

ジンバブエ共和国
地方給水施設整備計画(フェーズII)
基本設計調査報告書

昭和63年5月

国際協力事業団

RY

ジンバブエ共和国
地方給水施設整備計画(フェーズII)
基本設計調査報告書

JICA LIBRARY



106636811

19801

昭和63年5月

国際協力事業団

序 文

日本国政府は、ジンバブエ共和国政府の要請に基づき、同国の地方給水施設整備計画にかかる基本設計調査(フェーズII)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 1月31日より 3月10日まで、外務省経済協力局無償資金協力課 寺村伸一氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

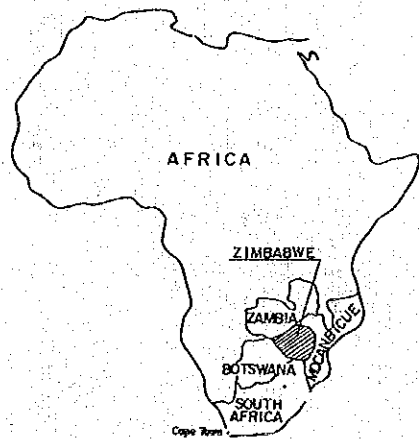
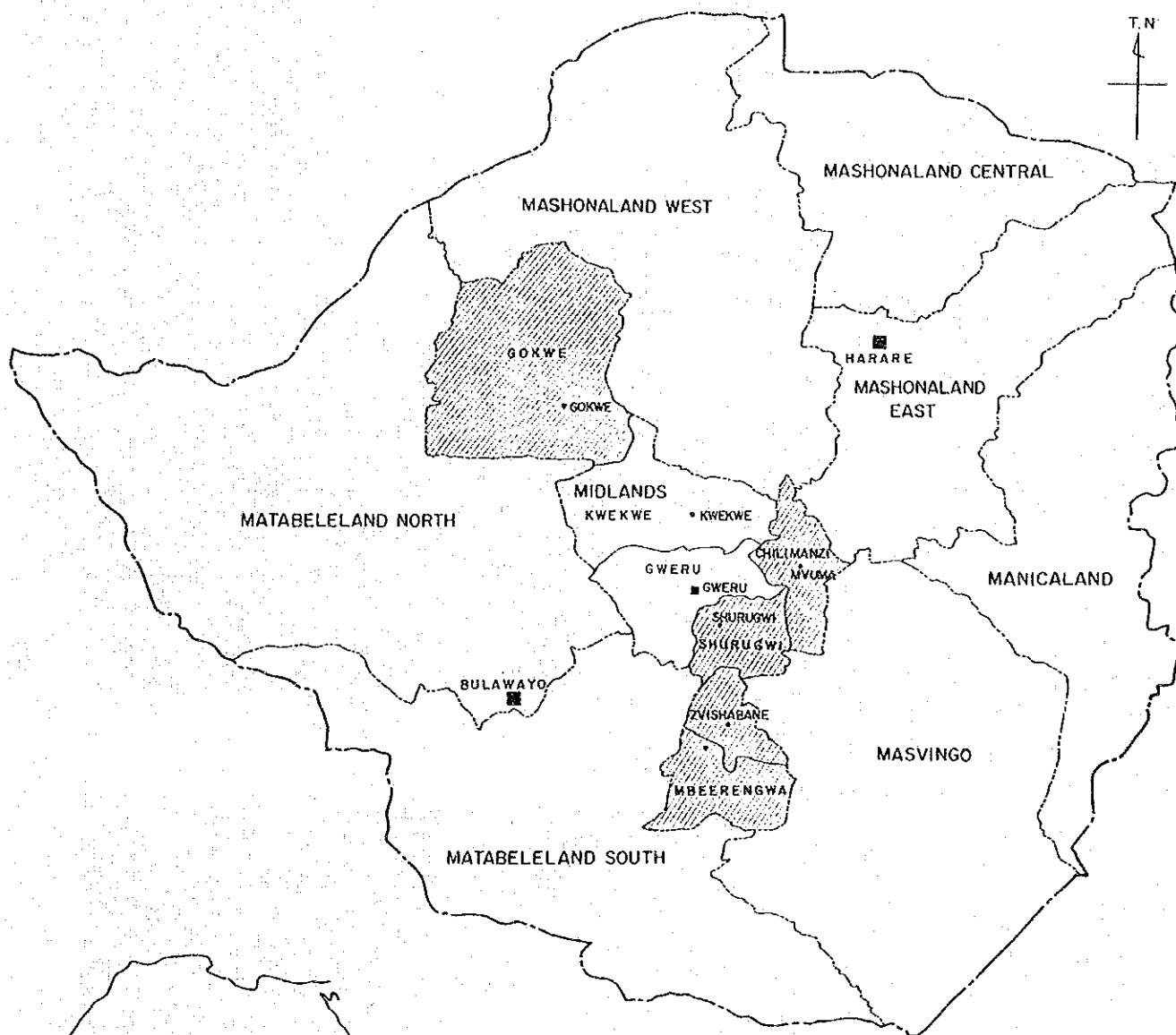
調査団は、ジンバブエ政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査及び資料収集等を実施した。帰国後の国内作業の後、農林水産省九州農政局永田聡氏を団長として昭和63年 4月23日より 5月 4日まで実施されたドラフト・ファイナル・レポートの現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ジンバブエ共和国における地方給水の改善とそれに伴う国民生活の安定と向上に成果をもたらし、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。

終わりに、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。

昭和 63年 5月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介



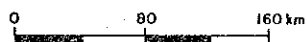
KEY MAP

ZIMBABWE

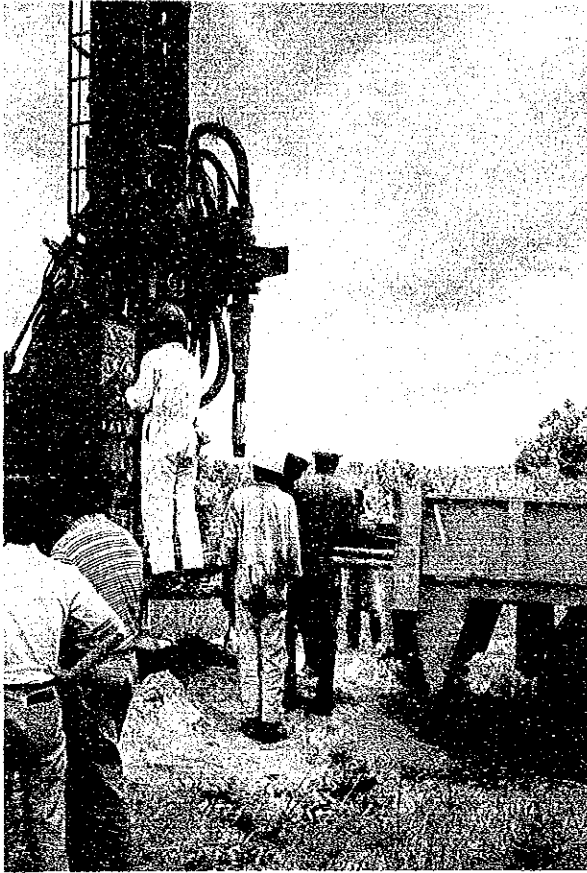


OBJECTIVE DISTRICT

SCALE



PROJECT LOCATION MAP
RURAL WATER SUPPLY PROJECT (PHASE-II)



第1期供与削井機
(Mashonaland州稼働状況)



第1期建設井戸
(Shurugwi C.L.)



計画地点GEP調査



既存井戸GEP調査

ジンバブエ共和国地方給水整備計画 基本設計調査(フェーズ II)報告書

目 次

序文	
計画地域位置図	
写真	
目次	
表・目次	
図・目次	
要約	
第1章 緒論	1
第2章 計画の背景	3
2-1 ジンバブエ国の概況	3
2-2 ジンバブエ国の土地区分と行政機構	4
2-3 国家開発計画の概要	4
2-4 計画地域	5
2-5 計画地域の給水事情	5
2-5-1 マスタープラン	5
2-5-2 計画地域の給水事情	6
2-6 計画地域の地方給水計画実施状況	8
2-7 第1期計画供与機材の現状	8
2-8 村落給水計画に対する国際協力	10
第3章 計画地域の概要	11
3-1 地形及び地質	11
3-2 水理地質	12
3-2-1 「ジ」国水理地質概要	12
3-2-2 計画地域の水理地質	16
3-3 電気探査結果の概要	19
3-4 既存井戸資料	28

3-5	既存井戸水質試験	33
3-6	水理地質総合解析	36
3-6-1	水理地質図	36
3-6-2	水理地質各論	36
3-6-3	既設長尺深井戸の分布	40
3-6-4	水理地質地域区分	41
3-6-5	既存井戸資料の分析	42
3-6-6	地下水開発上の問題点	43
第4章	計画の内容	44
4-1	計画の目的	44
4-2	計画の内容	44
4-2-1	概要	44
4-2-2	実施機関	45
4-2-3	事業計画	45
4-2-4	建設資機材の概要	48
第5章	基本設計	50
5-1	基本方針	50
5-2	設計条件の検討	51
5-2-1	設計対象地区 (Gokwe 地区)	51
5-2-2	計画給水量及び受益人口	51
5-2-3	深井戸産出量及び地下水位	54
5-2-4	計画井戸諸元の検討	55
5-2-5	サイト選定	56
5-3	施設の基本設計	57
5-3-1	深井戸の設計	57
5-3-2	給水施設の設計	57
5-4	機材の基本計画	62
5-4-1	主要資機材の選定	62
5-4-2	資機材リスト	67
5-4-3	資機材の調達	72
5-5	第1期計画調達機材との比較	72

第6章	事業実施計画	74
6-1	事業実施主体	74
6-1-1	事業実施主体	74
6-1-2	コンサルタント	75
6-1-3	契約業者	75
6-2	事業実施の分担範囲	75
6-3	施工計画 (Gokwe 地区)	76
6-3-1	施工方針	76
6-3-2	工程計画	77
6-4	要員計画	82
6-4-1	「ジ」国側要員計画	82
6-4-2	技術者派遣計画	83
6-5	事業実施工程	86
6-6	概算事業費	88
第7章	維持管理計画	89
7-1	維持管理体制	89
7-2	維持管理費	89
第8章	事業評価	91
第9章	結論及び提言	92
9-1	結論	92
9-2	提言	92

付属資料

表目次；

表	2-4-1	計画地域一覧表
	2-5-1	ミッドランズ州 District Council 別人口 (1982)
	2-5-2	計画地区給水事情
	2-5-3	マスター・プラン計画水源数一覧表
	2-6-1	ミッドランズ州事務所深井戸建設予定 (1988)
	3-2-1	水理地質単元一覧表
	3-2-2	ザンベチ中流域地質層序表
	3-2-3	Gokwe 地区水理地質単元表
	3-3-1	GEP 調査地点一覧表
	3-3-2	Gokwe 地区電気探査実施既存井戸資料
	3-4-1	Gokwe 地区既存井戸資料総括表 (井戸深度 100m 未満)
	3-4-2	" (" 100m 以上)
	3-5-1	水質試験試料一覧表
	3-5-2	Gokwe 地区既存深井戸水質試験結果一覧表
	3-5-3	水質試験結果比較表
	4-2-1	第 2 期計画深井戸建設数一覧表
	5-2-1	Gokew 地区計画井戸一覧表
	5-4-1	工種別機種別車両の需要
	5-5-1	第 1 期計画と第 2 期計画の主要機材対比表
	6-3-1	Gokwe 地区工事数量表
	6-3-2	工種別施工期間
	6-4-1	「ジ」国側要員の担当部門と員数
	7-2-1	ミッドランズ州 DDF 保守費用内訳 (1987/88)
	7-2-2	郡別深井戸維持費 (1987/88)

図目次；

- 図 2-2-1 「ジ」国の土地区分と行政機構の関係

- 3-3-1 調査位置図
- 3-3-2 電気探査 ρ -a 曲線
- 3-4-1 Gokwe 地区深度 100m 以上の既存井戸分布図
- 3-4-2 Gokwe 地区長尺深井戸の深度と地下水位
- 3-6-1 Gokwe 地区水理地質図
- 3-6-2 〃 断面図
- 3-6-3 〃

- 4-2-1 MEWRD 組織図
- 4-2-2 MEWRD ミッドランズ州事務所組織図

- 5-3-1 浅尺深井戸設計図
- 5-3-2 長尺深井戸設計図
- 5-3-3 付帯施設設計図

- 6-5-1 事業実施工程

要 約

ジンバブエ共和国はアフリカ大陸南部に位置する内陸国であり、その国土面積は、391,000Km²、人口は、860万人(1985年推定)を有している。ジンバブエ国は熱帯圏に位置するものの、国土の大半が高原であるため気候は温暖・快適であり、首都ハラレの年平均気温は25.3°C、降雨量は約800mmである。しかしながら、ジンバブエには8ヶ月に及ぶ乾期が存在する為、気候的にはむしろ半乾燥地帯に属するものと言える。

ジンバブエ国の人口の約70%に相当する人々は、農業部門を収入源としている。この農業部門には、大規模商業的農業、村落共有地における自家消費型農業、並びに再定住地での小規模商業的農業の3形態があるが、大多数は自家消費型農業に従事している。

ジンバブエ国では村落給水事情の改善を計る為、1982年「村落給水と衛生に関する国家マスター・プラン」の作成に着手しており、このマスター・プランは1986年完了している。今回の計画はこの国家政策を受けたものであり、本計画に対する日本側の無償資金協力としては1983年度に第1期計画が実施済みである。今回計画は1985年3月に完了した第1期計画を引継ぐ第2期計画であり、以下に示す地域が対象となっている。

計画地域一覧表

村落共有地名	人口(1985推定)	面積(km ²)	郡名
Gokwe	254,109	14,380	Gokwe
Chilimanzi	44,432	1,040	Mvuma
Shurugwi	43,797	830	Shurugwi
Runde/Mazvihwa	61,361	1,550	Zvishavane
Mberengwa	165,322	3,750	Mberengwa
合 計	569,021	21,550	

計画地域における給水事業は下表に示す通りであり、地域の人口；569,000人の内で60%以上の人々は適切な水源施設を有していない。マスター・プランの目的は村落地域におけるこれらの人々に適切な水源と衛生施設を供給する事にある。

計画地区給水事情

<u>共有地名</u>	<u>1985年人口(推定)</u>	<u>水道水源受益者</u>	<u>点水源受益者</u>
	(人)	(カ所:人数)	(点数:人数)
Gokwe	254,109	18: 17,800	628点: 125,600
Chilimanzi	44,432	6: 5,200	86 : 17,200
Shurugnei	43,797	2: 4,600	55 : 11,000
Runde/Mazvihwa	61,361	-: -	48 : 9,600
<u>Mberengwa</u>	<u>165,322</u>	<u>2: 3,200</u>	<u>143 : 28,600</u>
合 計	569,021	30,800 960	点:192,000

今回の計画は上記に示す村落地域の給水事情を深井戸建設により改善する事を目的としている。今回の計画対象地域は先に示した5地区よりなるが、Gokwe地区を除く他の地区は第1期計画の対象地区でもあった。Gokwe地区は今回の第2期計画に新規に組み込まれた地区であり、今回計画の主体をなしている。

Gokwe地区を構成する地質上の特徴は、第1期計画地域の先カンブリア系の花崗岩、片麻岩類と異なり、堆積岩類を主体としている事である。また、Gokwe地区は、水理地質上下記の3ゾーンに分帯されるが、本地区での地下水開発では200~400m以上の長尺深井戸の建設を必要とする場合も時々発生している。

Gokwe地区 水理地質分帯

- (1) 南西部；カラハリ砂層~上位砂岩層で構成される標高1,000~1,200mの丘陵地である。深度100m以内の地下水開発も行なわれているが、大量取水の場合には深度100~200mの長尺深井戸が開発対象となる。但し、長尺深井戸の自然水位は60m以下となり、ハンドポンプ取水が困難となり、動力ポンプが必要となる。

- (2) 中央部；南西丘陵地域及び北東部泥岩地域を除く地域が中央地域に属する。地域の大半は上位砂岩層に覆われるが、一部玄武岩或いは泥岩より構成される。長尺深井戸の開発は遅れており(既設井戸70孔の内、6孔が100m以上の長尺深井戸)浅層地下水開発においても、砂岩・泥岩地域における低成功率が目につく地域である。
- (3) 北東部；泥岩を主体とする地域であるが、泥岩は通常帯水層を形成する事が少ないため深度100m以上の長尺深井戸の開発が進められている。上位砂岩層の既存井戸54本の内21本(約40%)は長尺深井戸となっているが、これは上位砂岩層に良好な帯水層が検出されず、下位の泥岩層を貫通させている為と思われる。既存の浅尺井戸の成功率は砂岩層で90%泥岩層で70%弱であるが、今後の開発適地の減少にともない成功率が低下する事が考えられる。

本計画の実施機関はジンバブエ政府のエネルギー・水資源開発省(MEWRD)である。本計画は下記に示す延べ120本の深井戸建設と削井用機材の供与の二本柱から構成され、日本の無償資金協力を前提としている。

第2期計画深井戸建設数

<u>共有地名</u>	<u>人口(1985年)</u>	<u>建設井戸数</u>
Gokwe	254,109	40
Chilimanzi	44,432	11
Surugwi	43,797	11
Runde/Mazvihwa	61,361	16
<u>Mberengwe</u>	<u>165,322</u>	<u>42</u>
合 計	569,021	120

MEWRDは本計画遂行のため、以下の業務を実施するものとする。

(1) Gokwe 地区

- ・ 本計画に供与される削井機等の資機材を使用して、自治省と協議の上計画されている40本の深井戸のサイト選定及び井戸建設工事を行なう。このためMEWRDは事業実施に必要な要員を確保すると共に、日本側が調達する以外の必要な資機材を調達し、深井戸建設を行なうものとする。
- ・ 計画遂行のため実施主体として調査及び工事を実施する。但し計画初頭においては、技術指導のため「ジ」国に派遣される日本人技術者に協力して上記の調査及び工事を実施するものとする。日本人技術者帰国後、残余の調査及び工事は「ジ」国側が単独に実施するものとする。

(2) その他の地区

- ・ 既にMEWRDが所有している削井機を使用して、延べ80孔の深井戸建設を行なう計画とする。但し、新たに掘削される井戸に必要な井戸スクリーン及びハンドポンプは供与されるものとする。

又、日本の無償資金協力により、本計画で供与される資機材は以下に示すものとする。

(1) 削井機	1台
(2) 高圧コンプレッサー	1台
(3) 支援車両	9台
(4) 物理探査機器	1式
(5) 井戸試験機器	1式
(6) 永久ケーシング・パイプ	1式
(7) 水質分析キット	1式
(8) ハンドポンプ	140台
(9) 無線通信システム	1式
(10) エンジン溶接機	1台
(11) コンクリート・ミキサー	1台

(12) 調泥剤	1式
(13) 移動式修理倉庫	1式
(14) スペアパーツ	1式

本計画の達成に必要な総事業費は ¥ 649 百万円と見積られる。この内、日本側の分担分は ¥ 559 百万円、ジンバブエ側分担分が ¥ 90 百万円である。

本計画に必要な工期は、両国政府の交換公文に始まり、コンサルタント契約、資機材の調達及び輸送に 11.5ヶ月、日本側建設工事協力の完了までに21.0ヶ月、MEWRDによる建設工事完了までに38.3ヶ月と見込まれる。

本計画では建設される深井戸は、ジンバブエ側で維持管理されるが、この維持管理組織は「郡開発基金」(District Development Fund: DDF)により既に保持・運営されている。上記 DDF の実施によると、深井戸1井当りの年間維持費は表7-2-1に示す如く 1987年度でZ\$189である。

本計画の直接便益としては延べ 47,000人の人々に安全な飲料水が供給出来る事が上げられるが、更に供与される機材を用いてジンバブエ側で村落給水計画を進めて行く事が可能になるため、はるかに多くの人々が将来的に便益を受ける事となる。第1期計画で供与された機材は、現在マニカランド州の村落給水計画で使用されており、受益者層が拡大されている。

本計画で供与される機材は操作技術上第1期で供与した機材と同質のものであり、ジンバブエに於ける運用については技術上の問題は無く、また、ローカル分の人件費及び資材費についての財務上の問題も少ないものと言える。以上の点から、本計画に対する無償資金協力の実施は妥当なもの判断される。

第1章 緒論

ジンバブエ共和国(以下「ジ」国と称する)における給水事情は、大都市に於ては安全な飲料水が供給されているものの、村落共有地(Communal Land)内では水道普及率は数%以下と極めて低く、大多数の住民は天水、河川、湖沼水等の不衛生な水を生活用水としている。

このような状況を改善する為、「ジ」国政府は1980年の国際連合決議による「国際飲料水及び衛生に関する10ヵ年計画」に基づき、1982年より「村落給水と衛生に関するマスター・プラン」(以下「マスター・プラン」と略する)の作成に着手している。このマスター・プランは1986年に完成し、最終的な承認待ちとなっている。マスター・プランに掲げられている計画地区の緊急新設水源(浅井戸或いは深井戸による点水源)数は以下に示す通りである。

<u>地区名</u>	<u>既設水源数</u>	1990年目標数
		<u>緊急新設水源</u>
Gokwe	628	870
Mvuma	86	770
Shurugwi	55	180
Zvishavane	48	150
<u>Mberengwa</u>	<u>143</u>	<u>280</u>
計	960	2,250

「ジ」国政府は上記の目標達成の一環として、1982年日本国政府に「村落給水施設整備計画」の開発調査を要請した。この開発調査結果を受けて、日本国政府は1983年9月無償資金協力「地方給水施設整備計画(第1期);E/N額8.0億円」を実施した。第1期計画は1985年3月完了したが、「ジ」国政府は、地方給水計画の早期実現の為、日本国政府に対し改めて第2期計画の無償資金協力を要請した。

日本国政府は「ジ」国の要請内容を検討した結果、本計画に係わる基本設計調査の実施を決定した。この決定を受けて、国際協力事業団(以下「JICA」と称する)は1988年

1月31日から3月10日までの期間、外務省経済協力局無償資金協力課寺村伸一氏を団長とする基本設計調査団を「ジ」国に派遣した。

調査団は「ジ」国側実施機関であるエネルギー・水資源開発省(以下「MEWRD」と称する)関係者と計画内容について協議を重ね、現地調査及び計画の情報、資料の収集を行った。MEWRDと調査団との協議結果は、議事録としてまとめられ、1988年2月9日双方の代表者が署名し交換した。

調査団の構成、現地調査の行程、訪問先および面接者、協議議事録、収集リストなどは、付属資料として巻末に添付した。

この報告書は、調査団が帰国後、国内作業において、現地調査結果を基にして本計画の妥当性を検討の上、給水施設の基本設計、資機材の選定、概算事業費の積算、維持管理計画など、本計画を実施するための最適案についてとりまとめたものである。

第2章 計画の背景

2-1 ジンバブエ国の概況

アフリカ南部に位置するジンバブエ共和国は南緯約 20 度、東経約 30 度にあつて、その国土面積は 391,000km²、人口は 860 万人(1985 推定)であり、海港を持たない内陸国である。国土の大半は海拔 500m 以上を有し、首都のハラレを始め、ブラワヨ、ムタレ等の主要都市は中央高原に位置している。気温は熱帯圏に位置するものの、高原であるため温暖で快適であり、ハラレの平均気温は 25.3°C、降雨量は約 800mm である。しかしながら、「ジ」国には 8ヶ月に及ぶ乾期があり、気候的にはむしろ半乾燥地帯に属するものと言える。

「ジ」国は他のアフリカ諸国より遅れ 1980 年に独立した。周辺諸国の歩みを教訓として、植民地時代に築かれた経済基盤を旧宗主国を中心とする先進諸国の協力の下に活用し、アフリカ諸国にあつては比較的順調な経済基盤を有している。

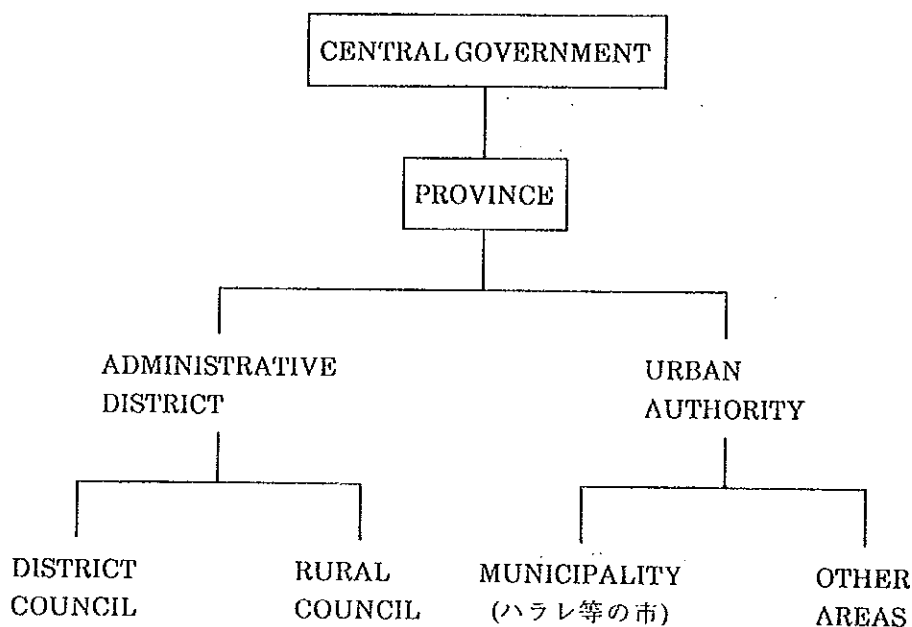
「ジ」国の人口は、1982 年のセンサスによれば 7,546 千人である。人口増加率は 3.7%と推定され、1985 年の人口は約 860 万人と推定される。

「ジ」国の総人口の約 70%に相当する人々は、農業部門を収入源としている。この農業部門には、大規模商業的農業、村落共有地における自家消費型農業、並びに再定住地域での小規模商業的農業の 3 形態があるが、大多数は自家消費型農業に従事している。

2-2 ジンバブエ国の土地区分と行政機構

「ジ」国における土地区分とそれを管轄する行政機構との関係は図 2-2-1 に示す通りであり、計画地域の各村落共有地は District Council の支配地域に属し、その主体を構成している。

図2-2-1 「ジ」国の土地区分と行政機構の関係



2-3 国家開発計画の概要

現行の「第一次国家開発 5 カ年計画 (1986~1990)」は以下の 6 項目に重点を置いている。

- i) 経済構造の改善・管理統制と経済の拡大発展
- ii) 土地利用の改革と国土の効率的利用
- iii) 国民、特に労働農民層の生活水準の向上
- iv) 雇用機会の拡大及び人的能力の開発
- v) 科学技術の開発
- vi) 環境と開発の適正な均衡維持

「ジ」国の経済の主要な担い手は製造業及び農業であり、1985年度の国内総生産は81.0億Z\$、国民一人当たり1,080Z\$である。1985年時点では製造業と農林業が総所得の29%、13%を占めているものの、1980年から1985年の実質成長率は17.0%となっている。(出典：Central statistical office)

2-4 計画地域

今回要請があった計画地域は第1期計画地域に Gokwe 地区を加えた下記の村落共有地である。但し、今回計画の日本側協力の主体は Gokwe 地区であり、その他の地域における井戸建設は「ジ」国側で独自に実施される事となった。

表2-4-1 計画地域一覧表

村落共有地名	人口 (1985 推定)	面積 (km ²)	郡 名
Gokwe	254,109	14,380	Gokwe
Chilimanzi	44,432	1,040	Mvuma
Shurugwi	43,797	830	Shurugwi
Runde/Mazvihwa	61,361	1,550	Zvishavane
Mberengwa	165,322	3,750	Mberengwa
合 計	569,021	21,550	

2-5 計画地域の給水事情

2-5-1 マスタープラン

「国際飲料水及び衛生に関する10ヵ年計画」が1980年11月10日、国連の一般総会で決議された。「ジ」国では、1982年「村落給水と衛生に関する国家マスタープラン」を作成する事とし、NORAD (The Norwegian Agency for International Development) の援助を受け、1982年これに着手し、1986年完了となっている。

マスタープランにおける給水計画の骨子は以下に示す通りである。

- i) 計画達成期間として、短期(1985~1990)、中期(1985~1995)、及び長期(1985~2005)のステージを設定する。
- ii) 村落地域の中核となるサービスセンター等には配管給水を計画する。
- iii) その他の一般村落地域は点水源(深井戸、浅井戸、湧泉等)による給水を計る。

2-5-2 計画地域の給水事情

i) 人口

1982年センサスによるミッドランズ州の人口は1,081千人であるが、この内761千人は District Council の行政地域の住民であるが、その殆どは村落共有地の住民である。

各 District Council ごとの人口は表 2-5-1 に示す通りである。

表2-5-1 ミッドランズ州 District Council 別人口 (1982)

District Council	人 口	増加率 (%)
* Chezia Gokwe	218,969	4.75
Chikomba	97,223	1.80
Mamyame	46,805	3.85
Mashambazhon	108,387	4.10
* Mberengwa	150,777	2.65
* Shurugwi	41,717	1.45
* Mvuma	42,144	1.50
* Zvishavane	55,216	3.10
合 計	761,238	2.90

注); *印は計画対象地区を示す。

ii) 給水事情

計画地区の給水事情は表 2-5-2 に示す通りであり、地区人口 569,000 人の内配管給水を受けている者が 30,800 人 (5.4%)、又適切な点水源給水の恩恵に浴している者が 192,000 人 (33.7%) であり、他の 60% 強の住民は今後の新規水源の開発を待望している状況である。「ジ」国マスタープランにおける計画地域内の新設水源数は表 2-5-3 に示す通りであり、1990 年目標の緊急計画井戸数は延べ 2250 点である。この内、既存水源の浅井戸と深井戸の比率 (1:2) より考えるならば、深井戸必要数は約 1,500 本となる。

表 2-5-2 計画地区給水事情

共有地名	1985 年人口 (推定) (人)	水道水源受益者 (カ所:人数)	点水源受益者 (点数:人数)
Gokwe	254,109	18: 17,800	628 点: 125,600
Chilimanzi	44,432	6: 5,200	86 : 17,200
Shurugnei	43,797	2: 4,600	55 : 11,000
Runde/mazvihwa	61,361	-: -	48 : 9,600
Mberengwa	165,322	2: 3,200	143 : 28,600
合 計	569,021	28: 30,800	960 点: 192,000

表 2-5-3 マスタープラン計画水源数一覧表

地区名	既設水源	新設水源 (1990)	新設水源 (2005)
Gokwe	628	870	1,720
Mvuma	86	770	1,300
Shurugwi	55	180	310
Zvishavane	48	150	290
Mberengwa	143	280	480
計	960	2,250	4,100

2-6 計画地域の地方給水計画実施状況

計画地域を管轄する MEWRD のミッドランズ州事務所では地方給水計画推進の為、独自で事業を実施している。1988年における深井戸建設予定は以下に示す通りであり、これらの深井戸建設の為、延 8 台のパーカッション式削井機が投入されている。

表2-6-1 ミッドランズ州事務所深井戸建設予定 (1988)

(1) 旱魃救済事業	27 地点
(2) 自治省予算	54 地点
(3) 国土省予算	9 地点
(4) 国土省移住地地域	36 地点
	<hr/>
	計 126 地点

2-7 第 1 期計画供与機材の現状

(1) 削井現場視察結果

2月9日、MEWRD 削井部のアドバイザーの案内によって、マシヨナランド・セントラル州の Mt. Darwin 地区の削井現場を視察した。

第 1 期で供与した車両搭載型高速削井機の現在までの走行距離は約 12,000km であった。又削井機の実稼働時間は MEWRD の計算によれば約 4,000 時間との事である。他の一台は現在カリバ地区で稼働中であり、同程度の稼働状況との事である。

又、支援車両の走行距離は、カーゴトラックで 111,000km、ランドクルーザーは 160,000km を示しており、砂利道での使用が殆どである事を考えると既に耐用限度に近いものと言える。

第 1 期後、マニカランド州の NORAD (ノルウェー) Project に、供与した 2 台のリグを投入し、1987 年 10 月までに 230 本 (延 12,000m) の井戸を掘削している。現在も非常に効率よく使用しており、月平均一台当たり 10~15 本の井戸を掘削している。今までに大

きな故障もなく、「ジ」側関係者は機械の性能に非常に満足していた。又、メンテナンスについても、月2回のエンジンオイルの交換、年1回1ヵ月の定期点検を行う等、非常に丁寧に使用している。

コンプレッサーについては、機械の能力には満足しているものの、道路事情から牽引する事は事実上不可能となっており、現在はトレーラーに搭載し、運搬している。

(2) ミッドランズ州事務所における視察結果

ミッドランズ州事務所には現在第1期で供与したカーゴトラックが1台、ランドクルーザー(ワゴンタイプ、ピックアップタイプ 各1台)が2台配置されている。現在までの走行距離は、トラックが68,000km、ワゴン車が164,000km、ピックアップ車が110,000kmであり、何れもかなり老朽化が目立つ現状にある。

(3) 第1期建設井戸の保守状況

Shurugwi C. L. に建設された3ヵ所の井戸を視察したが、何れも良好に維持されており、多数の住民に利用されていた。内、1ヵ所では住民自身の手で洗濯場、家畜用水呑場が新設されており、住民の維持管理に対する関心の深さが伺われた。

(4) 計画地域における使用実績

Gokwe Town の水道水源開発のため、250~300m級の井戸を建設すべく使用されたが、230m深度で孔壁崩壊の事故に遭い掘削不能となり、中断された。ただし、「ジ」側では第1期供与の削井機の削井能力は深度100~150m程度である事を承知の上で、他に適当なリグが手当出来なかった為に使用したとの事であった。

その後、この削井機はNORAD PROJECTに復帰し、作業中である。上記の1例を除き、第1期計画完了後、計画地域での使用実績は見当たらないが、ミッドランズ州内ではGweru南方で延18本、1,105mの掘削実績を有している。

2-8 村落給水計画に対する国際協力

「ジ」国における村落給水に対する国際協力は「ジ」国の独立以来種々のものが実施されてきている。現在実施中のプロジェクトとしては、以下に示すものがある。

- ・ Matabeleland州における EEC・プロジェクト
- ・ 全国域を対象とするオランダ・プロジェクト
- ・ Masvingo州における西ドイツ・プロジェクト

今回計画地域となる村落共有地においては、日本国による第1期計画以後、給水事業部門の国際協力は実施されていない。但し、オランダが浅井戸改修計画の援助に興味を示しており、1988年2月現在「ジ」国関係機関と接触中である。

第3章 計画地域の概要

計画地域には Gokwe 地区と第 1 期計画実施地区があるが、今回の基本設計現地調査は新規に取り込んだ Gokwe 地区を対象に行った。以下計画地域の概要を示すが、水理地質の検討等は全て現地調査を実施した Gokwe 地区についてのものである。

3-1 地形及び地質

ミッドランズ州の地形は穏やかな平原状の高原を主体とし、所々貫入岩体による山地が散在している。共有地の住民は全て農牧畜業を営んでおり、高原に定住している。植生はステップから森林に近い物まで変化するが、州の南部～南西部の共有地内には見るべき森林は存在しないが、北西部の Gokwe 地区は泥岩地域を除きほぼ森林地帯となっている。降雨量の多少を反映し、南部に行くにつれ樹木は少なくなり、サバンナからステップの様相を呈する様になる。

計画地域を構成する地質は北西部 Gokwe 地区と西部～南西部地区 (Chilimanzi～Mberengwa に至る地区) ではその性状を異にしている。則ち、北西部は三疊系～ジュラ系の堆積岩 (一部玄武岩、流紋岩を挟む) 及びこれを覆う第四系 (カラハリ砂層を主とする) から構成されるに対し、西部～南西部は先カンブリア系の花崗岩類・片麻岩類を主とし、一部片岩類から構成されている。

計画地区地質状況は以下に示す通り概括される。

i) Gokwe 地区

北部及び南東部の Sijarira 層群の小規模砂岩層を除いて、Gokwe 共有地の大部分は Karoo 砂岩、白亜系砂岩、グリット (粗粒砂岩) 或いは Karoo 泥岩、カラハリ砂層、沖積層に覆われている。地下水開発にとって、下位 Karoo 層群中の砂岩層はしばしば被圧帯水層を形成しており、重要な地層である。

ii) Chilimanzi 地区

本地区は北部の新期花崗岩地帯と南部の旧期片磨岩地帯に二分される。

iii) Shurugwi 地区

新期花崗岩類及び旧期片磨岩類により構成される。本地区西方にはジンバブエを南北に貫くグレートダイクが走り、これに平行な線状構造が発達している。

iv) Runde, Mazvihwa 地区

S字上のメタ火山岩の緑色片岩の峯が共有地を南北に延びている。この峯の周辺は新期花崗岩類及び旧期片磨岩類よりなっている。

v) Mberengwa 地区

本地区は西南西～東南東方向を有する先カンブリア系の種々の岩盤の縞状構造で特徴づけられる。又、北東部にはトナライトを伴う旧期片磨岩が発達し、地区の西端にはグレートダイクが走っている。

3-2 水理地質

3-2-1 「ジ」国水理地質概要

「ジ」国の水理地質状況については、第1章緒論に述べたマスタープラン報告書にとりまとめられており、表3-2-1に示す如く、10の水文地質区に区分されている。各水文地質区の性状を概括すると以下の通りである。

i) Archaean Granite and Gneissose Rocks

花崗岩、片磨岩からなり、「ジ」国中に広く分布している。帯水層は、風化帯の厚さに左右され、局所的に分布するのみである。

表3-2-1 水理地質单元一覽表

<u>水理地質单元</u>	<u>岩 相</u>	<u>地下水開發可能性</u>
1. The Archaean Granite and Gneissose Rocks	片麻岩、花崗岩	中~低
2. The Greenstone Belt		
2-a) The Bulawayan Unit	メタ溶岩	高
2-b) The Shamvaian Unit	酸性溶岩	低
3. The Argillites (泥質岩) of the Piriwiri, Lomagundi, Tengwe River and Sijarira Formations	千枚岩	低
4. The Lomagundi and Tengwe River Group, Calcareous Facies		
4-a) The Lomagundi Calcareous Facies	苦灰岩	高
4-b) The Tengwe River Calcareous Facies	石灰岩	中
5. The Umkondo Group	片岩、千枚岩	低
6. The Karoo Sequence		
6-a) The Batoka Basalt	玄武岩	中
6-b) The Forest Sandstone	細粒砂岩	高
6-c) The Escarpment Grit	粗粒砂岩	高
6-d) The Madumabisa Mudstone	泥岩	低
6-e) The Upper and Lower Wankie Sandstone	砂岩	高
7. The Cretaceous Formation (白堊系)	礫岩、泥岩	低
8. The Kalahari Sands	砂層	高
9. The Alluvial Deposits (沖積層)	沖積層	高
10. Mashonaland Dolerite	粗粒玄武岩	中

ii) The Greenstone Belt

ii-a) The Bulawayan Rocks

溶岩であるが、風化が深部まで進んでおり、帯水層は、極めてよく発達しており、平均 $100\sim 250\text{m}^3/\text{day}$ の揚水が可能である。

ii-b) The Shamvianian Rocks

長石質岩の集合体で特徴づけられており、酸性溶岩、千枚岩、グレイワッケよりなる。帯水層は Bulawayan 層に比較すると劣性であり、平均揚水量は $10\sim 25\text{m}^3/\text{day}$ である。

iii) The Argillites of the piriwiri, Lomagundi, Tengwe River and Sijarira Formations

礫岩、粘板岩、頁岩、シルト岩から成るが、帯水層は劣性である。

iv) The Calcareous Rocks of the Lomagundi and Tengwe River Groups

岩質はドロマイトであり、地下水は浅帯水層はあまり発達していない。しかし、深帯水層は良好であり、カルスト・ゾーンに当たれば揚水量は $500\sim 2,000\text{m}^3/\text{day}$ と豊富である。

v) The Umkondo Group

雲母片岩を主とする層群であり、深井戸揚水量は $10\sim 50\text{m}^3/\text{day}$ 程度である。

vi) The Karoo Sequence

vi-a) The Batoka Basalt

玄武岩層であるが、帯水層は局所的に分布しており、条件しだいでは $250\text{m}^3/\text{day}$ 以上の揚水も可能であるが、通常 $20\sim 100\text{m}^3/\text{day}$ 程度である。

vi-b) The Forest Sandstone

細粒砂岩層である。帯水層性状は初生的な空隙及び透水性に支配される。本層は時に広域帯水層を形成し、 $50\sim 300\text{m}^3/\text{day}$ の深井戸揚水が可能である。

vi-c) The Escarpment Grit

粗粒砂岩層であり、Gokwe 地区では $30\sim 40\text{m}$ の層厚を有する。深井戸揚水量は $100\sim 300\text{m}^3/\text{day}$ が可能である。

vi-d) The Madumabisa Mudstone

泥岩層であり、地下水開発は極めて限定されている。水質的にも、塩分或いはフッ素分に問題が多く、飲料水には適さないことが多い。

vi-e) The Upper and Lower Wankie Sandstone

この砂岩層の産出量は初生的な空隙及び透水性に支配される。地域的な被圧帯水層を形成しており、 $100\sim 500\text{m}^3/\text{day}$ の揚水が通常可能であるが、井戸深度は $100\sim 150\text{m}$ 以上の深井戸となることが多い。

vii) The Cretaceous Formation

礫岩、砂岩、泥岩等の堆積岩からなる。帯水層一般に貧弱であり、産出量は、 $10\sim 50\text{m}^3/\text{day}$ 程度である。

viii) Kalahari Sands

細・中粒砂から成る。帯水層は一般に良好で $100\text{m}^3/\text{day}$ 、時として $1,000\text{m}^3/\text{day}$ の揚水が可能である。

ix) Alluvial Deposits

沖積の未固結堆積物から成る。本層の産出量は大きく変化するが、良質の砂・砂礫層に当たれば、100~5,000m³/dayの揚水が可能である。

x) Mashonaland Dolerite

花崗岩或いは片磨岩に貫入したドレイイトであり、深度30~50mの深井戸で50~250m³/dayの産出量が可能である。

3-2-2 計画地域の水理地質

Gokwe 地区周辺の地層層序は表 3-2-2 に示す通りであり、本計画上、水理地質的観点より表 3-2-3 に示す如くとりまとめられる。則ち、Gokwe 地区の水理地質は、以下の 6 単元に総括出来るが、Gokwe 地区の殆どは北東部の Sijarira 層群を除きカラハリ層、上位砂岩層及び上位泥岩層に覆われている。

- i) カラハリ層 : カラハリ砂層、Botaka Basalt 層上位の堆積岩類
- ii) 玄武岩層 : Botaka Basalt
- iii) 上位砂岩層 : Forest Sandstone を主とする上位 Karoo 層群の砂岩類
- iv) 上位泥岩層 : Madumabisa Mudstone
- v) 上位砂岩層 : 下位 Karoo 層群の砂岩層
- vi) 下位泥岩層 : Sijarira 層群の泥岩類
- vii) 基盤岩類 : 花崗岩類、片磨岩類

表3-2-2 ザンベチ中流域地質層序表

時代	地層	層厚(m)
第四系~白亜系	Kalahari Sand	
	Sandstone etc	
下位ジュラ系	Batoka Basalt	50~80
三疊系	Forest Sandstone	610
	Pebbly Arkose	上位 140
	Fine Red Mariey Sandstone	Karoo層群 70
	Ripple Marked Flags (板石)	(上位砂岩層) 0~
	Escarpment Grit (粗粒砂岩)	1,200
二疊系~石炭系	Madumabisa Mudstone (上位泥岩層)	500
	Upper Wankie Sandstone	下位 30
	Black Shale and No.1 Seam	Karoo 25
	Wankie Main Coal Seam	層群 70
	Lower Wankie Sandstone	60
	Glacial Beds	100
先カンブリア系	Sijarira層群	
先カンブリア系	花崗岩、片麻岩、片岩等	基盤

表3-2-3 Gokwe 地区水理地質単元表
(マスター・プラン報告書より一部修正変更)

<u>時 代</u>	<u>岩 相</u>	<u>水理地質条件</u>
第四系～白亜系	カラハリ層 (Kalahari Sand, Sandstone)	良好な帯水層を形成するが、高所に位置する為、井戸深度が深く、水位も深い。
下位ジュラ系	玄武岩層 (Botaka Basalt)	風化帯或いは下位砂岩層境界部に帯水層を形成するが、局所的である。 高所に分布する為、地下水位が深くなる場合が多い。
三畳系	上位砂岩層 (Forest Sandstone etc.)	上位 Karoo 層群相当層であり、上位砂岩層として一括される。深部帯水層が有力であるが、一般に地下水位は深い。
二畳系	上位泥岩層 (Madumabisa Mudstone)	帯水層としては劣悪であり、水質的にも不良のものが多い。
二畳系～石炭系	下位砂岩層 (Wankie Sandstone)	地域的に連続する良好な帯水層である。泥岩下に分布する為、井戸深度が深くなる。
先カンブリア系	下位泥岩層 (Sijarira Group)	泥岩～細粒砂岩系の堆積岩であり、水理地質的には Madumabisa Mudstone と同質である。
先カンブリア系	基盤岩類 (Granites/Gneisses)	基盤岩であり、風化帯或いはキレツ帯に局所的に帯水層を形成する。

3-3 電気探査結果の概要

(1) 概要及び実施地点

今回計画(第2期)で新期に組み込まれた Gokwe 地区で延24点の電気探査(GEP)を行なった。調査点数の内訳は地質と井戸性状の関係を把握・対比する為の既存井戸地点調査が延11点(E-番号)、計画井戸地点が延13点(P-番号)の計24点であり、表3-3-1、図3-3-1に示す通りである。

なお、実施した GEP の手法はウエナー法、探査深度は100mであり、使用機器は応用製 Mc-OHMである。

(2) 解析結果

調査結果は、図3-3-2に示す通りであり、GEP実施の概説井戸の資料は表3-3-2に示す通りである。

図3-3-2は各地質別に既存井戸地点の ρ -aカーブ及び計画地点の ρ -aカーブを併記しているが、既存井戸の記録から推定される各地層別の水理地質と電探結果との関係を取りまとめると以下のようになる。

i) カラハリ砂層

既存(E-5)井戸は36ℓ/minの産出量で見掛け比抵抗は20~60Ω-mを示す。一方既存(E-14)井戸はEL.1260mの高所に位置し、E-5とは標高で100mの差がある。(E-14)の見掛け比抵抗は1000~10000Ω-mと高く、産出量は、9ℓ/minである。この事より、カラハリ層の地下水開発では、100Ω-m以下となるゾーンを検出すべきと言える。

ii) 玄武岩

既存井戸(E-4)は100ℓ/min以上の湧出量を有し、比抵抗は130Ω-mを示している。玄武岩層にあっては、100Ω-m内外を示す層は良好な帯水層を構成する可能性が強いと考えられる。

iii) 砂岩層

既存井戸4点を測定したが、(E-3)井戸を除き井戸産出量は36~76ℓ/minと優秀である。比抵抗は見掛け比抵抗が30~60Ω-mゾーンが深度40m程度まで連続している事が特徴的である。また、(E-9)では見掛け比抵抗が10Ω-m以下ともなるが、粘土化は進行していないようであり、この点は後述する泥岩とは様相を異にするものと言える。

iv) 泥岩層

既存(E-2)井戸は23ℓ/minの産出量で見掛け比抵抗は70~100Ω-m内外である。P-27にみられる10~20Ω-mを示す低い比抵抗ゾーンは、粘土化が進行して帯水層としては劣悪なものである可能性が多いと思われる。

v) 花崗岩/片麻岩

第1期の経験より見掛け比抵抗100~300Ω-m以下のゾーンが深度30~40mまで連続する事が良好帯水層の必要条件と言える。

LEGEND

- Proposed B/H Sites
- (Surveyed by GEP)
- Existing B/H Surveyed by GEP
- () Existing B/H for Water Analysis only
- District Boundary
- - - Administrative Sub-boundary

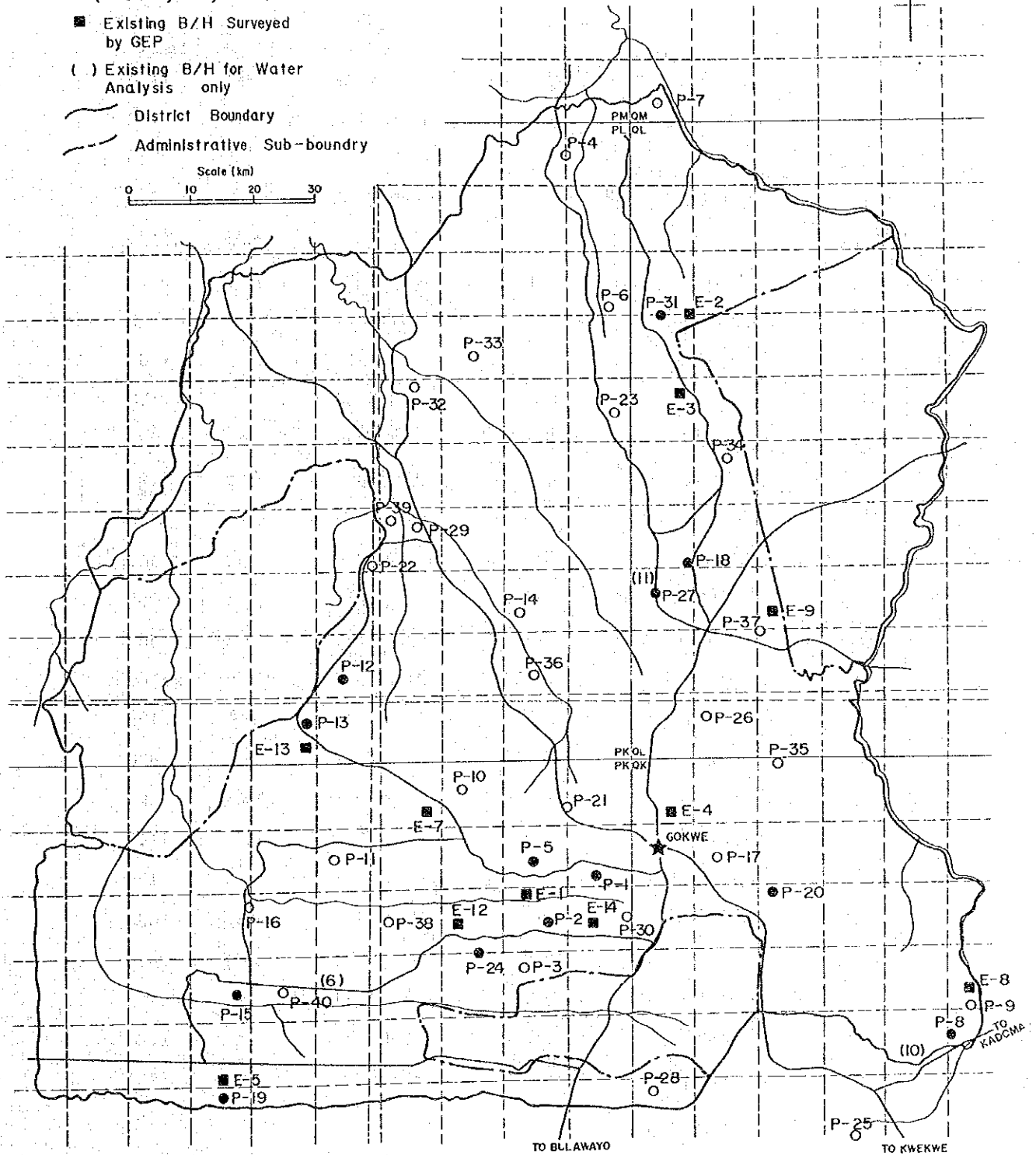
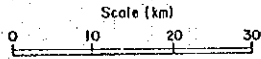


Fig 3-3-1 LOCATION MAP FOR GEP SURVEY

表3-3-1 GEP調查地点一覽表

NO.	名 前		位 置 (Grid Ref.)	地 質	標 高
P-1	MLALATI	T/SHIP	PK887822	砂層	1170
P-2(1)	MATETA I	T/SHIP	PK856733	砂層	1120
P-2(2)	〃	〃		砂層	1130
P-5(1)	CHIURAI	Sch.	PK845836	砂岩	1130
P-5(2)	〃			砂岩	1130
P-8	KRIMA	Vill	QK500575	花崗岩	1065
P-12	MASUKA	Sch.	PL536148	砂岩	955
P-13	MAGAZO	Vill	PL483039	〃	1160
P-15	MATURA	Sch.	PK375634	〃	1130
P-18	CHIRAPE	T/SHIP	QL095300	〃	920
P-19	MKOKA	Sch.	PK370491	砂層	1125
P-20	NDHLIZIYANA	Vill	QK235794	玄武岩	1200
P-24	GAWA	T/SHIP	PK759719	砂岩	1140
P-27	GWIRAWAKANYA	Sec.	QL025254	泥岩	855
P-31	MYUMVUDZI	Sch.	QL057703	泥岩	800
E-1	GAWA	CLINIC	PK842806	砂岩	1140
E-2	MVUMVUDZI	Sch.	QL064700	泥岩	795
E-3	RUPENYU	CLINIC	QL079597	砂岩	820
E-4	MITI	Vill	QK043916	玄武岩	1200
E-5	MKOKA	Sch.	PK365500	砂層	1140
E-7	MANYONI	Sch.	PK684933	〃	1180
E-8	BLUE GUM	Dip	QK522620	片麻岩	1060
E-9	NHAU	Vill	QL227223	砂岩	880
E-12	GAWA	Sch.	PK735724	〃	1120
E-13	MAGAZO	Vill	PL500031	〃	1170
E-14	NYARADZA	Sch.	PK945727	砂層	1260

表3-3-2 Gokwe 地区電気探査実施既存井戸資料

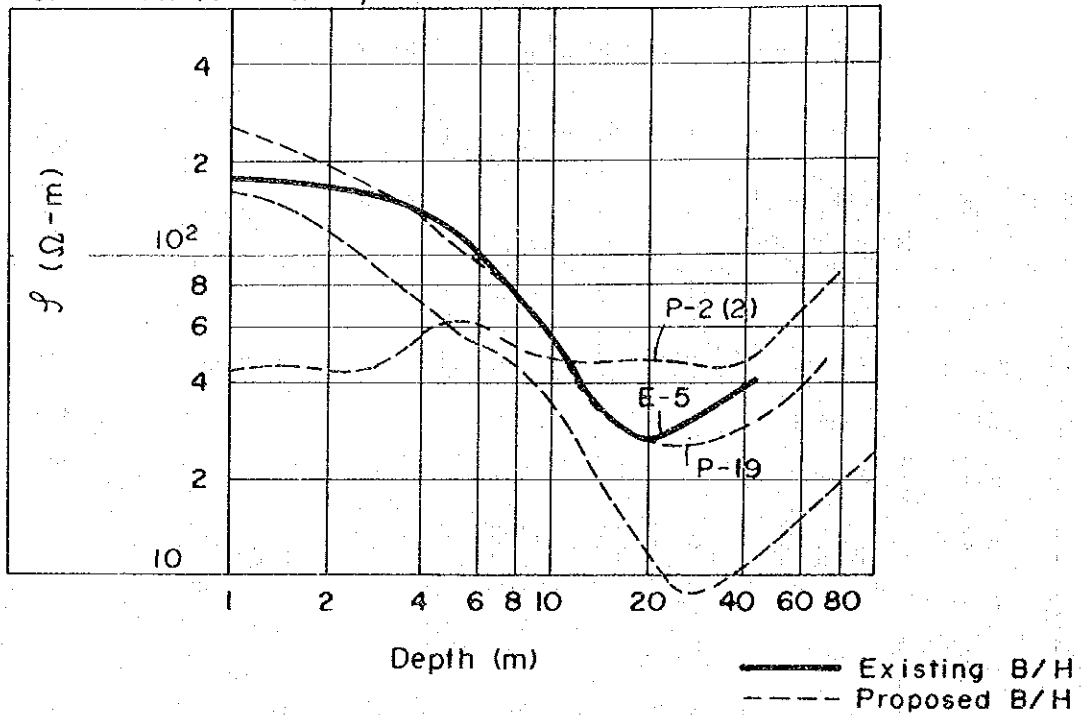
(MEWRD 調べ 1959~1984)

GEP No.	1). B/H No.	地質	EL. (m)	井戸深度 D (m)	産出量 Y (l/min)	水位 (m)
E-1	N/D 2).	砂岩	1140	—	—	—
E-2	V-2348	泥岩	795	51	23	50
E-3	ND-3	泥岩	820	81	15	29
E-4	V-1903	玄武岩	1200	27	113	12
E-5	V-3125	砂層	1140	52	36	46
E-7	V-1691	砂岩	1180	78	76	52
E-8	N/D	片麻岩	1060	—	—	—
E-9	V-1321	砂岩	880	76	71	53
E-12	N/D	砂岩	1120	—	—	—
E-13	N/D	砂岩	1170	—	—	—
E-14	V-1577	砂層	1260	142	9	59
平均	—	—	—	72	49	43

1); 深井戸台帳に記載の番号

2); No Data の略

For Kalahari Sand , Area : South. west



For Kalahari Sand , Area : South. west

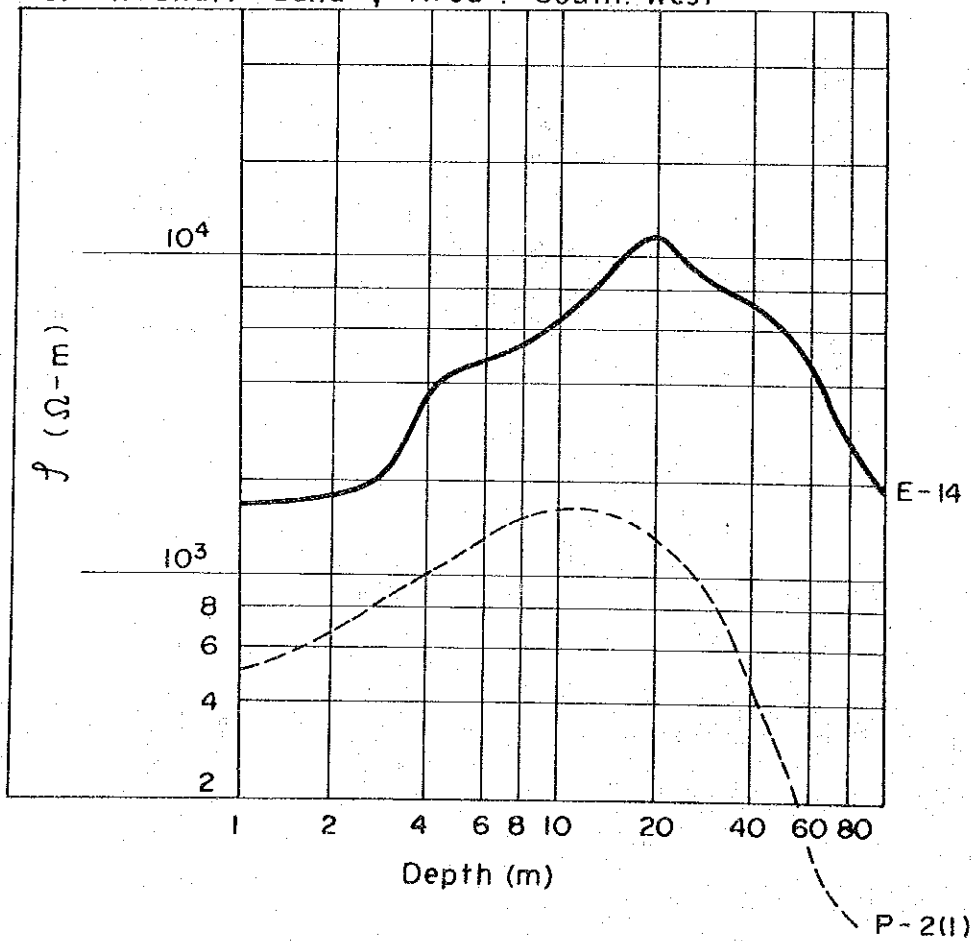
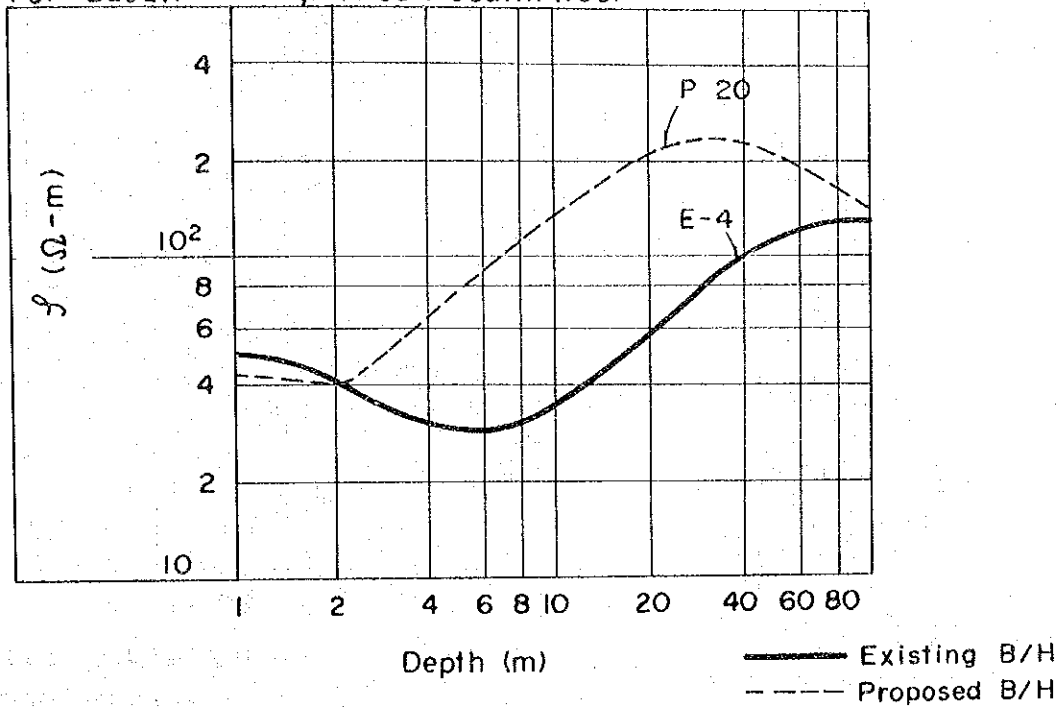


Fig.3-3-2 (I) f -a Curves of GEP.

For Basalt , Area : South. west



For Sandstone , Area : South. west

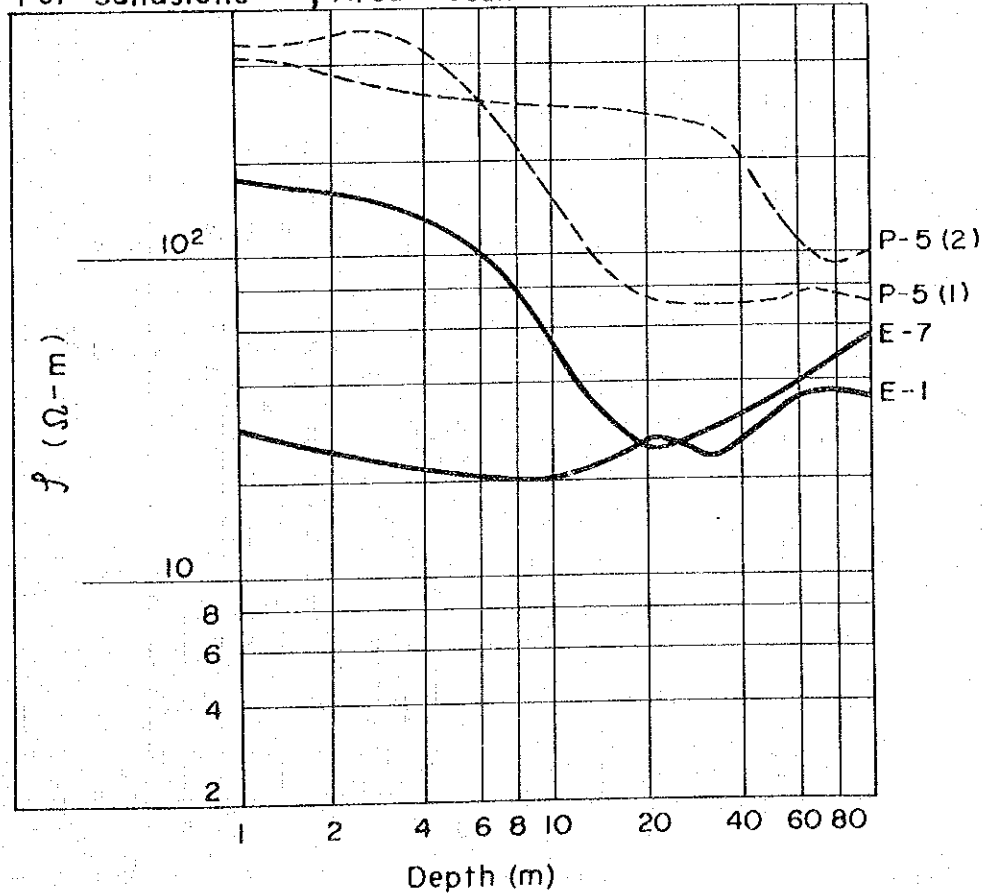


Fig. 3-3-2 (2) ρ -a Curves of GEP.

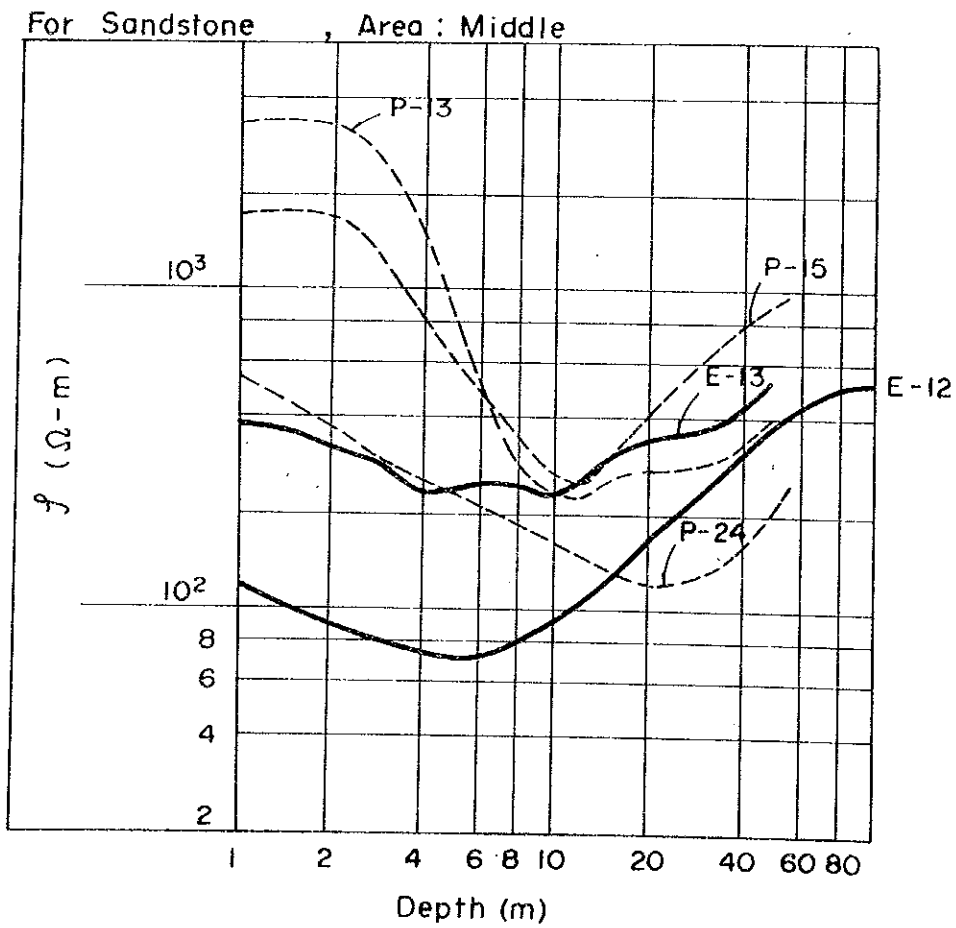
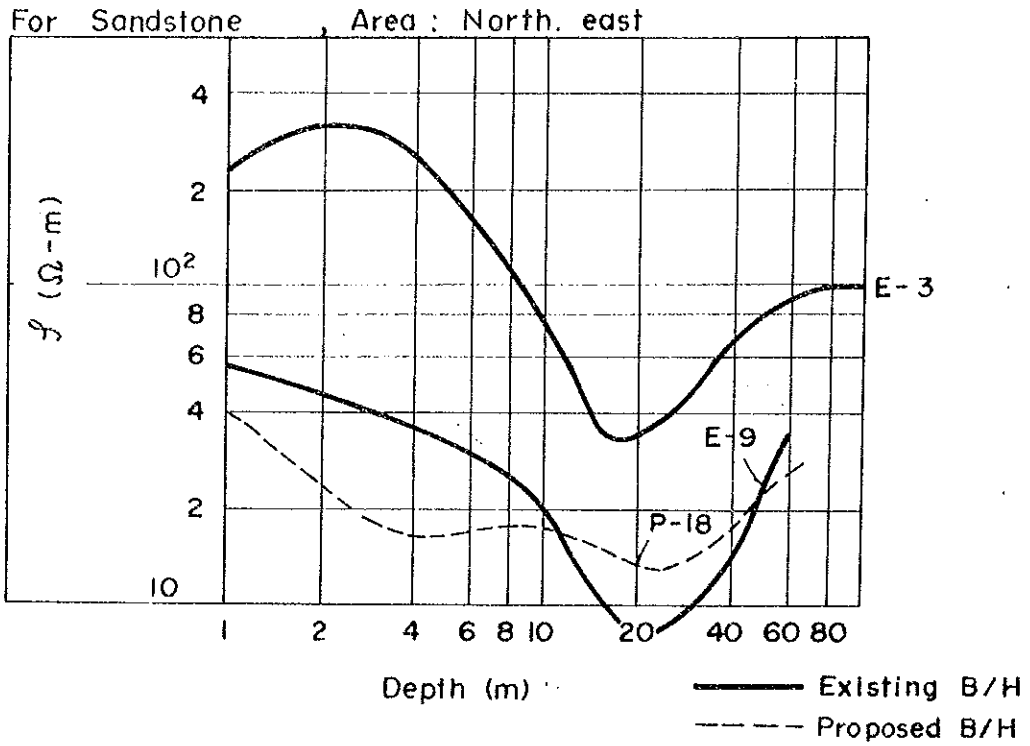


Fig.3-3-2 (3) ρ -a Curves of GEP.

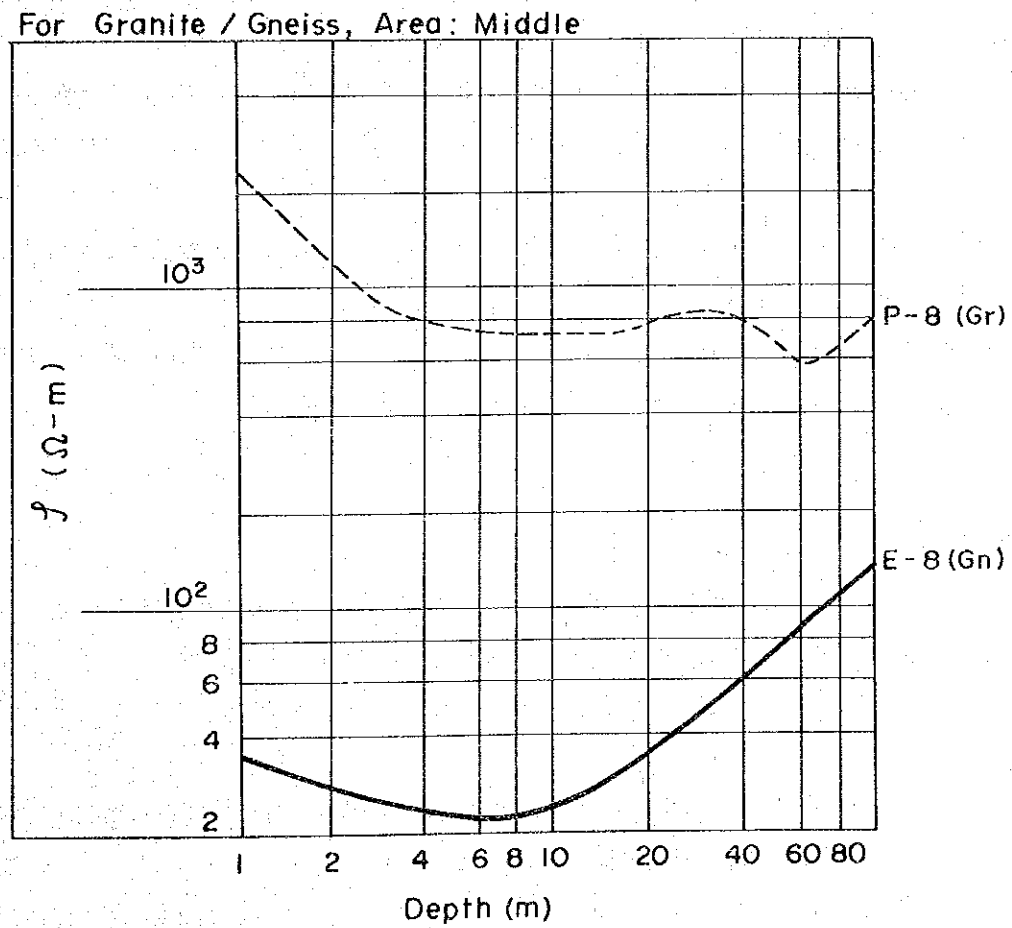
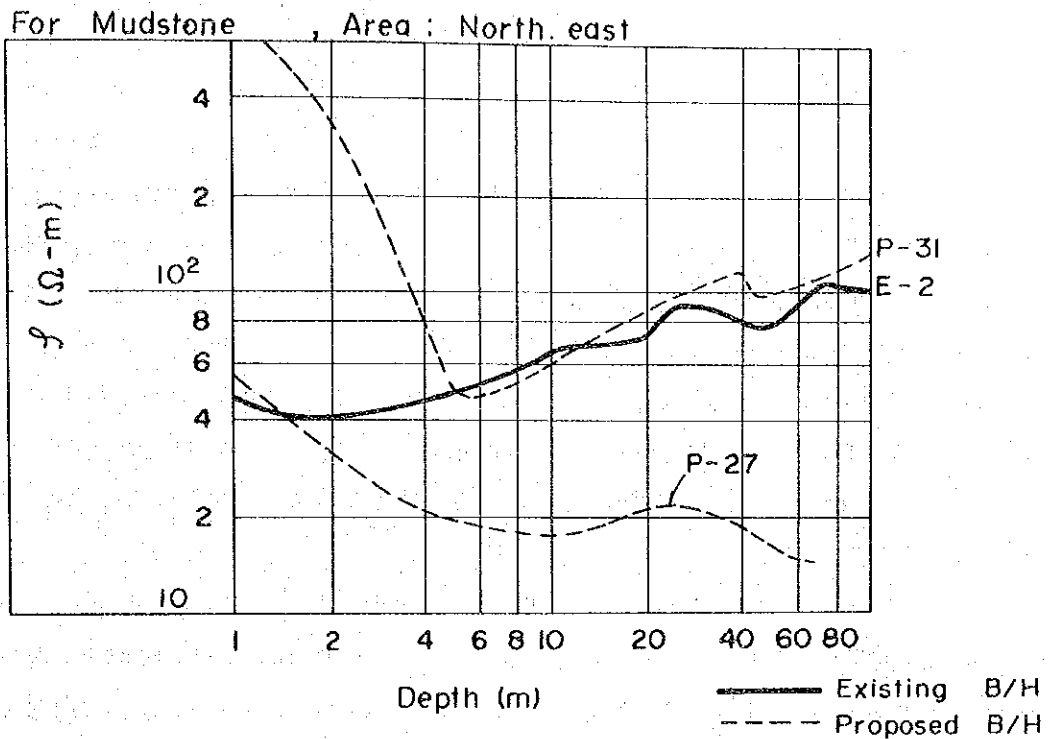


Fig.3-3-2 (4) ρ -a Curves of GEP

3-4 既存井戸資料

Gokwe 地区には、600 余の既存深井戸が存在するが、この内 MEWRD の州事務所に記録が残されている井戸は延 330 孔である。但し、330 孔の内 45 孔は井戸記録は、存在するものの、井戸位置が不明となっている。則ち、井戸位置が判明し、記録を有する既存井戸の本数は延 285 井である。これらの井戸記録の内、各井戸を井戸深度 100m 未満と 100m 以上に区別して、井戸の深度、水位、産出量の頻度を各地質別にとりまとめると表 3-4-1 及び 3-4-2 に示す通りである。各項目毎に取りまとめると以下に示す通りである。

(1) 井戸深度

Gokwe 地区の井戸は全般的に深く、深度 50m 以下のものは全体の 20% にとどまっている。深度 100m 以上の既設井戸の分布は図 3-4-1 に示す通りであり、カラハリ砂層が分布する Gokwe 西方の標高 1,000~1,200 の丘陵及び北方の砂岩・泥岩から構成される標高 800~900m の平地に特徴的に分布している。

井戸深度が深くなるのは、南西丘陵地では上位砂岩層の帯水層が深部に存在し、その地下水位も低いためであり、北方部は泥岩下位の砂岩帯水層を開発する必要があるためである。

井戸深度 100m 以上の井戸では、砂岩層の平均深度が 166m と最も深く、200m 以上の井戸が 27% 存在している。

基盤岩類には深度 100m を超える井戸は存在しないが、この事は基盤岩類の地下水開発は 100m 以内の風化帯或いはキレッツ帯が開発対象となるためである。

(2) 自然水位

既設井戸の自然水位は全般的に低位にあり、ハンドポンプの操作限界と思われる深度 60m 以下のものが 23% の高率に達している。自然水位は図 3-4-2 に併記しているが、Gokwe 南西部丘陵においては、標高 1,000m 以上の地域では自然水位が 60m 以内の井戸は存在しない。

深度 100m 以上の深井戸で、水位が 60m 以内となる井戸の割合は 68 孔中 19 孔 (27.9%) である。深度 100m 未満の既存深井戸では平均水位が 32m である。一方、深度 100m 以上の長尺深井戸の平均水位は 82m と深くなるが、その中で Gokwe 北東部の泥岩層では平均水位が 46m と高くなっている。この事は泥岩の下部に被圧帯水層が存在する

ものと言える。但し、被圧帯水層に当たるためには厚い泥岩層を貫通させる必要があり、1例ではあるが深度 283m で空井戸となっているものがある。

(3) 産出量

空井戸は砂岩層で 8 孔、泥岩層で 16 孔及玄武岩層で 2 孔、基盤岩類で 1 孔となっており、全体に占める割合は 9.3% となっている。但し、この空井戸率は、州事務所に保管されている井戸記録に対するものである事に留意する必要がある。

一般に空井戸記録は長期的に記録保存される率は成功井戸に比較すると低いものであり、また井戸削井は一般に水の出る可能性の高い所から手をつけていく事を考えるならば、今後の空井戸率は、この比率をかなり上廻る可能性が強いものと考えられる。

また、深度 100m 以上の長尺井戸について深度と産出量の頻度分布をみると表 3-4-2 に示す通りである。又、深度 200m 以上の深井戸は延 12 孔 (平均深度 215.0m、但し 4 孔の井戸位置は不明) 存在するが、内 4 孔が空井戸であり、更に、2 孔が 15ℓ/min 以下の産出量となっており、長尺井戸開発の困難性を示している。この事は、泥岩下位の地域的帯水層を形成する下位砂岩層の地下水開発には 250m~300m 以上の深度が必要になる事を示している。

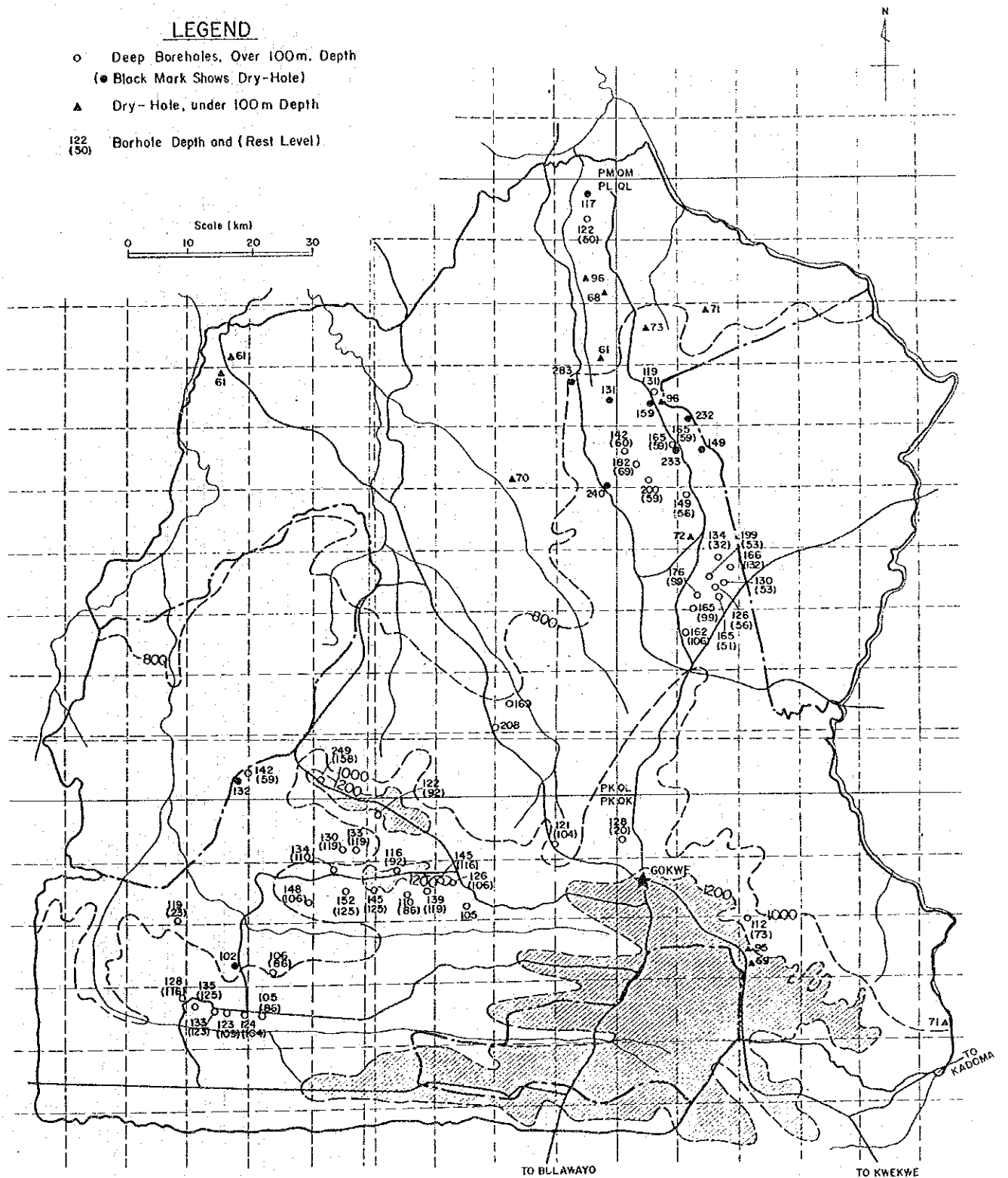


Fig.3-4-2 BOREHOLE DEPTH AND REST LEVEL OF DEEP BOREHOLES IN GOKWE

表3-4-1 Gokwe地区既存井戸資料総括表 (井戸深度100m未満)

地 域	南西部 (I)				中央部 (II : I, Ⅲ 以外の地域)						北東部 (Ⅲ)	
	カラハリ砂層	砂岩層	カラハリ砂層	砂岩層	玄武岩	砂岩層	泥岩層	基盤岩類	砂岩層	泥岩層		
井戸総数 (本)	18 (100%)	52 (100%)	4 (100%)	4 (100%)	17 (100%)	19 (100%)	22 (100%)	2 (100%)	33 (100%)	54 (100%)		
産 出 量 (ℓ/min)	0	0	0	0	2 (12)	5 (26)	2 (9)	1 (50)	0	7 (13)		
	1 (6)	5 (10)	0	0	1 (6)	3 (16)	6 (27)	0	3 (9)	10 (19)		
	3 (17)	17 (33)	4 (100)	4 (100)	4 (24)	4 (21)	4 (18)	1 (50)	18 (55)	14 (26)		
	14 (77)	30 (57)	0	0	10 (58)	7 (37)	10 (46)	0	12 (36)	23 (42)		
平均	85	63	33	33	58	48	58	24	48	49		
井戸深度 (m)	4 (22)	12 (23)	2 (50)	2 (50)	10 (59)	3 (16)	12 (55)	0	4 (12)	9 (17)		
	14 (78)	40 (77)	2 (50)	2 (50)	7 (41)	16 (84)	10 (45)	2 (100)	29 (88)	45 (83)		
平均	68	64	45	45	52	69	48	65	73 ~	67		
地 下 水 位 (m)	8 (50)	35 (69)	1 (50)	1 (50)	8 (80)	6 (55)	20 (100)	0	13 (46)	32 (70)		
	7 (44)	12 (23)	1 (50)	1 (50)	1 (10)	4 (36)	0	1	10 (36)	11 (24)		
	1 (6)	4 (8)	0	0	1 (10)	1 (9)	0	0	5 (18)	3 (6)		
Dry	0	0	0	0	2	5	2	1	0	7		
不明	2	1	2	2	5	3	0	0	5	1		
平均	39	34	29	29	23	40	13	32	44	33		

表3-4-2 Gokwe地区既存井戸資料總括表 (井戸深度100m以上)

地質区分	南西部 (I)			中央部 (II)			北東部 (III)		
	カラハリ砂層	砂岩層	玄武岩	砂岩層	玄武岩	砂岩層	玄武岩	砂岩層	泥岩層
井戸總数(本)	14 (100%)	11 (100%)	3 (100%)	3 (100%)	1 (100%)	21 (100%)	1 (100%)	15 (100%)	
産出量 (t/mim)	0	1 (9)	0	0	1	0	0	7 (47)	
	1 (7)	2 (18)	1	1	1	0	0	3 (20)	
	7 (50)	2 (18)	1	1	0	13 (62)	0	4 (27)	
	6 (43)	6 (55)	1	0	1	2 (9)	1	1 (6)	
平均	47	51	94	23	90	32		24	
井戸深度 (m)	11 (79)	11 (100)	3 (100)	1	1	8 (38)	1	8 (53)	
100~150	3 (21)	0	0	1	0	10 (48)	0	3 (20)	
~200	0	0	0	1	0	3 (14)	0	3 (20)	
~250	0	0	0	0	0	0	0	1 (7)	
~300	0	0	0	0	0	0	0		
平均	132	131	120	159	139	166		166	
地下水	0	1 (9)	1	0	0	1 (5)	0	4 (50)	
0~40	0	1 (9)	0	1	0	7 (35)	0	3 (38)	
41~60	4 (29)	2 (18)	1	0	0	8 (40)	0	1 (12)	
61~100	10 (71)	6 (64)	1	0	1	4 (20)	1	0	
100以上	0	1	0	1	0	1	0	7	
Dry	0	0	0	1	0	0	0	0	
不明	0	0	0	1	0	0	0	0	
平均	112	94	66	51	125	80		46	

3-5 既存井戸水質試験

電気探査 (GEP) と並行して Gokwe 地区既存井戸の簡易水質試験を行なった。試験項目は以下に示すとおりである。

- (1) 水温
- (2) 電気伝導度 (Ec)
- (3) 酸・アルカリ度 (pH)
- (4) 大腸菌試験 (簡易試験紙)
- (5) 一般細菌試験 (簡易試験紙)
- (6) 概観、臭気、味覚
- (7) フッ素 (F)
- (8) 硝酸 (NO_3)
- (9) 蒸発残渣

試験試料は井戸の設置されている標高、地質、分布状況等を考慮して、これらの条件を満たす代表的な試料を選定し、水質試験を行なった。試験試料は以下に示す 12 試料である。

表3-5-1 水質試験試料一覧表

番号	名前	前位	位置 (Grid Ref.)	地質	標高
1	Gawa Clinic		PK 842806	砂岩	1140
2	Mvumvudxi Sch.		QL 064700	泥岩	795
3	Rupenyu Clinic		QL 079597	砂岩	820
4	Miti Village		QK 043916	玄武岩	1200
5	Mkoka Sch.		PK 365500	砂層	1140
6	Mawisa Sch.		PK 527652	砂層	1170
7	Manyoni Sch.		PK 684933	砂岩	1180
8	Blue Gum Dip		QK 522620	片麻岩	1060
9	Nhau Village		QL 227223	砂岩	880
10	Nagwazani Village		QK 461568	花崗岩	1060
11	Gwurawakanya Sch.		QL 013252	砂岩	840
12	Gawa Sch.		PK 735724	砂岩	1120

試験結果は表3-5-2に示す通りである。

表3-5-2 Gokwe地区既存深井戸水質試験結果一覧表

試料番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水温 °C	25.1	27.9	27.1	23.0	26.0	24.3	23.8	22.5	25.6	25.8	26.5	26.1
Ec (s/cm)	660	1020	300	530	790	610	130	1080	860	760	1630	702
pH	7.0	7.1	7.4	7.2	7.4	6.8	6.9	7.0	7.3	7.4	8.7	7.6
大腸菌	2	0	0	35	0	1	0	10	3	0	0	0
一般細菌	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
色	茶	無	薄黄	無	無	無	薄黄	薄黄	薄黄	無	無	無
臭気	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
味覚	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	塩分有	良
蒸発残渣	390	-	2250	無	無	無	無	無	530	無	無	無
* F	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	-	-
* NO ₃	0	7.5	0	0	2.0	0	0	15.0	0	3.5	-	-

注；F、NO₃、蒸発残渣は日本で実施したものである。F、NO₃はバクテラストによる簡易試験結果による。単位はPPM。

各井戸の水質の特徴を「ジ」国の地下水開発におけるマスタープランに示されている飲料水のガイドラインにそって述べると次のようになる。

「ジ」国におけるガイドラインは WHO のガイドラインをほぼ踏襲している。

表3-5-3 水理地質試験結果比較表

項目	試験結果	「ジ」国ガイドライン	WHOガイドライン (最大許容値)
Ec (S/cm)	130 ~ 1,630	—	—
pH	6.8 ~ 8.7	6.5~8.5	6.5 ~ 9.2
F (mg/l)	0 ~ 2.5	<3.0	—
NO ₃ (mg/l)	2.0 ~ 15.0	<10	45

- ・ pHは既存井戸E-11で8.7を示し「ジ」国ガイドラインを上回るが、WHOガイドラインは十分に満足するものである。
- ・ NO₃はE-8井戸において「ジ」国ガイドラインの1.5倍となるが、WHO基準の1/3に過ぎない。
- ・ E-1, E-4, E-6, E-8, E-9では大腸菌群の存在が認められ、特にE-4井戸では35と最も多い。これらの大腸菌の存在は、地表水の汚染によるものと思われ、井戸孔壁の表層グラウトシールによる保護を確実に行う必要がある。
- ・ シルト分を含む井戸が3井認められるが、フィルター材料の粒度分布に留意すべきと言える。

3-6 水理地質総合解析

3-6-1 水理地質図

既存の地質図、水理地質図をもとに、今回現地調査の地表踏査、電気探査及び既存井戸収集資料を加味し、Gokwe地区の水理地質図、地質断面図を作成した。これらは図3-6-1、3-6-2、3-6-3に示す通りである。

3-2節以下に示す事柄並びに上記地質断面図、平面図を比較検討し総合解析を行なった。解析結果に基づきGokwe地区の水理地質について述べると、以下に示す通りである。

3-6-2 水理地質各論

水理地質図に示す各層について示すと以下の通りである。

(1) カラハリ砂層

カラハリ砂層には、一部玄武岩上位の砂岩類が含まれている。カラハリ砂層は丘陵部に存在する為地下水位が低く、長尺ボーリングが必要となる。







(2) 玄武岩層

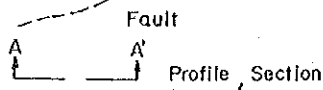
丘陵地に分布発達する。帯水層は局所的に発達するため空井戸に当たるケースもあり、井戸の位置によっては地下水位が60m以下となる場合がある。

(3) 上位砂岩層

泥岩地域を除けば、Gokwe地区のほぼ全域に分布発達する。本層は、深部に良好な帯水層が発達する為、長尺ボーリングが必要となる場合が多いが、この場合地下水位も深度と共に低下する傾向を有している(Fig. 3-6-3参照)。浅層帯水層の開発も行われており、100m以内の既設井戸が約104孔を数えるが、この内16孔は産出量が15ℓ/min以下のものである。電気探査における見掛け比抵抗は100Ω-m以下となるゾーンを探査対象とすべきである。

LEGEND

-  Kalahari Formation
(Sand, Cretaceous Sandstone)
-  Batoka Basalt
-  Upper Sandstones
(Mainly Forest Sandstone)
-  Upper Mudstone
(Madumabisa Mudstone)
-  Lower Mudstone
(Sijarira Group)
-  Basement Rocks
Gr; Granites, Gn; Gneisses



Note; No Outcrop of Lower Sandstone

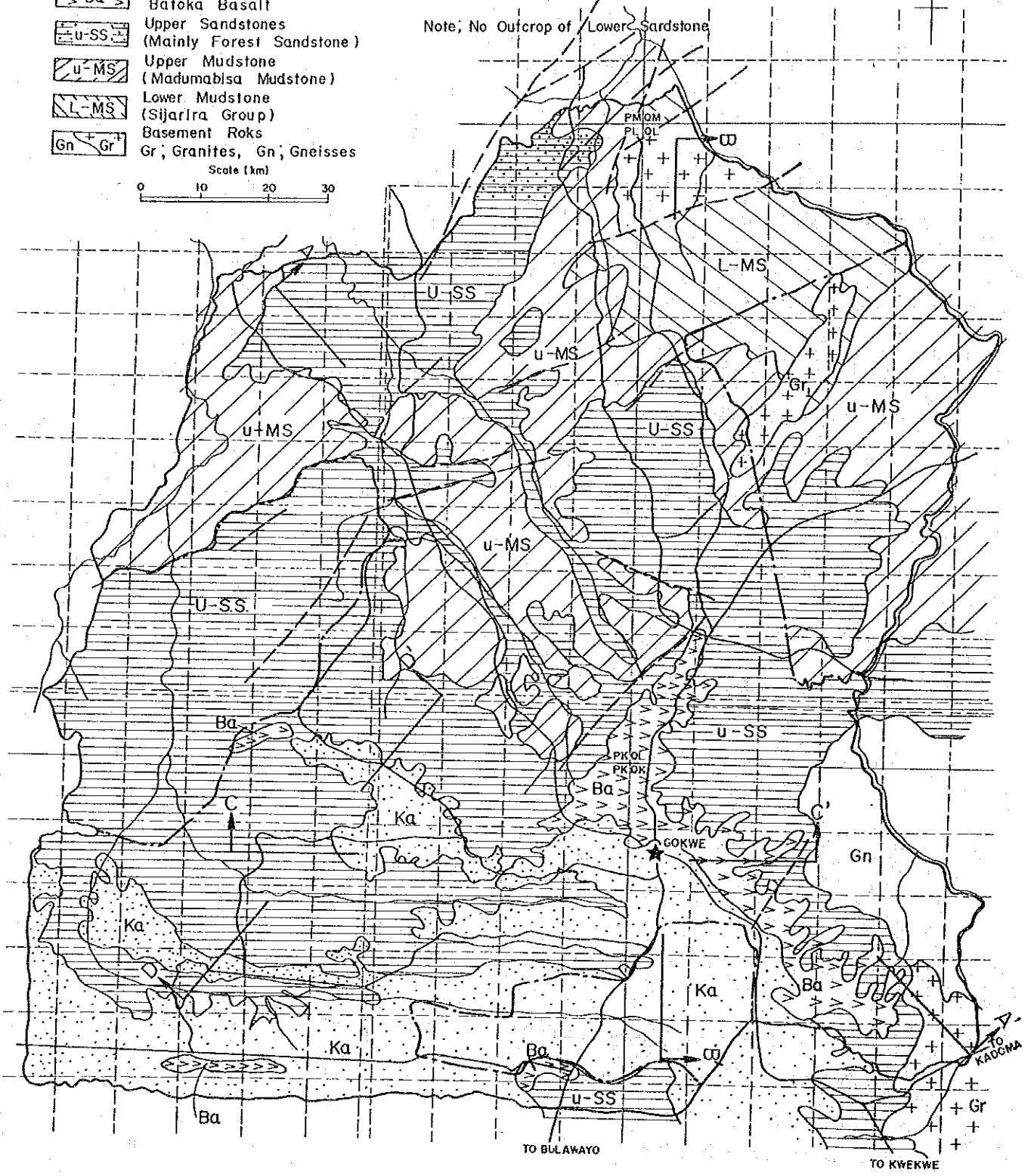
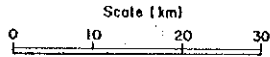
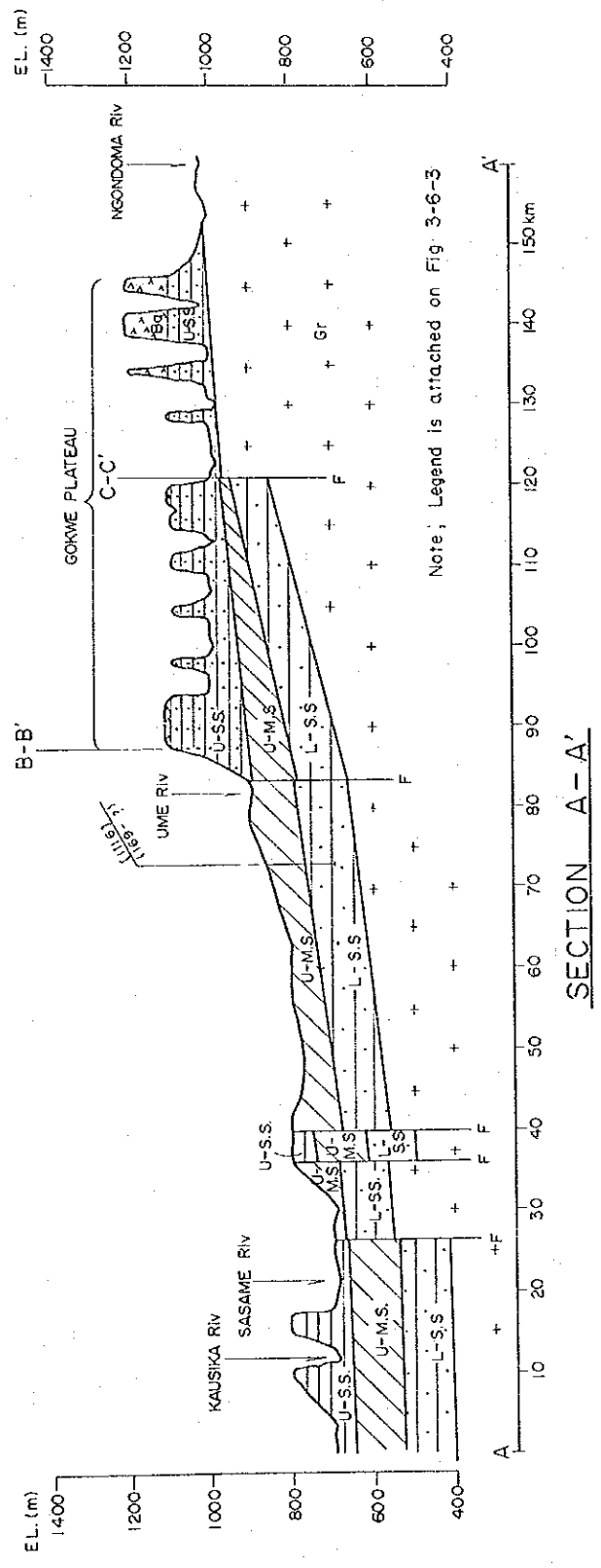
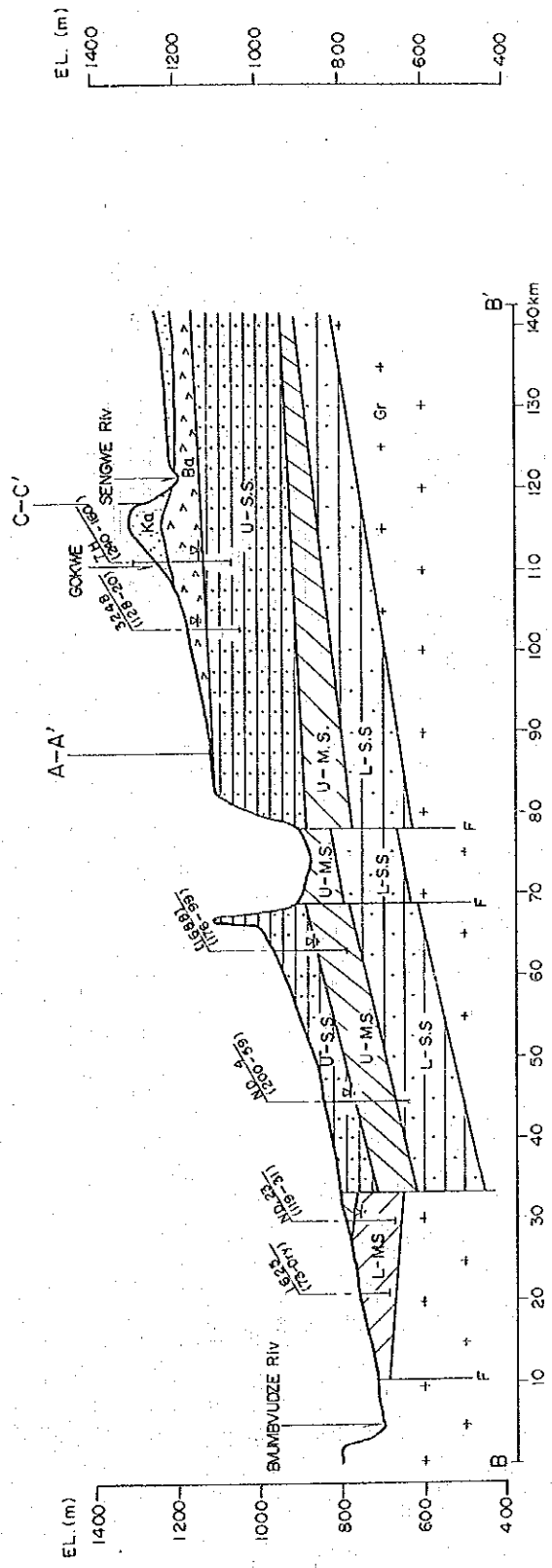
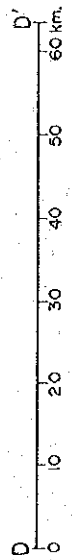
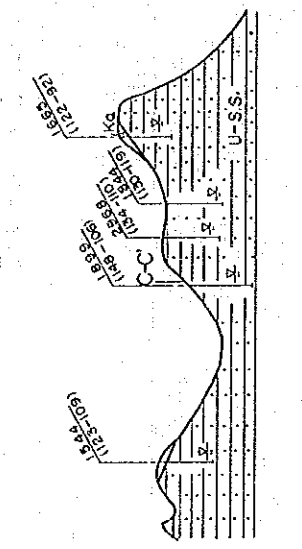
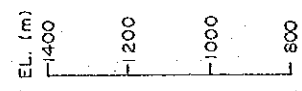


Fig.3-6-1 HYDROGEOLOGICAL MAP OF GOKWE

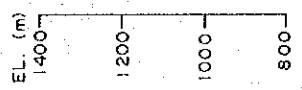


Note; Legend is attached on Fig. 3-6-3

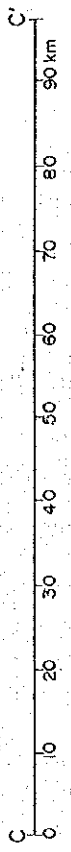
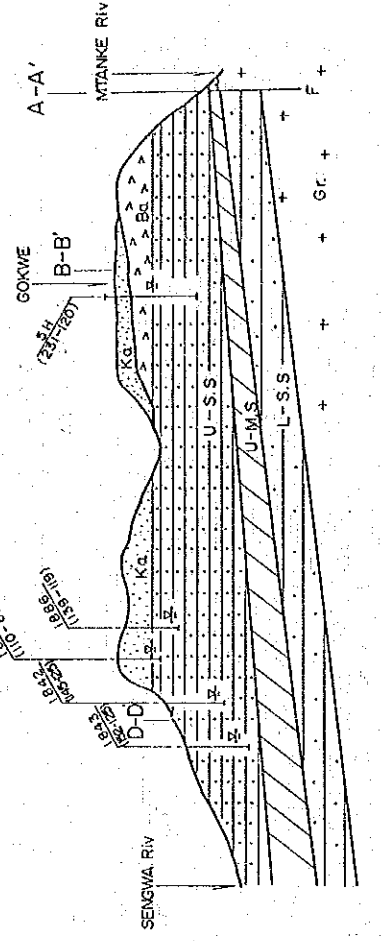
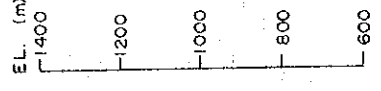
Fig. 3-6-2 HYDROGEOLOGICAL PROFILES



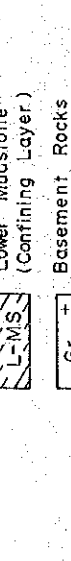
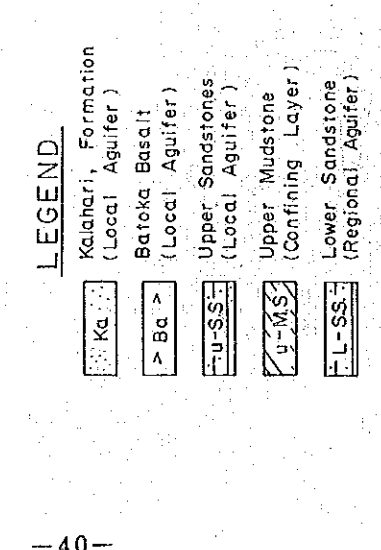
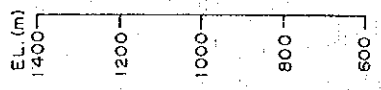
SECTION C-C'



SECTION D-D'










SECTION A-A'



SECTION B-B'

LEGEND

-  Kalahari, Formation (Local Aquifer)
-  Batoka Basalt (Local Aquifer)
-  Upper Sandstones (Local Aquifer)
-  Upper Mudstone (Confining Layer)
-  Lower Sandstone (Regional Aquifer)
-  Lower Mudstone (Confining Layer)
-  Basement Rocks (Undifferentiated)

F : Assumed Fault

Fig. 3-6-3 HYDROGEOLOGICAL PROFILES

(4) 上位及び下位泥岩層

一般に良好な帯水層を形成する事が無く、水質も悪く、地下水開発には不適と言える。深度100m以内の既存井戸が延76孔存在するが、この内25孔(33%)は産出量が15ℓ/min以下である。又、100m以上の長尺深井戸が延べ15本存在するが、その内の10本は産出量が15ℓ/min以下である。この理由としては泥岩層を貫通するに必要な削井機が無く、途中で放棄した為とも考えられるが、深度283mで空井戸のケースもあり、地下水開発の困難性によるものとも言える。

(5) 下位砂岩層

地域的な広がりを持つ帯水層であるが、既存井戸の中で本層に達しているものとしては以下の3孔が上げられる。

・ ND-20 孔 :	深度182m,	水位69.0m,	産出量 69 ℓ/min
・ ND-4 孔 :	深度200m,	水位59.0m,	産出量 38 ℓ/min
・ 1116 孔 :	深度169m,	水位不明	産出量 29 ℓ/min

ND-4孔、ND-20孔の例及び既存文献よりみて本層は、被圧帯水層を形成するものと言え、ND-4孔、ND-20孔共に更に30~50m掘削していれば、更に水位は上昇する事と思われる。

(6) 基盤岩類

風化帯或いはキレツ帯に局所的な帯水層を形成しており、井戸深度は50m~70m程度のもとなる。第1期計画地帯はほぼ全てこの基盤岩で形成されているが、掘削井戸の平均深度は50m弱であった。電気探査では、見掛け比抵抗100~200Ω-mのものが深度30m或いは、それ以下まで連続する事が良好帯水層の必要条件であると言える。

3-6-3 既設長尺深井戸の分布

図3-4-1に示す如く下記の2地区に集中している。

i) 北部泥岩・砂岩地区

上部/下位泥岩層と上部砂岩層の分布地帯である。泥岩層は下位の砂岩層に達しない限り、空井戸率が高く、水量・水質共に劣っている。断面B-Bに示すND-4孔は深度200mを有するが、この孔は泥岩層を抜き下位砂岩層に達しているものと判断され、水位は、59mまで被圧している。

上位砂岩地域の長尺井戸は水位が100m近いものが、40%内外を示すが空井戸は無く上位砂岩層の深部は良好帯水層を形成する確率が高い。但し村落給水用ハンドポンプの使用には大きな問題となっている。

ii) 西部丘陵地区

標高1,000~1,200mのカラハリ砂層/玄武岩よりなる丘陵地区である。空位戸率は低いが、自然水位は全て60m以下であり、ハンドポンプでの揚水には問題の多い地区である。

3-6-4 水理地質地域区分

Gokwe地区の水理地質については、地域を構成する地質及び今までの地下水開発結果より、下記の3地域に区分される。各地域区分は、図3-4-1長尺深井戸分布図に併記する通りである。

- (1) 南西部；カラハリ砂層~上位砂岩層で構成される。標高1,000~1,200mの丘陵地である。深度100m以内の地下水開発も行なわれているが、大量取水の場合には深度100~200mの長尺深井戸が開発対象となる。但し、長尺深井戸の自然水位は60m以下となり、ハンドポンプ取水が困難となり、動力ポンプが必要となる。
- (2) 中央部；南西丘陵地域及び北東部泥岩地域を除く地域が中央地域に属する。地域の大半は上位砂岩層に覆われるが、一部玄武岩或いは泥岩より構成される。長尺深井戸の開発は遅れており(既設井戸70孔の内、6孔が100m以上の長尺深井戸)、浅層地下水開発においても、砂岩・泥岩地域における低成功率が目につく地域である。(表3-4-1参照)

- (3) 北東部； 泥岩を主体とする地域であるが、泥岩は通常帯水層を形成する事が少ない為深度 100m 以上の長尺深井戸の開発が進められている。上位砂岩層の既存井戸 54本の内 21 本(約40%)は長尺深井戸となっているが、これは上位砂岩層に良好な帯水層が検出されず、下位の泥岩層を貫通させている為と思われる。既存の浅尺井戸の成功率は砂岩層で 90% 泥岩層で 70%弱であるが、今後の開発適地の減少にともない成功率が低下する事が考えられる。

3-6-5 既存井戸資料の分析

既存井戸資料の分析結果は「3-4節」に示した通りであり、要点をまとめると以下に示す通りとなる。

(1) 井戸深度

Gokwe 南西部及び北東部には深度 100m 以上の長尺深井戸が顕著に分布する。この理由としては、南西部は上位砂岩層の主要帯水層が深部に存在する為であり、北東部は分布する泥岩層が一部を除き帯水層を形成する事が少なく、下位の砂岩層を地下水開発対象としている為と言える。

(2) 自然水位

- 全般に自然水位は深いが、Gokwe 南西部の長尺深井戸では自然水位はいずれも深度が 60m 以下であり極めて深い。
- 北東部の長尺深井戸の自然水位は被圧傾向を有するものの、砂岩層では自然水位 60m 以下のものが、20本中の内で12本であるのに対し、泥岩では 60m 以内のものが 8孔中 7孔に達している。

(3) 産出量

- 産出量が 15 ℓ /min (1 m^3 /hr) 以下の井戸の比率は全体平均では 10%弱である。
- 中央部、北東部の浅尺深井戸の産出量についてみると、30%以上の井戸が 15 ℓ /min 以下の産出量である。

- 深度 100m 以上の長尺深井戸の産出量は南西部のカラハリ砂層を除くと、他の地域は 30% 以上の井戸が産出量 15 ℓ/min 以下となっており、特に北東部泥岩層では、この比率が 67% にも達している。泥岩地域における浅層地下水開発は適地については開発済みとも考えられ、今後深層地下水の開発に移行していく必要があると思われるが、長尺深井戸サイトの選定には特に慎重な調査が必要と思われる。

3-6-6 地下水開発上の問題点

Gokwe 地区の地下水に当たり、問題となる点は以下に示す通りである。

- (1) 南西部； 浅尺 (深度 100m 以下) 深井戸が主力となるが、この場合開発対象帯水層は局所的に分布発達する小規模な帯水層となる。井戸サイトの選定に留意する必要がある。長尺深井戸は地下水位が深い為給水人口の多い所が対象となるが、動力ポンプ揚水を前提とすべきである。
- (2) 中央部； ハンドポンプ揚水の井戸開発としては、浅尺深井戸が開発対象となるが、砂岩・泥岩層の浅層帯水層の開発にはかなりのリスクが伴うものと言える。対策としては、砂岩層は表層風化帯を貫通させ、深部の新鮮岩中のキレツ水を対象とし、泥岩層では泥岩層を貫通させて下位の砂岩層帯水層を対象とすべきと考えられる。
- (3) 北東部； 泥岩地域を主体とするが、浅層泥岩層の地下水開発は既に開発済みともみられ、長尺深井戸開発に移行していく必要があると考えられる。地質構造は断層の発達によりかなり複雑であると予想される。地質構造の把握に努める必要があるが、地域が広大である点、植生に覆われている点等の問題があり、決して容易なものとは言えない。また経済効率の面から長尺深井戸には動力ポンプを設置し、1~3カ所の村落を1本の深井戸でカバーする事が有効と思われる。

第4章 計画の内容

4-1 計画の目的

本計画は現在適切な給水施設をもたない地方村落住民に安全な飲料水を供給し、生活の安定と生活水準の向上を計り、ひいては国家経済発展の基礎とするものである。

村落住民の給水事情の改善は、不衛生な水を利用する事により発生する疫病の抑制及び、水汲みに費やされる多大の労働力の軽減等を目指すものであり、緊急な国家政策の一つである。

計画実施機関である MEWRD は 1982 年「村落給水と衛生に関するマスタープラン」の策定に着手し、村落給水の改善計画を精力的に進めており、本計画もその一環として実施するものである。

本計画の対象地区は以下に示す村落共有地 (C.L.) である。

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| (1) Gokwe District; | Gokwe C.L. |
| (2) Mvuma Disttrict; | Chilimanzi C.L. |
| (3) Shurugwi District; | Shurugwi C.L. |
| (4) Zvishavane Distirict; | Runde and Mazvihwa C.L. |
| (5) Mberengwa District; | Mberengwa C.L. |

4-2 計画の内容

4-2-1 概要

本計画は、1985年3月完了した「地方給水施設整備計画」を引継ぐものであり、計画対象地区に Gokwe 地区が追加された第2期計画である。

本計画で実施する深井戸建設数は表 4-2-1 に示す通りである。

表 4-2-1 第2期計画深井戸建設数一覧表

共有地名	人口(1985 推定)	計画井戸数
Gokwe	254,109	40
Chilimanzi	44,432	11
Shurugwi	43,797	11
Runde & Mazvihwa	61,361	16
<u>Mberengwa</u>	<u>165,322</u>	<u>42</u>
計	569,021	120

4-2-2 実施機関

本計画の実施機関は「ジ」国政府 MEWRD である。MEWRD は「ジ」国の水及びエネルギー資源開発を担当する機関であるが、地下水開発は本省の地下水課と各州事務所の担当者が当たっている。各州事務所に配属されている水担当局長 (Provincial Water Engnieer) は表流水開発、地下水開発、給水計画等、州で実施する水関係計画の総括責任者である。

MEWRD の本省及び州事務所の組織図は図 4-2-1、4-3-2 に示す通りである。MEWRD の技術者 (エンジニア) は 80 人余、職員数は約 4,000 名であり、この内地下水課に所属する職員数は延べ 188 名 (1989 年 2 月現在) である。またミッドランズ州の職員数は約 480 名である。

4-2-3 事業計画

(1) 事業の構成

本計画は 120 本の深井戸建設、ハンドポンプの据え付け及び付帯施設建設と、削井用資機材の供与の二本柱より構成される。

深井戸建設工事は「ジ」国側で実施するが、Gokwe 地区については日本側技術者による On-the-job トレーニングを行なうものとする。又供与資機材は Gokwe 地区用の削井機を含む資機材と、その他の地区用の井戸資材の供与から構成される。

Fig. 4-2-1 Organization Chart of MEWRD (as of the end of 1987)

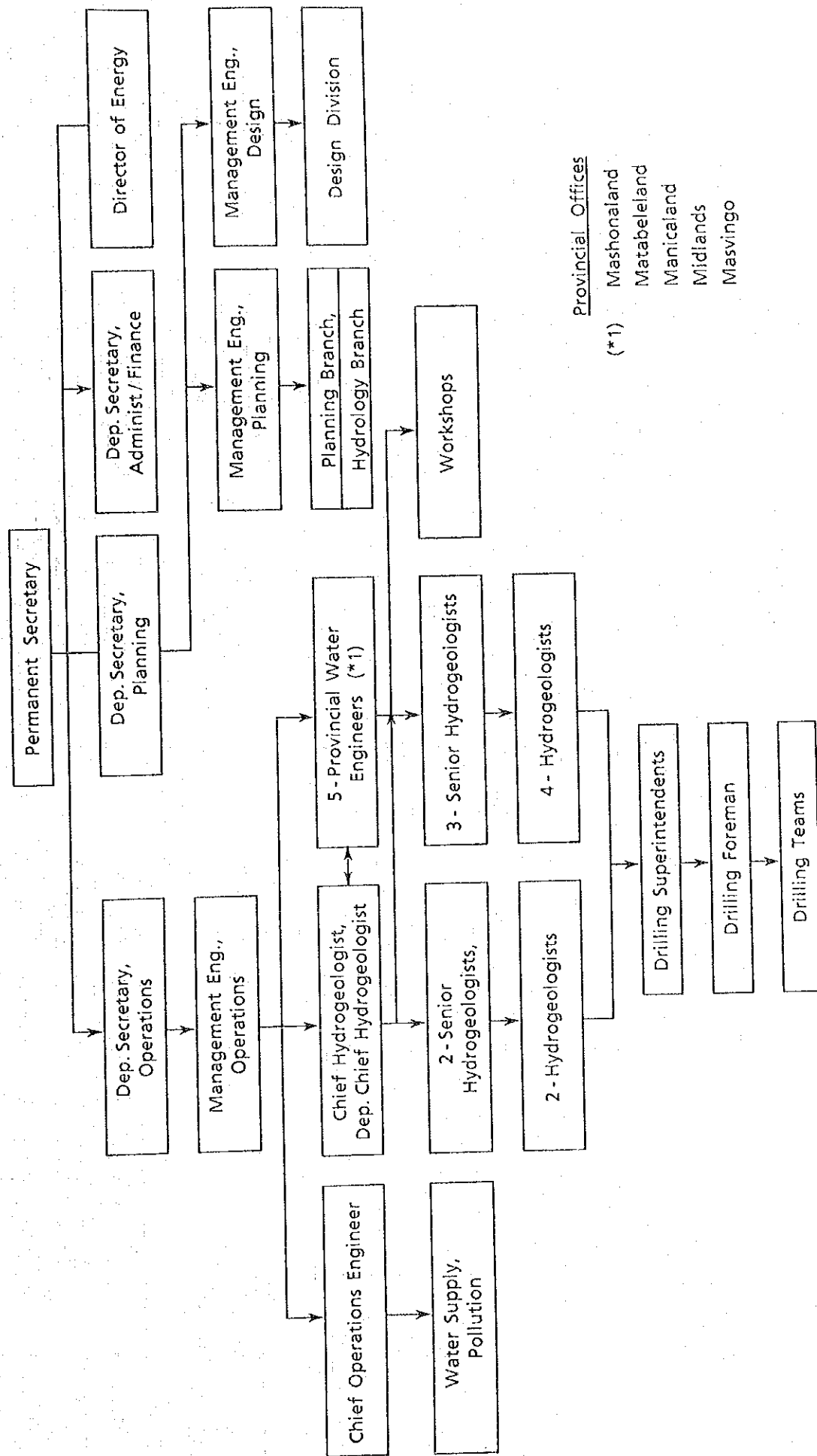
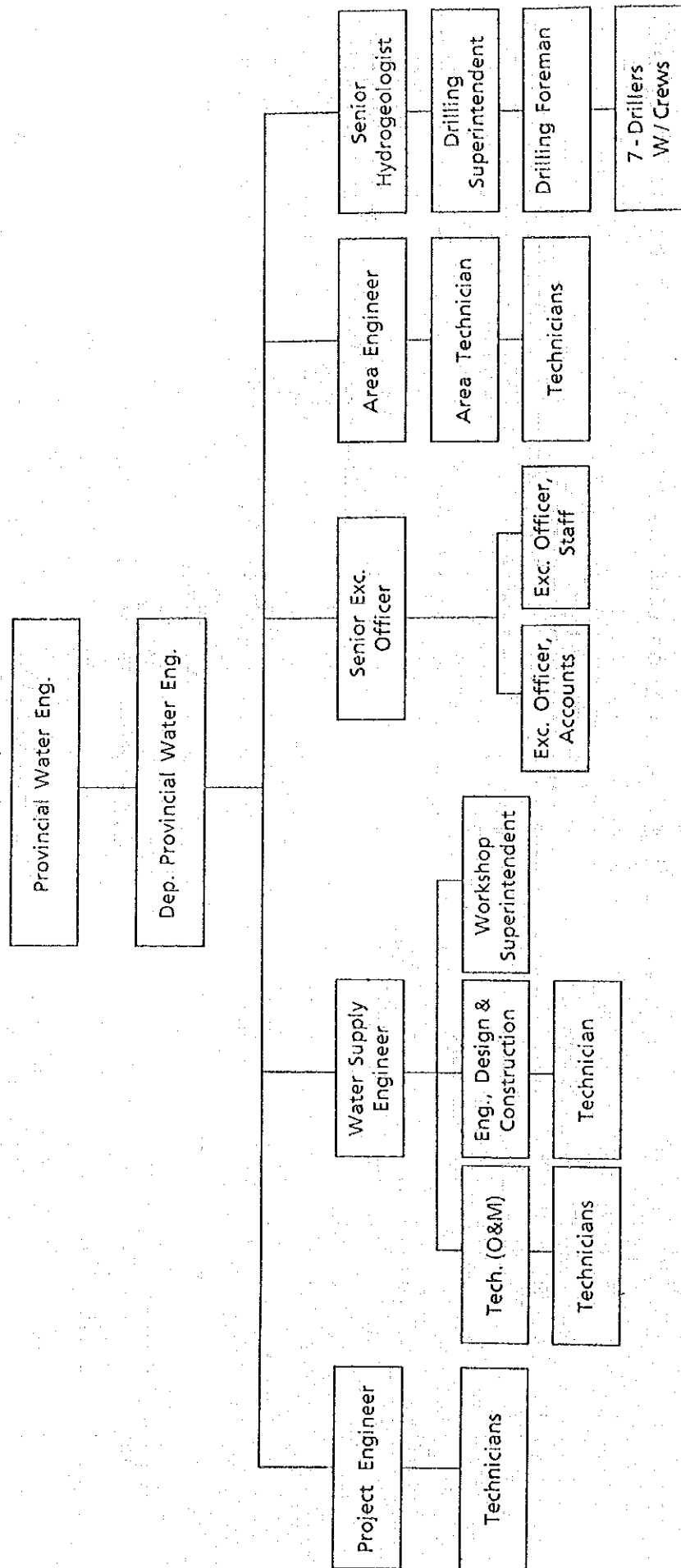


Fig. 4-2-2 Organization Chart of Provincial Water Engineer's Office, Midlands



(2) 事業計画

本計画の骨子は以下に示す通りである。

- i) 本計画は国家マスタープランに示されている緊急(1990年目標)村落給水計画の一環となるものである。
- ii) 計画地区内の緊急所要水源数は表 2-4-3 に示す如く、2,250 点である。2,250 点の内、3分の2に相当する 1,500 本の深井戸が必要であるが、今回計画はその一助とする為のものである。
- iii) 深井戸には人力ポンプ及びエプロン等の付帯施設を設置する。深井戸口径は 100m/m を原則とするが、長尺深井戸には将来の動力ポンプ使用を考慮して 150m/m とする。
- iv) Gokwe 地区の深井戸建設工事は新たに供与される削井機を用い、日本人技術者の協力のもと「ジ」国側が実施する。その他の地域の深井戸建設は「ジ」国側で現有する機材を用いて建設する事とする。
- v) 本計画は下記の日本国無償資金協力を前提としている。
 - ・ Gokwe 地区
深井戸建設に必要な削井機、関連車両等の機材及び井戸建設用資材の供与。
深井戸建設工事に対し、技術サービスを行なう為の日本人技術者の派遣
 - ・ その他の地区
「ジ」国が建設する深井戸に対する井戸資材の供与

4-2-4 建設資機材の概要

本計画実施の為に必要な資機材の概要は以下に示す通りである。なお資機材の性能、仕様、数量等は「基本設計」の項で検討される。

(1) 建設用機材

深井戸施設建設用機材としては、以下のものが必要である。

- a) 削井機(ツールスを含む)
- b) 削井支援機器
- c) 資材・機器・要員運搬用の車両
- d) サイト選定用物理探査機器
- e) 井戸試験用機器
- f) 通信システム
- g) 移動式修理倉庫
- h) その他

(2) 資材

深井戸建設に必要な資材は、以下の様なものがあげられる。

- a) ハンドポンプ
- b) 永久ケーシングパイプ類
- c) 削井用調泥剤
- d) 燃料・油脂類
- e) セメント
- f) 砂利
- g) その他

第5章 基本設計

5-1 基本方針

本計画の基本設計は「ジ」国の特殊条件、計画地区の諸条件と共に、本計画が日本政府の無償資金協力を前提とする事を念頭に、下記の基本方針に基づいて行なうものとする。

- (1) 第1期計画に引き継ぐものであり、第1期計画との整合性を計る。
- (2) 計画地区に標準的に適用する事ができ、なおかつ経済的な施設を設計する。
- (3) 計画地区の自然条件、社会条件(道路、通信、社会基盤施設、労働慣行等)を配慮した施工計画を策定する。
- (4) 本計画完了後も、供与機材が将来の「ジ」国における地方給水施設整備計画の実施に有効に利用される事を考慮して供与機材の選定を行なう。
- (5) 計画地区 Gokwe 地区の水理地質条件を総合的に判定し、これらをモデル化すると共に、各サイトの特殊性をも配慮して合理的な設計を行なう。
- (6) 本計画遂行に必要な不可欠なもので「ジ」国側で供給困難なケーシングパイプ等の資材は日本側負担の供与資機材として、配慮する。
- (7) 機材の保守、削井工事、井戸試験等について、日本側技術者による技術移転を計り、「ジ」国側スタッフによる「ジ」国単独の計画遂行が出来るようにする。
- (8) 深井戸に設置するポンプはハンドポンプとするが、長尺深井戸については将来動力ポンプの据付も可能となるような深井戸を設計する。動力ポンプは将来「ジ」国側で設置されるものとする。
- (9) 地下水位が深い井戸には、水位100mの揚水が可能である改良型のハンドポンプを設置する事とする。

5-2 設計条件の検討

5-2-1 設計対象地区 (Gokwe 地区)

本計画の対象地域は表2-3-1 示す延5郡の村落共有地であるが、Gokwe 地区を除く4地区の深井戸建設は「ジ」国側で実施する計画である。以下深井戸建設用の資機材調達計画及び建設工程計画等を示すが、この対象地区は Gokwe 地区のみである。

Gokwe 地区の自然状況、水理地質条件は既に述べた通りであるが、設計計画上留意すべき点としては以下の事項が指摘される。

- (1) 他の地区に比して、道路、通信、宿泊施設等の社会基盤整備が遅れている。
- (2) 北東部 Copper Queen 地区の農業地域を除けば農地は少なく、森林地帯が大半を占めている。
- (3) 水理地質的に以下の3地帯に区分される。

i) 南西部地域、カラハリ層～上位砂岩層の分布地域である。浅層帯水層も開発可能であるが、良好な帯水層は上位砂岩層基底近くに分布するものの、この帯水層は被圧する事無く、長尺深井戸(100m 以上)の地下水位は全て 60m 以下であり、ハンドポンプの使用が困難となる。

ii) 中部地域；上記の i) 及び下記の iii) に挟まれる地域であり、大半は上位砂岩層で構成されている。約70本の既設井戸があるが、泥岩地域には 100m 以上の長尺深井戸は存在せず、玄武岩層に 3本、砂岩層に 3本の延 6孔存在するのみである。

iii) 北部地域；120本余の既設井戸が存在するがそのうち 36本(約30%)は 100m 以上の長尺深井戸であり、地区内では地下水開発が難しい地域である。

5-2-2 計画給水量及び受益人口

「ジ」国マスター・プランによるハンドポンプ付深井戸による計画給水量は 30 ℓ cd、1井戸当たり給水人口を 250人としている。一方第1期計画の基礎となっている開発調査における計画給水量は 15 ℓ cd、1井戸当たり給水人口は 250人としている。1井戸当たりの

Tab. 5-2-1(1) Gokwe地区計画井戸一覽表(1)

No.	地域	標高 m	計画井戸		掘削地質(m)					人口	備考
			タイプ	深度	Ka	Ba	SS	MS	Base		
P-1	I	1170	100	90	20	40	30	—	—	520	
P-2	I	1220	100	90	50	40	—	—	—	900	
P-3	I	1150	100	90	10	20	60	—	—	450	
P-4	III	700	100	80	—	—	80	—	—	400	
P-5	I	1130	100	70	—	—	70	—	—	510	
P-6	III	750	150	250	—	—	50	200	—	700	
P-7	III	700	150	250	—	—	50	200	—	620	
P-8	II	1065	100	50	—	—	—	—	50	690	
P-9	II	1100	100	50	—	—	—	—	50	500	
P-10	I	1100	100	70	—	—	70	—	—	460	
P-11	II	1100	100	80	—	—	80	—	—	600	
P-12	II	955	100	80	—	—	80	—	—	620	
P-13	II	1160	100	80	—	—	80	—	—	520	
P-14	II	800	100	50	—	—	—	50	—	650	
P-15	II	1100	100	80	—	—	80	—	—	500	
P-16	II	950	100	80	—	—	80	—	—	490	
P-17	I	1250	100	60	—	60	—	—	—	510	
P-18	III	920	100	80	—	—	80	—	—	600	
P-19	I	1125	100	90	10	20	60	—	—	500	
P-20	I	1200	100	60	—	60	—	—	—	450	
小計				1,830	90	240	950	450	100	11,190	

注；地域；I - 南西丘陵地域、II - 中央地域、III - 北東部地域

地質；Ka - カラハリ層、Ba - 玄武岩、SS - 砂岩、MS - 泥岩、Base - 基盤

Tab. 5-2-1 (2) Gokwe地区計画井戸一覧表(2)

No.	地域	標高 m	計画井戸		掘削地質(m)					人口	備考
			タイプ	深度	Ka	Ba	SS	MS	Base		
P-21	I	1000	100	70	—	—	70	—	—	580	
P-22	II	800	100	80	—	—	80	—	—	610	
P-23	III	850	100	80	—	—	80	—	—	700	
P-24	II	1140	100	80	—	—	80	—	—	620	
P-25	II	1150	100	80	—	—	80	—	—	650	
P-26	II	1100	100	80	—	—	80	—	—	720	
P-27	III	855	150	250	—	—	50	200	—	510	
P-28	I	1150	100	70	—	—	70	—	—	490	
P-29	II	730	100	80	—	—	80	—	—	600	
P-30	I	1150	100	90	10	10	70	—	—	480	
P-31	III	800	150	250	—	—	50	200	—	350	
P-32	II	650	100	80	—	—	80	—	—	710	
P-33	II	700	100	50	—	—	—	50	—	690	
P-34	III	850	150	250	—	—	50	200	—	640	
P-35	II	950	100	80	—	—	80	—	—	610	
P-36	II	850	100	50	—	—	—	50	—	700	
P-37	III	850	100	80	—	—	80	—	—	700	
P-38	II	1050	150	330	—	—	240	90	—	1,800	動力ポンプ(人口より)
P-39	II	750	150	250	—	—	120	130	—	1,800	〃
P-40	II	1100	150	250	—	—	250	—	—	1,900	〃
小計				2,630		10	1,690	920		15,860	
合計				4,460		100	2,640	1,370	100	27,050	

給水容量は通常井戸の産出能力からくるものではなく、手動ポンプの能力から決定される容量であり、ハンドポンプの揚水能力は連続運転するとしても 900~1,000 ℓ/hr 内外のものである。

Gokwe 地区で緊急に必要とする新設水源数は表2-4-3に示す如く 870 点に及んでおり、今回計画の 40本の深井戸は所要井戸の極く一部に当たるもので緊急避難的なものと言える。

計画地点の受益人口(自治省郡事務所の給水担当官調べ)は表5-2-1に示す通りであり、延 27,000人である。即ち、1井戸当たりの受益人口は平均 675人となるが、この数字はマスタープラン及び開発調査結果による 250人を大幅に上廻っており、今後更なる井戸建設が必要である事を示している。

5-2-3 深井戸産出量及び地下水位

(1) 産出量

建設井戸の産出量はハンドポンプを設置する場合であればポンプ能力の $Q=0.9\sim 1.0\text{m}^3/\text{hr}$ の量が確保されれば問題は無い。「ジ」国における産出量の成功井戸基準は $Q=1\text{m}^3/\text{hr}$ ($\approx 15 \text{ ℓ}/\text{min}$) とされており、本計画における基準も原則として、この値を採用する事とする。但し、ハンドポンプの使用に際してはバケツの交換等の為、中断時間が発生するのが常である。この中断時間を考慮すれば $Q=10 \text{ ℓ}/\text{min}$ の産出量でも実用上殆ど問題無いものと言える。一方、地下水開発が困難な地域では $Q=5 \text{ ℓ}/\text{min}$ の水量と言えども貴重な水源であり、事実「ジ」国においてもこの程度の産出量の井戸にもポンプを据え付けている例も多い。

以上の事を考慮して、本計画におけるポンプ設置基準の産出量としては $Q=5 \text{ ℓ}/\text{min}$ 以上とし、 $5\sim 10 \text{ ℓ}/\text{min}$ の産出量の井戸にもハンドポンプを設置し住民の利用に供する事とする。

(2) 地下水位

ハンドポンプの揚水可能水位は非力の婦女子が操作する事を考えるならば、深度40m程度以下である事が望まれる。但し、Gokwe地区では、一般に地下水位が深い為、現状では60m程度まではハンドポンプを設置し、利用しているのが現状である。この為、本計画においても地下水位が60m以内の井戸にハンドポンプを設置するものとするが、60m以上の深い水位の井戸には、高揚程の改良型ハンドポンプを設置するものとする。又、深い地下水位の井戸のハンドポンプはハンドル延長を延ばす、或いは、“おもり”を付ける等の対策を施し、婦女子の利用の便を計るものとする。

5-2-4 計画井戸諸元の検討

(1) 計画井戸地点

計画井戸地点は、図3-3-1に示す40点である。これらの地点は「ジ」国側より、緊急井戸地点として要請されているものである。

(2) 計画井戸深度

各井戸の深度は、その地点の標高、基礎地質、水理地質図に示す地質構造等を総合的に判断し、表5-2-1に示す如く算定した。これらの深度には仮定条件があり、具体的な井戸の位置及び深度は削井工事に先行して実施される電気探査等の調査結果により決定される。

(3) 深井戸成功率

既存井戸資料による成功率実績をもとに、空井戸工事の記録は一般に成功井戸に比べて散失しがちである事、および地下水開発は順次困難地域に移行していくという事実を踏まえ、以下の通り見込む事とする。

<u>Gokwe 地区</u>	既存井戸成功率 (%)		計画成功率 (%)	
	<u>100m 未満</u>	<u>100m 以上</u>	<u>100m 未満</u>	<u>100m 以上</u>
南西丘陵部	91	16	80	予定なし
中部地域 (内砂岩、泥岩地域)	69 (61)	50 (33)	50	50
北東部地域	77	57	70	50

5-2-5 サイト選定

深井戸掘削の成功、不成功を左右する大きな要因としてサイト選定の重要性が上げられる。サイトの選定手段としては電気探査或いは、E-M(電磁波探査)等の物理探査が主体となるが、この他その地域特有の植性、岩相、微地形等の地域特性も重要な情報となる事が多く、その地域における経験も重要な要因である。

MEWRDにはサイト選定に従事する物理探査専門家、水理地質専門家が本省及び州事務所に配属されている。本計画におけるサイト選定は主として地域特性を熟知しているMEWRDの探査班が行なう事とし、日本人技術者がこれを補佐するものとする。

サイト選定法として以下に示すものを計画する。

- (1) ランドサット・イメージリー解析
- (2) 空中写真判読
- (3) E-M探査(長尺深井戸用)
- (4) 電気探査(浅尺深井戸用)

5-3 施設の基本設計

5-3-1 深井戸の設計

深井戸は産出量及び水質の安全性を確保すると共に、地表からの汚染を防止するために、深度 30m 以上を確保し、最低 6.0m の表層グラウトシールを実施する事とする。

深井戸は基本設計調査方針で述べた如く、ハンドポンプを設置するが、受益人口が多く、又地下水位が低い為にハンドポンプの利用が事実上不可能となるサイトも存在する。この場合には、人口に見合う産出量を確保する事とし、長尺深井戸を計画し、将来動力ポンプが設置できるような深井戸を設計する。

ハンドポンプ用井戸の口径は第1期計画と同様 100mm とし、動力ポンプ用井戸口径は「ジ」国で採用されている基準を踏襲し 150mm とする。

水理地質の検討結果及び第1期計画の実施結果より各タイプの深井戸の標準タイプを図5-3-1、5-3-2 に示す如く設計した。図5-3-1 は深度 100m 未満のハンドポンプ用深井戸、図5-3-2 は将来の動力ポンプ設置が可能となる深度 100m 以上の長尺深井戸の設計図である。

5-3-2 付帯施設の設計

「ジ」国では深井戸付帯施設が標準化されており、第1期計画でも採用されている。本計画においても深井戸付帯施設は第1期計画と同一のものとする。施設の設計図は図5-3-3 に示す通りである。

Fig. 5-3-1 DESIGN OF SHALLOW BOREHOLE, UNDER 100m DEPTH

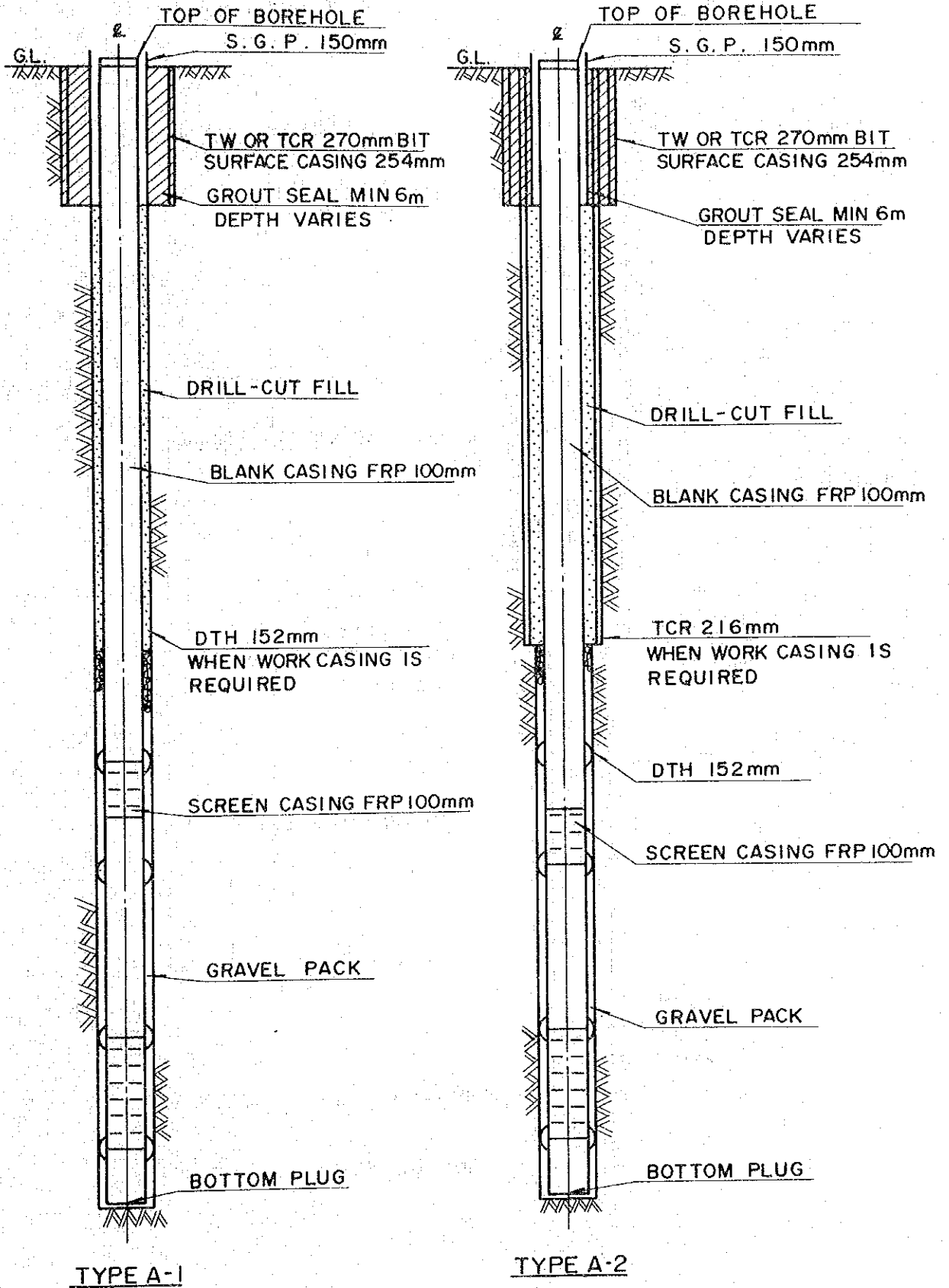
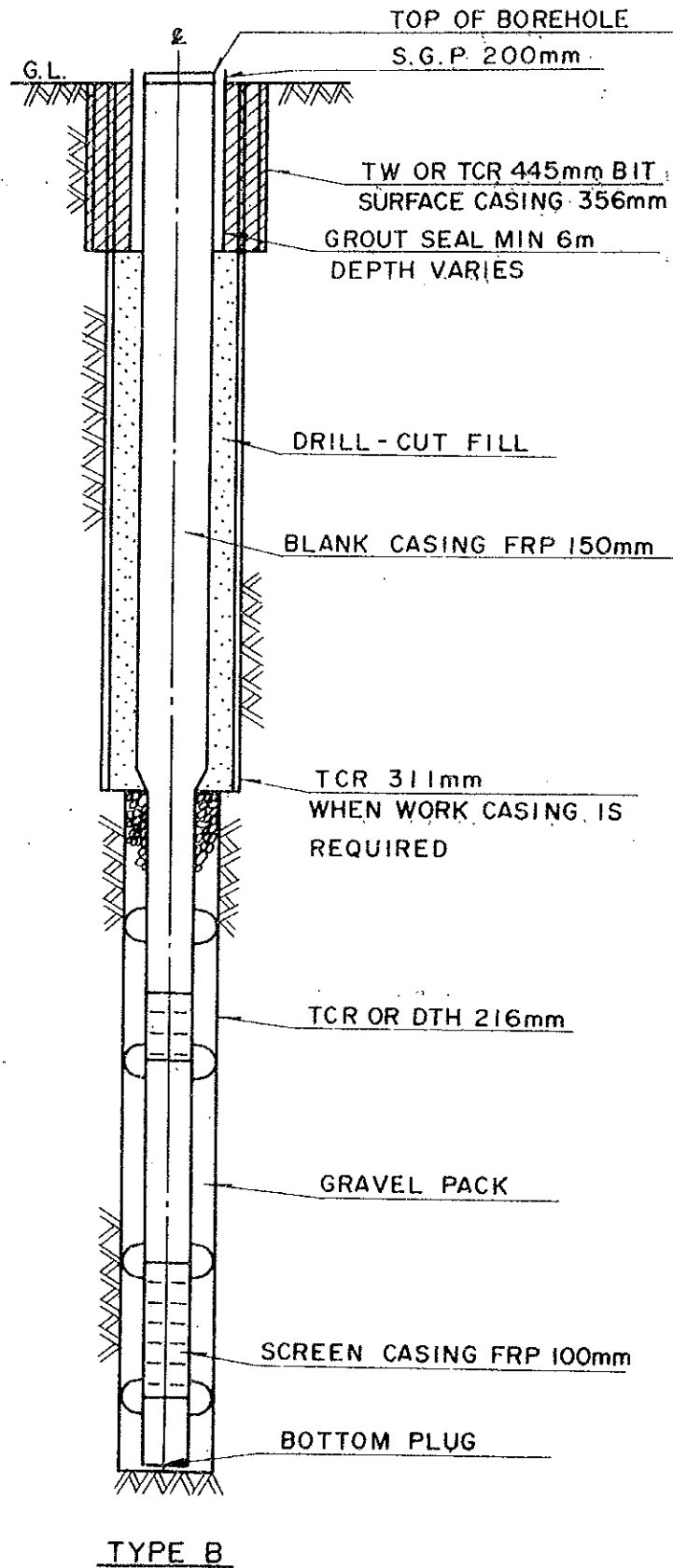


Fig.5-3-2 DESIGN OF DEEP BOREHOLE, OVER 100m DEPTH



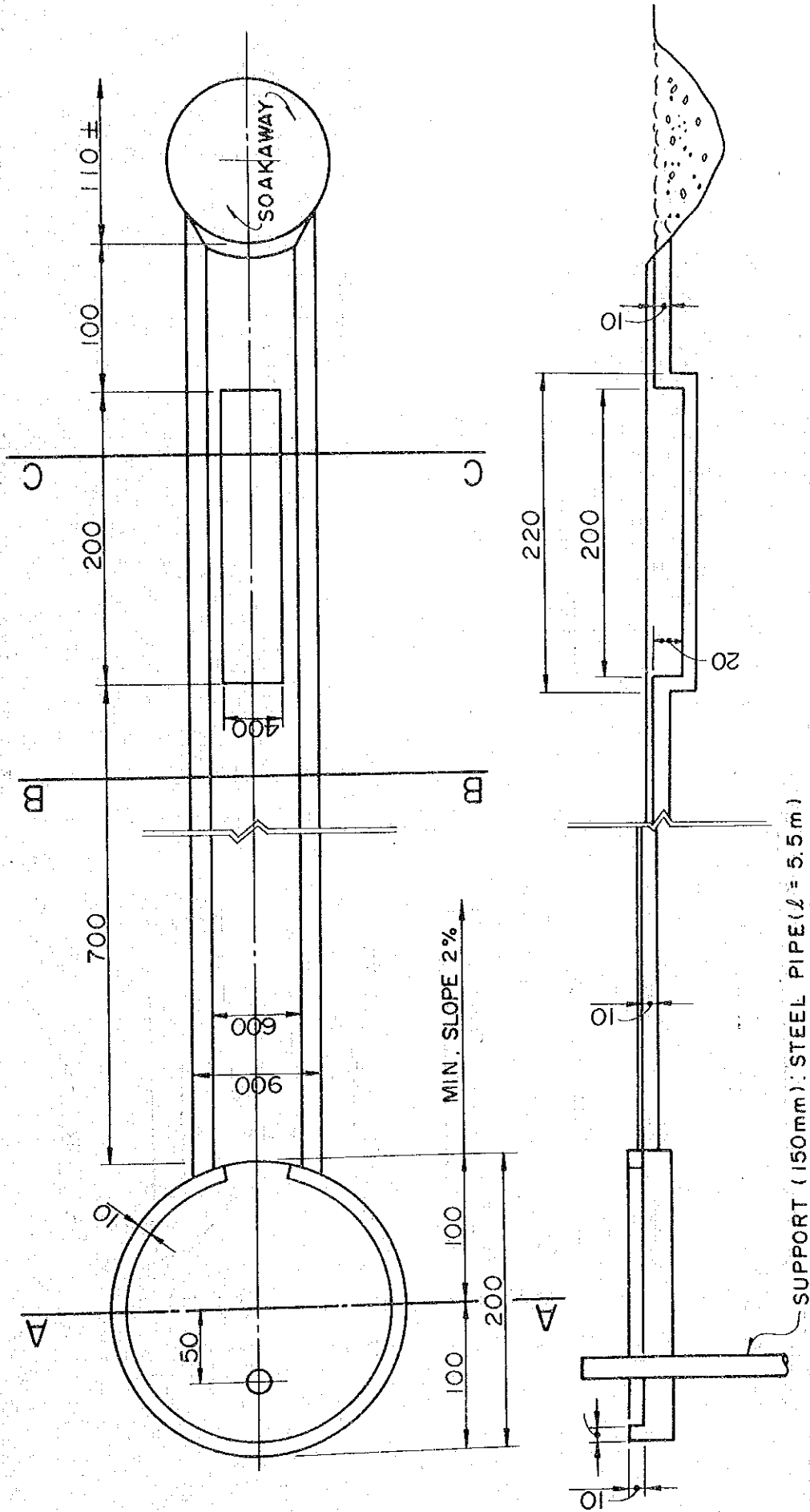


Fig. 5-3-3(1) PLAN AND PROFILE OF HEAD WORKS
S = 1:40 (Unit cm)

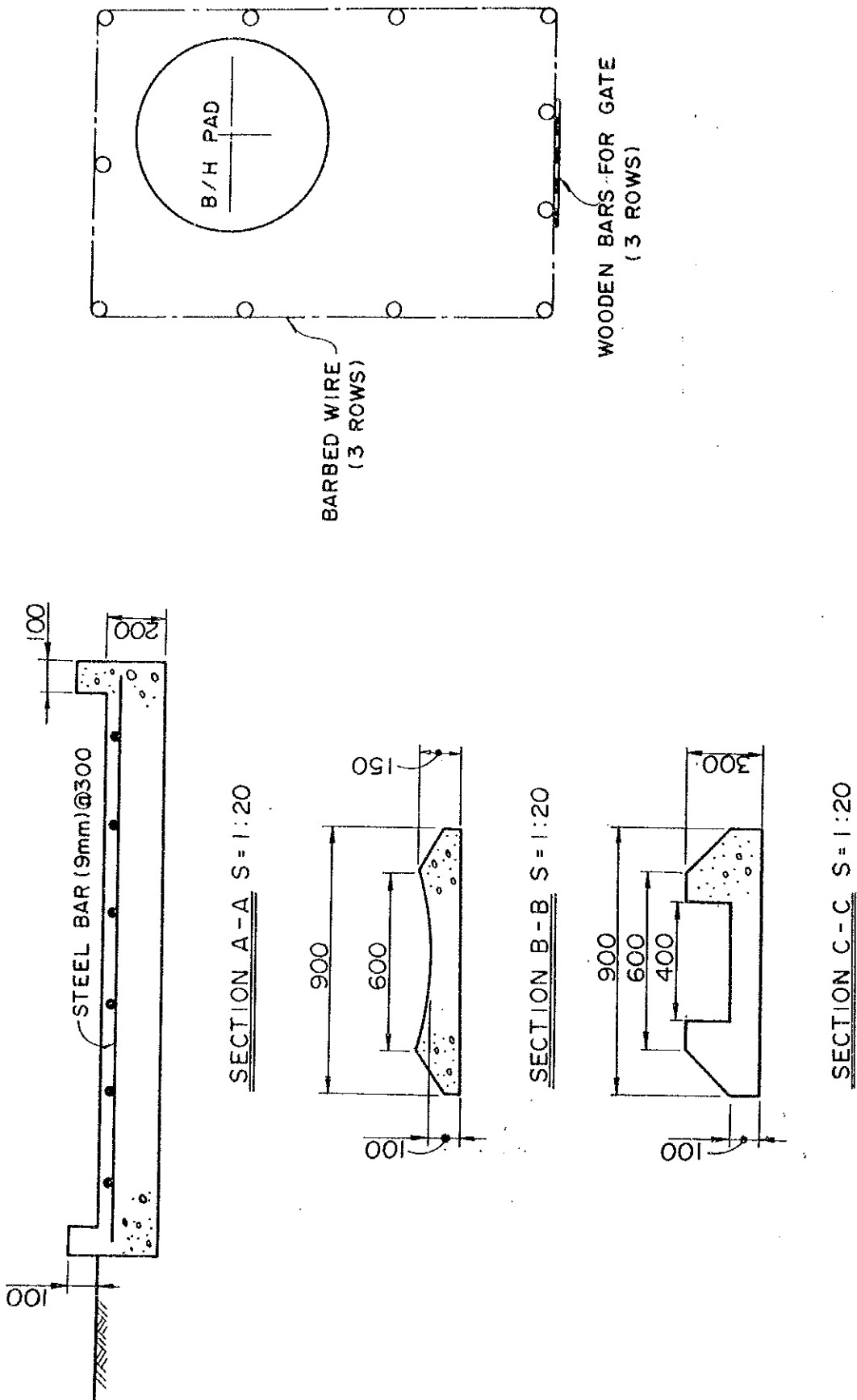


Fig. 5-3-3(2) DETAIL OF SECTIONS AND PLAN OF FENCE

5-4 機材の基本計画

5-4-1 主要機材の選定

本計画実施に必要な主要資機材は下記の項目に渉る。

- (1) 削井機
- (2) 高圧コンプレッサー
- (3) 支援車両
- (4) 物理探査機器
- (5) 井戸試験機器
- (6) 永久ケーシング・パイプ
- (7) 水質分析キット
- (8) ハンドポンプ
- (9) 無線通信システム
- (10) エンジン溶接機
- (11) コンクリート・ミキサー
- (12) 調泥剤
- (13) 移動式修理倉庫
- (14) スペアパーツ

以下、これらの資機材の選定を行う。

(1) 削井機

計画対象地区(Gokwe地区)の地質は、花崗岩類、玄武岩、砂岩、泥岩、及び沖積層の砂層を主体としている。このように、硬軟様々の岩層の全てに対応可能であり、なおかつ、掘削能率を確保し、削井コストを軽減できる削井機はトップ・ヘッド・ドライブの回転式のものが必要となる。又、硬岩を高速削井するためには、泥水循環式回転ビットの他にエアー・ハンマー・ドリルを併用できるものが必要である。

又、掘削時にビット冷却し、ドリル・カットを排出するための流体は、泥水と共に、循環水の取得が困難な地域、或いは孔壁の目詰まりの防止にも対応可能な圧搾空気も利用できるタイプが必要となる。

また、削井機は高速移動が出来るように、車両搭載型とする必要もある。削井機の能力は、掘削径 150mm で最低 300m の掘削能力が必要である。

(2) 高圧エアー・コンプレッサー

エアー・ハンマー駆動及び空気循環掘削のための高圧エアー・コンプレッサーは、空気圧 25kg/cm²、送気量 24m³/min 以上の能力が必要である。

(3) 支援車両

本計画の遂行に必要な車両は、右ハンドル、全輪駆動のウインチ付きとし、以下のものが挙げられる。各工種別に必要な車両を取りまとめると、表5-4-1に示す通りである。

(a) カーゴトラック

i) ツールトラック (6×6: 12 ton, 1台)

削井用ツールズ(ドリルパイプ、ケーシングパイプ、ビット等)運搬用のトラック(積載容量 12 ton)が1台必要である。このトラックには、削井作業の際の大重量のパイプ類の操作のため、3トン容量のクレーンを取り付ける。

ii) 資機材運搬用トラック (6×6: 12 ton, 1台)

Gokwe 地区の道路事情は極めて貧弱であり、大容量、大重量(約 5 ton)のコンプレッサーの移動は、トラックに搭載して移動する方法を取らざるを得ない。このトラックにはコンプレッサー積降ろし用の 6 ton クレーンを取り付ける。又、このトラックは燃料或いは砂利、コンテナ等の運搬にも利用される事となる。

iii) 井戸試験/施設建設用トラック(4×4: 6 ton: 1台)

井戸試験班は水中ポンプ、発電機、揚水管等の機材運搬のため、6 ton 容量のトラック(3 ton クレーン付)が必要であり、ポンプ施設班にも転用され、ミキサー、ハンドポンプ、型枠等の資機材運搬用に使用される。このトラックにもハンドポンプ据え付け、発電機等の積み降しのため、3 ton 容量のクレーンが必要である。

(b) ウォーターローリー(4×4; 6m³: 1台)

削井工事に必要な循環水を運搬するため、6m³容量のウォーターローリーが1台必要である。

(c) 軽車両(4×4, 5台)

削井工事に付帯した調査や工事の要員、機材の輸送に軽車両が必要である。要員輸送にはステーション・ワゴン型が、機材の運搬にはピックアップ型が適しており、各々ロングボデーのものとする。

表 5-4-1 工種別機種別車両の需要

工 種	班 数	トラック		ローリー	軽 車 両		計
		6トン	12トン	水	ピックアップ	ワゴン	
工事管理	1					1	1
サイト選定	1					1	1
削 井	1		2	1	2	1	6
井戸試験	1	} 1					} 1
ポンプ施設	1						
計	1	2	2	1	2	3	9

(4) 物理探査機器

物理探査機器については、長尺深井戸探査用の電磁波探査機器(E-M)、および浅尺深井戸用の電気探査機器(GEP)が必要である。

E-M 探査機器は出力 800W 以上のものとし、電気探査機器は探査深度 100m 以上のものとする。

又、これらの物理探査機器と共にランドサット映像の解析を行い、地域の水理地質の概要を把握する必要がある。

(5) 井戸試験機器

掘削完了後の深井戸に対し、スクリーン位置決定のための電気検層、及び産出量テストのため、以下の機器が必要である。

- (a) 自記記録電気検層機 (比抵抗、自然電位、密度等、300m 級)
- (b) 水中モーターポンプ (100mm、150mm 各 1 台)
- (c) 同上用発電機
- (d) 孔内水位計

(6) 永久ケーシング

MEWRD は PVC パイプが入手困難であるため、径 150mm の鋼管を多用している。ポンプのシリンダー径から言えば第 1 期計画で採用した径 100mm の PVC パイプで充分であり、また安価でもある所から本計画においても原則として PVC パイプを採用することとする。但し、深度が 200m を超える様な長尺深井戸用には PVC パイプは強度的に問題があり、より強度のある FRP パイプを採用する事とする。即ち、永久ケーシングとしては、下記の 2 種となる。

- ・ 長尺深井戸用：口径 100mm 及び 150mm、FRP パイプ
- ・ 浅尺深井戸用：口径 100mm、PVC パイプ

(7) 水質分析キット

水質分析は WHO で規定する下記の 18 項目について行う事とする。分析は、現場測定用の簡易式キットとする。

測定項目： 濁度、色度、臭気、味覚、pH、過マンガン酸カリウム消費量、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、アンモニア性窒素、塩素、6価クローム、総鉄、銅、亜鉛、総硬度、塩化物、一般細菌、大腸菌群

(8) ハンドポンプ

「ジ」国では「ジ」国製のプッシュポンプが普及している。このポンプは MEWRD の特許によるもので、指定ポンプとなっている。第1期計画でも、このポンプを採用しており、本計画においても、これを採用する事とする。

(9) 無線通信システム

Gokwe 地区の道路事情は不良であり、村落地域には電話網も存在しない。従って、計画遂行に当たり業務連絡、或いは緊急連絡等に、ベースキャンプと各サイトを結ぶ無線通信システムは必需品となる。

(10) エンジン溶接機

削井現場及びハンドポンプ設置現場等における鋼製材料の溶接或いは溶断作業のためエンジン溶接機が必要である。

(11) コンクリート・ミキサー

深井戸施設のコンクリート工事は、1カ所当たり 1.8m³ 程度の打設量となるため、0.25m³ 容量の可搬式コンクリート・ミキサーを用意する。

(12) 調泥剤

泥水循環掘削工法を適用する場合、泥水の活性剤及び増量剤が必要となる。「ジ」国においては深井戸掘削においてはベントナイトの使用が禁止されており、本計画では分解性の化学製品を泥水活性剤として選定する。又、DTH(エア-パーカッション掘削工法)を適応する場合には、掘削によるスライムの排除を容易にし、地上におけるスライムの飛散を抑制するための発砲剤が必要である。

(13) 移動式修理倉庫

Gokwe 地区と MEWRD 州事務所があるグエル市との距離は 200Km 余りもあるため、削井機、車両類、工具類等通常の修理は現地で実施出来る事が前提となる。この為、修理用機器および工具類を格納する倉庫、並びに修理小屋をベースキャンプに設ける必要がある。この内、修理倉庫はベースキャンプと共に移動する必要があるが、倉庫は重量物となるためトレーラー搭載型とする。

(14) スペアパーツ

削井機、車両類、その他の機器のスペアパーツは、「ジ」国の経済状態よりみて追加購入は困難と考えられることから、通常稼働による 2ヶ年分の部品を供給する事とする。

5-4-2 資機材リスト

前節の検討結果に基づき、資機材の仕様、数量を以下の様に設定する。

(1) 削井機：1台

i) 掘削井戸の仕様

掘削口径：152mm~445mm

掘削深度：300m 以上

仕上口径：100mm、150mm

ii) 掘削工法

泥水循環掘削工法及びエアーパーカッション (DTH) 工法

iii) トラック搭載型削井機

トラック：水冷式ディーゼルエンジン、6×6、右ハンドル

掘削能力：4-3/4"ドリルパイプで 350m

泥水ポンプ：1200 ℓ/min、28kg/cm²

iv) 標準付属品及び消耗品(掘削延長 9000m分)	1式
ドリルパイプ: 4-3/4"	420 m
ワークケーシング類	1式
サブ、ドリルカラー類	1式
泥水掘削用工具類、ビット類	1式
DTH掘削用工具類、ビット類	1式
フィッシングツール類	1式
泥水、水、燃料タンク	1式
その他	

(2) 高圧コンプレッサー(スキッド型): 1台

能力: 25kg/cm²、24m³/min

(3) 3 tonクレーン付カーゴトラック: 1台

タイプ: 6×6、右ハンドル、荷台長 6.1m 以上

エンジン: 水冷式ディーゼルエンジン

積載量: 12 ton

(4) 6 tonクレーン付カーゴトラック: 1台

タイプ: 6×6、右ハンドル、荷台長 6.1m 以上

エンジン: 水冷式ディーゼルエンジン

積載量: 12 ton

(5) 3 tonクレーン付カーゴトラック: 1台

タイプ: 4×4、右ハンドル

エンジン: 水冷式ディーゼルエンジン

積載量: 6 ton

付属品: フロント・ウインチ

(6) ウォーターローリー: 1台

タイプ: 4×4、右ハンドル、タンク容量 6m³

エンジン: 水冷式ディーゼルエンジン

付属品: フロント・ウインチ

(7) 軽車両(ステーションワゴン型) : 3台

タイプ : 4×4、右ハンドル、ロングボディー(10人乗り程度)

エンジン : 水冷式ディーゼルエンジン

付属品 : フロント・ウインチ

(8) 軽車両(ピックアップ型) : 2台

タイプ : 4×4、右ハンドル、ロングボディー

エンジン : 水冷式ディーゼルエンジン

付属品 : フロント・ウインチ

積載量 : 1 ton

(9) 物理探査機器

i) 電気探査(比抵抗) 探査機 : 1台

探査深度 : 100m 以上、標準付属品付

ii) 電磁波探査機 : 1台

出力 : 800W 以上、標準付属品付

iii) ランドサット映像 : 1式

(10) 深井戸検層器 : 1台

測定項目 : 温度、比抵抗($a=25、50、100\text{cm}$)、自然電位、密度(γ)、キャリバー

記録装置 : 自記式

測定深度 : 300m

標準付属品付(発電機含む)

(11) 揚水試験機器：1式

- i) 100mm用水中モーターポンプ (Q=100 ℓ/min、H=60 m)
揚水パイプ長、L=80m
- ii) 150mm用水中モーターポンプ (Q=200 ℓ/min、H=100 m)
揚水パイプ長、L=200m
- iii) 同上用ディーゼル発電機 (50HZ、390V、30KVA)
- iv) 触針式水位計 (100m、300m用、各1セット)
- v) 標準付属品付

(12) 水質分析キット：1式

i) 水質分析キット

タイプ：現場測定用簡易式キット

分析項目：濁度、色度、臭気、味覚、Ph、過マンガン酸カリウム消費量、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、アンモニア性窒素、塩素、6価クローム、総鉄、銅、亜鉛、総硬度、塩化物、一般細菌、大腸菌群

試料数：100 試料分

ii) 携帯型 pH 計

iii) 携帯型電気伝導度計

(13) 永久ケーシングパイプ

- i) 口元ケーシングパイプ (SGP、L=5.5m、D=150mm) 45本
- ii) 口元ケーシングパイプ (SGP、L=5.5m、D=200mm) 10本

iii) FRP ケーシングパイプ (ネジ付、L=4.0m、D=100mm)	160 本
FRP スクリーンパイプ (ネジ付、L=4.0m、D=100mm)	70 本
iv) FRP ケーシングパイプ (ネジ付、L=4.0m、D=150mm)	240 本
FRP スクリーンパイプ (ネ付、L=4.0m、D=150mm)	80 本
v) PVC ケーシングパイプ (ソケット、L=4.0m、D=100mm)	1,230 本
PVC スクリーンパイプ (ソケット、L=4.0m、D=100mm)	460 本
vi) ソケット、ボトムプラグ、接着剤等	1 式

(14) ハンドポンプ : 140台
 プッシュポンプ (揚水管共)

(15) 無線通信システム : 1式

- i) 出力 : 100W
- ii) 局数 : 固定局-1台、移動局-5台

(16) エンジン溶接機 : 1台
 DC 250A、AC 10KVA、ディーゼルエンジン

(17) コンクリート・ミキサー : 1台
 容量 : 0.25m³、ディーゼルエンジン付

(18) 調泥剤 : 1式

- i) 発砲剤
- ii) CMC
- iii) レスター

(19) 移動式修理倉庫 : 1式

- i) トレーラー搭載型資機材倉庫 (W= 2.3m、L= 8.0m、H=3.4m) 1棟
- ii) 作業用コンテナ 2棟