

調査結果が出された。

この地下水調査の結果に基づき、NWSA（1973設立）は78/79年にかけて西部井戸群系統を完成させ（世銀、アブダビ基金、イエメン国政府の融資）、82年に東部井戸群系統を完成させた（アラブ基金、イエメン国政府の融資）（図-3）。両井戸群で当初22本の井戸掘削を実施し、深度は概ね150～300m程度で、いずれもタウィラ砂岩層から揚水している。その後、両系統で新たな井戸掘削、リハビリテーションがなされ、1991年現在で両系統で合計25本の井戸が稼働しており、約450ℓ/sec（日量3,900m³）の揚水を行っている。

NWSAの配水システムでは1991年現在50,000カ所の個別給水を実施しており、これにより現状で約70万人と推測されるサナア市民の約45%が恩恵を受けている。しかし1991年現在で少なくとも約40万人の市民にはNWSAの水道が届いておらず、彼らは盆地内に独自の井戸を持つ民間の売水業者からタンクローリーによって給水を受けているか、民間開発業者の掘削した井戸から地域的な水道によって配水を受けている。

NWSAのタウィラ砂岩層からの地下水開発が進展するにつれ、灌漑のためや売水業者による民間井の掘削も盆地北部を中心として無秩序に行われ、1972年当時動力ポンプ付き井戸が盆地全体で約170本であったが、1984年にはその数が3,000本になり、そのうちの約1,000本の井戸はタウィラ砂岩層から揚水している。そして1990年には民間井の数は約5,000本以上となり、このような無秩序な地下水の取水によって、地下水面が盆地北部を中心として急激に低下している。

1984年に行った調査によれば、70年代以降のサナア盆地での地下水面低下は、72～78年と78年以降との2ステージに分けて考えられる。最初のステージでは観測井の年平均水位低下は0.86～1.75mと小さく、この主たる原因は自然現象すなわち年間降雨量の経年的減少による（図-4-11）自然涵養量の減少によるものと考えられる。そして1978年以降に民間掘削ラッシュが始まり、年平均の水位低下量は3.0～4.5mと増加した（最大6.17m）。これは明らかに過剰揚水が原因であり、その後、地下水取水量はますます増加しつつあり、1991年までの年平均水位低下は4～6m程度と推定されている（NWSA資料）。

(2) 地下水開発の問題点

サナア盆地では1970年代の前半までは、飲料水も灌漑水もほとんどが、第四紀堆積層中の手掘りの井戸に専ら頼っていた。しかし1978年に始まる盆地内での民間井戸掘削ラッシュによって、1991年現在では約5,000本以上の動力井戸が稼働し、地下水を取水しているものと推定されている。しかも井戸掘削に関して前述したように1987年に水管理令が発令されたものの、ほとんど有名無実と化しているため、現在も新たな井戸掘削が無秩序に各地で進められており、この数は今後ますます増加するものと予想されている。これらの動力井戸の多くは灌漑用であり、一部は売水業者が所有する飲料用あるいは工業用である。そして、これら

の井戸の多くが盆地北部に集中し、タウィラ帯水層から揚水している。

このような無規制・無秩序な地下水の乱開発によって、盆地内全体の地下水揚水量は明らかに涵養量を上回っており、1978年以降広域的な地下水の低下が続いている。盆地北部平野部での地下水面の低下は、1978～84年の年平均低下量が3.0～4.5 mであったものが、1991年までの年平均低下量は4～6 mと加速度的に増加している。更に民間の地下水開発における無秩序さは、井戸の空間的配置にも及んでおり、NWSAが所有する盆地北部の両井戸群の30本の井戸は多くの民間井に取り囲まれており、そのうちの幾つかの井戸はNWSA井戸から100～300 mしか離れていない。こうした地下水面の急激な低下あるいは、近接井戸との干渉による井戸障害が多発しており、サナア盆地内の帯水層から持続的に取水を行うためには、地下水開発に関する法規定を遵守させるための何らかの方策が早急に必要になっている。

既存井戸の揚水量を制限し、新たな井戸掘削の規制を徹底させるためには、その根拠となるべき盆地全体に及ぶ各帯水層の水理定数、地下水の涵養機構、あるいは、その流動機構を総合的・定量的に把握し、サナア盆地での貴重な共有の資源である地下水が、急激に枯渇の方向にあることを明確に提示しなければならない。サナア盆地での地下水調査は、これまで帯水層までの深度が浅い北部平野部を中心に実施されており、帯水層が深いと予想されている盆地南部での基礎的な情報が不足している。今後サナア盆地及びその周辺部での地下水涵養・流動機構を総合的に解析するためには、これらの基礎的情報が不足している地域での調査を進めなくてはならない。

また一方では、限られた水資源を適正かつ有効に利用するための努力もなされなければならない。サナア盆地では特に灌漑用の井戸が飲料用井戸と同じ帯水層に多数掘削され、大量の地下水が消費されていることが問題視されている（UNDPレポート）。盆地内で栽培されている主な作物は、カートとぶどうであるが、灌漑方法をドリップ式に変えるなり、生活排水を利用するなりの指導、あるいは栽培面積の規制によって消費量を抑えるか、経済的な発展に合わせて灌漑用の揚水量を規制し、飲料・工業用との適正な配分を決めることが将来的に必要となる。

NWSAは前述のごとく、現状では70万人サナア市民の約45%に飲料水を供給しているにすぎず、今後漸次配水地域を拡大する計画である。

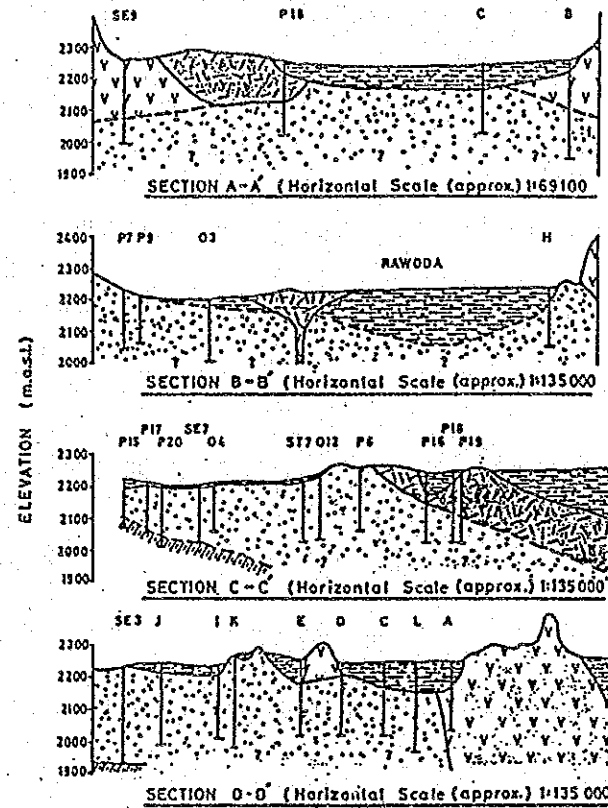
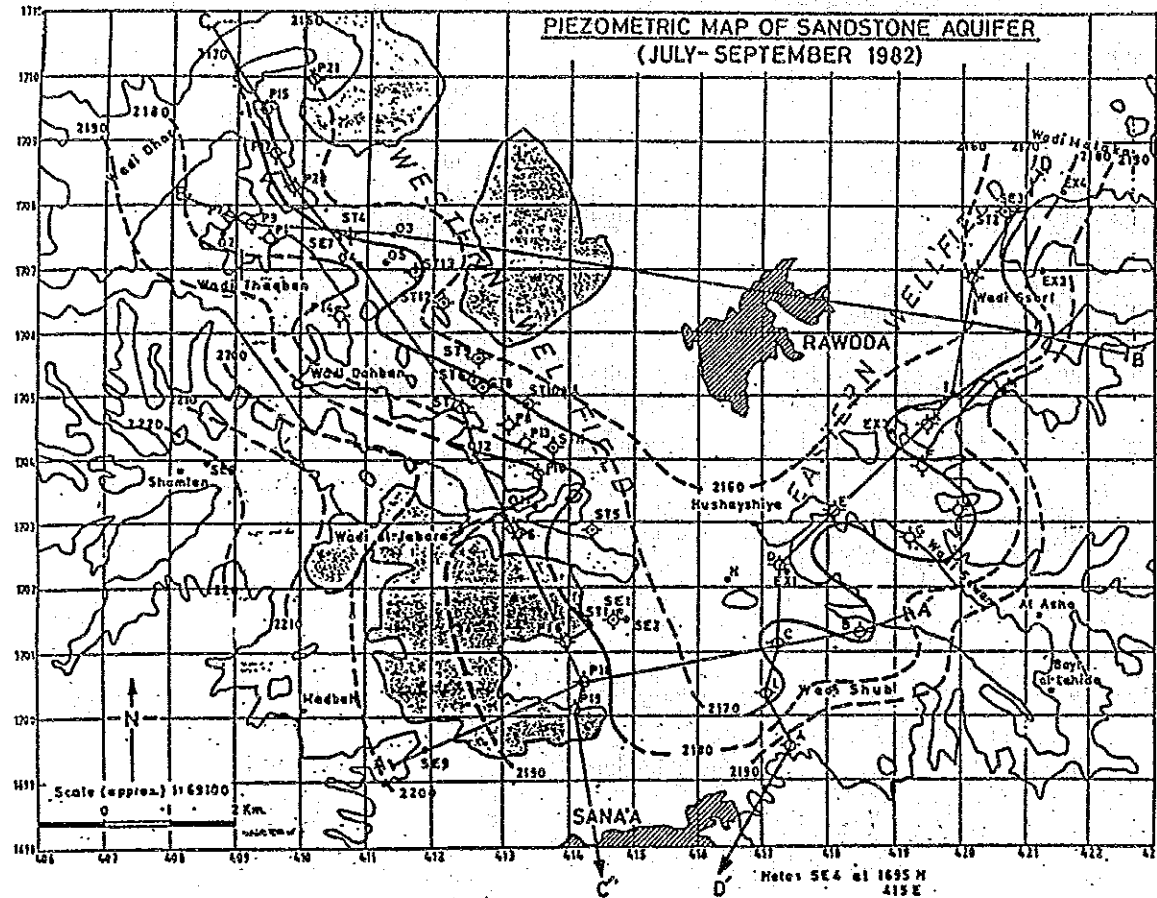
そのためには新たな水源を確保しなければならず、そのための調査をオランダや日本政府に要請した次第である。オランダは盆地南西部での水源調査を実施中であり、日本は南東部での調査を計画している。しかし、いずれにせよ、水源を盆地内の前記四つの帯水層に求める限り、大局的にみれば同じ地下水盆の中での取水を目的としているわけである。したがって、サナア地下水盆の上流部である南部で地下水開発を実施した場合、当然、下流部に当たる盆地北部の既存の井戸群に影響が及ぶことが考えられる。盆地内の異なった地域の同一帯

水層からの取水は、結局、限られた涵養量を持つ入れ物の中で、如何に持続的・効率的な取水を実施し得るかの違いであろう。いずれにせよ、タウィラ砂岩帯水層から現状のような過剰揚水が続く限り、盆地内での地下水資源は急激に枯渇の方向に進んでおり、今後の地下水開発は、盆地外からの取水等の抜本的な開発を実施するまでの暫定的な開発であることを理解しておかなければならない。

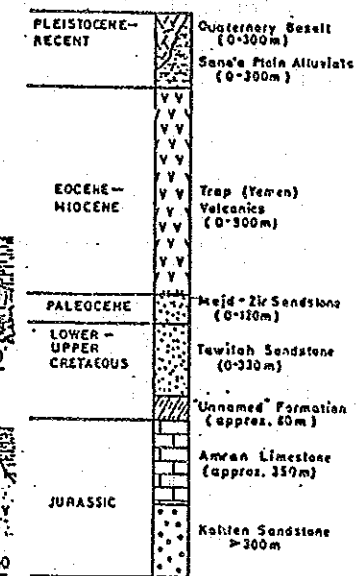
上記に関連してオランダチームは1991年9月から開始されるSAWAS IIIプログラムの中で、これまでサナア盆地で実施された調査を基に、今後NWSAがサナア給水のために順次開発すべき水源として、以下の7案を提示しており、その概略の開発可能水量を示している（図4-13）。

- a) 西部、東部既存井戸群最適揚水計画
 - b) サナア盆地南部地域でのタウィラ砂岩帯水層からの揚水計画
 - c) サナア盆地西方シバム付近でのタウィラ砂岩層からの取水
 - d) サナア盆地内でのコーラン、ワジッド砂岩層中の深層地下水（1,500～2,000 m）の取水
 - e) ワディ・スルドッド上流部での表流水の取水（サナア盆地北方）
 - f) ワディ・カリドからの表流水の取水（サナア北東方）
 - g) マリブ貯水池からの取水（サナア南東方）
- a)、b)、d) 以外は、サナア盆地外での取水であり、その距離もe) からg)に順次増加しており、その開発コストも順次増加するものと予想される。

(出典: GEOLOGY AND HYDROGEOLOGY REPORT FOR SANA'A BASIN WATER RESOURCES SCHEME)
 MINISTRY OF AGRICULTURE AND FISHERIES, YAR/V/O SELKHOZPROMEXPORT U.S.S.R 1986



GENERALISED STRATIGRAPHIC SECTION

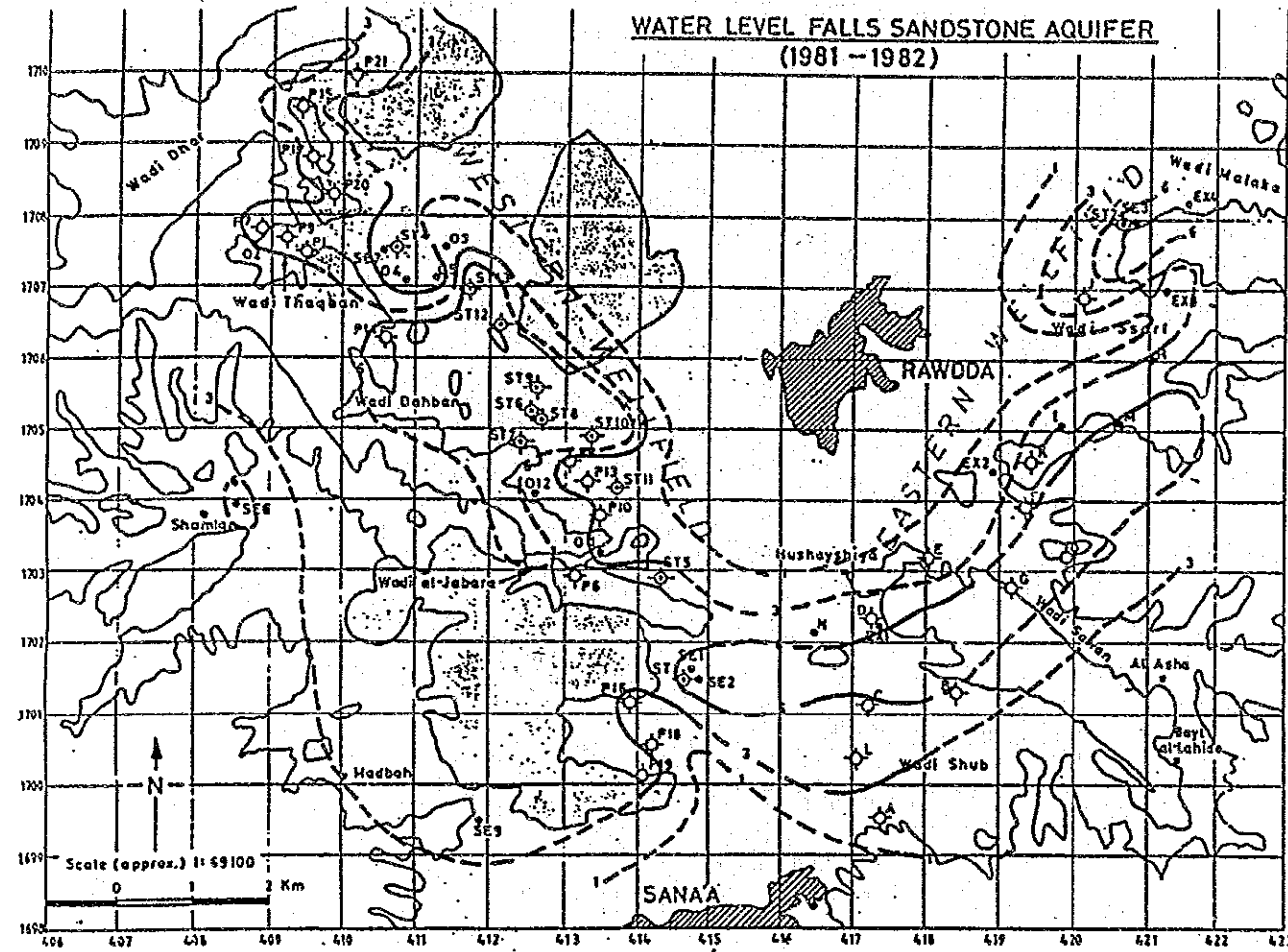


LEGEND

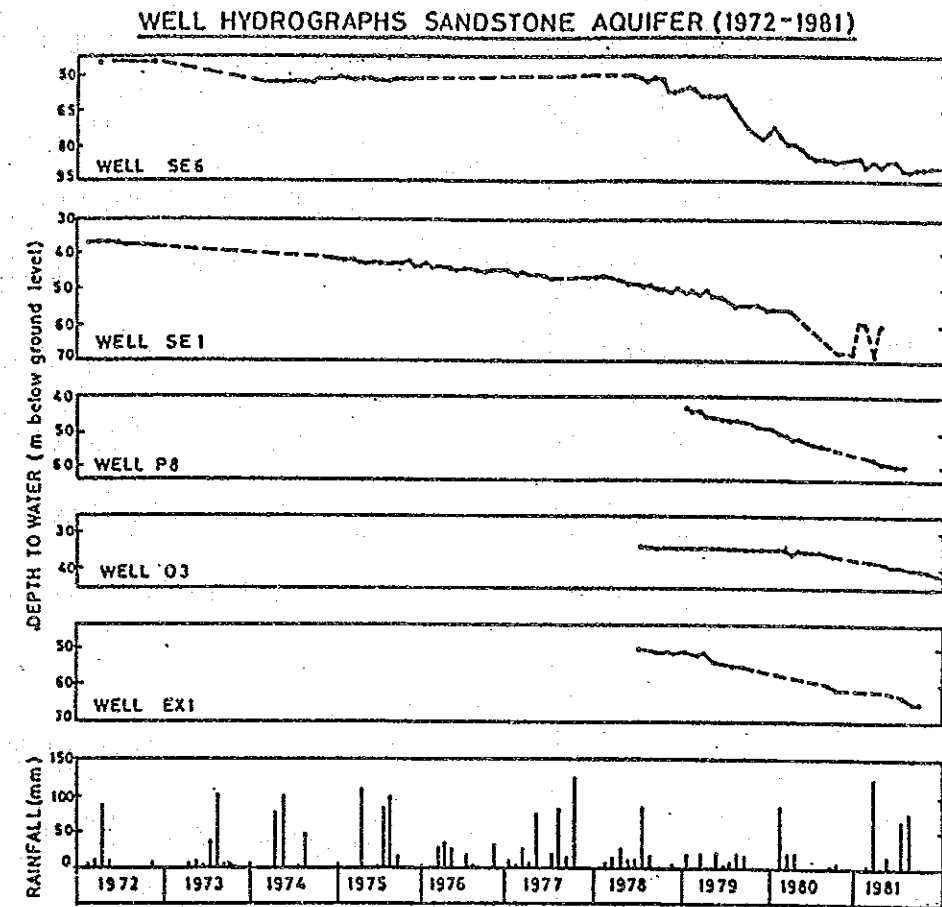
- ◆ Production Wells (1978-1982)
- ◆ Production Wells (1972-1977)
- Observation Wells
- Groundwater Contours (m.a.s.l.) (certain)
- - - Groundwater Contours (m.a.s.l.) (uncertain)
- Water-level Falls (m) (certain)
- - - Water-level Falls (m) (uncertain)

NOTE: Geological Base Map after Itatensult 1972

タウィラ砂岩帯水層の水位及び流動図



タウィラ砂岩帯水層の経年水位変動図



(出典: GEOLOGY AND HYDROGEOLOGY REPORT FOR SANA'A BASIN WATER RESOURCES SCHEME)
 MINISTRY OF AGRICULTURE AND FISHERIES, YAR/V/O SELKHOZPROMEXPORT U.S.S.R 1986

図-4-12

SANAA (COMPOSITE)
10 YEAR MOVING AVERAGE RAINFALL FOR THE PERIOD 1938-1983

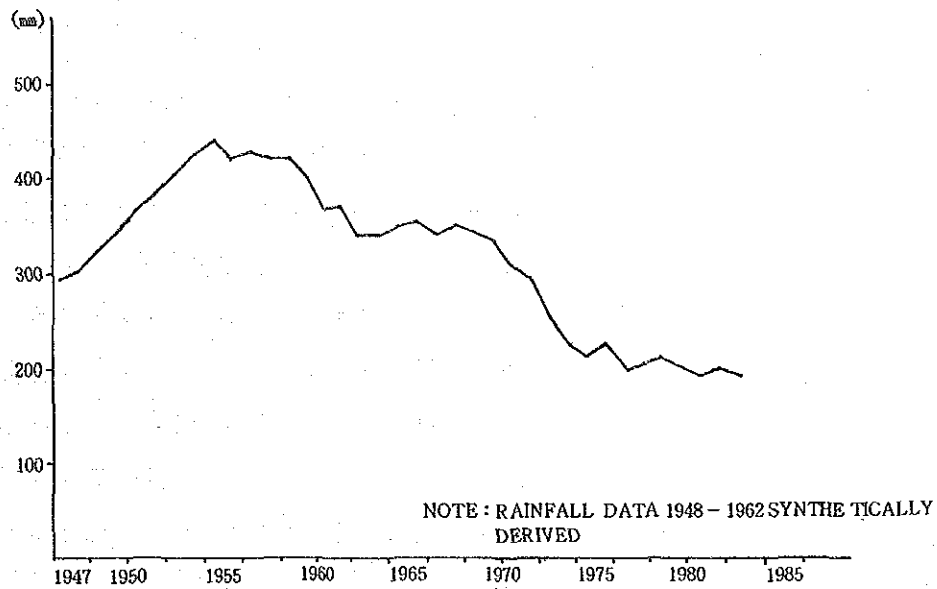


図-4-13

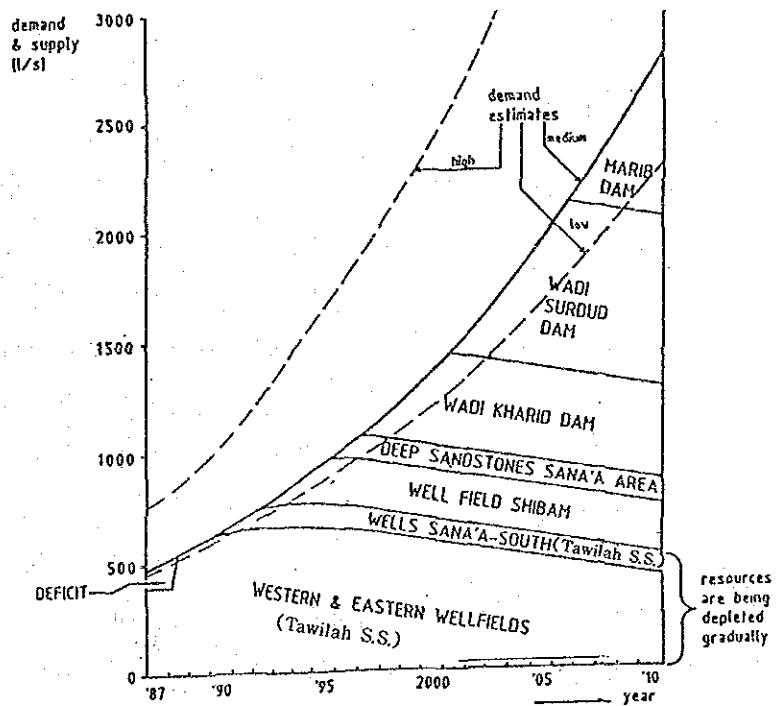


Fig. 1. Prognosis of Sana'a water demands and an example of how to satisfy these demands by a combination of technical alternatives

(SAWASプロジェクト報告書より抜粋)

第5章 本格調査の概要

5-1 調査の基本方針

- (1) 膨大な数の民間井(サナア盆地において約5,000本)を別にして、サナア盆地北部平原部では、NWSAが所有する25本の井戸が稼働しており、そのすべての井戸がタウィラ砂岩層から揚水している。この25本の井戸によってNWSAは現在、日量約4万 m^3 の地下水を生産しているが、今後、既存の二つの井戸群での井戸の新規掘削、リハビリテーションによって、地下水生産量を6万 m^3 に増産する計画が、イタリアの協力によって実施に移される予定である。したがって、サナア盆地東南部で実施する地下水のポテンシャル把握のための調査は、同一帯水層からの取水であることを考慮し、下流部である北部井戸群への影響を最小限としたうえで、開発可能量の算定を行わなければならない。さらに、算定した開発可能量から、調査地域住民の生活用水のための給水分を考慮に入れて置かなければならない。
- (2) 西側隣接地域において、オランダがSAWASⅢプロジェクトで日本国と同様な調査を、日本より先行して実施することが決定しており、またUNDP/UNDTCDが、既存資料を基にサナア盆地全体の水収支シミュレーションを実施する計画である。個々のプロジェクト間で収集したデータ、情報や調査結果に互換性を持たせるため、それぞれの調査チームと密接な連絡、調整を図り、情報の種別・基準・精度や調査の手法・仮定条件等の標準化を行う必要がある。
- (3) 2015年を最終目標年次としたサナア市における水需要予測にあたっては、人口当たり1日の平均水必要量(現状67 l /人・日、NWSA将来計画120 l /人・日)を、将来の経済的發展等を勘案のうえ決定するものとする。
- (4) 最優先プロジェクトの選定にあたっては、その時点での各候補案件の既存調査結果を基に行うことを原則とする。
- (5) 最優先プロジェクトのF/Sでは、上水道施設の設計は水源地での取水施設から、配水地での配水タンクまでとし、その先の配水施設の設計は含まれないものとする。

5-2 目的

本格調査の目的は以下のとおりとする。

- (1) サナア盆地南部地域において、タウィラ砂岩層及びその上位に位置するトラップ基底玄武岩層を主とした帯水層の地下水ポテンシャルを把握する。
- (2) 1972/73年にWHOの協力のもとに実施されたサナア市上水道開発マスタープラン(目標年次2000年)をベースとして、新たに2015年までを対象とした生活用水の需要を予測

し、サナア首都圏を対象とした地下水開発基本計画を策定するとともに、その他開発計画を含め水資源開発の優位性を検討し、最優先プロジェクトを選定する。

- (3) 最優先プロジェクトに係るフィージビリティ調査(F/S)を行う。

5-3 対象地域及び範囲

- (1) サナア流域東南部地下水開発可能性調査

本調査の対象地域は西の境界をサナアータイズ道路とし、サナア盆地南東部の集水域分水嶺である稜線を結ぶ範囲で、その面積は約734km²である。なお、調査地の東部(ワディ・マスワル流域)には、今回の調査対象としてのタウィラ砂岩層露頭地があり、ジハナからアル・ハスフに通じる道路沿い約200km²についても概査を行うものとする。

水理地質図の作成については、東経44°15'~44°23'及び北緯15°13'~15°22'で囲まれた約220km²を対象に1/50,000の縮尺で作成し、凡例は国際的な標準に準拠するものとする。

- (2) 水需要予測調査

マクロ的な人口把握と、今までの予測調査の見直しから、サナア市における目標年次2015年の需要予測を行う。また、サナアへの給水計画を策定するうえで、調査対象地域内での地方への水配分も考慮した給水計画となるよう、サナア流域東南部のサナア市街地域外の村落についての需要想定も併せて実施する。

- (3) サナア水道水源開発計画の優先プロジェクトの選定

既往の水資源調査として、UNDP/WHO、ソビエト、オランダの援助で実施したものがあ、これら既往水資源調査の調査結果の検討を行う。

サナア流域東南部でのトラップ層とタウィラ砂岩層における地下水開発の可能性評価を行い、サナア水道水源としての地下水開発基本計画が整った後、既往すべての地下水開発調査を総合的に評価し、優先プロジェクトの選定を行う。

- (4) 優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査の実施

水需要予測に従って優先プロジェクトのフィージビリティ調査を実施する。

この場合、関連する地下水調査の結果はすべて与条件として取り込み、地下水開発計画を策定する。

地下水開発及び給水施設計画は、井戸、ポンプ場、送水管及び貯水施設までの設計とする。

5-4 調査項目及び内容

本件調査については、地下水開発計画調査イメージフロー(図-5-1)に示すような手順を指標とする。第1段階のマスタープランは供給サイドの地下水調査と需要サイドの水需要予

測調査に分かれ、更に地下水調査は基礎調査と詳細調査に分かれる。サナア盆地東南部の地下水開発計画を策定し、その他の地域に対する既往の調査結果を踏まえて、サナア首都圏を給水対象とした地下水開発基本計画を策定し、優先プロジェクトを選定するものとする。第2段階では第1段階で選定される優先プロジェクトのフィージビリティ調査を実施する。

5-4-1 第1段階調査

サナア東西地域地下水調査については調査フローを図-5-2に示す。調査効率の観点から基礎調査と詳細調査に分けて実施する。なお、水需要予測調査は、基礎調査と並行して実施する。

(1) 基礎調査

NWSAの水道計画全体を把握し、その中での地下水事業の現在及び将来の位置付けを明確にするとともに、既往地下水調査のレビューにより調査全体の方向付けを行う。

調査項目は次のとおりである。

- 1) 既存資料の収集・整理
- 2) 第1次マスタープランのレビュー
- 3) 既往地下水調査のレビュー
- 4) 地形地質踏査
- 5) 水文調査
- 6) 水利用実態調査
- 7) 地元削井業者実態調査
- 8) 組織・運営体制のレビュー
- 9) 都市開発計画のレビュー
- 10) データベースシステムの検討

以下、各項目について記述する。

1) 既存資料の収集・整理

事前調査団が収集した資料及び収集状況については附属資料のとおりである。これらに加えて関連資料及び情報として、次に示す資料が存在する。

- ・サナア流域水資源調査(ソビエト政府)の報告書：原本は農業省サナア盆地、ワディ・カリドプロジェクトの図書館に1冊保存されている。
- ・水資源管理委員会図書室 : 目録(附属資料)
- ・国家水資源資料センター図書室 : 目録(")
- ・NWSA図書室 : 目録(事前調査団収集資料参照)

2) 第1次マスタープランのレビュー

UNDP/WHOのプログラムで1973年に作成されたサナア・ホディダ水道計画(報

図-5-1 イエメン国サナア地下水開発計画調査イメージフロー

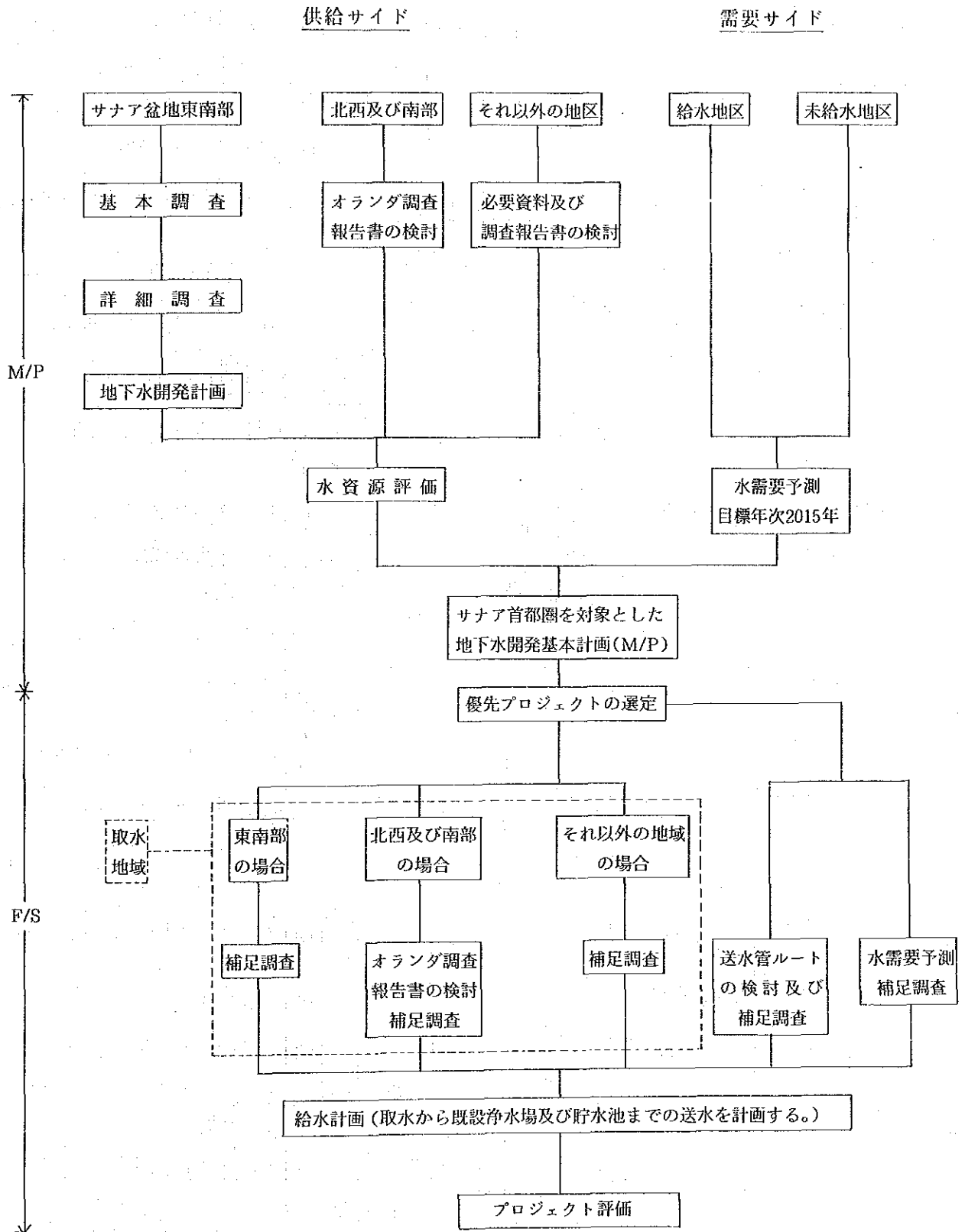
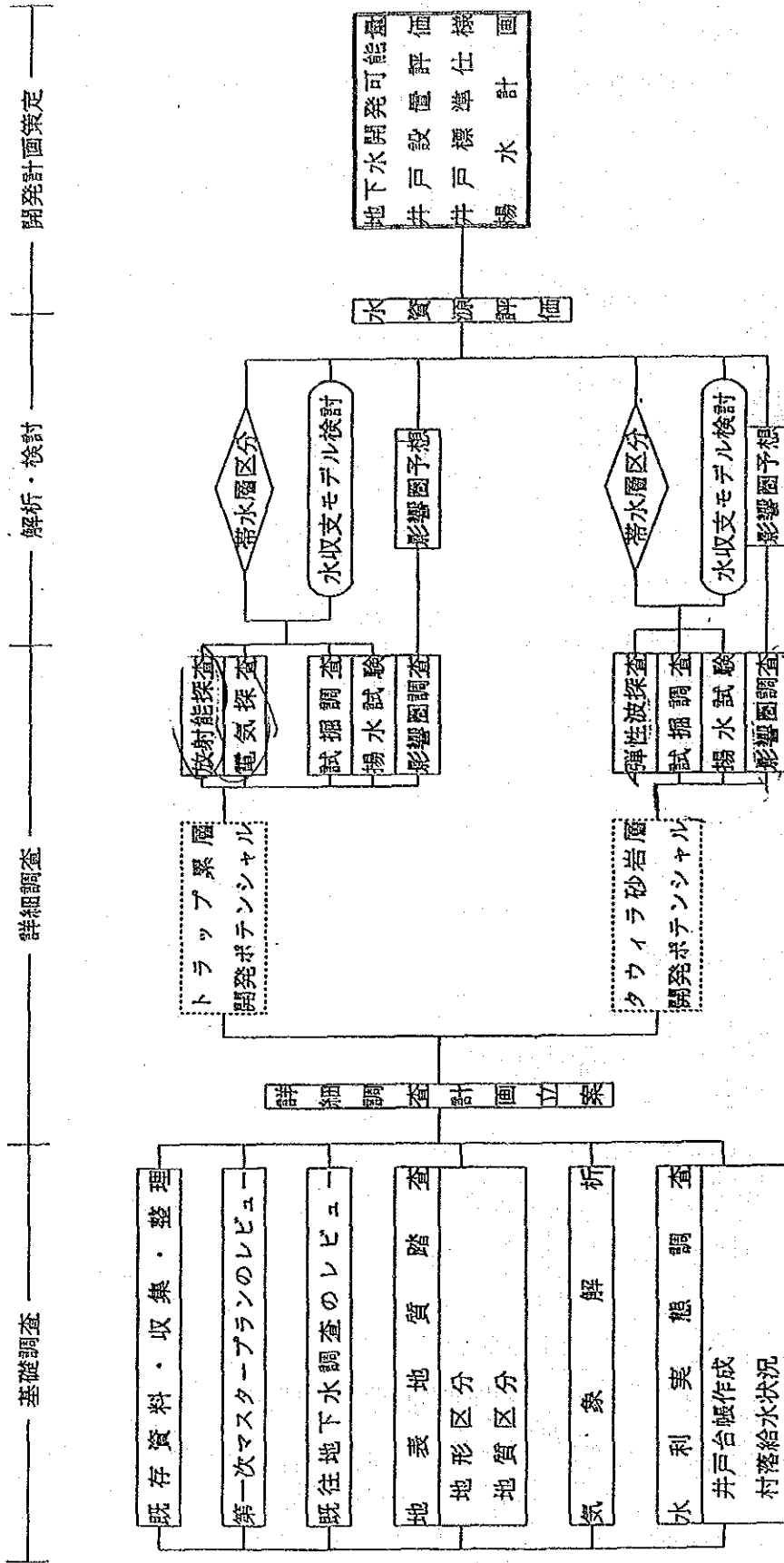


図-5-2



告書 Vol. I～V)のレビューを行う。

3) 既地下水調査のレビュー

サナア盆地で、これまでに実施された、以下の地下水調査を中心に行う。

- ①サナア流域地下水調査(UNDP/WHO 1973年)及び追加調査
- ②サナア流域水資源調査(ソビエト政府 1983/85年)
- ③サナア水道水源調査(オランダ政府 1989/95年)

4) 地形地質踏査

- ①サナア流域の事前調査団が入手した航空写真の解析を行う。これらの判読結果を基に、現地踏査を実施する。特に河川の流域、特性、地形地質特性、水理地質構造(断層構造、褶曲構造を含む)特性については入念な解析を行い、既存の各種地形・地質図の情報と併せ、水理地質図の基礎資料とする。
- ②上記①の結果に既存井戸台帳から抽出した地質柱状図を加え、解析を行い、対象地域の帯水層の区分を行い、水理地質予察図(平面図・断面図)にとりまとめる。
- ③予察図を基に重点踏査地域、物理探査実施地点を選定し、精査実施計画を立案する。

5) 水文解析

水文調査として、既存井の水位観測、水質測定(pH、伝導度等)をNWSAカウンターパートとの共同作業により行う。調査地域には常流河川はないが、雨季での流出システムの解明を行う。

気象資料は、航空局、農業省水資源局、国家水資源資料センター及び水資源管理委員会(一部は事前調査団が入手済み)より、入手可能であり、気象特性の解析を行う。

6) 水利用実態調査

NWSAカウンターパートを指導して、調査地域内の水利用実態調査を実施し、井戸の利用については井戸台帳としてとりまとめる。

作成にあたっては、以下について留意すること。

- ①地下水管理・モニタリングに用いるデータベースとして井戸台帳を位置付けること。
- ②対象地域に農業省管理井が多数あることから、農業省管理井を含め、また、他機関から井戸資料を収集して井戸台帳を確立し、地下水揚水量の全体把握をすること。
- ③井戸台帳作成の対象範囲は、深井戸及び浅井戸を原則とするが、他に溜池及び表流水・伏流水の水利施設の現況についても調査する。

7) 地元削井業者実態調査

地元削井業者の機械力、技術力等を調査し、揚水試験、及び、試掘調査を実施するために最も適した業者を選択するための資料とする。

なお、調査項目には、少なくとも下記項目を含むものとする。

①一般項目

所在地、登録、資本金、創業年、営業内容、代表者、削井業務歴、職員数（管理技術者、オペレータ等）、営業収入

②機械器具の保有状況

ボーリングマシーン、揚水試験機器、検層機、支援車両

③資機材倉庫、修理工場の状況

④現場での作業実態視察

8) 組織・運営体制のレビュー

NWSAの地下水事業に係る組織・運営体制を調査する。

調査にあたっては、以下について留意すること。

①地下水給水施設の建設、運営、維持、管理方法について、NWSAとの協議、調査を通じて、NWSAの各部局の役割、活動、実績について調査すること。

②NWSAの組織、保有機材、人員、技術力、工法、給水施設建設基準等について明らかにすること。

9) 都市開発計画のレビュー

調査対象地域における上位都市開発計画（“MASTER PLAN FOR URBAN DEVELOPMENT OF SANA'A”準備中）に関連する各種計画のレビューを行い、人口、社会・経済環境等を整理し、給水計画のための基礎資料とする。

10) データベースシステムの検討

データベースについては、次の機関が、すべてシステム化しており、本件調査への適要を検討する。

コンピューターシミュレーションとの関連

- a. 水資源管理委員会（UNDP協力）
- b. 国家水資源資料センター（オランダ政府協力）
- c. SAWAS Project（オランダ政府協力）

国内作業

①衛星写真画像の解析

水文状況、マクロな地質構造等の把握を行う

②現地調査結果のとりまとめ

③衛星写真画像解析、航空写真判読、地形地質踏査、井戸台帳、水文調査、水質分析の結果をそれぞれ整理し、水理地質予察図上1/50,000に表現し、更に水理地質の素図を作成する

④現地調査結果のとりまとめを基に、調査対象地域における地下水資源ポテンシャル

の概略評価を行う

(2) 水需要予測調査

水需要予測は、過去の実績を基に統計的処理及び政府の地域計画（都市計画を含む）、経済計画等の総合的な観点より決定されるが、地政的・宗教的に大きな社会変動も予想されることから、幾つかのケースを想定し、それぞれのケースでの予測値を提示するものとする。

人口資料は開発計画省統計局が所有している。

(3) 詳細調査

基礎調査の結果を踏まえて、地下水資源評価のための詳細調査を実施し、東南部における地下水開発基本計画を策定する。

詳細項目は次のとおりとする。

現地調査

- 1) 関連資料の補足収集及び検討・解析
- 2) 地下水利用実態調査
- 3) 地質調査
- 4) 物理探査
- 5) 試掘調査・揚水試験
- 6) 既存井揚水試験
- 7) 水文調査・水質分析（一斉観測及び継続的観測）
- 8) 給水計画・給水施設設計調査
- 9) 社会・経済条件調査
- 10) データベースシステム入力作業

国内作業

- 1) 現地調査結果のとりまとめ
- 2) 水理地質総合解析
- 3) データベースシステム
- 4) 都市開発計画
- 5) 水需要予測
- 6) 水収支モデル
- 7) コンピューター・シミュレーション解析
- 8) 地下水資源評価
- 9) 地下水開発基本計画の策定
- 10) サナア首都圏地下水開発基本計画の策定

11) 優先プロジェクトの選定

以下、各項目について記載する。

現地調査

1) 関連資料の補足収集及び検討・解析

基礎調査で未収集の関連資料を収集し、詳細に検討し、解析を行う。

2) 地下水利用実態調査

基礎調査において配布したアンケート調査票をNWSAとの共同作業により回収及び分析し、用途別及び季節別地下水揚水量を求める。

3) 地質調査

基礎調査の結果により絞り込んだ地下水開発可能地域について、必要に応じ、詳細な航空写真判読と現地踏査を行う。

4) 物理探査

調査対象地域での地下水開発は、トラップ累層中の裂カ水型地下水とタウィラ砂岩層中の深層地下水が有望と推定されている。

よって対象帯水層に適応した物理探査を次のように実施する。

①トラップ累層を対象として、断層破碎帯の分布を面的にとらえるため調査地域内で放射能探査を行う。

(測線長 1,000 m、測定間隔 10 m、20 測線)

②①の結果を参考とし可能性の高い地区を選定して、電気探査を実施し、試掘地点を決定する。

(測定深度 300 m 程度、測定数 60 点)

③タウィラ砂岩層の垂直的、水平的分布の確認と調査地域のマクロ的地質構造を把握するため、反射法による弾性波探査を実施する。

(測定深度 1,000 m 程度、測線延長 50 km、測点間隔 2 km)

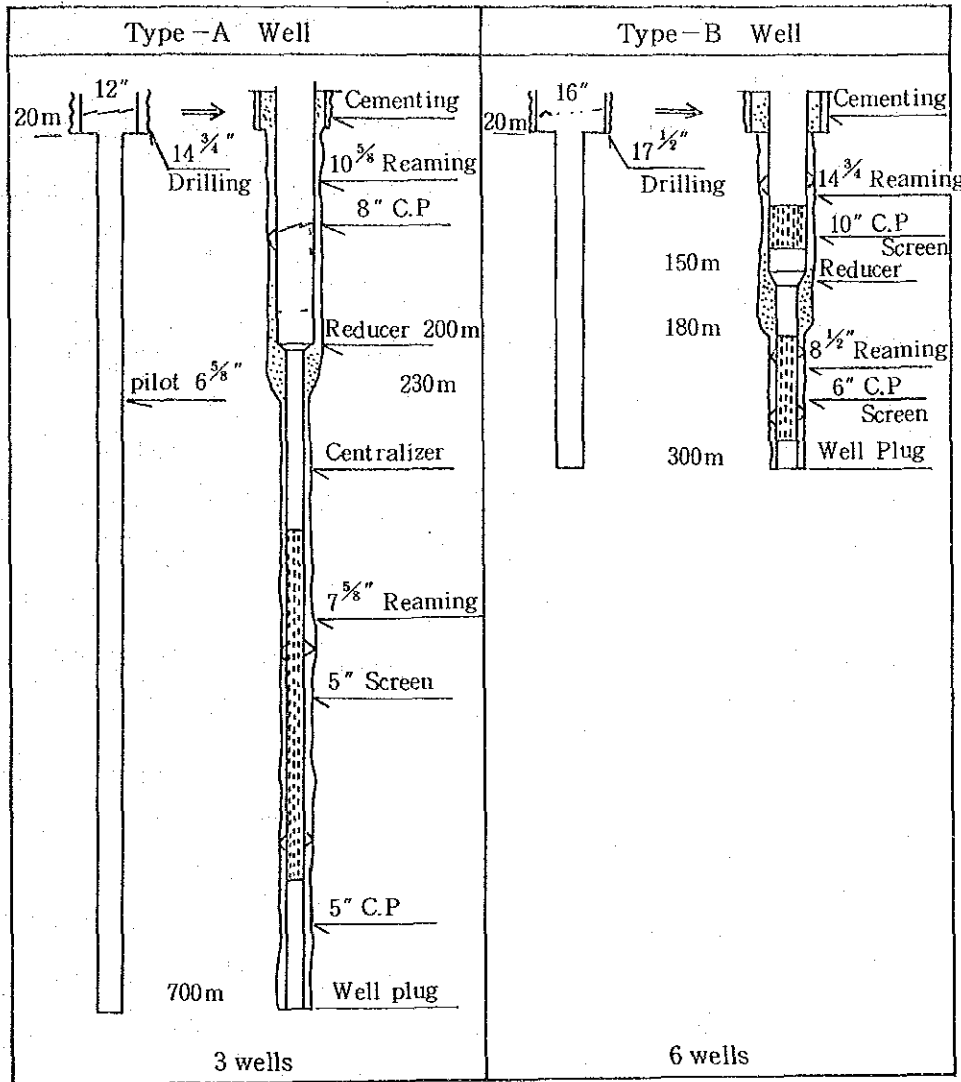
5) 試掘調査・揚水試験

水理地質構造並びに地下水資源ポテンシャルを把握することを目的として、地質調査及び物理探査の結果から選定された地点において試掘調査を実施する。試掘は地元削井業者に発注して実施するものとする。総掘進長は約 4,000 m とするが、数量は概ね次のとおりとする。また、井戸仕様は図-5-3 に示すとおりとする。

		<u>深度</u>	<u>数量</u>
Type-A	試掘井	700 m	3 本
Type-B	試掘井	300 m	6 本

掘削スライムの観察、電気検層(温度、自然電位、比抵抗)を行い、削井柱状図とし

图-5-3 Well Design



てとりまとめる。

揚水試験の内容は次のとおりとする。

- ①段階揚水試験：最低5段階の揚水量を設定し、各段階は2時間揚水を行う
- ②連続揚水試験：上記試験により判定された適正揚水量により最低48時間連続揚水を行い、地下水位変化を測定する
- ③回復試験：上記試験終了後引き続き、地下水位の回復状況を最低8時間測定する
なお、調査団の監督・指揮のもとにNWSAにより対象井の現地盤の標高を把握する。

6) 既存井揚水試験

シミュレーション解析を行ううえで帯水層の水理定数が不十分な地域において、既存稼働井を対象とした揚水試験を地元業者に発注して実施する。揚水試験の内容は上記5)と同様とする。

7) 水文調査・水質分析

基礎調査に引き続き水位観測を次のとおり行う。

- ①一斉観測：調査地域内の既設井使用、乾季（1回）、雨季（2回）
- ②長期観測：既設井から地域別（3地点）帯水層別（3地点）代表井戸を選定して自記水位計により継続的水位変動を観測する

水質分析は、生活用水としての適合性の検討、及び、地下水に含まれる成分の地域、帯水層毎の比較により、地下水流動機構の解明に資することを目的とする。

分析項目は、次のとおりとする。

水温、pH、電気伝導度

カルシウムイオン、マグネシウムイオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、第1鉄イオン、マンガンイオン、アンモニウムイオン、重炭酸イオン、炭酸イオン、硫酸イオン、塩素イオン、硝酸イオン、亜硝酸イオン

分析結果をキーダイヤグラム及びヘキサダイヤグラムに整理し、水質組成から地下水系統を検討する。なお、上記水質分析は全調査期間を通じ3回とする。

地下水の流動機構に関し、放射性同位元素であるトリチウム分析が必要と判断された場合、採水（1サンプル2L程度）を行い、国内に持ち帰り分析を実施する。

8) 給水計画・給水施設設計調査

サナア首都圏における社会・経済条件を検討し、給水計画・給水施設設計画のための必要資料を収集し、解析、検討する。

- ①現地の社会・経済状況、水文地質状況に応じた施設の規模数量を検討すること
- ②イエメン国の水質基準・給水施設設計準備の検討を行い、必要に応じ現地の地形地

質条件、社会環境に適応した施設設計を行うこと

9) 社会・経済条件調査

プロジェクトコスト算定及びプロジェクト評価に必要な情報・資料の収集を行う。

10) データベースシステム入力作業

基礎調査のデータベースシステム検討作業に引き続き、収集データの調整及び整理を行い、併せてデータの入力作業を行う。

国内作業

1) 水質調査結果のとりまとめ

水質分析の結果をとりまとめ、地域別・帯水層別の地下水流動機構及び水質特性の検討を行い、地下水資源評価の資料とする。

2) 水理地質総合分析

地下水調査で実施した各項目の地形・地質・水理地質構造調査及び水質分析の結果を総合して、調査地域全域の水理地質図、地下水資源評価図を完成させる。水理地質図の作成にあたっては、国際的な標準に準拠するものとする。

3) データベースシステム

①水文・地下水関連既存データベースシステムの運用上の問題点等の検討を行い、調査地域での地下水モニタリングシステムの確立を目的として、既存システムが不十分な場合は、独自のデータベースシステムを確立する

②水収支のための水文・地下水関連資料・パラメータの分析を行う

4) 都市開発計画

基礎調査で実施した「都市開発計画のレビュー」を踏まえ、サナア首都圏における将来都市開発計画を明確にし、水需要予測のための基礎資料を作成する。

5) 水需要予測

地下水利用実態調査及び各種統計資料に基づき東南地域及びサナア首都圏を対象に2015年を計画目標年次とする水需要予測を、それぞれ行う。

6) 水収支モデル

地下水盆における水収支システムを検討し、シミュレーション解析に適したシステムのモデル化を行う。

7) コンピューターシミュレーション解析

上記6)のモデルに対して境界条件を与えて、内挿検定作業を行い、モデルを確立し、各種選定条件を与えて、将来予測を含めたコンピューターシミュレーションを実施する。

8) 地下水資源評価

水理地質図、地下水資源評価図、水文・水収支解析等の結果から、サナアの地下水資源ポテンシャルを水量・水質両面から評価する。

9) サナア盆地東南部地下水開発計画の策定

上記 5) 及び 7) の結果を基に地下水開発計画を策定する。

以下の項目について行う。

a) 開発計画規模（給水可能量等）

取水可能量の算定結果と水需要予測を踏まえて適正な開発規模を検討する。

b) 給水システム、施設計画

社会・経済条件、水需要と開発規模等を考慮し、給水システム（取水、送水、貯水池またはタンク）及び、施設計画を検討する。

c) 概略施設設計（井戸の掘削地点・深度、給水施設等）

上記の給水システムについて、井戸の掘削地点・深度、取水、給水施設（送水、貯水池または貯水タンク）等を含む給水施設の概略施設設計を検討する。

d) 実施工程

実施工程計画を検討する。

e) 運営維持管理計画

適正な運営維持管理計画を検討する。

f) コスト積算（ユニットコストによる積算）

概算事業費はユニットコストで算出する。

g) プロジェクト評価

10) サナア首都圏を給水対象とした地下水開発基本計画の策定

a) 現在、サナア首都圏を給水対象として計画されているプロジェクトは次のとおりである。

① サナア南部地下水開発プロジェクト（オランダ協力）

② シバム地域地下水開発プロジェクト（オランダ協力）

③ サナア東南部地下水開発プロジェクト（本計画）

④ 大深度深層地下水開発プロジェクト（オランダ協力）

⑤ ワディ・カリドダムプロジェクト

⑥ ワディ・スラドダムプロジェクト

⑦ マリブダム導水プロジェクト

b) これらのプロジェクトの水資源評価結果及びサナア首都圏を給水対象として2015年を目標年次とする水需要予測の結果を踏まえ、水需給長期計画の概略を検討する。

c) 上記b)の結果に基づき、地下水を開発対象とする地下水開発基本計画を策定する。

11) 優先プロジェクトの選定

上記10の結果に基づき、フィージビリティ調査対象の優先プロジェクトを選定する。

5-4-2 第2段階調査

優先プロジェクトのフィージビリティ調査。

調査項目は、次のとおりとする。

現地調査

- (1) 補足資料の収集及び検討
- (2) 補足水文地質調査
- (3) 補足水文・水質調査
- (4) 給水計画・施設設計調査
- (5) 社会・経済条件調査

国内作業

- (1) 地下水開発計画の策定
- (2) NWSA地下水事業の組織・運営に関する包括的な提言

以下、各項目について記載する。

現地調査

- (1) 補足資料の収集及び検討
第1段階で未収集の関連資料を収集し、詳細に検討する。
- (2) 補足水文地質調査
水理地質構造の確認及びボーリング計画(井戸位置、深さ等)を策定するに必要な補足調査を行う。
- (3) 補足水文・水質調査
地下水開発対象地域の地下水利用実態調査、既存井戸台帳作成、水質分析等、必要な補足調査を行う。
- (4) 給水計画・施設設計調査
選定された優先プロジェクトに関し、給水計画・給水施設設計のための必要資料を収集し、解析・検討する。検討にあたっては、以下について留意すること。
 - ①給水・施設設計については、井戸の掘削地点、深度、取水及び既存浄水場、または配水池への送水までを計画する
 - ②現地の地形地質条件、社会環境に対応した施設設計を行うこと
 - ③必要に応じて簡易測量を実施する。測量は調査団の監督・指導のもとにNWSAの力

ウンターパートにより実施する

- ④材料、資機材の入手、価格等についての調査を行う
- ⑤施設建設後の維持管理体制について、NWSAの意見を聴取する

(5) 社会・経済条件調査

第1段階で実施した社会・経済条件調査の補足調査を行い、優先プロジェクトのためのプロジェクトコスト算定及びプロジェクト評価に必要な情報・資料の収集を行う。

国内作業

(1) 地下水開発計画の策定

以下の項目について行う。

- a) 計画フレームの策定（計画目標年、計画給水人口等）
計画目標年（2000年目途）、人口増加率を見込んで、計画給水人口等を設定する
- b) 開発計画規模（給水可能量等）
取水可能量の算定結果と水需要予測を踏まえて適正な開発規模を検討する
- c) 施設計画
社会・経済条件、水需要と開発規模等を考慮し、施設計画を検討する
- d) 施設設計（井戸の掘削地点、深度、送水施設等）
井戸の掘削地点、深度、取水及び既存浄水場または、貯水池までの送水施設等の施設設計を検討する
- e) 資機材計画
現地調達資機材及び輸入資機材につき規模・数量・材質を決定し、数量計算を行い、仕様書を作成する
- f) 実施工程
実施工程を検討する
- g) 実施体制
事業実施体制と、その組織を明確にした実施体制を検討する
- h) 運営維持管理計画
適正な運営維持管理計画を検討する。検討にあたっては、住民負担の可能性の範囲を調査したうえ、実施可能な施設計画とする
- i) プロジェクトコスト積算（ユニットコストによる積算）
事業費の積算について工事完了までに必要となるすべての費用を算出する。事業費はユニットコストで算出する
- j) プロジェクト評価

(2) NWSA地下水事業の組織、運営に関する包括的な提言

- a) 組織・運営に関する問題点把握
- b) 組織・運営に関する改善案提言

5-5 調査工程及び調査フロー

調査は、イエメン国内での資料収集、現地調査と、日本国内で行われる解析作業により構成される。現地調査は約13カ月を予定し、日本での国内作業を含め、ファイナルレポート提出まで約22カ月の工程とする。

5-6 報告書

次の報告書を作成し、イエメン国側に提出のうえ、説明、協議を行う。

(1) インセプションレポート

英文 20部

現地調査開始時に提出

(2) プロGRESSレポート(1)

英文 20部

調査開始後4カ月以内に提出

(3) インテリムレポート(1)

英文 20部

調査開始後6カ月以内に提出

(4) プロGRESSレポート(2)

英文 20部

調査開始後12カ月以内に提出

(5) インテリムレポート(2)

英文 20部

調査開始後16カ月以内に提出

(6) ドラフトファイナルレポート

英文(メインレポート) 20部

調査開始後21カ月以内に提出

上記ドラフトファイナルレポートに対するイエメン国側のコメントは、同レポート提出後1カ月以内にJICAに通知される。

(7) ファイナルレポート

英文(メインレポート) 40部

上記レポートは、ドラフトファイナルレポートのイエメン国側のコメントを得てから1カ月以内に提出。

5-7 要員計画

本件調査には、概ね以下のような専門分野による要員構成が必要と考えられる。

- ① 総括
- ② 副総括水理地質
- ③ 地質
- ④ 水文/水質
- ⑤ 物理探査A (放射能探査、電気探査)
- ⑥ 物理探査B (弾性波探査)
- ⑦ 物理探査C (")
- ⑧ ボーリング計画
- ⑨ 施設計画
- ⑩ 水需要計画
- ⑪ プロジェクト評価

5-8 本格調査資機材リスト

本格調査に必要なとされる資機材の数量及び仕様は表-5-1に示すとおりである。

表-5-1 本格調査資機材リスト

調査項目	資機材	数量	仕様	備考
(1) 放射能探査	シンチレーションカウンター	1台	ポータブル式	
(2) 電気探査	電気探査装置	1台	探査深度 400m	
(3) 弾性波探査	反射法地震探査器	1台	探査深度 1,000m程度	在イエメンの 外国探査会社
(4) 水文調査	① pHメーター	2台	ポータブル式、デジタル表示	
	② 伝導度計	2台		
	③ 携帯用水位計	2台	2芯式、ケーブル150m	
(5) 試掘調査	① 掘削リグ	2台		地元下請会社
	② 井戸資材 ケーシングパイプ 16"	120m	Galvanized Steel Pipe	

調査項目	資 機 材	数 量	仕 様	備 考
	ケーシングパイプ 12"	60m	Galvanized Steel Pipe	
	" 10"	720m	"	
	" 8"	600m	"	
	" 6"	450m	"	
	" 5"	750m	"	
	スクリーンパイプ 10"	180m	GSP スロットタイプ	
	" 6"	450m	"	
	" 5"	750m	"	
	ケーシングパイプ 8"	180m	FRP	
	スクリーンパイプ 3"	1,830m	"	
	セントラライザ	300ヶ		
	ウェルプラグ、カバー	18セット		
	レジャーサー	9ヶ		
	③揚水試験用 水中モーターポンプ	1台	25 ℓ/sec., 150m, 55kW 50Hz, 440V	
	④発電機	1台	130kVA	
	⑤携帯用水位計	2台	2芯式、ケーブル150m	
(6) 水位観測	自記水位計	6台	1カ月巻、フロート式、 範囲10m	
(7) 電気検層	電気検層器	1台	温度、SP、比抵抗、 ケーブル1,000m	
(8) 水質分析	試薬	1式	別紙	
(9) その他	ステーションワゴン	4台	4WD	
	コピーマシン	2台	拡大・縮小可、ソーター付き	

5-9 調査実施にあたっての留意点

- ① サナア流域の水資源については、現在UNDPの技術協力による水資源管理委員会のイエメン国北部水資源開発計画とNWSAをカウンターパートとするオランダ政府援助のサナア南部及びシバム地区水源調査が進行中であり、本格調査では、これらを与条件として取り込み、F/Sを行うこととなっている。

このため、調査期間中、これら機関との調整が極めて重要となってくる。

② NWSAは、技術移転の重要性を認識しており、現地での共同作業を望んでいる。また調査地域は、サナアに近接した場所であるが、農業エリアで、貴重な地下水資源には非常に敏感であり、カウンターパートを前面にした対応が必要かと考えられる。

よって、NWSAとの協調が大切である。

③ 試掘は地元削井業者に発注となるが、消耗品等については十分な在庫を確認してから、工事を開始するよう留意したい。

調査段階	調査項目	調査項目																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
基礎調査	現地	既存資料・収集・整理	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		第1次マスタープランのレビュー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		既往地下水調査のレビュー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		組織・運営体制のレビュー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		都市開発計画のレビュー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		地形地質調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		水文調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		水利実態調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		削井業者実態調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		データベースシステムの検討	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
M / P	国内	基礎調査結果の解析	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		詳細調査の計画策定	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		関連資料の補足収集・整理	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		地下水利用実態調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		地質調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		物理探査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		試掘調査・揚水試験	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		既存井揚水試験	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		水文調査・水質分析	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		給水計画・給水施設設計調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
国内	解析・検討	社会・経済条件調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		データベースシステム入力	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		水質調査結果解析	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		水理地質総合解析	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		データベース確立	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		都市開発計画検討	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		水需要予測	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		水収支モデル	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		コンピュータシミュレーション解析	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		地下水資源評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
F / S	現地	東南部地下水開発基本計画の作成	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		サナア首都圏地下水開発基本計画	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		優先プロジェクトの選定	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		優先資料データの収集	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		補足地形地質調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		補足水文・水質調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		送水計画・施設設計調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		社会・経済条件調査	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		水源開発計画の策定	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		施設概略設計	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
国内	計画	施工計画	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		事業費概算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		経済・財務評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		社会・環境評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
国内	評価	IC/R	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		P/R(1)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		IT/R(1)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		P/R(2)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
国内	報告書	IT/R(2)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		DF/R	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		P/R	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
		F/R	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		

附 属 資 料

1. イエメン国政府からの要請書
2. S/W及びM/M
3. 面会者リスト
4. イエメン国及びサナア市の一般情報
5. 質問状及び回答
6. 収集資料リスト
7. イエメン国の人口予測（1991年6月19日付 現地新聞）
8. 価 格 調 査
 - 8-1 一 般
 - 8-2 物 理 探 査
 - 8-3 ポーリング
9. NWSAの年報（1990年）：アラビア語より和訳
10. イエメン国に対する日本の技術・経済協力実線

附属資料1. イエメン国政府からの要請書

NATIONAL WATER AND SEWERAGE AUTHORITY

YEMEN ARAB REPUBLIC

SANAA WATER SUPPLY AND SEWERAGE PROJECT

Second Master Plan Studies

PROJECT DOCUMENT

Sanaa

SEPTEMBER 1987

=====

NATIONAL WATER AND SEWERAGE AUTHORITY
YEMEN ARAB REPUBLIC

SANAA WATER SUPPLY AND SEWERAGE PROJECT
Second Master Plan Studies

September, 1989

PROJECT DOCUMENT

1- NAME OF PROJECT

The project name for the envisaged studies is:

SANAA WATER SUPPLY AND SEWERAGE PROJECT
Second Master Plan Studies.

2- INSTITUTIONAL FRAMEWORK

The Executing Agency of the Project is the National Water and Sewerage Authority (NWSA) of the Ministry of Electricity and Water (MEW).

Supporting organizations or cooperating agencies will be the Central Planning Organization (CPO), the High Water Council of the Prime Minister's Office (HWC) and the Ministry of Agriculture and Fisheries (MAF) and various other competent departments and subdivisions of the Yemen Arab Republic Government, as the case may be. The organization chart of the Government of Yemen Arab Republic is shown in Fig-1.

3- BACKGROUND OF THE PROJECT

3.1 Present Situation

3.1.1 Sanaa Water Supply

Sanaa is the capital city of Yemen Arab Republic. It is located in the country's central highlands at an average elevation of 2200 m.a.s.l. Following the establishment of the republic in 1962, and especially the stability of the government in since 1979, the country has undergone an exceptional socio-economic development. The population of the capital city has increased rapidly both as a result of internal migration from the countryside and external immigration by overseas Yemenis and foreign nationals. From some 100 000 in 1975 the number of inhabitants has risen to above 400 000 at present.

Sanaa:MP page 1/13

Since 1970, Sanaa has been provided by a central piped water system implemented and operated by the National Water and Sewerage Authority (NWSA). Although NWSA has over the years expanded the original system and sources of supply, it has not been able to meet the continuously increasing needs of the growing city. Several parts of the city are being supplied by privately owned small systems, private wells and also tank lorries. So called "mineral water", bottled in a number of plants around the city, is also being widely used.

It should be noted that, for all the systems mentioned groundwater, is the only source of supply.

The piped water supply system of NWSA with a capacity of about 35,000 m³/day at present meets only about 40 - 50% of the water requirements of the city. One immediate concern of NWSA is to expand the water supply system to cover the remaining 50 - 60% of the population which is not yet supplied by the existing central system. To this end, NWSA has to prepare a long term development plan of the system, a Master Plan, in order that any expansion works form an integral part of an objective programme.

Water tariff of the NWSA system, where all connections are metered, is around YR 5.4/m³ (US\$ 1.0 = YR 9.70 in May 1989), while that of the private water supply systems, where the customers pay flat monthly fees, may range widely from YR 4/m³ to YR 10/m³ depending on the actual amount of water supplied. Water delivered by tank lorries mainly to supplement insufficient water supply of the piped systems is sold at YR 15 to 20/m³ depending on the location of customers. Bottled drinking water is sold in Sanaa at YR 2.5 to 3.5/liter.

3.1.2 Sanaa Sewerage System

With the installation of piped water supplies, the disposal of waste waters started to become a critical public health problem.

Presently, most of the buildings in the city do not have access to a central waste water collection and disposal system. A sewerage network constructed and operated by NWSA, covering about 25 % of the present built up areas of the city, was realized from 1983 to 1988. However, since it has not been possible to construct a proper sewage treatment plant, only one third of the network is being exploited to serve the houses in the Old City area of Sanaa with some 9000 connections. The collected sewage is treated at a rudimentary treatment facilities composed of anaerobic oxidation ponds of temporary earth wall construction.

In the rest of the Sanaa urban area, waste water is disposed into individual septic tanks and cesspits, most of which with unsatisfactory construction and operation. With the relatively abundant water supply, waste water quantities have increased

Sanaa:MP page 2/13

over the past years. Although no investigations have been carried out, the risk of pollution of groundwater, the sole source of supply, is everpresent.

An imperative concern of NWSA is to extend the existing waste water collection network to cover the present built up areas of the city. As in the case of the water supply system, here too NWSA needs to prepare a Master Plan for the development of the sewerage system where the immediate extension works shall form a comprehensive component of the future system.

3.1.3 Water Resources

Groundwater has remained the major, if not the only source of water both for domestic water supply and agriculture. No perennial flow rivers exist in and around Sanaa, nor for that matter, in all the Yemen highlands. The several water courses, wadis, serve only to drain the runoff caused by the occasional seasonal rains. Some of the major wadis drain also to the aquifers occurring in the western and eastern escarpment away from the central highlands.

Due to the great importance of water resources on a nation-wide scale, the Government, in 1981 established the High Water Council (HWC) composed of seven Ministers and chaired by H.E. The Prime Minister. As of August 1988, the Government, with technical and financial cooperation of the United Nations Development Programme, has started, to implement a project entitled "assistance to the High Water Council in the Preparation of National Water Master Plan". A Technical Secretariat for the Council shall be established during the implementation of the project to perform as an advisory organ for the Council. The Council is expected to prepare and enforce water policies and plans for the water sector. It is also entrusted with coordination, monitoring and control the water related activities on a nation-wide scale.

Water for the NWSA system in Sanaa is tapped from about 30 wells located in and around the city drilled some 300 to 450m deep in the Tawileh Sandstone aquifer. Water quality in the NWSA system is excellent so far and only protective chlorination is applied before pumping in the distribution network. Due to the limited supply, however, in the dry seasons, water is rationed to once in two days to the consumers connected to the system.

The situation has become specially acute due to the overexploitation of the available groundwater resources in the Sanaa basin in the recent years. The water table in the existing wells of the NWSA system, has dropped from 70 - 120 m in late 1970's, to around 150 m and continuously declining. This has been due to mining of the groundwater, in a larger part for irrigation purposes. Although, drilling in the immediate vicinity of Sanaa is controlled by law, some 5000 agricultural wells have been drilled into the sandstone aquifer outside the protected area.

The overall water demand in Sanaa is expected to continue rising sharply in the future due to the rapid growth of urban population and expansion of economic activities. Accordingly, NWSA needs to investigate and identify additional and alternative sources of supply to meet the short and longterm water requirements of the city. At the same time there is a strong need to enact and apply water legislation to protect the existing and possible future resources from undue overexploitation in order to ensure the viability of the city.

NWSA has intensified its efforts to augment the existing supply to the system so as to satisfy the current water demand of Sanaa. Presently, NWSA has an emergency plan to construct 20 new production wells by the end of 1990.

3.2 Previous Studies and Developments.

With the technical and financial assistance of the United Nations Development Program (UNDP) and the World Health Organization (WHO), the first serious hydrogeological investigations in the Sanaa basin were carried out from 1971 to 1973. These investigations identified the Tawileh sandstone formations as a reliable source for Sanaa Water supply. Simultaneously, in 1972 a masterplan was prepared for Sanaa Water Supply with a planning horizon to the year 2000.

The first stage of Sanaa water supply recommended in the masterplan was completed in 1979 and the second stage in 1982 with the technical and financial cooperation of the IDA/World Bank. The stage I and stage II development is shown in Fig.-2.

Similarly, with the technical and financial assistance of UNDP/WHO, a masterplan for Sanaa Sewerage system was prepared in 1976. The first stage of works recommended in the Master Plan were completed in 1988 with the financial assistance of the Government of Saudi Arabia.

The Ministry of Agriculture and Fisheries (MAF) conducted a study, during 1984 - 1986, on surface water resources of the Sanaa basin in cooperation with the Government of the Soviet Union with the intention to develop surface water for irrigation purpose. MAF also made a preliminary study on the Hababath spring located at about 60 km southeast of Sanaa. Water quantity of the spring is reported to be 200 liters/sec and remains almost constant throughout the year. Water quality is reportedly excellent. Potential dam sites in the Sanaa basin identified in the study are shown in Fig.-3.

3.3 Ongoing and Proposed Investigations and Studies.

NWSA, with the technical and financial assistance of the Dutch Government, is currently proceeding with studies on the groundwater potential in the areas south and northwest of Sanaa as well as on means to improve the output of its existing Eastern and Western Well-fields. The study includes drilling of test wells of 4,000 to 5,000 m in total depth and investigations on the feasibility of drilling deep wells, down to 1200 m, in the formations below the Tawileh sandstone. The ground and surface water potential east of the Sanaa basin up to the eastern escarpment of the highlands, however, has not been the subject of systematic in-depth investigations.

Some donors, the Italian and British governments have expressed interest in providing financial and technical cooperation for the construction of a ~~modern sewage treatment plant with a capacity of about 20,000 m³ per day.~~ Negotiations are under way while a suitable site for the plant is being investigated.

The studies and final designs for the third stage development for Sanaa water supply and the second stage development for Sanaa sewerage system have been included in the national Third Five-Year Plan (1987 - 91) Development Plan under the Electricity and Water Sector. The rapid population growth and expansion of the urban areas of Sanaa, more than the forecasts of the masterplans prepared in 1973 and 1976, have made the review of the existing and the preparation of new masterplans for Sanaa water supply and sewerage systems an urgent necessity before proceeding with the next stages of development.

Therefore, the envisaged studies under the proposed Sanaa Water Supply and Sewerage Project should consist of:

- (i)- preparation of new master plans for the Sanaa water supply and sewerage systems,
- (ii)- carrying out feasibility and preliminary engineering studies on the priority schemes or system components identified in the new master plans, and
- (iii)- carrying out hydrological and hydrogeological investigations to identify possible new water resources in the eastern areas.

NWSA, as the executing agency of the Project needs, as a matter of urgency, to obtain qualified technical assistance to execute and complete the proposed studies in order to be able to plan its investments to meet the existing and anticipated water supply and sanitation requirements of Sanaa.

4- TERMS OF REFERENCE

4.1 Objectives of the Studies

The studies to be carried out under the Project shall have the following objectives:

- (1) to prepare new Master Plans for the Sanaa water supply and sewerage systems with a design horizon of 2015,
- (2) to execute hydrological and hydrogeological investigations and studies east of the Sanaa basin in order to identify new sources for Sanaa water supply, and
- (3) to conduct feasibility and preliminary engineering studies of priority projects identified in the new water supply and sewerage Master Plans for urgent implementation.

In order to allow NWSA personnel the possibility to advise and follow up the studies in an efficient manner, the work shall be carried out to the greatest extent possible in the Yemen Arab Republic. Similarly, use shall be made to the greatest extent possible of NWSA staff and other local employees to provide the maximum opportunities for technology transfer.

4.2 Project Area

The project area is the Sanaa urban area including its anticipated future expansion, so-called the Greater Sanaa area identified in the physical development plans of the Municipality. Areas for water resources investigations shall be extended out to the east of the Greater Sanaa area to the eastern boundaries of the highlands around the Hababath spring.

4.3 Definitions

4.3.1 Master Plan: A Master Plan shall be a guide to the responsible authorities in assessing the economic and technical feasibility of each stage or phase of construction of a service or system - i.e. water supply and/or sewerage, as the case may be. The Master Plan shall thus be a long term programme for the staged development of the service prepared on the basis of field investigations and surveys and inter-related technical, socio-economic, financial and organizational studies, population projections and technical, financial and economic studies of various technological and layout alternatives. In the Master Plan the elements of necessary works are forecasted and generally defined for a period of 25 - 30 years along with forecasts of broad estimates of capital, administration, maintenance and operating costs and justifications for the various stages recommended for implementation.

4.3.2 Preliminary Engineering and Feasibility Studies.

a) Preliminary Engineering Studies: shall comprise detailed investigations, surveys and comparative financial and technical analyses of alternative plans and schemes for the various elements of the system which are proposed for a First Stage implementation in the Master Plan, in order to define the magnitude and scope, and enable the preparation of the final engineering designs and contract documents with a minimum of additional work.

b) Feasibility Studies: carried out in conjunction with the preliminary engineering studies above, shall comprise studies of pertinent legal, managerial, economic and financial matters, including the preparation of a complete financial plan with estimates of capital and recurrent costs and the total income needs of the system and all information required to enable application to be made for financing the works through a loan from international, bilateral or national lending institutions.

4.3.3 First Stage Programme: The first group of works recommended for implementation in the Master Plan. It shall comprise the system elements that may be reasonably constructed within approximately ~~five years~~ from the date of completion of the Master Plan Studies. The duration of each system component included in the first stage programme shall be based on a balance between the needs of the community and the optimum and economic utilization of capital funds which can be expected to become available.

4.4 Project Activities.

The activities of the consultant in accomplishing the Master Plan Studies are recommended to be developed along, without being limited to, the main lines hereunder listed. The recommended activities herein proposed have to be considered only as a broad outline; they should be further refined and detailed, including the scientific-technical approach to be applied by the consultants for the achievement of the project objectives. Such extended document, to be completed in consultation with WWSA, shall form the Terms of Reference and Plan of Operation following the selection and appointment of the consultant.

4.4.1 Preparation of Masterplans for Sanaa Water Supply and Sewerage Systems.

- (1) Review the existing masterplans for Sanaa water supply and sewerage systems to highlight the methods and procedures employed to assess the feasibility of application to the extension works and to identify redundant elements therein.
- (2) Assess the present water supply and sewerage systems by means of comprehensive studies and analyses of design and as-built drawings and field investigations. Undertake an inventory and critical evaluation on the capacities, conditions and serviceability of the existing facilities with an appraisal of their possible integration into the future proposed system.

- (3) Compile, collate and analyse the existing data related to hydrology, hydrogeology, geology and subsurface conditions, population, commercial and industrial development and any other data essential for the study. The available information shall be checked with respect to the completeness for master plan as well as preliminary engineering studies in order that a programme of additional data collection may be developed and carried out.
- (4) Prepare a forecast of population growth and staged expansion of the urban area until the year 2015 on the basis of a study and review of the existing master plan for urban development of Greater Sanaa and an assessment and analysis of the socio-economic factors affecting development.
- (5) Set up a programme for and start performing measurements of the present water production, distribution and consumption and of the present domestic, commercial and industrial waste water quantities in order to determine their present and predict their future quantities. Similarly carry out laboratory analyses to determine present and to forecast the future composition of waste water flow.
- (6) Prepare forecasts of future water requirements and waste water sewage quantities and treatment requirements during the various stages of the Master Plans until the year 2015 on the basis of forecasts of future population and development prospects.
- (7) Establish design criteria and unit costs related to the various elements of the water supply and waste water collection and disposal systems to be constructed.
- (8) Study and evaluate alternative routings for the main conveyance pipeline for the transportation of water from sources identified under the present Project and/or under other ongoing investigations. Select, with justification, and design the more feasible ones, including pumping stations, tanks, reservoirs and ancillaries.
- (9) Prepare a Master Plan for the storage and distribution of water in the city in stages up to 2015, including therein existing facilities and additional elements, and design the proposed future system including location, sizing and elevations for major components such as reservoirs, pumping and booster stations, main and secondary distribution lines and ancillaries. Maximum use shall be made of the existing facilities to minimize new investments. The selection of the proposed system shall be made on the basis of technical and financial analysis of possible design alternatives.

- (10) Prepare a Master Plan for sewerage collection and disposal in the Greater Sanaa urban area including studies to divide the project area into suitable sub-areas for service by trunk sewers and interceptors and design of the proposed future system including location, size and invert elevations for major points of the trunks, interceptors, syphons, pumping stations, and treatment facilities. Maximum use shall be made of the existing facilities to minimize new investments. The selection of the proposed system shall be made on the basis of technical and financial analysis of possible design alternatives.
- (11) Study the required degree and different methods of treatment for the collected waste water at appropriate stages of the implementation period with an assessment of the environmental impact of the discharged effluent including the possible reclamation of treated effluent for re-use, irrigation and aquifer recharge with due regard to public health and agricultural aspects.
- (12) Carry out site investigations supplemented by field tests as necessary at the sites of the major structures.
- (13) Maps of the proposed systems shall be drawn on a 1:10 000 scale. However, additional details on the individual elements shall be provided on larger scale maps as necessary. Where profile information on trunk alignments or treatment plant elements is inadequate for Master Plan purposes, surveys will be carried out to supplement such information.
- (14) Develop a staged construction and investment programme based on priorities and a study of alternative solutions, compared from engineering, operational and economic aspects.
- (15) Prepare broad cost estimates for the various stages of the proposed long-term programme of construction of the water supply and sewerage systems including initial and recurrent costs of the various alternatives in order to permit their comparative appraisal and to justify the solution finally recommended.
- (16) An evaluation shall be made on the materials to be used in the construction of the systems along with recommendations on the feasibility of local manufacture of pipes and other system components.

4.4.2 Preparation of Preliminary Engineering and Feasibility Studies for the First Stage Water Supply and Sewerage Works.

- (1) Carry out further data collection, collation and analyses including field checks and surveying to fill any gaps as may be required for preliminary engineering design of the works which are recommended in the Master Plans for construction within the first five years from the expected date of completion of the studies.
- (2) Carry out additional studies necessary regarding possible utilization of treated waste effluents for irrigation purposes. The necessary soil analyses as well as agricultural practices shall be carefully studied and evaluated in order to ensure an optimum solution for the disposal of treated effluent.
- (3) Carry out preliminary engineering studies and designs for the first stage of works for the water supply and the sewerage systems. The preliminary engineering design shall cover all system elements which are recommended for construction within the first five years from the date of completion of the studies under this Project. Maps of the proposed works shall be drawn on a 1:10,000 and 1:5000 scale and profiles on a 1:200 scale, however, additional details on individual components shall be provided on larger scale maps as required. The designs shall include:
 - (3-a) for the water supply system: such facilities and structures, as the case may be, like production wells with pumping equipment, water conveyance pipe lines with any necessary booster pumping stations, any water treatment works, power generation and/or transmission, water tanks or reservoirs, distribution networks and house connections, including any additional necessary topographic surveys, mapping and geotechnical foundation investigations at the sites of the major structures and pipelines.
 - (3-b) for the sewerage collection and disposal system such facilities and structures, as the case may be, like sewage collection system network, trunk lines, lifting stations, water treatment plant, power generation and/or transmission, facilities for the reuse of the treated sewage water for irrigation from the treatment plant to agricultural farmlands, etc., including any additional necessary topographic surveys, mapping and geotechnical foundation investigations at the structure sites including topographic surveys, mapping and geotechnical foundation investigations at the sites of the major structures and pipelines.

Sanaa:MF page 10/13

- (4) The Preliminary engineering shall include typical designs for special appurtenances such as man holes, junction pits, house connections, trenches and pipe installations, valve chambers, air valves, junctions, control panels etc... The preliminary design of the treatment facilities shall include the characteristics of the various units, their location, sizes, dimensions and elevations. A hydraulic profile shall be provided and the connections between the various units shall be indicated.
- (5) To propose, when deemed necessary an urgent expansion program of Sanaa water supply and/or sewerage systems as an emergency program of NWSA for immediate implementation.
- (6) Prepare a yearly construction programme for each of the systems with cost estimates for the various system components to be constructed during the first stage.

4.4.3 Water Resources Assessment in the Project Area

- (1) Collection, review and evaluation of all existing reports and data of the past and on-going hydrological and hydrogeological investigations and studies for surface and groundwater development, with special emphasis on deeper seated groundwater resources.
- (2)a- Undertake an inventory of wells including such as site identification, date of construction, total depth, depth to water level, casing particulars, water quality data, geophysical and lithologic logs, aquifers encountered, pumping test results and hydraulic parameters, well condition and present useage.
- b- Undertake a springs and seeps inventory including location, discharge data, type, hydrogeology of the spring area and water quality.
- c- Evaluate the existing hydrologic and the hydrogeologic observation stations and propose actions for the improvement of the monitoring system in the Project area.
- (3) Prepare geological-structural maps at scale 1:50,000 for the project area on the basis of the available relevant information.
- (4) Project all the outcomes and results gained from the activities above on the relevant base maps and incorporate all the available and compiled water resources data during the Project implementation.

- (5) Prepare a plan for detailed hydrogeological investigations, as deemed necessary so as to gain better knowledge pertinent to groundwater situation in the Project area. Such activities may include, without being limited, the following:
- a- Geophysical prospecting to identify the major geologic structures that have direct control on the overall groundwater occurrence and movement,
 - b- Pumping tests to ensure good knowledge about the prevailing hydrolic parameters of the exploited aquifer(s) in the Project area, where gaps in the groundwater data has been determined.
 - c- Test drilling programme and preparation of the relevent tender documents for execution of drilling.
- (6) Supervision of well drilling and testing and evaluation of results obtained. Preparation of individual well reports, leveling of wells drilled in the framework of the Project and other existing ones that may contribute to the better understanding of groundwater dynamics.
- (7) Study the fesibility of undertaking groundwater recharge activities making use of the flood waters or treated sewage effluent, where possible, and/or waste water reuse practices in restricted agriculture or industrial purposes.
- (8) Prepare all possible thematic maps of appropriate scale, such as, without being limited to, the following:
- Potentiometric
 - Water quality
 - Aquifers distribution and occurrence
 - Depth to aquifers
 - Productivity (specific capacity, transmissivity and storativity) maps
 - Structural contours on top or bottom of aquifers
 - Hydrogeologic cross sections
 - Exploitable annual groundwater resources
 - Available volume of stored groundwater in some basins wherever the available data allows.
 - Areas of present and potential groundwater exploitation
 - Areas proposed for groundwater protection
 - Areas with restrictions for groundwater exploitation
- (9) Evaluate groundwater resources in and around the Project area and to make recommendations regarding the safe, long-term groundwater development potential in each sub-area investigated, including production wells and well-fields recommended, timing of implementation and monitoring network requirements.

(10) Prepare an inventory of existing dams with such data as time of construction, actual use of water, reservoir capacity, operation, water quality, etc.

(11) Evaluate surface water development potentials in and around the project area and identify potential dam-sites and evaluate the feasibility of construction including reservoir capacity, anticipated water quality, safe annual yield and carry over storage.

(12) Identify and collate any existing water rights among the competitive potential users of water resources in and around the project area in close coordination with the High Water Council.

(13) To recommend, based on the above investigations and in close consultation with the High Water Council, reliable water sources for the Sanaa water supply system to meet the city's water requirements until the year 2015.

(14) Recommend to the High Water Council, when necessary, laws and regulations to assure future availability of water to sustain the longterm viability of the Capital City.

Sanaa:HP page 13/13

Figure-1

ORGANIZATION CHART OF THE
GOVERNMENT OF YEMEN ARAB REPUBLIC

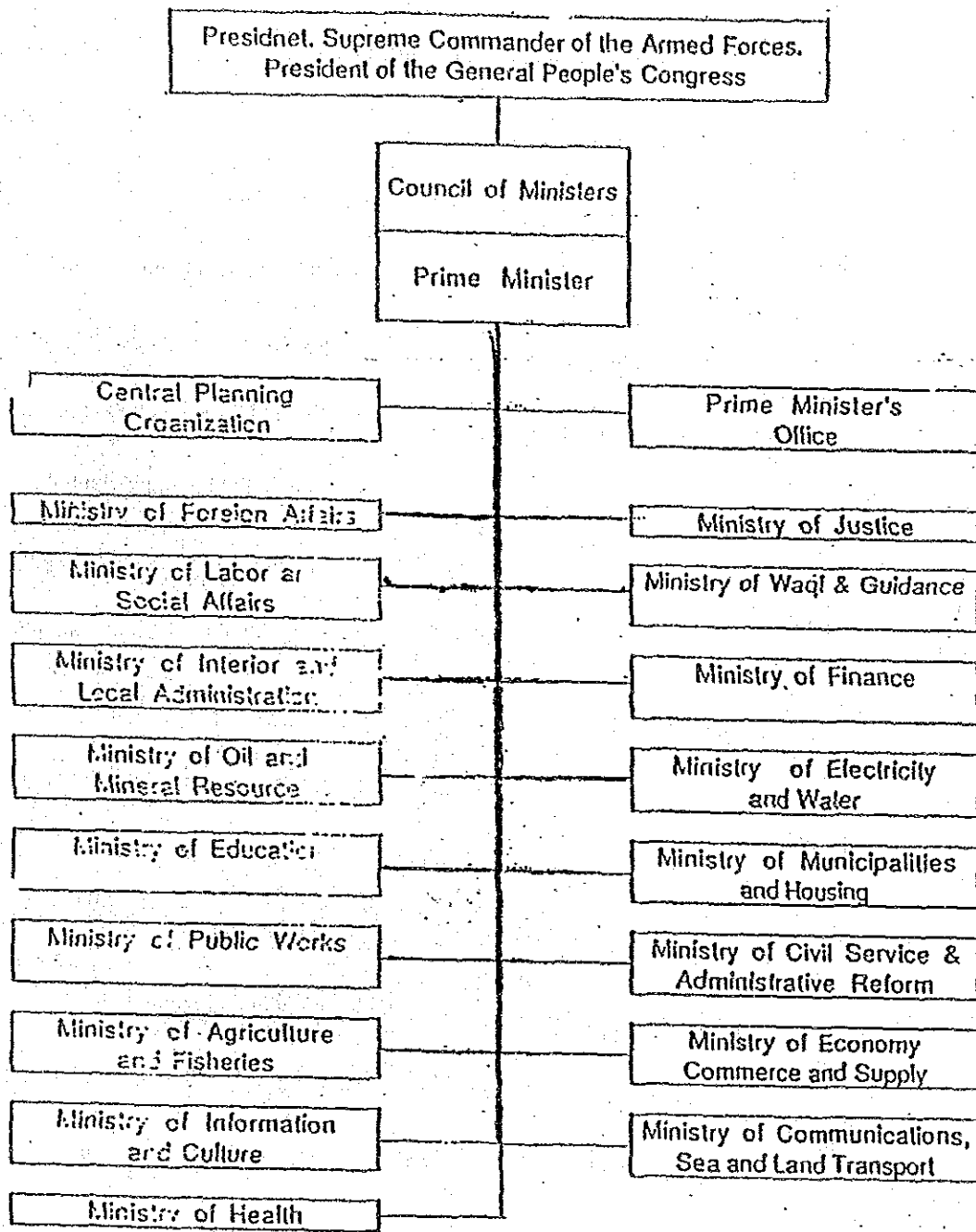


FIGURE-2 SANA'A WATER SUPPLY SYSTEM

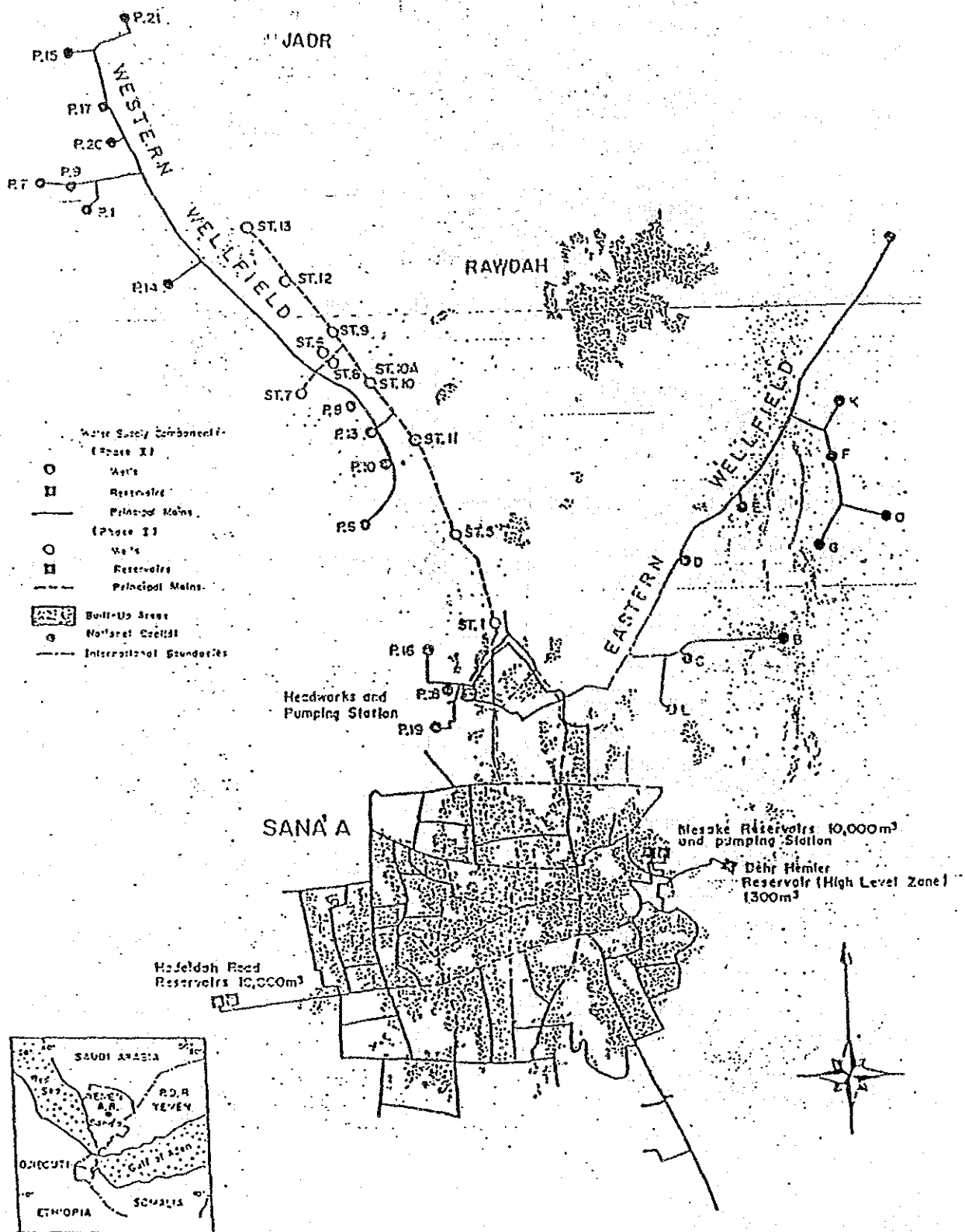
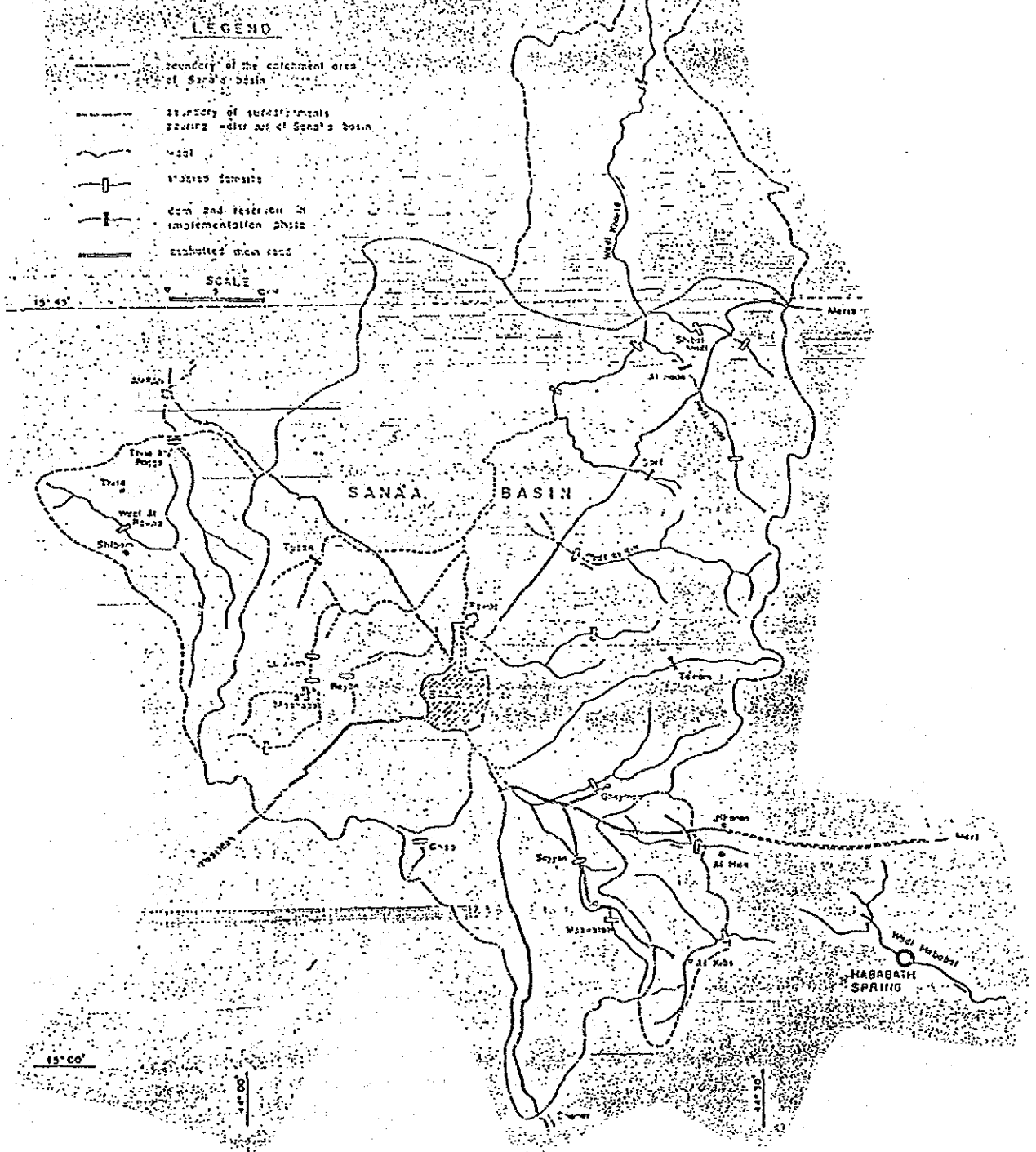


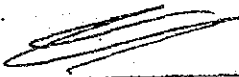
FIGURE - 3
POTENTIAL DAMSITES IN SANA'A BASIN
AND LOCATION OF HABABATH SPRING

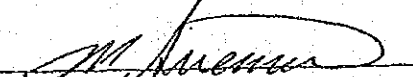


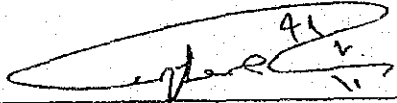
SCOPE OF WORK
FOR
THE STUDY
ON
GROUNDWATER RESOURCE DEVELOPMENT
FOR
SANA'A

AGREED UPON BETWEEN
NATIONAL WATER AND SEWERAGE AUTHORITY
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

SANA'A, JULY 10th, 1991


Mr. Mohammed Ali Al-Fusail
Director General
National Water and
Sewerage Authority
(NWSA)
The Republic of Yemen


Mr. Mitsuru Suemori
Leader, Japanese Preliminary
Survey Team, Japan Inter-
national Cooperation Agency
(J.I.C.A.)


Mr. Hamoud M. Al-Hamdani
Director of Bilateral Cooperation
with USA, Japan & other countries
Ministry of Planning & Development

I. INTRODUCTION

In response to the official request of the Government of the Republic of Yemen, the Government of Japan decided to conduct the Study on Groundwater Resource Development for Sana'a (hereinafter referred to as "the Study").

In accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programs of the Government of Japan, will undertake the Study in close cooperation with the authorities concerned of the Government of the Republic of Yemen.

The National Water and Sewerage Authority (hereinafter referred to as "NWSA"), shall act as counterpart agency to the Japanese study team and also as a coordinating body in relation with other relevant organizations for the smooth implementation of the Study.

The present document sets forth the Scope of Work for the Study.

II. OBJECTIVES OF THE STUDY




The objectives of the Study are:

- (1) to evaluate groundwater resource potential in the study area
- (2) to formulate groundwater development plan in the study area

III. SCOPE OF THE STUDY

1. Study Area

The Study will cover the eastern part of the Sana'a basin.



2. Study Framework

The Study comprises following three (3) phases:

Phase I: Basic Survey

The Study in this phase I shall comprise a review and analysis of existing studies and data, analysis of aerial photos, hydrogeological reconnaissance, hydrological survey, well inventory survey, and survey on groundwater utilization.

Based on the results of survey and analysis mentioned above, a preliminary hydrogeological map will be prepared and detailed survey program in Phase II will be confirmed.

Phase II: Analysis and Evaluation on Groundwater Resource Potential, and Formulation of Groundwater Development Plan in the Study Area

This phase shall comprise conduct of hydrological survey, geophysical prospecting, drilling and pumping tests, simultaneous observation of water level, water quality analysis, and survey on groundwater utilization for the evaluation of groundwater resource potential and formulation of groundwater development plan in the study area.

Phase III: Formulation of Groundwater Development Plan in the Priority Project

This phase shall comprise project formulation of priority project for groundwater development.

3. Study Item

Phase I: Basic Survey

(1) Collection of Relevant Data and Information

- (a) Socio-economic parameters
- (b) Aerial photos
- (c) Topographical geological and hydrogeological map
- (d) Data on meteorology, hydrology, geology and hydrogeology
- (e) Data on existing well and water supply system
- (f) Existing reports and studies
- (g) Others

(2) Basic Investigation

- (a) Aerial photo analysis
- (b) Review on previous reports including master plan
- (c) Hydrological and water quality survey
- (d) Reconnaissance survey of topography, hydrogeology and land-use
- (e) Well inventory
- (f) Preliminary hydrogeological map
- (g) Groundwater utilization
- (h) Others

Phase II: Analysis and Evaluation on Groundwater Resource Potential, and Formulation of Groundwater Development Plan

(1) Groundwater Development Survey

- (a) Hydrogeological survey
- (b) Geophysical prospecting
- (c) Test borings and pumping test
- (d) Groundwater leveling
- (e) Water quality analysis
- (f) Revision of hydrogeological map
- (g) Others

(2) Analysis and Evaluation on Groundwater resource Potential

- (a) Hydrogeological analysis

798

V

- (b) Hydrological and water balance analysis
- (c) Evaluation on groundwater potential

(3) Water Demand Projection and Allocation

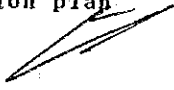
- (a) Forecasting water demand
- (b) Water Allocation

(4) Formulation of Groundwater Development Plan

- (a) Conceptual design
- (b) Cost estimation
- (c) Operation and maintenance
- (d) Project evaluation

(5) Selection of priority project for groundwater development

Phase III : Formulation of Priority Project for Groundwater Development

- (a) Preliminary design
 - (b) Construction schedule
 - (c) Operation and maintenance
 - (d) Cost estimation
 - (e) Project evaluation
 - (f) Implementation plan
- 

IV. SCHEDULE OF THE STUDY

The Study will be carried out in accordance with the tentative schedule as attached herewith. The schedule is tentative and subject to be modified when both parties agree upon any necessity that will arise during the course of the Study.

V. REPORTS

JICA shall prepare and submit the following reports in English to NWSA.

1. Inception Report:

Twenty (20) copies at the commencement of the first field survey in the Republic of Yemen.

2. Progress Report (1):

Twenty (20) copies within four (4) months after the commencement of the Study

3. Interim Report (1):

Twenty (20) copies within seven (7) months after the commencement of the Study

4. Progress Report (2):

Twenty (20) copies within thirteen (13) months after the commencement of the Study

5. Interim Report (2):

Twenty (20) copies within seventeen (17) months after the commencement of the Study

6. Draft Final Report:

Twenty (20) copies within twenty one (21) months after the commencement of the Study

NWSA will provide JICA with its comments within one (1) month after its reception of the Draft Final Report.

7. Final Report:

Forty (40) copies within one (1) month after JICA's recep-

tion of the comments above mentioned on the Draft Final Report.

VI. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF YEMEN

1. To facilitate the smooth conduct of the Study, the Government of the Republic of Yemen shall take necessary measures;
 - (1) To ensure the safety of the members of the Japanese study team when and as required in the course of the Study.
 - (2) To permit the members of the Japanese study team to enter, leave and sojourn in the Republic of Yemen for the duration of their assignment therein, and exempt them from foreign registration requirements and consular fees.
 - (3) To exempt the members of the Japanese study team from taxes, duties, fees and any other charges imposed on equipment, machinery and other materials brought into the Republic of Yemen for the conduct of the Study.
 - (4) To exempt the members of the Japanese study team from income tax and any other charges imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Japanese study team for their services in the course of the Study.
 - (5) To provide necessary facilities to the Japanese study team for the remittances as well as the utilization of the funds introduced into the Republic of Yemen from Japan in the course of the Study.
 - (6) To secure permission for entry into private properties or restricted areas for the conduct of the Study within the laws and regulations in force in the Republic of Yemen.
 - (7) To secure permission for the Japanese study team to take all data, and documents including photographs related to the Study out of the Republic of Yemen to Japan, within the

laws and regulations in force in the Republic of Yemen.

(8) To provide medical services when needed, and the expenses will be chargeable on the members of the Japanese study team.

2. The Government of the Republic of Yemen shall bear claims, if any arises, against the members of the Japanese study team resulting from, occurring in the course of or otherwise connected with the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or wilful misconduct on the part of the member of the Japanese study team.

3. NWSA shall, at its own expense, provide the Japanese study team with the followings in cooperation with other relevant organizations:

- (1) Available data and information related to the Study,
- (2) Counterpart personnel necessary for the Study,
- (3) Suitable office in Sana'a,
- (4) Credentials or identification cards.

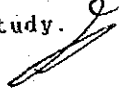
VII. UNDERTAKING OF JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures:

1. To dispatch, at its own expense, the Japanese study team to the Republic of Yemen,
2. To pursue technology transfer to the counterparts personnel in the course of the Study.

VIII. CONSULTATION

JICA and NWSA will consult each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.



THE STUDY ON
GROUND WATER RESOURCE DEVELOPMENT
FOR SANA'A

July, 1991

TENTATIVE SCHEDULE

Phase	I					II					III											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Month																						
Work in Yemen																						
Work in Japan																						
Reports	△ IC/R			△ P/R(1)		△ IT/R(1)					△ P/R(2)		△ IT/R(2)		△ DE/R		△ F/R					


(REMARKS)

- IC/R : Inception Report
- P/R(1) : Progress Report (1)
- IT/R(1) : Interim Report (1)
- P/R(2) : Progress Report (2)
- IT/R(2) : Interim Report (2)
- DE/R : Draft Final Report
- F/R : Final Report

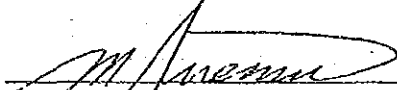
MINUTE OF MEETINGS
ON
SCOPE OF WORK
FOR
THE STUDY
ON
GROUNDWATER RESOURCE DEVELOPMENT
FOR
SANA'A

AGREED UPON BETWEEN
NATIONAL WATER AND SEWERAGE AUTHORITY
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

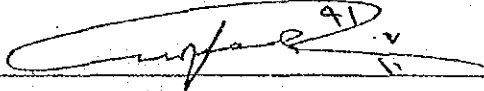
SANA'A, JULY 10th, 1991



Mr. Mohammed Ali Al-Fusail
Director General
National Water and
Sewerage Authority
(NWSA)
The Republic of Yemen



Mr. Mitsuru Suemori
Leader, Japanese Preliminary
Survey Team, Japan Inter-
national Cooperation Agency
(J. I. C. A.)



Mr. Hamoud M. Al-Hamdani
Director of Bilateral Cooperation
with USA, Japan & other countries
Ministry of Planning & Development

At the request of the Government of the Republic of Yemen, the Preliminary Study Team (hereinafter referred to as "the Team") of the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") visited the Republic of Yemen from July 4th to 10th, 1991, to discuss the Scope of Work for the Study on Groundwater Resource Development for Sana'a (hereinafter referred to as "the Study").

The Team carried out field surveys and a series of discussions with officials of the National Water and Sewerage Authority (hereinafter referred to as "NWSA") and other organizations related to the study. The both side agreed to adopt the Scope of Work with the following understandings.

A list of those who attended is shown in the attached sheet- Annex I.

1. Study Title

By the request of NWSA, the study title was modified from "The Study on Groundwater Development in Sana'a Area" to "The Study on Groundwater Resource Development for Sana'a"

2. Study area

In reference to III(SCOPE OF THE STUDY) of Scope of Work(S/W), NWSA expressed that large parts of the Sana'a basin were the subject of several studies such as Italconsult, Soviet and currently the Netherlands except for the Eastern area up to Al Hasf. To avoid the duplication of the study, Both sides agreed as follows:

Groundwater potential studies will cover the eastern part of the Sana'a basin with the consideration of the groundwater development for the city of Sana'a as well as the rural inhabitants in the Study area.

Hydrogeological investigation shall be carried out, including preparation of hydrogeological maps(1/50,000 scale with international legend) covered between the east longitude: $44^{\circ}15' \sim 44^{\circ}23'$ and the north latitude: $15^{\circ}13' \sim 15^{\circ}22'$, approximately 220km,

for the area shown in Annex II herein, and shall be extended eastwards to Al Hasf.

3. Selection of Priority Project

In reference to III (SCOPE OF THE STUDY), 3. Study Item of S/W, both sides agreed priority project will be determined by discussion with NWSA and other organizations related to the study after the completion of the evaluation of groundwater resource potential in the eastern part of Sana'a basin. Priority project will be selected either within or outside of the eastern part of Sana'a basin.

4. Objectives of the Study

In reference to II (OBJECTIVES OF THE STUDY) of S/W, both sides confirmed as follows:

- a) to evaluate the groundwater resource potential in the Eastern area
- b) to make water demand projection
- c) to select the priority project
- d) to carry out the feasibility study of the priority project

5. Formulation of Groundwater Development

NWSA requested the Team to include the water supply transmission and distribution in the formulation of the groundwater development. However, both sides agreed that formulation of the groundwater development shall exclude design of distribution and service lines.

6. Schedule

Both sides agreed to the tentative schedule of the study which shall be modified according to the duration of drilling work and other on-going studies, especially "Sources for Sana'a Water Supply" (SAWAS).

7. Undertaking of Japan

Since NWSA requested to clarify I.VII (UNDERTAKING OF JAPAN) of S/W, the Team explained that JICA will bear all expense of the Japanese Study Team such as housing, salary, etc.

8. Counterpart Personnel

NWSA confirmed that it shall designate specified counterpart personnel to the respective Study Team members such as project manager, geologist/hydrogeologist, hydrologist, geophysicist, drilling supervisor, sanitary engineer and economist throughout the study period and to make financial arrangements to cover costs thereof.
above.

9. Supporting staff, Office, Vehicle and Necessary Equipment

The Team requested NWSA to provide suitable office with utilities, vehicles, necessary equipment, and supporting staff (typist, secretary, draftmen, etc) for the Study.
Even though NWSA agreed to provide suitable office, due to budgetary constraint and shortage of vehicles, NWSA strongly requested the Team to employ supporting staff and to provide necessary equipment including vehicles as listed in Annex III by Japanese side for the smooth execution of the Study, and to transfer the said equipment including vehicles after the completion of the Study.

10. Drilling

It is expected that the total length of drilling will be about 4,000 meters for the Study.

11. Water Quality Analysis

It was agreed that water quality analysis will be carried out in the NWSA's laboratory and JICA will provide equipment and chemicals for the above analysis in need basis.

12. Data and Documents

NWSA shall make every effort in order that all data and documents in the submitted Questionnaire other than the data collected by the Team during its stay shall be prepared before the Study begins.

13. Right-of-Way and Site

The Team requested NWSA to provide the right-of-way and site for geophysical prospecting and drilling works. NWSA agreed to ~~make~~ arrangement in need basis.

14. Counterpart Training

In reference to technology transfer, NWSA requested the Team to provide the counterparts on the job training as well as technical training in Japan in the course of the Study.

15. Follow Up

NWSA stressed the fact that water supply project of Sana'a in the Study is a serious priority concern of the Government of Yemen and the hope that the recommendations and results of the Study could be implemented through the assistance of the Government of Japan.

ANNEX I
ATTENDANT LIST

YEMENI SIDE

NATIONAL WATER AND SEWERAGE AUTHORITY

Eng. Mohamed Al-Fusail	Director General, NWSA
Eng. Mohamed Al-Aroosi	Technical Director, NWSA
Eng. Sarkis Garabedian	Technical Adviser, NWSA
Eng. Ali Al-Kumiri	Sana'a Resident Engineer, NWSA
Eng. Ali Al-Mohni	Hydrogeologist, NWSA

MINISTRY OF PLANNING AND DEVELOPMENT

Mr Hamoud Al Hamdani	Director of Bilateral Cooperation with USA, Japan and other Countries
----------------------	---

JAPANESE SIDE

PRELIMINARY STUDY TEAM

Mr. Mitsuru Suemori	Leader JICA
Ms. Mayuri Jibiki	Cooperation Planning Ministry of Foreign Affairs
Mr. Yuji Maruo	Hydrogeology JICA
Mr. Mitsuaki Furukawa	Project Planning JICA
Mr. Keiji Tokuda	Nissaku Co., Ltd Well Planning

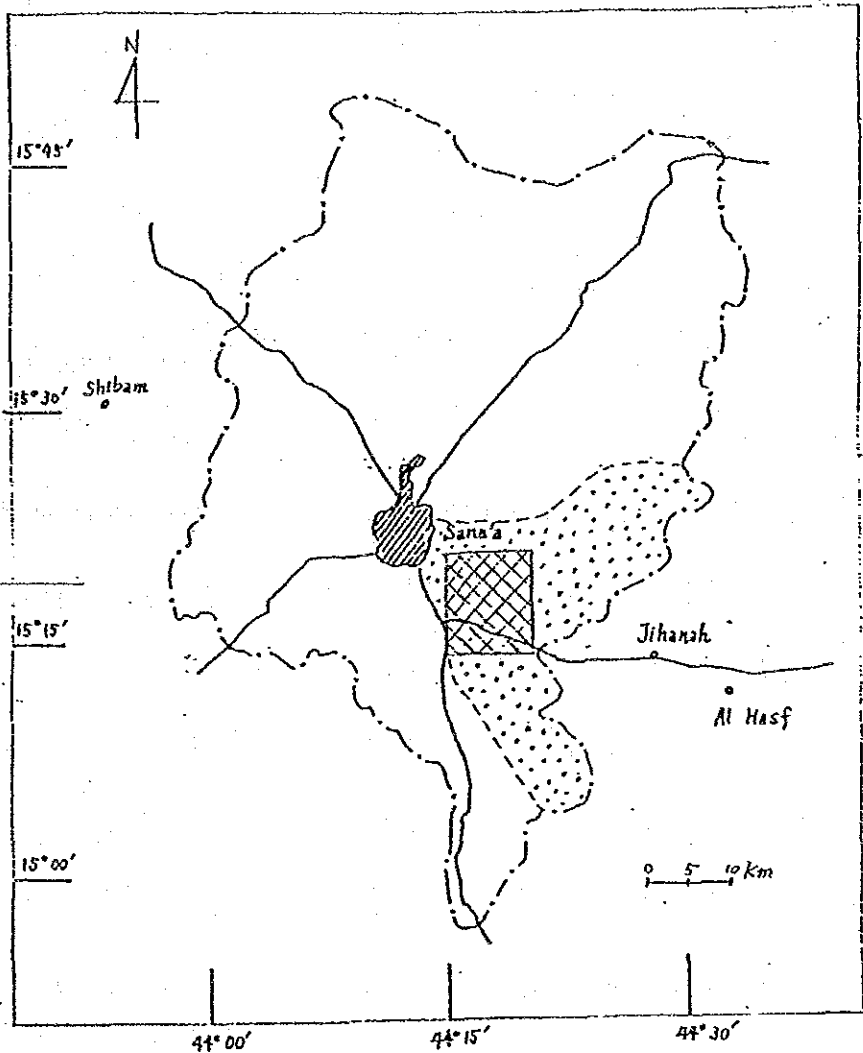
EMBASSY of JAPAN






Mr. Yuichi Ishii	Charge d'Affaires
Mr. Yasuo Nakano	First Secretary

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Annex II Study Area for Groundwater Resource Development for Sana'a

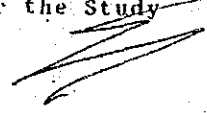


-  Sana'a Basin Catchment Area
-  Road
-  Study Area
-  Area for Hydrogeological Map
-  Sana'a city

July 1991

ANNEX III

EQUIPMENT REQUESTED BY NWSA

- Electric logger
 - Electric resistivity sounding equipment
 - Casing and Screen for Drilling
 - Water level recorder
 - Ground leveling equipment
 - Water quality analysis equipment and chemicals
 - Walkie-talkie
 - Personal computer
 - Word processor
 - Copy machine
 - 4-wheel driving cars(JEEP Type)
 - Other equipment for the Study
- 

8. MINISTRY OF AGRICULTURE AND WATER RESOURCES

Mr. Obad Naner Ali

Manager of Water Resources

Mr. Ali Ahmed Al- Gabali

Director General of Sana'a basin

Mr. Anatoliy Grishin

Project Manager (Soviet)

9. 日本大使館

石 井 祐 一

臨時代理大使

中 野 康 雄

一等書記官

附属資料4. イエメン共和国及びサナア市の一般情報

(一部、在イエメン日本大使館 平成元年4月 サナア案内より抜粋)

1. 中央政府の政治構造

国の最高意思決定機関は5名から構成される大統領評議会（議長は国家元首）であり、その下に、首相を含む39閣僚が内閣を構成する（別紙参照）。また、国家元首の諮問機関として、45名から成る諮問評議会が存在する。

2. 政治・社会情勢

社会主義体制を奉じた南イエメンと自由経済を建前とする北イエメンが1990年5月に国民の圧倒的支持を受けて統合を実現して以来、国内情勢は基本的に安定しているといえるが、実際の問題が山積みしていることも事実である。たとえば、統合後直ちに行政機構が中央化、一本化されたわけではなく、完全統合に至るまでに2年半の経過期間が設定されている。また、統合直後に勃発した湾岸危機は、内政の安定度から見る限り、国論を統一し、統合を固めるプラスの作用を及ぼしたが、サウディ・アラビアをはじめ周辺湾岸諸国との関係を悪化させ、種々の困難を惹起している。

本年5月、統一憲法のための国民投票が実施され、投票総数136.5万人のうち98%以上の圧倒的多数により憲法が承認され、南北統合後1年目の最大の内政課題は無事達成された。多党制に基づく民主主義も国民の間に定着しつつあり、2年半の経過期間後には統一国会の総選挙が実施される予定となっている。

今後の最大課題は、湾岸諸国及び米国との関係修復と見られ、これがイエメン経済を大きく左右する要因である（対外関係が好転しない限り経済面での好転も期待できない）ことから、これに失敗すれば、経済困難から国民の失望と不満は高まり、同国は不安定となろうが、現政権が、今後数年間の最も困難な時期を乗り切れれば、アラビア半島地域における穏健勢力として重要な役割を果たすことが期待される。

3. 経済情勢

南北イエメン統合に加え、湾岸危機による経済制裁やサウディ・アラビア等からの出稼者約80万人近くの帰還に伴いイエメン経済は大きな難関に直面している。特に湾岸危機は、①出稼者の大量引き上げに伴う移転収支の減少と右受入れに伴う失業・住宅問題等の発生、②湾岸諸国よりの援助停止、及び③アデン精油所で精製していたイラク・クウェイト原油が経済制裁によりストップしたため、自国の原油を回すことにより石油輸出を大幅に減少させる等の深刻な影響を与え

たほか、④近年増加傾向にあった観光収入の低下も無視できない。⑤欧米諸国の中では米国を除いて経済援助を削減していないが、要員の一時引き揚げ等により各種プロジェクトの遅延も指摘される。

本年2月に大統領評議会は南北統合後最初の1991年度一般国家予算を承認し、3月に公布された。これによれば、歳入は353億YR（イエメン・リヤル）、歳出は510億YRで、財政赤字は157億YRとなっている（1ドル＝12YR）。

また4月にアデン・フリーゾーン公団が設立され、フリーゾーン構想実現に向けての体制造りの第一歩が踏み出された。

石油開発の有望性やシャブフ地区への多数の西側会社の開発参入など若干の明るい面はあるものの、今後数年間は極めて苦しい経済運営を強いられることが予想される。

4. イエメン革命略史

【中世、近世史】

イエメンは、イスラムの創生期にイスラム帝国拡張の先兵として重要な役割を果たしたにもかかわらず、帝国の首都がダマスカス、バグダードへと移行するにつれて、歴史の表舞台から遠ざかっていった。以来、イエメンでは地元の部族勢力がイスラムを旗印としながら大小様々な国家を打ち建て、割拠状態が続いていた。

オスマン・トルコ帝国時代になってイエメンは、二度にわたって同トルコ帝国による占領を経験した。第一次占領は1538年に始まり、地元部族勢力の反乱で1635年に終了した。

この後、1839年にイギリスがアデンを占領し、紅海・インド洋での勢力を拡大し始めると、トルコはこれに対抗するため1871年に再びイエメンを占領した。しかし、第一次世界大戦でのオスマン・トルコ軍の敗戦に乗じてイスラム教ザイディー派（シーア派の一分派であるが、極めてスンニー派に近いといわれている）のイマーム（宗教指導者）であるアル・ムタワッキル・ヤヒヤ（イマーム在位1904～1948年）が国内諸勢力を糾合し、1918年、オスマン・トルコからの独立を達成した。

【1948年革命】

このイマーム・ヤヒヤは厳格な鎖国政策をとり、国民を二十世紀の文明から隔離し続けようとした。しかし、アデン（当時イギリスの保護領であり、自由貿易港であった）等へ逃避し、そこで近代文明や政治思想に触れたイエメン人たちはイマームの圧政からの解放を目指して「自由イエメン」運動を開始した。

1948年2月17日、イエメン革命の最初の試みとしてイマーム・ヤヒヤの暗殺が行われた。「自由イエメン」は宗教的貴族階級である「アル・ワジール」家のアブダッラー・アル・ワジールを新たなイマームとして担ぎ上げたが、イマーム・ヤヒヤの息子で皇太子であったアハマド・ビン

・ヤヒヤは北部の部族勢力を率いて反攻に転じ、3月13日、サナアを奪回、この革命は失敗に終わった。

【1955年革命】

こうして父を継いだ新イマーム・アハマドは、この事件でサナアを嫌い、首都の機能をタイズ（イエメン第二の都市、当時の交通路でサアナとアデンの中間に位置する）に移した。

1955年、今度はイマームの軍の反乱が起こり、イマームは城の中に幽閉され、彼の実弟であるアブダッラー・ビン・ヤヒヤがイマームを自称した。しかし、イマーム・マハマドは自分を包圍している兵士達を懐柔することに成功する一方、今回はアハマドの息子であるムハンマド・アル・バドルが北部の部族を率いてタイズに進攻し、僅か5日間でのこの革命の試みも失敗に終わった。

この功績でムハンマド・アル・バドルは、皇太子となり、病気がちの父親の代わりに政治の表舞台に現れるようになった。しかし、彼はナセル大統領に心酔しており開明的な政策を指向したため、保守・宗教界からは危険視され、父親の不興を買うこともしばしばであった。1962年9月19日、イマーム・アハマドは死亡、息子のバドルがイマームとなった。

【1962年9月26日革命】

新イマーム・バドルは理想主義に燃え、それまでの鎖国政策を改め徐々に近代化しようとしていた。しかし即位して僅か一週間後の9月26日の夜、アリ・アブドル・ムグニー中佐は戦車部隊を率いてサナアのイマームのいる王宮（バシャーエル・パレス）に向けて革命の第一砲を放った。（現在、町の中心となっているタハリール（=解放）広場には当時の戦車が銃口をバシャーエル・パレスに向けた姿で飾られている。また、この解放広場横の目抜き通りは「アブドル・ムグニー通り」と名付けられている。）

イマーム・バドルに信頼され一週間前に軍の総司令官に任命されたばかりであったアブダッラー・サラール大佐は、アブドル・ムグニー中佐の呼び掛けに応じて革命軍が占拠したラジオ局に出向き、イマーム制度が崩壊し、共和制が成立したと宣言した。そして自ら大統領に就任、「イエメン・アラブ共和国」がここに誕生した。

この62年革命が48年、55年の革命未遂と異なるのは前二回が「イマームの交代」を目指したのに対して、今回は「イマーム制度そのものの打倒」を目指したこと、並びに一連の計画の背後にエジプトがいたことがあげられる。

【内戦時代】

他方、イマーム・バドルは夜陰に乗じてサナアから脱出し、再び北部部族に助けを求める。死んだと伝えられたイマームが生きていることがわかり、北部部族勢力は態勢を建て直し、反撃の用意を開始した。48年、55年の二の舞いになることを恐れる共和国派（=革命派）に対してはエジプトのナセル大統領が全面的な支持を与え、エジプト軍をイエメンに派遣した。一方王党派（=イマーム派）に対しては、ナセル大統領の勢力伸長を嫌うサウディ・アラビア、ジョルダン

の両アラブ王制国家が軍事的・金銭的援助を与えた。こうしてイエメンは共和国派と王党派による本格的な内戦状態に突入する。

共和国派はエジプト軍の支援によって辛うじてサナア～タイズ～ホディダの三大都市を結ぶ三角形の地域を支配したが、それ以外の地域は険しい山岳地が多く、エジプト軍の近代装備をもってしても、ライフル程度しか持たない王党派のゲリラ戦法を打ち破ることができなかった。

【70日包囲】

王党派は軍事的にむしろ優勢であったが、首都サナアを失っているために国際的な政治力の点で徐々に不利な立場に追い込まれていった。また国民の間には長引く内戦に対する厭戦感が広がっていた。そこで王党派は、1967年の末に総力を結集してサナアに進撃し、首都を包囲した。この包囲は12月1日に始まり、外部との連絡を絶たれた共和国派は最大の危機に直面した。しかし、王党派は部族兵の寄せ集めであり、ゲリラ戦には長じていたが、まとまりに欠けており、サナアを目前にして攻めあぐんでいた。一方、共和国派に対しては11月30日にイギリスから独立したばかりの南イエメンがアデンから援軍を送り、ソ連も武器・食糧を空輸して支えた。こうして翌68年の2月8日遂に共和国は包囲を突破し、危機を乗り越えた。(これを「70日包囲」と呼び、毎年革命記念日に軍事パレードが行われる「70日広場」は、当時の飛行場だった場所を記念して名付けられたもの。)

この戦闘を境に王党派の勢力は弱まり、サウディからの支援も停止され、王党派の一部は共和国派と妥協し、1971年のサウディによる共和国派承認によって内戦は終結した。

5. イエメン共和国閣僚名簿

1990. 5. 24 成立

1. 首相 (Prime Minister)
Haider Abu-Bakr Al-Attas (ハイダル・アブバクル・アル・アッタース)
2. 第一副首相 (First Vice-Prime Minister)
Dr. Hassan Mohamed Makki (ハッサン・ムハマド・マッキー)
3. 内務担当副首相 (Vice-Prime Minister for Internal Affairs)
Brigadier Mujahid Yahya Abu-Shawarib (ムジャヒド・ヤヒヤ・アブ・シャワーリブ)
4. 治安・国防担当副首相 (Vice-Prime Minister for Security & Defense)
Brigadier Saleh Obaid Ahmed (サーレハ・オバイド・アフマド)
5. 労働力開発・行政改革担当副首相 (Vice-Prime Minister for the Development of Labour Power & Administrative Reform)
Mohamed Haidarah Masdoos (ムハマド・ハイダラ・マスドース)
6. 建設相 (Minister of Construction & Installation)
Eng. Abdullah Hussain Al-Khurshmi (アブドゥラー・フセイン・アル・クルシミ)
7. 外相 (Minister of Foreign Affairs)
Dr. Abdulkarim Ali Al-Iriyani (アブドゥルカリム・アリ・アル・イリヤーニ)
8. 海外移住問題相 (Minister for Emigrants Affairs)
Brigadier Saleh Munassar Al-Saili (サーレハ・ムナッサル・アッサイリー)
9. 工業相 (Minister of Industry)
Dr. Mohamed Saeed Al-Attar (ムハマド・サイド・アル・アッタール)
10. 石油・鉱物資源相 (Minister of Oil & Mineral Resources)
Saleh Abu-Bakr bin Husseinoon (サーレハ・アブバクル・ビン・フセインーン)
11. 供給・通商相 (Minister of Supply & Trade)
Fadh1 Mohsin Abdullah (ファドル・ムフセン・アブドゥラー)
12. 地方行政相 (Minister of Local Government)
Mohamed Saeed Abdullah (ムハマド・サイド・アブドゥラー)

13. 電気・水相 (Minister of Electricity and Water)
Dr. Abdulwahhab Mahmood Abdulhamid (アブドルワッハブ・マフムド・アブドルハミド)
14. 外務担当国務相 (Minister of State for Foreign Affairs)
Dr. Abdul-Aziz Al-Dali (アブドル・アジズ・アッダーリ)
15. 公共サービス・行革相 (Minister of Civil Service & Administrative Reforms)
Dr. Mohamed Al-Khadim Al-Wajeeh (ムハメド・アル・ハーディム・アル・ワジフ)
16. 内閣担当国務相 (Minister of State for the Ministerial Council Affairs)
Yahya Hussein Al-Arashi (ヤヒヤ・フセイン・アル・アラシー)
17. 議会担当国務相 (Minister of State for Parliament Affairs)
Rashid Mohamed Thabet (ラシド・ムハメド・サービト)
18. 計画・開発相 (Minister of Planning & Development)
Dr. Farag bin Ghanem (ファラジ・ビン・ガニム)
19. 通信相 (Minister of Communication)
Eng. Ahmed Mohamed Al-Ansi (アフマド・ムハメド・アル・アンシー)
20. 法務相 (Minister of Legal Affairs)
Ismail Ahmed Al-Wazir (イスマイール・アフマド・アル・ワジール)
21. ワクフ・指導相 (Minister of Endowments & Guidance)
Mohsin Mohamed Al-Olfi (モフセン・ムハメド・アル・アウルフィー)
22. 社会保障・社会問題相 (Minister of Insurances & Social Affairs)
Ahmed Mohamed Loqman (アフマド・ムハメド・ルクマン)
23. 文化相 (Minister of Culture)
Hassan Ahmed Al-Lawzi (ハサン・アフマド・アル・ローズイー)
24. 青年・スポーツ相 (Minister of Youth & Sports)
Dr. Mohamed Ahmed Al-Kabab (ムハメド・アフマド・アル・カバブ)
25. 教育相 (Minister of Education)
Mohamed Abdullah Al-Jaifi (ムハメド・アブドゥラー・アル・ジャーイフィー)

26. 司法相 (Minister of Justice)
Abdulwasi' Sallam (アブドルワシヤ・サッラーム)
27. 情報相 (Minister of Information)
Dr. Mohamed Ahmed Garhoom (ムハマド・アフマド・ガルフーム)
28. 運輸相 (Minister of Transport)
Saleh Abdullah Muthanna (サーレハ・アブドゥラー・ムサンナー)
29. 漁業資源相 (Minister of Fish Wealth)
Salem Mohamed Gubran (サーレム・ムハマド・グブラーン)
30. 住宅・都市計画相 (Minister of Housing & Urban Planning)
Mohamed Ahmed Sulaiman (ムハマド・アフマド・スライマーン)
31. 大蔵相 (Minister of Finance)
Alawi Saleh Al-Salami (アラウイ・サーレハ・アル・サラミー)
32. 保健相 (Minister of Public Health)
Dr. Mohamed Ali Muqbil (ムハマド・アリー・ムクビル)
33. 農業・水資源相 (Minister of Agriculture & Water Resources)
Sadiq Ameen Aburas (サーディク・アミン・アブーラーズ)
34. 国務相 (Minister of State)
Mohsin Ali Al-Hamdani (ムフセン・アリー・アル・ハムダーニ)
35. 観光相 (Minister of Tourism)
Hassan Ahmed Al-Lawzi (ハサン・アフマド・アル・ローズイー)
36. 内務・治安相 (Minister of Interior & Security)
Col. Ghaleb Mutaheer Al-Qamish (ガーリブ・ムタッハル・アル・カミシュ)
37. 国防相 (Minister of Defence)
Brigadier Haitham Qasim Taher (ハイサム・カーシム・ターヒル)
38. 労働・職業訓練相 (Minister of Labour & Vocational Training)
Abdulrahman Daiban (アブドルラハマーン・ダイバーン)
39. 高等教育・科学研究相 (Minister of Higher Education &
Scientific Research)
Dr. Ahmed Salem Al-Qadi (アフマド・サーレム・アル・カーディ)

6. サナア市の気候・風土

サナアはイエメンを南北に縦走する標高 3,000 m 前後の峻険な山脈（サナアの西 35 km のところにあるナビー・シュワイブ山は標高 3,660 m でアラビア半島最高峰である）の東側に沿った中央高原地帯にあり、比較的広い盆地のほぼ中央に位置している。

気候は年間を通じて温暖であり（7月の平均気温は 22.5℃）、真夏でも冷房の必要はほとんどない。ただし、冬の12月から1月にかけては朝晩氷点下に下ることがある（時として最低気温は -8℃に達することがある）ので、石造りの家では相当冷え込み、暖房が必要となる。

湿度は非常に低く、エレベーターのボタンや自動車のドアなどに触れるとき静電気が発生して軽いショックを受けることがある。また、乾燥しているので、日中風が吹くと埃っぽくなる。

雨季は2回あり、最初が3月から4月、二度目が7月から8月にかけてである。多くの場合、午後から激しい夕立になるが、普通は1～2時間でやむ（時として1日中降ることもある）。雨上がりには排水設備が整っていないために道路のあちこちで洪水が見られる。年間降雨量は 200～500 mm であるが、年によってばらつきが大きい。

サナアの気候

(1986年：統計年鑑)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
温 度	最高	24.1	25.7	26.4	25.9	29.7	30.6	31.5	29.1	28.1	25.5	25.6	24.9
	最低	0.5	6.2	10.2	9.5	11.5	12.7	14.1	14.0	10.5	5.6	5.4	4.3
	平均	12.8	15.9	18.6	17.3	21.3	22.8	22.5	21.3	20.1	16.6	16.9	14.4
降雨量mm	0	1.5	45.8	60.8	4.5	23.6	8.1	63.5	2.1	0	0	3.4	
湿度(%)	42	56	55	66	42	42	48	49	42	—	40	30	

7. サナア市の人口・民族・宗教

サナアの人口は約 42.7 万人（1986年センサス）、うち旧市街（オールド・サナア＝城壁に囲まれていた地区）に 4 万人。

人種的にはアラブであり、比較的小柄で顔立ちは彫りが深い。また、古来からのアフリカ東海岸との交流のために肌の色の濃い人々も多く、また、アデン経由でインドとの行き来もあったため、インド亜大陸系の風貌を持つ人も見かける。

宗教的には、例外なくイスラム教徒である。イエメンのイスラムにはザイディー派（シーア派の一派であるが、極めてスンニー派に近いといわれている）、シャーフィイー派（スンニー派の正統四法学派の一つ）の二つがあり、サナアの住民はザイディー派に属し、タイズ、アデンなどからやって来た人々はシャーフィイー派であるが、宗派間の違いは余り強く意識されず、表立った

対立は無い。かつてユダヤ人も存在し、銀細工、カメラ窓（イエメンの伝統的ステンドグラス）職人をしていたが、イスラエルの建国とともにイスラエルに移住してしまい、現在ほとんど残っていない。

8. サナアの歴史

【伝説上のサアナの由来】

一般に語り継がれている伝説によれば、サナアはノアの息子シュム（セム）によって拓かれたとされている。シュムは、はるばる北方から下ってきてイエメンに辿り着き、サナア盆地を見て、ここに住むことを決めた。最初、彼は盆地の西の外れのアイバン山の麓を選んで地ならしを始めたが、その時、一羽の鳥が飛んで来てさえずりながら彼を案内しようとした。シュムはこの鳥がアッラーの使いで、彼により良い場所を教えようとしているのだと確信して、その後続いた。鳥は盆地を横切って東の端に至り、ヌクム山の麓に枝を落とした。そこでシュムはここに町を造り始めた。このため、この町は初め「マディーナット・サーム（シュムの町）」と呼ばれた。後に町の名はアザル（聖書のウザル、すなわちヨクタンーアラビア語ではカハタンーの六番目の息子の名）になり、最後にサナア＝古代語で「強められしもの」＝と呼ばれるようになった。

【イスラム以前】

最初に都市としてのサナアについての記述が見られるのは紀元一世紀になってからであるが、アデンとメッカを凌ぐ隊商路の要衝として、また定期的な大交易市場として、この町は、それよりもはるか以前から存在していたに違いない。十世紀の歴史家ムハンマド・アル・ハムダーニは、シバ王国のシャール・アウタール王（二世紀後半の人物）が後述の有名なガンダム宮殿を取り囲むようにして最初のサナアの市壁を造ったとしている。三世紀から六世紀初めにかけてサアナに関する記録が一切残っていないのは、この間ヒムヤル王国の首都がドフェール（ヤリームの近く）にあったことによるのであろう。当時は、かつてのシバ王国の首都マーリブも既に往時の重要性を失っていた。しかしながら最後のヒムヤル王国の王は、サナア、すなわちガムダン宮殿からイエメンを治めていたとされており、525年にエチオピア軍がやってきてヒムヤル王国を滅ぼしイエメンを支配し始めたころ、更にその50年後にペルシャ軍がこれに取って代わった頃には、サナアは首都の座をドフェールから奪い取っていた。

イスラムの到来以前、サナアには二つの巨大な建物があった。一つはシバ王国のシャール・アウタール王によって建てられたとされているガムダン宮殿であり、もう一つはエチオピア人総督のアブラハがその支配の初期に建立し、アル・ガリス（ラテン系の聖職者の名）と呼ばれたキリスト教教会であった。イエメンの歴史家たちは、ガムダン宮殿について「20階建てで、建物の四側面は、それぞれ異なった色の石でできていた。建物の四隅に配された四つの青銅の獅子像は風が吹く度に唸り声をあげた。最上階の天井は透明な石花石膏（アラバスター）でできており、王

は座したまま飛ぶ鳥を見ることができた」と伝えている。またガリス教会についても、「天井全体がチーク材できていて、金と銀の釘が打ち付けてあり、説教壇は金と銀で飾られた黒壇できていた。その素晴らしさのあまり、イエメンはおろか全アラビア（半島）中の人々がここを訪れたがった」と伝えている。

【イスラムの到来以降】

628年イスラムの波がイエメンにも押し寄せ、ガムダン宮殿もガリス教会も、この波に押し流されるように取り壊されてしまった。しかし、ガリス教会の石材はイエメンのイスラムの中心となるべく新たに建てられたサアナの大モスクにそのまま使われたし、ヌクム山にはほど近くサアナを見下ろすガムダン宮殿跡には新たな城が建てられた。前述の歴史家アル・ハムダーニの時代には、まだガムダン宮殿の痕跡を示すものが残っていたという。ガリス教会のほうは、洗礼堂の壁の礎石が現在辛うじて残っている。ピザンチン帝国の資料によれば、サアナの司祭は九世紀まで存在したという。

こうしてイスラム都市としてのサアナは大モスク、新しい城（カスル・アル・シラーハ）、そして拡大され常設となった市場（スーク）という三つの顔を持つ都市として蘇り、これら三つの顔は二十世紀の今日に至るまで変わることなく、その営みを続けている。

七世紀以来、サアナは国内諸割拠勢力の権力闘争の焦点となり、また外国勢力の侵攻の標的となり続けてきた。その意味でサアナはイエメンの首都であり続け、サアナを征服することは、少なくとも名目的にはイエメンを征服することであった。サアナほど数多くの流血と征服を経験した都市はイエメンには、ほとんどない。イエメンの歴史家ヤヒヤ・ビン・フセインは十一世紀のイエメンについて「サアナを始めイエメンは至る所に廃虚が溢れている。対立と抗争と不和のせいである。サアナとその周辺は、まるで焼け落ちたような有様である。毎年、ときには毎月、新しいスルタンが権力を奪い取る」と記している。

サアナは十六世紀にエジプトのマムルーク軍に征服され、ついで1538年にオスマン・トルコがこれに続く。オスマン・トルコ軍は一旦ザイディー派イマームによって駆逐されるが、1872年に再びサアナを陥れ、第一次大戦の終わるまで居座った。

その後（1918年以降）、サアナを中心とするイエメンは、イエメン王国としてザイディー派のイマーム・ヤヒヤによって統治された。1948年イマーム・ヤヒヤが暗殺された際、皇太子アハマドらは父ヤヒヤを暗殺した反乱軍を制圧するために北部部族を率いて首都サアナに進軍し、サアナはその軍勢による略奪にさらされた。また1962年のイマーム・アハマド死亡後に始まった内戦中の1967年から1968年にかけてサアナは、王制派（イマーム派）軍に包囲され、70日間の休み無い砲撃によって大きな被害を被った。

しかしながら、上述の期間以外のサアナは平和と繁栄の下にあり、初期のヨーロッパ人訪問者はサアナ内外の果樹園、特に旧市街の西側のビール・アル・アザブ地区についての彼らの好印象

を書き残している。ただし、今日では、かつてサナアが、その市壁を一步出れば耕作地が広がっており、緑の平地に浮かぶ町であったと想像するのは困難なほど人口集中が進みつつある。

9. 通 信

(1)電話：国内の電話網はまだ未整備でサナア、タイズ、ホディダの三大都市は通話が可能であるが、それ以外の地域との電話連絡は困難である。

一方、国際電話は、日本のNECが設置したパラボラアンテナのお陰で、世界中のほとんどの地域へダイヤル直通電話がかけられる。日本へかけるには最初に〔0081〕を回し、続いて市外局番（最初の0は除く）、通常の番号を回す（ただし、ホテルでは交換台経由）。

なお日本との時差は6時間で、こちらの正午は日本の午後6時になる。

(2)郵便：日本への航空郵便は、封書が9リアル、ハガキが7リアルというのが基本であるが、ホテルから出すと割高になる。およそ一週間から十日かかって日本に着く。

10. そ の 他

(1)水は地下水で、それほど悪い水ではないが、鉄錆びやカルシウム分が多いので、飲料水としては水道水を選び、プラスチックボトル入りのミネラルウォーターを飲むのが無難である。

(2)写真について、イエメンは写真に特別な興味のある人でなくとも、風景、風俗、衣裳など思わずカメラに収めたくくなるような被写体に溢れている。しかし、この国では軍事施設を撮ることは固く禁じられている。したがって、空港、港湾施設、基地、橋等の撮影が不可能であるのはもちろんのこと、これ以外に高い山の山頂には、ほぼ必ず軍事施設があるので、山の麓から山頂にカメラを向けたりすると、思わぬトラブルに巻き込まれることがあるので注意を要する。実際にシェラトンホテルからヌクム（ホテルの裏の岩山）を撮ろうとして治安警察に連行された例、ハッダの山でフィルムを抜き取られた例もあり、また町中でも気づかずに警察の建物を撮ってしまい、カメラを取り上げられたという話もある。

もう一つの被写体としてタブーとなっているのが女性。イエメンはイスラム教国であり、国民の大多数は女性に関して極めて保守的な考えを持っている。女性が親兄弟以外の他人に顔を見せることは厳に慎むべきこととされており、まして異教徒である外国人に（ベールを覆っていたとしても）写真を撮られるのは「一家の恥」と考える人が多い。

スークなどでも見かける黒づくめのエキゾチックな姿や、カラフルな布を頭から被った女性の姿は、とても興味深いものであるが、あからさまにカメラを向けることはトラブルの元となるので注意が肝要。一般に人物（男でも女でも）を撮るときは撮影してよいかどうか確認してから（ジュエスチャーでも通ずる）カメラを向けることが肝要。