

3-2 水理地質状況

対象地域の水理地質の状況は、その地形及び地質的な条件より次の通り大別できる。

- (1) 貫入岩体の閃長岩、花崗岩より構成された山塊を擁する北側のMGA9を中心とする区域
- (2) 平野地帯の広がるMGA10 (MGA8, 11を含む) を中心とする南側の区域

MGA9の山塊部は、地形が急峻で雨水が流出しやすく、しかも表流水、雨水の地下への浸透がほとんど期待できない硬質岩を主体に構成されているが、山塊の間に形成された谷地形、盆地部は表層に未固結土砂（沖積層、崩積土）、強風化岩、裂かの発達した風化岩が分布し、滞水層となっている。

一方、平野地帯は表層部に透水性の低い泥質土（シルト、粘土主体）の分布するケースが多いが、その下部には風化した片麻岩（土砂状～亀裂発達）が分布し、滞水層となっている。

いずれの区域においても、裂かの発達する岩盤の風化帯が主な滞水層になっているものであり、表層の未固結堆積物中に挟まれた砂、砂礫層中に地下水が賦存されている場合もある。これ等の地下水は雨期、乾期の影響で水位変化しやすい傾向があるため、滞水層の分布条件は基盤岩の形状、風化帯の厚さによって大きく左右される。この風化岩中の滞水層の模式図は、図3-8に示す通りである。

また、この風化帯の他に破碎帯からも豊富な地下水を得ることが可能であるが、破碎帯は一般に断層等の構造線に沿って分布するもので、普遍的な広がりを持ったものではない。

地表より涵養された地下水は、北側の山間部においては現河道に沿って東側のモザンビーク国に向かって流動しているものと考えられるが、南側の平野地帯において地下水は現況のなだらかな地形とほぼ近似した動水勾配で、南東方向、即ちChiuta湖に向かっていく。

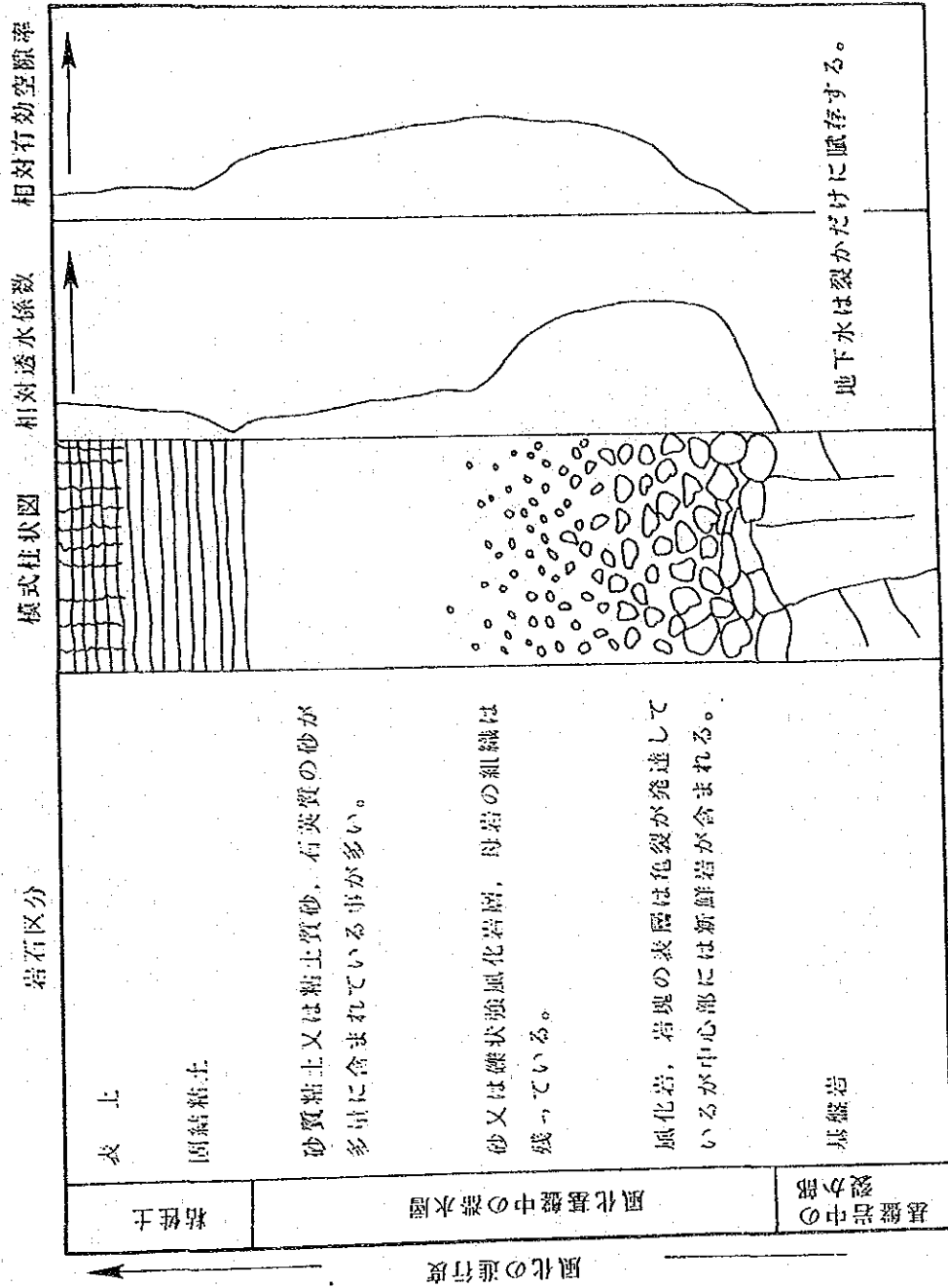
(図3-9参照)

3-2-1 地下水の賦存状態（電気探査結果）

現地で行った電気探査及び既存井戸の資料により、滞水層の分布及び性状は以下の通りまとめられる。

対象地域内を地形・地質条件の特徴により次の通り分類し、6探査地区を選定し、電気探査を実施した。




図3-8 風化岩層中の滞水層模式図

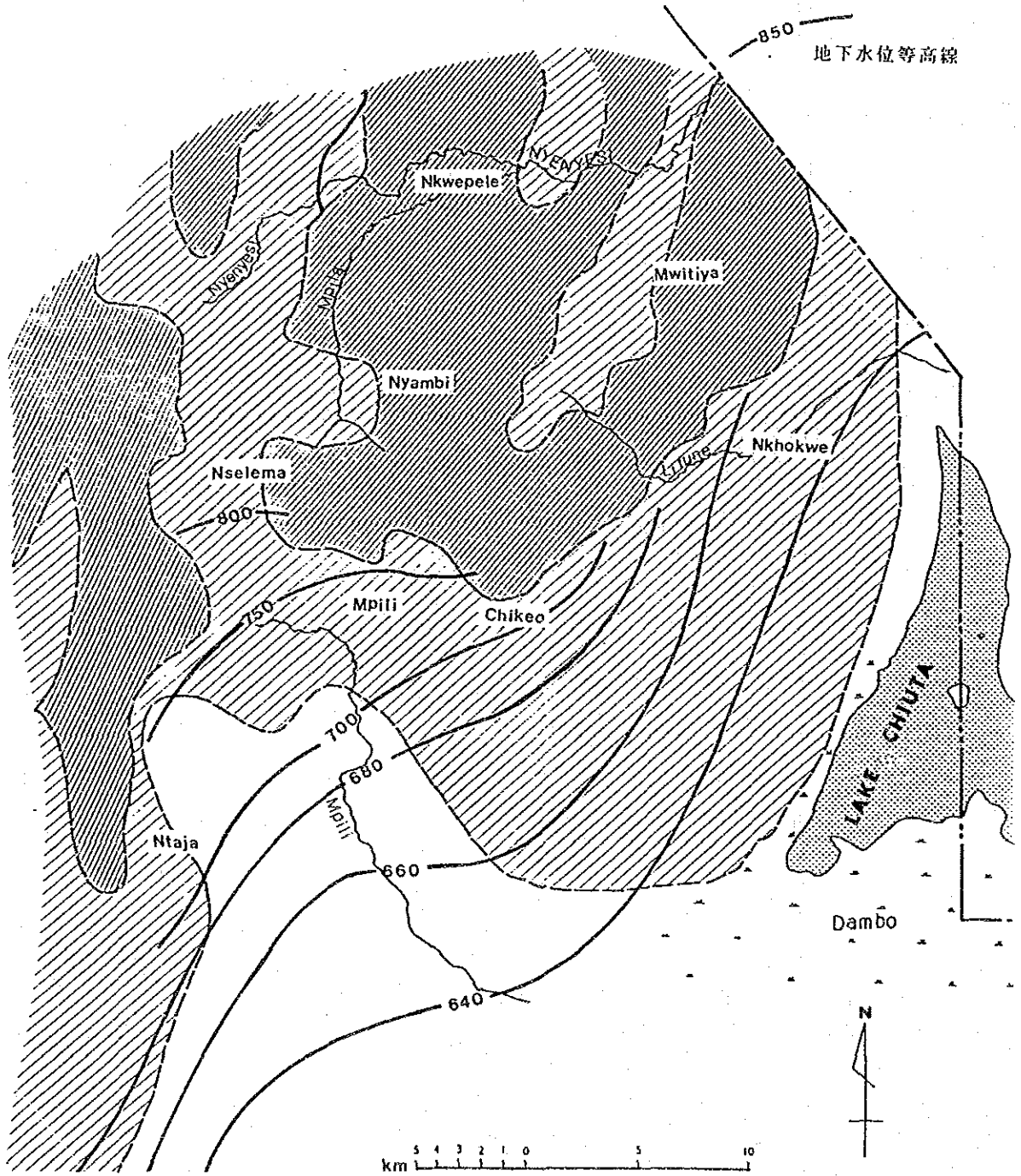


出所：建設・供給省水利局

图3-9 水理地質図

凡例

-  裂か水を賦存する岩盤地帯
-  自由面地下水を賦存する風化岩地帯
-  地下水を賦存する沖積層分布地帯



〈地質分類〉

G	片麻岩
S	貫入岩 (閃長岩・花崗岩)
Q	第四紀堆積層

〈地形分類〉

1. 平野
2. 盆地
3. 谷間
4. 山麓

表 3 - 5 電気探査地区諸元

探査地区			分類型	測定点数
MAG	Ext. Sec.	地名		
9	163	Nyambi	S-4	4
	164	Mkwepele	S-3	4
	166	Mwitiya	S-2	3
10	171	Nkhokwe	G-1, Q-1	5
	176	Chikweo	G-4	6
11	179	Mpili	Q-1	4
合計		6		26

(1) 測定方法及び使用計器

Wenner法により、探査深度100mまで実施した。乾期の為に接地抵抗が大きくなっているため、電流電極を2本使用し、接地点に散水して測定を行った。S/N比を向上させるために重合方式の機器を使用した。

機種	仕様
Mc011M	通電電流 200mA (Max) スタック回数 1, 4, 16, 64 測定電位 0~0.6V, 0~6V 電源 DC12V

解析はSundbergの標準曲線及びHummerの補助曲線を利用して行った。

(2) 測定結果

各探査地区の比抵抗断面図は図3-11(1)~(6)に表わされる。比抵抗により地層は3~4層に区分でき、地表を第1層として、各探査地区の測定結果をまとめると次の通りとなる。

图 3-10 電気探査測定位置图

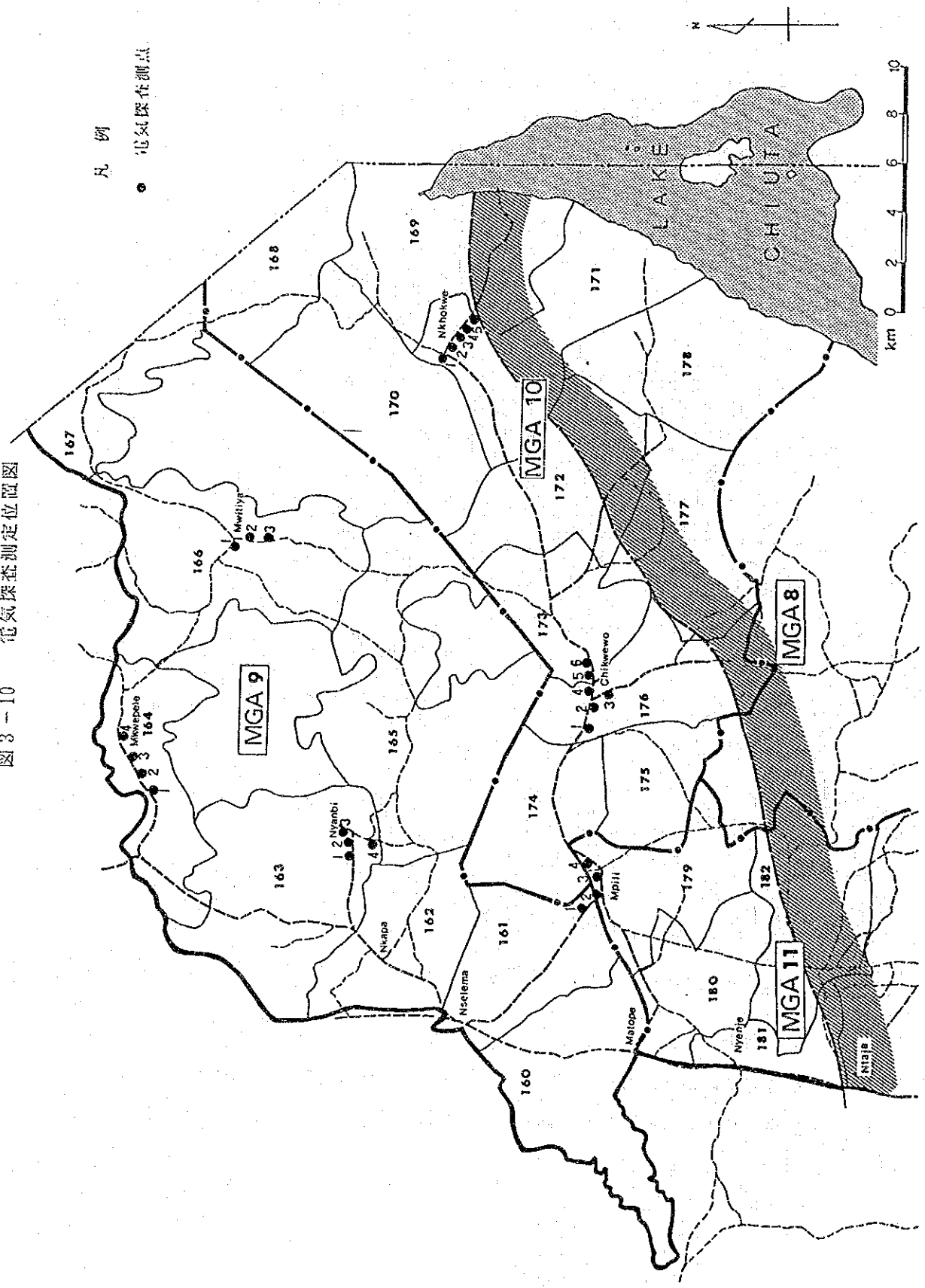


图 3-11(0) 電気探査解析断面図

Nyambi (MGA 9-163)

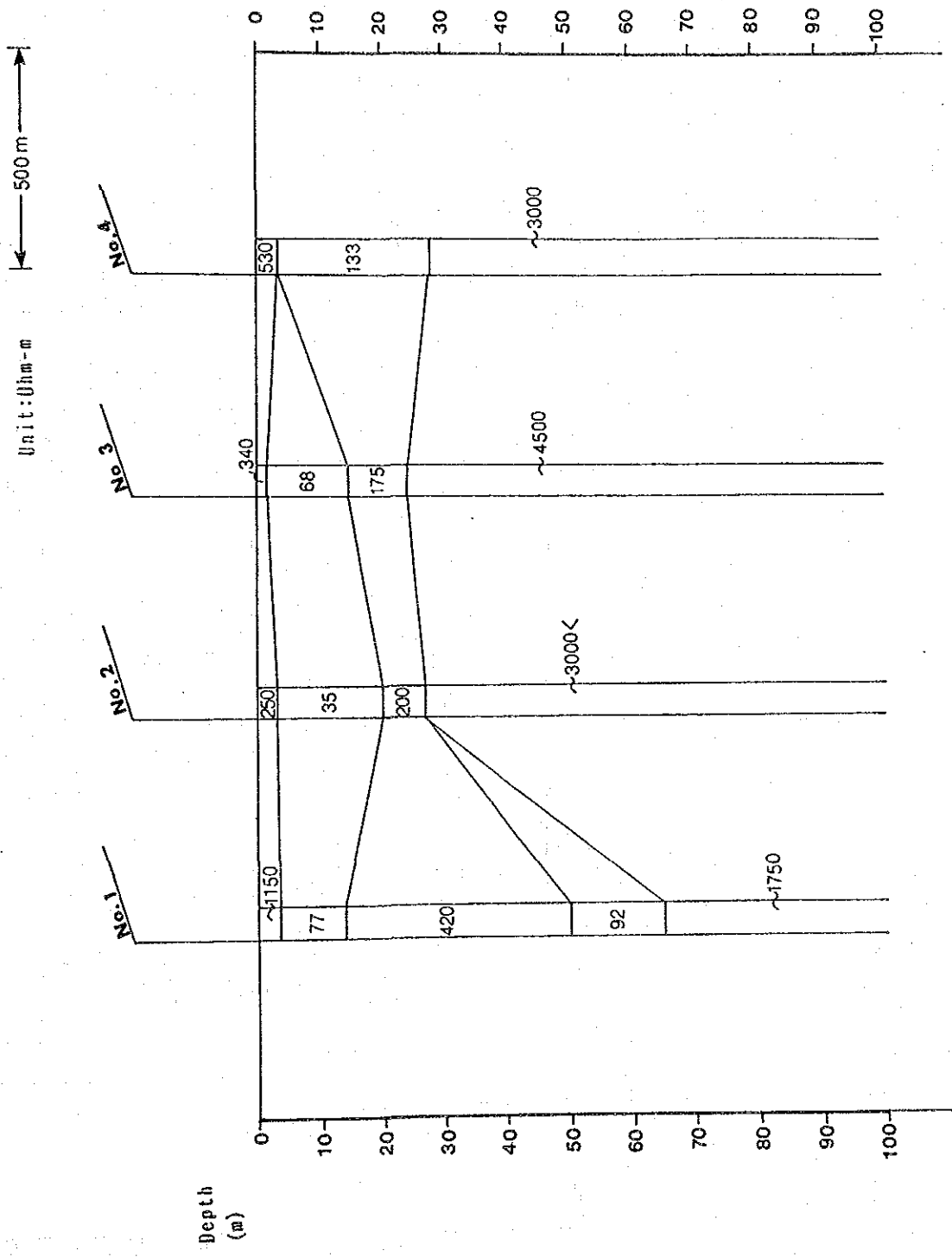


图3-11(2) 電気探査解析断面図
Mkwepele (MGA9-164)

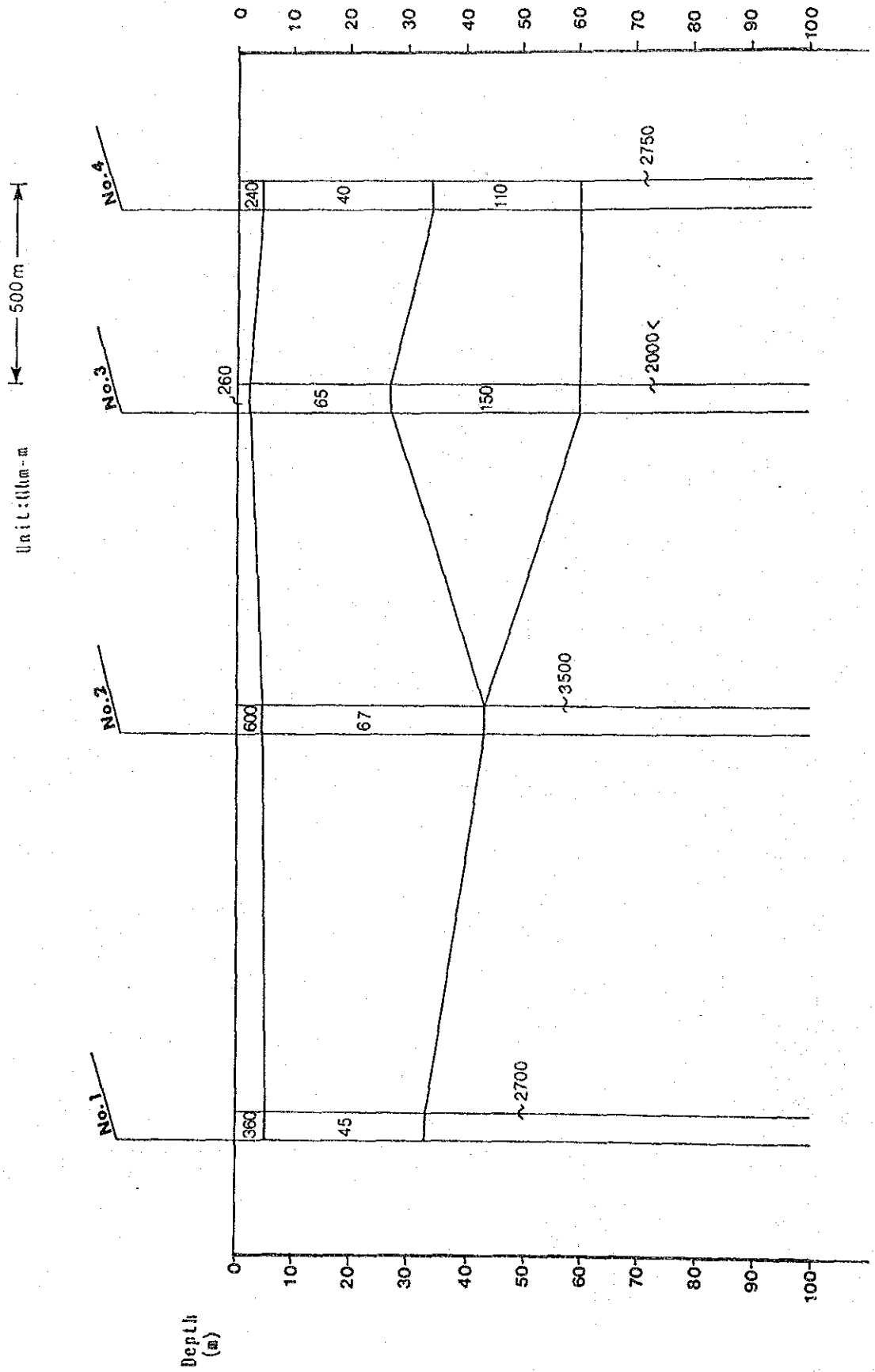


图3-11(3) 電気探査解析断面図
Mwiliya (MGA 9-166)

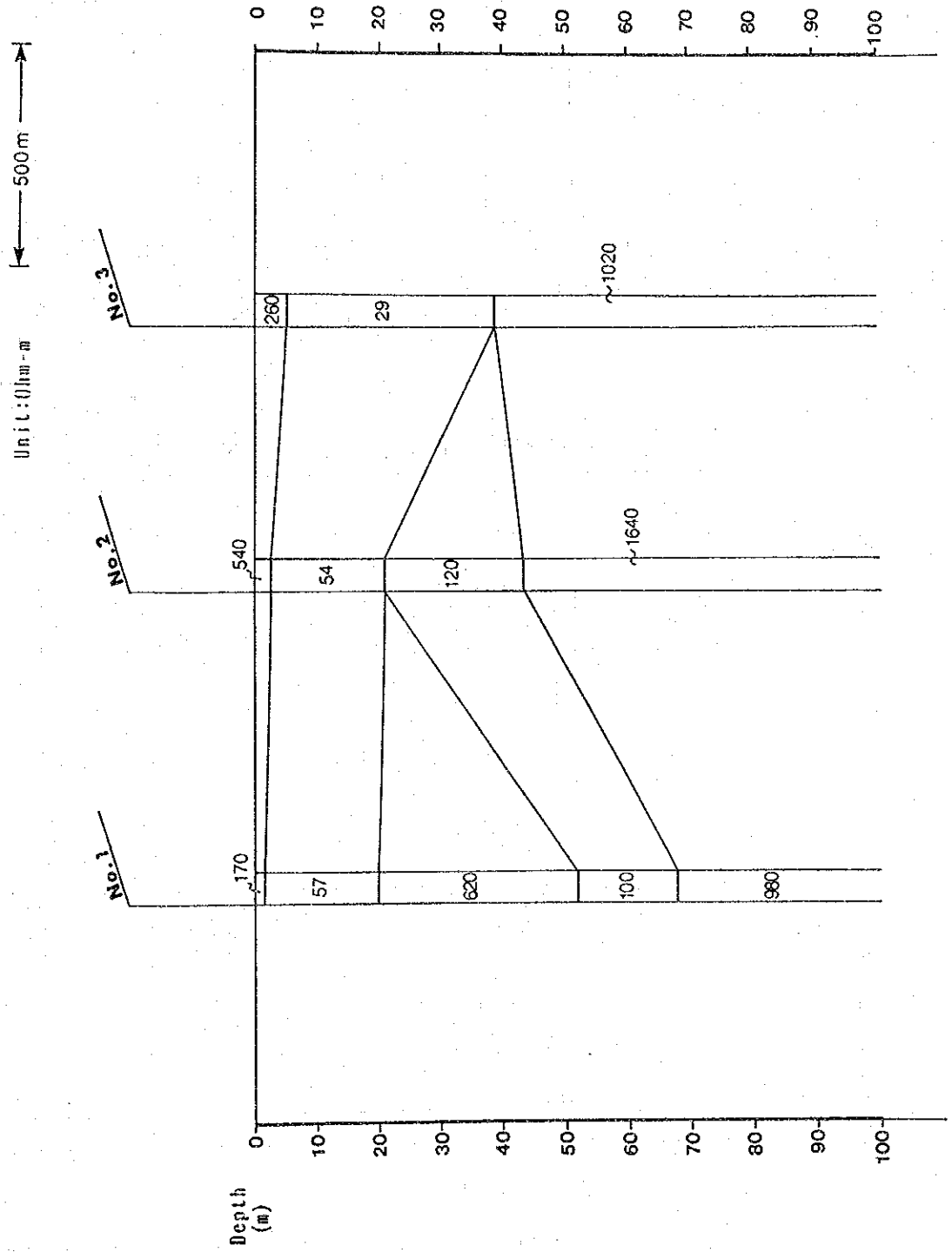


图3-11(4) 電気探査解析断面図
Nkhokwe (MGA10-171)

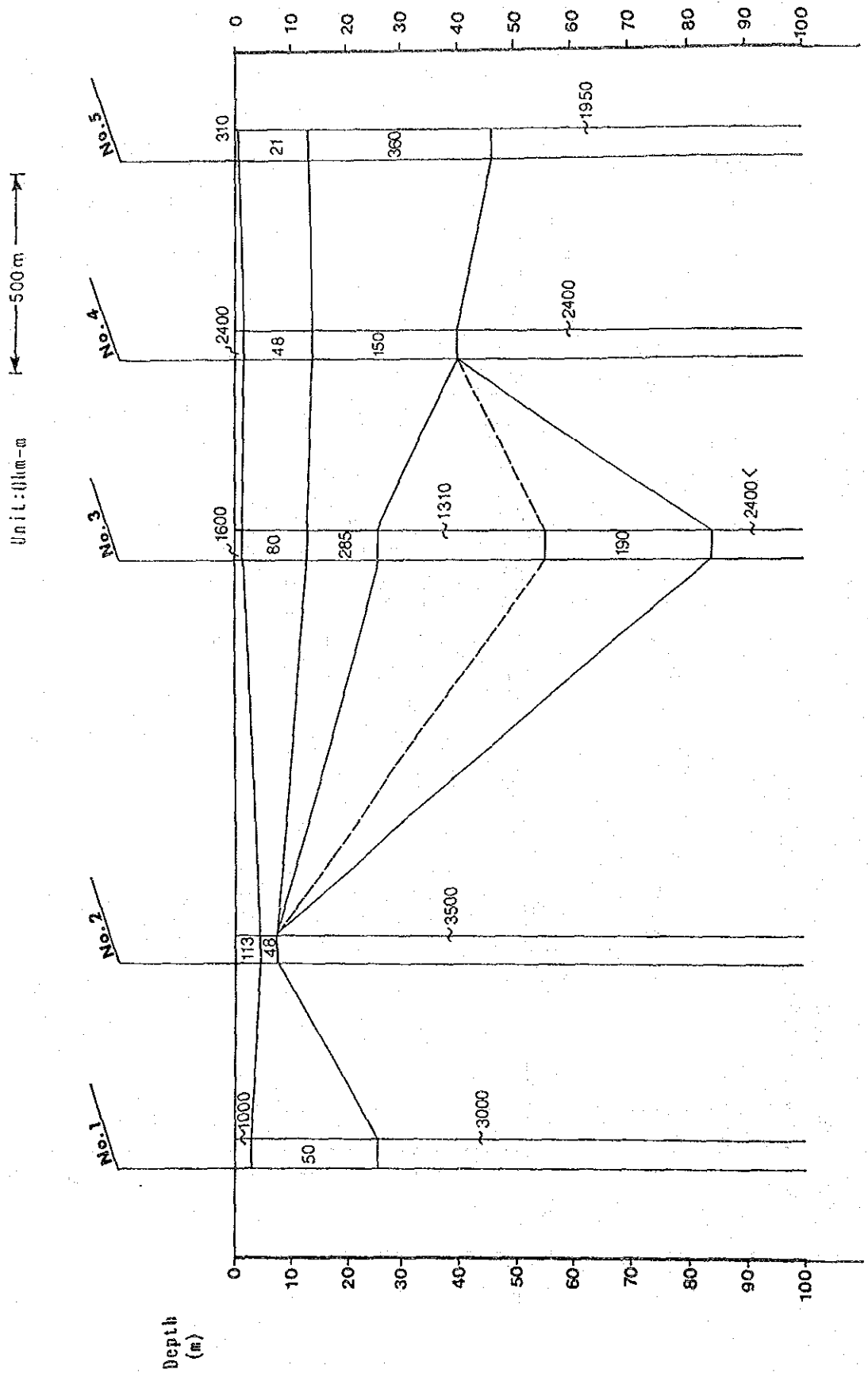


图 3-11(5) 電気探査解析断面図
Chikweo (MGA10-176)

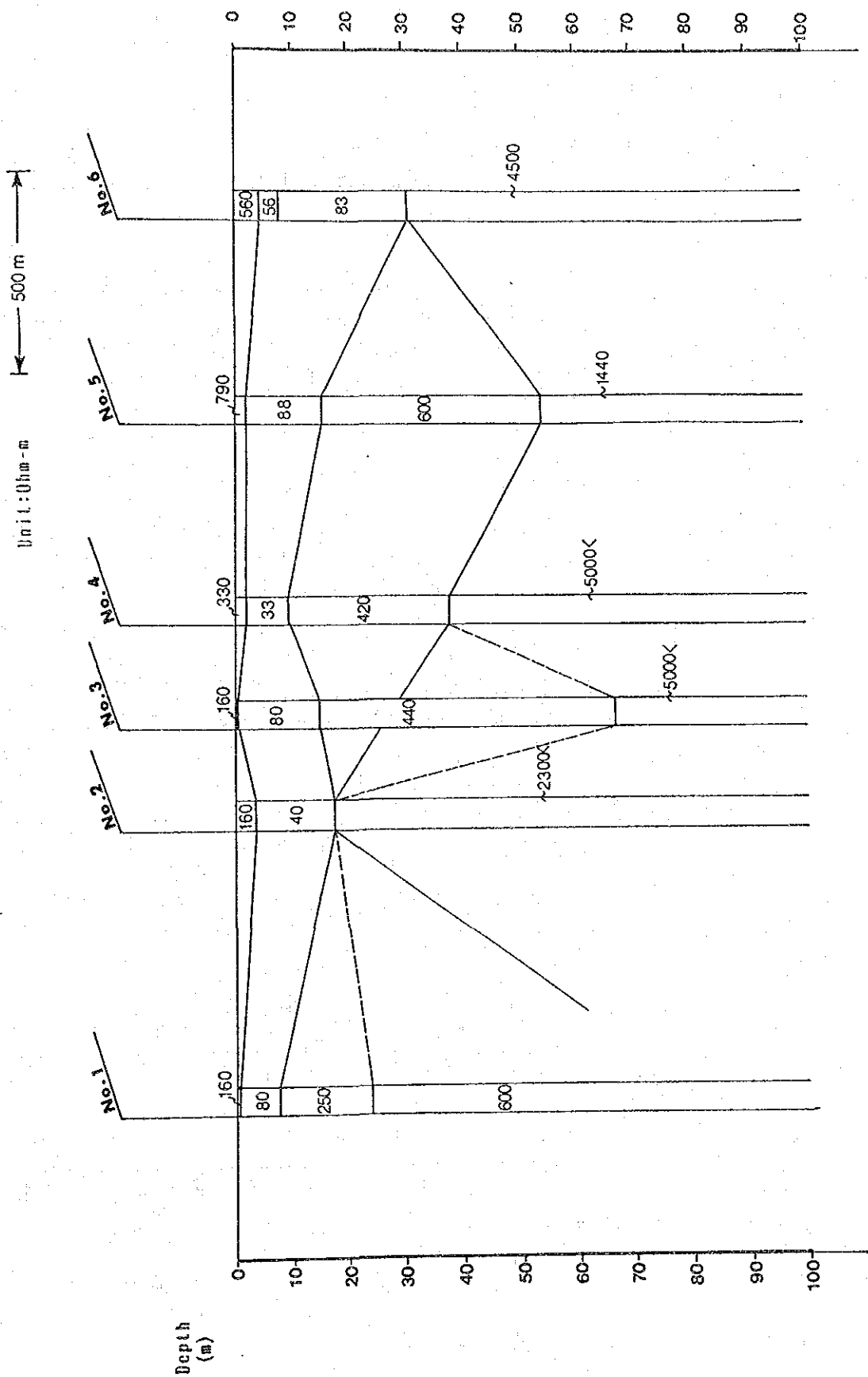


图 3-11(6) 電気探査解析断面図
M P i i i (M G A I I I - 1 7 9)

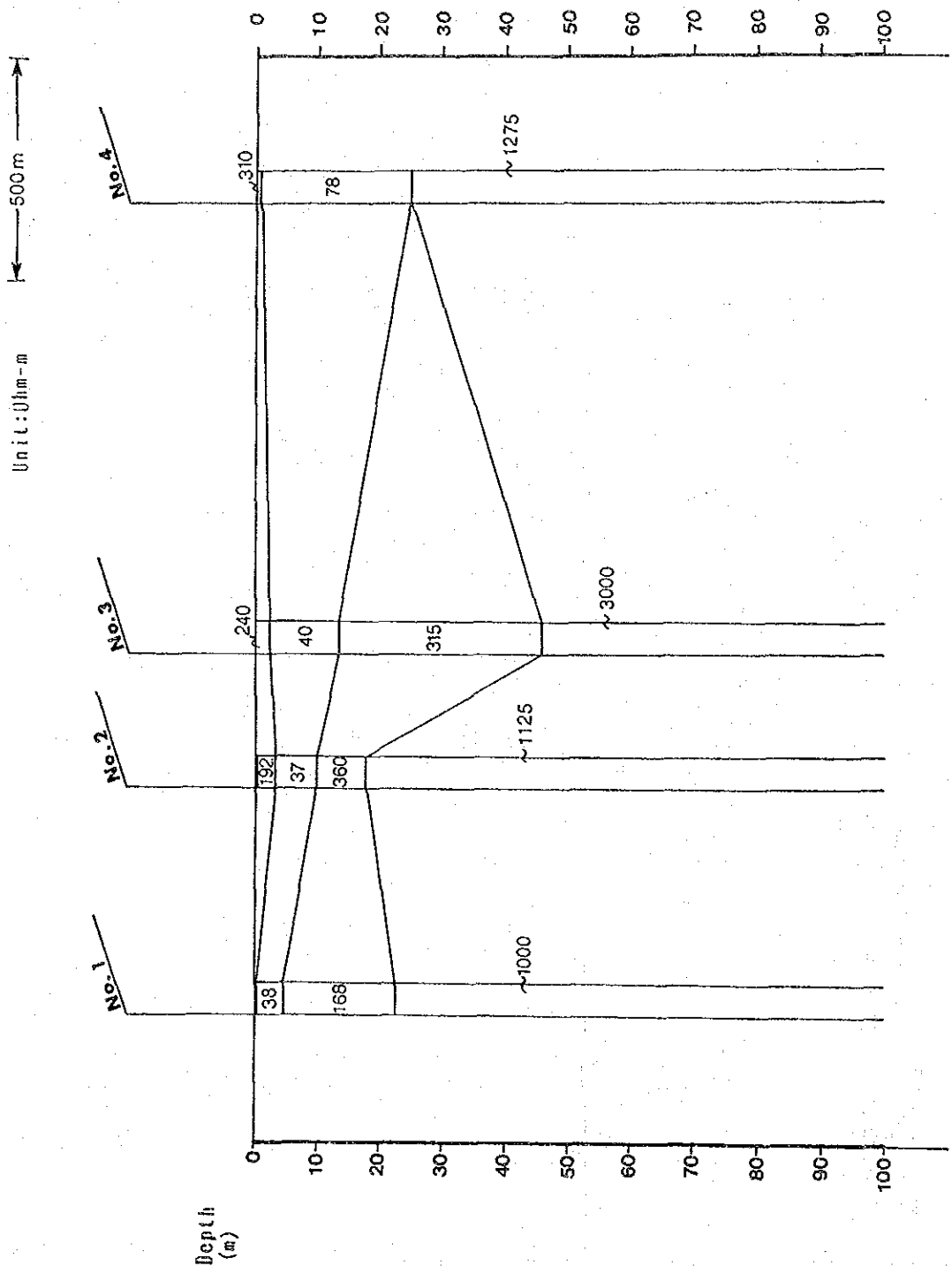


表 3-6 電気探査結果一覧表

探査地区	第1層		第2層		第3層		第4層		備考
	ρa	厚さ	ρa	厚さ	ρa	厚さ	ρa	深度	
Nyabmbi	250~ 1150	2~3	35~77	0~17	133~ 420	7~31	1750~ 4500	24~65	3~4層に境界に低比抗層 (No.1)
Mkwepele	240~ 600	4~6	40~67	22~38	110~ 150	0~26	2000~ 3500	28~60	西から東にむかって地層は3層から4層に変化
Mwitiya	170~ 540	2~5	29~57	19~34	120~ 620	0~48	980~ 1640	44~68	3~4層境界に低比抗層 (No.1)
Nxhokwe	113~ 2400	2~5	21~80	3~22	150~ 360	0~32	1310~ 3500	8~42	第4層中に低比抗層がある (No.3)
chikweo	160~ 790	1~5	33~88	7~36	250~ 600	0~40	1440~ 5000	17~67	第4層は破碎され深部まで低比抗層 (No.1)
Mpili	129~ 310	1~3	37~78	4~24	168~ 360	0~33	1000~ 3000	18~46	東側は3層構造

ρa : 地層の見掛け比抵抗値. $\Omega \cdot m$
 厚さ : 各比抗層の厚さ. m
 第4層は地表からの深度を示す。

表3-7 比抵抗値と地質区分

地層	比抵抗値 (Ω -m)	厚さ又は 深度 (m)	対応する地質
第1層	113~2,400	1~5	乾燥した表土, 粘土, シルト, 砂質土
第2層	21~88	0~38	湿潤な粘土, シルト, 砂質土, 強風化岩
第3層	110~600	0~48	砂, 礫, 強風化岩, 風化岩
第4層	980~5000以上	8~68	弱風化岩~新鮮岩

(3) 滞水層の評価

良好な滞水層の比抵抗値 ρ_a は次式により見積もることができる。

$$\rho_a = F \times \rho_w \quad : \rho_w \text{ 地下水の比抵抗値}$$

$$\quad \quad \quad : F \text{ 地層係数 (1~6)}$$

対象地域内の地下水の比抵抗値は

$$\rho_w = 45 \sim 92 \Omega - m$$

と計測されている。従って、滞水層の比抵抗値は45~550 Ω -mとなり、この値は第2、第3層に対応する。特に透水性が良い地層は一般的に $F = 2 \sim 5$ の範囲であり、最も有望な滞水層としては90~460 Ω -mの比抵抗を示す地層と推定される。

既設井戸の資料と電気探査の結果を比較すると次のようになる。

表3-8 電気探査結果と井戸データの対比

対象地区	井戸番号	地質	比抵抗値 (Ω -m)	井戸の深度 (m)	揚水量 ℓ /min	備考
Nyambi	E-164	風化岩	200	24.3	36	
Mkwepele	SM-447 CC-96	粘土/砂質細砂 風化岩	45 110	25.5 36.0	30 100	揚水量低下
Mwitiya	A-250	風化岩	620	32.7	8	揚水量少ない
Chikweo	E-244 FM-85	風化岩/新鮮岩 資料なし	40/2300< 420~440	24.0 28.4	14 83	測点より100m離れる "
Mpili	GM-24 R-85	風化岩/新鮮岩 粘性土/風化岩	360/1125 40~78/315	21.0 41.2	83 46	新鮮岩は18m以深 測点より200m離れる

※ Nkhokwe地区は資料なし

井戸資料との比較では、良好な滞水層の地層比抵抗値は110~460 Ω -mとなり、計測結果の傾向とほぼ一致しており、滞水層の大部分は風化岩となっている。

地層比抵抗値が約1000 Ω -m以上の第4層は亀裂の少ない基盤岩であり、この地層は第3層との境界部付近を除き、地下水の賦存はあまり期待できない。各探査地区の第4層までの平均深度を整理すると次の通りである。但し第4層の分布が20mより浅い場合は除外する。

地区名	第4層までの深度	平均深度	分類型
Nyambi	24~65m	36m	S-4
Mkwepele	28~60m	48m	S-3
Mwitiya	44~68m	51m	S-2
Nkhokwe	26~42m	33m	G-1, Q-1
Chikweo	24~67m	43m	G-4
Mpili	22~46m	31m	Q-1
6地区		40.3m	

今回の調査では、Nyambi, Nkhokwe, Mwitiya, Chikweoの4地区で、第3, 第4層内の深度約60m付近に低比抵抗を示す破砕帯が検出されている。破砕帯からは良質で豊富な地下水を得られる例が多いことから、掘削前に詳細な調査を実施し、その規模、分布範囲、性状を明らかにする事が重要と考えられる。

3-2-2 既設井戸と地下水の状況

(1) 既設井の状況

対象地域内の既設井の数は30あり、各々の井戸の位置は図3-12に示されている。現地調査で確認した井戸は15井で、このうち現在は7井が稼働中であった。

施工は1954~1984年にかけて実施され、1960年以前と1980年以後が多い。

1960年以前	12井
1960~1970年	4井
1970~1980年	3井
1980年以後	11井

設置されたハンドポンプの型は次の様になる。

ポンプの型	製造国	台数	備 考
Bush	マラウイ	12	1961年以前の古い井戸に設置 ホイール型で重い
Climax	英国	10	
Limani	南アフリカ	5	
Uganda	不明	1	Afridevのプロトタイプ
Maldev	マラウイ	1	

掘削深度は19.3～41.2m, 平均30mである。静水位は1.8～11.5m, 平均6.7mとなっている。竣工時の最大揚水量は3～100ℓ/min, 10ℓ/min以下は2井である。現地での揚水試験は上部密閉型で水位観測不能の為に実施できなかった。各井戸の諸元を整理した結果は、表3-9に示す通りである。

井戸の設置位置は、主要道路周辺が多く、対象地域全般に分布し、人口密度の高い南東部にやや集中している。又、井戸は複数の村落で使用し、村落の中心又は各村落の境界付近に位置する傾向が見られる。

現地調査、既存資料で確認された既設井30本のなかに

- 1) 老朽化し、故障中で詳細な資料不明の井戸
- 2) 周辺にトイレ等があり、水質が汚染されている井戸
- 3) 竣工時の資料及び周辺住民からの聞き込み調査より、揚水量の少ない井戸等の問題をかかえた井戸が14井あり、これ等の井戸はリハビリテーションを実施しても、水質、水量等の面で所定の機能が発揮できないと判断される。

(2) 地下水の利用状況

風化岩層中の裂かに滞水された地下水を対象としている井戸が大部分である。又、一部の井戸は堆積層中の地下水を利用していると判断されるが、破砕帯中の裂か水を利用している井戸は確認されなかった。既存井戸で、竣工時又は竣工後短期間で揚水量が低下した井戸が数ヶ所あり、現地調査の結果次のような問題点が考えられる。

- 1) 風化岩層が若干硬質となった深度で終了している。電気探査の結果では更に下部に地下水の期待できる裂かの分布が予測される。掘削機がパーカッション型であり、地層が硬質になると掘削能力が急減するため掘止めにしたと思われる。
- 2) 滞水層が薄い地点に設置しており、事前の調査が充分になされていない。
- 3) シリンダーが孔底付近にあるため、沈殿物で埋没し易い。亀裂が若干ある基盤岩中を掘進し、シリンダー下部に余裕をもたせる必要がある。

図 3-12 既存井戸及び採水地点位置図

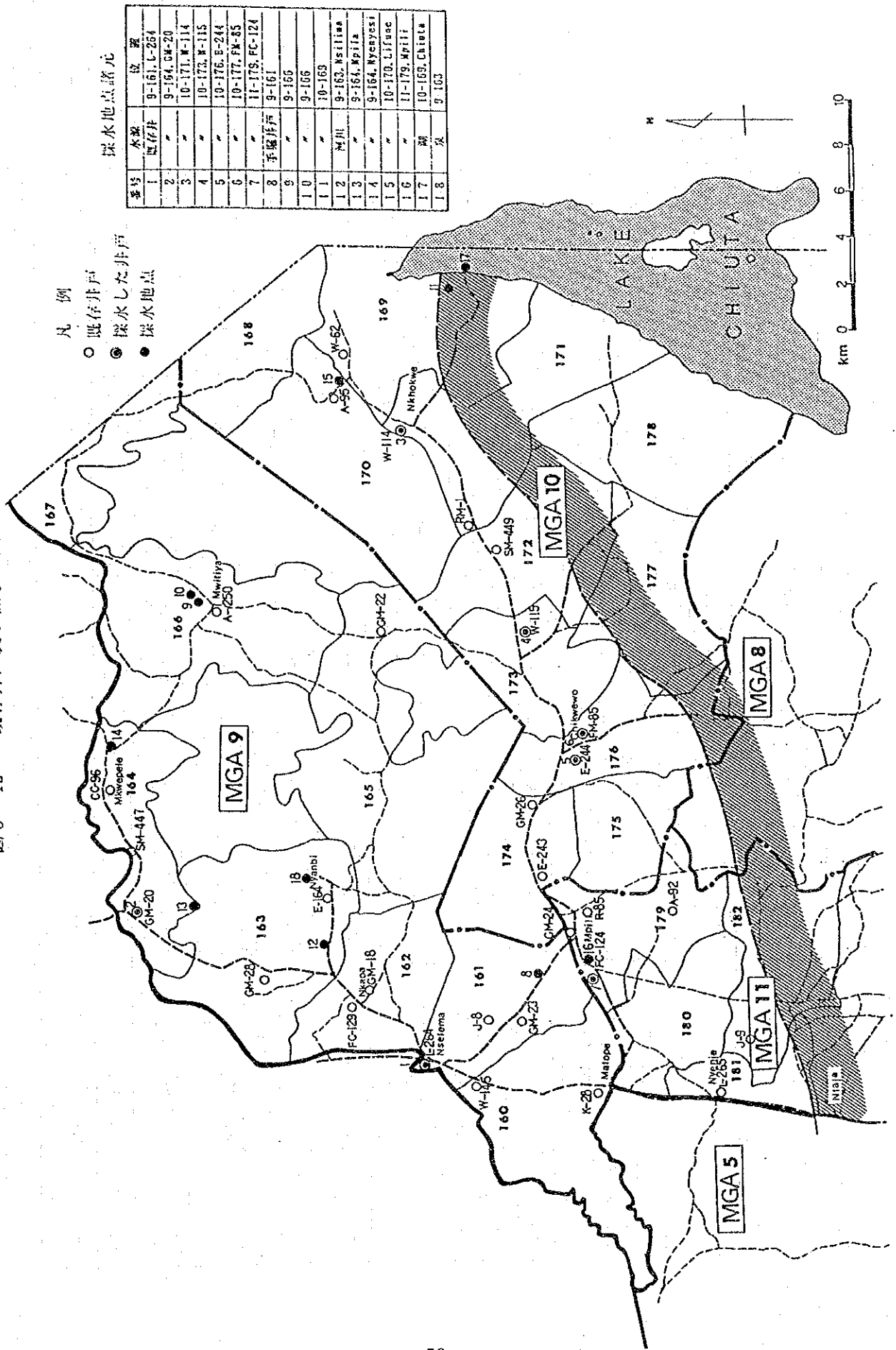


表 3-9 (1) 既存井戸のデータ

井戸 番号	位 置		さく井 年-月	口径 (mm)	掘削 深度 (m)	掘削時 の地下 水位 (GL-m)	竣工時 の最大 揚水量 ℓ/min	主要潜水層 の深度 (GL-m)	サロウ の位置 (GL-m)	スクリー ン 長さ (m)	ポンプ の型	地 質	現在の 状況	備 考
	HGA Ext. Station	村 名												
K-23	9	160 Nyanje	1954-2	100	30.5	4.6	40	15.3	29.3	—	Bush	4.3m以深風化岩	—	老朽化のためにリハビリ不適
N-145	"	160 Chiwalo court	1959-11	152	36.0	14.6	51	29.0	32.9	—	Bush	15m以深風化岩	—	"
L-264	"	161 Nselema	1965-6	150	30.2	7.32	34	26.5	29.3	—	Bush	風化岩/新鮮岩 (四長岩)	稼働中	リハビリ可能
J-8	"	161 Kaporoma	1959-11	—	36.9	16.8	82	—	—	—	Bush	—	1986.11 稼働中	"
GM-23	"	161 Nkhweya	1983-4	—	22.0	3.5	45	14.0~20.0	18.0	14.6	Climax	硬岩 (22m)	—	"
FC-129	"	162 Nyambi Dispensary	1972-10	—	40.3	7.6	26	30.5~33.6	30.5	12.2	Climax	26.5~39.7m砂以下硬岩致砕中	—	"
GM-18	"	162 Nyambi/Nkapa	1983-3	110	31.1	8.3	90	22.0~23.0	28.0	14.5	Climax	粗砂/砂質粘土	故障中 (1984)	"
E-164	"	163 Malundani Court	1958-11	100	24.7	2.4	36	18.3	22.0	—	Bush	10.7m以深風化岩	故障 (1972)	揚水量低下のため (掘込み) リハビリ不適
GM-28	"	163 Kaukutu	1983-4	—	35.6	12.0	30	31.0~32.0	30.0	17.7	Limani	0~28m粘土, 砂質粘 土, 28~34m風化岩	故障 (1983)	ポンプ・井戸共に不良 リハビリ不適
CC-96	"	164 Kkwepele	1981-11	—	36.0	11.5	100	25.0~26.0	33.0	19.2	Limani	21.5m以深硬岩	故障	リハビリ可能
GM-20	"	164 Mwinjirani	1983-4	110	19.3	5.3	15	—	—	14.7	Limani	—	稼働中	"
SH-447	"	164 K'bwabwa	1983-6	110	25.5	10.35	60	19.0~21.0	24.0	13.7	Limani	0~19m粘土, 19~24m 細砂, 24~25.5m風化岩	故障	揚水量低下のため (掘込み) リハビリ不適
GM-22	"	165 Mongola	1983-7	—	22.0	6.0	15	10.0~20.0	18.0	13.0	Maldev	12~18m 礫 20~22m 硬岩	—	リハビリ可能
A-250	"	166 Mwitinya	1964-11	150	32.7	26.2	7	26.2	29.3	—	Climax	8.2m以深風化片麻岩	故障	揚水量少ない
N-62	10	169 Natuli	1959-9	—	35.7	10.7	3	12.2	—	—	Bush	12.2m以深新鮮岩	— (1980)	"

出所： 建設供給省水利局

表3-9(2) 既存井戸のデータ

井戸番号	位置		竣工時の最大揚水量 ℓ/min	掘削時の地下水位 (GL-m)	掘削深度 (m)	口後 (mm)	さく井年-月	主要な深層の深度 (GL-m)	サツカ の位置 (GL-m)	スクリーン の深度 (GL-m)	ポンプ の型	地質	現在の 状況	備考
	MCA Ext. Station	村名												
A-95	10	170	Huwawa	68	7.32	29.3	150	23.8	—	—	Bush	23.8m以深花崗岩	故障	老朽化のためリハビリ不適
N-114	"	171	Nkhokwe	82	12.2	30.5	—	—	—	—	Climax	—	稼働中	水質悪くリハビリ不適
RN-1	"	171	Mwala	67	11.0	20.7	—	12.2~12.8	—	10.0~16.8	Uganda	14m以深硬質片麻岩	—	リハビリ可能
SM-449	"	172	Mwegama	90	3.0	38.0	—	24.0~36.0	30.0	19.2	Climax	36m礫岩	—	"
W-115	"	173	Mapanje	21	12.2	31.1	—	—	—	—	Bush	—	稼働中	"
E-243	"	174	Chisowa	22	1.8	23.5	—	18.3	22.0	—	Bush	風化片麻岩	—	老朽化のためリハビリ不適
GM-26	"	174	Moweje	63	7.0	27.0	—	17.0~26.0	21.0	20.5	Climax	19m礫岩	—	リハビリ可能
E-244	"	176	Chikweo's court	14	6.1	24.4	—	18.3	22.0	—	Climax	—	稼働中	"
FH-85	"	176	Chikweo EPA	83	12.0	28.4	—	—	—	—	Limani	—	"	"
A-92	11	179	Mpunga	65	5.5	32.6	100	—	—	—	Bush	沖積層	—	老朽化のためリハビリ不適
R-85	"	179	Mpiri Mission	46	7.6	41.2	—	30.5~32.0	36.6	—	—	30.5mよりGranulite	井戸消滅	—
FC-124	"	179	Mahuta	26	7.6	26.2	—	18.3~21.4	24.4	12.2	Climax	0~12.2m砂 12.2mより片麻岩	稼働中	リハビリ可能
GM-24	"	179	Likhomo	83	2.8	21.0	—	6.0	15.0	11.6	Climax	10mより風化岩 18mより新鮮岩	故障	"
C-265	"	181	Chenyenje	26	5.5	31.1	152	23.8	29.3	—	Bush	15.3mより礫岩	—	老朽化のためリハビリ不適
J-9	"	182	Nkomera	82	5.8	36.1	152	18.3	36.0	—	Bush	18.3mより礫岩	—	"

出所：建設供給省水利局

- 4) ストレーナーの位置と滞水層の関係が不明である。掘進時に電気検層を実施し、滞水層の厚さを明確にし、ストレーナーの位置・長さを決定することが必要である。
- 5) 堆積層を対象とした井戸については、粘性土の割合が増すと透水性が悪化し、揚水量の低下が起こるため、地層比抵抗値が $45\Omega\cdot m$ 以下の堆積層は対象外とすることが妥当と考える。

3-2-3 水質

対象地域内で生活用水として利用されている既存深井戸・手掘井戸・泉・河川・湖から採水した18資料の水質分析を実施した。(図3-12参照)

採水源	資料数	備考
既存井戸	7	4資料について水質試験所で分析
手掘井戸	4	深度は1~5mと地区により変化が大きい
河川	5	洗濯・水浴用・飲料水として利用する地域もある
湖	1	Chiuta湖
泉	1	山腹下部、飲料水として使用

水質試験の結果は表3-10に示した通りである。

水質の主な特徴は次のようにまとめられる。

- (1) PHは6.2~7.7となり、7.0以下の弱酸性が多い。
- (2) 電気伝導度は $37\sim 317\mu s/cm$ 、既存井戸では $109\sim 225\mu s/cm$ 、Chiuta湖が最も大きく $317\mu s/cm$ を示している。電気伝導度は地層中の電解質分の指標であり、特に乾期と雨期が明確に区別できる地域では土壌内の塩分濃度の判定に有効となる。測定値は良好な水質の範囲内である。(日本国内では地表水及び地下水は平均 $50\sim 200\mu s/cm$)
- (3) 河川水、泉、手掘井戸等の地表付近の水は有機質の浮遊物及び粘土等の細粒子分が含まれて、白色や薄茶色に濁っている。
- (4) マンガンイオン及び鉄イオンがWHO許容値を越えるものが1ヶ所有る。
- (5) WHO許容値を越えるアンモニアが検出されたものは2ヶ所あり、共に既存井である。
- (6) 既存井戸以外の水源については全て大腸菌で汚染されている。既存井戸のうちでも汚染源が近くにあるもの、排水部分の整備が悪いものについては大腸菌が検出されている。
- (7) 一般細菌については既存井戸では殆ど検出されないか少量であったが、その他の水源

については顕著な反応が認められた。

以上の分析結果より、表流水及び浅部の水源については水質が汚染され易く、飲料水としては不適である。鉄及びマンガンイオンについては地下水に元来多量に含まれるものではなく、ポンプの鉄パイプから溶脱したと考えるのが妥当である。アンモニア及び大腸菌による汚染は人為的原因によるものであり、井戸の位置及び上部の排水設備を配慮すれば汚染を免れる事ができ、対象区域内の地下水の水質は飲料用として良質と判断する。

表 3 - 10(1) 水質分析結果

採水地点		水源	水温 ℃	電気 伝導度 μs/cm	PH	濁度	臭気	NH ₄ (P.P.m)	MN ²⁺ (P.P.m)	Fe ²⁺ (P.P.m)	Cl ² (P.P.m)	大腸菌	一般 細菌	備 考
地名又は井戸番号	MAG 区画													
L-284	9	既存井	25.3	169	7.0	無	無	0.6	0.2	0.5	0.1以下	有	若干	トイレ付近にあり 排水設備悪い
GM-20	9	"	25.3	129	6.6	無	無	0.1以下	0.1以下	0.2	0.0	無	無	
W-114	10	"	27.2	198	6.4	無	無	2.3	0.0	0.2	0.0	無	無	
W-115	10	"	24.4	173	6.6	無	無	1.5	0.0	0.1	0.0	有(小)	若干	
E-244	10	"	24.2	225	6.3	無	無	0.4	0.1	0.2	0.0	無	無	
FM-85	10	"	26.0	149	6.7	無	無	0.1以下	0.1	0.4	0.1以下	無	無	
FC-124	11	"	25.1	109	7.7	無	無	0.1以下	0.1	0.2	0.1以下	無	無	
Chikumba	9	手廻井戸	24.0	85	7.0	茶色	無	0.0	0.0	0.1	0.1	有	有	深さ5.0m水位4.7m 洗濯用 深さ3.0m 深さ1.2m
Mwitiya(1)	9	"	30.5	84	6.3	茶白濁	無	0.4	0.4	0.2	0.0	有	有	
Mwitiya(2)	9	"	24.1	67	6.9	茶白濁	無	0.1	0.1	0.2	0.0	有	有	
Mpakaka	10	"	23.1	37	6.6	茶白濁	無	0.1	0.1	0.2	0.0	有	有	
Nsilimina	9	河川	18.5	67	6.5	白濁	無	0.1	0.2	0.2	0.0	有	有	洗濯用水 飲料水 洗濯用水 深さ3.0m 深さ1.2m
Mpila	9	"	25.9	112	6.6	茶色濁	無	0.1以下	0.0	0.2	0.1以下	有	有	
Nyenyesi	9	"	19.1	113	6.8	茶色濁	無	0.1以下	0.1	0.2	0.1以下	有	有	
Lifune	10	"	21.8	194	6.7	茶色濁	無	0.1	0.1	0.1	0.1	有	有	
Mpili	11	"	22.8	194	6.7	茶色濁	無	0.1	0.1	0.1	0.1	有	有	
Chiuta	10	湖	25.6	317	7.6	無	無	0.1以下	0.1	0.2	0.1	有	有	ボンプによる汲み上げ配水 飲料水
Nyambi	9	泉	23.8	62	6.2	無	無	0.3	0.0	0.1	0.0	有	有	
WHO基準値					6.5~ 8.5			0.5	0.1	0.3	250			
アウの暫定基準値 Proposed Standards					6~ 9.5			—	0.5	3.0	750			

表 3 - 10(2) 水質試験所の分析結果

採水井戸	SO ₄ ²⁻	NO ₃	銅	亜鉛	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Cd	全硬度 CaCO ₃	砒素
L-264	0.8	0.6	0	0	10.0	3.7	1.45	0.18	0.005以下	43	0
GM-20	1.6	0.8	0.23	0	8.2	2.9	0.38	0.06	0.005以下	33	0
W-114	1.2	0.6	0	0	5.2	8.2	0.33	0.12	0.005以下	49	0
E-244	3.7	0.2	0.46	0.17	9.4	2.8	0.59	0.06	0.005以下	36	0
WHO基準値	400	45	1.0	5	—	—	0.3	0.1	0.005	500	0.05
マラウイの暫定基準値	800	100	1.0	10	—	—	3.0	0.5	0.01	800	0.05

単位：ppm

3-3 社会状況と給水事情

3-3-1 インフラ状況

対象地域付近では、Ntajaが最大の町で各官庁の出先事務所が設けられている。このNtajaを通る幅員約10mの幹線道路があり、対象地域の西端部を南北に通過している。この幹線道路から車の通行が可能な道路が東側の対象地域に向かって分岐しており、この道路沿いには集落が発達し、種々の社会施設が配置されている。(図3-13参照)

小学校、病院、診療所、市場関係の施設は対象地区内に万遍なく配置されているが、郵便局はMpiliの1ヶ所だけである。また、電話回線に関してはNtaja迄配線されている。電気は将来対象地域内迄引かれる予定になっているが、現段階ではNtajaの南方約20kmの地域迄しかその恩恵をこおむっていない。

対象地区内の道路網は、主要道路と支線道路に分類できるが、その概要は下記の通りである。

主要道路：

幅員7～8m、路面はラテライトが敷かれ、両端に幅1m深さ0.8mの排水溝が掘られている。河川に架かる橋は木造で、基礎はコンクリート製である。幅員は約4m、大型車両の通行に充分耐える構造となっている。

支線道路：

幅員2～6m、場所によっては大型車両の通行が困難である。路面は表土、粘土、山麓部では部分的に岩盤となり、ラテライト、砂利等は敷設されていない。各河川に架かる橋は全て木造で、構造、強度共に大型車両の通行は困難と判断する。北東部のMwityaからMkwepele間は道路状態が特に悪く、路面は粉末状の粘土層が10～20cmの厚さで堆積し、山麓部は起伏が大きい。支線道路の大部分は雨期には車両の通行が不可能と考えられる。

- 例
- 主要道路
 - 支線道路
 - 小学校
 - 通信教育施設
 - 病院
 - 診療所
 - 郵便局
 - 電話局
 - 市場

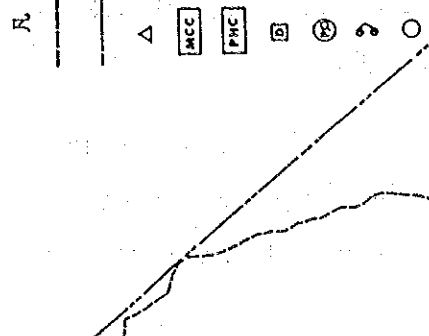
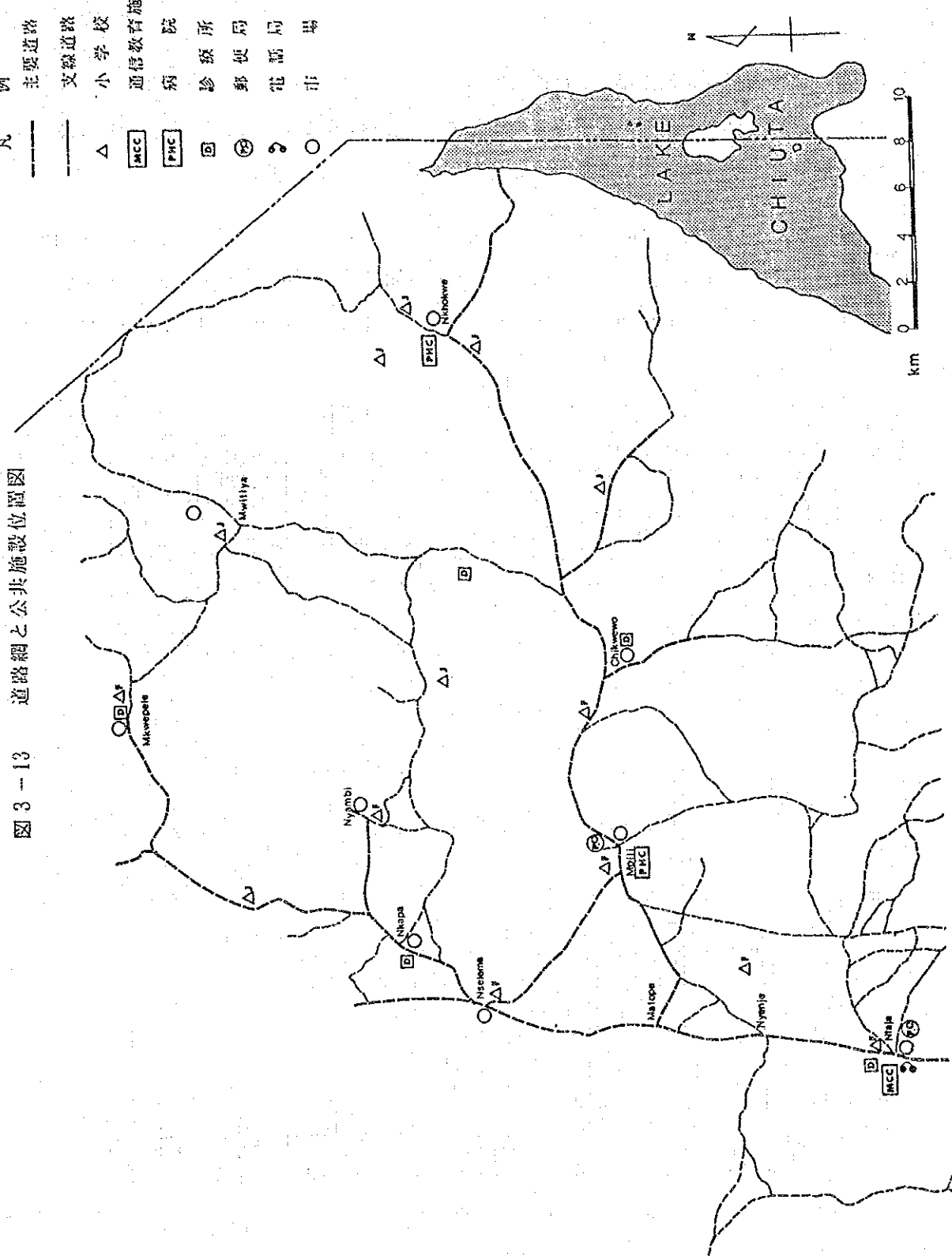


图 3-13 道路網と公共施設位置図



出所：Liwonde ADD

3-3-2 社会経済状況

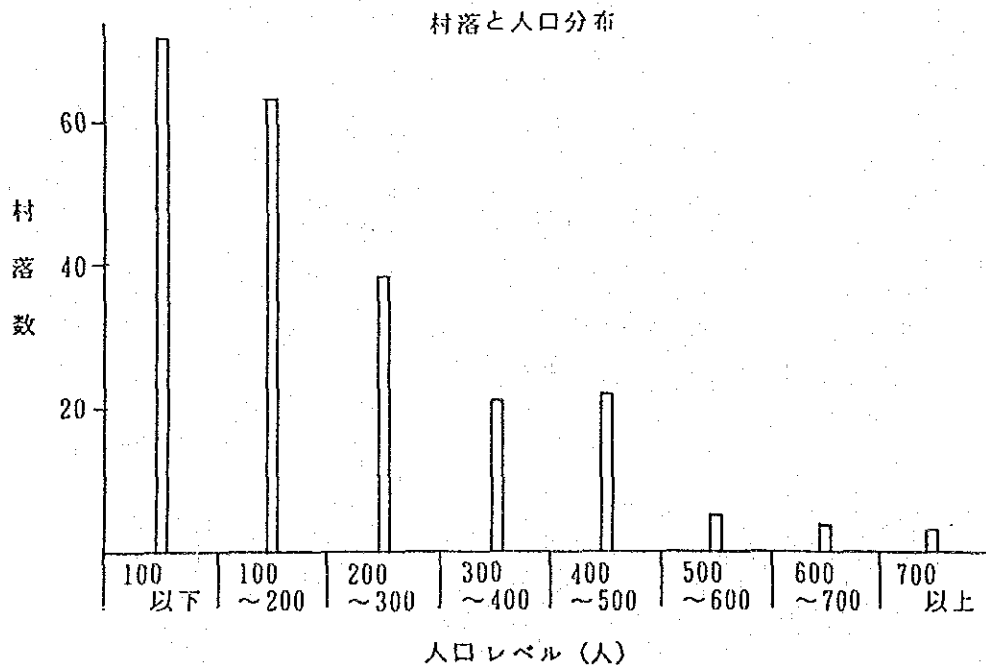
(1) 社会状況

対象地区内では幹線道路沿いに人口が密集し、比較的人口の多い村落が形成されている。相対的にみて、西部では家屋の集中している村落が多いが、東部では人口密度も低く家屋が点在し、村落の境界及び中心地が不明瞭になる傾向がある。

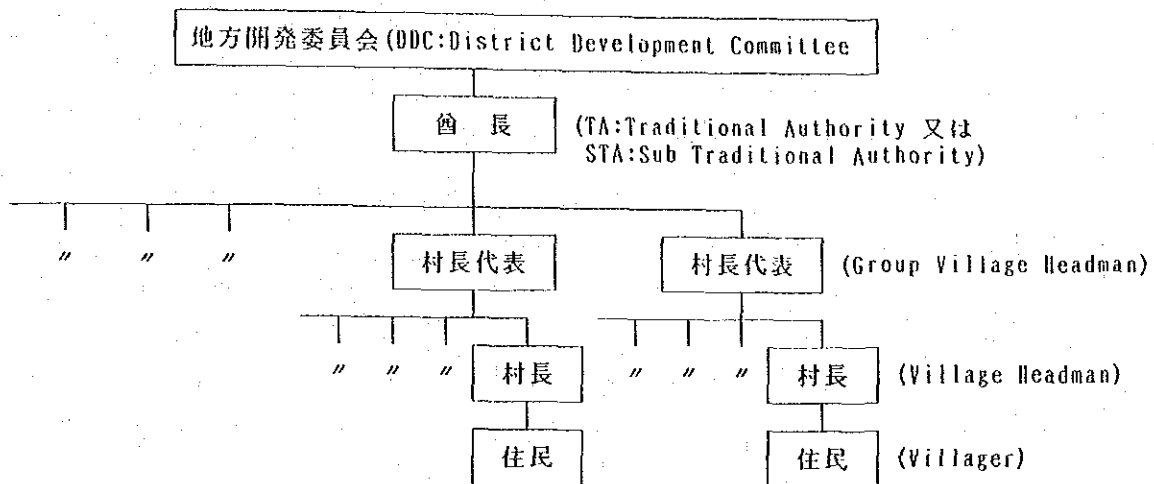
村落数と人口を1977年の国勢調査を利用して区分すると次表のように示され、人口200人以下の村落が58%、200~500人が37%となり、500人以上は5%である。大部分の村落は河川の周辺及び山間部等、表流水及び伏流水が容易に得られる地域に集中している。

表3-11 人口レベルと村落数

人口レベル	100以下	100~200	200~300	300~400	400~500	500~600	600~700	700以上	計
村落数	67	63	38	21	22	5	4	3	223
比率 (%)	30	28	17	10	10	2	2	1	
	58		37			5			



村落の社会構造は、次図の通りとなり、地方開発委員会で村落に関する問題を協議し、運営及び決定を行っている。



(2) 経済状況

計画対象地域も含むカウインガ地区 (MGA7~10) は、農業開発に対する潜在能力の高い地域とされており、2000年の推定人口266,000人に対し、耕地面積から360,000人の人口を養えると判断されている。即ち、給水条件の整備を始めとするインフラストラクチャーの整備によって農作物の増産等大きな波及効果が期待できる地域である。

計画対象地域の住民の大多数は農業に従事しているが、その現状は次記の通りである。

農作物は、とうもろこしを主とし、山間部ではタバコも盛んに作られている。前者は自給作物、後者は換金作物として各々重要な役割を担っている。

1981年の農業省の調査によると、調査対象地域内の各農業開発区域の耕作パターンは次表のようになり、耕作面積の7割以上はメイズの生産に利用されている。

表3-12 耕作面積の割合 (%)

MGA	メイズ	メイズ/豆類	メイズ/落花生	メイズ/キャッサバ	米	ソルガム Surghum	キャッサバ	チャリムバチ Chalimbana	タバコ
9	70.4	—	7.9	4.5	1.4	3.7	1.5	10.6	
10	43.1	3.4	32.1	1.5	10.6	1.2	8.1		
11	65.4	1.3	7.1	10.0	6.9	0.1	4.0	4.0	1.3

出所: Liwonde ADD

主要輸出作物であるタバコは、エステート (地主) 農業を中心に生産されており、カウインガ地方の1984~1987年の生産高は次表のように推移している。

表 3 - 13 タバコの生産高

	煙道乾燥			バーレー種			火力乾燥		
	従事者 (人)	面積 (ha)	生産量 (kg)	従事者 (人)	面積 (ha)	生産量 (kg)	従事者 (人)	面積 (ha)	生産量 (kg)
1984～ 1985	38	792	1368988	184	1540	2070866	217	98	39060
1984～ 1985	50	888	1451457	183	1765	1266648	240	105	24350
1984～ 1985	50	1049	1663078	185	1843	2345713	91	41	—

出所： Liwonde ADD

このうち、火力乾燥は主に自作農により生産されているが、減少に向かい、エステートの生産が増加する傾向にある。

3 - 3 - 3 給水事情

(1) 給水事情

対象地域内の給水施設として、深井戸が30井あるとされているが、ポンプ等の故障のため、実質的な稼働率は50%程度と予想される。又、その他の水源として、対象地区の住民は、手掘りの浅井戸、湧水、河川水を利用している。

これ等の深井戸以外の水源の水質は3 - 2 - 3項で記した通り、汚染が著しく飲料水としては不適當である。

稼働中の深井戸は1井当たり300～500人の住民に利用されているが、揚水量が低下している井戸が多く、井戸周辺の住民を除くと十分な生活用水は確保できない。

又、既存の深井戸の修理については、住民の要請によりDDCで検討され、DDCでは修理する井戸の優先順位、資金調達方法を協議し、決定する。修理資金は、1井につき一律350クワチャで水利局の維持管理係が補修を実施しているが、現実にはDDCで資金調達ができない場合があり、その結果故障のまま放置されている井戸が多くなっている。又、道路状況の悪化やハンドポンプの重量、修理用資機材不足により修理困難で放置されている井戸もある。水利局では、DDCを経て修理要請がなされない場合、既存井戸の状態については十分に把握しきれないのが現状である。

手掘り井戸は個人又は、村落単位で所有しており、約150人で1つの井戸を使用し、

給水量は12ℓ/日/人程度であるが、渇水期には水位低下により他の水源を求めて遠方から水を運搬しなければならない。湧水は、山間部で利用されているが、村落から離れているために、運搬が重労働となっている。その結果、水源から離れている村落では10ℓ/日/人以下の使用量である。山間部の河川は乾期に干し上がる場合が多く、必要生活用水を確保するために8～10km離れた水源を利用している住民が多い。

以上の現地調査の結果、対象地域内では生活用水が質・量共に不十分であり、多くの住民が生活用水確保のために、過重な労働を強いられているのが現状であり、良質で十分な飲料水量を供給する事が急務となっている。

尚、隣接する重力式水道の供給範囲には、対象区域南端部に位置するMGA8, 10, 11の一部が含まれており、水道の蛇口は約120～130人につき1個の割合となり、給水量は36ℓ/日/人である。カウインガ地区の重力式水道の概略は次のようになっている。

プロジェクト地区	人口	パイプ総延長	蛇口数	完成年
Kawinga	70,000 人	571km	450	1983年

出所： 建設・供給省水利局

(2) 水系疾病

マラウイ国の水系疾病は、1984年の厚生省の資料によると、次のようになっている。

疾 病	患者数	死者数
チフス・パラチフス・サルモネラ菌汚染	600 人	51 人
細菌及びアメーバ性赤痢	961 人	31 人
腸炎及び下痢	10,539 人	532 人
住血吸虫	1,822 人	5 人
十二指腸虫	1,702 人	1 人
その他寄生虫	271 人	4 人
マラリア	32,060 人	471 人

対象区域内の6保健所による1982年～1986年間の資料では、赤痢チフスの患者は発生しておらず、水系疾病はコレラ、胃腸炎だけとなっている。

コレラ 患者数 21人、胃腸炎 患者数 106 人

現地の聞き込み調査によると、河川水、手掘井戸に飲料水を依存している村落では、胃痛、下痢による体調悪化を訴える住民が多かった。

体調が悪化すると、食欲不振、体力低下をきたし、他の病気を併発する誘因となる。マラウイ国で患者数が非常に多いマラリヤは栄養不良・体力低下により発病し易くなる。地下水供給計画により、良質な飲料水が充分確保できるようになれば、河川水、手掘井戸等の汚染され易い浅層水に依存する必要がなくなり、住民の健康及び生活は格段と向上すると考えられる。

第4章 計画の内容

4-1 計画の目的

本計画は、マラウイ国が全国的に進めている地下水開発計画の一環として計画されているものであり、同国の経済発展にとって優先度の高い北カウインガ地区の65,000人を対象にした生活用水の供給を目標としている。マラウイ国の全般的な地下水開発計画の遂行は財政事情や保有機材の老朽化、非能率が原因で、遅延しているのが現状であり、日本政府が北カウインガ地区の計画に対し必要な資機材の供与（技術移転を含む）と井戸の建設工事を行うものである。

本計画を実施することにより、対象地域での近代的井戸の普及率の向上が期待でき、同時に農村の生活状態の改善に基本的に貢献するものである。また、長期的な視点から慢性的な水不足を解消するために地下水資源の合理的開発計画を確立する政策と同時に、住民の定住と農業生産物の増産等の政策を確立することになる。

4-2 要請内容の検討

4-2-1 要請内容と確認事項

調査団とマラウイ国側との協議の席上で、要請内容の確認を行った結果、次の様な事項が判明した。

(1) 計画対象地域

南部州マチンガ県北カウインガ地区が本計画の対象地域である。対象地域は、重力式水道による給水をすでに受けている地域を除外したMGA9及び10を中心とする区域で、MGA8及び11の一部の区域が含まれる。

対象地域の特性は、表3-1に示す通りである。

(2) 対象受益者

1977年の国勢調査の結果とマチンガ県の推定人口増加率2.7%（統計局資料）より1990年の対象地域の人口を計算し、65,000人を受益者として計画している。

(3) 計画目標年次

マラウイ国側の要請では計画目標年次を1990年としているが、当プロジェクトの開始年次と深井戸建設本数の関係から、目標年次より若干遅れることもあり得るため、遅れ

る場合でも出来るだけマラウイ国側の要請に沿った内容で計画する。

(4) 井戸建設地点の選定

1) 選定基準

- a) 村落住民の人口を重視し、人口の多い村落を優先する。
- b) 運搬距離が遠く、生活用水の確保に苦勞している村落を優先する。

2) 選定方法

事前にこの業務を受注した日本側の「コンサルタント」又は「業者」が電気探査等の調査を実施し、井戸位置選定のための基礎資料を作成する。

この資料を基にプロジェクトの実施機関である水利局は、受益者である住民と協議し、井戸建設地点の最終的な決定を行う。

(5) 計画の諸元

- 1) 計画給水量は、1日1人当たり27ℓを目標とする。
- 2) 井戸1本当りの給水人口は250人を目標とする。
- 3) 目標井戸建設本数は、65,000人÷250人/本より260本とし、その内訳は井戸の新設236本、既設井のリハビリ24本とする。
- 4) 井戸の深さは平均60mとする。
- 5) 井戸の仕上がり口径はφ10cmとし、PVC又はFRPパイプをセットする。
- 6) それぞれの井戸にハンドポンプをセットする。

(6) 深井戸掘削機

水利局で現在所有している掘削機がパーカッション式が主体で作業効率が悪いため、未固結堆積物、強風化岩のルーズな地層だけでなく、硬岩に対しても掘削が可能で作業効率の良いロータリーとエアーハンマーの併用できるタイプで、しかも機動性のよいトラクト搭載型の掘削機の供与と技術移転を希望している。

また、道路状態の悪い地域での作業を行うことが主体となるため、掘削機の重量はできるだけ軽量の機械とし、同時に掘削機に付属するコンプレッサーはトラック搭載型とする要望があった。

(7) 井戸建設チーム

対象地区の井戸工事として、3年間で260本（新設236本）の工事を完了させることを目標とし、井戸の掘削チームを2チーム編成するのに必要な資機材の要請をしたものである。

(8) ポンプの選定

マラウイ国内の5,100ヶ所の深井戸のうち、ポンプ等の故障のため約30～50%の井戸が稼働していないが、現有の水利局スタッフによる修理が追いつかないことも使用できない井戸が多い原因の一つになっている。このため、マラウイ国政府としては、故障が少なく、軽量で構造が単純な、村人でも修理ができるタイプのポンプを選定することを基本方針としている。

4-2-2 要請内容の検討

(1) 計画の妥当性

計画対象地域の住民の大多数は、生活用水を不衛生な河川水または手掘り浅井戸に依存しているが、これらの水源は乾期になると多くは涸れてしまい、遠方の水場からの水運びを余儀無くされ、その労力が住民の大きな負担となっている。地下水開発による衛生的で安定した生活用水の確保は生活環境の改善、非生産性労働時間の短縮、生産性の高い農業の振興、村落住民の定着化、水系疾病発生の減少等に極めて効果が高いものである。

また、マラウイ国政府で計画された国家的な地下水開発プロジェクトは、同国の財政的事情により全て外国または国際機関の援助によって実施されており、同国政府が独自に井戸を建設することは困難である。

以上の観点から、日本国政府に対して要請してきた井戸建設の援助について、調査団は妥当であると判断した。

(2) 対象地域

本計画の対象地域であるマチング県北カウインガ地区は、1990年の推定人口約65,000人で、住民の大部分が農業に従事しており、メイズ、キャッサバの他に換金作物である煙草が主な作物である。また、水利局データによると、対象地域の深井戸は30ヶ所と少なく、井戸の絶対本数が不足しているうえ、ポンプの故障が頻繁に起こり、実質的な稼働率は50%程度と考えられる。この様に、南側に隣接する重力式水道による給水区域とは生活用水面での生活環境の格差は極めて大きい。

対象地域は年間1000mm程度の雨量があり、滞水層として期待できる基盤の風化帯が一般的に広がっているため、地下水開発にとって有利な条件を備えている。同時に外国の援助計画とも重複していないため、対象地域としては特に問題はない。

(3) 対象受益者

マチンガ県MGA9及び10から重力式水道給水区域を除外し、給水を受けていないMGA8及び11の一部の区域を新たに加えると1990年の推定人口は65,940人となり、要請書の対象受益人口65,000人と大幅な変更がないため、65,940人を対象受益者として採用する。

(4) 井戸建設地点の選定

村落人口及び生活用水の困窮度を重視した選定基準に対しては妥当であると判断されるが、水利局では前もって村落住民との協議によって最終的な井戸位置を決めることにしているため、位置選定の基礎資料となる電気探査等の現地調査は先行して実施する必要がある。

(5) 目標給水量

現地の聞き込み調査によると、井戸から離れた村落の住民の生活用水は、12~20ℓ程度と少ないが、井戸に近接した住民の生活用水は20~27ℓであり、目標給水量27ℓ/人/日は妥当な量と判断される。

また、対象地域全体の水収支でみると、地下水涵養量として少なく見積もっても1年間に $2.6 \times 10^6 \text{m}^3$ /年が期待できる。(3-1-2項参照)

一方、目標給水量27ℓ/人/日とすると人口65,940人が1年間に使用する水量は $6.5 \times 10^6 \text{m}^3$ /年と計算され、地下水涵養量が使用水量を大幅に上廻っており、将来の人口増、給水量原単位の増加等による地下水需要量の増加に対しても十分に余裕のある涵養量である。

(6) 井戸1本当たりの給水人口

井戸1本当たりの給水人口に250人、1日1人当たり27ℓの給水量とすると、1井当たり 6.75m^3 /日の揚水量を必要とする。一方、マラウイ国における地方の一般的なポンプ稼働期間は午前5時間、昼間1時間、夕方2時間と計8時間であり、ポンプの揚水量を15ℓ/minとすると1日当たりの揚水可能量は 7.2m^3 /日と計算され、要請の内容は妥当と判断される。

(7) 目標井戸建設本数

リハビリ井も含む目標井戸建設本数は対象地域の1990年の推定人口65,940人と目標給水人口250/人/本で単純計算すると263本となり、要請内容(井戸新設236本、既設井のリハビリ24本)とほぼ近似した値が得られる。しかし、深井戸の配置を人口125人以

上の村落に設けることを目安としているマラウイ国の基本方針に従い、同時に人口の分布状況を勘案し、必要な深井戸本数を村落別にリストアップすると255本となる。

(付録Ⅲ A-6 参照)

また、集落人口 125人以下に対しても給水の対象にすることが望ましいが、給水施設が未発達である現段階においては過大な計画になるため、当面は人口分布に重点を置いた内容で計画するのが適当である。

目標井戸建設本数 255本のうちには既設井のリハビリ工事も含まれるが、井戸の故障の原因としては井戸の構造自体に問題のある場合もあるが、ポンプの故障が頻発し、修理の遅れにより稼働していないことが多いため、リハビリ工事の内容としては新しいポンプの設置と、水場工事が主体となる。ここで、既設井のうち

- ・ 水質に問題のある井戸
- ・ 竣工時のデータ及び住民からの聞き込み調査より揚水量等に問題のある井戸
- ・ 故障中で、老朽化している井戸（データ不明も含む）等

リハビリを実施しても所定の機能が期待できない井戸はリハビリの対象から除外した。

以上の条件で目標井戸建設本数の内訳を設定すると、深井戸の新設239本、既設井のリハビリ16本となる。

(8) 計画井戸の平均掘進長

現地調査の結果、地下水の賦存が期待できる風化帯はかなり起伏に富んでいることがわかり、井戸位置の最終決定に当たっては事前に電気探査を実施し、地下の地質構造を詳細に把握し、地下水開発に有利な地点を選定することが重要となる。ここでは、今回の現地調査、即ち各モデル地区毎の電気探査の結果、地形、地質的特徴及び既存井戸データを整理し、各地区(Extension Section) 毎の井戸深さを設定したが、計画井戸の最大掘進長は約60mで平均掘進長は43.1mとなる。(表4-1参照)

この結果、要請深度の平均60mは過大であり、本計画の平均掘進長は安全側をみて平均45mの値を採用すれば適当と判断する。

表 4-1 地域別目標平均掘削深度

新設井戸の位置		地形・地質 による分類型 ※	平均掘削 深度 (m)	目標井戸 建設本数 (本)	備 考
MGA	Ext. Sect.				
8		Q-1	4.5	2	
9	160	G-4	4.5	16	電気探査測定地点 " 電気探査測定地点
	161	G-1, S-4	4.0	11	
	162	S-4, S-2	5.0	15	
	163	S-4, S-1	4.0	26	
	164	S-3	5.0	11	
	165	S-3	5.0	18	
	166	S-2	5.5	8	
167	S-4	4.0	3		
10	168	G-1, S-4	4.0	5	電気探査測定地点
	169	Q-1	3.5	5	
	170	G-1, G-4	4.5	16	
	171	G-1, Q-1	4.0	4	
	172	Q-1	3.5	7	
	173	Q-1, S-4	4.0	8	
	174	Q-3, S-1	5.0	14	
	175	Q-1	3.5	7	
176	Q-4	4.5	13		
11	179	Q-1	3.5	19	電気探査測定地点
	180	Q-1	4.0	20	
	181	Q-1	3.5	6	
	182	Q-1	4.5	5	
合計	22地区		10,300	239	井戸1本当たりの平均値43.1m

※ 3-2-1項参照

(9) 掘削機台数

要請に沿ったロータリー・エアハンマー併用型の掘削機を使用した場合の対象地区での井戸工事（移動、掘削、ケーシング挿入迄）は地質条件より1サイクル5日間程度要すると推定され、1年間8ヶ月の実働期間、2台の掘削機で作業を行うとマラウイ国で設定した目標年次（1989/1990年）に工事を完了することは困難となる。従って、目標年次に工事を完了させるためには、3台の掘削機械で作業を行うことが望ましいが、水利局で予定している作業体制を考慮すると当面は2チーム分の掘削機が適当である。

(10) 目標年次

本計画の目標年次は、マラウイ国側では1989/1990年としているが、当プロジェクトの開始年次が当初計画より遅れたこと及びマラウイ国では雨期の12月から3月の期間がほとんど作業ができず、1年のうち8ヶ月が実作業期間となるため、掘削機2台で239本の深井戸を竣工させる工期としては1991年度迄必要になると考えている。

(1) 深井戸建設

掘削機材の供与を受ける水利局は、深井戸建設の組織、スタッフ等を有し、工事の実績も充分にあるが、技術レベルでみるとパーカッション式掘削機による技術のみで供与を予定している掘削機に対する経験がないため、資機材供与に伴う技術移転が重要となる。

本計画は、マラウイ国の財政事情から資機材供与だけでなく井戸の建設工事についても日本側に要請しているものであり、プロジェクトを円滑に進めるためには要請に沿って供与と工事を一括した経済援助を行い、工事期間中2年間に水利局の技術者が新型掘削機に対する技術を習得することが最適な実施方法と判断する。

(2) 資機材数量

239本の井戸の掘削工事は3ヵ年を要すると予想されるが、3ヵ年に跨がる工事の資機材を一度に供与する場合、機材の保管条件、品質の劣化、紛失、転用等の問題が心配され、保安管理上望ましいものではない。当面は2年間の工事分として深井戸160本分の新設工事に必要な数量を供与することを前提条件として、資機材の仕様、数量、組合せ等の見直しを行う。

4-2-3 供与資機材計画の検討

地下水開発計画の具体案の各項目について、本計画を実施するうえで効率よく、支障をきたさぬように要請内容と現地調査結果を基に比較検討を行い、最適案と考えられる供与資機材及び数量を選定することにより計画規模の設定を行った。

(1) 掘削機材の機種

掘削機材の機種及び数量の選定については、地下水開発計画を円滑に遂行させるために、次のような事項について留意してリストアップを行った。

- 1) 深井戸の掘削及び建設に必要な資機材
- 2) 資材数量については2年分の工事を前提とする
- 3) 掘削機チームは2チームとする
- 4) 対象地域の自然条件・社会・経済・インフラ状況等
- 5) 操作性・耐久性・適合性・将来性等
- 6) マラウイ国政府の要請内容と地下水開発計画
- 7) 水利局の組織・スタッフ・技術レベル・実績等

8) その他

本計画の主役となる掘削機は、次の理由からロータリー掘削とエアハンマー掘削が可能な併用型の掘削機を選定した。

- a) 対象地域の地質条件は、表層に比較的ルーズな未固結堆積物と強風化岩が分布し、下部は先カンブリア紀の片麻岩、閃長岩、花崗岩等の硬岩によって構成されている。地下水の賦存は強風化帯から硬岩層上部の裂か帯に跨がって期待するもので、これ等の多種多様の地質に適合性がある機種であることが必要である。
- b) 水利局が現在所有しているパーカッション式掘削機より作業効率の良い機種であること。
- c) 泥水正循環工法により、崩壊性や軟弱な地層から硬質岩の分布する基盤まで比較的大孔径で掘削できる能力を有すること。
- d) エアハンマーの使用により、硬岩中を高能率で掘進できる能力を有すること。
- e) 深井戸建設候補地は広大な範囲にわたって散在しているので、掘削機は機動性に優れたトラック搭載型とし、泥水ポンプ、インジェクションポンプ（フォームドリリング用）、油圧起倒式試錐槽を備えたものとする。

以上のa)～e)の条件を満足する掘削機の基本方針は、油圧式トップドライブパワースイベル型である。（表4-2及び3参照）また、本計画の予定最大掘削深度は60m程度と推定されることから、エアハンマー掘削において掘削最終孔径165mm、最大掘削深度100m程度の充分に余裕のある掘削能力を有し、且つ高能率、安全作業のできること、及び水利局の要請に基づき軽量で走行性能が良いことも条件となる。

選定機種の性能に準じて、コンプレッサーやさく井ツールズ等を選定した。また、機材運搬車、支援連絡車等については、作業が効率よく進められる掘削機チームが編成できるように車種及び台数を選定した。

このロータリー・エアハンマー併用型掘削機の予想される掘削効率と、水利局所有のパーカッション式掘削機の作業実績を対比すると以下の通りであり、ロータリー・エアハンマー併用型の導入により水利局のさく井作業の能率を上昇させることが可能となる。

	深度 (m)	対象地質	掘進日数
ロータリー・エアハンマー併用型	45	土砂～硬岩	2.5日間
パーカッション型	45	未固結土砂のみ	7～11日間

表 4 - 2 掘削工法


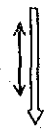

区分	特徴及び概要	掘削方法	回転掘削 	上下掘削 	排泥 正循環 
パーカッション ボーリング	ビットを一定の高さに吊り上げてから自由落下させその衝撃により掘進する。深いボーリング方法の中で最も古い歴史がある。機器は安い、固結層には不適である。	打撃	しない	ワイヤー	採泥器
スピンドル型 ロータリー ボーリング	ドリルパイプを固定したスピンドルを回転及び上下させて掘進する。コンパクトな機械でコア掘に適する。	回転	スピンドル	スピンドル	泥水 正循環
テーブル型 ロータリー ボーリング	ロータリーテーブルにより回転し、吊り上げワイヤーにより上下し掘進する。大きな回転力を与えることができるが、大型機となる。	回転	ターンテーブル	ワイヤー	泥水 正循環
トップドライブ型 (パワーヘッド型) ロータリー ボーリング	ドリルパイプの上部の油圧モーターにて回転し、油圧ジャッキにより上下して掘進する。比較的小型軽量となり、ドリルパイプの操作等能率が良い。	回転	油圧モーター	油圧ジャッキ	泥水 正循環
リバース ロータリー ボーリング	ロータリーボーリングとは、掘削泥水の流れが全く逆の方法。多量の泥水を使用し、比較的大口径に適する。	回転	スピンドル ターンテーブル 油圧モーター	スピンドル ワイヤー 油圧ジャッキ	泥水 逆循環
エア ロータリー ボーリング	ロータリーボーリングの泥水のかわりに圧縮空気を用いて排泥する。能率は良いが、深掘りはできない。	回転	スピンドル ターンテーブル 油圧モーター	スピンドル ワイヤー 油圧ジャッキ	圧縮空気 発泡剤 正循環
エア パーカッション ボーリング	エアロータリーのドリルパイプの先端のハンマーにより回転を与えながら、打撃して掘削する方法である。能率はさわめて良いが、深掘りはできない。	回転 と打撃	スピンドル ターンテーブル 油圧モーター	スピンドル ワイヤー 油圧ジャッキ	圧縮空気 発泡剤 正循環

表 4-3 掘削機種優劣表

◎最も良い ○良い △やや良い ×劣る

機種・工法	掘進能力		適用地質			地下水位への掘進性	地下水位よりなる湧水性	自掘り掘削 掘削容易度	操作性	耐久性	継手管理	可塑性	価格	要望	総合評価
	深さ m	孔径 mm	土砂	硬粘土	基盤岩										
① パーカッション (ケーブレス)	100~200	100~600	○	△	×	○	×	○	○	△	○	×		×	×
② グイレクトロータリー スピンドル型	500以上	46~1500	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○		×	×
③ グイレクトロータリー チェーン型	500以上	46~1500	○	○	△	○	○	△	△	○	△	○		×	×
④ グイレクトロータリー トップドライブ型 パワーヘッド型	500	46~1500	○	◎	△	○	◎	△	△	○	△	◎		△	×
⑤ リバーフローロータリー	100	460~1500	○	△	×	○	×	×	△	○	△	○		×	×
⑥ エアロータリー	100	100~200	◎	○	×	△	-	△	△	○	△	○		△	×
⑦ エアローターカッセン	100	100~200	×	△	◎	△	-	△	△	△	△	◎		△	×
⑧ + ④ + ⑤ スピンドル型 エアロータリー エアローターカッセン	500以上	46~1500	◎	○	◎	○	-	△	△	○	△	○		△	○
⑨ + ④ + ⑤ チェーン型 エアロータリー エアローターカッセン	500以上	46~1500	◎	○	◎	○	-	△	△	○	△	○		△	○
⑩ + ④ + ⑤ トップドライブ型 エアロータリー エアローターカッセン	500	46~1500	◎	◎	◎	○	-	△	△	○	△	◎		◎	◎

(2) 揚水試験機材

揚水試験機材チームの主な役割は次の通りである。

- 1) 掘削機チームによって掘られた井戸の孔内洗浄
- 2) 揚水試験を実施することにより揚水可能量の判定
- 3) ポンプのセット
- 4) 水質試験を実施し、水質の適否の判定を行う
- 5) 既設井のリハビリテーション

以上のような揚水試験機材チームの役割から少なくとも次の様な資機材が掘削機1台につき1組計2組必要であると考え選定した。

- a) 機動性の良いトラック搭載型揚水試験機材とし、コンプレッサー及びエアークリフ、エアージェットソニングのツールを昇降させるための巻及びウィンチを兼備し、ポンプのセットにも使用できるもの。
- b) 水中ポンプ、発電機、地下水位測定器等の揚水試験及び電気伝導度、温度、PH測定器等の水質試験に必要な装備を備えている。

(3) トラック搭載型修理用機材

トラック搭載型修理用機材は、ポンプのセット及び将来のポンプ修理等を目的とするもので、前記揚水試験機材で十分にこの作業が行えるため不採用とした。

(4) 移動修理トラック

移動修理トラックは、修理用機材をベース・キャンプ等に備え付けることとし、不採用とした。

(5) 物理探査器

物理探査器は、井戸位置を選定するための地下水調査に適切な電気探査器とし、2組採用した。

(6) 孔内検層器

孔内検層器は、井戸掘削後ケーシング、ストレーナーの組合わせを決めるために必要な機器で、電気検層器とし、掘削機に1組ずつ計2組備え付けることとした。

(7) 車輦

現地の道路事情から、車輦はモーターバイクを除き全て右ハンドル、4輪駆動車とす

る。また、前項(1)、(2)で記した作業を効率的に行うために車輛の組合わせについて、マラウイ国からの要請書に対し次記の内容で変更した。

1) クレーン付8 tonトラック

ベース・キャンプに集結した資機材を各現場に運搬し、掘削開始後は掘削用ツール、ベントナイト、掘削用水、グラベル、井戸用ケーシング、スクリーンの運搬、また井戸廻りの施設用のセメント、砂、砂利、レンガ及びガソリン、軽油（ドラム罐）の運搬を目的として使用するので、要請書にリストアップされた2台の8 tonトラックだけでは十分な機動性が発揮できないため、クレーン付トラックを2台追加した。

尚、掘削用水の運搬には水タンク（4 m³）を使用するが、このタンクはトラック搭載型（固定式）とせず、クレーンを使用し必要に応じ積み降ろしの可能な水タンクを利用する。

2) 給水用タンクローリー

2)に記した理由により不採用とし、別途トラックに積み降ろしが可能な水タンクを採用した。

3) モーターバイク

設置された井戸の保守、管理の為に各井戸位置を巡回する目的で使用するもので、マラウイ国では1人の Assistant Maintenance Engineerが100ヵ所の井戸を管理することになっている。当面2年間の工事においては160ヵ所の井戸が設けられることになるため、モーターバイクは2台採用した。また、現地の道路事情より、オフロード用100～125ccが適当である。

(8) 通信機

井戸建設工事を実施するうえで、資機材の集結地となる Mtajaがベース・キャンプ（プロジェクトの統轄、現場管理、機材保管、現場要員宿舎）になると予想されるが、水利局Lilongweとベース・キャンプの連絡は電話回線が設けられており可能である。しかし、ベース・キャンプとサイト（移動局）の間には連絡手段が必要となり、無線通信設備を採用した。

ベース・キャンプ : FM通信機 1式

サイト用（移動局）: FM通信機 5式

(9) 井戸機材及びその他の資材

スペアパーツも含むその他の資機材は工事が3ヶ年に跨がるため一度に供与することは保安及び管理上から望ましいものではなく、井戸材料、スペアパーツ等の資材は一応2年間の工事に対応する数量が適当であると考え計上した。

ここで、井戸材料としてはポンプ及びケーシング（スクリーンを含む）が該当するが、新設井戸160本分の数量を採用した。

ポンプについては、故障が少なく、地方住民による維持管理が可能な条件を満足し、また、過去の日本から他国での援助において十分な実績のある足踏ポンプを採用した。

ケーシングパイプについては2年間の工事分を供与するため、現地で長期間ストックされることになり、熱に対して品質の安定性が期待でき、パイプの変形、劣化に対して抵抗力のあるFRPパイプとした。

Ntajaをベース・キャンプとして作業を行う場合、適当な宿舎がないため、その他の資材としてキャンプ用設備を1式採用した。

4-3 計画の概要

4-3-1 実施機関・運営体制

本計画の実施機関は建設・供給省水利局 (Department of Water, Ministry of Works and Supplies) が担当し、総括責任者となる。

水利局は、国家的な地方地下水開発プロジェクトの計画立案、施工、維持管理、運営を行う実務機関であり、今まで外国及び国際機関の援助によって幾つかの地下水開発プロジェクトを遂行してきており、その経験は十分に積んでいる。しかし、水利局で保有する掘削機の老朽化及び非効率性や、資機材の不足等から実務活動は遅延することが多いため、今後の深井戸建設は組織の充実を図り、国際機関や先進国の援助により、その機能・施設の強化・整備してゆくことを基本方針としている。

運営体制としては、大統領府 (OPC) の経済計画・開発部 (EP&DD)、建設供給省水利局、井戸管理委員会等があり、各組織の役割は下記の通りである。

(I) 経済計画・開発部

経済計画・開発部は、大統領府の一部署で、その役割は水利局において立案された国家的な地下水開発プロジェクトに対し、審査、承認と同時に、計画の実施の指示及び計画の進行状況の監視等である。

(2) 水利局

水利局は、国家的な地方地下水開発プロジェクトの立案を行い、経済計画・開発部において承認された後、国家計画を具体化し、事業を実施する機関であり、全国的に整備された組織、技術者、実績、修理工場、倉庫等を保有している。

(3) 井戸管理委員会

当委員会は、国家的な地下水開発プロジェクトに対して各井戸毎に設置され、井戸工事完了後当委員会に引き渡され、井戸の維持管理を自主運営する制度となっている。当委員会の役割は、井戸の日常管理、住民の公衆衛生自指導、些細な井戸故障の修理等である。また、竣工後は、100本の井戸に対し、水利局から1人の維持管理技術者が現地に派遣され、常駐することになっており、技術的、経済的に修理の困難な井戸については委員会と共同で現地において対応のとれる運営体制となっている。

4-3-2 給水施設計画

給水施設計画の諸元は次の通りである。

- (1) 対象地域は南部州マチング県北カウインガ地区にうち重力式水道の供給されていないMGA9及び10を中心とする約650km²の地域である。
- (2) 給水施設は清浄且つ量的にも安定した飲料水を得るための設備であり、安定した水質と水量が確保できる深井戸である。
- (3) 目標とする給水条件は、1日1人当たりの給水量27ℓ、深井戸1本当たりの給水人口250人が基準である。
- (4) 基盤岩の風化帯及び裂か中に賦存されている質量共に良好な地下水が水源である。
- (5) 乾期においても水涸れしない滞水層中にストレーナーを設置する。
- (6) 揚水方式は、1井当たりの受益者人口が少ないことを考慮し、維持管理が容易で、経済性に富む足踏式ポンプを設置する。
- (7) 付帯構造物は、衛生面及び機能性を考慮し、井戸口元のコンクリートスラブ、受水用エプロン、排水路、洗い場を備えた設備とする。
- (8) 人為的な二次水質汚染を防止する目的で、住民に対して公衆衛生面での指導を行う。
- (9) 対象地区内の村落別の人口分布状況を考慮すると、必要深井戸建設本数は255本である。
- (10) 既設井30本のうち、水質面、水量に問題があったり、老朽化した井戸を除外するとり

ハビリは16本となり、深井戸の新設工数の必要な数量は239本である。

- (1) 深井戸建設計画は、新設工数は1年目80本、2年目80本、3年目79本、の3ヶ年計画である。また、既設井のリハビリ工事は3年目の工事において実施する。

4-3-3 深井戸建設

(1) 深井戸建設の実施体制

深井戸建設工数の初年度はマラウイ国側への技術転移も含め日本側業者が実施する。実施体制は掘削チームを2チーム、揚水試験チームを2チーム編成し、深井戸を建設する計画である。

(2) 深井戸建設計画

深井戸工数の本数はマチンガ県の農業開発区域毎に整理すると、

・ MGA8	新設	2本			
・ MGA9	新設	108本	リハビリ	8本	計 116本
・ MGA10	新設	79本	リハビリ	6本	計 85本
・ MGA11	新設	50本	リハビリ	2本	計 52本

の合計255本である。

また、初年度の深井戸建設工数は、目標井戸建設本数239本のうち80本となるが、井戸建設位置は人口の密集した村落を優先し、人口700人以上の村落については1村落当たり2井とする計画である。ただし、3年目に工事を実施する予定のリハビリ井がある場合は初年度の工事から除外している。

以上の地区別の初年度深井戸建設工数の内訳は、表4-4に示す通りである。

表 4 - 4 初年度深井戸建設計画

M G A	Ext. Section		初年度深井戸建設本数 (本)
	番号	代表地名	
9	160	Umbwa	9
	161	Kapoloma	1
	162	Nkapa	7
	163	Nyambi	1 1
	164	Mkwepele	4
	165	Ntali	6
	166	Mwitiya	1
	167	Chimbila	1
10	168	Mwepeta	1
	169	Bakali	1
	170	Muwawa	5
	171	Chikumba	1
	172	Makanalia	2
	173	Kondani	1
	174	Chisama	5
	175	Ntaja	3
176	Chikweo	3	
11	179	Likhomo	7
	180	Chiuja	7
	181	Nyenje	2
	182	Chidamba	2
合計			8 0

(3) 滞水層と掘削深度

対象地域の水理地質構造は、現地調査（電気探査含む）、既存資料より広域的に解明され、基盤岩の風化帯及び裂か中に地下水開発に有利な滞水層が挟まれていることが判明している。基盤岩の風化帯の分布は起伏に富み、工事の実施に際しては電気探査を実施し、詳細に地下の構造を把握しておくことが重要となるが、今回の調査結果及び地形・地質条件から全体的な平均掘削深度は45mとなり、各地区毎に平均掘削深度は表4-5に示した通りである。

(4) 地下水開発の難易度

対象地域には、既設井が30本分布するが、全般的に地下水は豊富で、大多数の井戸の竣工時における揚水可能量は満足のいく量である。（表3-9参照）また、既設井のうち揚水可能量10ℓ/min未満の井戸も2井あるが、深井戸工事を実施するに当たり、次の点に留意すれば空井戸率をさらに低減することが可能であり、地下水開発も容易であると判断される。

1) 事前の電気探査等を実施し、地下の地質構造を把握することにより、地下水開発に

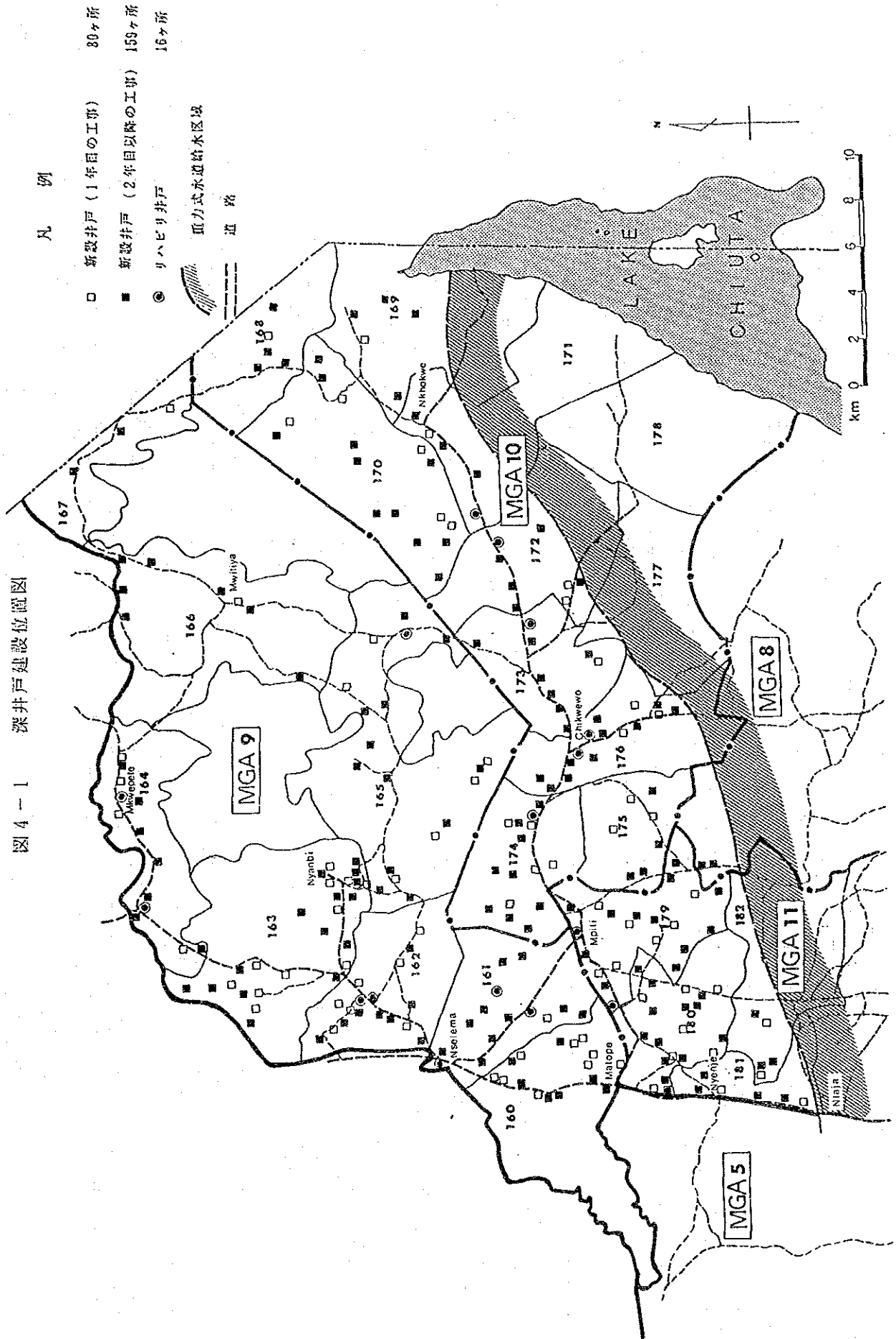
とって適切な井戸位置を選定する。

- 2) 掘削能力の優れたロータリー・エアハンマータイプの掘削機の導入により、硬質岩が分布しても、裂か水が期待できる場合は、所定の深度迄掘削を行う。

表4-5 新設及びリハビリテーションの対象となる井戸の設置区域と数量

MAG.	Ext. Section		人口(1977年)			推定人口 1990年	目標井戸建設本数			備考	
	番号	代表地名	村数	男	女		計	井戸新設	既設井のリハビリ		
							数量	平均深度(m)	数量	番号	
8		Kwilasya	2	129	202	331	2	45			MAG8地区の大部分は重力水道が既設
	160	Umbwa	12	1,531	1,899	3,430	16	45			
	161	Kapoloma	15	1,127	1,502	2,629	14	40	3	L-264, J-8 GM-23	
	162	Nkapa	13	1,497	1,817	3,314	17	50	2	FC-129 GM-18	
9		Nyambi	18	2,243	2,751	4,994	26	40			
	164	Mkwepele	10	1,079	1,183	2,262	13	50	2	CC-96 GM-20	
	165	Ntali	18	1,629	1,809	3,438	19	50	1	GM-22	
	166	Mwitiya	12	734	676	1,410	8	55			
	167	Chimbila	6	266	331	597	3	40			
	168	Mwepeta	6	420	446	866	5	40			
	169	Bakali	6	391	472	863	5	35			
	170	Mwawa	16	1,358	1,631	3,039	16	45			
10		Chikumba	6	348	486	834	5	40	1	FM-1	
	172	Makanalia	9	607	765	1,372	8	35	1	SM-449	
	173	Kondoni	14	696	831	1,527	9	40	1	W-115	
	174	Chisawa	9	1,200	1,484	2,684	15	50	1	GM-26	
	175	Ntaja	2	524	673	1,197	7	35			
	176	Chikweo	15	1,139	1,473	2,612	15	45	2	B-244 FM-85	
	179	Likhomo	13	1,623	2,103	3,726	21	35	2	FC-124 GM-24	
11		Chiujia	12	1,509	2,141	3,650	20	40			
	181	Nyenje	4	509	606	1,115	6	35			
	182	Chindamba	5	365	507	872	5	45			
	合計		223	20,924	25,838	46,762	255	239	16		

图 4-1 深井戸建設位置図



4-3-4 供与資機材計画

要請内容を検討した結果、2年間の深井戸建設工事に必要な資機材とし、その数量をリストアップすると下記の通りである。

	〈計画〉	〈要請〉
(1) トラック搭載型掘削機 (ロタリー・エアハンマータイプ)	2台	(2)
(2) コンプレッサー	2台	(0)
(3) トラック搭載型揚水試験機材	2台	(2)
(4) トラック搭載型井戸修理機材	0台	(1)
(5) 移動修理用トラック	0台	(1)
(6) 電気探査器	2組	(2)
(7) 電気検層器	2組	(2)
(8) その他の試験機材		
—— 地下水位測定器		
—— 電気伝導度計 (温度計付き)		
—— PHメータ	各2組	(0)
(9) 車輛		
—— 4WDステーションワゴン	2台	(2)
—— 4WDピックアップ	2台	(2)
—— クレーン付きトラック	4台	(2)
—— モーターバイク	2台	(4)
—— 給水用タンクローリー (水容量4m ³)	0台	(1)
(10) 給水タンク (4m ³)	1台	(0)
(11) 通信機	1式	(1)
(12) ケーシング及びスクリーン (FRP)	160さく井分	(280)
(13) ポンプ	160台	(300)
(14) 修理用機材	1式	(0)
(15) スペアパーツ他	1式	(1)
(16) ベース・キャンプ用設備	1式	(0)
(17) 泥水剤, 発砲剤	160さく井分	(0)
(18) 土木用資材	1式	(0)

4-3-5 技術協力

水利局には現在13チームの深井戸掘削チームが編成されているが、いずれもパーカッション式掘削機による工事しか経験しておらず、本計画を成功させるためには水利局の掘削技術者がロータリー・エアハンマータイプの掘削機に対する掘削技術を修得することが重要となる。

マラウイ国政府は、本計画に対する技術援助の必要性を十分に認識しており、資材供与、工事だけでなく日本国政府に対し技術転移の要請も行っている。

3年計画で239本の深井戸を新設する本計画の目標を円滑に達成させるためには、深井戸工事の1年目及び2年目を予定通り完了させることが特に重要で、マラウイ国側の現在の技術レベルからみて、2年間の工事において水利局の技術者がOn-the-job Trainingに参加し、機械の操作方法や掘削技術のノウハウについて技術指導を受けることが望ましく、技術援助には、無償資金協力の範囲内で実施する工事において技術指導を行う方法を予定している。

第5章 基本設計

5-1 供与資機材計画の基本方針

供与資機材の機種及び数量の選定については、地下水開発計画を円滑に遂行させるために、次の事項を基本方針としてリストアップした。

- (1) 対象地域の自然条件・社会・経済・インフラ状況等に留意し、選定する。
- (2) 水利局の組織・スタッフ・技術レベル・実績・保有資機材等を参考に選定する。
- (3) 対象地域が広い範囲で、数多くの深井戸を建設するため、機動性に優れた設備を選定する。
- (4) 深井戸を効率よく建設するために、掘削機チーム、揚水試験チームに区分し、専門分担制を採用する。
- (5) 掘削機は土砂から硬岩まで、多種多様の地層に適合性のある機種を選定する。
- (6) 資機材については、適合性、操作性、耐久性、将来性、維持管理、価格等を重視して選定する。
- (7) 掘削機チーム、揚水試験チームをそれぞれ2チームずつ編成し、資材とスペアパーツは2年分の数量とする。
- (8) 掘削機資機材を供与するだけでなく、技術移転のためのOn-the-job Trainingを行うことを原則とする。

5-2 主要資機材の検討

(1) トラック搭載型掘削機

北カウイング地区は、全般的に厚さ10~20m程度の土砂、強風化岩が上位に分布し、その下位に堅硬な岩盤が分布している。この様に硬軟種々な岩層の全てに対応可能であり、且つ掘削能率を確保できる掘削機としては回転式と衝撃式（エアーハンマー）を兼備する機種を採用する。

掘削機の能力としては、亀裂系の発達する深度が最大60mと推定されるため、エアーハンマーによる掘削において掘削最終孔径165mm、掘進能力100m程度とする。

(2) エアーコンプレッサー

掘削機に付属するコンプレッサーの役目は、エアーハンマーの駆動及び空気循環による掘屑排出を目的とするもので、エアーコンプレッサーの能力が硬岩部での掘削の能力

を大きく左右するため極めて重要となる。

以上条件及び現地の地質状況を鑑み、エアークンプレッサーは空気圧 17.5kg/cm^2 、送気量 $20\text{m}^3/\text{min}$ 以上の能力を有するものとする。

(3) トラック搭載型揚水試験機材

揚水試験機材は、掘削終了後の孔内の洗浄、揚水試験水質試験による量と質の確認、ポンプセット、既設井のリハビリの機種であり、ツールスを昇降させるための櫓、ウィンチを兼備する。

孔内の洗浄は、エアリフトで行うものとし、本工事に必要な能力として空気圧 7.0kg/cm^2 、送気量 $3.5\text{m}^3/\text{min}$ 以上のコンプレッサーをトラックに搭載する。

また、揚水試験に使用する水中ポンプは揚程 50m で吐出量 $100\text{l}/\text{min}$ 以上の能力を有するものとし、水中ポンプを動かすための発電機も備え付ける。

この他、揚水試験のための水位測定器、水質試験のための電気伝導度、温度、PHの測定器を備え付ける。

(4) その他の調査機器

物理探査器は、地下の水理地質構造の把握、深井戸工事位置のための機器で、電気探査器とし、探査能力は現地の地質状況より最大 200m とする。

また、物理検層器は、滞水層の確認等ケーシングプログラムのために必要な機器で、電気検層器とし、 100m の深度まで比抵抗、自然電位の測定能力を有するものとする。

(5) 車輛

現地の道路事情は、幹線部においてラテライト道路となっているが、奥地では特に路盤処理の行われていない道路が主体となり、かつ地図上で車道と規定されていない場所も通る必要性があるため、車輛は全て4輪駆動とする。

掘削機チームの車輛構成は、掘削機車1台、ステーションワゴン1台、資材運搬用トラック1～2台とする。揚水試験機材チームは揚水試験機材車1台、ピックアップ1台、資材運搬用トラック0～1台の車輛構成である。

尚、両チームの車輛としてクレーン付トラックが要請書の内容より2台増え計4台になるが、移動修理用トラックの修理機器、給水用タンクローリー車のタンクを必要に応じ積み降ろし可能な設備とし、車輛は省略した。即ち、4台のトラックが水タンク・修

理用機材といった限定されたものだけでなく、燃料、セメント、砂、ケーシング等の運搬において多岐に渡り有機的に活用できる内容とした。

また、トラック搭載型井戸修理機材は揚水試験機材（トラック搭載）で十分に作業が可能のため省略した。

モーターバイクは井戸の維持管理に使われるもので、ここでは2年間の工事によって完成する160本分の井戸の管理用として2台採用した。

(6) 通信機

通信機は、ベース・キャンプ(Rtaja)とサイト(移動局)の連絡に使われるもので、途中標高差400m前後の山地を横断することを考慮し、100km程度の距離まで通信可能な機能を備えているものとする。

ベース・キャンプ用1セット掘削機チーム用2セット、揚水試験機材チーム用2セット、移動キャンプ用1セットとした。

(7) ポンプ

維持管理・操作・揚水量・要望等の面から足踏式ポンプを採用した。数量は深井戸建設計画2年分の160台とした。

(8) ケーシング・スクリーン

ケーシング及びスクリーンは作業が容易で変形に強いFRPネジ付パイプとした。数量は、2年間の工事分 $160本 \times 45m = 7,200m$ とし、その内訳は次記の通りである。

スクリーン： $160本 \times 12m = 1,920m$

ケーシング： $160本 \times (45-12)m = 5,280m$

(9) 修理用機材

修理用機材は、エンジンウェルダ、ボール盤、グラインダー、パイプカッター、測定工具、ガス切断器他、機材の修理・加工に必要な機材とする。

(10) 資材及びスペアパーツ

資材及びスペアパーツの数量規格は、深井戸160本、2年分の工事における消費を想定して算出した。

5-3 資機材計画

本計画を遂行するうえで必要な資機材は、日本国政府の無償資金協力によりマラウイ国政府に供与されるものであり、検討結果及び基本方針を基に資機材の仕様及び数量を次記の通り設定する。

- (1) 掘削機 2台
トラック搭載ロータリー・エアハンマー併用型
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
掘削機能力 : 最終掘削孔径 6 1/2" (165mm)
深さ100m程度 (エアハンマー)
泥水ポンプ能力 : 吐出量600ℓ/min 圧力20kg/cm²以上 標準付属品及び消耗品付
- (2) エアコンプレッサー 2台
能力 : 17.5kg/cm²×20m³/min以上 標準付属品付
- (3) 揚水試験機材 2台
1) トラック搭載型井戸ディベロップメントユニット (槽, ウインチ付)
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
2) エアーリフトツールズ
コンプレッサー : 7kg/cm²×3.5m³/min 以上
3) 発電機 : 50Hz, 220V, 20KVA
4) 水中ポンプ : 揚程50m, 吐出量100ℓ/min以上 付属品付
5) 水位測定器 : 100m
6) PHメーター
7) 電気伝導度計 (温度計付)
- (4) 電気探査器 2組
探査深度最大200m以上
- (5) 電気検層器 2組
形式 : 自動記録、100mコード付き
検層項目 : 自然電位、比抵抗 (マイクロ, ログ付)

付 属 品 : バッテリー、記録用紙等

(6) 車輛

1) クレーン付カーゴトラック

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: 7ton車5tonクレーン付 2台

5ton車3tonクレーン付 2台

2) ステーションワゴン 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

ロングボディー

3) ピックアップ 2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

500kg

4) モーターバイク 100~125cc 2台

オフロード用

(7) 給水タンク 1台

仕 様: 4m³ (トラック積み降ろし可能タイプ)

揚水ポンプ付

(8) 通信機 1式

仕 様: 出力50W

アンテナ1式 (ベース・キャンプ用) 付

(9) ポンプ 160台

仕 様: 足踏ポンプ

(10) ケーシング及びスクリーン

FRPネジ付ケーシング4'×4m 1,280本

FRPネジ付スクリーン4'×4m 480本

(開孔率5%, 水平1mmスリット)

FRPネジ付ボトムプラグ4'×1m 160本

⑩ 修理用機材

1) 発電機、ウェルダ―及び付属部品	1式
2) ボール盤及び付属部品	1式
3) グラインダー及び付属部品	1式
4) パイプカッター及び付属部品	1式
5) ネジ切り器及び付属部品	1式
6) サンダー及び付属部品	1式
7) パイプ万力	1台
8) ベンチバイス	1台
9) 測定工具	1式
10) ガス切断器	3式
11) 油圧ジャッキ	2台
12) グリス注油器	1台
13) 変速切断器及び付属部品	1式
14) その他	1式

⑪ スペアパーツ他（深井戸 160本、2年間の工事分） 1式

⑫ ベース・キャンプ用設備 1式

⑬ 泥水剤・発砲剤

1) ベントナイト	80ton
2) CMC	4ton
3) 発砲剤	8ton

⑭ 土木用資材 1式

5-4 深井戸建設の基本方針

供与資機材による深井戸建設工事を円滑に達成させるために、次の事項を基本方針として実施する。

(1) 深井戸建設工事は1年目80本、2年目80本、3年目79本、リハビリ工事16本の3ヶ年に跨がるが、1年目及び2年目の工事は日本側の業者が実施する。

(2) 1年目の深井戸工事80ヶ所の内訳は、農業開発区域MGA9が40本、MGA10が22本、MGA11

が18本である。尚、2年目深井戸工事の候補地80ヵ所は水利局と協議して決定する。

- (3) 1年目及び2年目の深井戸工事においてマラウイ国側の技術者がOn-the-job Trainingとして参加し、技術移転を受け、3年目の工事はマラウイ国側で実施する。
- (4) 1年目及び2年目の160本の深井戸建設工事位置の選定は工事に先行して電気探査等の現地調査を行い、その資料を基に水利局は地元住民との協議を基に最終的な位置の決定を行う。
- (5) 深井戸1本当たりの平均掘進長は、現地調査の結果より45mとする。
- (6) 井戸のタイプは仕上がり孔径100mmで、足踏ポンプをセットし、付帯構造物として受水用エプロン、排水路、洗い場を設ける。
- (7) 深井戸1本当たり250人を対象とし、計画給水量を住民1人当たり27ℓ/日を目標とする。
- (8) 建設される深井戸の揚水可能量は、10ℓ/min以上とし、水質はマラウイ国の暫定基準値以下とする。

5-5 深井戸建設工法

供与資機材による深井戸建設工事の手順の概要は下記の通りである。

- (1) 井戸の口元は孔径10 5/8"で深さ6mまで泥水掘りにて掘削し、内径10"のコンダクターパイプを挿入する。
- (2) 以深の土砂又は強風化岩が分布する範囲(深度10~20m)は孔径8 1/2"で泥水掘りを行い、内径7"のガイドパイプを挿入する。また、ガイドパイプを挿入する前に必要に応じて電気検層を行い、滞水層の確認を行う。
- (3) 以深の硬岩部は孔径6 1/2"でエア-ハンマー工法により掘削する。地下水を認めた場合は排泥のため発砲剤の助けを借りる。
- (4) 所定の深度まで掘削した後、電気検層により滞水層のチェックを行い、内径4"のスクリーン及びケーシングを設置する。
- (5) スクリーンの周辺には所定の粒径の砂利を、ケーシングの周辺には粘土類を確実に充填する。
- (6) エア-リフト装置により、孔内の洗浄を清水に変わるまで実施する。
- (7) 水量、水質のチェックのため揚水試験、水質試験を行い、井戸の適否を判定する。揚水試験は必要に応じて段階揚水試験や回復試験を実施する。
- (8) (7)の試験の結果井戸として合格すると、ポンプのセット及び付帯構造物の水受場、洗

い場、排水路工事を行い、井戸は完成する。

以上の工程で深井戸工事が実施されることになるが、深井戸及び付帯構造物の構造図はそれぞれ図5-1, 5-2に示す通りである。

(1)から(5)までの工程は掘削機チームが実施し、その時の機械の標準的な編成は次の通りである。

- ・トラック搭載型掘削機
- ・エアーコンプレッサー
- ・ステーションワゴン
- ・クレーン付きカーゴトラック

(6)から(7)までの工程は揚水試験チームが実施し、機械の標準的な編成は次の通りである。

- ・トラック搭載型揚水試験機械
- ・ピックアップ
- ・クレーン付カーゴトラック

以上の2チームずつの工程で1年間に80本の井戸を完成させるためには、工事着手前にマラウイ国側が現地住民の協力を得てアクセス道路を補修或いは建設し、車輛の走行に支障のない状態にしておくことが肝要である。

図5-1 深井戸構造図

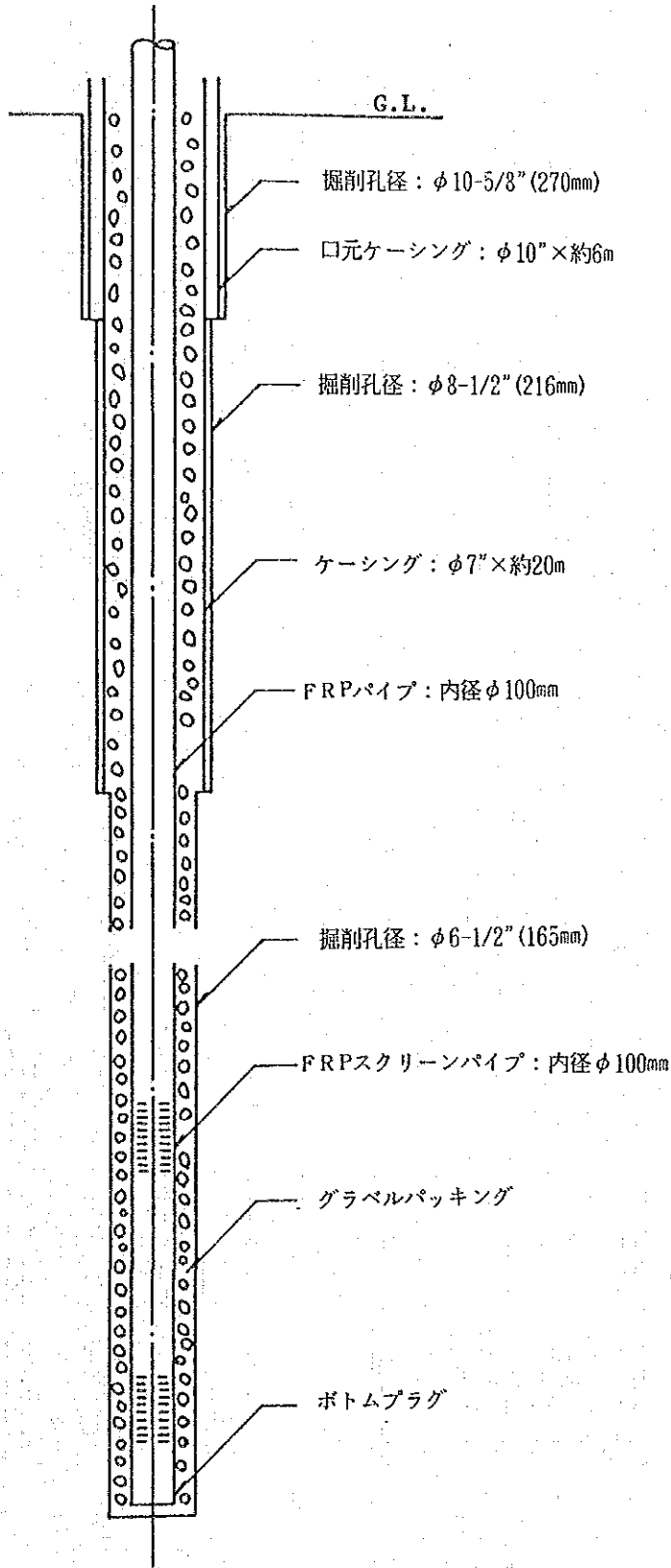
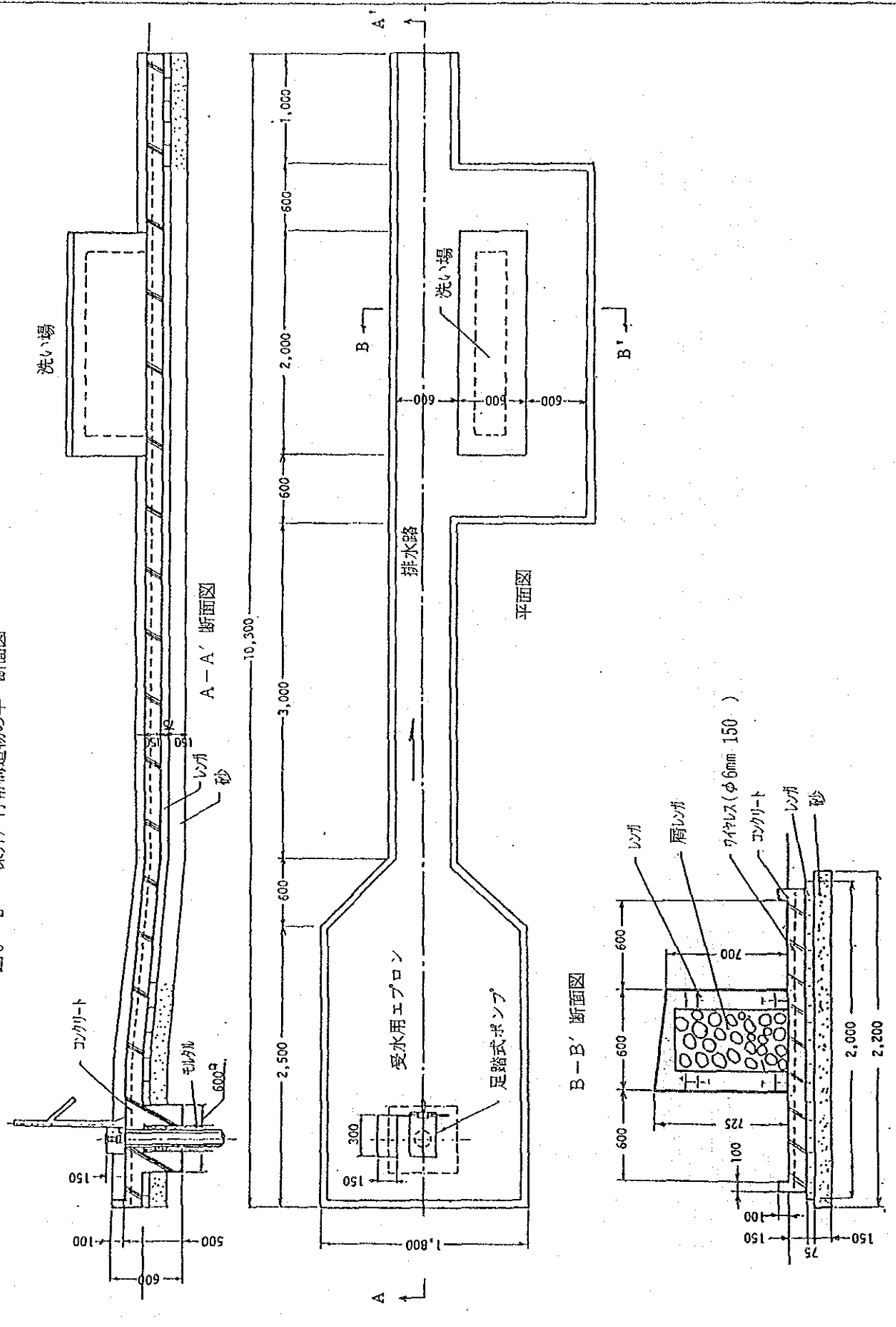


図5-2 深井戸付帯構造物の平・断面図



第6章 事業実施体制

6-1 実施主体

(1) 事業実施主体

本業務の実施機関は、マラウイ国の地下水開発計画の促進を担当している建設・供給省である。建設・供給省の水利局が本計画の総括責任者となり、日本国政府が第1期に供与する深井戸建設用資機材を運用し、日本国籍の請負業者を通して第2期の1年次及び2年次に各80本の井戸建設工事を行い、それ以降第2期の3年次に79本の深井戸建設工事及びリハビリ工事を水利局自身が行う。また、プロジェクトの管理、完成した井戸の維持管理、住民の公衆衛生教育等の指導を行うものとする。

(2) コンサルタント

日本側負担の深井戸建設用資機材調達と設計業務及び深井戸建設工事の施工監理は、日本国籍を有し、日本国政府の無償資金協力の制度に従って選定されるコンサルタントにより実施される。

本計画のうち日本側負担分は、1)第1期：深井戸建設用資機材供与、2)第2期1年次及び2年次：深井戸建設工事に分かれるため、下記のようにコンサルタント業務も2分割される。尚、各々のコンサルタント契約は各年次分のE/N調印後に締結される。

1) コンサルタント業務（第1期）

- a) 深井戸建設用資機材調達に係わる入札書類の作成（技術仕様書の作成を含む）
- b) 入札業務の代行及び応札書の分析・評価
- c) マラウイ国側と落札者との契約交渉での助言
- d) 資機材の製造過程・納入時の立会検査
- e) 深井戸建設（第2期1年次及び2年次分）位置選定のための電気探査

2) コンサルタント業務（第2期1年次及び2年次）

- a) 深井戸建設工事に係わる入札書類の作成（技術仕様書の作成を含む）
- b) 入札業務の代行及び分析・評価
- c) マラウイ国側と落札者との契約交渉での助言
- d) 深井戸建設工事の施工監理

(3) 請負業者

資機材の納入及び深井戸建設工事は、日本国籍を有し、日本政府の無償資金協力の制

度に従って選定される請負業者によって実施される。マラウイ国側は、上記2)で述べたコンサルタント業務のもとで入札を実施し、請負業者との契約を行う。請負業者の業務内容は下記の通りである。

1) 資機材納入（第1期）

請負業者は、契約に規定されている資機材を納期までに水利局に納入する。納入資機材の組立・運転操作・保守点検・日常管理等についての説明・指導は、請負業者のサービス業務とする。資材に関しては、第2期1年次及び2年次分の資材を供与する。

2) 深井戸建設工事（第2期1年次及び2年次）

深井戸建設工事は、日本国政府の無償資金協力の制度に従い、日本国籍の請負業者が契約し、規定された深井戸建設本数を工期までに完成させる。また、On-the-job Trainingを工期中に実施し、掘削機械の操作及び掘削方式の技術移転を行う。

請負方式としては、着工から完成まで一括請負のターンキー方式を前提とする。また、サブ・コントラクターは、マラウイ国籍又は日本国籍を有する法人の中から請負業者により選定され、コンサルタントの審査・承認を受けることが必要である。

6-2 施工計画

(1) 施工計画

本計画の日本側負担分の実施は、日本国政府の無償資金協力の方式に基づいて実施される予定である。上記負担分は、深井戸建設資機材の供与と深井戸建設工事に分かれているため、下記の工程を経て実施される予定である。

第 1 期 : 公開公募による資機材納入業者の選定→入札→請負業者の決定→資機材の発注→機材の製作→輸送→検収→引渡し

第2期1年次及び2年次: 公開公募による深井戸建設業者の選定→入札→請負業者の決定→深井戸建設工事

深井戸建設用資機材の引渡し以前に、マラウイ国側は、下記の事項を完了させておくことが、本計画を実施する上で必要不可欠である。

- 1) コンサルタントの提出した電気探査による水理地質データから地方住民と協議し、160本の深井戸建設位置を決定しておくこと。
- 2) 上記井戸建設位置が決定次第、アクセス道路（橋を含む）の建設或いは補修をして

おくこと。

- 3) On-the-job Training に参加する有能で経験豊富な現地スタッフ（2チーム分）の確保をしておくこと。
- 4) 供与を予定している無線通信設備の仕様周波数については、関係省庁より使用許可を得ること。
- 5) 本計画の意義，公衆衛生，維持管理，運営の面で住民意識の向上を図る広報活動をしておくこと。

深井戸建設の着工時期は、荷おろし港である Dar es Salaam(タンザニア国)からNtajaまでの内陸輸送を1ヵ月、検収・引渡しに1ヵ月間と見込んで、荷おろし港に資機材が到着してから2ヵ月後とする。

深井戸建設工事は、日本国政府の供与資機材と日本国籍の請負業者により、深井戸建設チームを2チーム編成し、対象地域に160本の深井戸を建設する計画である。

第2期3年次の深井戸建設工事及びりハビリ工事はマラウイ国側で行う。

(2) 労務計画

マラウイ国には、さく井業者は数社あり、いずれの業者もパーカッション式掘削機による作業を主体としている。従って、さく井工事の作業の流れ等について経験を有していても、供与される予定の新型掘削機のさく井技術者を調達することは困難と判断される。以上の条件を鑑み、労務は特殊な技術を必要とする作業内容以外原則として現地で調達することとする。しかし、技術管理，工程管理等において工事の要となる技術者に関しては以下の理由により日本から派遣する。

- 1) 工事の中心となる深井戸の掘削工事は、供与された新型の掘削機を使って、限られた期間内に契約数量を施工しなければならず、供与された機材に対して未経験の技術者による工事の実施は困難と判断される。
- 2) 工期中に、水利局の技術者に対し新型掘削機の操作方法等については技術移転を行わなければならない。

6-3 資機材調達計画

マラウイ国の市場調査をした結果、井戸建設に必要な資機材については、セメント、砂利、砂、フィルター材、レンガ及び鉄筋はマラウイ国内で現地調達が可能である。しかしながら、需要変動が大きく、それらの供給は不安定であり、限られたプロジェクト期間内にプロジェクトを完了させるためには、施主が必要な資材の必要量をプロジェクトスケジュールに従って優先的に供給されるよう施主が便宜をはかる必要がある。上記の資機材以外については、輸入による以外に調達の方法がない。

本プロジェクトの資機材の調達は、以下のようにマラウイ国の財政事情、経済性、品質等について比較検討し決定した。

(1) 現地資機材

1) セメント、砂利他

セメントは、国内にセメント工場があり現地調達とする。砂及び砂利は、サイト内での調達が容易であり、現地調達とする。又、フィルター材は、マラウイ湖畔に水利局の採取所があり、量・質ともに問題ないため、現地調達とする。

2) レンガ

代表的な建設資材であり、レンガ工場も比較的多いので入手は容易であるため、現地調達とする。レンガには木枠製(Wooden-mould)及び鉄枠製(Steel-mould)がある。

3) ガソリン・軽油

ガソリン・軽油は、南アフリカ共和国から輸入しており、マラウイ国内では常時品不足の現象が認められないので、マラウイ国内で調達する。

4) 鉄筋

鉄筋は、上記(3)と同様の輸入品であり、一時的に品不足の現象があるものの、日本からの遠距離輸送の必要性がないので、ジンバブエ製品を現地調達する。

(2) 輸入資機材

1) 井戸建設用資機材

現地で調達が難しいため、日本から輸入する必要がある。

2) 調査器類

現地で調達が難しいため、日本から輸入する必要がある。

6-4 分担範囲

本基本設計の中で設定された日本無償資金協力による日本国側の負担項目は以下の通りである。

- (1) 井戸建設2チーム分の資機材の供与
- (2) 第2期1年次及び2年次の160本の深井戸建設工事一式(On-the-job Trainingを含む)
- (3) 日本から荷おろし港までの供与資機材の海外輸送と通関
- (4) 荷おろし港からMtajaまでの内陸輸送と検収・引渡し
- (5) 資機材調達のためのコンサルタント業務
- (6) 第2期1年次及び2年次の160本の井戸建設位置設定のための電気探査
- (7) 井戸建設工事の施工と監理

マラウイ国政府側の負担項目は、下記の通りマラウイ国政府と調査団の間で合意された協議議事録により確認されている。(付録I 協議議事録参照)

- 1) 井戸建設用地の確保
- 2) 井戸建設用地の整備(本計画に必要な用地内の障害物の撤去、設計に合わせた土地改造も含む)
- 3) アクセス道路の建設
- 4) プロジェクトに係わる支払いのための日本の外為銀行に対する銀行費用の負担
- 5) プロジェクトのための輸入資機材にかけられる関税の免除及び通関手続
- 6) プロジェクトに従事する日本人に対する入国許可、滞在許可の便宜供与
- 7) 無償資金協力により建設された施設及び供与された機器の適切且つ効果的な使用と維持管理
- 8) プロジェクトを実施するうえで必要と認められ、且つ日本国政府の無償資金協力で負担されていない費用(工事期間内に行われる On-the-job TrainingのTraineesにかかる諸経費を含む)の負担

6-5 実施スケジュール

(1) 第1期

日本とマラウイ両国政府による交換公文（E/N）の調印後、建設・供給省は日本国籍のコンサルタントと資機材調達に関する業務契約を行う。

コンサルタントは、契約後入札書類を作成し、日本及びマラウイ両国政府の承認後、日本国籍の資機材納入業者に対する入札を行い、落札者とマラウイ国政府との契約に立合う。

請負業者は資機材の製造・調達及び輸送（海上、陸上）の業務迄を実施し、その後現地でコンサルタントが検収を行い、マラウイ国政府への引渡しが行われる。

又、この期間に第2期1年次及び2年次に実施される深井戸建設工事の位置選定のための基礎資料として、コンサルタントが電気探査を行い、マラウイ国側にこの資料を提出する。

(2) 第2期1年次及び2年次

各年次毎の日本とマラウイ両国政府による交換公文（E/N）の調印後、建設・供給省は日本国籍のコンサルタントと各年次毎に深井戸建設工事（80本）に関する業務契約を行う。コンサルタントは、契約後業者契約書類を作成し、日本及びマラウイ両国政府の承認後、日本国籍の請負業者に対する入札を行い、落札者とマラウイ国政府との契約に立合う。

コンサルタントの施工監理の基に、請負業者は、供与済みの資機材により深井戸建設チームを2チーム編成して、各年次毎に深井戸80本を建設する。

(3) 第2期3年次

第2期3年次の79本の深井戸建設及び既存井16本のリハビリ工事は、事前の位置選定の調査も含めマラウイ国側で実施する。

6-6 概算事業費

本計画に要する概算事業費は、概ね下記の通りと見込まれる。

(1) 概算積算条件

- 1) 積算時点：1987年9月
- 2) 外国為替交換率：1987年4月～9月の平均交換レート

1 US\$ = 145.82円
 1 US\$ = 2.2648K } 1 K = 64.39円

注：K（クワチャ）

(2) 日本側負担概算事業費

日本側負担の概算事業費総額は、計約10億2千3百万円と見込まれる。

(3) マラウイ国側負担概算事業費

1) On-the-job Training において水利局技術者にかかる諸経費 40千K

2) 第2期3年次工事費（全工事費）

a) 資機材調達費	2,634千K	}	3,567千K
・深井戸79本の工事のためのスパーツ及ピツ-ルズ			
・ケーシング：100本			
・ポンプ：120本			
・調泥剤：79本分			
b) 深井戸79本のさく井費	400千K		
c) " 揚水試験費	232千K		
d) " 井戸付帯工事費	115千K		
e) 既設井16本のリハビリ費	70千K	}	3,607千K
f) 準備費	16千K		
g) 共通仮設費	100千K		
3) 総計（1）+ 2）			

第7章 維持管理計画

7-1 維持管理体制

本計画の維持管理体制は、給水施設としての深井戸と深井戸建設の資機材類のメンテナンスに分けられる。維持管理体制は、プロジェクトの開始と同時に必要な支援体制であり、給水施設の運営管理にとって最も重要な課題である。マラウイ国ではすでに完成している国家地下水開発プロジェクトであるLivuleziプロジェクト、Dowa Westプロジェクト及びLilongweh, E. プロジェクトにおいて基本的な維持管理体制が確立されているので、この体制を本計画に運用していく方針である。

(1) 給水施設の維持管理

給水施設の深井戸は、衛生的な地下水を住民に常時安定給水できるように定期的に点検整備・保守管理を行い、衛生環境づくりの指導を行う必要がある。マラウイ国の深井戸の維持管理に関しては、1983年に上記Livuleziプロジェクトが竣工し、新しい維持管理方式を採用するまで、井戸の管理は住民の要請により地方開発委員会（DDC）で検討され、修理する井戸の優先順位、資金調達方法を協議したうえで初めて建設・供給省水利局に要請がなされるという時間のかかる方式を取っていた。実情は、DDCで資金調達ができない場合、故障中のまま放置される井戸が多く、また、限られた水利局の維持管理チームでは広範囲に散在する深井戸に対する十分な維持管理ができなかった。しかしながら、Livuleziプロジェクト以後国家開発プロジェクトにおいては、井戸単位に井戸管理委員会を設立し、この委員会が深井戸の維持管理を自主運営する制度となっている。

対象地域の大半の住民に今まで利用されていた表流水、湧水、開放型浅井戸等の既存の生活用水源は住民の公衆衛生の無知から人為的な2次水質汚染を受けており、水系疾病の一要因となっているので、村落の衛生環境づくりは、井戸管理上から無視できない基本的な問題である。

以上のような状況から、マラウイ国側の新しい維持管理方式では、次のような事項も運営上重要なポイントになっている。

- 1) 村落住民から井戸管理の適任者を選定し、維持管理上の基礎教育を実施し、インスペクターを養成する。
- 2) 公衆衛生教育を村落住民に実施し、住民の公衆衛生意識を高める。

- 3) 本計画の意義を住民側に充分理解させるための広報活動を実施し、井戸に対する愛着心を住民に植えつけるようにする。
- 4) 水質、給水施設、衛生等について、定期的に点検整備、保守管理、住民指導を実施する。

(2) 資機材の維持管理

供与資機材は建設・供給省水利局が受取り、深井戸建設工事を請負う日本国籍の請負業者に貸与される形式をとる。

Zombaに水利局の修理工場(Regional Workshop)があり、ポンプ修理に必要な最低限の機器が備えつけられている。また、機械類及び車輛等の修理に関しては建設・供給省に属するプランタイヤ(PVHO: Plant and Vehicle Hire Organization)修理工場がこの任にあたり、本計画を遂行するための基本的な維持管理体制を備えている。

深井戸建設の主体となる供与掘削機は、消耗品の補給体制と点検整備を充分に実施しておけば、10年以上の耐用年数があり、本計画の完了後も深井戸建設に運用できるので、マラウイ国側で自主運営ができる資機材の維持管理体制が必要である。

以上のような理由から、資機材の維持管理体制について次のような提言を行うものである。

- 1) 機械類や車輛を効果的に運用するためには、定期的に点検整備すると共に、機能以上の運転操作や取扱いをせぬように注意することである。
- 2) 資材とスペアパーツについては、保管倉庫に品目毎に整理して収納し、野積状態は禁止する。使用状況・消耗度・問題点等のデータを整理しておき、2年後の補給体制の基礎データとする。
- 3) 本計画の資機材の維持管理は、比較的簡単と思われるので、マラウイ国側独自で運営が可能であり、運営体制を短期間にマスターすることが望まれる。

7-2 維持管理計画

給水施設である深井戸を長期に最良の状態で使用するためには、7-1で述べた井戸管理委員会の中から井戸管理人1名を選び日常点検、単純な深井戸故障の処理等を実施する計画である。しかしながら、技術的及び経済的に負担の大きい故障井戸については、深井戸100本に1名の割合で水利局から派遣される維持管理技術者が技術力を提供し、井戸管理委員会が労力を受持ち、共同で修理される。この場合、スペアパーツに関してはマラウ

イ国政府が支給する。

7-3 維持管理費の概算

(1) 人件費

7-2で述べたように100井あたり1名の深井戸管理技術者が設定されており、本計画完了後は深井戸本数が255本となるため、3名の深井戸管理技術者が必要となる。従って、年間の人件費は下記の通りである。

単位：K（クワチャ）

	月間基本給与	年間基本給与
深井戸管理技術者 1名	88 K	1,056 K
〃	〃	〃
〃	〃	〃
計	264 K	3,168 K

(2) 給水施設維持費

- 1) 車両維持費 3,100K/年
- 2) ポンプ等 3,200K/年

第8章 事業評価

8-1 事業実施の効果

本計画を実施することにより、下記の効果が期待できる。

(1) 衛生的生活用水の確保

対象地域では、乾期には多くの河川や伝統的な浅井戸が水涸れして、生活用水の確保には困難をきたしている。既存浅井戸は、住民の公衆衛生意識の希薄さより、人為的な二次水質汚染を受けており、一部の住民を除き現状の給水施設から衛生的生活用水を確保することはかなり困難である。

本計画の深井戸は、清潔な地下水を水源としているので、住民への公衆衛生教育と水質汚染を受けにくい給水施設の供給により、衛生的生活用水の安定供給を可能とし、水不足による住民の不安の解消と生活レベルの向上をもたらすものである。

この結果、不衛生な飲料水に起因する水系疾病の発生を低減させることが可能となる。

(2) 労働力の低減

対象地域では、水汲みと水運搬は、婦人や子供が日課として従事しており、特に乾期には多数の人々が居住地から5km以上離れた採水地へ生活用水を求めねばならない生活環境にある。

居住地から便利な位置に乾期にも水涸れせず、衛生的な水を得られる深井戸を建設することは、婦人や子供を非生産的な重労働から解放し、労働時間の短縮から余剰時間を生計の基盤である農業の生産面に転化でき、その効果は極めて高く、マラウイ国経済の発展に大きく貢献するものである。

(3) 地方住民の定住化

対象地域に於いて、衛生的生活用水を得にくい生活環境によっては基本的家族生活を維持できないため、離村現象の傾向があり、農作物増産計画の障害となっている。深井戸建設による安定した衛生的生活用水の確保は、生活環境の改善、非生産的労働時間の短縮、生産の高い農業の振興等により、地方住民の定住化の促進が期待できる。

8-2 事業実施の妥当性

(1) 深井戸建設について

対象地域において、深井戸建設工事を実施することにより、上記の社会経済的効果が期待できるが、マラウイ国政府の財政事情から独自で本計画を実施することが困難であり、本計画に対する我国からの無償資金協力は妥当であると判断する。

(2) 供与資機材について

現在水利局には、掘削チームが13チーム編成され、また修理工場、保管倉庫等が配置され、深井戸建設工事に対する組織及び維持管理体制が整っているが、水利局が所有する掘削機はパーカッション式が主体で、硬い岩盤における作業効率が悪いうえ、老朽化に伴う故障が頻発するため、マラウイ国で進めている地下水開発計画が遅延している状況にある。従って、本計画においてロータリー・エアハンマー式掘削機等の資機材（技術移転を含む）を供与することにより、深井戸建設工事に対する作業体制が充実し、同国の地下水開発に大きく貢献するものである。

第9章 結論・提言

9-1 結論

計画対象地域である北カウインガ地区では、給水施設の未整備により、数少ない深井戸を除き飲料水に適さない既存浅井戸、湧水、河川水を利用せざるを得ず、水系疾病の発生を招いている。また、乾期に水を求めて5km以上も移動しなければならず、水運搬にかかる非生産的重労働を強いられている。延いては、マラウイ国が実施している同国の経済の基盤である農業開発を主目的とする国家地方開発計画（NRDP）に遅延を招いており、衛生的な水の安定供給は、マラウイ国の大きな課題となっている。

本計画の実施により、対象地域の地下水を水源とする給水施設（深井戸）が建設され、通年の衛生的で安定した生活用水が対象地域の住民に供給されれば、この地域の生活環境が向上すると同時に、高い農業開発の潜在能力を引き出すことになり、マラウイ国の開発計画の主テーマである農業の改善開発に大きく貢献することになる。

このように、本計画は地域住民の生活環境を向上並びに定住化を促進させ、地方開発の基礎となるものであり、本件に対する日本の無償資金協力は有意義且つ妥当性をもつものと判断される。

9-2 提言

本計画は、北カウインガ地区の生活基盤の整備と、農民の定住化の環境づくりにおおきな効果を発揮すると期待される。しかし、マラウイ国全体の給水事情としてみるならば、地方住民に対する給水普及率33%であり、将来の人口増を見込んだ内容で給水普及率をあげていく必要にせまられており、特に地下水開発への需要が大きな比重を占めている。この問題を解決するためには、水利局の地下水開発部門に対する政府からの予算上のバックアップと同時に組織の拡充によって、地下水開発プロジェクトを処理する能力を拡げておくことが必要である。

竈 米斗 編

付録 I 協議議事録

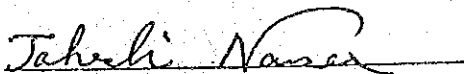
MINUTES OF DISCUSSIONS
ON
THE PROJECT FOR
NORTH KAWINGA GROUND WATER SUPPLY
IN
THE REPUBLIC OF MALAWI

In response to the request of the Government of the Republic of Malawi for the Grant Assistance for the Project of North Kawinga Ground Water Supply (hereinafter referred to as "the Project"), the Government of Japan decided to conduct a basic design study on the Project and entrusted the study to the Japan International Cooperation Agency (JICA). JICA sent to MALAWI the team headed by Mr Takeshi NARUSE, Official, First Basic Design Study Div., Grant Aid Cooperation Planning and Survey Dept., JICA from 12 July, 1987 to 19 August, 1987.

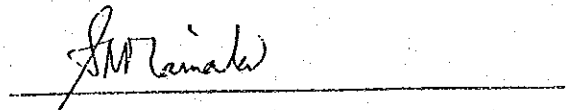
The team had a series of discussions on the Project with the concerned officials of the Government of the Republic of Malawi and conducted a field survey in the project area.

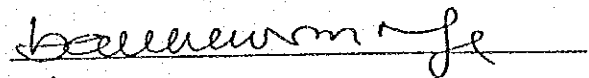
As a result of the study, both sides agreed to recommend to their respective Governments that the major points of understanding reached between them, attached herewith, should be examined towards the realization of the Project.

24 July, 1987



Leader of Team
Basic Design Study, JICA


Ministry of Works and Supplies


Ministry of Finance

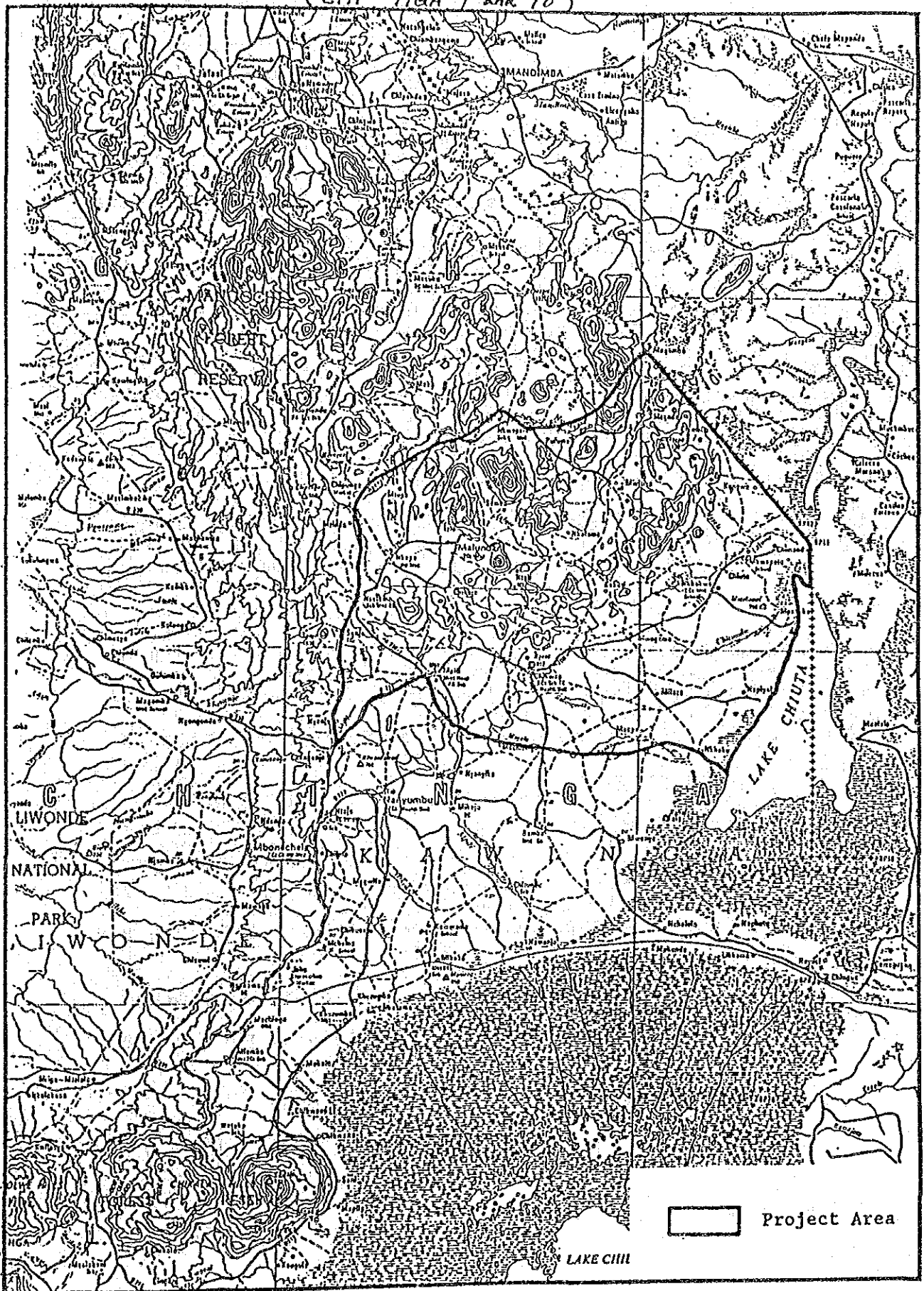
1. Objectives of the Project;
Supply of safe drinking water from boreholes with handpumps in rural areas by provision of drilling rigs and equipment and construction of new boreholes and rehabilitation of the existing boreholes.
2. Project Site;
The site of the Project is North Kawinga which is in the northern part of Machinga District, Southern region of Malawi.
(Site map is attached as Annex -1-)
3. Project Components requested by the Malawi Side;
See the attached Annex -2-
4. Responsible Organization;
Ministry of Works and Supplies, Water Department.
5. Measures taken by the Japanese Side;
The Japanese Study Team will convey to the Government of Japan the desire of Malawi Government that the former takes necessary measures to cooperate by providing machinery and construction and rehabilitation of new and existing boreholes within the scope of Japanese economic cooperation programme in Grant form.
6. Understanding of Japanese Grant Aid System;
The Malawi side has understood Japanese Grant Aid System explained by the Team which includes a principle of use of a Japanese Consultant Firm and Japanese General Contractor for the construction.
7. Measures taken by Malawi Side;
See the attached Annex -3-

nd

Smith

6

MAP OF THE PROJECT AREA
(EPA - MGA 9 and 10)



Annex -2-

1. Required Machines, Equipment and Materials (Subject to review)
 - (1) Truck mounted drilling rig (rotary/air hammer type) 2 units
 - (2) Truck mounted test pumping equipment 2 units
 - (3) Truck mounted borehole servicing machine 1 unit
 - (4) Mobile workshop truck 1 unit
 - (5) Geophysical survey equipment 2 sets
 - (6) Borehole logging equipment 2 sets
 - (7) Transportation equipment
 - 4WD station wagon 2 nos
 - 4WD pick up 2 nos
 - 8 ton cargo truck with crane 2 nos
 - 4 cu.m water tank lorry 1 no
 - Motorcycle 4 nos
 - (8) Communication equipment 1 set
 - (9) Casing and screen for 280 B/H
 - (10) Hand pump 300 sets
 - (11) Spare parts 1 lot
2. Rehabilitation of existing boreholes 24 B/H
3. Construction of new borehole 236 B/H

Specifications of Borehole

- (1) Depth of borehole : 60 meters on average
- (2) Diameter of borehole (casing size) : 4 inch as PVC or FRP
- (3) Pumping unit : Hand pump

MEASURES WHICH SHALL BE TAKEN BY MALAWI SIDE

1. Provision of land;
To secure the land for drilling work and fixing the pump.
2. Clearance of land;
To clear, level and reclaim the land where pump is proposed to fix
3. Access road;
To construct the access road to the drilling site, if some pump are proposed to be fixed at the site where drilling rig can not have access
4. Payment of bank commission to Japanese Bank;
To bear commissions to the Japanese foreign exchange bank for the banking services based upon the Banking Arrangement
5. Tax exemption and customs clearance for machinery and equipment;
To exempt taxes and to take necessary measures for customs clearance of the materials and equipment brought for the project C.I.F. Lilongwe
6. Provision of facilities to Japanese Nationals who serve in the project;
To accord Japanese Nationals whose services may be required in connection with the supply of products and the services under the verified contract such facilities as may be necessary for their entry into Malawi and stay therein for the performance of their work
7. Proper utilization and maintenance;
To maintain and use properly and effectively the facilities constructed and the equipment purchased under the Grant
8. Expenses which is borne by recipient;
To bear all the expenses other than those to be borne by the Grant, necessary for construction of the facilities as well as for the transportation and the installation of the equipment

S. M. M. M.

rd

6

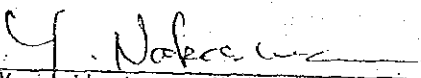
MINUTES OF DISCUSSIONS
ON
THE PROJECT
FOR
NORTH KAWINGA GROUNDWATER SUPPLY
IN
THE REPUBLIC OF MALAWI


Date: 22nd October, 1987

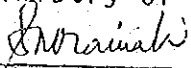
In response to the request made by the Government of Republic of Malawi, the Government of Japan decided to conduct a basic design study on the Project for North Kawinga Groundwater Supply, (hereinafter referred to as "the Project") and entrusted the study to the Japan International Cooperation Agency (JICA). JICA sent to the Republic of Malawi the study team from July 12 to August 19, 1987.

As a result of the study, JICA prepared a draft report and dispatched a mission, headed by Mr. Yoshikatsu Nakamura, First Basic Design Study Division, Grant Aid Planning and Survey Department, JICA, to explain and discuss it from October 15 to October 26, 1987.

Both parties had a series of discussions on the Report and, after clarifying its contents, agreed to recommend to their respective Governments that the major points of understanding reached between them, attached herewith, should be examined towards the realization of the Project.


Yoshikatsu Nakamura
Leader
Draft Report Team of Basic
Study
Japan International Cooperation
Agency


T.A.V. Chande
Under Secretary
Ministry of Finance


S.M.N. Mainala
Principal Hydrogeologist
Ministry of Works and Supplies

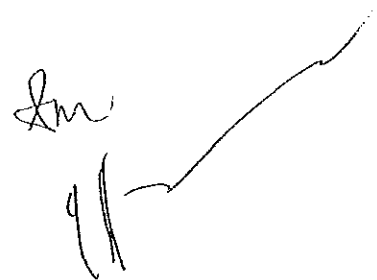
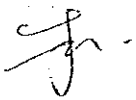
Major Points of Understanding:

1. The Malawi side principally agreed to the basic design proposed in the Draft Final Report.
2. The Malawi side understood the system of Japan's Grant Aid Programme and confirmed the measures to be taken by the Malawi side towards the realization of the Project, particularly, the provision of land, clearance of Land, construction of access roads when necessary, and other related activities required before the start of the actual construction.
3. The Malawi side requested that the Government of Japan consider undertaking the cost of construction and materials for boreholes of 79 nos. as shown in the Draft Final Report in the fourth year, 1991, of the Project period.

The Malawi side also requested to change CIF Lilongwe to CIF Ntaja.

The mission recognized the requests done by the Malawi side and confirmed to convey them to the Government of Japan.

4. The Final Report (10 copies in English) on the Project will be submitted to the Republic of Malawi in November, 1987.



付録 II 調査日程・調査団員リスト

付録 II-① 調査日程・調査団員リスト(基本設計調査)

調 査 日 程

日順	月日	曜日	行 程	調 査 内 容
1	7/12	日	東京 → ロンドン	出発
2	13	月	ロンドン発	移動
3	14	火	ナイロビ着	大使館及びJICA事務所 表敬、打合せ
4	15	水	ナイロビ → リロンゲ	移動
5	16	木		建設・供給省及び大蔵省 表敬、打合せ
6	17	金		水利局ヘインレフォルポート説明、資料収集
7	18	土		資料収集
8	19	日		団内打合せ
9	20	月	リロンゲ → リウォンデ	移動、サイト調査
10	21	火		サイト調査
11	22	水	リウォンデ → リロンゲ	サイト調査、移動
12	23	木		水利局及び大蔵省とミニッツ協議
13	24	金		団内打合せ、ミニッツ調印、水利局打合せ
14	25	土		資料収集(成瀬団長：リロンゲ→東京)
15	26	日		資料収集、団内打合せ
16	27	月		資料収集、現地調査準備(電気探査器点検等)
17	28	火		資料収集(高久、今井：リロンゲ→サイト)
18	29	水		サイト調査、資料収集
19	30	木		同上(中村：リロンゲ→サイト)
20	31	金		サイト調査、資料収集
21	8/1	土		サイト調査、資料収集
22	2	日		調査結果及び資料の整理
23	3	月		サイト調査
24	4	火		サイト調査(高久、中村：サイト→リロンゲ)
25	5	水		サイト調査、水利局打合せ、資料収集
26	6	木		同 上

日順	月日	曜日	行 程	調 査 内 容
27	7	金		サイト調査, 水利局打合せ, 資料収集
28	8	土		調査結果及び資料の整理 (今井: リロンゲ)
29	9	日		調査結果の整理, 資料検討
30	10	月		調査結果の整理, 水利局打合せ 保健省, 農業省にて資料情報収集
31	11	火		計画検討, 資料収集
32	12	水		計画検討
33	13	木		計画検討, 水利局打合せ, 現地企業開取り調査
34	14	金		建設・供給省, 水利局最終打合せ
35	15	土	リロンゲ → ナイロビ	資料整理, 調査結果整理, 移動
36	16	日		資料整理, 調査結果整理
37	17	月		大使館及びJICA事務所報告
38	18	火	ナイロビ → ナンボウ着 ナンボウ発	移動
39	19	水	東京着	帰国

調 査 団 員 リ ス ト

団 長	成瀬 猛	国際協力事業団
給 水 計 画	高久 昭紀	日本技術開発㈱
水 理 地 質	今井 良二	〃
機 材 計 画	中村 栄	〃

付録 II-(2) 調査日程・調査団員リスト
 (ドラフト・ファイナルレポート説明)

調 査 日 程

日順	月日	曜日	行 程	調 査 内 容
1	10/15	木	東京発	出発
2	16	金	ロンドン着 ロンドン発	移動
3	17	土	リロンゲ着	〃
4	18	日		団内打合せ
5	19	月		水利局へドラフト・ファイナルレポート説明
6	20	火		大蔵省 表敬, 打合せ
7	21	水		水利局及び大蔵省とミニッツ協議
8	22	木		ミニッツ調印 水利局打合せ
9	23	金		水利局及び建設・供給省打合せ
10	24	土	リロンゲ発	移動
11	25	日	ロンドン着 ロンドン発	〃
12	26	月	東京着	帰国

調 査 団 員 リ ス ト

団 長	中村 欣功	国際協力事業団
給 水 計 画	高久 昭紀	日本技術開発㈱
機 材 計 画	中村 栄	〃

