

メキシコ合衆国

大気汚染対策燃焼技術導入計画調査

事前・予備調査報告書

1993年3月

国際協力事業団

鉱調工

JR

93-081

メキシコ合衆国大気汚染対策燃焼技術導入計画調査事前・予備調査報告書

1993年3月

615
61.9
MP1

JICA LIBRARY



1111688(6)

26009

メキシコ合衆国

大気汚染対策燃焼技術導入計画調査

事前・予備調査報告書

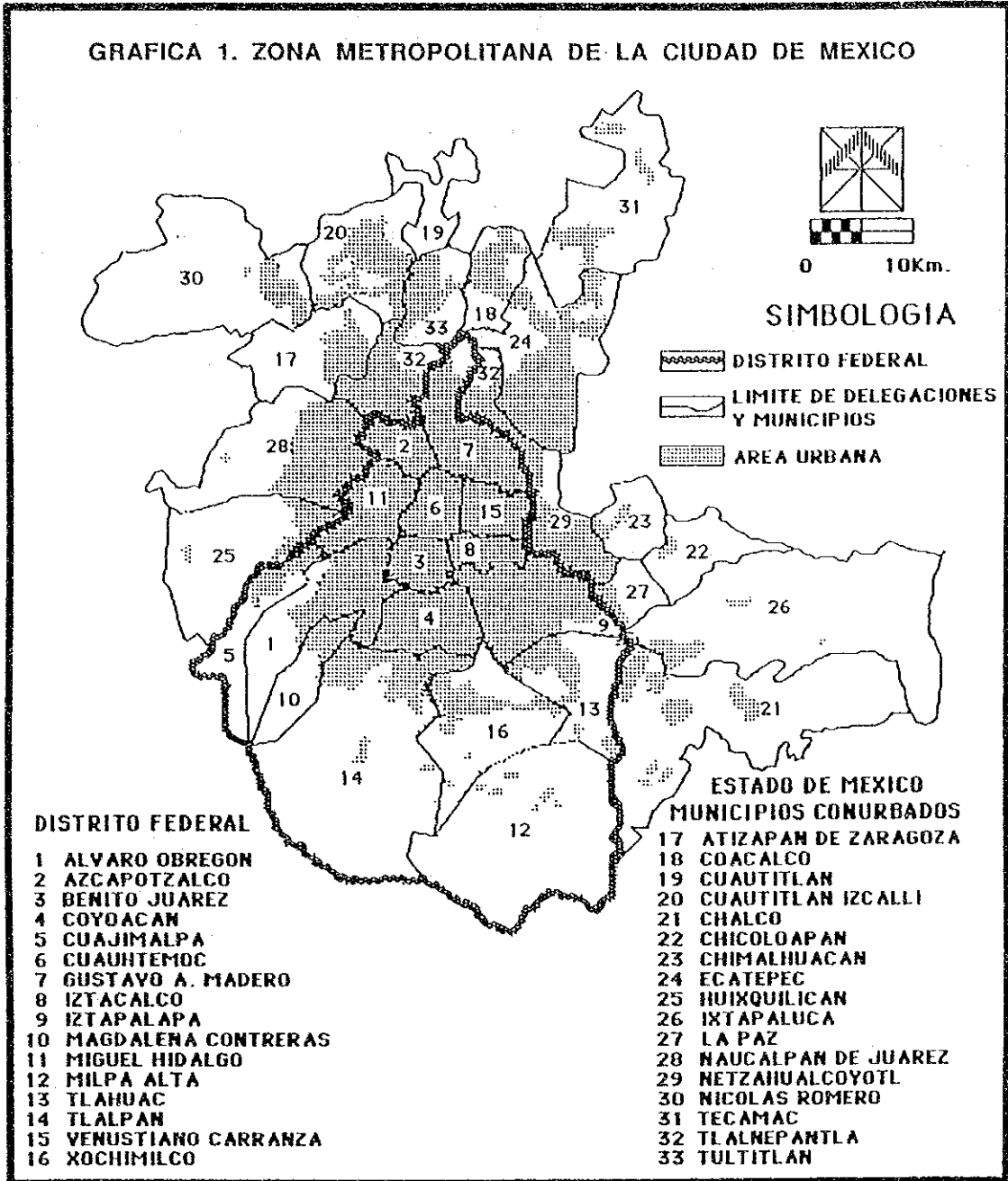
1993年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

26009

GRAFICA 1. ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO



メキシコ市首都圏と市街化区域

目 次

I. 調査概要	1
[事前調査]	
1. 調査の背景・経緯	1
2. 調査の目的	1
3. 調査団派遣期間	1
4. 調査団構成	1
5. 調査内容	2
6. 調査日程	2
7. 主要面談者	2
8. 調査結果の概要	4
[予備調査]	
1. 調査の背景・経緯	30
2. 調査の目的	30
3. 調査団派遣期間	30
4. 調査団構成	30
5. 調査団日程	31
6. 主要面談者	31
7. 調査結果の概要	32
8. 訪問先主要コメント	33
II. メキシコ合衆国の環境行政	46
1. 環境政策	46
2. 環境基準	47
3. 排出基準	47
4. 燃焼技術者育成計画	51
III. メキシコ首都圏の大気汚染対策	53
1. メキシコ首都圏の大気汚染改善政策	53
2. 改善状況	55
IV. エネルギー政策	57

1. 国家エネルギー政策	57
2. メキシコ首都圏のエネルギー政策	59
V. メキシコ首都圏の固定発生源燃焼施設	60
1. 燃焼施設	60
2. 燃焼施設改善計画現況	61
VI. メキシコ首都圏の固定発生源燃料現況	65
1. 使用燃料現況	65
2. 燃料転換計画	65
VII. 大気汚染防止燃焼技術および燃焼監理技術の概要	68
1. 大気汚染防止燃焼技術	68
2. 燃焼管理技術	73
VIII. 燃焼試験及び技術移転における重点	78
1. 本件調査の主眼	78
2. メキシコ首都圏における燃料事情	78
3. 燃焼管理の実態	79
4. 燃焼試験および技術移転における重点	79
IX. 燃焼試験の概要	81
1. 燃焼試験項目案	81
2. 試験装置の設計案	82
3. プラントの設置場所の概要	87

別添資料

1. メキシコ市首都圏の工場からの汚染物質排出規制計画（和訳）
2. 固定発生源における液体、固定、気体燃料の燃焼に関する排出規制（和訳）

I. 調査の概要

〔事前調査〕

1. 調査の背景・経緯

メキシコ首都圏においては、大気汚染が深刻な社会問題となっており、メキシコ政府も首都圏の大気汚染の解消を重点的政策項目に据えている。

事業団もメキシコ政府の要請に応じ、1989年に全般的対策のマスタープラン調査を実施し、さらに1990年から1991年まで大気汚染の固定発生源に対する調査「メキシコ合衆国大気汚染固定発生源対策計画調査」を実施した。この調査結果として、NO_x、ばいじんの削減を図るためのひとつの方法であるエマルジョン燃焼の実証調査を提言している。これを受け、メキシコ政府は1991年2月に大気汚染対策としてエマルジョン燃焼についてのフィージビリティ調査を正式に要請してきた。

この要請を受け、事業団は要請内容の確認と関連情報の収集を行うため1992年7月に予備調査団を派遣した。

予備調査の結果、エマルジョン燃焼のみに特化せずメキシコ側が導入予定の種々の燃焼技術及び運転管理技術についての検討を行う「大気汚染対策燃焼技術導入計画調査」の実施が有益であると判断され、これを踏まえ、事業団は調査内容変更にかかる協議及び調査実施細則の署名を目的として事前調査団を派遣することとなった。

2. 調査目的

メキシコ合衆国大気汚染対策燃焼技術導入計画調査」にかかる実施細則について協議し、署名することを目的とする。

3. 調査団派遣期間：平成5年3月10日（水）～3月20日（土） 11日間

4. 調査団構成

団長・総括	なかい しんや 中井 信也	国際協力事業団
燃焼技術	やまざき まさかず 山崎 正和	鉦工業開発調査部 工業開発調査課長 工業技術院 資源環境技術総合研究所 熱エネルギー利用技術部 燃焼工学研究室 主任研究官
調査企画	あだち いづ 安達 一	国際協力事業団 鉦工業開発調査部 工業開発調査課

固定源対策 (NO _x ばいじん)	ひらさわ 平沢	しんぞう 信三	(株)数理計画
燃焼施設	のぐち 野口	まさあき 雅章	(株)数理計画
通 訳	さの 佐野	さちよ 左千代	(株)日本国際協力センター

(計6名)

5. 調査内容

- (1) 実施細則の協議、署名
- (2) 協議議事録の作成、署名
- (3) 関連資料、情報の収集

6. 調査日程

3月10日(水) メキシコシティー着 (UA839便)

11日(木) JICA事務所打合せ、日本大使館表敬、環境庁表敬・打合せ

12日(金) 環境庁(INE)、首都連邦区庁(DDF)、石油公社(PEMEX)、石油研究所
(IMP)合同協議、S/W説明・協議

13日(土) 資料整理、団内打合せ

14日(日) 資料整理、団内打合せ

15日(月) 大・中小規模工場視察、省エネルギー計画委員会訪問

16日(火) IMPパチューカ研究所(燃焼試験装置設置予定場所)視察
IMP本部訪問、SELMEC(ボイラーマン研修場所)訪問

17日(水) INE打合せ、INE・DDF・PEMEX・IMP合同S/W・議事録協議

18日(木) JICA事務所報告、日本大使館報告、S/W・議事録署名

19日(金) メキシコシティー発 (JL011便)

20日(土) 成田着

7. 主要面談者

(1) 環境庁(INE)

Fis. Sergio Reyes Lujan	Presidente
Arq. Rene Altamirano P.	Director General de Normandad Ambiental
Ing. Victon Hugo Paramo	Director
Ing. Enrique Campuzano Balbuena	Subdirector

(2) メキシコ石油公社 (PEMEX)

Mr. Octavio Ochoa	Coordinador Ecologia, Proteccion Ambiental, Refinacion
Mr. Humberto Aguilar Racueco	Gerente, Refinacion
Mr. Alejandro Amor	Subgerente, Gcia. Protec. Ambiental
Ms. Maricruz Rosas M.	Proteccion Ambiental, Refinacion
Mr. Nicolus Rodrigues Alfz	Unidad d Coord. Operative, Refinacion

(3) メキシコ石油研究所 (IMP)

Ing. Jose M. Olivares Paez	Gerente de Proteccion Ambiental y Control Energetico, Subdireccion General de Tecnologia de Transformacion Industrial
M.en C. Gilbelto Campos Morales	Investigador Numerario, Sub. Gral. de Tecnologia de Transf.Industrial
Ing. Rodolfo Casas Barba	Fefe de la Division de Control Energetico

(4) 首都連邦区庁 (DDF)

Mr. Sergio Sanchez	Environmental Studies Director
Ing. Yoshihiro Shigeta	Asesor Tecnico del Medio Ambiente (JICA派遣専門家)

(5) 省エネルギー計画委員会 (CONAE)

Ing. Guillermo Fernandez de la Garza	Secretario Tecnico
Mr. Brashe	
Mr. Rodolfo Rassi	
Dr. Francisco Jose Plata Olvera	Director General, FONAE

(6) エネルギー鉱山国営企業省 (SEMIP)

Ing. Luis H. Barojas Weber	Asesor del C. Subsecretario, Subsecretaria de Energia
----------------------------	--

(7) セルメック (SELMEC: 工業用機器生産民間企業)

Ing. Antonio Garcia Moreno	Gerente Instituto de Capaciation
----------------------------	----------------------------------

(8) 在メキシコ日本大使館

浅見	公使
岸本 邦夫	一等書記官
池上 正春	一等書記官
山本 雅史	一等書記官
柳沢 俊幸	三等書記官

(9) JICAメキシコ事務所

斉藤 寛志	所長
上条 哲也	所員

8. 調査結果の概要

調査団は環境庁、首都連邦区庁、メキシコ石油公社、石油研究所との一連の協議を実施し、ほぼ原案通りにて実施細則の署名を実施し、また、上記4者との間で協議議事録を作成・署名した。

(1) 調査内容変更にかかる説明

1)当初のメキシコ側からの要請内容からあったエマルジョン燃焼にかかるF/S調査については、これを変更し、燃焼管理と燃焼技術の検討及び前回の「大気汚染固定発生源対策計画調査」において実施した工場調査のレビューを中心とした調査を行うことにつきメキシコ側に説明したところ、メキシコ側も同意した。

2)なお、事前調査派遣前の時点ではエマルジョン燃焼については本件本格調査にて実施予定の燃焼試験の項目に含む方向で検討していたが、メキシコ側との協議の結果以下の3点からエマルジョン燃焼については本件調査の対象から外し、燃焼管理、低NO_xバーナーに的を絞った方向の調査とすることが効果的であるとの双方の認識が一致した。

①大規模事業所について天然ガスへの燃料転換を実施済であることから、エマルジョン燃焼についての関心、ニーズはメキシコ首都圏においては極めて低い。

②メキシコ首都圏におけるNO_x対策として燃焼管理、排ガス再循環或は低NO_xバーナーにより削減を図る方向が当面最も効果的であろうと判断される。

③限られた調査期間を有効かつ効果的に使用するため、これまで確率かつ普及されている燃焼技術を優先して検討することが適当である。

(2) 案件名

上記のとおり調査内容が変更されることに伴い、本件調査名をS/W案通り以下のように変更した。

(和文名)「メキシコ合衆国大気汚染対策燃焼技術導入計画調査」

(英文名)「THE STUDY ON THE COMBUSTION TECHNOLOGIES FOR THE AIR POLLUTION CONTROL OF STATIONARY SOURCES IN THE METROPOLITAN AREA OF THE CITY OF MEXICO IN THE MEXICAN STATES」

(3) 調査の目的

本件調査は調査中の技術移転も特に重要であることからS/W中の「調査の目的」に「技術移転」を明記することにつき、メキシコ側も同意した。

(4) 工場レビュー調査

レビューの対象工場は以下のとおりとすることで合意した。

①前回調査「大気汚染固定発生源対策計画調査」にて診断を行った25工場

②中小企業10工場以内

なお各固定発生源の排出量は各工場等が社会開発省(SEDESOL)・環境庁(INE)へ年次報告しており、このデータが整理されていることから、本件調査において改めて測定する必要はないとのメキシコ側からの説明であった。これを踏まえ、本件調査での固定発生源のレビューにおいては、基本的には新たに測定せずに社会開発省所有のデータにより各固定発生源の排出量を捕らえることとするが、第1次現地調査の結果新たに測定が必要であると判断されたものについては、その測定方法につきメキシコ側と協議し決定することとした。

なお、首都連邦区庁からは特に中小企業の大気汚染対策及び燃焼技術の現況を確認してもらいたい旨の要請があったが、日本側からは上記①の25工場にはすでに中小規模の工場もいくつか含まれており、また今回更に上記②のとおり中小企業の10工場のレビューする予定となっていることから、考慮済である旨を回答した。

ただし、上記10工場の選定については第1次現地調査においてメキシコ側と協議の上、決定することとした。

(5) 技術者育成計画

メキシコ側にて現在実施中の環境エンジニアの育成は、後述のとおり、ボイラーマン(テクニシャン・クラス(初等・中等教育卒))へのボイラーの基本操作といった研修に止まっており、それよりも上級のエンジニア・クラスの技術者の育成は十分に行われていないのが現状であり、よって、本件調査ではエンジニア・クラスの技術能力向上を図ることを念頭に起き、その養成に必要な研修プログラムを検討することとした。

なお、首都連邦区庁からは中小企業の燃焼技術者の養成についても検討してもらいたい旨依

頼があったが、ボイラーマンに対しては労働省がライセンス取得を義務づけており、また、その研修はすでにある程度確立していることから、本件調査においてはより上級技術者の育成につき提言する旨説明しおいた。

(6) 燃焼試験

- 1) 本件調査に使用予定の燃焼試験プラントはメキシコ市内より約80km北東パチューカ市郊外にあるIMPパチューカ研究所内の既設ラボ（当初ボーリング用機材及び研究に使用予定であったが、変更となり現在未使用）に設置することで合意した。
- 2) メキシコ側は本件調査に使用される試験プラント及びそれに付帯する測定機器の供与につき日本側に要請し、日本側はこれを持ち帰り、日本側関係機関に伝えることを約束した。
- 3) 試験機器の据付けに伴う以下の事項についてはメキシコ側が責任をもって行うことをメキシコ側は約束した。なお、試験内容、試験機器の詳細については第1次現地調査時に決定することとし、その際にメキシコ側の負担内容についても決定することとした。

[燃焼試験プラントにかかるメキシコ側負担部分]

- ①プラント建屋
- ②燃料及び燃料供給施設
- ③ユーティリティ（電力・水）
- ④その他土木工事

4) 燃焼試験項目は以下のとおりとすることで合意した。

- ①対象燃料：天然ガス、ガスオイル、首都圏にて使用される燃料オイルの各1タイプ、計3種類
- ②試験項目：標準バーナー及び低NO_xバーナー計5タイプ以内と上記燃料との組み合わせによる最適燃焼方法の検討

5) 燃焼試験には以下のメキシコ側各機関の技術者が参加することを合意した。

- ①環境庁（INE）
- ②石油研究所（IMP）
- ③エネルギー鉱山国営企業省（SEMIP）
- ④連邦電力委員会（CFE）
- ⑤メキシコ石油公社（PEMEX）
- ⑥首都連邦区庁（DDF）

(7) メキシコ側実施体制

本件調査の円滑な実施及び調査結果の効果的活用のため、環境庁の局長を長とし、首都連邦区庁、メキシコ石油公社、石油研究所、エネルギー鉱山国営企業省の5機関からなるステアリング・コミッティーを設置することでメキシコ側は合意した。

(8) メキシコ側S/W署名者

本件調査実施にかかる関係機関の協力を明確にするためにS/Wには環境庁長官、首都連邦区庁汚染防止・対策ジェネラル・コーディネーター（次官級）、メキシコ石油公社監査役、石油研究所所長の極めてハイレベルな4名が署名した。（ただし、首都連邦区庁は代理署名）

(9) 調査スケジュール

今次事前調査での視察・協議を踏まえ、以下の点につき調査スケジュールを変更することで双方合意した。

①工場レビュー調査の実施時期の変更

調査内容及び調査手法の詳細につき確定し、測定機材等の事前準備等十分な体制で各工場のレビュー調査を実施する方が効率的であるとの判断から、当初第1次現地調査において終了予定としていた工場レビュー調査を以下の2段階に分けて実施することに変更した。

第1次現地調査：各工場の概略レビュー、レビュー調査の調査内容決定（各工場の排出再測定の必要性及び測定内容・方法の確定も含む）

第2次現地調査：各工場の詳細レビュー（必要であれば排出測定も含む）

②最終報告書案説明・協議時期及び最終報告書提出時期の変更

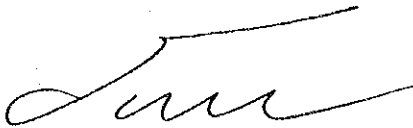
当初のスケジュール案では最終報告書案作成期間及び最終報告書提出時期がタイトであったことから、これを後方に修正し、最終報告書の提出時期を95年7月末とした。

また、最終報告書案説明・協議の際に関係機関及び各工場等を対象とした技術移転セミナーを実施することとし、そのために必要な期間として約1カ月を追加した。

SCOPE OF WORK
FOR THE STUDY ON
THE COMBUSTION TECHNOLOGIES FOR THE AIR POLLUTION CONTROL OF
STATIONARY SOURCES IN
THE METROPOLITAN AREA OF THE CITY OF MEXICO
IN
THE UNITED MEXICAN STATES

AGREED UPON BETWEEN
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
PETROLEOS MEXICANOS
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

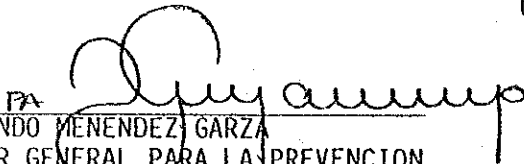
MEXICO CITY, MARCH 18, 1993



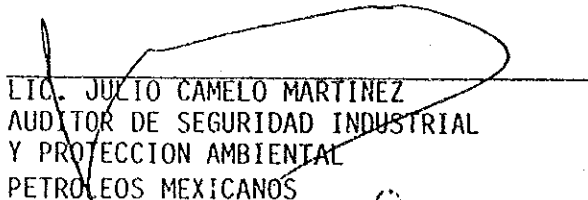
FIS. SERGIO REYES LUJAN
PRESIDENTE
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA



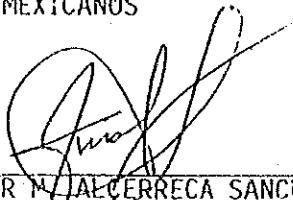
SHINYA NAKAI
LEADER
PREPARATORY STUDY TEAM
JAPAN INTERNATIONAL
COOPERATION AGENCY



LIC. FERNANDO MENENDEZ GARZA
COORDINADOR GENERAL PARA LA PREVENCIÓN
Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL



LIC. JULIO CAMELO MARTINEZ
AUDITOR DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
Y PROTECCIÓN AMBIENTAL
PETROLEOS MEXICANOS



ING. VICTOR M. ALCERRECA SANCHEZ
DIRECTOR GENERAL
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

I . INTRODUCTION

In response to the request of the Government of the United Mexican States (hereinafter referred to as "the Government of Mexico"), the Government of Japan has decided to conduct the study on the combustion technologies for the air pollution control of stationary sources in the Metropolitan Area of the City of Mexico in the United Mexican States (hereinafter referred to as "the Study") in accordance with the Agreement on Technical Cooperation between the Government of Japan and the Government of Mexico signed on December 2nd, 1986 (hereinafter referred to as "the Agreement").

Accordingly, Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programmes of the Government of Japan, will undertake the Study in close cooperation with the authorities concerned of the Government of Mexico.

The present document sets forth the scope of work with regard to the Study.

II . OBJECTIVES OF THE STUDY

The objectives of the Study are 1) to formulate recommendations for appropriate combustion methods and control in order to reduce the NO_x emissions of stationary sources in the Metropolitan Area of the City of Mexico, and 2) to transfer technologies for combustion using a pilot scale combustion plant.

III . SCOPE OF THE STUDY

In order to achieve the above objectives, the Study will cover the the following items :

1. Review of the background of the study
 - 1-1 Social & economic condition
 - 1-2 National development plan
 - 1-3 National environmental policies and regulations for emissions
 - 1-4 Energy sector policy
 - 1-5 Present condition of air pollution in the Metropolitan Area of the City of Mexico
 - 1-6 Demand and supply of fuels
 - 1-7 Environmental management
 - 1-8 Training in the field of combustion control
2. Review of present condition of NOx and PM emission control of stationary sources in the Metropolitan Area of the City of Mexico
 - 2-1 Combustion facilities in factories
 - 2-2 Emissions from factories
 - 2-3 Investment plan of factories for environment facilities
 - 2-4 Combustion control
3. Combustion tests utilizing the pilot-scale test plant
 - 3-1 Combustion tests of different types of fuels
 - 3-2 Combustion tests by combustion methods and conditions
 - 3-3 Transfer of technologies for combustion methods
 - 3-3-1 Demonstration of the combustion tests operation practice
 - 3-3-2 Seminars
 - 3-3-3 Dissemination of information on combustion tests
 - 3-3-4 submission of operation manuals for the combustion test plant
 - 3-4 Analyzing the results of combustion tests
4. Evaluation of low NOx combustion technologies
 - 4-1 Cost effectiveness, comparative advantage and appropriateness of several low NOx combustion methods and technologies
 - 4-2 Effectiveness for energy saving
 - 4-3 PM reduction by adequate combustion control

5. Recommendations

- 5-1 Alternative measures for the control of NOx emission in combustion facilities
- 5-2 Institutional and legal arrangements for the control of NOx emission
- 5-3 Training programme for combustion engineers
- 5-4 Operation principles for the control of NOx emission in typical combustion facilities

IV. SCHEDULE OF THE STUDY

The Study will be carried out in accordance with the tentative schedule of the Study as shown in Appendix 1.

V. REPORTS

JICA shall prepare and submit the following reports in English to Instituto Nacional de Ecologia (hereinafter referred to as "INE"), Departamento del Distrito Federal (hereinafter referred to as "DDF"), Petroleos Mexicanos (hereinafter referred to as "PEMEX") and Instituto Mexicano del Petroleo (hereinafter referred to as "IMP").

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 1) Inception Report | : 15 copies |
| 2) Progress (I) Report | : 15 copies |
| 3) Interim Report | : 15 copies |
| 4) Progress (II) Report | : 15 copies |
| 5) Draft Final Report | : 15 copies |
| 6) Final Report | : 30 copies |

VI. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF THE UNITED MEXICAN STATES

1. To facilitate smooth conduct of the Study, INE, DDF, PEMEX and IMP shall take through the competent authorities necessary measures to the Japanese study team and its members to enjoy for such privileges and immunities as provided for in article V.(e), VI, VII, VIII of the Agreement.
2. INE, DDF, PEMEX and IMP shall act as the counterpart agencies to the Japanese study team and also as the coordinating body in relation to other government and non-governmental organization for the smooth conduct of the Study.
3. INE, DDF, PEMEX and IMP shall take necessary measures in cooperation with the other relevant organizations, if necessary:
 - 1) To inform the members of the study team of any existing risk in the study area and to take any measures deemed necessary to secure the safety of the study team,
 - 2) To facilitate legal entry with permission into private properties or restricted areas for the conduct of the Study, and
 - 3) To secure permission for the Japanese study team to take all data and documents (including maps and photographs) related to the Study out of Mexico to Japan.
4. INE, DDF, PEMEX and IMP shall, at their own expense, provide the Japanese Study Team with the followings in cooperation with other organizations concerned:
 - 1) Available data and information related to the Study,
 - 2) Counterpart personnel,
 - 3) Suitable office space with necessary equipment in Mexico City,
 - 4) Credentials or identification cards, and
 - 5) Appropriate number of Vehicles with drivers.

VII. UNDERTAKING OF JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures :

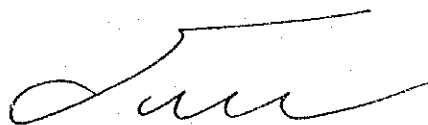
1. To dispatch, at its expense, the study team to Mexico, and
2. To pursue technology transfer to the Mexican counterpart personnel in the course of Study.

VIII. OTHERS


JICA and INE, DDF PEMEX and IMP shall consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.

MINUTES OF MEETINGS
OF
THE PREPARATORY STUDY
ON
THE COMBUSTION TECHNOLOGIES OF THE AIR POLLUTION CONTROL OF STATIONARY
SOURCES IN THE METROPOLITAN AREA OF THE CITY OF MEXICO
IN
THE UNITED MEXICAN STATES

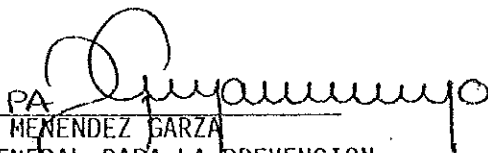
MEXICO CITY, MARCH 18, 1993




FIS. SERGIO REYES LUJAN
PRESIDENTE
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA



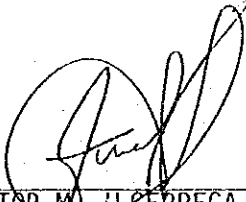
SHINYA NAKAI
LEADER
PREPARATORY STUDY TEAM
JAPAN INTERNATIONAL
COOPERATION AGENCY



LIC. FERNANDO MENENDEZ GARZA
COORDINADOR GENERAL PARA LA PREVENCIÓN
Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL



LIC. JULIO CAMELO MARTINEZ
AUDITOR DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
Y PROTECCIÓN AMBIENTAL
PEVROLEOS MEXICANOS



ING. VICTOR M. ALCERRECA SANCHEZ
DIRECTOR GENERAL
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

The Preparatory Study Team of JICA (hereinafter referred to as "the Team") made a visit to Mexico from March 10th to 19th, 1993, to discuss with the relevant Mexican authorities concerned about the Study on the Combustion Technologies for the Air Pollution Control of Stationary Sources in the Metropolitan Area of the City of Mexico (hereinafter referred to as "the Study").

The Team held a series of meetings with Instituto Nacional de Ecologia (INE), Departamento del Distrito Federal (DDF), Petroleos Mexicanos (PEMEX), Instituto Mexicano del Petroleo (IMP).

This Minutes of Meetings records the results of discussions as follows:

I. COMBUSTION TESTS

1. Combustion tests are conducted for following types of fuels and burners:

(1) Fuel

Natural gas 1 type

Gas oil 1 type

Fuel oil used in the City of Mexico 1 type

(2) Burners

Conventional burners within 5 types

Low NOx burners

2. Mexican side assigns counterpart engineers, who would jointly work with Japanese Study Team during the combustion tests for effective technology transfer, from following agencies:

(1) INE

(2) IMP

(3) SEMIP

(4) CFE

(5) PEMEX

(6) DDF

II. COMBUSTION TEST PLANT

1. Mexican side requested that Japanese side, at its own expense, would provide the combustion test plant and its measuring equipment. Japanese side promised to convey the request to the Japanese authorities concern.
2. Mexican side agreed to prepare, at its own expense, the following items necessary for the combustion tests. However, the details will be fixed at the 1st stage of work in Mexico of the Study.
 - (1) Building for the plant
 - (2) Fuels
 - (3) Utilities (electricity and water)
 - (4) Other civil works
3. Combustion test plant will be installed at the existing building in the laboratory of IMP in Pachuca.

III. STEERING COMMITTEE

Mexican side will organize a steering committee chaired by the Director General of INE for the smooth implementation of the Study and for the effective use of the results from the Study.

The committee will be consisted of following Ministries and Agencies.

- (1) INE/
- (2) IMP
- (3) PEMEX
- (4) DDF
- (5) SEMIF

IV. REVIEW OF PRESENT CONDITION OF NO_x AND PM EMISSION CONTROL OF STATIONARY SOURCES

Both sides agreed that the stationary sources to be reviewed are as follows:

- (1) The 25 factories which were conducted analytical survey in "the Study on the Air Pollution Control Plan of Stationary Sources in the Metropolitan Area of the City of Mexico", and
- (2) In addition to the (1) above, medium and small factories in the Metropolitan Area of the City of Mexico, which will be chosen by the Mexican side, are also reviewed. The number of the factories are within 10.

ALCANCE DE TRABAJO
PARA
EL ESTUDIO
SOBRE
TECNOLOGIAS DE COMBUSTION
PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE
DE
FUENTES ESTACIONARIAS
EN
EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO
EN
LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

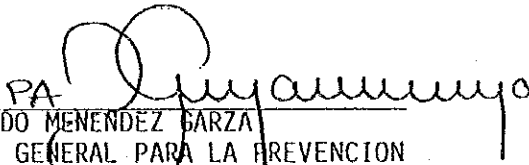
CIUDAD DE MEXICO, MARZO DE 1993



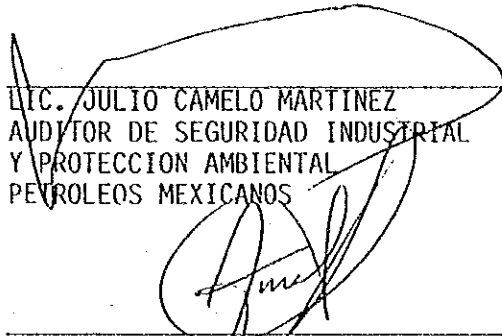
FIS. SERGIO REYES LUJAN
PRESIDENTE
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA



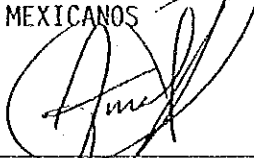
SHINYA NAKAI
JAPAN INTERNATIONAL
COOPERATION AGENCY



PA
LIC. FERNANDO MENENDEZ GARZA
COORDINADOR GENERAL PARA LA PREVENCIÓN
Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL



LIC. JULIO CAMELO MARTINEZ
AUDITOR DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
Y PROTECCIÓN AMBIENTAL
PETROLEOS MEXICANOS



ING. VICTOR M. ALCERRERA SANCHEZ
DIRECTOR GENERAL
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

I. INTRODUCCION

En respuesta a la solicitud del Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (en adelante denominado "El Gobierno de Mexico"), el Gobierno del Japón ha decidido conducir un estudio sobre tecnologías de combustión para el control de la contaminación del aire originada por fuentes estacionarias en el area metropolitana de la Ciudad de México en los Estados Unidos Mexicanos (en adelante denominado "el Estudio") en concordancia con el acuerdo de cooperación técnica entre el Gobierno del Japón y el Gobierno de México firmado el 2 de diciembre de 1986 (en adelante denominado "el Acuerdo").

De acuerdo con lo anterior, Japan International Cooperation Agency (en adelante denominada "JICA"), agencia oficial responsable de la ejecución de cooperación de programas técnicos del Gobierno del Japón, llevará a cabo el Estudio cooperando estrechamente con las autoridades concernientes del Gobierno de México.

El presente documento establece el alcance de trabajo con respecto al Estudio.

II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos del Estudio son: 1) Formulación de recomendaciones para métodos apropiados de combustión y control con el propósito de reducir las emisiones de NO_x en fuentes

estacionarias en el area metropolitana de la Ciudad de México, y
2) transferencia de tecnologías de combustión mediante el uso de una planta de combustión a escala piloto.

III. ALCANCE DEL ESTUDIO

Para lograr los objetivos antes citados, el Estudio cubrirá los siguientes rubros:

1. Revisión de los antecedentes del Estudio

- 1-1 Condiciones socioeconómicas
- 1-2 Plan de desarrollo nacional
- 1-3 Política nacional para el medio ambiente y de regulación de emisiones
- 1-4 Política del sector energia
- 1-5 Condiciones actuales de la contaminación del aire en el area metropolitana de la Ciudad de México
- 1-6 Consumo y abastecimiento de combustibles
- 1-7 Administración del medio ambiente
- 1-8 Capacitación para ingenieros en conversión de combustión.

2. Revisión de las condiciones actuales de emisiones de NO_x y partículas sólidas así como su control en fuentes estacionarias en el area metropolitana de la Ciudad de México

- 2-1 Instalaciones de combustión en fábricas
- 2-2 Emisiones originadas por las fábricas
- 2-3 Planes de inversion de las fábricas para instalaciones de protección ambiental
- 2-4 Control de combustión

3. Pruebas de combustión utilizando una planta piloto
 - 3-1 Pruebas de combustión utilizando diferentes tipos de combustibles
 - 3-2 Pruebas de combustión y sus condiciones de operación utilizando varios métodos de combustión
 - 3-3 Transferencia de tecnologías para métodos de combustión
 - 3-3-1 Demostración y operación de las pruebas de combustión
 - 3-3-2 Seminarios
 - 3-3-3 Difusión de información sobre las pruebas de combustión
 - 3-3-4 Entrega de manuales de operación para la planta piloto de combustión
 - 3-4 Análisis de los resultados obtenidos de las pruebas de combustión

4. Evaluación de las tecnologías de combustión para la reducción de NO_x
 - 4-1 Efectividad de costo, ventajas comparativas y conveniencia en la utilización de varios métodos de combustión para la reducción de NO_x y sus tecnologías
 - 4-2 Efectividad en el ahorro de energía
 - 4-3 Reducción de material particulado por control de combustión adecuado

5. Recomendaciones
 - 5-1 Medidas alternas para el control de emisiones de NO_x en instalaciones de combustión
 - 5-2 Arreglos institucionales y legales para el control de emisiones de NO_x
 - 5-3 Programa de capacitación para ingenieros en combustión
 - 5-4 Principios de operación para el control de emisiones de NO_x

en instalaciones de combustión típicas

IV. PROGRAMA DEL ESTUDIO

El Estudio se llevará a cabo de acuerdo al programa tentativo del Estudio mostrado en el apéndice 1

V. INFORMES

JICA preparará y presentará los siguientes informes en inglés al Instituto Nacional de Ecología ("INE"), al Departamento del Distrito Federal ("DDF") y a Petróleos Mexicanos ("PEMEX")

- | | |
|-------------------------------|-------------|
| 1) Informe inicial | : 15 copias |
| 2) Informe de avance (I) | : 15 copias |
| 3) Informe intermedio | : 15 copias |
| 4) Informe de avance (II) | : 15 copias |
| 5) Borrador del informe final | : 15 copias |
| 6) Informe final | : 30 copias |

VI. CONTRIBUCIONES DE LA PARTE MEXICANA

1. Para facilitar la adecuada ejecución del Estudio INE, DDF y PEMEX tomarán las medidas necesarias a través de las autoridades competentes para que el grupo japonés de estudio y sus miembros disfruten de los privilegios o inmunidades mencionados en los artículos V (e), VI, VII, y VIII del Acuerdo.

2. INE, DDF, IMP y PEMEX actuarán como la contraparte del grupo japonés de estudio y también como entidad coordinadora en relación con otros organismos gubernamentales y no gubernamentales para la adecuada ejecución del Estudio.

3. INE, DDF, IMP y PEMEX tomarán las medidas necesarias en cooperación con otras instituciones relacionadas, de ser necesario, para:
 - 1) Informar a los miembros del grupo japonés de estudio de cualquier riesgo existente en el área del Estudio y tomar las medidas que se consideren necesarias para garantizar la seguridad del citado grupo,
 - 2) Facilitar la entrada legal autorizada a propiedades privadas o áreas restringidas para la conducción del Estudio, y
 - 3) Asegurar el permiso necesario para que el grupo japonés de estudio pueda llevar de México a Japón todos los datos y documentos (incluyendo mapas y fotografías) relacionados con el Estudio.

4. INE, DDF, IMP y PEMEX bajo su propio costo y en cooperación con otros organismos involucrados, proporcionará al grupo japonés de estudio, lo siguiente:
 - 1) Los datos e información disponibles, relacionados con el Estudio,
 - 2) Personal de contraparte,
 - 3) Oficinas adecuadas, con el equipo necesario en la

Ciudad de México,

- 4) Credenciales o tarjetas de identificación, y
- 5) Un número apropiado de vehículos con choferes.

VII. CONTRIBUCIONES DE JICA

Para la ejecución del Estudio, JICA tomará las siguientes medidas:

1. Enviar, a su propio costo, al grupo de estudio a México, y
2. Realizar la transferencia de tecnología al personal de la contraparte en el transcurso del Estudio.

VIII. OTROS

JICA y, INE, DDF y PEMEX se consultarán entre si con respecto a cualquier asunto que pueda surgir en o con relación al Estudio.

TENTATIVE SCHEDULE OF THE STUDY

Order of month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Month	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	
Year	1993												1994												1995			
Work in Mexico																												
Work in Japan																												
Reports	Δ										Δ		Δ						Δ								Δ	
	IC/R										P/R(I)		IT/R						P/R(II)								F/R	

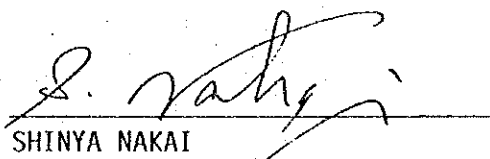
IC/R : Inception Report
P/R(I) : Progress Report (I)
IT/R : Interim Report
P/R(II) : Progress Report (II)
DF/R : Draft Final Report
F/R : Final Report

MINUTA DE LAS REUNIONES DEL ESTUDIO PREPARATORIO
SOBRE LAS TECNOLOGIAS DE COMBUSTION PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA DE FUENTES ESTACIONARIAS EN EL AREA METROPOLITANA
DE LA CIUDAD DE MEXICO EN LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

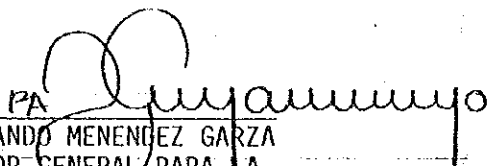
CIUDAD DE MEXICO, MARZO 18 DE 1993.



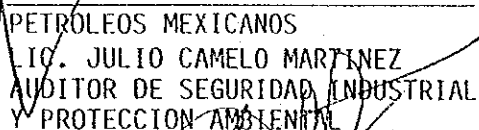
FIS. SERGIO REYES LUJAN
PRESIDENTE
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA



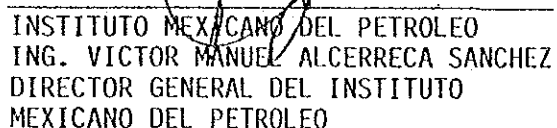
SHINYA NAKAI
LIDER DEL GRUPO DEL ESTUDIO
PREPARATORIO
AGENCIA INTERNACIONAL DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON.



PA
LIC. FERNANDO MENENDEZ GARZA
COORDINADOR GENERAL PARA LA
PREVENCION Y CONTROL DE LA
CONTAMINACION



PETROLEOS MEXICANOS
LIC. JULIO CAMELO MARTINEZ
AUDITOR DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
Y PROTECCION AMBIENTAL



INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
ING. VICTOR MANUEL ALCERRECA SANCHEZ
DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO
MEXICANO DEL PETROLEO

EL GRUPO DEL ESTUDIO PREPARATORIO DE JICA (REFERIDO DE AQUI EN ADELANTE COMO "EL GRUPO") HIZO UNA VISITA A MEXICO DEL 10 AL 19 DE MARZO, 1993, PARA DISCUTIR CON LAS AUTORIDADES MEXICANAS RELEVANTES E INVOLUCRADAS EN EL ESTUDIO SOBRE TECNOLOGIAS DE COMBUSTION PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DE FUENTES ESTACIONARIAS EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO, (REFERIDO DE AQUI EN ADELANTE COMO "EL ESTUDIO").

EL GRUPO REALIZO UNA SERIE DE REUNIONES CON EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA (INE), DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (DDF), PETROLEOS MEXICANOS (PEMEX) E INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO (IMP).

LAS PRESENTES MINUTAS DE LAS REUNIONES REGISTRAN LOS RESULTADOS DE LAS DISCUSIONES COMO SIGUE:

I. PRUEBAS DE COMBUSTION.

SE LLEVARAN A CABO PRUEBAS DE COMBUSTION PARA LOS SIGUIENTES TIPOS ~~DE COMBUSTION Y QUEMADORES:~~

- * GAS NATURAL 1 tipo
- * GASOLEO 1 tipo
- * COMBUSTOLEO USADO EN LA CIUDAD DE MEXICO 1 tipo

2. QUEMADORES

QUEMADOR CONVENCIONAL
QUEMADOR DE BAJO NOx

DENTRO DE 5 tipos

2. LA PARTE MEXICANA ASIGNA INGENIEROS COMO CONTRAPARTE, QUIENES TRABAJAN CONJUNTAMENTE CON EL GRUPO DEL ESTUDIO JAPONES DURANTE LAS PRUEBAS DE COMBUSTION PARA UNA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EFECTIVA, DE LAS AGENCIAS SIGUIENTES:

- 1..INE
- 2..IMP
- 3..PEMEX
- 4..SEMIP
- 5..CFE
- 6..DDF

II. PLANTA PILOTO DE COMBUSTION

1. LA PARTE MEXICANA SOLICITO QUE LA PARTE JAPONESA, CON PROPIOS MEDIOS, PROVEA LA PLANTA PILOTO DE COBUSTION Y SU EQUIPO ~~DE MEDICION.~~

LA PARTE JAPONESA PROMETIO HACER LLEGAR LA SOLICITUD A LAS AUTORIDADES JAPONESAS COMPETENTES.

2. LA PARTE MEXICANA ACORDO PREPARAR, CON SUS PROPIOS MEDIOS LOS SIGUIENTES ASPECTOS NECESARIOS PARA LA PLANTA PILOTO DE COMBUSTION. SIN EMBARGO, LOS DETALLES SERAN FIJADOS EN EN LA PRIMERA ETAPA DE TRABAJO DEL ESTUDIO EN MEXICO.

- 1) ESTRUCTURA PARA LA PLANTA
- 2) COMBUSTIBLES
- 3) SERVICIOS (electricidad y agua)
- 4) OTROS TRABAJOS CIVILES

- 3.- LA PLANTA PILOTO DE COMBUSTION SERA INSTALADA EL EDIFICIO EXISTENTE EN EL LABORATORIO DEL IMP EN PACHUCA, HGO.

III. COMITE DIRECTIVO

LA PARTE MEXICANA ORGANIZARA UN COMITE DIRECTIVO PRESIDIDO POR EL DIRECTOR GENERAL DEL INE PARA EL MEJOR DESARROLLO DEL ESTUDIO Y PARA EL USO EFECTIVO DEL RESULTADO DEL ESTUDIO.

EL COMITE CONSISTIRA DE LA SIGUIENTES SECRETARIAS Y AGENCIAS:

- 1) INE
- 2) IMP
- 3) PEMEX
- 4) DDF
- 5) SEMIP

IV. REVISION DE LA CONDICION PRESENTE DEL CONTROL DE EMISIONES DE NOx Y MATERIAL PARTICULADO DE FUENTES ESTACIONARIAS.

AMBAS PARTES ACORDARON QUE LAS FUENTES ESTACIONARIAS A SER REVISADAS SON COMO SIGUE:

- 1) 25 FABRICAS QUE FUERON ENCUESTADAS ANALITICAMENTE EN "EL ESTUDIO SOBRE EL PLAN DE CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DE FUENTES FIJAS EN EL AREA METROPOLITANA" Y
- 2) EN ADICION A LO PROCEDENTE (1), FABRICAS MEDIANAS Y PEQUEÑAS EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO, LAS CUALES SERAN SELECCIONADAS POR LA PARTE MEXICANA, SERAN TAMBIEN REVISADAS. EL NUMERO DE LAS FABRICAS SERA DENTRO DE 10 FABRICAS.

〔予備調査〕

1. 調査の背景・経緯

メキシコ首都圏においては、大気汚染が深刻な社会問題となっており、メキシコ政府も首都圏の大気汚染の解消を重点的政策項目に据えている。

事業団もメキシコ政府の要請に応じ、1989年に全般的対策のマスタープラン調査を実施し、さらに1990年から1991年まで大気汚染の固定発生源に対する調査「メキシコ合衆国大気汚染固定発生源対策計画調査」を実施した。この調査結果として、NO_x、ばいじんの削減を図るためのひとつの方法であるエマルジョン燃焼の実証調査を提言している。これを受け、メキシコ政府は1991年2月に大気汚染対策としてエマルジョン燃焼についてのフィージビリティ調査を正式に要請してきた。

2. 調査目的

メキシコ合衆国エマルジョン燃焼計画調査にかかる要請内容及び、本調査に対する先方政府の意向を確認するとともに関連資料を収集する。

3. 調査団派遣期間：平成4年7月8日(水)～7月17日(金) 10日間

4. 調査団構成

団長・総括	なかむら よしあき 中村 吉昭	国際協力事業団 国際協力専門員
調査企画	いそがい としのり 磯貝 季典	国際協力事業団 鉱工業開発調査部 工業開発調査課
産業公害防止行政	いしの まさし 清野 正士	通産省 立地公害局総務課 立地公害調査官
石油行政	かもしだ なおし 鴨志田 直史	通産省 資源エネルギー庁 石油部 精製課 技術係長
燃焼技術	やまざき まさかず 山崎 正和	工業技術院 資源環境技術総合研究所 熱エネルギー利用技術部 燃焼工学研究室 主任研究官
固定源対策技術	くにべ すすむ 国部 進	(株)環境エンジニアリング 開発部長

(計6名)

5. 調査日程

- 92年7月8日(木) メキシコシティー着 (UA839便)
- 9日(木) JICA事務所打合せ、日本大使館表敬
社会開発省 (Sedesol) 環境庁 (INE) 表敬訪問、協議
- 10日(金) メキシコ石油公社 (PEMEX) メキシコ石油研究所 (IMP)
環境庁研究所、首都連邦区庁 (DDF) 視察・協議
- 11日(土) 団内打合せ、資料収集
- 12日(日) 資料整理
- 13日(月) 連邦電力委員会 (CFE) 発電所視察、
電力調査委員会 (IIE) 協議
- 14日(火) 市内工場視察、環境庁と協議
- 15日(水) 資料収集、JICA事務所打合せ、日本大使館報告
- 16日(木) メキシコシティー発 (UA838 (サンフランシスコ乗換))
- 17日(金) 成田着 (UA837)

6. 主要面談者

(1) 環境庁 (INE)

Arq. Rene Altamirano P.	Director General de Normanduidad Ambiental
Ing. Rogelio Gonzalez	Director de Atmospheric emissions
Ing. Enrique Campuzano Balbuena	Subdirector

(2) メキシコ石油公社 (PEMEX)

Mr. Enrique Vazquez Dominguez	副総裁 (精製部門担当)
-------------------------------	--------------

(3) メキシコ石油研究所 (IMP)

Ing. Jose M. Olivares Paez	Manager Environmental Protection
Ing. Rodolfo Casas Barba	Control Energy Division

(4) 首都連邦区庁 (DDF)

Lic. Fernando Menendez Garza	Secretario tecnic
------------------------------	-------------------

(5) 連邦電力委員会 (CFE)

Fis. A. Alberto Carlos Hernandez	Jefe Del Departamento de Ingenieria Ambiental
----------------------------------	---

(6) 電力調査委員会 (I I E)

Dr. Ramon Bolando Estandia

Director Division de Fuentes de Energia

(7) 在メキシコ日本大使館

岸本 邦夫 一等書記官

山本 雅史 一等書記官

渡 隆弘 二等書記官

(8) J I C Aメキシコ事務所

斉藤 寛志 所長

上条 哲也 所員

7. 調査結果の概要

(1) NO_x対策の現状 (固定発生源)

- 1) 現在首都圏では重油は使用されていない。首都圏における大気汚染状況の悪化(特に冬場)に伴い、メキシコ政府は、92年、3月に首都圏において重油の使用を禁止し、その代わりとして現在ガスオイル(軽油)を供給している。
重油からガスオイルへの燃料転換は暫定的な対策としてとられたものではあるが、首都圏にける重油使用の禁止は半永久的な措置と考えられる。
- (2) 環境庁は92年3月に200社と環境に関する協定をむすんでいる。近々に5000社と同様の協定を結ぶ予定である。
- (3) 92年3月に大統領が18ヶ月間でNO_x50%、PM、TOC90%の削減の指示した。これにより大企業では低NO_xバーナーの導入が進んでいるが、中小企業では対策は取られていない。
- (4) 92年3月に政府は環境委員会を組織し、首都圏の環境対策を総合的に実施しようとしている。メンバーは、社会開発省、PEMEX、IMP、厚生省、商工省、エネルギー鉱山省、大蔵省、メキシコ州政府、DDF、であり、DDFが事務局となっている。
- (5) 現在規制基準におさまっていないものはオゾンと工場地帯のPMである。
- (6) 92年7月中に新排出基準を実施する。
- (7) 首都圏の発電所は100%天然ガスを使用している。
- (8) 今後の燃料供給政策(及び環境政策)の基本としては、最も良質かつクリーンな燃料を優先的に首都圏に供給する。首都圏における燃料需要見通しについては、近々PEMEXより最新データ(燃料の種類別に最大最小の巾を持たせた予測)が提供される予定である。

8. 訪問先主要コメント

(1) 環境庁

- ① エマルジョン燃焼についてはNO_x対策のひとつの対策技術としてとらえておりこれで全て解決するものとは考えていない。
- ② エマルジョン燃焼は、60年代の旧式の燃焼設備しか持たないメキシコの中小企業への経済的負担をとまわらないNO_x対策となればよいと考えている。
- ③ メキシコ首都圏では現在重油は供給されておらず代替としてガスオイルが供給されている。エマルジョン燃料はこのガスオイルよりも良いものであることを期待している。
- ④ それぞれの事業所の対策として考えているのは、(PEMEXも同様の考え)
発電所 ⊕ 天然ガス、脱硫重油+排煙脱硫・脱硫、電気集塵機
大企業 ⊕ 天然ガス、脱硫重油+低NO_x対策
中小企業 ⊕ 脱硫重油のエマルジョン
- ⑤ 燃料による対策のコストはPEMEX (国営) が負担するものであり、中小企業に負担をかけずにNO_xが少しでも減少すれば良いと考えている。
(ガスオイルの導入によるコストアップはユーザーの負担となっている)

(2) PEMEX

- ① PEMEX/IMPとしてはエマルジョン燃料の経験はない。また、具体的な研究にも未だ着手していない。文献調査の段階。従って、エマルジョン燃焼という技術がメキシコの状況に適用できるかどうか明らかではないが、メキシコとしてはこれはExperimental Programsの中の一つと考えている。
エマルジョンは補完的なものであり、むろんこれだけで完全なものとは考えていない。いろいろな代替案を比較検討し今後の対策立案に生かしていきたい。比較のための基礎情報を得るとともに、エマルジョンのコスト・ベネフィットについて知りたい。
- ② メキシコ首都圏の大気汚染は国家的な問題であり国営企業であるPEMEXもこれを第1に考えなくてはならない立場にある。すでに低NO_x対策については触媒の開発、脱硝技術の開発等研究を進めているがPEMEXとしては国民にとって一番良い方法を選択しなくてはならないのでそのためには全ての対策のデータを集め検討しなくてはならないので、エマルジョンについては技術のある日本の協力を得たい。
- ③ 本調査について二次的に新技術への興味もあり、脱硝重油だけのエマルジョンでなく他の油のエマルジョンも検討して、重質油の有効利用につながるデータも得たいと考えている。
- ④ 本調査の分担
日本 ⊕ 技術面の協力
IMP ⊕ 実験の実施協力 (人員、施設の提供)
PEMEX ⊕ 脱硫重油サンプルの提供

(3) IMP

①燃焼実験設備はなく工場のボイラーを借りて試験を実施しているため、本調査実施にあたっては他の燃焼試験もできるような機材を供与してもらえればと考えている。

※IMPはメキシコで供給されている燃料の燃焼試験を実施し、データ、情報はPEMEXを通じて関係官庁、業界に提供される。

(4) 電力調査委員会 (IIE)

①オリマルジョンについての燃焼試験を実施したが、コストの長期保証がないことから導入は難しいとの報告書を出している。(燃焼試験設備を所持)

②メキシコの海岸地方に立地する火力発電所では重油及び石炭燃焼のDual System化を進め、できるだけ石炭の国内利用を図るとともに、燃料油として売れるものは輸出にまわし、外貨を得た方がメキシコとしては得策と考える。(オリマルジョンも今後20年間安定的に十分安い価格で供給されるなら、これらの発電所で使用することも可能性としてありえる)

(5) 日本大使館

①NO_x発生寄与は移動発生源(約75%)であり、固定発生源に限っても大工場の寄与が大きく中小企業向けのみの低NO_x対策としてのエマルジョン燃焼技術の開発の被益効果は相対的に小さいのではないかと。

②エマルジョン燃焼技術が開発により直接被益するPEMEXは、国営企業であるものの毎年豊富な研究資金で種々の先進的な研究を実施している。

③今回の調査結果を踏まえ、エマルジョン燃焼計画調査の開発調査案件としての適否及び何らかの低NO_x対策に関する調査を実施する場合の調査内容について、慎重な検討をされた。

9. 考察

収集した資料の翻訳、PEMEXに依頼している資料の到着によって規制基準、NO_x対策の指針、首都圏の燃料供給計画、関係燃料の組成が判明するので現時点までの情報での考察となる。

(1) メ側のエマルジョン燃焼についての期待

①メ側のエマルジョンはNO_x対策の一つととらえており、対策技術の一つとして技術の知識を得たいとしている。

②エマルジョン燃料はガスオイルよりも良い燃料となること。(排出、コスト)

③設備が古く設備投資がむずかしい中小企業への普及可能なNO_x対策となること。

(2) 想定される調査

①要請のエマルジョン燃焼技術に特定した内容での調査は、現時点でエマルジョン燃料がガスオイルよりも良質の燃料となることは可能性が小さいと思われるので、エマルジョンに特定した調査の実施は難しいと考えられる。

②メ側は現在燃焼技術対策としては低NO_xバーナーの導入を進めているが、今後はその他の

燃焼技術(二段燃焼、排ガス最循環等)、運転管理技術についての検討が必要になることが考えられる。ついでにはNO_x対策の基本的な燃焼技術全般について、燃焼試験装置を使って、燃料、規制基準を考慮した調査を検討することとし、その中にエマルジョン燃焼も一方法として調査対象として入れることが考えられる。

要 請 書

(メキシコ政府により当初要請のあった
エマルジョン燃焼F/Sにかかる要請書)

TECHNICAL COOPERATION BY THE GOVERNMENT OF JAPAN

Application by the Government of The United Mexican States
to the Government of Japan for a Development Study on Emulsion
Combustion of Mexican Heavy Oil

1. Project Digest

(1) Project Title

Feasibility Study of Emulsion Combustion
of Mexican Heavy Oil for Air Pollution
Control in The United Mexican States.

(2) Location

Mexico City Metropolitan Area (AMCM)

(3)-1 Responsibility Agency

Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecologia
(SEDUE).

(3)-2 Executing Agency

Instituto Mexicano del Petroleo (IMP),
Comision Federal de Electricidad (CFE),
Instituto de Investigaciones Electricas
(IIE), Secretaria de Desarrollo Urbano y
Ecologia (SEDUE)

(4) Justification of the Project

Beneficiaries: Industrial sectors and
the citizens of The
United Mexican States

Objectives of: the Project: Efficient
utilization of Mexican
high-viscosity heavy
oil and mitigation of
air pollution.

(5) Desirable of Scheduled Time of Commencement of the Project

Spring season of 1991

(6) Prospective Funding Source of Assistance
Japanese Yen Credit is expected.

2. Terms of Reference of the Proposed Study

(1) Necessity/Justification of The Studies.

a) As the viscosity of Mexican heavy oil is quite high, incomplete combustion tends to occur resulting in the discharge of large amount of smoke and soot, unless the fuel is first preheated and then atomized using high pressure steam or air. Moreover, emission of SO_2 and NO_x are large since the fuel has high contents of sulfur (3-4%) and nitrogen (0.4-5%).

b) In order to remedy the above phenomena, Petroleos Mexicanos (PEMEX), Instituto Mexicano del Petroleo (IMP), Comision Federal de Electricidad (CFE), Instituto de Investigaciones Electricas (IIE) and Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecologia (SEDUE) have conducted studies on all possible counter measures such as: 1) hydrogenation method for desulfurization of heavy oil, 2) flue gas desulfurization, 3) flue denitration, 4) use of additives, and 5) improvement of combustion methods, etc.

A desulfurization project using hydrogenation method for heavy oil will be inaugurated in the near

future) at the Tula refinery through the cooperation of the Japanese government. Although the scheduled production output is 45.7 MBPD, which will satisfy the demand in the AMCM in the year 2000, it will not be possible to meet the overall domestic demand, because the domestic demand for heavy oil in the year 2010 is estimated to be 1290 MBPD assuming an annual average growth rate of 5.5%, the same as the present rate.

c) User industries in Mexico City have, (in general,) minimal equipment to control combustion process. What is more, small-scale industries are using inadequate combustion devices with poor efficiency, and are not equipped with automated control and measuring devices. At present, renewal or improvement of aged facilities is difficult (due to budgetary restrictions) under the strict inflation control policies adopted by the government.

d) Under such situation, (Petroleos Mexicanos,) Instituto Mexicano del Petroleo, Comision Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Electricas y la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecologia wish to study the use of an emulsion combustion system of Japan Environment Assessment Center that uses an oil emulsifying agent for high-viscosity heavy oil, and that does not require a large

investment in equipment and is believed to have low running costs. Adoption of this method will reduce the level of emissions of air pollutants such as SO_x , NO_x , and smoke and soot.

(2) Objectives of the Study

Feasibility study on the emulsion combustion of Mexican Heavy Oil. YES

(3) Study Area

Mexico City Metropolitan Area (AMCM)

(4) Scope of the Study

The Study is to cover the following items in order to meet the above objectives.

- a) Review of the background
- b) Study on the emulsion combustion system of Mexican heavy oil
 - Study on the rationalization of the system.
 - Study on the selection of an emulsifying agent that is the most suitable for Mexican heavy oil
3.3.1
 - * long-term emulsion stability testing: 1) change over time in size of oil droplets, 2) moisture changes, 3) relationship between storage temperature and changes in viscosity, and etc.
 - * corrosion testing for combustion equipment
 - * moisture separation testing
 - * re-emulsification testing
 - * stability testing during handling of various types of heavy oil emulsions.

- Study on the selection of additives for desulfurization and denitration.
 - Study relating to selection of burner type and combustion temperature.
 - Study on the selection of suitable emulsification equipment.
 - Study of the most suitable heavy oil emulsion combustion system.
- c) Installation of a combustion laboratory including test combustion equipment, combustion apparatus, emulsification equipment, and measuring instruments for conducting the above studies within Instituto Mexicano del Petroleo and Instituto de Investigaciones Electricas.
- d) Installation of a Pilot Plant to make Mexican heavy oil emulsion.
- e) Emulsion combustion test at heavy oil boilers (10 facilities of the various types of capacity in large, middle and small respectively) in the AMCM.
- f) Financial and economic evaluation
- economic effects of implementation of the project.
 - conclusion and recommendation.

(5) Study Schedule

Proposed to start at the spring of 1991, and end in March 1994. But, the schedule will be determined through adjustment among the participating organizations.

6) Other Relevant Information.

Desulfurization and denitration by means of emulsion combustion of heavy oil has been

successfully applied for Venezuelan bituminous heavy oil in Orinoco Region. In that case, Orinoco heavy oil was emulsified to make "Orimulsion".

3. Undertaking of the Government of The United Mexican States.

In order to facilitate a smooth and efficient conduct of the Study, the Government of The United Mexican States shall take necessary measure:

- (1) To secure the safety of the Study Team.
- (2) To permit the members of the Study Team to enter, leave and sojourn in The United Mexican States in connection with their assignment therein, and exempt them from alien registration requirement and consular fees.
- (3) To exempt the Study Team from taxes, duties and any other charges on equipment, machinery and other material brought into and out of The United Mexican States for the conduct of the study.
- (4) To exempt the Study Team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Study Team for their services in connection with the implementation of the Study.
- (5) To provide necessary facilities to the Study Team for remittance as well as utilization of the funds introduced in The United Mexican States from Japan in connection with the implementation of the Study.
- (6) To secure permission for entry into private properties or restricted area for the conducted of the Study.

- (7) To secure permission for the Study to take all data, documents and necessary materials related to the Study out for The United Mexican States to Japan.
- (8) To provide medical services as needed. Its expenses will be chargeable to member of Study Team.
4. The Government of The United Mexican States shall bear claims, if any arises against member(s) of the Japanese Study Team resulting from, occurring in the course of or otherwise connected with the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct of the part of the member of the Study Team.
5. ^{PEMEEX} Petroleos Mexicanos, ^{IMPR} Instituto Mexicano del Petróleo, ^{GFE} Comision Federal de Electricidad, ^{FE} Instituto de Investigaciones Electricas shall act as counterpart agency to the Japanese Study Team and also as coordinating body in relation with other governmental and nongovernmental organization concerned for the smooth implementation of the Study.

The Government of The United Mexican States assured that the matters referred in this form will be ensured for a smooth conduct of the Development Study by the Japanese Study Team.

Signed:



title:

SUBSECRETARIO DE ECOLOGIA
FIS. SERGIO REYES LUJAN.

On behalf the Government of The United Mexican States.

Date:

II. メキシコ合衆国の環境政策

1. 環境政策

人口の集中と工業活動の拡大、自動車の普及などによって、メキシコ首都圏（AMCM）やモントレレー市、グアダハラハラ市などの環境汚染、特に大気汚染は1970年頃より悪化し始めた。その防止の為にメキシコ政府は1982年に「環境保護法」を制定し環境基準を設定した。さらに、1988年には同法を改正して「エコロジーと環境保護に関する一般法」として発展させ、工業化との調和に立った環境政策の原則を定め、同時にその実施手段を調整して連邦と地方政府機関の責任分担を明確化した。

メキシコ政府は汚染を制御することは社会的な一大事業であるとの考えから、短期間でまた部分的な処方箋で問題解決はしないと国民に訴えている。客観的科学的分析により常に結果を評価し、また新しい技術を取り入れることにより汚染防止が可能であるとの認識を持っている。

メキシコ政府は1975年には自動車の排気ガス測定診断センターを開設して環境政策の為に資料収集を開始した。また政策立案の為に積極的に国際的な援助を求めた。1986年には世界銀行の援助により大気汚染自動測定局の運用を開始した。当事業団も、1989年に全般的対策のマスタープランにあたる「メキシコ市大気汚染対策調査」を実施し、さらに1990年から1991年まで大気汚染の固定発生源に対する調査「大気汚染固定発生源対策計画調査」を実施している。

1992年5月には都市開発環境省を改組して社会開発省を設立しエコロジーと環境保護に関する権限を明確にした。新省はその権限内で国家環境庁と連邦環境検察庁を同年7月に設立した。環境庁は技術規範面につき、検察庁は規制及び市民からの訴えの対処につき権限を持っている。

国家環境庁は主要4局に別れそれぞれ以下のような業務となっている。

環境計画局：	環境政策の作成・提案・評価など
環境規範局：	環境保護・保全・修復の為に政策・プログラム・技術基準・ガイドライン・対策などの作成提案など
天然資源エコロジー利用局：	天然資源の保全及び合理的利用の為に政策・基準ガイドライン・対策などの作成提案など
調査研究技術開発局：	天然資源のエコロジー的利用と環境保護に適用される調査研究・技術開発の奨励促進など

連邦環境検察庁は三つの副長官部と各州に代表を置いている。

社会参加・苦情受付副長官部：国民の環境意識の高揚、公共社会民間の間での環境保護活動の協定の締結奨励、住民告発システムの設立運営など

環境監査副長官部：	監査システムの設定、監査専門家の養成、監査の監督、監査結果の報告、制裁の決定、対策案の作成と実施の手続きなど
規範遵守確認副長官部：	立ち入り検査の実施、諸活動の認可の撤回・取り消しなどの勧告、法的措置の草案作成など

1992年7月には条例によって、今後の環境関連の規則規定類についての3原則を次の通りに決めた。

- 1) 実施者に経費上の優遇措置がある事
- 2) 内容が国際的レベルにある事
- 3) 発表後90日間民意を問い、問題なければ発効する事

これの一部を反映して、企業が行う公害対策費用に対して、国立銀行が3年据置後10年返還という有利な条件で資金を提供する金融バックアッププログラムが用意された。この費用の中には設計、機器購入、建設費用や移転経費、研修費等を含んで良い事になっている。

2. 環境基準

1982年設定されたメキシコの大気に係わる環境基準は下の表II-1の如くである。参考として日本の基準値を併記した。

表II-1 メキシコの大気環境基準 (1982年設定)

汚染物質	メキシコ 大気環境基準	参考日本 基準値
浮遊粒子 PM10	日平均値 0.15mg/m ³	日平均値 0.1mg/m ³
PST	日平均値 0.275mg/m ³	1時間値 0.2mg/m ³
二酸化硫黄	日平均値 0.13ppm	日平均値 0.04ppm 1時間値 0.1 ppm
一酸化炭素	8時間値 13ppm	日平均値 10 ppm 8時間値 20 ppm
二酸化窒素	1時間値 0.21ppm	日平均値 0.04-0.06ppm
光化学オキシダント (オゾン)	1時間値 0.11ppm	1時間値 0.06ppm

注) PM10は10ミクロン以下の粒子、PSTは全粒子

3. 排出基準

1988年発行の「エコロジーと環境保護に関する一般法」とその「大気汚染防止管理規定」では企業側が守らねばならない事項が次のように示されている。

- 汚染物質の排出を防止する機器やシステムを使用する。
- 排出量に関する資料を保管しておく。
- 排出量を測定する為の架台や試量採取口を設置する。
- 汚染物質の排出量を測定、記録し毎年環境担当省に報告する。
- 施設周辺の大気汚染のモニタリングを行う。
- 機器類の運転と保全に関する日誌を付ける。
- 計画的運転停止後、再起動させる場合は事前に環境担当省に通知する。
- 汚染防止装置が故障した時は環境担当省にその旨通知する。
- 施設の運転許可証を取得し、運転証明書を毎年提示する。

さらに汚染物質排出基準に就いては1988年以来、環境技術基準NTE-CCACとしてシリーズにて発行している。現在まで発行または予定されている基準のリストを次表に記載した。

メキシコ合衆国環境技術基準省令

NTE-CCAC-001/88	硫酸製造所より発生するSO ₂ , SO ₃ , ミスト
002/88	セメント製造所より発生する粉塵
003/88	使用過程ガソリン車より発生するHC, CO
004/88	新ガソリン車より発生するHC, CO, NO _x
005/88	固定ディーゼル油燃焼による粒子, CO, SO ₂ , NO ₂
006/88	石炭発電所により発生する粒子, CO, SO ₂ , NO _x
007/88	燃料油燃焼により発生する粒子, CO, SO ₂ , NO _x
008/88	天然ガス燃焼により発生する粒子, CO, SO ₂ , NO _x
009/90	燃焼以外により発生する固体粒子
010/90	新ディーゼル車より発生する黒煙
011/90	使用過程ディーゼル車より発生する黒煙
012/88	ドデシルベンゼンスルホン酸製造で発生するSO ₂ , SO ₃ , ミスト
013/89	使用過程ガソリン車排気測定法
014/	使用過程燃焼装置よりの粒子, CO, SO ₂ , NO _x , すず
015/90	使用過程ガソリン2ストロークエンジン車よりのHC, CO, 粒子
016/90	使用過程2ストロークエンジン車排気測定法
017/	

018/91 AMCM内使用の液体燃料の硫黄分含有量

019/ 間接加熱燃焼により発生する粒子、CO、SO₂、すす

このほか硝酸工場からのNO_xや製鉄所の粒子、各種溶剤や燃料の炭化水素発生などが規制予定されている。上表中で固定発生源燃焼装置の排出に関係あるものについてその基準値などを以下に摘出した。

NTA-CCAT-005/88 固定ディーゼル油燃焼

燃料ディーゼル油の品質仕様： 200°Cにて最低10%留出

360°Cにて最高90%留出

最大許容値 (kg汚染物質/m³ディーゼル油@25°C)

	重大地域	その他
粒子	0.26	0.30
一酸化炭素	0.60	0.665
二酸化硫黄	17.00	34.00
二酸化窒素	2.70	3.0

NTE-CCAC-006/88 石炭燃焼発電所

石炭の品質仕様： 固定炭素が10から90%を占める固形燃料

最大許容排出量 (kg汚染物質/m³乾燥石炭)

粒子	3.60
一酸化炭素	0.27
二酸化硫黄	51.30
二酸化窒素	10.00

NTE-CCAC-007/88 固定燃料油燃焼装置

燃料油： 石油の蒸留により生じる燃料

最大許容排出量 (kg汚染物質/m³燃料油@25°C)

	重大地域	その他
粒子	4.24	6.74
一酸化炭素	0.60	0.66
二酸化硫黄	57.00	95.00
二酸化窒素	6.60	6.60 注1)
	8.00	8.00 注2)

注1) 106_x10⁹ joules/時未満の燃焼設備

2) 106_x10⁹ joules/時以上の燃焼設備

NTE-CCAC-008/88 固定天然ガス燃焼装置

天然ガス： 最低70%のメタンガスを含む燃料ガス

最大許容排出量 (kg汚染物質/10⁶m³天然ガス @ 1 kg/cm², 20°C)

粒子	100	
一酸化炭素	500	注1)
	640	注2)
二酸化硫黄	10	
二酸化窒素	2250	注1)
	9000	注2)

注1) 106_x10⁹ joules/時未満の燃焼設備

注2) 106_x10⁹ joules/時以上の燃焼設備

NTE-CCAC-018/91 AMCM内工場で使用する液体燃料黄含有量

液体燃料： 石油を蒸留して得る燃料

硫黄の許容限度を2%とする。

NTE-CCAC-019/ 化石、液体、気体またはそれらの混合燃料による固定間接加熱装置

NTE-CCAC-005, 007, 008 を実状に沿って更新： 未発行

間接加熱： ・燃焼ガスが直接、加工材と接触しない熱の伝達

・家庭用の温水器、ストーブ、グリル、コンロは対照外

・対照となる燃焼装置は体積5%を超える酸素で運転してはならない。

化石、液体、気体燃料：石油から派生した燃料。軽油、燃料油、ガスオイル、天然ガス、

LPG、プロパンガス、メタン、イソブタン、プロピレン、ブチレンガスほか

汚染の激しい7重要地域：AMCM、モントレー、グアダラハラ、ヴェラクルス州のコアツ

アコアルコス・ミナティラン両市、グアナファト州のイラプアト・セラ

ジャ・サラマンカ3市、タマウリパス州のタンピコ・マデロ・アルタミラ

工業地帯、北部国境地帯

排出基準： ボイラーの容量と燃料種類、設置場所 (AMCM、その他の6重要地域、そ

の他の地域の3分類) に応じて、煙濃度(または透明度)、浮遊粒子、SO₂、

NO_x、COについて規定

例えばAMCM内では、ボイラー100馬力以上について次の範囲である。

	液体燃料	ガス燃料	単位
NO _x	150 - 100	130 - 75	ppm
SO _x	1100 - 400	-	ppm
浮遊粒子	100 - 50	-	mg/m ³

なおAMCM内の100ボイラー馬力以下の燃焼装置で使用する液体燃料の硫黄含有量は1%以下である事となっている。

4. 燃焼技術者育成計画

4-1 燃焼技術者

燃焼技術者は教育界及び工業界で育成されている。またエネルギーの有効利用という面から政府組織として省エネ委員会があり、小学生から大学生、先生、燃焼専門家及び技術者に対して育成、教育、情報提供を行っている。

燃焼装置のうち蒸気発生（ボイラー）装置と圧力容器に該当する燃焼加熱装置の設置、運転に関してはメキシコ合衆国の「労働衛生安全に関する一般規則」と「ボイラー、圧力容器検査に関する規則」により労働社会保障省（労働省）の許可が必要である。同省のパフレットによればこの種類の装置の燃焼技術者に相当するものとして場長、運転員、火夫に分類されている。企業内に於ける運転員と火夫の役割と必要性の詳細は事前調査では解明しなかった。

場長はエンジニアとしての大学教育を終了した人となっている。運転員は火夫として2年以上の経験を持っているか、運転員としての研修を終了した人に対して労働省が証明書を発行する。発行に当たっては装置や部品の機能や安全性についてのテストを行っている。火夫は火夫手伝いを行った期間の証明か労働省が認めた学校、育成機関での研修を終了している事で労働省が証明書を発行する。

事前調査で聴取したところ、運転員の教育は大手では自社で中小企業では外部で研修を行っており、火夫は中学校卒業ほぼ1年位の火夫手伝いの経験があれば証明書を入手出来るようだ。

4-2 省エネ委員会（CONAE）

省エネ委員会（CONAE：Comision Nacional para el Ahorro de Energia）は、1989年9月創立された政府機関である。エネルギー、工業、大蔵、運輸、教育、環境、首都圏庁、電力庁、石油公社などの機関の代表により構成され、エネルギー鉱山国有工業省（SEMIP）の大臣が委員長を兼任する。エネルギーの有効利用とエネルギー資源保護を目的とし、関連の情報提供、教育、指導のほか省エネ基金（FONAE）を通して省エネ投資に低利の融資を行う事になっている。1992年6月にはコジェネレーションに関する国際会議を開き、今年度も第二回を主催する事になっている。

CONAEはその主旨をエネルギー使用者に徹底させる為に全国12カ所に推進拠点を作り宣伝に努めている。省エネに関しては次の内容のカリキュラムを用意しており修了者には認定書を渡し省エネコンサルタントとしての資格を与えている。

CONAE：エネルギー管理と有効利用に関する研修コース

- | | |
|---------------|------------------|
| 1. 工業装置の熱管理 | 2. エネルギー診断 |
| 3. 電気エネルギーの管理 | 4. 電気照明設備の設計 |
| 5. 冷凍・空調設備 | 6. 熱エネルギー有効利用の基礎 |
| 7. ボイラー・炉・冷却塔 | 8. コージェネシステム |

授業時間：第8番コージェネの10時間を除き他は各々20時間、計150時間

なおコージェネについては合計93時間の別コースがある。

CONAEはまたボイラー製造業のSELMEC社や技術開発会社のDEPTAC社（Desarrollo Profesional en Tecnología Avanzada A C）などの民間企業が用意しているコースに援助をしている。

4-3 民間コース

CONAEや学校以外の育成機関としてはボイラー製造業者2社（SELMECとMIRCO）とDEPTACがコースを利用している。ボイラー製造業者のコースを終了すれば労働省のテストを受けなくても同省の証明書を自動的に受領できるという。

DEPTAC社のコースは各々40時間の2コースが次の様に用意されており、修了すれば省エネの他に汚染物質の低減に役立つとしている。

DEPTAC社 イ. 工業炉における汚染発生防止と省エネコース

1. 基礎理論
2. 効率向上の為の技術
3. 炉稼働状態確認の為の現場作業

ロ. 工業炉における燃焼管理

- | | |
|--------------|---------------|
| 1. 燃焼基礎概念 | 2. 燃料の性質 |
| 3. 微粒子化とバーナー | 4. 燃焼計算 |
| 5. 不完全燃焼 | 6. 排ガス測定方法と機器 |
| 7. 燃焼管理方法 | 8. 熱効率 |
| 9. 燃料添加物 | 10. 汚染発生防止 |

SELMECのコースも40時間で内容はボイラーとその部品の機構と機能、蒸気発生についての基礎熱力学、燃焼、運転注意事項、用水処理などで構成され、基礎知識を与えるように準備されている。汚染物質排出基準についても言及はしているが、それらの物質を減少させる為や省エネを計る為の運転方法の研修には重点を置かれていない。排ガスと排水処理を含めた特別なコースが別にあるとは言っていた。SELMEC社によれば運転員の研修はボイラー購入先には無料でサービスしている。

III. メキシコ首都圏の大気汚染対策

1. メキシコ首都圏の大気汚染改善対策

1988年12月サリナス大統領はその就任演説で「AMCM長官に対して環境汚染防止の為に、効果的な対策を早急に立案するように指示」の約束をした。そして大気についてはメキシコの各関係省機関と世界の専門家も参加して1990年10月に42項目からなる「AMCM大気汚染対策統合計画」を発行した。総額25億米ドルの資金を必要としうち10億ドルは世界銀行始め国際金融機関の資金援助を得て5年以内には完成予定の中期計画である。42項目のリストは下の通りである。

メキシコ首都圏大気汚染対策総合計画

- 1) 環境保全に適した国際的品質のガソリンの生産
- 2) 低硫黄ディーゼル油の生産
- 3) 低硫黄重油の生産
- 4) 含酸素化合物TAME及びMTBEの生産
- 5) 1991年型触媒付き自動車への無鉛ガソリンの供給
- 6) 含酸素ガソリンの継続的供給
- 7) 3月18日製油所での硫黄回収
- 8) 同製油所での揮発性炭化水素の回収及びバーナの交換
- 9) 同製油所煙突に排ガス連続測定器の設置
- 10) 燃料貯蔵タンクに浮き屋根設置
- 11) 燃料流通ターミナルやガソリンスタンドに揮発性炭化水素回収装置設置
- 12) 1991年型ガソリン車にすべて触媒装置を設置
- 13) 地下鉄の拡充
- 14) 低公害車3500台を投入し都市バスを刷新する
- 15) 電気交通機関の再整備と拡充
- 16) 道路・駐車場・信号及び交通機関の調整改善
- 17) ラッシュ時の自家用車使用を減らし公共機関使用促進の為バス路線の認可
- 18) ノーカーデー制度の継続
- 19) ガソリン・ディーゼル・LPガス車の検査制度の拡充
- 20) ガソリン・トラックのLPガスへの転換及び触媒装置の導入
- 21) 新しいコンビ及びミニバスへの触媒装置の搭載
- 22) メキシコ盆地内のトラックについてガソリンからLPガスへの転換
- 23) 工場において重油の天然ガスへの転換

- 24) 排出防止について工場との協定
- 25) 新規汚染工場の設置禁止
- 26) メキシコ市における資材供給の合理化
- 27) 鑄造工場の排出防止と移転
- 28) 汚染の激しい工場の排出量の恒常的測定
- 29) サービス業事業所における燃焼工程の改善並びに防止装置設置
- 30) 低硫黄燃料油の入手まで火力発電所での天然ガス使用
- 31) 冬季発電ボイラー2基の稼働中止
- 32) 火力発電所の排ガス連続測定器の設置
- 33) 都市部の植樹計画
- 34) メキシコ盆地及び周辺の植樹
- 35) 公害防止装置の実験および自動車代替燃料の実験
- 36) 燃料品質管理実験室の設置
- 37) 自動モニタリング網の拡充
- 38) 大気質の総合研究の展開
- 39) AMCMの伝染病監視システムの実施
- 40) 大学及び研究機関との恒常的関係の確立
- 41) 教師の研修と子供の育成
- 42) 専門家の養成と研修計画

これらの対策項目のなかでは、我が国の海外経済協力基金による低硫黄燃料油の生産（3）や、AMCM地域内製油所などの放散有機ガスの回収（8、10、11）、工場での重油から天然ガスへの転換（23）、発電所での天然ガスと低硫黄燃料油の混焼（30）、燃料品質管理実験室の設立（36）などの固定発生資源対策や移動発生源対策、社会教育の拡充などが総合的に含まれている。

その後の1992年3月には首都連邦区庁を事務局として、「メキシコ盆地環境汚染防止・管理首都圏委員会」（AMCM環境委員会）が発足し環境対策の実施を監視する事になった。なおこの委員会は政府各機関代表の他に教育者や画家、俳優、環境保護団体代表などにより構成されている。当時の都市開発環境省は、JICAが1991/9月に報告した「大気汚染固定発生源対策計画調査」をベースにして、同委員会の為に「AMCM内工場からの汚染物質排出規制計画」を作成している。優先度の高いまた燃料の消費量の多い企業から排出量を減らして、1年以内にNO_xを50%、18カ月以内に浮遊粒子と炭化水素を90%削減する事を目標とした急進的な計画である。この計画の実施には、次の特別措置10項目がポイントとなっている。

- 1) 工場排気の強制検査
- 2) 強制検査を依頼する企業の認定
- 3) 検査官、視察官、ボイラーや燃焼装置運転員の養成
- 4) 工場への技術コンサルティング支援活動
- 5) 工場排気量に関する総合データの更新と拡張
- 6) エネルギーの節約—CONAE (第2章参照) との共同実施
- 7) 工場の近代化—1994年下半期までに汚染排出防止出来ない工場は移転
- 8) 塗料に含まれる溶剤の管理と改質
- 9) 公害調査、対策装置の設置、装置近代化、移転などへの融資
- 10) ボイラー燃焼装置の製造、運転に関する基準の更新と追加

2. 改善状況

1989年当時の汚染物質排出量に対し上記42項目の対策の完成によって削減出来る量は下表の通りに計画されている。

表III-1 42対策実施による推定削減量 (ton/年)

	NO _x	HC	SO ₂	PST	CO	Pb
1989排出量	177,339	572,101	205,725	450,599	2,950,627	1,237
削減推定量	9,505	149,032	163,346	248,731	1,065,176	501
削減率 %	5.36	26.05	79.40	55.20	36.10	40.50

上記表中HCは炭化水素、PSTは全浮遊粉塵でPM10と称する10ミクロン以下の浮遊粒子状物質はAMCM内ではPSTの40から60%である。

事前調査期間の現地は、10日間に渡り青空で周辺の山の姿が市内より展望出来た。空気のガソリン刺激臭も感じられなかった。AMCMを5分割してNO_x, SO_x, PST, CO, オゾンの汚染度を0から500のスケールで毎日発表しており、この10日間ではオゾン値のみが中心部で120前後を示し他は100以下であった。250が環境基準値であるので、大気オゾン濃度は0.05ppm付近であったと思われる。現地新聞では風のお陰と報道していたが、そればかりではないように思えた。

実際、市内では無鉛ガソリン (Magna Sin) の供給スタンドとそれを使用したタクシー、バス (緑色の外装帯とMagna Sinのサイン入り) を数多く見かけた。自動車は全体に新しくなりガタピシの中古車はほとんど見かけられなかった。街角には「省ガソリンは大気汚染防止に役立つ」と新しい看板が市民に呼びかけていた。

社会開発省は工場施設の改善指導や閉鎖、操業停止、移転などを行っている。メキシコ市内の3月18日製油所(別名Azcapotzalco製油所)が1991年3月18日までで製油業務を停止した。174ヘクタールの同工場跡地は、一部貯蔵配送センターとして使用されている以外、将来エコロジカルパークとして首都圏の汚染防止に役立つ予定となっている。

また市内各工場の天然ガスへの転機(23番)も着々進んでいるし、1992年3月にはAMCM内での重油の代替えとしてガスオイルの供給を開始した。重油の硫黄含有量は3から4%であり、ガスオイルのそれは2%である。

IV. エネルギー政策

1. 国家エネルギー政策

メキシコ合衆国全土での1989年度の一次エネルギー供給は、石油や天然ガスが圧倒的に多く84%を占め、水力4.7%、石炭は2.7%に過ぎない。残りは木材、パガス、地熱などである (JICA 1991/9最終報告書)。石油及び天然ガスの採掘、運搬、精製、販売、輸入は国営石油公団PEMEX (Petroleos Mexicanos) が担当している。

石油類のメキシコ国内の各年度1月1日に於ける確認埋蔵量と1991年度の生産量はPEMEXの資料 (Memoria de Labores) によれば下表の通りである。

表IV-1 確認埋蔵量及び生産量

	確認埋蔵量		生産量
	1987	1992	1991
原油	7,637	7,041	155.7
凝縮ガス	1,087	1,055	5.8
天然ガス (油換算)	2,147	2,238	41.9

注)：単位 $10^6 m^3$ 、天然ガスの油換算とは、ガス量を相当発熱量の石油量に変換した数値

原油埋蔵量はこの5年間で $600 \times 10^6 m^3$ 減少している。生産は毎年ほぼ同量であるので新しい埋蔵確認は無かったと想像する。1992年1月1日の埋蔵量と1991年の生産量の比は原油で45.2であり、1987年当時は54であった。なお世界の埋蔵量と生産量の比は30弱である。

メキシコ合衆国はその生産の約半量の原油 (1991年度は $79.2 \times 10^6 m^3$) を輸出 (日本へはその約10%) しており外資の獲得に役立っている。その一方で次の様に国内生産不足分を輸入している。

表IV-2 メキシコ合衆国石油類輸入量 ($10^3 m^3$)

	1989	1990	1991
LPG	1196	1209	1244
ガソリン	1639	1776	3986
ディーゼル油	159	—	—
燃料油	4034	3005	2704
天然ガス (油換算)	529	499	1900

上表から1991年度のカソリンと天然ガスの輸入量の急激な増加が目立つ。カソリンは国内生産量の約10%、天然ガスは約5%に相当する。なお上記の他に石油二次製品として1991年度にはMTBE(含酸素カソリン添加物)を251,618トン輸入している。この様な背景に立って、国家のエネルギー政策としては石油製品の輸入の減少と国産製品の品質向上を目標としている。

表IV-3 1988年各国対GNPエネルギー使用率(原油相当10⁶トン/GNP10⁹ドル)

トルコ	メキシコ	スペイン	USA	ドイツ	イタリア	日本
0.79	0.67	0.45	0.44	0.4	0.32	0.26

上表(出典1990/10 AMCM大気汚染対策統合計画)は各国のGNPに対するエネルギー使用率を示す。工業が発展して気候温暖でも無い国に比べて、メキシコが同量の財やサービスを生産するのにより多量の一次エネルギーを消費している。この事はメキシコにまだエネルギー効率を高める余地が残されている証明である。エネルギー消費を増やさず経済成長を続ける可能性が十分ある。エネルギー消費が増えなければ汚染も進行しない。そこで第II章第4節に述べた省エネ委員会(CONAE)を発足させエネルギー使用の合理化を目指して活動を始めている。

さらに製品価格について国際変動を反映するように努めるとして1991年4月に石油天然ガス類製品価格委員会を発足させている。製品価格は、PEMEX資料Memoria de Laboresの国内売上と販売量から計算すると次表IV-4のとおりである。

表IV-4 PEMEX製品卸売価格

	1989	1990	1991
LPG	243	176	208
カソリン (NOVA)	184	377	508
(MAGNA SIN)	207	478	667
ジェット燃料	292	385	382
ケロシン	279	322	382
ディーゼル	171	343	397
燃料油	131	122	142
天然ガス	219	208	178

注) LPGはペソ/kg、天然ガスはペソ/m³ガス、他はペソ/Literで旧ペソ表示である。

製品価格委員会は1991年11月に販売価格（旧ペソ/Liter）を各々下記のように値上げしている。

NOVA 700から1100、 ディーゼル 565から620

MAGNA SIN 1000から1250、 脱硫ディーゼル 605から665

ガソリン（NOVA）は有鉛であるので無鉛のMAGNA SIN（輸入MTBE入り）との値段の差を少なくしたものと思われる。なお1990年度のディーゼル卸価格の上昇は脱硫ディーゼルの為との説明がある。この油は硫黄含有量が2%から0.5%に削減されておりエコロジカルディーゼルとして販売されている。

2. メキシコ首都圏のエネルギー政策

これまで首都圏の大気汚染に関連して取られ、また今後取られるエネルギー政策を整理すると次の通りである。

固定発生源対策

- 1) 首都圏内使用燃料油の硫黄含有量を2%以下に限定（1991年11月）
- 2) 工場使用燃料を天然ガスやガスオイル（2%硫黄、1992年3月供給開始）に転換
- 3) 1991年まで80%天然ガス、20%重油混焼であったのを天然ガス専焼に変更
- 4) 1996年5月以降脱硫燃料油（0.8%硫黄）を供給予定

移動発生源対策

- 1) 無鉛ガソリンMagna Sinの供給開始
- 2) 低硫黄ディーゼル（0.5%硫黄）への転換
- 3) Magna Sinの含酸素化合物MTBE及びTAMEの国産を1994年4月開始予定

V. メキシコ首都圏の固定発生源燃焼施設

1. 燃焼施設

JACAが1990年2月から1991年9月まで行った「メキシコ合衆国大気汚染固定発生源対策計画調査」の時点ではAMCM内には約27,000に及ぶ事業所（工場）があった。これを従業員数から分類したのが下表である。

表V-1 AMCM内規模別工場数

	大規模	中規模	小規模	極小規模	合計
工場数	586	674	5,548	20,628	72,436
%	2.1	2.5	20.2	75.2	100

極小規模の中には規模不明の零細企業も含まれている。これらの工場に設置されている燃焼設備は少なくとも1万基以上あり、同調査団は規模のうえで上位1000社の中から約3800基の設備を把握しているその中にはボイラー、乾燥炉、加熱炉、その他窒業炉や金属溶融炉、セメント炉などが含まれており、内訳を次に示す。

表V-2 上位1000社の燃焼設備

	ボイラー	乾燥炉	加熱炉	その他	合計
施設数	1384	547	943	886	3760
%	36.8	14.5	25.1	23.6	100

さて、1991年度のJICA訪問調査と、首都圏の各機関がそれぞれの守備範囲で調査した燃料使用量より、これらの燃焼施設から発生する汚染物質の量は、年間NO_xが約2万トン、浮遊粒子は約1万トンと計上されている。これらの汚染物質に対する燃焼施設の発生寄与率は棒グラフを換算すると次表のようになる。この表からボイラーの汚染発生に対する寄与は非常に大きいことが分かる。碎石乾燥炉や溶融炉からの浮遊粒子の発生は炉や集塵機の構造から由来して発生しており燃焼とは直接の関係はない。ガラス炉よりのNO_xの発生も炉の構造由来である。

表V-3 燃焼施設汚染発生寄与率 (%)

	NOx	浮遊粒子
ボイラー	58.8	31.9
乾燥炉 一般	0.8	1.2
アスファルト用碎石乾燥	0.6	34.0
加熱炉 金属加熱	0.4	0.9
一般	1.6	0.0
その他 ガラス戸	24.8	8.3
窯業炉	3.5	1.0
溶融炉	0.8	14.1
セメント炉	8.6	8.6
ほか	0.1	0.0
	100.0	100.0

一方、メキシコ盆地環境汚染防止・管理首都圏委員会（AMCM環境委員会）の1992年3月発表によればAMCM内の全汚染物質発生量は、年間4,256,000トンであり、その内固定発生源からは8.4%（365,904トン）であると言う。この8.4%内の62.3%が燃焼設備である。全固定発生源からは年間NOxが約4万トン、浮遊粒子が約2万トンと計上している。

2. 燃焼施設改善現況

2-1 概況

AMCM内の燃焼施設は「メキシコ首都圏大気汚染対策総合計画」の42項にわたる対策とJICAによる「大気汚染固定発生源対策計画調査」の推奨基本計画に従って改善され始めている。社会開発省の活動により汚染防止に着手した企業と防止が必要な会社のリスト（AMCM環境委員会1992年3月資料）を添付した（別添資料「メキシコ市首都圏の工場からの汚染物質排出規制計画」（和訳）参照）。

同委員会資料によると旧都市開発環境省は1988年から1992年2月までに1159件の工場排気規制合意を締結している。この間工場視察を行い、746カ所の施設を一次閉鎖している。同省の判定で2カ所は完全閉鎖、64カ所は汚染対策より操業停止を選択し、43カ所は倒産をした。また40工場は移転に合意している。

2-2 事前調査団訪問工場

事前調査団は改善状況を調査する目的で、JICAが前回1991年度プロジェクトで排ガス測定調査

を行った25工場の中から4工場を選択して訪問した。

1) Fibras Sinteticas, S. A. de C. V.

この工場は従業員1100人でナイロンポリエステル繊維を1500t/月製造している。燃焼施設としては1975年に設置した蒸発量40t/hの水管式ボイラー1基と13t/hが1基あり、うち1基は予備である。ボイラーは通年運転で1991年までは重油を使用していたが現在はガスオイルに転換している。

燃料の使用量は記録されているが排ガスの測定は実施されておらず、法で定められている排ガスの測定は業者に委託している程度で十分な燃焼管理を行っていない。ボイラーマンは有資格者で、採用後も社内で燃焼の監視、蒸発量のコントロール、安全性などについて上司やスーパーバイザーなどが講師を努める研修を実施している。

大気汚染防止対策としては燃焼改善、燃料転換などを行って1988年時よりダストで80%、SO_xで30%低減した。省エネ対策としては生産システムの合理化による燃料の節約に努力している。しかし燃焼施設については、対策はなにも実施していない。将来計画として天然ガスへの転換と二段燃焼によるNO_x削減を検討している。

2) Poli Resinas Huettenes, S. A.

この工場は鋳型用の人工樹脂を製造しており、従業員は62人の中小工場である。燃焼施設としては炉筒煙管式ボイラーで蒸発量2.4t/と1.6t/hの2基設置しておりうち1基は予備である。

使用燃料は重油よりガスオイルに転換しており、一日1kl使用している。ボイラーマンは有資格者3名おり、10年、8年、2年の経験者で労働省の指示で研修に参加させている。

燃焼管理の現状は排ガスの酸素濃度を自分で測定していないので十分な燃焼管理は実施されていない。法定の排ガスの測定は業者に委託している状況なので燃焼効率やボイラー効率などは把握されていない。

大気汚染の悪化による緊急時の対策として今まで4回生産量を30%削減する対策を実施した。大気汚染対策としては工場地帯にいる為地域ごとの相互補助組織をつくり全体として適切な対策を行うことを検討している。しかし低NO_xバーナや排ガス再循環方法などの導入については消極的に姿勢を示した。

この工場ではナフトール系の添加剤を使用して4.5%程度の燃料を節約していると言う事だったが低減出来る理由はわかっていない。

3) Quimica Lucava, S. A. de C. V.

馬拉チオン殺虫剤など農薬を製造している工場、水蒸気蒸発量2.6t/hの押込通風炉筒煙管式ボイラー (Cleaver Brooks-CELMEC製) 1基を持っている。一日24時間通年運転であ

る。環境庁の指示により重油からガスオイルに燃料転換した。それにより燃料経費は10%上昇したとの事。転換した時にはボイラー運転条件は一切変更しなかった。なお熱媒体油加熱炉もあったが使用中止していた。

ボイラーマンは中学卒業を採用しており、会社で働きながら約1年で労働省の免許を取らせている。免許を持った者は4人いるが全員他の仕事を兼任してボイラーは常時監視させていない。しかし直に一回は見回りをさせ、蒸気圧、缶水ブローをしたかどうか、安全弁のリークの有無を記録させている。排ガス中のSOxは化学分析で、酸素、一酸化炭素、二酸化炭素はオルザットで毎月一回自社で測定している。公式には外部に依頼して年一回報告している。JICAが1991年度重油使用時に測定した数値と、ガスオイルに転換後の1992年7月に外部業者が測定した数値を下に比較の為に示した。

表V-4 QL社ボイラー排ガス測定値

	1991	1991	基準値
燃料	重油	ガスオイル	ディーゼル
使用量 liter/h	120	66	—
煤塵 kg/m ³ 燃料	7.3	0.11	0.26
SO ₂ 同上	55.0	11.8	17.0
NO ₂ 同上	—	0.0048	2.7
NOx 同上	9.2	—	—
CO 同上	nil	nil	0.6

上表中窒素酸化物は外部測定業者の測定の値が異常に小さい。方法が不明の為はっきりしないがNO₂のみを測ったのか、測定値の記入違いであろう。煤塵は煙突の煙がほとんど見えなかった事からも燃料転換の結果が現れている。硫黄酸化物についても当然燃料中の硫黄含有量が減少した分排出量も削減されている。

QL社は使用水蒸気の凝縮水の80%は回収してボイラーにリサイクルしている。しかしながらこれらを含んだ熱収支はまだ計算したことがないとのこと。

4) Cerveceria Modelo S. A. de C. V.

メキシコ市中心部に位置するビール工場で、水蒸気蒸発量100, 80, 60t/hの3基の押込通風水管式ボイラー(Combustion Engineers-CERREY製)を設置している。所内必要電気も同時に発電している。運転は一日24時間通年運転で、免許を持った運転員が8人いて、直を組んでいる。免許取得にはボイラー納入業者に依頼して社内研修を行った。

前回1991年度にJICAが調査した時点では60tボイラーはガス重油混焼であったが、現在は環境庁の指示により、全基とも100%天然ガス焚きに転換している。なお転換による費用は20%高であった。60tボイラーには排ガス循環装置を追加設置済みであった。循環量は30%予定であるが、今は不明であるので実際の運転はまだ行っていない。市の中心部である為環境汚染には気を使っており常に先手を打つ態度であった。100t、80tの両ボイラーにも排ガス循環を計画中である。排ガス循環の代わりに低NOxバーナも検討したが高価の為に断念したとの事であった。

排ガス中の汚染物質測定は年3回外部に依頼して行っている。うち1回を公式に報告している。オイルザット装置は自社で持っているがその他の測定装置機器はコスト高でまだ設置していない。1992年7月のCERREY社測定値と現行の基準値を次に示す。

表V-5 CM社ボイラー排ガス測定値

		測定値	基準値
燃料		天然ガス	天然ガス
煤煙	kg/天然ガス10 ⁶ m ³	5.4	100
SO ₂	同上	206	10
NO ₂	同上	—	9000
NOx	同上	4029	—
CO	同上	360	640

硫黄酸化物の測定値が基準値を超過している。供給されている天然ガスに問題がありそうなので次章で検討する。しかし1991年JICA測定時には重油燃焼により310kg/hのSO₂を発生しており、ボイラーの負荷と効率を当時と同じと仮定すれば1992年に天然ガス燃焼になってからは約1 kg/hの発生であり大幅な削減である。また煤塵についても1991年当時25kg/hであったのに対し、0.032kg/hと当然ながら減少している。一方窒素酸化物は31kg/hに対して24 kg/hであって大差はない。

VI. メキシコ首都圏の固定発生源燃料現況

1. 使用燃料現況

JICA最終報告書(1991/9)に記載の1989年AMCMに於ける種類別燃料消費量と、AMCM環境委員会資料(1992/3)の1991年のデータを下の表に示した。

表VI-1 AMCM内種類別燃料消費量

		1989	1991
燃料油(重)	10 ³ m ³	702	--
燃料油(軽)	10 ³ m ³	905	--
燃料油	10 ³ m ³	--	1084
特殊ディーゼル	10 ³ m ³	410- 660	553
ガスオイル	10 ³ m ³	--	76
LPG	10 ³ m ³	--	33(1992年)
天然ガス	10 ⁶ m ³	2584	2657(1992年)

両者のデータに食い違いが見えるが、一次エネルギーとしては総計40×10¹²kcal前後で、油とガスで約半分づつを供給している。1992年1月以降は硫黄含有量4%の(重)と3%の(軽)燃料油を両者とも使用が禁じられガスオイルと天然ガスに転換しているため特殊ディーゼルとLPGを加えた4種がAMCM内固定発生源の主要燃料である。これらの燃料の規格と分析値は表IV-2～IV-5の通り。なおこれらの他AMCMではコークスや木屑なども若干量使われている。

AMCM環境委員会資料(1992/3)より、ガスオイルと天然ガス消費の多い企業とそれらの月間消費料のリストが別添資料内に記載されている(別添資料「メキシコ市首都圏の工場からの汚染物質排出規制計画」(和訳)参照)。

天然ガスの硫黄含硫量は、規格によれば23mg/m³である。この値は燃焼後の発生SO₂量は46kg/天然ガス10⁶m³に相当し、排出基準(NTE-CCAC-008)の10kg/天然ガス10⁶m³を超える。さらに今回IMPから提出された分析値によれば硫黄分は320ppmとなっている。この硫黄分が容積基準であれば発生SO₂は900に、重量基準であれば500kg/天然ガス10⁶m³に相当する。規格からしてAMCMに供給されている天然ガスは到底排出基準を満足するものではない。PEMEXに於て酸性ガス除去装置の強化が必要である。

2. 燃料転換計画

1991年12月31日官報記載のNTE-CCAC-018により翌1992年初めからAMCM内では硫黄含有量2%以上の液体燃料は使用できなくなった。1992年3月からは同2%以下のガスオイルが供給され始め、燃料油からガスオイルや天然ガスへの転換が進行した。

またTula製油所に建設予定の日本からの借款による水素化脱硫プラントの完成を待って、そのガスオイル留分(硫黄0.8%以下)をAMCMに供給したいとPEMEX社員は言っていた。ただし硫黄含有量は同プラントの減圧残渣や他のより高い硫黄含有量の留分をブレンドして2%以下にて供給される可能性もあろう。同装置は1996年5月完成予定で、カナダのHRI-TEXACO社が基本設計を、イタリアのスナムプロゲッティ社が詳細設計を担当しており、1992年末で32%の進捗状況と発表されている。

表VI-2 天然ガスの規格と分析値

項目	単位	規格(1)	分析値(2)	分析値(3)	分析値(4)
比重(空気=1)		-	0.6121	0.602	0.602
メタン	%vol	-	88.3	92.3	92.3
エタン	%vol	-	11.0	6.3	6.3
プロパン	%vol	-	0.7	1.4	1.4
湿度	kg/10 ⁶ m ³	最高16	-	-	148ppm
分子量		-	17.78	17	17
低燃焼熱	kcal/Sm ³	8455	8840	8540	8455
全硫黄	mg/m ³	23	-	-	320ppm
硫化水素	ppm	15(vol)	1.5(wt)	35(vol)	12
メルカプタン	ppm	-	2.2(wt)	-	-
炭酸ガス	%vol	最高3	-	-	3

注) Sm³: 15.6°C、760mmHg
 (1)(3): IMPより 1987/7 JICA入手
 (2) : 1990/10
 (4) : 1993/3

表VI-3 LPGの規格と分析値

項目	単位	規格	分析値A	分析値B	分析値C	分析値D
圧力	kg/cm ²	最高7または14	4.85	4.85	10.55	11.25
比重 15.6/15.6°C		-	0.575	-	0.537	0.537
初留点	°C	-	-9	-	-25.4	-
低燃焼熱	kcal/kg	-	11,000	-	11,000	-
95%蒸発時の温度	°C	2	1.0	1.0	-10.1	-10.1
ペンタル以上留分	%vol	2	-	-	-	-
全硫黄分	ppm	最高 200	90	120	120	110
硫化水素		検出しない	-	ud	-	ud
蒸発残渣	ml	最高 0.05	ud	0.05以下	ud	0.05以下
自由水分		検出しない	-	-	-	-

注) 1. LPGには高圧(最高14kg/cm²)と低圧(最高7kg/cm²)がある。圧力の項にて分析値を区別。
 2. 全データは1987年7月JICAがIMPより入手。
 3. ud: 検出出来ず。

表VI-4 ガスオイルの規格と分析値

項目	単位	分析値(1)	規格案(2)
比重 20/4°C	-	0.899	0.891
引火点	°C	75	最低 55
流動点	°C	-12	最高 0
粘度	SSU	52.8 @40°C	40/200 @37.8°C
低燃焼熱	kcal/kg	9,935	10,800
コンラッドソン炭素	%wt	0.44	-
灰分	%wt	0.013	最高 0.1
硫黄	%wt	1.96	最高 2.0
窒素	ppm	843	-
水と沈澱物	%vol	0.05以下	最高 0.2
n-ペンタン不溶性	ppm	0.056	-
バナジウム	ppm	0.9	-
ナトリウム	ppm	0.35	-
ニッケル	ppm	0.13	-

注) (1) 1993年3月JICAがIMPより入手

(2) 1993年3月JICAがQuimica Lucavaより入手

表VI-5 スペシャル・ディーゼルの規格と分析値

項目	単位	規格(1)	分析値(2)
引火点	°C	最低 52	74
流動点	°C	(3)	3
水と沈澱物	%vol	痕跡	痕跡
ラムスボトム炭素	%wt	最高 0.35	0.09
灰分	%wt	最高 0.02	-
全硫黄	%wt	最高 0.5	0.4
腐食度 (3 hrs, 50°C)		最高 2	1A
サタン指数		最高 45	52
粘度 SU @37.8°C	sec	32から40	38
常圧蒸留性状			
初留点	°C	-	189
10%蒸留	°C	最高 200	208
50%	°C	-	260
90%	°C	-	315
95%	°C	最高 360	-
終点	°C	-	350
色		最高 3	0.5
アニリン点	°C	最高 60	66
比重 20/4°C		-	0.824
低燃焼熱	kcal/kg	-	10,680

注) (1) 規格第414/88

(2) 1987年7月JICAがIMPより入手

(3) 1月から10月までは0°C、11月から2月まで-5°C

Ⅶ. 大気汚染防止燃焼技術および燃焼管理技術の概要

1. 大気汚染防止燃焼技術

燃焼過程で生成され大気に排出される汚染物質としては、ばいじん(Particulate Mater、PM)、硫黄酸化物(SO_x)窒素酸化物(NO_x)一酸化炭素(CO)、炭化水素(HC)などが挙げられる。PMのうち粒径の大きいものは降下ばいじんと呼ばれ、比較的短時間に沈降するが、粒径が10μm以下の浮遊粒子状物質(Suspended Particulate Matter、SPM)は大気中に長時間滞留し、人体呼吸器への影響が大きい。HCのうち、光化学反応性が無視できるメタンを除いた非メタン炭化水素は、窒素酸化物とともに光化学オキシダントの主要な原因物質である。我が国では、SO₂、CO、SPM、光化学オキシダント、NO₂について環境基準(これら汚染物質の維持されるべき大気中濃度)が設定されている。

上記の主要な大気汚染物質のうち、ボイラーや各種工業炉などの固定燃焼設備からの発生が問題となるのはPM、SO_x、NO_xであり、CO、HCは主として自動車排ガスが主要な発生源である。固定燃焼設備における大気汚染物質排出抑制燃焼技術については、既に多くの文献に述べられており、また、当事業団「メキシコ合衆国大気汚染固定発生源対策計画調査」(1991)にも詳述されている。ここでは、ボイラーにおける気体、液体燃料のバーナー燃焼を念頭において、PM、SO_x、NO_xの生成と排出抑制燃焼技術の概略を簡潔に述べるにとどめる。

1-1 硫黄酸化物

(1) 硫黄酸化物の生成

燃料に含まれる燃焼性の硫黄は燃焼過程で酸化され、ほとんどが亜硫酸ガス(SO₂)として排出される。発生したSO₂の一部(1~5%)は、火炎中で更に酸化されて無水硫酸(SO₃)となり、一般にSO₂とSO₃をあわせてSO_xとよぶ。SO₂は周知のように人体呼吸器に障害を与える大気汚染物質であり、SO₃は燃焼ガス中の水蒸気と反応して硫酸(H₂SO₄)となり、ボイラー伝熱面の低温腐食を引き起こしたり、これにばいじん付着・凝集したスノーマット(snow smut)あるいはアシッドスマット発生の原因にもなる。

(2) 硫黄酸化物の排出抑制

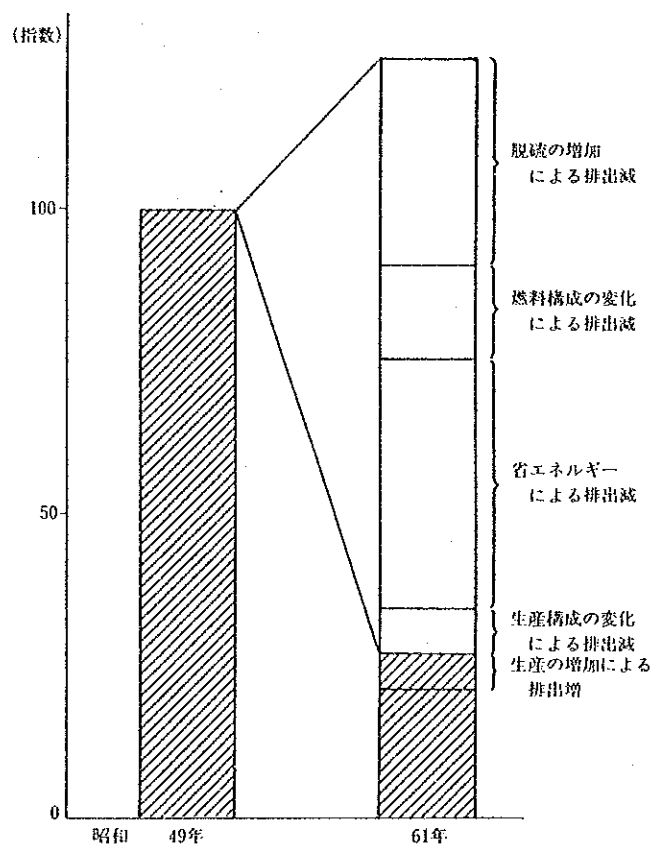
燃焼技術によってSO_xの生成を抑制することは困難であり、SO_x排出抑制の主要な対策は

- ① 低硫黄燃料の使用
- ② 排煙脱硫
- ③ 省エネルギーによる燃料使用量の削減

などとなる。我が国におけるこれら対策のSO_x総排出量削減に対する寄与は図Ⅶ-1に示され、

これらの効果によって、現在、全国のすべての大気測定局（火山活動が影響する局は除く）において環境基準が達成されている。

排煙脱硫については、湿式の石灰-石こう法が技術的に確立されている。また、脱硫効率は湿式法に劣るが、設備・運転費が低減される乾式の簡易脱硫技術も開発されている。排煙脱硫の導入の採否は、政策的な要素を除けば、低硫黄燃料への転換による燃料費の上昇と脱硫設備の設備・運転費とのバランスから決定される。メキシコ合衆国の現状では、特に中小規模の燃焼設備においてはSOx低減対策として排煙脱硫設備の導入は困難な場合が多く、低硫黄燃料の使用量拡大と省エネルギーによる燃料使用量削減を推進することになる。



図VII-1 我が国の硫黄酸化物排出量の変化と寄与分析

1-2 ばいじん

(1) ばいじんの生成

燃焼設備から排出されるばいじんの主なものは、燃料中の灰分を起源とするもの(fly ash)、残炭形のすす、気相析出形のすすに大別される。fly ashは特に石炭燃焼の場合に問題となり、液体、気体燃料の燃焼によって発生するばいじんは殆どがすすである。残炭形のすす(cenosphere)は、重質油に多く含まれる残留炭素(conradson carbon)に起因するもので、噴霧油滴から蒸発・分解成分がぬけて残留炭素分が残った、非常に空隙の多い多孔質粒子である。その粒径は、初期の噴霧油滴直径によるが、数十~100 μ m程度である。気相析出形のすす(soot)は、炭化水素系のガスおよび軽質油の燃焼過程で生成されるすすであり、低分子量の不飽和炭化水素が高温の酸素不足雰囲気のもとで脱水素、縮重合反応により高分子化して成長したもので、直径数~百nmの球状粒子が鎖状に連なった形状をしている。気相析出型のすすについては、燃料中の炭素、水素比(C/H)が高い燃料ほど発生量が多い傾向がある。

すすの成分は殆どが炭素であるが、残炭形のすすでは0.5~2%の水素が、気相析出形のすすでは2%程度の水素が含まれ、重質油燃焼の場合には燃料組成に応じて若干の硫黄や灰分が含まれている。

すすは、一般に、燃焼過程初期の燃料過濃領域で発生し、燃焼の進行する過程で再燃焼する。すすの燃焼反応速度定数はアレニウス式で記述され、燃焼温度が高いほど、燃焼領域のO₂分圧が高いほど燃焼反応速度は大きい。

(2) ばいじんの排出抑制対策

ばいじんの排出抑制方法としては、燃焼方法による発生の抑制および集塵設備による除去があるが、以下では燃焼方法による対策を列記する。

①燃料の良質化

灰分や残炭分の少ない燃料の選択はfly ashや残炭形のすすの低減に有効であり、重質油から軽質油あるいは気体燃料への転換は気相析出形のすすの発生抑制に有利である。また、良質な燃料の使用により燃料噴霧の微粒化や燃料・空気の混合の良好化が図りやすくなり、その点からもばいじんの排出低減に効果がある。

②良好な燃料と空気の混合

火炎内の酸素不足領域が大きくなるようにする。

③適正な運転空気比

運動空気比を過少にすると火炎内の燃料過濃領域が広がるとともに、すすの再燃焼が不十分となるので、あまり過大にならない範囲で十分な空気比を確保する。

④良好な燃料微粒化

単一油滴の燃焼過程の解析によれば、油滴の燃え尽きる時間は油滴の初期粒径の2乗に比例する。したがって、燃料噴霧が悪化して油滴径が大きくなると、燃焼室内で燃焼が完了せん、すすの発生が増大する。

⑤燃焼室内温度と燃焼ガス滞留時間の確保

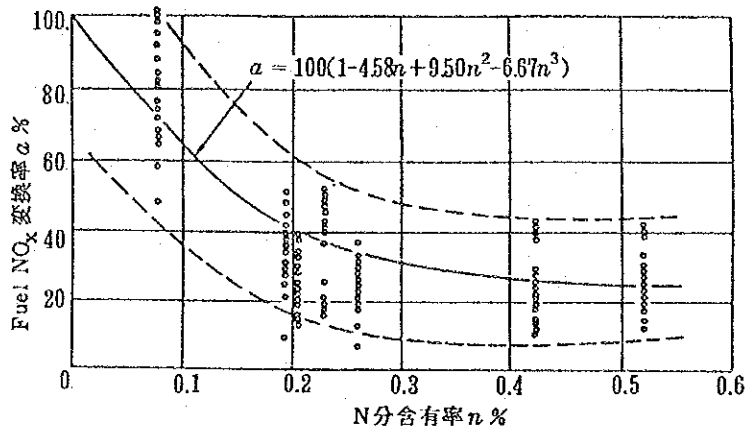
特に、火炎と低温伝熱面との配置を適正化して、火炎中に局所的な低温域が形成されないようにする。

1-3 窒素酸化物

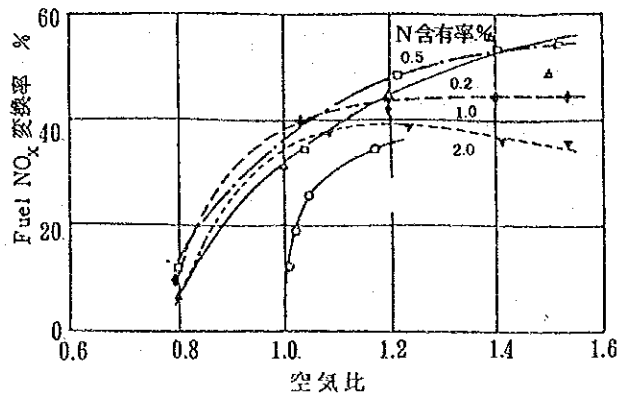
(1) 窒素酸化物の生成

燃焼設備から排出される窒素酸化物のほとんどはNOとNO₂であり、両者を総称してNO_xとよんでいる。NO₂の排出は、通常体積割合でNO_xの10%程度である。NO_xは人体呼吸器への障害となるだけでなく、光化学スモッグの原因物質であり、また、大気中での反応を経て、SO_xとともに酸性雨あるいはSPM中の2次生成粒子の要因にもなっている。

燃焼過程で生成されるNO_xは、その生成機構からThermal NO_xとFuel NO_xに大別される。Thermal NO_xは燃焼用空気中のN₂とO₂が高温の燃焼過程で反応して生成されるもので、その反応過程は拡大Zeldovich機構として明らかにされており、燃焼温度が高いほど、燃焼ガス中のO₂分圧が高いほど(運転空気比が大きいほど)、そして燃焼ガスの滞留時間が長いほど生成量は増大する。これらの3つのThermal NO_x生成要因のうち、燃焼温度の影響が最も顕著に反映される。Fuel NO_xは燃料中の各種窒素化合物(N分)が起源であり、HCN、NH_iなどの中間生成物を経て生成される。燃料油中の1%のN分がすべてNO_xになるとすると、その燃焼排ガス中の濃度は約1500ppmにもなる。しかし、実際には燃料中のN分のすべてがNO_xとなるわけではなく、燃料中のN分のうちNO_xになった割合をNO_x転換率(conversion ratio)という。実働ボイラーで得られたFuel NO_x転換率のデータを図VII-2に示す。Fuel NO_x転換率は燃料中N分が高くなるにつれて漸減するものの、NO_x発生量はN分が高い燃料ほど大きくなる。Fuel NO_x転換率に対しては燃焼温度も影響するが、支配的な要因は燃焼ガス中のO₂分圧であり、図VII-3に示されるように、運転空気比とともにFuel NO_x転換率は増大する。



表VII-2 燃料中N分含有率とFuel NOx転換率



表VII-3 運転空気比とFuel NOx転換率

(2) 窒素酸化物の排出抑制

NOx排出抑制方法としては、

- ・ NOxの発生そのものを抑制する (生成抑制)
- ・ 発生したNOxを還元して排出量を低減する (脱硝)

に大別される。後者には、排煙脱硝や炉内脱硝法がある。確立された排煙脱硝技術の代表的なものとしては、アンモニア (NH₃) を還元剤とし、触媒を用いてNOxを選択的に還元する乾式脱硝法がある。炉内脱硝法とは、燃焼室下流の燃焼ガス温度が低くなった領域で若干量の燃料を送入して還元雰囲気を作成し、未燃物や新たなNOxを発生させずに、上流で生成されたNOxを還元する技術であり、Reburningともよばれる。「脱硝」についてはこれ以上言及せず、以下では「生成抑制」について述べる。

上述したNO_xの生成機構から、NO_xの生成を抑制するための原理的要素として以下の項目が挙げられる。

- ① 燃焼反応域のO₂分圧の低減
- ② 燃焼温度の低減
- ③ 燃焼ガスの高温領域での滞留時間の低減
- ④ 燃料中N分の低減

ここで、注意すべきことは、上記要素の①～③は、いずれもばいじんの発生抑制とは相反するものである。したがって、NO_xの生成抑制対策の実施に当たっては、ばいじんの排出が増加することのないよう、十分に配慮することが重要である。

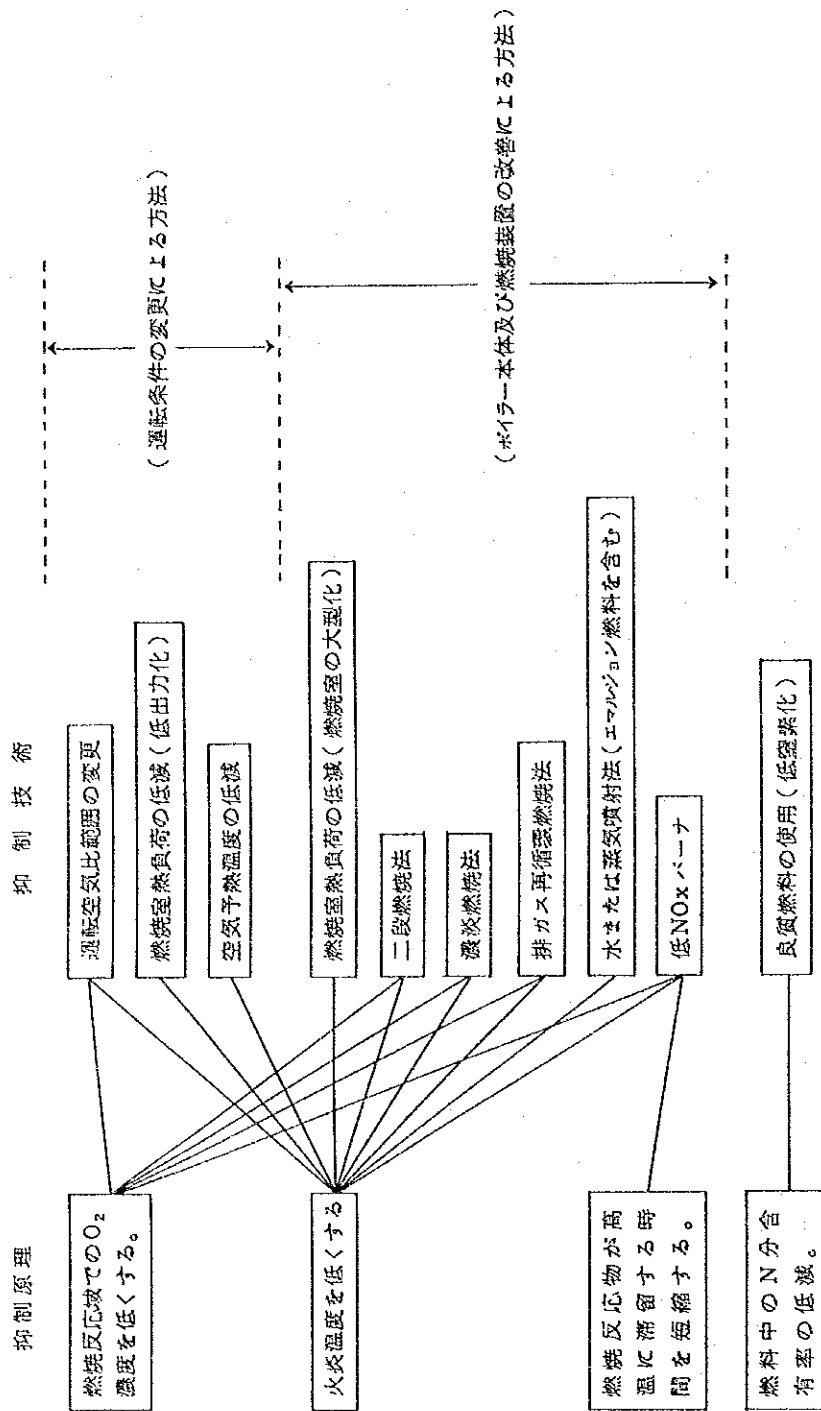
NO_xの生成抑制要素と、それぞれの要素に対応する生成抑制技術をまとめたのが図VII-4である。

(3) NO_x抑制効果

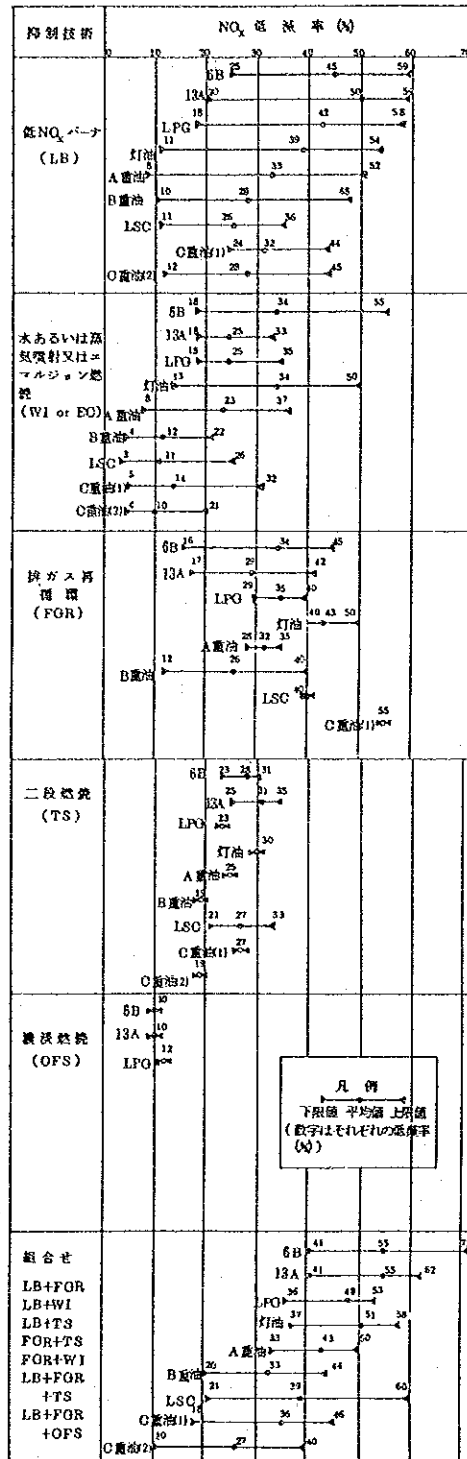
NO_x抑制効果については、抑制技術適用前のNO_x排出状況、使用バーナー形式、使用燃料種類、ボイラーの形式や規模、運転条件（運転空気比や熱負荷）、対策強度（例えば排ガス再循環率）など多くの要因が複雑に影響するために、定量的な評価をすることは大変に難しいが、いくつかの実働ボイラーについて、各種のNO_x抑制技術（運転条件の変更による方法は除く）を適用した場合のNO_xを調査した結果が図VII-5である。

この調査結果によると、

- ・NO_x抑制技術の採用件数としては、低NO_xバーナー、水あるいは蒸気噴射、排ガス再循環の順に多く、その他の技術の採用例は比較的少ない。これは、NO_x削減の確実性、採用する際の簡便性、対策に要する設備・運転費の経済性などに対する総合的な配慮が反映されたものと推察される。
- ・いずれの対策技術においてもN分の高い燃料油ほどNO_x低減効果は小さい。
- ・特に水あるいは蒸気噴射では、前項の傾向が顕著である。
- ・低NO_xバーナーでは、総じて他の対策技術よりもいくぶんNO_x低減効果が高く、高N分燃料油に対しても比較的良好的な効果が得られている。



図VI-4 NOx抑制原理と抑制技術



図VII-5 実働ボイラーにおけるNO_x抑制技術のNO_x低減効果

2. 燃焼管理技術

大気汚染防止燃焼技術は燃焼管理技術と相まって具現化するものであり、これらを熱エネルギー利用設備全体を対象とした熱エネルギー管理の一部としてとらえ、評価することが重要である。例えば、ボイラーにどのようなNO_x抑制燃焼方法を導入すべきかを選定する際には、予めその適用性やNO_x低減効果およびボイラー性能への影響などを評価しなくてはならない。そのためには、ボイラー火炉の構造や使用燃料とその燃焼方法による燃焼過程およびボイラー性能の評価などについての理解が不可欠である。NO_x抑制燃焼方法を導入した後でも、所期のNO_x抑制効果を維持するためには、燃焼負荷に応じた最適運転空気比など適正な燃焼状態を維持するための監視・制御が必要である。また、長期間の運転によるバーナー部の損耗などによって燃焼状態やNO_x排出に異常が生じた場合には、その原因の発見と適切な対応策の実施が必要であり、これもまさしく燃焼管理そのものである。

熱エネルギー管理とは、効果的な燃焼技術、それによって発生する熱エネルギーの有効利用技術、これらの過程で発生する環境汚染の防止技術などを統合して体系づけたシステムということができる。我が国では、「熱管理法」、「省エネルギー法」、「大気汚染防止法」や「エネルギー管理士」、「公害防止管理者」制度などを背景として、熱エネルギー管理に関連する技術開発と普及および熱エネルギー管理の研修・教育が行われてきており、大気汚染防止や省エネルギーの推進に寄与している。我が国における熱エネルギー管理に関する成書としては文献3)、4)があり、その内容の概略は以下の通りである。

- ① エネルギー管理概論：エネルギー資源とエネルギー需給事情。熱エネルギー管理の意義と方法。省エネルギーとその推進。
- ② 燃料概論：気体、液体、固体燃料と性状。
- ③ 燃料試験方法：燃料の性状、成分、燃焼性などに関する各種試験方法。
- ④ 熱力学、伝熱工学、流体力学の基礎
- ⑤ 燃焼方法および燃焼装置：燃焼基礎現象。各種燃料についての燃焼方法と燃焼装置。
- ⑥ 計測方法および計測機器：燃焼ガス分析方法および温度、流量、圧力などの測定方法と計測機器。自動制御の基礎。
- ⑦ 燃焼計算と熱勘定：熱焼管理に必要な諸量の計算方法。熱勘定方法と熱エネルギー有効利用の評価。
- ⑧ 熱エネルギー利用設備：ボイラー、各種工業炉、蒸留、蒸条、乾燥装置、冷凍・空調設備などの各種熱エネルギー利用設備の種類、構造、性能。耐火・断熱材などの熱設備材料。
- ⑨ 大気汚染防止技術：大気汚染物質排出抑制燃焼技術。排煙処理技術と設備。大気汚染物質の測定方法。

燃焼設備の運転管理者としては、ただ設備製造メーカーから提供される運転マニュアルに従って運転管理するだけでなく、大気汚染防止を含めた燃焼管理技術を修得し、実践できることが要

望される。上記の熱エネルギー管理の概略内容のうち、燃焼管理に直接的に関係するものは⑤燃焼方法および燃焼装置、⑥計測方法および計測機器、⑦燃焼計算と熱勘定、⑧大気汚染防止技術などがあり、燃焼計算と熱勘定に関する入門書の1つに文献5)がある。また、我が国の公害防止管理者制度における講習用テキストとして文献6)がある。

文献

- 1) 環境白書(総説、平成2年度版)、大蔵省印刷局(1990)
- 2) 窒素酸化物排出量削減技術マニュアル、東京都環境保全局大気保全部(1985)
- 3) 熱管理技術講義(改訂7版)、丸善(1979)
- 4) エネルギー管理技術(熱管理編)、省エネルギーセンター(1989)
- 5) 熱計算入門 III(燃焼計算)、省エネルギーセンター(1989)
- 6) 公害防止の技術と法規(大気編)、産業公害防止協会(1990)

VIII. 燃焼試験及び技術移転における重点

1. 本件調査の主眼

本件調査の主眼はメキシコ国特に首都圏にて使用されている主要燃料を対象として各種燃焼技術及び運転管理によるNO_x削減効果の実証試験を行いつつ、その実施を通じた燃焼技術等の技術移転を行うことにある。

低NO_xバーナー等メキシコ側が導入しようとしている各種対策施設による削減効果はそれなりに期待できる。しかしながら、空気調整等の適正な燃料手法によって運転されなければその効果が減少することとなり、現にメキシコ首都圏の固定発生源の大半では燃焼時の空気量が過剰となっていることに伴う多大なNO_x排出が起きている現状を鑑みれば適正燃料管理技術者の育成等ソフトの充実が緊急かつ重要な課題となっている。

これは天然ガスを燃料とする燃料施設においても同様であり、天然ガスの使用により重油燃焼に比して排出対策は容易となるものの、燃焼方法によってNO_xの削減効果は左右される恐れがある。NO_x対策を完璧に行うためには、それに付随する運転管理能力の強化が不可欠となっている。

こうした技術移転を包含した調査は地道かつ中・長期的効果に資するものであり、メキシコでのNO_x対策を効果的なものとするには重要なものとする。

使用燃料による改善が可能となるSO_xとは異なり、NO_x削減については低NO_xバーナー等関連機器・施設の導入のみならず、燃焼時の空気比・温度設定等運転管理方法の変更による効果が期待でき、むしろ適正燃焼管理技術が伴って初めて当該機器・施設を最大限有効に活用できるものである。この観点から燃焼管理技術者の育成、燃料技術マニュアルの作成等のソフト部分の充実が有効かつ急務である。

また、多額な投資を実施することが困難な企業にとっては、低コストで排出削減を実施できる燃焼管理技術の提供は有益である。

従って、本件調査において試験プラントを使用した燃焼技術及び燃焼管理技術に関するセミナー実施並びに各種マニュアル整備及び技術者育成計画の作成等は固定発生源である工場等での既存燃料施設の排出削減、対策施設導入後の施設の効果的利用、将来的な適正燃料技術導入のための計画立案等において非常に意義あるものと考えられる。

2. メキシコ首都圏における燃料事情

首都圏に位置する火力発電所では重油から天然ガスの専焼に転換されており、近隣に天然ガス配管が敷設されている大、中規模工場に対しては、重質油から天然ガスへの転換を行政側から要請されているケースも多いようである。しかしながら、天然ガス配管網などインフラの整備が不十分であることや、重質燃料油から高価格の天然ガスへの転換が中小工場で受け入れられにくい

などの状況があり、首都圏全域にわたっての天然ガスの使用拡大はなかなか難しい状況にある。また、燃料油の軽質化については、重質燃料油にspecial dieselとよばれる軽質油（我が国の軽油相当と思われる）をブレンドしたものが使用され始め、排出規制に見合う範囲内で重質油の使用も維持しようとする姿勢がうかがわれる。このように、首都圏の大気汚染改善政策の一方には燃料経済政策があり、全面的な燃料良質化の推進が難しいという実状がある。

3. 燃焼管理の実態

ボイラー運転管理者には労働省の資格認定制度があり、資格取得に向けての研修コース（民間企業が実施）のシステムも機能しているが、研修の内容は、ボイラーメーカーから提供される運転マニュアルの理解と実践にとどまっている。

ボイラの運転管理の現場では、必要な蒸気出力の維持が主眼であり、燃焼排ガス計測をはじめとする燃焼監視や適切な燃焼制御による省エネルギーの追求などについては大規模ボイラにおいても殆ど実施されていない。NO_x、SO_x、PMなどの大気汚染物質については、年間1回のSEDESOLへの報告義務に際してこれらの排出濃度を測定するだけであり、各工場の大気汚染防止に向けての自発的な対応姿勢はみられない。

これらの背景としては、

- ①従来の燃料低価格政策により燃料節約の経済効果が希薄である。（ただ、近年では政策の見直しにより、燃料価格は実勢国際価格に近づきつつある。また、CONAEによる省エネルギーの啓蒙・普及推進の動きもある。）
- ②ボイラー運転技術者の地位、待遇が不十分のためか、技術者の教育・技術水準はあまり高いとは言えないようであり、運転現場における創意・工夫の発現が期待できない状況にある。
- ③各工場においては経済性の追求が優先し、大気汚染防止に積極的な対応を進めるには経済的に厳しい制約がある。

4. 燃焼試験および技術移転における重点

上述したようなメキシコ首都圏における燃料事情、燃焼管理の実状のもとで、本件調査のうち、燃焼試験およびそれを通じての技術移転にあたっては、以下の事項が重要であろうと考えられる。

- ①低空気比完全燃焼をはじめとする基本的な燃焼管理技術。

NO_x排出濃度の低減ばかりでなく、省エネルギー効果によりすべての大気汚染物質の排出総量の削減につながるものであり、その意義と重要性は大いに強調すべきであろう。

- ②低NO_x燃焼技術としては、低NO_xパーナおよび排ガス再循環を対象とする。多種類の技術については試験を実施することは得策ではなく、見込まれるNO_x低減効果、対策導入における経済性、運転管理の簡便性などを総合すると、これら2種類の技術の実効性が高いと考えられる。
- ③2段燃焼方式の低NO_xパーナ（あるいは、更に排ガス再循環の組み合わせ）によるFuel NO_x低

減効果の検証。

上述の首都圏の燃料事情から、依然としてFuel No_xの低減が重要である。

④ブレンド油を含め、なるべく多種類の燃料を対象とした燃焼試験。

試験対象とできる燃料種類には、自ずと限界があるが、首都圏において、重・軽質油のブレンドの使用が拡大することが予想され、当該試験結果はメキシコ側にとって大変貴重なものとなるろう。

⑤天然ガス燃焼による高いNO_x低減効果の提示。

大気汚染防止対策に関わる行政機関の中で、天然ガスへの転換によるNO_x排出量の低減効果が過少評価されているむきがある。

IX. 燃料試験の概要

1992年7月および1993年3月の2回にわたる現地調査結果でメキシコシティにおける燃焼管理技術の現状は以下のように総括することができる。

- ★火力発電所などの大規模燃焼施設では燃焼や大気汚染防止に関する研究はかなり高いレベルにある。
- ★中小規模の燃焼施設での大気汚染物質排出抑制燃焼技術の開発は行われてみらず外国の技術導入に頼っている。
- ★工場における省エネルギー意識は薄く、空気比の管理が充分に行われていない。
- ★低NO_xバーナーの導入が進行しているが適切に使用できる技術を有していない。
- ★労働省認可のボイラー運転者養成を各所で実施しているが実習に重点をおいた高度な燃焼管理技術者の養成は行われていない。

以上のような事情を考慮して大気汚染物質の発生抑制や省エネルギー技術を有する燃焼管理技術者を養成するための研修内容や試験装置の概要を次のように決め、本格調査でこの内容に従ってメキシコ側のカウンターパートと合同で燃焼実験を行う。

実験に先立って次のような講義を実施する。

- (1) 燃焼管理技術：燃焼工学、燃焼装置等
- (2) 燃料の性状：使用する燃料の元素組成、発熱量、比重、物理的性質。
- (3) 使用するバーナーの概要と使用方法
 - バーナーA：油用の標準型
 - B：ガス用の標準型
 - C：油用低NO_x型（自己循環式）
 - D：油用の低NO_x型（二段燃焼型）
 - E：ガス用の低NO_x型（自己循環式）

1. 燃焼試験項目

- (1) 低空気比燃焼：O₂1.5～10%
- (2) 最適噴霧条件の検討：燃料温度、ノズルの形状
- (3) 予熱空気温度の影響：常温、200°C
- (4) ボイラー負荷の影響：50, 70, 100%
- (5) 省エネルギー対策：ドレン回収法、熱損失防止法など。
- (6) 測定機器の操作方法と実測

各燃料条件ごとに下記のような測定を行う。ただし、ダスト測定は必要最小限にする。

① 液体燃料

CO₂, CO, O₂, SO₂, NO₂, Dust, Ringelmann濃度, 火炎温度、炉内温度、燃焼効率、ボイラー効率、熱精算。

② 気体燃料

CO₂, CO, O₂, NO_x, Dust, 火炎温度、炉内温度、燃焼効率、ボイラー効率、熱精算。

(7) 燃焼実験計画

	バーナー	燃料	低空気比	霧化条件	空気温度	負荷
標準	A	ガス油	○○○○	○○	○○	○○○
		燃料油	〃	〃	〃	〃
	B	Nガス	〃	—	〃	〃
低NO _x	C	ガス油	○○○	○○	○○	〃
		燃料油	〃	〃	〃	〃
	D	ガス油	〃	〃	〃	〃
		燃料油	〃	〃	〃	〃
	E	Nガス	〃	—	〃	〃

○一ケは一条件

(8) 実験結果の解析と評価

燃焼条件ごとの実験結果を整理し、各種因子の影響、効果などを解析して総合的な評価をおこなう。さらに、燃焼管理マニュアル作成の参考資料とする。

2. 試験装置の設計案 (図IX-1. 燃焼試験装置フローシート参照)

本試験装置は、燃焼管理技術の研修に使用するものであり、装置の構成は蒸発量1.2ton/hのボイラー、水蒸気冷却器、空気予熱器、煙突、各種測定機器よりなる。この装置では燃焼管理や熱精算、熱効率などの研修が可能である。

使用する燃料はガスオイル、燃料油、天然ガスの3種、バーナーは標準の液体燃料用と気体燃料用の2種およびそれに対応する低NO_xバーナーを3種用意しており、目的に応じて交換して使用する。

ボイラーの安全性能はメキシコの基準に合格するものとし、現地での据付工事、以外は国内で組み立て、調整後発送する。

各種機器仕様の概要は下記のとおりである。

(1) ボイラー本体

- 1) 型式 : 炉筒煙管ボイラー (排ガス循環装置つき)
- 2) 蒸発量 : 1.2ton/h
- 3) 使用圧力 : 10kg/cm²
- 4) 軟水装置 : 一式

- 5) 各種流量計：燃料や給水用
- 6) 各種圧力計：空気、水蒸気、炉内用
- 7) 制御盤　　：自動運転操作盤、電源、記録計付属
- 8) 煙突　　　：一式
- 9) 付属品　　：一式
- 10) 取扱い説明書：和文、英文

(2) 水蒸気冷却塔（熱利用設備模擬装置）

- 1) 型式　　　：空冷式
- 2) 冷却能力　：1.2ton/h
- 3) ドレン回収システム
- 4) ドレンポンプ
- 5) オーバル流量計：一式

(3) 熱線式風速計（燃焼用空気、排ガス量測定用）

- 1) 型式　　　：高温用アネモマスター風速計
- 2) 測定範囲　：風速 = 0～10m/s、風温 = 0～500℃
- 3) 測定流体　：空気、排ガス
- 4) 付属品　　：一式
- 5) 取扱い説明書：和文、英文

(4) オルザットガス分析計：一式（手動のCO₂、O₂、CO測定用）

(5) オーバル流量計（発生蒸気量の測定用）

- 1) 型式　　　：蒸気測定器
- 2) 測定範囲　：30～1800kg/h
- 3) 使用圧力　：16kg/cm²
- 4) スチームトラップ等付属品一式
- 5) 取扱い説明書：和文、英文

(6) 排ガス測定用前処理装置

- 1) 型式　　　：島津 CFP-301相当品
- 2) 対象ガス　：燃焼排ガス
- 3) 除湿性能　：1.5～3.5℃ 出口ガス露点

- 4) 付属品 : 一式
 - 5) 取扱い説明書: 和文、英文
- (7) 排ガス分析計
- 1) 型式 : 単光源二光束非分散形赤外線吸収式
 - 2) 測定範囲 : NO_x 0～1000ppm
SO_x 0～500 ppm
O₂ 0～25%
 - 3) 付属品 : 一式
 - 4) 取扱い説明書: 和文、英文
- (8) CO₂、CO濃度計
- 1) 型式 : ポータブルガステスター (島津CGT-10-A)
 - 2) 測定範囲 : CO₂ 0～15%
CO 0～0.1/0.5%
 - 3) 測定方式 : 非分散赤外線吸収式
 - 4) 表示 : アナログメーター表示
 - 5) 電源 : 100V 60Hz
 - 6) 付属品 : 一式
 - 7) 取扱い説明書: 和文、英文
- (9) ダスト採集装置
- 1) 型式 : 自動等速吸引装置 (岡野ESA-302G-20相当品)
 - 2) 排ガス温度: 0～1000℃
 - 3) 等速吸引範囲: 1～50m/s
 - 4) 吸引量 : 1～331/min
 - 5) 最大捕集量: 10g/m³
 - 6) 付属品 : 一式
 - 7) 取扱い説明書: 和文、英文
- (10) Ringelmann chart: 一式 (煙突の黒煙測定用)
- (11) 表面温度計 (炉壁温度測定用)
横河電機 2542相当品: 一式

(12) 温度計 (炉内やダクトなどの連続測定用)

- 1) 型式 : 熱電式 6 打点記録計
- 2) 熱電対 : CA 6 対
- 3) 記録計 : ハイブリッド記録計 (180mm)
- 4) 付属品 : 一式
- 5) 取扱説明書 : 和文、英文

(13) 温、湿度計

- 1) 型式 : 精密型温度計 (第一科学 TRH-3 A 相当品)
- 2) 測定範囲 : -10~80°C
10~99.9%
- 3) 出力 : 0~1 V
- 4) 電源 : 2 電源方式
- 5) 取扱説明書 : 和文、英文

(14) 水質硬度計

- 1) 型式 : クリタ水質試験器
- 2) 付属品 : 一式
- 3) 取扱説明書 : 和文、英文

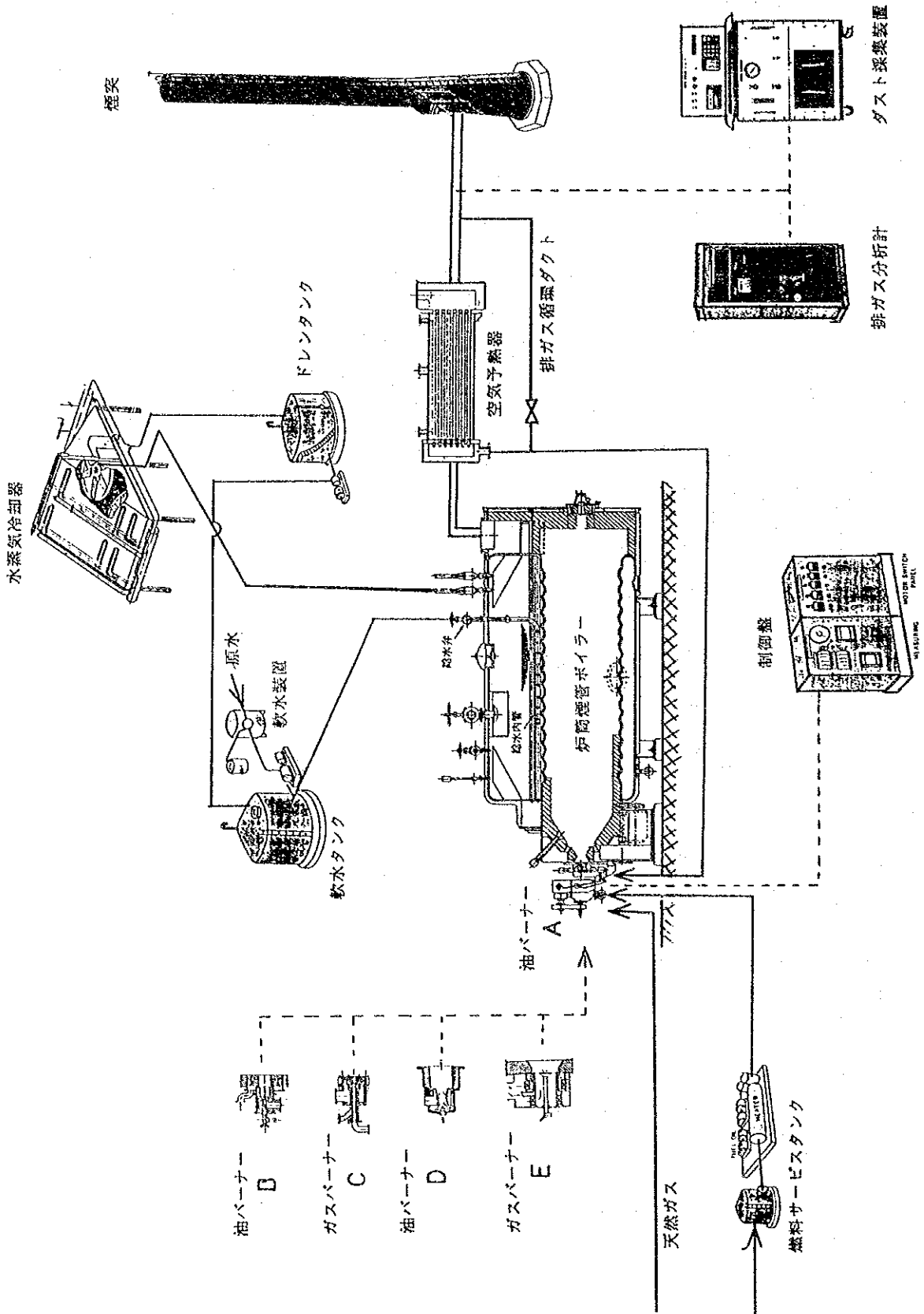
(15) 気圧計

- 1) 型式 : アネロイド型 (吉野計器 8 A 型相当品)
- 2) 目盛範囲 : 685~785mmHg
- 3) 最小目盛 : 0.5mmHg
- 4) 取扱説明書 : 和文、英文

(16) 放射温度計 (火炎温度測定用)

- 1) 型式 : ミノルタ TR-630 型
- 2) 測定範囲 : 600~3000°C
- 3) 表示モード : 瞬時値、ピーク値、バレー値
- 4) 電源 : 単 3 乾電池 6 本

(17) データ収録装置 : 一式



図IX-1 燃焼試験装置フローシート

3. プラントの設置場所の概要

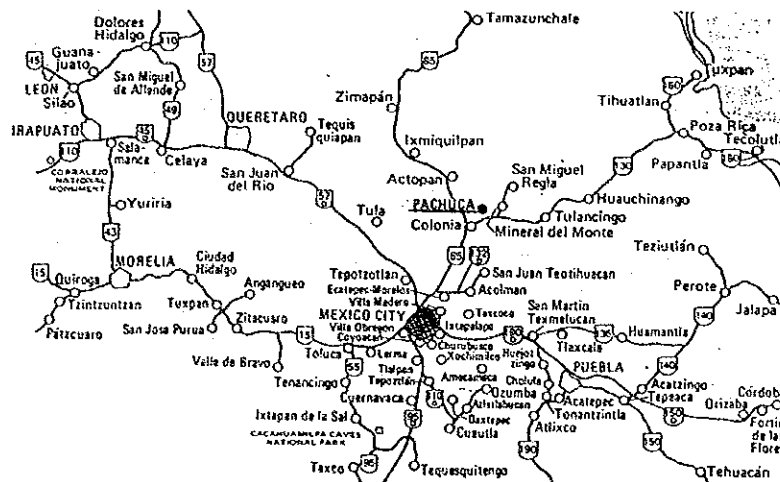
燃焼試験プラントの設置場所は、メキシコ市内から約100km離れた HIDALGO 州の州都 PACHUCA 市（人口約50万）の東 4～5 kmにある石油研究所の PACHUCA 研究所内である。

この研究所は32haの敷地に燃料や潤滑油、触媒などの研究を行うことを目的として4年前に新設された。

Pachucaは北緯20.08°、標高2445mにあって夏の最高温度は31°C冬季は-5.8°Cになることがある。

研究所はまだ建設の途中で研究棟や研究施設は完成しておらず研究員もわずか25人という状態である。

燃焼試験プラントの設置場所としては掘削研究施設を設置する予定であった研究棟（建設済み）を選定した。（添付写真参照）



研究棟は、最高部の高さが8m、クレーン取り付け可能高さが6mで屋根、側壁付きのコンクリート床である。

床面積は約600m²（20×30m）で両脇に廃水溝を設けてある。

地耐力は20t/mであり、コンクリート床の耐荷重は350kg/cm²であるが床面が傾斜しているためプラントを設置する場合は基礎工事が必要である。

研究所の説明によると

- ①一次電源電圧は23000Vで110Vまで降圧できる。
- ②天然ガスは敷地の近くまで6inchで配管が来ており、400万ft³/d（11万m³/d）使用できるただし、現在敷地には未配管である。
- ③市の水道貯水量は200万literあって約90t/hの給水が可能である。

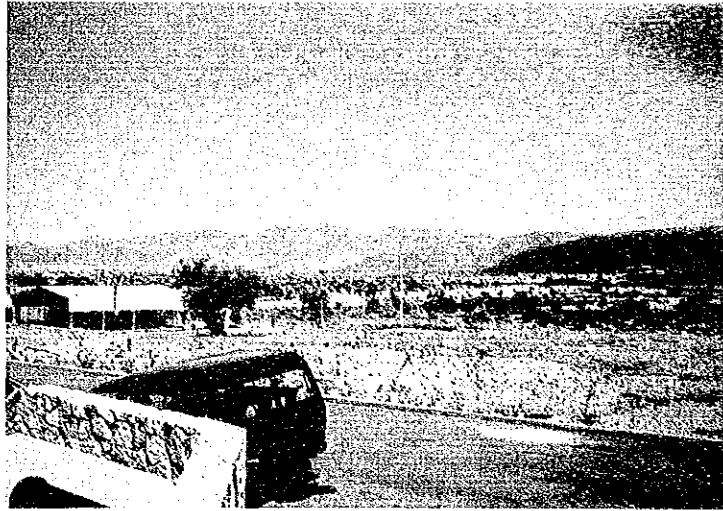
研究所としては試験プラントに必要な量を供給出来るよう工事を行う予定であるといっている。

水質は下記のとおりである。

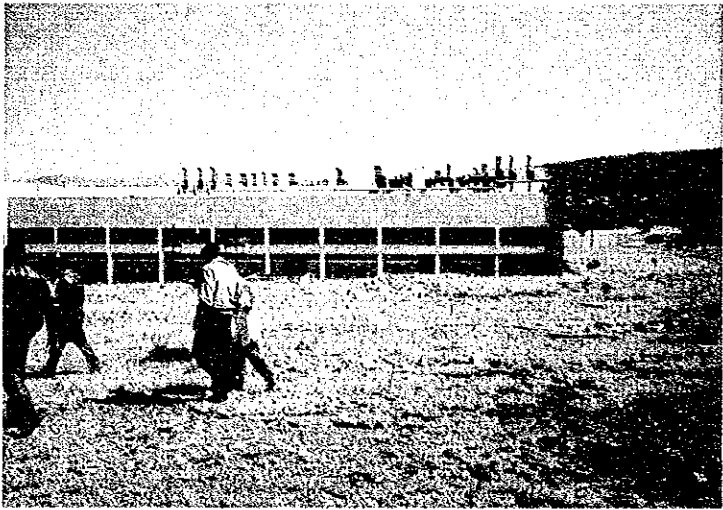
PH	7.5	
TEMPERATURE°C	23	
DISOLVED OXYGEN	ppm	4.2
CONDUCTIVITY	umohs/cm	880
P. ALCALINITY	ppm CaCO ₃	0
M. ALCALINITY	ppm CaCO ₃	305
HARDNESS	ppm CaCO ₃	267
CALCIUM	ppm	59
MAGNESIUM	ppm	29
PARTICULATE MATTER	ppm	20
DISOLVED MATTER	ppm	491

隣室2階には、化学実験台やドラフトなどが完備された実験室があり、化学分析や試薬の調製などに利用できる。

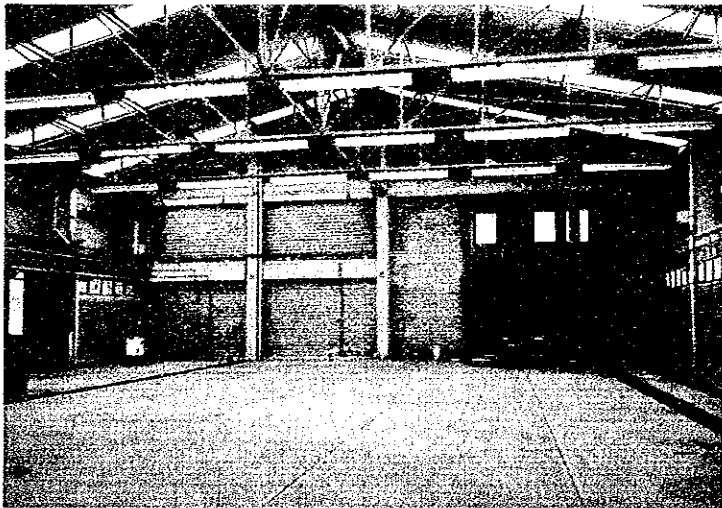
また、この研究所から自動車で約20分のところに3年前に建設されたIMPの研修センターがある。施設としては150人用の講堂、宿泊質が50あって、現在はもっぱら社員技術研修を行っているが、本格調査や今後実施される燃焼管理技術者研修に利用出来ることになっている。



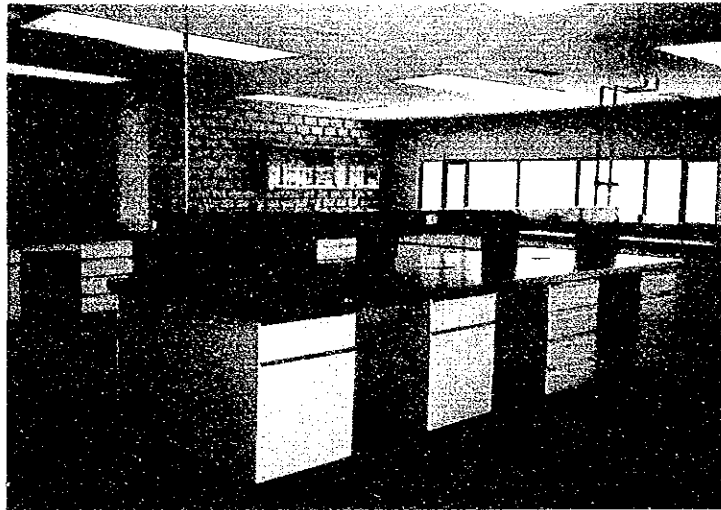
Pachuca市の遠望



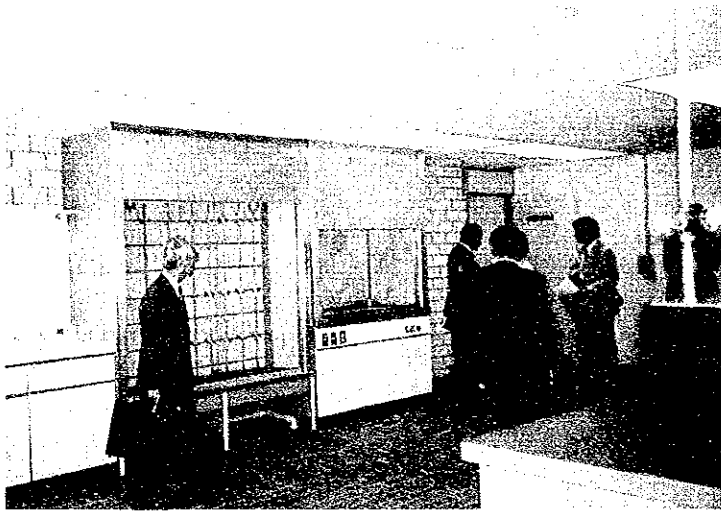
研究棟の外観



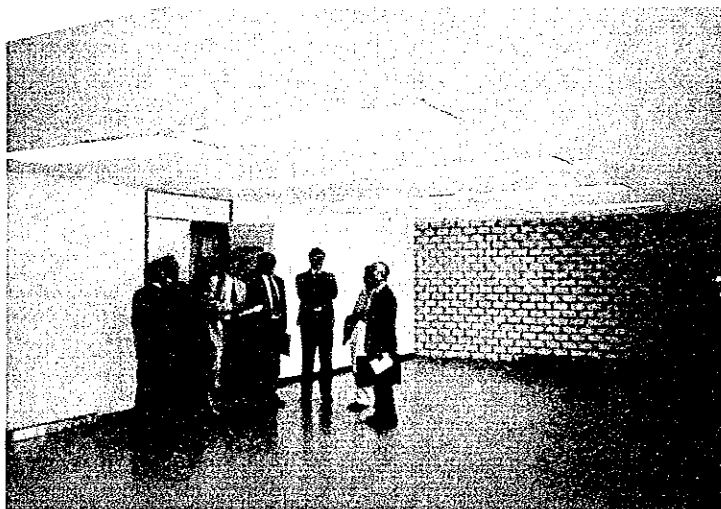
試験装置設置予定場所



分析室（実験台）



分析室（ドラフト）



研究室の内部