

図表リスト

| | | |
|--------|-----------------------|-------|
| 表 1-1 | 過去 7 年間の生産量と需要量バランス | 1- 2 |
| 表 1-2 | 過去 5 年間の断水状況 | 1- 2 |
| 表 1-3 | 水源開発計画と需要量 | 1- 4 |
| 表 1-4 | 水分野における援助事業 | 1- 8 |
| 表 2-1 | 過去 7 年間の財務状況 | 2- 2 |
| 表 2-2 | 2005 年予算書 | 2- 3 |
| 表 2-3 | ダマスカス市およびザバダニの月別気温 | 2- 6 |
| 表 2-4 | フィジェとダマスカス市の年間降水量 | 2- 6 |
| 表 2-5 | 想定される環境社会影響 | 2- 10 |
| 表 2-6 | ヤブース地区段階揚水試験結果 | 2- 11 |
| 表 2-7 | ジュデイタ・ヤブース村概要 | 2- 12 |
| 表 3-1 | 井戸個所数の変更 | 3- 2 |
| 表 3-2 | 調達年度計画 | 3- 3 |
| 表 3-3 | 要請内容の変更 | 3- 3 |
| 表 3-4 | 地下水涵養量の推定 | 3- 7 |
| 表 3-5 | 将来の水源開発を考慮した井戸本数の推定 | 3- 8 |
| 表 3-6 | 集水管路延長集計表 | 3- 10 |
| 表 3-7 | 導水管路水理計算結果 | 3- 12 |
| 表 3-8 | 水中ポンプ揚程、電動機出力の計算 | 3- 12 |
| 表 3-9 | 井戸ポンプの仕様 | 3- 12 |
| 表 3-10 | 管種の比較 | 3- 13 |
| 表 3-11 | 減圧施設の条件 | 3- 14 |
| 表 3-12 | 減圧方式比較検討表 | 3- 14 |
| 表 3-13 | 調達資機材のまとめ | 3- 15 |
| 表 3-14 | 受水槽の容量 | 3- 15 |
| 表 3-15 | 減圧水槽の容量 | 3- 15 |
| 表 3-16 | 主要施設の分担範囲 | 3- 34 |
| 表 3-17 | 環境へのインパクト | 3- 39 |
| 表 3-18 | 日本側概算事業費 | 3- 41 |
| 表 3-19 | シリア国側概算事業費 | 3- 41 |
| 表 4-1 | 問題点、対策、およびその効果 | 4- 1 |
| 図 1-1 | 水源別水生産量 | 1- 1 |
| 図 1-2 | 日平均需要量 | 1- 1 |
| 図 2-1 | DAWSSA 組織図 | 2- 1 |
| 図 2-2 | 地形概念図 | 2- 7 |
| 図 2-3 | 現況の水収支概念図 | 2- 8 |
| 図 2-4 | 群井揚水シミュレーション結果 | 2-13 |
| 図 2-5 | ヤブース地区位置関係図 | 2-14 |
| 図 2-6 | EIA プロセス | 2-16 |
| 図 2-7 | EIA プロセス実施予定 | 2-18 |
| 図 2-8 | 生産井運用基準 | 2-22 |
| 図 2-9 | マール・ヤブース副流域における灌漑省観測網 | 2-23 |

| | | |
|-------|---------------|------|
| 図 3-1 | 計画概要図 | 3- 4 |
| 図 3-2 | 計画模式図 | 3- 9 |
| 図 3-3 | マール/ヤブース路線縦断図 | 3-11 |
| 図 3-4 | 実施工程表 | 3-36 |
| 図 3-5 | シリア国側実施工程表(案) | 3-44 |

略語集

1. 組織

| | |
|--------|---|
| DAWSSA | ダマスカス市上下水道公社 (Damascus City Water Supply and Sewerage Authority) |
| GCEA | 総合環境評価委員会 (General Commission for Environmental Affair) |
| JICA | 独立行政法人国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency) |
| MoHC | 住宅建設省 (Ministry of Housing and Construction) |
| MOI | 灌漑省 (Ministry of Irrigation) |
| NGO | 非政府組織 (Non Governmental Organization) |
| SPC | 国家計画委員会 (State Planning Commission) |
| WRIC | 灌漑省水資源情報センター (Water Resources Information Center, Ministry of Irrigation) |

2. その他

| | |
|-------|--|
| CAD | コンピューターを使った設計デザイン (Computer aided design system) |
| COD | 化学的酸素要求量 (Chemical oxygen demand) |
| DCIP | ダクタイル鋳鉄管 (Ductile cast iron pipe) |
| EIA | 環境影響評価 (Environmental Impact Assessment) |
| EIS | 環境影響評価書 (Environmental Impact Statement) |
| EL | 標高 (Elevation) |
| E/N | 交換公文 (Exchange of Notes) |
| F/S | フィージビリティ・スタディー (Feasibility Study) |
| GDP | 国内総生産 (Gross Domestic Product) |
| HHWL | 最高水位 (High-high water level) |
| HWL | 高水位 (High water level) |
| LLWL | 最低水位 (Low-low water level) |
| LWL | 低水位 (Low water level) |
| O&M | 維持管理 (Operation and Maintenance) |
| SCADA | 監視制御データ収集 (Supervisory Control and Data Acquisition) |
| SP | 鋼管 (Steel pipe) |
| TOD | 全有機炭素 (Total organic carbon) |
| UNDP | 国連開発計画 (United Nations Development Programme) |

3. 単位・通貨

| | |
|-----------------|--|
| AC | 直流 |
| ha | ヘクタール |
| Hz | ヘルツ |
| km ² | 平方キロメートル |
| kVA | キロボルト・アンペア |
| kW | キロワット |
| kWh | 時間当りキロワット |
| ldc | 1人1日あたり給水量(リットル) |
| m ³ | 立方メートル |
| /hr, /min, /s | 時間当、分当り、秒当り |
| MCM | 百万m ³ (Million cubic meter) |
| mm/a | 年間ミリメートル |
| MPa | 百万パスカル |

| | |
|-------|-------------------|
| Euro | ユーロ |
| SP | シリアポンド |
| US \$ | 米ドル (US Dollar) |
| V | ボルト |
| ¥ | 日本円 (Yen) |

要 約

シリア・アラブ共和国(以下、「シリア国」という)は地中海東岸に位置し、北はトルコ、東はイラク、南はヨルダンとイスラエル、西はレバノンと国境を接している。面積は 18.5 万 km² であり、人口は 1,755 万人(2003 年)、農業、鉱工業、サービス業のバランスの取れた経済構造となっており、一人当たりの GDP は 1,288 ドル(2002 年)である。

シリア国の首都ダマスカス市は同国の政治・経済・文化の中心地である。ダマスカス市の給水事業は住宅建設省傘下のダマスカス市上下水道公社(以下、「DAWSSA」という)が担っており、その給水人口は約 282.2 万人と推定される。現在のダマスカス市の給水事情は、下表に示すように毎年給水不足となっており、ダマスカス市周辺に建設中の新規開発地域が給水地域に含まれることになれば、給水事情はさらに悪化することになる。

表-1 過去 7 年間の生産量と需要量バランス (単位: ×1000m³/日)

| 項目\年 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 備 考 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 年平均生産量 | 622 | 645 | 536 | 492 | 442 | 466 | 583 | 湧水量の変動が大きい |
| 渇水期生産量 | 584 | 618 | 443 | 410 | 348 | 396 | 550 | 各年 10 月のデータ |
| 年平均需要量 | 648 | 685 | 723 | 680 | 680 | 635 | 585 | 漏水対策により減少傾向 |
| 年平均不足量 | 26 | 40 | 187 | 188 | 238 | 169 | 2 | |
| 渇水期不足量 | 64 | 67 | 280 | 270 | 332 | 239 | 35 | |

出典：DAWSSA 水源資料より

ダマスカス市およびその周辺地域の人口は、年人口増加率約 3%で急速に増加を続けており、今後この水不足の状態は年々悪化の一途をたどると想定される。ダマスカス首都圏への主水源は、ダマスカス市の北西部に位置しダマスカス市より約 15km 離れたフィジェ湧水、同 30km 離れたバラダ湧水池、およびダマスカス市内にある井戸群に依存している。このうち、フィジェ湧水は全体給水量の 65～75%を占める大水源であるが、その湧水量は季節や降雨量により大きく変動し、渇水年や渇水期(8 月-12 月)には深刻な水不足に見舞われる。こうした事態に対処するため、フィジェの湧水量が不足すれば、バラダ湧水池、ダマスカス市内井戸群の順でポンプを稼働させて補給しているが、その量は十分ではない。近年では 1999 年から 3 年続いた旱魃の影響で、ダマスカス市内の給水は 1 日 12 時間以上の断水が 6 ヶ月間 4 年連続して起こる緊急事態が生じた。

ダマスカス市の水道事業に関しては、シリア国の要請に基づいて 1997 年に我が国の技術協力によって、開発調査「ダマスカス市給水システム改善拡充計画調査」が実施され、これによってダマスカス市給水事業にかかるマスタープランが作成されている。このマスタープランでは、まず漏水対策を優先的に実施し、その上で足りない水源を新規地下水開発に求めることとしている。この内漏水対策については、2 回にわたる日本の無償資金協力により配水管材料の調達が行われ、また日本の専門家派遣による配水コントロールの技術移転によりその技術レベルも向上し、漏水率は 1997 年の 34.7%から 2003 年には 23%まで低下している。この漏水対策工事は現在も継続されている。一方、地下水開発については、2000 年に完了した JICA 開発調査「北西

部・中部水資源開発計画調査(フェーズ II)」において、本計画対象地区を含む「バラダ・アワジ流域」は流域全体の水収支が既にマイナスになっており、特に地下水系は過剰揚水に陥っていることが明らかにされた。こうした状況の下、シリア国側はさらなる水収支の悪化を避けつつ給水事情を好転させるべく、他流域からの導水に係る調査・設計を始め、流域水資源の管理・モニタリングシステムの構築、上述した水道システムの漏水対策、節水灌漑の普及促進、下水処理水の再利用等の対策を鋭意進めている。

こうした背景の下、既に非常に厳しい状況にある首都ダマスカス市の給水状況を少しでも緩和すべく、本事業の実施機関である DAWSSA は、ダマスカス市の北西部において新たに水利権を得た水源地マーダル、ヤブース、デイル・アル・アシャエールの 3 地区の地下水源を開発し、新規導水管路によりバラダ・フィジェ幹線導水路に設けられている既設減圧槽(タケア、ホセイニア)へ導水する水源拡張計画を策定し、2002 年に日本政府に対し本計画に必要な取水・導水施設の資機材調達を要請した。

日本政府はこれを受け、基本設計調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構 (JICA) は平成 16 年 3 月 15 日から 4 月 16 日まで(第 1 次現地調査)および同年 10 月 2 日から 10 月 22 日まで(第 2 次現地調査)の 2 度にわたり基本設計調査団を現地に派遣した。さらに帰国後の国内作業完了後、平成 17 年 1 月 15 日から 1 月 24 日まで調査団を現地に派遣し、基本設計概要書案の現地説明を実施した。

本無償資金協力は、ダマスカス市及びその周辺地域の給水不足を軽減することを目的とするシリア国側新規水源開発計画の実施に資するため、それに必要な資機材の調達を行うものである。シリア国側からの当初要請における主要資機材は、3 ヶ所の新規水源地における井戸 25 本のための井戸ポンプと緊急用ディーゼル発電機、および集水管と導水管用の配管材料であった。また、本計画に係る設計方針は、深刻な「バラダ・アワジ流域」の全体水収支に鑑み、環境社会影響に十分配慮した水源開発および許容取水量を策定する、原則として資機材は日本側が調達し、それらの据付・敷設工事はシリア国側が行うが、調達可能な資機材についてはシリア国側による調達も勘案する、および 所定本数の生産井建設が完了している水源地についてのみ基本設計を行う、こととした。

上記のようなシリア国側の当初要請、日本側の設計方針に基づき、2 度にわたる現地調査が行われた。この過程において、以下のとおり要請および計画内容の変更が行なわれた。

水源開発地区の変更：要請時の新規水源開発 3 地区のうち、マーダル地区に関しては、水源開発能力に乏しく、直下流への影響が大きいと判断され、その南西のマーダル 地区に変更した。

水源地別井戸箇所数の変更：生産井はシリア国側で準備されているはずであったが、それらの井戸は構造や仕上げが本計画の生産井としては不十分であった。このため、DAWSSA は井戸を新規に掘削することとし、また、その協議の過程で全井戸本数は変わらないが、地区別の本数内訳は変更された。

調達資機材の期分け：DAWSSA による新規井戸の掘削工事・揚水試験が遅れたため、資機材の調達年度を第1期と第2期に分けることとした。

要請資機材の変更：要請されていた緊急用ディーゼル発電機と小口径の集水管は、それぞれその使用頻度が小さいことおよびシリア側に十分なストックがあったことから、日本側調達資機材の対象外とし、シリア国側調達とした。

以上の結果、要請内容は以下のように変更された。

表-2 要請資機材の変更対比表

| 水源地 | 要請資機材内容（当初） | 要請資機材内容（変更） | |
|-----------------|--|--|--|
| | | 第1期 | 第2期 |
| マーダル及びヤブース地区 | 水中ポンプ(50m ³ /hr) 20セット 集水管 1式 緊急用ディーゼル発電機(300kVA) 4セット 導水管(500mm～600mm) 35km | ヤブース地区対象 水中ポンプ(50m ³ /hr) 11セット 集水管 1式 導水管(600mm) 11.5km 減圧バルブ 2セット | マーダルII地区対象 水中ポンプ(50m ³ /hr) 8セット 集水管 1式 加圧ポンプ 1式 導水管(350mm～500mm) 15.2km 減圧バルブ、 1セット |
| デイル・アル・アシャエール地区 | 水中ポンプ(35m ³ /hr) 5セット 集水管 1式 緊急用ディーゼル発電機(200kVA) 1セット 導水管(300mm～400mm) 12km | | 水中ポンプ(50m ³ /hr) 6セット 集水管 1式 導水管(350mm～400mm) 8.8km 減圧バルブ 3セット |

2度にわたる現地調査および帰国後の国内作業、基本設計概要書案の現地説明等を経て策定された基本設計は、以下のようなものである。

水源計画：本計画において設計されるヤブース～タケヤ間の導水管路は、来期に持ち越したマーダルII地区からの取水も、またDAWSSAが計画している将来の水源開発計画に含まれるヤブースよりも上流のマーダルI水源地で開発された水も送らねばならない。そのため、「バラダ・アワジ流域」における水収支、既往揚水試験結果、群井揚水シミュレーション解析による検討結果等を総合的に勘案し、DAWSSAによる将来の水源開発において開発可能な井戸本数が検討された。この結果、本計画に係る全体計画は次ページに示される図-1のようになる。

集水管計画：集水管は井戸ポンプと受水槽をつなぐポンプ圧送管路で、必要管径は150mm～400mmとなる。この内、管径200mm以下(全延長1,031m)はシリア国側が調達し、日本側は管径250mm～400mmまでの集水管(全延長1,123m)を調達する。

導水管計画：マーダル/ヤブース路線は、本計画で設計されるヤブース水源地と次期計画に含まれるマーダルII水源地からの水を、既存タケヤ減圧槽に導水する全長26,690mの管路である。また、マーダル/ヤブース路線の縦断形状は、マーダルII水源地標高が1,064m～1,170mであるが、路線の最高部位標高は1,361m、ヤブース水源地標高1,270mを経てタケヤ減圧槽の標高は1,092mであり、導水路線内の標高差は269mである。このため、マーダル

II 水源地～路線の最高部位区間はサイホン送水方式と加圧ポンプによる圧送方式を採用し、最高部位からタケア減圧槽までは自然流下方式とする。なお、本計画で調達されるヤブース水源地～タケア減圧槽間は延長 11,500m で管径 600mm である。

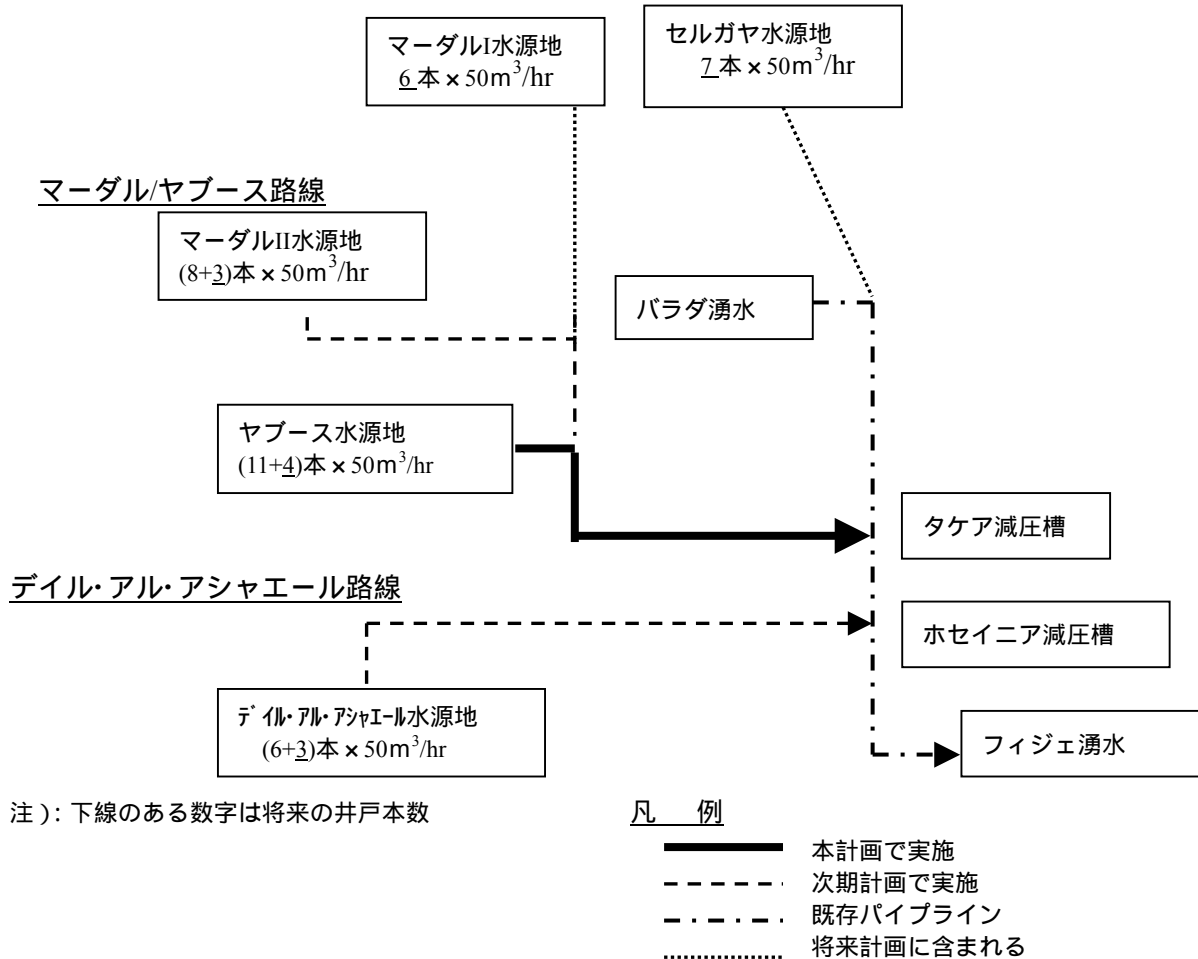


図-1 計画模式図

機材計画：

- ア) 井戸ポンプ：揚水試験および群井揚水シミュレーション解析結果より、口径 100mm の水中モーターポンプとし、仕様は揚水量 0.83m³/min、揚程 160m～220m の全 11 台とする。
- イ) 配管材料：日本側調達資材の配管口径は、集水管が 250～400mm、導水管が 600mm である。管種は DAWSSA の使用実績および敷設の容易さよりダクタイル鋳鉄管を採用するが、ポンプ周辺や水管橋部分は現地で加工しやすい鋼管を採用する。
- ウ) 減圧施設：安全性と日本での設置実績から、自力式定水位弁と減圧水槽による減圧方式を採用する。

以上、本計画で調達される資機材をまとめると以下ようになる。

表-3 調達資機材のまとめ

| 調達機材名 | 数量 | 目的 |
|----------|--------------------------------|-----------------------|
| ダクタイル鋳鉄管 | 集水管 (250mm ~ 400mm、1.1km) | 井戸 11 箇所を集水するための管路。 |
| | 導水管 (600mm、11.5km) | ヤブス水源地から既存減圧槽の導水管路 |
| 水中ポンプ | Q=0.83m ³ /min、11 台 | ヤブス水源地に設置する井戸ポンプ |
| 自力式定水位弁 | 600mm、2 台 付属機器：スレナ、仕切弁 | 水圧が高い導水管路の安全を図るための施設。 |

詳細な設計・積算の結果、本計画に必要な概算事業費は、9.46 億円(日本側 7.37 億円、シリア国側 2.09 億円)であり、日本側負担分の事業費は下表のとおりとなる。

表-4 日本側負担分の事業費

| 事業費区分 | 金額 |
|-------------|---------|
| (1) 建設費 | - |
| (2) 資機材費 | 7.09 億円 |
| (3) 機材設計監理費 | 0.28 億円 |
| 合計 | 7.37 億円 |

このプロジェクトの実施により直接裨益を受ける住民は、シリア国の首都ダマスカス市およびその周辺住民約 282.2 万人の人々である。これは、シリア国全人口約 1,755 万人(2002 年)の 14.8%に相当する。本計画の実施により、新たに補助水源地が整備され、10 月から 11 月の渇水期あるいは渇水年に 1 日当り 13,200 m³ の給水量を増加させることができ、現在 1 日当り平均 13 時間(過去 5 年間の平均)の断水時間を約 30 分減少させる。これにより、頻繁かつ長時間の断水による市民生活への経済的・衛生的・社会的な悪影響、特に貧困層への圧迫を軽減し、社会不安を軽減させることができる。また、DAWSSA にとっては、本計画によって新規水源施設が整備されるため、給水計画におけるフレキシビリティが増加する。さらには、本計画を通して本格的に実施された EIA プロセス、特に地域住民を巻き込んだステークホルダー・ミーティングや群井揚水試験の実施により、住民の環境社会影響や衛生的な水に関する関心、更には節水灌漑への関心を高めることができる。

本計画によって建設される施設は、DAWSSA の生産部によって運営・維持管理される。同部には臨時職員を含め 239 名が在籍している(2004 年 3 月現在)。その内、本施設を受け持つ「バラダおよびフィジェ事務所」は、所長を含めて 55 名体制で本施設と類似したバラダ-フィジェ導水管路(1,200mm)を維持管理している。職員の技術レベルも高く、また予算措置も十分に与られていることから、本施設の運営・維持管理については問題がない。

本計画の実施により、前述のような効果が期待されると同時に、本計画が首都ダマスカスとその周辺の住民、特に貧困層の生活水準の向上と社会不安の軽減に寄与することから、本計画を無償資金協力で実施することの妥当性が確認される。しかし、本計画対象地区を含む「バラダ・アワジ流域」は流域全体の水収支が既にマイナスになっており、地下水系は過剰揚水に陥っていることが明らかにされている。こうした状況の下、新規水源開発によりさらなる水収支の悪化が懸念されるため、モニタリングの実施とその結果を反映させた適切な運用が重要である。さらに、深刻なダマスカス市の給水事情を勘案した場合、今後も流域全体の水収支を悪化させ

ずに同市の給水事情を改善する対策を、鋭意進めることが必要と考える。また、以下の技術的諸点が改善・整備されれば、本計画はより円滑かつ効果的に実施し得るであろう。

DAWSSA 生産部が、新しく導入される減圧施設の設置、運用・維持管理に係る技術を十分に習得すること。

今回建設された新規井戸は全て 300m 以上と深く、ポンプ設置位置も 100m 以上とかなり深い。DAWSSA はこのような深い井戸ポンプの設置経験がないため、この点に関する技術援助が得られること。

DAWSSA には、給水施設の建設、運用、維持管理等に関する技術者は十分にいるが、水源施設(井戸施設)の計画、調査、建設に係る水理地質技術者の数が極めて少なく、また、それらの解析に関する技術が十分ではない。したがって、水理地質調査およびその解析に係る研修、技術移転が必要である。

シリア・アラブ共和国
ダマスカス市新規水源開発計画 基本設計調査報告書Ⅰ
目 次

序文

伝達状

位置図/完成予想図/写真集

図表リスト/略語集

要約

| | |
|-------------------------|------|
| 第1章 プロジェクトの背景・経緯 | 1-1 |
| 1-1 当該セクターの現状と課題 | 1-1 |
| 1-1-1 現状と課題 | 1-1 |
| 1-1-2 開発計画 | 1-2 |
| 1-1-3 社会経済状況 | 1-5 |
| 1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要 | 1-6 |
| 1-3 我が国の援助動向 | 1-7 |
| 1-4 他ドナーの援助動向 | 1-7 |
| 第2章 プロジェクトを取り巻く状況 | 2-1 |
| 2-1 プロジェクトの実施体制 | 2-1 |
| 2-1-1 組織・人員 | 2-1 |
| 2-1-2 財政・予算 | 2-2 |
| 2-1-3 技術水準 | 2-3 |
| 2-1-4 既存の施設・機材 | 2-4 |
| 2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況 | 2-5 |
| 2-2-1 関連インフラの整備状況 | 2-5 |
| 2-2-2 自然条件 | 2-6 |
| 2-2-3 環境社会配慮 | 2-9 |
| 2-2-4 その他 | 2-24 |
| 第3章 プロジェクトの内容 | 3-1 |
| 3-1 プロジェクトの概要 | 3-1 |
| 3-2 協力対象事業の基本設計 | 3-2 |
| 3-2-1 設計方針 | 3-2 |
| 3-2-2 基本計画 | 3-6 |
| 3-2-2-1 水源計画 | 3-6 |
| 3-2-2-2 管路計画 | 3-10 |
| 3-2-2-3 機材計画 | 3-12 |
| 3-2-2-4 調達機材のまとめ | 3-15 |
| 3-2-3 基本設計図 | 3-15 |

| | |
|------------------------|-------|
| 3-2-4 調達計画 | 3- 33 |
| 3-2-4-1 調達方針 | 3- 33 |
| 3-2-4-2 調達上の留意事項 | 3- 33 |
| 3-2-4-3 調達・据付区分 | 3- 33 |
| 3-2-4-4 調達監理計画 | 3- 34 |
| 3-2-4-5 資機材等調達計画 | 3- 35 |
| 3-2-4-6 実施工程 | 3- 36 |
| 3-3 相手国側分担事業の概要 | 3- 37 |
| 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画 | 3- 39 |
| 3-5 プロジェクトの概算事業費 | 3- 41 |
| 3-5-1 協力対象事業の概算事業費 | 3- 41 |
| 3-5-2 運営・維持管理費 | 3- 42 |
| 3-6 協力対象事業実施に当たっての留意事項 | 3- 43 |
| | |
| 第4章 プロジェクトの妥当性の検証 | 4- 1 |
| 4-1 プロジェクトの効果 | 4- 1 |
| 4-2 課題・提言 | 4- 1 |
| 4-3 プロジェクトの妥当性 | 4- 2 |
| 4-4 結論 | 4- 2 |
| | |
| [資 料] | |
| 1 調査団員・氏名 | A1- 1 |
| 2 調査行程 | A2- 1 |
| 3 関係者（面会者）リスト | A3- 1 |
| 4 討議議事録（M/D） | A4- 1 |
| 5 事業事前計画表（基本設計時） | A5- 1 |
| 6 参考資料/入手資料リスト | A6- 1 |
| 7 その他の資料・情報 | A7- 1 |
| 8 水理地質ノート | A8- 1 |

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

シリア・アラブ共和国(以下、「シリア国」という)の首都ダマスカス市は、シリア国の南西に位置し、同国の政治・経済・文化の中心地である。ダマスカス市の人口は 2003 年中期で 168 万人(Statistical Abstract 2003)と推定されるが、年増加率約 3%という近年の人口増加およびダマスカス市周辺の新規開発・工業開発等により、周辺部を含めたダマスカス首都圏の人口は約 300 万人とされている。

Statistical Abstract 2003 によれば、1981 年と 1994 年のセンサスに基づく人口増加率は、シリア国全体で年間 3.30%に対し、ダマスカス市は 1.80%、ダマスカス郊外県は 4.59%であった。2000 年～2005 年の人口増加率は、シリア国全体で年間 2.45%、ダマスカス市は 1.33%、ダマスカス郊外県は 3.41%と予測されており、今後もダマスカス首都圏の人口は年平均 2%程度の増加が続くと予想される。

ダマスカス市の水道事業は、住宅建設省(MoHC)傘下のダマスカス市上下水道公社(DAWSSA)が担っており、その給水範囲は当初ダマスカス市およびバラダ川沿いの周辺村落であったが、同市周辺地域も給水地域に組み込まれ、現在(2004 年)の給水人口は約 282.2 万人、給水原単位 255 lcd、平均日給水量約 72 万 m³/日と推定される(DAWSSA 内部資料)。しかし、その給水人口はダマスカス首都圏の人口増加に伴って増加が続くと見込まれる。

ダマスカス首都圏への主水源は、ダマスカス市北西部に位置しダマスカス市より約 15km 離れたフィジェ湧水、同 30km 離れたバラダ湧水池、およびダマスカス市内にある井戸群に依存している。このうち、フィジェ湧水は全体給水量の 75～65%を占める大水源であるが、その湧水量は降雨量により大きく変動し、渇水年や渇水期(8 月～12 月)には深刻な水不足に見舞われる。こうした事態に対処すべくフィジェ湧水量が不足すれば、バラダ湧水池、ダマスカス市内井戸群の順でポンプを稼働させて補給している。

図 1-1 および図 1-2 に、過去 18 年間の水生産量と日平均需要量を示すが、最近 7 年間のこれらのバランスを表 1-1 にまとめて示す。

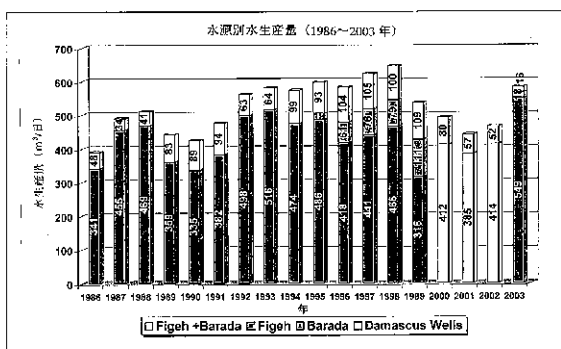


図 1-1 水原別水生産量

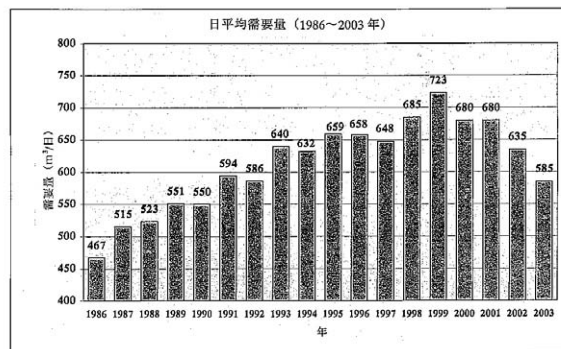


図 1-2 日平均需要量

表 1-1 過去 7 年間の生産量と需要量バランス (単位: ×1000m³/日)

| 項目\年 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 備考 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 年平均生産量 | 622 | 645 | 536 | 492 | 442 | 466 | 583 | 湧水量の変動が大きい |
| 渇水期生産量 | 584 | 618 | 443 | 410 | 348 | 396 | 550 | 各年 10 月のデータ |
| 年平均需要量 | 648 | 685 | 723 | 680 | 680 | 635 | 585 | 下記の注) 参照 |
| 年平均不足量 | 26 | 40 | 187 | 188 | 238 | 169 | 2 | |
| 渇水期不足量 | 64 | 67 | 280 | 270 | 332 | 239 | 35 | |

出典: DAWSSA 水生産資料(2003)より

注) 上表における需要量は、断水がなく必要な需要量を供給できると想定される 3 ヶ月間(3 月～5 月)の水生産量の平均値に月別の変化率をかけて算出している。2001 年以降減少傾向にあるのは、日本の無償資金協力で進められている漏水対策の効果であると考えられる。

この表より判るように 1999 年から 3 年続いた旱魃の影響で、1999 年～2002 年は 10 万 m³/日以上 of 給水不足となった。その影響でダマスカス市内では、6 月上旬より断水が始まり翌年 3 月上旬まで連続していた。この期間、毎朝 5 時(配水池に水が十分に貯留されていない場合は 6 時)より給水が開始されるが、配水池の水がなくなれば断水となる毎日であった。1 日 18 時間断水の場合(表 1-2 参照)、給水時間は朝 6 時より 12 時までの午前中のみであったため、給水地域の住民は家庭の蛇口を開けっ放しにして、この給水時間に出来るだけタンクもしくはバケツに水を溜めることに没頭した。このような水不足状態であっても、富裕層は独自の給水手段(私設井戸掘削等)を講じることが可能であり、一般市民も貯水タンクや余分な容器に水を溜めて置く等、ある程度の対応を講じることが出来るが、貧困層にはこうした対応を講ずる余裕も無く、影響を全面的にこうむることになる。つまり、こうしたダマスカス市給水における水不足・断水の影響をもっとも激しく受けるのは貧困層である。

表 1-2 に示すように 1999 年から 2002 年にかけては厳しい断水状況であったが、豊水年であった 2003 年においても、渇水期には計画的に夜間 3 時間～6 時間程度の断水をして不足量を満たすように苦心している状況である(2003 年 9 月 25 日～10 月 25 日の実績による)。

表 1-2 過去 5 年間の断水状況

| 12 時間以上の断水日 | 同左日数 | 最大断水時間 | 同左連続日数 |
|---------------------------------|-------|---------|--------|
| 1999 年 7 月 8 日～2000 年 2 月 13 日 | 221 日 | 17.5 時間 | 1 日 |
| 2000 年 7 月 3 日～2001 年 2 月 15 日 | 228 日 | 17.0 時間 | 25 日 |
| 2001 年 5 月 13 日～2002 年 2 月 17 日 | 281 日 | 18.0 時間 | 27 日 |
| 2002 年 7 月 3 日～2003 年 1 月 5 日 | 197 日 | 18.0 時間 | 18 日 |

出典: DAWSSA より入手。

1-1-2 開発計画

DAWSSA は 1996～1997 年に JICA 開発調査「ダマスカス市給水システム改善拡充計画調査」(以下、「JICA 開発調査」という)を実施した。この調査では、改善計画として給水設備の改善、漏水削減対策、水質・取水設備の改善、拡充計画として無許可居住地域での水道整備と水源開発が提案された。さらに、1999 年より 4 年間にかけて起こったシリア国の首都ダマスカスにおける厳しい給水制限は、安定的な飲料水の供給を目指すシリア国にとって重大な問題であり、

DAWSSA は DAWSSA 第 9 次 5 カ年計画において、ダマスカス首都圏における飲料水の確保、漏水の削減、を目標とする方針を策定し、本格的な水源開発計画、ダマスカス市内の配水管整備に乗り出した。以下にその計画の概要を述べる。

(1) 漏水削減対策

「JICA 開発調査」によれば、1995 年における不明水は全生産量の約 64% であり、その内訳は不良量水計 14.4%、公共施設と公共水栓 1.7%、不法使用 13.6%、漏水 34.7% であった。2015 年までに不明水量を生産量の 25% まで削減するために、配水ブロック化などによる総合的な漏水対策、配水本管や不良量水計の交換、無許可居住地域への水道整備を行うことが提案された。

DAWSSA は漏水削減の目標に向かって、日本の無償資金協力事業により現在までに約 75km の配水管材料の調達を行い、配水管付替工事を実施している。また、不法使用（盗水）の多かった無許可居住地域への水道整備拡充事業も並行して行われ、現在の漏水率は 23% に減ってきている。さらに、漏水削減の目標を達成するために 2015 年まで漏水削減計画を継続することとしている（「資料-7 その他資料 (1)」に漏水削減計画を示す）。

(2) 緊急水源開発計画

「JICA 開発調査」によれば、水源開発計画として以下の地区が提案されており、DAWSSA は現在これらの水源の調査・実施を行っている。

- ジャラマナ井戸（無許可居住地域新規井戸）
- カファル・スセ井戸、ティシュリーン/キワン井戸（正規給水地域新規井戸）
- デイル・アル・アシャエール地区（ダマスカス郊外新規水源開発）
- ショクル・アル・コワトリ地区、カナワット・ガーデン地区（ダマスカス市内新規水源開発）

これらの水源開発計画は 2010 年を目標としており、その詳細な計画は「資料-7 その他資料 (1)」に示すとおりであるが、DAWSSA はダマスカス郊外において更なる新規水源開発を目指し、「リモートセンシングセンター」の情報に基づきワディ・マルワン地区、ヤフル地区の開発を始め、さらに、ダマスカス市の北西部郊外（ダマスカス郊外県）に位置するマーダル地区、ヤブース地区、デイル・アル・アシャエール南部地区、同市の北部郊外に位置するセルガヤ地域等も新規開発水源として検討している。

(3) 長期水源開発計画

「JICA 開発調査」の勧告によれば、ダマスカス市の水需要量は 2005 年以降、現在配分されている水資源量（水利権から算定される水資源量）より大きくなることが予測されている。将来の水需要に対する対策として、DAWSSA は以下のような計画を検討している。

(a) ダマスカス市および近郊地域の水需要供給計画

DAWSSA は次項に示す「地中海沿岸流域からダマスカス市および地方部への導水事業」に関連し、本計画で 2020 年および 2040 年を計画目標としたダマスカス首都圏の人口および

その需要量を予測した(詳細は「資料-7 その他資料 (2)」に示す)。

一方、現在給水している既存の水源水量、ダマスカス市内および郊外で進行している新規水源開発プロジェクトの水源開発予測水量より、将来必要となる水源開発水量が推定されている(詳細は「資料-7 その他資料 (2)」に示す)。

水源開発計画、需要量、およびそのバランスをまとめ下表に示すが、2004 年において水源開発計画は需要量に対し 13.9 万 m^3 /日不足しており、現在実施中のプロジェクトで開発される水源、および今後開発に着手する新規プロジェクトの水源により水源水量が約 14.7 万 m^3 /日増えると予定されている 2010 年でも 9.3 万 m^3 /日の水量不足が予測されている(表 1-3 参照)。

この予測に基づき、DAWSSA はダマスカス首都圏の給水状況を抜本的に改善するために、次項のような計画を策定中である。

表 1-3 水源開発計画と需要量 単位：千 m^3 /日

| | 2004 年 | 2007 年 | 2010 年 | 2015 年 | 2020 年 | 2040 年 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1. 水源水量の合計 | 580.3 | 603.9 | 713.1 | 713.1 | 713.1 | 713.1 |
| 既存水源 | 565.8 | 565.8 | 565.8 | 565.8 | 565.8 | 565.8 |
| 実施中プロジェクト水源 | 14.5 | 31.1 | 62.8 | 62.8 | 62.8 | 62.8 |
| 新規プロジェクト水源 | | 7.0 | 84.5 | 84.5 | 84.5 | 84.5 |
| 2. 需 要 量 | 719.7 | 761.6 | 806.1 | 885.9 | 973.3 | 1,420.1 |
| 差 | 139.4 | 157.7 | 93.0 | 172.8 | 260.2 | 707.0 |

(b) 地中海沿岸流域からダマスカス市および地方部への導水事業

地中海沿岸に位置するタルトゥース市周辺に築造する 2 か所のダムによる表流水および同市沿岸部 3 地区の地下水を新規水源として開発し、ダマスカス市のみならず導水路線(ダマスカス～ホームス間)周辺の 136 市町村に対し給水するための水源開発・導水施設計画である。本事業は最終計画目標年を 2040 年として策定しており、2005 年 4 月には第 1 期計画として 2020 年を計画目標とする計画書が完成する予定である。その後、入札・工事の実施が行われ 2017 年頃には完成することとなっている。しかし、第 1 期の総事業費が 20 億 US ドルと見積もられており、その資金調達がまだ決まっていないことや、工事工程が短いという問題が残っている。

(c) アサド湖からの導水事業

上記地中海沿岸流域からの導水計画と平行して、ダマスカス市の北東約 330km に位置するアサド湖(ユーフラテス川を堰き止めた人工ダム湖)を水源とし、取水工および浄水施設を建設してホームス市南東部で地中海沿岸流域からの導水管と接続させる計画である。本計画は自国の予算で計画を作成中であり、2005 年 8 月に策定完了の予定である。

(4) 水源再利用等その他の計画

さらに、DAWSSA は国家第 9 次 5 ヶ年計画の主旨に基づき、水資源の有効利用として以下のような事業を計画している。

(a) 下水処理水の再利用計画

ダマスカス市の下水はアドラ下水処理場で処理されており、その処理能力は 31,500m³/日である。現在、砂ろ過で処理された処理水の一部は、農業用に再利用されている。

さらに、今後増えてくる下水処理水に対し浸透膜等の高度処理を行うことにより、現在飲料用水源となっているダマスカス市内地下水盆の涵養水源として再利用できるかどうかの検討をしている。

(b) 湧水余剰水の利用計画

現在の主水源となっているフィジェ湧水およびバラダ湧水池の水量は、年間で大きな変動があり、雪解け時期である 3~4 月頃は 60,000m³/日程度に対し、乾期の終わり(10~11 月)頃はその半分の 30,000m³/日程度となる。年間で見ると需要量に対し水源水量は不足しているが、雪解け時期は湧水の余剰水がでるため、これらを有効に活用するために余剰水を下水処理水と同様にバラダ地下水盆の涵養水源として利用できないか検討をしている。この計画も現在は検討段階である。

(c) 送水トンネル改修計画

水源水はフィジェ湧水からダマスカス市内にあるワリ配水池まで、新旧 2 連のトンネルで送水されている。旧トンネルはすでに 75 年経過し、新トンネルも 23 年経ち老朽化に伴う漏水が懸念されている。このため、DAWSSA は両トンネルのリハビリ工事を計画中であり、日本の無償資金協力事業を要請している。

1-1-3 社会経済状況

シリア国の人口は 1,755 万人 (Statistical Abstract 2003) と推定され、そのうちアラブ人が 85% を占めており、その他にはアルメニア人、クルド人、パレスチナ人がいる。宗教はイスラム教が 85%、キリスト教が 13% である。文頭にも記載したように、本計画対象の首都ダマスカス市は、その周辺地区を含むいわゆるダマスカス首都圏として約 300 万人の人口を有しており、これはシリア国全人口のおよそ 17% を占める。同市は旧約聖書の時代から存在し、現存する世界最古の都市のひとつであり、シリア国の政治・経済・社会、そして文化の一極集中的な中心である。

シリア国の経済政策は、1991 年に民間活力の導入、外資の誘致・促進を目的とした新投資法が公布され、徐々に経済の自由化を進めていたが、農業生産の不安定性、金融・為替制度の未整備、財政支出に占める高い軍事費等の問題があり、経済の見通しは楽観できなかった。このような状況下で 2000 年 7 月に就任したバッシュール・アサド大統領は、経済改革を内政上の主要課題と位置付け、民間銀行、外国銀行の設立、証券市場設立の決定、国営企業改革等の新政策が打ち出された。

シリア国の国内総生産(GDP)は 219 億ドルで、一人当りの GDP は 1,288 ドルである。経済成長率は 3.1%、物価上昇率は 3.0% となっている(いずれも 2002 年世銀推定)。同国はサービス業 46.5%、鉱工業 29.7%、農業 23.8% と、各産業間のバランスがとれた産業構造を有している。貿易に関しては、1980 年代に同国は大幅な外貨不足に直面し、税収が落ち込み、他の中近東諸国からの食糧の援助を受けた。また、1989/90 年度に大規模な旱魃も経験している。このような出来事が続いた結果、シリア国は食料品の輸入を増やすことになった。最近になってシリア国政府は、経済への介入をゆるめるようになり、より多くの輸入食料品が流入するのを許可し

ている。

一方、石油・ガス開発に関しては、80年代半ばより新たな油田が発見され、1989年には初めて石油純輸出国に転じ、1998年においてはシリア国の総輸出額の半分以上を占める貴重な外貨獲得源となった。また、96年からはパルミラ地区での新規ガス田の操業開始に伴い、天然ガスの生産量もそれまでより倍増した。こうした近年の石油・天然ガス関連資源の開発により貿易収支は黒字に転じ、外貨不足も解消し、ようやくシリア経済は順調に動き出している。このため、本計画のようなシリア独自の予算措置を必要とするプロジェクトも、問題なく進めることが可能であると考えられる。

1961年以来、シリア国の国家開発計画は5ヶ年計画によって行なわれており、現在進行中の最新の5ヶ年計画は第9次計画(2001～2005)である。この計画の基本方針は、経済の自由化、農業灌漑開発の継続、穀物生産の自給自足等である。水資源関連に関しては、新規水源の開発に加え、新技術による節水灌漑、水質の保全をあげている。2000年における国家投資額は2,754億シリアポンドであり、全投資予算の約11.8%がサービスセクター、9.4%が灌漑事業であり、その他水道・電力等を含む公益事業に9.3%が割り当てられている。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要

ダマスカス市の給水はフィジェ湧水を主水源としているが、ダマスカス首都圏の人口増加によって、湧水の豊水年であっても3.5万m³/日の不足を生じており、毎年渇水期には厳しい給水制限が発生している。

DAWSSAは「JICA開発調査」の提案に基づき、漏水削減対策、無許可居住地域での水道整備等により、漏水率を34.7%から23%に減らす効果をあげているが、ダマスカス市内新規井戸開発による増加水源水量は少なく、給水状況を大幅に改善するまでにはいたっていない。一方、将来の水需要量を考慮した抜本対策として検討されている流域外導水も現在は調査・設計段階であり、その実現は2017年以降となること、等により、現在の状況ではダマスカス市の深刻な水不足の傾向は、益々悪化すると予測されている。

このような状況下、DAWSSAは給水事情改善の次のステップとして「JICA開発調査」で提案されているダマスカス郊外新規水源開発に関し、ダマスカス市西郊約25kmのデイル・アル・アシャエール地区および、市の北西郊外約45kmにあるマーダル地区、ヤブース地区において水利権を獲得し、「ダマスカス市新規水源開発計画」を作成し、その実施に必要な資機材の調達を日本政府に要請してきた。

その要請内容は以下のとおりである。

ヤブースおよびマーダル水源

| | |
|--------------------------------------|--------|
| ・水中ポンプ (50m ³ /hr H=300m) | 20 セット |
| ・集水管 | 1 式 |
| ・緊急用ディーゼル発電機 (300kVA) | 4 セット |
| ・導水管 口径 500～600mm | 35km |

デイル・アル・アシャエール水源

| | |
|--------------------------------------|-------|
| ・水中ポンプ (35m ³ /hr H=100m) | 5 セット |
|--------------------------------------|-------|

| | |
|-----------------------|-------|
| ・集水管 | 1 式 |
| ・緊急用ディーゼル発電機 (200kVA) | 1 セット |
| ・導水管 口径 300 ~ 400mm | 12km |

1-3 我が国の援助動向

シリア国に対する我が国の給水セクターに関連する援助としては、以下の事業がある。

(1) 開発調査

- 「ダマスカス市給水システム改善拡充計画調査、フェーズ (マスタープラン)」、1996 年
- 「ダマスカス市給水システム改善拡充計画調査、フェーズ (フィージビリティ調査)」、1997 年

(2) 無償資金協力事業

- 「ダマスカス郊外県給水開発計画」、1995 年、10.80 億円
- 「ダマスカス市内配水管改修計画」、1997 年度 ~ 99 年度、14.85 億円
- 「ダマスカス郊外県給水開発計画、フェーズ 」、2000 年度 ~ 2002 年度、17.10 億円
- 「ダマスカス市内配水管改修計画、フェーズ 」、2002 年度 ~ 03 年度、11.30 億円

(3) 長期専門家

- 「漏水対策」、派遣先：DAWSSA、派遣期間：1998 年 ~ 2000 年
- 「配水管網ブロック化計画」、派遣先：DAWSSA、派遣期間：2002 年

(4) 単独機材供与

- 「漏水防止訓練用機材」1998 年

(5) 研修員

- 「不明水対策集団技術研修」2 名、期間：1997 年 1 月 ~ 3 月、11 月 ~ 12 月

(6) シニアボランティア

- 上水道漏水対策、派遣先：DAWSSA、派遣期間：2003 年 ~ 2 年間。

1-4 他ドナーの援助動向

DAWSSA では本水源開発計画のみならず、将来の需要に対する新規水源に対し以下のような計画を他ドナーの支援により実施している。

(1) 地中海沿岸流域からダマスカス市および地方部への導水事業：

アラブ基金：325,000 クェーテナル (US\$ 95,700)、期間：2002 年 9 月 ~ 2004 年 3 月。
 将来の需要に対する新規水源として、シリア沿岸部でダムおよび地下水による新規水源を開発し、ダマスカス市および導水路線(ダマスカス ホムス間)周辺の 136 市町村に対し、2020 年および 2040 年を計画目標とする導水計画を策定している (1-1-2、(3)長期水源計画参照)。本計画が、以下に述べるダマスカス市およびその周辺部改善・拡張整備事業と相俟って、ダマスカス市給水の抜本対策として期待されている。

(2) ダマスカス市およびその周辺部改善・拡張整備事業：

クウェート基金：300,000 クウェートディナール(US\$ 88,400)、期間：2003年4月～2004年3月。上記沿岸部からの新規水源およびユーフラテス川からの水源を考慮した、2020年および2040年を計画目標年とするダマスカス市内配水管の整備計画を策定している。

一方、シリア国内の水分野における他ドナーの援助には、以下のような事業がある。

表 1-4 水分野における援助事業

| プロジェクト名 | ドナー | 援助額 | 期間 | 援助内容 |
|------------|------|--------------|-------------------|------------------------|
| 高等水道経営管理事業 | ドイツ | 500 万 Euro | 2004 年～ 2005 年 | 水道事業の法律、経営管理等の専門組織 |
| 総合人材育成事業 | UNDP | 10 万 US\$ | 2002 年～ 2005 年 | 技術および運営面の人材育成事業 |
| アレッポ市給水事業 | ドイツ | 3,000 万 Euro | 2004 年～ 2010 年 | アレッポ市配水管整備事業 |
| 地方都市上下水道事業 | ドイツ | 2,400 万 Euro | 2005 年～ 2010 年 | ダマスカス郊外県内主要都市の上下水道整備事業 |

出典：DAWSSA より入手

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

本計画の実施機関は、住宅建設省(MoHC)傘下のダマスカス市上下水道公社(DAWSSA)である。給水事業は住宅公共事業省にて実施されていたが、2004年の省庁の統合により住宅公共事業省と建設省が統合して住宅建設省となり、給水事業を管轄することとなった(住宅建設省組織図は、「資料-7 その他資料 (3)」に示す)。

DAWSSA は下図に示すような組織図となっており、総職員数は 1,688 人である。そのうち正職員は 1,294 人、臨時職員 386 人、契約職員 8 名となっている。

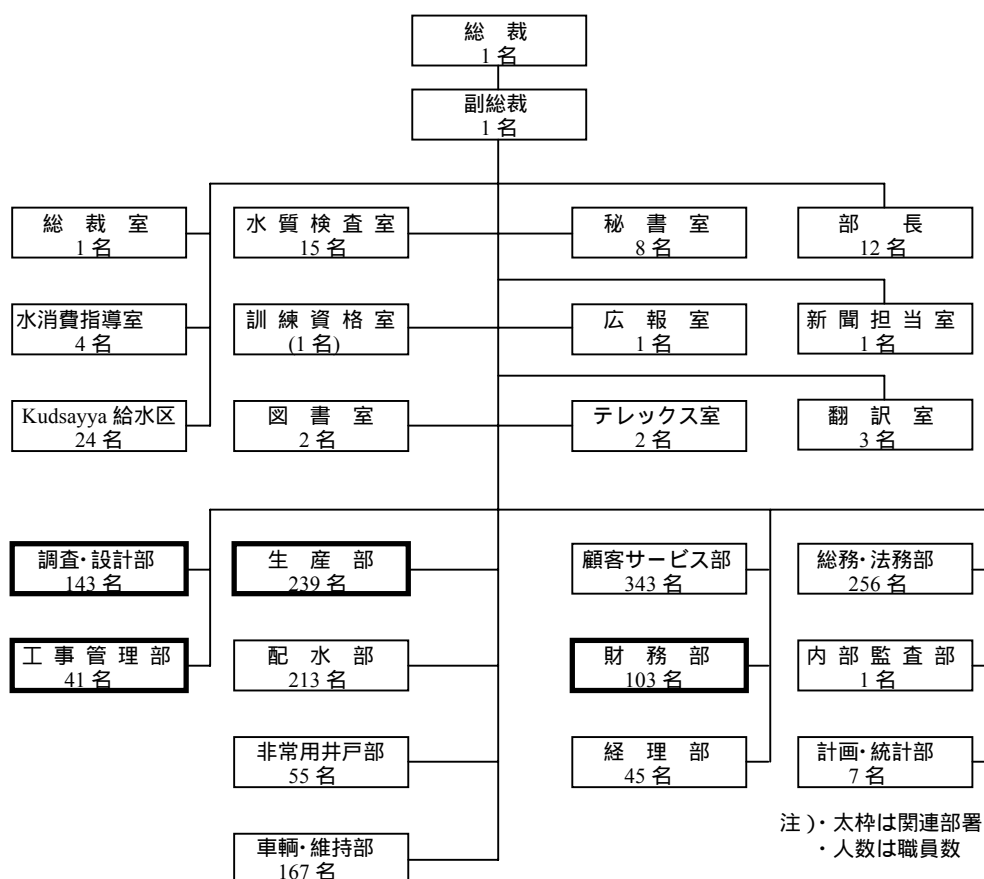


図 2-1 DAWSSA 組織図

本計画に関連する部署の主な担当内容は、以下のとおりである。

調査・設計部：プロジェクトの調査、計画、設計を担当する。この部署内には、調査課、水資源課、環境課、電算課等があり、本事業の調査・設計時における窓口となる。また、井戸掘削工事も水資源課で行なわれる。

工事管理部：土木工事および管路工事の実施およびこれらの施工管理を行なう。本事業の土木

および管路関連の工事はこの部署の担当となる。

生産部：機械施設設備および電気施設設備の据付工事実施、修理および維持管理を担当している。さらに、水源に関連する施設(バラダ湧水池、フィジェ湧水、バラダ～フィジェ間の導水管、減圧槽、送水トンネル等)および主要配水池(ワリ配水池、西部配水池等)の定期点検・管理・補修もおこなっている。この部署で、本事業のポンプおよび電気設備の据付工事、全体施設の維持管理が行なわれる。

財務部：予算編成、収入・支出の管理、資機材の調達・管理、プロジェクトの契約行為等を行なう。本事業で調達される資機材の受け取り、内陸輸送、在庫管理はこの部署で行なわれる。

2-1-2 財政・予算

(1) 財政状況

1999年から2004までのDAWSSAの財政状況は下表に示すとおりである。なお、1998年の総収入および総支出は、それぞれ497.2百万シリアポンド、547.6百万シリアポンドであった。

表 2-1 過去7年間の財務状況

単位：千シリアポンド

| 年 度 | 1999年 | 2000年 | 2001年 | 2002年 | 2003年 | 2004年 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 収 入 | | | | | | |
| 水道料金 | 374,918 | 332,838 | 359,781 | 367,129 | 448,059 | 429,573 |
| 配管管理サービス収入 | 55,625 | 66,771 | 86,073 | 83,489 | 79,651 | 90,447 |
| メーター管理収入 | 6,732 | 8,334 | 9,742 | 9,948 | 11,066 | 11,627 |
| 水道材料販売収入 | 7,730 | 6,252 | 8,008 | 23,787 | 60,000 | 60,000 |
| 貸付金収入 | 3,000 | 982 | 467 | 7,379 | 463 | 1,802 |
| 雑収入 | 40,977 | 27,709 | 52,350 | 37,782 | 26,485 | 26,373 |
| 計 | 488,982 | 442,886 | 516,421 | 529,514 | 625,724 | 619,822 |
| 2. 支 出 | | | | | | |
| 職員給料 | 150,803 | 176,295 | 196,688 | 222,958 | 232,416 | 271,503 |
| 材料、薬品、燃料費 | 72,444 | 63,018 | 67,816 | 98,569 | 96,327 | 97,000 |
| 管理費、安全費、広告代 | 64,023 | 65,145 | 52,565 | 69,804 | 68,838 | 74,838 |
| 購入費 | 4,049 | 4,510 | 25,703 | 8,697 | 60,000 | 60,000 |
| 原価償却 | 115,282 | 135,466 | 143,875 | 167,588 | 146,593 | 182,714 |
| ローン返却金 | 4,279 | 2,590 | 3,123 | 13,380 | | |
| 関税・その他税金 | 49,251 | 2,813 | 28,906 | 2,685 | 2,550 | 2,550 |
| 雑支出 | 1,302 | 1,675 | 3,018 | 6 | 3,000 | 3,600 |
| 計 | 461,433 | 451,512 | 521,694 | 583,687 | 609,724 | 692,205 |
| 3. 収 益 (=1-2) | 27,549 | -8,626 | -5,273 | -54,173 | 16,000 | -72,383 |

出典：DAWSSA より入手

1999年から2001年にかけてフィジェ周辺の降雨量が少なかった影響で、1999年および2000

年の収入は1998年に比べて減っており、2000年においては1998年の89.1%と過去5年間で最低であった。しかし2001年以降の収入は回復し、年平均すると1%程度の伸びを示していた。ただし、2004年は前年より1%収入が減った。また、総収入に対する水道料金の割合は平均72% (77%～69%)を占めている。

支出の割合も同様に、2000年において1998年の82.5%まで下がったが、2002年には1998年の6.6%増となった。年平均すると1.1%程度の伸びを示している。総支出に対する割合の大きな項目は、職員給料(平均37.6%)と原価償却費(平均27.0%)である。平均すると職員給料、原価償却費共に年13%程度の増加となっている。

2003年を除き2000年からDAWSSAの財政状況は赤字となっている。1999年～2000年の旱魃の影響による水道料金減が大きな原因と考えられる。しかし、DAWSSAの財務は独立採算制にはなっておらず、赤字が出た場合には政府からの補助金で充当され、逆に黒字が出た場合にはこれを国庫に納入する仕組みになっている。つまり財務収支も降水量(生産水量)に大きく左右されるが、たとえ渇水により財政収支が赤字になる場合でも補助金によって充当され、運営・維持管理費用は問題なく確保される。豊水年であれば、当然補助金に頼ることなく財政収支は黒字となり、健全に運営される。

(2) 予算

DAWSSAは1999年の財務状況に基づきDAWSSA第9次5カ年計画(2001年～2005年)の予算書を作成した。この内容は、収入が年平均10%程度、支出は年6%程度の増加とし、毎年1億シリング以上の収益があると予想していた。しかし、現実には表2-1に示すような財務状況のため、2005年の予算を下表のように変更している。

表 2-2 2005 年予算書 単位：千シリング

| 項目 | 収入 | 支出 | 収益 |
|----|---------|---------|---------|
| 予算 | 688,504 | 786,842 | -98,338 |

上述したように、予算段階で赤字が見込まれる場合には補助金が計上され、黒字に納まるように予算措置される。2005年予算では215,212千シリングの補助金が計上されており、結局116,874千シリングの黒字となるよう計画されている。

なお本計画のように、新規に事業が開始される場合には通常予算とは別の特別投資費が計上され、必要な予算が政府から支給される。DAWSSA第9次5カ年計画書によると、本計画のための調査費として、新規井戸掘削費6,000千シリング、測量費1,000千シリングが予算化されており、他プロジェクトの計画・実施を含めた全体特別投資費は43.77億シリング計上されている。

本計画の実施に当たっても同様の特別投資費が活用されることとなる。また、事業により完成した施設の維持管理費用については、表2-1に見られるように毎年適切に減価償却を行っていくことになる。

2-1-3 技術水準

DAWSSAは1996年に始まった「JICA開発調査」以降、幹部技術者は数々のJICA研修を受

けており、その技術水準は高い。

設計部門はいまだ手計算による解析が行われているが、図化は CAD により作図されている。工事部門はほとんど請負形式により工事を現地業者に発注し、その施工管理は DAWSSA の職員が行なっている。本計画における工事は、同様の形態になると考えられる。

DAWSSA の工事管理部から多く工事を受注している業者は、土木・管路工事部門で 5 社、機械・電気工事部門で 2 社ほどある。土木・管路工事部門の業者は、市内配水管改修工事を多く実施しており、本計画サイトのような起伏がある地形や交通支障となる狭い道路における敷設工事においても十分対応が可能と考えられる。また、機械・電気工事部門は、現在 SCADA システム(監視制御データ収集システム)計画におけるケーブルの敷設をおこなっているが、以前フィジェヤバラダにおいて井戸ポンプの据え付け工事を行っていた実績がある。これらのことから、井戸ポンプの据付け深さが 100m 未満の工事実施は問題ないと考えられる。一方、施工管理を行なう DAWSSA 職員は、聞き取りによれば土木担当 24 名、機械担当、電気担当各 1 名、助手 11 名がいる。土木・管路工事部門に関しては、ダマスカス市内配水管改修工事の実績より考えれば、人力的にもまた技術的にも本計画の施工管理は問題ないと考えられる。しかし、機械・電気工事部門に関しては、いままでこれらの職員は簡単な補修や工事管理を実施しているだけであるため、本計画のような深さ 100m 以上の井戸ポンプや既存施設として数の少ない減圧バルブ等の特殊な機器の据付け・維持管理の技術には若干の不安がある。

2-1-4 既存の施設・機材

本計画は新規水源とその導水施設に対する資機材の調達であり、本計画に関連する既存施設はバラダ湧水池とフィジェ湧水をつなぐ導水管(管径 1,200mm、計画流量 $Q=2.2\text{m}^3/\text{s}$)に設置されている 2 カ所の既存減圧槽である。両既存減圧槽はともに、水槽部($500\text{m}^3 \times 2$ 池)と減圧バルブ・バタフライバルブ等の配管・バルブ室($8.3\text{m} \times 16\text{m}$)がある。本計画においては、これらの施設への接続とともに、既存減圧槽に類似した減圧施設が必要と考えられるため、これらの既存減圧施設は本計画の参考となる。

要請書による本計画の資機材は、配管材料、水中ポンプ、発電機である。配管材料および発電機が保管されているアドラ資材置き場およびポンプ類が保管されているアル・マズラ事務所の状況は以下のとおりであった。

(1) 配管材料

中小口径の配管材料は鋳鉄管やダクティル鋳鉄管がほとんどであり、その管径は 100 ~ 300mm であった。これらの配管材料のほかに各戸給水用のポリエチレン管がアドラ資材置き場に保管されている。ダクティル鋳鉄管は日本製、フランス製がほとんどであり、鋳鉄管は中国製、シリア製であった。これら鋳鉄管の直管・異形管はともに製作精度が悪く、特に中国製は異形管の内面モルタルライニングが非常に粗く、流水性能が悪いと判断される。また、強度の点で耐内圧、耐外圧とも本計画のような重要幹線となる導水管の配管材料として使用することは不可と判断される。

(2) バルブ類

アドラ資材置き場に保管されていたバルブ類は仕切り弁がほとんどであり、ドイツ製、フ

ランス製、日本製が多い。減圧弁はドイツ製、フランス製があり、超音波流量計用短管はイタリア製であった。

(3) 発電機

アドラ資材置き場には、発電機 350kVA が 2 台、1050kVA が 1 台保管されていた。これらは市内加圧ポンプ用の非常用電源として使用される予定である。

(4) ポンプ類及び電気設備

アル・マズラ事務所には、水中モーターポンプ・送配水ポンプ等の機器が保管されている。水中モーターポンプはデンマーク製、ドイツ製、イタリア製が多く、横型渦巻きポンプについては日本製もある。さらにこの事務所には、ポンプの性能試験を行なう水槽、試験用配管設備、流量計測設備も設置されており、ポンプ修理後の試験がここで実施されている。また、ポンプ修理用車両も常備されており、このうちの 1 台は日本の供与によるものである。

電気設備については、直営により制御盤の回路設計や改造も行なわれており、本計画に伴う電気設備の製作設置も可能と判断される。

2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

現地調査による本事業に関連する本計画地区周辺のインフラ状況は、以下のとおりであった。

(1) 道路

本計画地区およびその周辺の道路はほとんど幅員が 5m 以上の舗装道路であり、計画導水管路線の一部にはダマスカス～ベイルート間を結ぶ幹線第 2 号高速道路もある。この高速道路は片側 2 車線(10m)以上あり、中央分離帯を含めると全幅 24m となっている。一方、道路幅員が 4m 以下の農道では、一部砂利舗装もしくは未舗装となっている。

(2) 電力

商用電力は水源地周辺の村にも配電されているが、新規井戸が掘られているマーダルの水源地は、町から離れているため電気がきていない。また、デイル・アル・アシャエール導水管予定路線において、ディマース村よりホセイニア減圧槽区間は宅地が点在しているが、電気は配線されていない。本調査で行なったベースライン調査結果によると、DAWSSA 給水区域内の停電は月平均 4.2 日であった。

(3) 鉄道

ダマスカス市からザバダニ(バラダの北北東約 8km)まで、バラダ川沿いに鉄道が走っている。現在、この鉄道の軌道は補修中であるが、フィジェ・バラダ・ザバダニ等の避暑地に行く人々のために夏季のみ臨時で運行されていて、朝晩 2 往復である。

2-2-2 自然条件

(1) 地勢・気象

シリア国は地中海東岸に位置し、北はトルコ、東はイラク、南はヨルダンとイスラエル、西はレバノンと国境を接している。面積は 18.5 万 km² であり、そのうちの 32%(約 6 万 km²) は耕作地、残りは砂漠および山地である。

シリア国の地勢・気象は変化に富み、以下の 4 地域に区分される。

沿岸地域：地中海と山地に囲まれた地域で、気候は典型的な地中海性であり、冬季は温暖で雨が多く、夏季は高温で湿度が高い。

山間地域：地中海と並行して南北に走る山地および丘陵地域で、気候は標高 1,000m 以上では冬季に 1,000mm 以上の雨が降り、夏季は比較的涼しい。

内陸地域：山間地域の東側に位置する平原地域でステップ気候となり、冬季に比較的雨が降り、夏季は高温で乾燥し 1 日の寒暖差が大きい。

砂漠地域：内陸平原地域のさらに東側で、イラクやヨルダン国境付近に位置する地域であり、雨の少ない砂漠気候となる。

本計画の水源地域は山間地域に属し、ダマスカス市は内陸地域に属する。ダマスカス市の気温および水源地に近いザバダニの降水量は下表のとおりである。なお、調査対象地域周辺の降雨量の詳細については、「資料-8、水理地質ノート、図 5.2.1」に示す。

表 2-3 ダマスカス市およびザバダニの月別気温

| 区分 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 平均 |
|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ダマスカス | 最高 | 12.0 | 14.0 | 18.0 | 24.0 | 29.0 | 33.0 | 36.0 | 37.0 | 33.0 | 27.0 | 19.0 | 13.0 | |
| | 最低 | 2.0 | 4.0 | 6.0 | 9.0 | 13.0 | 16.0 | 18.0 | 18.0 | 16.0 | 12.0 | 8.0 | 4.0 | |
| | 平均 | 6.2 | 8.0 | 11.2 | 15.7 | 20.4 | 24.6 | 26.6 | 26.2 | 23.3 | 18.5 | 12.3 | 7.5 | 16.7 |
| ザバダニ | 最高 | 12.8 | 8.6 | 9.8 | 20.6 | 23.4 | 25.7 | 27.8 | 27.7 | 26.2 | 20.4 | 16.5 | 10.6 | |
| | 最低 | 3.5 | 0.1 | 2.5 | 8.7 | 15.2 | 17.5 | 22.7 | 21.6 | 17.4 | 8.1 | 8.2 | 1.9 | |
| | 平均 | 7.0 | 4.6 | 6.6 | 13.6 | 20.1 | 22.6 | 24.9 | 25.3 | 20.9 | 16.8 | 11.2 | 6.8 | 15.0 |

出典：Statistical Abstract および WRIC、ダマスカス市：1961 年～1990 年、ザバダニ：2003 年

表 2-4 フィジェとダマスカス市の年間降水量

| 地区 | 年間降水量 (mm) | | | | | |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1998 年 | 1999 年 | 2000 年 | 2001 年 | 2002 年 | 2003 年 |
| フィジェ湧水地 | 620 | 282 | 329 | 350 | 527 | 1,025 |
| ダマスカス市 | 236 | 87 | 121 | 152 | 172 | 336 |

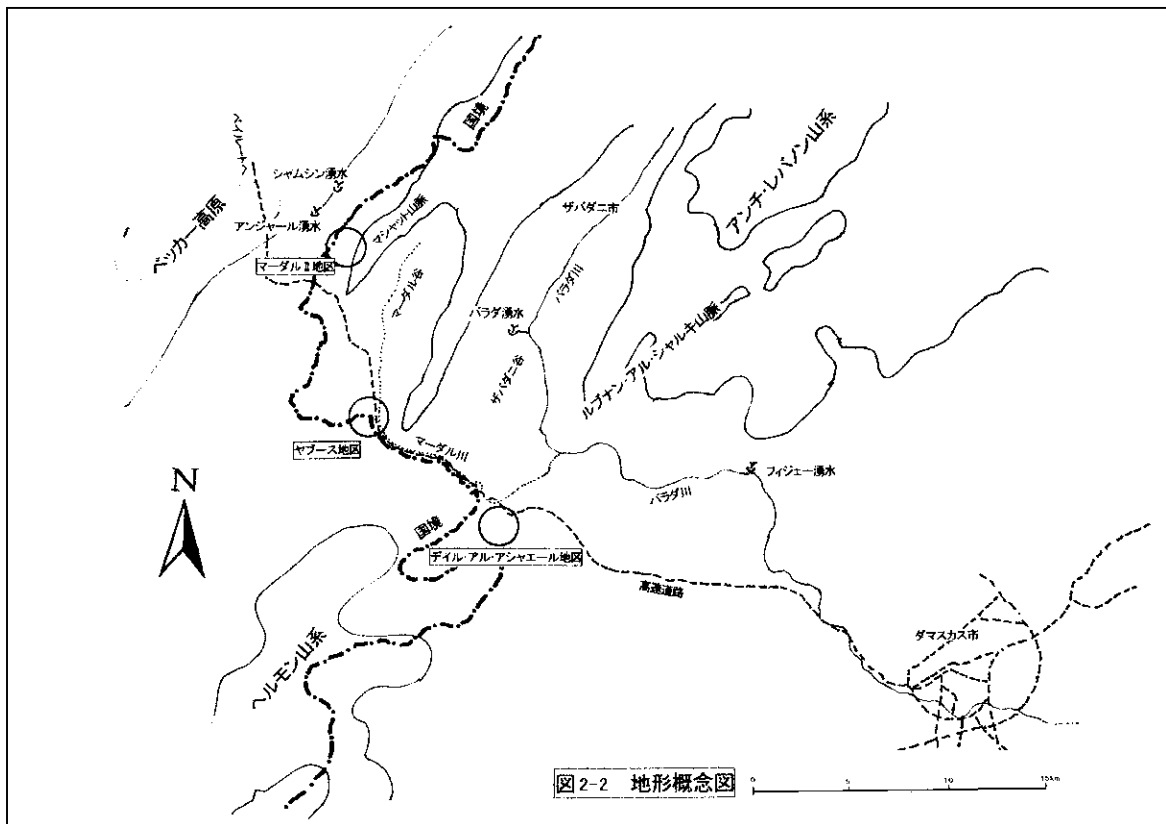
出典：WRIC

(2) 地形・地質

調査対象地区、ヤブース、デイル・アル・アシャエール、およびマーダル II の一部はバラダ川流域に属し、いずれも首都ダマスカス市の西方 24～36km に位置しレバノンとの国境に隣接している。これら 3 地区を縫うように、ダマスカスからレバノンの首都ベイルートへ向かう

幹線第2号高速道路が走っている。この国道が通過している地点は、シリアとレバノンの国境をなす「アンチ・レバノン山脈」が、その主体をなす中・北部の“ルブナン・アル・シャルキ山脈”と南部の“ヘルモン山脈”とに分離する低地で、両山脈が最高標高2,600から2,800mもあるのに対し、この峠は標高1,300mほどである。

対象3地区の内マールII地区は、アンチ・レバノン山脈の西側にこれとほぼ平行に走る二つの付随山脈の内、一番西のマシャット山脈の更に西側の斜面に位置し、この更に西側は直ぐにレバノン領ベカー高原となる。ヤブース地区は上記ルブナン・アル・シャルキ山脈とヘルモン山脈とを区切る峡谷を西側（レバノン側）に抜け、マール谷が開けた部分に位置する。デイル・アル・アシャエール地区は上記峡谷を走る高速道路の南側、ヘルモン山脈の最北端に位置する（図2-2参照）。



バラダ川流域は中生代ジュラ紀の石灰岩・苦灰岩を基盤とし、これを覆う白亜紀および古第三紀の石灰岩類、新第三紀の礫岩、第四紀堆積物等が分布している。構造的には、アンチ・レバノン山脈と平行な南西～北東の方向性が顕著で、この方向に沿った激しい褶曲と断層とにより、ヤブース山系、ザバダニ谷、パルミリデ山脈、ダマスカス平地といった尾根部と谷部が順に並んだ“Basin & Ridge 構造”が出来上がった。バラダ川は、その最上流部を除き、この構造をほぼ直角に切って流下している。調査対象地域一帯の地質図は、「資料-8、水理地質ノート、図5.2.2」に示す。

対象地域のうち、ヤブース及びデイル・アル・アシャエール地区は首都ダマスカスを含む「バラダ川流域」に位置するが、マールII地区の大部分はレバノン側を流下する「リタニ川流域」

に含まれる。

バラダ川はザバダニ谷の上流部、アンチ・レバノン山脈の西側斜面に源を発するが、実質的に（水量的に）はバラダ湧水によって形成された“バラダ湧水池”を水源とする。同川はバラダ湧水池からほぼ南東に流下し、約 20km 下流で“フィジェ湧水”を加え、更に約 20km でダマスカス市街地に達する。同川はダマスカスを経た後東に方向を変え、その東約 30km で“アテイバ湖”に注ぐ。アテイバ湖は内陸湖でどこにも流出しない。このようにバラダ川は全長およそ 70km、流域面積約 2,359km²の閉鎖流域である。閉鎖流域は、もともと流入量と流出量との微妙な水理バランスの基に形成されたもので、現在は上水、農業に加え工業用として過剰な揚水が行われ、表流水・地下水共に危機的な状況に置かれている。

バラダ流域には大小無数の湧水が見られる。上記バラダ及びフィジェ湧水がずば抜けて大きな湧水量を誇り、ダマスカス及び周辺部上水の主水源として利用されている。一方、アンチ・レバノン山脈の西側、マーダル II 地区のすぐ西側の麓には、レバノン有数の大湧水“アンジャール湧水”と“シャムシーン湧水”とが存在する。これは当地域に位置するアンチ・レバノン山脈の周辺部が中近東では例外的に大きな年間降雨量に恵まれていることおよび当流域の大部分を占める基盤地質が極めてカルスト質の石灰岩・苦灰岩類であることに関連する。これら石灰岩類は随所にシンクホールや溶解空洞を有し、浸透性も高い。豊富な降雨は大量に地下に浸透し、その内部の空洞、地下水脈、地下河川等を潤し、これらを通ってきた地下水が地表に流出して多くの湧水を出現させている。もっとも上述のバラダ、フィジェ等の大湧水は、かつては極めて豊富な湧水量があり、ダマスカス市の飲料水を賄って有り余るほどであったが、近年その湧水量は減りつつある。また地下水位も流域下流部では、かなり顕著に低下しているが、調査対象地域は比較的豊富な降雨量に恵まれ 99 年以降の大干ばつ時にも余り大きな水位降下はなかった。

調査対象地域の水理地質図と主要湧水分布図は「資料-8、水理地質ノート、図 1.1」に示す。

(4) 流域水収支

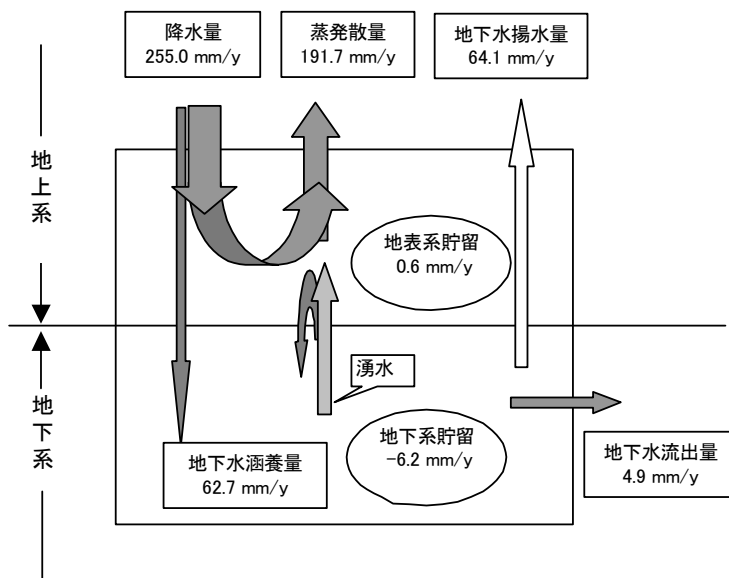


図 2 - 3 現況の水収支概念図

上述したように、本計画対象地区は来期分あるいは原要請地区を含め、その大部分はバラダ・アワジ流域に含まれる。1998～2000 年に実施された「JICA 北西部・中部水資源開発計画調査(フェーズ II)」(以下、「JICA 水資源開発調査」と言う)では、このバラダ・アワジ流域の水資源管理システムに係る F/S を実施した。その結果によれば「バラダ・アワジ流域が現在、水の利用過多による水収支の不均衡に直面しているこ

と、将来、深刻な水不足が懸念されることは過去の調査から明らかである」としている（実際は既に深刻な水不足に陥っている）。

同報告書によれば、調査時点(1997年)の水収支は、以下のように算定されている。平均降雨量 255.0mm のうち 191.7mm が蒸発散として失われる。残る 63.3mm の大部分 62.7mm(量にして約 537MCM)は地下水涵養にまわり、わずか 0.6mm 分が地表水系の貯留量変化に振り分けられる。地下水系では 64.1mm の汲み上げと 4.9mm の地下水流出が算定され、この合計は 69.0mm となり、涵養量 62.7mm を 6.2mm(量にして約 53MCM)オーバーしている(図 2-3 参照)。この不足分は地下水貯留量の減少となって現れ、90年代半ばには流域下流部の一部の井戸で地下水位の低下が見られた。

本流域の地下水系が全体としてはマイナス・バランスとなっている。つまり、既に流域全体で 145,200 m³/日の過剰揚水となっていることから、本案件は「ダマスカス市給水のための抜本対策が取られるまでの間の緊急避難的プロジェクト」と位置づけられている。本計画を含む原要請 3 地区で予定している新規水資源開発量は、合わせて 30.0 千 m³/日(50 m³/hr x 24 hr x 25 wells)となり、現時点(2004年)でのダマスカス市給水不足量とされる 139 千 m³/日にははるかに及ばない。しかしながら、本計画はフィジエ・バラダ等の既往水源が不足する時期にそれを補完する水源であることから、8月～2月の渇水期に運転を行うが、その間フルに(100%)運転するのは 10・11月の2ヶ月であり、この間の累積取水量は約 1.80 MCM である。この量は、上記調査(1989～1998年平均)における地下水過剰揚水量の 3.4%に過ぎない。また本計画対象地区はバラダ・アワジ流域内の涵養域たる上流部に位置するため、1990年代以降ほとんど地下水位に変化は無く、むしろ 2003年の豊水年には地下水位の上昇を見ている(資料集-7、その他の資料(7)に示す)。しかし、流域全体ではマイナス・バランスとなっている状況下では、これまで以上に地下水系に負担を強いる生産井の新たな建設は、少なければ少ないほど良いということになる。

2-2-3 環境社会配慮

(1) 環境への影響

本計画に伴ってシリア国側が建設する施設のうち、井戸施設の建設地は国境警備に係わる軍の管轄地(荒地)で、住民は居住しておらず住民移転は発生しない。パイプライン、受水槽、減圧施設等の設置予定地は水源地近傍ではレバノンへ向かう幹線第 2 号高速道路に沿っており、また下流部ではマーダル川がバラダ川へと注ぐ流路(地方道路)に沿っている。この地方道路に沿ったマーダル川沿線も公有地であり、新たな土地取得は発生せず、また家屋や住民の移転も発生しない。

これらの周辺は硬質なジュラ紀の石灰岩ないしドロマイトが分布し、急峻な山腹とこれを深くえぐった峡谷状のマーダル川からなる。対象地域は半乾燥地の石灰岩地帯であり、植生もまばらで大きな自然林は認められない。しかし、サイトが位置するシリア～レバノン国境一帯は森林保護区に指定され、同一帯では農業省森林局により植林事業が継続的に進められている。このため、灌木であっても伐採や移植にあたっては許可が必要となるが、水源開発行為そのものには農業省の許可は不必要である(灌漑省からの水利権取得が前提となる)。また、ヤブース水源地の東方 3 km には小規模であるがローマ時代の砦跡も認められる。しかし、本計画の予定井戸サイトおよびパイプライン路線付近は、荒地または既存道路に沿う地区であり、灌木

の伐採は発生しない。新たなアクセス道路を建設する必要も無く、工事中の自然植生の踏み荒らしなどもごく限定的に抑えられる予定であり、施設建設時の対応（ミティゲーション策）でほぼ防止できる。主なミティゲーション策としては、生産井掘削位置を既存道路から最短の位置に選定する、井戸用掘削泥水は近傍に掘削した泥水ピットで管理し流出を防ぐ、パイプライン、付属施設建設位置を既存道路から最短でアクセスできる位置に選定する、施設建設位置を最も交通の妨げにならず、かつ斜面掘削を最低限に止める位置に選定する、等が想定されている。また、歴史的遺跡は本計画の工事箇所から3 km以上離れており、影響は殆ど考えられない。なお、本計画対象のヤブース地区および次期計画に含まれるマールII、デイル・アル・アシャエール地区はいずれも灌漑省から開発許可（水利権）を得ている。

本計画実施にあたって検討が必要と想定される環境社会影響項目は、表2-5のとおりまとめられる。

表2-5. 想定される環境社会影響

| プロジェクト ステージ | 活動 | 想定される環境への インパクト | 環境要素 | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------------|--------------------|------------|-----|-----------|----------------|----------|----------|----------|------------|-----|----------|---|
| | | | 物理項目 | | | | 生物環境項目 | | | 社会経済人間活動項目 | | | |
| | | | 地下水 資源量 | 水質 | 表流水 湧水 | 土地 河川 湖沼 | 森林 植生 | 文化 遺産 | 公共 施設 | 健康 | 経済 | 社会 組織 | |
| 計画・調査 ステージ | B/D&D/D | 農地植生踏荒らし | — | — | N/A | — | △ | — | — | — | — | △ | — |
| | | 地下水位低下 | △ | — | N/A | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 揚水の流出 | — | — | N/A | △ | △ | — | — | — | — | △ | — |
| | | レバノン側水位低下 | △ | — | △ | — | — | △ | — | — | — | — | △ |
| 建設 ステージ | 生産井、 集水管路、 導水路、 減圧装置等 の建設 | 農地踏み荒らし | — | — | N/A | △ | △ | — | △ | — | — | — | — |
| | | 森林植生への影響 | — | — | N/A | △ | N/A | — | — | — | — | — | — |
| | | 道路占有、交通障害 | — | — | N/A | — | — | — | △ | — | △ | — | — |
| | | 斜面掘削 | — | — | N/A | △ | △ | — | △ | — | △ | — | — |
| | | 土壌移動・喪失 | — | — | N/A | △ | △ | — | △ | — | — | — | — |
| | | 騒音、粉塵 | — | — | N/A | — | △ | — | △ | △ | — | — | — |
| | | 汚濁水流出 | — | — | N/A | △ | △ | — | △ | — | — | — | — |
| | | レバノン側汚染 | △ | — | △ | — | — | △ | — | — | — | — | △ |
| 運用 ステージ | 地下水揚水 導水 | 地下水位低下 | ○ | — | N/A | — | — | — | △ | — | △ | — | |
| | | 地下水資源量低下 | ○ | △ | N/A | — | — | — | — | — | △ | — | |
| | | 地下水汚染 | — | △ | N/A | — | — | — | — | △ | △ | — | |
| | | 湧出量低下(泉) | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | |
| | | 森林植生への影響 | — | — | N/A | △ | — | — | — | — | — | — | — |
| | | レバノン側水位低下 | △ | — | △ | — | — | △ | — | — | — | — | ○ |

これを整理すると主な環境社会影響は以下の4項目に絞られる。

- ・ 揚水に伴う地下水位低下による既存水利用（地下水利用）への影響
- ・ 井戸建設予定地がレバノンとの国境に近いことから、レバノン側の水利用への影響
- ・ 流域全体の水収支への影響
- ・ 水質への影響

以下、上記各項目に対する検討結果を述べる。

(a) 地下水位低下による既存水利用（地下水利用）への影響

揚水試験結果

ヤブース地区において調査団が揚水試験を実施し(2004年4月～6月)、両地区の帯水層常数を以下のように解析した(詳細は、「資料8、水理地質ノート」参照)。時期的には乾季の前半で

あり、まだ水位はかなり高い時期のデータである：

ヤブース地区はその貯留係数、漏水率から見て完全な被圧帯水層である。帯水層厚(m)や加圧層厚(m)は、既存柱状図からは明らかでは無いが、それぞれおよそ 100m、50m と想定すると、帯水層常数は以下のようにまとめられる。

主帯水層： ジュラ紀上部カローピアン階 (J3K) 石灰岩/ドロマイト
 帯水層の型： 漏水型被圧帯水層 (m=100m、m'=50m: 推定)
 透水量係数： T = 130 m²/day
 透水係数： k = 1.3 m/day (1.50 x 10⁻³ cm/sec)
 貯留係数： S = 5.22 x 10⁻⁴
 漏水率： L = 2.54 x 10⁻⁴ /day

DAWSSA による生産井の揚水試験

実際に使用される生産井を用いて DAWSSA が実施した(2004 年 9 月～11 月)揚水試験の結果を下表に示す。これは乾季末におけるデータであり、実際に揚水を行う時期の資料と考えてよい。

表 2-6 ヤブース地区段階揚水試験結果

| 井戸番号 | 井戸効率(%) | 静水位 (m) | 比湧水量(m ³ /hr/m) |
|------|---------|---------|----------------------------|
| Ya1 | 99.35 | 97.0 | 5.89 |
| Ya2 | 99.05 | 101.5 | 12.05 |
| Ya3 | 98.83 | 93.2 | 2.50 |
| Ya6 | 99.16 | 87.0 | 6.96 |
| Ya7 | 78.2 | 90.7 | 2.01 |
| Ya8 | 90.70 | 106.9 | 1.00 |
| Ya9 | 70.52 | 107.0 | 2.22 |
| Ya10 | 66.84 | 117.8 | 0.29 |
| Ya11 | 96.64 | 127.7 | 0.85 |

ヤブース地区環境社会状況

ヤブース地区は国境に接しているが、そのレバノン側には最短でも 6.4km 以内に集落が無く、レバノン側への環境影響はほとんど無いと考えられる(後述)。

一方シリア国内では、この生産井地区から最も近くに位置するのは、その北方に位置するジュデイタ・ヤブースの集落である。ジュデイタ・ヤブース村は 1,000 名、70 世帯ほどの規模であり、住民は主としてその幹線第 2 号高速道路を挟んで東側から北にかけ居住し、多くは農家および放牧との兼業で生計を営んでいる。耕作面積は 62.3ha であり、うち約 22ha は小麦、残り 40ha は果樹(りんご、梨、さくらんぼ等)である。しかし、殆どは天水農業であり、地下水灌漑は 5.5 ha であり、取水施設は 3 井戸に限られる。

表 2-7 ジュディタ・ヤブース村概要 (2003 年調べ)

| 人口 (人) | 総世 帯数 (戸) | 総農 家数 (戸) | 総面積 (ha) | 森林 草地 (ha) | 耕作地 (ha) | 灌漑 面積 (ha) | 井戸 本数 |
|-----------|-----------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|------------------|----------|
| 1,000 | 70 | 50 | 20,600 | 500 | 62.3 | 5.5 | 3 |

本計画の水源井で最も北に位置する井戸(井戸番号 Ya4)から、ジュディタ・ヤブースの最南部の民間井戸までの距離は直線距離で 1.34km である。

水理的にジュディタ・ヤブースの集落は、水源井地区よりも表流水・地下水系共に上流にあたる。つまり、地下水はジュディタ・ヤブース側から水源井の方に流下してくるのであり、揚水の影響はおよびにくい構造になっている。また、民間井戸が比較的浅いところの帯水層を取水しているのに対し、DAWSSA の生産井は 300m 以下の深い帯水層を主に取水しており、これらの民間井戸への影響はほとんど無いと考えられる。

コンピューターによる群井揚水シミュレーションでも、生産井戸から 1.5km 圏内で、水位低下量 0.1m という結果が出ており、影響はであるが、既存井戸の揚水への影響がごく少ないと判断される(図 2-4 群井揚水シミュレーション結果参照、なお詳細は「資料-8 水理地質ノート」、第 4 章に示す)。ただしコンピューターシミュレーションは数々の仮定に基づいたモデルに過ぎないため、実際の影響を確認するため、DAWSSA は 2005 年 1 月 16 日より 1 ヶ月間に及ぶ群井揚水試験を実施した。この際、ジュディタ・ヤブースの住民と協力して、既存の民間井戸でも同時に水位測定を行い、その影響を直接にチェックした。その結果、影響は事前の予測とほぼ一致しており、同集落中央の観測井戸における水位低下量は 1 ヶ月の連続揚水の後で、ほぼ 10cm であった(観測記録を「資料-7 その他資料、(8)」に示す)。

さらには、本計画地区での許容揚水量の検討の中で、本地区での揚水量がほぼ倍になった場合、ジュディタ・ヤブース集落への水位降下の影響は最大でも 40cm 程度と想定されている。本地区での灌漑需要が最大になるのは 7 月末から 9 月初旬である。一方、給水用生産井での揚水が最大になるのは 10 月～11 月であり、その場合でも(将来計画を含めても)地下水位低下量は 40cm 弱と想定される。よって、本地区における揚水の地下水位への影響は許容できる範囲と考える。

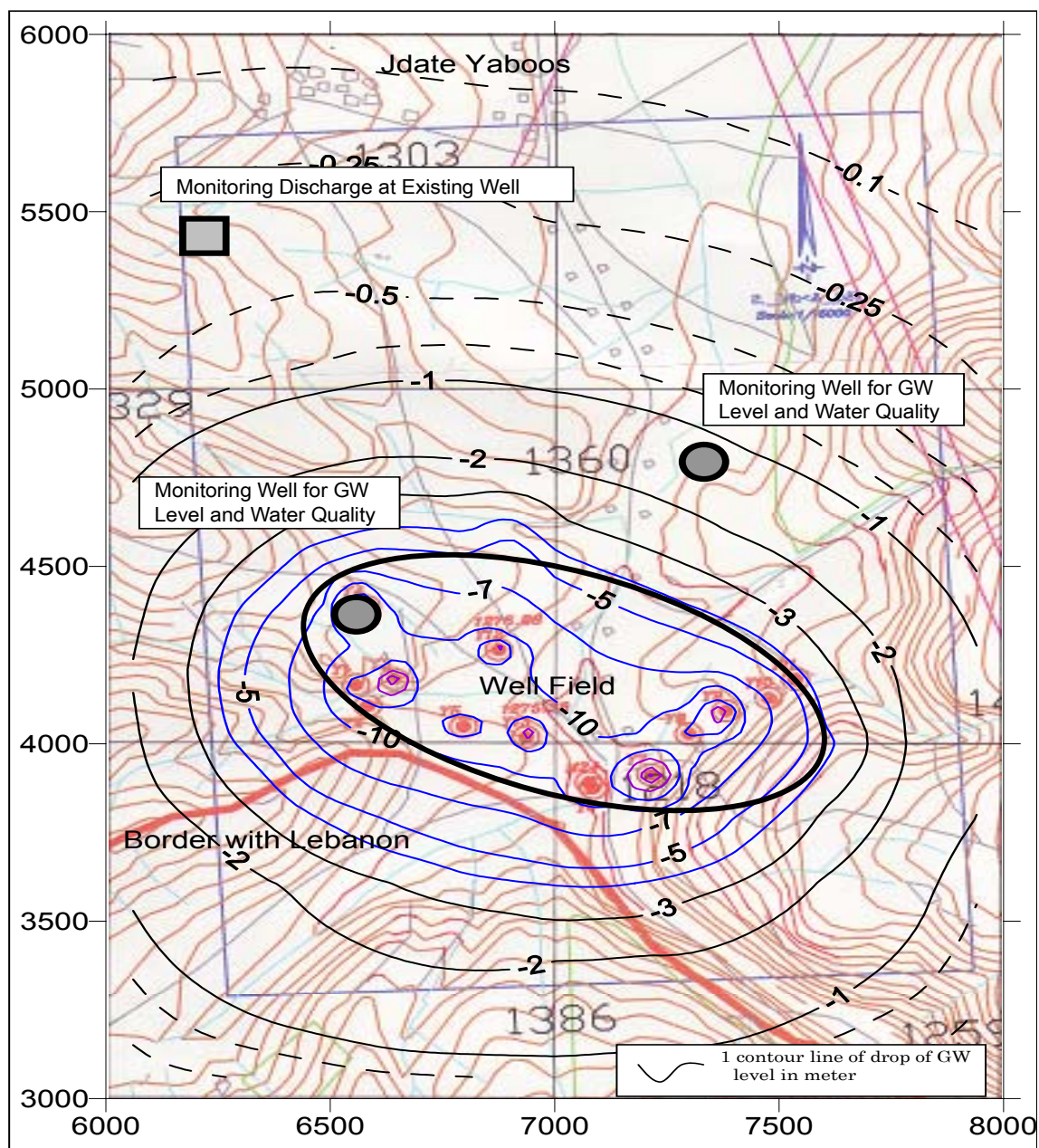


図 2-4 群井揚水シミュレーション結果

注) 目盛りはシリア UTM、単位は m。

(b) レバノン側の水利用への影響

本計画ではレバノンとの国境からきわめて近くに水源井群が建設されることになっている。水源井は、近いところでは国境からわずか130mしか離れていない(井戸番号 Ya5, Ya6)。しかし、調査団は先方実施機関とともにレバノン領内についても踏査を行い、その結果ヤブース地区から国境を越えた南側および西側は山岳地帯であり、レバノン側に人家も農地も存在しないことを確認した。レバノン側で最も近い居住地は「アイタ・エル・フォッカー (Aita el Foukhar)」であり、この町はヤブース地区水源井の最西端(井戸番号 Ya1)からほぼ真西に6.4kmの位置にある(図2-5 ヤブース地区位置関係図参照)。この間のほぼ中央に標高約1,600mの分水嶺があり、地表水系は完全に分離されている。水理地質的には同じ白亜紀の石灰岩が分布しているが、この間は激しく褶曲しており、かつ断層も無数に分布していることから、この6km余という距離は、550m³/hr (50m³/hr x 11)程度の揚水の影響を遮るに十分な距離と考えられる。よって、レバノン側の既存水利用への影響はないと評価される。

また、レバノン側への政府間ベース公式通知も行われた。シリアとレバノンとの間にはシリア・レバノン水協議会「Water Syrian and Lebanese Coordination Committee」があり、大臣

クラスの委員会は3ヶ月毎、また実務者レベル協議 (Branch Committee) は毎月実施されている。大臣クラス委員会のシリア側代表は灌漑大臣 (H.E. Nader Al-Bunni) である。また実務者レベル協議のシリア側代表者は灌漑副大臣 (Dr. Soliman Ramah) であり、メンバーには、灌漑省水資源局長など関係者が任命されている。また、レバノン側の代表は Dr. Fadi Kameh (レバノン電力水資源省) が任命されている。本計画について上記協議会の場でレバノン側に正式に通知するよう求める DAWSSA の公式レターが2004年11月に灌漑省副大臣へ提出され、これを受けて11月21日の協議会においてレバノン側への報告が行われた。この結果、レバノン側から公式に「DAWSSAによる国境近辺での井戸掘削計画を認めること、その影響調査のため合同で揚水試験を行うこと」への合意のレターがレバノン、エネルギー・水資源省、電力・水資源総局からシリア灌漑省、副大臣宛に2005年1月18日付けで発行されている(これらレターのコピーとその英訳とを、「資料-7その他資料、(9)」に示す)。

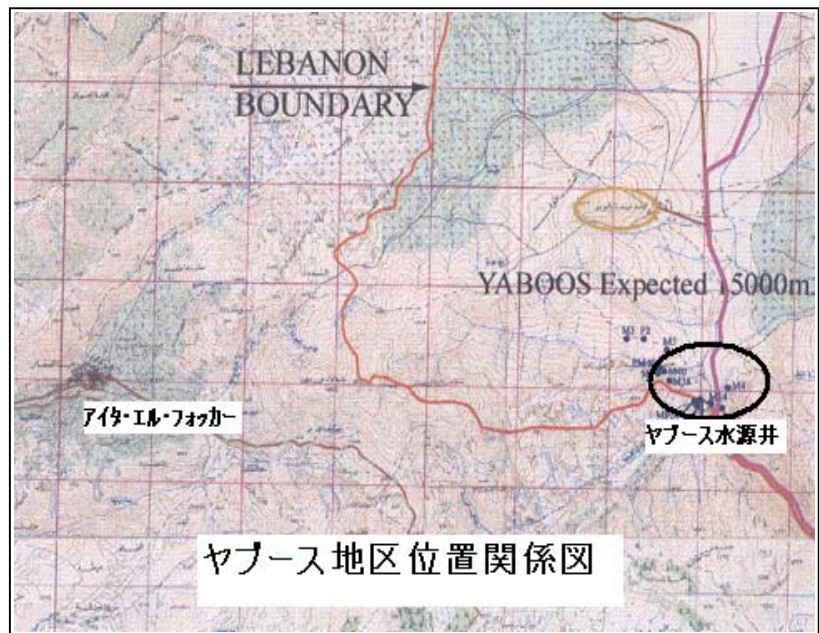


図2-5 ヤブース地区位置関係図

注) グリッドは1km間隔

(c) 流域全体の水収支への影響

前項「2-2-2、(4)」で述べたように、「JICA水資源開発調査」においてバラダ・アワジ流域の

水収支バランスの検討がなされており、水利用の過多による水収支の不均衡に直面していること、および将来深刻な水不足が懸念されること（既に始まっている）が明らかとなっている。これに対し、シリア国側は主に以下のような対策を講じつつ、水収支悪化の防止に努めている。

- ・ 流域水資源の管理、モニタリングシステムの構築（水資源情報センターの拡充など）
- ・ 上水道システムからの漏水対策（配水管改修、送水トンネル改修）
- ・ 節水灌漑の普及促進（ドリップ灌漑等）
- ・ 下水処理水の再利用
- ・ 他流域からの送水に係る調査、設計（地中海沿岸流域およびユーフラテス川からの送水）

このうち、漏水対策については日本の無償資金協力により配水管材料の調達が行われ、漏水率が1995年の34.7%から2003年には23%まで低下しており、引き続き工事が継続されている。また、他流域からの送水については、水資源量の豊富な地中海沿岸流域からの送水計画が先行しており、開発可能量の評価、代替案比較、概略設計、EIA 報告書作成まで終了し、現在詳細設計を行っているところである。2017年頃に12m³/secの送水を行う計画である。

以上のような水収支悪化を防ぐための対策が講じられており、その継続・強化が必要となるとともに、本計画による地下水の揚水も後述のモニタリング体制の下で、渇水時のみの限定的な運転を行うなど慎重な対応が必要となる。

(d) 水質への影響

既存の不完全な井戸で実施された2004年3月時点の調査では、連続揚水試験の3日目のサンプルを用いて水質分析を行った結果、いずれの井戸（6井）からも一般細菌・大腸菌群数共に検出された。このミティゲーション対策として、新規井戸建設時に浅層と深層の間にプラグを入れてシーリングを行い、井戸を通じた汚染が生じないように対策が講じられた。しかし、こうして新規に建設された生産井においても、ほぼ同様に大腸菌群数が検出された。これは、おそらく未だに現地に残されている不完全井戸を通して地表の汚染された生活廃水が深層帯水層にまで浸透しているものと考えられる。このため、まず既存の不完全井戸を消毒の上完全に埋め戻し・閉塞を行い、改めて各生産井から水質サンプルを採取して水質試験を行うこととしている。また、浅層地下水の汚染の防止策として、最も近いジュデイタ・ヤブース地区の排水施設（コンクリートライニング）を延長し、ヤブース水源地区周辺で汚水が地下に浸透しないよう適切な排水対策を行う工事が実施中である。しかし、再試験の結果によっては、ジュデイタ・ヤブース地区の下水処理まで検討する必要がある（これまでに行われた水質分析結果およびシリア水質基準は「資料-7 その他資料、(10)」に示される）。なお、DAWSSAは日本側からの申し入れと説明に従い、今後はこれまで実施されなかった重金属類の水質試験と、シリアの水質基準には含まれていない砒素やセレン、および有機物指標として化学的酸素要求量(COD)や全有機炭素(TOC)を含む水質分析を行うことに同意している。

また、深層地下水の利用が進むことで、これまで利用されていなかった塩分を含んだ停滞水も循環系に取り込まれることとなり、水質の悪化につながる懸念もある。幸い本地区には塩水などの存在は確認されていないが、施設運転に伴う水質の監視が必要で、これを運用管理策に反映する必要がある。

なお、現在のダマスカス市への給水に関しては、水源の大部分が地下水(湧水)であることか

ら浄水場はなく日本で行うような凝集沈殿やろ過といった水処理は行われていないが、その配水前にフィジェ湧水地点で塩素ガスないしは次亜塩素酸による滅菌処理が行われている。本計画で新たに取水される水に関しても、同様にフィジェ地点で滅菌された上で各家庭に配水されることになる。

(2) EIA プロセス

(a) シリア国における EIA 制度の概要

シリア国においては、いまだ正式な EIA 法規体制(legislation frameworks)はない。しかし、1991 年の大統領令により“General Commission for

Environmental Affair (GCEA)”が環境省内に設立され、同機関が EIA 審査を行うこととなっている。年間 700~800 件の民間および公的機関よりの申請があり、その 9 割程度が承認をうけている。EIA 実施は 1995 年の EIA 政令

(案) およびガイドライン (案) に基づいて運用されることとなっているが、これらの関連法令は草案から 10 年あまり経た現在でも施行されていない。草案自体が古く、時代の要求に合わないうえ、またガイドライン(案)自体に法的な拘束力がないことから、申請様式も様々であり、EIA 調査の行われていないもの、また通常の EIS

(Environmental Impact Statement : 環境影響評価書) が添付されていないものも多い。

しかし少数ではあるが、外国資本が実施する案件等では本格的な EIA レポートを作成し、GCEA へ審査を申請するケースも認められる。

ガイドライン(案)によると、地下水開発に関しては年間 1,000 万 m³ 以上(1,141m³/時に相当)以上の揚水を行う場合に EIA の対象となる。本計画の揚水量は 50m³/時×11 本=550m³/時であるが次期計画も合わせた全体計画では 1,250m³/時となり EIA の対象案件となる。

本計画の EIA については、計画開始時に日本側からガイドライン(案)に沿った EIA プロセスを踏むことを提案するとともに、調査団の支援のもと、図 2-6 の EIA 関連手続きを本計画の開始までにシリア国側が行うことで合意した。また、

EIA 調査の結果は、ガイドライン(案)で定められている以下の 16 項目のほか、モニタリング計画および参考資料リストを含む 18 項目を申請書に記載し GCEA へ審査を申請することとした。

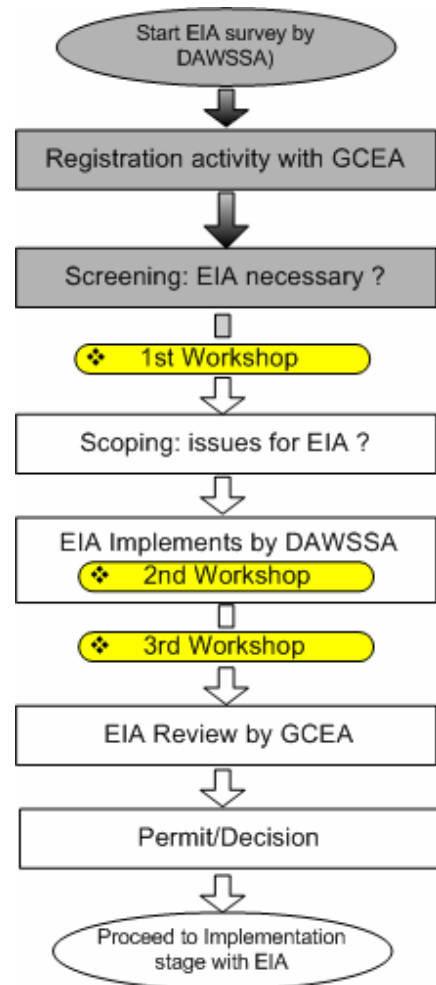


図 2-6 EIA プロセス

申請から承認にかかる期間は、審査1週間、審査承認文書の作成3週間の合計1ヶ月で終了するようガイドライン(案)に定められ、これに基づき DAWSSA 提出の EIA プロセス計画でも、2005 年 2 月申請、同 3 月承認のスケジュールが提案された。

しかし現実には、GCEA 審査機能は

EIA 許可申請の項目(ガイドライン 1995)

1. 計画名
2. 実施機関名
3. 計画の種類(民間および公的機関の種類別)
4. 一般計画平面図(1:2000 または 1:5000)
5. 上位計画および天然資源との関係
6. 計画の種類(工業、サービス、観光等の種別)
7. 計画概要(サービスの種別、施設、道路、その他の記述)
8. 将来の拡張の可能性
9. 計画実施時の従事者数
10. 事業費(建設、機材別)
11. 計画実施スケジュール
12. プロジェクト実施に必要なサービス(道路、排水路、配水路、電源など)
13. 計画地域の社会経済状況
14. 計画地域の環境状況
15. 想定される負の環境へのインパクト
16. ミティゲーション対策

ごく貧弱であり担当技術者も 5 人以下と少ない。また現実の事業実施の許認可権は GCEA になく、地方行政政府および関連省庁にあることから、GCEA での審査はこれらの追認的な意味合いが強い。これらの実態は、シリア国において EIA の法的な枠組みが未だ定まっていないことに由来するが、一方で改革の動きも認められる。2002 年 6 月には、環境法の整備を目的とし「環境保護法: Environmental Protection Law No.50 of 2002」がシリア国民議会で承認された。これは国家環境委員会(委員長:副首相、委員:23 閣僚)と環境公社が設立し、EIA 法を含む環境法整備の推進を行おうとする試みであるが、残念ながら現時点においても新 EIA 法の施行には至っていない。本計画の EIA の審査および承認は旧体制にて実施される見込みである。

(b) DAWSSA による EIA 実施体制

シリア国側の本計画実施機関である DAWSSA は、13 名の職員から成る EIA 担当グループを組織し、ダマスкас大学助教授 Dr. Mohamed Kayyal をアドバイザーとして迎え、図 2-7 に示す予定で EIA プロセスを実施している。これまでに、スコーピング、ステークホルダーミーティング、ベースラインサーベイが行われており、その内容については日本側調査団が確認するとともに、支援を行っている。これらの作業の経過および結果に関しては、その都度公用語であるアラビア語で報告書が作成され、関連機関に送られると共に、DAWSSA 本部前に掲示され一般公開されている。

Schedule of EIA Process (as of 25/11/2004)

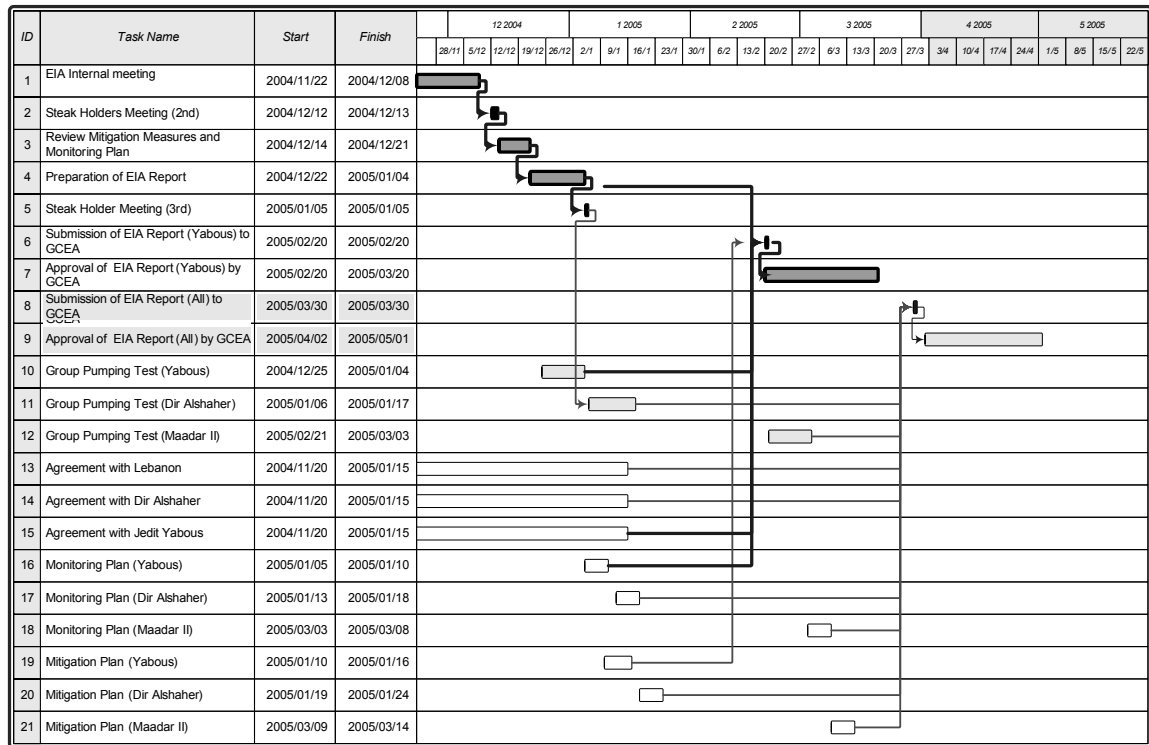


図 2-7 EIA プロセス実施予定

(c) ステークホルダーミーティング

第 1 回のステークホルダーミーティングは 2004 年 4 月 7 日、8 日の両日に亘って実施され、以下の組織から出席者を得て、計画内容説明、サイト視察および討議が行われた。

- ・ 対象地域周辺住民
- ・ Farmers Union
- ・ 灌漑省水資源情報センター
- ・ 地方行政・環境省
- ・ General Council of Agricultural Scientific Research
- ・ ダマスカス大学
- ・ Syrian Association of Environment (NGO)
- ・ Syrian Association of Wild Life Protection (NGO)
- ・ Damascus Friends Association (NGO)
- ・ 地元自治体 (ダマスカス郊外県)
- ・ その他個人コンサルタント等

7 日にはマールダル II 地区および本計画対象たるヤブース水源地を視察し、当時実施されていた井戸掘削および揚水試験の説明がなされた。8 日には DAWSSA 本館会議室にて DAWSSA 側および調査団から本計画についての説明が行われ、以後討議となった。討議では現地住民から既存井戸に対する影響 (水位低下) の心配、井戸掘削が地表水、地下水の水質に与える影響の心配等が、地元自治体からは 近辺の地場産業 (採石所、鉄工所) への影響の有無、関連省庁からは レバノン側の水位低下に対する危惧、バラダ・アワジ流域の水収支を更に悪化させることへの危惧、EIA プロセスの詳細についての質問、地域植生図作成の要望等が、

またその他の質問として 井戸掘削地点選定方法についての質問などがあった（議事録を「資料-7 その他資料（11）」に示す）。DAWSSA はこれらの質問に丁寧に答え、特に地域住民の心配に付いては、現時点ではほとんど問題は起きないと考えていること、および今後も慎重に地域への影響を調査し報告することを表明した。

上記ミーティングの主たる目的は本プロジェクトを開示し、社会に(特に関連地域住民に)周知させることにあり、現地における井戸掘削が開示され、また会議において計画の全体像が紹介されたことから成功裏に実施されたといえよう。

第2回ステークホルダーミーティングは、2004年12月28・29の両日 EIA 調査の概要説明を主たる目的に開催されている。主な出席者は以下のとおりである：

- ・ 対象地域周辺住民代表
- ・ 村行政担当者
- ・ 灌漑省水資源情報センター
- ・ 灌漑省（国際間調整担当、水資源局長）
- ・ 灌漑省バラダ・アワジ総局（流域水資源調整）
- ・ 地方行政・環境省（EIA 担当）
- ・ 農業省（地域農業水利用担当）
- ・ ダマスカス大学
- ・ Syrian Association of Environment (NGO)
- ・ Syrian Association of Wild Life Protection (NGO)
- ・ Damascus Friends Association (NGO)
- ・ JICA
- ・ 日本大使館
- ・ その他個人コンサルタント等

このミーティングにおいても、28日にヤブース水源地区の視察、29日に DAWSSA 本館にて説明と討議が行われた。この席で、ジュデイタ・ヤブースのみならずクフェール・ヤブース、本ヤブースの住民に本プロジェクトの詳細と進行状況の説明、EIA プロセスの中間報告とがなされ住民の理解を得た。質疑における主な発言は以下のとおりである。住民代表からは ヤブースでは飲料水も不足している、もし灌漑用の井戸に影響が出た場合には揚水を中止できるか？ 節水灌漑を促進するよう求められているが DAWSSA または JICA のプロジェクトで実施できるか？等、灌漑省からは モニタリング井戸をどう考えているか？、また NGO の代表からは ダマスカス盆地全体の水資源に対する影響を考えねばならないこと、EIA プロセスには健康被害に対する考慮も必要なこと、ヤブース地区の既存井戸の帯水層と DAWSSA 生産井の帯水層には違いがあるのか？等の意見表明と質問とがあった（上述、「資料-7 その他資料（11）」参照）。DAWSSA はこれらの意見表明を真摯に受け止めることを表明し、また質問にはそれぞれ時間をかけて丁寧に答えおおむね了解を得た。その上で、住民の一番の関心事たる既存井戸への影響に関して、近近に行われる予定の群井揚水試験への参加を要請し住民側もこれに同意した。

上述の群井揚水試験は、予定より若干遅れて 2005 年 1 月 16 日から 1 ヶ月間実施された。同水源地区内 11 井の内 5 井で揚水を行い、同地域内 3 井とジュデイタ・ヤブース中心部にある灌漑用の私有井戸 1 井を観測井として実施されている。この結果、ヤブース中心部で 1 週間後に

およそ 10cm の水位降下が見られたが、これは事前のコンピューターシミュレーションによる予測値とほぼ同じであった（しかし、その後水位は回復し最後は逆に水位は上昇して終わっている。これは盆地状の地下水位構造に起因するもので、水源地での平均水位が下降することによって盆地周辺からの地下水流入が活性化されたものと考えられる。群井揚水試験の結果は、「資料-7 その他資料 (8)」に示す）。

この結果を受け、2005 年 2 月 14 日に第 3 回目のステークホルダーミーティングが DAWSSA 本館において実施された。これは、ヤブース地区に関しては最終回となるワークショップで、DAWSSA による環境社会影響評価の結果を広く開示すると共に、関連地域住民の合意を得ることを主たる目的としている。そのため、過去 2 回のものとは比べて多彩な顔ぶれが一同に会して行われた。以下に主な参加者（機関）を挙げる。

- ・ ヤブース地区農民代表
- ・ サバダニ農民組合
- ・ 地方行政・環境省
- ・ 保健省
- ・ ダマスカス郊外県庁
- ・ 運輸省
- ・ 農業省ダマスカス地区局
- ・ NGO(3 団体：第 1 回目、2 回目と同)
- ・ ダマスカス大学
- ・ 灌漑省 (WRIC)
- ・ 灌漑省(バラダ・アワジ総局)
- ・ JICA

このワークショップにおいては、以下の質疑応答が行われた。 ヤブースやサバダニの農民からは取水時期や何らかの影響が出た場合の補償についての要望が出され、これに対してもし既存の水利用に影響が出た場合は取水を中止すると回答、 ヤブースの農民からの取水時期を灌漑期(6-7 月)から外し 8 月以降にして欲しいとの要望に対し、フィジェの湧水量如何でこの時期でも取水する可能性はあるがその揚水量は小さいだろう。しかし、影響が全く無いとは言えず、この件は今後も更に検討してみると回答、 この件に関連し、農民側に節水灌漑を更に進めるよう要望、 NGO 代表から地元農民の意見をもっと尊重するよう要望があり、またダマスカス市の水需要予測は過大ではないかの質問があり、これに対し DAWSSA は過大とは考えていないが、それよりも農業用水を節約する努力が優先されると回答した。保健省からは EIA レポートには健康被害に対する検討が含まれないのは問題であるとの意見表明があり、これに対し今後別途項目を設けて検討することを表明した。また地方行政・環境省からは ダマスカス市への給水は国家の水安全保障に係わる問題であり、きわめて重要な事業である。よって十分に環境へのインパクトを検討しつつ進め、さらには一歩進んで涵養域の森林保全策などの検討もお願いしたいとの意見表明があり、これに対し意見表明を感謝し、今後検討を進めたいとの回答があった。

結局このミーティングでは、農民からの要望に付いては、でき得る限り善処することを表明

したが補償策の詳細は示されなかった。これらに関しては、今後更に具体的な意見交換が必要であろう。また同時に節水灌漑の積極的な取り入れ等、農民側の協力も要請しているが、これについても DAWSSA 側からの何らかの対応策も検討されるべきであろう。なお、地域住民からの要望はあるものの、取り立ててこの計画に反対する意見は無かったため、DAWSSA はこれによって地域住民への開示と意見聴取を済ませ、この質疑結果を踏まえて EIA レポートを完成させ、2005 年 3 月 6 日、GCEA に提出した (DAWSSA による EIA レポートの目次および要約を資料-7、その他の資料(12)に示す)。

(3) モニタリング

(a) DAWSSA によるモニタリング

DAWSSA では、その所有する全ての水源において独自の観測井を設け、定期的に週ベースで地下水位を測定し、結果は毎年 DAWSSA の年報で一般に公開している。この地下水位の観測は、DAWSSA 調査・設計部水源課によってルーチンワークとして行われている。また、このデータはシリア全土の地下水位をモニターしている灌漑省(MOI)および同省傘下の水資源情報センター(WRIC)にも送られ、全国規模のデータベースに組み込まれている。本計画についても、対象地区において所定の数の生産井を建設した後、取水井戸群内で観測井を 1 井掘削し、これに自動記録装置をセットし観測を行うことにしている。この他、周辺への影響を把握するため、取水井戸群外の影響圏内で 1 井、また近隣の農家の井戸での取水量を観測するモニタリング計画がステークホルダーミーティングで提案された。

DAWSSA モニタリング・ルール

(Instruction on Monitoring Well's Operation in Damascus Pumping Centers)

- ① 各水源中央における地下水位データは、観測井を通じて水源部によって毎週(週初)データロガーより回収する。また、各生産井ではその運転開始前に自然水位を手計りで測定する。各生産井は、その全てに水位測定管が挿入されており、必要に応じていつでもその動水位を観測できる構造とする。
- ② 各水源の生産井群は、必要となった時点で「運用部」の決定に従い運転を開始する。平時には生産井の運転は臨時的であるが、渇水時には恒常運転となることもある。
- ③ 観測井における地下水位が、優勢な帯水層地区で 35m、中位の帯水層地区で 30m、劣勢な帯水層地区では 25m の水位低下を見た時には、適宜生産井の運転を停止する。
- ④ 各生産井には水位検出電極が挿入されており、動水位があらかじめ定められた「限界吸込み揚程(Net Positive Suction Head)」に達した時、および揚水量が規定量の 25%を下回った時には自動停止する。
- ⑤ 生産井から揚水され貯水槽に集められた水量と、ダマスカス市給水網への送水量もしくは配水槽における水量とはバランスさせる。この調節は、運転されている生産井の数の増減もしくはブースターポンプの運転をコントロールすることで行われる。

取水井戸群内観測井戸

取水井戸群西部 (図 2-4 参照) で既存生産井の 1 井を観測井戸に転用しモニタリングを行う。

水位観測は自記観測ロガーを設置した毎時観測を原則とする。また、観測および自動停止等の運用ルールはこれまで行われてきたモニタリング・マニュアルを適用し行うこととし、観測は DAWSSA の運用部職員が行う。

また、これとは別に本件対象地区に適用される「運用基準」は図 2-8 のように示されている。

これは、ダマスカス市水道の主水源であるフィジェ湧水の湧出量が低下する秋に最大能力で運転し、湧出量の多い時期は帯水層涵養のため揚水量を減らすことを意図したものである。本計画による地下水の揚水は、湧水時にフィジェ

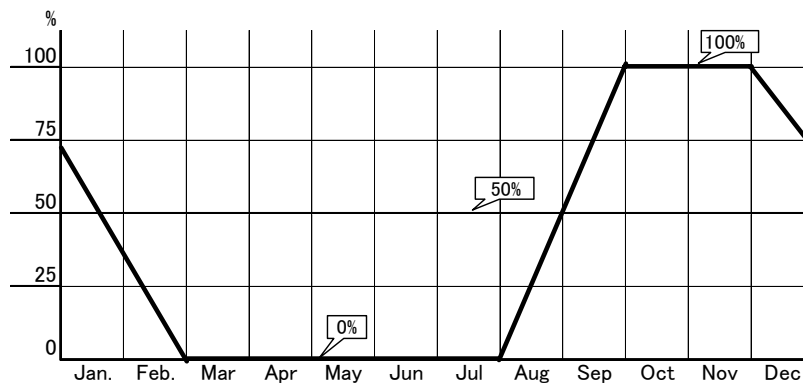


図 2-6. 生産井運用基準

湧水の産出量が低下した際の臨時的、限定的な揚水となる。

影響圏内観測井戸

取水井戸群の北(図 2-4 参照)で観測井戸を新設しモニタリングを行う。施設の設置は、MOI バラダ・アワジ総局または WRIC への依頼を検討する。また、観測は本施設の周囲井戸への影響を監視する目的から、井戸深度は既存井戸の深度(100~150m)とし、自記水位計による毎時観測を原則とする。観測データは通年の観測とし、既存井戸と本計画井戸の両者による相互影響も監視する。また、週 1 回程度のデータ回収時には、水位測定管の手計り観測も並行して行う。観測は取水井戸群内観測井戸と同じく DAWSSA 生産部運用課が行い、運用停止の判断は運用課が他の観測点の結果も検討しつつ行う。

既存井戸取水量

既存井戸の取水量の測定を取水井戸群の北西(図 2-4 参照)に流量計を設置して行う。同井戸は計画の井戸群から最も近く、かつ地区の代表的な灌漑用井戸でもある。また同井戸の近郊には地区の生活用水用井戸があり、地区の既存地下水利用へのインパクト指標として利用できる。取水による影響は直接に地下水位低下に現れるが、同時にどの程度、現実の取水量に影響があるかを判断する。積算流量を週 1 回観測し、既存施設への影響を監視計測する。結果は、運転停止、揚水量の削減などの運営管理策に利用する。観測は地下水位観測と同じく DAWSSA 生産部運用課が行い、運用停止の判断は運用課が他の観測点の結果も検討しつつ行う。

測水調査および水質観測

上記、観測地点から測水し、水質分析を 3 ヶ月に 1 回の頻度で実施する(シリア国政府の基準では最も短いインターバル)。また分析項目は、DAWSSA 基準(シリア飲料水基準)に準拠する飲料水用検査項目と砒素およびセレン、COD、TOC の各項目で行い、他のルーチン業務(分析)に組み込み、DAWSSA 水質試験部門が行う(シリアにおける水質基準は資料集-7(10)に示す)。また、水質の悪化(兆候)などに伴う運用停止の判断は観測点の結果も検討

しつつ DAWSSA の運用課が行う。

(b) MOI によるモニタリング

MOI は約 2 万人の職員を擁し、本省各局、7 流域総局、2 公団、1 公社が、政策策定、計画策定、水資源開発事業、水資源管理（水資源情報管理を含む）、水資源施設維持管理を所掌している。本計画対象地域が含まれるバラダ・アワジ流域にはバラダ・アワジ総局が置かれ、職員約 500

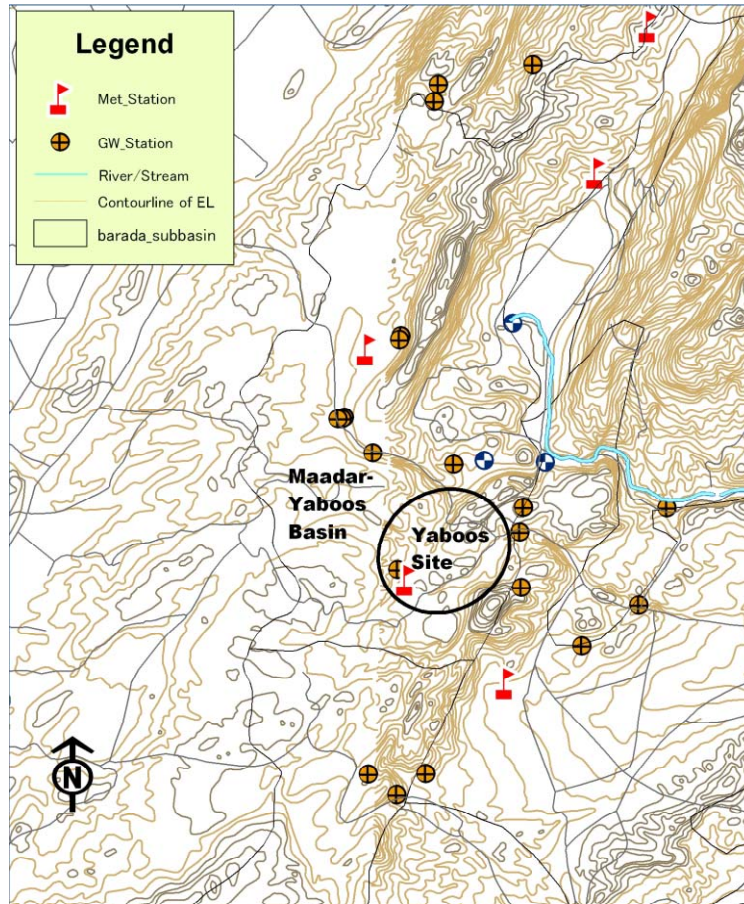


図 2-9 マーダル・ヤブース副流域における灌漑省観測網

名で業務が行われている。同総局は、気象観測施設 9 ヶ所、地表水観測施設 151 ヶ所、地下水観測施設 178 ヶ所を管轄し、それらのデータは WRIC に集約し、整理、蓄積、分析が行われている。この観測体制は、現在実施中の無償資金協力によって、気象観測施設 23 ヶ所、降水観測施設 24 ヶ所、地表水観測施設 171 ヶ所、地下水観測施設 178 ヶ所に拡充される計画となっており、地下水観測施設については数の増加はないものの、77 ヶ所の更新が行われる。さらに、WRIC に対しては、2002 年から日本の技術協力プロジェクトが実施されており、モニタリング体制の強化が図られているところである。

本プロジェクトの対象副流域（マーダル・ヤブース副流域）近郊においては、21 観測

所（14 井戸、4 気象観測、3 湧水量観測）が 2005 年度より本格的に稼働する予定である（図 2-9 参照）。また同観測データから、毎年の水収支の状況が公開されることとなっている。これら公開情報を使い、本プロジェクトの水収支への影響を検討する計画である。また、地下水資源の低減量および地下水位低下が生じた場合の植生への影響も監視する予定となっている。

揚水量の管理は、将来的には特定井戸で管理水位（揚水停止水位）を設定することで行うが、管理水位の決定には、施設運転後に、モニタリング施設および MOI 気象水文観測施設で数年の継続観測が必要となる。また、運転中の最低水位は過去の自然条件での最低水位（最近 10 年の最大渇水年 2001/02 水文年）を目安とすることなどが本調査の過程で調査団から提案されている。

以上のようなモニタリングをシリア国側が実施することで合意しており、加えて MOI 等の他機関からの監視効果も働かせて、適切に実施していくことが必要と考える。

2-2-4 その他

(1) ベースライン調査結果

本調査で行なったベースライン調査の結果は、「資料-7 その他資料、(13)」に示すとおりであるが、その概要は以下のとおりである。

調査は給水対象地域全体の状況を調査するため、調査対象地域を5地区(ダマスカス市内は収入階層により分けた3地区と不法居住地区、ダマスカス市外は村落を対象に1地区)に区分し各地区で概ね100世帯を標準とし、全体で500サンプルに対し質問票によるインタビュー形式の調査を行った。調査内容は、具体的には アクセス、電気・電話状況、家庭状況、就農状況、収入および支出、健康状況、給水状況、であった。

経済状況

給水対象地域の1世帯あたりの家族数は、JICA開発調査時には6人であったが、現在は5.5人となり若干少なくなっている。また、1世帯あたりの平均収入は約24,000SP(約11,200円)であり、支出に対する割合は、食費が全体の30%~63%(平均53%)に対し、水道代は0%~3%(平均1.5%)、医療費は6%~13%(平均10%)であり、エンゲル係数は高い。

健康状況

給水対象地域の住民は、1ヶ月あたり2回程病院に行っており、その主な病気は高所得者層の家庭では、高血圧、糖尿病、心臓病等の現代病が多いが、低所得者層になると水因性伝染病、皮膚病が多くなる。

給水状況

各家庭への給水は個別給水がほとんどであるが、低所得者層になると共同給水や井戸となり、その割合は全体の5%程度と少ない。

1日あたりの給水時間は、雨季が20.8時間に対し乾季は19.4時間となり、乾季は1.5時間程断水時間が長くなる。給水状況の満足度は良いが48%、普通が11%、悪いが41%であり、悪い理由は水質に対するものが最も多い。

1世帯あたりの水道使用量は50m³/月、支払い料金は240SP(約110円)/月と収入に対する割合は少ないが、水道料金が高いと思っている家庭は43%と半分になっている。一方、水道施設拡張の必要性は60%以上の家庭が考えており、そのためには20%程度の値上げを許容できると回答している。

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

シリア国の首都ダマスカスは同国の政治・経済・文化の中心地である。ダマスカスの給水事業は住宅建設省傘下のダマスカス市上下水道公社(DAWSSA)が担っており、その給水人口は約282.2万人(2004年)と推定されるが、ダマスカス市およびその周辺地域の人口は増加率約2%で増加を続けて行くことが予想される。一方、ダマスカス市の給水事情は、1999年から3年続いた旱魃の影響で、ダマスカス市内の給水は1日12時間以上の断水が6ヶ月間以上4年連続して起こる緊急事態が生じた。

DAWSSAは1997年にまとめられたJICA開発調査「ダマスカス市給水システム改善拡充計画調査」の提案に基づき、第一義的には無駄遣いの抑制(漏水削減対策)を優先的に実施し、その上で足りない部分をダマスカス市内新規井戸開発に求めているが、豊水年であった2003年においても渇水期には計画的に3時間～6時間程度の夜間断水を行い、需要量の不足を満たしている状況である。

DAWSSAはダマスカス市郊外の新規水源によりダマスカス市における水不足の軽減、断水時間の低減を目指し、本計画を策定した。本計画の要請書では25本の井戸による新規地下水開発および2路線の新規導水管の建設により給水量を28.2千 m^3 /日増加させ、過去5カ年間の1日平均断水時間13時間を1時間削減し12時間とするように計画した。

しかしながら現地調査の結果、DAWSSAが準備した25本の井戸は生産井として適切な仕上がりとなっていなかったため、協議の結果DAWSSAは新規の井戸を掘削することとした。この新規生産井の建設は、ヤブース水源地11本の井戸が先行して完了したため、本計画としてはヤブース水源地からタケア減圧槽間に必要な資機材を調達することとし、残りについては次期で調達することとした。

本プロジェクトは、水不足の軽減と断水時間低減の目標を達成するために、日本側より井戸ポンプ(11基)、集水管路(250mm～400mm、1.1km)、導水管路(600mm、11.5km)および減圧施設(2セット)を調達し、これらに関連する建設工事をシリア国側が実施することとしている。これにより給水量が13.2千 m^3 /日増加して1日平均断水時間が30分削減されることが期待される。また、DAWSSAにとっては、本計画によって新規水源施設が整備されるため、給水計画におけるフレキシビリティが増加する。さらに、本計画実施にあたりEIA(環境影響評価)を実施するため、DAWSSA内に専門家グループが形成され、EIAプロセスを通じて住民の節水や衛生的な水に関する関心が高まることが期待される。

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

本無償資金協力の当初要請は、ダマスカス市及びその周辺地域の給水量不足および断水時間を軽減することを目的とするシリア国新規水源開発計画の実施に資するため、3ヶ所の新規水源開発に係る資機材調達を行うための資金を提供しようとするものであった。要請された主な資機材は3地区で計25本の井戸ポンプと緊急用ディーゼル発電機、および配管材料である。

本計画に係る基本的な設計方針は、本計画対象地域を含む「バラダ・アワジ流域」の深刻な水収支状況を考慮し、環境社会影響を十分に配慮した上で水源開発地域および許容取水量を策定する、原則として資機材は日本側が調達し、それらの据付・敷設工事はシリア国側が行うものとするが、調達可能な資機材についてはシリア国側の調達も勘案する、および生産井の建設はシリア国側の分担であり、所定の数量の生産井建設が完了している地区についてのみ基本設計を行う、というものであった。

上記のような設計方針の下、シリア国側の当初要請に基づいて基本設計調査が行われた。現地調査は、第1次および第2次の2回にわたって行われ、その過程において以下のとおり計画内容の変更が行なわれた。

水源開発地区の変更：要請時の水源開発地区は、マーダル、ヤブース、デイル・アル・アシャエールであった。DAWSSAが開発を予定していたマーダル地区(以下、「マーダルI」)に関しては、地形的に流域の最上流部にあたり、水理地質的には地下水位が尾根状になっていて帯水層が小さいため、適切な水源地とは考えられなかった。そのためDAWSSAとの協議の結果、この代替地としてマーダル地区の南西約7kmに位置するマーダル地区に変更した。(以下、特に「マーダルI」と明記しないかぎり、「マーダル」の記載は「マーダルII」を意味する。)

水源地別井戸個所数の変更：要請書の基本となる水源(井戸)は、シリア国側で既に準備されていることになっていた。しかし現地調査の結果、これらの井戸は灌漑省(MOI)が観測用に利用していた井戸であり、生産井として利用するにはケーシング径が小さくかつ仕上げが不十分であった。そのためDAWSSAは生産井として利用できる井戸を新規に掘削することとした。最終的にDAWSSAが新たに掘削した各水源地の井戸本数は、以下のとおりとなった。

表 3-1 井戸個所数の変更

| 要請書 | | 変更後 | |
|---------------|-----|---------------|-----|
| 水源地名 | 個所数 | 水源地名 | 個所数 |
| マーダルI | 20 | マーダルII | 8 |
| ヤブース | | ヤブース | 11 |
| デイル・アル・アシャエール | 5 | デイル・アル・アシャエール | 6 |
| 合計 | 25 | 合計 | 25 |

施設の追加：各路線における水源地(マーダル/ヤブース路線においては、路線の最高位部)から既存減圧槽間の標高差は、マーダル/ヤブース路線で269m、デイル・アル・アシャエール路線で248mであるため、導水管路の水理特性・耐圧性・安全性を考慮して減圧施設を設置し、導水管路からの漏水や故障がないように計画する。また、マーダルII水源地(標

高 1,064m ~ 1,170m)は路線の最高位部(標高 1,361m)より低いため、加圧ポンプが必要となる。

調達資機材の変更：シリア国の要請内容は、水中ポンプ、緊急用ディーゼル発電機、集水管、導水管であった。しかし、緊急用ディーゼル発電機については停電が月 4 回程度で 1 回の停電時間は 30 分以内がほとんどであるという状況であり、かつ予備電源であること、小口径の集水管(200mm 以下)に関しては DAWSSA のアドラ資機材置き場に補修用の小口径配管材料が保管されていることを考慮して、本調達資機材の対象外とした。

調達資機材の期分け：2004 年 10 月 20 日の協議議事録により、DAWSSA が期限(2004 年 11 月 7 日)までに新規井戸の掘削工事・揚水試験を完了しない場合には、調達資機材の期分けを行うことで合意した。DAWSSA による新規生産井の建設は予定よりも遅れ、期限までに完成することが出来た井戸は、ヤブース地区の 11 本のみであった。よって、下表に示すような期分けを行うこととする。

表 3-2 調達年度計画

| 路線名 | 区 間 | 基本設計 |
|-----------------|--------------|-------|
| マーダル/ヤブース路線 | ヤブース～既存減圧槽 | 第 1 期 |
| | マーダル II～ヤブース | 第 2 期 |
| デイル・アル・アシャエール路線 | 全線 | |

要請内容の変更：上記の期分けの結果、最終的に本計画で調達される資機材は、ヤブース水源地よりタケア既存減圧槽まで区間となり、要請内容は 2 回の現地調査(2004 年 3 月、10 月)と協議により、下表のように変更された。

表 3-3 要請内容の変更

| 水源地 | 要請資機材内容(当初) | 要請資機材内容(変更) | |
|-----------------|---|---|--|
| | | 第 1 期 | 第 2 期 |
| マーダル及びヤブース地区 | 水中ポンプ(50m ³ /hr) 20 セット 集水管 1 式 緊急用ディーゼル発電機(300kVA) 4 セット 導水管(500mm ~ 600mm) 35km | ヤブース地区対象 水中ポンプ(50m ³ /hr) 11 セット 集水管 1 式 導水管(600mm) 11.5km 減圧バルブ 2 セット | マーダル II 地区対象 水中ポンプ(50m ³ /hr) 8 セット 集水管 1 式 加圧ポンプ 1 式 導水管(350mm ~ 500mm) 15.2km 減圧バルブ、 1 セット |
| デイル・アル・アシャエール地区 | 水中ポンプ(35m ³ /hr) 5 セット 集水管 1 式 緊急用ディーゼル発電機(200kVA) 1 セット 導水管(300mm ~ 400mm) 12km | | 水中ポンプ(50m ³ /hr) 6 セット 集水管 1 式 導水管(350mm ~ 400mm) 8.8 km 減圧バルブ 3 セット |

全体計画および本計画で実施する計画概要図は図 3-1 に示すとおりであり、上記の変更要請に基づく資機材選定の基本方針は、以下のとおりである。

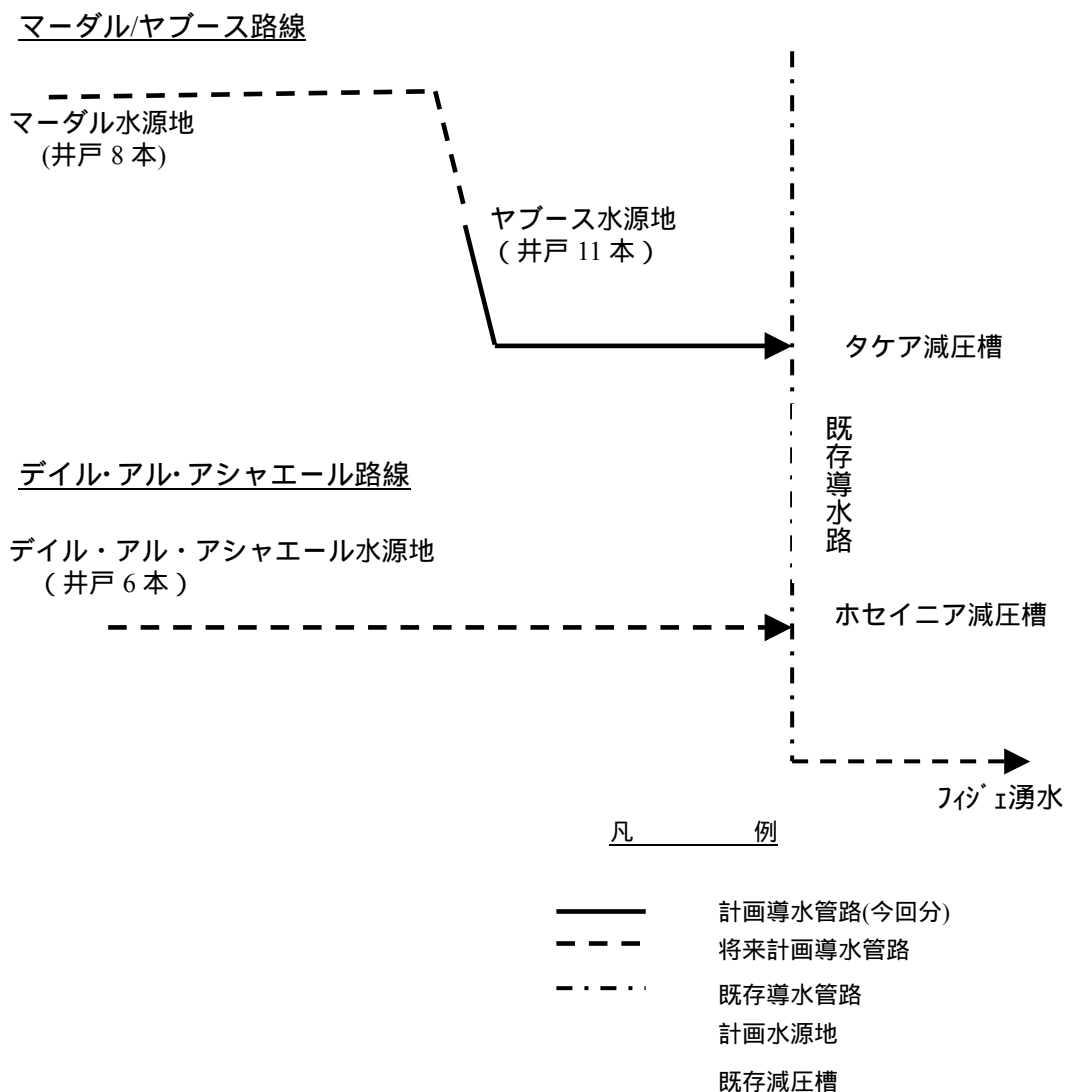


図 3-1 計画概要図

(1) 全体計画

本計画は、上記したようにヤブス地区における水源井の開発と、この水源地からタケア減圧槽までの導水管路のみをその対象とするが、本路線には本地区の上流部で開発が予定されているマーダルⅡ地区からの導水管が接続することになる。また DAWSSA は、今後更に逼迫すると予想されるダマスカス市及びその周辺の給水事情を緩和するため、原要請にある 3 地区のみならず、それらの周辺地域を含む新規水源開発計画を策定している(後述)。この新規水源開発計画には、本計画対象地区であるヤブス地区よりも上流部に位置するマーダルⅠおよびセルガヤ地区が含まれている。

上述したように、本計画はヤブス水源地より既存タケア減圧槽間の実施計画であるが、本計画で設計されたヤブス～タケア導水管路は、その上流部に位置する全ての水源地からの導水を制約することになる。よって本計画ではヤブス地区とその上流水源地をも考慮したマーダル/ヤブス路線について、ダマスカス市近辺の水需給バランスおよび水源開発可能量の両面から検討する。

(2) 環境社会影響に対する方針

本計画対象地区はヤブース水源地のみであり、生産井は(現時点では)11本しか計画されていない。しかし、原要請対象は3地区であり合計25本の生産井が建設されることになる。これらの地区での地下水開発は、以下のような環境社会影響を及ぼすと考えられる(前章、「2-2-3 環境社会配慮」、参照)。

- ・揚水に伴う地下水位低下による既存水利用(地下水利用)への影響、
- ・井戸建設予定地がレバノンとの国境に近いことから、レバノン側水利用への影響、
- ・流域全体の水収支への影響。
- ・水質への影響。

また、シリア国においては年間1,000万 m^3 以上(1,141 m^3/hr 以上)の揚水を伴う地下水開発の場合にはEIAレポートを作成し、“General Commission for Environmental Affair: GCEA”の審査を経て承認を得なければならない。本計画単独ではこの基準に満たないが、原要請にある3地区での開発を合計すれば、全体でこのEIA実施基準に達する。

以上の事柄を勘案し、シリア国側で環境社会配慮に関する検討を行い、調査団はこの支援を行う。

(3) 自然条件に対する方針

マール II およびヤブースの水源地はダマスカスの北西部に位置し、標高1,060mから1,300mであるが、導水管路線の最高部標高は1,361mである。また、水源地の平均気温は11月~4月の期間で15度以下、月平均最高気温は7月の27.8度、年間平均気温は15度であり、年間の降水量は1,000mmである。降水量のほとんどは11月から3月にかけて降る雨と雪である。一方、導水管路の最終接続点となるタケア減圧槽は標高1,090mの住居地域にあり、通年の平均気温は20度程度である。冬季には氷点下となり積雪も見られるが、夏季には35度を越す気温もあり寒暖の差が大きい。

このような自然条件から、設計に当っては水源地と最終接続地点の標高差を有効に利用する管路送水方式、高い圧力に対する適正な制御方法および寒暖の激しい温度や気象条件に対して機器類の性能が確保できるように計画する。

(4) 建設事情/調達事情に対する方針

水源地周辺は民家からはなれているため、集水管の布設や井戸ポンプの据付等の建設工事に関し問題はない。一方、導水管路計画路線の道路はほとんどが舗装されており、幅員は導水管布設工事に必要な幅員が確保できるが、本路線のうち約8kmは車輛交通量の多い幹線第2号高速道路(ダマスカス~バイルート)内での敷設工事や横断工事を含んでいるため、導水管資材は水圧と共に外圧に対し十分に耐える管種の選定が重要となる。

受水槽や減圧施設等を建設する場所・標高は地形条件や水理計算により確定されるが、それらの用地は工事中の資機材置き場や施設建設後の維持管理ができる広さが確保できる場所を選定する。

(5) 現地業者・現地資機材に対する方針

本計画で調達する資機材は水源拡張施設の主要部分を占めるものであり、ほとんどの資機材はシリア国内で入手できないため輸入品となる。これらの予備品も現地で入手することは困難なものが多いため十分な予備数量を計画する。

これら調達される資機材の建設および据付工事は現地業者で十分施工可能であるが、工事量が多く12月から翌年3月の間は積雪のために工事が中断されるため、目標の期限内に工事を完了させるためには、実績のある現地施工業者を多数確保する必要がある。

(6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

本施設の運営・維持管理は、DAWSSA の生産部でおこなわれることになっている。生産部はバラダ湧水池やフィジェ湧水等を水源とする中・大口径の既存導水管路(内径 500 mm ~ 1,200mm)や減圧槽を維持管理しており、体制的にも技術的にも十分な運営・維持管理能力を有すると判断できる。ただし、減圧施設および100m以上の深井戸ポンプの設置については類似する既存施設が少ないため、これらの機材に関しては DAWSSA において適正な据付指導ができるように日本側で検討する。また、これらの施設の運転開始前には維持管理教育を行って、将来に適正な施設の運転・維持管理ができるように計画する。

(7) 施設、機材等のグレードの設定に対する方針

本施設は、導水管路延長が長くかつ高低差も大きい条件に加え、取水・集水施設から減圧施設を経て導水管路により既設減圧槽にいたる連続した施設であり、全体の施設は一体のシステムとして稼働させることが必要である。これらの施設の仕様選定に当たっては、DAWSSA の体制・技術力を考慮し、維持管理が容易でありかつ DAWSSA が既存施設で使用している資機材と類似の仕様を選定する。また、受水槽や減圧施設等の土木施設および電気設備の設計・施工はシリア国側で行うこととなるため、各施設の規模、配置計画、必要スペース等に関しては、DAWSSA と十分に協議を行い、有効な施工・効率的な維持管理が出来るように計画する。

(8) 調達方法/工期に対する方針

本計画資機材はシリア国内で調達できないため、すべて輸入品となる。これらの調達先は日本のほかヨーロッパからの第三国に対し、輸送費を含めた経済性、規格・品質、納入実績、納期、アフターサービス体制、スペアパーツ入手の難易等を検討して決定する。一方、詳細設計/入札および製造/調達に要する期間に関しては、交換公文(E/N)後1年以内に完了するよう計画する。

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 水源計画

第2章(2-2-2. 自然条件、(4)流域水収支、参照)で述べたように、本計画水源開発対象地区であるヤブース地区、将来計画に含まれるマーダルIIの一部、それに DAWSSA が将来計画に含めているマーダルI地区および更にその上流のセルガヤ地区は、首都ダマスカスを含む「バラダ・アワジ流域」に含まれ、マーダルII地区の大部分はレバノン領ベカー高原南部を流下する「リタニ河流域」に属する。

地下水資源量とは、有る一定の地区(一般には地下水盆)の地下に胚胎される地下水の総量を言

い、歴史的に蓄積された地下水であり、通常これは膨大な量になる。一方、降雨が地下に浸透し地下水を増加させる部分を地下水涵養量と言う。これは自然の水循環の中で毎年繰り返される現象であり「再生可能な水資源量」と呼ばれ、持続可能な水資源開発の主たる対象となる。地下水開発可能量とは、この水量を指すことが多いが、厳密にはこの量から現在既に取水し利用されている水量を差し引いたものを言う。

地下水涵養量(Q)は、下式で計算され、この計算結果を表 3-4 に示す。

$$Q = A \times R \times P$$

ここに、降雨量(R)：涵養域全体の平均雨量(mm/a)で、1997 年 JICA 開発調査「ダマスカス市給水システム改善拡充計画調査」による。

地下水涵養率(P)：1998～2000 年に実施された JICA「北西部・中部水資源開発計画調査(フェーズ II)」での水収支バランス計算から、バラダ・アワジ流域の平均地下水涵養率 0.246 とする。

涵養域(A)：対象地区から上流に広がる同一地質の広がり、地形を加味して推定する。

表 3-4 地下水涵養量の推定

| 地区 | (a) 涵養域 (km ²) | (b) 年間雨量 (mm/a) | (c)=(a)*(b) 総雨量 (MCM/a) | (d) 涵養率 | (e)=(c)*(d) 涵養量/年 (MCM/a) | (f)=(e)/365 涵養量/日 (m ³ /d) |
|--------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------|---------------------------------|---|
| セルガヤ | 46 | 700 | 32.2 | 0.246 | 7.921 | 21,702 |
| マーダル I | 32 | 900 | 28.8 | 0.246 | 7.085 | 19,410 |
| マーダル II | 46 | 1100 | 50.6 | 0.246 | 12.448 | 34,103 |
| ヤブース | 67 | 1000 | 67.0 | 0.246 | 16.482 | 45,156 |
| デイル・アル・アシャエル | 51 | 800 | 40.8 | 0.246 | 10.037 | 27,498 |

注)：ここでいう涵養量とは、既存湧水量や既存井戸揚水量を含んだ量である。

なお、この涵養率(0.246)はバラダ・アワジ流域全体の平均涵養率であり、本地区のように降雨量が流域全体平均より 4 倍近く大きい場合は、涵養量は大きくなるものの涵養率としては減る可能性も有る。しかしヤブース地区での涵養率データがないので、当面この値を用いる。また、本地区のようなカルスト石灰岩を基盤とする地域では、地下水の涵養域と地表水の流域とは一致しないことが多く、涵養域を推定することは非常に難しい。本調査では、各計画水源地を含む水理地質単位：ヤブース、セルガヤおよびデイル・アル・アシャエル地区ではジュラ系石灰岩(一部ドロマイト)、マーダル II や同 I 地区では白亜系石灰岩類、を地域全体の地下水の流向(北西 南東)から上流側へ延長し、大きな地形区分(山塊の切れ目)で括って涵養域とした(詳細は「資料-8、水理地質ノート」に示す)。いずれにせよ、こうした仮定値の妥当性を検討するためにも、後述する地下水モニタリングは非常に重要である。

ヤブース地区の涵養量は、その一部がクフェア・ヤブースの湧水として地表に戻り、またクフェア・ヤブース及びジュディタ・ヤブース地区の灌漑用水として利用され、さらにはヤブースの給水用井戸が年間通して稼動中である。これらによる揚水量及び湧水量を合計すると約 4.0 MCM/year となり(湧水量 1.6、灌漑揚水量 2.1、給水用 0.3 MCM/year)、これは既に上記涵養量の 25%に達する。こうした状況から、新規水資源開発量は涵養量の 40%を超えるべきではない。

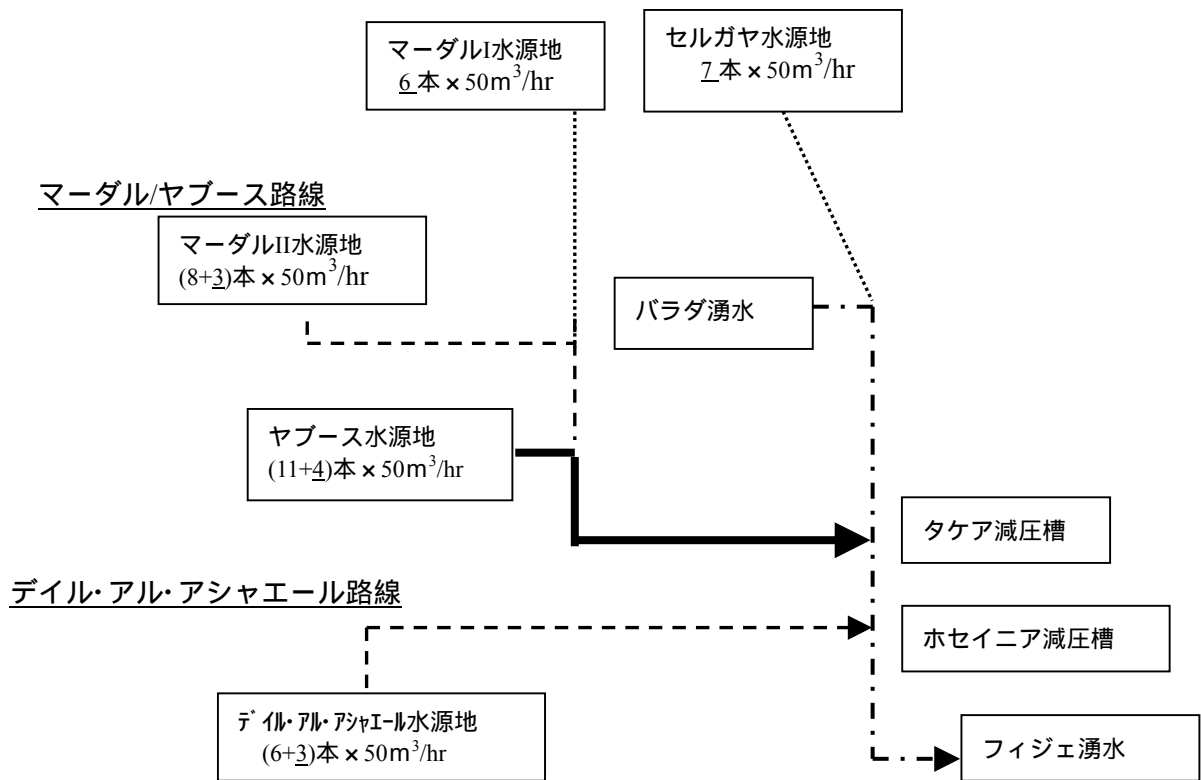
この涵養量はあくまでも平均であり、年間格差がかなりあること及び今後の民間需要に若干の余裕を与えるためである。よって、ヤブース地区の許容揚水量は、涵養量の面から 753 m³/hr (=45,156 m³/d×0.4/24hr)とすべきであろう。これは標準井戸容量(50 m³/hr)に換算し 15 井まで増加させることが出来るということである。

このヤブース地区の検討に基づけば、バラダ・アワジ流域の各水源地の許容揚水量(水源開発量)は表 3-4 の地下水涵養量に対し、その 40%程度までとすることが妥当と推定される。また、マーダルⅡ地区はレバノン側の「リタニ流域」に属し、その直近には民間井戸はない。しかし、その直下流にアンジャールおよびシャムシーン湧水が存在することから、ここでの揚水量も涵養量の 1/3 から最大でも 40%程度に抑えるべきである。従って、表 3-5 により将来の水源地を開発を考慮した井戸本数を推定する。なお、DAWSSA より要望があったセルガヤ水源地は、既存バラダ湧水の涵養域と一部重なるため、あまり開発は推奨できない。しかし、たとえ若干開発が可能だとしてもわざわざ山を越えてヤブース～タケヤ導水路に接続する必然性はなく、直接バラダ地区で幹線水路に接続すれば良いため、本計画導水管には流入しないものとする。

この計画に基づく、各路線の井戸本数は図 3-2 となる。

表 3-5 将来の水源地を開発を考慮した井戸本数の推定

| 地区 | (A) 涵養量/日 (m ³ /d) | (B)=(A)*0.4 同左 (m ³ /d) | (C)=(B)/24 同左 (m ³ /hr) | (D)=(C)/50 井戸本数 (本) | 備 考 |
|--------------|-------------------------------------|--|--|---------------------------|-------|
| セルガヤ | 21,702 | 8,681 | 362 | 7 | 接続せず。 |
| マーダルⅠ | 19,410 | 7,764 | 324 | 6 | |
| マーダルⅡ | 34,103 | 13,641 | 568 | 11 | |
| ヤブース | 45,156 | 18,062 | 753 | 15 | |
| デイル・アル・アシャール | 27,498 | 10,999 | 458 | 9 | |



凡 例

- 本計画で実施
- - - - - 次期計画で実施
- · - · - 既存パイプライン
- · · · · 将来計画に含まれる

図 3-2 計画模式図

3-2-2-2 管路計画

(1) 基本諸元

本計画施設は、水源地の井戸ポンプから取水した地下水を集水管により一旦受水槽へ集め、その後自然流下方式の導水管により既設の減圧槽へ導水する管路施設である。なお、マーダル水源地からの導水管路については、水源地の標高が 1,060m ~ 1,300m に対し導水管路最高位部の標高が 1,361m であるため、一部ポンプ圧送となる。

管路計画は、Hazen-Williams の公式を使用する。この式において、自然流下方式の場合は標高差を有効に活用するような管径を選定するが、ポンプ圧送方式の場合は一般的な経済流速 ($V=1.0\text{m/s} \sim 1.5\text{m/s}$) および水理計算により、将来の追加井戸に対しても必要な動水位(最低動水圧 0.03 MPa)が確保できるような管径を選定する。

$$H = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

ここに H：摩擦損失水頭 (m)
 C：流量係数 (C = 110)
 D：管内径 (m)
 Q：流量 (m³/s)
 L：延長 (m)

(2) 集水管計画

集水管は井戸ポンプと受水槽をつなぐポンプ圧送管路である。集水管路線は、計画井戸を最短距離で効率的に受水槽に集水できるような路線を計画する。1 本当たりの計画井戸揚水量はすべて 0.83m³/min(=50m³/hr)である。ヤブース水源地の集水管水理計算書は「資料-7 その他資料、(4)」に示すとおりであり、管径、延長は下表に示す結果となった。

表 3-6 集水管路延長集計表

| 管 径 | 延 長 | 備 考 |
|--------|---------|--------|
| 150 mm | 624.0 m | シリア側調達 |
| 200 mm | 407.0 m | 同上 |
| 250 mm | 290.0 m | 日本側調達 |
| 300 mm | 526.0 m | 同上 |
| 350 mm | 300.0 m | 同上 |
| 400 mm | 7.0 m | 同上 |

(3) 導水管計画

マーダル/ヤブース本路線はマーダル およびヤブース地区を水源とし、既設タケア減圧槽に導水する全延長 26,680m の導水管路である。マーダル 水源地には将来計画を含め 11 本の井戸 (マーダル 水源周辺で 8 本、路線最高位部で 3 本)、ヤブース水源地では将来計画を含め高速道路東側に 6 本、西側に 9 本の合計 15 本の計画である。さらに将来、マーダル I 地区より 6 本の井戸が流入する計画である。路線の縦断形状は図 3-3 に示すとおりである。

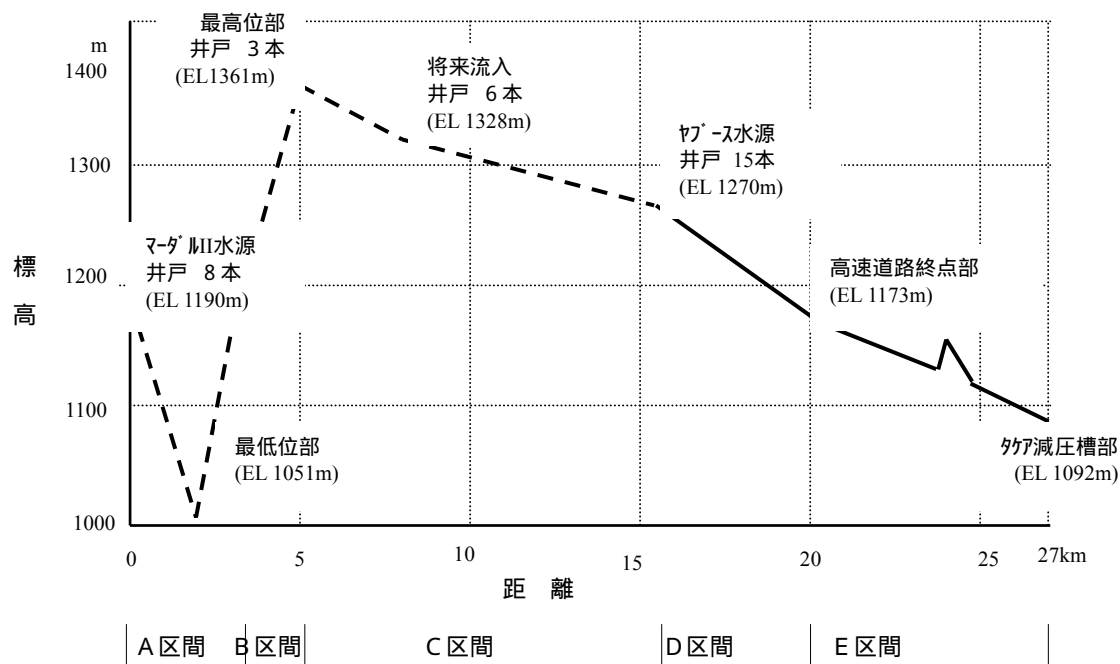


図 3-3 マーダル/ヤブース路線縦断面図

このような縦断形状のため、A 区間はサイフォン形式を用いた自然流下方式、B 区間は加圧ポンプによる圧送方式、C 区間以降は自然流下方式とする。ただし、C 区間から既設タケア減圧槽までの標高差が 269m あるため、導水管の耐圧性、高圧による管路の抜け出し、漏水を考慮して減圧施設を設置し、導水管路の安全を図る。

減圧施設の設置位置を検討するにあたり、本路線の地形上の制約条件として、ヤブース水源地から約 4.9km 区間(上図 D 区間)は両側が急な斜面となっている幹線第 2 号高速道路内であり、この区間内に減圧施設のような構造物の建設および将来の維持管理ができるような用地は確保できない。したがって、この区間内に減圧施設を設置しないような計画をする。すなわち、この区間の上下流部に減圧施設を計画すると、C 区間～E 区間の減圧施設の最大標高差はほぼ 100m 程度となり、通常の配管材料で導水管路の安全が確保出来ることとなる。最終的な減圧施設の位置は、ヤブース水源地(測点 15km)付近、高速道路終点(測点 20km)付近および既存減圧槽付近に計画する。

これらの計画に基づき水理計算を行い、必要な管径を決定する。なお、導水管水理計算書は「資料-7 その他資料、(5)」に示すとおりであり、各区間の水量および管径、延長は表 3-10 に示す結果となった。なお、今回の調達はヤブース水源地～タケア減圧槽の区間(上図における D 区間～E 区間)のみである。

表 3-7 導水管路水理計算結果

| 区 間 | 水量 (ℓ/s) | 管径 (mm) | 延長 (m) | 備 考 |
|-----------------|----------|---------|--------|--------|
| マダルII水源地～加圧ポンプ場 | 0.111 | 350 | 2,750 | 第2期計画分 |
| 加圧ポンプ場～最高位部 | 0.111 | 350 | 2,230 | 第2期計画分 |
| 最高位部～将来計画流入部 | 0.153 | 350 | 2,750 | 第2期計画分 |
| 将来計画流入部～ヤブ-ス水源地 | 0.236 | 500 | 7,450 | 第2期計画分 |
| ヤブ-ス水源地～減圧施設2 | 0.444 | 600 | 4,930 | 本計画分 |
| 減圧施設2～タケア減圧槽 | 0.444 | 600 | 6,570 | 本計画分 |

3-2-2-3 機材計画

本計画で調達する主要な資機材は、集水管および導水管等の配管材料、井戸ポンプ、減圧施設である。以下にこれらの資機材の計画を行う。

(1) 井戸ポンプ

本計画の井戸ポンプは、揚水試験結果および群井揚水シミュレーション解析結果より、流量 $Q=0.83\text{m}^3/\text{min}$ 、揚程 $H=150\text{m}\sim 216\text{m}$ となる(表 3-8 参照)。このような仕様で井戸ポンプとして最も一般的なタイプは水中ポンプであり、DAWSSA での実績も多い。したがって、井戸ポンプとして水中ポンプを採用する。

水中ポンプの揚程、電動機出力の計算は「資料-7 その他資料、(6)」に示すとおりであり、ポンプの仕様、台数は表 3-9 のとおりとなる。

表 3-8 水中ポンプ揚程、電動機出力の計算

| 井戸番号 | 孔口標高 (m) | 静水位 (m) | 水位降下量 (m) | 集水管損失 (m) | 実揚程 (m) | 揚水管延長 (m) | 揚水管損失 (m) | 全揚程 (m) | 定格揚程 (m) | モーター出力 (kw) |
|------|----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|----------|-------------|
| Y-1 | 1280.62 | 97.0 | 20 | 31.1 | 148.1 | 120 | 5.8 | 154 | 160 | 37 |
| Y-2 | 1285.32 | 101.5 | 16 | 26.6 | 144.1 | 120 | 5.8 | 150 | 160 | 37 |
| Y-3 | 1277.69 | 93.2 | 33 | 33.5 | 159.7 | 132 | 6.4 | 167 | 170 | 45 |
| Y-4 | 1308.59 | 111.6 | 34 | 3.4 | 149.0 | 150 | 7.2 | 157 | 160 | 37 |
| Y-5 | 1282.13 | 99.3 | 23 | 27.3 | 149.6 | 126 | 6.1 | 156 | 160 | 37 |
| Y-6 | 1268.49 | 87.0 | 16 | 39.8 | 142.8 | 108 | 5.2 | 149 | 160 | 37 |
| Y-7 | 1272.07 | 90.7 | 35 | 34.1 | 159.8 | 132 | 6.4 | 167 | 170 | 45 |
| Y-8 | 1281.20 | 100.0 | 19 | 26.4 | 145.4 | 126 | 6.1 | 152 | 160 | 37 |
| Y-9 | 1287.19 | 107.0 | 32 | 21.1 | 160.2 | 144 | 6.9 | 168 | 170 | 45 |
| Y-10 | 1299.33 | 117.8 | 78 | 9.8 | 205.6 | 198 | 9.5 | 216 | 220 | 55 |
| Y-11 | 1307.99 | 127.7 | 73 | 1.6 | 202.3 | 204 | 9.8 | 213 | 220 | 55 |

表 3-9 井戸ポンプの仕様

| 形 式 | 水中モーターポンプ | | |
|-----|--------------------------|-----------|-----------|
| 口 径 | 100mm | | |
| 吐出量 | 0.83 m ³ /min | | |
| 揚 程 | 160m | 170m | 220m |
| 電動機 | 380v、37kW | 380v、45kW | 380v、55kW |
| 台 数 | 6 台 | 3 台 | 2 台 |

なお、電気設備の製作・設置についてはシリア国側の工事となるが、本計画に伴うポンプの標準運転方式は次のとおりとする。

- ・動力回路 ... AC380V 50Hz 3
- ・制御回路 ... 手動、自動
- ・通常の運転 ... 手動運転（ポンプの起動停止スイッチを手動で操作する）
- ・保護回路 ... 深井戸の水位低下（LLWL）
受水槽の水位異常高（HHWL）
ポンプ保護用として、深井戸および受水槽の HHWL および LLWL 等をポンプ制御盤へ伝送する。
- ・計装回路 ... 制御用として、水槽の HWL および LWL 等をポンプ制御盤へ伝送する。

(2) 配管材料

本計画の配管口径は、集水管が 250mm～400mm、導水管は 600mm、使用最大圧力は 0.98 MPa である。これらの管径で一般的に上水道で使用される管種は、鋼管(SP)、ダクタイル鋳鉄管(DCIP)である。

SP と DCIP の比較は下表に示すとおりである。主要管種として DAWSSA での使用実績が 80%と多く、かつ施工性の良い DCIP を使用するが、ポンプ周り配管や水管橋等の特殊なところは現場での加工が容易な SP を使用する。

表 3-10 管種の比較

| 管種 | 特 徴 | 採用 |
|------|---|----|
| SP | <ul style="list-style-type: none"> - 強度が大きく、耐久性があり、衝撃に強い。また、加工性がよい。 - 溶接継手により、一体化ができる。 - 溶接継手は、熟練工や特殊な工具を必要とする。 - 腐食や電食に対する配慮が必要。 | |
| DCIP | <ul style="list-style-type: none"> - 強度が大きく、耐久性があり、衝撃に強い。また、施工性がよい。 - 継手の種類が豊富で、伸縮・可とう性がある。 - 重量が比較的重い。 - 継手の種類により、異型管防護を必要とする。 | |

直管は経済的(通常メカニカルタイプに比べ 2%程度安い)で施工性の良い T 型(ブッシュオンタイプ)を採用し、異型管は継ぎ手部が脱け出しにくい K 型(メカニカルタイプ)を使用する。また、迂回路がなくかつ道路幅員が狭いため工事中に通行止めが予想される区間に関しては、交通支障を短縮するために特殊押し輪を使用する。

(3) 減圧施設

本施設で計画される減圧施設は、下表のような条件となる。

表 3-11 減圧施設の条件

| 設置場所 | 管 径 | 1 次側最大圧力 | 2 次側圧力 | 備 考 |
|----------|-------|-----------------|----------|----------|
| ヤブース水源地 | 500mm | 0.71 ~ 0.94 MPa | 0.05 MPa | 第 2 期計画分 |
| 高速道路終点付近 | 600mm | 0.86 ~ 0.98 MPa | 0.05 MPa | 本計画分 |
| タケア減圧槽付近 | 600mm | 0.71 ~ 0.85 MPa | 0.05 MPa | 本計画分 |

減圧施設は、標高差(静水頭)から管路損失水頭を差し引いた残留水圧(動水頭)の持つエネルギーを減圧用の弁により全て消費することであり、次のような問題が考えられる。

- 大きな圧力差によるキャピテーションの発生により、弁が破損する恐れがあるためこの対策が重要である。
- 弁の開閉による水撃現象の発生対策、管路の保護対策。
- 減圧設備の作動の確実性、安全性等について詳細な検討が必要となる。

又、主な減圧方法としては次のようなものが考えられる。

自力式減圧弁による減圧

自力式定水位弁、減圧水槽による減圧

流量調整制御弁による減圧

各種減圧方式の得失及び本計画への対応については表 3-12 のとおりであり、本計画では、導水管路システム全般に対する作動の確実性、安全性と日本国内における設置実績による信頼性から 自力式定水位弁と減圧水槽による減圧方式を採用する。

表 3-12 減圧方式比較検討表

| 減圧方式 | 自力式減圧弁による減圧 | 自力式定水位弁及び減圧水槽による減圧 | 流量調整制御弁による減圧 |
|------|--|---|--|
| 原理 | 管路の途中で水圧により作動する自力式減圧弁を設けるもので、2 次側の流量変化に対して設定した圧力が一定となるように自動調整する方式。 | 減圧用の水槽を設け、流入側の自力式定水位弁(減圧弁)により水槽水位が一定となるよう制御するものである。水位の制御はフロート弁や差圧検出配管によるもの等がある。 | 減圧用の水槽を設け、流入側に流量調整弁を設置し、弁開度の調整で流量を制御し減圧する。弁の開度調整は電動式又は手動式による。弁はキャピテーション対策としてリフイス弁、スリブ弁などを使用する。 |
| 得失 | ・減圧水槽が不要。 ・設備がコンパクトにできるため、用地は狭くてよい。 ・減圧弁が故障し、減圧できなくなった場合、下流側の管路に高水圧が直接かかる。 | ・各区分毎に一旦水面開放するため弁の故障の場合でも下流側に高水圧がかかることがない。 ・減圧水槽と定水位弁のための用地が必要となる。 ・故障の時水があふれる。 | ・設備の規模が大きくなる。 ・弁の開度調整のための動力として電気が必要となる。 ・手動式の場合は流量の変化に対応できない。 ・故障の時水があふれる。 |
| 評価 | 減圧弁が故障した場合の高水圧により管路の破損事故が発生する恐れがある。 | 施設用地が必要となるが、確実に減圧でき、信頼性、安全性が最も高い。 | 現地は公共電力の供給が不可能な箇所が多く、設備も大規模となるため、現実的でない。 |
| 判定 | | | × |

3-2-2-4 調達機材のまとめ

調達資機材の名称および数量をまとめると、下表に示すとおりである。

表 3-13 調達資機材のまとめ

| 調達機材名 | 数 量 | 目 的 |
|----------|--------------------------------|-----------------------|
| ダクタイル鋳鉄管 | 集水管 (250mm～400mm、1.1km) | 井戸 11 個所を集水するための管路。 |
| | 導水管 (600mm、11.5km) | ヤブース水源地から既存減圧槽の導水管路 |
| 水中ポンプ | Q=0.83m ³ /min、11 台 | ヤブース水源地に設置する井戸ポンプ |
| 自力式定水位弁 | 600mm、2 台 付属機器：ストレーナ、仕切弁 | 水圧が高い導水管路の安全を図るための施設。 |

3-2-3 基本設計図

上記資機材の設置に必要となる設計図は、次ページ以降に示す。又、資機材を設置するにあたり設定した土木施設の規模は、以下の容量としている。

(1) 受水槽

受水槽の役割は、井戸ポンプより集められた水量を一時貯留・調整し、導水管にスムーズに流す役割をもつものである。受水槽容量はポンプ容量の 1 時間分とする。

表 3-14 受水槽の容量

| 受水槽 | 設 置 場 所 | 井戸本数 | 容 量 | 備 考 |
|-------|-------------|------|--------------------|----------|
| 受水槽 1 | マーダル II 水源地 | 8 本 | 400 m ³ | 第 2 期計画分 |
| 受水槽 2 | 路線最高位部 | 3 本 | 150 m ³ | 第 2 期計画分 |
| 受水槽 3 | ヤブース水源地 | 15 本 | 750 m ³ | 本計画分 |

(2) 減圧水槽

減圧水槽は自力式定水位弁を確実に作動させるために必要な容量を確保しなければならない。その水槽容量は流入容量の 5～10 分間分、有効水深は 3m としている。

表 3-15 減圧水槽の容量

| 受水槽 | 設 置 場 所 | 流 量 | 容 量 | 水面積 | 備 考 |
|--------|----------|------------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| 減圧水槽 1 | ヤブース水源地 | 0.236m ³ /s | 75 m ³ | 25 m ² | 受水槽 3 を利用 |
| 減圧水槽 2 | 高速道路終点付近 | 0.444m ³ /s | 210 m ³ | 70 m ² | 本計画分 |
| 減圧水槽 3 | タケア減圧槽付近 | 0.444m ³ /s | 210 m ³ | 110 m ² | タケア減圧槽を利用 |

注：流量は将来計画の水量とする。

最終減圧水槽の水面積は、通常の 1.5 倍が必要である。