

国際協力事業団

イラン・イスラム共和国エネルギー省

イラン国
火力発電所環境影響評価調査
ファイナル・レポート
要約

平成11年12月

JICA LIBRARY



J 1154792 (4)

株式会社 数理計画
東電環境エンジニアリング株式会社

JICA
304
643
MPN
BRARY

鉦調資
JR
99-207

国際協力事業団

イラン・イスラム共和国エネルギー省

イラン国

火力発電所環境影響評価調査

ファイナル・レポート

要 約

平成11年12月

株式会社 数理計画

東電環境エンジニアリング株式会社



1154792 [4]

序 文

日本国政府は、イラン・イスラム共和国政府の要請に基づき、同国の火力発電所環境影響評価調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成8年12月から平成11年9月までの間、6回にわたり（株）数理計画の野口雅章氏を団長とし、（株）数理計画及び東電環境エンジニアリング（株）の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、イラン・イスラム共和国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

終わりに、本調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心からの感謝申し上げます。

平成11年12月

藤田 公 郎

国際協力事業団

総裁 藤田公郎

平成 11 年 12 月

国際協力事業団
総裁 藤田公郎殿

伝 達 状

イラン・イスラム共和国火力発電所環境影響評価調査のファイナル・レポートを提出いたしますので、よろしく御査収願います。本報告書は、タブリーズとエスファハン両火力発電所とその周辺 20km の地域での大気環境観測と発電所の影響評価、更に評価から判明した対策の提案を含んでおります。

本報告書は要約と本文、サポートから構成されております。要約には調査全体の概要を、本文には調査の方法と結果の説明と提案事項を記載しております。更に、サポートには使用機材と方法の詳細、諸種データ、技術移転の内容、背景をなす情報等を網羅しております。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間にわたり、多大のご支援とご援助を賜った貴事業団、外務省、通商産業省、駐イラン日本大使館関係各位、並びにイランエネルギー省関係各位と同省エネルギー次官配下のカウンターパート、更に両発電所所員に対し、心からの感謝の意を表するものであります。

本調査がイラン国火力発電所の環境問題解決とイラン国の今後の発展のために貢献できることを切に願う次第であります。

野口雅章

JICA 調査団長

野口雅章

目 次

第1章 総論	1
第2章 イランの社会経済の現状	6
第3章 火力発電	8
第4章 環境保護に関する法・組織制度	13
第5章 気象観測	18
第6章 大気環境の現状とその評価	20
第7章 ばい煙の現状とその評価	23
第8章 大気環境へのばい煙影響評価	27
第9章 化学分析	34
第10章 EIA構築	35
第11章 提案	38
第12章 結論	44

略語表

Az	イラン燃料油のコード名
BOD	生物学的酸素要求量
BS	直径 4.5 μm 以下の粒子
Bz	イラン燃料油のコード名
COD	化学的酸素要求量
deg C	摂氏の温度差
DF/R	ドラフト・ファイナル・レポート
DST	イラン夏時間
DO	溶解酸素
DOE	イラン大統領府環境庁
ED-MOE	エネルギー省環境部
EHC	イラン環境最高評議会
EIA	環境影響評価
EIS	環境影響評価書
Fig.	図
F/R	ファイナル・レポート
GDP	国内総生産
GNP	国民総生産
ICES	イランエネルギー研究センター
IC/R	インセプションレポート
I. R. Iran	イラン・イスラム共和国
IT/R	インテリムレポート
JICA	国際協力事業団
JIS	日本工業規格
MOE	イランエネルギー省
MW	メガワット
NG	天然ガス、NGL—液状天然ガス、LNG—液化天然ガス
NIOC	イラン石油公社
NO _x	主として一酸化窒素 (NO) と二酸化窒素 (NO ₂) との混合物
OJT	実地訓練
PG/R	プログレスレポート
PM	粒子状物質
ppb	十億分率
ppm	百万分率
PTIO	2-フェニル-4,4,5,5-テトラメチルイミダゾリン-3-オキサイド-1-オキシド
Rls.	イラン通貨単位 (リアル); 本書では米ドル 1.00 = Rls 8,000
SO _x	二酸化硫黄(SO ₂)と三酸化硫黄 (SO ₃)の混合物
SPM	大気中の浮遊粒子状物質
SS	水中の浮遊固形物質
TEA	トリエタノールアミン
TSP	大気中の全浮遊粉塵
UNDP	国連開発計画
UNEP	国連環境計画
U.S. EPA	米国環境保護庁
WHO	世界保健機関
¥	日本円: 本書では米ドル 1.00 = ¥120

第1章 総論

1.1 背景

イラン国北部及び北西部の発電所の環境影響評価を行うため、1995年10月に、同国から日本政府に技術協力要請があった。日本政府から担当機関として指定を受けた国際協力事業団(JICA)は、事前調査団を派遣し、対象発電所はタブリーズ発電所とエスファハン発電所の二つに絞られた。イラン側の担当機関はエネルギー省エネルギー担当次官配下の環境部となった。JICAは本格調査のために調査団(JICAチーム)を組織し、1996年12月より本格調査を開始した。イラン側でも担当機関のメンバーにより対応する調査団(カウンターパートチーム)を組織した。

1.2 調査概要

調査の目的は次の3項目であった。

- a) 既設及び新設の発電所のEIA作成並びに環境対策の実施、発電所のエネルギー効率増加案作成等のイランエネルギー省による独自実施のための技術力向上への寄与
- b) 既設火力発電所とその周辺地域における環境調査の実施、現況の環境評価及び排出物の削減策等の提案、並びにイランの実状に即した火力発電所のEIA枠組みの構築
- c) 現地調査時の共同作業及びセミナーの開催等を通して、イラン側カウンターパートへの関連技術の移転

調査対象は二ヶ所に別れ、タブリーズ発電所とエスファハン発電所とそれらから半径20km(図1.1と1.2)であった。両発電所の特徴を表1.1に示す。

表 1.1 調査対象発電所

工場名	装置	能力 MW	主要燃料		煙突 m		運開 時期	備考
			名前	S%	高さ	直径		
タブ リーズ	1	368	重油	3.0	120	5.0	1986	煙突2本が径12mのケースに、 15%排ガス循環。
	2	368	同上	同上	120	5.0	1988	
エスフ アハン	1	37.5	軽油と天		25	1.5	1969	煙突2本が1本のケースに。
	2	37.5	燃ガス		25	1.5	1969	
	3	120	重油	3.5	55	2.5	1974	冬季以外は天然ガスとの混焼
	4	320	重油	3.5	80	5.0	1980	同上
	5	320	重油	3.5	80	5.0	1988	同上

調査対象汚染物質は硫黄酸化物(SOx)と窒素酸化物(NOx)、粒子状物質であった。また、煤塵や降下粉塵中の重金属分析も行った。

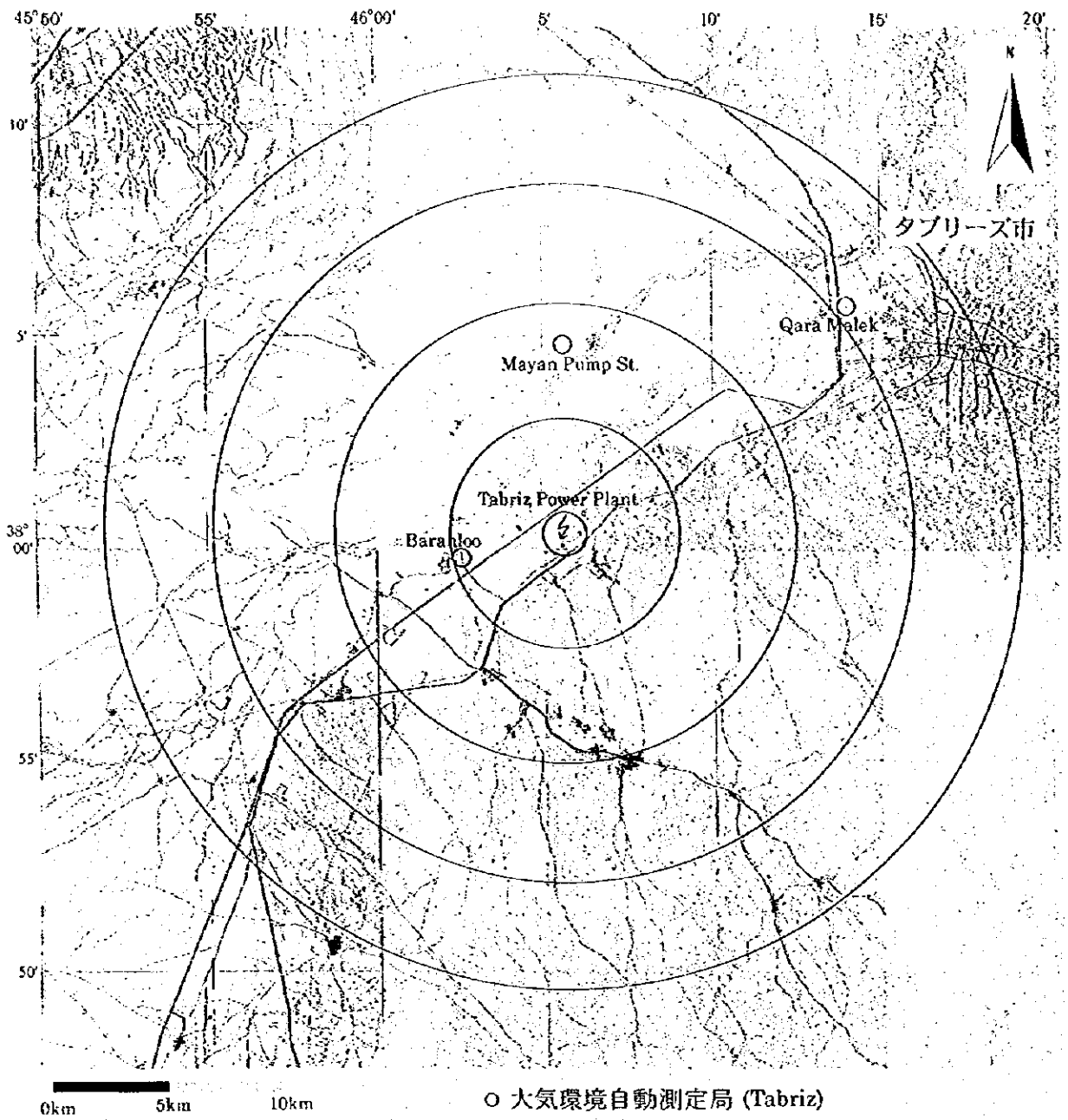
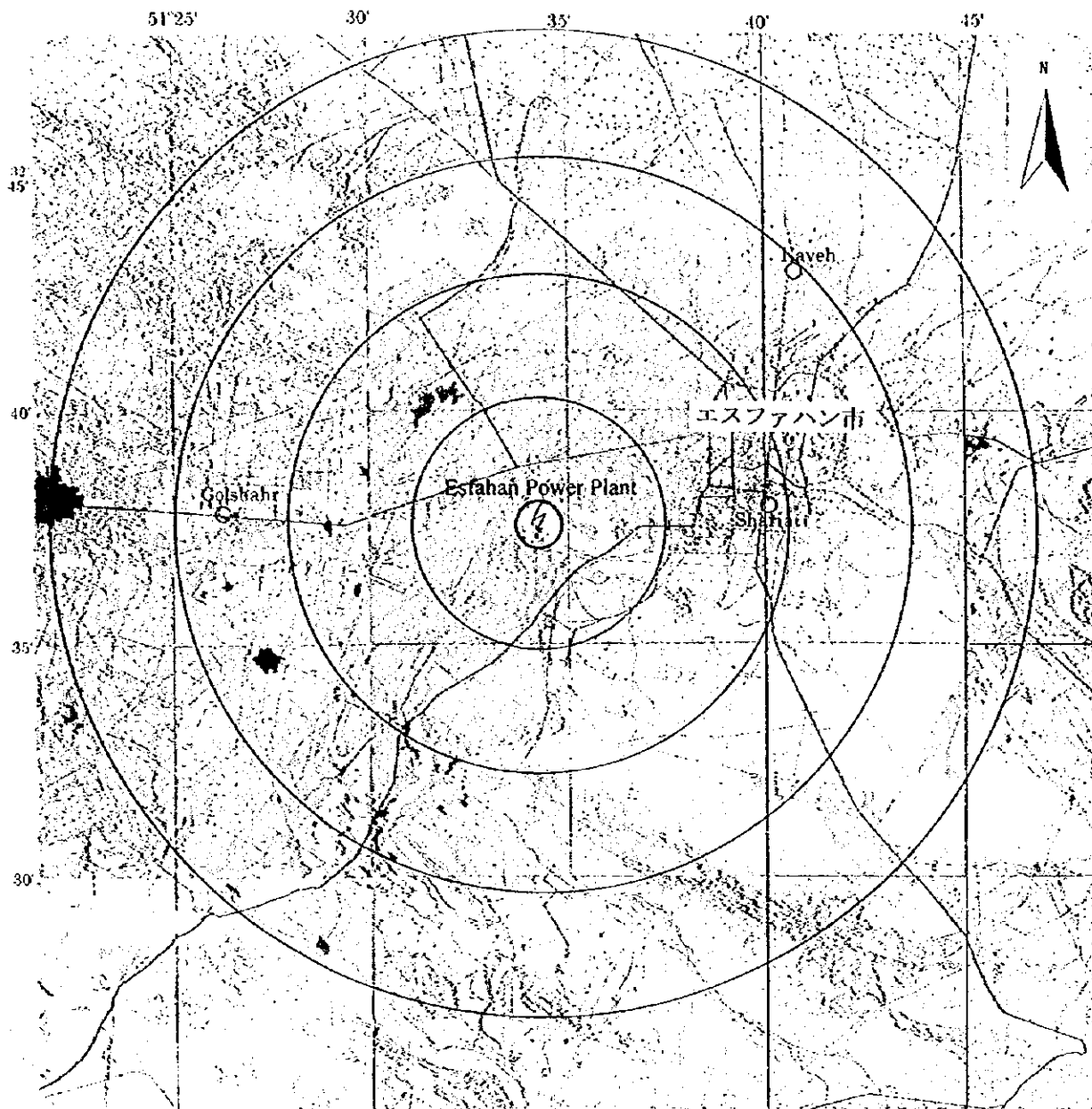


図 1.1 タブリーズ火力発電所とその周辺



○ 大気環境自動測定局 (Esfahan)

図 1.2 エスファハン火力発電所とその周辺

タブリーズ発電所周辺半径 20km 範囲には、東アゼルバイジャン州の州都で人口約 110 万人のタブリーズ市の一部と原油処理能力毎日 10 万バレルのタブリーズ精油所、各種石油化学製品年産 25 万トンのコンプレックスがある。主要産業はトラクター製造、絨毯製造等である。発電所は市の南西 15km に位置し、標高 1350 m の平地にあり、南東方向は標高 2200 m までの山岳地帯で、他の周辺は平地で農業・果樹生産が盛んである。冬は寒く雪が厚く、夏は暑い。春秋は快適な場所である。

エスファハン発電所周辺 20km 範囲には、エスファハン州の州都エスファハン市（人口約 113 万人）がある。同市は歴史遺跡の多い観光都市である。標高 1600m の発電所は同市から南西 9km 地点にあり、すぐ近くをザヤンデ川が流れている。発電所の北～北東～西側に 100～300m の屏風状の山が迫り、山の反対側斜面は市街地となっている。地域の気候は穏やかで四季があり、冬は雪が降る。20km 外ではあるがモンタゼリ発電所が北方にあり 200MW 4 基合計 800MW が稼働中であり、同一規模の増設工事が進行中で一部は運転を開始している。更にモンタゼリ発電所付近に原油処理規模毎日 40 万バレルの精油所があり、エスファハン発電所にも天然ガスと燃料油を供給している。

表 1.2 調査業務概要

	調査（実施期間）	主要業務内容
1)	第 1 次現地調査(12/96～1/97)	着手報告書討論、データ情報収集
2)	第 1 次国内解析(1～2/97)	JICA 機材仕様作成
3)	第 2 次現地調査(1～3/98)	JICA 機材の設置、測定・観測開始（除自動計）
4)	第 2 次国内解析(2～3/98)	データ解析と EIA 指針案
5)	第 3 次現地調査(5～7/98)	自動計による SO _x , NO _x 測定開始と観測状況確認
6)	第 3 次国内解析(7～8/98, 2/99)	EIA 構築、中間報告書作成、拡散モデル作成
7)	第 4 次現地調査(9/98)	中間報告書の検討、
8)	第 5 次現地調査(2～3/99)	JICA 機材の使用状況確認、拡散モデル設置
9)	第 4 次国内解析(5～7/99)	拡散モデル精度向上、最終報告書案作成
10)	第 6 次現地調査(9/99)	最終報告書案検討、セミナーの実施

業務は、表 1.2 に示すように、4 回の現地調査と 6 回の解析調査よりなっている。解析調査では、現地調査で収集したデータや情報の解析と整理、評価を主として実施した。表 1.3 に 4 年にわたる調査の実施スケジュールを JICA 調査団員名と共に示した。また、イラン側カウンターパート名を表 1.4 に記載した。

表 1.3 調査全体工程と団員

業 務	担当氏名	平成8年度				平成9年度				平成10年度				平成11年度								
		11	12	1	2	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
総 括	野口 雅章	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
副総括/環境保全対策 発着設備/省エネ	秋澤 武夫	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
大気測定・気象観測/ モニタリング計画	久喜田 律男	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
ばい煙測定/ モニタリング計画	宿間 芳文	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
EIA(大気)/ EIA手法構築(大気)	宮川 亮	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
EIA手法構築 (水質、土壌、その他)	山本 八郎	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
組織制度	山中 芳夫	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
化学分析/大気測定	松原 守	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
シミュレーション	深山 晴生	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
大気測定・気象観測	神田 修身	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
土壌気象観測	小玉 亮	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
報告書提出		▲ IC/R				▲ FG/R				▲ IT/R				▲ DF/R				▲ F/R				
調査段階	現地調査	1次				2次				3次				4次				6次				6次
	国内調査	1次				2次(1) 2次(2)				3次(1)				3次(2)				4次				

凡例: ■ 現地調査、□ 国内調査

表 1.4 イラン側カウンターパートチーム

団 員 名	担 当 業 務 分 野
1 Abdul Reza Karbassi	総括/環境保全/省エネ/EIA/組織・法制度
2 Bahman Jabbarian Amiri	プロジェクト調整/EIA
3 Forood Azari Dehkordi	ばい煙測定/モニタリング計画/シミュレーション/EIA
4 Hossein Yousefi	
5 Reza Samadi	大気測定・気象観測/同計画/シミュレーション/EIA
6 Nastaran Rahimi	土壌気象観測/化学分析
7 Teeka Sohrab	化学分析

第2章 イランの社会経済の現状

2.1 一般

イランイスラム共和国は1979年創立。1980年9月から1988年8月までの8年間はイラクと戦争状態であった。1989年に第1次5カ年開発計画を立てて国の再建を開始し、1993年までに経済的に可成りの発展を遂げた。更に1995年から2000年3月までに第2次5カ年計画を実施中である。

国の面積は約1,648,416平方キロメートルで陸地のほとんどは高さ460m以上にあり、その1/6はほとんど雨のない砂漠地帯である。人口は1996年の調査で59,500,000人で、その57%は都市部に居住している。

公用語はファルシとよばれている。但し人口の14.9%はファルシを使用していない。暦は、ペルシャ太陽暦（その1378年第1日は1999年3月21日）、イスラム陰暦（その1420年は1999年）及びグレゴリオ暦の3種が使われている。

1人当たりGNPはUS\$1,780(1997)で同成長率は1997年は1.7%であったが1998から2002年の間はマイナス0.8%と推定されている。インフレ率は1997年には23.2%であった。

化石燃料の埋蔵量を表2.1に世界の埋蔵量と比較して示す。イランの生産は、1993年には原油が198,000,000トンでその内63.45%を輸出しており、天然ガスは72,000,000,000m³であった。なお石炭は1997に1,500,000トンの生産量を示している。

表 2.1 世界の中のイラン国発掘可能エネルギー埋蔵量

資源名	発掘可能埋蔵量(1990)		
	世界	イラン	イラン(%)
凝縮炭・無煙炭、10 ⁶ トン	460,600	193	0.04
亜凝縮炭・泥炭、10 ⁶ トン	516,319	--	--
原油・液状天然ガス、10 ⁶ トン	136,754	12,700	9.29
天然ガス、10 ⁹ m ³	128,584	17,000*	13.22

2.2 第2次5カ年開発計画

第1次5カ年計画(1989 - 1994)に引き続き制定された第2次計画(1995 - 2000)では、環境保護と天然資源有効利用と共に、a)国際競争力の強化、b)製造業への直接投資、c)公共資源、流通資金、資本の有効利用、d)実施中のプロジェクトの促進、e)非石油製品の輸出による石

油依存の減少、f)サービス産業の民間移行、g)石油、水、電気、郵政事業への政府補助の減額、h)小さな政府、i)中小企業の発展等が目標とされている。

基本的な経済活動の体制を作り、社会経済文化の発展に資源の効率よい使用を図り、プロジェクトの実施を厳しく監視し、更に、石油収入に頼るのを減らす等の方針が、第2次5カ年計画には見える。

工業製品の生産目標が第2次5カ年開発計画に設定されており、報道によれば、鉄鋼、自動車、セメント、石油化学製品等は順調に計画を達成しつつある。原油の生産でも、1989年生産量一日3,300,000バレル、1993年の実績は一日4,100,000バレルで、1999年の目標値4,750,000バレルは達成できそうである。天然ガスに関しては1990年の生産量が455億 m^3 で1994年には719億 m^3 で、この4年間での平均成長率は12.1%を示している。

イランの輸出入で、1992年まではイランの輸入超であったが、1993年からは逆転して輸出超となった。事実1994年には60億ドルの輸出超を達成し、1996年には75億ドルとなった。輸出の中では石油に最大の比重を置いており、1996年には180億ドルであったが、1997年には155億ドルに減少した。石油の輸出先は日本、イタリア、フランス、オランダである。なお、石油外では1995年には50億ドルをあげ、絨毯、生又は乾燥果物、機械製品等が輸出されている。

イランには考古学的、歴史的、文化的遺跡や記念碑が数多くあり、国際的に旅行者の注目を集めている。日本からだけでも1995年から1997年までに39%、86%、66%と増加している。1998年には1万5千人から2万人の日本人観光客の来訪を期待していた。

第3章 火力発電

3.1 イランの電力事情

イラン国電力産業は 1903年に始まり、現在のエネルギー省傘下の電力部門は図3.1に示すとおりである。MOEの総括部署は政策企画本部として、電力部門企業の指導と管理責任を担っている。

電力産業は、革命後の20年の歳月を経て、1993年ついに停電率をゼロのにすることに成功した。長く、困難であった電力不足の歳月は過ぎ去り、大規模な電力供給中止状態は終了した。第一次および第二次五ヵ年開発計画のもとでは、発電と送電の管理部門の民営化が進められた。

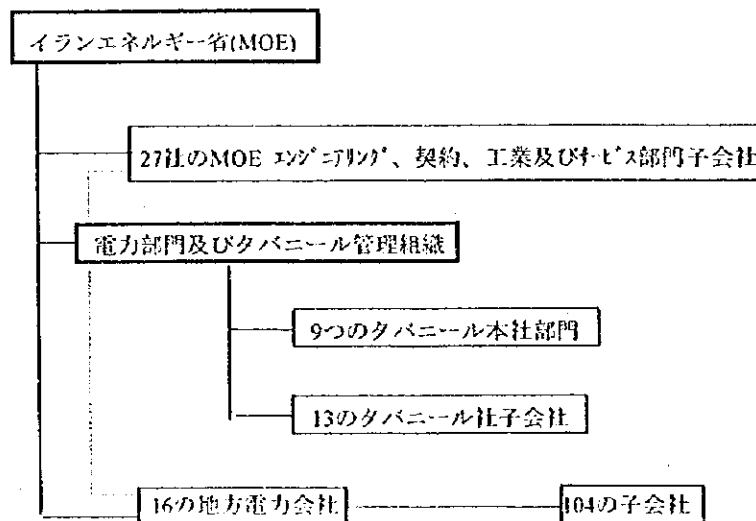


図 3.1 MOE傘下のイラン電力産業組織

電力部門の第二次五ヵ年計画における基本目的および指針を次に示す。

- 電力部門のための適格な組織と最適な構造のための再編を継続。
- 電気の消費管理、省エネおよび合理的な利用のための改良。
- 研究開発と発電設備建設での国内産業の利用増大。
- 設備の増設、改造における既存設備の最大限の有効活用のため、ソフトウェアの水準および企画管理部門レベルを上げること。
- 発電設備の運転向上および最適な利用。
- 電力部門で情報技術の開発、向上の試み。

イランにおける消費電力量は1997年には73,358GWhで、日本の約十分の一、人口当たりでは日本の5.5分の一である。発電設備容量は23,257MWで日本の約十分の一である。汽力が全体の50.2%を占めており、ガスタービンが38.3%、水力が8.6%である。年間の発電所稼働率は57.2%と言われている。1989年から1997までの発電設備の伸びは7.4%出会った。7.5%の伸びを満足させるには毎年1600MWの設備を建設する必要がある。

3.2 対象火力発電所の設備概要

タブリーズ発電所とエスファハン発電所の設備概要は、表1.1に示すとおりである。タブリーズ発電所では、天然ガスを燃料とする計画があるものの、現在は重油を燃料としている。一方エスファハン発電所では、重油と天然ガスを燃料としている。両発電所とも、排煙処理設備は設置されていない。なお、両発電所とも、時期は未定であるが、全量天然ガスに燃料転換し、環境改善を図ることが決定している。又、両発電所とも、将来の増設計画は、現在の所、ない。

タブリーズ発電所とエスファハン発電所の平均負荷率は、それぞれ86%、71.6%と予想以上に高い値となっている。利用率は、冷房と電灯需要が重なる夏季に高くなっている。

タブリーズ発電所の1996年における一年間の発電効率は、1号機33.7%、2号機33.6%と低い。又、所内率は、7.5%と近年の発電所の所内率3~5%程度に比べて高い値となっている。エスファハンの所内率も同様に高い。

イラン国内の1日の電力需要量は、深夜・早朝に低く、昼間に高くなり、夜間（18時から22時まで）に最大となるパターンである。発電所の出力調整はテヘランにある給電指令所の指令によるが、大きな出力調整は、深夜・早朝、昼間、夜間の時間帯区分の境目である7~9時、16~18時、22~24時に行われている。

タブリーズ発電所は、需要に応じ通常200~350MWで運転している。ボイラーは燃料油と天然ガスの混焼が可能な設計であるが、天然ガス燃焼設備が設置されていないので、現在は重油専焼で運転している。80年代後半に運転開始の比較的新しい設備であるが、老朽化している。復水器冷却水は、冷却塔により、循環使用しているが、気温の低い冬季にはこの温排気の水蒸気により、視野が妨げられるとともに、上空に雲が発生することがある。なお、本調査開始時には、2号機は原因不明のトラブルにより停止し、その後引き続いて定期点検に入った。定期点検後まもなくメインタービンに振動が発生したため運転を停止し、日本のスーパーバイザーのもとに長期の点検、保守を実施した。

エスファハン発電所は通常1・2号機 50%、3号機 60%、4・5号機 50~100%出力で運転している。ボイラは全機とも燃料油と天然ガスの混焼が可能である。現在、1・2号機は軽油

と天然ガス、また3～5号機は冬季は重油専焼、その他の季節には重油と天然ガスの混焼で運転している。冬季には、天然ガスが民生用暖房に優先的に利用されるため、発電用としての割り当てが少なくなるためである。復水器冷却水は、冷却塔により、循環使用しているが、冬季に白煙の影響がみられるものの、タブリーズほどの影響は認められない。

タブリーズ発電所では、過去に周辺農業従事者から大気汚染に関する苦情が寄せられ、電気集じん機の導入を検討した経緯があるが、現在大気汚染対策設備は何も設置されていない。煙突からは、淡黒色～淡白色の煙が目視され、高濃度のばいじんが排出されている様子がうかがえる。発電所の排水は未処理のまま、河川に放流している。

エスファハン発電所は大気汚染対策設備としては何も設置されていない。発電所は市街地と隣接し、低い煙突25～80mと冬季の卓越風の風下側の山をはさんだ市街地があり、ダウンドラフト等による高濃度の出現しやすい環境条件にある。このため発電所では燃料として天然ガスを可能な限り使用したい意向であるが、冬季には天然ガスの割り当てが少ないので、煙突の低い1、2号機で優先的に使用するよう配慮している。発電所の排水は中和処理し、排水は敷地境界を流れる河川に放流している。

両発電所の排煙の測定結果によると、タブリーズ発電所では排ガス酸素濃度は、1号機で冬、春、夏には12.2～13.5%と高い値で推移していたが、エアーヒーターを点検修理後は3.5%と改善された。エスファハン発電所では、3号機で8.5～16.9%、4号機で6.8～12.7%、5号機で8.11～15.5%といずれも高い値となっている。このことは、適正な燃焼空気量に比べて多量の過剰空気の送入とエアーヒーターからの空気の漏れ込み、更にこの二つの影響が相乗されていると考えられる。結果として、発電所の総合熱効率を低下させている。

両発電所の運転記録を調査した結果から、次の事が言える。

- a. 排ガス温度は、タブリーズ発電所1号機では、設計値に比べ運転値で40～65度高い。エスファハンでは、その差は小さい。本調査で測定した温度はタブリーズで38度、エスファハンで21度と設計値に比べ高い。排ガス温度計の不調（校正が実施されていない）とばらつきも認められる。
- b. タービン入口蒸気温度及びタービン再熱蒸気温度をみると両発電所とも設計値538℃とほぼ同程度の温度で運転されている。
- c. 節炭器出口の排ガス酸素濃度は、タブリーズ発電所1号機では、設計値1%に対し0.005～0.9%と極めて低酸素で良好な運転がおこなわれているようにみえる。しかし、平均0.3%の低酸素濃度での運転は困難である。酸素計を校正を実施していないので、酸素濃度は、単にパネル表示の数値を記入しているのみであった。
- d. 両発電所とも復水器の真空度が設計値に比べ、20mmHg程度低くなっていることから、蒸気タービン内での膨張が減じられ、タービンの効率低下すなわち熱効率低下をきたしている。

- e. 復水器入口と復水器出口の冷却水温度差が、設計値よりプラス側に大きいタブリーズでは、冷却塔の冷却効率が悪く水量も少ない。エスファハンでは蒸気凝縮温度が高くなっていることも重なって、復水器は水温から見て、その性能を発揮していると見える。両発電所とも、温度計が校正されておらず不確かではないかとの疑問も残る。

両発電所で燃料として使用されている燃料油は硫黄分最大3.5%の残渣重油である。天然ガスはメタン90%、エタン3.5%他を含んでいる。

タブリーズ発電所では約8km離れたタブリーズ精油所からパイプラインにて重油は輸送されている。天然ガスのパイプライン布設工事は中断したままである。予算がつき次第、工事再開の予定である。エスファハン発電所では、重油はエスファハン精油所からタンクローリー(約200台/日)により輸送され、タンクに貯蔵される。天然ガスはエスファハン精油所からパイプラインで供給されている。

3.3 火力発電所の省エネルギー対策

本調査対象となるタブリーズ発電所及びエスファハン発電所の発電設備である汽力発電では、通常、投入された熱量の約40%が発電により利用され、60%が熱損失となる。この内、復水器で失われるエネルギー量が投入全体の44%を占め、次いでボイラーにおける排ガス損失が全体の13%を占める。そこで損失量の大きいこれらの部分において、省エネルギー対策を実施することが効果的であり、発電プロセス全体における損失を小さくすることにより、大きな効果が期待できる。

イランでは、自動車燃料(ガソリン)は、世界の値段より大幅に安い価格で販売され、又、電気料金についても発電単価の1/2程度の安い料金となっている。このような背景からして、止むをえない面もあるが、タブリーズ発電所及びエスファハン発電所の運転員・職員及び管理者にあっても、発電にとって最も重要視される熱効率の維持・向上を図る必要があるという考えがほとんど定着していないように見受けられる。

対象両発電所の省エネとして、排ガス温度の適正管理、節炭器出口排ガスO₂濃度管理、エアヒーターの空気漏れ込み改善、復水器の真空度管理、所内率の低減等が考えられる。これらのためには、計器類の修理・校正、運転・保守管理の徹底化、省エネマインドの教育が必要である。

3.4 大気汚染防止対策

火力発電所から排出される主な大気汚染物質には、硫黄酸化物(SO_x)、窒素酸化物(NO_x)および、ばいじんがある。一般的に火力発電所の大気汚染防止対策は燃料の選択、防止機器

の設置および管理運営の3つに分類でき、これらを総合して成果をあげるものである。この中で、両発電所とも重油を天然ガスに転換することが決定している。

省エネ対策は、燃料消費量を削減することであり、結果として汚染物質量を削減することができる。燃焼・保守等の管理運営が天然ガスに転換した後も両発電所では実施すべきである。

なお、本調査の目的の一つは、イラン側で取得した技術を他の汽力発電所に応用することであり、その場合に必要であろうから、ばいじん、窒素酸化物、硫黄酸化物等の個別の大気汚染防止対策をサポート編に記載した。

3.5 対象発電所の排水対策

火力発電所の排水としては、(1)フロアドレン等の含油排水、(2)純水装置排水やケミカルクリーニング排水等の薬品を含む排水、(3)pHが低く、SSが高いエアヒーター等の機器洗浄排水、(4)ボイラー水、冷却水等系統内のブローダウン水、(5)生活系排水に大別される。

イランでは、国の排水基準が定められているが、これに対応する対象発電所の排水処理設備は十分整っているとはいえない状況である。エスファハン発電所には、中和、凝集設備は設置してあったが、含油排水に対しては不十分であり、凝集設備で捕捉しきれないSSが河川に放流される恐れがある。タブリーズ発電所には、排水処理設備は設けられておらず、河川に垂れ流しの状況で放流されている。

本調査では水質に関して測定やデータ収集を実施しなかったが、発電所周辺河川環境の保全の見地から、排水対策として必要であると考えられる標準的な設備の例を、添付資料に記載した。

第4章 環境保護に関する法・組織制度

4.1 中央政府の環境保護政策

イラン国の憲法は環境保護を強く主張している。その50条には、「現在も将来の世代もより快適な生活を送ることが出来るよう、みんなで環境を保護しなければならない。経済の如何に関わらず、復旧不能な損害を環境に与える全ての活動を禁止する」とある。

イラン国の最高権威は最高指導者にある。それに次ぐ実力者は大統領で、大統領は22省の大臣と副大統領を任命できる。

環境問題に関しては、大統領は、副大統領二人と経済関連大臣10人、司法長官、専門家よりなる環境最高評議会(EHC)の長である。EHCは、環境面での政策と基本対策、基準を決めるといふ、非常に広く強い権限を持っている。EHCの下部組織として1)環境プログラム、2)環境調査と情報収集、3)環境教育と意識開発、4)環境と持続可能な開発、の4つの連絡協議会がある。

EHCの事務を司っているのが環境庁(DOE)で、大統領府の一組織である。DOEは他の関連する機関の協力を得て条例や基準を作成しEHCに提出、承認を得る事になっている。DOE長官は、現在副大統領の一人が兼任している。大気汚染に関してDOEの権限は、発生源の識別、汚染基準値の決定、発生源の点検と測定、技術援助等である。

環境予算は、第2次5カ年計画では毎年平均8.8%の伸びが与えられている。しかしその伸びは全予算の伸び率(15.4%)より低く、金額でも1998年では総予算の0.1%に満たない。

大気汚染防止法は6章全38条よりなり、第3章が工場、作業所、発電所に関して述べられており、本調査の一番関心を引くところである。同章に含まれる10条のうち発電所に関係ある部分は次のとおりである。

- 1) 発電所の立地に関しては、DOEが作成し関連省庁会議が承認した規則、基準に従う。
- 2) 許容値以上に汚染を発生する発電所を運転の禁止。
- 3) 発電所が、環境基準に規定する許容値以上に汚染を発生している場合、DOEがその旨を指定し、汚染防止の対策を立てるよう命令することが出来る。その場合運転停止も有り得る。
- 4) もし発電所側が運転を調整して汚染発生量を減らさなかった場合は、運転を中止させる。そして所有者を罰し、発電所所長は規律委員会で聴聞する。
- 5) 発電所敷地の10%を緑地としておく。
- 6) 発電所は大気汚染を減らすことの出来る燃料と燃焼設備を使用する。

省エネ法案をエネルギー省で作成しており、内閣の承認を得たうえで、議会に提出準備中である。年間電力消費量 2MW 以上の機関は、エネルギー管理者をおき、省エネを推進し、各担当大臣は所管機器等の電力消費量を規定する事になっている。

イラン国経済・社会・文化発展のための第 2 次 5 力年計画は、その全 16 項目の第 10 番目の目標で、環境保護と天然資源の適正使用に関して下記 9 条の基本政策を示し、強い方向を打ち出している。

- 1) 天然資源を保存し、適正に開発使用する。
- 2) 工業に必要な資源の探査、機材配備、開発準備を促進する。
- 3) 輸入に頼らず供給できるよう、必要な原料開発に努める。
- 4) 非政府組織の鉱山開発への参加を容易にする。
- 5) 給排水等の施設を完備して給水能力を高める。
- 6) 最新科学情報とイランの事情を基礎にして、既存の法体系を改良し、必要な環境関連の条例、基準等を設定する。
- 7) 現在の消費形態を見直し、効率を高め、よりクリーンなエネルギーへの転換を図ってエネルギー資源の適正使用を心掛ける。
- 8) 再生可能な天然資源の保存と回復；貴重な植物種の保存；砂漠化の防止；砂漠の再生；土壌浸食・汚染、大気・水質・海洋等の汚染防止；野生生物の生息環境破壊の防止；環境条例に適合しながらの資源開発。
- 9) 農業分野での殺虫剤、肥料の適正使用；毒性物質への依存を減らすため、生物技術の害虫防止への利用。

この第 2 次 5 力年計画を実施するため 101 項の通告よりなる施行令が 1992 年 12 月 29 日に発令された。その通告第 82 と 83 が環境に関する項目である。

通告第 82 は、環境影響評価(EIA)、持続性ある開発、省エネを目的として、

1. 大規模プロジェクトは、立地計画段階で EHC が承認した基本的な環境保護面からの評価を実施する。
2. 環境基準の範囲内で鉱工業運営に当たる。
3. エネルギーの消費構造を変えて燃料由来の汚染を減らす。
4. テヘラン、タブリーズ、エスファハン等七大都市の大気汚染を WHO の基準まで減らすに必要な措置をとる。

の項ほかを指示している。

また通告第 83 は、工場排水による汚染水源の保全と汚染除去を目的として、市街地や工場団地内の工場等の排水網完備と、工場排水の濾過設備の設置を規定している。

4.2 エネルギー省

エネルギー省は、1) エネルギー、2) 電力、3) 水（ダム、河川、洪水防止、飲料水供給）、4) 都市下水（集水と処理）、5) 需給計画、6) 人事、7) 総務・議会の7担当次官より構成されている。

本調査のカウンターパートであるエネルギー担当次官配下の環境部は、1994年開設され部員は1999年夏には総勢7人であった。その業務実績は、a)水力ダムの環境調査用数学モデルの開発、b)発電所現況調査と立地計画の戦略準備、c)発電所環境影響データ整理、d)石油輸出による海洋汚染とその対策などである。また、発電所固形廃棄物の管理、同排水処理、発電所社会費用の評価、水力ダムの環境影響評価、人造湖の衛生等の問題解決が出来るとしている。大気汚染関連では、本調査プロジェクトが最初である。

エネルギー省は多くの付属会社を持っており、その中でタバニールはタブリーズとエスファハン両発電所を含んだ全発電所の運営母体である。また、同省には非営利の付属機関があり、エネルギー省が発案したプロジェクトの運営に当たっている。エネルギー関連技術の進歩と多様化に備え、エネルギー省の能力増強を目指して設立されている。イランエネルギー研究センター（ICES）はその一つで、本調査のカウンターパートが所属している。ICESには75人が所属しており、環境問題のほか、経済、ガス、石油、電力と機械力、再生可能エネルギー、省エネ等を業務としている。

4.3 地方での大気汚染への取り組み

大統領府 DOE の支局が全 28 州にある。これらの支局は、DOE 本部からの予算配分に頼っており、限られた人間と予算、機材の中でそれぞれの地方の関心に従い、測定や汚染発生源との交渉、地方環境基準の樹立等を試みている。

対象2地域のうちタブリーズでは東アゼルバイジャン DOE 支局が市内に環境大気観測局を3局15年間維持しており、発電所へ天然ガス転換を勧告した。エスファハン DOE 支局では、自動車の排気ガスが関心の的で、市内の交差点で一酸化炭素濃度の測定を週一回測定している。また、エスファハンでは保健省が非連続の SO₂、TSP 測定を実施して、そのデータを国連環境測定機構(GEMS)に報告する予定である。

4.4 環境と排出基準

(1) 大気環境基準

WHO のガイドラインを基礎とし、EHC が認可した、イラン国の現行大気環境基準を表 4.1

に示した。今後この表を基礎に調査対象地域の大気環境を評価していく。

表 4.1 イラン国大気環境基準

汚染物質	評価時間	第1基準 ²⁾		第2基準 ³⁾	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm
一酸化炭素	8時間内の最高値	10,000	9	10,000	9
	1時間内の最高値 ¹⁾	40,000	35	40,000	35
二酸化硫黄	年平均値	80	0.03	60	0.02
	24時間内の最高値 ¹⁾	365	0.14	260	0.1
	3時間内の最高値 ¹⁾	1,300	0.5
ノンメタン 炭化水素	朝6時から9時までの 3時間内の最高値 ¹⁾	160	0.24	160	0.24
二酸化窒素	年間平均値	100	0.05	100	0.05
浮遊 粒子状物質	年間平均値	75	..	60	..
	24時間内の最高値 ¹⁾	260	..	150	..
光化学 オキシダント	1時間内の最高値 ¹⁾	160	0.08	160	0.08

- 注 1) 年間一回を越えて出現しないこと
 2) 民衆の健康を保護するために必要な基準
 3) 民衆の福祉を保護するために必要な基準

(2) ばい煙排出基準

ばい煙に関する中央、地方の排出基準はない。DOE では排出基準案を作成し、検討用及び地方基準の作成用として配布している。表 4.2 に発電所に係わる排出基準案を抽出した。

表 4.2 発電所大気排出基準案

汚染物質	単位	第1基準	第2基準	備考
二酸化硫黄	ppm	800	800	
一酸化炭素	mg/m^3	150	150	
窒素酸化物	ppm	350	350	
ばいじん	mg/m^3	150	350	重油燃焼 に適用
黒煙	%	20	20	

注: 1) 酸素濃度の規定無し

(3) 排水基準

排水基準は DOE より 52 の汚染物質について発行されており、表 4.3 にその中から抜粋して示した。

表 4.3 排水中の汚染物質の許容最高濃度

汚染物質	単位	下記の行き先へ排出される排水		
		地表水	井戸にて地下へ	灌漑用水
BOD	mg/l	30	30	100
COD	mg/l	60	60	200
色度	Unit	75	75	75
DO	mg/l	2	--	2
アンモニア	mg/l as NH ₄	2.5	1	0
pH	Unit	6.5 - 8.5	5 - 9	6 - 8.5
TSS	mg/l	40	--	100
バナジウム	mg/l	0.1	0.1	0.1
ニッケル	mg/l	2	2	2
鉛	mg/l	1	1	1
亜鉛	mg/l	2	2	2

エスファハンのザヤンデ川を含む全国 14 の河川水の水質目標値として、現在 40-50 mg/liter である BOD 値を 10 mg/liter に第 2 次 5 カ年計画の終了する 2000 年までに減らすとしている。もし発電所からの排水がザヤンデ川に流れ込むのであれば、その排水の BOD は表 4.3 に与えられている 30 でなく 10 mg/l 以下でなければならない。

第5章 気象観測

5.1 はじめに

本調査では、地上から高度1500mまでの大気層を観測する上層気象観測と、地上気象観測を実施した。

5.2 観測方法

上層気象観測は、エスファハン及びタブリーズ両発電所構内において、3日間（72時間）の観測を季節毎に4回実施した。項目は、上層風の風向・風速観測（パイロットバルーン観測）と上層気温（低層ゾンデ観測）で地上から1500mの高さまで観測した。

地上気象観測は、タブリーズ及びエスファハン両発電所構内において、1年間の連続測定を実施した。観測項目は、風向、風速、気温、日射量、放射収支量である。また、タブリーズ及びエスファハン周辺対象地域内に設置した自動大気環境観測局でも、地上の風向・風速を測定した。なお、風速及び日射量、または風速及び放射収支量から、大気安定度を判定し、拡散計算に使用した。

5.3 上層気象観測結果とその評価

上層風に関しては、冬季は両地点とも高度が高くなると西寄りの風向が多く、偏西風の影響が生じている。春季は両地点とも東寄り風向が多く、カスピ海付近にあった高気圧の影響である。夏季もタブリーズでは東寄りが多く、これもカスピ海付近にあった高気圧の影響である。エスファハンでは高気圧に覆われていたため変化が大きかった。秋季は高気圧がイラン国の東部から南部にあったため、タブリーズでは南西、エスファハンでは南東の風が多かったが変化も大きかった。風速は両地点とも高度が高くなると強まる傾向がみられた。

両地点の上層気温は、昼間は冬季を除き、両方の地点で不安定状態が多かった。特に春季、夏季には接地層より上の層でも不安定状態がみられた。これは汚染物質の拡散には好都合である。夜間は、日没後の両地点の地上付近で、逆転層が生ずることが多かった。これらは放射冷却により形成される接地逆転層である。逆転層は上空に蓋をした効果があり、汚染物質の上方への拡散を妨げる効果がある。

エスファハンでは接地逆転層の発生がタブリーズに比べて顕著で、その温度差は最大12度に達するものがみられた。また、逆転層が夜半前に一度解消し、その後再び出現することがあった。これはエスファハン発電所周辺の地形が小さい盆地状であり、冷気塊が蓄積さ

れやすいためであろう。特に地上付近が弱い南から西寄りの風るときは接地逆転層が良く発達している。またこのとき、上層のやや強い東寄りの風が地上付近にまで拡大すると、冷気塊が西側に流出し、上層の空気が下降して、逆転層が一時的に解消している。

5.1 地上気象観測

タブリーズでは全般的に東系の風が多く、7月に風が強く10～1月に弱くなる。エスファハンでは風向の特徴はあまりなく、弱風である。

タブリーズのマヤンポンプ大気環境自動観測局を除き、タブリーズ及びエスファハンの全地点で1.0～1.9m/sの風速階級で頻度が高く、静穏の頻度も若干高いことから弱風を裏付けている。マヤンポンプでは6.0m/s以上の頻度が最も多いのが特徴的である。

大気安定度についても、マヤンポンプで中立の頻度が高く、そのたのタブリーズ及びエスファハンの全地点で、安定の頻度が高い。このことから、マヤンポンプを除いて、地上では風が弱く、大気安定度が高いため、汚染の拡散がされにくい状況にある。

第6章 大気環境の現状とその評価

6.1 はじめに

タブリーズ、エスファハンとも発電所の周辺約15km範囲に、地域の風向を基に風上、風下、バックグラウンドの各3ヶ所に大気質測定局を設置した。各測定局では、風向・風速の自動連続測定のほか、SO₂、NO_xの自動連続測定とSPM、降下ばいじんの試料採取を行った。自動連続測定の補完測定として、SO₂、NO_xの簡易測定試料採取を発電所周辺20km範囲で季節毎に30～40ヶ所で行った。SPM、降下ばいじん、簡易測定の化学分析については第9章に述べる。

6.2 大気環境基準

WHOのガイドラインを基礎としたイランの環境基準のうちSO₂、NO₂、粒子状物質に関するものを表6.1に示す。ppm表示は換算したものである。

6.3 大気質自動測定

測定は、1999年6月に開始した。測定開始前に、SO₂、NO_x、風向風速計の立ち上げ調整、データ処理調整及びメンテナンスの技術移転を行った。標準ガスによる校正は、技術習得を完全なものとするため手動のみによる方法とした。データ処理は1週間に1回のメンテナンス時に、測定計からコンピュータに入力され、そのデータをフロッピーディスクにおとしたものを月1回MOEに送付する。

表6.1 イランにおける大気環境基準

汚染物質	評価時間	第1基準 ²⁾		第2基準 ³⁾	
		μg/m ³	ppm	μg/m ³	ppm
SO ₂	年平均値	80	0.03	60	0.02
	24時間平均値 ¹⁾	365	0.14	260	0.1
	3時間平均値 ¹⁾	-	-	1,300	0.5
NO ₂	年平均値	100	0.05	100	0.05
浮遊粒子状物質	年平均値	75	-	60	-
	24時間平均値 ¹⁾	260	-	150	-

注 1)年1回を超えないこと

2)健康を保護するために必要な基準

3)福祉を保護するために必要な基準

自動測定結果からSO₂とNO₂集約結果を表6.2～6.3に示した。なお、エスファハンのカベエ局のNO_x計は1998年9月に故障し、その交換部品をメーカーより取り寄せたが、通関に時間がかかり後半のデータの取得はできなかった。

表6.2 測定結果集約表（タブリーズ1998年6月～1999年5月）

	SO ₂ (ppm)			NO ₂ (ppm)	
	年平均値	日平均最高値	時間最高値	年平均値	時間最高値
バランルー	0.005	0.023	0.140	0.008	0.062
マヤンポンプ	0.003	0.037	0.230	0.007	0.068
カラマレク	0.012	0.051	0.194	0.020	0.111

表6.3 測定結果集約表（エスファハン1998年6月～1999年5月）

	SO ₂ (ppm)			NO ₂ (ppm)	
	年平均値	日平均最高値	時間最高値	年平均値	時間最高値
ゴールシャー	0.011	0.032	0.129	0.024	0.198
カベエ	0.014	0.058	0.121	0.019*	0.073*
シャリアティ	0.012	0.047	0.221	0.038	0.266

*：1998年6～9月の4月のデータ

SO₂の測定結果については、イランの基準である年平均値0.03ppm、日平均値0.14ppmに比べて十分低い値であった。NO₂の測定結果についても、イランの基準である年平均値0.05ppmに比べて低い値であった。

6.4 SPM、降下ばいじん及びバッグサンプリング測定

SPMの測定は大気質自動測定局の屋根の上または近傍で行った。測定結果の集約を表6.4に示した。試料採取日数は月ごとに異なり9日～31日である。

表6.4 SPM濃度測定結果

地点名		月別 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	年平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
タブリーズ	バランルー	29.4～ 97.7	58.8
	マヤンポンプ	22.0～ 71.7	41.2
	カラマレク	23.7～ 72.6	44.4
エスファハン	ゴールシャー	27.7～ 156.9	69.1
	カベエ	22.0～ 150.0	65.8
	シャリアティ	17.3～ 128.8	69.6

年平均値では、表6.1のイランの基準値 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回っている。もう一つの基準値である24時間平均値 $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とは直接比較できない。しかし、月別では $17.3 \sim 156.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり、高い数値は、タブリーズでは7月から12月にかけて、エスファハンでは6月から9月に得られた。月平均値は特にエスファハンの夏季に高く、基準の24時間平均値を超過していることは充分考えられる。これを確認するには連続自動SPM計が必要となる。

降下ばいじんの測定はSPMと同様に大気質自動測定局の屋根の上または近傍で行った。その測定結果の集約を表6.5に示した。

表6.5 降下ばいじん量測定結果集約表

地点名		月別 ($\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$)	年平均 ($\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$)
タブリーズ	バランルー	0.764 ~ 8.815	5.4
	マヤンボンブ	0.877 ~ 9.987	5.9
	カラマレク	2.860 ~ 8.831	5.3
エスファハン	ゴールシャー	0.670 ~ 7.245	3.6
	カベエ	0.571 ~ 8.372	3.3
	シャリアティ	0.851 ~ 4.773	2.3

タブリーズの方が年平均でエスファハンより高い値を示しているが、これらは、日本の東京（住居地域）の $7.54 \text{ t}/\text{km}^2/\text{月}$ （平成9年度）と比較して低い。

エスファハン発電所の低い煙突（25～80m）と冬季の卓越風が山を挟んだ市街地（クワエミエ地区）に向かって吹くため、ダウンドラフトにより、発電所による大気汚染の影響があるとされているクワエミエ地区において、大気をミニボンブでテフロンバックに導入するバッグサンプリング法により、24時間毎正時に試料を採取し最寄りの自動測定局であるシャリアティ局で測定した。測定結果を表6.6に示した。夏季の測定では、現場での目視で風向が明らかに逆であり、冬季の測定では夏季に比べて濃度は高かったが、風配図から風向は逆であり、発電所との関連は掴めなかった。イランの大気環境基準との比較や発電所との関連を知るためには、自動測定器及び風向・風速計を移設して長期間データを取る必要がある。

表6.6 クワエミエにおける大気環境濃度集約表

測定日	SO ₂ (ppm)	NO _x (ppm)
1998年6月30日～7月1日	0.0001 ~ 0.0006	0.0018 ~ 0.0178
1999年1月25日～1月26日	0.0011 ~ 0.0058	0.0154 ~ 0.0661

第7章 ばい煙の現状とその評価

7.1 ばい煙測定

タブリーズ火力発電所1号機、2号機及びエスファハン火力発電所3号機、4号機、5号機を対象として、年4回ばい煙測定を実施した。なお、エスファハン火力発電所の1、2号機は能力が小さく適当な測定場所が無いため除外した。また、タブリーズ火力発電所2号機は故障、修理、点検等が続き1999年冬季に1回測定出来たのみであった。

7.2 測定結果と評価

測定データの解析に当たっては、排ガス中の残存O₂濃度を統一し、SO₂、NO_x及び煤塵濃度は全て6% O₂換算値で表現することとした。評価に際しては、a)第4章表4.2に示すDOEが提案している排出基準、及びb)類似のボイラーの排出値表7.1を対象とした。

表 7.1 類似のボイラーの排出参考値

燃焼重油あたりのばい煙排出量		燃焼天然ガスあたりのばい煙排出量	
項目	排出値	項目	排出値
NO _x	5.64 kg/m ³	NO _x	4,480 kg/10 ⁶ m ³
SPM	$(9.19(S)+3.22) \times 0.12 \text{ kg/m}^3$	全粒子	121.6 kg/10 ⁶ m ³

注) 表中の(S)は重油中の硫黄重量%である。

燃料使用量と出力 — タブリーズ1、2号機の単位出力当たりの必要発熱量は、定格で1,852 kcal/kw.hr、定格の25%能力の時には2,232 kcal/kw.hrと設計されている。実際は重油燃焼ではほぼ定格の時に、タブリーズ1号で2,240、エスファハン4号で2,200kcal/kw.hrであり、これは設計値で言う25%程度の運転時に相当することから、極めて熱効率が悪い状態である。或いは、燃料消費量データそのものの数値の精度に問題あるようにも思える。

SO₂ — 表7.2にSO₂測定結果を示す。重油専焼の場合タブリーズ2号機を除き、DOEが提案している排出基準値800 ppmを満足してない。

同一燃料を使用していれば、単位出力当たりのSO₂排出量はほぼ同一であるべきである。重油専焼時に一度しか測定していないタブリーズ2号およびエスファハン5号機を除き、単位出力当たりのSO₂排出量は大幅に変動している。また、排出濃度にもタブリーズ火力発電所1号機と2号機では2倍もの差があり、燃料品質が大きく変動していることが伺える。従って、タブリーズ2号機についてもDOE提案の排出基準値を満足しない場合も多分にあると考えられる。

表 7.2 SO₂測定結果

測定項目			SO ₂		
発電所	号機	燃料	濃度 (ppm)	排出量 (kg/hr)	単位出力当たりの量 (kg/MW.hr)
タブリーズ 火力発電所	1	重油専焼	1180~1370	1930~4530	6.7~13.1
	2	重油専焼	618	2000	5.8
エスファハン 火力発電所	3	重油専焼	1300~1390	944~1280	12.3~17.3
		重油ガス混焼	625~664	362~794	4.8~6.6
	4	重油専焼	1350~1420	2580~2820	8.1~17.6
		重油ガス混焼	202~650	315~872	2.0~5.5
	5	重油専焼	1390	2540	14.9
		重油ガス混焼	85~93	77	0.4

エスファハン火力発電所での、重油専焼と重油天然ガス混焼とで差は明確で、天然ガス比が多いほどSO₂量は低くなることは当然の結果である。

NO_x — 表 7.3 に示した NO_x測定結果から、タブリーズ1号機のみ DOE が提案している排出基準値 350 ppm を満足してない。天然ガス混焼運転では全ての設備で DOE 基準値を満足している。

また、エスファハンの4号機を除き、単位出力当たりの排出量は変動幅が広くなく、極めて上手に測定されている。なお、5号機の結果からは重油専焼のほうが重油天然ガス混焼より高い排出量を示している。参考値と比較しても天然ガス転換後はNO_xは基準値案を超過することはない。

表 7.3 NO_x測定結果

測定項目			NO _x		
発電所	号機	燃料	濃度 (ppm)	排出量 (kg/hr)	単位出力当たりの量 (kg/MW.hr)
タブリーズ 火力発電所	1	重油専焼	385~486	269~417	0.9~1.2
	2	重油専焼	—	—	—
エスファハン 火力発電所	3	重油専焼	163~215	60~70	0.8~0.9
		重油ガス混焼	132~298	67~167	0.9~1.4
	4	重油専焼	240~295	231~235	0.7~1.5
		重油ガス混焼	—	—	—
	5	重油専焼	180	154	0.9
		重油ガス混焼	78~112	44	0.2

ばいじん — 表 7.4 にばいじん測定結果を示す。エスファハン火力発電所で濃度幅が広いのが目立つ。また、エスファハンでは、燃料の天然ガス量が多いほどばいじん量は当然

低かった。DOE 提案の排出基準値 150 mg/m³ 及び燃料別参考値(表 7.1)については、同一ボイラーでも測定の数値異なっており、満足しているものとそうでないものがあった。全ボイラー、全測定の内、半分程度が排出基準値を満足している。

表 7.4 ばいじん測定結果

発電所	号機	重油使用 (t/hr)	ガス使用量 (m ³ /hr)	煤塵濃度 (mg/m ³ N)	煤塵発生量 (kg/hr)	参考値(表 7.1) (kg/hr)
タブ リーズ	1	65~79	--	90~210	54~258	276~335
	2	73	--	--	--	310
エス ファハン	3	19.2~20	--	130~260	33.9~84.5	81.4~84.8
		11~19.2	11000~17100	120~470	48.4~50.9	47.9~83.5
	4	36~71	--	90~740	66.2~467	153~301
		3.2~23	20000~32700	40~90	20.8~41.3	17.5~99.9
	5	39	--	140	87.0	165
		3~4	45000~47000	50~60	14.8	18.1~22.6

残存酸素濃度 — 表 7.5 に排ガス中の酸素濃度の測定結果を示す。タブリーズ火力発電所 1 号機で 11~13% で推移していたが、エアヒータ熱交換器の修理後は 3.5% と 4.6% と報告があった。エスファハン火力発電所では 7~16% であり、重油専焼時は 7~11% とほぼ安定状態であるが、天然ガスとの混焼では 9~17% とばらつき、燃焼調整の不具合が感じられた。エアヒータ熱交換器からの空気の漏れ込みは、両発電所側とも承知していた。

表 7.5 残存酸素測定結果

測定項目			O ₂
発電所	号機	燃料	濃度 (%)
タブ リーズ 火力発電所	1	重油専焼	11.6~13.5 (3.5 : 修理後)
	2	重油専焼	-- (4.6 : 修理後)
エス ファハン 火力発電所	3	重油専焼	8.5~11.0
		重油ガス混焼	9.3~16.9
	4	重油専焼	6.8~12.7
		重油ガス混焼	9.2~10.9
	5	重油専焼	8.1
		重油ガス混焼	14.8~15.5

重油の成分割合を炭素 : 85%、水素 : 11%、硫黄 : 3%、窒素 : 1% と仮定して、空気比を 1.1~1.5 まで変化させた時、計算残存酸素濃度は 2.0~7.3% の範囲となる。

エスファハン発電所の報告によれば、1999 年 1 月末のオルザット酸素濃度測定データは、エアヒータ前で 2~3% とあり、極めて良好な運転と見えるが、この数値は理論空気比で言うと 1.15 以下となり重油燃焼では通常運転されない範囲であり、オルザット測定誤差が大

きいものと思われる。

排ガス量 — 表 7.6 に排ガス量測定結果を示した。比較として、両発電所全ユニットの重油燃焼での定格能力時での燃料消費量から推定した排ガス量（タブリーズは 2,580、エスファハン3号は 3,670、同4号は 3,220 m³N/MW.hr）との比を示した。その値は 20～70% の排ガス量の増加を示しており、エアリーク及び燃焼調整不具合が感じられた。ただし、全ユニットとも定格出力に近い出力ほど増率は低いことから、定格出力から低出力になるほど燃焼状態が不安定になるものと思われる。

表 7.6 排ガス量測定結果

発電所	号機	燃料	出力 (MW)	湿り排ガス量 (10 ⁶ m ³ N/hr)	単位出力当たりの湿り排ガス量 (m ³ N/MW.hr)	湿り排ガス量比 (左列 / 推定値)
タブリーズ	1	重油専焼	290～350	1.13～1.27	3230～4000	1.25～1.55
	2	重油専焼	345	1.15	3330	1.29
エスファハン	3	重油専焼	74～77	0.37～0.42	4930～5540	1.34～1.51
		重油ガス混焼	75～120	0.40～0.60	5000～5330	..
	4	重油専焼	160～320	0.84～1.26	3940～5390	1.22～1.67
		重油ガス混焼	160	0.77～0.80	4810～5000	..
	5	重油専焼	170	0.82	4820	1.50
		重油ガス混焼	220	0.93	4230	..

本調査での測定と観測結果として、総括的に以下のことが言える。

- ① 通常の液体燃料燃焼ボイラーに比べ、排ガス中の酸素濃度が非常に高濃度であった。なお、発電所側では、全てのボイラーでエアヒータ熱交換機に空気リークがあることを認識していた。
- ② 排ガス量（湿り）も設計値に比べ 1.2～1.7 倍であった。定格出力に近い運転時ほど設計値との相関性は高くなっていた。
- ③ 出力と燃料使用量の関係、出力と排ガス量の関係及び燃料使用量と SO₂ の関係等において本来あるべき相関性が低かった。
- ④ 燃料使用量と SO₂ の関係（単位出力当たりの SO₂ 発生量）について、相関性が認められない測定結果が多くあったことから燃料品質（含有硫黄分）にはかなりの変動があるか、燃料使用量のデータに疑問が残る。
- ⑤ NO_x 濃度は、重油専焼の方が天然ガスとの混焼より高めかつ変動幅が小さい。混焼運転では変動幅が大きいことから、出力確保のための運転員の試行錯誤が伺える。
- ⑥ 運転員による酸素濃度分析に疑問があり、計器板指示の酸素濃度計も稼働していない。

以上より、ボイラー運転においては、燃焼・効率・環境管理より出力重視、言い替えれば、どんな燃料でも目的出力が出るまで投入し環境への配慮はない運転である。

第8章 大気環境へのばい煙影響評価

8.1 ばい煙影響評価手法の概要

発電所から排出される大気汚染物質による周辺環境への影響を、拡散シミュレーションモデルを用いて計算した。ここで用いた拡散シミュレーションモデルはブルーム式・パフ式に基礎を置くものであり、対象汚染物質は、SO₂、NO₂及びSPMとした。評価時間は年平均値、日平均値及び時間値であり、NO₂変換モデルには指数近似モデルを用いた。更に、特定の気象条件下における煙突近傍の建物影響や地形影響についても検討した。

現状における各発電所・各ユニットの発生源条件（汚染物質排出強度、排ガス量等）は、本調査のばい煙測定結果と、各発電所の設備諸元、燃料使用量、発電量データに基づいて設定した。タブリーズ発電所内のガスタービンについては、その規模が小さかったことから、煙道排ガス測定は行わなかったが、月別燃料使用量を入手できたので、既存の排出係数や燃焼計算によって、発生源諸元を推計してモデルに取り入れた。エスファハン発電所では、重油のみと重油+天然ガスを混焼する場合とがあることから、月別天然ガス使用量に基づいて、重油+天然ガス混焼時に使用した重油を計算し、残りの重油は専焼に用いたとした。

対象火力発電所以外の発生源についても燃料使用量、交通量等のデータから推計した。これらの発生源は、その他大規模工場、中小工場、家庭及び自動車である。

タブリーズ地域で推計した大規模工場は、タブリーズ精油所とソーフィアン・セメント工場である。エスファハン地域で推計した大規模工場は、モンタゼリ発電所、エスファハン精油所、エスファハン・ポリアクリルニトリル工場、エスファハン製鉄所、エスファハン・セメント工場、セバハン・セメント工場である。

幹線自動車交通量について、タブリーズ地域では、カラマレク測定局の近傍に幹線道路が走っていたことから、その地点の交通量のみを簡易に観測し、発生源に取り入れた。エスファハン地域については、エスファハン市役所から交通量データを入手した。短時間ではあるが調査用でも交通量をカウントした。更に、24時間時刻別交通量を他のJICA調査の交通量パターンを適用した。その他、自動車からの汚染物質排出量推計に必要な排出係数、等価慣性重量、燃料仕様についても同調査に依った。

面的な発生源として東アゼルバイジャン州とエスファハン州の燃料種別・業種別燃料使用量を入手し、これらを面源としてモデルに取り入れた。

表8.1と8.2に両地域の汚染物質排出量を示す。タブリーズ発電所はSO_xで52.3%、NO_x

で44.8%、PMで8.2%を占め、エスファハン発電所はSO_xで14.8%、NO_xで36.8%、PMで5.3%を占めているが、今回調査のその他の発生源の把握の精度は低いことには留意する必要がある。

シミュレーションモデルでは、汚染物質排出量が多く、煙突位置が比較的高い場合には点源としてモデル化し、幹線道路等については線源、中小工場・事業場、家庭、細街路交通量等の様に地域内に面的に分布する発生源については面源として把握する。

表 8.1 タブリーズ地域の汚染物質排出量

発生源種類	形態	汚染物質排出量(1/年)		
		SO _x	NO _x	PM
タブリーズ発電所	点源	30,019	7,855	1,279
その他大規模工場	点源	15,462	2,658	13,215
中小工場・事業場	面源	5,302	830	201
家庭	面源	4,097	1,334	218
自動車幹線	線源	45	117	20
自動車細街路	面源	2,439	4,735	587
合計		57,364	17,529	15,520

表 8.2 エスファハン地域の汚染物質排出量

発生源種類	形態	汚染物質排出量(1/年)		
		SO _x	NO _x	PM
エスファハン発電所	点源	28,550	11,774	1,660
その他大規模工場	点源	157,969	12,517	28,114
中小工場・事業場	面源	1,995	748	189
家庭	面源	1,325	346	46
自動車幹線	線源	1,747	4,789	820
自動車細街路	面源	1,364	1,858	299
合計		192,950	32,032	31,128

拡散計算に必要な気象条件は、風向・風速・大気安定度であり、本調査が測定した風向・風速・日射量・放射収支量に基づいて設定した。更に、上層気象観測結果を解析して、煙突高さの風速を予測する補正係数、混合層高さや温位傾度を求め、シミュレーションモデルで利用した。大気安定度別の拡散パラメータについては、地域内の発生源による汚染物質計算値と、実測濃度との比較に基づいて調整して、設定した。

8.2 計算結果

汚染物質の年平均濃度の予測には、シミュレーションモデルに全ての発生源のデータを入れて、実測値との整合を取りながら拡散パラメータを調整し、そのパラメータを使って対象火力発電所の寄与を計算した。可能な限りデータを収集して汚染物質発生源の把握に務めたが、総じてモデルの整合性は充分ではなかった。その主な原因は、発生源情報の不備であり、より詳細な情報を入れてモデルの精度向上を図る必要がある。

表 8.3 にタブリーズ・エスファハン両発電所のみによる SO₂、NO₂ 及び SPM の地域内最高着地濃度と環境基準との比較を示す。いずれの地域・汚染物質でも発電所の寄与濃度は環境基準値よりもかなり低い濃度である。最も寄与の高いのはエスファハンの SO₂ であり、発電所単独寄与で環境基準値の 1/6 程度を占める。

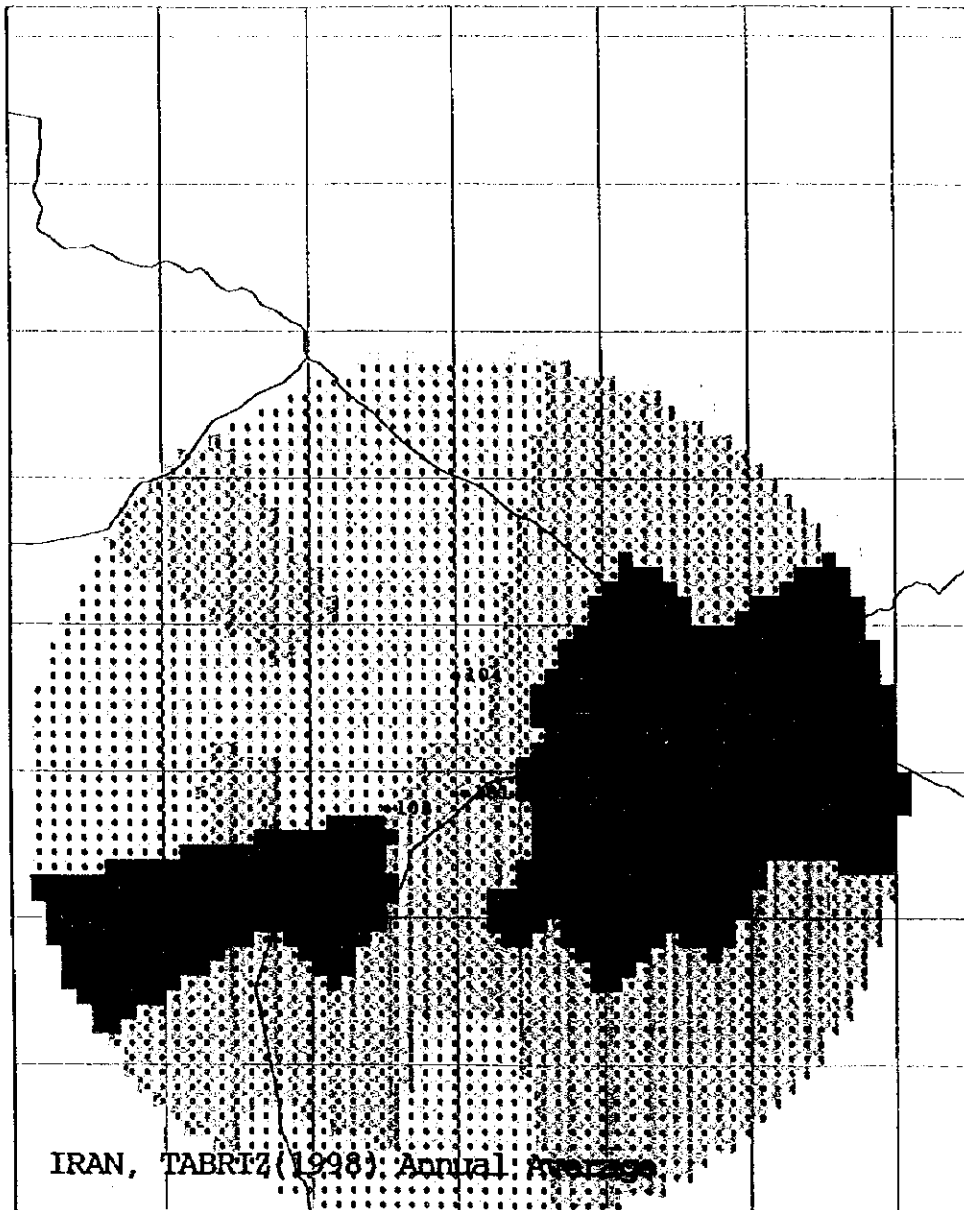
表 8.3 地域内最高年平均濃度と環境基準の比較

汚染物質	タブリッツ	エスファハン	環境基準 1級
	域内最高値	域内最高値	
SO ₂ (ppb)	1.0	4.9	30
NO ₂ (ppb)	0.3	1.3	50
SPM($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1	0.8	75

各汚染物質共、最高着地濃度は、タブリーズ地域では発電所の東北東約 10km の地点で現れており、エスファハンでも発電所の北東約 4km の地点で現れている（図 8.1 と 8.2）。

両地域を比較すると、汚染物質の種類にもよるが、タブリーズ発電所とエスファハン発電所の排出量は同じ様なレベルであり、域内最高値は全てエスファハンの方が高くなっている。この原因は、エスファハン地域の方が風速が弱く、不安定側の大気安定度出現頻度が高いといった気象条件である。

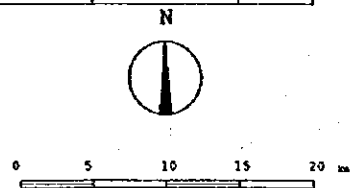
イランでは 1 時間濃度に関する環境基準は制定されておらず、SO₂ の 3 時間平均濃度に関する環境基準がある。年間で 1 回は基準を超過することが許されることから、最高値ではなく、次高値と基準値との比較となる。1 時間値と 3 時間値は基準値として差がある筈だが、1 時間濃度の計算結果を環境基準の 3 時間値と比較した結果を表 8.4 に示す。全般にエスファハン発電所の寄与濃度の方が、タブリーズ発電所のものよりも 6~10 倍、高い。



IRAN, TABRIZ (1998): Annual Average

LEGEND

■	.90 < x <= 1.00 (ppb)	38 grids
●	.80 < x <= .90 (ppb)	112 grids
■	.60 < x <= .80 (ppb)	281 grids
■	.40 < x <= .60 (ppb)	336 grids
●	.20 < x <= .40 (ppb)	1167 grids
□	.00 < x <= .20 (ppb)	868 grids



Monitoring Stations

- 103 Baranloo
- 104 Mayan
- 105 Qaramalek

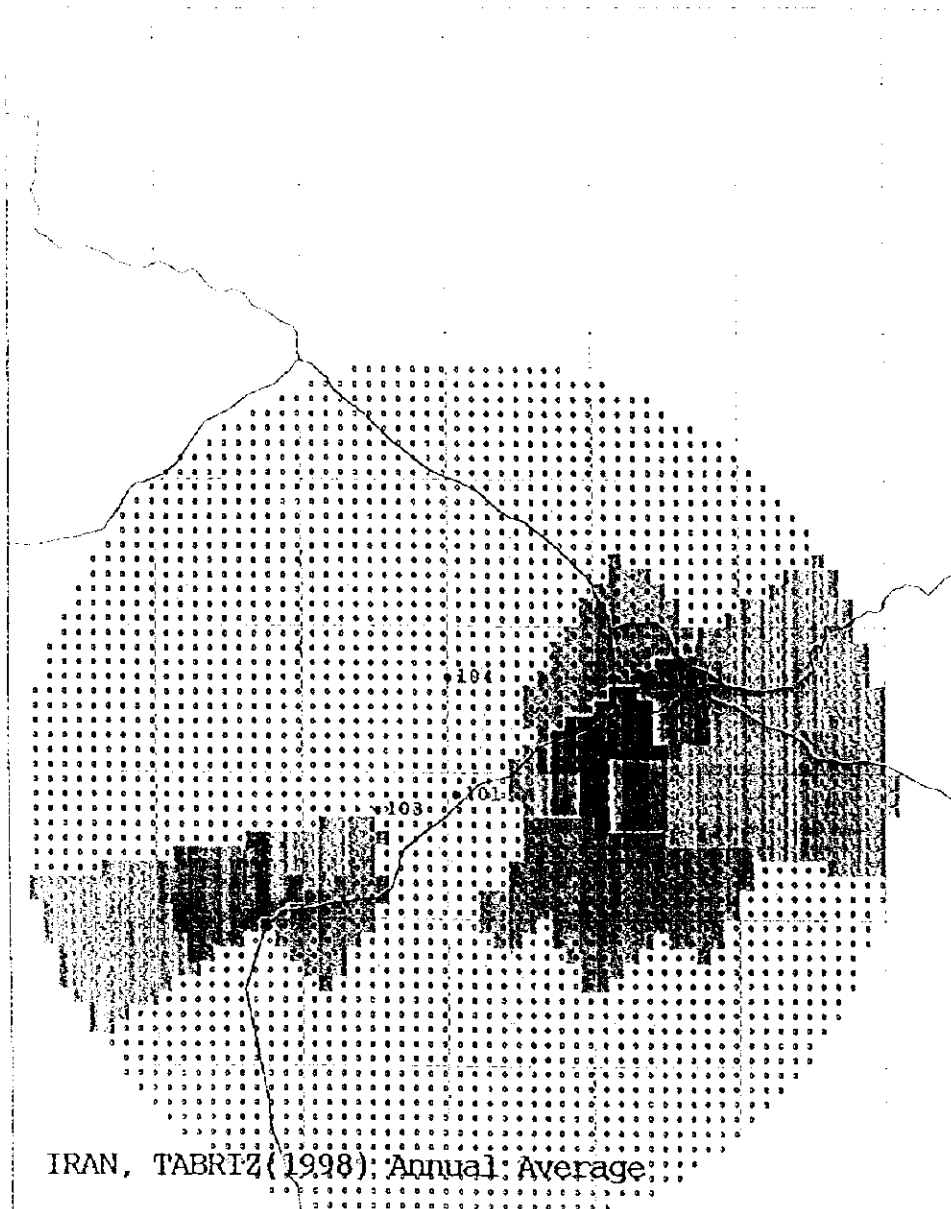
Power Plant

- 101 Tabriz Power Plant

SO₂ ppb

□C MAX= 1.0ppb

図 8.1 年平均濃度分布 (タブリーズ・SO₂)



IRAN, TABRIZ(1998): Annual Average

LEGEND

■	.90 < x <= 1.00 (ppb)	38 grids
■	.80 < x <= .90 (ppb)	112 grids
■	.60 < x <= .80 (ppb)	281 grids
■	.40 < x <= .60 (ppb)	336 grids
■	.20 < x <= .40 (ppb)	1167 grids
■	.00 < x <= .20 (ppb)	868 grids



Monitoring Stations

- 103 Baranloo
- 104 Mayan
- 105 Qaravalek

Power Plant

- 101 Tabriz Power Plant

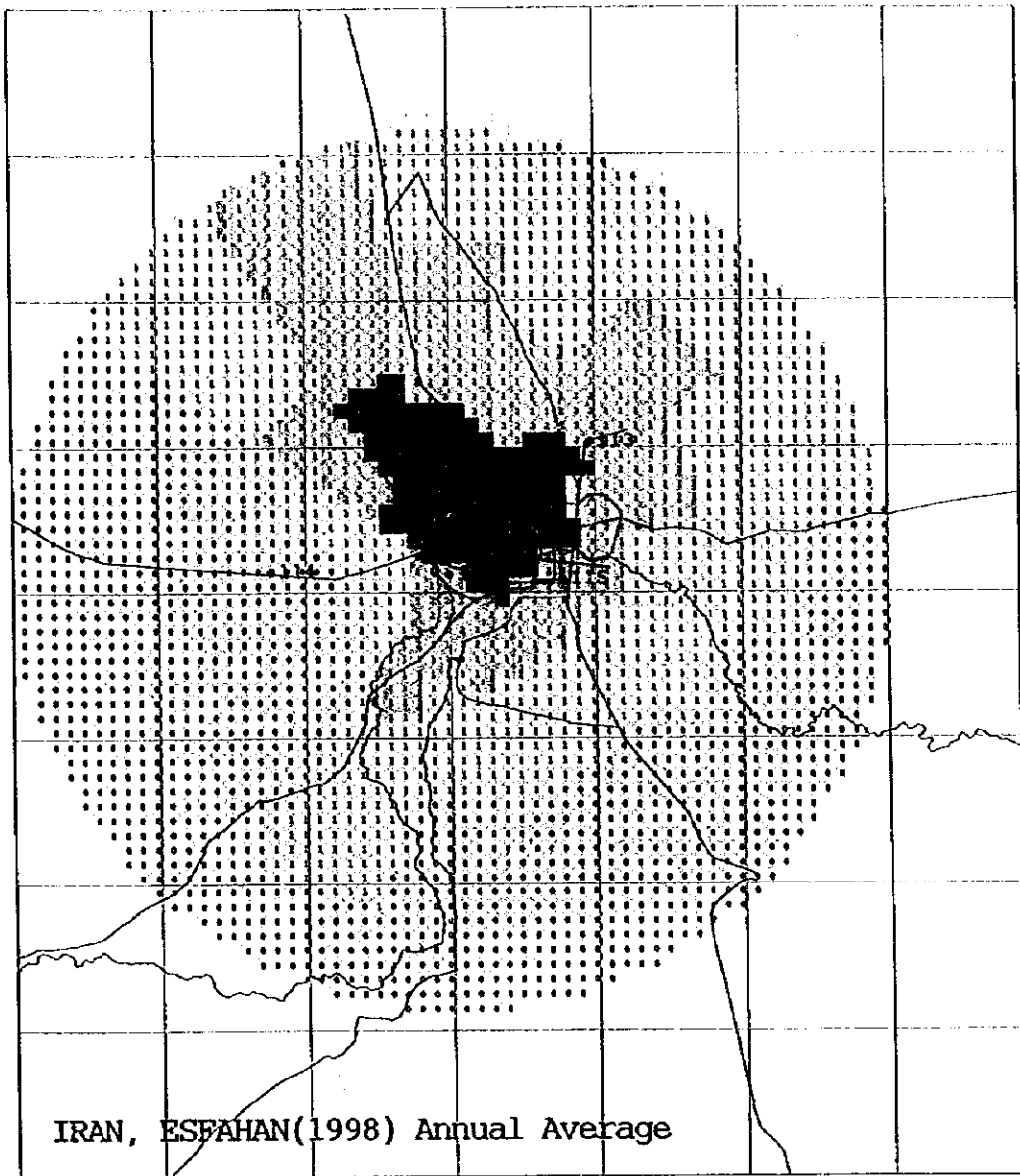
SO₂ ppb

GC MAX= 1.0ppb

図 8.1 年平均濃度分布 (タブリーズ・SO₂)



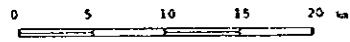
FIG. 10. El Niño (1998) Annual Average



IRAN, ESFAHAN(1998) Annual Average

LEGEND

■	$4.5 < x \leq 5.0$ (ppb)	4 grids
■	$4.0 < x \leq 4.5$ (ppb)	10 grids
■	$3.0 < x \leq 4.0$ (ppb)	41 grids
■	$2.0 < x \leq 3.0$ (ppb)	91 grids
■	$1.0 < x \leq 2.0$ (ppb)	519 grids
□	$0.0 < x \leq 1.0$ (ppb)	2201 grids



Monitoring Stations

- 113 Kaveh
- 114 Golshahr
- 115 Shariati

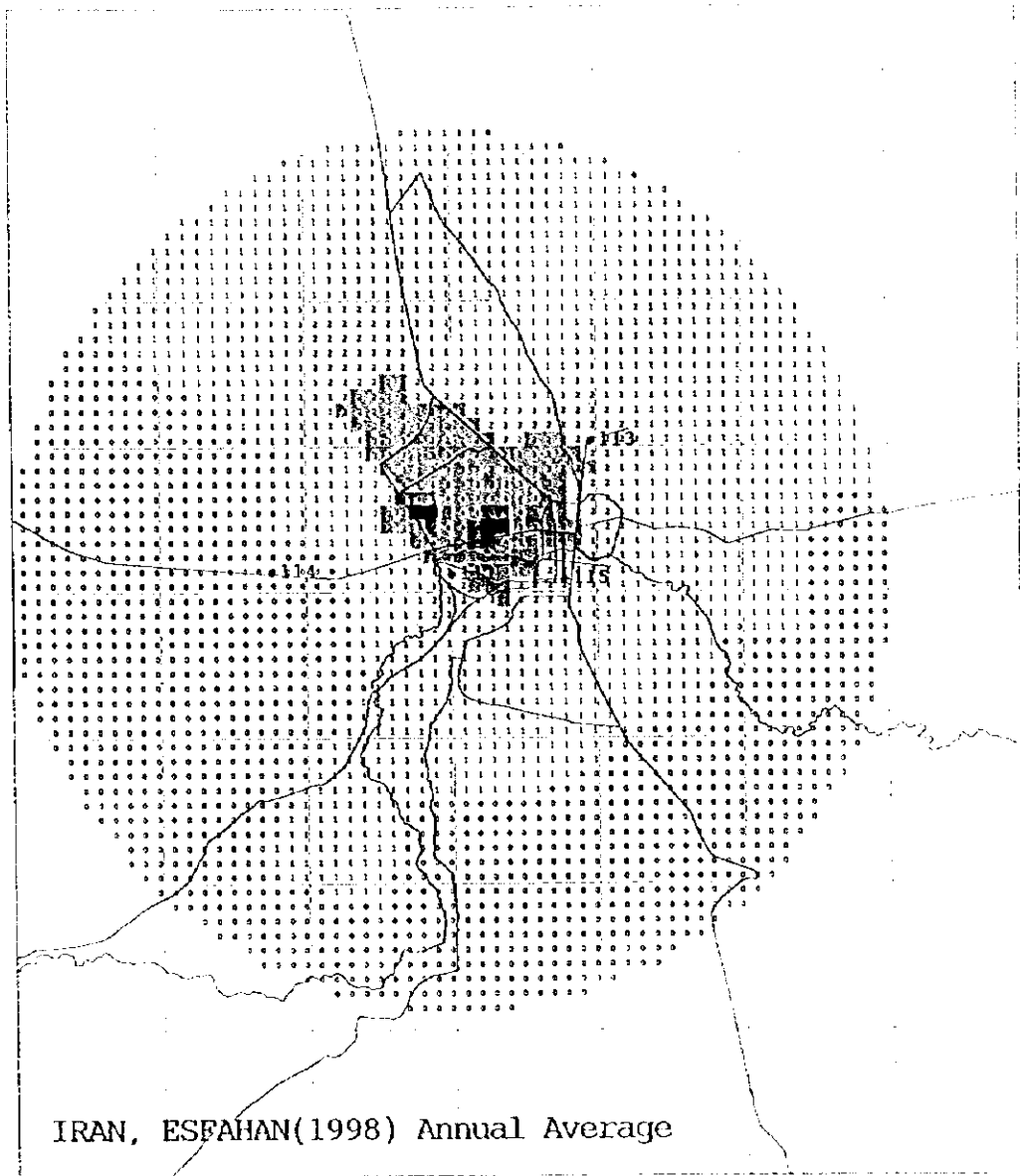
Power Plant

- 111 Esfahan Power Plant

SO₂ ppb

□ C MAX= 4.9ppb

図 8.2 年平均濃度分布 (エスファハン・SO₂)



IRAN, ESFAHAN(1998) Annual Average

LEGEND

■	4.5 < x ≤ 5.0 (ppb)	4 grids
■	4.0 < x ≤ 4.5 (ppb)	10 grids
■	3.0 < x ≤ 4.0 (ppb)	41 grids
■	2.0 < x ≤ 3.0 (ppb)	91 grids
■	1.0 < x ≤ 2.0 (ppb)	519 grids
■	0 < x ≤ 1.0 (ppb)	2201 grids



0 5 10 15 20
grid

Monitoring Stations

- 113 Kaveh
- 114 Golshahr
- 115 Shariati

Power Plant

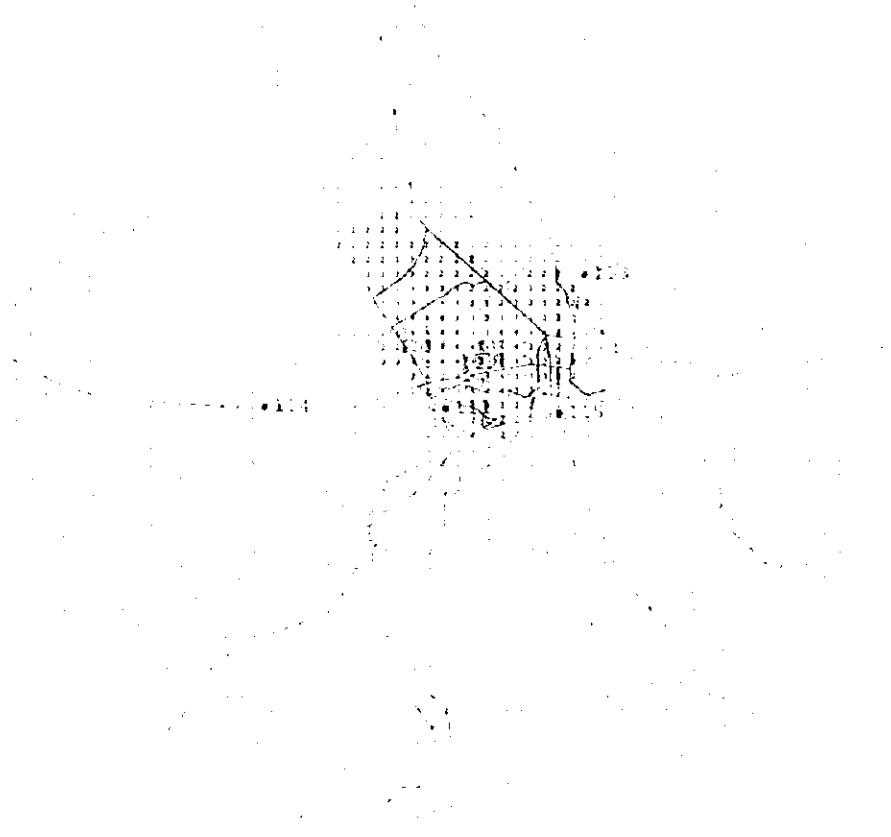
- 111 Esfahan Power Plant

SO2 ppb

CONC MAX=

4.9ppb

図 8.2 年平均濃度分布 (エスファハン・SO₂)



IRAN, ENPARDOKH, 1996 Annual Accounts

1. The following table shows the total amount of the 1996 Annual Accounts for each province in Iran. The amounts are in million Rials.

2. The following table shows the total amount of the 1996 Annual Accounts for each province in Iran. The amounts are in million Rials.

3. The following table shows the total amount of the 1996 Annual Accounts for each province in Iran. The amounts are in million Rials.

表 8.4 1時間濃度次高値の域内最高値と環境基準の比較

汚染物質	タブリーズ	エスファハン	環境基準
	域内次高値	域内次高値	2級
SO ₂ (ppb)	87.0	621.1	500*
NO ₂ (ppb)	20.0	129.0	-
SPM(μ g/m ³)	10.6	106.3	-

* : 3時間平均値

日平均濃度も次高値の域内最高値と環境基準値との比較を表 8.5 示す。この場合もエスファハン発電所の SO₂濃度は環境基準を超過はしないが、その約 40%の濃度レベルであり、単独発生源の影響としては大きいと言える。日平均値でもエスファハン発電所の寄与はタブリーズ発電所の 6~8 倍、高い。

表 8.5 日平均濃度次高値の域内最高値と環境基準の比較

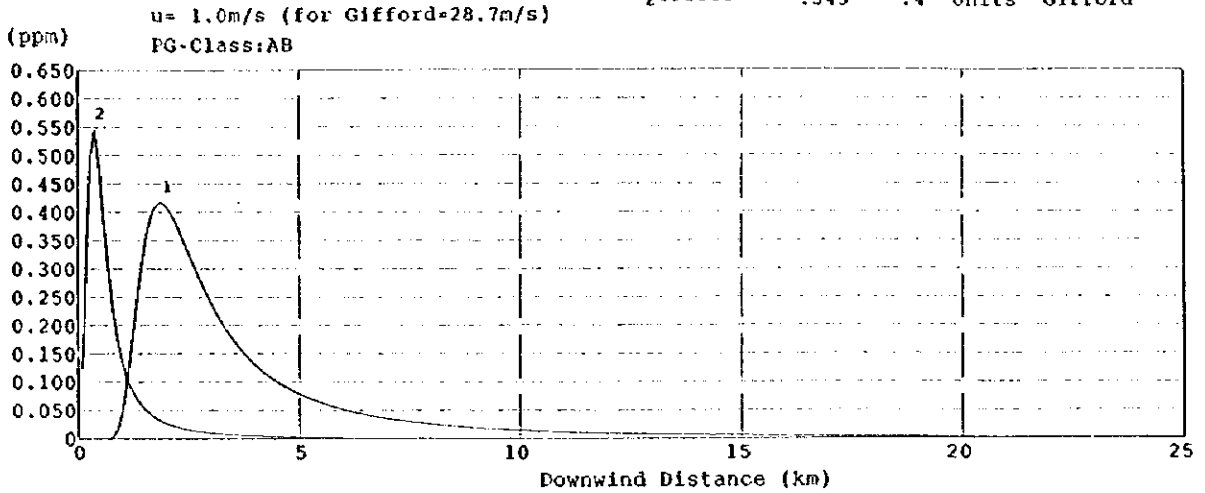
汚染物質	タブリーズ	エスファハン	環境基準
	域内次高値	域内次高値	1級
SO ₂ (ppb)	10.0	52.8	140
NO ₂ (ppb)	1.5	11.7	-
SPM(μ g/m ³)	1.2	8.7	260

特殊気象条件下の濃度予測として、建物や地形の影響によって生じる短時間高濃度を、各ユニット・汚染物質毎に最大排出量を示す排出量条件について計算を行った。地形については、タブリーズでは発電所から Kohsrow Shah に向かう方向の地形を取り入れた。約 4~8km の間に最大で 130m 程度（相対高度）の丘が存在する。エスファハンでは発電所の裏山を超えて、Qa-e-Mieh に向かう方向を取り、その高さは最大で 110m 程度である。

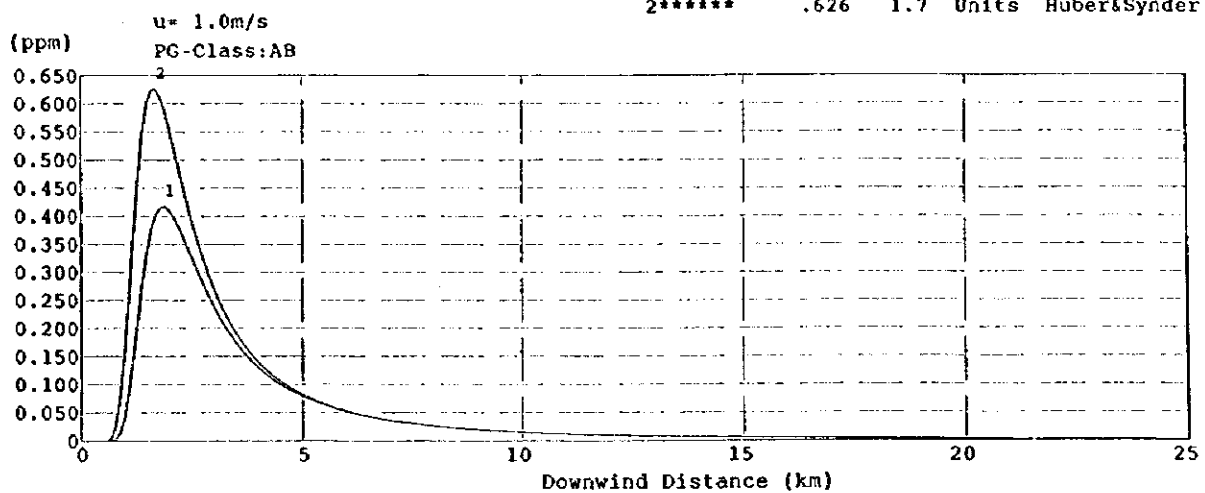
各種のモデルで計算したが、タブリーズでは最も高い数値を示したモデルによる SO₂濃度予測値（212.2ppb）でも環境基準（3時間平均値、500ppb）よりも低かった。エスファハンでは、3,4,5 号機の SO₂寄与の合計は最大で 545~634ppb と予測され、環境基準を超えるレベルとなる。地形影響モデルでは最大濃度は 500m 地点で現れるが、高度が低くなるに従って、急激に低くなっている（図 8.3）。

両発電所共、天然ガスへの転換が完了すれば、SO₂濃度は改善される。また、環境濃度実測値ではエスファハン地域の NO₂濃度が高い傾向が見られたが、この原因は発電所よりも自動車に起因する可能性が高い。

NO.	He (m)	Cmax (ppm)	Xmax (Km)	Units	Model
1*****		.417	1.9	Units	CONCAWE&Plume
2*****		.545	.4	Units	Gifford



NO.	He (m)	Cmax (ppm)	Xmax (Km)	Units	Model
1*****		.417	1.9	Units	CONCAWE&Plume
2*****		.626	1.7	Units	Huber&Synder



NO.	He (m)	Cmax (ppm)	Xmax (Km)	Units	Model
1*****		.332	.8	Units	CONCAWE&Plume
2*****		.634	.5	Units	Terrain

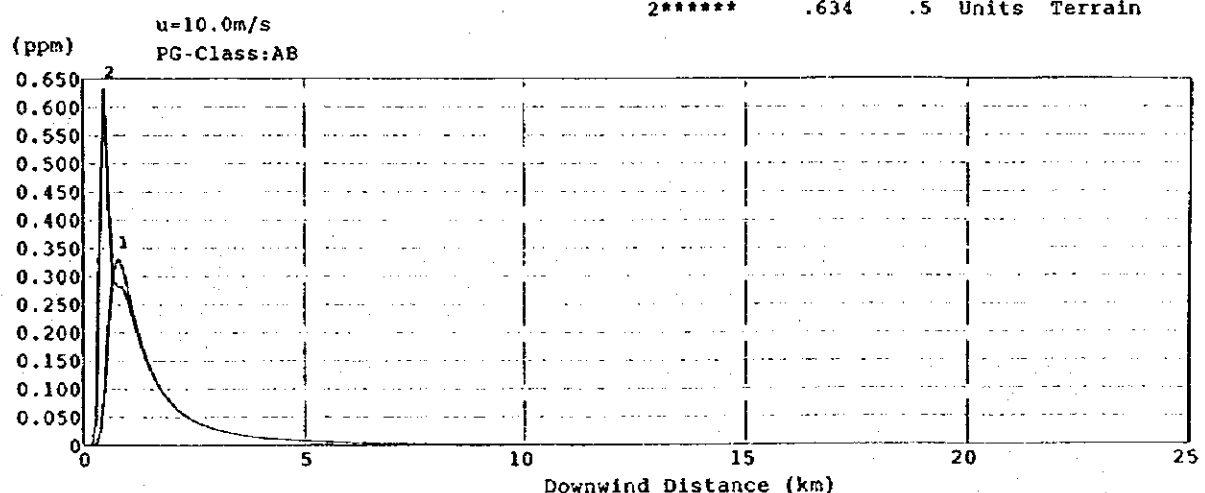


図 8.3 各モデルによる最高濃度時の SO₂ プロファイル (エスファハン)

第9章 化学分析

9.1 はじめに

調査対象地域にて採取した粒子状物質及び降下粉塵、煤塵試料中の金属成分(V, Ni, Zn, Pb)の分析をテヘラン大学環境学科に、ガス状物質として簡易法環境大気試料の NO₂, NO_x, SO₂成分分析を建設推進省ジハード研究所化学工学部にそれぞれ依頼して実施した。

9.2 結果と考察

浮遊粒子状物質(SPM)中の各金属分析の結果、バナジウムとニッケルがクラーク数(全地表の平均金属含有量として知られている)と比べて極端に少ない。大気中の金属濃度に直すと、浮遊粒子状物質の量の違いから、濃度範囲は 100 倍もの広がりを持つことが判った。エスファハンでは鉛の最高濃度値が 273 µgram/空気 1000 m³ であり、米国の鉛の大気環境基準値の 1,500 µgram/空気 1000 m³ (3ヶ月平均値)と比較して低い。

降下粉塵のデータは、タブリーズにおいて亜鉛成分が異常に高い分析値を示した。強風によりベンキのような人工の粉塵が混入したものと推定する。また、鉛の最低濃度は 2 月と夏季に測定された。これは雪により交通量が少なかったことと大気不安定下の拡散によるものと推定出来る。バナジウムとニッケルの含有量がタブリーズとエスファハンではほぼ同じ範囲にあることから、同一発生源から由来したと思え、土壌である可能性が高い。

収集した重油成分分析値からはバナジウムがニッケルに比べて多いはずであるが、煤塵中のバナジウム量はニッケルに比べて少なかった。ボイラー内や空気加熱器等に捉えられる煤塵中にバナジウムが多量に存在するか重油の質の違いと推定する。しかし、煙突下から採取した煤塵の分析値はやはりバナジウムの量は少なかった。煙道ガス中の 4 金属の排出濃度は、米国環境庁が提案した排出基準目標値を超していなかった。

SPM や降下粉塵は、自然界や人為的な源から発生する。ニッケルや鉛の含有量の大幅な違いから、発電所の煤塵がこれら粒子の唯一の発生源でないとと言える。

ガス状汚染物質を簡易法による測定結果、タブリーズ発電所内では、SO₂ 濃度が高値を示した。ダウンウオッシュか、ガスの漏洩によるものと思われる。また、精油所付近と思われる場所で SO₂ 値が冬季最高値を示した。エスファハン発電所内でも SO₂ 値が高かったが、タブリーズ発電所より低かった。両地域で主要道路側と市内で、NO_x 濃度の高いところがあった。冬季、エスファハンでは発電所から 12 km 南方で NO_x 濃度の最高値を示した。簡易法と自動連続測定法の測定値はタブリーズでは割合良く合致したが、エスファハンでは合わなかった。

第10章 EIA構築

10.1 はじめに

イランでは、環境影響評価準備法（EIA準備法）と環境影響評価指針が発行されており、発電能力100MW以上の発電所に関してはEIAを必ず実施し、それ以下の場合はDOEが実施の要不要を決定する。MOEは、それらの事業に対するEIAの技術指針をまづ作成する必要に迫られている。そこで本調査をとおして、発電所の現状、将来計画等を検討し、MOEと協議した結果、火力発電所の主要な環境配慮項目である供用時の大気と水質に係るEIAの技術指針の骨格を作成した。また、汽力発電所のその他の環境影響発生源とその内容について別添資料を作成した。

10.2 EIA手順の概要

プロジェクトの立地選定はEIAの前に決定される。EIAは予備EIAと詳細EIAからなり、通常は予備EIA、詳細EIAの手順を踏み、そのEIA報告書（EIS）をDOEに提出する。環境影響は行為の時期によって、工事中、供用時、廃棄後の3段階に分けられる。

予備EIAにおいては、事業者は予備EIAに関するマトリックス（行為・要因と予測・評価項目との関連表）を作成し、既存の環境資料、基本的事業計画を基にEIAを行う。事業者は予備EIA報告書をDOEに提出し、審査委員会が予備EIA報告書の内容が十分かどうかを判定する。その審査で大きな影響、もしくは予測できない影響を指摘された場合には、それらの影響を次の詳細EIAでより詳しく調査する事になる。

詳細EIAにおいては、予備EIAで不備と判定された環境要因について科学的手法でより詳細に予測評価する。環境の現況を把握し、将来の影響を予測するための環境のバックグラウンドを予測し、また予測に必要なパラメータを設定する。それと共に、予備EIAで選定された行為と環境要因の詳細なEIAマトリックスと行為の条件を設定し、当該プロジェクトの環境変化への寄与を予測する。詳細EIAマトリックスと行為条件はより詳しく、具体的に設定しなければならない。

バックグラウンドの影響と当該プロジェクトの影響を重ねて、将来の影響を求める。将来の環境影響評価は科学的でなければならず、出来るだけ量的予測評価が望ましい。予測された環境の変化は、環境基準のような科学的基準によって評価する。

もし環境への影響が大きいと判断される場合は、評価基準を守るために適切な環境保全対策計画を策定しなければならない。対策が必要な場合には、その費用を計算し、最も実現可能な環境保全対策を選定したり、プロジェクトの採算性を判定するために費用/便益分

折を行う。

もし環境や行為の監視が必要な場合は、EIA 実施者は監視計画を策定しなければならない。それは詳細 EIA の正当性と環境保全対策の実施状況をチェックするために用いられる。

DOE は詳細 EIA 報告書の提出をうけ、審査委員会は審査して、報告書のコメントを事業者に提出する。事業者はコメントに従って EIA をやり直すか報告書の修正を行い、最終詳細 EIS 報告書を提出する。詳細 EIA 報告書はすべての環境要素について、その影響が大小に係わらず、その影響を記述しなければならない。

もしプロジェクトが環境に大きな影響を与えないと結論された場合、DOE は事業を承認し、事業の実施の許可を与える。事業者は EIA 実施者が策定した監視計画により事後監視を実施しなければならない。

10.3 火力発電所の供用時の大気 EIA の技術指針の骨格

EIA の対象汚染物質は、二酸化硫黄、二酸化窒素、粒子状物質の 3 物質とする。対象地域は発電所の周辺、概ね 15~25km の範囲とする。

大気環境の現況を把握し、大気質の将来予測に必要なデータを得るために、大気質、気象、地形・地物、土地利用、固定発生源、自動車交通量、法令による基準等のデータ情報を収集する。大気質と気象については原則として 1 年間の測定データとする。これらのデータ、情報から、地域の発生源、大気質、気象等の現況を把握する。

次に、対象事業の稼働による対象汚染物質の排出量を予想し、更にそれらの大気質に及ぼす変化を予測する。予想は対象事業が通常の稼働状態に達した時点をベースに予想する。排出量は、燃料分析値と設計値、経験又は文献値から予想する。環境濃度は、大気拡散式を基本として使用し、対象事業に起因する濃度を付加して予想環境濃度とする。

予想結果を、発生基準や環境基準等により評価する。対象事業の環境への影響が著しいと予測される場合はその対策とその効果を検討する。実施可能な代替案を提案する場合は、発生量の変化とその環境への影響を予測・評価する。

対象事業が対象事業が計画どおりに稼働していること、更に、環境へ及ぼす影響が適切に予測・評価されたことを確認するために、事後調査を行う。事後調査結果と予測が著しく異なり、対象事業が大気環境に著しい影響を与えているときには、環境保全措置の強化を検討する。

10.4 火力発電所の供用時の水質 EIA の技術指針の骨格

水質 EIA の対象地域は、水質等に影響を及ぼすと予想される範囲の公共用水域とし、対象汚染物質は次のとおりである。

- a.生活環境の保全に関する項目 pH、BOD、COD、DO、その他
- b.人の健康の保護に関する項目 Cd、シアン、As、Hg、その他
- c.その他の項目 水温、濁度、N、P、その他

水域環境の現況を把握し、水質汚濁の将来予測に必要なデータを取得するために水質、底質、水象、気象、公共用水域の利用の状況、他の汚染源の分布およびその発生状況、法令等の基準等のデータ・情報を収集する。なお、現地調査を行う場合は年間を通じた状況の把握が適切に把握できる期間とする。

収集データより地域の発生源や水質汚濁や水象等の現況を把握し、対象事業の稼働による対象汚染物質の発生量と、それらが周辺水域に及ぼす影響を予測する。発生量と対象事業に起因する水質等の濃度については設計値、経験値または文献値により予測し、環境への影響は、必要に応じて、数理モデルによる拡散シミュレーションにより予測する。

予測した結果について、対象事業の稼働による排水による汚染物質の排出量を国の排出基準により、更にそれらの周辺環境に及ぼす影響を環境基準等により評価する。対象事業の稼働が周辺環境に著しい影響を与えると予測される場合には、その対策とその効果を検討する。実施可能な代替案を提案する場合は、発生量とその周辺環境に及ぼす影響を予測・評価する。

対象事業が計画通り稼働しているか、及び周辺環境への影響を適切に予測・評価したかを確認するために事後調査を行う。事後調査結果が予測と著しく異なり、対象事業が環境に著しい影響を与えている時には、環境保全措置の強化を検討する。

10.5 EIA 実施上の留意事項

調査、予測及び評価には客観的方法、資料の信頼性、定量性を、また、内容の明確化に特に留意する。

報告書の作成にあたっては、記述の一貫性、簡潔で平易な表現、専門用語は避ける、選定、設定根拠を明らかにする等に留意する。

第11章 提 案

11.1 はじめに

今回の調査での所見の要点は下記のとおりである。

- a) タブリーズとエスファハン発電所は近い将来、燃料を重油より天然ガスに転換する。両発電所とも重油焼き発電所の増設計画はない。
- b) 両発電所の周辺 20km 以内の大気環境については、二酸化硫黄 (SO_2) と二酸化窒素 (NO_2) ともイランの許容環境基準値よりも下回っている。
- c) エスファハンでの浮遊粒子状物質 (SPM) は、許容環境基準の日平均値を上回っているとされるものの、発電所以外の種々の発生源からの粒子状物質が含まれている。
- d) 両発電所とも、エネルギー損失が大きい。

両発電所から排出された排ガスには、 SO_2 及びばい塵を DOE 草案の排出基準の最大許容濃度を上回って含んでいる事が判明した。しかし、天然ガスへの転換が決定していることから、両汚染物質の発生濃度は基準案値をはるかに下回るのは明かである。そこで、両物質の除去装置の設置提案はここではしない。しかし、ばい塵、窒素・硫黄酸化物の個別大気汚染防止対策をサポート編に纏めた。

ここでの提案は二種類に分けられ、第1は発電所に直接関わり、第2は発電所への間接的な要因への提案である。

11.2 発電設備の保守管理

提案 一 タブリーズ発電所とエスファハン発電所の発電設備に、的確な運転・保守管理を実施すべきである。それにより、発電効率の維持・向上と大気汚染防止を図ることを目的とする。

両発電所の排ガス測定結果、現地巡視調査並びに聞き取り調査から総合的に判断すると的確な運転・保守管理がおこなわれているとは言い難い状況である。特に、省エネルギー的な意識（熱管理）を持った運転・保守管理が定着していない。

a) 復水器真空度の維持、b) 排ガス温度管理、c) 節炭器出口排ガス O_2 濃度管理、d) 空気予熱器の性能把握、e) 運転計器の精度維持等が、調査団が気づいた不足と思われる運転・保守管理内容である。これらを適正に行うには、新たな設備投資をほとんど伴わないので、早急に対策が講じられるとともに、その効果も大きい。発電に従事する者は適正な運転・保守管理を行い、発電効率の維持・向上に努めることが責務であることを認識すべきである。

11.3 蒸気タービンの効率向上対策

提案 一 タブリーズ発電所の総合発電効率を向上させるために 2 号機のタービン効率維持・向上対策を実施すべきである。発電効率に大きく影響を及ぼすタービンに対する効率向上対策を実施して発電効率を 2%程度引き上げるのが目的である。

タブリーズ発電所の発電効率は 33~34%程度と低い値である。2 号機は、定期点検実施後、タービンの異常振動が発生したため停止し、解放点検並びに調整が実施されている。この時のスーパーバイザーからの聞き取り調査によっても、タービンの効率が低下しているとの情を得た。適正なる運用対策に加えて、発電効率に最も大きく影響を及ぼすタービンの効率を向上することが必要である。

タブリーズ発電所の蒸気タービンは、高圧タービン、中圧タービン と低圧タービン 2 基のくし型軸で構成されている。タービンの効率を向上するためには、高圧、中圧タービンに対策を実施するのがより効果的である。高圧、中圧タービンの蒸気漏洩環状面積を減らすために、ダイヤフラムパッキン（ラビリンスパッキン）とシャフトパッキンの新品への交換並びに摩耗の進んだ高圧タービンの動翼（ローター）の取り替えの設備更新対策を実施して、発電効率の維持・向上を図るべきである。タービン効率向上対策費を表 11.1 に示す。

表 11.1 タービン効率向上対策費

対 策	設備・材料費	調 整 費	工期	納期
シールパッキン交換	シャフトパッキン ダイヤフラムパッキン 計 US\$ 400,000	US \$200,000	60 日	6 カ月
動 翼 交 換	高圧タービン用 US\$ 4,200,000	US \$200,000 (指導員 2 名)	60 日	1 年
計	US\$ 5,000,000		80~100 日	—

注)この費用の他に現地人件費と輸送費が必要である。

なお、適正な運用対策を含めて、発電効率が 3%向上するものとして試算すると、燃料節減量は年間約 30,000 トンで、節減額は重油を US\$ 78 / ton とすれば年間 US\$2,300,000 となる。

11.4 エネルギー省の環境組織

提案 一 エネルギー省はその環境部を増強してより広範囲な活動が出来るようにし、更に各発電所に環境担当を配置すべきである。各種の環境問題の解決法を見出し、

社会問題と化した環境問題とそれに応じた地方の要求に対処し、発電効率の上昇に寄与し、新規発電所計画に際して環境影響評価を実施する等を目的とする。

地方、国、国際的にも汚染源の一つである発電所へ環境対策実施への要求が高くなっており、エネルギー省環境部の職員 7 人では、対応出来る状態ではない。発電所には環境組織はない。特に、発電所がその事業を継続し、発展するためには地域住民との関係が極めて重要である。

中央には①環境関連企画・調査、対策検討、②環境管理・監査、広報、人事、予算、③他の関連官庁への手続き、④規則等に技術での対応と必要技術の調査・開発、⑤環境影響評価の実施等の業務を処理できる組織が必要である。一時的な環境問題の処理—例えば新発電所の環境影響評価の実施等—には、全省に亘る業務が発生し、本組織のみでは処理不能となり、本組織はその事務局となり省内各所での業務を纏める。

また、各発電所には、所長の下に独立した組織で以下の業務を遂行すべきであろう。

- ① 汚染物質排出量測定と分析、環境濃度や燃料効率の定期的測定と分析
- ② 上記データを定期的に所長に報告、所長はこれを本省環境部と地方自治体、住民に報告
- ③ 公害防止のために必要であれば、所長に運転条件の変更を提案

11.5 発電所職員の公害教育

提案 — MOE は発電所の運転に係わる運転員及び技術者を再教育して、汚染防止の心得とその技術を与えるべきである。汚染の原因とその対策を理解して、発電所の管理、保守、運転による汚染防止又は汚染発生量抑制を心掛けさせる。

MOE はその運転員等を現在タブリーズ市にある MOE の学校で教育している。その主な目的は需要に応じて発電することであり、安全第一としながら機器の運転、保守に当たることが中心であり、環境汚染は重要視されていない。発電所職員には公害防止と省エネ教育を実施すべきである。

イランエネルギー省エネルギー次官局では 337 頁に及ぶ“エネルギーと環境”という本を現地語で発行している。この本が概念を与える資料として使用できる。カリキュラムとしては①汚染とは、②エネルギー省の汚染防止への努力、③発電による汚染の種類とその規模、④汚染対策、⑤運転による汚染防止等のコースが必要である。

MOE タブリーズ校の組織と設備が利用出来る。追加すべき教育陣として一時的には MOE の環境部、DOE、大学等から来講を依頼すべきである。適当な訓練設備が校内にはないのでタ

ブリーズ発電所の 368 MW 一基を常用運転を兼ねながら使用する。その為にはモニタリング設備を完備する必要がある。その設備費の外貨分として、一年間の予備消耗品を含んで各 1 セット約 US\$100,000 の費用が必要である。

11.6 煙道ガス測定

提案 一 各発電所は煙道ガスを定期的に測定すべきである。目的としては、汚染物質の発生量やその時の運転条件を測定記録し、①広報のための定量的な情報の蓄積、②燃焼管理への利用、③排ガス源が多数の場合、汚染防止対策の実施の重点の決定、④適当な排ガス浄化装置の選定と対策以降の排ガス浄化の効果判定の資料などに利用する。

発電所はその地域での主要な汚染発生源の一つである。そこで発電所は汚染発生量を制御して環境を悪化させない義務がある。イラン環境庁により提案されている工場等の排ガス排出基準がいずれ条例化され、発電所は煙道ガス中の SO₂、CO、NO_x、SPM、黒煙濃度を規制されることになる。当然発電所はその煙道ガスが規制値以下か以上かを示す必要があろう。

業務としては、年間 3 回（冬、夏、と春又は秋）発電設備個々に、深夜、早朝、昼間、夜間の代表出力及び使用燃料変更時に煙道ガスを測定する。測定項目は、環境庁排出基準案に記載の項目の他に、排出量を知るために酸素、煙道ガス流量、温度、水分を追加測定する。使用機材の初期投資額は外貨分として、一年間の予備消耗品を含んで各 1 セット約 US\$100,000 の費用が必要である。

業務のうちには、保守点検とデータ整理も含まれる。条令等で要求される形にデータを整理し、後日、測定値を再確認したり、対策実施後のデータとの比較資料となる等のため重要であり、最低 3 年間は保存する。

11.7 重油の需要・供給バランス調査

提案 一 イランエネルギー省は、重油の需給バランスについての調査及び余剰対策立案を実施する委員会を設立するよう、関連機関に働きかけるべきである。発電所の燃料転換により生じる余剰重油を、最も経済的で、環境に配慮しながら処理又は消費する方法を見出す事を目的とする。

MOE は、すべての重油発電所を将来天然ガスに燃料転換するとの政策を採用し、タブリーズとエスファン発電所へは本政策を適用することを決定した。環境保全の見地から天然ガスは、SO₂ とばい塵の排出がはるかに少ないため、重油よりも非常に優れている。しかしながら、天然ガスの使用によって国内には重油の余剰が発生する。

1997年の電力業界では7百万m³の重油を消費し、1993年から年平均消費量が約5%の伸びであったことになる。イランの精油所で生産された重油の約30%の重油を電力業界は消費している。タブリーズ発電所ではタブリーズ精油所が生産した重油のうち約60%以上を消費し、エスファハンと近隣のモンテザリ両発電所でもタブリーズと同様である。これらの発電所が、重油から天然ガスに燃料転換した場合、精油所の重油は生産過剰となる。精油所はこれに対処するため、次の3点のいずれか一つまたは複数の選択が有り得る。すなわち、

- 1) 現状のまま他所に販売する。
- 2) 精油所で低硫黄化を実施する。
- 3) 重油の生産量を減らす。

余剰重油がそのままイラン国内で販売される場合には、SO₂とばい塵の排出により、その販売先で大気汚染が引き起こされる。また精油所での低硫黄化は、発電所での処理に比べ経済的ではない。概略積算によれば精油所で脱硫すれば、建設費で発電所排煙処理に比べて2倍の投資が必要である。最後に、重油の生産を減らすことは、原油処理能力を減らすか、原油の種類を変更することになり採用し難い選択肢である。

実施すべき業務として、①余剰重油の新しい国内消費先とその予想消費量の推定、②新消費先につき、BIAの予備調査を実施し、消費先毎に環境を悪化させないという条件で、許容可能な消費重油量を予測、③モデルの規模を仮定して発電所での排煙脱硫と精油所での燃料の脱硫の比較検討、④重油輸出市場の将来動向予測、⑤石油製品の将来動向予想、⑥発電所での天然ガス転換政策の続行又は一部変更の提案と、転換時期の提案、⑦上記に応じた精油所の製油方式、能力の段階的変更を立案等を実施する。

予算計画庁、石油省、工業省、DOE、MOEで構成する委員会を組織し、4年間で結論を出す。

11.8 浮遊粒子状物質の測定とその発生源寄与率の特定

提案 一 MOEは、浮遊粒子状物質(SPM)のより詳細な測定と発生源の特定を目標として、エスファハン州DOE支局を中心とした調査プロジェクトを提案すべきである。エスファハンでは夏季5ヶ月に亘ってSPMの月平均が高く、最高は8月に157μg/m³であった。イラン国の基準値は24時間平均値260μg/m³と年間平均値75μg/m³の2種があり、24時間平均値を超過している可能性がある。その確認を行うと共に、発生源を特定し、SPM減少対策の基礎データを提供することを目的とする。

本調査ではローボリュームエアサンプラーを使用しており、24時間値を測定できる測定計を使用しなかった。そこで①SPM自動連続測定計による夏季測定、②発生源別発生量の把

握、③浮遊粒子状物質試料採取、④その試料の化学分析、⑤分析値からの寄与率の計算して、対策計画への資料とする。

必要となる機材、資金は人件費、輸送費等を除いてUS\$510,000である。なお、化学分析と寄与率の計算に必要な外部依頼費用を含む。業務に必要な機材は2001年夏に間に合うよう2000年内に手配できるとし、2年半の工程が必要である。

11.9 シミュレーションモデルの精度向上

提案 — エネルギー省は、中央や地方の環境関連機関等と協力して、より正確な地域情報を入れて、その地域の総合シミュレーションモデルを確立するべきである。より精度の高いシミュレーションモデルにより、その地域の発生源構造を解明し、環境保全マスタープランを作成の上、適切な環境対策を実施することが目的である。

本調査においては、発電所だけではなく、可能な限りその他の工場・事業場及び自動車を始めとして、多岐の発生源をモデルに取り入れてモデルの精度向上を図ったが、発生源の把握度やその精度の面で不十分であった。より正確な地域情報を収集・追加して、更に、モデルの精度向上・改良を図るべきである。

発生源情報として、大規模固定発生源、群小固定発生源、航空機・自動車を含む移動発生源が必要である。この中で自動車の排出係数はイラン自動車工業研究所に3000ccエンジンまで測定可能なシャーシダイナモがあり、同所からのデータ提供の可能性もある。その他気象・環境データの測定も必要である。固定発生源測定や気象、環境の測定には本調査のデータ及び機材が利用できる。

地域総合シミュレーションモデルの確立は、本来的には、環境関連機関の責務である。また、一度、確立したシミュレーションモデルであっても、地域の発生源構造等が変化している場合には、見直しを図ることが重要となる。更に、新しい技術的知見を取り入れて、シミュレーション手法自身の改良を図っていくことも必要である。

自動車排出係数や事業場地域分布等のデータが提供されるとして、一地域を対象として、本地域総合シミュレーションを実施する場合に必要なイラン側専門家の合計は30人・月で、全体としては1年間の調査期間であろう。一部調査にはに外部コンサルタントが必要でその合計は10人・月、イラン滞在費、旅費を除きほぼUS\$250,000が必要である。

第12章 結 論

本調査の目的の第一は、イラン側の技術力の向上への協力にあった。イランには火力発電所がほぼ20箇所あり、本調査で対象とした2発電所はその代表として事前に選ばれていた。他の発電所に本調査と同様な調査を、イラン側のみで実施できるように、技術移転に心掛けた。また、他の目的であるイランの実状に即した火力発電所の環境影響評価手法を、主として大気と排水に関して構築した。これを基礎に、イラン側でその他の環境項目を補充し検討のうえ、正式なイランの手法を決定されることを期待する。

本調査の測定によって、対象物質である二酸化硫黄、二酸化窒素の二つは、タブリーズとエスファハン両発電所周辺20kmの範囲で、イランの環境基準値を超過していないことが判った。また、もう一つの対象物質である浮遊粒子状物質も、同様にイランの年間平均基準値は超過していないが、その日平均基準値をエスファハンで超過している可能性があることが判った。いずれにしろ、浮遊粒子状物質には各種の発生源があり、火力発電所のみが超過の原因とは言えない。そこでその解明の方法を提案した。

両発電所の煙道ガス中の対象汚染物質の濃度は、イラン環境庁が提案している許容値を超過している。しかし、対象の二発電所の各発電装置は、天然ガスの供給準備が整い次第、天然ガス燃焼のみとなることが調査期間中に判明した。将来は発生する二酸化硫黄と二酸化窒素、粒子状物質は、提案されている許容値を下回ると推定される。そこで対象二発電所には汚染対策の提案をする必要がなくなった。但し、他の発電所を対象として汚染対策を実施する場合に利用する技術のために、汚染対策の全般にわたって資料を作成しサポート編に添付した。また、プロジェクト研修に際しても相手側にその内容を説明した。

本調査の結果、両発電所とも予算と外貨不足が原因で、保守管理が不十分のためエネルギー損失が大きいことが判明した。そこで、省エネルギーを中心とした提案をもおこなった。

本調査はエネルギー省が相手側実施機関であった。公害は、複雑な原因と各種の発生源が絡んでおり、一機関のみでは対処できない。本調査で判明した両地域の汚染の現状を、将来悪化させないためには、各行政機関の協力による監視と対策立案が必要である。この面からの提案も行った。これらの提案のまとめを表12.1に示す。

使用機材の手配と通関、上層気象観測の許可、発電所側の準備不足等により、調査期間の初期に工程の遅れが生じた。しかし、これらの障害を、現地日本大使館、JICA及びイラン側カウンターパートのご協力により、何とか乗り越えた。また、カウンターパートと発電所側協力所員は、日本側からの移転技術の理解に熱心に努めた。4年間に亘る本調査が、スムーズに進行し初期の目的を達成することが出来たのは関係者各位のご援助、ご指導、ご鞭撻、ご協力の賜であることと、団員一同改めて感謝する次第である。

表 12.1 提案のまとめ

番号	提案内容	提案理由	実施機関	必要費用 US\$	実施期間	備考
1	発電設備の保守管理	的確な運転保守の意識不足	エネルギー省	--	常時	
2	蒸気タービン効率向上対策	省エネ	エネルギー省	5,000,000	現場作業 3ヶ月	発電装置 1ユニット
3	エネルギー省の環境組織	複雑化した環境問題への対処	エネルギー省	--	速やかに	
4	発電所職員の公害教育	環境、省エネ問題解決の基礎	エネルギー省	96,500	随時	
5	煙道ガス測定	広報、燃焼管理等への利用	エネルギー省	--	常時	
6	重油の需要・供給バランス調査	余剰重油への対処、公害の広範囲 化防止	計画予算庁、環境庁、 工業省、石油省、 エネルギー省	--	4年	
7	浮遊粒子状物質の測定とその発 生源寄与率の特定	エスファハンでの日平均基準値の 確認と対策立案	環境庁、工業省、石油省、 エネルギー省	510,000	3年	
8	シミュレーションモデルの精度 向上		同上	250,000	1年	対象1地区 のみ

注1. 交換レート：US\$1.00=Rls.8000=¥120

注2. 必要費用には、イラン側人件費、機材輸送費、現場経費、海外よりの渡航費、滞在費等は含まない。

JICA