

No. 11

# イラク・イラン鉍工業プロジェクト 選定確認調査報告書

1990.2.10~1990.2.23

1990年12月

国際協力事業団

イラク・イラン鉍工業プロジェクト選定確認調査報告書

一九九〇年十二月

国際協力事業団

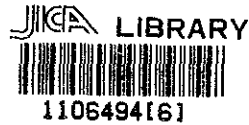
305  
66  
MPP

鉍計画  
90-218



イラク・イラン鉍工業プロジェクト  
選定確認調査報告書

1990.2.10～1990.2.23

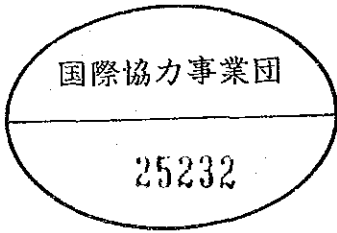


25272

1990年12月

国際協力事業団

International Journal of  
Business and Economics  
Volume 1, Number 1  
1992



# 目次

I	調査団派遣の目的	1
II	調査団の構成	1
III	調査日程及び訪問先	1
	1. 調査日程	2
	2. 訪問先及び面談者	3
IV	調査の所見	5
V	調査結果	7
	1. イラク	7
	1-1 経済概況	7
	1-2 開発プロジェクト	7
	1-3 鉱工業関係プロジェクトの概要	8
	(1) 自動車部品工業育成計画	8
	(2) 電力供給網近代化計画	9
	2. イラン	11
	2-1 経済概況	11
	2-2 経済開発計画	11
	2-3 鉱工業関係プロジェクトの概要	12
	(1) エネルギー計画策定	12
VI	別添資料	15



## I 調査団派遣の目的

1. 鉱工業関係開発計画を効果的に実施するため、既に要請がありながら内容の不明確なプロジェクト及び今後わが国に正式要請の可能性のあるプロジェクトにつき、これらの背景及び経済開発計画における位置付け等を調査し、優良かつ調査実施の可能性が高いプロジェクトの発掘・選定を行なうことを目的とする。

また調査の過程で相手国機関等にわが国の制度の広報等を行なうことにより、将来のプロジェクトの形成促進を目的とする。

## II 調査団の構成

濱田 隆道	団長・総括	通商産業省 通商政策局 中東アフリカ室長
飯塚 裕一	技術協力策定	外務省 中近東アフリカ局 中近東第二課
山田 英司	技術協力行政 (イランのみ)	通商産業省 通商政策局 技術協力課 技術協力第一班長
西連地二郎	自動車部品工業行政 (イラクのみ)	通商産業省 機械情報産業局 自動車課
松井 賢一	エネルギー計画	日本エネルギー経済研究所 エネルギー軽量分析センター 研究部長
毛利 伸生	調査企画	国際協力事業団 鉱工業計画調査部 鉱工業計画課 課長代理

### Ⅲ. 調査日程及び訪問先

#### 1. 調査日程

(日順)	(月日)	(曜日)	(行程)	(交通手段)	(宿泊地)	(訪問先)
1	2/10	(土)	成田 → バンコク	飛行機	バンコク	<移動日>
2	11	(日)	バンコク → バクダッド	飛行機	バクダッド	<移動日>
3	12	(月)		車	"	大使館、工業・軍事産業省
4	13	(火)		車	"	工業・軍事産業省、アル・ムセヤブ火力発電所
5	14	(水)		車	"	石油省、計画省、大使館
6	15	(木)	バクダッド → フランクフルト	飛行機	フランクフルト	<移動日>
7	16	(金)	フランクフルト → テヘラン	飛行機	テヘラン	<移動日>
8	17	(土)		車	"	大使館、計画予算省
9	18	(日)		車	"	エネルギー省、工業省
10	19	(月)		車	"	石油省、エネルギー省
11	20	(火)		車	"	大使館
12	21	(水)	テヘラン → ジュネーブ	飛行機	ジュネーブ	<移動日>
13	22	(木)	ジュネーブ →	飛行機	機内	<移動日>
14	23	(金)	→ 成田	飛行機	機内	<移動日>



## 2. 訪問先及び面談者

### (1) イラク

#### イラク大使館

中村 泰三	特命全権大使
浦田 啓充	二等書記官
山近 英彦	二等書記官

#### 計画省 (Ministry of Planning)

Talib Ibrahim Abdulmassan	Chairman, Manpower Planning Commission
Salah Ayoub Abdunour	Senior Engineer

#### 工業・軍事産業省 (Ministry of Industry)

Nihad Farot Thweny	Director, Organization and Assistance
Abdhi Monaim Karim	
Subhi Najim Ibrahim	Director General, Electricity Department
Kemil Al-Mashta	Expert
MRS. May Hafid	Chief Engineer
A. Shihab	Chief Engineer
K. Mishhedany	Chief Engineer

#### 石油省 (Ministry of Oil)

Izzlden Al Rawi	Director, Training of Manpower
-----------------	--------------------------------

アル・ムセヤブ火力発電所 (Al - Musib)

Maki・J・Mousa	S・Engineer
--------------	------------

### (2) イラン

#### イラン大使館

斎藤 邦彦	特命全権大使
古川 博	一等書記官
田辺 正美	一等書記官
浜田 秀隆	二等書記官

#### 計画・予算省 (Plan and Budget Organization)

Ershadigar	Director, Oil and Gas Dept., Bureau.
------------	---

#### 工業省 (Ministry of Industry)

KH. Mehdizader	Director General, International
----------------	---------------------------------

Ms. Ghaffarzadeh  
Sadighi

Affairs  
Expert on Japan  
Counselor, Ministry of Foreign  
Affair.

エネルギー省 (Ministry of Energy)

S. Ahmad Hakim  
S. M. Tabatabaee  
Mohsenikabir

Director, Energy Planning  
M. D, Electric Reserch Power Center.

石油省 (Ministry of oil)

E. Bavarian  
A. Bayat  
Bagheri Pour

Assistant Director,  
Corporate Planning.  
Corporate Planning.  
Expert M. O. F

## IV 調査の所見

### 1. イラク

#### (1) 自動車部品工業育成

① イラク側の要望は、国内自動車部品産業育成という点で目的は明確であるが、そのため日本に何を期待するかについては明確にし得ず、具体的説明が行われなかった。したがって、本件への協力は、とりあえず短期専門家派遣のスキーム等により、現在イラクにどの程度と同産業育成の可能性があるかにつき具体的例示を行うも一案かと思われる。

#### (2) 電力供給網近代化計画

① 本要請の内容は、当国の発電、送電、配電各分野における中長期の電力投資計画策定を目的とし、当国工業省により策定された諸計画を最近の新しい要因をふまえ再検討を行う等とした上で、最終的な長期投資計画を策定することである。

② 当国の発電能力は現在9,000MWであり、今後、製鉄所、セメント工場、アルミニウム工場等の建設を予定しており、電力需要は急速にのびることが予想され、2010年には発電能力を現在の4倍の36,000MWにする必要があるとの見通しをたてている。このため発電所の立地条件調査や送電拡充計画を必要としている。

③ 本件要請内容は具体的であり、当国の電力事情にかんがみ、実施の必要性が極めて高いものと判断される。「イ」側も調査に必要な資機材、技術者について十分協力する旨発言があった。

なお、本調査団受け入れにあたっては、サダム・フセイン大統領の日本に学べとの指示あり、イラク側に積極姿勢が見え、日本に対する期待をうかがわせるものがあった。

### 2. イラン

#### (1) エネルギー計画策定

① 本件の具体的要請内容は1971年に行われたスタンフォード研究所調査報告書の最新版を作成することである。第1フェーズとして2000年までの10年間、第2フェーズでそれ以降を検討することとし、第1フェーズにおけるエネルギー計画では、パイプライン網の整備による天然ガス利用拡大を図り、また、自動車排気ガスが大気汚染の原因となっているのでガソリンの代替として液化ガスを利用すべく計画を策定したい旨発言があった。

② 重点関心事項として（ア）省エネルギー対策、（イ）ロード・マネジメント、（ウ）電力料金制度の確立等があげられたが、特に送電線ロスの削減、ロード・カーブの予測、最適電源選択（経済分析）、将来必要となる送配電網の予測につき協力期待している。

③ イラン側の戦後復興へのわが国に対する期待は極めて大きなものがあり、各省庁の協議を通じてイラン側の大きな熱意が感じられたと共に、イラン側は、国造りの基礎となる人材育成、技術移転の重要性を明確かつ冷静に認識しているとの心証を得た。

④ 本件エネルギー計画は当国にとり重要かつ緊急性ある計画であり、かつ、当国のエネルギー政策の安定化に資するものと思料されるが、データ存在の未確認等の問題もあり、本件選択の是非については予備調査団の派遣の必要があるものと思料された。

なお、調査協力体制については、PBOがカウンターパートとなり英語にて共同作業を行えるイラン人専門家も多数存在するので問題ないものと思料される。

## 調査結果

### 1. イラク

#### 1-1 経済概況

全就労人口の過半数が農業に従事しているが、国民総生産に占める農業の割合は10%以下と見られる。地方、石油部門の就労人口は少ないが、生産性は極めて高いことからイラクの産業構造は石油依存方と行うことができよう。また、国家収入の約95%を石油輸出に依存している。1980年9月に開始されたイラン・イラク紛争中（1988年8月停戦）も戦争と経済開発を並行させる積極的な政策をとったが、1982年秋から財政悪化が顕在化し始めたことにより、債務繰延べを余儀なくされたほか、外貨送金の制限、通貨切り下げ等の措置を取らざるを得なくなった。その後、新規パイプラインの完成により石油収入の道は確保されたものの、1986年の石油価格の大幅落下により外貨事情は更に悪化し、イラクの対外債務総額は大きく膨れ上がり、財政事情は年を追って深刻化していった。

最近の石油価格の回復、OPEC内でのイラクの生産枠の拡大（278万b/dから292万b/d）により石油収入増大が若干見られるものの、石油収入は年間140から150億程度と見積もられ、巨額な対外債務を考慮すると、基本的には今後とも厳しい経済運営を強いられるものと予想される。但し、世界第2位の石油埋蔵量を背景とした潜在的経済力を考慮すれば、長期的には経済状態は回復に向かうものと予想される。

#### 1-2 開発プロジェクト

戦時下の外貨不足、産業施設へのイランの攻撃にも拘らず、戦前から着手していたプロジェクトの進捗は、スローダウンしたもののそれなりに進められてきた。この結果、高速道路、肥料工場、火力発電所等が完成または完成間近になっている。

一方、停戦に伴い、外貨獲得型産業・輸入代替産業の育成および生産基盤の整備に重点を置き、石油製油所、石油化学プラント、肥料工場、セメント工場、製鉄所等の建設やバグダッド首都圏開発計画などイラクの財政事情に鑑みると野心的もいえる計画を打出している。

#### 1-3 鉱工業関係プロジェクトの概要

##### (1) 自動車部品工業育成計画

###### ① 背景

イラクにおける自動車メーカーは、現在のところ存在しておらず、将来的には、国営企業SEAI (State Enterprise for Automotive Industry) において、ゼネラルモーターズ (GM) 及びメルセデズベンツとのライセンス契約により製造する自動車工場に、部品を供給する企業を育成したい意向がある。

同時に、現在輸入に頼っている補修用部品についてもイラク国内企業により生産、供給することも自動車部品企業育成の目的である。

そのため、日本がいかに自動車部品産業を育成してきたか、また、その方法をイラクに取り入れることが可能かどうか、イラク側の最大関心事項である。

本件には、フセイン大統領の“日本に学べ”の号令の下、今回調査案件として残った2件のうちの1つであり、イラク政府としての期待は大きい。

#### ② 自動車製造 (SEAI) の状況

GM及びベンツとのライセンス契約を妥結し、92年頃に組立生産を開始予定となっている。

GMからのライセンスで、年間約10万台の小型乗用車を組立、また、メルセデスベンツとのライセンス契約では、1～16トンクラスのトラック組立を計画をしている。

#### ③ 補修用部品の現状

補修用部品については、貿易省傘下のGAMCO (General Automobile and Machinery Company, 自動車・建機買い付け公団) において、トヨタ、ベンツ等の自動車補修用品の輸入を行っている他、本公団が、輸入の独占権をもっているわけではないため、様々なルートでの取引がなされている。

その中には、台湾他東南アジアからの部品も含まれている。

#### ④ 技術的評価

自動車産業は裾野の広い産業分野であり、自動車製造を手がけると同時に、部品産業も育成することは、国内の産業、経済発展には重要な意味をもつものである。そういった点からも、今回の調査では、イラク側の部品産業育成によせる期待は感じられた。

しかしながら、当方が、調査のために要求したデータの提供 (部品生産の現状、自動車関連就業者数等の詳細について) には応じてもらえず、イラクの自動車及び自動車部品産業の実態について未だ不透明な部分は残っている。

いずれにせよ、イラク側の期待は、特定の部品の育成に絞っているのではなく、日本が自動車部品産業をいかに育成したかの過程、ノウハウを全て学び、イラクにおいてもそれを取り入れようと考えている段階であり、自動車部品産業育成のプラントについて、未だ描けていない。

### (2) 電力供給網近代化計画

#### ① 背景

イラクは、イラン・イラク戦争停戦後、エネルギー、交通、コミュニケーションの分野を中心として戦後の経済復興に熱心に取り組んでいる。わが国の政府、民間の協力に対する評価と信頼は戦前から高く、また戦後はサダム・フセイン大統領の日本に学べという指示もでており、日本の協力に対する期待は非常に高い。これまで、石油の分野では、バグダッドおよびキルクークの石油訓練センターにおける人的資源の開発に対する協力、電力の分野では電機産業訓練センターにおける人的資源開発における協力で成果を上げている。

イラクは戦後復興に伴う協力案件の最重点分野の一つとして発電分野をあげている。イラクでは、電力供給システムに問題を抱えており、停電や電圧工かが頻発している。電力供給網近代化計画は、発電、送電、配電の各分野につき2015年を目指した計画策定を行うものであり、イラク側では既に長期計画等は策定しているものの、最近の新しい要因を踏まえて日本人専門家による最適化及び確認を希望している。

イラクの現在の発電能力は9,000MWであり、在来型火力、ガスタービン型火力、水力から構成されている。在来型火力の一基当り能力は15-320MWであり、1992年には一基350MWのものが完成する。ガスタービン火力の一基当りの能力は10-60MWである。水力の一基当りの能力は5-187MWであり、1995年以降には、250MWのものが完成する。石油危機後、電力需要は急速に伸びてきたが、イ・イ戦争で低迷し、1989年のピーク需要は4,800MWにとどまった。将来、ピーク需要は1990年の5,520MWから2000年には18,100MW、2010年には36,000MWに増大すると推定されている。発電量の方は、1990年の30,464GWHから、2000年には96,726GWH、2010年には192,384GWHに増大するとみられている。今後、製鉄所、セメント工場、アルミニウム工場等の建設が予定されており、電力需要は急速に伸びて行くと思われる。

次に、配電網についてみると、400KVと132KVのネットワークから構成されており、配電網は11、3、0.4KVの二つのシステムで構成されている。

## ② 案件概要

今回の調査においてイラク側から、添付資料に示すように、イラク側の希望するプロジェクトの概要が非常に具体的に提示された。要点は以下の通りである。

イ. 要請官庁と担当部局は、工業・軍事産業省電力局である。

ロ. 作業の目的、水力発電のポテンシャルならびにトランスミッション拡張を含む発電送配電システムに関する研究とそれを踏まえた電力供給システムの最適中長期投資計画の策定である。

ハ. 具体的な調査項目としては、長期的なロードカーブの予測、必要な発電能力の全体規模とユニット規模の予測、発電所立地の選定、水力発電ポテンシャルの推定、中長期投資計画の策定である。

ニ. 技術移転を的確に行うために、作業の全体もしくは主要な部分がイラク人の積極的な参加により、イラク国内で行なわれる必要がある。

ホ. 急速の着手を希望する。出来れば、1990年4月1日開始を希望する。

## ③ 技術的評価

電力局では既に2010年までの電力需給見通しを作成しており、基礎的な作業能力と経験は十分にあると考えられる。わが国の協力によって、ハード、ソフト両面にわたり、イラクの電力計画策定の能力は飛躍的に改善されると考えられる。

データのアベイラビリティに関していえば、今回の調査で、作業に必要なほぼ全て

のデータを電力局が整理・管理しているという感触を得た。電力局がは、契約が締結されれば、データを提供するし、日本への持ち出しも可能とするどすると述べていた。また電力局はこのプロジェクトに非常に期待するとともに熱心であり、作業に必要なコンピューターの提供その他のファシリティについて十分な対応をえる用意があると述べていた。

#### ④ 対処方針

本件は以下のような理由により、意義が高くまたイラク側の体制もしつかりとており前向きに検討されるべきであると認識する。

イ、イラク側は戦後復興に伴う協力案件として、本プロジェクトを最重要案件の一つとして位置づけている。

ロ、電機産業訓練センターの例に示されるように、わが国の技術協力が極めて効果的に活用され成果をあげている。イラクでは、比較的効率的な行政機構のもとに人材養成に努めてきており、技術協力の効果が大きいと思われる。

ハ、イラクは、石油輸入の観点からわが国にとって重要な国であり、協力の必要性が大きい。

ニ、電力供給網見直しの基本計画を作成することになり、効果は長期的かつ広範囲にわたるものとなる。

## 2. イラン

### 2-1 経済概況

国家収入の96%を石油輸出に依存している。農業・牧畜もなを重要な地位を占めており、国民のほぼ半数は農業に従事している。しかし、灌漑が不十分なため、生産性はあまり高くない。

ここ数年イラン経済は、イラン・イラク紛争のためもあり、国内経済活動の低迷、国際収支の赤字、インフレの昂進という3重苦に直面し、経済状態は年々悪化の一途を辿ってきている。外貨不足の罅寄せで一般産業用原材料・資機材及び国民生活物資が極めて不足しており、そのため国内産業活動は引き続き低迷を続けた。物資の供給不足及び膨大な財政赤字を主因としてインフレが昂進した。政府はインフレ対策を主要政策課題として掲げているものの、高値販売規制等対症療法的対策しか行えず効を奏していない。原油価格の大幅下落に伴う石油収入減を主因に数年来構造的な外貨不足状態が継続しており、政府はそれに対応すべく厳しい外貨管理を実施し輸入を抑御してきたものの、国債収支の大幅な赤字が継続していると推定される。但し、89年に入り石油価格が上昇し石油収支は回復している。

### 2-2 経済開発計画

イラン・イラク紛争は1988年8月に停戦となり、戦後復興のための経済社会文化開発計画(1989年3月21日より1994年3月20日までの5年間)が国会承認された。同計画における重



点政策は（１）国家防衛能力の向上、（２）戦争で被災したインフラ、生産施設及び住宅の再建、（３）教育施設の開発と科学技術の振興、（４）国民所得の向上、雇用増大、経済自立及びインフレーション管理を達成するための経済成長の促進、（５）平等及び社会正義を保証する努力、（６）生活必需物資の供給、（７）国家経済運営及び行政機構の改革、であり、優先順位については（１）石油産業・エネルギー、（２）農業、（３）建設資材製造向上、（４）住宅、（５）産業施設、（６）農村復興、となっている。

## 2-3 鉱工業関係プロジェクトの概要

### (1) エネルギー計画策定

#### ① 背景

イランは、20年ほど前にエネルギー計画策定のために、スタンフォード・リサーチ・インスティテュート・インターナショナル（SRI）社（アメリカ）にイランのエネルギー情勢の現状と将来に関する総合的な調査を依頼した。この調査の報告書は1971年に作成された。この報告は、地域別エネルギー需要の予測から始まり、石油開発、発電、送配電施設、製油所計画、エネルギー価格の設定、投資計画、エネルギー政策等にいたる非常に広範な調査の結果をまとめたものとなっている。

イランは基本的には、イラン・イラク戦争後のエネルギー計画の策定のためにSRI社の行った調査を新しい状況に応じて見直すことを希望している。

イランは、経済が回復しなければ戦後復興は不可能であるという現実的な見方をしており、戦後の経済復興に真剣に取り組んでいる。なかでも、エネルギー計画は経済計画の中で最も重要な地位を占めており、このプロジェクトに対するイラン側の期待は極めて大きい。

計画予算庁では、本プロジェクトに関連して次のような情報を得た。

まずエネルギー計画が戦後復興計画のなかで非常に重要な地位を占めており、本年4月から施行される経済社会文化5か年計画ではGNPと各エネルギー源の関係からエネルギー需要を推定した。ただし、各エネルギー間の整合性は必ずしもとれていない。この計画では、天然ガスパイプライン網の整備と天然ガス利用の拡大が一つの目玉となっている。大気汚染問題が悪化しているので、ガソリンに代えて液化ガスをしようすることを検討している。計画予算庁は、いわばスーパーバイザーとして、石油省、エネルギー省の活動を調整し全体計画を策定している。

エネルギー省では次のような情報を得た。

エネルギー省エネルギー計画局は、電力計画の策定、水資源計画の策定、電力コンサルティング、省エネルギーの推進等を担当している。最近の仕事では、エネルギーバランス表の作成、経済社会文化5か年計画におけるエネルギー需要見通しの作成、10年先のエネルギー需要予測、エネルギーデータ・インフオーメーション・システム開発の着手等がある。送配電ロスの削減、ロードカーブの予測、最適電源選択等種々の面におけ

る協力を期待している。

石油省では次のような情報を得た。

1989年の原油生産量は3.24bd、石油の内需は0.90mbd、輸出は2.34mbdである。5か年計画では1994年に原油生産量は4.0mbd、石油の内需は1.23mbd、輸出は2.77mbdと見込んでいる。精製能力は、現在1.0mbdであるが、1994年には1.23mbdとなる。天然ガスの生産量は、45MioM/dであるが1994年には115MioM/dへ増大する。1990年度からは、ソ連へ8-10MioM/dの輸出を開始する。随伴ガスは将来は、石油の二次回収のためのインジェクション用に多く使うようになるが、その分については構造的カンガスタの生産量の拡大で対応する。本プロジェクトとは直接の関係はないが、埋蔵量総合調査、二次回収、クラッキング装置等の精製技術面における協力も期待している。

#### ② 案件概要

先にも触れたように、基本的にはSRI調査の最新版を作成することであり、地域別エネルギー需要の予測から始まり、石油開発、発電、送配電施設、製油所計画、エネルギー価格の設定、投資計画、エネルギー政策等にいたる非常に広範な調査を行なうものであるが、今回の調査の結果、最近の状況をふまえてみると、SRI調査の中で重要度の低くなった項目もあり、より現実的な内容にするという詰めが必要と思われる。例えば、地域別エネルギー需要見通しを作成する必要はないと思われる一方で、省エネルギーの可能性の検討といったテーマを加える必要があると考えられる。また第1段階では、目標年を2000年とし、次の段階で2010年を目標年とするといった考え方をイラン側も示している。

#### ③ 技術的評価

イラン側で十分に詰めていない点がかがえるので、内容については更に詰める必要があると考えられるが、具体的調査項目を詰めて行けば、計画予算庁、エネルギー省、石油省に相当程度データが蓄積されているとともに、英語の出来る専門家が多数いるということであり、調査はスムーズに行われると思われる。

データのアベイラビリティに関していえば、先にも触れたように、特にエネルギー省では、過去20年間にわたるエネルギーバランス表を作成しているとともに、電力に関する10年計画を作成しており、石油省でも近く10年計画の策定にはいるということでデータはそれぞれの省に蓄積されていると考えられる。

#### ④ 対処方針

本プロジェクトは、以下のような理由により、極めて意義が高いとともに効果も高いと認められるので、早期着手について前向きに検討すべきだと考える。

第一に、このプロジェクトは、イランの経済復興計画のなかでも最も重要な地位を占めているエネルギー計画の基礎的資料となるものであり、イランの将来にとって非常に重要なものである。

第二に、計画予算庁、エネルギー省、石油省等の関係官庁がこのプロジェクトにきわめて熱心であり、十分な作業協力体制が期待されると考えられる。

第三に、本プロジェクトは、イランのエネルギー政策を長期的に安定されるだけでなく、その結果として他の産油国にも良い影響をもたらし、世界の石油情勢の安定化に貢献する。

第四に、石油、天然ガス等を海外に依存しているわが国にとり、イランのエネルギー事情を把握することは、わが国のエネルギー戦略上有益である。

ただし内容については、これまでイラン側が表明してきたSRI調査の改訂版を作成するという点については必ずしもとらわれることなく、SRI調査を基本としつつも、イ・イ戦争後の状況を踏まえ、重要度の高くなったテーマを取り込み、当面急いで作業する必要のないと思われるもの、あるいはデータを揃えるだけでも時間がかかってしまうようなテーマについては第2段階にまわすといった検討が必要と思われる。

## VI 別紙資料（イランにおける長期エネルギー計画について、 スタンフォード研究所が革命前に行った調査報告書の目次）

- 別添-1 報告書第1巻「結論・勧告及び要約」1971年
- 別添-2 報告書第1巻「イランの経済フレーム・ワーク」1977年
- 別添-3 報告書第3巻「エネルギー供給」



**STANFORD RESEARCH INSTITUTE**  
Menlo Park, California 94025 • U.S.A.

別添 - 1

*Volume 1 in The Long Range  
Energy Study for Iran*

July 1971

## A LONG RANGE ENERGY PLAN FOR IRAN: CONCLUSIONS, RECOMMENDATIONS, AND SUMMARY

By: PAUL T. DAVIS SHERMAN H. CLARK

*Prepared for:*

THE IMPERIAL GOVERNMENT OF IRAN  
PLAN ORGANIZATION  
TEHRAN, IRAN

SRI Project: ECC-8180

## FOREWORD

This report (Volume 1) provides the Institute's overall and final conclusions, recommendations, and summary, combining material given in earlier volumes pertaining to individual energy resource sectors.

Volume 1 was prepared by Sherman H. Clark and Paul T. Davis.

## CONTENTS

FOREWARD . . . . .	111
I INTRODUCTION . . . . .	1
Objectives . . . . .	1
Scope . . . . .	1
Approach . . . . .	6
Acknowledgments . . . . .	9
II DEMAND . . . . .	11
Conclusions and Recommendations . . . . .	11
Economic Framework . . . . .	13
The Country's Energy Requirements . . . . .	17
End-Use Markets . . . . .	20
Regional Markets . . . . .	25
Non-Energy Requirements . . . . .	28
Bitumen, Lubricants, and Greases . . . . .	28
Petrochemical Feedstocks . . . . .	29
Coking Coal . . . . .	31
Demand Summaries for Specific Energy Resources . . . . .	31
Petroleum . . . . .	31
Natural Gas . . . . .	38
Electricity . . . . .	42
Coal . . . . .	44
Charcoal and Wood and Animal Matter . . . . .	47
III SUPPLY . . . . .	51
Conclusions and Recommendations . . . . .	51
Reserves . . . . .	57
Relative Cost of New Alternative Sources of Supply . . . . .	60
Energy Industries: Capital Expenditures Required, . . . . .	
Combined . . . . .	66
Energy Industries: Operating and Maintenance . . . . .	
Expenses, Combined . . . . .	66

CONTENTS:

III	Continued	
	Petroleum: Supply/Demand Balance . . . . .	69
	Facilities Required . . . . .	75
	Capital Expenditures Required . . . . .	76
	Operating and Maintenance Expenses . . . . .	77
	Natural Gas: Supply/Demand Balance . . . . .	79
	Facilities Required . . . . .	79
	Capital Expenditures Required . . . . .	82
	Operating and Maintenance Expenses . . . . .	82
	Electric Power: Supply System . . . . .	85
	Facilities Required . . . . .	86
	Capital Expenditures Required . . . . .	94
	Operating and Maintenance Expense . . . . .	96
IV	PRICE . . . . .	99
	Conclusions and Recommendations . . . . .	99
	Comparative Prices . . . . .	102
	Petroleum Price Structure . . . . .	103
	Revenues . . . . .	106
	Natural Gas . . . . .	107
	Revenues . . . . .	108
	Electricity . . . . .	108
	Revenues . . . . .	111
V	PROFITABILITY . . . . .	113
VI	ENERGY INDUSTRY CONTROL, PERSONNEL, AND RECOMMENDED ADDITIONAL RESEARCH . . . . .	121
	Organization and Control . . . . .	121
	Personnel Requirements . . . . .	122
	Recommended Additional Research . . . . .	124



## CONTENTS

### APPENDICES

A	TABLE OF CONTENTS FROM THE VARIOUS REPORTS IN THE LONG RANGE ENERGY STUDY . . . . .	A-1
B	REGIONAL DEMAND FOR ENERGY, BY TYPE OF ENERGY . . . . .	B-1
C	REGIONAL DEMAND FOR PETROLEUM, BY PRODUCT . . . . .	C-1
D	REGIONAL DEMAND FOR NATURAL GAS AND REVENUES, BY END-USE MARKET . . . . .	D-1
E	REGIONAL DEMAND FOR ELECTRICITY . . . . .	E-1
F	PETROLEUM SUPPLY/DEMAND BALANCES: LOWER GAS ESTIMATES . . . . .	F-1

## ILLUSTRATIONS

1	Nine Regions of Iran . . . . .	2
2	Internal Market Energy Balance: Total for Iran . . . . .	18
3	Domestic Demand for Petroleum Energy Products: Total for Iran . . . . .	35
	Energy Resources Map . . . . .	52
5	Interconnected Electric System Duration Curves . . . . .	91

## TABLES

1	Regional Reconciliation . . . . .	3
2	Economic Framework: Total for Iran . . . . .	14
3	Regional Economic Indicators for the Urban Areas . . . . .	15
4	Internal Energy Balance: Total for Iran . . . . .	19
	Relative Importance of End-Use Internal Energy Markets: Total for Iran . . . . .	21
6	Projected Market Shares and Maximum Interenergy Substitution Potential: Total for Iran . . . . .	23
7	Total Internal Energy Demand, by Region . . . . .	27
8	Estimated Annual Energy Resource Requirements for the Iranian Petrochemical Industry at Capacity Operation . . . . .	32
9	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections) . . . . .	33
10	Petroleum Product Demand (Lower Gas Estimates) . . . . .	34
11	Total Petroleum Energy Product Demand, by Region . . . . .	39
12	Natural Gas Energy Demand, by Region . . . . .	41
13	Demand for Electricity by Class of Service . . . . .	43
14	Coal Energy Demand, by Region . . . . .	45
15	Demand for Coal: Total for Iran . . . . .	46
16	Charcoal and Wood Energy Demand, by Region . . . . .	48
17	Animal Matter Energy Demand, by Region . . . . .	49
18	A Long Range Plan for Facilities to Meet Projected Energy Requirements . . . . .	54
19	Supply/Demand Balance for Coal . . . . .	59
20	Hydroelectric Projects in Iran . . . . .	61
21	Hydroelectric Generation, by Plant Site . . . . .	62
22	Comparative Costs for Nuclear and Conventional Power in Iran . . . . .	65

## TABLES

23	Estimated Schedule of Capital Expenditures Requirements for Major Energy Facilities . . . . .	67
24	Estimated Operating and Maintenance Expenses for the Major Energy Industries . . . . .	68
25	Petroleum Product Supply-Demand Balance (Basic Gas Projections): Total Iran . . . . .	70
26	Petroleum Product Supply-Demand Balance (Basic Gas Projections): Northern Iran . . . . .	71
27	Petroleum Product Supply-Demand Balance (Basic Gas Projections): Kermanshah . . . . .	72
28	Petroleum Product Supply-Demand Balance (Basic Gas Projections): Southern Iran . . . . .	73
29	Operating and Maintenance Expenses in the Petroleum Industry . . . . .	78
30	Supply/Demand Balance for Natural Gas with Basic Gas Projections . . . . .	80
31	Supply/Demand Balance for Natural Gas with Lower Gas Estimates . . . . .	81
32	Capital Expenditure Requirements for the Internal Natural Gas System in Iran, by Function . . . . .	83
33	Operating and Maintenance Expenses for the Internal Natural Gas System in Iran . . . . .	84
34	Supply/Demand Balance for Electricity . . . . .	87
35	Schedule of Addition of Generating Facilities in Addition to Those Existing, Scheduled, or Under Construction . . . . .	88
36	Schedule of Installed Generating Capacity . . . . .	93
37	Requirements for Capital Expenditures in the Electric Power Industry . . . . .	95
38	Operating and Maintenance Expenses in the Electric Power Industry . . . . .	97

TABLES

39	Components of Petroleum Product Prices and Their Share of the Delivered Price, 1969 . . . . .	104
40	Total Gas Sales and Revenues in Iran . . . . .	109
41	Estimated Revenue in the Electric Power Industry . . . . .	112
42	Pro Forma Cash Flow Analysis of the Petroleum Industry . . . . .	116
43	Pro Forma Cash Flow Analysis of the Natural Gas Industry . . . . .	117
44	Pro Forma Cash Flow Analysis of the Electric Power Industry . . . . .	119
B-1	Energy Balance: Azarbayejan Region . . . . .	B- 3
-2	Energy Balance: Kermanshah Region . . . . .	- 4
-3	Energy Balance: Khuzestan Region . . . . .	- 5
-4	Energy Balance: Caspian Region . . . . .	- 6
-5	Energy Balance: Tehran Region . . . . .	- 7
-6	Energy Balance: Esfahan Region . . . . .	- 8
-7	Energy Balance: Fars Region . . . . .	- 9
-8	Energy Balance: Khorasan Region . . . . .	-10
-9	Energy Balance: Kerman Region . . . . .	-11
B-1	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Azarbayejan . . . . .	C- 5
-2	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Kermanshah . . . . .	- 6
-3	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Khuzestan . . . . .	- 7
-4	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Caspian . . . . .	- 8
-5	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Tehran . . . . .	- 9
-6	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Esfahan . . . . .	-10

TABLES

C-7	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Fars . . . . .	C-
-8	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Khorasan . . . . .	-1
-9	Petroleum Product Demand (Basic Gas Projections): Kerman . . . . .	-1
-10	Petroleum Product Demand (Lower Gas Estimates): Khuzestan . . . . .	-1
-11	Petroleum Product Demand (Lower Gas Estimates): Caspian . . . . .	-1
-12	Petroleum Product Demand (Lower Gas Estimates): Tehran . . . . .	-1
-13	Petroleum Product Demand (Lower Gas Estimates): Esfehan . . . . .	-2
-14	Petroleum Product Demand (Lower Gas Estimates): Fars . . . . .	-2
-15	Petroleum Product Demand (Lower Gas Estimates): Khorasan . . . . .	-2
D-1	Natural Gas Sales and Revenues in Ahwaz . . . . .	D-1
-2	Natural Gas Sales and Revenues in Rasht . . . . .	-1
-3	Natural Gas Sales and Revenues in Tehran . . . . .	-1
-4	Natural Gas Sales and Revenues in Esfehan . . . . .	-1
-5	Natural Gas Sales and Revenues in Shiraz . . . . .	-11
-6	Natural Gas Sales and Revenues in Mashhad . . . . .	-13
E-1	Azarbeyjan Peak and Energy Electric Loads . . . . .	E-3
-2	Kermanshah Peak and Energy Electric Loads . . . . .	-4
-3	Khuzestan Peak and Energy Electric Loads . . . . .	-5
-4	Caspian Peak and Energy Electric Loads . . . . .	-6

TABLES

E-5	Tehran Peak and Energy Electric Loads . . . . .	E- 7
-6	Esfehan Peak and Energy Electric Loads . . . . .	- 8
-7	Fars Peak and Energy Electric Loads . . . . .	- 9
-8	Khorasan Peak and Energy Electric Loads . . . . .	-10
-9	Kerman Peak and Energy Electric Loads . . . . .	-11
F-1	Petroleum Product Supply/Demand Balance (Lower Gas Estimate): Total for Iran . . . . .	F- 3
-2	Product Supply/Demand Balance (Lower Gas Estimate): Northern Iran . . . . .	- 4
-3	Product Supply/Demand Balance (Lower Gas Estimated): Southern Iran . . . . .	- 5

# A LONG-RANGE ENERGY PLAN FOR IRAN

## Volume 1 Economic Framework of Iran

Final Report

May 1977

By: F. Daftari

Prepared for:  
The Imperial Government of Iran  
Ministry of Energy

SRI Project 4528

SRI International  
333 Ravenswood Ave.  
Menlo Park, California U.S.A.

Yekom Consultants  
77 North Saba Ave.  
Tehran, Iran





## CONTENTS

LIST OF TABLES.....	v
GLOSSARY.....	ix
I INTRODUCTION.....	1
II SUMMARY AND CONCLUSIONS.....	3
Population.....	3
Labor Force.....	5
Employment.....	5
Aggregate Output and Expenditure.....	7
Gross Regional Product.....	10
III PHYSICAL FEATURES OF IRAN.....	11
IV POPULATION, LABOR FORCE, AND EMPLOYMENT.....	13
Population.....	13
Historical Trends.....	13
Projections.....	15
Labor Force.....	23
Historical Trends.....	23
Projections.....	26
Employment.....	28
Historical Trends.....	28
Projections.....	32
V AGGREGATE OUTPUT AND EXPENDITURE--HISTORICAL TRENDS.....	39
Price Levels.....	39
Aggregate Output by Economic Sector.....	39
Aggregate Output by Final Use.....	44
Consumption Expenditures.....	48
Gross Domestic Capital Formation.....	48
Per Capita GNP.....	53

VI	PROJECTIONS OF AGGREGATE OUTPUT AND EXPENDITURE. . . . .
	Basic Methodology. . . . .
	Iran's Prospective Strategy of Economic Development. . . . .
	The Model and the Scenario Analysis. . . . .
	Actual Developments during 2531-33 . . . . .
	The Oil Scenarios. . . . .
	Macroeconomic Projections. . . . .
VII	PROJECTIONS OF GROSS REGIONAL PRODUCT BY PROVINCE. . . . .
	The Importance of Regional Planning and Accounts . . . . .
	Gross Regional Product in 2531 . . . . .
	Gross Regional Product: Projections . . . . .
	Industrial Origin of Gross Regional Product by Province: Projections. . . . .
APPENDIX	DESCRIPTION OF THE ECONOMETRIC MODEL USED FOR MAKING MACROECONOMIC PROJECTIONS. . . . .

TABLES

1	Projected Total Population of Iran by Urban and Rural Areas. . . . .	4
2	Projected Total Employment by Economic Growth Scenarios. . . . .	6
3	Projected Industrial Origin of Gross Domestic Product. . . . .	9
4	Total Population of Iran by Urban and Rural Areas, 2515-2531. . . . .	14
	Distribution of Rural and Urban Population of Iran by Province . . . . .	16
6	Distribution of Rural and Urban Population Within Provinces. . . . .	17
7	Projected National Average Fertility Rates in Iran . . . . .	18
8	National Average Life Expectancy at Birth. . . . .	18
9	Projected Average Annual Growth Rate of Total Population . . . . .	19
10	Projected Average Urban Fertility Rates. . . . .	19
11	Projected Life Expectancy at Birth for Urban Population. . . . .	20
12	Projected Average Annual Growth Rate of Urban Population . . . . .	20
	Projected Population of Iran by Province . . . . .	22
14	Projected Urban Population by Province . . . . .	24
15	Urban and Rural Labor Force. . . . .	25
16	Labor Force by Province. . . . .	27
17	Population, Labor Force, and Employment. . . . .	29
18	Employment by Economic Sector. . . . .	29
19	Employment by Province . . . . .	30
20	Provincial Employment by Main Economic Sector, 2531. . . . .	31
21	Average Annual Growth Rates of Value Added and Labor Productivity in Industrialized Countries, 1960-1970. . . . .	33
22	Projections of Total Employment in Iran. . . . .	33
23	Projected Employment in the Industrial Sector. . . . .	35
24	Projected Employment in the Services Sector. . . . .	36
25	Sectoral Origin of Gross National Product. . . . .	40

- 26 Distribution of Gross National Product at Constant Factor Costs . . . . .
- 27 Sectoral Origin of Gross Domestic Product. . . . .
- 28 Distribution of Gross Domestic Product at Constant Factor Costs . . . . .
- 29 Sectoral Growth Rates. . . . .
- 30 Gross National Product by Final Use. . . . .
- 31 Distribution of Gross National Product by Final Use at Constant Market Prices. . . . .
- 32 Private Consumption Expenditures by Urban and Rural Areas. . . . .
- 33 Distribution of Private Consumption Expenditures by Urban and Rural Areas. . . . .
- 34 Population and Private Consumption Expenditures in Tehran and Other Cities. . . . .
- 35 Gross Domestic Fixed Capital Formation . . . . .
- 36 Distribution of Gross Domestic Fixed Capital Formation at Constant Market Prices. . . . .
- 37 Gross Domestic Fixed Capital Formation by Main Economic Sectors. . . . .
- 38 Composition of Fixed Investments by Main Economic Sectors. . . . .
- 39 Composition of Fixed Investments in Industry and Mining . . . . .
- 40 Total and Per Capita Gross National Product at Market Prices . . . . .
- 41 Gross National Product by Final Use Projected for the Revised Fifth Plan . . . . .
- 42 Industrial Origin of Gross Domestic Product Projected for the Revised Fifth Plan . . . . .
- 43 Gross National Product by Final Use During the Fifth Plan Period. . . . .
- 44 Industrial Origin of Gross Domestic Product During the Fifth Plan Period. . . . .
- 45 Iran's Production and Export of Oil. . . . .
- 46 Oil Export Scenario A. . . . .
- 47 Oil Export Scenario B. . . . .
- 48 Oil Export Scenario C. . . . .
- 49 Oil Export Scenario D. . . . .

50	Oil Export Scenario E . . . . .	77
51	Oil Export Scenario F . . . . .	78
52	Projections of Government Oil Revenues Oil Scenarios A Through F . . . . .	79
53	Projected Gross National Product by Final Use Scenarios A Through F . . . . .	80
54	Projected Industrial Origin of Gross Domestic Product Scenarios A Through F . . . . .	82
55	Projected Average Annual Rates of Growth of Gross National Product by Final Use Scenarios A Through F . . . . .	83
56	Projected Sectoral Average Annual Rates of Growth Scenarios A Through F . . . . .	85
57	Projected Industrial Origin of Gross Domestic Product Three Economic Growth Cases . . . . .	88
58	Projected Sectoral Average Annual Growth Rates Three Economic Growth Cases . . . . .	89
59	Projected and Per Capita Gross National Product Three Economic Growth Cases . . . . .	90
60	Industrial Origin of Gross Regional Product by Province, 2531 . . . . .	95
61	Projected Values of the Gini Coefficient Scenarios I Through III . . . . .	97
62	Projected Gross Regional Product by Province Scenario I . . . . .	99
63	Projected Gross Regional Product by Province Scenario II . . . . .	100
64	Projected Gross Regional Product by Province Scenario III . . . . .	101
65	Projected Average Annual Rates of Growth of Gross Regional Product by Province Scenarios I Through III . . . . .	102
66	Projected per Capita Gross Regional Product by Province, Scenario I . . . . .	103
67	Projected per Capita Gross Regional Product by Province Scenario II . . . . .	104
68	Projected per Capita Gross Regional Product by Province Scenario III . . . . .	105
69	Projected Average Annual Rates of Growth of per Capita Gross Regional Product by Province Scenarios I Through III . . . . .	106

70	Projected Gross Regional Product by Province High Economic Growth Scenario . . . . .
71	Projected Gross Regional Product by Province Base-Case Scenario . . . . .
72	Projected Gross Regional Product by Province Low Economic Growth Scenario . . . . .
73	Projected Average Annual Rates of Growth of Gross Regional Product by Province Three Economic Growth Scenarios. . . . .
74	Projected per Capita Gross Regional Product by Provinc High Economic Growth Scenario. . . . .
75	Projected per Capita Gross Regional Product by Provinc Base-Case Scenario . . . . .
76	Projected per Capita Gross Regional Product by Provinc Low Economic Growth Scenario . . . . .
77	Projected Average Annual Rates of Growth of per Capita Gross Regional Product by Province Three Economic Growth Scenarios. . . . .
78	Estimated Industrial Origin of Gross Regional Product by Province, 2531. . . . .
79	Projected Industrial Origin of Gross Regional Product by Province, 2536. . . . .
80	Projected Industrial Origin of Gross Regional Product by Province, 2541. . . . .
81	Projected Industrial Origin of Gross Regional Product by Province, 2546. . . . .
82	Projected Industrial Origin of Gross Regional Product by Province, 2551. . . . .
83	Projected Sectoral Average Annual Rates of Growth by Province, 2531-2551. . . . .
A-1	Model Equations. . . . .
A-2	Model Variables. . . . .

## GLOSSARY

bpd	Barrels per day
GDP	Gross domestic product
GNP	Gross national product
GRP	Gross regional product
km	Kilometers
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries

**SRI International**

**A LONG-RANGE ENERGY PLAN FOR IRAN**

別添一 3

**Volume 3  
Energy Supplies In Iran**

Final Report

May 1977

By: W. Schumacher  
J. Eysell  
C. Falcone  
M. Torabi

Prepared for:  
The Imperial Government of Iran  
Ministry of Energy

SRI Project 4528

SRI International  
333 Ravenswood Ave.  
Menlo Park, California U.S.A.

Yekom Consultants  
77 North Saba Ave.  
Tehran, Iran





## CONTENTS

LIST OF ILLUSTRATIONS . . . . .	vii
LIST OF TABLES . . . . .	x
GLOSSARY . . . . .	xv
I INTRODUCTION . . . . .	1
II SUMMARY AND CONCLUSIONS . . . . .	3
Petroleum . . . . .	3
Natural Gas . . . . .	3
Coal . . . . .	4
Uranium . . . . .	4
Electricity . . . . .	5
Generating Facilities . . . . .	5
Transmission Facilities . . . . .	6
Environmental Protection Policies . . . . .	6
Advanced Energy Technologies . . . . .	7
III PETROLEUM PRODUCTS . . . . .	9
Crude Oil Reserves and Production . . . . .	9
Crude Oil Utilization . . . . .	13
Refinery Operations . . . . .	13
Tehran . . . . .	16
Shiraz . . . . .	16
Kermanshah . . . . .	20
Abadan . . . . .	20
Masjed Soleyman Topping Plant . . . . .	23
Esfahan . . . . .	23
Tabriz . . . . .	23
Lavan Topping Plant . . . . .	26
Other Refining Projects . . . . .	26
Products Distribution . . . . .	26
IV NATURAL GAS SUPPLY . . . . .	33
Gas Reserves . . . . .	33
Gas Production and Utilization . . . . .	34

IV	NATURAL GAS SUPPLY (continued)	
	Natural Gas Distribution . . . . .	38
	Natural Gas Liquids . . . . .	38
V	COAL . . . . .	41
	Resources and Reserves . . . . .	41
	Historical Production . . . . .	43
	Coal Supplies for Expanded Steel Production . . . . .	43
	Coal Characteristics . . . . .	44
	Cost of Coal Production . . . . .	44
	Future Use of Coal for Electric Power Generation . . . . .	45
VI	URANIUM . . . . .	47
	Uranium Exploration . . . . .	47
	Enrichment . . . . .	48
	Other Fuel-Cycle Facilities . . . . .	50
VII	ELECTRIC POWER SUPPLY . . . . .	51
	The Existing Power Supply System (2534) . . . . .	51
	Fossil Steam Power Plants . . . . .	51
	Combustion Turbines and Diesel Units . . . . .	55
	Hydroelectric Power Plants . . . . .	57
	Transmission System . . . . .	57
	Power Supply Facilities Under Construction or Committed . . . . .	59
	Fossil Steam Power Plants . . . . .	59
	Gas Turbine and Combined-Cycle Plants . . . . .	64
	Hydroelectric Power Plants . . . . .	64
	Nuclear Power Plants . . . . .	65
	Transmission System Expansion . . . . .	65
	Fossil Steam Electric Power . . . . .	70
	Fuel Costs . . . . .	72
	Capital-Related Costs . . . . .	73
	Nonfuel Operating and Maintenance Costs . . . . .	78
	Total Busbar Cost of Electricity . . . . .	78
	Nuclear Power . . . . .	86
	Fuel Cost . . . . .	87
	Capital-Related Costs . . . . .	88
	Nonfuel Operating and Maintenance Costs . . . . .	91
	Total Busbar Cost of Electricity . . . . .	93

VII	ELECTRIC POWER SUPPLY (continued)	
	Combustion Turbine and Diesel Generation . . . . .	98
	Fuel Cost . . . . .	98
	Capital-Related Costs . . . . .	99
	Nonfuel Operating and Maintenance Costs . . . . .	100
	Total Busbar Cost of Electricity . . . . .	100
	Combined-Cycle Power Plants . . . . .	106
	Fuel Cost . . . . .	107
	Capital-Related Costs . . . . .	107
	Nonfuel Operating and Maintenance Costs . . . . .	108
	Total Busbar Cost of Electricity . . . . .	108
	Comparison of Electricity Costs of Thermal Power Plants . . . . .	114
	Potential Hydroelectric Power Sites . . . . .	118
	Power Transmission . . . . .	125
	Technical Options . . . . .	127
	Transmission Line Capability . . . . .	127
	Transmission Line Cost . . . . .	128
	Balanced System Expansion . . . . .	130
VIII	ENVIRONMENTAL PROTECTION POLICIES . . . . .	133
	Automobile Emissions . . . . .	134
	Fuel Substitution . . . . .	135
	Catalytic Converters . . . . .	138
	Sulfur Oxide Emissions . . . . .	139
	Thermal Emissions . . . . .	139
	Radioactive Emissions . . . . .	140
	Land Use . . . . .	140
IX	ADVANCED ENERGY TECHNOLOGIES . . . . .	141
	Solar Thermal Energy for Heating and Cooling of Buildings . . . . .	142
	Description of Technology . . . . .	142
	Preliminary Economics . . . . .	144
	Status of Development . . . . .	147
	Potential for Application in Iran . . . . .	148
	Solar Thermal Energy for Electric Power Generation . . . . .	151
	Description of Technology . . . . .	151
	Preliminary Economics . . . . .	153
	Status of Development . . . . .	153
	Potential for Application in Iran . . . . .	153

IX	ADVANCED ENERGY TECHNOLOGIES (continued)	147
	Solar Photovoltaic Electric Power Generation	155
	Preliminary Economics	155
	Status of Development	156
	Wind Energy Conversion Systems	157
	Description of Technology	157
	Preliminary Economics	157
	Status of Development	158
	Potential for Application in Iran	159
	Breeder Reactor	159
	Description of Technology	159
	Preliminary Economics	161
	Status of Development	163
	Nuclear Fusion	165
	Description of Technology	166
	Preliminary Economics	166
	Status of Development	169
	Magnetohydrodynamics	170
	Description of Technology	170
	Preliminary Economics	170
	Status of Development	172
	Geothermal Energy	172
	Description of Technology	173
	Preliminary Economics	174
	Status of Development	174
	Potential for Application in Iran	175
	Applications of Advanced Energy Technologies in Iran	175
	References	178

APPENDIX

A	ASSESSMENT OF POTENTIAL HYDROELECTRIC POWER SITES	181
B	ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND REGULATIONS	211

## ILLUSTRATIONS

1	Crude Oil Utilization--1974 . . . . .	15
2	Refinery Distribution Areas--Motor Gasoline . . . . .	27
3	Refinery Distribution Areas--Kerosene . . . . .	28
4	Refinery Distribution Areas--Gas Oil . . . . .	29
5	Refinery Distribution Areas--Fuel Oil . . . . .	30
6	Natural Gas Utilization in Khuzestan Oil Fields--1974 . . . . .	36
7	Light Water Reactor Nuclear Fuel Cycle . . . . .	49
8	Ministry of Energy Electric Power Plants in Service in Esfand 2534 . . . . .	53
9	Annual Capacity Factors for Different Types of Ministry of Energy Generating Facilities . . . . .	56
10	Ministry of Energy High-Voltage Transmission Lines in Service in Esfand 2534 . . . . .	58
11	Ministry of Energy Electric Power Plants Under Construction or Planned as of Farvardin 2535 . . . . .	62
12	Ministry of Energy High-Voltage Transmission Lines Under Construction or Planned as of 2534 . . . . .	67
13	Ministry of Energy High-Voltage Transmission System Expansion . . . . .	69
14	Introduction of New Voltage Levels in Iran . . . . .	70
15	Estimated Installed Cost of Oil- and Gas-Fired Power Plants in Iran . . . . .	74
16	Estimated Installed Cost of Fossil Steam Plants in the United States . . . . .	76
17	Nonfuel Operating and Maintenance Expenses for Oil- and Gas-Fired Units in Iran . . . . .	80
18	Effect of Capacity Factor on Busbar Cost of Electricity for Fossil Steam Power Plants . . . . .	83
19	Effect of Cost of Money on Busbar Cost of Electricity for Fossil Steam Power Plants . . . . .	84
20	Effect of Fuel Cost on Busbar Cost of Electricity for Fossil Steam Power Plants . . . . .	85
21	Effect of Capacity Factor on Busbar Cost of Electricity for Nuclear Power Plants . . . . .	95

22	Effect of Installed Cost on Busbar Cost of Electricity for Nuclear Power Plants . . . . .	96
23	Effect of Cost of Money on Busbar Cost of Electricity for Nuclear Power Plants . . . . .	97
24	Effect of Fuel Cost on Busbar Cost of Electricity for Combustion Turbine Power Plants . . . . .	104
25	Effect of Capacity Factor on Busbar Cost of Electricity for Combustion Turbine Power Plants . . . . .	105
26	Effect of Cost of Money on Busbar Cost of Electricity for Combustion Turbine Power Plants . . . . .	106
27	Effect of Fuel Cost on Busbar Cost of Electricity for Combined-Cycle Power Plants . . . . .	111
28	Effect of Annual Capacity Factor on Busbar Cost of Electricity for Combined-Cycle Power Plants . . . . .	112
29	Effect of Cost of Money on Busbar Cost of Electricity for Combined-Cycle Power Plants . . . . .	113
30	Comparison of Busbar Cost of Electricity for Different Types of Power Plants . . . . .	115
31	Comparison of Busbar Cost of Electricity for Different Types of Power Plants . . . . .	116
32	Potential Hydroelectric Power Sites and Transmission Links . . . . .	122
33	Estimated Electricity Cost for Potential Hydroelectric Power Sites . . . . .	123
34	Electric Power System Components . . . . .	126
35	Transmission Line Capability . . . . .	129
36	Residential Heating and Cooling with Solar Energy . . . . .	143
37	Air-Cooled Solar Collectors . . . . .	145
38	Air-Cooled Solar Energy System . . . . .	146
39	Solar Heating Potential in Iran . . . . .	150
40	Central Receiver Solar Thermal Conversion System . . . . .	152
41	Magnetic Confinement Configurations for Nuclear Fusion Reactors . . . . .	167
42	Laser Fusion Reactor . . . . .	168
43	Combined MHD-Steam Turbine Power Plant . . . . .	171
A-1	Sirvan River System . . . . .	196
A-2	Karkheh River System . . . . .	198
A-3	Karun and Dez River Systems . . . . .	202

B-1	General Ecological Division of Iran . . . . .	215
B-2	Monthly Average Concentration of Atmospheric Carbon Monoxide, Sulfur Dioxide and Lead in Tehran, 2532-2534 . . .	219
B-3	Annual Sulfur Dioxide Emissions from the Combustion of Petroleum Products in Iran . . . . .	221
B-4	Lead Emissions from Motor Vehicles in Tehran and Other Urban Areas . . . . .	223

TABLES

1	Estimated Busbar Cost of Electricity . . . . .	6
2	Indicated Crude Oil Reserves and Production . . . . .	9
3	Gas/Oil Ratios for Major Khuzestan Fields . . . . .	11
4	Cumulative Production, Domestic Consumption, and Exports of Petroleum, 2536-56 . . . . .	12
5	Projected Annual Consumption of Petroleum Products . . . . .	12
6	Petroleum Reserve Additions Required During 2536-56 . . . . .	14
7	Characteristics of Principal Crude Oils Used in Iranian Refineries . . . . .	17
8	Tehran Refinery--Crude Runs and Product Yields . . . . .	18
9	Shiraz Refinery--Crude Runs and Product Yields . . . . .	19
10	Kermanshah Refinery--Crude Runs and Product Yields . . . . .	21
11	Abadan Refinery--Crude Runs and Product Yields . . . . .	22
12	Masjed Soleyman Topping Plant--Crude Runs and Product Yields . . . . .	24
13	Projected Yield Pattern for Esfahan Refinery . . . . .	25
14	Projected Yield Pattern for Tabriz Refinery . . . . .	25
15	Shipments of Petroleum Products . . . . .	31
16	Cost of Shipping Petroleum Products . . . . .	32
17	Natural Gas Reserves, Production, and Reserve Life Ratios . . . . .	33
18	Production and Use of Natural Gas from Khuzestan Fields . . . . .	35
19	Recoverable Natural Gas Liquids in Flared Gas and IGAT Pipeline Gas from Khuzestan Fields--1974 . . . . .	39
20	Estimated Coal Resources in Iran . . . . .	42
21	Coal Delivery from NISC Mines to the Aryamehr Steel Plant . . . . .	43
22	Capacity of Existing Ministry of Energy Generating Units . . . . .	52
23	Characteristics of Major Ministry of Energy Fossil Steam Power Plants in Operation at the End of 2534 . . . . .	54
24	Capacity of Ministry of Energy Generating Units Commissioned During 2535 and Under Construction or Committed as of Farvardin 2535 . . . . .	60



25	Characteristics of Ministry of Energy Fossil Fuel Power Plants Under Construction or Planned at End of 2534 . . . . .	61
26	Ministry of Energy High-Voltage Transmission Lines Under Construction or Planned as of 2534 . . . . .	66
27	Ministry of Energy High-Voltage Transmission in Service in 2533 and Planned Additions During 2534-40 . . . . .	68
28	Present Prices of Fossil Fuels for Electric Power Generation in Iran . . . . .	72
29	Installed Cost Estimates for Fossil Steam Power Plants in the United States . . . . .	75
30	Capital-Related Costs of Electricity at the Busbar for Fossil Steam Plants . . . . .	79
31	Total Busbar Cost of Electricity for Fossil Steam Plants . . . . .	81
32	Projected Nuclear Fuel Cycle Costs . . . . .	89
33	Installed Cost Estimates for Nuclear Power Plants in the United States . . . . .	90
34	Capital-Related Costs of Electricity at the Busbar for Nuclear Plants . . . . .	92
35	Total Busbar Cost of Electricity for Nuclear Plants . . . . .	94
36	Capital-Related Costs of Electricity at the Busbar for Combustion Turbine Plants . . . . .	101
37	Total Busbar Cost of Electricity for Combustion Turbine Plants . . . . .	102
38	Capital-Related Costs of Electricity at the Busbar for Combined-Cycle Power Plants . . . . .	109
39	Total Busbar Cost of Electricity for Combined-Cycle Power Plants . . . . .	110
40	Assumed Parameters for Busbar Electricity Cost Estimates . . . . .	117
41	Assumed Nonfuel Operating and Maintenance Costs for Thermal Power Plants . . . . .	117
42	Hydroelectric Power Resources of Iran . . . . .	119
43	Technical and Economic Summary of Potential Hydroelectric Power Sites in Iran . . . . .	120
44	Hydroelectric Power Sites Competitive with Fossil Fuel Plants at a Fuel Cost of \$0.40 per Million Btu . . . . .	124
45	Additional Hydroelectric Power Sites Competitive with Fossil Fuel Plants at a Fuel Cost of \$1.50 per Million Btu . . . . .	125

46	Base Threshold Values of Car Population . . . . .	134
47	Projected Automobile Population and Threshold Values . . . . .	136
48	Installed Cost Estimate for an Integrated Solar Heating/Cooling and Water Heating System . . . . .	147
49	Potential for Solar Heating in Iran . . . . .	149
50	Potential for Solar Electric Power in Iran . . . . .	154
51	Average Wind Speed in Iran . . . . .	160
52	Principal Characteristics of Breeder Reactor Systems . . . . .	162
53	Experimental Breeder Reactors . . . . .	164
54	Economics of Electric Power Generation by Advanced Energy Technologies . . . . .	176
A-1	Previously Evaluated Potential Hydroelectric Power Sites . . . . .	183
A-2	Economics of Proposed Pumped-Storage Power Plants . . . . .	187
A-3	Economics of Aras River Hydroelectric Sites . . . . .	189
A-4	Economics of Rezaiyeh Project Hydroelectric Sites . . . . .	192
A-5	Economics of Little Zab River Basin Hydroelectric Sites . . . . .	194
A-6	Economics of Sirvan River Basin Hydroelectric Sites . . . . .	197
A-7	Economics of Karkheh River Basin Hydroelectric Sites . . . . .	199
A-8	Economics of Dez River Basin Hydroelectric Sites . . . . .	201
A-9	Economics of Karun River Hydroelectric Sites . . . . .	203
A-10	Economics of Hydroelectric Sites in Interior Watersheds . . . . .	206
B-1	Air Pollutants and Their Sources in the United States . . . . .	212
B-2	Concentration of Air Pollutants in Tehran Compared with Air Quality Standards in the United States . . . . .	218
B-3	Air Pollutants Emitted by Gasoline-Burning Vehicles in Tehran . . . . .	218
B-4	Lead Emissions from Mobile Sources in Tehran and Iran . . . . .	222
B-5	Summary of U.S. Ambient Air Quality Standards (as of 1971) Used by Iran Ministry of Health . . . . .	225
B-6	Impacts of Energy Production and Use on Water Quality . . . . .	227

B-7	Thermal Efficiencies of Steam Electric Plants . . . . .	232
B-8	Cooling Systems Used in Major Steam Power Plants in Iran . . . . .	233
B-9	Exposure of General Population to Ionizing Radiation from Various Sources in the United States in 1971 . . . . .	235

## GLOSSARY

ac	Alternating current
AEOI	Atomic Energy Organization of Iran
API	American Petroleum Institute
CNG	Compressed natural gas
dc	Direct current
EPRI	Electric Power Research Institute
ERDA	U.S. Energy Research and Development Administration
GWh	Gigawatt-hour = $10^9$ watt-hours
HVDC	High-voltage direct current
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IGAT	Iranian Gas Trunkline
kcal	Kilocalorie
kg	Kilogram
km	Kilometer
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt = $10^3$ watts
kWh	Kilowatt-hour
LMFBR	Liquid metal fast breeder reactor
LNG	Liquefied natural gas
LWR	Light water reactor
MER	Maximum economic rate
MHD	Magnetohydrodynamic
MIS	Masjed Soleyman
MW	Megawatt = $10^6$ watts
MW <sub>e</sub>	Megawatt electric = $10^6$ watts
NGL	Natural gas liquid
NIGC	National Iranian Gas Company
NIOC	National Iranian Oil Company
NISC	National Iranian Steel Company
ppm	Parts per million by weight

PWR Pressurized water reactor  
R&D Research and Development  
rem Roentgen Equivalent Man, dosage of ionizing radiation causing same amount of biological injury to human tissue as one roentgen of X-ray or gamma-ray dosage.  
SIL Surge impedance loading  
SWU Separative work unit  
TBP Tributyl phosphate  
WECS Wind energy conversion system  
Yellowcake,  $U_3O_8$  concentrate containing 65-80% uranium





JICA