オマーン国
電力合理化システム需給管理計画

予備・事前調査報告書

平成９年８月

国際協力事業団
鉱工業開発調査部

オマーン国
電力合理化システム需給管理計画

予備・事前調査報告書

平成９年８月

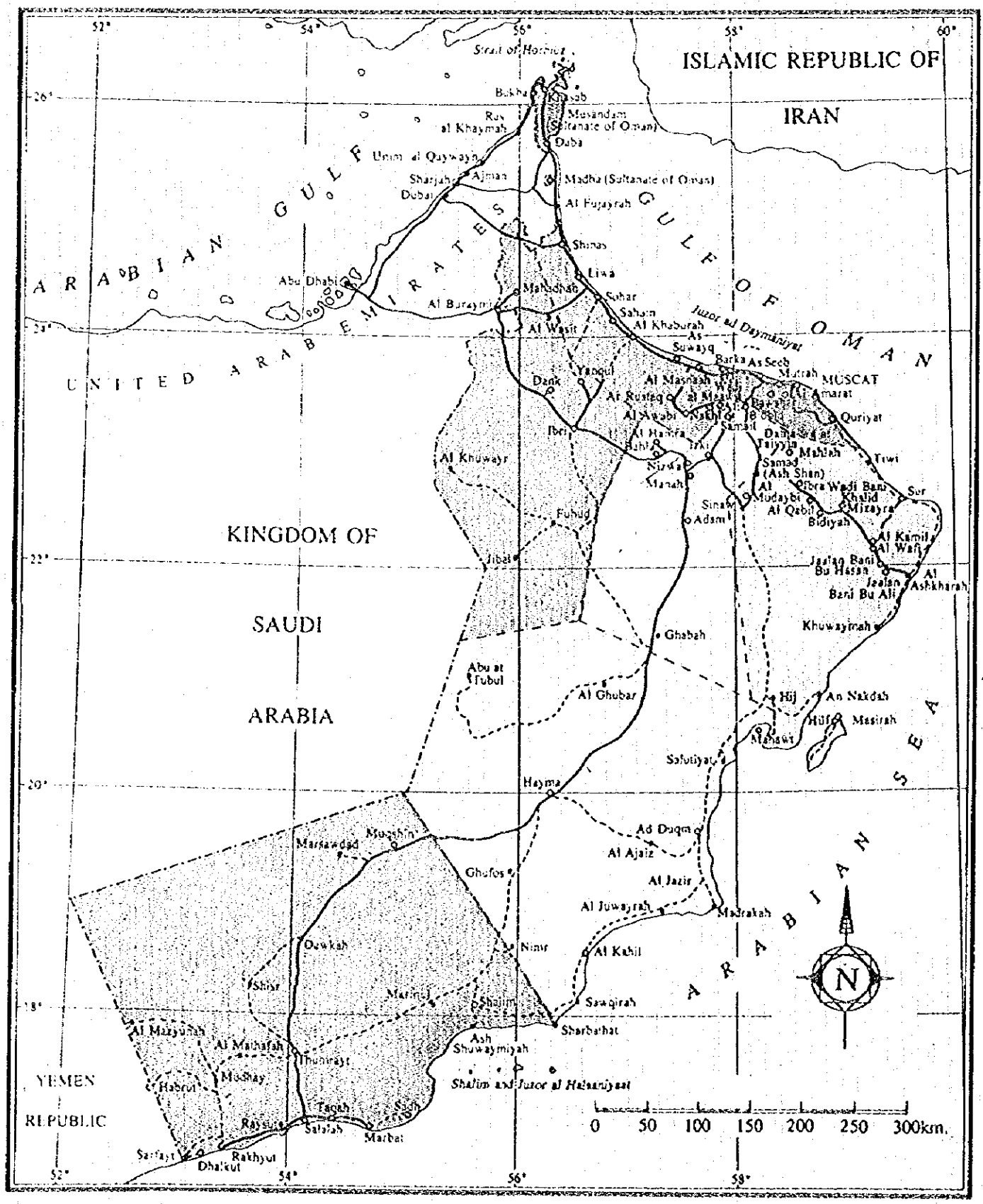
国際協力事業団
鉱工業開発調査部

目次

位置図

写真

SULTANATE OF OMAN



Produced by the Ministry of Information, September 1994

Based on National Survey Authority OR 1, edition 6 dated June 1994

This map is not an authority on international boundaries

○ Wilayat

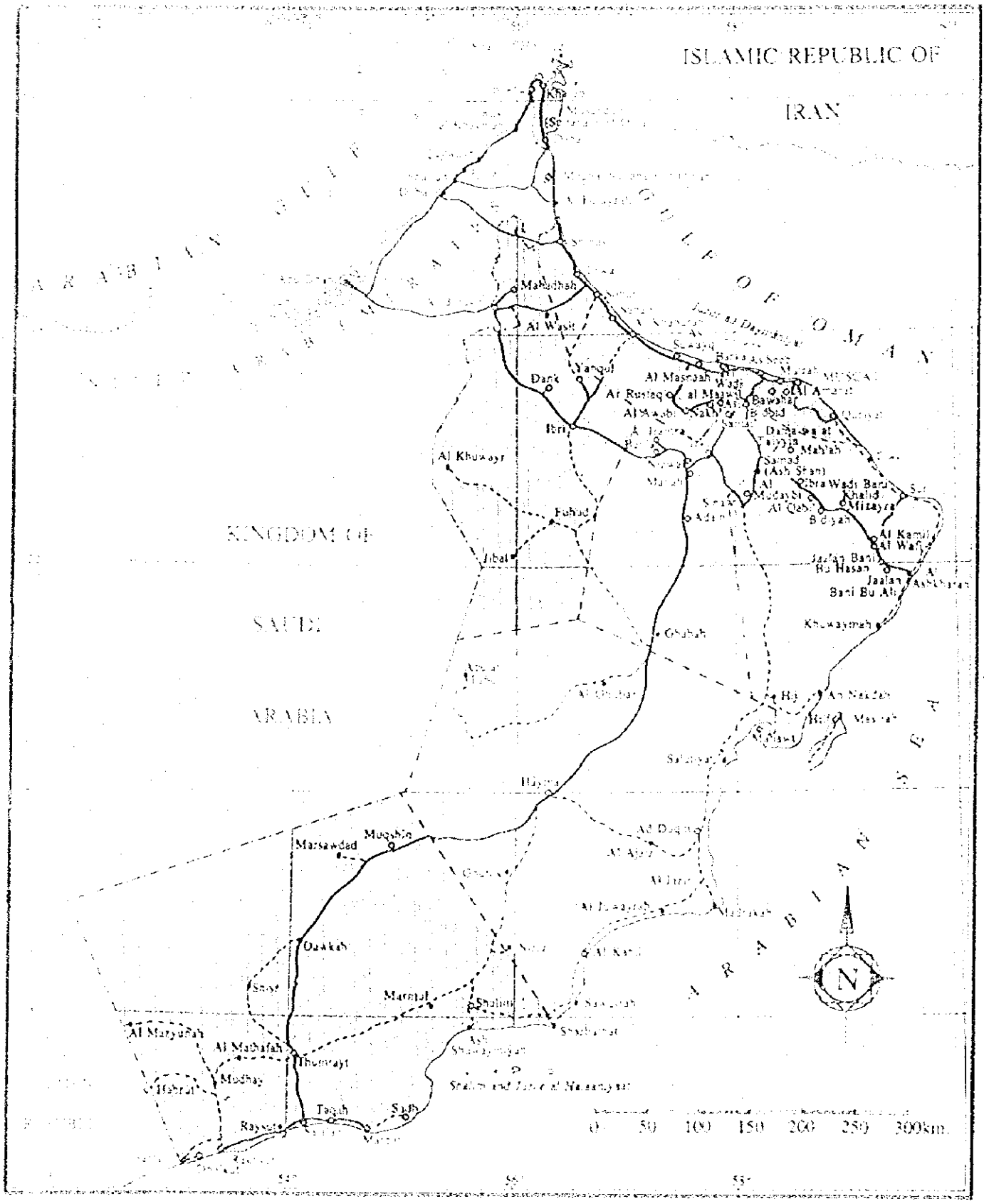
• Village / Town

Graded Road

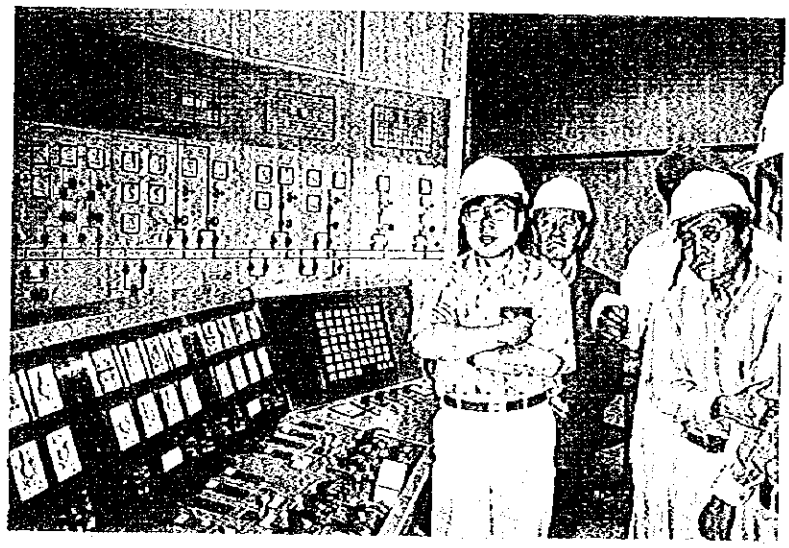
Metalled Road

International Boundary

SULTANATE OF OMAN



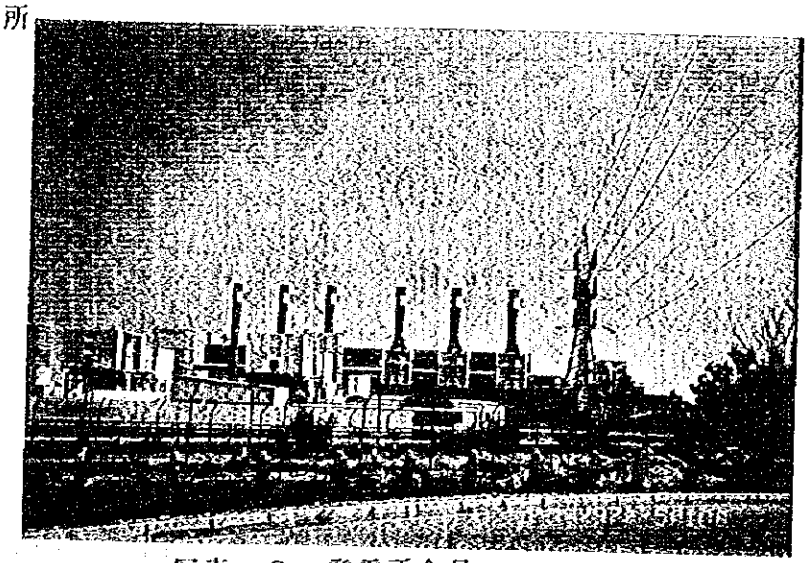
1．ルセイル発電所



写真－１：発電所制御室

発電ユニットの制御及び構内変電設備の開閉装置の制御を行う。３名の当直員が常駐している。　グブラ発電所・変電所と保安電話にて連絡し需給バランスをとっている。

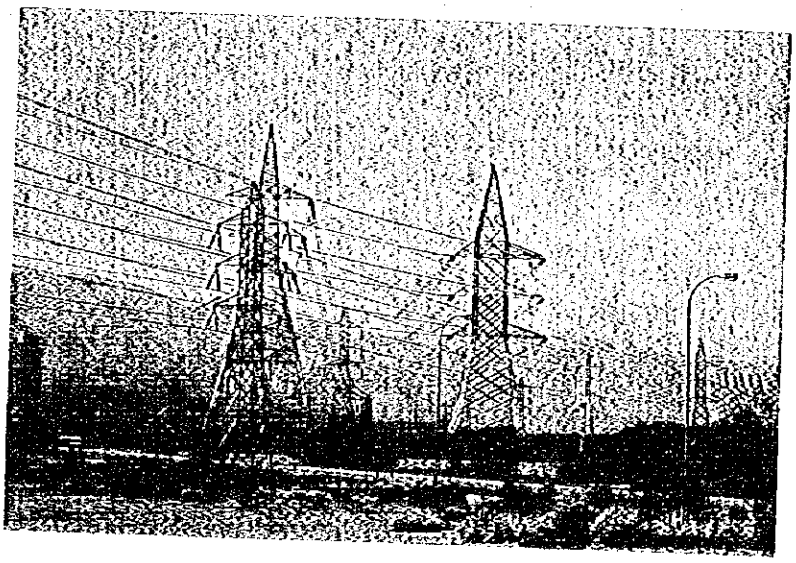
2．グブラ発電所



写真－２：発電所全景

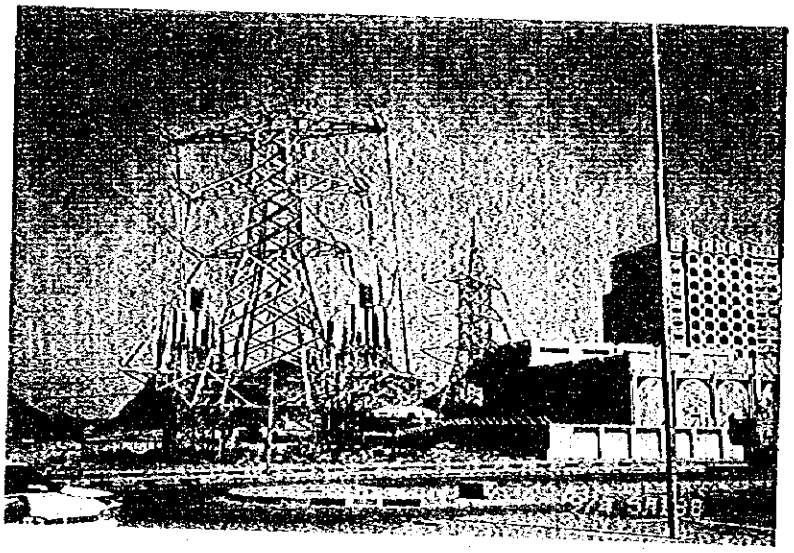
（６基のスチームタービン全景、構内は写真撮影禁止）

３．送変電設備



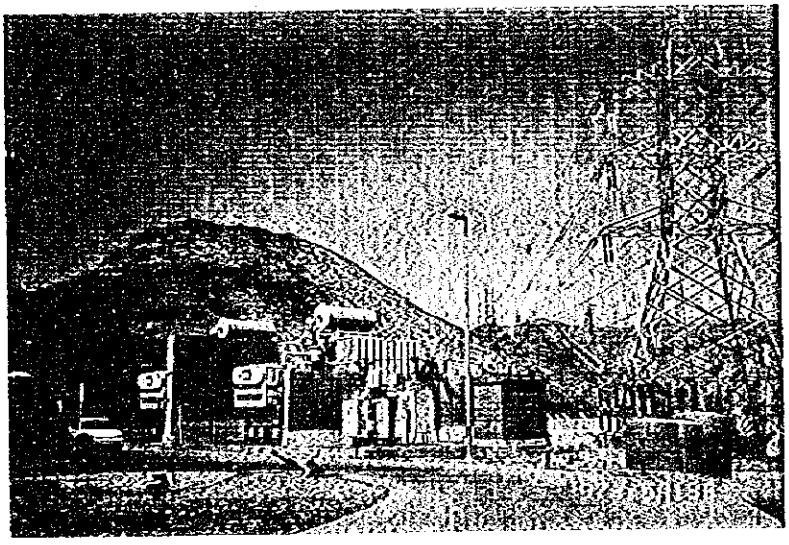
写真－３：１３２ｋＶ送電線

（グブラ発電所引き出し付近）

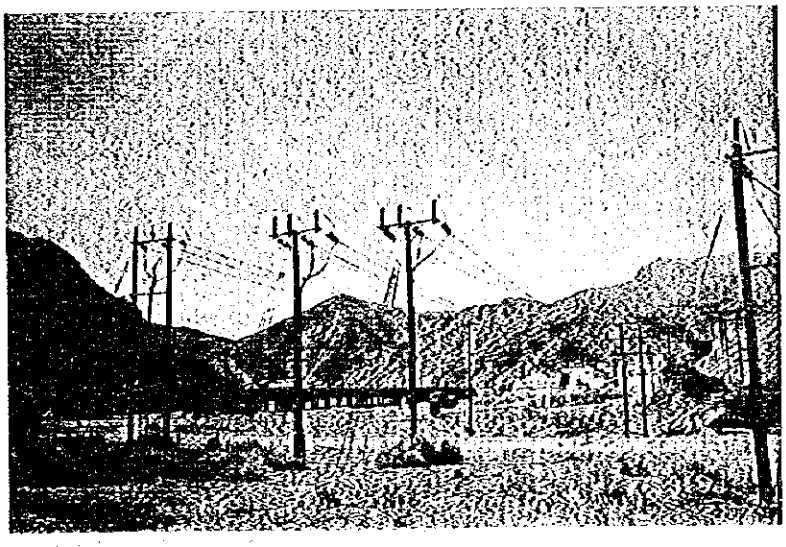


写真－４：１３２／３３ｋＶ変電所全景

（M市街地に送電しているｸﾞﾗﾝﾀﾞｲ変電所。右側の建屋には GIS・保護リレー装置が設置され当直員１人が常駐。送電線引き出し口には電力線搬送用のブロッキングコイルが見える。）

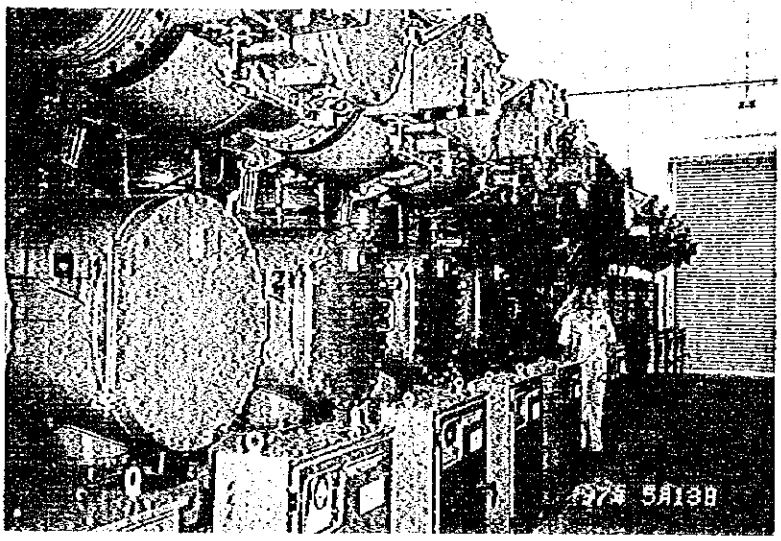


写真－５：１３２／３３ｋＶ変圧器



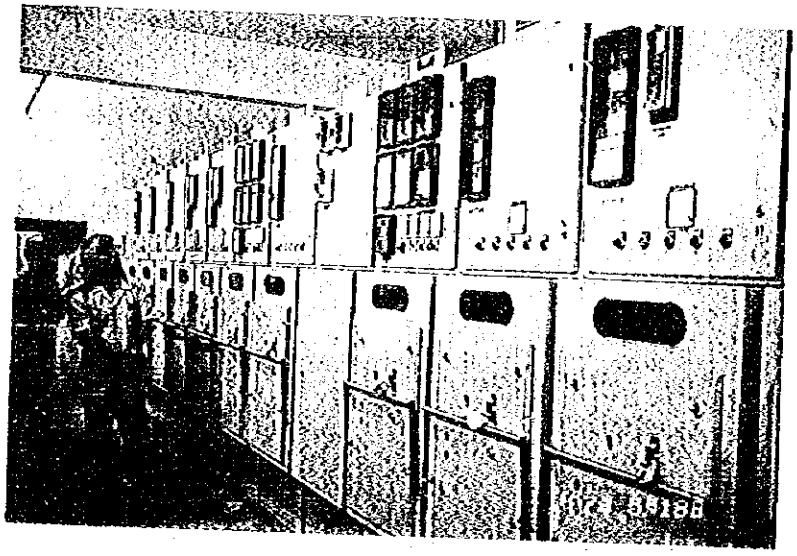
写真－６：３３ｋＶ送電線

（３３ｋＶは全て木柱により送電．強度の問題上１回線つづ平行に設置している．）



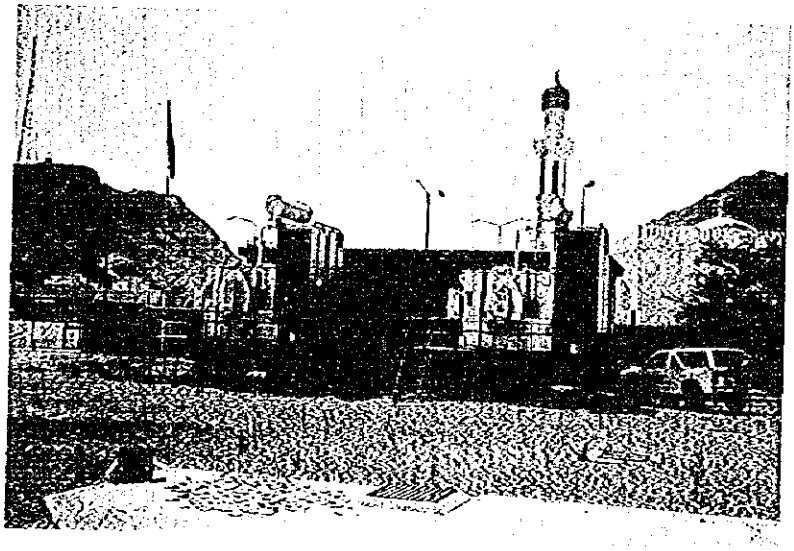
写真－７：１３２ｋＶ GIS

（建屋内に設置されたGIS，送電線用１０回線・変圧器用２回線・ブスタイ用１回線，英国GEC製）

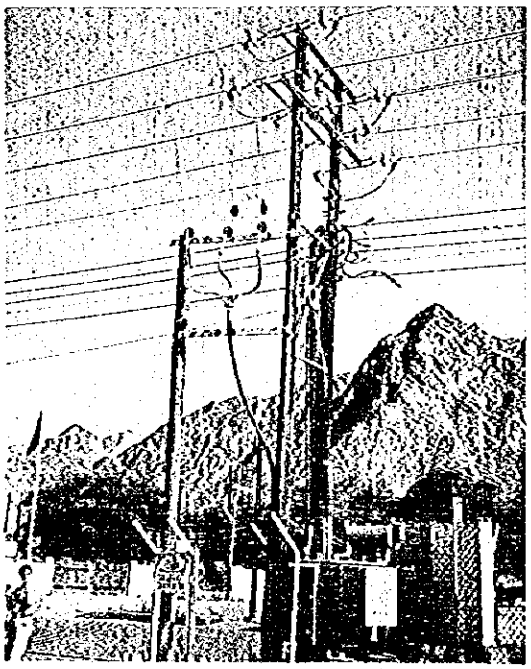


写真－８：３３ｋＶ用ガス遮断機

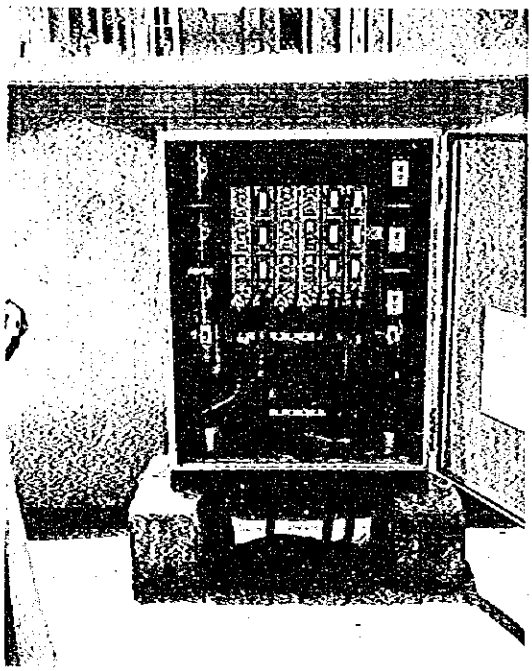
4．配電設備



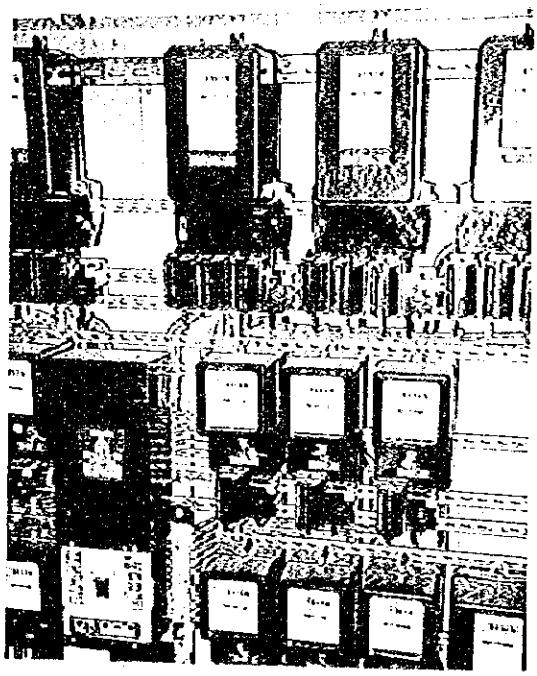
写真－９：３３／１１ｋＶ変圧器



写真－１０：１１ｋＶ配電線と４１５Ｖ低圧線

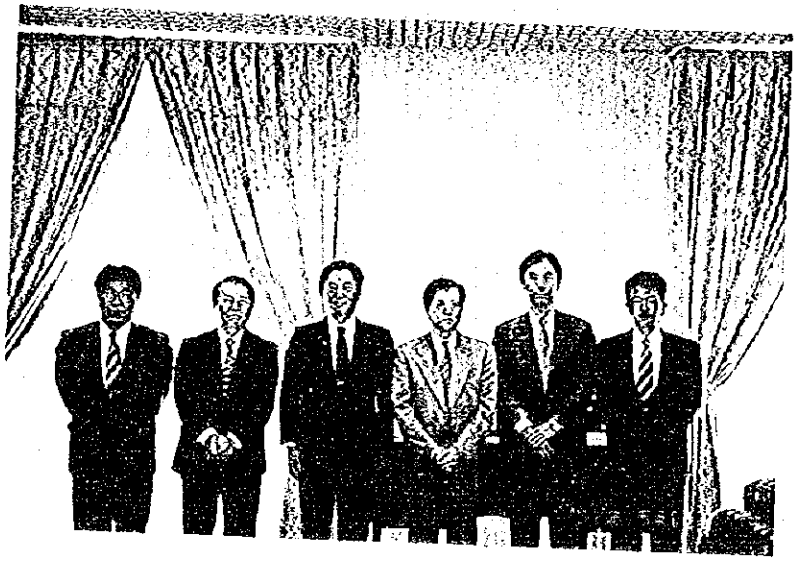


写真－１１：４１５Ｖ地中ケーブルと高回路分岐用ヒューズ



写真－１２：電力用メーター

5．その他



写真－１３：日本大使表敬

写真－14：電力・水省訪問

第1章　総論

1-1. 要請の背景・経緯

オマーン国において電力はすべて火力発電によって賄われており、ガスタービンとディーゼルによって構成される発電設備及び送配電系統設備は政府電気水省によって所有・管理されている。発電燃料もすべて政府が国内で生産供給している石油・天然ガスを利用している。オマーン政府は石油依存の経済を脱すべく、国内産業開発を進めており、電力はその要であると認識されている。また、発電所では余熱を用いて海水淡水化が行われているため、発電事業は水供給の面でも重要な位置を占めている。

このような状況下、オマーン国の首都マスカット及びその周辺地域では、近年の工業化及び人口の増加により電気需要が急増し、慢性的な供給不足が生じている。特に、夏期には冷房需要が総需要の7～8割に達し、ピーク時には供給不足となり計画停電が実施されている。更に、冷房の過大需要が系統の安定性を欠く原因となっており、系統の安定化のための対策が必要となっている。

なお、オマーン国は他の中東石油産出国と比べ石油埋蔵量が少なく、電力需給を効率化し、発電で使用される国内エネルギー資源を節約することは、将来的に現在のマクロ経済構造を維持する上で重要な課題となっている。

こうした電力需給のアンバランスを取り除くために、負荷平準化対策を需要側と供給側の双方から実施することが求められている。さらに、現状の発送配電体制の安定性に加え、効率性と経済性の面からも改善が必要となっている。

また、過大需要の原因の一つとして低い料金単価、電気料金体系、非技術的電力損失が指摘されているため、電気料金制度、料金体系等の制度・政策面での対処が期待されている。

かかる背景を基にして、本調査は現在の電力需給構造の技術的・制度的な問題点を明らかにし、その具体的改善策を提言するマスタープランを作成する。

具体的には、既存の電気料金体系を踏まえた上で発電ミックス、給電指令、事故時の対応策、日負荷曲線などの問題点を明らかにし、分析・評価した上で問題解決のための施策を提言する。特に期待される改善策としては、電気料金制度・電気料金体系・供給契約条件等の見直し、ピーク需要軽減を目的としたDemand Side Management (DSM) 対策、Supply Side Management (SSM) 対策、送配電系統システムの効率改善等である。

1996年6月のプロジェクト選定確認調査の結果を受けて、オマーン政府は日本政府に対して1996年9月1日付で「オマーン電力合理化システム需給管理計画調査」について正式に要請越した。要請内容は、「電力損失の低減及び電気料金体系の改善等により電力需給構造の効率化を目指す」ための調査であっ

た。これを受けて、1997年5月22日から5月31日まで「オマーン電力合理化システム需給管理計画予備調査団」が派遣され、要請内容・背景の確認調査が実施された。この結果を受けて同年6月21日から同事前調査団が派遣され、6月24日にS／Wが署名・交換された。

1-2. 調査の目的

本調査の目的は、オマーンにおいて電力のピーク需要を軽減し、同時に供給の安定化・効率化を図るため、具体的実行計画、包括的な制度・政策的な枠組み、技術的提言を含んだマスタープランを作成することである。

電力ピーク需要の改善のために、まずDSM手法による電力需要シフトのポテンシャルを評価し、当手法で用いられる具体的技術に関して利用可能性を評価する。オマーンで最大電力需要を示す夏期において、電力需要の7～8割が冷房需要によって占められているが、この需要をDSM手法により時間的にシフトすることによって、電力の需給バランスを図ることが出来る。このDSM手法の中から最適な技術を選定し、官民の電力大口需要家に対する技術導入の啓発を図る。さらに、ユーザーレベルで実際の導入を図るために、各種制度・政策的枠組みの検討を行う。

電力供給側としては、低負荷時の発電能力を高負荷時の供給能力向上のために利用できるような手法を検討し、導入の可能性を技術的・経済的に評価する。具体的には、発電効率の向上対策、揚水発電の検討、給電管理システム等の検討が含まれる。次に、供給の効率化を進めるための手法のポテンシャルを評価し、具体的改善策を検討する。このため、供給の安定化を図るために調査対象系統に対して系統解析を実施し、系統の不安定要因を評価し、具体的改善方法を提示する。

さらに、電力需要のシフトを促進するためには制度・政策的枠組み策定が重要な役割りを果たす。このため、電気料金制度・電気料金体系の現状を分析・評価し、長期限界費用を算出し、これを基に見直しを行う。

上記の各種改善手段を実行に移すための実行計画代替案を作成し、さらに各プログラムの最適な組み合わせを選択し、2000年から10年間の投資計画を作成する。最終的には、マスタープランがオマーンの電力供給側と需要側のポテンシャルを最小のコストで最大限に引き出すようなものとなるようにする。

また、オマーン側の制度及び技術面での分析能力・政策立案能力が不足しているため、調査期間中に可能な限りそれらの強化を図る。このため調査実施はカウンターパートとの共同作業で進め、その際、分析手法及び政策立案手法をカウンターパートに明確に示し、技術・分析能力の向上に結びつける。DSMに関しては、需要側の意識・行動が最大の鍵である。これを図るために、セミナ

一の場でDSMに係わる情報を需要者側に提供し、DSM知識の浸透を図る。その際、DSM導入にかかる初期投資額及びランニングコスト等の具体的なデータ・情報を示す。

1-3. 調査団構成

（1）予備調査団

1）団長・総括	林	俊行	JICA国際協力専門員
2）電力行政	吉野	昌治	通産省資源エネルギー庁公益事業部
3）系統計画	柿沼	宇佐	（社）海外電力調査会国際協力センター
4）送配電設備	桑原	憲一	（社）海外電力調査会調査部
5）調査企画	星野	明彦	JICA鉱工業開発調査部資源開発調査課

（2）事前調査団

1）団長・総括	細谷	孝利	JICA鉱工業開発調査部長
2）援助企画	林	俊行	JICA国際協力専門員
3）調査企画	星野	明彦	JICA鉱工業開発調査部資源開発調査課

1-4. 調査行程

（1）予備調査

	日付	調査行程
1	5/8	成田(11:00/TG641)→バンコク→マスカット着(21:30/TG515)
2	5/9	ルセイユ工業団地発電所現地踏査(10:00-12:30)。遠藤JICA専門家（商工省アドバイザー）面会。
3	5/10	グブラ発電所現地踏査(10:00-13:00)。
4	5/11	大使表敬(9:00)、電気水省電気局長表敬(10:00)。計画統計課長表敬(10:30)、C/P協議(11:00-13:00)。大使主催夕食会(19:30)。
5	5/12	C/P協議(8:00-13:00)。電気水大臣表敬(10:00-10:30)。
6	5/13	マスカット系統変電所、送配電網保守管理事務所、需要家（民生、工業）現地踏査(8:00-13:00)。M/M（案）作成。
7	5/14	C/P協議、M/M確認(8:30-10:45)。
8	5/15	吉野団員マスカット発(22:35/TG516)。　マナー発電所現地踏査(8:00-13:30)。
9	5/16	吉野団員成田着(19:00/TG640)。ニズワ地方配電網現地踏査(8:30-18:00)。
10	5/17	協議及びM/M署名(8:00-9:00)。大使主催夕食会(19:30)。
11	5/18	団員4名マスカット発(23:15)。　外務大臣表敬(10:30)。大使館現

地調査報告(12:00)。開発大臣表敬(13:00)。

12　5/19バンコク(10:50/TG640)→成田着(19:00)。

（2）事前調査

事前調査団は、平成9年6月22日（日）から6月24日（火）までの計3日間の日程で現地調査を行った。この調査行程を以下に記す。

日付	調　査　行　程
1	6/21成田(10:00/CX509)→香港(13:40)。香港(14:50/CX751)→ドバイ(22:35)。
2	6/22ドバイ(8:00/EK202)→マスカット(8:50)。大使館表敬(10:00)。電気水省計画統計課長表敬(11:00)。電気次長表敬(12:00)。S/W（案）、M/M（案）の提出および協議。
3	6/23S/W協議(8:30-11:00)。
4	6/24S/W署名・交換。大使館現地調査報告(12:00)。　林団員帰国：マスカット(23:15/TG508)→。
5	6/25（林団員）→バンコク(9:45)。バンコク(10:50/TG640)→成田(19:00)。製鉄建設プロジェクト形成基礎調査に合流（細谷団長、星野）。

1-5. 主要面会者

（1）予備調査

1）在オマーン日本大使館

香田　忠維　特命全権大使

松本敬一　一等書記官

尾高明彦　三等書記官

山内　派遣員

2）外務省

アラウィ外務大臣

3）開発省

ムーサ開発大臣

4）電気水省(Ministry of Electricity and Water)

Shaikh: Mohammed Ali Al-Qatabi, Minister of Electrisity and Water

Mohd. Redha Hasan Ali, Director General of Electricity

Mohamed Amin Mustafa, Director of Planning & Statistics

Mohammed Nasser Al-Mazrouey, Director of Transmission & Control

S.M. Asmathilla, Senior Planning Engineer, Department of Planning & Statistics

Salim Al-Rujaibi, Head of Planning, Department of Planning & Statistics

Adel Hamed, Head Section of G.T.

Younus Ahmed Al-Rawahi, Head of Operation, Maintenance and Transmission

Ibrahim Khalid, Operation Engineer of Zone 1

Nesser Al Amri, District Engineer, Bowsher Area

Hussain M.Jawad, Assistant District Engineer, Bowsher Area

5) ルセイル発電所(Rusail Power Station)

Aldulrauf Aludayyeh, General Manager, SOGEX Oman

John Fernandes, Station Manager

6) グブラ発電所(Ghubrah Power Plant)

Ribhi Hamdru, Ghubrah Plant Manager

Wasfi Fahmi Z. Qasim, Operation Superintendent

Salah Abuuayib, Deputy Operation Superintendent

K. Nallapillai, Section Head, Electric Maintenance Department

7) マナ発電所(Manah Power Plant)

T.N. Sundararaju, Plant Manager, SOGEX Oman

8) JICA 専門家

遠藤　晴男

(2) 事前調査

[Ministry of Electricity & Water]

Abdulla Ali Dawood, Under Secretary, Ministry of Electricity & Water

Mohammed Amin Mustafa, Director of Planning and Statistics

Mohammed Nasser Al-Mazrouey, Director of Transmission and Control

Saleh Al-Rashdi, Director of Generation/Desal

J. Thanarajah, Water Expert, Department of Planning and Statistics

第２章　協議結果

2-1. 予備調査協議結果

電気水省との協議を踏まえ、以下のように協議結果をM／M（本章2-5参照）として取りまとめ、１９９７年5月１７日オマーン側と署名を取り交わした。なお、事前調査については、６月下旬を目途に現地調査団を派遣するということで先方の了解を得た。

（１）　開発調査の目的

開発調査の目的は、電力需要変動を軽減し、電力供給効率を改善するための実際的なおかつ現実的な手段を作成することを目的とする。

（２）カウンター・パート

本開発調査のカウンター・パートは電気水省である。本調査の性格を考慮し、本格調査を効率的・効果的に実施するため、計画・統計課長（Director of Planning and Statistics）が、他の関係する局との調整と協力に対し責任を持つこととする。

（３）調査地域

本格調査はマスカット・マナ系統とワディジジ系統を調査対象とする。しかし電気料金については、電気水省の供給地域全体を対象とする。

（４）調査範囲

本格調査は負荷変動を軽減するためのいくつかの手法を現地調査により確認し、供給効率改善策を提言する。確認された手法は技術的、経済的、財務的側面から評価され、現実的な実施可能性を明らかにする。

１）負荷変動の軽減

負荷変動の軽減策を確認するために、以下の調査を行う。

(a) マスター・プランを含んだ既存資料の調査

(b) 需要管理(DSM)及び需要シフトのための技術の調査と評価

(c) 既存電気料金、及び供給コスト構造の調査と評価

(d) 投資計画に基づいた長期限界費用(LRMC)の計算と、LRMCとDSM技術に基づいた電気料金体系の提案

(e) 経済・財務的側面の評価

２）供給安定性の改善

供給の安定性を改善するために、以下の調査を行う。

(a) マスター・プランを含んだ既存資料の調査

(b) 系統解析の実施と、系統安定性の阻害要因の明確化及び、改善策の提言

(c) 日負荷、月負荷、年負荷に対応するための現在の発電設備運転パターンの評価と、運転効率改善策の提言

(d) 現在の給電指令手法の評価と、給電指令効率改善策の提言

3）需給管理計画の作成

実施可能な負荷変動軽減対策と系統の安定性改善対策からなる需給管理計画を作成する。

2-2. 事前調査協議結果

（1）スケジュールについて

先方側は、ＪＩＣＡ側の提出したＳ／Ｗ（案）の指示する調査期間の短縮化を要望した。具体的には、当方の提示している１５ヶ月を縮めて９ヶ月にするという内容であった。これに対し、調査団は本案件の調査内容を再検討したところ短縮化が可能であるとの結論に達した。事務手続きの面からみて９ヶ月という工程は不可能であるが、１２ヶ月であれば調査を遂行できると判断し、調査期間を１２ヶ月にすることで先方との合意を得た。

（2）調査内容について

当方のＳ／Ｗ（案）の調査内容で大筋は合意した。

ただ、先方は、中央給電指令システムの導入を切望しており、この導入のための調査を実施すべくガイドラインを用意しており、調査内容をこれに沿わせるため、Scope of Study の中で「調査はガイドラインに従い実施する」という記載を求めた。しかし、調査団は、当方のＳ／Ｗ（案）はガイドラインが指示している項目をほとんど網羅していることを説明したうえで、Ｍ／Ｍにその旨記載することで先方と合意した。

（3）調査の実施について

先方は、「クリアなメカニズム」を通して調査を実施することを希望した。これに対しては、調査団も異論はなくその旨を Scope of Study のなかに取り入れた。すなわち、明確な方向性・手法のもとに調査が実施されるべきで、その実施過程を先方側に示すことが期待されている。

（4）先方側の対応

先方側は、本格調査時には可能な限りの情報、データーを提供することを約束し、さらに、ワーキンググループの設置についても万全の体制であることを

述べた。また、S／Wの調査項目となっている揚水発電システムや蓄熱空調技術について非常に関心を示し、当技術の利用・設置形態や基本原理に関する質疑が活発になされた。

2-3. 団長所感

（1）予備調査

近年オマーンが急速に近代化した結果、冷房器具が各家庭に普及した。特に非常に暑いオマーンの夏間、冷房需要による最大電力が午後3時と夜中の11時の1日に2回発生し、最大電力の80%は各家庭の冷房需要であると言われている。1996年の最大電力は6月5日午後3時15分に発生し986MWであり、これに対する同年の最小電力は12月30日発生し、159MWであった。日本と較べ、ベース負荷の小さいオマーン(マスカット・系統)において、これだけの日負荷（別添2）及び年負荷変動（別添3）が生ずる結果、電力系統に問題が生じ電力供給が不安定になると同時に、発電所の運転が非常に難しくなり電力供給の効率性を低下させている。

オマーン政府が電力合理化システム需給管理計画調査として、日本政府に技術協力を要請越した背景には、上記の電力需給事情が存在していることが、今回の予備調査で明らかになった。また発電所や送配電設備に関しては、日本のレベルに匹敵するほどの設備を有している。

このためJICAとしては、負荷変動を軽減させることにより電力供給の効率化を計ることを目的に開発調査を行うこととし、基本的にオマーン側と合意した。負荷変動を軽減させるための技術的手法には様々なものがあるが、オマーンの社会経済的条件に適合した技術をどのように導入すべきかを、詳細な現地調査を行った上で、できるだけ具体的な案を提言することが本格調査の一つの中心的課題となろう。

またオマーンにおいて、電気料金は政治的に決定されており、日本のような総括原価主義を採用していない。このため平均売電料金は常に総括原価を下回っており、この差額は政府からの補助金により賄われている。オマーン政府としてはこの補助金を段階的に削減してゆきたい意向があり、このための将来的な電気料金のあり方を、総括原価と長期限界費用の考え方に則り提言することも必要であろう。特に電気料金の改訂は、負荷変動軽減のための非技術的手段として、また技術的手段に適合した電気料金体系を作成するという意味でも重要な課題となろう。

（2）事前調査

オマーンにおける豊富なエネルギー資源を背景に、電気水省は今までの電力

需要増に対し設備増強を行うことで対応してきた。しかし、現在のエアコン需要による大きな需要変動は設備増強のみで対応するのは困難な状況に達していることが、予備調査の段階で明らかになった。これに対し、揚水発電や蓄熱空調技術などのピークをシフトさせる技術は未だオマーンに紹介されておらず、これらの技術を紹介し、そのオマーンにおける有効性を判断し、実施してゆくためのプロセスを示すことは、オマーン側にとって非常に有効であると思われる。また、現在の電力供給指令体制も改善の余地があり、電気水省としては早急に改善策を必要としているため、この点でもＪＩＣＡの開発調査が期待されている。

直接のカウンターパートである計画統計局には欧米のメーカーやコンサルタントより多量の情報が与えられているが、未だ自ら問題を包括的に整理し対応策を検討しうる段階にはない。本格調査を行う日本のコンサルタントは、実施可能な案について実施手順（メカニズム）を含む具体的な計画を作成することが求められている。

2-4. 署名したM/M（予備）

MINUTES OF MEETING
FOR
THE STUDY
ON
DEMAND AND SUPPLY MANAGEMENT FOR POWER SECTOR
IN
SULTANATE OF OMAN

AGREED UPON BETWEEN
MINISTRY OF ELECTRICITY AND WATER
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

MUSCAT, MAY 17, 1997

Mr.Mohamed Amin Mustafa
Director of Planning & Statistics
Ministry of Electricity & Water

Mr.Toshiyuki Hayashi
Leader
JICA Preliminary Study Team

The JICA preliminary study team (hereinafter referred to as "JICA Study Team") for Technical Cooperation of the Study on Demand and Supply Management for Power Sector in the Sultanate of Oman (hereinafter referred to as "the Study") undertook a series of discussions with the officials concerned at the Ministry of Electricity and Water (hereinafter referred to as "MEW") and mutually confirmed the salient results of the discussions on May 17, 1997 as follows.

1. Objective of the Study

The objective of the study is to formulate a practical and tangible methods to alleviate power demand variation, and to improve power supply efficiency of electricity sector.

2. Counterpart

The counterpart of the JICA Study Team is MEW. Upon considering the nature of the Study, the Director of Planning and Statistics of MEW is responsible for coordinating and involving concerned Director Generals in order to implement the Study effectively and efficiently.

3. Study Area

The Study covers the Muscat and Manah interconnected system as well as Wadi Jizzi system. However, the tariff study, which is one component of the Study, will be covering all service areas of MEW.

4. Scope of the Study

The Study identifies alternative methods of alleviating demand variation and suggests improvement of power supply efficiency. The identified methods will be assessed from technical, economic and financial point of view. The identified methods shall be clarified so that they are effectively implemented.

Alleviation of demand variation

In order to identify alternative methods of alleviating demand variation, the following methodology and investigation will be carried out.

1) Collect and review the relevant data and information including previous study reports;
2) Assess alternative technologies of Demand Side Management (DSM) including metering arrangement and those of shifting peak demand ;
3) Assess the existing tariff and cost structure of power supply;
4) Calculate long run marginal cost (LRMC) based on the future investment program, and suggest a tariff based on the LRMC and DSM technology; and
5) Assess the identified alternatives from economic and financial point of view.

Improvement of supply stability

In order to improve supply stability, the following investigation and study will be carried out.

1) Collect and review the relevant data and information including previous study reports;
2) Carry out system analysis for identifying bottlenecks to improve the system stability, and suggest alternative methods of improving the stability;
3) Assess present operation patterns of generating units to meet daily, monthly and annual load demand, and suggest alternative methods to improve operation efficiency;
4) Assess present load dispatching method, and suggest alternative methods to improve efficiency of load dispatching; and
5) Assess the identified alternatives from economic and financial point of view.

Formulation of demand and supply management program

A demand and supply management program, which comprises of feasible alleviation methods of demand variation and improvement methods of supply stability, will be formulated.

2-5. 署名したS/W

SCOPE OF WORK
FOR
THE STUDY
ON
DEMAND SUPPLY MANAGEMENT
FOR
POWER SECTOR
IN
SULTANATE OF OMAN

AGREED UPON BETWEEN
MINISTRY OF ELECTRICITY AND WATER
OF SULTANATE OF OMAN
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Muscat, June 24, 1997

Mr. Mohamed Amin Mustafa
Director of Planning & Statistics
Ministry of Electricity & Water

Mr. Takatoshi Hosoya
Leader,
The Preparatory Study Team
JICA

I. INTRODUCTION

In response to the request of the Government of Sultanate of Oman (hereinafter referred to as "Oman"), the Government of Japan decided to conduct the Study on Demand Supply Management for Power Sector (hereinafter referred to as "the Study") in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan.

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

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

II. OBJECTIVE OF THE STUDY

The objective of the study is to formulate a practical and tangible measures to mitigate power demand variation, and to improve power supply efficiency of the power sector.

III. THE STUDY AREA

The Study covers the Muscat and Manah interconnected system as well as Wadi Jizzi system. However, the tariff study, which is one component of the Study, will be covering all service areas of MEW.

IV. SCOPE OF THE STUDY

The Study shall identify alternative measures of mitigating demand variation and shall suggest measures of improving power supply efficiency. The identified measures will be assessed from technical, economic and financial point of view, so that the adaptability of the identified measures shall be clarified for effective implementation through a clear mechanism.

1. Preliminary Investigation Stage

(1) Data Collection and Review

The relevant data and information including previous study reports will be collected and reviewed.

(2) Identification of alternative technologies of Demand Side Management

Alternative technologies for shifting and reducing peak demand will be preliminary investigated, so that the promising technologies could be identified for further investigation in the next stage.

Heat storage and pumped storage technologies are envisaged promising for shifting peak demand, and air conditioning technology utilizing natural gas is envisaged promising for reducing peak demand among other alternative technologies.

(3) Identification of alternative measures for improving power supply efficiency

Alternative measures of metering arrangement to improve efficiency and accuracy of kWh meter reading will be preliminary investigated, so that the promising measures could be identified for further investigation in the next stage.

Among the alternative measures, remote meter reading is envisaged as one of promising measures to improve the efficiency and accuracy.

(4) Assessment of the existing Electricity Tariff, Supply Contract and Supply Cost

Existing electricity tariff and its structure, terms of supply contract, and cost structure of electricity supply from generation up to the consumer end will be preliminary investigated.

(5) Preliminary investigation for identifying bottlenecks to improve the system stability

Existing load dispatching measures, power system configuration, and operating patterns of generating units will be preliminary investigated.

2. Detailed Investigation Stage

(1) Assessment of alternative technologies for shifting and reducing peak demand

The promising technologies identified during the Preliminary Investigation Stage will be further investigated, so that the applicability of such technologies could be assessed based on the geographical, architectural, energy resource and other required conditions for such technologies existing in the Muscat Governorate.

(2) Assessment of alternative measures for improving power supply efficiency

Promising measures of metering arrangement to improve efficiency and accuracy of kWh meter reading will be further investigated, so that the applicability of such measures could be assessed based on the required conditions existing in the Muscat Governorate.

(3) Calculation of Long Run Marginal Cost

Long Run Marginal Cost (LRMC) based on the existing investment program, and supply costs of various customers of electricity will be calculated.

(4) System analysis for improving power system stability

System analysis will be carried out in order to identify some bottle-necks that impede improving power system stability.

(5) Assessment of Load Dispatching measures

Present load dispatching measures, and operation patterns of generating units to meet daily, monthly and annual load demand will be investigated.

3. Master Plan Formulation Stage

Master Plan of Demand Supply Management for Power Sector will be prepared. The Master Plan consists of the following programs.

(1) Peak Demand Mitigation Program

Peak Demand Mitigation Program will suggest target amounts of peak shift and reduction over 10 years, and corresponding technologies for shifting and reducing peak demand over the same period. The program also include cost estimate to attain such a target amount of peak shift and reduction, and economic and financial analysis of the program.

(2) Supply Stabilization Program

Supply Stabilization Program will suggest alternative methods of improving power system stability, load dispatching efficiency, and operating efficiency of generating units. The program will also suggest appropriate meter arrangement to improve efficiency and accuracy of kWh meter reading.

(3) Tariff Revision and Incentive Program

Tariff Revision and Incentive Program will suggest alternative ways of revising tariff and its structure, in order to reduce subsidy in the long run and incorporate technologies of shifting and reducing peak demand over the period specified in the Peak Demand Mitigation Program. The program will also suggest incentive schemes MEW could adapt for the facilitation of introducing the technologies of mitigating peak demand in public and private sectors.

V. WORK SCHEDULE

The Study will be carried out in accordance with the tentative work schedule shown in the appendix I.

VI. REPORTS

JICA shall prepare and submit the following reports in English to Sultanate of Oman:

1) Inception report	Twenty (20) copies	
2) Interim report	Thirty (30) copies	
3) Draft final report	Thirty (30) copies	(main reports and summaries)

Ministry of Electricity and Water shall provide its comments on the draft final report within one (1) month after the submission of that report.

4) Presentation

The presentation of Draft final report shall be made to MEW.

5) Final report Forty (40) copies (main reports and summaries)

The Team will submit these reports within six (6) weeks after receiving the comments of the Government of Sultanate of Oman on the draft final report.

During the field study in Oman, monthly meetings are held, and monthly reports are prepared and submitted to the meetings.

VII. DIVISION OF TECHNICAL UNDERTAKING

The division of technical undertakings by MEW and JICA of the Study is detailed in the appendix II.

VIII. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF OMAN

1.To facilitate smooth conduct of the Study, the Government of Oman shall take necessary measures;

(1) to secure the safety of the Team,

(2) to permit the members of the Team to enter, leave and sojourn in Oman for the duration of their assignment therein, and exempt them from foreign registration requirements and consular fees,

(3) to exempt the members of the Team from taxes, duties, fees and other charges on equipment, machinery and other materials brought into, and out of, Oman for the conduct of the Study,

(4) to exempt the members of the Team from income taxes and charges of any kind imposed on, or in connection with, any emoluments or allowances paid to them for their services for the implementation of the Study,

(5) to provide necessary facilities to the Team for remittance as well as utilization of the funds introduced into Oman from Japan in connection with the implementation of the Study,

(6) to secure permission for entry into private properties or restricted areas for the implementation of the Study,

(7) to secure permission for the Team to take all data and documents including maps and photographs related to the Study out of Oman to Japan,

(8) to provide medical service as needed. Its expenses will be chargeable on members of the Team.

2.The Government of Oman shall bear claims, if any arises, against members of the Team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the members of the Team.

3.MEW shall act as counterpart agency to the Team and also as coordinating body in relation with the other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.

4.MEW shall, at its own expense, provide the Team with the following, in cooperation with other organizations concerned;

(1) available data and information related to the Study,

(2) counterpart personnel,

(3) suitable office space with necessary equipment in Muscat,

(4) credentials or identification cards,

(5) necessary vehicles with drivers, fuel and maintenance services for carrying out the field survey,

(6) communication facilities during the execution of the Study, such as telephone, telex, transceiver, etc., if necessary.

IX. UNDERTAKING OF JICA

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

1.to dispatch, at its own expense, study teams to Oman, and

2.to pursue technology transfer to the Oman counterpart personnel in the course of the Study.

X. OTHERS

JICA and MEW shall consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.

Tentative Work Schedule

Projection Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Calender Month	Oct 97	Nov	Dec	Jan 98	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
1. Preliminary investigation stage												
(1) Data Collection and Review												
(2) Identification of alternative technologies of Demand Side Management(DSM)												
(3) Identification of alternative measures for improving power supply efficiency; incl. meter reading												
(4) Assessment of the existing tariff and supply contract and supply cost												
(5) Preliminary investigation for identifying bottlenecks to improve the system stability												
2. Detailed investigation stage												
(1) Assessment of altanative technologies												
(2) Assessment of alternative measures for improving power supply efficiency												
(3) Calculation of Long Run Marginal Cost												
(4) System analysis for improving power system stability												
(5) Assessment of load dispatching measures												
3. Master Plan Formulation Stage												
(1) Peak Demand Mitigation Program												
(2) Supply Stabilization Program												
(3) Tariff Revision and Incentive Program												
[Reports]												
1. Inception Report	△											
2. Interim Report								△				
3. Draft Final Report										△		
4. Final Report												△

JICA Work in Oman　　JICA Work in Japan

Outline of Division of Technical Undertaking

	MEW	JICA
Preliminary Investigation Stage	(1) Organization and operation of working group (2) Collection and provision of all relevant data and information (3) Arrangement of meeting with relevant authorities	(1) Data collection and review (2) Identification of alternative technologies of Demand Side Management (3) Identification of alternative measures for improving power supply efficiency (4) Assessment of the existing electricity tariff, supply contract and supply cost (5) Preliminary investigation for identifying bottlenecks to improve the system stability
Detailed Investigation Stage	(1) Operation of working group (2) Arrangement of meeting with relevant authorities (3) Collection and provision of all relevant data and information	(1) Assessment of alternative technologies (2) Assessment of alternative measures for improving power supply efficiency (3) Calculation of Long Run Marginal Cost (4) System analysis for improving power system stability (5) Assessment of Load Dispatching measures
Master Plan Formulation Stage	(1) Operation of working group (2) Arrangement of meeting with relevant authorities	(1) Preparation of Peak Demand Mitigation Program (2) Preparation of Supply Stabilization Program (3) Preparation of Tariff Revision and Incentive Program

2-6. 署名したM/M（事前調査）

MINUTES OF MEETING No.2
FOR

THE STUDY
ON
DEMAND AND SUPPLY MANAGEMENT
FOR
POWER SECTOR
IN
SULTANATE OF OMAN

AGREED UPON BETWEEN
MINISTRY OF ELECTRICITY AND WATER
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Muscat, June 24, 1997

Mr. Mohamed Amin Mustafa
Director of Planning & Statistics
Ministry of Electricity & Water

Mr. Takatoshi Hosoya
Leader
JICA Preparatory Study Team

The JICA preparatory study team (hereinafter referred to as "the Study team") for Technical Cooperation of the Study on Demand and Supply Management for Power Sector in the Sultanate of Oman (hereinafter referred to as "the Study") undertook a series of discussions with the officials concerned at the Ministry of Electricity and Water (hereinafter referred to as "MEW") and mutually confirmed the salient results of the discussions on June 24, 1997 as follows.

1. Establishment of A Working Group

JICA will dispatch a study team for the implementation of the Study. While the direct counterpart of the Study team is Directorate of Planning and Statistics of MEW, it has been agreed that a working group shall be established as counterpart for the Study in order to pursue efficient study work and technology transfer. The working group consists of engineers and specialists of MEW.

2. Technology Transfer

It has been mutually understood that the technology transfer is one of the most important elements of the Study, and shall be pursued during the course of the field study and analyses in Oman. In order to fulfill the sufficient technology transfer, the Study is carried out by collaborative work between the Study team and the working group.

3. Seminars

Considering the importance of involving the customers who demand considerable amount of power for air conditioning, a seminar will be held in Muscat for providing such customers with the information and advantage of utilizing the technology of DSM.

4. Counterpart Training in Japan

In connection with the undertakings of JICA especially for technology transfer, MEW requested counterpart engineers should participate in the technical training course of JICA in Japan.

5. Provision of Topographic Map of Governorate of Muscat

Topographic maps of the Governorate of Muscat of a 1/10,000 or 1/50,000 scale for the preliminary investigation of the pumped storage technology shall be furnished by MEW, if available, before the full-scale study starts.

6. Guideline

MEW requested JICA to study the dispatch program in consideration of the attached guideline of Ministry of Electricity and Water in this regard.

Attendance List

Ministry of Electricity & Water

Mohammed Amin Mustafa, Director of Planning and Statistics
Mohammed Nasser Al-Mazrouey, Director of Transmission and Control
Saleh Al-Rashdi, Director of Generation/Desal
J. Thanarajah, Water Expert, Department of Planning and Statistics

JICA

Takatoshi Hosoya, Leader, Managing Director of Mining & Industrial Development Study Division, JICA
Toshiyuki Hayashi, Development Specialist, JICA
Akihiko Hoshino, Mining & Industrial Development Study Division, JICA

MEW Team Name

- Director of Planning and Statistics
- Director of Trasmission and Control
- Director of Generation and Desalination
- Director of Electricity Muscat
- Head of Planning Electricity (Directriate of Planning and Statistics)
- Senior Planning Engineer (Directriate of Planning and Statistics)

A. GUIDELINES FOR THE STUDY OF DISPATCH PROGRAM (MEW, MAY 1997)

1. INTRODUCTION

1.1 The Ministry of Electricity & Water ("MEW") wishes to commission a study regarding the economic scheduling and dispatching of generating Plant in the Muscat-South Batinah-Dhakliya Power System.

1.2 With the completion of the Manah Power Station and related transmission facilities in 1996, the Muscat-South Batinah-Dhakliya Power System now includes three power stations with a range of generating units. In addition, future interconnections with adjacent power systems will further increase the number of dispatchable generating units on the system. MEW wishes to ensure that satisfactory facilities and procedures are in place to support the economic scheduling and dispatch of these generating units. The objectives of the proposed study, therefore, are:

to review the present power system and plans for the extension of the system; and

to formulate appropriate recommendations regarding the facilities and procedures required to support the ongoing economic scheduling and dispatching of generating plant on the system.

1.3 It is hoped that the study will provide both short-term recommendations, which can be implemented immediately to improve the economy of plant scheduling and dispatch on the present system, and medium-term recommendations, which can be incorporated into MEW's development plans.

1.4 MEW is now seeking to appoint a qualified and experienced consultant to carry out the study. The appointed consultant (the "Consultant") will carry out the study (the "Study") as described in this Guidelines.

2. BACKGROUND

2.1 MEW's Muscat-South Batinah-Dhakliya Power System currently covers the Muscat Governorate, the South Batinah Region and much of the Dhakliya Region and also extends into areas of the North Batinah Region.

2.2 Generation of electricity is at three locations:

- Ghubrah Power and Desalination Station with 2 x 95 MW, 2 x 27 MW and 9 x 17.5 MW gas turbines; and 1 x 50 MW, 2 x 30 MW and 3 x 8.5 MW steam turbines.
- Rusayl Power Station with 3 x 83 MW and 3 x 83.5 MW gas turbines
- Manah Power Station with 3 x 28 MW gas turbines

2.3 All three stations are gas-fired. The Ghubrah and Rusayl stations are owned and managed by MEW; the Manah station is an Independent Power Project, with MEW taking power from the station in accordance with a Power Purchase Agreement.

2.4 Desalination at Ghubrah is by 1 x 5 mgd and 5 x 6 mgd MSF units. Four of these units receive steam from steam turbines, whilst two receive steam from waste heat recovery boilers attached to gas turbines.

2.5 Power transmission in the system is at 132 kV, the grid comprising around 375 route km of line and 10 grid sub-stations. Sub-transmission is at 33 kV and distribution at 11 kV and 415 V.

2.6 MEW's medium-term development plan foresees the establishment of a fully-integrated Northern Oman Electricity Grid with 132kV transmission links from the Muscat-South Batinah-Dhakliya System [redacted] to the existing Wadi Jizzi Power System and to the Sharqiya Region. The feasibility of

establishing a transmission link and power purchase/pooling arrangements with the power system of Petroleum Development Oman (PDO) is also under study

2.7 The Government is currently studying a number of options for the restructuring and privatization of the power sector. A key objective under all options will be to support least cost scheduling and dispatching of power generation and associated water production facilities.

3. SCOPE OF WORK

3.1 The Study will be carried out in a single phase, leading to the submission by the Consultant of a comprehensive study report. The Study will require the Consultant to perform the tasks outlined below.

3.2 Review of Present Power System

The Consultant shall study the main characteristics of the existing Muscat-South Batinah-Dhakliya Power System, with particular reference to:

- power demand profiles;
- the performance and efficiency of existing generating plant;
- the operational relationship between power generation and water production facilities at Ghubrah;
- the capacity and constraints of the existing transmission and sub-transmission systems: and
- the terms of the Manah Power Purchase Agreement.

3.3 Review of System Development Plans

The Consultant shall study MEW's medium-term development plans, particularly in relation to the addition of further generating capacity and the interconnection of the Muscat-South Batinah Dhakliya System with adjacent power systems. The Consultant shall also study, and discuss with the relevant MEW officials, the implications for the system of the Government's proposals for the restructuring and privatization of the power sector.

3.4 Assessment of Current Dispatching Regime

The Consultant shall study MEW's current regime for the scheduling and dispatch of generating units and discuss with the relevant personnel the facilities in place and the operational procedures employed. The Consultant shall assess the efficiency of the current regime and identify opportunities for improving the economy of plant scheduling and dispatching through the introduction of new facilities and/or operational procedures.

3.5 Formulation of Recommendations

Based on the review of the present power system and development plans, and on the assessment of MEW's current dispatching regime, the Consultant shall formulate recommendations regarding the facilities and procedures required to support the economic scheduling and dispatch of generating plant. Such recommendations shall cover both the short-term (i.e. for immediate implementation) and the medium-term (i.e. for incorporation into MEW's development plans). Where it is identified that new facilities such as communications equipment or computer software are required, the Consultant shall define the scope of these facilities, provide indicative cost estimates and demonstrate the value of the facilities through cost-benefit analysis. In all cases, the Consultant shall identify the training requirements of relevant MEW personnel and recommend appropriate training plans.

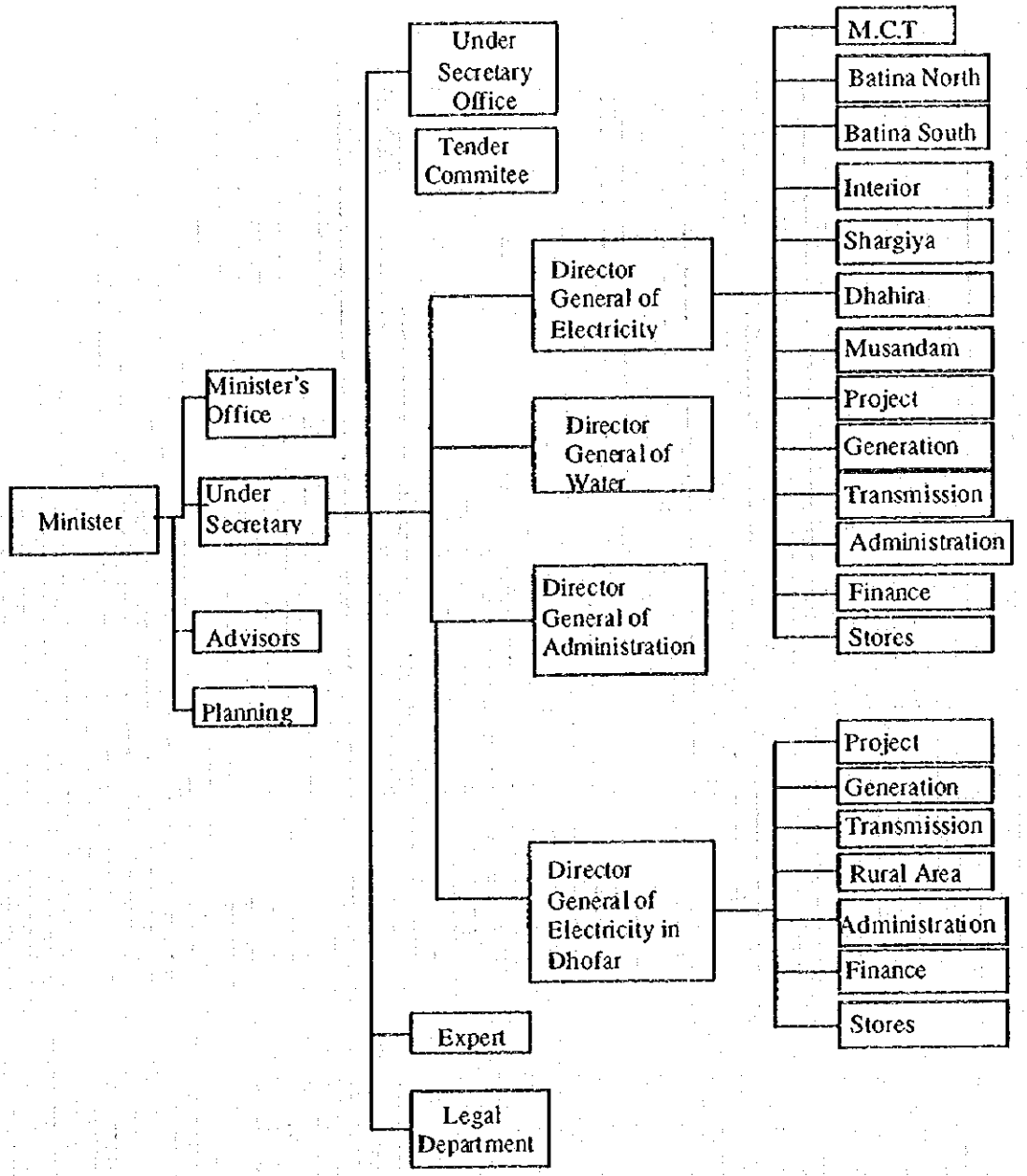
第３章　電力政策と電力開発計画

（１）電気水省(Ministry of Electricity and Water)の組織

電気水省は、国王の勅令(No.11/82)により 1978 年に設立され、発電、送電、変電、配電に亘る電力設備全般を管理し電気の供給を行うとともに、飲料水の供給をも行っている国家組織である。

内部部局は、電気局（Dhofar 地区以外を担当）、水局（Dhofar 地区以外を担当）、Dhofar 地区電気局、Dhofar 地区水局、財務・管理局、計画・統計部に区分されている。なお、計画・統計部は、電気水大臣に直結した組織で他の局の上位に位置付けられる部署である。本件のカウンターパートは、計画・統計部に所属する計画・統計課長であり、他局との調整及び協力に対して責任を持って対応することとなっている。なお、電気水省の組織図を図-１に示す。

図-1　電気水省組織図



また、業務内容としては、電力及び飲料水の生産及び供給に係る計画の立案並びに行動計画の策定を行うとともに、電力の供給源の多様化及び飲料水の生産源の多角化を図ること等を目的としている。

（2）電力政策の現状

1）　発電、送電、変電、配電の電力設備の整備については、住居地域、工業地域、商業地域毎に、立案された計画に従って資金が有効に活用されているか、地域毎の人口密度の相違或いは既設ネットワークとの連携を考慮したものとなっているか、電力供給に対する地域間のアンバランスを解消するものとなっているかを勘案して行われる。

2）　発電機の設置に際しては、まず、既設のディーゼル発電機をできる限り効率的なガスタービン発電機に切り換えていくとともに、発電設備と海水淡水化設備が一体となった複合発電システムの廃熱を有効利用することにより、設備効率を高めること、天然ガス消費量の減少を図ることを目的としている。

3）　多くの小規模発電所の代わりに運転及び補修コストが最小となるような主となるべき発電所を設置する。

4）　年負荷（1年間あたりの負荷変動）、日負荷（1日あたりの負荷変動）ともその需要電力の最大値と最小値の差が増大しているため、この低減を図ることとする。

5）　電力需要は、着実に増加しており需要電力量（消費される電力量）は、1995には50億kWhとなり、1990年から年平均伸び率約3.5%で増加している。したがって、将来の電力需要見通し及びこれに対する電源開発量について、海外のコンサルタント会社に調査を依頼している。なお、最新の調査報告が1997年にドイツのFICHTNER社から提出されている。

（3）電力開発計画

電気水省としての電力開発計画は作成されておらず、前述のようなコンサルタント会社の調査報告等に基づき電源開発が行われている。前述のFICHTNER社の調査報告の概要は、以下のとおりである。

なお、調査の前提条件としては、1996年から2015年までの期間で電力供給コストが最小となるような発電システム、送電システムを開発することとし、なお、最小コストの算定では、Muscat、Wadi Al Jizzi及びSharqiyaが132kV送電線で相互に連系されていることとしている。

1）1996年から2000年までの5年間計画

2000年までに3基のｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電機の新設が考えられ、これらをSur及びSalalahについては1999年末までに、またBarkaについては2000年末までに運転を開始する。なお、Barkaについては、2005年まで延期することもできる。

2）2001年から2015年までの中長期計画

この期間では Barka のみが、運転を開始する発電所となる。なお、この発電所の建設計画は、Barka 地方の電力需要のパターンを考慮したものとなるのは言うまでもない。

第４章　需給構造と電気料金

オマーンにおける発電設備容量は、１９９０年から１９９５年までの５年間で、1,277 MWから 1,642 MWに、２８．９％増加し、また、発電電力量は 4,504 GWHから 6,921 GWHへ５３．７％増加した。一方、最大需要電力は１９９５年において 1,518 MWであり、１９９０年における 1,060 MWに比較し５年間で４３．２％の伸びを示した。また、需要電力量は、この５年間で 3,125 GWHから 5,087 GWHへと６２．８％という高い伸びを示した。

このように最近におけるオマーンの電力需要は、経済の順調な発展と国民生活の向上に支えられて高い水準の増加を維持しつつあるといえよう。以下にオマーンにおける電力需給の特徴的な点について述べる。

4-1. 電力需要構造

１９９５年における電力消費量は、オマーン全体で 5,087 GWHであるが、このうち、首都のマスカット地区を含むマスカット系統が 3,314 GWHと、全体の６５．２％を占める最大の系統となっている。これに次いでマスカット系統の北に隣接するワディアルジジ系統の 727 GWH（全国に占める比率１４．３％）、南部のドーファー地区の 482 GWH（同９．５％）と続いている。

１９９６年にマスカット西方約２００ｋｍの地点に建設されていたマナー発電所が運転開始したことに伴い、同発電所を含むダクリヤ系統（全国に占める比率４．０％）がマスカット系統に連系され、マスカット系統は全国の６９％を占めるに至った。さらに、マスカット系統の北部に隣接するワディアルジジ系統についても系統連系の計画があり、連系が実現すると全国比は８３％にまで上昇することとなる。

１９９０年から１９９５年までの５年間に、全国の電力需要の伸びは１．６３倍、年率として７．９％であったが、需要の伸びは年によって大きく変動している。すなわち、１９９３年には１４．５％という高い伸びを示したが、１９９０年から１９９１年にかけては２．７％という低い増加率に止まった。

また、地域別にも伸び率にばらつきがあり、首都を含むマスカット地区の南部に位置するシェアキヤ系統が５年間の年平均１３．１％という高い伸びを示したが、マスカット系統及びドーファー地区はどちらも６．７％と全国で最も低い伸び率であった。

１９９５年における用途別の電力需要をみると、家庭用が 3,125 GWHと全体の６１．４％を占め、次いで政府機関用の 1,299 GWH（構成比２５．５％）となっており、工業用及び商業用は 593 GWHで需要全体に占める比率は１１．６％にしか過ぎない。

このように、家庭用需要が需要の大半を占めているのがオマーンの電力需要の大きな特徴である。系統別に見ても家庭用需要は大きな比率を占めており、最も比率の高い地域はダクリヤ系統で７６．０％、もっとの低い地域はドーファー地区で４９．１％となっている。首都のマスカット系統においても家庭用需要は５８．８％の比率を占めている。また、政府機関用も全国ベースで２５．５％、ドーファー系統では３３．８％という高い構成比となっているのもオマーンの特徴の１つと言えよう。

他方、工業及び商業用需要は、最も構成比の高いドーファー地域でも１５．３％に止まっており、首都のマスカット系統においては１２．２％という低い比率となっている。同国の経済が石油や天然ガスに大きく依存しており、電力需要のベースを構成するような基礎的大規模産業の不在が、オマーンの電力問題を考える上での大きな要素となっている。

次に、最大需要電力についてみてみると、１９９５年には全国ベースで 1,518 MWであり、１９９０年においては 1,060 MWであったので、その間の年平均伸び率は７．４％となる。同じ期間の需要電力量の年平均伸び率は７．９％であったので、年間の負荷率は幾分改善されたこととなる。需要電力量と同様に、最大電力についても１９９２年から１９９３年にかけて１３．８％という高い伸びを示し、１９９１年は３．７％という最も低い伸びに止まった。

系統別では、マスカット系統が 923 MWで全国比６０．８％、ワディアルジジ系統が 247 MWで１６．３％、シャルキヤ系統が 128 MWで８．４％、ドーファー地区が 120 MWで７．９％の順となっている。地域別の最大電力の伸び率を見ると、１９９０年からの５年間で最も大きく伸びたのはダクリア系統で、年平均増加率は１１．１％であった。次いでシャルキア系統の１０．８％、ワディアルジジ系統の７．５％、マスカット系統の７．０％と続き、ドーファー地区は５．７％と最も低い伸び率に止まった。

需要電力量と需要家数の推移をマスカット系統とワディアルジジ系統についてみてみると、前者では、需要電力量が１９９０年の 1,368 MWHから１９９５年の 1,960 MHWに年平均９．５％で増加したのに対し、需要家数は 108 千軒から 136 千軒に年平均５．８％の率で増加した。この結果、需要家１軒当たりの消費量は、１９９０年の 12.60 MHWから１９９５年には 14.41 MHWに増加した。これは年平均で３．５％の伸びに相当する。また、後者の系統においては、需要電力量の平均伸び率１２．３％にたいし、需要家数は８．１％の伸びであったので、１軒当たりでは 8.25 MHWから 9.57 MHWに増加し、年平均３．９％で伸びたこととなる。このような１需要家当たりの電力消費量の増大は、他の地区でも見られる傾向であり、オマーンにおける需要電力量の高い伸びは、人口の増加や電力普及率の増大もさることながら、各家庭における

冷房需要を中心とした電力消費の着実な増加が大きく寄与していることが分かる。

4-2. 負荷特性

以上述べたように、オマーンの電力需要は家庭用が中心であり、なかでも夏季のピーク時需要の８０％を占めるといわれる冷房需要が大きなウエイトを持っている。オマーンの気候は１年を通じて高温であるが、特に夏季においては最高気温が４０度を超えるような高温が続き、場所によっては５０度を超えるようなことも珍しくない。従って、年間の電力需要は季節や気温変化によって大きく影響を受けることとなる。

マスカット系統の１９９５年における最大負荷は、８月８日の午後３時１５分に記録した 923 MWであった。一方、年間の最小負荷は３月４日午前４時における 168 MWであり、同じ日の日最大電力は午後７時の 283 MWであった。すなわち、１９９５年において年間の最大電力は最小電力の約５．５倍に達し、また、日最大電力の格差は、約３．３倍に達している。

オマーンにおいては１日の間の負荷の変動も大きく、例えばマスカット系統における１９９６年６月８日の日最大電力は午後２時の 955 MW、最小電力は午前７時における 681 MWであった。また、同系統においては午後２時のピークの後、一旦 718 MWまで需要が下がった後再び増加に転じ、午後１１時に 904 MWのピークを記録している。このように一日の間に２回ピークがあるのもオマーン電力の特徴となっている。

年間及び日間の負荷の大幅な変動は、年間負荷率の大幅な低下をもたらしており、１９９５年におけるマスカット系統の負荷率は０．５０という低い水準に止まっている。その他の地区についても、ドーファー地区の０．５２を除けば、ワディアルジジ系統の０．４２、ダクリア系統の０．３５、シャルキア系統の０．３２とさらに低い値となっている。

年間負荷率が低いのは、発電設備及び送配電設備の利用率が低いことであり、電力コストを上昇させる大きな要因となる。系統規模が小さい上に、ベース負荷及び調整負荷の比率が格段に小さいオマーンにおいて、大幅な負荷変動は、電力の安定供給及び効率的・経済的な給電運用を図る上で多くの問題をもたらすこととなる。従って、今後ベース負荷を形成する産業用需要の振興に努めるとか、負荷シフトを促すような料金制度を設定するとか、需要調整のための対策を講ずること等が、電気事業の円滑な発展を図る上での重要課題となろう。

4-3. 電気料金

オマーンでは全国一律の電気料金制が適用されており、契約種別は、家庭用

及び政府機関用、商業用、工業用、農業及び漁業用並びにホテル及び観光業用という用途別の区分に対応し設定されている。各契約種別ごとの料金制は、使用電力量に応じて料金が計算される単純従量料金制が主体となっており、料金率は以下のとおりである。

a．家庭用及び政府機関用

使用量（kWh）	単価（バイザ／kWh）
00000－03000	10
03001－05000	15
05001－07000	20
07001－10000	25
10000超過	30

b．商業用

kWh当たり20バイザ

c．工業用

夏季（5月から8月）	24バイザ／kWh
冬季（9月から4月）	12バイザ／kWh

d．農業用及び漁業用

7000 kWh以下	10バイザ／kWh
7000 kWh超過	20バイザ／kWh

e．ホテル及び観光業用

00000－03000 kWh	10バイザ／kWh
03001－05000 kWh	15バイザ／kWh
5001 kWh超過	20バイザ／kWh

オマーンの電気料金は、総括原価主義の原則に基づいた料金設定がなされておらず、政策的に料金を低く設定し、差額分は政府の補助金の形で支出されている。以下の表-1は、各用途別需要に対する政府補助金の額を示したものである。これによれば１９９５年において総額3,112万リアルが補助金として支出され、うち1,669万リアルが北部系統に、1,443万リアルがドーファー地区に支出されている。補助金の額は、発電及び送配電コストの２７．７％に相当し、地区別に見れば北部系統が１８．５％、ドーファー地区が６６．０％となっている。ドーファー地区は発電用燃料としてガスを利用できないので、補助金の比率が高く、供給コストの約２／３に相当する額が補助金として支出されている。

なお、政府は、１９９５年１月から発電用ガスの価格を、１００Cu．Ft

当たり２．０８ＵＳドルから１．５ＵＳドルに引き下げた。

表･２は、１９９４年における電気料金の用途別平均単価と供給コストとの関係を比較したものである。これによれば北部系統では電力の供給コスト２１．４６バイザ／ｋＷｈに対し政府機関用を除く全ての用途において、販売単価は供給コストを下回っている。また、ドーファー地区においては供給コスト４５．３２バイザ／ｋＷｈに対して各需要種別の販売単価は約１／４から１／２に相当することとなる。

全国ベースで見ても、家庭用の単価が最も低くなっており、補助金の約９５％が家庭用に対するものであることが分かる

表･１　需要家に対する政府補助金（百万リアル）

	北部地区	ドーファー地区	合　計
商業用	－０．４０	１．０６	０．６６
工業用	０．２１	１．０６	１．２７
家庭用等	２０．４９	８．８４	２９．３３
民生用合計	２０．３０	１０．９６	３１．２６
政府関係	－３．６１	３．４７	－０．１４
総合計	１６．６９	１４．４３	３１．１２
発送配電コスト に占める比率（％）	１８．５	６６．０	２７．７

表･２　１９９４年における電気料金販売単価（バイザ／ｋＷｈ）

	北部系統	ドーファー地区	合　計
商業用	２０．００	２０．００	２０．００
工業用	１７．３２	１６．００	１７．０１
家庭用	１２．３９	１１．２４	１２．３０
政府機関用	２２．４４	２２．２０	２２．４１
海水淡水化用	１６．００	－	１６．００
供給コスト	２１．４６	４５．３２	２３．６０

第５章　現地踏査結果

5-1. 電力設備の概要

オマーン国の電力設備は１９７８年に設立された電気・水省によって所有・管理されている。電力の供給エリアは南部のドーファー(Dhofar)地区とそれ以外の北部オマーン地区に大分類され、さらに北部オマーン地区は図-２の通り、７つの供給エリアに分類され管理されている。

図-２

	Transmission System	Power Station	Voltage	132/33kVSS	66/33kV
Northern Sector [5 System 21 Power Stations]	Mascat System	Al Ghubrah PP Rusail PP	132, 33, 11, 0.415kV	7	
	Wadi Jizzi System	Wadi Jizzi PP Al Fayyah PP Masrooq PP	132, 33, 11, 0.415kV	6	1
	Sharquiya System	6 PP	33, 11, 0.415kV		
	Dakhliya System	4 PP	33, 11, 0.415kV		

	Musandam System	6 PP	33,11, 0.415kV
Dhofar Sector [1 System 9 Stations]	Dhofar System	9 PP	33,11,0.415kV

自家発による発電設備の大部分は，国営オマーン石油公社（PDO）が所有，運転するものである。石油産出地域である中部ワスタ(Wusta)には都市が無く、電気水省に代わってPDOが油田設備に電気を供給している。

オマーンでは，現在のところ，発電は全てガス発電とディーゼル発電で賄われている。

１９９６年のオマーン電気事業概要一覧を表-３に示す。

表-3　オマーン電気事業概要

電力需給	総発電電力量	6802.　4 GWh
	・スチームタービン（1ヶ所－6基）	610.　3 GWh
	・ガスタービン（3ヶ所－27基）	5022.　2 GWh
	・ディーゼル（27ヶ所）	1169.　9 GWh
	総販売電力量	5302.　4 GWh
	総需要家件数	357千軒
	送配電損失	17.　4％
	・テクニカルロス	8.　2％
	・ノンーテクニカル	9.　2％
	最大電力（各系統単純合計）	1613MW
電力設備	総発電設備	1711 MW
	・スチームタービン（1ヶ所－6基）	106 MW
	・ガスタービン（3ヶ所－27基）	1280 MW
	・ディーゼル（27ヶ所）	325 MW
	送電線線路こう長	
	・132kV	497.　2 km
	・33kV	3580.　3 km
	変電設備	
	・変電所数	11、990（か所）
	配電線線路こう長（km）	
	・11kV	6705.　0 km
	・415V	12002.　0 km

（1）発電設備容量および発電電力量

オマーン国では豊富な国産資源を活用したガス汽力、ガスタービン、ディーゼル発電により電力が供給されている。1995年度の発電電力量、発電容量はそれぞれ65億KWh、1,661MWで、発電電力量は日本の沖縄電力のそれとほぼ同じである。

発電設備容量および発電電力量の推移は，それぞれ表-4，表-5に示すとおりである。

表-4　発電設備容量（MW）

年度	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
蒸気タービン	76	76	76	76	76	76	76	106	106	106	106
ガスタービン	627	877	877	877	905	905	905	993	961	1168	1280
ディーゼル	334	272	307	306	318	319	319	372	387	387	325
合計	1037	1225	1260	1259	1299	1300	1300	1411	1454	1661	1711

表-5　発電電力量(GWH)

年度	91	92	93	94	95	96
北部	4182.0	4635.8	5287.9	5597.7	5862.7	6210.2
ドーファ	443.3	476.9	531.8	551.2	583.5	579.2
輸入	2.5	4.8	13.5	48.6	13.6	13.0
合計	4627.8	5117.5	5833.2	6197.5	6459.8	6802.4

（2）発電設備

近年、電力需要の急激な増加と限られた石油資源の有効活用のため、電力供給は小規模のディーゼル発電からガス汽力、ガスタービン発電へと燃料転換が図られている。現在、マスカット地区にグブラ発電所、ルセイル発電所が、ワディジジ地区にワディジジ発電所が立地し比較的大型のガス火力発電所が運転されている。

さらにマスカットの南部約２００ｋｍのダハリア (Dakhliya) 地域には 1996 年３月に民間の資金でマナー発電所が運開、同時にマスカット送電系統に連系されている。

これらのガス火力発電所は PDO（政府石油公社）により燃料が供給され、電気・水省との契約によって SOGEX という発電会社が運転を請け負っている。
オマーン国の発電所の概要を表-６に示した。

表-6　オマーン発電所概要

Region	Transmission System	Power Station	MW	Fuel
NORTHERN	Mascat System	Ghubrah	507	Gas
		Rusai	500	Gas
	Batinah System	Wadi Jizzi	250	Gas
		Al Fayyah	0.92	Diesel
		Masrooq	0.35	Diesel
	Sharquiya System	Kamil	5.6	Diesel
		BBB Hassan	36.5	Diesel
		Masirah	5.46	Diesel
		Madairib	28.2	Diesel
		Madhaibi	18.6	Diesel
		Sur	37.2	Diesel
	Dakhliya System	Adam	7.5	Diesel
		Bahla (閉鎖)	23.2	Diesel
		Manah(IPP)	95	Gas
		Nizawa (閉鎖)	37.7	Diesel
	Musandam System	Diba	8.4	Diesel
		Khassab	17	Diesel
		Kumzar	1.2	Diesel
		Mudha	2.4	Diesel
		Sheesa	0.96	Diesel
		Hajar Bani Hameed	0.1	Diesel
Dhofar	Dhofar System	Salalah	59.4	Diesel
		Raysut-A	37.9	Diesel
		Raysut-B	55.1	Diesel
		Mirbat	4.13	Diesel
		Sadah	3.06	Diesel
		Hallaniyat	0.51	Diesel
		Dalkut	0.48	Diesel
		Rakhyut	0.48	Diesel
		Thamrait	2.26	Diesel
		Hassik	0.46	Diesel

（3）送電設備

オマーンの送電系統は132ｋＶと33ｋＶで構成されている。マスカット地区では132ｋＶ送電線は全て、３３ｋＶ送電線は主要箇所で２回線化されており、またループ状に構成されていることから系統の信頼度は高いと言える。

さらにマスカット系統は２３０ｋｍ離れたワディ・ジィジィ系統と132kV×2回線の架空送電線で連系される計画が検討されている。既に中間に位置するカブーラ(Khabura)変電所までは完成している。

ドーファー(Dhofar)地区には１３２ｋＶ系統は無く、３３ｋＶのみで系統構成されている。

（4）変電設備

マスカット地区には１次変電所(132/33kV)が７カ所、２次変電所(33/11kV)が61カ所ある。１次変電所は全て２回線受電されており、また変圧器も２台設置されていることから信頼度は高いと言える。

保護装置の設置状況は以下のとおり。

(a) 132KV送電線、33KV送電線用

・距離リレー（デジタル）

距離リレーにはリクローザーが取り付けされており、132KVは３秒で、33KVは60秒から180秒で再送電されるよう整定されてる。

・過電圧リレー（アナログ）

・短絡リレー（アナログ）

(b) 132/33kV変圧器用

・電流差動リレー（アナログ）

保護装置の通信方式には電力線搬送方式を使用しているためペテルゼンコイルが引き出し送電線の１相に設置されている。

（5）配電設備

配電系統網は11ｋＶで構成されており、末端の供給電圧は415Ｖ及び240Ｖである。配電用変圧器(11KV/415V)は3000カ所を越え、需要密集地の道沿い、もしくは大規模店舗、ビルの横に設置されている。

同変圧器とカットアウトヒューズ等は１次、２次側とも地中ケーブルで接続されている。変圧器の容量は主に1000kVAでブロック塀に囲み地上に設置している。

・保護装置(11KV,415V)

11KVの配電線には以下の保護リレーが設置されている。

・過電流リレー

・地絡リレー

重要フィーダーの地絡リレーにはリクローザーが設置され、3分後に再送電されるように整定されている。

415V 以下の配電線には、11KV/415V 変圧器の2次側に限流フューズが取り付けられている。又、メーターの負荷側には負荷遮断器および漏電ブレーカーが取り付けられている。

（6）給電設備

現在の所、オマーン国に給電司令所は存在しない。グブラ発電所の構内に電気・水省の発変電監視所があり、同所でマスカット地区の2発電所と、7つの1次変電所の電圧・周波数・遮断機の状態をテレメーターにより集中監視している。

遠隔制御を可能とする給電司令所設立の計画も検討されているが、コスト的に見合わず現状の発変電監視所のみで運営していく予定である。

（7）供給信頼度

電気事故統計によると 1996 年度のマスカット地区電気事故は、132KV 送電系統で計7件、 33KV 送電系統で計 95 件(22 件はリクローザでの再送電)である。132KV 送電系統の事故は2回線送電線のため需要家への供給支障は無かった。

もっとも多いのは機器故障で 23 件、風雨によるもの 11 件、続いてケーブル事故となっている。オマーンの気候は雨が少ないため風雨による対策は実施していないものと思われる。

5-2. 現地踏査報告

（1）ルセイル発電所（写真－1）

1984 年に運開して以来、2回の増設をへて、現在 500MW の設備容量である。マスカット地区の西部に位置し、同地区のルセイル工業地帯への電源として開発された。83.5MW×6基のガスタービンを有し、各ユニットからの発電電力は 132KV 2回線送電線により、Seeb 空港、南部バテーナ(Batina)地区、ワディアデイ(Wadi Adai)の各地区に送電されている。又、同マスカット地区のグブラ発電所、昨年運開したマナー(Manah)発電所とも 132KV で連系され、マスカット地区系統の中枢ともいえる。

発電所の運転は3名5班の当直制で行われている。当直員はグブラ、マナ発電所及び各変電所の当直員と保安電話及び無線で交信し、電気水省の発電計画書に従い運転を行っている。発電所の全従業員は 130 名で、うちオマーン人は

40名である。定期点検は6カ月、12カ月、18カ月、24カ月ごとで、各点検の周期を決め、簡易なものは自社で実施しているが、精密点検等はメーカーの指導により実施している。ただし、需要の高い夏期を避けるように点検周期を調整している。外見からであるが、構内の発・変電設備は十分整備されているようである。コントロール・ルームも同様に各機器の状態は良いように思われる。

（2）グブラ発電所（写真－2）

1976年に運開、増設を繰り返し、現在507MWである。各ユニットは6基のスチームタービンと13基のガスタービンで構成されている。発電所はマスカット西部の海岸沿いに位置し、132KV の2回線で主としてマディナカブース(Madinat Qaboos)地区、ワディアデイ(Wadi Adai)地区に供給している。前述したとおり、ルセイル発電所とも132KVで連系され、相互に需給バランスを確保している。

同発電所には、スチームタービンを利用した海水淡水化装置が設置されているため、前述したルセイル発電所より規模が大きく、警備も厳しい。全従業員は400名である。

（3） マナー発電所 (IPP)

マスカットの北ダハリア (Dakhliya) 地域のイズキ (Izki) 、ニズワ (Nizwa) 、バハラ (Bahla)の3地域へ電気を供給するためニズワ近郊にマナーガスタービン発電所がある。

以前は前述した3地区に各々ディーゼル発電所があり、各町に電力を供給していたが、1996年3月にマナー発電所が運開、続いて各町の変電所およびマスカット地区のルセイル発電所を連系する132KV送電線も完成し、5月にマナー発電所は同期連系された。これに伴い、各地区のディーゼル発電所は運転を停止した。

マナー発電所は、ベルギーのトラクトベル社を中心にしたコンソーシアム「ユナイテッドパワーカンパニー」がBOOTで所有しており、マスカットの発電所と同様に電気・水省との電力購入契約に従ってSOGEX社が運転している。

電力購入契約によるとマナー発電所の３０MW３基のガスタービンは、ベースロード運転が補償され、冬季の低負荷時の点検時以外はフル運転されている。

（4）送電設備（写真－3，6）

132kV送電線は別紙2の通りですべて2回線である。送電線は240°、400°で一部多導体となっている。鉄塔には地上柵、赤白のペイント、架空地線には

航空機への注意表示等が設置されている。外見からは十分整備されていると思われる。7カ所ある1次変電所(132/33kV)から 33kV 送電線により需要地に送電されている。

33kV 送電線はすべて木柱の1回線であり、強度上2回線化ができないため、別ルートを隣接し平行に設置している。

（5）ワディ・アディ1次変電設備（写真－4，5，7，8）

1次変電所には1名の当直員が常駐しており 24 時間を4名でシフトしている。当直員は毎日変電所の巡視と事故時の遮断機の操作のため配置され、グブラ発電所にある電気水省の系統コントロールセンターと保安電話及び無線で連絡を取っている。 踏査したワディアディ1次変電所の変圧器は 125MVA が2台あり、132kV 送電線側は8回線あり2母線の英国 GEC 製 GIS で構成されている。33kV 送電線側は GEC 製 GCB が屋内キュービクルで配置され、これらガス絶縁装置は毎日、圧力等が記録されメンテナンスされている。ガスを抜いての定期点検は GEC メーカーにより行われている。11kV 配電線用の屋内キュービクルでは、真空式遮断器が使用されている。

送出電圧を調整するタップは 18 タップあり、計画された電圧ごとに自動的に切り替えされる。

（6） 配電設備：ルセイル商工業地区・ルイ繁華街

（写真－9，10，11，12）

踏査した1戸建て住宅地域では変圧器は容量 1,000KVA で、多回路分岐箱から 415V の地中ケーブル（3相一括型）で配電され、家庭のメータボックスへ立ちあげている。

これに対しマトラ、ルイ等の繁華街の密集地域では 11KV/415V の変圧器から4線方式で架空配電され、需要家へケーブルもしく架空引き込みしている。この場合メータは各需要家の屋内にとりつけられている。

低圧架空配電線は垂直配列で被覆化されている。それ以上の送配電線はすべて裸導体である。

11KV 配電線の各フィーダーは変電所引き出し口に遮断器が取り付けられている。それ以降は線路の各カ所（木柱上）に手動の負荷遮断器がとりつけられ、地上からハンドルで3相一括で入切りができる。各フィーダーは他の変圧器にループ接続されているため、事故時、作業時には他の変圧器から逆送が可能となり、停電区間を最小化できる。

(a) 電力メーター

家庭用は2級の誘導円枝型 Wh メーターが取り付けられている。メーカーは富士電気、三菱電機が多くみられた。盗電を避けるため封印も施されている。

検針と集金はOIFC (Oman Investment & Financial Company) がオマーン全土の業務を請け負っている。検針は、毎月行われ、需要家は銀行振り込みもしくは、OIFCのサービスオフィスへ支払う。電気料金の滞納については、3カ月間の猶予期間のあと、供給停止となる。滞納金はなく、支払いが行われ次第再送される。

(b) 配電線ロス率低減対策

1996年の送配電線ロスは、テクニカルロスで7.9% (132KV: 0.8%, 33KV: 2.6%, 11KV&415V: 4.7%)と低い値である。しかし、ノン・テクニカルロスを含めた送配電線ロスは約17%と高い。

11KV以下の配電線でのロス低減は次の3つの対策がとられている。

ア) PGクランプの採用

T分岐、引き込みのための分岐に以前まで使用していた、バインド線を廃止し、PG クランプと呼ばれるクランプを圧縮スリーブで取り付ける。

イ) 3相のバランス均衡

415V は垂直配列のため、単相供給工事の際、工事しやすい下段の相を採用する傾向にあった。3相のバランスを補正するために、契約工事会社への指導を行っている。

ウ) メーターの取り替え

15年を越える古いメーターが使われていたが、順次新しい低ロスのメーターへの取り替えを進めている。

(7) メンテナンスオフィス：ルイ地区

送配電設備は電気水省が直接運営している。マスカット地区にはメンテナンスオフィスが6ヶ所設置され、送配電設備のメンテナンス、運転及び需要家からの苦情対応を行っている。常時4名のエンジニアが駐在しており、24時間体制で流通設備の監視を行っている。

しかし、大規模停電復旧工事、供給新設工事等は、地域ごとに区分された24の電気工事会社との契約を結んでおり、そこに発注される。

第６章　本格調査での留意事項

（１）供給需要管理技術のカウンターパートへの紹介の必要性

オマーンを含めた湾岸諸国では夏期の冷房需要が非常に大きく、冷房需要に大きく左右される需要変動が電力供給事業者の大きな課題となっている。このため需要変動軽減のための需要管理(DSM)の必要性は、電力供給事業者により認識されているもののその具体的手法や技術についてはほとんど紹介されていない模様である。このため本開発調査では、インセプション・レポート提出時に幾つかのDSM技術と共に揚水発電などの供給側の管理技術を紹介し、各々の技術の特徴をオマーン側に理解してもらうことがその後の効率的な現地調査のために必要である。

（２）供給側のマネージメント(SSM)と需要側のマネージメント(DSM)

本開発調査は冷房需要に起因する大きな需要変動の軽減策を調査検討し、オマーン側に提言するものである。このため本開発調査の軸となる課題は、供給側と需要側の需給管理技術であり、この需給管理技術の導入可能性をオマーンの技術的、経済社会的条件で検証すると共に、供給側及び需要側で需給管理技術を普及してゆくための条件を明らかにすることである。

１）供給側管理技術(SSM)

供給側の管理技術としては揚水発電が考えられる。しかしオマーンにおける供給構造と需要構造は、日本と量的にも構造的にも大きく異なっており、ある程度のベースロードを前提としてピーク対応を行う揚水発電が、どれ程有効な技術であるのか、またどの程度の規模の揚水発電が経済的であるのかをオマーンの電力需給構造において詳細に検討する必要がある。

カウンター・パートの電力水省はマスタープランを今年作成したが、このマスタープランには供給側及び需要側の需給管理技術は考慮されていない。このため揚水発電の有効性と開発規模及び開発時期は、マスタープランによる将来的な需要増と既存の開発計画のなかで位置付ける必要がある。

供給側の管理技術としては揚水発電の他に、蓄熱を利用したガスタービン吸気冷却がある。オマーンの夏期における外気温は摂氏50度以上になり、供給の主力を担うガスタービン発電の効率はかなり減少する。このため吸気冷却も供給管理技術として検討にかするものと考えられる。

２）需要側管理技術(DSM)

需要側の管理技術としては、氷や水を使った蓄熱技術が考えられる。この

技術は電力の需要側が実施する技術であり、需要側の何らかの誘因を前提として初めて成り立つ技術である。このため需要管理技術の検討に際しては、既存の建造物に対する適応性などの建築設備的検討と共に、電気料金制度の見直しや普及のための優遇処置の検討も建築設備的検討と一対になり検討されなければならない。

現在オマーンにおける一般需要家の電気料金は逓増料金になっているものの、蓄熱技術を導入するための前提条件である時間帯別電気料金は設定されていない。また逓増料金とはいうものの、一段目の料金が適用される電力量はかなり大きく、電気料金単価もかなり低く設定されているため、電力供給は政府からの補助金を前提として行われている。政府の中長期的方針としてはこの補助金を段階的に削減してゆく方針であり、電気料金制度及び電気料金表の見直しは需要側管理技術の検討の一環として、また補助金制度の見直しとしても重要な検討課題である。

3）電気料金制度と電気料金表の見直し

オマーンでは現在、電気料金は政治的配慮により決定されており、政府補助金により電力供給が行われている。しかし政府としては中長期的に補助金を削減してゆく方向であり、また需要側管理技術を適用する上でも時間帯別電気料金を設定する必要があることから、電気料金制度と電気料金表の見直しは本開発調査の重要な課題の一つである。電気料金を設定するときの一つの根拠として、日本では総括原価主義が採用されているが、電力需要増が旺盛な発展途上国では将来的な需要増に対する投資計画から算出される長期限界費用(LRMC)を根拠として電気料金を設定することが妥当である。

長期限界費用は需要家の電圧階級別、時間帯別（ピーク時間帯、オフピーク時間帯、中間負荷時間帯）に計算し、これをベースとして電気料金表を作成する。また時間帯別 LRMC は、蓄熱技術を適用するための時間帯別料金設定の根拠ともなる。

4）揚水発電現地調査

ピークをシフトさせるために有効な手段である揚水発電を検討するに際して、有望と思われる手段は海水を使用した発電である。マスカット周辺には海岸近くに褶曲山脈が迫っており、海水を使用した揚水発電の適地が幾つか存在する可能性がある。今回の開発調査では、５万分の１か１０万分の１程度の地形図を使用し有望地点を探すと共に、数カ所の有望地点を現地踏査することにより pre-F/S レベルの調査が期待されている。今回の調査の結果、より詳細な調査を行うことが有用と判断された場合は、これから行うべき調

査内容(S/W)を検討し報告書に盛り込むことが望まれる。

オマーンの褶曲山脈は非常に古い年代に属するため、地質構造上、山の上に水を揚げることが難しい可能性も存在している。この場合は地下空間に海水を落とすことを検討しても良いのではないか。

5）蓄熱技術現地調査

蓄熱技術は既存建造物の地下や屋上に蓄熱層を設ける必要があるため、マスカットにある代表的な建築物を何種類か選定し、その施設可能性や施設に伴うコストを推計する必要があろう。選定する建造物としては、政府官公庁の建造物、ショッピング・モール、集合住宅、一般家屋などが考えられる。