

2. オマーンの水資源政策について

2-1 一般情報

(1) 地形・地質概要

オマーンはアラビア半島の東南端、北緯 16° ～ 26° 、東経 51° ～ 59° に位置し、その国土面積は30万9,500km²である。オマーンの衛星画像による地勢図を図2-1に示す。

オマーンは北部のハジャール山岳地帯、中央内陸部の高原・土漠地帯及び南部のドファール山岳地帯に大別される。

北部のハジャール山脈は主に原生代～白亜紀の堆積岩及び旧海洋性地殻を起源とする“オフィオライト”からなる。ハジャール山脈は延長700kmにわたってオマーン湾に沿って弧状に連続し、深い谷が刻まれた壮年期地形を呈し、最高高度はアフダル山の3,030mを有する。最北部のムサンダムでは急峻な地形とリアス式海岸を特徴とし、バチナ海岸は比較的狭く平坦な海岸平野が連続しているが、オマーンでの重要な農業地帯となっている。

オマーンの中央内陸部はハジャール山脈から南部のドファールまで広大な面積を占め、第三紀層の造礁性石灰岩に覆われた高原状平坦地形を呈しており、この国の油田地帯ともなっている。当地帯の北東部にはワヒバ砂漠、中央～西部にかけてルブウ・アル＝ハーリー砂漠が分布し、また北西部には広大なウナム・アル＝サミン塩湖の低地帯が分布している。

南部のドファール（山岳）地方では、西側からアル＝カマール、カラ、サムハンの各山脈が連続し、高さ300～1,500mに達する主に白亜紀～第三紀の石灰岩からなる急崖地形を呈し、アラビア海に面している。サララでは海岸平野が発達し、急崖地形の特性から5～8月にかけて亜熱帯モンスーンの貴重な降雨をもたらしている。

オマーンの海岸線は全体で延長1,700kmに及び、岩礁、砂丘、砂礫、入り江、マングローブ域等変化に富んでおり、特に岩礁域、マングローブ林等の一部では地形及び自然生物保護区としても指定されている。

(2) 気象

オマーンの気候は亜乾燥～乾燥地帯に属するが、上記の3地方にほぼ大別される。各地方の気象観測所の代表地点を図2-2、及び各地点の気象データを表2-1及び図2-2に示す。

北部地方に位置するマスカット及びバチナ海岸地域は、5～8月の夏期は高温多湿で、最高気温が35～45℃、最低気温も30℃に達する。一方、12～2月の冬期には気温が10～30℃と低下することにより過ごし易く、100mm程度の少量の降雨がある。しかし、高地であるハジャール山脈のアフダル山周辺では、夏～冬期にかけて頻繁に降雨があり、年間降雨量が350mmを超える。

中央内陸部では砂漠気候であり、夏期の気温は最高気温が40～50℃に達し、極めて乾燥している。冬期では気温が20～35℃で、まれに降雨があり、年間降雨量が30mm以下である。

南部のドファール地方はいわゆる亜熱帯モンスーン気候に属する。急崖～山岳地帯での6～9月は雨期で数百mmの降雨があり、急崖～山岳部が一面の緑に覆われる。気温も30℃ほどである。一方、サララでは海岸平野に位置しており、直接の降雨を受けないことから降雨

量は 100mm 程度である。

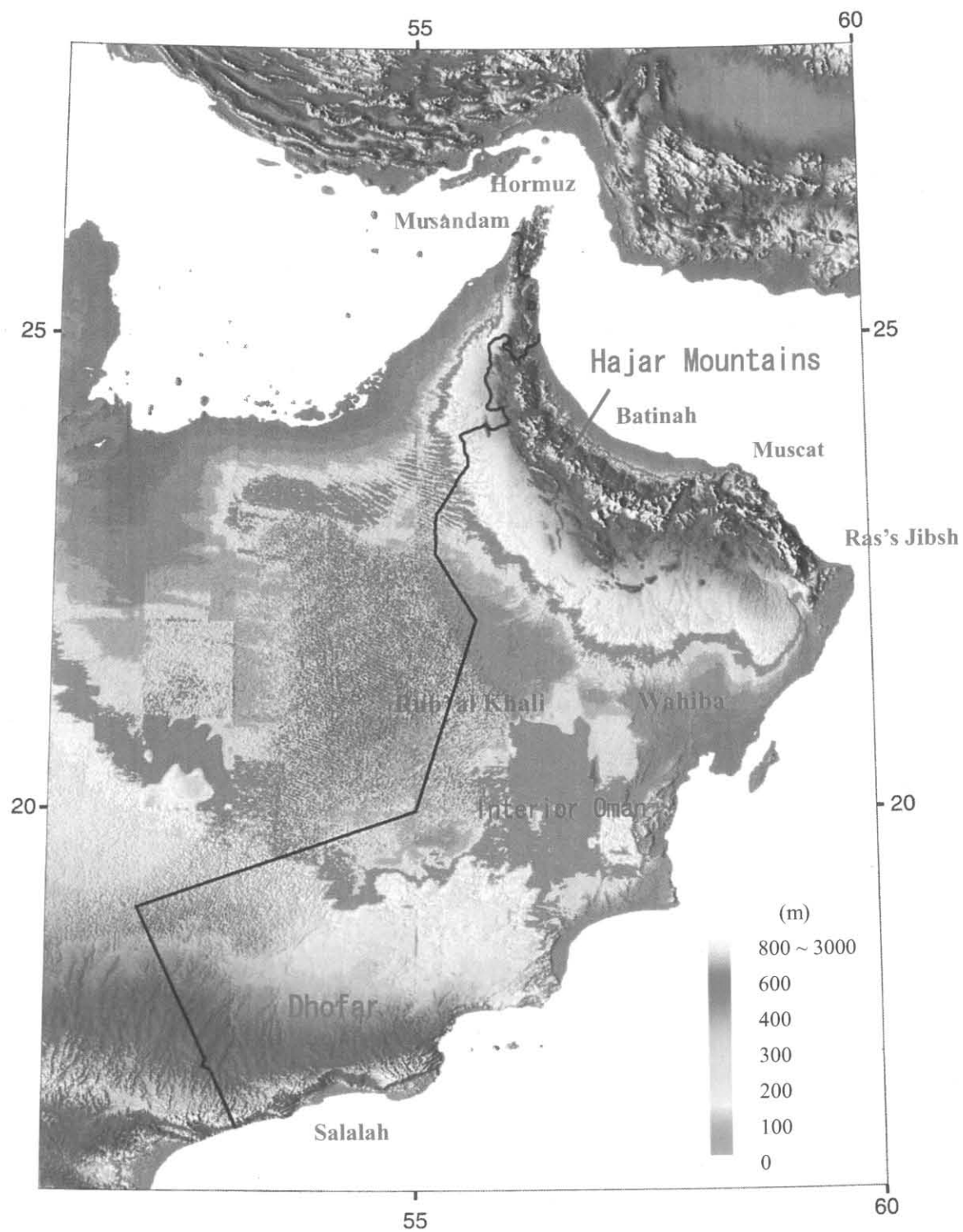
(3) 水 文

オマーンは亜乾燥～乾燥地帯に属することから、恒常的に表流する河川はなく、“ワジ”と呼称される涸れ沢が図 2-4 に示すとおり多数分布している。ワジの主な分布はオマーン北部のハジャール山脈及び南部のドファール山岳地帯に限られ、特にダーヒリーヤ地方及びアル＝カマール山脈から裾にかけて大規模なワジとなっており、広大な第四紀層の堆積盆ともなっている。また、両地域とも年間降雨量が大きい地域と一致する。

また、ワジでは降雨時に鉄砲水を伴う大小の洪水が発生し、一時的な洪水状表流水は海岸にまで達し、途中の道路、家屋戸等に被害を与えることがしばしばである。この洪水状表流水が海に流出することは、貴重な水資源を無駄にしていることになることから、オマーン政府はワジの中～下流部にリチャージ・ダムを多数建設し、地下水涵養を図っている。

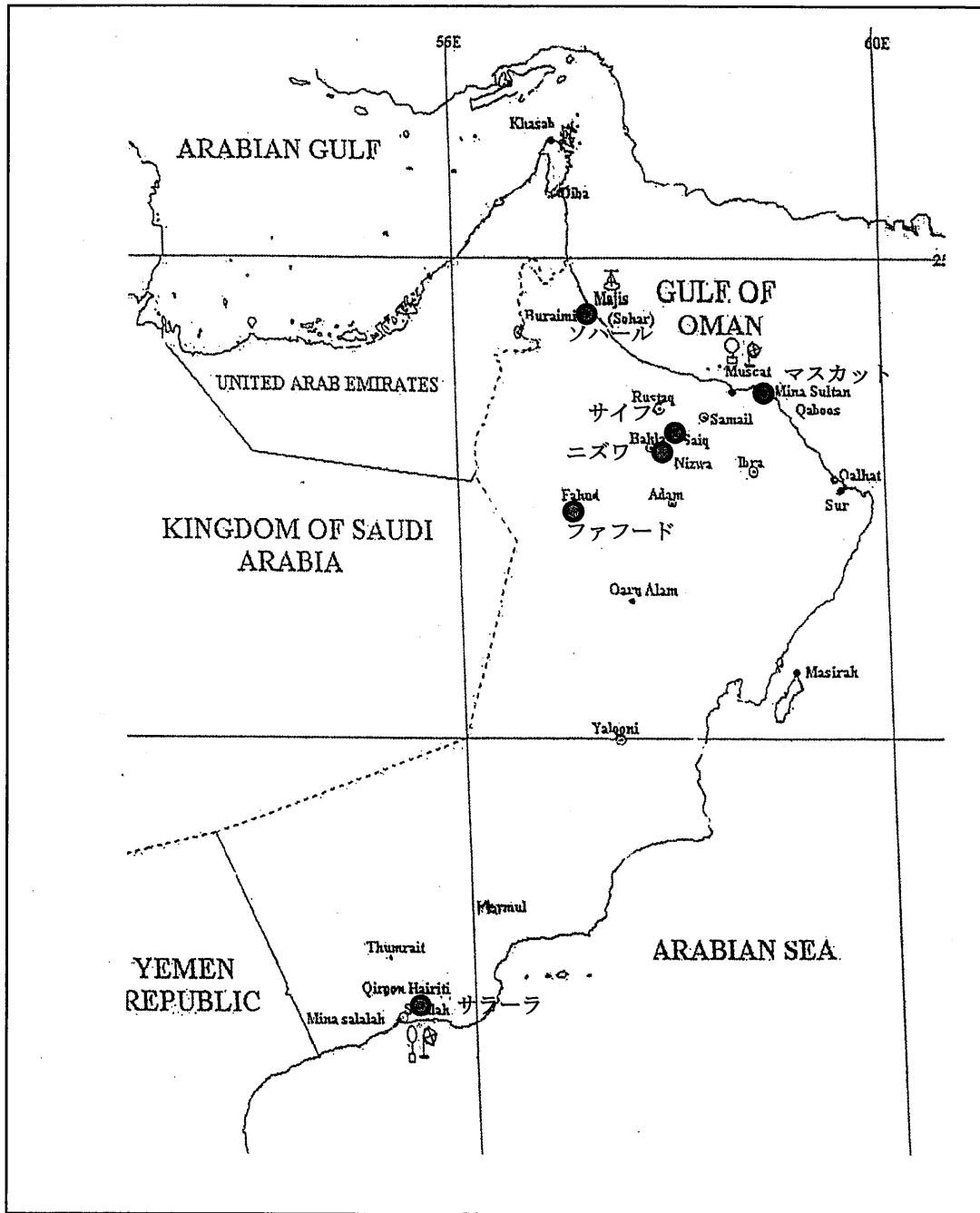
地下水の利用としてオマーンでは伝統的な灌漑施設であるファラージ・システムが多数設置されており、特にハジャール山脈周辺に密に分布している。ファラージは河川地形を巧みに利用し、自然流下による持続可能な水資源利用法である。また、1970 年代以降揚水井戸による水利用が発達し、現在では過剰揚水と旱の影響により地下水面低下及び塩水化の悪影響が各地で出ており、ファラージ・システムにも影響を与えている状況である。

なお、オマーンの地下水は広く分布していることが知られており、各地で地下水開発が実施されている。しかし、更新可能な地下水資源、あるいは水質の良好な地下水はある程度限定されていることが現状である。



(by MCI)

図 2-1 オマーンの地勢図



● 気象観測所

図 2-2 オマーンの気象観測所の位置

表 2 - 1 オマーンの気象データ

Station	Items	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1. マスカット (カーブース Sultan 港) (北 部)	1 降雨量 (mm)	18.3	8.6	3.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	32.5
	2 平均湿度 (%)	94	95	95	94	95	95	94	93	93	92	93	93	94
	3 最高気温 (°C)	29.4	27.5	34.0	38.8	43.4	43.9	43.8	39.7	39.4	37.9	33.2	30.7	36.8
	4 平均気温 (°C)	22.4	23.0	25.5	29.8	34.2	35.1	34.0	30.7	31.1	30.8	27.3	25.0	29.1
	5 最低気温 (°C)	15.8	17.4	19.6	23.2	28.4	28.7	27.6	25.9	26.0	25.4	22.2	19.6	23.3
2. ソハール (北 部)	1 降雨量 (mm)	23.7	22.4	21.4	4.8	0.0	0.0	3.5	0.5	0.2	10.9	5.0	18.2	110.4
	2 平均湿度 (%)	71	72	71	66	63	70	75	80	77	71	69	72	71
	3 最高気温 (°C)	28.0	29.9	33.6	40.5	42.7	42.9	42.3	39.8	37.6	35.9	33.1	30.0	36.4
	4 平均気温 (°C)	19.9	20.5	22.6	26.8	31.0	32.9	33.1	31.9	30.3	27.8	24.3	21.4	26.9
	5 最低気温 (°C)	9.7	9.3	11.1	15.2	19.7	24.1	26.1	25.7	21.6	17.0	14.0	11.4	17.1
3. サイフ (北 部)	1 降雨量 (mm)	33.4	32.0	46.8	35.7	31.5	17.8	58.4	60.5	32.0	21.1	9.6	7.6	386.4
	2 平均湿度 (%)	54	45	40	32	25	24	34	37	34	33	45	50	38
	3 最高気温 (°C)	20.6	21.9	23.1	28.1	32.1	33.8	34.0	32.5	30.8	27.2	23.0	21.4	27.4
	4 平均気温 (°C)	10.1	12.1	14.7	18.3	22.8	25.0	25.4	24.6	22.2	18.4	14.0	11.8	18.3
	5 最低気温 (°C)	-0.6	2.8	3.5	7.7	12.8	15.7	15.4	14.4	13.0	9.2	4.1	1.2	8.3
4. ニズワ (中 部)	1 降雨量 (mm)	9.4	10.4	23.7	5.4	7.3	1.3	12.3	9.0	0.9	5.0	1.0	1.4	87.0
	2 平均湿度 (%)	59	54	52	44	38	42	47	51	49	43	54	62	49
	3 最高気温 (°C)	30.9	33.1	37.6	41.7	46.0	47.4	48.2	46.1	43.7	40.4	34.9	31.7	40.1
	4 平均気温 (°C)	19.0	21.1	24.6	29.1	33.9	35.8	35.5	34.1	31.9	29.7	23.8	20.8	28.3
	5 最低気温 (°C)	6.6	9.1	10.7	14.7	20.6	23.7	23.7	21.8	20.7	15.4	12.2	9.4	15.7
5. ファフード (中 部)	1 降雨量 (mm)	1.0	8.0	1.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7	0.5	0.0	0.1	19.6
	2 平均湿度 (%)	54	51	40	29	24	24	30	35	37	33	43	50	38
	3 最高気温 (°C)	30.5	33.3	38.5	42.6	46.9	45.5	48.6	47.3	45.2	41.9	36.3	32.0	40.7
	4 平均気温 (°C)	19.7	21.5	24.9	30.3	34.5	36.8	37.0	35.8	33.4	30.2	25.0	21.5	29.2
	5 最低気温 (°C)	7.7	9.0	11.2	15.9	19.3	23.4	25.3	24.1	22.3	17.5	13.2	9.6	16.5
6. サラーラ (南 部)	1 降雨量 (mm)	0.9	0.5	3.9	7.6	10.3	7.2	22.6	28.3	3.7	0.1	0.0	7.6	92.8
	2 平均湿度 (%)	54	57	62	68	75	81	88	90	82	68	56	55	70
	3 最高気温 (°C)	30.9	32.9	35.3	37.4	36.7	35.1	31.3	29.5	31.0	35.6	35.5	31.9	33.6
	4 平均気温 (°C)	15.6	16.8	18.4	20.8	23.9	25.5	23.2	22.6	22.5	20.0	19.0	17.2	20.5
	5 最低気温 (°C)	23.4	24.3	26.1	28.0	29.5	29.2	26.3	25.1	26.3	27.0	22.3	24.9	26.0

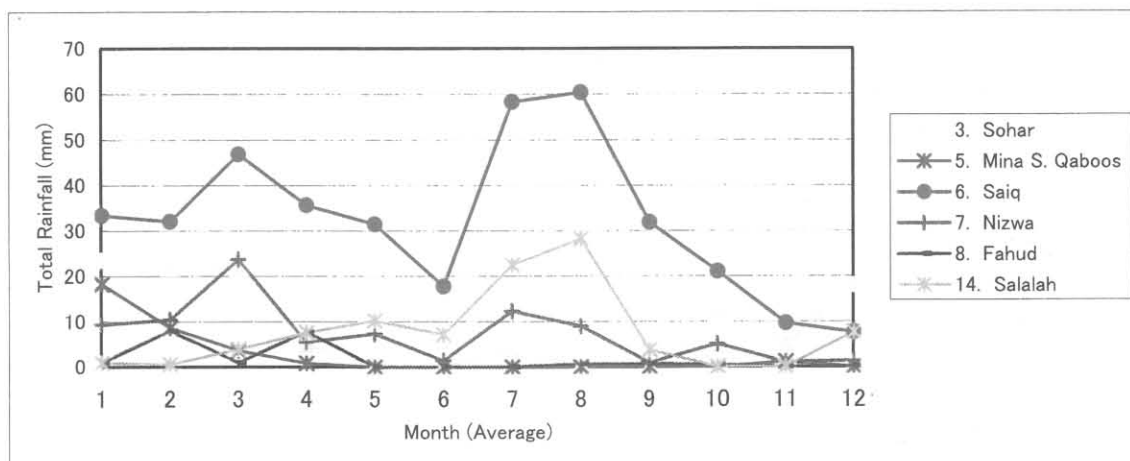


図 2-3 (1) 降雨量

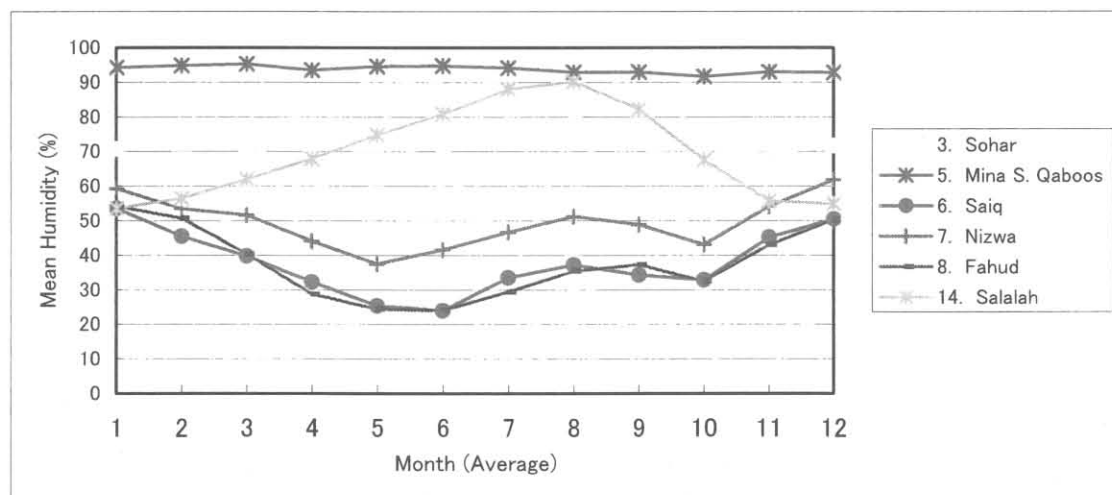


図 2-3 (2) 湿度

- ※ 3. ソハール
- 5. マスカット (カーブス港)
- 6. サイフ
- 7. ニズワ
- 8. ファフード
- 14. サラーラ

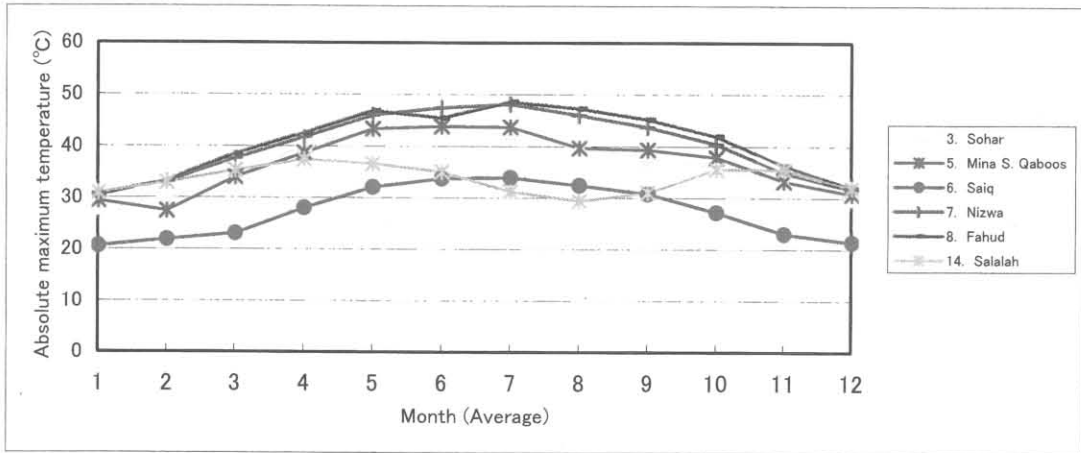


图 2-3 (3) 日最高气温

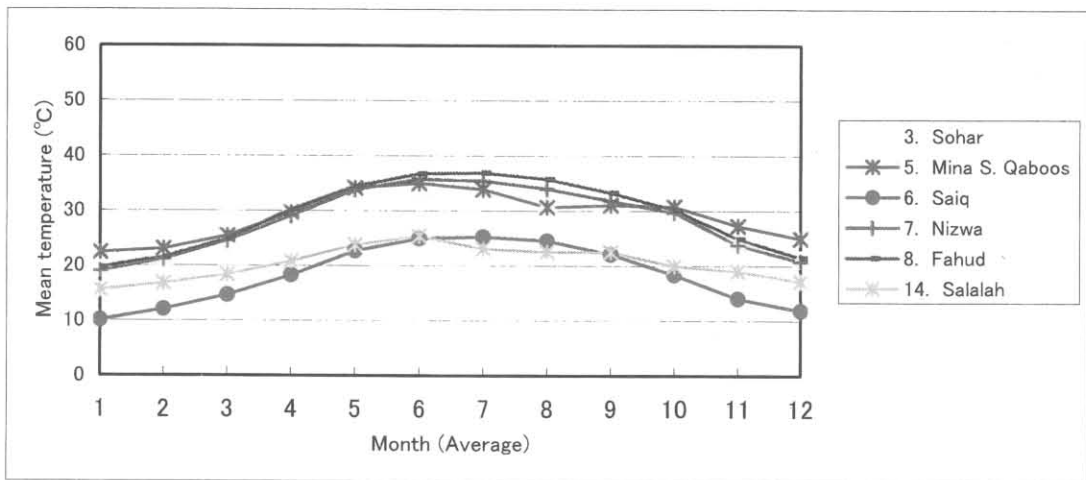


图 2-3 (4) 日平均气温

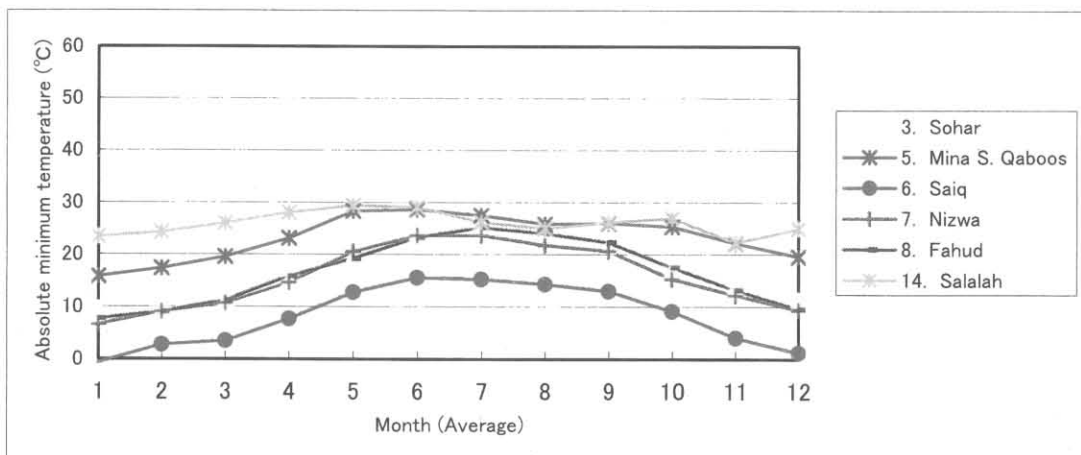


图 2-3 (5) 日最低气温

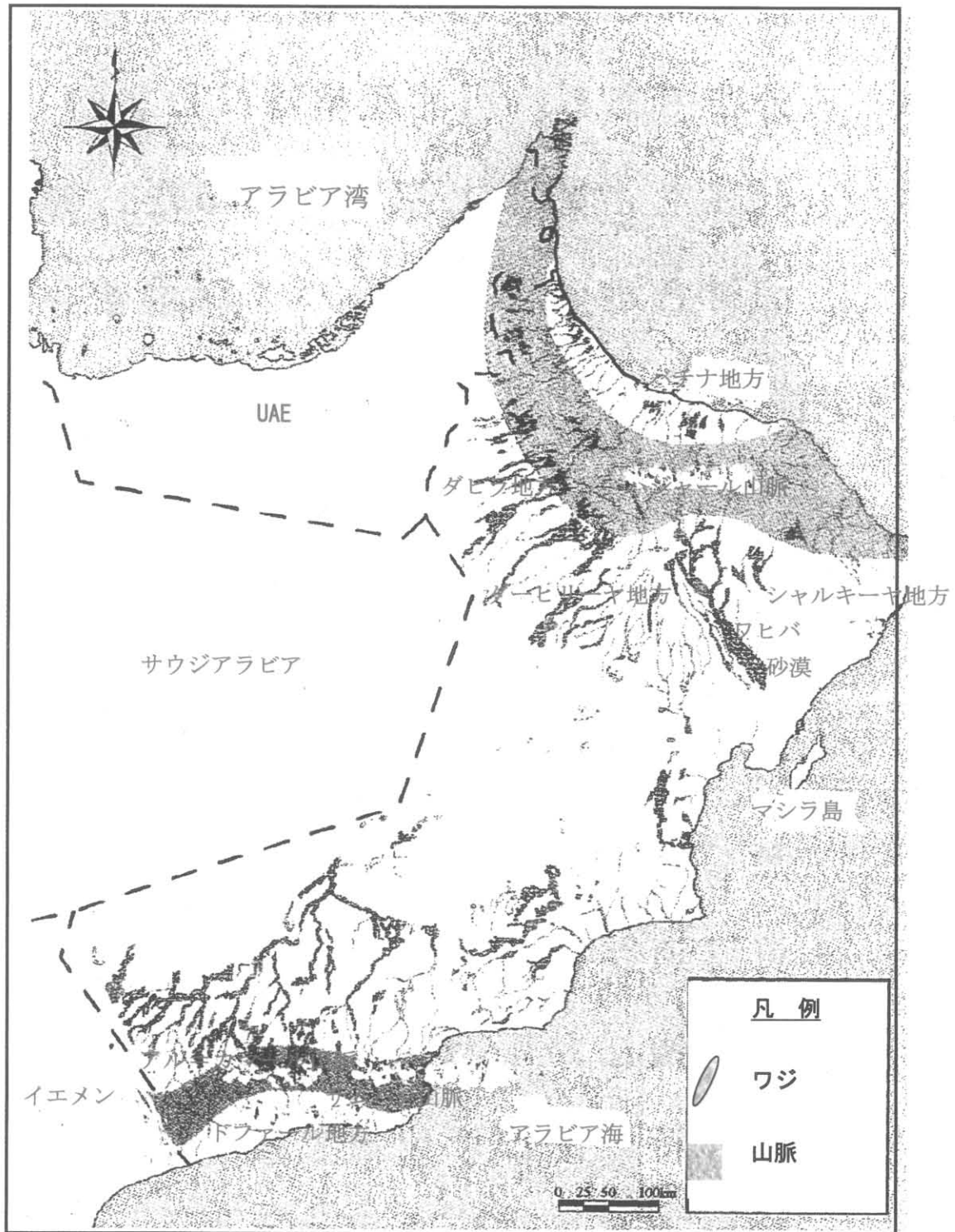


図 2-4 ワジの分布

2-2 水資源情報

オマーンでの降雨量は全国平均で年 100～350mm に過ぎず、水資源に乏しい。南部のドファール地方では亜熱帯モンスーンの時期（5～9月）に定期的に降雨がある。さらに、最近では1992～1995年の早魃が深刻であったように2～3年にわたる早魃が定期的に発生し、水不足の状態が継続している。しかし、良質の帯水層がオマーン北部であるバチナ地方の平野部及びドファール地方のサララ地域にあり、オマーンの水資源の重要な供給源となっている。

近年では農業用水は地下水、飲料水及び工業用水は海水淡水化及び地下水によって供給されている。現在のオマーンでの1人当たりの水使用量は500 m³/年である。

表流水と地下水の採水は主に伝統的灌漑用地下水路であるファラージ・システムと水井戸であり、水井戸での揚水はオマーン開国以来の30年間でポンプ揚水が主流を占めている。表流水及び地下水に関する調査・開発・研究及び水資源管理政策については、水資源省（現在、水資源局）の管轄である。しかし、農用地内の配水については農業・漁業省の管轄となっている。

淡水化は、電力・水省が管轄しており、1976年にクブラに淡水化プラントが建設されて首都圏への給水が開始された。淡水化の生産能力は当初日産2万3,000m³でスタートしたが、その後再度のプラント増設により段階的に生産は増大し、2001年までに日産16万m³に増産され、現在の淡水化プラント21基の年総生産可能量は8,100万m³に達しており、近年5,500万m³/年の生産で、そのうち34%が飲料水用及び66%が工業用に使用されている。なお、淡水化プラントは発電所と併設して稼動中のものが含まれている。

(1) オマーンの水収支及び需要・供給

オマーン全国の水収支の概要を下記に示す。

(現状)

・流入量

① 全降雨量	:	13 億 m ³ /年
② 海水淡水化水量	:	5,500 万 m ³ /年

全国流入総量	:	13 億 5,500 万 m ³ /年
--------	---	--------------------------------

・流出量

③ ワジの洪水による流出	:	1 億 1,900 万 m ³ /年
④ 地下水流出量	:	4 億 m ³ /年
⑤ 蒸発散量	:	6 億 6,700 万 m ³ /年
⑥ 水利用量	:	1 億 6,900 万 m ³ /年
・地下水利用量	:	68% 1 億 1,400 万 m ³ /年
・海水淡水化水量	:	32% 5,500 万 m ³ /年
⑦ 利用分野別水需要量	:	1 億 6,900 万 m ³ /年
・農業(井戸)	:	59% 1 億 m ³ /年
・農業(ファラージ)	:	33% 5,700 万 m ³ /年
・環境	:	3% 600 万 m ³ /年

・飲料水	：	2%	300万 m ³ / 年
・その他	：	2%	300万 m ³ / 年

(将来予測：2020年)

① 将来需要予測量	：	2億5,600万 m ³ / 年 (52%の増加)
・予測条件：人口増加	：	350万人 (+100万人)
1人当たりの水使用量	：	240 L/C/d (20%の増加)
② 将来水不足量	：	8,700万 m ³ / 年

現在の水利用量は1億6,900万 m³ / 年であるが、2020年では約8,700万 m³ / 年の不足が予測されている。この不足分を地下水あるいは海水淡水化で補充する必要がある。ただし、地下水について、節約・効率向上による余剰分等の予測量は得られていない。したがって、不足分の全量を新規水資源に依存するとなれば、現在の地下水の31%分を確保しなければならない。

なお、今後の旱魃の進行及び過剰揚水による地下水位の低下等を推定した場合、将来の水不足量は更に大きくなるものと予想され、新規地下水開発はできるだけ早期に実現させる必要があると推定される。

(2) 地方別の水資源の需要／供給バランスの現況

地方別の水資源の需要／供給バランスの現況を表2-2に示す。

地下ダムの候補地のひとつに指定されているアダムが位置するダーヒリーヤ地区は、-6,500万 m³ / 年とバチナ地方に次ぐ水不足に陥っている状況である。

表 2-2 水資源の需要／供給バランスの現況

(単位：百万 m³／年)

行政区 (地 方)	降雨量 ①	更新可能 地下水量 ②	農業用水 利用量 ③	家庭用＋ 工業用水量 ④	合 計 ③＋④	水収支 ②－ (③＋④)
1. ムサンダム	302	18	19	3	22	－ 4
2. バチナ	1,814	586	728	38	766	－ 180
3. ダヒラ	1,386	154	200	19	219	－ 65
4. ダーヒリーヤ	1,188	86	132	19	151	－ 65
5. マスカット	979	117	112	32	144	－ 27
6. シャルキーヤ	2,986	229	213	23	236	－ 7
7. ウスター	160	3	1	2	3	0
8. ドファール	66	74	28	22	104	－ 30
合 計	9,471	1,267	1,487	158	1,245	－ 378

2-3 水資源政策

オマーンの開国（1970年）以来35年、水資源の安定供給は重要な政策の柱であり、主に水資源省（現在、水資源局）、電力・水省及び農業・漁業省の3省が水資源に携わってきた。特に、現在の水資源局は、表流水及び地下水に関する調査・開発・研究及び水資源管理政策の実施官庁である。

1970年以降の中・長期計画、国家経済開発5か年計画、並びに2000年の「国家水資源マスター・プラン」についてレビューする。

(1) オマーン開発計画（1970～1995年）

1970～1995年の25か年開発計画の目標は、以下のとおりである。

- ① 国家収入における石油資源に替わる新資源の開発
- ② 鉱工業、農業及び漁業への投資促進
- ③ 人的資源の開発と質的向上
- ④ 全国への投資拡大、特に地域格差是正の低開発地域への投資集中
- ⑤ 人口密度集中域への人口移動リスク削減のための開発と保全
- ⑥ 基礎的インフラの建設の終了
- ⑦ 経済活動の成長と環境保全の要素である水資源の重要性の認識
- ⑧ 地方商業活動の開発及び競争力のある市場への援助
- ⑨ 競争力のある市場での民間セクター活動に基づく国家経済の基礎造り
- ⑩ 政府の効率性向上

(2) 第1次経済開発5か年計画（1976～1980年）

インフラ整備を推進するとともに基幹産業の創設に努力。

(3) 第2次経済開発5か年計画（1981～1985年）

第1次計画に引き続き、インフラ整備及び工業振興に重点を置き開発を進めたが、石油価格が低迷したことなどの影響を受け、計画規模を縮小せざるを得なかった。

(4) 第3次経済開発5か年計画（1986～1990年）

地方のインフラ整備、農業・漁業及び中小企業の振興を重点目標としたが、同年初め以降の大幅な油価下落の影響を受け、新規事業の棚上げ、見直しを余儀なくされた。

(5) 第4次経済開発5か年計画（1991～1995年）

石油に替わる国家収入源の開発、生活レベルの全体的向上、特に後進地域への重点投資、水資源の確保、人材育成、全体規模でのインフラの整備等の諸点を基本的経済政策目標とし、目標GDP成長率を6.3%としていたが、計画基準である石油価格の下落により、実績はそれを大幅に下回る3.4%となった。

第4次5か年計画内の水資源関係のプロジェクトを下記に示す。

第4次5か年計画内の水資源関係のプロジェクト	： 費用（オマーンリヤール：OR）
------------------------	-------------------

・セイグ高原とハイル・アル＝マズベツト（アフダル山）の水道改善	： 120万 OR
・アフダル山脈におけるファラージと湧水の保守	： 90万 OR
・セイグ高原における小規模貯留ダム建設	： 380万 OR

（1オマーンリヤール＝291円）

(6) ビジョン2020（1996～2020年）

a. ビジョン2020準備会

ビジョン2020の主要戦略は、以下の4項目からなる。

- 1) 人的資源開発
- 2) 経済多様化
- 3) 民間セクター開発
- 4) その他：所得倍増計画

経済多様化策は14項目のセクターに組織化し、水資源については7番目の水資源セクターで検討した（図2-5）。当セクターでの主要課題は農業開発と水資源開発間の最適バランス戦略であり、その内容は次のとおりである。

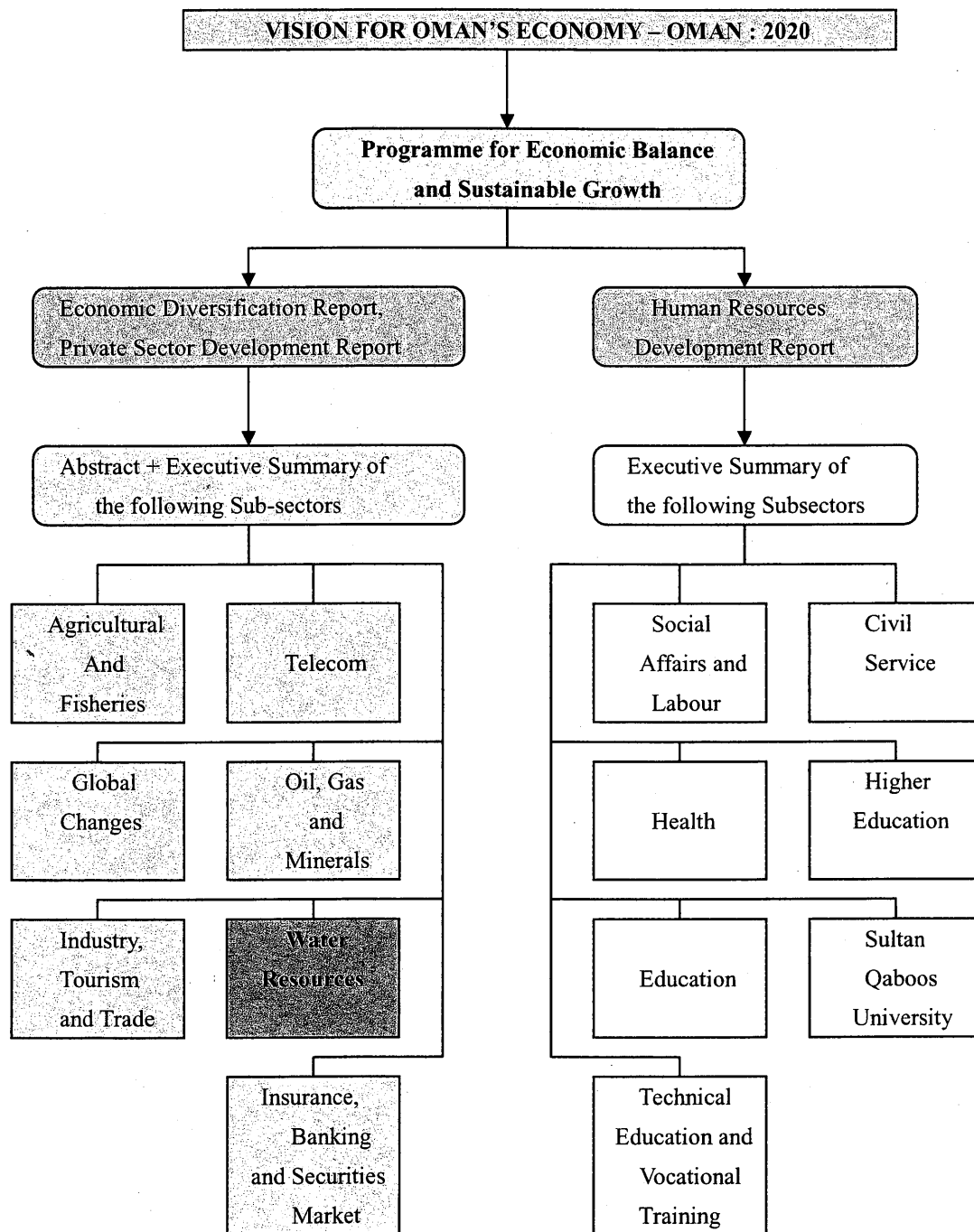


図 2 - 5 ビジョン 2020 報告書内容組織図

① 水需要管理：

1. 農業用水の節水と高度水利用の要請
2. 未開発地での開発についての検討：農業漁業省、保健省、水資源省
3. 多年生草の減量化、1年生草の採用
4. 近代的灌漑システムの振興
5. 農業用水の配分指定及び積算流量計の設置義務
6. 水道における漏水対策
7. 帯水盆の保全地区の設定

② 水資源の管理及び開発：

1. 水資源・井戸台帳調査・評価プログラムの継続
2. ダム及び水文施設の建設を通して水資源の補充政策の継続
3. ドファール地方山岳部での過放牧（ラクダ）の低減
4. 更新可能・不可能帯水盆からの飲料水供給網設置の促進
5. 下水処理の設置と再利用率の向上
6. 砂漠地帯での塩水の農業用水への利用
7. 地下水水質モニタリング計画の拡大及び水質汚染の低減化
8. 民間セクターによるプロジェクト実施の促進

(7) 第5次経済開発5か年計画（1996～2000年）

第5次5か年計画における水資源関係について下記に示す。

a. 水資源関係

1) 水部門：

水部門は、国家経済に直接・間接的に最重要部門のひとつである。すべての国民に清浄な飲料水を提供することは、国民の生活質の向上を図るひとつの手段である。これまでもこの努力は行ってきているが、いまだ達せられていない。この主な理由は代替源としての淡水化プラント等による飲料水の生産が高コストあるいは水不足によるものである。

計画では2005年までに住宅地への飲料水の供給をめざしている。

2) 目的：

5か年計画の飲料水部門の目的は、以下のとおりである。

- ① 各地方の飲料水の需要に合わせるため及びバランスある水配分を行うために水生産の増大
- ② 飲料水生産の分野への民間参入
- ③ 地下水源の新規水源の開発、あるいは淡水化プラントの設置
- ④ 節水のキャンペーン
- ⑤ 次期計画までに漏水の15%低減化

3) 水資源政策：

水資源に関する重要政策は、以下のとおりである。

- ① 水不足の緊急事態への準備としての適切な貯水量の増大化

- ② 貯水地の建設後の水供給網及び家庭配水の準備
- ③ マスカット地域の水道網の漏水低減化
- ④ 県別の水生産及び配分、マサラートとアシュ・シャルキーヤ地域の水利用の検討、特に民間部門のプロジェクトへのかかわり及び推進

(8) 国家水資源マスター・プラン（2000年）

水資源局は全国ワジ及びファラージのインベントリー調査及びモニタリングを実施し、その結果のデータ・ベースを作成し、また老朽化したファラージの補修・維持も行っている。さらに、降雨時洪水の海域流出防止及び湛水した表流水の地下水涵養促進用のリチャージ・ダム（27か所）及びハジャール山脈中央部のアフダル山地周辺における小規模貯水ダムの建設が積極的に進められ、今後も計画中である。

一方、地下帯水層の調査・開発も積極的に進められており、1996年にオマーン山脈の北西部及び南東部の内陸側で良質地下水が発見され、マサラート給水プロジェクト及びシャルキーヤ砂漠帯水層開発プロジェクトとして着手され、給水が開始している。

しかし、現状の水資源は人口増加及び国家経済の成長等による水需要の増大とともに、度重なる旱魃とポンプによる過剰揚水による水位低下の状況が慢性化し、水不足の状況が継続している。これらの状況を踏まえて、2000年に「国家水資源マスター・プラン」が計画された。しかし、当マスター・プランは現在に至っても政府の承認が得られていないため、計画の実施が延期されている状況である。

当マスター・プランの概要を以下に示す。

(マスター・プランの目的)

当マスター・プランの目的は、2020年代におけるオマーンの持続可能な水資源の利用及び管理に基づいて水の配分するアクション・プランの基礎資料を提供することである。

(マスター・プランの概要)

- ・2020年までのオマーンの更新可能な水資源の持続可能な使用及び水文地質的集水域での井戸とファラージの保全、汚染防止
- ・貯留ダム、リチャージ・ダム、その他の水文施設及び域外への流出ロスの低減させる施設の建設を通しての更新可能な資源の確保量の増大化（水文施設は技術的、経済的に可能性のあるものに限る）

（コメント： 地下ダムも本項の水文施設に該当するものと推定される）

- ・水資源管理の改善： 持続可能な開発の実現： 節水例として、

- ① 水の配分
- ② 井戸水の配分
- ③ ファラージ水の配分

- ・農業従事者へのアドバイス、特に灌漑用井戸の使用、ファラージの節水等

- ・ファラージ・コミュニティに供給する水資源の保全

- ・水道による水供給システムの確保及び下水集水システムの設置：

特に1万人以上の都市で、2020年においては46か所（都市）に及ぶ（全人口の60%に相当

する)

- ・他の町村では水タンカーで供給
- ・節水のキャンペーンを実施
- ・水保全教育

(マスター・プランのプロジェクト内容)

当プランのプロジェクトは23項目からなる。そのうち9項目は水資源省に関係し、2項目は全省に関係する。合計11項目を下記に示す。

- ① 開発箇所、安全供給源の確保の視点で水資源調査、評価及びモニタリングを実施
- ② 自然資源の入手増大化手法の開発
- ③ 井戸使用の農業従事者への需要管理行動の実施
- ④ 国家経済省とともに“仮想水”政策の開発
- ⑤ ファラージの開発
- ⑥ 農業用水として汽水（塩水）の使用の策定
- ⑦ “水配分”の紹介のための法制度
- ⑧ 制度改善の実施
- ⑨ 人的資源開発（Human Resources Development：HRD）、トレーニングの継続
- ⑩ 水配分の管理、計画の理論付け
- ⑪ 政策キャンペーンと教育

各プロジェクトの内容を以下に示す。

- ① 水資源調査、評価及びモニタリング
 - ・帯水層調査及び評価（優先都市への水供給）
 - ・広域水文学的研究
 - ・水文データ評価及び解析
 - ・集水域モデル：水配分と管理計画
 - ・ひでり管理戦略
 - ・可能性調査の認識と調査
 - ・水資源モニタリング：全国レベル、地方レベル（スケール）
 - ・農業用井戸群からの揚水（開発計画及び実施計画）
- ② 自然資源の開発
 - ・貯留ダム
 - ・リチャージ・ダム
 - ・降雨水の確保
 - ・地下水の回収
 - ・その他の手法

（コメント：地下ダムも本項の水文施設に該当するものと推定される）
- ③ 井戸使用の農業需要管理
 - ・水資源省内に重要管理部の設置
 - ・水配分の決定

- ・水配分の割合
- ・他の需要管理方法の評価
- ④ 国家経済省と共に“仮想水”政策の開発
 - ・“仮想水”政策
 - ・モニタリング
- ⑤ ファラージの開発
 - ・メンテナンスの継続
 - ・サポート用井戸の建設
 - ・ファラージ・コミュニティの改善
- ⑥ 農業用水として汽水（塩水）の使用の策定
 - ・農業開発
- ⑦ “水配分”の紹介のための法制度
 - ・水割当の制度
 - ・井戸源である帯水層の保全
- ⑧ 制度改善の実施
 - ・水資源省における提案の可能性の確認
 - ・マスター・プラン政策実施体の設立
 - ・中央／地方水管理組織の改善
 - ・共通認識／教育
 - ・情報ネット・ワークの開発
- ⑨ HRD、トレーニングの継続
 - ・水資源省内にトレーニング部の設置
- ⑩ 水配分の管理、理論付け
 - ・理論付け（調和性）
 - ・省庁間の長期計画の設立
 - ・水配分の同意
- ⑪ 政策キャンペーンと教育
 - ・国内キャンペーン
 - ・当マスター・プランの実施
 - ・主要キャンペーンと標語計画
 - ・学校教育
 - ・水需要節水、水質メンテナンス

（投資額）

当マスター・プラン実施のための投資額を表2－3に示す。総投資額は2億4,100万オマー
ンリヤールである。

表 2 - 3 当マスター・プラン実施のための投資額

(単位：オマーンリヤール)

Exploration, Investment and Development Programme	2001 ~ 2005 年	2006 ~ 2010 年	2011 ~ 2015 年	2016 ~ 2020 年	Total
1. Locate and secure potable water	18	6	4	4	32
2. Increase recovery of National Water Resources	33	37	23	12	105
3. Conservation and Development, Maintenance Programme	1	19	13	20	45
4. Support and Development Aflaj	16	13	8	4	41
5. Information, Public Awareness, Education	3	2	2	2	9
6. H.R.D., Training * 1	2	2	2	2	8
Total (Million R.O.)	73	80	44	44	241

* 1 : HRD

⑫ 国家水資源マスター・プランの影響

本マスター・プランの実施による効果・影響を図 2 - 6 に示す。

主な効果として、ファラージ・システム等の更新可能な水資源の確保及び制御、下水処理及びリサイクル・システムの構築、効率的な農業用水の利用、並びにそれらの政策を確保するための法制度の整備が行われる。

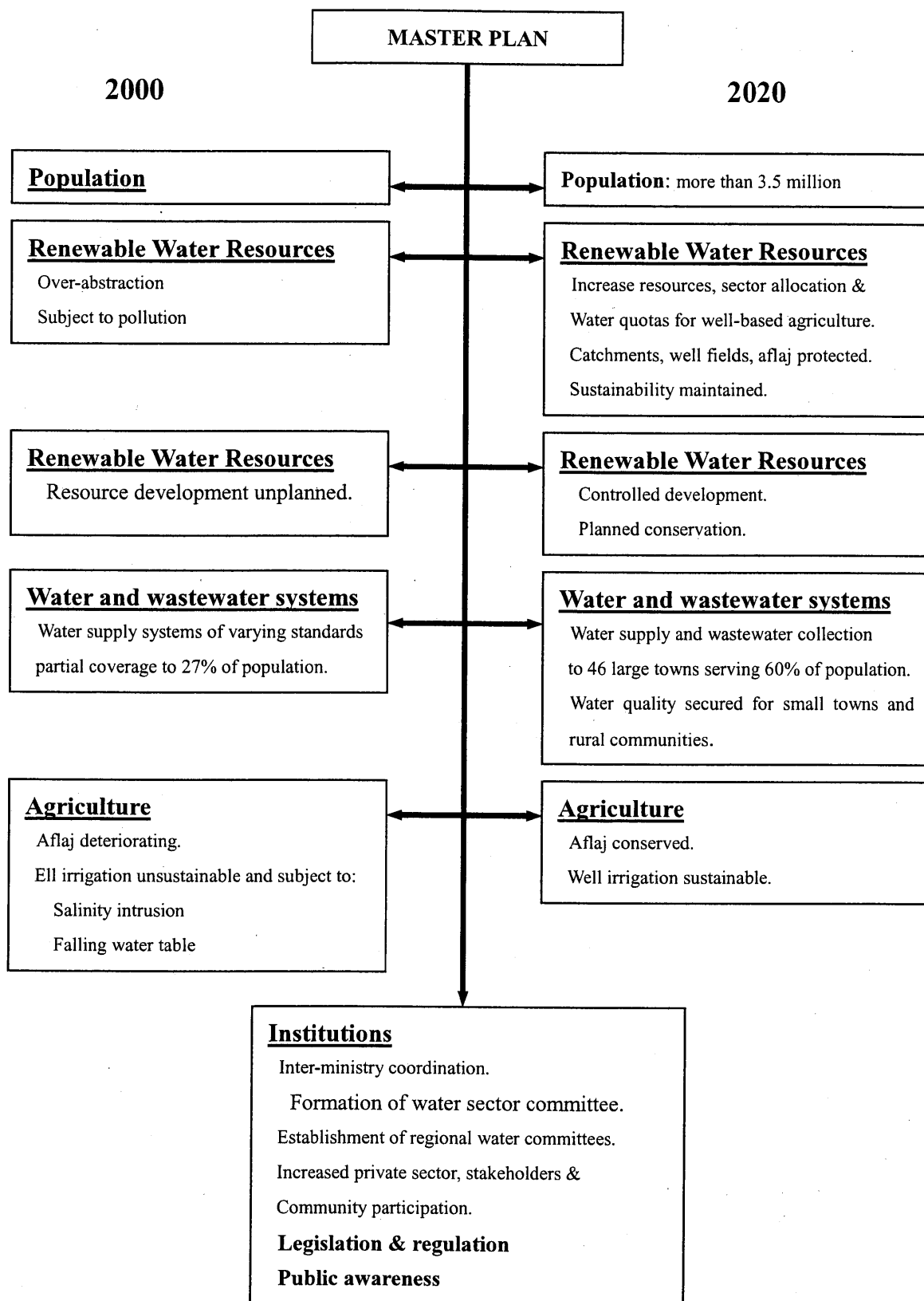


図 2 - 6 国家水資源マスター・プランの影響

2-4 水資源関連法規

水資源関連法規を表2-4に示す。

(1) 水資源関連法 (Royal Decrees)

Royal Decrees は、RD 82/88 「水資源利用法」、RD 29/2000 「水資源保全法」及び RD 114/2001 「固形有害廃棄物・下水法」から成る。水資源の利用及び保全について規制しており、有害・無害廃棄物及び下水による水質汚濁の防止を図っている。

(2) 水資源関連省令 (Ministerial Decisions)

省令は、MD 2/90 「井戸規制令」及び MD 200/2000 「自然保護令」から成る。井戸掘削の許認可及び揚水量を把握するための流量計の設置・保守の義務、並びに水質汚濁防止及び自然保護に係る開発規制を行っている [図2-7 (1)、(2)]。

(3) 国家水資源マスター・プラン

「国家水資源マスター・プラン」は2000年10月に作成されているが、水資源局によると、いまだ内閣の承認が得られていないことから公になっていないとのことであった。当マスター・プランの目次を次に示す。

表 2 - 4 水資源関連法規

法規番号	内 容	備 考
RD82/88	“国家的富である水資源”	
MD145/93	“下水再利用と排水規制”	
MD 2/90	第 5 条 : 水井戸の揚水量の規制及び流量計設置 及び保守の義務 第 15 条 : 井戸所有者の流量計設置及び保守の義務	井戸規制令 : 揚水量の統制
RD 115/2001	第 3 条 : 飲料水及び水源の水質保全	水質保全法
RD 115/2001	第 7 条 : 浄化槽について	浄化槽汚染防止法
RD 115/2001	第 9 条 : 固形無害廃棄物の埋立てについて	環境保全法
RD 115/2001	第 13 条 : 汚染者支払の義務 (PPP)	環境保全法、汚染者支払義務 (PPP)
RD 115/2001	第 17 条 : 生態系の監視及び環境保全	生物多様性保全法
RD 114/2001	有害廃棄物、有害物質、その他の環境汚染物のワジ、水路、地下水涵養域、雨水及び洪水排水施設への廃棄について。無処理廃水の廃棄禁止	表流水及び地下水の保全
RD 114/2001	第 21 条 : 土壌の保全、砂漠化の防止 禁止項目 : (a) 公共樹木の伐採 (b) 自然植生へのダメージ (c) 水路、海浜、ワジ、池及び排水での採石、採砂及び伐採	土壌／植生の保護及び保全
RD 29/200	第 3 条 : 水質防止及び対策	水質防止及び保全
MD 200/2000	第 3 条 : クラッシャー及び採石場の設置条件 : 住宅地、遺跡、観光地、農業地、主要道路、自然保護区、帯水層、リチャージ・ダム及びワジ河口	自然保護令、水質防止及び保全
MD 200/2000	第 8 条 : 砂の掘削及び移動の禁止	自然保護令
MD 200/2000	第 10 条 : 採砂業者への条件及び要件 : (a) ワジ水路変更及び許可深の掘削禁止 (b) 樹木の伐採禁止及び樹木の周囲 5 m の掘削禁止 (c) 掘削箇所及びワジ水路の復元	自然保護令、ワジの保全 水資源保護区の設置 : [図 2 - 6 (1)、(2)]

RD : Royal Decree

MD : Ministerial Decision

WELL PROTECTION ZONES

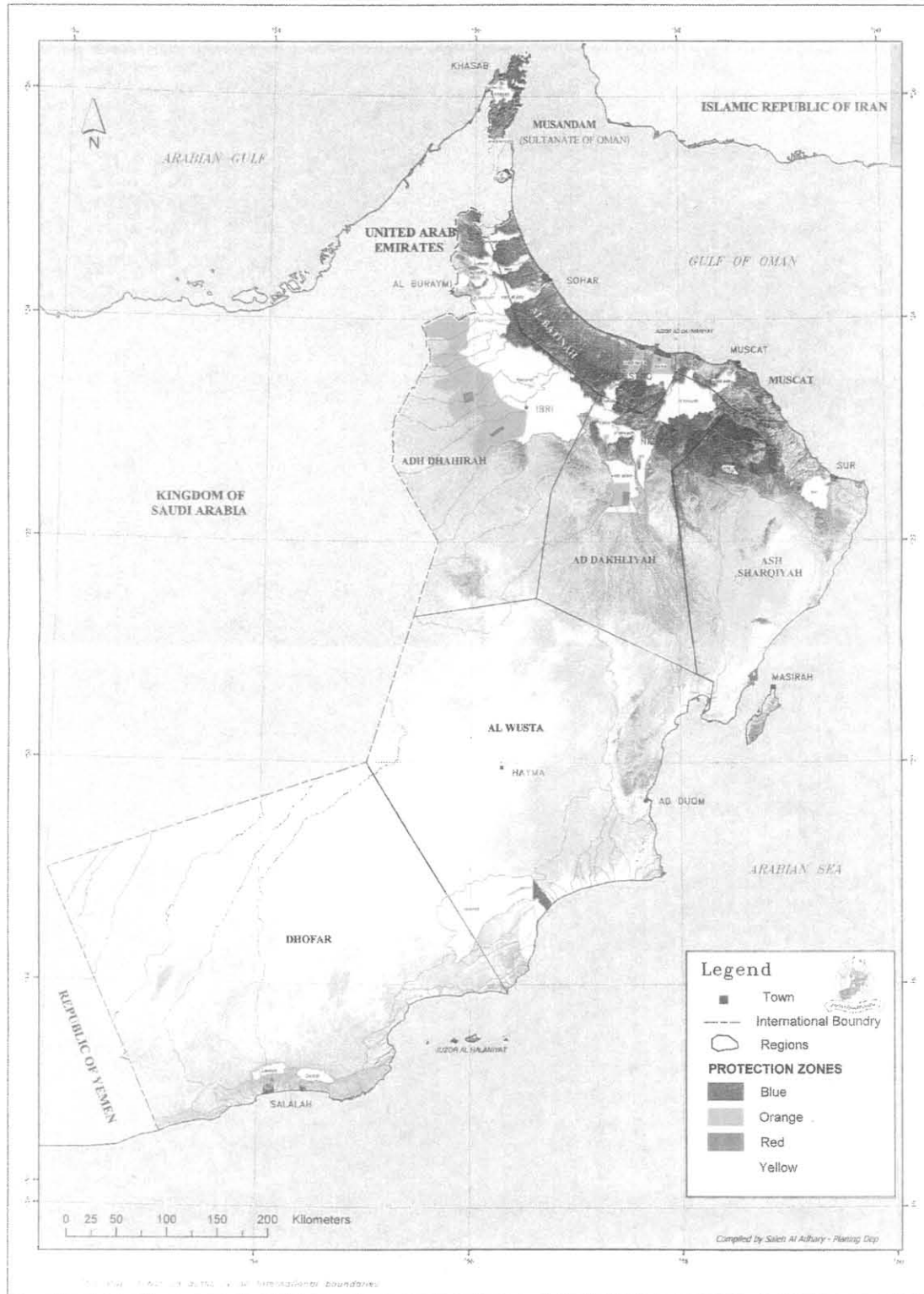


図 2 - 7 水資源保護区の設置 (1)

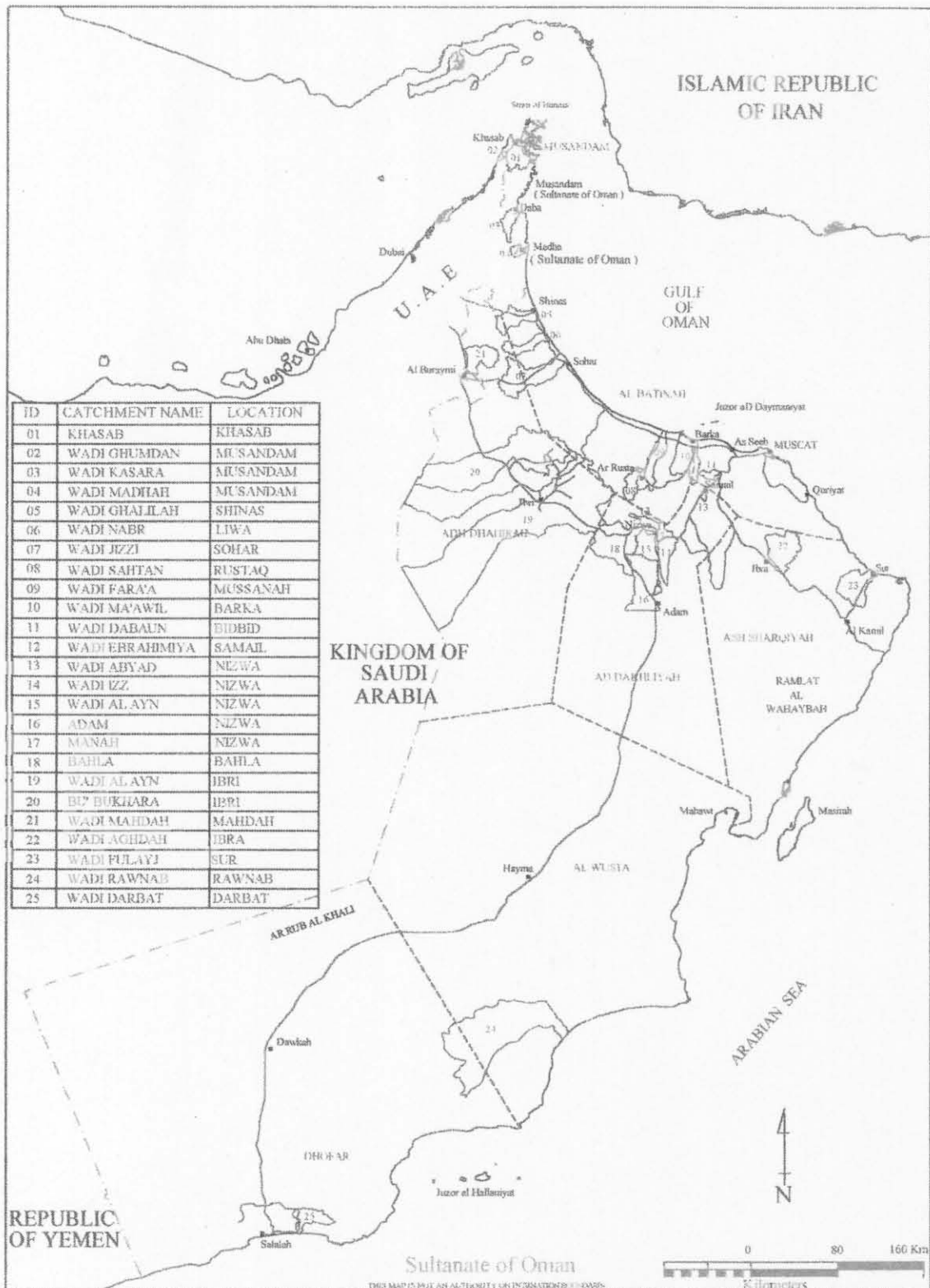


図 2-7 水資源保護区の設置 (2)

2-5 水資源担当省庁

水資源を担当する省庁は地方自治・環境・水資源省の水資源局である。また、飲料水と工業用水の供給については主に電力・水省及び農業用水については農業・漁業省の管轄となっている。

(1) 地方自治・環境・水資源省の水資源局

地方自治・環境・水資源省の水資源局の組織を図2-7に示す。

水資源局は、現在8部16課及び全国8支所から構成され、職員は650人である。部署の構成を下記に示す。

- ① 水資源開発部 : ダム課、水保護課、水割当課、集水域開発課
- ② ファラージ・湧水・井戸許認可部 : 水許認可課、不法取締課、井戸掘削支援課、調査・ファラージ計画課
- ③ 水管理部 : データ解析課、モニタリング調査課
- ④ 水資源管理部 : 調査研究課、表流水・地下水課、技術調査課
- ⑤ マスカット行政区水資源開発部 : 総務・経理課、ファラージ・湧水・井戸許認可課、モニタリング調査課
- ⑥ マサラート帯水層開発部
- ⑦ シャルキーヤ砂漠帯水層開発部
- ⑧ 8支所 : マスカット行政区、ムサンダム行政区、バチナ行政区、ダヒラ行政区、ダーヒリーヤ行政区、シャルキーヤ行政区、アル＝ウスター行政区、ドフェール行政区

水資源省あるいは現在の水資源局は、建国以来30余年オマーンの水資源のうち主に表流水、地下水に関する調査・開発・研究及び水資源管理政策に携わっている。

水資源局の業務内容を以下に示す。

- ① 水資源開発計画の実施（ビジョン2020、2000年マスター・プラン）
- ② 水資源開発、水管理、水利用、水保全に関する調査・研究
- ③ 水資源関連（ファラージ、湧水、報告書等）資料・情報収集
- ④ 水理・水文地質モニタリング調査の実施
- ⑤ 水収支評価
- ⑥ 井戸掘削許認可業務
- ⑦ 政府への技術援助・提言
- ⑧ その他総局業務

(2) 水資源局の施設

水資源局の関連施設及びデータベースを図2-8に示す。

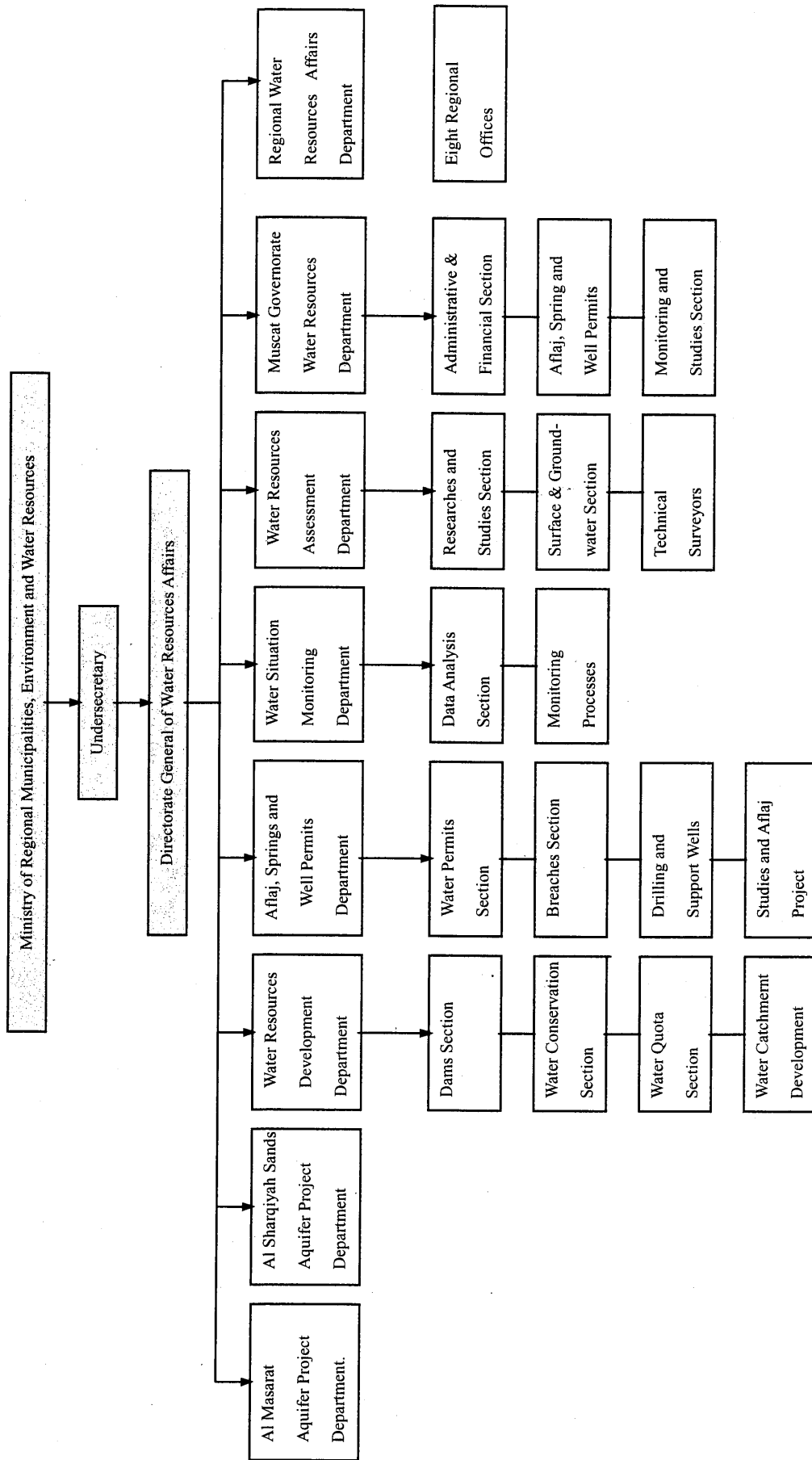


图 2 - 8 水資源局の組織図

- ① モニタリング孔 ： 4,000 孔以上
- ② 全国井戸台帳 ： 12 万 7,000 孔
- ③ 全国ファラージ台帳 ： 4,112 か所
 - ・ 使用可能ファラージ数 ： 3,108 か所
 - ・ ファラージによる灌漑面積 ： 2 万 6,500ha（耕地面積の 66%に相当）
 - ・ 枯渇ファラージ数 ： 1,064 か所（主な理由：地下水位の低下）

2-6 他主要ドナーの活動

JICA 以外の援助は比較的少ない。

他の主なドナーの活動を以下に示す。

- ・ ドイツ ： 1990 年代にリチャージ・ダム(リチャージ・ダム)のフイージビリティ調査 (F/S) を 1 件実施している。当 F/S に伴って専門家 (土木) が 1 名トレーニング派遣されている。期間は断続的であるが 4 年間にわたっている。その後、援助はないとのことである。
- ・ オーストラリア ： 1998 ~ 2000 年に“水・河川ミッション”を派遣して、貯留ダムに関する予備的フイージビリティ調査 (Pre-F/S) を実施している。
- ・ フランス ： 特に援助はないが、水資源省から発注された“湧水に関する調査”を BRGM が実施し、その作業に伴ってモデリングに関するトレーニングを行っている。
- ・ 国 連 ： UNESCO が 1998 年に技術研修 1 名を受け入れている。これは“ナイル河”に関する活動であり、研修場所はカイロで、1 週間であった。

なお、アメリカ合衆国、英国について、特にダム関連の援助はない。

3. オマーンの地下水開発について

3-1 地下水開発の現状

近年の水需要の増加及び長期の旱魃による水不足と飲料水の水質悪化に対応するために、オマーン政府はリチャージ・ダム及び貯留ダムの建設、地下水の調査及び開発、水資源管理システムの構築等を積極的に実施している。

(1) リチャージ・ダムの建設

降雨による表面流出は一気に洪水となってワジを流下し、十分に地下水を涵養する前に砂漠や海に流出する。全国レベルでは年間に4億 m^3 /年オーダーの表流水が砂漠や海に流出しているものと考えられている。このため一気に流下する雨水を一時的に貯め置き、地下水を涵養するために各地にリチャージ・ダムが建設されている。

1985年にシーブのアル＝ハウドに最初のリチャージ・ダムが建設されて以来、2002年に完成したニズワのムアイディンまで既に全国で21のダムが建設されている(表3-1)。このなかにはJICAがフィージビリティ調査(F/S)を実施し、1989年に完成したソハールのワジ・ジジダムも含まれている。これらのほかに現在建設中及び計画中のダムが7つある。

(2) 貯留ダムの建設

貯留ダムの建設は山岳地帯における小規模なものに限られており、ジャバル・アフダル、ジャバル・スダー、ジャバル・シャムスの南麓のニズワ、イブリ、ハムラの各地域に、これまで45か所の貯留ダムが建設されている。

(3) 地下水開発プロジェクト

各地で地下水資源を評価するための調査が実施されているが、その調査で発見された下記の2か所の帯水層の開発が実施され、既に水の供給が開始されている。

アル＝マサラート水供給プロジェクト

地方自治・環境・水資源省(当時の水資源省)が、イブリ市の西に位置するアル＝マサラート地区で2000～2003年に実施した水資源開発及びその供給施設建設のプロジェクトである。人口合計11万5,000人を擁するイブリ、ヤンクル、ダンクという3つの地域に飲料水、生活用水を供給するとともに既存の井戸からの揚水を抑え、地下水位の低下を防ぐことを目的としたものである。揚水・供給量は年間800万 m^3 /年である。

表 3 - 1 リチャージ・ダム一覧表

	ワジ名 (地区名)	完成年	建設費 (百万オマーンリヤール)	貯水量 (百万 m ³)	備 考
1	Waji Al Khoud (Seeb)	1985	5.8	11.6	
2	Wadi Hilti (Salahi, Sohar)	1985	0.9	0.55	
3	Wadi Quriyat (Bahla)	1986	0.5	0.13	
4	Wadi Khasab (Musandam)	1986	?	16	
5	Wadi Shariya (Musandam)	1986	?	1.5	
6	Wadi Mawa (Musandam)	1986	?	1.4	
7	Wadi Al-Jizzi (Sohar)	1989	2.8	5.4	
8	Wadi Tanuf (Nizwa)	1989	1.3	0.68	
9	Wadi Ghul (Hamra)	1989	1.3	0.45	
10	Wadi Kabir (Ibri)	1991	1.1	0.5	
11	Wadi Ma'awil (Barka)	1991	2.5	10	
12	Wadi Fulaij (Sur)	1991	1.4	0.78	
13	Wadi Al-Fara'I (Barka)	1992	1.2	0.6	
14	Wadi Taww (Barka)	1992	2	5.1	
15	Wadi Fulayi (Halban, Barka)	1993	1.4	3.7	
16	Wadi Sahanoot (Salalah)	1993	5.7	6.4	
17	Wadi Ahin (Saham)	1994	3.4	6.8	
18	Wadi Hawasinah (Khaboura)	1994	2.7	3.7	
19	Wadi Al-Ala (Bahla)	1996	0.3	0.04	
20	Wadi Al-Rahba (Bahla)	1996	0.3	0.05	
21	Wadi Muaydin (Nizwa)	2002	2.7	2.5	
		Total	37.3 +	77.88	
22	Wadi Bani Kharus (Musannah)	(2004)	3.75	5	建設中
23	Wadi A'Sarooj (Musandam)	(2004)	2.2	1.2	建設中
24	Wadi Mistal Dam 1 (Nakhal)	(2004)	0.81	0.182	建設中
25	Wadi Mistal Dam 2 (Nakhal)	(2004)		0.068	建設中
		Total	6.76	6.45	
26	Wadi Khabb (Musandam)	(2005)	2.4	2.5	計画中
27	Wadi Sahtan (Rustaq)	(2005)	0.4	0.079	計画中
28	Wadi Sahtan (Rustaq)	(2005)	0.4	0.045	計画中
		Total	3.2	2.624	

(Directorate of Water Resources, 2004)

シャルキーヤ水供給プロジェクト

アル＝マサラート水供給プロジェクトの数箇月後に開始されたプロジェクトである。シャルキーヤ地方のジャーラン・バニー・ブー・ハッサン、アシュカラなどの町の7万9,000人の住民に飲料水及び生活用水を供給することを目的に実施された。揚水・供給量は年間330万m³／年である。

(4) 水資源管理

水資源局は全国に4,000か所以上のモニタリングステーションを設け、雨量、ワジフロー、地下水位等を記録するとともに、既存井戸及びファラージの調査を実施し、データベースの整備を行って水資源を管理している。データベース用のソフトウェアとして2000年に水情報システム(WIS)というシステムを構築している。このシステムは現状ではまだデータを記録・保存している段階であり、GISソフトともリンクしておらず、それらを解析して将来計画に利用する段階には至っていない。

3-2 ダーヒリーヤ地方及び北部地域の自然条件

(1) 地 形

オマーン湾に平行して標高3,009mのジャバル・シャムスを擁するオマーン山脈(ハジャール山脈)が走っている。このオマーン山脈の東側の海岸に沿う地域がバチナ地方、その反対側のオマーン山脈西側からルブウ・アル＝ハーリー砂漠にかけての地域のうち北部がダヒラ地方、南部がダーヒリーヤ地方である。オマーン山脈は2,000～3,000m級の山からなり、極めて急峻な地形を呈しており、脊梁部には険しい峡谷が発達している。山岳部には一部を除いてほとんど植生が認められない。しかし山脈部以外は非常に平坦で、特に山脈西麓からルブウ・アル＝ハーリー砂漠にかけてはほとんど起伏が認められないほど平坦である。

(2) 降水量

本地域の平均年間降水量は、低地部では100mm程度で、旱魃期には50～60mm程度、多雨期には200mmを超えることもある。一方山脈部では平均約200mm／年で、多雨期には400mm／年を超えることもある。

(3) 地 質

オマーン山脈は、主として先カンブリア界から古生界及び中生界の原地性岩体(基盤)とその上位に衝上した異地性岩体(ナップ)より成る。原地性岩体のうち先カンブリア界は片麻岩や雲母片岩などの変成岩、先後期二畳系は堆積岩類、後期二畳系～白亜系はハジャール・ユニットと呼ばれ、主として石灰質岩からなる。異地性岩体は、下位のハワシナ・ナップと上位のサマイル・ナップより構成され、二層構造を示す。ハワシナ・ナップは主にハワシナ堆積岩類より構成され、サマイル・ナップはサマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物より構成される。

オマーン山脈の山麓部から平野部にかけての一带には、石灰岩を主とする第三紀層が上述の古期の岩石類を覆って分布し、さらにそれらを第四紀の堆積物が広く覆って分布している。

有力な透水層として第四紀があげられ、帯水層としては第三紀及びハジャー・ユニットの石灰岩類があげられる。

3-3 サイト調査

水資源確保のための方策として実施されているリチャージ・ダム、貯留ダム、井戸、海水淡水化プラントの建設、及び地下水開発プロジェクトの現状を把握し、その問題点を探るためにサイト調査を行った。なお、F/S要請サイトであるアダム地区についても調査を行った。

(1) リチャージ・ダム

十分に地下水を涵養する前に砂漠や海に流出する雨水を一時的に貯め置き、地下水を涵養するために各地にリチャージ・ダムが建設されている。1985年にシーブのアル＝ハウドに最初のリチャージ・ダムが建設されて以来、2002年に完成したニズワ市のムアイディンまで既に全国で21のダムが建設されており、これらのほかに現在建設中及び計画中のダムが7つある。

視察を行なったリチャージ・ダムは以下のとおりである。

- ・シーブ地区 : アル＝ハウド・リチャージ・ダム
- ・ニズワ地区 : ムアイディン・リチャージ・ダム
- ・ルスタク地区 : アル＝ファラ・リチャージ・ダム
- ・ソハール地区 : ワジ・ジジ・リチャージ・ダム
- ・アル＝カブーラ地区 : ワジ・ハワシナ・リチャージ・ダム

2月末～3月初めにかけての雨により、ワジ・ジジダム以外はすべてかなりの表流水が貯留された状況であり、1～2か所に設けられたカルバートより制御した放流が行われていた。リチャージ・ダムの目的は、ダム内での地下水涵養のほかに、一時的な表流水の貯留と懸濁物質の沈殿を促すことであり、地下水涵養は主にその下流に徐々に放流することによって行うものである。ダムによってはシルトや細粒砂の堆積が著しいところもあり、そこでは定期的な浚渫が行われている。

ダムの周囲には20孔以上のモニタリング井戸があり、そのデータから地下水涵養の効果が確認されているが、より効果的な涵養を促すための研究も実施されている。

JICAがF/S調査を実施したワジ・ジジ・リチャージ・ダムもソハール地区の地下水の涵養に大きな貢献を果たし続けているが、竣工後2点の改修が行われている。1つは中央部のカルバートの吸い込み口の改修、2つ目は堤体底部から発生した水のリークを防止する工事である。

(2) 貯留ダム

貯留ダムの建設は、表流水が継続的に得られるところが山岳地帯に限られ、しかも通常の流量が少ないことから小規模なものに限られる。これまで主としてジャバル・アフダル、ジャバル・スダー、ジャバル・シャムスの南麓のニズワ、イブリ、ハムラの各地域に、45か所の貯水ダムが建設されている。規模は、貯水量が300～1万200m³、堤体延長は7.5～94.4m程度である。

サイト調査は実施していないが、マスカットの南東約55kmに位置するクリヤットのワジ・

ダイカに、貯水量 3,500 万 m³ の貯留ダムの建設が計画されている。これは下流の村落への水供給とともにクリヤットやマスカットへの供給も計画されている。現在詳細設計が実施されている。

(3) ファラージ

全国に 4,112 のファラージが存在し、それらのうち 3,108 が現在も使用されているもので、残りは地下水位の低下や壊れて使えなくなったものである。ファラージは水源の違いによって以下の 3 種類に分類されている。

アイニ・ファラージ : 湧泉を水源とするもの

ゲイリ・ファラージ : ワジの表流水や伏流水を水源とするもの

ダウディ・ファラージ : 地下水を水源とするもの

今回は、アダム、ルスタク、ソハールにおいてファラージの視察を行った。特に農業用水のファラージへの依存度が高いことが各地の視察で理解できた。アダムで視察したものは水源から町まで約 3 km のダウディ・ファラージであったが、降雨の直後であり、ワジのなかに位置する部分では崩壊や埋没が発生していた。

(4) 地下水開発・供給プロジェクト

地方自治・環境・水資源省（当時の水資源省）が、イブリ市の西に位置するアル＝マサラート地区で 2000～2003 年に実施した地下水開発及びその供給施設建設のプロジェクトの視察を行った。

人口合計 11 万 5,000 人を擁するイブリ、ヤンクル、ダンクという 3 つの地域に飲料水、生活用水を供給するとともに、既存の井戸からの揚水を抑えることを目的としたものである。揚水・供給量は年間 800 万 m³ / 年である。

これらの地域では 1986 年に広範囲で深刻な水不足が起こって以来、大雨による一時的な地下水層の涵養はあるものの、継続的な地下水位の低下が起こった。またこれに伴って水質の悪化も進んできた。1997 年までに 1 万 2,000 以上の井戸掘削の許可申請がイブリ支所に提出されているが、そのほとんどが増掘の申請である。このような状況を解消するために、詳細な調査を行った結果、マサラート地区において優勢な地下水層を捕捉したもので、その開発の概要は以下のとおりである。

- ・生産井戸 : 31 孔、平均揚水量 1,500m³ / 日 / 孔
- ・送水管 : 延長 198km
- ・水源地の集水管 : 延長 15km
- ・地上貯留タンク : 11 基、合計容量 4 万 6,885m³
- ・給水塔 : 7 基、合計容量 2,656 m³

今後更に、第 2 次及び第 3 次の工事がそれぞれ 10 年後と 20 年後に計画されており、将来の水需要の増加に対応する予定となっている。

(5) 淡水化プラント

淡水化は電力・水省が管轄しており、1976年にクブラに最初の淡水化プラントが建設され、首都圏への給水が開始された。その後プラントの増設により、年総生産量は5,500万m³/年で、そのうち34%が飲料水、66%が工業用に使用されている。

今回はJICAがF/S調査を実施し、2003年に完成したバルカの淡水化プラントを視察した。このプラントは4億2,700万Wの発電所に併設されており、日量2,000万ガロン(9万1,200t)である。多段フラッシュ方式を採用。

(6) アダム地区(地下ダム建設候補地)

1) 地下ダム建設案立案の経緯

オマーンにおける現在の水の使用量は1億6,900万m³/年であるが、2020年には約2億5,600万m³/年の需要が見込まれ、現状より更に8,700万m³/年の不足が予想されている。この追加不足分を地下水あるいは海水淡水化で賄う必要があるが、海水淡水化はあくまでも沿岸部の飲料水及び工業団地の用水用であり、農業用水及び内陸部の飲料水や生活用水は地下水から取水する必要がある。今後の早魃の発生や過剰揚水による地下水位の低下を考慮すると、将来の水不足量は更に増大するものと予想され、オマーンは新規地下水開発を早期に実現させる必要に迫られている。そこで近年、オマーンは新規の地下水開発として地下ダム建設の計画をもつに至り、その候補地のひとつとしてニズワ地域のアダム地区を選定した。

アダム地区では旧水資源省によって様々な水理地質調査が行われており、その結果アダムの市街地の北部には大きな地下盆地が形成されていることが判明している。また、市街地は両側の山地の谷間に位置しているため、膨大な量の地下水が南の砂漠地帯に流出していると考えられている。この谷間に地下ダムを建設して地下水を有効に利用しようというものである。

2) 地下ダム案の概要

図3-1に位置図を示す。

ワジ・ラシールを堰き止める主ダムとワジ・ハルファインを堰き止める副ダムからなり、主ダムの堤体延長が1.7km(地表部における谷部の間隔は2.5km)でその高さは最大で60m程度、副ダムの堤体延長は7kmでその高さは30m程度とされている。これによって貯留域約4,000km²を確保し、地下水位を10m上げることによって、有効貯留率を3%として12億tの地下水の貯留を見込んでいる。

3) 地質及び地質構造

アダム地区の基盤は、現地性の堆積物であるハジャール・ユニットに属する白亜紀のワシア層群中のナティー層(Knt 1、Knt 2:泥質石灰岩及び層理が発達した浅海性の石灰岩から成る)とその上位のムチ層(Kmush:頁岩及び石英質砂岩から成る)、更に上位の白亜紀後期のアルマ層群のフィカ層(Kfa:頁岩及び泥灰岩から成る)から成る(図3-2)。

アダム市街地に流下するワジ・ラシールの上流域には、既存のボーリング・データから厚さ50~60mの第四紀層が発達しており、その基盤は上述したアルマ層群のフィカ層の泥岩から主としてなることが報告されている。

一方、止水壁の建設予定地とされているアダム市街地の地質は、ワシア層群の主として

石灰岩からなり、東西性の軸をもつ背斜構造（アダム背斜）の軸部に位置している。東のジャバル・マダマール及び西側のジャバル・フナイドは北部と南部は断層で境されており、両者とも地壘状の地形を示している。さらにこれら2つの山地の間には北西～南東性の断層が存在することが、ランドサット画像から推定される（図3-3）。また、同様にワジ・ハルファインに沿う部分にも南北性の断層が存在することが推定される。このような地質状況から、基盤をなすワシア層群の石灰岩は、割れ目や空隙の発達によって透水性を示す可能性が高いと考えられる。

4) 地形特性

周辺部は全体にほとんど勾配がなく、わずかにアダムギャップと呼ばれるアダム市街地のところで10m程度の高度差が認められる程度である。水系の発達状況や地形観察から、山地部の間の谷間も基盤が高まっているものと考えられる。つまり、その部分では自然の地下ダムが形成されている可能性がある。アダムには3系統のファラージ（地下水を水源とするダウディ・ファラージ）が存在するが、この地形をうまく利用したものであり、約3km上流側で水位が-15m程度を示す地下水を水源として使用しているものである。

地表の集水域の確認からは、アダム市街地に流れ込むワジ・ラシールは非常に限られた集水域しかもっていないことが明らかである。上流の山岳部から流下する地表水は西隣のワジ・ウマイリに沿って、南西方に流れ下る。一方、ワジ・ハルファインは大きな集水域をもっている。

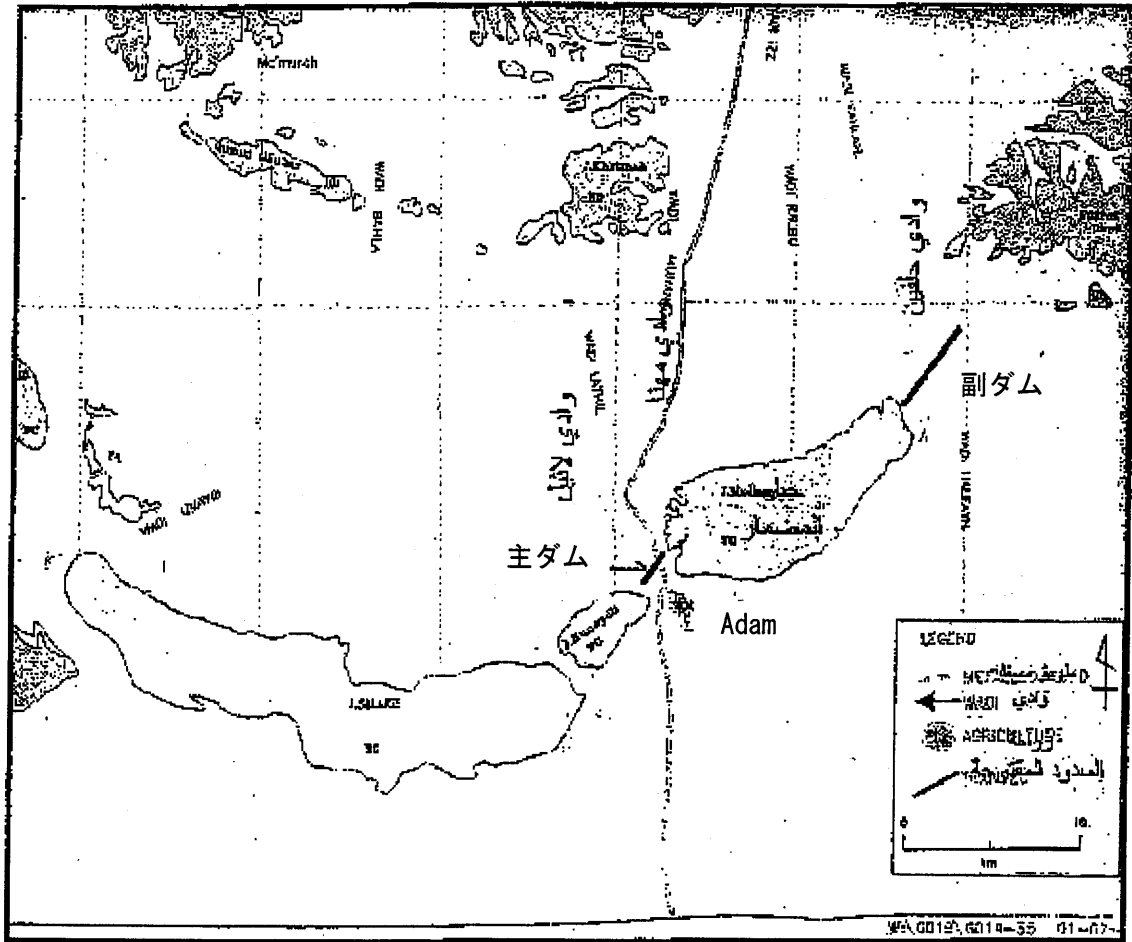
5) 地下ダム建設地としての適性

アダム市街地付近の基盤を成す主として石灰岩から成るワシア層群は、割れ目や空隙が発達しているものと考えられることから、透水性を示す可能性があり、地下ダムの堤体建設地の基盤として適当ではない可能性がある。つまり、基盤への浸透によって地下水位の上昇が望めないことも予想される。

また、アダム市街地に流れ込むワジ・ラシールは非常に限られた集水域しかもっていないことから、地下水量が期待できない。このことはモニタリング井戸の地下水位の測定記録がほとんど安定した水位を示しており、大きな変化が認められないことから伺える。またこのことから、第四紀層中の透水層の垂直方向の分布が限られているか、測定されている現在の地下水位が最高レベルに近く、それ以上になると隣接する堆積盆にオーバーフローしている可能性も考えられる。

計画されている地下ダムは主ダムの堤体延長が1.7km、副ダムの堤体延長が7km、集水域4,000km²以上と巨大なものであり、膨大な工事費を要するものである。したがって費用対効果の検討も慎重に行う必要がある。

これらのことから、アダム地区の地下ダム建設案については、詳細な水理学的調査を実施し、サイト選定を含めて更に十分な検討を行う必要があるものと考えられる。



※要請書に添付されていた図面にオマーン側による
 地下ダムの位置案を加筆

図 3-1 アダム地区の地下ダム位置案



第四紀	Qtz :	□	ワジ堆積物	ハジャーユニット	Kmu ^{sh} :	□	ムチ層
	Qfy :	□	新規扇状地堆積物		Knt2 :	□	ナチ層上部層
	Qpy-z :	□	崖錐性堆積物		Knt1 :	□	ナチ層下部層
	Qfw-x :	□	古期扇状地堆積物		Knu :	□	ナールウム層
第三紀	MPIbz :	□	バルザマン層		Kshs :	□	シャムス層
白亜紀後期	Kfa :	□	アルマ層群	ハワシナ・ナッベ	JKsi :	□	シドル層
					Jgw :	□	グワイザ層

(Ministry of Petroleum and Minerals, 1992)

図 3-2 アダム地区の地質図及び断面図

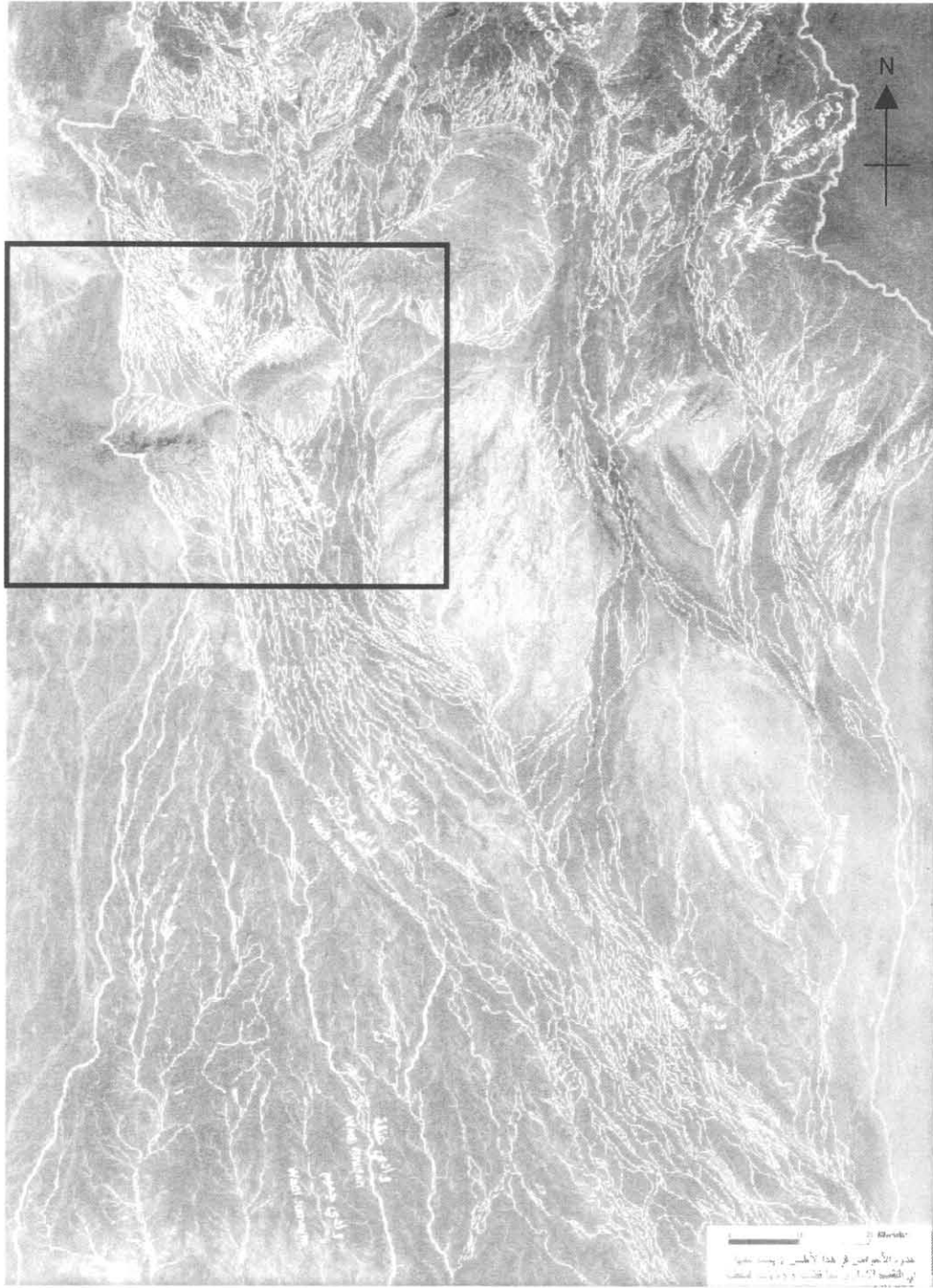


図 3-1 の範囲

(Boston University, 2004)

図 3-3 アダム地区のランドサット画像

3-4 施設稼働上の問題点

(1) リチャージ・ダム

上述したように1985年以来既に21のリチャージ・ダムが建設されている。一気に流下するワジの水を貯留させるためのものであるから、多量の堆積物や倒木などがダムに堆積する。堆積物が蓄積されれば貯水能力の低下を招き、細粒堆積物は地下への表流水の浸透を阻害するため、浚渫によってこれらを取り除く必要がある。ただし堆積の度合いは後背部の地質状況によって異なる。

リチャージ・ダムは都市近辺の主要なワジには既に建設されており、まだ建設余地はあるものの、今後次第に建設適正地は限られてくるものと考えられる。

(2) 貯留ダム

地表水が得られ、しかも貯留できる場所は限られており、オマーン山脈中央部（ジャバル・アフダル周辺）の南麓でそれが可能であるが、非常に小規模である。周辺は急峻な地形を示し、植物被覆がほとんどないことから、砂礫の堆積が早いため、ダムを頻繁に浚渫する必要がある。

(3) ファラージ

全国に4,112のファラージが存在し、それらのうち3,108が現在も使用されている。残りは地下水位の低下や壊れて使えなくなったものである。地下水を利用するファラージの場合、ほとんどの地下水路は裸岩状態で壁面は補強が施されておらず、崩落等が発生している。またこれらはワジの中央部に存在することから、ワジの氾濫によって補修用の立坑から濁流に伴って堆積物が流入し、埋没することもある。このため定常的な維持・点検や補修が実施されている。

(4) 水資源管理用システム

既述したように、水資源局では雨量、ワジフロー、地下水位等のデータを全国レベルで継続的に取得しており、自前のデータベースソフト（WIS）を使用して記録・保存を行っている。これらのデータの蓄積は貴重であり、これらについて地理情報と関連付けた解析・検討を行うことによって有効な水資源開発計画を策定することができる。したがって、WISとGISソフトウェアをリンクさせ、地理情報をも取り込んだ種々の解析機能を有する水資源管理システムを構築する必要があると思われる。

4. 我が国の協力の方向性、案件形成の可能性

4-1 オマーン水資源開発における課題

オマーンの水資源供給は、その大半が地下水に依存し、全体の約70%を占める。ほかに海水淡水化があるが、石油の枯渇が近いとされるオマーンでは、淡水化による長期的な供給は困難である。これらより、将来の水需要に対するには、地下水資源をいかに活用するかにかかっているといえる。

地下水取水により、地下水位の低下、海岸部の塩水化が進行するなか、オマーンではリチャージ・ダム、貯留ダム、ファラージ等の取水施設が伝統的に建設され、稼動してきた。これらは地下水取水に効果をあげ、かつ洪水防止にも役立ってきた。しかしながら現状の技術ではより効果的な地下水取水を望むことはできず、オマーンが有しない新技術を導入する必要性に迫られている。

4-2 要請フィージビリティ調査（F/S）案件に対する協力の可能性

(1) 地下ダムの構想

農業開発 M/P 調査（JICA、1990）では、地下ダムの可能性が提案されている。また、水資源局技術者が本邦研修において宮古島の地下ダム建設サイトを訪れている。これらを受け、水資源局は、地下ダム建設に最適と覚しきサイトをダーヒリーヤ地方アダム地区に選定し、井戸水位のモニタリングを継続観測している。

水資源局との協議のなかで、実務的作業レベルは不明であるものの、地下水開発の問題把握、方向性の選定において特段の問題は認められず、地下水開発のレベルは高いと考えられる。これは、リチャージ・ダム、貯留ダム、ファラージなどの施設を建設、維持し、明瞭な成果が得られていることから伺える。

オマーンが新技術として地下ダムを導入したいとする意向は十分に理解できるし、その建設実績、技術レベルに鑑み、我が国に開発調査を要請したのも自然の流れである。

(2) 地下ダムの問題点

地下ダムについては、よほどの条件が整わない限り失敗の可能性はある。地形（縦横断勾配、河川幅）、地質（帯水層、不透水層、深度）、地下水（水位変化、水量、流水勾配）、環境（家屋、洪水）などがそれにあたる。これらを明らかにするための調査には相当の技術と費用と時間が必要である。

また、施工段階において最も難しいのは、地下ダムと不透水層の境界部の漏れを完璧に防ぐことである。他の事例で失敗する多くの理由でもある。この対応として注入等の高価な対策が必要となり、結局はかなり高額な事業費とならざるを得ない。

さらには、既述のごとく要請されたアダム地区の地質及び建設規模が地下ダムには好ましくなく、これについては調査団から先方に対し、客観的事実に基づく技術的な説明を行い、理解は得た。しかしながら先方にはほかに有力なサイトがあるとし、この技術に対する熱意は衰えることはなかった。

(3) 要請F/S案件に対する対応

以上より、現時点で先方要請をそのまま受けて開発調査を行うことは無理と判断したものの、当面地下ダムに代わる新技術は見当たらないことから、専門家派遣、研修員受入れにより技術移転を図ることが最適と判断した。

4-3 水資源政策分野における技術協力の方向性

オマーンへの技術協力として考えられる主要スキームは、専門家派遣、研修員受入れ及び開発調査である。以下に水資源局が希望するスキームとそれに対する調査団の判断を述べる。

(1) 専門家派遣

水資源局は、水資源の長期政策を含めた水資源管理全体についてのアドバイザーとしての長期専門家と地下ダムサイトの選定と設計を行うための短期専門家の派遣を、以下のとおり優先順位をつけて要望した。これに対し、調査団としては優先順位2位までが妥当であると判断している。なお、参考として示している人工降雨の専門家については、水資源局より将来そのような専門家の派遣が可能であるかどうかを打診されたものである。

・長期専門家「水資源管理アドバイザー」（優先順位1位）

専 門：水資源管理（土木、水理地質）

期 間：2年

TOR：水資源管理全般

水資源M/Pの見直し

水資源取水施設の建設、維持管理技術

・短期専門家「地下ダム調査」（優先順位2位）

専 門：水理地質

期 間：3～6か月

TOR：地下ダムの調査技術

地下ダムサイト候補の選定

・短期専門家「地下ダム建設」（優先順位3位）*

専 門：土 木（ダム）

期 間：3か月

TOR：地下ダムの設計・施工技術

地下ダムの施工計画

*備考：本専門家は、上記「地下ダム調査」専門家派遣を受けて検討

・（参考）短期専門家「人工降雨」

専 門：気象学

期 間：1～2か月

TOR：人工降雨技術

(2) 研修員受入れ

水資源局は集団研修への職員の参加を強く希望した。希望があった研修コースは以下のとおりである。

・ 集団研修コース

河川及びダム工学

乾燥地における水資源・環境管理

統合的水資源管理

乾燥地水資源の開発と環境評価

(3) 開発調査

「ダーヒリーヤ地方における地下水開発」

当面は専門家派遣により地下水開発技術、特に地下ダムによる開発の可能性を追求し、改めて開発調査の実施を検討することで水資源局も了解した。

4-4 調査所感

(1) 水資源への危機意識

オマーンは産油国であるが、産油量は多くなく、埋蔵量は数十年といわれている。途上国とされつつも、高いレベルの国情はすべて石油のお陰である。公務員の給与が民間より高いこと、単純労働への外国からの出稼ぎが多いことなどは石油なしではあり得ないことである。

水資源に関しては非常に厳しい環境にあり、降水量が少なく、恒常的に水が流れる河川がない自然条件下では、その有効活用が極めて重要である。オマーンに流入する水量は年 13 億 5,500 万 m³、うち利用される水量はその 12% の 1 億 6,900 万 m³、その約 3 分の 2 は地下水からであるが、海水淡水化による水が残りの約 3 分の 1 を占め、不可欠な位置づけにある。

海水淡水化は安定的な水を供給する一方、非常にコストがかかるため、石油なしでは考えられない水供給手段である。万一この国に石油収入がなくなったとしたら、必要な水供給は絶望的である。このことについての危機感が、この国ではかなり薄いと印象を拭えない。次世代への禍根を残さないためにも、今から石油依存を脱却するための努力をより多く、早急にすべきではないだろうか？

(2) 取水施設の再評価

オマーンでの取水施設には、リチャージ・ダム、貯留ダム、ファラージがあることは記述のとおりであるが、近年主流となっているリチャージ・ダムについて、効果があることは明らかであるが、その効果の程度が明確ではない。これを建設することで、本来蒸発したり海へ流出する水を、どれほど有効活用できているのかを知る必要がある。すべてのリチャージ・ダムにつき、表流量、貯留水量、地下水位等を計測し、定量的な効果指標を把握のうえ、ダムの自然環境、設計に係る諸性状、諸数値との関係を検討し、以後のリチャージ・ダム建設における有効活用、計画的建設を図る必要がある。

(3) 現実の問題点

先方との協議のなかで、将来の水不足に関しどう対処すべきかの技術的議論は多々なされたが、水資源需要供給における現状がどのような問題点に整理されるかについては、不明な点が多く残った。例えば、

- ・ 現在の水供給における不具合は何か？（真に不足しているのか？どれ程の不足量か？）
- ・ 将来の懸念される不足水量を具体的にどう賄っていくのか？
- ・ 無駄遣いが多いとされる灌漑用水の効率的使用方法をどうするのか？
- ・ 高価な海水淡水化をどう抑制していくのか？
- ・ 将来のあるべき水供給の絵姿はどうか？

などがある。これらについては、本来 M/P にて描かれていなければならないものである。今回の調査は短期であり、その全容を掴むまでには至らなかった。オマーンには既に M/P といわれるものが存在しているので、これを見直して現状に即した内容とすべく、長期専門家の派遣が望まれる次第である。

(4) 既存情報の再集積

我が国はこれまでオマーンに対し、水資源分野において多くの協力を行ってきた一方、他のドナーも協力してきている。もちろん水資源局でも膨大な情報を有している。しかしながら、これら情報はばらばらに存在し、せっかくの貴重な情報が生かされていないのが現状といえる。これらを整理し、有機的に結びつけ、分析することで既存情報を有効に活用するとともに、無駄な調査を繰り返さないようにすべきである。新しい調査だけに注目するのではなく、既存資料だけでも相当の情報になることを認識すべきである。

しかしながら、急激にオマーンニゼーションを進めた結果、十分な経験を有する専門家が少なくなっており、取得データの解析や既存資料の取りまとめを行って将来計画を立案する自国の人材が不足しているのも実情である。業務の支援とともに人材育成に協力する意味からも、長期専門家の派遣が適当と考えられる。

付 属 資 料

1. 調査団員リスト
2. 調査日程
3. 面談者リスト
4. 面談記録
5. 収集資料等
6. 国家水資源マスター・プラン（2000）
7. 過去のオマーン向け日本政府の援助実績

1. 調査団員リスト

氏名	担当	所属
矢部 哲雄	団長	独立行政法人 国際協力機構 中東・欧州部 調査役
田後 謙一	企画協力	独立行政法人 国際協力機構 中東・欧州部 中東第一チーム 職員
梶間 幹雄	水資源管理	三菱マテリアル資源開発株式会社 役員補佐 主席技師長
柴田 芳彰	地下水管理	三菱マテリアル資源開発株式会社 取締役 地球技術部 部長

2. 調査日程

日順	月 日	曜日	行 動		調 査 業 務
			JICA 団員	コンサルタント団員	
1	2月 24日	木		成田→マスカット	移 動
2	2月 25日	金		マスカット	連絡、準備、既存資料整理
3	2月 26日	土		マスカット	在オマーン日本国大使館表敬、水資源局表敬、打合せ
4	2月 27日	日		マスカット	資料・情報収集（於水資源局）
5	2月 28日	月		アダム	アダム地区視察（開発調査要請サイト）
6	3月 1日	火		マスカット	資料・情報収集（於水資源局）
7	3月 2日	水		マスカット	資料・情報収集（於水資源局）
8	3月 3日	木	成 田→	マスカット	調査結果のまとめ
9	3月 4日	金	→マスカット	マスカット	調査結果のまとめ、官団員マスカット到着
10	3月 5日	土	マスカット	マスカット	在オマーン日本国大使館・外務省・国家経済省・水資源省表敬、水資源局協議
11	3月 6日	日	マスカット、近郊	マスカット、近郊	水資源局協議、リチャージ・ダム、淡水化プラント視察
12	3月 7日	月	マスカット、アダム	マスカット、アダム	水資源局協議、アダム地区視察
13	3月 8日	火	マスカット、近郊	マスカット、近郊	水資源局協議、リチャージ・ダム
14	3月 9日	水	マスカット	マスカット	水資源省次官表敬、水資源局協議、大使館報告
15	3月 10日	木	マスカット→	マスカット	調査結果のまとめ
16	3月 11日	金	→成 田	マスカット	調査結果のまとめ
17	3月 12日	土		マスカット	資料・情報収集（於水資源局）
18	3月 13日	日		マスカット	資料・情報収集（於水資源局）
19	3月 14日	月		マスカット	資料・情報収集（於水資源局）
20	3月 15日	火		マスカット	資料・情報収集（於水資源局）
21	3月 16日	水		マスカット	資料・情報収集（於水資源局）
22	3月 17日	木		マスカット	サイト調査（アダム地区、アル＝マサラート及び配水地区）
23	3月 18日	金		マスカット	サイト調査（ワジ・ジジ・リチャージ・ダム、ワジ・ハワシナ・リチャージ・ダム）
24	3月 19日	土		マスカット	サイト調査（カブーラ地区）
25	3月 20日	日		マスカット	資料・情報収集及びまとめ（於水資源局）
26	3月 21日	月		マスカット	資料・情報収集及びまとめ（於水資源局）
27	3月 22日	火		マスカット	資料・情報収集及びまとめ（於水資源局）
28	3月 23日	水		マスカット	在オマーン日本国大使館、水資源局帰国挨拶
29	3月 24日	木		マスカット→	移 動
30	3月 25日	金		→成 田	移 動

3. 面談者リスト

〈在オマーン日本国大使館〉

海老名	公 使
小 澤	経済・技協班

〈オマーン外務省〉

Mr. Hussain Omar A. Ibrahim	参事官
-----------------------------	-----

〈国家経済省〉

Ms. Saud Al-Fahdi	技術協力課長
-------------------	--------

〈地方自治・環境・水資源省〉

(1) 本省水資源局

Mr. Abdullah Nasser Al-Bakri	水資源担当次官
Mr. Zahir Khalid Al-Sulaimani	局 長
Mr. Ali Muhammad Al-Abri	部 長
Mr. Mansur Hamoud Al-Wadhaki	水資源開発次長
Mr. Nassir Muhammad Al-Batashi	ダム課長
Mr. Saleh Hamoud Salim Al-Hawthy	ダム課長代理
Mr. Abudullah Saif Ali Alniri	ダム課技師
Mr. Hilal Malik Muhammad Al_Battashi	ダム課技師
Mr. Hammed Salem Hammed Al-Siyabi	ダム課技師
Mr. Saud Said Al-Nadabi	ダム課技師
Mr. Yousif Humood Saif Al-Nbhani	ダム課職員
Mr. Yaunis Talib Muhammad Al-Adawi	技 師
Mr. Taher Obaid Al-Salami GIS	技 師

(2) アル＝ハウド・リチャージ・ダム

Mr. Badr ダム	管理スタッフ
-------------	--------

(3) ニズワ支局

Mr. Hamoud Said Al-Busaid	ニズワ支局 モニタリング部門 課長
---------------------------	-------------------

(4) アダム支所

Mr. Muhammad Thabit Al-Shaibani

アダム支所 モニタリング職員

〈AES-BARKA 社〉

Mr. John George

プラント長（発電部門）

Mr. Ahmad Al-Subhi

プラント長（造水部門）

4. 面談記録

(No. 1)

議 事 録	
訪問先	在オマーン日本国大使館
日 時	平成 17 年 2 月 26 日 (土) 9:00~10:30
面会者	小澤書記官 (経済・技協班)
調査団	梶間、柴田
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ オマーン国水資源局は、新たな水資源確保のために地下ダムを検討し、協力要請を出した経緯がある。 ・ 今プロジェクト形成調査では、オマーン側としてゼロ・ベースからの再検討はありえないことを、念頭に入れてほしい。 ・ 涵養ダムの建設はほとんど実施しているおり、その結果を踏まえて地下ダムを検討していることを理解してほしい。 ・ 本件の TOR を小澤書記官より入手。この TOR の提出を受けて今回の調査団が派遣されたということである。 ・ キー・パーソンは水資源部長の Mr. Ali M. Al-Abri、今案件の担当者である。

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局
日 時	平成 17 年 2 月 26 日 (土) 11:30~13:00
面会者	Mr. Zahir Sulaimani - Director General of Water Resources Affairs Mr. Ali Mohammed Al-Abri - Director of Water Resources Development Department Mr. Saleh Hamaoud Salim Al-Harthy - Head of Dam Section, Civil Engineer Mr. Omer Sheth - Dam Expert Mr. Maroof Hussain Shah - Hydrogeologist Expert Mr. Saud Said Hamed Al-Nadabi - Civil Engineer
同行者	日本大使館：小澤書記官
調査団	梶間、柴田
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ (Ali 部長) 今回のミッションはどのような主旨のものか？地下ダム計画を進めるためのものか？ ・ (小澤書記官) JICA として新規水資源開発案件のための最初の公式ミッションである。TOR をベースとして水資源開発についての協力を検討するために派遣されたものである。 ・ (Ali 部長) 何度も来て水資源開発の打ち合わせを行ったコンサルタントは JICA から派遣されていたのではないのか？ ・ (小澤書記官) 彼らは JICA との直接の関係はない。 ・ (Ali 部長) 今後の日程は？ 現地調査の予定は？ ・ (柴田) 事前に送られている予定表の通り。調査団長と担当者が 3/4 に到着する。その前に今週 28 日に Adam 地区を視察したい。 ・ (Ali 部長) Mr.Saud が現地案内やデータ収集を手伝うので、何でも相談して欲しい。 ・ (梶間) 必要なデータをリストアップしてきたので、データの提供をお願いしたい。 ・ (Ali 部長) 以前にこれらのデータをコンサルに CD に保存して渡している。JICA にそれらが渡っていないのなら、それぞれの担当者に指示して準備させるようにする。

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局
日 時	平成 17 年 2 月 27 日 (日) 9:00～10:00
面会者	Mr. Ali Mohammed Al-Abri - Director of Water Resources Development Department Mr. Saleh Hamaoud Salim Al-Harthy – Head of Dam Section, Civil Engineer
調査団	梶間、柴田
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ (Ali 部長) (必要データリストについて) 多くのベーシックなデータが必要であるということがまだ理解できない。なぜ Adam 地区のみ、地下ダムに関するデータだけではいけないのか？ ・ (柴田) 我々としてオマーン側の要請の背景についてよく理解する必要がある。そのためには様々なベーシックデータも必要。 ・ (Ali 部長) 生データでなくてはいけないのか？解析を行った地域ごとの報告書ではいけないのか？ ・ (梶間) 解析した報告書をもらえるなら、それで十分である。 ・ (梶間) 水についての省庁間の役割分担は？ ・ (Ali 部長) 水資源総局は基本的に水資源の管理である。したがって井戸掘削の許認可業務も行っている。電力・水省は飲料水に関するサービス業務を行う。マサラートやシャルキーヤの水資源開発プロジェクトは特別なケースである。 ・ (Ali 部長) Falaj とダムについては、水資源総局にその責任が移管された。維持管理も水資源局で行う。 ・ (梶間) 手交したリストにあるが、水資源総局がまとめた「全国水資源マスタープラン」を入手したい。これはトッププライオリティである。 ・ (Ali 部長) 「全国水資源マスタープラン」は自分もコピーを持っていない。総局長の許可がないと渡せない。確認する。

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局ニズワ支所 (Adam 地区の予備視察)
日 時	平成 17 年 2 月 28 日 (月) 11:00~15:30
面会者	Mr.Hamud Sleiman Al-Busaidi - Head of Monitoring
同行者	Mr.Saud Said Hamed Al-Nadabi
調査団	梶間、柴田
協議内容	<p>(Adam 地区について)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ここ数年の旱魃により水不足が問題になっている。 ・ ニズワ支所の Mr.Hamud の案内で Adam 地区を視察した。 ・ Adam 地区はジュラ紀～白亜紀の石灰岩から主としてなる。 ・ Falaj のよる灌漑でドイツ農園が広がっている。 ・ Adam 市街の人口は約 25,000 人とのこと。 ・ モニタリング井戸付近の地下水位は深度 15m 程度、農園のところでは深度 5m 程度。 <p>※ 旧水資源省が Adam 地区の水理地質調査を行なっている。 → Adam Gap Groundwater Investigation, 1993.</p> <p>(Wadi Al Muaydin のリチャージダムを視察)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2002 年に完成。総工費：2.7 百万オマーンリアル。 ・ リチャージ容量：2.5 百万 m³。

議 事 録	
訪問先	在オマーン日本国大使館
日 時	平成 17 年 3 月 5 日 (土) 9:00~9:50
面会者	蛭名公使、小澤書記官
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<p>書記官より、本日訪問する外務省と国家経済省についての概要、および地下ダムの要請書の背景、経緯について説明を受けた。</p> <p>(小澤書記官)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国家経済省はすべての省からでてくる協力案件の要請書を取りまとめて、外務省に提出する。最近 JICA より×回答が多いので、国家経済省の担当者には各省からの突き上げがあるようだ。 <p>(矢部団長)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ JICA でもいくつかの地下ダムプロジェクトを実施しているが、技術的に難しく、実際アフリカに建設したダムからは水がリークしており、地下水位が上がらないところがある。 <p>(小澤書記官)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 最初のダムとしては大きすぎるのではないかと思っている。前大使も慎重に進めるようにと話されていた。 ・ 技術的な観点で話をしていけばよいと思う。順序として専門家からでよいのではないだろうか。 ・ JICA とは直接関係ないものであるが、過去の経緯（別組織による調査）も踏まえて協議を行ってほしい。 ・ オマーン側として開発調査を必ずしもやらなければいけないということではないと思う。もしマスタープランをやって、次の道筋ができるのであれば、それをやる意味もある。

(No. 6)

議 事 録	
訪問先	外務省
日 時	平成 17 年 3 月 5 日 (土) 10:00~10:30
面会者	Mr. Hussain Omar A.Ibrahim (技術協力局次長)
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ (矢部団長) 今回のプロジェクト形成調査の趣旨を説明。また地下ダム建設は詳細な調査と高度な技術を要することを説明。 ・ (Hussain 次長) オマーンにとって水資源は重要であり、地下ダム構想についてよい解決策を見つけてほしい。 ・ (Hussain 次長) 現在オマーンには JICA 専門家は 3 人しかいない (3 月は一時的に 4 人)。もっと増やしてほしい。 ・ (矢部団長) 現状では予算の関係上、なかなか難しい。

(No. 7)

議 事 録	
訪問先	国家経済省
日 時	平成 17 年 3 月 5 日 (土) 11:30~12:00
面会者	Mrs. Saud Al-Fadhi (技術協力課 課長)
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ (矢部団長) 今回のプロジェクト形成調査の趣旨を説明。また地下ダム建設は詳細な調査と高度な技術を要することを説明。 ・ (Saud 課長) オマーンにとって水資源は重要であり、地下ダムプロジェクトの重要性を理解してほしい。 ・ (Saud 課長) JICA 側から要請書についての Response がない。各省に説明をしないといけないので、回答がほしい。 ・ (小澤書記官) 去年は大使館から回答した。 ・ (Saud 課長) 確かに大使館から Accept か Unaccept かを示した表はもらった。しかしこれには理由がまったく書かれていなかった。ぜひ理由も書いてほしい。

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局
日 時	平成 17 年 3 月 5 日 (土) 13:00~14:30
面会者	Mr. Zahir Sulaimani – Director General of Water Resources Affaires Mr. Ali Mohammed Al-Abri - Director of Water Resources Development Mr. Saleh Hamaoud Salim Al-Harthy – Head of Dam Section, Civil Engineer
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ (矢部団長) 今回のプロジェクト形成調査の趣旨を説明。また地下ダム建設は詳細な調査と高度な技術を要するものであり、JICA としての協力にもいくつかのオプションがあることを説明。 ・ (Zahir 局長) 地下ダムについては日本側 (JICA ではない) と協議を始めてから 3 年余りになる。いろいろ協議した結果、地下ダム建設案を採用し、F/S 調査を要請したものである。それなのにどうしてまた最初に戻って検討しなければならないのか、理解できないところがある。あまりに時間がかかりすぎている。 ・ (矢部団長) 今回の調査団は地下ダムについての TOR を受理して JICA が最初に送り出した調査団である。以前オマーンにきて地下ダムについての情報収集及び現地調査を行ったのは民間団体である。 ・ (矢部団長) 今回は地下ダム建設案について技術的な観点での検討及び協議をするためにきた。JICA でもこれまでいくつかの地下ダム建設を行ってきた。しかしアフリカで実施したプロジェクトでは地下水のリークによって地下水位が上がらなかった例がある。必ずしもすべてがうまくいっているわけではない。 ・ (Ali 部長) Adam 地区を先週 2 人 (梶間、柴田) が視察して、地下ダム建設に対して否定的な印象を持ったようだが。 ・ (柴田) それは基盤が石灰岩であるため、不透水層になりえないと思ったからである。地下ダムにとって不透水層の存在は重要なポイントである。 ・ (梶間) Adam 地区の水理状況について資料を用いて説明した。Adam 地区には 2 つの重要なポイントがある。それは、①基盤である石灰岩はフラクチャーや空洞の存在から不透水層になりえないこと、②貯水するために必要な透水層のボリュームが大きくないと考えられること、である。 ・ (矢部団長) まだ第一印象的なものであり、これからサイト調査やデータのチェックなどを実施して、検討していきたい。同時にどのような協力が適切なのかも協議したい。 ・ (矢部団長) 検討のため、水資源省で作成した 2000 年の「全国マスタープラン」のコピーと Adam 地区のボーリングデータが急ぎほしい。 ・ (Zahir 局長) マスタープランは大臣の承認は得られているが、閣議での

	<p>承認がまだなので、オープンにはできない。Adam 地区に関するところだけならコピーを渡すことはできる。ボーリングデータは急いで準備する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (矢部団長) 願います。 <p>※ この後、Ali 部長及び Saleh 課長と日程の確認などの打合せを行なった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 毎日 9 時から協議を行う。 ・ 明日 6 日の 12 : 00 に淡水化プラントを視察する。その後で Al-Khoud のリチャージダムを視察する。 ・ 7 日に Adam 地区を視察する。11 : 00 に出発し、12 : 00 にニズワ支所を訪ね、Adam を案内してもらう。 ・ 10 日のソハール地区の JICA が F/S を実施したリチャージダムの視察は、調査団のみで行なう。
--	--

(No. 9)

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局
日 時	平成 17 年 3 月 6 日 (日) 9:30~11:15
面会者	Mr. Ali Mohammed Al-Abri - Director of Water Resources Development Department Mr. Saleh Hamaoud Salim Al-Harthy – Head of Dam Section, Civil Engineer その他 Dam Section の技術者
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<p>Ali 部長より「Water Demand Management in Sultanate of Oman」と題してオマーンにおける水需要、水供給、水資源ポテンシャルの現状について、また水資源開発のプロジェクト、政策、今後の計画についての説明を受けた。使用されたパワーポイントの資料を USB にコピーした。</p> <p>※ 12 : 00 にバルカの淡水化プラントに行き、視察をすることが予定されていたため、地下ダムについての協議をすることはできず。</p>

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局
日 時	平成 17 年 3 月 7 日 (月) 9:00~10:30
面会者	Mr. Ali Mohammed Al-Abri - Director of Water Resources Development Department Mr. Saleh Hamaoud Salim Al-Harthy - Head of Dam Section, Civil Engineer
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<p>最初に、梶間団員より「地下ダム concepts」と題して、日本国内及び JICA が海外で実施した地下ダムを例にその形式、構造、技術的注意点などを説明した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (Ali 部長) 地下ダム建設にはかなりのコストがかかることを聞いた。例えば 30 百万リアルとか 60 百万リアルの予算がすぐに承認されるとは考えられない。国家経済省に書類を提出したり、ヒヤリングを何度も受けなければならないだろう。また、新規にサイト選定を行うとなるとかなりの時間を要すると思う。 ・ (矢部団長) 現地下ダム建設候補地の Adam 地区は、サイトとして問題がある。日本とは地形も地質も異なることから、すぐに日本の技術がそのまま応用できるかわからない。F/S 調査の前にもっと準備すること、検討することがあると思われる。そのためのエキスパートが必要なのではないか。 ・ (矢部団長) 技術協力の方法として次の 3 つのオプションがある。 <ul style="list-style-type: none"> ① F/S 調査、② 専門家派遣、③ 研修コースへの参加 ・ (Ali 部長) もし上の②と③をやるとすれば今年か、来年か？ ・ (矢部団長) 今年 A1 フォームを提出し、来年から。 ・ (Ali 部長) 地下ダムはオマーンにとって高額であり、適正サイトの選定も高度な技術を必要とする。したがって、専門家を送ってほしい。 <ul style="list-style-type: none"> Priority 1. 長期専門家 : Water Resources Management Adviser ※来年にはマスタープランの骨子を作る必要あり。 Priority 2. 短期専門家 : Hydrogeologist ※地下ダムのサイト選定を手伝ってほしい。 ※地下ダムの選定が終わったら、ダムデザインの技術者を送ってほしい。 Priority 3. 短期専門家 : Cloud seeding (人工降雨) のための専門家 ・ (Ali 部長) 研修コースにも参加させたい。 ・ (Ali 部長) いままでコンサルティングは専らヨーロッパからであった。いろいろなアイデア、技術がほしいので是非専門家を送ってほしい。 ・ (Ali 部長) 専門家と研修の件について局長に報告し、最終結論を出したい。

(No. 11)

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局
日 時	平成 17 年 3 月 8 日 (火) 9:00～10:00
面会者	Mr. Mansoor Hamood Al-Wadhahi – Deputy Director of Water Resources Development Department Mr. Saleh Hamaoud Salim Al-Harthy – Head of Dam Section, Civil Engineer
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<p>※ Ali 部長が急用のため、代わって Mansoor 次長が出席。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (矢部団長) Ali 部長と Zahir 局長との協議の結果について聞きたい。 ・ (Mansoor 次長) 短期専門家についての要望事項をまとめたので、検討してほしい。長期専門家については今準備している。 ・ (Mansoor 次長) 研修コースについては以下のものを希望する。 <ol style="list-style-type: none"> ① River and Dam Engineering ② Water Resources and Environmental Management in Arid Region ③ Integrated Water Resources Management ④ Irrigation Water Resources in Arid and Semi-Arid Region and E.I.A for Sustainable Development

(No. 12)

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局
日 時	平成 17 年 3 月 9 日 (水) 10:00～10:15
面会者	Mr. Abdullah Nasser Al-Bakri – Undersecretary of Water Resources Affairs Mr. Zahir Sulaimani – Director General of Water Resources Affairs Mr. Ali Mohammed Al-Abri - Director of Water Resources Development Department
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ (Abdullah 次官) どのような結論になったのか？ ・ (矢部団長) 地下ダム建設の F/S の要請を受けたが、地下ダムは高度な技術が要求されるし、高額な建設費がかかる事業であることから、慎重に進める必要がある。今回のサイトは地質的、その規模的に好ましいとは思われない。 ・ (Abdullah 次官) そうはいつでもオマーンとして地下ダム事業は進めなければいけないプロジェクトである。 ・ (矢部団長) その点は理解している。したがって JICA としてはサイト選定のための専門家の派遣、研修コースの機会提供から対応していきたい。 ・ (Abdullah 次官) 新技術の導入は重要な課題であり、地下ダムについても実現化に向けて進めていく必要がある。JICA からのサポートに対しては感謝したい。今後とも協力をお願いしたい。

議 事 録	
訪問先	地方自治・環境・水資源省 水資源局
日 時	平成 17 年 3 月 9 日 (水) 10:15~11:00
面会者	Mr. Ali Mohammed Al-Abri - Director of Water Resources Development Department Mr. Mansoor Hamood Al-Wadhahi - Deputy Director of Water Resources Development Department Mr. Saleh Hamaoud Salim Al-Harthy - Head of Dam Section, Civil Engineer
調査団	矢部団長、田後、梶間、柴田
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ (矢部団長) 最終結論を出したい。専門家派遣の最終的なプライオリティを聞きたい。 ・ (Ali 部長) 最終結論は 3/7 に一緒に話した専門家の種類、プライオリティと基本的に同じである。ただ、短期専門家のダムデザインは後のことだから、Cloud Seeding の優先順位を上げてほしい。 ・ (矢部団長) 研修コースについてはどうか？ ・ (Ali 部長) 昨日 4 つの研修コースを希望するといったようだが、他の部署とも検討しなければならないので、コースの選択については時間がほしい。