

**サウジアラビア国
南西地域総合水資源開発・
管理計画調査
事前調査報告書**

平成 19年 4 月
(2007年)

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部

序 文

日本国政府は、サウジアラビア国政府の要請に基づき、同国南西地域における総合水資源管理に係る調査を実施することを決定し、独立行政法人 国際協力機構がこの調査を実施することといたしました。

当機構は本格調査に先立ち、本件調査を円滑かつ効果的に進めるため、平成 19 年 1 月 12 日から同年 2 月 7 日までの 28 日間に亘り、当機構 永田謙二 国際協力専門員を団長とする事前調査団を現地に派遣しました。

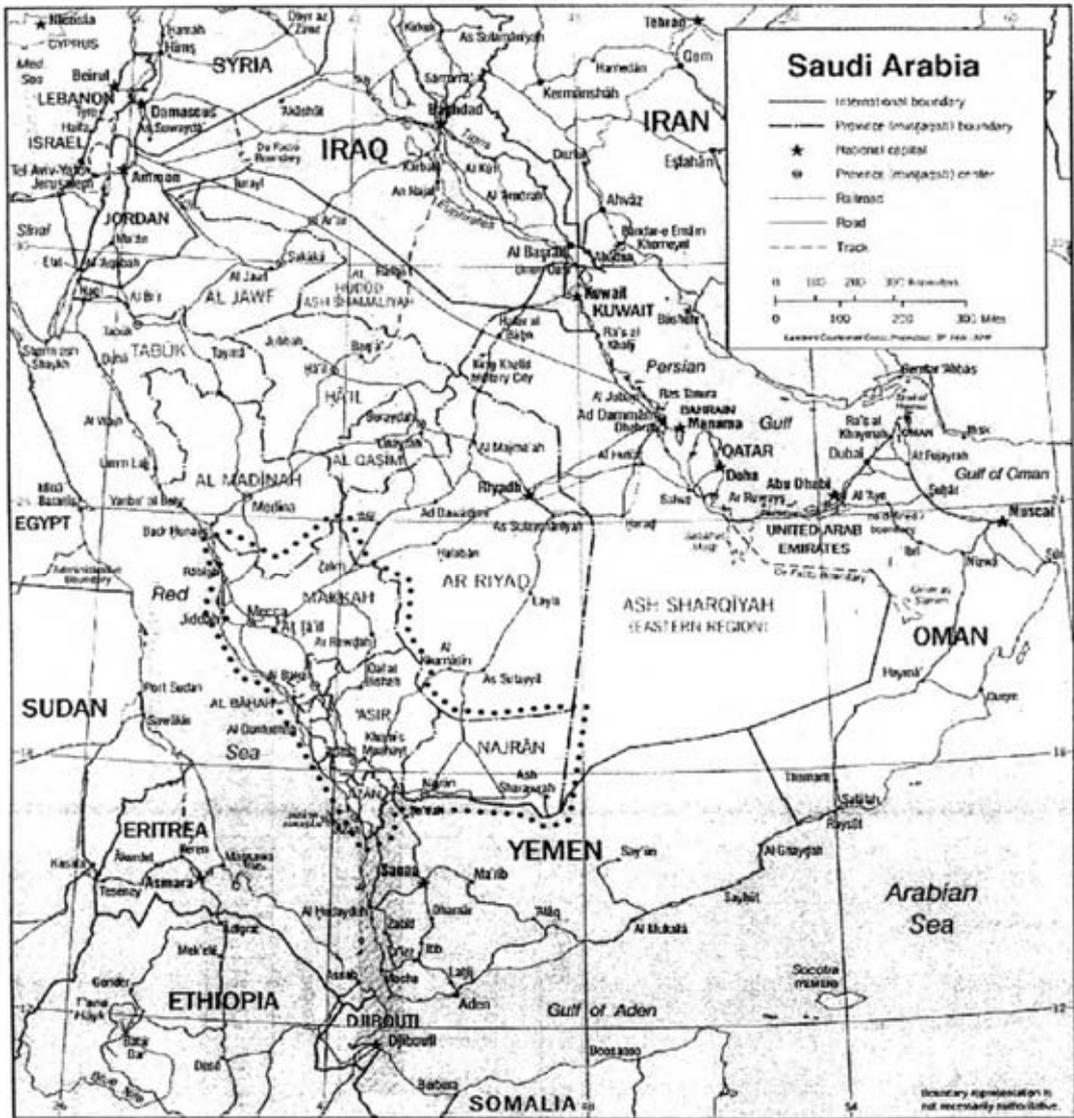
調査団は本件の背景を確認するとともに、サウジアラビア国政府の意向を聴取し、かつ現地踏査の結果を踏まえ、本格調査に関する協議議事録に署名しました。

本報告書は、今回の調査を取りまとめるとともに、引き続き実施を予定している本格調査に資するためのものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 19 年 4 月

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部
部長 伊藤 隆文



調査対象地域位置図

現地調査写真



SW Signing



Jizan dam



Agige dam site



Najran Dam



Baish dam site



Marbaha Dam in Asir



Muruani dam constuction site



Al Lith dam constuction site



Jizan Al Matri Groundwater Project site



Well in Wadi Muruani



Kanat in Wadi Muruani



Water trucks in Abha



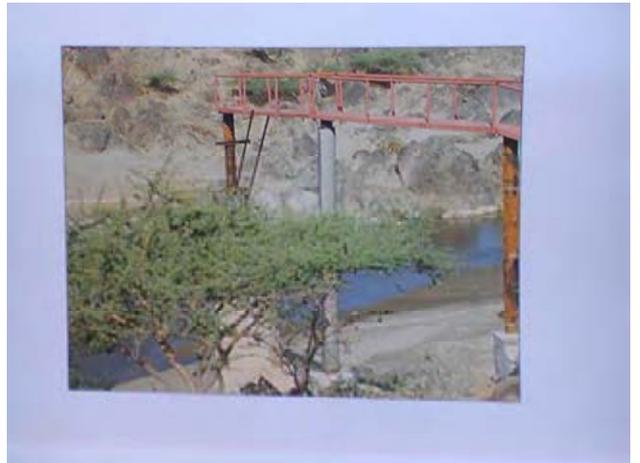
Water truck in Jizan



Irrigation canal in Jizan



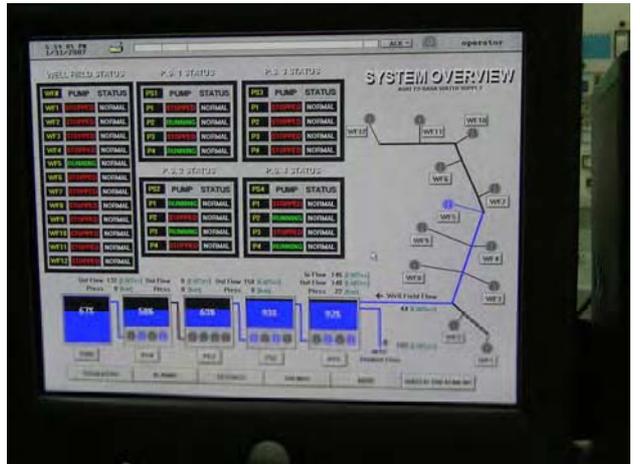
Riyadh Reclaimed water Pump Station



Runoff GS in Jizan (not exist)



Meteoro station at Jizan Hydro office



System map at Treatment Plant of Agige system

目 次

序文

調査対象地域位置図

現地調査写真

目次

略語表

第1章	事前調査の概要	1-1
1-1	要請の背景	1-1
1-2	事前調査の目的	1-1
1-3	調査団の構成	1-1
1-4	調査の日程	1-2
1-5	主な協議概要	1-3
1-6	団長所感	1-4
1-6-1	サウジアラビア国における水供給と水資源	1-4
1-6-2	調査対象地域における水セクターの概要	1-6
1-6-3	本調査で期待される成果	1-7
1-6-4	本格調査実施上の留意点	1-8
第2章	対象地域の概要	2-1
2-1	社会・経済状況及び行政区分概要	2-1
2-2	地形・土地利用概要	2-5
2-3	河川・流域概要	2-6
2-4	気象・水文概要	2-9
2-5	地質・水理地質概要	2-12
第3章	水資源開発・管理分野の現状と課題	3-1
3-1	水管理関連政策、法令、計画等	3-1
3-2	水管理関連組織	3-2
3-3	水需給状況	3-7
3-4	上水・下水・灌漑施設状況	3-13
3-5	気象・水文・水質観測状況	3-18
3-6	表流水（Wadi の伏流水を含む）の水資源開発・管理	3-22
3-7	地下水の水資源開発・管理	3-30
3-8	塩水淡水化及び下水再生利用の水資源開発・管理	3-33
3-9	その他の水資源開発・管理関連状況	3-39
3-10	他国際協力機関・コンサルタントの活動状況	3-42
3-11	既存調査報告書・資料	3-45

第4章	環境予備調査の結果	4-1
4-1	環境法制度及び環境関連機関の現況	4-1
4-2	自然環境及び社会経済環境の概要	4-3
4-3	環境影響評価調査の実態	4-7
4-4	スクリーニング及びスコーピング	4-8
第5章	本格調査への提言	5-1
5-1	調査の目的及び対象区域	5-1
5-2	調査対象項目・内容	5-1
5-3	調査報告書、調査工程、要員構成、及び実施体制	5-4
5-4	本格調査への提言・留意点	5-6
5-5	その他参考関連情報	5-13

付属資料

- 資料1 要請書
- 資料2 S/W
- 資料3 M/M
- 資料4 主要面談者リスト
- 資料5 質問書の回答
- 資料6 打ち合わせ議事録
- 資料7 収集資料リスト
- 資料8 事業事前評価表

略 語 表

BCM	Billion Cubic Meters
BOT	Build Operation and Transfer
CP	Counterpart
DG	Director General
EIA	Environmental Initial Assessment
FAO	Food and Agriculture Organization, United Nations
GDP	Gross Domestic Product
GNI	Gross National Income
GTZ	Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH
IEE	Initial Environmental Examination
JICA	Japan International Cooperation Agency
KSA	Kingdom of Saudi Arabia
LCD	Litters per Capita per Day
MAW	Ministry of Agriculture and Water
MEPA	Meteorology and Environment Protection Administration
MCM	Million Cubic Meters
M/M	Minutes of Meeting
MMW	Million Megawat
MOA	Ministry of Agriculture
MOEP	Ministry of Economy and Planning
MOMRA	Ministry of Municipal and Rural Affairs
MOWE	Ministry of Water and Electricity
MSR	Million Saudi Riyals
NCWCD	National Commission for Wildlife Conservation and Development
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIA	National Irrigation Authority
PME	Presidency of Meteorology and Environment
SGS	Saudi Geological Survey
SR	Saudi Riyals
STP	Sewerage Treatment Plant
S/W	Scope of Work
SWCC	Saline Water Conversion Corporation
UNDP	United Nations Development Programme
WB	The World Bank
WHO	World Health Organization, United Nations

第1章 事前調査の概要

1-1 要請の背景

サウジアラビア国（人口約 26.4 百万人、面積 215.0 万 km²）は、国土の大部分が砂漠・乾燥地帯であり、水資源の確保が国民生活と国内産業を支える最重要課題である。近年の急激な人口増加と都市化及び工業化の進展に伴い、水需要も急増しており、この問題への的確かつ迅速な対応が迫られている。水需要の内訳としては、農業用水が 80%以上を占めており、生活用及び産業用水は 20%となっている。利用している水資源の種別（2005）は、化石水（再生不可能な地下水）が 54%、表流水や循環地下水（再生可能な地下水）が 39%、海水淡水化が 6%、下水等の再生利用水が 1%となっている。最も多く利用されている化石水は再生不可能であることから、サウジアラビア国政府は化石水の利用を制限し、その他の水源からの供給割合を増大させるという基本方針を立てている。

サウジアラビア国では、国土の大部分が年間降雨量 100mm 以下であるが、山脈が連なる南西地域の高標高部では、500mm を越える。この貴重な降雨による水資源は、大部分が表流水として紅海へ流出し、一部が地下に浸透し、循環地下水となっている。これらの表流水や循環地下水はこれまでは十分有効には活用されてこなかった。しかし、近年、サウジアラビア国の経済状態の急激な進展に伴う水需要の増加により、南西地域を含む各地で、水資源開発にかかる全体計画が無いまま、無秩序に水資源開発が実施されるようになってきている。

自然条件および社会条件を考慮した水資源に関するマスタープランが無いままに開発が進行した場合、貴重な水資源が有効に活用されず、枯渇することが懸念されることから、2000 年に、サウジアラビア国政府は、南西地域における、表流水及び循環地下水を主体とした再生可能な水資源の開発・管理に関わるマスタープラン作成を要請した。

1-2 事前調査の目的

本事前調査では、本格調査に係わる内容・範囲及び実施体制等を確認し、現地踏査及び資料収集を行い、協力の方針・方法の検討を行う。その結果を S/W 及び M/M に取りまとめ、署名交換を行う。

1-3 調査団の構成

氏名	担当業務	所属	期間
永田 謙二	総括	国際協力機構 国際協力専門員	平成 19 年 1 月 12 日 ～1 月 21 日
沢田 博美	協力企画	国際協力機構 地球環境部 第三グループ 水資源第一チーム 職員	平成 19 年 1 月 12 日 ～1 月 22 日
岡田 弘	水資源開発・管理（表流水）／ 環境社会配慮	株式会社エヌジェーエスコンサルタンツ 技術本部技術専門部長	平成 19 年 1 月 12 日 ～2 月 8 日
望月 誠美	水資源開発・管理（地下水）	株式会社地球システム科学 海外コンサル タント事業部 技師長	平成 19 年 1 月 12 日 ～2 月 1 日

1-4 調査の日程

調査は2007年1月12日より2月8日まで実施された。調査工程は次表の通りである。

日付			調査工程		
			永田謙二（総括） 沢田博美（調査企画）	岡田弘（水資源開発・ 管理（表流水）／環境 社会配慮）	望月誠美（水資源開 発・管理（地下水））
1/12	金	1	東京 10:00→香港 14:05 JL731 香港 16:30→リヤド 23:20 CX733		
1/13	土	2	10:00 JICA 事務所打ち合わせ 11:00 Ministry of Economy and Planning 表敬 12:30 Ministry of water and electricity 表敬		
1/14	日	3	10:00 Ministry of water and electricity との協議 17:00 団内打ち合わせ		
1/15	月	4	09:25 リヤド→ 11:05 アブハ（SV1667） 13:30 アブハダム訪問 14:15 海水淡水化施設訪問 18:00 Wadi 観測所訪問		
1/16	火	5	09:00 Directorate General of Water in Asir 表敬 09:30 Division of Dam and well, Directorate General of Water in Asir ヒアリング 11:30 Marbaha Dam 訪問 12:15 Underground Dam 訪問 16:30 アブハ→ナジェラン		
1/17	水	6	09:00 Directorate General of Water in Najran 表敬・ヒアリング 11:30 Najran Dam 訪問 15:30 アルマネジャマ配水場訪問 17:45 ナジェラン → 19:15 リヤド（SV1864）		
1/18	木	7	S/W、M/M 案、報告書作成		
1/19	金	8	S/W、M/M 案、報告書作成		
1/20	土	9	09:00 Hydrology division, Ministry of water and electricity 訪問 10:00 S/W、M/M 協議 20:00 レセプション		
1/21	日	10	09:00 Ministry of water and electricity にて S/W、M/M 署名 11:30 JICA 事務所報告 13:30 日本大使館報告 20:20 リヤド → ドバイ（SV552）永田		
1/22	月	11	00:30 リヤド → 香港（CX732） 15:20 香港 → 成田（JL732）沢田	Ministry of water and electricity にて情報収集・ 質問票協議 調査地域訪問予定の検討・準備	
1/23	火	12		Ministry of water and electricity にて情報収集・ 質問票協議 ローカルコンサルタント会社訪問 世銀事務所訪問	
1/24	水	13		Ministry of water and electricity にて情報収集・ 質問票協議 UNDP 事務所訪問 ローカルコンサルタント会社訪問	
1/25	木	14		移動（空路） Site 踏査（Al Matri 井戸開発プロジェクト、 Wadi Jizan、Jizan dam）	
1/26	金	15		Site 踏査（Baysh dam、Wadi Baysh）	
1/27	土	16		Jizan Regional Office 表敬・協議 Sabia Hydrology office 訪問 移動（空路）	
1/28	日	17		Makkah Regional Office 表敬・協議・情報収集	

			Water Project for Jeddah 訪問 ローカルコンサルタント会社訪問
1/29	月	18	Site 踏査 (Wadi Muruani、建設中の Muruani dam)
1/30	火	19	移動 (車) 途中サイト踏査 (Wadi Lith、建設中 Al Lith dam)
1/31	水	20	Al Bahah Regional Office 表敬・協議・情報収集 サイト踏査 (建設中 Arada dam、No.1 Pumping station、Shahba reservoir、No.3 Pumping station、Agige dam、Agige 浄水場)
2/1	木	21	移動 (空路) 資料・情報整理 リヤド 00:30 → 香港 13:15 CX732 香港 15:20 → 東京 20:10 JL732
2/2	金	22	資料・情報整理
2/3	土	23	Ministry of water and electricity にて情報資料収集 ローカルコンサルタント会社訪問
2/4	日	24	Ministry of water and electricity にて情報資料収集 GTZ 事務所訪問
2/5	月	25	リヤド国家灌漑局にて情報収集・施設見学 リヤド下水処理場にて情報収集
2/6	火	26	Ministry of water and electricity にて情報収集 ローカルコンサルタント会社訪問 ITALCONSULT 調査事務所訪問
2/7	水	27	JICA に帰国前報告 Ministry of water and electricity にて情報収集・帰国挨拶
2/8	木	28	リヤド 00:30 → 香港 13:15 CX732 香港 15:20 → 東京 20:10 JL732

1-5 主な協議概要

(1) フェーズ 1

既存のデータに基づいて、各地域 (州・Wadi 流域) における水資源ポテンシャルとその利用・管理に関する特性が明らかにし、水資源開発・利用・管理に係わる問題点・課題が明確にする。測量、Wadi の流量観測等は含まない。

(2) フェーズ 2 : マスタープラン策定の地域の選定

サウジアラビア側から 3 州に対しマスタープラン策定を行ってほしいという要請があったが、日本側は、マスタープランの質の確保のためには 1 州が適当であるという説明を行った。双方は、フェーズ 1 の結果を踏まえ、水の需要量や人口密度等を考慮し、1～3 州を選定することで合意した。

(3) ステークホルダーミーティング

サウジアラビア側は、ステークホルダーミーティングの対象について以下のとおりとした。

フェーズ 1 : 対象地域 5 州の水資源開発管理担当職員や地方政府

フェーズ 2 : 関連職員及び提案されるプロジェクト地域近辺の水利用者や住民

(4) 日本での研修

日本側は、日本でのカウンターパート研修は 1 年間に 2～3 人と説明したが、サウジアラビア側はより多くの人数の派遣を主張した。双方は、日本側が必要経費負担等を考慮し、派遣人数の増加を決定することで合意した。

(5) Counterpart team と Steering committee

サウジアラビア側は 2007 年 1 月中に、メンバーリストを日本側へ提出することを約束した。

(6) 環境社会配慮

日本側は、JICA の環境社会配慮のガイドラインについて説明し、サウジアラビア側はそれを受け入れることに同意した。

(7) 報告書

双方は、日本側調査団が最終報告書の要約版を英語及びアラビア語で作成することに同意した。また、アラビア語版はサウジアラビア側が校閲し、最終的に完成させることとした。報告書は公開されることとした。

(8) 事務所開設

サウジアラビア側は、リヤドの水・電力省内と水・電力省地域事務所の中に、日本側調査団のための事務所を提供することを同意した。

1-6 団長所感

はじめに

本事前調査の主な目的は、1) 本格調査内容について C/P 機関である水・電力省と合意し、S/W および M/M に署名すること、2) 調査対象地域である南西地域の現地調査を実施し現地の水資源状況を把握すること、である。2006 年 12 月の予備調査において、S/W (案) の概要について C/P 機関と協議しているが、以下に、その予備調査結果も含めて、本事前調査の所感を記す。

1-6-1 サウジアラビア国における水供給と水資源

サウジアラビアは永久河川のない世界最大の国である。国の年間雨量は 60mm～200mm とされているが、多くの地域では雨量が少ないだけでなく、降雨も散発的である。定期的に雨が期待できる

西部と南西部では 600mm/年を越える山岳地域もあり、Wadi には洪水流出が存在し、多くのダムにより貯留され利用されている（表 1-1 参照）。

表 1-1 Distribution of Dams by Purpose and Storage Capacity, 2004

Region	Distribution by Purpose					Storage Capacity (million m ³)
	Total	Drinking	Control	Recharge	Irrigation	
Riyadh	60	–	18	42	–	80.4
Mecca	25	2	3	20	–	108.0
Medina	16	–	6	10	–	80.7
Qassim	3	–	1	2	–	3.1
Assir	64	14	16	34	–	378.1
Hail	17	–	3	14	–	9.3
Jizan	3	1	1	–	1	51.4
Najran	6	–	3	3	–	88.2
Baha	26	1	3	21	1	31.2
Jouf	3	–	3	–	–	5.2
Total	223	18	57	146	2	835.6

Source: Ministry of Water and Electricity. 出典：第 8 次国家開発計画

サウジアラビアの国土の 2/3 以上に横たわる 7 つの主要な帯水層といくつかの二次帯水層に、大規模な地下水源が形成されている。しかし、それらのほとんどの地下水は、太古から存在しているものの、その歴史的な形成過程から、現在では降水による補給が期待できず再生不可能である。そのため、地下水のくみ上げは「採掘」作業と同様であり、資源の延命を図るためには慎重な管理が求められる。

第 8 次国家開発計画によれば、国全体の水需要は表 2 のように想定されている。すなわち、2004 年のサウジアラビア国における全水需要（水消費量）20,270Mm³/年は、2009 年には主に農業用地下水への課金による節水効果を考慮して 2,010Mm³/年減少し、18,260Mm³/年になると想定されている（1999 年は 20,740Mm³/年であり 2004 年までに 470Mm³/年減少した）。

2004 年の全水需要量（水消費量）20,270Mm³/年の内、61%（12,400Mm³/年）は再生不可能な地下水に依存しており、海水淡水化と下水処理水は併せて 7%（1,370Mm³/年）、再生可能な地下水と表流水が残りの 32%（6,500Mm³/年）を占めていた。2009 年には、再生可能水資源の比率を 38%

（6,900Mm³/年）、海水淡水化と下水処理水は 11%（2,090Mm³/年）にまで引き上げ、再生不可能地下水の比率を 51%（9,270Mm³/年）にまで引き下げる計画が示されている。また、再生可能水資源ポテンシャルは 8,000Mm³/年と推定されており、再生可能水資源の開発可能性が示されている。

一方、2004 年における水需要量の 86%は灌漑農業に使用されており、しかも、その 63%が再生不可能な地下水源からの利用である。また、サウジアラビア国における一人当たりの水消費量は、230 リットル/日/人と推定されているが、リヤドや東部の大都市では 300 リットル/日/人を超えている。

表 1-2 Water Demand by Source and Use Eighth Development Plan (Million m³)

Water Resource	Water Consumption 2004				Expected Water Demand 2009				Annual Growth Rate (%)			
	Municipal	Industrial	Agricultural	Total	Municipal	Industrial	Agricultural	Total	Municipal	Industrial	Agricultural	Total
Renewable Surface & Ground Water (Arabian Shield)	180	-	5,230	5,410	190	-	5,540	5,730	1.1	-	1.2	1.2
Renewable Ground Water (Continental Shelf)	60	-	1,030	1,090	70	-	1,100	1,170	3.1	-	1.3	1.4
Non-Renewable Ground Water	790	620	10,990	12,400	470	740	8,060	9,270	-9.9	3.6	-6.0	-5.7
Desalinated Water	1,050	20	-	1,070	1,650	-	-	1,650	9.5	-0.1	-	9.0
Reclaimed Wastewater	20	-	240	260	20	30	330	380	0.0	-	6.6	7.9
Reclaimed Agricultural Wastewater	-	-	40	40	-	-	60	60	-	-	8.4	8.4
Total	2,100	640	17,530	20,270	2,400	770	15,090	18,260	2.7	3.8	-3.0	-2.1

Source: Ministry of Economy and Planning Estimates. 出典：第8次国家開発計画

1-6-2 調査対象地域における水セクターの概要

(1) Asir 州

州都 Abha 市における上水道の主要水源は海水淡水化水である。Abha 市内に海水淡水化による貯水池（容量 10 万 m³）が設置されており、97,000m³/日の給水能力を有している。この貯水池から Abha 市には合計 28,000m³/日が給水されている。この内、20,000m³/日は市域の 35% に敷設されている管路ネットワークによりが配水されている。残りの 65% の地域には配水網は無く、給水タンク車 400 台を所有している Abha 市配水場（Water Distribution Station of Abha City）が、給水タンク車により 8,000m³/日を配水されている。Asir 州全体では、給水タンク車は 2,000 台にも登っている。

Asir 州の一人当たり水消費量は 90 リットル/日/人と国の平均 230 リットル/日/人に比べて非常に少なく、計画目標は 180 リットル/日/人としている。Abha 市では、冬季は現在の水供給量で概ね足りているが、夏季は市民の水需要が増えるとともに観光客も多くなることから、非常に厳しい状況である。

現在 Asir 州に向けて給水されている海水淡水化プラントの水供給能力は 97,000m³/日であるが、2010 年までに 212,000m³/日の増強が行われる計画であり、その 40% は Jizan 州に給水される計画である。また、Wadi Itwed 水資源開発事業が 2007 年に完成し、30,000~35,000m³/日が

新たに給水可能となる。

(2) Najran 州

Najran 州の州都 Najran 市の主要水資源は、再生可能地下水である。現在、Al-Manejama 給水施設（Wadi Najran の伏流水を取水していると推定される）により 5,700m³/日を Najran 市に給水している。現在、Najran 市から約 135km 東に井戸群を建設中であり、2 年後には 20,000m³/日が Najran 市に給水可能となる。Najran 市周辺では井戸による農業用水の揚水過多により地下水位の低下が著しく、多くの農場の井戸が枯れたとのことである。

Najran 州には 6 つのダムが建設されているが、いずれも洪水調節または地下水涵養を目的とするダムであり（表 1-1 参照）、表流水の利用はほとんど無い。

1-6-3 本調査で期待される成果

フェーズ 1：基礎調査および基本戦略の策定

- 1) 比較的雨量の豊富な南西地域 5 州（Maca 州、Al-Bahah 州、Asir 州、Jizan 州および Najran 州：2000 年人口 419 万人）における再生可能/不可能水資源ポテンシャルが把握されるとともに、現在の水利用・供給状況が明らかにされ、将来の水需要が推定される。
- 2) 上記調査・解析に基づいて、各地域（州・Wadi 流域）における水資源ポテンシャルとその利用・管理に関する特性が明らかにされ、水資源開発・利用・管理に係わる問題点・課題が明確になる。
- 3) 水資源開発・利用・管理（*1）に係わる基本戦略（*2）が策定される。

注）*1 水資源管理には水需要管理（Water Demand Management）を含み、農業用水および水道用水に係わる節水や無効水削減などの水需要管理の分析と提言を行うものとする。

*2 基本戦略とは、単に方針のみを示すものではなく、水資源開発・利用・管理に係わる概略のアクションプランを含むものとする。その内容は次のものが考えられる。

- 1) 再生可能水資源開発可能地域における水量・水質の特定、2) 水資源のアロケーション（他流域・他州への導水を含む）、3) 都市および地方での水需要の充足方針、4) 海水淡水化水の削減可能性、5) 下水利用の促進可能性、6) 化石水資源の削減方針・延命可能性、7) 概略の水需要管理、8) 概略の費用便益、9) 環境社会配慮、10) 組織・制度強化方針、など

- 4) 策定された基本戦略に基づいて、水資源の開発・利用・管理に係わる優先度の高い地域（州）が選定される。
- 5) 水資源開発・利用・管理に係わる調査・解析・基本戦略策定に係わる基礎的な技術を、技術移転を通じて C/P が獲得する。特に、水資源ポテンシャル推定に係わる観測・調査・解析技術。

フェーズ 2：優先度の高い州*3 における M/P の策定

- 6) 優先度の高い州における追加調査（Wadi 流量観測、地下水位観測、水理地質調査、地形図作成等）により、詳細な水資源情報が得られる。
- 7) 優先度の高い州における再生可能水資源を持続可能な形で利用できる水資源開発・利用・管理計画が策定される。

8) 水資源開発・利用・管理計画に係わる技術を、調査団による技術移転を通じて C/P が獲得する。

注) *3 フェーズ 1 における調査結果に基づいて、優先度の高い州を 1~3 州選択してフェーズ 2 における M/P 調査の対象とする。なお、対象とする州が多くなると時間と予算の関係から M/P のレベルを下げざるを得ないことに注意して、C/P 機関と JICA による協議によって優先度の高い州を選定することとする。

1-6-4 本格調査実施上の留意点

- 州や Wadi 流域によって利用可能な水資源の種類やポテンシャルさらにその利用方法等が異なることから、それぞれの地域の水資源特性を十分に把握し、それを踏まえた水資源開発・利用・管理の基本戦略および計画を立案することが重要である。
- 再生可能水資源は、Wadi 流域の表流水・地下水および水文循環地下水であるが、これらの観測データや観測施設・観測態勢は不十分である（Asir 州および Najran 州では稼動している Wadi 流量観測施設は無い）ため、精度を確保した水資源ポテンシャルの解析のためには本調査において Wadi 流量観測や地下水位観測が必要である。短い調査期間で効率的な観測実施と観測データの利用による精度の向上を図るように調査計画を立案する必要がある。
- 限られた既存水文データおよび本調査における観測データを基に流出解析や地下水シミュレーション等を実施して、調査対象地域の水資源ポテンシャルを推定する必要がある。そのためには、過去の乾燥地域における水資源ポテンシャルに関する種々の研究や調査結果を十分に活用し、より精度の高い水資源ポテンシャルの推定に努める必要がある。
- 正確な水資源ポテンシャルの把握のために実施する水文観測は、水資源開発・利用・管理における最も基本的な調査のひとつであるが、サウジアラビア国において十分に為されているとは言えない。本調査において、Wadi 流域における表流水観測や地下水観測に関する観測網、観測方法、観測態勢、観測データの収集・整理・保存方法などについて提案し、一部を実際に実施することによって、C/P 機関における水文観測システムの能力向上を図ることが重要である。
- フェーズ 2 の M/P 調査で対象とする州とその数は、本格調査のフェーズ 1 の調査結果に基づいてサウジアラビア国側との協議の上決定するが、その選定基準を明確にして選定する必要がある。
- サウジアラビア国南西地域では、自国予算または世銀や gtz などのドナーにより既に多くの調査が実施されており、これらを踏まえた調査が必要である。なお、本調査は、世銀が実施している「サウジアラビア国全域における水資源管理に係わる調査」の内容を十分に踏まえたものとする必要がある。
- ステークホルダー協議における、ステークホルダーの選定と協議実施について、王政を実施しているサウジアラビア国の状況を踏まえて、その実施方法を確認しておく必要がある。

おわりに

サウジアラビア国は、GDIがUS\$13,000を超えるアラブの大国であるが、C/P機関である水・電力省水資源局の組織・制度や人員の技術力は、今後高めていく余地は大きい。また、水資源セクターに関する中央機関と地方機関の組織再編、水道事業の民営化、農業用井戸への課金、水道料金のコストリカバリー、海水淡水化公団の民営化、など、サウジアラビア国政府は、水資源セクターの能力強化・効率化に取り組みだしている。

第8次国家開発計画においても、水セクターの将来の姿として、増加する家庭用水と産業用水の需要に答え、農業用水の需要を徐々に削減していくために、次のような対策を実施していくとしている。

- 非従来型水資源（海水淡水化および下水処理）と再生可能水資源の開発
- 節水と合理的水消費の推進と水資源の保護
- 水の経済的価値の適用（農業用水利用への課金、下水処理水の農業利用の促進、適切な利用料金設定による家庭用水利用量の削減、産業用水へのフルコストリカバリー）
- 水セクターの行政改革（水に関する法制度の見直し、プライベートセクターの参加促進、水セクター行政官の能力向上、上水道・下水道整備率の向上）

すなわち、サウジアラビア国における水セクターは構造改革に向けて動き出しており、本調査はこれらの動向を十分踏まえて実施していく必要がある。

第2章 対象地域の概要

2-1 社会・経済状況及び行政区分概要

(1) サウジアラビアの一般概要

社会経済状況を含めた、サウジアラビアの一般概要・指標は次のようになっている。

人口：約 26.4 百万人（内外国人 5.6 百万人）（2005 年）

人口増加率：2.7 %（90～03 年平均）

首都：リヤド（Riyadh）人口；430 万人（2001 年）

国土面積：215.0 万 k m²（日本は約 37.8 万 k m²）

主要言語：アラビア語（公用語）、英語

民族構成：アラブ人（90%）、宗教：イスラム教

社会指標：平均寿命；男子 72 才、女子 75 才。乳児死亡率；22 人。非識字率；男子 16%、女子 32%。初等教育就学率；54%。

政体：君主制 国王（King Addullah bin Abd al-Aziz al-Saud、2005 年 8 月から）

建国：1932 年 9 月 23 日

通貨：サウジアラビア・リアル（Riyal=SR）、為替レート：1 US ドル=3.75SR

GNI：1847 億ドル（2002 年）、2,421 億ドル（2004 年）

一人当たり GNI：8,530 ドル（2003 年）、10,430 ドル（2004 年）

GDP 構成比（%）：一次；5%、二次；51%、三次；44%

失業率：4.6 %（13%というデータもあり、実際にはもっと高いという）

エネルギー消費量（石油換算）：5,775kg/人（2002 年）

都市人口比率：88%（2003 年）

主要援助国：フランス（4.6 百万ドル）、日本（4.4 百万ドル）、ドイツ（0.9 百万ドル）、豪・ノルウェー・アメリカ（各 0.1 百万ドル）

日本との関係：1955 年国交樹立、1975 年経済協力協定

出生率：31 人/千人、死亡率：4 人/千人、合計特殊出生率：5.3 人（2003 年）

農業：耕地面積；3,655 千 ha、灌漑地；1,620 千 ha。

発電量 1,465 億 kwh（2002 年）、発電能力 23,792MW（2000 年）、一人当たり 5,275kwh（2002 年）

ODA 援助：2004 年に高所得国基準に達した。同国が 2005, 2005 年と続けてその基準を維持したので、DAC 規則により 2008 年からは援助受取国リストから外される。

主要国際機関加盟状況

加盟（理事国）；UNIDO, FAO, IFAD, IBRD, IDA, IFC, IMF

加盟；UN, UNESCO

非加盟；WTO, ADB

最近のサウジアラビアの経済は原油の高値に支えられて好調である。次表に 2001-2005 年の GDP の推移を示す。年平均成長率は 4.86%である。

サウジアラビアの GDP の推移（2001－2005）単位：MSR

Economic Activity	Years				
	2001	2002	2003	2004	2005*
Agriculture, forestry and fishing	35992	36454	36751	37874	39518
Mining and quarrying	179937	164901	195055	207742	220325
a - Crude petroleum & natural gas	177387	162311	192452	205088	217640
b - Other	2550	2590	2603	2654	2685
Manufacturing	68700	71082	76142	81314	87088
a - Petroleum Refining	18515	18063	19914	21634	22585
b - Other	50185	53019	56228	59680	64503
Electricity, gas, and water	9515	9955	10569	11259	11866
Construction	42123	43181	45550	48517	51178
wholesale and retail trade,	50079	52210	54204	56893	60392
Transport, storage and	31277	33455	35046	37863	41508
Finance, Insurance, Real estate	79114	82560	84793	88490	94469
a - Ownership of dwellings	44081	45115	46080	47924	50109
b - Others	35033	37445	38713	40566	44360
Community, social and personal services	23481	24792	25552	26753	28193
Less : Imputed bank service change	14029	14859	14804	14954	15536
Sub-Total	506189	503731	548858	581751	619001
Producers Of Government services	123075	126041	129326	132148	141533
Total Except Import duties	629264	629772	678184	713899	760534
Import duties	7152	7458	7854	8274	8972
Gross Domestic product	636416	637230	686038	722173	769506

Source : Central Department of Statistics, National Account
* Preliminary data

Gross Domestic Product by Kind of Economic Activity
at 2000 Constant Prices (Million of Riyals) ,
Statistical Yearbook, 2005

また、水資源に関する参考指標を次表に示す。少々古いデータも含まれているが、我が国との比較で、状況が把握出来る。

項目	単位	サウジアラビア	日本
水資源賦存量 (2000 年)	m ³ /年/人	118	3383
水資源賦存量 (2005 年予測)	m ³ /年/人	40	3937
水 (国内) 自給率 (2000 年)	%	100	100
年間地下水取水量 (2000 年)	m ³ /年/人	899	101
淡水化施設容量 (1996 年)	1000 m ³ /日	5006	638
水使用量 (2000 年) : 生活	m ³ /年/人	83	137
水使用量 (2000 年) : 農業	m ³ /年/人	758	435
水使用量 (2000 年) : 工業	m ³ /年/人	10	124
水使用量 (2000 年) : 生活	%	10	20
水使用量 (2000 年) : 農業	%	89	62
水使用量 (2000 年) : 工業	%	1	18

(参考文献から抜粋整理)

(2) 調査対象地域の社会経済概要

調査対象地域である 5 州、Makkah、Al Baha、Asir、Jizan、Najran のそれぞれの面積、人口を次表に示す。

調査対象地域の面積および人口

州	面積 (k m ²)	総人口	外国人人口	人口密度 (人/k m ²)
Makkah	148,500	5,797,971	2,211,406	39.04
Al Baha	10,690	377,739	49,496	35.34
Asir	68,460	1,688,368	253,609	24.66
Jizan	13,470	1,186,139	192,464	88.06
Najran	129,875	419,457	70,768	3.23
合計	370,995	9,469,674	2,777,743	25.53

人口 : Statistical Yearbook, 2005

各州の MOWE Regional Office 訪問の際聞いた人口に関する情報を参考に示しておく。

現在の、Abha 市の人口は 1 百万人くらい、Asir 州全体では 18 百万人くらい。

Jizan 州の人口は、2 年前に約 120 万人 (Jizan 市は約 10 万人) だった。毎年平均増加率は、約 4% と見積もられている。

Al Baha 州人口は約 40 万人。

Jeddah Region の人口については、2 年前に National census 調査が行われた。

Region 全体: 約 5.7 百万人

Jeddah city: 2.8 百万人、Makkah city: 1.4 百万人、Taif city: 0.8 百万人

その他に 1.0 百万人位の非登録者がいる。

人口増加率は、Region 全体で 2.2%、Jeddah city で 2.65%と予測している。

Makkah 州には Jeddah、Makkah、Taif の大都市があり、人口規模ではサウジアラビア最大の州である。加えて、国内外からの Makkah 巡礼者が年間約 200 万人あり、さらに外国人不法（未登録）滞在者が約 100 万人いるとみられている。州内は City および District に行政区分されている。これらを次表に示す。

各州の主要市町村

Makkah Region		4	Al Aqaiq	6	Dhamad
1	Jeddah	5	Qiwah	7	Ahad Al Masarha
2	Makkah	6	Al Mandak	8	Dhabiya
3	At Taif	Asir Region		9	Al Diaer
4	Al Jumum	1	Khamis Moshait	10	Farasan
5	Madrakah	2	Abha	11	Al Badyda
6	Khulais	3	Baisha	12	Afaleh Wikhdra
7	Ad Dubayyah	4	Ahed Rofaida	13	Al Jaradiya
8	Rabigh	5	Mahayl	14	Hamka
9	Al Kamil	6	An Namas	15	Al Madaya
10	Al Mahani	7	Dhahran Al Janoob	16	Al Shagaira
11	Ash Sharay	8	Al Alayah	17	Al Matan
12	Zaymah	9	Al Majarda	18	At Towal
13	Al Madio	10	Tanoma	19	Mslyeh
14	Turabah	11	Surat Abaida	20	Mizharah
15	Al Muwaih	12	Farat Traib	21	Abo Alsafa
16	Zalim	13	Al Ethnain	22	Ad Darb
17	Al Khormah	14	Tathlaith	23	Al Hussain
18	Ranyah	15	Bahar Abu Sakina	Najran Region	
19	Al Lith	16	Tabalah	1	Najran
20	Al Qunfudah	Jizan Region		2	Sharura
21	Al Birk	1	Jizan	3	Al Mishaliya
Al Baha Region		2	Sabya	4	Habona
1	Al Baha	3	Abu Araish	5	Hayrur
2	Bijorashi	4	Samyla		
3	Al Mikhwah	5	Baish		

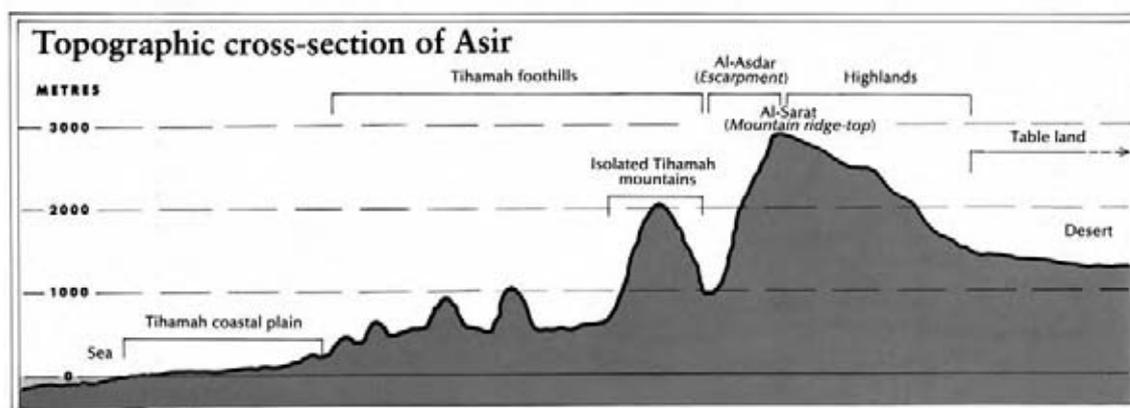
Makkah 州の Jeddah は主要港湾があり、商工業の中心地である。空港は海外からの Makkah 巡礼者の出入口となっている。Makkah はイスラム教の聖地である。Al Baha 州、Asir 州は避暑地であり、夏季は観光客でにぎわう。Jizan 州の主要産業は農業である。2004 年の農産物生産額は 1,661MSR であった。

2-2 地形・土地利用概要

(1) 地形

調査対象地域の地形は南北に伸びる Asir 山脈の東西でその様相は異なる。Asir 山脈には標高 3000m を越える山塊がある。Asir 山脈の西側斜面は急峻であり、侵食により深い渓谷が形成されている。紅海沿いは Tihama と呼ばれる海岸平野で、Wadi の沖積平野と砂丘によって占められている。山麓部は Asir 山脈と同様な岩相の岩山が分布しているが、玄武岩の台地がみられる地域もある。

一方、Asir 山脈の東側は西側と較べるとなだらかな斜面であり、標高 1000-1200m の内陸高原に連なっている。内陸高原には広大な Wadi の扇状地が多くみられる。Asir 地方の模式地形断面図を次図に示す。



Asir 地方の模式地形断面図 (Mauger, 1993)

(2) 土地利用

市街地を除くと、ほとんどの土地が荒地であり、表土のあるところは低灌木や草がまばらに生えており、家畜の放牧に利用されている。農地は Wadi 下流部に粗放的な灌漑圃場と Asir 山脈の山地に点在する段々畑がある。

Representative Basins Study for Wadis: Yiba, Habawnah, Tabarah, Liyyah, and Lith による 1985 年現在の流域別農地の割合を次表に示す。

流域別農地の割合

Wadi	Region	Basin Area (k m ²)	Irrigated Field (%)	Terraced Field (%)	Remarks
Yiba	Makkah	2,830	4.2	0.4	
Habawnah	Najran	4,930	0.5	0.0	
Tabarah	Asir	1,900	1.1	0.2	
Liyyah	Jizan	456	13.5	—	流域面積にイエメンを含む
Lith	Makkah	3,079	0.3	0.2	

(Representative Basins Study for Wadis: Yiba, Habawnah, Tabarah, Liyyah, and Lith, Saudi Arabian Dames and Moore)

農地の割合は、Jizan 州の Wadi Liyyah の 13.5% 以外は流域面積の 5% に満たない。Jizan 州

は Tihama 海岸平野の Wadi 沿いに農地が広がっている。Agricultural Statistical Yearbook, MOA, 2004 によると Jizan 州の農地は 1,577k m²あり、全土の 11.7%を占めている。

Asir 山脈の山地にはビャクシン林等の森林が点在しており、現在 MOA がインベントリ調査を実施している。また、調査対象地域には国立公園が Makkah 州の Taif National Park と Asir 州の Al Jurrah National Park の 2 箇所ある。また、本年中には Al Baha National Park が認可される見込みである。自然保護区は Makkah 州の Mahazat Al Said、Al Baha 州の Shada、Asir 州の Jarf Raidah、Jizan 州の Farasan Islands、Najran 州の Arug Bani Maarid がある。

2-3 河川・流域概要

サウジアラビアは乾燥国であり、常時流水のある川も天然の湖沼もないといわれている。従って、サウジアラビア国で、「River」という単語を使うと、「この国には、River はない。すべて Wadi である」と言われる。日本にもある水無川も、「川」には違いないので、英語では「River」でいいのではないかと思うが、彼らは「1 年中流水があるのが、River であり、流水が途切れる期間があるのが、Wadi である」と使い分けている。しかし、実際には、1 年中ほぼ流水がある Wadi もあるようなので、厳密な定義は難しく、サウジアラビア国にある川は、すべて Wadi と呼ぶということに理解しておけばよい。

参考：首都リヤドには、現在常時流水がある川（川幅は数 m であるが流量は豊富）が存在している。そしてこの川は、通称「Green River」と呼ばれている。今回の調査対象外であり、移動中にたまたま見えたので、不思議に思い、車から降りて視察しただけで詳しい情報を得る時間はないが、大規模な下水処理水の再利用が行われているすぐ近くにこのようなほとんど利用されていない流水が存在していることと、年間降雨量が 100~150mm 程度の地域にこのような流水があることは不可解な状況であるが、水源は上流側での地下水位上昇による流出であろうと推測した。

調査対象区域は紅海に沿った区域であり、その紅海に沿って、北部は Hijas 山脈、中部から南部にかけて Asir 山脈が並行した位置に連なっているので、山脈に水源を持つ多くの Wadi が発達している。山脈の背を境にして、西側つまり紅海側に流れる Wadi と、東側つまり砂漠側に流れる Wadi がある。

紅海側への Wadi は、流路が比較的明確であり、流域区分が出来るものが多いが、海岸平野に入ってから伏流してしまい、流路が消えてしまっているものや、複数に分派しているものがあり、下流域での流域区分が難しい Wadi もある。一方、砂漠側への Wadi は、流路が複雑なものも多く、またすべてが途中で砂漠の中に消えてしまう。従って、通常の河川のように河口部を基点にした流域区分は出来ない。流域区分する場合は、Wadi のある特定した位置を基点にしたものとなる。

これまで調べた範囲では、河川（Wadi）や流域の詳細リストは存在しない。過去に行われた調査では、一つ又はいくつかの Wadi を対象に調査したものはあるが、サウジアラビア国全域あるいは調査対象区域を含む広域での全 Wadi の詳細リストと概要が出ているような調査報告書はない。Wadi の流域区分が出来ない地域が大部分であるからであると考えられる。GTZ の調査では、全国レベルで流域区分しているが、いくつかの流域をひとまとめでした区分となっている。

事前調査では、5 万分の 1 のような地図を使って精度のよい流域区分図を作成する時間はないが、A3 版で主要区域がほぼ入る、200 万分の 1 の地図をベースに、調査対象区域での Wadi 流域の全体的

な位置と大きさの概略が分かる程度の流域区分図を作成した。図 2-1 に示す。流域区分は、紅海側については、ごく小さな海岸平野部分のみの流域を除いて、ほぼ全域区分した。但し、いくつかの Wadi については、海岸平野では伏流して流路が複雑・不明確になっているので、河口部を特定せずにまとめて一つの流域として区分した。また、砂漠側については、流域のどこを基点にして示すかによって各種の区分が出来てしまうので、区分を省略したが、参照した過去の調査報告書にあった流域区分のみ参考として示した。

上記の流域区分に関して、表 2-1 に示すように、Wadi 流域リストを作成した。流域面積については、参照した報告書に出ていた数字は記入（必ずしも河口部での面積ではない）したが、その他については詳細に調べて計測しないと分からない。但し、本格調査で必要となる精度の良いリスト作成作業の参考ベースにはなると考える。また、Wadi 名については、作業に使う地図で確認出来たものを示した。区間・支川によって違う名称がある他、つづり方も違う場合がある点に留意が必要である。英語の名称は、Wadi 名に限らないが、アラビア語の発音をアルファベットに書き換えているので、同じ地名で複数の書き方がある場合も少なくない。例えば、Jizan は、Gazan や Jazan など書かれている場合がある。どれが正しいかについては、現地ではあまり気にしてないようで、どれを使ってもよいという感じであった。その他の情報についても、地図で読みとったものなので、多少の誤差はあるものとするが、参考として示しておいた。

上記の図と表に示した Wadi は、紅海側で 33 流域、砂漠側で 6 流域である。この中で、1989 年頃作成の報告書「Representative Basins Study for Wadis: Yiba, Habawnah, Tablah, Liyyah, and Lith」は、5 つの流域について、地質、地下水、気象・水文等を比較的詳細に調査したものである。それらの Wadi の位置を図 2-2 に示す。その他にも Wadi 流域の調査実績はあり、既存及び建設中・計画中のダム の計画・設計書においても、ダムが位置する流域について調査した結果が出ている。但し、これらの報告書（アラビア語版もある）については、MOWE にまとまって整理されているわけではなく、要求しても時間がかかるとのことだったので、事前調査では入手して内容を把握する時間はなかった。

調査対象地域の Wadi 及びその流域について、以下にその特徴を記述する。

- 紅海側の Wadi は、平均的には標高 2000～2500m くらい（注：北部は 1000m 前後と低い）の山中に水源を持ち、流域の最上流部から河口までは直線距離で 100km 程度以下の流域が一般的である。特に上流部では標高が急激に降下するので、急勾配である。但し、海岸に沿って平地部が広がっているため、中流部からは緩勾配になる。
- 砂漠側の Wadi は、山脈に水源を発していることは同じなので、上流部は比較的急勾配であるが、全体としては、紅海側に比べて緩い勾配となっている。
- Wadi の谷の断面は、通常時に流水がない（または少ない）割に広い。中～下流部で、断面幅が 100m 以上ある Wadi も多い。これまでの過去の洪水時に形成されてきたものとする。
- 紅海側の Wadi は、河口まで流路が続いているものが多いが、特に、Jeddah 付近のいくつかの Wadi は、中～下流部で、Wadi 断面が途中で消えてしまっている。例えば、Jeddah から海岸に沿う道路を南下した際、200km 位の間には、Wadi らしいものは全く見られず、Wadi Lith まで来て、初めて Wadi とそれに架かる橋があった。
- この Wadi Lith では、ちょうど並列する 2 車線用の橋の建設中で、河床掘削した部分があった

が、現河床から約 1~2m 下に水面があった。つまり、この付近では、多少の掘削で地下水面に達するものと思われる。そのせいか、この Wadi に沿う区域では灌木が多く生育していた。

- 一般的な Wadi には、常時は流水が全くない。年回数回の降雨量が多いときに、流水が見られるだけである。ダム建設現場などで聞いた範囲では、平均的には 11 月から 4 月くらいの間に 3,4 回は発生するが、1 回につき、せいぜい 2,3 日間とのことであった。また、多少の降雨量では、Wadi には流出しない。ある報告書・文献には、通常は連続 10mm 以上の降雨で、流出が見られると書かれていた。
- サウジアラビアには、常時流水がある Wadi はないと聞いていたが、Jizan 州に河口部を持つ、Wadi Baysh (Baish) には、現地踏査の際に川らしい流水があったので、現地で数年間工事現場にいる技術者に聞いたところ、この Wadi には、1 年中流水があるということだった。また、今回見ることは出来なかったが、Wadi Hali にもほぼ 1 年中流水があるという話を聞いた。
- サウジアラビアの大部分の地域が砂漠なのに対して、南西部では植生が多い。森林地帯もあり、南西地域以外では見られないという。山脈地帯では、高さ 10m 以上の *Juniperus procera* が生育して森林を形成している区域もある。但し、山脈部に均一に分布しているわけではない。森林が形成されているのは、降雨量が多いこともあるが、霧の発生による影響も大きく、植生分布に重要な要素となっている。
- 上流域となる山地部でも、森林国立公園があるような区域では樹木林が見られるが、樹木がほとんどない景色が一般的であった。草もまばらにしか生育していなかった。また、樹木林といっても、東南アジアのような高木で密生したものではなく、一部比較的高い樹木森林もあるが、一般的には灌木である。但し、Wadi に沿う谷や、町村の集落内では植生が多くなる。降雨や霧がある山地部の割に植生が乏しいのは、表層土壌がほとんどなく岩が露出していることや標高の高さが原因と考える。一方で、Wadi Lith の中流域のように、標高が比較的低く降雨量が少ない区域でも、むしろ標高の高い山地よりも植生が多く見られたことも、土壌の影響であろうと考える。
- 紅海に沿う海岸平野では、年間降雨量が 100~200mm 程度以下になるので、植生がほとんど見られない土漠（砂丘のある景色ではなく比較的平らなので、砂漠のように見えない）が続く区域もあるが、まばらながらも植生が目立つ区域も多い。町の中やその近くの道路沿いの樹木は人工的に散水しているが、郊外でも雨が降った後に大きな水たまりが出来ているところも何度か見たので、比較的保水能力が高い土壌であることが影響しているものと考えられる。
- 調査対象区域には、地表部に常時水が噴出しているような泉はほとんどないようである。但し、人工的に開発した泉は、減ってはいるがまだ存在して使われている。つまり、井戸も機能的には同じかもしれないが、人工的に掘って地下の流水を利用したものはある。有名な Makkah の Zamzam の泉については、Makkah には入れないので分からないが、地下に噴出している泉と思われる。また、温泉が何カ所かあるとのことで、そのうちの 1ヶ所 Al Safra village は Al-Lith ダムサイトへ行く途中だったので立ち寄った。触れないくらい的高温で、流出している水量は少なく、毎分数リットルくらいに見えた。

2-4 気象・水文概要

(1) 気象状況

サウジアラビアは、乾燥国で国土の大部分が、年間降雨量が 100mm 未満である。しかし、今回の調査対象区域の南西地域では、比較的降雨量が多く、同国のなかでは自然条件に恵まれた貴重な区域となっている。

調査対象区域は紅海に沿った区域であり、北部の Hijas 山脈及びその南に続く Asir 山脈地域が北北西－南南東方向に縦断している。この山脈の西側は急傾斜が形成され、紅海からの湿った空気が上昇して急激に冷えることから、霧と降雨の発生が多くなる。一般的には 11 月から 5 月の間に降雨が多いが地区や年によって差があり、その他の月にも多雨になることもある。「サ」国では、雨期とか乾期という区分は通常使っていない。

南西地域の降雨量はアラビア半島の中では相対的に多いが、南西地域の内部でも相当の差があり、平均的には高度によって変化しており、低地から高地に向かって降雨量が増大している。概略的に言うと、海岸（紅海）に沿う平野では、年間降雨量が 100 mm 未満なのに対して、高度に伴って変化し、山脈地帯の特に標高が高い区域では 500 mm 以上に達している。そして山脈の内陸側（東側）斜面では、200 mm 未満に低下する。

降雨量に関して、参考として、記録を整理した表を以下に示す。

Riyadh 観測所（北緯 24° 42′、東経 46° 44′、標高 635m）の記録

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均/計
相対湿度	50	40	35	33	22	14	15	14	18	24	37	26	29
気温	14.1	16.5	20.6	25.9	32.1	34.5	35.8	35.6	32.8	27.3	20.8	15.6	26.0
降雨量	13.7	8.0	42.7	40.9	8.4	0.0	0.0	0.4	0.0	2.8	7.2	11.7	135.7

（記録期間：湿度；1961-1990、気温；1971-2000、降雨；1971-2000）

（単位：相対湿度%、気温℃、降雨量 mm）

調査対象区域の月別降雨量記録（単位：mm）

月	Al-Jeddah (Al Baha)	Najran	Sabia Jizan
1 月	43.6	0.6	5.4
2 月	18	0.8	3.4
3 月	29.7	2.5	10.7
4 月	49.1	0.3	9.9
5 月	20.7	2.1	6.5
6 月	4.1	2.6	14.7
7 月	5.1	0	0
8 月	12.9	3.5	4.4
9 月	2.3	14.9	4.9
10 月	11.9	10.2	4.4
11 月	23	2.4	4.2
12 月	26.9	1.5	4.9
計	247.3	41.4	73.4

（事前調査で MOWE から入手した各観測所の最近年までの記録の平均を整理）

また、気温、湿度については次のようになっている。

- 気温は標高が高くなるにつれて低下するが、12月には、山脈背面部は山脈高地部より低い。
- 夏期（特に7月、8月）の気温は、Riyadh、Jeddah、Jizan などでは、猛暑になり、最高気温は40℃を越える。一方、冬期（12月、1月頃）は、最低でもJeddahでは10℃を下回るようなことはなく、Jizanでは、20～30℃の間で過ごしやすい。
- 年間平均気温では、Jizanで約30℃、Al Bahaで約23℃、Abhaで約19℃、そしてNajranで約26℃程度である。長期間の気温記録では、平均的には25年間で0～2℃程度であるが上昇傾向にある。
- 山地部は、AbhaやAl Bahaなど、サウジアラビア国の避暑地となっている。夏期は少なくとも夜は涼しく、日中は30℃を越えるが猛暑は避けられる。一方冬は日中温暖で、夜は多少寒いくらいであり、場所によって時に0℃近くに下がることもあるという。
- 相対湿度は、紅海に面する海岸地帯の方が高く、山脈高地部へ向かって低くなる。但し、山脈背面部はさらに低下する。相対湿度は、夏期より冬期の方が高い。年間平均相対湿度では、Jizanで約70%、Al Bahaで約39%、Abhaで約57%、そしてNajranで約30%程度である。

なお、参考として、次のような情報もあった。

- 今年は全国的に急に降雨量が全国各地で増えている。
- サウジは大昔緑地が大部分だったが、氷河期を経て砂漠化した。しかし、気候変動で降雨量が多くなり、再び緑の大地になる日がくるという説がある。コーランでも予言されている。
- 事前調査期間中、「King orders Prayers for Rain in the Kingdom」という新聞記事を見て、その直後に広域に大雨が降ってきたので、まさかと思ったが、MOWEで聞いてみると、毎年のように雨乞いのお祈りをするように命令を出すのが、通常は効果がなくて、今回はめずらしく雨が降ったとのことであった。

(2) 河川流量

サウジアラビアでは、河川水位・流量観測所 (Stream gauging station) を Runoff gauging station と呼んでいる。3章において、水文モニタリング状況について説明するが、この Runoff gauging station は、1980年代（一部は1990年代）までは存在して観測していたが、それ以降は、観測されていない。最近年になって、一部でスタッフゲージによる観測を始めたが、流量は測っていないので、流量換算できない。従って最近の20年前後以上は、記録がほとんどないといっているほど乏しい。

従って、河川流量記録は、1980年代（一部は1990年代）以前の古い記録を参照しなければならないが、この記録は、MOWEによると、データベースとしては入力されていないとのことで、古いファイルから記録を取りだして入力して整理分析する必要がある。また、前出の2

－ 3 の河川・流域概要において説明したように、降雨量の多い南西地域においても、ほとんどの Wadi には、通常時は流水がなく、年間に数回しか発生しない降雨が一定以上あった時のみ、短時間又は数日間のみ流水が見られるだけである。従って、流量記録がある期間でも、流水がある時だけの記録になる。その点で、解析に使える記録がさらに限られることになる。

これまでに作成された調査・設計報告書の中に、その報告書が取り扱った Wadi における、水文観測データと解析が出ているものもあり参照出来るが、資料がすぐに探せるようには整備保管されていないので、時間を要する作業になるものとする。前出した「Representative Basins Study for Wadis: Yiba, Habawnah, Tablah, Liyyah, and Lith」では、次のような情報が得られる。

5つの Wadi の流出量（報告書のデータから算定）

Wadi	流出量 (MCM)	流域面積 (km ²)	平均流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/100km ²)
Yiba	19.7	2830	0.62	0.022
Habawnah	30.7	4930	0.97	0.020
Tabalah	22.2	1900	0.70	0.037
Liyyah	12.5	456	0.40	0.087
Lith	16.1	3079	0.51	0.017

参考に、比流量は、我が国の河川と比べれば、平均的に 3～4 m³/s/100k m² くらいなので、降雨量の差も大きい、それ以上に実に低いということが分かる。砂漠・半砂漠地帯を貫流するアフリカのナイル川 (0.09 m³/s/100km²)、ニジェール川 (0.64 m³/s/100km²) などと比較しても、かなり低いことが分かる。

5つの Wadi 流域の流出状況（報告書の解析結果より、単位：MCM/Year）

項目	Yiba	Habawnah	Tabalah	Liyyah	Lith
降雨量	982.0	695.7	346.7	134.6	583.2
蒸発散など	962.3	665.0	324.5	122.1	567.1
有効雨量	19.7	30.7	22.2	12.5	16.1
有効雨量内訳					
表流水流出	8.4	8.4	9.6	4.3	2.3
地下水流出	0.4	1.7	1.1	0.4	0.4
流出後蒸発	10.8	3.0	4.2	7.8	12.9
水利用など	0.1	17.6	7.3	0	0.5

上表から、降雨量に対する Wadi への表流水流出量の割合は、次のようになる。

項目	Yiba	Habawnah	Tabalah	Liyyah	Lith
流出率 %	0.8	1.2	2.8	3.2	0.4

つまり、降雨量のうち表流水として流出するのは、0.4～2.8 % しかないということになる。

参考に、内陸の乾燥地域を除く世界の陸地の平均的な流出率は、40 %くらい、日本で 67 % くらい、米国で 40 %くらいである。砂漠・半砂漠地帯を貫流するアフリカのナイル川(6 %)、ニジェール川(16 %)などと比較しても、かなり低いことが分かる。(注：流出率は、文献によって数字が多少異なる。)

上記の表の数字は、調査による分析結果であり、使用するデータや解析方法によって、結果の差は出てくるが、大きな誤差はないと想定すると、南西地域では、降雨量が比較的多いとはいっても、Wadi に流出する量がいかに少ないか分かる。

2-5 地質・水理地質概要

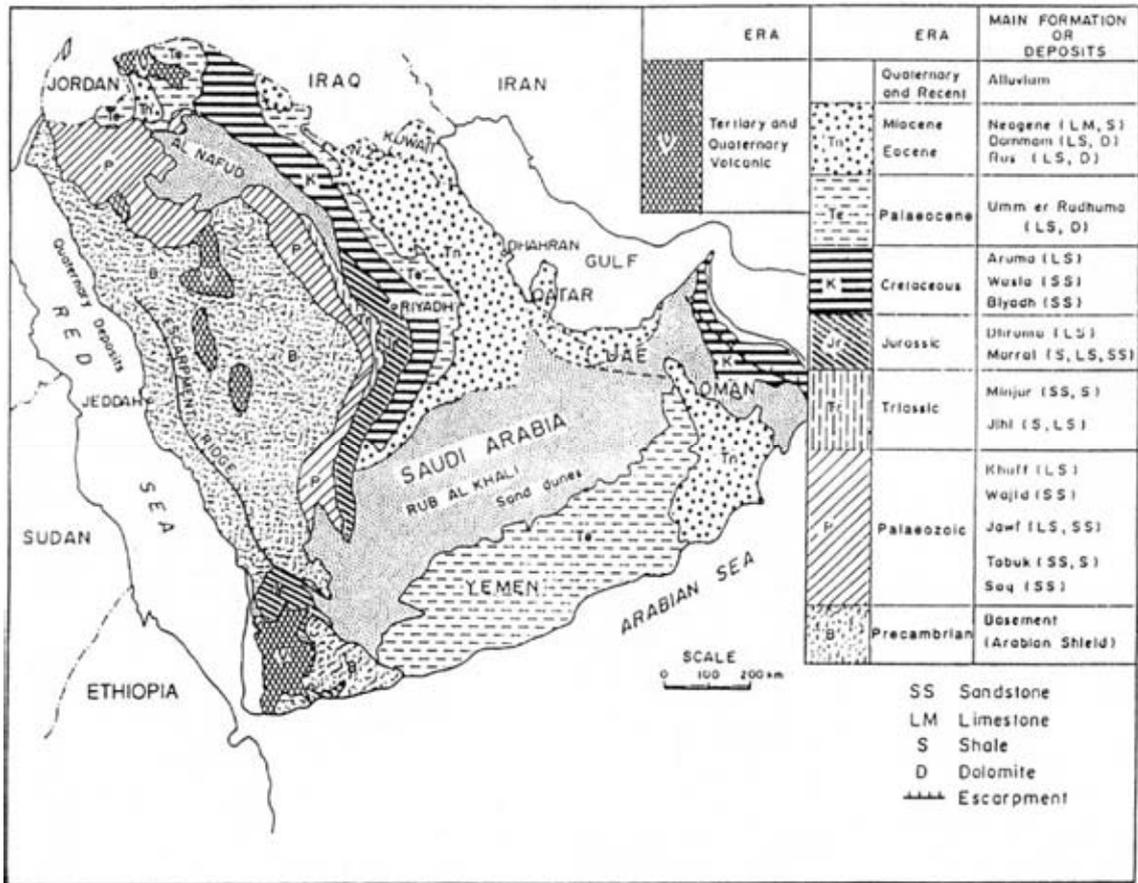
調査対象地域を南北に伸びる Asir 山脈は Arabian Shield と呼ばれる先カンブリア紀の基盤岩類によって形成されている。基盤岩類は花崗閃緑岩、斑レイ岩等の深成岩や片岩、片麻岩等の変成岩によって構成されており、主に南北方向に走る断層によって縦横に細区分されている。地下水は断層に伴う破碎帯に裂隙水として存在しているものと考えられる。

降雨の多くは基盤岩類に浸透できず、地表流となって斜面を流れ溪谷に流出するが、Wadi に流入すると伏流水となって河床内を流下し、河道を流れるような洪水はまれにしか起きない。

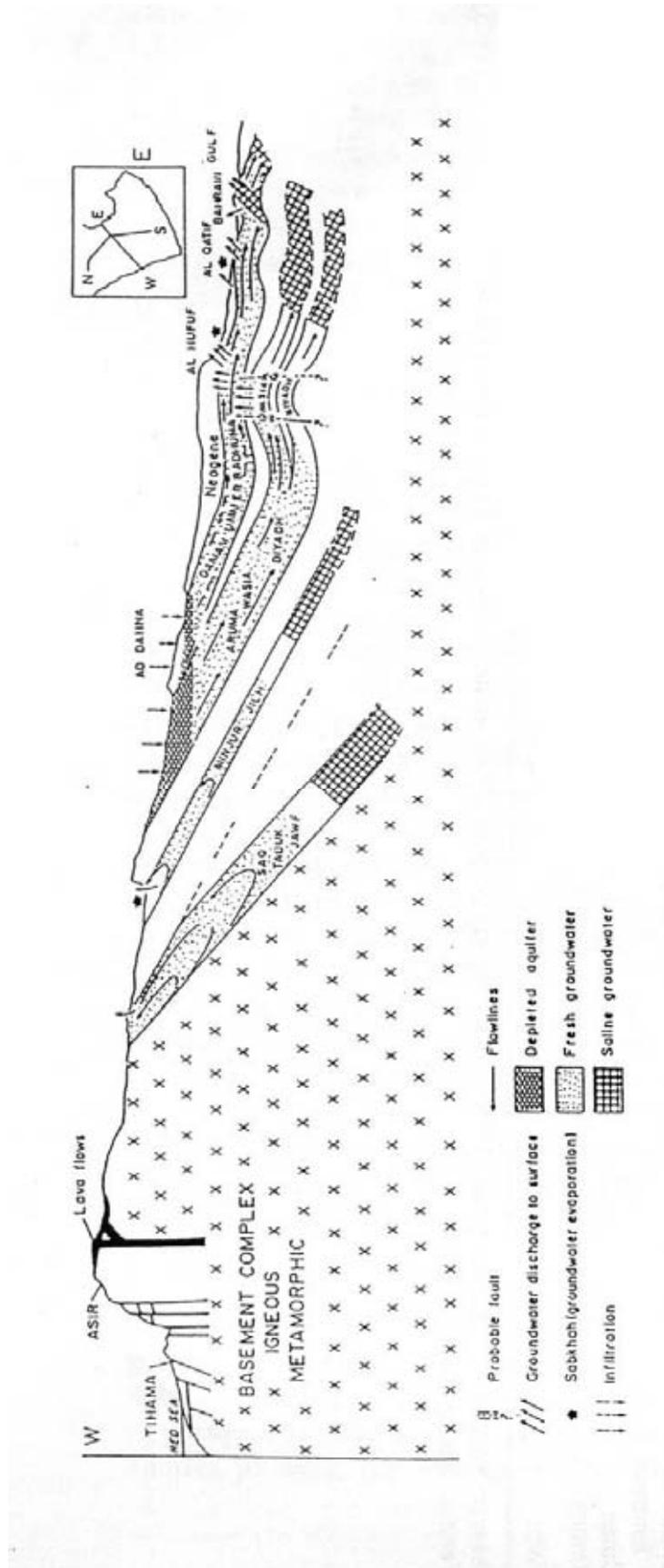
紅海沿いは Tihama と呼ばれる海岸平野であり、Wadi 沿いは沖積層、Wadi と Wadi の間は砂丘等に由来する風積層で占められている。また、Jizan 州の山麓部や Makkah 州 Wadi Haliy 地方には第 3 紀から第 4 紀にかけて起きた Red Sea Uplift と呼ばれる地殻変動に由来する玄武岩がシート状に分布している。過剰揚水により塩水浸入が起こりうる地質環境であるが、現在のところ地下水の水質は良好であり、Jizan 周辺では電気伝導度は 600-1000 μ S/cm である。

Asir 山脈の東側は西側に較べると勾配がゆるく斜面は内陸高原(標高約 1000-1200m)に至っている。Wadi の流路は主に断層に沿って流れ、下流では川幅が数百 m から場所によっては数 km に及ぶものがあるが、内陸高原で扇状地を形成し消失している。この地方の内陸高原には Arabian Shelf と呼ばれる堆積岩層群のうち最も古い古生代の Wajid 砂岩層が分布しており、有力な帯水層であるが、未だほとんど開発されていない。Najran の新設井戸群はこの Wajid 砂岩層を水源としている。現在、GTZ によりこの地方(Asir 州東部と Najran 州全域)の水資源調査が実施されている。

アラビア半島の地質図と模式断面図を各々以下に示す。



アラビア半島の地質図 (Modified after MAW 1984)



模式地質断面図 (After MAW 1984)

表 2-1 Wadi 流域リスト

流域仮番号	河川名	州/Yemen	流域面積	代表GSサイト		主な市町村
				流域面積	流量	
1	Wadi al Oahah	Makkah, +1				Masturah
2		Makkah, +1				Rabian
3		Makkah				Jabal Tarwab
4		Makkah				Kufayyah
5	Wadi Siarah	Makkah				Oadimah
6	Wadi Murwa	Makkah				Khulay
7		Makkah				Al Kura
8	Wadi Famah/Wadi Hawah	Makkah				Jiddah/Makka/At Taif
9	Wadi Lamiam (Sadiyah)	Makkah	1303			
10	Wadi al Lith	Makkah	3079	2672 km ² (SA No.418)	11.4 MCM/year	Al Lith
11		Makkah				
12	Wadi Ash Shaqah Ash Shamiya(Halyah)	Makkah				Hamdanah
13	Wadi Ash Shaqah Al Yamaniya (Iliyab)	Makkah, Al-Baha	1590			
14	Wadi Dawqah	Makkah, Al-Baha				Dawqah
15		Makkah, Al-Baha				Al Muzailit
16	Wadi Nawan/Al Ahsabah	Makkah, Al-Baha				Bani Sharfa
17	Wadi Qanunah	Makkah	2310			Al Qunfudhah
18	Wadi Yaba (Yiba)	Makkah, Asir	2830	2305 km ² (SA No.423)	10.1 MCM/year	Quz/Sahwah
19	Wadi Hali	Makkah, Asir	4576			Muraybi/Musabih
20		Makkah				
21		Makkah, Asir				
22		Jizan, Asir				Mahduwah/Ibn Hadi
23		Jizan, Asir				Ash Shuqay
24	Wadi Iiwad	Jizan, Asir				Abha
25		Jizan, Asir				
26		Jizan				
27	Wadi Baysh	Jizan, Asir, Yemen				Umm al Khashab
28		Jizan				Qadah
29	Wadi Damad	Jizan, Yemen	1000			Damad
30		Jizan, Yemen				Jizan
31		Jizan, Yemen				Al Madaya
32	Wadi Khulab	Jizan, Yemen	744			Juba
33	Wadi Liyyah	Jizan, Yemen	456	392 km ² (SA No.425)	8.5 MCM/year	Al Jaradiyah
A	Wadi Ranyah	Jizan	3290			
B	Wadi Tabalah/Bishah	Al-Baha, Asir	1900			Thaniyah
C	Wadi Tarj	Asir	3570			
D	Wadi Tathlith	Asir	3800			
E	Wadi Habawnah	Asi, Najran	4930	4930 km ² (SA No.407)	21.1 MCM/year	Al Jafa
F	Wadi Najran	Asi, Najran, Yemen	4530			Sa dah (Yemen)

注記:

流域区分とその流域仮番号は、添付図の通りである。

上の表は、流域の概要を分かる範囲で整理したものである。

流域が位置する州については概略であり、部分的な誤差はある可能性がある。

流域仮番号: 1～33は、海岸線に沿う流域で北から南へ、A～Fは、Asir山脈の東側の既存調査流域で北から南へ

流域は、地図で見る河川/Wadi から境界区分した。但し、報告書にある添付図から部分修正。

但し、下流域で河道が不明確になって伏流しているような流域では、河口部を幅広く区分した。

Asir山脈の東側の明確な流域区分は不可能である。

また末端が不明確なWadiであり海岸部のように河口での流域区分は出来ない。既存調査流域区分のみ示した。

河川/Wadiの流路は、使った地図と報告書にある部分的な拡大図では違いがある。

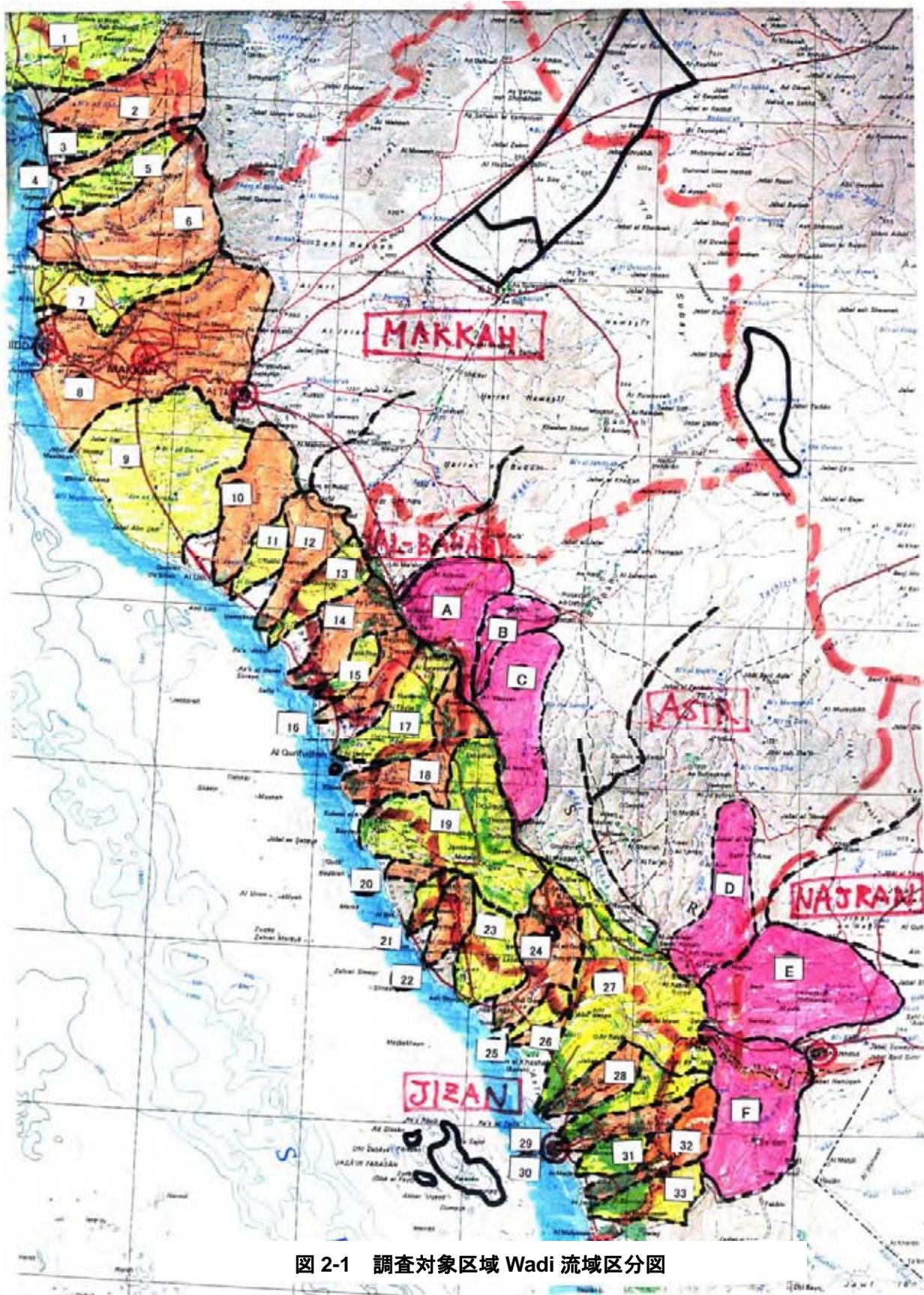


图 2-1 调查对象区域 Wadi 流域区分图

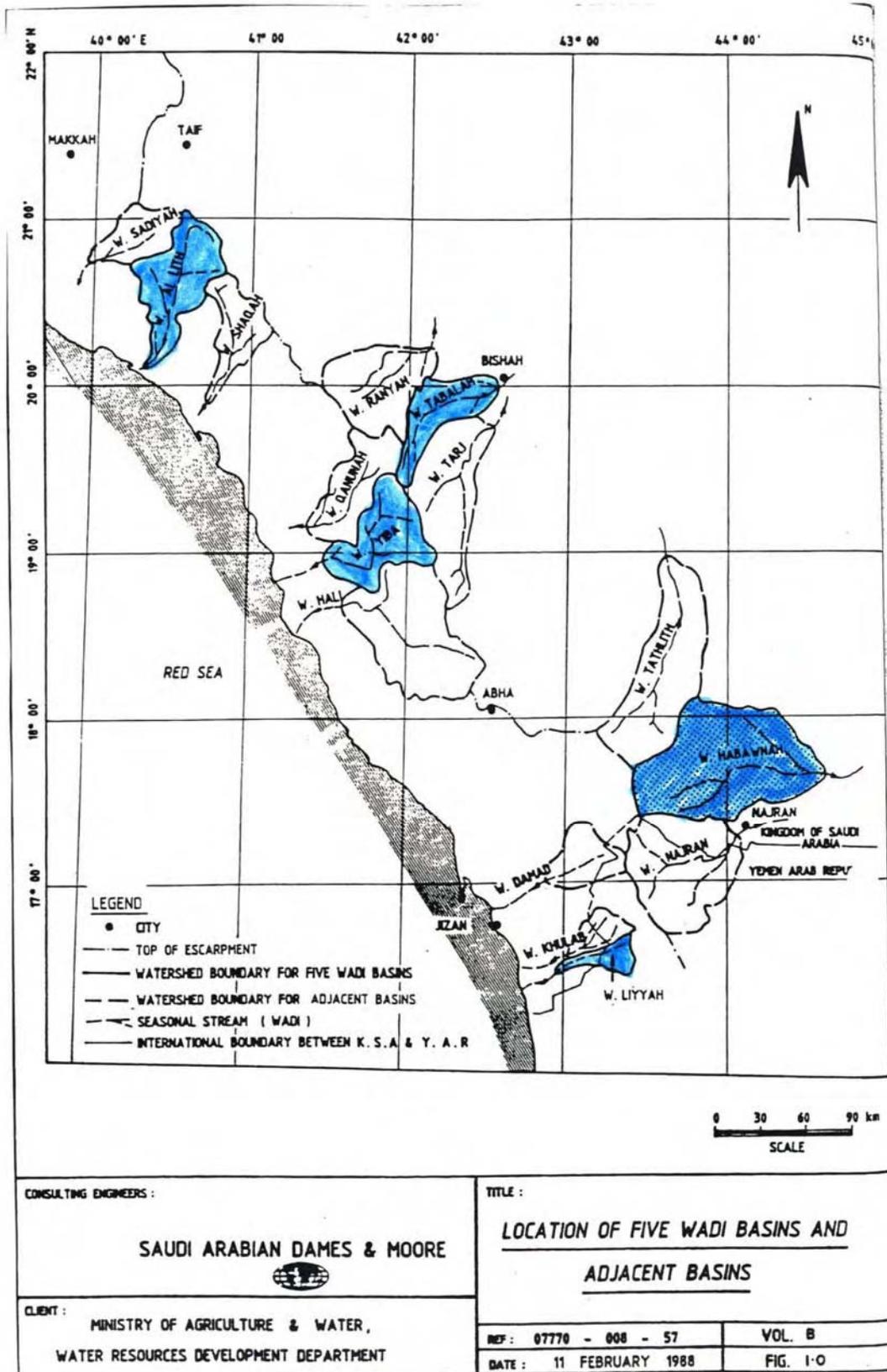


図 2-2 Five Wadi 流域の位置図

第3章 水資源開発・管理分野の現状と課題

3-1 水管理関連政策、法令、計画等

第8次国家開発計画（2005年から2009年までの5カ年計画）が、サウジアラビア国の水管理の政策及び基本計画である。第7次国家開発計画（2000年から2005年まで）の結果を受けて作成されており、全部で34章から構成されている。その内、今回のJICA調査に比較的關係があると思われるのは、次のような章である。

1. The National Economy during the Seventh Development Plan
2. Directions of the Eight Development Plan
3. The Long Term Strategy of the Saudi Economy
4. The National Economy in the Eighth Development Plan
9. Population and Standard of Living
10. Regional Development
11. Construction
12. Environment and Sustainable Development
15. Financial Services
23. Water
26. Agriculture
30. Municipal and rural Affaires
33. Statistical Data and information Services
34. Methodology of the Eighth Development Plan

この中で、「23. Water」が最も重要な章であり、次のSectionから構成されている。

- 23.1 Introduction
- 23.2 Present Condition
- 23.3 Issues and Challenges
- 23.4 The Role of the Private Sector
- 23.5 Water demand Forecast
- 23.6 Future Vision
- 23.7 Development Strategy
- 23.8 Financial Requirement

この第23章の中には、多くの基本的な参考情報が含まれている。例えば、「国家の水資源については、20年以上前に実施された調査をアップデートする総合的な調査を行う」「再生不可能な水資源に頼ることを早急に減らすことが必要」などである。また、再生可能水資源としての表流水、塩水淡水化、下水再生利用、農業用水再利用などを総合的に開発管理していくという方向性を出している。さらには、農業及び上水の使用に対しての節水・効率化や、水使用料金の見直し、組織・制度の改善なども視野にいれて、将来的に持続できる水収支の均衡を図ることを目指していることが分かる。

水資源開発・管理に関しての長期計画は作成されていない。サウジアラビア国でのやり方として、長期の水需要予測に基づく開発計画を立案し、その計画に基づいてプロジェクトを実施していくというやり方はとっていない。不足が見られた場合に、当面の不足を解消するための計画を立てて実施していくというやり方である。それも、最近年のように、財務的に予算が確保出来るという条件を満足してから実施している。長期計画を立てても、需要や経済状況は変動するのでむしろ現実的なやり方ともいえる。

MOWE 本部においては、水資源開発・管理に関しての長期計画は策定していないという説明があったが、各州ではどうなのかということをご各々で質問した。基本的には本部と同じであり、州によって説明の仕方は多少異なったが、次のような回答であった。

- 州単位の水資源開発の長期計画はない。
- 将来計画は、州の開発を含めて、本部が立案するものと理解している。
- 当面実施されるプロジェクトも、州ではなく、ダム、井戸、給水、下水などの調査・計画・設計・建設は本部の担当である。但し、上下水道に関しては、計画・設計・建設・管理が州に任される場合もあり、増えている。
- 建設後の運転維持管理については、基本的には既存の古いダムは州が担当しているが、新規ダムは本部が担当する。井戸開発計画も同様である。上下水道に関しては、基本的には州に任される。

計画や実施に関して、隣接する州との調整や協議は行っていない。何か必要があれば、Ministry of Interior が調整するものと考えている。また、イエメンに跨る流域もあるが、計画等に関して、これまでに協議や調整をしたことはないとのことである。

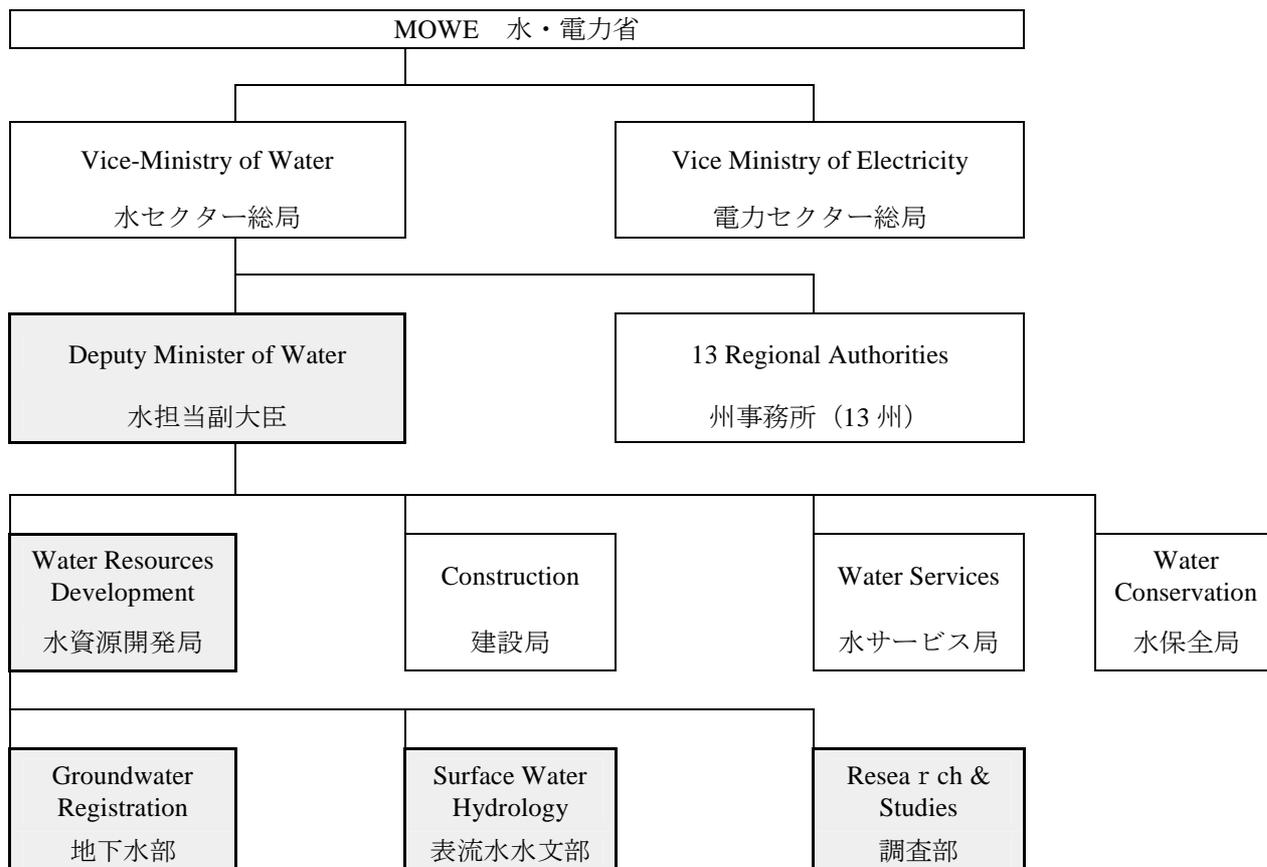
3-2 水管理関連組織

(1) 水・電力省

水・電力省 (MOWE) は、Ministry of Agriculture & Water (農業・水資源省、MOAW) から分離した Water 部門と、別の Ministry に属していた電力部門が合体した省である。正式な時期を調べてもらったところ、2002年9月16日 (イスラム暦で、1423年7月9日) とのことであった。(注：政府機関での文書の正式記録は、イスラム暦になっており、西暦での年月日は、コンピュータで調べないとすぐは分からないようだ)

水力発電は全くないのに、何故水資源と電力が同じ省になったかという理由は、サウジアラビアの水資源の主要な水源の一つが海水淡水化であり、この淡水化施設には、火力発電所が一体となって建設されているからである。なお、MOAW の時には、Water 部門は存在感の小さい組織であり活動は貧弱だったとのことである。

MOWE の組織図を次図に示す。



水・電力省 (MOWE) 組織図

(注：大臣直属の秘書室、委員会など、財務・業務関係の部局は省略)

(注：技術関係では本格調査に特に関係がある部局のみ示す)

この中で、Deputy Minister of Water が、水資源開発・管理の代表責任者であり、この下に、水資源開発、建設、水サービス、水の保全（節水）の4局がある。今回の調査に関しては、水資源開発局が担当であり、地下水部、表流水・水文部、調査部がある。一つの部は、10～20人程度の部員から構成されている。

一方、MOWE は各州に Regional Office がある。各州訪問の際には、組織図（アラビア語）を渡された州もあるが、基本的には口頭で概略の説明を受けた。各州の組織の概要を以下に示す。但し、説明されたものをメモ書きしたもので不明瞭・不十分な点もあり、概略の参考として示しておくものとする。

Abha Regional Office

次のような部課から構成されている。

- Operation & maintenance Department (4 sections)
 - Wells and Dams (Hydrology も担当)

- Pipeline Networks
 - (Energy & Water Consumption) Conservation control
- Project Department
- Finance & Administration Department

Najran Regional Office

大きくは Water 部門と Electricity 部門に分かれているが、Water 部門について口頭での概要説明があった。

- Technical Department
 - Study/Project Section
 - Maintenance Section
 - Sewage System Section
- Water Services Department
 - Geology Section
 - Hydrology Section
 - Dam Section
 - Rural Water Project section
 - Water truck section
- Finance & Administration Department
- Two Branch Offices

Jizan Regional Office

Regional Office の技術者としては、Civil Engineer が DG を含めて 4 人、Mechanical engineer が 5 人、Chemical が 2 人、Geologist が 2 人、Hydrologist が 1 人とのこと。

DG の下、組織構成は次の通りである。

- Project Department
 - Dam Section
 - Water Supply Section
 - Sewage System Section
- Financial/Administration Department
- Water Conservation Department
- Public Relations Department
- Tank Truck Department
- Study Department
- Maintenance Department
- Training Department
- Transportation Department
- Land Department

Makkah Regional Office

5つの州の中で、人口的な規模で最も大きな州である。MOWE の Regional office 職員数は、担当部へ行って調べないとよく分からないそうだが、Jeddah, Makkah, Taif の3つの District Office を含めて、200人くらいという。そのうち、Engineer は10%以下とのことであった。DGの下、組織構成は次の通りである。

- Technical Department
 - Study Section
 - Contract Section
 - Water Section
 - Architecture Section
 - Others
- Maintenance Department
- (Office) Management/Planning Department
- Finance & Administration Department
- Security Department
- Three District Offices

Al-Baha Regional Office

Regular staff は州全体で約100名、そのうち Engineer や Technical specialist は10人以下とのことであった。DGの下、組織構成は次の通りである。

- Water Conservation Department
- Study for Water Department
- Maintenance Department
- Project Department
- Computer Department
- Tank Truck Department
- Land Registration Department
- Security Department
- Finance & Administration Department
- Public Relations Department
- Document Department
- Five District Offices

(2) その他の関連組織

水資源開発・管理に関して、JICA 本格調査でも関わりのあるその他の主な組織は、MOA (Ministry of Agriculture:農業省)、SGS (Saudi Geological Survey : サウジ地質調査所)、SWCC (Saline Water Conversion Corporation:塩水淡水化公社)、PME (Presidency of Meteorology and Environment : 気象・環境統轄会議/庁) である。その他にも、Ministry of Municipality and Rural

Affaires, Ministry of Planning and Economy, Ministry of Interior など 係わりのある機関は少ないと思われる。PME については、5 章（環境予備調査）で扱うので、ここでは、MOA、SGS、及び SWCC に関して、組織概要を示す。

MOA (Ministry of Agriculture) : 農業省

MOWE の説明にあった通り、Ministry of Agriculture & Water (MOAW) から Water 部門が分離され残った本体である。つまり 2002 年 9 月に改編された省ということになる。サウジアラビア国の水使用量の 80%以上が農業用であることから、調査において重要な機関となる。MOA の組織図から、主要な部は、次の 6 部と 13 の州にある Regional Office である。

- Administration/Financial Department
- Land Department
- Fishery Department
- Animal Resources Department
- Agricultural Development Research Department
- Agriculture Department

Irrigation Department は、その他のいくつかの部課と同様に上記の部とは独立してあるが、比較的小さい組織となっている。従って、一般の他国の農業関連省と違って、灌漑部門の存在が比較的小さいことが注目される。灌漑部を訪問した際の感じでも、活動的な様子は見えなかった。また、MOAW の時から灌漑部門は存在感が小さかったと聞いた。このことから、サウジアラビアでは、農業用水量が多い割に、灌漑プロジェクトは少ないという実態が見える。但し、今後は、下水再生利用による灌漑が増えると、灌漑部門の存在感も大きくなっていくことが考えられる。

SGS (Saudi Geological Survey) : サウジ地質調査所

今の SGS は 2000 年に設立されたが、1965 年からの調査実績がある。SGS には、約 800 人の職員がいて、約 300 人が技術職で、そのうち 15 人くらいが Hydrology。Jeddah がメインオフィスで、650 人いる。SGS の組織図は、代表者 (President) の Secretary 的なセクションを別にして、主要な 7 部がある。

- Mining Development Department
- Geo-hazards Department
- Geological Research & Studies Department
- General Administration for Information & technical Support Department
- General Administration for Administration & Financial Affaires Department
- Mineral Exploration Department
- Geological Survey Department

SWCC (Saline Water Conversion Corporation) : 塩水淡水化公社

サウジアラビアで塩水淡水化が始まったのは1928年にさかのぼるが、SWCCは、昨年末現在で、34年間の活動実績がある。サウジアラビア国の塩水淡水化施設容量は世界一（2005年現在で世界の約18%）であるが、この施設の計画、設計、建設、運転・維持・管理を取り仕切っている。塩水淡水化施設には、豊富な石油資源を有効利用した発電所も建設され、淡水化施設利用で余った電力は、電力の需要地へ送電している。従って、非常に利益の大きい機関である。そのことから、現在までは政府機関であるが、何とか民営化を図ろうとしている。SWCCの組織図は、代表者（Governor）のSecretary的なセクションを別にして、次のような主要な3局と7部がある。

- Deputy Governor for Projects & Technical Affaires
- Deputy Governor for Operation & Maintenance
- Director for Administration & Financial Affaires
- Planning & Budget Department
- Computer Information Department
- Research & Development Department
- Public & Industrial Relations Department
- Industrial Security Department
- General Superintendent Department
- Legal Department

3-3 水需給状況

(1) 水需要

水需要に対しては、サウジアラビア国全体での実績及び予測が下表のようになっている。

サウジアラビアの水需要・使用量（1997年作成）

Year	Domestic & Industrial		Agricultural		Total (100%)
	MCM	%	MCM	%	
1980	502 MCM	21.3 %	1850 MCM	78.70 %	2352 MCM
1990	1650 MCM	6.06 %	25589 MCM	93.94 %	27239 MCM
1992	1987 MCM	5.90 %	29826 MCM	94.10 %	31696 MCM
1997	2063 MCM	11.17 %	16406 MCM	88.83 %	18469 MCM
2000 予測	2900 MCM	20.57 %	11200 MCM	79.43 %	14100 MCM
2010 予測	3600 MCM	19.67 %	14700 MCM	80.33 %	18300 MCM

(1997年にDabbagh & Abderrahmanによって作成されたデータ、予測はMinistry of Planning資料から)

サウジアラビアの水需要・使用量（第8次国家開発計画より）

Year	Domestic & Industrial		Agricultural		Total (100%)
	MCM	%	MCM	%	
2004	2740 MCM	13 %	17530 MCM	87%	20270 MCM
2009 予測	3170 MCM	17 %	15090 MCM	83%	18260 MCM

10年前に作成された上表は、それまでの実績の変化が見られると共に、当時の将来予測が、

最近のデータと比べてどのように違っているか比較できる。中間での予測は誤差が大きかったようであるが、2010年の需要予測は、2009年を予測した最近の予測数字にかなり近い。

上表に対して、今回の事前調査では、MOWEから次のような表を入手した。

サウジアラビアの水使用量 (MOWE 最新資料)

Year	Domestic & Industrial		Agricultural		Total (100%)
	MCM	%	MCM	%	
1985	1200 MCM	13.9 %	7400 MCM	86.1 %	8600 MCM
1990	1650 MCM	10.2 %	14580 MCM	89.8 %	16230 MCM
1995	1800 MCM	10.9 %	16400 MCM	89.1 %	18200 MCM
2000	2800 MCM	16.0 %	14700 MCM	84.0 %	17500 MCM
2005	2740 MCM	13.5 %	17530 MCM	86.5 %	20270 MCM

各表は、同じ年の場合は、同じ数字であるべきであるが、特に農業用水の実績使用量に関しては、資料によって大きな差がある。これについては、詳しく調査しないとその原因は分からないが、算定の仕方や、データソースによって数字が異なる場合があるということに注意が必要である。今回はサウジアラビア国全体の調査ではないので、全体的な状況把握程度でよいと考える。

サウジアラビア国の全体の水需要は、1995年から農業用水の使用量が大幅に減少してきていることもあり、減少傾向にあり、今後も当面は続くと想定されている。例えば、2004年の水需要合計 20,270MCM は、2009年には 18,260MCM となると予測されている。これは、生活用水需要が、年平均 2.7%、工業用水需要が、年平均 3.8%増加するのに対して、農業用水が年平均 3%減少すると見込まれているからである。

水需要の目的別割合は次のようになっている。

サウジアラビア国の水需要の目的別割合 (%)

区分	2004年	2009年予測
生活用水	10	13
工業用水	3	4
農業用水	86	83

注：第8次国家開発計画の数値から計算

農業用水の割合は、次第に減る傾向にあるが、8割以上である。農業用水の使用量が減少してきているその原因は、農作物の作付け変換が進んでいることである。特に水の使用量の大きい Wheat と barley の耕作から、他の作物に転換したことによる影響が大きい。

Demand Projection については、国全体での数字はでていないが、この内訳と根拠に関しては不明確である。農業用水の需要量については、生産量などから換算した概算であろうと思われる。

調査対象区域の水需要については、本部では分からず各州で分かるはずと言われたので、各州の MOWE の Regional Office を訪問した際に質問した。しかし、各州とも、基本的にはほぼ

同じ回答で、「現在の需要については具体的に算定していないし、将来予測もしていない」というものであった。各州でのその他の説明として、次のようなものがあった。

- Abha 州では、農業用水の使用が 80% 占めると想定するが、担当機関が違うので具体的な詳細は分からない。
- Najran 州では、水の需要・使用量に関しては、各井戸（但し Private 用は除く）にメーターを設置して計測しているが、具体的な算定はしていない。また、水需要の信頼出来る数字はないが、85%が農業、10%が上水、その他 5%というところと思われる。この州には、特に大きな Industry はない。将来の予測も分からない。
- Makkah 州の現在の生活用水の需要概算をすると、人口約 530 万人×250 LPCD=約 1.3 MCM/day。
- Al Baha 州の、農業と上水の使用量がどのくらいの比率になるのかは分からない。例えば、上水用のダムでも、必要に応じて農業用に放水することもあるので算定は難しい。

(2) 水収支及び水供給状況

国全体の水供給状況

まず、サウジアラビア国全体の水供給源は、下表のようになっている。

サウジアラビアの水供給源

水源	1990		1992		1997	
	量 (MCM)	割合 (%)	量 (MCM)	割合 (%)	量 (MCM)	割合 (%)
排水処理水	110 MCM	0.7 %	185 MCM	0.6 %	185 MCM	1.0 %
塩水淡水化	540 MCM	3.0 %	795 MCM	2.0 %	795 MCM	4.0 %
表流水/浅井戸	2100 MCM	13.0 %	2140 MCM	7.0 %	2140 MCM	12.0 %
深層地下水	24489 MCM	83.0 %	28576 MCM	90.0 %	15376 MCM	83.0 %
計	27239 MCM	100.0 %	31696 MCM	100.0 %	18496 MCM	100.0 %

(1997 年に Ministry of Planning 資料 (1992) を基に Dabbagh & Abderrahman によって作成されたデータ)

上表に対して、今回の事前調査では、MOWE から次のような表を入手した。

サウジアラビアの水使用量 (MOWE 最新資料)

Year	Renewable	Non-renewable groundwater	Desalinated water	Reclaimed wastewater	Total (100%)
1985	1850 MCM	6320 MCM	300 MCM	100 MCM	8600 MCM
1990	2100 MCM	13480 MCM	540 MCM	110 MCM	16230 MCM
1995	2500 MCM	14836 MCM	714 MCM	150 MCM	18200 MCM
2000	3000 MCM	13040 MCM	1150 MCM	310 MCM	17500 MCM
2005	8000 MCM	10940 MCM	1170 MCM	160 MCM	20270 MCM

また、第 8 次国家開発計画では次のようなデータが示されている

サウジアラビアの水需要・使用量（第8次国家開発計画より）

水源	2004	2009 予測
再生可能（表流水及び地下水）	5410	5730
再生可能（地下水）	1090	1170
再生不可能（地下水）	12400	9270
塩水淡水化	1070	1650
廃水再生水	260	380
農業用水再利用	40	60
計	20270	18260

（単位：MCM）

また、参考として、過去の調査報告書（Freshwater Resources in Arid Lands（1996））に出
ていた参考データも示しておく。

サウジアラビア国の人口（百万人）

1950	1970	1990	2000	2025
3.201	7.740	14.870	20.667	40.426

サウジアラビア国の水資源（1995 Report）

面積	2,149,690	Km ²
平均雨量	33 - 550	mm
流出量	2,320	MCM
浅層地下水貯留量	84,000	mm
流出利用量	900	MCM
地下水涵養量	3,850	MCM
地下水利用量	14,430	MCM
塩水淡水化量	795	MCM
排水再利用量	217	MCM

サウジアラビア国の塩水淡水化（2000）

施設容量	Domestic/Industrial Demand	施設容量/Demand Ratio
1,289 MCM	2,900 MCM	44 %

サウジアラビア国の分野別水需要割合（MCM）

年	Domestic	Agricultural	Industrial	計
1990	1,508	14,600	192	16,300
2000	2,350	15,000	415	17,765
2025	6,450	16,300	1,450	24,200

サウジアラビア国の分野別水需要割合（%）

年	Domestic	Agricultural	Industrial
1990	9.3	89.6	1.2
2000	13.2	84.4	2.3
2025	26.7	67.4	6.0

調査対象区域の水供給状況

調査対象区域の水供給と収支状況については、各州個別に次のようになっている。水収支には、流域内でのバランスという視点もあるが、各州では、流域を越えた広域での水源開発と供給をしている。

① Abha 州

Abha 州が使っている水源施設には現在次のようなものがある。

- Desalinated water (main source) : 100,000m³/day (州外から)
- Wells: approx 200 locations (Outside of city) ; 20,000 m³/day
- 65 dams at present: 370MCM (including Bisha dam 325MCM)
- 40 dams to be constructed within 2 years : 150MCM

将来の水源施設としては、次のものが建設中または建設予定で、当面は需要を満足するようになるが、その後の需要増に対しては具体的な検討はしていないが、不足することになると思われる。

- Purification plant (Asir) : 40,000 m³/day
- 2nd stage desalination plant (州外から)

その他に次のような情報があった。

- 給水車のほとんどは Private company: Asir 州に 2000 台くらい、Abha に 400 台くらい。
- 建設中の地下ダム計画が完了すると、30,000 - 35,000m³/day 供給見込み。

② Najran 州

Najran 州では次のような情報があった。

- ダムは現在 Najran dam をはじめとして 6 ヶ所あり、11 ヶ所が建設中又は建設予定であるが、全て Recharge 用である。多くが小規模。
- Najran の水源は 100%が Well となっている。明確な割合の数字はないが、Shallow well が大部分で、深層地下水からの井戸は、シャローラ地区など東部の区域に限られている。
- Najran 渓谷の Wadi には以前 (30~40 年前まで) は (洪水時以外でも) 流水があった。地下水水位も、30 年前は、地表から 18m 位であったが、現在は深くなり、特に市の東側では 70m 位に下がっている所もある。灌漑用に取水が多くなった結果と思われる。
- 州の中で Najran 渓谷でのポテンシャルが特に大きい。北部で小さい谷があるが、他の地域では浅井戸開発のポテンシャルは小さい。

③ Jizan 州

Jizan 州では次のような情報があった。

- 最近の2年前以前は、プロジェクトの実施はない期間が続いたので、施設が老朽化している。例えば、現在の給水管は古くて漏水が多く、現在調査中であるが、まず40%以上である。
- 水需給に関しては、Studyしていない。現在は、不足状況にあるが、現在建設中の施設が完成すれば、当面は間に合うものと考えている。但し、将来の需要増には、さらなる開発は必要とも考えている。
- 農業用水の使用割合が圧倒的に多いが、数量的には把握していない。
- Jizan の Domestic 用水はすべて地下水から（但し、沖にある島のみデサリ）。
- 地下水は、一部地域除き、Drinking 用ではない、飲料水は、浄化した水を売っているので、ボトル（を持って行って）購入するのが一般的。
- 各戸に1~2m³のタンクある。パイプ給水の出来る地区では、2,3日に1度の給水なので、足りない場合は、給水車からタンクへ貯水。

④ Makkah 州

Makkah 州では次のような情報があつた。

- サウジの第2の大都市である Jeddah 用には現在3つの水源がある。
 - Jeddah Desalination plant (400,000m³/day)
 - Al Shoaibah Desalination plant (230,000m³/day) *
 - Wells in Khulais and in Wadi Fatimah with dam (5~6,000m³/day) **

*:not total capacity of plant, but capacity for Jeddah district
 **:Not constant
- Water demand については、信頼ある計算は難しい。Water tariff によって、大きく代わるからである。現在の給水使用量は、140 l/day/人程度と思うが、感覚的に需要としては160~200 l/day/人程度と考えている。将来の Water demand も分からない。
- Water demand control を今後も実施していく予定。節水キャンペーン、節水機器の配布、Tariff の調整（上げるとは表現しにくいとのこと）などである。
- 現在の給水は、各地区で数日間に1回（1日）であり、各戸で水タンクを設置している。当然住民からのクレームは少なくない。
- 無収水（UFW）の割合は非常に大きい。現在調査中であるが、50%程度と想定している。漏水率は30~40%程度とみている。
- 節水セットを各戸に無料配布しており、これをつけると約30%節水できる。但し、つけるのは強制ではない。
- Wadi Fatima と Wadi Khulais の井戸群より Wadi Lith 近くの町と Jeddah へ送水、Max 35,000m³/day だが、現在は水量不足で7,000-8,000m³/day 程度。
- 現在の供給能力は、60%位で40%不足している。但し、現在2つのプラント（一つは

Jeddah Desalination plant (700,000m³/day)) が建設中で、それが完成すると当面は不足しない。

⑤ Al Baha 州

Al Baha 州では次のような情報があった。

- Al-Baha 州の水源は主として、次の2ヶ所（システム）である。
 - Al-Agige dam（浄水場あり）及び Al-Agige 地区井戸からの送水システム（15,000m³/day 程度）
 - Arada 井戸群（20ヶ所）からの送水システム（20,000～40,000 m³/day）
- 両システムは、Shahba 貯水池へ送水され、そこから Al Baha 市他各所へ送られる。但し、現在給水の Pipeline network はなく、すべて給水車で給水される。
- 他に、村単位の小規模井戸開発プロジェクト（73ヶ所）がある。しかし、村単位でも Pipeline ではない。Desalinated water はない。水質的には、全体の70%以上は、飲料水として問題ない。
- 現在建設中又は計画中の水源及び給水施設状況
現在3ヶ所以上でダムを建設中である。そのうち、Arada dam が大きく、現在の Arada 井戸群の容量を増大させることになる。新たな井戸開発の計画は現在ない。Desalinated water が Jeddah 近くの工場の拡張で、Taif を通って送水される計画がある（40,000m³/day）。2010年頃には完成する見込み。また、上水の Pipeline network の工事も、まもなく開始される予定。

3-4 上水・下水・灌漑施設状況

(1) 上・下水施設

サウジアラビア国の上下水道施設は、首都リヤドなどでは、開発が進み普及率が高いが、地方では遅れている。また、上水に関しては、漏水率が高く、平均的に20～30%と言われている。これは全体で毎日100万トンを超えるので、貴重な水を失っていることになる。なお、日本は10%未満であり、5%前後の都市も多い。上下水道施設の実態は、各州によって差があるので、各州毎に入手した情報を述べる。

① Abha 州の状況

- Abha では、下水処理場が現在1ヶ所ある（4,000m³/day）。

② Najran 州の状況

- 現在下水システムはない。Septic tank での処理が主体。
- 但し、下水システムは工事中。処理場は、First stage で8,000m³/day。
- Desalinated water は使っていない。施設はない。
- 表流水も使っていない。
- Najran 市のパイプライン給水は、5,000 m³/day 程度である。地区毎に日・時間を分けて給水している。

- 市の 95%が給水車に頼っている。
- Private の井戸は多いが実態を把握していない。
- Najran 市配水場（アコムナジン）
 - 現在は市内に、配水場は一ヶ所。
 - 水源は 10 ヶ所の井戸で近い所にある。
 - 送水ポンプの容量は、14,200 m³/day。しかし、井戸からの水が十分とれないので、現在は、5,000 m³/day（18 時間/日運転）しか使っていない。
 - 建設は 2000 年頃。設計もコントラクターもサウジの会社。
 - 地下水なので、通常の浄水場のような施設はなく、塩素注入のみ行っている。
 - 貯水能力は、5000m³（2 池で）
 - 現在 6800 戸へ給水している。
 - 東部で開発中の深井戸プロジェクトからの水がくることになっているので、この施設は拡張される。

③ Jizan 州の状況

Jizan 州 の Domestic 用の給水システムは、5つの町に pipeline network あるが、浄水場は全くない。但し、Jizan（50,000m³/day）、Baysh（70,000 m³/day）、Sabia（30,000 m³/day）が建設中。現在の Domestic 用は飲料用ではない。飲料用は、現在は、給水車から購入するか、ボトルウォーターを店で買っている。下水システムはまだない。但し、Jizan 市で建設中（処理場 20,000m³/day）。現在は浄化槽が一般的。但し、建設は計画中。

④ Makkah 州の状況

- 浄水場は、Domestic 用にはないし、具体的な計画はまだない。（注：デサリ水が主体のため）
- 現在 Network による給水は、10 日間に 1 回くらいなので、住民からのクレームは多い。
- 下水処理能力は、340,000m³/day（240,000m³/day が 1 ヶ所で、残り 5 ヶ所は小規模）。但し、現在、新たな下水システム建設中（250,000m³/day）で 2 年後に完成予定。
- 下水の（大規模施設）処理後の排水の水質は、BOD で 100mg/l（小規模では、20-30mg/l）、SS 210mg/l 程度。

⑤ Al Baha 州の状況

Al Baha 州の上水は、ほとんどが、Araba 井戸群及び Agige dam（及び周辺井戸群）の 2 つのシステムが水源となっており、そのシステムも末端で共通の配水池に流入している。但し、消費者への給水は、パイプラインでなく給水車によって行われている。Al Baha Region に下水システムは現在なく、各戸に Septic tank がある。但し、下水システムの建設は近いうち開始されることは決まっている。STP の処理容量は 48,000m³/day。下水再利用は考えていない。

以下に、訪問した主要施設の概要をまとめる。

Araba 井戸群からの送水システム No.1 Pumping Station

- 1ヶ所の Pumping Station であるが立派。
- ディーゼル発電所もある。1450KW × % Nos
- ポンプは、400kw × 8 Nos
- 各 Pumping Station に発電所あるとのこと。送電線から引くよりコストが安い。
- 3年前に建設した。
- 次の Pumping Station へ送水するが、各 Station でもタンク車が来て給水出来る。

Shahba Reservoir

- 1987年頃建設
- Pump Station はないが、No 6 Station となる。
- 当初は、Agige からの流入水であったが、後に Araba dam からの流入が加わった。
- 貯水量は 11,800m³

Al Baha Dumping Site and Priposed STP Site

- ピクニックに好適な景観であり、ゴミ捨て場として認定されている区域とは思えないが、道路わきに各種のごみが捨てられている。
- STP サイトとして、このゴミ捨て場の一部が決められている。この辺のごみは取り除くとのこと。
- 300m×300m の区画だが、今はその3分の1の First stage の実施だけが決まっている。各 Stage で処理量は 16,000m³/day。3次処理までする。
- Septic tank からの汚水を捨てている池も近くにあった。
- 処理水は再利用の予定はなく、Wadi へ流す。

Agige dam 系統 No.3 Pumping Station

- 先ほど訪問した No1 Pumping Station とは別の Agige dam 系統にも同じようなシステムがあり、Shahba Reservoir で合流している。(注：ここには、MOWE の職員ための宿泊や食事出来る施設がある。昼食をとっただけなので、見学しなかった。)

Agige Purification Plant

- 処理能力：15,000m³/day、貯水池容量：2,400m³
- No1. Pumping station 1300kw × 4 Nos (3台運転で1台 Stand-by)
- ここから、No.2, 3, 4 (各 2,400m³) を通って、Shahba reservoir へ送水される。そこからは、Pipeline で、市内まで重力送水され、そこからは、給水車で各地に給水される。
- この浄水場の水の流れ：流入水は、まずエアレーションタンク-----クラリファイアー No1, No.2----- (ケミカルフィーダー) -----フィルター-----貯水タンク。
- 但し、貯水タンクには、別系統の周辺の9つの井戸からの取水が流入する。(この井戸水

は浄水必要なし。

- 水質チェックは2時間に1回
 - Turbidity : 20 NTU----0.4 NTU
 - TDS 160 mg/l ----175 mg/l
 - 塩素、PH
- 1週間に1回やるテストは項目が多くなる。(T-アルカリ、T-Hardness、Mn、シリカ、硫黄、アンモニア、鉄、窒素など)
- すべてサウジの水質基準を満足している。
- サウジの会社 (GETCO) が設計・施工した。
- O&M は民間会社 (MODREN GULF MOGU) が契約でやっている (他の浄水場も同じ)
- ここは、5年前建設された。しかし、このシステムのプロジェクトの開始は16年前からである。
- Pumping station の運転操作室には、コンピュータのディスプレイでシステム全体の状況が模式図で見られる。

参考情報

調査対象区域ではないが、首都リヤドの下水処理施設 (Riyadh Sewage Project) は、農業に再生利用されている代表的な処理水の水源となっているので、参考として訪問すべき施設であり、その STP site を訪問した際に聞いた概要を示しておく。

- 広大な敷地 (2km²) に、3つの STP がある。各々200,000m³/day で、計 600,000m³/day。現在は、リヤドの STP はここに集中させている。1980年に完成した STP は当初の2次処理から3次処理に改善されたが、十分に機能せずに2次処理レベルの機能である。1994年に完成した STP は、3次処理である。また2005年に完成した STP は、2次処理であったが3次処理に改善している (注:「サ」国では、今後の STP は全て3次処理とすることになっている)。
- ここの STP に加えて、別の所に3ヶ所あり、1ヶ所 (100,000m³/day) は建設完成しており、1ヶ所 (100,000m³/day) は建設中、残り1ヶ所は建設予定になっている。
- スラッジは、140m³/day くらいだが、契約した業者が処分している。コンポスト工場へも運ばれている。
- STP の設計は、建設業者が行っている。地元業者でも出来る。
- STP の O&M は、政府自ら行っており、民間委託はしていない。
- EIA は、やってない。PME との関係はない。PME からこちらに何の連絡や説明もないのに、彼らの規則に従う必要はない。自分たちで環境管理している。

- STP の 1 システムのエアレーションタンクのみ見学するが実に大規模。これで一つの STP 用とのこと。

(2) 灌漑施設

調査対象区域では、政府のプロジェクトとしては、Jizan dam からの水を利用するものだけであると聞いた。その他は民間の灌漑施設ということになるが、井戸開発や送水に関しては、政府が支援しているものも多いようである。その実態については情報を入手出来なかったが、一般情報として、次のようなものがあった。

- 農業には、補助金を与えて育成してきた。
- 農業は、山地の降雨量が多い地域を除いては、灌漑農業が主体である。水源は井戸が一般的。
- 灌漑の多くは、民間が自分たちで井戸を開発して実施している。
- 調査区域にある Irrigation Project は Jizan のものだけと思うとのこと。但し、現在の維持管理については、Jizan はダムを管理している MOWE の管轄になっている。
- 建設中や計画中の（政府の）灌漑プロジェクトは、調査対象区域にはないと思うとのこと。
- Jizan 州の現地踏査で得た灌漑に関する情報や状況は次の通りであった。

Flood Irrigation について

- 洪水時など、Wadi や水路に流水がある時のみ、農地に水を流すので Flood Irrigation と言われているようである。
- 降雨量が 100～200mm 程度の区域にしては植生がある。土壤の保水能力が高いようにも見えた。
- かなり荒っぽい雑な形だが、高さ 0.5～1m 位の高さで 1 辺数十mの 4 辺の土手の区画が出来ている。形や大きさはばらばら。Wadi に水があるときに、上流側の Wadi に接した区画から順に水を取り入れていき、次に隣接する土手の一部をカットして次の区画に水を入れていくとのこと。
- ソルガム、大豆、なす、トマト、キュウリなど。
- この州の井戸は、EC で 600～2000 マイクロオームの範囲にある。

Jizan ダム下流の灌漑地区 (Abu Arish 町の少し手前) での視察

- 現在の灌漑地区には、全く水がなく、農作物も見あたらない。
- 道路橋梁下を横断する灌漑水路が何本かあった。各水路は、断面積で 10m³ 以上あるような東南アジアでの灌漑用水主水路に近い大きさであるが、橋梁下の断面は堆積土砂の影響もあるのか断面積が小さくなっている。ライニングはしていない、ただ掘っただけの荒削りの水路。最適な断面や構造などきちんと調査・解析して決めたようには見えない

い。

- 落差工、分土工などのコンクリート施設もある。
- 現在は、Jizan dam の堆積土砂除去作業のため、水は流してないというが、降水量が少ないのに、これだけの水路と灌漑地区に十分な水を流せるだけの貯水があるのだろうかという疑問もある。浸透水や断面不規則・ライニングしていないばかりか側面の整地・締め固めもしていないことによるロスも大きいと思う。
- 灌漑水路他の施設の改良によって、水量のロスは大幅に減ると思う。また、水の配分管理もかなり荒っぽい可能性があるので、その改善によっても効率的な水使用ができると思われる。

3-5 気象・水文・水質観測状況

(1) 気象・降雨及び Wadi 水位・流量観測

MOWE から入手した全体的な情報としては、次のようなものがあった。

気象・降雨観測

- MOWE の気象・降雨観測所は、各州に数カ所以上ある。すべて、データベースに入力している。
- これとは別にある全国 28 ヶ所の気象観測所（自記記録計付）については、まだデータベースに入力していないが、英語での日記録表（月別）がある。JICA 調査区域では、6 ヶ所ある。（注：この情報は、たまたま職員に何をしているのか話しかけた時に得たもので、MOWE の管轄なのかなど詳細は分からなかった）
- PME の観測については、知らないが、重複している部分もあるかもしれない。
- 気象・水文観測は、リヤドの Hydrology Section が民間委託でやっているが、Regional office に担当者をおいている。
- 気象・降雨観測については、Regional Office の担当者が、観測管理して、本部へ観測記録を送っている。消耗品やスペアパーツは本部から送られる。（注：州によって多少違いがある）
- ビヤクシン林保護共同研究調査において、既存の気象観測施設では十分ではないので、気温と湿度を観測する小型の記録計を設置している。Raydah Nature Reserve 内に 14 ヶ所 Tamniyah の森林地帯（Raydah Nature Reserve から 40km 南東）に 2 ヶ所、Jabal Tallan の私有地内に 1 ヶ所（Raydah Nature Reserve から 130km 南東）の計 17 ヶ所である。これらのサイトの標高は、2500m 前後が多い（1830m～2800m）。また観測期間は、各サイトによって異なるが、1999 年 7 月から開始している。ビヤクシン林保護共同研究調査では、南西地域の MEPA の観測所の記録も参照している。代表的な観測所としては、Taif、Baha、Abha、Khamis Mushait、Jizan、Bisha、及び Najran の 7 ヶ所である。

表流水観測

- **Runoff gauging station** は 20 年くらい前から無い。流出や故障したものを補修や再設置していないが、いろいろ問題があった。維持管理に費用がかかる。洪水で流失する。洪水時に堆積土砂で埋まる。河川の形状も変化が大きい。民間コンサルタントに管理を委託することも考えたが見積もりが高いのでやめた（注：1ヶ所の設置で設備のみで US\$15000）。流量観測が困難。ケーブルを設置して行ったこともあるが、危険で洪水時に計れない。バンダリズムで破壊や窃盗も多かった。
- 例えば、前出の 5 つの **Wadi basin** 調査によると、各 **Wadi** に 3～5 ヶ所の観測所があった。また、**Water Atlas** という図面集（大判）が出ているが、その中にも観測所の位置図があり、南西部に多くあったことが分かる。しかし、洪水その他で、全て流出・紛失して、その後復旧していない。
- 以前の観測も、コンサルタントが行っていた。

観測記録データベース

MOWE 本部のコンピュータにあるデータベースを（短時間であったが）見せてもらう。

- 言語は、はじめにフォートランだったが、コボルになり、今はオラクルとのこと。
- データは全てアラビア語になっている。（注：従って項目などの詳細は確認出来なかったが、気象、表流水、及び地下水の各区分において、一般的に必要な項目は含まれていると思われる）
- 各井戸の日記録は入力しているが、これらを月ごとや年ごとに整理した表は作っていない。
- 2003 年頃までのデータは（データベースとして）保存してあるが、その後の記録はコンピュータのトラブルがあつて保存されていない（あるいは、消去されてしまった）。オリジナルの記録用紙はあるので今後入力していく。
- 降雨記録は月ごとに整理したものがある。
- **Runoff GS** の記録は、コンピュータには入力されていない。古い記録は紙のファイルに残されている。（注：最近年のスタッフゲージ観測による水位記録は、入力されているかもしれないが、確認出来なかった）

州によって観測状況は異なる。短期の調査では、十分な情報入手や視察が難しいが、次のような情報を得た。

① Abha 州での踏査

現地踏査中、実際の **Runoff Gauging Station** サイトの踏査を何度か依頼したが、場所が不明、日没、すでに何も残っていないなどで、Abha 市中心から 10 分ほどの郊外の **Wadi** しか訪問出来なかった。その状況は次の通りであった。

- 現在はすでに放棄されて、**Wadi** には破損したスタッフゲージ及び観測井戸が残ってい

る。また左岸の上に観測小屋があり、屋上に今は使われていない雨量計（見た感じでは古くはないが、ごみが詰まっていた）があった。小屋には、自記記録計と観測員室があったものと思う。

- 観測井戸には、プロト式の水位計が設置されていたと思われるが、普段水がない状態なので、維持管理がきちんと出来ていたか？
- 井戸には、横に3本のパイプが出ていて、洪水時にそこから水が流入したのだが、時間的に反応が遅かった面もあると考える。
- Wadi は、安定した区間とはいえ、左岸側は急斜面だが、右岸側は、暖斜面で多少の水位で氾濫してしまう感じであった。また枯れた樹木もある。
- 真っ暗になる直前で写真はうまくとれなかった。

② Jizan 州 SABIA Hydrology Office

- このような Hydrology Office は全国で12ヶ所ある。
- Runoff gauge の破壊以前の写真もあって、パソコンの画像で見せてもらう。Wadi Baish、Wadi Khalab、Wadi Dammad（注：7年前までであった）、Wadi Liyah の4ヶ所に水位観測所があった。各々、洪水で流出又は破損して、その後修復作業していない。
- 但し、スタッフゲージのみの Daily HWL は観測して記録は続いている。朝9時に観測し、その後降雨があれば追加して観測している。各ヶ所にゲージキーパーがいる。ゲージキーパーへは、2500~3000SR/月払っている（海外からの出稼ぎ労働者が大部分1000SR/月未満なので、必要な時間の割に高すぎないかと聞いたら、拘束時間は長いのでとのこと）。
- 但し、流量は計測していないので、H-Q カーブなし。事務所に新しい Current meter があったが、まだ使い方が分からなくて使っていないとのこと。
- 降雨量は22ヶ所で観測している。
- 観測記録は、毎日電話で連絡がある。
- 最近の記録はこのオフィスのファイルにあるが、以前の古い記録（2005年以前）は、リヤドの本部に送ってここには保管していない。
- この観測所で、年間降雨量は、100mm くらい。
- 構内にある観測施設は、やはり事務所に隣接しているせいか、維持管理状態はほぼ良好（但し、自記雨量計のみ、故障して作動していなかった）。
- 蒸発、土中温度（深さ5段階）、風力（自記とマニュアル）、気温・湿度（自記）、雨量（自記とマニュアル）、日射。
- 上記とは別に、アメリカ製の一式観測機あり。（上記項目の蒸発以外の観測が自記で行える）

- 記録は、1～2 カ月に 1 回、記録用紙をリヤドへ送る。施設の Inspection は、1～2 カ月に 1 回、本部からくる。
- この事務所は、組織的には、現在 Regional Office の中にある。

③ Makkah 州

- Runoff GS: 約 10 ヶ所（流水があったときのみ 30 - 60 分毎に記録）、自記水位計は全て流出・損壊して、現在スタッフゲージのみ。
- Rainfall 観測所：70 ヶ所（自記タイプは機能していないものが多い）、Meteorology 観測所 10 ヶ所（6 ヶ所が機能している。デジタル式のものほとんど機能している。）
- 観測井戸：11 ヶ所

(2) 地下水観測

今回の事前調査中に質疑応答で得た情報では、MOWE の地下水の観測井は調査対象地域内では Makkah 州で 11 本、Jizan 州で 9 本、Najran 州で 9 本であり、Asir 州や Al Baha 州には無い。

このうち、Najran 州では内 7 本を Wadi Najran 溪谷に集中的に配置している。1977 年に地表から 12m だったのが、1995 年には 36m、1999 年には 30m だった。観測は年 1 度、地表面からの水位のみを測定しており、データを本庁に送付して、データベースに入力している。また、Jizan 州では電気伝導度の測定も行っている。また、SGS (Jeddah) からは、州内 (Makkah 市) の井戸のモニタリングをしているとのことだったが、詳細情報は得られなかった。また、MOWE 本部からは、地下水のモニタリングに関しては、設置しても故障が多くて継続観測が困難であるという説明があった。

(3) 水質モニタリング

水質基準は MOWE が、MOA の協力も得て、2006 年に水質基準・規則（アラビア語）を作成した。次のような項目の基準値がある。罰則規定も詳細に作られている。

- 上水水質基準
- 下水処理場二次処理水質基準
- 下水処理場三次処理水質基準
- 汚泥の農業用使用基準

また、PME の環境規則（まだ正式の法律では承認されていない）にも、水質基準が含まれている。一般水域へ排水する水質基準と下水管・水路への排水基準である。

また、現地協議・調査中に、次のような情報を得た。

- Jizan 州の水質試験室は最近 Reginal Office として、小規模のものを作った。規模が大きいのは、Mini. Of Commerce のものが以前からある。

- Makkah 州 MOWE Jeddah の水質ラボでの情報
 - ここでの分析は無料。但し外部のためのサンプリングはしない。
 - 現在 Wadi 2ヶ所、井戸 26,27ヶ所、Pipeline、給水車からサンプリングしている。
 - 各 Region でラボあり。
 - Heavy metal はここでは出来ないが、下水処理場の方のラボなら出来る。
- Wadi Lith 中流域の農業耕作区域での塩分濃度は 5,000mg/l くらいとのこと。
- Al Baha 水質試験は、上水については定期的に行っている。

3-6 表流水（Wadi の伏流水を含む）の水資源開発・管理

(1) 既存のダム・地下ダム及び Wadi の井戸

サウジアラビアでは、現在までに全国で約 230ヶ所（注：最近完成のものや建設中のものも多いので概算）にダムが築造されている。地下ダムも既存及び建設中のものがある。第8次国家開発計画には、既存のダムについては、次のようになっている。

サウジアラビアの各州のダムの目的別数と総貯水量（2004年現在）

州	主目的				計	総貯水容量 百万 m ³
	飲料	洪水調節	涵養	灌漑		
Asir	14	16	34		64	378.1
Makkah	2	3	20		25	108.0
Jizan	1	1		1	3	51.4
Najran		3	3		6	88.2
Al Baha	1	3	21	1	26	31.2
Riyadh		18	42		60	80.4
Medina		6	10		16	80.7
Qassim		1	2		3	3.1
Hail		3	4		7	9.3
Jouf		3			3	5.2
計	18	57	146	2	223	835.6

(注：ダムのない州は省略されている)

上表から分かることは、次のようなことである。

- 調査対象区域（5州）のダム数は、124箇所、全体の56%にあたる。
- Asir州がダム数でも、貯水容量でも第一位である。
- 調査対象区域（5州）の貯水容量は、656.9百万m³で、全体の79%にあたる
- 目的としては、涵養（Recharge）用が半数以上で、洪水調節用が次に続く。灌漑を主目的にしているのは、2箇所しかない。（注：目的は各ダムで代表的なもので区分されて

いるが、多くのダムは多目的である。)

水資源開発関連施設の開発・管理について、ダム計画関連を主として、MOWE から得た参考情報は次の通りである。

- Dam 計画を実施するまでの一般的な流れ: 住民が Regional office などに水不足問題などを相談 (対応してくれない場合は、King へ要請もできる) —— King が Ministry に対応するように指示——Deputy Minister が担当部へ連絡——担当部は現地へ行き調査検討する——開発の可能性がある判断した場合は、Execution Department に詳細な調査依頼——ローカルコンサルタントへ詳細調査設計を委託——King (今は Ministry) の承認が出れば建設へ進む
- 国内外のコンサルタントや建設業者が計画の調査を提案してくる場合も多い。
- 調査の実施については、Deputy が必要性を判断——担当部局が TOR 作成——通常 6,7 社を選んでプロポーザル作成依頼するが、ここサウジで長く実績がある会社となる場合が多い。
- ダムの目的は、農業用が多いが、多目的もある
- 貯水池からの蒸発量は大きく、この量がどのくらいになるかの計測や量を減らす方法についても検討してほしい。表面に薄いフィルムを張るなどの方法もあると聞いている。

また、地下ダムに関しては、次のような情報を得た。

- 既存の地下ダムは、Makkah 州 Taif に 2 箇所、Unlah ダムと Turabah ダムがある。前者は提高 24m、提幅 430m、貯水容量 21.0MCM であり、後者は提高 15m、提幅 610m、貯水容量 21.8MCM である。

今回の現地踏査では、短期間であったが、代表的な施設を積極的に訪問して、実状を把握した。数多くある施設の一部ではあるが、代表例として参考になるので、各々について、概説しておく。今回視察した建設中のダムは、建設中の全ダムの一部ではあるが、代表的なものである。各々について、概要を示しておく。

① Abha 州

Abha dam は貯水池容量からいうと小規模ダムであるが、Abha 市内にある。(注: 今回の調査で確認した範囲では、住民が住んでいるような地区にあるダムはここだけであった。)

- 貯水量: 2.130 MCM (Spill out 2.868MCM)、Ca: 58.5 km²
- L=350m、H=24.5m
- 放流管: 21.9 m³/s、Intake: 20,000 m³/day
- 現在は Emergency 用の貯水で使われていない。
- ダム直下流に浄水場建設中 (20,000 m³/day)、前にあった浄水場 (10,000 m³/day) は、demolished.

- Spillway : H 22.5m No gate
- クレスト標高 : El. 2197m (GPS で)

② Najran 州

Najran dam

- 現在流水は全くない。ダム直上流付近で部分的に多少の水面が見られる程度。
- 上流域の大部分がイエメン側にある。ダムの数百m上流の右岸からの支川合流点の直上流はイエメン側にある。
- 1975～1982 年に建設。フランスのコンサルタントが設計をして、英国・フランス・ポルトガル・サウジの JV 企業が建設。
- 貯水容量 : 86 MCM (数字は現場で聞いたもの)
- Ca: 約 5,000 km²、ダムの L=274m、H=74m
- 通常 2～4 月頃貯水がある。昨年は僅かな貯水しかなかった。年によって異なる。建設以来、1982 年と 1998 年に、60 MCM 位になったが、これまでに洪水吐から流れたことは一度もない。
- ダムの上下流側は、全て岩山で、植生は全くない。市からダムへ行く途中には、かなり長いトンネルが 2ヶ所ある。
- ダムクレストでの GPS での計測で、El. 1426m。

③ Jizan 州

Jizan 州のダムは、現在は Jizan dam のみであるが、計 11ヶ所でダムが建設中。そのうち、Baysh (Baish) dam (建設費 200 Million SR) と Damad dam (建設費 140 Million SR) は比較的規模が大きいが、その他は小規模である。

Jizan Dam

- 下流に灌漑地区あり。灌漑目的。Recharge 目的もある。
- 現在放水していないせいか、HWL から 1 m位下まで水面があった。
- 貯水量は 71MCM だったのが、堆積土砂によって今は 45MCM。
- 1971 年に完成。コンサルタントはイタリアでコントラクターは英国だった。
- 重力式コンクリートダム。
- 現在は MOWE が O&M。
- 通常 7～8 月に放水する。50m³/s (今は 35m³/s 程度) × 2 gates ある。
- ゲートはマニュアル操作。
- 洪水吐 (ゲートなし) から流出したのは、過去に 1985 年と 1993 年の 2回のみ。

- 水質モニタリングをやっている。
- ここの魚は小さい。
- 貯水池の水位はスタッフゲージを読んでいる記録がある。但し、記録は多分本部にあるという説明。
- 維持管理は、他のダムでも同じだが、モニタリングを含めて、民間委託している。
- 左岸下流側に気象観測施設あり：風力、気温、湿度、蒸発、日射、降雨量などを観測。自記記録装置付であるが、現在はほとんど機能していない。記録用紙なし、時計動かず、装置取り外しなど。

④ Makkha 州

既存ダムは訪問しなかった（後述するが建設中ダムは訪問）が、井戸群のある Wadi を訪問した。

Wadi Khulays/Mururani

- この Wadi には、80 ヶ所の井戸があるが、水位・流量が十分ないので、今日は8ヶ所のみ作動している。井戸の深さは30mくらい。水位は18m位のところにある。河床から2-3 mのところの Pipeline（直径400mm, 400mm, 800mm と変化）が設置されている。ここの塩分濃度は、600mg/l くらいで飲料に問題ない。

⑤ Al Baha 州

Agige dam

- 満水位から5m位の水位で貯水していた。貯水はいつもあるとのこと。
- Concrete gravity type, Storage 22.5MCM
- Dam H=44m, Crest W=6m, L=176m
- Spillway 45m wide × 25m high
- Ca=304km², Crest El=1664m（GPS で）
- 貯水は緑がかっていて富栄養化が進んでいるように見えた。
- ここは、Recharge でなく直接 Pump と Pipe で送水している。

(2) 建設中・計画中のダム及び Wadi の井戸

最近の2,3年間で、急に多くのプロジェクトが開始された。特にダムの開発は、20年以上目立った建設がなかったのに、各州で複数の地点で建設が始まっており、比較的大規模なダムも少なくない。

現在建設中及び建設予定のダムの数は、次のようになっている。既存のダムの数を含めて示す。既存のダム数に比べて、建設中/建設予定のダム数が非常に多いことが分かる。

調査対象区域 調査対象5州のダムの数

州	既存ダム	建設中/建設予定	合計
Asir	64	70	134
Najran	6	12	18
Jizan	3	13	16
Makkah	25	15	40
Al Baha	26	18	44
計	124	128	252

また、建設中/建設予定のダムの中には、地下ダムも数カ所含まれている。規模的には、大規模から小規模まで各種ある。多くのダムの中から、代表的な建設中ダムのいくつかを訪問してきたので、参考に示しておく。

① Abha 州

Marba dam, Itwed dam, Underground dam site

- Abha から下っていくと、気温が次第に上がっていくのがわかる。
- 途中から Wadi に沿った道路となる。ほぼ並行している道路が建設中で、今走っている道路は、洪水時に冠水して危険なので閉鎖される。また Wadi にはほとんどの区間で水が無かったが、部分的なある区間では沢程度の流水があった。
- 建設中の Marba ダムサイト：
 - ヨルダンのコントラクター
 - 設計はトルコのコンサルタント。建設中に修正・変更しなくてはならない部分が多くて、クレーム処理で対応した。
 - 高さ 38m 長さ 215m、貯水量 900 万 m³、クレスト標高 336m
 - ダムは 90%以上完成している。(表面遮水壁タイプ)
- Itwed dam (Recharge 用) の方は行かなかったが、準備作業又は基礎工事が始まった段階。
- Underground dam サイト：
 - 工事はほぼ完了していた。
 - 長さ 300-400m、幅 1m のプラスチックコンクリート壁、深さは最大で 33m。
 - 貯水量は 3MCM 程度。
 - サイトの標高は GPS で El. 266m くらい。
 - ダムの上流側の河床に 9ヶ所の井戸 (ポンプ、小屋) が建設されている。
- 井戸群から 35,000m³/day を揚水し Al Shoqaiq Desalination Plant から pipeline で送水される水に混ぜ、Abha に送水するものである。
- このプロジェクトは、3つのダム (ヨルダンのコントラクター契約) とその井戸、パイ

プライン、浄水場（別のコントラクター）から構成されているが、前者で 200 Million SR 程度、後者で 180 Million SR 程度の契約額（追加額含む？）と思うとのこと。

② Najran 州

ここでは、建設中のダムは訪問出来なかったが、既存の Najran ダムの下流に建設予定の地下ダムについて聞いた。

- ダムの下流約 7 km 地点に、幅約 1 m、最大深さ 45m、長さ 270m の（ベントナイトスラリー）コンクリートダム建設の予定とのこと。

（参考注記：この情報はたまたま聞いたから分かったことであるが、それまでに、MOWE の本部でも Regional Office でも関連の質問もしているのに、このプロジェクトの情報は一切なかった。つまり、MOWE に限らないものと思うが、情報やデータが縦割りまたは個別の組織に限定されている他、関連情報を知ろうとする努力も欠如しているという状況を知っておくべきであろう。換言すると、担当機関と思われるところからの情報でも十分ではない場合があることを認識しておく必要がある。ついでに、この地下ダム計画の経緯や詳細は分からないものの、地下ダムを建設した場合、その下流側に位置している多くの井戸の地下水位が下がって取水が困難になると思われるが、そのことへの対策は含まれているのかどうかと思った。）

③ Jizan 州

Baish (Baysh) ダム

- 2003 年後半に開始し、2008 年始めに完成予定だった。しかし、洪水によって、仮排水路（10 年確率洪水で設計したが、洪水の後 50 年確率の設計に変更した）が壊されたので、現在は 1 年間の遅れを想定している。しかし、見たところでは、残り 1 年間では完成が無理に思える。仮排水路の現在の通水可能量は、 $2,500\text{m}^3/\text{s}$ 。
- Temelsu（トルコのコンサルタント）とサウジのローカルコンサルタントが設計。Temelsu は、この地域でいくつかの Wadi 流域の F/S を行っていて、1987 年頃に終了している。
- このダムの詳細設計は、コントラクターがやった。
- $Ca=4,600\text{km}^2$, $Q=74.74\text{MCM}$ (Annual mean total flow) , V (storage) =118MCM
- 工事 Contract amount: 203 million SR
- ダム $H=106\text{m}$ (Crest;339m, Foundation;233m) , $L=341\text{m}$, Concrete $V=0.7\text{MCM}$, Spillway $Q=9,000\text{m}^3/\text{s}$ (Ungated, Flip bucket type)
- 15m wide (some 12m) × 23 blocks
- ここの蒸発量は 3,994mm（蒸発パンの観測記録）。
- ダムからの Outlet は、洪水吐以外 4ヶ所（高さ別）。
- 約 20km 下流に地下ダム計画がある（このダムの契約には含まれていない）。このダム

から Recharge (このダムは貯水してそこから直接取水する通常のダムとして機能すると思うが、この点については確認出来なかった) し、井戸群で取水し、浄水場 (建設予定) 及び Pipeline network を通して Jizan 市などへ給水 (70,000m³/day)。

- 洪水の Unit hydrograph は 6 hours。急勾配なので、洪水時のピーク流量が大きくなる。
- 環境影響調査は、特に問題ないと判断し、実施していない。

このダムの目的は、灌漑と洪水対策用であったが、後から Recharge 用が加わった。

なお、Investigation and Design of Several Dams in Saudi Arabia という報告書があるはずという情報をここで聞いた。

④ Makkah 州

Al Lith Dam

- 当初サウジの Contractor が契約したが、工事開始出来ずに Contractor が変わった。50Months の期間ですでに 43 カ月過ぎた。現在の進捗は 31% (見たところでは、そこまでいってない感じ)。遅れの原因は、当初約 2 年間、コンサルタントなしだったことなど。工期延長については、政府にも責任があるので、遅延金は無い予定。
- 契約額は、124 million SR
- 目的は、洪水対策、及び Recharge for Agriculture and Domestic Water supply
- 1987 年 8 月の調査報告書で調査・設計されている。(Temelsu international engineering ANKARA Turkey & Zuhair K Yassin Consulting Riyadh)
- Contractor: Altirais Construction Company, SA
- Consultant: Rasheed for materials engineering, Riyadh
- Zoned Rockfill type (Asphalt concrete core)
- Dam: Crest El. 241.5m, H=approx 76m, V=2.486MCM, L=420m
- Storage=89MCM (100 year probability flood volume)
- Ca=1838km²、Reservoir area=7.4 km²
- Mean annual flow=14MCM
- Probable Max WL= 238.73m, Dead WL= 221.12m
- 今年は雨が多く、昨年までは、1 年で 4,5 回の流水があっただけ。しかも各回わずかで、このダムは水が貯まらないので必要ないと思ったとのこと。
- 水位観測は上下流ともやっていない。
- Cofferdam にもグラウチングが必要とのこと。

Khulays (Wadi Mururani) ダム

- Contractor は Yuksel とサウジ会社の JV
- 2.5 年前に開始 (2007 年 7 月) で 2009/2010 年完成予定。しかし、現在の進捗からは、さらに数年かかりそう。
- アスファルトコアフィルタイプ。
- Crest El. 234m, ダム H=102m, L=580m, V=6MCMm³
- Storage V=6MCM
- Grout depth 25m
- Spillway: No gate, Q=4,500m³/s
- Contract amount: 260 million SR
- 下流に Underground dam 計画があるが、具体的な契約はできていない。

その他の参考情報として、ローカルコンサルタント (Jeddah) によると、以前 Wadi Naman (Numan) で Underground dam の計画設計 (古い施設の復旧?) をしたが、現在まだ建設されていないとのこと。

⑤ Al Baha 州

Araba dam (Wadi Turubah)

- Contractor: Al-SARAWAT Co. (サウジ)
- Consultant: Al-KHATEEB ANDALAMI (サウジ)
- Dam height: 75m, Length:365m, Volume:487,000m³
- Storage volume: 68MCM
- Ca: 1,125km²
- Crest : El.1461.5m, River bed: El.1402m, Foundation:El.1382m
- Spillway: 137m wide
- Curtain grouting depth: 60m, Consolidation grouting depth: 5m
- 工事開始 : 2004 年 9 月、5 年間で完成予定。(現在の進捗ではとても 2 年間過ぎたと見えない。コファードムと基礎掘削工事は進んでいるが、それだけであり、大幅な遅れの可能性。)
- 主目的 : Recharge (pipe line outlet & bottom gated outlet の 2ヶ所から)
- (最近の 2~3 年間で) 流水は、1 年に 3 回程度しか見なかった。1 回で 2~3 日程度で、その後は空になる。多いときは、川幅 (165m くらい) 全体に水があり、水深 1~1.5m くらいあった。
- 河床から基礎岩盤までは、15m くらい。
- (参考として、) フィリピンエンジニアがこのダムの前に同じ州内で別の 2 つのダム

(AYASH Dam H=14m, Badwah dam H=28m) 建設現場にいたが、最近見に行っても満水まで貯水があったとのこと。

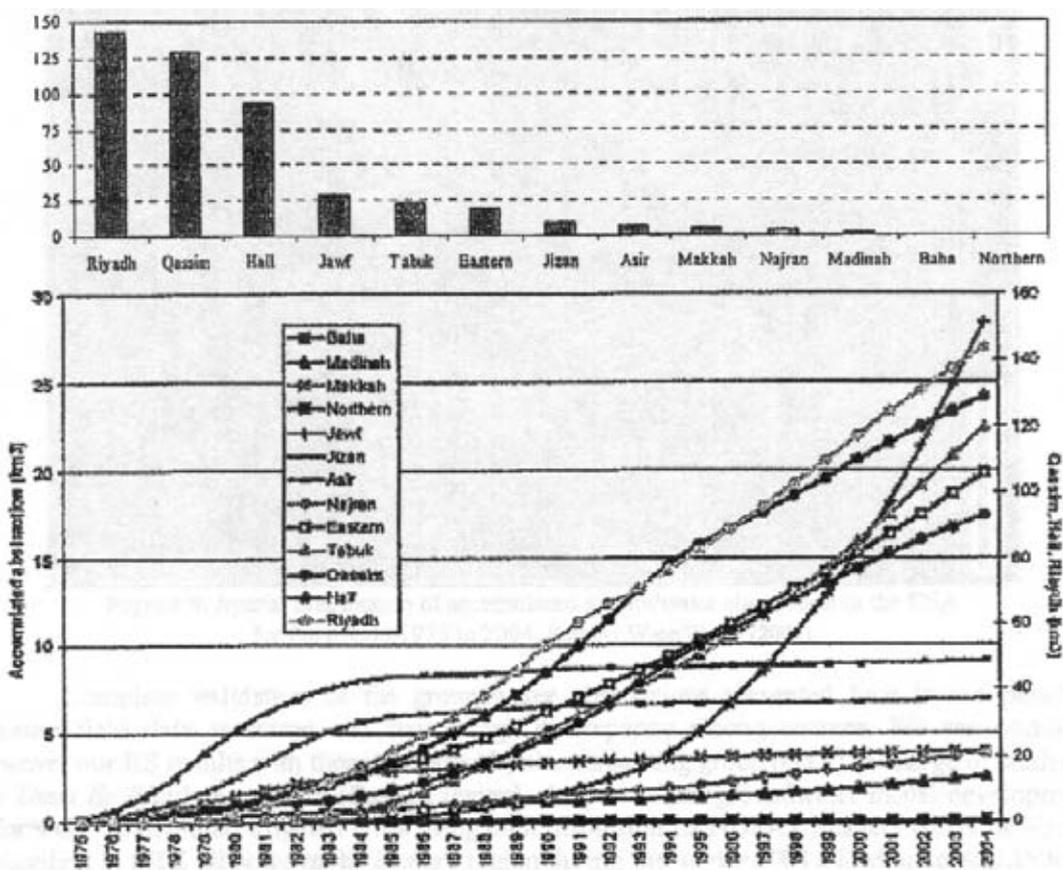
建設中 Araba dam (Wadi Turubah) の下流側に位置する井戸群

- 現在までは、上流に建設中のダムとの関係なし。
- 20 井戸 90-120 m³/day/well
- 河床は El.約 1400m
- Pipeline 77km , Dia. 1.5m - 0.6m
- Shahba reservoir へ 4ヶ所のポンプ場を経由して送水。
- 各ポンプ場に貯水タンクあり (11,800m³ 又は 5,000m³)
- Shahba reservoir (11,800m³、El. 2340m) へは、別の系統となる Al-Agige からの送水も来る。

3-7 地下水の水資源開発・管理

サウジアラビアでは地下水が大量に揚水されており、約 85%が灌漑に利用されている。その量は年間 21BCM と報告されている (Economic Analysis of Irrigated Agriculture: The Water Perspective, 世銀, 2006)。

調査対象地域に於いて水・電力省は 2005 年までに 15,388 件の井戸掘削認可を民間に与えている。内、Makkah 州は 7,218 件である。未認可の井戸が多数あるとみられており、公共井を合わせると、2 万本以上の井戸があるものと推測されるが明らかになっていない。公共井のほとんどが水道用であり、地方水道の水源として利用されている。各州の累加地下水灌漑揚水量の経年変化を次図に示す。



各州の累加地下水灌漑揚水量の経年変化（1975-2004）

（下図の右目盛は Qassim,Hail,Riyadh 州用、WaterWatch（2006））

水・電力省のデータベースによると観測井は Makkah 州で 11 本、Jizan 州で 9 本、Najran 州で 9 本であり、Asir 州や Al Baha 州には無い。誠に貧弱なモニタリング体制であり、早急な拡充が望まれる。また、その他に、主に現地踏査中に得た個別情報を以下に示す。

① Jizan 州

- Jizan 州では灌漑用の井戸が約 3,400 本ある。
- 調査対象地域では農業の盛んな Jizan 州で過去 30 年間の累計で 7 BCM が揚水されたが、1980 年代後半からの累加揚水量は微増の状態が続いており、揚水量は年々減少していると考えられる（上図参照）。
- 90 年代の小麦の作付けに対する補助金削減に始まった地下水灌漑の抑制政策がこの地方では効を奏しているものと考えられ、今後も地下水灌漑は減少傾向にあるとみられる。
- 公共用の井戸のほとんどが水道用であり、上水道の水源のほとんどは井戸である。
- 公共用の井戸は現在 300 ヶ所以上ある。そのうち 70%位が深さ 60~70m 位ボーリングしたもので、30%は深さ 20m 位の浅井戸である。なお、現在 Domestic 用に 217 本の新たな井戸を開発中（建設完了を含む）。全体は把握していないが、4000 ヶ所はあると思

う。

- Jizan の主水源は Wadi Jizan 沿いの Al Matri Project の井戸群である。
 - 井戸が 20 本ある。深さは 60～70m。ここの地下水位は GL-20～35m くらい。
 - 1 m³/mini/well くらい。(全体で、14～17,000m³/day)
 - 現在の井戸の間隔は見たところせいぜい 100m 位。井戸干渉のため全ての井戸を常時運転できないように見うけられた。(注：約 10km 離れたところに新たに 40 井戸の計画があるが、その間隔は 500m くらいの予定。)
 - この井戸群のための浄水場建設を開始した。40～50,000 m³/day
 - 10,000m³ のタンクあり。ポンプ場もあり。
- 井戸の Inventory については、現在は、この MOWE 事務所が、使用目的に限らず開発のライセンスを与えることになっているので、ほぼ把握している。最近年では、毎年 100～150 本程度のライセンスを与えているが、今後は新たなライセンスは与えない方向で検討中。

② Makkah 州

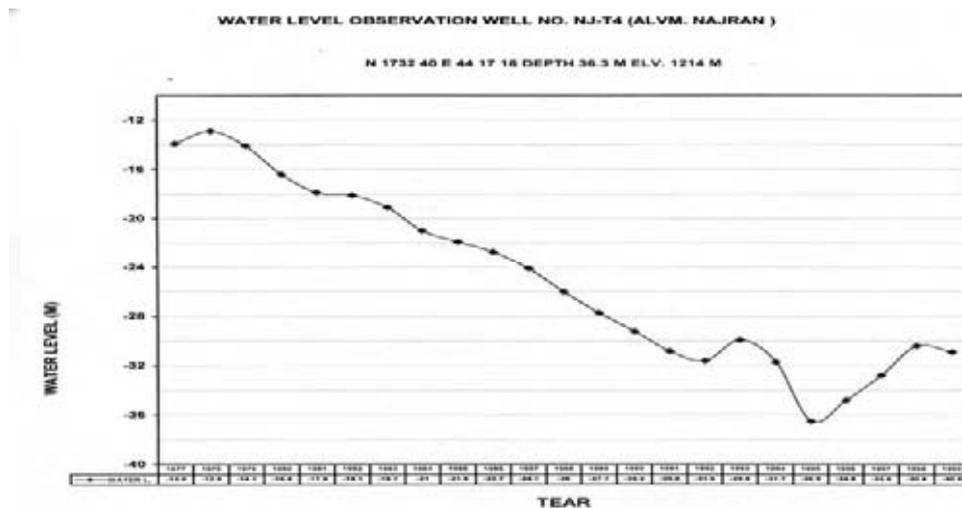
- Jeddah では北部の Khulais 井戸群から 5,000～10,000m³/day、南部の Wadi Fatima 井戸群から 5,000～10,000m³/day 送水している。揚水量が安定しないのは乾季に水位がかなり下がるため休止させている井戸があるということである。
- Domestic 用の井戸のリストはある。しかし、農業用は分からない。井戸の開発は、Regional office (MOWE) が許可を与える。Production wells:176 ヶ所。(民間のは今分からないがリストはライセンスを与えているのであるはず)
- 浅井戸取水は西部地域で長期に以前から行われているが、この約 50 年間は、水供給の増加により、新たな井戸は工事の機械化も伴ってより深くなってきており、地下水の工業及び農業用に過剰揚水が行われるようになってきている。その結果 Wadi Fatimah (Taif の西側付近) の下流域では、塩水面水位の上昇と遡上が発生してきている。
- Saudi Geological Survey (SGS) は Makkah 州内に約 150 本の観測井を設けている。

③ Najran 州

- Najran の水源は Wadi Najran 沿いの Al Manejama 井戸群である。5 本の深井戸で 5,700m³/day を市内に送水している。現在、約 135km 東に 11 本の井戸群を建設中であり、1 井あたり 1,000gallon/min、計約 60,000m³/day を Wajid 砂岩層より揚水する計画である。
- 帯水層は、GL-100m 未満から 850m に分布している。ポンプ揚程は 15m から 180m であり、平均 85m である。ポンプ揚程とは地下水頭のことと思われる。
- Najran の現在の水資源開発プロジェクトは、州東部の井戸群からの給水プロジェクト

(Najran Water Project) 以外は、Najran 市の北部に、別にスケールの小さい深井戸開発計画があるだけである。

- Najran Water Project :
 - Project Cost: 400 Million SR くらい。
 - Najran 市から 135km 離れと東部に井戸群。標高 900m くらいで、そこからポンプで標高約 1300m の Najran 市へ送水。
 - 井戸の深さは 450m くらい。1,000 ガロン/分/本程度。11 井戸 (Bore hole 口径 20 インチ、採水部は 13 3/8 インチ)。
 - 塩分濃度は、400 - 600mg/l くらい。
 - 生産量は、計画では 60,000m³/day 程度だが、実際の能力は分からない。
- Wadi Najran にある観測井の記録をみると、1978-1995 の 17 年間に水位が約 24m 低下している。その後、農地の放棄および深井戸掘削を禁止したため 1999 年現在 GL-30m まで回復している (下図参照)。



Najran 溪谷の観測井水位変化記録の例

3-8 塩水淡水化及び下水再生利用の水資源開発・管理

(1) 塩水淡水化

サウジアラビアにおける塩水淡水化プラントの歴史は古く、Kindasa Water Service Co.が 1928 年に Jeddah に建設したプラントより始まるが、現在では 1972 年に設立された MOWE 傘下の Saline Water Conversion Corporation (SWCC) がほぼ独占的なシェアを占めている。SWCC は 2005 年現在、国内 15 箇所で 30 プラントを運営し、年間 1.025BCM の飲料水を造水している。また、6 箇所に発電所を所有し、21.1MMWH の余剰電力を Saudi Electricity Company (SEC) に供給している。調査対象地域内における淡水化プラントを次表に示す。水源は紅海の海水である。

調査対象地域内における SWCC の淡水化プラント

プラント名		設計造水容量 (m ³ /day)	発電容量 (MW)
Jeddah	II	37,916	771
	III	75,987	
	IV	190,555	
	RO. 1	48,848	
	RO. 2	48,848	
Al Shoaibah	I	191,780	497
	II	390,909	
Al Shuqaig	I	83,432	62
Al Birk	I	1,952	—
Farasan	I	430	—
	Trans. 1	1,075	
合 計		1,071,732	1,330

これらのプラントの多くは、多段フラッシュ蒸発法 (MSF) であり、エネルギー効率が低く大量の電力が必要であるため発電所を併設している。エネルギー効率の良い逆浸透膜法 (RO) は 1989 年に導入され、この地域では Jeddah の 2 プラントのみである。造水コストに関しては、旧式や小型の施設は割高になっているが、最近の大型施設では、約 1 SR/m³ ということであった。但し、これに送水コストなどがプラスされることになる。

なお、これらのプラントは廃水 (高濃度塩水) を海中放流しているが水環境への影響はまったくないということであった。また、温排水による影響もほとんどないということであった。

SWCC は専用の送水システムを運営している。送水先であるが、Jeddah は同市内に供給している。Al Shoaibah は Jeddah、Makkah、Taif の 3 都市に供給している。Al Shuqaig は Asir 州の Abha, Khamis Mushiyyt, Ahud Rufidha の 3 都市に供給しており、Al Birk は同市に供給している。Farasan は島内で消費されている。

2005 年現在の各都市への供給量を次表に示す。年間供給量の合計は 384MCM、日量では 1.052MCM であり、設計造水容量にほぼ匹敵する量が造水されており、非常に高能率にプラントを運用していることがわかる。

SWCC の給水先と供給量 (2005)

送水先	供給量 (MCM/year)
Jeddah	225.0
Makkah	92.6
Taif	40.0
Abha	11.1
Khamis Mushiyt	10.8
Ahud Ruffidha	3.4
Al Birk	0.6
Farasan	0.5
合 計	384.0

現在、Al Shoaibah III と Al Shuqaig II の建設計画が実施されようとしている。前者はすでにサウジ資本とマレーシア資本による合弁企業が BOO 方式で建設することで事業認可を得ている。これらのプロジェクトの諸元を次表に示す。

建設予定プラントの諸元

プロジェクト名	設計造水容量 (m ³ /day)	発電容量 (MW)
Al Shoaibah III	880,000	900
Al Shuqaig II	212,000	900

これらのプロジェクトは送水システムの新設を含むもので、送水管は既設の送水管に平行して敷設する計画であり、前者は Al Baha にまで送水管を延長する計画である。また、後者は Jizan や Asir 州の Ahud Al Masarihah にも送水する計画である。Jizan への供給量は設計造水容量の 40% を計画している。

なお、Desali からの給水は、Domestic 用のみで、農業には使わない。

上記の他に入手した参考情報（参考文献及び踏査）は以下の通りである。

- ① Investment Needs and Privatization of Water Services in Saudi Arabia 2001 より

淡水化施設の必要容量 (million m³/day)

区分	2000	2020
既存施設の改修	0.5	1.5
新設	2	11

上下水施設に必要な投資コスト (US\$ billions)

施設種類	2000	2020
海水淡水化プラント	2	16
汽水淡水化プラント	0.8	6.7
送水管	-	3.2
配水・給水管	2.4	17.9
下水管システム	4.5	19.5
下水処理場	2.9	10.7
計	12.9	74

② Energy and Water in Arid Developing Countries: Saudi Arabia, a Case-Study (2001)

- エネルギー資源（原油、天然ガス）には恵まれていることから、水需要の増加に（コスト面で）対応出来る。
- 35ヶ所の Major dual-purpose multi-stage flash distillation (MSF) and reverse osmosis (RO) desalination plants が紅海とガルフの海岸沿いに建設された。MSF 及び RO の造水に必要な電力は、19.5 kwh/m³ 及び 38 kwh/m³ である。MSF は、国の電力生産総量の 20% を生産している。また、電力は 85,000 本の井戸にも利用されている。1 m³ 当たりの揚水に必要な電力は、0.4 - 0.8kwh である。
- サウジアラビア国の大部分の地域は年間降雨量が 150mm 未満である。そのために、地下水からの揚水に頼る割合が多く、それに加えて海水及び汽水の淡水化した水も主要な水資源になっている。

③ Abha の Saline Water Conversion Corporation の貯水池

- Dual purpose power and desalination
- 紅海のプラント (Al Shogaig) から 100km のパイプライン（一本で直径 42 インチ、途中 4ヶ所のポンプ場）、プラントの電力は 128MW で、30%位が Desalination に使用される。余った電力は、電力会社へ売る。
- Abha 市で使われる水は、現在すべて Desali. Plant からの水。但し他に私用の井戸がある。
- 97,000m³/day 生産される。Abha 用ということだけでなく Asir 州用である。ここの貯留量も 100,000m³ 位ある（2池×3区画）。
- 1日の需要（Asir?）は、200,000m/day
- 生産・送水コストは、5 SR/m³ くらいになる。
- WASA へ 1リアル/m³ くらいで売っているが、パイプラインのネットワークからの給水は、（消費者の支払いは）0.05リアル/m³ と安い。
- 1982～1987年に建設、設計はイタリア、

- 水温はここでも、約 39℃、PH8.0、Conductivity 102mg/l、
- Desalination Plant の拡張計画：今年後半に工事開始して、2010 年に完成。212,000m³/day (Asir と Jizan 両州用)、ベルギーの会社。

(2) 下水再生利用

第 8 次 5 カ年計画 (2004-2009) では下水再利用が年間 260MCM から 380MCM に増加すると予測しているが、全水需要の 2.08%に過ぎない。最大の消費者は農業であり 330MCM である。Reclaimed water を使っているのは、民間では個別に樹木用や工業用水や景観用にあるが、政府のプロジェクトとしては、リヤドと Hassah と Taif の計 3 ヶ所のみであるとのことで、全国的には、まだごく一部の区域しか利用していない。

以下に、廃水・下水再利用に関する情報を項目に分けて示す。

① 水質基準

1992 年に処理水の利用に関する基準が制定されたが、その基準は公衆衛生に配慮した厳しいもので、処理水の利用を促進するものではない (Assessment of the Current Water Resources Situation Phase I, 世銀、2003)。下水処理水を灌漑に適用する場合、土壌表層での塩類集積が問題となるが、MOA は処理水の水質が TDS で 2,500mg/l 以下であれば問題はないと言っている。

MOA は処理場の処理能力によって、利用制限をして、2 次処理レベルの場合は、食べ物になる作物には使わないように指導している。

② 調査対象地域での再生利用状況

調査対象地域では Jeddah が下水量 (250,000~300,000m³/day) の 75%を 2 次処理しており、内僅かな量を公園や街路樹の灌漑に使用している。また、Taif では下水は三次処理され、市内の庭園、街路樹、民間農園に使用制限のない灌漑用水として利用されている。その他の都市では下水処理場はなく未処理のまま海や Wadi に放流されており、Makkah では健康被害と環境破壊が発生している (Assessment of the Current Water Resources Situation Phase I, 世銀、2003) という情報もある。

③ National Irrigation Agency (NIA)

MOAW (現 MOA) は、National Irrigation Agency (NIA) を設立した。National ということで、誤解されやすいが、決して全国レベルの組織ではなく、リヤドだけを対象としている。サウジで最初に Reclaimed water を使ったという、国の代表的な Irrigation project なのでそのような名称になっている。

リヤド市の下水処理水を灌漑に適用するために設立された。

④ Riyadh National Irrigation Department : Reclaimed Waste Water Project

上記の NIA が管轄している、「サ」国の最大規模の再生利用プロジェクトである。

- リヤドの下水処理水を使っている。

- ポンプ場容量
 - 1200m³/hour:6 台 (2 台は stand-by 用) : 120,000m³/day
 - 1111m³/hour:5 台 (2 台は stand-by 用) : 80,000m³/day
 - 825m³/hour:2 台 (1 台は stand-by 用) : 20,000m³/day
 - 合計 220,000m³/day (4.16 KV)

- 4～9 月までは、需要が多いので、ほぼフル運転しているが、10～3 月は、雨も降るので、80%程度の運転である。
- 需要が大きいため、現在 Expansion 計画の建設中である。完了すると 390,000m³/day になる。
- 水質は送水前池の水で分析している。水質分析は、ほとんど重金属なので、一般の他のパラメーターはどうして分析しないのかと聞いたら、STP の出口でやっているのだから自分たちとしてはそれと同じと考えているのでやっていないとのこと。
- STP の 2 次処理と 3 次処理の排水が混ざってくるので、ここでは、2 次処理レベルと考えて、農業用といってもアルファルファグラスや樹木用にしか使われていない。野菜などには使われない。
- 送水する前の池の水を見たが、とても処理した後の水には見えず、処理前の感じに見えた。いつも運転しているので、長い間池を掃除していないからだと思うという言い訳があった。
- 送水管は、直径 600～1400mm。送水管の建設は、MOWE が担当した。
- 3～4 区域に送水されているが、Jubaillah と Mozamiyah までは各々、70km くらい。
- Jubaillah への途中には、2ヶ所に dam があるが、このプロジェクトとは直接関係なく、その Wadi の水を貯水して Recharge するものである。
- 灌漑面積は、現在計 12,000ha くらいで、Expansion 後は 22～24,000ha になる予定。
- 概要位置図 (A3) とプロジェクトの説明書をもらう。
- 灌漑地域の様子を見たかったが、遠方で時間がないというので、あきらめた。但し、別の日なら別途案内してくれるとのこと。

⑤ 「サ」 国全域対象の再生利用計画調査

MOWE は下水処理水の再利用を促進するため 2007 年 1 月、Italconsult に Mater Plan Study (Investigations and Engineering Designs for Treated Wastewater Reuse in the Kingdom of Saudi Arabia) を下命した。調査期間は 2 年間であり、全国の下水処理場の処理水の量、質を調査し、将来予測を行い処理水の利用、管理、モニタリングを計画するものである。処理水の用途は灌漑、工業用水、地下水の涵養等である。計画年は 2025 年である。

この調査に関しては、MOA (Irrigation department) が 2 年ほど前に、全国レベルの Reclaimed

water Preliminary study をやった。それが、最近始めたイタリアコンサルの調査に繋がっていると思うとのことであった。

⑥ その他

MOA の関係部局からは、次のようなコメントがあった。

- Reclaimed water の Recharge については、自分としては必要とは考えていない。何故なら、水質的に問題がないという保証がないこと、地下に注入して再度汲み上げるのでコストがかかること、需要とのバランスで検討すべきことなど必ずしも必要で有利とは言えないと思うからである。

3-9 その他の水資源開発・管理関連状況

(1) 洪水被害状況

調査対象区域における洪水被害に関しては、MOWE の本部でも各州の Regional Office でも、情報を持っていなかった。質問しても、被害はないと思うという答えが一般的であった。しかし、過去の新聞記事などには、洪水被害も少なからず載っているようである。また現地踏査中の見聞などからの個別の情報では、洪水被害は頻度は低いものの各所で発生しているという感じを持った。整理された資料はなかったが、次のような情報を得た。

- Flood に対する Warning System がある Wadi もある。大きな Wadi には、警報システムが必要と考える。
- 洪水・土石流被害に関しては、MOWE は関与しない。Civil Defence が担当。Ministry of Interior のもとに関連 Committee があるかもしれない。
- 予報・警報は、ラジオなどでやっている。
- Jizan の MOWE では、洪水被害は、特に聞いていない。
- Makkah の洪水被害は、Flush Flood で 11 月から 4 月の間に発生。道路の損壊の他、人の死亡もある。
- 交通遮断の被害が少なくないようで、Wadi 沿い道路の移設工事が行われているのを見た。
- Wadi Lith すぐ南側の Alith 町は、1987 年に洪水被害を受けたとのこと。市内冠水 2 m くらいだったという。
- Wadi Lith 道路ののり面のところに河川の水制（石積）が 20~30m 毎にある区間があった。洪水氾濫すると道路が川のようになり、斜面崩壊を防ぐためという。（注：道路上の流水でなく、道路が堤防のようになっているので、道路の横を流れる水からの防御と思う）
- Wadi Jizan 下流他、2,3 ヶ所で、洪水防御を目的としていると思われる堤防を見た。

なお、SGS が 5 つの Wadi での洪水被害調査及び対策計画策定をしていることが分かった。

今回は、具体的な内容まで把握することが出来なかったが、報告書も作成されているので、SGSからは詳しい実態と対策内容が把握出来る。

(2) 伝統的水路

MOWE との協議の際、JICA 側が使っていた用語「Traditional waterway」とは何かという質問があり、カナートなどと答えたところ、対象地域には、少なくとも現在使われているものについては、ほとんどないだろうとのことであった。これに関して、現地での協議及び踏査での情報を示す。

MOWE Makkah 州事務所

- カナートは7~8 システムあるが現在機能していないものもある。
- 温泉があり、レクリエーションに利用されている。

Khulays (Wadi Mururani)

- カナート（現地ではアイン クアルということ）を見る。この Wadi には、5ヶ所の人工的に掘って探した spring があるが、ここが一番規模が大きいとのこと。河床から3m位の高さの立抗の上から、数m下がったところに、水路トンネルと分水工があった。一本は Jeddah 方向、もう一本は周辺の村用とのこと。水質は良好で、飲料に OK とのこと。約40年前に、農民が河床を掘って水の出ているところを探し、水路を造って導水したとのこと。河床を掘ればどこでも同じということではないらしい。このカナートの水量は、平均 2,000m³/day であるが、雨や洪水の時は増水し、Max 18,000m³/day になるとのこと。このカナート水路は現在下流側で Pipeline に接続している。
- このカナートは現在建設中のダムが完成すると取り除かれるという。

(3) 人工降雨

サウジアラビアでは、以前から人工降雨の研究が進められており、PME が主体になって、実験も行われている。1月22日の新聞記事によると、人工降雨の実験は2年前から Asir 州南部で行われてきたが、成功しており、同地域の降雨量の増大は、人工降雨の効果であるとのこと。また、この人工降雨プログラムは、サウジアラビアの全土へ拡張していくものとして、昨年10月から米国とサウジの専門家チームが活動を始めているとのこと。

これに関して、事前調査団滞在中に、特に各地で雨が多い日があり（2月1日）この時のことを参考にメモしておく。

- その日の前日に King が Prayer に雨乞いのお祈りを命じているが、このようなことは、例年あるので珍しくはないが、いつも降らないのに今回は降った。
- その日に Riyadh, ガシム、Hail で PME が人工降雨の実験を試みたようで、その影響も多少あると思う。
- 2月1日の日降雨記録：Abha;15mm, Namasu (Jizan/Asir?) ; 51mm, Jizan-Baysh; 45mm, Alhanji/Riyadh;45mm, Riyadh;41mm

(4) 流域保全

流域保全についての情報は特になかった。MOWE のいくつかの州で聞いた範囲では、Watershed conservation や Forestation の計画や活動は、特にないとのことであった。また、現地踏査中も、植林したような区域は見られなかった。比較的降雨量の多い山地は、岩が露出して土壌が浅いか全くない状態のところが多かった。

しかし、農業省、ビヤクシン林保護共同研究調査、Asir 国立公園事務所などで、植生保全、植林活動に関する情報を得て、実態を確認する必要があると考える。

(5) 水利用料金

サウジアラビアの上水料金は安すぎると言われている。例えば、パイプラインからの給水の場合であるが、一カ月 50 m³ 以内の使用だと、0.10 SR/m³ が標準である。量を多く使うと単価が上がり次のようになっている。

区分	使用量 (m ³ /月)	料金 (SR/m ³)
第一区分	0 - 50	0.10
第二区分	51 - 100	0.15
第三区分	101 - 200	2.0
第四区分	201 - 300	4.0
第五区分	301 以上	6.0

累進的になっているとはいえ、通常の家計では、100m³ も使わない（6人家族で平均 41m³）ので、実に安い料金である。当然、生産/輸送コストに対して大幅な差額は、国や自治体が負担していることになる。最近では、水の無駄使いを減らす運動も盛んになっていることから、料金を見直すべきという声も大きくなってきている。また、農業用水に関しては、全く無料である。

しかしながら、調査対象区域の各州を回ってみると、上記の安い水料金の恩恵を受けている人達は実際には一部であることが分かった。というのは、安い料金は、パイプラインでの給水には適用されているが、給水車による給水に関しては、全く別体系であるからである。そして、調査対象区域の多くの地域では、給水車に頼っている。給水車に関しては、給水車の Water tariff は、Municipality が管理しているが、基本的に民間委託しているので、民間会社の各種の費用と利益が上乗せされ、パイプラインでの給水より大幅に高い。料金の目安はあるが、水の質や輸送距離、1回の給水量などによって違いが出ている。

現地踏査において入手した各地の実態について参考情報は次の通り。

Abha 州で

- 1m³ 約 1 リアルで会社に給水、会社は、平均 5 リアル程度で住民に売る。

Najran 州で

- 住民が支払う料金は場所によって違うが、8m³ タンク車で、20-60 SR である。

Wadi Jizan 付近

- 近くに井戸ポンプ場 1ヶ所あり。給水車（生活用水で飲料用ではない）が来ていたが、雑用水として町で売るとのこと。ここでは、タンク 4m³ で 3SR だが、町では 25SR くらいで売るとのこと。
- 駐車中の Desalinated water のタンク車の記されていた料金は、25 li で 2.5SR, 20 li で 2.0SR, 10 li で 1.0SR であった。但し役所の人はこの値段は高すぎるという。
- 町で給水中のタンク車：車の所有者からリースで借りている。井戸水を浄化した水で、5m³ で 120SR で売るといふ。値段は固定でなくネゴ出来るようだ。水質については、時々抜き打ち検査あり、基準以下だと罰則があるとのこと。（注：これは飲み水用か確認出来なかった）
- 町には、タンク車が目立つ。下水・浄化槽用タンク車も走っていた。

Jeddah

- Desalination plant の Production and Transportation の給水車（現在 10%程度）による売単価は、約 6SR。コントラクターには約 2SR/m³ で売るが、輸送費とコントラクターの利益で約 4SR プラスになる。一方、Network（現在 80%以上）での水の売り単価は、0.1SR/m³。その他は、民間の井戸。

Al Baha 州

- タンク車は、政府と契約した民間会社で、政府側では 1 SR/m³ で売っているが、彼らは平均的に住民には、6 SR/m³ で売っている。

(6) 水利権

サウジアラビアには、水利権の制度は明確にはないが、参考文献（Groundwater Rights and Legislation for Sustainable Development in Arid Regions: The Case of Saudi Arabia）によると、次のようなルールが一般的である。

- 水利用の優先度は、一般的に次の順序になる。飲料水・生活用水、都市村落公共用水、灌漑用水、家畜用水、電力、鉱業及び石油・ガス採掘用水、航行用水、レクリエーション用水
- 地下水の揚水については、その上の土地の所有者がその土地から揚水出来る権利を持つ。また、地下水には所有境界はないものとする。

3-10 他国際協力機関・コンサルタントの活動状況

通常は「他ドナーの活動状況」というタイトルがつけられるが、サウジアラビアでは、ドナーはいない。強いてあげると、JICA だけになるが、サウジアラビア側に聞けば、ドナーはないという。つまり、JICA 以外は、World Bank も GTZ も、サウジアラビア側からすべて調査費用が出ているからである。特に、GTZ の場合は、民間のコンサルタントと同様の契約をしている。

以下に主な機関・コンサルタントからの情報について記述する。

① World Bank の Advisor to Saudi Arabia (Policy for all sectors: Water resources)

- 世銀はドナーではない。
- Work plan がある。2003/2004 に作成。
- 多くのコンサルタントが来て調査している。
- 近年は GTZ が東部の地下水を主体に調査していたが、西部の方へ移ってきている。
- JICA の調査は、調査区域とスコープが大きすぎる。
- サウジの知識レベルは低い。データ整備も貧弱。
- Inventory for groundwater は、各地域ですでに開始している。Surface water の方はまだなので、JICA 調査にはそちらの方を期待。
- この地域では、Ministry of Municipality & Rural Affaires でも Study 計画がある。
- モニタリング設備は、Study で直接設置する必要ない、Knowledge level での貢献でよい。
- MOWE では、Privatize を進め、自らはコーディネーターとしての役割に意向してきている。
- ローカルコンサルタントは、一般的に全くよくない。大学の先生がコンサルをやっているが、彼らの質もよくない。
- サウジが世銀にチームの派遣を依頼して、Reimbursable で 6~7 人がパーマネント。ミッションベースで 2003 年からやっている。
- MOWE は、(本格的な) 水資源開発の M/P はやったことがないと思う。
- プロジェクトは、建設業者のロビー活動で実施が決まる。
- 新設ダムの計画の前に、既存のダム貯水池をもっと有効に使う Justification をやった方がいい。
- 省庁間の関係は良くない。Inter-agency の cooperation の構築に努力している。
- (今回の事前調査団員の訪問が初めてで) これまで、JICA とは全く協議したことがない。
- (ドナー) 国や機関が協議する委員会はない。GTZ もコンサルタント。
- 資金がどこからくるか気にしない国。
- 世銀は全体を把握して調整しているので、世銀に相談するのが望ましかった。
- 「サ」国では、地下水位は多くの地域で、100~500m 下がっている。

② UNDP

- Capacity building を主体にやっている。

- サウジの個人ドナーが UNDP に資金提供してくれたもので、Rural water supply project (pilot level) を行っているが、調査はコンサルタントに委託している。
- 現在受付など含めて、22 人いる。
- UNDP が支払いを受けて活動しているのはここだけではない。
- ドナー機関でなく、Development agency という呼び方の方がよい。
- Ministry of Agriculture & Water の時は、Water の力が弱く存在感がなかった。

③ GTZ

- UMMER RADGUMA Groundwater Project はリヤドの東側に位置する区域で、調査完了している。
- Wajid Water Resources Studies (大型調査) 実施中。2006 年 4 月開始～2009 年 4 月完了予定。
 - Asir Region, Najran region も含む、JICA 調査と重複している区域がある。
 - Rainfall, Climate, Hydrology, Hydrogeology など data 収集、Study がある。
 - Surface Runoff simulation, Groundwater recharge もやる。
 - Groundwater が主だが、表流水もやる。水収支解析もやる。
 - 施設の Inventory もやる。
 - Monitoring は、井戸で地下水に対して行うが全ての井戸ではない。
 - Water development & management plan も作成
 - 水資源開発管理に関わる調査のすべてが含まれていると考える。
- すでに多くの実績データがあり、4 年間いる Expert も少なくないので、サウジの各種状況はよく知っている。
- JICA の調査は、自分たちの調査と比べてかなり小さい。ここでは、常時 30～50 人の Expert がいて、しかも長期に連続している。High level の Expert が多い。
- デジタルマップ for topography、GIS で Geology, Road 等マップも作成している。

④ トルコのコンサルタント (Geotech)

Ministry of Municipality and Rural Affairs の中に Office を持つコンサルタントで、GIS 作成をしている。

- Contract for Investigation and Engineering Design for Treated Waste Water Reuse in the Kingdom of SA (Phase 1:Data Collection 約 1year、Phase 2: D/D 約 1year、平均的には 6～8 人)
- 13 州 (つまり全州) を対象。しかし、全域ではなく、ある程度以上の市町のみ。リヤド州で、15 市あるとのこと。

- 2000年から始まった Phase 1 では、Asir, リヤド、カシムの3州を対象として終了している。
- 2004年から始まった Phase 2 では、残りの10州を対象として、現在は2008年5月に完了予定。この後で Extension 契約があるかもしれない。
- これまで作成されている Municipality map などのベースマップと Satellite Image (ランドサット) にはかなりの誤差があった。1/50,000 などの地形図も取り入れて、その誤差を補正して GIS Map 作成している。
- 各 Division (地方) に問い合わせ、計画図、土地利用図などの情報を送ってもらっている。
- 地形 (コンタライン)、土地利用、道路などが表示されている。データの表などは入っていないようようだ。
- Ark GIS 9.1 ARK STE オラクルデータベースなど使っている。
- 情報は、Not Public で、パスワードをもっている人のみアクセス出来る。

⑤ ITALCONSULT

- 2007年1月に開始した。まず、7か月くらいで現状の data collection をして、Reclaimed water use の計画策定・選定をする。Phase 1 で計1年間くらい。Phase 2 では、約1年間で施設設計をする。
- 既存又は建設中 (建設が決まっているもの) のみを対象とするので、新たな下水システム・処理場を自分たちが計画することはない。
- ローカルコンサルタントにサブコントラクトする調査予定はない。
- MOWE でもらった TOR のドラフトを見せて、ベースライン調査的なことで相当の量だが、出来るのか聞いたところ、ドラフト段階からの協議で、相当修正しているのだから、基本的に、今は計画立案に必要な調査に絞られているとのこと。
- 環境影響評価調査はやらない。

3-11 既存調査報告書・資料

MOWE の既存調査報告書・資料の状況については、本格調査団にとって重要事項であり、実態を調査した。次のような状況である。

- MOWE の Library を見せてもらったが、まだ新しく整理中とのこと。書架にはまだ空きも多い。MOWE 作成または関連の報告書は全くない。また、資料はほとんどアラビア語。
- MOWE 本部で、各州の Wadi やプロジェクトの調査報告書を見せてほしいというと、大部分は各 Regional Office にあるはずなので、現地訪問した際にきいてほしいと言われたので、そうしたが、MOWE の各 Regional Office は、過去に作成された水資源開発の調査報告書はほとんど

もっていなかった。現在建設中や計画中のプロジェクトの報告書もない。但し、給水に関するものは一部ある。プロジェクトの報告書の保管や管理は、本部担当であるという。

- MOWE の水部門が、まだ MOAW に属していた時（2002 年以前）にあった報告書類が、まだそのまま現 MOA にあると聞いたので、訪問して構内の裏に位置している通常使われていないビルの中にあつた倉庫となっている部屋を見る。ほこりが被っていて棚に報告書類が積み上げてあるが一応、地域別に区分されていて、各調査でまとまっている。ここには、1960 年代から 1980 年代までの、海外コンサルタントによって作成された英語版の調査報告書が多くあり、その後の調査報告書が非常に少ないことから貴重な資料である。調査団は、ここに何日間か入り込んで、一通り報告書を見て、必要な情報を取り出す必要があるだろう。
- 農業省を訪問した際、調査対象区域内にある Wadi Dammad で総合的な水資源 study を実施してその報告書があるので見せると言われたが、後から、どこに行ったか全く分からないとのこと。倉庫内の書庫にあるかもしれない。
- MOWE から借用中の「Representative Basins Study for Wadis: Yiba, Habawnah, Tablah, Liyyah, and Lith」他の調査報告書が、JICA サウジアラビア事務所に保管され、調査団がすぐに使えるようになっている。「Water Atlas（英語版も作成されているが、ここにあるのはアラビア語版）」「Land Classification Maps」という大判の図集もある。
- MOWE には建設中又は建設予定のダム計画などが多く、また、近年に行われた流域・地域の水資源開発調査もあるが、それらの調査・設計報告書については、各々の関係部署が保管しており、まとまった保管場所はない。また、ほとんどがアラビア語である。
- 建設中のダムサイトなどを訪問すると、コンサルタント事務所やコントラクター事務所が、そのプロジェクトの調査・設計報告書を持っていることが多い。
- SGS が Strategic Ground Water Storage Studies in 5 basins の調査をやっている。Wadi Fatmah, Wadi Naman, Wadi Malakan, Wadi Khulays, Wadi Usfah であり、Wadi Fatmah, Wadi Naman は作成済み（未入手）、残りは報告書作成中。
- SGS が Flood hazard Studies, Jizan to Jeddah 2001 という調査報告書を作成している。Baysh, Liah, Hali, Qanona, Yeba, Ahsha, Dougah, Lith の各 Wadi でハザード map 付である。（未入手）
- JICA 調査のビヤクシン林保護共同研究の報告書は作成の最終段階にあるとのこと。
- Forestry and Vegetation Cover Study for the South-west region が、King Abdullah City for Science & Technology の Research center で実施中であり、6 カ月以内に終了する予定と聞いた。（注：ビヤクシン林保護共同研究との関係かもしれない）
- 他国では環境関係機関は参考資料が揃っていて入手できる場合も多いが、PME には、外部に見せたり提供したりするような資料がそろっているセクションはない。また、聞いてみても、外部に渡せるような資料は（昨年作成の「Regulations and Rules」以外）作成していないと言われた。
- 世銀、GTZ、あるいは大手のローカルコンサルタントなどが、相当の資料を保管している可能性がある。また、GTZ やイタリアのコンサルタントなどが彼らの調査で作成している報告書

があるはずである。GTZ などから直接入手するのは難しいと思われるので、MOWE の関係部署を通すことになると思う。

上記のように、資料収集と整理には相当の時間を要する。今回の JICA 調査の TOR には含まれないものとするが、JICA 調査団にとっても役立つので、資料のデータベースを作ると意義がある。

第4章 環境予備調査の結果

4-1 環境法制度及び環境関連機関の現況

(1) 環境法制度

サウジアラビアの環境法制度に関しては、MOWE 及び PME において調べたが、明確な情報は提供されなかった。但し、PME からは、昨年出来たという、「General Environmental Regulations and Rules for Implementation (アラビア語版、英語版あり)」が提示されて、これが環境を管理する法令・規則になるという説明を受けた。また多くの他国にはあるような分野別の環境影響評価ガイドラインなどもなく、環境関係のガイドラインはこれしかないとのことであった。

しかし、この「General Environmental Regulations and Rules for Implementation」には、いつ何の法律によって承認されているのかということが全く書かれていないので、それについても質問したが、この規則が作成された際の関係レター(アラビア語)を探してきて、これがそうだと思うという程度で明確な説明はなかった。(注：後で他の人に見てもらったところ、レターは法令の確認が出来るようなものではないとのこと)

それで、別の質問として、「実際に、この規則に基づいて環境調査が行われ、必要な手続きが行われている状況について教えてほしい。」と言ったところ、「民間の大規模工場開発などでは、環境影響調査を実施してくれるところもあるが、政府関係のプロジェクトでは、全く協力してくれない。」という説明があった。

次に、この「General Environmental Regulations and Rules for Implementation」の内容について、カテゴリー区分のこと、調査が必要な段階・時期のこと、手続きの流れのことなど、概略の説明を求めたが、まだ内容を十分には理解していないようであった。

従って、「General Environmental Regulations and Rules for Implementation」については、参考となると思われる部分を拾い読みして内容を理解した。いくつかの参考と思われるポイントは次の通りである。

- この「Environmental Regulations and Rules」が出版された日(日付は不明)から、1年後に官報に告示し効力を発する。(注：あくまで PME 内部の予定)
- Licensing agencies は、他国では、環境省などの環境管理の政府機関であるが、ここでは、プロジェクトを実施する機関である。
- つまり、各省庁などが Licensing agencies であり、「Environmental Regulations and Rules」に従って、環境に必要な基準や規則を決め、環境影響評価調査を実施する。但し、基準や規則を決めるに際しては、PME に調整を求める。また環境影響評価調査に関しては、PME に提出する Application Forms が準備されており、PME には定期的に報告しアドバイスを受けながら進める。
- Licensing agencies つまり省庁は、既存のプロジェクトに対して、PME の協力・調整を受けながら、各プロジェクトが与える環境影響調査をして、マイナスの影響に対しては

軽減策を提案する。

- Project のどの時点で環境影響調査が必要なのか聞いたら、EIA 課では、建設の始まる前まででよいとのことであったが、「Regulations and Rules」には、F/S 段階と書いてある。
- 既存のプロジェクトに関しては、5 年以内に、この「Environmental Regulations and Rules」に従った状況にする。
- 「Environmental Regulations and Rules」に従わなかった場合の Violations and Penalties が比較的詳細に記述されている。
- Environmental Protection Standards として、大気及び水質(排水)の基準が示されている。(但し、これらの基準は、1982 年に制定されていると書かれている)
- プロジェクトのカテゴリーは、First, Second, Third という 3 区分があり、各々 Environmental assessment form がある。First カテゴリーは、明確な悪影響が予測されないもの、Second カテゴリーは、ある程度重大な悪影響 (Some significant impact) が予測されるもの、Third カテゴリーは、重大な悪影響 (Serious impact) が予測されるものとなっている。各カテゴリーのプロジェクトのリストもある。

上記に、「Environmental Regulations and Rules」の内容の一部を紹介したが、全体的に、これではまだ相当の修正・改善が必要で、関係省庁からは、当分の間承認されることはないのではないかと考える。内容的に不明確な部分も多い他、関係省庁としては受け入れられない部分も目立つ。また、カテゴリーについても、不十分な分け方に思える。例えば、「Agricultural project」は Third カテゴリーになっており、規模や種類などの条件はない。

(2) 環境関連機関

Presidency of Meteorology and Environment (PME:気象・環境統轄会議)が、サウジアラビア国の環境担当の代表政府機関である。この PME については、PME の本部である Jeddah の事務所を訪問して情報収集したが、組織の詳しい資料は入手出来なかった。但し、口頭での説明を受け、組織については次のようになっていることが分かった。

- Minister of Defense and Aviation and Inspector General の直属機関である。
- PME は、気象部門と環境部門で構成されており、環境部門は、Meteorology and Environment Protection Administration (MEPA) という。
- 国の環境管理の担当・責任機関は、PME というより、この MEPA となる。
- MEPA の組織としては、EIA, Standards, Human Ecology, Natural Resources, Sustainable development, Licence/Permit/Punishment/penalties のセクションがある。また、各 Region には、Regional Office がある。

MEPA を訪問して、短時間で判断するのは不十分とは思いますが、EIA 及び Standards の各担当課で質疑応答した際、組織に関して次のようなことを感じた。

- 他の政府機関も同じと思われるが、他の課に関する知識・情報が乏しく、内部での情報交換が不足している。

- その課の担当に関わる点についても、明確に説明出来ない面があり、人材的にその担当に関する経験・能力が不足している様子がある。

PME/MEPA 以外の環境関連機関としては、次のようなものがある。

① National Commission for Wildlife Conservation and Development (NCWCD)

サウジアラビアの自然環境を保全するための委員会である。

② Ministry of Agriculture

牧草地（草原）、森林、動物資源（主として家畜）、魚類の維持管理を担当している。国立公園の設定・管理も含まれる。自然資源部の中に、環境担当課がある。

③ Ministry of Water and Energy

水資源、上水、下水、電力関係の環境管理を担当する。しかし、組織としては環境担当のセクションはない。

④ Ministry of Petroleum and Mineral Resources

鉱物資源、石油関連工業の環境管理。

⑤ Ministry of Municipal and Rural Affairs

都市衛生、固形廃棄物、都市の清掃や景観などに関するサービス担当。

⑥ Ministry of Health

医薬品の廃棄処分など担当。

⑦ Ministry of Interior

車両からの排気ガス管理など担当。関係機関間の調整を担当する。

⑧ Ministry of Culture and Information

環境への意識高揚キャンペーンなど担当。

ある分野又は地域に限定した環境関連機関として、その他の例をあげると次のようなものがある。

- Saudi Arabian Standards Organization
- Royal Commission for Jubail and Yanbu
- King Abdulaziz City for Science and Technology
- Saudi Aramco
- SABIC (Saudi basic Industry Corporation)

4-2 自然環境及び社会経済環境の概要

調査対象区域の自然環境及び社会経済環境の概要を述べる。対象区域は、Makkah、Al baha、Asir、Jizan、及び Najran の5州全域となる。東部の砂漠地帯を含めているが、総面積は、計 37 万 km²で、「サ」国全体の 17%しかないが、我が国の全面積にほぼ等しい。人口は、1992 年に約 6.3 百万人だったのが、現在は、約 9.4 百万人（2005 年）であり、国全体で、26.4 百万人くらいなので、調査対象区域に 1/3 以上いることになり、同国内では人口密度が高い区域にある。また、調査対象区域は、サ

ウジアラビア国の南西地域であり、西側は紅海に面し、南側はイエメン国境となっている。北側及び東側は、サウジアラビア国内の他州である。

サウジアラビアの南西地域では、気温と降雨量がほぼ高度に沿って変化することに伴い、植生も変化する。ある文献によると、次の植生地帯に6区分されている（1992年 by Abulfatih）。

- 海岸平野部（Coastal plain）：標高 0～300m
- 山麓部（Foothills）：標高 300～1000m
- 下部急斜面部（Lower escarpment）：標高 1000～1600m
- 上部急斜面部（Upper escarpment）：標高 1600～2200m
- 山脈高地部（High mountains）：標高 2200～3000m
- 山脈背面部（Rain shadow slopes）：標高 1700～2200m

上記は植生に基づく区分なので、地形、気象なども含めると、この地域は、ほぼ紅海に沿った区域区分が出来る。2区域に分けるとすると、次のようになる。

- 山脈西側区域：紅海と紅海から 100km くらい東側に連なる山脈（北部の Hijas 山脈及び中部から南部にかけての Asir 山脈）との間の区域
- 山脈東側区域

また、3区域に分けると次のようになる。

- （紅海に沿う）海岸平野区域
- 山岳区域：紅海から 100km くらい東側に連なる、北部の Hijas 山脈及び中部から南部にかけての Asir 山脈
- 砂漠・土漠区域：山脈部の東側に広がる砂漠・土漠

Wadi 流域が、山脈によって東西に明確に位置区分されるので、流域的には2区域に分けるのも分かりやすいが、山岳部はまとめて一区域とした方が説明しやすいので、ここでは3区域としてその特徴を説明する。

海岸平野区域：

紅海は、アフリカ大陸との間にあり、形状的には湾であるが、紅湾でなく紅海と呼ばれている。一方、アラビア半島の東側は、ペルシャ湾（サウジアラビア国では、アラビア湾という）と呼ばれている。紅海に沿って、海岸平野が続いており、部分的に丘陵地帯が海岸近くまで迫っている地区もあるが、平均的には 20～30 km の幅がある。

この海岸平野は、降雨量が少なく年間 200mm 以下であり、海岸近くはほとんど 100 mm 以下である。従って、植生は、都市・村落部の人工散水がある区域を除いて、貧弱であり、砂漠・土漠となっている。海岸平野に沿って、山岳地帯から流下する多くの Wadi が見られるが、伏流して Wadi の流路が全く消えている区域もある。しかし、多くは、海岸までの流路が確認できる。

Wadi の流路には、通常時は流水がない。年間数回（平均的には 2～5 回程度）だけ、上流部

で降雨量が多かった時だけ、数時間から数日間の流水が見られるだけである。下流末端では、年間に流水がほとんど見られない Wadi もある。ただ、乾いている河床 (Wadi 床) 部の下には、数m以内に伏流水 (あるいは地下水) が見られるものもあり、そのような Wadi の周辺は、灌木など植生が多くなる。また、降雨量が非常に少ない割に、まばらながらも灌木や草が生えている地区も見られるので、そのような地区は比較的保水能力の高い土壤であると思われる。

一方、海岸に沿って、多くの市町村がある。代表的なのは、Jeddah であり、人口 300~400 万人のサウジ第 2 の大都市である。また、Jizan 州の州都 Jizan (人口 10 万人くらい) も海岸に面して位置する。その他にも、中小の町村は多い。但し、これらの市町村は、各々離れた位置にあり、各市町村間は、ほとんど土地利用のない広大な区域で分断されている。海岸に沿って大部分が 2 車線の道路があるほか、山岳部方向への道路も少なくなく、各市町村は舗装道路で連結されている。道路の舗装状態は良く、高速運転していても、それほど高速に感じない。

また、海岸に沿う道路は、大部分の区間で海岸からは離れた位置にあるので、海岸に面した部分はあまり見えないが、海岸に面した地帯は、かなり土地利用されている。その代表が海水淡水化工場である。現在は、Jeddah 付近から Jizan 付近までの間に 5ヶ所の工場がある。各々石油火力発電所を併設している大規模工場である。また、さらに 2ヶ所で、新設・増設計画が進められている。また、エビの広大な養殖場もあるとのこと。

海岸平野は、11 月から 2 月の間は、比較的過ごしやすい気温であるが、それ以外の期間は暑く、特に 7,8 月前後は 40℃を越えるような猛暑となる。

山岳区域：

北部は標高が 1000m 程度の Hijas 山脈があり、Makkah 付近では標高が 600m と下がるが、その南部に続く Asir 山脈は山頂部が 2000~3000m となる。標高が高い山岳部 (2500~3000m) は急斜面で、特に紅海側 (西側) に向かっては、標高 1000m 位まで標高が急激に下がり、その西側で再度標高が 1500~2000m 近くまで上がって下がり、標高 700m 前後からは、海岸平野に向かって比較的なだらかな斜面を形成する。但し、その間には、中小の山があり起伏が続く。

一方山岳地帯の東側は、広大な砂漠・土漠地域の標高が遠方 (200km くらい) まで行っても標高 1000m 程度あるので、西側に比べて、傾斜はなだらかである。

この山岳地帯は、サウジアラビアにとって、非常に貴重な区域となっている。主な理由は、夏の猛暑から逃れられる高地という点と、年間降雨量が平均的に 300~500mm と多い点である。特に、Abha 及び Al baha 周辺は、夏の行楽地・避暑地として人気がある。気温と降雨量がほぼ高度に沿って変化するので、標高の高い区域ほど降雨量が多い。また、山岳地帯では、濃霧が頻繁に発生する。交通には障害となるが、植生には降雨量にプラスした水分を与えている。

この山地には、Asir 州の州都 Abha、Al baha の州都 Al baha、Makkah 州の第 3 の都市 Taif などが位置する。これらには、各々空港もある。その他にも、中小の町村は多く、各々比較的良質な舗装道路で結ばれている。

山岳区域には、国立自然公園（Asir National Park）があり、一般的には灌木であるが、高木が生育している区域もあり、密生しているわけではないが、サウジアラビア国では Forest と呼ばれる貴重な区域である。なお、公園内での伐採は禁止されている。しかし、今回踏査したのは、一般道路やダムサイトから見える範囲だったこともあるのか、全体的には植生が乏しく、岩の露出が目立った。土壌がないか、あっても浅く、部分的であるためと思われる。また、動物に関しては、植生が乏しいところで猿の群は見られたが、または虫類はいると思うが、ほとんど生息していないように見えた。

東側砂漠・土漠区域：

山岳区域の東側に広がる砂漠・土漠は、東部のペルシャ湾（アラビア湾）まで続く。石油がとれない限り、現在は土地利用の価値が非常に小さい。Wadi は流路が複雑なものが多く、またすべてが途中で砂漠の中に消えてしまう。

この区域の代表的な町は、Najran 州の州都である Najran である。Abha から道路で 300km ほど離れている。Wadi Najran に沿った町であり、周辺地域の商業の中心地として栄えている。また、Wadi Najran 渓谷の肥沃な土壌と井戸取水による農業も盛んである。市外には、サウジの代表的なダムの一つである Najran ダムがある。

「サ」国では、大部分が砂漠・半砂漠の乾燥地域なので、植生の多い地域は貴重で、保護・保全意識が強い。特に、20 世紀の前半に、多くの樹木・植生及び動物が、住民活動で退廃したので、回復のための活動が行われている。保護区域の設定もその一貫である。

保護区域には、次のような種類がある。

- 放牧保護区域
- 森林保護区域
- 野生動物保護区域

特に森林保護区域に関しては、Asir 州及び Al baha 州を中心に、調査対象区域に多い。これらの詳細については、情報未入手であるが、上記の区分とは別に、NCWCD の特別保護区域がある。略図から見ると、対象区域には、次の 5 箇所（名称は確認必要）がある。

- Farasan Island (Jizan)
- Raklah (Asir)
- Shada (Al baha)
- Araq Bani (Najran)
- Mahazat Saki (Makkah)

また、南西区域に Hema と呼ばれる Old traditional protected area があり、その区域では、伐採禁止など各種の活動制限がある。また、Al baha National Park が、新たな国立公園として認められるとのことで、保護区域を拡張している動きも見られる。

但し、上記に関しては、事前調査では限られた期間内の訪問の優先順位から、関係部局への質疑応答が出来なかったため、詳細な、各区域や区分や条件の情報は得られなかった。NCWCD の他、FAO、MOA の関係部局（Range of Forestry Department 他）などから入手出来る。

4-3 環境影響評価調査の実態

サウジアラビア国は、環境関連の主な国際条約（Conventions on Climate Change, Desertification, Endangered Species, Hazardous Wastes, Law of the Sea and Ozon Layer Protection など）を批准しており、環境を守るという意識は、決して低くないものとする。しかし、環境保全や環境管理への取り組みは、少なくとも積極的であるとは言えない。人口の割に国が広大であるということや、新しい国で急速に発展してきていることなどの背景があるからであるとする。

前述したようにサウジアラビア国の環境関連法令の整備は遅れており、昨年になってようやく、「General Environmental Regulations and Rules for Implementation」という環境規則が作成された。しかし、その規則も実質的にはドラフトという感じで、国家の法律としてはまだ承認されておらず、PMEの指導力も小さいのが実態である。従って、各種のプロジェクトや活動に対しての環境影響評価調査は、一部で実施されているようだという段階である。そのような環境影響評価調査の必要性と実施状況を具体的に示す例として、次のような情報を把握した。

- PMEの説明によると、政府関係機関は、PMEが作成した「Environmental Regulations and Rules」に対しては協力してくれない。但し、民間の開発に関しては、対応してくれるところもある。
- MOWEは、これまでに実施されたダム建設を含む多くのプロジェクトで、環境影響調査は実施していない。現在建設中及び計画中のダムプロジェクトでも実施予定はない。
- MOWEは、PMEが作成した「Environmental Regulations and Rules」については、ほとんど知らなかった。一部で知っている人がいたが、これまでにPMEの方から、何の説明も依頼もないとのこと。
- 最近調査が開始された、イタリアのコンサルタントによる下水処理水の再生利用プロジェクト調査（全国レベル）でも、環境影響調査を実施する予定はない。
- リヤドの下水処理場では、既存の施設建設時に、環境影響調査は実施していない。また、現在大型の拡張・新設計画が進められているが、それらにも実施予定はない。
- GTZは、過去に大型の地下水調査を実施し、現在はWajid Water Resources Studyという大型の調査（計画も含まれる）を実施中で、関連するあらゆる調査が含まれていると説明されたものの、環境影響評価調査はTORに含まれていない。

また、調査対象地域の各州のMOWEのDGの意識は次のようなものであった。

- Jizan Regionでの環境影響調査の必要性は、少なくともこれまではなかったし、各プロジェクトで全く実施したことがない。環境管理機関にプロジェクトの報告もしていない。但し、大きなプロジェクトでは、実施に伴って関係機関が集まって、環境問題も含めて協議している。今後は、ライセンスが必要になるのかもしれないが、現在まではそのような連絡を受けていない。
- Makkah Regionの環境影響調査に関しては、下水については必要であると個人的に思っている。汚水を排水することやスラッジを捨てるのが調査の対象となり、例えばパイプラインの敷設などには必要ないとする。調査が必要な場合は、環境調査のライセンスをもつコンサルタントに依頼することになる。環境影響調査報告書の例を見せてほしいと言ったところ、もっていないとのこと。

- Al baha では、環境影響調査については、必要な場合でも本部の担当と考えているとのこと。

上記から、JICA 調査で IEE レベルとはいえ、環境影響評価調査を実施すると、異例なケースとなると考える。また、たとえ PME の「Environmental Regulations and Rules」が正式承認されても、調査が必要なのは、F/S 段階なので、M/P 段階での実施は、あくまで JICA として必要ということになる。

次に、Stakeholder Meeting に関して、サウジアラビア国では、調査段階での実施はないようである。関連政府機関内で協議することはあるが、住民や NGO や民間機関がそれに参加するようなことはないとのこと。但し、同国では、一般住民の要望や意見を聞いて、開発プロジェクトの実施・開始を検討することは多いとのこと、Stakeholder Meeting とは形式や状況が異なるものの、住民などから意見を聞くようなことには、特に抵抗はない感じであった。

但し、Stakeholder というと、ほとんどの政府職員は、住民や NGO などは思い浮かばず、政府の関連機関という理解が一般的であった。そして、通常のプロジェクトでは、他の省庁などと中間段階で協議するようなことはないとのことであった。但し、もし何か問題や必要性が生じた場合は、Ministry of Interior が調整するから、問題ないという説明もあった。

また MOWE から参考意見として、次のようなものがあった。

- Stakeholder meeting に関して、住民でも位置など条件や立場によって意見は違う、調査団が何を求めるのかによって対象相手が違って来る、今の段階では対象となる Stakeholder を特定出来ないなどの意見が出された。但し、Stakeholder の選定や紹介に関しては、現地の機関が協力する。

4-4 スクリーニング及びスコーピング

(1) スクリーニング

前述したように、サウジアラビア国では、環境影響に対する意識はあるが、実際にプロジェクト実施に対して、環境影響評価調査はほとんど実施していないという現状がある。その背景として、国が広大であり、汚染等が発生しても目立たない、または重大レベルとはならないなどの他、経済発展や開発を優先している状況があるものと考えられる。また、サウジアラビアの法令・規則や実施状況から、本件調査では、環境影響評価調査は必要ないと考えられる。しかし、本件調査は、JICA 調査であるために、事前調査段階でのスクリーニング及びスコーピングを実施するものとする。

本調査計画は、広大な調査区域を対象としているのに加えて、現段階では、対象となるプロジェクトがどのようなものになるか特定できない。しかし、再生可能な水資源開発という条件から、また南西地域の降雨量が多いという条件を有効にするためには、ダム計画が代表的なプロジェクトとして提案される可能性が高い。また、JICA を含め、一般の環境管理機関や部署では、ダム計画は注目度が高い。従って、スクリーニング及びスコーピングの対象プロジェクトはダム建設を想定し、立地環境を整理した。表 4-1 に示したとおりである。想定した立地環境は、現地踏査した際に訪問した、特に現在建設中の、5,6 ヶ所の建設中のダムとそのサイトの実際の条件に近いものである。

スクリーニングはチェックリストを使用した。その結果は、表 4-2 に示した通りである。ダ

ム建設の施設そのものは、環境への悪影響は及ぼさないと判断したので、環境影響評価調査が不必要という判断をすることも可能と思われたが、少なくとも工事中に関しては、適切な環境管理をしない場合は悪影響が出る場合がありうるので、IEE レベルの検討は必要とした。

(2) スコーピング

スコーピングの結果は、表 4-3 に示した通りである。また、総合評価を、表 4-4 にまとめた。

結果として、重大な環境インパクトは予測されなかった。しかし、保健衛生、廃棄物、災害、及び水質汚濁に関しては、工事中の状況によってはインパクト発生の可能性もあるので、調査による確認が必要で、現時点での判定は困難という評価をした。

総合評価では、各項目について、今後の調査方針・対策とその理由説明をまとめた。

(3) ダム建設の環境影響に関する参考

サウジアラビアでの協議及び現地踏査では、これまでのダム建設などに関して、どのような環境問題が発生したかについては、全く情報がなかった。というより、実際に問題は生じていないので、情報がなかったと考える。それよりも、ダム建設は、貴重な水資源開発に必要なものであると共に、環境にプラスの貢献をしているという視点が一般的であった。

環境管理機関や関係者に特に注目される住民移転問題は、他の諸国では発生していることが少なくないが、サウジアラビアでは、発生しないようである。特に注目されやすいダム建設を想定して考えると、その理由は次の通りと思われる。

- 既存のダムサイトと建設中のダムサイトを計 10 ヶ所以上訪問したが、ダム開発地点やその上流には人が住んでいない（注：通常住んで生活出来るようなところではない）。既存のダムで市内に位置するもの（例 Abha ダム）は、現時点でそこに建設すれば問題になる可能性はあるが、建設当時住民はいなかったものと思う（注：いたとしても問題は発生しなかったはず）。現在の施設や家屋は、ダムが出来たことによって交通の利便性や景観などが向上し、新たに形成されたものと思う。
- もし、まれに住んでいたとしても、集落ではなく、道路工事などのために一時的に短期に住んでいるような人である。
- ほとんどの Wadi には通常流水はないが、大きな洪水が発生する可能性があり、Wadi 内又は Wadi に沿って住むのは、非常に危険である。
- サウジアラビアでは、(全くとはいわないが)山地に湧水はないので、生活用水は pipeline か給水車のサービスがあるところに限られる。ダムサイトのようなところでは、給水サービスはないので生活出来ない。
- サウジアラビアは土地が余っているので、土地への執着は小さい。また、再生可能な水資源が乏しいので、その開発プロジェクトに対しては、誰でも望むのが常識的である。

住民以外に、ダム建設で問題になりやすい項目についても、サウジアラビアではまず問題にならない可能性が高い。例えば、Wadi 流域は、ほとんど植生がない岩山というのが一般的である。従って、動物もほとんど生息していない。例え、猿や鳥や虫類などが生息していても、

ダム建設に伴ってプラスの影響はあってもマイナスの影響は特にはない。ダム貯水池で常時貯水があるような場合は、貯水池周辺や下流側に樹木を含めて植生が多くなっているが、これらはダムによって発生したプラスの影響である。

なお、上記に関しては、単に視察で判断したわけではなく、MOWE の本部及び各 Regional Office での質疑応答、及びダムサイト訪問の際に、施工管理のコンサルタント、コントラクター、政府職員、民間の運転維持管理会社職員などとの意見交換を参考にしている。

表 4-1 想定した立地環境

(注:ダム建設による開発案を想定、現在建設中のダムサイト数例を参考にして条件設定)

項目		内容
計画名		ダム開発（調査対象区域内であるが、現時点で特定できない）フィルタイプダムで高さ80m、洪水吐はコンクリート、基礎グラウト工事あり。骨材、盛り立て材料は、周辺から得られる。
社会環境	地域住民	ダムサイト及び計画貯水池内／周辺には住民はいない。
	土地利用	Wadi河床の一時的な通行以外に土地利用はない。但し、ダムサイト下流の河床に既存の井戸群と送水パイプ施設が設置されている。送水先は、下流域の町で、生活用水（飲料水ではない）として、そこから給水車で周辺町村に配水される。
	経済／交通	ダムサイト周辺には居住者はなく、経済活動はない。強いてあげると、下流側に約10km離れて町がある。但し、Wadiからは離れている。
自然環境	地形・地質	Wadiの河床幅は、約200mで、両岸は硬岩が露出した急斜面である。河床には、砂礫が堆積している（約20m）。貯水池計画区域内は、谷幅は多少変化するが、ダムサイトとほぼ同じ地形と地質の谷が続く。
	海岸・海域	紅海に面している。海岸線の凹凸が少なく、比較的狭い砂浜が続いている。
	貴重な動植物・生息域	植生は、ごく一部に灌木は見られる程度。動物は、たまに猿の群を見る程度である。とかげなどは虫類は生息していると思われるが、貴重種または絶滅に瀕している種がいるという情報はない。水生動植物はいない。
公害	大気汚染、水質汚濁、騒音などの発生状況	そのような活動は行われていないので、発生していない。
	対応の状況	対応必要なし。
その他特記すべき事項		サウジアラビアでは、ダム建設は、貴重な水資源開発に必要なものであるという考えの他、環境には特に悪影響はなく、むしろ好影響があるというのが一般認識である。

表 4-2 スクリーニング

	環境項目	内容	評価	備考(根拠)	
社会環境	1	住居移転・人口	土地使用・取得に伴う移転、人口の変化	無	住民はいない。
	2	経済活動・産業	土地等の生産機会の喪失、経済構造の変化	無	経済活動なし。
	3	交通・生活施設	既存交通や学校・病院等生活関連施設への影響	無	マイナスなし。利便性が向上する。
	4	地域分断	交通の阻害などによる地域社会の分断	無	集落はない。
	5	遺跡・文化財	遺跡・埋蔵文化財等の損失や価値の減少	無	対象となる物件なし。
	6	水利権・入会権	漁業権、水利権、山林入会権等の阻害	無	水利用していない。
	7	保健衛生	ゴミや衛生害虫の発生等衛生環境の悪化	無とはいきれない	既設のダムに衛生環境の悪化はない。但し、工事中に関しては全くないとは言いきれない。
	8	廃棄物	建設廃材、残土、汚泥、一般廃棄物等の発生	無とはいきれない	工事に伴う廃棄物及び施設運用で発生する廃棄物の処理が必要。
	9	災害	地盤崩壊・落下・交通事故等の危険性の増大	無とはいきれない	地滑りや斜面崩壊が発生するような地質ではない。但し、工事による事故の可能性は否定できない。
自然環境	10	地形・地質・地象	掘削・盛土等による価値のある地形・地質の改変、誘発地震など。	無	地形は改変されるが、希少価値のあるものでない。誘発地震は例はなく、また地質などから考えられない。
	11	土壌浸食	土地造成・森林伐採後の雨水による表土流出	無	表層土壌はないか浅く、岩が露出。
	12	地下水	過剰揚水や涵養能力の低下による枯渇、浸出水による汚染	無	地下水の揚水はない。また、地下水への汚染等の影響を及ぼすような施設や工事はない。
	13	湖沼・河川流況	埋立、水路、排水工事等による流量、流速、河床の変化	無	流量、流速、河床の変化による悪影響はない。
	14	海岸・海域	沿岸漂砂の変化による海岸浸食や堆積	無	これまでに建設されたダムの影響で発生した例はない。
	15	動植物	生息条件の変化による繁殖阻害、種の絶滅	無	貴重な動植物類はいない。
	16	気象	大規模造成や建築物による気温、風況等の変化	無	気温や風況が変化するほどの規模の自然改変はない。
	17	景観	造成による地形変化、構造物による調和の阻害	無	現在の景観は特に価値はない。むしろ、景観は向上する。
公害	18	大気汚染	車両や工場からの排出ガス、有毒ガスによる汚染	無	大気汚染になるほどの排出ガスの発生の可能性はない。
	19	水質汚濁	土砂の流入、排水、油流出、水量の減少による水質汚濁	無とはいきれない	深刻なレベルには至らないと思われるが、工事中の汚水による水質汚濁の可能性は否定できない。
	20	土壌汚染	排水・有害物質等の流出・拡散等による汚染	無	土壌汚染となるような有害物質の流出は出ない。
	21	騒音・振動	車両の走行、工事機械などによる騒音・振動の発生	無	工事中の騒音・振動は多少発生するが、住民はいないので問題にならない。
	22	地盤沈下	地盤変状や地下水位低下に伴う地表面の沈下	無	計画実施による地盤沈下の可能性はない。
	23	悪臭	施設や工事からの排気ガス・悪臭物質の発生	無	工事中及び計画完成後の悪臭発生の要因はない。
総合評価:IEEまたはEIA実施の必要性			有	基本的には、インパクトはないと想定できる。しかし、工事による悪影響は現段階では多少は可能性があるので、IEEレベルの調査は必要とした。	

表 4-3 スコーピング

環境項目		評定	根拠
社会環境	1 住居移転・人口	D	住民はいない。
	2 経済活動・産業	D	経済活動なし。
	3 交通・生活施設	D	マイナスなし。利便性が向上する。
	4 地域分断	D	集落はない。
	5 遺跡・文化財	D	対象となる物件なし。
	6 水利権・入会権	D	水利用していない。
	7 保健衛生	C	既設のダムに衛生環境の悪化ない。但し、工事中に関しては全くないとは言い切れない。
	8 廃棄物	C	工事に伴う廃棄物及び施設運用で発生する廃棄物の処理が必要。
	9 災害	C	地滑りや斜面崩壊が発生するような地質ではない。但し、工事による事故の可能性は否定できない。
自然環境	10 地形・地質・地象	D	地形は改変されるが、希少価値のあるものでない。誘発地震は例はなく、また地質などから考えられない。
	11 土壌浸食	D	表層土壌はないか浅く、岩が露出。
	12 地下水	D	地下水の揚水はない。また、地下水への汚染等の影響を及ぼすような施設や工事はない。
	13 湖沼・河川流況	D	流量、流速、河床の変化による悪影響はない。
	14 海岸・海域	D	これまでに建設されたダムの影響で発生した例はない。
	15 動植物	D	貴重な動植物類はいない。
	16 気象	D	気温や風況が変化するほどの規模の自然改変はない。
	17 景観	D	現在の景観は特に価値はない。むしろ、景観は向上する。
公害	18 大気汚染	D	大気汚染になるほどの排出ガスの発生の可能性はない。
	19 水質汚濁	C	深刻なレベルには至らないと思われるが、工事中の汚水による水質汚濁の可能性は否定できない。
	20 土壌汚染	D	土壌汚染となるような有害物質の流出は出ない。
	21 騒音・振動	D	工事中の騒音・振動は多少発生するが、住民はいないので問題にならない。
	22 地盤沈下	D	計画実施による地盤沈下の可能性はない。
	23 悪臭	D	工事中及び計画完成後の悪臭発生の要因はない。

評価: A-重大な影響が見込まれる。
 B-ある程度の影響はあると見込まれる。
 C-不明(具体的または詳細な状況を確認する必要がある)
 D-悪影響はほとんどないものと見込まれる。EIAの必要性はないと判断される。

表 4-4 総合評価（今後の調査・対策）

項目	評価	今後の調査方針	説明
7 保健衛生	C	<p>工事中の衛生設備整備（上下水道、医療など）、廃棄物・尿尿処理システム、定期的健康診断・相談、衛生教育などの計画と実施</p>	<p>工事中は、多くの労働者が各国・各地から集まってくるので、保健衛生管理の重視が必要。一般的には、保健衛生に関する問題は発生しない可能性が大。</p>
8 廃棄物	C	<p>工事による残土、撤去構造物等の処理に関する調査。また、工事完成後の管理期間中の処理方法についても検討。</p>	<p>工事に伴う廃棄物及び施設運用で発生する廃棄物の処理が必要。有害物は含まれないと考えられるので適切な対策を講じれば影響度は小さい。</p>
9 災害	C	<p>掘削斜面の安定性、異常洪水時対策の調査及び工事による落下、交通事故などが発生しないための安全対策。</p>	<p>地滑りや斜面崩壊が発生するような地質ではないが、事故は発生は全く無いとはいえない。特に、工事中の転落、落下物、交通事故などによる事故の可能性は否定できない。</p>
19 水質汚濁	C	<p>現状の井戸群の水質を事前に分析。工事中の水質モニタリング実施。工事によって発生する汚濁水の発生を極力少なくする工法と必要に応じて汚濁処理の設置を検討。</p>	<p>深刻なレベルには至らないと思われるが、工事中の汚水による水質汚濁の可能性は否定できない。特に、下流に位置する井戸群に対しての影響は発生すると地域の社会問題となる可能性がある。</p>

評価: A-重大な影響が見込まれる。
 B-ある程度の影響はありと見込まれる。
 C-不明(具体的または詳細な状況を確認する必要がある)
 D-悪影響はほとんどないものと見込まれる。EIAの必要性はないと判断される。

第5章 本格調査への提言

5-1 調査の目的及び対象区域

調査目的は次の通り。

1. サウジアラビア王国の南西地域の持続可能な水資源開発、利用、及び管理のためのマスタープランを作成する。
2. 主として、水・電気省（MOWE）の職員に対して、関連技能・技術の移転をする。
調査対象区域は、サウジアラビア王国の南西地域であり、Makkah、Al Baha、Asir、Jizan、及びNajranの5州全域となる。

5-2 調査対象項目・内容

調査は、次の2つのフェーズに分けて実施される。

フェーズ1：全調査対象区域を対象とした基本調査及びマスタープラン作成の基本方針・戦略の策定

フェーズ2：選定された区域のマスタープランの策定

調査項目と内容は以下の通り。

フェーズ1：全調査対象区域を対象とした基本調査及びマスタープラン作成の基本方針・戦略の策定

1. 既存データの収集、整理、分析

- (1) 社会経済状況（行政区分、人口、産業など）
- (2) 社会経済開発計画及びその他の開発政策・計画
- (3) 自然条件（地形、地質、水理地質、気象、水文、自然環境、土地利用など）
- (4) 気象・水文モニタリングシステム
- (5) 地形図、水理地質図、サテライトイメージなど
- (6) 現在の水利用状況、施設、問題／課題点
 - ✓ 分野別：農業（灌漑）用水、生活用水、産業用水など
 - ✓ 水源別：雨水、表流水（Wadi、ダム、貯水池など）、地下水、伝統的水路、海水淡水化、処理水/未処理水の再生利用
- (7) 農業：農産物、水利用者組合、灌漑システム、農業用水利用に関わる課題
- (8) 生活用水供給サービス及び下水処理サービス：施設、供給量、組織、運転・維持、財務状況など
- (9) 洪水及び土砂災害状況（位置、流量、流砂量、災害状況、被害状況・原因、予警報システムなど）
- (10) 水分野の既存プロジェクト及び調査のレビュー
- (11) 水資源開発・管理と給水・衛生に関する既存の法令
- (12) 水資源分野の運営・維持・管理に関わる制度
- (13) 水資源管理に関わる既存のデータベース

2. 現地調査

- (1) 各地域の社会経済活動・状況

- (2) 地形状況
- (3) Wadi 流出状況
- (4) 地下水位
- (5) 水質
- (6) 地質及び水理地質状況
- (7) 灌漑、上水、下水、洪水対策などの水利施設
- (8) 洪水・氾濫・土砂災害状況
- (9) 自然及び社会環境状況

注：上記調査は、主として現況の確認を目的としているが、個別詳細調査（Wadi・ダムサイト測量、Wadi 水位・流量観測施設設置及びモニタリング、環境影響調査、地下水調査・井戸施設インベントリー調査、Wadi 伏流水調査などが想定されている）については、フェーズ1及びフェーズ2を通して、全体の調査内容及びスケジュールに配慮して実施するものとする。

3. 解析

- (1) 土地利用、表流水、地下水などに関する衛星写真画像分析
- (2) 降雨解析
- (3) Wadi 流出解析（表流水及び Wadi 伏流水）
- (4) Wadi 水理解析（Wadi 流路及び氾濫水路）
- (5) 地下水シミュレーション
- (6) 水循環解析（降雨、蒸発、表流水、伏流水、地下水）

4. 水需要予測

- (1) 社会経済予測
- (2) 生活用水
- (3) 農業用水
- (4) 産業用水
- (5) その他用水（観光、環境など）

5. 水資源ポテンシャル

- (1) 雨水、表流水（Wadi、ダム、貯水池など）、地下水、伝統的水路、海水淡水化、処理水／未処理水の再生利用に関する利用可能量及び水質
- (2) 水収支
- (3) 持続可能な水資源ポテンシャル

6. 水需要と供給ポテンシャルによる水収支

7. 水資源開発、利用、管理に関わる基本方針・戦略の策定・検証

主たる配慮は水資源開発、利用、管理に対して行うが、洪水／土砂管理に対しても行うものとする。

8. マスタープラン策定のための優先区域の選定

上記の調査・解析及び基本政策・戦略に基づいて、マスタープラン策定のための優先 Wadi 流域又は区域は、JICA 側と MOWE 側の協議によって選定されるものとする。フェーズ 2 の調査は、選定された区域のみについて実施されることになる。

9. ステークホルダー協議

ステークホルダー会議は、MOWE が担当して行われる。水資源開発・管理に関わる問題点や課題点及び基本政策・戦略について、ステークホルダーと MOWE の間で協議が行われる。水資源開発・管理に伴って予測される環境社会への影響について、ステークホルダーとの協議が行われる。JICA 調査団は、協議における資料作成やプレゼンテーションに関して支援するものとする。

10. 技術移転

オンザジョブトレーニングに加えて、水資源のモニタリングシステム、計画、管理などの課題に関して、セミナー、ワークショップを開くものとする。

フェーズ 2：選定された区域のマスタープランの策定

1. 追加の資料収集及び現地調査

選定された区域のマスタープランの策定のために必要となる、追加資料・情報を収集する。これに加えて、追加の現地調査も行うが、個別詳細調査（Wadi・ダムサイト測量、Wadi 水位・流量観測施設設置及びモニタリング、環境影響調査、地下水調査・井戸施設インベントリー調査、Wadi 伏流水調査などが想定されている）に関しては、フェーズ 1 に引き続く調査、補足調査、追加調査などが含まれるものとする。

2. 水資源開発・管理に関わる問題・課題点の抽出

- (1) 地下水：地下水ポテンシャルの減少、地下水水位低下と既存井戸の枯渇、地下水水質低下及び汚濁、塩水浸入
- (2) Wadi 水開発
- (3) 海水淡水化
- (4) 処理/未処理廃水
- (5) 伝統的水路の分類
- (6) 水利施設の運転維持
- (7) 法令・制度

3. 水資源開発・管理戦略の策定

- (1) 水資源開発・管理（雨水、表流水（Wadi、ダム、貯水池など）、地下水、伝統的水路、海水淡水化、処理水/未処理廃水）
- (2) 市街地区・村落地区への給水と衛生
- (3) 灌漑用水管理

- (4) 水資源保全
- (5) 水資源管理への住民参加

4. マスタープラン策定

- (1) 表流水開発管理計画
- (2) 地下水開発管理計画
- (3) 非在来型水資源開発管理計画（塩水淡水化及び廃水再生利用）
- (4) 表流水及び地下水のモニタリング計画
- (5) 組織制度強化計画
- (6) 運営維持管理計画
- (7) 初期環境影響調査
IEE 調査の技術支援（ステークホルダーとの公開討論を含む）
- (8) 実施計画
- (9) コスト概算

5. マスタープランの評価

6. ステークホルダーとの公開討論・協議

ステークホルダーとの公開討論・協議は、MOWE が担当して行われる。水資源開発・管理に関わる問題点や課題点及び基本政策・戦略について、ステークホルダーと MOWE の間で協議が行われる。水資源開発・管理に伴って予測される環境社会への影響について、ステークホルダーとの協議が行われる。JICA 調査団は、協議における資料作成やプレゼンテーションに関して支援するものとする。

7. 技術移転

オンザジョブトレーニングに加えて、水資源のモニタリングシステム、計画、管理などの課題に関して、セミナー、ワークショップを開くものとする。

5-3 調査報告書、調査工程、要員構成、及び実施体制

(1) 作成する調査報告書

次のレポートを作成して提出する。

- インセプション・レポート：20 部、調査開始時
- プロGRESS・レポート（1）：20 部、フェーズ 1 開始 6 カ月後
- インテリム・レポート：20 部、フェーズ 1 終了時
- プロGRESS・レポート（2）：20 部、フェーズ 2 開始 4 カ月後
- ドラフトファイナル・レポート：20 部、フェーズ 2 終了段階時
- ファイナル・レポート：50 部、フェーズ 2 終了段階時（ドラフトファイナル・レポートのコメントの 1 カ月後）

JICA サウジアラビア事務所の調査団として位置する。

サウジアラビア側実施機関は水・電力省（MOWE）の水部門（Water Affaires）である。本調査実施にあたっては、調査を効率的かつ円滑に実施するために、ステアリングコミッティーが設置される。同コミッティーは、調査の進捗を把握し、必要に応じて、政策、規則、手続き等に関してガイダンスを行い、調査の改善と支援を行うものである。ステアリングコミッティーは、水・電気省の代表を議長として必要な協議と調整を行う。

また、調査団には、MOWE によってカウンターパートチームが構成されることになっている。

また、日本側の大使館、JICA 事務所の他、関係プロジェクト事務所や国際協力機関事務所とも、必要に応じ適宜情報交換・協調体制を築くことになる。

5-4 本格調査への提言・留意点

(1) 関係機関の間でのコミュニケーションと協力体制

サウジアラビア国の政府機関の間では、コミュニケーション・情報交換と協力体制は円滑とはいえない。水セクターに関しても、関連する各 Ministry/Agency は多いが、Ministry 間での Committee はなく、必要に応じて互いに協議するという事になっているが、実際にはそのようなケースはまれである。

但し、そのことで関係機関からの協力が難しいということではなく、MOWE を通しての接触には時間を要するかもしれないが、今回の事前調査で得た感触では、各政府機関の協議における対応は良好だったので、接触後の協力姿勢は悪くないものとする。また、今回の調査に関しては、Steering Committee がつくられるので、Committee を通せば、協力度はより増すと考える。

(2) 調査スケジュールに関して

本報告書作成段階での見込みでは、本格調査は、2つのフェーズに分けて約2年間で実施される。調査の内容と各種条件から考えて、相当ハードなスケジュールとなる可能性がある。その理由としては、次のようなことがある。

- 気象条件が夏の猛暑などで厳しい。
- 調査対象区域が広大（我が国の全面積とほぼ同じ）である。
- サウジの13州のうち5つの州を対象としているので、各州での調査・協議が必要。
- 水源としてデサリや下水再生水などを含み必要調査項目が多い。
- 最近の水源開発状況が急激に変化して、多くの施設建設が進行中又は計画中。
- イスラム教の習慣（例えばお祈り）で、多少なりとも調査・作業の中断をせざるを得ない時間がある。
- 政府関係機関職員の情報把握度が低い。
- 本報告書作成段階での見込みでは、調査開始予定が7月頃となるが、サウジの人は7

月から 8 月にかけて、長期休暇（1 カ月程度）を取るのが一般的である。また、2007 年は 9 月から 10 月にかけてラマダン（断食月）がある。調査を開始してしばらくの期間は特にサウジ側の協力がより多く求められると考えるが、調査団としては、効率が悪くなる面を想定しておかねばならない。

- 調査団の主たる事務所は、MOWE の本部があり主たる CP がいること、資料・情報が最も集まっている所であること、他の関係省庁の多くも本部を置いていることなどから、首都リヤドになる可能性が高いが、調査対象区域は、遠く離れており、現地でも作業スペースは準備してもらえる可能性は高いが、準備も含めた移動のための余分の時間も必要となり、時間的にも調査作業のしやすさからもハンデキャップを抱えることになると思われる。
- MOWE の資料保管管理状況は、相当貧弱である。古い（1990 年ころ以前）資料・報告書は、作成したもののうちどれだけ残っているのか確認出来ないが、倉庫の中でほこりを被っている。また、最近の調査報告書については、各担当部や担当者が個別に持っているようであるが、まとまって整理保管されている状態ではない。
- 政府が公式に使っているのは、アラビア語なので、資料もアラビア語が多い。フランス語やスペイン語の場合は、概略の内容は多少なりとも理解できるものであるが、数字を含めて全く理解出来ないというのは、すべてを翻訳してもらうわけにはいかないの、（アラビア語の分かる日本人は少ないので）作業上厳しい面がある。

なお、基本的に合意された調査スケジュールは、必要性があれば、MOWE と JICA が協議して変更出来ることにはなっているが、特別な事情がない限り難しいと思われる。また、本格調査の実施スケジュールに関して、第 9 次国家開発計画に含めるためには、2009 年の 6 月頃までに調査結果が出ている必要があるというコメントが出されていることにも配慮が必要である。

(3) 国際協力機関・コンサルタント関連調査について

「サ」国には、JICA がドナーとして協力している以外は、ドナー機関はない。一般に他国ではドナーとなっている、世銀、GTZ、FAO、UNDP などは、サウジ側から調査・活動費用が出ている。各機関の活動状況については、特に世銀と GTZ の活動に関しては、情報交換や意見交換をしていくことが望ましい。

サウジ担当の世銀の水分野担当者は、「サ」国の水分野のアドバイザー的立場にあるとのことで、サウジアラビアの水資源に関する各種状況を把握している。JICA 調査の実施の話があることについては、S/W がサインされる直前まで知らなかったとのことだったが、調査内容についてアドバイスしたい点があったので、世銀側に事前に相談してほしかったようであった。すでに決まっている調査の TOR について、問題点を指摘されると困るが、総括的に把握しているので、適宜接触すれば、参考となる意見や情報が得られると考える。

また、進行中の他の水資源開発・管理関連の調査の情報収集と協力体制の構築も必要である。GTZ は、現在 Wajid Water Resources Studies を進めているところで、調査規模（M/M など）が大きく、調査区域や調査内容は、JICA 調査と重複している部分がある。さらに、イタリアの

コンサルタントの下水処理水の再利用計画調査は、今年1月から始まっている。約2年間の予定で「サ」国全体を対象にしている。特に、GTZの調査では、Assir州及びNajran州での詳細調査が行われるので、報告書が作成されるタイミングを把握した上で、JICA調査に活用できるようにすべきである。

(4) 調査団の作業環境・情報資料に関して

MOWEの今回の事前調査団員への対応・協力については、良好であった。本格調査団に対しても、何か彼らの感情を害するような状況が発生しない限り、彼らの協力姿勢は良好であると思う。但し、それだけに日本の技術力の高さを評価し、期待度と信頼度が高いということを確認しておく必要がある。

一方で、MOWEのみに限らないようであるが、「サ」国では、省庁間、部署間での情報交換や調整はあまり行われていない。そのために、ある単独の部所（長）で情報を幅広く知っていることや持っていることを期待するのは難しい。また、既存報告書・資料については、整備体制は良くない。さらに、特に最近の資料はアラビア語が大部分である。調査団にとっては、既存報告書・資料収集の整理・分析に、比較的多くの日数がかかる可能性が高いことを認識して、調査計画を立てる必要がある。

(5) プロジェクトの実施の決め方

一般他国と違って、国家レベルでも、地方レベルでも、水資源開発・管理に関わる具体的な長期計画はないようである。従って、各開発計画は、MOWEの調査実施計画に基づいているわけではなく、個別に（住民、コンサルタント、コントラクターなどから）提案・要望されたものが、多少の調査・検討を経て実施が決まっている。十分な調査・検討を経ずに、業者からのロビー活動によってプロジェクト実施の決定が行われるという人もいる。

そのようなやり方は、経済面や技術面で問題がある他、限られた水資源の有効活用に支障となる可能性もある。これまでのプロジェクトの妥当性についても調査して、問題点・改善点を指摘することも必要と考える。また、本件調査で提案されるM/Pが、長期計画として、プロジェクトの実施検討のベースとなり、有効に生かされるように配慮する必要がある。

(6) 各州での状況の違いについて

南西地域は、「サ」国の中では恵まれた自然条件を持つ地域として存在価値が高いことから、今回の調査でも、一つのまとまった調査対象区域として扱われている。従って、南西地域は、全体として共通の条件を持つようなイメージを持つてしまうが、各州での社会経済状況や自然条件の違いがあり、水資源の利用状況の実態も相当違う。つまり、各州で水源や水関連施設や水利用状況は異なるという実態を確認しておく必要がある。さらに、同じ州内でも、地区によって自然条件や社会条件の差が大きいという認識も必要である。

(7) 計画目標年度

調査対象区域の水需要については具体的で詳細な把握はされていないが、現状の実態から不足していることは認識されている。しかし、現在建設中及び建設予定の施設が完成すると、（一部未確認の州はあるが）当面は需要を満足する供給が出来るものと考えられている。そして、JICA調査の実施期間中にもさらに別の建設が計画され実施が決まっていく可能性もある。そ

のことから、まだ設定されていない M/P の目標年度は、5 年や 10 年先でなく、さらに将来を目指した計画にせざるをえないものとする。

(8) M/P 調査の対象区域の選定

JICA 側の事前の想定では、フェーズ 1 で選定される M/P 策定の対象区域は、一つの流域又は区域とするものとしていた。しかし、MOWE 側は、フェーズ 1 で全区域を対象として調査するのだから、M/P も全区域を対象としたものであるべきと主張した。協議の結果、流域単位という表現は外され、1～3 区域ということで、区域とは州であるということで合意された。一つの州になるか、二つの州になるか、あるいは三つの州になるか、またどの州になるかは、フェーズ 1 の調査結果で判断されることになった。フェーズ 1 では選定のクライテリアについての検討が重視されるものとする。

(9) MOWE の水資源開発調査及び実施に関して

「サ」国の既存の水資源開発調査及び建設実施に関しては、1980 年代以前に行われたものが多く、1980 年代後半から 2000 年過ぎまで、新たな調査・開発が停滞していた期間であった。しかし、近年、特にこの 2、3 年前から、急に多くの開発プロジェクトが開始され、例えばどの州でも複数のダムが建設中であった。比較的大型のダムも少なくない。また、給水プロジェクトや井戸開発プロジェクトも建設中又は計画中のものが少なくない。

原因としては、サウジの経済状態が急に向上し、予算が大幅に増加したことが第一であるが、Ministry of Agriculture and Water の時代には、Water 部門の力が弱く活動は休眠中とも言える状態であったらしいのが、Ministry of Water and Electricity になって、組織や権限が大きく変わったこともあるようである。

従って、過去の報告書や資料に載っていない状況変化が多くあり、最近の開発状況を極力詳細に把握することが重要となる。

(10) 水資源ポテンシャルの把握

調査対象区域の水資源ポテンシャルを把握することが、フェーズ 1 での重要項目の一つとなっている。限られた気象・水文データを使って、降雨解析、流出解析、地下水シミュレーションなどを行い、区域全体及び区分した地区毎の水資源開発ポテンシャルを推定することになる。既存データが十分でないという条件で、精度の高い推定は難しい面があるが、類似の自然条件を持つ他国・区域での既存調査例や研究成果などを収集して参照し、総合的な見地から、根拠のある推定をすることが必要となる。また、必要に応じて、調査団による表流水及び地下水の観測を行い、推定・検証のための解析に生かすことも検討すべきとする。

(11) Wadi 水位・流量モニタリングの実施について

表流水の観測施設については、一部でスタッフゲージのみによる観測は行われているが、過去にあった自記記録観測施設は、現在は全く存在していない。観測施設の再設置に関して、調査団の TOR に含めるには次のような課題点・問題点がある。

- 解析の検証で利用するには、条件が異なる流域での、極力多くの地点での設置が必要。
- (設置するならフェーズ 1 なので) M/P に選定される区域が決まってない段階で、どこ

の Wadi にするのかという選定と判断が難しい。

- (極力早期の設置が望ましいが、) 場所の選定までには、現地踏査や既存資料の把握・分析に期間を要する他、観測所設置の計画・設計・発注・施工管理などにも、(団員の M/M を含めて) 期間を要する。なお、モニタリングプランは、フェーズ 2 で、作成されることになっているので、その計画を事前に想定したものであることが望ましい。
- 流量観測の出来る機会が非常に限られるので、精度の高い Rating Curve を作成するのは困難であり、例えば水位観測が出来ても、流量換算で大きな誤差が出る可能性がある。
- 観測施設をフェーズ 1 で設置して、モニタリング出来るのは、フェーズ 2 (うまくいってフェーズ 1 の終わり頃) になるが、フェーズ 1 で実施する解析にはタイミング的に間に合わない。
- Wadi には通常時流水がなく、1 年間に 2～5 回程度となる可能性が一般的なので、データ数としては不十分と思われる。雨の少ない年だと、1, 2 回となってしまうサイトも出てくる可能性がある。
- これまで設置された観測所が全て洪水時の流出や損壊によって存在していない実態から、設置した観測所が何年間機能するかという点にも配慮が必要。

このように、調査のための設置とモニタリングには課題があるが、本格調査の解析のためでなく、MOWE のモニタリングシステムの改善ということで設置する場合は意義がある。その後のモニタリングと維持管理は、MOWE に任せればよい。

事前調査中の協議で、調査団側としては、「今回の調査では(費用と期間をかけて)設置しても、1 雨期での観測しか出来ず、調査の解析に有効となるか疑問がある他、短時間の洪水時にタイミングよく観測できるかどうかという問題もあり、設置が難しいと考えているが、今後の設置については提案する。」という考えを示したところ、サウジ側から、「調査期間が短くても洪水のピーク観測など出来ないだろうか」「フェーズ 1 で設置して、フェーズ 2 で観測したらどうか」などの意見が出され、結論は出さなかったが、サウジ側の要望に配慮し、また実施すればその後のためにも有意義であるため、基本的には設置するという想定で検討することになった。

(12) 表流水の流量データについて

調査にとって重要なデータの一つとなる表流水の流量記録が乏しい。1990 年以前には、Runoff gauging station が代表的な Wadi に設置され、観測されていたが、現在は少なくとも自記記録計のついている観測所は全くない。洪水時に流失・損壊を受けた後、そのまま放置されたままである。但し、一部で、量水標による観測が行われている。また、この流量観測については、サウジの川は Wadi と呼ばれているように、ほとんどが洪水時(降雨量が大きい時)にしか流水のない川である。従って、観測が難しいのに加えて、解析のための検証データが少ないという点もある。

MOWE には、気象・水文データのデータベースがあるが、まだ入力されていない(又はファイルが紛失した)データもある。また、記録を入力しただけで、データの整理・分析が不十

分な様子が見られる。

また S/W 協議中に、調査で整理されるデータについては、Ministry のデータベースに Collaborate してほしいという要望が出されたが、見せてもらった気象・水文のデータベースは、アラビア語版（数字もアラビア語の数字でアラビア数字でない）で、英語版は作っていないとのことであった。（注：データベースに含まれていないが、最近の気象・降雨データには、英語でエクセルの表に整理されているものもある）従って、調査団としてはこれを英語とアラビア数字に変える作業をしないと利用が難しい。調査団としては、MOWE のデータベースを把握・分析して、彼らのデータベースにあわせて調査団のデータを整理することの是非を判断し、必要なら提案して、彼らのデータベース（ソフト、フォームなど）を変えることも協議すべきと考える。

(13) 地下水・井戸の調査方法に関して

広大な地域であり、既存井戸の数も非常に多いことから、限られた期間と予算の中で、地下水・井戸に関して、どのように調査するかは重大な課題である。地下水調査については、調査のために新たな井戸を掘削するような期間はないと考えるので、既存井戸を対象とすることになると考えるが、地形・水理地質学的観点から代表的な井戸を選定して行うことになると考える。

ただし、現在使用している井戸は静水位の測定が難しいのでなるべく避けるべきである。また、沿岸地域では塩分濃度が問題になるので水質の調査も同時に実施することが望ましい。井戸の位置、標高は GPS で測定することになると考えるが、単独測位方式の携帯型 GPS で十分と考えられる。但し、地下水シミュレーションモデルの適用地域では、井戸の位置は単独測位方式 GPS では標高の精度が低く十分ではないので、GPS Base Station を用いた Static 測位法を採用し再測する必要があると考える。これらの井戸の観測値をモデルのキャリブレーションや検証に用いることになる。

地質構造については、Well Log の無い地域では電気探査法を用い把握する必要が出るものと考えられる。モデルの適用に十分な探査深度と地点数を確保すべきである。また、地下水涵養量の推定には、衛星画像より Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) を算出し、作物の実蒸発散量を推定してから降雨量、灌漑用水量を差し引きその量を推定することも一つの手法である。

また、民間の井戸については把握が難しいが、公共用井戸についてはすべて登録されており（再確認必要）、井戸インベントリ調査の作業量を減らすためには、十分な活用が必要である。

(14) Wadi の伏流水調査の方法について

Wadi の水理解析、水資源の循環解析、流域・Wadi の水収支、地下ダム計画などには、Wadi での伏流水の状況把握が必要であり、関連の調査・研究文献を参照することに加えて、現地調査も必要となる。Wadi の伏流水調査としては、次のような方法が一般的と考える。

主要な Wadi の地下ダム候補地点などに観測井を上下流に 1 箇所ずつ計 2 箇所設け、圧力式自記水位計を設置し水位を測定しダルシー則を用い流量を算定する。そのためには、横断測量、電気探査と連続揚水試験を実施することも必要となる。電気探査によって Wadi の基盤岩まで

の深度が得られ、連続揚水試験によって河床材料の透水係数と貯留係数が得られる。この調査は1水文年以上の測定を継続すべきであるので、初年度の早い時期に施設を設置することが望まれるが、そのためにサイト選定、計画書作成、業者選定など、準備作業で日数を要することも考慮しておく必要がある。

(15) 塩水淡水化及び廃水再生利用計画に関して

今回の事前調査の出発前から想定していたので、MOWE との協議では、塩水淡水化及び廃水再生利用については、現状の調査はするものの、計画検討には含めないものとして説明した。要請が再生可能な（つまり、表流水と浅層地下水）水資源開発管理となっていたことその他、一般にデサリ水や再生利用水のコストは割高で、他に選択肢がない場合に使われているので、表流水や浅層地下水の方が通常は有利という想定があったからである。しかし、S/W 協議では、MOWE 側は計画検討にも含めて M/P を提案してほしいと要望した。

要請にあった、再生可能な水資源に、デサリ水、あるいは下水の再利用水も含むのかという点には疑問が出るが、総合水資源開発・管理調査としては、当初から外してしまうよりも、比較検討の結果として、表流水や浅層地下水の開発計画を優先的に提案するということになるのが望ましい。特に、サウジでは、エネルギーコストが安いこともあり、再生可能となる表流水や浅層地下水の開発が、デサリ水、あるいは下水の再利用水と比べて、経済的な水源としてどの程度有利になるのか（あるいはならないのか）調査検討しないと分からない面はある。また、その比較に関して、表流水や浅層地下水は、自然に支配される不安定な供給能力をもつ点や水質的に利用目的が限定されることなどへの配慮も必要と考える。

明確な結論は出さなかったが、本報告書作成段階では、塩水淡水化及び廃水再生利用については、当初の想定通り、具体的な計画検討まで行うのは困難と考えている。調査期間、調査 M/M 等からも無理がある。しかし、現状調査は行うので、その際には、本来は表流水と浅層地下水との比較検討を含めて調査することが望ましいという点に関する配慮が必要と考える。

(16) 地下ダムに関して

サウジアラビアは水源涵養を主目的としたダムが多く、一般にはダムの下流で取水している。そして、最近数カ所の既存及び新設のダムサイト下流に、地下ダムを建設する計画があり、1ヶ所ではすでに建設がほぼ完了している。なお、既存の地下ダムも、Makkah 州にあるという。

地下ダムは、コストも比較的低いので一見非常に有利な計画であるが、必ずしも期待した効果をもたらさないことから、他国でも実施例は増大するような状況にない。地下ダム計画には、「必要な地下水を貯留することが出来る空隙を持ち、かつ貯留した地下水を効率よく摂取するだけの透水性を持った地層（帯水層）が存在する」、「その地層の下位及び周囲に、地下水を逃さない、水を通しにくい地層（不透水性基盤）が存在する」、「貯水量に見合う地下水の補給（涵養）がある」など、基本的な立地条件が必要である。サウジアラビアの既存の計画は、どの程度の調査をして、計画の妥当性を確認しているのか確認すると共に、調査団による計画立案の参考とする必要がある。

(17) 環境影響調査に関して

サウジアラビアの環境管理は、例えば以下の例のように、一般他国と比べて緩い状況である。

- 2006 年になって初めて環境の規則・ガイドラインが作成されたが、まだ法的な効力がなく、利用度が低い。
- PME には、環境の管理機関としては人材の経験・能力不足を感じる。
- MOWE では、環境担当の部署はない。農業省には、国立公園や生態関係の部内に環境担当課はある。但し、環境影響評価という面でなく、環境保全のための担当であるようである。
- 下水処理水の再生利用プロジェクト調査や GTZ の水資源開発調査でも、環境影響調査を実施する予定はない。
- リヤドの下水処理場では、現在大型の拡張・新設計画が進められているが、環境影響調査は実施していない。
- ダム建設に関しては、現地の視察と関係者への質疑応答から、環境に悪影響を与えたような事例や住民の反対があったような事例はないようである。

また、環境影響調査に関しては、PME の規則が法的効力を得るようになったと想定しても、実施するのは、F/S 段階であるとなっている。従って、今回の JICA 調査で IEE 調査を実施するのは、「サ」国としての必要性はなく、実施例もないのに実施するのは、あくまで JICA 調査なので、JICA ガイドラインに基づいて実施するということになる。その点で、「サ」国関係機関に対しては、理解と協力を得る努力が必要となる。

また、JICA ガイドラインでは、調査を実施するのは、相手国政府側であり、今回の協議議事録でも明記されている。つまり、JICA 調査団はその支援をする立場となっている。しかしながら、実際には、調査団が自ら指導して実施していかざるを得ない可能性が高い。また、その場合でも、MOWE には、環境影響調査の経験がないということ、民間のコンサルタントも公共の水資源開発プロジェクトに係る環境影響調査の実績はほとんどないという状況がある。それらのことを認識して、調査計画を立案する必要がある。

(18) Stakeholder Meeting に関して

MOWE で聞いた範囲では、プロジェクト実施に際して、Stakeholder meeting は実施していないとのこと。必要があれば実施すると答えたところも、Stakeholder とは政府の関連機関のみという認識であった。公開参加となる Stakeholder meeting は、MOWE 側が主催して行い、調査団側は、資料提供やプレゼンテーションに協力すればよいことになっているが、「サ」国ではこのような Stakeholder meeting は実績が乏しいので、実際には調査団側が主体となって準備することになる可能性がある。

5-5 その他参考関連情報

(1) 現地コンサルタント情報

現地のコンサルタントを使う場合は、再委託調査のためと、技術アシスタント派遣のための場合と思われる。従って、事前調査において、現地のコンサルタント情報を収集した。その会社に行ってみないと実態が確認できないので、出来るだけ訪問するようにした。限られた日数の中であったが、計 7 社を訪問して情報入手できた。コンサルタントのリストを表 5-1 に整理

した。参考になる点を以下に記述しておく。

- ローカルコンサルタントの経験・能力については、サウジアラビアの事情に比較的詳しい世銀のスタッフによると、コンサルタントを兼任している大学の教授を含めて実務能力的に低レベルである場合が多いという。従って、彼の場合は、会社でなく個人として能力のある技術者・専門家を探して依頼すること。
- MOWE に現地コンサルタントの紹介を依頼すると、ほとんど MOWE の OB の会社を紹介される。それらの会社の経験能力については、判断出来るほどの情報は得られなかった。一部の会社の一面だけしか見ていないので判断は難しいが、こちらの説明したことや、その後の返答などから、一般に理解力の不足を感じた。
- ローカルコンサルタント会社といっても、そこで働く技術者達は、サウジ人より外国人の方が多く、彼らは 10 年とか 20 年住んでいる場合が多い。実績のある技術者も多いと思われる。
- 環境調査に関するコンサルタント会社や環境分野もカバーする大手コンサルタント会社もあるが、廃棄物処理、下水処理など環境関連のプロジェクトのコンサルタント業務を行うのが主であり、環境影響評価調査に関しては、実績が乏しい感じがした。
- 環境調査に関しては、政府が承認するコンサルタントのリストがあり、それらの会社に依頼することが義務づけられる。
- 今回の事前調査では、可能性のある再委託調査に関して、予算の目安を立てなくてはならないこともあり、想定した調査仕様を示して説明し、費用概算を依頼した。基本的には、どの会社も協力するとは言ったが、結果として協力しなかった会社もあり、また、他国のこれまでの例と比較してこちらの求めていることに関する理解力が乏しい面もみられ、自分の会社の紹介や主要スタッフの CV を主体に送ってくるような状況もあった。
- 海外からの出稼ぎ技術者が、多くのプロジェクトサイトでも働いている。フィリピン人、パキスタン人、バングラデシュ人など各国であり、実務経験が比較的豊富であるが、彼らは個人的に長期契約しているので、短期間で調査へ参加するのは難しい面がある。

(2) その他関連情報

調査団のために、その他参考になるとと思われる情報をメモしておく。

- 購入しなければならない地図や関連報告書は、価格が割高なものもある点留意しておく方がいい。例えば、SGS の Map office へ行って、地形図、地質図、Index map、など入手した際、地形図は、5 万、25 万、50 万、200 万等あるが、一枚 50SR 平均と高い。地質図は一枚 80SR とさらに高かった。また、参考となる調査報告書類もあり、二、三冊入手しようとしたが、ビニールクロス製本でそれほど分厚くないもので、200SR～400SR とのことで、手持ちリアルがなかったこともあり購入しなかった。
- 英語については、今回の調査では、マネージャークラス以上の人と協議することが多かったため、通訳は全く必要なかった。また Engineer の場合は、ほとんどが英語で協議

できた。但し、現地の事務所では、一部に英語は片言というレベルの CP 予定の Geologist/Hydro-geologist もいた。通訳が同行すると車に乗れる人数にも影響するので、通訳というより、英語とアラビア語の翻訳も出来る技術者を雇用するのが適当と思う。

- 「サ」国の治安に関しては、数年前のテロ事件の影響が長く尾を引いて、いまだにかなりの警戒体制をとっている建物、施設、区域もあるが、一般的には、他の国と比べて治安がいいように見える。つまり、通常の行動・調査には、特に治安を意識する必要はないものとする。
- イスラム教の規則や習慣が厳しい国であるが、基本的なルール(アルコールは飲めない、サウジ人の女性とは話せない、空港など一部の施設の写真は撮れないなど)を認識しておけば、日常の仕事や生活にはそれほど支障はないと考える。イスラム教では1日5回のお祈りをしなければならないので、基本的には時間も毎日決まっており、その時間になると彼らは席を外すので、こちらとしては中断・待ち時間になってしまうのだが、出張や旅行の時は、2回を1回にまとめてもよいということにもなっており、時間をずらしても構わないとのことで、それほど支障にはならないと考える。また、「サ」国の人は、性格的におだやかで友好的な人が多い。
- JICA から、サウジアラビアの短期滞在者情報が入手出来る。
- サウジアラビアの人口の4人に一人は、外国人である。従って、一般の店やホテルで働いているのはほとんど外国人である。一部の専門職を除いて、彼らの収入は、月に1000SR未満が多いが、無税である他、衣食住や医療もほとんど無料で、1年ないし2年に1回は、帰国出来るチケット付という条件が一般的である。
- 特にリヤドでの宿泊に関しては、JICA 事務所指定の場合は高級レベルのホテルとなるので、一般的なコンサルタント会社の宿泊手当では大幅に不足する可能性が高い。従って、必要があれば、JICA 事務所と相談した上で、長期滞在用の宿舎などを探すとよい。
- サウジアラビアの道路は、一般に走行しやすいので、市内でも空いていれば、時速100km以上になる。運転は、見た限りでは、荒っぽい人が多い。従って、人口の割に交通事故も少なくないようで、調査中は移動が多いので、十分な安全配慮が望まれる。例えば今回の調査では、郊外であるが、1時間くらいの間、平均時速180kmで一時190kmになっている時があった。しかし、そんな時でも、ドライバーの隣に座った政府職員は、新聞を読みながらおもしろい記事についてドライバーに話しかけ、ドライバーはその新聞を覗き込んでいた。また、時速180kmでも片手運転で、携帯電話でよく話していた。
- インターネットは、高級ホテルでは部屋から利用できるが、別料金を取られる。一般の事務所では、まだダイヤル回線を使っているところも多くスピードが遅い。
- サウジアラビアの MOWE を含めて、政府機関のオフィスは、一般にスペースに余裕があり、作業テーブルも含めて快適な場合が多い。従って、本格調査団に対しても、比較的作業のしやすいオフィスが提供される可能性が高いと考える。
- MOWE を含めて政府機関のオフィスアワーは、朝7時半頃から午後2時半頃までであ

る。但し、15分程度の遅れと早退は許容範囲らしい。昼休みはない。残業もほとんどやらない様子。従って、調査団としては、情報収集や打合わせは、朝9時頃から午後1時頃までが有効という感じで行動する必要がある。民間会社は、夕方までやっているところが多い。

- 英字新聞は2種ある。「The Saudi」「Arab news」であるが、3面記事など、比較のおもしろいと思う。
- サウジには、映画館や劇場がないなど、一般的な娯楽が少ない。現地の人に休日などどうするのかと聞くと、家族とレストランへ行くこと、(女性は運転禁止なので、奥さんの付き合いで) ショッピングセンターへ行くこと、郊外(砂漠)へピクニック(テントを借りて食事など)に行くことなどのことであった。

表 5-1 ローカルコンサルタントのリスト (情報収集した会社)

仮番号	会社名(略称)	事前への協力度	所在地	電話番号(代表)	担当者名	会社概要パンフ	参考情報
A1	Noory Consulting Office	良い	Morjan 3, Jeddah	505601394	Mustafa Noory	あり	調査対象区域での実績あり。MOWEとの関係深い。比較的大手。
A2	Al Harbi Consultant (1の協力会社)	良い	Jeddah	02-6246756	Sari M. AlHarbi	あり	調査対象区域での実績あり。MOWEとの関係深い。比較的大手。
A3	Abdullah A. Al-Homayin Office Studies and Consultant	良い	Riyadh	01-491-6934	Dr Abdulaziz M. Al-Bassam	あり	Hydrogeologyが専門。
A4	Saudi Geophysical Consulting Office	良い	Al-Khobar (Abha Office あり)	03-8985271	Dr. Tahir O Idris , Abha Regional Director, 07-2260645	あり	短時間の説明で、理解と対応が良かった。
A5	Alyanboo	悪い	Riyadh			あり	MOWEの紹介。見積もりデータなど協力約束し、後日確認したが、全く対応なし。
A6	Saudi Consulting Service	悪い	Riyadh			なし	国内トップクラス規模。見積もりデータなど協力約束したが、全く対応なし。対応した者の態度も良くなかった。
A7	Environmental Consulting Bureau	悪い	Riyadh			あり	環境関連の中堅コンサル。見積もりデータなど協力約束したが、全く対応なし。
A8	Eng. Mohamed H. Al Bokhari	悪い	Jeddah	505543683	Eng. Mohamed H. Al Bokhari	なし	社長はKing Abdulaziz University, Water Resources Research Centerの所員を兼務。従業員数5名