

No. 100

ノキア合衆国

# 大気汚染対策燃焼技術導入計画調査

## 最終報告書

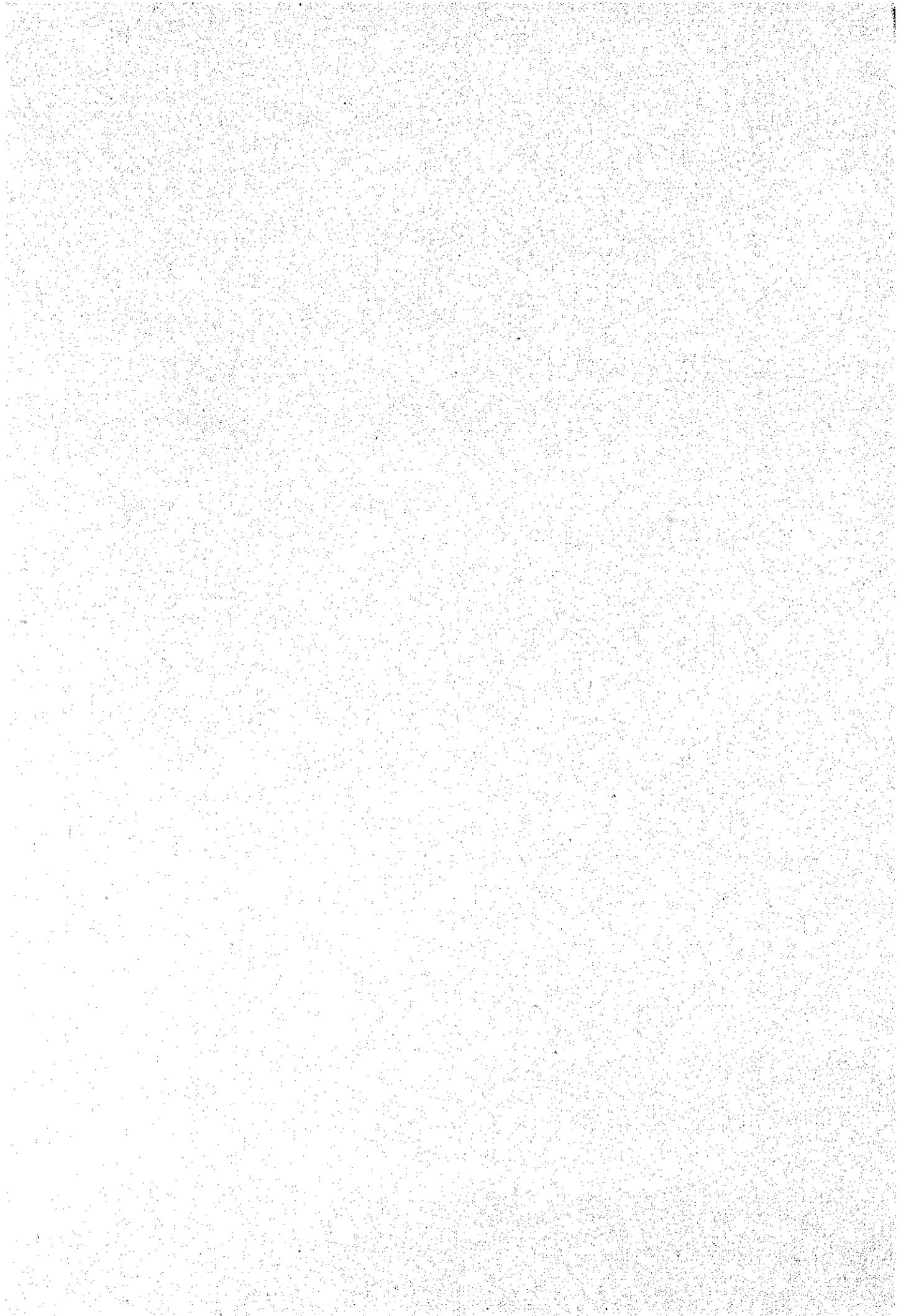
### 本編

1995年9月

株式会社 パナソニック コミュニケーションズ インターナショナル

株式会社 日産自動車 エンジン事業部

総工
97R7
95-173



JICA LIBRARY



1122917 [6]

28607



国際協力事業団

メキシコ合衆国

環境 庁

メキシコ合衆国

大気汚染対策燃焼技術導入計画調査

最終報告書

本 編

1995年9月

株式会社 バシフィック コンサルタンツ インターナショナル

株式会社 日本環境アセスメントセンター

国際協力事業団

28607

本報告書においては、プロジェクトのコストは1995年7月価格で表示し、  
1 US \$ = N \$ 6.00(=¥90)の通貨換算率を用いた。

## 序 文

日本国政府は、メキシコ合衆国政府の要請に基づき、同国メキシコ首都圏における大気汚染固定発生源対策のための燃焼技術導入について開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成5年6月から平成7年8月までの間、5回にわたり、(株)パシフィックコンサルタンツインターナショナルの内田 顯氏を団長とし、同社及び(株)日本環境アセスメントセンターの団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

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

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

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

平成7年9月

藤 田 公 郎

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎



# メキシコ合衆国大気汚染対策燃焼技術導入計画調査

## 伝 達 状

1995年9月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

拝啓

メキシコ合衆国大気汚染対策燃焼技術導入計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は、1993年6月8日、1994年5月23日、および1995年5月8日に国際協力事業団と株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルとの間で締結された契約に従って作成されました。

本報告書には、メキシコ市首都圏における大気汚染と固定発生源に関する現状分析と燃焼試験プラントにおける燃焼試験、およびこれらを踏まえた同地域のための大気汚染対策燃焼技術導入計画の調査結果が記載されています。

本報告書は、英文および和文の要約報告書および主報告書、英文のデータ集、および英文および西文の試験プラント運転・維持管理マニュアルに分冊されています。要約報告書は調査全体を簡潔明瞭にまとめ、主報告書には、背景条件の分析、固定発生源の状況の評価、燃焼試験の結果と解析、燃焼技術改善に関わる技術的提案とその普及のための制度強化の提案を含む全ての調査結果が記載されています。詳細データはデータ集に、また本調査により現地に設置した燃焼試験プラントの運転・管理方法は同マニュアルに記載されています。

本報告書の提出にあたり、全調査期間に亘り多大な御支援を賜った貴事業団、通商産業省、外務省、在メキシコ日本国大使館の諸賢ならびにメキシコ国政府諸機関の関係各位に対し心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果がメキシコ市首都圏の大気質の改善と社会の発展の一助となることを希望する次第であります。

敬 具

内 田 顕

調 査 団 長  
内 田 顕



## 略 語 表

### 行政区域

- DF : Distrito Federal (首都連邦区)  
EDOMEX : EM  
EM : Estado de Mexico (メキシコ州)  
MCEM : Municipios Conurbados del Estado de Mexico (メキシコ州のZMCM内の17市)  
ZMCM : Zona Metropolitana de la Ciudad de Mexico (メキシコ市首都圏 = DF + MCEM)

### 組織名

- CENAM : Centro Nacional de Metrología (国家計量センター)  
CFE : Comision Federal de Electricidad (連邦電力委員会)  
CONAE : Comision Nacional para Ahorro de Energia (国家省エネルギー委員会)  
DDF : Departamento del Distrito Federal (首都連邦区庁)  
GEM : Gobierno del Estado de Mexico (メキシコ州政府)  
IIE : Instituto de Investigaciones Electricas (メキシコ電力研究所)  
IMP : Instituto Mexicano del Petroleo (メキシコ石油研究所)  
INE : Instituto Nacional de Ecologia (環境庁)  
JICA : Japan International Cooperation Agency (国際協力事業団)  
METROCOM : Comision Metropolitana para la Prevencion y Control de la Contaminacion Ambiental en el Valle de Mexico (首都圏環境汚染防止管理委員会)  
NIST : National Institute of Standards and Technology (米国国家計量技術研究所)  
PEMEX : Petroleos Mexicanos (メキシコ石油公社)  
PROFECO : Procuraduría Federal de Consumidor (連邦消費者検察庁)  
PROFEPA : Procuraduria Federal de Proteccion al Ambiente (環境保護検察庁)  
SE : Secretaría de Energía (エネルギー省)  
SECOFI : Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (商業・工業振興省)  
SECT : Secretaría de Comunicaciones y Transportes (通信・運輸省)  
SEDESOL : Secretaría de Desarrollo Social (社会開発省)  
SEG : Secretaría de Gobernacion (内務省)  
SEMARNAP : Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (環境・天然資源・漁業省)  
SEMIP : Secretaría de Energia, Minas e Industria Paraestatal (エネルギー・鉱山・国営企業省)  
SEP : Secretaría de Educacion Publica (教育省)  
SES : Secretaría de Salud (保健省)  
SHCP : Secretaría de Hacienda y Credito Publico (財務・公債省)

- SINALP : Sistema Nacional de Acreditacion de Laboratorios Pruebas (実験室認可制度)  
SPP : Secretaría de Programacion y Presupuesto (企画・予算省)  
STPS : Secretaría de Trabajo y Prevision Social (労働省)

技術関係

- EGR : Exhaust gas recirculation (排ガス再循環)  
FBC : Fluidized bed combustion (流動床燃焼)  
NO<sub>2</sub> : Nitrogen dioxide (二酸化窒素)  
NOM : Norma Oficial Mexicana (メキシコ公式基準)  
NO<sub>x</sub> : Nitrogen oxides (窒素酸化物)  
PM : Particulate matter (粒子状物質)  
PM10 : Suspended particulate matter of diameters less than 10 micrometers (粒径10ミクロン以下の浮遊粒子状物質)  
SO<sub>2</sub> : Sulfur dioxide (二酸化硫黄)  
SO<sub>x</sub> : Sulfur oxides (硫黄酸化物)  
TSP : Total suspended particulates (全浮遊粒子)  
PICCA : Programa Integral Contra la Contaminacion Atmosferica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Mexico (メキシコ市首都圏大気汚染対策総合プログラム、METROCOM, 1990年10月)  
IMECA : Indice Metropolitana de la Calidad del Aire (首都大気質指数)

メキシコ合衆国大気汚染対策燃焼技術導入計画調査  
最終報告書

本 篇

目 次

	頁
序文	
伝達状	
略語表	(i)
目 次	(iii)
表リスト	(vi)
図リスト	(viii)
第1章 はじめに	
1.1 調査の背景	1-1
1.2 調査の目的	1-2
1.3 調査対象地域	1-2
1.4 調査の範囲	1-4
1.5 調査の実施	1-5
1.5.1 調査の体制	1-5
1.5.2 調査行程	1-7
第2章 メキシコ市首都圏の大気汚染の概要と背景	
2.1 社会・経済状況	2-1
2.1.1 人口	2-1
2.1.2 経済および工業	2-1
2.2 エネルギー事情	2-4
2.2.1 国家のエネルギー基本政策	2-4
2.2.2 環境保護に係るエネルギー政策	2-5
2.2.3 エネルギーの生産、供給および消費	2-7
2.3 大気汚染の現況	2-11
2.3.1 大気質の環境基準	2-11
2.3.2 ZMCMの大気質監視網	2-12
2.3.3 ZMCMにおける大気質の傾向	2-13
2.4 大気質保全に係る制度的枠組み	2-15
2.4.1 政府の組織	2-15
2.4.2 固定発生源の排出基準	2-16
2.5 大気汚染物質発生源の概要	2-22

2.6 固定発生源の監視状況	2-25
2.6.1 公的監視の結果	2-25
2.6.2 計測サービス会社の能力	2-26
2.6.3 計測サービスの資格	2-26
2.7 燃焼管理のための能力開発	2-28
2.7.1 燃焼設備オペレータの現行免許制度	2-28
2.7.2 任意のオペレータ能力開発	2-28

### 第3章 メキシコ市首都圏の固定発生源の状況

3.1 調査の種類と対象の選定	3-1
3.2 アンケートによる工場の概略調査	3-2
3.2.1 調査の概略	3-2
3.2.2 調査結果	3-2
3.3 工場の診断調査	3-4
3.3.1 調査の目的と方法	3-4
3.3.2 診断調査の結果	3-5
3.4 商業サービス事業所ボイラーの診断調査	3-22
3.4.1 調査施設	3-22
3.4.2 調査結果	3-22
3.5 問題点および考察	3-26
3.5.1 燃焼設備の現状	3-26
3.5.2 燃焼設備の運転条件	3-29
3.5.3 総括と考察	3-33

### 第4章 燃焼試験プラントによる燃焼試験

4.1 メキシコ市首都圏における燃焼条件	4-1
4.2 燃焼試験プラントの概要	4-2
4.2.1 配置図とフローシート	4-2
4.2.2 主な設備	4-2
4.3 燃焼試験の概要	4-7
4.3.1 使用燃料とバーナ	4-7
4.3.2 試験項目と方法	4-8
4.3.3 測定項目と方法	4-10
4.3.4 機器の設置と燃焼試験の工程	4-10
4.4 燃焼試験の結果	4-13
4.4.1 油用標準型バーナによる試験結果	4-13
4.4.2 油用低NO <sub>x</sub> 型バーナ (1) による試験結果	4-25
4.4.3 油用低NO <sub>x</sub> 型バーナ (2) による試験結果	4-28
4.4.4 油用低NO <sub>x</sub> 型バーナ (3) による試験結果	4-30
4.4.5 燃料分析結果	4-33
4.4.6 燃焼効率	4-36
4.5 燃焼試験結果の評価	4-37
4.5.1 各種燃焼方法・技術の汚染物質低減効果	4-37

4.5.2 省エネルギー対策とその効果	4-49
4.6 バーナの改造	4-65
<b>第5章 メキシコ市首都圏における燃焼技術改善の提案</b>	
5.1 燃焼試験から得られた結論	5-1
5.1.1 低NO <sub>x</sub> 燃焼技術	5-1
5.1.2 省エネルギー運転技術	5-2
5.2 ボイラーの省エネルギー対策	5-7
5.2.1 ボイラーの省エネルギー項目	5-7
5.2.2 伝熱の改善	5-7
5.2.3 排ガスの熱回収	5-9
5.2.4 空気比修正と空気予熱による燃料節約率	5-10
5.2.5 放熱防止	5-12
5.2.6 その他	5-12
5.3 天然ガス燃焼における低NO <sub>x</sub> 燃焼法	5-14
5.3.1 低NO <sub>x</sub> の手法	5-14
5.3.2 EGR の効果	5-14
5.4 特定の工業用炉のNO <sub>x</sub> 削減方法	5-17
5.4.1 ガラス溶融炉	5-17
5.4.2 ロータリーキルン (セメント)	5-19
<b>第6章 低NO<sub>x</sub> 燃焼技術の普及 および制度強化のための提案</b>	
6.1 NO <sub>x</sub> 排出削減のためのボイラーオペレータの育成	6-1
6.1.1 技術的改善の必要性	6-1
6.1.2 導入すべき技術	6-3
6.1.3 育成の初期段階	6-4
6.1.4 育成の次期段階	6-5
6.2 NO <sub>x</sub> 対策に係る制度の強化	6-9
6.2.1 企業の低NO <sub>x</sub> 燃焼技術導入への支援	6-9
6.2.2 企業内自主監視組織の設立	6-12
6.2.3 固定発生源用の信頼できる測定サービスの確立	6-15
<b>第7章 結論と勧告</b>	
7.1 燃焼技術	7-1
7.2 実施促進措置	7-2
参考文献	R-1



## 表リスト

		ページ
第1章		
表1.1	調査工程 .....	1-8
第2章		
表2.1.1	メキシコ市首都圏 (ZMCM) の人口、1990年 .....	2-2
表2.1.2	メキシコの国内総生産 (1980年固定価格：百万新ペソ) .....	2-3
表2.2.1	H-oil の計画上の性状 .....	2-7
表2.2.2	ZMCM での現在または過去使用の重油、ガスオイルの性状 .....	2-7
表2.2.3	メキシコにおける1次エネルギーの生産と供給 (1992年) .....	2-8
表2.2.4	種類・部門別エネルギーの最終消費量 (1992年) .....	2-9
表2.3.1	メキシコの大気質環境基準 .....	2-11
表2.3.2	ZMCMの大気質監視局数 .....	2-12
表2.5.1	排出源別大気汚染物質の年間排出量 .....	2-22
表2.5.2	ZMCMにおける区市別製造業者数 (1988) .....	2-23
表2.5.3	ZMCMにおける規模別製造業者数 (1988) .....	2-24
表2.5.4	ZMCMにおけるサービス施設数 (1988) .....	2-24
表2.6.1	PROFEPAによる監査企業数 (1992年8月～1993年7月) .....	2-25
第3章		
表3.5.1	ボイラー用燃焼管理装置一覧 .....	3-26
表3.5.2	調査した企業における燃焼管理装置の状況 .....	3-27
表3.5.3	調査団による排ガス中の酸素濃度調査結果 .....	3-30
表3.5.4	NOx 排出濃度調査結果 .....	3-30
表3.5.5	調査した企業における免許オペレータの配置人数 .....	3-32
第4章		
表4.3.1	軽油およびガスオイルのスペック (ロット No.1) .....	4-7
表4.4.1	蒸気噴射と NOx 濃度 .....	4-28
表4.4.2	軽油の分析結果 .....	4-34
表4.4.3	ガスオイルの分析結果 .....	4-34
表4.4.4	窒素分添加ガスオイルの窒素含有量分析結果 .....	4-34
表4.4.5	燃料中の窒素含有量分析値の対比 .....	4-35
表4.4.6	IMPによる窒素含有量分析値の再現性 .....	4-35
表4.4.7	IMPと調査団による燃料中の窒素含有量分析値の対比 .....	4-35
表4.4.8	バーナ別燃焼効率 .....	4-36

表 4.5.1	標準型バーナを基準とした各バーナの NO <sub>x</sub> 削減率 .....	4 - 38
表 4.5.2	排ガス中の酸素濃度を下げた時の NO <sub>x</sub> 削減率 (O <sub>2</sub> 5%の時の NO <sub>x</sub> 濃度を基準として) .....	4 - 42
表 4.5.3	EGR 量と NO <sub>x</sub> 削減率の関係 .....	4 - 46
表 4.5.4	バーナノズル開度と NO <sub>x</sub> 増加率 .....	4 - 48
表 4.5.5	蒸気霧化と空気霧化の比較 .....	4 - 48
表 4.5.6	内部混合法に対する外部混合法の NO <sub>x</sub> 増加率 (内部混合法を基準) .....	4 - 49
表 4.5.7	熱勘定表 .....	4 - 55
表 4.5.8	パラメータ別のボイラー効率 .....	4 - 56
表 4.5.9	予熱空気温度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 .....	4 - 63
第 5 章		
表 5.1.1	日本におけるボイラーの標準空気比 .....	5 - 6
表 5.2.1	スケールその他の物質の熱伝導度 .....	5 - 8
表 5.2.2	日本における排ガスの標準温度 .....	5 - 10
表 5.2.3	ボイラーの運転日誌 (例) .....	5 - 13
第 6 章		
表 6.1.1	ボイラーに関する NO <sub>x</sub> の排出基準改定 .....	6 - 2
表 6.1.2	通常の窒素含有量の油の通常のバーナによる燃焼試験における 排ガス NO <sub>x</sub> 濃度 .....	6 - 4
表 6.2.1	支援施策の費用負担者 (案) .....	6 - 12

## 図リスト

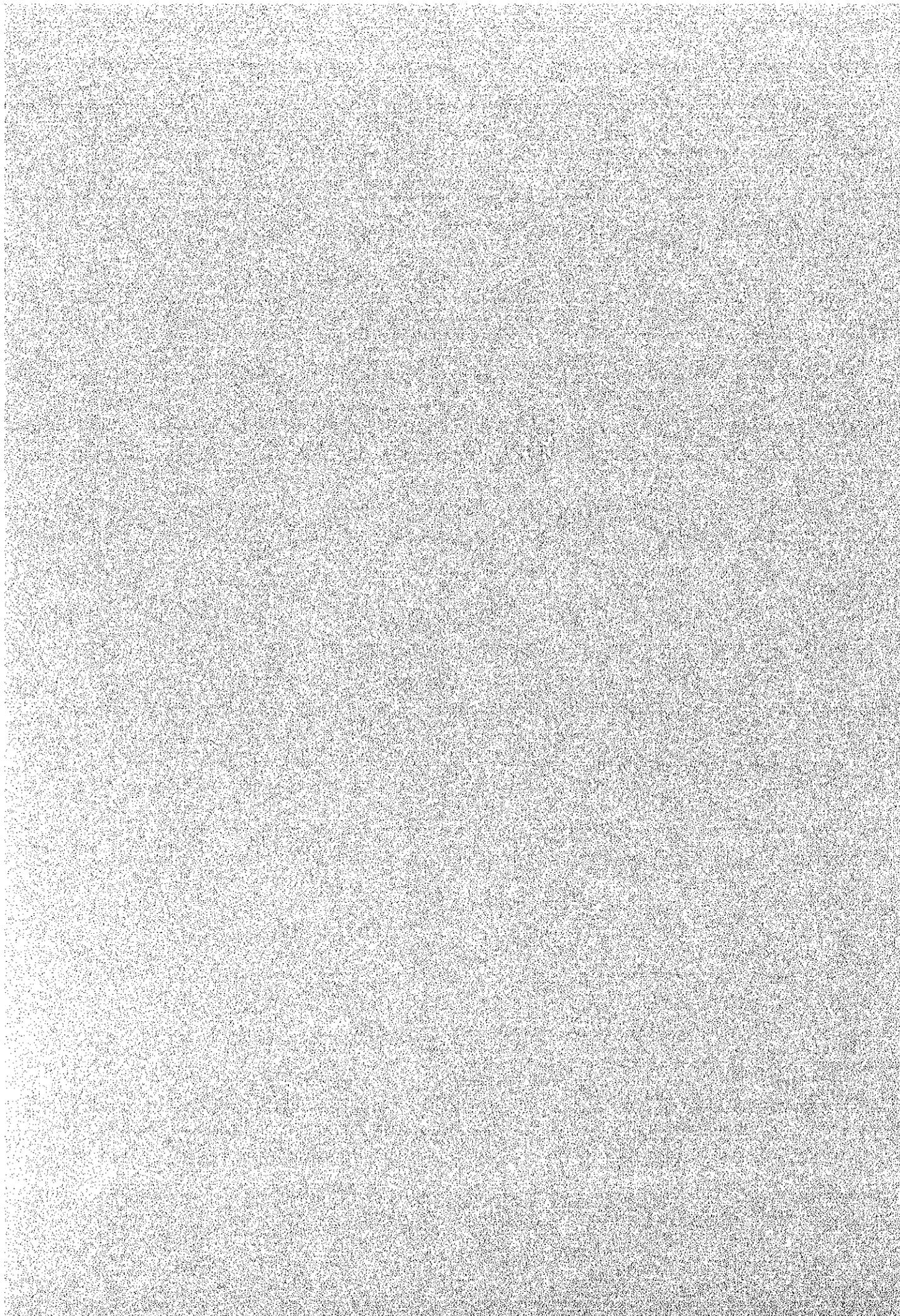
	ページ
<b>第1章</b>	
図 1.1 調査対象地域 (ZMCM) .....	1 - 3
<b>第2章</b>	
図 2.1.1 メキシコの国内総生産 (1980年固定価格：百万新ペソ) .....	2 - 3
図 2.3.1 IMECA による ZMCM の大気質の推移 .....	2 - 14
<b>第3章</b>	
図 3.5.1 ボイラー年齢分布 .....	3 - 29
<b>第4章</b>	
図 4.4.1 軽油燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 (通常バーナ、蒸気霧化) .....	4 - 14
図 4.4.2 軽油燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 (通常バーナ、空気霧化) .....	4 - 14
図 4.4.3 ガスオイル燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 (通常バーナ、蒸気霧化) .....	4 - 15
図 4.4.4 ガスオイル燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 (通常バーナ、空気霧化) .....	4 - 15
図 4.4.5 予熱空気温度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 .....	4 - 17
図 4.4.6 バーナーチップ開度による O <sub>2</sub> 濃度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 .....	4 - 17
図 4.4.7 軽油燃焼における EGR 比-NO <sub>x</sub> 濃度の関係 (通常バーナ、蒸気霧化) .....	4 - 18
図 4.4.8 ガスオイル燃焼における EGR 比-NO <sub>x</sub> 濃度の関係 (通常バーナ、蒸気霧化) .....	4 - 18
図 4.4.9 バーナ位置の NO <sub>x</sub> 濃度への影響 .....	4 - 20
図 4.4.10 軽油の内部混合燃焼における霧化蒸気圧力と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 .....	4 - 21
図 4.4.11 軽油の外部混合燃焼における霧化蒸気圧力と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 .....	4 - 22
図 4.4.12 ガスオイルの内部混合燃焼における霧化蒸気圧力と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 .....	4 - 23
図 4.4.13 ガスオイルの外部混合燃焼における霧化蒸気圧力と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 .....	4 - 24
図 4.4.14 軽油燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 (低 NO <sub>x</sub> バーナ (1) 蒸気霧化) .....	4 - 26
図 4.4.15 軽油燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係 (低 NO <sub>x</sub> バーナ (1) 空気霧化) .....	4 - 26
図 4.4.16 ガスオイル燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NO <sub>x</sub> 濃度の関係	

	(低 NOx バーナ (1) 蒸気霧化) .....	4 - 27
図 4.4.17	ガスオイル燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (低 NOx バーナ (1) 蒸気霧化) .....	4 - 27
図 4.4.18	ガスオイル燃焼における一次空気比と NOx 濃度の関係 (低 NOx バーナ (2) 蒸気霧化) .....	4 - 29
図 4.4.19	最適一次空気比でガスオイル燃焼における排ガス O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (低 NOx バーナ (2) 蒸気霧化) .....	4 - 29
図 4.4.20	軽油燃焼における一次空気比と NOx 濃度の関係 (低 NOx バーナ (3) 蒸気霧化) .....	4 - 31
図 4.4.21	ガスオイル燃焼における一次空気比と NOx 濃度の関係 (低 NOx バーナ (3) 蒸気霧化) .....	4 - 31
図 4.4.22	最適一次空気比での軽油燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (低 NOx バーナ (3) 蒸気霧化) .....	4 - 32
図 4.4.23	最適一次空気比でのガスオイル燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度 の関係 (低 NOx バーナ (3) 蒸気霧化) .....	4 - 32
図 4.5.1	燃料窒素分と NOx 濃度の関係 (O <sub>2</sub> =3%、燃料負荷 120 ℓ/h).....	4 - 39
図 4.5.2	燃料窒素分と NOx 濃度の関係 (O <sub>2</sub> =5%、燃料負荷 120 ℓ/h).....	4 - 39
図 4.5.3	燃料窒素分と NOx 濃度の関係 (O <sub>2</sub> =3%、燃料負荷 160 ℓ/h).....	4 - 40
図 4.5.4	燃料窒素分と NOx 濃度の関係 (O <sub>2</sub> =5%、燃料負荷 160 ℓ/h).....	4 - 40
図 4.5.5	燃料窒素分と NOx 濃度の関係 (O <sub>2</sub> =3%、燃料負荷 200 ℓ/h).....	4 - 41
図 4.5.6	燃料窒素分と NOx 濃度の関係 (O <sub>2</sub> =5%、燃料負荷 200 ℓ/h).....	4 - 41
図 4.5.7	軽油燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (蒸気霧化 燃料負荷 120 ℓ/h).....	4 - 43
図 4.5.8	ガスオイル燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (蒸気霧化 燃料負荷 120 ℓ/h).....	4 - 43
図 4.5.9	軽油燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (蒸気霧化 燃料負荷 160 ℓ/h).....	4 - 44
図 4.5.10	ガスオイル燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (蒸気霧化 燃料負荷 160 ℓ/h).....	4 - 44
図 4.5.11	軽油燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (蒸気霧化 燃料負荷 200 ℓ/h).....	4 - 45
図 4.5.12	ガスオイル燃焼における O <sub>2</sub> 濃度と NOx 濃度の関係 (蒸気霧化 燃料負荷 200 ℓ/h).....	4 - 45
図 4.5.13	燃料窒素分に応じた EGR の NOx 低減効果 (通常バーナ、蒸気霧化 燃料負荷 120 ℓ/h).....	4 - 47
図 4.5.14	燃料窒素分に応じた EGR の NOx 低減効果 (通常バーナ、蒸気霧化 燃料負荷 160 ℓ/h).....	4 - 47
図 4.5.15	熱勘定の範囲.....	4 - 51
図 4.5.16	ボイラーの熱勘定.....	4 - 55

図 4.5.17	ボイラー負荷とボイラー効率の関係 .....	4 - 57
図 4.5.18	排ガス中の SO <sub>3</sub> 濃度と露点温度の関係 .....	4 - 60
図 4.6.1	標準型バーナの構造 .....	4 - 66
図 4.6.2	改造型バーナの構造 .....	4 - 66
図 4.6.3	改造二次空気ノズルの構造 .....	4 - 67
<b>第 5 章</b>		
図 5.1.1	20 ton/h ボイラーの熱収支 (例) .....	5 - 4
図 5.1.2	空気比と排ガス損失の関係 .....	5 - 4
図 5.1.3	空気比を 1.30 に調整した場合の燃料節約率 .....	5 - 4
図 5.1.4	排ガスの酵素濃度と NO <sub>x</sub> 濃度 (ガスオイル、蒸気霧化通常バーナ) .....	5 - 5
図 5.1.5	排ガスの酵素濃度と NO <sub>x</sub> 濃度 (ガスオイル、蒸気霧化通常バーナ) .....	5 - 5
図 5.2.1	ボイラーの省エネルギー項目 .....	5 - 7
図 5.2.2	伝熱面のすすによる燃料浪費 (例) .....	5 - 8
図 5.2.3	伝熱面のスケールによる燃料浪費 (例) .....	5 - 8
図 5.2.4	空気比修正及び燃焼空気予熱による総括燃料節約率 .....	5 - 11
図 5.3.1	EGR 率および燃料中の窒素分と NO <sub>x</sub> 低減率の関係 .....	5 - 15
図 5.3.2	ボイラー (例 A) における EGR 率と NO <sub>x</sub> 低減率 .....	5 - 15
図 5.3.3	ボイラー (例 B) における EGR 率と NO <sub>x</sub> 低減率 .....	5 - 15
図 5.3.4	EGR を用いた実機による天然ガスの燃焼試験結果の例 .....	5 - 16
<b>第 6 章</b>		
図 6.1.1	能力開発コースの実施組織 .....	6 - 8
図 6.2.1	政府による支援策の考えられる内容 .....	6 - 10
図 6.2.2	企業内自主監視組織案 .....	6 - 13
図 6.2.3	信頼できる計測サービスの要素システムの提案 .....	6 - 17
図 6.2.4	計測用標準物質供給システム案 .....	6 - 18
図 6.2.5	計測サービス会社・個人の免許制度案 .....	6 - 19



## 第1章 はじめに



## 第1章 はじめに

### 1.1 調査の背景

メキシコ市首都圏（Zona Metropolitana de la Ciudad de Mexico : ZMCM）は首都連邦区（Distrito Federal : DF）の全16区およびメキシコ州の17市（通常MCEMと呼ばれる）より成っている。ZMCMは人口約1,500万人、面積約3,600 km<sup>2</sup>で世界で有数の巨大都市圏である。

ZMCMでは、急速なモータリゼーションおよび工業化と平行して大気汚染問題が起こってきたが、1970年代半ばには非常に深刻な状態に至った。汚染物質排出量の大きさに加え、地理、地形および気象におけるZMCMの特殊な条件も大気汚染に大きな影響を及ぼしている。

1980年代始めになって、メキシコ政府は環境汚染の改善についてより多くの努力を払うようになり、1982年に環境保護法を施行した。1986年1月には25局より成るZMCMの大気質自動測定網が稼働を始めた。同年2月に、政府は「大気汚染の21対策」を大統領令として発布し、ZMCMの大気汚染対策に関わる広範な活動を始めた。これらの活動は1988年3月に施行された生態均衡環境保護法および1990年10月に策定された「ZMCMの大気汚染対策総合プログラム（PICCA）」により、更に強化されてきた。

このような状況下で、日本国政府も国際協力事業団（JICA）による技術協力を含め、可能な方法により大気汚染問題の緩和に向けて支援を行ってきた。JICAは1987/1988年の「メキシコ市大気汚染対策調査」に続き、1990/1991年には「メキシコ市首都圏大気汚染固定発生源対策調査」を実施した。

この間、古い精油所の閉鎖や高硫黄燃料から天然ガスおよび良質液体燃料への転換などメキシコ政府が実施した対策案により、ZMCMの二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）による大気汚染は相当程度改善された。しかし、光化学スモッグの問題はまだ未解決であり、従って窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）の排出の低減が重要課題として残されている。

本調査は、以上の背景のもとにJICAが実施したものであり、ZMCMの固定発生源において、汚染物質、特にNO<sub>x</sub>の排出削減のための適切な燃焼技術を提案することを主たる目的としている。調査の実施細則（S/W）は1993年3月にJICAおよびメキシコ国関係機関の間で合意され、同年6月の本格調査団のメキシコ訪問により本格調査が開始された。

## 1.2 調査の目的

本調査の目的は以下のとおりである。

- (1) ZMCMの固定発生源からのNO<sub>x</sub>およびばいじんの排出を削減するために、適切な燃焼技術・方法を提案する。
- (2) 上記技術を試験プラントにおける燃焼試験を通じてメキシコ側カウンターパートに移転する。

## 1.3 調査対象地域

調査対象地域は図1.1に示すメキシコ市首都圏（ZMCM）である。なお、本調査における燃焼試験は、イダルゴ州パチューカのメキシコ石油研究所（IMP）の試験棟内に設置した燃焼試験プラントで実施した。

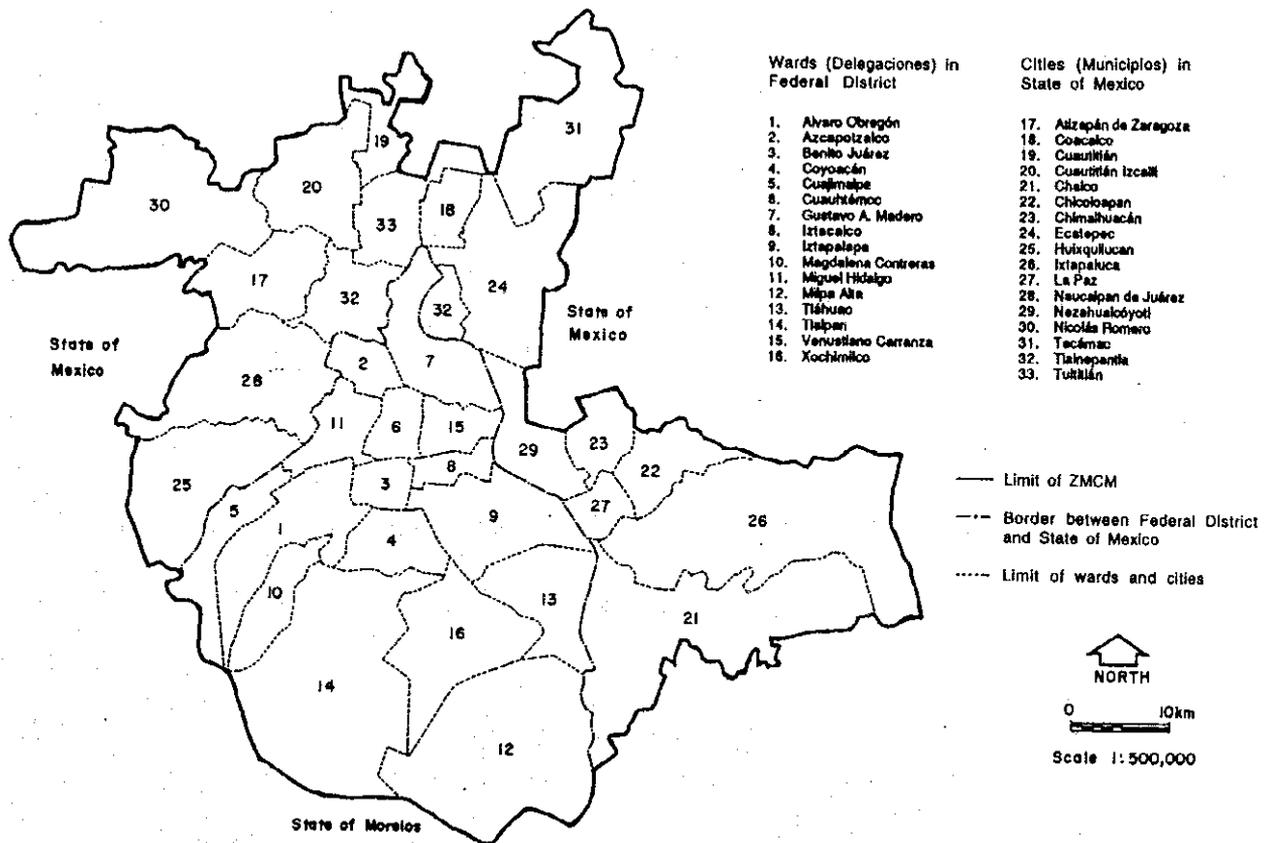
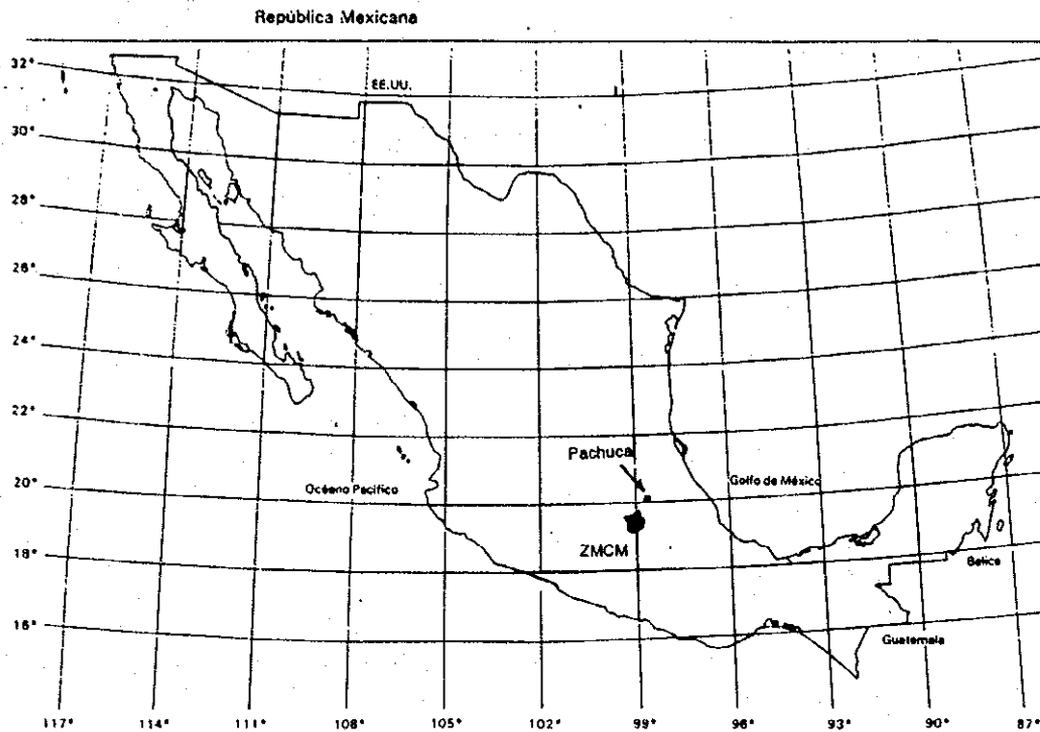


図1.1 調査対象地域 (ZMCM)

## 1.4 調査の範囲

本調査ではS/Wに基づき、以下の項目の調査を行った。

### (1) 背景調査

- 1) 社会・経済状況
- 2) 国家開発計画
- 3) 国家環境政策および排出関連法制度
- 4) エネルギー政策
- 5) ZMCMの大気汚染状況
- 6) 燃料需給
- 7) 環境管理状況
- 8) 燃焼管理に関する研修制度の現況

### (2) ZMCM内固定発生源のNO<sub>x</sub> とばいじんの排出抑制の現況レビュー

- 1) 燃焼施設
- 2) NO<sub>x</sub>、ばいじんの排出
- 3) 環境施設投資計画
- 4) 燃焼管理

### (3) 燃焼試験プラントにおける燃焼試験

- 1) 各種燃料による燃焼試験
- 2) 各燃焼方法による燃焼試験
- 3) 燃焼方法に関わる技術移転
  - a) 燃焼試験のデモンストレーション
  - b) 各種セミナー
  - c) 燃焼試験に関わる情報の提供
  - d) 燃焼試験プラント運転マニュアルの作成
- 4) 燃焼試験結果の解析

### (4) 低NO<sub>x</sub> 燃焼技術の評価

- 1) コスト対効果、各種低NO<sub>x</sub> 燃焼方法・技術の比較優位性および適性
- 2) 省エネルギー効果
- 3) 適正燃焼管理によるばいじんの削減

### (5) 提言

- 1) 燃焼施設でのNO<sub>x</sub> 排出抑制のための代替措置
- 2) NO<sub>x</sub> 排出抑制のための組織・法制度整備
- 3) 燃焼技術者養成計画
- 4) 典型的燃焼施設でのNO<sub>x</sub> 排出抑制のための運転原則

## 1.5 調査の実施

### 1.5.1 調査の体制

#### (1) 日本側体制

国際協力事業団（JICA）が実施機関であり、JICAは通産省および外務省と協議しつつ本調査の形成および実施の監督を行った。JICAは本格調査の実施のために調査団を選定した。

調査団員は以下のとおりである。

氏名	担当	所属
内田 顕	総括	PCI
漆畑 喜八郎	副総括／環境行政・人材育成	PCI
金清 勝応	燃焼試験総括／固定源診断・省エネルギー	JEAC
小竹 雅彦	燃焼試験・燃焼管理	FES
島田 康元	燃焼試験・燃焼管理	FES
伊藤 和博	燃焼試験・燃焼設備	TIW
勝田 基嗣	燃焼試験・排ガス測定	TEAC
平尾 実	燃焼試験・排ガス測定	JEAC
原 陽司	燃料試験・燃料分析	JEACI
水谷 一馬	固定源診断・省エネルギー	PCI
永井 卓朗	固定源診断・省エネルギー	PCI

- 注) PCI : パシフィックコンサルタンツインターナショナル  
JEAC : 日本環境アセスメントセンター  
FES : ファーネス E.S.  
TIW : 高尾鉄工  
JEACI : JEAC インターナショナル

#### (2) メキシコ側体制

メキシコ側は運営委員会（Steering Committee）と技術委員会（Technical Committee）を組織し、JICA 調査団のカウンターパート・メンバーを指名した。

##### 1) 運営委員会

運営委員会のメンバーは以下のとおりである。

役 割	名 前	役 職
Chairman	Fis. Sergio Reyes Lujan M.C. Julia Carabias Lillo Dr. Gabriel Quadri de la Torre	President, INE
Vice-chairman	Arq. Rene Alamirano Perez Dr. Gabriel Quadri de la Torre	Director General of Environmental Standardization, INE
	Dr. Adrian Fernandez Bremauntz	Director General of Environmental Management and Information, INE
Member	Lic. Fernando Menendez Garza	General Coordinator for Prevention and Control of Pollution, DDF
Member	Lic. Martin R. Gonzalez Hernandez	Director General of Standardization, Reorganization, and Environmental Impact, Secretariat of Ecology, GEM
	Ing. Rogelio Gonzalez Garcia	Director General of Ecological Planning, Secretariat of Ecology, GEM
Member	Dr. Rodolfo Rojas Rubi	Advisor of Sub-secretariat of Energy, SEMIP
Member	Lic. Julio Camelo Martinez	Auditor of Industrial Safety, Environmental Protection, and Energy Saving, PEMEX
Member	Ing. Victor Alcerreca Sanchez	Director General, IMP

(注) 同じ役割欄に2名以上の名前がある場合は、委員の交代を示し、役職は委員当時のものである。

## 2) 技術委員会

技術委員会のメンバーは以下のとおりである。

名 前	役 職
Arq. Rene Altamirano Perez	Director General of Environmental Standardization, INE
Dr. Gabriel Quadri de la Torre	Director General of Environmental Standardization, INE
Dr. Adrian Fernandez Bremauntz	Director General of Environmental Management and Information, INE
Ing. Rodolfo Lacy Tamayo	Director General of Environmental Project, DDF
Ing. Luis Barojas Weber	Advisor of Sub-secretariat of Energy, SEMIP
Ing. Guillermo Andrade Gelabert	Director of Environmental Protection and Energy Saving, PEMEX
Dr. Alberto Jaime Paredes	Director of Environmental Protection, CFE
Ing. Jose Manuel Olivares	Director of Environmental Protection, IPM Director of Environmental Protection and Safety, PEMEX

(注) 同じ欄に2名以上の名前がある場合は、委員の交代を示し、役職は委員当時のものである。

3) カウンターパート

カウンターパートのメンバーは以下のとおりである。

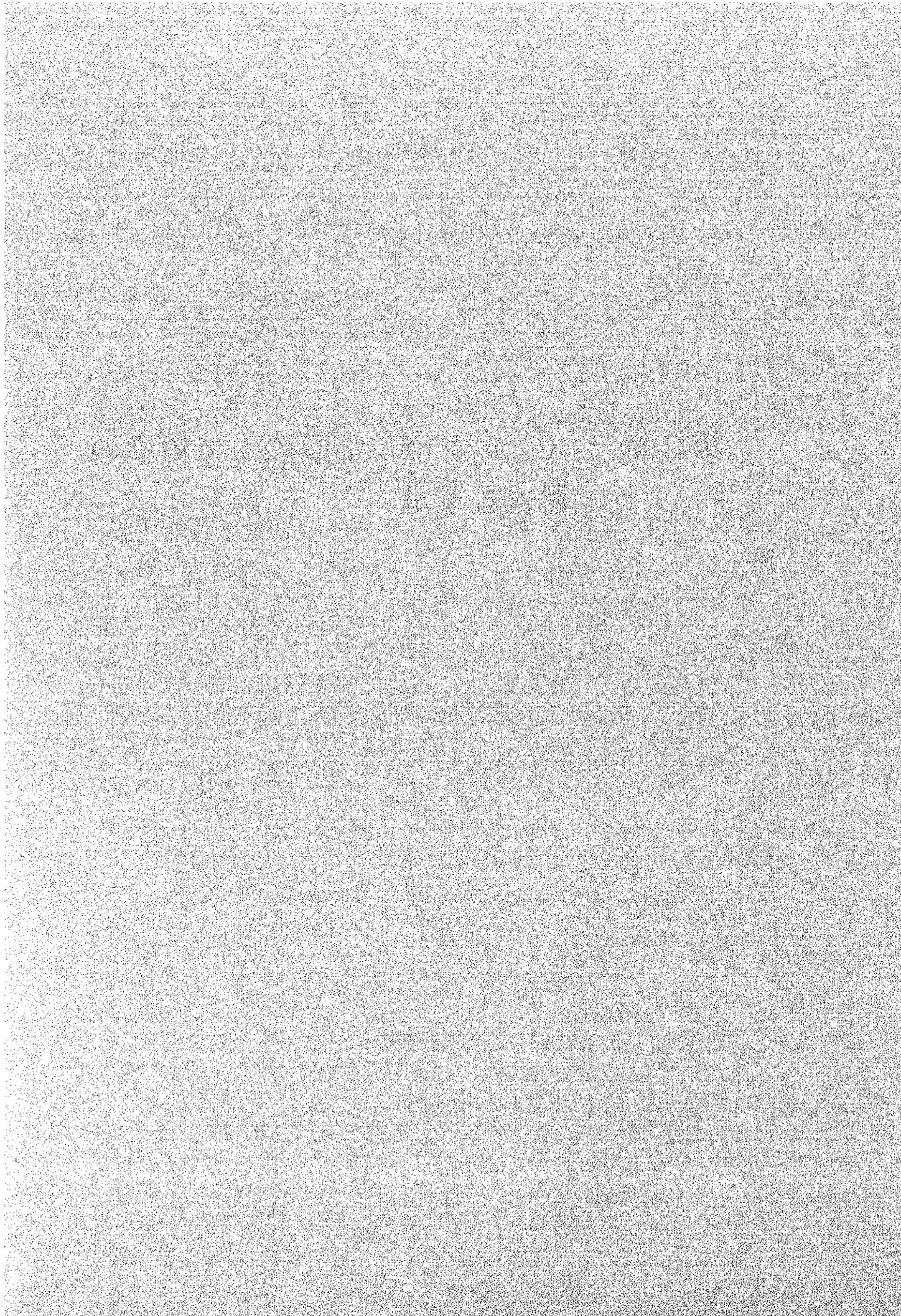
担 当	名 前	所 属
Leader	Victor Hugo Paramo Figueroa	INE
	Enrique Campuzano Balbuena	INE
Deputy Leaders	Enrique Campuzano Balbuena	INE
	Sergio Sanchez Martinez	DDF
	Rodolfo Casas Barba	IMP
Stationary Source Survey, Energy Saving, Combustion Equipment and Control	Mariano Montes Gonzalez	INE
	Julia Perez Ramirez	INE
	Martin Salas Martinez	DDF
	Enrique Llamas Torres	DDF
Combustion Test	Fernando Mosqueda	DDF
	Daniel Mejia Bafuelos	GEM
	Tomas Rangel Magos	IMP
	Guillermo Reyes Cepeda	IMP
	Francisco Robles Lopez	IMP
Flue Gas Measurement	Tomas Rangel Magos	IMP
	Guillermo Reyes Cepeda	IMP
	Francisco Robles Lopez	IMP
	Claudia Rivera Villa	IMP
Advisor (JICA Expert)	Yoshihiro Shigeta Ohashi	DDF

1.5.2 調査行程

調査の概略工程は表1.1に示すとおりである。



## 第2章 メキシコ市首都圏の大気汚染の 概要と背景



## 第2章 メキシコ市首都圏の大気汚染の概要と背景

### 2.1 社会・経済状況

#### 2.1.1 人口

メキシコ市首都圏 (ZMCM) の 1990 年の人口は約 1,500 万人であり、うち約 820 万人が DF に住み約 680 万人が MCEM に住んでいる。メキシコ合衆国の約 8,100 万人の人口のうち 18.5 % は ZMCM に住んでいる。ZMCM の 1990 年人口を DF 内の区およびメキシコ州内の市に分けて表 2.1.1 に示す。1980 年からの 10 年間に ZMCM の人口は 20 % 増えた。同じ期間中の DF 内の人口増加が 2.6 % であったのに対し、MCEM 内では 52 % とめざましい増加であった。

#### 2.1.2 経済および工業

メキシコの国内総生産は、1980 年固定価格で 1987 年の 48 億新ペソから 1993 年の 56 億新ペソに増えたが、1992 年から 1993 年の 1 年間の国内総生産の伸びは、わずかに 0.4 % であった。近年の国内総生産の傾向を経済部門別に示したのが表 2.1.2 および図 2.1.1 である。

1980 年の国内総生産に占める ZMCM の地位は、農業：0.4 %、製造業：30.8 %、輸送：34.4 %、サービス：50.5 %、合計：38.2 % であった (参考文献 A 10)。

製造部門の上記のシェアは、1988 年までに 27 % に落ちたとされている。製造部門の収入における ZMCM の全国に対するシェアは 29.3 % であり、そのうち DF が 20 %、MCEM が 9.3 % であった。メキシコ市首都圏のシェアは、1985 年から 1988 年の期間に 7.2 % 減少した (参考文献 A2)。

生産額の面で ZMCM のシェアは、1988 年において製造業の種別に次のように分布していた。すなわち食料・飲料：32 %、機械：21 %、織物・衣料：15 %、パルプ・紙：11 %、木材：7 %、化学・石油化学：7 %、セメント・窯業：3 %、金属：1 %、その他：2 % であった。

表 2.1.1 メキシコ市首都圏 (ZMCM) の人口、1990 年

	区及び市	面積 (ha)	人口 (人)	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )
DF	1 ALVARO OBREGON	8,586	643,542	7,495
	2 AZAPOTZALCO	3,451	474,905	13,761
	3 BENITO JUAREZ	2,750	407,731	14,827
	4 COYOACAN	5,540	640,006	11,552
	5 CUAJIMALPA	7,700	119,720	1,555
	6 CUAUHTEMOC	3,309	595,972	18,011
	7 GUSTAVO A. MADERO	8,700	1,268,123	14,576
	8 IZTACALCO	2,306	448,357	19,443
	9 IZTAPALAPA	11,940	1,409,981	12,487
	10 MAGDALENA CONTRERAS	7,004	195,000	2,784
	11 MIGUEL HIDALGO	4,764	406,693	8,537
	12 MILPA ALTA	27,820	63,573	229
	13 TLAHUAC	9,300	206,688	2,222
	14 TLALPAN	31,200	485,043	1,555
	15 VENUSTIANO CARRANZA	3,442	519,606	15,096
	16 XOCHIMILCO	12,740	271,020	2,127
	DF 計	150,552	8,236,960	5,471
MCEM	17 ATIZAPAN DE ZARAGOZA	9,030	353,544	3,915
	18 COACALCO	3,480	170,902	4,911
	19 CUAUTITLAN	15,028	54,811	365
	21 CHALCO	28,820	317,298	1,101
	22 CHICOLOAPAN	6,006	63,849	1,063
	23 CHIMALHUACAN	3,795	270,754	7,134
	24 ECATEPEC	15,482	1,366,634	8,827
	25 HUIXQUILUCAN	14,258	148,008	1,038
	26 IXTAPALUCA	28,834	154,131	535
	27 LA PAZ	3,692	149,553	4,051
	28 NAUCALPAN DE JUAREZ	19,661	881,036	4,481
	29 NEZAHUALCOYOTL	6,240	1,411,812	22,625
	30 NICOLAS REMERO	25,967	206,625	796
31 TECAMAC	15,541	138,185	889	
32 TLALNEPANTLA	8,505	788,169	9,267	
33 TULITILAN	6,618	274,781	4,152	
	MCEM 計	210,957	6,750,091	3,200
首都圏	首都圏 計	361,509	14,987,051	4,146

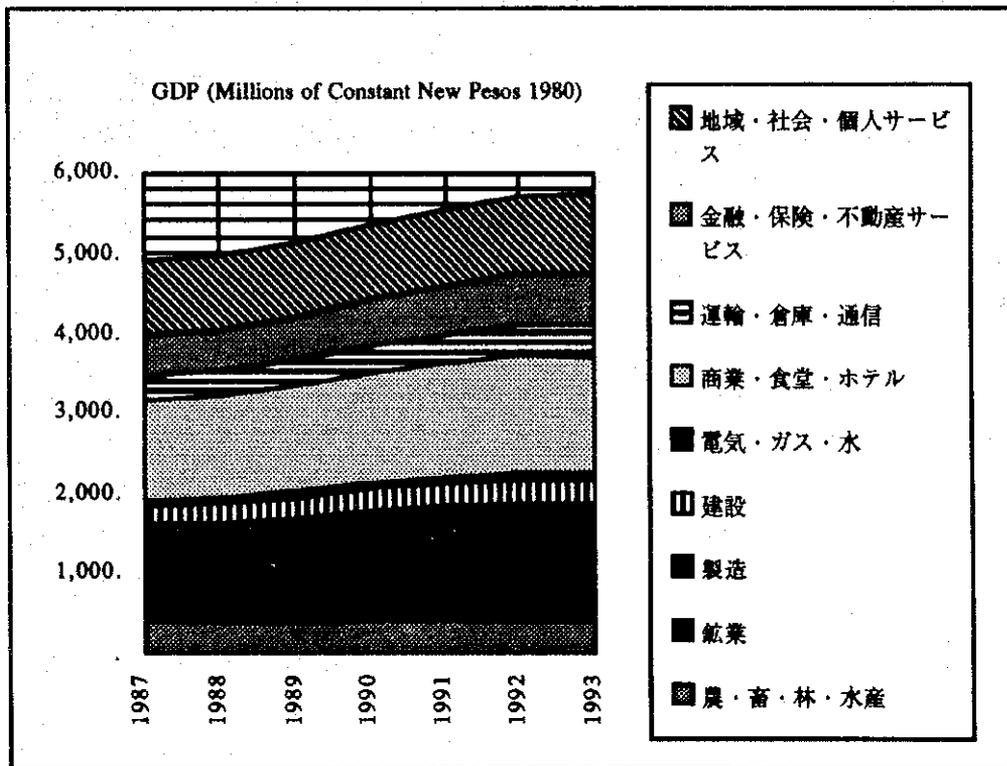
出典：参考文献F4.

注：MCEMのCUAUTITLANの数値はCUAUTITLANとCUAUTITLANIZCALLIの合計である。

表 2.1.2 メキシコの国内総生産（1980年固定価格；百万新ペソ）

年	農・畜・林・水産	鉱業	製造	建設	電気・ガス・水	商業・食堂・ホテル	運輸・倉庫・通信	金融・保険・不動産サービス	地域・社会・個人サービス	合計
1987	412.2	183.4	1,026.1	246.2	67.0	1,233.9	305.1	523.4	893.8	4,825.4
1988	399.1	184.1	1,059.0	245.2	71.0	1,254.8	312.1	532.0	898.1	4,887.8
1989	387.8	182.9	1,135.1	250.4	76.5	1,302.1	325.1	547.5	911.0	5,049.0
1990	414.0	188.0	1,203.9	267.8	78.7	1,355.1	346.7	568.6	927.8	5,276.7
1991	418.6	189.5	1,252.3	274.3	80.8	1,413.6	367.0	590.4	962.0	5,468.6
1992	412.5	192.9	1,280.7	295.7	83.2	1,464.3	394.9	612.4	968.2	5,619.8
1993	419.9	195.1	1,261.7	304.7	86.5	1,447.0	404.2	642.5	978.6	5,644.7

出典：参考文献F1



出典：参考文献F1

図 2.1.1 メキシコの国内総生産（1980年固定価格；百万新ペソ）

## 2.2 エネルギー事情

### 2.2.1 国家のエネルギー基本政策

メキシコのエネルギー政策は、SEMIPの情報に基づき以下のように要約できる（出典：参考文献D4）。

メキシコは世界で第6位の石油生産国であり、世界の総生産の4.5%を占める。メキシコ政府は最優先政策の一つとして、エネルギーの効果的利用を推進している。この政策では経済の世界的相互関係を考慮し、次のような目標を設定している。

- エネルギー商品・サービスの需要を低コストで満たす。
- エネルギー・セクターにおける技術的、経済的効率を高める。
- エネルギー商品・サービスの供給において最も望ましい安定性、品質および安全性を保証する。
- 新しい法的措置により、エネルギー生産への民間人の参加を保証する。

この精神のもと、エネルギー・セクターに直接関係する機関、エネルギーと環境の規制に責任のある機関および化石燃料と電力を生産する民間企業より構成するグループが、必要な役割の調整を成功裏に行いつつある。このグループの主な責務はメキシコの長期的、統合的な燃料政策を提案することである。グループは環境基準およびエネルギー利用効率の将来的要求を考慮し、工業、発電および交通部門の燃料需要を最も低いコストで満たすために必要な政策と投資を明らかにした。

この提案は、国家の燃料政策の変更、即ち、重油の消費を減らし、それに代えて天然ガスの消費をかなり増やすということを暗示している。殆どの火力発電所は天然ガスで電力を生産することになる。理由は、コンバインド・サイクル技術により高い効率が得られること、および環境上の基準に適合するには天然ガスの使用が経済的に有利なためである。「クリティカル・ゾーン」\*1) に立地するCFEの火力発電所の70%は経済的誘因策により、燃料をガスに変えることが進められている。このゾーンに発電所を設置しようとする民間企業もまた高効率の進んだ発電技術を採用することを可能にするような制度の開発により、ガスを使用することが勧められることになろう。

#### \*1) クリティカル・ゾーン

大気汚染物質の濃度の高い次の地域は、排出基準NOM-CCAT-019-ECOL/1993(NE)によりクリティカル・ゾーンに指定されている。

首都圏・都市圏：メキシコ市、モンテレイ市、グアダハラ市

人口集中地区：ヴェラクルス州のCoatzacoalcos - Minatitlan、  
グアナファト州のIrapuato - Celaya - Salamanca、  
イダルゴ州とメキシコ州のTula - Vito Apasco

工業回廊：タマウリバス州のTampico - Madero - Altamira、  
北部国境ゾーン

現在の電力生産総能力は29ギガワット（GW）であり、このうち3分の2が化石燃料による発電、残りの3分の1は水力、地熱、原子力による発電である。現況の発電能力に加え、27GWの電力が2005年には必要となることが予測される。このうち、17GWは化石燃料による火力発電、4GWは水力、地熱、原子力による発電、残り（約5GW）は効率的で最適な燃料の利用、送電ロスの減少、および12年間の需要の抑制による省エネルギーでまかなうことになる。

立法措置として、この燃料統合政策を支援するための2つの基本プログラムが制定されている。1つは環境上の規則であり、他はエネルギー効率に関する規則である。これらプログラムの一部として、次の基準が1994年に発効している：1）化石燃料を燃焼する固定発生源からの汚染物質を規制するための排出基準、2）工業および運輸に使用する燃料の品質基準。原動機、冷蔵庫、冷暖房機、家庭用電気器具および照明設備の効率基準も1994年に制定された。

ユカタン半島では発電と工業用燃料としてガスが使用されている。これは燃料統合政策に従ったものであり、同政策は豊かな熱帯的自然と歴史的遺跡に恵まれたこの地域の環境保全をも考慮したものである。同政策を実現するため、一連のプロジェクトが計画されている。これらはPEMEXによる日当たり4億立方フィートを扱う700kmにわたるガスパイプラインの建設、国家電力委員会（CFE）がこの地域に所有する11の発電ユニットの燃料を重油からガスに変更するためのインフラ整備を含んでいる。これらのプロジェクト・シリーズを補強するものとして、2基のコンバインド・サイクルの発電機よりなる容量440メガワット（MW）の火力発電所が1箇所建設されることになっている。このメリダ3と名付けられたプロジェクトは、新しく発効した公共サービス・電力法による民間の参加を可能にした枠組みで実施される最初の発電プロジェクトである。

## 2.2.2 環境保護に係るエネルギー政策

### (1) 現行の行政的施策

メキシコ政府は首都圏の大気環境の保護のため、メキシコ市首都圏大気汚染対策総合プログラム（PICCA, 1990年10月、参考文献A1）の基本政策より導かれた種々の対策を実施してきた。

まず、重油は硫黄含有が高いため1991年12月にZMCMへの供給を停止した。重油に代えて、大規模にエネルギーを消費するプラントには天然ガス、小規模なエネルギー消費施設にはガスオイルまたは軽油が供給されるようになった。但し、唯一の例外は1箇所のセメント製造プラントであり、ここでは依然として重油が使われている。上記対策により、二酸化硫黄の排出は大規模プラントでは殆ど100%、小規模工業とサービス事業所では33%削減された。

軽油の硫黄含有率は直接脱硫法によって0.05%以下に削減された。これらに加え、ガソリンの低鉛化による改善や酸素供給用添加剤の供給が、大気中の鉛濃度の低下に貢献し、鉛についての大気環境基準は十分達成されるようになった。

公共交通部門においては、1980年から1990年の間に生産されたトラックの燃料をガスに変更することが推奨され、すでに18,000台が変更済である。この対策は、液体燃料エンジンに比べ、ガス燃料エンジンの排ガスの方が活性が低いことから、光化学反応によるオゾンの生成を抑制することを目的としている。

省エネルギーはエネルギー政策のもう1つの重要な課題である。これは主としてCONAE（国家省エネルギー委員会）と呼ばれる連邦委員会により推進されている。この委員会は以下の連邦機関の代表で構成されている。

- エネルギー・鉱山・国営企業省 (SEMIP)
- 商業・工業振興省 (SECOFI)
- 財務・公債省 (SHCP)
- 通信・運輸省 (SECT)
- 教育省 (SEP)
- 環境庁 (INE)
- 首都連邦区庁 (DDF)
- メキシコ石油公社 (PEMEX)
- 連邦電力委員会 (CFE)

上記機関の中でSEMIPがCONAEの指導的役割を担い、SEMIPが1994年12月にエネルギー省 (SE) に改組されてからは、SEがその役割を果たしている。各機関の代表はそれぞれの担当分野における省エネルギーの促進に責任を負っている。CONAEはまたボイラ・オペレーターと火夫のための一連のトレーニング・プログラムを提供している。

## (2) 今後の行政的施策

1993年月12月、メキシコ政府は海外経済協力基金 (OECF) の融資による重油脱硫プロジェクトの進展に基づき、ZMCMへのエネルギー供給計画を更新した。同プロジェクトでは、HRI, Inc.とTexaco Development Corporationのライセンスになる"H-oilプロセス"が採用されている（以下「H-oilプロジェクト」と云う）。新供給計画は現在使われているガスオイルの代わりに1998年より水素化脱硫重油 (H-oil) を供給することを提案している。

H-oilプロジェクトの目標アウトプットは3万6千BPD（バレル/日）のH-oilであり、これは現在約2万BPDと見積られるZMCMにおけるガスオイルと重油の需要を十分満足する量である。H-oilプロジェクトのインプットは5万BPDの残渣油である。

PEMEXからのレターによれば、H-oilの硫黄含有量はインプット・オイルの4.7%から0.8%以下に減少し、窒素含有量は約0.7%から0.37%に減少する（表2.2.1参照）。

表2.2.1 H-oilの計画上の性状

	インプット・オイル	H-oil
硫黄含有量	4.71%	0.8% max.
窒素含有量	6,969 ppm	3,660 ppm
金属含有量	707 ppm	180 ppm
粘度 (50℃)	-	500 SFS
比重	-	0.973

出典： PEMEXのJICA調査団あてレターとその付属資料、  
1994年2月4日

現在および過去においてZMCMの固定発生源で使用の重油とガスオイルの性状を表2.2.2に示す。

表2.2.2 ZMCMでの現在または過去使用の重油、ガスオイルの性状

	重油 (重質)	重油 (スペシャルライト)	ガスオイル
硫黄含有量	4%	3%	2%
窒素含有量	4,000 ppm	2,000 ppm	670 - 840 ppm
バナジウム含有量	340 ppm	290 ppm	0.6 - 0.9 ppm
粘度 (50℃)	550 SFS	55 SFS	-
比重	0.997	0.951	0.89 - 0.90

現在使用されているガスオイルの代わりにH-oilを供給することは明らかに硫黄酸化物の排出削減に貢献する。しかし、表2.2.1と表2.2.2から見られるように、H-oilの窒素含有量はガスオイルの約5倍なので、NOxの排出量は現在のレベルを大きく上回ることが懸念される。

H-oilプロセスの生産物と収量に関する参考データをData Bookに示す。

### 2.2.3 エネルギーの生産、供給および消費

#### (1) 国家のエネルギー需給

表2.2.3に「国家エネルギー・バランス1992」（参考文献D1）に基づくメキシコにおける1992年の一次エネルギーの生産・供給量を要約して示す。

表2.2.3 メキシコにおける1次エネルギーの生産と供給 (1992年)

1次エネルギー	生産 ( $10^{15}$ cal)	輸出 ( $10^{15}$ cal)	損失 ( $10^{15}$ cal)	国内供給 ( $10^{15}$ cal)	国内供給における割合 (%)
石炭	35	0	0	35	2.6
炭化水素	1,908	756	43	1,109	83.7
原油	1,470	756	0	714	53.9
濃縮ガス	67	0	31	36	2.7
天然ガス	371	0	12	359	27.1
電気	91	0	0	91	6.8
原子力	10	0	0	10	0.7
地熱	15	0	0	15	1.1
水力	66	0	0	66	5.0
バイオマス	92	0	1	91	6.9
きびがら	20	0	1	19	1.5
まき	72	0	0	72	5.4
合計	2,120	756	44	1,325	100

出典：参考文献D1

一次エネルギーの総生産量は約2,120ペタカロリー ( $10^{15}$  cal) または $1.4 \times 10^9$  BOE (バレル原油当量) であった。主に原油からなるエネルギー輸出は、756ペタカロリー ( $0.5 \times 10^9$  BOE) であり、総生産量の約36%であった。

一次エネルギーの国内総供給量は1,325ペタカロリー ( $0.9 \times 10^9$  BOE) で総生産量の62%を占め、精油所、ガス化プラント、分留プラント、コークスプラント及び発電所に送られた。これらの改質プラントのうち、発電所は一次エネルギーを石炭、原子力、地熱及び水力の形で110ペタカロリーを受け入れ、二次エネルギーを天然ガスと重油の形で197ペタカロリーを受け入れた。合計307ペタカロリーは、一次エネルギーの供給総量の23%に相当する。

1992年のエネルギーの最終消費量は表2.2.4に示すように645百万BOE (バレル原油当量：970ペタカロリー) であった。この量は国内総供給量の73%、一次エネルギー総生産量の46%に当たる。

表2.2.4 種類・部門別エネルギーの最終消費量（1992年）

単位：100万バレル原油当量

エネルギー種類	エネルギー消費量			エネルギー外消費	合計	割合 (%)
	工業	住宅、商業、公共 ユティリティ	運輸、農業			
ガソリン	0.0	0.0	152.7	10.2	162.9	25.3
軽油	11.8	0.3	69.8	0.0	81.9	12.7
灯油	0.3	1.3	14.6	0.0	16.2	2.5
LPG	2.9	52.5	3.1	0.0	58.5	9.1
重油	42.9	5.4	0.4	0.0	48.7	7.5
電気	30.2	21.8	3.7	0.0	55.7	8.6
コークス	9.4	0.0	0.0	0.2	9.6	1.5
きびがら	11.1	0.0	0.0	1.7	12.8	2.0
加工用原料	0.0	0.0	0.0	40.6	40.6	6.3
天然ガス	86.2	6.6	0.0	17.2	110.0	17.1
まき	0.0	47.6	0.0	0.0	47.6	7.4
合計	194.8	135.5	244.3	69.9	644.6	100
割合 (%)	30.2	21.0	37.9	10.9	100	

出典：参考文献D1

大気汚染物質の固定排出源は、工業および住宅・商業・公共ユティリティより成る。これら全体で最終消費量の全エネルギー供給量の約半分を消費している。工業用の主要エネルギーは天然ガス、重油、電気であり、住宅・商業・公共ユティリティ用の主要エネルギーはLPG、まき、電気となっている。

(2) ZMCMにおける燃料消費量

ZMCMにおける1993年4月から1994年3月までの1年間の総燃料消費量は、320ペタカロリー（ $320 \times 10^{15}$ カロリー）であった。同期間の日平均燃料消費量はガソリン熱量換算で43.8百万リッターである。部門別消費量の比率は以下のとおりである。

	1992/1993*1)	1993/1994*2)
運輸	56.1%	56.2%
工業およびサービス	26.4%	24.6%
家庭	10.8%	10.4%
火力発電所	6.6%	8.8%
日平均消費量（百万リッター）*3)	42.7	43.8

- 注) \*1) 1992年8月-1993年9月 (参考文献A8)  
 \*2) 1993年4月-1994年3月 (参考文献A7)  
 \*3) ガソリンノバ換算

同期間の燃料種類別消費量の比率は以下のとおりである。

	1992/1993	1993/1994
ガソリン (Nova)	29.7%	27.7%
ガソリン (Magna Sin)	12.2%	14.0%
LPG	20.3%	19.5%
軽油 (Diesel Sin)	-	5.3%
軽油 (Normal)	12.4%	7.1%
天然ガス	22.0%	23.9%
ガスオイル	3.4%	2.5%

上記のとおり、ZMCMで消費される燃料は徐々に良質なものになりつつある。即ち、無鉛ガソリン (Magna Sin) の比率は増大し、低硫黄軽油 (Diesel Sin、S分0.05%) の供給が1993年10月に始まって普通軽油 (Normal、S分0.1%) の供給が減少し、さらに天然ガスの比率が増大している。

工業部門における1992年8月から1993年9月までの期間の日平均燃料消費量はガソリン換算で11.29百万リッターであった。その燃料種類別内訳は以下のとおりである (参考文献A8)。

天然ガス	55.6%
LPG	26.9%
ガスオイル	12.8%
ディーゼル油	4.7%

## 2.3 大気汚染の現況

### 2.3.1 大気質の環境基準

メキシコの大気質環境基準を表 2.3.1 に示す。

表 2.3.1 メキシコの大気質環境基準

汚染物質	平均化時間 (hr)	濃度
二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )	24	0.13 ppm
二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> )	1	0.21 ppm
総浮遊粒子状物質 (TSP)	24	275 μg/m <sup>3</sup>
一酸化炭素 (CO)	8	13 ppm
オゾン (O <sub>3</sub> )	1	0.11 ppm

参考文献：C7

メキシコでは、一般市民が大気汚染の程度を理解するための便宜として IMECA と呼ばれる指標が使われている。個々の汚染物質の大気中濃度を IMECA に変換するのは次のような方法による。

- 表 2.3.1 に示した大気質環境基準値を IMECA 100 とし、一方濃度ゼロを IMECA ゼロ とする。
- それを超えると全ての人に危険をもたらす恐れのある限界濃度を IMECA 500 とする。この限界濃度は、個々の汚染物質ごとに次のように定められている。  
 SO<sub>2</sub> : 1.00 ppm      NO<sub>2</sub> : 2.00 ppm      TSP : 1,000 μg/m<sup>3</sup>  
 CO : 50 ppm          O<sub>3</sub> : 0.6 ppm
- 現実の濃度は、上記の 3 点を直線補間して IMECA 指数に換算する。

汚染物質ごとの濃度・IMECA 曲線は、次ぎに図示した 3 種類のうちのどれかに属する。オゾンの曲線は B 型であり、IMECA 指数の増加は定義域 0 ~ 500 の全体でほとんど濃度の増加に比例する。TSP と CO は A 型であり、IMECA 指数の増加は IMECA 100 ~ 500 の範囲で濃度の増加より早く、SO<sub>2</sub> と NO<sub>2</sub> の曲線は C 型であり、A 型と逆の傾向をもつ。

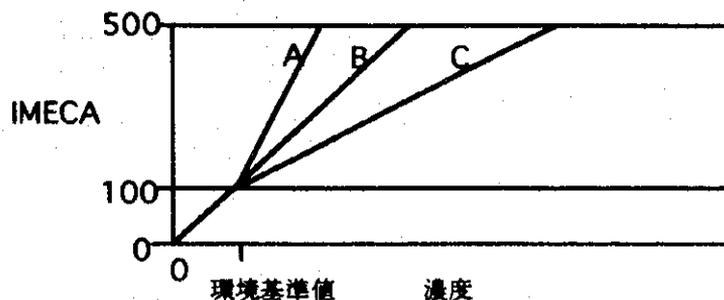


表 2.3.1 に示した大気環境基準は、現在見直しの最中である。新基準の案が保健省によって提案されており、1994 年 1 月 18 日付官報（参考文献 C7）で告示された。基準の案は Data Book に記載してある。現行基準からの主な変更は下記の通りである。

- a. PM 10 の基準（粒径 10  $\mu\text{m}$  以下の浮遊粒子状物質）と鉛の基準が新たに導入された。前者の限界値は、24 時間平均と年平均として示され、後者は 3 ヶ月平均として示される。
- b. SO<sub>2</sub> と TSP の年平均値が従来の 24 時間平均に追加された。TSP の 24 時間平均は、現行よりも厳しい値が設定された。

### 2.3.2 ZMCMの大気質監視網

大気質監視網は、自動測定局と手動測定局とから成る。これらの測定局は、連邦区庁、メキシコ州政府および INE によって運営されており、測定結果は毎日 INE に集められて解析されている。汚染物質の濃度と気象条件の解析に基づいて、IMECA 指数の予測が毎日公表されている。測定項目ごとの測定局数を表 2.3.2 に示す。

表 2.3.2 ZMCMの大気質監視局数

形式	地域	測定項目									
		O3	CO	SO2	Met.	NO2	NOx	PM10	HC	TSP	Pb
自動	北西	4	7	7	3	5	5	2	1	0	0
	北東	3	4	8	2	3	3	3	0	0	0
	中央	4	5	2	2	3	3	1	1	0	0
	南西	4	2	2	2	1	1	1	1	0	0
	南東	4	3	2	1	1	1	2	0	0	0
	計	19	21	21	10	13	13	9	3	0	0
手動	北西	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1
	北東	0	0	0	0	0	0	1	0	5	3
	中央	0	0	0	0	0	0	1	0	4	2
	南西	0	0	0	0	0	0	1	0	4	3
	南東	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1
	計	0	0	0	0	0	0	5	0	19	10

出典：参考文献C2

注：Met.：風速・風向、気温、相対湿度

PM10：粒径10  $\mu\text{m}$ 未満の浮遊粒子状物質

### 2.3.3 ZMCM における大気質の傾向

メキシコ市首都圏における O<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、CO および NO<sub>2</sub> 濃度の 1991 年以降の月最大値を、IMECA 指数で表わしたものが図 2.3.1 である。

1992 年にセメント工場を除いて首都圏の工場への重油の供給が停止されて天然ガスとガスオイルとに切り替えられ、新型車への触媒コンバータの強制的な取り付けが開始された。これらの対策実施は効果があったようである。CO と SO<sub>2</sub> の月最大 IMECA 指数は、明らかに低下している。その値は 1993 年以降およそ 50 のレベルにある。しかし、O<sub>3</sub> については目立った改善は見られず、1993 年以降およそ 250 のレベルを上下している。NO<sub>2</sub> もまた改善されておらず、IMECA 指数 100 のあたりを上下している。

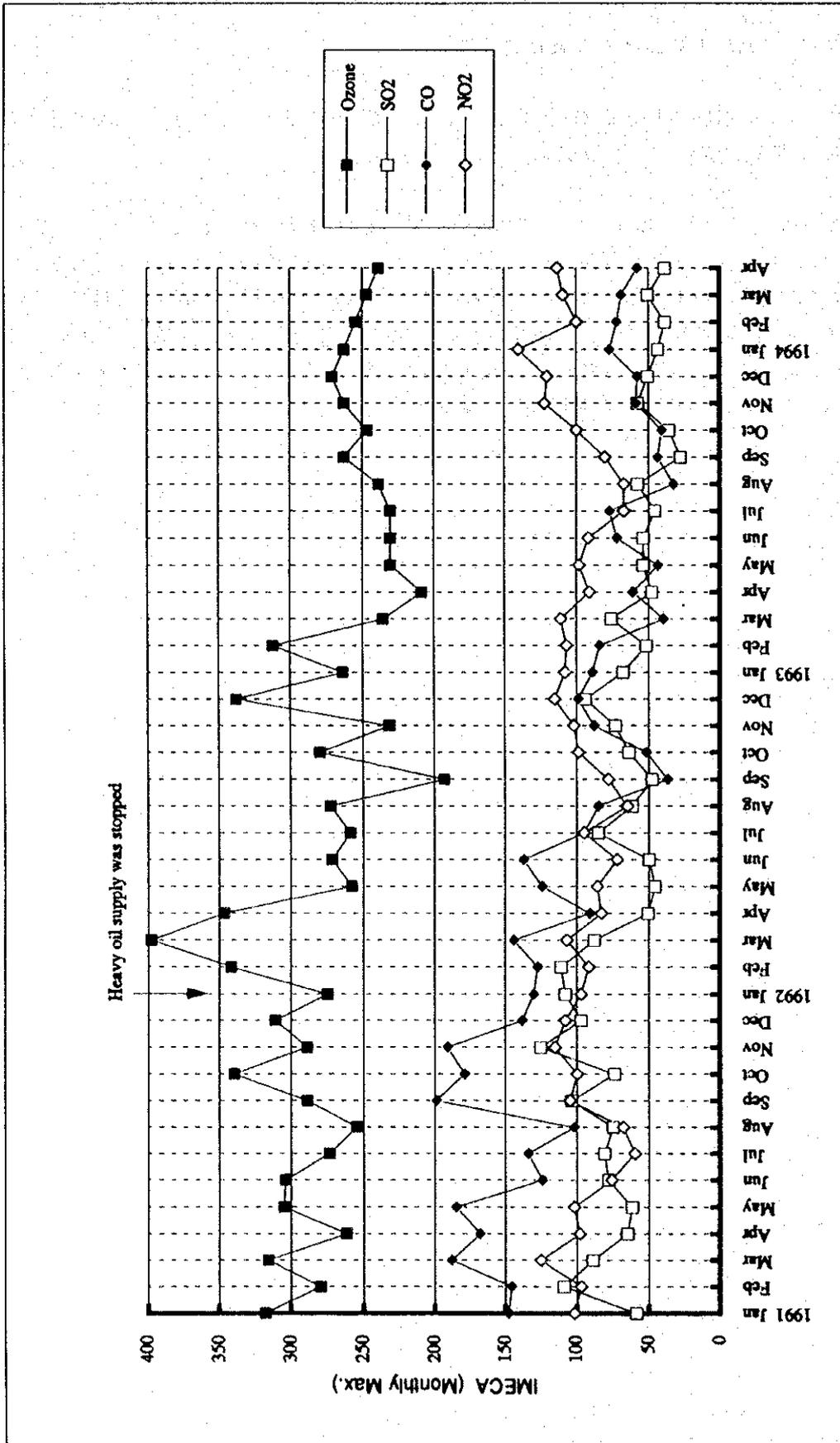


図 2.3.1 IMECA による ZMCM の大気質の推移 (参考文献 C2、C6)

## 2.4 大気質保全に係る制度的枠組み

### 2.4.1 政府の組織

メキシコ政府は環境保全を国策の重点としている。この政策は、長い間続いている首都圏の大気汚染問題に促されてのものであるが、同時に世界的な合意である「持続可能な発展」との関連で打ち出されている。

ZMCM における大気汚染問題を解決するために、「メキシコ盆地環境汚染防止と対策首都圏委員会 (METROCOM と略称)」と呼ばれる特別の委員会を組織した。この委員会は、当初次に掲げる政府諸機関の代表によって構成された。

財務・公債省  
エネルギー・鉱山・国営企業省 (現エネルギー省)  
通信・運輸省  
都市開発環境省 (現在は環境庁)  
保健省  
首都連邦区庁  
メキシコ州政府  
PEMEX  
SECOFI  
教育省  
内務省  
IMP  
CFE

委員会の議長には、1994 年の 4 月までは首都連邦区庁の汚染防止および対策総合調整官があたり、その後メキシコ州政府の次官が引き継いでいる。

委員会は 1990 年 10 月、メキシコ市首都圏大気汚染対策総合プログラム (略称 PICCA) を策定、発表した。恒久対策、暫定対策および季節対策からなる PICCA は、現在も中央政府、州政府および市政府により実施の途上にある。PICCA は、科学者、技術者、日、米、独、仏、英などの諸国から派遣された、都市汚染問題の解決に十分な経験をもつ国外の専門家達と相談し、ZMCM における環境事情に関する詳細な調査に基いて策定された。

全国的な環境保全に関しては、INE が筆頭の責任機関である。INE と PROFEPA の所管事項は、元来都市開発環境省 (SEDUE) によって執行されていたものであるが、SEDUE が SEDESOL とその外局である INE と PROFEPA として改組された際に現在の分担となった。その後 INE と PROFEPA は、1994 年末の中央政府組織再編にともなって、新設の環境・天然資源・漁業省 (SEMARNAP) へ移管された。INE の任務は、下記の総局に相当する 6 部

局からなる組織によって説明される。

法務顧問

事務局

研究・技術開発総局

天然資源利用総局

環境基準化総局

環境計画総局

環境基準化総局は、本調査のメキシコ側運営委員会の中心である。

PROFEPA は、環境監視および関連規制に違反して環境条件を損なう行為の取締りを任務とする。その任務の一環として、いわゆる環境保全協定が個々の企業と結ばれており、その協定に対する違反のために幾つかの企業は操業停止の処分を受けた。

#### 2.4.2 固定発生源の排出基準

##### (1) ボイラーの排出基準

「固体、液体、気体の化石燃料及びその組み合わせを使用する間接加熱燃焼による煙、粒子状物質、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> の許容最大排出レベルと運転の条件並びに直接加熱燃焼によるSO<sub>2</sub> の許容最大排出レベル」が 1994 年 12 月 2 日付官報（参考文献 B3）で告示され、その翌日から施行された。1993 年 11 月 18 日に告示された旧来の排出基準（参考文献 B6）は、廃止されて新しい基準に置き換えられた。新旧の基準は Data Book に記載してある。ZMCM に対する排出基準の主な改定事項を以下に要約する。

##### 1) ZMCM における煙の規制

小型ボイラーに対する煙の規制は、1994 年 12 月から強化され、1998 年 1 月からさらに強化される。

ボイラ容量 (MJ/hr)	燃料種別	汚れ指数		
		旧基準	1997年12月まで	1998年1月から
5,250以下	重油・ガスオイル	6	4	3
	他の液体	5	3	2
	ガス	適用せず	0	0
5,251～43,000	液体	適用せず	適用せず	適用せず
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
43,001～110,000	液体	適用せず	適用せず	適用せず
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
110,000超	液体	適用せず	適用せず	適用せず
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず

## 2) ZMCM における空気比の規制

1994年12月から過剰空気比の規制が導入され、かつ1998年1月からさらに強化される。

ボイラ容量 (MJ/hr)	体積比 (%)		
	旧基準	1997年12月まで	1998年1月から
5,250以下	適用せず	60	50
5,251～43,000	適用せず	50	40
43,001～110,000	適用せず	40	30
110,000超	適用せず	30	25

## 3) ZMCM における総浮遊粒子状物質の規制

容量 43,000 から 110,000 MJ/hr の中型ボイラーに対しては、基準値が一旦緩められるが最終的に 13 % 強化される。容量 5,251 から 43,000 MJ/hr または 110,000 MJ/hr 超のボイラーに対しては 1997 年 12 月まで基準値は据え置かれるが、その翌月から 13 ~ 25 % 強化される。固体燃料を使う設備の規制が 1994 年 12 月から導入され、1998 年 1 月から規制値は強化される。

ボイラ容量 (MJ/hr)	燃料種別	濃度 (mg/m <sup>3</sup> )		
		旧基準	1997年12月まで	1998年1月から
5,250以下	重油・ガスオイル	適用せず	適用せず	適用せず
	他の液体	適用せず	適用せず	適用せず
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
5,251～43,000	液体	100	100	75
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
43,001～110,000	液体	70	100	60
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
110,000超	固体	適用せず	70	60
	液体	70	70	60
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず

#### 4) ZMCM における SO<sub>2</sub> の規制

容量 43,000 MJ/hr 以上の大型設備に対する規制は、一旦緩められるが最終的に 31～45% 強化される。容量 5,251 から 43,000 MJ/hr の設備に対しては、1997 年 12 月まで基準値は据え置かれるが、その翌月から 50% 強化される。容量 5,251 MJ/hr 以下の設備に対しては、基準値が新たに設定され、1998 年 1 月から 50% 強化される。固体燃料を使う設備の規制が 1994 年 12 月から導入され、1998 年 1 月から規制値は強化される。

ボイラ容量 (MJ/hr)	燃料種別	濃度 (体積ppm)		
		旧基準	1997年12月まで	1998年1月から
5,250以下	重油・ガスオイル	適用せず	1,100	550
	他の液体	適用せず	1,100	550
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
5,251～43,000	液体	1,100	1,100	550
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
43,001～110,000	液体	1,000	1,100	550
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
110,000超	固体	適用せず	1,100	550
	液体	800	1,100	550
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず

### 5) ZMCM におけるNOx の規制

基準値は一旦緩められるが、ガス焚きの容量 110,000 MJ/hr 超のボイラーを除く 43,000 MJ/hr 以上の設備に対しては最終的に旧基準以上に強化される。しかし、容量 5,251 から 43,000 MJ/hr の設備に対しては、旧基準よりも緩い規制が 1998 年 1 月から施行される。ガス焚きの容量 110,000 MJ/hr 超のボイラーに対しては、旧基準よりも緩い規制が 1998 年 1 月から施行される。固体燃料を使う設備の規制が 1994 年 12 月から導入され、1998 年 1 月から規制値は強化される。

ボイラ容量 (MJ/hr)	燃料種別	濃度 (体積ppm)		
		旧基準	1997年12月まで	1998年1月から
5,250以下	重油・ガスオイル	適用せず	適用せず	適用せず
	他の液体	適用せず	適用せず	適用せず
	ガス	適用せず	適用せず	適用せず
5,251~43,000	液体	150	220	190
	ガス	130	220	190
43,001~110,000	液体	140	180	110
	ガス	120	180	110
110,000超	固体	適用せず	160	110
	液体	130	160	110
	ガス	100	160	110

### 6) ZMCM におけるCO の規制

CO の規制は 1994 年 12 月に廃止された。

#### (2) 他の固定発生源に対する排出基準

他の固定発生源に対する排出基準は、現在改定の作業中であり、素案が 1993 年 11 月 23 日付けの官報で告示された（参考文献 B5）。素案の内容は Data Book に記載してある。素案は然るべき立法化の手順にしたがって法制化され効力を発揮する。この基準は排出の許容レベルを、産業の種別にかつ次に掲げる発生源と汚染物質ごとに規定する。

- a. 硫酸工場における SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub> および硫酸ミスト
- b. セメント工場におけるダスト
- c. 石炭火力発電所におけるダスト、炭化水素、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>
- d. 特定の施設以外の固定発生源からのダスト
- e. ドアシルベンゼンスルホン酸工場における SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub> および硫酸ミスト

(3) ガラス工場に対する排出基準（素案）

ガラス工場に対する排出基準の素案が、1994年12月2日付で「メキシコ公式基準097-ECOL-1994（参考文献B8）」として告示された。この素案は、ガラス生産ラインからの粒子状物質とNOxの排出規制を狙いとしている。基準値は、生産物の種類、技術、導入後の時期などによって下記の様に与えられる。

a. ZMCMにおける既存炉向け

生産物	技術	生産物トン当りNOx kg			
		準備期	第一期	第二期	第三期
容器	Regenerative	10.0	4.0	3.4	2.0
		10.0	7.2	6.0	3.6
	Recuperative	10.0	2.5	2.1	2.0
板	Regenerative color	13.0	10.8	9.0	6.5
	Regenerative clear	13.0	7.8	6.5	5.5
クリスタル、パリン、鉛ガラス	U. Melter	11.0	4.8	4.0	2.4
	Regenerative	11.0	7.2	6.0	3.0
ホウ素ガラス	Regenerative	35.0	15.0	10.0	5.0
繊維	Whatever	10.0	8.0	7.0	4.0

注：第一期 規制開始後18週間  
 第二期 規制開始後48週間  
 第三期 規制開始後120週間

b. ZMCMにおける新設炉または大幅改修した既存炉向け

生産物	技術	生産物トン当りNOx kg	
		準備期	規制開始後
容器	すべて	10.0	4.0
板	色つき	13.0	10.8
	透明	13.0	7.8
クリスタル、パリン、鉛ガラス	すべて	11.0	4.8
ホウ素ガラス	すべて	35.0	15.0
繊維	すべて	10.0	8.0

#### (4) 燃料品質基準

燃焼設備に対する新しい排出基準が告示された同じ日に、大気質を保全するための液状、ガス状の化石燃料の要求品質が、メキシコ公式基準 086-ECOL-1994（参考文献 B7）として告示された。工業用燃料の硫黄含有率に関する基準値は、あらかし次のように規定されている。

工業用燃料の標準総硫黄含有率

燃料種別	最大硫黄含有率
工業用ディーゼル油	0.5 % wt.
工業用ガスオイル	2.0 % wt.
重質重油	4.0 % wt.
天然ガス	0.32 dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
LPG	0.140 kg/ton

(注) 1) ガスオイルは、1997年末まで首都圏に供給される。

2) 1998年より首都圏に供給される水素添加処理重油の最大硫黄含有率は1.0%である。

## 2.5 大気汚染物質発生源の概要

ZMCM における大気汚染物質の排出量は、文献によれば表 2.5.1 のように報告されている。

表 2.5.1 排出源別大気汚染物質の年間排出量

汚染物質	排出量 (ト/年)	移動発生源 (%)	固定発生源 (%)
SO <sub>2</sub>	205,594	22	78
NO <sub>x</sub>	177,339	76	24
粒子状物質	26,959	35	65
HC	372,525	81	19
CO	2,923,265	98	2

出典：参考文献A2（データは1989年と考えられる）

同様の数値が 1989 年データとして PICCA レポート（参考文献 A1）に報告されている。固定発生源は、SO<sub>2</sub> と粒子状物質の排出において大きなシェアを占めており、NO<sub>x</sub> の排出ではかなりのシェアを占めている。

しかし上記の汚染物質排出量は、今日までにある程度削減されたと考えられる。特にSO<sub>2</sub> の排出は、当局の思いきった対策の結果として、ここ数年来かなり低下したはずである。その対策とは、固定発生源における高硫黄重油の天然ガス、軽油、ガスオイルへの転換、古い精油所の閉鎖、移動および固定発生源用軽油の硫黄含有量削減などである。こうした SO<sub>2</sub> 排出量の削減は、2.3.3 節で述べたように最近の大気中 SO<sub>2</sub> 濃度に反映している。

こうした事実はあるながら、固定発生源は依然として SO<sub>2</sub>、粒子状物質および NO<sub>x</sub> の排出における目立った発生源のままである。

ZMCM の固定発生源の中には、二つの火力発電所と多数の製造業とサービス施設が存在する。二つの火力発電所は、現在 100 % 天然ガスを使っている。

ZMCM の製造業の数は 1988 年において約 3 万であり、そのうち約 2 万 2 千または 72 % は DF 内にあり、約 8 千または 28 % は MCEM 内にあった。区および市別の内訳を表 2.5.2 に示す。企業の大きさ 4 階級別の内訳を表 2.5.3 に示す。

表 2.5.2 ZMCM における区市別製造業者数 (1988)

	区及び市	企業総数	大企業数	工業土地利用率 (%)
DF	1 ALVARO OBREGON	920	6	15.0
	2 AZAPOTZALCO	1,656	64	24.7
	3 BENITO JUAREZ	1,764	25	2.9
	4 COYOACAN	798	26	1.8
	5 CUAJIMALPA	171	2	0.0
	6 CUAUHTEMOC	4,383	35	3.8
	7 GUSTAVO A. MADERO	2,809	26	28.0
	8 IZTACALCO	1,419	26	11.5
	9 IZTAPALAPA	3,149	46	6.0
	10 MAGDALENA CONTRERAS	167	0	0.4
	11 MIGUEL HIDALGO	1,368	33	7.9
	12 MILPA ALTA	123	0	0.6
	13 TLAHUAC	458	3	1.4
	14 TLALPAN	489	15	1.7
	15 VENUSTIANO CARRANZA	1,749	11	3.0
	16 XOCHIMILCO	401	8	1.9
	DF 計	21,824	326	
MCEM	17 ATIZAPAN DE ZARAGOZA	337	13	1.0
	18 COACALCO	76	6	1.0
	19 CUAUTTLAN	80	3	2.4
	20 CUAUTTLAN IZCALLI	170	9	5.1
	21 CHALCO	92	1	0.5
	22 CHICOLOAPAN	119	0	1.0
	23 CHIMALHUACAN	80	0	1.0
	24 ECATEPEC	1,378	34	12.2
	25 HUIXQUILUCAN	40	0	5.0
	26 IXTAPALUCA	182	2	1.0
	27 LA PAZ	205	0	1.0
	28 NAUCALPAN DE JUAREZ	1,888	196	4.8
	29 NEZAHUALCOYOTL	1,573	2	0.4
	30 NICOLAS REMERO	113	0	1.0
	31 TECAMAC	62	1	1.0
	32 TLALNEPANTLA	1,648	106	15.8
33 TULTITLAN	257	23	8.7	
	MCEM 計	8,300	405	
首都圏	首都圏 計	30,124	731	

出典：参考文献A 2

表 2.5.3 ZMCM における規模別製造業者数 (1988)

規模種別	企業数			比 (%)
	DF	MCEM	ZMCM計	
大	326	405	731	2.4
中	553	249	802	2.7
小	4,741	1,253	5,994	19.9
零細	16,204	6,391	22,595	75.0
計	21,824	8,298	30,122	100.0

出典：参考文献A2

注：企業規模は、従業員数によって次のように分類される：

- 大： 251人以上
- 中： 101～250人
- 小： 16～100人
- 零細： 15人以下

ZMCM におけるサービス施設数をサービスの種別に表 2.5.4 に示す。

表 2.5.4 ZMCM におけるサービス施設数 (1988)

サービス施設の種別	DF	MCEM	ZMCM計
レストラン	425	170	595
公衆浴場	245	53	298
スポーツセンター	75	16	91
病院	20	20	40
ホテル	456	34	490
製パン	802	366	1,168
クリーニング	1,888	622	2,510
粉ひきとトルティージャ	5,211	2,141	7,352
計	9,122	3,422	12,544

出典：参考文献B1

## 2.6 固定発生源の監視状況

### 2.6.1 公的監視の結果

「メキシコ盆地工業監査プログラム」が1992年7月に開始された。このプログラムは、ZMCM内のすべての工業による大気汚染物質排出の計測を年一回行い、その結果を所轄当局であるINEの環境基準化総局へ強制的に報告させるものである。これは生態平衡と環境保全に関する一般法と、その下位の大気汚染防止および対策規則とに基づいて打ち出された。

このプログラムの第一歩は、INEへのレポートの提出であり、それには汚染物質排出量、設置された対策設備、燃料消費などのデータを含む。

第二段階としてPROFEPAが工場の監査を行う。監査は、提出された汚染物質排出の一覧表が規定の書式を満たしているか、また報告されたデータが真実であるかを確認する。重要な違反が判明した場合、企業は部分的または全面的な操業の一時停止を命ぜられる。軽度の違反の場合は技術的な助言がなされ、企業はそれに速やかに応じなければならない。

1992年8月から1993年7月までのあいだにPROFEPAは、工場監査プログラムのもとで8,363件の有効な監査を実施した。この企業数は、メキシコ市首都圏企業総数の28%に過ぎないが、大中規模の企業で監査を受けたものは各々836社、1,004社あって、表2.6.1に示したとおりメキシコ市首都圏の汚染物質固定発生源の大半がカバーされていると考えられる。

表 2.6.1 PROFEPA による監査企業数 (1992年8月～1993年7月)

企業規模	首都圏企業総数	監査済企業数	監査率
大	731	836	100%
中	802	1,004	100%
小	5,994	3,680	61%
零細	22,595	2,843	13%
計	30,122	8,363	28%

出典：PROFEPA (企業総数を除く)

企業総数は1988年の統計値 (参考文献A2)

上記の監査の結果、542社(6%)が重要な違反に対して操業停止を命ぜられ、6,598社(79%)が軽度の違反と認められ技術的助言を与えられた。問題無しと認められた企業は1,088社(13%)に過ぎなかった。この排出基準違反の比率は、NO<sub>x</sub>排出の件だけでなく煙、SO<sub>x</sub>、COの排出の件や有害廃棄物の件を含んでいるため、実際のNO<sub>x</sub>排出に関する違反は上記より少ないと思われる。

## 2.6.2 計測サービス会社の能力

メキシコ市首都圏にあるすべての企業は、大気汚染物質排出の計測とその結果の INE への報告の責任を負う。たいていの中小企業は計測器や資格のある計測担当者を持たないため、排出の計測データ作成は通常計測サービス会社に委託される。計測ユニットがプラントに備え付けられている場合でも、報告値の客観性を保つために計測は外部の計測会社に委託される。この業務に従事する計測会社は、INE に登録することが求められる。

しかし、登録された計測会社の中にも権威づけられた計測器をもたず、また、校正用の標準ガスを持たない会社がかかなりある。ある会社が誤った計測によって、排出基準に違反していると間違って認定される事態が時々生ずる。規制による強制が厳しくなればなるほど、規制の公平性を保つために、より正確で信頼おける計測が求められる。計測会社、計器、標準ガスに適用される監査と資格証明の制度および計測技術者の資格証明制度等の早急な立法化が望まれる所以である。

## 2.6.3 計測サービスの資格

### (1) モニタリング活動の一般法制

あらゆる商取引きに関わる計測、工業プロセス、科学研究、技術開発に関わる計測は、計量と標準化に関する連邦法およびこれに従属する規則類によって根本的に支配されている。1988年1月26日に施行されたこの法は、国家校正制度を確立することによって、計測の画一性と信頼性を実現することを目的としている。

法による国の任務は、計測の基本単位および誘導単位の標準を維持すること、および計器、計測方法、計測サービスラボの能力等を監理することである。ラボの資格認定手続きと資格要件は、法とその関連規則類に具体的に規定されている。

法の基本的な考えは、公式な計測の主要部分は有資格ラボにやらせること、および公認ラボによる計測結果とラボそのものを政府が監理することによって、計測の画一性と信頼性を達成することである。

試験ラボと呼ばれる公認ラボは、SINALP の管理する試験ラボの一般活動基準にしたがって選定される。応募したラボは、管理組織、計測器材、要員の能力、作業指針その他信頼できる計測に必要な関連事項等を審査される。審査は、SECOFI が産業別に組織した評価委員会によって行われる。1994年2月時点では、評価委員会は a ~ g の 7 部門の産業分野について組織されていた。

- |          |         |
|----------|---------|
| a. 建設    | (24 ラボ) |
| b. 電気・電子 | (54 ラボ) |
| c. 金属・機械 | (49 ラボ) |
| d. 化学    | (26 ラボ) |

- e. 繊維・衣料 ( 6 ラボ)
- f. 食料 (12 ラボ)
- g. 環境汚染 ( 2 ラボ)

それまでに累計 173 社が認定されていたが、環境汚染分野ではわずか 2 社が認可されただけであり、しかも大気汚染分野は皆無であった。INE のラボは、大気汚染分野の第一号を目指して試験ラボに応募中であった。

## (2) モニタリングサービスの有資格会社

汚染物質の排出を減らさなければならない企業は、汚水、廃棄物、排ガスの排出についてのモニタリングの結果を INE または DF または EDOMEX に提出する義務がある。そのレポートは、環境条件を保全するために特別の指示が必要かどうか判断するために登録される。

大気汚染物質の排出に関するレポートは、大企業のを INE が扱い、小さい企業のを DF または EDOMEX が扱う。大気汚染物質排出のモニタリングは、INE の登録業者によってなされる必要はあるが、必ずしも SINALP の認可業者である必要はない。この登録要請の結果として 1994 年 2 月時点では、計測サービス会社として 95 社が登録してあった。

計測サービス会社の INE への登録は、二段階の審査によって行われる。第一段階は応募会社の能力を記した書類の審査であり、第二段階は立ち入り検査と計測技能の審査である。計測技能は等速吸引法の実技によって審査される。第一段階で必要な書類は下記の通りである。

- a. 申請書
- b. 定款
- c. 納税者番号
- d. 器材リストおよび操作マニュアル写
- e. 専門技術者の経歴書
- f. 会社の沿革