

第7章 プロジェクトと無償資金協力

7-1. 協力内容

すでに述べたように、当国における地下水開発の需要は非常に高い。しかしながら、Ministry of Water Developmentの歴史も浅く、又、地下水開発のための組織を確立するには、人的手当と資機材購入のための外貨も必要となり、現地政府の意にまかせぬまま今日に至っている。従って、現地政府では、必要な地下水開発を民間企業に外注してきた。しかしながら、さく井業務を民間企業に外注する事はトラブルも多く、コスト面でも割高となる。従って、政府では直営のDrilling Divisionを拡充し事態の好転を意図している。特に地下水開発需要の高いカジアド/ナーロック地区の本事業には、プロジェクト専用のさく井チームを直営で運営する事に方針決定がなされた。本プロジェクトにおいて我国に対する協力要請は、これに必要な資機材の供与である。

7-2. 資機材の選定基準と数量およびその仕様

本事業の重要性および事業内容と実施機関であるMinistry of Water Developmentの現状を勘案し、協力に必要な資機材のリストを作成した。

リスト作成にあたっては、以下の項目に示すような考慮を払った。

- ① 全体の作業量、即ち、約60～80本の井戸を建設する事を考えボーリング機械の台数を決定した。
- ② ボーリング機械は、機械本体以外に付属機械が必要であるので、一連の作業が支障なく遂行できるセットとした。
- ③ 資材、スペアパーツ等は全体の作業量に見合う4年分のものでした。
- ④ 機種を選定は、事業計画対象区域内の地質、水理地質条件等を考えて行った。
- ⑤ 我国で調達可能な資機材は、全て我国製としたが、特に現地で通常使用されているもので我国の製品では、支障をきたすものは外国製品とした。
- ⑥ 仕様書は公開入札に使用される事を想定して定めた。
- ⑦ 各品目の優先順位は、井戸建設作業に不可欠なものを第一にし、予算に応じて現地政府が補充できるよう配慮した。

通常のロータリー式ボーリングマシンの耐用年数は4～6年と考えられる。又、手順良く作業を遂行すれば移動に必要な時間も含めて、1ヶ月に150m程度の井戸が1本建設

できると考えられる。作業効率を70%程度と考えると、1組のさく井チームが年間約8本から10本の井戸を完成することが可能である。したがって、2組のさく井チームが発動すれば大略50m～150mの井戸を年間15本～20本の割合で建設できることになる。

ケーシングの数量は、井戸の深度が50m～150mの巾にあり、サイトの数が66ヶ所であるが、何ヶ所かでは1本の井戸では水量に不足があると思われるので、その余裕もみて総延長10,650m分が必要と考えられる。

7-3. 供与資機材の概算見積

必要な資機材の概算見積は、約11億円と思われる。詳細は表-19に示す。

7-4. 調達の方法

本無償資金協力事業は、協力に伴うエンジニアリングサービスは特に必要とされないが、現地政府では同種の外国援助を得る場合は、援助国の協力を得て資機材の調達を行う場合が多い。したがって、入札および落札に係る経験が豊富にであるとは言いがたい。そこで本件の場合も、資機材の調達に係る入札、落札にはコンサルタントの利用を考えた方が支障なき作業の遂行が期待出来る。

7-5. プロジェクトコストと無償資金協力

すでに述べたように、本プロジェクトにより提供される給水施設はごく簡単なもので、水源、貯水槽、蛇口、カトルトラフ、およびそれらを連絡する配管だけである。したがって総工費に占める水源費は重要な項目であり、これを我国の協力により賄う予定である。この事は総工費の概算188億円に占める協力資機材の概算11億の数字からも明らかである。コスト面での本無償資金協力の本プロジェクトに対する寄与率は約60%にのぼる。加うるに相手国政府内に本協力によりボーリングチームが2組編成される効果をも考えると、本協力の持つ意義は非常に大きいと考えられる。

表-19 資機材のリストと概算見積

		¥ x 10 ⁶
01.	Deep Well Drilling Equipment	2 units 204
02.	Operation Accessories for Direct Mud Circulation	2 sets 150
03.	Submersible Type Pumping Test Equipment	2 units 12
04.	Well Logging Test Equipment	2 units 20
05.	Mobile Workshop	1 unit 20
06.	Mud and Foam Materials	1 lot 15
07.	Miscellaneous Materials	1 lot 20
08.	Spare Parts for Four (4) Years Operation	1 lot 100
09.	Transportation Equipment	1 lot 120
10.	Well Casing and Screen	1 lot 125
11.	Mono Pump and Engine Unit	60 units 150
12.	Camping Equipment	1 lot 70
13.	Communication Equipment	1 lot 3
		¥1,009,000,000 x 110%
		= <u>¥1,109,900,000</u>

第8章 プロジェクト実施に関する提言

当無償資金協力に関して調査^国は次の様な提言をしたい。

- 1) 支障なき資機材の納入を計るために、資機材調達に係る入札・落札に、コンサルタントの利用が望まれる。本件はケニヤ政府の強い要望でもある。
- 2) ボーリング機械は、複雑な異なった機械の組合せにより構成されているので、運転をスムーズに行うためのトレーニングは不可欠である。他国からの同様な協力の場合も必ず機械の運転手と整備工を派遣している。又、相手国政府からもオペレーター2人と整備工1人について6ヶ月～1年間のサービスを強く要請された。可能ならば引続き2年間の技術協力が望ましい。
- 3) 現在、相手国政府には種々の援助機関からの援助計画が実施中であるが、夫れの例も Ministry 内に Coordinator としての専門家が夫々援助機関から派遣されている。この Coordinator の機能は、援助事業が支障なき様、側面的に事業を Support する、どちらかという行政的性格を持つものである。したがって、本件に関しても地方水道施設計画設計の専門家を派遣する事が望ましい。
- 4) 要請を受けた機材の中には、電気探査機器も入っているので、現地人スタッフの日本でのトレーニングも必要である。

最後に、当国ではすでに述べた様に種々の援助機関からの援助が与えられており、地方給水計画に係るコストも約50%は外国援助によるものである。したがって同Ministryでは現行の開発5ヶ年計画に(1979年～1983年)総額4,800 Millionの予算化が計画されている。これは、国防を除くと、文部省、農務省に次ぐ第3位の予算額である。

しかしながら、多額の外国援助があり、それに対する Local Counterpart としての内貨分を考えると、この予算額もまだ不十分である場合も多い。同様に Local Manpower も各援助プロジェクトに食われて、現地政府のスタッフは不足気味である。したがって、本プロジェクトに対する協力に関しては、現地政府の本協力に対する現地政府側の人員の手当、Local Cost の配慮等十分な確認が必要と考えられる。

第6章でも述べたように、ボーリングチームは総勢13～15人で1チームとなり、必要に応じては2交代、3交代で現場作業を行う。

したがって、ボーリング機械2組分が無償資金協力として実施された場合は、合計26～30人の人間が必要となる。チームの中心となる Supervisor Driller は現有職員を当てるとして、助手その他の人数は新規採用となる事も考えられる。

当プロジェクトの必要な予算総額は約19億円相当になるものと考えられる。この内無償資金協力が実施された場合は、この内水源の手当に協力する事になるが、さらに必要な水源施設以外の給水施設、たとえば、貯水タンク、共合水栓、配管等は現地政府のLocal Costの予算化が不可欠である。(第7章参照)

以上の他、地下水開発に関するこの種の協力事業のもう一つの重要な問題は、供与資材の仕様の決定である。地下水の可能揚水量は、掘削が終り揚水試験の結果が得られるまで明確にならない。

したがって、地下水調査結果だけで必要な資材の仕様、即ちポンプの容量(揚水容量と揚程)の決定をせざるを得ない場合は、選定ポンプ容量が100%実際に必要な容量と適合する事は不可能に近い。

したがって、今回のポンプの仕様については余裕のある選定が必要である。又、電源の得られない所も多い事や、水中ポンプの修理が近くでできない事等を考えて、メカニカルなモノポンプを選定した。モノポンプの場合は、エンジンの回転数の調節により揚水量の調節もある程度可能である。

A P P E N D I X 1

無償資金協力の資機材の仕様と数量

KAJIADO - NAROK UNDERGROUND

WATER DEVELOPMENT PROJECT

TECHNICAL SPECIFICATION

FOR

WATER WELL DRILLING MACHINES AND EQUIPMENT

FOR

PRODUCTION WELLS

TECHNICAL SPECIFICATION FOR WATER WELL DRILLING
MACHINES AND EQUIPMENT FOR PRODUCTION WELLS

- CONTENTS -

01.	Deep Well Drilling Equipment	2 Units
02.	Operation Accessories for Direct Mud Circulation	2 Sets
03.	Submersible Type Pumping Test Equipment	2 Units
04.	Well Logging Test Equipment	2 Units
05.	Mobile Workshop	1 Unit
06.	Mud and Foam Materials	1 Lot
07.	Miscellaneous Materials	1 Lot
08.	Spare Parts for Four(4) Years Operation	1 Lot
09.	Transportation Equipment	1 Lot
10.	Well casing and screen	1 Lot
11.	Borehole Pump Unit and Diesel Engine	60 Units
12.	Camping Equipment	1 Lot
13.	Communication Equipment	1 Lot

S P E C I F I C A T I O N

0.1. Deep Well Drilling Equipment 2 Units

Quantity Required: two(2) complete units

1.1.1 General: The equipment shall be truck mounted rotary type drilling rig and used for water well drilling in alluvial and hard formations.

The equipment shall have drilling capacity of:

Drill pipe	Drill Depth
2 - $\frac{7}{8}$ "	750 (m)
3 - $\frac{1}{2}$ "	600 (m)
4 - $\frac{1}{2}$ "	Min. 250 (m)

All accessories for the satisfactory operation of the equipment shall be furnished whether or not the details are given herein.

The bidder shall submit the accurate layout drawings of the equipment to be offered.

1.2. Rig Frame: The rig frame independent from the truck chassis shall be fabricated with the shaped and structural steel and suitably reinforced. The frame shall be covered with a suitable nonslip plates where needed. All equipment, two large tool boxes for carrying hand tools and spare parts shall be separately supplied in two large and two small boxes with handle. All moving parts such as torque tubes, chain drive, etc. shall be covered with safety guards.

1.3. Pull Down: The mechanism of pulling up and down is driven by hydraulic cylinder combined with roller chains, having sufficient maximum thrust capacity, feed stroke, feed speeds for drilling purpose and necessary quick pull down is also required.

1. 4. Drawworks: Drawworks shall be equipped with free-falling mechanism to enable quick lowering the drill strings and automatic rock is required. -
- Main Drum: Single line pull shall have maximum capacity of more than 5 ton and line speeds shall be 0 - 60 m/min.
- Sand line: Single line pull shall have maximum capacity of more than 2.5 ton and line speeds shall be 0 - 60 m/min. or equivalent capacity of air lift system for functional borehole cleaning.
1. 5. Mud Pump: The mud pump shall be double duplex reciprocating mud pump having a rated capacity of not less than 800 L/min. at maximum working pressure of 20 Kg/cm².
- The pump shall be driven from the main transfer case through clutch and mechanical drive. The pump shall be equipped with surge chamber, check valve, relief valve and pressure gauge.
1. 6. Mast: The mast shall be fabricated with the shaped and structural steel and electrically welded with rigid structural sections. The mast shall have a rated capacity of 25,000 kg. and hook load capacity of 12,500 kg. respectively, and a minimum clearance above the rotary table of 10.0m. The mast shall be raised and lowered by two double acting hydraulic cylinders with safety devices.
1. 7. Power Unit: An independent deck mounted diesel engine or truck diesel take off, driving mud pump, hydraulic pump for drawworks or power swivel in case of top drive type, 4 cycle, 6 cylinders, water-cooled, continuous output shall not be less than 200 PS at 1,800 rpm. for using 1,500 to 2,000m altitude.
1. 8. Breakout System: Hydraulic cylinder type breakout system operating with tubing tongs.
1. 9. Levelling Jacks: The equipment shall be fitted with preferably mechanical four levelling jacks fully equipped with safety devices and fully capable of lifting the equipment. The jacks shall be enclosed in housing to prevent dirt from damaging rod chromed surfaces.
1. 10. Controls: All the controls and gauges required for the drilling and rig operation shall be grouped and fitted at the driller's control panel and platform.
1. 11. Lightings: The equipment shall be arranged with the lightings, on the mast, rig frame and working areas required for the night operation.
1. 12. Truck: The truck to be mounted with the rig shall be 6 x 6 drive, heavy duty, right hand drive with hydraulic booster, and bonnet type truck with cab of latest model of common make available in Kenyan market for easy services and spare parts.
- GVW shall be not less than 21,000 kg. Towing jacks are necessary on front and rear.
1. 13. Engine: The truck shall be powered by a suitable water-cooled, 6 cylinders, 4-cycle diesel engine having a sufficient maximum output capacity not less than 200 HP. The radiator, oil filters and air cleaner shall be designed in consideration of the severe conditions at the working site.

- 1.14. Clutch: Dry single plate with damper springs, clutch disc and hydraulic with air booster control type.
- 1.15. Transmission: The truck shall be equipped with a transmission with at least 5 speeds forward and 1 reverse.
- 1.16. Brakes: The truck shall be equipped with service brakes acting on all wheels by compressed air and parking brake.
- 1.17. Rear Axle: Full-floating, double-reduction single speed by hypoid and helical gearings, tandem axle, dual drive.
- 1.18. Front Axle: Full-floating, double-reduction single speed by spiral bevel gearings with constant velocity universal joints.
- 1.19. Steering: Recirculating ball, with hydraulic booster assisting linkage.
- 1.20. Springs and Shock Absorbers: The heavy duty leaf springs and shock absorbers shall be provided.
- 1.21. Tires: The truck shall be equipped with 6 wheels with off-the-road tires and one complete spare wheel with tire and tubs.
- 1.22. Cab and Accessories: The cab of truck shall be fabricated with steel with full vision safety glass and equipped with driver's seat, doors with locks, gauges and meters, windshield wipers, outside rear view mirrors. Other manufacturer's standard accessories and instruments such as lights, signals, lamps, horn, batteries, etc. shall be furnished with.
- 1.23. Standard Accessories: Each 1 set of standard tools for drill unit, pump engine and truck. 1 No. of jet hopper mixer with 75 mm hose connection. 1 set of guy line cable with accessories. Each 2 sets of parts list and operation manuals.
- 1.24. Injection System: Displacement 3.9 to 6.4 GPM. pressure 500 to 600 psi Lubricator for the hammer adjustable capacity 0 to 2 liters/hour for 10 hours operation with level indicator.
- 1.25. Portable Air Compressor: Screw type 250 psi, 750 cfm, trailer mounted type equivalent to XHP 750 - SGM. Ingersoll-Rand.

02.	OPERATING ACCESSORIES FOR DIRECT MUD CIRCULATION (DIRECT MUD CIRCULATION DRILLING)	2 SETS
	The manufacture shall supply the following accessories for operation of direct mud circulation or approved equivalent to the satisfaction of the engineer.	
2.1	Flush joint drill pipe, 4-1/2" O.D. with tool joints and thread protectors on both ends, approx. 3m long	200 nos. (300m/unit)
2.2	Drive, rod, 3-1/2 IF x 120mm x 2.5m or Kelly, round 3-3/4" with 3 flutes and 1" drive pin, 23ft long, lame hardend.	2 nos.
2.3	Drill collar, 6-1/4 O.D. 3m long, approx. 405 kg. with 4" IF box to pin connections and thread protectors	10 nos.
2.4	Three cutter rock roller bit, size 6 with 3-1/2 REG pin joint, for hard formation	10 nos.
2.5	- do - size 7-7/8" with 4-1/2 REG pin joint, for hard formation	30 nos.
2.6	- do -, size 9-7/8" with 6-5/8 REG pin joint, for hard formation	15 nos.
2.7	Three cutter rock roller bit, size 13-3/4" with 6-5/8 REG pin joint, for soft formation	8 nos.
2.8	Subs and adapters:	
	a) Drive rod sub, 3-1/2 IF box to pin connection or Kelly head adaptor	4 nos.
	b) Sub. between drill pipe and drill collar, 3-1/2 IF box to 4" IF pin	4 nos.
	c) Bit sub. 4" IF box to 6-5/8 REG box	6 nos.
	d) Bit sub. 3-1/2 IF box to 3-1/2 REG box	4 nos.
2.9	Heavy duty water swivel, 12 ton capacity, with 3-1/2 IF left hand and 75 mm hose connection.	1 nos.
2.10	Hoisting swivel, telescoping type, with 3-1/2 IF pin connection	4 nos.
2.11	Lifting plug for drill collar, 4" IF pin connection	2 nos.
2.12.	Drill collar spider to be mounted on the drilling rig, with slips for 6-1/4" drill collar and 3-1/2 IF drill pipe.	2 sets
2.13	Break-out tong for 3-1/2 IF drill pipe	2 sets
2.14	- do -, for drill collar	2 sets
2.15	Swing hanger, 3-1/2"	2 nos.
2.16	Hoisting wire rope with safety clevis	2 rolls
2.17	Wire rope with safety clevis for sand line.	2 rolls
2.18	Travelling block, size 380 mm, single sheave.	2 nos.

2.19	Hoses with fittings:	
a)	Suction hose with quick couplings, 150mm x 4.5 m long	2 nos.
b)	Foot valve with flange, 150 mm	2 nos.
c)	Delivery hose, high pressure type, 75 mm x 6 m long	2 nos.
d)	By-pass and mixer hose, high pressure type, 75 mm x 6 m long	2 nos.
2.20	Hydraulic jacks, 50 ton capacity	4 nos.
2.21	Taper tap for 3-1/2 IF drill pipe	2 nos.
2.22	Bit breaker for 10-5/8" bit	2 nos.
2.23	- do -, for 12-1/4" bit	2 nos.
2.24	Operating hand tools:	2 sets
a)	Super tong, ST-2	4 nos.
b)	- do -, ST-3	4 nos.
c)	Pipe wrench, 900 mm	4 nos.
d)	- do -, 600 mm	4 nos.
e)	- do -, 450 m	4 nos.
f)	Sledge hammer with handle, 4.5 kg	2 nos.
g)	Engineering tools kit such as steel level, socket wrench set, files, chisels, etc.	2 sets
h)	Steel tool box with lock and key, large size	2 nos.
2.25	Miscellaneous supplies:	
a)	Manila rope, 20 mm x 30 m long	2 rolls
b)	Snatch block, single sheave, 200mm	2 nos.
c)	- do -, double-sheave, 200 mm	2 nos.
d)	Hand winch with steel cable	2 nos.
e)	Oil jug	4 nos.
f)	Oiler, jet type	4 nos.
g)	Shovel with handle, round point	4 nos.
h)	- do -, square	4 nos.
i)	Pick with handle	4 nos.
j)	Chain block, 5 ton capacity	2 nos.
k)	Wire sling, 12.5 mm x 6 m long	4 nos.
l)	- do -, 12.5 mm x 3 m long	8 nos.
m)	- do -, 12.5 mm x 1.5 m long	8 nos.
n)	- do -, 18 mm x 1.5 m long	4 nos.
o)	Bench vice, 150 mm	2 nos.
2.26	Buckets carrying cans oil containers	2 sets.
2.27	Water tank 5m ³ capacity	2 sets
2.28	" " 3m ³ "	2 sets

2.29	Hard rock drill hammer and sub. to fit drill collar for 6" equivalent to Mission B53-15	2 sets
2.30	Hard rock drill hammer and sub. to fit drill collar for 8", 10" equivalent to Mission A63-15	4 sets
2.31	Thread compound containing 40 per cent finely powdered metallic zinc. or approved equivalent	1 lot
2.32	6" button drop center	30 nos.
2.33	8" " "	20 nos.
2.34	10" " "	10 nos.
2.35	High pressure air hose 3" I.D. x 10m	2 nos.
2.36	Spare parts for two years complete one lot consists of:	1 lot
	a) Tob sub	
	b) Drive sub	
	c) Check valve dart	
	d) Check valve spring	
	e) Choke	
	f) O - ring for piston and for bit retainer ring	
	g) Piston	
	h) piston retainer ring	
	l) Bit retainer ring.	
2.37	Disassembling tools for hammer	2 sets
03.	<u>Submersible Type Pumping Test Equipment</u>	<u>2 Units</u>
3-1.	Submersible electric motor pump for 150 mm size wells, 15 stages, TDH 100 m, discharge 200 liters/min, 400 volts, 50 Hz, 7.5 KW, 2,900 rpm.,	2 nos.
3-2	Submersible electric motor pump for 200 mm size wells, 4 stages, TDH 50 m, discharge 400 liters/min., 400 volts, 50 Hz, 7.5 KW, 2,900 rpm.,	2 nos.
3-3	Accessories including star-delta switch, electric cable with necessary bundle for cable fixing valves, discharge pipes for 2" flush with attachment and tools for maximum installation of 100m.	2 units
3-4	Measuring box with drain valve, approx. dimension shall be 0.5m x 0.8 m x 1.0 m.	2 nos.
3-5	Portable diesel generator for the test pump, rated output 19 KVA, 50 Hz, 400 volts, and with 20 m captyre cable	2 units

0 4. TESTING EQUIPMENT

2 UNITS

4-1 Electric log measuring unit 1 unit

Well logger to include the following items, functioning and capability shall be equivalent to geologger 300:-

- a) Portable well logger with power supply to operate from external 12 volt vehicle battery.
- b) Recorder: Self balancing recorder with acrylic dust cover, synchronized with sheave pulse at scales 1/100, 1/200.
- c) Modularised measurement system to include long and short normal resistivity, temperature and caliper sonde.
- d) Self potential and resistivity probes to facilitate. Long and short normal resistivity. Self potential logging.
- e) Hand winch with measuring sheave and chart synchronization, to take three hundred meters of logging cable.
- f) Three hundred meters of logging vinyl cable with cable header.
- g) All necessary connecting cables complete with plugs and sockets.
- h) Five rolls of chart paper
- i) All necessary surface electrodes.
- j) Well head tripod.
- k) Carrying case for surface equipment.
- l) Operating manual - 2 copies
- m) Maintenance manual - 2 copies.
- n) Other necessary items.
 - Battery (12V, 32A)
 - Battery charger
 - Test tools.

4-2 Electric log measuring unit 1 unit

One complete unit consists of the following items. Functioning and capability shall be equivalent to geologger 3000.

- a) Portable logging system have hard aluminium with air-tight top system case, electric unit, density unit, linear ratemeter unit, measuring unit, recording unit, power unit. depth counter handwinch and necessary probes for resistivity - SP, micro - resistivity, caliper temperature, density and natural gamma.
- b) Recorder: Automatic balance method with 10 cm width of paper, feltpen, input impedance 5 m input sensitivity 10 mV. S. accuracy # 1 % F.S.
- c) Measuring range: 5, 10, 50, 100, 500 1K, 5K, 10K -m resistivity is directly displayed by calculating circuit.
- d) Three hundred meters of logging vinyl cable with cable header.

- e) All necessary connecting cables complete plugs and sockets.
- f) Five rolls of chart paper
- g) Carrying case for surface equipment.
- h) Two copies of maintenance/operation manuals.
- i) Battery (120) battery charger, test tools

REMARKS:

The geophysical well logging equipment supplied shall be robust construction but highly portable and capable of operating in ambient temperatures of between 10C and 35C and high humidities common in tropical climates. All electric component boards and soldered connections shall be tropicalized with varnish or other sealant. The equipment is capable of withstanding long journeys over very rough roads.

4-3	Electric conductivity meters, transistorized, with extra conductivity cell	6 nos.
4-4	Water level indicator to measure water level in the borehole, battery operated, with double electric cable, capacity 200 meters.	4 nos.
4-5	Portable water analysis laboratory kit for Fe, Mn, F and PH valve.	2 nos.
4-6	Solar Electric calculator	4 nos.
4-7	Seismic prospecting instruments	1 set
	1) Seismic Amplifier	1 no.
	(Specifications)	
	Amplifier unit:	
	Channels	24
	Gain	90 dB
	Input impedance	215 ohm
	Frequency characteristics	3 to 5 KH
	Control unit:	
	Oscillator	Frequency 12.5, 25, 100Hz. PU test/leak
	Control circuits	telephone circuit/si mark circuit.
	Power:	DC 12V, Max. 1.5A.
	2) Oscillographs	1 no.
	(Specifications)	
	Channels	32
	Optical arm	200 mm.
	Lamp	Halogen
	Timing	
	Recording width	Whole width
	Lamp	Xenon lamp
	Line	10 m sec, 50 m sec.
	Accuracy	0.1%
	Recording	
	Paper speed	15, 30, 60, 100 cm

	Auto drive	1 to 10 sec.
	Recording paper	6 in. x 100 ft.
	Power	DC 12V, Max. 5A.
3)	Blaster	2 nos.
	(Specifications)	
	Detonating voltage	200V.
	Attaching circuits	Shot mark circuit/cap test/remot control/battery check.
4)	Take-out cable for 24 channels 10m interval	200m x 2 nos.
5)	Land cable for 24 channels	200m x 1 nos.
6)	Telephone cable	500m x 2 nos.
7)	Connector between amplifier and land cable, land cable and take out cable.	
8)	Cable reel	3 nos.
9)	Geophone 14Hz, Marsh-type	30 nos.
10)	Storage battery 12V	2 nos.
11)	Charger for battery	1 no.
12)	Lead cable for blast	100 m x 3 nos.
13.	Oscillopaper 6 in x 100 ft.	80 nos.
14)	Shading sheet	2 sheets
15)	Spare parts and other consumption material	1 set
16)	Engineering tools	1 set
0 5.	<u>MOBILE WORKSHOP</u>	<u>1 UNIT</u>

5-1 Heavy duty mobile workshop truck,
diesel driven 4 x 4 right hand steering.

The truck shall have following specifications.

Engine: Diesel, 4 cycle, vertical, 6 cylinders, in-line
over head valve, water-cooled, maximum output
of 190 HP at 2,350 rpm. and maximum torque of
65 mkg at 1,200 rpm. or equivalent.

Transmission: Five forward speeds and one reverse all
constant mesh.

Rear axle: Full-floating, single-reduction, single-
speed by spiral bevel gearings.

Steering: Recirculating ball with hydraulic booster
assisting linkage.

5-2 Diesel engine driven 250A AC welder with 5KVA AC generator

5-2-1. DC Arc Welder

Type:	Drip-proof type	
Capacity:	8.75 kw	
Voltage:	35 v	
Current:	250 A	
Range of current regulation:	30 A - 250 A	
Revolution:	1,500 rpm. at 50 Hz (1,800 rpm. at 60 Hz)	
Duty cycle:	60%	
Control panel:	Pilot lamp	1 pc.
	DC ammeter	1 pc.
	DC voltmeter	1 pc.
	Welding terminal	1 pair
	Welding current regulator w/handle	1 set
	Filed regulator w/handle	1set
	Polarity change switch	1 pc.

5-2-2 AC Generator

Type:	Static self-excited system revolving armature type.	
Capacity:	5 KVA:	
No. of phase:	Three	
Voltage:	200 V	
Frequency:	50 Hz (60 Hz)	
Revolution:	1,500 rpm. (1,800 rpm.)	
No. of pole:	4	
Power factor:	80%	
Control panel:	AC ammeter	1 pc.
	AC voltmeter	1 pc.
	Voltage regulator w/handle	1 pc.
	No. Fuse breaker	1 set
	Distribution switch board:	1 set.

5-2-3. Diesel Engine

Type:	Air-cooled 4 cycle diesel, 3 cylinder.
Output:	36.5/1,800 rpm.

5-2-4. Welding Tools

1)	Electric cord, 20 m.	2 pcs.
2)	Helmet	1 pc.
3)	Leather gloves	1 doz.
4)	Welding holder	2 pcs
5)	Wire brush	1 pc.
6)	Hammer	1 pc.
7)	Earth clip	2 pcs
8)	Welding shielf, helmet type	2 pcs
9)	Glass for above	4 pcs
10)	Plate for above	4 pcs
11)	Welding rod, 4 mm	10 kg.
12)	- do -, 3.2 mm	10 kg.

5-3. Oxy-acetylene cutting, welding & brazing equipment

1)	Oxygen container, 46 lit	1 pc.
2)	Acetylene container, 41 lit	1 pc.
3)	Pressure regulator for acetylene	1 pc.
4)	Pressure regulator for acetylene	1 pc.
5)	Cutting torch set	1 set
6)	Welding torch set	1 set
7)	Acetylene hose, 20 m	1 pc.
8)	Oxygen hose, 20 m	1 pc.
9)	Welding goggles	1 pc.
10)	Hose band, stainless	4 pcs.
11)	Welding rod, mild steel, 20 ϕ mm	3 kg.
12)	- do -, 26 ϕ mm	3 kg.
13)	- do -, 32 ϕ mm	3 kg.
14)	- do -, cast metal, 6.0 mm	3 kg.
15)	Lighter	1 pc.
16)	Welding gloves	1 pair.

5-4. Lubrication equipment

1)	Grease gun, high pressure level type, 200 cc	1 pc.
2)	Extention pipe, 2"	2 pcs.
3)	Extention hose, bottom head type	1 pc.
4)	Extention hose, with coupling	1 pc.
5)	Oil measure, 1 lit.	1 pc.
6)	Oil measure, 2 lit.	1 pc.
7)	Rotary pump	1 pc.
8)	Piston oiler	1 pc.
9)	Drum can opener spanner	1 pc.
10)	High pressure grease puap	1 set.

5-5. Electric equipment

1)	Electric drill, 6.5 mm	1 set
2)	- do -, 13 mm	1 set
3)	- do -, 20 mm	1 set
4)	- do -, bench type	1 set
5)	Electric grinder, bench type	1 set
	205 mm w3grinder wheel	
	fine 2 pcs.	
	medium 2 pcs.	
	coarse 2 pcs.	
6)	Electric portable grinder	1 set
	100 mm w/grinder wheel	
	fine 2 pcs.	
	medium 2 pcs.	
	coarse 2 pcs.	
7)	Ignition wrench, metric	1 set
8)	Battery terminal plier	1 pc.
9)	Screw driver, insulated plastic driver	1 pc.
10)	Screw driver, insulated plastic driver	1 pc.
11)	Screw driver, spark testing high tension	1 pc.
12)	Iron, electric solding iron, 200W	1 pc.
13)	Paste soldering 400 g	1 pc.
14)	Solder 1 kg	1 pc.
15)	Cutting plier, 200 mm	1 pc.
16)	Nipper, 150 mm	1 pc.
17)	Plug gap gauge	1 pc.
18)	Plastic hammer, 450 g	1 pc.

19)	Hydrometer	1 pc.
20)	Battery flier	1 pc.
21)	Tachometer	1 pc.
22)	Volt ampere meter	1 pc.
23)	Megger, 500V 1 - 100 Mohm	1 pc.
24)	Extension cord 25 m w/plug & consent	1 pc.
25)	Battery charger 50A	1 set
5-6)	Air Compressor	
1)	Air compressor, 0.4 kw	1 set
2)	Air hose, 10 meter	1 set
3)	Spray gun	1 set
4)	Air gun	1 set
5-7.	Hydraulic press 10 ton	
1)	Hydraulic press 10 ton	1 set
5-8.	Diesel engine service equipment	
1)	Nozzle tester	1 set
2)	Diesel compression gauge	1 set
3)	Special service tool set for injection pump	1 set
4)	Adjustable reamer (11 pc./set)	1 set
5)	Screw extractor	1 set
6)	Cylinder gauge (50-150m/m) Carl-Mahr type	1 set
7)	Lapping compound 450 g	1 pc.
5-9.	Gasoline engine service equipment	
1)	Compression gauge	1 set
2)	Vacuum gauge	1 set
3)	Plug service set	1 set
4)	Timing light	1 set
5)	Plug wrench set	1 set
5-10.	Tire service equipment	
1)	Pressure gauge, 10 kg/cm ²	1 pc.
2)	Tire lever, 450 mm	1 pc.
3)	Tire lever, 510 mm	1 pc.
4)	Valve repair	5 pcs.
5)	Hot pach, 30 pcs./set	5 pcs.
6)	- do -, 30 pcs./set	5 pcs.
7)	- do -, 18 pcs./set	5 pcs.
8)	Clamp	2 pcs.
5-11.	Machinist tools set	
1)	Hack saw blade, length 250 mm, width 1/2"	6 doz.
2)	Caliper, firm joint, outside 200 mm	1 pc.
3)	Caliper, firm joint inside 200 mm	1 pc.
4)	Micrometer caliper outside 0-150 mm	1 set
5)	Chisel	
	Chisel, cape 7 x 180 mm	1 pc.
	Chisel, flat 10 x 140 mm	1 pc.
	Chisel, flat, 13 x 160 mm	1 pc.
	Chisel, flat, 16 x 180 mm	1 pc.
	Chisel, flat, 19 x 185 mm	1 pc.
6)	Divider spring, 200 mm	1 pc.
7)	File set in cloth case w/handle	1 pc.

	File flat bastard, 250 mm	1 pc.
	File flat medium, 250mm	1 pc.
	File flat smooth 250 mm	1 pc.
	File round, bastard, 250 mm	1 pc.
	File round, medium, 250 mm	1 pc.
	8) Needle file, (12 pcs./set)	1 set
	9) Hack saw, adjustable, 200 - 300 mm	2 pcs.
	10) Goggle	1 pc.
	11) Center gauge	1 pc.
	12) Gauge, screw pitch (4 pcs./set)	1 set
	13) Copper, hammer, 1 lb. w/handle	2 pcs.
	14) Ball peen, hammer, 1 lb. w/handle	1 pc.
	15) Ball peen hammer, 2 lg. w/handle	1 pc.
	16) Oil push button	1 pc.
	17) Plier, combination, 200 mm	2 pcs.
	18) Plier, combination, 200 mm	2 pcs.
	19) Combination, punches, in wood case set	1 set
	20) Steel rule, folding 1 m	1 pc.
	21) Steel rule, 600 mm, straight	1 pc.
	22) Screw driver, insulated handle, 150 mm	1 pc.
	23) Screw driver, insulated handle, 250 mm	1 pc.
	24) Screw driver, through type, small, 100 mm	1 pc.
	25) Screw driver, through type medium, 200 mm	1 pc.
	26) Screw driver, through type large, 250 mm	1 pc.
	27) Screw driver, philips type 218 mm	1 pc.
	28) Screw driver, philips type 283 mm	1 pc.
	29) Screw driver, philips type 255 mm	1 pc.
	30) Combination square set	1 set
	31) Oil stone 8" x 2" x 1"	1 pc.
	32) Wrench, adjustable 8"	2 pcs.
	33) Wrench, adjustable 12"	2 pcs.
	34) Wrench, adjustable 450 mm	2 pcs.
	35) Socket wrench 1/2 sq. drive (13 pcs./set)	1 set
	36) Breast drill 1/2"	1 pc.
	37) Scraper 9"	1 pc.
	38) Surface plate, 300 x 450 mm	1 pc.
	39) Surface gauge, 200 mm	1 pc.
	40) Dial indicator w/magnet stand	1 pc.
	41) V block, 100 mm (2pcs./set)	1 set.
5-12	Forge and anvil	
	1) Anvil cast steel 50 kgs.	1 pc.
	2) Tongth blacksmith, round	1 pc.
	3) Tongth, flat	1 pc.
	4) Tongth, straight type flat	1 pc.
5-13.	Machinist vice	
	1) Reed type vice, 100 mm	1 set
	2) Swivel vice, 100 mm	1 set
5-14.	Tap and dies	
	1) Screw plate, 1/4" - 1"	1 set
	2) Screw plate, 6-18 mm	1 set
5-15.	Work bench.	2 sets.

- 5-16. Wrench and others
- | | | |
|-----|--|--------|
| 1) | Heavy duty socket wrench 1/2 sq. dr. | 1 set |
| 2) | Open end wrench (6 pcs./set) | 1 set |
| 3) | 6x7, 8x10, 11x13, 12x14, 17-19, 22x24 | |
| 3) | Wrench adjustable 450 mm | 1 pc. |
| 4) | Hammer, double face sledge, 10 lbs. | 1 pc. |
| 5) | Vice wrench | 1 pc. |
| 6) | Screw driver, 200 mm | 1 pc. |
| 7) | Screw driver, 300 mm | 1 pc. |
| 8) | Feeler gauge in inch | 1 set |
| | .0015 .002 .004 .006 .003 .008 .010 .12 .015 | |
| 9) | Feeler gauge in mm | |
| | 04 .05 .06 .07 .08 10 .15 .20 .30 | 1 set |
| 10) | Thickness gauge, 25 leaves in metric | 1 pc. |
| 11) | Pry bar 400 mm | 1 pc. |
| 12) | Pinch bar 400 mm | 1 pc. |
| 13) | Puller, slider hammer | 1 pc. |
| 14) | Offset wrench set | 1 set |
| | 8x10, 11x13, 12x14, 17x19, 22x24, 24x27 | |
| 15) | Puller, heavy duty bearing | 1 set |
| 16) | Torque wrench 1,800 cm-kg | 1 set. |
- 5-17. Light and others
- | | | |
|----|----------------------|-------|
| 1) | Flod light w/bracket | 1 pc. |
| 2) | Garage lamp | 1 pc. |
| 3) | Working lamp | 1 pc. |
- 5-18. Fire extinguisher
- | | | |
|--|--|-------|
| | | 1 pc. |
|--|--|-------|

06.	<u>MUD AND FOAM MATERIALS</u>	<u>1 LOT</u>
	a) Full Bentonite,	20 tons
	b) Na-Carboxy methyl cellulose (CMC)	2 tons
	c) Foaming agent for DTH hammer or air-flash drilling (180 liter drum can)	40 nos.
	d) Mud testing equipment including mud balance, funnel viscosity meter, etc.	2 sets.

07	<u>MISCELLANEOUS MATERIALS</u>	<u>1 LOT</u>
	Including steel bar, steel plate, bolt and nuts, wire ropes, angles tee, nipple, pipes, valves, welding materials, cement, mission oil, hydraulic oil etc.	
	The providing materials shall be listed up by the supplier.	

08.	<u>SPARE PARTS FOR MACHINERY AND OTHERS (FOR 2 YEARS NORMAL OPERATION)</u>	<u>1 LOT</u>
	1. Spare parts for drill unit	2 sets
	2. Spare parts for pump unit	2 sets
	3. Spare parts for truck	2 sets
	4. Spare parts for air compressor	2 sets
	5. Supplies for hoses, fittings, slips, water swivel parts, wires etc.	2 sets
	6. Spare parts for pumping unit	1 lot
	7. Supplies for wrenches	2 sets
	8. Spare parts for vehicles	2 sets
	9. Spare parts for other equipment	1 lot.

09.	Transportation equipment	1 lot
	a) a) Station wagon, diesel drive 4x4 right hand driver	2 nos.

The jeep shall have diesel engine 6 cylinders in line, maximum output of 100 ps at 2,3000 rpm and maximum torque of 20 mkg at 2000 rpm or approved equivalent.

Clutch shall have single dry plate with diaphragm springs.

Front axle shall be full-floating hypoid gear drive and semi-floating in rear axle. Brakers is front and rear drums with tandem master cylinders and booster or equivalent.

b)	Heavy duty tank lorry, diesel driven, with 6,000 liters tank 4 x 4 right hand steering.	
	Tank lorry for water transport	2 nos.
	Tank lorry for fuel transport	2 nos.

The tank lorry shall have diesel engine. 4 cycle 6 cylinders in-line over head valve. water-cooled maximum output of 150 HP. at 2000 rpm. with five forward speeds and one reverse transmission. Rear axle shall be full-floating, single reduction, single speed by spiral level gearings. Steering shall be recirculating ball with hydraulic booster assisting linkage or equivalent. Water tank shall be equipped with pumping set valve. Manhole and necessary accessories.

- c) Flat body truck with 3 ton crane diesel driven 4 x 4 right hand steering maximum loading capacity of 7,500 kg. body length 6.5 m with opening on both sides. 2 nos.

The engine shall be diesel 4 cycle 6 cylinders in-line over head valve water cooled and shall have sufficient maximum output and torque capacity.

Transmission shall be in five forward speeds and one reverse, rear axle, full-floating single-reduction single speed by spiral level gearings. Steering shall be recirculating ball with hydraulic booster assisting linkage.

Crane shall have 3 ton capacity at 2 m complete with 2 sectioned fully hydraulic tabscoping 600 m. Hydraulic motor driven winch and hydraulic operated outriggers or equivalent.

- d) 4 wheels-driven tractor with 8 ton trailer 6.5 m length body. 2 nos.

10.	<u>Well Casing and screen</u>	<u>1 Lot</u>
10-1.	10" Well casing pipe Carbon steel pipe for general structural purposes with bevel-end and reinforcement patch. JIS G3444 STK-41 O.D 267.4mm Thickness 6.6 mm, Unit length 6.0m	300 pcs.
10-2.	8" Well casing pipe Carbon steel pipe for general structural purposes with bevel-end and reinforcement patch JIS G3444 STK-41 O.D. 216.3mm Thickness 5.8mm Unit length 6.0m	300 pcs.
10-3.	6" Well casing pipe Carbon steel pipe for general structural purposes with bevel-end and reinforcement patch JIS G3444 STK-41 O.D. 165.2mm Thickness 5.0mm, Unit length 6.0m	1,000 pcs.
10-4.	Stainless steel well screen N.D. 6" JIS G4308 Pipe base wire wrapped screens. Slot opening 0.3 mm and 0.5 mm Unit length 3.0 m Effective length 2.5m	300 pcs.
10-5.	Stainless steel well screen N.D. 8" JIS G4308 - do -	50 pcs.
10-6.	Lowering and lifting casings a) Casing band for 10" casing b) - do -, 8" casing c) - do -, 6" casing	2 sets 4 nos 4 nos 4 nos
11..	<u>Borehole Pump Unit and Diesel Engine</u>	60 units
11-1.	The pump unit shall have the capacity of 6,000 liters per hour at 100 m total head. The pump unit shall be equipped with sufficient power unit to the functional system and with necessary accessories.	30 units
11-2.	The pump unit shall have the capacity of 9,000 liters per hour at 150 m total head. The pump unit shall be equipped with sufficient power unit to the functional system and with necessary accessories.	30 units

12. CAMPING EQUIPMENT

1 LOT

a) Caravan, trailer mount, for
drilling

2 Nos

Type: Single axle trailer mount, with two bed rooms and one locker room.

Trailer: Approx. 6.9 (L) x 2.6(W) x 3.8(H) Max. payload 940 Kg.

Floor: Linoleum, 2.0 mm thickness.

External wall: Aluminium, 1.0 mm thickness.

Interior wall: Decorated plywood, 5.0 mm thickness.

Heat insulator: 100 mm thickness for roof, 50 mm for wall.

Door & window: Aluminium sash.

Electric equipment: 100 or 200V current wiring, embedded in panel.
Illuminator; FL40W x 2 2 Nos. and 20W 1 No.

Accessories: Locker, folding table, one spare tyre and carrier.

b-1) Trailer mounted dining facilities: 2 units

Type: Single axle trailer mount, with one kitchen room.

Trailer: Approx. 6.9(L) x 2.6(W) x 3.8(H) Max. Payload 940 kg.

Floor: Linoleum, 2.0 mm thickness with waterproof plywood.

External wall & roof: Aluminium, 1.0 mm thickness

Interior wall: Decorated plywood, 5.0 mm thickness.

Heat insulator: 100 mm thickness for roof, 50mm for wall.

Door & Window: Aluminium sash.

Electric equipment: The power source shall be 2200 50 HZ 1 phase FL 40 W and FL 20W.

Accessories: Gas table, sink, kitchen table, dining table with chair.

Generator: Diesel generator sound proof type. 19 KTA.

b-2 Camping Tents: 2^mH x 2.5^mW x 2.5^mL 20 nos

b-3 Sheet ZK x 3K 6 nos

b-4 Sheet 3K x 4K 2 nos

13. Communication equipment 3 sets

1) For mobile station in field 3 sets

Frequency range	rated frequency	8.018.5 KHZ
Power	13 KW	
Bandwidth and type of emission	16 F 3	

Simplex operation with high gain
antenna and installation materials

One set of selective calling unit.

A P P E N D I X 2

地 下 水 調 查 報 告 書

目 次

緒 言	2- 1
1. 地域の概要	2- 2
2. 調査の概要	2- 3
3. 気 候	2- 8
3.1 気 温	2- 8
3.2 降 水 量	2- 9
3.3 蒸発散量	2- 10
4. 地形・地質	2- 16
4.1 地 形	2- 16
4.2 地 質	2- 21
4.3 水理地質	2- 25
5. 帯 水 層	2- 29
5.1 水井戸の地質区分	2- 29
5.2 水 位	2- 47
5.3 水 質	2- 51
5.4 水理定数	2- 56
6. 電気探査調査	2- 59
6.1 調査の方法	2- 59
6.2 解析結果	2- 61
7. 結 論	2- 76

添 付 図

添 付 表

Borehole Data

電気探査 $\rho_a \sim (a \text{ or } \frac{AB}{2})$ 解析図

図 番 リ ス ト

図 1	地下水調査実施地区の配置図	2- 5
図 2	ケニヤにおける年平均降水量	2-11
図 3	Kajiado / Narok 付近の地形概要図	2-17
図 4	調査対象地域の集水域	2-19
図 5	ケニヤの地質概要図	2-22
図 6	調査対象地域の地質分布	2-23
図 7	調査対象地域の水理地質概念図	2-27
図 8	調査対象地域の井戸分布	2-31
図 9	調査対象地域の地下水静水位分布	2-49
図 10	地下水の電気伝導度分布	2-53
図 11	ケニヤに於ける地下水水質分布の概念図	2-55
図 12	ケニヤに於ける地下水揚水量分布の概念図	2-58
図 13	電気探査位置概要図	2-63
図 14	Oldonyo Onyokie 付近の水理地質断面図	2-77
図 15	Selengei 付近の水理地質断面図	2-79
図 16	Lengism 付近の水理地質断面図	2-81
図 17	Kenya Marble Quarry 付近の水理地質断面図	2-83
図 18	Ewaso · Kidong 付近の水理地質断面図	2-85
図 19	Nkorokori Lemek 付近の水理地質断面図	2-87
図 20	Olotulunga 付近の水理地質断面図	2-89
図 21	Maji Moto 付近の水理地質断面図	2-91
図 22	Olenkuluo 付近の水理地質断面図	2-93
図 23	Ewaso Ngiro 付近の水理地質断面図	2-95

表 番 リ ス ト

表・1	Talekにおける月平均最高, 最低気温	2- 8
表・2	Nairobi の月平均気温	2- 8
表・3	月別平均降水量	2- 9
表・4-(1)	月別降水量: Kajiado District	2-12
表・4-(2)	" : Narok District	2-13
表・5	調査対象地区の可能蒸発散量	2-14
表・6	水井戸の地質区分	2-29
表・7	水井戸データシート	2-39
表・8	水井戸の水質	2-52
表・9	水理定数算出表	2-56

緒 言

地下水は年間を通じて一定量得られ、かつ温度差少なくまた一般に良質で優れた地下資源であるため、各国のその開発と有効利用の発展は過去約20年の間に目ざましいものがあった。最近は大なる無味乾燥の砂漠の中の地下水開発まで進められている現況にある。

ケニア国政府も第4次5ヶ年計画において、半乾燥地域の飲料水確保を重点項目として掲げ、水源としての地下水開発計画を推進している。本調査も同国政府の要請にもとずきナイロビ南部のRift Valley 州 Kajiado 県及びNarok 県において行われたものである。

本基礎調査及び電気探査は本地域の水理地質的側面から事業の背景を探ぐり、その妥当性を明らかにしようとしたものである。併せて日本より供與した電気探査機2式によるケニア政府カウンターパートのトレーニングも行なったものである。

1. 地域の概要

本調査対象地域を含めたケニア国は、アフリカ東部にあり、北東部のソマリー (Somali)、エチオピア (Ethiopia)、西部でスーダン (Sudan)、ウガンダ (Uganda)、南部でタンザニア (Tanzania) 各国に接する。

東方の一部で印度洋に面し、ほぼ四角い形状を示しており、北緯 $5^{\circ}10'$ 、南緯 $4^{\circ}40'$ 、西経 $33^{\circ}50'$ 、東経 $41^{\circ}50'$ の間にあり、赤道直下に位置する。

面積は日本の約 1.5 倍にあたる 582,646 ㎢ を有するも人口は約 1500 万人に過ぎない。

国の南西部には標高 1500 m 以上の高原が連らなっており、その上に草原、小灌木のサバンナ地帯が分布し、赤道直下にかかわらず平均気温 20°C の温暖な気候にめぐまれる。

北東部では標高 500 m から 200 m の低地帯が広がっており、ほとんど降雨をみない半砂漠地帯が続く。

ケニアは農業国であり、国の中央の比較的降雨量にめぐまれた山岳地帯からビクトリア湖にかけて発達するコーヒー、紅茶、果実、野菜の生産が盛んであり、コーヒーの生産は世界有数の実績を誇り、世界各国に輸出されている。

またケニアでは無数の野生動物が保護されて棲息しており、それを見に訪れる観光客 (約年間 33 万人) は多い。

本調査対象地域の Kajiado-Narok 地域はケニアの南部に位置し延々と続くサバンナ地帯にあり、国の中央の山岳地帯ほど降雨量にめぐまれないため、牧畜が唯一の産業となっている。

この半乾燥地域では、表流水は季節的で大雨期を除いて枯渇しており、地下水資源が唯一の頼りどころとなっている。

今回本地域の住民、家畜の飲料水の安全確保を目的に、この地下水開発を強力に促進しようとするのが、本プロジェクトの主旨である。

2. 調査の概要

本地下水調査は気象、水文、地形、地質、水理、水質及び既存井戸等に関する資料収集を実施し、必要な地区について現地踏査を行い水理地質の側面から地下水開発を考えたものである。

また、現地踏査の実施に際しては、日本国政府より供与された電気探査機器2式を用いて、地下水賦存量の推定を行うと共に、その探査方法をケニア国政府カウンターパートに対し技術移転を行なったものである。

調査の概要は次の通りである。

2.1 地下水調査に係わる資料の収集、分析

地下水開発に関する基本的資料となる気象、地形、地質等の資料収集はナイロビ市内の各担当省庁、部署にて集められた。

地形図に関する資料は Survey of Kenya にて一括して整理されており、本調査対象地区の位置するケニア国南部地域は調査に必要な5万分の1から25万分の1の地形図までよく整備されているが北部地域及び北東部の海岸沿線地域は今後の調査がまたれるところである。

地質図に関しては、工業団地内にある Mine and Geology Department にて Survey of Kenya と同様よく整備されている。

気象、特に降雨量の資料は KAJIADO 及び NAROK 地区に設けられている数ヶ所の測候所の過去30年前後の資料を参考とした。気象に関する資料の整理は現在コンピューターによるこれら資料の統計、整理を始めたところであり、その完成がまたれるところである。

水理地質の構造を明らかにするうえで最も重要な意味をもつ、既存の井戸の諸々の資料は水資源開発省 Geology Section 及び Drilling Section の資料室にて得ることができ、電気検層による Log Map の作成はなされておらず、個々の井戸のボーリングデータ表より電気探査解析上必要となる基礎資料の収集を行なった。

又、既存井戸に設置されている機器設備の現況と維持管理の状況については Operation and Maintenance Branch 等より情報の入手を行ない地下水開発計画案の参考とした。

2.2 現地踏査

電気探査調査及びその探査方法の技術移転を主目的とする現地踏査調査およびその解析は昭

和56年12月4日より翌年1月23日までの期間に行なわれたが、これに先立ち、ケニア政府よりの6名のカウンターパートと数回の打合せを重ね、電気探査実施に関する基本的事項、地下水調査報告書作成に必要な諸種の事項等、十分の打合せを行なった。

2.2.1 現地踏査地区の決定

現地踏査地区の決定に際してはRanch Water Supply Programmにおいて選定された各地区名一覧を基にKajiado及びNarokのDistrict Development Officerとの打合せを重ね、総合的にプライオリティーの高い地区と特に地下水確保が困難な地区を各5ヶ所を決定し、これを電気探査の対象地区とした。(合意書別紙参照)

2.2.2 技術移転

ケニア政府水資源開発省よりの6名のカウンターパートは下記の通りである。

- | | | | |
|----|-------------------|-------------------------------|-----------------|
| 1. | Mr. Justus Ituli | Geologist | Geology Section |
| 2. | Simon N. Njoroge | " | " |
| 3. | Z. K. O. Onyango | " | " |
| 4. | Gilbert M. Barno | Senior Groundwater Inspector, | Geology Section |
| 5. | Paul Munba | Groundwater Inspector | " " " |
| 6. | Julius W. Makindi | " | " " |

3名のGeologistは、入省6ヶ月～1年の経歴であり、通常Senior Geologistの助手として地質調査の業務を行っており、3名のGround Water Inspectorは既設の井戸の状況等を調査しGeology Sectionへ報告する業務を行っている。

今回の技術移転の主たる目的は、供与された2式の電気探査機器を用いて、地下水開発調査の実施実務を移転すると共に電気探査機器の測定操作、維持管理を完全に把握するまで、現地調査の実務を通して、訓練することである。従ってKajiado, Narokそれぞれ10地区に絞り、実地訓練にも十分な時間を割いた。特に各地区の後半は、測定地点の選定から測定操作の実務及び測定データの現場チェックまでをカウンターパートの手に委ね、アドバイザーとして彼らを補佐した。

2.2.4 現地踏査地区

Kajiado, Narok 各々のDistrict Development Officerとの打合せに従い、別紙図1の如く踏査対象地区が決定された。

NAROK DISTRICT

No	NAME OF SELECTED SITE
1.	Ewaso Ng'iro ?
2.	Olenkuluo ?
3.	Maji Moto
4.	Ololulunga ?
5.	Nkorokori-Lemek

KAJIADO DISTRICT

No	NAME OF SELECTED SITE
1.	Ewaso Kidong
2.	Kenya Marble Quarry
3.	Oldonyo Onyokie
4.	Selengei
5.	Lengism

3. 気 候

本調査目的地であるKajiado-Narok 県は赤道直下にあるが、標高1,500 m前後の高原に位置するため、温暖な気候を示している。

3.1 気 温

気温に関するデータは少ない。1951～1960年に行われた詳細な地質調査レポートにもNarok県のTalek町の観測データが掲載されているのみである。そのデータは次のとおりである。

表. 1 Talekの観測資料(°C)

年 月	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
1957															30.6	11.6	33.2	11.1	33.7	12.1	27.1	12.1	26.6	12.1
1958	31.1	11.1	31.1	11.1	29.3	-	29.3	-	26.2	-	27.6	14.5	27.1	12.9	28.2	13.4	30.0	14.0	29.3	14.5	31.1	14.1	27.6	15.6
1959	28.2	14.0	28.2	14.5	28.2	15.0	28.2	14.1	28.2	-	28.2	11.6	27.6	12.1										

(geology of the Mara River-Sianna areaより)

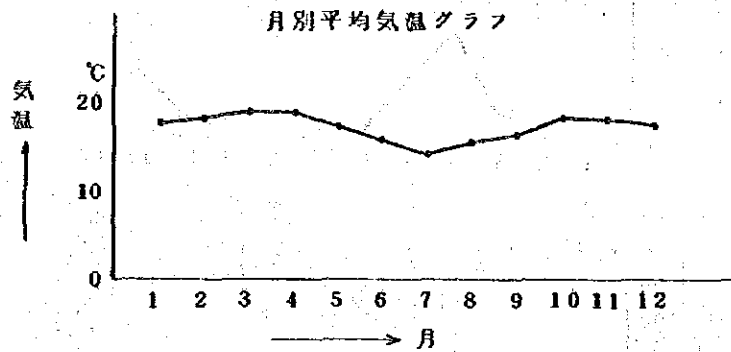
これより年間を通して変化のない気温状況であり、昼間は27～33°C間にあり、やや暑い
が、夜間は11～15°C間を示し冷え気味である様子が判る。

この外に本地域に近い、ナイロビの気温を理科年表より引用すれば、次のとおりである。

表. 2 ナイロビの月平均気温表(°C) 1956～1960年間

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
17.8	18.1	18.8	18.8	17.8	16.2	14.9	15.6	16.8	18.6	18.3	17.8	17.5

(理科年表より)



上表に示すとおり最高18.8°C(2月~3月)、最低14.9°C(7月)で年間を通して大きな変化を示さず、年平均では17.5°Cで温暖な気温を示している。

3.2 降水量

降水に関する観測データを地質調査レポート(1951~1960年)からみれば次のとおりである。

中央高山地帯のマウ山脈付近で1044mmで最高を示し、次いでNaivasha湖に近いOlo'bongeで797mm Narokの701mmと続いている。最低ではMagadiの370mm、次いでKajiado496mmの順になっており、中央から南部にかけての高原地帯でも西部が比較的雨量多く、その中央を走るリフトバレー構造線の低地帯が少なくなっている。その東部は600mm前後を示し幾分多目となっている。

日本の平均降水量は1500mmから1800mmと云われていることから非常に少ない数値と云える。

次にKajiado、Narok観測所の測定資料(別紙添付)をまとめれば次のとおりである。

表. 3 月別平均降水量表

単位: mm

観測所	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
Kajiado		48	41	55	127	70	14	6	3	8	20	74	45	511
Narok		91	86	103	163	101	141	19	25	26	28	72	84	939

(1950~1980年の31年間平均)

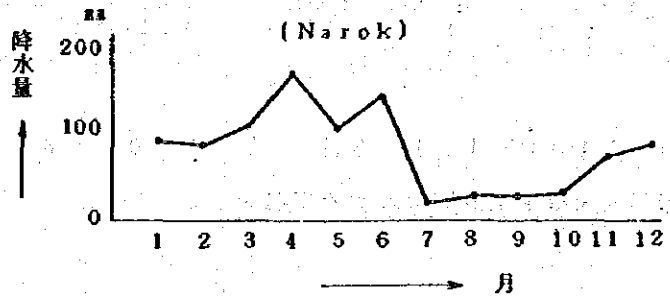
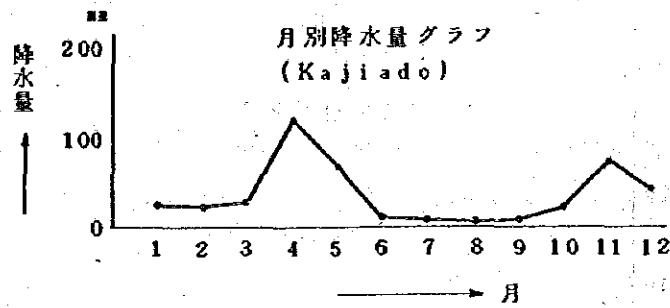


表3. 4より3~5月にかけて最高の降雨量 (Kajiado: 127mm, Narok: 163mm) を示し、その頃を大雨期と呼んでいる。次いで11~12月の小雨期となっている。最低は7~9月にかけて示し、Kajiado地域では殆んど雨の降らない状況となっている。

別紙図2はケニア全土の降水量を表わした資料であるが、全体の傾向をみることができる。これによれば中央高山地帯 — ビクトリア湖と印度洋に面したモンバサ (Mombasa) 付近に 1000mm 以上を示す所があるが、あと 600mm 以下を示す所が殆んどである。

本調査地であるKajiado県は 400~500mm 示す所が多く、Narok県はやゝ多く 800mm 前後を示している。

3.3 蒸発散量

蒸発散量の観測とその利用方法は一般に定着されていない (日本でも観測している所は少ない)。またたとえ観測所で測定されても、それは水面蒸発散量であって土壌からの蒸発散量とかなり違ったものと云われており、計測法の困難さもあるため現在までのところ満足な成果は得られていない。

日本では一般に Thornthwaite (1948) の方法を用いて推算されており、かなり妥当な数値と評価されている。

この方法は蒸発散量を求めようとする地点の緯度と月平均気温を用いて次式によって計算さ

図-2 ケニアにおける年平均降水量

Fig.- 2 MEAN ANNUAL RAIFALL

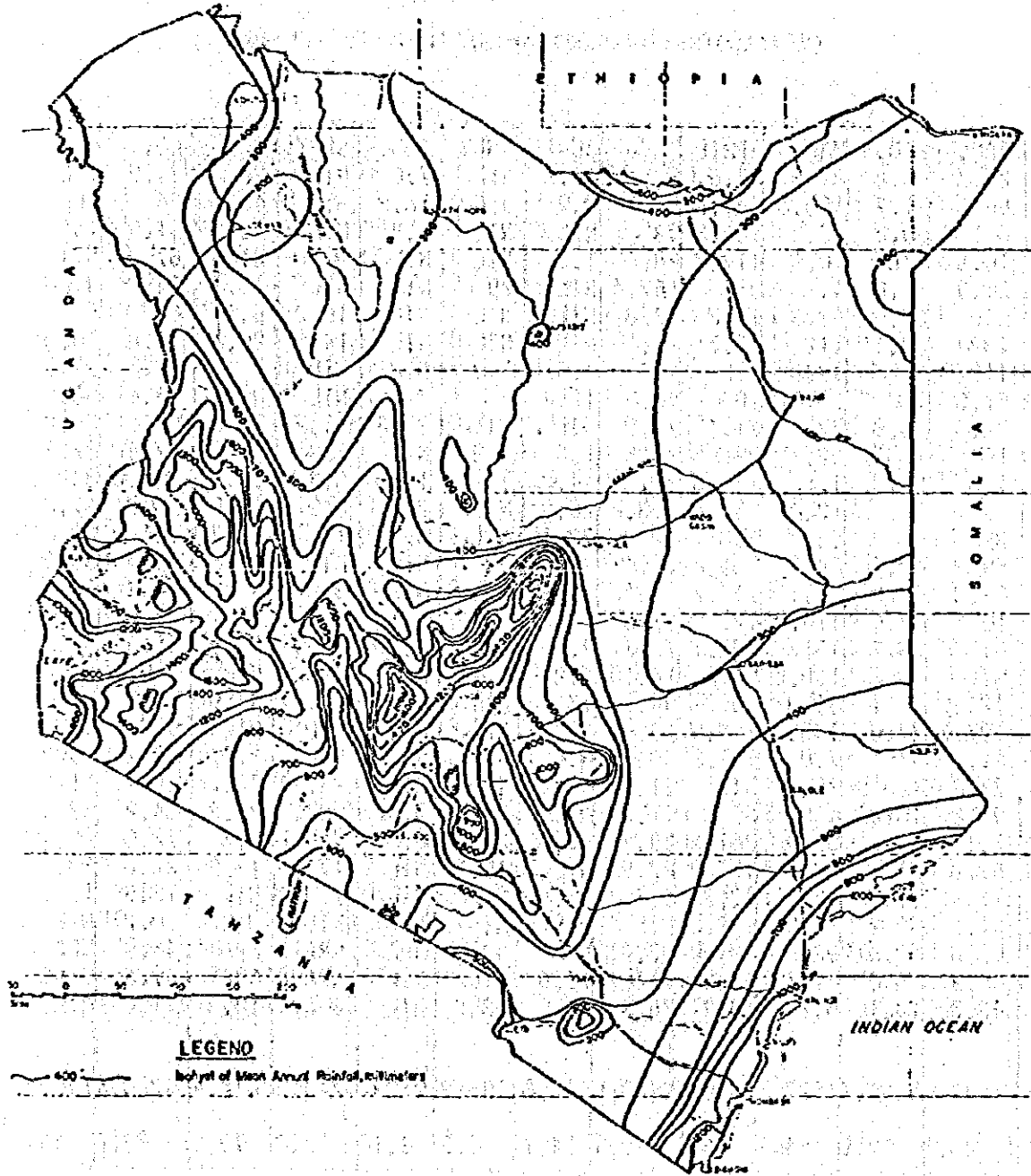


表 4 - (1) KAJIADO 地区月別平均降水量

TABLE 4 - (1) MONTHLY RAINFALL (m/m) 1950-1980

(KAJIADO METEOROLOGICAL STATION D.C.-91.36.39)

	JAN.	FEB.	MAR.	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	TOTAL
1950	25.7	50.8	81.3	85.6	5.1	16.3	NIL	7.6	NIL	26.4	24.9	1.8	325.5
1951	66.8	11.7	100.8	547.9	85.6	8.9	9.6	18.8	8.9	45.2	94	183.1	1181.3
1952	8.1	50.3	68.3	145.5	93	NIL	NIL	1.8	NIL	13.5	41.9	15	437.4
1953	16.5	NIL	10.9	117.9	28.4	1.5	NIL	NIL	5.1	21.6	67	5.1	274
1954	26.9	51.6	4.1	316	167.4	NIL	29	NIL	NIL	18.5	84.8	NIL	698.3
1955	NIL	67.6	48.3	75.2	53.8	NIL	NIL	NIL	10.2	6.4	64	64	389.5
1956	132	39.1	112	27.7	24.1	NIL	NIL	NIL	14	20.1	52.8	10.9	432.7
1957	113.5	NIL	19.3	112	164	5.6	1.3	NIL	NIL	4	84.3	37.5	541.5
1958	67.6	140	58.2	108	76.5	12.7	2	2	NIL	NIL	23.4	50.8	541.2
1959	22.4	35.3	77.5	71.4	70.9	NIL	NIL	21.3	11.2	10.9	97.8	39.9	458.6
1960	14	1.5	62.7	99.8	21.6	1.5	4.8	NIL	3.3	18.5	27.4	22.4	577.6
1961	1.3	9.7	1.5	115.6	35.3	14.2	1	1.3	9.4	53.6	561.6	348.2	1152.7
1962	103.1	8.1	12.4	133.9	113.8	26.9	NIL	2	8.9	45.9	85.9	47.8	588.7
1963	37	47	63.2	138.1	52.3	28.1	NIL	6.3	1	10.7	146.3	80	610
1964	59.2	43.7	60.5	135.6	12.4	39.4	33	NIL	NIL	14	39.4	39.9	477.1
1965	67.2	43.0	40.1	113.2	55.4	10.4	NIL	NIL	3.8	95.0	42.7	37.8	508.6
1966	10.2	87.4	116.0	128.7	37.0	6.6	NIL	5.1	NIL	NIL	26.6	22.0	439.6
1967	NIL	13.2	15.7	148.1	73.7	2.3	6.9	7.6	25.1	66.5	45.3	34.3	438.7
1968	NIL	35.3	150.6	98.0	162.0	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	150.4	17.4	613.7
1969	124.5	37.1	39.0	13.2	94.5	13.1	NIL	NIL	NIL	37.0	63.0	NIL	421.4
1970	107.6	27.0	145.0	118.0	138.5	40.8	NIL	NIL	NIL	NIL	9.4	5.0	591.3
1971	59.7	NIL	7.9	107.5	104.7	NIL	NIL	9.2	NIL	2.0	30.2	1909	512.1
1972	27.4	153.9	25.3	NIL	51.9	50.4	NIL	NIL	24.7	42.7	49.1	11.9	437.3
1973	90.8	101.9	NIL	50.8	11.2	NIL	NIL	5.0	90.2	25.3	34.2	32.3	441.7
1974	1.1	17.8	69.9	261.3	59.5	45.0	29.4	8.3	NIL	1.2	72.0	28.1	593.6
1975	61.2	NIL	87.1	155.9	82.9	NIL	19.5	NIL	17.0	18.9	22.8	33.1	498.4
1976	17.1	3.0	16.6	42.2	4.3	33.5	NIL	NIL	7.1	NIL	12.9	16.3	153.0
1977	51.0	59.2	18.0	222.8	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	50.2	NIL	401.2
1978	63.8	50.4	98.5	121.8	92.4	NRA	NRA	NRA	NRA	NRA	46.9	NRA	473.8
1979	66.9	56.0	81.1	53.8	112.2	79.6	NIL	NIL	NRA	6.6	57.6	31.8	545.6
1980	48.3	13.1	5.2	63.3	76.2	NIL	58.8	NIL	3.6	10.4	71.6	NIL	350.5
Total	1490.9	1254.7	1697	3928.7	2160.6	436.8	195.3	96.3	243.5	614.9	2280.4	1408.3	15807.5
Mean	48.1	40.5	54.7	126.7	69.7	14.1	6.3	3.1	7.9	19.8	73.6	45.4	509.9

表 4 - (2) NAROK 地区月别平均降水量

TABLE 4 - (2) MONTHLY RAINFALL (m/m) 1950-1980

(NAROK METEOROLOGICAL STATION D.C.-91.36.39)

	JAN.	FEB.	MAR.	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	TOTAL
1950	72.4	93.5	223.8	190.5	18.8	24.1	4.6	34.3	17	54.6	9.1	14.2	756.9
1951	140.7	91.2	89.4	419.6	46	39.1	11.2	23.6	17	47.8	63	130	1118.6
1952	33.8	64.8	39.9	202.4	200.6	NIL	29	13.5	24.1	8.4	27.2	7.6	651.3
1953	45.5	10.7	16.3	121.9	27.7	14	1.8	24.6	20.1	24.1	27.4	62.7	396.8
1954	88.4	59.2	3.8	278.9	170.4	17.5	38.4	4.6	13.2	23.4	22	87.1	806.9
1955	14.2	198.4	79.8	99.3	14	18	26.2	105.1	58.2	13.2	68.5	103.4	798.3
1956	208.8	93.5	94.5	128.5	48	20.1	6.9	67.6	20.3	17	100	90.4	895.6
1957	132.8	53.8	93	267.5	250.7	85.3	NIL	NIL	6.4	14.2	44.2	131.3	1079.2
1958	104.6	124.7	130.8	99.1	196.3	24.4	47.2	10.4	10.6	25.4	38.4	141.2	953.2
1959	50.5	56.6	224	25.6	55.6	10.4	8.4	38.9	11.9	15.5	152.7	83.6	733.8
1960	94.5	47.7	212.1	154.2	9.7	7.1	12.7	14.9	59.9	34.5	120.9	38.1	806.3
1961	8.4	46	40.4	70.6	102.4	33.5	0.5	18.8	25.4	25.4	289.3	371.6	1032.3
1962	223	19.6	93.5	182.9	216.9	47.7	1.1	31.5	20.1	104.4	68.1	87.9	1096.6
1963	192.8	59.4	91.7	262.9	243	14.2	41.7	33.8	NIL	1	187.6	231.4	1359.5
1964	66.3	136.6	124.7	230.4	43.9	24.6	47.7	26.2	23.6	35.1	11.4	25.9	796.4
1965	57.9	57.0	59.3	84.5	76.4	20.8	5.9	8.8	43.0	15.8	75.2	64.5	569.1
1966	38.4	191.3	130.9	185.8	18.3	12.7	9.0	42.7	43.5	29.1	45.3	11.7	758.7
1967	4.6	52.5	44.3	153.3	187.0	11.6	18.9	2.8	43.8	32.6	55.4	82.6	689.4
1968	18.7	101.5	177.9	281.2	83.5	61.9	11.2	1.6	6.0	16.6	68.6	54.3	883.0
1969	129.5	152.1	51.1	23.6	101.5	18.8	2.5	5.9	40.1	20.4	74.9	23.2	643.6
1970	328.4	72.0	183.3	135.9	141.5	43.9	26.0	6.7	7.8	23.2	13.8	59.7	1042.2
1971	67.1	34.9	28.2	175.0	104.4	7.9	28.6	129.7	1.5	14.1	6.9	92.1	690.4
1972	82.7	160.1	59.8	36.2	119.0	125.2	1.8	4.6	3.9	79.7	135.2	67.0	875.2
1973	138.4	224.2	6.7	48.0	55.6	66.6	3.4	12.4	109.6	36.5	90.6	42.8	834.8
1974	8.8	18.2	138.6	310.1	53.3	45.1	74.1	3.8	18.3	0.2	35.1	34.7	740.3
1975	40.7	5.9	101.2	80.2	67.9	6.8	54.3	4.1	72.3	60.2	9.4	79.3	582.3
1976	36.4	12.8	16.5	96.3	60.8	60.3	17.1	26.0	29.1	11.1	78.5	38.5	483.4
1977	92.4	96.5	40.7	246.5	126.0	8.8	42.2	45.9	22.9	46.5	130.6	118.8	1017.8
1978	135.3	144.4	368.7	122.9	28.0	13.1	1.3	25.6	17.8	8.3	20.0	125.8	1011.2
1979	86.7	173.9	137.8	162.6	101.0	49.0	22.2	5.5	8.2	4.0	39.4	52.1	842.4
1980	90.4	10.8	91.3	179.0	171.9	11.7	1.8	4.4	12.4	32.6	117.7	39.7	763.7
Total	2833.1	2663.8	3194	5055.4	3140.9	944.3	597.7	778.3	807.7	874.9	2224.4	2593.2	25707.7
Mean	91.4	85.9	103.0	163.1	101.3	30.5	19.3	25.1	26.1	28.2	71.8	83.7	829.4

れる。

$$E = 16 \left(\frac{10T}{I} \right) a$$

$$ここで a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.49239$$

$$I = \sum_1^{12} \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

E : 月蒸発散量

T : 月平均気温

補正 : 緯度と月の日数補正を行なう

この式を適用して本調査地付近の可能蒸発散量を試算すれば次表の通りである。

表 . 5 可能蒸発散量表 (1950~1980年平均)

Kajiado D. C.													
項目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
気 温 °C	17.8	18.1	18.8	18.8	17.8	16.2	14.9	15.6	16.8	18.6	18.3	17.8	17.5
降 水 量 mm	48	41	55	127	70	14	6	3	8	20	74	45	511
可能蒸発散量 mm	69	66	75	73	69	56	50	55	61	73	70	69	786
推定水余剰量 mm	⊖	⊖	⊖	54	1	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	4	⊖	59
Narok Met. stn.													
項目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
気 温 °C	17.8	18.1	18.8	18.8	17.8	16.2	14.9	15.6	16.8	18.6	18.3	17.8	17.5
降 水 量 mm	91	86	103	163	101	31	19	25	26	28	72	84	829
可能蒸発散量 mm	69	66	75	73	69	56	50	55	61	73	70	69	786
推定水余剰量 mm	22	20	28	90	32	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	2	15	209

〔注〕 : ①気温は Nairobi 資料を使用した。

②⊖は負を表わす。

表 . 5 は本調査地に近いナイロビの気温を使って試算したものであるが、本調査地の可能蒸発散量の目安を與えるものとする。

これより降水量 - 可能蒸発散量 = 推定水余剰量の ⊕ になる月は雨期 (3~4月の大雨期、11~12月の小雨期) 頃に限られるようであり、これが地表水と地下水になり得る量である。この表から、⊖の水余剰量を示す月の多い Kajiado 地域に涸れた川ばかり見られるのが

なづかれる。

この推定水余剰量のうち、普通40%が地下水になると仮定すれば、Kajiado 地域では22mm/年、Narok 地域では84mm/年が地下水になり得る可能性を持って思われ、

これを日本と比較すれば、Kajiado地域で6%、Narok地域で23%となり、Kajiado 地域の地下水への補給の厳しさを物語っているように思われる。

4. 地形・地質

4.1 地形

本調査目的地の Kajiado-Narok 地域はケニアの南西部でタンザニアに接しており、その長さ 425 Km, 巾 125 Km で面積 40,619 km² (Kajiado: 22,106 km², Narok: 18,513 km²) を占める。

図-3 の地形図に見られるように中央山脈の裾野から南部に広がる標高 1000~3000 m の高原地帯に位置する。

付近は所謂サバンナ地帯で小灌木が点在し、大雨期にのみ青くなる草原が続いている。地形は丸みを持ったなだらかな起伏を描いている。

本地域の中央をリフトレーブと呼ばれている大地溝帯が南北に縦断する。この地溝帯は北はソリアから紅海, エチオピアを経てケニアを通り, タンザニア, マラウイ, モザンビークを経てインド洋に入る 6,000 Km にわたる大地溝帯である。その幅 70 Km にも達し, 深さ 700 m にも及ぶといわれている。

本地域の中央には, それによる溝状の陥没低地が生じ, L. Magadi, L. Natron が生まれている。

また近くの Mt. Kenya (標高 5199 m), Mt. Kilimanjaro (標高 5895 m) もそれに発生してできた火山で, 両者でアフリカの No. 1~2 高峰の位置を占める。

本地域を流れる河川は Narok の一部を除いて涸れた川となってその形をとどめる。しかも全体として小河川である。これらの中で目立つのは中央高山からの水を集め Narok 付近を通り, リフトレーブ低地の西側を流れる Ewaso Ng'iro 川があるのみである。

(集水域)

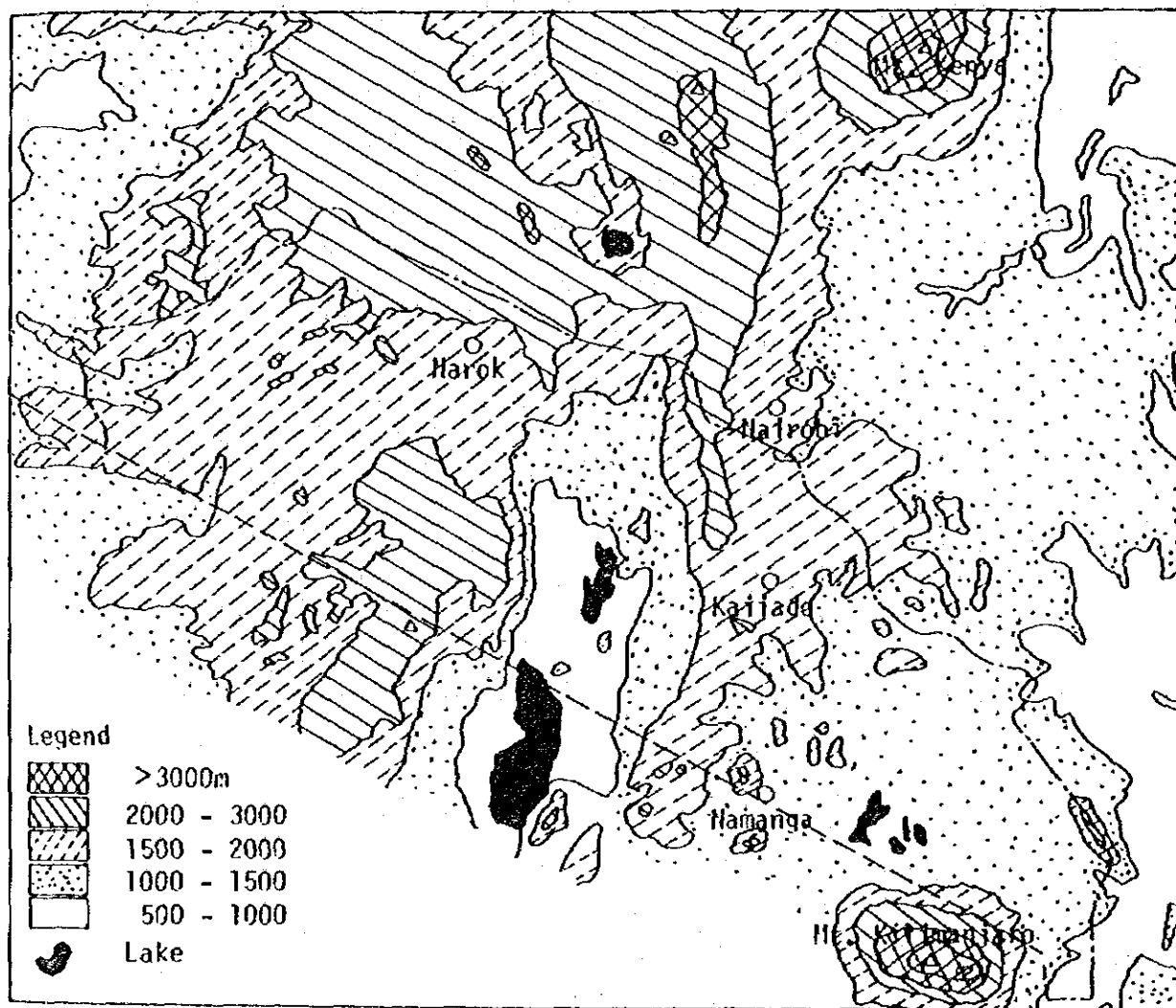
雨水が集まる区域は地下水の補給を考慮する上に重要である。

図-4 は本調査地付近の集水区域を表わしたものであるが, リフトレーブ部, 東部, 西部が大きく分かれているのが目につく。

Kajiado 県はリフトレーブ部において 2 区域, 東部において 4 区域, 合計 6 区域に分けられる。リフトレーブ部と南部 1 区域は流れる先はなく行き止まりである。

図 - 3 KAJIADO - NAROK 付近の地形概要図

Fig-3 Topography of KAJIADO - NAROK AREA



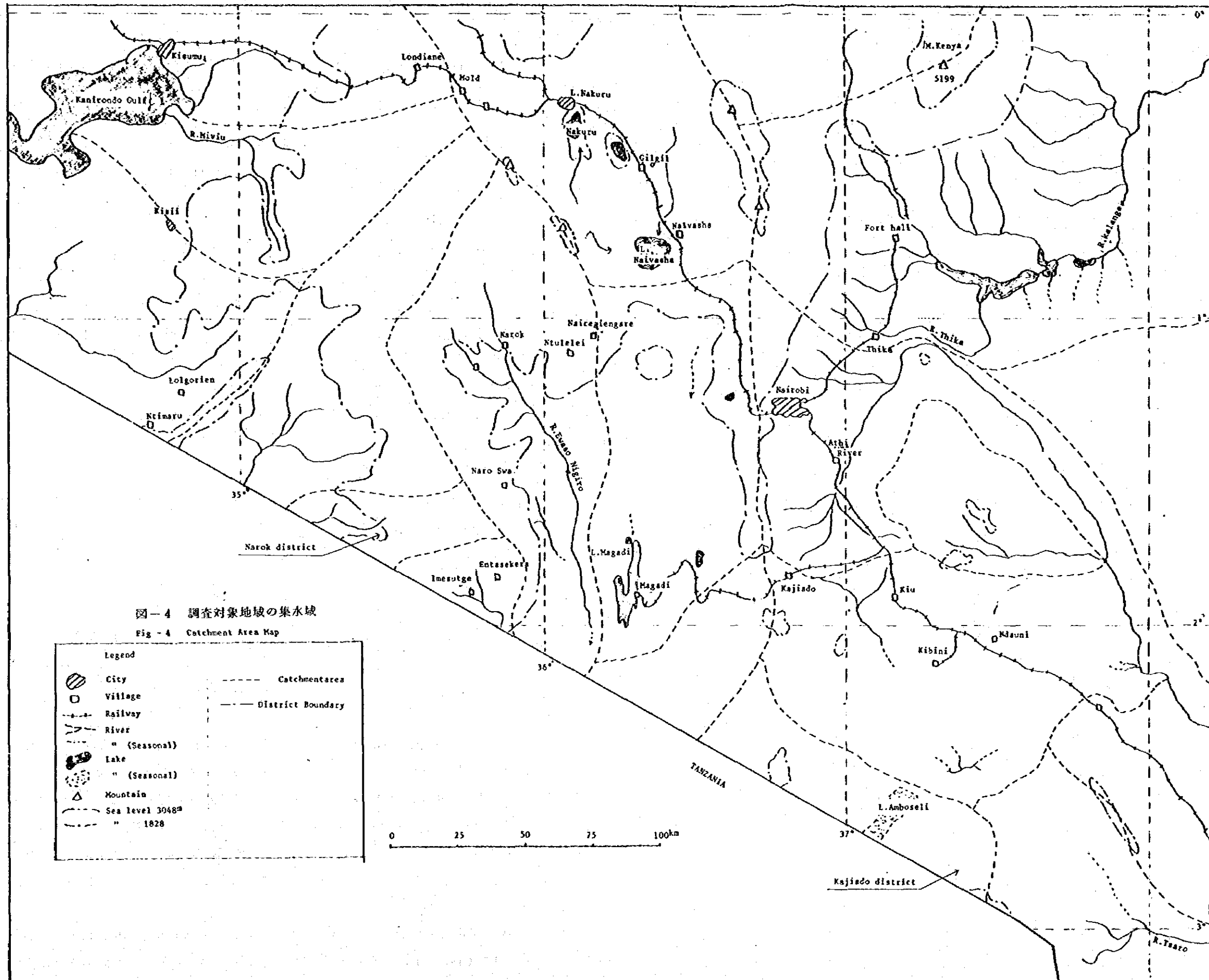
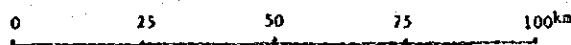


図-4 調査対象地域の集水域
Fig - 4 Catchment Area Map

Legend	
	City
	Village
	Railway
	River
	" (Seasonal)
	Lake
	" (Seasonal)
	Mountain
	Sea level 3048m
	" 1828
	Catchment area
	District Boundary



Narok 県は 5 区域に分かれ、西側の 1 区域を除いて南流する形をとり Tanzania の方向に向
っている。

本地域での地下水を検討する場合、集水域を十分考慮する必要がある。井戸サイトを決定す
る場合には、更に細分化された集水域を求め検討しなければならない。

4.2 地 質

ケニアの地質を概観すれば、図-5のように下部からアフリカ楯状地 (Shield) である Pre-
Cambrian の地球上で最も古い地層がケニアの大半に発達する。次いで海岸線に近い所に中世
代 (Mesozoic) の地層がわずかに分布する。その上部層である第三紀層はリフトレバー構造に
沿った所と、海岸線に発達する。その上部の第四紀層は火山周辺と低地部に分布する状況にあ
る。

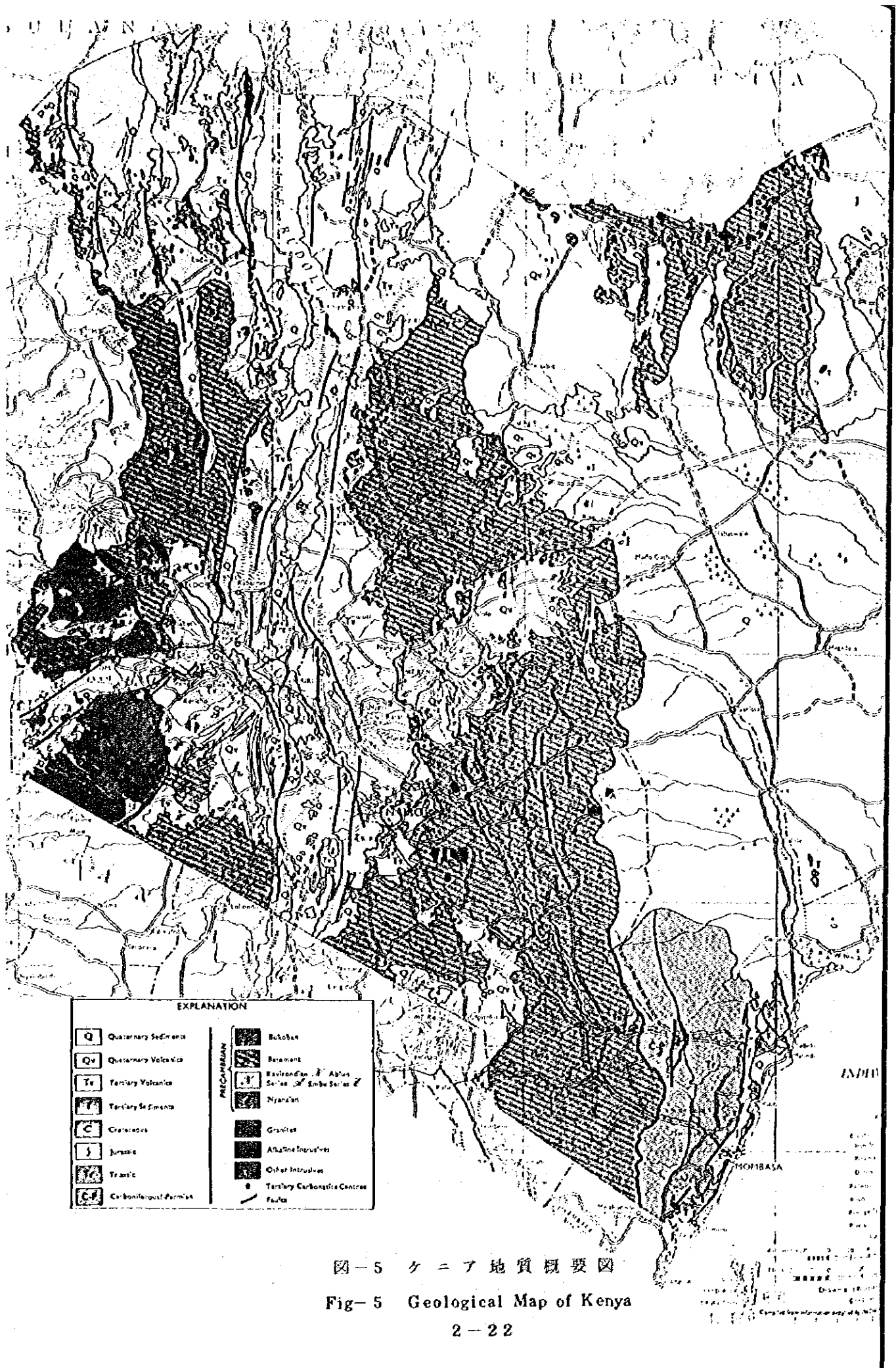
次に本調査地付近の地質については 1951~1960 年間に英国地質家による 1/125,000
の詳細な地質調査報告書がある。それらを図化すれば図-6のとおりである。(一部地質図が
ないため記入漏れの部分もある。)

調査対象地域の表層地質の分布をみると Kajiado 県には Pre-Cambrian : 4, Tertiary :
3, quaternary : 3 の割合で分布する。中央から東部にかけて Pre-Cambrian の basement
が広く発達する。リフトレバー構造線と Kilimanjaro 山麓とに Tertiary が分布しその沖積平
野低地部に第四紀層 (quaternary) が薄く覆っている状況である。

Narok 県に入れば Pre-Cambrian : 5, Tertiary : 3, quaternary : 2 の程度で分布し、
県の中央部から南部にかけて basement が発達し、リフトレバー構造線と西側に Tertiary が
分布し、中央部に第四紀層に覆われている所が多い。

これらの岩質については Pre-Cambrian 層については変成岩である片麻岩 (gneiss) が非常
に多く、それに次いで珪岩 (quartzite), 大理石 (Marble), 方岩 (Schist) が含まれるよう
になる。Tertiary 層については主として火山噴出岩である玄武岩 (Basalt), 粗面岩 (Tra-
chte), 安山岩 (Phonotite), 凝灰角礫岩 (Tuffbreccia), 凝灰岩 (Tuff) よりなっている。
第四紀層については、火山噴出物である火山砂礫 (Volcanic Sand & Agglomerate), 火山灰
(Volcanic Ash), と沖積層である粘土 (Clay)・砂 (Sand) よりなっている。

これら岩石・地層の固結度は、Pre-Cambrian については地球最古の地層のため、長い年月
の間に圧縮または変質をうけ固結度の高い岩石を形成している。第三紀層 (Tertiary) に入れ



EXPLANATION

Q	Quaternary Sediments		Bukoba
Qv	Quaternary Volcanics		Basalt
Tr	Tertiary Volcanics		Eburu Series
Trs	Tertiary Sediments		Nyanja
C	Cretaceous		Granite
J	Jurassic		Alkaline Intrusives
T	Triassic		Other Intrusives
Cf	Carboniferous Formations		Tertiary Carbonate Centres
			Fault

図-5 ケニア地質概要図

Fig-5 Geological Map of Kenya

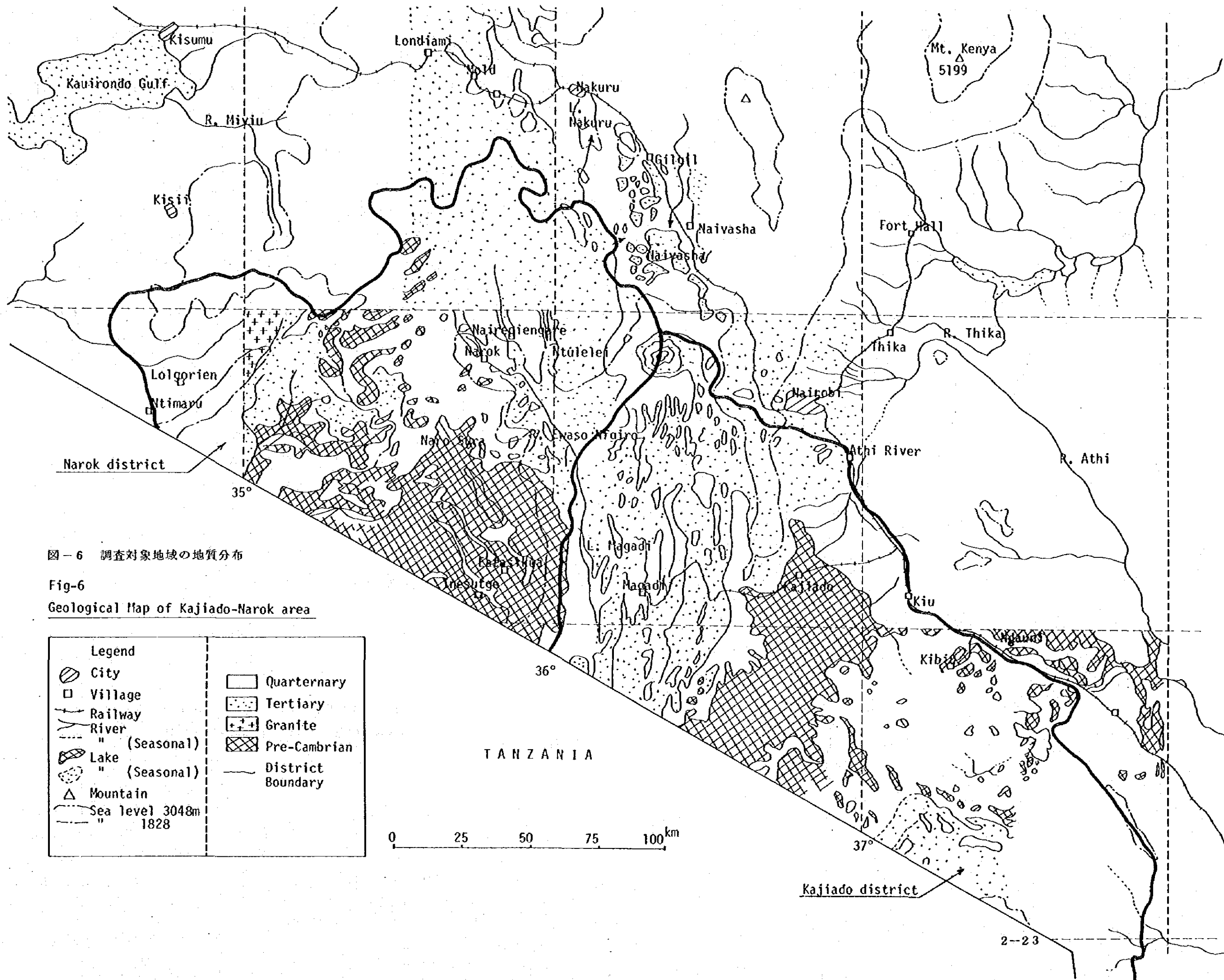


図-6 調査対象地域の地質分布

Fig-6
Geological Map of Kajiado-Narok area

Legend	
	City
	Village
	Railway
	River
	" (Seasonal)
	Lake
	" (Seasonal)
	Mountain
	Sea level 3048m
	" 1828
	Quarternary
	Tertiary
	Granite
	Pre-Cambrian
	District Boundary

0 25 50 75 100 km

ば時代もかなり新しく、それ程固結していないものが多い。第四紀層になれば、更に新しくまだ固結しておらず軟弱な地層を形成している。

4.3 水理地質

地下水は雨水（現在または過去の時代も含めて）の地下浸透により、透水性の地層を流動または貯溜し帯水層を形成することにより生ずる。もし透水性の地層の容量が大きい場合は計り知れない地下水が貯溜されているだろうし、逆に透水性地層のあまり望めないかまたは小さい場合は底の浅いわづかの貯溜量しか得られないであろう。

中近東の砂漠の地下深部の地下水が大量に利用されているのも、地下に計り知れない容量の地下水盆が形成されているためにほかならない。逆に天水の豊かな所であっても、地下に透水性な良好な地層（帯水層）がなければ、いくら井戸を掘っても少量の地下水かまたは空井戸となる場合が多い。

従って地下水は地下の地質に大きく左右され、決定づけられると云っていいだろう。

ひるがえって本調査地付近の水理地質を概観すれば、地質の項で記したように、Pre-Cambrian 層は固結度が甚だしく、地下に透水性の良好な帯水層を得ようとしても無理であろう。しかし地形から見て長い地質時代を風雨にさらされたとみられ、かなりの風化を受けており、その風化帯中の小規模の帯水層に望みを託すほかない。

第三紀層はまだ固結度少なく、相当な空隙を持っているので、良好な帯水層を持っている可能性がある。

第四紀層はまだ固結していないので帯水層の期待は最も大きい。但し平地部は一般に薄層なので期待できない。しかし火山山麓は充分期待できる。

これらの理由により本地域の水理地質を図化したのが、図-7の通りである。

図-7から本地域の地下水盆として期待される地区は次のとおり想定された。

Kajiado 県

- リフトバレー構造線に沿った区域
但し L. Magadi 塩水湖周辺と山頂を除く。
- Mt. Kilimanjaro 山麓
- Nairobi 南部地域
- L. Amboseli 周辺沖積地
但し L. Amboseli に近い所は除く。

Narok 県

- リフトバレー構造線に沿った地域
- Mau Escarpment 山麓
- Narok 西部平原地域

これらの地域についての地下水胚胎の見通しを、今回の基礎調査により明らかにしようと
つとめた。

5. 帯水層

地下水は地下の大きな空隙を通過して流動し、時には貯溜するようになる。本地域の帯水層を検討する場合には新規堆積岩中の砂礫層と古期岩風化帯の粗粒層が主としてその対象になる。

特に調査対象地域には Pre-Cambrian の基盤岩が過半数以上を占める特長を有するため、その風化帯の粗粒層が調査の重要な位置をしめる。

前記の地質と本地域に多数存在する合計 164 本の水井戸の資料などから判断される帯水層の胚胎状況と特性は次のとおりである。(図 8 水井戸分布図及び表 7 水井戸データシート)

ケニア水資源開発省 (Ministry of Water Development) には水井戸資料がよく整理保存されており、それをまとめたものが別表 (Appendix) 水井戸データである(地質柱状図・揚水試験表のないのがあった。電気検層図はない。)

5.1 水井戸の区分

5.1.1 水井戸の地質区分

Kajiado-Narok 地域で掘削された水井戸の帯水層を地質時代別に区分すれば、次のとおりである。

表-6 水井戸の地質区分

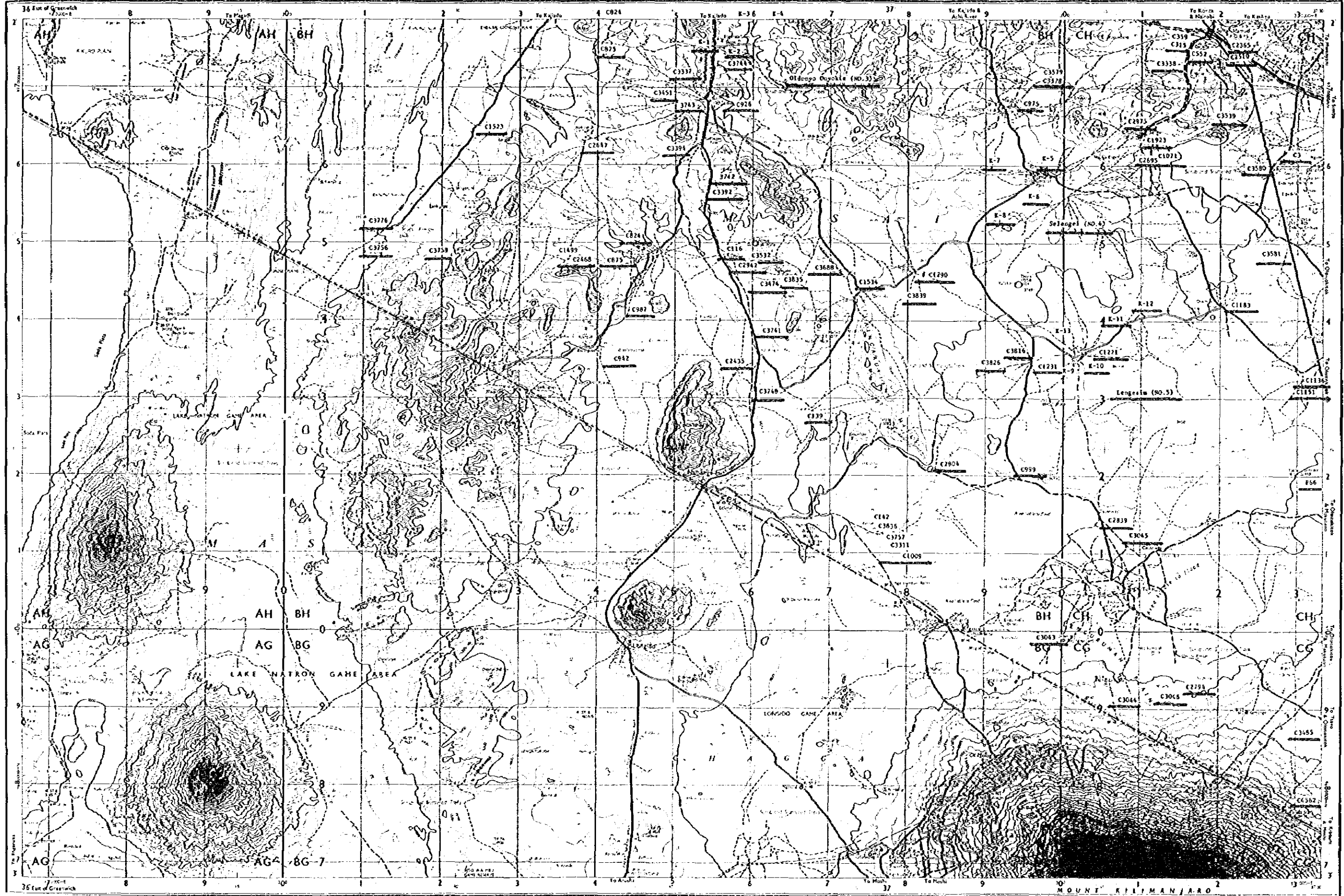
地域別	新期(第四紀)堆積岩		基盤岩(Pre-Cambrian)		計	
	掘削井数	Dry 井数	掘削井数	Dry 井数	掘削井数	Dry 井数
Kajiado	40本	7本 (18%)	115本	21本 (18%)	155本	28本 (18%)
Narok	7	5 (71%)	2	1 (50%)	9	6 (67%)
計	47	12 (26%)	117	22 (19%)	164	34 (21%)

表-6に見られるように、基盤岩地域で掘削された水井戸が圧倒的に多く70%にも及ぶ。そのうちの空井戸は新期堆積岩と基盤岩では大きな差はなく20%前後を示している。

Narok 地域では Dry 井が多いが、これは主として掘削本数の少ないのに起因していると思われるが、しかし一面において、帯水層胚胎の単純でないことを示しているように思われる。

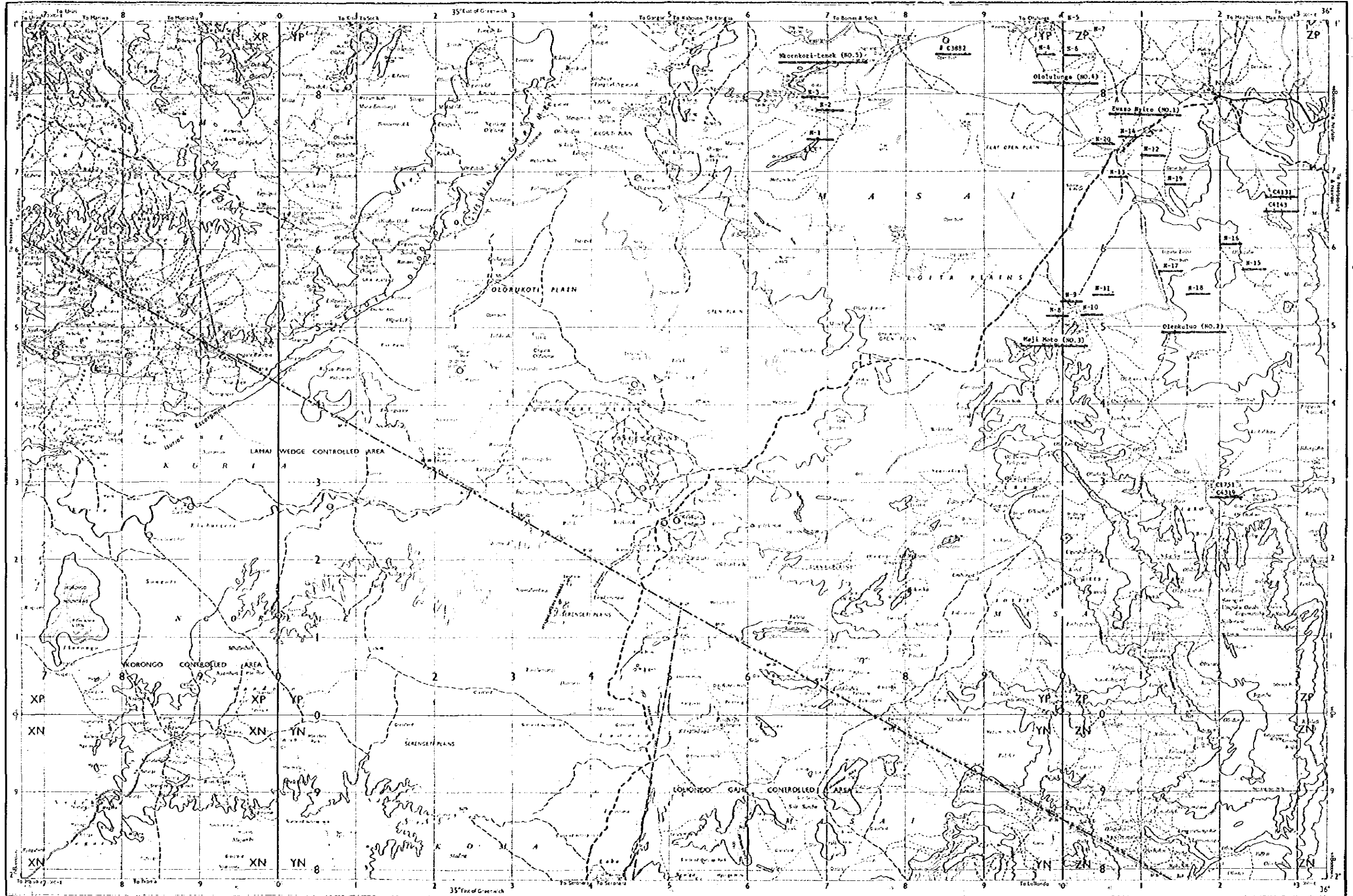
AMBOSELI

Fig-8 Borehole Location Map (a)



NAROK

Fig-8 Borehole Location Map (c)



CONVERSION TABLE

表-7 水井戸データシート
Table-7 BOREHOLE DATA

Province Rift Valley

District Kajiado/Narok

Sheet ①

No.1

Borehole	Scale 1:250,000	Total Depth (m)	Water Struck (m)	Rest Level (m)	Tested Yield (m ³ /h)	Date of Completion
C 1499	SA-37-5	129.5	-	-	Dry	27/7/51
C 2468	"	179	155	152	Dry	12/12/55
C 451	"	137.2	110,120 134	44	6.8	28/8/46
C 381	"	128	31	23	4.1	30/10/45
C 1391	"	152	137	111	10.5	31/3/51
C 605	"	149	113,130 136	122	9.1	20/9/47
C 3368	"	65	61	10.9	2.72	1/11/65
C 3436	"	70.2	42.7	42.7	7.2	16/5/67
C 2646	"	91.4	80.8	59.4	1.5	6/3/57
C 130	"	60.9	30.1	23.7	4.54	6/4/41
C 587	"	92	41-56	24	9.1	13/9/47
C 3455	"	167.6	48.8	38.1	1.5	7/9/67
C 998	"	137	120	29.6	0.9	30/11/49
C 3519	"	99.67	53.6 68.6	40.2	8.09	25/5/68
C 4690	"	150	62	26.25	14.44	7/10/79
C 3582	"	96.0	-	-	Dry	7/5/69
C 3587	"	112.7	NIL	NIL	-	7/6/69
C 4258	"	150	106	11.1	9.2	30/1/76
C 1539	"	114.3	15	23	10.51	10/2/51
C 3747	"	85.9	10.7 61.0	6.4	9.0	24/10/70
C 138	"	73.1	36.5	5.1	1.70	11/5/41
C 1427	"	137	101	24	2.65	15/6/51
C 2587	"	182	48,177	22	3.0	11/11/56
C 155	"	55.7	32,50.2	23.7	3.63	19/2/42
C 811	"	129.5	81.3,23.7	17.9	4.45	30/1/49

表-7 水井戸データシート
Table-7 BOREHOLE DATA

Province Rift Valley

District Kajiado/Narok

Sheet ①

No.2

Borehole	Scale 1:250,000	Total Depth (m)	Water Struck (m)	Rest Level (m)	Tested Yield (m ³ /h)	Date of Completion
C 3520	SA-37-5	152.4	38.4	15.6	0.2	25/11/68
P 149	"	107.3	67,100.6	57.9	4.87	24/7/31
C 2544	"	97.5	-	55.8	5.2	15/1/47
C 2613	"	121	93,92	58	1.3	6/12/56
C 659	"	138	68	62	3.6	20/4/48
C 607	"	114	40,109	40	9.1	1/11/47
C 618	"	65	42,58	59	5.2	20/12/47
C 1413	"	152	4.8	18	4.70	19/5/51
C 4004	"	152.5	66	6.95	11.683	6/4/74
C 4022	"	152	110	8.36	7.92	13/7/74
C 4002	"	132.5	128	2.51	4.67	25/5/74
C 1387	"	55	48	7	8.2	8/5/51
C 1368	"	183	34,10	24	1.6	13/4/51
C 1662	"	182	107,122	90.8	3.27	6/2/52
C 1559	"	119	94.5	84	12.9	27/10/51
C 1713	"	177	97	55	0.54	4/3/52
C 4007	"	152	-	Dry	NIL	19/6/74
C 3190	"	135	-	39.3	11.67	-/-/43
C 1113	"	120	113,116	42.7	37.8	19/11/49
C 1114	"	139	137,139	56.7	11.4	8/4/49
C 1115	"	137	82,99	55.5	12.7	20/3/50
C 212	"	45.7	21.3,33.5	17.8	2.0	21/2/43
C 234	"	125	70.1-99.1	39.6	6.8	20/9/43
C 2474	"	106.7	68.6 100.6	2.44 9.80	68.1	13/1/56
C 3997	"	214	214	33.5	45.5	6/12/74

表-7 水井戸データシート

Table-7 BOREHOLE DATA

Province Rift Valley

District Kajiado/Narok

Sheet (1)

No. 3

Borehole	Scale 1:250,000	Total Depth (m)	Water Struck (m)	Rest Level (m)	Tested Yield (m ³ /h)	Date of Completion
C 2333	SA-37-5	106.7	103.3	2.7	18.2	6/2/55
C 3159	"	167	27 122,152	20.4	13.6	8/9/61
P 4	"	92.65	NIL	NIL	NIL	28/11/27
P 5	"	204.2	188.98	94.5	3.60	29/9/55
C 112	"	107	91	44	0.5	22/6/38
C 216	"	70.1	36-39	18.6	14.8	3/4/43
C 1166	"	237	176	174	4.1	28/11/50
C 1126	"	215	207	204	1.14	28/7/50
P 16	"	147.5	96.9, 147.5	48	1.8	9/8/28
C 2866	"	147.5	133.5 147.5	89	4.7	5/3/59
P 23	"	83	74,67	70.1	1.575	6/10/28
P 37	"	21.33	NIL	NIL	NIL	23/2/29
P 36	"	34.13	NIL	NIL	NIL	2/2/29
P 27	"	36.88	NIL	NIL	NIL	18/12/28
C 3525	"	143	88.1	86.6	7.1	19/10/68
C 165	"	155	-	-	0.07	16/4/47
C 511	"	171	-	-	NIL	7/2/47
C 510	"	183	-	-	NIL	28/2/47
C 115	"	249	-	-	NIL	17/7/41
C 1390	"	171	-	-	NIL	6/3/51
C 1259	"	138	18	9.14	6.37	2/5/50
C 3576	"	137.16	17	4.5	0.46	21/5/69
C 3942	"	152.4	106.7	100	6.4	6/10/73
C 3358	"	182	124	-	NIL	15/8/65

表-7 水井戸データシート

Table-7 BOREHOLE DATA

Province Rift Valley

District Kajiado/Narok

Sheet (34)

No.4

Borehole	Scale 1:250,000	Total Depth (m)	Water Struck (m)	Rest Level (m)	Tested Yield (m ³ /h)	Date of Completion
C 4562	SA-37-9	227	95	89.25	1.84	21/1/80
C 3485	"	182.8	11.8 172	91.4	9.20	27/4/68
C 3044	"	100.3	73.2, 74.4	62.2	10.1	4/6/60
C 3046	"	131.1	112.8	111	10.1	8/7/60
C 2794	"	190.9	100.6 179.8	85.6	16.3	17/5/58
C 3043	"	46.3	27.4	27.1	11.37	August/60
C 2839	"	27.4	-	8.23	18.16	7/6/58
C 3045	"	24.4	12.5	10.66	10.1	20/2/60
P 66	"	157	118 149	92.4	NIL	13/11/29
C 1009	"	55	33	-	4.54	20/12/49
C 116	"	37.1	24.3	19.2	4.18	6/3/41
C 3757	"	106.7	50.3, 74.7 99.1	39.3	4.5	27/3/71
C 3836	"	114.3	34.7	30.4	10.9	19/5/72
C 142	"	76.2	55.4	53.3	NIL	18/8/41
C 2804	"	74.7	38.1	32	16.3	4/6/58
C 999	"	100	23	17.4	12.7	3/12/49
C 3826	"	109.7	35.8	32.0	10.9	17/4/72
C 1231	"	107	40	37	4.1	30/11/50
C 3816	"	100.5	41.1	34	10.5	18/2/72
C 1221	"	77	70	20	9.8	31/10/50
C 1136	"	191	79	28.3	10.9	8/6/50
C 1151	"	105	38.63 91	34	13.6	30/8/50
C 1183	"	122	38.82 116	23	3.6	27/9/50
C 3581	"	138.3	-	Dry	-	14/3/69
C 3532	"	121.92	100.88	45.08	1.82	19/12/68

表-7 水井戸データシート
Table-7 BOREHOLE DATA

Province Rift Valley

District Kajiado/Narok

Sheet (34)

No.5

Borehole	Scale. 1:250,000	Total Depth (m)	Water Struck (m)	Rest Level (m)	Tested Yield (m ³ /h)	Date of Completion
C 3580	SA-37-9	108.5	43.5	32.9	14.6	19/3/69
C 2695	"	107.9	102	61.84	11.4	29/7/57
C 1071	"	96	46.72 91	41	3.2	19/4/50
C 3339	"	106	88.9	33.8	8.01	7/4/65
C 3	"	95	92	15	16.4	17/7/38
C 1923	"	154	27,102	50	3.86	21/3/53
C 2975	"	95.4	85.9	85.3	9.09	31/11/59
C 3578	"	152.7	56.3	41.15	1.04	18/6/69
C 3579	"	141.7	-	44.5	1.82	7/5/69
C 975	"	137.2	22.9,67.1	38.1	5.2	4/11/49
C 3311	"	62	40.5,45.7 51.8	35	11.3	28/9/64
C 3839	"	100.5	46.3	40.5	10.2	16/6/72
C 1534	"	63.3	39.3	20.7	14.55	29/9/51
C 3688	"	91.4	85.3	37.5	3.9	10/7/70
C 1290	"	94.5	39	37	9.2	10/1/50
C 139	"	53.3	32.3	29.2	2.36	5/6/41
C 3748	"	77.4	39.6 61	31	11.6	5/9/70
C 2435	"	108	29.48 103	24	4.7	5/11/55
C 3474	"	58.2	31.2	28	8	15/2/68
C 3835	"	114.3	34.7	30.4	10.9	19/5/72
C 2942	"	167.6	29,87	25.9	1.36	17/11/59
C 3392	"	122	58	21.3	0.48	5/7/66
C 3742	"	89.9	35.9,89.9	28	7.4	12/12/70
C 3394	"	137	-	-	NIL	17/8/66
C 3743	"	155.4	24.4	14	3.9	31/8/70

表-7 水井戸データシート

Table-7 BOREHOLE DATA

Province Rift Valley

District Kajiado/Narok

Sheet (34)

No.6

Borehole	Scale 1:250,000	Total Depth (m)	Water Struck (m)	Rest Level (m)	Tested Yield (m ³ /h)	Date of Completion
C 926	SA-37-9	121.9	89	21.3	2.9	15/8/49
C 3451	"	122	19.2 73.2	14.9	3.3	30/6/67
C 3337	"	138	121.9	61.8	4.95	24/5/65
C 3744	"	108.8	85.3	71.6	0.3	28/11/70
C 942	"	128	125	42.4	0.2	17/9/49
C 987	"	158	38,113	41.5	2.2	5/11/49
C 875	"	152	103	73	0.02	31/5/49
C 824	"	183	138	137	0.02	7/3/49
C 2468	"	179	155	152	Dry	12/12/55
C 1499	"	129.5	-	-	NIL	27/7/51
C 2647	"	103.6	91.4	18.3	4.2	24/3/57
C 3759	"	196.7	-	-	Dry	10/6/71
C 3756	"	106.7	-	-	Dry	1971
C 3776	"	167.6	19,142.6 164	3.0	5.4	17/4/71
C 2510	"	189	182.9	68.6	5.0	1/6/56
C 2365	"	76	67	55	Dry	22/3/55
C 552	"	122	91.116 118	94	11.36	14/6/47
C 315	"	59.4	50.3	47.5	6.83	17/8/44
C 359	"	60	46	50	9.1	28/3/45
C 875	"	152	103	73	0.02	31/5/49
C 3741	"	107.9	36.6,91.4 49	30.5	3.0	30/10/70
C 3338	"	137	84,125	39.3	5.9	15/1/65
C 1523	"	131	-	-	Abandon	7/9/51

表-7 水井戸データシート

Table-7 BOREHOLE DATA

Province Rift Valley

District Kajiado/Narok

Sheet (20)

No.7

Borehole	Scale 1:250,000	Total Depth (m)	Water Struck (m)	Rest Level (m)	Tested Yield (m ³ /h)	Date of Completion
P 39	SA-37-10	113.99	104.5 44.2, 92.7	55	12.6	29/6/29
P 59	"	122.53	112.2, 117.5	56	13.12	25/9/29
P 76	"	20.1	NIL	NIL	NIL	27/1/30
C 3481	"	110.3	32, 102 103.6	21	13.6	8/3/68
C 2139	"	76.2	30.4, 56.4	25.9	13.1	12/2/54
C 3538	"	65.80	-	-	Dry	27/11/68
C 3537	"	76.50	-	-	Dry	15/11/68
C 1136	"	91.8	79.3	28.4	10.9	8/6/50
C 3553	"	91.5	82.4, 85.4	62.9	8.1	20/2/69
C 3649	"	292.2	253.2, 255	241.7	6.48	17/12/69
C 1138	"	100.9	-	-	Dry	31/7/50
C 3552	"	68.6	-	-	Dry	3/2/69

表-7 水井戸データシート
 Table-7 BOREHOLE DATA

Province Rift Valley

District Kajiado/Narok

Sheet ○

No.8

Borehole	Scale 1:250,000	Total Depth (m)	Water Struck (m)	Rest Level (m)	Tested Yield (m ³ /h)	Date of Completion
C 1751	SA-36-8	92	22.9	-	NIL	16/4/52
C 3882	"	143.5	49 134	45.15	8.2	25/11/72
C 4131	"	181	-	-	NIL	27/6/75
C 4143	"	197	18.3	172	Negligible	26/8/75
C 4319	"	150	86	75	1.2	1/4/77

5.1.2 水井戸の掘削内容

- 掘削機械 — ロータリ掘削機導入以前に掘られたものが多く、オールパーカッション式である。
- 口径(ケーシング) — 調査した水井戸123本のうち、100%×1本、150%×93本、170%×1本、200%×27、250%×1本で、150%がもっとも多く、200%がこれに次いでいる。
- 掘削深度 — (0~50m)×9本、(51~100m)×43本、(101~150m)×69本、(151~200m)×36本、(200m以深)×7本で(101~150m)がもっとも多い。
- 帯水層厚 — 水層逢着深度の記録はあるが、その厚さは知ることができなかった。(電気検層図など層厚に関する記録がない)

5.2 水位

5.2.1 静水位

水井戸の静水位をまとめれば、図-9のとおりである。これらの傾向をあげれば次のとおりである。

- ① リフトバレー地内に入れば、静水位は下がり100m前後になる。さらに北部の火山山麓に入れば更に下がり200mを超えるようになる。
- ② キリマンジャロ中腹も静水位は低い。
- ③ Kajiado 地域の Amboseli, Lengesim, Stony Athi 地区の盆地状低地では25m以内にある。
- ④ Narok 地区のリフトバレーに所い所も水位が低くなっている。

火山山麓は一般に透水性がよいためと、標高差により水位の低い場合が多いが、本地域もそれに類似した傾向を示している。

リフトバレー地内とその周辺で水位の低いのは、地下水の受盤が深いためと推定される。

その他では盆地部で水位の浅いなど一般の地下水の胚胎状況と同じ傾向を示している。特にキリマンジャロ山麓の広大な Amboseri 低地は補給も豊かで一部に自噴する所もあると聞く。

図-11はケニア全土の静水位を示した資料であるが、概略の傾向を知ることができる。これからも南部リフトバレー地内の水位のかなり低い地域であることを推察することができる。

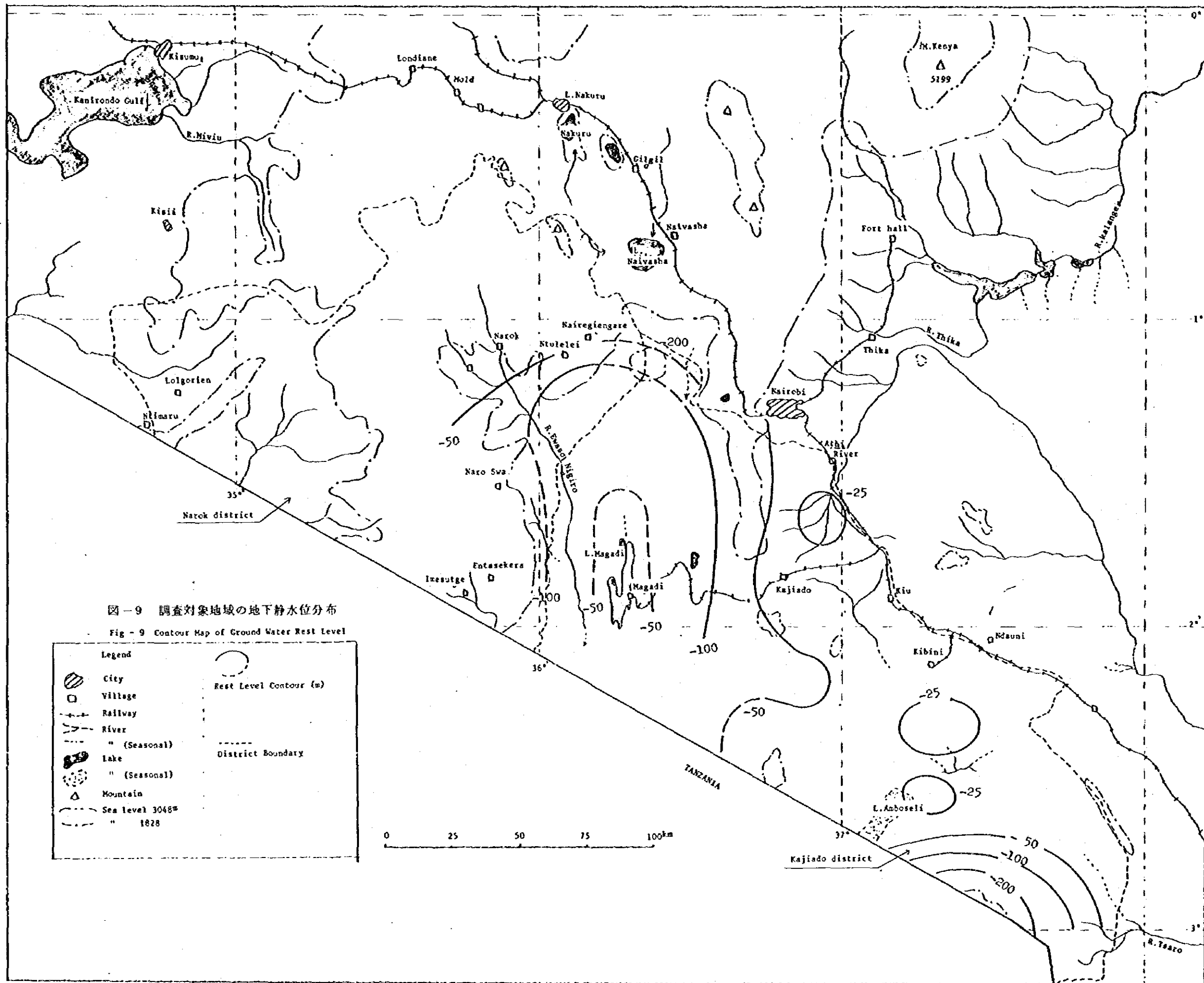


図-9 調査対象地域の地下静水位分布

Fig - 9 Contour Map of Ground Water Rest Level

