

4.2 大気汚染の状況

4.2.1 結果のまとめ

(1) 大気汚染物質濃度の周期変化（年、季節、曜日、日変化）

テヘラン市の中でも幹線道路の交差点であるファテミ大気汚染測定局（AQCC）と細街路が多く非常に混雑した商業地区であるバザール大気汚染測定局（AQCC）のモニタリングデータに基づき、大気汚染物質濃度の様々な周期での変化の特徴を以下にまとめた。

ファテミ測定局とバザール測定局の1995年10月から1996年9月に測定記録されたSO₂、NO₂、NO、NO_x、CO、O₃、THC、PM10の年平均値データを、比較のため数カ国の環境基準とWHOの大気質ガイドラインとともに表4.2.1-1にまとめて示した。SO₂、PM10等の大気汚染物質のテヘランにおける測定局の年平均値は、WHOガイドライン等より高濃度になっている。例えばバザール測定局のSO₂の年平均値63.4ppbはWHOガイドラインの2.4倍である。一般に年平均値が8時間平均値の1/4であるとの仮定を採用するならば、8時間平均値WHOガイドラインは標高1300mのテヘランでは9.0ppmで、年平均ガイドラインは2.25ppmとなる。ファテミ測定局のCOの年平均9.8ppmは、この仮定した年平均ガイドラインの4倍を越えている。NO、CO、THCのような自動車が発生源となる大気汚染物質はファテミ測定局でより高濃度となり、一方でSO₂、O₃、PM10はバザール測定局が高濃度となっている。

表 4.2.1-1 大気汚染物質の年平均値と各国の環境基準

	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	THC	PM10
Bazar	63.4	61.3	49.9	110.5	7.9	24.8	4.4	123.2
Fatemi	35.4	141.5	43.2	185.2	9.8	14.2	4.9	101.9
WHO guideline	17-26	—	—	—	—	—	—	60-90
U.S.A. standard	35	—	60	—	—	—	—	50/50
Germany standard	57	—	60	—	—	—	—	100
Japan standard	(20)	—	(20~30)	—	—	—	—	(50)

notes;

- 1) unit : SO₂, NO, NO₂, NO_x, O₃ ; ppb CO, THC ; ppm (The original concentrations in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ are converted into the value in ppb or ppm under the condition of Tehran (20°C, 880hPa)).

PM10 ; $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- 2) For the U.S.A. federal standard, the figure before the slash is the first standard and that following the slash is the second standard. The first standard is for protecting citizen's health. The second standard is for protecting citizen's public welfare (fauna, flora, properties etc.).
- 3) The Japan standard in PM10 column is for SPM (suspended particulate matter). Both PM10 and SPM designate the particles in the air, of which diameter is less than 10 μm . However, the exclusion method of the large particles (>10 μm) is different. As a result of that difference, PM10 includes some particles somewhat larger than 10 μm but SPM never does.
- 4) Japan does not establish the annual standard. The figures in the table are provided only for reference.

大気汚染物質濃度の季節変化は周期的な特徴を持っている。図4.2.1(1)～(2)に示したように、SO₂、NO₂、NO、NO_x、CO、O₃、THC、PM10の月平均値の年変化を見ると、O₃以外は寒候季に増加し、最高濃度に達している。大気汚染物質の濃度変化が汚染物質発生源の活動量の変化のみでなく、大気汚染物質の輸送や拡散に影響を及ぼす大気安定度にも依存しているとの考えに立てば、寒候季は高濃度を発生させるに好都合な背景となっていると考えられる。一方、O₃濃度は、O₃を発生させる光化学反応を引き起こす紫外線量が増加する夏季に、高くなる。

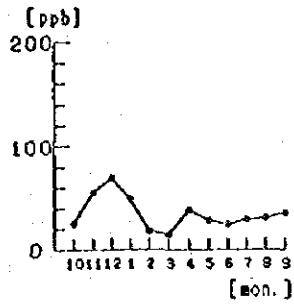
JICA調査団が実施した簡易測定データのデータによれば、NO₂、CO、HC（炭化水素）の濃度は冬季よりも秋季に高く、SO₂は秋季よりも冬季が高濃度となった。

日変化の年平均では、O₃以外の全ての大気汚染物質の共通の特徴は、午前9時頃と午後10時頃の2回、濃度のピークを持っていることである。特に、自動車交通量からの寄与が大きいNO、CO、PM10の濃度は明瞭に変化の周期性を示している。バザール測定局と較べると、ファテミ測定局の日変化は周期性が明瞭で、朝、夜2つのピークも顕著であり、濃度変化の範囲も広く、また濃度自体も高濃度である。朝と夜の2つの濃度ピークが生じる原因は、1つにはラッシュアワー交通量の増加と大気汚染物質がよどむ原因となる気象学的要因の地表付近の安定層であると考えられる。一方で、O₃濃度は、午後の単一の明瞭なピークを示している。

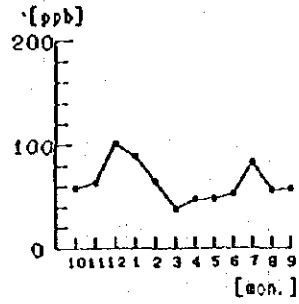
1996年10月にJICA調査団が実施した観測データと比較すると、テヘラン市の13カ所の簡易測定所でのCO測定結果に基づいた日変化は、ファテミ測定局の日変化と同様、1日に2つのピークを持つパターンを示している。しかし、調査団の簡易測定と同時期に測定されたファテミ測定局CO濃度は、調査団の測定値よりかなり高い濃度を示している。この事実は、CO濃度の日変化パターンが、交通量などの発生源の活動量と大気安定度や風向・風速のような気象学的条件によりコントロールされていると同時に、CO濃度が交通量ばかりでなく道路からの距離に大きく依存していることを示唆している。また、調査団によるNMHC（非メタン炭化水素）とTHC（全炭化水素）のバッグによる簡易測定結果によると、秋季のNMHCとTHCの日変化パターンはCOの変化と類似のパターンを示している。しかし冬季のNMHCとTHCの濃度は低く、また濃度変化も少なくなっている。

曜日による濃度変化の年平均値は、変化のパターンが明瞭ではなく、変化の特徴を把握するのが容易ではない。しかし、イランの休日である金曜日に濃度が低くなる現象は、CO、PM10についてファテミ、バザールの両測定局で、確認されている。またファテミのNO、バザールのTHCについても同様の現象が現れている。これらの大気汚染物質は自動車から排出されるので、自動車交通量は明らかに曜日別の濃度変化に寄与している。一方、SO₂、NO₂およびO₃は曜日との関連性が薄いように見える。季節別平均値では、曜日による濃度変化は、夏季と秋季にイランの休日である金曜日に濃度が低下する現象が顕著に現れている。

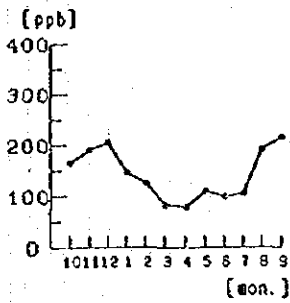
ファテミとバザールの測定局で記録された高濃度大気汚染日の大気汚染物質の時間変化（1時間平均値）を図4.2.1-2(1)～(4)に示す。また、テヘランにおける大気汚染物質の健康影響を評価するために、WHOの大気質ガイドラインの必要な部分を表4.2.1-2に示す。



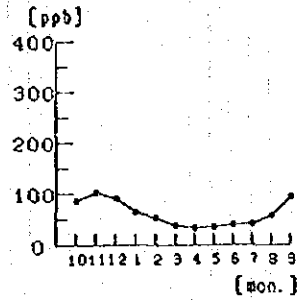
SO₂
Fatemi



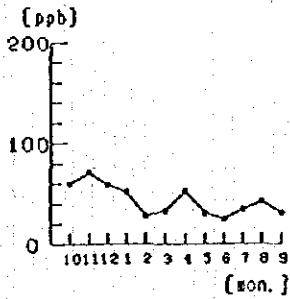
SO₂
Bazar



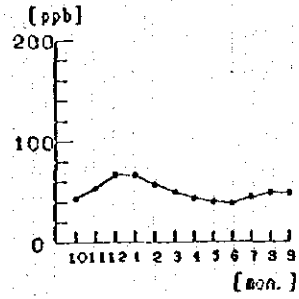
NO
Fatemi



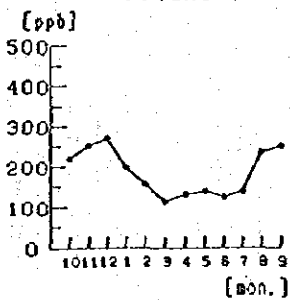
NO
Bazar



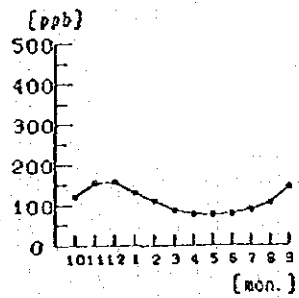
NO₂
Fatemi



NO₂
Bazar



NO_x
Fatemi

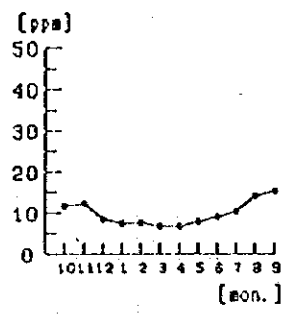


NO_x
Bazar

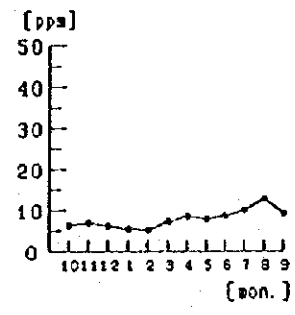
Annual variation

—•— tot.

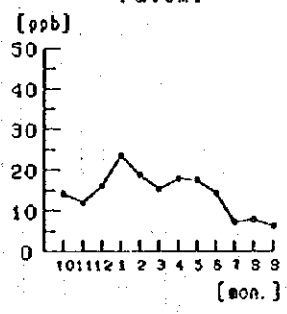
図 4.2.1-1(1) 大気汚染物質濃度の月平均値の年変化 (ファテミ局、バザール局)
(1995年10月~1996年9月)



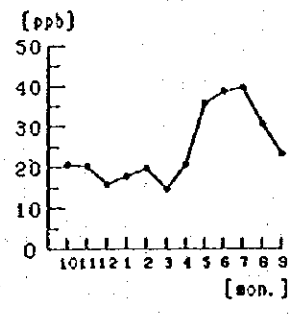
CO
Fatemi



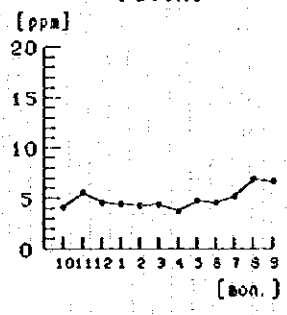
CO
Bazar



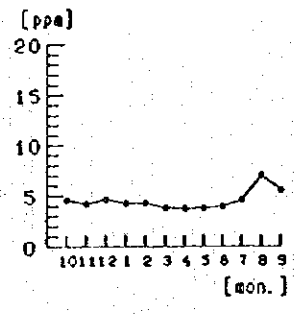
O3
Fatemi



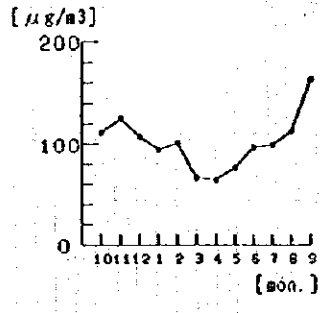
O3
Bazar



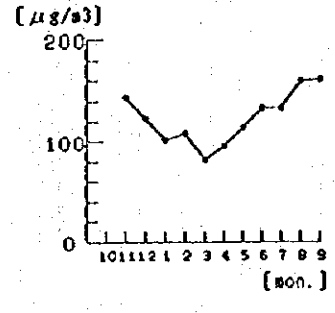
THC
Fatemi



THC
Bazar



PM10
Fatemi



PM10
Bazar

Annual variation tot.

図 4.2.1-1(2) 大気汚染物質濃度の月平均値の年変化 (ファテミ局、バザール局)
(1995年10月~1996年9月)

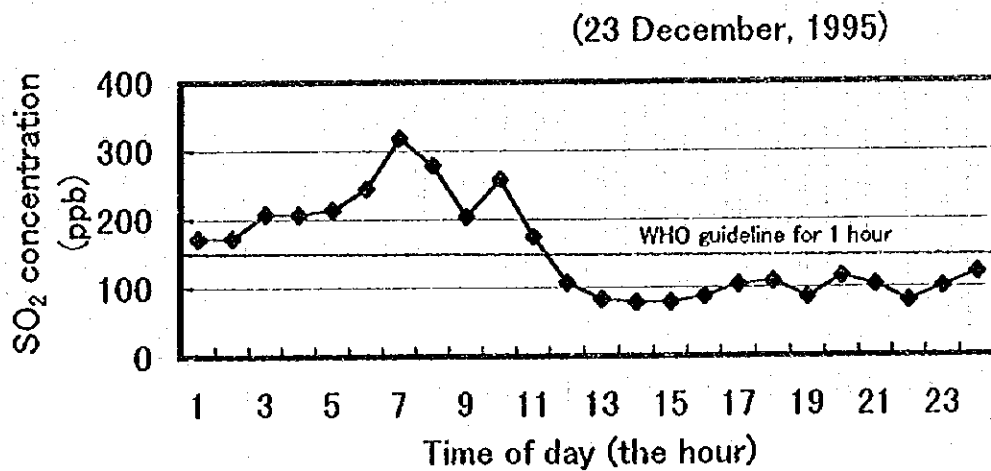
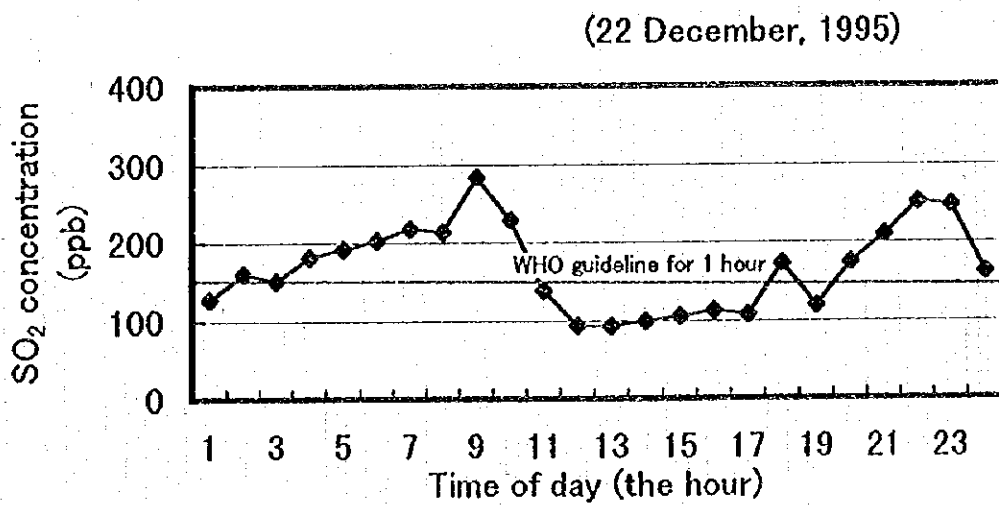
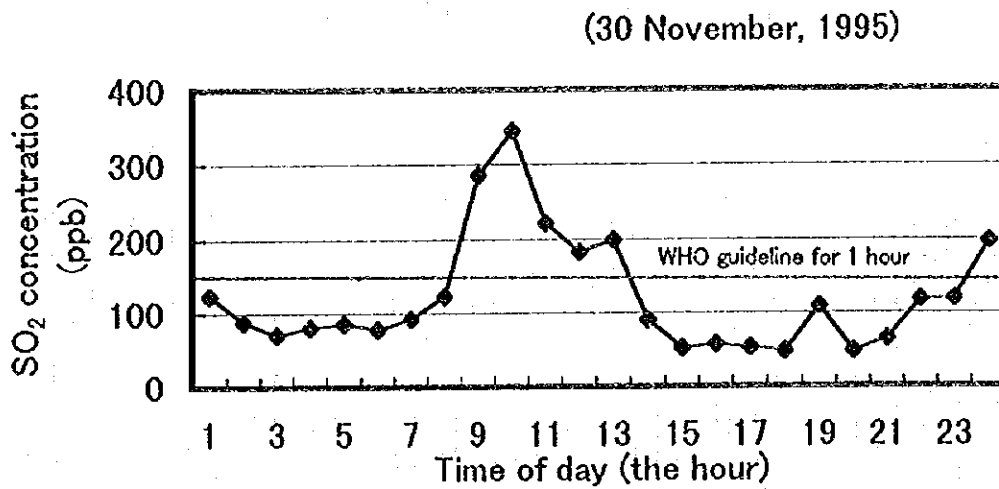


図 4.2.1-2(1) 高濃度日のSO₂時刻別濃度変化 (1時間平均値の日変化、バザール局)

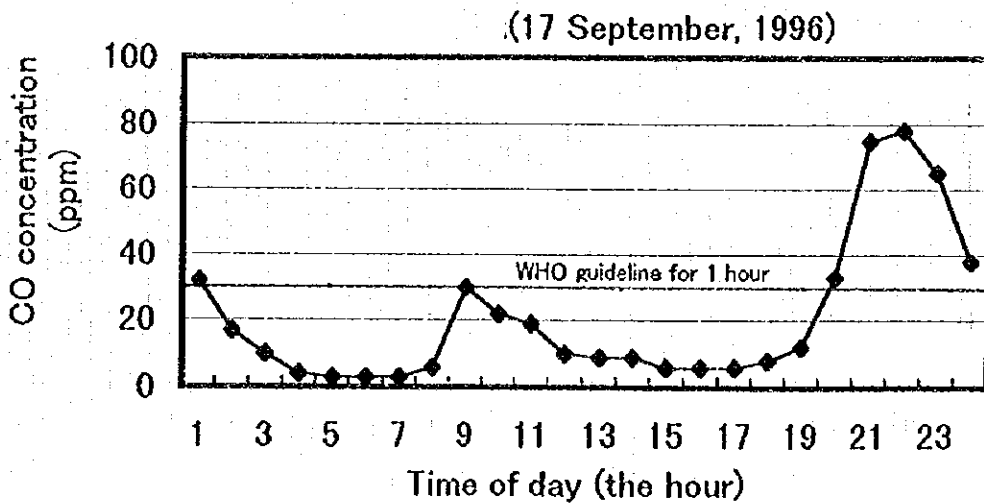
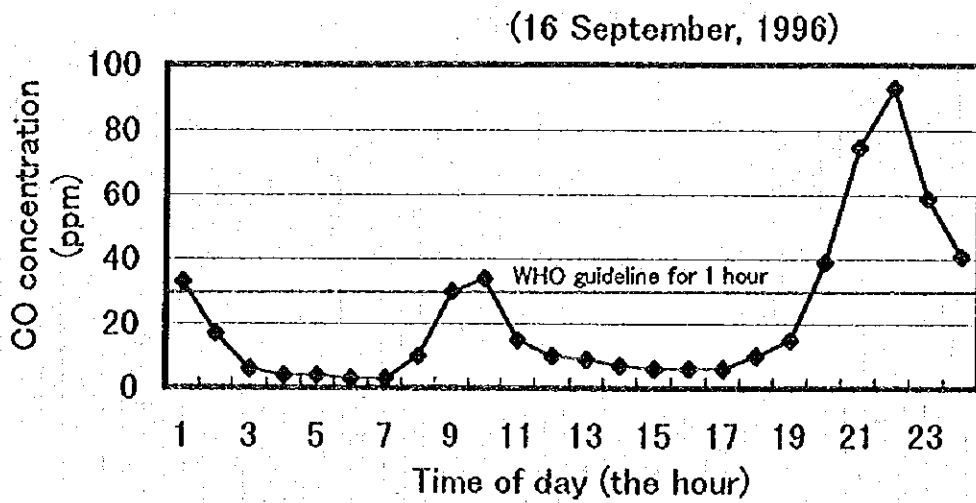
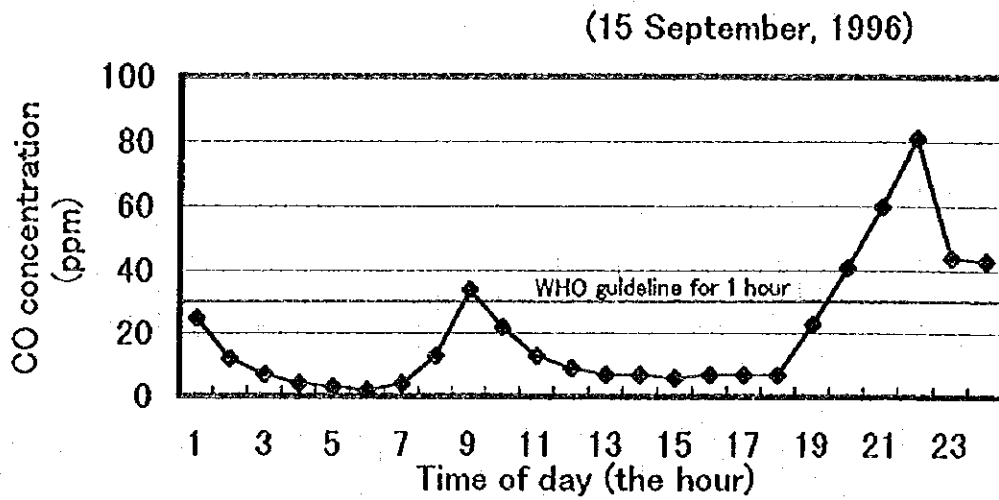


図 4.2.1-2(2) 高濃度日のCO時刻別濃度変化 (1時間平均値の日変化、ファテミ局)

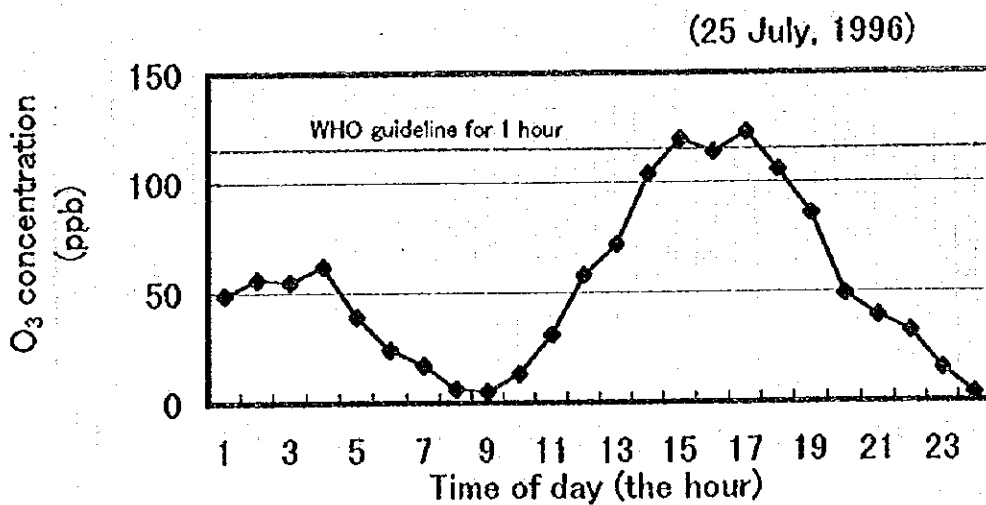
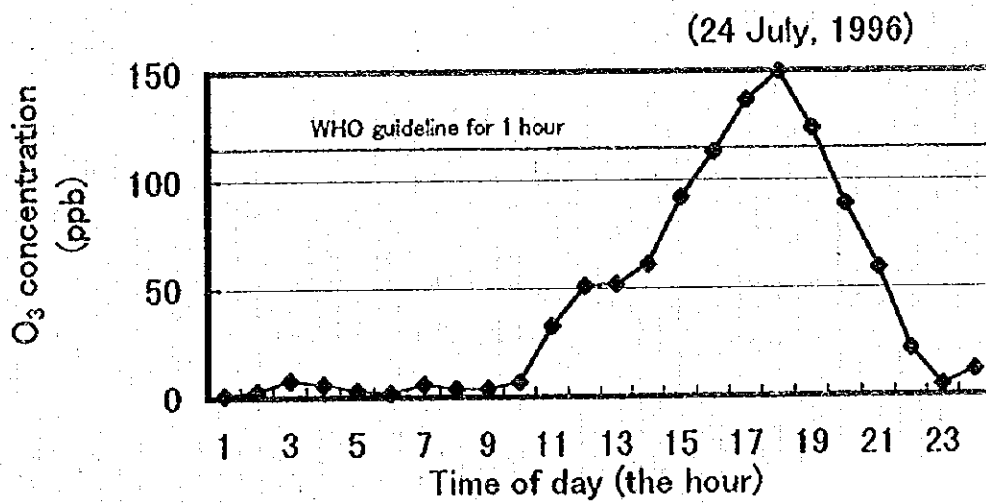
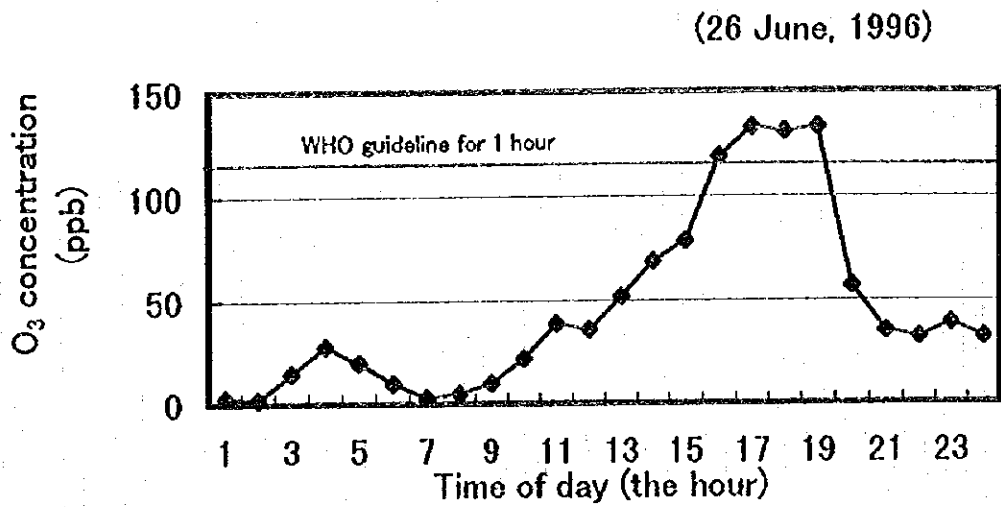


図 4.2.1-2(3) 高濃度日のO₃時刻別濃度変化 (1時間平均値の日変化、バザール局)

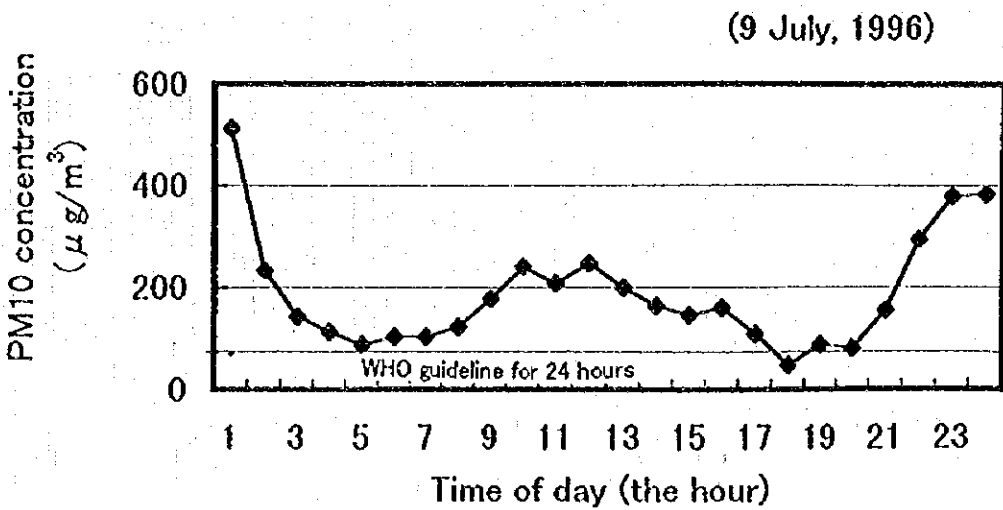
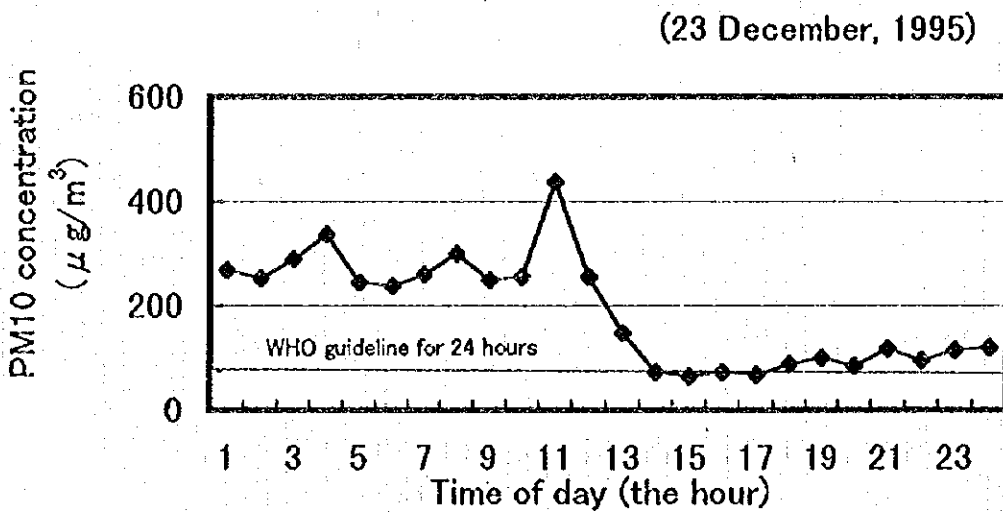
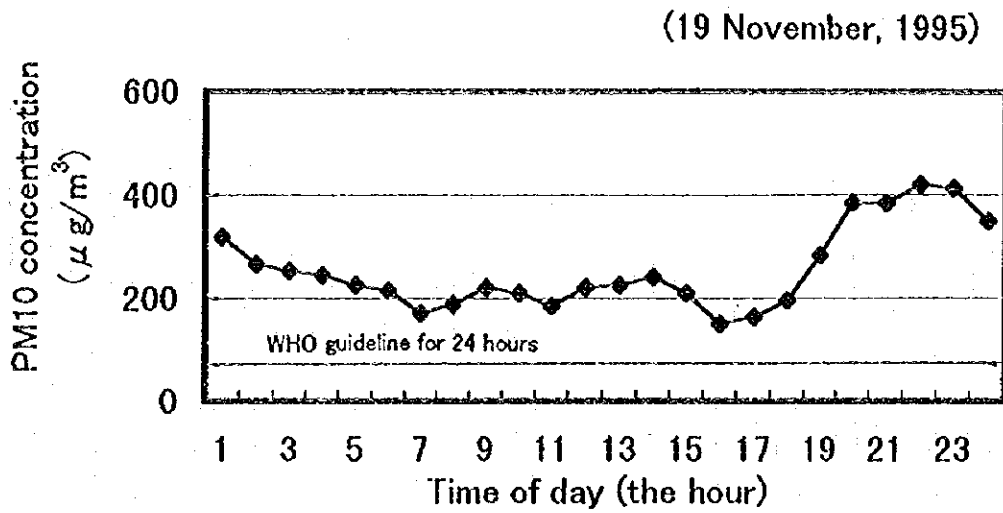


図 4.2.1-2(4) 高濃度日のPM10時刻別濃度変化(1時間平均値の日変化、バザール局)

表4.2.1-2中の濃度の単位は、出典では ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) であるが、通常使用している体積分率の表示であるppmまたはppbに、海面 (25°C, 1013hPa) とテヘラン市の海拔1191m (20°C, 880hPa) の両方の条件で変換して表示した。

表 4.2.1-2 WHO 大気質ガイドライン (抜粋)

Pollutant	Time-weighted average ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Converted value ² (ppm, sea level)	Converted value ³ (ppm, Tehran)	Averaging time
Sulfur dioxide ^{a,b}	350	0.14	0.151	1 hour
	100 - 150 ¹	0.04 - 0.06	0.043 - 0.065	24 hours
	40 - 60 ¹	0.015 - 0.023	0.017 - 0.026	1 year
Carbon monoxide ^{a,c}	30	26	30	1 hour
	10	9	10	8 hours
Nitrogen Dioxide ^{a,d}	400	0.21	0.241	1 hour
	150	0.08	0.09	24 hours
Ozone ^{a,e}	150 - 200	0.08 - 0.10	0.087 - 0.115	1 hour
	100 - 120	0.05 - 0.06	0.058 - 0.069	8 hours
PM10	70 ¹	-	-	24 hours

Note; 1 Combined value of SO₂/SPM guideline

2 Conversion into ppm is made on the basis of 25°C, 1atm (1013hPa).

3 Conversion into ppm is made on the basis of 20°C, 880hPa.

Sources; ^a(WHO, 1987) ^b(WHO, 1979a) ^c(WHO, 1979b)

^d(WHO, 1977) ^e(WHO, 1978)

バザール測定局での1995年11月30日のSO₂の1時間平均値の日最高濃度は345ppbで、WHOガイドライン (1時間平均値で151ppb) の2.3倍に相当する。ファテミ測定局における1996年9月16日のCOの1時間平均値の日最高濃度は93ppmで、WHOガイドライン (30ppm) の3.1倍に相当する。また、バザール測定局での1996年7月24日のO₃の1時間平均値の日最高濃度は150ppbで、これもまたWHOガイドライン (1時間平均値で87~115ppb) を上回っている。バザール測定局での1996年7月9日のPM10の日平均値は192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、WHOガイドライン (日平均値で70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) の2.7倍に相当する。

(2) テヘラン市における大気汚染物質の濃度分布

調査団の現地観測により得られたデータに基づき、大気汚染物質の濃度分布の特徴を記述する。COの濃度分布は、市の中心部で高く郊外で低くなっている。NO₂の濃度分布の一般的な特徴としては、テヘラン市中心部での濃度が郊外での濃度よりやや高い。SO₂に関しては、中心部とやや南部地域の濃度が北部地域よりやや高くなっている。

(3) テヘラン市における大気汚染の気象学的特徴

ファテミとバザールの両測定局の季節平均のデータに基づき、風向風速の大気汚

染物質濃度に及ぼす影響を以下に記述する。

風向については、SO₂、NO_xおよびPM10の濃度は風向とは関連がないように見える。一方で、NO_xは北より（西北西～東北東）の風のとときに、どちらの測定局とも、濃度が高くなる傾向がある。ファテミ測定局のCOとTHC濃度は、北西よりまたは北東よりの風向のとときに、高くなる傾向がある。O₃濃度はNO_x、CO、THCの傾向とは反対に、南より（東～西南西）の風の時に高濃度になる傾向が見られる。ファイナルレポートの4章1.1節に記述したように、北よりの風は、夜間、大気の状態が非常に安定な時に卓越し、南よりの風は、日中、大気の状態が不安定で大気が混合されているときに卓越する。このため、大気汚染物質の濃度は風向ではなく、大気安定度に依存している可能性が大きい。

風速については、O₃とPM10以外の大気汚染物質は、風速が強くなるほど濃度が低くなる傾向が見られる。一方、O₃濃度は風速が強くなると、濃度が低くなる傾向が見られる。風速が強くなるのは、夜間より日中で、日中は大気の大気対流活動が活発になるばかりでなく、O₃を生成する光化学反応が強い日射のもとで起こる。

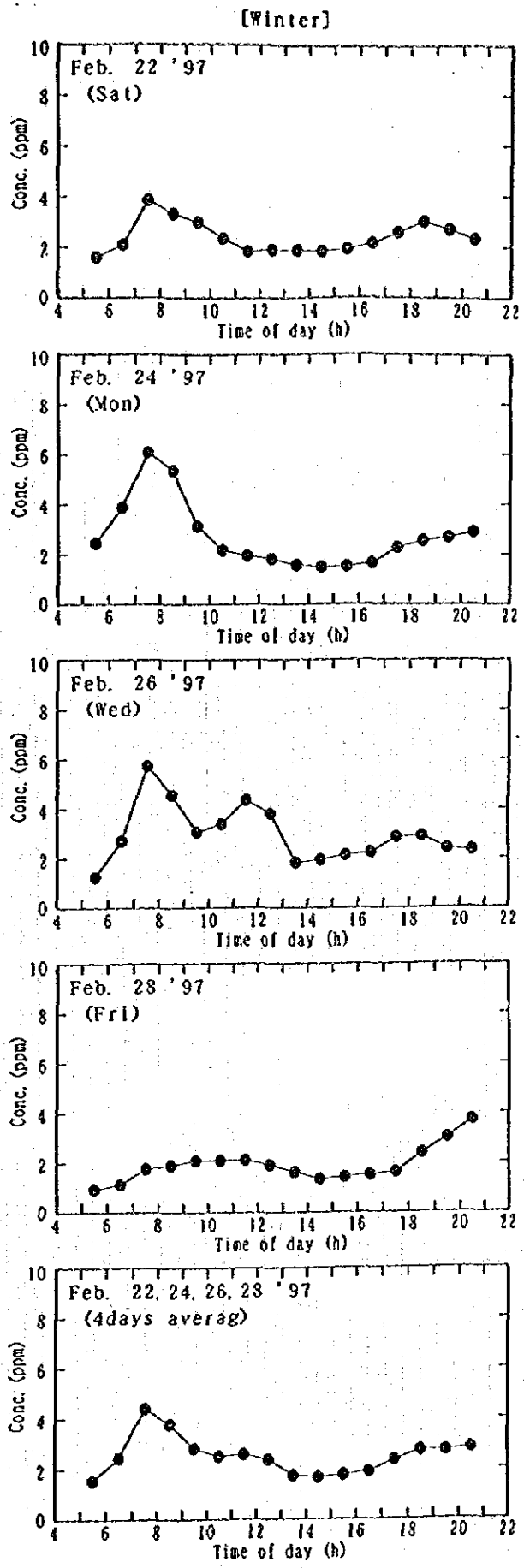
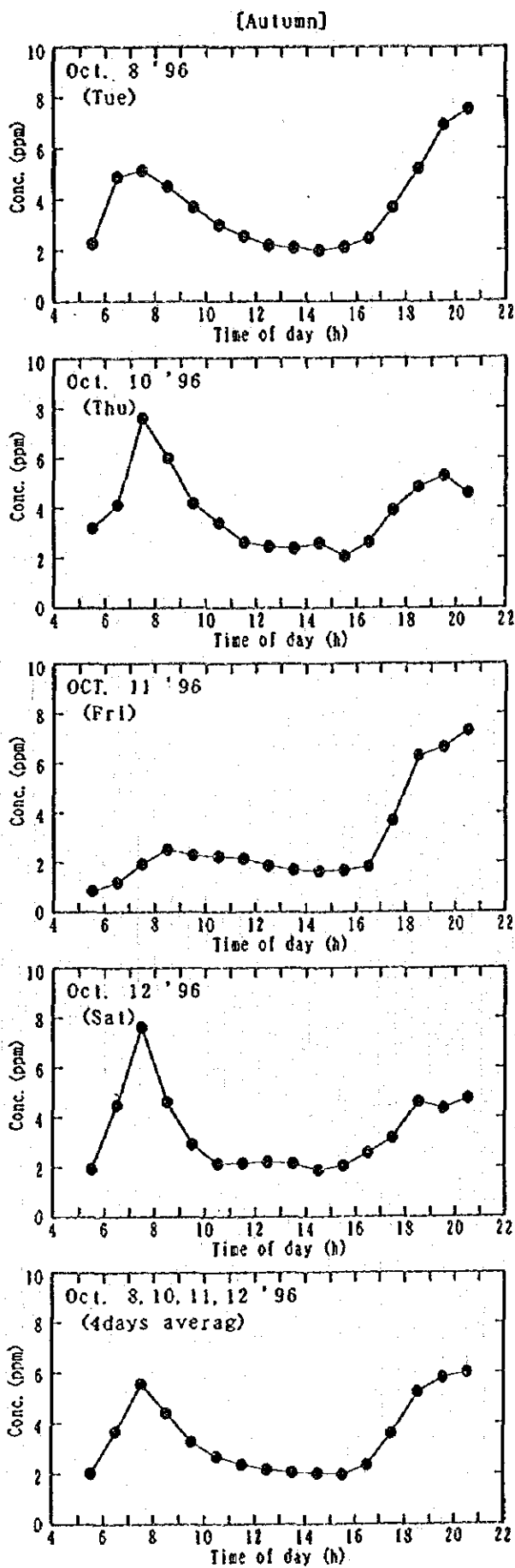


図 4.2.1-3 CO簡易測定結果 (1時間平均値の日変化、13地点の平均、曜日別)

(Total 13 points : No. 1-12 and 132)

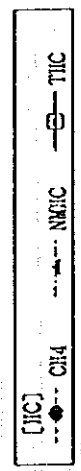
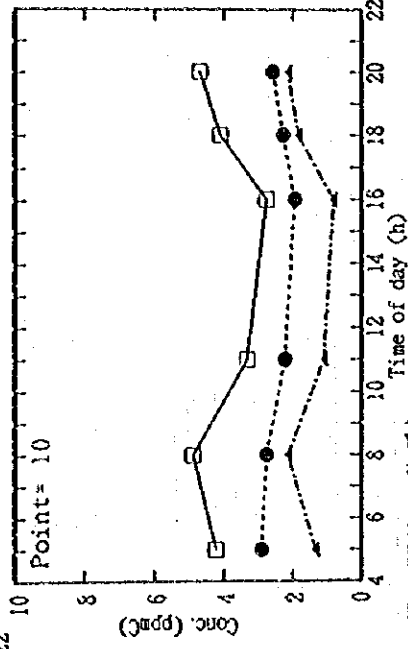
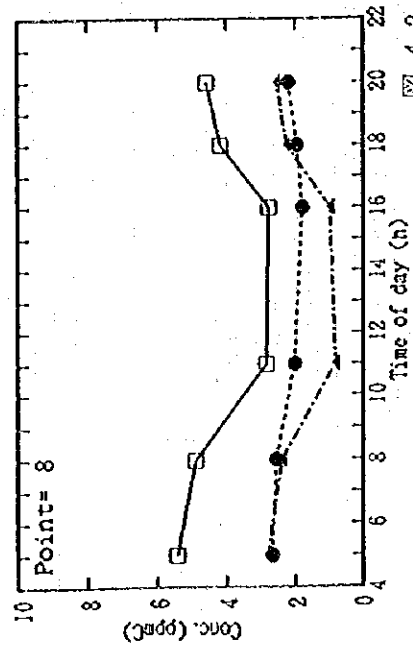
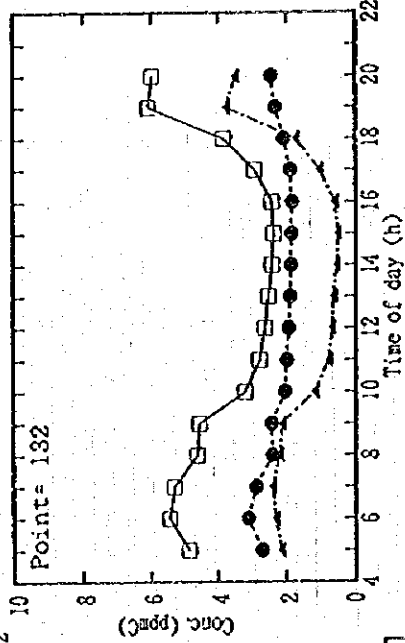
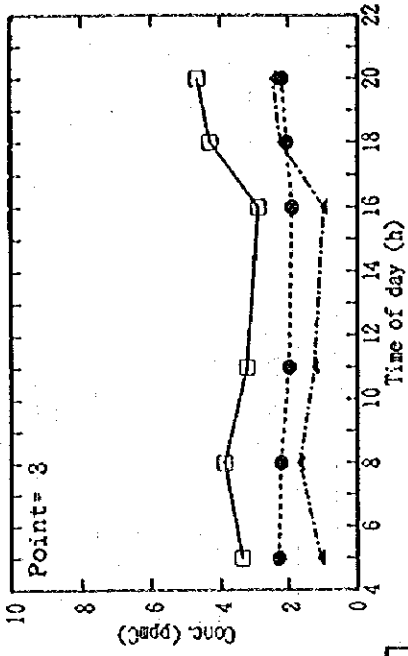
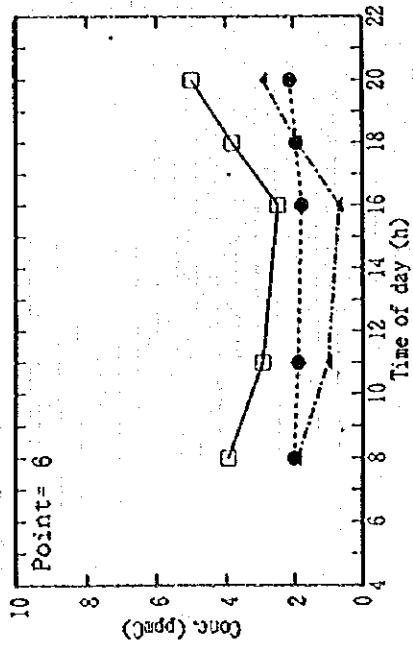


図 4.2.1-4(1) H C 簡易測定結果 (日変化、地点別 4 日間の平均、秋季)

Autumn Run0-Run3 Oct. 8.10.11.12 '96 (4 days average)

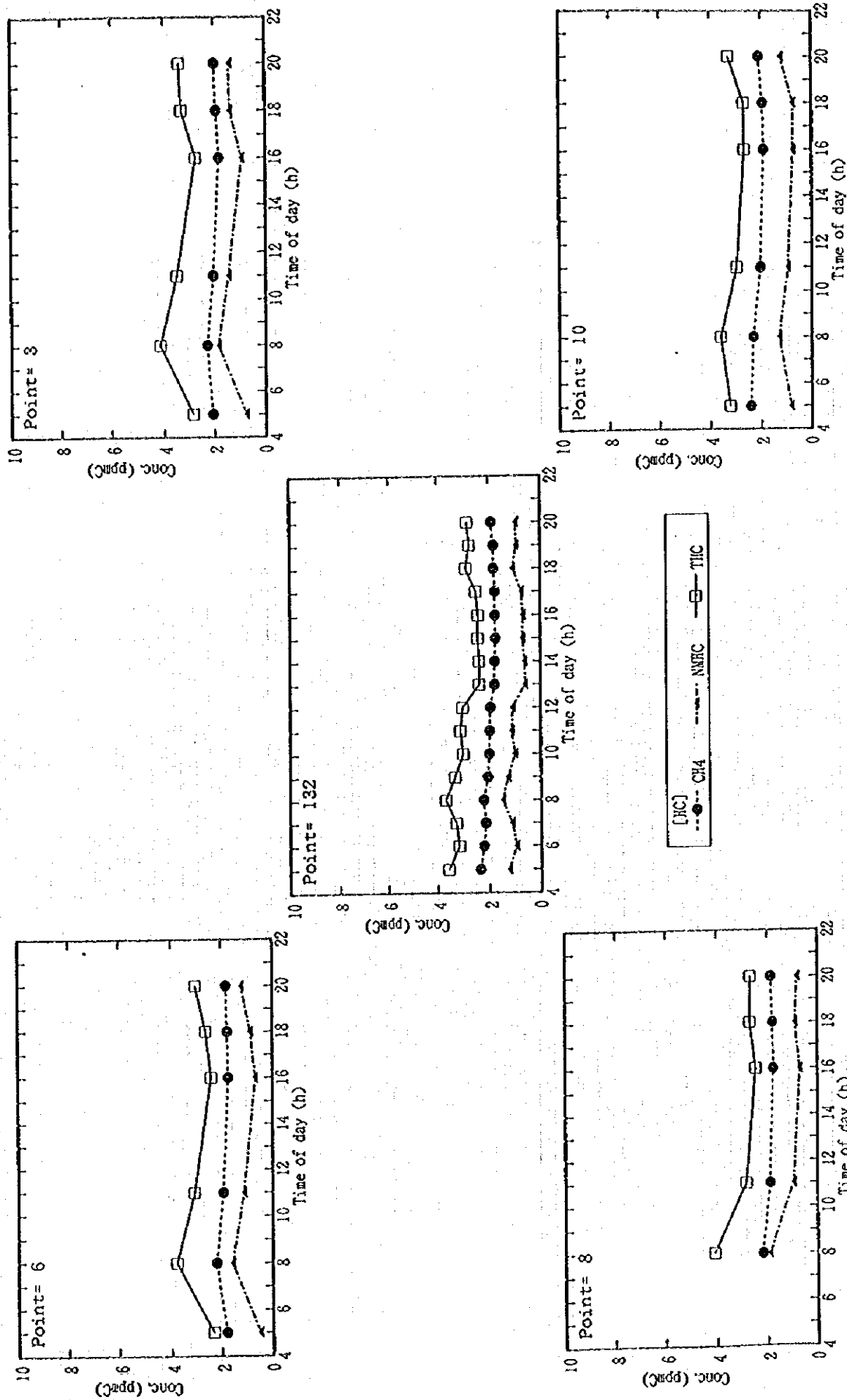


図 4.2.1-4(2) HC 簡易測定結果 (日変化、地点別 4 日間の平均、冬季)

Winter Run1-Run4 Feb. 22, 24, 26, 28 '97 (4 days average)

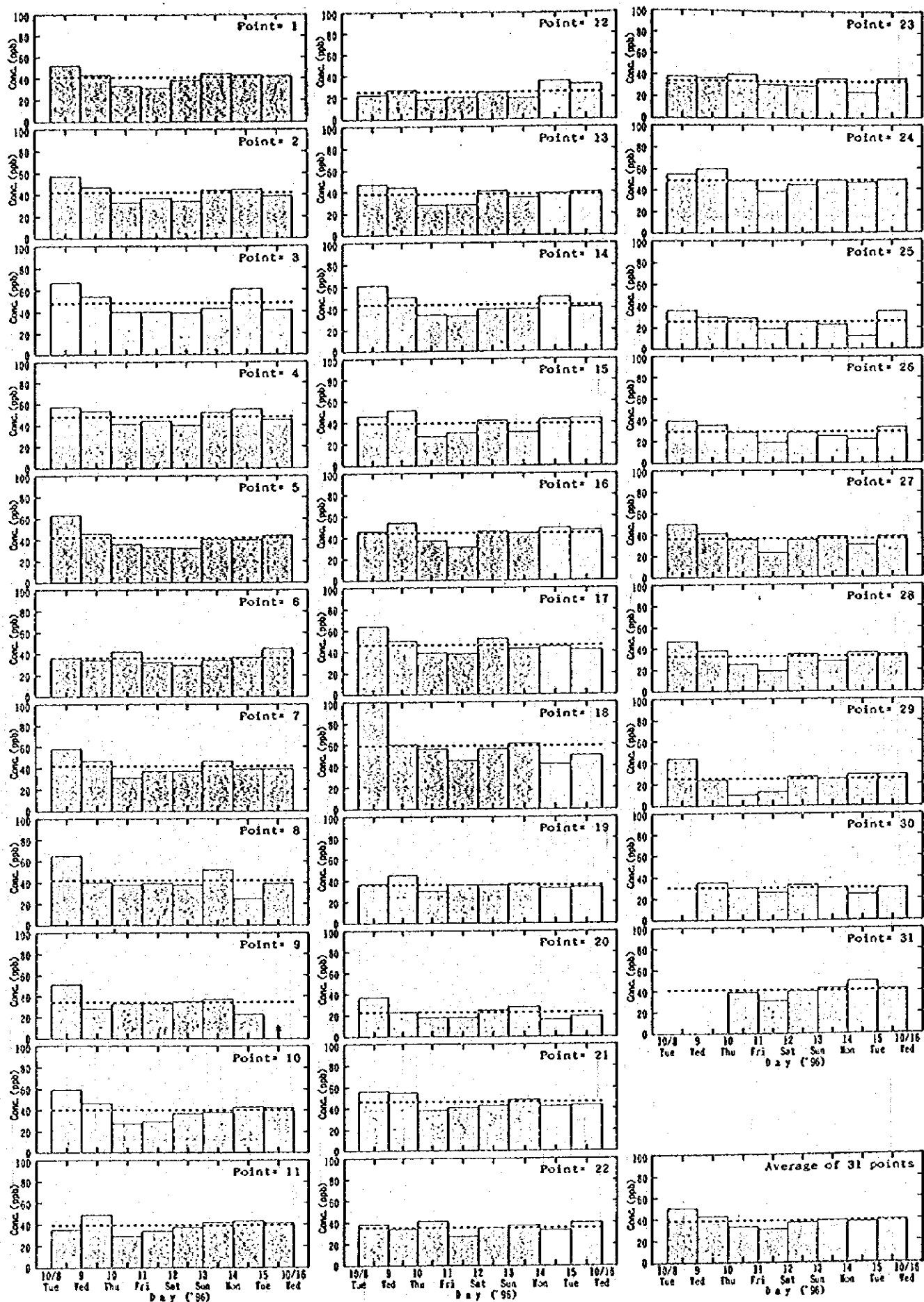


図 4.2.1-5(i) NO₂簡易測定結果 (日平均値の8日間の変化、秋季)

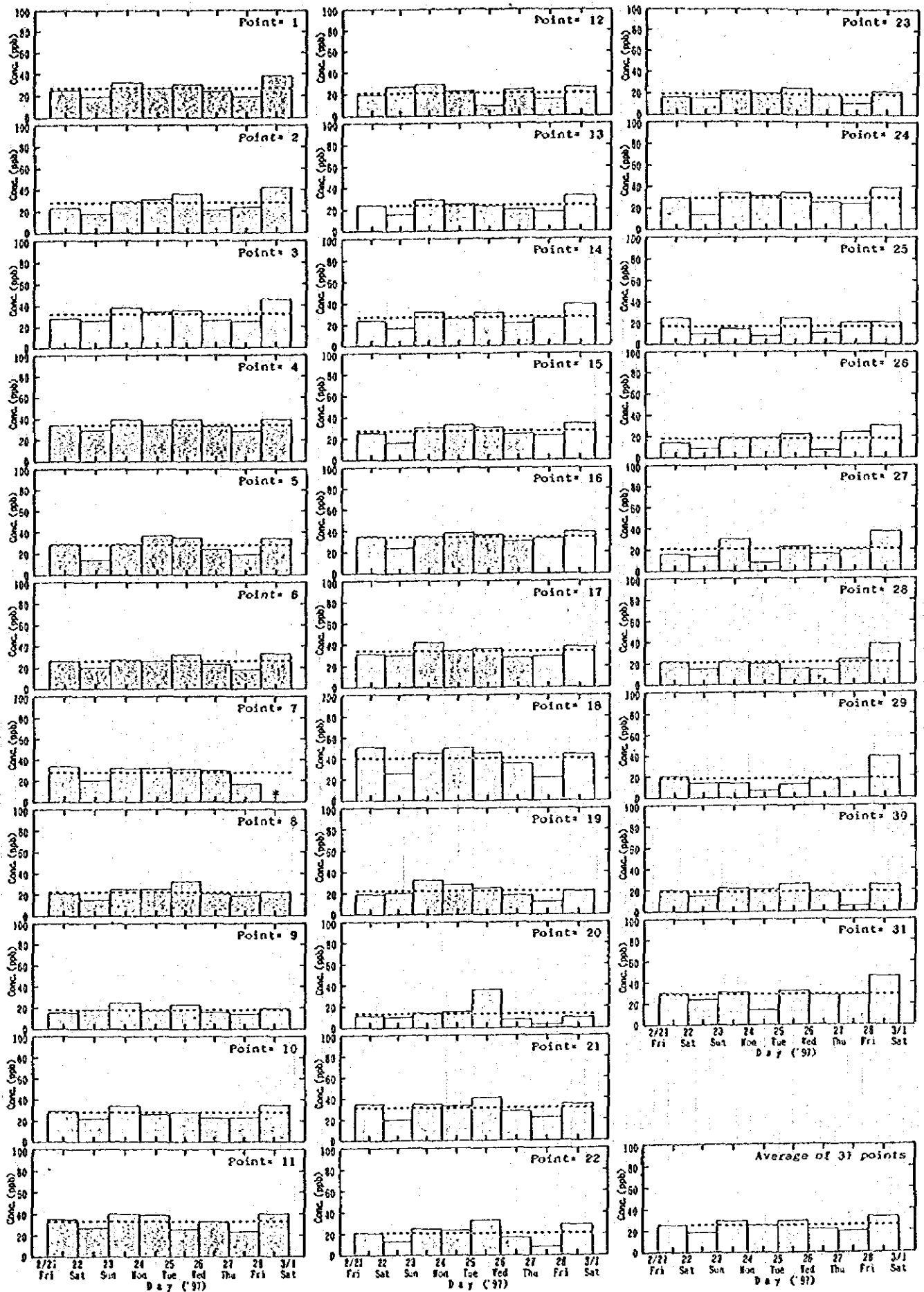
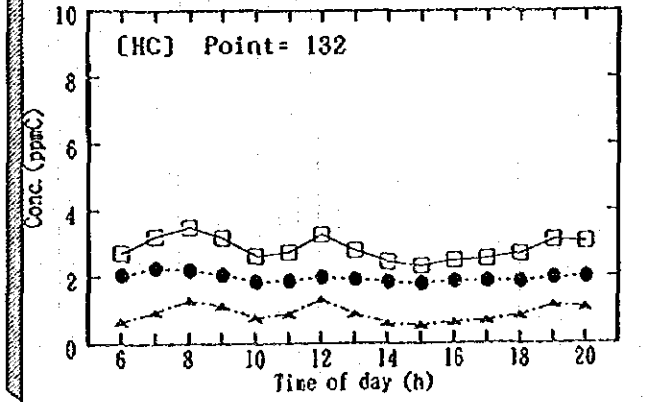
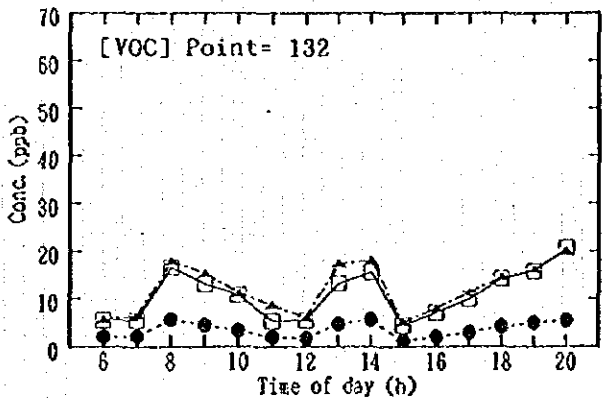
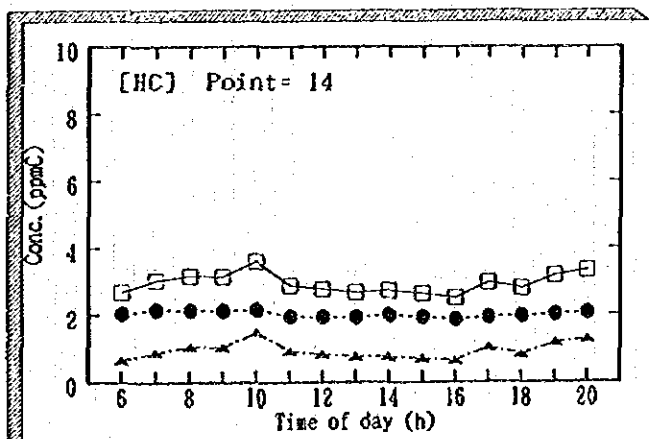
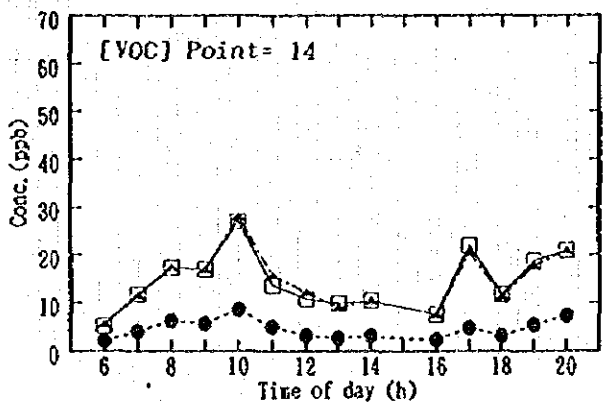
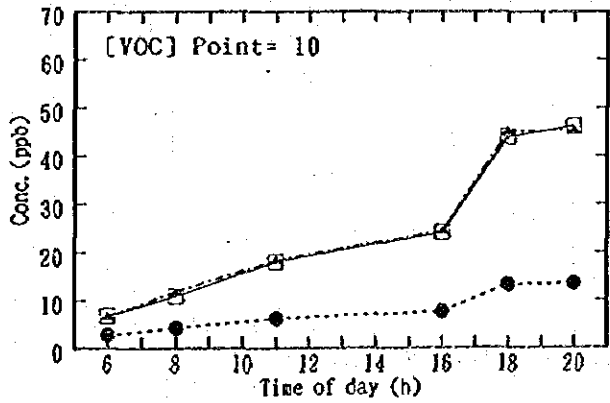
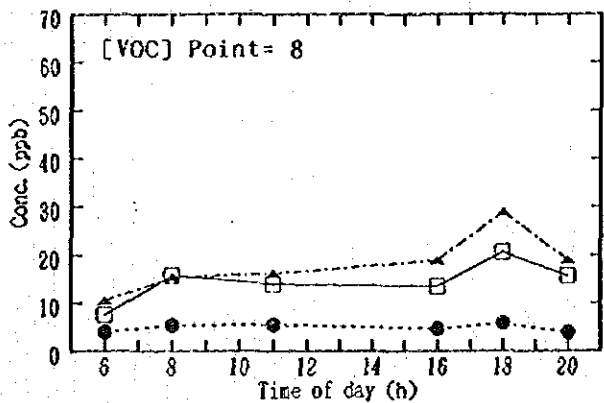
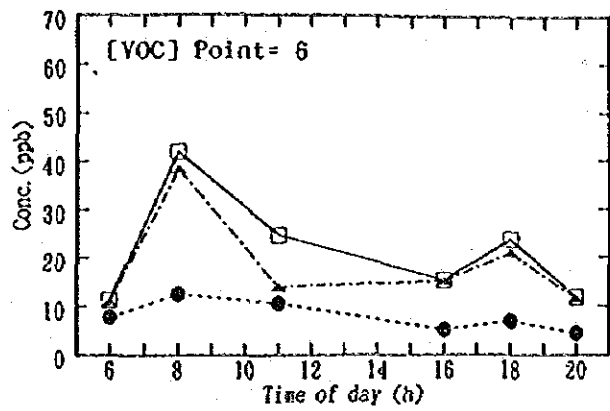
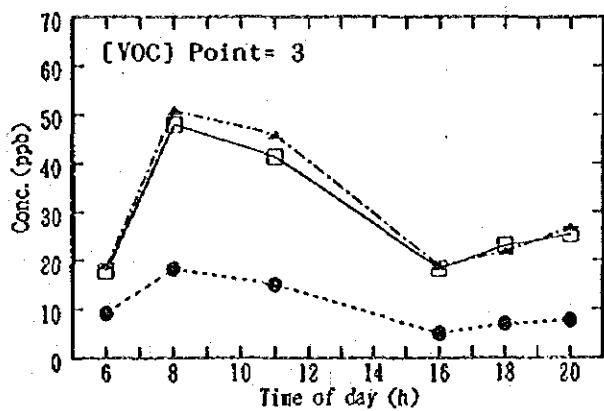


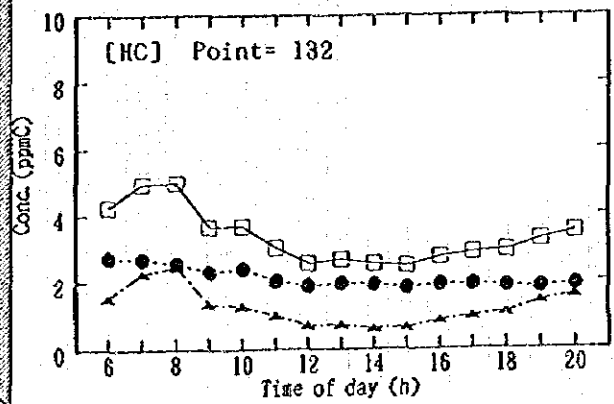
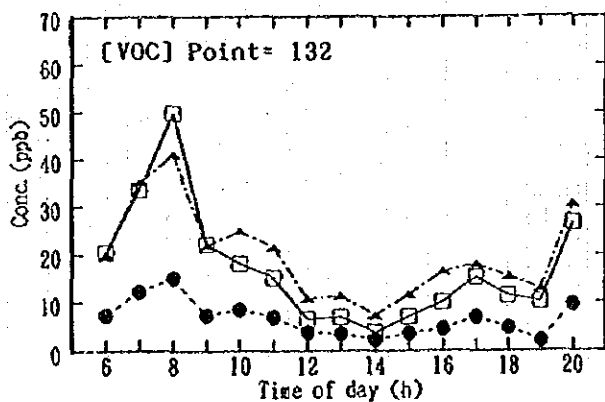
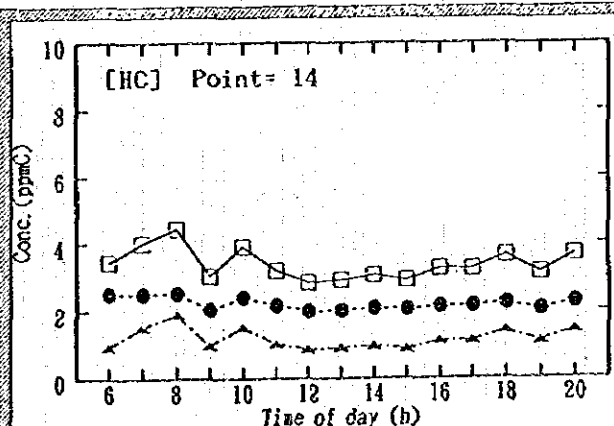
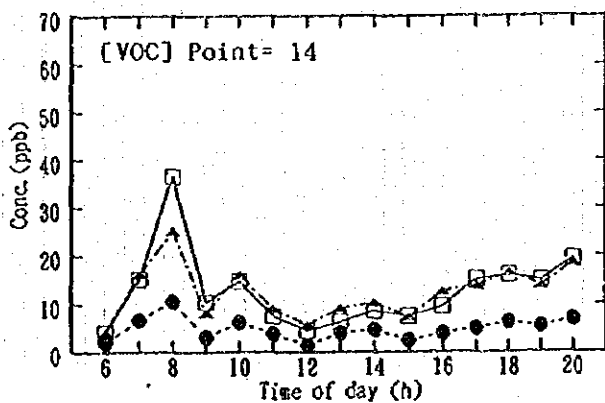
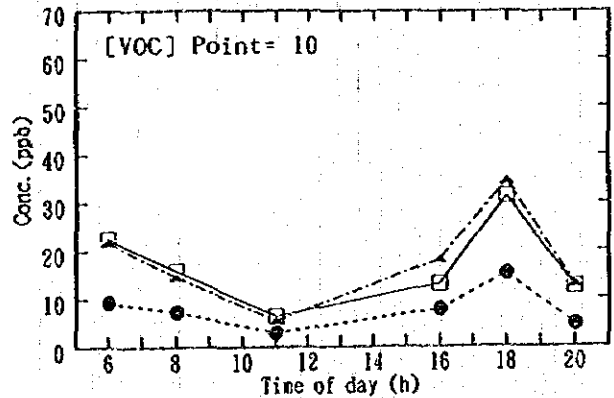
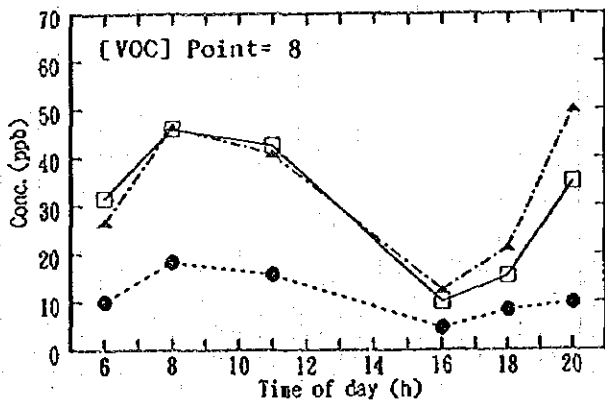
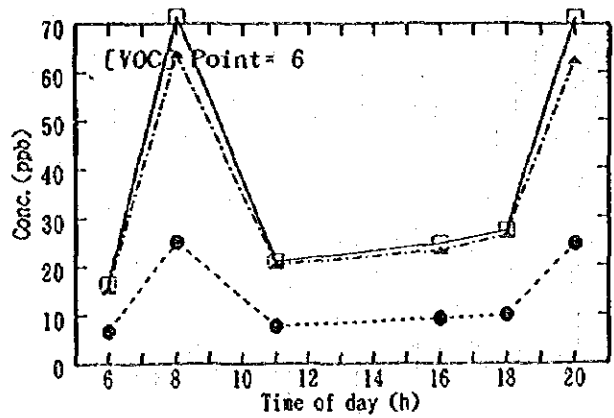
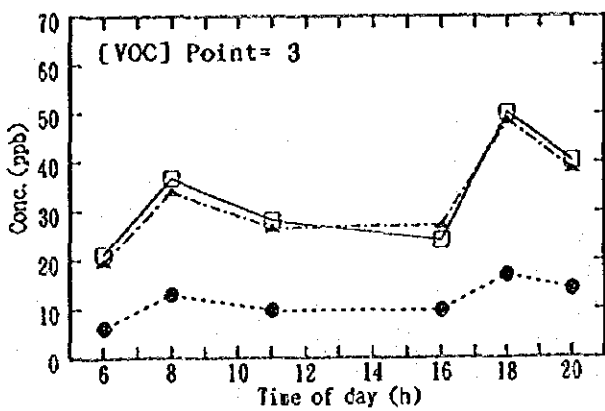
図 4.2.1-5(2) NO₂簡易測定結果 (日平均値の8日間の変化、冬季)



[VOC]
 ● Benzene ▲ Toluene □ Total-Xylene

[HC]
 ● CH4 ▲ NMHC □ THC

図 4.2.1-6(1) VOC濃度の日変化 (ベンゼン、TOL、Xylen、1997年3月8日)



[VOC]
 ● Benzene ▲ Toluene □ Total-Xylene

[HC]
 ● CH4 ▲ NMHC □ THC

図 4.2.1-6(2) VOC濃度の日変化 (ベンゼン、トルエン、キシレン1997年3月9日)

表 4.2.1-3 SPMとその成分濃度の比較 (テヘランと日本での測定値)

Item	Concentration of Pollutants (ng/m ³)						Ratio of	
	Measured in Tehran		Measured in Japan				[Tehran]/[Kawasaki]*4	Winter
	Autumn	Winter	Kawasaki (Kanagawa)*1	Nohoro (Hokkaido)*2		Autumn		
SPM*3	94	68	Average 35 (19-47)	Average 7 (5-10)		2.7	1.9	
Al	2336	1273	340 (130-530)	54 (19-120)		6.9	3.7	
Cl	829	939	260 (44-710)	38 (<20-120)		3.2	3.6	
Cu	<30	<30	30 (16-49)	27 (4.7-130)		~1	~1	
Mn	63	36	33 (22-53)	3.2 (1.9-6.4)		1.9	1.1	
V	30	30	7.1 (4.2-14)	1.7 (0.49-4.3)		4.2	4.2	
As	16	20	2.4 (2.0-3.4)	0.76 (0.37-1.4)		6.7	8.3	
Cr	8.4	1.1	15 (9.5-21)	<0.5 (<0.5-3.7)		0.6	0.1	
Fe	2121	1247	1100 (690-1600)	66 (<40-120)		1.9	1.1	
Th	0.47	0.21	0.071 (0.05-0.11)	<0.02 (<0.01-0.29)		6.6	3.0	
Zn	628	360	240 (140-330)	31 (18-50)		2.6	1.5	
Pb	315	527	87 (54-120)	<10 (<10-10)		9.4	6.1	

(Notes)

Concentration data in Japan are quoted from "Annual report of the air pollution of Japan (1995)"

*1 : Kawasaki is selected as the typical industrial area of Japan

*2 : Nohoro is selected as the typical rural area of Japan

*3 : unit of SPM = $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*4 : Based on the average data

4.3 交通量調査

4.3.1 交通量調査

テヘラン市当局はテヘラン市の中心部に自動車の乗り入れ規制区域を設け、進入許可証を持たない自動車の当該地域への乗り入れを規制している。また大型トラックの市内への乗り入れを規制したり、多数の一方通行道路を設けることで市内における交通量の制御を試みている。

自動車に起因する大気汚染の現状を調査し、シミュレーション等の手法を用いて大気汚染機構を解析するためには、対象地域の交通量や先に述べたような規制による交通量の日変化パターン等の現状を把握することが不可欠である。これらの要素は場所、時間帯、商業地域や工業地域といった土地利用状況等によって異なり、強い地域特性をもつと考えられる。

本調査はテヘラン市における交通量に関する種々の特性を把握し、大気汚染対策調査の基礎資料とするために実施された。

交通量調査は図4.3.1-1に示したテヘラン市内の主要20交差点で実施した。調査地点の選定にあたっては過去に実施された交通量調査地点、道路種別（高速道路、主要幹線、準主要幹線等）、一方通行等の交通規制の状態、土地利用状況を考慮した。交通量調査地点の地点名及び地点番号は下記の通りである。

- 1 BOZORG-RAH-E-RESALAT
- 2 MEDAN-E-FATEMI
- 3 MEDAN-E-ENQELAB
- 4 MEYDAN-E-GOMROK
- 5 INTERSECTION, SHAHID MOSTAFA KHOMEYNI and MOLAVI
- 6 INTERSECTION, JOMHURI-YE-ESLAMI and FERDOWSI
- 7 BOZORG-RAH-E-SHAHID DOKTOR CHAMRAN
- 8 BOZORG-RAH-E-SHEYKH FAZL-OL-LAH-NURI
- 9 MEYDAN-E-RESALAT
- 10 MEYDAN-E-KHORASAN
- 11 MEYDAN-E-AZADI
- 12 MEYDAN-E-VALI-YE-ASR
- 13 MEYDAN-E-SHUSH
- 14 INTERSECTION, VALI-YE-ASR and ENQELAB
- 15 INTERSECTION, SOHRVARDI and SHAHID AYATOLLA BEHESHITI
- 16 INTERSECTION, SABALAN and DAMAVAND
- 17 JADDEH-YE-KHORASAN
- 18 INTERSECTION, FADA' IYAN-E-ESLAM and JADDEH-YE-VARAMIN
- 19 INTERSECTION, QUAZVIN and AZARI
- 20 BOZORG RAH-E-AYATOLLAH-E-SADR

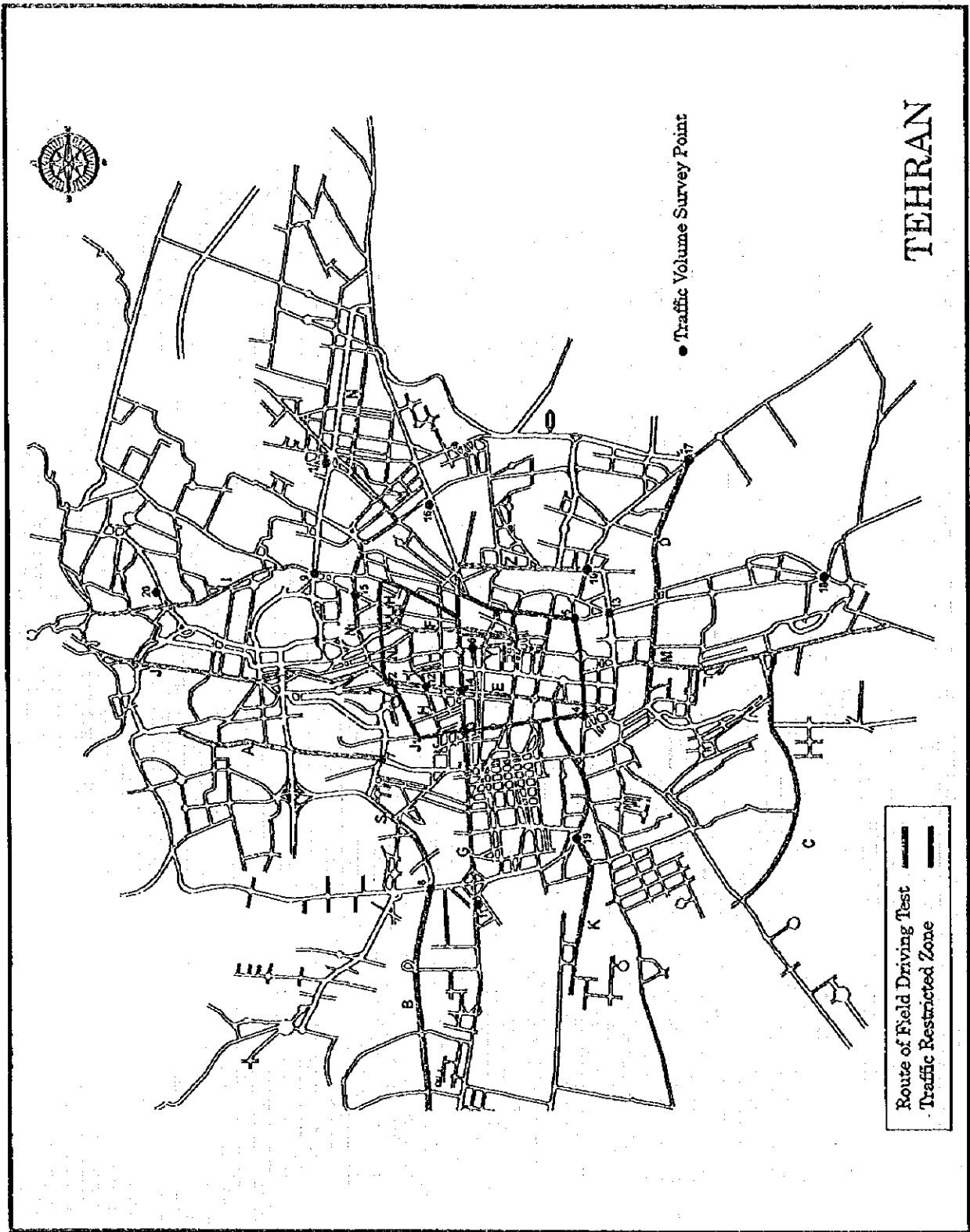
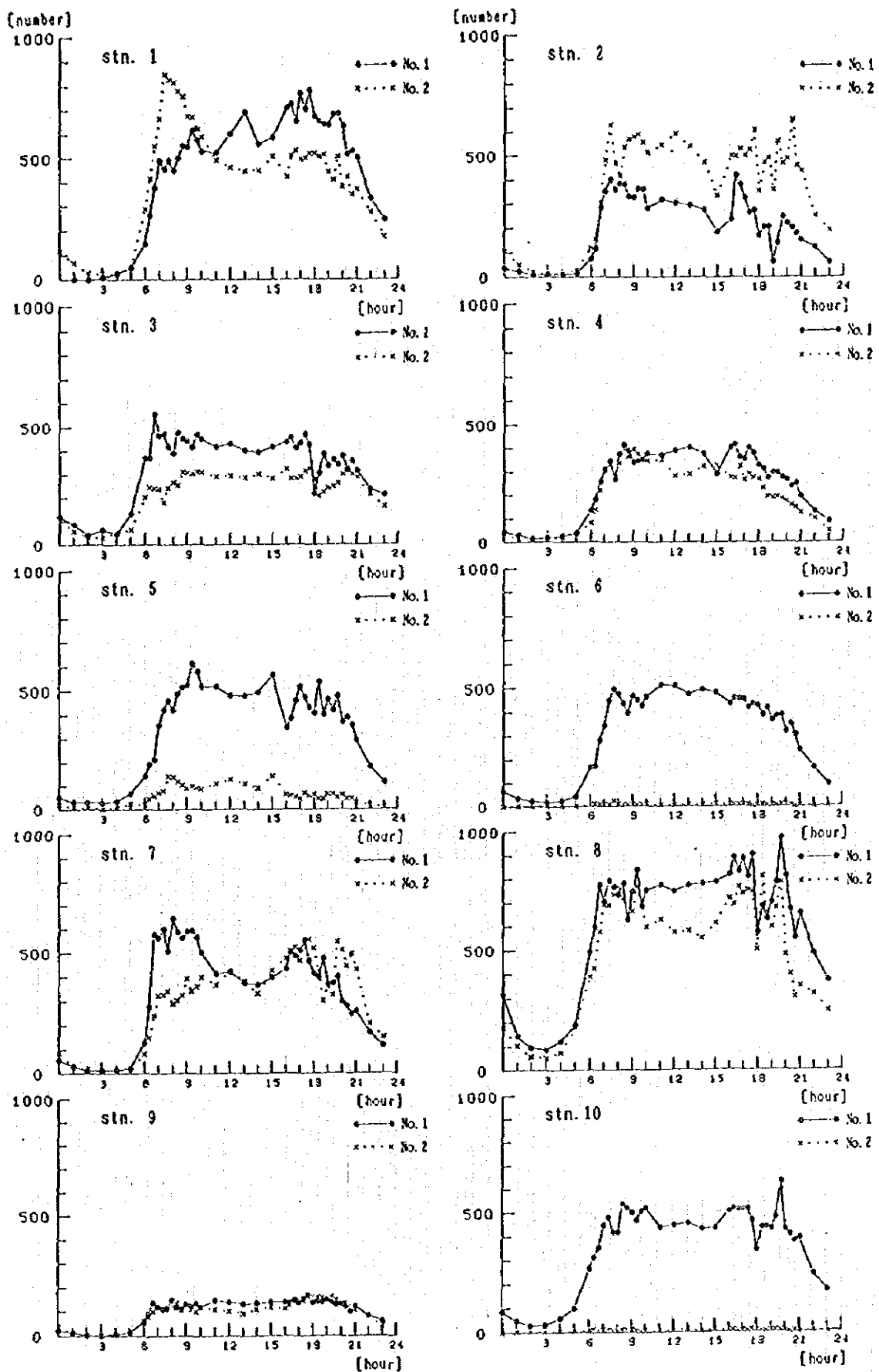


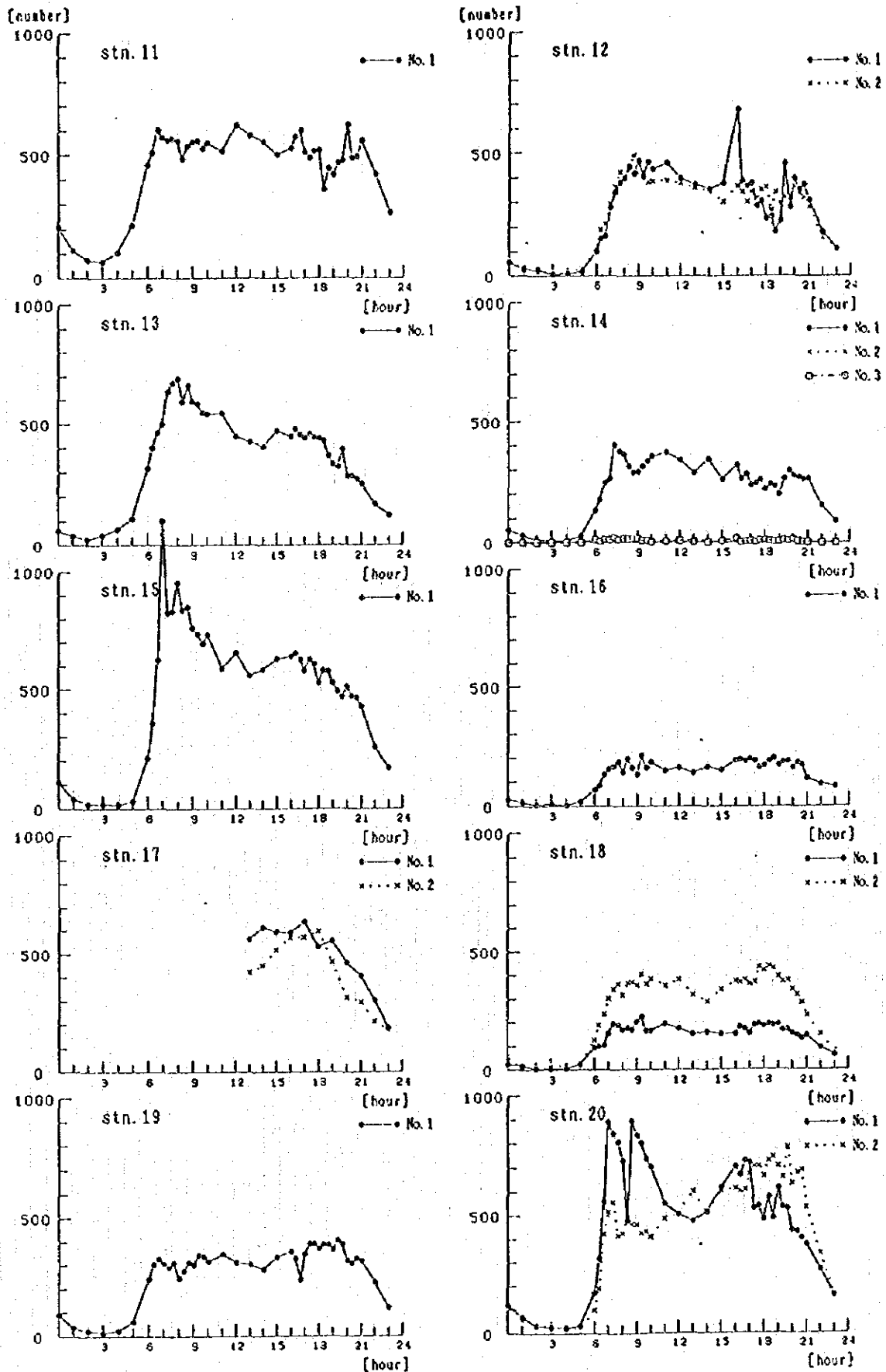
図 4.3.1-1 交通量調査地点と実走行テストルート



Traffic Volume (10min.)

1996 Oct. 7 Monday

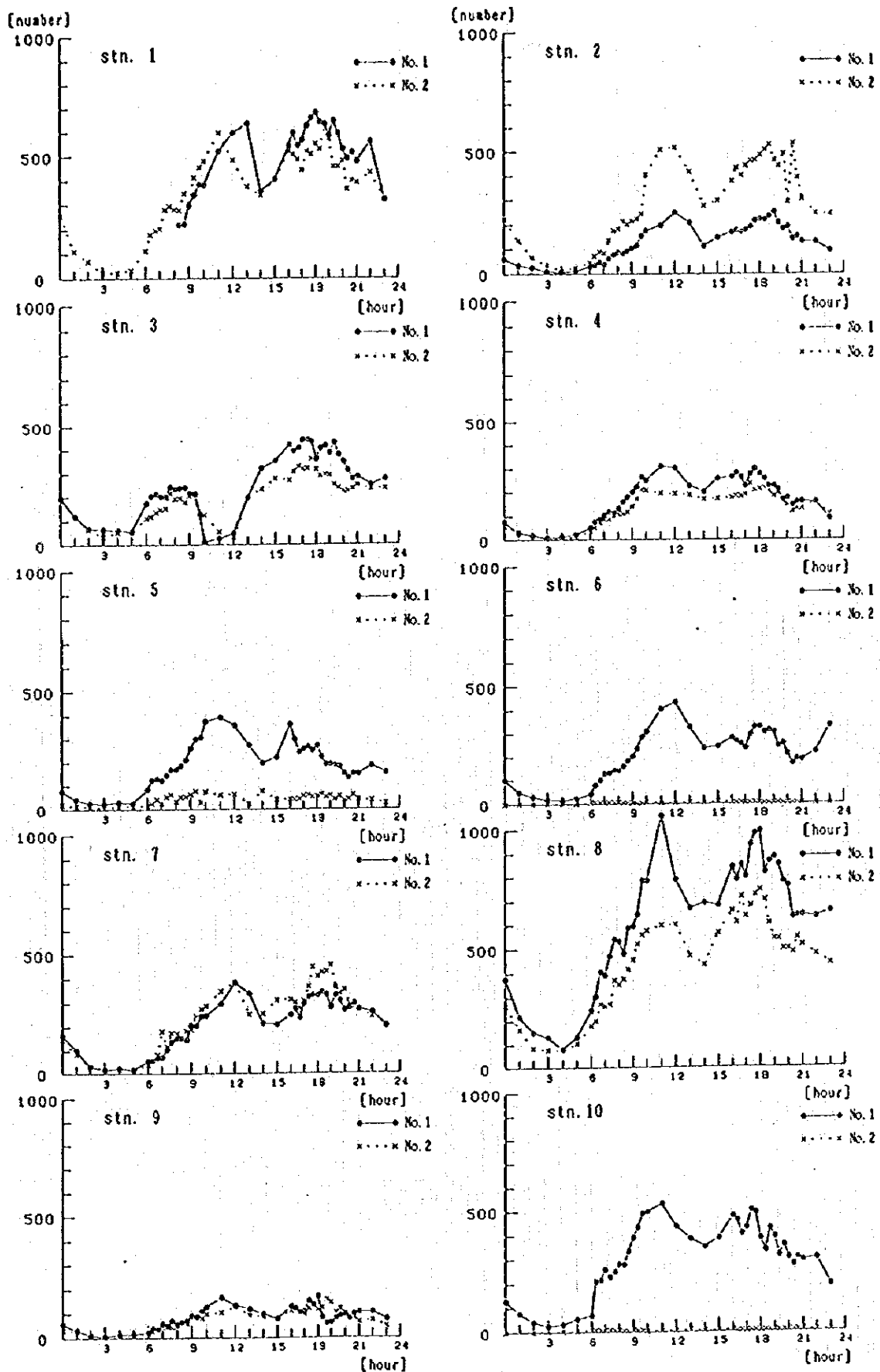
図 4.3.1-2(1) 交通量調査結果 (交通量の日変化、1996年10月7日、月曜日)



Traffic Volume (10min.)

1996 Oct. 7 Monday

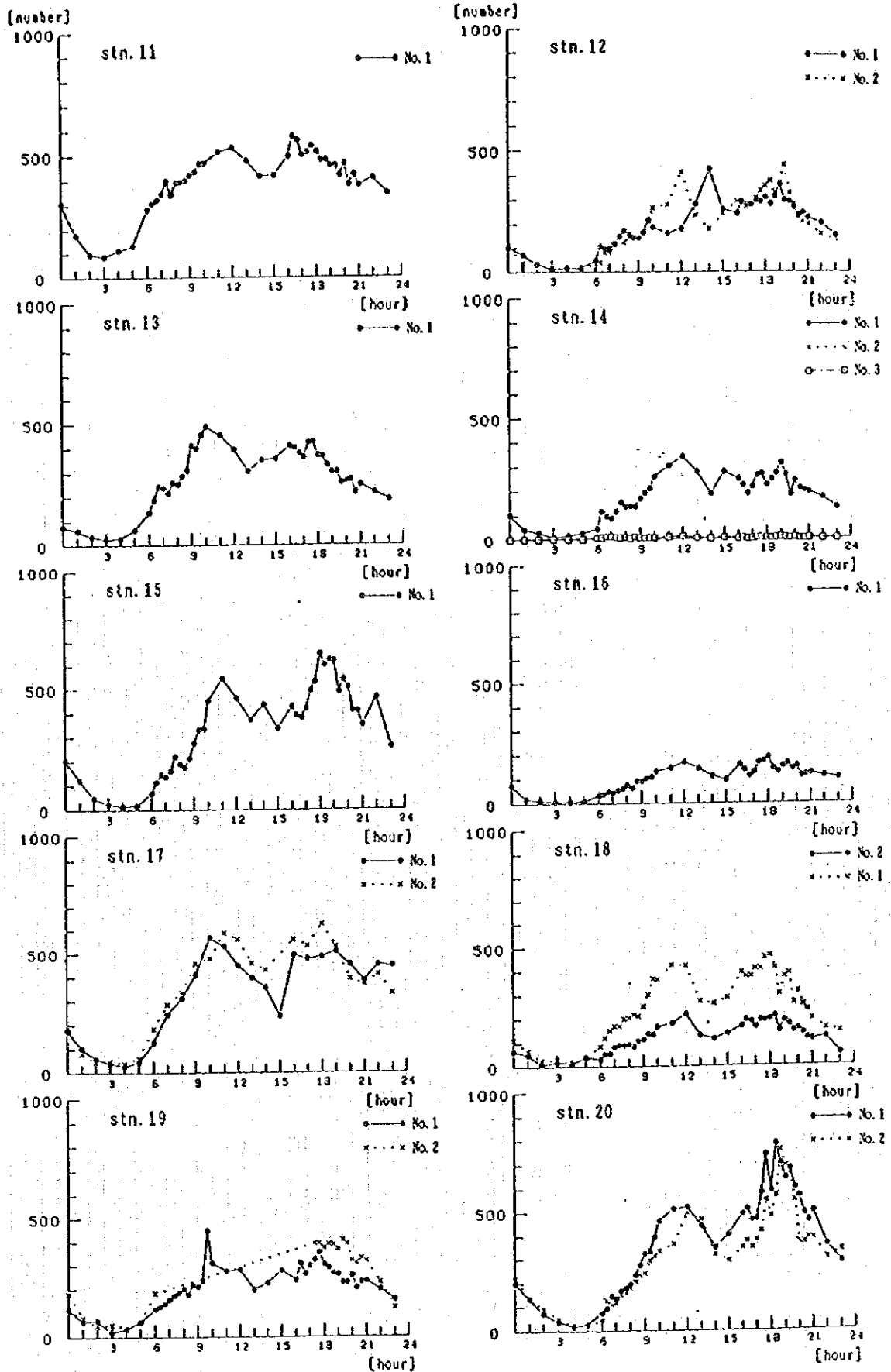
図 4.3.1-2(2) 交通量調査結果 (交通量の日変化、1996年10月7日、月曜日)



Traffic Volume (10min.)

1996 Oct. 11 Friday

図 4.3.1-2(3) 交通量調査結果 (交通量の日変化、1996年10月11日、金曜日)



Traffic Volume (10min.)

1996 Oct. 11 Friday

図 4.3.1-2(4) 交通量調査結果 (交通量の日変化、1996年10月11日、金曜日)

各調査地点にはビデオカメラとレコーダーを設置し、調査時間帯の調査地点の交通状況を録画した。録画終了後ビデオテープを再生しながら車種別交通量を計測した。車種は乗用車、ピックアップ、ミニバス、バス、ミニトラック、トラック、オートバイの7車種に分類して計測した。

録画は午前0時から24時間連続して行ったが、交通量の計測は24時間連続では行わず、非ピーク時間帯には1時間に1回、毎正時から10分間の交通量を計測した。しかし交通量変化が激しいピーク時間帯には1時間に3回、つまり20分間隔で交通量の計測を行った。

ピーク時間帯、非ピーク時間帯とはそれぞれ下記の時間帯をさすこととする。

非ピーク時間帯：午前0時～午前5時、午前10時～午後3時、午後9時～午後11時

ピーク時間帯：午前6時～午前9時、午後4時～午後8時

交通量調査は平日1日、休日1日の2日間実施した。イランでは1週間のうち金曜日が休日であるため、平日として週の中日にあたる月曜日、休日として金曜日に調査を実施した。調査日時は下記の通りである。

第一回調査(平日)：1996年10月7日 月曜日

第二回調査(休日)：1996年10月11日 金曜日

(1) 交通量日変化

各調査地点における交通量日変化パターンを図4.3.1-2(1)～4.3.1-2(4)に示した。

4.4 自動車からの大気汚染物質排出状況

4.4.1 排出総量計算の諸条件

(1) 道路位置座標、平均車速、交通量

テヘラン市の一部局であるTCITS (Tehran Comprehensive Transportation & Traffic Studies)はテヘラン市内にある主要交差点の位置座標(緯度経度)をデータベースとして保有している。また、これらの交差点によって決定されるリンク(約13,000リンク)について、現況(1994年)の配分交通量及び予測交通量(2001年)を車種別に計算し、平均車速とあわせて保有している。排出総量の計算にあたっては、TCITSが保有するこれらのデータに、本調査で実施した交通量調査結果等を勘案して修正を加えたものを用いた。

(2) 排出係数

CO、SO_x、NO_xの排出係数はシャシーダイナモテスト、実走行調査、既存資料の分析結果を勘案し、表4.4.1-1に示した通り決定した。

表 4.4.1-1 (1) 車種別エミッションファクター (テヘラン市)

Car type	Pollutant	Car age	Component ratio	Equation : $EF = a \cdot v^1 + b$ (g/km)		
Passenger car (Gasoline)	CO	-	-	a	b	c
		0 ~ 10	44 %	1242	-15.0	-
		10 ~ 20	36 %	1242	18.1	-
		20 ~	20 %	1242	70.0	-
Passenger car (Gasoline)	NOx	-	-	a	b	c
		0 ~ 10	44 %	2.300E+00	-1.410E-02	7.337E-04
		10 ~ 20	36 %	1.374E+00	-1.275E-02	3.499E-04
		20 ~	20 %	5.045E-01	-1.367E-02	3.211E-04
Passenger car (Gasoline)	SOx	-	-	a	b	c
		0 ~ 10	44 %	1.759E-01	-4.264E-03	3.710E-05
		10 ~	56 %	2.564E-01	-7.639E-03	7.250E-05
Passenger car (Gasoline)	HC	-	-	a	b	c
		0 ~ 10	44 %	12.950	-0.556	-
		10 ~ 20	36 %	36.303	-0.556	-
		20 ~	20 %	70.300	-0.556	-

表 4.4.1-1 (2) 車種別エミッションファクター (テヘラン市)

Car type	Pollutant	Car age	Component ratio		Equation : $EF = a + b \cdot v + cv^2$ (g/km)		
Motor cycle (Gasoline)	CO	Fix	-		23.6g/km		
	NOx	Fix	-		0.4g/km		
	SOx	Fix	-		-		
Bus · truck (Gas oil)	Pollutant	Car age	Component ratio		Equation : $EF = a + b \cdot v + cv^2$ (g/ton km)		
	CO	-	Bus	Truck	a	b	c
		-	-	-	8.723E-01	2.080E-02	2.130E-05
Bus · truck (Gas oil)	Pollutant	Car age	Component ratio		Equation : $EF = a + b \cdot v + cv^2$ (g/ton km)		
	NOx	-	Bus	Truck	a	b	c
		0 ~ 10	38 %	50 %	1.583E+00	-4.001E-02	4.108E-04
		10 ~ 20	31 %	26 %	1.107E+00	-3.190E-02	3.238E-04
	20 ~	31 %	24 %	1.030E+00	-3.001E-02	2.835E-04	
Bus · Truck (Gas oil)	Pollutant	Car age	Component ratio		Equation : $EF = a + b \cdot v + cv^2$ (litre/ton km)		
	SOx	-	Bus	Truck	a	b	c
		0 ~ 10	38 %	50 %	7.891E-02	-2.047E-03	1.924E-05
		10 ~	62 %	50 %	1.008E-01	-2.895E-03	2.703E-05
Bus · Truck (Gas oil)	Pollutant	Car age	Component ratio		Equation : $EF = a \cdot V^b$ (gton /km)		
	HC	-	Bus	Truck	a	b	c
		Fix	-	-	1.441	-0.555	-
Taxi (LPG)	Pollutant	Car age	Component ratio		Equation : $EF = a + b \cdot v + cv^2$ (g/km)		
	CO	-	-		a	b	c
		Fix	-		28.0	1.2	-

CO排出係数

ディーゼル車から排出されるCOの量は、ガソリン車と比較すると無視しうる程度に微量であることが一般に知られている。本調査でも排出総量の計算にあたっては、COはガソリン車のみから排出されると仮定し、ディーゼル車についてはCO排出係数を設定しなかった。

シャシーダイナモテストの結果を回帰分析し、得られた回帰曲線に既存資料等から得られた知見をもとに修正を加え、車速及び車齢の関数として排出係数を設定した。

例えば車齢5年の乗用車が30.0km/hで走行している場合、式 $EF = a \cdot V^b + c$ の定数 a に1242.0、定数 b に-15、車速 V に30.0km/hを代入することで排出係数は26.4g/kmと算出される。

車齢15年の乗用車が30km/hで走行している場合、 $a=2142.0$ 、 $b=18.1$ となり、排出係数は59.5g/kmとなる。

自動二輪車については平均車齢が10年であると仮定し、アメリカのEPA (Environmental Protection Agency) が提唱する高所用の排出係数23.6g/kmを採用した。

SO_x排出係数

自動車から排出されるSO_xの総量は、COやNO_xとは異なり、エンジンの燃焼効率とは無関係に燃料消費量と燃料中の硫黄含有量のみから下記の式により、一義的に決まる。

$$Q = W \times Sp \times Si \times 10^4 \times 64/32$$

Q: SO_x 排出総量 (g)

W: 燃料消費量 (litre)

Sp: Specific gravity

Si: 硫黄分含有量 (wt%)

表4.4.1-1にはテヘランにおける乗用車、バス、トラックの燃料消費量を平均車速の関数として示してある。各々の式を算出するにあたっては、シャシーダイナモテスト実施時に排出係数とともに実測した燃費や既存資料を参考にした。バス、ミニバス、トラック及びピックアップの4車種については車両重量1トンあたりの消費量 (liter/km・ton) を示してあるので燃料消費量の計算にあたっては表中の各式から得られた値に車両総重量を乗じる必要がある。本調査では車両総重量を「車両重量に最大積載量の1/2を積載している状態」と想定し、各車種の車両総重量を以下の通りとした。

バス : 10トン

ミニバス : 3トン

トラック : 8トン

ピックアップ : 1.2トン

例えば車齢20年のトラックが30km/hで走行している場合、表中の式

$$EF = a + b \cdot v + c \cdot v^2$$

に $a=1.008E-01$ 、 $b=-2.895E-03$ 、 $c=2.703E-05$ 、 $v=30$ を代入し、得られた値にトラックの車両総重量である8トンを乗じることにより、燃料消費量は0.38 liter/kmと算出される。

NOx 排出係数

CO排出係数を決定した方法、つまりシャシーダイナモテスト結果を回帰分析し、さらに既存資料等を勘案し、ガソリン車のNOx排出係数を車速の関数として算出した結果を表4.4.1-1に示した。テヘラン市にはディーゼル車を試験出来るシャシーダイナモ設備が無いため、バス及びトラックのNOx排出係数は日本の「窒素酸化物総量規制マニュアル」に若干の修正を加えたものを採用した。

自動二輪車に関しては車齢が不明なため車齢を一律10年と仮定しEPAが提唱する値0.4g/kmを採用した。

4.4.2 各汚染物質の排出総量

1994年における大テヘラン圏内でのCO、HC、SOx、NOxの各汚染物質の自動車からの排出総量を、4.4.1で述べた諸条件に基づいて計算した結果を表4.4.2-1に示した。

表 4.4.2-1 車種別 CO、HC、SOx、NOx の排出量

Year	No	Car type	Unit	Pollutants			
				CO	HC	SOx	NOx
1994	1	Mobile source (total)	ton/year	826,804	81,691	8,340	39,610
	(1)	Motor Cycle	ton/year	64,085	16,293	179	1,086
	(2)	Passenger Car	ton/year	478,017	41,296	1,177	21,865
	(3)	Taxi	ton/year	158,572	13,336	331	5,381
	(4)	Pick Up	ton/year	105,660	9,099	262	5,030
	(5)	Mini Bus	ton/year	4,164	360	1,325	1,245
	(6)	Bus	ton/year	8,492	756	2,995	2,784
	(7)	Truck	ton/year	7,814	551	2,071	2,219

4.5 固定発生源に関する分析

4.5.1 選定された固定発生源に関する分析結果

3.4.2 項(4)に記載した固定発生源からの排出ガス測定結果の評価は次の通りである。

(1) 煉瓦製造会社 (Sofal Jadid)

天然ガスを使用しかつ空気過剰率が高いにも拘わらずCO濃度が極めて高い。これはバーナーチップの不良により、加熱炉における不完全燃焼が起こったものと推定される。バーナーチップの交換による燃焼の改善と空気過剰率を下げることにより省エネルギーが可能になる。

(2) 火力発電所 (Besat)

測定作業は天然ガスを使用しての運転中に行われた。火力発電所における常識的数値よりも高い空気過剰率で運転されている。空気過剰率を下げることにより更にNO_xの削減が可能になる。

(3) テヘラン精油所

排ガス温度が430℃と高いので排熱回収により省エネルギーが可能であり、併せて汚染物質排出量の減少効果も期待出来る。硫黄含有量の高い残渣油を燃やしているためSO_x排出量が多いので、SO_x総排出量の減少対策を検討すべきである。

(4) テヘランセメント

電気集塵器が設置されているにも拘わらずNo.4及びNo.6プラントのSPM濃度が高いことが第一次及び第二次実地観測で確認された。また、NO_x濃度は全プラントで高くCO濃度はNo.4プラントで異常に高かった。SO_xは動力設備よりの排ガスを除き炭酸カルシウムとの化学反応によりプロセス中で吸収されるので殆ど排出されない。

(5) 家庭用燃焼器具

異常に高いCO濃度が密閉状の地下室に設置された温水器より検出されたが空気の流通不足による不完全燃焼によるものと思われる。一般的にみて暖房器具排出のCO濃度が予想値よりも高いが、密閉状の部屋における空気の流通が悪いためと考えられる。

表4.5.1-1は排出係数の測定結果と予測値の比較表である。上述のCO、NO_x、及びSO_xのいくつかのケースを除き、測定された排出係数は比較的許容範囲内におさまっていると思われる。

表4.5.1-2はSO_x、NO_x及びSPMの測定濃度を日本における排出基準と比較したものであり、その結果は以下の通りである。

- SO_x : テヘラン精油所のK値は 3.0 という日本における基準よりも良くないが、多くの固定発生源におけるK値は許容範囲内にある。

(Note) $Q=K \cdot 10^{-3} \cdot He^2$

where, Q : Allowable limit of emission value of SO_x (Nm³/h)

K : Constant defined by areas

1) General emission standard (3.0-17.5)

2) Special emission standard (1.17-2.34)

He : Effective height of stack (m)

- NO_x : 煉瓦工場と火力発電を除く全工場の NO_x 排出濃度は日本における排出基準よりも平均して約40%高い。
- SPM : テヘランセメントにおいて測定箇所7箇所中5箇所において日本の基準値を上回っていた。

全体的に見て、燃焼機器の不適切な取扱い及び熱効率を考えない設計等により暖房機器等に不完全燃焼が多くみられるので、厳格な燃焼管理及び廃熱回収等により汚染物質の発生量を大量に減らすことが出来ると考えられる。

表 4.5.1-1 各種工場排気ガスエミッションファクター (実測値と公表値の比較)

(1) First field survey

Item	Unit	Besat				Tehran Refinery				Tehran Cement					
		Sofai Jadid (Brick)	(power plant)	2H-101	2H-151	2H-181	Boiler	No.4	No.5	No.6	No.7	No.4	No.5	No.6	No.7
Date	-	96.09.22	96.09.24	96.09.28	96.09.29	96.10.01	96.10.02	96.10.05	96.10.06	96.10.08	96.10.09				
Fuel	-	Natural Gas	Natural Gas	Gas & Oil	Gas & Oil	Gas & Oil	Heavy Oil	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas				
(Measured vs Projected)		Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd				
Outlet Temp	C	97	-	429	180	446	180	148	188	128	115				
Excess Air Ratio		12.8	2.32	1.52	1.32	1.55	1.24	2.19	1.97	2.03	3.25				
Emission Factor															
CO	g/G	119	7	27	16	49	16	2379	0	8	53	7	7	7	7
SOx	g/G	8.8	2.5	37.4	1637	2150	1637	9.4	0	0	0	1	0	1	0
NOx	g/G	68	73	297	325	382	325	365	140	471	535	73	73	73	73
SPM	g/G	0	6	28	70	28	70	321	5.3	372	23	6	6	6	6

(2) Second field survey

Item	Unit	Room Heater				Cooking Burner				Boiler				Tehran Cement				Tehran Refinery			
		Gas Oil	Kerosene	Fire Place	Heater(NG)	NG	LPG	Water heater	No.4	No.6	No.7	No.4	No.5	No.6	No.7	2H-101	2H-101	2H-101	Boiler		
Date	-	97.02.18	97.02.18	97.02.19	97.02.19	97.02.19	97.02.22	97.02.22	97.02.22	97.02.20	97.02.20	97.02.25	97.02.26	97.03.06	97.03.01	97.03.02					
Fuel	-	Gas Oil	Kerosene	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas	LPG	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas	NG + HO	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas					
(Measured vs Projected)		Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd	Meas'd/Proj'd					
Outlet Temp	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	145	158	126	429	180	460	180			
Excess Air Ratio		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.17	2.31	2.19	1.73	1.14	-	-			
Emission Factor																					
CO	g/G	108	15	234	8	323	8	10300	8	1850	7	0	7	305	0	12	854	12			
SOx	g/G	316	447	133	1	212	1	33	1	7.7	1	0	1	0	1	1404	1404	1404			
NOx	g/G	242	71	46.5	50	23.3	50	12.5	50	40.7	73	40.7	73	53	73	360	360	175			
SPM	g/G	-	55	-	7	-	7	-	7	212	6	284	6	96.4	6	67	-	67			

(Note) [Pattern] Measured emission factors > projected emission factors

表 4.5.1-2 各種工場排気ガス実測濃度（実測濃度と日本の排出基準の比較）

(1) First field survey

Item	Unit	Tehran Refinery				Tehran Cement					
		Sofal Jadid (Brick)	Besat (power plant)	2H-101	2H-151	2H-181	Boller	No.4	No.5	No.6	No.7
Date	-	96.09.22	96.09.24	96.09.28	96.09.29	96.10.01	96.10.02	96.10.05	96.10.06	96.10.08	96.10.09
Fuel	-	Natural Gas	Natural Gas	Gas & Oil	Gas & Oil	Gas & Oil	Heavy Oil	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas	Natural Gas
(Measured vs standard)		Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd
SOx	K	0.27	3.00	3.22	3.00	4.10	3.00	0.11	3.00	0.02	3.00
NOx	ppm	69	250	132	150	154	100	311	250	458	250
SPM	g/m ³	>0.005	0.1	0.15	0.023	0.1	0.023	0.15	0.009	0.1	0.045

(2) Second field survey

Item	Unit	Tehran Cement		Tehran Refinery	
		No.4	No.8	No.7	No.101
Date	-	97.02.25	97.02.26	97.03.06	97.03.02
Fuel	-	Natural Gas	NG + HO	Natural Gas	Fuel Oil
(Measured vs standard)		Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd	Meas'd Stan'd
SOx	K	0.10	0.02	3.00	3.00
NOx	ppm	225	250	273	144
SPM	g/m ³	0.34	0.1	0.15	0.1

注) 測定値が日本での排出基準より高濃度

Meas'd: 現地測定の実測値

Stan'd: 日本における排出基準

4.5.2 GTAにおける推定汚染物質発生量

(1) 推定発生量のまとめ

1) GTAにおける合計発生量

表 4.5.2-1 に示すように、GTA における 5 種の代表的な汚染物質総発生量は約 1.6 百万トンであり、全体に対する固定発生源及び移動発生源の寄与率は、1994 年においてそれぞれ 29%及び 71%と推定される。

各汚染物質に対する発生源の寄与率は固定発生源が SO_x 及び NO_x について各 97%及び 71%、移動発生源は CO、HC 及び SPM についてはそれぞれ 94% 70%及び 88% である。

1994 年を汚染物質発生量推定の基礎年度に選定した理由は、過去数年間のイランにおける利用可能な統計数値が最も豊富であったことによる。

表 4.5.2-1 GTAにおける大気汚染物質の排出量 (工場、自動車別、1994 年)

(上段：トン/年、下段：%)

Source	SO _x	NO _x	CO	HC	SPM	(Total)
Stationary	253,981	95,571	51,421	34,701	25,113	460,786
Mobile	8,340	39,610	826,806	81,690	182,717	1,139,163
(Sub-total)	262,321	135,181	878,227	116,391	207,830	1,599,949
Stationary	96.8	70.7	5.9	29.8	12.1	28.8
Mobile	3.2	29.3	94.1	70.2	87.9	71.2
(Sub-total)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

イラン全土における固定発生源による汚染物質排出量は、参考値としてGTAと同じ手法により表 4.5.2-2 のように推定した。

表 4.5.2-2 イラン全土の固定発生源からの大気汚染物質の排出量 (1994 年、トン/年)

Source	SO _x	NO _x	CO	HC	SPM	(Total)
Stationary	1,186,885	470,315	140,181	168,212	95,486	2,061,079

(Note) Emissions from flaring associated gas are not included in this projection

2) 産業セクター別発生量の推定

表 4.5.2-3 及び図 4.5.2-(1)～(2)に示すように次の点が特徴として顕著である。

- (a) SO_x 発生量については、製造業が全体の 64%を占め、続いてエネルギー転換部門が 19%、民生部門が 14%、移動発生源が 3%となっている。製造業においては、非金属製品部門が最大の 32%、テヘラン精油所は単独で 13%を占め、移動発生源は他の汚染物質の場合と異なり 3%を占めるにすぎない。これは、輸送部門は硫黄含有量の少ないガソリンおよびディーゼル油を使っているからである。GTA における火力発電所は 6%にすぎないが、これは冬期の天然ガスの供給不足時

表 4.5.2-3 フェーン大都市圏での業種別大気汚染物質の排出量 (燃焼と蒸発、ト/年)

Sector	Emission volume										(Total)	
	SOX	NOX	CO	HC	SPM	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
1 Total Manufacturing	167,923	36,341	47,338	2,948	16,988	5.4	2.5	14.6	0.1	52	25,316	18.2
1.1 31 Food Products	21,242	8,275	3,577	534	3,059	0.4	0.5	1.5	0.1	898	36,687	2.3
1.2 32 Textile	8,118	3,1	4,516	278	898	0.5	0.2	0.4	0.1	113	16,721	1.0
1.3 33 Wood Products	979	301	994	52	113	0.1	0.0	0.1	0.1	424	2,439	0.2
1.4 34 Paper & Products	3,627	1,473	1,823	80	424	0.2	0.1	0.2	0.2	1,696	7,427	0.5
1.5 35 Industrial Chemicals	12,379	6,148	7,262	324	1,696	0.8	0.3	0.8	0.8	5,526	27,799	1.7
1.6 36 Non-metal products	83,425	15,430	6,688	774	5,526	0.8	0.7	2.7	2.7	2,720	111,844	7.0
1.7 37 Iron & Steel	19,252	7,3	7,145	327	2,720	0.8	0.3	1.3	1.3	956	42,846	2.7
1.8 38 Machinery	6,348	2,4	10,984	536	956	1.3	0.5	0.5	0.5	1,595	22,047	1.4
1.9 39 Other Industries	12,553	4,8	4,549	42	1,595	0.5	0.0	0.8	0.8	2,4106	24,106	1.5
2 General Service and Household	35,720	13,6	2,393	15,347	5,251	0.3	13.2	2.5	2.5	74,307	74,307	4.6
2.1 Household	15,029	5.7	2,387	1,091	3,756	0.3	0.9	1.8	1.8	34,750	34,750	2.2
2.2 Commercial & General	20,691	7.9	506	14,256	1,535	0.1	12.2	0.7	0.7	39,551	39,551	2.5
3 Energy Conversion	50,289	19.2	863	16,401	2,826	0.1	14.1	1.4	1.4	94,390	94,390	5.9
3.1 Electric Generation	16,069	6.1	445	722	1,188	0.1	0.6	0.6	0.6	30,161	30,161	1.9
3.2 Refinery	34,220	13.0	508	15,679	1,648	0.1	13.5	0.8	0.8	64,219	64,219	4.0
(Sub-total)	253,981	96.8	51,421	34,701	25,113	5.9	29.8	12.1	12.1	460,786	460,786	28.8
4 Transport	6,840	3.2	226,806	81,690	182,737	94.1	70.2	87.9	87.9	1,135,163	1,135,163	71.2
(Total)	262,321	100.0	878,227	116,391	207,830	100.0	100.0	100.0	100.0	1,599,949	1,599,949	100.0

図 4.5.2-1(1) テヘラン大都市圏での業種別大気汚染物質の排出量 (1996年、トン/年)

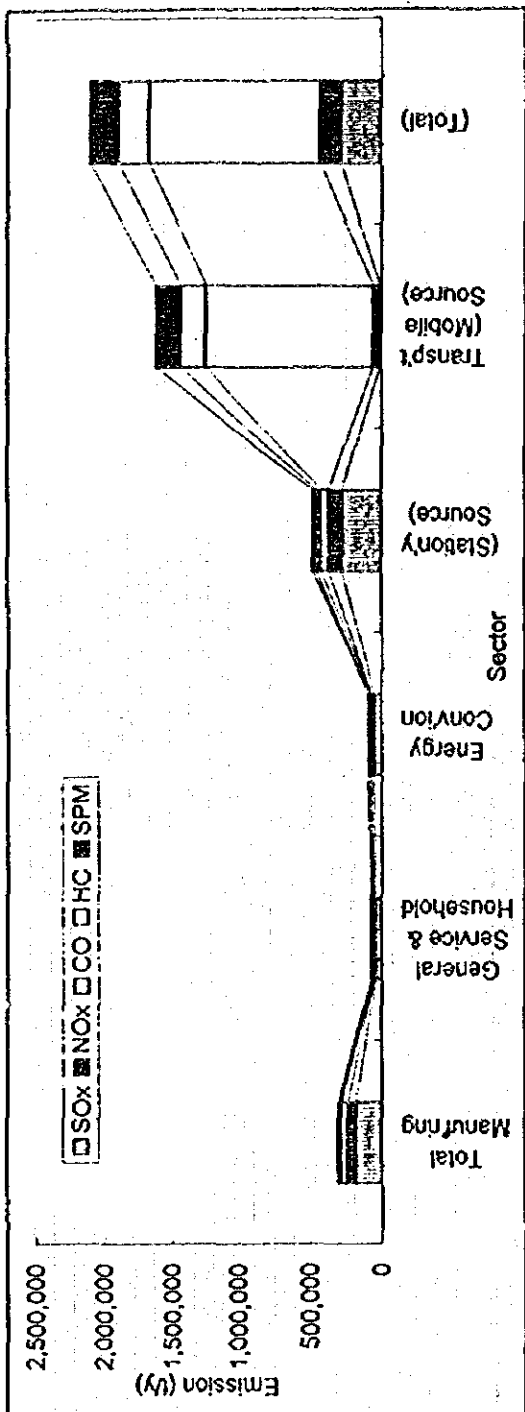


図 4.5.2-1(2) テヘラン大都市圏での業種別大気汚染物質の排出量 (1996年、トン/年)

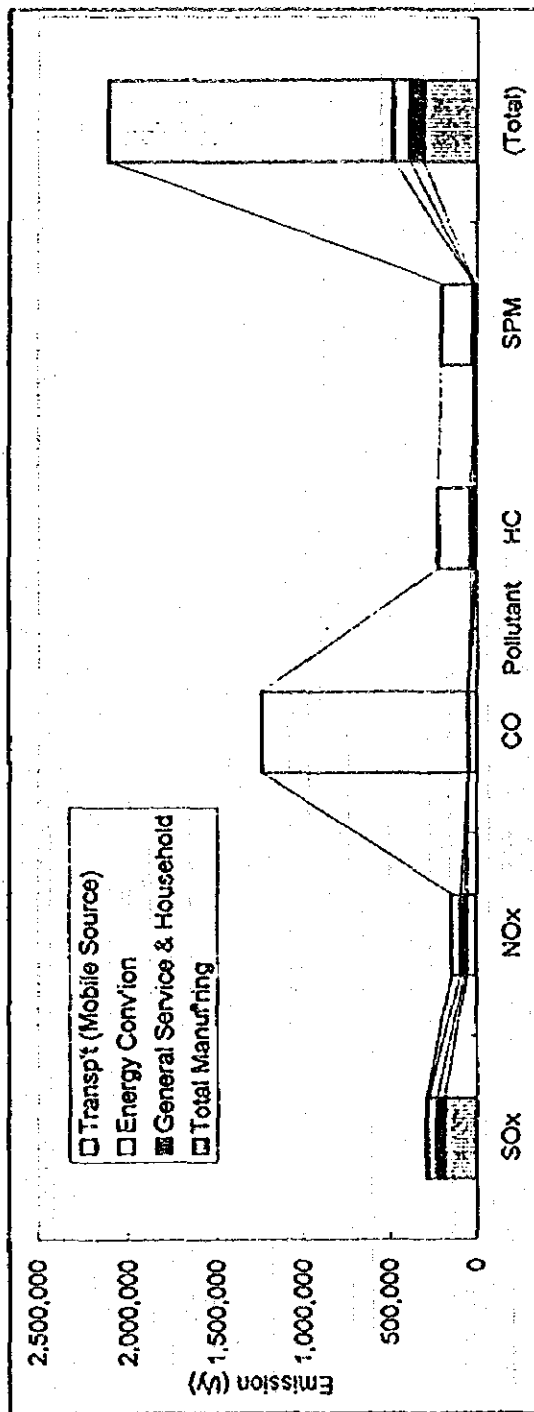
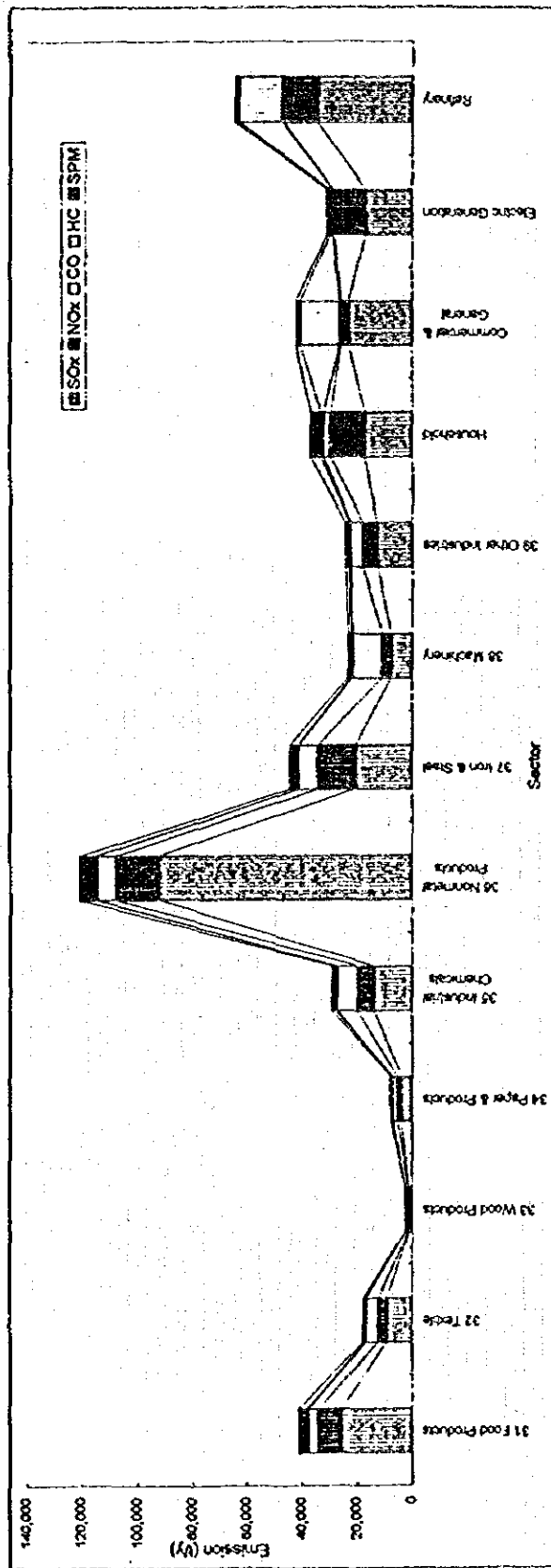


図 4.5.2-1(3) ナゴヤ大都市圏での業種別大気汚染物質の排出量 (1996年、トン/年)



を除き、燃料の大部分が既に天然ガスにより代替されているからである。

(b) NO_x発生量も移動発生源が全体に占める比率が29%であることを除きSO_xとほぼ同じ傾向を示している。非金属製品及びテヘラン精油所は各11%及び9.0%を占め、火力発電所の8.7%がこれに続いている。民生部門は11%を占めているが、消費単位は数が多いが、個々の規模は小さい。

(c) HC発生量の70%は移動発生源によるものであり、テヘラン製油所は14%、民生部門は12%を占め、これら3部門で合計96%を占めている。民生部門のHC発生源はガソリンスタンド、印刷所、ドライクリーニング店、石油製品中継輸送所(大規模石油タンク)及び塗装店、メッキ工場等であるが、塗装店、メッキ工場については多くの発生量が見込まれるものの、データ不足のために発生量として算出していない。

ゴムホースの接続箇所よりの天然ガスの漏洩が、適切な修理がなされないため特に民生部門において多量にあるといわれているが、実態は不明である。

(d) COとSPMの発生量は、移動発生源が圧倒的に多く各94%及び88%を占め、固定発生源は僅かである。

(e) 全体として固定発生源をみると、図4.5.2-1(3)にみられるように非金属製品、精油所、鉄及び鉄鋼業が上位を占めているが、会社単位当たりの平均排出量についてみれば鉄及び鉄鋼業が一位となり、汚染対策からみればこのセクターが最も効率が良いことを示している。

5章 シミュレーションモデルの構築と、大テヘラン圏の将来濃度の予測

5.1 シミュレーションモデルの構築

5.1.1 基本モデル

将来の環境濃度を、いくつかのシナリオに基づいて予測し、対策の有効性を検討するために拡散シミュレーションモデルを構築した。モデルの妥当性のチェックは、現況の入力条件と、適切な分類・パラメタ設定に基づいておこなった。全体のフローを図5.1.1-1に示す。

モデル構築の各段階において、本調査の各セクションの成果を活用した。すなわち、濃度データは気象データと関連づけて解析をおこない、最適な分類方法を決定した。固定発生源の設定は、対象工場における測定や聞き取り調査、燃料消費量等の統計結果に基づいた。さらに、移動発生源に関しては、シャシーダイナモテスト等に基づき排出係数を設定したほか、交通量の実測結果とTCTTS/TTTOから提供されたデータを組み合わせて使用した。

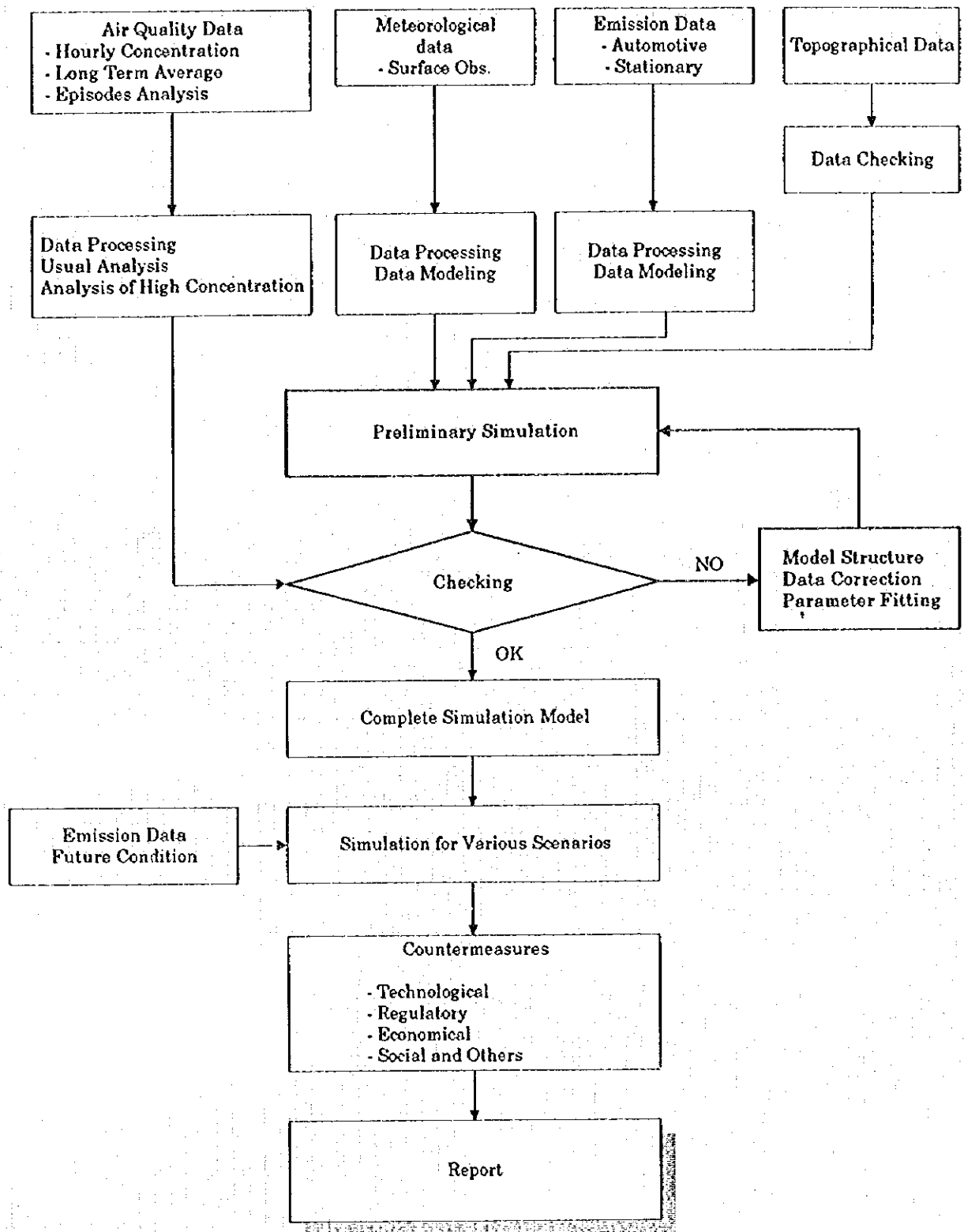


図 5.1.1-1 シミュレーションの全体フロー

5.2 拡散ポテンシャル

5.2.1 拡散ポテンシャルの概念

「拡散ポテンシャル」はモデル化した煙源からの寄与濃度として定義され、対象地域の拡散場の特徴の指標となるものである。計算には、本計算で使用したものと同様の計算式から構成され、かつ、処理が簡便な利点をもつ CDM (Climatological Dispersion Model) を用いた。

5.2.2 諸都市との比較

気象データは、メヘラバード空港の1950-60年の統計値を基に、大気安定度と静穏の継続時間について若干の仮定をおこなった上で使用した。

(1) 高煙源

表5.2.2-1に示す3種の煙突を想定した。

表 5.2.2-1 想定した煙突の条件

element	type		
	small	middle	large
stack height(m)	20	60	200
stack diameter(m)	0.5	3	7
gas emission rate(m ³ N/h)	10000	25000	200000
gas temperature(C)	100	100	200
concentration at stack(ppm)	1000	1000	1000

結果を表5.2.2-2に示す。東京、ジャカルタ、大連とメキシコシティを比較のために併記した。小煙突に関してはテヘランは最も低い濃度を示している。中/大煙突では、テヘランの濃度は東京や大連より高いが、他の2都市よりは低く、大煙突ではそれらの1/2以下である。

表 5.2.2-2 高所煙源の場合の各都市の計算濃度 (単位: ppb)

city	type		
	small	middle	large
Tehran	2.67	0.95	4.08
Tokyo	4.22	0.62	1.04
Jakarta	4.44	2.15	11.89
Dalian	3.92	0.42	0.08
Mexico City	4.10	1.46	9.59

(2) 地上源

地上の発生源として表5.2.2-3のような道路を想定した。

表 5.2.2-3 想定した道路と排ガス量の条件

element	specification
link length(m)	2
link direction	W-E
link height(m)	1.5
gas emission rate(m ³ N/h)	1
initial spread(m)	3

煙源から16方位の距離20m、60m、100mの計48地点における濃度を求めた。結果を表5.2.2-4に示す。表には各煙源距離について、16方位の平均値と最大値を示した。

平均値で見るとテヘランの濃度は東京や大連より高くなっているが、テヘランでは平均値と最大値との差が小さく、最大値では概ね低濃度にランクされている。

表 5.2.2-4 地上煙源の場合の各都市の計算濃度 (単位 : ppb)

source distance city	20m		60m		100m	
	mean	maximum	mean	maximum	mean	maximum
Tehran	169.3	188.2(SW)	42.9	48.5(SW)	21.4	24.7(NE)
Tokyo	64.0	167.3(NNE)	21.8	66.0(NNE)	11.8	36.8(NNE)
Jakarta	453.1	504.8(N)	80.2	98.2(N)	31.9	41.4(N)
Dalian	60.8	99.1(S)	17.6	37.3(S)	9.4	20.4(S)
Mexico city	262.5	341.9(NE)	48.2	81.3(NE)	22.0	40.4(NE)

(3) 考察

テヘラン圏の煙源の大半は、前述のモデル煙源のうち「地上源」または「小煙突」に分類されると考えられる。そのような煙源に関してはテヘランの拡散場はそれほど悪くないという結果を示しており、現実の高濃度は汚染物質の過大な発生量に起因する部分が多いと思われる。

5.3 将来濃度の予測

5.3.1 2010年におけるシナリオ

将来濃度の予測にあたり、気象条件は現在と変わらないものとした。

(1) 移動発生源

将来の移動発生源からの排出量は、予測された交通量と排出係数の積として設定した。TCTTSは2001年時点の交通量予測として2種類のシナリオを提示している。1つは「do nothing」で現況(1994年)の道路網のまま、交通量の需要が増加した場合に相当する。もう1つは「exsiting+funded」で道路網等の整備を見込んだ予測となっている。2001年以降の交通量の伸びは1994年と2001年のデータから推定して設定した。排出係数については、現況のままとする「do nothing」と、低減対策をすべて盛り込んだ「best」の2種類とした。

(2) 固定発生源

固定発生源からの排出量に関しては、3種類のシナリオを想定した。「do nothing」は何ら低減対策をとらず排出量が経済成長に伴って増加すると仮定した場合「best」は各種の低減対策がすべて予定どおりに実行されるとした場合、そして「common」は両者の中間の状況に相当する。

なお、移動発生源と固定発生源を合わせた将来予測のためのシナリオを表5.3.1-1に、各シナリオに基づき推定された、現在(1994年)と将来(2010年)における大気汚染物質の発生源予測値を表5.3.1-2に示す。「do nothing」が最悪の組合せであり、逆に、「best」は考えうる対策をすべて包含していると考えてよい。また、移動発生源の場合、「common」と「best」のシナリオは同一である。

表 5.3.1-1 将来予測のために想定した3種類のシナリオ

scenario	stationary sources	mobile sources	
		traffic volume	emission factor
do nothing	do nothing	do nothing	same as present
common	common	existing and funded	reduced
best	best	existing and funded	reduced

表 5.3.1-2 現在と将来の移動発生源および固定発生源からの排出量

1994年 (現在) 単位: ton/year

	mobile	stationary	total
CO	826806 94.1%	51421 5.9%	878227 100.0%
SOx	8340 3.2%	253981 96.8%	262321 100.0%
NOx	39610 29.3%	95571 70.7%	135181 100.0%

2010年 (将来)

		mobile /1994	stationary /1994	total /1994
CO	do nothing	1378748 96.4%	51421 3.6%	1430169 100.0%
	common	336158 86.7%	51421 13.3%	387579 100.0%
	best	336158 86.7%	51421 13.3%	387579 100.0%
SOx	do nothing	11017 2.1%	524585 97.9%	535602 100.0%
	common	5084 1.7%	286237 98.3%	291321 100.0%
	best	5084 5.7%	83902 94.3%	88986 100.0%
NOx	do nothing	53931 22.3%	188220 77.7%	242151 100.0%
	common	33143 18.5%	146396 81.5%	179539 100.0%
	best	33143 23.3%	109304 76.7%	142447 100.0%

note: percentage: component ratio to total emission
italic: ratio to value of year 1994
 The CO emission from stationary sources is assumed to be the same with present situations.

5.3.2 計算結果と考察

次頁以降の、現況(1994年)の計算結果のコンター(年平均値)を図5.3.2-1(1)~(3)に、「do nothing」と「best」の場合の計算結果のコンター(いずれも年平均値)を、それぞれ図5.3.2-2(1)~(3)と図5.3.2-3(1)~(3)示す。

(1) CO

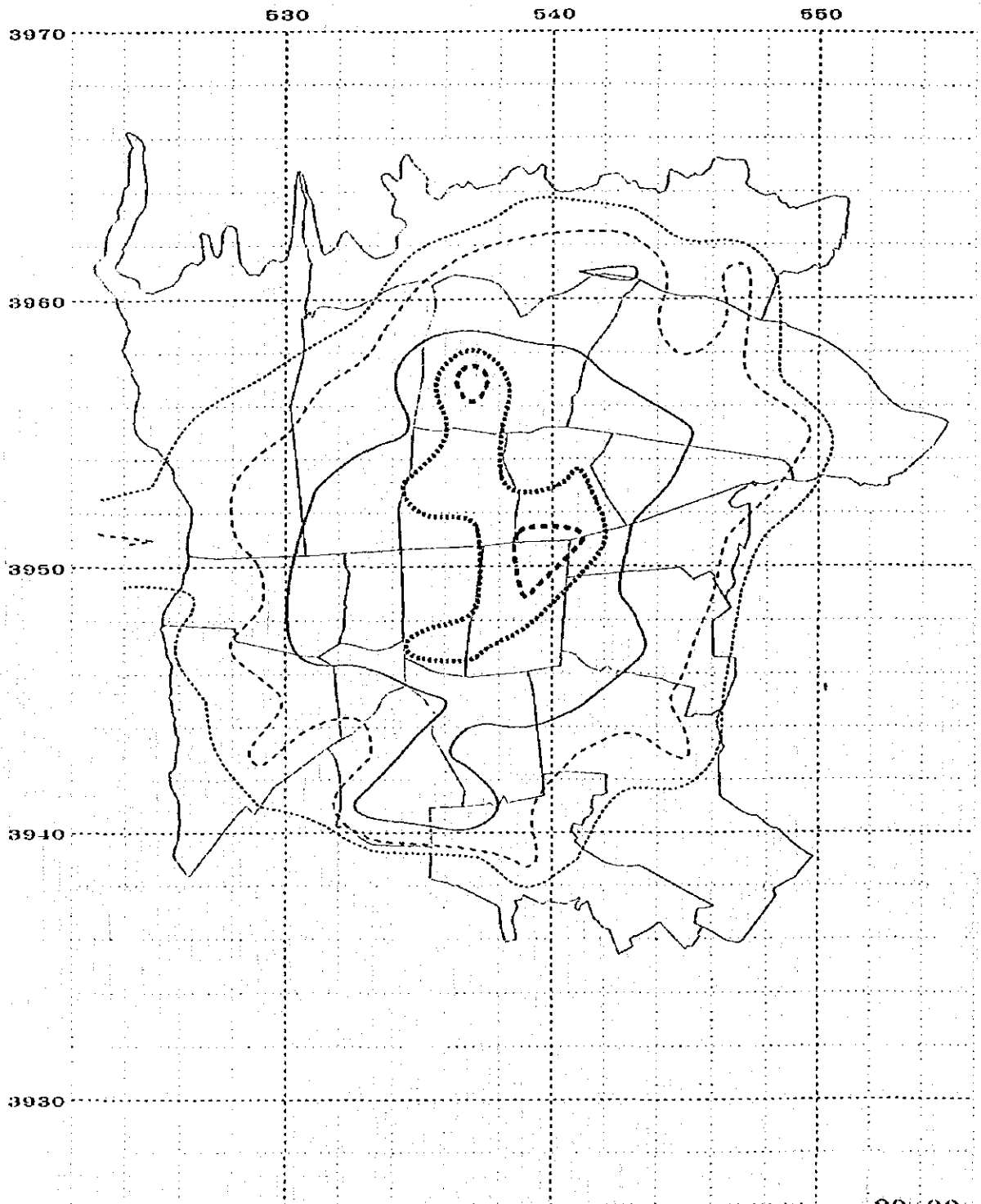
最高濃度(高速道路のジャンクション付近に出現)は、現況の14.4ppmに対して「do nothing」では25.8ppm、「best」では4.3ppmとなる。WHOの環境基準 $10\text{mg}/\text{m}^3$ (8時間値)は年平均値2.5ppm程度に相当すると考えられるが、現況・「do nothing」では超過する領域が市中央部の広範囲にわたるのに対して、「best」では一部の主要道路の近傍を除いて、基準が達成されると予測される。

(2) SO₂

最高濃度(南部の工業地域に出現)は、現況の104ppbに対して「do nothing」では209ppb、「best」では39ppbとなる。1~20区の域内の大半では濃度はこの最高値の1/2以下である。WHOの環境基準 $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ (年平均値)は26ppbに換算されるが、現況では北部の区以外で超過、「do nothing」では1~20区のほとんどの領域で超過している。一方、「best」では工業地域に隣接する区域など一部を除いて、基準が達成されると予測される。

(3) NO_x、NO₂

NO_xの最高濃度(COと同じ地点に出現)は、現況の232ppbに対して「do nothing」では348ppb、「best」では160ppbとなる。また、NO_x濃度からNO₂濃度への換算は、Bazar局における実測値から作成した実験式を使用した。それによると現況最高濃度地点でのNO₂濃度は75ppbとなる。WHOの環境基準 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ (日平均値)は、年平均値としては約45ppbに相当すると考えられる。現況では市中心部等で超過しているが、COやSO₂と比較すると超過の程度はそれほどでもない。「do nothing」では超過する領域が拡大する。一方、「best」におけるNO_x排出量の削減率は他物質より小さいものの、道路近傍等の一部地域を除き、基準が達成されると予測される。



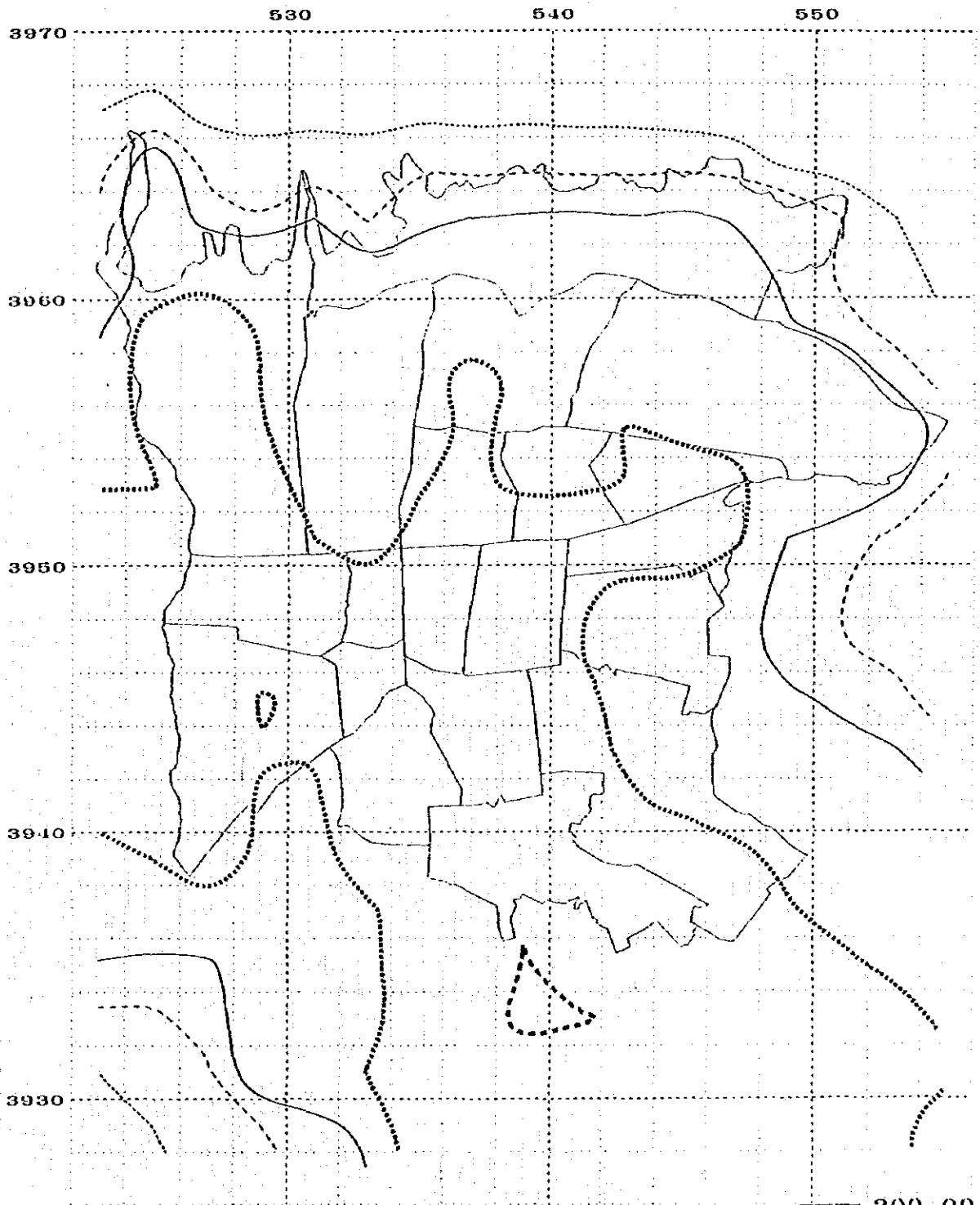
CO Concentration
annual whole day

1994

- 20.00
- - - 10.00
- 5.00
- 2.00
- - - 1.00
- 0.50

unit : ppm

図 5.3.2-1(1) 現況のCO濃度 (年平均値、全日)

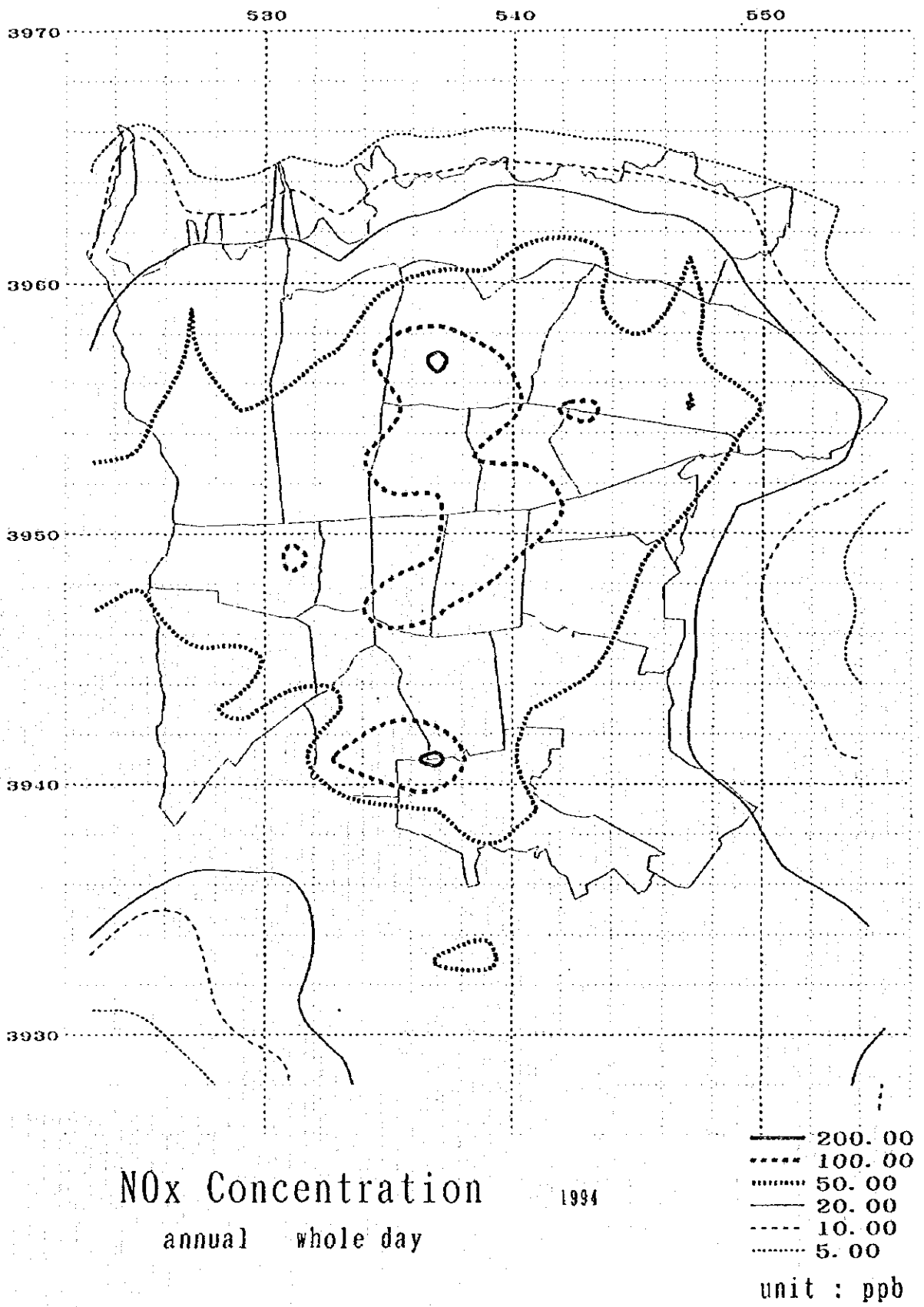


SOx Concentration 1994
 annual whole day

- 200.00
- - - 100.00
- 50.00
- - - - 20.00
- - - - 10.00
- · - · 5.00

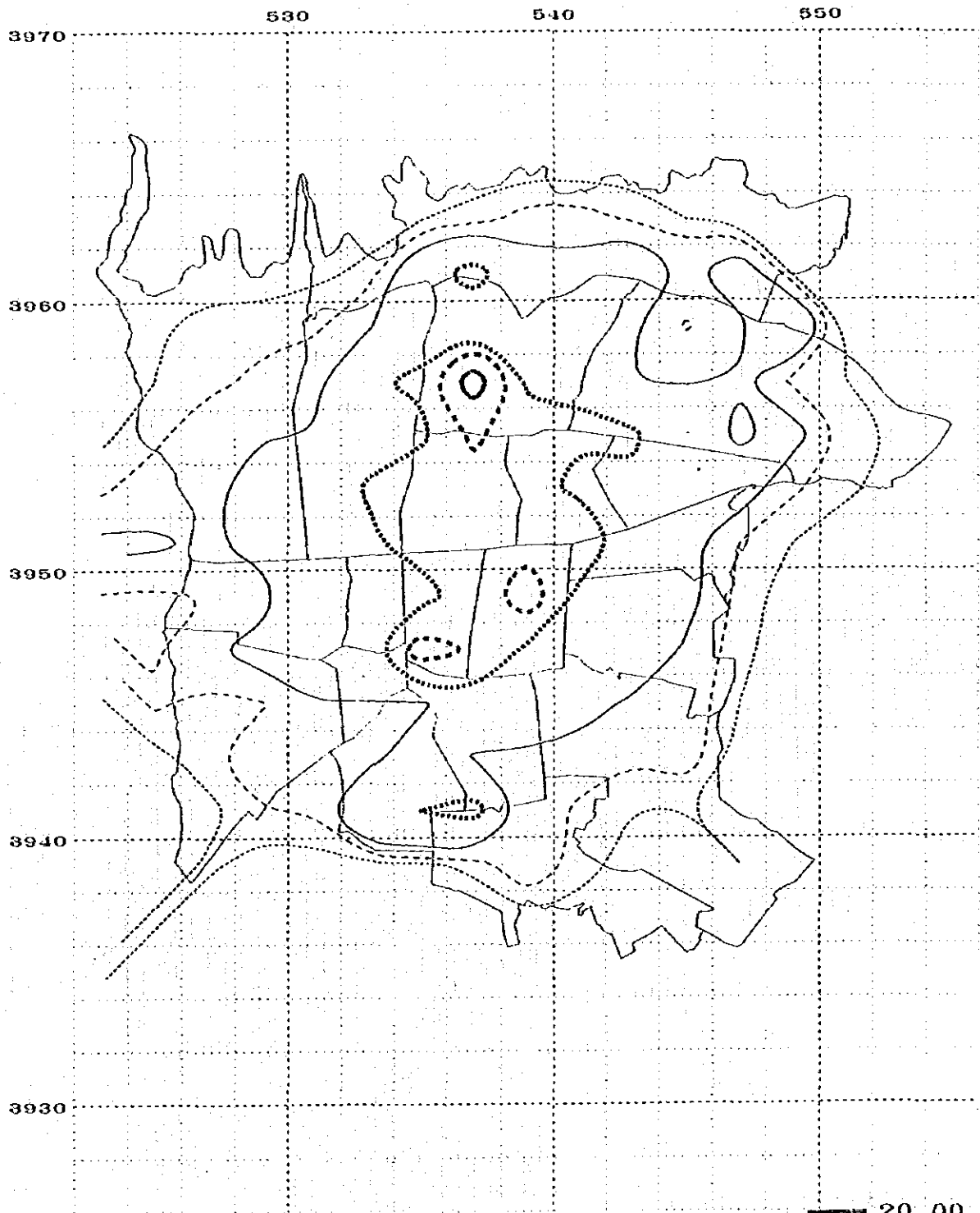
unit : ppb

図 5.3.2-1(2) 現況のSO₂濃度 (年平均値、全日)



NOx Concentration 1994
 annual whole day

図 5.3.2-1(3) 現況のNOx濃度 (年平均値、全日)

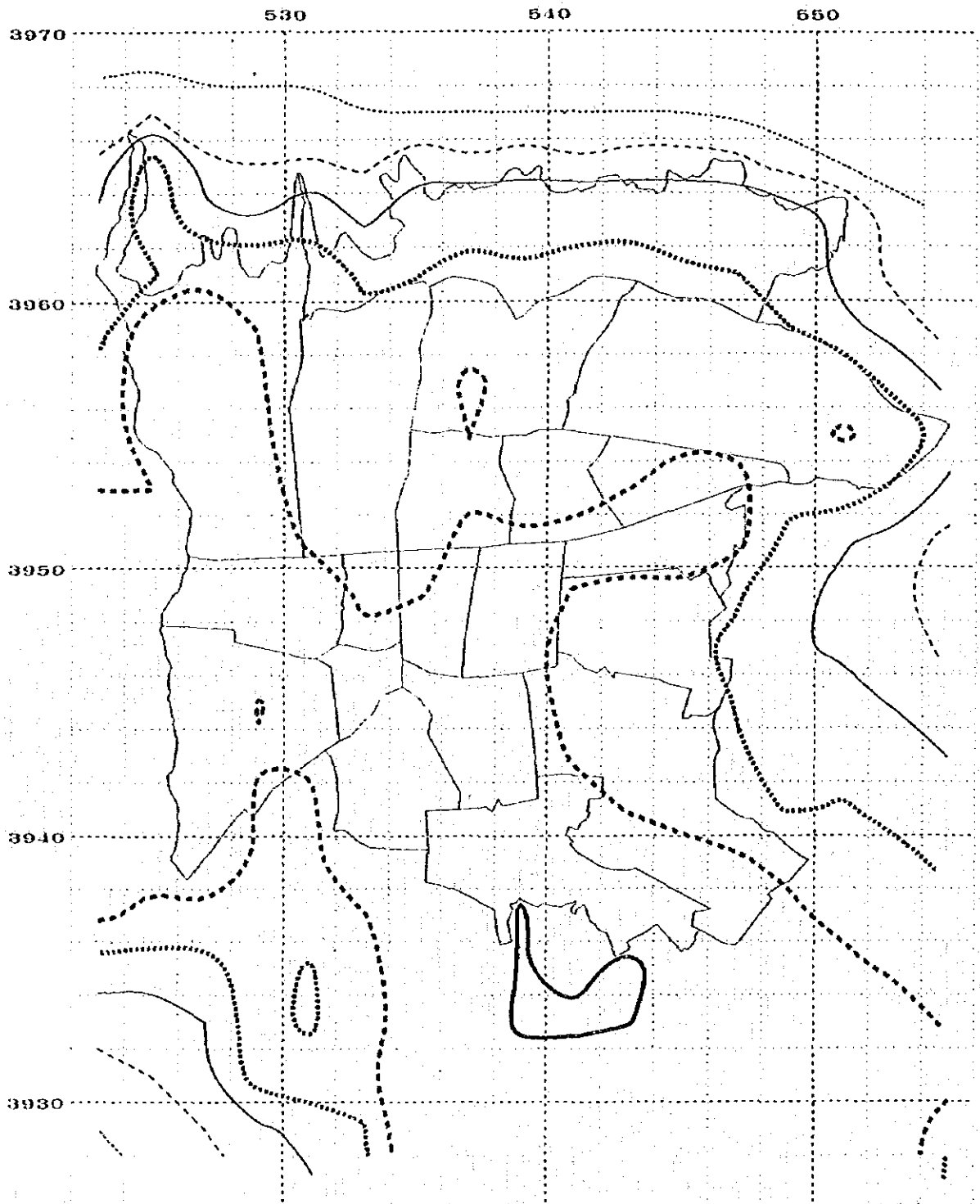


CO Concentration
annual whole day

2010
sta: do nothing
abl: do nothing

——— 20.00
 10.00
 5.00
 ——— 2.00
 - - - - 1.00
50
 unit : ppm

図 5.3.1-2(1) 2010年のCO濃度 (do nothing、年平均値、全日)



SOx Concentration

annual whole day

2010

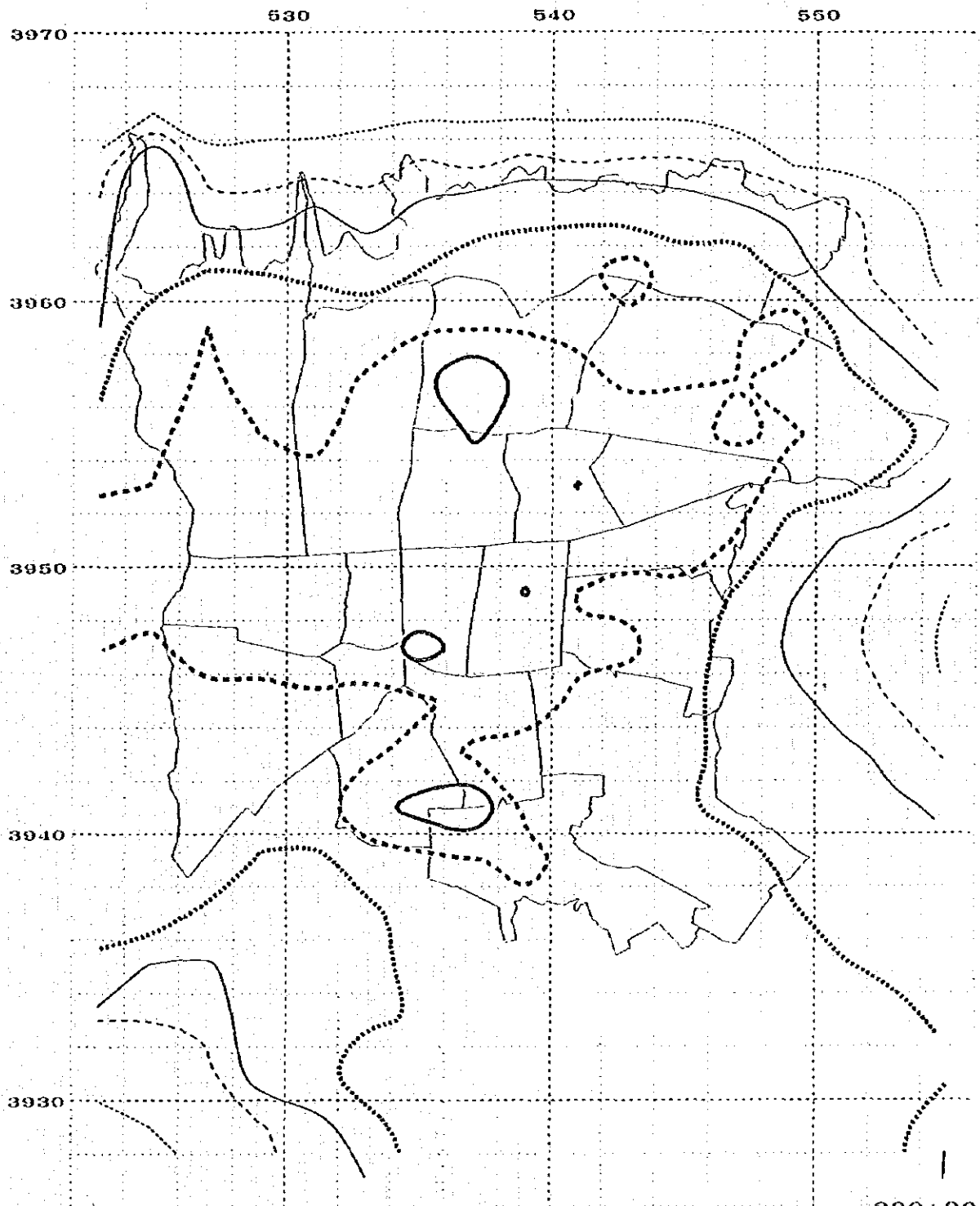
stn: do nothing

mb1: do nothing

- 200.00
- 100.00
- 50.00
- 20.00
- 10.00
- 5.00

unit : ppb

図 5.3.1-2(2) 2010年のSO₂濃度 (do nothing、年平均値、全日)



NOx Concentration

annual whole day

2010

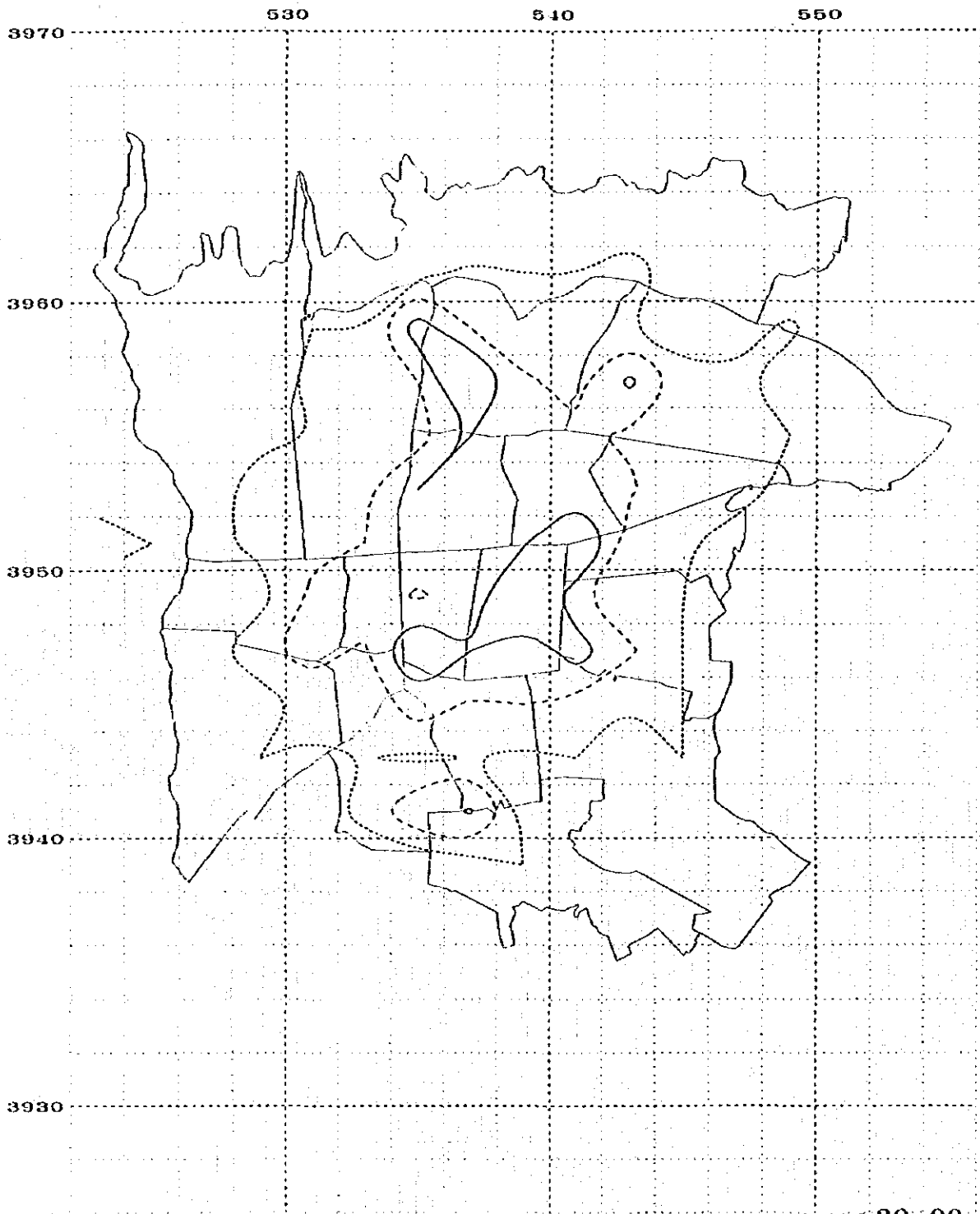
stn: do nothing

abl: do nothing

- 200.00
- 100.00
- 50.00
- 20.00
- 10.00
- 5.00

unit : ppb

図 5.3.1-2(3) 2010年のNOx濃度 (do nothing、年平均値、全日)



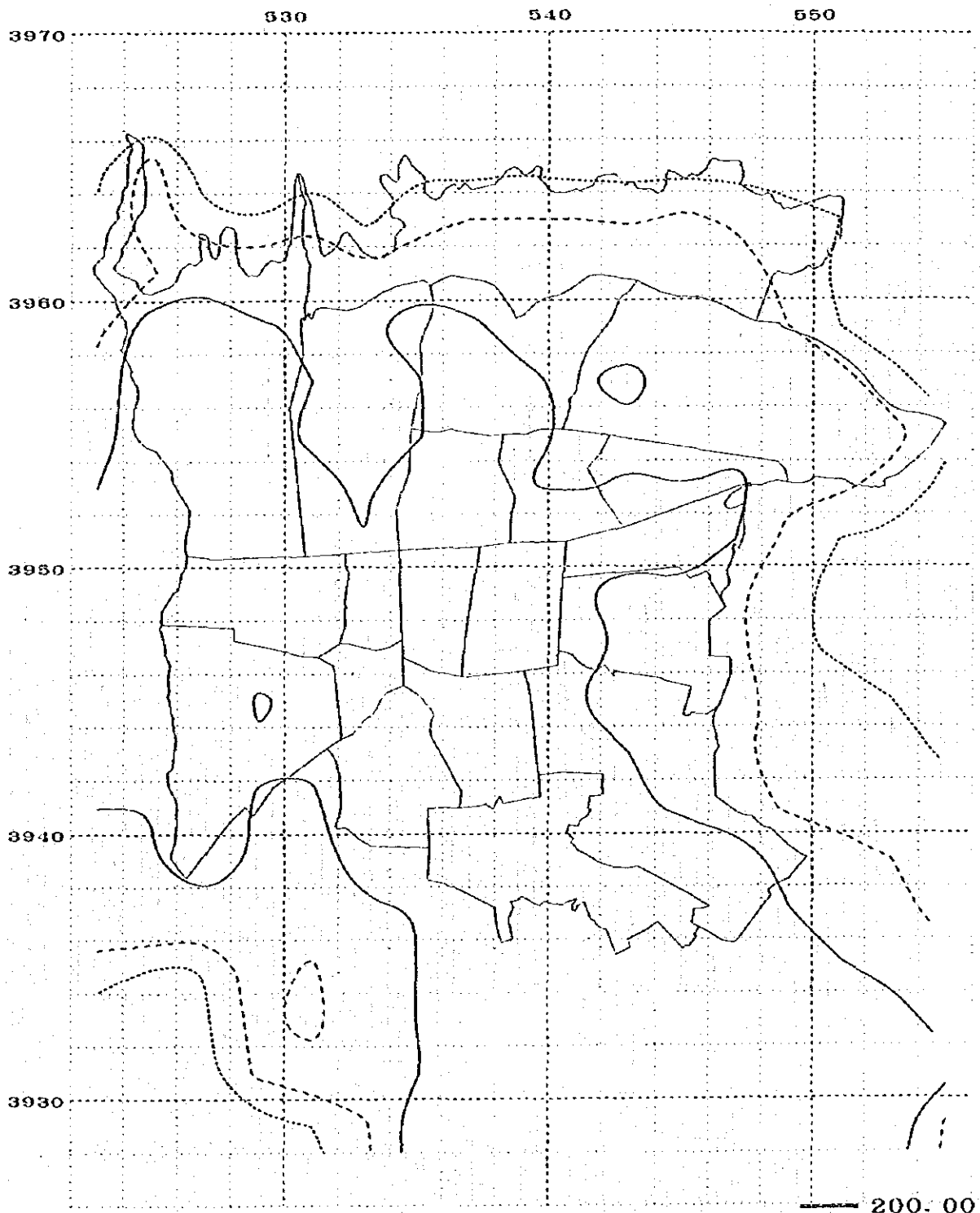
CO Concentration
annual whole day

2010
stn: best
nbl: best

- 20.00
- 10.00
- 5.00
- 2.00
- 1.00
-50

unit : ppm

図 5.3.1-3(1) 2010年のCO濃度 (best、年平均値、全日)



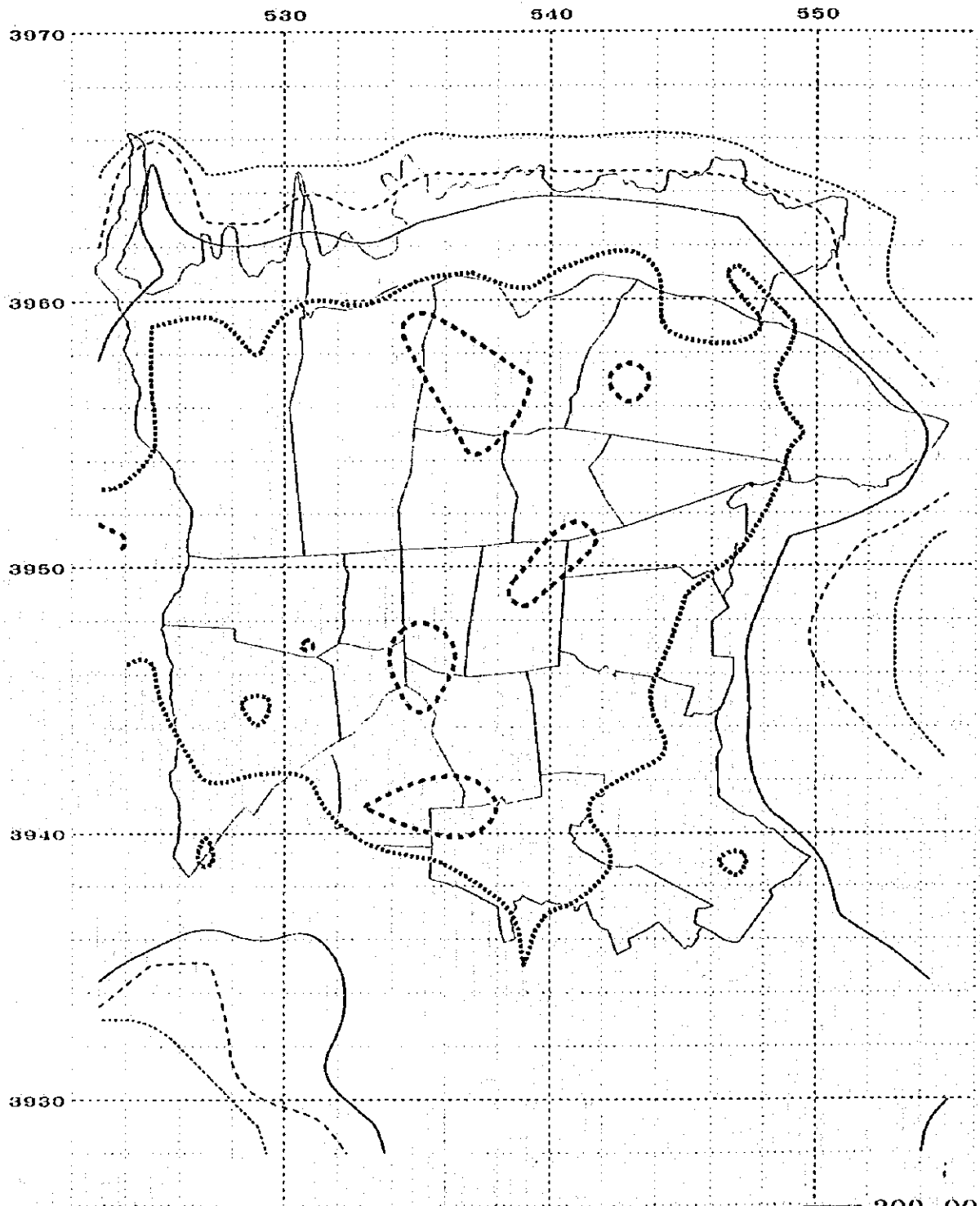
SOx Concentration
annual whole day

2010
sta: best
abl: best

- 200.00
- 100.00
- 50.00
- 20.00
- 10.00
- 5.00

unit : ppb

図 5.3.1-3(2) 2010年のSO₂濃度 (best、年平均値、全日)



NOx Concentration

annual whole day

2010

stn: best

mbl: best

- 200.00
- 100.00
- 50.00
- 20.00
- 10.00
- 5.00

unit : ppb

図 5.3.1-3(3) 2010年のNOx濃度 (best、年平均値、全日)

6章 大テヘラン圏における大気汚染対策

6.1 大テヘラン圏における大気汚染対策の枠組み

前章までに考察した様に、テヘラン市における環境大気質の現状は相当に悪く、ほぼその原因は、移動発生源によるものが約7割、民生セクターを含めた固定発生源によるものが約3割であって、“新たな対策を全く実施しない”シナリオでは、2010年にはCO、NO_x、SO₂、SPM濃度はそれぞれ、26ppm、0.3ppm、0.2ppm、200 μ g/m³に達するものと予測される。

これらの原因は、良く言われている様なテヘラン市の地形的条件などの原因ではなく、環境管理体制の不備、自動車の高車齢構造、省エネルギーマインドの欠如、工業技術開発の遅れに加え、燃料価格政策・不統一な外貨交換レート・輸入規制などの経済マクロ政策などが原因となっている。後者は本調査範囲を逸脱する懸念もあるので、付言しない事とし、主として、大気汚染防止対策に係る組織面・技術面の対策を考察する事とする。

テヘラン市の大気汚染対策としては、大きく分けると、中央政府、市レベルの環境管理体制の整備、移動発生源対策、固定発生源対策が必要である。

(1) 中央政府、市レベルの環境管理体制整備

中央政府、テヘラン市政府のレベルにおいて、図6.1.1-1に示す発生源のインベントリー構築システム、モニタリング・検査機能の強化、方法規制及び環境監査システムの導入に分類されるそれぞれ以下のような環境行政活動が必要と考えられる。

- 1) 環境排出規制に係る法律・規制の立案機能
- 2) 移動発生源・固定発生源の現状の解析を可能とする様な体制の整備
- 3) 国際レベルに於ける環境行政活動の研究
- 4) 環境監査を始めとする環境管理システムの構築
- 5) 気象データの構築を含む広域・地域環境モニタリングシステム
- 6) 発生源のモニタリング・検査
- 7) 発生源のインベントリーデータベースの構築
- 8) イランに於ける大気汚染物質測定に係る技術向上と付帯研究機能
- 9) 発生源に係るガイドラインの策定
- 10) 大気汚染物質に係る健康被害、経済的損失の研究
- 11) 大気汚染削減に係る支援施策の推進
- 12) イランに於けるエネルギー保全に係る施策研究
- 13) 国際協力推進機能
- 14) イランに於ける環境関連人材の育成

(2) 移動発生源対策

移動発生源は中央政府、テヘラン市の組織を幅広く横断する機能が必要であり、これらの役割分担を明確にする必要があつて、以下の機能を配慮する。

- 1) テヘラン市に於ける交通流と輸送手段の把握
- 2) 車両の車検の実施
- 3) テヘラン市に於ける走行モードの策定とシャシーダイナモテストの実施
- 4) 車両メンテナンスの整備拡充
- 5) 都市計画の見直し
- 6) 自動車製造技術の向上
- 7) 既存車に係るエミッション低減技術の研究
- 8) 交通規制の改善
- 9) 燃料の改質計画の国レベルの施策の実施
- 10) 外国先進技術導入の推進
- 11) 燃料弾性値の研究を含む燃料経済の研究

(3) 固定発生源対策

テヘラン市においては、MOTの工場再配置・移転が進行中であり、南部を除いて固定発生源は少ないが、今後は、経済発展の必要があるところから、現状の固定発生源対策を十分見据えた、以下の様な体制整備が必要と思料される。

- 1) 固定発生源インベントリーの整備
- 2) 煤煙監視・検査システムの整備
- 3) イラン国における製造業種のセクター調査の実施による、工業技術開発推進を含んだ環境対策ガイドラインの策定
- 4) 省エネルギー技術の推進・世界的に懸案課題となっているクリーナープロダクション技術の各製造業に対するインフォメーションの提供活動の推進
- 5) 燃焼技術の向上と関連資機材の輸入又は技術導入の推進
- 6) 各技術分野及び行政に係る人材の育成
- 7) 大気汚染対策にかかるモデル施設のインフォメーションの提供と育成
- 8) テヘラン市に於ける分析センター地域ラボの建設
- 9) 煤煙排出規制の早期導入の推進
- 10) 海外との技術協力の推進

以上を表6.1.1に示した。

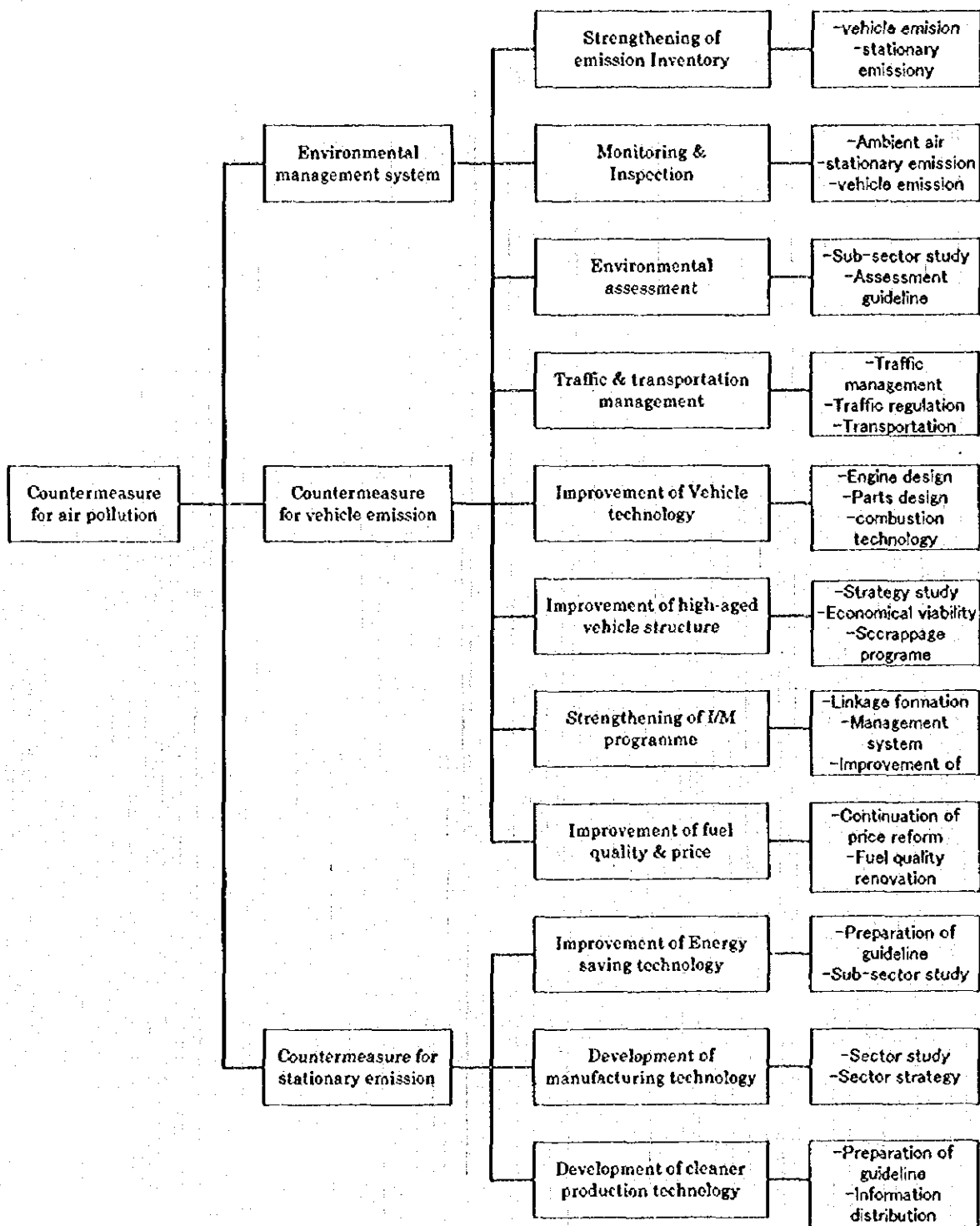


図 6.1.1-1 大テヘラン圏における大気汚染対策

表 6.1. 1-1 テヘラン大都市圏大気汚染対策リスト

No.	Countermeasure	Component of the countermeasure	
		Organizational and institutional measures (Org)	Technical measure for improvement (Tech)
1	Policy & Management		
1-1	Environmental management		
1-1-1	Establishment of inventory system	All inventory data base is to be compiled for emissions sources for vehicle and stationary sector (Long and short term foreign expert shall be invited)	
1-1-2	Environment assessment	Environment impact assessment is to be introduced prior to construction of facilities to cause environmental pollution	
1-1-3	Ambient air monitoring system	All ambient air monitoring activities on any level are to be integrated to form database for policies making purposes (long and short term foreign expert shall be co-operated)	
1-1-4	Man-power development	All measures to contribute to the man-power development including overseas technical cooperation is to be planned	
1-2	Institutionalization		
1-2-1	National environment center	Advisory service activities for environmental policy making including research and development in air pollution, waste water, industrial & municipal waste, food, forestry and biodiversity, underground water pollution is to be promoted and *	*national environment center is to be established
1-2-2	Municipal environment research and promotion Center	Numbers of staff: ca. 200 Upgrading of AQCC: strengthening of assessment, monitoring, research, engineering and implementation plan. engineer and researcher; ca. 100	
1-2-3	Expert certification system	Certification of 1) environment engineer, 2) inspection analyst, 3) combustion engineer, 4) monitoring analyst etc. shall be planned and promoted under the Central government	
1-2-4	Re-organization of air pollution related activities in MOE	Present AQCC, ITTO, IGCTS, TCC, TVTB and ORSUITO etc. are to be reorganized to contribute an establishment of municipal environmental management system	

2	Monitoring			
2-1	Ambient air monitoring system			
2-1-1	Expansion of monitoring stations			1) New installation of 10 stations including ambient(7) and road side stations(3). 2) talent center (overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
2-1-2	Main-power development		Especially activities and specialist for 1) analytical instrument, 2) ambient monitoring instrument and 3) emission measurement instrument shall be strengthened in relation to the 2-1-1 above.	
2-2	Emission sources			
2-2-1	Mobile I/M system			Uniques among certification/registration/inspection/maintenance activities shall be improved and strengthened. (overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
2-2-2	Strengthening of inspection activities in the stationary emission sources			inspection and monitoring activities in the emissions source including 1) enforcement of installation of monitoring instrument 2) assignment of one registered analyst shall be promoted
2-2-3	Guideline for emission reduction amount		Shall be planned through 1) establishment of committee, 2) working group, 3) guide line, 4) dissemination and training (Short term foreign expert shall be received)	
2-2-4	Improvement of regional inspection lab.			inspection laboratories under the ORSU/TO shall be improved including central inspection lab and at least four district inspection laboratories (overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
3	Vehicular sources			
3-1	Urban Transport and Traffic measure			
3-1-1	Enhancement of public transport system		Subway, bus, trolley bus and other mass transport system shall be expanded	
3-1-2	Increasing parking area and facilities		Public and private parking facilities is to be expanded at measured junction	
3-1-3	Modification of road structure		Junction and sideways etc. to contribute to the transportation and traffic efficiency are to be expanded	
3-2	Traffic management system		Present restricted area, staggered parking, bus operation and share system are to be totally improved	
3-2-1	Improvement of traffic control		Expansion of traffic signal and their control system be planned	
3-2-2	Improvement of traffic control system		All measures for reduction of traffic stream shall be executed	
3-2-3	Improvement of traffic efficiency			Inspection capacity is to be expanded, including modification of contents of inspection item and procedure. (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
3-2-4	Strengthening of vehicle inspection system			
3-2-5	Strengthening of traffic regulation mod'g license		Present traffic regulation and driver license system are to be reformed	
3-2-6	Incentive for low-emission vehicle		All measure to introduce low-emission vehicle shall be developed	
3-2-7	Enforcement of emission standard		Stepwise enforcement of emission standard is to be planned and implemented	
3-2-8	Scrappage program		Stepwise retirement program of high-aged vehicles is to be planned through elaboration of retirement master plan (integrated overseas cooperation shall be promoted)	
3-2-9	Improvement of maintenance shop			System renovation and improvement of maintenance facilities and man-power development. (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)

3-2-10.	Establishment of IM training course		Training center to continue for man-power development of technicians for IM system is executed (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
3-2-11.	Establishment of vehicle engineering center		Engineering center aiming improvement of in-use engine for emission reduction in engineering and repairment technology (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
3-2-12.	Technical cooperation project		Promotion of receiving of overseas experts and training abroad including joint research etc. for all technical aspect is to be planned and executed
3-3.	Strengthening of vehicle technology improvement of car engine		Engine and peripherals design and manufacturing technology is to be developed through execution of plant renovation survey
3-3-1.			Vehicle part manufacturing technology is to be developed (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
3-3-2.	Improvement of main parts of car manufacture		Catalytic oxidation converter is to be developed and mounted (Joint research project shall be promoted)
3-3-3.	Introduction of catalytic converter		
3-3-4.	Improvement of car maintenance system	Vehicle maintenance system is to be improved and strengthened in relation to the inspection system	
3-3-5.	man-power development of IM system	All measure for development of man-power in IM system are to be planned	
3-3-6.	Promotion of international cooperation	Receiving and dispatching of expert or joint research project are to be expanded	
3-4.	Improvement of fuel		
3-4-1.	Improvement of fuel quality		Higher octane rating and gasoline with lower volatility and up-grading of quality to international level
3-4-2.	Desulfurization of diesel oil		Covering whole consumption of diesel oil in GTA.
3-4-3.	Discontinuation of leaded gasoline	Discontinuation of lead and necessary countermeasure	
3-4-4.	Construction of oxygenated fuel additive plant		
3-4-5.	Expansion of LPG/LNG vehicle	Conversion to LPG/LNG shall be expanded	New LPG manufacturing and distribution system of it
3-4-6.	Fuel Price reform	Fuel price reform is to be expanded gradually to international level up to 2010	
3-5.	Promotion of public awareness		
3-5-1.	Promotion of public awareness activities	Public awareness activities is to be strengthened in central and Municipality level	
3-5-2.	Public campaign for emission reduction	Activities in central and Municipality level shall be strengthened including clean fuel purchase	
3-5-3.	Expansion of public transportation	Utilization of public transportation instead of passenger car shall be strongly campaigned	

4	Stationary source		
4-1.	Master planning and policy making		Investigation study for major polluted manufacturing sector are to be conducted (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
4-1-1.	Investigation of present status of sub-sector		According to the above study, master plan for reduction of pollutants including guide line, are to be prepared with feasibility study (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
4-1-2.	Master planning and feasibility study		
4-2.	Action plan for execution	Energy saving project and implementation program shall be conducted under the government's support	
4-2-1.	Motivation of energy saving		
4-2-2.	Motivation for investment of emission reduction	Provision of miscellaneous assistance to investment projects	
4-3.	Dissemination of information on cleaner production technology.		Preparation of cleaner production technology and dissemination to the entrepreneur and introduction of training system (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
4-4.	Improvement of combustion technology	Low cost measures for improvement of burner, and combustion control system etc.	
4-5.	Implementation of pollutant reduction measure		
4-5-1.	Construction of model plant for de-sulfurization of flue gas		Dissemination of information on emission reduction technology through construction of model plant (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
4-5-2.	Construction of model combustion boiler		Dissemination of technology and information through construction of model boiler (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
4-5-3.	Improvement of burner		Burner and control unit distribution project to medium scale industries (Overseas technical cooperation and grant shall be utilized)
5	Residential & Commercial		
5-1.	Standardization of household heater		Improvement of heat efficiency including incomplete combustion
5-2.	Standardization of household cooking range		Popularly observed apparatus shall be inspected and be standardized
6	Environmental education and Public awareness		
6-1.	Strengthening of environmental public awareness	Benefit provision to pollution free fuel users	Environmental publicity including pollutant reduction campaign through media is to be made
6-2.	Motivation of cleaner fuel utilization		To be introduced for vehicle emission especially for retirement of high-aged vehicles and popularization of public transport media
6-3.	Expansion of media campaign		

6.2 自動車排気ガス対策

6.2.1 概観

図 6.2.1-1 にテヘラン市において自動車によって引き起こされる環境問題とそれに対する対策のエッセンスを示す。図の中心にある8つに仕切られた円は、テヘラン市における自動車に係わる状況を、以下の8種類のカテゴリーに分けて説明している。

- ・道路の状況
- ・地形や気象の状況
- ・自動車燃料
- ・経済的背景
- ・自動車関連技術
- ・交通のインフラ（基本的施設）
- ・自動車ユーザーの状況

その外側にある、さらに細かく仕切られた円は、これらの状況をより細かいカテゴリーに分類している。円の外側の四角で囲んだ部分は、状況や問題点を具体的に記述している。一番外側の緑色または赤色に縁取りした枠は交通アメニティと環境の観点からの対策を示す。赤色に縁取りされた対策は、自動車エンジンの改良および自動車燃料の改質等のハードウェアの改良を目指した技術的対策である。一方、緑色に縁取りされた対策は、交通マネジメント、市民の環境意識、広報普及活動などの非技術的対策である。

上述の状況から、テヘラン市の交通環境、都市環境の悪化は、急激な自動車交通量の増加に施策が追いつかないことに起因すると言っても過言でない。

都市交通問題解決のためには2種類の施策があり、1つは交通施設の整備、既存施設の有効利用のような供給サイドへのアプローチ、もう一つは個人や企業への働きかけ、個人の行動への働きかけのような需要サイドへのアプローチである。

これらの方法の他に、自動車エンジン、自動車燃料、車両の車検／維持管理システム、スクラッププログラム（老朽劣化車の廃車交換計画）の導入法なども検討した。これらの対策を図6.2.1-2にまとめて示す。

6.2.2 都市輸送交通対策

(1) 公共輸送システムの推進

テヘラン市の中心部である第6, 7, 11, 12の各区は、官庁街、事務所街、重要な建物、マーケット等が集中している。主に郊外や周辺の区部に居住している人々は、自家用車、バス、乗り継ぎタクシー等で中心部へ移動してくる。

公共交通機関よりも自家用車で通勤する比率が多い。中心部での駐車スペース不足のため、通勤に使った車は、道路脇、建物の裏手の細街路に駐車される。この路上駐車は、道路の実質面積を減少させ、交通渋滞を悪化させ、移動時間の遅延の原因となっている。さらに都市の経済活動を阻害し、大気汚染や騒音振動など交通公

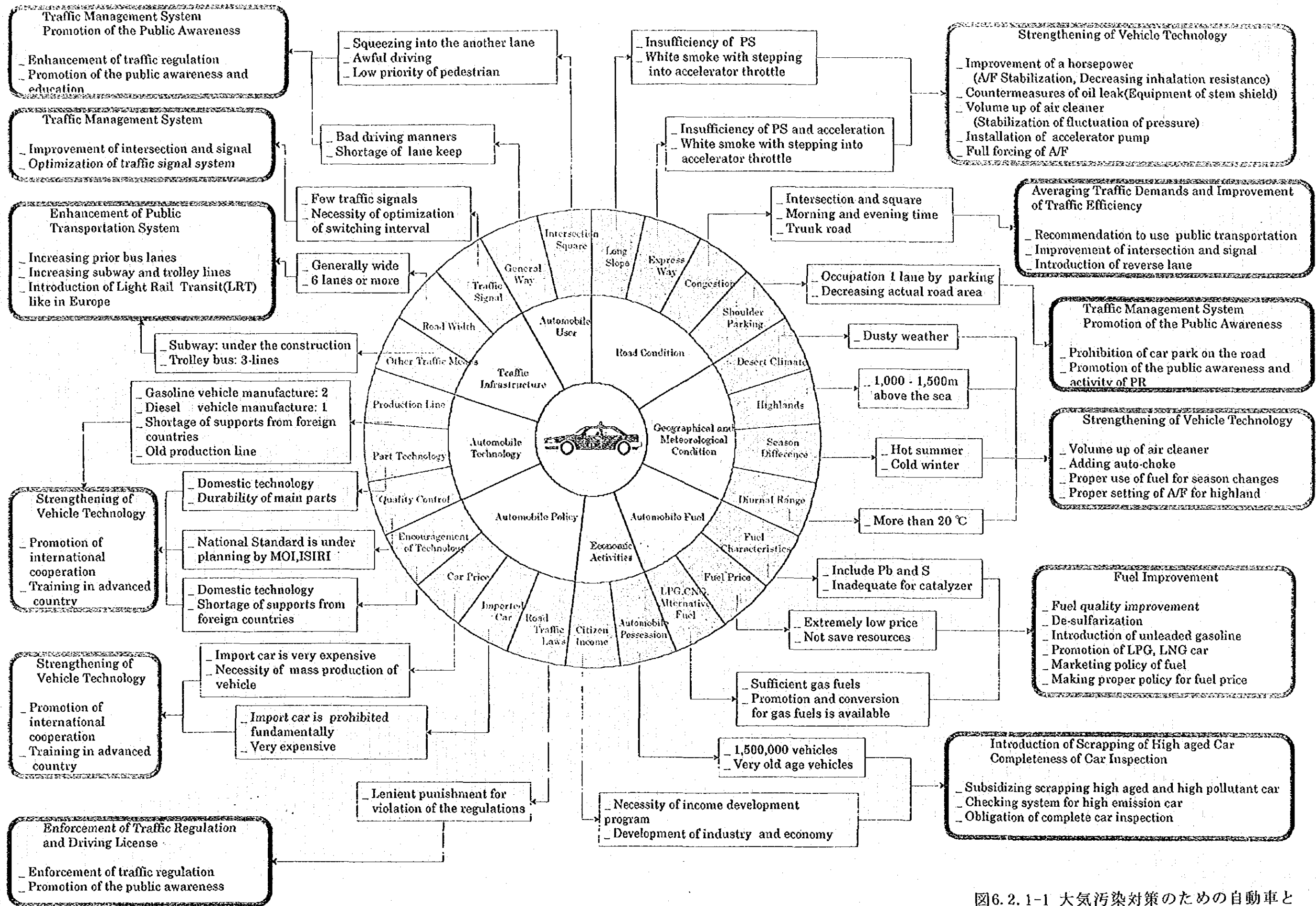


図6.2.1-1 大気汚染対策のための自動車とそれを取り巻く環境に対する提案

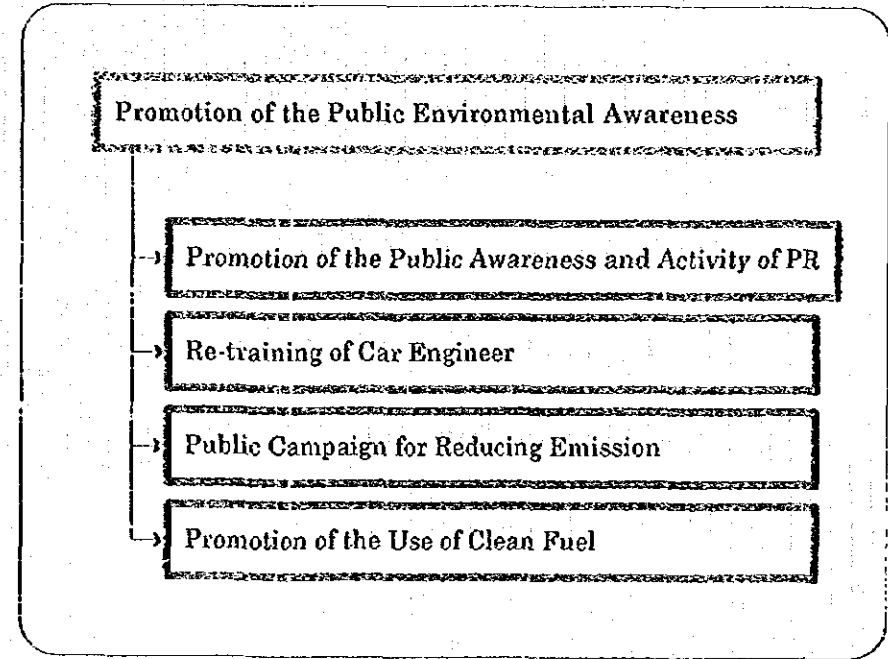
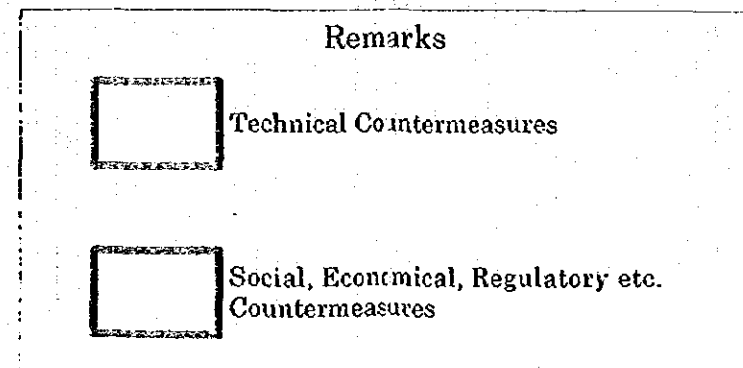
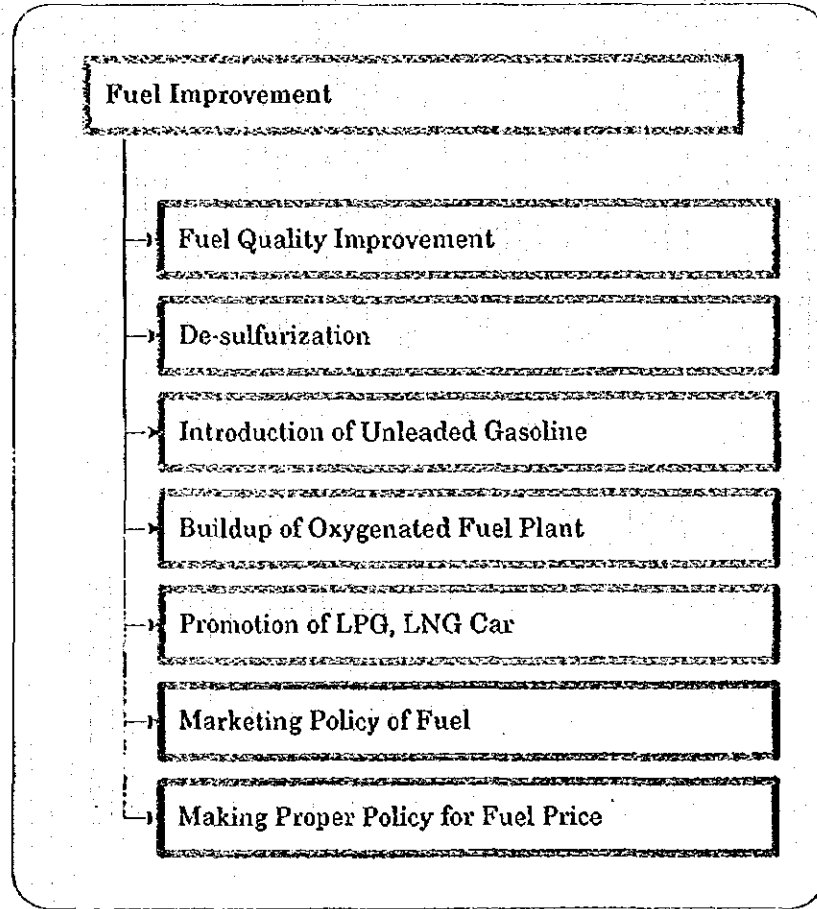
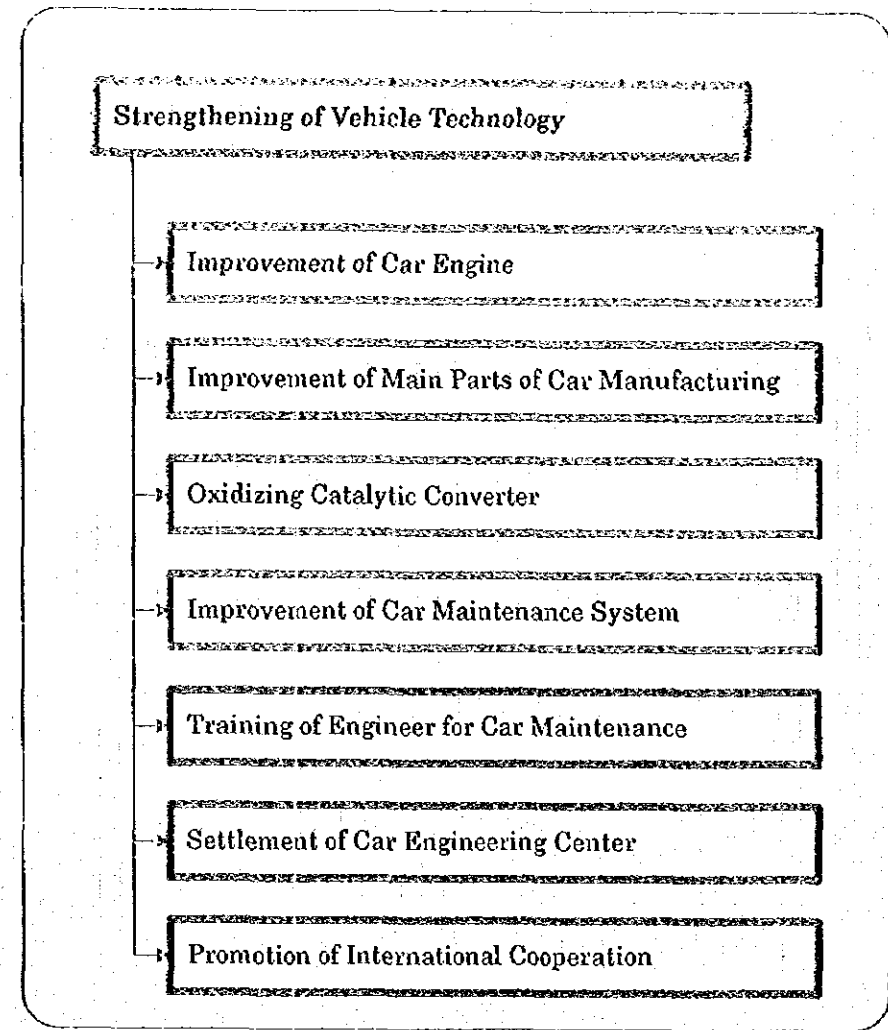
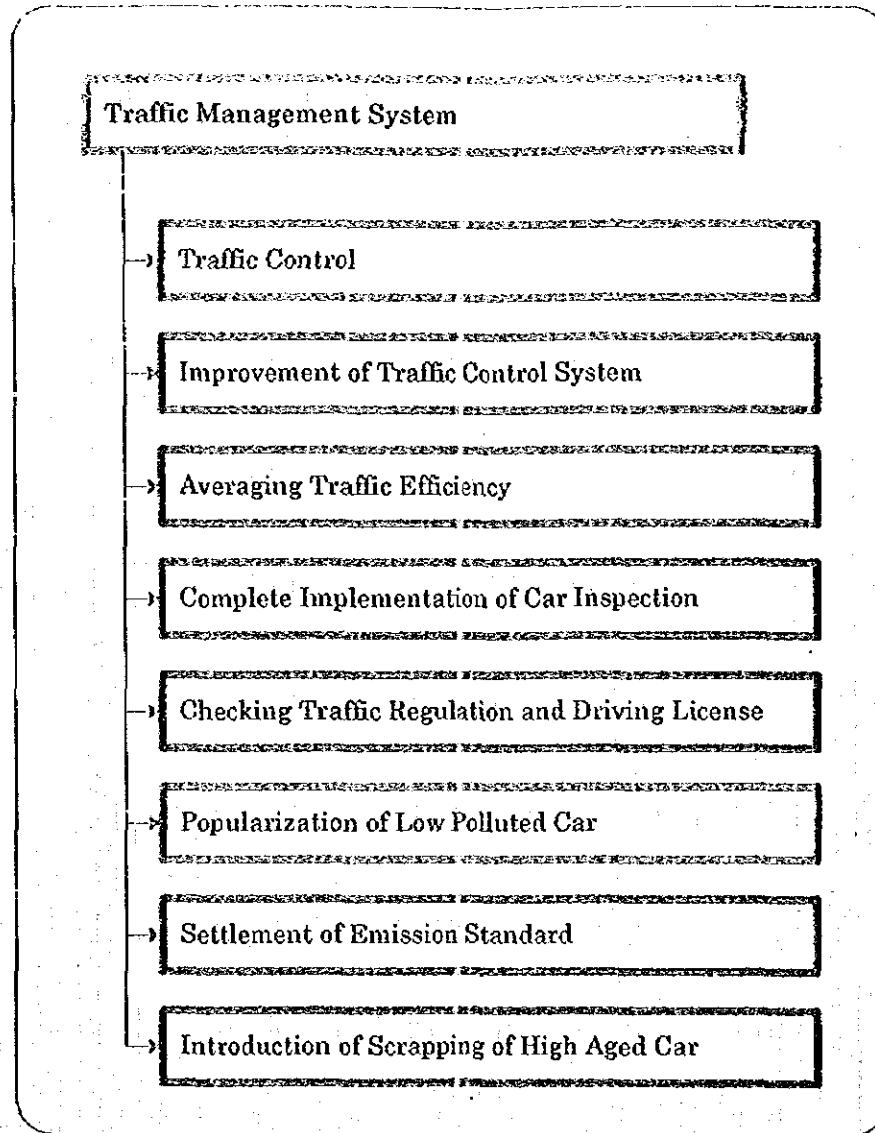
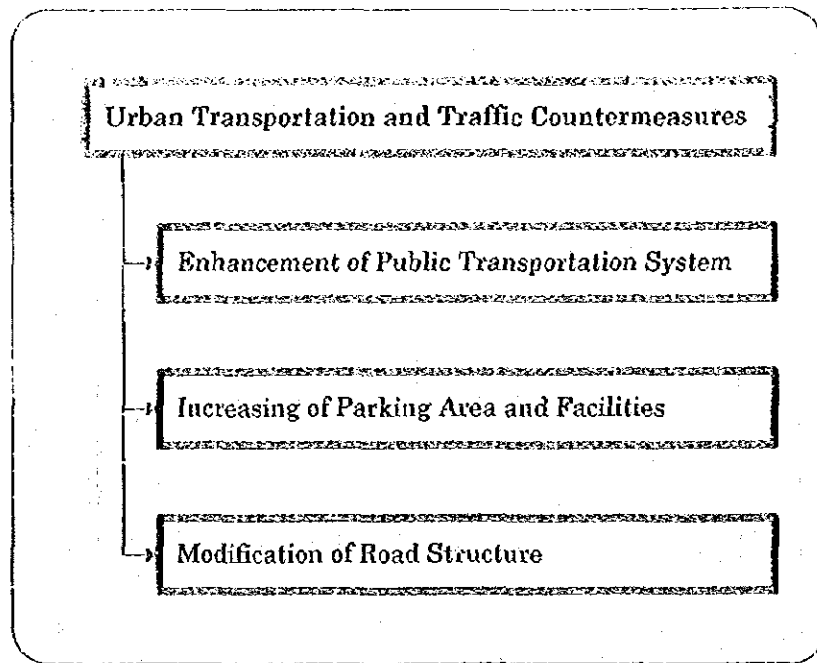


図6.2.1-2 自動車、交通システムおよび社会環境改善のための提案

害の元になっている。

このような現状を改善するためには、公共輸送システムの利用拡大を最優先する必要がある、世界各国にその成功例が見られる。ここではテヘラン市の公共輸送手段をどのようにしていくかを検討する。

1) 公共輸送システムへの誘導

公共輸送システムの利用を促進するためには、乗客の視点から利用しやすい公共輸送施設やサービスを充実させることが不可欠である。テヘラン市の交通の状況を考えると、テヘラン市は以下のような、利用者が公共交通機関を利用したくなる施策を考慮すべきである。

- ・公共輸送システムへの乗り換えを便利にする
- ・公共輸送システムの管理方法を一元化する
- ・公共輸送システムを優先する施策

GTA (大テヘラン圏)における公共交通手段は、バス、ミニバス、タクシー、鉄道、トロリーバスそして現在建設中の地下鉄である。このような複数の交通機関の組み合わせによる交通ネットワークでは、乗客は目的地に到着するまでに、通常いくつかの交通機関を乗り換えなければならない。このような状況下では、乗客が容易に且つ便利に乗り換えられるように、パークアンドライド (自家用車と公共交通機関への乗り換え場所)、バスターミナル、駐車場、運行時刻の調整などの推進、改善が必要である。

これらの公共交通機関では、一般に各々異なる機関によって運営されており、乗客は乗り換える度に料金を支払わなければならないことが多い。これらの問題点を解決するには、異なる運営機関の意見を調整し、運賃収入の配分方法等を決定できるように、テヘラン市役所が中心となって現在の種々の機関の管理方法の一元化をする必要がある。1994年にはテヘラン市の人口は700万人に達した。テヘラン市の交通状況を考えると、自家用車を持つことの利便性や快適性を追い求めると、市が適切に発展することや効率的に機能することを妨げることになり、ひいては、都市のポテンシャルを低下させることになる。公共交通機関を強化し、有効利用する事は交通渋滞を緩和し大気汚染を軽減するのみでなく、輸送経費を節約し、ひいては、エネルギー効率の改善につながる。さらに、イラン国全体の資源の節約に役立つと共に、CO₂等温室効果ガスによる地球温暖化の防止にもなる。公共輸送システムは、老人、子供、身体障害者など自分自身の交通手段を持たない人々にとって、非常に重要な生活基盤である。テヘラン市の都市計画の見地からも、公共輸送システムのターミナルとなる場所は都市活性化の重要な拠点となる。

こうした視点に立てば、公共輸送システムの改善、強化はテヘラン市の最優先課題である。MOTの取りうる対策の中でも優先すべきものとして、バスおよびミニバスの活性化、トロリーバス路線の拡張、タクシーシステムの改善、地下鉄の運用開始の促進が挙げられる。

一般的に、公共輸送システムの運営には多額の費用がかかる。運営財源としては、運賃収入を主体としてまかなう独立採算方式と、運賃収入に国家や自治体からの補助金を合わせてまかなう方式の2種類の方式に分かれる。先進国では公共性を重視して、後者の方式を選択する傾向が強い。その他の財源確保の方法として、例えば道路通行料による収入、駐車場収入、パーキングメータ収入、交通違反の罰金、燃料消費税、大気汚染反則金などが考えられる。これらの財源から得られた歳入は、使用目的を大気汚染対策のための公共輸送システムの強化に限定し、利用者に周知することによって、利用者の意識の向上をはかることが望ましい。

6.3 固定発生源対策

6.3.1 GTAにおける大気汚染対策長期管理目標

GTAにおける大気汚染対策長期管理目標値は次の3要素に関する数値の変更により推計が可能となる。

- ① エネルギー成長率：産業セクター別成長率に省エネルギー率を乗じたもの
- ② 排出係数：直接的環境対策設備の設置又は燃焼管理技術の向上により修正を加えた排出係数
- ③ 燃料転換率：天然ガスへの燃料転換率

大気汚染対策に関する3通りのシナリオの考え方を以下に簡単に説明する。

- 現状維持シナリオ：省エネルギー及び環境対策は積極的には推進されず現状維持に止まり、将来の汚染物質発生量は各産業セクターの実質経済成長率に比例するとし
て現状を外挿することにより算出
- 平均的シナリオ：現状維持シナリオと最善シナリオとの平均的、中間的なシナリオ
- 最善シナリオ：計画通りに環境対策が実施された場合のシナリオ

その他の主要な前提条件は以下の通りである。

- 管理目標年度：2010 (基礎年度 1994)
- 平均経済成長率 (1994-2010)：GNP 5.1%, 製造業 5.9%等
- GTAにおける火力発電所及び精油所：2010年迄は環境対策上増設なしと仮定

(1) 省エネルギーの目標

日本の実績に基づき省エネルギーの目標値を表 6.3.1-1 のように設定した。

表 6.3.1-1 エネルギー節約の目標値

Sector	Reduction target		
	Base	Common	Best
Manufacturing			
31 Food	100	93.40%/IIP @2010	86.80%/IIP @2010
32 Textile	100	90.55%/IIP @2010	81.10%/IIP @2010
33 wood	100	91.75%/IIP @2010	83.50%/IIP @2010
34 Paper	100	81.45%/IIP @2010	62.90%/IIP @2010
35 Chemicals	100	75.75%/IIP @2010	51.50%/IIP @2010
36 Non-metal	100	89.30%/IIP @2010	78.60%/IIP @2010
37 Iron & steel	100	85.80%/IIP @2010	71.60%/IIP @2010
38 Machinery	100	95.25%/IIP @2010	90.50%/IIP @2010
39 Others	100	95.25%/IIP @2010	90.50%/IIP @2010
Household	100	125.15%/IHS @2020	150.30%/IHP @2020
Commercial	100	89.70%/ICS @2020	79.40%/ICP @2020
Power plants	100	97.50%/IIP @2020	95.00%/IIP @2020
Refinery	100	95.00%/IIP @2020	90.00%/IIP @2020

(Note) IIP: Index of Industrial Product, IHS: Index of Household Service

ICS: Index of Commercial Service

なお、表 6.3.1-1 中の'Best'は日本でのエネルギー消費(省エネ)の実績値、'Common'はその半分と仮定した。このため、日本で消費が増えている一般家庭(Household)での、目標値は見かけ上、'Common'より'Best'が悪くなってしまう。

(2) 直接的環境対策の目標

GTA における固定発生源の長期環境対策管理目標は、2010 年度において SOx 及び NOx に関する WHO の環境基準を達成することにある。この目標を達成するためには次に示す直接的な環境対策が必要である。

- 液体燃料及び固体燃料の天然ガスへの転換
- 精油所における直接脱硫及び排ガス脱硝設備の設置
- 火力発電所における排ガス脱硝設備の設置

省エネルギー活動とともに、表 6.3.1-2 に示す計画通りに SOx 及び NOx に関する現行の排出係数が低減し、更に天然ガスへの転換が進めば、2010 年における GTA の SOx 及び NOx 発生量は最善シナリオにおいて WHO の環境基準を達成できる。

表 6.3.1-2 固定発生源からの大気汚染削減目標

Item	(%)						
	Base 1994	Do-Nothing 2005 2010		Common 2005 2010		Best 2005 2010	
Fuel oil(FO) replacement with natural gas	100	100	100	80	75	75	70
Solid fuel(SF) replacement with natural gas	100	100	100	75	50	50	0
Change of EF by installation of HDS in Tehran refinery							
- Kerosene	100	100	100	100	100	100	100
- Gas oil	100	100	100	100	10	10	10
- Heavy oil	100	100	100	100	100	100	10
Change of EF by installation of De-NOx equipment & combustion control							
- Tehran refinery	100	100	100	95	90	90	50
- Power plants	100	100	100	95	90	90	50
- Industries	100	100	100	98	97	96	95
Change of EF by De-NOx by combustion control							
- Household/commercial	100	100	100	99.5	99	99	98

(Note) EF: Emission factor

(Scenario/sheet4)

The figures in the cells of Common & Best cases indicates fuel oil & solid fuel ratios or change of EF to the corresponding figures of Do-Nothing cases

(3) 汚染物質低減に関するケーススタディー

上記前提に基づく固定発生源よりの SOx 及び NOx 発生量は以下の通りである。

1) 各シナリオに基づく汚染物質発生量

表 6.3.1-4 及び図 6.3.1-4 は、上記の各シナリオにおける汚染物質発生量を示したものである。

表 6.3.1-4(1) 各シナリオにおける固定発生源からの大気汚染物質発生量 (ト/年)

Year	SOx			NOx		
	Do-Nothing	Common	Best	Do-Nothing	Common	Best
1994	253,981	253,981	253,981	95,571	95,571	95,571
2005	413,303	308,227	217,134	150,202	128,698	109,879
2010	524,585	286,237	83,902	188,220	146,396	109,304

表 6.3.1-4(2) 各シナリオにおける固定発生源からの大気汚染物質発生量 (%)
(%)

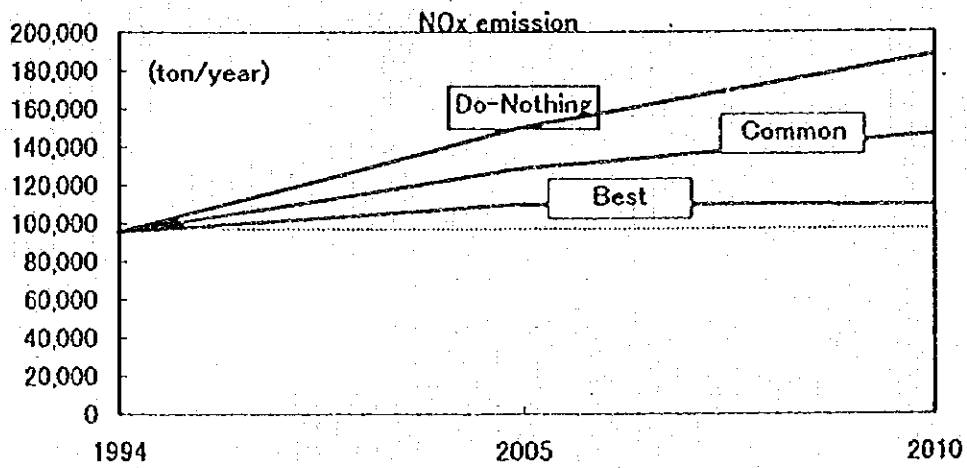
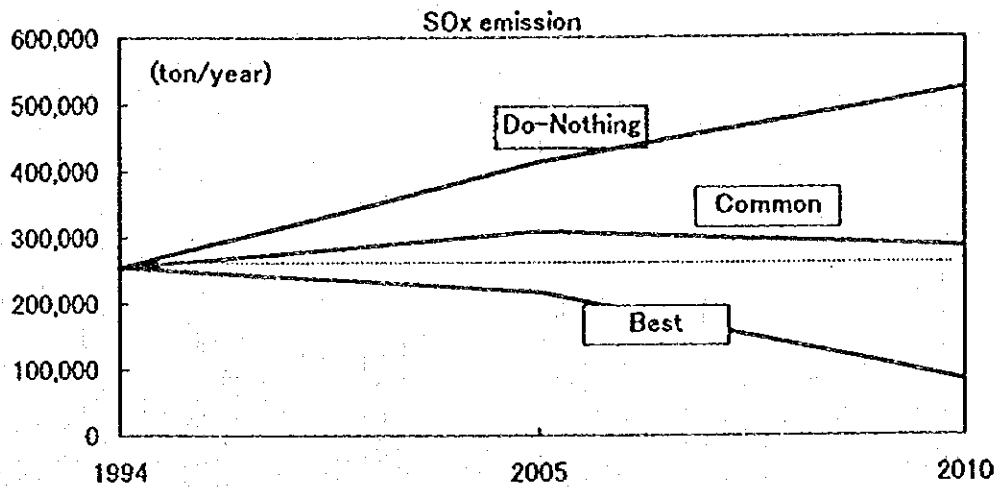
Year	SOx			NOx		
	Do-Nothing	Common	Best	Do-Nothing	Common	Best
1994	100	100	100	100	100	100
2005	163	121	85	157	135	115
2010	207	113	33	197	153	114

2) 予測結果

1994年度の発生量と比較すれば、表 6.3.1-4 及び図 6.3.1-4 に見られるように現状維持シナリオにおける SOx 及び NOx の発生量は 2005 年において約 1.5 倍、2010 年で約 2 倍となっている。一方、最善シナリオにおいては 2010 年において SOx は約 70% の低減、NOx においては 1994 年よりやや高いレベルになっている。

以上の 3 通りのシナリオのうち平均的なシナリオが最も実現性が高いと思われるが、このシナリオにおいては 1994 年と比較して 2010 年度において SOx については約 1.1 倍、NOx については約 1.5 倍の排出量となっている。

図 6.3.1-4 各シナリオによる固定発生源からの大気汚染物質排出量予想



7章 マスタープランの提案と実施スケジュール

7.1 大テヘラン圏における大気汚染抑制の中長期マスタープラン

7.1.1 マスタープラン

前章まで述べた様に、2010年におけるテヘラン市の大気汚染物質の環境濃度は、CO、HC、SO_x、NO_x、SPMの全てについて、WHO環境基準を大幅に越える事が明らかとなり、その為には、大気汚染抑制に係る環境管理面、移動発生源セクター、固定発生源セクターの3分野について、抜本的な対策を講ずる必要がある。

以下に、目標年次を2010年とするマスタープランを提案する。

(1) マスタープランの基本方針

- 1) 社会・経済については、第2次五カ年計画を基礎とし、関連セクターのデータについては、1994年次を前提としつつ、最新のデータは、1997年のものを逐次配慮した。
- 2) GTAの大気汚染に係るマスタープラン策定にあたっては、MOTを越える国家上位レベルにわたるクロスセクトラルな対策が求められるので、一部、国家レベルの役割にも言及する事とした。
- 3) GTAに於けるエミッションデータは、本調査で得られたデータでも極めて不十分であるので、今後精度の高い対策を進めるために不可欠な、大気汚染セクターに係る基礎的データを蓄積する為の環境管理面の整備を一つの課題とした。
- 4) しかしながら、GTAに於ける大気汚染状況と将来予測が厳しい状況にある所、移動発生源、固定発生源にかかる実施すべき対策は現状の基礎データから逐次、取り組むべきであるとの観点から、組み入れる事とした。
- 5) GTAの大気環境濃度の目標値としては、WHOの基準を採用する事とした。

(2) 中・長期的GTAのマスタープラン

表 7.1.1-1に、時系列的マスタープランのスケジュールを示した。

以下に、その概要を示す。

- 1) 今般、世銀の移動発生源にかかるスタディー、JICAマスタープラン調査を踏まえ、1997年次会計年度中にMOTは、MOT自身による「MOT大気汚染防止マスタープラン」を策定し、各セクターのワーキンググループを結成し、本マスタープランで記述されるプロジェクトに係る詳細計画書の作成に着手する。

緊急に策定すべき基本計画は、

- ・インベントリーシステムの構築計画
- ・モニタリングシステム拡充計画
- ・公共交通システム拡充計画

- ・ I/M (Inspection/maintenance)プログラム拡充計画
- ・ 自動車工業近代化計画
- ・ 自動車部品を中心とする既存車リノベーション計画
- ・ 自動車燃料改質計画
- ・ 民用乗用車の環境負荷と経済価値に係る提言調査
- ・ 交通需要マネージメントに係る諸実験プロジェクト計画
- ・ 高車齢車スクラップ計画
- ・ 製造業サブセクター調査
- ・ 先進的燃焼・省エネルギー技術導入計画
- ・ クリーナープロダクション技術導入計画
- ・ 製造業サブセクター大気汚染防止ガイドラインの策定
- ・ 海外との共同プロジェクト推進計画

などである。

- 2) 目標年次の2010年までは、13年間あるが、GTAの大気汚染対策の計画策定、実施上は、この期間を、1998—2002年の5か年間の第1フェーズ、2003—2007年の5か年間の第2フェーズと2008—2010年の3か年間の第3フェーズに区分して計画を進めるのが妥当と推定される。すなわち、第1フェーズは、緊急に実施すべき対策の実施とテヘラン市の大気汚染に係る、インベントリーデータの構築を含む大気汚染管理体制の整備と完全な機構解明及び、第2フェーズで実施すべき大型対策の詳細計画策定期間であり、且つ、また、イランの自動車製造業の近代化対策の実施、固定発生源に係る各種製造業のセクタースタディー、マスタープランの策定、ガイドラインの策定を計画する時期と思料される。第2フェーズは、上記で計画された大型対策の実施と自動車製造業、固定発生源に係る各種製造業の近代化の実施時期であり、第2フェーズまでで、CO・HC及びSO_xの削減対策は完了し、第3フェーズは、爾来実施されたマスタープランの評価を行い、先進国なみのNO_xの対策実施の時期とすべきものと思料される。
- 3) 従って、ある程度の投資を必要とするプロジェクトは、サブセクターの現状に係る正確な認識を踏まえた上記詳細実施計画と詳細なコスト計算が必要である。1998年度からの第1フェーズで実施すべきプロジェクトは、緊急に実施を進めなければならないものや、まず実行する事が重要な案件があつて、環境管理体制の整備に係るインベントリーシステムの整備、モニタリングステーションの拡充、GTAのインスペクションラボの拡充、I/Mプログラムの整備・強化、第1期のスクラッププログラムの実施である。
- 4) 第2フェーズでは、環境管理面では、第2期のモニタリングステーションの拡充であり、移動発生源セクターでは、公共交通システムの拡充、自動車部品の改良、既存車のエミッション低減の為の自動車研究所の設立、接触式コンバーターの整

備拡充、第2期スクラッププロジェクトの実施等本格的に汚染物質低減に寄与する諸プロジェクトを実施である。固定発生源セクターでは、燃焼技術、クリーナープロダクション技術の普及活動を省エネ型モデルボイラーの建設や低NOxバーナー普及活動を通じて、行う事とする。

- 5) 第3フェーズでは、環境管理面で、第3期のモニタリングステーションの拡充を行い、移動発生源セクターでは、第3期のスクラッププログラムを実施である、固定発生源セクターでは、大型案件である含酸素燃料 (MTBE) プラントの稼働によるMTBEの流通拡充を計り、重油の水素化脱硫プラントの建設を行う。

以上の3期にわたる諸対策の実施により、GTAの環境濃度は、CO、SO_x、NO_x、SPMそれぞれ年平均値換算で、WHOの基準である、2.25ppm、20 μg/m³、38 μg/m³、90 μg/m³が達成すると予測される。

(3) マスタープラン中サブプロジェクトのコスト積算

表 7.1.1-1は、マスタープラン中に実施されるサブプロジェクトの実施後、運営開始される時期、所要コスト、CO、SO_x、NO_xの削減量子測値、主要な汚染物質削減単位重量当たりのコストを表示したものである。

図 7.1.1-1 マスタープランの実施スケジュール(2)

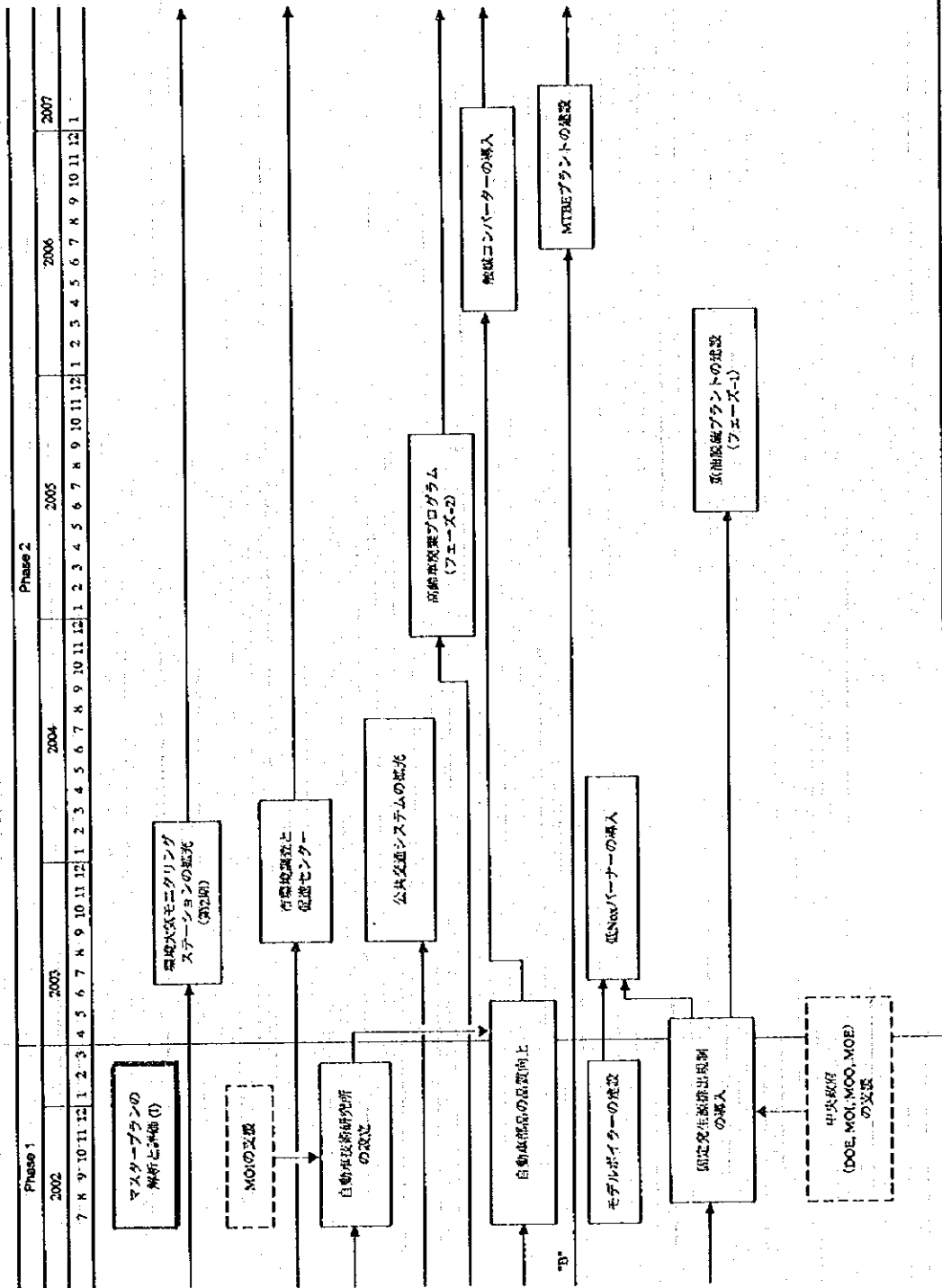


図 7.1.1-1 マスタープランの実施スケジュール(3)

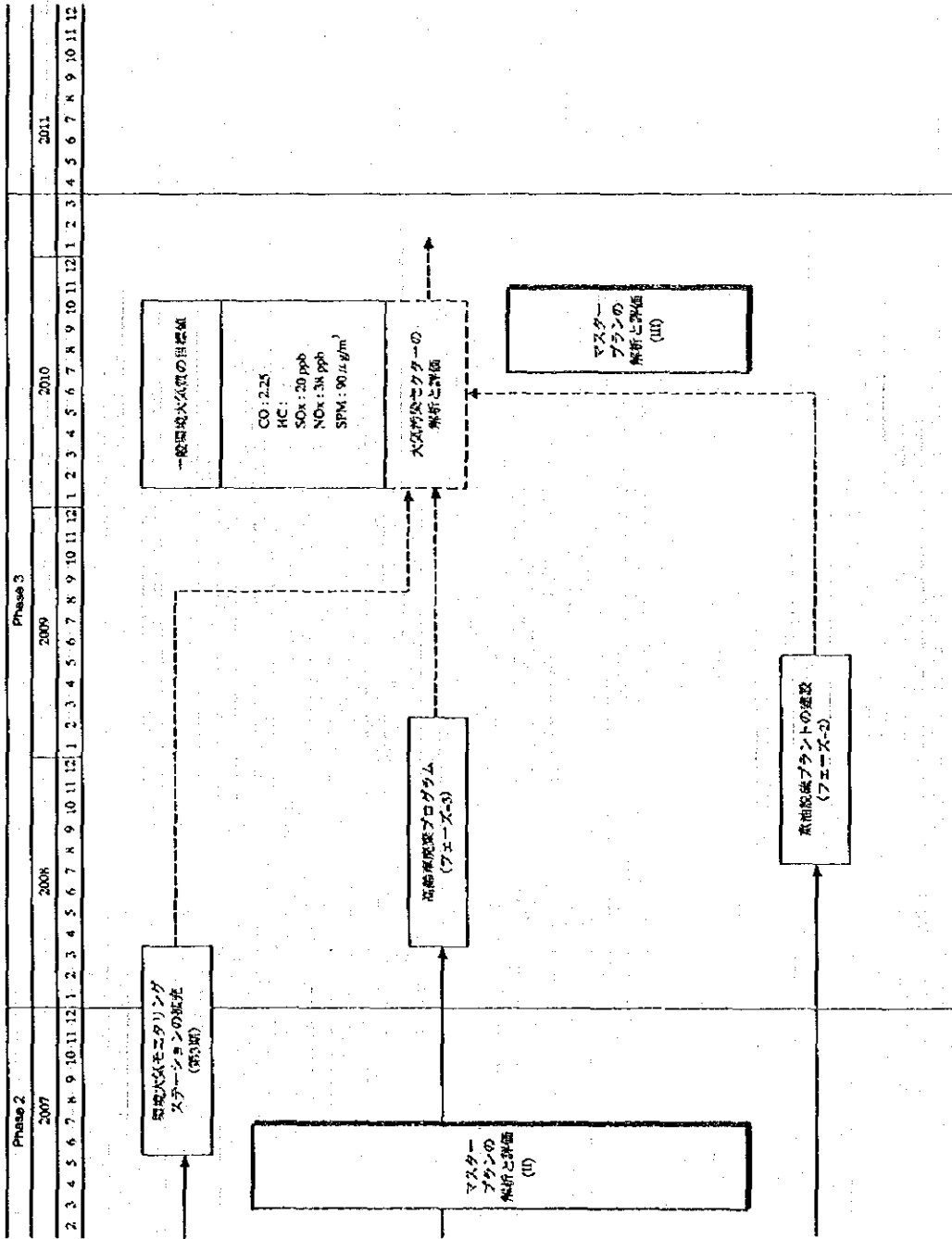


表 7.1.1-1 大気汚染対策マスタープランの概要

No.	Countermeasure	Implementation period 1/	Project cost (US\$1000)	Expected amount of pollutants to be reduced(ton)			
				CO	SOx	NOx	Cost(US\$/ton) 2/
1	Air pollution control management						
1-1.	Establishment of inventory system	1998	283		12699.3	4774.9	59.27
1-2.	Ambient air monitoring system	1999	522				
1-3.	Municipal environment research and promotion Center	2003	24,630		5079.72	2864.94	
1-4.	Expansion of monitoring stations	1999, 2003, 2007	2,750		2539.85	1909.95	
2	Vehicular sources						
2-1.	Enhancement of public transport system	2003	231,150	124,021	1,251	5,942	1863.8
2-2.	Strengthening of VM programme	1998	25,300	165,000			153.33
2-3.	Enforcement of emission standard	1998	354	41,340	500		8.56
2-4.	Establishment of VM training course	2000	1050	82,580			12.7
2-5.	Establishment of vehicle engineering center	2001	8,520	110,000	500	10,000	77.45
2-6.	Improvement of main parts of car manufacture	2000	5,560	220,000			25.27
2-7.	Introduction of catalytic converter	2005	148,780	110,000		30,000	1352.55
2-8.	Desulfurization of diesel oil	1999	44780		6,000		7463.33
2-9.	Construction of oxygenated fuel(MTBE)	2007	139,980	145,000			965.38
2-10.	Scrappage programme	1999, 2004, 2008	53,560	152,000			352.37
2-11.	Promotion of public awareness	1998	400	24804.12			
3	Stationary source						
3-1	Improvement of regional inspection lab.	1999, 2003	990		10159.4	3819.92	97.45
3-2.	Investigation and preparation of master plan on manufacturing sub-sector in GTA	1998	1,310		25398.6	11459.8	51.58
	1) Sub-sectoral study		114				
	2) Measure for saving of energy		1820				
	3) Introduction of cleaner production technology		190				
	4) NOx reduction measure		340				
3-3.	Construction of de-sulfur plant	2005	976,490		153,000		6382.29
3-4	Fuel conversion to natural gas	2005	3,140		200,000	40,000	16

Remarks: 1/ Operation start-up
2/ Per ton of targeted pollutants

8章 結論とプロジェクトの評価

8.1 結論

8.1.1 テヘランの大気汚染の現状

第4章で述べた通り、市中心部における SO_2 、 CO 、 SPM および HC の濃度は非常に高く、緊急の削減が必要である。 CO の月平均濃度はバザール測定局で8月に 10 ppm を越え、Fatami では7月、8月、9月、10月、11月に 10 ppm を越えていた。 SO_2 は全期間を通じて高いが、とりわけ冬季には時々 100 ppb を越える高濃度が出現する。 $\text{SPM}(\text{PM}_{10})$ は9月に最高で 0.16 mg/m^3 を記録した。また、 NO_2 は 25-70 ppb であった。まず、早急に CO 濃度を削減する事が必要であり、次いで SO_2 、 HC 、 $\text{SPM}(\text{PM}_{10})$ ならびに NO_2 の削減が順次必要である。

拡散ポテンシャルの観点から見るとテヘランは、中小煙突ならびに地上煙源について東京と良く似ている。世界的に見てテヘランは、大気汚染で有名なメキシコ市やジャカルタよりはるかに高い拡散ポテンシャルを持つ。つまり、テヘランの汚染物質排出量が東京並ならば東京並の大気汚染になると云う事である。因みに東京の平均の CO と SO_2 濃度は現在 1 ppm と 0.01 ppm である。

また、 CO 濃度のシミュレーションはかなり良好である。現状 (1994) の測定値とシミュレーション結果の整合性は良い。

8.1.2 自動車と工場からの排出量

発生源削減に関する基礎的なマスタープランは6、7章に示した通りである。前述した通りテヘラン市の大気汚染は自動車からの CO の発生が最も高いという特徴がある。高所(1300m)と急坂の多い地形ならび、欠陥車 (小さいエンジンと小さいエアフィルター等) 及び高車齢車が多いことが原因である。この状態の改善には、環境管理体制や車検制度等の改善強化と技術的な改良が必要である。特に、車両検査/メンテナンス(IM)すなわち車検制度の完全実施と高車齢車の廃車計画が CO 削減に必要である。

第5章で述べたように、これを実施した場合 CO 濃度は年平均値で 5 ppm 以下になる事が予測される。この CO 削減の目標値は比較的妥当と思われる。

SO_2 の排出は工場、事業所、家庭からの排出が相対的に大きく、これらの発生源対策が必要である。最も効果的なのは燃料の LPG や LNG への切り替えである。重油の直接脱硫による低硫黄重油の製造も有効であるが高価格になる。大工場の排煙脱硫も効果的だが非常に高価格になる。拡散シミュレーションによりどれぐらい SO_2 を削減すればどれぐらい濃度が低下するかを図 5.3.2-3(3) に示した。

8.1.3 大気汚染対策

第6、7章で示したマスタープランで提案した通り対策は組織、技術、社会ならびに市民の環境意識まで含んだ総合的なものでなくてはならない。それらの選択は経済性、技術の可能性などで判断しなければならない。

(1) 自動車排出ガスの対策

実際的な対策は次のものである。

① 自動車製造技術

イランにおける自動車製造技術は先進諸国に比べて遅れている。基本設計技術、品質管理、製造技術、その他の改良が必要である。環境関連技術として車両エンジン製造技術、主要部品製造技術、排気ガス浄化触媒技術を開発研究する事が重要である。このため、先進国からの技術移転を受け入れる事が効果的である。また、技術者の相互交流も必要である。

② 自動車燃料の改善

CO の緊急な削減が必要なことから、MTBE の様な酸素添加ガソリン、の導入が必要である。高地と急坂の多い地形条件から考えて酸素添加ガソリン使用を義務づける法改正も考慮するべきと考えられる。また、ディーゼル燃料への植物油エステルへの混入もスモーク削減に効果的である。CO 排出抑制対策を行った後に無鉛ガソリンと三元触媒浄化装置の導入を図るべきである。さらに、もし経済情勢が許すなら、出来るだけ早急に燃料価格の合理化を図るべきである。また、LPG/LNG 車の普及を拡大すべきである。

③ 車両関連の法律改正

まず、I/M システムの完全実施と高車令車の廃車計画を進めるべきである。より高度な熟練工を育成するためメンテナンス技術者に免許制度を導入することも有効かも知れない。さらに現状の混沌とした交通状態から見て、運転免許の制度のより厳格な運用等も考えられる。

④ 自動車に関連した制度の改善

公共交通機関の一層の利用拡大を図るためサービスの向上が必要である。例えば、乗り換えの便を増すため、共通切符制度を導入や時間（運行ダイヤ）調整等である。

また、道路駐車を止めさせるため公共駐車場の充実を図る事が望まれる。車保有者に駐車場保有の義務づけをする。また、コンピュータによる集中信号制御装置の導入を図る。乗り入れ禁止地区の強化とパークエンドライド制度のより一層の強化を進める等の制度改善が必要である。

⑤ 現在の組織の再検討

I/M システムを運用を TVTIB が担当するのなら、TVTIB の能力を強化する必要がある。MOT の交通と環境問題を総合的に扱う研究機関が不可欠と思われる。AQCC と TVTIB を核とした新しい機関を作るなど、思い切った既存組織の再編成が必要であろう。

⑥ 市民の環境意識の向上

環境問題に関する PR 活動を継続しより強化する。

(2) 固定発生源の対策

工場発生源対策には①法律の改正及び工場の移転、②燃料供給の総合計画、③脱硫装置の建設が含まれる。また、事業所、家庭の発生源対策として LNG/LPG への転換がある。

1) 工場

①法律の改正及び工場の移転

環境基準に見合う排出基準を確立することがまず必要である。また、定期的あるいは非定期的

な立入検査制度を導入する。さらに、基準違反に対する罰則規定を法律に盛り込む必要がある。公害防止管理者制度の導入が望ましい。

また、より多くの工場の工業地帯への移転を継続的に実施する。

②燃料供給の総合計画

SO_x 汚染の削減のため、LPG、LNG への切り替えを促進する。低硫黄重油の生産を増加し、中小工場へ配分して使用させる。

③脱硫装置の建設

大工場には排煙脱硫装置を設置して、燃焼ガスから SO_x を抽出する。

2) 事業所と家庭

LPG/LNG の使用を拡大する。また家庭の暖房器具、厨房器具の改善を進める。室内汚染に関する市民の意識改革を広める。

8.2 プロジェクトの評価

8.2.1 技術移転

このプロジェクトを通じて拡散シミュレーション、野外調査法、拡散関連気象調査法、分析技術等を含む環境影響調査の技法は調査団によりイラン側の受け手 AQCC にほぼ移転された。将来、AQCC 単独で環境影響評価が実行されることが期待される。

JICA