

4.5 電力需要想定

本章の目的は電力需要を想定することである。本プロジェクトにおける電力の供給区域（市場）は、既存のマスカット電力系統とワジ・ジズジ電力系統に属する地域である。また、両系統は本プロジェクトの第1期完了時（1998年）までに連系される見込みである。需要想定にあたっては、2000年を中期計画、また2010年を長期計画の目標年度とする。

需要想定に際しては、2つの手法を用いる。すなわち、①最近のピークロードの推移に基づいたマクロ的時系列法、②需要家グループ毎に電力需要を積み上げるマイクロ手法である。マイクロ手法では、需要家を家庭用、商業用、工業用、政府用に区分する。

これら2つの手法から得られた予測値を比較することによって、予測結果の信頼性と精度を高めることができ、その結果として、予測に必要なデータが不十分である点を補完するものとする。

予測にあたって参照した主要なデータは、需要家毎の消費電力量データと、ピークロード・発電量の統計データである。消費電力量のデータは過去4年分に限定されているが、ピークロードと発電量のデータは、10年間以上を網羅している。

最初に主要経済指標と電力需要との相関関係について述べる。本調査において入手できたデータは限定されているものの、相関関係を検討することによって、オマーン国のマクロ経済環境と電力需要との関係を理解できる。

4.5.1 経済指標との関係

需要家グループ毎の消費電力量のデータは、過去4年分だけであり、経済指標と電力需要との相関関係を検討するには不十分である。たとえ、両者に強い相関関係が認められたとしても、その結果をただちに長期需要予測に使うことはできない。したがって、相関関係の分析にあたっては、年間のピークロードと電力量を電力需要（従属変数）を代替変数として用いる。というのは、ピークロードと電力量のデータは、10年以上という比較的長期にわたって入手しているからである。¹

電力需要の程度に影響を及ぼすと考えられる経済指標で、データが入手できているのは、以下のとおりである（付録4.5.1参照）。

1 これら2つの変数のサンプル数も少なすぎるため、多数の独立変数を扱う多変数回帰分析は行なえない。通常、独立変数1つに対し、10以上の観測値が必要である。

- GDPの石油部門
- GDPの非石油部門
- GDP
- 政府資本形成
- 民間資本形成
- 民間消費支出

これらの経済指標と需要変数との相関関係を分析した結果は、以下のとおりである。まず資本形成や最終消費支出に関連する変数と需要変数との間には、強い関係が認められなかったことである（付録4.5.2参照）。年間のピークロードや電力量の代わりに需要家グループ毎の電力消費量データを使えば、結果は違っていたかも知れない。

GDPの石油部門は、原油と天然ガスの生産に関わるものであり、政府の歳入源として最大である。このため、オマーン国においては、送配電設備を含む社会基盤整備への投資水準は、原油と天然ガスの収入に左右されると言ってよい。同国の電力需要は、電力原単位の伸びだけでなく、供給地域の拡大に伴って増加してきた。図4.5.1から容易にわかるように、GDPの石油部門と電力需要の間には強い相関関係が認められる。

GDP石油部門とマスカット系統の電力需要の間には、直線の関係が観察される。同様の関係は、ワジ・ジズジ系統にも見られるものの、GDP石油部門が約8,700万R.Oに達した1986年にはピークロードと電力量との間に比例関係がなかった。

マスカット系統内の地域は、公共投資の割合が大きいため、電力需要はGDP石油部門の変化に敏感であると考えられる。一方、ワジ・ジズジ系統のピークロードと電力量のGDP石油部門に対する弾性値は近年上昇した。これは、ワジ・ジズジ系統への公共投資がさらに活発になった事実を反映している。

相関分析の結果、次の関係式が得られた。

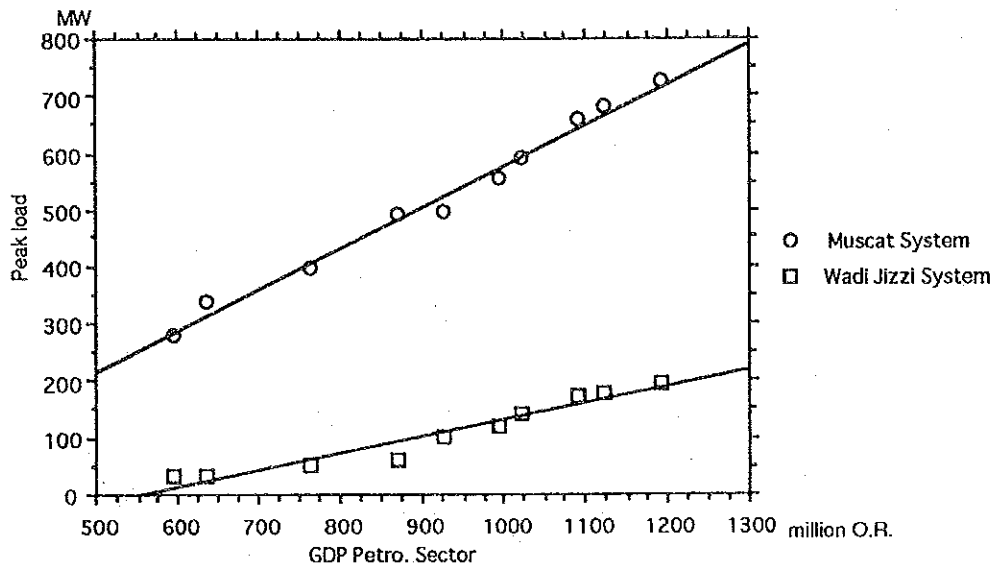
(1) マスカット系統

1) ピークロード (MW)

$$Y = -143,721 + 0.721 \times (\text{GDP石油部門: 百万R.O})$$

$$r^2 = 0.987$$

(1) Peak load



(2) Electricity generated

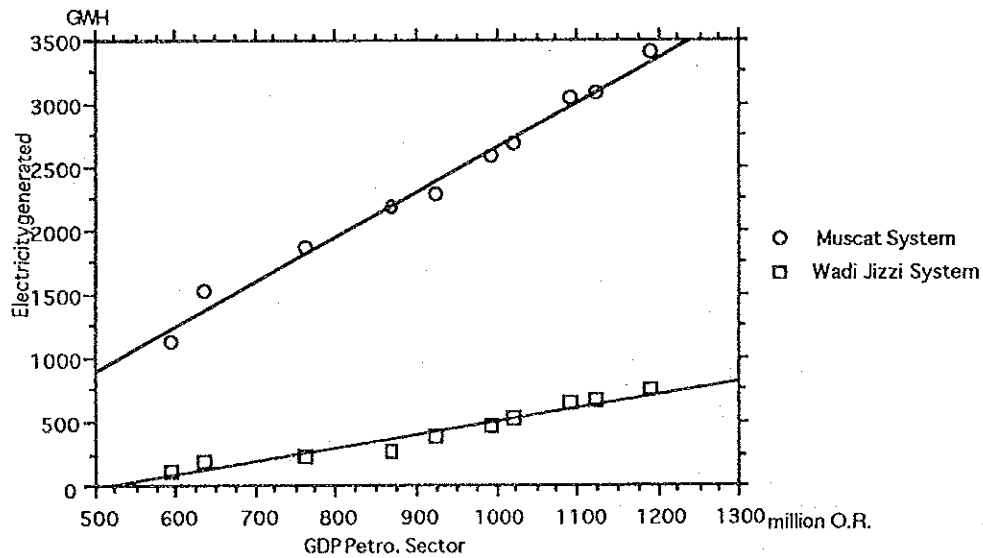


図 4.5.1 GDP石油部門と年間ピークロード・電力量
(マスカット系統とワジ・ジズジ系統、1983年～1993年)

2) 電力量 (GWH)

$$Y = -867,284 + 3.518 \times (\text{GDP石油部門: 百万R.O})$$

$$r^2 = 0.989$$

(2) ワジ・ジズジ系統

1) ピークロード (MW)

$$Y = -162,837 + 0.293 \times (\text{GDP石油部門: 百万R.O})$$
$$r^2 = 0.936$$

2) 電力量 (GWH)

$$Y = -867,284 + 3.518 \times (\text{GDP石油部門: 百万R.O})$$
$$r^2 = 0.951$$

r^2 はXとYの直線性(線形)の度合を計る係数である($r^2=1$ の時、完全な相関関係があることを意味する)²。GDP石油部門をベースにしたピークロードと電力量との相関は、ワジ・ジズジ系統よりマスカット系統の方が強いことがわかる。³

GDP(またはGDP非石油部門)は、国全体の経済活動状況の推移を計るための適切な指標であり、電力需要と強い相関関係を持っていると考えられる。(厳密に言えば、GDPには電力や他の公共役務の生産が含まれるので、電力需要を予測するための独立変数として用いることは望ましくない。)しかし、両系統に対するGDP(およびGDP非石油部門)とピークロード・電力量とをプロットしたとき、これらの中には線形であれ非線形であれ、大きな相関関係は見られなかった。GDPとマスカット系統のピークロード・電力量との間には線形の相関関係があると仮定したうえで、 r^2 を計算した。その結果、ピークロードに対する r^2 は0.92、電力量に対しては0.932であった。GDP石油部門は、GDPの約40%を占めるので、GDP石油部門とピークロード・電力量との強い相関関係がこれらの関係に反映したことは明らかである。このように、GDP(またはGDP非石油部門)は、GDP石油部門とは異なり、電力需要の予測にとって適切な経済指標ではない。

2 予測にあたって、 \bar{Y} (Yの平均値)の代わりにその線形予測式を使うことによって相対的に減少させることができる誤差を示す。

3 図4.5.1に示すとおり、例えば、ワジ・ジズジ系統のGDP石油部門と電力量との相関は、線形というよりは非線形であるように考えられる。この相関をもとに非線形回帰分析を行なうと、 $Y = 337,732 - 1.045X + 0.0001187X^2$ ($r^2 = 0.985$)、または $Y = 0.00001197473X^{253.4732}$ ($r^2 = 0.974$)を得ることができる。これらの関係式の決定係数は満足できる高さである。しかし、サンプル数が10点と少ないため、これらの結果は参考程度に扱うべきである。

このように、GDP石油部門は入手できたデータの中では唯一（電力需要を示す変数としての）ピークロードと電力量との間に明確な関係をもっている変数である。電力需要が原油生産による政府歳入に左右されるのは明らかである。電力需要の増加は、次の要因による。

- 1) 送配電設備の建設による電力供給地域の拡大
- 2) 工業団地、病院、学校、街路などへの公共投資の増加
- 3) 公共投資の波及効果による住宅への民間投資および家電製品への消費支出

先ほどの線形回帰式は、将来の電力需要の予測に必要な経済モデルとして利用できると思われる。しかし、本プロジェクトでは次の2つの理由によって、このような手法は採らない。

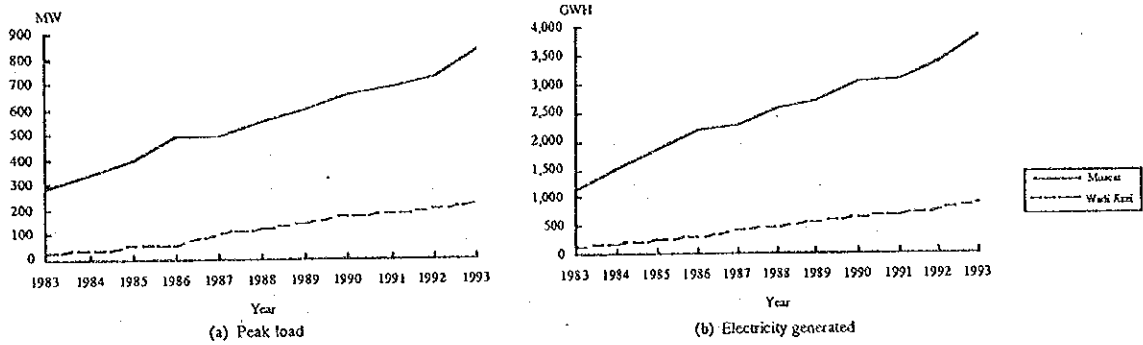
第1の理由は、国際石油価格は、これまでと同様に、将来、変動することが考えられるために、GDP石油部門がどの程度の水準になるか予測が難しいということである。⁴ 同国の石油資源は、新規油田が発見されない限り、20年で枯渇すると言われており、この点からも将来の石油生産量を予測することは困難である。GDP石油部門は着実に増加し、過去15年間で2.4倍になっている。近年の石油価格低落を受けて、石油生産量は増加したとされているが、このような増産が将来にわたって可能であるか疑問である。

第2の理由は、経済モデルに接続口数を計る変数が含まれていない場合、このモデルの経済変数の弾性値が過大評価される傾向にあるということである。オマーン国の電力需要が増加した主要な要因が契約口数の伸びであった事実を考慮すると、経済変数のみを含む予測モデルに依存することは適切ではない。

4.5.2 時系列傾向線によるマクロ手法

図4.5.2に示すとおり、マスカット系統とワジ・ジズジ系統のピークロードおよび電力量は着実に、しかも、ほぼ一定の割合で増加してきた。この直線性の増加傾向は将来にわたって続くものと考えられる。

4 国際エネルギー機関（IEA）から発行されている「1994年版世界エネルギーの見通し」によれば、輸入原油価格は、2005年まで着実に1バレル当たり28ドルに上昇し、それ以降は落ち着くとされている。この予測は、1994年と1995年の価格を1バレル当たり17ドルと推定した結果に基づくものである。



Source: Ministry of Electricity and Water, "Electricity Generation & Distribution and Water Production from Desalination Plants: Annual Report 1992 and 1993".

図 4.5.2 ピークロードと電力量の推移

両系統のピークロードと電力量が一定の割合で増加すると仮定し、直線回帰をもとに2つの変数の予測値を外挿した(図4.5.3と図4.5.4参照)。時系列傾向線の関係式は、以下のとおり表わされる。

Description	Equation	r ²	Year 2000 (Projected)	Year 2010 (Projected)
Peak load (MW)				
Muscat	$Y = -99610.327 + 50.382 \times X$	.986	1,154	1,657
Wadi Jizzi	$Y = -40058.127 + 20.209 \times X$	.982	360	562
Electricity generated (GWH)				
Muscat	$Y = -484513.764 + 244.982 \times X$	.983	5,450	7,900
Wadi Jizzi	$Y = -148162.109 + 74.764 \times X$	.991	1,366	2,114

Note: X = Year

決定係数 r² はすべて許容できるほど大きいことがわかる。両系統のピークロードを総合すると、2000年で1,514 MW、2010年で2,219 MWに達すると予測される。

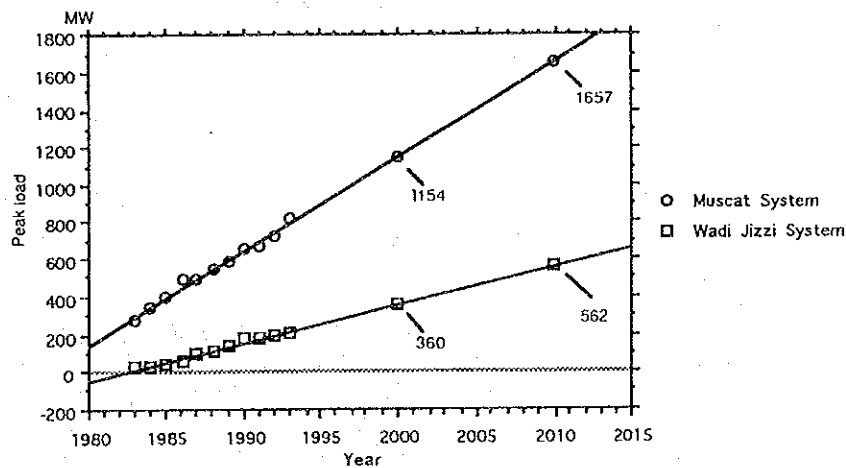


図 4.5.3 時系列法によるピークロード
(マスカット系統およびワジ・ジズジ系統、2000年および2010年)

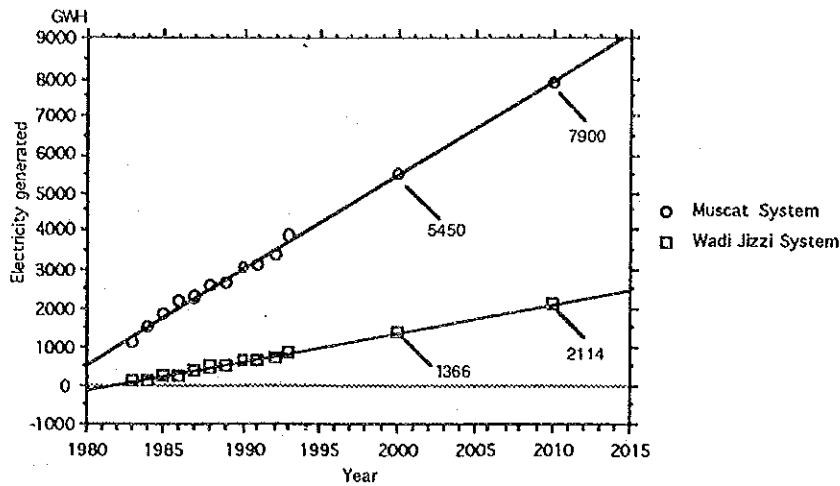


図 4.5.4 時系列法による電力量
(マスカット系統およびワジ・ジズジ系統、2000年および2010年)

4.5.3 積み上げによるマイクロ手法

マイクロ予測法は、需要家区分毎の消費電力量を予測するものである。この手法では、接続口数の予想増加率と電力原単位（接続口数当たりの消費電力量）の予想変化量を用いる。電力の供給地域は、最近、近郊の町村に急速に拡大している。しかし、今後の需要家数の伸びは、過去の伸びほど急速になるとは考えられない。なぜならば、マスカット、ワジ・ジズジ両系統内の主要な町は、すでに両系統から電力の供給を受けており、将来の拡充は小規模の辺地に限られるからである。したがって、将来の需要家数の増加を見積る際は、この点を十分に考慮する必要がある。商業需要と工業需要は、工業化に対する政府の方針と施策によって、比較的大きな増加率が予想される。また、最近冷房機器の販売が好調であることから、家庭需要の電力原単位は、当分の間、堅調に伸びるとみられる。

そこで、まず大口需要家の電力需要を予測し、次に需要家区分による接続口数の増加と電力原単位の変化を考慮しながら他の需要家に対する需要予測を行なう。

図 4.5.5 は、マイクロ手法による予測に使われる需要家区分を示すものである。大口需要家のうち政府部門の需要家のみが別個の需要予測の対象として扱われる。

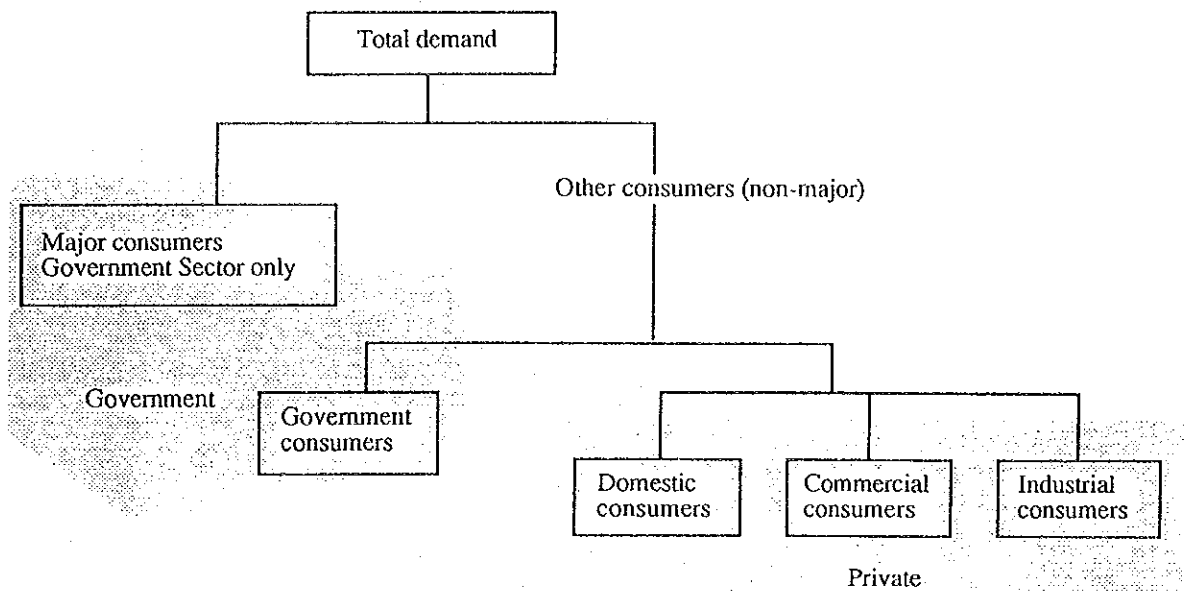


図 4.5.5 ミクロ手法による需要家の区分

(1) 大口需要家

表 4.5.1 と表 4.5.2 は、それぞれ全需要家の消費電力量と大口需要家の消費電力量を示す。オマーン鉱山会社を除き、政府部門のすべての大口需要家は、マスカット系統から受電している。ちなみに電気料金についてみれば、オマーンセメント会社に工業用、またオマーン石油精製会社に商業用の電気料金が適用されている。オマーン鉱山会社は、ワジ・ジズジ発電所に自家用の発電機を所有しており、ワジ・ジズジ系統から受電している。また将来、グブラ海水淡水化プラントが必要とする電力は、同プラントの能力増強計画に沿って予測しなければならない。

表4.5.1 電力需要—マスカット系統およびワジ・ジズジ系統
(1990年～1993年)

Year	(MWH)						
	1990		1991		1992		1993
1. Muscat System							
Domestic	1,367,831	(57.1%)	1,423,984	(58.7%)	1,621,077	(60.8%)	1,856,789 (61.1%)
% change	-		4.1%		13.8%		14.5%
Government	777,339	(32.4%)	769,168	(31.7%)	799,188	(30.0%)	884,520 (29.1%)
% change	-		-1.1%		3.9%		10.7%
Industrial	45,693	(1.9%)	57,379	(2.4%)	68,791	(2.6%)	88,212 (2.9%)
% change	-		25.6%		19.9%		28.2%
Commercial*	206,505	(8.6%)	175,854	(7.2%)	177,554	(6.7%)	208,955 (6.9%)
% change	-		-14.8%		1.0%		17.7%
Total	2,397,368	(100.0%)	2,426,385	(100.0%)	2,666,610	(100.0%)	3,038,476 (100.0%)
% change	-		1.2%		9.9%		13.9%
2. Wadi Jizzi System							
Domestic	316,899	(76.4%)	335,889	(76.9%)	398,270	(77.2%)	452,956 (75.6%)
% change	-		6.0%		18.6%		13.7%
Government	64,723	(15.6%)	68,020	(15.6%)	77,524	(15.0%)	90,514 (15.1%)
% change	-		5.1%		14.0%		16.8%
Industrial	356	(0.1%)	2,481	(0.6%)	4,321	(0.8%)	5,076 (0.8%)
% change	-		596.9%	(0.0%)	74.2%		17.5%
Commercial*	32,706	(7.9%)	30,540	(7.0%)	35,943	(7.0%)	50,827 (8.5%)
% change	-		-6.6%		17.7%		41.4%
Total	414,684	(100.0%)	436,930	(100.0%)	516,058	(100.0%)	599,373 (100.0%)
% change	-		5.4%		18.1%		16.1%
3. Oman Mining Company (no billing)	119,275		121,230		122,738		129,458
% change	-		1.6%		1.2%		5.48%
4. Ghubrah desalination plant (no billing)	121,929		130,726		135,951		156,852
% change	-		7.2%		4.0%		15.37%
5. Total consumption	3,053,256		3,115,271		3,441,357		3,924,159
% change	-		2.0%		10.5%		14.03%

Source: Ministry of Electricity and Water, "Electricity Generation & Distribution and Water Production from Desalination Plants: Annual Reports 1992 and 1993".

*Including Agriculture, Fisheries, Hotels and Tourism.

表4.5.2 大口電力需要家 (1991年～1993年)

Government sector	1991	1992	1993	Private sector	1991		1992		1993	
	Consumption (MWH)	Consumption (MWH)	Consumption (MWH)		No. of Accounts	Consumption (MWH)	No. of Accounts	Consumption (MWH)	No. of Accounts	Consumption (MWH)
Ghubrah Desalination Plant	130,726	135,812	156,852	Industrial tariff	52	59,723	72	73,314	79	93,516
Oman Cement Co.	96,494	99,701	98,582	Commercial tariff	99	27,924	92	33,637	115*	35,677*
Oman Refinery	8,469	12,496	16,267	Stepped tariff	-	-	8	25,523	-	-
Oman Mining Co.	121,230	122,738	129,458							
Total	356,919	370,747	401,159	Total	151	87,647	172	132,474	194	129,193

* Including stepped tariff.

Source: Ministry of Electricity and Water, "Electricity Generation & Distribution and Water Production from Desalination Plants: Annual Reports 1992 and 1993".

オマーンセメント会社、オマーン石油精製会社およびオマーン鉱山会社の消費電力量は、1993年の全消費電力量のそれぞれ2.5%、0.4%および3.3%を占めている。これら3社の個別の消費電力量の推移は不明だが、3社合計では、1991年～1993年に年率3.9%で増加した。中東諸国の将来の経済成長率として年率3.5%を予想する意見を取り入れ、3社の消費電力量の増加率を単純に年率3.5%として計算する。計算結果は、2000年で310,827MWH、2010年で438,452MWHである。

公共部門の大口需要家に比べると、民間部門の大口需要家は数が多い割に、電力原単位は小さい。また、後者の全消費電力量は両系統の消費電力量の合計に対し3.3%を占めるに過ぎない。民間部門の大口需要家の詳細（業種、将来の事業拡充計画など）が不明であることもあって、他の需要家と区分して将来の消費電力量を予測する必要もないと考えられる。

(2) 契約口数

1) マスカット系統

マスカット系統は、マスカット行政区、アル・バティナおよびダヒリヤ地区に及ぶ広い地域を網羅している。この地域には、マスカット、アル・シーブ、ムトラ、バウシヤー、クリヤット、ルスタック、アル・カブラ、スウエイク、ナックル、アル・アワビ、アル・ムサナ、バルカ、サマイル、ビッド・ビッドといったロードセンター、サブロードセンターが含まれる（表4.5.3参照）。

表4.5.5に1990年～1993年の間におけるマスカット、ワジ・ジズジ両系統の契約口数の推移を示す。

表 4.5.3 地域別総人口 (1993年12月)

Region	Walayāt	Total population	No. of families	Average family size	% of Omanis	No. of establishments
Muscat	* Muscat	51,969	7,046		78 %	
	* A'Seeb	133,417	15,966		70 %	
	* Muttrah	261,323	46,888		36 %	
	* Bausher	108,259	14,052		42 %	
	Al Amirat	36,178	4,371		83 %	
	* Quriyat	31,360	3,975		89 %	
	Total	622,506	92,298	6.7	53 %	24,211
Al Batinah	# Sohar	85,857	11,284		81 %	
	A'Rustaq	59,379	7,004		90 %	
	# Shinas	42,533	5,287		85 %	
	# Liwa	21,463	2,672		88 %	
	# Saham	71,671	8,586		87 %	
	* Al Khabourah	38,429	5,108		87 %	
	A'Suwaiq	81,165	10,204		86 %	
	* Nakhal	12,570	1,576		91 %	
	Wadi Al Maawil	10,630	1,340		91 %	
	Al Awabi	8,488	1,052		92 %	
	* Al Masnaah	45,414	5,762		87 %	
	* Barka	61,164	8,498		77 %	
	Total	538,763	68,373	7.9	85 %	22,927
A'Dhahira	Al Buraimi	46,157	6,150		62 %	
	# Ibri	88,314	9,996		82 %	
	Mahdha	7,721	1,321		61 %	
	# Yanqul	14,158	1,955		87 %	
	# Dhank	13,360	1,748		87 %	
	Total	169,710	21,170	7.8	77 %	9,116
A'Dakhliya	Nizwa	56,227	6,990		85 %	
	Samail	36,469	4,488		91 %	
	Bahla	44,804	5,601		90 %	
	Adam	13,238	1,881		82 %	
	Al Hamra	13,698	1,566		94 %	
	Manah	10,088	1,295		90 %	
	Izki	28,631	3,445		88 %	
	Bid Bid	17,248	2,045		87 %	
	Total	220,403	27,311	8.1	88 %	9,442

* Covered by the Muscat Electrical System.

Covered by the Wadi Jizzi Electrical System.

Source: Development Council, "Preliminary Results of the General Census of Population, Housing, and Establishments", December 1993.

表 4.5.4 需要家数 (1990年～1993年)

Year	1990	1991	1992	1993
A. Muscat system				
Domestic	108,541 (88.7%)	113,970 (88.6%)	119,371 (88.3%)	127,005 (88.4%)
% change	-	5.0%	4.7%	6.4%
Government	6,990 (5.7%)	7,731 (6.0%)	8,136 (6.0%)	8,405 (5.9%)
% change	-	10.6%	5.2%	3.3%
Industrial	42 (0.0%)	49 (0.0%)	58 (0.0%)	62 (0.0%)
% change	-	16.7%	18.4%	6.9%
Commercial*	6,829 (5.6%)	6,952 (5.4%)	7,675 (5.7%)	8,185 (5.7%)
% change	-	1.8%	10.4%	6.6%
Total	122,402 (100%)	128,702 (100%)	135,240 (100%)	143,657 (100%)
% change	-	5.1%	5.1%	6.2%
B. Wadi Jizzi system				
Domestic	38,428 (87.0%)	41,489 (87.5%)	45,297 (86.1%)	48,935 (85.9%)
% change	-	8.0%	9.2%	8.0%
Government	2,012 (4.6%)	2,122 (4.5%)	2,824 (5.4%)	3,284 (5.8%)
% change	-	5.5%	33.1%	16.3%
Industrial	4 (0.0%)	6 (0.0%)	8 (0.0%)	8 (0.0%)
% change	-	50.0%	33.3%	0%
Commercial*	3,720 (8.4%)	3,783 (8.0%)	4,477 (8.5%)	4,754 (8.3%)
% change	-	1.7%	18.3%	6.2%
Total	44,164 (100%)	47,400 (100%)	52,606 (100%)	56,981 (100%)
% change	-	7.3%	11.0%	8.3%

* Including Agriculture, Fisheries, Hotels and Tourism.

Source: Ministry of Electricity and Water, "Electricity Generation & Distribution and Water Production from Desalination Plants: Annual Reports 1992 and 1993".

① 家庭用契約口数

マスカット系統の配電網は、ときには地方電化系統内のディーゼル発電機を撤去しながら、その規模を拡大してきた。スウエイク、ルスタック、ナックル、アル・アクビを含むすべてのロードセンターは、グブラ、ルセイル両発電所から電力の供給を受けている。マスカット系統が網羅している地域には、1993年現在で合計約76万人の住民(11万世帯)が住んでいる(表4.5.3参照)。同年のマスカット系統の家庭用契約口数は127,000であった(表4.5.4参照)。家庭用契約口数には、小口の商業用施設(商店)の口数も含まれている。事実、前述の地域には4万店以上の商店があるが、1993年の商業

用契約口数は合計でわずか8,200であった。マスカット系統の供給地域内の大半の住民には電力が供給されており、将来の供給地域の拡大は辺地の小集落に限られると仮定してよいであろう。⁵ 家庭用契約口数は、人口増加率程度、すなわち年率3.5%で増加すると仮定する。⁶

この仮定に基づくと、家庭用の契約口数は、以下のように増加すると予測される。

	1993年(実績)	2000年	2010年
契約口数	127,005	161,586	227,933

② 非家庭用契約口数

非家庭用契約口数の伸び率は一定しているとは言えない。表4.5.4に示すデータのとおり、1990年～1993年の間の年平均増加率は、商業用6.2%、工業用13.9%、政府用6.3%となっている。電力の供給地域が新しい町に拡張されることはほとんどなく、需要家数の増加の大半は、すでに配電網が存在する地域で発生する新規の口数であるため、非家庭用口数の増加率は、将来減少に転じる可能性が高い。経済成長と政府の刺激策だけで、これまでの口数の増加率を持続することはできないと考えられる。

過去3年間の非家庭用口数の年平均増加数は、商業用が約450、工業用が7、政府用が470であった。経済成長により商工業用施設の数が急速に増加し、口数も大幅に伸びると予想される。⁷ 将来の口数の見積りにあたっては、増加率よりも増加数を使ったほうが適切であると考えられる。

-
- 5 オマーン国の全世界帯に対する電化率は1993年で76.3%であった(全世界帯数33万5,700に対し25万6,000世帯)。
- 6 「オマニゼーション」(オマーン人優先政策)により全人口に占めるオマーン人の比率が増加するため、平均的な世帯の大きさは、2010年まではほとんど変化しないと見込まれる。オマーン人の平均的な世帯では、非オマーン人の世帯よりも家族数が多い。これは、非オマーン人の多くは、本国に家族を残し、就労目的でオマーン国に滞在しているためである。
- 7 最近の高い経済成長率(1990年～1992年のGDP増加率は年率8%)が将来にわたって維持されるとは考えられない。現在のマクロ経済環境が今後も良好に推移するという条件が成り立つためには、例えば国際石油価格が大幅に上昇するというシナリオが必要である。

非家庭用口数の推移は、以下のとおり予測される。

	1994-2000年	2001-2005年	2006-2010年
1. 商業用			
口数の増加数(年平均)	400	450	450
口数の増加率(年平均)	4.3%	3.8%	3.2%
2. 工業用			
口数の増加数(年平均)	7	7	7
口数の増加率(年平均)	8.7%	7.0%	4.1%
3. 政府用			
口数の増加数(年平均)	300	200	150
口数の増加率(年平均)	3.2%	1.8%	1.3%

2) ワジ・ジズジ系統

ワジ・ジズジ系統には、アル・バティナ地方のソハール、シナス、リワ、サハムの各地区、およびダヒリヤ地方のアル・ブライミ、イブリス、ヤンクル、ダングの各地区が含まれる。これらの地区の総人口は1993年で約384,000人であった(表4.5.3参照)。

① 家庭用口数

ワジ・ジズジ系統は急速に拡大を続けてきた。例えば、ソハールでは1993年の世帯数は11,130であったが、前年には家庭用と非家庭用をあわせて3,646口数が増加した。また、過去3年間の家庭用口数の年平均増加数は3,500であった。一方、1993年の推定世帯数は47,700と比較し、家庭用口数は約49,000であった。

世帯数の大半はすでに系統に接続されており、将来の増加数は、年平均の人口増加率3.5%と同一の水準になるものと予想される。この予想に従えば、家庭用口数は以下のとおりである。

	1993年(実績)	2000年	2010年
契約口数	48,935	62,259	87,822

② 非家庭用口数

1990年～1993年には、政府用および商業用の口数は、それぞれ1,272および1,034増加した。年平均ではそれぞれ420および340である。一方、工業用口数は4から8に倍増した。

マスカット地域の経済規模は、ワジ・ジズジ系統内の地域よりも格段に大きい。しかし、マスカット地域と他の地域にある開発の地域間格差を縮小することが政府の方針であり、この方針に沿ってワジ・ジズジ系統の供給地域は、引き続き政府の刺激策を享受することになると推察される。今後もこの地域の経済は堅調に伸び、商業用口数の年間の増加数は、マスカット地域と同程度になることも考えられる。

工業用口数は、2000年まで年間2口、それ以降は3口増加するものとし、1993年の8口から2000年に22口、2010年には52口と予測した。また商業用と政府用は、以下のとおり増加すると予測した。

	1994-2000年	2001-2005年	2006-2010年
1. 商業用			
口数の増加数(年平均)	300	350	300
口数の増加率(年平均)	5.4%	4.7%	3.3%
2. 政府用			
口数の増加数(年平均)	350	250	200
口数の増加率(年平均)	8.3%	4.0%	2.7%

(3) 電力原単位

1) 家庭用需要

表4.5.5に過去3年間の用途別の1口当たり平均消費電力量、すなわち電力原単位を示す。注目すべき点は、ワジ・ジズジ系統の政府用を除くすべての用途に対し原単位が1993年に大幅に増加していること、また原単位が大きく変動しているということである。

表 4.5.5 1口当たりの平均消費電力量 (MWH)
(1990年～1993年)

Year	1990	1991	1992	1993
A. Muscat System				
Domestic	12.6	12.5	13.6	14.6
Government*	N/A	85.9	84.4	91.6
Industrial	1,087.9	1,171.0	1,186.1	1,422.8
Commercial#	30.2	25.3	23.1	25.5
B. Wadi Jizzi System				
Domestic	8.2	8.1	8.8	9.3
Government	32.2	32.1	27.5	27.6
Industrial	89.0	413.5	540.1	634.5
Commercial#	8.8	8.1	8.0	10.7

* Consumption by major customers is excluded.

Excluding Agriculture, Fisheries, Hotels and Tourism.

家庭用の原単位の年増加率は、マスカット系統で5.0%、ワジ・ジズジ系統では4.3%であった。これらの増加の主因として、家庭用冷房機器（エアコン）の購入が活発であったことがあげられる。しかし、今後家庭用の電力需要が大幅に伸びるとは考えられないため、原単位の増加率は低下すると予想される。マスカット系統では、年増加率を3.5%としたとき、2000年には約19MWHに達するものの、2010年までには年増加率2.5%に減少すると想定した。

以下に2010年までの年平均増加率と予想原単位を掲げる。

	年平均増加率		
	1994-2000	2001-2005	2006-2010
マスカット系統	3.5%	3.0%	2.5%
ワジ・ジズジ系統	4.0%	4.0%	3.5%

	予想原単位	
	2000	2010
マスカット系統	18.6 MWH	24.4 MWH
ワジ・ジズジ系統	12.2 MWH	17.7 MWH

2) 非家庭用需要

非家庭用需要家グループの原単位は、1990年～1993年の間に大きく変動し、原単位が減少したグループもある。供給地域が辺地に拡張されるにつれ、原単位が低下する傾向があるので、これが原因と考えられる。将来、原単位の、変動量は小幅となり、より一層安定してゆくと予想される。

一般的な傾向として、政府用および商業用需要家の原単位の変化に関しては、マスカット系統とワジ・ジズジ系統の間には大きな差異が認められない。また、都市部でのオフィス・オートメーション化の進展により、原単位は確実に上昇するとみられる。一方、政府が工業化を積極的に促進しているため、工業用原単位は増大を続けるであろう。

マスカット地方とバティナ地方のいずれにおいても、大口の電力を必要とする工業施設が増加するものの、バティナ地方で大規模の工業施設が操業される機会は限られており、したがって、原単位はマスカット地方に比べると小さいと考えられる。

非家庭用需要家の原単位は、表4.5.6に示すとおりである。

表4.5.6 非家庭用需要家の予想原単位

Year	1993 (actual)	2000	2010
<u>Unit consumption (MWH)</u>			
Muscat System:			
Government	91.6	105.2	134.7
Industrial	1,422.8	2,022.0	3,108.7
Commercial	25.5	29.3	37.5
Wadi Jizzi System:			
Government	27.6	31.7	38.6
Industrial	634.5	1,087.4	2,138.2
Commercial	10.7	13.2	18.6
Year	1994 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2010
<u>Growth rate</u>			
Muscat System:			
Government	2 %	3 %	2 %
Industrial	5 %	5 %	4 %
Commercial	2 %	3 %	2 %
Wadi Jizzi System:			
Government	2 %	2 %	2 %
Industrial	8 %	8 %	6 %
Commercial	3 %	4 %	3 %

(4) 総需要電力量の予測

これまでに述べた口数の増加数と増加率、さらに原単位の増加率の予測に基づいて、将来の需要電力量を表4.5.7に示すとおり予測した(図4.5.6と図4.5.7も参照)。両系統の総需要電力量は1993年の3,767GWHから2010年の10,874GWHへ約3倍に増加すると見込まれる。一方、総電力量の用途別構成比率は大きく変化しないであろう(図4.5.7参照)。マスカット系統では、政府用の比率は低下するものの商業用と工業用の比率が上昇する。これは、開発計画に対する政府の役割が、直接的関与から民間部門への間接的な支援へと段階的にシフトする方針を反映している。

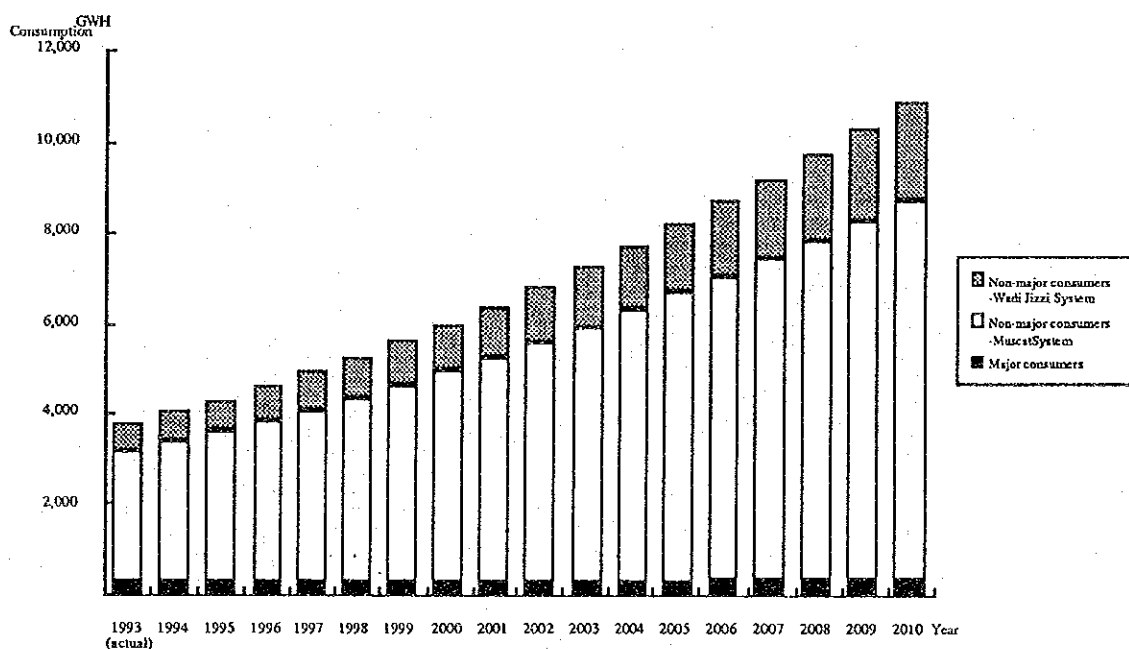
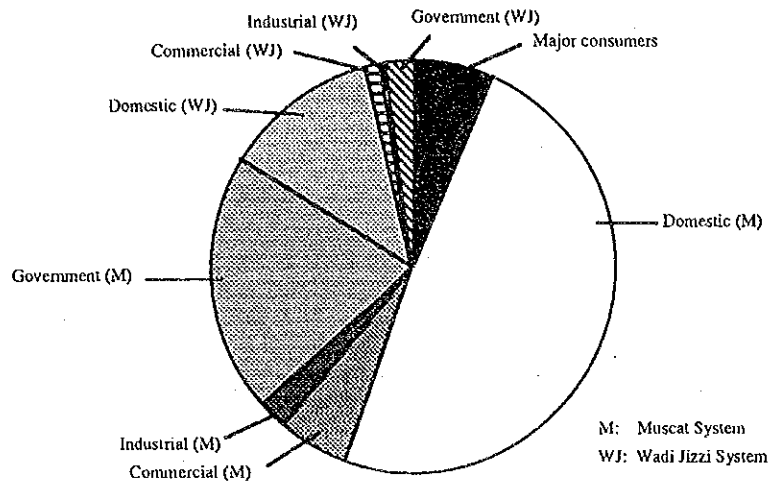
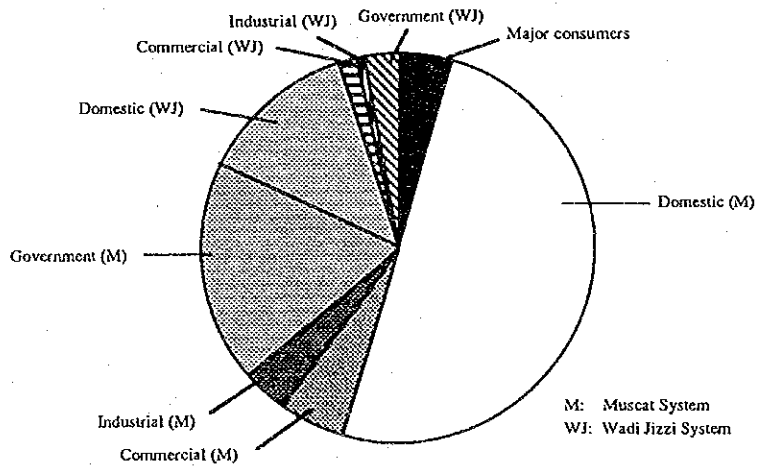


図4.5.6 需要電力量の推移(予測) 1993年~2010年

(1) Year 1993 (actual)



(2) Year 2000 (projected)



(3) Year 2010 (projected)

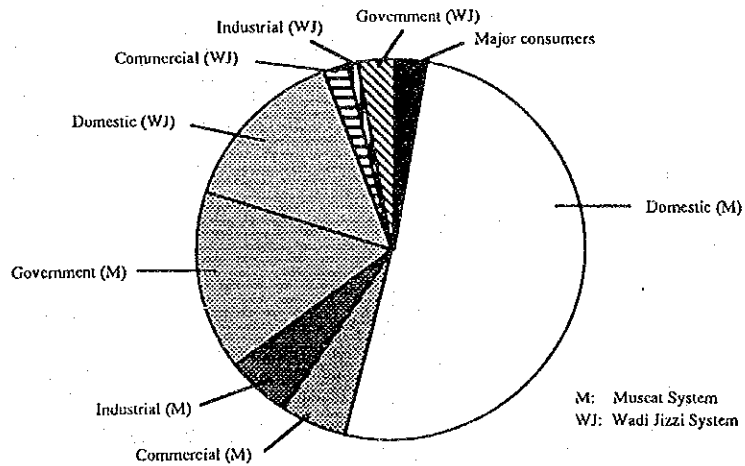


図 4.5.7 用途別需要電力量の推移

(5) 最大需要電力（ピークロード）の予測

MEWのアンニュアルレポートによれば、過去3年間の系統損失率は、所内動力を含み、以下のとおりである。

マスカット系統	1991年	15.5%
	1992年	16.0%
	1993年	15.6%
ワジ・ジズジ系統	1991年	15.0%
	1992年	14.9%
	1993年	15.3%

両系統は近い将来、連系される予定である。その結果、両系統の将来の送電損失率は、所内動力を除き、12%と推定される。これは、送電端電力量の88%が需要端で消費されることを意味する。言い換えると、送電端電力量は、需要端電力量と送電損失（電力量）との合計である。

需要電力量の予測値を基にピークロードを計算するため、以下のような仮定条件を設ける。

- 1) 既存のグブラ、ルセイル、ワジ・ジズジの各発電所の総送電端電力量は、1993年の4,383GWHから1997年の5,501GWHに増加し、それ以降は一定であるとする。⁸ 所要送電端電力量から既存発電所の送電端電力量を差し引いた電力量をバルカ発電所から供給するとする。
- 2) 本プロジェクトで建設される海水淡水化プラントの形式は、MSF法、RO法のいずれかを採用する。MSF法の場合は、造水量1m³当たり約5.4KWHの電力を必要とし、さらに所内電力として発電端電力量の3%を消費する。RO法の場合は、造水量1m³当たり約6.8KWHの電力と、所内電力2%が必要である。バルカ発電所の総発電端電力量を算出する際には、これらの電力消費を含めなければならない。
- 3) 負荷率を予測するため、次の算出式を用いる。負荷率は、発電端電力量とピークロードを関係づける因子である。

$$Y \text{ (ピークロード: MW)} = 11.45 + 0.22 \times X \text{ (電力量: GWH)}$$

8 1996年にはグブラ発電所内に設備容量220MWの発電機が設置される予定である。また、同じ年にワジ・ジズジ発電所には28MWガスタービンが2台増設される計画になっている。

この算出式は、マスカット系統とワジ・ジズジ系統を一緒にしたときの電力量とピークロードとの時系列的な関係をもとに、直線回帰分析によって求めたものである。本式の決定係数は、0.996と極めて大きい(図4.5.8と付録4.5.3参照)、負荷率を大幅に修正しなければならないような要因が、近い将来に発生するとは考えられない。本式からわかるように、負荷率は発電端電力量の増加に伴って約52%に近づき、この水準にとどまると予想される。(本式を $Y-11.45=0.22 \cdot X$ と表わす。Yが高い数値となると、左辺の $Y-11.45$ はYとみなすことができる。負荷率(L・F)は

$$\frac{\frac{X}{Y \cdot 24 \text{時間} \cdot 365 \text{日}}}{\frac{X}{X \cdot 0.22 \cdot 24 \cdot 365}} \times 1,000 \text{ (MWH/GWH)} \approx 52\% \text{ となる。}$$

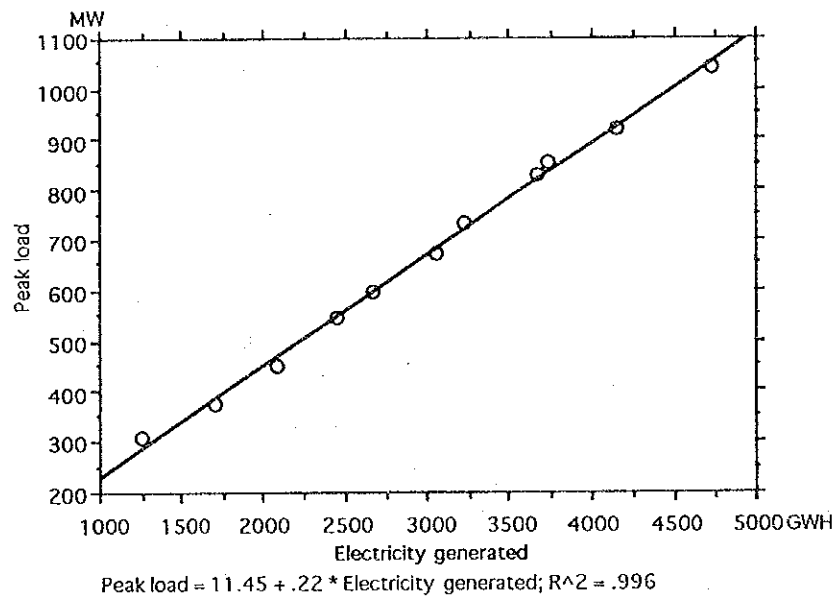


図4.5.8 ピークロードと発電端電力量の関係
(マスカット系統とワジ・ジズジ系統の合計)

前に述べた推定に基づいて計算すると、バルカ発電所の発電端電力量は表4.5.8に示す結果になる。また表4.5.9に時系列傾向線による発電端電力量との比較を示す(図4.5.9参照)。両者の差は大きく、年が経るごとにその差は拡大する。

表 4.5.8 バルカ発電所のピークロード予測

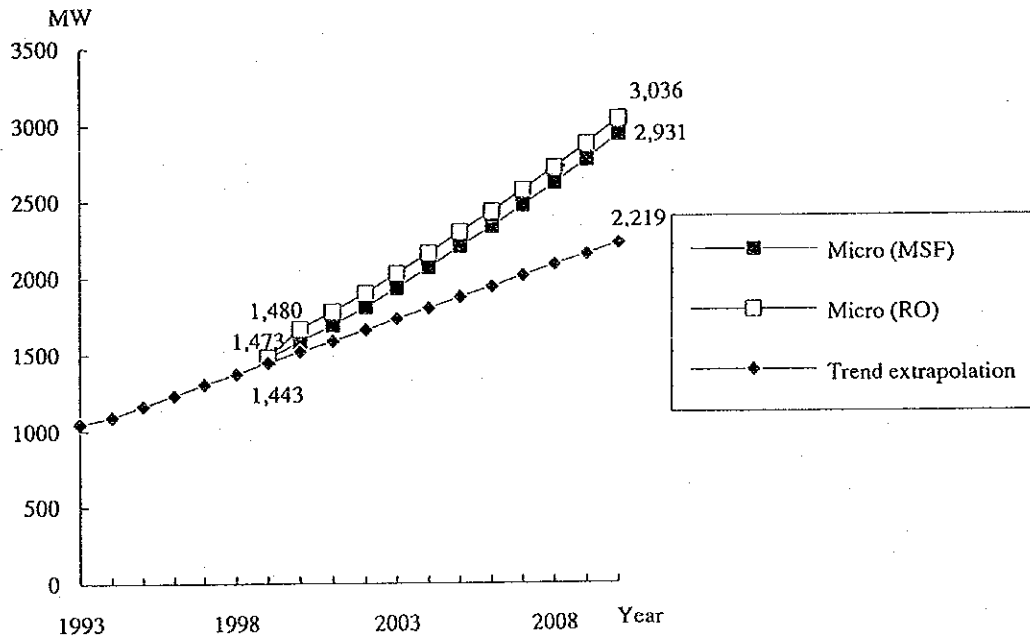
Description	Year	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1 Projected power consumption (MW)		3,637,752	4,101,652	4,389,521	4,695,297	5,020,158	5,365,363	5,732,260	6,122,287	6,530,067	6,963,705	7,424,873	7,915,351	8,437,042	8,974,159	9,439,016	9,983,257	10,558,627	11,166,978
2 Transmission loss (12%)		496,057	559,316	598,571	640,268	684,567	731,640	781,672	834,857	890,464	949,596	1,012,483	1,079,366	1,150,506	1,216,931	1,287,139	1,361,359	1,439,813	1,522,770
3 Total power transmitted (requirement)		4,133,809	4,660,968	4,988,092	5,335,564	5,704,725	6,097,004	6,513,932	6,957,145	7,420,531	7,913,301	8,437,355	8,994,717	9,587,548	10,141,090	10,726,154	11,344,610	11,998,440	12,689,748
4 Power transmitted from Ghubrah, Rusail and Wadi Jizzi Stations (Less)		4,133,809	4,660,968	4,988,092	5,335,564	5,704,725	6,097,000	6,513,932	6,957,145	7,420,531	7,913,301	8,437,355	8,994,717	9,587,548	10,141,090	10,726,154	11,344,610	11,998,440	12,689,748
5 Power transmitted from Baraka Station (requirement)		0	0	0	0	0	230,004	646,932	1,090,145	1,553,531	2,046,501	2,570,355	3,127,717	3,720,548	4,274,090	4,859,154	5,477,610	6,131,440	6,822,748
Option 1 (MSF desalination system)																			
6 Power consumption at Baraka desalination plant:																			
7 Power used at Baraka Station (3%)				0	19,967	39,862	68,983	99,536	131,592	165,227	198,135	226,841	256,817	288,127	320,838	355,021	390,555	427,993	468,162
8 Power generated at Baraka (requirement)				7,114	20,626	34,949	50,181	66,366	83,565	101,844	121,196	139,204	158,226	178,322	199,555	222,993	249,555	278,322	308,338
9 Projected peak load for Baraka (MW)				237,117	687,525	1,164,956	1,672,695	2,212,204	2,785,513	3,394,788	4,039,879	4,640,134	5,274,197	5,944,059	6,651,833	7,399,762	8,180,163	9,000,893	9,861,628
Option 2 (RO desalination system)																			
9 Power consumption at Baraka desalination plant:																			
10 Power used at Baraka Station (2.0%)				0	25,144	50,197	86,868	125,342	165,709	208,064	249,503	285,651	323,399	362,827	404,019	447,064	493,064	541,064	591,064
11 Power generated at Baraka (requirement)				4,694	13,716	23,272	35,478	44,319	55,838	68,077	81,021	93,056	105,766	119,193	133,377	148,364	164,193	180,864	198,364
12 Projected peak load for Baraka (MW)				234,698	685,791	1,163,614	1,673,876	2,215,963	2,791,902	3,403,858	4,051,072	4,652,796	5,288,300	5,959,630	6,668,835	7,418,175	8,200,163	9,021,957	9,883,232
Water production at Baraka (m ³ /d)																			
Power consumption for desalination (kwh/m ³)																			
MSF System																			
RO System																			
Well water (m ³ /d)																			
Water production at Ghubrah (m ³ /d)																			
Billed consumption (Water)																			
Station use at Baraka (Water)																			

Note: For water production requirements, see relevant chapters of this report.

表 4.5.9 バルカ発電所の発電端電力量の比較

Year	2000	2010	(MW)
Micro forecasting			
MSF desalination system	302	1,620	
RO desalination system	304	1,640	
Trend extrapolation*	226	931	

Note: In 1996, the total installed capacity of the existing plants will reach 1,288 MW. This figure was subtracted from the total power requirement.



Note: Micro (MSF): Forecast by the micro forecasting method. The desalination process assumed is MSF system.
 Micro (RO): Forecast by the micro forecasting method. The desalination process assumed is RO system.
 Trend extrapolation: Forecast by the trend extrapolation.

図 4.5.9 マスカットーワジ・ジズジ連系系統ピークロード予測の比較 (1993年～2010年)

本プロジェクトの電力需要想定には、積み上げによるマイクロ手法を採用する。ただし、予測結果は5年後に評価し、場合によっては修正を加えるという条件付きである。というのも、消費電力量のデータは1990年～1993年の4年分が入手できているにすぎず、これだけのデータで、1994年～2010年の16年間の長期予測を行なうのは合理的と言えないからである。

一方、単に過去の傾向から判断する時系列法による予測結果よりもマイクロ手法による予測結果を採用すべき理由がいくつかある。以下にその理由を述べる。

第1の理由は、MEWによれば、1994年のピークロードはマスカット系統で877.8MW、ワジ・ジズジ系統で233.5MWにすでに達した、ということである。このため、マスカット系統では51.5MW、ワジ・ジズジ系統では11.5MWの負荷制限の実施を余儀なくされた。これはピークロードの実績値が時系列法によるピークロードの予測値を超えていることを意味する。もちろん、この差を単純に統計上の誤差とみなすこともできる。しかし重要な点は、1994年のピークロードの実績値を回帰分析の対象データに含めた場合、2010年のマスカット、ワジ・ジズジ両系統の合計ピークロードは2,219MWから2,298MWに大きく増加する、ということである。負荷制限量のデータは不十分であるが、負荷制限量を時系列法の対象データに加えた場合、予測値はさらに大きくなることも考えられる。

第2の点は、電力の消費構造が現在のものから大きく変化するような電力消費予測とはなっていないことである。すなわち需要家グループ別の契約口数や原単位の予測には無理な仮定条件を使用しなかったと言える。

第3の点は、予測値が過大見積りとなっていないか、ということに関してであるが、全需要に占めるマスカット系統の家庭用需要の割合は、一貫して50%程度であり、このグループの消費電力量の増加予測が妥当であることから、過大見積りにはなっていないと言える。

消費電力量の伸びは、口数と原単位の増加が合わさったものである。口数の増加は、年率3.5%としているが、これは人口増加率が根拠となっている。この3.5%という人口増加率は、政府機関が協調のとれた開発政策を推進するために使用しているものである。中東諸国において、この数値が不合理に高いとは思えない。しかしながら、この増加率が、①大半が就労目的でオマーンに滞在している非オマーン人の出生率が低いこと、②「オマニゼーション」の政策によって外国人の数が長期的には減少するという2つの事実を反映しているかどうかは不明である。たとえ、平均増加率が3%だとしても、口数の増加、すなわち消費電力量の増加に、大きな差となって現われない。2010年までの16年間における消費電力量の増加は、年率3.5%の場合73%、年率3.0%のときは60%である。

原単位の予測伸び率は、年率2%～3.5%であり、今後16年間では62%である。家庭用需要で最大の負荷となっている家電品はエアコンである。2台以上のエアコンを持っている家庭も一部あれば、平均7～8人の家族で1台という家庭もある。2010年までには、平均世帯で2台のエアコン、例えば4人部屋に1台という割りで、所有することは十分予想される。この場合、家庭用の消費電力量は、現状に比べ50%以上増えると考えても無理はない。⁹ このように、マスカットシステムの一般世帯の消費電力量は、予測されたとおりの増加量で十分合理的と考える。

これまでに述べた理由から、マイクロ手法による予測結果を採用する。将来のピークロードの伸びは、これまでよりも大きいと予想される。

9 平均世帯では、エアコン、カラーテレビ、冷蔵庫を各1台所有している。

4.6 電源開発計画

4.6.1 確保すべき供給力の種類

供給力は、使用するエネルギーの種類により、水力、火力、原子力に大別され、日負荷曲線における分担部分に応じて、ベース供給力、ミドル供給力、ピーク供給力に分類される。

オマーン国においては、天然ガスを燃料とする火力が供給力となっており、ガスタービン、蒸気タービン、ディーゼルエンジンが使用されている。火力は、機器保安上、定期的に長期間の補修作業（例えば、タービンは2年に1回、ボイラは毎年）を行なう必要があるものの、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクルプラントでは、熱効率が低い、起動・停止が容易で操作に要する時間が短い、など種々の特長がある。

日負荷曲線の分担については、一般にベース部分に熱効率の高い大容量機、中間部分には負荷の大きさに対応して出力調整が行なえる中容量機、また、ピーク部分には負荷変動に応じて出力が調整できる小容量機を適用する。コンバインドサイクルプラントは、負荷変化率が大きく、負荷追従性に優れていることから、ベース部分からピーク部分まで需給状況に応じて幅広い運用が可能である。

本プロジェクトにおける供給力は、オマーン国の需要特性を考慮し、使用するエネルギーの種類からは火力とする。また、日負荷曲線における分担部分は、7.5節で述べるように、ベース部分からピーク部分までになる。この点を考慮すれば、適用すべき発電方式はコンバインドサイクルプラントが適切と考えられる。

4.6.2 供給力の見通し

(1) 増設・建設計画中の供給力

現状供給力は、マスカット系統815MW、ワジ・ジズジ系統222MW、合計1,037MWである（表4.2.1、表4.2.2参照）。また、1996年までに増設・建設計画中の発電所は、表4.6.1に示すように、マスカット系統220MW、ワジ・ジズジ系統56MW、計276MWであり、1996年までに合計1,313MWの供給力を保有することになる。マナ系統は将来はマスカット系統に連系される見込みであり、1996年までに90MWの供給力を確保することを計画している。したがって、本プロジェクトの計画対象からは除外される。

表 4.6.1 増設・建設計画中の発電所

系 統	発 電 所	形 式	設備容量 (MW)	運開予定年
マスカット	グブラ	GT	95	1995
	グブラ	GT	95	1995
	グブラ	ST	30	1996
	合 計		220	
ワジ・ジズジ	ワジ・ジズジ	GT	28	1995
	ワジ・ジズジ	GT	28	1996
	合 計		56	
マ ナ	マ ナ	GT	30	1996
	マ ナ	GT	30	1996
	マ ナ	GT	30	1996
	合 計		90	

(備考) GT：ガスタービン、ST：蒸気タービン

(2) 既存発電設備の予想使用期間

グブラ発電所の蒸気タービン(3×8.5MW)が、1976年に運転を開始して以来、堅調な需要の伸びに対応するために、グブラ、ルセイル両発電所に順次、蒸気タービン、ガスタービンが導入された。MEWは、これらの発電設備の運転・保守を民間の専門会社に委託することによって、設備能力を高い水準に維持してきた。しかしながら、発電設備を構成するボイラ、蒸気タービン、ガスタービンなどの機械装置には、経済合理性が成り立つ範囲での耐用年数があるため、これらの供給力が将来にわたって同一水準で維持できるとは言えない。耐用年数は、機械装置の性能、運転・維持状態により大幅に異なるため明確な基準はないが、発電設備の減価償却上使われている耐用年数を参考として、蒸気タービン、ガスタービンの耐用年数をいずれも20年と仮定する(MEWで使われている原価計算では20年を用いている)。マスカット系統とワジ・ジズジ系統に接続されている発電機群の各ユニットにこの耐用年数を適用して、現在の供給力が今後どのような水準で推移するか試算した結果を表4.6.2に示す。この表から予想されるとおり、供給力は1996年の1,288MWをピークとして急速に減少し、2010年には304MWに低下する。しかし、発電設備の休廃止計画と供給力の減少分を補充するための具体的な電源開発計画は、現時点ではMEWから明らかにされていない。

表 4.6.2 発電プラント稼働期間 (仮定)

ST: STEAM TURBINE (20 YEARS)
GT: GAS TURBINE (20 YEARS)

POWER STATION	TYPE	NO. & CAPACITY (MW)	YEAR																													
			1976	1978	1980	1982	1984	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010												
GHUBRAH	ST	3 x 8.5 (25.5)	← 25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5													
	ST	1 x 50 (50)	← 50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50												
	ST	1 x 30 (30)																			→ 30											
	GT	3 x 17.5 (52.5)		← 52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5												
	GT	6 x 17.5 (105)		← 105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105												
	GT	2 x 27 (54)			← 54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54												
(537 MW)	GT	2 x 95 (190)																			→ 190											
	ST	1 x 30 (30)																			→ 30											
RUSAIL (498 MW)	GT	3 x 83 (249)																			→ 249											
	GT	3 x 83 (249)																			→ 249											
WADIJIZZI	GT	3 x 18 (54)																			→ 54											
	GT	2 x 28 (56)																			→ 56											
	GT	2 x 28 (56)																			→ 56											
(278 MW)	GT	1 x 28 (28)																			→ 28											
	GT	1 x 28 (28)																			→ 28											
	GT	1 x 28 (28)																			→ 28											
TOTAL INSTALLED CAPACITY (MW)			25.5	75.5	128	233	233	341	590	646	702	951	951	981	1,009	1,009	1,037	1,065	1,223	1,288	1,238	1,195	1,080	1,080	1,026	972	723	667	611	332	332	304

(3) 経済比較上の寿命

前項では、会計上の減価償却を基準とした使用期間を予想したものであるが、経済比較上は、経済寿命の考え方を取り入れる必要がある。すなわち、設備の資本回収費は使用期間が長くなるほど、1年当たりの金額は少なくなるが、運転・維持などに要する稼働費は、使用期間が長くなるほど増加し、特に終期に近づくると加速されることが多い。したがって、資本回収費と稼働費の和である年経費は、ある適当な年数が経過した時点で最小になる。このときの年数が経済寿命であり、経済的観点からは最も有利な使用期間となる。図4.6.1に使用期間と1年当たりの平均費用との関係、および使用期間に対し年経費が最小となる時期、すなわち経済寿命を示す。

稼働費は、現有設備の使用期間の経過とともに増加する老朽劣化分と、技術的改良が加えられた新規設備の安い稼働費との相対的な差である陳腐化（技術革新）分の2つから構成されている。老朽劣化分と陳腐化分を合わせた稼働費は稼働劣性として表現され、図4.6.2に示す関係になっている。現有設備と新規設備の経済比較にあたっては、この稼働劣性を年経費に使用する必要がある。

技術革新が急速に進行し、省エネルギー、省力化技術が盛り込まれた発電設備が積極的に市場に投入されている現今においては、稼働劣性が年を経るごとに拡大する。つまり、現有設備が経済性の面で著しく不利になることを意味する。とりわけ、発電設備の分野では、ガスタービン単体に比べ熱効率が大幅に向上するコンバインドサイクルプラントの導入によって、この稼働劣性が顕著な影響を及ぼす。この点から、会計上の耐用年数である20年を基準として、その全期間にわたって、現有設備を運転・維持することが経済的に有利とは考えにくい。しかしながら、MEWが設定している耐用年数が20年であること、また、稼働劣性を考慮した経済寿命を把握するための現有設備の運転・維持費のデータがMEWに蓄積されていないので、供給力の見通しにあたっては発電設備の使用期間を20年に設定する。

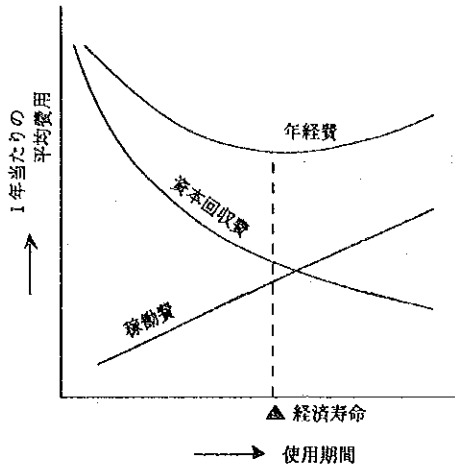


図 4.6.1 経済寿命

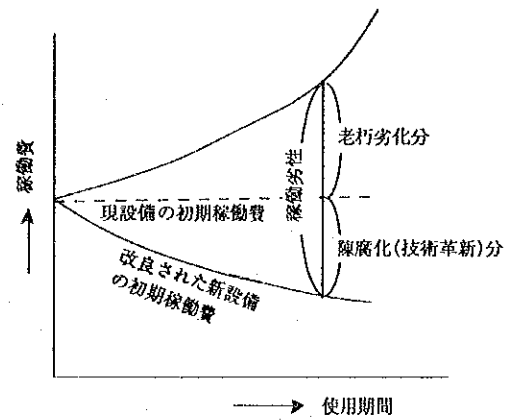


図 4.6.2 稼働劣性

4.6.3 供給予備力

(1) 予備力保有の考え方

電源や送電線の事故時にも安定して電力供給を継続するためには、想定された需要よりも大きな供給力をあらかじめ保有しておく必要がある。この供給力と需要との差が予備力である。予備力が不足すると、電力系統の周波数が低下してタービン翼の共振を起こすなど、運転に支障をきたす。予備力の保有量が大きいほど、供給信頼度レベルが向上し、安定供給上は好ましいが、設備投資額が過大になる。そこで、供給信頼度を表わすために、事故や需要変動を確率分布で組み合わせ、これを最大電力持続曲線と対比させることによって、供給見込み不足日数を管理値とする方法が用いられている。この見込み不足日数の目標値は0.3日/月程度であり、この目標値以内に供給信頼度レベルを維持するためには、最大電力の8～10%程度が保有すべき予備率とされている。

(2) 保有目標予備力

予備力は、電源の応動状況に応じて瞬動予備力、運転予備力、待機予備力の3つに区分されるが、その機能、保有目標予備率などを表4.6.3に示す。

表 4.6.3 保有目標予備力

区分	機能	起動時間	運転継続時間	保有目標予備率
瞬動予備力	周波数低下の早期回復	10秒以内	10分程度	5%
運転予備力	規定周波数の維持	10分以内	数時間程度	5%
待機予備力	需要の景気変動対応	数時間以内	数時間以上	3～5%

マスカット系統の最大電力は、1993年6月22日に826MWを記録し設備容量815MWを超えた。このため、20MWの負荷制限を実施して、最大電力を806MWに抑制する措置をとったことが報告されている。最大電力が設備容量を超えたのは1993年の6月から8月にかけて数日間あり、供給予備率はゼロの状態になっている。今後の需要が過去5年間の伸び率と同じ8.5%で増加すれば、負荷制限の回数・時間は共に急速に拡大することが懸念される。

マスカット系統の需要構造と当面確保すべき供給信頼度レベルから、予備力としては規定周波数の維持を目的として運転予備力を、また予備率を最低5%保有することを目標とする。2010年のマスカット-ワジ・ジズジ連系系統の最大電力は発電端で2,929MW（海水淡水化プラントがRO法の場合）と想定されているので、予備力は $2,929 \times 5\% = 146\text{MW}$ となる。

そこで、1系列が100MW級ガスタービン2台、排熱回収ボイラ（HRSG）2缶、100MW級蒸気タービン1台から構成され、総出力300MWを持つコンバインドサイクルプラントを想定した場合、ガスタービン1台が系統から脱落すると、総出力は300MWから150MWに低下する。よって、5%の予備率（予備力146MW）は、マスカット系統で最大単機容量の発電機1台が系統から脱落した場合でも規定周波数を維持できる予備力に相当する。

一方、MEWとの協議により、最大単機容量1台の電源が系統から脱落しても、許容周波数を維持する方針が確認された。そこで、系統周波数特性定数を1.0（%MW/0.1Hz）と仮定すれば、100MW級ガスタービン1台が系統から脱落した場合の供給力減少量は150MWであり、このときの周波数低下は0.5Hz程度であり、系統運用上の支障はない。また、2010年の最小負荷日の電力は486MWと想定され、このとき同じ容量のガスタービンが脱落した場合は、1.7Hz程度の周波数低下が見込まれる。この場合、最小負荷日が現われるのは需要の少ない冬季であるから、運転予備力の確保が容易である。

4.6.4 バルカ発電所の設備容量

マスカット系統とワジ・ジズジ系統の連系を想定した場合の2010年までの予想最大電力、供給力の見通し、需給バランスは図4.6.3のとおりである。現有発電設備が表4.6.2の稼働期間（仮定）のとおり順次休止すれば、供給力不足を解消するためにバルカ発電所が保有しなければならない設備容量は、予備力150MWを除外しても、2000年で475MW、2010年では2,625MWと見込まれる。2010年の系統容量2,929MWに対し約90%を占めることになり、その開発規模は極めて大きくなる。設備容量が大きくなるほど、単位出力あたりの建設費、運転・維持費は低下す

るため経済性は優れるが、電力供給の信頼性（電源の分散化）、系統周波数変動に対する安定性、電源集中化による送配電損失など、不利な面も多い。設備能力は大容量であっても、小容量の単位機を組み合わせることで不利な面は軽減できるが、過度の電源集中化は、社会経済活動の根幹を支える電力供給システムの信頼性、安定性を損ねることになりかねない。したがって、1993年のマスカット、ワジ・ジズジ両系統の総設備容量1,037MWに対し、最大規模のルセイル発電所の設備容量498MWは48%占めていることも参考として、2010年におけるバルカ発電所の設備容量を、系統容量の50%を大幅に超えない程度に抑えることを目安とする。すなわち、2010年の予想系統容量2,929MWに対し約1,600MW（約55%）をバルカ発電所の開発規模の上限とするならば、残り約1,300MWは、バルカ発電所以外で供給しなければならない。これは、1996年の予定総設備容量1,313MWで賄える規模であることから、この水準の供給力を2010年まで維持できるよう、耐用年数に達した既存の発電プラントは、運転・維持管理費用の高騰を招かないためにも別プロジェクトにて一層信頼性、経済性に優れた設備に順次更新してゆく必要がある。

以上の点から、バルカ発電所の開発規模は、2010年の想定最大電力と1996年の供給力とのバランスに供給予備力を加えたものとし、表4.6.4に示すとおり計画する。年次毎の運転開始出力は、RO法の海水淡水化プラントの稼働開始スケジュールと調整したうえで、以下のとおり設定した。発電プラントの型式は、前項で述べたコンバインドサイクルプラントを想定し、単機容量はガスタービン96MW、蒸気タービン100MWとした。

期分け	運転開始年	設備容量
第1期	1999年	388 MW
第2期	2002年	292 MW
第3期	2007年	584 MW
第4期	2010年	584 MW
合計		1,848 MW

なお、マナ系統については、MEWが表4.6.5のとおり電力需給計画を作成しており、バルカプロジェクトとは別のプロジェクト（BOTベース）にて電源開発を実施する意向である。

PROJECTED PEAK LOAD (Alternative B : RO PROCESS)

YEAR	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
EXISTING PEAK LOAD	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288
BARKA PEAK LOAD	0	0	106	202	304	413	529	652
TOTAL	1,288	1,288	1,394	1,490	1,592	1,701	1,817	1,940

UNIT: MW							
YEAR	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
EXISTING PEAK LOAD	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288
BARKA PEAK LOAD	783	921	1,050	1,185	1,329	1,480	1,640
TOTAL	2,071	2,209	2,338	2,473	2,617	2,768	2,928

- ① CASE 1: 1,640 MW SHORTAGE IN POWER SUPPLY IN YEAR 2010 TO BE REINFORCED BY BARKA PROJECT
- ② CASE 2: 2,624 MW SHORTAGE IN POWER SUPPLY IN YEAR 2010 WITHOUT REINFORCEMENT BY OTHER PROJECTS

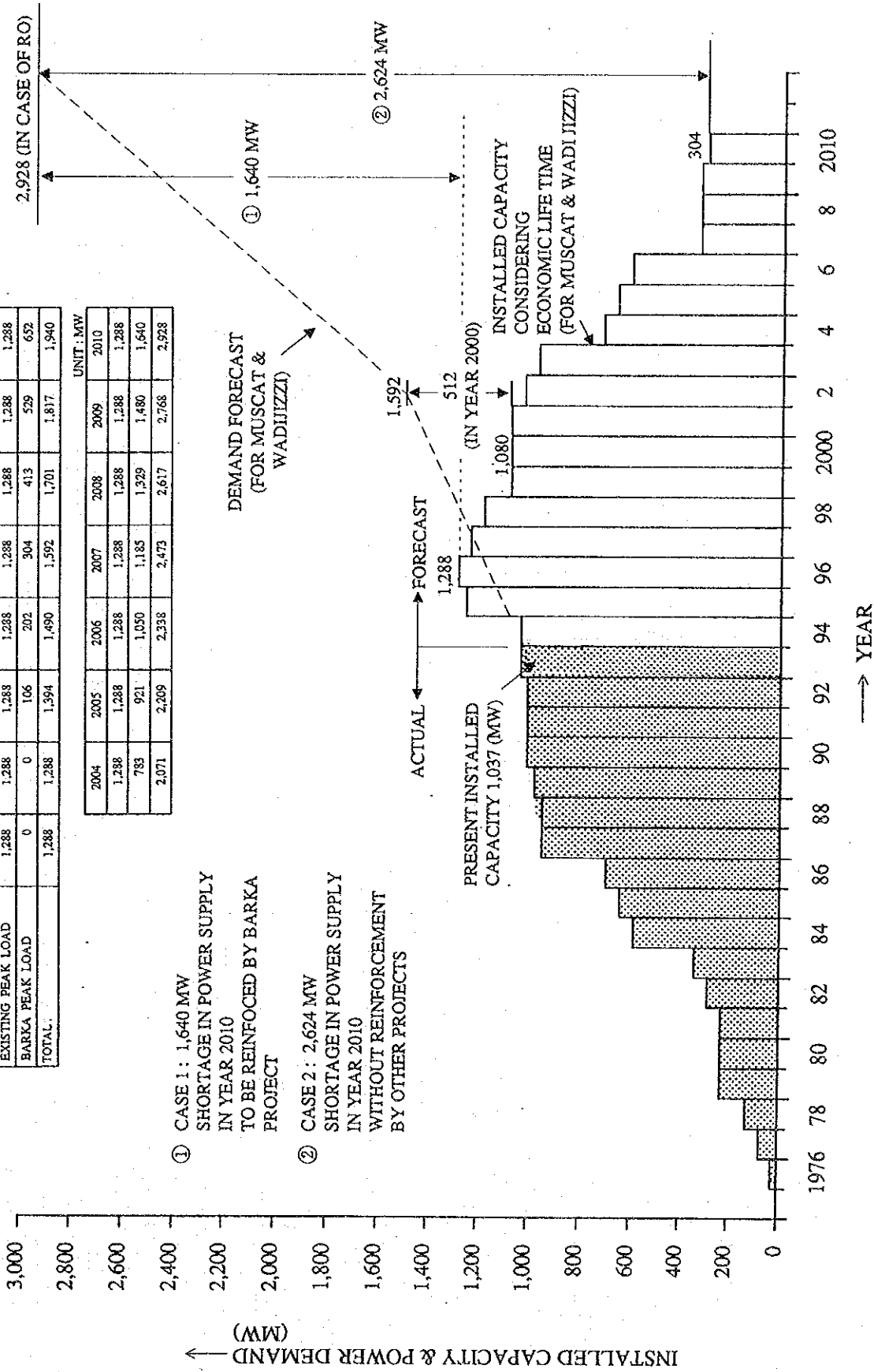


図 4.6.3 最大電力需給バランス (予想)

表 4.6.4 最大電力需給バランスと電源開発計画

OPTION	YEAR	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
A (M S F)	(a1) BARKA PEAK LOAD (MUSCAT & W/JIZZI)	0	0	106	201	302	409	523	644	774	910	1,037	1,171	1,313	1,462	1,620	
	(a2) RESERVE MARGIN	0	0	96	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
	(a3) TOTAL REQUIREMENT = (a1) + (a2)	0	0	202	351	452	559	673	794	924	1,060	1,187	1,321	1,463	1,612	1,770	
	(a4) GTG 96MW			96			96			96			96		96		
	(a5) GTG 96MW			96				96					96		96		
	(a6) STG 100MW				100				100						100		100
	(a7) GTG 96MW (OPEN)					96											
	(a8) BPST 60MW				60			60					60		60		
	(a9) TOTL CAPACITY = (a4)+(a5)+(a6)+(a7)+(a8)	0	0	192	160	96	96	156	156	100	96	196	60	192	100	252	100
	(a10) ACCUM. CAPACITY	0	0	192	352	448	544	700	800	800	896	1,092	1,152	1,344	1,444	1,696	1,796
(a11) FINAL BALANCE = (a10) - (a3)	0	0	-10	1	-4	-15	27	6	6	-28	32	-35	23	-19	84	26	
B (R O)	(b1) BARKA PEAK LOAD (MUSCAT & W/JIZZI)	0	0	106	202	304	413	529	652	783	921	1,050	1,185	1,329	1,480	1,640	
	(b2) RESERVE MARGIN	0	0	96	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
	(b3) TOTAL REQUIREMENT = (b1) + (b2)	0	0	202	352	454	563	679	802	802	933	1,071	1,200	1,335	1,479	1,630	1,790
	(b4) GTG 96MW			96		96			96				96		96		
	(b5) GTG 96MW			96			96					96			96		
	(b6) STG 100MW				100				100						100		100
	(b7) GTG 96MW (OPEN)					96											
	(b8) TOTL CAPACITY = (b4)+(b5)+(b6)+(b7)	0	0	192	196	96	96	100	100	96	196	96	96	196	96	196	196
	(b9) ACCUM. CAPACITY	0	0	192	388	484	580	680	776	776	972	1,068	1,164	1,360	1,456	1,652	1,848
	(b10) FINAL BALANCE = (b9) - (b3)	0	0	-10	36	30	17	1	-26	-26	39	-3	-36	25	-23	22	58

NOTE : GTG - Gas Turbine Generator
 STG - Steam Turbine Generator
 BPST - Back Pressure Steam Turbine Generator

表4.6.5 マナ系統の電力需給予想

Year	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Annual Peak Demand (MW)				78	84	89	93	97	101	105	109	113	117	121	125	129	133	137
Energy (GWh)				507	529	546	559	573	586	600	613	626	648	652	665	677	691	704
Total Installed Capacity (MW)				90	90	90	120	120	120	120	120	120	150	150	150	150	150	150

出所：MEW 1993

第 5 章 水供給事業の現況と水資源開発計画

第5章 水供給事業の現況と水資源開発計画

5.1 水供給の概況

5.1.1 水資源開発の歴史

オマーン国は、古くから水の供給を井戸とファラジュ・システム（地下含水層より水を導く導水路）に依存してきており、現在でも地方ではこのシステムが貴重な水供給源となっている。また、南バティナ地方の海岸地帯では地下水を利用した農業が行なわれている。

1970年頃のマスカット地区での飲料水は、井戸から供給されていたが、近代化の進展により新たな水供給源の確保が必要となったことから、グブラの淡水化プロジェクトが進められ、1号機が1976年に完成した。その後1983年に1基、1986年に2基、1992年に1基の増設が行なわれ、現在、132,000 m³/dの生産能力を保有するに至った。

その他に1989年にはオマーン石油精製工場で約1,000 m³/dの生産設備が完成し、井戸を合わせると1992年にはマスカット地区の供給能力は153,000 m³/dになった。

水の消費は年々増加して、マスカット地区では1981年に37,000 m³/dであったものが、1992年には130,000 m³/dにまで増大している。淡水化プラントとは別に1983年から進めてきたワジ・アル・クード（Wadi AL-Khoodh）の地下水チャージダム実験プロジェクトの成功によって、他の地域にも類似のダムの建設が進んでいる。さらに、マスカット地区の水供給ネットワークの改善プロジェクトが米国の援助とオマーン国政府の資金により実施されている。このプロジェクトは、1990年に策定され、ワジ・アル・クードとグブラ淡水化プラント、グブラ、ルーイを結ぶパイプラインの建設、首都圏のニュータウンへの水供給網の整備、グブラの地下水池の拡充が対象となった。

オマーン国政府は水資源の管理に積極的姿勢をとりだし、1989年には新たな井戸の掘削に対して厳しい規制を加え、現在、井戸からの取水を制限している。

家庭への給水は、水道配管とタンクローリーによって行なわれており、マスカット地区で水道水の普及率は1992年には86%であり、タンクローリーによるものと合わせて家庭への給水は約90%である。

マスカット地区の水資源開発は、マスタープランに従って進められる予定である。

5.1.2 水供給設備

(1) マスカット地区

1992年におけるマスカット地区の水の生産量は下記のとおりである。

井戸水	:	36,196.8 m ³ /d
造水設備	:	95,086.8 m ³ /d
石油工場	:	712.4 m ³ /d
<hr/>		
全生産量	:	131,996 m ³ /d

(2) 南パティナ地方

すべて井戸水に依存しているが、供給量等の統計はない。多くの家庭がタンクを持ち、タンク車による給水を受けている。

5.1.3 水道料金

水道料金は、一般用と事業用に分類されている。

一般用 (家庭、病院、大学等)	2 バイザ/ガロン (440 バイザ/m ³)	(120円/m ³)
事業用	3 バイザ/ガロン (660 バイザ/m ³)	(180円/m ³)

5.1.4 水供給組織

マスカット地区の水の供給はすべてMEWによって行なわれている。その組織は4.1.5に示してあるが、グブラ造水設備の建設や運転管理は、発電設備とともにDGEの担当で行なわれている。DGWはグブラの貯水池以降の水の供給設備の建設とマスカット地区の給水を担当している。

5.1.5 設備の運転および保守

グブラ造水設備の運転および保守は、グブラ発電設備と同様にSOGEX Co. に委託されている。造水設備は冬期にユニット毎交互に約1ヶ月停止され、保守作業が行なわれる。貯水池以降の設備の運転および保守はDGWのマスカット水道局で行なわれている。

5.2 既設の水供給設備

5.2.1 既設設備の概要

グブラの海水淡水化プラントは1976年22,730 m³/dの設備が建設され、その後3段階で増設が進み、1993年末現在、表5.2.1に示すように、5基のMSF、合計132,000 m³/dが運転されており、さらにフェーズ5として27,730 m³/dの設備が1996年運転開始の予定となっている。井戸は設備能力は大きいですが、揚水量は合計で20,000 m³/dに制限されている。

表5.2.1 水供給設備

設備名	容量 (m ³ /d)	型式	運転開始
海水淡水化プラント			
グブラ No.1	22,730	MSF	1976
グブラ No.2	27,300	MSF	1983
グブラ No.3	27,300	MSF	1986
グブラ No.4	27,300	MSF	1986
グブラ No.5	27,300	MSF	1992
小計	131,930		
井戸	20,000		注： 井戸の設備能力は大きい が揚水量は20,000m ³ /dに 規制されている。
東地区	(50,000)		
中央地区	(2,000)		
西地区	(50,000)		
小計	20,000 (102,000)		
石油工場	1,000		1989
合計	152,930		

5.2.2 グブラ造水設備の運転状況

グブラ淡水化プラントは、5基いずれも順調に運転されており、高い生産水準を維持している。

(1) 水生産量

図5.2.1は、1984年から1993年までの全設備の生産量の推移を示した

ものであるが、設備が增強された1986年と1993年に生産量が設備能力に比例して増加していることが明らかである。個別の設備の生産量の推移を表5.2.2に示した。

(2) 運転時間

各設備毎の運転時間の推移を表5.2.3に示した。表中の利用率は運転時間を年間の時間で割ったもので、1年は8,760時間として計算した。利用率は約90%と考えてよい。

(3) 造水比

各設備毎の造水比の推移を表5.2.4に示したが、いずれも計画の6を上回り、7に近い実績である。

(4) 造水コスト

生産水あたりの造水コストの推移を表5.2.5に示した。また、1993年のコスト構成比を図5.2.2に示した。コストに占める燃料費の比率は50%を超えており、コストダウンにはエネルギー効率の改善が必要なことを示している。また、造水コストは約0.6 R.O/m³で、これは換算すると約2.7パイザ/英ガロンであり、一般用の料金、2パイザ/英ガロンに比べ割高となっている。

表 5.2.2 各ユニットの生産量

単位：×10⁶ (m³)

Year/Unit	Unit-1	Unit-2	Unit-3	Unit-4	Unit-5	Total
1990	5.19	8.58	10.10	9.25	-	33.13
1991	7.58	9.38	8.35	9.53	-	34.85
1992	7.50	8.48	8.51	8.50	2.00	34.99
1993	7.50	8.66	8.89	8.95	8.22	42.22

(出所：MEW)

表 5.2.3 各ユニットの運転時間

Year/Unit	Unit-1		Unit-2		Unit-3		Unit-4		Unit-5	
	hr	Availability (hr/8760hr)	hr	Availability (hr/8760hr)	hr	Availability (hr/8760hr)	hr	Availability (hr/8760hr)	hr	Availability (hr/8760hr)
1990	5531	0.63	7611	0.87	8752	1.00	8010	0.91	-	-
1991	7959	0.91	8318	0.95	7257	0.83	8254	0.94	-	-
1992	7961	0.91	7813	0.89	7846	0.90	7737	0.88	1753	0.20
1993	7921	0.90	7852	0.90	7947	0.91	7988	0.91	7315	0.84

(出所：MEW)

表 5.2.4 各ユニットの造水比

Year	Unit-1	Unit-2	Unit-3	Unit-4	Unit-5
1990	6.99	6.55	6.88	6.87	-
1991	7.50	6.36	6.87	6.93	-
1992	7.40	6.43	7.09	6.96	6.74
1993	7.75	6.29	6.99	6.97	6.31

P/R=Distillate Production/Condensate(Brine Heater)

(出所：MEW)

表 5.2.5 生産水 (m³) あたりの造水コスト

単位：RO

Year	Fuel (Gas)	Man-power	Chemical	Depreciation	Spares	Others	Total
1989	0.328	0.034	0.013	0.142	0.012	0.061	0.590
1990	0.314	0.034	0.012	0.148	0.009	0.059	0.570
1991	0.320	0.032	0.011	0.140	0.002	0.059	0.564
1992	0.320	0.037	0.011	0.155	0.011	0.064	0.598
1993	0.320	0.032	0.011	0.167	0.015	0.061	0.606

(出所：MEW)

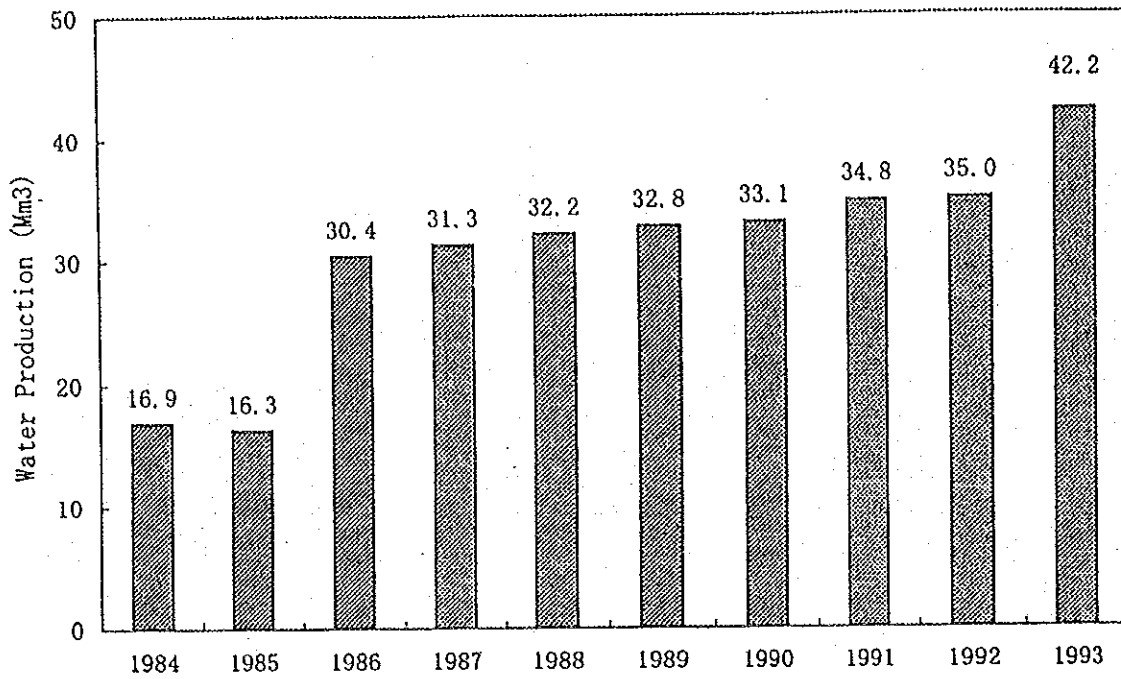


図 5.2.1 グブラ淡水化プラントの生産量

(出所：MEWのデータより)

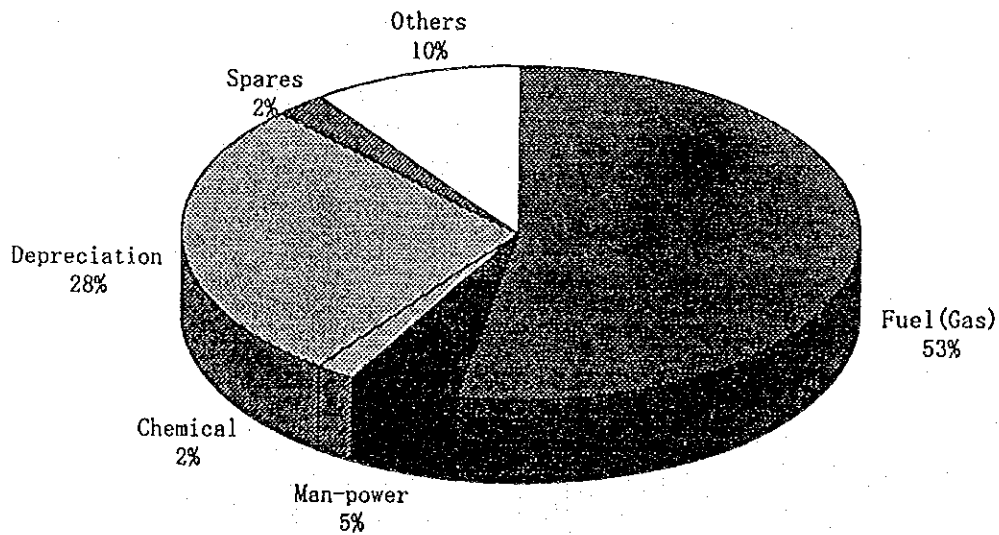


図 5.2.2 コスト構成比 (1993年)

(出所：MEWのデータより)

5.2.3 スール海水淡水化プラント（RO方式）

スールはマスカットから南へ約350km離れた海岸の小都市である。ここに4,550 m³/dのRO方式の淡水化プラントが1993年2月から営業運転に入っており、現在順調に運転している。スールプラントのフローダイヤグラムを図5.2.3に示す。

プラントの概要は次のとおり。

(1) 生産能力

2,275 m³/d × 2 系列

(2) 経緯

契約	1989年4月
土建工事開始	1991年9月
据付および電気工事開始	1992年7月
営業運転開始	1993年2月

(3) 基本仕様

海水電気伝導度	56,000 μs/cm
海水温度	28~30℃
高圧ポンプ圧力	61~64 bar.
処理水の電気伝導度	400~580 μs/cm
動力消費	2.2 MWH

生産水の品質は、オマーン国規格に合っている。

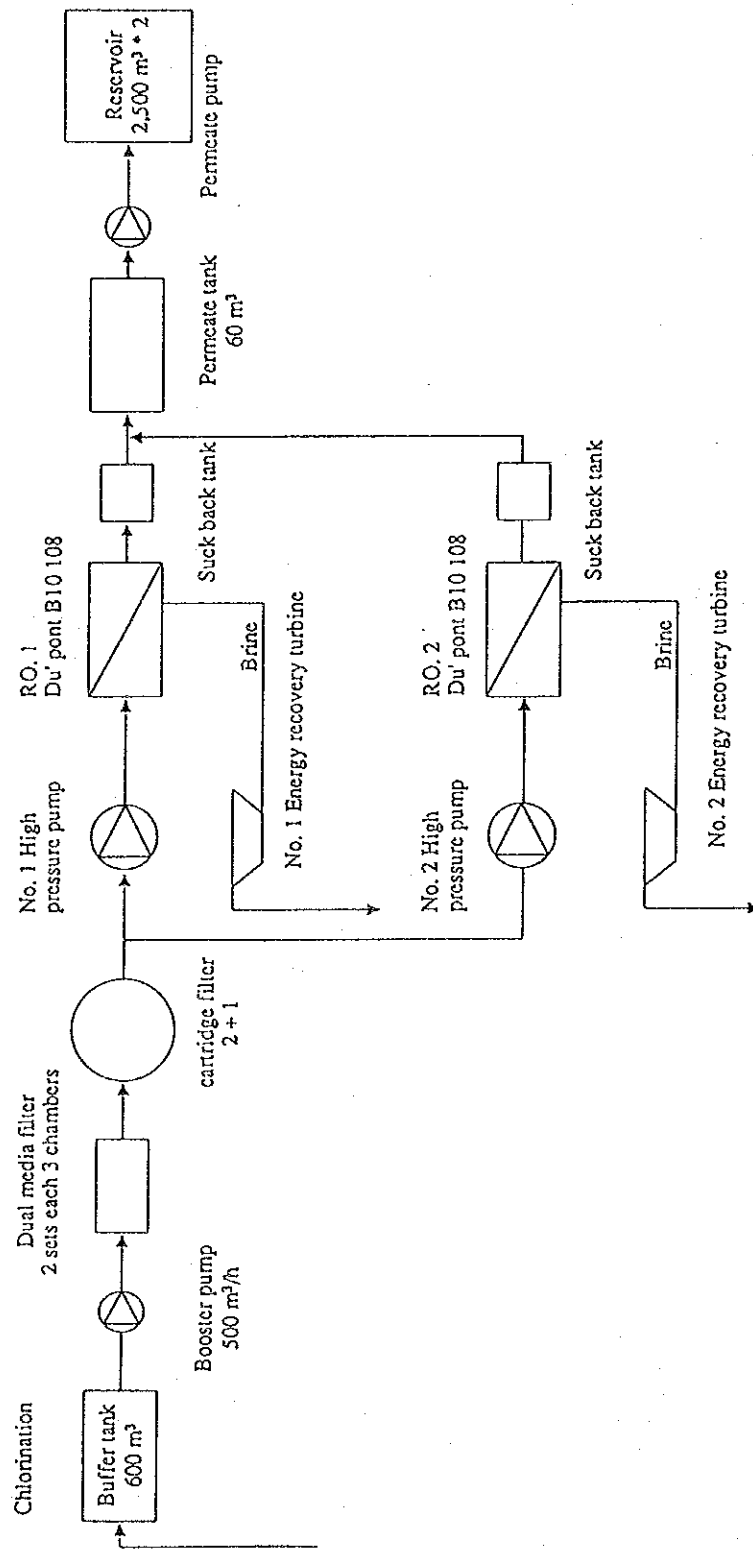


図 5.2.3 スール RO 淡水化プラントフローダイアグラム

5.2.4 送水設備

(1) 水源からの送水

マスカット地区への送水は次の4水源から行なわれている。

- グブラポンプ場
- 東地区井戸
- 中央地区井戸
- 西地区井戸

1) グブラポンプ場

グブラ発電・淡水化プラントでの生産水を送水するもので、No.1とNo.2の2つのポンプ場があり、それぞれ54,000m³の貯水設備が連結され、合計で108,000m³の容量を有するが、さらに54,000m³の設備の増強が予定されている。なお、プラントサイトにおける貯水設備は生産水1日分の容量を持つことがMEWのガイドラインとなっている。

ポンプ設備は、No.1が6台(うち1台予備)で合計で6,600m³/h、No.2は1993年に稼働開始の最新設備が4台(うち1台予備)で、合計で5,000m³/hの能力を持っている。

なお、送水圧力は約10バールである。

2) 東地区井戸

直径600mmの井戸水集合管がワジ・アディ(マスカットの西南約8km)のラウンドアバウトの近くで主水管と接続し、ブレンディングが行なわれている。

3) 中央地区井戸

中央地区井戸の地下水は、グブラに送られブレンディングされている。すなわち、地下水はワジ・パウシャとワジ・ランサブから集められ、直径150mmと直径300mmの配管でグブラ淡水化プラントのブレンディング槽に送られる。ただし、現在は使用されていない。

4) 西地区井戸

西地区の井戸水は東地区に比較し水質が良く、シーブ配水設備でグブラ淡水化プラントの水と混合し使用されている。西地区井戸からグブラへの直接送水ラインも計画され、モワラにポンプ場が設置されている。

(2) 送水配管

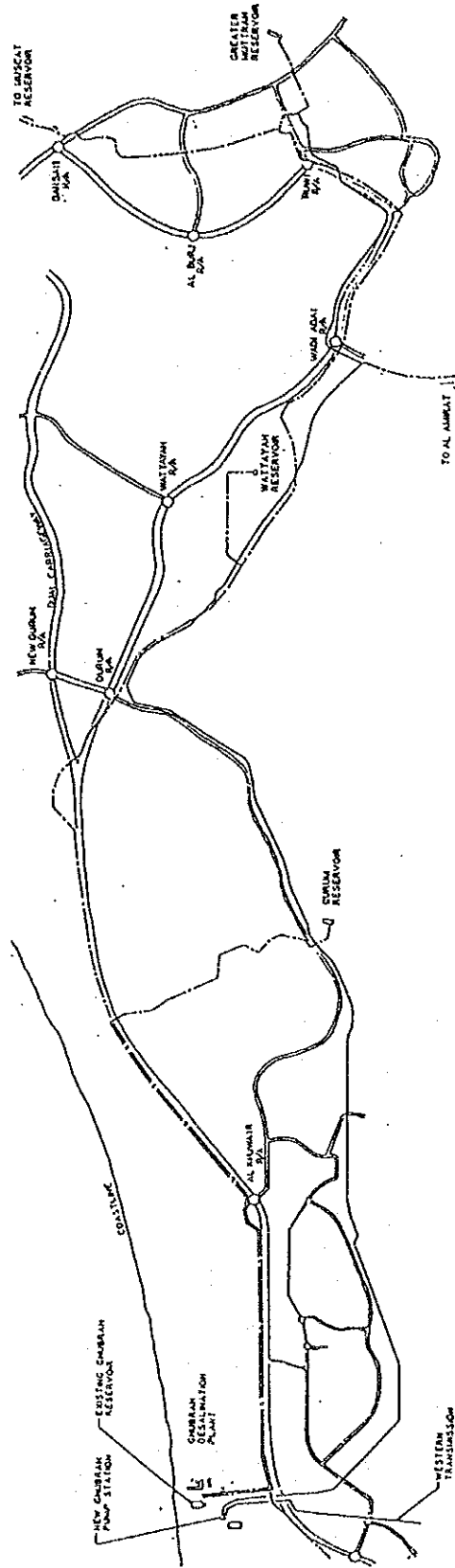
マスカット地区の送水配管は、図5.2.4、図5.2.5に示すように、直径1,000 mmの主配管がグブラポンプ場から東西に41km設置され、各貯水場に分岐している。主配管の西端はモワラで、そこから直径600 mmの配管で、シーブ貯水場に送水されている。他に、直径600 mm、直径300 mmの送水配管が布設され、配水場に送水されている。

(3) 貯水場

マスカット地区の貯水場は表5.2.6に示すように、大小12ヶ所ある。貯水槽は標準化されている。

槽の高さは5 mである。すべて地上コンクリート製で迷彩色を施してあり、国防上への配慮が窺える。シーブとルセイル以外はすべて貯水槽から重力で配水されている。

なお、この貯水場の他にシーブとクワームに比較的容量の小さい高架水槽が設置されている。



LEGEND

—	DUAL CARRIAGEWAY
—	ROAD
———	600mm DIA TRANSMISSION PIPELINE
———	900mm DIA TRANSMISSION PIPELINE

図 5.2.4 マスカット東地区送水配管

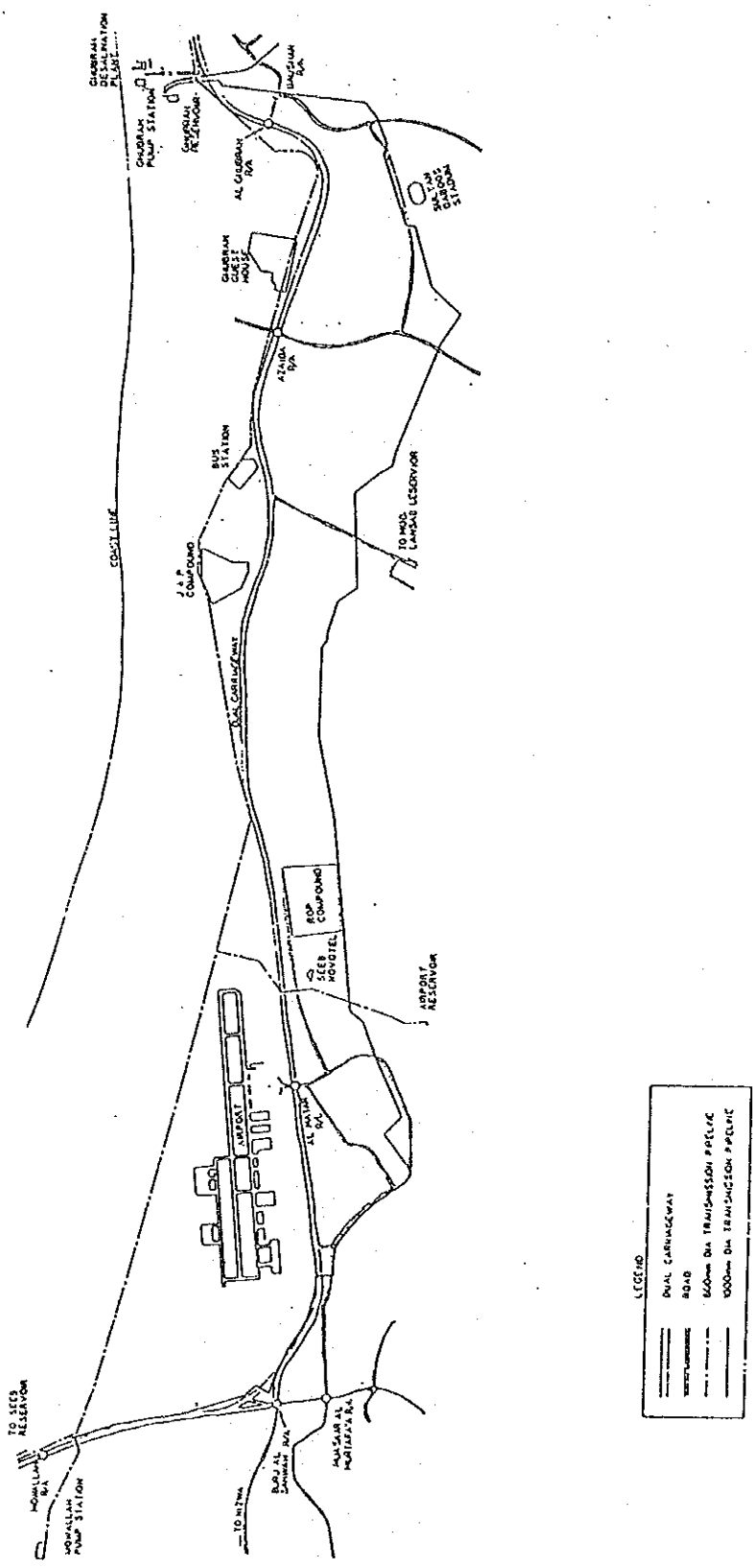


図 5.2.5 マスカット西地区送水配管

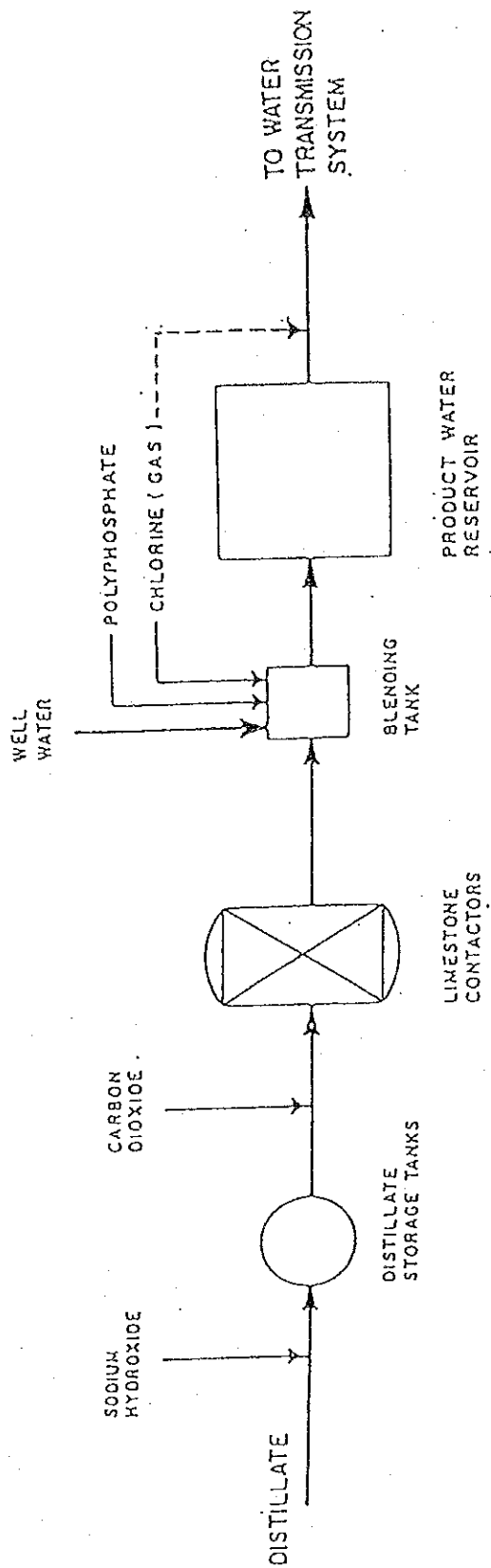


図 5.2.6 後処理システムの概念図

表5.2.6 貯水場リスト

地区	場所	容量 (m ³)	高水位 (m)	低水位 (m)	配水方法
東地区	Qurm	18,000	82	77	重力
	Qurm II	5,000	97	92	重力
	Wattayah	9,000	75	70	重力
	Ruwi	18,000	70	65	重力
	Muscat	18,000	70.5	65.5	重力
	Al Kabir	3,000	117	112	重力
	Bustan	3,000	55	51	重力
	Al Amart (建設中)	5,000	213	208	重力
西地区	Seeb Airport	10,000	52	47	重力
	Seeb	18,000	39.5	34.5	ポンプ
	Rusayl	5,000	135	130	ポンプ
	Cement Factory	5,000	203	198	重力

(出所：マスカット地区マスタープラン)

(4) 水質およびブレンドイング

グブラプラントの淡水化の方式は、すべてMSF法であり、生産水はほとんど塩分を含まないため、直接飲用には適さず、後処理が必要となっている。

グブラでは、図5.2.6に示すシステムで水質調整を行っており、ポンプ場では更にフッ素の添加も行なわれている。また、中央地区井戸からの水とブレンドされている。

表5.2.7にグブラからの送水の水質、表5.2.8に中央地区井戸水の水質の変動幅、および表5.2.8に消費者へ供給される水質を示す。

表 5.2.7 グブラ淡水化プラントの送水水質

Date	pH	EC μs	Alkalinity as CaCO ₃ ppm	Chloride ppm	Phosphate ppm	Iron ppm	Chlorine ppm	Calcium Ca ppm	Magnesium ppm	Total Hardness as CaCO ₃ ppm	[]**
09-01-91	8.21	136	44	0	2.5	0.03	0.59	16	1.9	47.9	-0.07
12-01-91	7.64	141	50	0	0	0.02	0.67	20	1.2	55	-0.5
12-03-91	8.02	142	51	14.2	2.5	0.03	0.61	19.3	2.1	56.8	-0.13
20-03-91	8.61	145	39	22.7	0	0.03	0.54	14.8	1.5	41.4	0.23
27-03-91	7.88	133	43	16.31	1.5	0.03	0.51	15.6	1.4	44.6	-0.42
03-04-91	7.86	136	43	17.7	1.4	0.03	0.64	16.8	1.9	50	-0.33
04-04-91	7.88	140	46	0	0	0.02	0.70	16.4	1.7	48.2	-0.71
29-04-91	8.31	101	47	0	0	0.01	0.72	17.2	0.6	45.5	0.16
30-04-91	8.28	100	46	0	0	0.01	0.60	16.2	1.0	44.7	0.08
15-05-91	7.86	128	45	16.3	1.21	0.02	0.61	17.8	1.3	49.3	-0.34
12-06-91	7.83	107	44	10.6	1.27	0.02	0.61	16.6	0.9	45.4	-0.36
19-06-91	7.84	114	45.5	12.8	1.05	0.02	0.55	16	0.6	42.5	-0.37
21-06-91*	7.72	440	52	0	0	0.04	0.44	25.6	9.1	101.8	-0.03
22-06-91*	7.68	560	55	147.2	0	0.08	0.53	28.6	11.4	119.1	-0.57
26-06-91*	7.77	291	46.5	0	1.65	0.02	0.71	21.6	8.4	75	-0.36
27-06-91*	7.75	333	48.5	0	0	0.07	0.61	22.9	6.4	83.9	-0.36
28-06-91*	7.77	354	48	0	0	0.07	0.57	23.4	7.4	89.3	-0.32
29-06-91*	7.68	375	49	0	0	0.06	0.49	18.6	10.3	89.3	-0.5

* Blended with well water

** Langelier Stability Index

(出所：MEW)

表 5.2.8 ブレンディング用井戸水の水質

Parameter	Minimum	Maximum	Average
pH	7.05	7.55	7.24
Conductivity μs	2,160	10,600	4,360
M.O. Alkalinity ppm as Ca CO ₃	168	194	177
Total Hardness ppm as CaCO ₃	535	1,982	1,041
Calcium Hardness ppm as Mg	64	1,380	170
Chloride - ppm	567	4,468	1,479
Total Iron - ppm	0.4	0.82	0.63
Langelier Index	0.45	0.81	0.62

(出典：MEW)

表 5.2.9 消費者への供給水の水質

Parameter	Concentration		
	[A]	[B]	[C]
Sample ID			
Sample Number	2677/115	2659/116	26781116
Date of Analysis	15-09-90	12-09-90	10-09-90
Ammonia - ppm	ND	ND	ND
Nitrite - ppm	ND	ND	ND
Nitrate - ppm	ND	ND	ND
TDS - ppm	90	620	290
Chloride - ppm	30	190	100
Alkalinity - CaCO ₃ ppm	30	70	40
Hardness - CaCO ₃ ppm	60	140	80
Calcium - Ca ppm	8	32	24
Magnesium - Mg ppm	10	14	5
Iron - ppm	ND	ND	ND
pH	8.7	8	7.6
Conductance - μ s	140	920	440
Langlier Index	-0.35	-0.08	-0.85

*

[A] Influent to Ruwi Storage Tank

[B] Tap in Residence of Tank Watchman

[C] Outlet of Ruwi Reservoir Compartment No. 2

Source: Ministry of Health

5.3 水需要および供給の変動特性

5.3.1 水需要の変動

(1) 季節変動

電力と同じように、水の消費量も夏期は多く、冬期は少ないというパターンで変動するが、その幅はあまり大きくない。表5.3.1は、1986年から1992年までの月毎の水供給量を示したものである。供給量の変動幅は、月別供給量比率で示される。月別供給量比率とは、ある一定年数間の月別の平均供給量を同期間中の月平均供給量で除したものである。表5.3.1に見られる如く、最大の供給量は6月で、年平均の111%、最小は1月で年平均の84.5%であった。

(2) 日変動

1986年から1990年間での1日当たりの最大供給量は表5.3.2に示すように、年平均1日当たり供給量の1.3倍程度で、消費地における貯水池で十分対応できる程度である。

5.3.2 水需要と水生産設備

水の場合、需要家のメータで計量された全水量と、生産される水の量の間には差がある。この差を考慮して設備を計画する。計画設備容量決定のために下記項目を検討した。

(1) 有収率

需要家への料金賦課水量（実質消費量）を生産水量で除したものを有収率という。1990年までのマスカットでの有収率は表5.3.3に示すとおり70%程度であるが、最近は70～75%まで上がっていると思われる。MEWは、有収率を5年以内に85%となるよう対策を講じ実行の予定である。ちなみに、1992年の日本の平均有収率は86.4%であった。

料金未収分には、配水管の漏水等の損失の他に、メータ不感水や、消防用水などが含まれるが、その実勢は不明である。

(2) 所内消費

所内消費とは、送水設備、発電設備や運転員の宿舎用の水など料金賦課対象とならない水をいい、グブラプラントの1993年の実績は下記のとおりである。

全プラント生産水量	42,219,826 m ³ /年	100%
プラント用水 (全プラント)	700,652 m ³ /年	1.66%
プラント内飲料水 (含キャンプ)	120,383 m ³ /年	0.28%
全プラント所内消費量	821,035 m ³ /年	1.94%

(3) 設計容量比

年間の平均生産量に対し、季節変動などを考慮し設計容量を決定するが、MEWは需要量1.2倍とする案を採用している。

$$\text{設計生産量} = 1.2 \times \text{年間需要量}$$

(4) 稼働率・負荷率

グラブプラントの稼働率の現在までの平均実績は約90%である。

また、1993年の総生産水量から設備の負荷率は、

全設備容量	131,930 m ³ /d
生産水量 (1日平均)	115,671 m ³ /d

から87.6%と計算される。

また、1991年、1992年の負荷率は、それぞれ91.3%、91.6%である。

これらの関係をまとめて図5.3.2に示した。

表 5.3.1 月毎の水供給量

Month	Demand (m ³ /d)								Ratio (%)
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Average	Monthly /Yearly
January	77,917	87,176	89,456	98,270	102,012	107,298	102,383	94,930	84.50
February	73,558	88,970	92,562	98,001	99,633	109,677	117,648	97,150	86.48
March	83,144	90,683	104,837	102,355	113,664	113,607	110,488	102,683	91.40
April	90,298	96,683	110,511	112,532	123,293	124,373	116,859	110,650	98.49
May	101,017	113,464	118,958	122,578	130,592	130,235	135,983	121,832	108.45
June	101,370	116,959	123,386	125,050	130,959	131,026	143,605	124,622	110.93
July	104,001	119,055	113,789	124,658	131,711	132,362	135,078	122,950	109.44
August	99,850	111,521	115,363	119,108	125,623	125,995	131,011	118,353	105.35
September	103,801	111,801	114,911	121,620	123,776	128,710	137,175	120,256	107.04
October	102,584	107,113	114,005	119,560	125,676	127,791	128,294	117,861	104.91
November	98,313	101,145	108,315	112,712	118,236	120,438	129,616	112,682	100.30
December	87,374	92,893	99,567	101,034	112,560	112,859	122,718	104,144	92.70
Average	93,602	103,122	108,805	113,123	119,811	122,031	125,905	112,343	100.00

表 5.3.2 1日当たりの供給量の変動

	1986 Demand (m ³ /d)	1987 Demand (m ³ /d)	1988 Demand (m ³ /d)	1989 Demand (m ³ /d)	1990 Demand (m ³ /d)
Average	93700	103200	109100	113200	119900
Peak Day	122984	129700	135678	143305	145884
Peak Month	104011	119055	123386	125050	131711
Peak Day/Average Day	1.31	1.26	1.24	1.27	1.22
Peak Day/Peak Month	1.18	1.09	1.10	1.15	1.11
Peak Month/Average Day	1.11	1.15	1.13	1.10	1.10

表 5.3.3 有収率

Year	Ave. Demand m ³ /D	Increase Rate	Ave. Supply m ³ /D	Increase Rate	Unaccountable Rate	Revenue Ratio
1986	63,200		93,700		0.326	0.674
1987	72,200	1.142	103,200	1.101	0.300	0.700
1988	79,300	1.098	109,100	1.057	0.273	0.727
1989	74,400	0.938	113,200	1.038	0.343	0.657
1990	88,500	1.190	119,900	1.059	0.262	0.738
Average	75,520	1.092	107,820	1.064	0.301	0.699

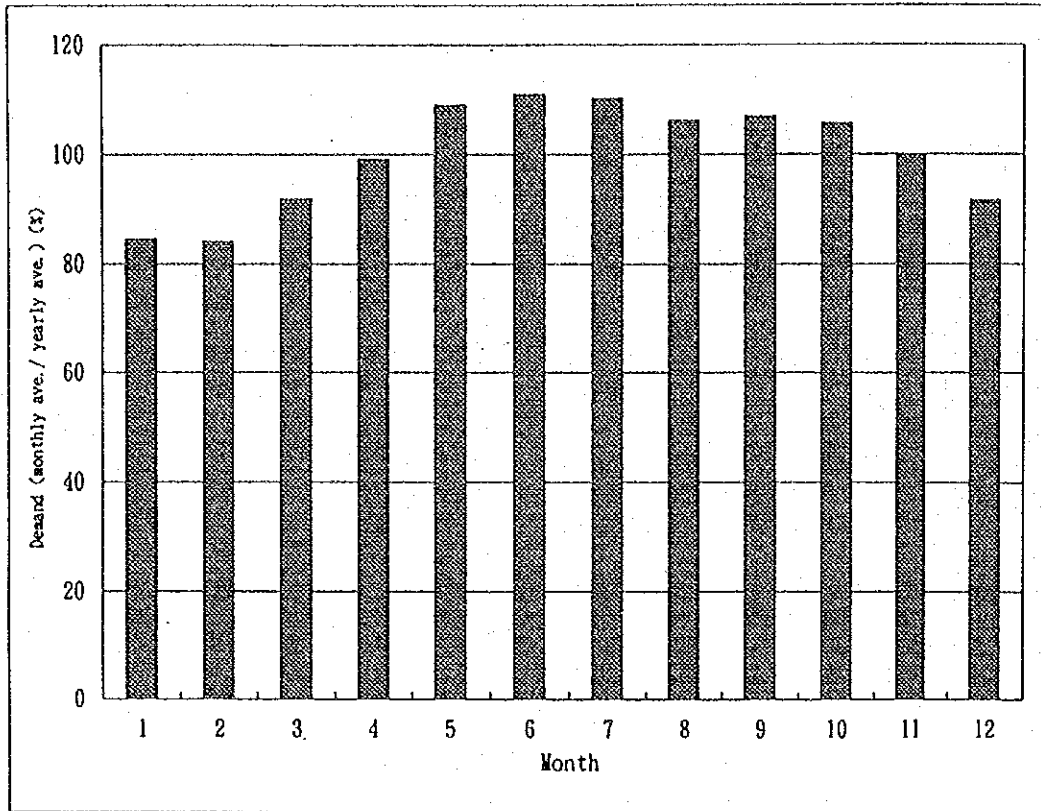


図 5.3.1 月毎の変動

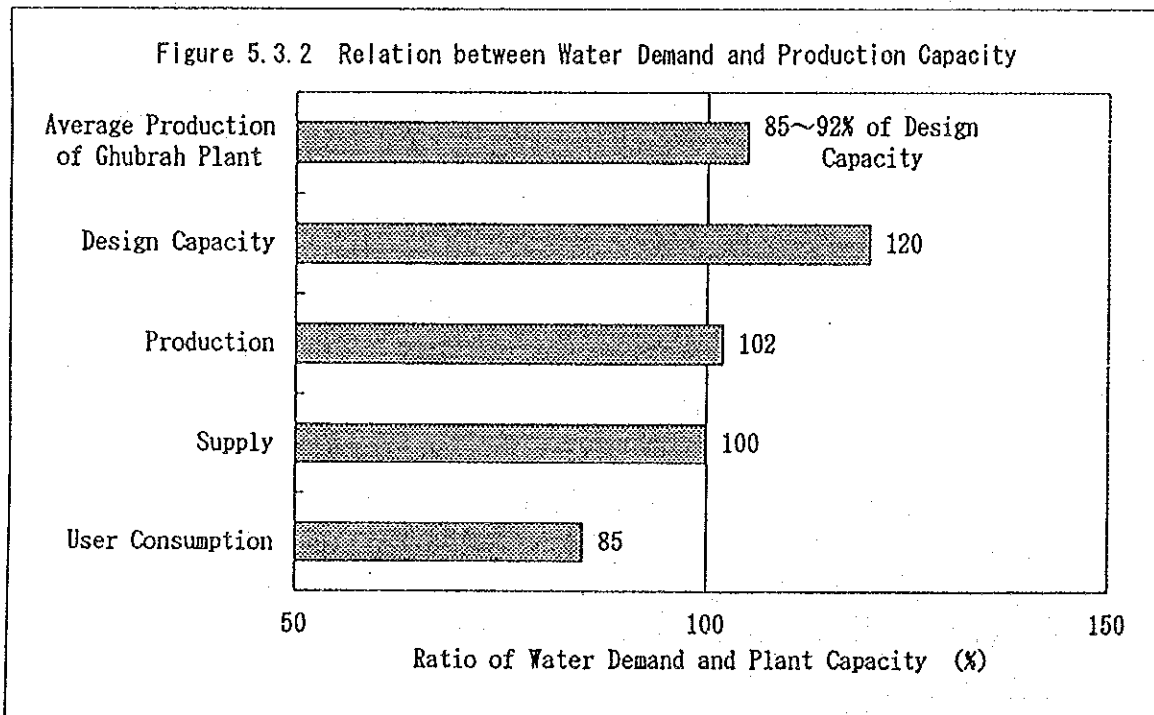


図 5.3.2 需要と供給能力との関連

5.4 水需要想定

MEWには公式の給水マスタープランになっている「マスカット給水マスタープラン」(以下、「マスタープラン」と称する)がある。このマスタープランは、1993年に外部のコンサルタントがMEWの委託を受けて作成したものであり、1981年～1990年の水消費データが収録されている。またMEWから入手したデータや政府刊行物から、1987年～1993年(1991年と1992年は除く)の消費水量の総量や契約口数、原単位に関するデータが引き出せる。これらの統計データを使って、2010年までの需要予測を行なった。本節では、まず主要経済指標と水需要の関係について簡単に述べる。続いて、時系列傾向線によるマクロ手法と積み上げによるミクロ手法の2つの方法を用いた需要予測を行なう。

5.4.1 経済指標との関係

需要想定を行なうにあたって、水需要と主要経済指標との間になんらかの関係がないか検討した。その結果、電力需要の場合と同様に、GDP石油部門との間に強い相関関係がみられた(図5.4.1と付録2参照)。¹

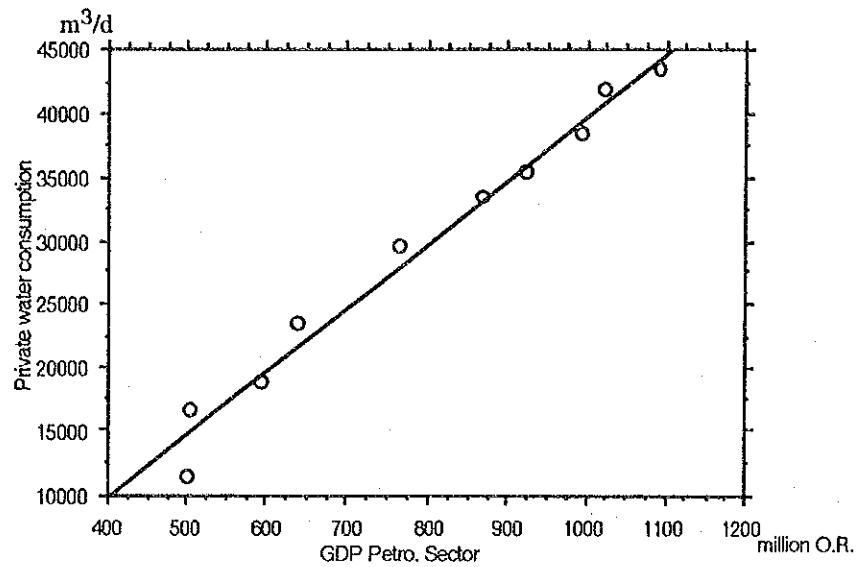
原油生産からの歳入と、それによる支出が水需要を押し上げることは明らかである。そのメカニズムの中心は、政府支出の一部が給水のための送水・配水設備へ投資されることであると考えられる。給水事業への設備投資や供給地域の拡大に関する十分な統計データが入手できれば、この推論を裏付けることができるであろう。図5.4.1の回帰線は以下の式で表わされる。

項 目	式
民間部門の水消費量 (m ³ /d)	$Y = -9911.793 + 49.586 \times X$ $r^2 = 0.977$
政府部門の水消費量 (m ³ /d) ²	$Y = -16934.127 + 56.303 \times X$ $r^2 = 0.949$

1 GDP (またはGDP非石油部門) は、GDP石油部門よりも正確に経済活動全体を反映していると考えられているが、本調査では水需要との間に強い相関関係はみられなかった。

2 1984年に消費量が急激に低下しなかったならば、政府部門の水消費量の式にある決定係数は、もっと高い数値になっていたであろう。この低下の原因は明らかではない。

(a) Private water consumption



(b) Government water consumption

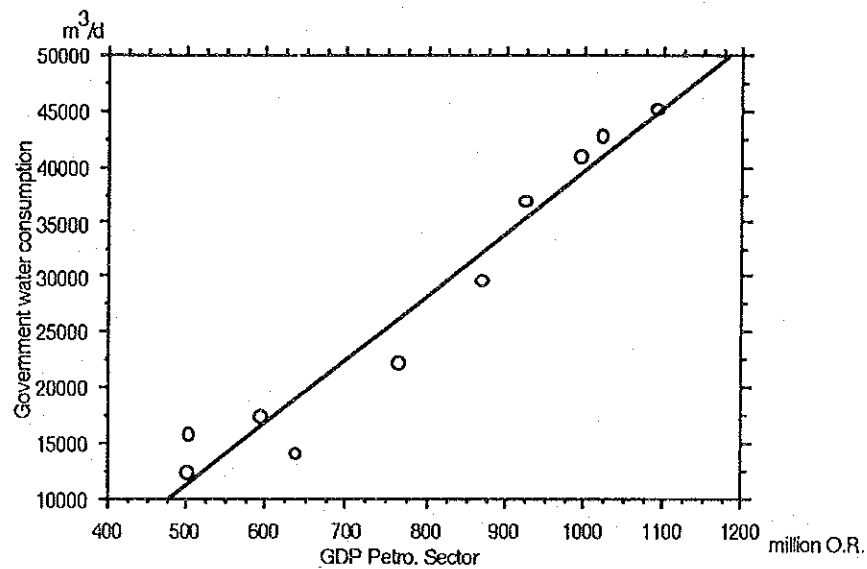


図 5.4.1 水需要と GDP 石油部門

5.4.2 時系列傾向線によるマクロ的予測

MEWは最近まで需要家を4つの用途区分、「民間」「政府」「タンカー」「クーボン」に分類していた。「民間」と「政府」は水道管による給水、また「タンカー」と「クーボン」はタンカー（タンクローリー）による給水を受けていた。「民間」の需要家には、家庭用と商業用と工業用が含まれていた。

「政府」には、王室や政府機関そして公共施設の灌漑がある。また、「タンカー」と「クーポン」は、各々MEWのタンカーによる配水と、MEW以外のタンカーによる配水を指す。いずれもMEWの水を水道管で供給されていない地域にタンカーで給水するものである。

図5.4.2に示すとおり、1日当たりの水消費量は1981年の約24,000 m³/dから1990年の89,000 m³/dに増加した。年平均増加率は15.7%であった。1984年に政府の消費量が突然下がったことを除けば、民間と政府いずれの消費量も毎年着実に増加した。

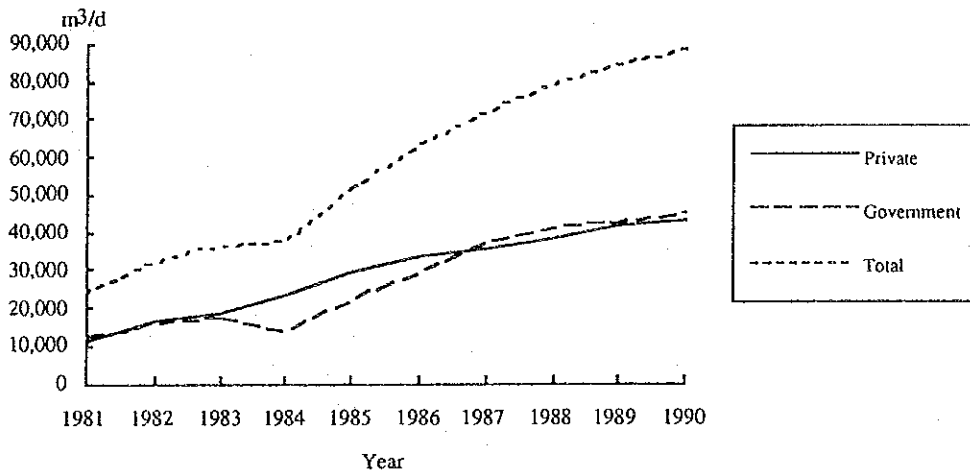


図5.4.2 日平均消費水量の推移（民間部門と政府部門）
（1981年～1990年）

Note: (a) Private consumption includes water supplied by tankers, which in 1990 was 3,909 m³/day.
(b) The water consumption defined in the source book, is basically the balance between "the total outflow from distribution system" as defined by MEW and the "unaccounted-for-water" as defined by the source book. It is important to note that the water consumption and the "water demand" are different.

Source: Ministry of Electricity and Water, Sultanate of Oman, "Water Supply Master Plan for Muscat", Final Report, Vol. II of Main Report, June 1993.

図5.4.2に使用された（マスタープランにある）消費水量の実績値に基づき、将来の水需要を時系列傾向線によって推定する。タンカー水の大部分は家庭用として消費されている。したがって、需要予測に際しては、便宜上、民間用を含める。

過去の消費水量の推移を図示したのが図5.4.2であり、この図から将来の推移の傾向線は直線または非直線（放物線）のいずれにもなると思われる。しかし、非直線回帰の場合は、さらに多くのデータ（観測値）が必要になることに留意しなければなら

ない。1981年～1990年の10年間だけのデータでは十分ではない。³ 非直線の傾向線では、需要を過大に見積ったり、過小に見積ったりすることがしばしばある。したがって、マクロ的時系列法では、直線の傾向線に基づいた予測のみを検討する。予測結果は、表5.4.1に要約したとおりである（図5.4.3も参照）。

表5.4.1 消費水量予測の要約

Description	Equation	r ²	Year 2000 (Projected)	Year 2010 (Projected)
Average daily water consumption (cu m/d)				
Private water consumption	$Y = -7204056.6 + 3643.073 \times X$	0.982	82,089	118,520
Government water consumption	$Y = -8116080.867 + 4101.63 \times X$	0.931	81,179	128,195

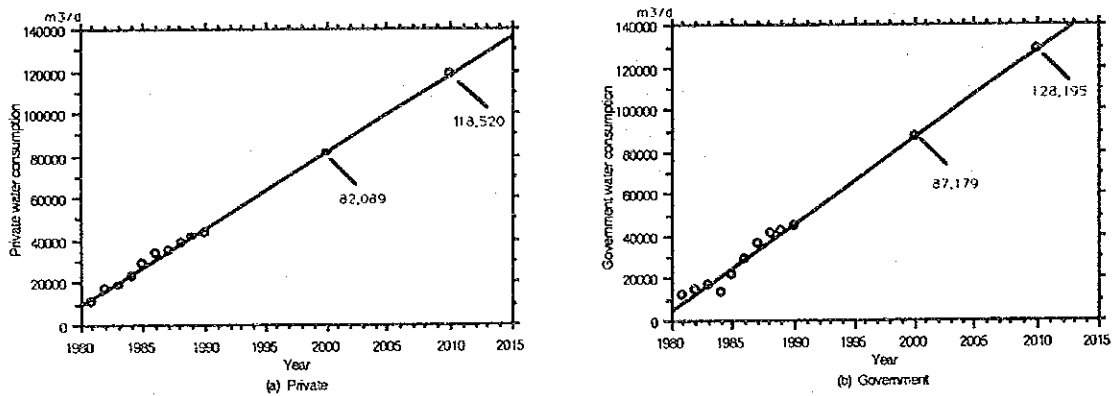


図5.4.3 日平均の消費水量

5.4.3 積み上げによるミクロ的予測

ミクロ的予測は、「大口需要家」（政府のみ）と「その他」に分けて行なう。「その他」は、さらに「家庭用」と「非家庭用」に分ける。「非家庭用」には、「政府用」と「商業用」が含まれる（図5.4.4参照）。また需要予測は、マスカット地方と南バティナ地方に対して行なうこととする。マスカット地方には、すでにMEWの水道管で給水されているが、本プロジェクトが位置する南バティナ地方には水道管が敷設されていない。

3 実際には、非直線の方が直線よりも推移の傾向により適切に合う。例えば、民間部門の消費水量の非直線を表わす式 $Y = (m^3/d) = 623,337,377.517 + 624,277.281 \times X$ (年) - $156.292 X^2$ (年) の r^2 は 0.993 である。これは、直線の式 $Y = -7204,056.6 + 3,643.073 \times X$ の $r^2 = 0.982$ よりも高い。

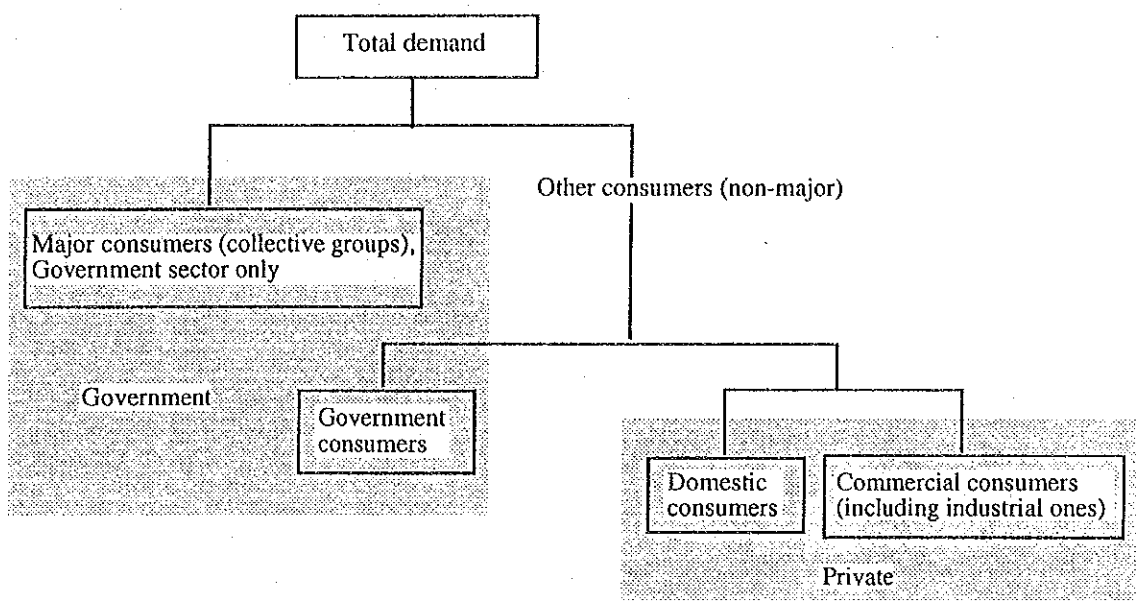


図 5.4.4 水の需要家の構成

(1) 大口需要家

マスタープランには、大口需要家とその消費水量が記されている。それによれば、188の政府関係の需要家と91の民間の需要家、合わせて279の需要家が大口需要家に区分されている。大口需要家は、1990年に46,000 m³/dを消費し、全体の52%を占めた。このうち、政府関係の需要家は、公共部門の需要家数2,128のわずか8.8%を占めているにすぎないが、公共部門の全消費水量の85%を消費した。同様に民間の需要家は、その数が総数37,852の3%以下であるものの、消費水量は23%であった。

大口需要家279口をグループ別に区分し、それぞれの消費平均水量と予想増加率を表5.4.2に示す。これはマスタープランから引用したものであり、そのデータは需要家から直接聴取した調査結果に基づいている。需要予測にあたっては、公共部門の4つのグループすべてを「大口需要家」とみなす。また、その将来の消費水量はマスタープランで述べている予想増加率に基づくものとし、「他の需要家」とは分けて予測する。これは、これらの消費水量が政府関係総消費量に占める割合が極めて大きいためである。⁴

4 表に示す4つのグループの需要家数は全部で140と推定す。表中の予想増加率には、将来の口数と原単位の増加が考慮されている。

民間部門については、大口需要家とその他の需要家に区分せずに需要予測を行なう。その理由は、大口需要家のグループが民間の総消費水量に占める割合はそれほど高くはなく、特に他の需要家と分けるほどのことはないと考えられるからである。

表 5.4.2 大口需要家 (1990年)

Collective group	Average consumption (m ³ /d)	% of consumption in respective sectors	% of total consumption	Estimated annual growth rate (%) by 2010
Government sector				
Diwan Royal Court	8,620	20.0	9.5	2.0
Royal Oman Police	6,798	15.8	7.5	1.0
Public Irrigation	6,009	13.9	6.7	3.5
Min. of Defense	5,527	12.8	6.1	3.7
Total	26,954	62.5	29.8	10.2
Private sector				
Hotels	2,159	5.2	2.4	2.0
Company accommodations*	1,837	4.4	2.0	2.5
Industries excluding Rusayl Ind. Estate	1,529	3.7	1.7	3.0
Rusayl Ind. Estate	861	2.1	1.0	3.9
Total	6,386	15.4	7.1	11.4

* All the four groups are in the commercial category except the company accommodations, 48% of which, including labor camps, are in the commercial category, and the rest in the domestic category.
Source: Ministry of Electricity and Water, Sultanate of Oman, "Water Supply Master Plan for Muscat", Final Report, Vol. II of Main Report, June 1993.

(2) 口数の増加

1) マスカット地方

① 家庭用口数

表 5.4.3 は、1991年と1992年を除く過去6年間について、需要家区分毎の消費水量、口数、原単位を示したものである。マスタープランによれば、1990年には261,000人の住民が水道管による給水を受けており、1世帯当たりの家族数は推定6.7人であったとされる。

この2つの数字から、1990年には家庭用の口数は約39,000であったことがわかる。表に示された数値は他の参考資料から得たものであるが、これに近いものである。

1993年の人口統計によれば、マスカット地方の人口は622,500人、92,298世帯であった。これに対して水道水の家庭用口数は表5.4.3に示すとおり41,474であった。このことより、1993年においてマスカット地方の住民の45%しか上水道サービスを受けていなかったことがわかる。この地方においても潜在需要が高いことは明白である。

第4次開発計画（1991年～1995年）では、マスカット行政区内の水道網の拡張事業に対し、毎年15万R.Oの予算が割り当てられている。この事業計画が予定どおり実施されたとし、また予算水準が今後とも維持されるものとする、過去1990年～1993年の3年間の家庭用口数の年間平均増加数である2000口が将来においても増えることとなる（表5.4.3参照）。このシナリオに基づいて各年度の口数を見積ると、2000年には55,500、2010年には75,500になる。一方、世帯数は2000年で103,400、2010年で129,400と予想されている。⁵

このシナリオにたてば、同地区への水道管による給水は、2000年で人口の53.7%、2010年では58.3%に普及するに過ぎない。500人以上の住民をかかえる町村のすべてに水道管で給水することが政府の重要な社会経済目標のひとつであるから、このシナリオは再検討されねばならない。

5 マスカット行政区の総人口は、1993年には約62万3,000人であった。人口増加率は年3.5%と推定されている。1993年の1世帯当たりの家族数6.7人には変化がないと仮定する。

表 5.4.3 用途別の消費水量、口数および原単位
(1987年～1990年および1993年)

Description	Consumption (m ³ /d)									
	1987		1988		1989		1990		1993	
Consumer classification	m ³ /day	%	m ³ /day	%	m ³ /day	%	m ³ /day	%	m ³ /day	%
Domestic	24,121	35.9	27,415	36.8	30,257	37.9	33,615*	39.1	40,546	41.0
Commercial	8,214	12.2	8,283	11.1	8,708	10.9	9,164	10.7	9,555	9.7
Private total	32,335	48.1	35,698	47.9	38,965	48.8	42,779	49.8	50,101	50.6
Government	34,846	51.9	38,858	52.1	40,863	51.2	43,145	50.2	48,821	49.4
Total	67,181	100.0	74,556	100.0	79,828	100.0	85,924	100.0	98,922	100.0

Description	Number of accounts									
	1987		1988		1989		1990		1993	
Consumer classification		%		%		%		%		%
Domestic	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35,954	89.9	41,474	91.4
Commercial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,889	4.7	2,321	5.1
Private total	31,534	93.9	33,950	94.5	35,478	94.5	37,843	94.7	43,795	96.5
Government	2,057	6.1	1,983	5.5	2,053	5.5	2,134	5.3	1,572**	3.5
Total	33,591	100.0	35,933	100.0	37,531	100.0	39,977	100.0	45,367	100.0

Description	Unit consumption (m ³ /d per connection)				
	1987	1988	1989	1990	1993
Consumer classification	m ³ /day	m ³ /day	m ³ /day	m ³ /day	m ³ /day
Domestic	N/A	N/A	N/A	0.9	1.0
Commercial	N/A	N/A	N/A	4.9	4.1
Private total	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
Government	16.9	19.6	19.9	20.2	N/A
Total	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2

* Including the tanker water of 3,903 m³/day, which was consumed not only by domestic consumers but also by non-domestic ones.

** Counted by a new counting method.

N/A: Not available.

Source: Data obtained at MEW. Data for 1987-1990 and for 1993 were derived from different documents. Data for 1987-1990, which seemingly do not include tanker water, are slightly different from those used in the Master Plan.

造水能力が需要に追いつかないため、これまで水の消費は慢性的に抑えられてきた。マスタープランは、1990年の消費抑制量が2,600 m³/dであり、これは同年の家庭用消費水量全体の7.8%であったと推測されると述べている。また、この状態は同年以降さらに悪化していると言われている。グブラプラントの第5次拡張計画（生産能力は約27,400 m³/d）が実施されれば、現在の供給不足は解決されると

考えられる。この計画による増設ユニットは1996年に運転を開始する予定である。それまでは毎年の口数の増加は、現在の水準に留まるとみられる。

一旦、生産能力が増大されれば、口数を大幅に増やすことが可能になる。1999年以降の新規需要は本プロジェクトで対応するとし、造水能力だけを考慮すれば、1997年と1998年にはそれぞれ4,000口以上の口数増加が可能であろう。しかしながら、この期間の口数増加は毎年3,500と想定する。

本プロジェクトの第1期完成後における口数増加に関しては専断を避けることは困難であろう。したがって、2つのシナリオを考える。「シナリオ1」は、送水・配水設備に積極的な設備投資を行なった場合であり、その結果、家庭用の口数は年間で5,000件増加とする。「シナリオ2」では、設備投資が活発であるものの、年間の口数増加はせいぜい3,500件に留まるとする。いずれのシナリオにおいても、供給地域が辺地の人口が少ない地域に拡大するのであるから、送水・配水施設への投資規模は大きくなる。

以上の条件に基づくマスカット地方の家庭用口数の年間の増加数は次のとおりである。

	1994-1996年	1997-1998年	1999-2004年	2005-2010年
シナリオ1	2,000	3,500	5,000	4,500
シナリオ2	2,000	3,500	3,500	3,200

また、家庭用総口数と人口比率（水道水普及率）は以下のとおりである。

	1993年 (実績)	2000年	2010年
シナリオ1			
口数	41,474	64,474	111,474
人口比率	45%	55%	67%
シナリオ2			
口数	41,474	61,474	94,674
人口比率	45%	52%	57%

② 非家庭用口数

1口当たりの送水・配水設備コストは比較的高く、水道網が辺地に拡張される場合は、特に高くなる。新たな行政区に水道網が拡張してゆく速度は緩やかであるため、政府関係需要家の年平均の口数増加は少ないと考えられる。事実、その増加数は1987年～1990年の3年間では、わずか26件であった。「シナリオ1」と「シナリオ2」に対する政府関係需要家の口数増加を、以下のように予測する。

	1994-1996年	1997-1998年	1999-2004年	2005-2010年
シナリオ1	10	18	26	23
シナリオ2	10	18	18	16

上述した各期間中の1年当たりの増加分をパーセントで表した場合、家庭用と同じになっている。政府用口数は、「シナリオ1」の場合、1990年の実績値1,994件が2000年で2,134件、2010年で2,376件に増加する。また、「シナリオ2」では、2000年で2,126件、2010年で2,294件になる。

商業用口数の年増加率は、1990年～1993年で7.1%であった。商業用の新規口数は、既存の供給地域においても発生するため、その増加率は供給地域そのものの拡大の伸び率より大きくなる傾向がある。2つのシナリオにおける年間の増加率は、以下に示すとおり、その差が小さい。

	1994-1996年	1997-1998年	1999-2004年	2005-2010年
シナリオ1	5%	6%	7%	6%
シナリオ2	5%	6%	6%	5%

2) 南バティナ地方

① 家庭用口数

本プロジェクトの実施に伴ない、MEWは、南バティナ地方のいくつかの地区に水道管による給水を行なう計画を持っている。それらの地区には、バルカ、アル・マスナ、ルスタック、ナックル、アル・アワビ、ワジ・アル・マーウィルが含まれる。各地区の人口は表4.4.3に示すとおりである。そこで南バティナ地方の給水事業について、以下の条件を仮定する。

- 本地区の人口は年率3.5%で増加する。すなわち、1993年の198,000人から2000年に251,000人、また2010年には355,000人へ増加する。
- 本地区の平均的な世帯の大きさは、現在の7.9人から変化しない。よって世帯数は、2000年の32,000から2010年には45,000に増加する。
- 水道管による給水を受ける人口の比率は、2005年には60%に達する。それ以降家庭用口数は年率3.5%で増える。この3.5%は人口増加率に相当するものである。
- 供給地域の拡大により1999年～2005年には、政府用、商業用の口数が年間でそれぞれ60件、580件増える。⁶ 2006年以降の口数の年平均増加率は、政府用が2%、商業用が5%となる。

表5.4.4は、1999年～2010年の口数の推移を予測したものである。

表5.4.4 南パティナ地方の口数の予測
(1999年～2010年)

Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1. Population		251,000					299,000					355,000
2. Number of families		32,000					38,000					45,000
3. Domestic connections	3,200	6,400	9,600	12,800	16,000	19,200	22,400	23,184	23,995	24,835	25,705	26,604
4. Government connections	60	120	180	240	300	360	420	428	437	446	455	464
5. Commercial connections	580	1,160	1,740	2,320	3,480	4,060	4,263	4,476	6,843	7,401	8,004	8,656
6. Total (Items 3 to 5)	3,840	7,680	11,520	15,360	19,780	23,620	27,083	28,088	31,275	32,682	34,164	35,724

3) 原単位

① 家庭用需要

「マスタープラン」によれば、1990年の1人当たりの消費水量は、近代的一戸建て住宅（ヴィラ）に住む場合200ℓ/d、アパートで110ℓ/d、そしてアラブ風伝統的住宅で80ℓ/dであった。住居の形式別の構成比は、郊外住宅33%、アパート40%、アラブ風住宅27%であったから、このことは水道水の消費量が1人当たり平均136ℓ/dであったことを示している。

6 2005年までには、政府用施設400件と商業用施設4,000件が、水道管で給水される。

表 5.4.3 に示すとおり、家庭用消費量の原単位は、1990年に0.9 m³/d、1993年に1.0 m³/dであった。また、マスカット地区の平均的な世帯の家族数は、1993年には6.7人であった。これらの数値と1990年の平均世帯の家族数も6.7人であったという仮定より、1990年における1人当たりの消費水量は134 ℓ/d、また1993年では149 ℓ/dであったと推定される。この1990年の数値とマスタープランの数値は、ほとんど同じである。

正確に言えば1990年の0.9 m³/dは0.935 m³/dであり、同様に1993年の1 m³/dは0.978 m³/dであった。年平均増加率は1.5%である。供給地域が辺地に拡大されるとともに、原単位の伸び率は縮小するのが普通であるが、2010年までの原単位の年平均増加率を2%に設定した。これは、消費水量が過去3年間抑制された状態にあったという事実を考慮したものである。この増加率を適用すると、家庭用の原単位は2010年には1.37 m³/dになると見込まれ、現状のほぼ1.4倍に上昇する。

南バティナ地方に対しては、2000年～2010年の原単位の増加率を4%と高めに想定する。水道水が供給されれば、1人当たりの消費水量は大幅に増加すると予想したためである。南バティナ地方では圧倒的にアラブ風の住居が多い。よって1990年における1人当たりの消費水量は、水道水が供給されていれば、マスカット地方の80 ℓ/dに対し50 ℓ/dであったと想定する。南バティナ地方の平均家族数は1990年で7.9人であったことから、原単位は0.4 m³/dと計算される。

以上の点から、将来の家庭用原単位を次のように予測した。

	1993年 (実績)	2000年	2010年
マスカット地方			
原単位 (m ³ /d)	0.98	1.09	1.37
年増加率	2.0% (1994年～2010年)		
南バティナ地方			
原単位 (m ³ /d)	0.40 (1990年)	0.51	0.75
年増加率	2.0% (1990年～1999年)		
	4.0% (2000年～2010年)		

② 非家庭用需要

政府関係需要家（大口需要家を含む）の原単位は、1987年の16.9 m³/dから1990年の20.2 m³/dへ、年率6.1%で増加した。この高い増加率は、公共施設のかんがい用水が急激に伸びたことが一因とされている。1990年の原単位は、前述した大口需要家グループを除くと、8.1 m³/dと計算される。⁷ 商業用の原単位は、1990年の4.9 m³/dから1993年の4.1 m³/dへと減少した。

引き続き既存の水道網が辺地に拡張されるため、非家庭用の原単位は低下すると考えられる。しかし、消費の抑制等の制限が加えられないとすれば、平均消費水量は長期的には増加するはずである。政府用、商業用共に原単位は小幅ながらも増加するとみる。南バティナ地方の1990年の原単位は、水道水があったならば、政府用が4.0 m³/d、商業用が1.0 m³/dであったと推測する。⁸ 表5.4.5に非家庭用需要家の原単位の予測を示す。

表5.4.5 非家庭用需要家の原単位

		Year	2000	2005	2010
Unit consumption:					
1.	Government (m ³ /d)				
	Muscat		10.8	12.1	13.4
	South Batinah		5.0	6.0	7.1
2.	Commercial (m ³ /d)				
	Muscat		4.7	5.2	5.6
	South Batinah		1.2	1.4	1.7
		Year	1993(1990)-1998	1999-2004	2005-2010
3.	Government				
	Muscat		3.0%	2.5%	2.0%
	South Batinah		(2%)	3.5%	3.5%
4.	Commercial				
	Muscat		2.0%	2.0%	1.5%
	South Batinah		(2.0%)	3.0%	3.0%

7 (43,145 m³/d - 26,954 m³/d) ÷ (2,143 - 140) = 8.1 m³/d。表5.4.2と表5.4.3参照。

8 「マスタープラン」によれば、消費水量が100 m³/d以上の口数は17件あり、それらの総消費水量は4,621 m³/dであった。また、大口需要家を除く商業用需要家の原単位は2.4 m³/dであった。
((9,164 m³/d - 4,621 m³/d) ÷ (1,889 - 17) = 2.4) 南バティナ地方には100 m³/d以上を消費する需要家はいないと予想される。

(4) 総消費水量

これまでに述べた仮定条件に基づいて、消費水量を表5.4.6と表5.4.7のとおり予測した。「シナリオ1」における2000年の消費水量は152,000m³/d、2010年では297,000m³/dである。「シナリオ2」では、それぞれの年度に対し148,000m³/d、269,000m³/dである。マスカット地方の家庭用消費水量は、全体に対し大きな割合を占め、その割合はシナリオ1で51.6%、シナリオ2では48.4%となる。これらは、2010年における予測値である。一方、1993年の実績値は41.8%であった。こういった予測は、水道水の家庭給水率が大幅に上昇するように供給地域が拡大してゆくことを前提としている。換言すれば、政府が積極的に送水・配水設備へ大型投資を行なうであろうという予想が、2つのシナリオにおける予測の根拠となっている。

南バティナ地方の6つの地区での水消費は、32,000m³/dと見積られている。2005年までにそれらの地区の住民の60%が水道水を利用できるようなベースで、水道網が整備されるものと想定している。水道網が布設されないとすれば、需要は単なる「潜在需要」に留まることになる。

(5) 予測結果の比較

マクロ的時系列法とミクロ的積み上げ法による2つの予測結果と、マスタープランにあるMEWの予測との比較を表5.4.8に示す。MEWの予測には、南バティナ地方の需要が含まれていない。表からわかるとおり、3つの予測結果は、ほぼ同じである。

表5.4.8 予測結果の比較

Description	Year	2000	2010	(m ³ /d)
Master plan (MEW)		-	245,496	
Trend extrapolation		163,268	246,715	
Micro approach				
Including the demand in South Batinah				
Scenario 1		151,503	296,762	
Scenario 2		147,724	268,855	
Average		149,614	282,809	
Excluding the demand in South Batinah				
Scenario 1		146,214	264,860	
Scenario 2		142,435	236,953	
Average		144,325	250,907	

表 5.4.6 消費水量の予測 - シナリオ 1

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Muscat Area																						
1. Major consumers	26,954	27,609	28,283	28,977	29,692	30,427	31,184	31,963	32,765	33,591	34,442	35,318	36,220	37,149	38,106	39,093	40,109	41,155	42,234	43,345	44,491	
a. Divan Royal Court	8,620	8,792	8,968	9,148	9,331	9,517	9,708	9,902	10,100	10,302	10,508	10,718	10,932	11,151	11,374	11,601	11,833	12,070	12,311	12,558	12,809	
% change		2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	
b. Royal Oman Police	6,798	6,866	6,935	7,004	7,074	7,145	7,216	7,288	7,361	7,435	7,509	7,584	7,660	7,737	7,814	7,892	7,971	8,051	8,131	8,213	8,295	
% change		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	
c. Public Irrigation	6,009	6,219	6,437	6,662	6,895	7,137	7,387	7,645	7,913	8,190	8,476	8,773	9,080	9,398	9,727	10,067	10,420	10,784	11,162	11,552	11,957	
% change		3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	
d. Min. of Defence	5,527	5,791	5,944	6,163	6,392	6,638	6,873	7,128	7,391	7,665	7,948	8,242	8,547	8,864	9,192	9,532	9,884	10,250	10,629	11,023	11,430	
% change		5.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	
2. Domestic connections																						
% change of connections		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	
unit consumption																						
% change of unit consumption																						
combined % change																						
3. Government connections	16,191	16,719	17,307	17,915	18,543	19,193	19,866	20,564	21,285	22,029	22,795	23,586	24,404	25,252	26,129	27,047	28,005	28,995	29,233	30,114	31,019	
% change of connections		2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	
unit consumption	1,994	2,004	2,014	2,024	2,034	2,044	2,054	2,072	2,090	2,116	2,142	2,168	2,194	2,220	2,246	2,269	2,292	2,315	2,338	2,361	2,384	
% change		0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.9%	0.9%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	
combined % change		8.1	8.3	8.6	8.9	9.1	9.4	9.7	10.0	10.3	10.5	10.8	11.0	11.3	11.6	11.9	12.1	12.4	12.6	12.9	13.1	
4. Commercial connections																						
% change of connections																						
unit consumption																						
% change																						
combined % change																						
5. Total (Items 1 to 4)																						
% change of connections																						
unit consumption																						
% change																						
combined % change																						
South Bahrain																						
6. Domestic connections	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	
% change of connections		2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	
unit consumption																						
% change																						
combined % change																						
7. Government connections	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.1	
% change of connections																						
unit consumption																						
% change																						
combined % change																						
8. Commercial connections																						
% change of connections																						
unit consumption																						
% change																						
combined % change																						
9. Total (Items 6 to 8)																						
% change of connections																						
unit consumption																						
% change																						
combined % change																						
10. Grand total (Items 5 and 9)																						
% change of connections																						
unit consumption																						
% change																						
combined % change																						
11. Grand total (Items 1 to 10)																						
% change of connections																						
unit consumption																						
% change																						
combined % change																						

Assumptions for South Bahrain:

- 1 Projected number of households in 2000: 32,000
- 2 % of households to be connected by 2005: 60% (22,000)
- 3 New domestic connections each year between 1999 and 2005: 3,200
- 4 Government connections by 2005: 400
- 5 Commercial connections by 2005: 4,000

表 5.4.7 消費水量の予測—シナリオ 2

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Muscat Area																					
1. Major consumers	26,954	27,609	28,283	28,977	29,672	30,427	31,184	31,953	32,765	33,591	34,442	35,318	36,220	37,149	38,106	39,093	40,109	41,155	42,234	43,345	44,491
a. Diwan Royal Court	8,620	8,792	8,968	9,148	9,331	9,517	9,708	9,902	10,100	10,302	10,508	10,718	10,932	11,151	11,374	11,601	11,833	12,070	12,311	12,558	12,809
% change	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
b. Royal Oman Police	6,798	6,866	6,935	7,004	7,074	7,145	7,216	7,288	7,361	7,435	7,509	7,584	7,660	7,737	7,814	7,892	7,971	8,051	8,131	8,213	8,295
% change	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
c. Public Irrigation	6,009	6,219	6,437	6,662	6,895	7,137	7,387	7,645	7,913	8,190	8,476	8,773	9,080	9,398	9,727	10,067	10,420	10,784	11,152	11,522	11,897
% change	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%
d. Min. of Defence	5,527	5,731	5,944	6,163	6,392	6,633	6,885	7,148	7,423	7,701	7,983	8,269	8,559	8,854	9,154	9,459	9,769	10,084	10,403	10,726	11,053
% change	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%
2. Domestic connections																					
% change of connections																					
% change of unit consumption																					
combined % change																					
3. Government connections																					
% change of connections	16,191	16,719	17,207	17,615	18,043	18,493	18,966	19,461	19,978	20,517	21,078	21,661	22,266	22,894	23,545	24,219	24,917	25,639	26,385	27,156	27,951
% change of unit consumption	1,994	2,004	2,014	2,024	2,034	2,044	2,054	2,064	2,074	2,084	2,094	2,104	2,114	2,124	2,134	2,144	2,154	2,164	2,174	2,184	2,194
combined % change	8.1	8.3	8.6	8.9	9.1	9.4	9.7	10.0	10.3	10.5	10.8	11.0	11.3	11.6	11.9	12.1	12.4	12.6	12.9	13.1	13.4
4. Commercial connections																					
% change of connections																					
% change of unit consumption																					
combined % change	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
5. Total (Items 1 to 4)	94,993	101,419	106,433	112,046	118,377	125,429	132,296	139,987	148,521	156,915	165,167	174,286	184,272	195,137	205,874	216,483	227,967	239,335	251,587	264,733	278,776
South Batinah																					
6. Domestic connections																					
% change of connections																					
% change of unit consumption																					
combined % change	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
7. Government connections																					
% change of connections	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.7	4.9	5.0	5.1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.4	5.5	5.5	5.6
% change of unit consumption																					
combined % change	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.7	4.9	5.0	5.1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.4	5.5	5.5	5.6
8. Commercial connections																					
% change of connections	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7
% change of unit consumption																					
combined % change	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7
9. Total (Items 5 and 7)																					
10. Grand total (Items 5 and 9)																					
% change of connections																					
% change of unit consumption																					
combined % change																					
Assumptions for South Batinah:																					
1. Projected number of households in 2000: 32,000																					
2. % of households to be connected by 2005: 60% (22,000)																					
3. New domestic connections each year between 1999 and 2005: 3,200																					
4. Government connections by 2005: 400																					
5. Commercial connections by 2005: 4,000																					

需要家グループ別の需要予測を表5.4.9に示す。

表5.4.9 需要家区分別需要の比較 (2010年)

Description	Domestic	Commercial	Government	Tanker water
Master plan (MEW)	157,737 (64%)	15,536 (6%)	70,698 (29%)	1,525 (1%)
Trend extrapolation	118,520 (48%)		128,195 (52%)	
Micro forecasting (Muscat Area)				
Scenario 1	152,598 (58%)	35,824 (14%)	76,438 (29%)	
Scenario 2	129,600 (54%)	32,120 (14%)	75,233 (32%)	
Average of two scenarios	141,099 (56%)	33,972 (14%)	75,836 (30%)	

表から明らかなように、家庭用の比率は、マスタープランの予測の方が他の予測よりも高くなっている。この主原因は、マスタープランではマスカット地方の家庭用需要の年増加率を2.5%と見積っているのに対し、マイクロ手法では2.0%の年増加率を採用したからである。一方、マイクロ手法では商業用需要家の消費水量が比較的速い速度で増加すると仮定しているが、これは経済活動が堅調に進行し、口数と原単位がともに大きく伸びるとの予想に立っている。

時系列法による予測結果は、公共部門の消費水量が最近例外的と思えるほど急速に伸びたことを反映しており、必ずしも正確とは言えない。したがって、本プロジェクトにおいては、マイクロ手法による予測結果を採用するものとし、2つのシナリオにおける消費水量の平均値を用いることとする。ちなみに、マスタープランも同様の予測をしている。

前述したように、商業用需要家については、本プロジェクトの予測値がマスタープランの予測値を大幅に上回っている。これは政府が引き続き経済開発に多大の努力を払うことを考慮したためである。製造業を含め民間部門は、増大する人口に対し雇用機会を提供する必要がある、この点からも、将来の消費水量は増加すると考えられる。

図5.4.5と図5.4.6に本プロジェクトで採用した消費予測水量と用途別構成比の推移とを示す。

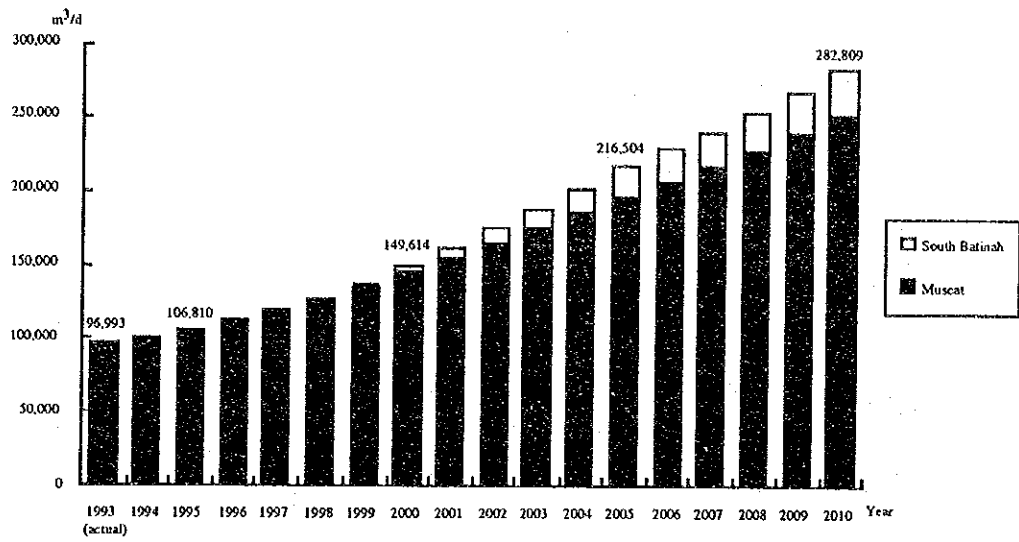
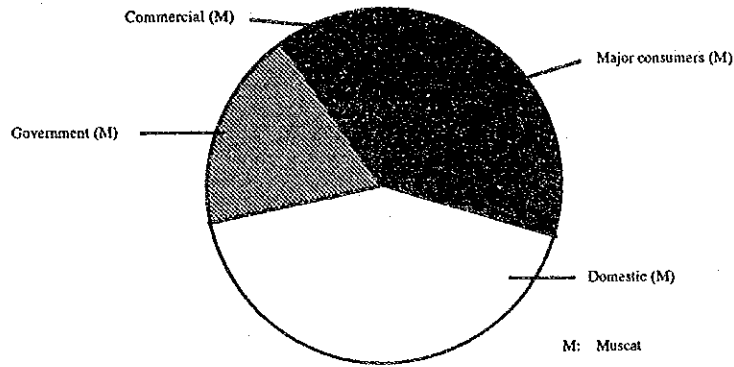
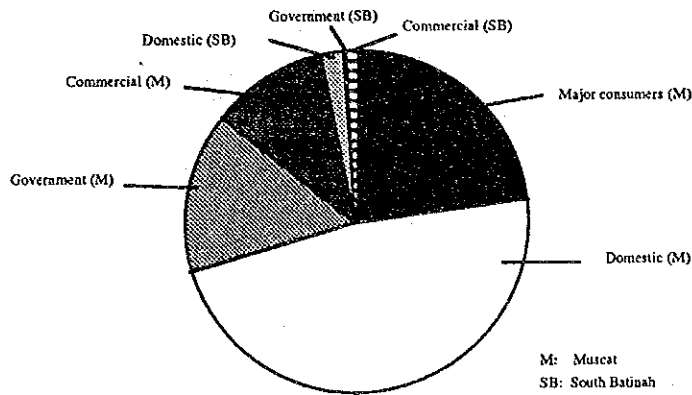


図 5.4.5 消費水量の推移 (需要予測) (1993年～2010年)

(1) Year 1993 (actual)



(2) Year 2000 (projected)



(3) Year 2010 (projected)

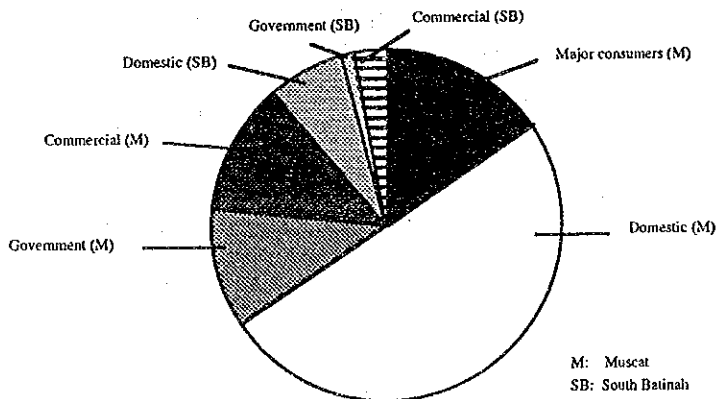


図 5.4.6 水消費の用途別構成比の推移

5.5 造水設備開発計画

5.5.1 既存の開発計画

「マスタープラン」によると、水資源を(1)地下水、(2)表流水、(3)海水淡水化の3種類に分け、開発の可能性を検討している。その概要は下記のとおりである。

(1) 地下水

東地区、中央地区および西地区の井戸からの取水量はすでに規制水量(約20,000 m³/d)を超えており、これ以上汲み上げないように考慮すべきとしている。

マスカット地区以外では、農耕用や飲料用に地下水が多く使用されている。この水源は供給量が限定されているので、マスカット地区への水源としては適当ではない。

(2) 表流水

マスカット地区で利用可能である唯一の表流水源としては、マスカットから南東約90km離れたワジ・ダイカがある。

表流水の利用計画(飲料水用または農耕用)が1980年代初頭から提案されているが決定に至っていない。さらに、1991年よりワジ・ダイカ水源開発に関して現地踏査、環境調査、経済性評価など多面的な調査検討がなされてきたが、問題点が多く、計画が具体化するには未だかなりの年数を要するものと見られている。また、MEWはバルカ・プロジェクトのF/S調査にはワジ・ダイカ開発は考慮すべきでないという見解である。なお、ワジ・ダイカ水源の開発規模は40,000~50,000 m³/d程度とされている。

(3) 海水淡水化

水資源として、地下水の水質低下が著しいこと、また、井戸の汲み上げ制限が実施されていることから、今後増大すると予想される水の需要に対しては海水淡水化が主流になると考えられる。

1) グブラ淡水化プラント

5.2項で述べたように、グブラの海水淡水化設備は1976年に22,730

m³/dの設備が建設され、その後3段階で増設が進み、現在、5基のMSF法プラント、合計132,000m³/dが運転されており、さらに第5期として27,360m³/dの設備が1996年運転開始を目指し計画中である。

1990年、MEWはグブラ発電・淡水化プラントの再開発のための調査を行なった。この調査は、グブラプラントの拡張可能最大容量を見極めることを目的としたものであり、調査の結論は30万m³/dの規模まで拡張が可能というものであった。しかしこれは、グブラのサイトに限ったスタディであり、オマーン国全体の水資源システムの安全性・信頼性の観点からグブラ再開発を論じたものではない。

2) バルカ淡水化プラント

1985年にJICAがF/Sを行ない、フィージブルと判断している。オマーン国政府は、第5次5ヶ年計画（1996～2000年）以降の開発案件としてバルカ海水淡水化プラント計画を検討している。

5.5.2 開発計画の範囲

この開発計画は、2010年におけるマスカット地区および南バティナ地方の水需要に対応できる設備をバルカに建設するためのものである。この前提として、

- (1) グブラプラントは既存およびNo.6ユニットの容量を維持するものとする。プラントの更新が必要な場合は、更新に必要な期間だけバルカの余剰能力で補う。
- (2) 井戸水の生産量は20,000m³/dで一定とするが、これは平均であって季節または年毎に変動できるものとする。
- (3) 南バティナ地方への井戸水の生産量は、データがないため無視する。

5.5.3 既存供給力の見直し

(1) バルカ開発前の供給力

1993年末の供給力はグブラ造水プラントの131,930m³/dであり、さらにNo.6プラントが1996年に運転開始予定である。この結果、マスカット地区の供給力は表5.5.1に示すようになる。

表 5.5.1 1998年のマスカット地区給水能力

区 分	能 力 (m ³ /d)	備 考
海水淡水化プラント (グブラ)	159,230	取水量規制
井戸水	20,000	
石油プラント	1,000	
合 計	180,230	

(2) 既存造水プラントの予想使用期間

既存のグブラ造水プラントは、No.1プラントが1976年に運転を開始して以来逐次増設され、現在に到っている。造水プラントは通常20年程度の耐用年数で設計され、主要部の材質などが選定される。オマーン国での法定耐用年数も20年として減価償却されている。しかし上記の数値はいずれも20年の使用が可能であることを示しているだけで、それ以降については、経済合理性が成り立つ範囲での使用は可能である。経済面からの指標としては、次の2点が考えられる。

- 1) 故障の増加により保守のための費用が増加するとともに稼働率が低下して、更新した方が経済的に有利となる場合。
- 2) 新しいシステムの効率が改善され、更新した方が造水コストが安価になる場合

グブラのNo.1、2ユニットは、単一目的のMSFプラントであるため燃料消費率が大きく、また、2010年時点での使用年数はそれぞれ34年と27年となるため更新が予想される。No.3、4ユニットは、現在蒸気源を天然ガス焚きのボイラからガスタービンの排熱ボイラに切り替える工事が行なわれており、2010年時点では稼働中と考えられる。

5.5.4 設備容量計算の前提

(1) 需要予測

5.4.3で記述したように、2010年におけるマスカット地区および南パティナ地区の水需要はシナリオ1と2の平均値を採用する。

2010年の需要は282,809m³/dである。

(2) 設備能力への換算

5.3.3で説明した数値を使用する。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{全必要設計生産量} &= (282,809 \div 0.85) \times 1.2 \\ &= 399,260 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

(注) 上式中の0.85は有収率、1.2は設計容量比である。

(3) 単機設備能力

単機の設備能力は $31,800 \text{ m}^3/\text{d}$ (7MGPD)とした。これは次の理由による。

- 1) 中近東では造水設備の容量の表示として、MGPDが採用されており、グブラプラントもNo.1ユニットが $22,730 \text{ m}^3/\text{d}$ (5MGPD)、それ以降のNo.2～5ユニットが $2,730 \text{ m}^3/\text{d}$ (6MGPD)である。
- 2) 1990年～1991年に発注されたMSF法プラントの平均単機容量が $31,800 \text{ m}^3/\text{d}$ (7MGPD)であった。
- 3) 単機の設備容量は大きい方が経済的であり、また、JICAの前回のF/Sの単機容量が $30,000 \text{ m}^3/\text{d}$ で、7MGPDに近い値であった。

したがって、バルカの新プラントはグブラより1サイズ大きい $31,800 \text{ m}^3/\text{d}$ (7MGPD)とした。また、発電設備との組み合わせの関係で、2基を1セットとして建設することとした。

5.5.5 バルカ開発計画

(1) 2010年における必要設備

バルカの設備容量は、南バティナ地区を含めた全設計設備容量 $399,260 \text{ m}^3/\text{d}$ からグブラを含む既存設備容量 $180,230 \text{ m}^3/\text{d}$ を差し引いた $219,030 \text{ m}^3$ となる。これは単機容量を $31,800 \text{ m}^3/\text{d} \times 2$ 基とすると、 $254,000 \text{ m}^3/\text{d}$ の設備で対応できることになる。

$$\begin{aligned} \text{2010年におけるバルカ設備容量} &= 31,800 \times 2 \times 4 \\ &\approx 254,000 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

(2) 建設計画

毎年の需要予測に基づく開発計画を表5.5.2および図5.5.1に示した。

(3) 予備力

水は電力と異なり貯蔵が可能で、現在の貯水池は1日分の容量がある。現在の設備は需要の少ない冬の期間に補修工事が行なわれており、予備はほとんどない状態である。また、井戸水もこれらの需要の変動に役立っている。しかし、2010年になると、次の理由で予備力が必要となる可能性がある。

- 1) 稼働プラント数がグブラで6ユニット、バルカで8ユニット、合計14ユニットとなり、補修期間が長くなる。現在のプラントでは1基ずつ1ヶ月合計5ヶ月で補修が終了しているが、2010年では夏期のピークを除きほとんど年中補修が必要となる可能性がある。
- 2) 現在は最も古いプラントでも18年しか経過しておらず、大部分は10年以下の使用期間であるが、2010年にはグブラのプラントは今後さらに16年以上使用されているので不具合の発生が増加する可能性がある。

しかし、今回は計画に予備力を考慮していない。これは、造水設備のプロセスとしてROを選んだ場合、9.2章で後述するように、長期のプラント停止が不要であることと、需要の季節変動を考慮すると、6月～8月を除く各月で1基ずつの保守停止が可能で、かつ井戸水の生産量を変化させて対応できる見通しがあるためである。

表 5.5.2 開發計畫

Year	Design Demand m3/D	Existing Cap. m3/D	Barka Project m3/D	Supply Capacity m3/D	Differrece m3/D
1986	122,984	125,630		125,600	2,616
1987	129,700	125,630		125,600	-4,100
1988	135,678	125,630		125,600	-10,078
1989	143,305	125,630		125,600	-17,705
1990	145,884	125,630		125,600	-20,284
1991		125,630		125,600	
1992		125,630		152,900	
1993	155,189	152,930		152,930	-2,259
1994	162,878	152,930		152,930	-9,948
1995	170,896	152,930		152,930	-17,966
1996	174,570	152,930		152,930	-21,640
1997	181,080	180,230		180,230	-850
1998	187,707	180,230		180,230	-7,477
1999	199,349	180,230	63,600	243,830	44,481
2000	211,220	180,230	63,600	243,830	32,610
2001	228,582	180,230	63,600	243,830	15,248
2002	246,823	180,230	127,200	307,430	60,607
2003	265,950	180,230	127,200	307,430	41,480
2004	286,018	180,230	127,200	307,430	21,412
2005	305,653	180,230	127,200	307,430	1,777
2006	322,780	180,230	198,000	378,230	55,450
2007	340,666	180,230	198,000	378,230	37,564
2008	359,346	180,230	198,000	378,230	18,884
2009	378,864	180,230	254,400	434,630	55,766
2010	399,260	180,230	254,400	434,630	35,370

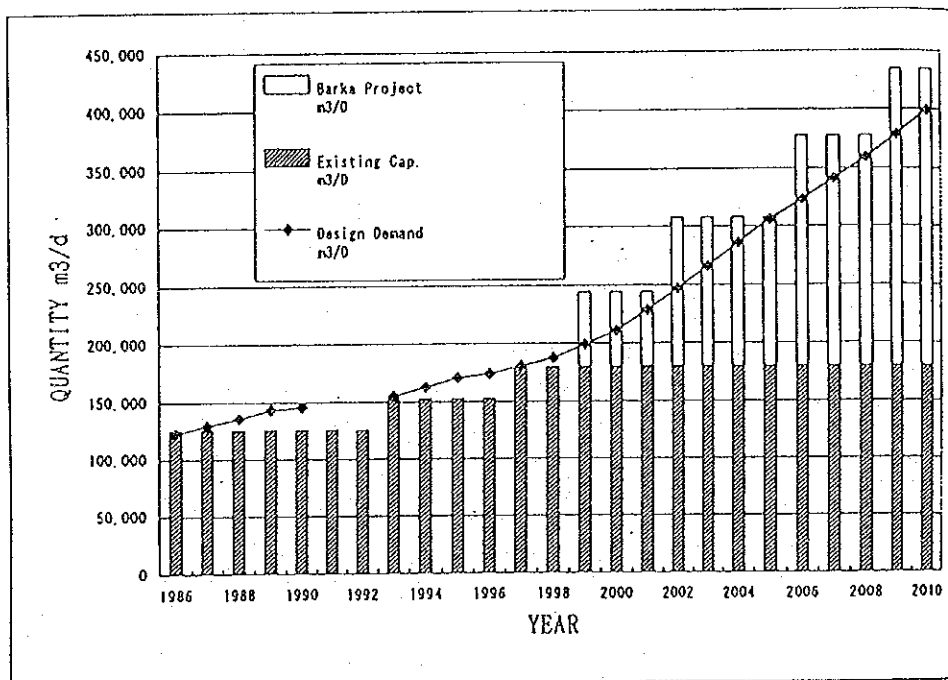


圖 5.5.1 開發計畫

第 6 章 プロジェクトサイト計画地

第6章 プロジェクトサイト計画地

6.1 サイト選定の基本的条件

本プロジェクトのような火力発電および海水淡水化プラントのサイト選定にあたっては、環境配慮を含めた技術的、経済的観点から総合的に判断する必要がある。以下に、考慮すべき事項を列記する。

- (1) プラントの建設および運転が周辺の自然および社会環境に与える負の影響が最小限であること。
- (2) 地元の理解が得られ、補償問題等が少ないこと。
- (3) 将来の増設用地を含め十分な広さの用地が入手可能で、用地取得費に多額の費用を要しないこと。
- (4) 地盤が良く、基礎に多額の費用を要しないこと。
- (5) 気象、海象、地質条件が良く、暴風雨、津波、地震等の自然災害が少ないこと。
- (6) 火力発電設備の運転に必要な冷却水の確保が容易なこと。
- (7) 造水に使用する海水の水質が良好なこと。
- (8) 燃料の供給が容易なこと。
- (9) 電力および水の需要地に近く、送電線および送水管の建設、保守に多額の費用を要しないこと。
- (10) 建設中および運転中の資機材の搬出入が容易なこと。

6.2 サイト計画地の状況

1985年以前のJICA F/Sにおけるサイト計画地の選定は、MEWの意向によりシーブ空港とバルカ市間の海岸近傍に6地点の候補地を選定することから始まった。これらの候補地について、技術的、経済的検討を加え、最終的に4地点が推奨された。その後、MEWは用地取得の準備を開始したが、候補地の用地取得は困難と判断し、MEW自身で新規計画地を選定した。1985年JICA F/SではMEWの要請に基づき、この計画地について技術的、経済的検討を行ない適当であるとの結論に達した。

上記の経緯を踏まえ、計画地の選定はすでに実施済と理解のうえ本F/S調査が開始され、計画地のサイズおよび位置について確認を行なった。その結果、計画地のサイズが1,000m×1,000mではなく、610m×1,000mであること、MHが作成した土地利用図に示されている上述の計画地と現計画地の位置に相違があることが判明した。この点についてMEWに問い合わせたところ、現計画地が最終のサイト計画地であるとの確認を得た。

現計画地の位置および周辺状況を図6.1.1および図6.1.2に示す。現計画地も前計画地同様王族の所有地であり、地形、周辺環境についても前計画地とほとんど同じである。既存の道路に対しては近づいており、むしろ条件が良くなったといえる。以下に、サイト計画地に対する技術的および経済的考察を示すが、総合的に判断して、プラントの立地に問題はないと考える。

6.2.1 周辺環境

図6.1.1および図6.1.2に示したとおり、サイト計画地はバルカ市の東方約5.5 kmに位置している。サイトから半径5 kmの範囲にはロメイス、バルシット、ハラデイ、ハヤシム等の町村があり、このうちサイトに近いのはハヤシム（サイトの南方約500 m）とハラデイ（サイトの西方約2 km）である。前者は農業を営んでおり、後者は漁業を営んでいる。また、文化遺産、保護を必要とする動植物等は見られなかった。したがって、本プロジェクトが周辺環境に与える主な項目として以下のものが考えられる。

- (1) 温排水による漁業および水生生物への影響
- (2) 排ガスによる周辺地域の大気汚染
- (3) プラント建設に伴う景観の変化
- (4) 騒音、海水汚濁

これらの項目についての検討結果は第13章に述べているとおりであり、現時点では大きな影響は認められず、緩和策による対応および詳細設計における配慮により十分対応可能と考える。

6.2.2 地 形

サイト計画地および周辺は砂丘であり、比較的平坦（地盤高H A T + 0 ~ + 1.8 m程度）な地形を形成している。将来の増設を含む開発に対して、地形的制約はほとんどないといえる。

一方、海底地形については、遠浅で緩やかな海底勾配（1/100~1/200）を有しており、海水取水の観点からは、経済的と言えない。しかしながら、オマーン国沿岸の海図からはシーブ空港とバルカ市との間ではいずれの地点でも同程度の海底勾配を有していると考えられ、どの地点を選定しても差異はない。

6.2.3 地 質

本F/S期間中に実施した地質調査結果によると、標準貫入試験によるN値50以上の支持層（岩、砂利、砂）は地表面下5.0～11.0m以深に分布しており、第11章に述べているとおり、クイ基礎により技術的、経済的に十分対応できると考えられる。また、シーブ空港とバルカ市間およびその周辺の地形がほぼ同様であることから、土質条件についても大きな差異はないと考えられる。

6.2.4 海水の水温および水質

サイト沿岸の海域の冬期（12月）の海水温度は約26℃であり、深さによる温度差はほとんどなかった（図6.2.1参照）。一方、夏期の水温は、気温が50℃近くになることから表層で30℃以上になるものと考えられる。取水される海水の温度は発電プラントおよび淡水化プラントの効率に影響を与えるものであるが、深層から取水することによって影響を小さくすることは技術的に可能である。

海水の水質については、1985年JICA F/S時の分析結果、本F/Sにおける分析結果およびグブラ発電淡水化プラントの入札条件から総合的に判断して良好である。取水方法によっては海底の砂を吸い込む可能性があるが、これは設計において解決できる。また、オイルボールの漂着が懸念されたが、若干の漂着は認められるもののその量は少なく、既設のグブラ発電淡水化プラントでもまったく問題になっていない。

6.2.5 気象、海象、地震

気象、海象、地震等の条件はシーブ空港とバルカ市の間のいずれの地点を選定しても変わりはなく、MCによる観測結果を見るかぎりでは厳しいものではない。

気象および海象については、特にサイクロン発生時の条件と災害に留意する必要がある。地震については頻度および震度が低く、サイトを含む地域では設計上の決定要因になっていない。これらについては第11章にて詳細に述べることとする。

6.2.6 送電線および送水管

電力については、既存のマスカット系統への接続およびワジ・ジズジ系統との将来の接続を考慮する必要がある。サイト計画地はマスカット系統内に位置しており、需要地および接続する既設変電所にも近い。さらに、ワジ・ジズジ系統に接続するうえでも適当な位置にあるといえる。また、最近では環境に対する関心が高まり、送電線が景観に与える影響も見逃せないが、この点についても計画地が都市部から離れているので影響の程度は最小限であるといえる。

送水管については、需要地にいかに近いかがひとつの判断材料になる。現在は、マスカット地区およびその西部が主な需要地になっているが、将来はシーブ空港以西の地域にも給水する計画があることを考慮すると、サイト計画地が妥当な位置にあるといえる。

6.2.7 搬出入路

サイト計画地の南約3.7kmには海岸に平行に幹線道路（国道1号線）が走っており、それから分岐した支線が計画地のすぐ南を通過してバルカ市へ延びている（図6.1.2参照）。道路の状態は良好であり、拡幅等を含む取付道路工事に関わる費用は最小限で済む。建設時における資機材は、マスカット市の北方にあるカブース港で荷卸しされ、サイトまで約70kmの距離を1号線を通して運搬されることになる。カブース港とシーブ空港間、特にマスカット市およびその近傍には立体交差が数ヶ所あり、資機材の重量、幅および高さ制限を受ける。設計および輸送計画においては当然考慮されるべき事項であり、橋の補強に関わる費用も計画に入れる必要がある。

6.2.8 燃料供給

本プロジェクトにおける主燃料は天然ガスが予定されており、内陸部からパイプラインで運ばれることになる。このパイプラインおよび燃料供給施設は本F/Sのスコープ外であり、その詳細および費用については不明である。しかし、本発電淡水化プラントの規模およびオマーン国の水資源の乏しさを考えると、プラントの運転に海水を利用することが絶対条件であり、内陸部に本プラントを建設することは考えられない。したがって、天然ガスを使用する限りにおいて、燃料供給の利便性はサイト選定の主要要因ではないといえる。

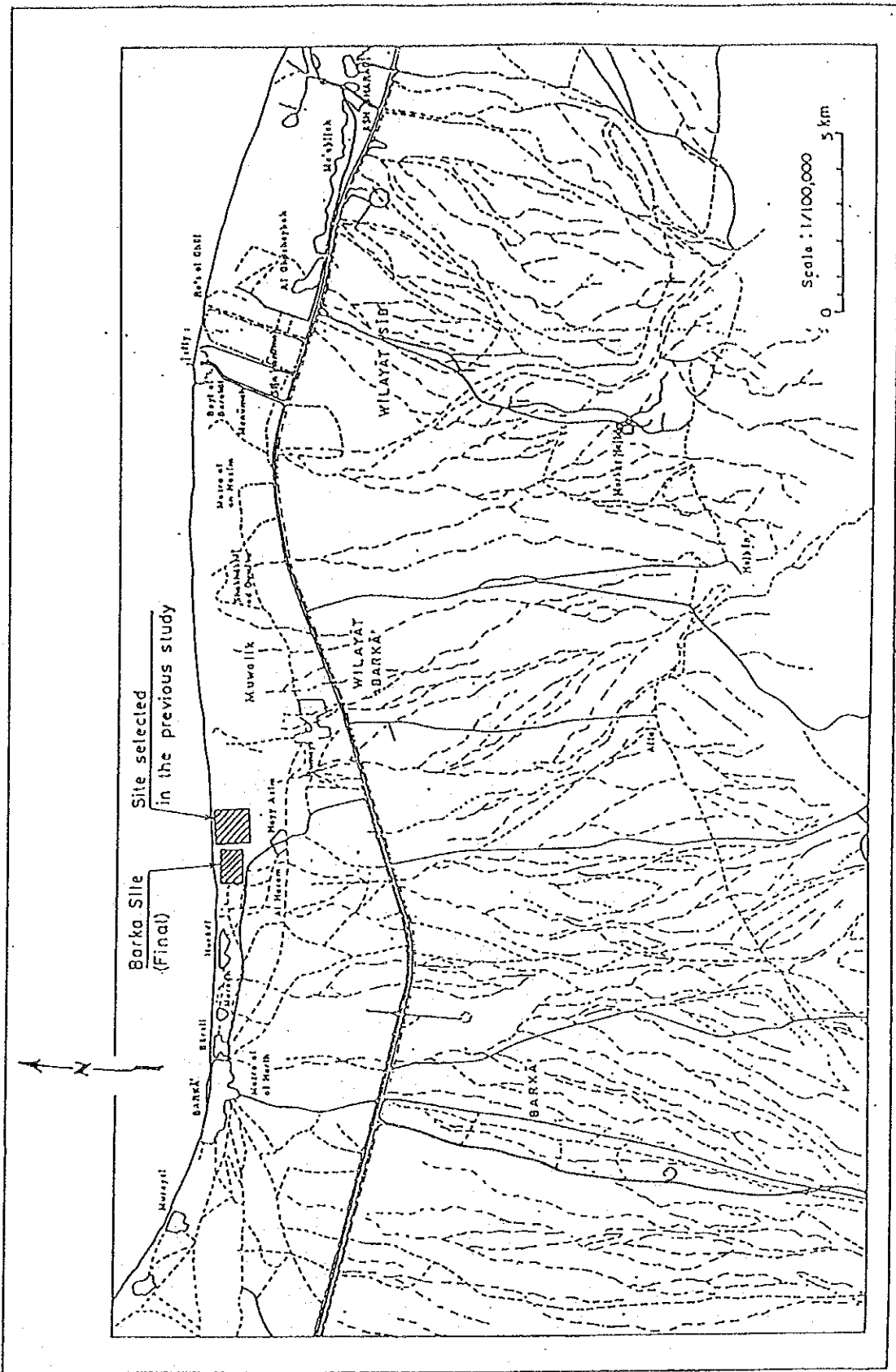


図6.1.1 バルカサイト位置図

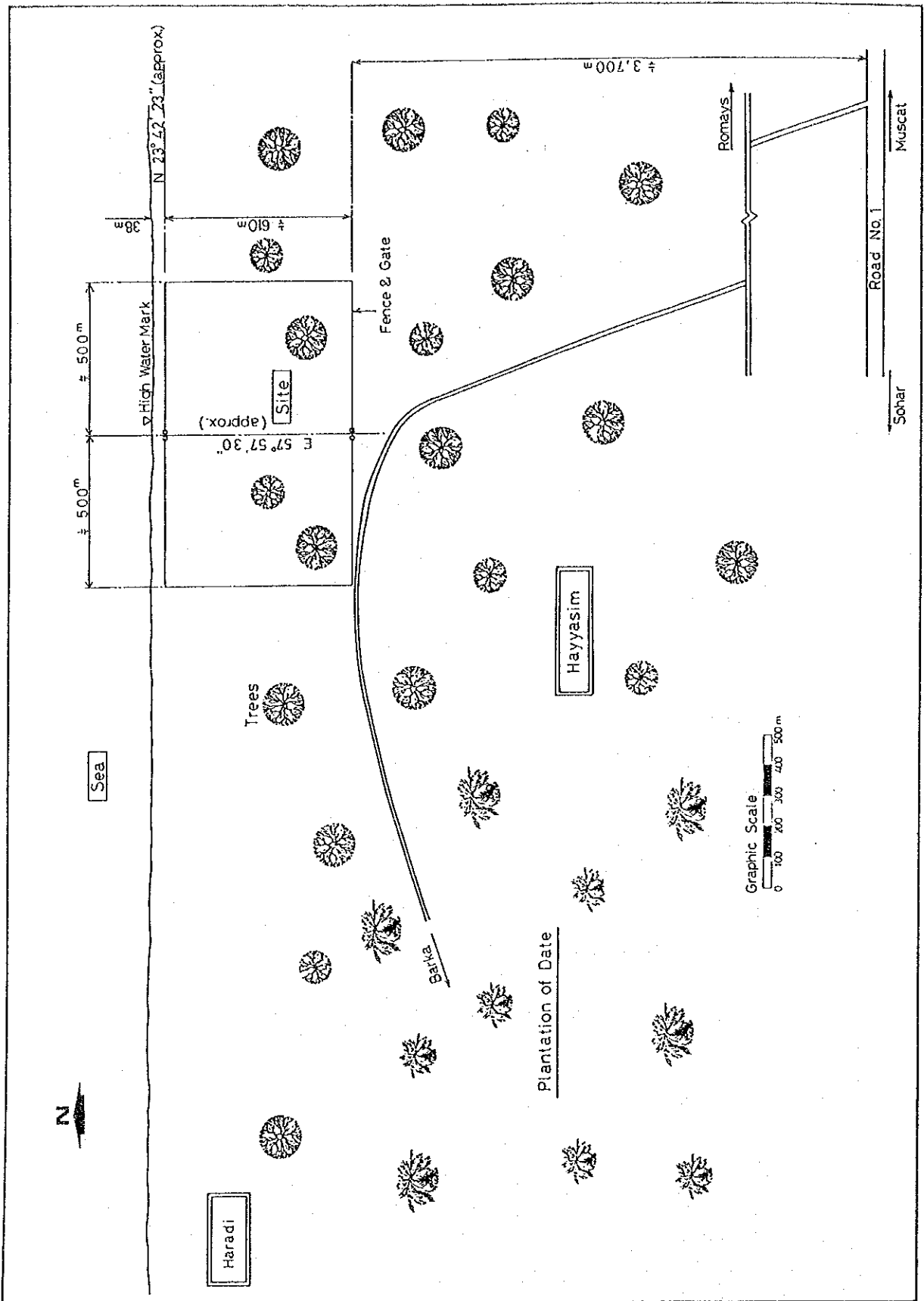


図 6.1.2 サイト周辺状況

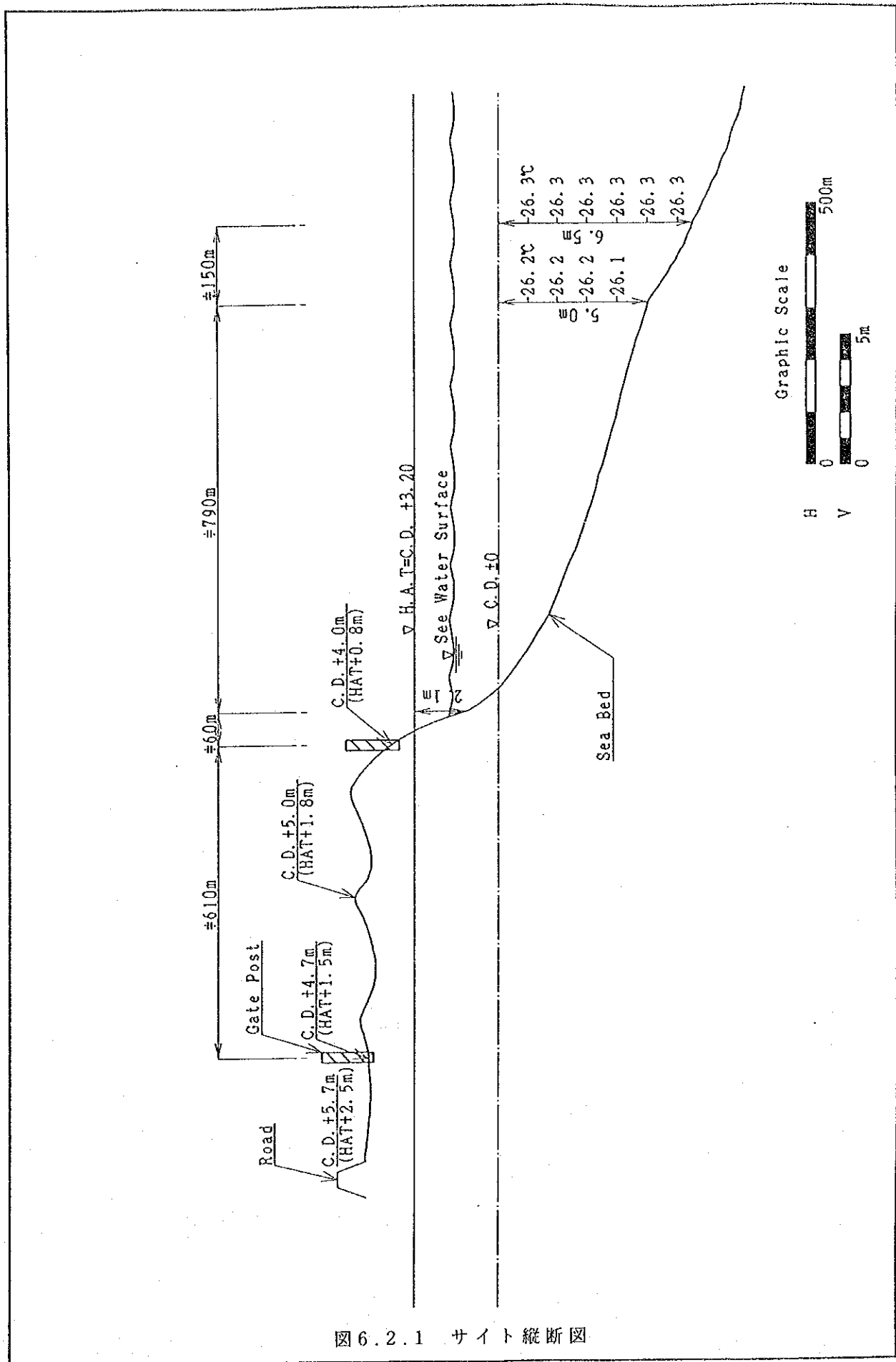


図6.2.1 サイト縦断面図

第 7 章 発電プラントの概念設計

第7章 発電プラントの概念設計

本章では、4.6節の電源開発計画に基づき、1,800MW程度の供給力を持つバルカ発電プラントの概念設計を行なう。概念設計の対象とするのは、発電方式、機器構成、機器仕様などの基本的事項である。発電プラントの経済性・運用性に関連の深い熱効率と運転指標については、付録7.1において説明する。

7.1 設計条件および使用燃料

7.1.1 設計条件

発電プラントの機械・電気設備は、以下の設計条件、規格・基準に基づいて概念設計を行なう。

(1) 設計条件

大気温度	: 最高 50℃、最低 5℃、平均 30℃、設計 50℃
海水温度	: 最高 35℃、設計 30℃
相対湿度	: 最高 100%、年間平均 40%、設計 100%
降雨量	: 年間平均 100mm、24時間最大 80mm
最大風速	: 40m/s
雷雨日数 (IKL)	: 20日/年
標高	: 1,000m以下

(2) 電圧区分および配線方式

電圧	: 220KV (または275KV、400KVのいずれかを採用)、 132KV、33KV、11KV、6.6KV、415V、240V
周波数	: 50Hz
配線方式	: 3相3線式、ただし、415V、240Vは3相4線式
接地方式	: 送電用変圧器の1次側は直接接地式、2次側は抵抗接地式

(3) 適用規格・基準

国際電気規格 (International Electrotechnical Commission : IEC)
オマーン電気規格 (Oman Electrical Standard : OES)
日本工業規格 (Japanese Industrial Standards : JIS)
電気規格調査会標準規格 (Standard of the Japanese Electrotechnical Committee : JEC)

日本電機工業会標準規格

(The Standards of Japan Electrical Manufacturers' Association : JEM)

日本電気協会電気技術基準調査委員会電気技術規程

(Japan Electric Association Code : JEAC)

日本電線工業会規格 (Japanese Cable Makers' Association Standard : JCS)

通商産業省省令電気設備技術基準 (Electrical Standards)

7.1.2 使用燃料および燃料供給

(1) 使用燃料

コンバインドサイクル発電プラント用ガスタービンおよび背圧蒸気タービン用ボイラに使用する燃料は、MEWからの要請に基づき、次のとおりとする。

- 1) 主燃料 天然ガス (低位発熱量 35,800KJ/kg)
- 2) 非常用燃料 留出油 (低位発熱量 42,915KJ/kg)

天然ガス、留出油の成分および基本データをそれぞれ表7.1.1、表7.1.2に示す。

(2) 燃料供給

天然ガスについては、石油・鉱物資源省がプロジェクトサイト内に減圧ステーションを設置し、同ステーションまでパイプラインを敷設することになっている。すなわち、減圧弁 (フィルター付き) までが石油・鉱物資源省の所轄である。したがって、発電プラント側は減圧弁以降のガス配管を敷設する。発電プラント側が必要とする天然ガスの使用圧力、使用量は、おおむね次のとおりであるので、この要求条件に適合する天然ガスが供給されるものとする。

- 1) 使用圧力 20 kg/cm²
- 2) 使用量 30,400 kg/h (GT1 台当たり)
37,800 kg/h (背圧タービン用蒸気発生器 1 台当たり)

また、非常用燃料の留出油については、サイト内に留出油タンクを設置し、同タンクから発電プラントに留出油を供給する。

表 7.1.1 主燃料 (天然ガス) データ

<u>Component</u>	<u>Mole %</u>
Methane	86.804
Ethane	4.658
Propane	2.011
Iso-Butane	0.411
Butane	0.521
Iso-Pentane	0.168
Pentane	0.147
Hexane	0.126
Heptane	0.032
C8	0.004
Benzene	0.003
Toluene	0.001
Nitrogen	4.652
Carbon Dioxide	0.447
Water	0.015
Hydrogen Sulphate	0.000
	TOTAL : 100.000%
Water Dew Point	2°C at 5,400 kPa(g)
Maximum Hydrocarbon Dew Point	6°C at 5,400 kPa(g)
Calculated Molecular Weight	18.59
Density	0.843 kg/m ³
HHV (kJ/Kg)	39,565 (9,452 kcal/kg)
LHV (kJ/Kg)	35,800 (8,553 kcal/kg)

表 7.1.2 非常用燃料 (留出油) データ

Density at 15°C (Kg/l)	0.8377
Kinetic Viscosity at 40°C (cS)	3.9
Cloud Point (°C)	-6
Pour Point (°C)	-15
Sulphur (% weight)	0.44
Ash (% weight)	0.005
Flash Point (°C)	114
Water Content	Nil
Sediment	Nil
HHV (kJ/kg)	45,700 (10,918 kcal/kg)
LHV (kJ/kg)	42,915 (10,252 kcal/kg)

7.2 単機容量の選定

発電プラントは、単機容量を大きくすれば、出力あたりの建設費と運転維持費は低下するが、その反面、事故の場合はそれによって影響する範囲が拡大されるという不利な面が生ずる。したがって、本プロジェクトに適用する発電プラントの単機容量は、次の2つの観点から検討する。

- (1) 新設するバルカ発電所は、マスカット、ワジ・ジズジ両系統内の主要電源としてベースロードおよび中間ロード対応とし、経済性に重点をおいた場合の最適単機容量。
- (2) バルカ発電所と既設発電所群を含めた電力系統の運用を、電力供給の信頼性と系統周波数変動に対する安定性に重点をおいた場合の最適単機容量。

検討の対象とする単機容量は60から120MW級が妥当と考えられるが、経済性にウエイトをおく場合は、120MW級が適切であり、また信頼性と安定性を重視すれば60MW級が適切である。

現在の系統についてみると、1993年末のマスカット、ワジ・ジズジ両系統の既設発電設備の合計容量は1,037MWである。またマスカット系統の最大単機容量が83MWであり、1機がトリップしたときの同系統の系統周波数低下は基準周波数50Hzに対し、1Hz以下が記録されている。一方、50Hz系統に対するタービン発電機の許容連続運転周波数は48.5Hzであり、また即時運転遮断周波数は47.5Hzであることから、100MW級の単機容量は系統の信頼性、安定性の点で問題なく、かつ経済性の面からも最適と考えられる。さらに、発電プラントの運転・維持管理という面からみた場合、既設発電設備の最大単機容量が蒸気タービンサイクルで50MW、またガスタービンサイクルでは83MWであり、MEWは運転・維持管理に十分な経験を有していることから、100MW級への移行も円滑に行なわれよう。したがって、本プロジェクトでは最大単機容量を100MW程度として計画する。