

ソマリア民主共和国

モガディシュ市給水改善計画フェーズ(III)

基本設計調査報告書

平成 元年 2月

国際協力事業団

19031

JICA LIBRARY



1073640(3)

ソマリア民主共和国

モガディシュ市給水改善計画フェーズ(Ⅲ)

基本設計調査報告書

平成 元年 2月

国際協力事業団

国際協力事業団

13031

序 文

日本国政府は、ソマリア民主共和国の要請に基づき、同国のモガディシュ市給水改善計画（フェーズⅢ）にかかる基本設計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した。

当事業団は、昭和63年8月31日より9月27日まで、京都市水道局 松嶋 雅幸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、ソマリア国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査及び資料収集等を実施した。帰国後の国内作業後、京都市水道局 三田村 晃氏を団長として昭和63年12月11日より12月22日まで実施されたドラフト・ファイナル・レポートの現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

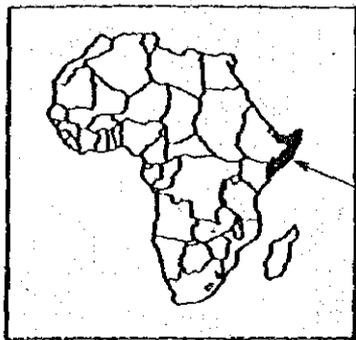
本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご支援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。

平成 元年 2月

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介



SOMALIA

GULF OF ADEN

DJIBOUTI

AWDAL

SANAAG

BARI

W. GALBEED

TOGDHEER

SOOL

NUGAAL

ETHIOPIA

MUDUG

GALGADUUD

SOMALIA

BAKOOL

HIRAAN

GEDO

MIDDLE SHABELLE

BAY

Mogadishu

INDIAN OCEAN

KENYA

MIDDLE JUBBA

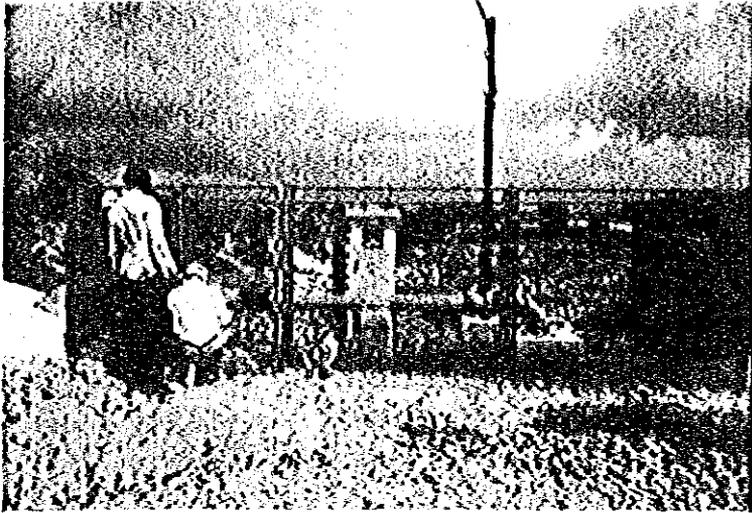
LOWER SHABELLE

BENAADIR

LOWER JUBBA

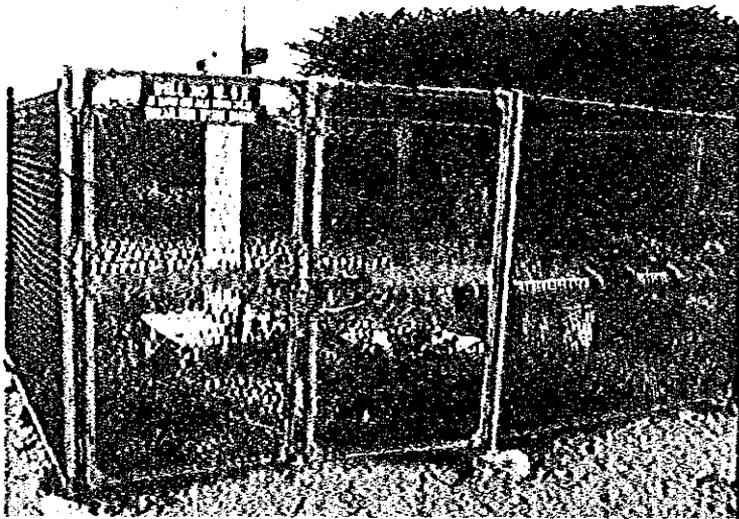
凡 例
—— 国 境
- - - 行 政 境

行政区域图



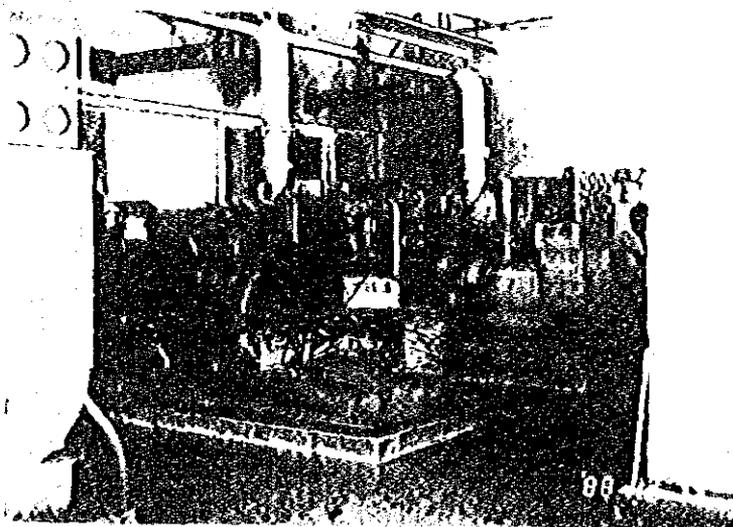
〈 取水井戸 10.5A 〉

フェーズⅡプロジェクトに建設され、現在稼働中である。



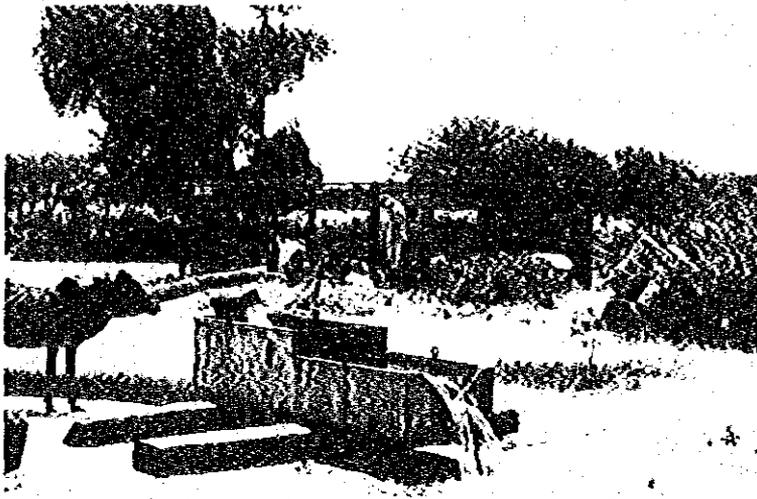
〈 取水井戸 12.5B 〉

フェーズⅡプロジェクトで改修されたが、水中ポンプの故障により水中ポンプが撤去されている。



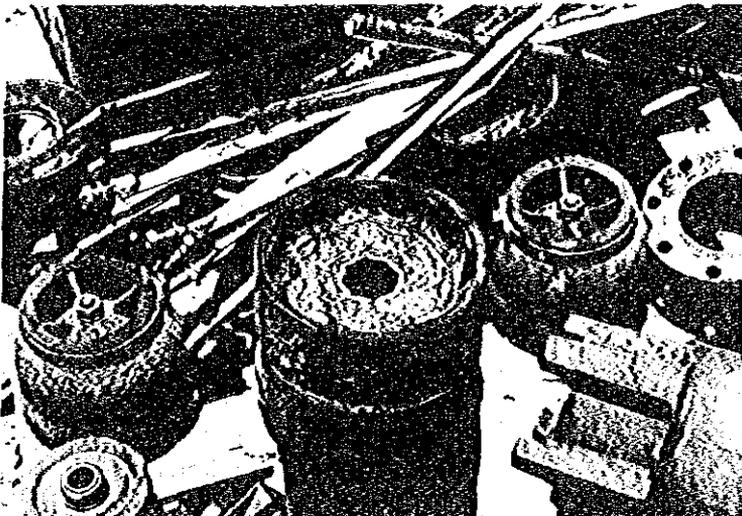
〈 発電所内部 〉

稼働中の既存USA製発電機と部分的に撤去されたUSA製発電機



〈 取水井戸 14.0A 〉

本基本設計調査で揚水試験が実施された。



〈 水中ポンプケーシング 〉

撤去された水中ポンプケーシングはストックヤード内に保管されている。ケーシング内部のガイドベーンは砂により摩耗されていた。

要 約

要 約

ソマリア民主共和国の首都モガディシュ市は、近年急速に人口が増加し、1976年 44万人であった人口は1988年現在では100万人に達したものと推定されており、同市のインフラ整備は急務となっている。同国政府は国家開発計画において、保健・衛生と水供給施設の改善を最優先目標の一つとしており、水需要増大が著しいモガディシュ市の水資源開発計画マスタープランを作成したが、モガディシュ市水道公社(MWA:Yogadishu Water Agency)の財政難から実施に至っていない。

現在のモガディシュ市の水道は、1973年に米国国際開発庁(USAID)の融資により市の北東部約9.5km~15kmの地点に建設されたバラッド水源と1986年に世銀、アラブファンド、E E Cの協調融資により市の西方約10kmの地点に建設されたアフゴイ水源の二つの水源から市内への水供給が行われており、MWAがその運営管理を行っている。

これら二つの水源のうち、USAIDによるバラッド水源は計画揚水量28,000 m^3 /日に対し約24,000 m^3 /日を揚水していた。しかしながら、建設直後から生じたポンプの故障や維持管理の不備から生じた井戸本体の破損等から揚水量が約15,600 m^3 /日まで低下した経緯があり、1985~1986年に日本国政府の無償資金協力によりこのバラッド水源の井戸建設・改修工事が実施された。この改修・復旧工事の結果、揚水量が約21,200 m^3 /日まで回復したが、既存井戸が建設後15年を経、老朽化していたこと及び先方の維持管理が十分でなかったことによるポンプの故障等により、現在揚水量は約8,700 m^3 /日まで低下している。

一方、アフゴイ水源は計画揚水量約42,000 m^3 /日に対し約38,400 m^3 /日が揚水されているが、多量のカルシウム分を含有しており、このカルシウム分がスケールとなり給水管内を閉塞させている。そのため末端の市民に十分な給水が出来ない現状となっている。このアフゴイ水源の水質問題に対し同国政府は軟水化プラントの建設を計画しているが、前述のMWAの財政難から実施されていない。この2つの水源からの実際の揚水量は約47,100 m^3 /日であるが、給水量は漏水を考慮すると全揚水量の70%程度と想定され、さらに、ホテルや工場等の大型消費を除くと一人一日当たりの給水量は約33ℓとなる。隣国ケニアに

おける都市部低級住宅の一人一日当たり給水量75ℓと比較すると、現在の給水量は約半分であることから途上国における都市部給水量としては著しく少ない。

以上の背景から、同国政府はこの逼迫したモガディシュ市の給水事情の改善を図るため、緊急的に既存のバラッド水源に新規井戸を掘削することを内容としたフェーズⅢ計画を策定し、1987年12月日本国政府に無償資金協力を要請してきた。この要請に対し、日本国政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団は基本設計調査団を1988年8月31日から9月25日までの間ソマリア国に派遣した。調査団は本計画に係る基本的な諸事項についてソマリア国政府関係者と協議を行うと共に、プロジェクトサイトの踏査、要請内容の確認、既存施設の状況調査及び資料収集を実施した。

本計画は、前述のフェーズⅢ計画として実施されるものであり、バラッド水源よりの揚水量の増加に必要な施設の新設・改修計画を策定することである。計画実施にあたっては市内の給水状況、バラッド水源の既存施設及びその他の関連施設の状況を基に、バラッド水源における計画取水量を検討した。なお、本計画は現在のモガディシュ市の水需要を総括的にカバーするものではなく、現在の水不足に対し緊急的に給水量の増加を図ることを前提としたものである。

本計画はバラッド水源の取水施設から送水、配水、給水施設までの一連の既存給水システムのうち、特に取水施設とこれに必要な動力設備を対象としたものである。従って、本計画ではバラッド水源地域の水理地質学的特性を解析し、適正な取水量を決定すると同時に既存給水施設の状況、能力、老朽度合いを検討し、既存諸施設の一部取り替え、新設を含め総合的に適正規模の施設計画を行う。

本計画で対象となる施設は以下のとおりである。

- (1) 取水井戸の新設
- (2) 既存井戸の水中ポンプ一部取り替え
- (3) 新設井戸に対する導水管の接続
- (4) 送水管の一部布設替え
- (5) 発電機の取り替え
- (6) 配電盤の取り替え
- (7) 送電設備の改修

現地調査及び国内解析の結果、決定された基本諸元は以下のとおりである。

- 計画取水量 : 28,000 m³/日
- ・既存井戸による計画取水量 : 8,700 m³/日
 - ・本プロジェクトで行う水中ポンプ取り替え井戸(2井)による
計画取水量 : 2,600 m³/日
 - ・本プロジェクトで新設される井戸(13井)による計画取水量 : 16,700 m³/日
- 新設及び水中ポンプ取り替え井戸1本当たりの計画取水量 : 55 m³/時
- 計画新設井戸本数 : 13本
- 一人一日当たり給水量 : 70 l/日
- (相当受益者数約40万人)

基本設計において決定された施設の概要は下表のとおりである。

取水施設		
取水井戸	揚水量 55m ³ /時/井	13井
水中ポンプ	揚程 115m、電動機30 kw	2本
	123m、電動機31 kw	5本
	128m、電動機37 kw	6本
	143m、電動機37 kw	2本
井戸元配管	φ150 ダクタイル鉄管	2式
流量計測器	電磁流量計	2台
導・送水管施設		
導水管	φ150 mm 塩化ビニール管	530m
送水管	φ150~φ300 mm 塩化ビニール管	1,500m
仕切弁	φ200 mm 用	2個
電力供給施設		
主発電設備	333KVA以上×380V×50HZ(配電盤を含む)	4台
主要変電設備	150KVA×380V/15KV×50HZ	2台
井戸用変電設備	75KVA×1.5KV×380V/222V×3相×50HZ	11台
井戸用変圧器設置台		13台
送電線	CVケーブル	34.6km
電柱		14本
付帯施設		
井戸回りフェンス		2組
照明灯	水銀灯100W(電源220V)	13台
発電所上屋補修		1式

本事業を日本国の無償資金協力により実施する場合に必要な総事業費は7.3億円と見込まれ、そのうち日本国負担分は7.1億円と見込まれる。また、本事業は工事開始から完了まで12カ月を要する。本プロジェクトの実施機関はモガディシュ市の水道事業を管轄しているMWAである。先方負担工事として工事開始に先立ち、ソマリア国政府は建設用地の確保、整地及び工事用道路の建設を完了させる必要がある。

本事業の実施後、バラッド水源からの取水量は現在の約8,700 m³/日から28,000 m³/日に増量することになり、一人一日当たり給水量も現在の33ℓから70ℓに増量する。さらに、断水が続いていた地域にも通常の給水が可能となり、断水中における水の確保に労する時間がなくなることより現在のモガディシュ市の逼迫した水不足の状況を大きく改善できる。よって、本プロジェクトを日本国政府による無償資金協力として実施することの意義、妥当性は非常に高いといえる。また、本プロジェクトがソマリア国政府が計画している長期計画の一端をになうことになり、同計画に必要な建設費用を大幅に軽減し得るものである。さらに、計画施設の完成後、MWAはバラッド水源の運営により年間約4,270万シリングの増収が見込まれる。1986年におけるMWAの維持管理費用が約700万シリングであることから、施設完成後の増収分が安定した水供給を行うための維持管理に寄与すること大である。

また、本計画の実施についてはソマリア側の円滑な実施体制整備が不可欠である。そのためソマリア国政府においては下記の事項について対処されることを提言する。

- (1) 工事着手に当たってはソマリア国の事業分担範囲において遅滞なく事前準備を行うこと。
- (2) 本事業はモガディシュ市の水不足を緊急的に改善するものであるが、現在ソマリア国が建設を予定しているマスタープラン (Stage 2 B) の計画供給量の一部を補うことが可能であるため、MWAはマスタープランの見直しを行い、本プロジェクトの有効な活用を検討すること。
- (3) 本調査の計画取水量 28,000m³/日は将来20年にわたって揚水が可能であるが、これは塩水の侵入により地下水位が安定するものであり、将来的には地下水の塩水化が予想される。従って、施設完成後においても継続的に水質をチェックし水質管理を行うこと。

さらに、施設完成後の維持管理は日本側が作成する維持管理マニュアルに基づき実施することになるが、その円滑な実施のために水道施設の技術移転を目的とした日本人専門家の派遣が望まれる。また、あわせてソマリア人技術者に対し日本国内での研修を実施することにより、水道施設における維持管理能力及び体制の向上を図ることが望まれる。

序文	
行政区域図	
調査位置図	
調査写真	
要約	

目 次

第1章 緒論	1
第2章 計画の背景	3
2.1 ソマリア国の概況及び国家開発計画	3
2.1.1 自然環境	3
2.1.2 人口、民族構成	3
2.1.3 国家経済	4
2.1.4 国家開発計画	4
2.2 ソマリア国の水道事情	6
2.2.1 水道一般事情	6
2.2.2 水道関連行政の現状	6
2.2.3 水道事業計画	7
2.2.4 水道事業への国際協力	7
2.3 モガディシュ市の給水施設の現状と水道事業	9
2.3.1 給水施設	9
2.3.2 給水状況	12
2.3.3 水道事業	12
2.3.4 財政と外国援助	13
2.4 要請の経緯と内容	16
2.4.1 要請の経緯	16
2.4.2 要請の内容	17

第3章 計画地域の概況	19
3.1 一般概況	19
3.1.1 位置及び地形	19
3.1.2 人口及び社会経済状況	19
3.2 自然条件	19
3.2.1 気候	19
3.2.2 地形・地質	21
3.3 社会基盤の状況	23
3.3.1 交通	23
3.3.2 電力	23
3.3.3 通信	23
3.4 一般建設事情	23
3.5 バラッド水源の既存施設状況	24
3.5.1 取水施設	24
3.5.2 電力供給施設	27
3.5.3 配管施設	29
3.5.4 塩素滅菌設備	29
3.5.5 フェーズIプロジェクトで供与された資機材の使用状況	29
3.5.6 井戸破損及びポンプ故障原因についての考察	31
第4章 計画の内容	33
4.1 計画の目的	33
4.2 要請内容の検討	33
4.2.1 計画内容の検討	33
4.2.2 要請内容の検討	33
第5章 基本設計	35
5.1 基本設計方針	35
5.2 基本計画	35
5.2.1 計画給水区域	35

5. 2. 2	計画取水量	35
5. 2. 3	取水計画	36
5. 2. 4	新設井戸の適正揚水量の検討	36
5. 2. 5	動力供給源	53
5. 2. 6	その他の施設	53
5. 3	施設の基本設計	54
5. 3. 1	取水施設	54
5. 3. 2	配管施設	62
5. 3. 3	電力供給施設	64
5. 3. 4	付帯施設	70
5. 3. 5	基本設計図	70
5. 4	主要資機材の仕様	71
第6章 事業実施計画		73
6. 1	事業実施体制	73
6. 2	工事負担区分	75
6. 3	工事实施の方法	76
6. 3. 1	施工方針	76
6. 3. 2	実施設計及び監理計画	76
6. 3. 3	資機材調達計画	77
6. 3. 4	ソマリア国負担工事の計画	77
6. 4	事業実施スケジュール	77
6. 5	概算事業費	79
第7章 維持管理計画		81
7. 1	維持管理体制	81
7. 2	維持管理費	81

第8章 事業評価	83
第9章 結論と提言	85
付属資料	
1. 調査団の構成	A-1
2. 現地調査日程	A-2
3. 面会者リスト	A-4
4. 協議議事録	A-6
5. 収集資料リスト	A-14
6. 揚水量からの水位降下量、透水係数	A-16
7. 維持管理費算出根拠	A-17
8. 井戸調書	A-18
9. 揚水試験記録	A-38
10. 揚水試験結果	A-49
11. 地下水位平面図	A-51
12. シミュレーション・インプット・データ	A-56
13. シミュレーション・アウト・プットデータ	A-60
14. 水質試験結果	A-87
15. 土質試験結果	A-88

基本設計図集

第1章 緒 論

第1章 緒論

ソマリア国の首都モガディシュ市は、インド洋に面し、元来港湾都市として発展してきた町である。1976年の人口は44万人であったがその後急速に増加し、1988年現在では100万人に達したものと推定される。

モガディシュ市の生活用水は1960年代までは市内に掘られた200本を越える井戸を水源としていたが、水需要の増大に伴い、水位の低下、水質汚染さらには塩水の侵入により飲料水の確保が困難となったため、ソマリア国政府は1960年代後半より、市周辺地域における地下水開発を策定し開発調査を行った。

1973年にはUSAIDの融資により市の北東部約9.5km²~15km²の地点にバラッド水源が建設され、また1986年には世銀、アラブファンド、E E Cの協調融資により市の西方約10km²の地点にアフゴイ水源が建設された。現在はモガディシュ市水道公社 (MWA) により、この二つの水源から市内への水供給が行われている。

この二つの水源のうち、USAIDの融資により建設されたバラッド水源は計画取水量28,000 m³/日に対し約24,000 m³/日を取水していた。しかしながら、建設直後から生じていたポンプの故障や維持管理の不備から生じた井戸本体の破損等から取水量が約15,600 m³/日まで低下した経緯があり、1985~1986年に日本国政府の無償資金協力によりバラッド水源の井戸建設・改修工事が実施された。この工事後の結果、取水量が約21,000 m³/日まで回復したが、既存井戸が建設後15年を経、老朽化していたこと及び先方の維持管理が十分でなかったことによるポンプの故障等により、現在取水量は約8,700 m³/日まで低下している。

一方、アフゴイ水源では計画取水量42,000 m³/日に対し約38,400 m³/日が取水されているが、多量のカルシウム分を含有しており、このカルシウム分がスケールとなり給水管内を閉塞させている。そのため末端の市民に十分な給水ができない現状となっている。このアフゴイ水源の水質問題に対し同国政府はアフゴイ水源の軟水化プラントの建設を計画しているがMWAの財政難から実施されていない。

以上の背景から、同国政府はこの逼迫したモガディシュ市の給水事情の改善を計るため、緊急的に既存のバラッド水源に新規井戸を掘削することにより給水量の不足を補うべく、フェーズⅢ計画を策定し、その実施につき1987年12月日本国政府に無償資金協力を要請して来た。

国際協力事業団は1988年8月31日から9月25日まで京都市水道局 松嶋 雅幸氏を団長とする基本設計調査団をソマリア国に派遣し、ソマリア国政府の要請内容の確認、既存施設の状況調査及び資料収集を実施した。帰国後、現地調査結果に基づく国内解析から基本緒元を策定し、モガディシュ市給水改善計画フェーズⅢ基本設計調査報告書（ドラフト）として取り纏めた。

国際協力事業団は上記報告書（ドラフト）を説明するため、京都市水道局 三田村 晃氏を団長とする調査団を1988年12月11日より12月22日までソマリア国に派遣した。調査団は同国政府関係者と現地調査の結果並びに本計画にかかる基本的諸条件について協議を行い、合意した事項は協議録に取り纏め、双方の代表者が署名を行った（巻末付属資料1-4参照）。

本報告書は以上の経過をもとに作成されたものである。

第2章 計画の背景

第2章 計画の背景

2. 1 ソマリア国の概況および国家開発計画

2. 1. 1 自然環境

ソマリア国は“アフリカの角”と呼ばれるアフリカ大陸の東端部に位置し、緯度的には南緯2度から北緯12度にある。その国土はアデン湾とインド洋に面し、北部はジブティ、西部と南部はそれぞれエチオピアとケニアに接している。国土面積は63.7万km²で土地利用率は耕地2%、放牧地46%、林野13%、その他39%となっている。国土は18の行政区に分かれ、さらにこれらの行政区は87の地区に分割されている。首都はベナディール州のモガディシュ市である（行政区域図参照）。地勢的には海拔2,000mを越える北部山地と南部の平坦地に大別される。気候は緯度的には熱帯と亜熱帯地域に属し、沿岸部は高温多湿な気候で年間気温は21~40℃を前後している。内陸部は高温乾燥地帯であり、年間気温は31~37℃と1年中酷暑が続く。雨季は年間を通して2回あるが、その降雨量は年間約200から400mmと少なく、たびたび旱魃が発生し牧畜や農業に影響を与えている。

2. 1. 2 人口、民族構成

1986年のソマリア国の全人口は国連の発表によると約600万人（ソマリア国政府発表では約850万人）であり、29%が都市地域、29%が農村地域に居住し、残りの42%が遊牧民である。首都モガディシュ市の人口は1986年では約84万人と発表されており、1988年には約100万人と推定されている。人口の伸び率は3.1%でありアフリカ諸国の伸び率に比べると高いほうに属する。乳児死亡率が1000人に対し152人、幼児死亡率が1000人に対し280人、また平均寿命が43才であることから保健・衛生面の低さがうかがわれる。民族構成は大部分を占めるソマリア族のほかにダナキル族からなり、エチオピアからの難民が約70万から90万人流入している。宗教は約95%がイスラム教であり、公用語はソマリア語であり、ほかに英語、イクリア語、アラビア語が使用されている。

2. 1. 3 国家経済

世界銀行の推計では、1986年におけるソマリア国のGNPは一人当たり280USドルであり、後発発展途上国(LLDC)に分類されている。1980年から1985年におけるGDPの伸び率は3.5%である。1986年のGDPにおける各分野の割合は農業・牧畜等の一次産業57%、二次産業9%、三次産業が34%となっている。特に畜産部門はGDPに対しては32%、また1980年以降の輸出額に対する割合は約73%と大きな値を占めている。第6次5カ年計画(1982~1986)の重要政策目標は貿易赤字を削減することであったが、下表に示すとおりこの目標は達成できなかった。

表 2.1.3 貿易額の推移 (単位:百万USドル)

	1984年	1985年	1986年
輸出	60	91	94
輸入	457	392	361
輸出/輸入	13%	26%	26%

出典: UNDP-ANNUAL DEVELOPMENT REPORT 1986

国家経済の農業・畜産部門への高い依存は、これらが天候に大きく左右される性格のものであり、しばしば起きる旱魃のため生産量や輸出量の正確な予測が難しいことから、経済状態を不安定なものにしており、経済発展の阻害要因となっている。

またソマリア国の外貨獲得には中近東への出稼ぎ労働者からの送金も大きな役割をもち、1984年には7千万USドルに達したが、現在は近年の原油価格の下落に伴い雇用機会が少なくなったため送金総額は減少している。

2. 1. 4 国家開発計画

ソマリア国の国家開発計画は経済企画省により策定されており、現在第7次5カ年計画(1987~1991)を推進中である。第7次5カ年計画では生活基盤の整備、教育レベルの向上、保健・衛生と水供給施設の改善を目標としており、その戦略として、経済の安定、国内生産量の増大、商品生産部門の育成と促進の3点が上げられている。

他方、5カ年計画の目的に沿うよう各年次における修正のために単年度の開発計画が策定されており、1987年には輸入品の競売システムと外貨交換率の規制が取りやめとなった。

1988年の開発計画では公共部門の改善、雇用機会促進のための外国人による投資と民間部門の活性化及び価格統制を計画している。また、具体的な対策として天災を受けやすい農業の体質改善、運輸・通信・水資源などのインフラ整備、南部ジュバ川流域の総合開発計画が推進されている。これらの計画は国外からの融資によるものであり、1987年の債権国会談（パリクラブ）において580億U Sドルの融資が協定された。

2. 2 ソマリア国の水道事情

2. 2. 1 水道一般事情

1986年の統計ではソマリア国内で安全な水の供給を受けている人口は全体の31%であり、都市部では65%、地方部では21%となっている。ほとんどの飲料水には地下水が利用されており、都市部では各戸給水がなされているところが多い。地方部では深井戸や浅井戸を取水源として、共同水栓や売水により水の供給を受けている。都市部では地方部に比べ給水率は高いものの、その水道設備は老朽化しているものや故障がちなものが多くその効率は悪い。

1人1日当たりの水消費量は現在、都市部で50ℓ/日/人、地方部で20ℓ/日/人である。ソマリア国の「水と衛生の10年」では1990年の給水率の目標を都市部で80%、地方部で50~60%としており、1日1人当たりの水供給量を各戸給水栓や共同水栓の増加により都市部、地方部各々130ℓ/日/人、50ℓ/日/人に設定している。この目標達成のためには1990年までに年間水生産量を92.4百万m³が必要であり、継続的なメンテナンス、ポンプの交換、約700本の深井戸の建設が計画されている。

1982年から1986年までの5年間では開発計画を推進した結果、水道普及は年平均15.8%の成長率を示した。その内訳は都市部で27%、地方部では11%であった。

2. 2. 2 水道関連行政の現況

ソマリア国の水道行政は鉱物・水資源省の管理下にあるが、実際の運営・管理はその下部組織である各都市の水道局と小都市及び地方部を管轄する水開発局が行っている。

一方水源開発については鉱物・水資源省、保健省、内務省、牧畜・林野省、農業省及びジュバ谷開発庁等の省庁が独自で実施している。

政府は第7次5カ年国家開発計画において、住民に対する十分に安全な生活用水や畜産、農業用水等を適当なコストで供給するため全国水源法の制定、水源総合計画の策定、民間部門の統合、水供給の管理制度上の開発を計画しており、具体的な対策として水道施設の建設、下水処理により衛生の改善、合理的な水資源開発方式の確立があげられている。

2. 2. 3 水道事業計画

(1) 都市水道

第6次5カ年開発計画期間中にはモガディシュ市におけるアフゴイ、バラッド水源及びジョハ、メルカ市の水道施設が完了し、水道普及率を大きく延ばした。

現在、進行中のプロジェクトとしては、ハルゲーサ、ガビリイ、プロマ、シェイク、ルグハ市における給水計画がある。ベルベラ、キスマイヨ及びその他地方5都市の水道施設については現在計画策定中である。

(2) 地方水道

第6次5カ年計画において全国で250本の深井戸の建設を計画していたが実績は110本であり予定に達しなかった。広域地下水開発計画では水理・地質調査が沿岸部と中央部牧畜地帯において実施され、49本の生産井と55本の調査井が建設されている。これらの他、コレオリ市およびバコイ地区の地下水開発計画があり、現在実施中である。

(3) 人材の育成

水道開発とは別に、人材育成のためモガディシュ水道公社を対象として水理地質技術者の海外研修が実施され、さらに外国援助プロジェクトを通じてスタッフの技術の向上を図っている。

(4) 水道料金

水道料金は1983年には1m³当たり4.5シリングから10シリングに値上げされ、1985年には14シリングとなった。なお、モガディシュ市水道公社では1986年3月には25シリングに値上げし、さらに運営及び運転経費に見合ったものにするため現在50シリングする提案がなされている。

2. 2. 4 水道事業への国際協力

DAC諸国はソマリア国に対し1986年支出純額で3億5,386万ドルの二国間ODAを供与しており、贈与がこのうち86.9%を占めている。主要援助国はイタリア45%、アメリカ23.2%、続いて西ドイツであり、我が国は8.6%で第4位の援助国となっている。また、国際機関による援助は1986年支出純額で1億6,682万ドルのODAを供与しており、UNHCR, IDA, WFPが主要援助機関である。

日本国政府の対ソマリア経済技術協力は1980年度の食糧援助を皮切りに、順調に進展し

て、1987年12月までに円借款65億円、無償援助供与約91.5億円の実績を示し、貧困、飢餓対策としての食糧援助、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。

水道事業に関する各国及び国際機関からの援助実績を下表に示す。

表 2.2.4 技術協力と融資先
(単位 百万USドル)

	実施年	終了年	出資額		実施機関
			1986	総計	
TA for Water Resour.Devpt.	1980	1989			HMWR
Germany			.79	3.20	
to be funded			.00	1.00	
Project Total			.79	4.20	
Comprehensive Groundwater	1979	1987	1.38	10.73	HMWR
U.S.A			1.38	10.73	
Project Total			1.38	10.73	
National Water Center	1986	1989			HMWR
U.S.A			.28	.70	
UNDP			.23	1.10	
GOS			.00	.10	
Project Total			.51	1.90	
TA Municipal Sewer.Dept.	1986	1987			MWA
GOS			.00	.10	
To be funded			.00	.40	
Project Total			.00	.50	
Hogadishu Water Supply I	1986	1987			MWA
EEC			.30	.60	
Project Total			.30	.60	
Storm Water Drainage	1984	1986			HMWR
Germany			.40	2.00	
Project Total			.40	2.00	
Emergency Water Relief	1985	1987			HMWR
UNDP			.30	.90	
Project Total			.30	.90	
N.W. Community Water	1985	1988			HMWR
UNICEF			.21	.77	
Project Total			.21	.77	
Middle Shabelle Water	1986	1988			HMWR
Oxfarm			.04	.12	
UNICEF			.16	.50	
Project Total			.20	.62	

出典：UNDP-ANNUAL DEVELOPMENT REPORT 1986

2. 3 モガディシュ市の給水施設の現状と水道事業

2. 3. 1 給水施設

1960年代までのモガディシュ市の給水は市内に設置された約200本の井戸を水源としていたが、地下水の塩水化や水位低下により市域における地下水の確保が困難となったため、1963年、市周辺地域における水源開発調査が実施され、1968年から1972年にかけてUSAIDの融資によりバラッド水源が建設された。さらに、1986年には世銀、アラブファンド、E E Cの協調融資により同市の西方約10kmの地点にアフゴイ水源が建設された。このバラッド水源とアフゴイ水源の2カ所から取水される地下水を水源としてモガディシュ市の給水がなされている。市内の給水区はバラッド水源からの Shek Muhidin Reservoir Zone、アフゴイ水源からの Tower Zone、Southwest Zone、Milk Factory Zone及び Northeast Zoneの5地区に分けられている。(図 2.3.1 参照)。

(1) バラッド水源系

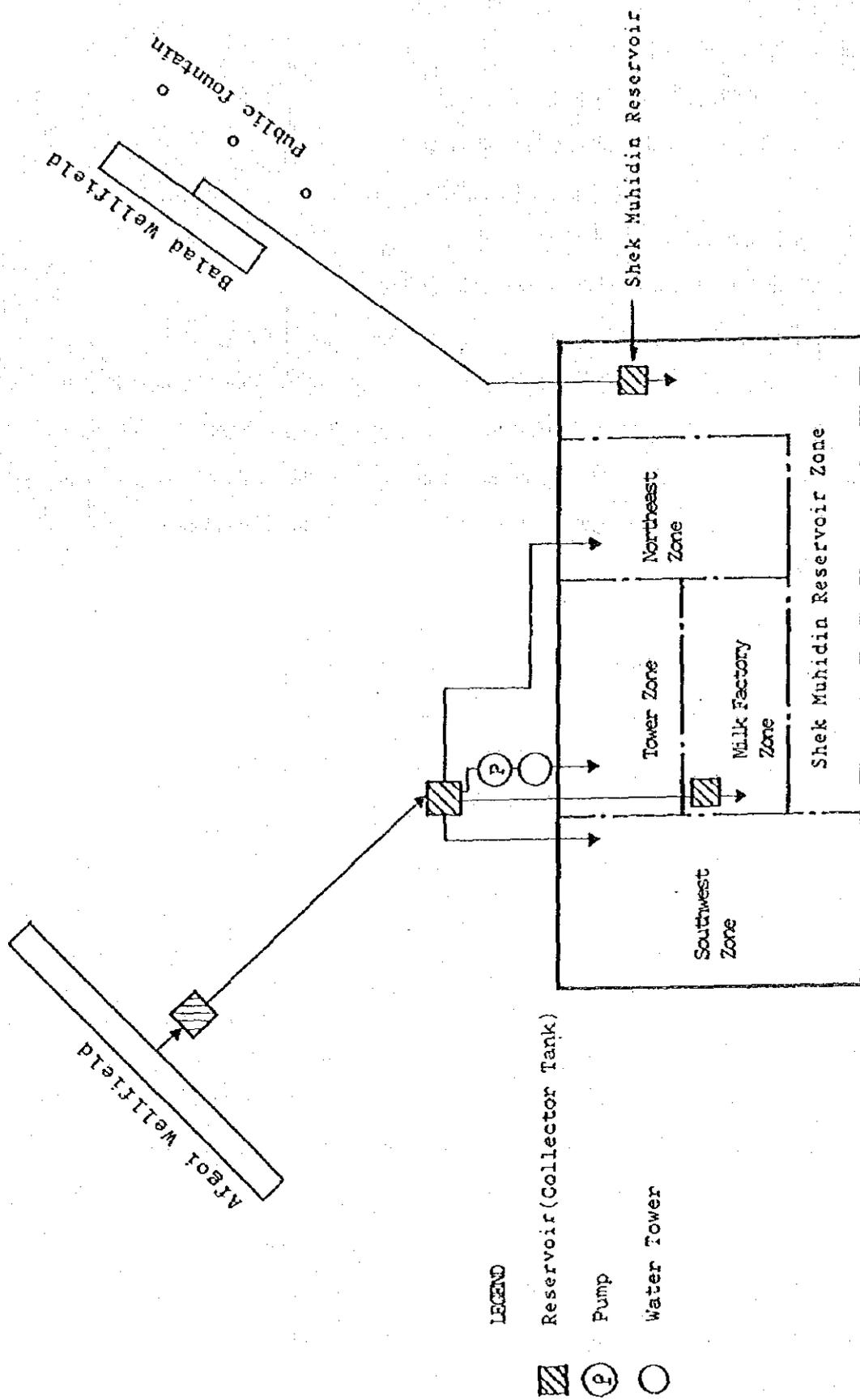
バラッド水源には21本の既存井戸があり、ここで揚水された地下水は600mmの石綿管により市内東部の丘に設置された Shek Muhidin Reservoir に送水され、ここから自然流下により給水区に給水される他、バラッド水源付近に設置された3カ所の公共水栓により付近住民にも給水されている。現在のバラッド水源からの取水量が約8,700 m³/日であることより、この地区への給水量は約6,000 m³/日程度と推計される。また、Shek Muhidin Reservoir Zoneの末端の高区では断水状態が続いており、住民は生活用水の確保に多くの時間を費やしている。

水道水の処理装置としては貯水槽に隣接してUSAID ローン プロジェクトにおいて建設された塩素滅菌施設があるが、現在は設備の故障と塩素の確保が困難なため使用されていない。

(2) アフゴイ水源系

アフゴイ水源には32本の既存井戸があり、ここで揚水された地下水は発電所内に設けられた集合井に一旦集められ、ここから自然流下により市内の貯水槽に送水される。Southwest ZoneとNortheast Zone へはこの貯水槽から自然流下により給水されており、Milk Factory Zone では貯水槽を経由して給水される。また、Tower Zoneは高区であるため、一旦増圧ポンプにより高架水槽に上げられた後、自然流下

により給水されている。アフゴイ水源から現在約38,400 ㎥/日取水されているが、多量のカルシウム分を含み、このカルシウム分がスケールとなり給水管内を閉塞させている。そのため末端の市民に十分な給水が出来ない状況であるため、MWAはこれに対し給水管の敷設材工事を度々行っている。また、塩素滅菌設備は発電所敷地内に設置されているが、バラッド水源と同様の理由により現在は使用されていない。



LEGEND

-  Reservoir (Collector Tank)
-  Pump
-  Water Tower

图 2.3.1 既存給水システム模式图

2. 3. 2 給水状況

市内の給水は各戸給水と公共水栓により行われており、現在約40,000個の各戸給水栓と約250ヶ所の公共水栓が登録されている。水道料金は水使用量により徴収されており、各戸給水栓では1m³当たり25シリング、公共水栓は12.5シリングである。料金徴収の方法は各戸給水にはメータリングシステムが実施されており、1カ月単位で請求伝票が配布され、集金人により徴収されている。また、共同水栓では各栓に配置された管理人によって管理されており、売上額の50%をMWAに収め、残りの50%が経費として管理人の収入とされている。

1988年9月の現地調査時点における井戸の稼働状況は、バラッド水源では全21本のうち運転中の井戸は8本、アフゴイ水源では全32本のうち27本であり、取水可能水量はバラッド水源で約8,700m³/日、アフゴイ水源で約38,400m³/日であった。この2つの水源からの取水量の総和は約47,100m³/日であるが、市民への実際の給水量は、漏水及びホテル・工場等の大型消費を考慮すると、取水量の70%程度であると想定され、モガディシュ市の人口を100万人とした場合の一人一日当たりの給水量は約33ℓである。

2. 3. 3 水道事業

1973年にはUSAIDのローンにより、バラッド水源が開発され市内への水供給システムが整備されたが、水需要量の増大に対応すべく1976年世銀の融資によりモガディシュ市水道拡張のためのF/S調査が行われた。このF/Sをもとに既存のバラッド水源を含む開発計画が策定され1980年より建設が開始された。この計画はStage 1、2の2段階に分けて実施され、Stage 2はStage 2 Aと2 Bに分けられており、現在、Stage 2 Aまでが完了している。各Stageにおける工事内容は以下のとおり。

Stage 1 (1980~1982)

- ① アフゴイ水源における8本の生産井および3本の観測井の建設
- ② 電力・機械施設の整備（アフゴイ水源）
井戸ポンプ、送電線、発電機3台

Stage 2A (1987年完成)

- ① アフゴイ水源における24本の生産井
- ② 配水池、リモートコントロールシステム、コントロールパネル
- ③ 発電機4台および配電設備

④ 土木、建築工事

Stage 2B (現在計画中)

- ① アフゴイ水源のうち配水池の増設
- ② バラッド水源のうち配水池の増設および配管
- ③ Garas Bintow(*) 水源井戸 2 3 本
- ④ Garas Bintow 水源集水樹、送水管路

(*): 図 2.3.3 参照

Stage2Bの実施については、設計を完了し部分的にイタリア国政府へ経済・技術援助を要請しているがその実施時期について未だ明確な回答を得るに至っていない。

なお、Stage 1 および2Aで完成したアフゴイ水源の水質は、カルシウム分が多く飲料水として適当でないばかりでなく($EC3, 200\mu s/cm$)、カルシウムイオンの凝固により、給水配管の閉塞や水量メータの故障を頻繁に発生させているため、軟水化プラントの建設が急務とされているが、この建設の実施については未だ資金の目途がたっていない。

1986年度に日本国政府の無償資金援助により実施されたバラッド水源の既存井戸改修計画(フェーズI・II)および今回の改善計画(フェーズIII)は長期計画に含まれていない。

2. 3. 4 財政と外国援助

(1) MWAの財政

MWAの財政は政府からの補助金と水道料金により運営されている。

MWAより入手した1985年と1986年の決算書によれば、年間総収入はそれぞれ6,930万シリングと13,350万シリングであり、1986年には1985年の約2倍となっている。このうち、水道料金による収入は3,150万シリングから9,520万シリングに増え、前年比約3倍の増収となっている。この主な理由はアフゴイ水源の完成による給水量の増加と水道料金の値上げ(1985年14シリング/ m^3 、1986年3月25シリング)及びメータの増設によるものである。

一方、年間収支決算では1985年6,010万シリング、1986年2,710万シリングの赤字となっている。

上記のように財政は好転しつつあるが、未だ赤字財政であり、今後の施設拡充計画実施のため、MWAは現在水道料金の値上げを検討中である。

表 2.3.4 MWAの財政状況 (単位:百万シリング)

		1985年	1986年
収入	補助金	37.8	38.3
	水道料金その他	31.5	95.2
	各戸給水栓	20.3	89.4
	公共水栓その他	11.2	5.8
	小計	69.3	133.5
	繰り越し金	9.1	0.9
	合計	78.4	134.4
支出	燃料	52.0	85.3
	給料	11.0	10.6
	修理・維持(施設)	9.0	5.0
	修理・維持(水道管)	8.1	2.6
	電力	1.4	1.5
	その他	4.3	6.4
	小計	85.8	111.9
	減価償却	43.5	44.2
	ローン利息	7.3	5.4
	合計	138.5	161.5

(2) 外国援助

MWAに対する外国援助の主なものとしては、1963年から1973年にかけて実施されたUSAIDのローンによるバラッド水源開発、1980年から1987年にかけて実施された世銀、アラブファンド、EECの協調融資によるアフゴイ水源開発及び1985年から1987年にかけて実施された日本政府の無償資金協力によるバラッド水源の改修計画があり、その他世銀によるアドバイザーサービスがある。

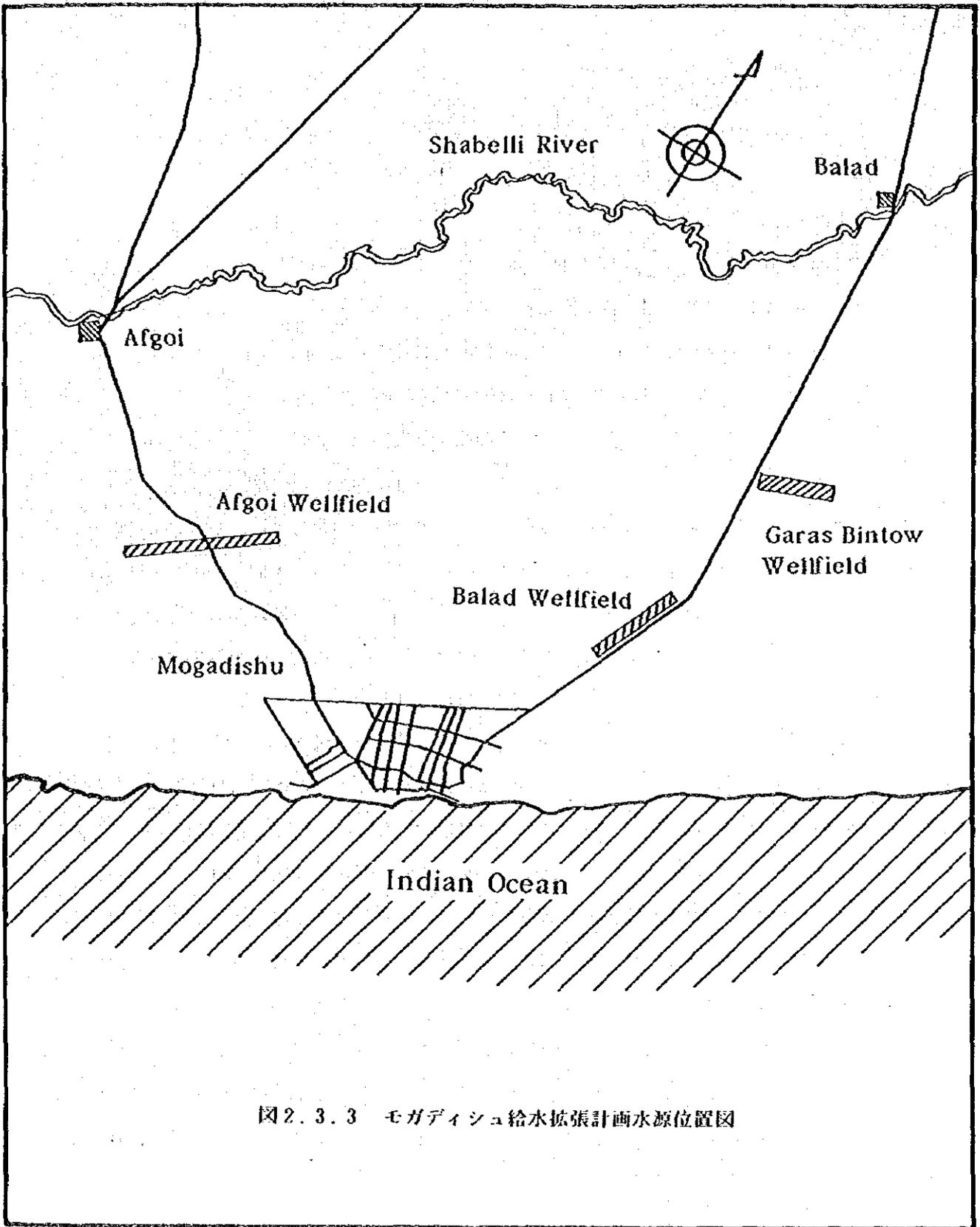


図2.3.3 モガディシユ給水拡張計画水源位置図

2. 4 要請の経緯と内容

2. 4. 1 要請の経緯

ソマリア民主共和国の首都モガディシュ市は、近年急速に人口が増加し、1976年に44万人であった人口が1988年現在では100万人前後に達したものと推定され、同市のインフラ整備は急務である。

同国政府は最優先事業の一つとして同市の生活用水開発計画を策定し、そのうち特に緊急を要する既存井戸の改修につき、1984年日本国政府に対し無償資金協力を要請してきた。これを受けて、日本国政府は85、86年度の2期にわたり、同市の2大水源の一つであるバラッド水源で「モガディシュ市給水改善計画フェーズⅠ・Ⅱ」を無償資金協力により実施し、16本の既存井戸の改修と5本の新設井戸を建設した。またアフゴイ水源では、世銀、アラブ・ファンド、E E Cの協調融資により、1986年に32本の新設井戸が完成された。

日本国政府の無償資金協力によるバラッド水源の既存井戸の改修工事（フェーズⅡプロジェクト）では、16本の井戸改修と5本の井戸建設計画していたが、フェーズⅠプロジェクトの基本設計調査が地表調査のみであったため、井戸本体の老朽度や先方の維持管理の不十分なことによる井戸本体の破損及び落下物の放置などが予想できなかった。この結果、改修予定井戸16本のうち3本が機能回復不可能と判断され、13本の既存井戸が改修された。新設井戸は当初計画どおり5本の井戸が建設された。このフェーズⅡプロジェクトにより約21,200 m^3 /日の揚水量が確保されたがその後、改修井戸本体の破損や井戸ポンプの故障等の理由により、取水量が約8,700 m^3 /日まで低下している。他方アフゴイ水源は1986年に給水を開始したが、その水質が高硬度であり配水管内にスケールが付着し、実給水量は大きく低下しており、モガディシュ市は全域にわたり逼迫した水不足の状況にある。ソマリア国政府はアフゴイ水源の軟水化プラント建設や他地域における水資源開発を計画しているが現在まで資金調達の方法が立っていない。

以上の背景から、同国政府は逼迫したモガディシュ市の給水事情の改善を図るため、緊急的に既存のバラッド水源に新規井戸を掘削することにより給水量の不足を補うべく、「モガディシュ市給水改善計画フェーズⅢ」を策定し、その実施につき1987年12月日本国政府に無償資金協力を要請してきたものである。

2. 4. 2 要請の内容

現地調査において、ソマリア国政府と協議の結果、確認された要請の内容は以下のとおりである。

- (1) 本プロジェクトの目的は現在のモガディシュ市の水需要を総括的にカバーするものではなく、バラッド水源において新設井戸を建設することにより、現在のモガディシュ市の水不足に対し緊急的に給水量の増加を図ることである。
- (2) 本プロジェクトの計画位置はモガディシュ市中心部から北東9kmから16km地点のバラッド水源である。
- (3) ソマリア国政府より示されたプロジェクトの内容は以下に示すバラッド水源における新設井戸の建設と既存給水施設の改修である。

1) 新設井戸の建設：

モガディシュ市の現在の水不足を補うための新設井戸

2) 新設井戸建設のための資機材の供与：

水中モーターポンプ、発電機、変圧器、管材、電線、消耗品、その他

3) 既存取水施設改修のための資機材の供与：

発電機、変圧器、管材、電線、消耗品、その他

4) 維持管理用機材の供与：

井戸掘削機の付属部品、ワークショップ用機材、電気工事用器具、その他

第3章 計画地域の概況

第3章 計画地域の概況

3. 1 一般概況

3. 1. 1 位置及び地形

本計画の給水対象であるモガディシュ市は北緯2度、東経45度に位置し、インド洋に面している。市域は海岸沿いに10km、内陸方向に5km、約500haを占め、現在人口の増加と共に周辺地域の開発が急速に拡大されつつある。

同市の北方約30kmにはソマリア国2大河川の一つであるシャベリ河が海岸線とほぼ平行して北東から南西方向にかけて流れており、流域の地味が肥沃であるため多種の農作物が生産されモガディシュ市に対する食糧補給地となっている。

本計画の地下水取水源であるバラッド水源は市街地から北東に向かって伸びるバラッド街道の約9.5~15km地点に位置する。

この地域の標高は70~80mで一見平坦に見えるが緩い起伏をもち、半砂漠状を呈し概ね当間隔にイバラ科の植物が育っている。

3. 1. 2 人口及び社会経済状況

モガディシュ市の人口は現在100万人と推定されているが、1975年に実施された国勢調査以後の統計資料が不足しておりその正確な数は把握されていない。

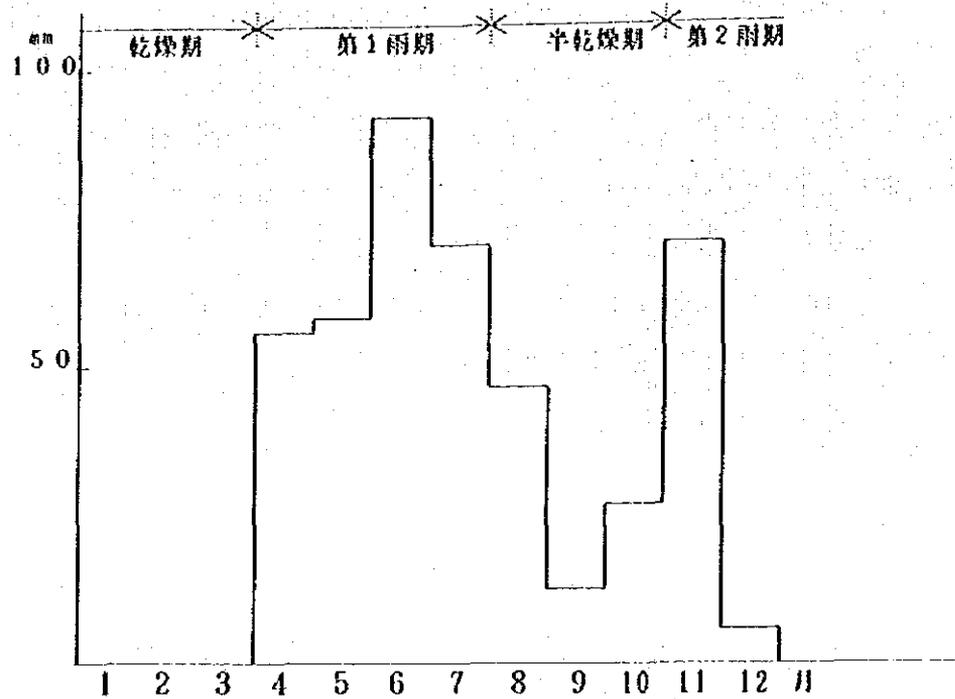
モガディシュ市は首都として経済の中心地である一方、国内最大の消費地であることから国内各地からの人口流入が激しく、既存市街地は過密状態にあるため市域は周辺に急速に拡大しつつある。また、乾季には国土全体に互り移動している遊牧民が水を求めてシャベリ河流域に集中することからモガディシュ市の人口も一時的に増加する。

3. 2 自然条件

3. 2. 1 気候

モガディシュ市の気候は平均気温27℃、平均湿度80%で高温多湿型である。

降雨の変動により、1年間の季節は4期に分けられる。すなわち、1月から3月までの乾燥期（降雨0mm）、4月から8月までの第1雨期（月間降雨量50~80mm）、9月から10月までの半乾燥期（月間降雨量10~20mm）、そして11月から12月までの第2雨期（月間降雨量30~60mm）である。また、年間蒸発散量は200mm~400mmである。（図 3.2.1参照）



1979年から1984年までの6年間の月別平均降雨量記録
 (Ministry of Agriculture, Early Warning System Department の
 モガディシュ市降雨記録より作成した)

図3.2.1 モガディシュ平均月間降雨量

3. 2. 2 地形・地質

モガディシュ市を含むソマリア国南部の海岸地帯は、下記の三つの地形区に分かれ、それぞれ海岸線に平行して分布している。

海岸地帯：最高50mの標高を有する2kmの活発な丘陵地帯である。

ベンダナ海岸平野：30~70mの標高を有し約20kmの幅の赤褐色砂丘砂からなる安定した地帯で、内陸約12~17kmが最高地点となっている。

シャベリ河流域：幅約50kmの黒っぽい粘土及びシルトからなる沖積紀濫原平野で、シャベリ河は河口部の湿地帯に至るまで蛇行を繰り返している。

南部ソマリアの地質は図 3.2.2 に示すように海岸地域と内陸地域の二つに分けられ、これらはバンダギャララン断層で区分されており、全く異なった性状を示す。それぞれの地質構成は下記に示すとおりである。

海岸地域：

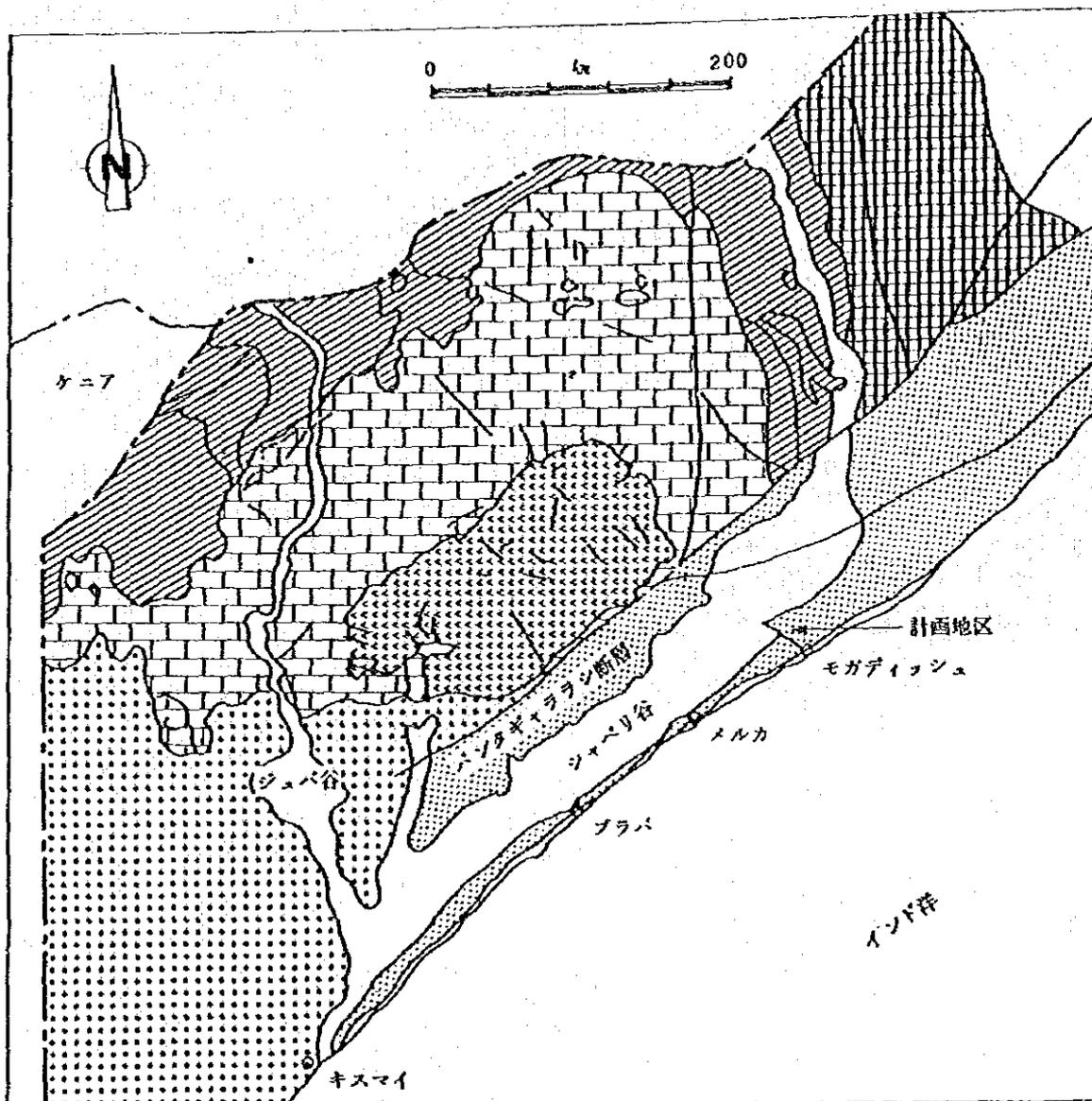
新生代	第三紀	-----	第三紀堆積岩（砂岩、泥岩、石灰岩）
	第四紀	洪積世	----- 洪積層（砂、砂れき、粘土、石灰岩）
		沖積世	----- 沖積層（砂、粘土）
			風成層（砂）

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）

このうち、本プロジェクトの計画水源であるバラッド水源は海岸地域に属する。

バラッド水源地域の地質は沖積層の分布はほとんどみられず、最上部に赤色風土層が厚く分布する。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。バラッド水源ではこの石灰岩が非滯水層として最下部に分布し、下層部は半固結~固結の褐色~緑色のシルトあるいは粘土からなっている。



凡例

ギウバとジャベリ谷

ベンナダ海岸平野

ロアギウバ平野

海岸地帯

オドルボーダー高原

クレタセオス地帯

ムドク高原

ブル地帯



第四紀



第三紀-第四紀



第三紀-第四紀



第三紀-第四紀



白亜紀-ジュラ紀



ジュラ紀-白亜紀-第三紀



第三紀



ペレカンブリア紀

海岸部

内陸部

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

図3.2.2 地質図

3. 3 社会基盤の状況

3. 3. 1 交通

モガディシュ市内の主要道路は中央分離帯を設けられた4車線道路が整備されており、ほとんどの道路はアスファルト・コンクリートで舗装されている。しかし、市内の中央部には海岸線に平行して数キロにわたる窪地があり、排水施設が整備されていないため雨期には雨水が浸水し交通障害を起こしている。

モガディシュ市からは他地域とを結ぶバラッド街道とアフゴイ街道の2本の舗装幹線道路が整備されており、交通量も比較的多い。モガディシュ市には道路の他、輸送機能として港及び国際空港がある。

3. 3. 2 電力

市内の電力は市内2ヶ所に設けられた発電所から供給されているが、容量不足と発電機の故障によりしばしば停電を起こしている。このため市内の公共施設やホテルは自家発電設備を設置しこれに対処している状況である。

3. 3. 3 通信

市内の通信事情は日本政府の援助及びアラブファンドやイタリアの協力により、拡張工事や改善工事が進められ良好な状態にある。

3. 4 一般建設事情

市内では各所でビルが建設されているが、建設資材は骨材を除く全てのものが輸入品である。資材価格は需要と供給のバランスにより常時変動している。

3. 5 バラッド水源の既存施設状況

3. 5. 1 取水施設

バラッド水源の施設概要と現況は以下のとおりである。

① 既存井戸本数 21本

- ・フェーズIIプロジェクト時に機能回復不可能と判定された井戸 3本
- ・フェーズIIプロジェクトにより改修された井戸 13本
- ・フェーズIIプロジェクトにより新設された井戸 5本

② 現在稼働中の井戸

- ・フェーズIIプロジェクトにより改修された井戸 5本
- ・フェーズIIプロジェクトにより新設された井戸 3本

③ 調査時点における実揚水量

現在稼働している井戸の揚水量は以下のとおり。

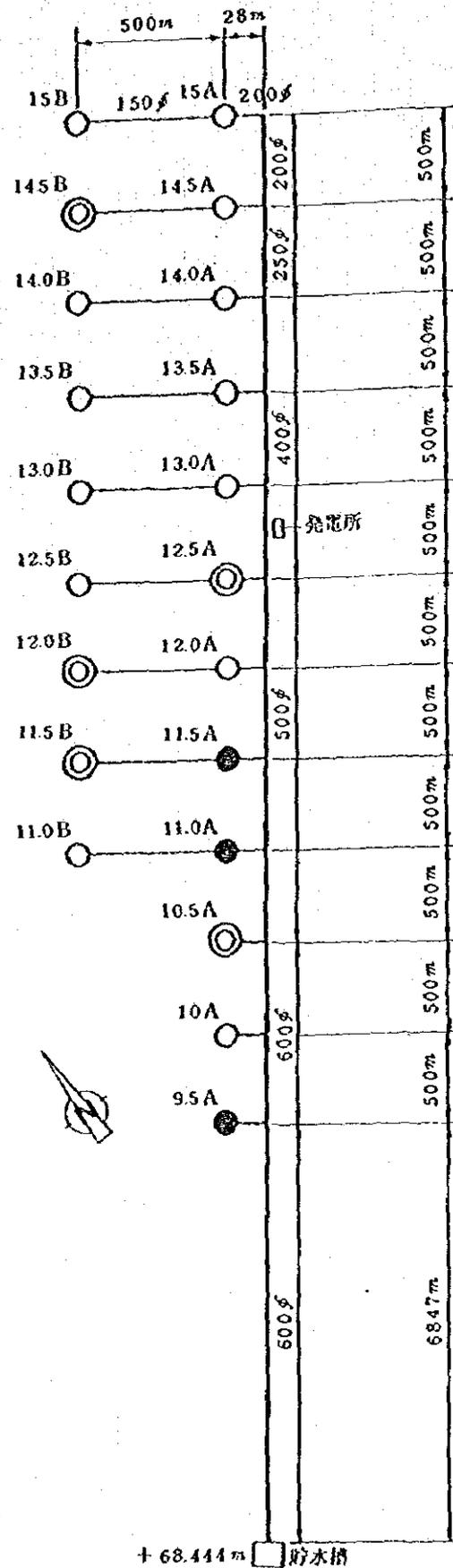
- ・フェーズIIプロジェクトにより改修された井戸
約 4,800 m³/日 (井戸1本当たりの平均揚水量 40m³/時)
- ・フェーズIIプロジェクトにより新設された井戸
約 3,900 m³/日 (井戸1本当たりの平均揚水量 55m³/時)
- ・全揚水可能量 約8,700m³/日

(表 3.5.1 及び図 3.5.1参照)

表3.5.1 既存井戸状況一覧表

井戸番号	計測年月日 (単位 m ³ /時)				稼働状況 63年9月 確認	井戸本体の状況 改修 (フェーズⅡにて実施)	備考
	1985年3月	1987年5月	1988年1月	1988年9月			
	フェーズⅠ・Ⅱ 基本設計	フェーズⅠ・Ⅱ 工事完了時	フェーズⅠ・Ⅱ 基本設計	フェーズⅢ 基本設計			
9.5A	41.0	放棄	同左	同左	×	GL-9.5m 落下物	水中ポンプ、配管等必要施設は7.1Ⅰ時点で未設置
10.0A	47.0	44.4	35.0	29.0	○	GL-110m スクリーン破損	
10.5A	-	60.2	55.0	(55.0)	○		流量計故障
11.0A	40.0	放棄	同左	同左	×	GL-82.3m 落下物	必要施設はフェーズⅡ時点で撤去
11.0B	50.0	35.4	35.0	-	×	GL-116m 落下物	流量計故障
11.5A	54.0	放棄	同左	同左	×	GL-94.5m スクリーン破損	必要施設はフェーズⅡ時点で撤去
11.5B	-	66.6	54.0	(54.0)	○		流量計故障
12.0A	7.0	45.0	-	-	×	GL-84.7m 落下物	流量計確認不能
12.0B	-	60.2	55.0	-	×		水中ポンプ撤去、流量計確認不能
12.5A	-	66.0	-	55.0	○		流量計故障、揚水試験実施
12.5B	32.0	46.2	32.0	-	×	GL-112m スクリーン破損	
13.0A	65.0	48.6	37.0	44.0	○	GL-37m 落下物	
13.0B	45.0	51.6	-	-	×		水中ポンプ、配管撤去
13.5A	50.0	51.6	50.0	47.0	○	GL-84m 落下物	
13.5B	27.0	37.2	35.0	37.0	○	GL-84m 落下物	
14.0A	54.0	51.6	45.0	42.0	○	GL-103m 落下物	揚水試験実施
14.0B	-	19.3	-	-	×	GL-113m スクリーン破損	水中ポンプ撤去
14.5A	40.0	43.8	37.0	-	×		流量計確認不能
14.5B	-	72.0	-	-	×		流量計確認不能
15.0A	47.0	41.4	35.0	-	×	GL-104m スクリーン破損	水中ポンプ撤去、流量計確認不能
15.0B	52.0	42.0	40.0	-	×	GL-78m 落下物	流量計確認不能
合計	651.0	883.1	545.0	363.0			
m ³ /日	15624	21194	13080	8712			

※ () 内は流量計故障のため推定値、-は未稼働。なお、現在の取水量は調査日の計測値と推定値であるため、本プロジェクトの計測取水量の決定に当たっては、取水量を8,700 m³/日とする。 フェーズⅠ・Ⅱにおける計測取水量は28,000 m³/日。



- 改修井戸
- ◎ 新設井戸
- 放棄井戸

図3. 5. 1 フェーズIIプロジェクトによる既存井戸の分類

3. 5. 2 電力供給施設

(1) 発電設備

バラッド水源への動力は専用発電所に7台の発電機が設置されており、ここから各井戸へ電力が供給されている。7台の発電機のうち6台はバラッド水源建設当初に設置されたUSA製発電機であり、1台はフェーズIIプロジェクトにおいて設置された日本製発電機である。このうち、現在稼働中の発電機はUSA製の2台であった。フェーズIIプロジェクトで新設された発電機は、調査時点ではFuel Pump故障のため稼働しておらずスペアパーツの調達の準備中であった。現在稼働中の2台の発電機は既に十数年使用され、運転時の振動や騒音が激しく、潤滑油の漏れ等が発生していた。さらに、既存の発電機の各定格出力 250KVAに対し約117KVAと出力が著しく低下していることより耐用年数を過ぎてしていると判断された。また、残り4台のUSA製発電機は解体されて、部品が他の発電機へ転用されて改修困難と思われた。なお、発電機2台による運転可能なポンプは井戸7本分である。

調査時点(9月18日現在)における発電機2台(在来)の合計出力は380V, 385A, 48Hzであり、2台の合計出力は約1台の定格出力しかない状態であった。発電機の現況は表 3.5.2に示すとおりである。

変圧器は特に損傷は認められず問題ない。

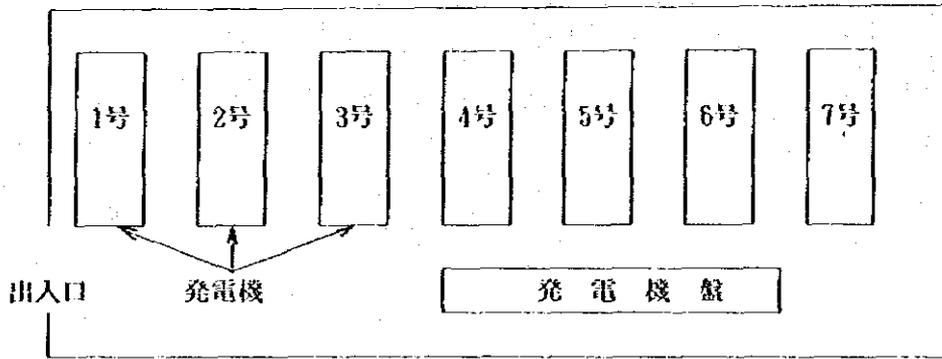
(2) 送電設備

送電設備についての事情聴取ではその事故例として送電線の老朽化による断線や各電柱上の碍子部からの漏電およびショートが発生が挙げられている。碍子部のショートは、乾期の昼夜の気温差により碍子部に水滴ができ、潮風による塩、砂じんやダスト等がこれに付着、固結したことによるものである。MWAはその度合いに応じ消防車のポンプによりこれらの洗浄を行っているが1個ずつ完全にこれらを除去することは困難である。また、ショートにより碍子が破損し送電不能となった場合には、その修復には約1日を要している。

表 3. 5. 2 発電機の現況

番号	製造会社	容量	設置年	状態	備 考
1	米国HOLTBROS.	250KVA	1972	故障	出力185A, 352V, 48HZ, 113KVA (定格380A, 380V, 50HZ) 発電機撤去、エンジンのみ 出力200A, 352V, 48HZ, 122KVA (定格380A, 380V, 50HZ) 燃料ポンプ部故障、交換すれば稼働
2	"	"	"	稼働中	
3	"	"	"	故障	
4	"	"	"	"	
5	"	"	"	"	
6	"	"	"	稼働中	
7	日本デンヨー	"	1987	故障	

※稼働中発電機平均出力117KVA



配置図

3. 5. 3 配管施設

送水管は150mmから600mmの石綿セメント管及びコンクリート管であり布設替えの必要はないと判断する。ポンプ廻り配管はフェーズIIプロジェクトで交換したものであり損傷は認められないが、流量計は故障し動かなくなったものがある。

3. 5. 4 塩素滅菌設備

塩素滅菌装置は貯水槽の吐出口に塩素が注入されるよう設置されているが、これは破損して使用不可能な状態であり、また永く使用された形跡がない。

MWAの係の説明では塩素は輸入品であり入手が難しいため、伝染病が発生した場合にはさらし粉を注入することを考えているが、1970年のコレラ発生以降伝染病は発生していないとのことであった。

3. 5. 5 フェーズIプロジェクトで供与された資機材の使用状況

フェーズIプロジェクトで供与された資機材や車両の状態、保管場所及び使用状況は別表のとおりである。バラッド水源のストック・ヤードや倉庫に管理されている資機材、メンテナンス・リグ、掘削リグ等は良く管理されていた(表 3.5.5参照)。

表 3.5.5 フェーズ1プロジェクトで供与された資機材の使用状況

種 目	数量	保管場所	状態、使用状況
四輪駆動乗用車	2台	MWA	バラッド、アフゴイ水源、貯水槽、M.W.A事務所間の移動用として利用されている。状態は良好であった。
四輪駆動ピックアップ	2台	MWA	バラッド、アフゴイ水源、貯水槽、M.W.A本部間の移動及び井戸群における資材等の運搬に使用している。1台は後部ウィンカーの破損とボンネットのへこみをのぞいて良好である。残りの1台は特に損傷箇所は見受けられなかった。
クレーン付8トトラック	1台	MWA	バラッド、アフゴイ水源への大型資機材等の運搬に使用されている。
タンクローリー	1台	MWA	バラッド、アフゴイ水源における送電施設の碍子部分の清掃や市内公共施設等で給水状態が著しく悪い地域に対する緊急用給水のために使用されている。
メンテナンス・リグ	1台	ハラダ水源	常時バラッド水源のストック・ヤードにて管理され、水中ポンプ、揚水管の引き上げ、再設置に使用されている。
掘削用リグ	1台	ハラダ水源	メンテナンス・リグ同様常時バラッド水源のストック・ヤードに良好な状態で管理されていた。MWAからの聴取では、MWA独自で井戸建設の計画をもっているとの事であったが、未だ実施段階には至っておらず、資機材の引き渡し後、井戸建設に使用された形跡はなかった。
工事用発電機	1台	MWA	モガディッシュ市内の商用電力の状態が不安定であるため、M.W.A事務所の非常用電源として使用されている。
コンプレッサー	1台	ハラダ水源	常時バラッド水源のストック・ヤードにて管理され、必要に応じて使用されている。
スペア・パーツ及び機材		"	常時バラッド水源のストック・ヤードにて管理されている。
井戸元配電盤、フェンス (未使用及び撤去分)		"	バラッド水源の発電施設敷地内ワーク・ショップにて保管されていた(配電盤6井分、フェンス5井分)。

3. 5. 6 井戸破損及びポンプ故障原因についての考察

フェーズIプロジェクトの基本設計調査が地表調査のみであったため、既存井戸本体の老朽度や維持管理の不備から生じた井戸本体破損の予想ができず、フェーズIIプロジェクトでは当初計画の16本の既存井戸のうち3本が改修不可能と判断され放棄した。この改修された井戸13本のうち8本及び新しく建設された井戸5本のうち2本は現在運転されていない。これらは井戸本体の破損や水中ポンプの故障によるものであるが、その主な原因は以下のことが想定される。

(1) フェーズIIプロジェクトで改修した井戸 (USAID ローン により1970-1973年に建設された井戸の改修)

1) 井戸本体の老朽化

ケーシング及びスクリーンの酸化による許容範囲を超える開口(穴)の発生

2) 物理的外因によるもの

過去数度にわたる改修工事時におけるケーシング、スクリーンに対する衝撃による許容範囲を超える開口(穴)の発生

3) 上記に起因した砂又はグラベルの侵入による水中ポンプの破損

4) 過剰揚水による砂の侵入

5) 電圧降下による水中モーターの過負荷

6) 上記の相乗効果

(2) フェーズIIプロジェクトで新設された井戸

運転を停止した2本の井戸はポンプの故障によるものである。これらはポンプのケーシング部に穴が発生し揚水不能となったため運転を停止したものである。この穴発生の原因は過剰揚水によりスクリーンの開口部から多量の微細砂が侵入し、これらにより摩耗したものと判断される。

第4章 計画の内容

第4章 計画の内容

4. 1 計画の目的

本計画の目的はモガディシュ市の逼迫した水不足を改善するために、市内の給水状況、バラッド水源の既存施設及びその他の関連施設の状況を基に、バラッド水源を対象として計画取水量を検討し、給水計画を行い、無償資金協力としての適切な規模の施設計画を行うことである。

なお、本計画は現在のモガディシュ市の水需要を総括的にカバーするものではなく、現在の水不足に対し緊急的に給水量の増加を図ることを前提としたものである。

4. 2 要請内容の検討

4. 2. 1 計画内容の検討

バラッド水源を取水源とするモガディシュ市への水供給システムは、取水施設、電力供給施設、送水管路、貯水槽、塩素滅菌設備及び給水管網からなっている。現地調査において諸施設の調査をおこなった結果、取水施設、電力供給施設及び塩素滅菌設備を除く他の施設は機能上特に問題ないと判断された。

塩素滅菌設備は1970年代初頭にUSAIDのローンにより、バラッド水源建設と同時に設置されたものであるが、すでに故障しており現在使用されていない。同設備は一部補修を加えれば機能を回復できると判断されるが、塩素が輸入品であり、その入手が困難であること、また水系伝染病が発生した場合にはサラン粉の注入を考えていることから、本設備を改修し機能を回復させることの必要性はないものと判断された。

従って、本プロジェクトは取水施設と電力供給施設を整備することにより、計画本来の目的が達成できるものと考えられる。なお、バラッド水源の地下水は現地調査及び国内解析の結果、後述のとおり開発水量及び水質的に特に問題ない(5.2.4 新設井戸の適正揚水量の検討 参照)。

4. 2. 2 要請内容の検討

前項で述べたとおり、本プロジェクトは取水施設と電力供給施設を整備することにより、モガディシュ市への給水が可能となり本来の目的を達成できる。

ソマリア国政府からの要請内容は主として取水施設と電力供給設備のための資機材とその建設工事であり、本プロジェクト実施の目的に合致したものであると判断される。要請

書に添付された機材リストの項目と数量は国内解析の結果により変更の可能性があることについては、現地調査時の協議において合意されているところである。

なお、現在、バラッド水源の既存施設の管理要員として、管理者1名、機材4名、電気2名、井戸3名が配置されており、本プロジェクト完成後の施設の実施運営においても問題ないものと判断される。

第5章 基本設計

第5章 基本設計

5.1 基本設計方針

本章では、第4章に記述した計画の内容に基づき、本地区に必要な施設規模並びに仕様を決定する。設計の基本方針は以下のとおりである。

- (1) 水道施設の設計条件は、主として日本国厚生省が監修した「水道施設設計指針、解説（1977年）」に従うが、現地状況を勘案して適宜決定する。
- (2) 供与する資機材の規格は、日本製を前提にしてJIS規格とする。ただし、価格上第3国調達が良いと判断した場合には生産国の規格を使用する。
- (3) 資材の許容応力度は、日本土木学会にて定めた基準に準じるが、現地での施工性等を考慮し適宜割り引く。
- (4) 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。

5.2 基本計画

5.2.1 計画給水区域

現在のモガディシュ市の給水システムではバラッド水源からはシェクムヒディン地区に、またアフゴイ水源からの水は他の4地区に給水されており、これらの5地区はそれぞれ連絡管で接続されている。したがって、バラッド水源で揚水された地下水はシェクムヒディン地区を主に給水され、必要に応じて連絡管から他の地区へ給水されるものとする。

5.2.2 計画取水量

「4.2.2 計画の内容」の項で述べたとおり、本計画における計画取水量はMWAとの協議の結果、送水本管の取り替えは行わないこととし、既存送水本管の送水能力以内とすることが合意された。既存送水本管は管径 $\phi 600\text{mm}$ の石綿セメント管であり、経済流速による送水量は $24,000\text{m}^3/\text{日} \sim 30,000\text{m}^3/\text{日}$ （図 5.3.2参照）であること、またフェーズI・IIプロジェクトにおいて設定された計画取水量が $28,000\text{m}^3/\text{日}$ であったことから、これと同じ水量を確保することを目標とし、計画取水量は $28,000\text{m}^3/\text{日}$ とする。

一人一日当たりの給水量をフェーズII基本設計時においてソマリア国政府と協議し、決定された 70l とした場合、これによる受益者数は40万人に相当する。

5. 2. 3 取水計画

バラッド水源における既存井戸のうち、現在稼働中の井戸8本による揚水量は前述のとおり約8,700 m^3 /日(表3.5.1参照)である。また、現在運転していない井戸のうちフェーズIIプロジェクトにおいて建設された2本の井戸は過去の揚水量の経過より、ポンプの入れ換えを行うことにより、1本当たり平均約55 m^3 /時の揚水が可能と判断される。ただし、フェーズIIプロジェクトにより改修した井戸で現在運転を停止している井戸は、すでに寿命が終わったと判断すべきであり、再度改修しこれにより揚水量を増加すべきではない。従って、本プロジェクトではポンプの入れ換えを含めた既存井戸による揚水可能量は計画揚水量に組み入れるものとし、不足分を新設する井戸により取水するものとする。

既存井戸による揚水可能量は約11,340 m^3 /日である。

$$8,700\text{m}^3/\text{日} + (55\text{m}^3/\text{時} \times 24\text{時間} \times 2\text{井}) = 11,340\text{m}^3/\text{日}$$

なお、取水井戸の掘削工事にはフェーズIプロジェクトで供与された掘削機を使用するものとする。

5. 2. 4 新設井戸の適正揚水量の検討

新設井戸の計画揚水量は過去の揚水実績と水理地質的条件より適正な揚水量を検討し、計画揚水量を決定する。

(1) 過去の揚水実績

フェーズIIプロジェクトで建設された5本の井戸の揚水量の変化を表5.2.4-1に示す。またフェーズIIプロジェクト建設時において計測された揚水量と水位降下量は表5.2.4-2に示したとおりである。井戸建設直後(1987年3月)における井戸の揚水量は63 m^3 /時~55 m^3 /時に設定されたが、約半年後には約55 m^3 /時に減少している。これらの結果は建設後約半年間をかけて井戸周辺の微細砂が洗われ安定した状態に落ち着いたものと推測される。

また、計画井戸における計画揚水量の決定は一般的に段階揚水試験の結果をもとに揚水量と水位降下量の関係から適正揚水量を算定する方法が採用されている。図5.2.4-1はバラッド水源の既存井戸における揚水量と水位降下量の関係を示したものである。この図では揚水量が55 m^3 /時以下の場合の水位降下量は比較的小さく、55 m^3 /時を越えると極端に大きくなっており、バラッド水源の井戸群を全体的に評価した場合、55 m^3 /時を弾性限界揚水量と見なすことができる。

表 5.2.4-1 1987年建設井戸の揚水量変化

井戸番号	揚水量 (m ³ /時)			
	1987年3月	1987年10月	1988年1月	1988年9月
10.5A	60.2	55.0	55.0	-
11.5B	62.9	55.0	54.0	-
12.0B	60.2	50.0	55.0	-
12.5A	54.3	55.0	-	55.0
14.5B	59.4	55.0	-	-
平均	59.4	54.7	-	-

表 5.2.4-2 揚水量と水位降下量(1987年3月)

井戸	揚水量 Q (m ³ /時)	水位降下 s (m)
10.0A	50.3	4.01
11.0A	22.5	6.58
11.5A	31.7	3.22
12.0A	33.5	6.05
12.5B	33.5	10.85
13.0A	51.1	15.85
13.0B	51.1	4.92
13.5A	50.3	6.85
13.5B	29.4	9.10
14.0A	47.2	5.71
14.5A	40.0	11.67
15.0A	42.1	10.13
15.0B	25.0	13.15
10.5A	60.2	22.83
11.5B	62.9	35.43
12.0B	60.2	32.56
12.5A	54.3	23.02
14.5B	59.4	21.96

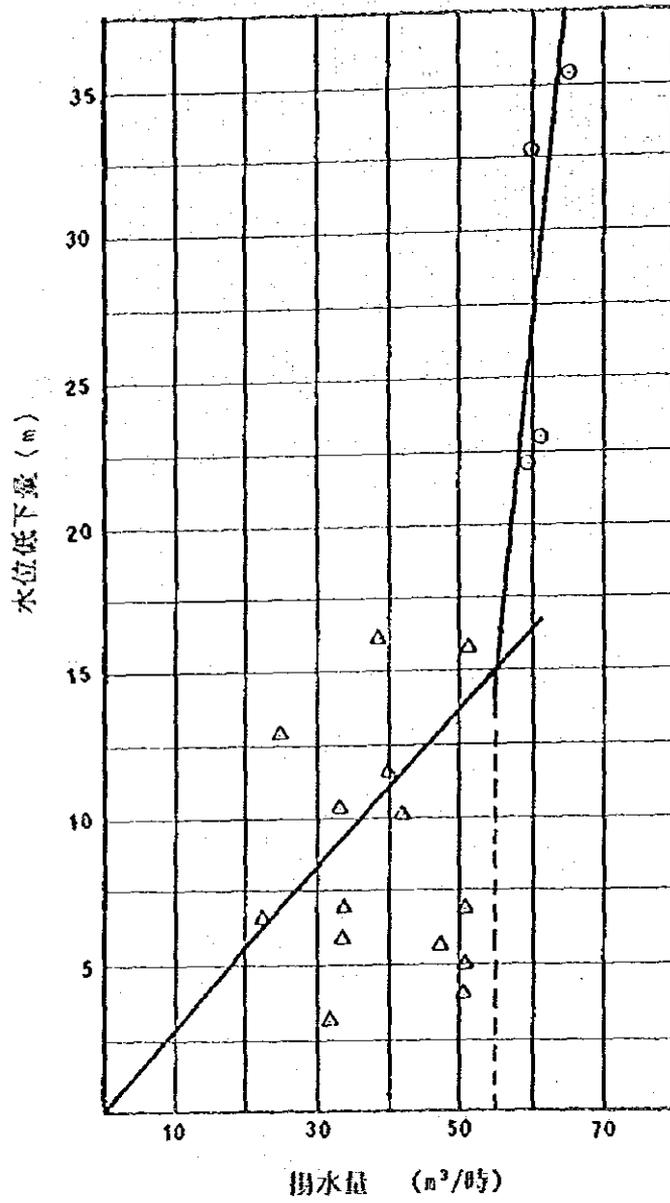


図5.2.4-1 水位低下量と揚水量の関係 (フェーズII揚水試験結果)

(2) 水理地質的条件による適正揚水量の検討

1) 水理地質状況

a. 滞水層

バラッド水源において取水の対象となる滞水層は海拔0mから-80m付近に互って分布し、層厚は40m~70mと変化が大きく中間に5mから15mの難透水層が分布している(図 5.2.4-2、3 参照)。上部の透水層は白色~淡褐色を示し、微細砂~中砂から構成されており、既存井戸はこれを主要滞水層として建設されている。下部透水層は白色~褐色を呈し、細砂~中砂と頁岩質の石灰岩の互層からなっている。また、中間に分布する難透水層は淡褐色~灰色で微細砂~細砂からなり、半固結状を呈している。

b. 水質

モガディシュ市周辺の電気伝導度の分布状況を図 5.2.4-4、5 に示す。図に示されるように海岸付近では電気伝導度が高く、北へ行く程小さくなっており、部分的に1,000 μ m/cmより低い部分が目玉状に分布する。

これは海岸地域においては地下水の塩水化により水質が悪化したものであり、また北部で電気伝導度が低いのはシャベリ河から地下水への真水の涵養によるものであると判断される(図 5.2.4-6 参照)。

また、バラッド水源の既存井戸より採水した地下水の水質は、現地調査及び日本国内における水質試験の結果、WHOによる飲料水の水質基準値以内であり現在のところ問題はない(表5.2.4-3参照)。

表 5.2.4-3 バラッド水源(10.0A)水質試験結果

項 目	単位	検出値	日本国基準	WHO基準
硝酸性及び 亜硝酸性窒素	mg/l	0.04	10以下	同左
塩素イオン	mg/l	112	200以下	250
過マンガン酸カリウム消費量	mg/l	3.0	10以下	
カルシウム及びマグネシウム	mg/l	140	300以下	200
蒸発残留物	mg/l	810	500以下	1000
強熱残留物	mg/l	580	-	-

HOGADISHU

BALAD

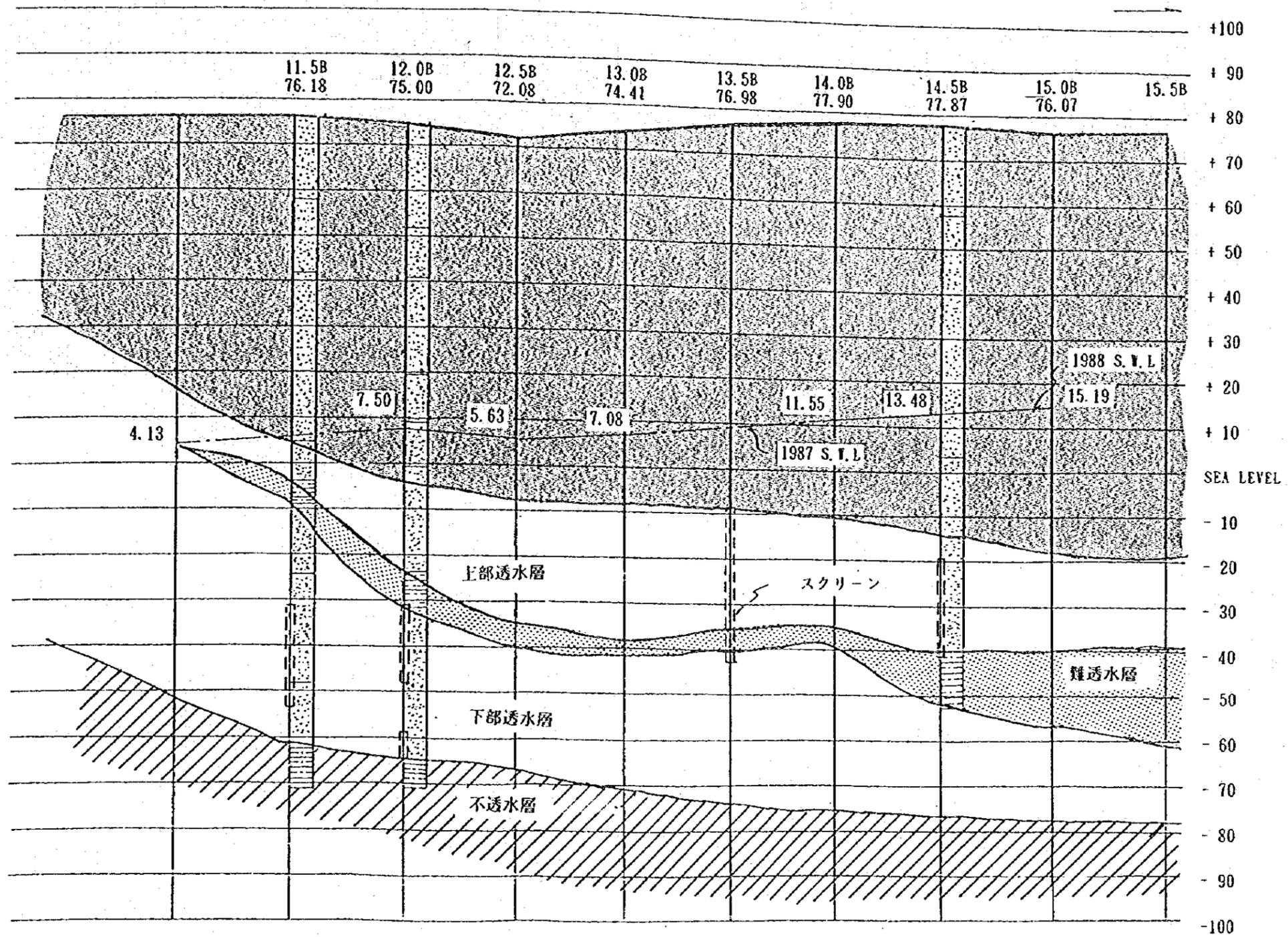


図 5.2.4-3 Bライン地層断面図及び地下水位図

MOGADISHU

BALAD

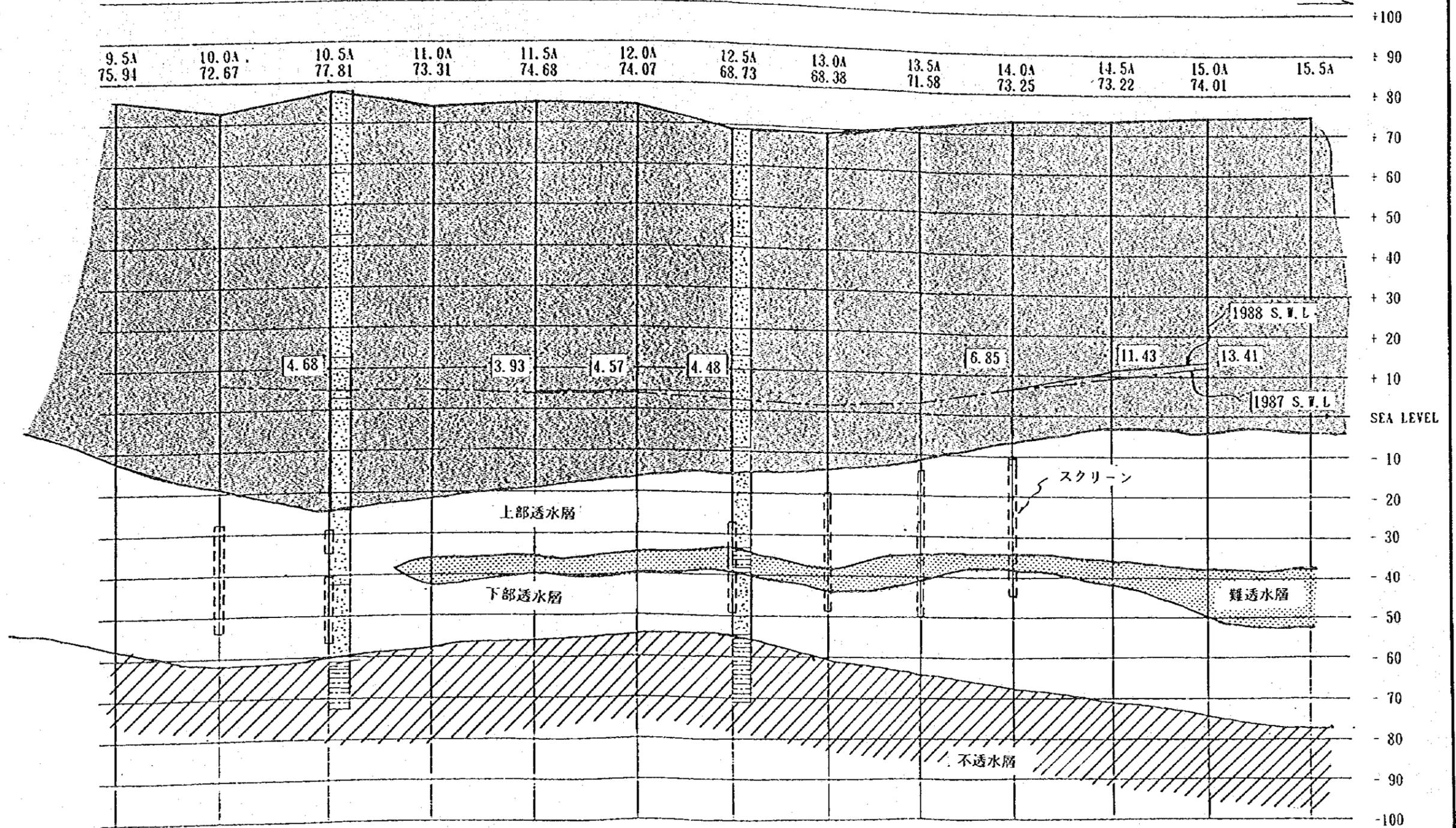


図 5.2.4-2 Aライン地層断面図及び地下水位図

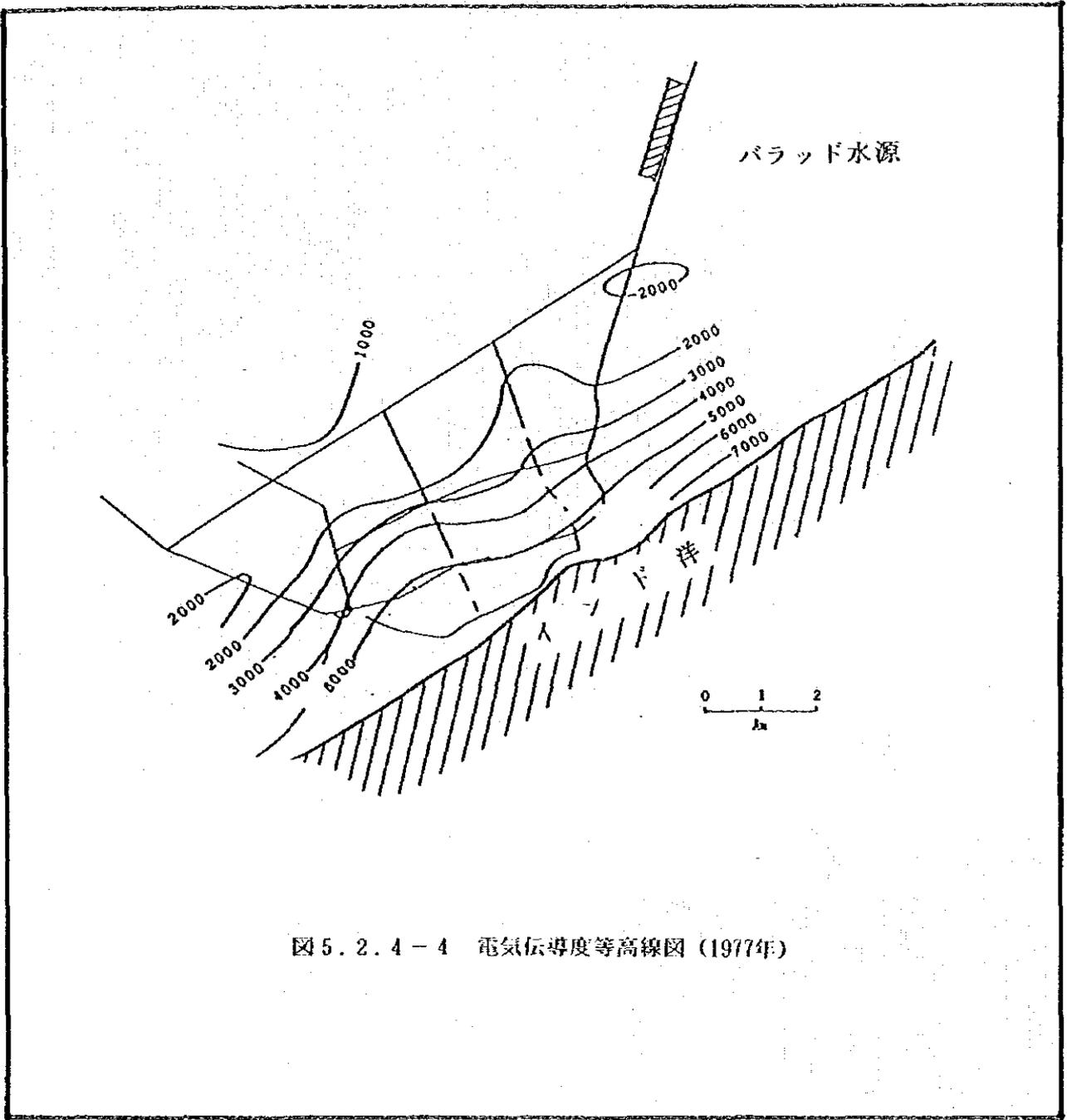


図 5. 2. 4 - 4 電気伝導度等高線図 (1977年)

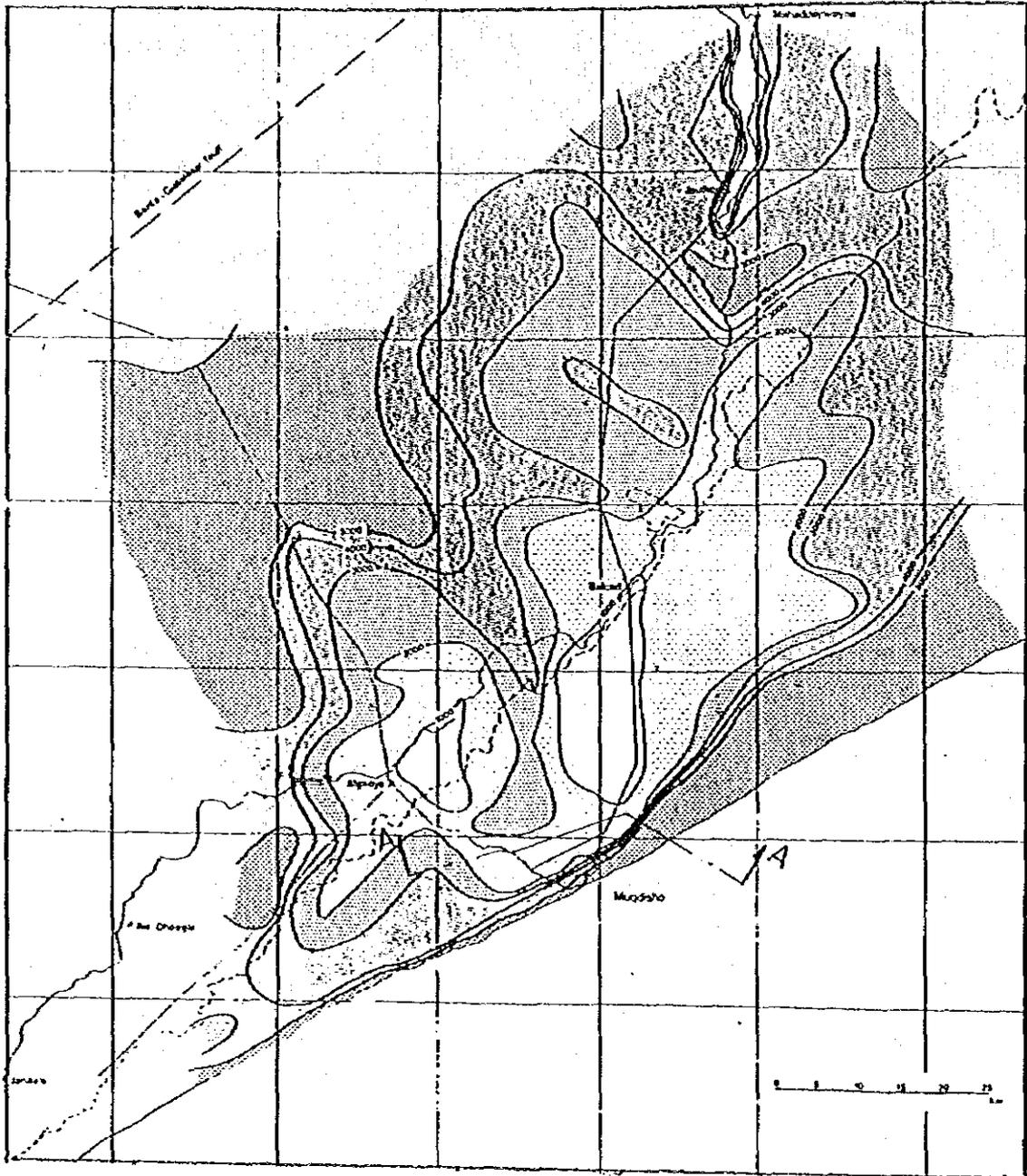


図5. 2. 4-5 電気伝導度等高線図 (1983年)

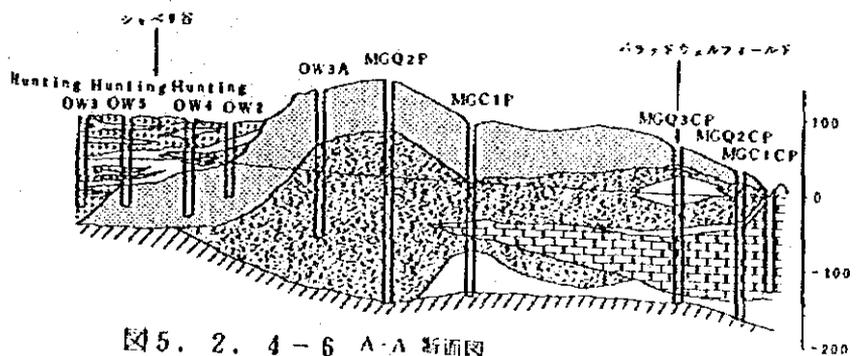


図5. 2. 4-6 A-A 断面図

2) 透水係数

バラッド水源付近の透水係数を求めるために、現地調査において2本の既存井戸(12.5A, 14.0A)で揚水試験を実施し、また土のサンプリングを行った。揚水試験結果と採取した土のサンプリングの分析結果は付属資料3-8のとおりである。

これらの結果及びフェーズIIプロジェクトで実施した各井戸の揚水試験結果から求めた透水係数は下記のとおりである。

a. 12.5Aの揚水試験結果によるもの(テームの式)

$$Q = 2\pi k D s / (2.3 \log R / r_0)$$

ここに、

$$Q : \text{揚水量}(\text{m}^3/\text{秒}) \quad 55/3600 = 0.0153$$

$$k : \text{透水係数}(\text{cm}/\text{秒})$$

$$D : \text{透水層厚さ}(\text{m}) \quad 40 \text{ m}$$

$$s : \text{水位降下量}(\text{m}) \quad 16.2 \text{ m}$$

$$R : \text{井戸影響範囲}(\text{m}) \quad 500 \text{ m}$$

$$r_0 : \text{井戸径}(\text{m}) \quad 0.125 \text{ m}$$

$$k = (0.0153 \times 2.3 \times \log 500 / 0.125) / (2 \times \pi \times 40 \times 16.2)$$

$$= 3.11 \times 10^{-5} (\text{m}/\text{秒}) = 3.11 \times 10^{-3} (\text{cm}/\text{秒})$$

b. 土の粒度分析結果によるもの(クレーガーの式)

粒度試験結果より20%粒径 d_{20} は粒度加積曲線より0.125となる。下表のクレーガーによる d_{20} と透水係数の関係より、土質分類は微粒砂であり透水係数は $3.0 \times 10^{-3} (\text{cm}/\text{秒})$ となる。

表5.2.4-4 クレーガーによる d_{20} と K との関係

$d_{20}(\text{mm})$	$K(\text{cm}/\text{s})$	土質分類	$d_{20}(\text{mm})$	$K(\text{cm}/\text{s})$	土質分類
0.005	3.00×10^{-4}	粗粒粘土	0.13	6.85×10^{-2}	微粒砂
0.01	1.05×10^{-3}	細粒シルト	0.20	8.90×10^{-2}	
			0.25	1.40×10^{-1}	
0.02	4.00×10^{-3}	粗砂シルト	0.3	2.20×10^{-1}	中粒砂
0.03	8.50×10^{-3}		0.35	3.20×10^{-1}	
0.04	1.75×10^{-2}		0.4	4.50×10^{-1}	
0.05	2.80×10^{-2}	0.45	5.80×10^{-1}		
		0.5	7.50×10^{-1}		
0.06	4.60×10^{-2}	極微粒砂	0.6	1.10×10^{-1}	粗粒砂
0.07	6.50×10^{-2}		0.7	1.60×10^{-1}	
0.08	9.00×10^{-2}		0.8	2.15×10^{-1}	
0.09	1.40×10^{-1}		0.9	2.80×10^{-1}	
0.10	2.75×10^{-2}	1.0	3.60×10^{-1}		
0.12	2.6×10^{-2}	微粒砂	2.0	1.80	
0.14	3.8×10^{-2}				
0.16	5.1×10^{-2}				

c. フェーズIIプロジェクト時の揚水試験結果の平均値

3.57×10^{-3} (cm/秒) (付属資料2-1参照)

以上の3つの透水係数のうち、シミュレーションに用いる本地域の透水係数は安全を考慮して 3×10^{-3} cm/秒を採用する。

3) 水位低下量の予測

バラッド水源地域の地下水は周辺の地質構造、電気伝導度等高線図及び水位低下量の推移から判断し、海水侵入の影響を受けているものと判断される。特に水位低下量についてはバラッド水源地域の透水係数、透水量係数、シャベリ河からの涵養量及び過去の実揚水量等から推定した場合、年間約5m以上の水位低下が予測されるが、過去の実績では年間約30cmの低下量でしかなく、これは海水侵入による地下水面の押し上げによるものであると判断される。従って、本プロジェクトにおける将来の水位低下量は、塩水侵入を考慮した水収支モデルを設定し、シミュレーションにより予測する。

シミュレーションはケース1と、ケース2に分けて行った。ケース1はインド洋の海岸線からシャベリ河までを含む広域的な範囲において地下水流動の全体的なバランスを検討するものであり、ケース2はバラッド水源を中心に約10km×5kmの範囲において水位低下量を1年毎に22年後までをシミュレートしたものである。シミュレーション結果を付属資料3-6に示す。日量28,000m³を継続して揚水した場合の20年後の水位低下量は最大約5mであり、本プロジェクトで計画された28,000m³/日の揚水量は水量的に特に問題ないと判断される。

4) スクリーン長さの検討

既存井戸の故障原因の一つとして、井戸への砂の侵入によるポンプの破損が挙げられる。井戸への砂の流入防止のため、スクリーン長さは砂の移動限界速度を求め、地下水のスクリーンへの流入速度をこれ以下として決定される。水道施設基準では井戸内への地下水の流入速度は15mm/秒以下にすることが望ましいとされており、フェーズIIプロジェクトで建設された井戸は約12mm/秒を目標値としてスクリーンが設置された。しかしながら、本調査にて実施した揚水試験では揚水量55m³/時においても少量ではあるが砂の流入が認められたため、スクリーン位

スクリーン位置における流入速度は下式により表される。

$$V = Q / A = Q / (2 \pi r \times \ell \times k)$$

ここに、 V : 流入速度

Q : 揚水量

A : 流入面積

r : スクリーンの半径

ℓ : スクリーンの長さ

k : スクリーンの開口率

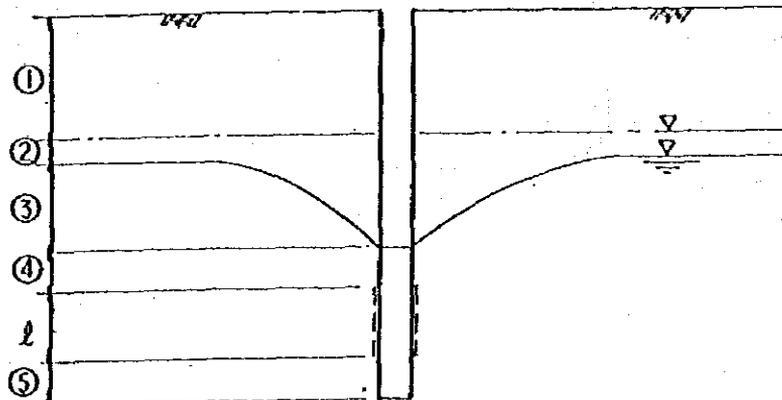
上記の条件より $V < Q / A$ とすると、

$Q = 55 \text{ m}^3/\text{時}$ 、 $r = 0.25 \text{ m}$ 、 $\ell = 20 \text{ m}$ 、 $k = 11\%$ より、 $V < 8.8 \text{ mm}/\text{秒}$ となる。

しかしながら、現状では $8.8 \text{ mm}/\text{秒}$ の流入速度においても微細砂の流入が生じていることを考慮して、本計画においては、砂の流入速度を $V = 8 \text{ mm}/\text{秒}$ 以内とする。

5) 可能揚水量の検討

バラッド水源の透水層の分布状況及び地下水位状況(図 5.2.4-2, 3参照)により、計画井戸 1 本当たりの揚水量の検討を行う。地表面から透水層下面までの平均厚さは 140.7 m である。以下に揚水量を $45 \sim 65 \text{ m}^3/\text{時}$ とした場合の必要井戸深さを検討する。



ここに、

Q : 揚水量 (m³/時)

① : 地上より自然水位 (1988 年) までの平均深さ (m)

② : シミュレーション結果による20年後の自然水位低下量 (m)

③ : 図 5.2.4-1 より求めた水位低下量 (m)

④ : 水中ポンプ長さ (m)

⑤ : 砂だめ (m)

ℓ : 計画揚水量より決まるスクリーン長 (m)

表 5.2.4-5 必要井戸深さ

Q (m ³ /時)	45	50	55	60	65	摘要
①	65.5	65.5	65.5	65.5	65.5	
②	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
③	13.3	14.8	16.2	29.0	36.0	
④	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
⑤	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
ℓ	18.1	20.1	22.1	24.2	26.2	
Σ(m)	115.4	118.9	122.3	137.2	146.2	<140.7m
評価	○	○	○	○	×	

以上の結果より、計算上1時間当たり揚水量は60m³以下が可能である。しかしながら、本地域の滞水層は約10 mの難透水層により2分されており、スクリーンを2カ所に分けて設置する可能性があること、また、実際の井戸建設におけるスクリーンの設定は滞水層における取水条件のより良い位置を対象として決定されること等を考慮すると、60m³/時を目標とした場合井戸深さに余裕がないため、計画揚水量は60m³/時未満とすることが望ましい。

(3) 新設井戸1本当たりの計画揚水量の決定

以上述べたとおり、過去の揚水実績においてはフェーズIIプロジェクトで建設されたほとんどの井戸の揚水量が約55m³/時に落ち着いていること、55m³/時以上揚水したときに水位低下量が極端に大きくなること、また、水理地質的条件においては60m³/時を揚水するためには井戸の必要深さに対し透水層の厚さに余裕がないことより、本計画において建設される井戸1本当たりの計画揚水量は55m³/時とする。

(4) 計画井戸本数

新設井戸による取水量は計画取水量から既存井戸による揚水可能量を差し引いた量とする。

ここに、計画取水量：28,000 m³/日

既存井戸による可能揚水量：11,340 m³/日

(2本の水中ポンプ取り替えによる増量より、8,700m³/日 + (55m³/時 × 2時間 × 2井) = 11,340m³/日)

新設井戸1本当たりの計画取水量：55m³/日

従って、計画井戸本数は、

$$N = (28,000 - 11,340) \div (55 \times 24) = 12.6 \text{ より } 13 \text{ 本とする。}$$

(5) 新設井戸配置計画

本プロジェクトで新設される13本の井戸のうち11本は、既存配管の有効利用を考え、今後使用されない既存井戸の近くに設置することとし、他の2本は透水層の状況が良好であると思われる既存井戸の北側に設置する。これらの井戸配置は図5.2.4-7に示すとおりである。

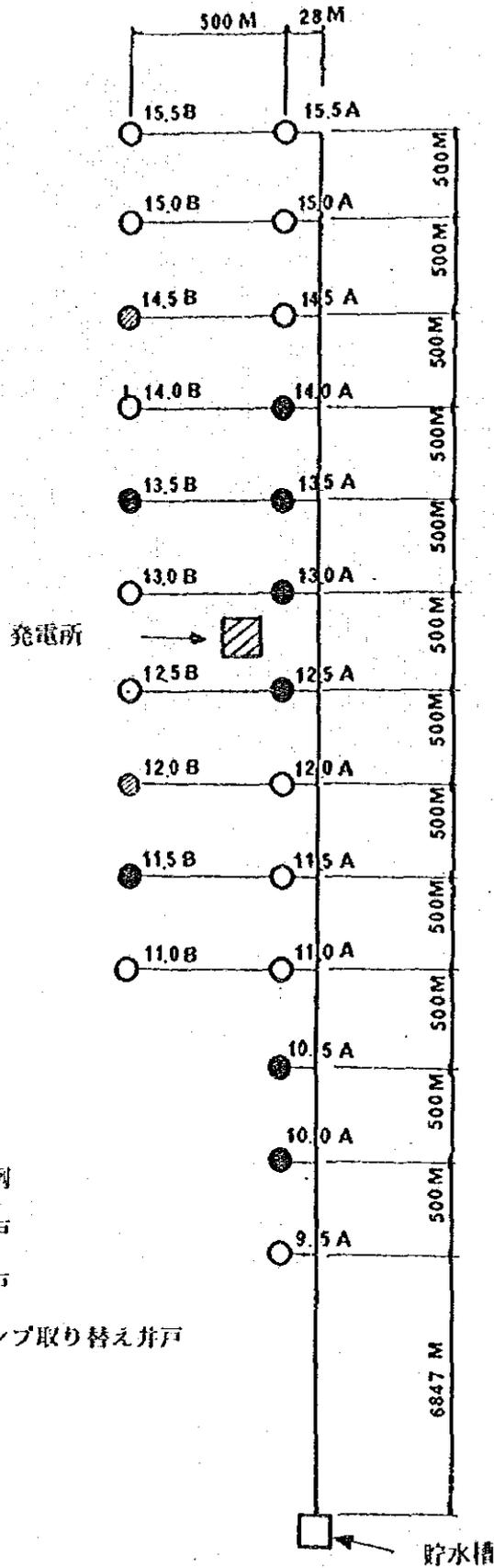


図5.2.4-7 計画井戸配置図

5. 2. 5 電力供給施設

電力供給施設は発電設備と送電設備に分けられる。

(1) 発電設備

既存井戸の水中ポンプはバラッド水源に商用電力がないため井戸群中央部に建設された発電所より電力(15KV)が供給されている(今後もこの地域に対する商用電力供給計画なし)。発電所にはフェーズIIで設置された1台の発電機を含め全7台の発電機があるが、現在実質的に運転可能なものは日本製発電機1台とUSA製発電機2台の3台のみである。現在使用されていない4台の発電機と既存USA製発電機2台は、すでに耐用年数に至っており、これを補修し再利用することは困難と判断されるため、これらの発電機は本プロジェクトにおいて設置換えを行うものとする。

(2) 送電設備

送電線はその材料の仕様(太さ、引張力)、風力による電線の振幅度及び電柱間隔から設計上の電線のたるみを決定している。そのため、送電線の断線は仮設的には部分的な取り替えにより対応可能であるが、長期的には既存送電線と補修部送電線の強度が異なるため、設計上必要となる延長を確保することができない。さらに、その異なる強度から風力による振幅度が変わり、碍子部分での接続部の老朽度の進み方が補修をしない送電線や全面張り替えをおこなった送電線に比べて早くなる。よって、本プロジェクトでは送電線を全面張り替えすることとし、碍子については既存碍子を耐塩碍子等に交換し、塩分や砂塵の付着にたえるものにする。

5. 2. 6 その他の設備

(1) 各井戸に設置された流量計の取り換え

各井戸には圧力計、流量計が取り付けられているが流量計は9個(50%)が故障している。これは微細砂の付着あるいは井戸水の石灰分の凝固が原因と思われるため、本プロジェクトで新しく設置される流量計は仕様の変更を行う。

(2) 無線通信システムの整備

従来、諸施設の維持管理、補修のため発電所、MWA本部、管理用車輛を結ぶ無線機が設備されていたが半年前にこれらが毀損し、現在車輛による人的連絡のみとなっているため、MWA側でこれを整備することが必要と思われる。