対策は以下のとおりである。

##### (1) 通常時の対策

大気汚染防止にとられる冬期間の通常時の対策は以下のとおりである。

- ① アンカラ市内の液体燃料を使用している建物でのリグナイトへの転換及び新築建物での固型燃料の使用を禁止する。
- ② アンカラにおける暖房用固型及び液体燃料の輸送と販売は、T.K.I (トルコ国石炭供給公社)、TÜPRAŞ (トルコ国ペトロール精製A.S)、及びPetroleum Office以外の組織及び人々によって行なうことを禁止する。
- ③ アンカラ市内においては、①ストーブはコークス、足りない場合は輸入石炭、②固形燃料用ボイラーには水洗リグナイトと輸入石炭、③液体燃料用ボイラーには特別の良質燃料を用いること。
- ④ ボイラーとストーブの最初の着火時間は、Maltepe, Sıhhiye, Yenisehir, Kızılay, Bakanlıklar、及びKocatepe 地区は7:00~7:30、地の地区は6:00~6:30、午後は全地区14:00~15:00とする。この時間以外、ボイラーは気温により煙の出ない方法で継続してもよい。
- ⑤ 外気温が12℃以下に下がった場合暖房を許可し、室温が18℃に達した場合はボイラー及びストーブは最小限の燃焼とする。
- ⑥ 休日中は病院、寄宿学校、学生宿舎、養老院、バス・ターミナル、及び警察署以外のすべての公用建物ではストーブとボイラーを焚くことを禁止する。宗教的祭日(通常3日間か4日間)の最終日と日曜日の20時以後は煙を出さぬような最小限のレベルで焚くこと。  
完全に消火することが技術的に問題であるようなボイラーは最小の火力で使用する。
- ⑦ 黒煙を排出する車の走行を禁止する。
- ⑧ アンカラ市内で運転される県内の衛生公共機関とアンカラ市役所のディーゼルエンジン車、公共バス、及び石炭と砂の輸送トラックはSO<sub>2</sub>排出の少ない軽油(モトリン)を使うこと。この取り締りは地区交通局とアンカラ市警察局に委任する。

⑨ 廃棄物を庭や道路で焼却してはならない。

(2) 警告レベルと緊急時対策

i) 警告レベル

大気汚染のレベルが悪化した場合は表 3.1.1 に示す各レベルに応じて、緊急時対策をとることになっている。

Table 3.2.1 Warning Levels of Pollutants for Emergency Measures

Warning Level	SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1st level	700	400
2nd level	1,000	600
3rd level	1,500	800
4th level	2,000	1,000

Note: Figures listed above indicate the 24-hour concentration values. When prevailing relative humidity exceeds 90%, the values shown above are to be cut by 10%.

アンカラ県知事は毎日の気象庁の天気予報、公衆衛生院のSO<sub>2</sub>とPMの測定値、及びGDEの意見に基き、レベルの判定と緊急時対策の発令を行うことになっている。

ii) 緊急時対策

各警告レベルに達した場合にとるべき緊急時対策は表 3.1.2 に示すとおりである。

但し、1984/85の冬期間は緊急時対策の発令は行われなかった。



表 3.1.2 警告レベルに対する緊急時対策

警告レベル	緊急時対策
第1レベル	<p>通常時にとるべき対策に加えて</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第2及び第3クラスに属する衛生関係以外の施設 (non-Sanitary Installation) からのばい煙の排出量を50%削減する。</li> <li>ストーブ、セントラル・ヒーター(ボイラー)は、午前4時間、午後4時間、1日合計8時間以上使用しない。</li> </ul>
第2レベル	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1レベルでの措置に加えて、第1クラスに属する衛生関係以外の施設からのばい煙の排出量を50%削減する。</li> <li>ストーブ、セントラル・ヒーター(ボイラー)は、午前3時間、午後3時間、1日合計6時間以上使用しない。</li> </ul>
第3レベル	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2レベルでの措置に加えて、自家用車のナンバーが偶数のものは偶数日に、奇数のものは奇数日のみ運転を認める。</li> <li>小・中学校は休校とする。</li> <li>第1、第2、第3クラスに属する衛生関係以外の施設を休止させる。</li> <li>ストーブ、セントラル・ヒーター(ボイラー)は、1日3時間以上使用しない。</li> </ul>
第4レベル	<ul style="list-style-type: none"> <li>第3レベルでの措置に加えて、すべての学校、官公庁、デパート、職場を閉鎖する。</li> <li>官用車、軍用車、緊急用車輛、外交官車、タクシーを除きすべての交通を止める。</li> <li>必要品を産出し市民の健康に直接関係している仕事場以外、すべての仕事場は活動を休む。</li> <li>ストーブ、セントラル・ヒーター(ボイラー)を一切使用しない。病院及びそれに類似した市民の健康に関係している機関では、必要な対策を講じながら、電熱器を使うことが出来る。</li> <li>病院の薬剤を病人の処置のために確保する。</li> <li>すべての救急車をアンカラ市の厚生局長の指揮下に置く。</li> </ul>

### 3.1.2 建築面からの対策

#### (1) 建築規制

市中心部の汚染物質の排出量を抑制するため、アンカラ市当局は中心部の約6,000 haの地域では建物の新築を許可しない方針をとっている。また、アパートの建替えの場合には5階以下としている。この方針により、市当局は中心部地域での排出量は現在より大きく増えることはないという見通しを持っている。

#### (2) 建物の断熱化

暖房の為に燃料を節減し、汚染物質の排出量を押えるため、トルコ国政府は、気候的特徴によって分けられる全国の四つの地方にそれぞれ適用すべき、建物の断熱構造規則を設定している。新築建物に対する規則は1981年に、既存の建物に対する規則は1984年に発効した。

アンカラでは市当局がこれらの実施指導・検査に当たっており、新築建物については実行が計られている。既存の建物については、主として経済上の制約により、その実施はあまり進んでおらず、市当局はなおその促進の方法について検討している。

### 3.1.3 工場立地規制

トルコ国では工場は業種と規模により、環境に及ぼし得る影響度が高い順に、第1、第2及び第3のクラスに分けられている。アンカラ市内では影響度の高い第1クラスの工場の新設は許可しないことになっている。また、現在開発中及び将来開発予定の工業用地は地形上大気汚染に対して問題の少ない西部回廊(Western Corridor)地区に配置されている。既存の市中心部の中小工場がこの西部地区に移転する傾向も見られる。

### 3.2 監視測定体制

アンカラ市の大気汚染監視は図3.3.1に示す15地点及び更に南に位置するバックグラウンド測点地点(1地点)で行われている。監視測定の実施機関は厚生省公衆衛生院であり、測定結果(24時間値)はその日のうちに電話で環境総局(GDE)に報告される。

測定方法は、セミオートマチックサンプラーによる24時間単位のサンプルを公衆衛生院に回収し、そこで分析する方法をとっている。回収の周期は、冬季は土・日曜を除く毎日、他の季節は2~3日に1回である。

分析方法はPMについてはろ紙上の反射光の減少を検出する方法、SO<sub>2</sub>については中和滴定法によっている。

サンプリング装置の運転状況を見ると、装置の使用方法等に問題があって、正しく外気をサンプリングしていないケースがみられ、材質の面も含めて、改善の余地があるものと考えられる。

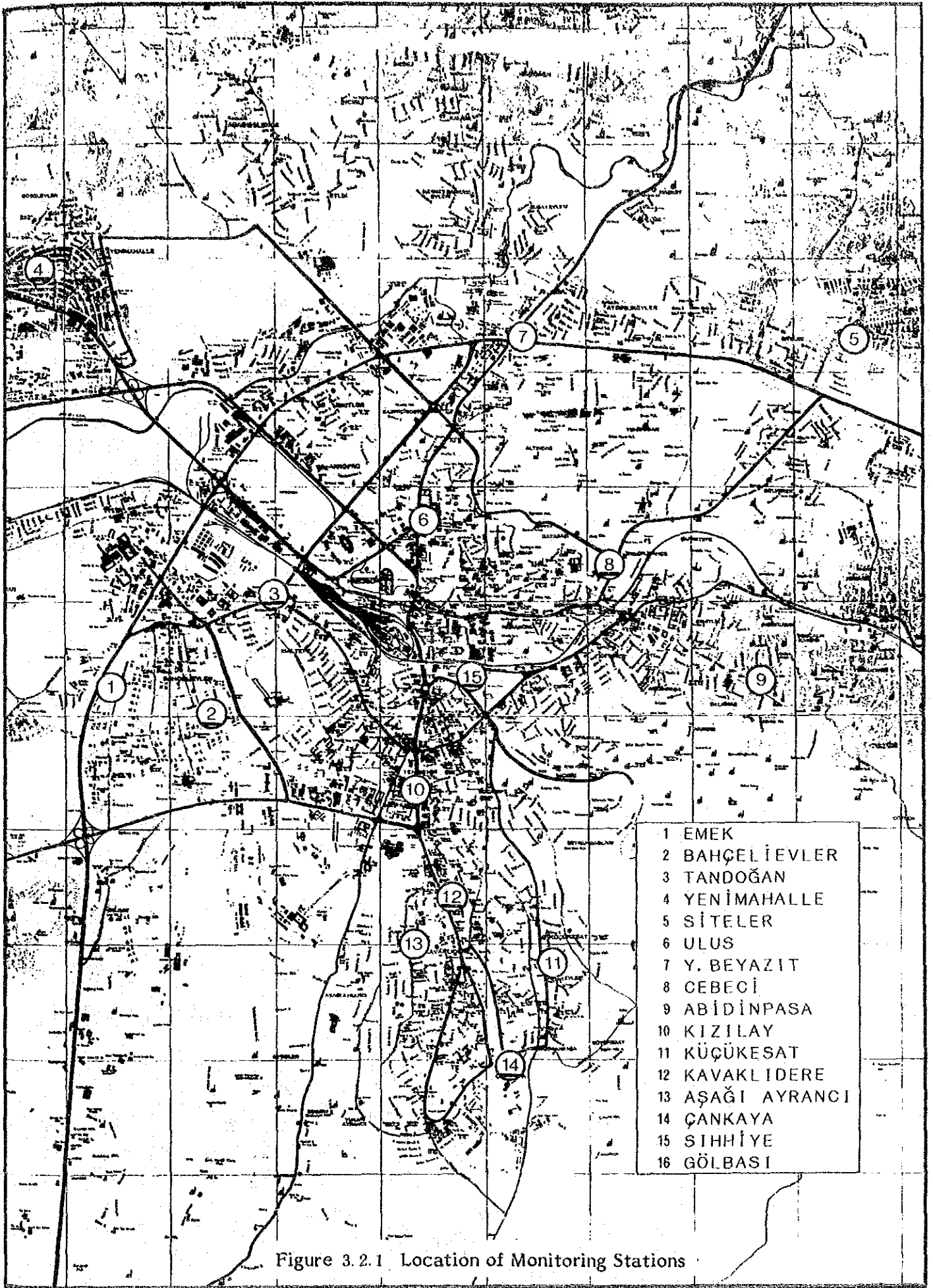


Figure 3.2.1 Location of Monitoring Stations



## 第4章 社会経済的条件の検討

### 4.1 人口の推移

アンカラ市の人口は、1935年～1975年の30年間に年平均6.8%の伸びで推移し（この間のトルコ全体の人口の伸び率は2.3%）人口集中が進んできた。

しかし、1975年～1980年の5年間では、トルコ全体の伸び率2.1%に対し、アンカラ市は2.0%とその人口集中傾向が大きく減速している。これは特に既成市街地での人口減少によるところが大きいと思われる。実際に市中心部の約6,000haの地域では、新設の建物の禁止条令もある。従って今後の人口の増加は市街地周辺及び市域西部のYenimahalle地区等に於いて見られるものと考えられる。

以上の状況を考慮し、アンカラ市の人口予測は、次の3つの方法により行なった。

- ① 時系列分析（1次関数）による予測
- ② 時系列分析（ロジスティック曲線）による予測
- ③ トルコ全体の人口に占めるアンカラ市のシェアによる予測

結果は図4.1.1に示すように1995年でおおむね250万人と見こまれる。

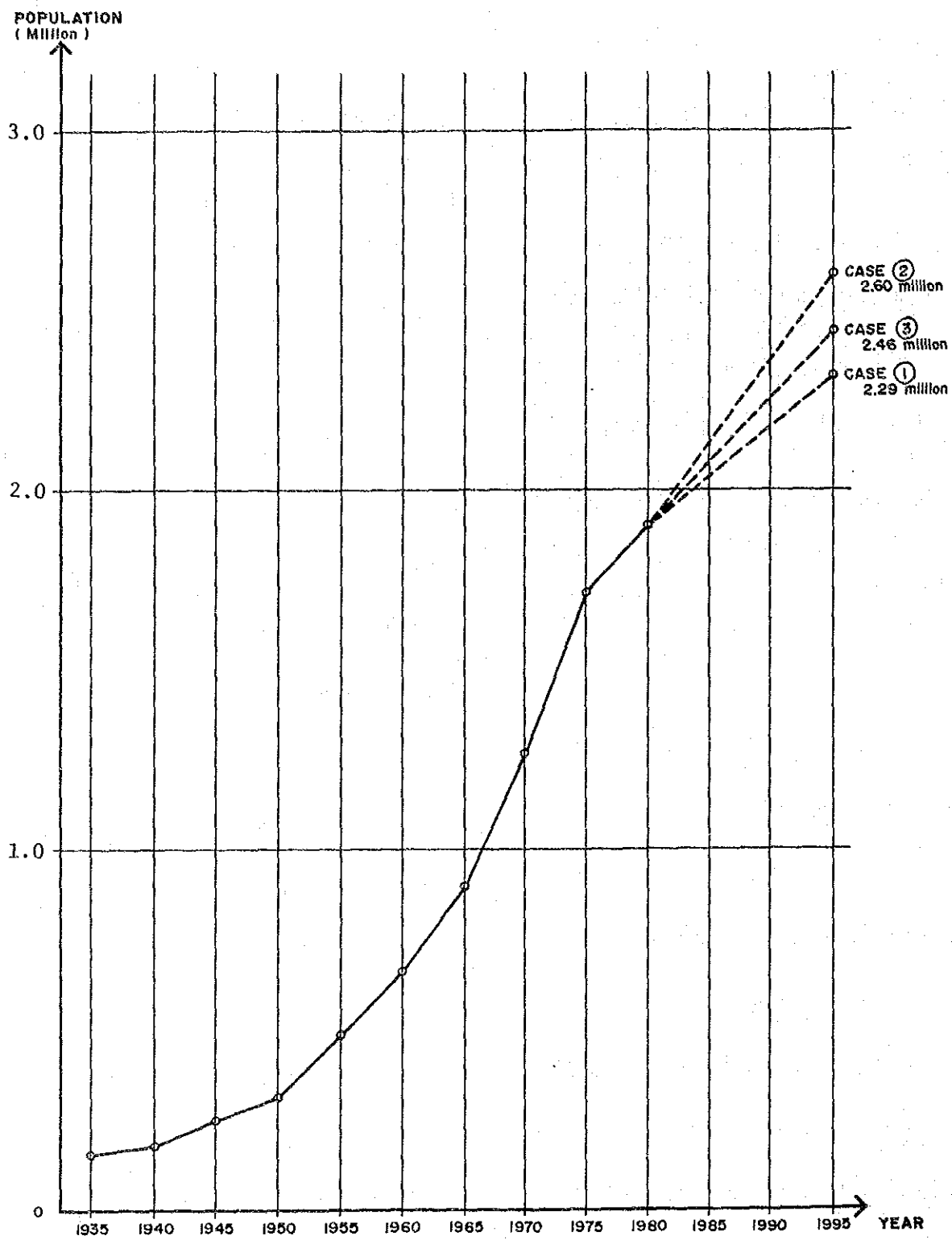


Figure 4.1.1 Population Forecast of Ankara City in 1995

#### 4.2 エネルギーの需要予測

下記に示す仮定のもとに、1995年におけるアンカラ市のエネルギー需要を予測した結果は表4.2.1のとおりである。

- a) アンカラ市の産業構造の変化はないものとする。
- b) 民生部門のエネルギー需要量に関しては、人口比（1995年のトルコ全体の推定人口に対するアンカラ市の推定人口）に補正係数（1983年の実績より求めた値）を乗じた比率を用いて推定する。

Table 4.2.1 Energy Demand in Ankara City by Sources

Energy	Unit	1983	1975-1982/ 1983	1995	1983-1995
1) Solid Fuels	1000 ton	1,165.0	10.9%	1,407	1.6%
Lignite		1,000.0	11.3%	1,270	2.0%
Coke		150.0	8.8%	124	- 1.0%
Briquette		15.0	9.4%	13	- 1.0%
2) Liquid Fuels	1000 ton	6,646	- 0.1%	928	2.8%
Fuel Oil		2,263	- 3.1%	380	4.4%
Gasoline		1,550	- 3.1%	208	2.5%
Diesel		2,833	2.8%	340	1.5%
3) Gas Fuels					
LPG	1000 ton	68.0	6.9%	150	6.9%
City Gas	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	65.2	1.5%	80	1.5%
4) Electricity	GWh	1,092.8	4.9%	3,100	9.1%





## 第5章 発生源対策の技術的・経済的検討

### 5.1 良質エネルギーへの転換の可能性

アンカラ市における家庭用、事務所用エネルギーの消費は、表5.1.1のような構成になっている。

表5.1.1 アンカラ市における冬期の家庭用・事務所用エネルギー消費量及び価格(1983/1984)

エネルギー	消費量 (アンカラ市)	価 格	平均発生熱量	熱量単価 TL /1,000kcal
リグナイト	1,000千t	14,000 TL/t	4,200 Kcal/kg	3.3
コークス	160千t	28,000 TL/t	5,400 Kcal/kg	5.2
ブリケット	15千t	25,400 TL/t	5,331 Kcal/kg	4.8
燃料油	220千t	114,300 TL/m <sup>3</sup>	10,500 Kcal/kg	119
都市ガス	65百万m	75 TL/m <sup>3</sup>	3,577 Kcal/Nm <sup>3</sup>	21.0
電 力	854 Gwh	33 TL/kwh	860 Kcal/kwh	38.4

(注) 燃料油比重 0.916として換算

上記の各種エネルギーのうち、熱量単価の高い種類のものほど使用に便利でかつクリーンであることが指摘されるが、大気汚染の主要因と考えられる暖房用燃料には、リグナイトなど限定された種類の燃料が主に使用されている。

これらの暖房用燃料は、各種エネルギーの中では相対的に安価であり、かつS分の含有率が高いものである。大気汚染の削減の見地からこうしたSO<sub>2</sub>発生の大い燃料を、LNGなどの良質なエネルギーに転換することは本質的な解決の方法であるが、政策的な課題であるため、本調査の技術的・経済的検討課題からは除外した。

## 5.2 リグナイトの改質

### 5.2.1 改質方法

リグナイト中の硫黄分の削減及び脱塵については、以下の方法の検討を行なった。

#### (1) 硫黄分の削減方法

##### ① 水洗による方法

未処理リグナイトを水洗し、附着している硫黄分を洗い流す方法。

##### ② 石灰の添加により硫黄分を固定する方法

リグナイトに石灰を添加し、 $\text{SO}_2$ を石膏に転換することにより $\text{SO}_2$ 発生量を削減する方法

#### (2) 脱塵の方法

##### ① リグナイトを成型し、ブリケット(注-1)、レンタン(注-2)にしてばいじんの発生量を削減する方法。

(注-1)、(注-2)：5.2.3に記載

### 5.2.2 リグナイト中の硫黄分の削減及び脱塵の効果

#### (1) 硫黄分の削減効果

##### ① 水洗による方法

未処理リグナイトを水洗した場合20%程度の硫黄分を削減できる。

##### ② 石灰の添加による方法

水洗リグナイトに8%の石灰を添加した場合、75%程度の硫黄分が固定できることが判明した。

#### (2) 脱塵効果

##### ① リグナイトをブリケット化した場合、未処理リグナイトで83%、水洗リグナイトで40%の脱塵効果が確認された。

##### ② リグナイトをレンタン化した場合、96~99%の脱塵効果が確認された。

### 5.2.3 リグナイトのブリケット化に関する検討

5.2.1及び5.2.2の検討結果をふまえ、リグナイトに石灰を添加し硫黄分を削減するとともに、脱塵を行なうことを目的として、下記の3種類のブリケット化技術につき検討を行なった。

##### ① 主として石灰を添加し、40~50mmサイズに成型する方法(以下ブリケットと呼ぶ)

##### ② 主として石灰を添加し、穴あき円筒型に成型する方法(以下レンタンと呼ぶ)

##### ③ 主として木粉と石灰を添加し、アーモンド型に成型する方法(以下バイオコールと呼ぶ)

#### 5.2.4 ブリケット、レンタン、バイオコールの製造プラントと価格

各プラントの製造工程の概要を図5.2.1に示す。

##### (1) ブリケット

① プラント能力	100,000 ton /年
② プラント価格	
本体、工場建設費	2,106 百万円
オプション	472 百万円
計	2,578 百万円
	( 5,415 百万 TL )

##### ③ 1 ton 当りの価格

プラント償却費、人件費、原材料等	12,189 円 / ton
	( 25,596 TL / ton )

以上によりブリケットの原価は約 26,000 TL / ton 程度と見込まれる。

##### (2) レンタン

① プラント能力	84,000 ton /年
② プラント価格	917 百万円
	( 1,925 百万 TL )

##### ③ 1 ton 当りの価格

プラント償却費、人件費、原材料等	10,062 円 / ton
	( 21,130 TL / ton )

以上により、レンタンの原価は 21,000 ~ 22,000 TL / ton 程度と見込まれる。

ただし、レンタンを使用する場合レンタン用のストーブが必要であり、この価格は、35,000 ~ 40,000 TL 程度と見込まれる。

##### (3) バイオコール

① プラント能力	100,000 ton /年
② プラント価格	
本体、工場建設	2,098 百万円
オプション	254 百万円
計	2,352 百万円
	( 4,939 百万 TL )

③ 1 ton 当りの価格

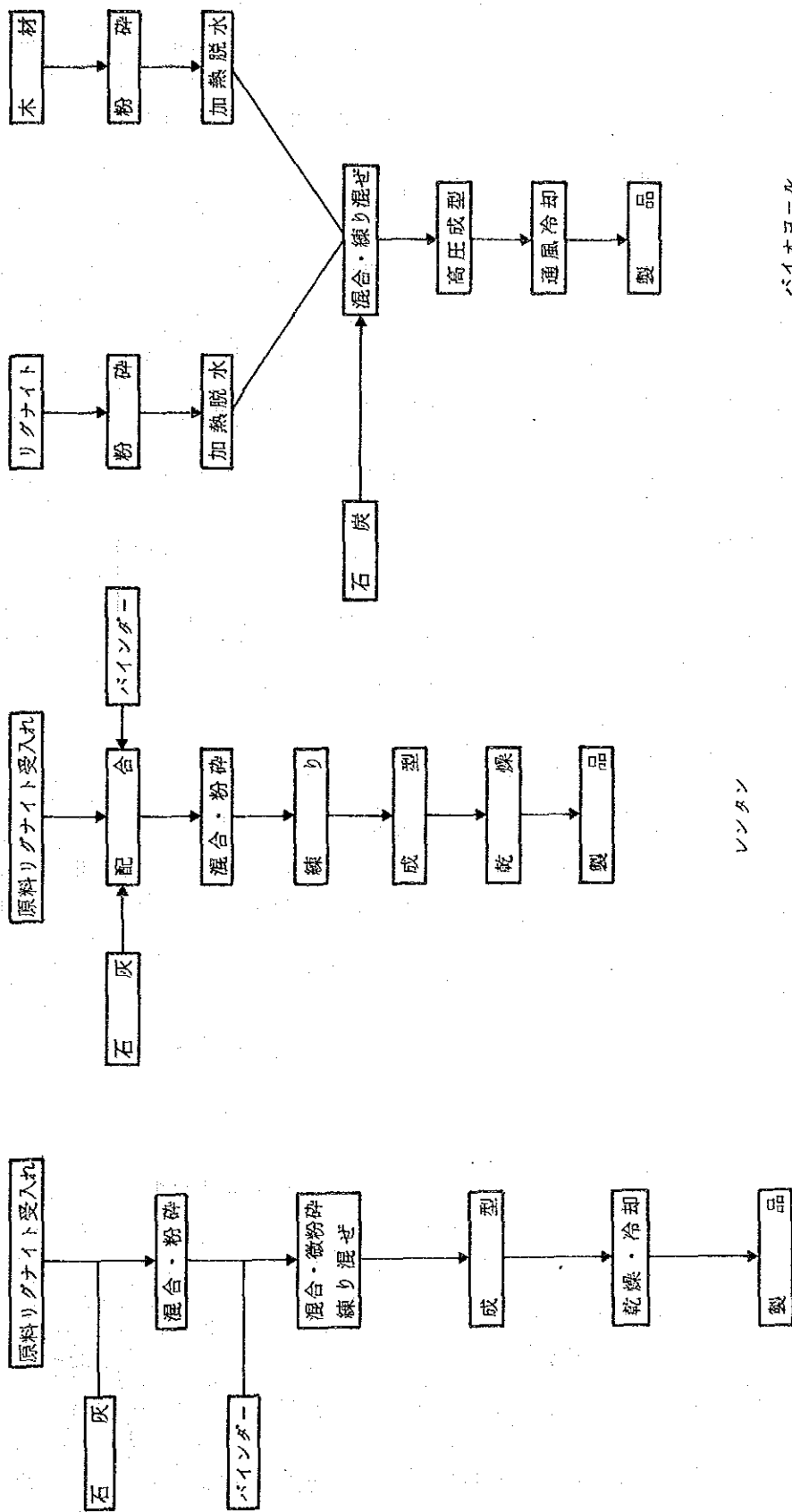
プラント償却費、人件費、原材料等	12,374 円 / ton
	( 25,985 TL / ton )

以上により、バイオコールの原価は約 26,000 TL / ton と見込まれる。

5.2.5 改質方法の比較

(1) 特 性

ブリケット、レンタン、バイオコールの3種の燃料につき、その性状、燃焼性、大気汚染防止効果、貯蔵等について比較した結果を表 5.2.1 に示す。



レンタン

バイオコール

ブリケット

図 5.2.1 リグナイト改質工程

表 5.2.1

	ブリケット	レンタン	バイオコール
灰分	×	×	○
水分	△	△	○
発熱量	×	×	△
着火性	△	△	◎
燃焼性	△	○	◎
火持ち時間	○	◎	△
水温上昇速度	△	△	◎
クリンカの生成	△	△	○
ばい煙量	△	○	○
SO <sub>2</sub> の固定	○	◎	○
耐圧強度	○	○	◎
耐水性	△	△	×
燃焼器の選択性	○	×	○
価格	○	◎	○

- ◎：すぐれているか、非常に有利である。
- ：普通、又はやや有利である。
- △：やや劣るか、やや不利である。
- ×：悪い、不利である。

(2) 経済性

上記3種類の改質燃料を使用した場合の暖房費を推定し、現在の暖房費と比較する。現在のアンカラ市内のリグナイトストーブ使用の住宅では1世帯当り1暖房期の平均暖房費は燃料代(リグナイト2.3t、薪1t)が62,200TLであり、従来型ストーブの消却費4,000TL/年を含め、66,200TLである。

比較の結果は表5.2.2のとおりであり、レンタンが最も経済的であり、次いで、バイオコールである。使用するストーブはいずれも改良型の方が経済的に有利である。

表 5.2.2 改質燃料使用のストーブによる暖房費の比較

燃料種別	使用ストーブ	暖房費 (1,000TL/年)	暖房費の増減 (%)
ブリケット	在来型ストーブ	82	+24
	改良型ストーブ	74	+12
レンタン	煉炭用ストーブ	54	-18
バイオコール	在来型ストーブ	66	-1
	改良型ストーブ	59	-11

## 5.3 燃焼装置及び燃焼方法の改善

### 5.3.1 ストープ

#### (1) ストープの形式と燃焼方法

二次燃焼室のある貯炭式または、バケツ式ストーブと、二次燃焼室を持たない投げ込み式ストーブの単位燃料(1kg)当りの燃焼時間を比較してみると、二次燃焼室付ストーブで未処理リグナイトを燃やした場合は38分、投げ込み式で13~18分程度と大きく差が出ている。この差は揮発分の多いリグナイトを完全燃焼させる為には、2次燃焼室を付けたものがより有効であることを示している。

また、ダンパーを取り付け、これを活用すれば20%程度の燃料の節約が可能である。

#### (2) ストープでの石灰混焼による簡易脱硫

リグナイト用バケツ式ストーブに、リグナイトの投入量に対し3~4%の石灰をサンドイッチ状に3層に入れ燃焼させた場合の脱硫率は、未処理リグナイトで40~50%、水洗リグナイトで56~59%となった。

#### (3) 結論

2次燃焼室付きのストーブに変換して燃料節減をはかり、更に石灰混焼をすれば、ストーブからのSO<sub>2</sub>の排出量は60%程度カットすることができるかと推定される。

### 5.3.2 ボイラーの燃焼状況とその改善

1985年2月及び7月の調査の結果、下記の問題点等が判明した。

- ① 燃焼空気量につき調査した結果、多くは過剰空気燃焼となっており、空気口の調整、ダンパー操作、リークのチェック及び補修が必要であると確認された。
- ② 煙管のクリーニング回数が少なく燃料の無駄使いが多い。
- ③ ボイラー水の不純物(スケール)の除去がされておらず、この点でも燃料の無駄が多い。
- ④ ダンパー操作、煙管及び水管のクリーニングなどを行うことにより、かなりの燃料節約ができると考えられる。

### 5.3.3 温水暖房システムの改善

ラジエーターを使用した温水暖房システムには、①変流量定温度方式と②定流量変温度方式の2種類がある。

アスカラ市では、現在①に類する方式が使われているが、各住宅のラジエーターバルブが有効に使われていない為、無人の室を温めるというエネルギーの無駄使いが見られる。

- ①の変流量定温度方式で、室温を一定にする自動調整バルブを使用した場合、暖房期の燃料使用量は27.5%削減が可能である。燃費の節約は設備に要する費用とほぼ相殺される。
- ②の定流量変温度方式を使用した場合、各住宅でのバルブ操作は必要なくなり、暖房期の燃料使用量は20%削減できる。燃費の節約が設備費を上回る。

#### 5.3.4 エネルギー節約の促進方法

エネルギーを節約する為には下記の方法の選択が考えられる。

- ① エネルギーの節約と、大気汚染防止効果に関する市民へのPR。
- ② ラジエーター機能の点検及びメンテナンスの充実
- ③ 無人の室を温めるような無駄を省く。
- ④ 各部屋別に温度を変えるバルブを設置するか、外気温によりボイラーで温度を変えるようにする。
- ⑤ 給湯用には小型湯沸し器の導入をはかる。

#### 5.3.5 ボイラーマンの教育

アンカラ県庁の布告では大気汚染の低減の為、ボイラー管理に関する種々の順守事項を定めている。

また、ボイラーマンに対する教育制度もあり、燃焼方法について教えているが、実際にはまもられていないことが多い。

ボイラーマンやその雇用主に対し、その職務の重要性を認識させるとともに、ボイラーマンがボイラーの運転と管理の他に数多くの仕事を持たされているという状況を再検討する必要がある。



## 5.4 煤煙処理装置の導入

### (1) 脱硫方法

脱硫方法には、大別して乾式と湿式の2種類がある。

乾式には、アルカリ土金属化合物吹込み法、アルカリ金属化合物添加法、酸化マンガ  
ン添加法、活性炭吸着法、接触酸化法、接触還元法、溶解炭酸塩法、電子ビーム照射法  
等がある。また、湿式には、苛性ソーダ法、亜硫酸塩法、アンモニア法、稀硫酸法、次  
亜塩素酸法、石灰法、水酸化マグネシウム法、湿式活性炭吸着法等がある。

これらのうち、乾式でボイラー燃焼室へ $\text{CaCO}_3$ 又は $\text{Ca(OH)}_2$ の粉末を吹込み脱硫  
する方法は、ボイラーそのものが脱硫装置ともなり、付帯設備への投資が少ないため、  
有利なものと思われる。

湿式による方法は、断水の頻繁なアンカラ市では、採用が難しいものと思われる。

### (2) 集塵

集塵装置としては、重力集塵装置、慣性集塵装置、サイクロン集塵装置、ろ過集塵  
装置、電気集塵装置、スクラバ等がある。

このうち、サイクロン、ろ過集塵、電気集塵、スクラバ等につき、対象となる発生源  
の規模により検討する必要がある。

## 5.5 建物の断熱性の向上

断熱材の使用による暖房熱量の削減効果を以下の手順に従って検討した。

- (1) 既存の建物について、代表的な内・外装仕様を設定し、建物各部の熱貫流率を求める。
- (2) 上記各部にアンカラ市建設局で、一般に実施されている仕様として示された改良を加え  
た場合の熱貫流率を求める。
- (3) トルコ国の建築基準に明文で規定されている断熱性能を具えた理想的な建築物につい  
ても同様に熱貫流率を求める。
- (4) 以上の建築物がアンカラ市で最も寒い時期にどの程度の熱損失を生ずるかを計算によ  
り推定する。
- (5) 熱損失推定値を比較し、建物断熱性向上による効果を判定する。

この結果、建築基準どおりの断熱性能を具えた建物の場合は、既存の建物に比べて熱損  
失が4.6%減り、一般に実施されている仕様による改良を加えた建物では2.7%減少する。  
以上のことから建物の断熱性向上により、概ね30%程度の暖房燃料の節約を期待し得る  
と考えられる。

## 5.6 地域暖房システムの導入

### 5.6.1 地域暖房システム適用可能地域の選定

検討対象地域は、アンカラ市中心部を含む約 200 km<sup>2</sup>の範囲とし、これを 500 m×500 m (25 ha) のメッシュに分割して地域別に検討した。

地域暖房システムは、ある値以上の暖房負荷密度をもつ地域に対してのみ現実的な適用可能性があり、その値は、1メッシュあたり 10 Gcal /時程度と考えられる。

10 Gcal /時以上の熱負荷密度をもつメッシュを地域暖房システム導入地域として選定すると、その位置は図 5.6.1 のようになる。

選定された 118 メッシュの冬季総暖房負荷の合計は、一暖房期あたり、概ね 3,000 兆カロリーとなり、全市の暖房負荷の 63% と見込まれる。

### 5.6.2 効果及び費用

#### (1) 冬季燃料消費量

地域暖房システムの使用燃料としては、未処理リグナイト、水洗リグナイト、燃料油の 3 種を各々全体に適用した場合を並列的に検討した。

地域暖房システムを導入すれば、個別暖房 (非集中) の場合に比べて集中化のために暖房負荷は約 80% に節減される。

この結果、地域暖房システム全体で消費する燃料は、一暖房期あたり次のとおりである。

未処理リグナイト	:	589,853 トン/季
水洗リグナイト	:	571,974
燃料油	:	269,607

#### (2) コスト予測

##### 1) 建設コスト

一般に地域暖房システムの建設費は、プラント、建物、配管、脱硫装置等を含んで暖房容量 1 Gcal /時あたり 5,000 万円程度であるとされている。

所要地域暖房プラントの容量は、選定されたメッシュのピーク負荷の総計となる。

$$\text{プラント容量} = 1,811.5 \text{ Gcal /時}$$

従って、総建設費は次のようになる。

$$\begin{aligned} 1,811.5 \times 5,000 \text{ 万円} & \approx 906 \text{ 億円} \\ & \approx 1,900 \text{ 億 TL} \end{aligned}$$

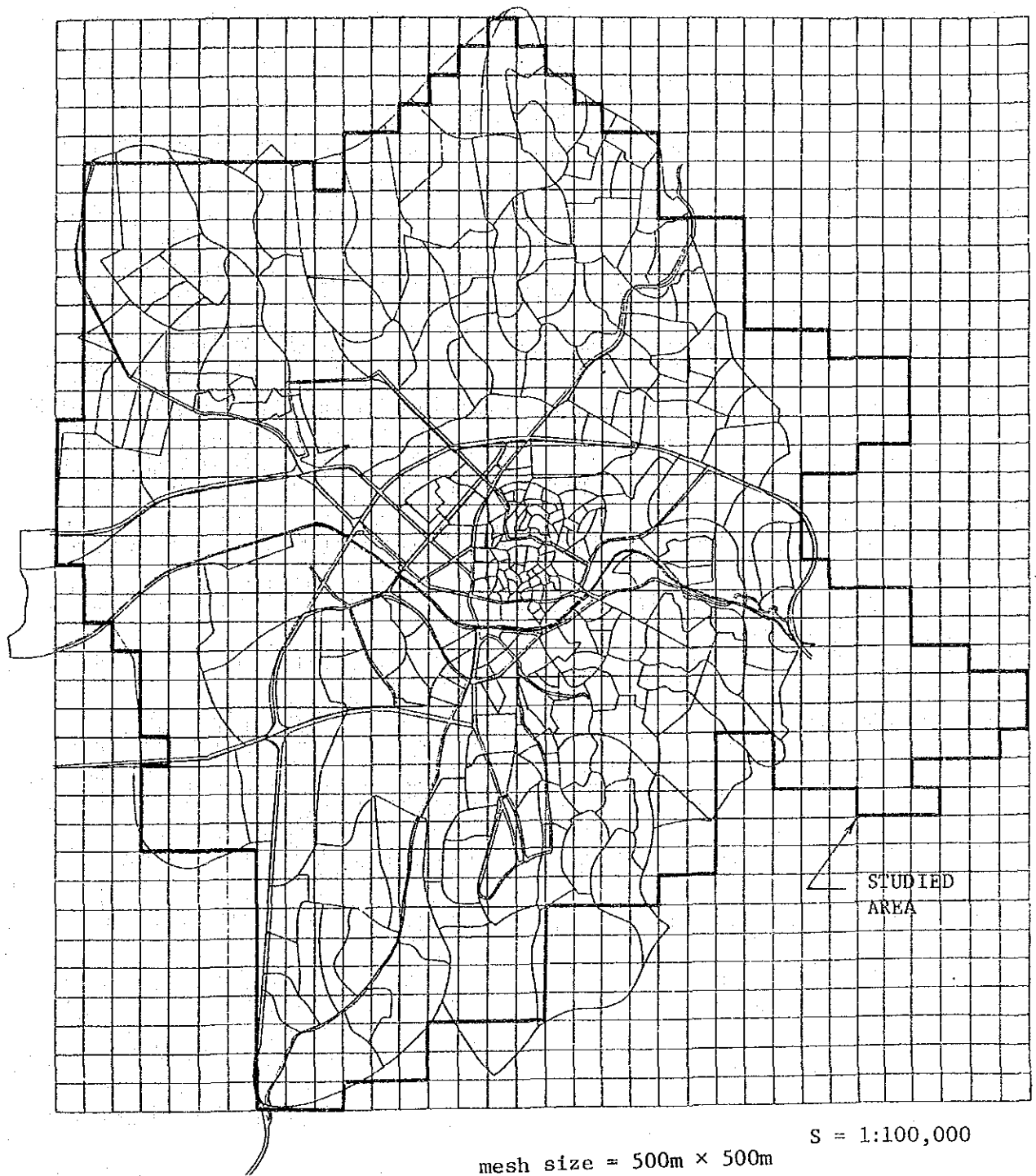


Figure 5.6.1 Study Area of District Heating Systems

地域暖房システムの運転コストは燃料コストを 1.00 とすると残りの運転コストは 1.33 であり、あわせて燃料コストの 2.33 倍となる。

この結果、運転コストは燃料の種類に応じて表 5.6.1 のようになる。

表 5.6.1 燃料種別地域暖房プラント運転コスト

燃料種別	燃料単価 (TL/トン)	運転コスト (億TL/季)
未処理リグナイト	14,000	192
水洗リグナイト	14,000	187
燃料油	108,585	682

### (3) SO<sub>2</sub> 排出量の減少

燃料中の硫黄が燃焼した場合に生成される SO<sub>2</sub> ガスが脱硫装置の設置により 50% 削減されるものとするると冬季の SO<sub>2</sub> ガス総排出量は、表 5.6.2 のとおりである。

選定された 118 メッシュ内で、暖房器具から冬季に放出される SO<sub>2</sub> ガス量は、現在約 25,100 トンであるから地域暖房システムを導入することにより 36~90% の SO<sub>2</sub> 排出量の削減が予想される。

表 5.6.2 SO<sub>2</sub> 排出量及び削減効果

燃料種別	硫黄含有率 (%)	SO <sub>2</sub> 総発生量 (1,000トン/季)	SO <sub>2</sub> 総排出量 (1,000トン/季)	SO <sub>2</sub> 削減量 (1,000トン/季)	現況に対する削減率 (%)
未処理リグナイト	2.7	31.8	15.9	9.2	37
水洗リグナイト	1.4	15.0	7.5	17.6	70
燃料油	0.9	4.7	2.4	22.7	91

## 5.7 各個別対策の評価

### 5.7.1 各個別対策の整理

これまでに検討した各個別対策案を分野別の特徴により、整理すると表 5.7.1 のようになる。

### 5.7.2 評 価

各個別対策を表 5.7.2 に示す評価項目に沿ってその特性を比較評価した。その結果は表 5.7.3 のとおりである。

表 5.7.2 個別対策の評価項目

分 野	評価項目	評 価 内 容
技 術 的	SO <sub>2</sub> 削減効果	個別対策の適用対象での削減効果の大きいほど良い。
	速 効 性	対策に着手してから効果の現われるまでに要する期間。短い程良い。
	適 用 地 域	その対策の適用可能地域。広汎である程良くかつ市中心部に適用できる方が良い。
	調 達 可 能 性	必要材料の国内調達の可能性。高いほど良い。
	操 作 性	対策の実行の容易さ。特別な技術や注意を要しないほど良い。
経 済 的	外 貨 依 存 度	輸入に依存する度合。小さいほど良い。
	資 本 回 収 性	投下資本の燃料削減等による回収の早さ。早いほど良い。
財 政 的	受 益 者 負 担	対策費用を利用者の負担とした場合の金額。少ないほど良い。
	公 的 助 成	利用者負担に及ばない要素。小さいほど良い。

評価の表現は次の4段階の符号による相対評価とした。

A <sup>+</sup>	最 も 良 い	( S 分削減率については70%以上 )
	良 い	( 同 50%以上70%未満 )
	劣 る	( 同 30%以上50%未満 )
	最 も 劣 る	( 同 30%未満 )

表 5.7.1 個別対策案の概要

分野別		技術的特徴	経済的特徴	財政的特徴	
個別対策案					
未処理リグナイトから水洗リグナイト又は低硫黄石灰への転換		未処理リグナイト比 S分削減48%	未処理リグナイトより高価	未処理リグナイトとの価格差を国が調整	
リグナイト 改質	ブリケット	石灰によりS分固定、セメントをバインダーとしてマセック型に成形、S分削減77~81%	プラント価格 10万トン/年当り 5,400MTL	1世帯当り負担増 従来型ストーブ使用 +24% 改良型ストーブ使用 +12%	
	レンタン	石灰によりS分固定、セメントをバインダーとして円筒型に成形、S分削減86%	プラント価格 8.4万トン/年当り 1,930MTL	専用ストーブ使用 燃料節約により、1世帯当り負担減 18%	
	バイオコール	石灰によりS分固定、木材粉をバインダーとしてアーモンド型に成形、S分削減79~82%	プラント価格 10万トン/年当り 4,940MTL	燃料節約により 従来型ストーブ使用 1% 1世帯当り負担減 改良型ストーブ使用 12%	
燃焼器具 及び燃焼 方法の改善	リグナイト ストーブ	装置の改良・更新	ダンバーの設置、鉄板製ストーブ使用により燃焼効率向上、燃料節約20~28%	ストーブ価格は現行ストーブ価格+10,000TL~15,000TL、 燃費減少により回収は早い	市場の供給に任せる。 燃料節約により負担減少する。
		石灰混焼	石灰3%を3層に分けて混合し燃焼させる。S分削減60%まで	安価	普及のための広報、指導を要す。
	ボイラー 燃焼と保守	ボイラーマンの教育	燃焼器具、燃焼方法についての知識と技能	燃費減少効果あり	雇傭者、受益者により負担
		煙管クリーニング	真空式煙管クリーニング機、燃料節約23%、リグナイト用に効果大	真空式価格570,000TL	3~5戸のアパートで共有あるいは巡回サービス
		ダンバーの活用	煙突からの放熱量のコントロール燃料節約10%	燃費減少効果は小	直接費用の発生はない
		水管クリーニング	清缶剤投入による定期的な清掃燃料節約20~30%	燃費節約効果あり ボイラー1件あたり250,000TL	1世帯当りの費用は燃費節約と相殺
	暖房制御 システム	変流量定温度方式の導入	温度変化に応じた流量調節器を各室に設置 燃料節約20~27%	ボイラー使用全世帯に対し、設備費38,000MTL 燃費節約6,000MTL/年	1世帯当り初期負担235,000TL 燃費節約と相殺
		定流量変温度方式の導入	温度変化に応じた温度調節器をボイラーに設置。 燃料節約20~25%、オイル用に効果大	ボイラー使用全世帯に対し設備費16,800MTL/年 燃費節約6,000MTL/年	1世帯当り初期負担105,000TL 燃費節約がこれを上回る
煤煙処理 装置の導入	排煙脱硫	乾式	石灰粉末の吹きこみ、S分削減は50%まで	リグナイトボイラー90トン/年用の設備費2.1MTL	維持費 1,350,000TL/年
		湿式	水溶液に吸収除去、大量の水を要する。S分削減約70%	設備費は処理ガス量 1,000m <sup>3</sup> N/時に対し 500MTL	維持費 6,000,000TL/年以上
	集塵装置	サイクロン	重力沈降式、構造簡単	設備費 1.5~1.9MTL	負担は大きい、SO <sub>2</sub> 削減効果はない
		バッグフィルタ	帆布による戸過式	サイクロンより高価	同上
		電気集塵機	ダストを帯電させ電極に吸着させる方式	同上	同上
		その他の集塵機	ミストセパレーター、洗浄集塵方式等	同上	同上
建物断熱性向上		断熱性能の向上により燃料節約30%	建設費の増加もしくは改良費を生ずるが燃費節約により回収可能	市場の供給に任せる。	
地域暖房 システムの 導入	リグナイト使用	熱密度 40 Cal/h・K以上地域に適用、S分削減約37%	プラント価格 1,900億TL、運転コスト約190億TL/季	公社等の大規模を公益法人の関与が必要である	
	水洗リグナイト使用	同上、S分削減約70%	同上、同上	同上	
	オイル使用	同上、S分削減約90%	同上、運転コスト約680億TL/季	同上	

表 5.7.3 個別対策の評価

個別対策案		評価項目	技術的項目					経済的項目		財政的項目		備考	
			SO <sub>2</sub> 削減効果	速効性	適用地域	調達可能性	操作性	外貨依存度	資本回収性	受益者負担	公的助成		
未処理リグナイトから水洗リグナイト又は低硫黄石炭への転換			B	B	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	採用の方針はある。	
リグナイト改質	ブリケット		A <sup>+</sup>	B	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A	C	C	B	B		
	レンタン		A <sup>+</sup>	B	B	A	B	B	B	A <sup>+</sup>	A		
	バイオコール		A <sup>+</sup>	B	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A	C	C	A <sup>+</sup>	B		
燃焼器具及び燃焼方法の改善	リグナイトストーブ	装置の改良・更新	C	A	B	A	B	A <sup>+</sup>	B	B	B		
		石炭混焼	A	A	B	A	B	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	B	ボイラーマン教育用テキストには記載されている。	
	ボイラー燃焼と保守	ボイラーマンの教育		C	B	A	C	B	A	A	A	C	制度化されている。
		煙管クリーニング		C	A <sup>+</sup>	A	B	B	A	A	A	A	ボイラーマン教育用テキストには頻度の指定あり
		ダンパーの活用		C	A <sup>+</sup>	A	A	A	A	A	A	A	装備例あり
		水管クリーニング		C	A <sup>+</sup>	A	A	A <sup>+</sup>	A	A	A <sup>+</sup>	A	使用例あり
	暖房制御システム	変流量定温度方式の導入		C	C	A	C	A <sup>+</sup>	C	C	C	B	製造企業あり
		定流量変温度方式の導入		C	B	A	C	A <sup>+</sup>	C	A	A	B	
煤煙処理装置の導入	排煙脱硫	乾式	B	B	A	B	B	A	B	A	B		
		湿式	A	C	B	C	C	C	C	C	B		
	集塵装置	サイクロン		C	A	B	B	B	A	B	C	B	使用例あり
		バグフィルタ		C	B	B	A	B	C	C	C	B	
		電気集塵機		C	B	A	C	C	C	C	C	B	
		その他の集塵機		C	C	C	C	B	C	C	C	B	
建物断熱性向上			C	C	A	A	A <sup>+</sup>	A	B	C	A	制度化されている。	
地域暖房システムの導入	リグナイト使用		B	C	B	C	B	C	C	C	C	パチケントその他のプロジェクトで採用	
	水洗リグナイト使用		B	C	B	C	B	C	C	C	C		
	オイル使用		B	C	B	C	B	C	C	C	C		





## 第6章 発生源対策案の選定

### 6.1 選定方針

対策案を構成する個別対策をまず選定し、次いでその組合せによる対策案を選定する。

個別対策の選定は、前章における個別対策の評価において評点の高い対策即ち、A<sup>+</sup>またはAを得た評価事項数の多い対策を主体として選定する。

組合せによる対策案の目標は、アンカラ県の布告による大気汚染対策に定められた緊急対策発令の根拠とされている汚染レベルを参照して決定する。この汚染レベルはSO<sub>2</sub>及びPM濃度の24時間平均値で規定されており、第1レベルのSO<sub>2</sub> 700 μg/m<sup>3</sup>、PM 400 μg/m<sup>3</sup>をはじめとして、序々に高い濃度に対応する4段階が定められている。

対策の目標を「緊急対策発令の汚染第1レベルを超える日を生じさせない」とすると日本側測定で確認された第1レベルを超える高濃度出現日数延べ155日(7地点合計)を皆無にする効果が期待される。これにより暖房時間の制限はなくなり、かつ大幅なSO<sub>2</sub>濃度の削減により快適な生活環境及び市民の健康保護に大きな貢献をするものと考えられる。

従って発生源対策案の目標は次のように設定する。

アンカラ市内の日平均SO<sub>2</sub>濃度の最高値を  
700 μg/m<sup>3</sup>未満に抑える。

なお、既定方針として定められている個別対策は、対策案の前提として実施されているものとしてこれに含めるものとする。

既定方針として定められている対策とは、政府・市その他関係機関において施策が定められているものの、制定されて間もないこともあって、大気汚染防止対策としての効果を今後期待されるものである。

## 6.2 選定した個別対策

各対策ごとのAまたはA<sup>+</sup>評価の項目数は表6.2.1のとおりであり、4点以上のAまたはA<sup>+</sup>評価のある対策は採用可能性のある案と考えられる。

表 6.2.1 個別対策案A、A<sup>+</sup>評価項目数

個 別 対 策		A、A <sup>+</sup> 評価項目数				採用案	
		技術的	経済的	財政的	計		
未処理リグナイトの水洗リグナイト又は低硫黄石炭への転換		3	2	2	7	○	
リグナイト改質	ブリケット	4	0	0	4		
	煉炭	2	0	2	4	○	
	バイオコール	4	0	1	5	○	
燃焼装置及び 燃焼方式の改善	リグナイト用 ストーブ	装置の改良、更新	2	1	0	3	
		石灰混焼	3	2	1	6	○
	ボイラー燃焼と 保守	ボイラーマンの教育	1	2	1	4	○
		煙管クリーニング	2	2	2	6	○
		ダンパーの活用	3	2	2	7	○
		水管クリーニング	4	2	2	8	○
	暖房制御システム	変流量定温度方式の導入	2	0	0	2	
		定流量変温度方式の導入	2	1	1	4	○
煤塵処理装置 の導入	排煙脱硫	乾式	1	1	1	3	
		湿式	1	0	0	1	
	集塵装置	サイクロン	1	1	0	2	
		バグフィルタ	1	0	0	1	
		電気集塵機	1	0	0	1	
		その他	1	0	0	1	
建物断熱性の向上		2	1	1	5	○	
地域暖房のシステム	未処理リグナイト使用	0	0	0	0		
	水洗リグナイト使用	0	0	0	0		
	オイル使用	0	0	0	0		

なお、表6.2.1で評点の高い案でありながら選定しなかったブリケット化案は、同種の対策であるバイオコール化案に比べ、燃費節約の面でやや劣るためバイオコール化案のみを採用した。

### 6.3 選定した対策案

#### 6.3.1 中期対策案と暫定対策案

対策目標を達成できる中期対策案と、これが実施されるまでの期間に限定して実施する暫定対策案とを表6.3.1のように設定した。

表 6.3.1 中期対策案と暫定対策案

対策の種類 対象	無 対 策	既定の対策	暫定対策案	中期対策案	備 考
リグナイト用 ス ト ー プ	未処理リグナイト 使用	同 左	水洗リグナイトに 100%転換	煉炭またはバイオ コール*に転換	*未処理リ グナイト 使用
リグナイト用 ボ イ ラ ー	水洗リグナイト50 %、未処理リグナ イト50%使用	水洗リグナイトに 100%転換	同 左	バイオコール**に 転換し、煙管ク リーニング、水管ク リーニング、ダン パー活用	**水洗リ グナイト使 用
オ イ ル 用 ボ イ ラ ー	新築分はオイル使 用	同 左	同 左	定流量変温度方式 の導入及び煙管ク リーニング、水管 クリーニング、ダ ンパーの活用	
建物断熱性 向上	新築分は30%の燃 料節約	同 左	同 左	同 左	
ボイラーマン の教育	漸次普及	同 左	同 左	同 左	

この中期対策案に要する総投資額は概算で表6.3.2のとおりである。なお、暫定対策案は質的に既定の対策と異なるものではないため、投資額の算定は行っていない。

表 6.3.2 中期対策案に要する投資額

個 別 対 策	実 施 単 位	単 価	見 込 数 量	投 資 額	備 考
レ ン タ ン	8.4万トン	プラント価格 1,930MTL	4件	7,720 MTL	
バ イ オ コ ー ル	10万トン	プラント価格 4,940MTL	6件	29,640 MTL	
定流量変温度方式の導入	オイルボイラー 1個	装置取付一式 0.84MTL	5,300個	4,450 MTL	
煙管クリーニング	クリーナー 1個	バキューム式 クリーナー価格 0.57MTL	ボイラー全個数 の1/2 3,200個	1,820 MTL	
ダンパーの活用	-	-	-	-	既存装置使 用可もしくは 投資軽微
水管クリーニング	ボイラー 1個	清缶剤価格 ボイラー1個当り 0.25MTL	16,000個	4,000 MTL	
計				47,630 MTL	

この対策案による無対策時と比べたSO<sub>2</sub>削減率は、中期対策案で77%、暫定対策案で37%と見込まれる。

### 6.3.2 緊急時対策案

以上述べた対策案が実施され、その効果が完全に現われるのは、段階的にすすめられる個別対策の積み重ねを経た後のこととなる。その途中の時期には、SO<sub>2</sub>の削減効果が十分でないため、緊急時対策を必要とするような汚染レベルの発生する可能性がある。

そこで本調査団としては、既に定められている緊急時対策とは別に、有望な個別対策として選定した石灰湿焼によるリグナイトストーブでの簡易脱硫法を緊急時対策案として提案する。この対策案を実施した場合のSO<sub>2</sub>排出量は、無対策時より25%減少するものと見込まれる。

## 6.4 対策案の濃度に対する効果の予測

### 6.4.1 シミュレーションのケースと条件

前節で選定した対策案が大気中のSO<sub>2</sub>濃度に、どの程度の効果をもたらすかを推定するため、シミュレーションモデルにより、予測計算を行った。予測ケースとその条件は以下のとおりである。

表 6.4.1 予測ケースと計算条件

予測ケース		予測時点	市内中心部の 総負荷量削減率 (%)	対策の内容	対象期間と 気象条件
通常時	(1) 無対策	1995年	0	6.3.1参照	1984年12月～ 1985年3月の 現地観測期間の 条件
	(2) 既定対策	同上	(1)に対して12%	6.3.1参照	
	(3) 中期対策	同上	(1)に対して77%	6.3.1参照	
	(4) 暫定対策	1986年	現況に対して 37%	6.3.1参照	
緊急時	(5) 緊急時対策	同上	現況に対し 約25%	5.3.1参照(スト ープの石灰混焼)	1984年12月21 日の1日間
	(6) 緊急時既定対策	同上	現況に対して 約40%	警告レベル1に 対する対策 全暖房施設で午 前4時間、午後 4時間のみ燃焼	

上記(6)の緊急時の既定対策はアンカラ県庁より1984/85年の冬期間のために、第1警告レベルを超えた場合の対策として布告されたものであり、ここでは参考として予測計算ケースに加えた。

### 6.4.2 予測結果及び評価

#### (1) 通常時対策

通常時の各ケース(無対策、既定対策、中期対策、暫定対策)に対するSO<sub>2</sub>の大気中の濃度の予測結果を図6.4.1に示す。

無対策の場合は当然ながら1985年の状態よりも多少悪化する。

高濃度時の24時間値でみると第3警告レベル(約580ppb)を超える濃度がKavaklıdereの付近約100ha以上の範囲に出現している。第1レベル(約270ppb)を超える範囲は計算対象範囲(19,200ha)の大半を占めている。

既定対策を行った場合は高濃度時の24時間値が第3レベルを超える地域は殆どなくなるものの、第1レベルを超える範囲はなお計算範囲の半分を占める。

中期対策を行ったケースでは、高濃度時の24時間値が警告レベルを超える範囲はな

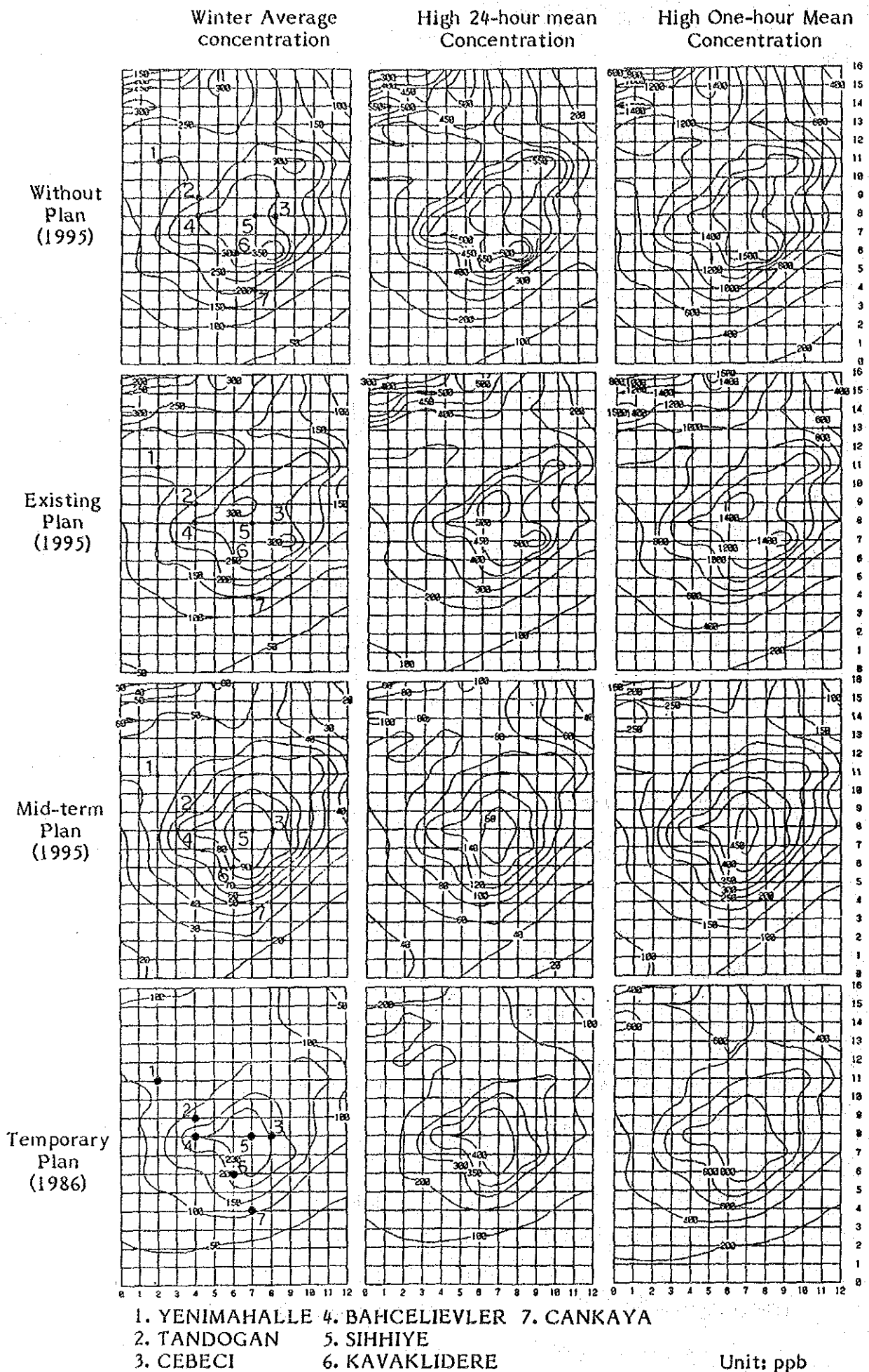


Figure 6.4.1 SO<sub>2</sub> Concentration with and without Implementation of General Plans

くなり、市中心での最高値は約170ppbであり、第1レベルよりも100ppb下回っている。

暫定対策(1986年)のケースでは、高濃度時の24時間値が第1レベルを超える範囲は約4,000ha(計算範囲の21%)、第2レベル(約390ppb)を超える範囲は約800ha(同4%)となり、現況よりもかなりの改善が見られる。現況で100ha以上の範囲にわたって出現している第3レベルを超える濃度は見られない。

(2) 緊急時の対策(ストーブの石灰混焼)

対策による各測定局における寄与濃度の低減率は表6.4.2に示す通りである。全体としては10~20%とかなりの減少が見込まれる。個別に見るとBAHCELIEVLER、CANKAYAの2地点とその他の地点では低減率にかなりの差が見られる。

表 6.4.2 寄与濃度の低減率(%)

地 点	朝ピーク時	夜ピーク時	日 平 均
YENIHALLE	17	17	17
TANDOGAN	13	20	18
CEBECI	18	19	19
BAHCELIEVLER	7	9	11
SIHIYE	17	20	18
KAVAKLIDERE	19	24	18
CANKAYA	13	11	10

注1. 低減率=(無対策-対策)/無対策×100  
 2. 環境濃度の低減率はバックグラウンド等の関係でこれよりも小さくなる。

低層煙減の分布状況、低層煙源と地点との位置関係、及び気象条件などが各地点の濃度に影響を与えるため、地点によって濃度の低減率に差が出ている。

図6.4.2に各地点の寄与濃度の時刻変化を示す。地点によって異なるがピーク時の無対策に比べた濃度低減は50~300ppbとなっている。

なお、既定の緊急時対策(第1レベル)を行った場合は、無対策時に比べて、ピーク時の濃度低減は0~100ppbという結果が得られた。

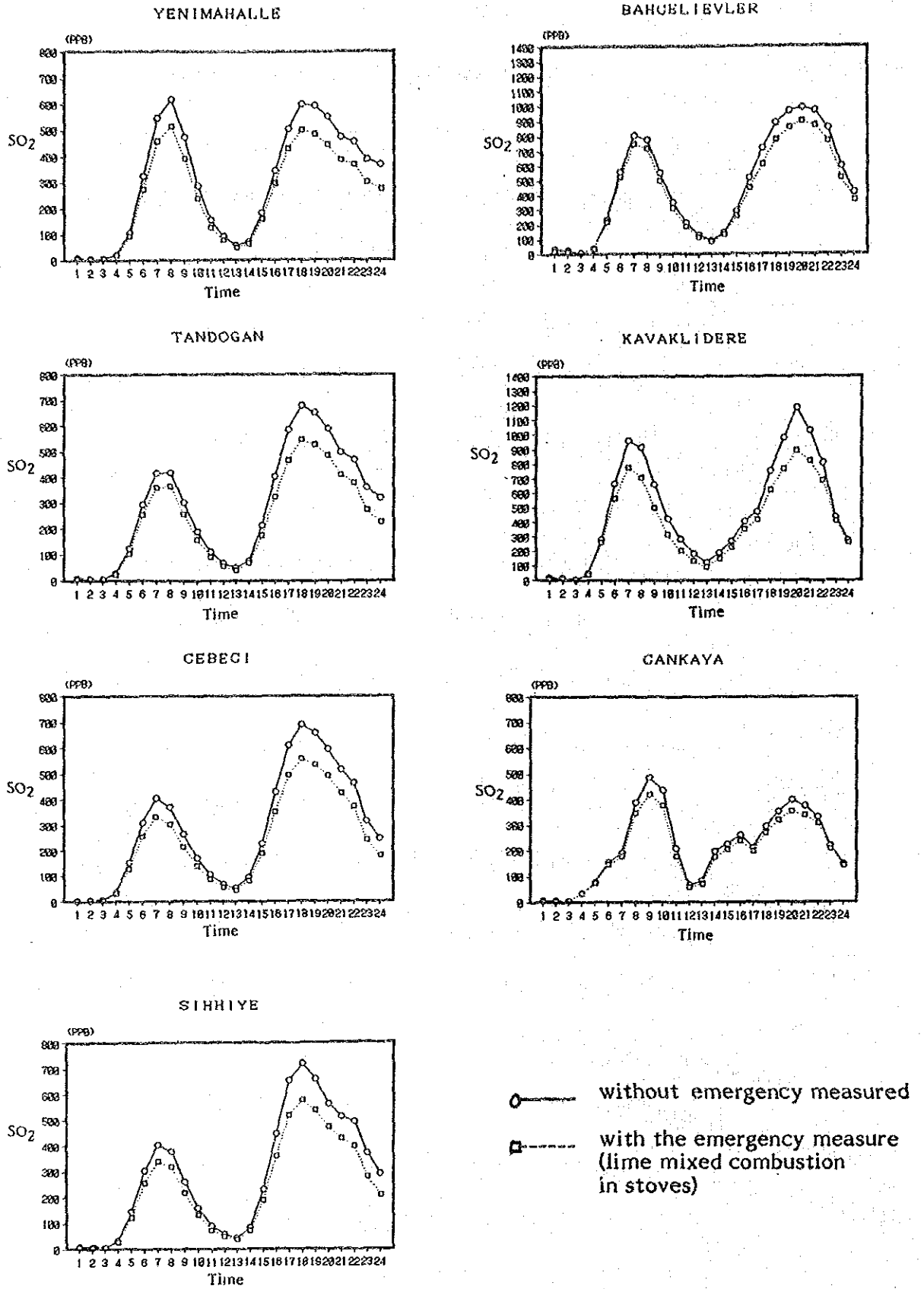


Figure 6.4.2 Time Variation of SO<sub>2</sub> Concentration With and Without Emergency Measure (Background conc. excluded)



## 第7章 監視測定体制の検討

### 7.1 監視測定体制の意義

大気汚染対策を推進する上で監視測定体制の果たす役割は、図7.7.1のように表わされる。

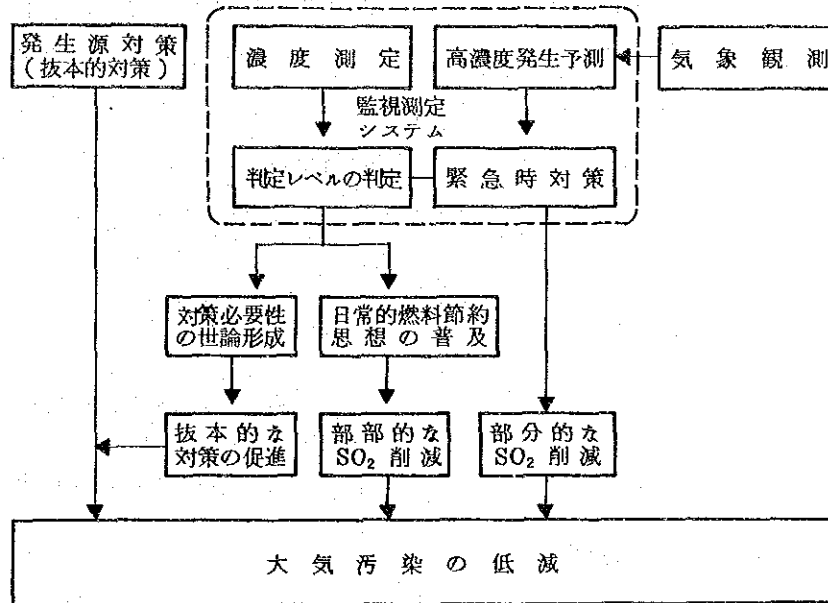


図7.1.1 大気汚染対策と監視測定体制

アンカラ市の大気汚染の原因は、暖房のための燃焼排ガスの発生と、地形的、気候的な条件とが結びついたところにあることは既に述べたところである。特に、発生源が家庭やオフィスに備えられた暖房装置であるため、汚染物質削減対策は多くの市民の参加を得て行われなければならない。

この点で、監視測定によって得られる高濃度汚染の実態を市民に周知せしめ、その抜本的対策の必要性についての世論形成を促す契機となることが期待される。抜本的な対策には多額の投資が避けられないだけに、その推進のためには強力な世論の支援がなくてはならないからである。

また、現在の大気汚染状況が、個々の市民が使用する暖房装置から生み出されている点および燃料節約が大気汚染の低減に寄与する点を理解させることを通じて、部分的にでもSO<sub>2</sub>の発生量を削減することは、大気汚染対策の面でも経済的な面でも望ましい方向である。

### 7.2 監視測定システム

現在アンカラ市で実施されている大気汚染物質の濃度測定は、PMとSO<sub>2</sub>について、午

前11時から翌日の午前11時までの24時間単位で毎日サンプリングし、これを翌日以降に手分析により濃度を定量する方法で行われている。

サンプルの回収は、冬季は土曜と日曜を除く毎日行われ、全て厚生省公衆衛生院に集められてそこで分析される。分析結果はその日のうちに環境総局へ電話で報告される。

以上の体制によると環境総局が汚染レベルを判定するのは、最新のデータでも前日来的24時間平均値であり、週末のデータについては3日前からの濃度を判定することになる。

大気汚染の実態を逐一周知させるためにはこの体制でも有効だと考えられるが、緊急時の発生源対策に生かす上ではなるべく新しい測定結果が対策の呼びかけに添えられた方が、市民も実感し易く説得力を増すものと考えられる。その意味では、現在行われていない休日のサンプル回収及び分析とこれにともなう汚染レベルの判定を、休日も継続して行うように改められることが望ましい。

### 7.3 予報システム

緊急時対策を実施する上で、対策を呼びかけてから個々の暖房装置使用者にその内容が行きわたるまでには一定の時間を要するため、その時間的余裕を見こんだ事前の判断が必要になる。そのためには、対策の呼びかけ時点までに得られた情報をもとに何時間か後の高濃度発生を予見することが不可欠である。

異常な高濃度発生の有無は気温、風速などの気象条件に支配されているので、異常な高濃度の発生予報は基本的には気象予報の視点で行われるべきものである。

調査団の行った測定期間中に現われた高濃度日の気象条件を検討した結果、表7.3.1に示すような関係が見出された。この表に示された汚染度と気象条件の指標との関係が緊急時対策の根拠として実用化し得るか否かについては、なお今後の測定による検証を重ねた上で判断されなければならない。

表 7.3.1 大気汚染気象情報に関する気象条件の指標

汚染度の区分		緊急時レベル (日平均値)	気象条件の指標
①	高濃度になりにくい(低濃度)	緊急レベル以下	日平均風速が2 m/s 以上の強風時 〔低気圧や前線が接近又は通過する場合〕
②	高濃度になりやすい	第1レベル (700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	日平均風速が1~2 m/s の有風時 平均気温: 昼間0~5℃、夜間0~-10℃ 〔高層天気図による上層の風速が20 m/s 以下の場合〕
		第2レベル (1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
③	非常に高濃度になりやすい	第3レベル (1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	日平均風速が1 m/s 以下の無風状態の時 平均気温: 昼夜とも0℃以上
		第4レベル (2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	日平均風速が1~2 m/s の有風時 平均気温: 昼間 - 3~-10℃ 夜間 - 10℃以下の異常低温時

備考: 上表は、1984年12月18日から1985年3月9日までの全期間におけるアンカラ気象台の気温、天気図ならびに Kavaklidere、Bahcelievler 地区のSO<sub>2</sub>の濃度に基づいて分類したものである。



## 第8章 大気汚染対策の提言

### 8.1 発生源対策

主たる対策の手法及びその効果については各論で述べ、これらを組み合わせた対策案についても既に示したとおりである。

ここでは以上の対策案を今後10年間にわたって実施してゆく現実的なプログラム案を提示するものとする。

#### 8.1.1 ストープ対策

コークス及びコークスブリケット使用のストーブに対しては特別の対策を行わないものとし、対象をリグナイト使用のストーブに限定した次の対策を漸次実施する。このほか必要に応じて緊急時対策を行う。

##### (1) 暫定対策

未処理リグナイトを直ちに水洗リグナイトまたは低硫黄石炭に全量転換する。

##### (2) レンタンへの転換

水洗リグナイトまたは低硫黄石炭を逐次未処理リグナイトを原料としたレンタンに転換し、最終的に32万トンのレンタンを供給する。

##### (3) バイオコールへの転換

水洗リグナイトまたは低硫黄石炭を逐次未処理リグナイトを原料としたバイオコールに転換し、最終的に12万トンのバイオコールを供給する。

#### 8.1.2 リグナイト用ボイラー対策

##### (1) 暫定対策

未処理リグナイトを直ちに水洗リグナイトまたは低硫黄石炭に全量転換する。

##### (2) 煙管・水管クリーニング及びダンパーの活用

1987年から実施する。

##### (3) バイオコールへの転換

水洗リグナイトまたは低硫黄石炭を逐次水洗リグナイトを原料としたバイオコールに転換し、最終的に48万トンのバイオコールを供給する。

#### 8.1.3 オイル用ボイラー対策

##### (1) 煙管クリーニング等

リグナイト用ボイラーと同時に1987年から実施する。

## (2) 自動温度制御システムの導入

定流量変温度方式による自動温度制御システムを1990年から導入し、1995年までに全体に普及させる。

### 8.1.4 リグナイト改質年次計画

リグナイトを改質してレンタンあるいはバイオコールを製造するためには、新たな専用プラントを建設し、供給を開始するまでに約3年の準備期間を必要とする。

従ってレンタンあるいはバイオコールが実際に供給されるのは早くても1989年以降となる。

そこで現実的な供給計画としては、供給開始時期を1989年とし、その後の供給能力拡大のテンポにより次の2ケースを想定する。

ケース1 レンタンを1989年から年間8万トンづつ供給能力を拡大し、4年間で32万トン/年の供給能力を具える。

バイオコールを1989年から年間10万トンづつ供給能力を拡大し、6年間で60万トン/年の供給能力を具える。

ケース2 初年度はケース1と同様であるが、次年度に予定量の残りを全量供給できる能力を具える。

ケース2の特徴は、環境面を重視した案であり、大気汚染対策としての速やかな効果が期待できる反面、経済的あるいは技術的な面で次のような難しい課題を内包している。

- レンタンストーブの供給体制が順調に形成されるか。またストーブの使用に市民が短期間になじめるか。
- 原材料、輸送手段、貯蔵場所が確保できるか。
- 集中的な資金需要に応じられるか。
- プラントを操業する技術者等の人材を確保できるか。
- 経験蓄積によるプラント改良のための時間的余裕がもてるか。

ケース1の特徴は、上記の難しい課題の発生を最少限に抑えるところにあるが、大気汚染対策の効果が現われるのはケース2より遅れてくる。

### 8.1.5 対策実施の効果

以上の対策の実施によるSO<sub>2</sub>削減効果は、リグナイト改質年次計画をケース1とした場合表8.1.1及び図8.1.1のように見込まれ、ケース2とした場合表8.1.2及び図8.1.2のように見込まれる。

表 8.1.1 対策の実施による SO<sub>2</sub> 削減効果 (ケース 1)

(単位 1,000トン/季)

項目 年次	未対策時 の SO <sub>2</sub> 排出量	対策後の	
		SO <sub>2</sub> 排出量	SO <sub>2</sub> 削減率
1985	58.5	58.5	0.0%
1986	58.7	36.5	38
1987	58.9	35.5	40
1988	59.1	35.6	40
1989	59.2	31.2	47
1990	59.4	26.8	55
1991	59.6	22.4	62
1992	59.7	18.0	70
1993	59.9	14.2	76
1994	60.1	14.2	76
1995	60.3	14.0	77

(1000 ton/season)

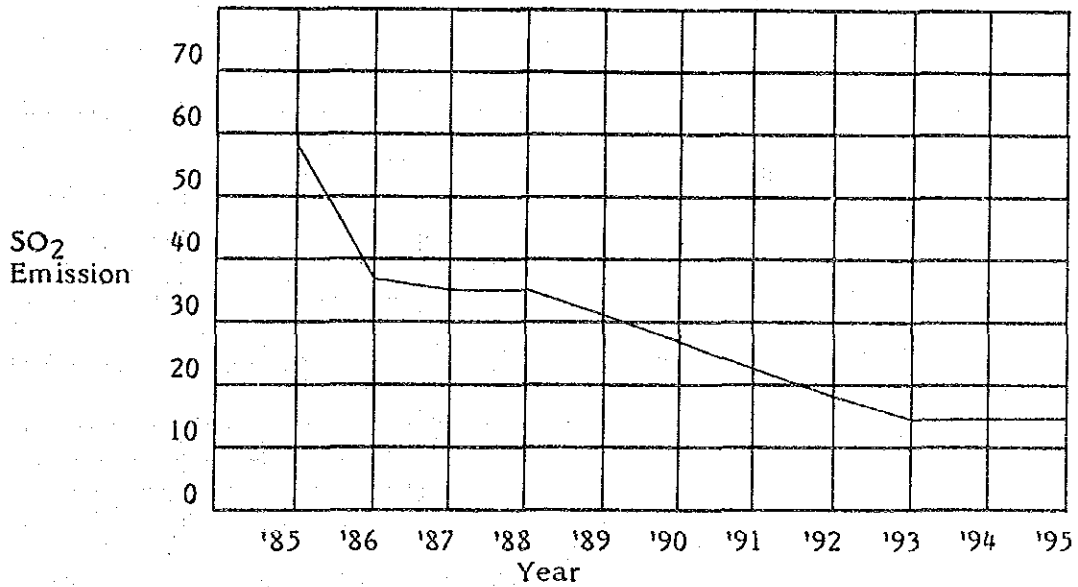


Figure 8.1.1 Annual Emission Quantity of SO<sub>2</sub> with Implementation of the Case 1 Plan

表 8.1.2 対策の実施による SO<sub>2</sub> 削減効果 (ケース 2)

(単位 1,000トン/季)

項目 年次	未対策時 の SO <sub>2</sub> 排出量	対 策 後	
		SO <sub>2</sub> 排出量	SO <sub>2</sub> 削減率
1985	58.5	58.5	0%
1986	58.7	36.5	38
1987	58.9	35.5	40
1988	59.1	35.6	40
1989	59.2	31.2	47
1990	59.4	14.1	76
1991	59.6	14.1	76
1992	59.7	14.2	76
1993	59.9	14.2	76
1994	60.1	14.2	76
1995	60.3	14.0	77

(1000 ton/season)

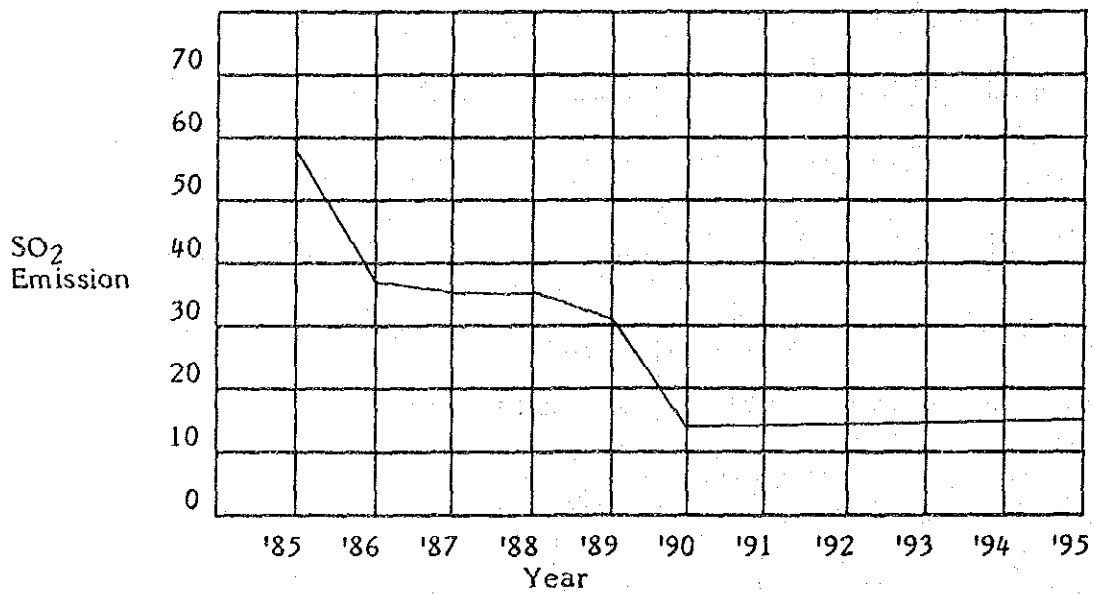


Figure 8.1.2 Annual Emission Quantity of SO<sub>2</sub> with Implementation of the Case 2 Plan



## 8.2 監視測定体制

監視測定体制に関する提案は、現行の測定体制の改善と、これを受けて汚染レベルを判定し、広報する体制の整備及び高濃度汚染の予測手法の開発について行ったところである。

これらについては今後10年程度の間に着実に実施してゆくことが必要と考えられる。

## 8.3 市民の啓発

以上述べた発生源対策と監視対策と並んで、日常的に市民を啓発し協力を求めてゆく事は、大気汚染対策全体を円滑に推進してゆく上で重要である。特にアンカラ市の特殊性として、大気汚染の発生源が市民の等しく利用している暖房にあることを認識させ、行政としても既に取り組んでいる施策を知らせる一方で、市民も協力する必要がある事を訴えるべきであろう。これを効果的に進めるうえで、暖房用エネルギーの節約が大気汚染を減らすと同時に各自の経済的利益にもつながることを知らしめるより具体例をもとに説明してゆくことが極めて有効であると考えられる。

## 8.4 実施計画

以上の諸対策の実施計画を図8.4.1に示す。

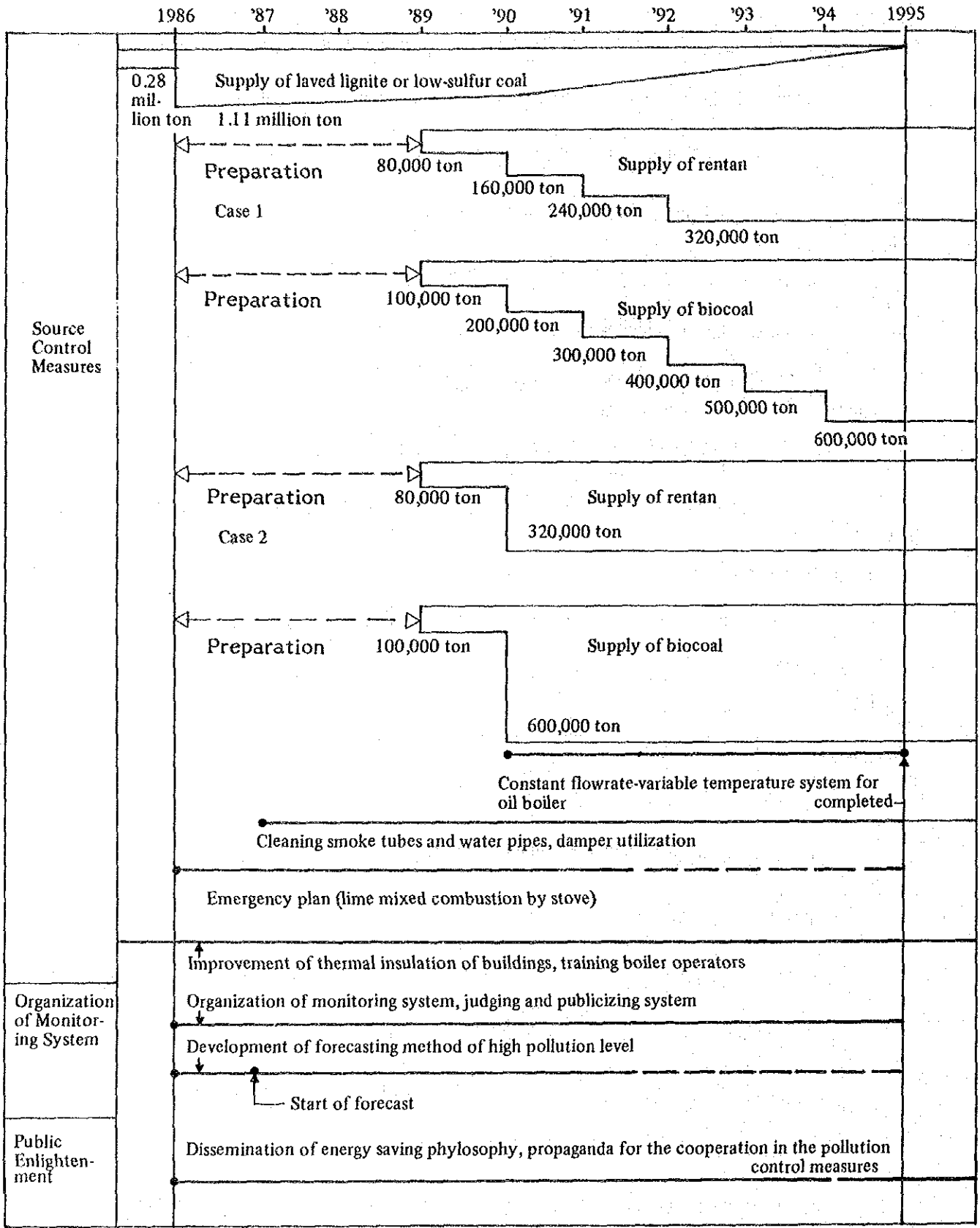


Figure 8.4.1 Time Schedule for the Implementation of the Control Plans

## 第9章 ま と め

当調査の目標は、調査実施細則にいられているように、現下のトルコ国及びアンカラ市の社会・経済情勢を踏まえ、10年程度の中期的将来を目指した大気汚染対策案を具体的に提示することであった。

この目標に向って、日本調査団はトルコ国環境総局の協力のもとに、1984年11月からアンカラ市での冬期の実測調査を含む広範囲な調査を1年余にわたり行った。

本調査を行った1984/85年の冬期は30年来という寒波に見舞われた時期であり、例年以上に暖房燃料が消費され、大気汚染も通常の年よりは厳しいものであったと推察される。

本来、大気汚染問題の根本的解決にはクリーンエネルギーへの転換が不可欠である。アンカラ市のように暖房に起因する硫黄酸化物による汚染が顕著な場合は、硫黄含有率の高い燃料から低硫黄燃料へ、更には電気、ガス等の硫黄分を含まないエネルギー源への転換が望ましい方向である。

日本においても、1960年代後半から工業地帯を中心に大気は高濃度の硫黄酸化物により汚染され、いくつかの地域で健康被害が発生した。これに対し、1970年代前半から低硫黄燃料への転換を柱とする諸対策を政府、企業、市民が協力しつつ実行し、今日までにこれらの地域の大気汚染は大幅に改善された。

しかしながら、アンカラ市の大気汚染の場合は、対策実施の時間的目標である約10年（以内）という期間及び現在のトルコ国の社会・経済情勢を考えると、実施し得る対策には自ずと限界がある事が、調査の初期段階で明らかとなった。エネルギーの転換は国家の全体的計画の中で政策として確立すべき性質のものであり、またその実現には長期間を要するものである。

従って、当調査での発生源対策の立案に当っては次のような基本的方針で臨んだ。

- 1) 現在アンカラで規定されているSO<sub>2</sub>の警告レベルの濃度（第1レベル 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 又は約270ppb）を発生させないこと。
- 2) 現在の暖房形態とそれに伴う設備を余り大きく変更しないで済む対策であること。
- 3) エネルギーの節約を計ること。
- 4) 現在トルコで産じ、暖房用にも大量に消費されているリグナイトを出来るだけ活用すること。

この基本方針に添って今回の調査は実施されたが、その結果として提案された中期的な発生源対策は、次の2つに大別される。

- 1) 燃焼器具・設備、燃焼方法、維持管理方法等の改善による暖房燃料の節約とこれ

に伴う汚染物質排出量の削減。

2) リグナイトの改質（バイオコール、レンタン）による汚染物質排出量の削減。

上記の2つは、いずれも欠かせないものであり、バイオコールとレンタンを供給しても適切な燃焼管理がなされなければSO<sub>2</sub>削減の効果は十分に発揮されない事となる。また、特にバイオコールについては、新しい技術であるので、細部の仕様については更に検討する必要があると考えられる。

上記対策に加えてトルコ国が既に実行している建物の断熱化、新築ビルの暖房用ボイラーでのリグナイトの使用禁止、ボイラーマンの教育等の諸対策の強化を計ることにより、アンカラ市の大気汚染はかなり改善されるものと期待される。

当調査はあくまでも中期的（10年以内）将来を目指したものであり、WHOのガイドライン等と同等の大気質レベルの達成を目指し、よりクリーンなエネルギーへの転換を総合的かつ長期的計画のもとに着実に実施してゆくことが望まれる。

付録：二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）濃度の単位換算表

From ppb to g/m <sup>3</sup>				From g/m <sup>3</sup> to ppb			
ppb	μg/m <sup>3</sup>	ppb	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	ppb	μg/m <sup>3</sup>	ppb
1	2.572	600	1543	1	0.3888	1100	428
10	26	700	1800	10	3.9	1200	467
20	51	800	2058	20	7.8	1300	505
30	77	900	2315	30	12	1400	544
40	103	1000	2572	40	16	1500	583
50	129	1100	2829	50	19	1600	622
60	154	1200	3086	60	23	1700	661
70	180	1300	3344	70	27	1800	700
80	206	1400	3601	80	31	1900	739
90	231	1500	3858	90	35	2000	778
100	257	1600	4115	100	39	2500	972
150	386	1700	4372	200	78	3000	1166
200	514	1800	4630	300	117	3500	1361
250	643	1900	4887	400	156	4000	1555
300	772	2000	5144	500	194	4500	1750
350	900	2100	5401	600	233	5000	1944
400	1029	2200	5658	700	272	5500	2138
450	1157	2300	5916	800	311	6000	2333
500	1286	2400	6173	900	350	6500	2527
550	1415	2500	6430	1000	389	7000	2722

（注） アンカラ市の冬期の気温及び高度を考慮し、上記の換算には 0℃、0.9気圧の条件を用いた。





JICA