

ソマリア民主共和国
モガディシュ給水改善計画
基本設計調査報告書

昭和60年6月

国際協力事業団

無計二

85-57

JICA LIBRARY



1029568113

ソマリア民主共和国
モガディシュ給水改善計画
基本設計調査報告書

昭和60年6月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 7. 23	414
	61.8
登録No. 11793	GRS

序 文

日本国政府は、ソマリア民主共和国政府の要請に基づき、同国のモガディシユ給水改善計画にかかる基本設計調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1985年2月14日より3月8日まで、札幌市水道局拡張部工事課工事管理係長 相原貞雄氏を団長とする基本設計調査団を、現地に派遣した。

調査団は、ソマリア国関係者と協議を行なうとともに、プロジェクトサイト調査、資料収集等の調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

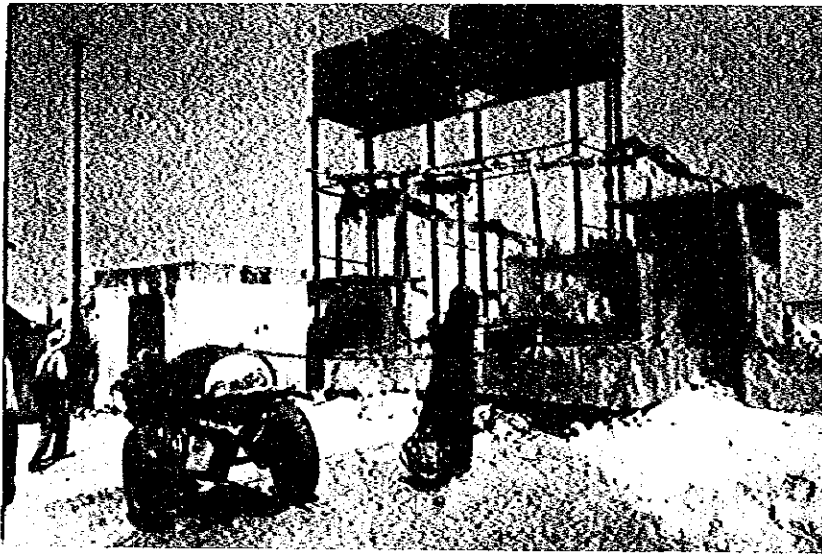
本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ソマリア国の国民生活の安定と向上をもたらし、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

最後に、本件調査にご協力とご援助をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和60年6月

国際協力事業団

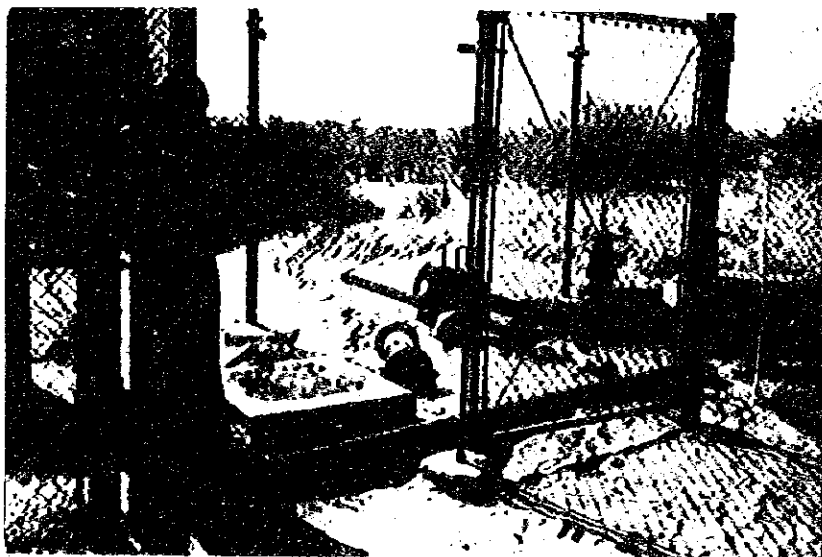
総裁 有田 圭 輔



共同水栓より給水を
受け売水に行くロバ車



井戸(15B)水位測定



取水不能となり放置
された井戸

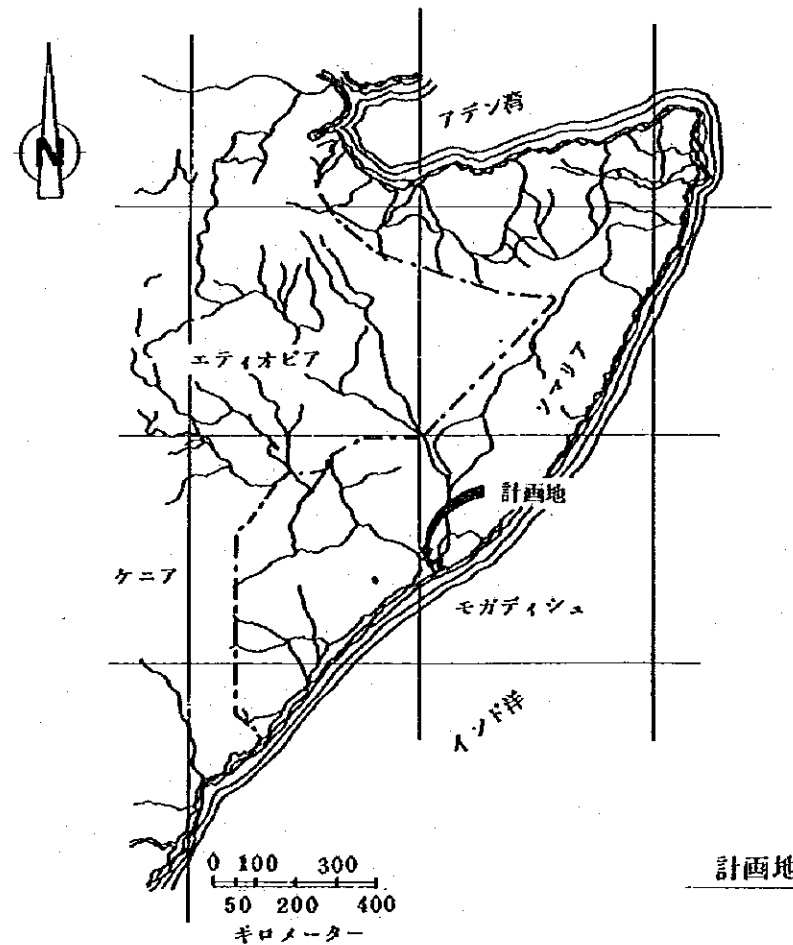
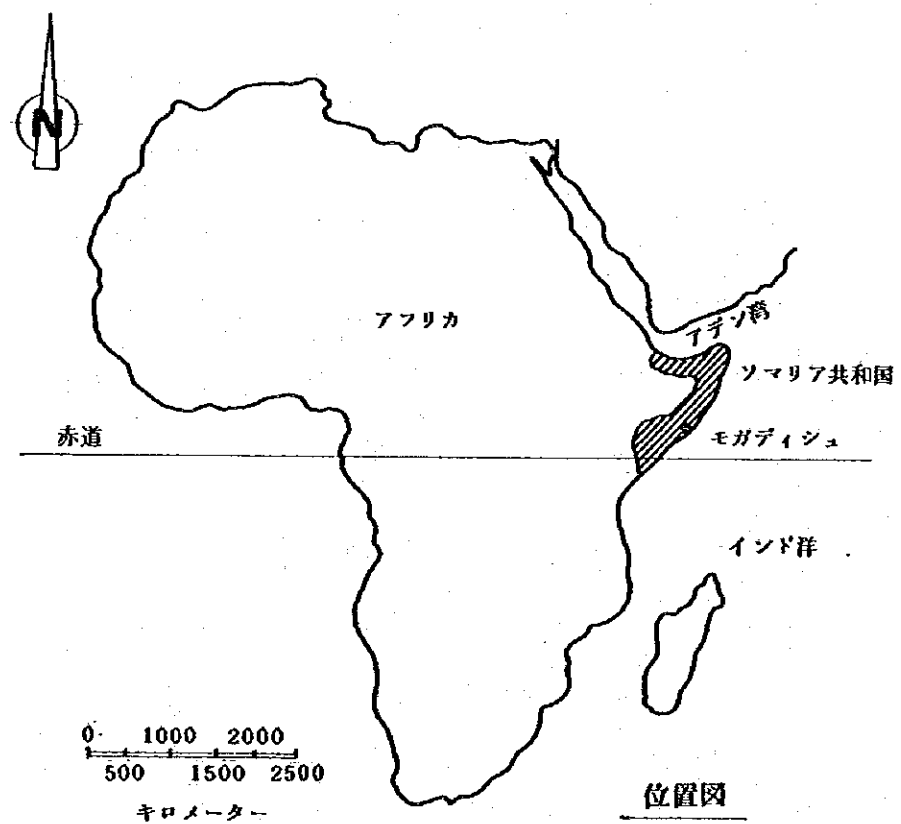
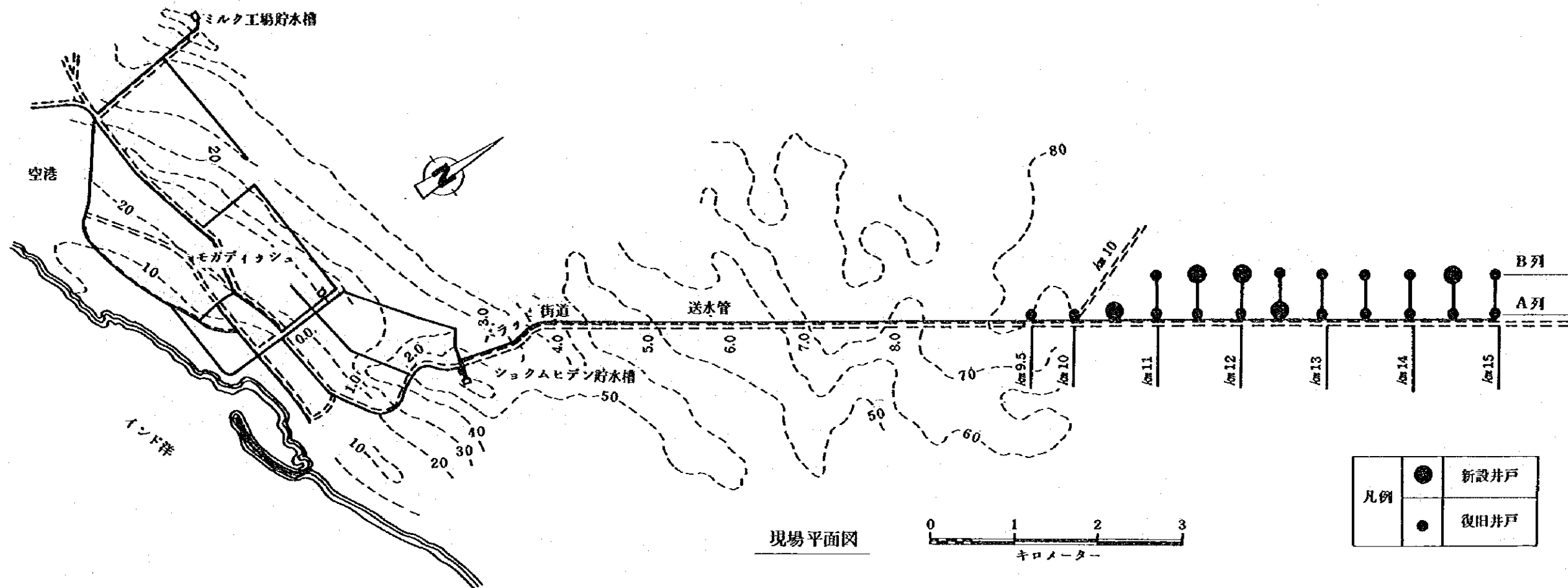


図-1 地図

要 約

ソマリア民主共和国の首都モガディシュは、近年急速に人口が増加し1976年44万人であった人口は、1987年には100万人に達すると見込まれ、同市インフラ整備は急務となっている。同国政府は最優先事業として生活用水開発計画を策定し実行しつつあるが、そのうち特に緊急に着手する必要がある既存井戸の改修につき日本国政府に対し、無償資金協力を要請してきた。

日本国政府はこれに応え、国際協力事業団を通じ基本設計調査を実施した。

モガディシュの生活用水は現在市内水源、バラッド水源、アフゴイ水源の3ヶ所から供給されている。このうち市内水源は施設の老朽化と水質の悪化により使用中止寸前の状況にある。またバラッド水源は施設の老朽化と維持管理能力が低いことに起因し、建設当初の揚水量は年々低下するところとなり現在では計画能力の半分以下におちている。アフゴイ水源は現在建設途上にあり、一部供給を開始するにいたっているが、1986年には全工事を完成しフル稼働する予定である。しかしながらアフゴイ水源開発工事が完成しても、バラッド水源が建設当初の計画揚水量を確保することが可能な状況に復旧しなければ、モガディシュが必要とする生活用水量を供給することは出来ず、モガディシュの慢性的水不足状況を解決することは出来ない。したがってバラッド水源の揚水量を計画水量まで増強する復旧工事を、早急に実施しなくてはならない状況にある。

本調査の目的はバラッド水源における揚水量の低下の原因を現地調査により究明した後、復旧計画を立案し、これを実施するうえで日本国政府の協力をいかに行なうか検討を加えるものであり、復旧計画を策定するうえでの計画諸元は下記の通りである。

①計画目標年次	1987年
②計画給水人口	1,000,000人
③計画1人1日当たり給水量	70ℓ
④計画揚水量	70,000m ³ /日
アフゴイ水源	42,000m ³ /日
バラッド水源	28,000m ³ /日

バラッド水源の揚水量28,000m³/日を確保するために必要な工事は次の通りである。

- ①バラッドウェルフィールドの既存井戸のうち、揚水量が復旧される見込みがある16本の井戸に係る復旧工事の実施。
- ②①の復旧工事とともに、更に不足する揚水量を確保するための5本の新設井戸の建設。
- ③バラッド水源における井戸復旧工事と井戸新設工事の終了後、予定される揚水量を確保するために必要な維持管理機材の確保。

それぞれの工事の内容は下記の通りである。

工 事 名	工 事 内 容	必 要 資 機 材
井戸復旧工事	16本の既存井戸に対して滞砂除去・酸処理等により、井戸本体の清掃を行なった後、ポンプ・配管等老朽化により揚水量を低下させる原因となっている部品を取り替える。これにより揚水量19,200m ³ /日を確保する。	資材 タービンポンプ 16組 ポンプ回り配管 16組 フェンス 16組 井戸回復液 3t その他消耗品 1式 機械 井戸復旧専用機 1式 揚水試験設備 1式
井戸新設工事	外径450mm深さ150mの井戸を掘削し、電気検層により取水位置を決めてケーシングストレーナを設置した後、井戸の清掃・揚水テストを経て生産用ポンプをセットし、揚水量の確認をして建設する5本の井戸により、揚水量8,800m ³ /日を確保する。	資材 井戸本体径250mm, 深さ150mm 5本 水中ポンプ45KW 5組 ポンプ回り配管 5組 発電機250KVA 1台 変圧機 75KVA 5台 高圧配線 22° 15 9 0 m 低圧配線 32° 3 0 0 m 電柱 $\phi = 12.5m$ 1本 水銀灯 100V 5組 フェンス 5組 ベントナイト他 消耗品 1式 機械 井戸掘削機 1式 泥水機、工具類 1式
維持管理機械の確保	井戸復旧工事と井戸新設工事に使用する機械は使用後は全て維持管理用に使用する。それ以外にワークショップ機械・電機関係工具類、および工事用車両が必要と判断される。	機械 ワークショップ機械 1式 電機関係工具類 1式 車両 6台 1式

本プロジェクトの総事業費は約6億円と見込まれ、交換公文締結後工事完成まで24ヶ月を要する。

本プロジェクト実施により、モガディシュの住民に対して安全な飲料水の安定供給が可能となることから、わが国の無償資金協力を行なう意義とその効果は大きいものと考えられる。

序 文
地 図
要 約

目 次

第一章 緒論	1
第二章 計画の背景	2
(1) ソマリア国の概要	2
イ. 全体概要	2
ロ. 産業と経済の概況	3
ハ. 日本・ソマリア関係	4
(2) 計画地の位置および社会経済状況	4
(3) 自然条件	5
イ. 気候	5
ロ. 降雨	5
ハ. 河川	6
ニ. 地質概要	7
ホ. 水利地質状況	11
(4) 水道事情	21
イ. 水道行政	21
ロ. 水道と環境衛生	21
ハ. 水道計画	21
(5) 要請の経緯と内容	25
(6) 既存施設の現状と問題点	27
イ. 既存給水施設	27
ロ. 既存施設の調査および診断	30
第三章 計画の内容	36
(1) 目的	36
(2) 要請内容の検討	38
(3) 計画概要	40

イ. 実施機関・運営体制	40
ロ. 基本計画	40
ハ. 計画位置・状況	40
ニ. 施設・機材概要	40
ホ. 管理計画・人的配置	41
(4) 技術協力	42
第四章 基本設計	43
(1) 設計方針	43
(2) 設計条件	43
(3) 施設設計	43
イ. 水源設計	43
ロ. ポンプ設備設計	53
ハ. 配管設備設計	59
ニ. 電気設備設計	60
(4) 施工計画	66
イ. 建設事情および施工方針	66
ロ. 工事区分	66
ハ. 施工監理計画	66
ニ. 資機材調達計画	66
ホ. 実施スケジュール	67
ヘ. 概算事業費	67
第五章 事業評価	69
第六章 結論と提言	70
(1) 結論	70
(2) 提言	70
付録	71
ミニッツ・オブ・ディスカッション	73
調査団員	77
ソマリア国関係者リスト	78
調査日程	79

第一章 緒論

ソマリア民主共和国の首都モガディシュの人口は近年急速に増加し、1976年に44万人であった人口は1987年には100万人に達すると見込まれ、このため同市のインフラ整備は急務となっている。同国政府は最優先事業として生活用水開発計画を策定し実行しつつあるが、そのうち特に緊急に着手する必要がある既存井戸の改修につき、日本国政府に対し無償資金協力を要請してきたものである。

この要請に応じるため日本国政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団が相原貞雄氏(札幌市水道局工事課工事管理係長)を団長とする基本設計調査団を1985年2月14日から3月8日まで現地に派遣した。

調査団は、先方と協議の結果、①水需要と供給量の実体把握と将来予測、②既存施設の老朽度の調査と診断を加え、水道施設の改善計画の策定を目的として下記現地調査を実施した。

- ① ソマリア国関係機関との協議
- ② 現地踏査
 - ・モガディシュ市内給水状況踏査
 - ・アフゴイウェルフィールド工事進捗状況踏査
 - ・バラッドウェルフィールド既存水道施設状況踏査
- ③ 現地調査
 - ・水質調査
 - ・地下水位調査
 - ・揚水テスト
 - ・各施設老朽度調査
- ④ 基本設計調査報告書作成に必要な資料収集
- ⑤ ソマリア国関係機関とのプロジェクト策定方針の協議

第二章 計画の背景

(1) ソマリア国の概要

イ. 全体概要

- ・国名 ソマリア民主共和国
(Somali Democratic Republic)
首都: モガディシュ(Mogadishu)
- ・位置 ソマリア民主共和国は、アフリカ大陸の北東部に位置し、南緯2度から北緯12度にまたがり、アデン湾とインド洋に面し、北部はジブティ、西部はエチオピアおよびケニア、南部はケニアと国境を接している。
- ・面積 637,664平方キロ(日本の約1.8倍)
(農耕地8.2万平方キロ、牧草地28.8万平方キロ)
- ・人口 約510万人(1982年央推定)
人口増加率は3.1%/年(1972年~1981年)
なお、首都モガディシュの人口は約90万人(モガディシュ水道局推定)。
- ・民族構成 ソマリ族(クシティック語系)
- ・言語 公用語: ソマリ語
その他: アラビア語、英語
(なお、国語のソマリ語は1972年にローマ字化し法律、公文書等はこれにより作成されているが、文語化はまだ完成していない。)
- ・宗教 95%以上がイスラム教徒(主としてスンニ派)
- ・政体 共和制
ソマリア社会主義革命党(S.R.S.P.)の一党制
- ・加盟機構 国連、O.A.U.、イスラム諸国会議、アラブ連盟、他。

ロ. 産業と経済の概況

ソマリア経済は伝統的牧畜と農業が人口の80%を占める生計基盤であるため、繰り返される旱魃、洪水などの気象の変化に左右されやすく、基本的に脆弱な体質をもっている。また、非産油開発途上国に共通してみられる熟練労働者等の不足、原材料・部品の不足、インフラストラクチャーの未整備、開発資金の不足などの特徴が認められる。

ソマリア政府は、1982年からの新5ヶ年計画(1982~1986)によりGDP年平均成長率4.8%達成に対応するため、開発戦略と公共投資計画(1984~1986)を策定した。同計画では経済の安定、生活水準の向上、雇用機会の創出、公正で自由な社会の建設が目標とされている。

現在のところ、ソマリア政府は通貨の切り下げ、価格政策、輸入規制の緩和、財政の引き締めなどを通じ、経済安定化政策を遂行中であり、近年、成長率の上昇、インフレ率の低下等経済状態は幾分改善しつつある。

- ・ 通貨 ソマリアシリング(1シリングは100セント)
US\$1 = 77.5ソマリアシリング(1985年3月)
- ・ 国民総生産 1,240百万ドル(1981年推定世銀資料)
- ・ 外貨準備高 14百万ドル(1982年IMF資料1983年)
- ・ 貿易 輸入 407百万ドル
輸出 101百万ドル
収支△306百万ドル
主要輸入品目 原油、建設資材、食料品
主要輸出品目 家畜、バナナ、皮革(IMF資料1984年)
- ・ 国家予算 全歳入 4,393百万ソマリアシリング
(内グラントは1,106百万ソマリアシリング)
全歳出 5,576百万ソマリアシリング
(内開発支出は2,097百万ソマリアシリング)
収支 △1,283百万ソマリアシリング
(IMF資料1984年)

・主要産業 牧 畜：牛、羊、山羊、らくだ

(総輸出額の80%が家畜輸出)

農 業：バナナ、さとうきび、グレープフルーツ、ごま

鉱 業：石灰石、海泡石、海塩

ハ、日本・ソマリア関係

我が国は、1960年の独立と同時にソマリアを承認し、現在は在スーダン大使館がソマリアを兼轄している。他方、ソマリア側は1982年10月、我が国に大使館を設置した。

1980年度の食糧援助を皮切りに、わが国の対ソマリア経済技術協力関係は順調に進展して、円借款52億円(1983年)、無償援助供与約38億円(1984年3月迄)の実績を示すに至っており、貧困、飢餓対策としての食糧の援助、開発のためのインフラ整備としての電気通信網の整備、衛生事情改善のための病院施設の改善等、各分野でソマリア発展のために貢献している。

(2) 計画地の位置および社会経済状況

ソマリア国は、アフリカ大陸の北東部に位置し、南緯2度から北緯12度にまたがっている。アデン湾とインド洋に面して3,200kmの海岸を形成しており、この2つの海に向かって北東部がサイの角のように突出しているところから、ソマリアを中心とした大陸北東部は通称「アフリカの角」と呼ばれている。ジブティ、エティオピアおよびケニアと国境を接している(図-1)。

アデン湾に面した北部は海岸部と標高2,153mの高地の間に傾斜地が広がっており、北東部は最大標高2,215mの乾燥台地からなり、中央部は標高584m程度の不毛地帯である。

シャベリ川とジュバ川の2つの河川が流れる南部は、ソマリアの中で最も肥沃な土地でありここに農耕地が集中している。

計画地モガディシュはシャベリ川下流に位置し、経度45°緯度3°の赤道直下にある。同地はソマリア民主共和国の首都として、社会、経済、教育、交通等の中心地である。人口は現在約90万で全人口の15%に相当し、そのほとんどがソマリ族で、アラビア語、英語も使用されているが、大多数の住民は国語であるソマリ語を使用している。

国際交通手段としては、国際空港(滑走路2,750m)、国際港(設計水深10m)を有し、現地交通手段としては車が使用され、一部ロバやラクダも使用されている。市内における主要道路はすべて舗装され、市外へ出る主要幹線道、アフゴイ街道、バラッド街道等も舗装済みであり、本プロジェクトが実施されるバラッドウェルフィールドに至る空港、港および市内主要地からの道路も良好な舗装状況にある。

通信は、電話、テレックス、ラジオ等を使用し、現在カラーテレビ放送を毎日数時間放映しているが、通信事情は悪く日本への連絡は電話にせよテレックスにせよかなりの労力と時間を要する状況にある。また市内と本プロジェクト対象地であるバラッドウェルフィールドとの間には電話もなく、モガディシュ水道局本部との無線が唯一の連絡手段である。

(3) 自然条件

イ. 気候

乾燥地帯に位置し、海岸部は平均気温27℃、平均湿度80%の高温多湿型で内陸に行くに従い湿度が低下し、高温乾燥型となる。

ロ. 降雨

調査対象地区モガディシュの降雨によるシーズンは1月から3月までの全く降雨のない乾燥期、4月から8月までの月間50mm程度の第1雨期、9月から10月までの月間10mm程度の半乾燥期、そして11月から12月までの第2雨期からなっている。(図-2)

モガディシュの降雨記録によれば過去20年間(1964~1984)における年間降雨量は、最大1,138mm、最小243mmと変動が多く、かつ最近5ヶ年(1979~1984)では620.4mm、629.7mm、520.6mm、296.5mm、346.5mmとなっており周辺諸国の状況と同じく、特に最近降雨量が減っていることが判る。

一方同地区の蒸発散量は年間200mm~400mmであり、上記降雨は同地区の地下水涵養を期待できるものではない。

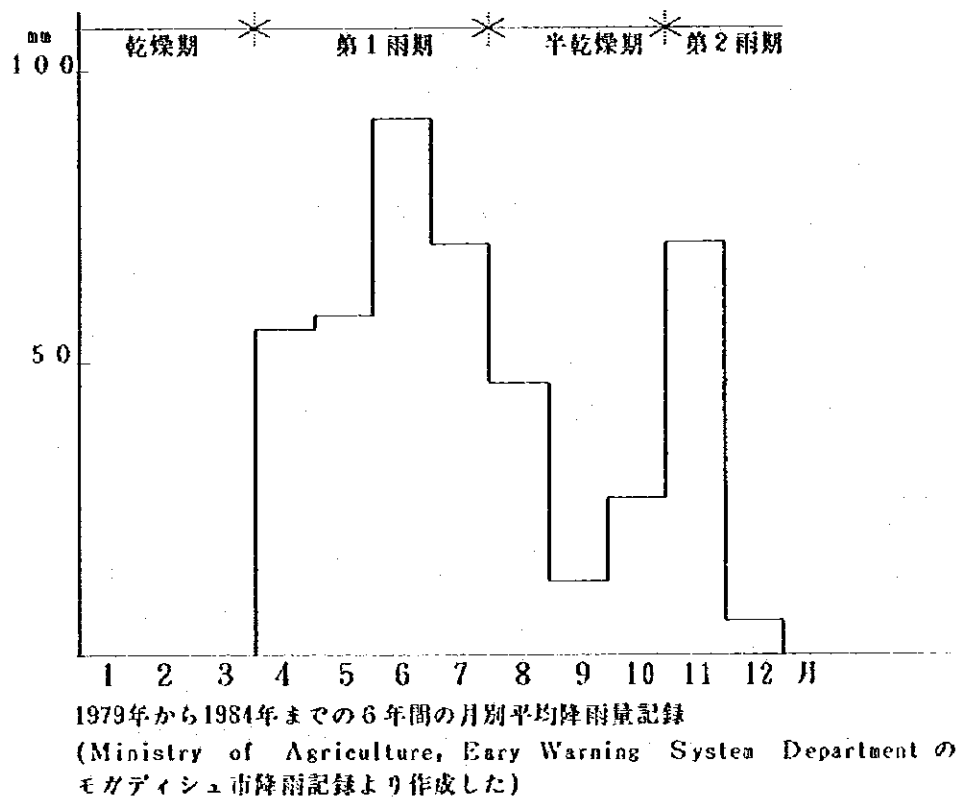


図-2 モガディシュ平均月間降雨量

ハ. 河川

ソマリア国にはエチオピア国バダ(Badda)山を水源地とするシャベリ川とジュバ川の2大河川があり、両河川はアフゴイ下流で合流しインド洋に注いでいる。

調査対象地域は海岸線にそって南下するシャベリ川から海側に位置し、地下水の水源はこのシャベリ川の伏流水である。エチオピア内の水源地では年間1,000mm以上の降雨があるものの、11月から3月までは乾期で降雨量も少ないためソマリア国内に至ると1月から3月までは河川は渇水し、表流水はなくなり地下伏流水のみとなる。一方3月の河川水深は2m程度から始まり、8、9、10月には4mに至る大河川となり、12月の水深2mを経て1月の渇水に至る。

二. 地質概要

南部ソマリアは図-3に示すように地質的に海岸地域と内陸地の2地区に分けられ、海岸地域と内陸地域とはバンタギャララン断層で区分される。それぞれの地質構成は下記のとおりである。

海岸地域:

新生代 第三紀-----第三紀堆積岩(砂岩、泥岩、石灰岩)
第四紀 洪積世---洪積層(砂、砂れき、粘土、石灰岩)
沖積世---沖積層(砂、粘土)
風成層(砂)

内陸地域:

プレカンブリア紀-----基盤岩の花こう岩類、片麻岩類
中生代 ジュラ紀---砂岩、石灰岩、苦灰岩
白亜紀-----砂岩、石灰岩、苦灰岩
新生代 第三紀-----第三紀堆積岩(砂岩、石灰岩、苦灰岩)

ジュバ川とシャベリ川の2本の主要河川はエチオピアに源を発し、内陸地域では南東方向に流れ、海岸地域ではジュバ川はそのままの方向でキスマイでインド洋に注ぐが、シャベリ川はバラカドの北東約20kmのところまで方向を南西に転換し、バラバとキスマイの間の湿地帯を経由してジュバ川に合流する。

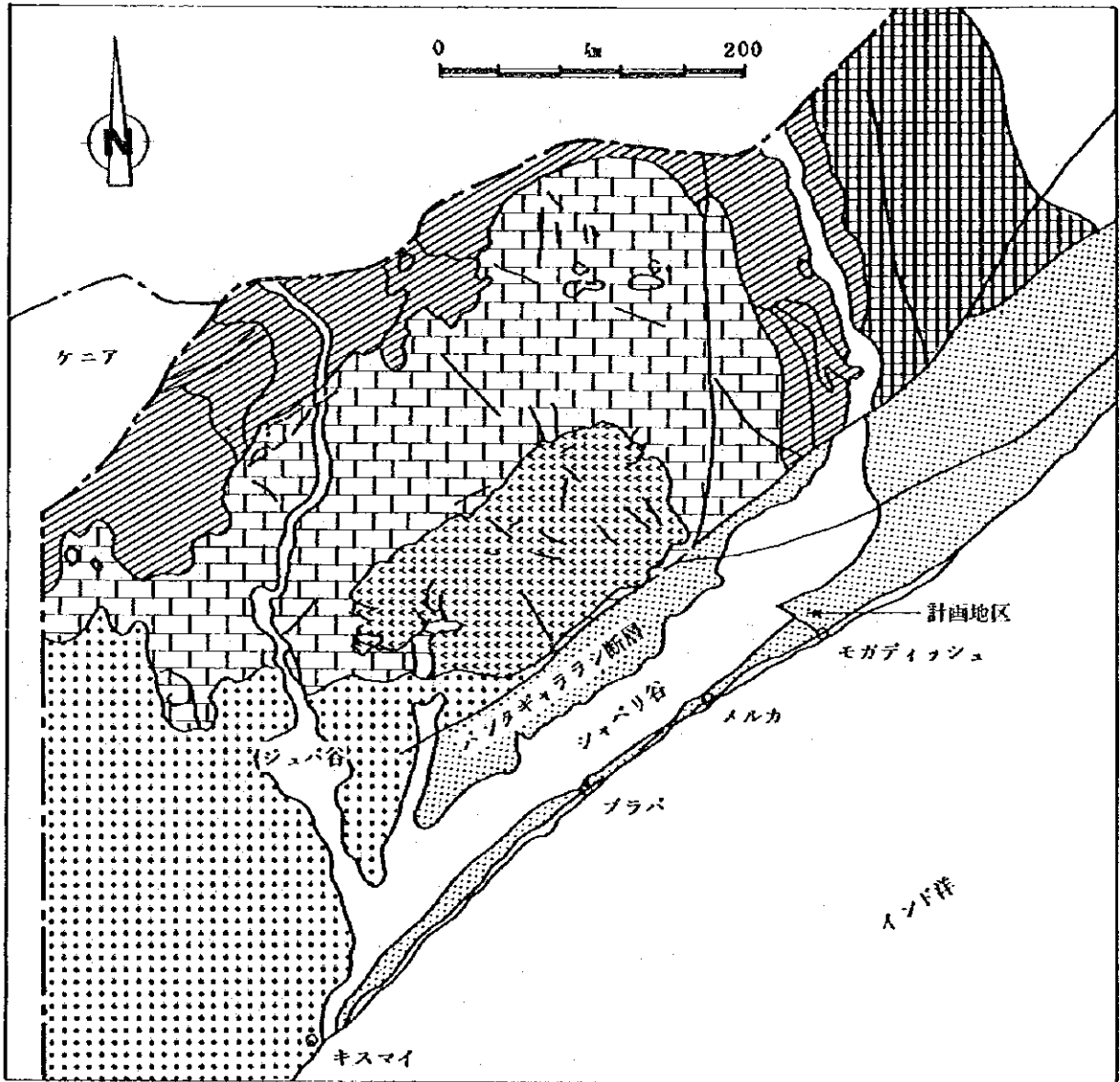
なお、バンタギャララン断層は海岸側へ4,250m落ち込んでいる。

モガディシュの南西の海岸地域は、三つの地形区に分かれ、それぞれは海岸に平行した状態となっている。

海岸地帯 : 最高50mの標高を有する2kmの幅の活発な砂丘地帯である。

ベンナグ海岸平野: 30~70mの間の標高を有する約20kmの幅の赤褐色砂丘砂からなる安定した地帯である。これらの砂丘の最高地点は内陸側12~17kmの間の地帯を形成している。

シャベリ川流域 : 幅約50kmの黒っぽい粘土およびシルトの平地からなる沖積紀蓋原平野のシャベリ川は、湿地帯に流れ込む位置まで蛇行を繰り返している。



凡例

ギウバとシャベリ谷		第四紀	海岸部
ベンナダ海岸平野		第三紀-第四紀	
ロアギウバ平野		第三紀-第四紀	
海岸地帯		第三紀-第四紀	
オドルボーダー高原		白亜紀-ジュラ紀	内陸部
クレタセオス地帯		ジュラ紀-白亜紀-第三紀	
ムドウ高原		第三紀	
ブル地帯		プレカンブリア紀	

出典(MOGADISHU WATER SUPPLY EXPANSION DRAFT REPORT APPENDIX B VOLUME・1)

図-3 地質図

シャベリ川周辺に広がる沖積平野は、図-3に示すように沖積層の南西側の境界として閉塞されている現在の蛇行地帯であるジョハン(Jowhan)とアウディギル(Aw Dheegle)との間に約50kmの幅で広がっている。沖積層は極めて変化に富んでおり、れき、砂、シルトそして粘土からなることがハンティング(Hunting Technical Service※1)によって報告されているが、1980年の調査では沖積層には良好な地下水滞水層であるれき層を見出すことができなかった。またアフゴイの北20kmのところでは沖積層の層厚は最大150mであることが報告されており、最大層厚はそれ以上である可能性がある。

第四紀と第三紀の堆積物とに2分ができない地層が沖積層の下に広がっており、これらの最大層厚は900m以上となっている。当地域では良好な滞水層は沖積層に存在することが知られている。しかし、場所によっては主要滞水層は第四紀堆積物の深部に分布している。ハンティングによって作成された調査地周辺の地下水位等高線図によれば地下水の高まりは川の真下であり、地下水は川からの漏水によって涵養されていることがうかがえる。地下水の流れの一般的な方向は、川の真下にあたる涵養部分の水位の高まりから北西または南東へ流下している。アウディギルやアフゴイの北側では、地下水は緩い勾配をもって南西方向に流れている。

川から海への水理的勾配は均質である。しかし、滞水層に供給する地下水の流れは急勾配を示し、これは地層の均一性に関係しているようである。

ハンティングによって得られた調査地域の地下水水質の結果は図-4に示されている。水質は涵養部分の高まりに向かって良好になっており、滞水層への涵養の主要な供給源が川であることを示唆している。電気伝導度が高く水質の悪い地域は、アウディギルの北の地下水盆のように低地下水位の地域と関連している。調査地域は狭い海岸付近を除けば、2,500 μ mhos 伝導度等高線となっている。モガディシュの北側の本プロジェクトの計画地であるバラッド道路では、伝導度は滞水層中の塩分を含んでいることを示唆している。水質は一般に地下水位等高線の密な所(流速が速い)では新鮮であり粗な所は悪質とされているが、当地域は地下水位等高線は均一であるが水質は一定していないことによって地下水位等高線の均一性は化学成分を反映していないといえる。

※1): Inter Riverine Agricultural Study, Technical Service. Nov. 1977

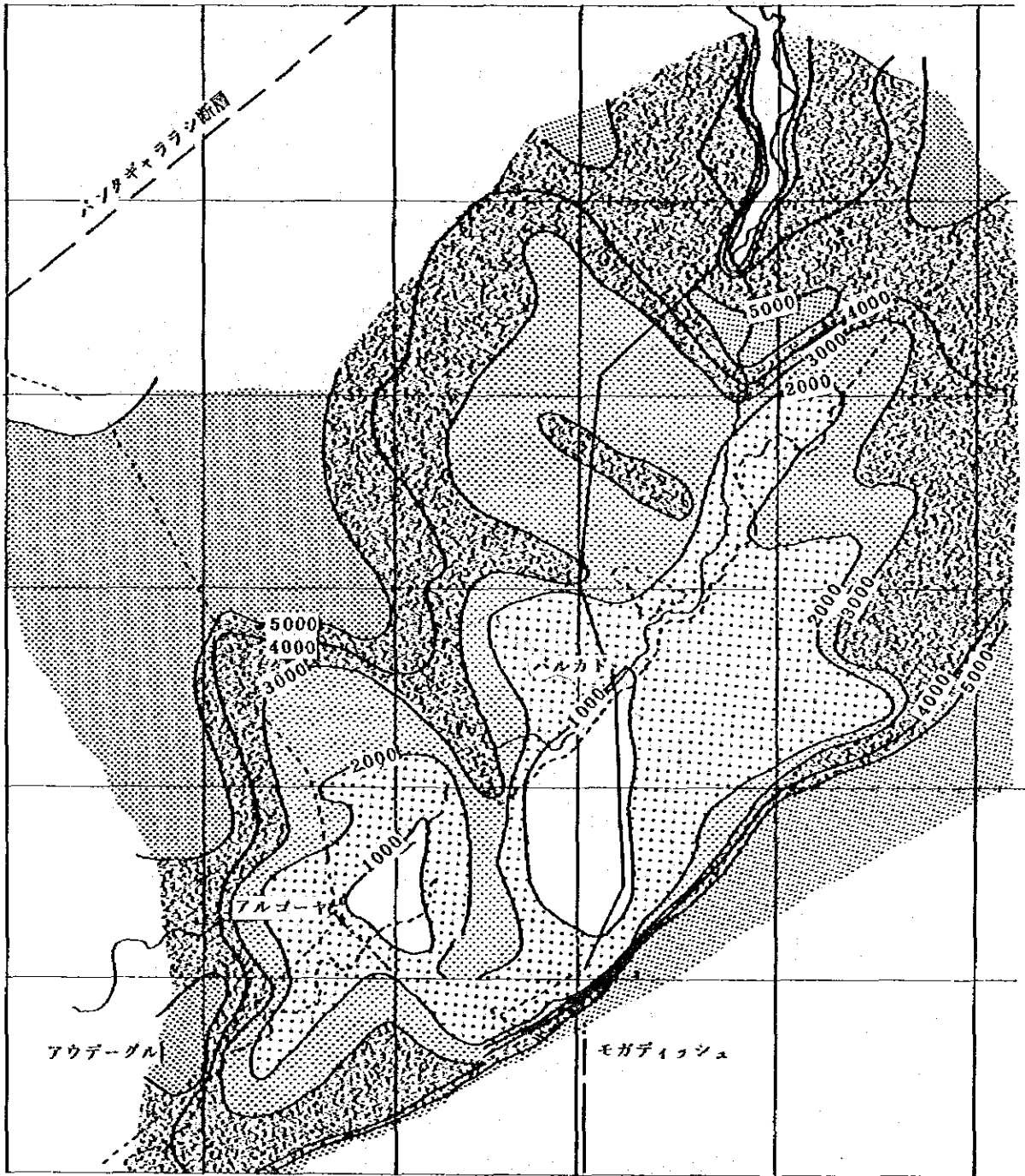


図-4 電気伝導度等値線図 ($\mu\text{m}/\text{cm}$)

ホ. 水理地質状況

① 地形、地質

モガディシュ周辺においては、シャベリ流域に位置しインド洋に面する市街地部分では北東から南西に伸びる砂丘からなる丘陵が海岸線にほぼ平行に3～4列分布し、起伏のある状態となっている。市街地では、全体に人工的給水により育った大きな樹木が茂っているが、草類の繁茂に乏しく砂地となっていることが多い。市街地をはずれると極端に樹木が減少し、半砂漠化している。バラッドウェルフィールドでは一見平坦な状態に見えるが、緩い起伏の状態海岸側へ傾斜している。この地域は半砂漠状となっており、樹木もまばらで概ね等間隔にイバラ科の植物が育っている。

草類はほとんど育っておらず砂地となっている。

モガディシュ周辺の地質は図-5・6に示す地質断面図にみるように沖積層の分布はほとんどみられず、最上部に赤色風成土層が厚く分布している。中部層は赤褐色の海成砂が分布しているが、海岸側では、白色～灰色の石灰岩がレンズ状に挟まれた状態で分布している。バラッドウェルフィールドではこの石灰岩が非帯水層として最下部に分布している。下部層は半固結～固結状の褐～緑色のシルトあるいは粘土からなっている。

モガディシュ周辺の良好な帯水層は中部層の海成砂層となっているが、場所によってその分布状態や性質が異なっているようである。

② 帯水層

バラッドウェルフィールドでは透水層(可採水層)と難透水層(非可採水層)はそれぞれ2層分布している。それぞれの深度や層厚は図-5・6の地質断面図に示す。各層の特徴は次の通りである。

(a) 上部難透水層

当該地では、上部難透水層の上面は標高23m～16mの深度に分布している。この地層の厚さは20m～36mのものが多くみられ、1km当たり3mの平均勾配を有して海岸側へ緩く傾斜している。

この難透水層は淡褐色～褐灰色の細砂～微細砂から成っている。砂は中位の締まり具合を示している。この上部難透水層は、上部透水層に影響を与える地下水が帯水している。

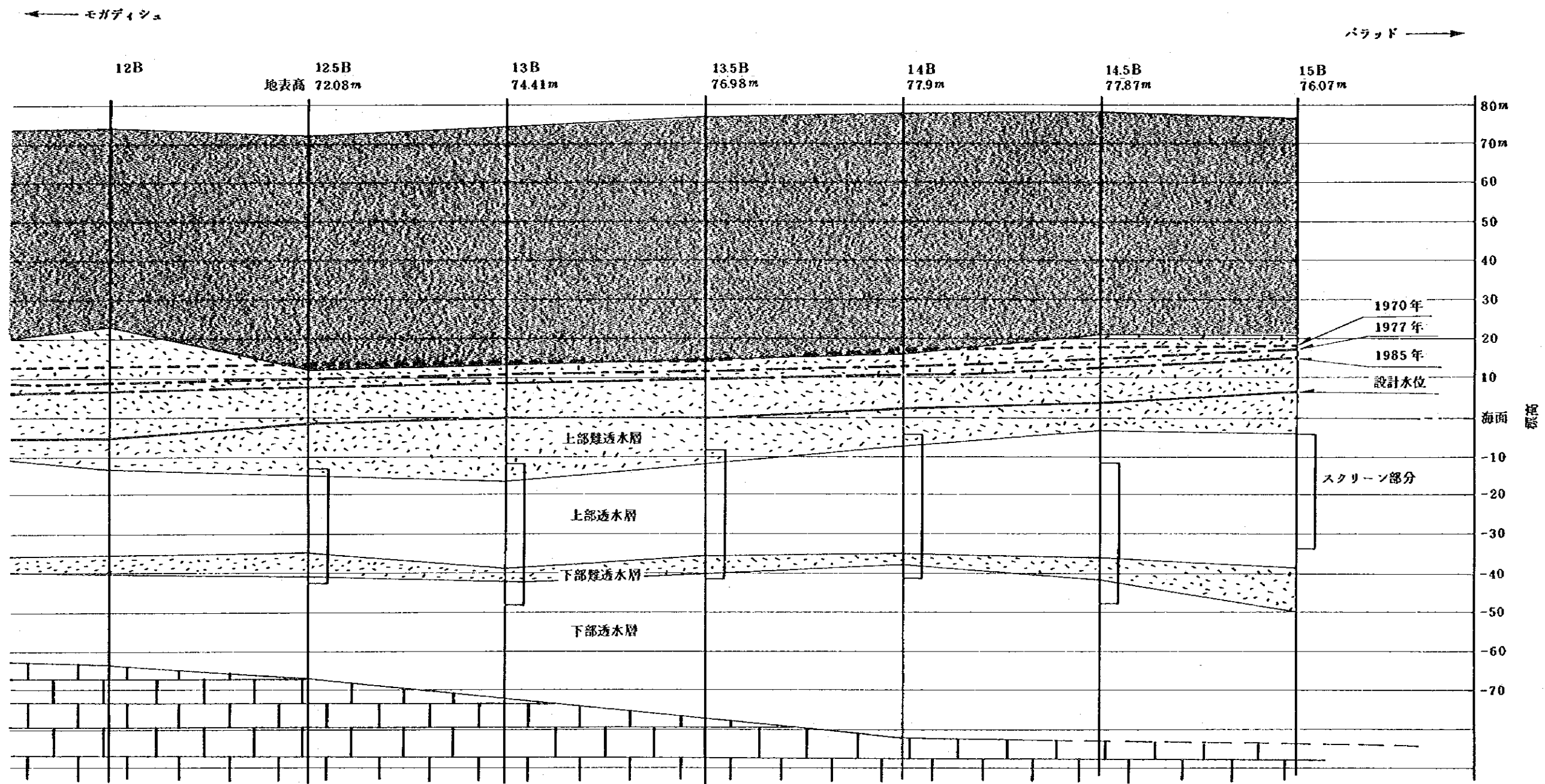


図-6 水源井戸の水位(B列井)

(b) 上部透水層

上部透水層は当該地における主要な採水層である。この層は、上面は標高 -3 m ～ -16 m の間に分布している。この上部透水層の層厚はその大部分が 20 m ～ 36 m であり、 1 km 当たり約 2 m の緩い傾斜角を有している。

白色～淡褐色を示し、微細砂～中砂から構成されている。

また炭酸カルシウムで結合され中位の締り具合を示す。

当該地の井戸は、下部透水層より良好な状態にあり、揚水量も多い上部透水層を主要透水層として建設されている。

(c) 下部難透水層

下部難透水層は、上部および下部透水層の間に挟まって分布しており、低間げき率の地層であり、電気検層では明瞭である。この難透水層の上面は標高 -34 m ～ -40 m に分布しており、当該地の至る所に分布している。総厚は全体に薄く、 4 m ～ 11 m で変化に富んでいる。

下部難透水層は上部および下部透水層と水理的連続性を有しており、一つの透水層とみることができる。この層は淡褐色～灰色を呈し、微細砂～細砂からなりわずかながら半固結状を呈している。

(d) 下部透水層

当該地では、下部透水層の上面は標高 -38 m ～ -18 m に分布している。この層の層厚は 45 m ～ 70 m で変化がある。盆地底にあたる堆積物の上に分布し、基底層となっている。

下部透水層は半固結状、炭酸分で結合した細砂～中砂と頁岩質の石灰岩との互層からなっている。白色～褐色を呈する。

(e) 非帯水層

当該地の非帯水層の上面は標高 -53 m ～ -82 m に分布し、緩く海岸側へ傾斜している。この層は砂を含む石灰岩からなり、地下水は賦存していない。

以上の各層中において当パラッドウェルフィールドの主帯水層は上部および下部透水層であり、この層にストレーナーが設けられている。

③ 水質

モガディシュ周辺の水質を代表する電気伝導度(※2)の分布状況を図-7に示す。図からわかるように海岸に沿う部分では著しく電気伝導度が高く、またシャベリ川より北に行くに従って次第に高くなっていて、水質の悪いことがうかがえる。シャベリ川周辺では $2,000 \mu\text{m}/\text{cm}$ 以下であり、部分的に $1,000 \mu\text{m}/\text{cm}$ より低い部分が目玉状に分布する。このシャベリ川周辺での伝導度が低いことは、シャベリ川よりの地下水涵養によって水質が良くなっているものと判断される。海岸では高伝導度を示すが、これは海水の侵入によって伝導度が高くなったものである。図-7はモガディシュ市街地の伝導度の推移を平面的にみたものであり、1977年の分布状態は1970年に比べ著しく高い値を示すと共に、同じ伝導度を示す範囲も内陸部に移動しており地下水の塩水化が顕著である。また図-9は井戸において垂直方向の伝導度の推移を示したものであり、1983年の状況は1979年よりも高くなっており、特にMG3CPでは約2.5倍の値を示している。

このようにモガディシュ市街地の井戸は揚水によって塩水化が著しく、飲料水としては不適当な状態にあり、市街地に分布する各井戸は廃棄寸前の状態にある。よって市街地には水道施設による給水が必要となっている。

バラッドウェルフィールドにおける電気伝導度を測定した結果、電気伝導度は、 $1,200 \mu\text{m}/\text{cm}$ を示し、1970年代の値とほぼ一致しており、塩水化および水質の変化は認められない。

また、バラッドウェルフィールドは海岸線より9.5~15km離れており、揚水時の水位低下深度や地質状況(不透水性の石灰岩の存在が海岸部分から陸側に侵入した状態にある)を考えれば、塩水クサビがバラッドウェルフィールドまで侵入することは考えられず、塩水化が生じるとは考えられない。

※2) 電気伝導度(EC)の一般的な値は次の通りである

海水	cl \approx 19%	EC = 40,000 $\mu\text{m}/\text{cm}$
	\approx 5%	EC = 10,000 $\mu\text{m}/\text{cm}$
塩水		EC = 1,000 $\mu\text{m}/\text{cm}$
淡水		EC = 100 $\mu\text{m}/\text{cm}$
塩分の少ない自然水		EC = 10 $\mu\text{m}/\text{cm}$

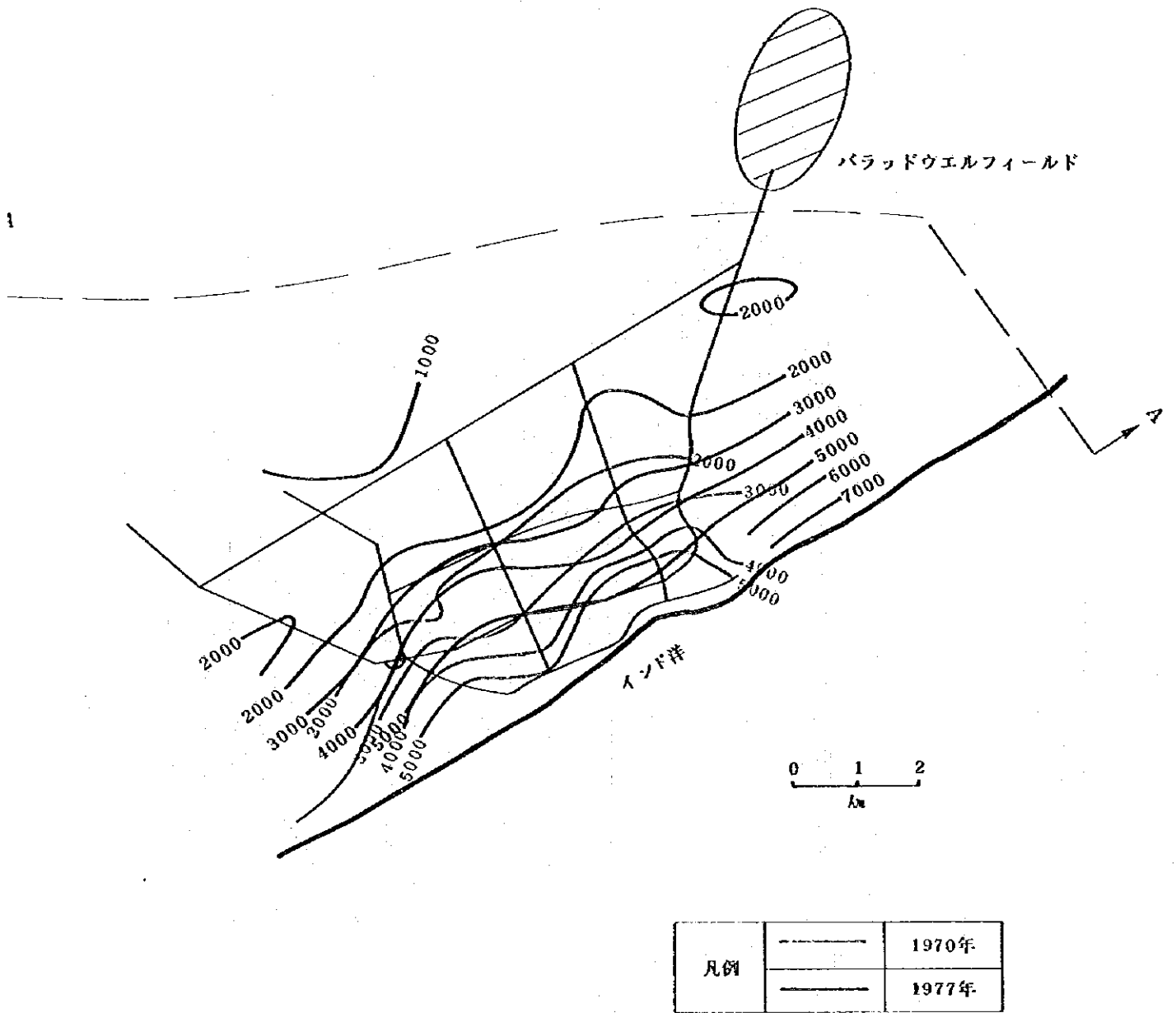


図-7 電気伝導度の変化(平面) ($\mu m/cm$)

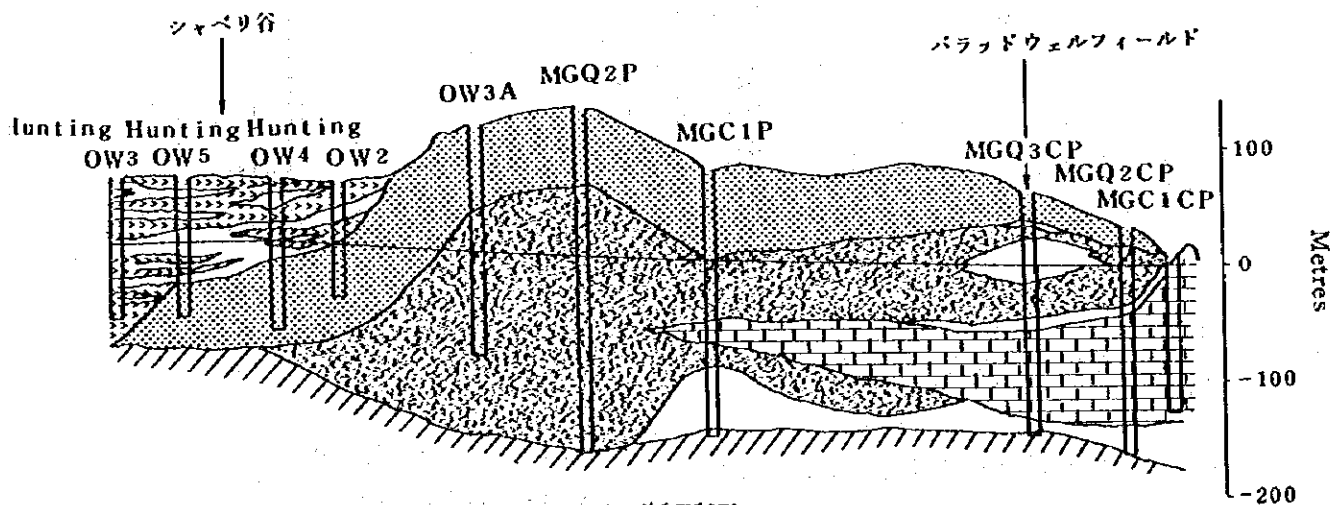


図-8 A-A 断面図

モガディッシュウェルフィールド
11A

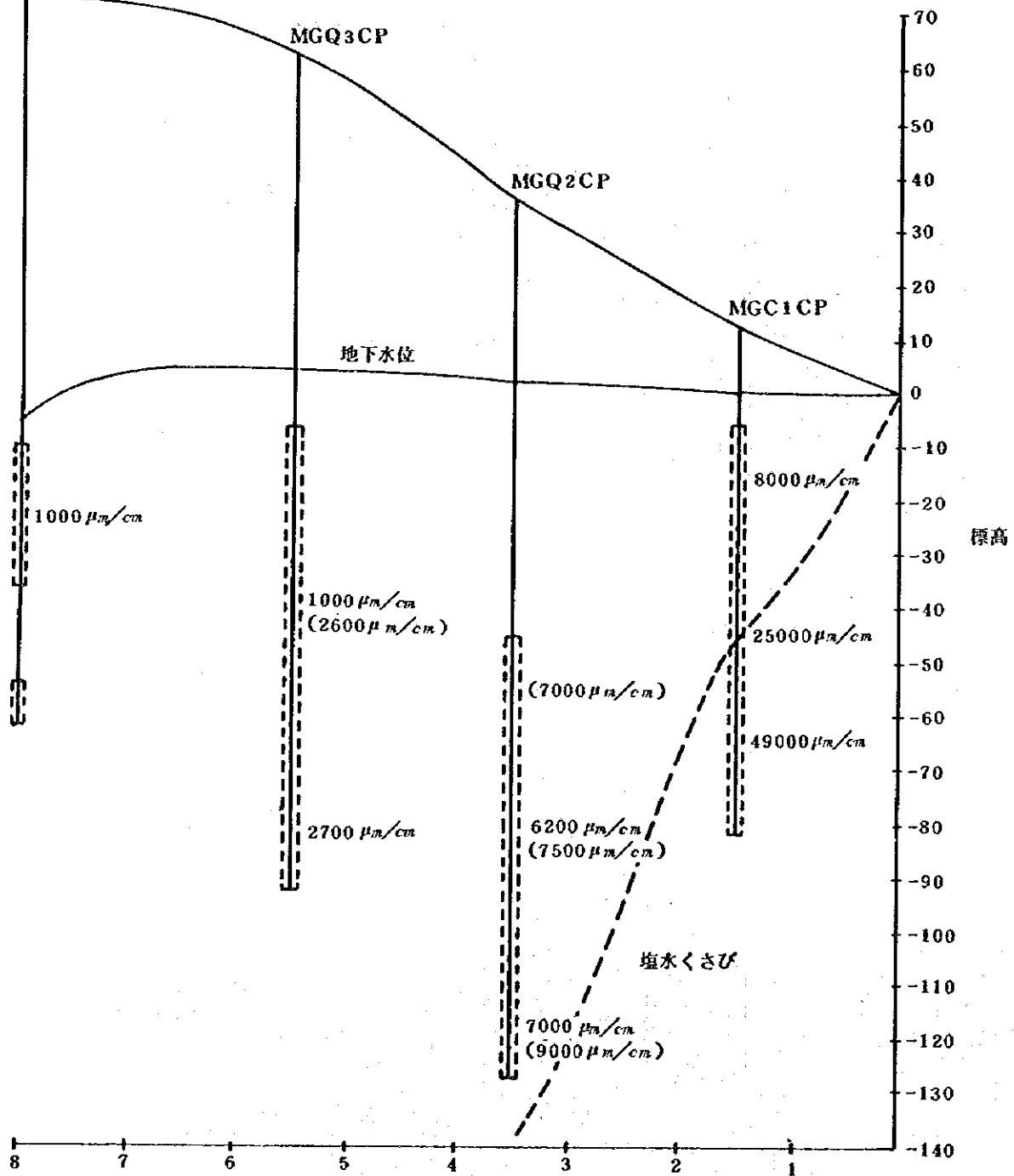


図-9 電気伝導度の変化(縦断)

6,200 $\mu\text{m}/\text{cm}$ -1970

(9,000 $\mu\text{m}/\text{cm}$)-1977

(4) 水道事業

イ. 水道行政

水道行政は、Ministry of Mineral and Water Resources(M.M.W.R.)の監督管理下にあり、全国水道開発に関しては Water Development Agency(W.D.A.)が管轄し、各都市においては各都市の水道局が建設、運営、管理しており、本調査対象都市モガディシュにおいてはMogadishu Water Agency(略称M.W.A.モガディシュ水道局)がこれを担当し、責任所在も明確で良好な組織と判断された。その行政組織図を、図-10に示す。

ロ. 水道と環境衛生

ソマリア国民の平均寿命は、地方部で40歳、都市部で43歳であり、1千人出生した1歳以下における死亡率は170人に達している。(日本は1人以下)幼児死亡率の高いのはその多くが飲料水の不衛生に起因するもので、国として衛生的な飲料水の供給を最優先事業としている。現在人口の80%は地方に居住し、地方における水道普及率は20%、都市においては60%であるが、都市においてはその必要量の50%以下の量しか供給されていない。しかしながらその後これら都市水道施設は、老朽化と維持管理能力の低さにより年々供給量を下げている。一方開発途上国どこでも共通な都市化と、隣国エチオピアから大量に流入する難民は(難民数70万人、1980年UNHCR調査)一層飲料水不足に拍車をかけ、既存施設の改修と新施設建設は緊急に行なわれなければならぬ状況にあるものの、経済的理由によりこれが実施できていない。

ハ. 水道計画

① 給水事情の変遷

モガディシュは過去市内の井戸により給水していたが、人口の増加と市内水源の水位の低下、井戸の老朽化による水量不足と塩水濃度上昇下水汚染等の水質悪化により、水量の確保と水質の良化のために海岸線から内陸部へ、かつ地下水補給源であるシャベリ川方向へ水源地を移動する長期計画を1960年後半に立案した。

この計画案に従い、1970年に市内より9.5kmから15.0kmの範囲のパラッド街道に沿ったパラッドウエルフィールドと呼称する地区において20本の井戸により1日28,000m³の給水をすべく、その建設を開始した。

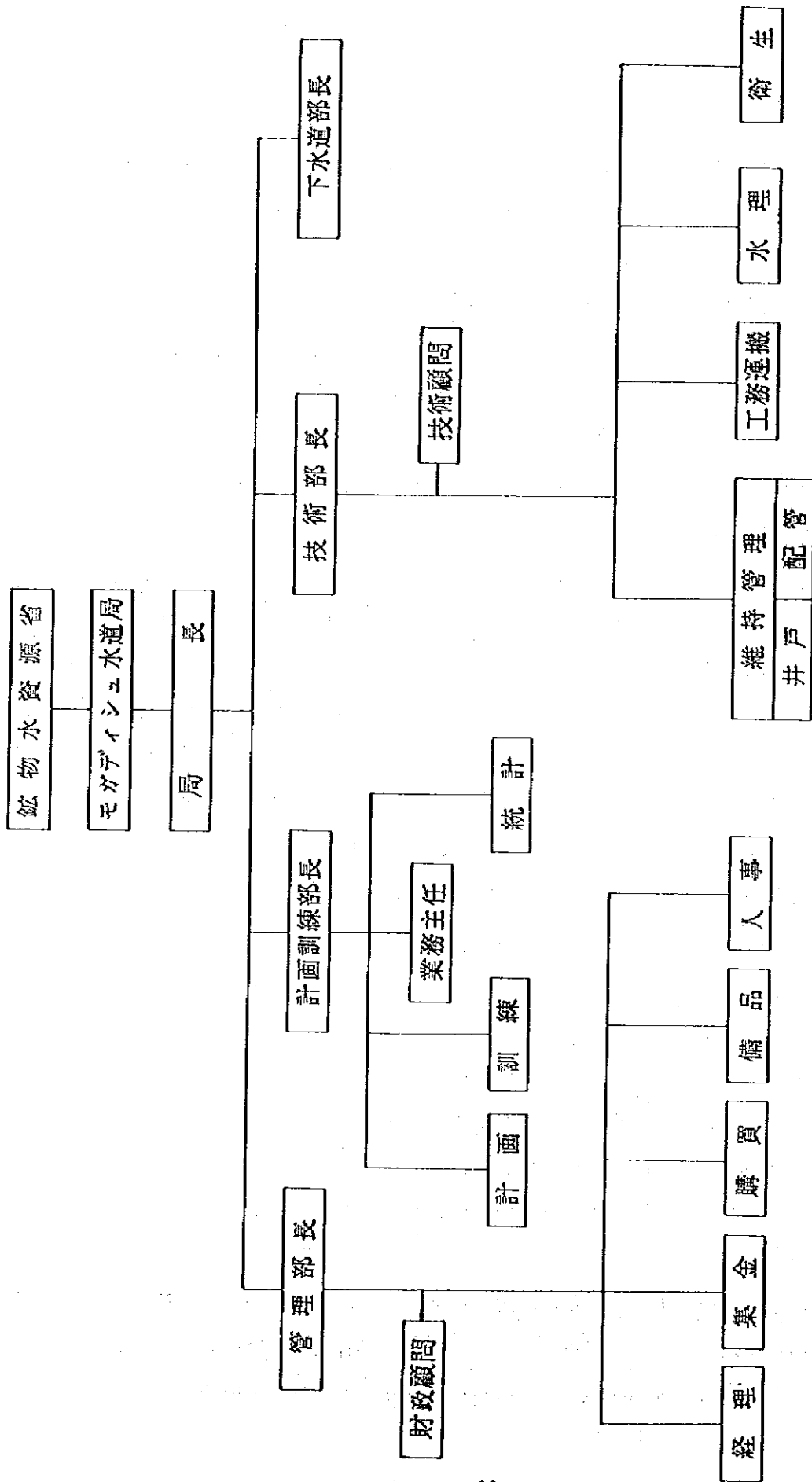


図-1.0 モガディシユ水道局組織図

その後1973年に19本の井戸を完成し、この時点で1日24,000m³の給水実績を得た。さらに増加する水需要に対応するため、市内より約15kmの範囲のアフゴイウエルフィールド(Ⅱ、ⅡA)と称する地区の32本の井戸により1日42,000m³の給水をすべく、世銀、アラブファンド、BECの協調融資を受けて、現在工事中であり、すでに全井戸と給水施設のほとんどを完成し、設置済みの発電機能力に合わせ1日16,000m³の給水を開始している。

② 長期給水計画

1986年度中に完成するアフゴイウエルフィールドに引き続き、バラッドウエルフィールドより更に内陸でシャベリ川に近い地域の地下水を水源とする拡張ⅡB計画、その後シャベリ川から直接取水し浄化してモガディシュに給水する拡張Ⅲ計画が策定されている。しかし当面実施されるべき拡張ⅡB計画は1984年8月、詳細設計を完了し、入札書も出来上がっているものの未だ資金の目途もなく、完成の見込みが立てられない状況にある(図-11)。

③ 緊急給水改善計画

モガディシュの急激な人口増加に対処すべき長期計画の実現が財政的に難しい状況であることに加え、近年の市内水源における水量の低下と水質の悪化、バラッドウエルフィールドにおける水量の低下(図-12)により、1986年度中に完成するアフゴイウエルフィールドの給水を加えたとしても逼迫した水不足は解消できない。そこでモガディシュ水道局は1987年を目標年次とし、バラッドウエルフィールドの給水量復旧を主とした緊急給水改善事業計画を策定し、その実施についての協力を日本国政府に要請したものである。

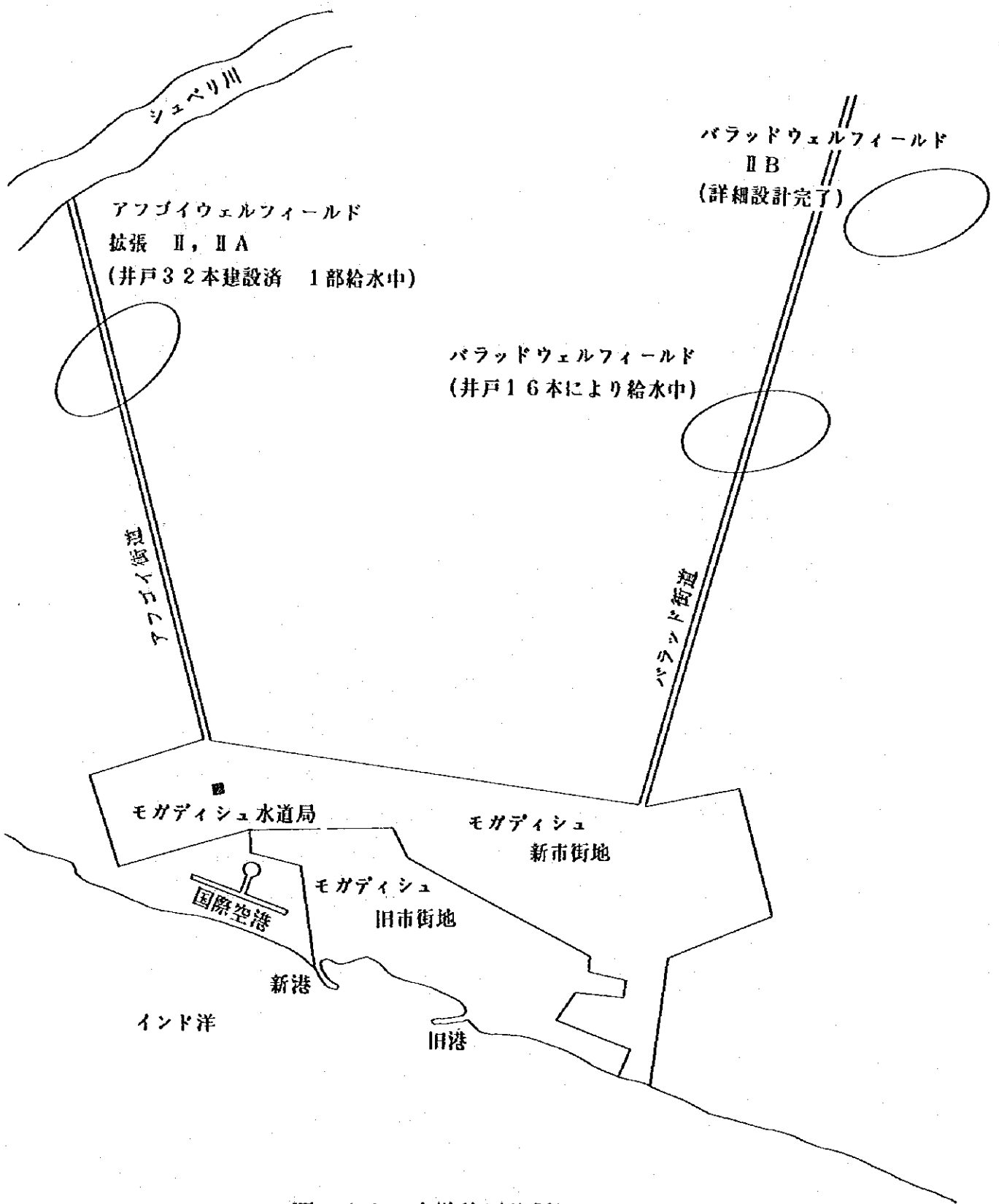
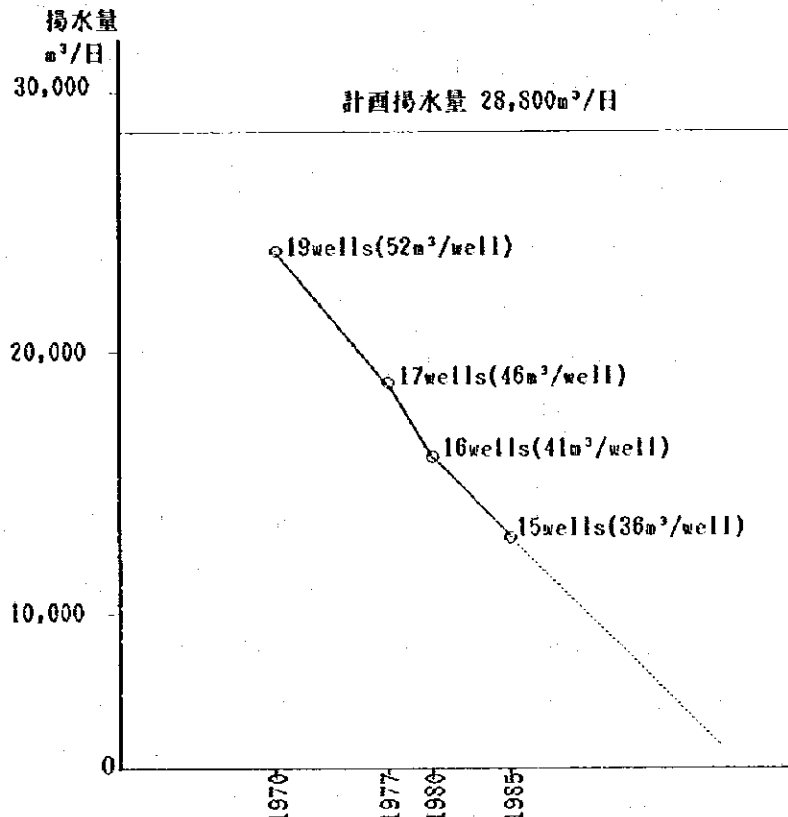


図-11 水道計画位置図



(注) (1)計画揚水量 $20\text{井} \times 60\text{m}^3/\text{h} \times 24\text{h} = 28,800\text{m}^3/\text{日}$
 (2)揚水量 M.W.A資料による
 (3)()は1井当たり平均揚水量

図-12 バラッドウェルフィールドにおける揚水量の変化

(5)要請の経緯と内容

モガディシュ市緊急給水改善計画は、既存施設の調査診断を行い、その結果に応じて復旧工事を実施し、必要な維持管理資材の確保を行うことによって、当初の計画給水量 $28,000\text{m}^3/\text{日}$ を今後も安定して確保することにある。

要請による内容は下記の通りである。

- ① ポンプの撤去と入れ換え。
- ② 井戸のポンプテスト。
- ③ 新しいポンプやモーターの設置とこれらのための十分なスペアパーツ。
- ④ 酸または他のものによる井戸の処理。
- ⑤ 水供給システムの維持補修に必要な十分なスペアパーツの貯蔵。
- ⑥ 維持管理用のリグによる井戸の開発、維持管理および修理。
- ⑦ 消防車による高架電線の清掃。

⑧ 機械および人夫輸送用車輛の確保。

上記内容に対してソマリア国側が必要として要請した工事および資機材は下記の通りである。

①井戸管理用リブ(維持管理)	1式
②エアリフトを含む井戸復旧機材(復旧工事)	1式
③タービンポンプ(復旧工事)	
1) $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ $\text{T D H} = 130 \text{ m}$	25式
2) $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ $\text{T D H} = 200 \text{ m}$	15式
④発電機(維持管理)	1台
⑤水中ポンプ(復旧工事)	20式
⑥全上発電機(復旧工事)	10台
⑦ウィールローダー(維持管理)	1台
⑧掘削機(維持管理)	1台
⑨ポンプ車(維持管理)	1台
⑩車両(維持管理)	
1) 小型車	10台
2) 8トンダンプ	2台
3) 6トンダンプ	2台
4) 2トン積クレーン車	1台
5) ステーションワゴン	5台
6) ピックアップバン	10台
⑪上記スペアパーツ 3年分(維持管理)	1式
⑫亜鉛メッキ鋼管(各戸給水用)	
1) 2インチ	3000m
2) 3インチ	3000m

(6) 既存施設の現状と問題点

イ. 既存給水施設

① 給水区域

モガディシユの既存居住区域は、インド洋に平行する方向に16.5km、その直角方向に4.5kmあり、総面積約60km²で、現在人口は約90万人である。規模的には東京都世田谷区の面積59km²人口80万人に近い。このうち旧市街地に当たる各戸給水地区は約17km²であり、現市街地に当たる給水管の布設を終え各戸給水と公共水栓を共用する地区が、約26km²、新市街地に当たるわずかな公共水栓はもつものほとんどが買水にたよる地区が約15km²となっている。

② 給水方式

主要な2つの水源地バラッドウェルフィールドとアフゴイウェルフィールドからの原水は、市内を見下ろす丘の配水池に圧送された後、市内に配水されている。

アフゴイウェルフィールドの水道施設ができるまでは、バラッドウェルフィールドからの原水を受けるシェクムヒディン(Shek Muhidin)配水池から、自然流下で配水できる低区配水区域と加圧ポンプにより増圧し配水される高区配水区域とに分けられていたが、アフゴイウェルフィールドの配水池の完成により、この高区配水区域を含む全市に自然流下による配水が可能状況になっている(図-12)。しかしながら現在配水量が不足しているため、それぞれの水源における揚水量と使用量による時間給水制限に合わせ、この加圧ポンプ場を運転している。なお配水池に滅菌装置が設置されているが、現在故障のまま放置されている。

③ 給水量

現在1日当たりの平均給水量はバラッドウェルフィールドから13,000m³、アフゴイウェルフィールドから16,000m³、合計29,000m³である。現在のモガディシユの生活状況、水道施設状況等を勘案し、モガディシユ水道局は1人当たり、1日必要平均水量を70ℓとして、現在人口90万に対し63,000m³を必要量としているが、これに対する給水量は半分以下であり、断水、水圧低下が頻繁におこり、モガディシユ水道局に対する苦情、

陳情も日常茶飯事で、逼迫した水不足状況にある。

④ 水道施設

現在完成間近のアフゴイウェルフィールドを水源とする水道施設は新施設であるため何ら問題無いが、バラッドウェルフィールドを水源とする旧水道施設には各種の問題があり、施設別には下記の通りと判断された。

(a) 水源

当初の計画取水量 $28,000\text{m}^3/\text{日}$ に対し、1970年の建設当初に $24,000\text{m}^3$ あった揚水量が、井戸の増設、ポンプの入れ替え等により揚水量の維持につとめてきたものの、現在 $13,000\text{m}^3$ と低下している。

(b) 電気

バラッドウェルフィールド専用発電所に 250KVA の6台の発電機を設置しているが、1台は完全に運転不能、常時1~2台は、点検修理中である。したがって予備機が無い状況で運転しているので、わずかなアクシデントに対しても供給電力が不足し、揚水ポンプを停止せざるを得ない状況にある。現に我々が調査中も2度にわたり全面運転停止した。また、送電線の維持管理資機材が無いために碍子の滞砂、塩害等による短絡をおこし、送電不能となる事態も発生している。

上記以外の電気設備としての変圧器、屋内盤、現場盤等は良好な状況と判断された。

(c) 送水管

井戸から配水池に至る送水管は、井戸廻りの铸铁製地上露出配管と石棉管の埋設配管とに分けられ、地中埋設管は漏水も認められず、土砂吐、空気弁等付帯設備も良好と判断された。一方井戸廻りの铸铁製地上露出配管の付帯設備である流量計、空気弁は全部壊れており、各井戸毎の揚水量はポンプを入れ替える時だけ流量計を設置して測定したデータ以外測定がなされていない。したがって、井戸毎の管理もできない状況にある。モーターの過熱、過電流により自動運転ストップした後再運転する場合、空気弁がこわれているためバルブ操作、補水タンク等の調整等を行わないことには運転が再開できない状況にある。

(d) 配水池

配水池は鉄筋コンクリート製、角型水槽で、コンクリートにはクラックもなく良好と判断された。また配水池流入直前に設置された流量計により全井戸からの合計揚水量を毎日測定している。なお、バラッドウェルフィールドから配水池まで4ヶ所の共同水栓により、水量はわずかであるが、周辺住民と家畜のための飲料水を供給している。

(e) 給水施設

市内給水管の総延長は現在約120kmあり、管のいたみによる地上への漏水も認められなかった。水量の少ない漏水の場合は、地盤が砂であるため地下に浸透してしまうことも考えられるが、概ね管は良好な状況と判断される。水道料金の徴収は、原則として積算流量計の指針により行なうこととなっており、1m³ 当たり10シリングである。全ての給水先に正しくメーターが設置されていれば漏水量予測が可能であるが、メーターのインペラーにスケールが付着して測定値が大巾に少なかったり、あるいは設置してなかったため、漏水量を予測するに足るデータは入手できなかった。なお、公共水栓の場合その管理人は、1m³ 当たり10シリングでドラム缶をつんだロバ車をもつ水売人に販売し、そのうち5シリングをモガディッシュ水道局におさめ、残りの5シリングを維持管理費用、経費としての個人収入となるシステムである。

なお、昨年の水生産量29,000m³/日に対して水道総売価は6,087万シリングで、1m³ 当たりの収入は5.7シリングとなっている。

上記の状況から、大口需要者に対して正確に積算する流量計を設置することがモガディッシュ水道局の収入を増加させ、ひいては運営状況の改善に役立つものと思われる。

ロ. 既存水源の調査および診断

① 調査結果

既存施設の診断をするための現地における調査およびその結果は表-1の通りである。

表-1 現地調査結果概要表

調査項目	調査目的	調査方法	調査結果	
地下水測定	設計地下静水位を決定する。	水位計(100m)により、可能な全ての井戸の水位を測定した。	経年的な水位変動が把握でき、復旧改善計画に必要な設計地下静水位が井戸毎に設定できた。	
揚水テスト	設計地下動水位を予測し設計揚水量を決定するための資料を入手する。	既存10A井戸とその観測井による揚水、復旧における水位と揚水量を観測した。	復旧時点での水位と揚水量の予測資料と新設井戸の計画諸元の資料を入手できた。	
水質関連テスト	PH	PHの変化を知る	PH測定器による	井戸群、配水池、給水栓共、PH7.0~7.3で良好であった。
	水温	温度の変化を知る	水温測定器による	全資料共34℃~35℃であった。
	EC	ECの変化を知る	全資料1100~1150mm/c変化なかった。	過去データと差はなく塩水化の傾向はない
	細菌	汚染度を知る	細菌(大腸菌)状況の概略把握	井戸群、配水池、給水栓共雑菌はあっても大腸菌汚染はなかった
既存施設調査	井戸 ポンプ モーター 電気 配管 配水池 配水管	老朽度を判定し、改修方法を決定する資料を入手する	判定に必要な状況を現地において現物調査をした。	改修できないもの、改修できるものを判別し改修をどうするか、どこまで復旧するかを判断する資料が入手できた。

この調査によって経年的に低下した原因は下記の通りと判明した。

(a) 井戸の破壊

11.5 B、12.5 A、14.5 Bにおいて、スクリーン周辺に充填したグラベルの吸い上げ現象が認められた。(井戸の清掃、部品交換等のためタービンポンプを上げて再度挿入するが、上げる時ポンプを落としてスクリーンを破壊したり、挿入の際セントライザーの設置が不十分なため、回転振動によりポンプがケーシングストレーナーを切ったりしたことにより、井戸本体が修復不能の状態にまで破壊された。)

(b) インペラーの摩滅

インペラー摩滅寸法の測定およびインペラー交換時の揚水量の変化を検討することによって、揚水量が低下していることが認められた。(ポンプへの砂流入によりポンプのインペラーが摩滅し、これに従い揚水量が低下する。通常ストレーナーにおける流入速度は3.0 cm/秒を上限としているが、バラッドにおいては最小4.4 cm/秒、最大6.0 cm/秒となっている。この最大値の6.0 cm/秒により運転中の12.5 Bと13 Aにおいてインペラー(1982年4月)を交換した結果、それぞれ21 m³/時から54 m³/時、27 m³/時から72 m³/時と大巾に揚水量が改善された。しかしその後、現在までそれぞれ32 m³/時、65 m³/時となっていることから、砂流入によるインペラー摩滅が揚水量低下の大きな原因となっていることが判明。)

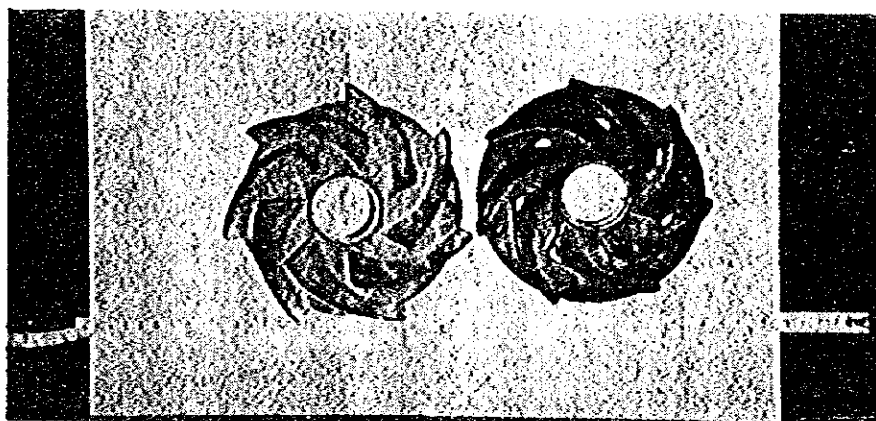


図-13 インペラー摩滅状況

左が使用前インペラー、右が使用済みインペラーで羽の面積は半減している。

(c) ストレーナーのめづまり

エア混入による取水で動水位が低下していることが確認された。
(バラッドウェルフィールドにおいて全体水位の変化は1970年、1977年および本調査による1985年の傾向は同一であるにも拘わらず、年々揚水量を低下させ現在ほとんど取水できない井戸(12A、14B)があるが、それはストレーナーのめづまりによるものと推定され、揚水量復旧工事により復旧する可能性が高い。)

(d) 運転時間の減少

発電機の故障、送電線の短絡、モーター加熱による運転停止、発電用ディーゼル油の不足等により、運転時間が減少したために揚水量が低下している。

(e) 井戸の干渉

バラッドウェルフィールドは500m間隔に井戸が設置されているが、一般的に本地層のごとき砂層においては、井戸の影響半径は500~750m前後とされている。したがって井戸間隔がこの影響半径を下廻っていることから各井戸はお互いに干渉し合っており、井戸水位は干渉時の水位に低下している。揚水量はこの干渉によって低下するものであり、この低下量を予測した改修計画を策定する必要がある。

(f) 静水位の経年的低下

1970~1977	最大低下6m	最小低下2m
1977~1985	最大低下3m	最小低下0m

年間平均水位低下量は60cm程度で滞水層は底面から約50mの深さを有すことから、ポンプ能力を予測低下水面に合わせない限り必要揚水量の確保が不可能と判断される。

上記の原因により揚水量が低下しているが、(a)状況を除いていずれも復旧可能と判断される。

なお、地形、地質およびEC測定結果から塩水化の恐れは無いと判断される。

② 井戸運転状況

現存する井戸は20井であるが、ポンプ運転状況は表-2のとおりである。

表-2 バッラッドウェルフィールド給水ポンプ運転状況

井戸径	電 動 機	運 転 状 況	備 考
9.5A	40HP 380V 50HZ 1470RPM	良 好	流量計、空気弁故障
10 A	”	”	流量計故障
11 A	”	”	流量計、空気弁故障
11 B	”	”	流量計故障
11.5A	”	”	応急変圧器で運転中
11.5B	な し	ポンプなし	電線なし、電柱あり、変圧器なし
12 A	40HP 380V 50HZ 1470RPM	電動機加熱し時々自動停止する。	流量計故障
12 B	な し	ポンプなし	電線、変圧器あり
12.5A	”	”	変圧器なし
12.5B	40HP 380V 50HZ 1470RPM	良 好	流量計正確に指示せず
13 A	”	”	流量計なし
13 B	”	”	”
13.5A	”	”	流量計故障
13.5B	”	”	”
14 A	40HP 380V 50HZ 1450RPM	”	流量計、空気弁故障
14 B	な し	ポンプ撤去	電線、変圧器あり
14.5A	40HP 380V 50HZ 1450RPM	良 好	
14.5B	な し	ポンプ故障	電線、変圧器あり
15 A	40HP 380V 50HZ 1450RPM	良 好	
15 B	”	”	

以上のとおり、20井の内運転中ポンプ15台、内1台電動機加熱し、良好運転は14台である。ポンプは米国ジョンソン社製立軸型の多段タービンポンプを使用し、このポンプの羽根車は開放型と半閉鎖型を使用している。

変圧器については20井中無いもの2ヶ所、応急変圧器1ヶ所、使用可能なもの17台である。

配線の無い個所は1ヶ所、19井は高圧配線がある。

③ 診断結果

井戸を掘削し揚水ポンプを設置したことのある21井のうち、揚水実績の無い12.0B井を除く20井についての歴史および診断結果は表-3にある通りであり、下記2つに分けられる。

(a) 復旧不能な井戸(4井)

一般的にスクリーンが破損したことにより、スクリーン周辺の充填砂利、その外側の細砂等が井戸内に流入するためポンプが破損し揚水不能状況になるが、流入滞砂を除去し既存ケーシングの内側に小口径の新たなスクリーンを設置することにより周辺土砂がれき層、砂れき層である場合に限り復旧可能である。しかし本ケースのごとく周辺土質が細砂であり、充填砂利が破壊されているときはこの細砂の流入を止めることはできない。

よって本ケースにおいては復旧不能と判断した。

(b) 復旧可能な井戸(16井)

現在稼働中の15井に、建設当初の揚水実績を有し、めづまり等による空気吸上げ現象のため揚水量が低下し、放置された14Bを加えた16井については、何等かの方法により揚水量復旧が可能と判断した。これら16井を後に記述する復旧計画に示す平均揚水量確保の観点から現況揚水量と老朽度を配慮して以下の3つに分類した。

- ◎ 現在50m³/時以上の揚水量を維持している井戸 6井
- 現在50m³/時から40m³/時の揚水量を維持している井戸 6井
- △ 現在40m³/時以下の揚水量しかない井戸 4井

表-3 揚水量の変化と診断結果

井戸 番号	揚水量					診断	備考
	1973	1977	1982	1982	1985		
	m ³ /h		インペラー 交換前	インペラー 交換後			
9.5A	38.6				41.0	○	
10AHJ	61.8		破損			×	井戸破損
10A新					47.0	○	スワッピングにより 68.4まで復旧した。
11A	68.1	49.5	27.0	48.0	40.0	○	
11B	34.1	41.4			50.0	◎	
11.5A	68.1	41.1	24.0	60.0	54.0	◎	
11.5B	36.3	36.0	24.0	54.0	スクリーン 破損	×	
12.0A	45.4	48.5	39.0	54.0	7.0	△	目づまり大
12.0B	-	-	-	-	-	-	USA, WDA, 工事 水なし
12.5A	56.8	40.0	21.0	55.8	スクリーン 破損	×	井戸破損
12.5B	56.8	39.4	21.0	54.0	32.0	△	
13A	68.1	61.5	30.0	72.0	65.0	◎	
13B	68.1	61.2	30.0	60.0	45.0	○	1985年2月ポンプ点 検異常なし
13.5A	56.8	47.8	27.0	60.0	50.0	◎	
13.5B	40.9	46.2		-	27.0	△	
14A	56.8	47.3	30.0	60.0	54.0	◎	
14B	45.4	19.5		エア-混入	-	△	目づまり大
14.5A	40.9	50.0	46.8	50.4	40.0	○	
14.5B	45.4	56.7		スクリーン 破損	-	×	井戸破損
15A	68.1	49.7	28.5	60.0	47.0	○	
15B	40.9	50.6	24.0	48.0	52.0	◎	
合計	24091m ³ /日	18376	9247	17669	15624		
本数	19	17	13	13	15	◎ 6 ○ 6 △ 4 × 4	

注：診断×はすでに井戸本体が破壊し復旧不能な井戸。

第三章 計画の内容

(1) 目的

モガディシュ市にある既存給水施設のうち、バラッドウェルフィールドにおける揚水量が経年的に低下し、現況のままでは今後更に揚水量が低下するものと予測される(図-11参照)。その結果来年完成するアフゴイウェルフィールド(Ⅱ、ⅡA)施設を完成させフル回転しても、逼迫した水不足を解消する見込みがない。したがってバラッドウェルフィールドにおける計画当初の揚水量を緊急かつ速やかに確保すべく復旧工事を実施し、かつ今後も継続してその水量を確保できる状態にするのが本計画の目的であり、計画の諸元は次のとおりである。

① 設計基準

ソマリア国における設計基準はW.H.Oまたはその他の基準に準じたものであるが、本プロジェクトの計画を行なうに当たっては、対象都市の地域性、特殊性を考慮する必要があると判断されたため、ソマリア国側技術スタッフと協議し下記の通り設計基準を定め、これに基づいて水道計画を行なった。

② 計画年次

計画年次はI.D.W.S.S.Dの最終年の1990年事業年度計画に添うものとし、本緊急プロジェクトはそのうち1987年事業年度を目標年次とする。

③ 計画給水人口

1976年のセンサスにおいてはモガディシュ14区の人口は444,816人であった。その後現在までセンサスは実施されていないが、都市区域の拡張、家屋数の増加、難民の受け入れ等を勘案して各種人口予測が実施されている。これら予測のうち計画最終年1990年人口は、最大132万人(July 1980 Population Estimate by Sir Alexander Gibb and Partners - Feasibility Study for Mogadishu Water Supply Expansion - Stage 2 Final Report - Volume 3 Demand Forecasts)、最小105万人(June 1982 Population Estimate by Dr.M.M.NUR and Associates - Tariff Study - Final Report)とかなり差はあるが、モガディシュ水道局はこれら予測に独自のデータを加え計画人口予測を行なっている。

この予測によれば1976年の約44.5万人をベースに緊急プロジェクト目

標年次1987年において100万人(年増加率8.4%)計画年次1990年において120万人(年増加率4.7%)となるものであり、全国人口増加率3.1%/年(1972~1981、IMF資料)に対して、モガディシュの特殊性を配慮すると妥当な予測と判断しM.W.A予測を計画給水人口算出基礎とすることとした。

④ 計画給水量

計画給水量を策定するのに基準となる1人1日給水量は、都市の規模、気候条件および利用可能な水資源量によって決定される。モガディシュ水道局は公共水栓に対し1人1日30ℓ、各戸給水に対し1人1日130ℓとしている。

(Plan for the Drinking Water Supply and Sanitation in Somalia for the Decade 1981-1990)

現在モガディシュ拡張工事Ⅱ、ⅡAが完成直前であり、全市内の水道本管の布設を終え公共水栓による給水を開始している。今後各戸給水管の布設を始め得る状況にある。この全工事完成後は、各戸給水70%、公共水栓30%に達し、1人1日給水量は100ℓとなる見通しであるが、各戸給水は個人申請による個人負担工事であることもあり、必ずしも計画通り普及する状況にない。そこで上記状況を勘案しソマリア国技術スタッフと協議した結果本緊急計画における1人1日給水量を70ℓとすることとした。

$$\text{計画給水量} = 0.070 \text{ m}^3 / \text{人日} \times 1,000,000 = 70,000 \text{ m}^3 / \text{日}$$

⑤ 計画取水量

現在モガディシュに対する水源はバラッドウェルフィールド、アフゴイウェルフィールド、市内の3ヶ所である。

このうち市内の井戸は1968年から1969年にアメリカ合衆国の援助により建設された古い施設であり、老朽化による取水量の低下に加え塩分濃度の上昇、汚水の影響による水質の悪化等が生じたため、順次バラッドウェルフィールド、アフゴイウェルフィールドを水源とした給水本管への接続替えを行ないつつある。また水量も少ないことから本計画取水源から除外することとした。

アフゴイウェルフィールド拡張工事Ⅱ、ⅡAは世銀、アラブファンド、EEC、ソマリア政府の資金42,300,000USドルにより建設途中で現在その大部分の工事を完了し、一部給水を開始している。

モガディシュ水道局の計画によれば1986年中に4台の発電機を設置することにより、全工事を完了し、フル稼働する予定である。本調査団は現地工事進捗状況から判断してこれが予定通り完成するものと判断した。本計画の概要を表-4に示す。

表-4 アフゴイウェルフィールド計画概要

工 事 名	井 戸	発 電 機
Expansion II	8	250KW×4台
Expansion II A	24	480KW×2台

一井当たり取水量 $60\text{ m}^3/\text{h} = 1,440\text{ m}^3/\text{日}$

井戸稼働台数(予備3台) 29台

計画取水量 $1,440 \times 29 = 42,000\text{ m}^3/\text{日}$

なお現在は、設置済みの4台の発電機で最大13台を稼働させ、1日 $16,000\text{ m}^3$ を給水している。したがって計画給水量 $70,000\text{ m}^3$ に対し、すでに確実に給水可能な $42,000\text{ m}^3$ を控除した $28,000\text{ m}^3$ を、バラッドウェルフィールドより取水することとして施設計画を立案するものである。

(2) 要請内容の検討

上記目的をソマリア国側技術スタッフと確認、合意したうえでこの目的にそって要請内容を再検討し、この目的を果たすうえで必要な措置としては下記の通りであることを両者合意し、これをミニッツ・オブ・ディスカッションに記述した。

- ① バラッドウェルフィールドにある既存井のうち、復旧の見込みがある16井の復旧工事の実施
- ② $28,000\text{ m}^3/\text{日}$ を確保するために必要な新井戸の建設
- ③ バラッドウェルフィールド施設を復旧維持する上で必要な資機材供与

上記によりソマリア国の要請目的を整理すれば表-5の通りとなる。

表-5 要請目的とその検討結果

要 請 目 的	検 討 結 果	備 考
①ポンプの撤去と入れ換え	16井について実施する	
②井戸のポンプテスト	〃	
③新しいポンプやモーターの設置およびそのスペアパーツの供給	必要な数の新井戸の建設を行ないそのスペアパーツを供与する	
④酸または他の材料による井戸の処理	16井について実施する	技術移転も併せ行なう
⑤水供給のシステムの維持に対する十分なスペアパーツの供給	バッドウェルフィールドの全システムに対する必要なスペアパーツを供給する	
⑥維持管理用リグによる井戸の開発と維持管理と補修	新設井戸掘削リグおよび復旧用リグにより実施する	
⑦消防車による送電線の清掃	圧力ポンプを供与し清掃を実施する	
⑧機械および人夫輸送用車両の確保	最低必要と思われる車両のみ供与する	

上記要請目的にそって要請書に記述されている要請内容である必要工事と資機材についての判断を表-5' に示した。

表-5' 要請内容と検討結果

要 請 内 容	検 討 結 果	備 考
①井戸管理用リグ	必要性を認める	
②エアリフトを含む井戸復旧用機材	〃	
③タービンポンプ計40台	復旧可能な16井について必要性を認める	
④発電機1台	必要電力量により判断する	基本設計結果より判断する
⑤水中ポンプ20式	市街地用であり、本プロジェクト範囲外と考えられるので供与対象外とする	
⑥全上 発電機	全上理由により供与対象外とする	
⑦ウィールローダー	緊急性が認められず供与対象外とする	
⑧掘削機	全上	
⑨消防車	必要性を認めるが供与機材で兼用できる	
⑩車両 小型車 10台	緊急性を認められない	復旧工事、維持管理のため
8トンダンプ 2台	〃	
6トンダンプ 2台	〃	
2トン吊クレン車 1台	必要性を認める	
ステーションワゴン 5台	2台は最低必要と認められる	
ピックアップバン 10台	〃	
⑪上記スペアパーツ3年分	工事期間プラス1年分とする	
⑫亜鉛メッキ鋼管	緊急目的対象外	

よって上記を踏まえて基本設計における検討結果にあわせ必要工事、資機材を決定する。

(3) 計画概要

イ. 実施機関、運営体制

本プロジェクトの実施機関はモガディシュ水道局である。本業務が主として改修事業であるため、既存組織人員による運営体制で対処可能と判断される。

ロ. 基本計画

本プロジェクトは緊急対策プロジェクトであり、目標年次を1987年度として給水人口100万人に対し1人1日給水量70ℓを確保することを目標に、他の給水事情を考慮してバラッドウェルフィールドにおける揚水量復旧工事を実施するものである。

なおこれら詳細については第四章基本設計で計算したものであり、基本となる計画は表-6の通りとなった。

表-6 基本計画

既存施設揚水量(全稼動15井)	13,000m ³ /日
復旧後計画揚水量	28,000〃
既存井の復旧(16井)	19,200〃
新設井の築造(5井)	8,800〃

ハ. 計画位置・状況

計画位置であるバラッドウェルフィールドは、モガディシュ市中心から9km～16kmの範囲にあり、市内から現場への道路事情は良いものの、車両の調達、燃料の調達等の交通事情が悪い状況にある。また現地には水道のための発電所を除いて、利用可能な施設はない。

ニ. 施設・機材概要

基本計画の28,000m³/日の水を供給するために既存施設を復旧し、損傷の甚だしいものおよび容量の不足するもの等は新しく設備する。施設、機材概要は下記の通り。

① 井戸

既存井戸を復旧し、一井戸当たり平均50m³/日揚水を可能にし、不足する供給水量を揚水するための井戸を新しく掘削する。

② 井戸水の揚水ポンプ

既存のポンプは損傷が甚だしく既存井戸および新設井戸用のポンプはすべて新しく設置する。

③ 発電機

揚水量 $28,000\text{ m}^3/\text{日}$ のポンプを稼働させると発電容量が不足するので、1台増設する。

④ 電気設備

送電線、変圧機がないところがあるのでこれを新しく設置する。

⑤ フェンス

各揚水ポンプ場に設置されているが、損傷が甚だしいので新しく設置する。

⑥ 掘削機械

新設井戸用に供与する掘削機械および関連機械により建設し、建設後維持管理用に使用する。

⑦ 車両

工事および維持管理上最低必要な車両を供与する。

⑧ 維持管理用機材

維持管理用機材不足のため新しく供与する。

ホ. 管理計画、人的配置

現在モガディシュ市における逼迫した水不足を考えると本プロジェクト実施中に工事中とは言え長時間にわたり揚水を停止することはできない。

このような状況により、不測の事態に対処すべく、工事中は24時間、現場事務所に工事関係者が少なくとも下記配置で常駐している必要がある。

日本国側工事責任者または代理人	1名
ソマリア国側	1名
現地人運転手	1名
“ 労務者	2名
計	5名

(4) 技術協力

本プロジェクトはソマリア国における経済的理由と技術的能力による理由から要請されたものであり、復旧工事が必要となった背景には維持管理における技術的能力が低いことがあげられる。

本プロジェクト実施中、モガディシュ水道局の職員および労務者に技術移転すべく努力するものではあるが、工事完了後も計画揚水量を維持していくためには、深井戸に関する永年の経験とこの経験により培われた対策技能に優れた技術者が常駐し、指導する一方で、実際に修理・修繕するソマリア人技術者を日本国内において研修する等、技術協力を実施することが望まれる。

第四章 基本設計

(1) 設計方針

技術能力、既存機械等現地事情を配慮して、維持管理運営上できる限り支障の少ない工法、資材、機材等を選定し設計するものとする。

(2) 設計条件

設計条件は日本水道協会「水道施設設計指針」に従う事を原則とし、これに現地事情を考慮して各設計条件を設定する。

(3) 施設設計

イ. 水源設計

① 既存施設復旧計画

(a) 既存井における揚水量の決定

復旧対象となる16井のうち、ストレーナーに関する資料を入手できたものは表-7の通りである。

表-7 ストレーナー一覧表

井戸番号	ストレーナー材質	径	長さ	開口率	流入速度
9.5A	SS	9 5/8吋	37.7m	1.32 %	4.39cm/sec
11 A	"	"	32.0	1.32	5.18
12.5B	SUS	6 5/8	27.9	1.92	5.97
13 A	"	"	29.0	1.92	5.74
13 B	"	"	36.2	1.92	4.57
13.5A	"	"	36.3	1.92	4.57
13.5B	"	"	33.7	1.92	4.95
14 A	"	"	35.1	1.92	4.72
14 B	SS	9 5/8	36.7	1.32	4.50
14.5A	SUS	6 6/8	35.2	1.92	4.72
15 A	SS	9 5/8	33.0	1.32	5.03
15 B	SUS	6 5/8	29.0	1.92	5.74

これらストレーナーはスリット型を使用しているため、開口率が低く流入速度が極端に速い。

別添インペラー摩滅調査により判明したごとく、流入速度が速すぎるため充填砂利周辺の細砂が流入しポンプの摩滅をおこし、揚水量の低下を起している。流入速度は周辺土砂の状況とポンプの回転数により決定されるものであり、一般には30mm/秒を目途としている。日本水道施設設計指針においては「開口率は一般に15～30%が望ましく、地下水の流入速度は、15mm/秒以下に落とすように設計するのが良い」とされているが、日本の場合水中モーターポンプタイプを使用し建設費を低くおさえる目的で回転数を高くしている(3,000RPM)ことから、砂の流入を極端にきらうためから上記提案がされたものである。

一方本既存ポンプは比較的砂の流入に強い立軸型タービンポンプを使用し回転数も通常の半分の1,500回転を使用していることから、必ずしも日本の基準に合わせる必要はない。

地下水学要論(村下敏夫著)では、砂の粒径と流出限界流速の関係は表-8の通りとしている。

表-8 流出限界流速

	微細砂	細砂	中砂	粗砂
粒 径 (mm)	0.05~0.1	0.1~0.25	0.25~0.5	0.5~1.0
限界流速 (mm/秒)	2.8 ~9.6	9.6~27	27~52	52~97

取水のを行なう滞水層は微細砂～中砂下部の石灰岩との互層からなることから、上表によれば少なくとも中砂以下の流入速度とすることが必要であり、過去の揚水経過も考慮して、既存施設復旧計画における流入速度を40mm/秒とすることとした。これによる復旧後計兩揚水量は表-9の通りである。

表-9 復旧後計画揚水量

井戸番号	揚水量	井戸番号	揚水量
9.5A	54.0	13.5B	48.5
11.0A	46.3	14.0A	50.8
12.0A	50.8	14.0B	53.3
12.5B	40.2	14.5A	50.8
13.0A	41.8	15.0A	47.7
13.0B	52.5	15.0B	41.8
13.5A	52.5	合計(13井)	631.7

そこでストレーナー詳細が明らかな上記13井の復旧後平均揚水量を50 m³/時とし、詳細の不明な10.0A、11.0B、11.5A、12.0Aの4井についても50 m³/時として計画する。

ただし施工にあたっては砂流入量と揚水量を測定した上で再度揚水量の確定を行なう必要がある。

(b) 復旧方法

井戸の揚水量が低下した場合の原因とその対策、井戸別の効果を表-10に示す。

表-10 揚水量低下原因と対策

	原 因	対 策	効 果
め づ ま り	<u>スケールの膠着</u> カルシウム、マグネシウムなどの重炭酸が地下水中に多く溶解(Total dissolved solid 600PPM)しているため、動水位降下に伴い難溶解に変化してスクリーンに膠着してめづまり状態となる。	リン酸処理により膠着物を除去し、かつ動水位降下を減らすため揚水量を少なくする。	12.0A、12.5B、13.5B、14.0Bにおいて効果顕著
	<u>腐食による生成物</u> 鉄の水酸化物のような腐食による生成物のためにスクリーンにめづまりを生ずる。	リン酸処理により除去できる。	鉄は0.12PPM程度であるので、これにより揚水量低下はわずかである。
	<u>バクテリアによるスライム</u> 鉄バクテリアその他の生物は井内に繁殖し、そのために生成されたスライムによりスクリーンにめづまりを生ずる。	掃除または滅菌する。	水質テスト結果からバクテリアはほとんどなく、これによる揚水量の低下はわずかである。
	<u>土粒子による物理的原因</u> 砂、シルト、粘土等の土粒子が充填材中に充満し水流を妨げる。	スワッピングにより充填材中の水の通りを良くする。	揚水量が低下した12.0A、12.5B、13.5B、14.0B、9.5A、10.0A、11.0A、13.0B、14.5A、15.0Aにおいて効果がある。
取 水 施 設 の 老 朽 化	<u>インペラーの摩滅</u> 砂の流入によりインペラーが摩滅し揚水量が低下する。	インペラーの交換を行ないかつ揚水量を低下させる。	全井戸において効果が期待できる。
	<u>電力供給量の低下</u> 送電時間が少なかったり、送電量が少ないことにより揚水量が低下する。	発電設備の復旧と送電施設の改善	全体のポンプ稼働時間が増え効果が期待できる。
	<u>モーターの老朽化</u> モーターの老朽化が過電流を発生させ運転ストップしたり、スリップして回転数が減ることにより揚水量が低下する。	モーターの入れ換え	モガディシュ水道局は問題なしとしているが12.0Aに効果が期待できる。詳細は不明、調査の要ありと判断する。

よって上記状況と現在揚水量を勘案して復旧工事方法を3つに分け、表-11のごとく実施することにより計画復旧平均揚水量 5 0 m³/時を確保する。

表-11 復 旧 工 事

現 況 揚 水 量		40m ³ 以下	50~40m ³	50m ³ 以上
対 象 井 戸		12.0A、12.5B	9.5A、10.0A、11.0A	11.0B、11.5A、13.0A
		13.5B、14.0B	13.0B、14.5A、15.0A	13.5A、14.0A、15.0B
復 旧 工 事	流量確認	○	○	○
	滞砂除去	○	○	○
	酸処理	○	○	
	井戸清掃	○	○	
	ブラッシング	○		
	揚水テスト	○		
	ポンプセット	○	○	○
	配管(メーカー含む)	○	○	○
試運転	○	○	○	

② 新設井戸の計画

計画取水量 28,000m³/日

既存井復旧後水量 $16 \times 50 \text{ m}^3/\text{時} \times 24 \text{ 時} = 19,200 \text{ m}^3/\text{日}$

新設井戸水量 $28,000 - 19,200 = 8,800 \text{ m}^3/\text{日}$

既存施設の揚水量は60m³/時で計画されたもので復旧後も50m³/時を連続揚水するものである。不足する水量を確保するための新設井戸本数は、その揚水量により決定される。既存施設が古い方式であるため1本当たりの揚水量を低くしていることから、新設井戸の揚水量はこれ以上を十分期待できるが、他の井戸の水位との関連で無制限に増加させることはできない。

よって1本当たりを70m³/時~80m³/時とすれば本数 n は、

$$n = \frac{8,800}{(70 \sim 80) \times 24} = 5.2 \text{ 本} \sim 4.5 \text{ 本}$$

よって5本とし1井当たり揚水量を決定する。

$$Q = \frac{8,800}{5 \times 24} = 74 \text{ m}^3/\text{時}$$

ポンプ配置計画を図-14に示す。

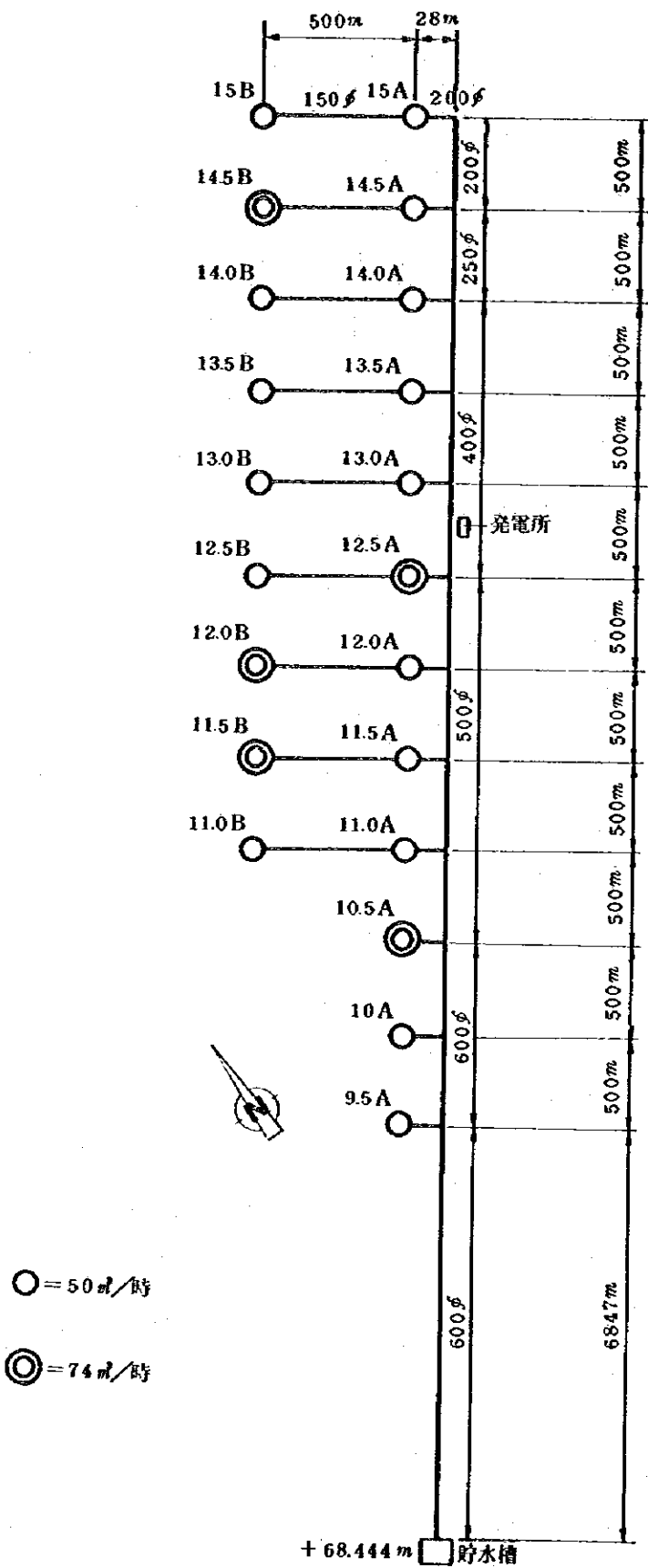


図-14 ポンプ配置計画図(復旧後)

③ 静水位低下予測

パッドウェルフィールドにおいて、ここ15年のうちに最大7.8m、最小2.5mの水位低下をきたしている。この水位低下は涵養量が揚水量を下廻っていることも考えられるが、その主なものは狭い範囲に数多くの井戸を設けたためにお互いの井戸が干渉し合ったために生じたものであるとみてよい。

ここで、当パッドウェルフィールドにおける水位低下を推定する。当計画ではパッドウェルフィールドにおいて21本の井戸で28,000m³/日の揚水が予定されている。この28,000m³/日の揚水による水位低下を求める。

- 条件 1. 21本の井戸を1つの大きな井戸と考える。
2. 低下量は次のテーム(Theim)の式を用いる。

$$Q = \frac{2\pi D \cdot k(H-h)}{2.3 \log R / \gamma_0}$$

ここに、
D: 帯水層の層厚(m) T = D · k 透水量係数
k: 透水係数
H-h: 水位低下量
R: 影響半径
γ₀: 井戸半径

上式を変形して

$$H-h = \frac{Q \times 2.3 \log R / \gamma_0}{2\pi D \cdot k}$$

パッドウェルフィールドにおける諸数値は揚水試験の平均値を用いる。1980年の揚水試験結果(493m³/日、317m³/日)の透水量係数(T)を用いる。

$$T = \frac{(493 + 317) \times 1 / 2}{24 \times 60} = 0.281 \text{ m}^3 / \text{分}$$

井戸群半径

パッドウェルフィールドは9.5kmより15kmまで巾500mに存在するので、その面積は

$$A = (15 - 9.5) \times 0.5 = 2.75 \text{ km}^2 \text{ に対する半径}$$

この面積を円にするとその半径(γ_0)は

$$\gamma_0 = 2.75 / \pi \approx 0.94 \text{ km} = 940 \text{ m}$$

影響半径

$$R = \gamma_0 + R' = 940 + 500 = 1,440 \text{ m とする。}$$

$$R' = \text{影響範囲}(500 \text{ m とする})$$

$$\text{揚水量 } Q = 28,000 \text{ m}^3 / \text{日} = 19.4 \text{ m}^3 / \text{分}$$

それらの条件より、

$$S = H - h = \frac{19.4 \times 2.3 \log 1,440 / 940}{2\pi \times 0.281} \\ \approx 4.68 \text{ m}$$

従って設計水位を現況地下水位より4.7m低下することとして計画実施する。

④ 動水位予測

a) 既存の井戸で $50 \text{ m}^3 / \text{時} = 0.833 \text{ m}^3 / \text{分}$ を揚水した場合、動水位低下量は次の通りである。

$$S = H - h = \frac{Q \times 2.3 \log R / \gamma_0}{2\pi \cdot D \cdot k}$$

ここに、

$$Q = 0.833$$

$$R = 500 \text{ m}$$

$$\gamma_0 = 0.122 \text{ m}$$

$$D \cdot k = T = 0.281 \text{ m}^2 / \text{分}$$

$$S = H - h = \frac{0.833 \times 2.3 \log 500 / 0.122}{2\pi \times 0.281} \\ = 3.92 \text{ m}$$

b) 新設の井戸で $74 \text{ m}^3 / \text{時} = 1.23 \text{ m}^3 / \text{分}$ を揚水した場合、動水位低下量は次の通りである。

$$S = H - h = \frac{1.23 \times 2.3 \times \log 500 / 0.122}{2\pi \times 0.281} \\ = 5.79 \text{ m}$$

このように揚水量によって動水位低下量は異なるので、既設に対して4.0m、新設にして5.8mとする。

⑤ 設計水位

ポンプの揚程を決定するため本計画により28,000m³/日揚水した場合の水源井戸の水位(設計水位)を算出する。

水源井戸の水位を今回次の井戸について調査した、調査結果を表-12に示す。

表-12 調査井水位(1985年2月)

井戸名	井戸の高さ	水 位	水 位 高
	海面よりm	地表よりの深さ	海面よりのm
10A	72.67	-70.20	+2.47
14P2	73.47	-66.55	+6.92
14B	77.90	-67.51	+10.39
14BP	77.94	-67.44	+10.50
15CP	78.81	-62.67	+16.14

現場には観測井が約9本掘られたが、本調査の3本以外のはすべて砂によって埋没して調査不可能であった。

また、生産井のポンプが撤去されて水位調査可能な2本(10A、14B)についても水位を調査した。

この調査結果と1970年の井戸水位より、井戸水位の低下高を計算した。今回調査不可能であった井戸の水位は調査した井戸の水位低下高より算出した。すなわち、9.5A~14.0Bまでの井戸については10.0Aおよび14.0Bの水位低下高を各井戸に等分に割り当て、また14.5A~15.0Bについては15CPの水位低下高より推定した。これに28,000m³/日揚水した場合の、バラッド井戸周辺の設計水位低下量4.7mに各個の井戸で50m³/時および74m³/時揚水した場合の低下水位4.0m、5.8mを加えて算出する。(表-13)

1970年から1985年までの井戸水位の変化および設計水位を図-5・図-6に示す。

表-13 井戸静水位変化算出表

(海面よりの高さm)

井戸名	測定年			水位低下 1970 ↓ 1985	推定設計低下高				設計 水位
	1970	1977	1985		1970 ↓ 1985	バラッ ド井戸 群周辺	井戸個 々の値	計	
9.5A	+ 6.7				4.35m	4.7m	4.0m	13.1m	-6.4
10.0A	+ 7.0		+2.47	4.53	4.53	4.7	4.0	13.2	-6.2
B10P2	+ 8.67	+ 6.66							
10.5A	+ 8.5				4.72	4.7	5.8	15.2	-6.7
10.5CP		+ 9.06							
11.0A	+ 9.5	+ 5.37			4.90	4.7	4.0	13.6	-4.1
11.0B					4.90	4.7	4.0	13.6	-4.1
11.5A	+ 9.8				5.09	4.7	4.0	13.8	-4.0
11.5B					5.09	4.7	5.8	15.6	-5.8
12.0A	+10.9				5.27	4.7	4.0	14.0	-3.1
12.0B					5.27	4.7	5.8	15.8	-4.9
12.5A	+12.2				5.46	4.7	5.8	16.0	-3.8
12.5B	+13.1				5.46	4.7	4.0	14.2	-1.1
K13H		+ 5.72							
13.0A	+12.5				5.64	4.7	4.0	14.3	-1.8
13.0B	+14.3				5.64	4.7	4.0	14.3	±0.0
13.5A	+13.3				5.83	4.7	4.0	14.5	-1.2
13.5B	+14.6				5.83	4.7	4.0	14.5	+0.1
B14P1	+14.92	+ 8.85							
B14P2	+14.71	+ 8.56	+ 6.92	7.79					
14.0A	+14.6				6.01	4.7	4.0	14.7	-0.1
14.0B	+16.4		+10.39	6.01	6.01	4.7	4.0	14.7	+1.7
14BP	+17.24	+11.96	+10.5	6.74					
14.5A	+16.1				4.0	4.7	4.0	12.7	+3.4
14.5B	+17.3				4.0	4.7	5.8	14.5	+2.8
15.0A	+16.8				3.0	4.7	4.0	11.7	+5.1
15.0B	+18.6				3.0	4.7	4.0	11.7	+6.9
15CP	(+18.6)	+17.50	+16.14	(2.46)					
K15H2		+12.71							
K15H4		+12.75							

注: 15CPの1970年水位は測定値が不明なので15.0Bの値によった。

ロ、ポンプ設備設計

既存のポンプ設備は砂の流入により、ポンプケーシング、インペラー等の摩耗が甚だしく、交換修繕を必要とする。また、現地の状況より修繕のため長期間ポンプを停止することが不可能である。

現地は修理器材も技術者も不十分の状態であり、部品を購入し(ポンプは米国製旧型品のため入手出来るか不明)日本より技術者を派遣し長期間かけて修繕するには多大な費用を要し、かつ完全なポンプに復旧出来ないと考えられる。したがってポンプ設備は、すべて新しく交換する。

ポンプ型式は既存復旧井戸においては砂の流入が多く、ポンプ内に砂が流入するので、砂の排出し易い立軸型タービンポンプとし、新設井戸はストレーナーの構造から考えて井戸への砂の流入が少ないと考えられるので水中モーターポンプとする。ポンプの揚水量は既存復旧井戸の能力に合わせて $50\text{ m}^3/\text{時}$ 16台、および新設の $74\text{ m}^3/\text{時}$ 5台とする。ポンプの揚程は井戸の配置、配管設備より次の通り計算し求める。

① 設計条件

流 量 既存井戸 $50\text{ m}^3/\text{時} = 0.833\text{ m}^3/\text{分} = 0.0139\text{ m}^3/\text{秒}$

新設井戸 $74\text{ m}^3/\text{時} = 1.233\text{ m}^3/\text{分} = 0.0206\text{ m}^3/\text{秒}$

管 種 石綿セメント管

流量公式 ハーゼン・ウィリアムズ(Hazen-Williams)

$C = 110$ とする(屈曲損失を含む)

(水道施設基準=日本水道協会)

$$h = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot \ell$$

ここに、 D = 管径(m)

Q = 流量($\text{m}^3/\text{秒}$)

ℓ = 管の延長(m)

② 管の損失水頭の計算

(a) 15Bより14.5主管チーズまで

15Bより15Aまで、

管径 $D = 0.15\text{ m}$ 、延長 $\ell = 500\text{ m}$ 、 $Q = 0.0139\text{ m}^3/\text{秒}$

(h=損失水頭)

$$\begin{aligned}
 h &= 10.666 \cdot 110^{-1.85} \cdot 0.15^{-4.87} \cdot 0.0139^{1.85} \cdot 500 \\
 &= 10.666 \times 0.000167 \times 10290.5 \times 0.000367 \times 0.000674 \times 500 \\
 &= 3.368 \text{ m}
 \end{aligned}$$

(b) 15Aより14.5チーズまで、

$$D = 0.2 \text{ m}, \quad \ell = 28 + 500 = 528 \text{ m}$$

$$Q = 0.0139 \times 2 = 0.0278 \text{ m}^3/\text{秒}$$

$$\begin{aligned}
 h &= 10.666 \times 110^{-1.85} \times 0.2^{-4.87} \times 0.0278^{1.85} \times (28 + 500) \\
 &= 10.666 \times 0.000167 \times 2535.03 \times 0.00132 \times (28 + 500) \\
 &= 0.167 \text{ m} + 2.980 \text{ m} \\
 &= 3.147 \text{ m}
 \end{aligned}$$

次に各管の損失水頭を表-14,15,16.にて示す。

(c) 管の損失水頭のまとめ

表-14 主管各区間の管の損失水頭

$$(h = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot \ell)$$

区 間(km)	C		D m	Q			ℓ (m)	h(m)		
	C	C ^{-1.85}		D ^{-4.87}	Q ^{1.85}	Q ^{1.85}		区間	計	
貯水槽~9.5	1100	0.000167	0.6	12.034	1,170	0.325	0.125	6,840	18.346	18.346
9.5~10.0	1100	0.000167	0.6	12.034	1,120	0.311	0.115	500	1.233	19.579
10.0~10.5	1100	0.000167	0.6	12.034	1,070	0.297	0.106	500	1.136	20.710
10.5~11.0	1100	0.000167	0.5	29.243	996	0.277	0.0930	500	2.422	23.132
11.0~11.5	1100	0.000167	0.5	29.243	896	0.249	0.0764	500	1.990	25.122
11.5~12.0	1100	0.000167	0.5	29.243	772	0.214	0.0577	500	1.503	26.625
12.0~12.5	1100	0.000167	0.5	29.243	648	0.180	0.0419	500	1.091	27.716
12.5~13.0	1100	0.000167	0.4	86.690	524	0.146	0.0284	500	2.193	29.909
13.0~13.5	1100	0.000167	0.4	86.690	424	0.118	0.0192	500	1.482	31.391
13.5~14.0	1100	0.000167	0.4	86.690	324	0.0900	0.0116	500	0.896	32.287
14.0~14.5	1100	0.000167	0.25	855.13	224	0.0622	0.00587	500	4.471	36.758
14.5~15.0	1100	0.000167	0.2	2535.03	100	0.0278	0.00132	500	2.980	39.738

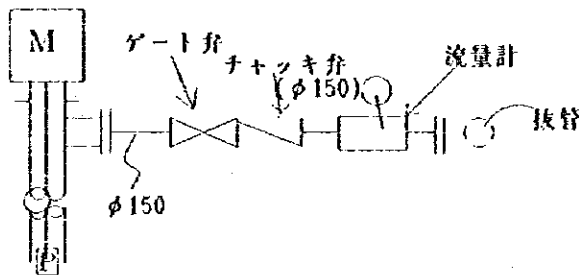
(d) 各ポンプまわりの損失水頭のまとめ

表-15 各ポンプより主管のTeeまでの管の損失水頭

($h = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot \ell$ の式による)

区 間	Q			C		D		ℓ (m)	h(m)	備考
	m ³ /h	m ³ /sec	$Q^{1.85}$	C	$C^{-1.85}$	m	$D^{-4.87}$			
B~A	50	0.0139	0.000367	110	0.000167	0.15	1029.5	500	3.368	
"	74	0.0206	0.000760	110	0.000167	0.15	1029.5	500	6.965	
A~Tee	50	0.0139	0.000367	110	0.000167	0.2	2535.03	28	0.046	
"	74	0.0206	0.000760	110	0.000167	0.2	2535.03	28	0.096	
"	100	0.0278	0.00132	110	0.000167	0.2	2535.03	28	0.167	
"	124	0.0344	0.00196	110	0.000167	0.2	2535.03	28	0.247	
"	148	0.0411	0.00273	110	0.000167	0.2	2535.03	28	0.345	

③ 各ポンプより枝管までの損失水頭



弁の損失水頭 $f \cdot V^2 / 2g$

ここに、 f = 損失係数、逆止 1.0、仕切 0.145

V = 流速(m/秒)

$g = 9.8 \text{ m/秒}^2$

$$V = \frac{0.0139}{(\text{既存})0.15^2 \times \pi / 4} = 0.787, \quad V = \frac{0.0206}{(\text{新設})0.15^2 \times \pi / 4} = 1.166$$

表-16 ポンプより枝管までの損失水頭

揚水量	弁等	V_m / sec	$V^2 / 2g$	f	h (m)	備考
50 m ³ /h	逆止	0.787	0.0316	1.0	0.0316	
	仕切	0.787	0.0316	0.145	0.0046	
	その他				1.0	流量計、配管、井戸の揚水管等
	計				1.036	
74 m ³ /h	逆止	1.166	0.0694	1.0	0.0694	
	仕切	1.166	0.0694	0.145	0.0101	
	その他				1.5	流量計、配管、井戸の揚水管等
	計				1.580	

④ 各ポンプの全揚程の算出

以上の配管の損失水頭に、貯水槽と井戸の設計水位との差の実揚程を加えて、ポンプの全揚程を算出する。

表-17 各ポンプの全揚程の算出表

ポンプ名	揚量 m ³ /時	管の損失水頭				実揚程			全揚程	余裕5% を加える
		ポンプ～ 枝管	B～A	A～主管 Tee	主管 Tee ～貯水槽	貯水槽 水位	井戸設 計水位	実揚程 水位差		
9.5A	50	1.04		0.046	18.346	68.444m	-6.4m	74.84m	94.27	99.0
10.0A	50	1.04		0.046	19.579	68.444	-6.2	62.24	82.91	87.1
10.5A	74	1.58		0.096	20.710	68.444	-6.7	75.14	97.53	102.4
11.0A	50	1.04		0.167	23.132	68.444	-4.1	72.54	96.88	101.7
11.0B	50	1.04	3.368	0.167	23.132	68.444	-4.1	72.54	100.28	105.3
11.5A	50	1.04		0.247	25.122	68.444	-4.0	72.44	98.85	103.8
11.5B	74	1.58	6.965	0.247	25.122	68.444	-5.8	74.24	108.15	113.6
12.0A	50	1.04		0.247	26.625	68.444	-3.1	71.54	99.45	104.4
12.0B	74	1.58	6.965	0.247	26.625	68.444	-4.9	73.34	108.76	114.2
12.5A	74	1.58		0.247	27.716	68.444	-3.8	72.24	101.78	106.9
12.5B	50	1.04	3.368	0.247	27.716	68.444	-1.1	69.54	101.91	107.0
13.0A	50	1.04		0.167	29.909	68.444	-1.8	70.24	100.36	106.4
13.0B	50	1.04	3.368	0.167	29.909	68.444	±0	68.44	102.92	108.1
13.5A	50	1.04		0.167	31.391	68.444	-1.2	69.64	102.24	107.4
13.5B	50	1.04	3.368	0.167	31.391	68.444	+0.1	68.34	104.31	109.5
14.0A	50	1.04		0.167	32.287	68.444	-0.1	68.54	102.03	107.1
14.0B	50	1.04	3.368	0.167	32.287	68.444	+1.7	66.74	103.60	108.8
14.5A	50	1.04		0.247	36.758	68.444	+3.4	65.04	103.09	108.2
14.5B	74	1.58	6.965	0.247	36.758	68.444	+2.8	65.64	111.19	116.7
15.0A	50	1.04		0.167	39.738	68.444	+5.1	63.34	104.29	109.5
15.0B	50	1.04	3.368	0.167	39.738	68.444	+6.9	61.54	105.9	111.1

⑤ ポンプ設備計画

前述のポンプ揚程よりポンプ設備を計画する。

ポンプ設備は、故障の場合の互換性を考慮して能力50m³/時のポンプを2種類、74m³/時の能力のポンプで1種類とする。

計画ポンプ設備は表-18の通りとする。

表-18 ポンプ設備仕様

番号	揚水量	揚程	台数	型式
1	50 m ³ /時 (0.83 m ³ /分)	107 m	8台	立軸型タービン
2	50 " (0.83 ")	112 m	8台	"
3	74 " (1.23 ")	117 m	5台	水中モーターポンプ
	合計		21台	

ポンプ軸動力を計算する。

式は J I S B 8 3 0 1 - 1 9 7 6 の次の式による。

$$P = 0.163 \gamma Q H / \eta \quad \text{ここに、} P = \text{ポンプの軸動力(KW)}$$

$\gamma = \text{揚液の単位体積重量(kg/ℓ)}$

$Q = \text{吐き出し量(m³/分)}$

$H = \text{全揚程(m)}$

$\eta = \text{ポンプ効率(小数)}$

計算

$$1. P = 0.163 \times 1 \times 0.83 \times 107 \times 1 / 0.6 \quad \eta = 0.6 \text{ とする (立軸型タービン)}$$

$$= 24.13 \text{ KW}$$

$$2. P = 0.163 \times 1 \times 0.83 \times 112 \times 1 / 0.6 \quad \eta = 0.6 \text{ とする (")}$$

$$= 25.25 \text{ KW}$$

$$3. P = 0.163 \times 1 \times 1.23 \times 117 \times 1 / 0.67 \quad \eta = 0.67 \text{ とする (水中モーター)}$$

$$= 35.01 \text{ KW}$$

ポンプの原動機出力を計算する。

原動機出力は、軸動力に余裕を見込んだものとする。

なお、余裕な原動機は電動機であり、高揚程で揚程の変動が少ないので10～15%とする。式は次の式による。

$$P_m = (1 + \alpha) \quad \text{ここに、} P_m = \text{原動機出力(KW)}$$

$\alpha = \text{余裕(小数)}$

計算

① $24.13 \times (1 + 0.15) = 27.7 \text{KW}$ $\alpha = 0.15$ とする

② $25.25 \times (1 + 0.15) = 29.0 \text{KW}$ "

③ $35.01 \times (1 + 0.10) = 38.5 \text{KW}$ $\alpha = 0.1$ とする(水中ポンプのため)

ここで電動機出力は、①および②は30KWとし、③は45KWとする。

なお、既存井戸は砂の流出が多いため、ポンプ回転数は、ポンプのインペラの摩耗が考えられるので、おそくして摩耗を極力少なくする。よって立軸型タービンポンプの電動機は4極(1,500RPM)とする。

水中モーターポンプを設備する井戸は新設のため、砂の流出による摩耗に対する考慮の必要なく、電動機は2極(3,000RPM)とする。

表-19 揚水ポンプ仕様

番号	型式	揚水量	揚程	電動機	台数
1	立軸型タービン	50 m ³ /時	107 m	30KW、380V、50HZ、4極	8台
2	"	50 "	112 "	30 "、"、"、"	8 "
3	水中モーターポンプ	74 "	117 "	45 "、"、"、2極	5台
	合計				21台

ハ. 配管設備設計

配管設備は、ポンプ廻りの配管設備を交換する。21台のポンプに接続する枝管径は150φであるので、表-20の仕様の設備とする。

表-20 配管設備

名称	可とう接手	流量計	逆止弁	弁	圧力計
型式	フランジ式	AV型	スイング型	仕切型	ブルドン管
管径	150φ	150φ	150φ	150φ	100φ
材質	ゴム、FC	FC	FC.SUS	FC.SUS	BC.SUS
台数	21	21	21	21	21

既存の主配管は石綿セメント管径150φ～600φで損傷なく十分使用できるので、新規交換の必要はない。

二、電気設備設計

① 発電機

発電機の既存設備で使用できるのは容量250KVAの発電機5台であるが、予備機を考慮すると常時使用できるのは4台である。

本項では、電動機を30KW16台と45KW5台運転した場合の発電機容量の検討を行なう。この外ポンプ以外の負荷としては修繕工場の負荷として100KVA、照明10KVA、計110KVAを見込む。

発電機出力は全部のポンプを運転した場合に必要な容量と電圧降下からの必要容量を計算し、大きい方の容量とする。

(a) 全部のポンプを運転した場合、式は下記による。

$$P G_1 = \frac{\Sigma P_o}{\eta_1 \times \psi_1} \times \alpha \quad \text{ここに、} \quad P G_1 = \text{発電機容量(KVA)}$$

$$\Sigma P_o = \text{電動機出力の総和(KW)}$$

$$\eta_1 = \text{負荷の総合効率} 0.85 \text{とする}$$

$$\psi_1 = \text{負荷の総合力率} 0.8 \text{とする}$$

$$\alpha = \text{需要率} \quad 0.8 \text{とする}$$

計算 $\Sigma P_o = 30 \times 16 + 45 \times 5 = 705 \text{KW}$

$$P G_1 = \frac{705}{0.85 \times 0.8} \times 0.8 = 829.4 \text{KVA}$$

(b) 電圧降下に応じて必要となる容量。

最大容量の電動機を最後に始動する場合、次の式による。

$$P G_2 = \frac{\left(\frac{\Sigma P_o \times \alpha}{\eta_1} - \frac{P_m}{\eta_m} \right) + P_m \times \beta \times C \times \psi_s}{\gamma \times \psi_g}$$

ここに、 $P G_2 =$ 発電機容量(KVA) $\psi_s =$ 最大容量の力率、0.8とする。

$P_m =$ 最大容量の電動機出力(KW) $\gamma =$ 原動機の瞬時過負荷耐量、1.1

$\beta =$ 最大容量の1KW当たりの始動KVA、7.2KVAとする。

$\psi_g =$ 発電機力率、0.8とする。

$C =$ 始動方式による定数、1.0 $\eta_m =$ 最大容量の電動機効率、0.85

(操作盤故障時を考慮して直入とする)。

$$P_{G_2} = \frac{\left(\frac{705 \times 0.8}{0.85} - \frac{45}{0.85} \right) + 45 \times 7.2 \times 1.0 \times 0.8}{1.1 \times 0.8}$$

$$= 988.4 \text{ KVA}$$

よって電動機による発電機必要容量は988.4 KVAとする。

なお、発電機より一番遠方のポンプまでの距離は約3.0 kmあり、よって電圧降下を考慮して、発電機容量に4.0%を加え、これに修繕工場および照明負荷計110 KVAを付加する。

$$988.4 \times (1 + 0.04) = 1,027.9 \text{ KVA} \approx 1,028 \text{ KVA}$$

$$1,028 \text{ KVA} + 110 \text{ KVA} = 1,138 \text{ KVA}$$

よって既存発電機設備250 KVA 4台計1,000 KVAでは不足し、1台の増設を必要とする。

増設発電機の容量は既存設備の故障時の互換性を考慮し、既存発電機と同一仕様とする。

次の仕様の発電機を1台新設する。

容量: 250 KVA

電圧: 380 V / 220 V

HZ: 50 HZ

原動機: ジーゼルエンジン

② 変圧器

既存設備の発電所には500 KVAの容量の変圧器が2組設備されており、それぞれ北と南に送電されている。

この変圧器容量の検討を行なう。

ポンプの電動機は北側30 KW 9台、45 KW 1台であり、南側は30 KW 7台、45 KW 4台である。

変圧器容量は次の式による。

$$T = \Sigma P_o \times \frac{\beta \times \alpha}{\eta \times \psi}$$

ここに、 α = 余裕率1.1とする

T = 変圧器容量(KVA)

β = 需要率

β は北側のポンプは高揚程なので0.83とし、南側ポンプは0.77とする。

北側の変圧器容量 T_n は、

$$T_n = (30 \times 9 + 45) \times \frac{0.83 \times 1.1}{0.85 \times 0.8} = 422.9 \text{ KVA}$$

南側の変圧器容量 T_s は、

$$T_s = (30 \times 7 + 45 \times 4) \times \frac{0.77 \times 1.1}{0.85 \times 0.8} = 485.8 \text{ KVA}$$

となり、北、南側とも容量は 500 KVA 以下で既存設備で良い。

新しく掘削する井戸に設備する 45 KW のポンプ用の電圧降下用変圧器は、既存設備では容量が不足する。

よって、新しく設備する。その容量は、

$$T = 45 \times \frac{0.8 \times 1.1}{0.85 \times 0.8} = 58.2 \text{ KVA} \quad \beta = 0.8 \text{ とする}$$
$$\alpha = 1.1 \text{ とする}$$

次の仕様の変圧器 5 台を設置する。

容 量: 75 KVA
一次側電圧: 15 KV (3相、3線式)
二次側電圧: 380 V / 220 V (3相、4線式)
周波数 : 50 HZ

③ 配線

既存設備の高圧電流の送電柱上に、 22 mm^2 の硬アルミより線を張り渡して送電している。

この送電線の断面積が適当か検討する。

電線の最大電流は次の式による。

$$I = \frac{\Sigma P_o \times \beta}{\eta \times \psi \times 3 \times E \times \alpha} \quad \text{ここに、} I = \text{電流(A)}$$

$E = \text{送電電圧(KV)}$

$\alpha = \text{電流低減率} 1.0 \text{ とする}$

ΣP_o は北側は 30 KW 9 台、45 KW 1 台で南側は 30 KW 7 台、45 KW 4 台である。

β は北側のポンプは高揚程であるので 0.83 とし南側は 0.77 とする。

北側の電流 I_n は 3 相交流で 15 KV なので、

$$I_n = \frac{(30 \times 9 + 45) \times 0.83}{0.85 \times 0.8 \times \sqrt{3} \times 15 \times 1} = 15.2$$

南側の電流 I_s は、

$$I_s = \frac{(30 \times 7 + 45 \times 4) \times 0.77}{0.85 \times 0.8 \times 3 \times 15 \times 1} = 17.4$$

となり、既存の 22 mm^2 の硬アルミ裸より線(許容量電流約 50 A)で適当である。

11.5 B は、電柱はあるが、電線は撤去されているので、 11.5 A より 11.5 B までの間 500 m は新しく高圧配線を架設する。

10.5 A は現在何も電線設備がないので、バラッド街道より 10.5 A までの引き込み高圧配線および変圧器取り付け用電柱を設置する。

変圧器よりポンプ電動機までの引き込み電線は、新しく設置する $74 \text{ m}^3/\text{時}$ 、揚水ポンプ用の 45 KW の電動機用のみ新しく設置する。電線は 38 mm^2 のビニール電線とする。

④ 発電機燃料消費量

発電機はジーゼル機関にて駆動されており、発電量は、全ポンプ常時 24 時間連続運転、その他照明および修繕工場は、 1 日 8 時間使用とする。

ジーゼル機関の出力を求める。

$$P = \frac{P_g \times \phi_g}{\eta_g} \times 1.36$$

ここに、 P = ジーゼル機関出力 (Ps)

P_g = 発電機出力 (KVA)

ϕ_g = 発電機力率 0.8 とする

η_g = 発電機効率 0.9 とする

ポンプ用使用電力は 829.4 KVA であるので、これに送電ロス 4% を加え、これに対するジーゼル機関出力を計算する。

$$P = \frac{829.4 \times (1 + 0.04) \times 0.8}{0.9} \times 1.36 = 1,042.8 \text{ Ps}$$

運転量 $\text{Ps} \cdot \text{時}$ は、

$$1,042.8 \times 24 = 25,026.2 \text{ Ps} \cdot \text{時} / \text{日}$$

照明、修繕工場用電力は 110 KVA であるので、

$$P = \frac{110 \times 0.8}{0.9} \times 1.36 = 133.0 \text{ Ps}$$

運転量 $P_s \cdot \text{時}$ は、

$$133.0 \times 8 = 1,064 P_s \cdot \text{時} / \text{日}$$

燃料使用量を次の式により求める。

$$Q = \frac{PH \times be}{d} \quad \text{ここに、} \quad Q = \text{燃料消費量}(\ell)$$

$PH = \text{ジゼル機関の運転量}(P_s \cdot \text{時})$

$be = \text{燃料消費量}(kg / P_s \cdot \text{時})$

$d = \text{燃料密度}(0.83 kg / \ell)$

$$Q = \frac{(25,026.2 + 1,064) \times 0.2}{0.83}$$

$$= 6,287 \ell / \text{日} \quad be = 0.2 \text{ とする}$$

既存の燃料タンクは地下に容量 $100 m^3$ のタンクが2基設置されている。

よって燃料の貯留日数は、

$$\frac{100 m^3 \times 2}{6,287 m^3 / \text{日}} = 31.8 \text{ 日}$$

最大約1ヶ月間となる。

以上をまとめ新規設備機器を表-21に示す。

表-21

新規設備機器一覧表

名 称	仕 様	数 量
ポ ン プ	立軸型タービン50m ³ /時×107m 電動機30KW×380V×3相×50HZ×4極	8台
”	立軸型タービン50m ³ /時×112m 電動機30KW×380V×3相×50HZ×4極	8台
”	水中モーターポンプ74m ³ /時×117m 電動機45KW×380V×50HZ×2極	5台
配管設備	150A可とう接手、逆止弁、流量計 仕切弁、圧力計共	21組
発 電 機	250KVA(200KW)×380V×50HZ 原動機ジーゼル機関	1台
変 圧 機	75KVA×1.5KV×380V×3相(4線式)×50HZ	5台
配 線	硬アルミ裸より線22mm ² 架空 500m×3相×15,000V架線材共	1組
”	硬アルミ裸より線22mm ² 架空 30m×3相×15,000V架線材共	1組
”	38mm ² ビニール電線屋外 15m×3相(4線式)×380V架線材共	5組
照 明	水銀灯100W(電源220V) 電柱取り付け	5組
電 柱	コンクリート製(現地製作) 変圧機台腕木等装柱材共	1本
金 網 柵	4m×6m 高さ2.0m 忍返し付 門扉巾2.0m 両開き(1.0m×2)	21組

(4) 施工計画

イ. 建設事情および施工方針

ソマリア国における建設事情を調査するために、現在同国における水道関連事業中最大規模のアフゴイウェルフィールドにおける建設工事情の調査をした。工事の内容としては深さ180mにおよぶ深井戸32本、これを動かす発電設備、30m以上の高架水槽、その他水道施設等を含み、日本国内における土木技術と同等な高度な技術により建設されていた。

これら工事は西ドイツ、イギリス等の先進国の建設会社が担当し、現地民間会社が所有する極く一部を除いたほとんどの建設機械はこれら外国建設会社が所有するもので、工事完成に合わせ順次ソマリア国より撤去される状況であった。

一方ソマリア国の2つの建設会社を調査したが、いずれもコンクリートミキサー、掘削機械等簡易な機械を所有するのみで、本プロジェクトを実施する上で請負い工事を責任を持って実施し、その結果を期待できる状況にはいたっていないと判断した。

したがって本プロジェクト実施にあたっては、未熟練の労務者の雇川を除いて日本側が全て施工することで計画する。

なお上記計画はソマリア国側関係機関からの依頼事項でもある。

ロ. 工事区分

復旧工事を主として同一地区で施工し、緊急対策工事であるので、全体を継続して実施する必要があることから工事区分は行わない。

ハ. 施工管理計画

日本の施工業者が現地工事を着手すると同時にコンサルタントが施工管理を開始し、その後復旧工事、新設井戸掘削工事の約半分が完了し工事手法が確立するまでの6ヶ月間常駐する。さらにほとんどの工事が終了する直後の電気機械据え付け、試運転等の工事竣工前に、2ヶ月間常駐し、施工管理を行なう。

ニ. 資機材調達計画

日本から持ち込む資機材は発注後6ヶ月の日本製作期間を経て、一括現地へ搬入する。

現地で調達する水、砂、砂利についてはモガディシュ市内で調達し、井戸の

充填材であるグラベルウォールは、実施設計において現地で入手できる骨材に対して「ふるい分け試験」を実施した後に決定される配合で調達する。

ホ、実施スケジュール

実施スケジュールは復旧工事と新たな井戸建設工事を同時着工する場合と、これを分離して継続工事する場合とが考えられる。

継続工事とした場合、日本側が供与する資機材が少なくなるものの全体必要期間がE/N後32ヶ月を要し、同時着工した場合の24ヶ月に比べ監督と管理費を配慮すると全体金額もほとんど変わらない状況にある。よって本工事が緊急を要することから復旧工事と新たな井戸建設工事を同時着工し、図-15 建設工事工程により実施する計画である。

ヘ、概算事業費

日本側負担分は約6億円と見込まれ、ソマリア国側負担は、工事用進入路の設備(27,000m³、約220万円)、排水路の設備(21ヶ所、約280万円)を含め約500万円と見込まれる。

第五章 事業評価

飲料水供給施設の事業評価は種々の面で発生するが、便益として計算できるのは、住民から徴収される水道料金である。

現在飲料水は、 1m^3 当たり10シリング(34円)で販売される。そのうちモガディシュ水道局には、公共水栓の場合は管理者の経費を除いて 1m^3 当たり5シリング、また各戸給水の場合は 1m^3 当たり10シリングが収入となり、この収入により独立採算運営をしている。

モガディシュ水道局の1983年決算書によれば総収入4900万シリングに対し、人件費900万シリング、燃料1700万シリング、建設費1000万シリング、事務費500万シリング、余剰金800万シリングの黒字決算となっている。しかしながらそのほとんどが固定費であり、維持管理費は建設費1000万シリングのうち管布設費、車両費を除いた320万シリングにすぎず、井戸、ポンプ、発電所、各機器等に対し必要な修繕、修理を実施しうる状況にないものと判断される。

本プロジェクトの完成によりバラッドウェルフィールドの水生産量は13000 m^3 /日から28000 m^3 /日に改善され年間550万トンの供給量の増加が見込まれ、 1m^3 当り5シリングとして約2700万シリングの収入増となる。この増加水量に対する燃料費は1日3400 L で年間1600万シリングであることから、1300万シリングの財源増加が見込まれる。

バラッドウェルフィールドにおける本プロジェクトの施設規模に対し年間の修繕、修理費は施設費の5%として約年間150万シリングとなり増加財源により十分支出可能となる。したがって、正常な維持管理を行い長期的に安定した水供給が可能となる。

第六章 結論と提言

(1) 結論

ソマリア国の首都モガディシュは近年難民の受け入れを含めた人口急増により、1987年には人口100万人に達するものと見込まれる。

しかしながら住民が最も必要とする飲料水供給事情は、水道施設建設の遅れによる供給量の不足に加え、既存施設の老朽化による給水量の低下により、逼迫した飲料水不足状況にある。

この飲料水不足状況に対して施設の改善を緊急に実施する必要がある、そのうちでもただちに効果が期待できる既存施設の復旧工事を日本国政府による無償資金協力により実施することは、住民生活の安定に貢献し、ひいては両国の友好、親善の一層の発展に寄与するものと思われる。

(2) 提言

前述の様に本計画は、住民の生活の安定と向上に大きな効果を発揮するものと期待されている。本計画は1987年を目標年次としており、早急に建設が実施に移されることが望まれる。

そのためソマリア国政府においては次の事項について事前に処置されることが必要である。

- ① 建設用地、工事用仮設用地の取得と整地
- ② 工事用進入路の整備
- ③ 建設工事の実施に関する必要な法手続き
- ④ 日本から輸入する必要がある資機材に対する関税等の費用の手当
- ⑤ 工事進捗に合わせた燃料の手配

また本プロジェクトの完成により必要な飲料水の確保が可能となり、今後共この水量を維持していく事がモガディシュ水道局にとって最も重要と考えられる。しかしながらモガディシュ水道局の維持管理能力、技術力等の実情を考えると、日本の専門家が常駐し指導する一方で、実際に運転・修繕するソマリ人技術者を日本国内において研修する等、技術協力を実施することが望まれる。

付 録

- ・ ミニッツ・オブ・ディスカッション
- ・ 調査団員
- ・ ソマリア国側関係者リスト
- ・ 調査日程

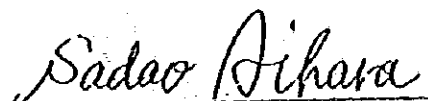
MINUTES OF DISCUSSION
ON
THE MOGADISHU WATER SUPPLY IMPROVEMENT PROJECT,
SOMALI DEMOCRATIC REPUBLIC

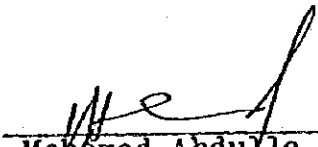
In response to the request by the Government of Somali Democratic Republic for assistance in improving the Mogadishu Water Supply (hereinafter referred to as "the Project"), the Government of Japan has sent through the Japan International Cooperation Agency (JICA) a study team headed by Mr. Sadao Aihara, Sub Chief, Construction Section, Water Works Bureau, City of Sapporo, to conduct the Basic Design Study on the Project from February 17 to March 5, 1985.

The team held a series of discussions and exchanged views with the relevant Authorities of Somali Democratic Republic.

As a result of the study and discussions, both parties have agreed to recommend to their respective Governments to examine the result of the survey attached herewith towards the realisation of the Project.

February 24, 1985


Sadao Aihara
Leader
JICA Study Team


Mohamed Abdulle Hersi
General Manager
Mogadishu Water Agency

Attachments

1. The objective of the Project is to improve urgent problems of Mogadishu Water Supply System.

2. The main role of the Project is as follows;

It is understood that the urgent problems of Mogadishu Water Supply System are connected with the water shortage due to deterioration of facilities of wells in the Balad Well Field.

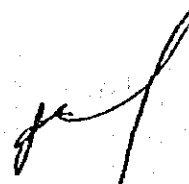
Therefore, the main role of the Project is to resolve those problems.

3. The Japanese Study Team will convey the desires of the Government of Somali Democratic Republic to the Government of Japan that the latter will improve the Mogadishu Water Supply as listed in Annex I within the scope of Japanese economic cooperation in grant form.

4. The Government of Somali Democratic Republic will take the necessary measures listed in Annex II.

5. Both sides confirmed that the Japanese Study Team explained Japan's Grant Aid Programme and that the Somalian side understood it.

N.A.



ANNEX I.

Main project feature is as follows;

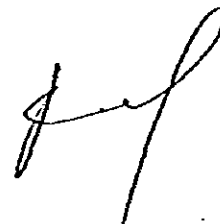
1. To rehabilitate the sixteen possible wells in the Balad Well Field.
2. To drill the appropriate number of wells.
3. To provide the necessary equipments for the rehabilitation of wells in the Balad Well Field.

ANNEX II.

Required Arrangements to be undertaken by the Government of Somali Democratic Republic.

1. To secure land necessary for the construction of the facilities and to clear, fill and level the site as needed before the start of the construction.
2. To construct and prepare the access road to the Project site.
3. To ensure prompt unloading, tax exemption and customs clearance at ports of disembarkation in Somali Democratic Republic and prompt internal transportation therein of the products purchased under the grant.

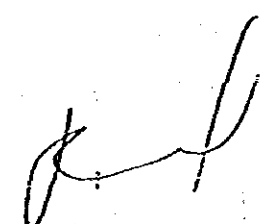
S. A



ANNEX II.

4. To exempt Japanese nationals engaged on the Project from customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in Somali Democratic Republic with respect to the supply of the products and the services under the verified contracts.
5. To accord without delay to Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and services under the verified contract such facilities as may be necessary for their entry into Somali Democratic Republic and their stay therein for the performance of their work.
6. To maintain and use properly and effectively the facilities constructed under the grant.
7. To bear all the expenses, other than those to be borne by the grant, necessary for the construction of the facilities.
8. To provide the space necessary for such construction as temporary offices, working areas, stock yards and others.

S.A.



・調 査 団 員

相原貞雄 団 長 札幌市水道局工事課工事管理係長

植原康之 計画管理 国際協力事業団 研修事業部研修第3課

小森 毅 計画管理 国際協力事業団 無償資金協力部基本設計課
(ICARA II 兼務)

進藤昌明 地下水開発計画 (株)協和コンサルタンツ

上出定幸 掘削機械 (株)協和コンサルタンツ

(敬称略)

・ソマリア国関係者リスト

I. MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS (外務省)

- (1) Mr. Abdul Kadir Ali Ahmed
Director, Economic Cooperation Department.
- (2) Mr. Ahmed Abdul Gules
Protocol Officer

II. MINISTRY OF MINERAL & WATER RESOURCES

(鉱物水資源省)

- (1) Mr. Moxmuud Sheekh Mursal
Vice Minister
- (2) Mr. Mahamud Omar Ased
Permanent Secretary
- (3) Mr. Mohamed Awoale
Director, Hydrology Department

III. MOGADISHU WATER AGENCY (モガディッシュ水道局)

- (1) Mr. Mohamed Abudulle Hersi, General Manager
- (2) Mr. Mohamed Rabile Goud, Project Superintendant
- (3) Mr. T. Albano, Electrical Engineer
- (4) Dr. Osman Hagi Ali, Director of Planning
- (5) Mr. A. M. Handulle, Planning Department
- (6) Mr. B. J. B. Ross, World Bank Advisor, Technician
- (7) Mr. D. J. Thomas, World Bank Advisor, Finance

・調査日程

月 日	行 動	内 容
2月14日(木)	東京	JAL433 21:30発
15日(金)	～フランクフルト～	
16日(土)		
17日(日)	モガディシュ	HH503 5:30着 関係省庁訪問
18日(月)	モガディシュ	モガディシュ市内水道施設調査
19日(火)	バラッドウェルフィールド	バラッドウェルフィールド施設調査
20日(水)	モガディシュ	関係省庁打合せ
21日(木)	”	M.W.A.打合せ アフゴイウェルフィールド視察
22日(金)	バラッドウェルフィールド	バラッドウェルフィールド揚水試験
23日(土)	モガディシュ	M.W.A.打合せ
24日(日)	”	ミニッツ・オブ・ディスカッション 調印
25日(月)	”	M.W.A.打合せ
26日(火)	”	財政および井戸資料収集
27日(水)	”	井戸配管等規格調査
28日(木)	”	建設関係資料収集調査
3月 1日(金)	”	人手資料の整理、解析
2日(土)	バラッドウェルフィールド	バラッドウェルフィールド詳細調査
3日(日)	モガディシュ	M.W.A.打合せ(関係省庁資料入手)
4日(月)	”	M.W.A.技術基本方針の確認
5日(火)	モガディシュ～ハルツーム	AZ821 6:00発
6日(水)	ハルツーム～ロンドン	大使館 調査結果報告
7日(木)	ロンドン	
8日(金)	～東京	

JICA