

エジプト・アラブ共和国 シナイ半島地下水開発計画調査 事前調査報告書

昭和63年9月

国際協力事業団

開 二
105-173
88-173

エジプト・アラブ共和国シナイ半島地下水開発計画調査事前調査報告書

昭和六十三年九月

国際協力事業団

105
918
008
ARY

国際協力事業団

18503

JICA LIBRARY



1071396[4]

18508

序 文

日本国政府は、エジプト・アラブ共和国政府の要請に応え、同国シナイ半島地下水資源開発計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施することとなった。

当事業団は、本格調査に先立ち、昭和63年6月29日から同年7月13日まで当事業団社会開発協力部開発調査第二課課長代理 松浦正三を団長とする第1次事前調査団（コンタクト・ミッション）を同国へ派遣し、要請内容の確認、資料収集及び現地踏査を行った。

さらに、同調査結果に基づき、昭和63年8月22日から同年9月4日まで松浦正三を団長とする第2次事前調査団（S/W・ミッション）を同国へ派遣し、本格調査の範囲、内容及び実施方法について十分協議した結果、Scope of Work に合意した。

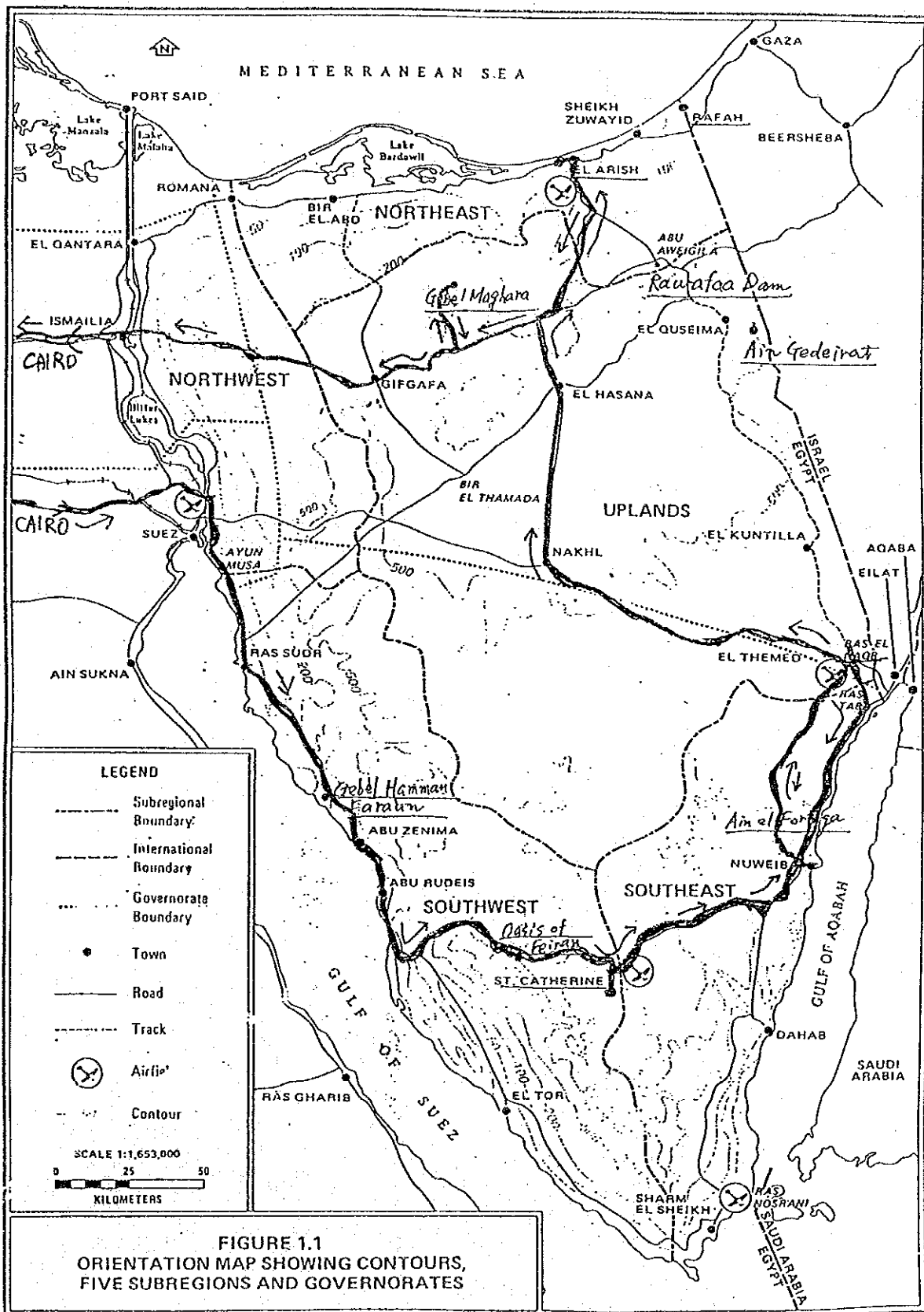
本報告書は事前調査団の調査結果の概要を取りまとめたものであるが、今後の本格調査の立案、検討及び実施に際し、参考となることを期待するとともに、今回の調査実施にあたり多大のご協力をいただいたエジプト共和国政府、在エジプト日本大使館並びに関係各位に対し厚く御礼を申し上げます次第である。

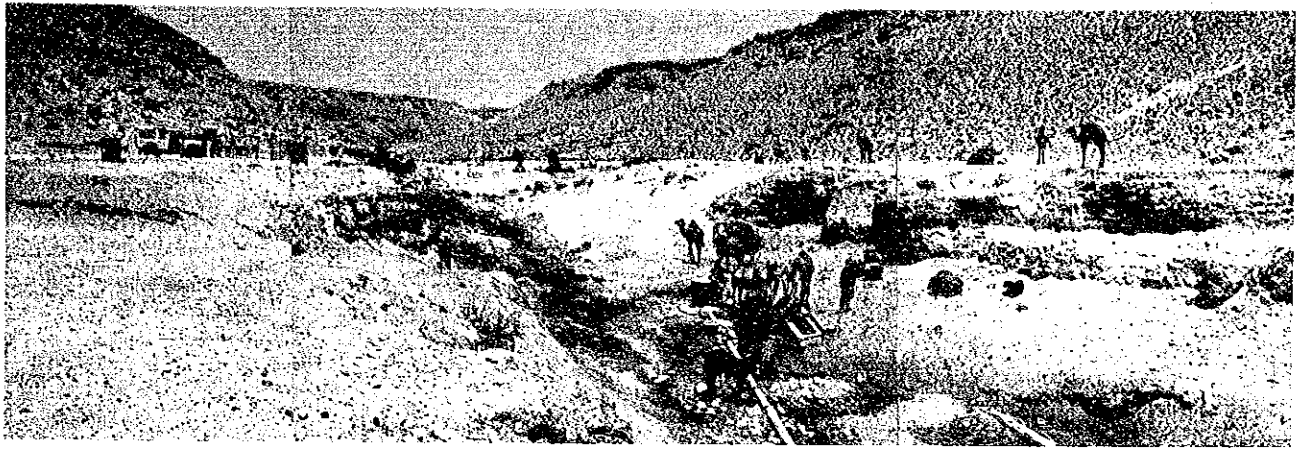
昭和63年9月

国際協力事業団

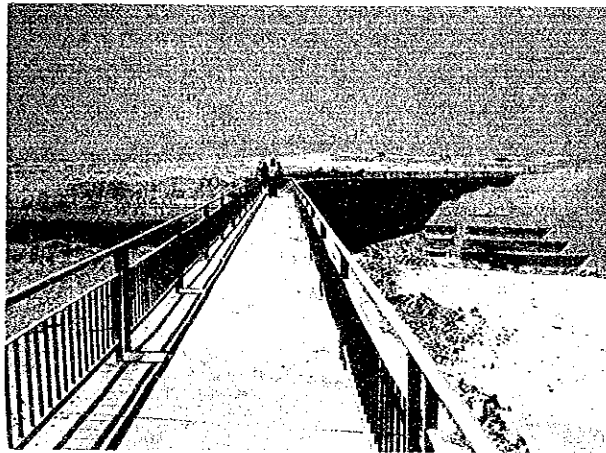
理事 玉 光 弘 明

調查对象地域位置图

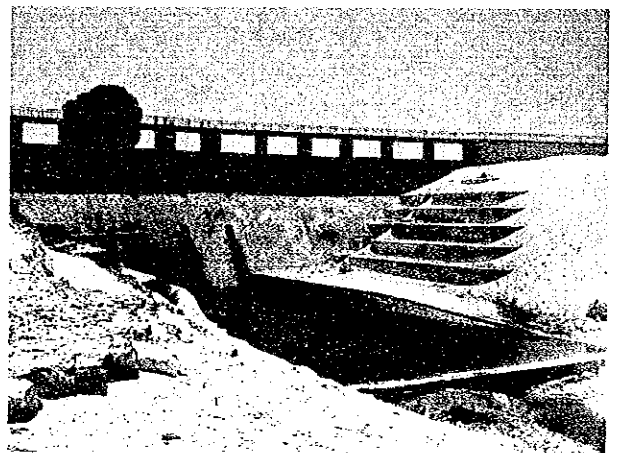




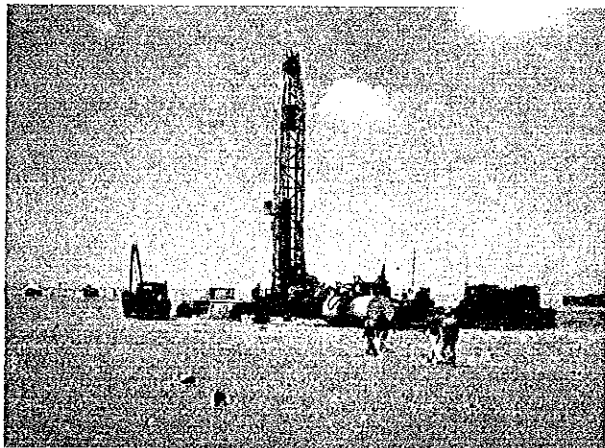
▲マガラプロジェクトの浅井戸及び気象観測所
ここよりオリーブ畑にパイプ送水



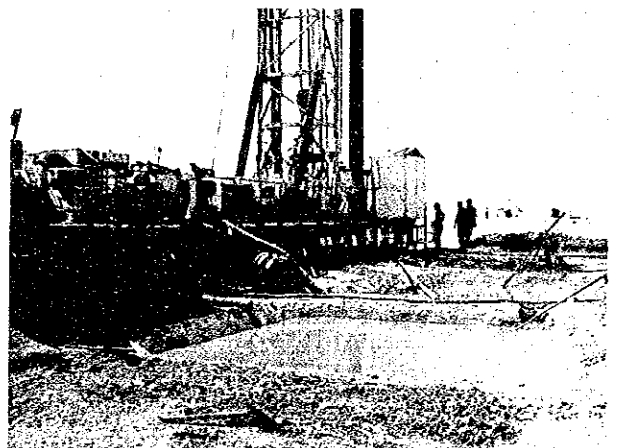
▲ラファードム 右側の貯水池サイド 45年間で初の洪水



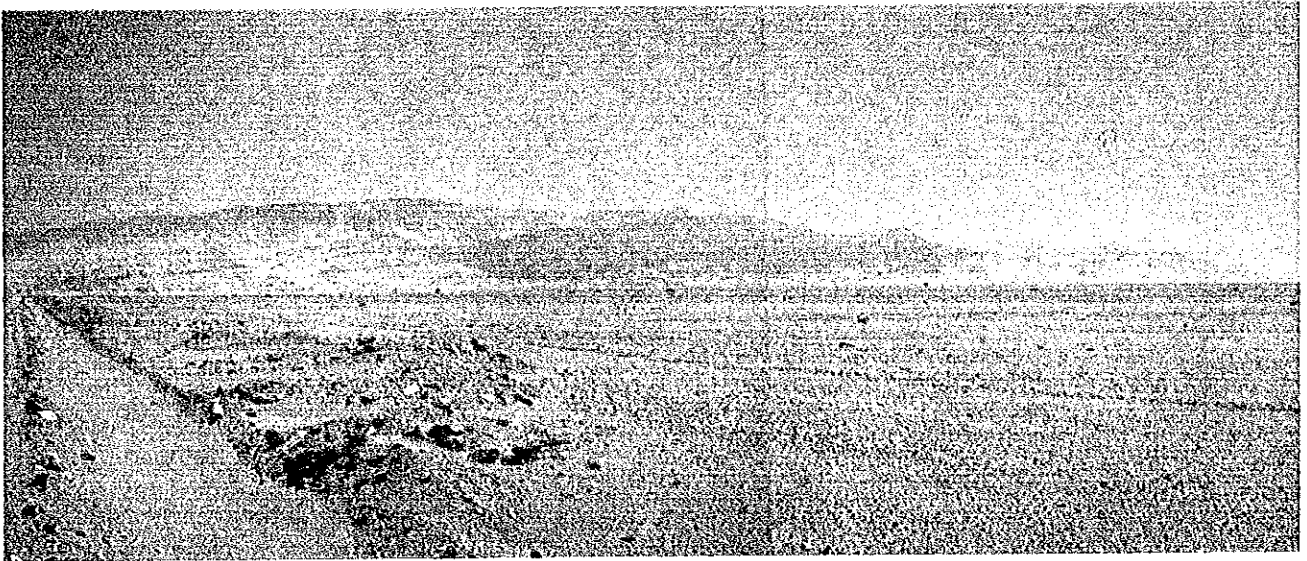
▲下流側ダム全景



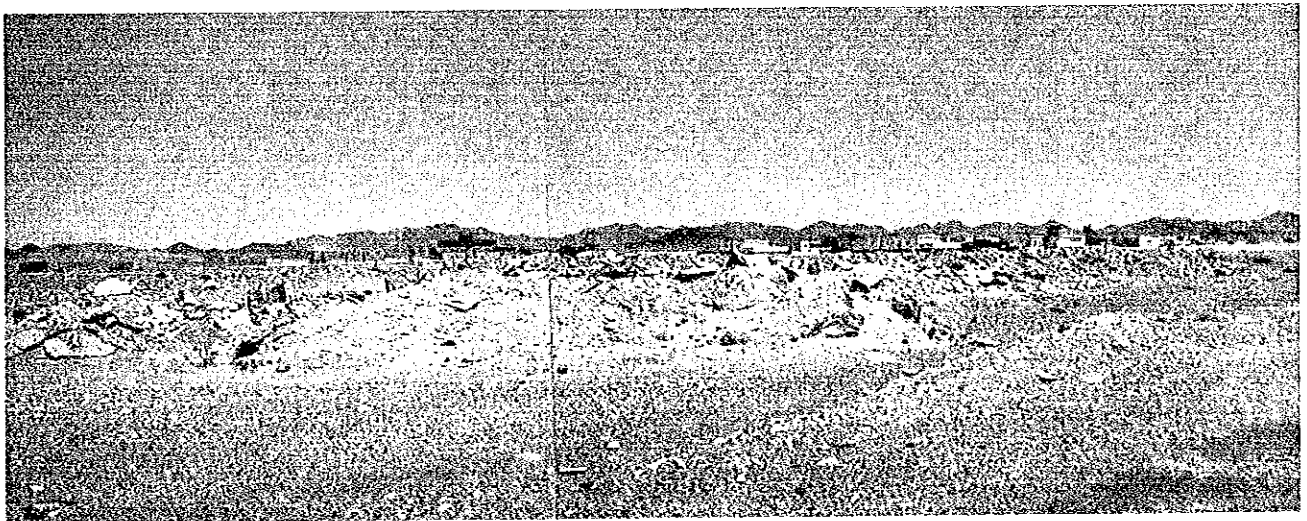
▲UNESCO 堀削現場 2000m級



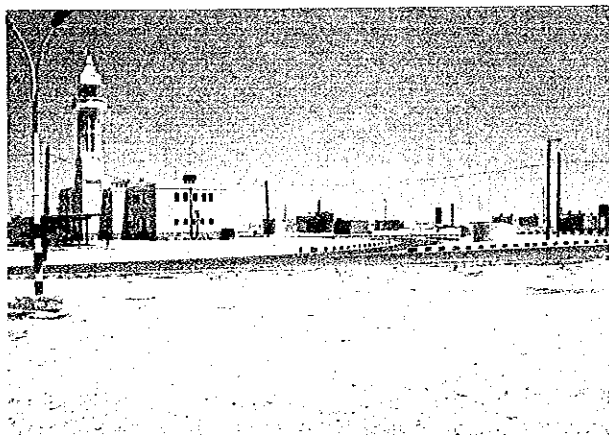
▲UNESCO 堀削現場 2000m級



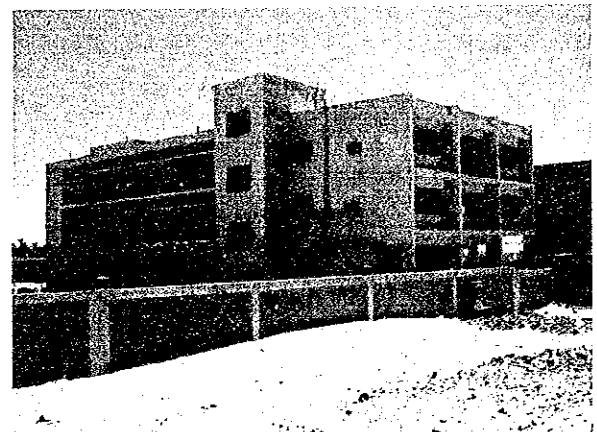
▲シナイ半島南部（シナイ半島の全年代の地層の露頭が観察できる）



▲Nakab地区集落



▲Nakhl地区集落



▲水資源研究所（RIWR）エルアリッシュ支所

エジプト・アラブ共和国概要

面積 : 11,002千km² (日本の約2.7倍)

人口 : 5,045万人 (1986年センサス)

政体 : 共和制

宗教 : イスラム教 スンニ派 (約90%) その他 : キリスト教系 コプト教徒,
ギリシャ正教徒

言語 : 公用語としてアラビア語 (都市では, 英語, 仏語も通じる)

民族 : 総人口の98.5%がアラブ系エジプト人
ほかに ヌビア人, スーダン人, ギリシャ人

教育 : 6~12歳まで義務教育制, 学費は国家が負担
大学はカイロ大学をはじめ計8大学がある

通貨 : エジプトポンド (LE) 1LE = 100ピアストル
自由外貨市場レート 1US\$ = 2.315 LE (1988年8月31日現在)

気候 : ほぼ全域にわたり乾燥した亜熱帯性気候

GDP : 一人当たり GDP

648.9 US\$ (1982) 1,102.7 US\$ (1986)

産業別構成

農業 (17.3%) 製造業 (14.6%) 石油 (15.6%)

商業・金融 (18.2%) 社会サービス (18.6%) その他 (14.7%)

北シナイ州の概要

面積 : 約 26,000 km² (シナイ半島の約 45%)

県庁所在地 : エル・アリシュ市

人口 : 171,505 人 (1986)

全人口の 0.34%

(都市人口 61.6%)
(農村人口 38.4%)

耕地面積 : 644 フェダン (1 Feddan = 0.42 ha)

道路延長 : 2,100 km (うち舗装 1,715 km)

電話 : 119,000 台

上水道 : 全シナイ 106,000 t/day

最近のインフラ整備 : 第 1 次 5 年計画 (82~87)

ナイル導水	410 km	ナイル→北シナイ→エル・アリシュ
		ナイル→南シナイ→エル・トール
塩水化プラント	7 カ所	El Masaeed 3
		El Arish 3
		Dahab 1
電化プロジェクト	11 市町村	

目 次

序 文

調査対象地域位置図

調査写真

単位、略号

第1章 事前調査の概要	1
1-1 事前調査の目的・内容	1
1-2 調査団の構成	1
1-3 調査日程	2
第2章 事前調査結果の概要	5
2-1 要請の背景・経緯	5
2-2 要請の内容	6
2-3 S/Wの概要	6
2-4 M/M・S/Wの協議結果	7
2-5 S/WとM/M	14
第3章 調査対象地域の概要	29
3-1 一般	29
3-2 社会・経済	31
3-3 気象・水文	32
3-4 河川（ワジ）と水文観測	33
3-5 地形・地質	38
第4章 シナイ半島の地下水	42
4-1 既往の地下水調査	42
4-2 シナイ半島の水文地質	48
4-3 地下水利用の現状と問題点	56
4-4 現地視察結果	58

第5章 本格調査の内容	71
5-1 調査の基本方針	71
5-2 調査項目及び内容	71
5-3 調査の実施体制	83
5-4 調査用資機材	85
5-5 調査工程	87
5-6 調査実施にあたっての留意点	88

資料編

1. 要請書（原文コピー）	91
2. 現地収集資料リスト	104
3. 面会者リスト	106
4. ボーリング見積り	108
5. 価格調査結果	126
6. 深井戸地質柱状図の1例	128
7. 井戸台帳の1例	129
8. シナイ半島地形図索引	130
9. 水文地質図の国際凡例（IAH, IAHS, UNESCO, 1983）	133
10.	

第1章 事前調査の概要

1-1 事前調査の目的・内容

① 第1次事前調査（コンタクト・ミッション）

エジプト国の要請に対し、その要請背景及び内容の確認を行うとともに、先方に対し我が方開発調査による技術協力の枠組みを説明し、さらに先方と本調査案件の骨格を協議することにより、協力の妥当性を明らかにするとともに、本格調査の実施方針を検討する。

- 1) 相手国の要請内容の確認（現行5カ年計画における方向、実施状況）
- 2) 相手国の調査の実施体制の確認、調査の進め方に関する協議
- 3) 既往調査、既存資料の確認、収集・予備解析
- 4) 現地の状況調査
- 5) 調査内容（対象地域、重点分野）の意向確認

② 第2次事前調査（S/W・ミッション）

上記コンタクト・ミッションがエジプト側と確認・協議した結果及び補足調査結果に基づき、実施調査のS/Wについてエジプト側と協議し、とりまとめのうえ署名する。併せて実施調査の作業・工程計画等に必要な補足現地調査を行う。

- 1) 調査範囲、内容の確認
（調査対象事項、調査期間、アウトプット等）
- 2) 現地踏査
（北シナイ州を対象として調査、サイトの現状把握等）
- 3) 調査に必要な資料・情報収集
（ボーリング等調査経費積算データ等の収集）
- 4) 調査作業の範囲、精度の検討・協議
（水文、地質、物探、ボーリング等）
- 5) 本格調査実施時の先方の受入れ体制の確認

1-2 調査団の構成

① コンタクト・ミッション

団長（総括）	松浦正三	国際協力事業団社会開発協力部開発調査第二課課長代理
団員（水文地質）	鎌田烈	国際航業（株）応用地質部長
〃（水文）	山口雅弘	国際航業（株）海外部

- 団員（調査企画） 染井 耕一 国際協力事業団調達部契約課
- ② S/W・ミッション
- 団長（総括） 松浦 正三 国際協力事業団社会開発協力部開発調査第二課課長代理
- 団員（水文地質） 鎌田 烈 国際航業（株）応用地質部長
- 〃（地下水開発） 山口 雅弘 国際航業（株）海外部
- 〃（調査企画） 末森 満 国際協力事業団社会開発協力部開発調査第二課

1-3 調査日程

① コンタクト・ミッション

日順	月 日	行 程	調 査 内 容
1 2	6月29日（水） 30日（木）	東京発 カイロ着	JICA エジプト事務所にて打合せ，日本大使館にて打合せ，国際協力省表敬訪問，水資源研究所所長表敬及び日程打合せ
3	7月1日（金）	カイロ （イスマイリア経由） エル・アリシュ	マガラ地区調査（既存井，かんがいプロジェクト観測所） UNICEF プロジェクト削井現場調査
4	2日（土）		ケセイマ地区調査 ルファダム，ガットリアスプリング ラファ市調査
5	3日（日）	エル・アリシュ （カンターラ 経由） カイロ	水資源研究所エル・アリシュフィールドオフィス訪問 UNICEF プロジェクトオフィス訪問 北シナイ州知事表敬訪問
6	4日（月）		水資源研究所にて協議 （現況の所内活動の聴取，既往調査の聴取，資料要求）
7	5日（火）		水資源研究所にて協議 団内打合せ，ミニッツドラフト作成
8	6日（水）		水資源研究所にて協議
9	7日（木）		EECカイロ事務所訪問 水資源研究所所長とミニッツ署名 （開調フレームの説明，S/W定型フォームの説明， 本格調査の内容説明）

	7月7日(木)		JICA 事務所長報告 収集資料の予備解析 (JICA 事務所)
10	8日(金)		JICA 事務所にて背景資料の収集・解析, 団内打合せ
11	9日(土)		団内打合せ, デルタバラージュ見学 市内書店にて資料収集
12	10日(日)		JICA事務所にて打合せ 日本大使館にて報告(鎌田, 松浦) 国際協力省に結果報告(松浦) 地質調査所にて資料収集(山口, 染井) 軍測量局にて地図収集(山口, 染井) ボーリング会社の事情聴取(鎌田) (松浦カイロ発)
13	11日(月)		ボーリング会社の事情聴取 地質調査所にて資料収集 事務所報告 ○コピー (松浦帰国)
14	12日(火)		(鎌田, 山口, 染井 カイロ発)
15	13日(水)		(鎌田, 山口, 染井 帰国)

② S/W・ミッション

日順	月 日	行 程	調 査 内 容
1	8月22日(月)	東京 発	JICA エジプト事務所にて打合せ
2	23日(火)	カイロ着	国際協力省表敬訪問 水資源研究所(RIWR) 所長表敬, 日程打合せ
3	24日(水)		RIWR にて協議 日本大使館にて打合せ
4	25日(木)		RIWR にて協議 水資源研究センター(WRC) 所長表敬 JICA 事務所にて資料整理
5	26日(金)	カイロ→ヌエバ	南シナイ半島調査(Gebel Haman, Feiran Oasis) ヌエバ市長表敬

6	8月27日(土)	ヌエバ→ナカブ →ヌエバ	ナカブ地域調査 (Ain Fortaga, Noqb, Taba) Nuweiba 市ボーリングサイト視察
7	28日(日)	ヌエバ→ナカブ →ナハル→エル ・アリシュ	ナハル, ナカブ地域調査 シナイ開発庁長官表敬
8	29日(月)	エル・アリシュ →カイロ	RIWR フィールド オフィスにて打合せ イタリアプロジェクト オフィス事情聴取 マハラプロジェクトサイト視察
9	30日(火)		RIWR にて S/W, M/M 協議 JICA 事務所にて打合せ, 資料整理 EEC プロジェクトと打合せ
10	31日(水)		RIWR, ボーリング会社等より資料収集 JICA 事務所にて資料整理
11	9月1日(木)		国際協力省にて S/W 及び M/M 署名 日本大使館, JICA 事務所結果報告
12	2日(金)	カイロ→ロンドン	カイロ発
13	3日(土)	ロンドン	帰国
14	4日(日)	→東京	

第2章 事前調査結果の概要

2-1 要請の背景・経緯

エジプトは国土の大部分が砂漠であり、耕地は南北に貫流するナイル川の流域及びデルタ地帯に集中しており、その面積は全国土の約3%にすぎない。

エジプト政府は人口増加と社会経済の発展に対処するため、ナイルデルタ部の既存開発地に加え、鉱物、観光資源、農業の潜在力が認められるシナイ半島部の開発の必要に迫られ、開発省、農業省、公共事業・水資源省、州政府等が中心となり、外国援助も加え開発を進めている。同国の新5カ年計画（1987/88～1991/92年度）において、他の地域開発（ハイダム地域、New Valley、紅海沿岸）よりも多くの投資が計画されている。これまで道路通信等のインフラ整備は着実に進められており、水資源についても、従来のスエズ運河周辺部に加え、ナイル川の導水施設が日量7,000トン、1988年6月に北シナイ州エル・アリシュ市に到達利用を開始している。

シナイ半島（面積61,000km²、人口1986年時約20万人）は全域が砂漠であり、平均年間降水量は北東端部のごく一部を除き20～40mmと極めて少なく、表流水の開発は一部の地域で堰の建設は行われているものの、極めて困難な現状である。

地下水については北東部のエル・アリシュや南西部のエル・トール地区において、深さ50～100mの浅層部から飲料水やかんがい水源として開発利用が進められているが、近年の過剰揚水により、海岸部においては海水侵入による塩水化が進行している。一方、北部～中央部の地下200～800mの中・深層部には、白亜紀～第三紀層が堆積し、有力な帯水層を成すものとみられるが、その分布状況や帯水能・水質等については、未だほとんど判っていない。

今後のシナイ半島の水資源開発は、地下水をメインとして行うことが必要で（一部地域のナイル導水計画は別としても）、これまで各国、国際機関の援助により種々調査報告がなされてきた。なかでも全体開発計画については、米国（USAID）によるシナイ開発報告（SDS Phase I）が最も広範なものであるが、開発全般の根幹となる水資源開発について、特に地下水資源の評価については予備的なものにとどまっている。この調査を補完するものとして、水資源研究所（RIWR）が80年からEECの技術協力を得つつ水資源の調査を進めているものの、その成果は自然条件の厳しさ、予算不足もあり、未だデータの収集の段階にとどまっている。

この地域において、将来、必要とされる水需要に対する利用可能水量の調査は、体系的に行われておらず、この地域の総合的な開発計画の実施に大きな支障となっている。

エジプト政府は、上記背景を踏まえて、地下水を中心とした水利用基本計画及び地下水開発基本計画の策定に関し、本件を1988年度案件の第1プライオリティとして、1988年2月に日本政府に協力を要請してきたものである。

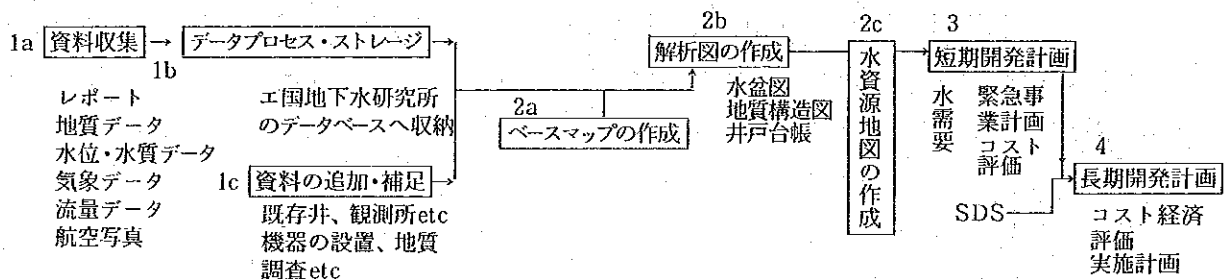
これを受けて、昭和63年6月に第1次事前調査団（コンタクト・ミッション）、及び63年8

月に第2次事前調査団（S/W・ミッション）をエジプト国に派遣し、エジプト側との協議及び現地調査の結果に基づき S/W を署名したものである。

2-2 要請の内容

本件要請はエジプト国シナイ半島における地下水開発・水利用基本計画の策定（水資源地図、開発計画）を目的とする調査であり、その概要は下記のとおりである。（英文要請書は資料編参照）

- 1) シナイ半島部の水資源に係る既存のデータの集積，処理を行い，データベースを作成する。
- 2) 地下水・表流水双方の総合水資源マップを作成する。
- 3) 緊急プロジェクトのための短期水資源開発計画の作成。
- 4) 長期水資源開発計画の作成。
- 5) 水文地質図作成のための技術移転。



2-3 S/Wの概要

1. 調査目的

- 1) 地下水資源評価図を作成する。
- 2) 地下水開発有望地域を選定する。
- 3) 調査を通じ，エジプト側カウンターパートに技術移転を行う。

2. 調査対象地域

シナイ半島北シナイ州政府全域の約 26,000 km² を対象とする。

3. 調査内容

調査は3期に分けて実施する。

- 1) フェーズ I：現状分析及び現地概査。
 - 既存データ，調査報告書の収集，解析，評価（航空写真，衛星写真の解析含む）
 - 現地踏査（地質・水文・電気探査）及び解析
 - 水文地質データベースの開発準備
 - 地下水資源評価図（第1ドラフト）の作成

- 詳細調査計画の改訂
- 2) フェーズⅡ：現地調査及び解析。
- 現地調査（地質，水文・水質，物理探査，ボーリング調査）及び解析
 - 水文・地質データベースの開発
 - 地下水資源評価図（第2ドラフト）の作成
- 3) フェーズⅢ：評価。
- 補足現地調査
 - 地下水資源評価図（最終版）の作成
 - 地下水開発基本計画の策定
4. 調査期間
- 全体で36カ月間とする。

2-4 M/M及びS/W協議の結果

① コンタクト・ミッション

[水資源研究所]

1. 要請の5項目の内容に関し，我が方から，その重要度調査対象としての現実性に関し協議を行ったが，先方の意見は次のとおりである。
 - 1) データベースについては，現在，EECの供与により，表流水のデータを入力している。今後，地下水の既存井のデータ，新規プロジェクトのデータをインプットし，総合的なデータベースの構築を行いたい。
 - 2) 水資源地図については上記1)のデータベースを基に，他の資料解析，ランドサット，航空写真判読等を加え，地下水の評価を行うためのマップ作りをしたい。
 - 3) 短期計画・長期計画については，州政府，シナイ開発庁等のプロジェクトに参画し，削井調査を行うための計画作りを行いたい。特に表流水のダム計画，防災を考慮した河川管理計画を含め，水資源計画を作成したい。
 - 4) 技術移転については，3～4カ月の研修コース，2～3週間の短期研修に加え，調査団による技術移転により，スタッフの育成を図りたい。
 - 5) 機材について，研修について，の要望はミニッツのとおり。
 - 6) オフィス・スペースは所内，フィールドオフィスに確保。

[国際協力省]

- 2.1) 年次要請の第1位の理由について特にコメントはない。第1位ということそのまま受け取っていただきたい。
- 2) S/Wの署名については，RIWR所長とすることとしたい。水資源省として異見はな

いはずである。従来どおりのパターンであれば国協省としても Witness する。UNDERTAKING 等、従来との変更・追加があれば我が方との協議が必要。

[北シナイ州知事]

3. 1) 地下水については重要。ナイル導水も1988年6月にエル・アリシュまで完成したが（日量7,000m³, 最大容量22,000t）ナイル川の渇水傾向もあり、今後、増設の計画はないし、期待できない。
- 2) エル・アリシュからラファへかけての地域の農業についても深刻な問題（地下水過剰汲み上げによる塩水化）もあり、協力はありがたい。
- 3) JICA の協力は、始まるまで遅いのが難点だが、その協力内容については感謝している。（エル・アリシュ下水道計画調査時の知事でもある）
4. これらの先方の要望に関し、協議、現地調査、資料の検討を踏まえ、下記の調査団の見解を得た。
 - 1) データベースについては、未だ表流水のデータの入力中であり（地下水は未入力）、総合的なデータベースの構築を行うことは先方のスタッフ、データ数からも長期間を要し、通常の開発調査よりも技術協力になじむものと考えられる。さらに EEC の技術協力との競合も予想される。
 - 2) 水資源地図については、表流水は既存データの集積も未だ観測所ネットワークの形成途上であること、表流水の利用には未だ多くの課題があることにより、表流水を含めた調査は適当でない。
 - 3) 長期計画の作成については、表流水について未だ種々の対策がアイディアの段階にとどまっており、上記 2) の方向も確認されたことにより、無理がある。
 - 4) 短期計画の作成については、広大な地域に対し、上記 2), 3) の状況では総合的な面から無理があること。また、イタリア、UNICEF、シナイ州政府、シナイ開発庁等の個別プロジェクトが行われている状況で、特に先方が我が方に要望するプロジェクトが特定できていない。ただし、緊急プロジェクトとしてナカブ地域については特に要望があったので検討を加える。
 - 5) 上記の点から、また、シナイ半島における開発の地域的優先度、現況における人口分布、既存資料の賦存状況を考慮し、北シナイ州における地下水利用基本計画を調査の目的、対象とすることが望しい。
5. 先方（RIWR）との協議、関連資料の賦存状況の検討、現地踏査を通じ、要請調査内容については全てをカバーするには長期間を要すること、ないしは先方実施機関の体制に無理がある面も見受けられ、開発のニーズ、ポテンシャル及び既存データの賦存状況を考慮し、おおむね次の調査内容で、今後、双方が検討を進めることを確認した。

- (1) 対象地域は北シナイ州域とする。
- (2) 地下水を対象とし、表流水、他の項目は除外する。
- (3) 先方所有のコンピューターも利用しつつ、25万分の1程度の水文地質図を中心とする地下水資源評価図を目的とする調査を行う。

(その他、調査のフレーム、及び先方実施機関の確認、所要機材、研修、緊急調査地域等、先方の要望についても上記調査内容の確認とともにミニッツにとりまとめた)

6. 今後、本件調査については、さらに調査の実施方法、既存のデータ集積状況、先方の必要とする調査精度、先方の組織の能力（コンピューターの運用）等の検討を行い、本格調査の対応が決定されることになろうが、シナイ開発の現況、国家計画の方向からも、今後、シナイ半島の開発については着実に実施が行われていくものと思われる。したがって、シナイ半島の水資源開発の重要な部分を担う本調査は、エ国の地域開発に大きく寄与するものと考えられる。

② S/W・ミッション

1. プロジェクトタイトル

事前調査（予備）の協議において、調査対象地域を北シナイ州域（26,000km²）に絞り、かつ、地表水を調査対象より外し、地下水のみを調査対象としたことにより、日本側はプロジェクトタイトルを“North Sinai Groundwater Resources Study”に変更したが、エジプト側は要請時の原タイトル“Water Resources Map and Development Study in Sinai Peninsula”に加え、今回調査をPhase Iとすることを主張したが、最終的には日本側案に合意した。

2. S/W, M/Mの署名者

エジプト側は本件調査の実施機関である水資源研究所（RIWR）の所長（Director）とすることで、国際協力省（Ministry of International Cooperation）及びRIWRの上位機関である水資源研究センター（WRC）の所長（Chairman）が合意していること、並びに免税条項等エジプト側便宜供与の実施にもさしつかえない旨を確認し、当初予定どおりRIWRの所長とした。

3. 調査目的

調査目的は25万分の1程度の水文地質図を中心とする地下水資源評価図を作成し、地下水ポテンシャルの評価及び有望地域の選定を記す地下水開発基本計画を策定することで両者合意した。

4. 調査内容

1) 調査対象地域

調査対象地域は、S/W上は北シナイ州全域の約26,000km²としたが、ナカブ地区地下

水開発調査地域についてエジプト側は、ナカブを中心に南北40km、東西20kmの約800km²を対象に詳細調査を実施して欲しい旨要望したが、今後、既存資料、特に既存のボーリング調査を含む地質関連資料の検討を踏まえ決定する必要がある、特に明記しないことで合意した。

2) 調査対象範囲

S/Wには事前調査団(予備)で確認した地下水のみを対象とすることとしたが、エジプト側はシナイ半島の水資源開発において地表水も重要と考えており、新たな調査は実施しないまでも、地表水に関する既存資料のデータベースへの入力及び水文図へのとりまとめを実施して欲しい旨要望したが、これはエジプト側がデータをとりまとめて提供し、これをインプットする範囲内で調査対象とすることとした。

3) データベース開発に対する協力

マイクロコンピューター及び現在、購入可能なソフトウェアを利用し、既存及び本格調査で得られる水文・地質のデータを整理し、アウトプットを評価する範囲内での協力をすることで合意した。

4) ナカブ(Naqb)地下水開発

エジプト側は緊急プロジェクトとして要請したナカブ地域の地下水開発について、ナカブは周辺住民を含め5,000人の人口があり、また国際空港を有し、シナイ半島の開発、特に南シナイの観光開発の重大拠点であるが、予算、機材不足等で同地域の地下水開発はほとんど成功・進展しておらず、水不足のため空港も閉鎖されて、大きな問題となっているところ、ナカブを中心とした約800km²に対し、ボーリング調査を含む詳細調査を実施して欲しい旨、再度、要望してきた。

ナカブ地区の地下水資源開発は、今後のシナイ半島の開発に大きく寄与することが期待され、本件調査の範囲内にて、精密レベル地質調査及び物理探査を実施することとしたが、ボーリング調査は上記精密調査の結果を踏まえ、その実施を検討することとし、エジプト側の強い希望で、調査対象面積を除き、M/Mに記載した。

5) 物理探査

探査方法は基本的に電気比抵抗法によることで合意したが、エジプト側はナカブ地域については重力探査法も有力と考えられるので併用して欲しい旨要望があったが、日本側は、帰国後、その有効性、実施可否を検討し、今回はS/W及びM/Mにも特記しないこととした。

探査深度については、中浅部(200m~500m)に加え、地域によっては有望な帯水層であるヌビア砂岩層が深部(800m~1,000m)となるため、いずれも対象とすることで合意し、M/Mに記載することとした。

6) テストボーリング

日本側は、今後の地質調査及び物理探査の結果に基づき、ボーリングの必要数量を決め、これまでの既存資料、データの概略検討結果を踏まえ、テストボーリングは総延長約3,000m(800m×1本, 400m×3本, 200m×5本)とエジプトの現地業者と契約して実施する暫定案で説明したところ、エジプト側は、調査内容から、特にボーリング調査について総延長、費用負担をS/Wの日本のUndertakingsに明記するよう強く主張したが、日本側はこれまでのエジプトのS/Wの定型化の流れからみても変更困難であるとし、結果、M/Mにテストボーリングの総延長(約3,000m)を明記することで合意に至った。

5. 調査期間

ボーリング現地業者の実施体制、能力及びこれまでのボーリング実績等を検討した結果、若干の短縮は理論上可能であるが、現時点で短縮するには、弾力性がもてず、リスクが多いと判断し、エジプト側とは最長36カ月とすることで合意した。

6. 報告書

1) 各種報告書の提出部数について

エジプト側は配布先を検討した結果、IC/R, P/R, IT/R及びDF/Rは各20部。F/Rは50部を希望し、それに合意した。

2) 地下水資源評価図に関し、凡例(legend)については国際水文地質学会(IAH)、国際水文学会(IAHS)及びUNESCOが1983年に刊行した“Revised Preliminary Version—1983”で規定された国際凡例(International Legend)によること、その種類は下記のとおり9種とし、提出数については、将来、その利用範囲が幅広く、需要が大きいことから、500部とすることで合意した。

1. Hydrogeological map with cross section
2. Isopach map of the main aquifer and aquitard
3. Isodepth map of the top or the bottom of the aquifer
4. Piezometric surface contour map of the main confined aquifer
5. Water table contour map of the unconfined aquifer
6. Specific capacity map of the main aquifer
7. Transmissivity map of the main aquifer
8. Water quality map
9. Groundwater resource evaluation map

7. 調査用資機材

- 1) 本件調査を円滑に実施するうえで購送ないし現地調達を必要とする調査用資機材は下記のとおりであり、エジプト側は本件資機材については調査終了後供与して欲しい旨要

望したので、これを M/M に明記した。

- 2) 調査用資機材のうち購送分の送付先は免税手続き、引取りを円滑に進めるうえで、RIWR 宛とすることが望ましいことを確認した。

〈調査用資機材リスト・エジプト側要望〉

1. Geoelectric Survey Equipment	2 set
2. Casing, Screen and Materials for Drilling	1 set
3. Four (4) Wheel Driven Car	2
4. Double Cabin Car	1
5. Micro Computer and Software for Hydrogeological Data Base	1 set
6. Water Quality Analysis Kit (EC. PH. Digital Type)	4 set
7. Photocopy Machine	1 set
8. Water Level Detector	10 set

8. エジプト側の負担、履行事項 (Undertaking)

1) 関係機関の協力・参加

本件調査は北シナイ州域を対象とするため、日本側は特に RIWR に対し、北シナイ州政府の全面的支援参加を取り付けるよう要望した。

2) 資料・データの提供

当初、日本側は "data, maps and information" の提供としたが、エジプト側は maps (特に航空写真は軍測量局の権限下にある) については、従前の S/W と同様 "data and information" の範囲内で maps は提供できる旨を確認し、合意した。

日本側は航空写真については現地調査開始直後に必要であり、RIWR が 1988 年 11 月末までに手配することを確認し、これを M/M に明記した。

3) カウンターパート

- 1) 本件調査を円滑に進めるうえに必要なカウンターパートの専門分野、人数、期間について、日本側の要望に応える旨エジプト側は回答した。

〈必要カウンターパート〉

<u>FIELD</u>	<u>No</u>	<u>DURATION</u>
1. Project Manager	1	36 months
2. Hydrogeologist	2	Field Survey Phase 1—Phase 3
3. Geophysicist	2	Field Survey Phase 1—Phase 2
4. Drilling Supervisor	1	Field Survey Phase 2—Phase 3
5. Computer Analyst	1	Field Survey Phase 2

- | | | |
|--|---|-------------------------------|
| 6. Coordinator for Field Office | 1 | Field Survey Phase 1— Phase 3 |
| 7. Assistant Coordinator
for Field Office | 1 | Field Survey Phase 1— Phase 3 |

Beside of the above number, assistant for each field one or two should be necessary for the smooth implementation of the Study.

4) オフィススペース

日本側はカイロ及びエル・アリシュの両方に調査団用オフィススペースを確保して欲しい旨要望したが、カイロについては現有施設からして特定の部屋の提供は困難であるが、エル・アリシュについては RIWR エル・アリシュ支所の少なくとも2部屋を提供する旨確認し、これを M/M に明記した。

9. カウンターパート研修

エジプト側は調査期間中のカウンターパートの技術移転は、O.J.T. に加え、日本における研修を通じて、具体的には水文地質、地質、水文の3分野で各々2名ずつの計6名を IT/R (1), IT/R (2) 及び DF/R の提出の1ないし2カ月前に受け入れて欲しい旨強く要望した。これに対し調査団は、エジプト側の要望を、帰国後、関係機関に伝える旨、回答し、これを M/M に明記した。

2-5 S/W と M/M

① M/M (コンタクト・ミッション)

MINUTES OF MEETING

ON

WATER RESOURCES MAP AND DEVELOPMENT STUDY

IN SINAI PENINSULA

BETWEEN

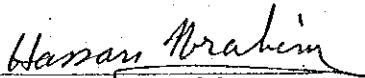
JICA CONTACT MISSION

AND

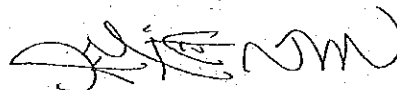
RESEARCH INSTITUTE FOR WATER RESOURCES

JULY 7th 1988

CAIRO, EGYPT



Dr. Hassan Ibrahim,
Director,
Research Institute for
Water Resources
Water Research Center



Mr. Shozo Matsuura,
Team Leader,
JICA Contact Mission

8. Egyptian side requested that the Preliminary Mission for the Scope of Work would be sent as soon as possible for the reason of urgent need of the Study, and Japanese side took note of it.
9. Egyptian side requested the followings to be included in the Study.
 - 1) Provision of equipment
 - GIS data base
 - 2 four wheel driven cars
 - 2 geoelectric equipments
 - Other necessary hydrological equipment
 - 2) Training
 - On the job training in Egypt
 - Training in Japan for short course and short visit
 - 3) Additional Study
 - Detailed groundwater development study in El-Naqub area

The Japanese Preliminary Study Team by the Japan International Cooperation Agency (JICA) visited Egypt to examine the proposed study on the water resources map and water development in Sinai Peninsula (hereinafter referred to as "the Study") which was requested by the Egyptian Government

The team had a series of discussions on the Study with the authorities concerned of the Government of Egypt, in particular with the Research Institute for Water Resources (RIWR) Ministry of Public Works and Water Resources.

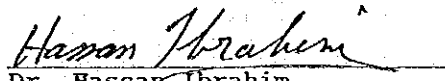
As a result of the meetings, both sides confirmed the followings on the Study.

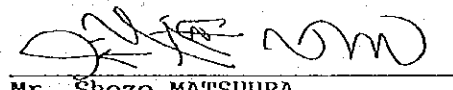
1. For the purpose of development and conservation of groundwater in Sinai Peninsula, there is strong need to prepare the groundwater resources maps with emphasis on hydrogeological map scaled in about 1 : 250,000
2. Japanese side expressed their reluctance to take up whole of Sinai Peninsula and all items of the Study objectives from the consideration of availability of existing data and the work volume of the Study even if there would be strong efforts to obtain additional data by RIWR.
3. Both sides reached the understanding that the Study would be to prepare a series of maps to evaluate the potential for the development of groundwater within North Sinai Governorate.
4. The Study might require the full use of existing data from various sources. In addition to this, the Study would include satellite image analysis, aerialphoto interpretation, field survey, geophysical survey, test drilling, pumping test and other necessary investigation.
5. It might be also indispensable to develop data base system utilizing computer system in RIWR as the basis of analysis and evaluation.
6. Egyptian side was explained the procedure of the development survey program of JICA and the Study is to be conducted within the framework of the Agreement on Technical Cooperation between both countries, and Egyptian side understood it.
7. The both sides reached the understanding that RIWR would act as counterpart organization of the Study, and also as principal coordinating body in relation with other governmental organizations concerned for smooth and efficient implementation of the successive stages of the whole Study.

② S/W

SCOPE OF WORK
FOR
NORTH SINAI GROUNDWATER RESOURCES STUDY
IN
THE ARAB REPUBLIC OF EGYPT
AGREED UPON BETWEEN
THE RESEARCH INSTITUTE FOR WATER RESOURCES,
WATER RESEARCH CENTER,
MINISTRY OF PUBLIC WORKS AND WATER RESOURCES
AND
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY


CAIRO, September 1, 1988


Dr. Hassan Ibrahim
Director,
Research Institute for
Water Resources,
Water Research Center
Egypt


Mr. Shozo MATSUURA
Leader,
The Preliminary Survey Team,
The Japan International
Cooperation Agency

Witnessed by

H.M.


Mr. Saad Mohamed Bayoumi
Undersecretary,
Ministry of
International Cooperation

I. INTRODUCTION

In response to the official request of the Government of the Arab Republic of Egypt, the Government of Japan decided to conduct North Sinai Groundwater Resources Study in the Arab Republic of Egypt (hereinafter referred to as "the Study") within the framework of the Agreement on Technical Cooperation between the Government of Japan and the Government of Egypt, signed on June 15th, 1983.

The Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programmes of the Government of Japan, will undertake the Study, in close cooperation with the authorities concerned of the Government of Egypt.

The Research Institute for Water Resources, Water Research Center (hereinafter referred to as "RIWR") shall act as counterpart agency to the Japanese study mission 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 prepare a series of maps to evaluate groundwater potential,
- (2) to select priority areas for groundwater development,
- (3) to perform technology transfer to Egyptian Government personnel in the courses of the Study.

III. SCOPE OF THE STUDY

1. Study Area

The study area will cover North Sinai Governorate with approximately 26,000 Km²

2. Study Framework

The Study comprises following three (3) phases;

Hanan

H.M. *A*

now

Phase I : Preliminary Analysis and Field Reconnaissance

The Study in this phase I shall include a review and analysis of existing studies and data, and analysis of satellite image and aerial photos as well as conduct of the first field survey.

The Results of survey and analysis mentioned above shall be lead up to draft a series of preliminary maps (First Draft Maps) and to revise the details of the Study Programme.

Phase II : Field Survey and Analysis

This phase shall include conduct of the second field survey including geological survey, groundwater leveling, water quality analysis, geophysical survey, test drilling and pumping test in accordance with the Study Programme and revision of a series of preliminary maps (Second Draft Maps) by newly corrected data.

Phase III : Evaluation and Formulation of Groundwater Resources Development Plan

This phase shall include conduct of the supplementary field survey and finalization of a series of maps (Final Maps) as well as formulation of the basic plan on groundwater resources development which includes the evaluation of groundwater resources potential and selection of priority areas.

3. Study Item

3-1 Phase I : Preliminary Analysis and Field Reconnaissance

3-1-1 Collection of Relevant Data and Information

- (a) Socio-economic parameters
- (b) Satellite photos and aerial photos
- (c) Topographical and geological maps
- (d) Data on meteorology, hydrology, geology and hydrogeology
- (e) Data on existing well
- (f) Existing reports and studies
- (g) Other related data and information

Hanna

H.M. *β*

OMW

3-1-2 Review and Assessment of Existing Data and Previous Studies

- (a) Satellite image analysis
- (b) Aerialphoto interpretation
- (c) Review and assessment on previous reports and studies
- (d) Compilation of geological, hydrological and hydrogeological maps
- (g) Others

3-1-3 Conduct of First Field Survey and Analysis of Obtained Data

- (a) Geological reconnaissance
- (b) Hydrological investigation
- (c) Geophysical survey
- (d) Others

3-1-4 Preparation of Hydrogeological Data Base

- (a) Assessment of existing Data Base
- (b) Selection of appropriate software for Data Base
- (c) Others

3-1-5 Preparation of Groundwater Resources Maps (First Draft Maps)

- (a) Geological map
- (b) Hydrological map
- (c) Hydrogeological map
- (d) Others

3-1-6 Formulation of Detailed Survey Programme

- (a) Clarification of field survey area including drilling site and appropriate methodology
- (b) Revision of Study schedule
- (c) Preparation of tendering document for drilling
- (d) Others

3-2 Phase II : Field Survey and Analysis

3-2-1 Conduct of the Second Field Survey and Analysis of Obtained Data

- (a) Geological survey
- (b) Groundwater leveling
- (c) Water quality analysis
- (d) Geophysical survey
- (e) Test drilling and pumping test
- (f) Others

Hassan

H.M. *f*

nm

3-2-2 Development of Hydrogeological Data Base

- (a) Preparation of input data
- (b) Operation of Data Base
- (c) Evaluation of output
- (d) Others

3-2-3 Preparation of Groundwater Resources Maps
(Second Draft Maps)

- (a) Geological map
- (b) Hydrological map
- (c) Hydrogeological map
- (d) Groundwater resources evaluation map
- (e) Others

3-3 Phase III : Evaluation and Formulation of Groundwater
Resources Development Plan

3-3-1 Conduct of the Supplementary Field Survey and
Analysis of Obtained Data

- (a) Geological survey
- (b) Groundwater leveling
- (c) Water quality analysis for test wells
- (d) Test drilling and pumping test
- (e) Others

3-3-2 Finalization of Groundwater Resources Maps
(Final Maps)

Preliminary maps prepared in phase II will be finalized by using the supplement data and information obtained from the supplementary field survey and their analysis.

3-3-3 Basic Planning on Groundwater Resources
Development

- (a) Evaluation on groundwater potential
- (b) Selection of priority areas
- (c) Recommendation on further study in the selected priority areas
- (d) Others

IV. STUDY SCHEDULE

The Study, in principle, shall be carried out in accordance with the tentative schedule shown in the attached sheet.

Hassan

H.N. *A*

DM

V. REPORTS

JICA shall prepare and submit following reports in English to the Government of Egypt.

1. Inception Report :

Twenty (20) copies at the commencement of the survey in Egypt. This report contain the schedule and methodology of the Study as well as outline of the field survey programmes.

2. Progress Report (1) :

Twenty (20) copies at the end of first field survey. This report will summarize the finding in the first field survey.

3. Interim Report (1) :

Twenty (20) copies at the commencement of the second field survey. This report contain details of the Study programme such as the revised schedule, methodology and others.

4. Interim Report (2) :

Twenty (20) copies within ten (10) months after the commencement of the second field survey. This report contain a series of preliminary maps and the outline of the analysis.

5. Progress Report (2) :

Twenty (20) copies at the end of the second field survey. This report will summarize the finding in the second field survey.

6. Draft Final Report :

Twenty (20) copies together with five hundred (500) copies of final groundwater resources evaluation map within seven (7) months after the end of the second field survey. RIWR shall, submit their comments within one (1) month after the receipt of the Draft Final Report.

7. Final Report :

Fifty (50) copies within one (1) month after the receipt of the comments on the Draft Final Report

Hassan

H.M. *for*

COM

VI. UNDERTAKINGS OF THE GOVERNMENT OF EGYPT

1. Within the framework of the Agreement on Technical Cooperation between the Government of Japan and the Government of the Arab Republic of Egypt signed on June 15th, 1983, (hereinafter referred to as "the Agreement"), the Government of the Arab Republic of Egypt shall take necessary measures to the Japanese Study Mission (hereinafter referred to as "the Mission") as follows:
 - (1) To permit the members of the Mission to enter, leave and sojourn in the Arab Republic of Egypt for the duration of their assignment therein, and exempt them from consular fees. (the Agreement Article V 2.(a))
 - (2) To exempt the members of the Mission from consular fees, customs duties, internal taxes and other charges of a similar nature as well as from the requirement of obtaining import licences and certificate of foreign exchange coverage to be imposed in the Arab Republic of Egypt in respect of the equipment, machinery and materials which they carry with them for the performance of their duties, provided that these equipment, machinery and materials are registered with the authority concerned of the Government of the Arab Republic of Egypt at their initial delivery in the Arab Republic of Egypt.

Such equipment, machinery and materials will remain the property of the Government of Japan unless otherwise agreed upon. (the Agreement Article VII. 4)
 - (3) To exempt the members of the Mission from income taxes and other fiscal charges payable under the legislation of the Arab Republic of Egypt in respect of any emoluments or allowances remitted to them from overseas. (the Agreement Article V.1.(1).(a))
 - (4) To bear claims, if any arises, against the members of the Mission resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the discharge of their duties except when the two Governments agree that such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of the members of the Mission. (the Agreement Article VI.)
2. To facilitate smooth conduct of the Study, RIWR shall take necessary measures in cooperation with other relevant organizations :

Hassan

H.M.

†

SM

- (1) To secure permission for entry into private properties of restricted areas for the conduct of the Study within the laws and regulations in force in the Arab Republic of Egypt.
 - (2) To secure permission for the Mission to take all data and documents (including photographs) related to the Study out of Egypt to Japan, within the laws and regulations in force in the Arab Republic of Egypt.
 - (3) To provide the medical services as needed. Its expenses will be chargeable on the members of the Mission.
 - (4) To ensure the safety of the members of the Mission when and as it is required in the course of the Study.
3. RIWR shall, at its own expense, provide the Mission with the followings :
- (1) Available data and information necessary and related to the Study.
 - (2) Counterpart personnel and supporting staff necessary for the Study.
 - (3) Office space with necessary furniture
 - (4) Credentials or identification cards

VII. UNDERTAKINGS OF JICA

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

1. To dispatch, at its own expenses, the Mission with equipments to Egypt.
2. To pursue technology transfer to the Egyptian counterpart personnel in the course of the Study

VIII. CONSULTATION

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

Hassay

H.M. *fs*

SM


TENTATIVE SCHEDULE

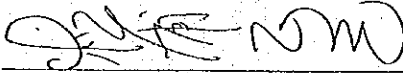
PHASE	I					II					III																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
MONTH																																				
WORK IN EGYPT																																				
WORK IN JAPAN																																				
REPORT	IC/R																																			

③ M/M (S/W ミッション)

MINUTES OF MEETING
ON
SCOPE OF WORK
FOR
NORTH SINAI GROUNDWATER RESOURCES STUDY
IN
THE ARAB REPUBLIC OF EGYPT
AGREED UPON
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
AND
THE RESEARCH INSTITUTE FOR WATER RESOURCES
WATER RESEARCH CENTER
MINISTRY OF PUBLIC WORKS AND WATER RESOURCES

CAIRO, SEPTEMBER 1, 1988.


Dr. Hassan Ibrahim,
Director,
Research Institute for
Water Resources (RIWR)
Water Research Center
Egypt


Mr. Shozo MATSUURA,
Team Leader,
The Preliminary Survey
Team,
The Japan International
Cooperation Agency
(JICA)

The Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), at the official request of the Government of the Arab Republic of Egypt, dispatched a Preliminary Survey Mission (hereinafter referred to as "the Mission"), headed by Mr. Shozo MATSUURA, from August 23rd to September 2nd, 1988, to determine the Scope of Work for the North Sinai Groundwater Resources Study (hereinafter referred to as "the Study").

The Mission had a series of discussion with the authorities concerned of the Arab Republic of Egypt, in particular with Research Institute for Water Resources (hereinafter referred to as "RIWR") and agreed on the Scope of Work for the Study.

This document sets forth the main points of discussions.

1. In reference to VI, 2, (2), of the Scope of Work and with the consideration of availing permitted data and documents to a third party, the executing Egyptian Authority will designate the confidentiality of such data and documents, if necessary.
2. In reference to III, of Scope of the Study, both sides agreed to carry out detailed geological and geophysical survey in El-Naqb area on the particular emphasis by Egyptian side and test drilling will be determined based on the result of the above Study.
3. Regarding the scale of Study item (III of the agreed Scope of Work), both sides agreed on the following;
 - 1) Geophysical Survey
It shall be carried out mainly by electric resistivity method. The depth for exploration shall be for shallow and deep aquifers.
 - 2) Test Drilling
The length of drilling, at JICA's expense, will be approximately three thousands (3000) meters in total.
 - 3) Hydrogeological Data Base
Hydrogeological Data Base system shall be prepared by using micro computer and present available software.

Hassan Ibrahim

(Signature)

4. For the smooth and efficient implementation of the Study, Japanese side strongly requested to RIWR on the followings;
- 1) In reference to I, RIWR will organize the full support and participation by the North Sinai Governorate in the course of the Study, especially field survey.
 - 2) In reference to VI 3 (1), RIWR will prepare aerial photos necessary by the end of November, 1988.
 - 3) In reference to VI. 3 (2), RIWR will assign counterpart personel and supporting staff to the Japanese Study mission in necessary number and fields.
 - 4) In reference to VI 3 (3), RIWR will provide at least two rooms with necessary furniture and stockyard with over four hundreds (400) m² in El-Arish.
5. In reference to VI. 2, Egyptian side requested that technology transfer to Egyptian counterpart personel would be done through technical training in Japan about two (2) persons per year, in addition to on the job training in Egypt. Japanese side promised to convey the above request to the Government of Japan.
6. Egyptian side requested the Mission to donate equipment, vehicle and material to be provided for the Study, after the termination of the Study.
7. Both sides agreed that the legend for a series of maps will be based upon the international legend for Hydrogeological Maps guided in "International legend for Hydrogeological Maps - Revised Preliminary Version, 1983" jointly published in 1983 by International Association of Hydrogeologists (IAH), International Association of Hydrological Science (IAHS) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

Hanan Mrabim

DM

第3章 調査対象地域の概要

3-1 一般

シナイ半島は地中海、アカバ、スエズ湾に囲まれ、アフリカ大陸と中近東を結ぶ接点に位置する面積約61,000km²の南に突き出た頂点をもつ三角形の半島である。第3次中東戦争の結果、イスラエルによって占領されたが、1982年4月エジプトに返還された。

半島は図-3.1に示すように、行政的には北シナイ、南シナイ、スエズ、イスマイリア、ポートサイドの5州政府が関与するが、実質的には北シナイ州、南シナイ州の2州が面積のほとんどを占めている。

本調査の対象地区である北シナイ州は半島全体の約43%にあたる約26,000km²の面積を有する。1986年における半島の人口統計は表-3.1に示すとおりで、全体で約20万人、人口密度が3.3人/km²であり、大陸側のニューバレー、マトルー、レッド・シーの各州と合わせてフロンティア州と呼ばれ、他の州と比べて人口が少なく、今後の開発を待つ地域の一つである。北シナイ州には、このうち約85%の人が住み、特に地中海、イスラエル側のエル・アリシュ〜ラファ間に集中している。

エジプト政府は返還後のシナイ半島開発に力を注いでいる。シナイ半島を縦横断する道路のリハビリテーション・新規開発（調査期間中はナカブからアカバ湾岸道路への直通道路を建造中）も現在、急ピッチで進行中である。

表-3.1 シナイ半島の人口（1986年）

地 域 名	人 口
北シナイ州（郡別）	
エル・アリシュ	67,638
ラファ	34,331
エル・シェイク・ズワイド	24,382
ビル・エル・アブド	27,389
ナカール	4,645
エル・ハサーナ	13,111
（計）	171,496
南シナイ州	28,988
南北シナイ州 合計	200,484

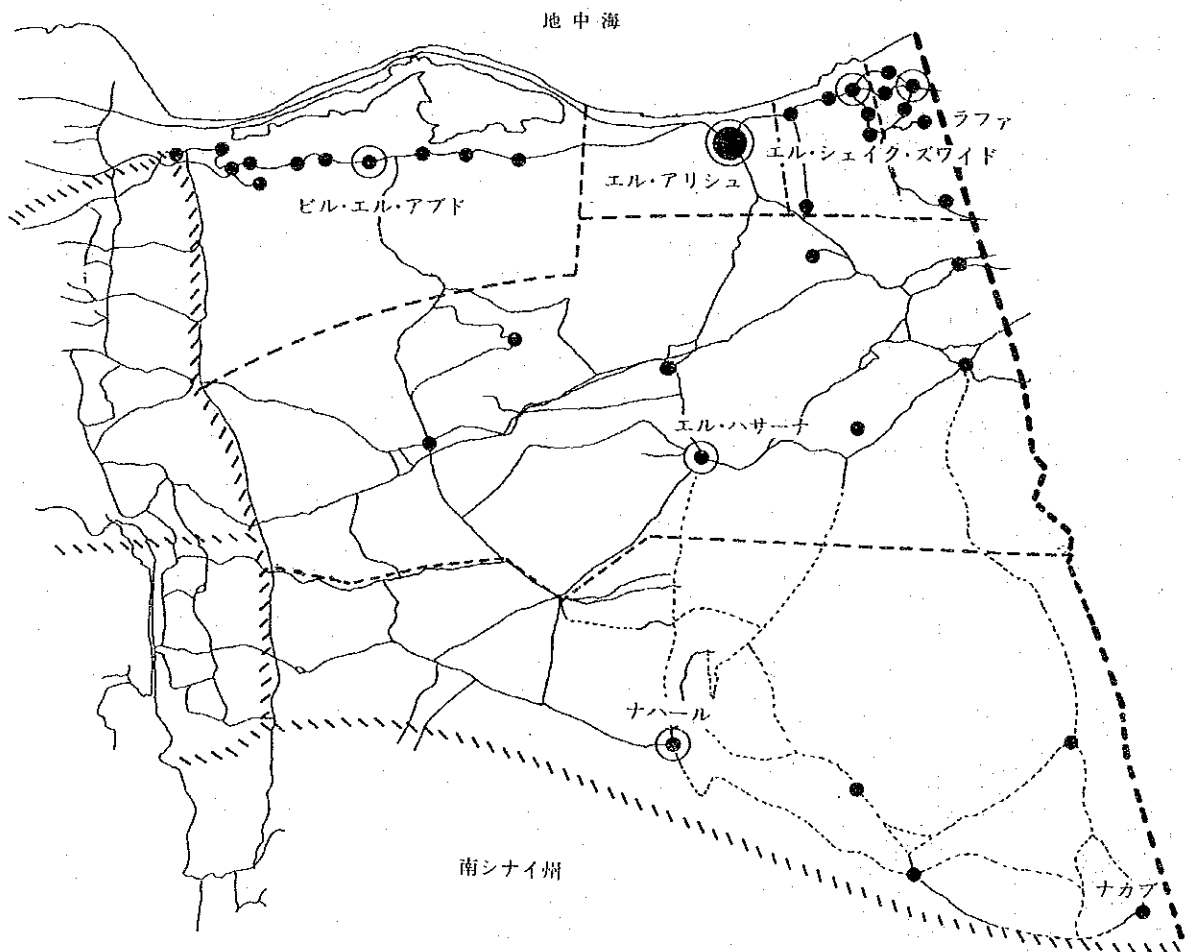
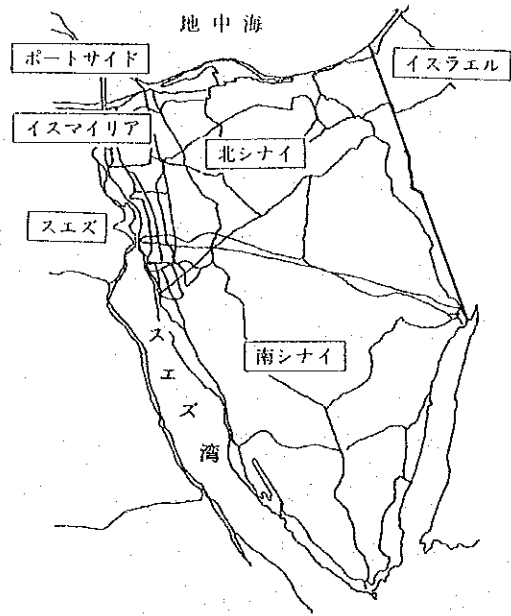
出典：北シナイ州人口統計及び全国版センサス（1986年）

図-3.1 シナイ半島及び北シナイ州行政図

凡例

- 国境
- - - 州境
- 郡境
- 主要な都市

0 25 50km



3-2 社会・経済

① 社会

シナイ半島では大きく以下のような三つの社会形態に区分される。

旧来型の半遊牧民的形態

ラクダ・羊・ヤギを放牧し、ナツメヤシ、大麦等の作物を冬期の降雨を利用して栽培している完全に自給自足型の経済生活。砂漠の民、ベドウィンはあまりにも有名である。主に半島中央の高原地帯を中心に営まれている。

近代的資本導入による形態

石油の採掘や観光といった外部からの導入資本による事業が中心となるものであり、インフラストラクチャーの整備を含めた建設事業が伴う。南部のアブ・ルデイス (Abu Rudeis) やシャーム・エル・シェイク (Sharm El Sheikh) に集中している。

中間的形態

主に地中海沿岸地域において行われている地下水を利用したかんがい農業、バダウィル湖 (Lake Baradwil) や近海における集約的漁業、小規模な工業・商業。

② 農業

シナイ半島では完全な乾燥地農業であり、冬期における降水を比較的高めの畦によりたん水させて利用する天水農業と、地下水や湧水等を利用したかんがい農業が行われている。

いずれにしても、降水量が絶対的に限られていることと土壌及び利用可能な地下水の塩類濃度が非常に高いことから栽培する作物も限られてしまう。

天水による作物としては、ナツメヤシ、大麦、スイカ等がつくられ、かんがいによる場合、オリーブやその他各種の野菜が栽培されている。

かんがいの農業については、SDSレポートによれば、1981年時点のシナイ半島全域では約12,600フェダン(=約5,292ha)、1984年までに19,600フェダン(=約8,232ha)の見込みであることが調査されている。

かんがい形態としては大きくは二つに分けられ、エル・アリシュ〜ラファ地域でのワジ・エル・アリシュによる地下水を利用したもので、ドリップかんがいも多く導入されている。もう一つはスエズ運河東側のビッターレイク地域で、ナイル川河水を利用して行っているものである。

砂漠開発局 (Desert Institute) は、土壌的には今後かんがい農業に有望な土地として9,600 km²の面積をあげている。

③ 鉱工業

鉱物資源については、鉄・マンガン・石油・石炭等、有望な採掘場の展望があり、今後の開発が期待されている。

半島は大きく以下に示す四つの鉱物資源区域に分けることができる。

a) 南部アル・ムサッラス地区

ここには鉄やマンガン、長石の鉱石があるが、それらは経済的にどのくらいの重要性をもっているのかを確定するため、詳細な検討が残されている。

b) シナイ中部のアル・ハダブ地区

1967年までに開発された鉱物資源、とくに銅、マンガン鉱石、及び建築用資材は、大半がここのものである。

c) シナイ北部の地区

エジプトで用いられる粉炭の唯一の生産地とみなされる洞穴の産炭地はこの地区にある。またここには、建材用原料のいくつかがある。

d) 北部沿岸地区

その海岸には黒砂があり、また、この湖では食塩が採取される。

④ 観 光

半島における観光は二つの種類に分けることができる。

まずは、旧来からの観光地であり、歴史的な背景や多くの遺跡をもつ地域であり、もう一つは海岸沿いのリゾート地としての地域である。

前者のものとしては、スエズ湾東側のサラビートに代表される南部地域と北部の地域がある。

南部地域では創世紀、中王国または新王国のエジプトの古い遺跡や絵画や、ナバチャ、ヘブライ、アラブの絵模様等が有名であり、サラビート地区では第2王朝時代のものである遺跡、絵画、寺院や、すべてのアルファベットの紀元とみなされる刻み文字がある。また、モーゼ山、シルヤール山はモーゼに主の言葉が下った場所として知られ、出エジプトの道もここにある。モーゼの泉や硫泉風呂で有名なファラオの浴場や“マフマルの道”と称する、何世紀も昔からメッカ巡礼者たちの通った道があり、その道は泉や遺跡沿いにアカバ湾に達する。

北部地域ではホーラス街道と称する巨大な軍用道路があり、アラブのエジプト征服に使われたり、聖家族が通った道として知られる。また、アル・カルナク山やアッティーヒ砂漠には人類が洞穴生活をしていた時代の遺跡がある。

しかしながら、この最重要遺跡としては1973年10月戦争の戦場跡があげられよう。

後者の地域としては、エル・アリシュを中心とした地中海側の地域と、アカバ湾側の地域であり、滞在型のリゾート地として観光客も増加しつつある。

3-3 気象・水文

シナイ半島の気象・水文特性は、その地域により大きな変化をみせる。

北シナイ州については、北部海岸地域と中央台地地域に区分され、平均気温としては夏期に26～27℃と同じようであるが、冬期になると、海岸部の14～15℃に対し10℃以下と、内陸に入るに従って寒暖の差が激しくなる。また、同じ季節であっても、砂漠地域の特性として昼夜での気温の差が大きく、実際の気候条件は、この平均気温よりもさらに厳しいものとなる。

半島全体についていえば、気候条件はさらに地域特性が強くなり、南部海岸沿いではさらに高温となり、山岳部では低温で年間の変化が激しくなり、山頂では冬期に積雪もある。各地域を代表する以下の5地点について、年間の平均気温の変化を図-4.2に示す。

- シャルム・エル・シェイク (最南端海岸部)
- エル・トール (南部スエズ湾側)
- エル・アリシュ (北部海岸側)
- ナハール (中央台地)
- セント・キャサリン (南部山岳地)

湿度は総じて全体的に低く、エル・アリシュで年間を通じて70%前後、ナカールで40～60%、エル・トールが50～60%であり、セント・キャサリンでは20～40%程度である。

対象地域の年間降水量は、ラファ～エル・アリシュでは300～200mm程度であるが、内陸部に入るに従って減少し、ナカールにおいては20mm程度となる。また、降雨がある季節は図-3.2に示すようにほとんどが10月～5月の間に集中している。

また、この降雨量については一般的な湿潤地帯よりも年ごとの較差が激しく、4～5年に一度の割で大雨が降り、災害に結びつく。図-3.3に平均年降雨量による等雨量線を示す。

3-4 河川(ワジ)と水文観測

シナイ半島は全体として25の流域に区分される。

流域の降水量が限られているため、ほとんどの河川はワジ(涸川)の形式をとる。これらの河川の中区は、北部にみられるように、途中で蒸発、浸透してしまうため、海岸まで達し得ずに水系が消えてしまうものもある。

ワジ・エル・アリシュはこの中でも最大のものであり、約20,000km²の流域面積を持ち、シナイ半島全体の面積のうち約1/3を占めるものである。長さはおよそ250kmであり、中央台地から途中のゲベル・ハラル等の峡谷部を抜けて地中海へ注ぐ。河川密度は、0.18km/km²と、他のスエズ、アカバ湾へ流出する河川の平均0.29km/km²と比べても小さく、さらに上流側の密度は高く、下流側が特に低いということから考えると、この下流側で相当の地下水への涵養がなされていると過去に報告されている。

しかし、いったん降雨量が大きくなると、流域山地等には森林、草等の被植物がまったくな

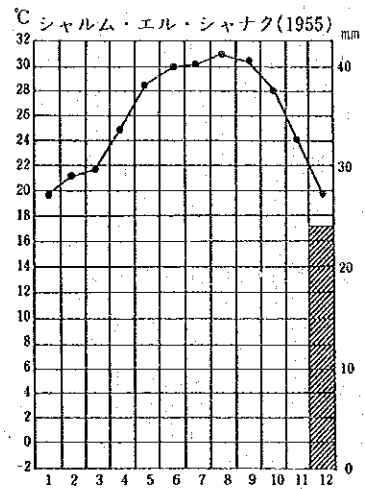
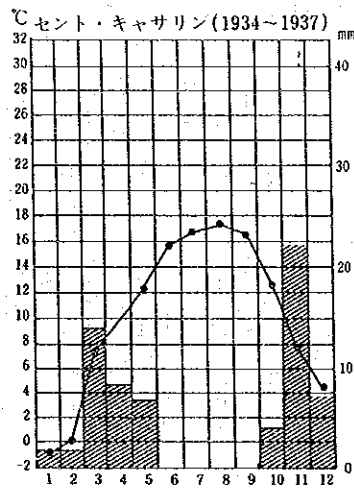
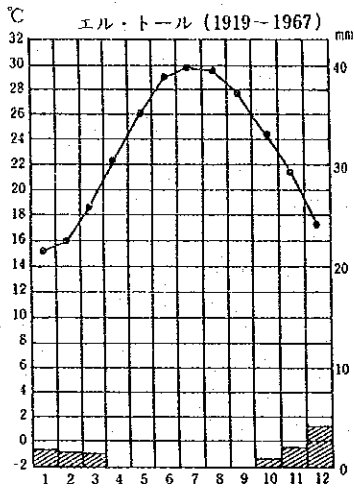
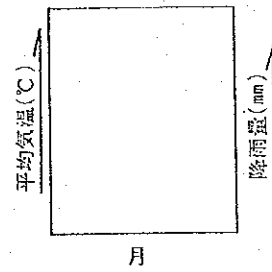
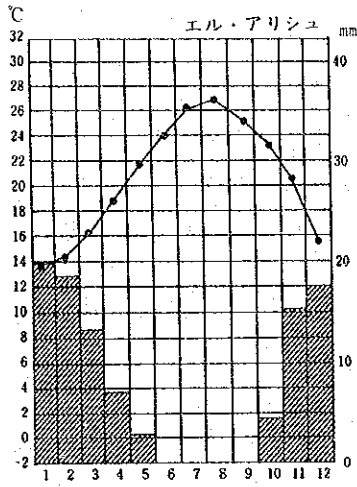
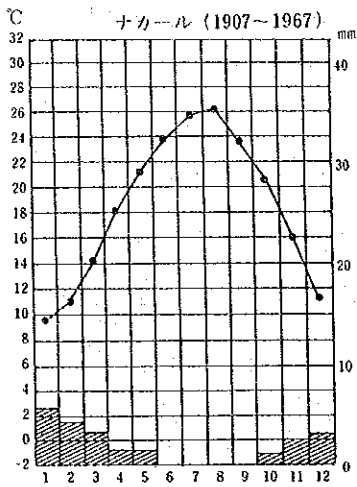


図-3.2 月平均気温と降雨量
SDS/Report

図-3.3 年間等雨量線図

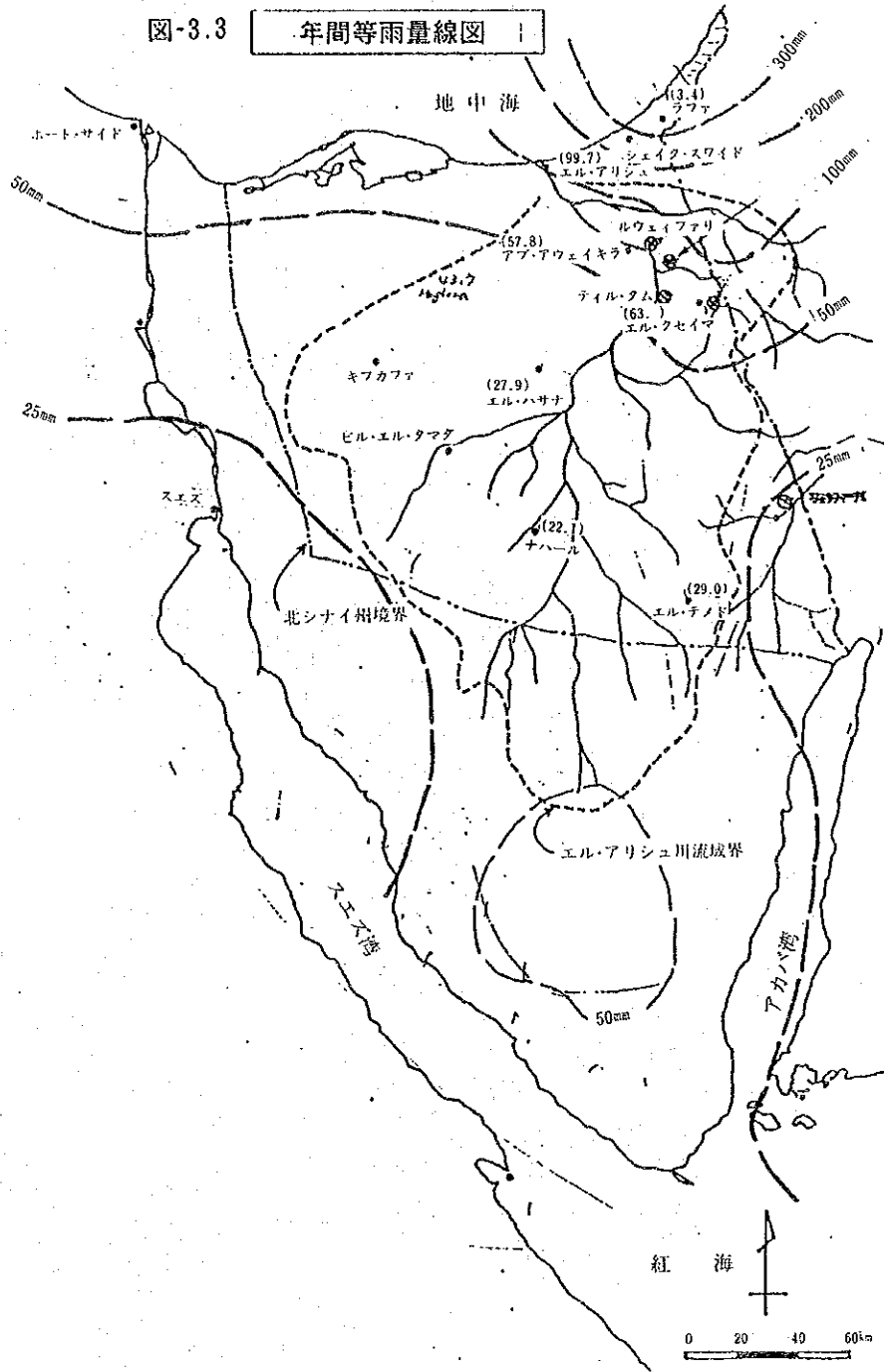
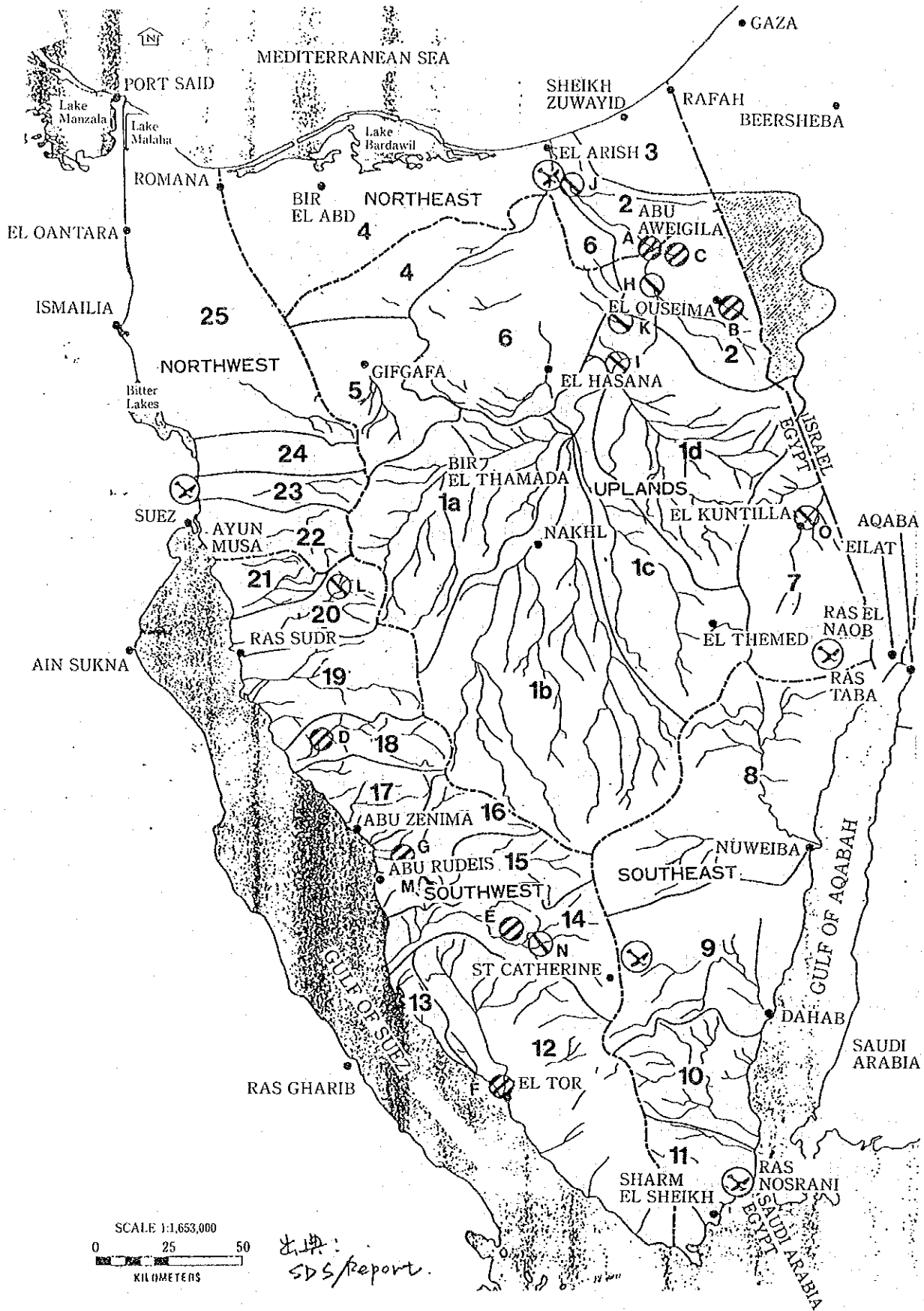


図-3.4 シナイ半島の流域区分図



いことから、4～5年に一度は、砂漠地特有の鉄砲水として洪水災害を起こす。この時の規模は痕跡から推定すると相当大きいものと考えられ、横断道路なども破壊され、人命も失われるなどの災害が発生している（最近では1987年、20人程度が死亡、車等の損害があった模様である）。

このような表流水を有効に利用しようとして、過去に以下の七つのダムが造られている。

1. ラファ (Raffa) ダム
2. エル・グディラット (El Gudeirat) ダム
3. ペルキンス (Perkins) ダム
4. ワジ・ガランダル (Wadi Gharandal) ダム
5. ワジ・ネフズ (Wadi Nefuz) ダム
6. エル・ワジ (El Wadi) ダム
7. ワジ・シェラル (Wadi Shellal) ダム

しかし、ほとんどのものが堆砂、漏水等の問題で機能しておらず、今回現地踏査で訪れたラファ (Raffa) ダムについても、堆砂が相当進行しており、ダム上流側の一部にたん水がみられるだけであった。

—ラファダム踏査結果—

ラファダムは1945年に建設されたもので、当初の計画では、エル・アリシュ水系の大部分を流域として貯水し、飲料水・農業用水に利用することになっていた。しかし、ワジの水が計画外の方角へと伏流していくことや蒸発・漏水等の問題もあり、これまでほとんどたん水をみることはできなかった。本調査で訪れたときは、若干のたん水があったが、これは建設後、初めてのことであるらしい。

現状としては、堆砂が相当進んでおり、洪水時に運搬されるもののほかに、ダムの側面からの砂が入り込んでおり、周辺の防風林・俊媒等の対策が必要となる。主な計画諸元は以下のとおりである。

計 画 貯 水 量	: 215 million m ³
ク レ ス ト 標 高	: 132 m
ダ ム 頂 長	: 250 m
流 域 面 積	: 1,000 km ²

これらの表流水（洪水時も含めて）の十分な観測データはほとんどない。前述のラファダム地点で一部定量的な推定がなされているだけであり、SDSレポート中においても、この量と過去の洪水時に“大きい”、“中ぐらい”の洪水といった定性的記録から、イスラエル側のアパラ峡谷における経験式を用いて推定されている程度であり、この分野の資料整備の必要性を説いている。

現在、実施されているイタリア国協力のマガラ・プロジェクトのサイト内と、イスラエル国境近くで湧水によるかんがいを行っている。

地域を踏査している際、上流域の小河川について堰による水位観測計が設置されていたが、堰上流側がすぐに堆砂してしまうため、思うように計測されないでいる。

— Maghara 堰地点踏査結果 —

イタリア、北シナイ州の協力による Maghara Project により設営された流量観測用堰が設置されている。堰については、上流側は完全に堆砂していた。痕跡より推定すると、幅 20 m 程度のこのワジには $6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度の流量があったようである。2 年前に設置されたことを考え合わせると、こういうワジ地域の流量測定は、何がしか別途の方法・対策が必要である。また、この堰と合わせて、気象観測所が設けられていた。観測内容は降雨量、蒸発量、風向・風速及び温度・湿度である。全部自記記録式で 1 カ月単位で収集することであった。

3-5 地形・地質

(1) 地形

シナイ半島は北に地中海を臨む底辺をもち、南に頂点をもつ三角形の高地である。

対象地区は地形上の特色から北部海岸地域、中央台地と大きく二つの部分に分けられる。

(北部地域)

この地域はゆるやかに北へと傾斜する広い平野の観を呈し、ところどころに小高い山が点在するが、その中でも有名なのはエル・マガーラ山（標高 736 m）などである。

北部の平野は断続しながら海岸線と並行して伸びている砂丘の連なりによって覆われている。

(中央高地)

石灰質の高地からなり、南部はエル・マジュマの高地、北部はマッティクの高地として知られている。この地域はシナイ半島の 2/3 を占め、平均高度は海拔 800 m でゆるやかに地中海方面に傾斜している。

(2) 地質

シナイ半島には、以下のような地質の特徴を有する地域が含まれる。

- ① 南部の古期岩盤ブロック——半島南部 ($7,500 \text{ km}^2$) の太古代の層で、白亜紀までの多数の断層があり、また、同方向に玄武岩の岩脈が走っている。これらの断層は造山運動造陸運動のような kratgenic 擾乱により発生したものである。この岩盤はすでに相当の風化・浸食を受けている。
- ② 安定陸棚——半島北部を占める $13,000 \text{ km}^2$ の安定陸棚の大部分の岩盤は白亜紀、第三紀、

始新世であり、約 1,500 m の厚みをもつ。形成する台地には、断層群がアカバ湾、スエズ湾に並行、もしくは地中海に並行にみられ、地中海断層が古く、他は最新のものである。

- ③ 半島中央部の齡褶曲線地帯——南部の安定陸棚まで続き、面積は約 7,500 km²、第三紀始新生の初期に属する。主要な褶曲を 5 km 以下の北東—南西に走る小さな褶曲が交差する。

小規模の褶曲は、軸面对象であり、さらに小さな褶曲と交差する。

- ④ 断層地帯——北緯 30° から北へ 20 km 広がり、東西方向に約 20 km の幅をもつ、主断層 (20 km 以上) がこの地域を横ぎる、小さく急 (50°) な褶曲が地域を囲み、古い岩質が表出する。

- ⑤ ドーム地帯——約 13,000 km² の面積で、北側は沿岸砂漠地を境界とし、西はスエズ運河まで広がる。

それぞれは平坦地や玄武岩脈により区切られる。丘陵の頂部はジュラ期・白亜紀底部に属し、基礎部、平坦部は中期・始新世でつくられる。

これにより、浸蝕が丘陵の頂部から古い岩を引き離したと考えられる。ドームは並行線に沿って形成される。主なものは軸面对象褶曲のガバル・ヤ・ログ (Gabal Ya Log (1,100 m)), ワジ・エル・アリシュ (Wadi Al-Arish) を横切るガバル・ハロル (Gabal Halol) 高さ 500~700 m, 長さ 20 km, 幅 15 km のガバル・マハラ (Gabal Maghola) である。

- ⑥ 地中海沿岸部——面積約 8,000 km² で砂漠もしくは砂岩床地帯。物理探査によると、この堆積した砂は南部ドームを形成する地層を覆っている。

- ⑦ リフト・バレー——シナイ半島西部の地溝帯で、スエズ湾に沿って 8,300 km² の面積をもつ。この地域は東側はスエズ湾と並行する断層が境界となり、第三紀にできた断層が交差する。

図-3.5

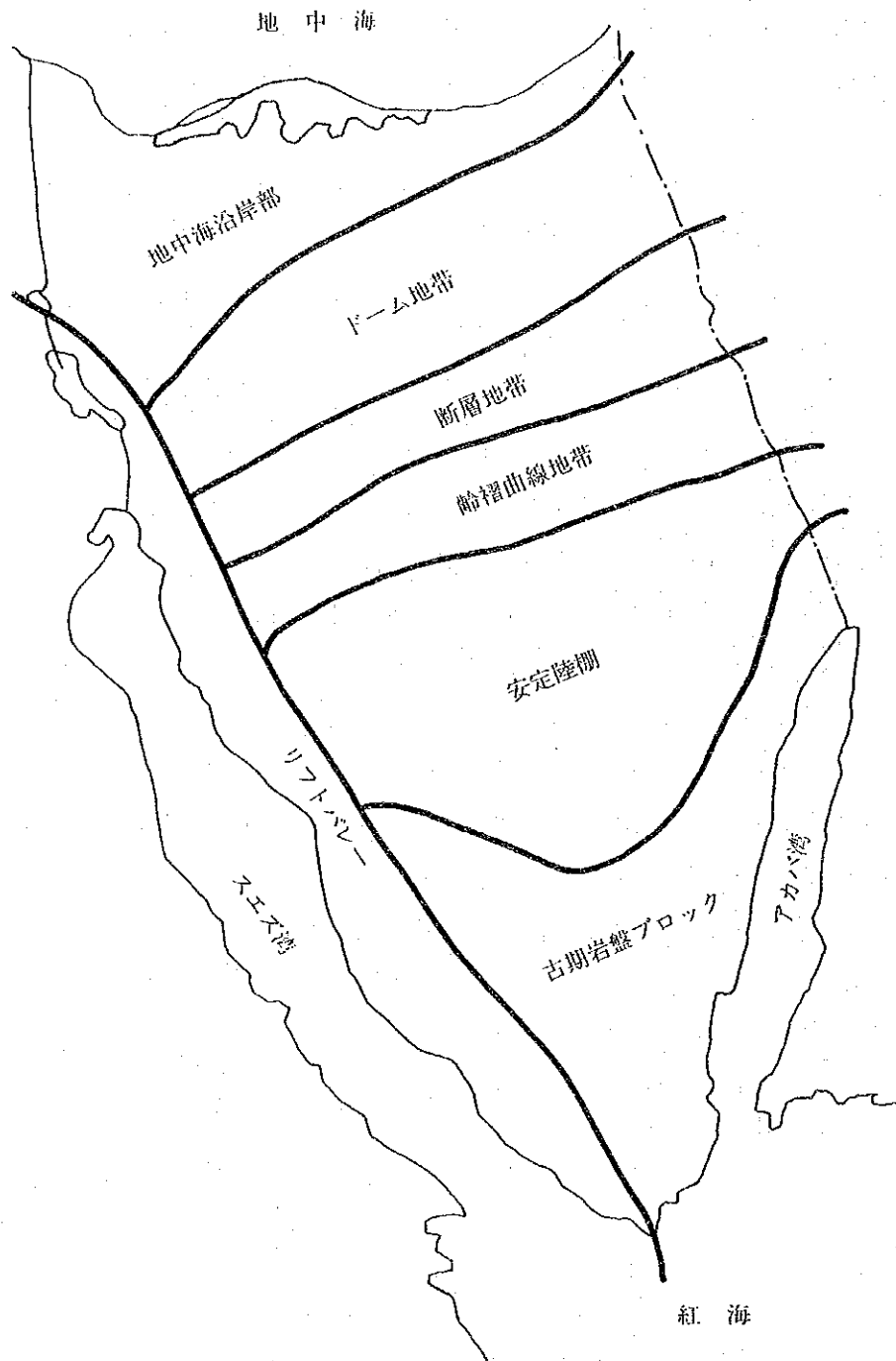
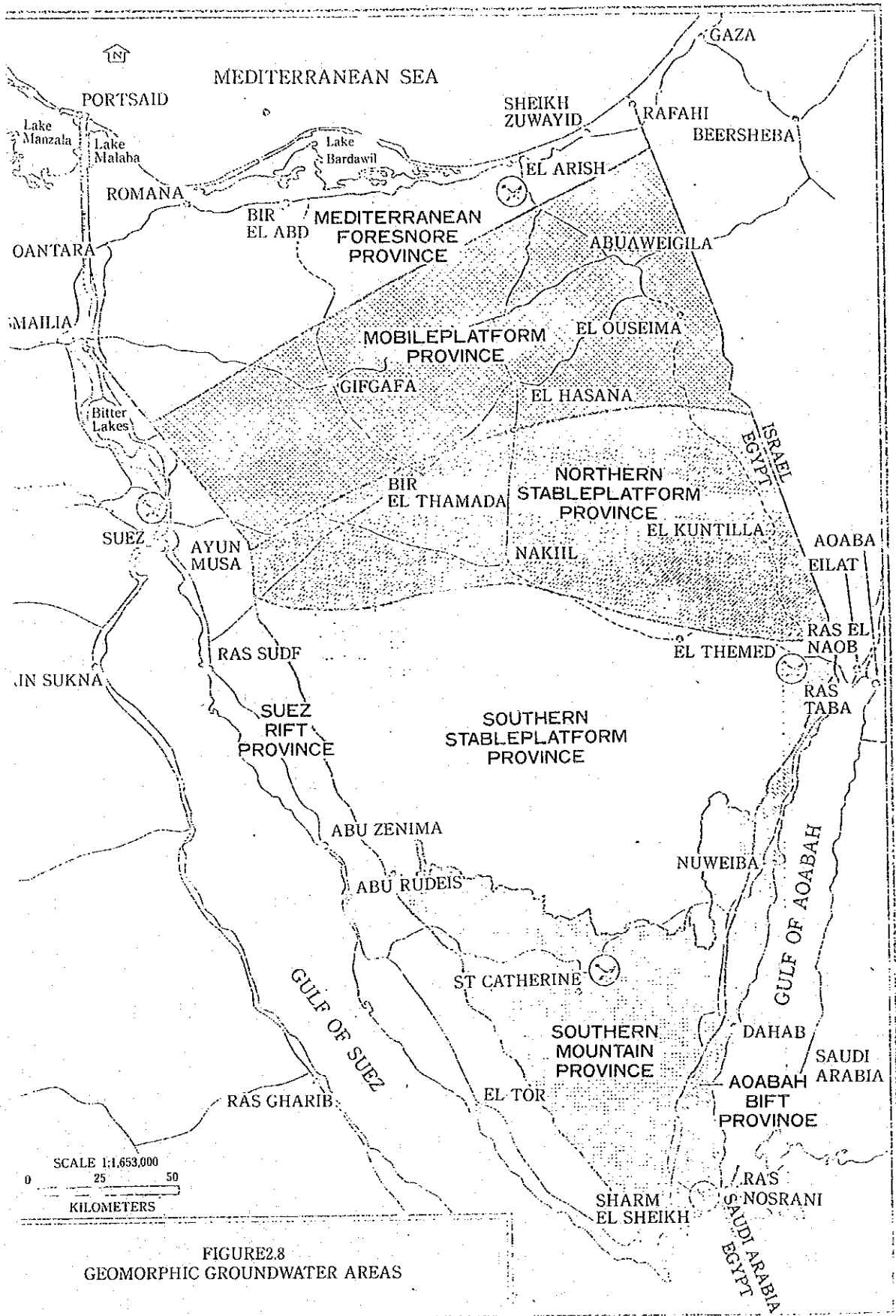


Fig. 64. Structural Zones of the Sinai Peninsula.

図-3.6 水文地質区の大区分図



第4章 シナイ半島の地下水

4-1 既往の地下水調査

4-1-1 シナイ開発調査 (SDS: Sinai Development Study)

イスラエルからのシナイ半島東半部返還 (1982年) と相前後して、アメリカ合衆国の協力により、シナイ半島全域の開発マスタープラン策定を目的とした開発調査が実施され、1985年3月にPhase Iの最終報告書が提出された。

この最終報告書は全部で7分冊より成り、そのうちV. Water Supplies and Costsの中で、シナイ半島の地下水が取り扱われている。

このレポートはシナイ半島全域の水供給計画を策定するものであったが、半島内での表流水・地下水の開発のポテンシャルを認めつつも、結論的にはナイル川からの導水を中心とした調査の必要性を勧告する内容となっている。

シナイ半島の水資源の評価と最適水供給及び配分計画の立案にあたっての問題点として、とくに地下水資源に関しては、

- 地下水・地表水ともに帯水層分布や降雨と流出に関するデータ不足のため、水資源の量と質に関して不確かな事項が多く、最適利用計画の作成が困難であること、
- 地下水に関しては、いくつかの地域、とくにエル・アリシュ周辺での水質悪化が問題となっていること、
- 場所によっては、かんがいのピーク時にナイル導水に加えて地下水補給を考慮すべきであること、

などを指摘している。

SDSレポートの概要は以上述べたとおりであるが、地下水調査の内容は、おおむね1980年代前半までのシナイ半島に関する地質・地下水資料をあますところなく収集し、水文地質学的方法に沿って、整理・解析を行ったもので、極めて利用価値の高いものである。

とくに、調査途中で作成された Map Portfolio には、1/25万～1/75万のスケールの一連の水理地質図が含まれている。

また、このほか付属資料としてシナイ半島全域の湧泉・浅井戸・深井戸・石油探鉱井に関する水理地質情報を台帳形式にまとめた Information Card が作成されている (巻末資料リスト参照)。

SDSレポートではこれらの資料に基づき、各帯水層分布域ごとの地下水開発有望地域を図化し、各地域ごとにおおよその開発指標 (井戸の掘削深度、水量、水質) を提示している。

これら SDS の調査結果は、1980年代前半までの地下水調査資料を総合したものとして、極めて有用である。

次節で述べるように、シナイ半島では、SDS とほぼ同時期に、EEC の援助による水資源調査が行われ、多数の地下水調査資料が蓄積されている。今後、我が国が本格調査を実施するにあたっては、まず、これらの資料を精査したうえで、予備的な水理地質図を編さんし、そのうえに立脚した各種の現地調査の結果を加え、少なくともシナイ半島北部に関しては決定版とも呼ぶべき水理地質図の作成を目標とすべきであろう。

また、報告書の結論として、次の事項を勧告している。

——エル・アリシュの地下水モニタリング実施機関の設立

——合理的な水資源計画作成のための調査・研究の早期実施

(地下水)

- 高いポテンシャルが予想される地域での試掘井掘削及び各種の現場試験
- エル・アリシュ～ラファ地域の塩水化調査のための物理探査

(ナイル導水)

- シナイ半島の農地開発に関し、パイプラインと水路の利用についてのプレ・FS
- ナイル導水の取水地点に関するプレ・FS

(降雨・気象)

- 気象観測ネットワークの改良
- 人工降雨の研究

(表流水)

- 流量観測所の設置
- 小流域の水文調査
- 大小のダムサイトのポテンシャル評価

4-1-2 シナイ半島水資源調査 (Sinai Water Resources Study : SWRS)

この調査は前述の SDS とほぼ同時期の 1980 年 11 月に、ヨーロッパ共同体 (EEC) の技術援助により開始されたシナイ半島の水資源調査である。

調査開始以来約 8 年を経た今年 (1988 年) 6 月に、ようやくフェーズ I が終了し、7 月からフェーズ II が開始された。エジプト側の実施主体は RIWR であり、EC 側のコンサルタントはフェーズ I をイタリアの Aquator が担当した。またフェーズ II はフランスの BRGM (Bureau De Recherches Geologiques Et Minieres, Service Geologique National) が担当する予定である。

フェーズ I は、当初、西シナイを対象として 3 カ年の調査期間を予定していたが、1982 年 4 月のイスラエルからのシナイ東部返還に伴い、全域を対象とするように変更された。

この調査は予算配分の不適正、機材調達遅れの遅れ、RIWR の水文地質家の不足、組織の不備な

どが重なり、大幅に調査スケジュールが遅れ、現時点においてもまだフェーズⅠの最終報告書は提出されていない。したがって、当初計画の目標はほとんど達成されておらず、1987年には、EECの委託を受けたイギリスの British Geological Survey (BGS) が調査計画及び進捗状況について調査を行い、その評価を踏まえて、改めてフェーズⅠの調査計画を練り直すという事態に立ち至っている。

<SWRS フェーズⅠの概要>

実際の達成度はともあれ、本調査のフェーズⅠでは次の項目を実施する予定であった。

- 1) 気象観測ネットワークの整備
- 2) 水文地質モニタリング
- 3) 水資源詳細調査
- 4) 水文調査（代表的な三つの流域）
- 5) 深層ボーリング

このうち、地下水に係する調査項目は、2), 3), 4)であるが、それらの当初計画と実施状況は次のようである。

(1) 水文地質モニタリング

この調査はシナイ半島で最も地下水利用が進んでおり、地下水位の低下や海水浸入による塩水化が進行している北部のエル・アリシュ海岸地域及び、今後、塩水化の恐れがある南東のエル・トール～エル・カア地域の地下水モニタリングを行うものである。内容は各地域の代表井に機器を設置し、地下水位、水質、揚水量等を継続的に観測するもので、これらの長期記録を利用して同地域の地下水保全管理を進めることを目的としている。

しかしながら、この計画は実際にはほとんど何も実行されなかった。後述するように、エル・アリシュ～ラファ地区については1987年に至って、RIWRとカイロ大学による調査が行われ、ようやく同地区のモニタリング計画は緒についたばかりという状態である。

(2) 水資源詳細調査

当初の調査項目の一つは、地下水の過剰揚水による危険にさらされているエル・アリシュ地区とエル・トール地区の地下水資源の詳細を明らかにすることである。またもう一つの目的は農業開発ポテンシャルの高い地域のうち、とくにエル・カア地区とワジ・エル・アリシュ中流地区の地下水資源を精査することであった。

調査内容は井戸台帳の整理、モニタリング、物理探査、試掘及び揚水試験である。このうち物理探査についてはエジプト側の資金でローカルスタッフが実施することになっていた。またEECの資金は150m未満の水井戸ボーリング機械と検層機など関連機器の購入にあてられ、プロジェクトの2年目から掘削を開始することになっていた。しかしプロジェクトの途中で重大な変更があり、結局、掘削機器等の購入は中止となり、その費用でサブコントラク

ターにボアホール掘削工事が請負に出された。また、ボーリング地点も当初計画では、上述の精査地区において地質調査、物理探査の結果から選定される予定であった。しかし、これも実際には行われることはなく、調査地域も主として北シナイ海岸部のロマーナ (Romana) とマハラ (Maghara) 地区を重点にしてボーリングが実施された。1982年～1987年2月までに施工されたボアホールの数は122本 (101カ所)、総掘削延長は約17,000m、うち40本はドライホール (総数の1/3にあたる)、17が試掘井であり、3本の記録が得られていない。

図-4.1にRIWRが行ったボアホールの位置を示す。BGSによれば水文地質情報が得られるボアホールの数は次のようである。

標高	37	(北西海岸のみ)
岩相記載 (柱状図)	101	
物理検層	54	(北西海岸はなし)
コア	46	(30m 間隔)
水質	60	(北西海岸37, 他地域23)
地下水位	82	

(3) 深層ボーリング

このボーリングはシナイ半島では未だその存在がよく判っていないヌビア帯水層の実態を調査するために計画されたものである。既述のように、1982年のシナイ半島東半部の返還に伴い、SWRSの調査範囲は半島全域に拡大され、深層ボーリングにあてる予定のEEC資金は他の調査項目に回されたため、フェーズⅠではこの調査のため延期されることとなった。

後述するようにSWRSのフェーズⅡでは特別優先順位にとりあげられているので、UNICEF掘削計画を考慮に入れながら、今後、実施されていくこととなる。

4-1-3 エル・アリシュ、ラファ地域地下水管理調査

(Groundwater Management Study in El-Arish Rafaa Plain Area)

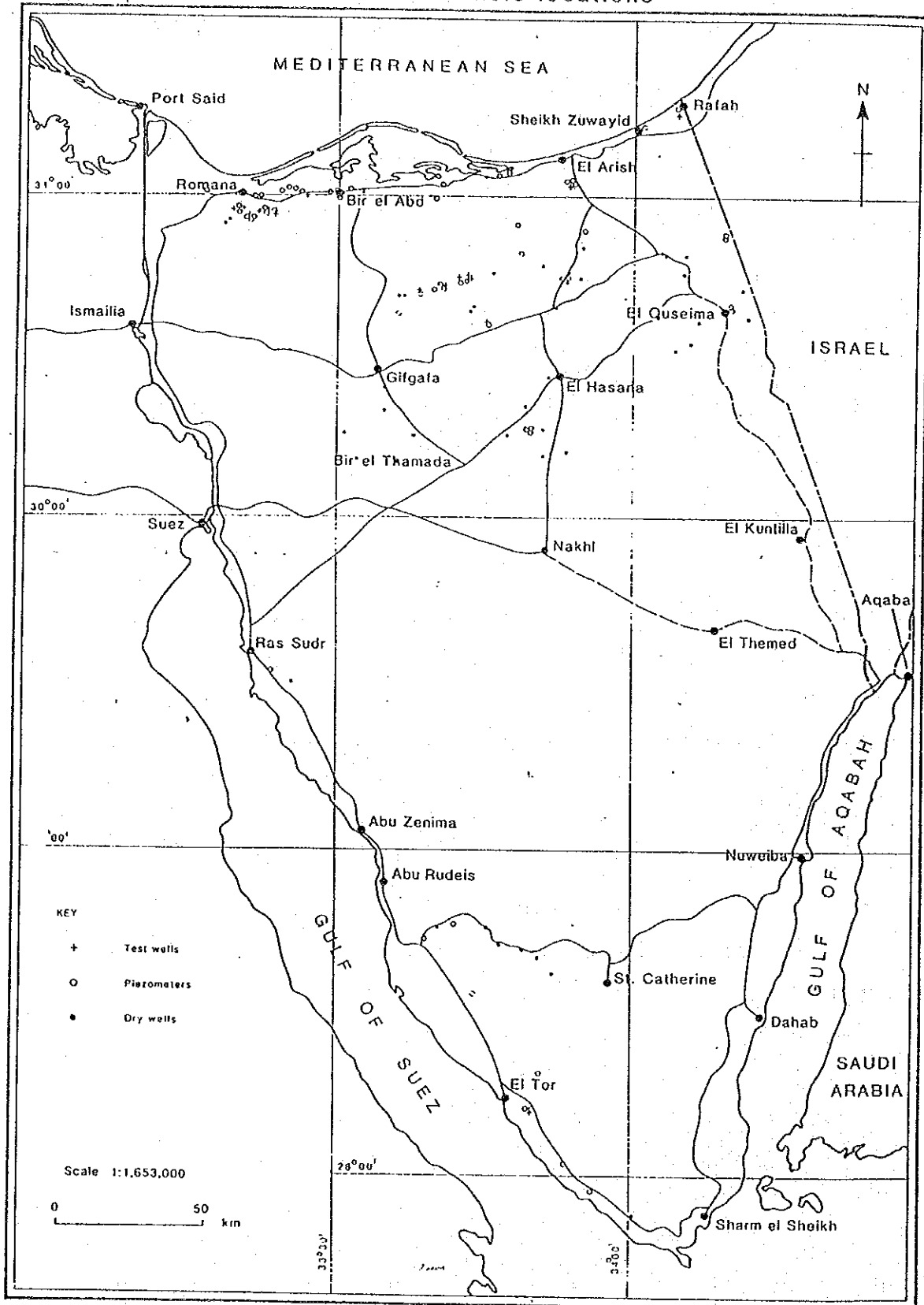
この調査は前述のSWRSの一環としてエル・アリシュ、ラファ地域のうち、とくにエル・アリシュ地区に重点をおいて同地区の地下水保全管理計画を立案するために実施しているもので、1988年3月にフェーズⅠの中間報告書が提出されている。

調査はカイロ大学工学部 (Faculty of Engineering, Cairo University) とRIWRが共同で実施しており、調査期間と内容は次の3フェーズに分けられている。

(1) フェーズⅠ

主として水文気象、地形・地質及び水文地質資料を収集・整理し、調査地域の地下水の現状を把握して、今後必要な現地調査の計画と地下水モニタリング計画の提案を行う。

图-4.1 RIWR borehole locations



(2) フェーズⅡ

フェーズⅠで計画した現地調査を実施する。

(3) フェーズⅢ

フェーズⅠ及びⅡの調査結果に基づき、調査地域の地下水資源評価を行い、長期間にわたり、安全に地下水開発を進められるように、地下水管理計画及び対策案を作成する。

フェーズⅠ中間報告の概要は次のようである。

第1章：降雨量，気温，日照時間，霧，風，湿度，蒸発など気象資料

第2章：既往文献による地形・地質のレビュー

第3章：1950年～60年代に実施された重力探査，電気探査結果及び1982年に SWRS の一環として行われたワジ・エル・アリシュの垂直電気探査結果のコンパイル

第4章：ワジ・エル・アリシュ及びエル・アリシュ～ラファ海岸地域の帯水層，水理定数，地下水位，揚水量に関するまとめ。1954，1962，1978，1982年の地下水位分布と揚水量分布図がまとめられている

第5章：ワジ・エル・アリシュ及びエル・アリシュ～ラファ海岸地域の地下水質，とくに塩分濃度に関するまとめ

エル・アリシュの海岸地域については地下水位・揚水量と同様に年代順に整理

第6章：井戸データのデータベース化のための入力表デザイン，RIWRにより以前に掘削された5カ所の試験井の帯水層定数，海岸砂丘における浸透能試験結果の定性的記述がある

4-1-4 マハラプロジェクト (Gebel El Maghara Development Project)

このプロジェクトはイタリアの技術援助により進められている地域開発プロジェクトで，エル・アリシュ西南約50kmにあるゲベル・エル・マハラ地区において約1,000haのパイロットファームの建設を行うことを目的としている。

ゲベル・エル・マハラ地区は標高500m程度のジュラ紀，白亜紀の地層からなる山地～丘陵地と準平原化した平地からなり，パイロットファームの建設予定地は広漠とした砂漠である。ゲベル・エル・マハラにはシナイ半島に2カ所ある石炭鉱山のうちの一つがあり，イタリアと共同で開発が進められている。この鉱山はジュラ紀層から石炭を採掘しているもので，推定埋蔵量は37百万tである。マハラ・プロジェクトはパイロットファームを核として，これら石炭鉱山などの周辺産業も含め，この地域への定住化により地域振興を図ろうとするもので，最終的にはゲベル・エル・マハラのほか4地区を合わせ約5,000haの農地開発を行うことを計画している。

イタリア援助による調査は，同国のコンサルタント Foster Wheeler Italiana (FWI) が水文，

地下水、農業、土壌に関する調査を1987年に開始し、同調査のフェーズⅠ報告書のうち水文、地下水に関する報告書を1988年5月に提出している。

地下水調査報告書によれば、イタリア側は図-5.2に示すゲベル・エル・マハラほか4地区の精査地区を含むおよそ10,000km²を対象とし、既存地下水資料の収集、航空写真判読、比抵抗電気探査を実施した。

これに対し、エジプト側(RIWR)はこれまでゲベル・マハラ地区を中心に深度200m程度の試掘井を10数本掘削し揚水試験を行うとともに、地下水位の観測を開始している。

FWI社が行った地下水調査の概要は次のようである。

(1) 既存井戸資料の整理

対象地域内の浅井戸(ベドウィンによる手掘り井戸)、深井戸(ボアホール)の位置、標高、帯水層、水位、水質等について、既存資料を整理した。また、ボアホール柱状図資料は、その諸元とともに1本ずつシートに整理した(巻末資料参照)。

(2) 航空写真判読及び地質調査

本プロジェクトの対象地域を含めた1/10万図幅6枚について航空写真判読と現地踏査により地質図及びフラクチャー分布図が作成された。

またゲベル・マハラのほかエレク(Yelleq)、ゲベル・ハラル(Gebel Halal)、ゲベル・メンシュラ(Gebel Menshera)、ゲベル・タリット(Gebel Talit)の地下水精査地区については1/5万判読図(地質図)を作成している。

(3) 比抵抗電気探査

前記の地下水精査地区5地区延べ502点で比抵抗電気探査(水平及び垂直)が実施され、比抵抗分布図(1/5万~1/20万)比抵抗断面図が作成された。

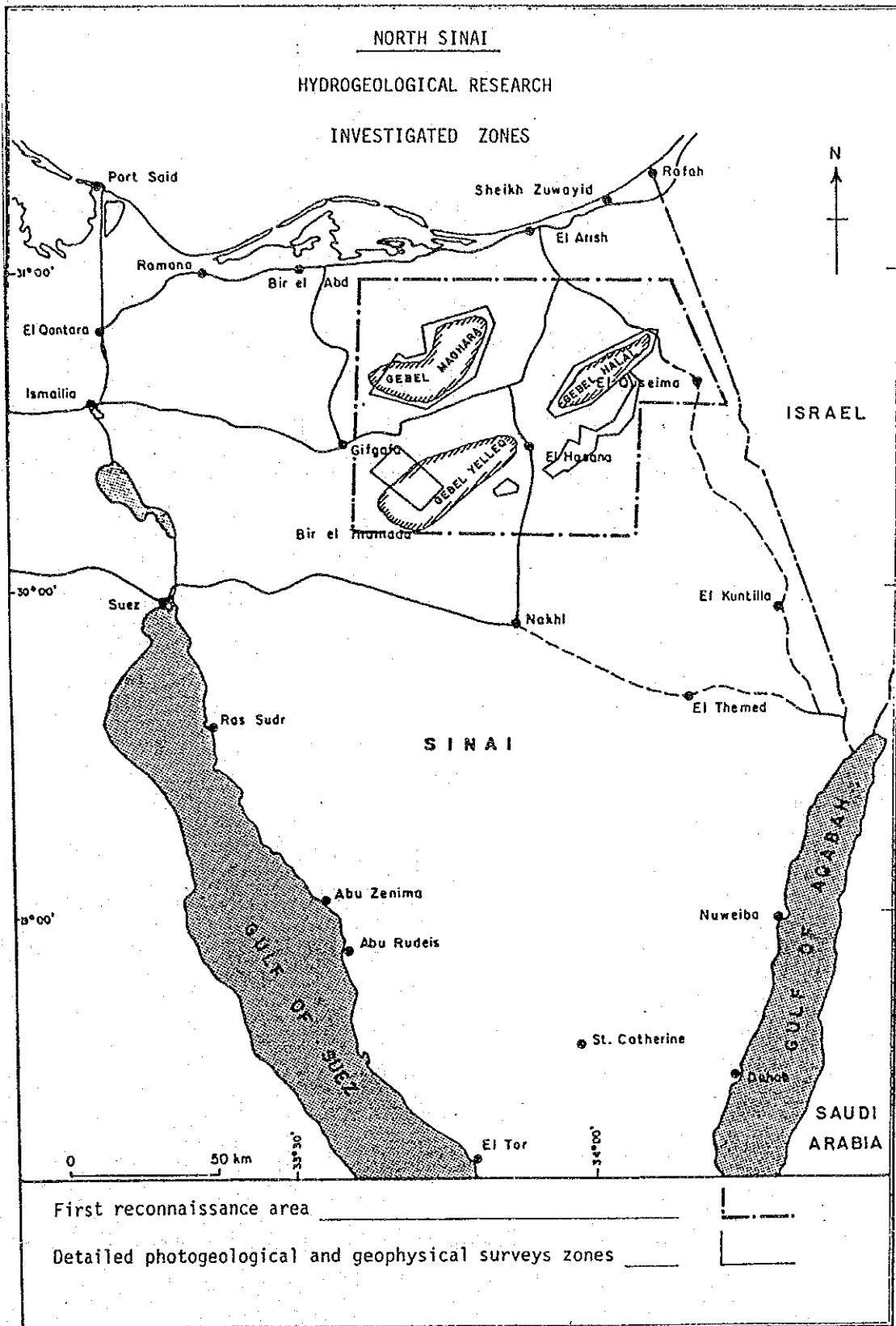
フェーズⅡ以降の調査は、以上の結果を踏まえ、各精査地区において試掘井を掘削する予定である。

4-2 シナイ半島の水文地質

シナイ半島の地下水賦存状況を水文地質的に大別すると次のようである。

地 形	地 質 と 帯 水 層	地 下 水
砂 丘 ・ ワ ジ	砂丘砂層、河床砂礫層など沖積層及び下位の洪積層	不圧水 被圧水
ワジ(主として内陸)	洪積層~ジュラ紀層 砂岩、石灰岩など	不圧水 (深層)被圧水
基 盤 岩 山 地	先カンブリア紀花崗岩、変成岩	裂か水

図-4.2 ゲベル・マガラプロジェクト位置図



ここでは上述の各水文地質単位ごとの地下水賦存状況を SDS レポートを参考にしながら述べることにする。(図 4.3 参照)

4-2-1 第四紀層の地下水

沖積世(砂丘砂層, 河床砂礫層), 洪積層はシナイ半島北部ローマナ(Romana)からラファ(Rafah)に至る地中海沿岸一帯とスエズ湾に面したエル・カア(El Qaa)平野など海岸平野や内陸部に広く分布している。

既存資料によれば, 沖~洪積世から取水する井戸の揚水量は $2\sim 30\ell/\text{sec}$ ($172\sim 2,592\text{m}^3/\text{日}$)を示し, シナイ半島では最も優能な帯水層となっている。井戸の深度はおおむね 100m 未満($60\sim 70\text{m}$)である。

第四紀層分布地域の中ではワジ・フェイランやエル・カア地域の第四紀層地下水の水質は良好である。とくに今回現地視察を行ったワジ・フェイランでは周辺山地からの裂か水がワジへ浸透しており, TDS は $500\text{mg}/\ell$ 以下を示している。また, エル・カアでも一般には $2,500\text{mg}/\ell$ を超えることはなく, 大体 $100\text{mg}/\ell$ 程度と良好な値を示している。

シナイ半島で最大の地下水汲み上げ地域であるエル・アリシュでは TDS は現在 $1,200\sim 5,000\text{mg}/\ell$ を示し, 過去20年間にわたり徐々に増加しており, 海岸からの塩水浸入によるものといわれている。

4-2-2 第三紀層及び中部白亜紀層の地下水

(1) 中新世砂岩層

第三紀中新世の砂岩層はスエズ湾岸, ビター湖(Bitter Lake)周辺などシナイ半島西側に分布する。グレートビター湖東岸のハバシ(Habashi)の深鉱井では TDS の値は $1,000\text{mg}/\ell$ 以下, また, さらに南のラス・ミサラ(Ras Misalla)では $2,600\sim 5,000\text{mg}/\ell$ の地下水が中新世の砂岩層から取水されている。これらの地域での深井戸の深度は $150\sim 550\text{m}$, 揚水量は $6\sim 23\ell/\text{sec}$ である。

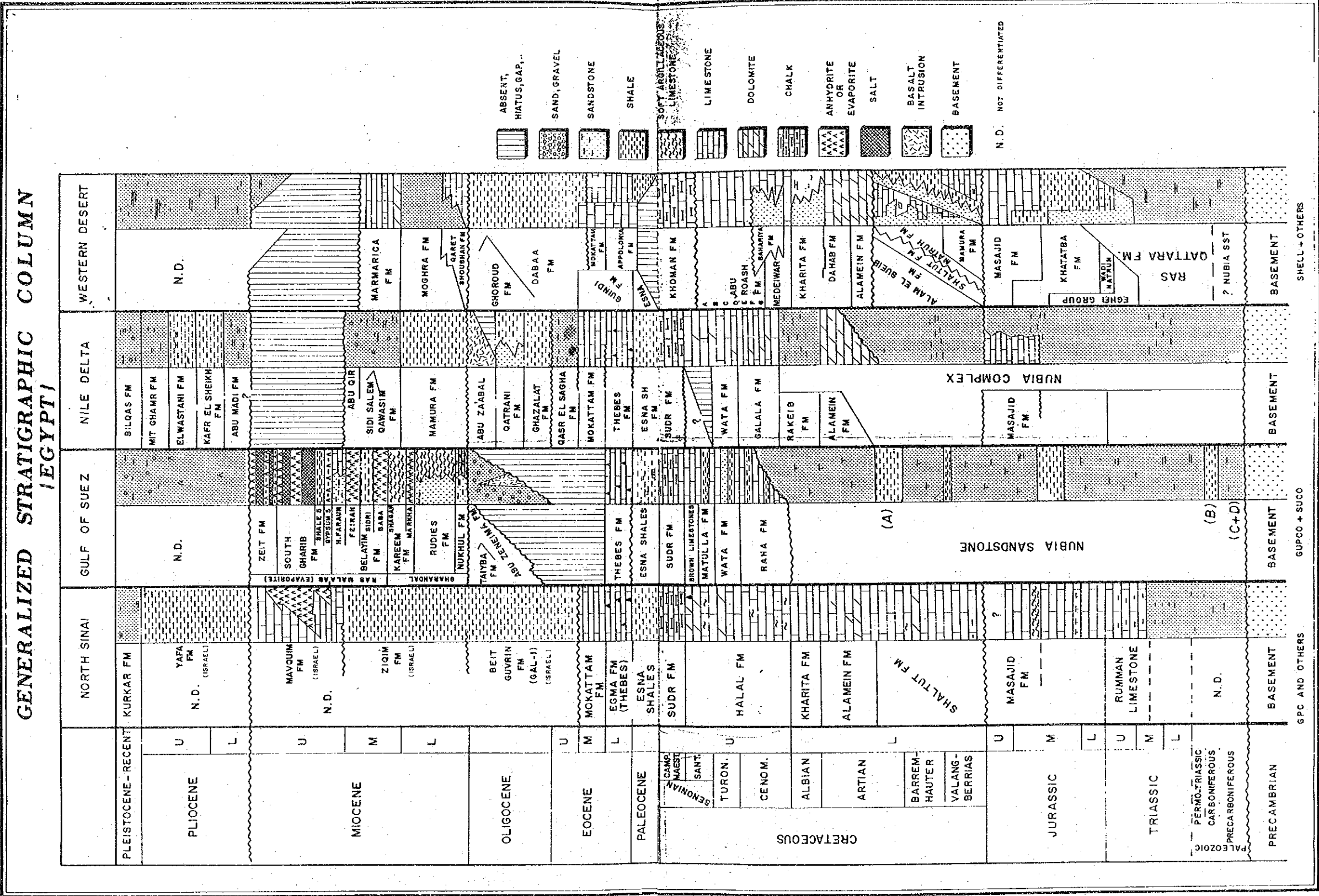
また, エル・カア平野の北側アブ・ルデイス(Abu Rudeis)や半島南端のシャルム・エル・シェイクにおいても中新世砂岩から地下水を取水している。アブ・ルデイスでの井戸深度は $30\sim 80\text{m}$, 揚水量は $2\sim 17\ell/\text{sec}$, TDS の値は $3,900\sim 5,300\text{mg}/\ell$ である。

(2) 始新世石灰岩

シナイ半島では, 始新世石灰岩には水質的にみて利用可能な地下水は賦存していない。これまでスエズ湾岸で実施された石油探鉱井の資料によれば, 始新世石灰岩の地下水の TDS 値は $8,500\sim 20,000\text{mg}/\ell$ を示しており, 脱塩処理を必要とする。

唯一の例外は, エル・クセイマ(El Quseima)~エル・クンティラ(El Kentilla)などの

図-4.3 エジプト国の地質順序



DRAWN BY KESMAT COMPILED BY J. BOCTOR - E. ZAKRLOUL

TPG-1344 H

シナイ半島北東部イスラエル国境沿いに分布する石灰岩層である。後述するように、今回調査で視察したグダイラーツ湧泉 (Ain El Gudeirat) は、この石灰岩からの地下水が湧出しているもので、その湧出量は $17\sim 27\ell/\text{sec}$ ($1,500\sim 2,000\text{m}^3/\text{日}$)、TDS 値は $1,500\text{mg}/\ell$ である。なお SDS によれば、この地域では井戸深度は $25\sim 75\text{m}$ 程度が想定されている。

(3) 中部白亜紀層

シナイ半島中央部には石灰岩、ドロマイト、マール、砂岩からなる中部白亜紀層 (セノマニアン世～チュロニアン世) が分布する。水文地質的にはこれらを覆う上部白亜紀層下部にあたる下部セノニアン (石灰岩、マール及び南部では砂岩・頁岩を含む) を含め、中部白亜紀層を一つの水文地質単位としている。

シナイ半島の中部白亜紀層が帯水層としてどの程度地下水開発の対象となり得るかにについては、現時点では、ほとんど不明である。ただ、隣接するイスラエルでは本層を対象に飲料用以外の用途に大規模な地下水開発を進めているといわれ、シナイ半島でもその開発可能性の調査は重要な課題といえる。

本層を対象とした深井戸の掘削深度は、現状では推定の域を出ず、場所により変化すると思われるが、SDS によれば、ゲベル・エル・マハラ周辺で $50\sim 250\text{m}$ 、シナイ中央部では $250\sim 450$ 、揚水量は $2\sim 14\ell/\text{sec}$ を期待している。

(なお、JICA ではジョルダン国南部エル・ジャファル水系で地下水開発調査を実施中であるが、同調査は白亜紀層を対象としているので、これらの情報を収集解析することが重要であろう。)

4-2-3 下部白亜紀層

下部白亜紀層はシナイ半島の大部分では砂岩層から構成されている。ただし、ゲベル・エル・ハラル (Gebel El Halal) とゲベル・エル・マハラ (Gebel El Maghara) の北部山地では層相の変化により下部白亜紀層の上部は石灰岩とマールからなる。

文献によれば、下部白亜紀層砂岩層はその上位のセノマニアン砂岩層とともに、いわゆる「ヌビア砂岩」の上部を構成するものと考えられていた。「ヌビア砂岩」の最下部は地質時代的にはカンブルア紀にまたがっている。

中央及び北部の山地では、下部白亜紀砂岩層の水質は良好で TDS 値は $800\sim 3,500\text{mg}/\ell$ の範囲にあるといわれている。しかし、本層の僅かな露出地域の例外として、これら山地部では本層の被圧水頭は $150\sim 200\text{m}$ ないし、それ以下と考えられ、開発がやや困難である。スエズ湾岸及び地中海沿岸では TDS 値は $10,000\sim 250,000\text{mg}/\ell$ を示し、極めて硬度の高い塩水であるため、利用には適していない。

SDS によれば、シナイ中央部での本層の開発深度は $650\sim 950\text{m}$ を想定し、揚水量は $2\sim 14\ell$

/sec, TDS の値は1,500~2,500mg/ℓ を期待している。

なお, UNICEF は近年800~1,000m 級大深度の深井戸掘削を実施中である。これらの既存資料の層序学的並びに水文地質学的検討に加えて, 本格調査において1,000m 級の試掘を実施すれば, 白亜紀層及び, それ以深を含めて, シナイにおけるヌビア帯水層の実態が把握できるものと思われる。

4-2-4 ジュラ紀層

ジュラ紀層はシナイ北部のゲベル・エル・マハラ周辺に露出するほか, アユンムサ (Ayun Musa) では深度167m の浅層部に分布している。また, これまで行われたシナイ北部~中央部の石油探鉱井によれば, ナカール (Nakhl) では1,119m, エル・ハムラ (El Hamra) では451m でジュラ紀の砂岩・頁岩互層に, また, エル・カブラ (El Khabra) では1,406m でジュラ紀石灰岩層に着岩している。

しかし, いくつかの例外を除くと, これらの地域ではジュラ紀層の地下水の産水量は極めて小さく, TDS 値も4,000~8,400mg/ℓ と高く, 高塩分濃度のカン水である。

一方, 中央部高地に分布するジュラ紀層は主として砂岩層からなり, いわゆる「ヌビア砂岩」の一部をなし, 多くの場合, 水理的には, その上位の下部白亜紀砂岩層と連続している。この付近の石油探鉱井の記録によれば, ジュラ紀砂岩層は淡水~汽水を賦存しているという。

4-2-5 カンブリア紀~三畳紀層

これらの古生代~中生代層は主に砂岩からなり, 頁岩・ドロマイトを伴うことがある。シナイ南部基盤岩山地の北側に分布するが, 露出範囲が狭く, 表層部の浅井戸以外に地下水の賦存に関する手がかりは得られていない。

これらの地域の浅井戸の水質は淡水~汽水で TDS 値は950~3,900mg/ℓ である。

4-2-6 先カンブリア紀 (基盤岩類)

シナイ半島南部の基盤岩山地は先カンブリア紀の花崗岩, 変成岩及び, それら貫く各種の岩脈群からなる。

地下水は基本的に裂か水であり, これらの岩石の割れ目あるいは断層を通じて賦存・流動している。涵養源は降雨によるもので循環速度が早く, 水質は良好である。本事前調査では裂か水に由来するシナイ半島南部の湧泉を視察したが, 適切な探査により, これら基盤岩中への裂か水の開発は十分可能と考えられる。

4-2-7 水文地質のまとめ

SDS 報告では716カ所の既存井及び湧泉さらに石油探鉱井のデータを解析して、シナイ半島全域の水文地質単元別地下水産水量と水質の総括を行っている。評価にあたっては水質、水量ともに、ある幅をもつ値を指数で表現している。

ここではこの結果を、もとの定量的な表現に換算して示し、シナイ半島の地下水を概観することとする（表-4.1）。

また、同報告書は表-4.2に示すようにシナイ半島全域を7地下水区に区分し、前述の716カ所のデータを統計的に処理し、各地下水ごとの地下水量と水質をまとめている。これらもシナイ半島地下水の概要を把握するのに役立つものである。

表-4.1 シナイ半島の水文地質単元ごとの既存水源の水質と水量

水文地質単元	水 質		水 量	
	TDS mg/ℓ	データ数	産水量 m ³ /日	データ数
砂丘砂層	2,500~4,000	51	20~200	16
第四紀砂礫層	1,500~2,500	245	>200	142
鮮新層	7,700 0	3	2~20	2
中新世堆積岩	4,000~7,000	51	20~200	12
中新世岩脈	4,000~7,000	3	20~200	3
始新統 (Eocene)	4,000~7,000	28	20~200	10
(Paleocene)	2,500~4,000	1		0
上部白亜紀層	2,500~4,000	30	2~20	21
中部 "	1,500~2,500	37	2~20	20
下部 "	2,500~4,000	39	20~200	10
ジュラ紀層	4,000~7,000	12	2~20	7
カンブリア~3疊紀層	1,500~2,500	19	2~20	4
先カンブリア紀	500~1,500	55	2~20	14
	2,500~4,000	574	20~200	261

指数は四捨五入し、量の範囲で示した。

出展：SDS Phase I Vol. 5 Tab2-7

表-4.2 シナイ半島における既存地下水源の水質と水量

水文地質单元	水 質		水 量	
	TDS mg/ℓ	データ数	産水量 m ³ /日	データ数
I 地中海沿岸	1,500~2,500	156	>200	126
II 移動卓状地	2,500~4,000	67	20~200	27
III 北部安定卓状地	2,500~4,000	23	2~20	11
IV 南部 "	1,500~2,500	66	2~20	40
V 南部山地	500~1,500	75	20~200	13
VI スエズ地溝 (Rift)	4,000~7,000	143	20~200	36
VII アカバ "	2,500~4,000	44	20~200	8
合 計	2,500~4,000	574	20~200	261

指数は四捨五入し、量の範囲で示した。

出展：SDS Phase I Vol.5 Tab2-8

4-3 地下水利用の現状と問題点

前節で述べたように、シナイ半島では沖～洪積層からの地下水開発が大部分を占め、それ以外深の第三紀～中生代層の地下水開発は、未だほとんど手さぐりの状態にあるといえる。

地下水揚水量の現状についての推定は、1982年の SDS レポートが行っているが、その後については調査資料はない。

SDS によれば、シナイ半島における主要な地下水利用地域は表-5.3 に示す 6 地域で、これにその他地域を加えた総揚水量は約 49,100 m³/日である。

このうち、47,000 m³/日は第四紀層からのものであり、エル・アリシュ、エル・トール（エル・カア）など海岸平野部では、すでに過剰揚水により塩水浸入が発生しているといわれている。したがって、今後は主として白亜紀層を中心に探査を進め、良好な水質の地下水開発を進めることがシナイ半島の水資源開発のうえで重要な課題となろう。

また、半島南部の基盤岩山地における裂か水の開発も試みられるべきであろう。

表-4.3 揚水量の現状 (シナイ半島)

地 域	揚水量 (m ³ /day)	帯水層
El Arish	25,000	Quaternary
Rafah-Aheikh Zuwayid	15,000	"
Abu Rudeis	800	"
Feiran Oasis	1,400	Wadi Alluvium
Wadi Feiraan	1,300	Miocene Sandstone
El Tor	2,800	Quaternary
その他	2,800	Miocene al Creatous Eocene Limestone
	49,100	

出典: SDS Phase I Volume V

表-4.4 シナイ半島の水文地質と開発可能性

	帯水層層序	水 質	開発の可能性
Quaternary Sands & Gravel	第四紀 (40-90)	良	可
Miocene Sandstone	中新世 (30-80)	—	—
Eocene Limestone Middle Cretaceous	第三紀始新世	—	—
Sedimentary Rock	白亜紀 中部 (50-450)	良	可
Lower Cretaceous Sandstone	白亜紀 下部 (50-950)	良	可
Jurassic Sedimentary Rock	ジュラ紀	—	—
Cambrian to Triassic Sedimentary	カンブリア~三疊紀	良	—
Precambrian Crystalline Rock	先カンブリア紀	良	—

出典: SDS Phase I Volume V

4-4 現地視察結果

コンタクト及び S/W 調査期間中にシナイ半島の地質と地下水に関し現地視察を行った。視察の範囲は、半島南端のシャルム・エル・シェイク (Sharm el Sheikh) を除くほぼ半島全域を一周するものであったが、ここでは主な観察箇所の概要を述べる (図-4.4 参照)。

1. ゲベル・マガラ

この地域はジュラ紀及び中～下部白亜紀の砂岩、石灰岩、ドロマイト、マールなどが分布する。これまで、イタリアと共同でジュラ紀層に賦存する石炭開発を軸とした地域開発計画の一環として地下水調査が進められており、現在この地域一帯で生産井 6 孔、水位観測井 8 孔が仕上げられている。これら資料は入手できていないが、深度はおおむね 200m、帯水層はジュラ紀の砂岩層とみられる。

ワジ・エル・ファタ沿いには直径約 3m、深度 8m の浅井戸が掘削されており、白亜紀石灰岩及び、それを覆う風化堆積物中から湧出する浅層地下水を取水している。

地下水の水温は 25℃、電気伝導度は 4,500 $\mu\Omega$ であった。

なお、マガラプロジェクトではワジ・エル・マガラにダム建設計画もあり、この浅井戸の近辺のワジには水文観測所と堰が、1984 年以來、設けられている (3-4 河川と水文観測参照)。

2. エル・アリシュ

エル・アリシュは人口約 70,000 人のシナイ半島随一の大都市である。1987 年 6 月にナイル川からの導水が完成し、住民の飲料水に関しては問題は解決しているといっている。しかし、ワジ・エル・アリシュ及び海岸段丘沿いには多数の浅井戸、深井戸が古くから掘削され、飲料用、かんがい用に使用されており、SDS によると、その揚水量は 25,000 m^3 /日に達するものと推定されている。帯水量は海岸寄りでは主として沖積世の砂丘砂層と後期洪積世の砂礫層である。この砂礫層の下位には Kunkar (または farga) と呼ばれる前期洪積層が分布し、上位層とともに帯水層をなす。

これより下位には鮮新世の礫層及び、それに伴う新第三紀のマール (塩分が多い) が分布し、この地域の不透水基盤となっている。

エル・アリシュ地区の管井は深度は 60m 程度のもが多く、揚水量は 0.6～28 l /sec (平均 17.8 l /sec : 約 1,500 m^3 /日) の範囲にあり、中～大規模の水供給に適しているといえる。しかしながら、問題は水質である。1980 年～1981 年にかけて行われた調査によると、既存井の TDS (Total Dissolved Solid) の平均は 2,923 mg/l であった。また、平面的な分布は図-5.5 に示すように、主としてワジ・エル・アリシュ右岸域に 3,000～4,000 mg/l を示す地域が広がっている。また、全域的に地下水の塩分濃度の増加の原因は過剰揚水に伴う海岸部からの塩水浸入によるのではないかとされているが、これらの図を見た限りでは、必ずしも海水浸入のみを原因とするわけにはいかないようにみえる。

图-4.4 現地視察地点位置图

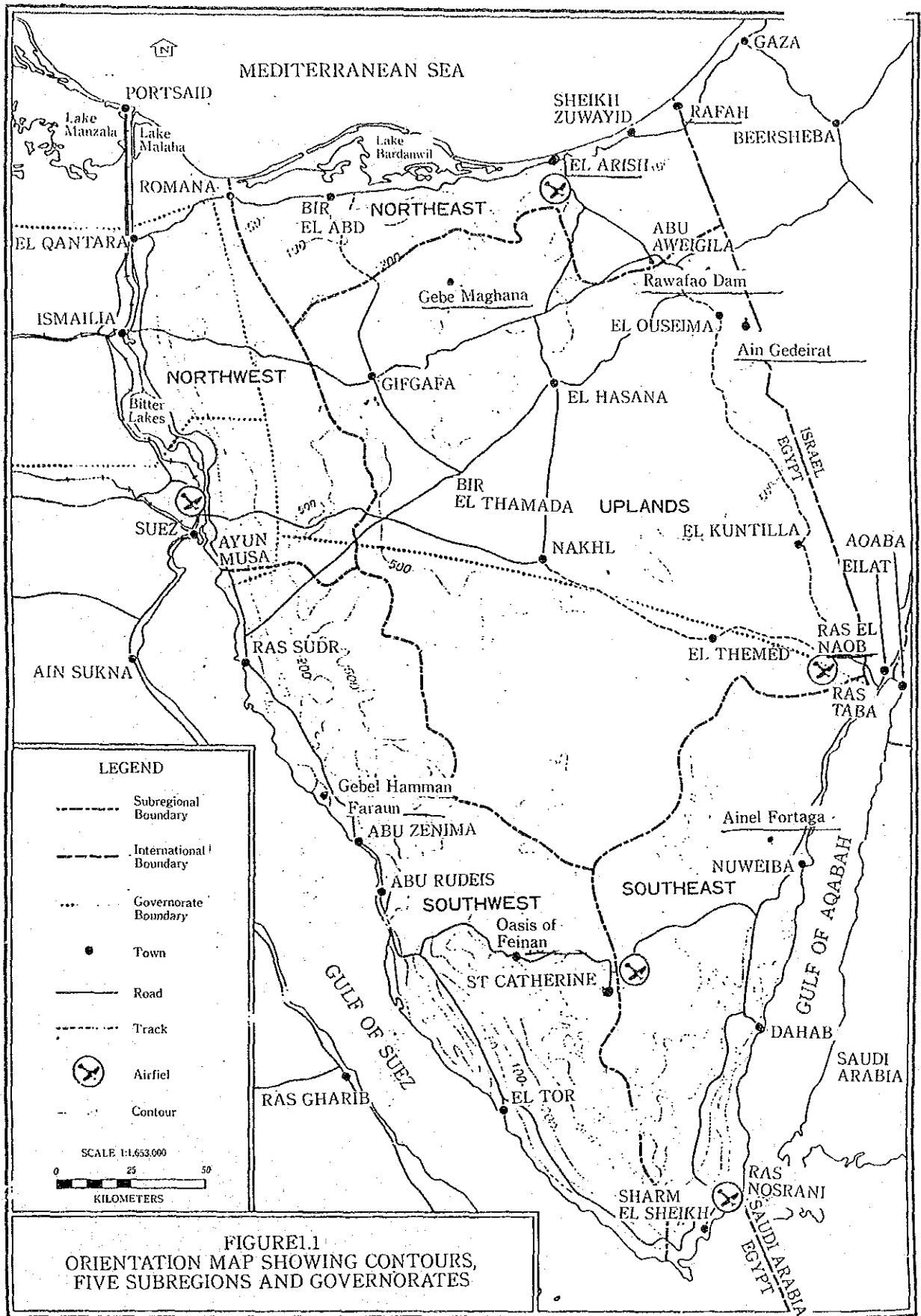
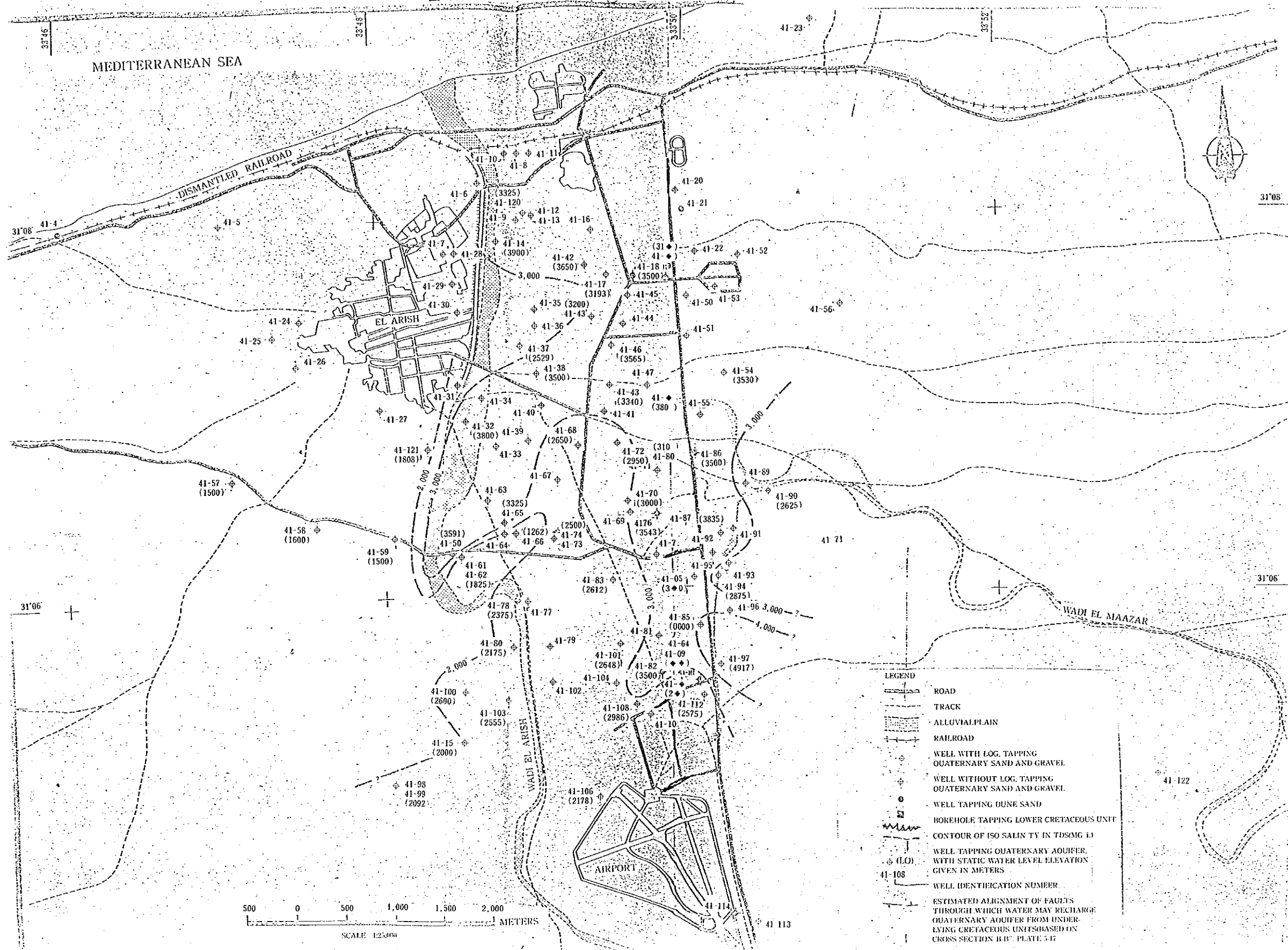


図-4.5 エル・アリシュ地域の地下水塩分濃度等値線図 SOURCE: SDS, MAP PORTFOLIO



いずれにしてもエル・アリシュ地域はシナイ半島の人口の約40%を占める人口密集地域であり、地下水利用が進んでいることから地下水調査は保全・管理に重点を置きながら進めていくべきであろう。実際にも、RIWRはカイロ大学と共同で一部調査を進めていることは5-1に記したとおりである。

3. ラファ砂丘

シナイ半島北東端ラファ(Rafa)はエジプトとイスラエルにより分割統治されている。エル・アリシュからラファに至る街道沿いは地中海に面した海岸段丘が広がり、年間降水量は200~300mmとシナイ半島内では最も多いことから、砂丘地では一部地下水利用によるかんがい農業が進められている。

この地域の砂丘砂層の層厚は15~20mで、その下位に約60mの層厚をもつ石灰質砂層が分布し、鮮新世の頁岩層が基盤をなしている。また砂丘砂層は新旧2層に区分される。

砂丘と砂丘との谷間には湿地帯があり、浅層地下水の湧出が認められる。

エル・アリシュからラファに至る海岸の途中に位置するエル・ハローバ(El Kharouba)には海岸から僅か数十mほどしか離れていない地点で海岸に並行に幅約5mのトレンチを掘削し、ポンプ揚水によりかんがい水として使用されている。

このような場所では明らかに過剰揚水すれば直ちに下部帯水層に侵入している塩水のアップコーニング(Up Coning)を招くが、揚水に際してはこのことに十分配慮し、広く薄く淡水を集水するよう努力しているようである。

また、この砂丘地の地下水の涵養源は直接砂丘に浸透した降雨が大部分と思われるが、背後のワジを通して洪水時の浸透水が流動してくるものと考えられている。

砂丘地の地下水は管井による場合1井当たりの揚水量はあまり多くを期待できないと考えられるので、トレンチ(開渠)、集水暗渠、大口径浅井戸(満州井戸型の集水井)により、広く薄く取水する方法が効果的と思われる。

航空写真判読等により砂丘地及びワジの微形地と地質を解析して地下水開発地点を選定し、上記取水方法を適宜組み合わせれば、小~中規模の地下水かんがいをさらに発展させることが可能と思われる。

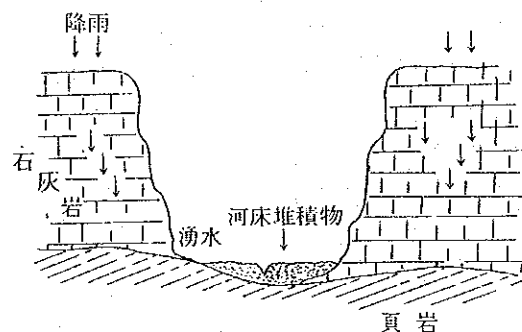
4. グダイラーツ湧泉

エル・アリシュの東南約70km、イスラエルとの国境に近いエル・クセイマ(El Qusema)西方の谷にはグダイラーツ湧泉(Ain Ein Gudairat)として知られ、古くから利用されている湧泉群がある。

この地域は次図に示すように、始新世(Eocene)下部の石灰岩と暁新世(Paleocene)から始新世のエスナ(Esna)層の頁岩からなり、地下水はこの石灰岩と頁岩の境界に沿って湧出している。湧出部は河床砂礫堆積物に覆われ、直接見ることはできないが、集水柵が埋め込

まれ、ベドウィンや家畜の飲料水に利用されている。

また、この湧泉群全体の湧出量は SDS によると1,440~2,344 m³/日と推定されているが、湧水は集められ、パイプラインで下流に送られて、かんがい用水として利用されている。



5. ゲベル・ハンマン・フォラオ温泉

この温泉はシナイ半島のスエズ湾岸側、スエズから約100kmの海岸にあり、古来ファラオの浴場 (Gebel Hamman Faraun) として知られている。温泉水の温度は71℃、熱源は始新世 (Eocene) の石灰岩及びチャートに貫入した中新世のかんらん石ないし粗粒玄武岩岩脈に由来すると考えられている。

泉質は不明であるが、現場で見る限りでは硫黄臭があるものの、透明な温泉水が海岸のいたるところから湧出しているのが認められた。

6. フェイランのオアシス

このオアシス (Oasis of Feiran) は、シナイ半島南部のワジ・エル・フェイラン上流部にある。オアシスの中心部は北側にゲベル・バナド (Gebel Banat)、南側にゲベル・サーバル (Gebel Serbal) などの1,500~2,000mの山岳が取り巻き、地質は変成岩、花崗片磨岩、花崗岩など先カンブリ紀の基盤岩類からなる。

地下水はこれらの岩石の割れ目から湧出し、谷を埋める河床堆積物中に賦存している。これら基盤岩類には節理、割れ目が極めてよく発達し、降雨が速やかに浸透し、移動する。流動機構は基盤岩を貫く幅数mの赤色の酸性岩岩脈によって規制される。すなわち、花崗岩や変成岩類を浸透した地下水は、それらの岩石に比べて著しく堅硬で緻密な酸性岩により堰き止められ岩脈との境界面に沿って湧出してくると考えられている。

7. セント・カテリーナ

シナイ半島で最も高いゲベル・カテリーナ山 (Gebel Catherina 2,643m) を背後にいたたく聖地セント・カテリーナ (St. Catherine) は、カルク・アルカリ岩系の花崗岩からなる山地である。この地はモーゼが十戒を授かった聖地として知られ、シナイ半島観光の中心となっている。

1,300年前に建立されたセント・カテリーヌ修道院では、この花崗岩の割れ目から湧出する地下水を浅井戸により取水している。

調査時の水温は 27℃、電気伝導度は 450 $\mu\Omega$ で極めて良好であった。

8. ヌエバ海岸平野

ヌエバ (Nuweiba) はアカバ湾に面した海岸平野で、シナイ半島東海岸におけるリゾートの一つである。平野は南北方向に約 10km、東西方向に最大 4km の幅をもつ紡錘形を呈している。平野の西側には基盤岩山地が迫り、ワジ・ワティール (Wgdi Watil) がここから平野部に流れ込み、小扇状地形をつくっている。

ヌエバでは平野を埋める沖・洪積世の砂～砂礫層が帯水層をなし、主としてこの地域のホテルなどの飲料水用に地下水開発が進んでいる。しかし、この平野は狭く海岸に面していることから、過剰揚水に伴う塩水浸入の危険性が大きい。

RIWR ではヌエバ及び背後のワジ・ワティール一帯で現在までに 4 本の管井を掘削している。このうちヌエバでは海岸から約 2km 離れた内陸部で深井戸を掘削中であった。

掘削はエジプトの有力な掘削会社の一つである DASCO が施工している。

現地を訪問した時点は 8 1/2 インチにより深度 80m まで掘削し検層を行った直後で、17 1/2 インチで拡孔中であった。掘削記録によれば深度 53m までが砂礫層、53～73m は花崗岩の風化帯であり、スクリーンはこの風化帯と上部の砂礫層の一部に設置される予定という。なおケーシング径は 10 インチである。

9. フォルタガ湧泉

ヌエバから約 17km ほどワジ・ワティールをさかのぼると、その地域一帯はカルク・アルカリ岩質花崗岩からなる急峻な山地となる。道路脇には花崗岩の割れ目から地下水が湧出している。

地下水の湧出機構はフェイランオアシスと同様と思われるが、ここでは花崗岩を貫く黒色の玄武岩質岩脈が流動を規制しているようである。

ワジ・ワティールは中流部に至ると谷幅が数十 m ～数百 m へと広がり、河床堆積物中にトレンチが掘り込まれポンプが入れられている。これらの地下水の涵養源も大部分は側方の花崗岩質岩石の湧水によるものであろう。

水質を現地で測定した結果は、水温 28℃、電気伝導度 1,100 $\mu\Omega$ であった。

この湧水は現在、特に積極的な利用は行われていない。今後、ヌエバ方面の水需要の増加に対応するためにはフォルタガ湧泉群の開発が必要となるものと思われる。

湧水の開発を効果的に行うためには、湧出箇所を的確に把握するとともに、集水渠等により平面的に、できるだけ広い範囲で地下水を取水することが必要と思われる。

地下水の湧出箇所を把握するには航空写真判読と地質調査により花崗岩地域の断層、リニエーション、岩脈分布等の解析を行うのはもちろんであるが、道路沿いに放射能探査を実施すれば、さらに効果的と思われる。

10. ナカブ

ナカブ (Naqub) はアカバ湾奥のイスラエルとの国境タバ (Taba) の北西約 20km にある国境沿いの地域である。

イスラエル占領下に国際空港としてナカブ空港が建設されたが、シナイ半島返還に伴いエジプト側に移管された。

空港はヨーロッパからの直行チャーター便が離発着し、ヌエバを経てセント・カテリーヌへと至る観光ルートの出発点となっている。

イスラエル占領下では空港への水供給はイスラエル側により行われ、返還後は最近まで 4 ポンド/m³ で水供給を受けていた。

現在の周辺人口は約 5,000 人と推定されるが、今後シナイ開発の拠点として空港及び、その周辺の発展が期待されており、水資源開発が急がれている。

ナカブ地域周辺の地質は、図-4.6 に示すように、アカバ湾に面した南～南東部は基盤岩類 (片岩などの変成岩類及び花崗岩類) とカンブリア紀の砂岩層が分布し、東側のイスラエル側にはセノマニアン世～チュロニアン世など上部白亜紀の砂岩・石灰岩が分布する。

ナカブ空港自体は先カンブリ紀の酸性火山岩の台地上にある (表層部は沖積世の堆積物により薄く覆われている)。また、空港の北及び西側には白亜紀下部の砂岩層、セノマニアン世～チュロニアン世の石灰岩ドロマイト、マール及びセノニアン～始新世 (Paleocene) のチョーク、マール、泥岩、チャート、石灰岩が分布している。

ナカブ空港の北には火山岩台地が広がるがその北端には東西方向に構造線 (断層) が走り、南北の落差は 200m 以上に達するものと推定されている。

UNICEF は、火山台地の西側のワジで最近試掘井を掘削したが、その位置はこの東西性の断層のすぐ南側の地点であった。掘削記録は公開されていないが、深度 137m で基盤となる火山岩に着岩し、完全なドライホールであった。

RIWR 専門家によると、この断層の南側の基盤深度が浅いこと、断層沿いにはそれに伴い生成した極めて緻密堅硬な珪岩が不規則に分布することから、この地点での試掘は失敗であったことを指摘している。

図-4.7 はナカブ空港西側のワジを通る地質断面を模式的に示したものである。ナカブ地域の試掘地点の選定にあたっては、空港西側を南北に伸びるこのワジを対象に、断層より北側で白亜紀及び、それ以深の砂岩あるいは石灰岩層に着目した地質調査、物理探査を行うことが必要と考えられる。

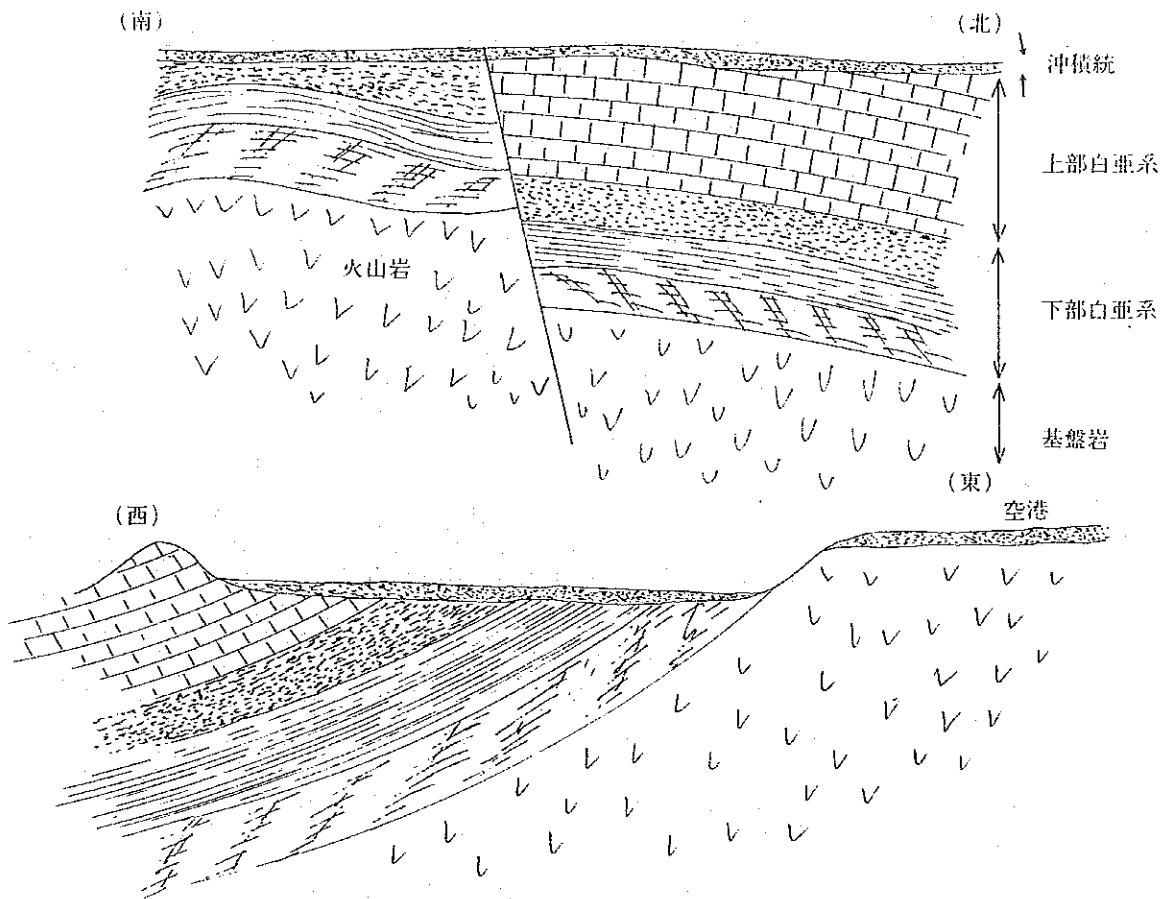
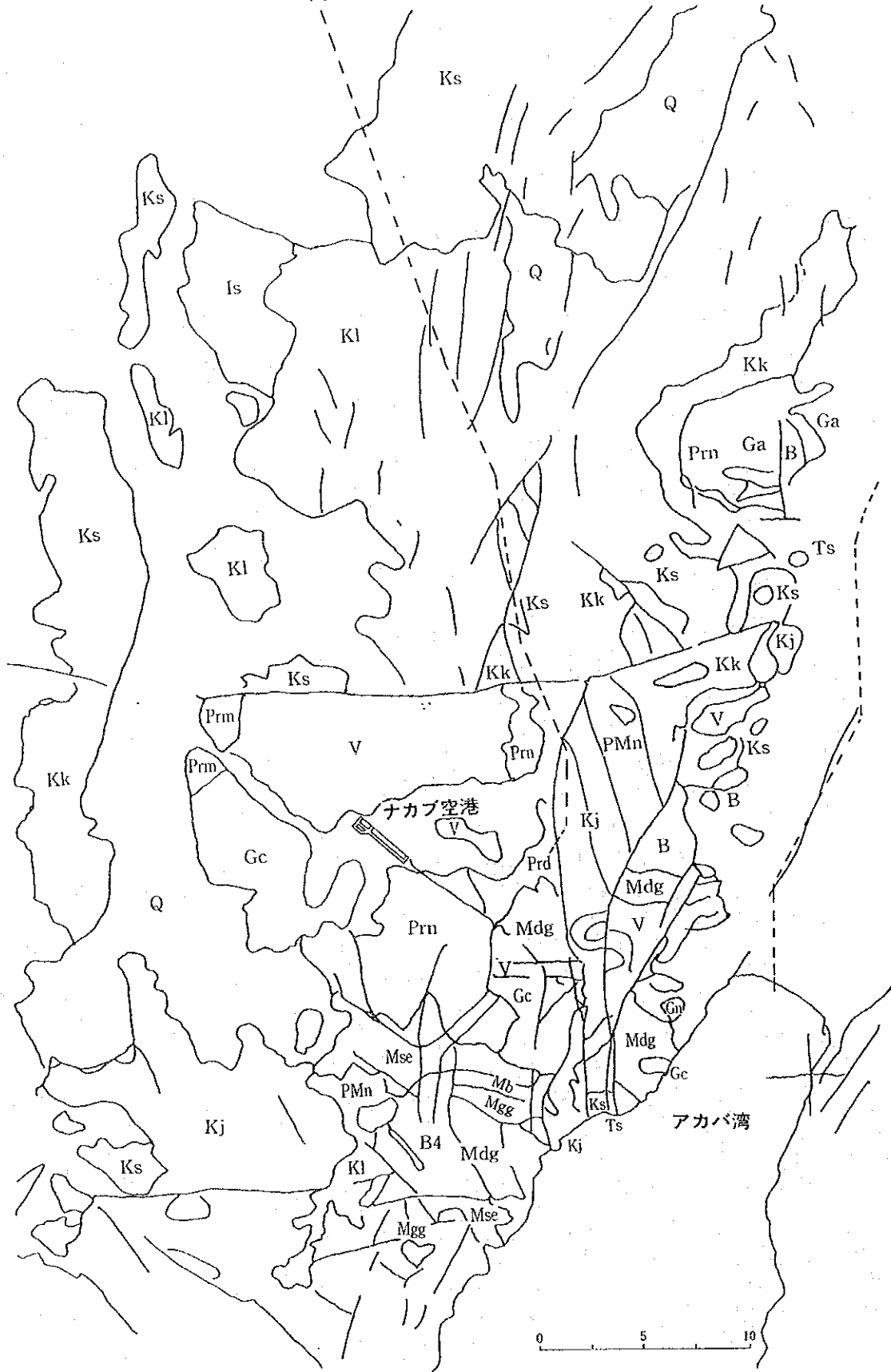




図-5.6 ナカブ空港西側の積式地質断面

図4.6 ナカブ地域地質平面図



地 質 図 凡 例

(記号)	(地 質 系 統)	(岩 相)
Q	: 沖積統	
K _s	: セノニアン～始新統	チョーク・マール・粘土・石灰岩・砂岩
K _j	: セノマニアン～チュロニアン統	石灰岩・白雲岩・マール・砂岩
K _k	: 下部白亜系	砂岩
P _{Mn}	: カンブリア～セノマニアン統(未区分)	砂岩・泥岩・白雲岩
P _{Yn}	: カンブリア～三疊紀	砂岩・泥岩・白雲岩
G _a , G _c	: 先カンブリア紀基盤岩類	花崗岩類
V	: "	酸性火山岩
M _{gg} , M _{dg}	: "	花崗片磨岩類
B	: "	花崗閃緑岩, はんれい岩
		地質境界
		断 層

