

オマーン国
発電・海水淡水化複合プラント
計画調査報告書

昭和60年8月

国際協力事業団

オマーン国

発電・海水淡水化複合プラント

計画調査報告書

JICA LIBRARY



1029255[5]

昭和60年 8月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 9. 20	310
	64.3
登録No. 11966	MPN

序 文

日本国政府は、オマーン国政府の要請に基づき、発電・海外淡水化複合プラントの建設計画に関するフィジビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、植木茂夫氏を団長とする29名の専門家から成る調査団を編成した。

調査団は、1985年1月24日から2月17日までの間、現地調査を行い、帰国後、同調査で得られた結果と資料に基づいて、問題点の解析・検討等の国内作業を行った。

本報告書は、この成果を取りまとめたものである。

本報告書が、オマーン国政府の電力および水政策の推進に資するとともに、同国の社会的、経済的発展に寄与し、ひいては同国とわが国との経済交流、友好親善をより一層深めることに貢献出来れば幸いである。

おわりに、本調査の任に当たられた団員各位の努力に敬意を表するとともに、調査に際し、多大の御協力を頂いたオマーン国政府関係機関、オマーン国電気・水省、在オマーン日本国大使館、外務省および通商産業省の関係各位に対し、深く感謝の意を表すものである。

1985年8月

国際協力事業団

総裁 有田圭輔

目 次

第1章 緒 言

1.1 調査の背景と目的	1- 1
1.1.1 調査の背景	1- 1
1.1.2 調査の目的	1- 1
1.2 調査の範囲および内容	1- 1
1.3 調査の実施	1- 3
1.3.1 現地調査	1- 3
1.3.2 国内調査	1- 4
1.4 謝 辞	1- 5

第2章 要約および勧告

A. 要 約	2- 1
2.1 本プロジェクトの背景と重要性	2- 1
2.2 発電、海水淡水化の現状	2- 1
2.2.1 既存電力設備	2- 1
2.2.2 既存給水設備	2- 3
2.3 電力および水の需要予測	2- 5
2.3.1 電力需要予測および発電プラントの開発規模	2- 5
2.3.2 水需要予測および海水淡水化プラントの開発規模	2- 7
2.4 プラント単機容量の選定	2- 8
2.4.1 発 電 プ ラ ン ト	2- 8
2.4.2 海 水 淡 水 化 プ ラ ン ト	2- 9
2.5 プラント型式の選定	2- 9
2.5.1 海 水 淡 水 化 プ ラ ン ト	2- 9

2.5.2 発電プラント	2-10
2.5.3 経済評価	2-12
2.5.4 結論	2-14
2.6 プラント建設地点	2-15
2.6.1 地形、地質および基礎処理	2-15
2.6.2 海水温度および水深	2-15
2.7 送電線および変電所	2-16
2.7.1 Barka 変電所～Khuwair 連系変電所 (275kV, 60km)	2-16
2.7.2 Musanna ～Khabourah～Sohar 線 (132kV, 125km)	2-16
2.7.3 変電所	2-17
2.8 生産水送水設備	2-17
2.8.1 貯水池	2-17
2.8.2 送水ポンプ	2-17
2.8.3 送水管	2-18
2.9 要員計画	2-18
2.10 工事工程	2-19
2.11 工事費見積り	2-19
2.12 財務分析	2-22
2.12.1 前提条件	2-22
2.12.2 財務分析の結果	2-22
B. 勸告	2-24
C. プロジェクトの設備概要	2-25

第3章 自然的、経済的条件

3.1 国土	3-1
3.1.1 位置	3-1
3.1.2 地理的特徴	3-1
3.1.3 気候	3-3

3.2 経済的背景	3-5
3.2.1 人口および労働力	3-5
3.2.2 経済開発	3-5
3.2.3 物価	3-7
3.2.4 経済構造の特色	3-8
3.2.5 主要経済部門の活動状況	3-8
3.2.6 国際収支	3-13

第4章 電気事業の現況と電力需要予測および電力設備増強計画

4.1 事業組織	4-1
4.1.1 一般概況	4-1
4.1.2 MEW の組織	4-2
4.2 既存電力設備	4-7
4.2.1 首都圏の電力設備	4-7
4.2.2 Batinah 海岸地方の電力設備	4-8
4.3 電力需給状況および電力料金	4-13
4.3.1 首都圏の需給状況	4-13
4.3.2 Batinah 海岸地方の需給状況	4-14
4.3.3 電力料金	4-14
4.4 負荷変動の特徴	4-14
4.4.1 月別負荷変動	4-14
4.4.2 日負荷変動	4-15
4.5 電力需要予測	4-22
4.5.1 首都圏の需要予測	4-22
4.5.2 Batinah 海岸地方および内陸部の需要予測	4-24
4.6 電源開発計画	4-31
4.6.1 Barka 発電所の開発規模	4-31
4.7 Barka 発電所の発電計画	4-32
4.7.1 発電型式別負荷受持部分	4-32
4.7.2 Barka 発電所の発電計画	4-32

第5章 水需給予測と海水淡水化プラント増強計画

5.1 水需給の現状	5-1
5.1.1 既存給水設備	5-1
5.1.2 水需給状況および水道料金	5-3
5.1.3 需要変動の特徴	5-4
5.2 水需要予測	5-8
5.2.1 MBWによる需給予測	5-8
5.2.2 MBWの需要予測に関する検討	5-10
5.3 海水淡水化プラント増強計画	5-15
5.3.1 水需給バランス予測	5-15
5.3.2 海水淡水化プラント増強計画	5-15

第6章 プラントサイトの選定

6.1 サイト選定の基本条件	6-1
6.2 候補地の選定経緯	6-1
6.3 MBWが選定した新地点	6-2
6.4 地形および地質	6-2
6.5 アクセシビリティ	6-3
6.6 海水温度および水深	6-3
6.7 水質および底質	6-4
6.8 サイト付近の状況	6-4
6.9 燃料の需給	6-4
6.10 井戸水の需給	6-4

6.11 環境にあたる影響	6-5
6.11.1 大気汚染	6-5
6.11.2 温排水の拡散および再循環	6-6
6.11.3 薬 剤	6-8

第7章 発電プラントの型式と発電ユニット規模の選定

7.1 基本計画条件	7-1
7.2 プラント規模と新設プラントの運用	7-1
7.2.1 1991年に予想される電力需要の形態	7-1
7.2.2 1991年に想定される発電プラントの負荷	7-4
7.2.3 新設発電プラントと既設発電プラントの負荷分担	7-5
7.3 発電プラント型式、単機容量の選定	7-10
7.4 発電プラントの型式と特徴	7-19
7.5 発電プラント型式の選定	7-35
7.5.1 各型式の比較	7-35
7.5.2 推薦される発電型式	7-39

第8章 発電プラントの概念設計

8.1 概念設計についての基本的な考え方	8-1
8.2 発電設備の概念設計	8-1
8.2.1 Steam generator for back pressure steam turbine cycle	8-1
8.2.2 Steam turbine	8-2
8.2.3 Generator	8-3
8.2.4 Gas turbine	8-4
8.2.5 Heat recovery steam generator	8-5
8.2.6 Condenser	8-6
8.2.7 制御方式	8-6
8.2.8 電気回路方式	8-7
8.2.9 海水冷却水系統	8-7
8.2.10 発電プラントの機器配置図および工事工程	8-7

第9章 海水淡水化プラントの概念設計

9.1 計画条件	9-1
9.1.1 プラント規模	9-1
9.1.2 原海水水質および海底底質	9-1
9.1.3 原海水水温	9-1
9.1.4 生産水水質	9-1
9.1.5 用役および薬品類	9-6
9.1.6 その他本プラントにおいて配慮すべき事項	9-7
9.2 海水淡水化方式の選定	9-7
9.2.1 比較評価対象プラント	9-7
9.2.2 両プロセスの比較評価	9-8
9.3 海水淡水化プラントの概念設計	9-21
9.3.1 設計基礎	9-21
9.3.2 一般仕様	9-24
9.3.3 プロセスの概要	9-26
9.3.4 機器仕様	9-36
9.3.5 プラント配置	9-41

第10章 土木・建築設備の概要および概念設計

10.1 土木・建築設備のレイアウトおよび設備概要	10-1
10.2 海水取、排水設備の概念設計	10-4
10.3 発電および海水淡水化プラント機器基礎の概念設計	10-7
10.4 主要建屋および煙突の概念設計	10-7

第11章 送電線の概念設計

11.1 送電計画	11-1
11.1.1 Capital Area およびBatinah Coast 向け送電線	11-1

11.2 送電線の概念設計	11-7
11.2.1 設計条件	11-7
11.2.2 路線電圧	11-8
11.2.3 電線	11-8
11.2.4 絶縁設計	11-8
11.2.5 耐雷設計	11-9
11.2.6 耐振設計	11-9
11.2.7 支持物	11-9
11.2.8 航空障害標識	11-9
11.2.9 設計概要	11-10

第12章 変電設備概念設計

12.1 変電設備計画の策定	12-1
12.1.1 変電設備の増強計画	12-7
12.1.2 変電所の増強方法	12-14
12.1.3 変圧器容量の決定	12-21
12.2 変電設備概念設計	12-22
12.2.1 変電所の設計	12-22
12.2.2 各変電所の設備	12-27
12.3 通信設備概念設計	12-27
12.3.1 設計条件	12-27
12.3.2 概念設計	12-28
12.4 建物設備概念設計	12-28

第13章 電力系統解析

13.1 電力系統の概要	13-1
13.2 Barka 発電所の送電計画	13-1
13.2.1 変電所計画	13-1
13.2.2 送電線計画	13-1
13.3 系統解析	13-1
13.3.1 系統計算の条件	13-2

13.3.2 解析結果	13-8
13.4 周波数低下と系統運用	13-16
13.4.1 周波数低下	13-16
13.4.2 系統運用	13-17
13.5 結論および指針	13-18

第14章 送水施設の概念設計

14.1 接続地点	14-1
14.1.1 送配水施設の現状	14-1
14.1.2 送水地区予測	14-1
14.1.3 接続地点の設定	14-2
14.2 送水管ルート	14-3
14.2.1 送水管ルートの設定	14-3
14.2.2 送水管ルートの地形、地質	14-3
14.3 貯水、送水施設	14-5
14.3.1 貯水池	14-5
14.3.2 混合設備	14-5
14.3.3 送水ポンプ	14-7
14.3.4 送水管	14-8

第15章 要員計画および訓練計画

15.1 要員計画	15-1
15.1.1 運営組織	15-1
15.1.2 要員の職種ごとの任務	15-1
15.1.3 要員の資格・経験	15-4
15.1.4 要員の採用計画	15-5
15.2 訓練計画	15-6

第16章 プラント建設および付帯関連工事工程

16.1 建設工程	16- 1
16.2 コントラクターの設定および契約	16- 1
16.3 プラントの建設	16- 2

第17章 工事費見積り

17.1 基本的条件	17- 1
17.2 見積り条件	17- 1
17.3 工事費の年度展開の条件	17- 3
17.4 見積り工事費	17- 3

第18章 経済評価

18.1 評価方法	18- 1
18.1.1 単一目的プラントと二重目的プラント	18- 1
18.1.2 評価方法	18- 1
18.2 前提条件	18- 3
18.2.1 価格	18- 3
18.2.2 設備の耐用年数	18- 3
18.2.3 評価基準としての割引率	18- 3
18.2.4 使用燃料	18- 3
18.3 発電プラントの経済評価	18- 4
18.3.1 建設費	18- 4
18.3.2 運転維持費	18- 5
18.3.3 一般管理費	18- 6
18.3.4 燃料費	18- 7
18.3.5 総費用の年度展開および現価換算額	18- 9
18.3.6 kWおよびkWh補正率	18- 9
18.3.7 便益 / 費用比率	18-10

18.4	海水淡水化プラントの経済評価	18-26
18.4.1	建設費	18-26
18.4.2	年間費用	18-26
18.4.3	造水比による発電プラントの出力変化とこれに対応するコスト調整	18-32
18.4.4	便益/費用比率および最適造水比	18-33
18.5	総合評価	18-42
18.5.1	基本的考察	18-42
18.5.2	便益/費用比率および経済的内部収益率	18-42
18.5.3	感度分析	18-44
18.5.4	供給安定性への配慮	18-44
18.6	本報告書の発電所概念設計、工事費見積り、財務分析に用いた 発電プラントの型式	18-45

第19章 財 務 分 析

19.1	前提条件および分析方法	19- 1
19.2	資金調達、建中利子および総工事費	19- 1
19.3	電力部門の Debt Finance	19- 3
19.3.1	営業費用	19- 3
19.3.2	営業収益	19- 4
19.4	海水淡水化部門の Debt Finance	19- 8
19.4.1	営業費用	19- 8
19.4.2	営業収益	19-10
19.5	財務分析の結果	19-12
19.5.1	損益計算	19-12
19.5.2	キャッシュフローの収支バランス	19-13
19.5.3	収益率	19-13
19.5.4	純益率	19-13
19.5.5	結 論	19-13

ANNEX 1. 海水水質および底質分析結果

ANNEX 2. 自然条件

2.1 気象記録

2.2 GHUBRAH 発電所における海水温度

ANNEX 3. オマーン国発電・海水淡水比複合プラント用
逆浸透法 (RO法) 海水淡水化プラントについて

1. 逆浸透法の概要

2. 逆浸透設備の概要

3. 建設費

4. ランニングコスト

ANNEX 4. 大気汚染に関する計算書

ANNEX 5. ガスタービンに適用可能な燃料の検討

ANNEX 6. 軽負荷時における発電所の運転

第 1 章 緒 言

第1章 緒 言

1.1 調査の背景と目的

1.1.1 調査の背景

オマーン国の経済開発は1970年以降石油収入の増加によって急速に進展した。これに伴い、マスカットおよびその周辺地域での電力・水の需要が継続的に急増しており、1980年代末には需要の逼迫が予想される。

オマーン国政府はこれを回避し、加えて1986年から始まる第3次5ヶ年計画を促進するため、マスカット近郊のバルカの近傍に大型の発電・海水淡水化複合プラントの建設を計画し、このフィジビリティ調査を日本国政府に要請した。

これを受け国際協力事業団（以下JICAという。）は鶴岡競を団長とする事前調査団を派遣し、オマーン国電気水省（以下MEWという。）との間で、フィジビリティ調査の実施方法について協議を行い、1984年11月11日、調査の実施に当たっての基本的事項に関する合議書（Scop of Work）に調印した。

1.1.2 調査の目的

本調査の目的は、発電・海水淡水化複合プラントおよびその付帯設備の概念設計を行うと共に、同プラント新設計画の技術的および財政的実行可能性を検討することである。

1.2 調査の範囲および内容

電気に関する調査は首都圏および Batinah海岸地域を、水に関する調査は首都圏を対象とする。

調査は次の2段階から成っている。

(1) 第1段階調査

第1段階調査は現地調査を中心としており、その内容は下記の通りである。

- 1) 本調査に関連する情報、データおよび報告を収集、レビューし、分析を行う。収集すべき情報、データは下記の事項に関するものである。
 - a) 電力および水の需要に関係する社会開発、経済開発および工業開発の計画
 - b) 電力および水の消費パターンの特徴

- c) 既存および計画中の発電プラントおよび造水施設の概要
 - d) 既存および計画中の変電所、送電線および送水管の概要
 - e) 既存および計画中の電力輸送システムおよび給水システムの概要
- 2) プラント建設候補地点の現地調査を行い、次の事項について調査を行う。
- a) 地形的条件および地理的条件
 - b) 土 壤
 - c) 海 象
 - d) 海底の地勢および海底の堆積物
 - e) 海水の水質
 - f) 環境への影響（温排水、騒音等）
- 3) 送電線および送水管の敷設ルートについて現地調査を行い、下記の事項に関する情報およびデータのレビューを行う。
- a) 地 形
 - b) 地 図
 - c) 地 震
 - d) 気 象

(2) 第 2 段階 調 査

1) 発電プラントの概念設計

- a) 発電ユニットの数、規模および形式（ガスタービン、スチームタービン、ガスタービン・スチームタービン・コンバインドサイクルの3種の形式のプラントの比較検討を行う）の選定
- b) タービン、発電機、ボイラー、コントロールシステム、通信施設、取放水設備、その他必要な設備の概念設計

2) 海水淡水化プラントの概念設計

- a) 多段フラッシュ法と逆浸透法との比較による最適方式の選定
- b) 原海水の前処理設備、海水淡水化装置および生産水の後処理装置の概念設計
- c) 原海水の取水設備、濃縮水および廃棄物の排出施設、その他必要な設備の概念設計

- 3) プラントの主要ビルの概念設計
 - a) プラントおよび関連施設のレイアウト
 - b) 土木設計およびプラント構造物の概念設計
- 4) 送電線および変電所の概念設計
- 5) 送水管の概念設計とルート決定
- 6) 運転要員およびメンテナンス要員の配置および訓練計画
- 7) プラント建設および付帯工事のスケジュール
- 8) 経 済 分 析
 - a) 1995年までの電力および水の需要予測
 - b) プラントおよび関連施設の建設コスト
 - c) プラントの運転維持費、燃料費の算出
 - d) 費用便益分析および経済的内部収益率
- 9) 財 務 分 析
 - a) 財務諸表の作成、財務的内部収益率の算出
 - b) 合理的な電気・水料金の設定

1.3 調 査 の 実 施

国際協力事業団は上記の範囲の調査を行うため、植木茂夫を団長とするフィジビリティ調査団を1985年1月25日より2月16日に至る期間同国に派遣した。調査団は下記のような内容の現地調査および日本国内における調査を行い、ここに本フィジビリティ調査報告書が作成された。

1.3.1 現 地 調 査

専門別に分けられた4つのグループにより下記の調査が行われた。

(1) 打ち合わせおよび資料、データの入手

MEWにおける打ち合わせに加えて、MEWおよび関連機関等において必要な資料、データの入手を行った。

(2) 工場等の視察

本調査の内容に関連する次のような施設を訪問して視察を行うとともに、必要な情

報の入手を行った。

発電所、海水淡水化プラント、変電所、工業団地、製油所等

(3) 測 量

1) プラント敷地の測量

プラントサイトにおける地形および高低の概略測量

2) 海 底 深 浅 測 量

発電所復水器の冷却用水および海水淡水化プラントの用水の取水路および放水路
構造物の設計に資するためのプラントサイト海域における概略の海底深浅測量

3) 海水温度測定、海水水質分析

発電所復水器および海水淡水化プラントの設計に資するためのプラントサイト海
域における海水の温度測定と水質分析

4) 送水管ルート of 調査

航空写真および現地の視察による送水管ルートの選定

5) 送電線ルートおよび変電所地点の調査

地図および現地の視察により実施

1.3.2 国 内 調 査

現地調査および日本国内において得られた情報およびデータをベースとして、種々の
調査が実施された。主要な調査事項を挙げれば下記の通りである。

(1) 電力および水の需要予測

(2) 発電プラントおよび海水淡水化プラント容量の決定

(3) 発電プラントおよび海水淡水化プラントの型式の選定

(4) 発電プラント、海水淡水化プラントおよび関連施設の概念設計

(5) 建設スケジュールの作成

(6) 必要費用の見積り

(7) 経 済 評 価

(8) 財 務 分 析

1.4 謝 辞

本調査に際しては、オマーン国電気・水省 Mr. Abdulla Ali Dowood, Director General of Projects、Mr. Taher Mohamed Ali Sajwani, Director of Planning はじめ同国関係機関および在オマーン日本国大使館並びに我が国の外務省、通産省、関連機関の方々に多大の御協力と便宜をいただいた。ここに、心から感謝の意を表したい。

第 2 章 要約および勧告

第2章 要約および勧告

A 要 約

2.1 本プロジェクトの背景と重要性

オマーン国においては生活水準の向上、社会開発、工業の発展等の理由により、電気と水の需要が急速に増大しつつあり、現有設備だけでは遠からず大きな供給不足が予想されている。このような状況に対処するため、発電および海水淡水化のための新計画の早急な立案が必要となり、電気・水省 (MEW) はBarka の近傍に大型の発電・海水淡水化複合プラントの建設を計画している。

本報告書は本プロジェクトに関して日本の国際協力事業団 (Japan International Cooperation Agency - JICA) が行ったフィージビリティ調査の結果を報告するものである。

本プロジェクトはオマーン国にとって非常に重要なプロジェクトであると同時に早期の完成が望まれるので、慎重な準備をベースとした可及的速かな建設の開始が必要である。

2.2 発電、海水淡水化の現状

2.2.1 既存電力設備

1) 首都圏の電力設備

(1) 発電所

首都圏には3発電所があり、1985年1月末現在の設備出力は566.1MWである。

発電所名	発電型式	設備出力(MW)
Ghubrah :	汽力 ガスタービン	72.5 212.5
小 計		285.0
Rusail Riyam	ガスタービン ディーゼル	249.0 32.1
小 計		566.1

上記発電所のうち、Riyam 発電所のディーゼル・エンジンは、一両年中に全て

農村地方に転用が計画されている。また、Rusail発電所は1986年に4号機および5号機合計166MWが、また1987年に6号機83MWが増設される計画となっている。

発電所の所内用電力消費は海水淡水化プラントを含むGhubrah発電所全体で約10.4MWと推定され、Rusailガスタービン発電所の所内消費率は0.65%と言われる。従って、Riyam発電所を除いた首都圏発電設備の1985、1986および1987年の設備出力と送電端出力は以下の通りとなる。

(MW)

発電所	1985			1986			1987		
	発電端	所内	送電端	発電端	所内	送電端	発電端	所内	送電端
Ghubrah	285	10.4	274.6	285	10.4	274.6	285	10.4	274.6
Rusail	249	1.6	247.4	415	2.6	412.4	498	3.2	494.8
合計	534	12.0	522.0	700	13.0	687.0	783	13.6	769.4

(2) 送電線

首都圏の送電線はGhubrah発電所からWadi AdaiおよびAl Falaj両変電所に至る各々132kV 2回線送電線と、Rusail発電所からGhubrahおよびSeeb変電所に至る各132kV 2回線送電線がある。

1985年6月着工予定の132kV 2回線送電線として、Rusail発電所～Wadi Adai変電所間、Rusail発電所～Barka変電所間、およびWadi Adai変電所～Wadi Kabir変電所間の送電線が計画されている。このほか、Barka変電所～Musanna変電所間の132kV 2回線送電線の入札が1985年中に行われる予定である。

配電電圧は33kVおよび11kVであり、一般需要家に対する供給は200/240V 50Hzで行われている。

(3) 変電所

132/33kV変電所として、Al Falaj変電所(250MVA)、Wadi Adai変電所(250MVA)、Rusail変電所(150MVA)、Ghubrah変電所(84MVA)およびSeeb変電所(126MVA)が運転している。

計画中の変電所はWadi Kabir、BarkaおよびMusanna変電所の3ヶ所であり、変圧器容量は何れも250MVAである。

(4) Musanna、Suwaiq、Rustaq等との連系

計画中のMusanna変電所より、Musanna町、Suwaiq町およびRustaq町に33kV線で

配電する計画が進められており、現在それぞれの町のディーゼル発電所から供給を受けているこれらの町と周辺部落は1986年以降は首都圏の送電線を通して電力供給を受ける予定となっている。また、Mabellah町も1986年から首都圏送電線に接続される予定である。

2) Batinah 海岸地方の電力設備

(1) 発電所

Batinah 海岸地方のうち、Musanna、Suwaiq、Rustaqは、現在それぞれ7.4MW、6.9MW および7.2MW のディーゼル発電所があるが、前述のように、これらの町は1986年以降は首都圏電力系統に含まれることとなる。

上記以外のBatinah 地域では発電所は下記の3ヶ所にあり、合計設備出力は65.8MWである。

発電所名	発電形式	設備出力(MW)
銅鉱山 Shinas	ガスタービン	51.0
Khabourah	ディーゼル	3.9
	ディーゼル	10.9
合計		65.8

銅鉱山のガスタービンは17.0MW 3基から成り、このうち1台は“オーマン鉱山会社”(Oman Mining Company-OMC)の自家用発電機である。他の2台のうち1台はMEWの所有、残り1基はMEWとOMCの共用に供されている。

今後の増設計画としては1985年中に27.0MW 2基(MEW)、1986年に30.0MW 2基(農村開発委員会-RDC)の増設計画がある。従ってこの地域におけるガスタービンの総設備出力は1985年に105MW、1986年に165MWと予定される。

(2) 送電線、変電所

銅鉱山のガスタービン発電所の発生電力は66/33kVのMagan変電所よりLiwa、Majis、Sohar、Sahamの各33/11kV変電所に送電され、一般需要家に供給されている。また、内陸部のIbriおよび周辺地域への送電も1986年に開始が計画されている。

2.2.2 既存給水設備

本調査で対象としている計画給水地域はMuscatからBarkaまでの約70kmの帯状の

範囲である。

首都圏の給水は1976年まではもっぱら井戸からの地下水汲上げに依存していたが、水需要の急速な増加に対処するため1977年にGhubrah に最初の海水淡水化プラントが建設され、運転開始した。その後1983年に、上記 1号プラントに並列して 2号プラントが運転開始し、現在の造水能力は平均47,730 m³/日である。

Ghubrah 海水淡水化プラント概要

プラント名		造水能力		運転開始年
		MIGPD	m ³ /日	
既 設	No.1 プラント	5	(22,730)	1977
	No.2 プラント	5.5	(25,000)	1983
	小計	10.5	(47,730)	
建 設 中	No.3 プラント	5.5	(25,000)	1986
	No.4 プラント	5.5	(25,000)	"
	小計	11	(50,000)	
合 計		21.5	(97,750)	

(注) 造水能力は高温運転時の造水能力と低温運転時の造水能力の平均を示す。

MIGPD= 百万英 ガロン/ 日

1英ガロン=0.004546 m³

さらに、現在、既設No.2 プラントと同能力(25,000 m³/日)のプラント 2基 (No.3, No.4) を1986年 3月運転開始予定でGhubrah に建設中である。

従って、その完成時には、海水淡水化プラントの総生産能力は、97,750 m³/日となる。

首都圏の井戸はWadi Aday, Wadi Hatat, Seeb, MawallaaおよびAl-Khawdの 5つの地下水地域に集中している。地下水汲上げ量は1982年には23,000 m³/日に達したが、過度の汲上げにより海水が陸部に浸透して地下水が汚染されるのを防ぐため、1985年以降は新たな地下水源開発を含め、下表のとおり平均22,000 m³/日に維持する方針をとっている。

1985年以降の地下水汲上量

地 区	最大汲上量 (m ³ /日)	平均汲上量 (m ³ /日)	井戸数
Wadi Aday	50,000	10,000	約 30
Mawallaa	2,000	1,000	3
Seeb	18,000	10,000	12
Al-Khawd Dam Well Feild	22,000		14
Old Goverment Well Feild	10,000		20
Rusail	1,000	1,000	2
計	103,000	22,000	約 80

2.3 電力および水の需要予測

首都圏およびBatinah 海岸地方における電力需要と、首都圏における水需要についてはMEWによってそれぞれ1990年までの需要予測が行われている。

JICA調査団は、これらの予測を検討すると共に、1995年まで予測を延長した。各需要予測の結果は次の通りである。

2.3.1 電力需要予測および発電プラントの開発規模

首都圏では、各種のインフラストラクチャーの建設や人口の急速な増大のため、尖頭負荷は1976年の46.6MWから1980年は135.5MW、1984年は340.3MWに増大している。これを年平均増加率で見ると1976～1980年は30.6%、1980～1984年の最近4ヶ年は25.9%の高い増加率である。

今後の需要増加要因としては、既存電灯需要の自然増加のほか、次のものが挙げられる。

- Rusail 工業団地、セメント工場、製油所等の既存工業需要の増加
- 進行中のQaboos大学と同付属病院、Ghubrah 病院等による新規の大口需要
- 各地の住宅団地計画に伴う新規需要
- Musanna、Suwaiq、Rustaq等Batinah 地方の需要地およびMabellah町への新規送電による需要増

上記の需要に、Suwaiq以西のBatinah 地方の需要地、すなわち、Khabourah、Sahan、

Sohar、Liwa、Shinas等における需要を含めると、首都圏とBatinahを総合した電力需給バランスは次の通りとなる。

(MW)

	1987	1988	1990	1991	1992	1995
尖頭負荷						
首都圏	703	840	1,068	1,180	1,270	1,527
Batinah 地方	0	191	258	288	329	468
合計 (A)	703	1,031	1,326	1,468	1,599	1,995
所要予備力						
首都圏	82	82	82	82	82	82
Batinah (Sohar)	0	30	30	30	30	30
合計 (B)	82	112	112	112	112	112
所要供給力(A) + (B) = (C)	785	1,143	1,438	1,580	1,711	2,107
供給能力(既存+計画中)						
首都圏	769	769	769	769	769	769
Batinah (Sohar)	0	225	225	225	225	225
合計 (D)	769	994	994	994	994	994
総合需給バランス	-16	-149	-444	-586	-717	-1,113

- (注) 1. 首都圏の供給能力は、Barka 発電所運開前のものである。
 2. 首都圏の需要にはMusanna、Suwaiq、Rustaq、Mabellahを含む。
 3. Khabourah の需要はBatinah 地方に含めてある。
 4. Sohar 内陸部の銅鉾山の発電所の増設計画は1986年まで決定済であるが、このほか1987年および1988年に、Sohar 市近郊に更に各30MWのガスタービン発電機を増設し、Barka 発電所運開までのBatinah 地方の需要増に対処するものと計画した。

以上の需給バランスを考慮すると、本プロジェクトの発電プラント(Barka 発電所)は、1988年までに少なくとも150MW以上の運転開始が必要であり、1991年までには700MW以上の開発が必要と判断される。

2.3.2 水需要予測および海水淡水化プラントの開発規模

首都圏における水需要も人口の集中と経済発展の進展に伴って近年急速な伸びを示している。すなわち、Ghubrah で最初の海水淡水化プラントが運転開始した1977年の水生産量4,555,000 m³ (12,400 m³/日) は1980年には11,177,000m³ (30,600 m³/日)、1984年には23,488,000m³ (64,400 m³/日) に増大している。これを年平均増加率で見ると、1977~1980年は34.8% 1980~1984年は20.4%の高い増加率である。1984年の水生産量のうち、井戸による供給量は全体の18%、残り82% は海水淡水化プラントによる生産水である。

今後の需要増加要因としては、既存需要の自然増加のほか、電力の場合と同様、次のものが挙げられる。

— Rusail工業団地、セメント工場、スポーツスタジアム、Baboos大学および付属病院等の大口需要

— Azaiba、Ghala、Bosher、Lansabその他の住宅団地計画による需要

— 庭園散水、給水地域の拡大等による需要

将来の水需要予測と既存および建設中の給水設備の能力に基づいて策定される水需給バランスは次の通りである。

(m³/日)

項 目	1985	1987	1988	1990	1991	1995
需 要 水 量 (平 均)	99,274	136,958	155,088	193,596	206,877	260,000
“ (夏期ピーク)(A)	114,165	157,500	178,350	222,635	237,908	299,000
供 給 予 備 力 (B)	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
所要供給力 (A) + (B) = (C)	144,165	187,500	208,350	252,635	267,908	329,000
供 給 能 力						
井 戸	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
Ghubrah 海水淡水化プラント	47,730	97,750	97,750	97,750	97,750	97,750
合 計 (D)	69,730	119,750	119,750	119,750	119,750	119,750
需 給 バ ラ ン ス (D) - (C)	-74,435	-67,750	-88,600	-132,885	-148,185	-209,250

計画地域にはダム等の大規模貯水施設はなく、しかも水源の大部分は海水淡水化プラントである。従って、水の安定供給のためには、定期補修や故障時における供給力の低下を考慮して、電力の場合と同様に、少なくとも1基分(30,000 m³/日)の海水淡水化設備を予備力として保有する必要がある。

本プロジェクトの海水淡水化プラント(Barka海水淡水化プラント)は技術的に可能な最短期間で施工すれば1988年末には運転開始が可能なので、予備力も含めて同年には少なくとも90,000 m³/日の設備を完成させる必要がある。また、1991年の不足量約148,000 m³/日に対処するためには、150,000 m³/日の開発で足りるが、1995年の不足209,000 m³/日を考慮すれば、施工の経済性、供給の安定性から見て、発電プラントの完成時期に合わせて1990年末までに180,000 m³/日のプラントを建設しておくことが得策と判断される。

2.4 プラント単機容量の選定

2.4.1 発電プラント

一般に発電プラントは単機容量が大きくなれば設備出力当たりの建設費と運転維持費は安くなる。従って、機器の標準サイズの中で可能な限り大きな容量を選定することが適切である。また、Base load 供給用のsteam turbine generator の単機容量の選定は、系統運用と密接な関係がある。従って、本プロジェクトではオマーン国の電力系統に採用する最適な発電プラントの単機容量を2つの観点から検討した。

- (1) : 新設するBarka 発電所を系統内の主電源として、且つ経済性にウエイトを置く場合の単機容量の算出
- (2) : 新設するBarka 発電所を含む既設発電所群を含めた電力系統運用を信頼度(電源の分散化)と系統周波数変動に対する安定化に重点を置いた場合の単機容量の算出

単機容量の算出を検討した結果、経済性にウエイトを置く場合には120MW 級が適切であり、他方電力系統の信頼度と安定化にウエイトを置く場合は60MW級が最適である。

単機容量の相異を経済性で比較すると120MW 級の採用の場合は、60MW級の採用の場合に比較して総所要費用で約5%有利である。

一方、電力系統の運用面からみると60MW級の採用のケースと120MW級の採用のケースでは夫々の単機容量が電力系統に与える影響度が相異してくる。すなわち、単機容量が電力系統の周波数変動に大きく影響を与える1991年の1～2月頃の時点では60MW級の導入では1機脱落時の周波数が49.17 Hz～48.33Hzに低下するのに対し120MW級の導入では48.75Hz～47.50 Hzとなる。

周波数の変動はタービン発電機に重大な影響を与える。通常50Hzの運転周波数に対し、タービン発電機の許容運転周波数は48.5Hzであり、即時運転遮断周波数は47.5Hzであるので、120MW級の場合には電力系統の全停を防ぐためには、部分的なload sheddingが必要となろう。以上より系統の信頼性と安定性の観点からは60MW級の導入が安全側であると判断できる。

2.4.2 海水淡水化プラント

発電プラントの場合と同様に、海水淡水化プラントも単機容量が大きいほど経済的であり、現在商業運転の実績のある最大単機容量は約36,000 m³/日である。

一方、海水淡水化プラントも、季節的な水需要の変動や定期点検のためその出力を増減させる必要があり、首都圏の季節的需要変動差は平均需要に対し±15%である。従って1995年の夏冬の需要差は260,000 m³/日×0.30=72,000 m³/日と予想されるので、単機容量を30,000 m³/日とすれば冬期に2基ずつ運転休止することができる。従って、海水淡水化プラントの単機容量は30,000 m³/日とし、全容量は30,000 m³/日×6基=180,000 m³/日とすることが適当である。

2.5 プラント形式の選定

2.5.1 海水淡水化プラント

海水淡水化プラントについて、多段フラッシュ法(MSF法)と逆浸透法(RO法)を特に次の項目に重点をおいて比較検討した。

- a) 稼 動 実 績
- b) 大 規 模 適 性
- c) 二重目的プラントへの適性

- d) 運転維持管理の容易性
- e) 建設期間
- f) 経済性

検討の結果、MSF法は稼働実績、大規模適性、二重目的プラントへの適性の面において優位にあり、RO法は運転維持管理の容易性、建設期間、経済性の点で勝れており、一概に優劣をつけ難い。しかし、商業運転中のもの、特に本プロジェクトのような大型プラントに関しては、MSF法の実績が圧倒的に多く、信頼性の面を重視すればMSF法を採用するのが妥当である。

また、MSF法を採用した場合、抽気タービンを使用した場合でも背圧タービンを使用した場合でも、造水比 8のプラントを採用するのが最も経済的に有利であると判断された。従って、発電プラントと接続する本プロジェクトの海水淡水化プラントは、MSF法の造水比8のプラントとする。

2.5.2 発電プラント

季節的変動の大きい電力需要に対処する一方、海水淡水化プラントに対しては一定量の蒸気供給を行ない得る発電プラントと海水淡水化プラントの組合せ形式として、次のType-A, B, C, D, EおよびFの6通りをとり上げて比較検討を行った。各Typeにおける発電機器の組合せは以下の通りである。

Type-A

- ・ コンバインド・サイクル発電プラント:360MW(発電単独目的)

80MW ガスタービン発電機 × 3基
120MW スチームタービン発電機 × 1基

- ・ 汽力発電プラント : 360MW(発電・海水淡水化二重目的)

120MW スチームタービン発電機 × 3基

Type-B

- ・ コンバインド・サイクル発電プラント:720MW(発電・海水淡水化二重目的)

80MW ガス ター ビ ン 発 電 機 × 7 基
80MW スチ ーム ター ビ ン 発 電 機 × 2 基

Type-C

- ・ コンバインド・サイクル発電プラント:360MW
 - ・ 汽力発電プラント :360MW
- (発電・海水淡水化二重目的)

機器の構成はType-Aと全く同様で、両プラ
ントの抽気パイプを連結し、どちらのプラ
ントからも蒸気を海水淡水化プラントに供
給できるようにする。

Type-D

- ・ コンバインド・サイクル発電プラント:360MW(発電単独目的)

80MW ガス ター ビ ン 発 電 機 × 3 基
120MW スチ ーム ター ビ ン 発 電 機 × 1 基

- ・ ガスタービン発電プラント: 400MW(発電、海水淡水化二重目的)

80MW ガス ター ビ ン 発 電 機 × 5 基
排熱ボイラー(海水淡水化プラント用)

Type-E

- ・ 汽力発電プラント(背圧タービン) :160MW(発電、海水淡水化二重目的)

80MW背 圧 ター ビ ン 発 電 機 × 2 基

- ・ コンバインドサイクル発電プラント :560MW(発電単独目的)

80MW ガス ター ビ ン 発 電 機 × 5 基
80MW スチ ーム ター ビ ン 発 電 機 × 2 基

Type-F

- ・ 汽力発電プラント(背圧タービン) : 180MW (発電・海水淡水化二重目的)

[60MW背圧タービン発電機× 3基]

- ・ コンバインドサイクル発電プラント : 560MW(発電単独目的)

[80MW ガス ター ビン 発電機 × 5基
80MW スチームタービン発電機× 2基]

2.5.3 経済評価

経済評価は、発電プラントと海水淡水化プラントの組合せについてType-A, B, C, D, E およびF を考え、それぞれの工事開始時点から営業運転の終期に至までの全ての費用(建設費、運転維持費、一般管理費、燃料費等)を工事着工の年(1986年)の初頭に現価換算し、これら各現価換算額から次の率を求めて評価を行った。

- ・ 便益 / 費用比率
- ・ 経済的内部収益率(等価割引率)

フィージビリティ調査の目的は最も経済的なプロジェクトを策定することにある。従って費用最小目的(least cost solution)を満足するプロジェクトが最適プロジェクトとして推奨されることは言うまでもない。

しかしながら、機器の運転実績が乏しかったり、需要形態に特殊事情がある場合には、これらの条件についても考慮する必要がある。

海水淡水化プラントについては、MSF法よりもRO法の方が経済性の面ではかなり有利であるが、RO法には二重目的プラントの実績がないこと、およびこれまでの大型プラントではMSF法の採用が圧倒的に多いことを考慮して、本プロジェクトではMSF法の採用を推奨した。

需要形態についての特殊事情は電力の場合におけるものであり、この問題は供給の安定性ないしは信頼度につながる。経済性と供給信頼度への考慮を含めた本プロジェクトの総合評価は以下の通りである。

1) 便益 / 費用比率および経済的内部収益率

発電プラントと海水淡水化プラントの組合せの総費用現価換算額およびTYPE-Fの便

益/費用比率(B/C比率)は次の通りである。

総費用現価換算額およびType-Fに対する費用節約額

(百万円)

	割引率 8%		割引率 10%	
	総費用 (現価換算額)	Type-Fに対する 費用節約額	総費用 (現価換算額)	Type-Fに対する 費用節約額
Type-A	756.0	40.6	634.9	34.7
Type-B	758.9	37.7	636.6	33.0
Type-C	756.6	40.0	635.7	33.9
Type-D	758.1	38.5	633.1	36.5
Type-E	789.3	7.3	662.3	7.3
Type-F	796.6		669.6	

Type-Fの B/C 比率

	割引率 8%	割引率 10%
Type-Aに対して	0.949	0.948
Type-Bに対して	0.953	0.951
Type-Cに対して	0.950	0.949
Type-Dに対して	0.952	0.945
Type-Eに対して	0.991	0.989

(注) C : Type-Fの組合せの総費用現価額

B : その他の組合せの総費用現価額。この費用は、Type-Fの組合せを実施することによって支出されなくて済む費用なので、Type-Fの便益と見なされる。

上の表に示すように、割引率 8% のときはType-Aが最も経済的であり、割引率10% のときはType-Dを採用する方がより有利となる。因みにType-Aの経済的内部収益率は次の通りである。

Type - B に対して 11.5%

Type - D に対して 8.9%

Type - B に対して }
Type - F に対して } 30% 以上であり、算出の意味がない。

また、表に示されるように、経済性に最も劣るのは、単機容量の小さい背圧タービン発電機を使用するType-Fであり、この組合せは、Type-A, B, C, Dよりも約 5%の割高(割引率を 8%で計算した現価換算額で41百万R0)となる。

2) 供給安定性への考慮

経済性の面ではType-Aが最も有利である。しかしながら、基底負荷供給用の単機容量120MWのタービン発電機を使用するType-Aにおいては、1～2月の最低負荷時に万一、当該機器が脱落した場合、系統の全停を避けるため、部分的なLoad Sheddingを行なう必要がある。このような措置を必要とする期間は、運転後数年間のことに過ぎず、また脱落事故が年間最低負荷時に生ずる確率も極めて低いので、長期的な観点から経済性を第一義とする立場から見ればType-Aの採用が適当であろう。

しかしながら、電力供給事業にとって最も重要なことは供給の安定性を確保することである。Barka 発電所は首都圏- Batinah 地方を含む連系電力系統の中で1990年代の主力発電所として機能すべき発電所であるから、運転の安全性と信頼性は特に強く要請される。従って、この観点から見れば、たとえ短期間であってもLoad sheddingの懸念を伴う発電所形式は望ましくなく、経済性は劣っても安全性と信頼度の高い発電所形式を採用するのが適当である。この点から見ると単機容量60MWの背圧タービン発電機を使用するType-Fの発電プラントは、運転保守が容易であり、電力・水の供給の安全性、信頼度は最も高く、この面から見ればType-Fの採用が適当であろう。

2.5.4 結 論

本調査においては、発電プラントと海水淡水化プラント組合せタイプのうち、代表的な 6つのタイプをとり上げて詳細な調査を行った。

これらのタイプのうち、Type-Aは、電力負荷が小さい冬期において、スチームタービン発電機が脱落した場合に受ける影響が大きいという欠点はあるが、その経済性が高いという点において特徴がある。

従ってType-Aは経済評価の結果から、recommendable であると考えられる。

一方、Type-Fは、その経済性比較においてType-Aより約5%割高であるが、冬期にお

いてスチームタービン発電機が脱落した場合に受ける影響が最も小さいことおよび電源の分散化等の観点から信頼性が高いという点において特徴がある。

Type-Fが有する長所によってもたらされるプラスを定量化することはできないが、オマーン国の現状を十分に考察するときは、このプラスは決して小さいものとは考えられない。一方、前記の5%というマイナスは現在およびこのプロジェクトライフ期間中におけるオマーン国の経済事情から考えると、必ずしも決定的に大きな数字であるとは考えにくい。

上記のような考察に基づいてType-Fは経済性比較においてはType-Aより劣るとはいえ、オマーン国の現状から考察すればType-Aに比べてmore recommendableであると結論される。

2.6 プラント建設地点

2.6.1 地形、地質および基礎処理

発電・海水淡水化複合プラントの建設予定地点は、MBWによって承認された地点であり、Barka市の東方約9Kmの海岸に位置しており、プラント建設に必要な面積(1,000m × 1,000m)は十分に確保できる。

地形測量の結果、地盤の高さは最高高潮面上約1mである。従って、プラントの廃棄水を海域に放流するために必要とする勾配および季節風による波浪の影響を考慮すると現地盤面を最低1m嵩上げする必要がある。

地質については地表踏査にとどまったが、Ghubrahで実施された地質調査結果およびBarka近傍で実施された地下水調査のためのボーリング結果等から判断すると、本地点においても地表下5~6mで標準貫入試験のN値は20以上になるものと推定される。従ってプラント構築物や重機器の基礎は、鉄筋コンクリート二重スラブおよびマット基礎を主体とした直接基礎構造でよいと思われる。しかしながら、GhubrahおよびBarkaでの地質調査結果はFeasibility study段階での参考資料にすぎないので、実施設計の段階では詳細な地質調査を行ない、基礎の構造様式を決定する必要がある。

2.6.2 海水温度および水深

深浅測量の結果、海底勾配は1/110 ~ 1/280の傾斜を呈しており、いわゆる遠浅の

海岸である。

今回行った水温調査では、この地域の寒冷期(平均外気温24℃)であったため、沿岸からの距離および水深に関係なくほぼ一定の24℃となっていたが、夏期の水温測定記録によれば海水面の平均水温は30℃以上である。従って、実施設計の段階では夏期の海水温度測定も行ない、その水温分布と緩やかな海底勾配を考慮して取水方法を決定する必要がある。

2.7 送電線および変電所

2.7.1 Barka 発電所~Khuwair 連系変電所(275kV、60km)

電力需要予測によれば、Barka 発電所が運転開始する1988~1991年の首都圏の需要は首都圏、Batinah 地方を合わせた総需要の90%前後を占めると予想される。

この大電力の送電先である首都圏の連系変電所はできるだけ需要中心地に近いことが望ましく、また汐流バランスを勘案した結果、Ghubrah 発電所南方 3km付近の山裾平地にKhuwair 連系変電所の新設を計画した。

Barka 発電所の大電力740MW を60kmも送電するには132kV では多回線を要し技術的見地からも実際的でない。132KV の上位電圧の導入が必要である。

採用電圧は220kV、275kV ならびに330kV の候補電圧について経済比較を行い、かつ将来の系統拡大に対する適応性も考慮して275kV を選定した。

この275kV 送電線のルートは、Barka 発電所の開閉所から南方にコースを取り、国道を横断し、さらに東方に転じて、現在MEW で計画中のBarka 変電所に到達する。

275kV 線は、Barka 変電所に π 分岐した後、Rusail方面にコースを取り、Rusail発電所を迂回した後東にコースを取りKhuwair 連系変電所に達する。ここで、132kV のRusail~Wadi Adai 線およびGhubrah~Wadi Adai 線を各々 π 引き込みして連系する。

2.7.2 Musanna~Khabourah ~Sohar 線(132kV、125km)

MEWでは、Batinah 地方の北部Shinas、Liwa、Sohar、Saham 等の需要地および内陸部のBuraiimi、Ibri方面の電力需要増を賄うため、Sohar 南方20kmに位置する銅鉞山の発電所を増強し、1986年末までに合計出力165MW に増大させる計画を進めているが、1987年および1988年に更に各30MWの設備増強が必要である。このような設備増強

計画を実施することによって、1988年までは当該系統内の需給バランスは確保できるが、1989年には供給力に不足を生ずる。

一方、MEW は、首都圏のRusail発電所～Musanna 間に132kV 送電線の建設計画を進めており、1986年には運転開始が予定されているので、同計画によって建設されるMusanna 変電所よりSohar まで132kV 送電線を延長し、Barka 発電所の電力を供給する。これに伴い、Khabourah に変電所を新設する。

また、銅鉱山発電所～Magan 間は既設66kV 1回線、Magan ～Sohar 間は33kV 2回線が運転中であるが、既に過負荷の状態であるので、1986年までに本プロジェクトとは別に132kV 線の建設が必要である。

2.7.3 変電所

上記の送電計画に伴う変電所建設計画は次の通りである。

Khuwair 連系変電所	: 275/132kV 、 250MVA × 3台
" "	: 132/ 33kV 、 125MVA × 2台
Khabourah 変電所	: 132/ 33kV 、 45MVA × 2台
Barka 変電所	: 275/132kV 、 250MVA × 2台 (増設)

2.8 生産水送水設備

2.8.1 貯水池

海水淡水化プラント構内に設置する貯水池の最大貯水能力は、プラントの生産水量180,000 m³/日と地下水混和量最大36,000m³/日を合わせた216,000m³(1日分)とし、プラントの運転状態の変動および送水量の変動を吸収させる。貯水池は4槽に分け、1槽の容量を54,000m³とする。

2.8.2 送水ポンプ

送水量の変動とポンプの運転保守を考慮し、送水ポンプを、予備1台を含め計7台設置する。仕様は次の通りである。

揚水量 27.5m³/min

揚程	100m
回転数	980rpm
駆動	750kW 電動機(直結)

2.8.3 送水管

Line-A、Line-Bの2送水管をMuscat～Sohar間の幹線道路沿いに埋設する。送水先および送水量は以下の通りである。

区間	送水量	管径
Line-A : Ghubrah海水淡水化プラント行き (接続地点は同プラント貯水地)	108,000 m ³ /日	1,200(35Km) 1,000(25Km)
Line-B : Seeb town、空港、Azaiba、Ghalla、Bosher行き		
・ Barkaプラント～Seeb town 用分岐バルブ	108,000 m ³ /日	1,200mm
・ Seeb town 分岐バルブ～空港用分岐バルブ	70,000 m ³ /日	900mm
・ 空港用分岐バルブ～Azaiba分岐バルブ	38,000 m ³ /日	700mm
(Ghalla、Bosherを含む。)		

2.9 要員計画

本発電・海水淡水化プラントの運営に必要な総要員数は348人であり、部門別の内訳は次のとおりである。

工場管理	6 (名)
工場長	1
副工場長	2
秘書	3
管理部門	36
運転部門	175
運転責任者	1
発電プラント	106
海水淡水化プラント	68
保守部門	131

要員の教育訓練は各ユニットの試運転開始の6ヶ月前からユニットの保証期間が終了するまで、各種教材および実プラントを活用して保証技師の指導のもとに行われる。

2.10 工事工程

電力および水道用水に対する需要は極めて急速に増大するものと予測され、これらの需要を満たすためには、発電部門では1988年半ばには少なくとも160MWの運転開始が必要である。海水淡水化部門では1986年にGhubrah海水淡水化プラントの3,4号機が運開してもなお不足が続くのでBarka海水淡水化プラントは技術的に可能な限り早い時期に運転開始が必要である。このため次の条件の下に工事を実施することが必要である。

仕様書、図面等入札用書類の作成：1986年はじめまでに完成

工事契約の締結ならびに着工：1986年5月

上記スケジュールで着工した場合、発電および海水淡水化プラントの年度別出力は次の通りである。

項 目	1988	1989	1990	1991
Type-F発電プラント (MW)				
運 転 開 始 出 力	160 (6月)	160	280	140
累 計 出 力	160	320	600	740
海水淡水化プラント(10 ³ m ³ /日)				
運 転 開 始 容 量	60 [11月 1基 12月 1基]	30	90	—
累 計 容 量	60	90	180	180

2.11 工事費見積り

電力、海水淡水化両部門とも、1985年価格による基準直接工事費に対し、機械設備、土木建築工事とも予備費を10%、MEWの一般管理費配賦額を3%、Engineering Feeを2.5%計上した。物価上昇率については、内、外貨工事の割合を考慮すると総合平均で年率2.5%程度の上昇率が考えられるが、余裕を見込み年率3%の物価上昇率を上記の工事費に適用し総工事費の見積りを行った。この結果、1985年価格による工事費は電力

部門241.60百万R0、海水淡水化101.68百万R0、計343.28R0と見積られるが、年率3%の物価上昇率を見込んだ工事費は電力部門264.12百万R0、海水淡水化部門109.85百万R0、合計373.97百万R0となる。このうち、外貨工事費は320.24百万R0（936.37百万US\$）、内貨工事費は53.73百万R0である。工事費の内訳は以下の通りである。（上記の工事費はType-Fの工事費である。）

タイプ F の工事費

(百万R0)

区 分	項 目	外 貨	内 貨	合 計	
電力部門	発 電 設 備	160.33	(百万US\$) (468.79)	10.79	171.12
	送 電 設 備	10.86	(31.75)	4.35	15.21
	変 電 設 備	19.22	(56.20)	3.64	22.86
	小 計(基準直接工事費)	190.41	(556.74)	18.78	209.19
	予備費、管理費、Engineering fee	24.27	(70.96)	8.14	32.41
	合 計 (1985年価格)	214.68	(627.70)	26.92	241.60
	物 価 上 昇 見 込 価 格	235.41	(688.33)	28.71	264.12
海水淡水化 部 門	プロセス設備	51.52	(150.64)	9.16	60.68
	生産水送水設備	17.88	(52.28)	9.48	27.36
	小 計(基準直接工事費)	69.40	(202.92)	18.64	88.04
	予備費、管理費、Engineering fee	9.14	(26.72)	4.50	13.64
	合 計 (1985 年価格)	78.54	(229.64)	23.14	101.68
	物 価 上 昇 見 込 価 格	84.83	(248.04)	25.02	109.85
合 計	1985年価格工事費	293.22	(857.34)	50.06	343.28
	物 価 上 昇 見 込 価 格	320.24	(936.37)	53.73	373.97

2.12 財務分析

2.12.1 前提条件

財務分析は、発電プラントおよび海水淡水化プラントについてはType-Fの組合せを採用した場合について行った。分析に用いられた条件は次の通りである。

a) 資金調達条件

外貨工事費については、各国輸出入銀行の融資条件やオマーン国に対する過去の2国間経済協力の条件等を総合勘案して次の条件を仮定した。

金利 : 7.3%

返済期間 : 工事完成後15年間

内貨工事費については、本プロジェクトは政府の直営事業であるので無金利とも考えられるが、適正な原価主義料金単価を見出すため、オマーン開発銀行の融資条件を考慮して次のように仮定した。

金利 : 8%

返済期間 : 工事完成後10年間

b) 送配電ロス率および送配水ロス率

送配電ロス率は1983年の送電端電力量と販売電力量に基づいて15%と想定した。送配水ロス率は、過去の実績記録を考慮し、計量されない(un-metered)消費量を含めて20%と想定した。

c) 営業収益算定のベースとなる料金単価については、電力、水道とも、既存設備を含めて原価主義に基づいて算定した料金単価を算定し、これを使用した。

2.12.2 財務分析の結果

以上の資金調達条件および算定した料金単価に基づいて財務計算を行った結果は次の通りである(計算期間は2010年までとする)。

a) 損益計算およびキャッシュ・フロー

損益計算の結果は、1994年までは毎年若干の赤字を生ずるが1995年以降黒字に転じ、2010年までの純利益累計額は279.57百万ROに達する。また、キャッシュ・フローの年度バランスは、工事期間中の建中利子のため1999年まで赤字が続き、2000年より黒字に転ずる。

b) 収 益 率

稼働固定資産に対する営業利益の比率、すなわち収益率は次の通りである（2010年までの年平均）。

プロジェクト完成後最初の10年間 : 6.1 %

プロジェクトの耐用年数期間20年間 : 11.7%

c) 純 益 率

稼働固定資産に対する純利益の比率、すなわち純益率は次の通りである（2010年までの年平均）。

プロジェクト完成後最初の10年間 : 0.75%

プロジェクトの耐用年数期間20年間 : 6.2 %

B. 勸告

本プロジェクトの実施に当って勸告される事項は以下の通りである。

- (1) 電力および水需要の増勢に対処し、1988年に発電プラント、海水淡水化プラントのそれぞれ1号機が運転開始できるためには1986年はじめまでに入札用書類が完成し、1986年5月には工事の着工を必要とする。従って、可及的速やかにコンサルタントの指名を行ない、下記の精密調査が実施できるようにすること。

- ・夏期の海水温度測定
- ・ボーリングその他の精密地質調査

- (2) 所要資金調達のため、金融機関との折衝を急ぐこと。
- (3) 電力部門では、Batinah 地方北部および内陸部における1988年までの需給バランスを確保するため、本計画とは別に、Sohar 市近郊に1987年および1988年にそれぞれ30MWのガスタービン発電機を増設すること、またSohar 変電所と銅鉞山発電所との間に132kV送電線を建設し、既存送電線の容量不足を補うこと。
- (4) 本フェージビリティ調査の範囲外である下記の項目についても、発電・海水淡水化複合プラントの計画と並行して、準備を進める必要がある。

- ・サイト迄の天然ガスの供給設備
- ・サイト迄の味付け混合井戸水供給設備
- ・運転員および保守員の確保とハウジング設備

C. プロジェクトの設備概要

(A) 発電、海水淡水化プラント

1. 土木工事

(1) 取水路

取水量	40m ³ /sec
構造	開水路
水路	長さ 850m、巾 65m
築堤	長さ 850m×2 + 210m = 1,910m (最大高11.5m)

(2) 取水口およびポンプピット

構造	鉄筋コンクリート開渠 (カーテンウォール式)
規模	長さ 60.00m、巾 73.00m、高さ 13.20m

(3) 排水ピットおよび排水渠

構造	鉄筋コンクリート開渠
規模	長さ 130m、巾 8.00~21.00m、高さ 2.80~8.50m

(4) 貯水池

貯水量	54,000m ³ ×4槽
構造	鉄筋コンクリート地上槽

2. 建築工事

(1) 発電所本館

構造	鉄骨3階建
建物規模	面積 17,341m ² 、建物容積 138,000m ³

(2) 管理棟 (共用)

構造	鉄筋コンクリート2階建
延床面積	2,940m ²

(3) 発電用制御棟

構造	鉄筋コンクリート2階建 (一部中2階)
延床面積	8,183 m ²

(4) 海水淡水化用制御棟

構造 鉄筋コンクリート平屋建

延床面積 540㎡

(5) その他建物（薬液注入室、生産水処理室、共用建物等）

(6) 煙突（3基）

構造 鉄骨、自立型

高さ 80.00m 筒身頂部径2.40m

3. 発電プラント

3.1 スチームタービン発電機

(1) ボイラー（3基）

型式 Natural circulation module type finned water tube

蒸発量 約400t/h

蒸気条件 約80kg/cm²

主使用燃料 天然ガス

(2) スチームタービン（3基）

型式 Impulse type

定格出力 60MW

蒸気条件 約80kg/cm²

回転数 3,000rpm

(3) 発電機（3基）

定格出力 75MVA

力率 0.8

短絡比 約0.5

3.2 ガスタービン発電機

(1) タービン（5基）

型式 Heavy duty industrial type

定格出力 84MW (50℃)、109MW (15℃)

回 転 数 3,000rpm

(2) 発 電 機 (5 基)

定 格 出 力 140MVA

力 率 0.8

短 絡 比 約 0.5

3.3 コンバインド・サイクル用スチームタービン発電機

(1) 排熱ボイラー (4 基)

型 式 Natural circulation module type finned water tube

蒸 発 量 約160T/hr

蒸 気 条 件 約60kg/cm²

(2) スチーム・タービン (2 基)

型 式 Impulse type

定 格 出 力 80MW(50℃)、85MW(15℃)

蒸 気 条 件 約60kg/cm²

回 転 数 3,000rpm

(3) 発 電 機 (2 基)

定 格 出 力 110MVA

力 率 0.8

短 絡 比 約 0.5

4. 海水淡水化プラント (6 基)

(1) 蒸 発 缶 本 体

型 式 短管式長方箱型

段 数 熱回収部20段、熱放出部3段、計23段

(2) プラインヒーター

型 式 横型シエルアンドチューブ式熱交換器

(3) 脱 気 装 置

型 式 真空式充填塔方式

脱気性能 溶存酸素量20ppb以下

(4) 抽気装置 (1基当たり)

蒸気エゼクター 2連3段式
バントコンデンサー (1基) 横型シエルアンドチューブ式熱交換器
エゼクターコンデンサー (1基) "

(5) 主要ポンプ (1基当たり)

ブライン循環ポンプ (1基) 容量 13,150m³/h、全揚程 50m
ブライン排出ポンプ (1基) 容量 1,812m³/h、全揚程 20m
蒸留水ポンプ (2基) 容量 1,500m³/h、全揚程 20m
コンデンセートポンプ (2基) 容量 198m³/h、全揚程 35m

(6) 後処理設備 (計1基)

型式 蒸発缶体からの排ガス利用による石灰石溶解方式
処理量 180,000m³/日
処理水全硬度 60±10mg/l (CaCO₃)

(7) 補助ボイラー (計2基)

型式 水管式屋外用
蒸発量 300T/h (1基当たり)
蒸気圧力 10kg/cmG
蒸気温度 183℃
使用燃料 天然ガス (重油も使用可能)

(B) 送電設備

1. Barka ~ Khuwair 線

(1) 区間および亘長

Barka P.S. ~ Barka S.S. 13km

Barka S.S. ~ Khuwair S.S. 47km

(2) 電圧、回線数 275kV、2回線

(3) 電線 AAAC 400mm²、4導体

(4) 支持物 垂直2回線配列アングル鉄塔

2. Musanna ~ Khabourah ~ Sohar 線

(1) 区間および亘長

Musanna S.S. ~ Khabourah S.S. 60km

Khabourah S.S. ~ Sohar S.S. 65km

(2) 電圧、回線数 132kV、2回線

(3) 電 線 AAAC 400mm²、2導体

(4) 支 持 物 垂直2回線配列アングル鉄塔

(C) 変 電 設 備

1. Khuwair 連系変電所

(1) 変圧器容量 250MVA 125MVA

(2) 電 圧 275/132kV 132/33kV

(3) 台 数 3 2

2. Khabourah 変電所

(1) 変圧器容量 45MVA

(2) 電 圧 132/33kV

(3) 台 数 2

3. Barka 変電所 (増設)

(1) 変圧器容量 250MVA

(2) 電 圧 275/132kV

(3) 台 数 2

(D) 生産水送水設備

1. 貯水池 ((A).1.(4)発電所土木工事の項に記載)

2. 送水ポンプ

(1) 基 数 7 (うち1基は予備)

- (2) 揚水量 27.5m³/min
- (3) 揚程 100m
- (4) 回転数 980rpm
- (5) 駆動 750kW 電動機

3. 送水管

区 間	送水量 (m ³ /日)	管 径 (mm)
(1) Line-A		
Barka プラント～Ghubrah 貯水池	108,000	1,200 (35Km) 1,000 (25Km)
(2) Line-B		
Barka プラント～Seeb town 用分岐バルブ	108,000	1,200
Seeb town 用分岐バルブ～空港用分岐バルブ	70,000	900
空港用分岐バルブ～Azaiba分岐バルブ	38,000	700

第3章 自然的、經濟的條件

第3章 自然的、経済的条件

3.1 国土

3.1.1 位置

オマーン国(Oman)はアラビア半島の東南端に位置し、北緯16度40分と26度20分、東経51度50分と59度40分の間に広がっている。海岸線の長さは、北の Hormuz 海峡から南のイエーメン人民・民主共和国との国境まで 1,700kmである。国の北東部はアラブ首長国連邦と、南西部はサウジ・アラビア王国と、それぞれ国境を接している。

3.1.2 地理的特徴

国土面積は約 300,000km² であり、地理的特徴から見て、以下の諸地方に区分される。

(1) 首都圏

首都圏はこの国の商業、工業、行政の中心である。北の Barkaから Muscat 南方の Yiti まで海岸線の長さは約 90km であり、以下の諸地域から成っている。Muscat地域

： Muscat, Riyam, Sidab, Al Bustan Yiti を含む

Mutrah地域 : Greater Mutrah, Ruwi, Wataya, Hamriyaを含む

Bawshar 地域 : Qurum, Medina Qaboos, Khuwair, Ghubrah, Azaiba を含む

Seeb地域

この地方は同国で最も人口稠密な地方であり、Muscatの近郊にはQaboos港と Al Fahal港の2つの港があるほか、その北西約 30km に Seeb 国際空港がある。

(2) Batinah 海岸地方

Batinah 海岸平野は、海岸と西部 Hajar地方との間にはさまれ、Barka から Shinasまで長さ約 240kmに亘って広がっており、その幅は10~30kmである。耕作は、海岸沿いに幅 3km以下の狭い地域に限られている。この地方も、オマーン国で最も人口の多い地方の一つであり、主な町はBarka, Musanna, Suwaiq, Khabourah, Saham, Sohar, Liwa および Shinas である。

(3) 西部 Hajar地方

Batinah 地方に平行して、Hajar 山脈が北の Musandam から南の Sumail 山狭まで走っている。最高峰は山脈の南東部に集まり、Jebel al Akhdar は標高 3,000m

に達する。山脈の海側には Rustaq, Awabi, Nakhl 等の町がある。

(4) 東部 Hajar 地方

東部 Hajar は、Sumail 山狭から南東の Jebel Jaalan まで長さ 200km 以上に亘って山岳が連続する地方であって、最高峰は標高 2,100m である。山脈の海岸沿いに Sur, Tiwi, Quriyat 等の町がある。

(5) オマーン内陸地方

オマーン内陸地方は、Jebel al Akhdar から南の砂漠地帯に向って傾斜する丘陵地帯である。この地方には、Wadi Sumail, Wadi Halfeen, Wadi Batha および Wadi Bahla の 4 つの渓谷があり、このうち、Wadi Sumail と Wadi Halfeen の 2 つの渓谷が一緒になって丘陵部の自然の凹部を形成している。

この凹部は、古くから Muscat と内陸部をつなぐ交通路となっており、国内で最も人口の多い地方の一つとなっている。この地方の主な町は Nizwa, Bahla, Izki, Manah, Adam および Sumail である。

(6) Dhahirah 地方

これは、西部 Hajar の南側山腹から傾斜して、サウジ・アラビアの Rub al Khali 砂漠につながる半砂漠地帯である。主な町は Ibri および Dank である。

(7) Buraimi 地方

この地方は Dhahirah 地方の北側に当る小さな地方であり、人口は Buraimi オアシスによって灌漑されるナツメ椰子耕作地周辺に集中している。

(8) Shargiya および Jaalan 地方

Shargiya 地方は、東部 Hajar の内陸部にあり、砂混りの平野と谷から成っている。主な町は Ibra, Mudaibi, Samad 等である。

Jaalan 地方も砂混りの平野であり、Shargiya 地方の南側からアラビア海の沿岸まで拡がり、北側は東部 Hajar、南側は Wahiba 砂漠と境を接している。主な町は Bilad Bani BU Ali, Bilad Bani Bu Hasan および Kamil である。

(9) 南部地方 - Dhofar 地方

南部地方は国土面積の殆ど 1/3 を占めており、気候の異なる 2 つの地帯から成っている。Raysut から Taqa に至る狭い海岸平野は、幅は 8km 内外にすぎないが、地味は肥沃であり、6 月から 9 月までは南西季節風の影響で霧雨が降り続く。この季節風は、海岸平野の向背地を成す標高 1,500m の樹林の生えた Kara 山脈にも影響を

もたらしている。山脈の北方は降雨が極めて少なく、砂漠性の植生地帯を形成している。主な町としては、Salala, Raysut, Taqa, Marbatおよび Thamarit 等がある。

(10) Musandam地方

Musandam地方はオマーン国の最北端にあり、アラブ首長国連邦によつて本土と分断された形となっている。面積約 2,000km² の同地方の大部分は標高 1,800m におよぶ険しい山岳から成っており、主な村落として Khasab および Bukhaがある。

(11) Masirah 島

アラビア海の沖合 60km に Masirah島がある。このほか、同じくアラビア海に Kuria Muria 群島があり、最大の島は Hallaniya島である。

3.1.3 気 候

(1) 首都圏

首都圏では11月から4月までの6ヶ月間が雨期であるが、降雨量は少なく、年間100mm程度にすぎない。

5月から10月までの夏期の最高気温は、屢々、45℃以上になることがある。一方、冬期の最低気温は10℃以下に下ることがある。

湿度は極めて高く、夏期には屢々、95%以上になることがある。

因みに Seeb 国際空港と Soharで測定された月別降雨量、気温、湿度等の気象資料をTable-3.1 に示す。

(2) 南部地方

夏期に降雨が集中する Dhofar 地方では、年間雨量は海岸平野部で 110mm前後、山岳地帯で 550~600mm である。

この地方では、夏期でも曇天のため気温はそれほど上昇せず、年間を通じて温和な気候である。湿度は海岸地帯では極めて高く、首都圏と同様に、屢々、95%以上になることがある。

Table 3.1 Monthly temperature, rainfall and humidity
(Capital area and Batinah coast)

Month	Capital area (at Seeb International Airport)				Sohar (1983)				
	Maximum temperature		Rainfall		Maximum humidity		Maximum temperature (°C)	Rainfall (mm)	Maximum humidity (%)
	1982 (°C)	1983 (°C)	1982 (mm)	1983 (mm)	1982 (%)	1983 (%)			
January	31.0	25.0	2.9	-	98	90	25	0.4	100
February	30.0	25.0	59.6	25.6	100	100	24	59.9	100
March	38.0	26.0	35.1	4.5	99	94	26	37.7	100
April	40.0	32.0	0.9	46.7	92	97	31	24.4	100
May	43.0	40.0	-	-	92	94	40	-	100
June	45.0	41.0	-	-	96	96	34	-	100
July	43.0	38.0	-	-	97	92	38	-	100
August	43.0	36.0	-	0.9	92	98	36	-	99
September	42.0	36.0	-	-	94	93	36	-	100
October	41.0	35.0	-	-	88	87	35	-	98
November	35.0	30.0	4.5	-	89	90	30	-	99
December	33.0	27.0	29.5	2.6	95	97	27	-	100

Source: Statistical Year Book 1983 - Development Council

3.2 経済的背景

3.2.1 人口および労働力

オマーンでは、まだ全国的な国勢調査は実施されたことはない。政府発表の人口数は約 1,500,000 人とされているが、国連の推定値によれば、総人口は 1971 年 674,000 人、1981 年 920,000 人、1982 年 950,000 人とされている。従って、人口増加率は年平均 3.15 % となる。また、都市部における人口増加率は年平均約 5 % と推定されている。

総人口のうち、約 1/3 は首都圏および Batinah 海岸地方に居住し、約半数は内陸部に散在する小集落に居住している。また、Dhofar 地方には約 100,000 人、Musandam 地方には約 5,000 人が居住していると言われている。全国を通じて、100,000 人以上の都市はない。

後述するように、オマーン経済の特徴の一つは外国労働者の労働力への依存度が極めて高いことである。政府の開発委員会 (Development Council) の報告書によると、1982 年末現在における政府関係諸機関 (軍隊と警察を除く) の職員合計 51,402 名のうち外国人職員は 20,639 人 (40%) を占め、また、労働省より労働手帳の発給を受けた民間部門の外国人労働者数は 186,821 名となっている。従って、同年における総人口 950,000 人のうち、外国人労働者が 207,460 人 (22%) という高い比率を占めていることがわかる。

3.2.2 経済開発

オマーンの経済開発は、1970 年、サルタン・カブース (Sultan Qaboos) が、それまでの閉鎖的、中世的社会から近代的国家への脱皮を計って政権を掌握した時から始まり、それ以後今日までに達成された成果は誠に目覚ましいものがある。現在の同国経済は確固とした基盤に立っており、国民の生活水準も不断に向上しつつある。1970 年以降の経済発展の過程を区分すると以下の通りとなる。

(1) 経済成長の準備期 (1970-1975 年)

1970 年代の前半は経済成長のための準備期間であった。この時期には、具体的な経済開発計画というものは策定されなかったが、発電所や給水設備、Qaboos 港、Seeb 国際空港、道路、学校等のインフラ部門の建設に主として力が注がれた。この期間中、GDP は 1971 年の 125.1 百万 R.O. から 1975 年の 724.2 百万 R.O. へと年平均 55%

の増大を記録している（1972年不変価格での年平均成長率は44%）。この急速な経済成長は、主に1973年原油価格の高騰に伴う石油輸出収入の急激な増大に起因するものである。

(2) 開発計画多様化への移行期（1976-1980年）

1970-1975年における開発の経験から、政府は1975年に開発委員会を創設し、また、世界銀行の指導の下に、1976-1980年を対象期間とする第1次5ヶ年計画を発足させた。開発計画の重点は a) 原油生産の従来水準の維持と天然ガスの生産拡大、b) Dhofar その他地方の経済開発の促進、c) 中小工業の育成、d) 民間経済部門に対する投資奨励に置かれた。

この期間中も、GDP は年平均 23.6 %の高い成長率を記録した（1978年不変価格での年平均成長率は 13.6 %）。この経済高成長の主因は、1979年の原油価格の値上げによる石油輸出収入の増大である。

(3) 産業の多様化（1981-1985年）

1981-1985年を対象期間とする現行第2次5ヶ年計画は第1次5ヶ年計画の補完的色彩が強い。計画目標は、GDP を1980年の 2,066,6百万R.O. から1985年には 3,824,4 百万R.O. へと年平均 13.1 %の成長を達成することであり、開発計画の重点はa)産業の多様化、b)民間経済部門への投資奨励、c) Musandam, Dhofar その他内陸地方の経済開発の促進に置かれている。

既に1981-1983年の3ヶ年に実施された公的投資の額は同期間中の計画投資額を可成り上回っており、また重油生産についても、1983年の原油生産量は前年に立てた生産目標、日量 330,000バレルに対して 389,000バレルを記録した。

第2次5ヶ年計画の枠内で完成した主要プロジェクトを挙げると次の通りであり、いずれも首都圏および Batinah海岸地方に建設されている。

プロジェクト	生産量	地点	完成年
製油所	50,000バレル/日	Al Fahal 港	1982年
セメント工場	620,000 屯/年	Rusail	1983年
銅採掘および精錬	20,000 屯/年	Sohar	1983年
工業団地造成	172 ha(109区画)	Rusail	1984年

人口増加率を年平均 3.15 %とすると、総人口は1980年の 890,000人から1985年は 1,041,000人に増大するものと推定される。一方、GDP は1980年の 2,066,6百万

R.O.から1985年は3,824.4百万R.O.に増大するものと計画されている。従って、国民1人当りのGDPは1980年の2,322R.O. (US\$ 6,790) から1985年は3,667 R.O. (US\$ 10,720)に増大するものと思われる。これは、現在の日本の1人当りGDPにはほぼ匹敵するものである。

Table 3-2 は、1976年から1980年までの第1次5ヶ年計画の部門別GDP成長実績および1981～1983年の第2次5ヶ年計画当初3年間のGDP成長実績を示す。

3.2.3 物 価

オマーンは、1973年および1974年に急激な物価騰貴に見舞われている。その原因の一端は1973年の石油危機を契機とする世界物価の上昇にあるが、同時に、1970年以後進められてきた開発計画の無計画性はその原因の一つとして指摘されている。しかしながら、1973年および1974年に政府は各種の緊急措置を講じ、また、その後の経済開発政策も慎重になされるに至ったので、以後、急激な物価騰貴は見られなくなった。

消費者物価指数は、1972年を100とすると、1973年は176.3、1974年は226.7と急激に上昇したが、1975年には172.2、1976年は159.3に低下した。また、1978年価格を100とした場合の消費者物価指数は1976年の85.0から1982年の124.0に上昇したが、1983年は118.6に低下している。1976年以降の年平均上昇率は4.9%である。

年 次	消費者物価指数	
1972	100.0	—
1973	176.3	—
1974	226.7	—
1975	172.2	—
1976	159.3	85.0
1977	164.4	87.7
1978	187.4	100.0
1979	198.6	108.5
1980	223.6	119.3
1981	229.9	122.7
1982	234.2	124.0
1983		118.6

資料出所 : Directorate General of National Statistics

3.2.4 経済構造の特色

オマーンの経済構造の特色として次の点が指摘される。

- a) 石油生産に対する依存度が極めて高いこと。
- b) 外国労働者の労働力に対する依存度が極めて高いこと。
- c) 民間経済部門の発展が低調であること。

以上のうち最大の特色は石油生産に対する依存度が高いことであって、この事実は総国家収入に占める石油輸出収入の比率によって示される。この比率は、以下に示すように、1981年は 89 %、1982年は 90 %、1983年は 88 %を記録している。

(百万 R.O.)

項 目	1981	1982	1983
石油収入	1,125.4 (89%)	1,117.3 (90%)	1,187.6 (89%)
その他収入	136.8 (11%)	118.1 (10%)	146.3 (11%)
合 計	1,262.2 (100%)	1,235.4 (100%)	1,333.9 (100%)

資料出所 : Directorate General of National Statistics

GDP に対する各経済部門のシェアはTable 3.2 に示す通りであるが、この表によると、1983年の GDPのうち石油生産の占める比率は 49.5 %、建設部門のそれは 6.8%、商業部門のそれは 11.5 %となっている。製造業の比率は僅か 2.3%にすぎない。

政府の行政サービスおよび国防の GDP比率は可成り高く、13.1%となっている。

3.2.5 主要経済部門の活動状況

(1) 石油生産

オマーンの石油埋蔵量はそれほど多くはない。1980年の推定による総埋蔵量は約 2,440 百万バーレルで、以下に示すように、このうち70%が北部油田、21%が南部油田、9%が中部油田に埋蔵されている。

油 田	埋蔵量 (百万バーレル)
北部油田	1,718 (70%)
中部油田	216 (9%)

南部油田 506 (21%)

合計 2,440 (100%)

しかしながら、最近における新油田の発見により、現在では総埋蔵量は 2,600 百万バレル以上と推定されている。

石油生産は1967年に開始され、1970年初め頃から生産が増大した。現在までの生産量のピークは1976年と1983年に記録され、1976年は日量 365,000バレル、1983年は日量 389,000バレルであった。1975年日以降1983年までの石油の生産実績は以下の通りである。

年次	年間生産量 (百万バレル)	日量 (千バレル)
1975	124.6	341
1976	134.7	365
1977	124.1	340
1978	114.7	314
1979	107.7	295
1980	103.3	282
1981	119.7	328
1982	122.7	336
1983	141.9	389

仮りに、日量 350,000バレルの生産を続けるとすると、オマーンは今後なお20年以上に亘って石油生産による便益を享受し得ることとなる。

送油管は、北部油田の Fahudから Al Fahal 港まで約 250kmに亘って、36インチの主油送管 (送油能力：日量 385,000バレル) が敷設され、また、この主要送油管の途中から分岐する延長約 565kmの送油管 (送油能力：日量 70,000 バレル) が中部および南部油田に伸びている。

オマーンの石油生産は、1980年に ELF-住友-Wintershallグループが Butabul で小油田の操業を開始するまで、オマーン石油開発会社 (Petroleum Development Oman~PDO) が一手に掌握していた。このグループによって生産された原油は、同グループと PDOとの協定に基づいて Al Fahal 港まで送油管で運ばれ、そこで PDOの原油とブレンドされた後輸出されている。

(2) 天然ガス生産

天然ガスは、オマーンにとって正に将来の燃料として重視されている。埋蔵個所は、北部油田、中部油田、南部油田等に随伴ガスまたは非随伴ガスの形で発見されているが、このほかにも全国各地に小規模のガス田となって散在している。

PDO の利権地域内における天然ガスの埋蔵量は 1,833億 m³と推定されており、その地域配分は以下の通りである。

(10億 m ³)			
埋蔵地	随伴ガス	非随伴ガス	合計
北部地方	24.6	109.2	133.8
中部地方	5.3	23.8	29.1
南部地方	14.2	6.2	20.4
合計	44.1	139.2	183.3

後述するように、上記の PDO利権地域以外にも約 1,330億 m³の天然ガスの埋蔵量が推定されている。

天然ガスの主な需要家は次の通りである。

- ・ 水, 電力省
- ・ オマーン鉱山会社 (Sohar)
- ・ オマーン, セメント会社 (Rusail)
- ・ 国防省

首都圏および Batinah海岸地方における上記の電力および工業需要に供給しているガス田は、現在は Yibalの非随伴ガス田だけであり、当該ガス田の埋蔵量は約773 億 m³と推定されている。

ガス・パイプラインは、首都圏の発電および海水淡水化プラントで従来使用されていた輸入ディーゼル油に代替するため、Yibal から Ghubrahまで延長 325kmの20インチ主要パイプラインが1978年に操業を開始した。設計輸送能力は、非加圧で日量 4.73 百万 m³である。

また1982年には、上記 Yibal-Ghubrah 主要パイプラインから北西部 Soharの銅採掘および精錬プラント (オマーン鉱山会社) に至る延長 227kmの16インチのガス・パイプラインが操業開始した。

天然ガスの需要予測によると、Yibal のガス田は上記各需要家の必要量を将来20～30年に亘って満たし得る埋蔵量ではあるが、肥料工業やメタノール、或はアルミ精練等の大量ガス消費産業の需要を長期に亘って供給するには不十分であると見られている。

しかしながら、PDOの利権地域以外においても、BLFグループ、Gulf Oilグループその他のグループによって、Hormuz海峡やオマーン北西部に新たな天然ガス埋蔵地帯が発見されている。或る研究報告によると、地質調査、地震探査の結果、比較的浅部地層に推定される新たな埋蔵量は約 1,330億 m^3 と報ぜられている。オマーン政府が各国石油会社に与えている石油探掘利権には、発見された天然ガスは全てオマーン政府の財産として規定されており、従って、分与協定の対象にはならないものとされている。

(3) 鉱業

鉱物資源探査を目的とする地質調査は1966年以来実施されており、特に第1次5ヶ年計画が開始されて以降積極的に行われてきた。鉱物資源賦存状態の全貌はまだ明らかとはなっていないが、これまでの調査の結果、銅、鉄鉱石、マンガン、ニッケル、石炭、その他大量の石灰岩、石膏、石棉、大理石等の賦存が明らかにされている。また、Dhofar地方や Ras al Hadd地方にはウラニウム鉱も賦存の可能性があると見られている。

現在、石油資源だけに依存するオマーンにとって、鉱業は将来石油に代替する重要産業として大きな期待が寄せられており、鉱物資源の開発には石油に次ぐ優先度が与えられている。

1978年、政府によってオマーン鉱山会社が設立され、Sohar 内陸部の銅鉱山探査に主力が傾注されることとなった。

上記地域の Al-Baida, Al-Asail および Al-Arjaにおける試錐の結果、銅の確定埋蔵量が 13,000,000 屯と推定されるに至り、銅鉱探掘および精練プロジェクトの発足が決定された。この決定の一方、更に可能埋蔵量を確認するための試錐作業が継続され、大量の追加埋蔵量が推定されるに至った。発見された原鉱石の銅含有量は2.1%である。プロジェクトは1983年に完成し、現在、年約 1,000,000屯の銅鉱石が採掘され、年間約 20,000 屯の銅が精練され、輸出されている。

(4) 工業

1978年にMutrahに年産能力 45,000 屯の製粉工場が建設されるまでオマーンの工業活動は極めて限定されたものであり、僅かに、食品、清涼飲料、金銀細工、洋服仕立、織物、家具木工品、建設用のセメントブロック、床材等の生産、または鉄製品加工等を営む小規模家内工業が存在するだけであった。しかしながら、第1次5ヶ年計画期間中に工業部門に対する民間投資も漸次増大してきた。これら投資の特徴は、対象プロジェクトの大部分が、建設業やその関連部門が所要する中間材料の生産を目的とするものであったことである。

第2次5ヶ年計画において、政府は、工業活動の発展とその多様化を目的として、以下の政策を掲げている。

- ・ 民間部門育成のための財政的支援
- ・ 工業を営む会社に対する法人税の免除
- ・ 国内原材料を使用し、または国内労務者を多く雇傭する工業プロジェクトに対する高優先度の賦与
- ・ 輸出部門で利益を生み出すような工業プロジェクトに対する外国投資家の誘致

以上の政策に基づいて、生産能力 620,000屯の Rusail セメント工場が1983年に操業を開始した。このセメント工場の完成によって、国の建設活動が円滑化され促進されることは言うまでもない。もう一つの画期的な出来事は、同じく1983年に完成した Rusail 工業団地である。この団地は総面積 172haで、109 区画から構成されており、民間工業部門の企業家に分譲される計画である。

現在、GPD に占める工業部門の比率は小さいけれども、将来その経済的貢献度は漸次増大するものと期待されている。しかしながら、オマーンにおける工業の発展には困難な点も少なくない。その第一は国内市場が小さいため大規模工業の育成が難しく、製品価格が輸入品価格に較べて割高となる可能性があること。第二は国内の技術、労働力の不足が企業経営に支障をもたらす恐れがあることである。

(5) 農業および漁業

石油が発見、生産される以前のオマーン経済は農業および漁業によって支えられていた。或る研究によれば、現在でも人口の約半分が農耕地帯に居住し、生計手段を農業に依存しており、また、漁業従事人口は7,000 ~ 8,000人と見られている。しかしながら、国民生活水準の急速且つ不断の向上と自然の人口増のため、オマー

ンは毎年大量の食料輸入を余儀なくされている。1983年の食料輸入額は108.9百万R.O.で、総輸出額(860.9百万R.O.)の12.6%を占めていた。これに対して同年の食料輸出額(ナツメ椰子、ライム果、魚、果実、野菜等)は7.14百万R.O.であった。

オマーンの農業は地下水に依存するため、耕作地は、水のある所に従って小面積の耕地となって全国に散在している。しかしながら、或る研究によれば、オマーンの農業生産能力は2倍に高めることが可能と言われている。従って政府は拡張サービス・センターや農事試験所の設置を通じてこの目的の達成に努めている。これらのサービス・センターや試験所は、改良種子の播布、トラクターサービス、殺虫剤や肥料の供給、ポンプその他農耕機具の貸与等、様々のサービスを農家に提供している。

農業部門における政府の最終目標は食料自給体制の確立である。この目的のため、a)既存耕地の生産性の向上、b)新水源の開発による新規農地の造成、および、c)伝統的ファラジ農業システムの改善等が将来の課題として残されている。

一方、漁業も依然として重要な雇傭供給源であると共に重要なたん白源となっている。延長1,700kmの海岸線に面する海洋は、いわし、たい、いか、ひしこ、えび、あわび等の各種魚介類が豊富であり、将来の漁業発展に大きなポテンシャルを持っている。このため、政府は漁業開発にも極めて高い優先度を与えている。

上記の政策に基づいて、冷凍貯蔵庫、製氷プラント、冷蔵トラック、漁船、モータ修理工場等を含む漁業センターや魚取引センターを設立することによって漁業部門の近代化が推進されつつある。これら漁業センターの一つはMutrahに設立され、ここでは深海漁業のためのトロール船が四隻設備されている。その他の漁業センターはSalala、Musandam、Masirahに設けられ、また、Mirbatには修理工場、Buraimiには魚取引センターが設けられている。

農業および漁業振興のため、政府によって1981年に農業、漁業信用銀行が設立されている。

3.2.6 国際収支

多額の原油輸出額のお蔭で貿易収支は毎年黒字であり、輸出総額の約95%が原油の輸出収入である。民間部門のサービスや送金等の貿易外収支は毎年赤字であるが、公的借款および移転収支ならびに石油部門の資本導入を加えた総合収支はほぼ毎年黒字

を維持している。詳細は Table 3.3に示す通りである。なお、輸出入とも、殆ど毎年、日本が第一位を占めており、総原油生産量の40～50%が日本に輸出されている。

Table 3.2. GDP achieved by economic sector (Current price)

Sector	(Million R.O.)									
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	Share (1983)	
1) Agriculture and fisheries	18.3	24.1	30.7	40.3	52.6	62.1	66.1	80.5	2.9%	2.9%
2) Petroleum	517.5	532.8	491.1	712.7	1,272.6	1,475.2	1,402.0	1,353.3	49.5%	49.5%
3) Natural gas and mining	-	-	2.7	7.0	13.3	20.3	22.7	31.3	1.1%	1.1%
4) Manufacturing	4.3	6.7	8.5	9.6	13.4	24.0	35.9	63.2	2.3%	2.3%
5) Construction	88.5	78.0	71.4	86.1	117.8	144.9	169.8	187.4	6.8%	6.8%
6) Transport and communication	13.5	17.6	20.7	25.5	38.3	53.8	64.9	72.9	2.7%	2.7%
7) Electricity and water	6.4	9.2	11.1	12.7	16.0	18.7	21.3	24.0	0.9%	0.9%
8) Trade, restaurants, hotels	76.5	94.2	104.0	137.1	188.3	251.3	299.5	315.7	11.5%	11.5%
9) Financing, insurance and business services	92.0	96.2	100.1	123.0	162.7	206.4	231.0	255.5	9.3%	9.3%
10) Community and personal services	4.4	5.8	7.6	9.6	13.0	16.9	20.7	25.4	0.9%	0.9%
11) Government services	69.3	90.5	109.2	137.9	194.6	260.5	305.0	360.0	13.1%	13.1%
12) Import duties	4.5	4.6	4.6	7.0	8.6	11.3	14.7	21.7	0.8%	0.8%
13) Less: Bank service charges	-10.9	-12.9	-14.2	-19.0	-24.6	-39.0	-43.9	-49.6	-1.8%	-1.8%
Total GDP	884.3	946.8	947.5	1,289.5	2,066.6	2,506.4	2,609.7	2,741.3	100.0%	100.0%

Source: Statistical Year Book 1984 - Development Council

Table 3.3 Balance of payments

Item	(Million R.O.)				
	1978	1979	1980	1981	1982
<u>Trade balance</u>	<u>113.7</u>	<u>294.2</u>	<u>581.3</u>	<u>681.6</u>	<u>440.6</u>
Export and re-export f.o.b.	552.0	787.4	1,294.6	1,621.9	1,527.7
(Oil exports)	(521.8)	(745.7)	(1,244.6)	(1,526.4)	(1,409.6)
(Other exports and re-exports)	(30.2)	(41.7)	(50.0)	(95.5)	(118.1)
Imports c.i.f.	-438.3	-493.2	-713.3	-940.3	-1,087.1
<u>Services and private transfers</u>	<u>-134.3</u>	<u>-169.1</u>	<u>-196.6</u>	<u>-275.3</u>	<u>-331.8</u>
Profit remittances	-39.7	-43.8	-59.5	-104.4	-114.5
Official interest (net)	1.6	-7.6	21.8	79.4	133.2
Other services (net)	-22.9	-31.8	-46.5	-95.5	-114.4
Worker's remittances	-73.3	-85.9	-112.4	-154.8	-236.1
<u>Official loans and transfers</u>	<u>-2.5</u>	<u>48.4</u>	<u>36.2</u>	<u>105.6</u>	<u>37.3</u>
<u>Oil sector capital</u>	<u>15.6</u>	<u>9.0</u>	<u>26.9</u>	<u>9.6</u>	<u>45.9</u>
<u>SDR allocation</u>	<u>-</u>	<u>1.4</u>	<u>1.0</u>	<u>-</u>	<u>1.0</u>
<u>Errors and omissions</u>	<u>-27.3</u>	<u>-81.2</u>	<u>-125.4</u>	<u>-40.5</u>	<u>100.3</u>
<u>Overall balance</u>	<u>-34.8</u>	<u>102.7</u>	<u>323.4</u>	<u>481.0</u>	<u>293.3</u>

Source: Statistical Year Book - 1982

第4章 電気事業の現況と電力需要予測

および電力設備増強計画

第4章 電気事業の現況と電力需要予測 および電力設備増強計画

4.1 事業組織

4.1.1 一般概況

1970年にサルタン Qaboos が政権を掌握した当時、オマーン国の一般供給用発電設備は首都圏のRiyam 発電所4.98MWがあるにすぎず、一方、都市用水の供給設備は井戸のみであって、1971年の年間水生産量は僅か 386,000 m^3 にすぎなかった。国連報告書による1971年のオマーン全国推定人口は約 674,000人であるから、人口一人当りの発電設備は 7.4Watt、年間井戸水生産量は0.57 m^3 という極めて低いものであった。

従って、1970年の政変後、政府は直ちに国民に対する充分なる電力および水の供給確保という問題に取り組まねばならなかった訳であるが、現在までの政府の開発努力の成果は誠に目覚ましいものがある。すなわち、首都圏について言えば、政府所有発電所の設備出力は1970年の4.98MWから1984年には566.1MW に増大し、都市用水生産量は1971年の 386,000 m^3 から1984年には井戸および海水淡水化プラントを合わせて 19,698,000 m^3 に増大している。

電力設備計画の策定、発電、送電、配電事業の運営は“水・電力省”(Ministry of Electricity and Water - MEW)を通し 2 政府が直接これを行っている。同省は1978年に従来の“通信省”(Ministry of Communication)を改組して発足したものである。海水淡水化プラントの建設や都市用水の供給事業もMEW によって行われている。なお、灌漑目的のための給水設備計画は“農・漁業省”(Ministry of Agriculture and Fisheries)が実施している。

但し、Musandam地方と Buraimi地方の電力および水供給はMEW の管轄外であり、前者は、“Musandam開発委員会”(Musandam Development Committee) が、後者は“農村開発委員会”(Rural Development Committee) がこれを行っている。また、オマーン南部地方では、MEW は電力供給事業のみ行い、給水事業は管轄外となっている。

自家用発電設備としては、“オマーン石油開発会社”(Petroleum Development Oman-PDO)、“オマーン鉱山会社”(Oman Mining Company-OMC) の設備が主なもので、このほか、“国防省”(Ministry of Defence) も非常用発電設備を備えている。

水供給の面では、1976年4月に最初の海水淡水化プラントがGhubrah に建設される

まで、供給源は井戸水だけであった。

4.1.2 MEWの組織

(1) 省内組織

全国の電力、水供給系統は、a)首都圏系統、b)Batinah 系統、c)南部地方系統（水供給は含まず）およびb)全国農村系統に分かれている。MEW の省内の組織、機能は電力および給水事業それぞれの特色、供給系統の地理的区分等を考慮して定められている。

すなわち、MEW は下記の5局から構成されており、水・電力大臣の全般的指揮下に、各局の局長 (Director General) がそれぞれの部門を統轄している。

- ・総合管理局 (Directorate General DIWAN)
- ・計 画 局 (Directorate General of Projects)
- ・電 力 局 (Directorate General of Electricity)
- ・水 道 局 (Directorate General of Water)
- ・南部地方電力局 (Directorate General of Electricity-Southern Area)

上記のうち、総合管理局はMEW 全体の管理、人事、財務事項を処理し、計画局は電力および水関係プロジェクトの立案段階から契約締結までの業務を所掌事項としている。電力局は首都圏および農村地方における電力設備の建設、発電、送電、配電に関する全ての技術的事項の直接責任個所であり、また、これらについての管理および財務を処理している。水道局は首都圏および農村地方の給水設備の建設と給水事業を直接行っており、また、これらについての管理および財務を処理している。

南部地方電力局は、Salala, Raysut, Marbat, Sadah, Taqa 等を含むオマーン南部地方における電力設備の建設と配電事業を行い、関連する管理、財務事項を処理している。

因に、1985年1月末現在のMEW の省内組織を示すとTable-4.1 の通りである。

(2) 設備の運転保守

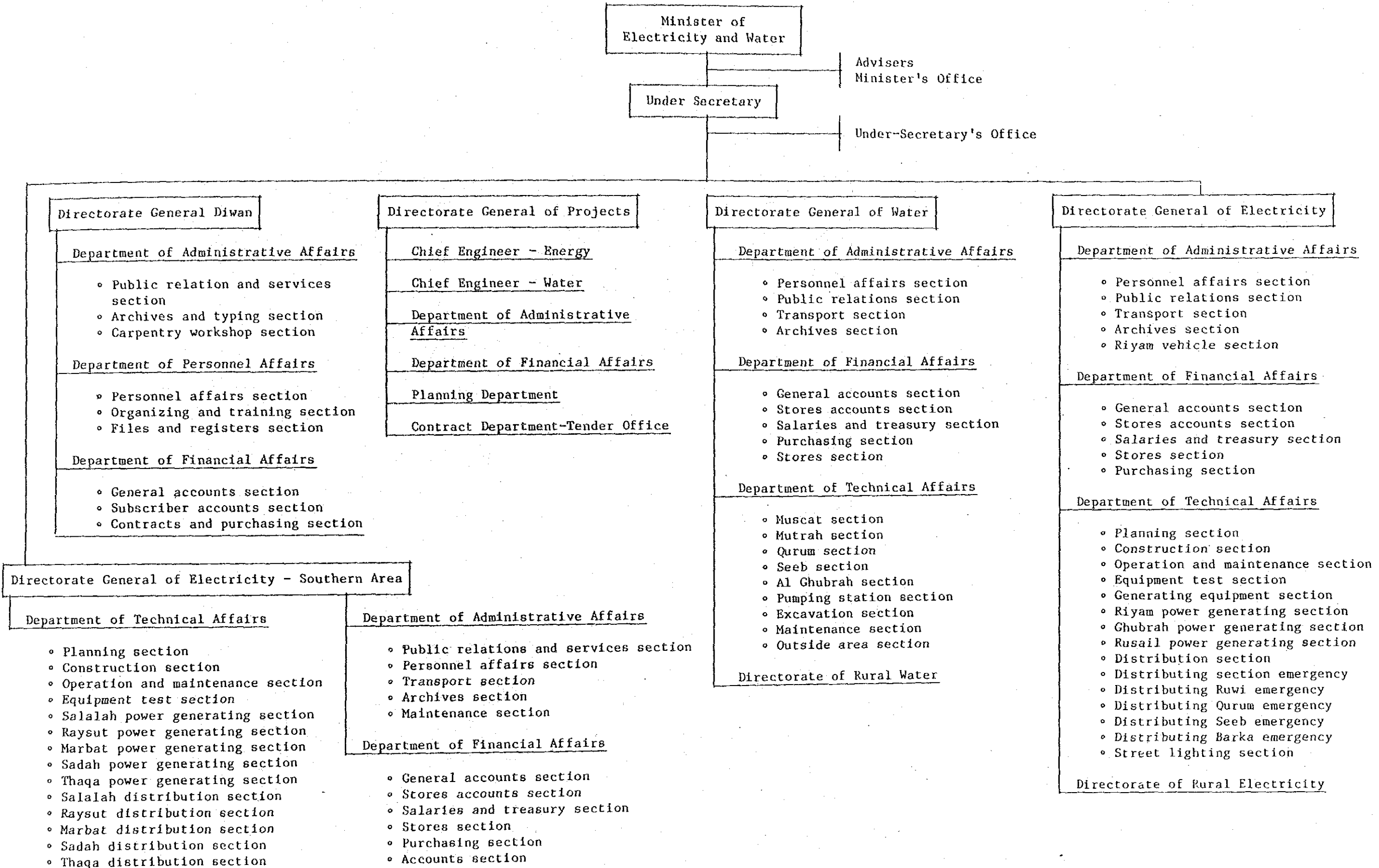
発電所および海水淡水化プラントの運転保守はMEW との契約に基づいて外国の企業等によって行われている。例えば首都圏のRusail発電所は英国のJohn Brawn社がMEW と契約し、所要の技術要員その他を雇傭して運転保守を行っており、また、

Ghubrah 発電および海水淡水化プラントはクウェイトのSOGEX 社がMEW と契約して
運転保守を行っている。

(3) 検針、料金調定、集金

需要家の電力消費量や、水消費量を測定するための検針や、これに基づく料金調
定、集金業務は、“オマーン投資金融会社” (Oman Investment and Finance
Company) がMEW と契約を結び、業務を代行している。集金は銀行振込みの形で、一
般需要家からは毎月、政府機関からは3ヶ月毎に行われている。

Table 4-1 Organization chart of MEW



4.2 既存電力設備

4.2.1 首都圏の電力設備

(1) 発電所

首都圏には3発電所があり、1985年1月末現在の設備出力は566.1MWである。

発電所名	発電型式	設備出力(MW)
Ghubrah:	汽 力	72.5
	ガスタービン	212.5
小 計		285.0
Rusail	ガスタービン	249.0
Riyam	ディーゼル	32.1
合 計		566.1

上記発電所のうち、Riyam 発電所のディーゼル・エンジンは一、両年中に全て農村地方に転用が計画されている。また、Rusail発電所は1986年に4号機および5号機合計166MWが、また1987年に6号機83MWが増設される計画となっている。

発電所の所内用電力消費は海水淡水化プラントを含むGhubrah 発電所全体で約10.4MWと推定され、Rusailガスタービン発電所の所内消費率は0.65%と言われる。従って、Riyam 発電所を除いた首都圏発電設備の1985、1986および1987年の設備出力と送電端出力は以下の通りとなる。

(MW)

電 所	1985			1986			1987		
	発電端	所 内	送電端	発電端	所 内	送電端	発電端	所 内	送電端
Ghubrah	285	10.4	274.6	285	10.4	274.6	285	10.4	274.6
Rusail	249	1.6	247.4	415	2.6	412.4	498	3.2	494.8
合 計	534	12.0	522.0	700	13.0	687.0	783	13.6	769.4

(2) 送電線

首都圏の送電線は Ghubrah発電所からWadi Adai およびAl Falaj両変電所に至る各々132KV 2回線送電線と、Rusail発電所からGhubrah およびSeeb変電所に至る各

々132KV 2回線送電線がある。

1985年6月着工予定の132KV 2回線送電線として、Rusail発電所～Wadi Adai 変電所間、Rusail発電所～Barka 変電所間、および Wadi Adai変電所～Wadi Kabir変電所間の送電

線が計画されている。このほか、Barka 変電所～Musanna 変電所間の132KV 2回線送電線の入札が1985年中に行われる予定である。

配電電圧は33KVおよび11KVであり、一般需要家に対する供給は 200/240V 50Hzで行われている。

(3) 変電所

132/33KV変電所として、Al Falaj変電所(250MVA)、Wadi Adai 変電所(250MVA)、Rusail変電所(150MVA)、Ghubrah 変電所(84MVA) およびSeeb変電所(126MVA)が運転している。

計画中の変電所は Wadi Kabir, BarkaおよびMusanna 変電所の3ヶ所であり、変圧器容量は何れも250MVAである。

(4) Musanna, Suwaiq, Rustaq 等との連系

計画中のMusanna 変電所より、Musanna町、Suwaiq町およびRustaq町に33KV線で配電する計画が進められており、現在それぞれの町のディーゼル発電所から供給を受けているこれらの町と周辺部落は1986年以降は首都圏の送電線を通して電力供給を受ける予定となっている。また、Mabellah町も1986年から首都圏送電線に接続される。

4.2.2 Batinah海岸地方の電力設備

(1) 発電所

Batinah海岸地方のうち、Musanna、Suwaiq、Rustaqは、現在それぞれ7.4MW、6.9MW および7.2MW のディーゼル発電所があるが、前述のように、これらの町は1986年以降は首都圏電力系統に含まれることとなる。

上記以外のBatinah 地域では発電所は下記の3ヶ所にあり、合計設備出力は65.8 MWである。

発電所名	発電形式	設備出力(MW)
銅 鉞 山	ガスタービン	51.0

Shinas	ディーゼル	3.9
Khabourah	ディーゼル	10.9
合 計		65.8

銅鉱山のガスタービンは17.0MW 3基から成り、このうち1台は“オマーン鉱山会社” (Oman Mining Company-OMC) の自家用発電機である。他の2台のうち1台はMEW の所有、残り1基はMEW とOMC の共用に供されている。

今後の増設計画としては、1985年中に27.0MW 2基 (MEW) 、1986年に30.0MW 2基 (農村開発委員会-RDC) の増設計画がある。従ってこの地域におけるガスタービンの総設備出力は、1985年に 105MW、1986年に165MW と予定される。

(2) 送電線、変電所

銅鉱山のガスタービン発電所の発生電力は 66/33KVの Magan変電所よりLiwa、Majis、Sohar、Saham の各33/11KV 変電所に送電され、一般需要家に供給されている。また、内陸部のIbriおよび周辺地域への送電も1986年に開始が計画されている。首都圏および Batinah海岸地方の電力設備の概要を、それぞれ Table 4.2および Table 4.3に示す。

また、首都圏の送電系統図を Fig.4.1に示す。

Table 4-2 Power facilities in the Capital area (January 1985)

1. <u>Power stations</u>				(MW)
Power station	Type of power plant	Unit capacity x No. of unit	Installed capacity	Commissioning year
<u>Existing</u>				
Ghubrah	Steam	3 x 7.5	22.5	1976
	Steam	1 x 50.0	50.0	1977
	Gas turbine	9 x 17.5	157.5	1978-79
	Gas turbine	2 x 27.5	55.0	1982
Total			285.0	
Rusail	Gas turbine	3 x 83.0	249.0	1984
Riyam	Diesel	1 x 4.98	4.98	1968
	Diesel	1 x 1.40	1.40	1972
	Diesel	1 x 2.40	2.40	1972
	Diesel	1 x 2.98	2.98	1972
	Diesel	3 x 6.78	20.34	1974-75
Total			32.1	
Grand total			566.1	
<u>Under planning</u>				
Rusail	Gas turbine	2 x 83.0	166.0	1986
	Gas turbine	1 x 83.0	83.0	1987
<u>2. Transmission lines (132 kV)</u>				
Section	Line length(km)	Conductor		
<u>Existing</u>				
Ghubrah P.S. - Wadi Adai S.S.	14	AAAC 400 sq mm x 2, 2 cct		
Wadi Adai S.S. - Al Falaj S.S.	4	AAAC 400 sq mm x 2, 2 cct		
Ghubrah P.S. - Rusail P.S.	22	ACSR 240 Sq mm x 1, 2 cct		
Rusail P.S. - Seeb S.S.	14	ACSR 240 sq mm x 1, 2 cct		
<u>Bidded or uner planning</u>				
Rusail P.S. - Wadi Adai S.S.	34	AAAC 400 sq mm x 2, 2 cct		
Rusail P.S. - Barka S.S.	22	AAAC 400 sq mm x 2, 2 cct		
Barka S.S. - Musanna S.S.	48	AAAC 400 sq mm x 2, 2 cct		
Wadi Adai S.S. - Wadi Kabir S.S.	4	AAAC 400 sq mm x 1, 2 cct		
<u>3. Substations</u>				
Substation	Voltage (kV)	No. of unit x capacity (MVA)		
<u>Existing</u>				
Al Falaj	132/33	2 x 125		
Wadi Adai	132/33	2 x 125		
Ghubrah	132/33	2 x 42		
Rusail	132/33	2 x 75		
Seeb	132/33	2 x 63		
<u>Bidded or under planning</u>				
Barka	132/33	2 x 125		
Musanna	132/33	2 x 125		
Wadi Kabir	132/33	2 x 125		

Table 4-3 Power facilities in the Batinah coast (January 1985)

1. Power stations

Power station	Type of power plant	No. of unit x unit capacity	Installed capacity	Commissioning year (MW)
<u>Existing</u>				
Copper mine	Gas turbine	3 x 17.0	51.0	1981
Shinas	Diesel	2 x .465	50.0	1979
	Diesel	1 x 3.0	3.9	1984
Khabourah	Diesel	4 x .465	55.0	1979
	Diesel	1 x 3.0		1982
	Diesel	2 x 3.0	10.9	1984
<u>Total</u>			65.8	
<u>Bidder or under planning</u>				
Copper mine	Gas turbine	2 x 27.0	54.0	1985 (MEW)
	Gas turbine	2 x 30.0	60.0	1986 (RDC)

Note: In addition there are three power stations at Musanna (7.4 MW), Suwaiq (6.9 MW) and Rustaq (7.2 MW). These towns are planned to be fed by interconnected transmission line of the Capital area from 1986.

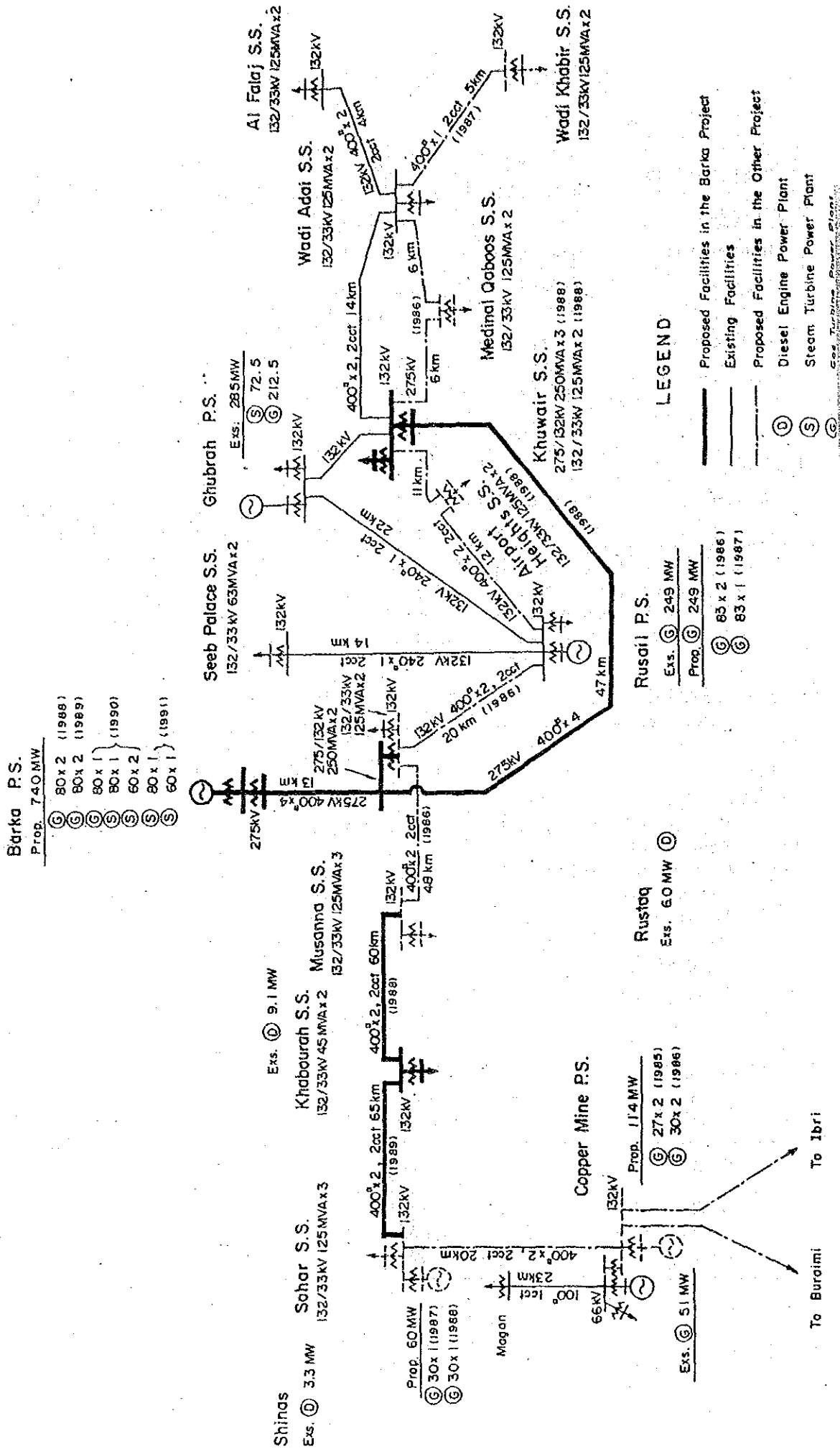
2. Transmission lines

Section	Line length (km)	Voltage (kV)
<u>Existing</u>		
Copper mine - Magan S.S.	22.7	66
Magan S.S. - Liwa S.S.		33
Magan S.S. - Majis S.S.	5.5	33
Majis S.S. - Sohar S.S.	21.0	33
Sohar S.S. - Saham S.S.	30.0	33
<u>Under planning</u>		
Copper mine - Ibri		

3. Substations

Substation	Voltage (kV)	Capacity (MVA)
Magan	66/33	
Liwa	33/11	3
Majis	33/11	3
Sohar	33/11	10
Saham	33/11	10

Fig. 4.1 ELECTRIC POWER SYSTEM
(Capital and Batinah Areas)



4.3 電力需給状況および電力料金

4.3.1 首都圏の需給状況

1970年までは、首都圏もまだ未発達の状態にあったが、政変を契機として、また特に1970年代中頃の新油田発見以後は道路、学校、建物、住宅、Qaboos港、Seeb国際空港といったインフラストラクチャーに公共、民間の投資活動が盛となり、また、推定人口も1970年の53,000人から1983年には241,000人に増大している。従って、生活水準の向上と相俟って、電力需要は毎年大幅の伸びを記録している。

(1) 発電量および尖頭負荷

首都圏の需要中心地はMuscat、Mutrah、Ruwi、Qurum、Seeb等である。1976年から1984年までの9年間において、MEW発電所の発電量は1976年の214.2GWhから1984年には1,512.6GWhに増大し、尖頭負荷は1976年の46.6MWから1984年は340.3MWに増大している。発電量の年平均増加率は1976～1980年は31.6%、1980～1984年は23.9%、また、尖頭負荷の年平均増加率は1976～1980年は30.6%、1980～1984年25.9%である。

年次	発電量 (GWh)	尖頭負荷 (MW)
1976	214.2	46.6
1980	642.1	135.5
1984	1,512.6	340.3
<u>年平均増加率</u>		
1976 - 80	31.6%	30.6 %
1980 - 84	23.9%	25.9 %

(2) 負荷率

負荷率は1976～1980年は平均54.7%であったが、1980～1984年は平均50.9%に低下している。その原因は家庭冷房器具の普及により、夏期のピークが極めて尖鋭化したためと考えられる。

(3) 系統損失率

発電所の所内消費電力量の消費率は毎年逡減し、1984年は5.7%であった。販売電力量についての年度別統計資料は入手できなかったが、1983年度の実績では送電端電力量1,087.8GWhに対して販売電力量は918.4GWhとなっている。従って、送配電損失率は概ね15%と推定される。

4.3.2 Batinah 海岸地方の需給状況

Batinah 海岸地方の工業用需要はSohar 内陸部の銅の採鉱および精錬工場（年産約20,000屯）1ヶ所があるだけで、残りは全て一般家庭用需要と小規模の商業需要だけである。

電力供給が始まってから現在まで僅か4～5年にすぎないので、これまでの需要の伸びは下記のように極めて大きなものであった。

地 域	1980	1984
Musanna、Suwaiq、Rustaq	1.6MW	19.2MW(load shedding 1.0MW)
Sohar、Shinas、Saham、Khabourah	4.9MW	29.0MW

各町村の負荷率は29%～35%の間を変動し、平均約32%である。

以上、首都圏およびBatinah 海岸地方の需給実績をTables 4.4、4.5 および4.6 に示す。

4.3.3 電力料金

MEW の電力料金は需要種別によって区別されておらず、一律に、1 KWh 当り20Baizasであり、このほか、計器の損料として月額 150Baizasが徴収される。

4.4 負荷変動の特徴

第3章の Table 3.1に示されるように、首都圏および Batinah地方の気温は夏期には最高45～47℃に達し、冬期には屢々10℃以下に下ることがある。また、総需要のうち工業用需要の占める割合が低いため、気温の変化に敏感な住宅用需要（主としてクーラー）が負荷変動に主導的な役割りを果している。負荷変動を月別および日間で見ると、その特徴は次の通りである。

4.4.1 月別負荷変動

1984年の首都圏における毎月の最高負荷日と最低負荷日におけるそれぞれの昼間最高負荷と深夜最低負荷、および月別発電量を基として分析すると、負荷の月別変動には次の特徴が見られる。

- 年間最高負荷に対して、冬期1、2月の最低負荷日の負荷は、昼間の最高で約30～33%、深夜の最低で約17%に低下する。

- b) しかしながら、月平均電力で見れば、冬期1、2月の平均電力は年間最大負荷の約24%であり、需要の大きさは最高負荷日も最低負荷日も殆ど変わらない。従って年間尖頭負荷のほぼ25%以下を基底負荷と考えてもよい。

4.4.2 日負荷変動

首都圏の1984年の最高負荷日（6月19日）と最低負荷日（2月3日）の日負荷曲線から次の特徴が指摘される。

- a) 夏期の尖頭負荷は昼間の14～15時に生ずる。これはクーラーによる電力消費が集中するためと考えられる。これに対し、冬期の尖頭負荷は電灯需要を反映し、17～21時に発生する。
- b) 夏期も冬期も深夜から早朝にかけて負荷は低下するが、最低負荷は尖頭負荷の65%前後であり、70%以下に降るのは1日に3～4時間程度にすぎない。

Fig.4.2 は、年間最高負荷日および最低負荷日のそれぞれの負荷曲線を示す。また、月毎の負荷変動および負荷曲線はTable 4.7 および Fig.4.3に示す通りである。

Table 4-4 Energy generated and energy sent-out in the Capital area

Month	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
(GWh)									
<u>Energy generation</u>									
January	-	-	-	-	23.9	31.0	36.9	47.2	59.5
February	-	-	-	-	24.5	29.1	32.4	42.7	54.6
March	-	-	-	-	31.6	39.1	42.4	50.3	78.4
April	-	-	-	-	55.3	61.5	69.3	68.3	130.0
May	-	-	-	-	70.8	77.3	104.7	134.6	165.5
June	-	-	-	-	74.4	93.3	119.3	155.9	184.7
July	-	-	-	-	81.6	106.0	121.3	148.1	186.2
August	-	-	-	-	69.7	97.6	117.1	136.1	175.8
September	-	-	-	-	67.0	87.5	103.5	131.9	167.5
October	-	-	-	-	64.5	73.8	102.9	112.6	132.3
November	-	-	-	-	45.0	47.6	65.2	76.0	95.0
December	-	-	-	-	33.7	40.1	48.0	63.9	83.2
Total	214.2	329.2	376.7	497.7	642.1	783.9	963.0	1,167.6	1,512.6
<u>Energy sent-out</u>									
January	-	-	-	-	20.0	26.8	32.3	40.9	52.5
February	-	-	-	-	21.1	25.2	28.9	36.8	48.8
March	-	-	-	-	30.0	35.6	40.9	46.1	72.6
April	-	-	-	-	52.4	58.8	64.6	62.7	122.5
May	-	-	-	-	64.9	72.3	98.8	128.2	158.7
June	-	-	-	-	68.2	87.6	113.2	148.2	176.7
July	-	-	-	-	75.6	99.9	115.1	140.1	177.9
August	-	-	-	-	63.9	91.7	111.3	128.6	167.8
September	-	-	-	-	62.6	81.8	97.8	124.0	159.7
October	-	-	-	-	59.1	68.1	95.8	105.1	124.6
November	-	-	-	-	40.4	42.7	60.4	69.8	88.1
December	-	-	-	-	29.1	35.2	43.1	57.3	75.6
Total	188.1	294.8	327.0	434.0	586.8	725.9	902.2	1,087.8	1,425.6
Loss factor (%)	12.2	10.4	13.2	12.8	8.6	7.4	6.3	6.8	5.7

Table 4-5 Peak load in the Capital area

Month	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
January	-	-	-	-	46.6	61.7	74.5	87.0	113.0
February	-	-	-	-	56.3	66.7	78.0	98.9	113.5
March	-	-	-	-	72.5	80.2	102.0	105.5	190.5
April	-	-	-	-	111.2	125.0	147.5	171.5	258.0
May	-	-	-	-	119.5	153.0	190.0	252.0	309.0
June	-	-	-	-	127.5	160.8	211.5	281.0	340.3
July	-	-	-	-	135.5	175.4	214.0	276.5	332.5
August	-	-	-	-	124.9	169.5	196.7	247.4	301.2
September	-	-	-	-	116.8	152.2	189.8	227.7	295.2
October	-	-	-	-	112.6	138.3	183.9	214.0	254.0
November	-	-	-	-	91.0	95.0	144.6	148.0	191.0
December	-	-	-	-	71.0	76.7	101.8	123.2	161.0
Annual peak	46.6	65.3	76.8	106.5	135.5	175.4	214.0	281.0	340.3
Load factor (%)	52.5	57.5	55.8	53.6	54.1	51.1	51.4	47.4	50.7

Table 4-6 Energy generation and peak load in the Batinah coast

Town	Energy generation (MWh)								Peak load			
	1980	1981	1982	1983	1984	1980	1981	1982	1983	1984		
Suwaiq	1,060	3,748	5,466	13,522	21,033	420	985	985	4,080	6,900		
Musanna	1,239	3,197	4,918	12,381	15,726	480	1,000	940	4,000 (1,000)	5,450		
Rustaq	2,315	3,743	7,179	10,616	17,363	705	1,200	3,000	5,600	6,810 (1,000)		
Total	4,614	10,688	17,563	36,519	54,122	1,605	3,185	4,925	13,680 (1,000)	19,160 (1,000)		
Shinas	1,980	3,211	4,197	4,451	7,387	720	990	980	980	2,800 (600)		
Saham	3,047	5,859	8,341	-	-	990	1,920	1,920	5,250 (2,000)	7,900		
Sohar	7,345	13,267	22,241	-	-	2,310	4,500	6,700	7,200	10,600		
Khabourah	1,930	3,580	6,343	17,018	21,753	915	1,745	1,820	4,800 (2,800)	7,670		
Total	14,302	25,917	41,122	-	-	4,935	9,175	11,420	18,230 (5,460)	28,970		

Note: Figures in parentheses mean load shedding.

Table 4-7 Monthly load variation
(1984)

Month	Peak load day		Minimum load day		Energy generat. load		Ratio to annual peak load				
	Maximum load (MW)	Minimum load (MW)	Maximum load (MW)	Minimum load (MW)	Energy generat. (GWh)	Average load (MW)	Peak load day (%)	Maximum (%)	Minimum (%)	Average load (%)	
January	111.8	61.3	110.5	57.6	59.5	80.0	32.9	32.5	16.9	23.5	
February	111.7	60.0	102.0	56.3	54.6	81.3	32.8	30.0	16.5	23.9	
March	190.5	117.0	120.7	67.5	78.4	105.4	56.0	35.4	19.8	31.0	
April	249.0	146.0	175.4	111.5	130.0	180.6	73.2	51.5	32.8	53.1	
May	296.0	211.0	206.0	136.8	165.5	222.4	87.0	60.5	40.2	65.4	
June	340.3	225.5	306.2	182.0	184.7	256.5	100.0	90.0	53.5	75.4	
July	328.8	237.5	261.2	168.2	186.2	250.3	96.6	76.8	49.4	73.6	
August	301.8	194.2	250.2	171.2	175.8	236.3	88.7	73.5	50.3	69.4	
September	294.6	201.2	257.8	165.1	167.5	232.6	86.5	75.8	48.5	68.4	
October	254.0	157.0	176.0	116.0	132.3	177.8	74.6	57.7	34.1	52.2	
November	184.0	110.0	153.0	91.0	95.0	131.9	54.1	45.0	26.7	38.8	
December	161.0	101.0	133.0	78.0	83.2	111.8	47.3	39.1	22.9	32.9	
Total or average					1,512.6	172.7					50.7

Table 4.2 Monthly load curve and annual duration curve (1980)

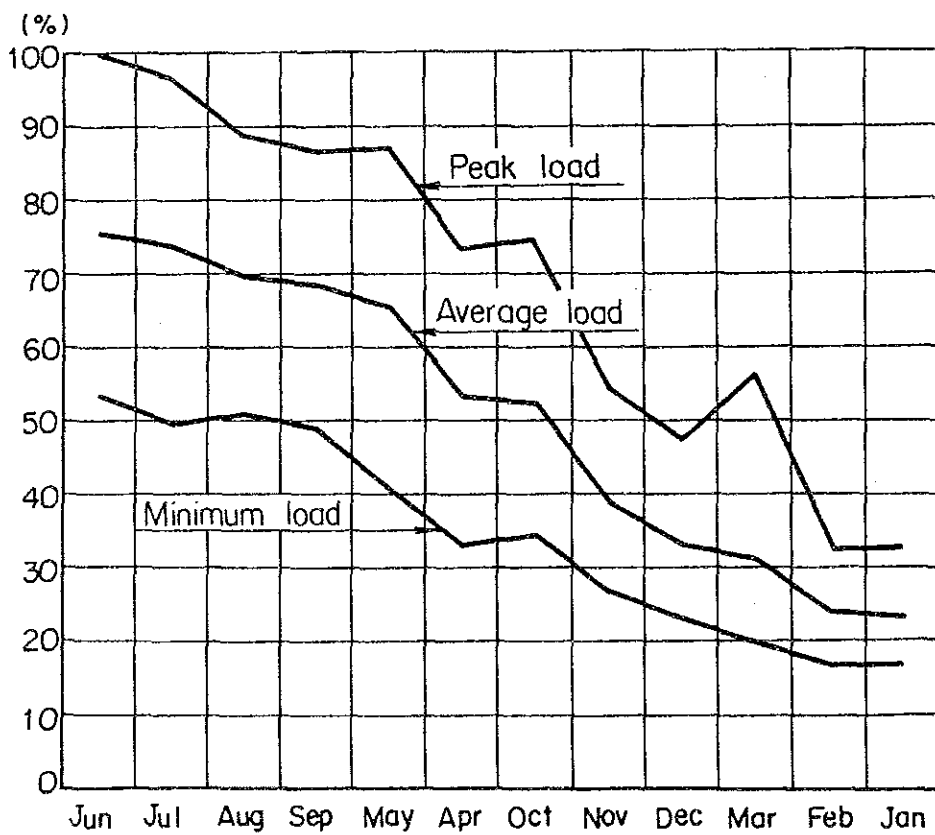
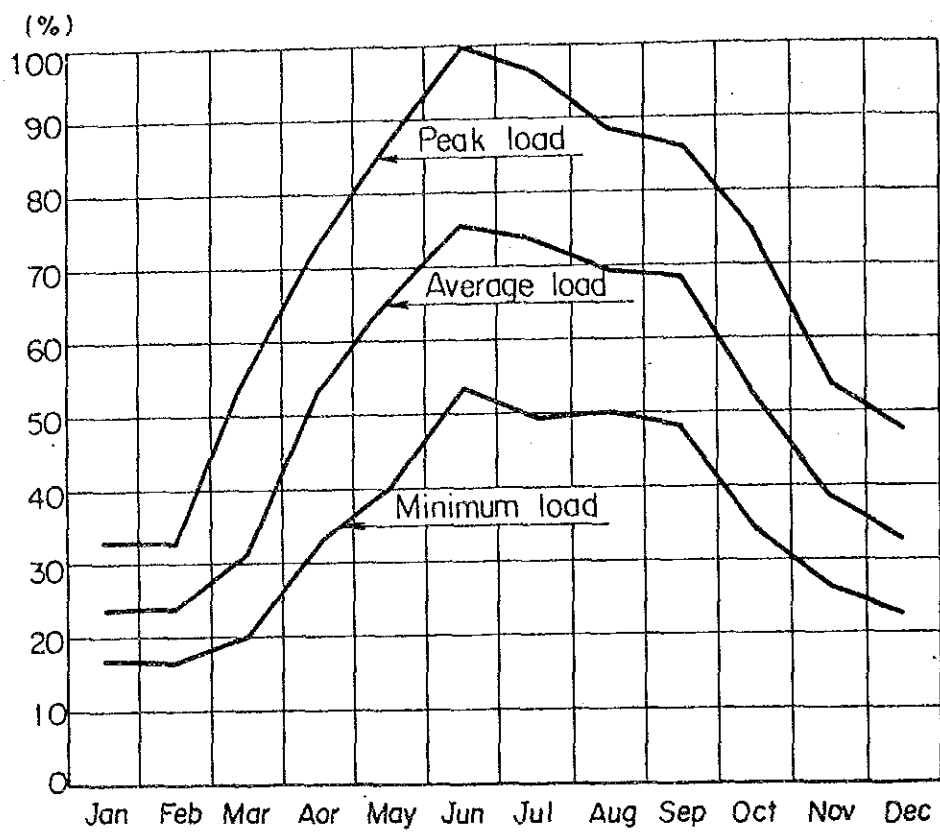
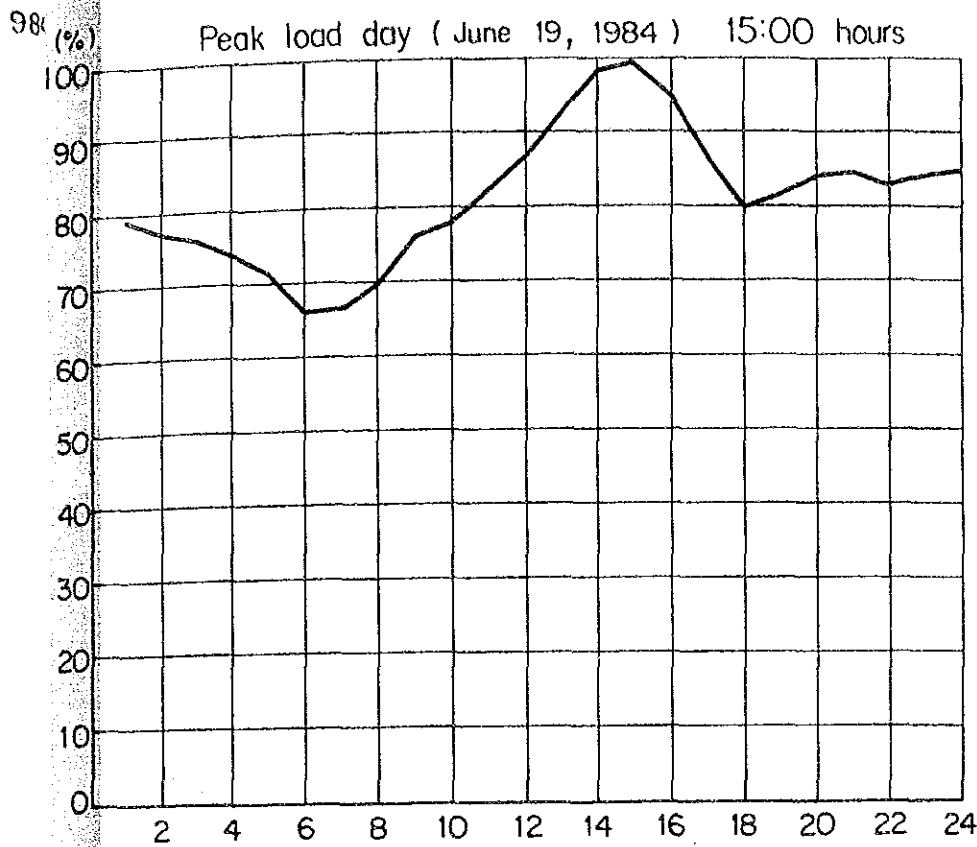
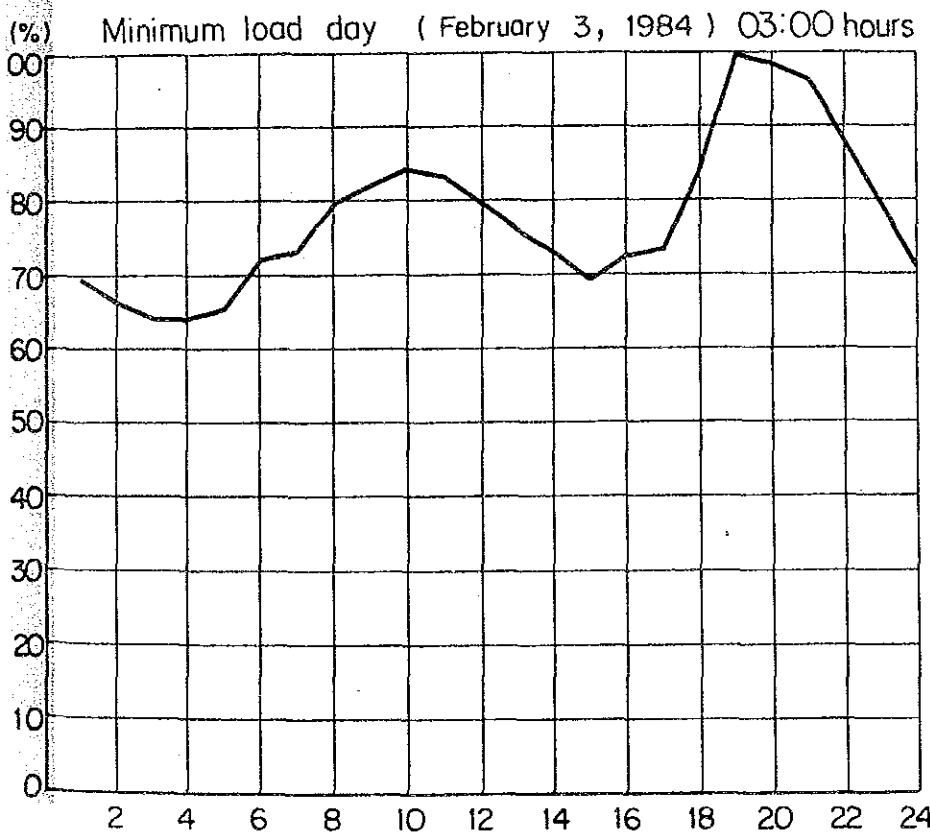


Fig. 4.3 Daily load curve (1984)



(hr)	(MW)	(%)
1	269.5	79.2
2	264.5	77.7
3	260.5	76.5
4	253.5	74.5
5	242.5	71.2
6	225.5	66.2
7	226.5	66.5
8	238.5	70.0
9	259.5	76.2
10	266.5	78.3
11	281.5	82.7
12	298.2	87.6
13	317.5	93.2
14	336.5	98.9
15	340.3	100.0
16	323.8	95.2
17	295.0	86.9
18	272.5	80.0
19	277.5	81.5
20	286.5	84.1
21	287.5	84.5
22	283.5	83.3
23	287.5	84.5
24	289.5	85.0



(hr)	(MW)	(%)
1	62.5	69.8
2	59.5	66.5
3	57.5	64.2
4	57.5	64.2
5	58.5	65.4
6	64.5	72.1
7	65.5	73.2
8	71.5	80.0
9	73.5	82.1
10	75.5	84.4
11	74.5	83.2
12	71.5	80.0
13	68.5	76.5
14	65.5	73.2
15	62.5	69.8
16	64.5	72.1
17	65.5	73.2
18	75.5	84.4
19	89.5	100.0
20	88.5	98.9
21	86.5	96.6
22	79.5	88.8
23	71.5	80.0
24	64.0	71.5

4.5 電力需要予測

4.5.1 首都圏の需要予測

(1) MEW による予測 (1985~1990)

首都圏の電力需要について、MEW で策定した1985~1990年の短期需要予測がある。この予測は、既存電灯需要の自然増加に、工業用需要、新規プロジェクトによる需要および新住宅団地計画による需要その他を加えた積上げ方式によるもので、その年度別展開は以下の通りである。

		(MW)					
項 目	1984 (実績)	1985	1986	1987	1988	1989	1990
a) 既存電灯需要	305.3	374	413	448	474	500	527
b) 工業用需要	35	45	45	60	60	60	60
c) 新規大口需要	—	6	55	87	87	87	87
小 計	340.3	425	513	595	621	647	674
d) 住宅団地需要	—	—	15	40	140	220	290
e) 系統拡大需要	—	—	58	68	79	91	104
合 計	340.3	425	586	703	840	958	1,068

上記予測の中で、項目a), b), c)は人口の自然増加や既存工業の拡大および経済発展に伴う大学、病院等の新設による需要増加を示すものである。これに対して項目d)は、Khuwair south, Ghubrah south, Qurum beach, Airport Heights, Azaiba およびNahaba等の新住宅団地計画に伴う電力需要であって、1990年における予測需要(290MW)は1983年の首都圏全域の需要実績(281MW)を上回る大規模なものである。また、項目e)は、Mabellah町とBatinah 海岸地方のMusanna, SuwaiqおよびRustaqへの系統拡大に伴う需要増加である。この需要予測について以下の検討を加えて見る。

(2) MEW 予測の検討

一般に、GDP で表される経済成長と電力需要の間に密接な相関関係があることは広く認められている事実であり、また、人口増加と電力の需要増加の間にも密接な相関関係が存在する。従って、過去におけるGDP と人口を独立変数とし、電力需要を従属変数とする重回帰モデルを作成し、これに将来に対するGDP の成長予測と人口増加予測をインプットすれば電力需要について適切な予測が立てられる筈である。

いま、1976～1983年の8年間におけるGDP、全国人口、首都圏人口および首都圏発電量を基として計算すると、Table 4.8 に示すように、次の重回帰式が得られる。

$$y = 0.25733x_1 + 5.51291x_2 - 857.4$$

但し、 y : 発電量(GWh)

x_1 : GDP/capita(Rial Omani)

x_2 : 首都圏人口(1,000人)

重相関係数 $R^2 = 0.999$

一方、この式にインプットすべき将来のGDP 増加予測として、1985年までは現行第2次5ヶ年計画におけるGDP の目標成長率年平均13.1%を、1985～1990年は年平均12.0%を適用し、また、人口増加率については従来の増加率(全国平均3.15%、首都圏 8.8%)をそのまま適用すると、Table 4.9 に示すように、次の結果が得られる。

	1990年
重回帰式による予測	668MW
MEW の予測 (項目 a), b), c) の合計	674MW

すなわち、両予測は極めて接近しており、このことは、既存人口や工業等による電力需要の自然増加についての MEWの予測は妥当なものであることを意味する。これに対して、項目 d) および e) の電力需要は重回帰式のインプットに入っていない需要部分であるが、現実に大規模な土地造成工事が実施中であり、また、送配電線の拡張工事の一部実施中である。従って、1985～1990年の首都圏需要予測として、項目 d), e) を含む MEWの予測を適用するのが適当と考えられる。

(3) 1991～1995年の予測

1991～1995年の電力需要について、JICA調査団は以下の要領で予測する。

a) 既存需要家の電灯需要

MEW は1985～1990年の電灯需要の増加率は毎年遞減し、1986年の対前年増加率10.4%から1990年の対前年増加率は 5.5%に低下するものとしている。従って、1991～1995年は年平均 5.5%の増加率を適用する。

b) 工業用需要

MEW による工業用電力の需要予測は1987～1990年は60MWコンスタントとなっている。1991～1995年はRusail工業団地その他において、毎年 5MWづつ増大するものと想定する。