

ザンビア共和国
地下水開発計画
基本設計調査報告書

昭和60年6月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1029767[9]

ザンビア共和国
地下水開発計画
基本設計調査報告書

昭和60年6月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 7. 16	533
	61.8
登録No. 11728	GRF

序 文

日本国政府は、ザンビア共和国政府の要請に応え、同国地下水開発計画に係る基本設計調査を実施することを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、昭和60年2月24日より3月18日まで、静岡県大井川広域水道企業団技監山下真一氏を団長とする調査団を同国に派遣し、同国関係省との協議を行なうとともに、プロジェクト・サイト調査、資料収集等基本設計に必要な調査を実施し、帰国後の国内作業を経てここに本報告完成の運びとなった。

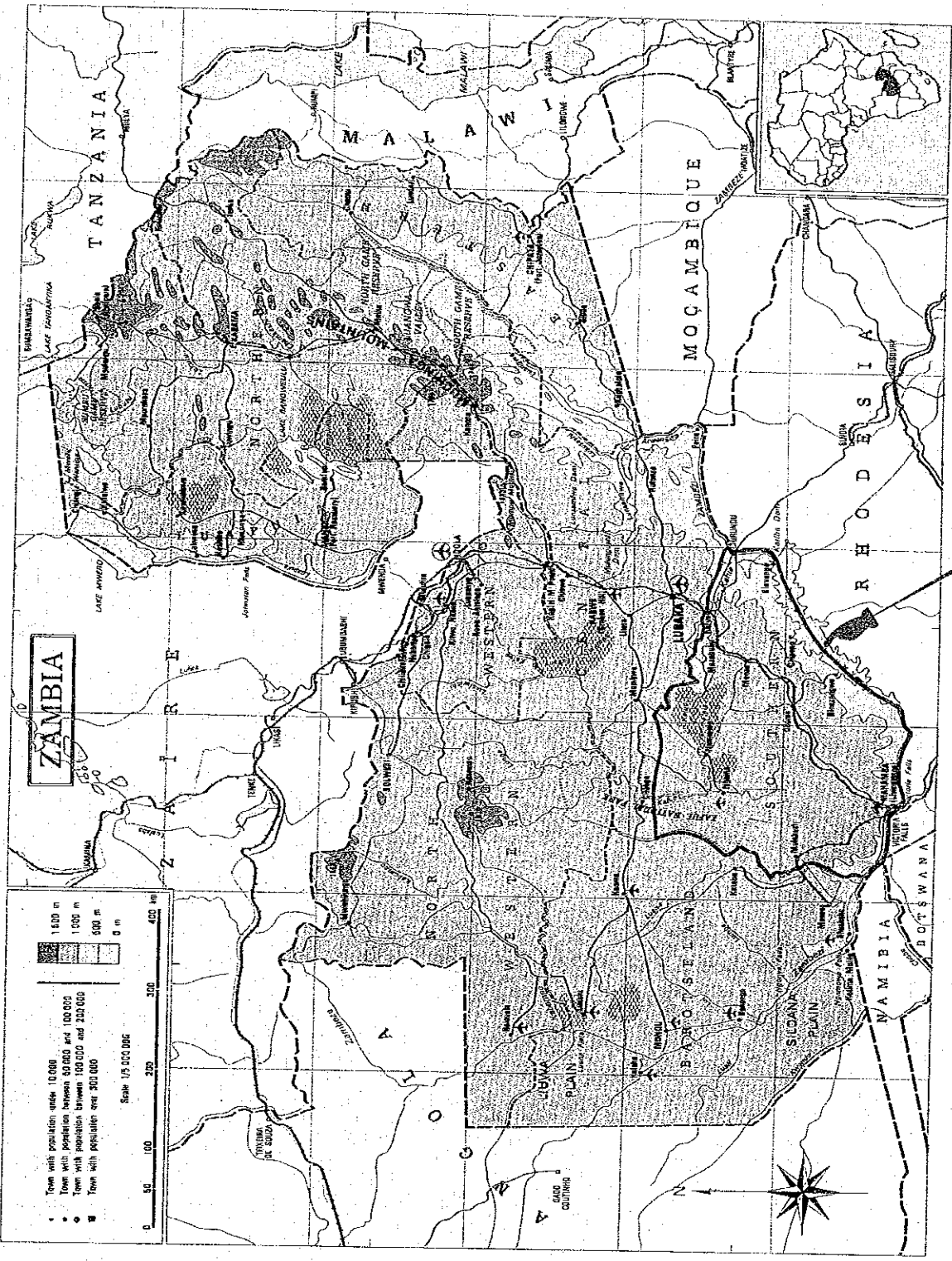
この報告書が本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善関係の一層の発展に資すれば幸いである。

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

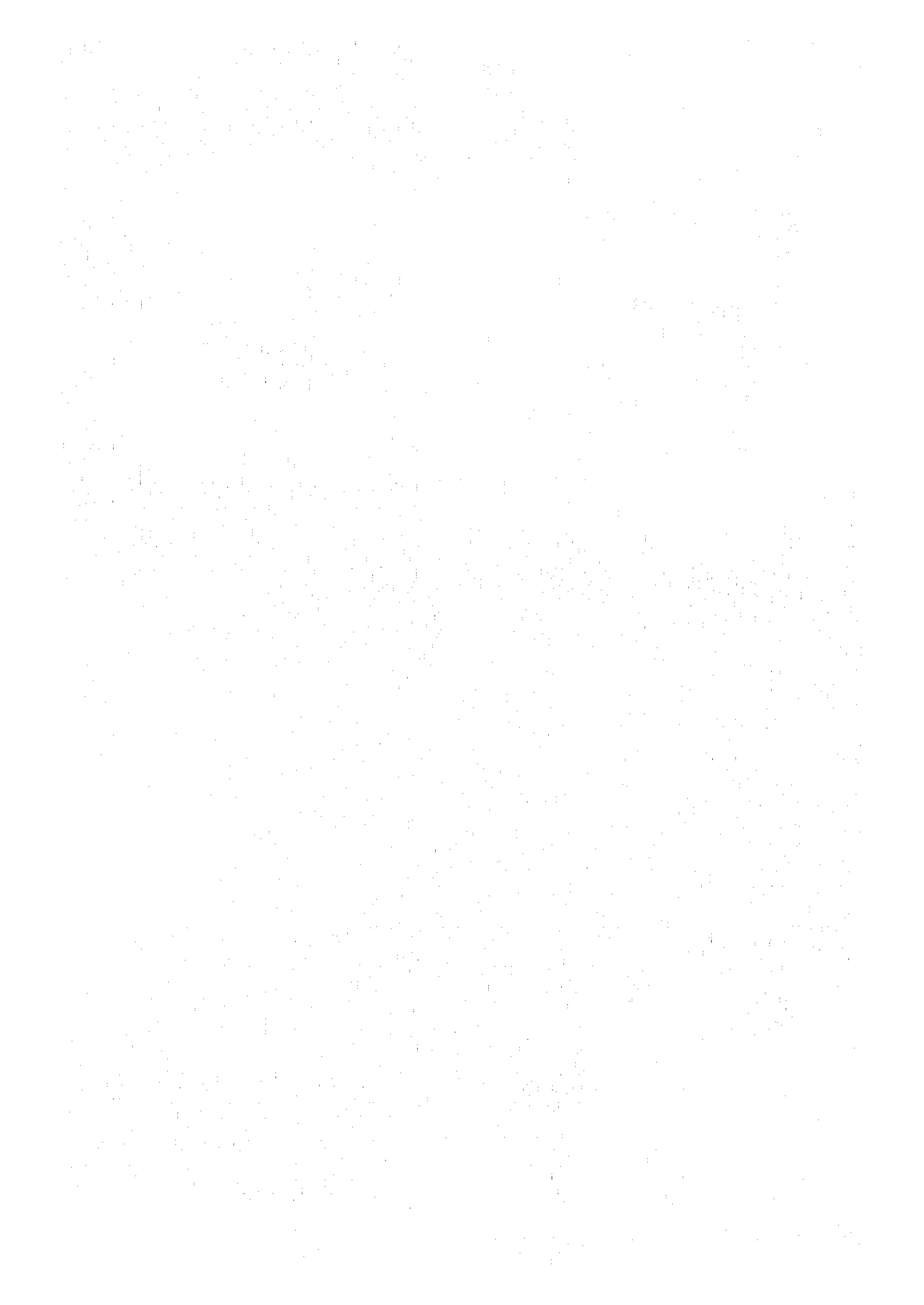
昭和60年6月

国際協力事業団
総裁 有田圭輔

LOCATION MAP OF THE PROJECT



PROJECT AREA





南部州チヨマ郡シングワ村
の手掘り井戸とバケツによ
る巻上げ揚水



南部州チヨマ郡マブユの深
井戸手押しポンプ



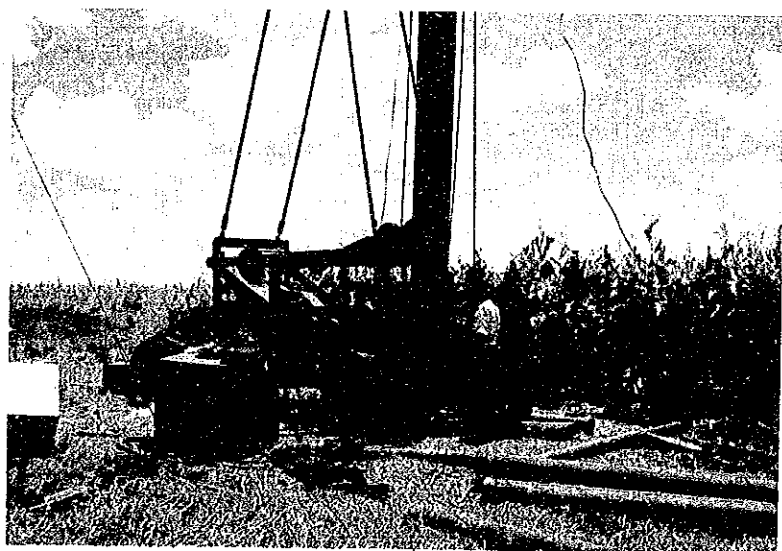
南部州チヨマ郡シアチヤ村



チョマ郡ソングワ村の村民



チョマ郡ジャルンバ村
の手押しポンプ



水利局所有のパーカッション式掘削機

目 次

序 文	
位 置 図	
写 真	
目 次	i
略記及び略号	v
要 約	vi
第1章 緒 論	1
第2章 計画の背景	3
2-1 ザンビア国の概況	3
2-2 国家開発計画	4
2-3 ザンビア国の給水事情	4
2-3-1 給水一般事情	4
2-3-2 給水行政組織	7
2-3-3 給水整備計画	9
2-3-4 地下水開発の現況	13
第3章 南部州の概況	17
3-1 一般事情	17
3-2 南部州の自然条件及び水文地質	21
3-2-1 自然条件	21
3-2-2 水文地質	24
3-3 南部州の給水事情	27
3-3-1 現 状	27
3-3-2 給水計画	30
3-4 「ザ」国の南部州地下水開発に係わる当初計画及び要請内容	31
第4章 計画の内容	35
4-1 対象地域	35
4-2 計画の骨子	38
4-3 施設計画	38
4-4 資機材計画	39
4-4-1 主要機材の選定	39
4-4-2 資機材の仕様	45
4-5 施工計画	47
4-5-1 工事計画	47

4-5-2	人員計画	49
4-5-3	井戸掘削手順	51
4-6	概算事業費	54
4-6-1	日本側事業費	54
4-6-2	「ザ」側事業費	54
第5章	事業実施計画	55
5-1	実施機関	55
5-1-1	事業実施体制	55
5-1-2	実施設計および施工管理	55
5-2	分担範囲	56
5-2-1	日本側の分担	56
5-2-2	「ザ」側の分担	56
5-3	資機材の調達	56
5-4	事業工程計画	56
5-5	維持管理体制	57
5-5-1	掘削機材	57
5-5-2	給水施設	57
5-6	協力終了後の井戸掘削体制	58
第6章	事業評価	61
第7章	結論と提言	63
7-1	結論	63
7-2	提言	63
附 属 資 料		
1.	調査団の構成	65
2.	調査団行程表	67
3.	訪問先および面接者	69
4.	協議々事録（和訳）	71
"	（原文）	76
5.	収集資料リスト	83
6.	緊急深井戸掘削予定地リスト	85
7.	Country Data	89
8.	事業費積算資料	95

目 次

表 2-1 ザンビア国給水状況概要	6
表 2-2 衛生・環境病外来患者数(1980)	6
表 2-3 住民のし尿処理方法	7
表 2-4 集落区分毎の給水行政分担表	9
表 2-5 大都市での給水サービス状況(1980)	9
表 2-6 小都市での給水サービス状況(1980)	10
表 2-7 村落給水々源別人口(1980)	11
表 2-8 給水整備のための外国援助概要	12
表 2-9 削井工事に所属する人員	14
表 2-10 削井工事の所有する主な機材	14
表 2-11 削井工事の年間予算(1984)	16
表 3-1 郡別集落区分人口(1980)	19
表 3-2 南部州保健衛生設備状況(1981)	20
表 3-3 セクター別投資額(1984)	20
表 3-4 南部州地質系統表	21
表 3-5 南部州渇水年降水量	24
表 3-6 南部州の岩相毎地下水概要表(平均値)	25
表 3-7 南部州地下水概要	25
表 3-8 村落水道水源水質分析値(表流水)	26
表 3-9 飲料水々質基準値	26
表 3-10 地下水々質分析値	27
表 3-11 郡別給水源数量	28
表 3-12 水利局南部州事務所の所有する主な機材	29
表 3-13 水利局南部州事務所の人員	29
表 3-14 南部州早ばつ救済計画による成果(1982-1983)	31
表 3-15 EECによる給水整備計画(南部州)	31
表 4-1 緊急深井戸掘削対象地域概要	35
表 4-2 掘削機の機能・適合地質	40
表 4-3 水利局導入手押しポンプ一覧表	42
表 4-4 「ザ」国側分担人員構成	50

目 次

調 査 位 置 図

図 2 - 1	水利局組織図	8
図 3 - 1	農牧畜適地図	18
図 3 - 2	南部州の地質図	22
図 3 - 3	南部州月別平均降水量	23
図 4 - 1	緊急井戸位置図	33
図 4 - 2	深井戸構造図	36
図 4 - 3	コンクリート・スラブ構造図	37
図 4 - 4	水源開発の手順	52
図 5 - 1	E / N後の事業工程	57

略号及び略記

容量・量

$m^3 / day / m$	水位降下1メートル 当り立方メートル/日 揚水量	PVC FRP	塩化ビニール 強化ファイバーパイプ
$l / min / cap$	1人当り l /分の 揚水量	P/S E/N	事前調査 交換公文
ppm	百万分の一 Parts per million	LUA SUT	大都市 小都市
その他単位		RT DWA	村落市街地 水利局
mbgs	地表下メートル	TNDP	第3次国家開発計画
ϕ	管の直径	NCDP	国家開発委員会
EC	電気伝導度	EEC	欧州経済共同体
PH	ペーハー	UNDP	国連開発計画
$m \cdot moh / cm$	メートル・モー/センチ ECの単位	OECD	経済協力開発機構
psi	ポンド/平方インチ	ODA	政府開発援助
K	クワッチャ	OECE IDWSSD	海外経済協力基金 国際飲料水給水・衛生の ための10年 (1981~1990)

要 約

ザンビア共和国の地下水資源は、先カンブリア系および古生界の変成岩、深成岩、石灰岩などに発達する亀裂帯水層および、地表近くに発達する風化岩盤の帯水層に賦存している。これら帯水層は、深度約60m以内に発達し、水利局で1982年に掘削した56の深井戸の平均揚水量は、7.8m³/時であり、かつ岩盤亀裂系から得られた地下水の水質は良好である。

ザンビア共和国の給水行政は、人口10万以上の大都市では、市委員会が担当し、小都市や村落部では、農業・水開発省の水利局が担当している。給水源は、大都市や小都市では表流水、村落では地下水が多い。水道普及率は、大都市で70%、小都市で45%であるが、村落では近くに給水源を保有する住民は、村落人口の32%にすぎない。特に村落部の水源は、必ずしも質量ともに満足のいくものではなく、その水源は、乾期に地下水位が低下して利用できなくなる浅井戸や、水質の不良な表流水が大部分である。

このため、衛生環境に起因する病気の発生率は高く、1980年には、約75万人の子供が下痢で治療をうけ、約2,300人の子供が下痢性の病気で死亡している。

ザンビア共和国は、第3次国家開発計画(1979~1983)の主要目標に、都市と村落部との所得格差の減少を掲げ、このために銅依存経済を是正し、農業生産を増進することとしている。この様な政策をうけて、村落部の活力増進につながる村落給水整備のために、水利局は南部州に880本の深井戸掘削計画を立案した。しかし水利局の保有する掘削機の性能の低さや資金調達状況からみて、この計画の実現は困難とみられている。

このため、ザンビア共和国政府は上記計画の一環として、緊急に必要な給水深井戸120本の建設に必要な資機材につき無償資金協力を日本政府に要請した。

日本国政府は、この要請を検討した結果、本計画に関する基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団が、1985年2月24日から3月18日の間、基本設計調査団をザンビア共和国へ派遣した。

調査の目的は、本要請にかかわる背景、内容、要請の妥当性、さらに計画の最適な規模内容を策定するために必要な現地調査を実施することであった。

調査団は、ルサカおよび南部州のチョマを中心に現地調査を行ない、さらにザンビア共和国関係者と協議を重ねた。その中で当初要請のあった120本の深井戸の妥当性を吟味し、その結果暫定的掘削地点の判明した緊急度の高い深井戸102本を本計画の対象とすることが至当であろうと相手国政府と調査団で合意した。これらの深井戸は、南部州のチョマ、ナムワラ、グエンベ、マザブカ、モンゼの5つの郡に位置している。

また、これら102本の深井戸および給水施設建設に関し、ザンビア側より予算手当が困難であること等から新たに、これらの建設費の日本側による負担が要請された。さらに、深井戸建設に関する計画立案、施工管理、掘削技術等につき、無償資金協力の枠組の中における協力要請

も新たに受けた。

帰国後、調査団は、現地調査の結果を踏まえ、さらに国内作業の結果に基づき、南部州での村落給水に必要な102本の緊急深井戸の建設に要する資機材の供与および一部給水施設の建設並びに建設を通じての技術的助言が必要であると判断した。

主要な供与資機材リスト

(1) 掘削機材（高圧コンプレッサー、ツールを含む）	2台
(2) 各種支援車輛	7台
(3) 手動ポンプ（揚水管等を含む）	102台
(4) 井戸試験機器（水中ポンプ、電気検層器を含む）	一式
(5) モンゼ修理工場工具	一式
(6) スペアパーツ	一式

主要資機材となる掘削機は、緊急井戸102本をほぼ1年間で完成させること、および隣接地域で共同作業する場合を考慮し故障等に対して相互補完が可能となるよう共通仕様とし、供与数を2セットとした。

深井戸および給水施設の建設については、無償資金協力の制度で対応可能な43本を目途としてこれを実施する。

日本側の分担は、上記の資機材の供与、一部の給水施設建設、資機材運用のための技術者派遣および掘削技術の移転、上記資機材調達のための設計監理、一部の給水施設工事に係る施工管理などである。

ザンビア共和国側の分担は、一部給水施設建設に係る人員の準備、深井戸位置選定、上記資機材の運用維持管理等である。

この計画に必要な事業費は、日本側負担分6.3億円、ザンビア側負担は、43本分の井戸建設について106千クワッチャ（10.9百万円）、残りの59本分の井戸建設に、435千クワッチャ（44.8百万円）が見積もられる。また、完成した102本の井戸の維持管理に必要な費用/年は、約19.8千クワッチャ（約2.0百万円）である。

緊急用深井戸43本の建設に要する日程は、E/N締結後約7ヶ月と見込まれる。

本計画の事業実施主体は、ザンビア共和国農業・水開発省の水利局である。供与機材の維持管理は、水利局がこれを行なう。（完成した給水施設については各District Council及び利用者が責任を持って維持管理を行うよう体制を整える必要がある。）

本計画の実施により得られる直接便益は、今後も予測なしに発生する早ばつに対応することが可能となり、被害を最小限におさえる一助となること、良質な飲料水を得ることにより衛生環境

に起因する疾病の発生を減少させること、水汲みに費やされる労力を減少させることにより、その労働力を家事、農業生産に振り替えることができることなどである。

また、上記に掲げた直接便益を得るのみならず、さらに、無償資金協力を通じて技術移転が行なわれることにより、水利局の人材養成、技術の向上がはかれることから、人材の基盤が整備され、全体計画の実施に大きな技術力を与える等の効果が期待される。

以上により、本計画は十分な妥当性を持つものと考えられる。

第 1 章 緒 論

ザンビア国(以下「ザ」国と称する)は、1981年以来3ケ年にわたる渇水を経験した。その影響は特に南部州で著しく、村落住民の飲料水源となっていた浅井戸および表流水の大部分は枯渇した。

「ザ」国の水道普及率は村落部で低く、村落人口の68%が清潔で近接した飲料水源の恩恵をうけておらず、水源までの距離は、乾期には、7~15kmとなり、運搬に要する時間は半日以上となっている場合もある。このため、衛生環境に起因する疾病の感染率は高く、1980年の治療患者は全国で延4百万人に達している。この数は全人口の70%に相当している。

このような状況を改善するため、「ザ」国政府は、村落給水の未整備な、かつ早ばつ被害の著しい南部州において、880本の深井戸掘削計画を立案し、そのうち1年以内に掘削可能な井戸120本の建設に必要な資機材等を調達するため、無償資金協力を日本政府に要請した。

「ザ」国政府の要請内容は、掘削機械及び支援車輛各2組、120サイト分の手押ポンプ、ケーシング、スクリーン等についての機材供与である。

日本国政府は、「ザ」国政府の要請を検討した結果、本計画に関する基本設計調査の実施を決定した。これを受けて、国際協力事業団は、1985年2月24日から3月18日までの期間、静岡県大井川広域水道企業団技監山下真一氏を団長とする基本設計調査団を「ザ」国に派遣した。

調査団は、「ザ」国政府関係者と要請内容について協議し、その際「ザ」側より1部サイトに関しては、その建設についても協力して欲しい旨追加要請があった。

また計画対象地域の現場調査を行ない、給水事情や削井事情の情報・資料を収集した。

「ザ」国政府関係者との協議の結果得られた基本的な合意事項は、議事録としてとりまとめ、1985年3月8日に双方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、協議々事録、収集資料リスト等は、附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、現地調査結果をもとに、本件の妥当性を検討の上、資機材の選定、給水施設の基本設計、事業費の概算、維持管理計画等を策定し、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 ザンビア国の概況

ザンビア共和国は、1964年、英国政府の責任のもとで自治統括していた北ローデシアから独立した国である。

この国の政治形態は、独立以来の指導者、ケネス・カウ ندا (Keneth D. Kaunda) のひきいる統一国民独立党 (United National Independence …… UNIP) による一党共和制である。

「ザ」国は、中央、銅ベルト、東部、ルアブラ、北部、ルサカ、北西部、南部、西部の9州 (Province) から成っている。

「ザ」国の経済は、銅価格の変動に大きく左右されてきた。1970年以來順調に伸びてきた輸出額が1975年に落ち込んだのも銅価格の下落が原因である。「ザ」国は、第3次国家開発計画 (1979-1983) の重点目標として、銅偏重経済構造の是正を第1に掲げている。

政府の財政は、1979年の例外を除いて毎年赤字である。特に、これまで黒字であった貿易収支が1982年以來赤字に転換した。このため、1983年債務繰延 (リスケジュールリング) が発動された。

「ザ」国政府は、非同盟政策を国是として国際協力を推進している。二国間援助では、OECD諸国、とくに北欧諸国からのODAが多く、1983年にはスウェーデンは、29百万US\$の供与を行なっている。多国間援助では、UNDP、EC、世銀グループ、英連邦援助基金、アフリカ開発銀行などからの援助を受けている。援助額は、ECの8.4百万\$が多い。

わが国は、1983年に19百万\$のODAを供与している。

「ザ」国の教育制度は、初等 (Primary) 7年、中等 (Secondary) 5年、大学 (University) 5年が基本となっている。

大学はザンビア大学が1966年に開校され、ルサカ、キトウエにキャンパスを持っている。水資源に関する教育は、鉱山学部 (School of Mines) と工学部 (School of Engineering) で行なわれている。特に、前者には、水文地質 (Hydrogeology) の講座があり、9人の学生が現在就学している。工学部では、水資源に関する学問として土木工学科 (Civil Engineering) があり、毎年15人前後が卒業している。

国土の一般概況、社会経済等に関する資料は、カントリー・データとして、巻末の附属資料に示した。

2-2 国家開発計画

「ザ」国は第3次国家開発計画(TNDP)を1979-1983で終了し、現在第4次開発計画を策定中である。TNDPでは、次の諸点に重点が置かれている。

- 国家経済の銅偏重構造の是正。このために、農業、工業振興のための経済プログラムを採用する。
- 強力な村落経済を創り出すため、村落開発を最優先させる。
- 村落(Rural)、都市(Urban)間の所得の格差の縮少を計る。
- 地域の社会・経済的潜在能力、ニーズの性質や規模を考慮した地域開発を振興する。

以上の優先政策から判るように、政府は、村落開発を重視しており、その戦略として、農業、農村工業、運輸、通信、社会サービス、給水、その他村落部の生活水準を支える活動を改善するため、有機的なプログラムを推進することを打出している。戦略の具体案は次のとおりである。

- 農業生産物の増産を促進する
- 農業部門のGDPへの貢献度を増やし、村落経済を変化させる。
- 村落住民の雇用や収入源の増加を創り出し、それが、個人消費を助長させるのみでなく、村落一都市部の交流を促す様にする。

以上の戦略は、TNDPの大目的となったヒューマニズムを基礎とした、自立・社会主義の達成から導かれたものである。

これらの戦略は、村落給水整備による村落住民の衛生環境の改善や、水源確保に費やしてきた労働力の農業生産への振替えにより、農村の活性化を促すことにより、実現の可能性が大いに助長されることが期待される。

2-3 ザンビア国の給水事情

2-3-1 給水一般事情

「ザ」国の給水事業に対して、TNDPは、次の目標を立てた。

- 質・量を満足させる恒久的な給水源の確保
- 水資源の汚染からの効果的な防止策の準備
- あらゆる分野の水使用における法体制の確立
- 国・地方レベルにおける水行政機関の設立
- 水資源台帳の確保

現状は目標からほど遠いものと考えてよい。特に村落給水は、質・量ともに、これを満足させるものではない。

すなわち、「ザ」国の水資源は表流水と地下水とにこれを求めることができる。表流水の大部分は、ザンベジ川水系に属し、とくにカフエ(Kafue)、ルアングワ(Luangwa)の2大支流の流域が国土の大部分を占めている。しかし、これら大河川の河床と住民の居住す

る台地との間には約300m以上の標高差があり、その利用に制約がある。たとえば、利用者数の多い大都市の場合は、揚水施設を設置しても十分にその代価を支払うことができるが、小都市や村落のように水源当りの利用者数の少ない場合は、高揚程のポンプや長距離の配水管を設置するにはその投資額は大きすぎる。このため、標高差が少なくなる小さな支流にその水源を求める結果となり、通年で安定した水量を得難くなる結果をまねいている。

地下水は、この国にあまねく分布が予測されているが、この国の地質が古生代、先カンブリア紀の堅固な岩石から構成されていることから、帯水層の大部分が亀裂系となり、ルサカ(Lusaka)ーノドラ(Ndola)地帯のように、石灰岩が多く分布する地域を除いて、地下水産出量は少ない。しかし、水使用量の少ない飲雑用水の水源としては、その揚水施設も小規模であることから、水源量に見合った需要者数の範囲内では、地下水利用は、理想的な形態と考えてよく、特に村落給水の水源にはもっともよく適合している。

以上の事実は、以下に述べるように都市部および村落の給水事情にも反映されている。

「ザ」国の全人口は、約568万人で、これらの33%に当る190万人がルサカを始めとする人口6万人以上の10の大都市(Large Urban Area…LUA)に住んでおり、その70%が給水をうけている。これらの水源の90%以上が表流水である。

人口6万人以下の75の小都市(Small Urban Township…SUT)には、全人口の10%に当る59万人が住んでおり、このうち、45%が飲料水の給水をうけている。これら水源の75%が表流水である。

村落人口は、全人口の57%に当る324万人で、このうちの32%が水質・水量はともかく、利用できる水源を近くに保有している。(表2-1参照) 表流水を水源とする配管給水は、人口500人以上を対象に村落人口の22%に当る約71万人がうけている。残りの78%の住民は、手掘井戸(Hand Dug Well)や深井戸(Borehole)、簡易ダム、河川水などによるスポット水源を有しているが、手掘井戸は、その深度が10m未満であるため、渇水期に地下水位の低下をみて、使用不可能となる場合が多い。井戸からの揚水には、手掘井戸では、巻上げ式のバケツ、深井戸では、ハンドポンプを使用している。また、簡易ダムや表流水々源は、乾期に枯渇する場合が多い。

地下水の水質は、おおむね良好で無処理のまま利用されている。大都市給水には、水質処理場が設置されている。小都市・村落のパイプ給水は、塩素投入を最低の水質改善基準としているが、実際には、実施されないケースが多い。

「ザ」国の給水状況をまとめると、次のようになる。

表 2-1 サンビア国給水状況概要

集落区分(都市数)	人 口 (万人)	水源保有人口 (万人) (%)	水 源 (%)		水 質 処 理
			表流水	地下水	
大 都 市 (10*) (LUA)	190	133 (70)	90以上	10	浄水場による処理
小 都 市 (75) (SUT)	54	24 (45)	75	25	塩素投入を原則とするが無処理が多い。
村 落	324	104 (32)	22	78	無 処 理
合 計	568	261 (46)			

* LUA Lusaka, Kitwe, Ndola, Mufulia (DECADE Report:1983)
Chingola, Kabwe, Luanshya, Livingstone,
Chililabombwe and Kalulnshi

以上に述べたように、小都市や村落部では、近くに水源を保有している人口が50%以下であることから、水使用量は、極めて少いと推定することができる。このため、衛生環境に原因する病気の発生率が高い。(表2-2参照)

衛生環境に原因する病気で、この国で多く発生しているものは、下痢、マラリヤ、栄養不良、はしか、肺炎である。1980年には、約75万人の子供が下痢で治療を受け、約2300人の子供が下痢性の病気で死亡している。同年、15才以下の子供が病院やヘルスセンターに外来患者として治療を受けた病名とその数は、次のとおりである。

表 2-2 衛生・環境病外来患者数(1980)
(15才以下)

病 名	外 来 患 者 数 (人)	構 成 比 (%)
呼 吸 系 症	1,110	18
下 痢	749	12
け が	584	9
マ ラ リ ヤ	523	8
眼 病	337	5
ビルハルツ住血虫	201	3
耳 鼻 症	149	2
疥 癬	141	2
歯 症	137	2
皮 膚 潰 瘍	69	1
合 計	4,000	63

(Country Profile 1984)

また、住民レベルでのし尿処理施設の状態は、次に示すとおりである。このことも衛生環境を悪化させている。

表 2-3 住民のし尿処理方法

施設の型式	都市人口比 (%)	村落人口比 (%)
水洗便所	58	4
浄化槽/戸外便所	7	<1
つぼ堀便所	27	34
手桶け式	2	—
施設なし	6	62
	100	100

(統計局: Country Profile 1984)

2-3-2 給水行政組織

「ザ」国での給水に関する責任は、大都市では市委員会小都市、村落では地方委員会 (District Council) が負うことになっている。しかし、訓練された人材不足から現実には給水計画、施工、運営維持については、小都市 (SUT) や村落では、農業・水開発省 (Ministry of Agriculture and Water Development...MAWD) に属する水利局 (Department of Water Affairs...DWA) にその業務が移管されている。同じ理由から、水質管理やその施設の建設について、SUTでは公共事業省 (Ministry of Works and Supply) の建設局 (Building Department...BD) がこれを代行している。これらを要約すると、表のようになる。(表2-4参照) また、水利局の組織図を示すと、図の様になる。村落給水の計画・実施はこの図に示す Data and Planning で行なっている。水利局は、各州に州事務所とその下部機関の郡事務所を有している。(図2-1参照)

水道料金は、大都市や小都市で徴収されているが、村落給水は無料である。

図 2 - 1 水利局組織図

ORGANIZATION CHART — AUGUST 1984 DEPARTMENT OF WATER AFFAIRS

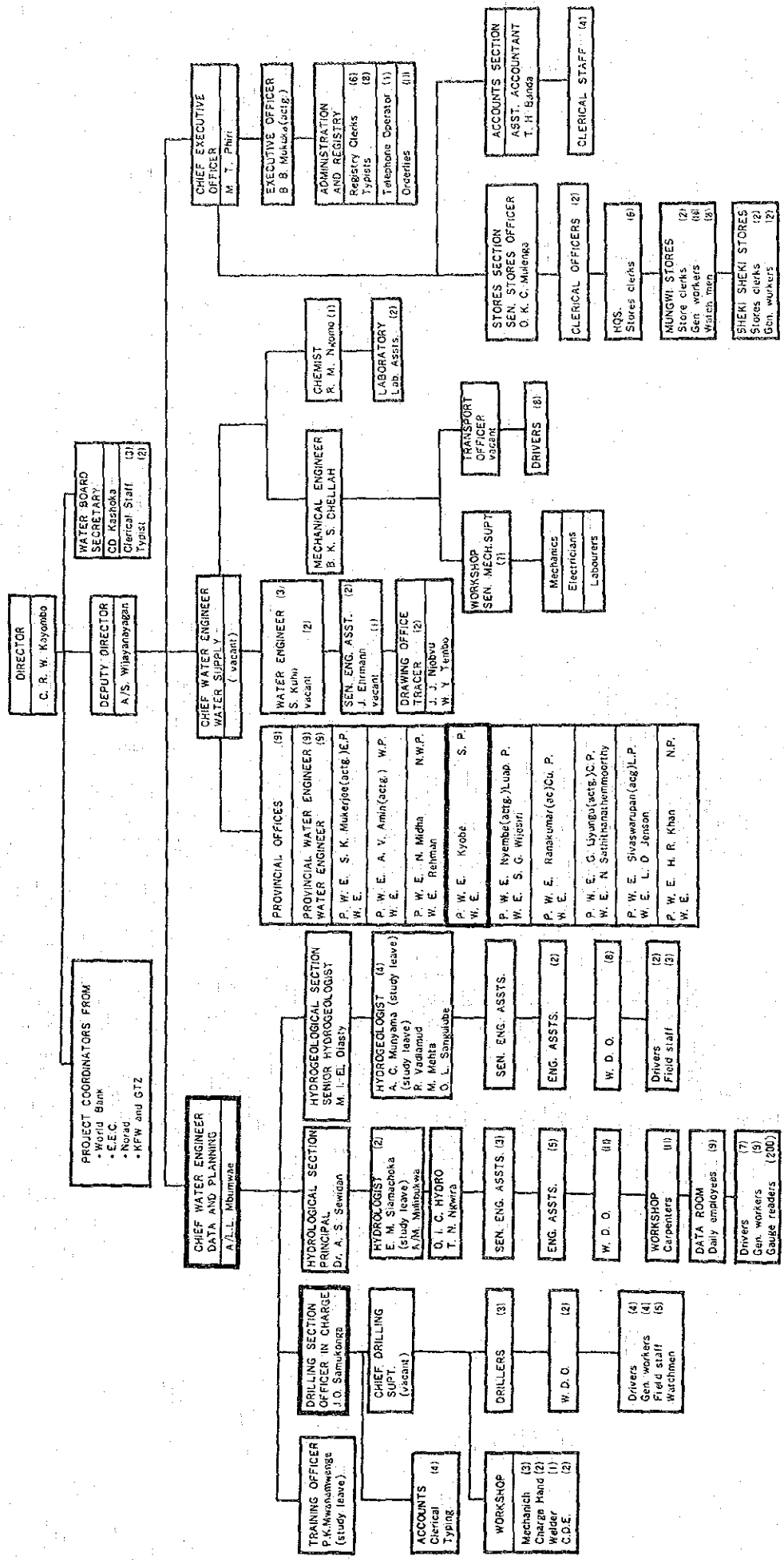


表 2-4 集落区分毎の給水行政分担表

給水の種類	給水施設						衛生施設			
	大規模パイプ給水施設		小規模パイプ給水施設		現位置給水施設(井戸等)		水処理施設		便槽	
実施区分 集落区分	C	O/M	C	O/M	C	O/M	C	O/M	C	O/M
大都市	DC	DC	NIL	NIL	NIL	NIL	DC	DC	DC	DC
小都市	DC/DWA	DC/DWA	NIL	NIL	DWA	DC	DC/BD	DC/BD	DC	DC
村落	NIL	NIL	DWA	DC/DWA	DWA	DC	NIL	NIL	MOH	MOH

(DECADE Report 1983)
一部改変

- 註) C (Construction) ……建設工事
 O/M (Operation and Maintenance) ……維持管理
 NIL (No such scheme) ……該当なし
 DC (District Council) ……郡委員会
 MOH (Ministry of Health) ……厚生省
 BD (Building Department) ……建設局(公共事業省)
 DWA (Department of Water Affairs) ……水利局(農業・水開発省)

2-3-3 給水整備計画

「ザ」国の給水整備の現況及び計画を集落区分毎に要約すると次のようになる。

〈大都市(LUA)〉

「ザ」国の人口の33%に当る約190万人が10のLUAに住んでいる。これらの住民に対する給水サービスの現況は、次のとおりである。

表 2-5 大都市での給水サービス状況(1980)

家屋の種類	サービスの種類	受益人口	
		人数(千人)	比率(%)
高級住宅	個別水道栓	133	7.0
使用人小舎	"	114	6.0
中級住宅	"	95	5.0
下級住宅	"	570	30.0
下級住宅	共同水道栓	133	7.0
共同集会所	集団水道栓	285	15.0
非合法集落	遠隔, 水質不良水源	570	30.0
合計		1,900	100.0

(DECADE Report 1983)

この表で判るように、LUA人口を構成する約30%の57万人は、適当な給水をうけていない。この状態を改善するためノドラ(Ndola)、カブエ(Kabwe)などの都市で、深井戸による水源開発が行なわれ、リビングストーンでは、ポンプ場が新規に設置され、給水量が増加されている。また、首都のルサカではカフエ川を水源とする水道施設の増設を計画している。

〈小都市(SUT)〉

「ザ」国には75の小都市が存在し、全人口の10%に当る59万人がここに住んでいる。水道普及率は、45%であるが、そのうちの76%が共同水道栓(Communal taps)で給水をうけている。すなわち、給水サービス状況を人口別にみると、次のようになる。

表2-6 小都市での給水サービス状況(1980)

住居区分	サービスの種類	受益人口	
		人数(千人)	比率(%)
高級住宅	住宅内給水栓	15	2.5
中級住宅	"	29	4.9
下級住宅	"	118	19.9
下級住宅	共同/集団 (100m以内)	84	14.2
共同集会所	所内/100m以内栓	21	3.5
旧来/非合法集落	集団栓/不适当水源 (100m以上)	326	55.0
合計		593	100.0

(DECADE Report 1983)

SUTの給水々源開発は、DWAがその責任を負っているが、1981~1983年の投資額9百万クワッチャ(K)のうち75%が外国援助に依存している。

試算された小都市給水整備のための投資額は、計画年を1984-2000年として、低レベルのサービスで総額187百万K、年当り12百万Kとなっている。

具体的な給水整備計画の大部分は、外国援助に依存している。(表2-8参照)

〈村落給水〉

「ザ」国の村落人口は、約320万人である。これらの住民のうちで、飲用に耐えうる水源を近くに保有している人口は約102万人である。他の住民は、遠隔地の水源や、渇水期に枯渇する水源で生活をしている。水源を近くに保有する住民の水源別人口は次のとおりである。

表 2-7 村落給水源別人口(1980)

給 水 源	水 源 数	受 益 人 口		全 村 落 人口比(%)
		人数(千人)	比 率(%)	
浅 井 戸	3,900	390	36	12
深 井 戸	1,800	450	42	14
パイプ給水	230	230	22	7
合 計		1,070	100	33

(DECADE Report 1983)

村落給水の整備計画では、1990年および2000年を目標とした水源開発案を立案し、給水率100%を目指している。現実には、表2-8に示したように、村落部の給水整備は着手されたばかりで、その優先度は、村落部でも比較的人口の集中した村落市街地(Rural Townships)で高い。

表 2-8 給水整備のための外国援助概要

(1984年現在)

援助機関	対象州名	期	給水対象	事業内容	事業費 (百万K)	条件	備考
Norad (ノルウェー)	西部州	設計開始～工事終了 1979～1986	8小都市 村落	700手掘井戸/深井戸 ハンドポンプ(Indian Mark II)設置	21	無償	事業拡張計画中
世銀	ルアラベ州	1982～1986	4小都市 村落	670手掘井戸 175深井戸のリハビリ 110ハンドポンプ(Indian Mark II) 設置	24	ローン	第2期計画予定
KFW (西独)	東部州	1982～1985	チパタ市	ルテンブエ川にダム築造	2	ローン	
KFW (西独)	北中部州	1985～1987	7小都市 村落	表流水源水道施設 240深井戸リハビリ 50手掘井戸新設	28	ローン	
アイランズ政府	北中部 ルアラベ州	1983～1988	村落	40村落, 100手掘井戸	1.8	無償	
E C	南部, 中央部 東部州	1983～1985	5小都市	表流水々源開発	8.3	無償	第2期計画予定

2-3-4 地下水開発の現況

(1) 概 要

「ザ」国における給水源のための地下水開発は、水利局削井工事部 (Drilling Section) が掘削工事を担当している。過去3年間(1982-1984)に水利局が実施した深井戸削井工事の実績は、1年間に新設井222井(79%)、老朽井のリハビリテーション60井(21%)合計282井である。これらの削井工事は、その80%に当る225井が民間削井会社により施工され、水利局の直営工事は、年間57井であった。

これらの削井工事のうち、村落給水のための深井戸掘削は、全国で年間88井で、残りの大部分は大規模自営農場や民間施設のための給水井戸となっている。

(2) 水利局削井工事部の要員及び装備

水利局削井工事部が現在保有する要員及び使用可能な装備を表2-9, 2-10に示す。表2-9の人員がルサカ本部の指示によって全国の水利局州事務所配置され削井工事をこなっている。

表2-10に示されるように掘削装備はケーブル・パーカッションを主体とし、エアーパーカッションを1台保有しているが、全体に装備の老朽化及び支援車輛が極端に少ないため、削井工事は非能率的である。たとえば、南部州でケーブル・パーカッションリグを使用して掘削された新設井の工事日数は水利局直営の場合2ヶ月/井、民間削井会社1ヶ月/井となっている。水利局の機械台帳では、この他に7台のケーブル・パーカッション及び23台の支援車輛を保有していることになっているが、実際には、いずれも故障、破損により再使用不可能である。

掘削要員のエアーパーカッション、ケーブル・パーカッションリグに対する掘削技術は十分熟練しているが、ロータリーリグについては未経験であり操作には、0.5~1年のトレーニングを必要とする。

表 2-9 削井工事に所属する人員

所 属	職 種	人 数
ルサカ本部	所 長	1
	技 術 職	4
	事 務 職	8
	ド リ ラ ー	2
	運 転 手	4
	警 備 員	5
	小 計	24
修 理 工 場 (ルサカ)	熟 練 工	5
	助 手	2
	事 務 職	1
	ド リ ラ ー	1
	小 計	9
現場スタッフ	ド リ ラ ー	18
	ド リ ラ ー 助 手	17
	記 録 係	14
	人 夫, 警 備 員	28
	小 計	77
	合 計	110名

表 2-10 削井工事に所有する主な機材

	名称, 型式	機 種 名	製 造 国	製 造 年	台 数
掘 削 機	ケーブルパーカッション式	マンゴールド	南アフリカ	1963	3
	"	ダ ン ド ー	イギリス	1968	2
	"	U K 2 2 M	ソ 連	1972	4
	エアーパーカッション	アクアドリル661	西 独	1981	1
そ の 他	エアークンプレッサー		—	—	3
	水 タ ン ク	4 m ³	—	—	4
	無 線 機		—	—	4
	揚水試験ポンプ	1-1/2"	—	—	6
	電気溶接機		—	—	2
	電動ドリル		—	—	2
	パイプカッター		—	—	1
支 援 車 輛	8 t ト ラ ッ ク	ベ ン ツ	西 独	1979	1
	ワ ゴ ン	ランドローバー	—	—	1

(3) 修理工場

削井機械の修理工場は削井工事部本部内にあるがベアリング、ブッシュ、ギヤー等の交換が行なえる程度の軽微な修理は可能である。又、車輛のエンジン、モーター、ポンプ等もここで修理されているが、大修理を必要とする場合は農業・水開発省の機械修理部へ搬入、修理されている。しかし機械修理部へ持込んでも修理部品が入手出来ず修理完了までに2～3年を要するケースが多々あるという状態である。

簡単な機械修理が可能な修理工場は、DWAの各州水利事務所にそれぞれ配置されている。

(4) 削井工事部の予算

削井工事部の1984年の予算は、表2-11に示したとおりである。年間支出額は、約50万Kで、井戸掘削に支出した額は、その約35%の18万Kである。全収入85.3万Kのうち、井戸作工資材分として25.4万Kを外国援助に頼っており、その額は、削井工事部が支出した井戸掘削費を大きく上廻っている。

表 2-11 削井工事部の年間予算 (1984)

(単位はクワッチャ 1K=100円)

項 目	収 入	支 出
1) 人件費		209,393
2) 井戸掘削費		
注文主のデポジット	526,255	
外注費		162,929
注文主へ返還		4,213
超勤等人件費		2,318
スペアパーツ等		2,821
燃料等		8,799
3) 償却資産		
本部より配分	39,200	
リグ及び車輛のスペアパーツ		32,969
4) 経常経費		
本部より配分	20,953	
燃料等		2,024
野外作業資材		9,405
その他支出		4,059
5) 歳 入		
井戸24本分の収益(政府へ)		64,148
ケーシングパイプ	13,500	
6) 外国援助		
ケーシングパイプ(Norad)	200,000	
スペアパーツ(Norad)	54,000	
合 計	853,908	503,078

(DWA作成)

第3章 南部州の概況

3-1 一般事情

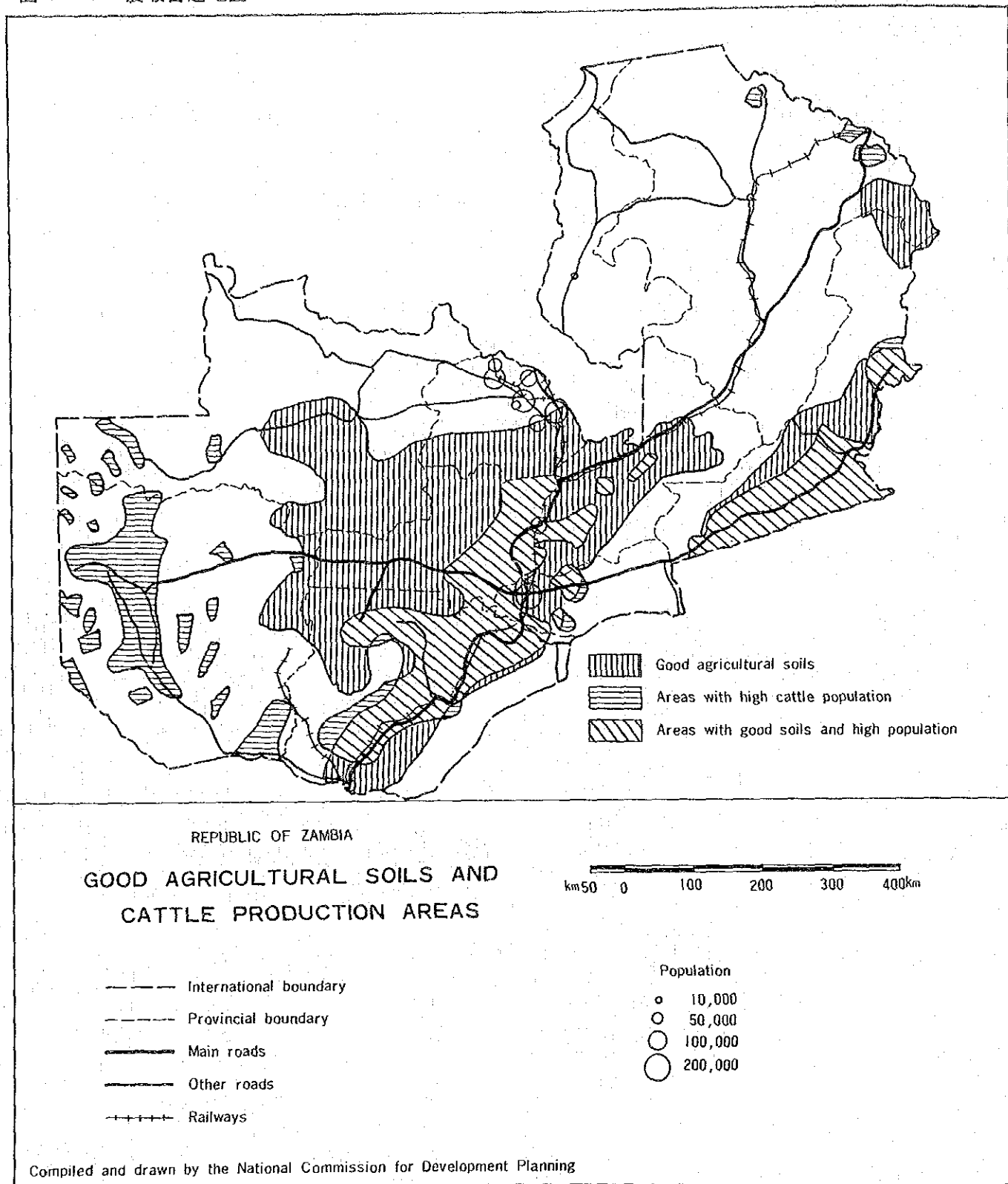
(1) 概況

南部州は全国でも農業生産量の多いことで知られており、メイズ、サトウキビ、小麦等を産している。また、家畜保有数も全国一である。「ザ」国の農牧畜適地図によれば、南部州の台地は、農業および畜産にもっとも適した地域として描かれている。

森林資源は、「ザ」国でも4番目の森林面積を有している。このうちでも南部州の森林は、木材生産林よりも、資源保護林の役目を果たす割合が多い。

教育状況は、初等学校については、ルアブラ州と共に100%に近い就学率を示しているが中等学校への初等学校からの進学率は約9%と推定される。

图 3 - 1 農牧畜適地圖



(2) 人 口

南部州の人口は、約686,000人で、全国人口の12%を占めている。給水行政による集落区分のLUAは、リビングストンのみで、SUTは、20存在する。8区分された郡(District)ごとの人口を集落区分毎に要約すると、次のようになる。

表3-1 郡別集落区分人口(1980)

(1980センサス)

郡名 (District)	都市数	人口(千人)			村落人口比 (%)
		都市	村落	合計	
Choma	4	28.5	104.2	132.7	78
Gwembe	1	1.5	21.9	23.4	94
Kalomo	2	10.0	92.0	102.0	90
Mazabuka	5	39.0	76.4	115.4	66
Monze	2	14.6	96.1	110.7	87
Namwala	2	4.9	51.9	56.8	91
Siavong	4	15.4	58.0	73.4	79
Livingstone	1*)	72.0	—	72.0	
合計	21	186.2	500.3	686.5	73

*) 大都市(LUA)に属するリビングストン市

(3) 保健衛生

「ザ」国全体では病院を始めとする保健衛生状況は独立以来めざましい進歩をとげ、死亡率や平均寿命は大幅に改善されてきた。しかし、都市部と村落部の格差は未だに縮っていない。

「ザ」国の病院、診療所(Clinic)、ヘルスセンターは国立で、無料である。このほか、鉾山、ミッションが設立した保健衛生機関がある。

南部州での病院等の普及状態をみると次のようになっている。

表 3-2 南部州保健衛生設備状況 (1981)

区 分	人 口 (千人)	病 院 ヘルスセンター		医療従事者 当り人口	ベ ッ ト 当 人 口	病院から12km 以上の居住者		
		数	当り人口			人 口	人口比(%)	
南 部 州	村落	507	846	1,111	1,500	1,700	94,000	19
	都市	205	1,965	104		9,600	—	—
全 国	村落	3,279	5,431	603	1,400	1,700	870,000	27
	都市	2,623	15,337	171		5,800	—	—

(Country Profile 1984)

(4) 開発計画

「ザ」国での農業適地、畜産生産、漁業・林業、観光産業などの開発可能性は、鉄道および主要道路沿いで高い。この観点からみると、南部州は全国でも開発ポテンシャルティの高い地域に属しているといえる。すなわち、ルサカーリビングストンを結ぶ鉄道、道路沿い、およびカッパーベルト州がそれである。

TNDPによれば、南部州での開発計画は次のように要約されている。

- カロモ郡に家畜、メイズ、オイルシード、果樹による混合農業の確立
- 製粉、綿工場、屠殺場、製革、飼育場、魚加工場、イーストおよびアルコール工場、果物缶詰工場その他農産工業を設立する。
- 養漁業の振興
- カフェ河の河上運送
- Maamba での石炭加工産業設立
- リビングストン、モンゼに建築資材倉庫設立
- 支線道路の改良と新設
- 41ヶ所の村落開発センター設立
- 既存農業普及施設の活動強化のための総合的な村落開発計画を樹立

これらの開発計画は、予算不足、物価上昇などの障害により、必ずしも達成されていない。各セクター別の政府の支出額をみると、次のようになる。

表 3-3 セクター別投資額 (1984)

地 域	建 設	土地・資源	農業・水開発
南 部 州	K 1 4 5, 9 7 8	K 6 4, 1 4 7	K 1 6 2, 6 9 5
全 国 比	1 3 %	1 5 %	1 2 %

(Economic Report 1984)

3-2 南部州の自然条件及び水文地質

3-2-1 自然条件

(1) 地形および地質

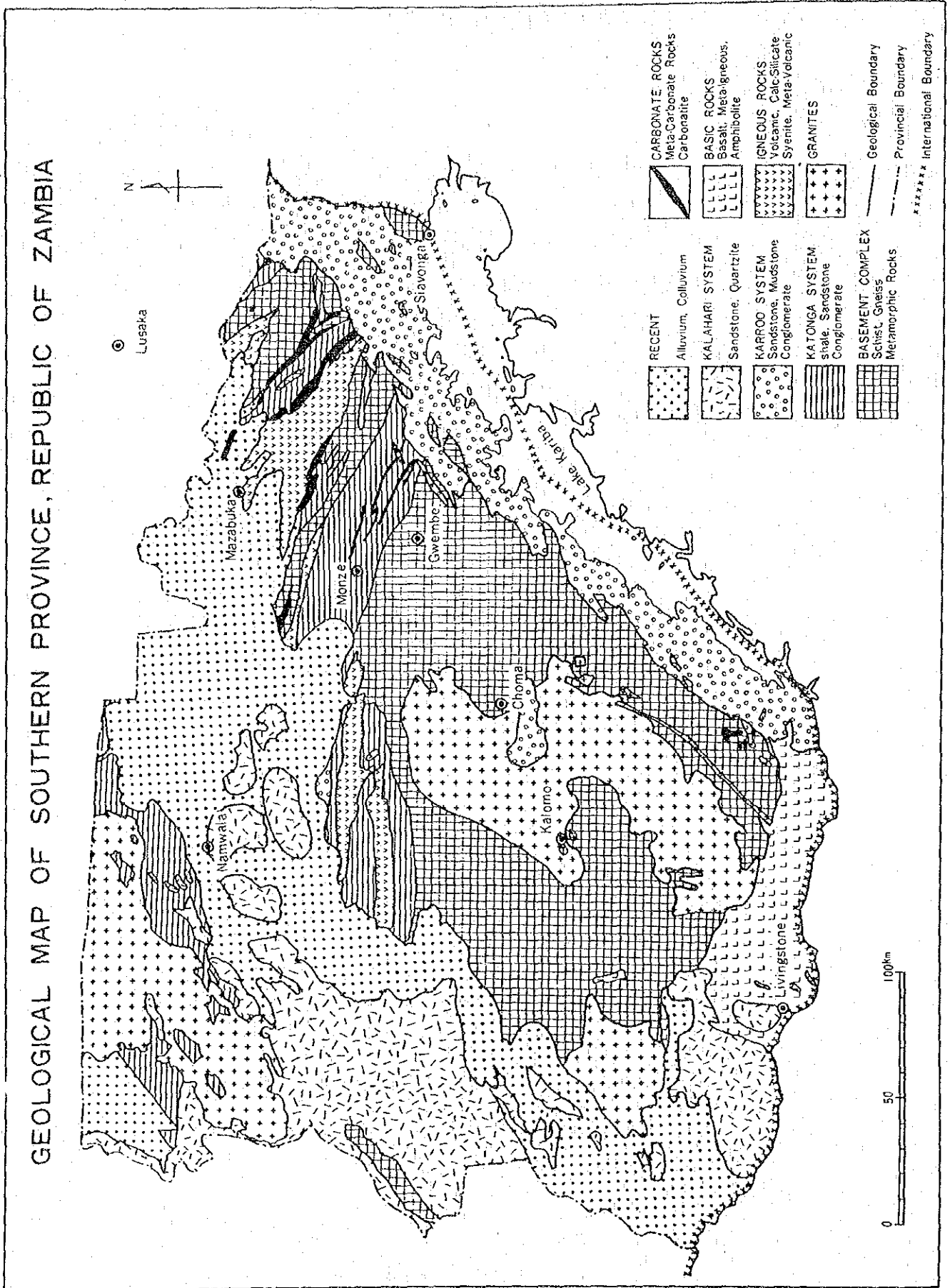
本計画の対象地域となる南部州は、国土の11%を占める面積を有し、その南部および東部で、ザンベジ川を国境としてジンバブエと接している。ザンベジ川の支流、カフエ川は、南部州の北縁でルサカ州と接し、ザンベジ川とともに、低平地を形成している。州の大部分は、標高1,000~1,300mの台地から成り、ザンベジ川沿いに北東-南西方向に延びている。台地の侵蝕は比較的小規模で、住民の大部分はこの台地上に居住している。ルサカーリビングストンを結ぶ鉄道や国道もこの台地上にある。

南部州に発達する地質は、南部州の地質図に示した。(図3-2) また、地層の概要は、地質系統表に示した。(表3-4)

表 3 - 4 南部州地質系統表

地質時代	地層名	構成岩相	主な分布域	帯水層
新生代	現世堆積物	粘土, シルト, 砂	カフエ川沿い	砂層が帯水層
	カラハリ系 モング砂層 バローツェ砂岩 石英岩層	砂 砂岩, 石英岩	西部州境	砂層が帯水層 水位40-50m 概して地下水情報は少ない
中生代	カロー系 上部カロー層	玄武岩質熔岩 赤色砂岩 砂岩, 泥岩互層	リビングストン周辺 ザンベジ川沿いの斜面	砂岩は亀裂系帯水層 深度40-60mに分布 水位は25m程度
	下部カロー層	泥岩 石炭 砂岩, 礫岩		
古生代	カタंगा系	雲母片岩, 千枚岩 石灰岩, 石英岩	モンゼ, グエンベ 及びチョマ, カロ モの西部	風化帯及び亀裂系 が帯水層となる。
	基盤岩系	片麻岩, 片岩 花崗岩	チョマ周辺	風化帯の厚さは 10~25m

図 3 - 2 南部州の地質図



(2) 気 候

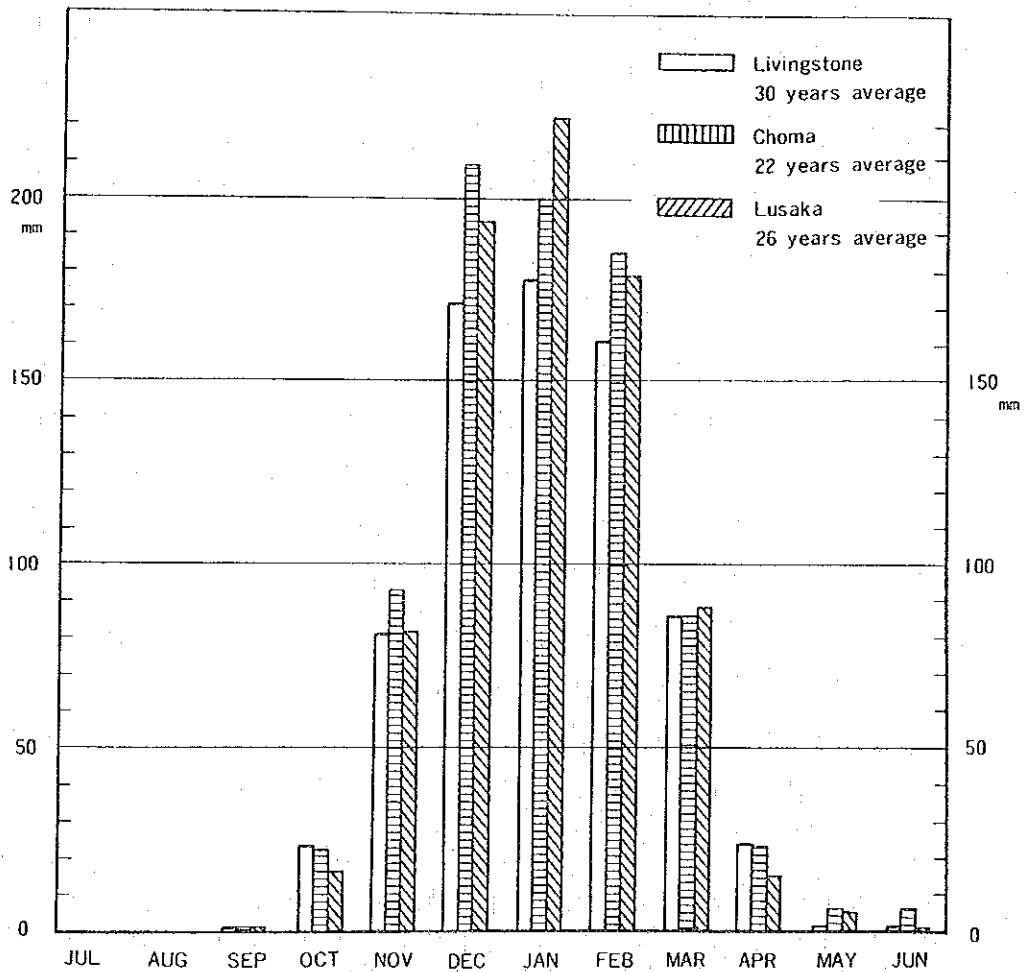
南部州の気候は、次のように季節区分することができる。

暑い雨季：11月～4月 寒い乾季：5月～8月 暑い乾季：9月～10月

気温は暑い乾季には低地で21～28℃，台地では，17～24℃を示し，寒い乾季には，低地で16～18℃，高地で13～16℃を示している。

雨は10月から翌年の5月までにその95%以上が降る。その量は，「ザ」国の北部で1,200～1,600mmになることがあるが，南部州では，600～800mmが平均値である。最近の渇水年には，この平均値を大幅に下廻った降水量が観測された。（表3-5参照）

南部州のチョマ，リビングストーン，およびルサカにおける月別平均降水量を示すと図3-3のようになる。

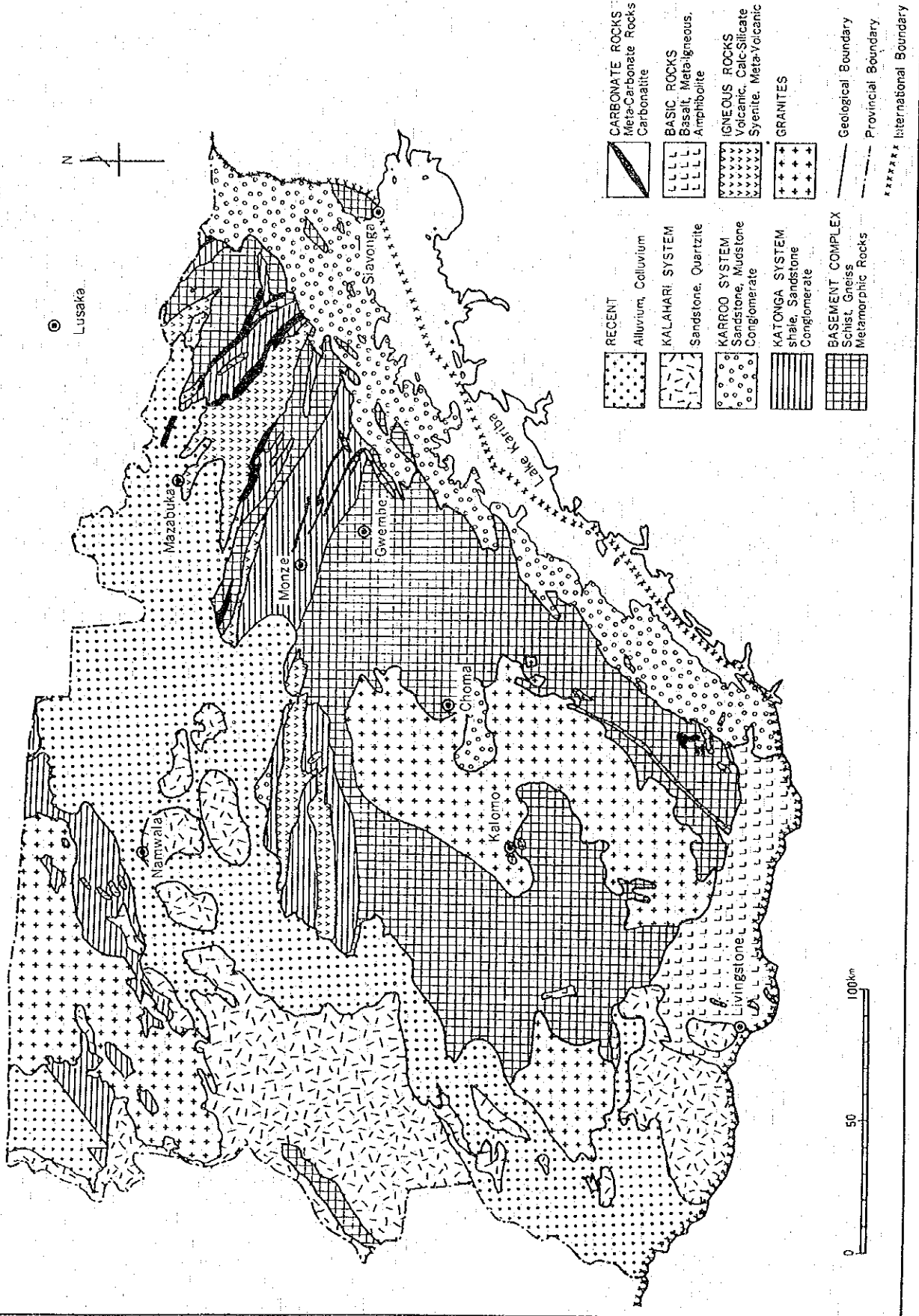


(Meteorological Department, 1970)

図3-3 南部州月別平均降水量

図 3 - 2 南部州の地質図

GEOLOGICAL MAP OF SOUTHERN PROVINCE, REPUBLIC OF ZAMBIA



(Geological Survey Department, Zambia 1-7 2E 46)

(2) 気 候

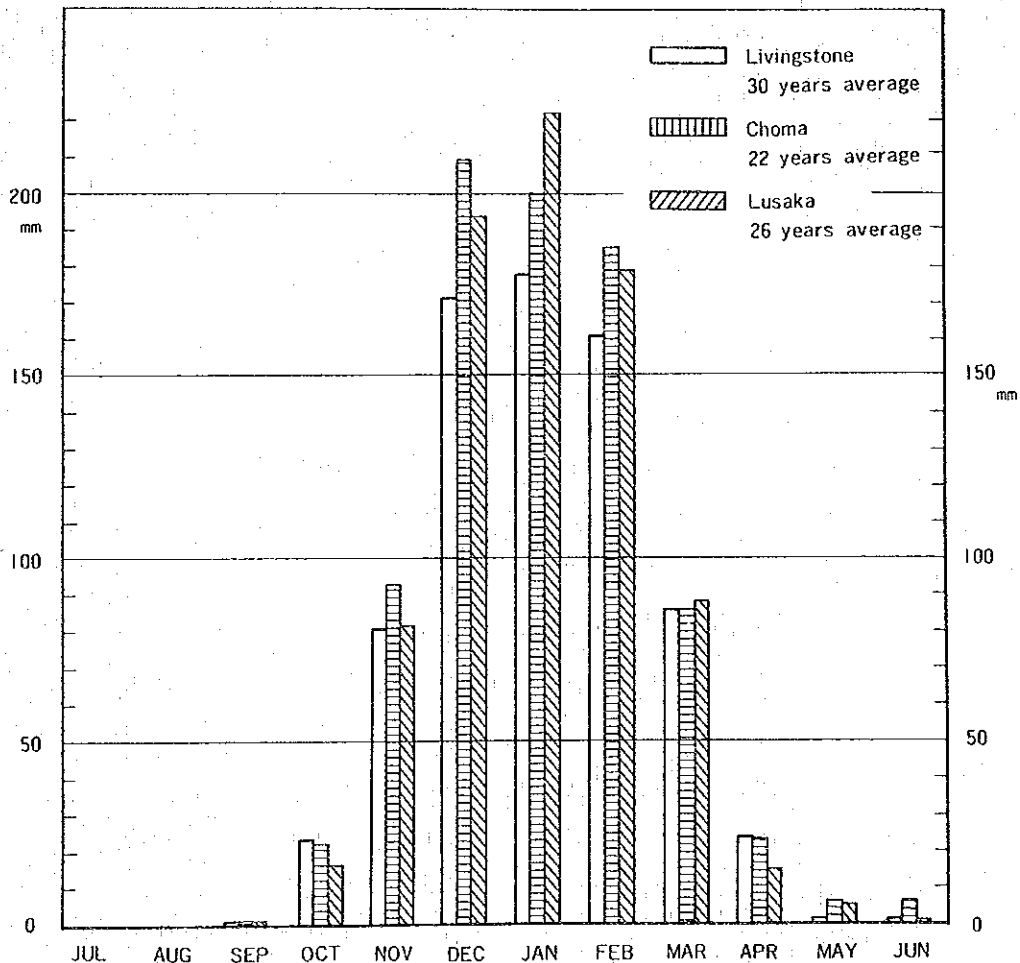
南部州の気候は、次のように季節区分することができる。

暑い雨季：11月～4月 寒い乾季：5月～8月 暑い乾季：9月～10月

気温は暑い乾季には低地で21～28℃，台地では，17～24℃を示し，寒い乾季には，低地で16～18℃，高地で13～16℃を示している。

雨は10月から翌年の5月までにその95%以上が降る。その量は，「ザ」国の北部で1,200～1,600mmになることがあるが，南部州では，600～800mmが平均値である。最近の渇水年には，この平均値を大幅に下廻った降水量が観測された。（表3-5参照）

南部州のチョマ，リビングストーン，およびルサカにおける月別平均降水量を示すと図3-3のようになる。



(Meteorological Department, 1970)

図 3 - 3 南部州月別平均降水量

表 3 - 5 南部州渇水年降水量

観測所	* 年平均 (mm)	80 / 81 (mm)	渇水年		
			81 / 82 (mm)	82 / 83 (mm)	83 / 84 (mm)
Livingstone	727	953	430	787	486
Choma	831	918	556	628	539
Magoye	—	890	615	629	589
Kafue Polder	777	1,047	817	549	500

* 年平均は約20年間の観測値による

(気象局資料による)

水文年は7月から翌年6月まで

(3) 表流水

南部州で表流水々源の豊富な地域は、ザンベジ、カフエ両河川の本流を除くと、台地の斜面で、そこを流れる小河川は、モンゼ、チョマ、グエンベ、カロモなどのSUTの水道水源となっている。ここでは、小規模なアースダムが築堤されている。これらの小河川の大部分は、8～9月には流出がみられない。

3 - 2 - 2 水文地質

(1) 帯水層

南部州に分布する地質とその帯水層の性質をまとめると、表3-4のようになる。地下水を賦存させる帯水層は、現世堆積物、およびカラハリ系で、未固結の砂層および砂岩がその役割りを果しているが、カロー系、カタンガ系、基盤岩系では、岩石がよく固結しているため、地表から25m附近までに発達する母岩の風化帯や、より深い位置の新鮮な岩石に発達する亀裂帯がその役割りを果している。

風化帯の帯水層としての能力は、母岩により異り、粗粒な風化土を形成する片麻岩、花崗岩、石英岩などの風化帯が地下水貯留能力をそなえている。

風化帯の厚さは場所や母岩により異なるが、ボーリング資料によれば、地表から約25m程度までと考えるのが適当である。

南部州で、DWAにより掘削された井戸資料をもとに、岩相毎の地下水位、風化帯の厚さ、地下水産出量等をまとめると、次のようになる。

表 3-6 南部州の岩相毎地下水概要表 (平均値)

岩 相 名	ボーリング 深 度 (m)	静 水 位 (mbgs)	風 化 帯 厚 さ (m)	帯水層深度		揚 水 量 (井戸当り) (l / min)
				上限	主要部 (mbgs)	
片 麻 岩	4 8	1 5	1 4	2 5	3 8	7 0.4
片 岩	5 1	1 6	1 5	2 9	4 1	7 4.6
花 崗 岩	5 3	1 4	2 6	2 3	3 4	5 8.0
塩 基 性 岩	5 0	1 7	2 6	2 7	3 3	4 5.0
石 英 岩	3 4	1 4	1 3	2 0	2 8	1 4 4.0
石 灰 質 岩	4 9	1 3	2 5	2 5	3 1	1 1 2.8
玄 武 岩 熔 岩	4 6	2 6	2 0	1 4	4 2	1 5 6
堆 積 岩	5 5	1 6	2 6	2 5	4 6	1 4 2.5
沖 積 層	4 0	1 9	—	2 5	2 8	6 0

(Mehta 1985)

この表によれば、主要帯水層の大部分は、風化帯よりも深部に位置し、岩盤亀裂が帯水層となっていることが判る。

静水位は、玄武岩を除いて、15 m前後の位置にある。このことから、風化帯にも地下水が賦存していると考えるのが妥当である。深度10 m程度の手掘り井戸は、この風化帯の地下水を採水している。

(2) 地下水取水量

岩石種ごとの揚水量は、表3-6に要約した。これによると、岩石内に空洞を作る石灰質岩の揚水量は、100 l/min以上が記録されている。最も揚水量の多い石灰岩の深井戸は、モンゼで掘削され、1,320 l/minを記録している。

最近DWAで掘削された深井戸51本の地下水位および8時間連続揚水可能量の平均値は表3-7のとおりである。表の右端に示した揚水々位は、揚水量30 l/minにおける揚水々位を比湧出量から計算した値である。村落給水の水源井戸に設置されるハンドポンプの揚水量は、最大15 l/min程度であるため、揚水中の水位の大部分は18 mを越えることはない。

表 3-7 南部州地下水概要

(51深井戸平均)

井戸深度 (m)	静 水 位 (mbgs)	揚 水 量 (m ³ /day)	比湧出量 (m ³ /day/m)	揚水々位 30l/min (mbgs)
6 0	1 6	2 1 6	1 8.9	1 8.6

(3) 水 質

(3)-1 表 流 水

村落市街地の給水々源となっている貯水池から得た表流水の水質は、表3-8に示すとおりである。DWAが採用しているWHOの基準からみた場合、これらの水質は、おおむね飲用基準に適合していると考えてよい。(表3-9参照)

表3-8 村落水道水源水質分析値(表流水)

項 目	モンゼ ダム	クスマ川 (チョマ)	カチャ ダム	ペンバ タンク	水質基準*) WHO
PH	7.4	7.2	7.4	6.8	6.5~9.2
EC (m·moh/cm)	115	82	84	216	N.S
Ca (ppm)	13	13	11	18	N.S
Mg (ppm)	5	3	2	11	50
Na (ppm)	8	1	6	15	50
K (ppm)	5	—	2	2	12
CO ₃ (ppm)	40	27	30	66	N.S
Cl (ppm)	4	1	2	7	600
SiO ₂ (ppm)	10	—	—	—	250
Fe (ppm)	Nil	—	—	—	1.0

(Mehta 1985)

*) 飲料水の最大許容値 N.S = Not specified

表3-9 飲料水々質基準値

WHOによる水質基準

項 目	許 容 値	項 目	許 容 値
PH	6.5~9.2	SO ₄	200~400 mg/l
濁 度	5~25 Units	Mn	0.05~0.5 "
色 度	5~50 Units	Fe	0.1~1.0 "
蒸発残留物	500~1500 mg/l	Cu	0.05~1.5 "
Cl	200~600 "	CaCO ₃	100~500 "
Na	~50		

(3)-2 地 下 水

南部州の地下水の水質は、台地上ではおおむね良好であるが、ザンベジ、カフエ両河川

の沖積氾濫原から得た地下水の水質には問題点が多い。すなわち、次の点を指摘することができる。

- 沖積層から得た地下水の水質は、蒸発残留物が470～24,800 ppmと、基準値の500 ppm に比して多い。
- カフェ低地の地下水には硫酸、塩素が飲用基準以上含まれている。
- ザンベジ河床に近いカロー系から得られた地下水には、弗素が4.5 ppm 以上含まれ、基準値(0.7～1.1)を大幅に上廻っている。
- グエンベの東方、ザンベジ河附近の地下水には、塩水が含まれている。

表 3 - 1 0 地下水々質分析値

(単位 ppm, EC → m·moh/cm)

採水地域	PH	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₂	EC
Livingstone	7.6	54	40	18	2	150	16	Nil	—	500
Namwala	—	30	3	65	2	130	10	Nil	24	350
Mazabuka	6.2	22	17	21	8	96	16	Nil	—	530
Kalomo	7.2	59	28	62	3	234	8	Nil	32	525
Monze	7.2	34	28	19	13	2	54	124	—	425
水質基準 WHO 許容値	6.5～9.2	N.S	50	50	12	N.S	600	400	250	—

N.S = Not specified

(Mehta, 1985)

3-3 南部州の給水事情

3-3-1 現 状

(1) 大都市給水

給水行政区分によるLUAに属する市は、南部州ではリビングストーンのみである。この市の給水は現在地表水を水源としてパイプ給水が行なわれている。浄水および汚水処理は、アフリカ開発銀行のローンをも含めて、1981～1984年に238万Kが支出されている。パイプ給水の恩恵をうけていない住民の大部分は、深井戸を水源とする飲料水を得ている。

(2) 小都市および村落市街地(Rural Townships)給水

南部州の各郡には、合計20のSUTがある。これらのSUTは、地表水、地下水のいずれかを水源とするパイプ給水をうけている。このうち、地表水源は75%で残りは地下水源である。地下水は無処理のまま利用されているが、地表水は塩素処理を原則とし、水質によっては、急速もしくは緩速砂ろ過を行なっているSUTもある。実際には濁度の高い水がそのまま給水されている場合が多い。現在チョマ、カロモ、モンゼの3市街の水源となっている3つのダムの修復工事、処理場、ポンプ等の工事が行なわれている。

(3) 村落給水

南部州の村落人口は約50万人である。このうちの約56%に当る住民が比較的手近に給水源を保有している。これらの水源の約80%が地下水であるが手掘り井戸の水質は濁度が高い。村落住民の残りの44%に当る22万人は、通年で水を得ることのできない浅い手掘り井戸や表流水を飲料水の水源とし、乾季には7km以上も離れた水源まで、牛車で水を汲みに行っている住民もいる。

南部州に存在する給水源の数を郡別にみると次のようになる。

表3-11 郡別給水源数量

(都市・村落を合計した数値)

District	人口 (千人)	家畜数 (千頭)	ダム	手掘り井戸	深井戸	給水源 当り人口
Choma	133	216	47	560	195	166
Kalomo	102	173	105	440	157	145
Monze	111	263	87	808	150	106
Mazabuka	115	152	77	375	115	269
Gwembe	97	70	17	607	174	121
Namwala	57	147	25	379	98	113
Livingstone	72	53	—	—	22	—
合計	687	1,074	358	3,169	911	

(DWA南部州事務所)

表3-11の右端に示した給水源当りの人口は、Districtの総人口を、手掘り井戸、深井戸の合計で割った数で、ひとつの給水源に依存する人口の目安となる数である。しかし、実際には、深井戸の多くは、比較的大きな農場に集中的に配置されており、村落人口の44%は、深井戸の恩恵を受けておらず、手掘り井戸のみを給水源としている。この手掘り井戸は掘削深度が10m未満であるため、乾季には水位が降下して使用不可能になる場合が多い。

(4) 村落給水ポンプの据付け及び保守管理体制

村落給水ポンプの据付け、修理は、水利局州事務所の下部組織である水利局郡事務所が無償で実施するようになっている。しかし表3-12, 3-13に示すように車輛及び技術者が不足しているため、現実には水利局州事務所が代行せざるを得ない状態である。

南部州ではチョマとモンゼに部品倉庫及び修理工場があつて、主にチョマでは手動ポンプを扱い、モンゼでは小規模都市給水用の動力ポンプを扱っている。

1984年には、50の手押ポンプが南部州事務所により設置されたが、そのうちの

30%は1年以内に故障している。故障の修理は水利局で行っているが、車輛の不足から現地への作業員の派遣はほとんどなされていない。ポンプの保守・管理については、利用者負担がIDWSSDにより提案されているが、現状では村落住民のための組織化はなされていない。

表 3-12 水利局南部州事務所の所有する主な機械

名称型式	機種名	製造国	台数
カーゴ, トラック	三菱 7 t	日本	1
〃	ベントツ	西独	1
ピックアップ	ランドローバー	イギリス	3
ワゴンタイプ	ファイアット	イタリア	1
給水タンク	4 m ³ トレラー		5
コンプレッサー	ポータブルタイプ		4
電 熔			1
パイプ, ネジ切り	∅ 2" 用		1
チェンブロック	2 t		1

表 3-13 水利局南部州事務所の人員

(郡事務所を含む)

職 種	人 員	備 考
州 事 務 所 長	1	州事務所のチョマに駐在
水 理 地 質 家	1	水理地質家はモンゼ駐在
郡 事 務 所 長	5	各郡事務所駐在
小都市給水事務所長	6	各給水事務所駐在
修 理 工 場 長	1	モンゼ駐在
技 師 補	9	
技 術 職	11	
事 務 職	52	
配 管 工	8	ポンプ設置に従事
運 転 手	6	
警 備 員 , 人 夫	36	
合 計	136名	

(5) 井戸地点の選定

深井戸掘削の要請から実施までは次の段階を経て実施されている。

- 1) 生活用水に困窮している集落 (Village) の代表者が郡委員会 (District Council) に陳情する。
- 2) 郡委員会が審査し、要望リストをまとめて水利局事務所に要請する。
- 3) 水利局事務所は、運搬距離等の実態を検討の上、予定カ所を定めて予算を要求する。
- 4) 水理地質専門担当者による電探調査を実施し、掘削予定カ所附近に3カ所候補地を選定する。
- 5) 最初の候補地が空井戸の場合は、順次第2, 第3と掘削する。

電探調査班は水利局本部に設置されていたが、組織の地方分散方針により、ルサカ本部3班、東部州のチバタ1班、南部州1班に配置されている。各班は次のような装備、人員構成で、民間削井会社からの要請にも応じており、年間90地点/班の実績を持つ。

電 探 班 の 構 成

電気探査器	1式 (スイス、アトラス社製)
支援車輛	1台 (ランドローバー)
調査技師	1名
運転手	1名
人 夫	6名

上記人員は表3-13に含まれている。

3-3-2 給水計画

(1) L U A 給水

南部州唯一のL U Aであるリビングストン市の水道整備計画は、早ばつ救済計画 (Drought Relief Programme) により加速されている。この計画は、1981/82年以来3ケ年連続した南部州の渇水に対する政府の特別援助計画で、リビングストン市では、深井戸5本、浅井戸7本が1983年までに新設された。早ばつ救済計画の予算は、南部州全域で1983、1984年にそれぞれ2百万Kの配分があったが、1985年には40万Kと削減される予定である。

(2) S U T ・村落市街地および村落給水

20のS U Tおよび村落市街地の給水整備計画は、E Cの無償資金による施設整備が行なわれている。政府独自の予算では、早ばつ救済計画や、D W Aの河川開発計画によるダム築造が進められているが、予算の規模は、1985年に入って大幅に減少している。

村落給水整備は、政府独自の予算である。早ばつ救済計画、村落協同給水計画 (Cooperative and Village Water Supplies) に、D W A固有の村落給水計画 (Rural

Water Supply Programme) が加わって進められているが、事業の進展は極めておそい。1984年には、早ばつ救済計画により、5本の深井戸が完成されただけである。また1984年現在、南部州での村落給水に対する外国援助は存在しない。

早ばつ救済計画および外国援助による給水整備状況を要約すると、次の表のようになる。

表 3-14 南部州早ばつ救済計画による成果(1982-1983)

年	水源種類	既設井戸 修 理	井戸新設	深 井 戸 修 理	深 井 戸 新 設	貯水タンク 新 設	ダム築造
1982		305	10	109	27	2	-
1983		215	55	93	3	1	10
継 続		124	49	-	-	-	2

(DWA南部州事務所)

表 3-15 EECによる給水整備計画(南部州)

対 象 地	集落区分	人 口		水 源	建設工事 期 間	建設費(百万K)	
		1980	設計人口			1984	総 額
Mambova	RT	1,720	2,451	表流水	1984~85	} 3.2	} 8.5
Gwembe	SUT	1,430	1,750	"	"		
Zimba	SUT	3,420	4,500	"	"		

(DWA資料)

3-4 「ザ」国の南部州地下水開発に係わる当初計画及び要請の内容

「ザ」国でもっとも降水量の少ない南部州は、1981/82年以来3ヶ年連続した渇水を経験した。この時、村落住民の大部分の飲料水源となっていた深度10m未満の手掘り井戸や沢水は枯渇した。このため、渇水の影響の比較的少ない深井戸に給水源を求めべく、880本の深井戸掘削計画を水利局は立案した。

要請書による南部州村落給水計画は、次の基準を用いて水利局により立案された。

水 源 : 深度60-65mの深井戸(Borehole)から手動ポンプにより地下水を取水。

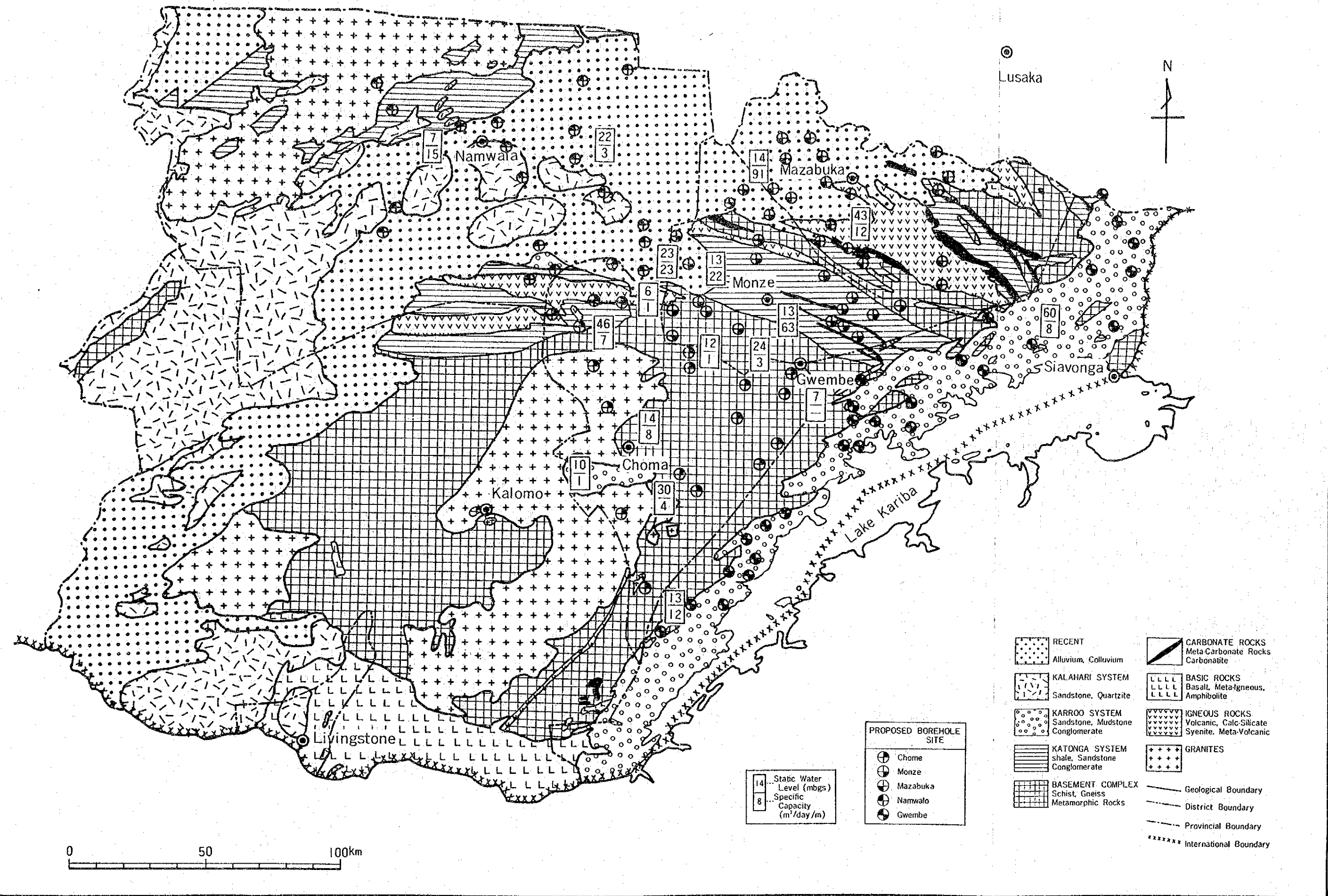
対象人口 : 22万人(南部州村落人口の44%)

必要水量 : 30ℓ/min/cap WHO勧告による。

手動ポンプ揚水量 : 750ℓ/時
計画ポンプ稼働時間 : 10時間/日(朝6時間, 夕方4時間)

これらの数値から井戸1本当りの人口は250人と計算され、22万人の給水に必要な井戸数880本(22万人÷250人/本=880本)が水利局により提示された。当初の要請では、上記880本のうち、特に掘削地点等具体的な提示はなかったが1年以内に掘削完了が必要とされる120本の深井戸を完成するために、掘削機が2台必要と定め、掘削機、支援車両各2組、手押ポンプ、ケーシング、スクリーン各120サイト分及びこのうちの1部井戸建設につきわが国に供与を要請した。

LOCATION MAP OF PROPOSED BOREHOLE, SOUTHERN PROVINCE REPUBLIC OF ZAMBIA



第4章 計画の内容

4-1 対象地域

ザンビア側より当初要請されていた、緊急に井戸建設を必要とするサイトは120ヶ所であったが、この内容については何ら詳細な説明はなされていなかった。この為調査団は、現地調査の際、これら緊急を要するサイトを具体的に確認するため水利局に対し、各サイトの地名、地図上の位置、人口、家屋数等を提出するように要請し、この結果具体的に水利局より提出のあった102ヶ所を今回日本側協力の対象サイトとする事とした。これら102ヶ所は各郡の地方委員会(District Council)により選定され、水利局の南部州事務所に提出されたものであり、掘削地点は各村落の学校やクリニック近辺が多い。

これら102サイトは南部州7郡のうちリビングストーン及びカロマを除くグエンベ、マザブカ、チョマ、ナムワラ、モンゼの5郡に属している。リビングストーンおよびカロマについては別途給水整備計画を策定中である為、水利局は本計画の対象より除外した。

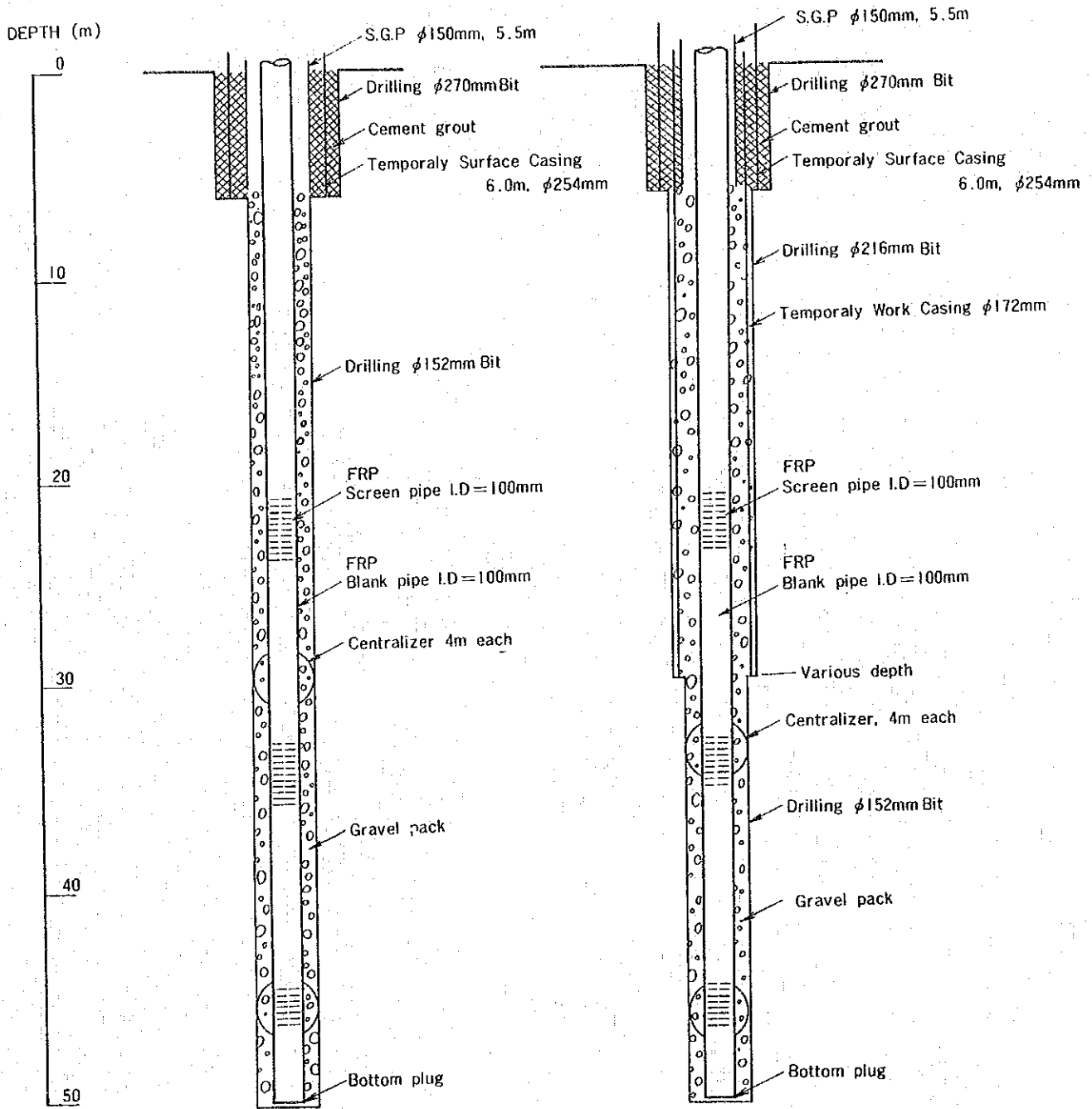
102サイトに関する詳細リストは資料6に、またその要約は表4-1に示した。

表4-1 緊急深井戸掘削対象地域概要

	グエンベ	マザブカ	チョマ	ナムワラ	モンゼ
総人口	23,431	115,384	132,737	56,826	110,650
都市人口	1,518	39,006	28,564	5,000	14,526
村落人口	21,913	76,378	104,173	51,826	96,124
村落人口比(%)	96	66	78	91	86
既存手堀井戸数	607	375	560	379	808
既存深井戸数	174	115	195	98	150
緊急深井戸数	27	17	19	19	20
対象受益人口	不明	不明	17,134	7,585	12,615

(南部州事務所資料)

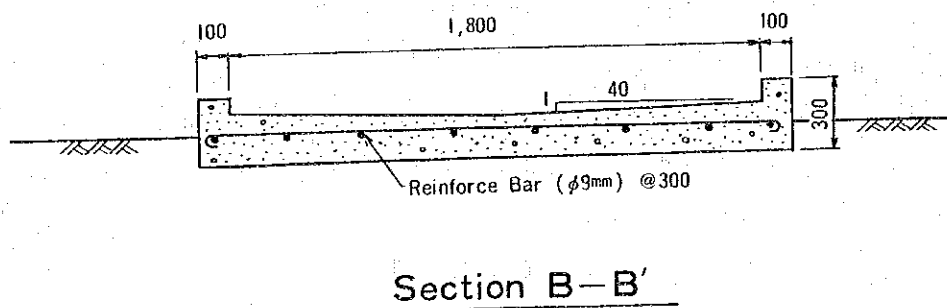
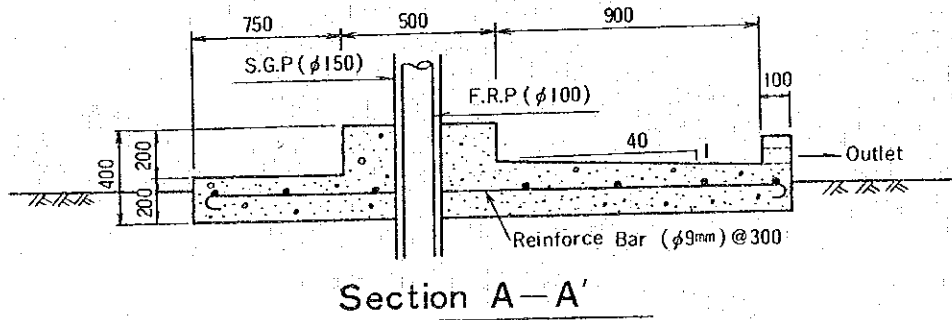
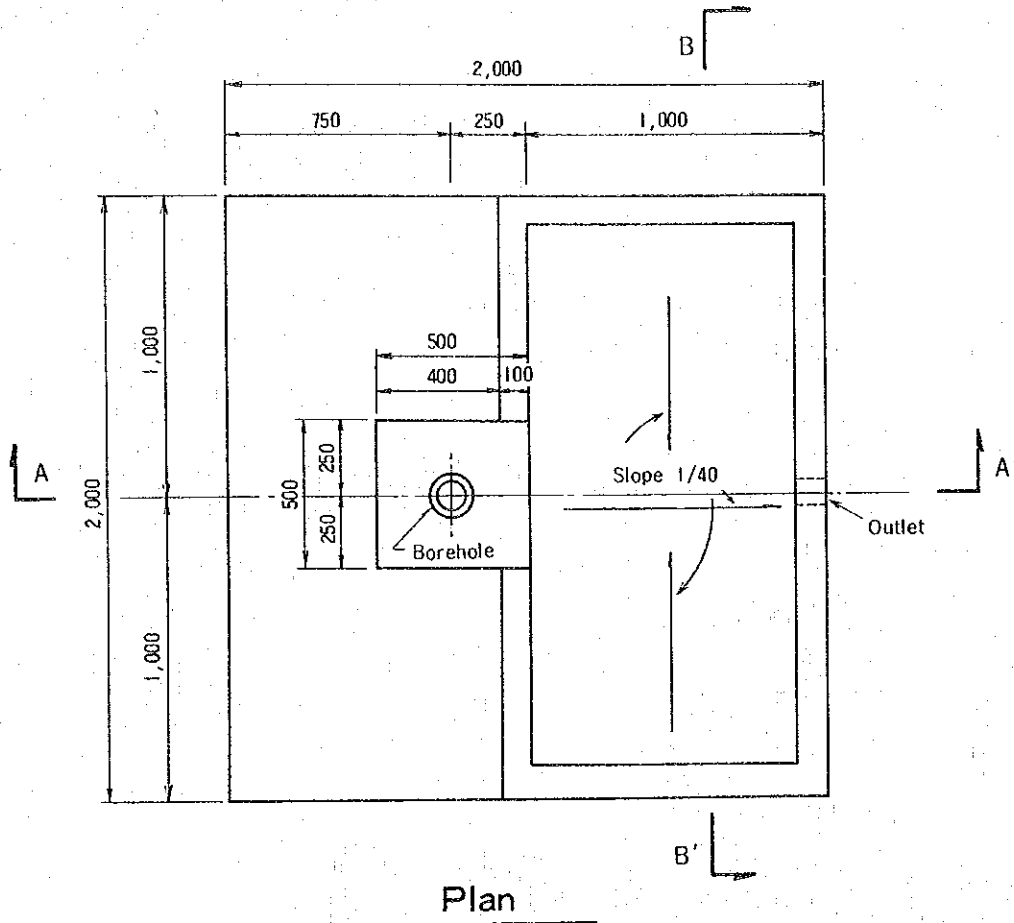
图 4 - 2 深井戸構造図



Type I (For Hard Formation)

Type II (For Soft Formation)

図 4-3 コンクリート・スラブ構造図



4-2 計画の骨子

南部州7郡のうちリビングストーン、カロモ両郡を除いた5郡を対象とする計画地域は466,000人の人口を有し、このうちの94,000人は、小規模都市給水の恩恵を受けている。また、村落の住民372,000人のうち53%に相当する197,000人も深井戸や溜池等何らかの飲用水源を持つが、残り175,000人は何らの給水源も持たず7~1.5kmの道のりをバケツやドラム缶で運搬しなければ飲料水が確保できない状態にある。それ等の飲用給水源を持たない村落住民に飲料水を供給するために、今回下記の計画内容を実施する。

- (1) 深井戸掘削機、支援車輛等を各2組及び102井分の手押ポンプ、ケーシング、スクリーン等を機材供与する。
- (2) 上記102井のうち、無償資金協力の制度上で可能な期間約7ヶ月で掘削可能な43井(4-5章で検討する)の建設を実施する。
- (3) 102本の深井戸および給水施設完成には、掘削機2台を運転して、実際には約17ヶ月の期間が必要である。(4-5章参照) 本計画では、無償資金協力の仕組みから、掘削に費やすことのできる期間は約7ヶ月で、この期間内に掘削することのできる深井戸は43本である。残りの59の深井戸および給水施設の建設は、供与された資機材を使用して、すべて「ザ」側の責任において実施する事となる。

4-3 施設計画

村落給水施設は、給水源となる深井戸、地下水をくみ上げるポンプ及びポンプ場周辺の付帯設備の3つによって構成される。

(1) 給水井戸

給水井戸は清浄かつ量的にも安定した飲料水を得るための設備であり、水質の安定性が確保できること、早ばつ時にも干上がらない深さとする必要がある。南部州の地質地下水のデータを基に設計された深井戸の構造は、図4-2に示すとおりである。

(2) 揚水ポンプ及び揚水管

受益人口の少ない村落給水の揚水ポンプは、動力を使用しない手押しポンプが経済性からみて適切であり、本計画でもこれを採用する。

深井戸用手押しポンプを無理なく稼動する為の地下水位は、そのポンプの種類にもよるが約30m程度であり、最大でも50mが限度とされている。南部州においては、表3-6、図4-1に示すように地下水位がすべて30m以下(14~26m)となっており、手押しポンプの使用には何ら問題はないと判断される。

(3) 付帯構造物

付帯構造物は、汚水の井戸への侵入防止を重要視し、既設井戸の50cm×50cmよりも大きい2m×2mのコンクリート・スラブの設置のみとする。設計図は図4-3に示すとおりである。

排水溝，家畜用水呑場，フェンス等は，必要に応じて将来住民により整備されることが望まれる。

4-4 資機材計画

4-4-1 主要機材の選定

(1) 掘削機

現在世間一般で地下水開発のために使用されている掘削機の種類は，次の2種類である。

- | | | |
|---------|---|----------------|
| (1) 衝撃式 | { | ケーブル式掘削機 |
| | | ロッド式掘削機 |
| (2) 回転式 | { | スピンドル型掘削機 |
| | | ターンテーブル型掘削機 |
| | | トップヘッドドライブ型掘削機 |

衝撃式掘削機と回転式掘削機を比較した場合，地質条件が適合していれば掘進速度，運転経費共に衝撃式がすぐれている。しかし衝撃式は，地質条件が適合していないと全く掘進できなくなる欠点を持っている。ケーブル式掘削機はビット荷重による衝撃力で地盤を破碎掘進する為，未固結層特に砂礫層に適しているが硬質岩盤では掘進不能あるいは極端に掘進速度が低下する。ロッド式（エアハンマー式を含む）の場合はこの反対で，硬岩で最も威力を発揮するが未固結層では衝撃反発力が得られず掘進不能となる。これに対し回転式掘削機は，いずれの地質条件でも掘進可能であるが，掘進速度が低く運転経費が高くなる欠点を持つ。

表 4-2 掘削機の機能・適合地質

掘削機種類	ビット伝導方式	適合地質	特徴
衝撃式	ケーブル	砂礫層, 未固結層, 固結度の弱い火山岩	掘進速度がおそいため, 孔壁が乱されない。砂礫層を採水の対象とする削井工事に適している。
	ロッド (エアハンマー)	固結堆積岩, 火成岩, 変成岩	衝撃の力や速度が大きいため, 堅固な火成岩, 変成岩の掘削に適している。工事用水が不足する場合は, 空気と発泡剤により掘削
回転式	スピンドル	未固結~固結堆積岩 火成岩, 変成岩	ビットの形式により, 地質サンプルを原形のまま採取できるため, 地質調査に適している。
	ターンテーブル	固結堆積岩, 火成岩, 変成岩	石油掘削等, 深掘りに適している。
	トップドライブ (先端駆動)	未固結~固結堆積岩 火成岩, 変成岩	ビットのみが回転する。大口徑掘削に適している。

南部州の地質は、第3章で述べたように、ほとんどの場所で、厚さ20m前後の未固結の風化層が上位に分布し、その下位に堅硬な岩盤が分布している。このように硬軟様々な岩相の全てに対応可能であり、かつ掘削能率を確保できる、つまり削井コストを軽減できる掘削機は回転式と衝撃式(ロッド式)を兼備する機種が最適と言える。

水利局でも、上記の地質条件を考慮して、回転式トップヘッドドライブとエアーハンマーを組合せた機種を要請している。調査団は、現地調査の結果、水利局の要請と同じ仕様を持った機種が適当と判断した。

掘削機の能力は、亀裂系の発達深度を最大70m程度と推定して掘削径216mmにおいて最大100m深度の掘進能力を有するものとする。また、機動性を良くするため泥水ポンプ、油圧式試錐櫓を備えたトラック搭載とする。

掘削機の必要台数は、要請された深井戸102本をその緊急性を考慮して供与開始後1年程度で掘削する必要があるため要請どおり2台とする。また、故障時に部品を相互補完できるという点からも、2台は得策である。

なお、現在水利局が保有している掘削機の大部分は、ケーブル式掘削機で、この機種は南部州の堅硬な岩盤掘削には不適である。

(2) 支援車輛

削井作業、揚水試験及びポンプ据付け、付帯構造物の建設に必要な支援車輛は、右ハン

ドル，全輪駆動とし，次のようなタイプ，台数が必要である。

- | | |
|--|-----|
| a) 3 t クレーン付カーゴ，トラック (8 t 容量，掘削ツール運搬用) | 2 台 |
| b) ピックアップ型トラック (1 t 容量，掘削ツール，連絡用) | 2 台 |
| c) # (1 t 容量，試験及びポンプ据付け用) | 1 台 |
| d) ワゴン型ジープ (ロングボディ，人員輸送，連絡用) | 2 台 |

(3) 高圧コンプレッサー

掘削機のエア－ハンマー駆動および空気循環による掘くず排出のため必要な高圧コンプレッサーは，空気圧 17.5 kg/cm^2 ，送気量 $21 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上の能力が必要である。型式はトラクター搭載型とする。必要台数は掘削機当り 1 台，計 2 台である。

(4) 揚水ポンプ及び揚水管

ポンプは，原価，運転経費の経済性，住民自身による保守管理の容易さ，及び給水量等を考慮すれば深井戸用手動ポンプが最適である。

現在南部州で使用されている手動ポンプは，ナショナル (南ア製)，モノポンプ III (英国製)，ザムポンプ (ザンビア製)，スタンダード II (チェコ製)，インディアソマーク II (インド製) で，ルサカ州では日本製 (ベローズ型) が試験的に導入されている。

表 4 - 3 水利局導入手押しポンプ一覽表

ポンプ名称	揚水方式	動力伝達方式	揚水量/揚程/ストローク (l/min)(m)(mm)	スベアパーツ 供給状況	その他
ナシヨナル (南ア製)	プランジャー	ロッド	浅井戸用	-	現在輸入困難
スタンダードⅡ (チェコ製)	プランジャー	ロッド	-	-	最大揚程 27m 故障が多い
ザムポンプ (ザンビア製)	プランジャー	ロッド	20 / - / 35	良好だが生産能力は 不明	製作開始したばかりで 評価定まらず
インディアンマークⅡ (インド製)	プランジャー	ロッド	15 / 25 / -	インドより直接調達	世銀プロジェクト 110 台 厚ばつ 救済基金 50 台 導入
モノポンプ (英国製)	ローター	ロッド	20 / 10 / 25	調達困難 但し国内生産を検討 中	ベベルギア一の故障が 多いが、現地の評判は 良い
NS-B100 (日本製)	蛇腹	ケーブル	12 / 30 / 30	調達ルートなし	ルサカ州で試験的に 3 台 導入

水利局南部州事務所の水利技術者の意見として、揚程能力、故障が多い、高価格という点からザムポンプとスタンダードⅡの評判は極めて悪い。その他足踏式は主に水くみ作業を行う人(女性)が心理的抵抗を感じるので使用したくない。モノポンプⅢは性能、価格的には良いがベベル・ギヤーが破損し易く修理部品の調達が困難、ペローズ・ポンプについては実績が少ないため、ケーブル及びペローズの構造に不安を持っている等の意見があった。最近、世銀プロジェクト及び南部州早ばつ救済資金によって160台のインド製、インデアンマークⅡが発注された。このインデアンマークⅡは、ユニセフが開発したポンプということで国際的知名度が高くアフリカ諸国で多用されているが、構造原理はナショナルポンプやザムポンプと同じで皮製パッキングが摩耗し易いという欠点を持っている。

ポンプの機種は、部品の供給や修理の熟知度などから考察して、現在水利局で使用されているものの中から選定し、機種をこれ以上増やさないのが適当である。基本的には手押ポンプは1~2年で故障するので修理部品の調達、修理作業が容易なポンプを選定するというのが現地調査の結果得られた結論である。

供与台数は、計画深井戸102本分とする。

現在水利局で使用されている手押ポンプの概要を示すと表4-3のようになる。

揚水管は、口径 $1-1/2''$ (38mm)、1本の長さ6.0mのガス管が多用されている。口径 $1-1/4''$ (32mm)でも十分な能力を持つが、現在水利局で使用されている揚水管と同じ口径を採用するのが適当と判断し、 $1-1/2''$ を使用する。パイプの長さは、ポンプ据付け、修理作業の容易さなどから、1本当り2.75mの短い材料を使用する。

必要数量は、平均据付け深度をポンプ揚水能力から推定して40mと考え、 $40m \times 102 = 4,080m$ 、本数にして1,480本 \approx 1,500本が必要である。

揚水管の仕様については、要請にはなく、水利局との協議、現地調査の結果上記のようにする事が望ましいと考えられる。

(5) ケーシングパイプ、スクリーンパイプ

現在水利局で使用している井戸用ケーシングパイプは内径150mm、長さ6mの鋼管である。スクリーンパイプはこの鋼管にスリットが加工されているが、開孔率は1%以下である。この鋼管は全て外国の無償援助により調達されたものであるが、井戸単価に占めるパイプの費用は約35%(1井平均約K4,000.00)と高率になっている。このため、要請書では、PVCパイプを指定している。しかし、PVCは熱に対して変形し易く、野外に長時間保管した場合湾曲する。このため、野外保管に耐えることのできるFRP(強化ファイバー管)の採用が適当である。

パイプ径はポンプシリンダー揚水管設置可能な口径であれば良く現在水利局が使用している150mm管が必要とは考えられない。さきに述べたように、深井戸用揚水管は38mm、ポンプシリンダーは75mm~92mmであるから、要請書にあるように内径100mmあれば充分である。以上の理由により本事業には鋼管よりも価格が安く、変形し難い内径100

mmのFRPを使用する事とする。但しFRPパイプを基礎としてポンプを据付けた場合パイプ強度が充分でないため、ポンプ基礎の補強及び地表水の浸入防止を目的とする口径150mmの鋼製口元ケーシングパイプを平均5.5m挿入する必要がある。

ケーシングパイプの数量は、深井戸本数とその設計深度により決定することができる。要請書では、井戸深度60m、うちスクリーン区間16mとされている。しかし、南部州の水理地質報告書によれば、主要帯水層の深度は28~46mの範囲にあることが判明したため、設計井戸深度を調査団は50mと定めた(表3-6参照)。スクリーン区間は、井戸深度の30%(15m)とした。このことから、必要なケーシングパイプ数は、

ブランクパイプ 102井×35m=3,570m

スクリーンパイプ 102井×15m=1,530m となる。

また、口径150mmの口元鋼管の必要数量は、

102井×5.5m=561m である。

(6) 水質分析機材

要請書では、分析項目はとくに指定されなかったため、水利局との協議を通じて、PH、EC、温度のみを現地測定することに決定した。なおその他の化学的項目は水利局の水質試験所で実施し、特に異常な水質と判断された場合は、ザンビア大学にて精密検査を行なう。

現地測定に必要な器具は、携帯用PH計、EC計(温度計付)の2種類で、各2台づつを必要とする。

(7) 井戸試験機器

i) 電気検層器、水位計

要請書では、検層項目が指定されていないため、現地の地質状態を考慮して比抵抗(マイクロログを含む)自然電位、温度の3種類の検層項目を備えた自記記録式とする。測定深度は、既存井戸での使用を考慮して200mとする。

水位計は、測定深度100mとする。

台数は、掘削機にそれぞれ1台づつ装備させる必要から要請どおり各2台必要である。

ii) 揚水試験用ポンプ

井戸の建設が完了した後、井戸の能力及び揚水管設置深度を設定するために、揚水試験が必要である。しかし、水利局の村落給水井戸では、精度の高い揚水試験が行なわれていないのが実情である。これは、水利局に揚水試験ポンプがないことと、試験を民間掘削業者にまかせていることに原因がある。

掘削された深井戸の揚水可能量の確認は不可欠であり、そのためには、水中ポンプによる揚水試験が必要とされる。

ポンプは安定した揚水量を得るために水中ポンプとする。また、現場では電気が無いため電源用エンジン・ゼネレーターが必要である。

水中ポンプは据付け時に脱落事故、破損による故障等を伴うため、予備水中ポンプ1台を含めて合計2台とする。

(8) 調泥剤

回転式泥水循環掘削工法を適用する場合、循環泥水の活性剤および増量剤として、ベントナイトおよびCMCが必要である。また、エアー・パーカッション(DTH)工法を適用する場合には掘削による石粉の排除を容易にし、また地上における石粉の飛散を防ぐための発泡剤が必要である。102の井戸掘削に必要な数量として、ベントナイト28.8トン、CMC 0.52トン発泡剤2.8トンが必要である。但しこの数量には10%の空井戸分を予備に見込んである。

(9) 南部州モンゼ修理工場強化機器

水利局南部州事務所は、モンゼに修理工場を持っている。この修理工場は、本計画が実施段階に入った場合、掘削機の修理や、ポンプ据え付け用具の工作をする必要にせまられる。しかし、調査団が調査した工場の装備は、本計画の修理工場としての機能を果すには不十分であった。同工場の機械担当技術者との協議を通じて、次の機器の整備が必要と判断された。

- i) 電動ドリル(据付け型) : $\phi 13\text{mm}$, 220V 1台
- ii) 電動グラインダー(据付け型) : $\phi 205\text{mm}$, 220V 1台
- iii) パイプ・カッター, ノコ歯式 : $\phi 6''$ 用, 250W 1台
- iv) コンプレッサー : $9.9\text{kg}/\text{cm}^2 \times 245\text{L}/\text{min}$, 2.2KW 1台
- v) ポータブルグラインダー : $\phi 180\text{mm}$, 6,000RPM 2台
- vi) スリットマシン : $\phi 4\sim 6''$ 用, 1.45KW, 3,800RPM 1台

(10) 電気溶接機

現場における掘削機修理、鋼管溶断等の現場作業用として各リグに必要である。現場では電源がないためエンジン付電気溶接機となる。台数は各掘削機に1台ずつ装備させるため2台となる。

4-4-2 資機材の仕様

前節で検討した、井戸の掘削、給水施設の建設に必要な資機材の仕様及び数量を下記のよう設定する。

(1) 井戸掘削機及び標準付属品、消耗品

i) 掘削機

2台

トラック搭載, ロータリー式・エアー・パーカッション併用型

トラック仕様 : 水冷式ディーゼルエンジン

右ハンドル, 4×4または4×6

掘削機能力 : 掘削口径8''(216mm)で100m以上

泥水ポンプ能力：吐出量 $500 \text{ l} / \text{min}$ ，圧力 $35 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 以上

ii) 標準付属品及び消耗品（掘削延長 $5,100 \text{ m}$ 分）

ボーリングロッド，ドリルカラー，ビット類，サブ類，スタビライザー類

DTHハンマー，ハンマービット類

ウォータースイベル，ホイスタング，トラベルブロック，ワイヤロープ類

マッドミキサー及びホース類

フィッシングシール類，パイプバンド類

工具類，その他

(2) 高圧コンプレッサー

2台

トレーラー搭載型

能力： $17.5 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 21 \text{ m}^3 / \text{min}$

付属品：高圧ホース，インジェクター，ラインオイル等

(3) 支援車輛

i) クレーン付カーゴ・トラック

2台

トラック仕様：水冷式ディーゼルエンジン，右ハンドル， 4×4

能力： 8 ton

クレーン能力： 3 ton

ii) ピック・アップジープ

3台

ピックアップ仕様：水冷式ディーゼルエンジン，右ハンドル， 4×4

能力： 1 ton

iii) ワゴン・ジープ

2台

ワゴン仕様：水冷式ディーゼルエンジン，右ハンドル， 4×4

能力：ロングボディ

(4) ケーシング，スクリーンパイプ

i) ケーシング・パイプ

$3,570 \text{ m}$

材質：強化塩ビ管（FRP）

口径：内径 100 mm ，外径 106 mm

単位長さ： 4.0 m

ソケット：外径 112 mm ，長さ 200 mm ，接着剤

センタライザー，ボトムプラグ

ii) スクリーンパイプ

$1,530 \text{ m}$

開口率： 5%

タイプ：スリット加工，スリット幅 1.0 mm

(5) ハンドポンプ

102台

形式：マニュアル・タイプ， $4''$ 用

- 能力：5 ℓ it/min / 50 m ~ 15 ℓ it/min / 25 m 以上
 付属品：揚水管 1 - $1\frac{1}{2}$ " \times 2.75 m, ドライブロッド, シリンダー等
- (6) 水質分析機 2 組
 形式：デジタル式
 分析能：水温, PH, 電気伝導度
- (7) 井戸試験機器
- i) 電気検層機 2 台
 形式：自記記録 200 m コード付き
 検層項目：自然電位, 比抵抗 (マイクロ・ログ付き)
 付属品：バッテリー, 記録紙等
- ii) 揚水試験用水中モーターポンプ ポンプ 2 台, ゼネレーター 1 台
 能力：揚程 80 m, 吐出量 500 ℓ / min
 ゼネレーター：50 Hz, 220 V, 20 KVA
 付属品：100 m 用水位計, 揚水管, バルブ等
- (8) 調泥剤 (102 井掘削分)
- i) ベントナイト 26.2 ton
 ii) CMC 0.52 ton
 iii) 発泡剤 2.8 ton
- (9) 電気溶接機 2 台
 形式：水冷式ディーゼルエンジンウエルダー
 電流範囲：60 ~ 270 A
 電圧：220 V, 7.5 KVA
 付属品：防護メガネ, 溶接機, 溶接棒等
- (10) 修理工場強化機械
- i) 電動ドリル (据付け型) 220 V 1 台
 ii) 電動グラインダー (据付け型) ϕ 205 mm 1 台
 iii) パイプカッター ノコ歯式 ϕ 6" 用 1 台
 iv) コンプレッサー 9.9 kg/cm^2 , 245 ℓ/min 1 台
 v) ポータブル・グラインダー, ϕ 180 mm, 6000 RPM 2 台
 vi) スクリーン加工機, ϕ 4 ~ 6" 用, 1.45 KW 1 台

4-5 施工計画

4-5-1 工事計画

工事計画は, 102 本の対象井戸のうち, 無償資金協力の枠内で日本側により建設協力可能な井戸を算定する。

1) 稼働日数

掘削工事等の稼働日数を「ザ」国の労務状況を考慮して算定すると、次のようになる。

労務条件：労働時間 1日8時間（午前7時～午後4時）

週休2日制（土、日曜日休日）

祝祭日 年間10日実質6日

雨期の稼働不能日数 12月～2月の50%

工事期間を1986年9月～1987年3月と仮定する。

この7ヶ月間とした場合の稼働日数は次のようになる。

	稼働日数： { 雨期稼働（3ヶ月×30日×50%+休日振替） = 58日	= 58日
	乾期稼働（4ヶ月×30日）	= 120日
	休日日数 { 土・日曜日	= ⊖ 60日
	祝祭日	= ⊖ 6日
	合 計	112日

2) 標準井戸掘削の所要日数

標準井戸（50m）を掘削する為に必要な日数は

i) 岩盤の場合（エアー・ハンマー使用）

運搬、組立て、掘削準備	1.0日
掘削	2.0日
ケーシング、グラベル・パッキング	0.5日
仕上げ、次地点伐採/整地	1.0日
解体、撤去	0.5日
計	5.0日

ii) 末固結の場合（ロータリー、泥水使用）

運搬、組立て、掘削準備	1.5日
掘削	3.0日
ケーシング、グラベル・パッキング	0.5日
仕上げ、次地点伐採、整地	1.5日
解体、撤去	0.5日
計	7.0日

3) ポンプ据付、コンクリート作業

資材搬入/搬出	0.5日
基礎、形枠工	0.5日
鉄筋工	0.5日
コンクリート工	1.0日
ポンプ設置	0.5日
計	3.0日

4) 揚水試験

機材搬入／搬出	0.5 日
揚水試験	1.0 日
解析	0.5 日

計 2.0 日

5) 工事期間と施工数量の検討

工事期間（1986年9月～1987年3月）7ヶ月に掘削できる井戸本数は、稼働日数と掘削所要日数の関係から岩盤タイプ35井，未固結タイプ8井，計43井となる。

$$(35 \text{ 井} \times 5 \text{ 日}) + (8 \text{ 井} \times 7 \text{ 日}) = 231 \text{ 日} / 2 \text{ 台} \div 115.5 \text{ 日}$$

また、揚水試験及びポンプ据付け・コンクリート作業は

$$\text{揚水試験 } 43 \text{ 井} \times 2 \text{ 日} = 86 \text{ 日}$$

$$\text{ポンプ据付け・コンクリート作業 } 43 \text{ 井} \times 3 \text{ 日} = 129 \text{ 日}$$

となり、ポンプ据付け・コンクリート作業期間が17日不足する。この不足日数は揚水試験班によってカバーできるので工期と数量の関係は妥当と考える。

4-5-2 人員計画

本計画は、102本の深井戸のうち、無償資金協力の制度上で可能な期間約7ヶ月で掘削可能な43井の深井戸掘削と、給水施設の建設である。

これに要する「ザ」側の人要は次のとおりである。これらの人要进行作業種別にまとめると表4-4の様になる。

職 名	人 数	職 務 内 容
プロジェクト・マネージャー	1	本計画の立案，組織化施工管理等の統轄
サイト・マネージャー	1	工程管理，掘削工事等現地作業の管理
地質・地下水技師	2	掘削位置選定のための電気探査実施 揚水試験実施
ドリラー	2	供与リグに1名ずつ配置し，掘削を担当
ドリラー助手	2	上記ドリラーの助手
機械工	2	供与リグの維持，修理を担当
その他事務員	3	タイピスト，会計，資材係

表 4-4 「ザ」国側分担の人員構成

職位, 職種	作業班						計
	本部	掘削(A)	掘削(B)	試験	ポンプ据付	電探	
プロジェクト・マネージャー	1						1
サイト・マネージャー	1						1
地質地下水技師(A)						1	1
地質地下水技師(B)				1			1
ドリラー		1	1				2
ドリラー助手		1	1				2
機械工		1	1				2
タイピスト	1						1
会計係	1						1
資材係	1						1
配管工				1	2		3
運転手	2	4	4	1	1	1	13
警備員	2	1	1	1	1		6
作業員	2	5	5	2	4	6	24
計	11	13	13	6	8	8	59

日本側要員は、本計画のために、日本から供与される井戸掘削機械及びこれに付帯する諸機械の引渡し、組立て、据付け、運転操作、日常管理あるいは給水設備を建設するのみに止まらず、掘削技術、現場工事のマネジメント及び地下水開発プロジェクトの立案、組織化等地下水開発に係る技術移転を行う。具体的には、日常作業を通じて、現在行なわれている井戸掘削技術の改善、新技術の伝達、工程管理、準備作業の進め方、既設給水設備の把握、給水設備及び井戸のデータ管理及び利用方法、利用者負担の重要性とその体制の立案などを両国の技術者が協同で実施する。これに必要な日本技術者の職務内容は次のとおりである。

(1) コンサルティング部門

職名	職務内容
プロジェクト・マネージャ 1名	地下水開発計画の立案、組織化。 施工管理に関する助言。
水理地質専門家 1名	電気探査技術移転、解析結果検討。 井戸位置選定の助言。試験結果検討。

(2) 掘削工事及びオン・ザ・ジョブ技術移転部門

職 名	職 務 内 容
掘 削 技 術 者 2 名	深井戸掘削および工程管理, 運転操作 新技術伝達, 技術改善等の技術移転
機 械 技 術 者 2 名	掘削材の維持, 修理およびそれに係わる 技術移転
試 験 技 術 者 1 名	検層, 揚水試験, 等の実施とそれに係わ る技術移転

これら人々の派遣期間は, 無償資金協力の範囲内で行なわれるため, 掘削作業開始後, 約7ヶ月間である。

4-5-3 井戸掘削手順

前述したように, 現地調査の際, 水利局南部州事務所で選定された緊急に必要な深井戸の掘削予定地は, 水源需要の観点から選定され, 水文地質的な考察は加えられていない。このため, 実際の水源開発に当っては, 図4-4の手順に従って, 深井戸掘削, 給水施設建設へと進む必要がある。

その際, 掘削地点の選定や, 地下水資源の評価に当って, 問題点が生じる可能性がある。これらの問題点解決のための判断基準には, プロジェクト実施に際して準備される基準や技術仕様を用いる事となる。そのための資料として, 調査団が現地調査や水利局との協議により得た基準を述べると次のようになる。

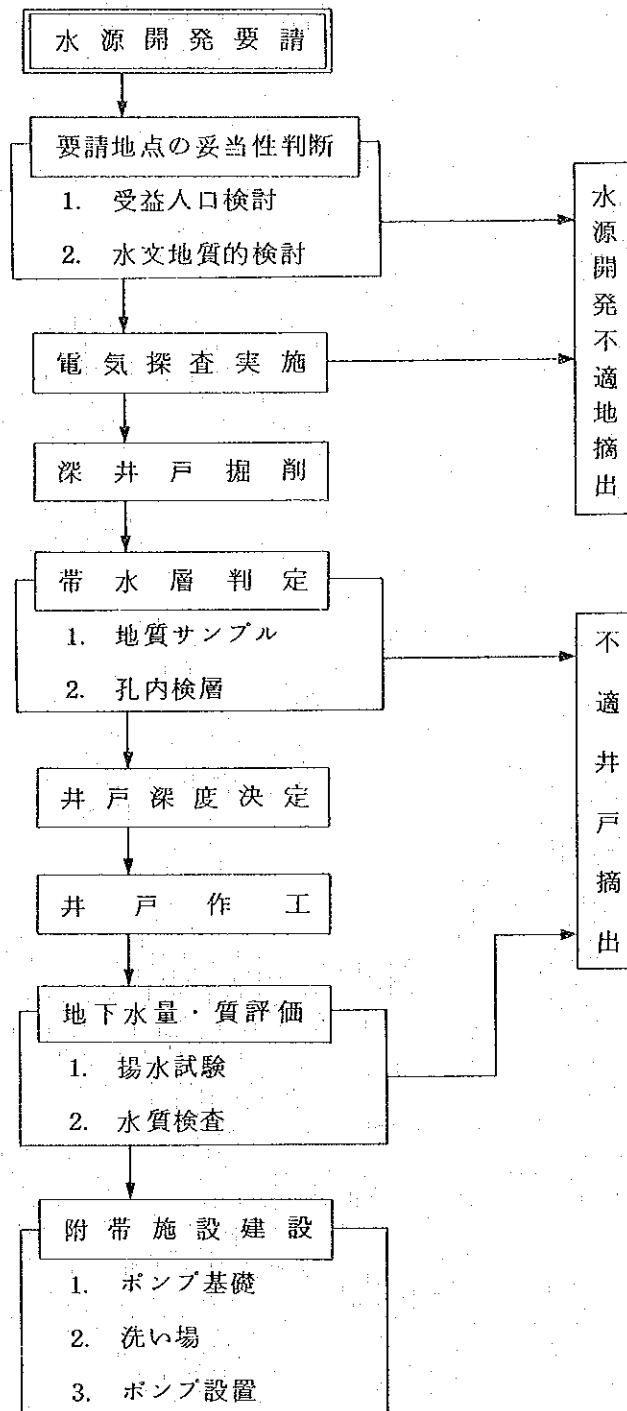


図 4 - 4 水源開発の手順

(1) 位置の妥当性

人口要素及び井戸までの距離 …… 給水計画は、人口平均 50 人以上、かつ給水源までの距離が 5 km 以上の村落を第 1 の優先順位におき、順次給水源までの距離の近い村落に給水施設を設置するようにする。

本計画の緊急深井戸1本当りの受益人口は、表4-1では500~1,000人である。しかし、既存井戸に依存する人口がこの表では見込まれているため、実際の受益人口は200人前後と推定できる。

井戸選定に当っては、極端に受益人口の少ない位置は除外する。適正な受益人口は、ポンプ1本当りの妥当な支配域(最大5km程度)に存在する部落人口によって定まる。ポンプの揚水能力、水需要量等から考察して、ポンプ1本当りの受益人口は300人程度の位置に配置するのが望ましい。

但し1井当りの給水人口および1人当り計画給水量は特に設定しない。

水文地質要素 …… 近くで掘削された既設井戸の地質や揚水量を検討する。静水位50m以上と推定できる位置は対象外とする。不透水層と考えられる頁岩、泥岩分布地域をさける。

電気探査 …… 電気探査結果のみで位置の適否を決定しないで、地形、地質条件や既設井戸資料等を考慮した総合的判断を加える。

(2) 帯水層判定

地質サンプル及び孔内検層から風化層の透水性を判定する。

岩盤亀裂は、掘削中の漏水記録、掘進率、孔内検層等で検出する。

スクリーン区間と井戸深度を決定する。

(3) 地下水量・質評価

静水位50m以上の井戸はハンドポンプを設置しないが、揚水試験により、揚水量が多いと判断された場合は、将来の動力揚水に備えて井戸を作工する。

静水位がハンドポンプによる揚水可能水位の極限值に近い30~50mにある時は、揚水試験の結果得られた比湧出量により井戸作工、ポンプ設置の可否を判断する。

水質判定は、WHOの基準に従うが、受益者の要望があった場合は、基準外でも著しく健康に害を与えない限りポンプを設置する。著しく健康を害する場合には、雑用水等に用いる事が好ましい。

尚、水利局技術者は、深井戸掘削をも含めた村落給水施設建設工事の経験があるとはいえ、新たに供与される掘削機の運転技術や、地下水資源の探査技術、孔内検層結果の解釈、揚水試験による地下水産出量評価など一連の開発手法については、系統立った訓練を受けていない。このため、これらの手法を、実際の掘削やプロジェクト推進を通じて技術移転する必要がある。

4-6 概算事業費

4-6-1 日本側事業費

① 積算条件

a) 積算時点

積算時点は昭和60年4月である。

b) 交換レート

現地通貨K(クワッチャ)と日本円の為替交換レートは103円/Kである。

② 事業の構成

事業は、「ザ」国南部州の村落給水計画として策定された880ヶ所の給水施設の一端をになうもので、日本側負担事業は次の項目からなっている。

a) 事業遂行の基本となる102本の深井戸掘削に必要な2式の掘削機、支援車輛及び102本分井戸資材の機材供与

b) 43本分の深井戸掘削・給水施設の建設工事

③ 日本側事業費

6.3 億円

4-6-2 「ザ」側事業費

「ザ」側負担事業費は、43ヶ所の深井戸建設及び給水施設建設に係る人件費及びその他必要な費用である。

人件費	95,186 K
燃料・資材費	10,915 K
合計	106,101 K

尚、残り59ヶ所の深井戸掘削及び給水施設建設に必要な費用は次のとおりである。

人件費	135,980 K
燃料費	272,750 K
資材費	26,471 K
合計	435,201 K

積算の根拠となった労務者単価、資材単価、工事種目別必要日数、燃料・資料消費量等は、附属資料として巻末に添付した。

第5章 事業実施計画

5-1 実施機関

5-1-1 事業実施体制

事業実施主体は「ザ」国政府の水利局で、E/N締結後日本のコンサルタントと設計監理等について契約し、コンサルタントの支援のもとに、日本業者に対し資機材調達及び43本の深井戸建設についての入札を実施する。

入札終了後、業者契約が行なわれる。建設工事に際しては、深井戸掘削には水利局掘削部の人員がこれに当り、ポンプ設置および附帯工事は、チョマにある水利局南部州事務所がこれに当る。

日本側は、コンサルタントの管理の下に上記深井戸102本中の43本の深井戸の位置選定、施工管理等を行ない、日本の掘削業者が供与機材を使用して掘削、井戸建設を行なう。これに必要な人員は「ザ」側がすべて提供する。

残り59本の深井戸掘削および給水施設建設はすべて「ザ」側水利局の負担、責任で行なう。

完成した給水施設の維持管理は当面は南部州事務所がこれに当るが、将来は、現地における管理は、郡委員会(District Council)及び受益住民を組織化してこれに当らせる事とする。

5-1-2 実施設計および施工監理

日本側分担の資機材の調達に関する設計管理サービスおよび給水施設工事に関するプロジェクトの組織化・立案に関するマネージメントの助言は、日本国籍のコンサルタントが実施する。無償資金協力についての公文の交換が行なわれた直後に「ザ」側は、コンサルタントと次のサービスについての契約を締結する。

- 1) 資機材調達、建設工事および掘削技術指導・助言に係わる実施設計、仕様書等の入札書類作成(技術仕様書を含む)
- 2) 入札業務の代行および応札書の評価
- 3) 資機材の製造過程・納入時の立会検査
- 4) プロジェクト施工管理

プロジェクト遂行に関する施工管理、計画の立案についてはコンサルタントと「ザ」側関係者が協議して行ない、必要に応じてコンサルタントは「ザ」側に助言を与える。

「ザ」側は、コンサルティング・サービスのもとで入札を行ない、落札者と契約を行なう。尚、給水施設工事に関する掘削技術等の現地技術移転の技術者派遣は、資機材を納入する日本国籍業者により行なわれる。

5-2 分担範囲

本計画は、調査団と「ザ」側の協議結果にもとづき、下記のように両国が分担する。

5-2-1 日本側の分担

- 1) 掘削機、支援車輛、井戸資材等の供与およびそれら資機材の水利局までの輸送。
- 2) 43ヶ所の給水施設建設。
- 3) 供与資材の調達及び工事实施のための設計及び施工管理サービス。

5-2-2 「ザ」側の分担

- 1) 資機材輸入に係わる免税措置
- 2) 資機材の水利局から現地事務所までの国内輸送
- 3) 本計画に係わる日本国籍コンサルタントおよび施工業者の携行資機材の免税措置
- 4) 日本国籍の外国為替銀行に対するサービスコミッションの負担
- 5) 43の給水施設建設に係わる人員準備および人件費。
但し、43の給水施設建設に係る燃料、資材等は日本側が負担。
- 6) 本計画に係わるプロジェクトチームを十分な能力（マネージメント・立案・技術）をもった人材で編成
- 7) 深井戸位置選定のための電気探査を先行実施して、43ヶ所の深井戸掘削地点を選定する。
- 8) 日本側分担の資機材の適切な運用と維持管理
- 9) 残る59の給水施設の建設に関する人員、費用を負担して、その完成に責任を負う。

5-3 資機材の調達

本事業に必要な資機材の調達は、日本製品となり、1部機材及び深井戸建設資材はザンビア製品となる。

尚、両国内で調達不可能なもの及び供給体制、性能が充分かつ経済的である資機材は、第3国製品も使用する。

また、日本側分担の資機材の調達は、コンサルタントの管理のもとで納入業者により行なわれる。

5-4 事業工程計画

本事業の全体工程は「日本」・「ザンビア」両政府の公文交換（E/N）によって始まる。その後、水利局は日本国籍コンサルタントと資機材調達業務及び事業実施に必要なコンサルタントサービスの契約を行う。

コンサルタントは契約後入札書類を準備し、「日本」・「ザンビア」両政府の承認の後、

日本国籍業者に対する入札を行い、落札者と「ザンビア」政府の契約に立会う。E/Nから業者契約に必要な期間は約4ヶ月、掘削機の製作、その他機材の調達及び梱包、海上輸送は約6ヶ月、内陸輸送は約2ヶ月と見込まれるので、工事及び技術指導が開始されるまでに1年間が必要となる。E/Nの有効期限は日本の会計年度と同じく3月までであるため、無償資金協力の範囲で可能とされるE/N有効期間の1年延長を見込んでも、掘削工事期間は最大7ヶ月である。これらの工程については、図5-1に示した。

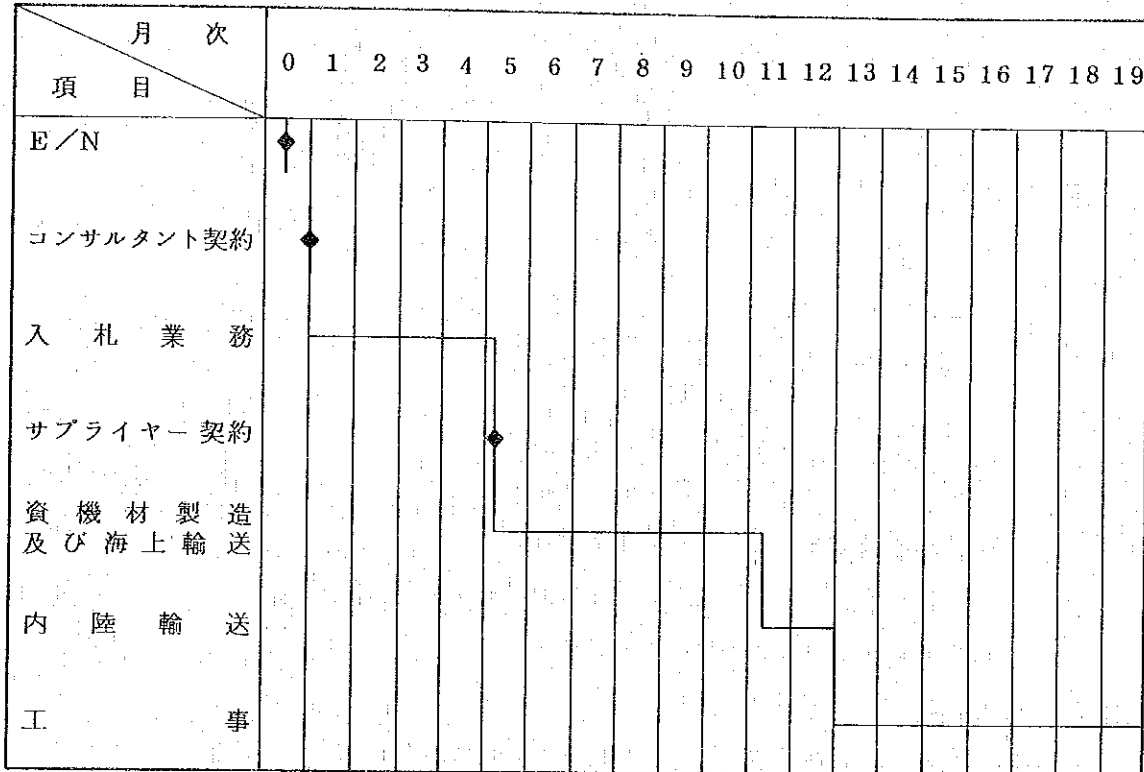


図5-1 E/N後の事業工程

5-5 維持管理計画

5-5-1 掘削機材

掘削機を主体とする資機材の維持管理は、水利局の削井工事部によって行なわれる。削井工事部は、第2章で述べたように、ルサカに本部を持ち、本部要員24名、修理工場9名、現場スタッフ77名から成る組織である。(表2-9参照)

掘削機稼動中は、上記の現場スタッフが維持管理を行ない、修理等はルサカ本部の修理工場で行なり。

5-5-2 給水施設

(1) 維持管理体制

深井戸やポンプ等維持管理は、原則的には郡委員会(郡庁に相当)が実施することに

なっているが、人材不足等の原因で実際には水利局南部州事務所で行なわれる。水利局南部州事務所の人員については、第3章で述べたが、総数136名を擁し、5つの郡に支所を配置している。実際の維持管理は配管工2名、運転手1名、作業員2名の人員構成で、小型車輛を使用して行なわれている。

本計画により完成された井戸に対する維持管理上の責任は原則として郡委員会が負う事とし、利用者(受益住民)は日常の運用を行なうと共に小規模修理を負担するよう組織化を計る必要がある。

(2) 維持管理費

維持管理費については、日常的な保守管理は、その費用が僅かなため計上しない。又リハビリ費用も不確定要素が大きいので計上しない。従って維持管理費は、平均的に1回/1.5年/1ヶ所の割合で発生する102ヶ所分のポンプ修理を10年間実施するために必要な費用として下記の項目を見込んだ。

- a) 修理発生回数： $(102 \text{ 井} \times 10 \text{ 年}) \div 1.5 \text{ 年/回} = 680 \text{ 回}$
- b) 修理班の編成
 - i) 車輛：ピックアップ 1台
 - ii) 人員：配管工 2名、運転手 1名、作業員 2名
 - iii) 平均移動距離： $10.0 \text{ km} \times 1 \text{ 往復} = 200 \text{ km/ヶ所}$
- c) 修理部品代：K 7,427/年、2年分は調達機材に含む。
- d) 修理用機材：日本調達機材に含まれる。
- e) 修理時間：1日/1ヶ所

尚、維持管理費の積算は、事業期間が長期になり物価上昇率が不正確な予測値となるため積算時点の事業費とした。又修理班は、修理回数に相当する期間($680 \div 218 = 3.12 \text{ 年} = 37.4 \text{ ヶ月}$)のみ本事業に従事し、その他の期間は同種他事業に従事するものとする。

維持管理費の積算の詳細は、附属資料として巻末に添付したが、その要約は次のとおりである。

維持管理費(10年間, 102本分)

a) 人件費	K 39,831
b) 燃料・油脂費	K 69,016
c) 修理部品代	K 89,302
	<hr/>
	K 198,149

5-6 協力終了後の井戸掘削体制

無償資金協力による日本側の深井戸掘削工事協力が終了した後も、本計画の「ザ」側要員は引き続き、残りの59本の深井戸掘削と給水施設建設に従事する。工事は、5-1章で述

べたように、井戸の掘削は、水利局削井工事部、井戸位置選定、ポンプ設置は、水利局南部
州事務所で行なり。これらに要する人員は、4-5章の施工計画で述べたとおりである。

(表4-4参照)。

給水施設資材(手押ポンプ、ケーシング、スクリーン)を除く、建設機材費は、「ザ」側
が負担することとなり、残りの59本の深井戸掘削および給水施設の建設費は、435千K
となる。(詳細は、附属資料8を参照)

第6章 事業評価

本事業の直接便益は次のとおりである。

- 1) 予測の困難な渇水に対応するための村落給水施設の整備には、緊急性が要求されている。本事業で実施する深井戸および給水施設は、南部州の給水状況からみて、緊急に整備を必要とする箇所である。
- 2) 飲用に適した良質な給水源を比較的手近に得ることにより、衛生・環境に起因する疾病の発生率を減少することができる。
- 3) 手近な現有水源の枯渇する渇水期には、数km以上離れた水源から牛車等を使用して運搬していた飲雑用水を、通年で手近に確保できることにより、家族の労働力を軽減させることができる。この労働力は、家事、農業生産に振り替えることができる。
- 4) 給水井戸は、村落の学校やクリニックに設置される場合が多い。この井戸を中心に受益住民の意志の疎通が容易となり、村落全体の連帯が強化できる。

以上は直接便益であるが、衛生的な飲料水が身近に通年で得られるという心理的安心感は、村落住民の生活を安定させ、住民の健全な身心発達をうながし、農村活力増進のための力となり得るといふ波及効果を生み出す可能性が間接的便益として期待できる。

さらに、日本側が供与する資機材の耐用年数から考察して、本計画の深井戸建設が終了した後も、適正な維持管理が続けられ、さらに部品の供給が続けられるならば、「ザ」国におけるより広い範囲における村落給水計画実施の一環を荷なうことは十分に可能である。

さらに重要なことは、本計画遂行時に「ザ」側技術者に移転された地下水開発事業の立案、施工、水文地質資料の管理技術や、掘削作業の適正技術は、村落給水事業のみならず、水利局のすべての業務遂行をより能率的に進めるため役立つものと考えられる。

以上のことから、本事業をわが国の無償資金協力で実施することは、十分な妥当性を持つものである。

