

オマーン王国

水資源開発管理計画調査

プロジェクトファイナディング調査報告書

平成13年7月

社団法人 海外農業開発コンサルタント協会（ADCA）

まえがき

オマーン王国（以下「オ」国と略称）はアラビア半島南東端に位置し、北東部はオマーン湾南東部はアラビア海に面する。国土面積、約31万平方km²の80%は沙漠であり、15%が山地で占められる。同国の水資源はこれらの山岳地域及び南部地区（サララ地区）に賦存する。

限られた水資源を有効に利用するため、1970年ののカブス国王の即位以来、地下水涵養ダム建設、およびファラージ施設の改修などが積極的に推し進められてきた。涵養ダム事業は北部山地（ジャバル・アクダル）で30数箇所、アラビア海に接するムサンダム半島で20箇所あまりが建設され、また、ファラージ事業においては、全国規模ですべての水源地施設4,000箇所のインベントリ調査を行い、このうち68箇所について改修が行われた。

この30年に及ぶ水源の整備事業にもかかわらず、未だ「オ」国は慢性的な水不足の状況におかれている。最近では1992～1995年の旱魃は深刻であり、特にジャバル・アクダルの南側（内陸地区）のダヒラ地区とダクリヤ地区に深刻な渇水被害をもたらした。「オ」国の内陸部では、従来より山麓に構築したファラージにより地下水を取水し、農業用または飲料用に利用してきたが、近年動力ポンプによる強制的な揚水が盛んになり地下水位が低下してきていた。旱魃時でこれら水位低下傾向が加速され、多くの井戸、ファラージが枯渇するに至った。

動力ポンプの台頭による過剰揚水は、ジャバル・アクダルの北側（海岸地区）のバートナコースにおいても著しく、首都圏マスカットに近いシーブ～スウェイクでは、水位低下に伴う塩水浸入の被害が深刻となってきた。

こうした現状を打開し安定した地下水の恩恵を将来も受けられるように、昨年2000年に水資源保全開発マスタープラン（Vision 2020）が策定された。同計画は、①可能開発な水源の開発、②涵養ダム建設、③ファラージの改修、④データベース構築、⑤既存水源モニタリング、⑥光エネルギー塩水淡水化計画、⑦水源の登録制度、⑧啓蒙活動、⑨スタッフトレーニングなどを柱としているものであった。本案件のテーマである「地下ダム技術」の導入は水資源保全開発マスタープランの方針に基づき、我が国が以前に行った農業マスタープラン（JICA、1980年）を参考に「オ」国より提案されたものである。

地下ダム建設の可能性を提案したものの、「オ」国技術者にとって「地下ダム技術」は未知の分野あり、当然知識にも乏しい。また我が国の技術協力の仕組みに不案内であることから、これまでも何回か我が国に技術協力の要請をしてきたがその内容は具体性に欠けるものであった。

本調査はこれら要請内容に具体性をつけ加えるべく、我が国の地下ダム技術の適用例を説明し、同時に「オ」国から要請を理解しつつ、「オ」国における地下ダム技術の適用の可能性を検討することを目的とした。

目次

まえがき	頁
1. 経緯及び背景	1
1.1 水資源概況	
2. 海岸地域の開発管理	3
2.1 計画地域の概要	”
2.2 計画の概要	”
2.3 調査の内容	5
3. 内陸地域の開発管理	6
3.1 計画地域の概要	”
3.2 計画の概要	”
3.3 調査の内容	7
4. 総合所見	9
添付資料	
• 調査団員	10
• 調査日程	”
• 面談者	”
• 現地写真	”
• 参考情報	巻末

1. 背景

「オ」国では、2000年までの国家5ヵ年計画（第1次～第4次）により涵養ダム、フェラージ改修などの事業が強力に推し進められてきた。現時点においてこれらの事業は、一応完結し、涵養ダムにおいては全国で50箇所あまりが機能している。2001年から始まる第5次国家5ヵ年計画においては、ポストオイル時における持続的発展を目標に民間主導による経済発展を目指している。水セクターにおいても未知の水源開発と並行し水源管理モニタリング、国民への水教育・啓蒙活動を通じた水源の持続的維持管理に主眼を移しつつある。これらの政策転換に伴い、従来まで「オ」国の水開発全般を実施してきた「水資源省」は、本年6月に地方自治省、環境省に併合され、「地方自治・環境・水資源省」の1部局となった。

水政策において、オマーン国は現時点で二つの大きな課題を抱えている、一つはバチナ・コーストの塩水浸入問題、もう一つは内陸地区への安定した水供給である。

前者のバチナ・コーストにおける塩水浸入は、古くから海岸沿いの主要都市で報告されていたものであるが、これまでは浅井戸により上層の淡水のみを取水するものであったため、塩水被害は顕在化しえなかった。しかし、この10年あまりは機械掘りによる深井戸取水が急増し、これに伴い水位低下・塩水浸入が著しく進行するに至った。

後者の内陸部とは具体的に北部山地南麓域の「ダヒラ地区」と「ダクリヤ地区」を指し、UAEから続くハジャールアルガルビ山脈の南西域一帯を「ダヒラ地区」、またジャバルアクダルの南部域で古都ニズワを中心とした一帯を「ダクリヤ地区」と呼んでいる。

ダヒラ地区においては、現在水供給の安定化を目指し大規模な地下水開発プロジェクトが実施中である。ダヒラ地区内のアルマサラット帯水層を開発し、2001年までに年間800万トンの揚水を行い、イブリ地区、ダルク地区、ヤンクル地区の住民115,000人に安定的に水を供給するというものである。しかし古都ニズワを中心としたダクリヤ地区においては、アルマサラット帯水層のような未知の開発可能な帯水層は期待できず、また地表ダムなどの適地もないことから、水安定供給における決定的な解決策は現在までの見つかっていない。

これら二つの大きな課題の解決のため、「地下ダム計画」が我が国の農業マスタープラン（JICA,1980）にヒントを得て「オ」国より提案され、また技術支援を我が国へ要請してきた。

1.1. 「オ」国水源概況

「オ」国は周知のごとく乾燥地域に属し、マスカットは世界で最も暑い首都のひとつにかぞえられている。季節は灼熱の夏季と温暖な冬季の2シーズンであり、夏季は5月～10月、冬季は11月～4月である。夏季における平均気温は最高37℃度にも達するが、冬季は快適であり平均気温は20～28℃にとどまる。同国の平均降水量はサイク高原などの山地では340mm/年を記録するが、全国平均は100mm/年といわれ、また首都マス

カットでは年間降水量 75mm/年が観測されている。これらの降水はジャバルアクダル頂部（多少の降雪が記録される）をのぞき、雨によってもたらされ理論的には4種の降雨パターンがいられている。夏季の雷雨、冬季の大西洋低気圧に伴う冬雨、冬季～初春のモンスーンに伴う雨、及びサイクロンに伴うものであるが、これらは降雨はいずれもその量、時期、地域性も大きな差異が認められる。

限られた雨量に対して蒸発量は大きく、内陸部で 3000mm/年、バトナコーストで 2700mm/年といわれ、雨量の殆どは蒸発散として失われることとなる。このため地表流出はおのずから少なく、ワジにおける平均流出高は 8mm 程度といわれている。面積雨量に対する流出量は、数 10 km²の小流域での5分の1、大流域で10分の1程度と見積もられている。

「オ」国の河川は2河川（ワジ・セマイル等の2河川）を除き、季節河川（ワジ）であり、流出は豪雨後の一時期に生じるに過ぎないが、これらのワジは流水を礫平原まで運び、礫平原において地下水涵養を促進する。これまでの水文観測、調査成果では、総雨量に対する涵養率は「オ」国の平均で5%と言われている。

「オ」国の帯水層としては、沖積層、ハジャー層群の第四紀層、ハドラマット層群、ファルス層群などが有力であるが、中でも沖積層は表流水から直接涵養を受けるものであり水質も良好である。従来から「オ」国は、表流水の利用は少なく安定した水源としてファラージが利用されてきた。これらの多くは山地と下流沙漠との境界部に認められる湧水、浅井戸を利用したものであり、現在「オ」国には 4112 箇所(1998年3月時点)あり、このうち 3108 箇所が現在も使用されている。これらファラージの水源量は 4 億 6 千万トンと推定され、これらの殆どが農業用水として使用される（農地 26498ha）。

地域的な水源量（または“faraj demand”）ではダクリヤ地区が最も多く、「オ」国全体のファラージ水源量の 29%が当地区に集中する。

一方、新しい水源としてシメール・オフィオライトが注目され、前述のアルマサラットプロジェクトとして開発中である。しかしながら、同帯水層への涵養量は極く小さく、アルマサラット帯水層の賦損量そのものは 150 億トンあまりと推定されるが自然涵養は年間数 100 万トン/年程度に過ぎない。アルマサラットプロジェクトの計画揚水量が自然涵養を上回ることから、これらの揚水は地下水資源採掘にあたりおそらく数 10 年後には同資源は枯渇するものと思われる。

「オ」国は、これらの資源枯渇に対し「資源管理開発策：特に資源の有効利用とデマンド管理策及び適切な資源開発策の方針」を打ち出し、井戸・ファラージ管理規則（1995）、及びこれに伴う井戸建設・改修に関する制限を設けた。また、地下水汚染、また海岸地区の塩水浸入に対しては、宅地規制地区、公共排水施設規制地区の設定、取水規制、井戸掘削許可制度等を導入する方針としている。

2. 海岸地域の開発管理

バチナ・コースト南部の沿岸部は、浅井戸を利用して古くから農業が発達している地区である。前述のように、近年では中流域で深井戸を利用した過剰なポンプ揚水が横行し、沿岸部への地下水供給が弱まり、塩水浸入がひどくなり既にかかなりの農園が廃止に追い込まれている。同地区の塩水浸入については、これまでいくつもの調査研究がされているが、中でも有効な調査は1983年から1991年までの塩水浸入の状況を比較調査したものである。これによると塩水被害はバトナコースト全域に急速に進行し、特に南部地区のスウェイク～シーブにかけての1帯では、地下水位の低下が年間0.5mに達し、これに伴う著しい地下水の塩化が報告された。1992年以降でも、さらなる揚水量増加と塩水浸入の拡大が井戸インベントリ調査において指摘されている。

これら塩化防止策として「オ」国は、①海岸地域の農園の移設、②使用量の計測、井戸用流量計の設置、③インベントリ調査の継続、④モニタリングの強化などの方針を掲げ、強力に揚水管理に取り組む姿勢を表明している。これら背景のもと「地下ダム計画」は塩水浸入防止の積極策として、「オ」国サイドより提案のあったものである。上記の塩化防止策と一体のものとして考えられ、海岸に沿い塩水浸入防止型の地下ダム（フロートタイプとなろう）を構築し、海側からの塩水浸入を阻止するとともに、貯水池内では更なる地下水涵養を図り無計画なポンプ揚水を制限する、という計画である。

2.1 計画地区の概要

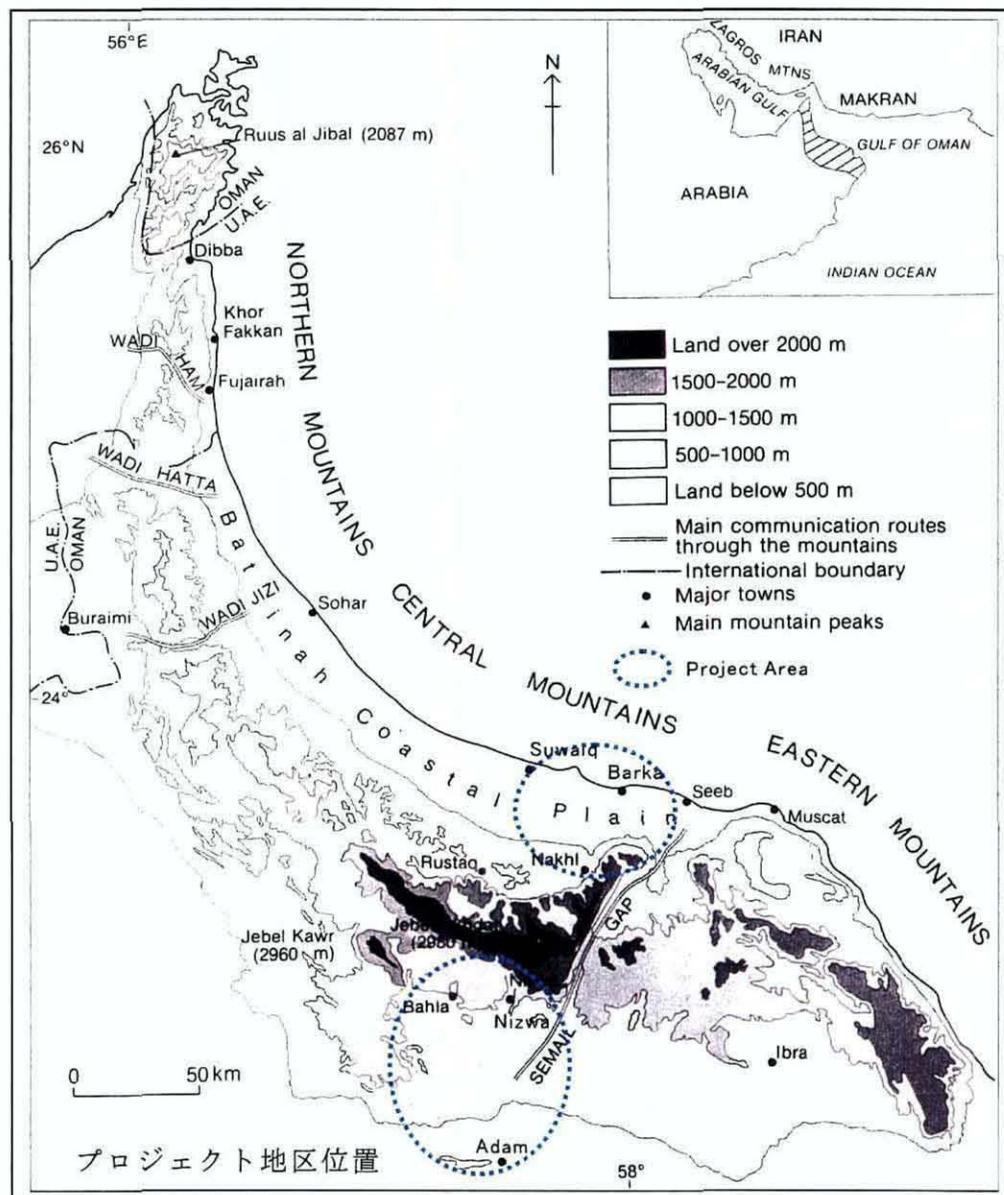
計画地区は首都マスカットから西北に連なる地下水利用地帯であり、中でも塩水浸入の著しいシーブ～スウェイクにかけて70km区間が対象地区となる。ワジ流域では、ワジ・マーウィル、ワジ・バニ・ハルース、ワジ・ファラ及びワジ・バニ・ガーフィル流域が計画地区に含まれる（位置図参照）。

2.2 調査の概要

シーブ～スウェイクにかけての海岸地区において、塩水浸入防止策として地下ダムが有効であるかの可能性を検討する（Pre-）F/S調査であり、検討項目としては、海岸地区のみならず、関連した流域の①気象、②水文、③水理地質状況、水質の把握解析、④ファラージ利用実態、⑤井戸などの地下水利用実態、及び⑥地域の将来必要量の把握解析をはじめ、流域の管理に必要な⑦水文収支解析、⑧ダム運用シミュレーション、またダム運用に伴う⑨水源管理策、⑩地下水涵養促進策の提案、⑪代替水源の提案また⑫環境変化予測などが含まれる。

これらはこの調査は山地～海岸までの地下水盆全体をカバーし、地下ダム施設などを組み込める管理モデル（地表系－地下水系管理モデル）をベースとし検討を行う必要があり、同モデルによるシミュレーションを併用し、地下ダム計画を含む流域管理策の検討を行うこととなる。また、シーブ～スウェイクにかけて地区は70kmと広く、上述のように複数の流

域にまたがるため調査は「対象地区選定調査（①対象地区全域調査→②地下ダム流域の選定）」と「地下ダム計画調査（③地下ダム流域管理計画の策定→④事業評価）」の2フェーズに分け実施する。「対象地区選定調査」において、最も経済的効果が期待でき、かつダム運営の管理が容易な流域を選定し、「地下ダム計画調査」で地下ダム建設の可能性を検討することとなる。



2.3 調査の内容

調査の内容は以下のとおり要約される。

①対象地区全域調査

- 既存資料の収集、整理
 - 社会経済、
 - 地理・地形（地形図、空中写真、衛星画像）
 - 地質・水文地質（地質図、地質レポート）
 - 気象・水文・地下水（気象・水文観測網、ワジゲージ記録）
 - 既存水源施設記録（ファラージ、涵養ダム等の運用記録）
 - その他
- 地下水利用インベントリ（既存データ収集、及び補足現地調査）
 - 給水人口、
 - 水源施設状況
 - 利用量、目的
 - その他
- 水文地質調査
 - 空中写真判読、画像解析及び地表地質調査マッピング、
 - TDEM 調査（調査地区 1200 点）
 - 試験井戸及び帯水層試験（調査地区 12 箇所）
 - 涵養試験（4 箇所）
 - 測水調査（サンプリング 及び水質試験 400 箇所）
- 環境調査
 - 初期環境調査（Initial Environmental Examination）

②地下ダム流域の選定

- 社会条件評価
 - 給水人口、デマンド
 - 水源施設利用実態、管理組織
 - 地区将来計画
 - 土地収用、その他
- 水文（地質調査）
 - 利用量
 - 水源量
 - 帯水層
- 地下ダム流域の選定
 - 条件表の作成、その他

③地下ダム流域管理計画の策定

- 地下ダム位置の決定
- 地表系ー地下水系管理モデルの構築
- シミュレーション及びダム緒言の決定
- 地下ダム設計及び建設費概算
- 地下ダム流域管理計画の策定

④事業評価

- 環境影響評価（Environmental Impact Assessment）
- 事業費及び事業便益
- 財務評価分析
- 事業評価及び社会経済効果

3. 内陸地域の開発管理

オマーンは19世紀末実質的に英国の保護国となったが、イمام（宗教指導者）支配下の内陸部と国王支配下の沿岸部の抗争が1959年まで続いた。本計画の「ダクリヤ地区」は古都ニズワを中心としたイمامの本拠地であり、いまでもオマーン王国に対抗した部族が多く居住する。こういった歴史的または政治的配慮から、現オマーン政府が重点的に社会インフラ整備を行う必要性に迫られている地域でもある。

ダクリヤ地区は前述のように優勢な地下水、湧水に恵まれ、いくつものファラージが発達している地区でもあるが、バハラを中心とした山麓から離れた地域では先の早魃（1992年－1995年）では深刻な水不足に見舞われた。これら早魃に際し、同地区における大規模な水源開発の機運が急速にたかまり、新たな選択枝として「地下ダム案」がダクリヤ地区南部のアダム地区において提案された。

アダム地区の周辺では、これまでに旧水資源省において様々な水理地質調査が行われてきて、この結果からアダム地区周辺には地下谷が形成されるいることが判明している。一方、アダム地区から首輪状に山弧が上流域へ連なり、このわずかな切れ目を地下ダムで止めれば、膨大な量の地下水が利用可能となる。しかも、この下流は無人の砂漠地帯で現在はここを通過した莫大な量の地下水は、無駄に沙漠に消え、また巨大な塩湖に吸収されている。

「オ」国は、上記地下ダム建設における水理地質上の優位性、またニズワ市を中心としたダクリヤ地区の社会歴史的背景、水安定供給の必要性から地下ダム事業を提案し、我が国に当地における地下ダム建設の検討（F/S調査）について技術協力を期待している。

3.1 計画地区の概要

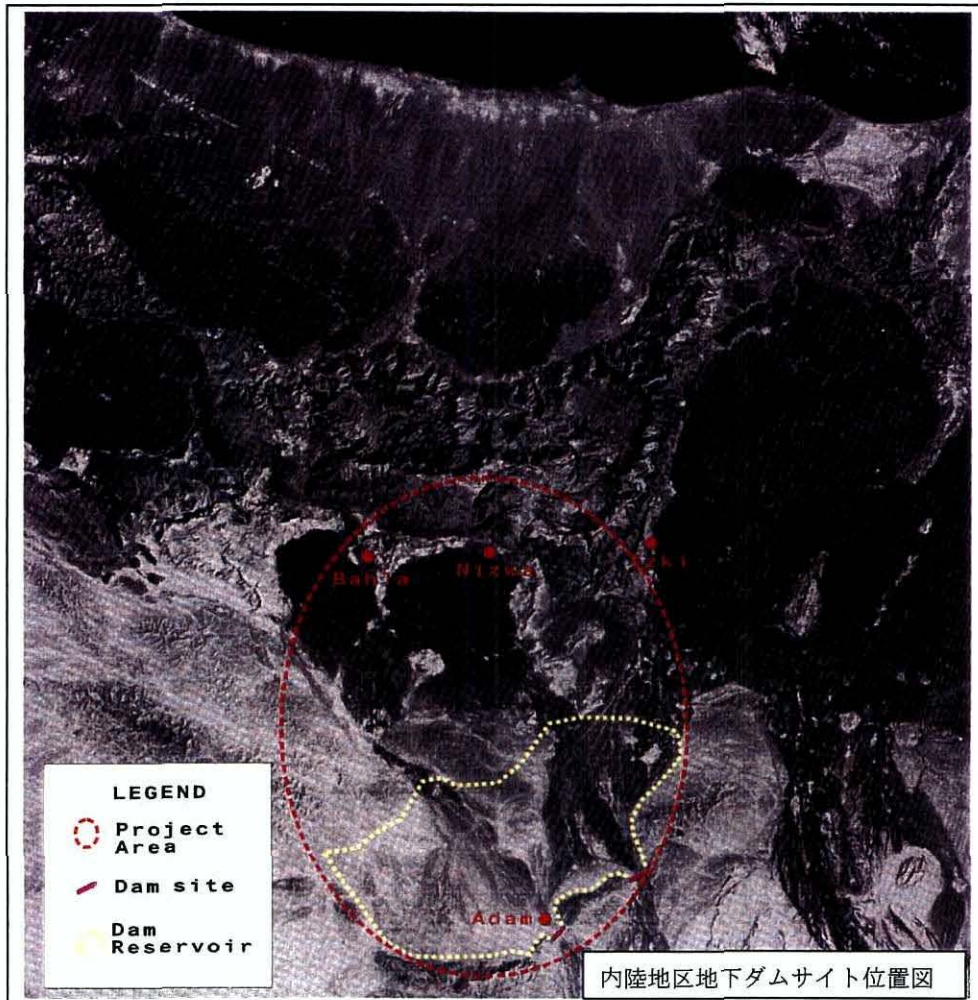
ダムサイトはアダム市下流1km区間及び東方の5km区間であるが、流域は広くジャバルアクダル山地まで含む。流域中にはニズワ市、バハラ市、アルハムラ地区、マナア地区を含み、これら市町村の水利用は古くよりファラージシステムに依存している。地下ダム建設に関わる水利用管理計画、及び環境影響評価を念頭におくと、これら市町村も当然、計画対象地区に含まれる。計画地区はワジ・アダム、ワジ・マナア、ワジ・ニズワ、ワジ・ハムラ等を含む700km²程度（70km×100km）となる。

3.2 計画の概要

当流域の地下水はジャバルアクダルの南麓で涵養し、ニズワ市、マナア市などの位置する礫平原（バハダ平原）上でファラージ施設などにより利用されたあと、アダム地区の地下谷を通り内陸の沙漠にそそぐ。アダム地区の下流域は茫漠たる沙漠であり、遊牧民の季節キャンプが極く稀に認められるのみであり、居住地区は全く認められない。地下水はここで塩化が進み、最終的にはルブアルハリ沙漠に飲み込まれる。

同計画は、地下水利用地帯の最下流であるアダム地区で地下ダムを建設し、沙漠への流出

を防止し、また上流の貯水域では地下水位の上昇により帯水層の枯渇を防ぎ、かつファラージの回復を目指すものである。実施にあたっては、総合的な水収支、関連する涵養ダムによる人工涵養、ファラージ・井戸群との関連を踏まえた地下水資源の適正な利用策を検討する。



3.3 調査の内容

調査の内容は、海岸地区調査とほぼ同様であるが、地下ダムサイトが現時点で確定しているため、以下のとおり①現地調査②計画設計③事業評価の順で実施する。

①現地調査

- 既存資料の収集、整理
 - 社会経済、
 - 地理・地形（地形図、空中写真、衛星画像）

- 地質・水文地質（地質図、地質レポート）
- 気象・水文・地下水（気象・水文観測網、ワジゲージ記録）
- 既存水源施設記録（ファラージ、涵養ダム等の運用記録）
- その他
- 地下水利用インベントリ（既存データ収集、及び補足現地調査）
 - 給水人口、
 - 水源施設状況
 - 利用量、目的
 - その他
- 水文地質調査
 - 空中写真判読、画像解析及び地表地質調査マッピング、
 - TDEM 調査（調査地区 1000 点）
 - 試験井戸及び帯水層試験（調査地区 6 箇所）
 - 涵養試験（3 箇所）
 - 測水調査（サンプリング 及び水質試験 300 箇所）
- 環境調査
 - 初期環境調査（Initial Environmental Examination）

②計画設計

- 地下ダムサイト、貯水域の評価
 - <水文地質条件評価>
 - 気象・水文条件
 - 地下水・帯水層条件
 - 利用量
 - 水質
 - ファラージ施設位置、施設容量
 - <社会条件評価・その他>
 - 水需要・利用人口
 - 水源施設利用実態・管理状況
 - 地区将来計画
 - 土地収用、その他
- 地表系—地下水系管理モデルの構築
- シミュレーション及びダム緒言の決定
- 地下ダム設計及び建設費概算
- 地下ダム流域管理計画の策定

④事業評価

- 環境影響評価（Environmental Impact Assessment）
- 事業費及び事業便益
- 財務評価分析
- 事業評価及び社会経済効果

4. 総合所見

人口あたりの再生可能な水資源量はアラビア半島で平均 381 m³/年/人 (UNDEP, 2000) といわれる。これと比べるとオーマンの水源量は多く 899 m³/年/人とされている。しかし、通常は、この指標が 1000 m³/年/人を下回ると慢性的な水不足に陥るとされており、現実問題として、「オ」国は、前述のとおり内陸地方の旱魃、塩水浸入等の課題を抱えている。これら状況の打開のため、「オ」国政府は 70 年のカブース国王の即位以来、石油収入を背景に強力に水源開発を推進し、これまで 50 余りの涵養ダム建設、深層帯水層の開発、ファラージの修復などにより、国内の給水率を 90 年代の 40% から現時点で 90% まで引き上げ、また、ファラージの改修などにより灌漑面積も 26,000ha あまりを維持してきている。一部作物については、端境期を利用し我が国への輸出を行っているほどであるが、これらの水源の 97% は地下水に依存し、地区によってはすでに再生可能な水源量を既に超過している。これらの水収支のインバランスは、今後のさらなる地下水位の低下、ファラージの枯渇、塩水化、及び表流水による汚染などの地下水障害を引き起こすことは予想に難くない。

「オ」国政府もこれらの実態を深刻に受け止め、将来の地下水資源管理のため様々な方策を実施している。これらは、全水源施設を対象とした登録制度、詳細なインベントリ調査、水文観測網設置、これらをまとめたデータベースの構築などが主体であり、現時点での「オ」国政府の水行政は、水資源開発から資源管理、需要管理策に視点を変更しつつある。同じく水行政に携わる技術者も外国人からオマーン人へと転換の最中である。

こういった状況のなか、地下ダム建設が「オ」国技術者より提案、我が国へ技術援助の要請があったわけであるが、「オ」国技術者のイメージしている「地下ダム」は、従来のような単に地下水開発目的の施設というものではなく、水源管理施設のツールという側面を強く持ち合わせたものであった。「オ」国の望む「地下ダム計画」は、オマーン古来の水源施設であるファラージの活性化や、既存井戸群の統廃合、取水規制、またこれらの施設の現況維持管理体制など社会的側面が包括され、また地下ダムの建設によって生ずる環境インパクトなども広い視野から十分検討されるものであると理解される。

「オ」国のこれまでの地下水資源保護に対する取り組みかたは、近隣の諸国と比べて非常に熱心であり、その技術的レベルも高い。これまで日本人専門家を始め、多くの欧米コンサルタントが関係省庁内で活動してきたこともあり、基礎データは充実し、またデータ管理等もしっかりしている。本調査には、気象、水文、地質、地下水等で詳細なデータが必要とされるが、これらは「オ」国内で十分入手、活用可能と思われる。

添付資料

1. 調査団員

調査団員： 川崎 良一 (株)三祐コンサルタンツ 海外事業本部 技術部 顧問
加藤 泉 (株)三祐コンサルタンツ 海外事業本部 技術部第2課参事

2. 調査日程

日 程 表					
日数	年 月 日	出発地	到着地	宿泊地	備 考
1	平成13年7月17日(火)	成田	マスカット	マスカット	移動(バンコク経由)
2	7月18日(水)			マスカット	地方自治・環境省表敬
3	7月19日(木)			マスカット	地方自治・環境省と協議
4	7月20日(金)			マスカット	現地踏査(北部)
5	7月21日(土)			マスカット	同上(中部)
6	7月22日(日)			マスカット	同上(南部)
7	7月23日(月)			マスカット	地方自治・環境省への説明
8	7月24日(火)	マスカット		機中	大使館表敬 地方自治・環境省とのミーティング (バンコク経由)
9	7月25日(水)		成田		帰国

3. 面談者

- 1) 在オマーン日本大使館；竹内 好一 公使参事官
- 2) 地方自治、環境、水資源省 (Ministry of Regional Municipalities Environment and Water Resources)；

Act. D.G. of Water Resources :

Mr. Mohammed Khalifa AL-KALBANI

Director of Water Resources Management :

Mr. Said Nasser Al-Habsi,

Director of Dams :

Mr. Saleh Al-Harthy,

Director of Monitoring Network : Eng. Sulaiman Al-Obaidani

Technical Expert, Planning Dept. Office of the Minister :

Mr. Graham V Smith

4. 参考資料

- ① DAMS IN THE SULTANATE OF OMAN (Ministry of Water Resources,1999)
- ② Aflaj Inventory Project Summary Report(Ministry of Regional Municipalities, Environments and Water Resources, 2001)
- ③ OMAN 2000 (Ministry of Information, 2000)
- ④ GEOLOGY OF OMAN (The Historical Association of Oman, 1995)
- ⑤ ENHANTING OMAN (MOTIVATE PUBLISHING, 1999)
- ⑥ MAVERIC GUIDE TO OMAN (PERICAN, 1998)

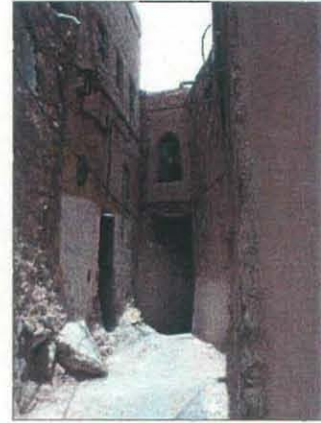
5. 写真集



タイトル: アルハムラ地区山岳集落

日付: 010721

記述: ジャバルアクダル西麓の村落。湧水により雑飲用水を得る。



タイトル: アルハムラ地区山岳集落

日付: 010721

記述: アルハムラ地区村落の入り口。村落は湧水を中心に密集する。



タイトル: アルハムラ地区山岳集落

日付: 010721

記述: 村落内ファラージ水路。



タイトル: アルハムラ地区山岳集落

日付: 010721

記述: 水路の一部は洗い場をなる(男子禁制)。



タイトル: アダム・ファラージ

日付: 010721

記述: 内陸地方のファラージ。



タイトル: アルハムラ・ファラージ

日付: 010721

記述: ワジから引き込まれた水は村落の雑用水となる。



タイトル: アルハムラ・ファラージ

日付: 010721

記述: ファラージ末端は灌漑用として使用される。



タイトル: アルハムラ・ファラージ

日付: 010721

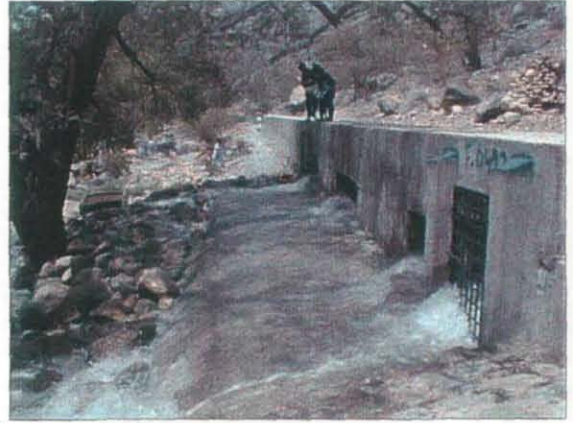
記述: ファラージ末端の農園。



タイトル: ワジ・タノフ

日付: 010722

記述: ジャバルアクダル(標高300m)から流出するワジ。



タイトル: ワジ・タノフ

日付: 010721

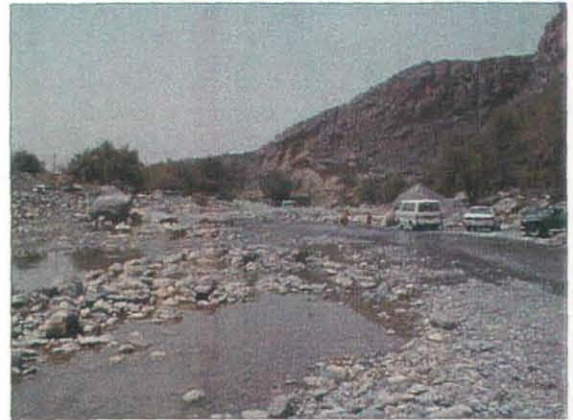
記述: 上流ダムより取水。水路側面からオーバーフローする。



タイトル: ワジ・タノフ

日付: 010721

記述: 溪流側面に旧ファラージス水路あり、灌漑用に使用。



タイトル: ワジ・タノフ

日付: 010721

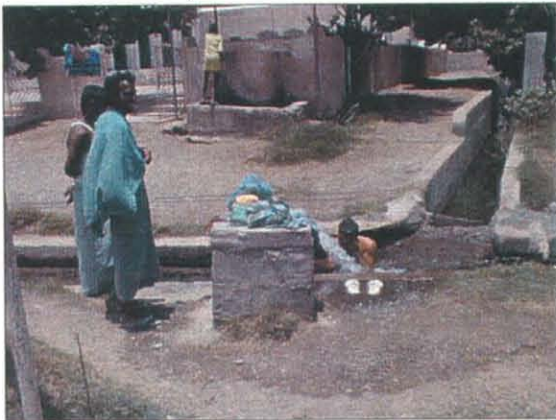
記述: 溪流は人々の憩いの場となる。



タイトル: ソハール近郊ファラージ
日付: 010721
記述: ファラージ、モスク、洗い場が隣接する。



タイトル: ソハール近郊ファラージ
日付: 010721
記述: 浴場がモスクに隣接する。



タイトル: ソハール近郊ファラージ
日付: 010721
記述: 浴場、洗い場。



タイトル: ソハール近郊ファラージ
日付: 010721
記述: 現在のファラージ水源は動力付き浅井戸。



タイトル: バルカ海岸
日付: 010720
記述: 塩水浸入被害。海岸より0.5km。



タイトル: バルカ海岸
日付: 010720
記述: 塩水浸入被害。



タイトル: 海岸付近農園
日付: 010721
記述: 浅井戸(浅層帯水層)を使った灌漑。



タイトル: 海岸付近農園
日付: 010721
記述: ソハール近郊。海岸地帯に農園広がる。



タイトル: ルスタック湧水(温泉)
日付: 010720
記述: 温泉の湧き出し口。



タイトル: ルスタック湧水(温泉)
日付: 010720
記述: モスク、浴場が温泉に隣接する。



タイトル: ルスタック湧水(温泉)
日付: 010720
記述: 下流水路。農園に続く。



タイトル: バルカ海岸
日付: 010720
記述: 塩水浸入によりナツメ椰子は枯れる。



タイトル: ナハル湧水

日付: 010720

記述: 湧水を一時貯留し村落の用水として利用。



タイトル: ナハル湧水

日付: 010720

記述: 湧水を雑飲用水として利用。



タイトル: ナハル湧水

日付: 010720

記述: 水源近くは公園となる。



タイトル: ワジ・ナハル

日付: 010720

記述: 年間を通して流水があり、水源は泉。



タイトル: ファラージ灌漑

日付: 010720

記述: ナハル集落付近下流の農園。ファラージの下流。



タイトル: ファラージ水路

日付: 010720

記述: ファラージ水路はナハル集落内を通る。



タイトル: ファラージ水源

日付: 010720

記述: ナハルファラージの水源。



タイトル: ナハル湧水群。

日付: 0110720

記述: スプリングプロテクション。湧水をコンクリートボックスにて防護。



タイトル: ワジ・ジジ ダム
日付: 010720
記述: 堤体から下流を望む。



タイトル: ワジ・ジジ ダム
日付: 010720
記述: 右岸洪水吐け。



タイトル: ワジ・ジジ ダム
日付: 010720
記述: 貯水池。右岸より。



タイトル: ワジ・ジジ ダム
日付: 010720
記述: 左岸洪水吐け。



タイトル: ファラージ水路(遺跡)

日付: 010720

記述: ワジ・ジジ ダム上流。河道に沿うファラージ水路(遺跡)。



タイトル: ファラージ施設(遺跡)

日付: 010720

記述: ワジ・ジジ河道を超えるサイフォン跡。



タイトル: ワジ・マーウィル ダム

日付: 010720

記述: バルカ南西15km。地下水涵養ダム。



タイトル: ワジ・マーウィル ダム

日付: 010720

記述: 涵養ダム中央部(中央部のみガビオンで構築される)。



タイトル: ワジ・ジジ ダム

日付: 010720

記述: ダムは地方自治環境省(旧水資源省)が管理する。



タイトル: ワジ・ジジ ダム

日付: 010720

記述: 下流水位観測孔。



タイトル: ワジ・ジジ ダム

日付: 010720

記述: ダム下流観測孔。



タイトル: ワジ・ジジ ダム

日付: 010720

記述: 観測孔(自記記録計が付く)。



タイトル: 井戸用水位計

日付: 010720

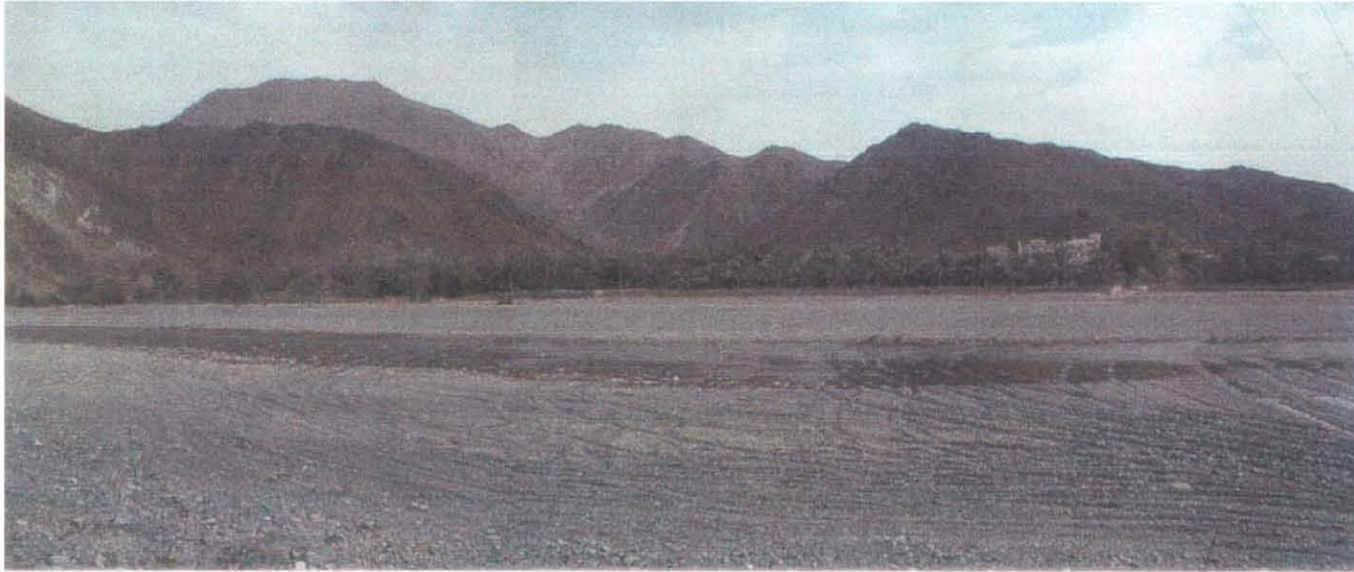
記述: ワジ・マーウィルダム下流。



ワジ・ファラ
(ワジ中流：ルスタック下流10km。
ワジ平原と山地部との境界部で
水位計が設置される。)



アルハムラ集落
(ジャバルアクダル山地西麓(ダクリア地区)の典型的集落。)



ワジ・バニ・カルース
(前縁地：オフィオライト山地
から流出、数日前の降雨のため
流出。)



ワジ・ジジ ダム
(貯水池は数日前の
降雨のため水が残る)



地下ダム候補地
(アダム集落の下流より
ダムサイトを望む)



地下ダム：副ダム候補地、(アダム集落の西方、上流からダムサイトを望む)