

メキシコ合衆国

大気汚染固定発生源対策計画調査

最終報告書

概 要

1991年9月

国際協力事業団

工計敏

CR(5)

91-107

ARY

JICA LIBRARY



1093179(8)

22789

メキシコ合衆国

大気汚染固定発生源対策計画調査

最終報告書

概 要

1991年9月

国際協力事業団

国際協力事業団

22789

略 語 表

DF	:	Distrito Federal (首都連邦区)
EM	:	Estado de Mexico (メキシコ州)
MCEM	:	Municipios Conurbados del Estado de Mexico (AMCM内のメキシコ州の17市)
AMCM	:	Area Metropolitana de la Ciudad de Mexico (メキシコ市首都圏 = DF + MCEM)
DDF	:	Departamento del Distrito Federal (首都連邦区庁)
GEM	:	Gobierno del Estado de Mexico (メキシコ州政府)
SEDUE	:	Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecologia (都市開発・環境省)
SHCP	:	Secretaria de Hacienda y Credito Publico (財務・公債省)
SPP	:	Secretaria de Programacion y Presupuesto (企画・予算省)
SECOFI	:	Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (商務・工業振興省)
SEMIP	:	Secretaria de Energia, Minas e Industria Paraestatal (エネルギー・鉱山・公営企業省)
PEMEX	:	Petroleos Mexicanos (メキシコ石油公社)
CFE	:	Comision Federal de Electricidad (連邦電力委員会)
IMP	:	Instituto Mexicano del Petroleo (メキシコ石油研究所)
IIIE	:	Instituto de Investigaciones Electricas (電力調査研究所)

目 次

略 語 表

	ページ
第1章 序 論	
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的と範囲	2
1.3 実施体制とスケジュール	2
第2章 首都圏の大気汚染固定発生源に係る基本的条件	
2.1 地理的条件	3
2.2 人口・産業	5
2.3 エネルギー	8
2.4 固定発生源対策の現状	12
第3章 固定発生源における燃料消費量と汚染物質排出量	
3.1 調査の対象と方法	16
3.2 総量の把握	18
3.3 規模別分布	22
3.4 燃焼設備の種類別分布	24
3.5 地域分布	25
第4章 固定発生源対策の基本的検討	
4.1 発生源対策技術の概要	26
4.2 発生源対策検討の前提と方針	28
第5章 選定された発生源の診断と対策の検討	
5.1 対象事業場と施設	32
5.2 診断結果	34
5.3 対策案の概要	36
第6章 その他の固定発生源の対策の検討	
6.1 訪問調査対象事業場	44
6.2 その他の事業場	48
第7章 首都圏の固定発生源対策基本計画	
7.1 計画の概要	50
7.2 所要資金と実施スケジュール	57
7.3 提 言	61

第 1 章 序 論

1.1 調査の背景

メキシコ市首都圏 (Area Metropolitana de la Ciudad de Mexico: AMCM) では、1970年代に著しく加速されたモータリゼーションと工業活動の拡大によって、大気汚染物質の排出が増加し、これに地形および気象条件が重なって、1970年代の中頃から大気汚染が深刻な問題となってきた。

メキシコ合衆国政府は1960年代からAMCMの大気質の測定を行ってきたが、1980年代に入って大気汚染問題に一層真剣に取り組むようになった。1982年「環境保護法」が制定された。1988年1月より25箇所の測定局よりなる大気質の自動監視網を稼働させ、汚染状況をより正確に把握するとともに、同年2月には大統領令により大気汚染に対する「21の対策」を公布し、本格的な活動を開始した。

AMCMでの工業活動の拡大を抑制する政策がとられるとともに、1988年3月には環境保護法が改正され、これにより「生態均衡と環境保護に関する一般法」が制定された。大気汚染対策に関する政府諸機関の責任分担もより明確化された。

自動車の車種別年代別排出基準の整備と、これに伴う無鉛ガソリンの供給を柱とした自動車対策や首都圏における工業用燃料の良質化や天然ガスの供給の拡大などの工場用の対策が徐々に進められてきた。

これらを含む諸対策の位置付けと責任機関を明確にし、効果的に実施していくための社会的合意の形成にも努力が払われ、1990年10月には「首都圏大気汚染対策総合プログラム」が発表された。これは41の対策を示し、各対策の意義、実施スケジュールおよび実施機関を明らかにしている。

このような大気汚染対策のプログラム作りによって、自動車の新車対策や使用過程車の排ガス検査など、自動車対策の長期的な展望はほぼ開かれたといえる。

これに対し、首都圏の固定発生源については汚染物質排出源の技術的な性格が十分には把握されておらず、従って、効果的な対策を適用するための技術的裏付けについても十分な調査はされていないため、将来への展望は確立されていない。

当調査は首都圏の固定発生源における上述の問題の解決に役立つことを目的として行うこととなった。1989年8月に、メキシコ政府と国際協力事業団との間で、調査の実施細則が合意され、1990年2月より本格調査が開始された。

1.2 調査の目的と範囲

当調査の目的は技術的、経済的側面を考慮したメキシコ市首都圏の大気汚染固定発生源に対する対策計画を作成することである。

調査の開始時点における調査範囲には汚染対策検討の対象物質として、窒素酸化物(NO_x)とばいじんの他に硫黄酸化物(SO_x)が含まれていた。しかし、開始後間もなく、メキシコ政府が検討していた以下の SO_x 対策が具体化する運びとなった。

- (1) 現在首都圏で燃料として用いられている硫黄分 3.0%～3.5%の重油に替えて、硫黄分 0.8%の重油を1995年から供給するため、Tula精油所に重油の水素化脱硫プラントを建設する。
- (2) 首都圏の2箇所の発電所では上記の脱硫重油が供給されるまでは、主燃料として天然ガスを使用し、高価であるため排煙脱硫は行わない。

この結果、当調査では汚染対策検討の対象物質として固定発生源の NO_x とばいじんに重点を置くこととした。

1.3 実施体制とスケジュール

1.3.1 実施体制

当調査のメキシコ側実施機関は以下のとおりである。

都市開発・環境省(SEDUE)環境局
首都連邦区庁(DDF)都市再整備・環境保護局
メキシコ州(GEM)環境委員会

日本側の実施機関は国際協力事業団(JICA)であり、外務省、通商産業省がこれに助言する。JICAは、当調査の本格調査の実施のため調査団を選定した。

1.3.2 実施スケジュール

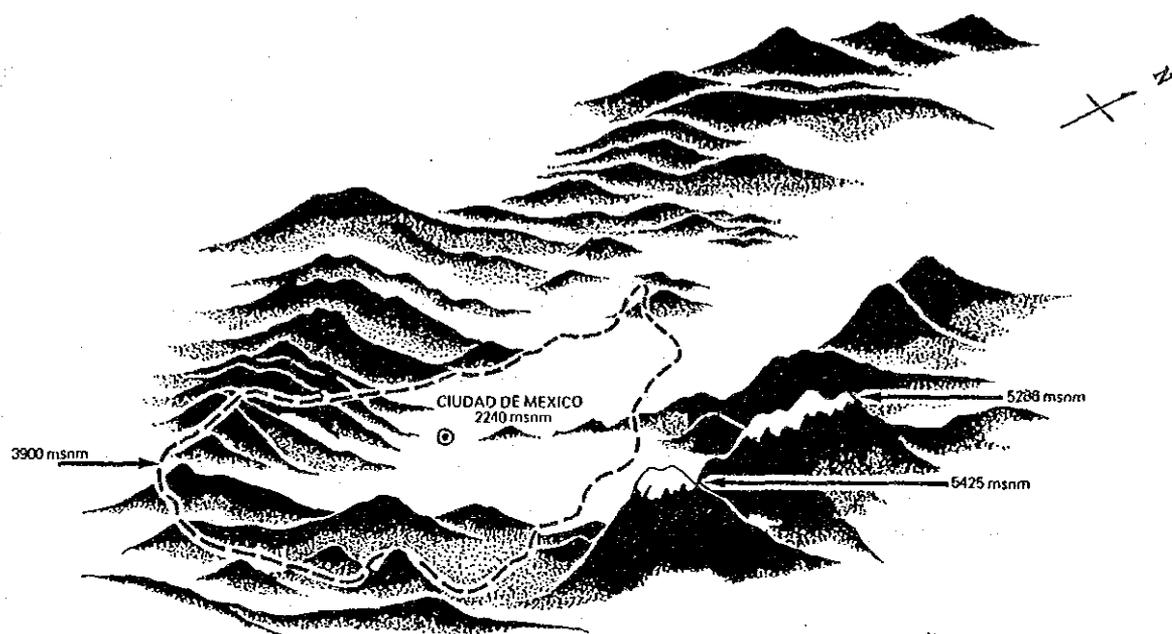
本格調査は1990年2月に開始され、1991年9月に終了した。

第2章 首都圏の大気汚染固定発生源に係る基本的条件

2.1 地理的条件

メキシコ市は、中央高地の南端に位置するメキシコ盆地にあり、盆地内の最低高度は、2,240mである。盆地は、メキシコ市から北に向けて広がり、周囲はさらに高い山脈に囲まれている（図 2.1.1参照）。

気候は、温暖で比較的乾燥している。日平均気温は10℃～23℃であり、最高月平均気温は5月の17.4℃、最低は1月の12.1℃である。年降水量は725mmで、その大部分は5月から10月の期間に降る。乾季（または冬季）には、気温逆転現象の頻度が高く、降水量が少ないため、大気汚染が激化する傾向にある。



Source: BRAVO, A.H., LA CONTAMINACION DEL AIRE EN MEXICO, UNIVERSO VEINTIUNO, 1987.

図 2.1.1 メキシコ盆地概念図

メキシコ市首都圏（AMCM）は、連邦区の全16区（以下、DFと略称する）とメキシコ州の17市（以下、MCEMと略称する）とからなり、その範囲は図 2.1.2のとおりである。AMCMの総面積はおよそ 3,615km²であり、そのうちDFはおよそ 1,505km²、MCEMはおよそ 2,110 km²である。参考として、東京の面積は島部を除いておよそ 1,758km²である。AMCMと同じ地域が文献では、よく「ZMCM」として言及されているが、本報告書で用いる「AMCM」なる略称は、「PROGRAMA GENERAL DE DESARROLLO URBANO DEL DISTRITO FEDERAL 1987-1988」の定義によっている。

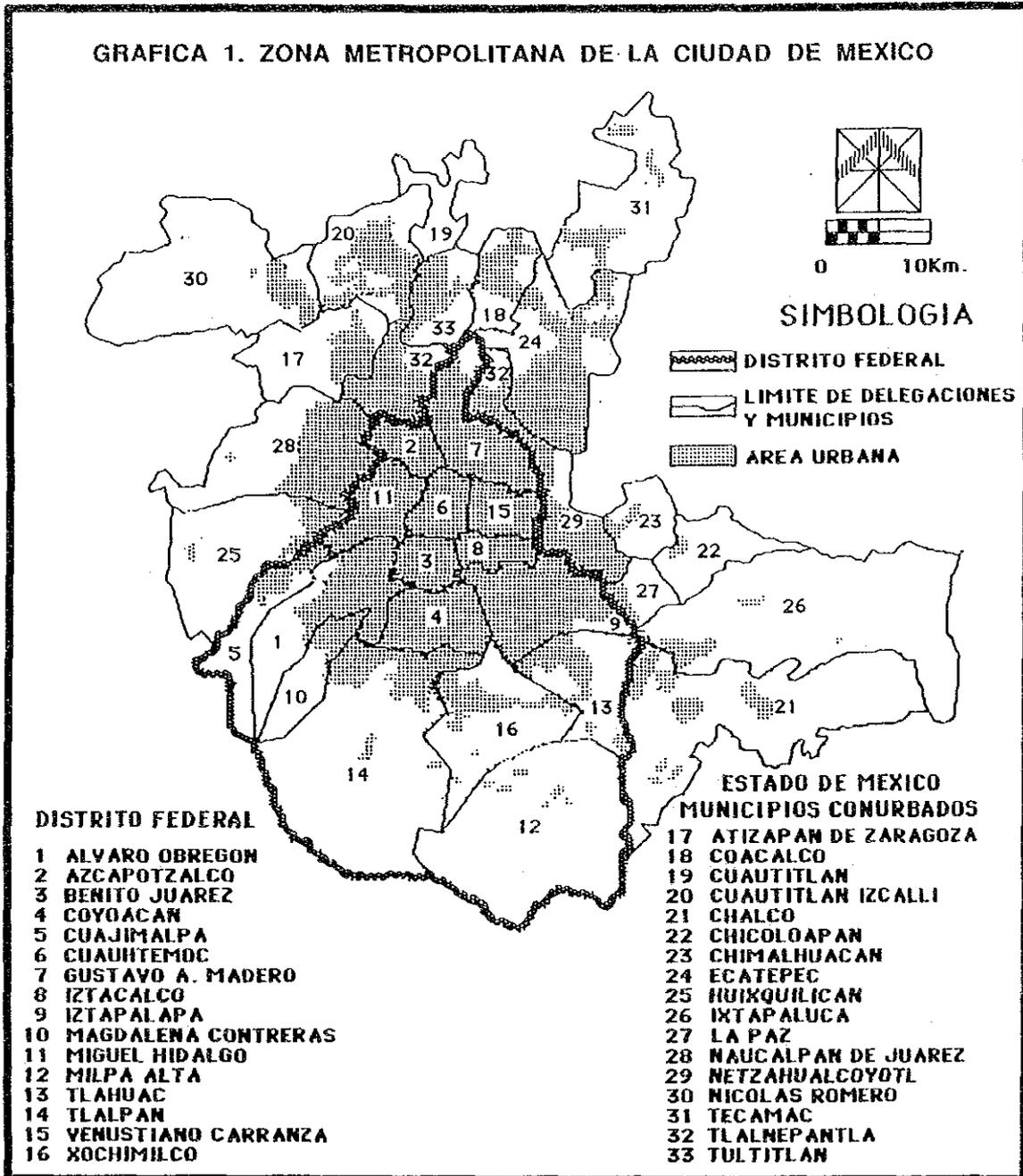


図 2.1.2 メキシコ市首都圏と市街化区域

2.2 人口・産業

2.2.1 人口

1990年3月に公表された人口センサスによると、AMCMの人口は1,499万人で、メキシコの全体の人口8,114万人の18.4%を占めている。このうち、DFに824万人、MCEMに675万人が居住し、その比率はDFが55.0%、MCEMが45.0%である。

1980年から1990年間の人口の年平均増加率は、DFでは0.26%と微増に止まったが、MCEMでは依然として4.25%の高水準の増加が持続している。首都圏全体の人口増加率は、年平均1.85%とメキシコ全体の年平均増加率1.88%をわずかに下回り、1960年代、70年代に著しかった地方からの人口の流入が抑制されてきていることを示している。

メキシコ市首都圏の工場の分布地域は、DFの北部5区とこれに隣接するMCEM4区に集中しており、ここはまた人口減少区でもある。

1980年から1990年までの10年間で人口が減少している地区は、商工業が発達したDF内のCUAUHTEMOC, MIGUEL HIDALGO, BENITO JUAREZ, VENUSTIANO CARRNAZA, GUSTAVO A. MADERO, IZTACALCOの6区である。

一方、この10年間に人口が2倍以上に急増した地区は、メキシコ州のATIZAPAN DE ZARAGOZA, CHALCO, CHICOLOAPAN, CHIMALHUACAN, IXTAPALUCA, TULTITLANの6市である。

すなわち、首都圏では中心部からその周辺地区に人口が転出しつつあり、ドウナツ化現象が進展してきているといえるであろう。

メキシコ政府は、将来の首都圏人口を今後とも年率1.4%で増加し、2010年には2,000万人を越えると予測しているが、参考として首都圏人口の伸び率の逡減化傾向を折り込んで予測してみると、2010年には約1,800万人で静止人口に接近していくものと予測された。(図2.2.1参照)

POPULATION OF ANCM

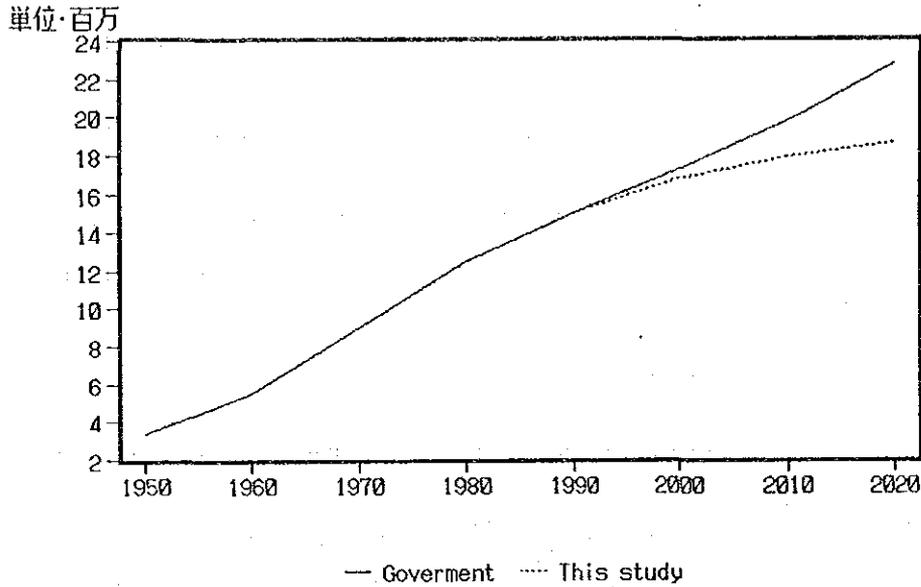


図 2.2.1 首都圏人口の推移

2.2.2 産 業

1989年におけるメキシコ合衆国全体の GDPは、2,000 億ドル（速報値）であるが、この約40%つまり 800億ドルが首都圏の経済規模と推計される。

1980年における首都圏経済の産業構造を GDPの部門構成で見ると、農業部門0.09%、鉱工業・建設・電力部門30.0%、運輸・通信部門 3.8%、サービス業部門65.7%となっている。首都圏においては、農業部門はきわめて小さな産業であり、対照的にサービス業部門は65.7%と高く、メキシコ合衆国の平均的な産業構造と著しく乖離し、大都市圏特有の経済構造を示している。

2.2.2 工 場

1985年時点でANCMに立地する工場は、DFが2万4千、MCEMが1万の合計3万4千であった。

DFに立地する工場数は、1960年代を通じて急増し1975年には3万のピークに達した。1975年以降は減少に転じ、1985年までの10年間で約5千の工場が減少している。この減少傾向は現在なおも進行中と考えられる。

一方、MCEMに立地する工場数は、1960年の約千から増加の一途をたどり25年後の1985年には約10倍の約1万にまで増加している。1986年の州政府の調査によると、工場数は8千でMCEMにおいても明らかに工場数は減少に転じたことを示唆している。このような工場数の減少傾向を考慮すると、1990年現在の首都圏に立地する工場数は、過去の工場数の趨勢から2万7千前後と推計される。

ANCMに立地する工場の業種構成では、食品工場の数が最も多く全体の約26%を占め、ついで金属製品工業が14%、木工製品が9%、衣服8%、出版・印刷8%、一般機械6%、ゴム・プラスチック製品4%、繊維4%、電気機械3%の順であろうと推計される。

ANCMの工場数を規模別にみると、大企業 600~700 社、中企業 900~1,100 社であり、中企業以上のものは 1,500~1,800 社（工場全体の約5%）と推計される。

ANCMの工場の分布地域は、DFの北部5区とこれに隣接するMCEM4市に集中しており、ここはまた人口減少地区でもある。

2.3 エネルギー

メキシコは世界の5%を占める原油生産国であり、石油および天然ガスは基本的に自給している。とくに原油はその半分を輸出し、その1割相当の精製品を輸入している。石油系エネルギーの採掘、精製、輸出、輸入は、国営企業であるメキシコ石油公社(PENEX)が独占的に行っている。

原油と天然ガスは、採掘後、パイプラインで8ヶ所の原油精製センターと9ヶ所のガス精製プラントに輸送される。

そのうちの1つでメキシコ市首都圏で唯一の18 de Marzo 石油精製所が、1991年3月18日に閉鎖され、以後は石油燃料の供給基地としてのみ機能することになった。このプラントの精製能力は、以前より首都圏での精製燃料の需要に対して十分ではなく、そのため他の石油精製所やガスプラントからパイプラインにより不足分が送られていた。軽油やLPGなどの蒸留製品は、237 km離れた POZA RICA精製所と82km離れたTula精製所から送られている。また、天然ガスは VENTA DE CARPIOから31kmのパイプラインで送られてくる。

首都圏の固定発生源で使われている重油は、例外的に全量が18 de Marzo 精製所で生産されていた。その重油の特徴として次の2点をあげることができる。① 硫黄分が3~3.5%含まれている。② 重質重油は粘度が高く約1,000cStである。

蒸留製品は、ここから首都圏にある3ヶ所の供給センターにパイプラインで送られ、その後はタンク車でディーラーに運ばれる。2ヶ所の発電所、空港および大工場等の主要ユーザーにはパイプラインで直接供給されている。

天然ガスはパイプライン網により、首都圏のユーザーに供給されている。このパイプライン網には、363ヶ所の調圧・測定所があり、それから先はユーザーが必要に応じてパイプを布設している。従って、ガスのユーザーは大規模事業場が主体となっている。

首都圏における1986年のエネルギー消費量は、エネルギー・鉱山・国営企業省(SEMIP)によると、 121.55×10^{12} kcalであった。これのセクター別消費量を表 2.3.1 に示す。

表 2.3.1 首都圏におけるセクター別エネルギー消費量比率 (1986年)

(10¹²kcal)

	Transportation	Electric Generation	(1) Industries	Services	(2) Others	Total
Gasoline	43.35	-	-	-	-	43.35
Diesel	10.12	0.03	6.34	0.48	-	16.97
Heavy oil	-	9.88	1.90	0.42	-	12.21
LPG	-	-	-	1.01	11.06	12.07
Natural gas	-	6.83	16.94	-	0.62	24.40
Electricity	0.60	-	5.81	2.02	4.12	12.55
Total	54.07	16.74	30.99	3.93	15.80	121.55

Source : PROGRAMA INTEGRAL DE LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO, SEDUE, PEMEX, Edo. Mex, DDF, CFE, September 1989.

Note : (1) Including PEMEX
(2) Residential and public facilities

表 2.3.1に示すセクター別エネルギー消費量を固定発生源と移動発生源に大別すると、固定発生源が55.5%、移動発生源が44.5%となっている。固定発生源で消費されるエネルギーの種類別消費量は、天然ガスが最も多く、首都圏での全エネルギーの約20%を占め、ついで重油(同10%)、LPG(同9.9%)、電力(同9.8%)、軽油(同5.7%)の順である。

表 2.3.2に PEMEXによる主要燃料の首都圏への年間供給量の推移と天然ガスの計画供給量を示す。このうち、天然ガス、重油、軽油については図 2.3.1にも示す。

天然ガスは、主として首都圏内の2ヶ所の火力発電所の大気汚染対策として、その供給量を増やしてきており、今後数年間もさらに大規模な工場を対象として、供給量を増大させる予定である。現在、重油の水素脱硫プラントをTulaに建設するプロジェクトが進行している。このプラントが完成すると脱硫重油が首都圏に供給されることになっている。PEMEXの見通しでは、1995年に供給を開始し、それに伴ってその年には天然ガスの供給量を削減する。

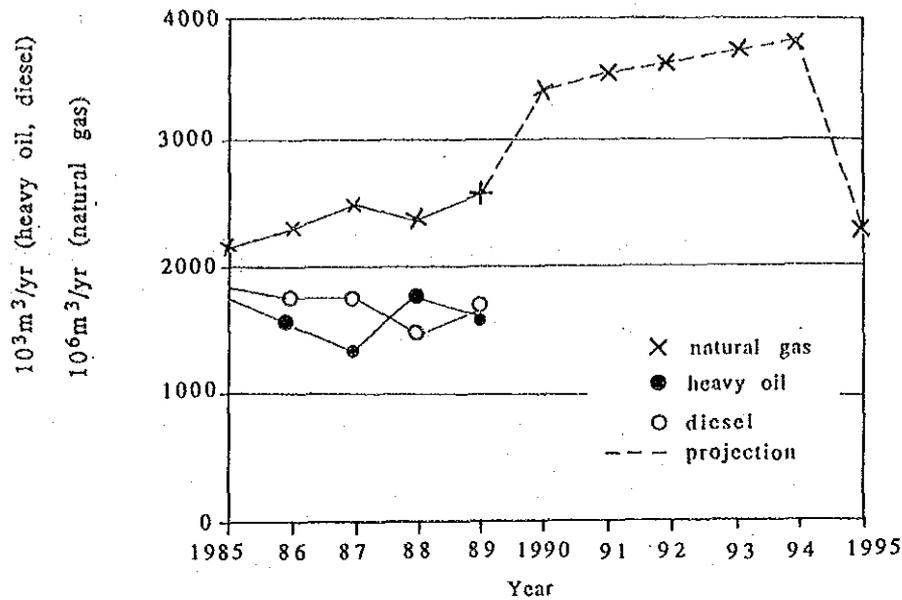
表 2.3.2 首都圏における主要燃料の年間供給量

Kind of Fuel	Unit	Actual Amount of Supply							Projected Amount of Supply				
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
Heavy oil	10 ³ m ³	1,747	1,567	1,329	1,776	1,607							
Natural gas	10 ⁶ m ³	2,155	2,304	2,506	2,371	2,584	3,411	3,541	3,627	3,721	3,824	2,274	
Diesel	10 ³ m ³	1,838	1,752	1,753	1,453	1,654							
Gasoline	10 ³ m ³					5,524							

Source : PEMEX, March 8, October 24 and 26, 1990.

Note : (1) Original units were converted to the metric units.

(2) In 1995, low sulfur heavy oil will be available by $1.306 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{yr}$ (22,500 BPCD). This amount is equivalent to $1,550 \times 10^6 \text{ m}^3$ of natural gas. From that year on, supply of natural gas will be increased again towards the present level.



Source: PEMEX, 1990

図 2.3.1 首都圏における天然ガス、重油、軽油の年間供給量

1989年に首都圏の固定発生源で消費された重油、天然ガス、軽油の量をまとめると表 2.3.3 に示すようになる。ただし、軽油については固定発生源での消費量が統計に明示されていないので、表 2.3.1 のセクター別比率および全国レベルでのセクター別比率から推定した。

表 2.3.3 首都圏の固定発生源における主要燃料の消費量 (1989年)

Kinds of Fuel		Unit	Consumption	Users
Heavy oil	Heavy	10 ³ m ³	702(1)	power plants, 18 de Marzo refinery
	Ecological	10 ³ m ³	905	factories, service and commercial establishments
	Sub-total	10 ³ m ³	1,607	
Natural gas		10 ⁶ m ³	2,584	power plants, refinery, factories, etc.
Diesel	Special	10 ³ m ³	410 - 660(2)	factories, service and commercial establishments

注) (1) 消費先の内訳は以下のとおりである。

Valle de Mexico 発電所	496,800m ³
Jorge Luque 発電所	163,600m ³
18 de Marzo 精油所	41,400m ³

(2) 推定値

2.4 固定発生源対策の現状

2.4.1 産業再配置政策

メキシコ政府の産業振興政策は、優先的な産業分野への投資の促進、小規模工業の発展、均衡ある地域開発等をめざして、産業の再配置の原則と優遇策等を定めている。この政策は、産業再配置を通じて首都圏に集中した大気汚染に関係の深い産業の地方分散を図る効果もあわせもつものである。

この政策を実施するために、工業部門および立地地域にそれぞれ優先順位を設け、優先度の高い業種及び地域については税制上あるいはエネルギー価格の面で優遇される制度としている。

優先的に発展を促す産業分野は、輸入代替工業、資本財の国産化分野のような産業構造の改善に係るものである。首都圏については、環境対策面からみて首都圏での活動が好ましくないとされた35の業種が指定されている。

立地地域の優先順位は次の5段階に区分され、順位の低い地域（拡大規制地域）については、税制面での優遇策で差がつけられるほか、エネルギー価格での優遇策はまったく適用されない。とくにDFを含むⅢ-A地域では、主要工業に対する優遇策は皆無である。

- | | |
|-------------|--|
| ① 優先的奨励地域 | I-A : 四大工業港とその隣接都市 |
| | I-B : 工業都市として開発可能性をもつその他の都市（タバスコ州、チアパス州） |
| ② 州の優先的奨励地域 | Ⅱ : 州の工業活動の中心地として公示された地域 |
| ③ 拡大規制地域 | Ⅲ-A : DFとその衛星都市 |
| | Ⅲ-B : 地域Ⅲ-Aの影響下にある人口集中地域（イダルゴ州、メキシコ州、モロレス州、トラスカラ州） |

この政策のもとに、Ⅲ-A地域から地域外へ移転した企業は17社あったが、現在は財政事情の悪化によりほとんど実施されていない。

2.4.2 公害対策投資に対する助成制度

特定の業種において公害防止のためにした設備投資について、その25%が5年間減税対象となる制度が1987年に公布された。その後、1年の間に約200件の申請がなされたが、現在はこの制度は停止されている。

また、メキシコ国立銀行による公害防止投資むけ融資制度が1990年8月から始められた。これは年率を国債なみとし、自己資金10%に対し、市中銀行10%、国立銀行80%が融資する制度であるが、まだ普及の途上にある。

2.4.3 排出基準

メキシコ合衆国の環境保護のための基本法は、「生態均衡と環境保護のための一般法」(以下、環境保護法と略称する)であり、1988年3月に施行された。

環境保護法に基づく大気汚染の防止および規制のための規則も1988年11月に公布された。大気汚染に係る排出基準は、環境保護法の求めるとおり、SEDUEにより作成されている。

一般の燃焼設備に対して現在効力のある基準は、燃料の種類別に定められているが、SEDUEではこれらの基準は緩やかに過ぎると判断し、これらに代わる基準の作成作業を行っている。新しい基準は燃料の種類別ではなく、燃焼施設の規模により定める方針であり、燃焼施設の容量に応じてCO、SO₂、NO_xおよびばいじんの排出量が定められる。

2.4.4 首都圏大気汚染対策総合計画

1986年以来数次の改訂を経て強化されてきた一連の計画を受けて、「メキシコ首都圏における大気汚染対策統合計画-広汎な合意」(以下、単に「計画」という)が、1990年10月に成立した。この計画は、政府機関の関係各省の合議によって作成されたものであり、関係機関は、SEDUE、SHCP、SPP、SECOFI、通信運輸省、SEMIP、農業水資源省、保健省、DDF、GEM、メキシコ州各市行政政府、PEMEX、CEF、IMPである。

「計画」の戦略は、次に示す分野の大気汚染対策活動を統合することである。

1. 石油産業
2. 運輸
3. 民間産業およびサービス業

4. 火力発電
5. 植林および生態回復
6. 研究・環境教育・社会コミュニケーション

「計画」は、上記の分野にまたがる合計41の具体的な大気汚染対策を含んでいるが、そのうちの17対策は次に掲げる固定発生源対策である。

- 対策No.3 低硫黄重油の生産
- 対策No.7 3月18日精油所における硫黄回収
- 対策No.8 3月18日精油所における炭化水素蒸気の回収およびバーナーの交換
- 対策No.9 3月18日精油所における煙突排ガス連続モニタリング
- 対策No.10 燃料貯蔵タンクへ浮屋根の設置
- 対策No.11 燃料ターミナル及びガソリンスタンドへ蒸気回収システムの設置
- 対策No.22 工場での重油に代る天然ガスの使用
- 対策No.23 SEDUE と工場群との排出制御に関する協定
- 対策No.24 水や燃料を大量に消費する工場の新設や設備の拡張を禁ずる。
- 対策No.26 鋳造所の排出防止と移転
- 対策No.27 高度汚染排出工場における連続排ガスモニタリング装置の設置
- 対策No.28 サービス業における燃焼過程の改善及び排出制御装置の設置
- 対策No.29 低硫黄重油が供給されるようになるまで火力発電所では天然ガスを使用する。
- 対策No.30 発電ユニットの冬季稼働停止
- 対策No.31 発電所における連続排ガスモニタリング装置の設置
- 対策No.32 都市地域での植樹計画
- 対策No.33 メキシコ盆地及びその影響圏の再植林

2.4.5 最近の動向

(1) 冬期 (1990/91)の緊急対策

メキシコ市首都圏の大気汚染状況は1990年12月中旬頃より、例年の冬期以上に悪化した。この主な原因は交通量の多さと渋滞、および例年よりも顕著な大気の気温逆転現象などといわれている。

これに対して SEDUE、DDF およびメキシコ州政府は、以下のような緊急の対策を決定し、1991年1月9日 DDF長官により発表された。

- 1) 主要な汚染源とみられる 300の工場では、1月15日から2月28日までの期間、重油から天然ガスまたはディーゼルに変更する。もしくは操業を30%カットする。
- 2) 3月18日精油所の最善の排出解決策を10ヶ月以内に決定する。
- 3) 汚染物質が高濃度に達した場合、すべての学校を臨時休校とする。
- 4) メキシコ市中心街への大型トラックなどの出入りを夜間のみとする。
- 5) 1月19日からタクシー、ペセロの土曜営業を50%減とする。
- 6) 旅行団体や空港サービス用の車両を対象にノー・カー・デイを実施する。
- 7) 3月1日までに市バスの黄色バスを廃止し、すべて新エンジンを搭載したバスに替える。

上記 1) については、1月末の時点で82の工場が重油をディーゼルに変更した。また、天然ガスのパイプライン網上にある工場のうち、16の工場が天然ガスへの変更を申し込んだ。

(2) 3月18日精油所の生産工程の閉鎖

上述の緊急対策の発表に伴い、3月18日精油所の恒久的対策について SEDUEとPENEX の間で協議が行われてきた。この精油所は1933年以来稼働しており、精製工程設備は老朽化したものが多い。このため、恒久的な大気汚染対策には膨大な投資と相当の時間が必要となる。

これらのことから、メキシコ大統領は当精油所を閉鎖するという決定を下し、1991年3月18日をもって、すべての生産設備の稼働を停止した。

当精油所は精製燃料の生産以外に、他の精油所から送られてくる各種燃料を首都圏に供給するための供給基地としても機能してきた。この機能は今後も引き続き果してゆくことになっている。しかし、生産工程の停止により首都圏の燃料供給体系は大幅に変更されることになり、早急にその体系を確立する必要に迫られている。

第3章 固定発生源における燃料消費量と汚染物質排出量

3.1 調査の対象と方法

調査対象はメキシコ首都圏に存在する燃焼施設を備えたすべての事業場であるが、これらを代表できる発生源を選別抽出して燃料消費量および汚染物質排出量を把握した。

調査の方法は SEDUE、DDF 等の既存の調査結果を極力利用し、これに加えて大規模工場に対するアンケート調査、面談による聞き取り調査、煙道計測等の方法を用いた。この結果、得られたデータは、表 3.1.1 に示した約 7,700 社にわたるものであり、このうち工場は約 1,400 社であった。

表 3.1.1 調査された事業場数

Kind of Study	Number of Establishment	Sector
Detailed on-site questionnaire by the JICA Study Team	97 (82)	manufacture, service and commercial
1000 factory questionnaire by SEDUE (in this Study)	969 (935)	manufacture, service and commercial
Existing data of SEDUE	371 (364)	manufacture
DDF's survey *	6,070 (0)	service and commercial
CANAIBAL's survey **	203 (0)	public bath
Total	7,710 (1,381)	

Note: * Survey area limited within DF.

** Survey area limited within DF except 13 bathhouses in MCEM.

() Number excluding the service and commercial sector.

首都圏の製造業の事業場数（以下「工場」という）はDFに約19,000社、MCEMに約8,000社ある。これらの工場を従業員数により分類した場合、規模不明のものを零細とみなすと、階級別工場数は表 3.1.2 に示すとおりである。

表 3.1.2 首都圏の階級別工場数

Area	Large	Medium	Small	Micro	Total
DF (1987)	207	427	3,911	14,770	19,315
MCEM (1986)	379	247	1,637	5,858	8,121
AMCM Total (percentage)	586 (2.1)	674 (2.5)	5,548 (20.2)	20,628 (75.2)	27,436 (100)

本調査の対象となった工場数 1,381社は全体の5%である。しかし、これらの工場は規模の大きいものから順次選出されたものであるため、汚染物質の排出に関しては、本調査において大部分の大・中規模の工場が扱われていると考えられる。

サービス、商業部門の事業場数は、DFに約 191,000件、メキシコ州全体で約76,000件あるが、汚染物質を排出しているものは、DF内では約 6,300件、全体の 3.3%であることを DDFの調査が明らかにしている。この比率をメキシコ州に当てはめると 2,521 件、メキシコ州の一部であるMCEMでは 2,500件未満と推定される。よって首都圏全体の汚染物質を排出するサービス・商業事業場数は約 8,800件あると見られる。

これに対して本調査で把握したサービス・商業部門の事業場数は約 6,300件あるので、首都圏全体のサービス・商業部門の汚染物質排出施設の約70%を扱っていることを示している。

よって、本調査で扱った合計 7,710の発生源の情報は、首都圏の固定発生源の特徴を十分代表するものと考えられる。

3.2 総量の把握

3.2.1 燃料消費量

各種の調査による燃料消費量をまとめて表3.2.1 に示す。

表 3.2.1 首都圏の固定発生源における燃料消費量

Kind of Study		Study Team	SEDUE	SEDUE	DDF	CANAIBAL	Total
Number of Sample		97	969	371	6,070	203	7,710
Fuel	Heavy oil ($10^3\text{m}^3/\text{yr}$)	815	190	36	15	40	1,096
	Diesel ($10^3\text{m}^3/\text{yr}$)	29	84	8	51	0	172
	Kerosene ($10^3\text{m}^3/\text{yr}$)	-	16	0	26	-	42
	N. gas ($10^6\text{m}^3/\text{yr}$)	2,478	735	104	0.2	-	3,317

表 3.2.1は、固定発生源では重油、天然ガスが大量に消費されていることを示している。各々の燃料の主な特徴は次のとおりである。

(1) 重油

図3.2.1 に示すように総量 $1,096 \times 10^3 \text{ m}^3$ の約75%に相当する量が、調査団の調べた97社によって消費されている。これに SEDUEの調べた 969社（ファイル名：HORNOS）と371社（ファイル名：DATGEN）を加えると全体の95%が消費されている。

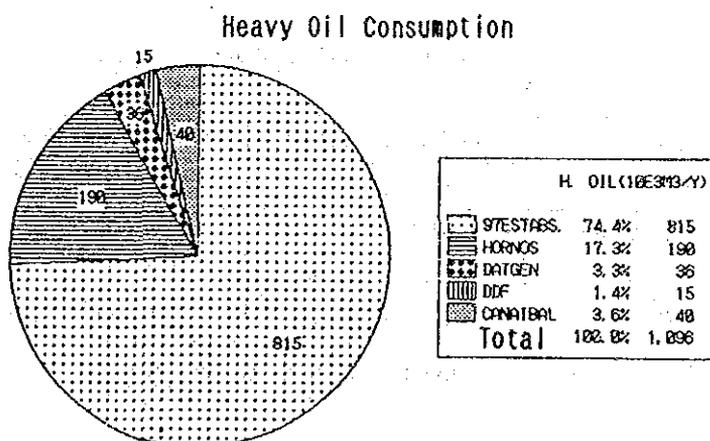


図 3.2.1 首都圏固定発生源重油消費量

(2) 軽油

軽油は広範な業務分野で使用されているが、固定発生源におけるエネルギー総量に占める割合は小さい。

(3) 天然ガス

総量 3.317×10^6 m³ の75%に相当する量が調査団の調べた97社によって消費されている。これに SEDUEの調べた 969社 (HORNOS) と 371社 (DATGEN) を加えると全体のほぼ 100%を占める。

重油と同様天然ガスは大部分が工場で使用されており、サービス業や商業分野での消費は無視しうる大きさである。

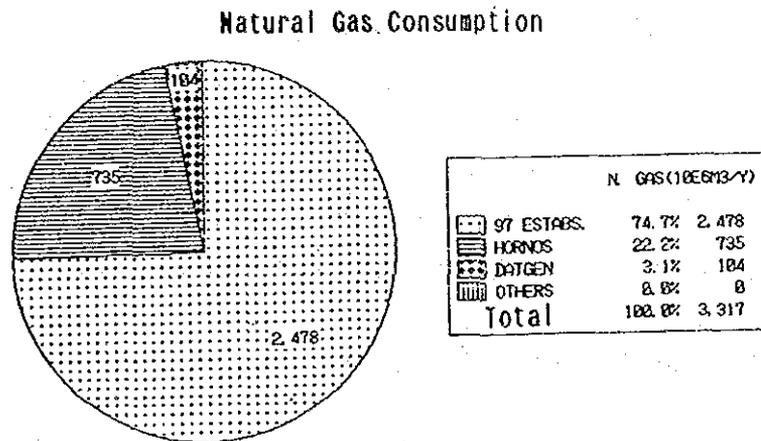


図 3.2.2 首都圏固定発生源天然ガス消費量

3.2.2 汚染物質の排出量

各種調査から得られた汚染物質の排出量を総括した結果は、表 3.2.2のとおりである。

表 3.2.2 首都圏の固定発生源からの汚染物質排出量

Kind of Study		Study Team	SEDUE	SEDUE	DDF	CANAIBAL	Total
Number of Sample		97	969	371	6,070	203	7,710
Pollutant	NOx (10 ³ ton/yr)	15.8	3.6	0.6	0.6	0.2	20.8
	SO ₂ (10 ³ ton/yr)	55.3	14.6	2.6	1.9	1.7	76.3
	PM (10 ³ ton/yr)	9.9	0.8	0.1	0.2	0.3	11.3

Note: Pollutant emissions by the use of LPG are not included in the samples of the SEDUE's studies.

調査団の調べた97社の排出量は、図3.2.3 に示したとおりNO_x、SO₂、PMの排出総量の70%以上を占めていて、SEDUEの調べた969社(HORNOS)と371社(DATGEN)を加えると全体の95%を占めている。主要な汚染物質排出の特徴は次のとおりである。

(1) SO₂

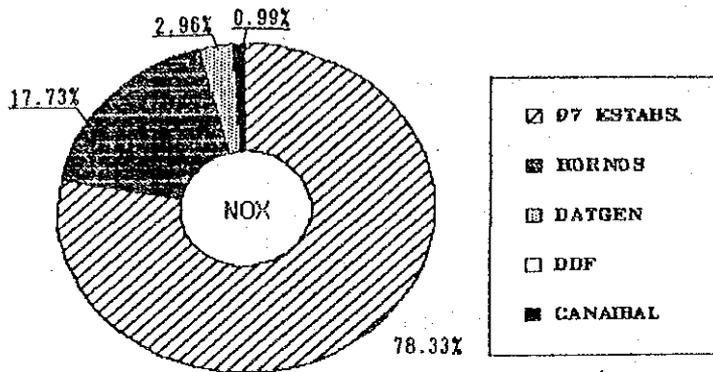
SO₂の排出は重油の燃焼によるところが大きいので、大口需要家である大工場での対策効果は大きい。

(2) NO_x

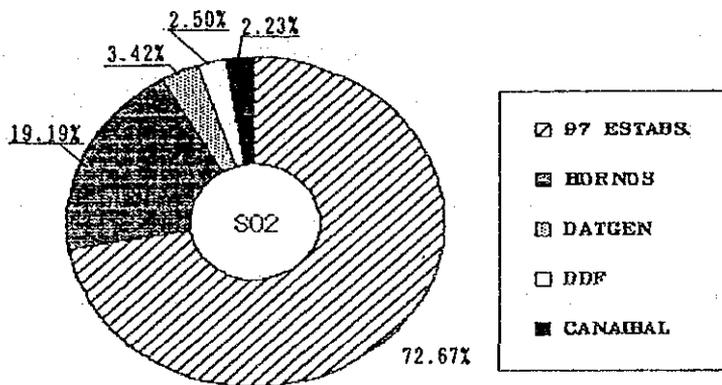
NO_x排出に関する重油の寄与と天然ガスの寄与とは同程度と考えられる。NO_xの排出抑制のためには燃料の転換、燃焼装置の改善、および運転方法の改善が必要である。

(3) PM

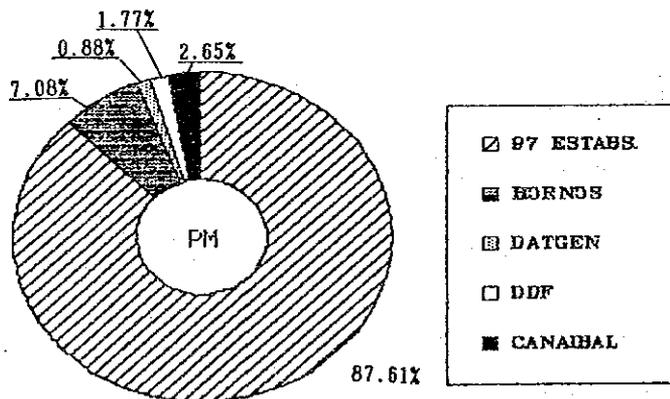
PMの排出に関しては、アスファルトおよびセメントプラントなどで燃料の種類によらずかなりの量が原料から発生しているので、燃焼過程の管理だけでは対策として不十分である。



NOX EMISSION



SOX EMISSION



PM EMISSION

(DDF:SERVICE & COMERCIAL SECTOR IN DF)
(CANAIBAL:PUBLIC BATH)

図 3.2.3 首都圏固定発生源の汚染物質排出量

3.3 規模別分布

汚染物質の大規模発生源は訪問調査対象に集中している。すなわち上位の10社はほとんど訪問調査対象に含まれ、これら10社がNO_xとSO₂の全排出量の約60%、PMの全排出量の約75%を占めている。これらの上位事業場は表 3.3.1に示すとおりである。主要な業種は火力発電所のほか、セメント、ガラス製造等の窯業、製紙業である。

表 3.3.1 汚染物質の大量排出事業場

Order	NO _x	SO ₂	PM
1	Thermoelectric Power (A)	Cement	Asphalt
2	Cement	Thermoelectric Power (A)	Thermoelectric Power (A)
3	Glass Sheet	Paper	Metal Products
4	Thermoelectric Power (B)	Thermoelectric Power (B)	Cement
5	Glass Bottle	Petrochemical (B)	Paper
6	Glass (C)	Alcoholic Drinks	Glass Sheet
7	Petroleum Refinery	Chemical Products	Glass Bottle
8	Paper	Petroleum Refinery	Thermoelectric Power (B)
9	Glass (B)	Paper Products	Glass (A)
10	Chemical Products	Glass (A)	Alcoholic Drinks

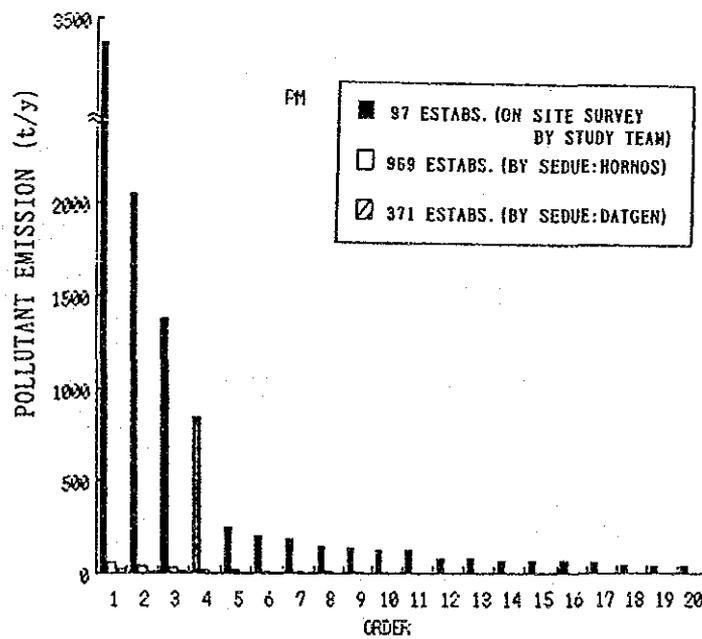
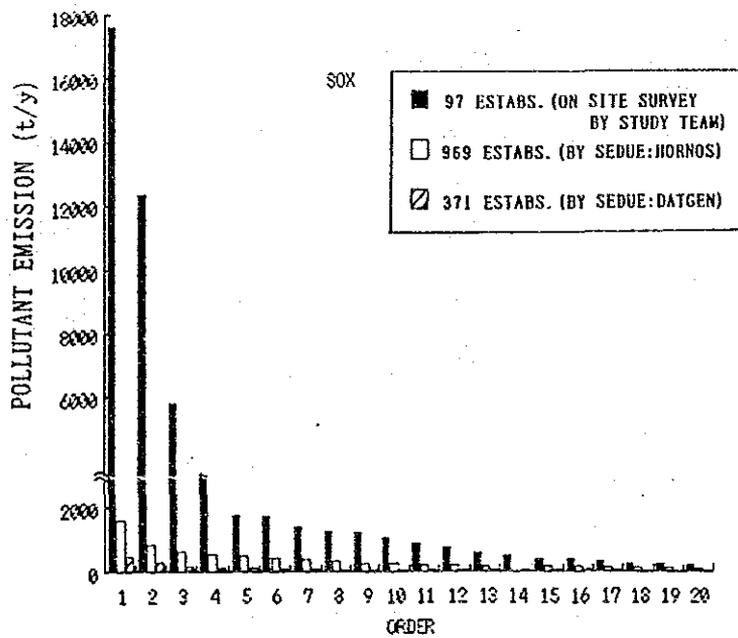
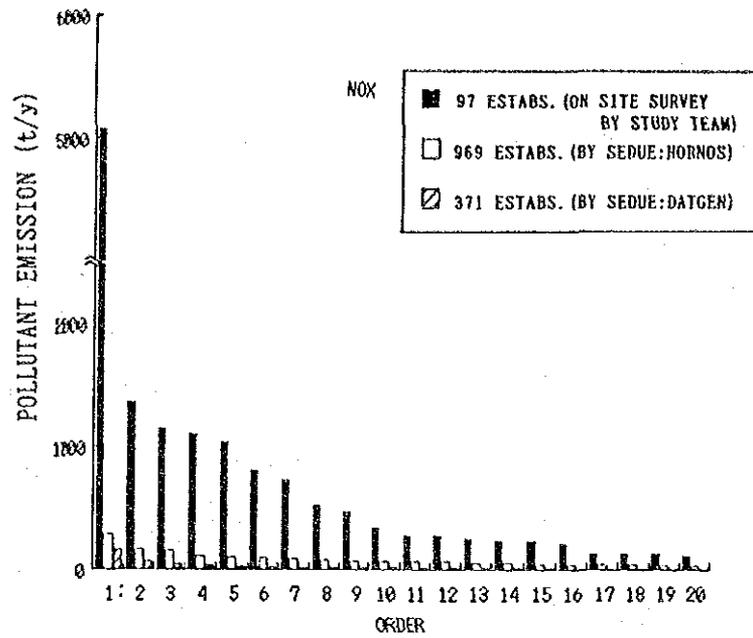


図 3.3.1 上位20社の汚染物質排出量

3.4 燃焼設備の種類別分布

調査団および SEDUEによって把握された上位 1,066社で約 3,600基の燃焼設備があり、このうちボイラーが大小あわせて約4割を占めている。この他の調査対象には1社少なくとも1設備があるので、あと 6,644基をあわせて少なくとも1万基以上の燃焼設備を把握したことになる。

設備の種類ごとの汚染物質排出量は、図 3.4.1のとおりであり全般的に大規模ボイラーによる排出が大きいといえるが、PMについてはアスファルトプラントの骨材乾燥炉による排出が特に大きい。

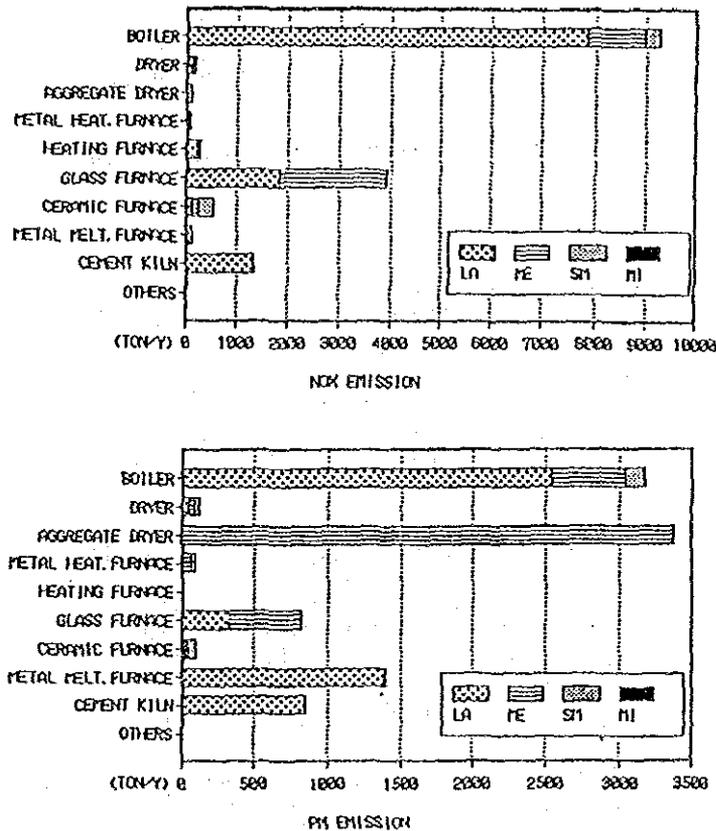


図 3.4.1 97社の炉種・規模別汚染物質排出量

3.5 地域分布

調査対象地域を2km四方の網目に区分し、訪問調査対象97社および SEDUEデータベースの969社と371社を、それぞれの正方形内の工場密度として示したのが図3.5.1である。これらは首都圏の主要な工場をほぼ網羅していると考えられるが、その所在地はDFの北部を中心に一部メキシコ州にまたがっている。

この分布範囲はまた、図3.5.2に示した市街化区域とほぼ一致している。

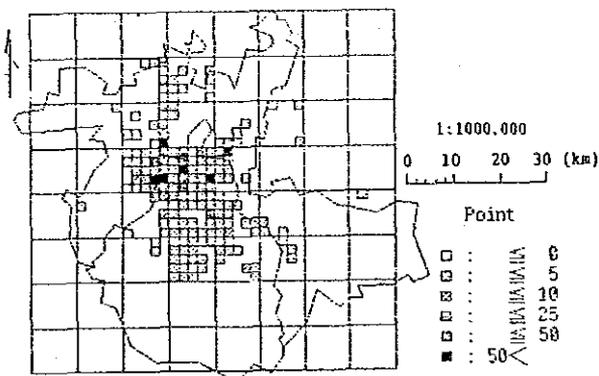


図 3.5.1 首都圏の工場密度分布



Source: Integrated Program Against Atmospheric Pollution in the Mexico City Metropolitan Zone. A Common Agreement, October 1990

出典：メキシコ首都圏における大気汚染対策統合計画－広範な合意、Oct.1990

図 3.5.2 首都圏の市街化区域分布

第4章 固定発生源対策の基本的検討

4.1 発生源対策技術の概要

SO_x、NO_x およびばいじんあるいは粒子状物質（PM）の排出量を低減するための技術として、現在実用化されているものの概要は表 4.1.1に示すとおりである。

本調査では NO_xとばいじんの削減に主眼をおき、メキシコ市首都圏の固定発生源の実態を理解した上で、各発生源ごとに適用し得る削減技術を選定する。

表 4.1.1 SOx, NOx および PM の削減方法

削減の方法の種類		削減効果			適用施設規模
		SOx	NOx	PM	
燃料の改善・改質	燃料のS分の低減 (N分の低減は困難)	効果大	若干効果あり	若干効果あり	全施設
燃料の変更	重油より天然ガスまたはディーゼル油へ	効果大	効果あり	効果あり	全施設
燃焼管理の強化 (省エネルギー)	1. 熱回収の強化 2. 送風量の適正化 3. 低空気比燃焼	燃料使用量の削減に伴う排出量の低減 (間接的削減効果)			全施設
燃焼方式の改善	1. 運転条件の改善 ・低空気比燃焼 ・燃焼室負荷低減 ・空気余熱温度低下	— — —	効果あり 効果あり 効果あり	増加 減少 増加傾向	全施設 全施設 大型施設
	2. 燃焼装置改善 ・低NOx バーナー ・二段燃焼 ・濃淡燃焼 ・排ガス再循環 ・水蒸気、水吹込み ・炉内脱硝燃焼法 (OFA法) ・炉内脱硝燃焼法 (MACT法)	— — — — — — —	20~45% 20~45% 20~45% 20~45% 20~45% 30~40% 50%	一部のバーナーでは増加 やや増加傾向 やや増加傾向 やや減少傾向 やや減少傾向 やや増加傾向 やや増加傾向	中・小施設 大型施設 バーナー2以上の施設 全施設 全施設 大型施設 大型施設
	3. エマルジョン燃焼	効果あり (7%冷風添加)	30~50%	20~40%	全施設
排ガス処理装置	1. 集じん装置 ・電気 ・バグフィルタ ・洗浄 ・遠心力 ・重力 ・慣性力 ルーバ形 マルチバッフル型	— — 吸収液による脱除率90% — — — — — —	— — — — — — — — —	90%以上 90%以上 90%以上 90%以上 50μm以上で50% 15μm以上で70~80% 5μm以上で70~80%	大型施設 全施設 全施設 中・小施設 全施設 全施設 全施設
	2. 排煙脱硫装置	90%以上	—	50%以上	全施設
	3. 排煙脱硝装置	—	90%以上	—	大型施設
	4. 排ガス総合処理装置	90%以上	90%以上	90%以上	大型施設
	5. その他	1. 工場移転	移転先にもよるが、効果は大。ただし、多大の費用と適地の有無が問題となる。		
	2. 地域的熱供給	個々の発生源をまとめることにより省エネルギー効果があるが、大型の熱供給施設に対する対策が必要。			中・小施設
	3. 高煙突化	着地濃度の低減に効果があるが、排出量そのものは削減されない。			全施設

4.2 固定発生源対策検討の前提と方針

4.2.1 燃料需給の見通し

(1) 固定発生源におけるエネルギー需要の見通し

AMCHは第2章の2.5節に述べたとおり、工業活動の拡大は規制されており、特にエネルギーと水の消費および汚染物質排出量の大きい業種に対しては、移転や閉鎖の勧告を含む厳しい規制措置をとっている。

最近の顕著な例として、首都圏唯一の石油精製プラントであった3月18日製油所の精製工程の閉鎖があげられる。

一方、首都圏の人口は現在約1,500万人であるが、1980年以後の年間人口増加率は減少に転じており、2010年頃は1,800万人前後と推定される。

この人口増加に伴い、サービス・商業部門は拡大する傾向が続き、増加人口は主として第3次産業に従事するものと考えられる。サービス・商業部門の固定発生源施設での燃料消費は工業部門に比べて小さいことから、施設数が増加しても首都圏全体の燃料需要に大きな影響は与えないと考えられる。

これらのことを勘案して、当調査ではAMCHの固定発生源における燃料エネルギーの将来の需要は、現況より増加しないものと仮定する。

(2) 主要燃料の特徴と価格

1) 現在使用されている燃料

大気汚染対策の見地から最も望ましい燃料は、同じ熱量を得る際に排出される汚染物質の量が少ないものであるが、これを現在供給されている主要な燃料と比較すると表4.2.1のとおりである。

表 4.2.1 主要燃料の熱量当り排出係数

		重油	軽油	天然ガス
排出係数 (kg/10 ⁶ kcal)	NO _x	0.74	0.20	0.33
	SO ₂	7.00	2.12	0.001
	PM	0.28	0.20	0.02
単位発熱量 (10 ⁶ kcal)		9.77/m ³	8.80/m ³	8.52/1,000m ³

これによると、天然ガスがSO₂、PMとも排出量が少なく、次いで軽油、重油の順となる。単位熱量あたりの価格を比較すると表 4.2.2のとおりである。

表 4.2.2 主要燃料の熱量当り価格

(1991年3月価格)

	重油	軽油	天然ガス
単位発熱量 (10 ³ kcal)	9.77/ℓ	8.80/ℓ	8.52/m ³
価格 (ペソ)	228/ℓ	605/ℓ	245/m ³
価格/単位発熱量 (ペソ/10 ³ kcal)	23.3	68.8	28.8

単位発熱量あたりの価格では、重油がもっとも低く、天然ガスがこれに次いでいる。軽油は重油の約3倍、天然ガスの2.4倍に相当する。

2) 脱硫重油と脱硫乳化重油

SO₂の排出削減対策として1995年よりS分0.8%の脱硫重油が供給されることになっている。さらに、NO_xとPMの排出を削減する対策として、この脱硫重油で乳化燃料をつくることも考えられる。これらの改質された重油を使用した場合の在来重油使用に対する汚染物質削減率は、表 4.2.3に示すように想定できる。ただし、実際の効果は実証試験により確認する必要がある。

表 4.2.3 改質重油の削減効果

	NO _x	SO ₂	PM
在来重油	0%	0%	0%
脱硫重油	10%	73%	20%
脱硫乳化重油	30%	73%	40%

脱硫重油の価格はまだ決定されていないので、当調査では5米ドル/バレルと推算した脱硫コストを在来重油の価格に上乗せしてリットル当り320ペソと設定する。これをさらに乳化燃料として改良した場合は約390ペソ/リットルと見こまれる。これらの改質による発熱量の変化を考慮すると、熱量あたりの価格はそれぞれ33ペソ/10³ kcalおよび40ペソ/10³ kcalと予想される。これは在来の重油に比べると大幅な増額になるが、まだ軽油に比べると割安である。対策によるコストを明確にするため、以下の検討では上記価格を用いるが、燃料の種類別国内販売価格は、国のエネルギー政策の中で決定されるので、上記の価格は当然変動もあり得る。従って、当調査の検討の中で示される燃料費が変わることもあり得る。

(3) 燃料の種類別供給の見通し

S分 0.8%の脱硫重油は1995年より供給が開始されることになっており、以後AMCMの需要を十分に満たす量が供給される見通しである。

天然ガスに関する PEMEXの方針では、1994年までは首都圏への供給を増やしてゆき、上記の脱硫重油の生産が開始されれば一時的に供給を減少させるとしている。ディーゼルについては、現在首都圏の固定発生源で消費されている量は年間約50万m³と推定される。この量は全国の固定発生源で消費されている量の約5000分の1、全国での最終消費工業部門の消費量の約2000分の1に過ぎない。したがって、首都圏の工場等で必要とされた場合、その供給を増やすことは中・長期的にはさほど困難ではないと考えられる。

4.2.2 発生源対策検討の方針

(1) 前提と仮定

首都圏の固定発生源対策の検討に際し、当調査では以下のことを仮定または前提とする。

- 1) 重油の脱硫プラントの建設により、1995年頃より首都圏での重油の需要量を満たす脱硫重油（S分 0.8%）が供給されることを前提とする。
- 2) 大気汚染の原因となる固定発生源でのエネルギー消費量は、2000-2010年頃の将来において、現状よりも増加しないものと仮定する。
- 3) 大規模な発生源においては、SO₂、NO_x およびばいじんの排出量を現状（1990年）よりも相当程度低減させることを前提とする。

(2) NO_x 対策

NO_x 対策としては、他の物質と同様、その生成を抑制することが最も効果的である。メキシコ市首都圏における実状を考慮し、排ガス再循環法、二段燃焼法、低NO_x バーナ、エマルジョン燃焼法、炉内脱硝燃焼法（OFA 法、MACT法等）などに重点を置いて検討する。なお、エマルジョン燃焼については技術的にその原理は確認されているが、日本でも実施例は少なく、また燃料やバーナ等により効果が相当異なることから、メキシコ産重油を用いた実用規模の試験を行ない、効果と経済性を十分確認することが前提となる。

(3) SO₂ 対策

上記の脱硫重油が供給されると、首都圏の固定発生源からのSO₂の排出量は現状の30%程度までに減少する。しかし、発電所のような一部の発生源については、追加的な対策が必要となる。SO₂対策としては、現状では、1) 良質燃料への変更、2) 排煙脱硫、などの方法が考えられる。

当調査では、費用が巨額になる2)の排煙脱硫は除外し、脱硫重油と他燃料との混合による燃料の良質化に重点を置く。

(4) ばいじん対策

ばいじんの排出は、基本的には燃料の良質化と燃焼方法の改善などの生成抑制対策によりその削減が可能であるので、まず、生成抑制に重点を置く。

原材料や製品の乾燥過程で排出されるダストについては効率のよいBag Filterや電気集じん機等の導入を基本とする。

(5) 良質燃料への変更手順

良質燃料への変更は、SO₂、NO_x およびばいじんの排出削減のいずれにも効果がある。現在重油のみを使用している燃焼施設では、以下の手順で燃料の良質化を進めることが現実的と考えられる。

- 1) 脱硫重油が供給させるまでは重油とディーゼルまたは天然ガスを混焼する。
- 2) 脱硫重油の供給に伴い、上記の重油に替えて使用する。
- 3) 更に必要であれば、全てディーゼルに変更するか、脱硫重油と天然ガスの混焼とする。

具体的手順については、個々の発生源の特徴を考慮して決定する。

第5章 選定された固定発生源の診断と 対策の検討

5.1 対象事業場と施設

メキシコ市首都圏における代表的な大気汚染固定発生源として25の事業場を選定した。その選定に当っては以下の点を考慮した。

- 1) 発生源としての規模の大きい事業場を選ぶとともに、中・小の発生源として代表的な事業場も含める。
- 2) 汚染物質発生施設の種類としては、ボイラ以外に首都圏での代表的な工業用炉も含める。ボイラについては形式と規模の分布にも留意する。
- 3) 首都圏における業種の代表性にも考慮する。

このような考慮のもとに、SEDUE との協議を通じてまず約 100の事業場を選定して、説明会を行った後、これらの事業場を訪問し、発生源としての基本的情報を収集した。実際に訪問したのは97事業場である。

この訪問調査の結果をさらに検討して、97事業場の中から25事業場を診断調査の対象として選定した。選定した事業場と診断を行った施設を表 5.1に示す。診断調査を行った施設は合計54である。

表 5.1 診断調査の対象施設

No.	Identity of Establishment	Visit No.	Type of Industry	Industrial boiler				Industrial furnace										
				Large capacity	Medium capacity	Small capacity	HTM* boiler	Oil heating	Dryer	Aggregate dryer	Cement kiln	Glass melting	Metal heating	Metal melting				
1	Thermoelectric Power Plant (A)	69	Electric power	4														
2	Thermoelectric Power Plant (B)	70		2														
3	Petroleum Refinery	57	Petroleum refinery	1	4					9								
4	Chemical Products Factory (A)	1	Chemical products		1	1	2				2							
5	Chemical Products Factory (B)	62				1				1								
6	Chemical Products Factory (C)	72				2												
7	Chemical Products Factory (D)	24				1												
8	Chemical Products Factory (E)	67				1												
9	Petrochemical Products Factory (A)	16	Petrochemical products		2													
10	Petrochemical Products Factory (B)	8				2												
11	Petrochemical Products Factory (C)	87					1											
12	Asphalt Plant	11	Petroleum products									3						
13	Cement Factory	41										1	1					
14	Glass Factory (A)	68	Non-metal mineral products												1			
15	Glass Factory (B)	31														1		
16	Glass Factory (C)	23															2	
17	Rubber Products Factory	14		Rubber and plastic		1												
18	Paper Factory	30	Paper and its products		2													
19	Paper Products Factory (A)	34					1											
20	Paper Products Factory (B)	76					1											
21	Metal Products Factory (A)	55		Metal products													1	
22	Metal Products Factory (B)	19															1	
23	Food Products Factory	65	Food		1													
24	Alcoholic Drinks Factory	47	Drinks	1														
25	Public Bathhouse	52	Bathhouse			1												
Total Number				8	13	10	2	10	2	4	2	4	1	4	1	1	1	

Note : HTM boiler = Heat transfer medium boiler

5.2 診断結果

選定した施設の診断のため、主として以下の項目を調査した。

- 1) 施設の概要
- 2) 燃料の種類、硫黄分および消費量
- 3) 燃焼条件（燃料圧力、燃料温度、空気比、その他）
- 4) 排ガスの量と汚染物質濃度（NO_x、PM、CO、CO₂、O₂等）

各事業場の各施設において得られた、これらの基礎的データの概要を表 5.2に示す。

表 5.2 診断調査における排ガス測定結果の概要

No.	Name of Establishment	Visit No.	Name of Facility	Date	Time	Recuperator		Stack Gas										Fuel Consumption			Sulfur in Oil (w/v%)	NOx		Emission				
						O ₂ (%)	Ts (°C)	O ₂ (%)	Ts (°C)	NOx (ppm)	CO ₂ (%)	CO (%)	PM (mg/m ³)	v (m/s)	Diam. (m)	Area (m ²)	Air ratio	H ₂ O (%)	Qdry (m ³ /hr)	Gas (m ³ /hr)		Oil (l/hr)	Diesel (l/hr)	(O ₂ 0%) (ppm)	(O ₂ 5%) (ppm)	NOx (kg/hr)	SO ₂ (kg/hr)	PM (kg/hr)
1	THERMOELECTRIC POWER PLANT (A)	69-1	No.1 Boiler	Sep. 4	15:00-16:00	1.3	-	3.6	159	170	8.3	<0.05	45	23.8	3.800	11.341	1.21	13	414,000	30,200	1,600	-	3.52	205	156	140	110	19
		69-2	No.2 Boiler	Sep. 4	12:30-13:30	3.8	412	4.5	177	86	8.4	<0.05	4.7	24.0	3.900	11.946	1.27	12	427,000	32,200	870	-	3.52	109	83	75	60	2.0
				Sep. 13	13:30-14:30	-	369	5.3	152	101	9.8	<0.05	470	26.0	3.900	11.946	1.34	10	501,000	18,400	20,500	-	3.52	135	103	100	1,400	240
		69-3	No.3 Boiler	Nov. 14	13:30-14:30	6.3	380	8.4	132	113	7.3	<0.05	-	31.5	3.900	11.946	1.67	9	642,000	24,900	15,000	-	3.57	188	143	150	1,100	-
69-4	No.4 Boiler	Sep. 13	14:30-15:30	1.6	-	7.0	182	149	6.6	0.10	120	14.8	Rectan.	37.975	1.50	11	837,000	55,500	6,000	-	3.52	224	170	260	420	100		
2	THERMOELECTRIC POWER PLANT (B)	70-1	No.1 Boiler	Sep. 6	13:00-14:00	2.3	-	7.1	170	233	7.0	<0.05	45	19.9	2.320	4.227	1.51	11	128,000	8,300	2,600	-	3.43	352	268	61	180	5.8
				Sep. 6	15:30-16:30	3.4	-	7.7	169	214	7.4	-	270	20.6	2.320	4.227	1.58	11	134,000	4,600	6,500	-	3.43	338	257	59	440	36
		70-2	No.2 Boiler	Sep. 6	13:30-14:30	1.3	367	5.1	185	168	8.6	<0.05	25	28.8	2.260	4.011	1.32	12	169,000	10,600	2,400	-	3.43	222	169	58	160	4.2
3	PETROLEUM REFINERY	57-5	AA-F1 & F2 Heating furnace	Sep. 25	12:30-13:30	-	-	5.5	555	89	8.3	<0.05	0.3	8.0	3.430	9.240	1.35	11	60,500	6,100	-	-	-	121	92	11	-	< 0.018
		57-6	AA-F3 Heating furnace	Sep. 10	15:00-16:00	-	-	6.8	400	54	7.8	<0.05	0.7	1.9	2.134	3.577	1.48	10	6,900	540	-	-	-	80	61	0.77	-	0.0048
		57-4	RV-H1 Heating furnace	Sep. 10	13:00-14:00	-	-	6.9	384	52	6.3	<0.05	1.3	5.9	1.980	3.079	1.49	12	18,500	1,500	-	-	-	77	59	2.0	-	0.024
		57-10	AV-H1 Heating furnace	Sep. 11	13:00-14:00	-	-	2.2	610	71	10.2	<0.05	0.9	4.2	2.134	3.577	1.12	13	11,200	540	-	-	-	79	60	1.6	-	0.010
		57-12	RE-H10 Heating furnace	Sep. 21	15:00-16:00	-	-	13.0	420	27	3.7	<0.05	0.2	3.9	3.048	7.297	2.63	7	29,000	1,300	-	-	-	71	54	1.6	-	< 0.0058
		57-13	AR-H1 & AU-H1 Heating furnace	Sep. 18	13:00-14:00	-	-	9.6	375	30	6.8	<0.05	1.4	4.5	2.841	6.339	1.84	7	31,200	2,300	-	-	-	55	42	1.9	-	0.044
		57-16	AQ-H1 Heating furnace	Sep. 14	12:30-13:30	-	-	10.9	418	50	5.1	<0.05	0.5	7.7	1.450	1.651	2.08	8	12,900	700	-	-	-	104	79	1.3	-	< 0.0065
		57-1-1	G1 Boiler	Sep. 27	12:30-13:30	4.1	298	5.1	232	142	8.4	<0.05	90	13.5	2.134	3.577	1.32	12	63,800	4,900	570	-	3.17	188	143	19	36	5.7
						4.1	298	5.1	232	142	8.4	<0.05	90	13.5	2.134	3.577	1.32	12	63,800	2,800	400	-	3.17	188	143	19	25	-
						4.0	306	5.1	237	135	8.6	<0.05	16	13.0	2.134	3.577	1.32	11	61,500	3,200	-	-	-	178	136	17	-	0.98
		57-1-2	G2 Boiler	Sep. 11	14:00-15:00	4.1	380	4.6	217	112	8.5	<0.05	6.0	6.1	2.134	3.577	1.28	13	29,500	1,500	-	-	3.17	143	109	6.8	94	0.18
		57-1-3	G3 Boiler	Sep. 17	12:00-13:00	9.3	326	10.5	242	49	5.7	<0.05	7.1	8.2	2.134	3.577	2.00	8	39,800	1,800	380	-	3.17	98	75	4.0	24	0.28
		57-2	G5 Boiler	Sep. 26	12:30-13:30	3.0	420	5.5	220	120	8.6	<0.05	51	7.8	3.275	8.424	1.35	11	89,900	8,800	1,100	-	3.17	163	124	22	69	4.6
57-3	CP Boiler	Sep. 19	13:30-14:30	-	-	1.3	282	105	11.5	<0.05	0.2	7.8	2.134	3.577	1.07	13	33,100	2,200	470	-	3.17	112	85	7.1	29	< 0.0066		
4	CHEMICAL PRODUCTS FACTORY (A)	1-5	No.D Boiler	Oct. 8	16:30-17:00	-	-	0.9	267	30	0.9	0.70	1.5	8.3	0.763	0.457	1.04	14	4,600	450	-	-	-	31	24	0.28	-	0.0069
		1-1	No.E Boiler	Oct. 8	13:00-14:00	-	-	4.1	253	66	9.3	<0.05	0.9	7.6	1.266	1.259	1.24	11	12,300	1,000	-	-	-	82	62	1.7	-	0.011
		1-6	Heat medium boiler 100	Oct. 9	14:00-15:00	-	-	4.9	198	68	7.3	<0.05	0.4	10.2	0.350	0.096	1.30	13	1,400	180	-	-	-	89	68	0.20	-	< 0.0006
		1-8	Heat medium boiler 300	Oct. 9	11:30-12:30	-	-	7.8	170	92	7.1	<0.05	0.4	9.0	0.580	0.264	1.59	9	3,700	300	-	-	-	146	112	0.70	-	< 0.0015
		1-11	No.1 Dryer for detergent	Oct. 9	13:00-14:00	-	-	18.6	116	15	1.8	<0.05	27	24.5	1.240	1.208	8.75	12	50,800	300	-	-	-	131	100	1.6	-	1.4
		1-12	No.2 Dryer for detergent	Oct. 8	13:00-14:00	-	-	18.8	82	12	0.8	<0.05	43	15.8	1.680	2.217	9.55	15	63,800	360	-	-	-	115	87	1.6	-	2.7
5	CHEMICAL PRODUCTS FACTORY (B)	62-1	No.1 Boiler	Oct. 29	12:00-13:00	-	-	9.8	185	185	7.5	<0.05	-	6.0	0.400	0.126	1.88	6	1,200	-	25	-	2.81	347	264	0.46	1.4	-
				Oct. 30	15:00-15:30	-	-	4.2	215	265	11.5	<0.05	420	12.0	0.400	0.126	1.25	8	2,100	-	120	-	2.81	331	252	1.1	6.6	0.88
		62-2	Oil heating furnace	Oct. 30	12:30-13:30	-	-	10.3	370	23	7.6	<0.05	33	5.5	0.150	0.018	1.96	5	110	-	-	8	1.02	45	34	0.01	0.13	0.0036
6	CHEMICAL PRODUCTS FACTORY (C)	72-1	No.1 Boiler	Nov. 12	14:20-15:10	-	-	10.8	164	42	5.3	<0.05	7.5	3.0	0.360	0.102	2.06	8	490	110	-	-	-	86	66	0.04	-	0.0037
		72-2	No.2 Boiler	Nov. 12	15:30-16:00	-	-	7.1	154	44	7.2	<0.05	0.9	1.7	0.350	0.096	1.51	10	260	100	-	-	-	66	51	0.02	-	< 0.0002
7	CHEMICAL PRODUCTS FACTORY (D)	24-1	No.4 Boiler	Oct. 1	13:00-14:00	-	-	1.8	280	50	8.8	0.15	0.2	13.0	0.635	0.317	1.09	14	4,900	530	-	-	-	55	42	0.50	-	< 0.0010
				Oct. 1	15:20-15:30	-	-	2.8	302	59	9.9	<0.05	-	18.0	0.635	0.317	1.15	12	6,700	700	-	-	-	68	52	0.81	-	-
8	CHEMICAL PRODUCTS FACTORY (E)	67-1	No.1 Boiler	Nov. 6	12:30-13:30	-	-	7.0	295	147	9.2	<0.05	51	6.9	0.930	0.679	1.50	10	5,700	-	170	-	3.02	221	168	1.7	10	0.29
				Nov. 6	13:30-14:30	-	-	11.4	285	100	6.3	<0.05	-	7.4	0.930	0.679	2.19	7	6,300	-	540	-	3.02	219	167	1.3	32	-
9	PETROCHEMICAL PRODUCTS FACTORY (A)	16-3	No.3 Boiler	Sep. 20	11:20-12:20	3.9	345	6.9	190	283	10.0	<0.05	5.8	8.7	1.520	1.815	1.49	8	23,800	-	1,800	-	2.97	421	321	14	110	1.4
				Sep. 20	12:50-13:50	3.3	341	8.8	210	295	9.6	<0.05	7.8	9.3	1.520	1.815	1.72	5	25,300	-	2,100	-	2.97	508	387	15	120	2.0
		16-4	No.4 Boiler	Sep. 21	14:00-15:00	5.5	473	7.4	270	165	6.7	<0.05	0.1	12.5	1.670	2.190	1.54	10	34,500	3,200	-	-	-	255	194	12	-	< 0.0035
				Sep. 21	15:30-16:10	2.6	-	4.6	252	192	8.0	<0.05	-	10.2	1.670	2.190	1.28	13	28,200	3,200	-	-	-	246	187	11	-	-
10	PETROCHEMICAL PRODUCTS FACTORY (B)	8-2	No.2 Boiler	Oct. 10	13:00-14:00	2.9	342	5.2	217	247	11.0	<0.05	37	8.6	1.970	3.048	1.33	10	36,600	-	2,200	-	2.91	328	250	19	130	1.4
		8-3	No.3 Boiler	Oct. 10	12:30-13:30	-	-	5.8	253	319	12.0	<0.05	230	2.6	1.500	1.767	1.38	7	6,100	-	600	-	2.89	441	336	4.0	34	1.4
11	PETROCHEMICAL PRODUCTS FACTORY (C)	87-1	No.1 Boiler	Nov. 16	12:30-13:30	-	-	12.8	193	177	5.5	<0.05	190	6.2	0.400	0.126	2.56	4	1,200	-	45	-	2.88	453	345	0.44	2.6	0.23
				Nov. 16	14:24	-	-	8.3	250	275	8.0	<0.05	-	11.8	0.400</													

5.3 対策案の概要

5.3.1 対策概要

事業場ごとの診断結果に基づく、装置改善などの対策は表 5.3.1のとおりである。

表 5.3.1 装置改善対策等

適用する対策	適用対象
容積熱負荷の低減	3事業場(8炉)
バーナノズルの交換	1事業場(1炉)
低NOxバーナの導入	10事業場(25炉)
排ガス再循環	11事業場(25炉)
二段燃焼	2事業場(5炉)
濃淡燃焼	3事業場(6炉)
炉内脱硝燃焼	2事業場(8炉)
プレカルサイナの導入	1事業場(2炉)
炉天井部の断熱強化	3事業場(8炉)
バグフィルタの導入	2事業場(4炉)
EPの導入	4事業場(10炉)*
空気予熱器の導入	1事業場(2炉)
燃焼管理計器の整備	8事業場(18炉)
炭化水素除去対策	1事業場
簡易な自家修理	2事業場
自動O ₂ 濃度計の導入	9事業場
ポータブルO ₂ 濃度計の導入	5事業場
その他	2事業場

* 火力発電所を含めると6事業場 18炉

燃料転換対策としては、重油専焼施設に対して次の3ケースを想定した。

- A：軽油または天然ガスとの 脱硫重油供給までの期間
50%混焼
- B：脱硫重油 脱硫重油の供給開始後で、その乳化燃料
が製造されない場合
- C：脱硫乳化重油 脱硫重油の供給に伴い、その乳化燃料が
製造される場合
ただし、ガラス工場はBのまま

事業場ごとの対策の概要を表 5.3.2(1)～(6)に示す。

表 5.3.2(1) 25事業所の対策案(その1)

#	NAME OF ESTABLISHMENT	NAME OF FACILITIES	FUEL IN USE	CAPACITY (ton/yr)	CONTROL MEASURES		REDUCTION			INVEST. (1000 US\$)	
					IMPROVEMENT OF COMBUSTION EQUIPMENT	FUEL CHANGE OR OTHERS	NOX (%)	SO2 (%)	PM (%)		
1.	Thermoelectric Power Plant (A)	Water Tube Boiler (No.1) Water Tube Boiler (No.2) Water Tube Boiler (No.3) Water Tube Boiler (No.4)	HO + Gas HO + Gas HO + Gas HO + Gas	476.00 503.50 503.50 900.00	1	Exhaust gas recirculation	A: 80% Gas+20% HO → no change B: → 50% Gas+50% DHO (under the use of EP) C: → 50% Gas+50% DEHO	30	0	0	10,930
					2	In-furnace denitration combustion					
					3	Combustion control using automatic O2 analyzer					
					4	Supplimentation/Improvement of combustion control instruments					
					5	Installation of telemetric monitoring system					
					6	Low NOx burner					
					7	Installation of EP (for case B)					
2.	Thermoelectric Power Plant (B)	Water Tube Boiler (No.1) Water Tube Boiler (No.2) Water Tube Boiler (No.3) Water Tube Boiler (No.4)	HO + Gas HO + Gas HO + Gas HO + Gas	150.00 150.00 350.00 350.00	1	Exhaust gas recirculation	A: 80% Gas+20% HO → no change B: → 80% Gas+20% DHO C: → 80% Gas+20% DEHO	30	0	-14	6,778
					2	In-furnace denitration combustion					
					3	Combustion control using automatic O2 analyzer					
					4	Supplimentation/Improvement of combustion control instruments					
					5	Installation of telemetric monitoring system					
					6	Low NOx burner					
3.	Petroleum Refinery	Water Tube Boiler x 2 Packaged Boiler CO Boiler Heating Furnace x 12	HO + Gas HO + Gas HO + Gas			The plant has been closed.	100	100	100	-	
4.	Chemical Products Factory (A)	Water Tube Boiler x 5 Heat Medium Boiler x 5 Dryer (No.1) Dryer (No.2) Dryer (No.3)	Gas Gas		1	Portable O2 analyzer (Low air ratio combustion)	None	0	0	90	1,420
					1	Installation of bag filter					
					1	Exhaust gas recirculation					
5.	Chemical Products Factory (B)	Smoke Tube Boiler Oil Heating Furnace	HO Diesel	2.60	1	Exhaust gas recirculation	A: HO → Diesel	25	82	20	41
					2	Supplimentation/Improvement of combustion control instruments					
						Change of burner nozzle					

Note: HO = Current heavy oil, DHO = Desulfurized heavy oil, DEHO = Desulfurized and emulsified heavy oil

表 5.3.2(2) 2.5 事業所の対策案 (その2)

#	NAME OF ESTABLISHMENT	NAME OF FACILITIES	FUEL IN USE	CAPACITY (ton/hr)	CONTROL MEASURES		REDUCTION			INVEST. (1000 US\$)												
					IMPROVEMENT OF COMBUSTION EQUIPMENT	FUEL CHANGE OR OTHERS	NOX (%)	SO2 (%)	PM (%)													
6.	Chemical Products Factory (C)	Smoke Tube Boiler Smoke Tube Boiler	Gas Gas	2.35 1.56	1 2 3	Portable O2 analyzer (Low air ratio combustion) Installation of HC incinerator Prevention of HC evaporation by cooling	None	0	0	90 (HC)	116											
												7.	Chemical Products Factory (D)	Water Tube Boiler x 2 Smoke Tube Boiler x 2 (Spare)	Gas Gas	7.70 3.80	1	Portable O2 analyzer (Low air ratio combustion)	None	0	0	2
9.	Petrochemical Products Factory (A)	Water Tube Boiler Water Tube Boiler	Gas Gas	14.00 41.00	None	None	None	None	None	1,058												
											1	28.00	Low NOx burner Exhaust gas recirculation Off-stoichiometric combustion Combustion control using automatic O2 analyzer Installation of telemetric monitoring system	A: HO → 50% HO +50% Gas B: → DHO C: → DEHO	38 15 43	50 73 73	50 20 40					

Note: HO = Current heavy oil, DHO = Desulfurized heavy oil, DEHO = Desulfurized and emulsified heavy oil

表 5.3.2(3) 25 事業所の対策案 (その3)

#	NAME OF ESTABLISHMENT	NAME OF FACILITIES	FUEL IN USE	CAPACITY (ton/hr)	CONTROL MEASURES		REDUCTION			INVEST. (1000 US\$)											
					IMPROVEMENT OF COMBUSTION EQUIPMENT	FUEL CHANGE OR OTHERS	NOX (%)	SO2 (%)	PM (%)												
10.	Petrochemical Products Factory (B)	Water Tube Boiler	HO	40.00	1 Low NOx burner	A: HO → 50% HO +50% Diesel	51	41	20	1,350											
			HO	40.00							2 Exhaust gas recirculation	B: → DHO	36	72	20						
		Smoke Tube Boiler	HO	13.00	3 Combustion control using automatic O2 analyzer	C: → DEHO	60	73	40												
					4 Installation of telemetric monitoring system																
					5 Repair of air preheater																
11.	Petrochemical Products Factory (C)	Smoke Tube Boiler	HO	2.40	1 Low NOx burner	A: HO → 50% HO +50% Diesel	4.4	41	20	37											
					2 Exhaust gas recirculation						B: → DHO	20	73	20							
					3 Two-stage combustion										C: → DEHO	55	73	40			
					4 Combustion control using automatic O2 analyzer																
					5 Installation of telemetric monitoring system																
12.	Asphalt Plant	Rotary Kiln x 3	Diesel	250.00	Supplementation/improvement of combustion control instruments	Plant relocation	100	100	100												
					Exhaust air recirculation																
13.	Cement Factory	Rotary Kiln x 2	HO	96.00	1 Installation of electrostatic precipitator	A: HO → 50% HO +50% Gas	41	69	90	45,082											
					2 Installation of telemetric monitoring system						B: → 50% DHO+50% Gas	41	86	90							
					3 Installation of pre-calciner																
		Rotary Kiln	None																		
		Heat Medium Boiler x 2																			
Drying Furnace x 2	Drying Furnace	Gas	180.00	45.00	None	None	None	None	None												
					Gas																

Note: HO = Current heavy oil, DHO = Desulfurized heavy oil, DEHO = Desulfurized and emulsified heavy oil

表 5.3.2(4) 25 事業所の対策案 (その4)

#	NAME OF ESTABLISHMENT	NAME OF FACILITIES	FUEL IN USE	CAPACITY (ton/hr)	CONTROL MEASURES			REDUCTION			INVEST. (1000 US\$)
					IMPROVEMENT OF COMBUSTION EQUIPMENT	FUEL CHANGE OR OTHERS	NOX (%)	SO2 (%)	PM (%)		
14.	Glass Factory (A)	Glass Melting Furnace Tank Oven x 2	HO	12.00	1	Reduction of combustion chamber loading	A: HO → 50% HO +50% Diesel B: → DHO Other: Reduction of nitrates in raw material	4.4	41	95	3,009
					2	Installation of electrostatic precipitator					
					3	Installation of telemetric monitoring system					
					4	Strengthening of heat insulation of furnace/boiler ceiling					
					5	Combustion control using automatic O2 analyzer					
15.	Glass Factory (B)	Glass Annealing Furnace Melting Furnace Melting Furnace Melting Furnace	L.P.G Gas Gas Gas	1.30 0.90 0.70	1	None	Other: Reduction of nitrates in raw material	50	0	95	2,522
					2	Off-stoichiometric combustion					
					3	Reduction of combustion chamber loading					
					4	Strengthening of heat insulation of furnace/boiler ceiling					
					4	Installation of electrostatic precipitator					
16.	Glass Factory (C)	Water Tube Boiler x 2 (Alternate Use by every 6 months) Glass Melting Furnace Tank Oven Glass Melting Furnace Tank Oven x 2 Decorating Furnace Annealing Furnace	Gas Gas Gas Gas Gas Gas	3.10 16.70 8.30	1	None	Other: Reduction of nitrates in raw material	52	0	95	5,819
					2	Off-stoichiometric combustion					
					3	Combustion control using automatic O2 analyzer					
					4	Installation of electrostatic precipitator					
					4	Reduction of combustion chamber loading					
					5	Installation of telemetric monitoring system					
					6	Strengthening of heat insulation of furnace/boiler ceiling					
6	None										

Note: HO = Current heavy oil, DHO = Desulfurized heavy oil, DEHO = Desulfurized and emulsified heavy oil

表 5.3.2(5) 25 事業所の対策案 (その5)

#	NAME OF ESTABLISHMENT	NAME OF FACILITIES	FUEL IN USE	CAPACITY (ton/hr)	CONTROL MEASURES			REDUCTION			INVEST. (1000 US\$)				
					IMPROVEMENT OF COMBUSTION EQUIPMENT	FUEL CHANGE OR OTHERS		NOX (%)	SO2 (%)	PM (%)					
17.	Rubber Products Factory	Water Tube Boiler	HO	10.00	Exhaust gas recirculation	A: HO → 50% HO +50% Diesel	4.4	41	30	98					
											Supplementation/Improvement of combustion control instruments	B: → DHO	22	73	30
												C: → DEHO	55	73	65
18.	Paper Factory	Water Tube Boiler	HO	16.00	Low-NOx burner	A: HO → 50% HO +50% Diesel	60	41	40	594					
		Water Tube Boiler	HO	14.00	Exhaust gas recirculation	B: → DHO	30	73	20						
					Supplementation/Improvement of combustion control instruments	C: → DEHO	61	73	60						
19.	Paper Products Factory (A)	Water Tube Boiler	HO	9.40	Portable O2 analyzer (Low air ratio combustion)	A: HO → 50% HO +50% Diesel	4.4	41	20	734					
		Water Tube Boiler x 3	HO	7.80	Low-NOx burner	B: → DHO	20	73	20						
					Two-stage combustion	C: → DEHO	55	73	40						
					Supplementation/Improvement of combustion control instruments										
					Exhaust gas recirculation										
20.	Paper Products Factory (B)	Water Tube Boiler	HO	9.50	Low-NOx burner	A: HO → 50% HO +50% Diesel	4.4	41	20	323					
		Water Tube Boiler	HO	8.2	Combustion control using automatic O2 analyzer	B: → DHO	20	73	20						
21.	Metal Products Factory (A)	Heating Furnace	Gas	10.00	Low-NOx burner	None	30	0	20	784					
		Heating Furnace	Gas	8.00	Installation of recuperator										
22.	Metal Products Factory (B)	Melting Furnace	Gas	20.00	Self-repair of furnace/boiler installation of bag filter.	None	5	0	50	143					
		Melting Furnace x 4 Heat Treating Furnace x 5	Gas Gas	1.75	None	None									

Note: HO = Current heavy oil, DHO = Desulfurized heavy oil, DEHO = Desulfurized and emulsified heavy oil

表 5.3.2(6) 25事業所の対策案(その6)

#	NAME OF ESTABLISHMENT	NAME OF FACILITIES	FUEL IN USE	CAPACITY (ton/hr)	CONTROL MEASURES			REDUCTION			INVEST. (1000 US\$)
					IMPROVEMENT OF COMBUSTION EQUIPMENT	FUEL CHANGE OR OTHERS		NOX (%)	SO2 (%)	PM (%)	
23.	Food Products Factory	Water Tube Boiler x 2	HO	45.40	1	Low-NOx burner	A: HO → 50% HO +50% Diesel B: → DHO C: → DEHO	43	40	20	1,317
					2	Exhaust gas recirculation		20	72	20	
					3	Supplementation/Improvement of combustion control instruments		55	72	40	
					4	Installation of telemetric monitoring system					
24.	Alcoholic Drinks Factory	Heat Medium Boiler x 2	Diesel			None	None				1,578
					1	Exhaust gas recirculation		47	100	100	
					2	Installation of telemetric monitoring system					
					3	Combustion control using automatic O2 analyzer					
25.	Public Bathhouse	Smoke Tube Boiler x 2	HO	1.30	1	Portable O2 analyzer (Low sir ratio combustion)	A: HO → 50% HO +50% Diesel B: → DHO C: → DEHO	30	41	20	2
								20	73	20	
								44	73	40	
TOTAL											86,000

Note: HO = Current heavy oil, DHO = Desulfurized heavy oil, DEHO = Desulfurized and emulsified heavy oil

5.3.2 削減効果と費用

燃料転換による汚染物質削減効果は表 4.2.3に示したように想定した。
この結果、25事業所での削減効果は表 5.3.3のように予測される。

表 5.3.3 診断調査対象事業場における削減効果

			NO _x	SO ₂	P M
現在の排出量 (千トン/年)			11.1	44.1	7.3
対策後の排出量 (千トン/年)	燃料改善 段階	A	6.6	29.2	2.5 * ¹
		B	6.8	14.0	0.7 * ¹
		C	5.8	14.9	1.6 * ¹
削減率 (%)	燃料改善 段階	A	40	34	66
		B	39	68	90 * ²
		C	48	66	78

(注) *¹ : 1工場の移転による削減量 3.4千トンを見込んである。

*² : 火力発電所 (A) にEPを設置する。

これによれば、A段階では暫定的な燃料転換と装置改善および移転により、NO_xで40%、SO₂で34%、PMで66%の削減が見込まれる。これに対しB段階の場合には脱硫重油への転換とEPの設置によりSO₂とPMの削減は促進されるもののNO_xではかえって暫定的なA段階よりも後退する。脱硫重油の乳化燃焼を導入したC段階の場合には、A段階よりもNO_xの改善がなされ、48%の削減が見込まれる。

以上の効果に対応する費用のうち、燃焼装置改善に要する費用は自家修理、自主改造、移転計画のように額を明示できない部分を除き、次のように見込まれる。

A : 脱硫重油供給までの期間 (低 NO _x 対策ほか)	US\$ 86,449,000
B : 脱硫重油供給後、火力発電所にEP導入	US\$ 77,381,000
C : 同上、火力発電所Aに乳化設備導入	US\$ 2,113,000

第6章 その他の固定発生源の対策の検討

6.1 訪問調査対象事業場

6.1.1 対象事業所と施設

訪問調査対象97事業場のうち、第5章で扱った25事業場を除く72事業場を対象とした。その業種別内訳は表 6.1.1のとおりである。

表 6.1.1 訪問調査対象事業場の業種構成

業 種	件 数
食 料 品	8
皮 革	1
紙・紙製品	8
化 学	13
石 油 化 学	4
石炭・石油製品	1
ゴム・プラスチック	4
窯業・土石	6
基礎金属	7
金属製品	3
輸送機械	1
その他製造業	1
公衆浴場	10
スポーツセンター	1
病 院	1
ホ テ ル	2
計	72

業種を大別して工場58件、商業・サービス業14件である。これらの事業場で調査対象となった炉は表 6.1.2のとおり合計 180基であり、このほかに電気炉が6社に16基あった。

表 6.1.2 調査対象炉一覧

規 模 炉 種	大	中	小	極小	計
工業用ボイラー	6	19	46	44	115
乾 燥 炉	3	0	9	6	18
金属溶解炉	1	0	1	1	3
金属加熱炉	0	5	4	0	9
窯 業 炉	2	3	10	0	15
ガラス溶解炉	6	5	0	0	11
骨材乾燥炉	0	0	0	2	2
加 熱 炉	1	0	2	2	5
そ の 他	0	2	0	0	2
計	19	34	72	55	180

6.1.2 対策方針

(1) 対象の選定

訪問調査は企業側で用意した燃焼設備の仕様、燃料使用量を含む運転管理記録を参照することおよび設備の外観、作動状況の視察と簡易な排ガスの測定をもとに、次の点について評価を行った。

- ア. 燃料使用量は設備の定格容量に相応しいか。
- イ. 運転管理計器は整っているか。
- ウ. 空気比は適正であるか。
- エ. 排ガスのばいじん濃度は管理されているか。また、その濃度は適正な水準に制御されているか。
- オ. 熱の有効利用がなされているか。
- カ. エおよびオに支障をきたす構造的な欠陥あるいは破損箇所はないか。

この結果、とくに対策を要しない13社、移転計画中の4社、設備改造または転換中3社、改造困難または不可能2社および実態不明2社の計24社64炉を除く48社について対策案の検討を行った。

(2) 適用する対策

適用する対策は、診断調査で選定された方法の中から燃焼施設の種類、使用燃料、規模、運転状況などの類似するものを選定する。なお、診断調査対象の中には含まれていない炉種として窯業炉が4社15炉、その他（ガスタービン）1社2基があるが、このいずれもが検討対象から除外した24社に含まれている。

また、検討対象は中小規模の設備あるいは事業場の多いことを考慮して、設備投資をなるべく小さくして運転管理を適正に行うことで少しでも削減効果をあげるような対策案とするよう努めた。

6.1.3 対策案の概要

装置改善対策として提案するのは、表 6.1.3に示した12種である。

表 6.1.3 装置改善対策

適用する対策	適用対象	相対単価 (US\$)
容積熱負荷の低減	3事業場	—
蒸気噴霧装置導入	3事業場 (3炉)	2,200
バーナノズルの交換	3事業場 (6炉)	4,700
燃料予熱器の導入	3事業場 (5炉)	200
NO _x 濃度計の導入	3事業場	13,600
燃焼管理用機器の整備	1事業場 (2炉)	52,000
炉内脱硝と排ガス再循環	1事業場 (2炉)	66,000
予熱空気温度計の導入	1事業場	1,500
炭化水素排除システムの導入	1事業場 (塗装工場)	63,000
燃料噴射空気圧の上昇	1事業場	—
簡易な自家修理	4事業場	—
ポータブル酸素濃度計の導入	33事業場	2,400

燃料の転換については、脱硫重油が供給される時期から重油がこれに切替わるものと想定する。想定ケースは5章の選定された事業場と同じA～Cの3ケースとする。

対策による削減効果は、表 6.1.4に示すように予測される。

表 6.1.4 訪問調査対象48事業場の対策による削減効果

			NO _x	SO ₂	PM
現在の排出量 (千トン/年)			4.7	11.2	2.6
対策後の排出量 (千トン/年)	燃料改善 段階	A	3.5	6.5	2.4
		B	3.7	3.2	2.4
		C	3.6	3.2	2.4
削減率 (%)	燃料改善 段階	A	25	42	7
		B	21	71	7
		C	23	71	7

装置改善のための設備投資総額は、約 460千米ドルである。

6.2 その他の発生源

6.2.1 対象事業所と施設

これまでに述べてきた対策の対象は、調査団がメキシコ側と協力して行った訪問調査および診断調査の対象となる大工場を主体とする事業所であった。ここでは、上記の事業場以外の事業場を検討の対象とする。その内訳は、次のように区分される約 7,600の事業場であり、燃料消費量の固定発生源に占める割合は、重油、天然ガスとも約25%である。

- ① SEDUE が本調査の一環としてアンケート調査した事業場（969社 3,336炉）
- ② SEDUE による既存データベース上の事業場（①との重複を除いた 371社）
- ③ DDF による既存調査対象事業場（訪問調査および④との重複を除いた6,070社）
- ④ 全国浴場温泉業協による既存調査対象浴場（203社）

このうち、①および②は主に工場であり、③、④は商業・サービス業に属する事業場である。燃焼施設としては、①に属する 2/3が工業用炉、残りがボイラーであることから、②も同様の比率だと仮定すれば工業用炉が約 2,400炉である。③、④は大部分ボイラーと仮定すると全体でボイラーが 7,500基以上ある。

6.2.2 対策方針

検討対象は、数の多い割に燃料消費量ひいては汚染物質排出量が相対的に小さい事業場である。従って、個々の事業場に対応を求める燃焼装置改善対策は、労力が多い割に効果はあまり期待できない。

そこで、装置改善対策としては、対象事業所の中でも規模の大きいところに限って、前節で述べた訪問調査対象事業場に適用した対策のうちで汎用性のある対策を提案することとし、全体としては脱硫重油の供給に伴う削減効果に依存することとする。

相対的に規模の大きい事業場は、第3章で示した汚染物質排出量の事業場別順位で訪問・診断調査対象の上位20社に接近する10社（いずれも SEDUEの調査対象）程度である。（図 3.3.1参照）

また、訪問調査対象で数多く適用された対策は、ポータブル酸素濃度計の導入であり、実質的な検討対象48社中33社に適用した。これは計器の導入そのものよりも、これを用いて適正空気量を保持するような運転をし、NOx の発生を抑えるところに真の狙いがある。同様の主旨で他の簡易な装置の導入あるいは改修も対策方法として考慮する。

6.2.3 対策案の概要

汚染物質の発生を抑えるための運転管理に役立つ簡易な装置改善対策を列記すると表 6.2.1のとおりである。

表 6.2.1 装置改善対策

適用する対策	想定単価 (US\$)
蒸気噴霧装置の導入	2,200
燃料予熱器の導入	200
予熱空気温度計の導入	1,500
ポータブル酸素濃度計の導入	2,400
簡易な自家修理	-

燃料転換対策は、大規模工場同様重油燃焼施設に限られるが規模が小さいので、脱硫重油供給までの暫定措置は考慮しない。従って、次の2ケースを想定する。

- B : 脱硫重油専焼 脱硫重油の供給開始後で、その乳化燃料が製造されない場合
- C : 脱硫重油乳化燃焼 脱硫重油の供給開始後で、その乳化燃料が製造される場合

対策による削減効果は、表 6.2.2に示すように予測される。

表 6.2.2 7,600 事業場における燃料改善による削減効果

			NO _x	SO ₂	PM
現在の排出量 (千トン/年)			5.0	21.0	1.4
燃料改善後の排出量 (千トン/年)	改善段階	B	4.8	7.7	1.2
		C	4.1	7.7	1.0
削減率 (%)	改善段階	B	4	63	14
		C	18	63	28

第7章 首都圏の固定発生源対策基本計画

7.1 計画の概要

7.1.1 対策の対象

大気汚染固定発生源の首都圏における位置は、「メキシコ首都圏における大気汚染対策統合計画－広汎な合意；1990年10月」によれば、図 7.1.1に示すようにSO₂で約4分の3、NO_xで約4分の1に相当している。

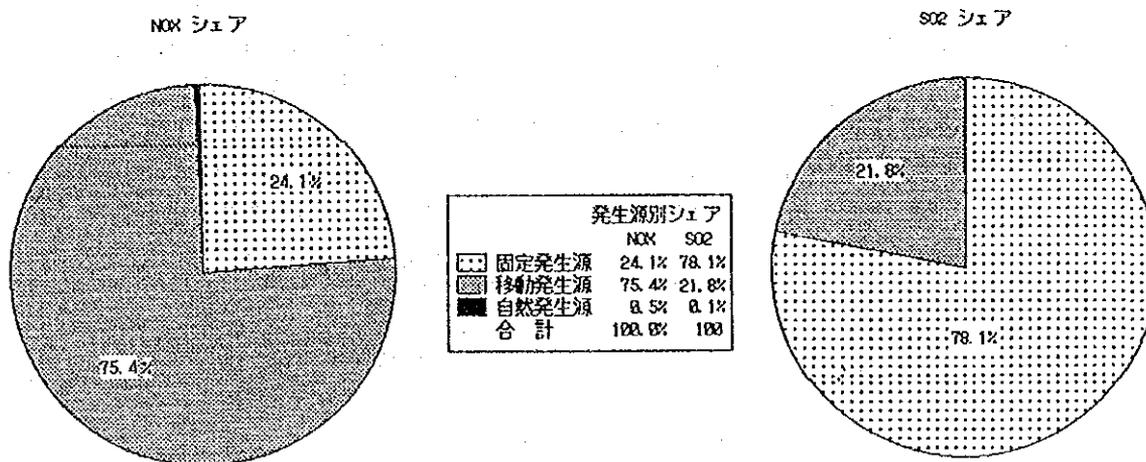


図 7.1.1 固定発生源の汚染寄与

これらの汚染物質は、主として燃焼過程から排出されるものであるが、固定発生源における燃料消費量および汚染物質排出量を調査団による聞き込みおよびメキシコ側による既存調査から集計した結果は表 7.1.1の通りである。

表 7.1.1 固定発生源における燃料使用量と汚染物排出量（1990年）

燃料使用量	重油	110万m ³ /年
	天然ガス	33億m ³ /年
汚染物排出量	NO _x	21千トン/年
	SO ₂	76千トン/年
	PM	11千トン/年

調査対象事業場数は、工場 1,400を含む約 8,000件であり、件数において大気汚染物質排出施設を有する首都圏の工場のほぼ全数、商業・サービス事業所の約70%を対象に含めている。

一方、大規模事業場は、意図的に対象に取り入れていることから、この集計結果は首都圏の固定発生源全体を十分に代表し得るものと考えられる。

7.1.2 燃料対策

(1) 実施されている重油改質計画

メキシコ石油公社では、首都圏に近いツーラの製油所に水素化脱硫プラントを建設する計画をもっている。この計画が完成すれば、低硫黄重油（S分 0.8%）が首都圏に供給されることになり、現在の重油（S分 3.0～ 3.5%）の供給は停止される。

この計画は、1990年10月の「メキシコ首都圏における大気汚染対策統合計画－広汎な合意」でも明示された課題の一つとなっており、中央政府のエネルギー、財政、環境等の責任機関の総意として実施されている。燃料油の供給元が石油公社に一元化されているメキシコの体制下においては、中小の需要家に至るまで確実にゆきわたる固定発生源対策とし期待される場所である。

脱硫プラント供用開始時における燃料の需要は1990年の水準のまま移行すると仮定し、燃料構成も変えずに従来使用された高硫黄重油が全量脱硫重油に転換したとすると、汚染物質の排出量は表 7.1.2のように推定される。

表 7.1.2 脱硫重油への転換による汚染物質の削減効果

汚染物質	固定発生源からの排出量 (千ト/年)		削減率 (%)	
	現 状	将 来	固定発生源の	全発生源の
NO _x	20.8	20.1	5	1
SO ₂	76.3	23.2	70	55
PM	11.3	10.3	9	-

この削減効果は、重油改善による汚染物排出量が単位燃料あたりSO₂ で73%、NO_x で10%カットされると見込んだことによるものである。これによりSO₂ については全発生量を半減させる効果が期待される。

(2) 燃料転換

中・長期的な燃料転換対策としては、削減効果、油価、天然ガス利用政策などを考慮に入れて重油を脱硫重油に転換する方法を主体とし、軽油あるいは天然ガスへの転換は特殊ケースに限る。なお、この対策は主眼がSO₂削減にあるだけに、NO_x、PM対策としては不十分であるため追加的対策が必要となる。燃料改善によるNO_xとPMの削減方法として、重油の乳化燃焼も考えられる。しかし、この方法は技術的には確認されているものの、日本でも適用例は少なく、改質対象の油質や燃焼方法に左右される要素が大きいため、今回の調査で実施した原理試験を一步進めて実用規模の試験で効果を確認する必要がある。

脱硫重油の供給は、現在の予定では1995年以降となるので、それまでの暫定措置として重油の軽油または天然ガスへの部分的な転換を提案する。これは重油専燃施設を重油と軽油または天然ガスの混焼に切替えることを意味するが、適用可能な施設は相対的に大規模なものに限定される。具体的には訪問・診断調査対象中の工場で重油を使用しているところが対象となる。

このほか、現在重油と天然ガスを混焼している事業場など個別の事情により上記以外の転換パターンも考慮する。具体的な提案は表 7.1.3のとおりである。

表 7.1.3 燃料転換対策の提案

転換パターン	適用事業場区分	適用事業場（訪問番号）
重油→A案：重油＋軽油または天然ガス各50% →B案：脱硫重油 →C案：脱硫乳化重油	訪問・診断対象	(3)(5)(8)(9)(10)(12)(14) (15)(16)(18)(21)(22)(28) (29)(30)(32)(34)(37)(38) (42)(43)(48)(52)(65)(67) (68)(73)(75)(76)(78)(81) (83)(84)(87)(89)(91)(92) (93)(95)(96)計40社
重油→A案：重油＋軽油または天然ガス各50% →B案、C案：脱硫重油	訪問・診断対象	(27)製紙、 (51)(56)基礎金属 (64)その他製造業
重油→A案：重油＋天然ガス各50% →B、C案：脱硫重油＋ 天然ガス各50%	同上	(41)セメント工場
重油→A、B、C案：軽油または天然ガス	同上	(62)化学工場B
天然ガス80%＋重油20% →A案：現状どおり →B案：天然ガス＋脱硫重油各50% →C案：天然ガス＋脱硫乳化重油各50%	同上	(69)火力発電所A
天然ガス80%＋重油20% →A案：現状どおり →B案：天然ガス80%＋脱硫重油20% →C案：天然ガス80%＋脱硫乳化重油20%	同上	(70)火力発電所B
重油→A案：現状どおり →B案：脱硫重油 →C案：脱硫乳化重油	その他の発生源	多数

- (注) 1) A案は脱硫重油供給開始以前の期間に適用する。
 2) 脱硫重油供給開始後はB案またはC案を適用する。
 3) C案は乳化燃焼法の有効性が実証されることが前提となる。

7.1.3 管理対策

(1) 移転等の対策

訪問・診断調査対象事業場97社のうちで行政命令による閉鎖1件、移転1件が既に決まっているほか、自主的な計画として移転を予定している事業場が3社ある。移転そのものは発生源の移動であって一概に汚染物質の削減対策とは言えないが、首都圏の大気浄化に寄与する対策として評価できる。

また移転に伴い設備更新の経済性も評価上有利になってくるので、改善に要する投資が巨大な額になりそうな場合には移転案も考慮に入れる。

(2) 運転管理対策

NOx 低減のために有効な運転管理対策の第一歩は、適正な空気量による燃焼を維持することである。この点を燃焼施設の設置管理者、運転担当者に十分承知させる必要がある。このための測定器の使用法およびこれに基づく燃焼制御の方法等について普及するための指導體制を行政と事業者との協力のもとに作ってゆく必要がある。

7.1.4 装置改善対策

(1) 燃焼装置

訪問・診断調査対象に対する装置改善対策として提案するのは次の23種であり、適用の効果が上がると判断される場合はそれ以外の発生源にも応用できる。

ア. 計測管理機器の導入（改良、補充）

- ・ ポータブル酸素濃度計 (38事業場)
- ・ NOx 濃度計 (3事業場)
- ・ 酸素自動濃度計 (9事業所)
- ・ 予熱空気温度計 (1事業所)
- ・ 燃焼管理機器補充／改良 (11事業場)
- ・ テレメータ (10事業場)

イ. NOx 発生の抑制のための燃焼系改善

- ・ 低NOx バーナ (11事業場)
- ・ 排ガス再循環 (13事業場)
- ・ 二段燃焼 (2事業場)
- ・ 濃淡燃焼 (3事業場)
- ・ 炉内脱硝燃焼 (3事業場)
- ・ 蒸気噴射 (2事業場)
- ・ バーナノズル交換 (4事業場)
- ・ 燃焼室容積負荷の低減 (6事業場)
- ・ プレカルサイナーの取付 (1事業場)
- ・ 燃焼噴霧空気圧の上昇 (2事業場)

ウ. 燃焼効率の改善

- ・ 自家修理 (5事業場)
- ・ 炉天井部の断熱強化 (3事業場)
- ・ 燃料予熱器の取付 (4事業場)
- ・ 空気予熱機の取付 (1事業場)
- ・ レキュペレータの取付 (2事業場)

エ. 排ガス浄化

- ・ バグフィルター (2事業場)
- ・ E P (4事業場)

(2) 燃焼装置以外の発生源

診断調査対象のうち、燃焼装置以外の発生源対策として化学工場Cの炭化水素除去対策を提案する。これは炭化水素焼却炉と冷却による漏出防止対策とからなる。

7.1.5 対策効果

燃料対策・管理対策及び装置改善対策を総括して表 7.1.4に示す。

表 7.1.4 燃料/装置改善対策の総括

ケース名	火力発電所 A		その他の発生源	
	燃料構成	装置改善対策	燃料構成	装置改善対策
現 状	現行比率の混焼（ガス80%、重油20%）	なし	現状どおり	なし
ケース A	同上	低NOx 対策	表 7.1.3の A	低NOx 対策ほか
ケース B	ガス・脱硫重油各50%混焼	低NOx 対策+EP	表 7.1.3の B	同上
ケース C	ガス・乳化脱硫重油各50%混焼	低NOx 対策	表 7.1.3の C	同上

- (注) (1) ケース A は脱硫重油供給開始前の期間に適用する。
 (2) 脱硫重油供給開始後はケース B またはケース C を適用する。
 (3) ケース C は乳化燃焼法の有効性が実証されることが前提となる。

以上の対策を適用した場合の火力発電所（A）および固定発生源全体の削減効果は、表 7.1.5 に示すように予測される。暫定的な対策案であるケース A では、火力発電所においてはSO₂ とPMは削減できないが、NOx では30%の削減が見こまれ、かつ固定発生源全体では3物質とも 1/4以上の削減が見こまれる。脱硫重油供給後は、どの汚染物質とも 1/4以上の削減は込まれるが、B案、C案を比較すると NOxではケースCがすぐれ、PMではケースBがすぐれている。しかしながら、ケースCは乳化燃焼法の効果と経済性が実証されることが前提となるので、慎重な検討が必要である。

表 7.1.5 対策案による削減効果

		汚染物質排出量(1000t/y)			削減率 (%)		
		NOx	SO ₂	PM	NOx	SO ₂	PM
火力発電所 A	現 状	5.2	17.6	2.1	0	0	0
	ケース A	3.6	17.6	2.1	30	0	0
	ケース B	3.8	9.6	0.3	27	45	87.5
	ケース C	3.0	10.6	1.3	42	40	37.5
固定発生源全体	現 状	20.8	76.3	11.3	0	0	0
	ケース A	15.1	56.7	6.4*	27	26	43
	ケース B	15.3	24.9	4.4*	26	67	61
	ケース C	13.5	25.8	5.1*	35	66	55

(注) * : 1工場の移転による削減量 3.4千トンを見込んだ。

7.2 所要資金と実施スケジュール

7.2.1 設備投資

(1) 投資額

訪問・診断調査対象むけに提案した装置改善費用の総額を次の2案について表7.2.1に示す。

- ケース(1) : 火力発電所Aで乳化燃焼を行う場合
 ケース(2) : 火力発電所に電気集じん機(EP)を設置する場合

表7.2.1 燃焼装置改善のための投資額

	ケース(1) : 火力発電所Aで 乳化燃焼		ケース(2) : 火力発電所Aに EP設置	
	投資額(百万米ドル)	%	投資額(百万米ドル)	%
外貨投資	28.208	33	26.611	16
内貨投資	58.241	67	135.106	84
合計	86.449	100	161.717	100

(注) ケース(1)における火力発電所A用の乳化燃料は当発電所で生産すると仮定した。

この金額は、診断した工場の燃焼施設ごとに立案した対策に基づいて積算したものであり、事業場ごとに推定額が与えられている。1事業場あたりの設備投資推定額が10万米ドルをこえるのは19社、百万米ドルをこえるのは表7.2.2に示した11社であり、投資規模の大きい事業場は汚染物質排出量もまた大きい事業場である。

表7.2.2 事業所別設備投資額の分布

順位	事業場(訪問番号)	投資額 (1000US\$)	排出量の順位		
			NOx	SO ₂	PM
1	セメント工場 (41)	45.082	2	2	4
2	火力発電所A (69)	13.043	1	1	2
3	火力発電所B (70)	6.778	4	4	8
4	ガラス工場C (23)	5.819	6	—	11
5	ガラス工場A (68)	3.009	13	9	9
6	ガラス工場B (31)	2.522	9	—	13
7	アルコール飲料工場 (47)	1.578	11	6	10
8	化学工場A (1)	1.420	21	—	22
9	石油化学工場B (8)	1.350	14	5	19
10	食品工場 (65)	1.317	32	12	30
11	石油化学工場A (16)	1.058	15	10	29

(注) 火力発電所Aについては、独自に重油乳化装置を設置して乳化燃焼を行う案の投資額である。

火力発電所（A）にEPを設置する案では、上記より約7千6百万米ドル増加するので当発電所全体の投資額は9千万米ドル近い額となる見込みである。訪問・診断対象以外にも装置改善が可能でかつ有効な事業場があると思われるが、規模が小さいので大幅な措置の改善よりは運転の改善、あるいはそのために使用する管理用計器の導入が対策として適当である。こうした対策は設備投資額も小さくてすむので、その他の発生源に対する投資額を含めても固定発生源全体で1億～2億米ドル程度と思われる。

(2) 設備投資規模の評価

設備投資の規模を評価するために、まずメキシコの経済統計の中から固定資本形成額を抽出し、そのうちの機械設備投資額の推定値と本調査の結論に基づく設備投資額とを比較する。

メキシコの国内総生産（GDP）の最新統計値は、国立統計・地理・情報研究所（INEGI）の暫定値 494,054,824百万ペソ（1989年）であり、これを同年の年平均交換レート（2,453.2ペソ/米ドル）で換算した。米ドル価格は約2千億米ドルである。同年の固定資本形成額はまだ示されていないので1987年の INEGI資料によりGDPとの比率をみると、民間13.4%、政府 5.5%、計18.9%でありこの比率を適用すると固定資本形成は年間約 380億米ドルと推定される。

固定資本形成の構成比率は、1983～1984年の INEGI統計値から推定すると、次のとおりである。

国産	91.8%
{ 建設	63.2%
{ 輸送機械	8.9%
{ 機械設備	19.7%
輸入	8.2%
{ 輸送機械	1.0%
{ 機械設備	7.2%

大気汚染対策の対応する投資部門は機械設備であるので、国産・輸入の該当部分の合計比率を求めると26.9%と推定される。したがって機械設備に係る固定資本形成額は、380億米ドル×26.9%＝102億米ドル、約100億米ドルと推定される。

設備投資の総額は1億～2億米ドルであるから、機械設備に係る固定資本形成額の1～2%程度に過ぎない。

7.2.2 実施体制

本調査で提案する対策は大きくわけて次の3本の柱からなっており、いずれのタイプにおいても相応の人材と資金投入が求められる。

- ① 管理改善対策
- ② 燃料転換対策
- ③ 装置改善対策

こうした対策の主体は、燃焼装置を保有管理している事業者であるのが自然であり、対策案の実施に伴う支出増は本来製造サービスの原価の一部と見なされるべきだろう。

しかし、民間事業者の場合は、原価上昇はすなわち競争力の低下を意味するので、個々の事業者まかせではなかなか実施にかかれぬおそれがある。また、業種によってはかなりの規模の投資を提案したところもあり、対策の実施が一時的に資金事情を圧迫するおそれもある。また、大気汚染防止の技術対策に精通した専門家の絶対数不足で事業所単位で確保できないおそれもある。

したがって主体となる事業者が足並みをそろえ、かつ設備資金の調達と対策技術の導入がし易くなるような組織体制をとることが望ましい。これは、たとえば全国浴場温泉業組合（CANAIBAL）のような既存の同業組合でもよいし、新しくこのために発足させることができればそれでもよい。

行政の役割としては、業者側の対策を促進させ、効果を定着させるための助成措置を人材、資金の両面で講ずることである。

助成措置としては、工場移転や排出抑制対策のための設備投資に対する減税措置が一時期実施され、最近では低利融資制度が決定され、一部実施されている。このほかの助成として人材・技術導入の面では次の様な施策が考えられる。

- ① 燃焼管理技術の普及
- ② 大気汚染削減技術の普及
- ③ 装置改善の相談
- ④ 排ガス測定技術の普及
- ⑤ 排ガス測定器の貸付け
- ⑥ 設備投資に対する利子補給・優遇税制等の助成制度

7.2.3 実施スケジュール

対策の着手は、対策の内容が事業者個別にできるものと重油改質プラント完成前まではできないものとに分かれるので、対策実施を次のように2段階に想定する。

第1期 1995年まで

- ① 基本的燃焼管理機器の整備
- ② 燃焼及び大気汚染対策関連技術者の訓練
- ③ 暫定的燃料転換
- ④ 低利融資・優遇税等助成制度の整備
- ⑤ 排ガス測定機器の整備・貸付け
- ⑥ 工場移転
- ⑦ 装置改善対策（低 NOx対策ほか）
- ⑧ 新対策技術の実証
- ⑨ 行政組織の強化

第2期 1996年以降

- ① 燃料転換
- ② 低利融資・優遇税制の強化
- ③ 燃焼装置・燃焼方法改善対策の高度化

7.3 提言

メキシコ市首都圏の固定発生源における汚染物質削減対策を効果的に実施してゆくため、以下の事項を行うことを提言する。

(1) 燃焼施設における基本的計測器の設置

燃焼管理の基本となる燃料の流量計がほとんどの施設で設置されていないので、これの設置を義務づける。

また、燃料の圧力と温度、燃料噴射用の蒸気圧力、燃焼用空気の圧力と温度などを示す計器類も設置されていない所が多く、設置されていてもほとんどがパーセント目盛となっていて、実際の運転状態が監視しにくい。これらの計器の設置も義務づける。表示はパーセントではなく、気圧補正した実測値で行うことが望ましい。

(2) ばい煙発生施設における排ガスの測定機器の整備

汚染物質の排出量が特に大きい施設においては、排ガスの流速とCO、CO₂、NO_x、ばいじん及びSO_x濃度の連続自動測定器により常時監視をすることを義務づける。

これら測定データを SEDUEの監視センターにテレメータで送り、集中的監視を行うためのシステムを確立する。

中・小規模のばい煙発生施設においては、排ガス中のO₂濃度測定器を常備させるとともに、CO₂、CO、ばいじん及びNO_xの濃度も適切な頻度で測定、記録し、定期的に提出することを義務づける。

(3) 燃焼管理の指導

燃焼技術の専門家を養成し、燃焼による汚染物質生成の抑制と排出の削減、燃料の節約などについて発生源側の燃焼管理者を指導する。

まず、第一歩として適正な空気量による燃焼の重要性を指導する。そのため、各燃焼施設において排ガス中の酸素濃度を変化させ、それに対応するばいじん、CO及びNO_x濃度を測定して、その関係図を作成する実習を早速行いそれを提出させる。

(4) 行政側の技術体制の強化

1) 産業公害防止指導センター（仮称）の設置

上に述べた事項を実施してゆくために指導的役割を果たすべき組織を SEDUE の付属機関として設置することが望ましい。メキシコ国政府は、大気、水、廃棄物を含む環境の諸問題の解決の一助として環境研究・研修センターを設立する構想をもっている。それが実現した場合、この産業公害防止指導センターは、その一部として位置づけることも可能である。当指導センターは大気汚染防止に関しては主として以下のことを行う。

- i) 排ガス等の測定機器の検定、販売、レントおよびリースと測定技術指導
- ii) 大気汚染防止対策に関わる技術指導
- iii) これらの専門家の養成

2) 監視技術員の養成

固定発生源での汚染物質排出の技術的実態を正確に知ることは、行政側にとってきわめて重要である。従って、SEDUE、DDF 及びメキシコ州政府の担当部内にも、発生源における排ガスの測定など監視に関わる技術を修得した職員が存在が不可欠である。これらの職員を養成し、相応の待遇をすることにより定着性を高め、組織内の技術の蓄積を計る。

3) 発生源データベースの強化

現在 SEDUE が保有する固定発生源のデータベースは発生源の数、データ項目およびデータの正確性の面で十分とはいえない。従って、このデータベースを改善する必要がある。首都圏の総合的な発生源データベースを SEDUE、DDF、メキシコ州が協力して確立してゆくことが望ましい。

(5) 発生源対策技術の実用化

首都圏の固定発生源対策として、当調査で提案されている技術には、排ガス再循環、2段燃焼、濃淡燃焼、炉内脱硝燃焼、NO_x 濃度が特に高いガラスタンク炉などのための天然ガスアトマイズ方法のバーナなどの他に、重油の二段燃焼方式低NO_xバーナや重油の乳化燃焼が含まれている。

1995年より供給が予定されている脱硫重油はN分が高いので、フューエル NO_x とサーマル NO_x を低減させる方法の組み合わせが不可欠である。

二段燃焼方式の低 NOxバーナはフューエル NOxの低減に有効なので、早期にその開発に着手することを提案する。

乳化燃焼法はサーマル NOxとばいじんの低減対策として有効なことは技術的に確認されている。しかしながら、日本での実施例も少ないのでメキシコ産の重油への適用性については慎重な検討が必要である。当調査においては実験室規模の燃焼器機で効果が確認されたが、これを実際の工場等に適用するためには、パイロット規模の試験と実用規模の試験を含むフェージビリティ・スタディーを行ない、十分検討する必要がある。

(6) 汚染対策に対する優遇税制

一般に環境汚染対策への投資は、事業者には直接の経済的利益をもたらさないため、対策を間接的に促進するような金融上の支援や税制上の優遇措置を講じることが望ましい。メキシコにおいては、現在金融支援の制度があるので、これを拡充するとともに、一時行っていたような税制上の優遇制度を再び導入することが望まれる。

(7) 移動発生源対策との関係

当調査は固定発生源対策調査であり、NOx とばいじんの削減対策に重点を置いて調査した。NOx については移動発生源からの排出が全体の約4分の3を占めるといわれている。これに対してメキシコ政府は、新車の年式別排出規制のプログラムを作成している。このプログラムを着実に実施してゆくことにより、NOx 等の長期的な削減効果をもたらされる。一方、固定発生源からの NOxの排出量は自動車に比べて少ないが、対策を実施した時点から効果が表れるので、出来るだけ早期に実施することが望ましい。

JICA