

昭和56年度

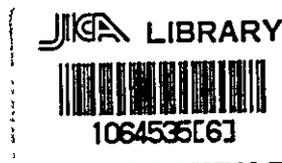
マリ共和国
地下水開発計画調査
中間報告書

昭和57年3月

国際協力事業団

昭和56年度

マリ共和国
地下水開発計画調査
中間報告書

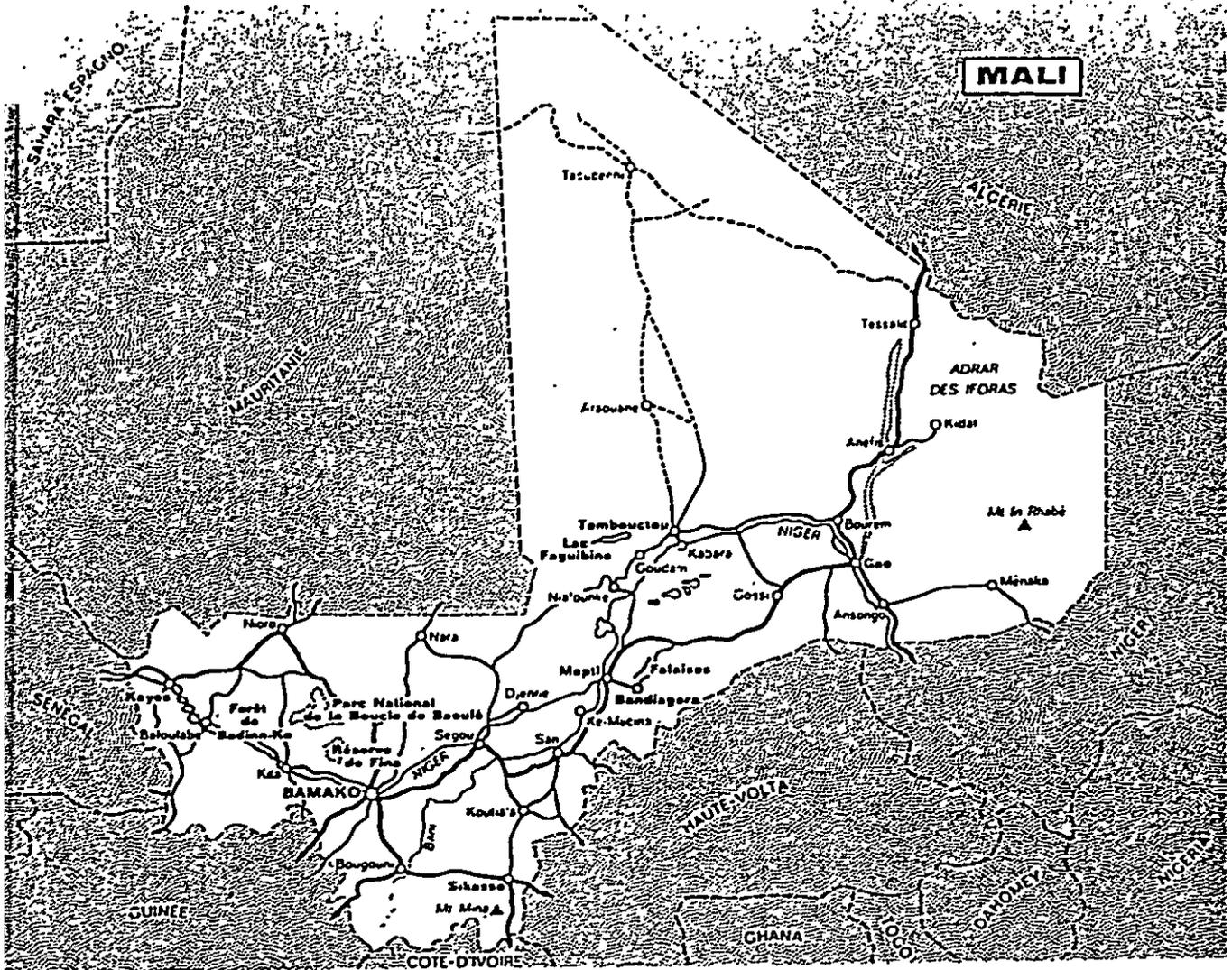


昭和57年3月

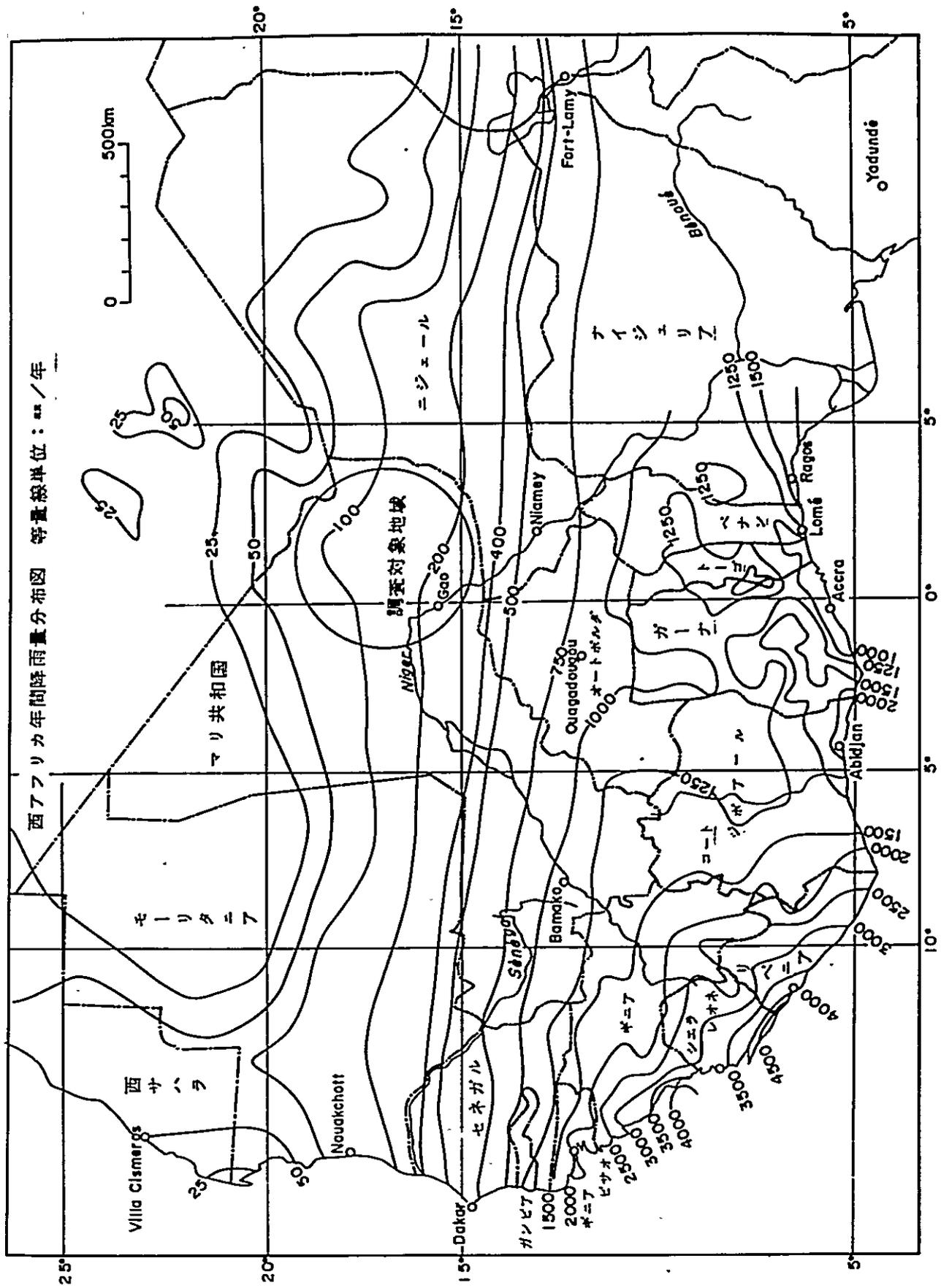
国際協力事業団

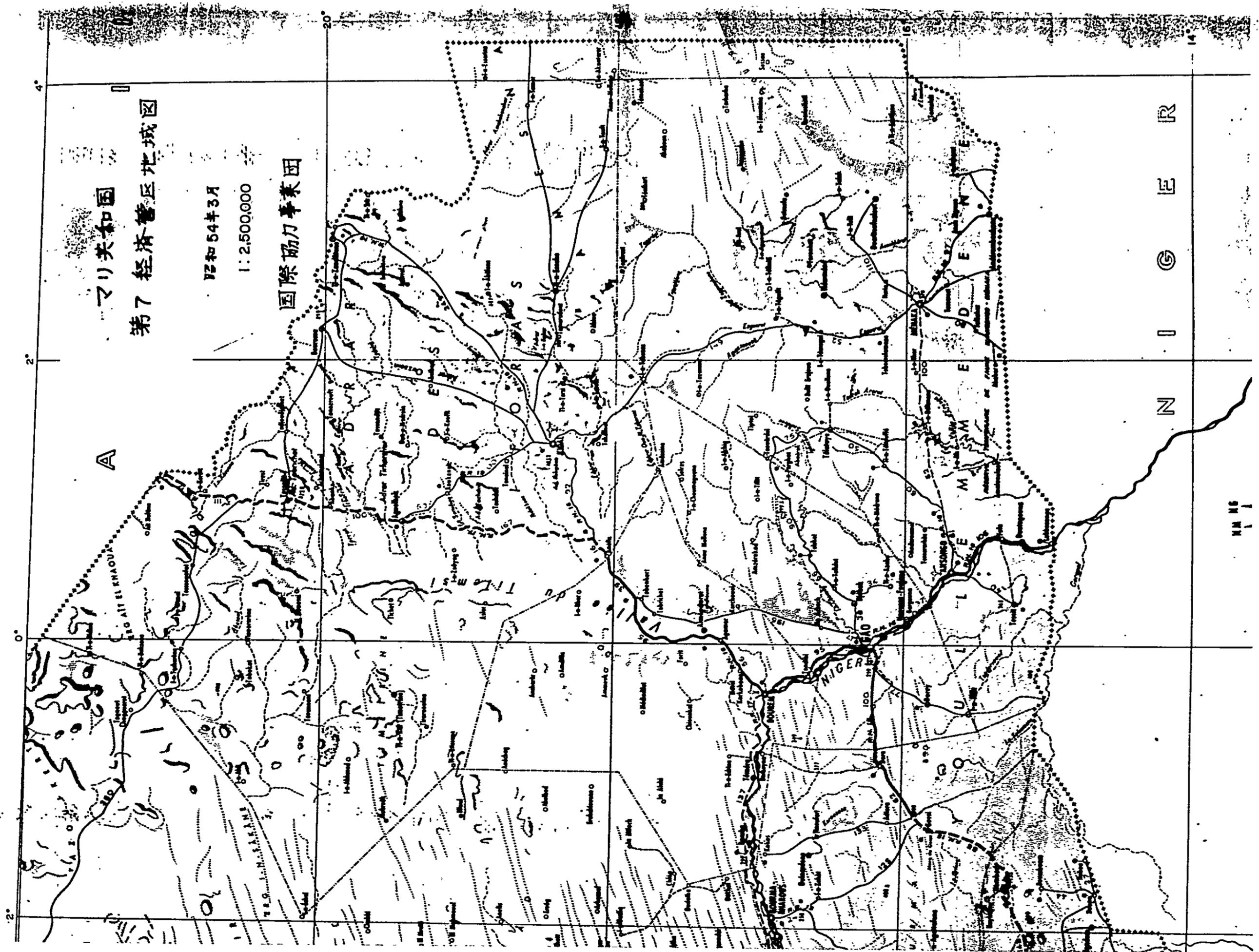
国際協力事業団	
受入 月日 85. 3. 25	519
発注No. 11242	61.8
	SDS

Traffic map of the Mali



西アフリカ年間降雨量分布図 等量線単位：mm/年





マリ共和国
第7 経済管区地域図

昭和54年3月
1:2,500,000
国際協力事業団

INTERNATIONAL

MMMS
111

ま え が き

本報告書は昭和53年度から昭和56年までの4年間に亘る開発調査結果を総合してとりまとめた、昭和56年度マリ共和国地下水開発計画調査業務における中間報告書である。

本開発調査の正式調査名は上記のとおりであるが、以下報告書中では“プロジェクト”あるいは単に“調査”と呼称する。

なお、マリ国地下水開発に関する日本政府による昭和56年度無償資金協力実施が決まって、現在開発工事が行われている。

本報告書全般にかかわる図面3葉を巻頭に添付してある。また、別冊図表集に、本文Ⅲ調査結果についての図表を集録した。

目 次

まえがき

I 要約および諸論	1
1 結果の要約	1
1-1 基本調査	1
1-2 本格調査	6
2 結 論	18
2-1 第7経済区の地下水開発計画	18
2-2 マリ国カウンターパートへの技術移転	19
3 プロジェクトの内容	25
3-1 調査開始までの経緯	25
3-2 調査実施の内容と経過	26
II 調査地域の立地概要	36
1. 地 理 , 地 勢	36
2. 気 象	39
3. 地 質	42
III 調 査 結 果	42
1. 電 気 探 査	49
2. ボーリングさく井作業	88
3. ボーリング調査結果の水理的解析	109
4. 機械・車輛の整備	122
5. 第7経済区の地下水水理地質と水収支系	145
6. 水利用の形態と既存井戸の現状調査	155
IV 関連資料調査結果	172
1. マリ共和国の現状	172
2. マリ国の水理地質	178
3. 新5ヶ年計画における水資源開発	186
4. マリ国水利, エネルギー局の概要	188
5. 其 の 他 資 料	192

I 要約および結論

1 結果の要約(表 I - 1 参照)

昭和 53 年度の基本調査によって本格調査の実行計画を立て、昭和 54 年度から昭和 56 年度までの 3 年度に亘って本格調査を実施した。4 年度の調査実施内容と経過の主要点を表 I - 1 にまとめたが、調査結果につき要約すれば次のとおりである。

1 - 1 基本調査

SW において選ばれた調査項目の表現は、調査条件について未だ不確定な要素があるために、幅を持たせたものであった。

基本調査の結果から各種問題の実体を把握することが出来たので、より具体的な調査の方法、内容および装備と動物計画からなる本格調査実行計画が立案された。主な調査結果は下記のようなことであった。

(1) 調査活動(作業・運搬・移動・設営・生活等)上準備すべき事項

自然条件は、地域が半砂漠地帯であって気候的にも高温(4月～6月が最も高く45℃以上)、大きい昼夜の温度差(20℃～28℃)、激しい乾燥(月平均の17%～24%が普通で、雨期に40%程度)、常につきまとう砂風(3月～6月の乾期の終りには所謂砂あらしが来る)等がある。6月～9月の雨期においては、道なき道を走る内陸部は通行不能であり、作業期間としては10月～5月の8ヶ月が一般的である。

また、社会・経済的条件については、遊牧を主とする牧畜とニジェール河沿岸での僅かな農業だけを産業とする地方で、物資の流通は貧しい。交通は空路・陸路とも問題が多く、ニジェール河の船便も8月～1月に限られると言う不便な状況である。このため調査用の機械・工具・資材等の現地調達はほとんど不可能で、生活物資も現地の地獄的なものしか入手できない。

以上のような条件を踏まえて調査活動のための諸準備を行った。

資器材；

セメント、骨材、ガス溶接機材等を除くすべての機材と物資および調査団食糧の日本からの輸送

設 営；

都市部にあつては民家の借上が最も硬き易く適切であるが、内陸部へ出るときはキャンプになるので、砂漠向きの機能を持たせた装備を準備する

基 地；

特別の気候と砂塵とに耐え得る事務所、倉庫、修理工場が不可欠である。また、現

・地の通信系統も電報・郵便以外は容易に使用できる手段がないので、独自の無線機設備は必須である。

機材の仕様；

資機材の輸送については特に悪路による振動に対する措置が必要。

(2) 電気探査法の調査地域での適用性

地下水調査のため物理探査法として掲げられたものは、地震探査法と電気探査法の2つであった。限られた予算と期間の条件もあり、2つを併行して行うことは難しいので、何れかを選ぶ必要があった。本プロジェクトの場合、深度が約200mぐらいまでのところを調査対象していること、帯水層の多くが地層水であり、岩質が累層していることなどから電気探査法が最も有効であろうと考えた。また作業上からも震動源のための爆薬の取扱に問題があるので、電気探査を優先的に試みることにした。電気探査法の検討すべき事項としては、乾燥地帯における電極条件、熱や温度差および砂塵の計測機器への障害等があげられた。

ガオ市 (Gao)、ジェボック (Djebock) アンソング (Ansongo)、マジボ (Majibo)、キダル (Kidal)、イラカデン (Irakaden)、インテデニ (In-Tedeinit) 等における第7経済区内の異なった地質条件を選んだ合計20点につき調査を行った。

調査結果からの結論は次のとおりである。

電気探査法は、第7経済区内での地下水の賦存状況を最も効果的に探査できる物理探査法である。したがって現時点では、他の物理探査法を用いなくても電気探査法で十分に地下水探査の効果があげられる。

サヘル地帯のような乾燥地帯でも十分な出力を持つ測定器の使用と電極接地条件の改善を行えば、地表面下数100m以深に対して高精度の電気探査が実施できる。すなわち、アドラル デ イフォラス西縁からニジュール河までの平地 (白亜系以新の岩石が広く分布する地域) においては、被圧帯水層を含んだ地層および地下水の集水機構についての資料が得られる。

また、アドラル デ イフォラス山地 (先カンブリア系の基盤岩分布地域) においては、基盤岩上の形状 (地下谷) を明らかにすることができ、涸れ川下の地下水の流動機構がわかる。

(3) 既存井の状況と水利用の形態 (章末添付表参照)

ガオ、アンソング、キダルの各サークル (Cercles) における17地点、20の既

存井戸について、利用・管理・水文上の条件、技術的仕様と構造、立地条件、歴年の変化等の20項目につき調査を実施した。

井戸の種類；

① 索掘り井戸 (Puisards)

人手による浅い井戸で、直径は0.8～1.2 m、水が無くなれば他所へ移動してゆく。キダルの沖積層地下水や平地部の水溜りのある地区に多くつくられる。

② 筒井戸 (Puits)

1.2～2.0 m直径の手掘り井戸で、コンクリートライニングを施してある。これはオペレーションビュイ局 (Direction Nationale de l'Opération puits) が施工するもので深いものは80 m以上もある。

③ 管井-ボーリング孔井 (Forages)

ボーリングさく井によるもので、人力ポンプ (手押し、足踏み)・水中ポンプ・エアーリフト・風車・ピストンポンプを設置して揚水する。

④ ビュイ シテルヌ (Puits Citerne, P-C)

筒井戸と管井を50 cm程度はなして併立させ、適当な深度のところで両者を連絡する。深さは管井が70～150 m、これと組み合わせられる筒井戸は50～70 mである。管井中を上昇して来る被圧水は一定の静水位で安定するが、その静水位から5～10 m下あたりの連絡部を通して水は筒井戸 (貯水槽の役割を行う-Citerne) に導かれ、それを普通に遊牧民が行っているロープ付皮袋と滑車の釣瓶方式で汲み上げの形式である。

Puisard は遊牧民が移動しながら自分で地点を選び、つくり使用する。Puits は都市または静水位が比較的深くないところに、政府の費用と責任においてつくられる。

水利用の形態；

調査地域で利用されている水場としては、前項のような地下水を汲み上げる井戸の他に、ニジェール河と凹地に溜まる地表水とが重要な役割を果たしている。しかし、ニジェール河の水は4月から7月にかけては減水してその利用は限定されてくるし、地表の水も10月中にはそのほとんどが干上がってしまう。人工によってつくられる井戸水は費用はいるが年間を通じて利用することが出来るので、これの増設は不可欠である。水資源開発においてはこれら3者の適当な配置と組み合わせ利用が効果的である。

表 6 - 1 既存井戸の状況及び水利用形態の調査

井戸 番号	調査 月日3)	サークル名	部 落 名	緯 度	経 度	標高	水源の種類 4)	建築 年次	口径	使用の 有無	構 築 時			現 在			早勉時 の状況	埋まり の状況	測 定 事 項							
											深度	水位	揚水量	深度	水位	揚水量			時刻	気温	水温	PH	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	EC	
												(m)	(m)	(m)	(m)	(m)					mg/l	mg/l	μs/m			
1	2月13日	G A O	Argabéche	1636'55N	007'27E	262(m)	管 井	1956	1)6"	×		97.70(m)	4040(m)					若有り								
2	"	"	In-Aoukert	1649'00N	009'00E	288	2)P-C	1962	6"	○		75.00	5000			5400	50ℓ/min	水有り		800	26℃	32℃	75	05	002	1180
3	"	"	In-Fardan	1642'00N	007'40E	270	P-C	1959	6"	○		46.94		50ℓ/min		4247	50ℓ/min	水有り	230m	1000	328℃	315℃	75	15	0.1	1080
4	"	"	Hamakouladji	1637'00N	005'10W	270	手掘り井戸	1958	18m	×						6600										
5A	2月14日	"	Djebock	1620'00N	018'00E	280	筒 井 戸				建設中	51.00														
B	"	"	"	"	"	"	管 井			×																
C	"	"	"	"	"	"	管 井	1956	6"	×		89.16	5750	22ℓ/s												
D	"	"	"	"	"	"	筒 井 戸	1952	2m	○		74.00	5900					水有り	有り	815	205℃	31℃	75			1100
6	"	"	Takalafat	1615'00N	024'00E		筒 井 戸		2m	○					5400											0
7A	2月15日	"	Gargouna	1556'00N	009'00E	253	筒 井 戸	1959	2m	×		14.50	1220	2ℓ/h		1960				700	18℃	27℃	70	50	0.15	500
B	"	"	"	"	"	"	筒 井 戸	1965	12m	×					1100					800	21℃	27℃	70	10	なし	2000
8	2月16日	ANSONGO	Tin-Tafagat	1542'00N	042'50E	260	貯 水 池			○								水有り		1000	26℃	155℃	88	20	なし	180
9	"	"	Tangaragabout	1547'00N	059'00E	270	筒 井 戸	1952 ~ 1959	18m	○		65.60	5030			5085		水有り	有り	1112	29℃		75	05	002	580
10	"	"	(UNDP)well	1551'00N	121'00E	308	管 井	1979	6"	○						7m ³ /h				1430	325℃	325℃	80	001	なし	1120
11	"	"	In-De'limane	1552'00N	130'00E	278	貯 水 池			○								水有り		1510	31℃	21℃	75	10	0.05	130
12A	2月20日	KIDAL	Irrakadene	1810'50N	140'00E		(手掘り井戸)		15m	井断		6.00														
12B	"	"	"	"	"		(手掘り井戸)	1978	12m	井断		40.00														
13	2月21日	"	Tagararat	1836'00N	122'50E	450	手掘り井戸		12m	○				668	575			水有り								
14	"	"	In-Tedéinit	1836'50N	122'00E	432	筒 井 戸		175m	○					1700	1575		水有り	有り	750	176℃	275℃	70	05	03	540
15	"	"	Essouk	1847'50N	111'50E		手掘り井戸		12m	○				1020	980			水有り		1150		29℃	75	05	005	440
16	2月22日	"	(PNC)well	1828'00N	123'00E		手掘り井戸	1978	15m	○		9.40			842	765			有り	800	20℃	275℃	70	05	002	280
17	"	"	Kidalcity	1826'00N	124'50E		手掘り井戸		08m	○					1625	1490		水有り		1140	27℃	295℃	70	なし	005	130

注：

- 1) 口径は、管井においてはケーシングの内径、手掘り井戸においてはライニングの内径、P-Cにおいては管井の内径を各々測定した。
- 2) Puits-Citerne
- 3) 昭和54年(1979年)
- 4) 手掘り井戸とは茶掘り井戸のこと

井戸 番号	調査 月日	植生の 生育状況	周囲の地形 の特徴	集落戸数の 分布状態	ライニング及びゲ ーシングの材質	電気探査 実施箇所	記 事
1	2月13日	灌木まばら	砂漠		スケールケーシング		1956年に井戸完成し、使用開始したが1965に揚水設備故障現在に至る。
2	"	周囲数百米 なし	砂丘	学校有り	"		貯水槽は径2.5M、深さ7.5M。61~72M間帯水層。
3	"		平坦地		"		貯水槽は径1.8M、深さ48.68M(1959年)・51.00M(1977年)、井戸元にスラブなし。
4	"		"	110 数戸			Continental Terminalより採水、Niger川の左岸、現在使用されていない。
5A	2月14日	周囲500米 なし	"	10 数戸	コンクリートライニング	○	現在建設中
"B	"		"	"	スケールケーシング	○	ベベルギア使用深井戸ピストンポンプ、現在使用されていない。
"C	"		"	"	"	○	78.80~87.16M間スクリーン、風車によるピストンポンプ、現在使用されていない。
"D	"		"	"	コンクリートライニング	○	Continental Terminalより採水、埋まりがあったが昨年(1978年)さらいを行った。
6	"	周囲300米 なし	"		"		放射状の水流溝の先に0.4M×2.0Mの貯水溝あり、家畜の飼水用。
7A	2月15日	雑草、灌木		420戸	"		1959年に井戸完成したが、2~3年後使用不能、風が吹いて砂が井戸に入った為。
"B	"	あり		"	"		1962年に井戸完成したが、2~3年後使用不能、風が吹いて砂が井戸に入った為。
8	2月16日						7月より3~4月迄は例年水はある。昨年はなかった、飲料水としても使用している。1000M×200M
9	"	植生あり	平坦地		コンクリートライニング		2時間揚水後空となる。2時間後復水して再揚水、これを繰り返す。
10	"	"			スケールケーシング		水中モータポンプを設置し、現在揚水量7m ³ /h、(最大揚水量は25m ³ /h)。
11	"	"					6~7月の雨期から10月あるいは12月迄水はある、条件の良い時は4月迄あると。500M×200M
12A	2月20日		平坦地			○	6M掘れども硬岩(Schist)にあたり中断、MANABOUTSが命令して作らせた。
"B	"		"			○	40M掘れども水量得られず中断、KIDAL市の名士が企画した。
13	2月21日		涸れ川				500M程の幅をもった涸れ川の中心に掘られている。
14	"	植生あり	"		コンクリートライニング	○	1976年に25m迄掘ったが、その後3年間で8M埋って現在深度17.00M。
15	"		"				300M程の幅をもった涸れ川の中心に掘られている。
16	2月22日	植生あり	"			○	遊牧民が捨てた0.5~0.6Mのものを1978年にPNCが改修、1年間に約1.0Mの埋まりあり。
17	"					○	井戸より10M位はなれて幅100M位の涸れ川あり。

(4) 掘さく方法と必要な資機材

第7経済区は広大で、地質条件は堆積岩、火成岩類および変成岩類など多様で、岩質は変化する。また移動距離も長く、その路程は悪条件下にある。また、帯水層は一般に有勢なものが少いと予想されるので、僅かな地下水も見逃せない。

以上のような条件のほか、地形・気象その他の特殊な作業環境などを考えると、さく井機械はトップヘッド ドライブ型のロータリ・パーカッション式を使用すべきである。

特に、作業用水の確保が困難な現場においてはエヤー掘りが必要となるので、このタイプは不可欠の条件であろう。

車輛、発電機、エヤコンプレッサー、ポンプ等の附帯機械・設備の調達に当っては、調査地域の環境に合わせた、耐熱・防塵・耐震および砂漠用の仕様とし、機種の一統を図りたい。

(5) 設備・機材の保守と整備

本プロジェクトの開発計画で課題となる揚水・給水方法の機械化や近代化の実施については、余程慎重な検討が必要である。最大の問題は保守整備の能力と体制の裏付けが出来るかどうかの点である、その設備が永続的に利用されることができて現地人の生活の中に定着できるものか、ということである。保守整備を裏付けるためには技術に関する人的、組織的な側面と、部品・器具の補充という物的な面との条件が併行的に充足されねばならない。

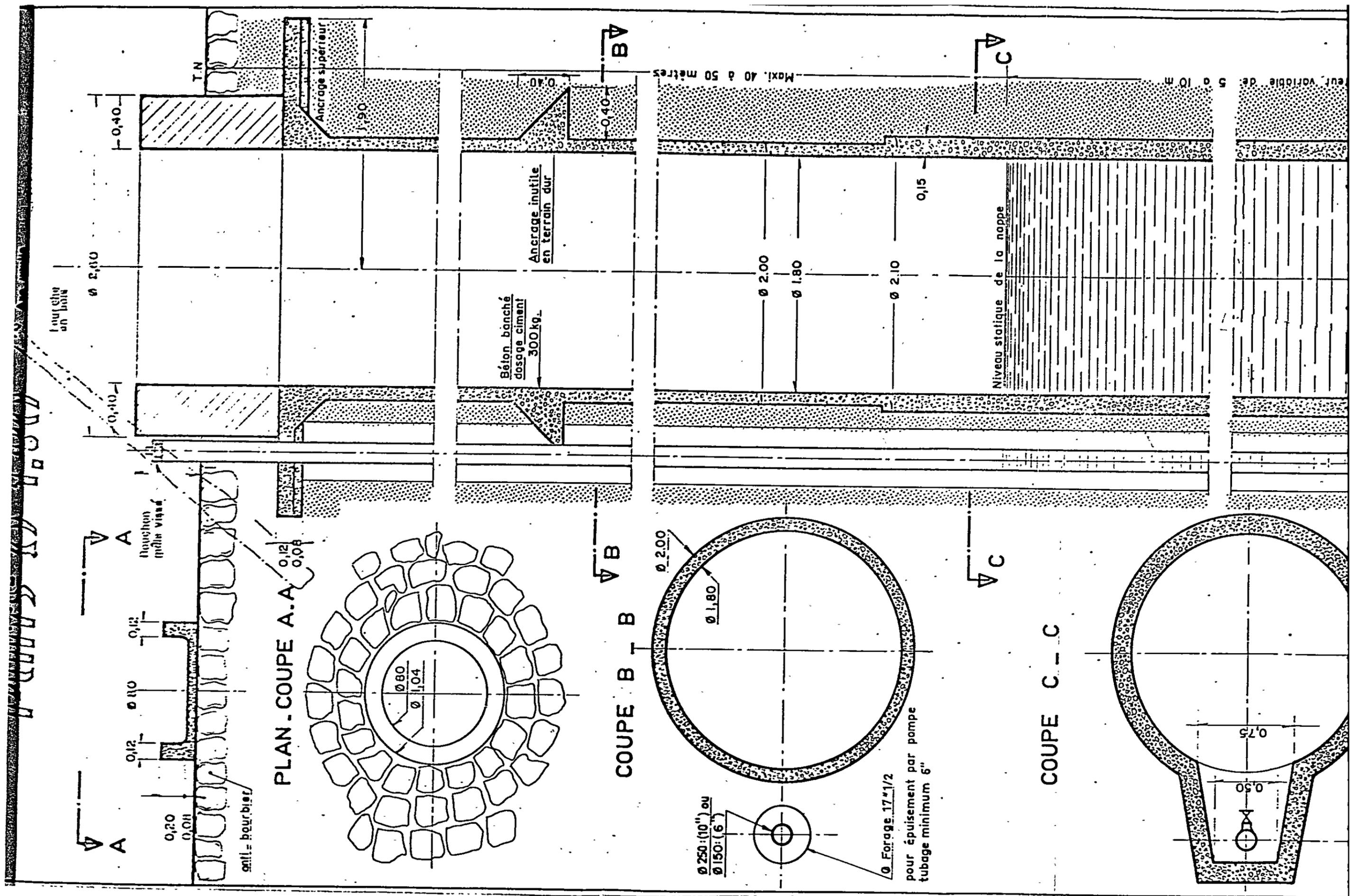
ガオ市に見られる果々と横たわる車輛や機械の残骸は何を語るか、それはこの整備についての裏付けが行われなかった結果である。

1977年に行われた当核地域の45ボーリング井戸を追跡した調査報告書[※]によれば、次のような整備が追いつかぬ故の機械化の悲劇的事例が示されている。すなわち

1963年以前に19ボーリング孔井をつくり、その内風力ポンプを11ヶ所、モーターポンプを2ヶ所に取り付けた。1963年から68年にかけてはソ連およびハンガリーの援助によって20の孔井をつくり、9孔井にビストンポンプをつけた。その他を合せて1968年までに合計45孔井がつくられ、利用可能水量は9,400 m³/日に及んだ。しかし現在は、機械式である風車とビストンポンプ式のもの全部が使用不能に陥って居り、P-Cの15孔井のみが稼動中であつた。「ガオ北東地域には評価すべき地下水は存在しているが、その帯水層の深さから多くの場合、ボーリング孔井を必要とする。この場合、井戸建設後の設備の保守が出来ないことから、過渡的な方法として

※ Expertise de 45 Forages dans la Region Nord-Est de Gao(1977)

ではあるが、P - C 設置が最も適切な方法と考えられる。」というのが結語に述べられている。



Forage en bois

Ø 2,10

0,20
0,011

0,12
0,10
0,12

0,10

0,40

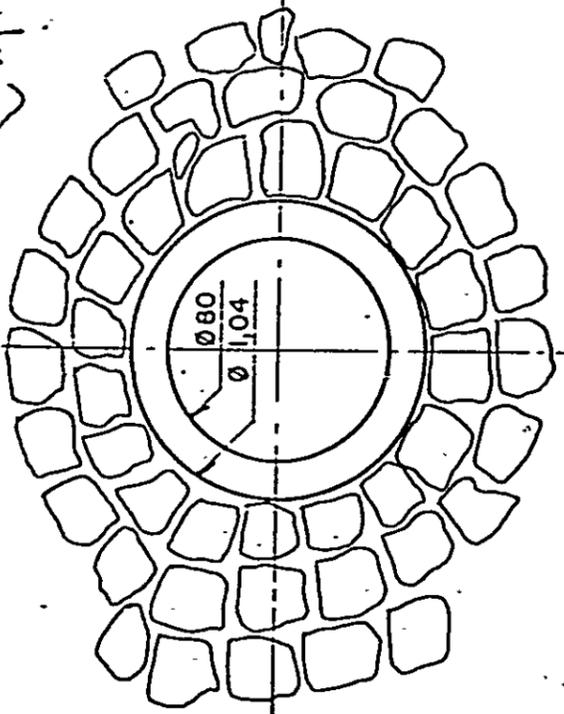
entl. = bourbier

housson
maître visé

T.N.

PLAN - COUPE A-A

0,12
0,04



Béton banché
dosage ciment
300 kg.

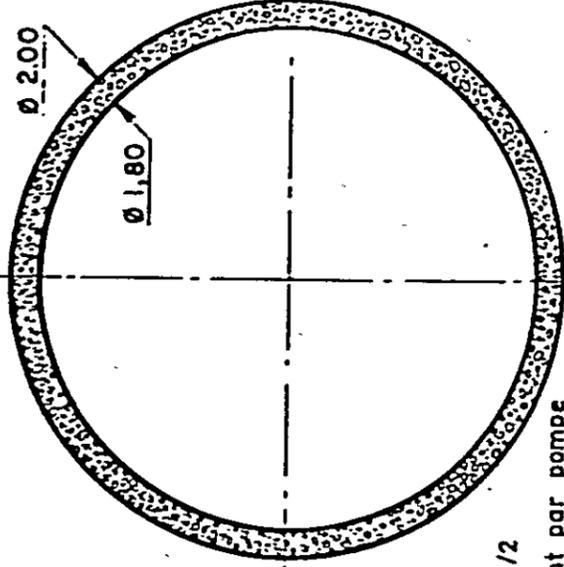
Ancrage inutile
en terrain dur

Ancrage supérieur

1,90

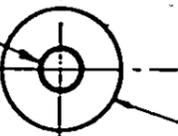
COUPE B - B

BV



Maxi. 40 à 50 mètres

Ø 250: (10") ou
Ø 150: (6")



Ø Forage 17 #1/2

pour épaissement par pompe
tubage minimum 6"

Ø 2,00

Ø 1,80

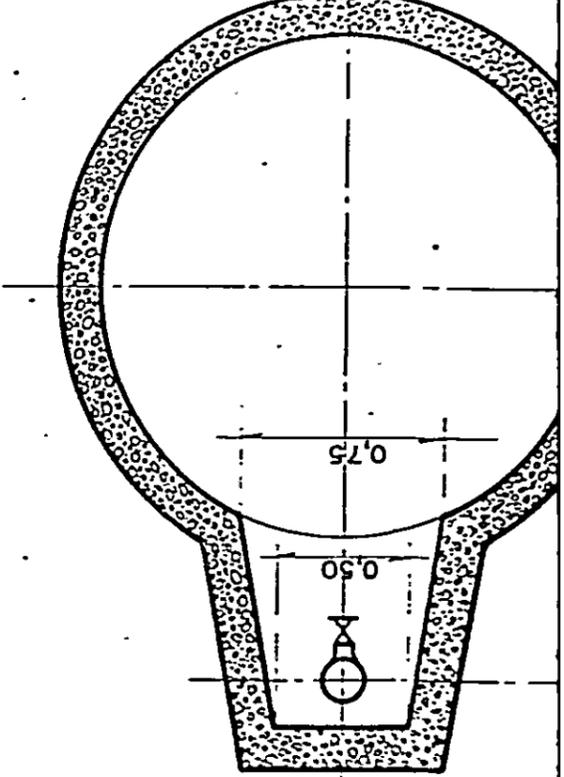
0,15

CV

AV

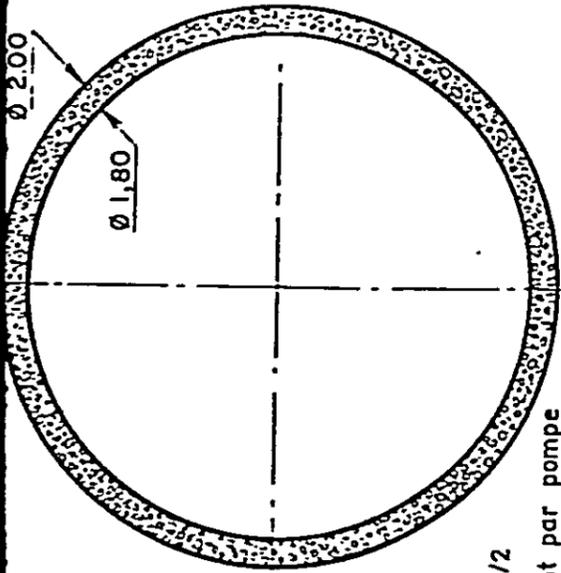
Niveau statique de la nappe

COUPE C - C



leur variable de 5 à 10 m

Ø 250: (10") ou
Ø 150: (6")

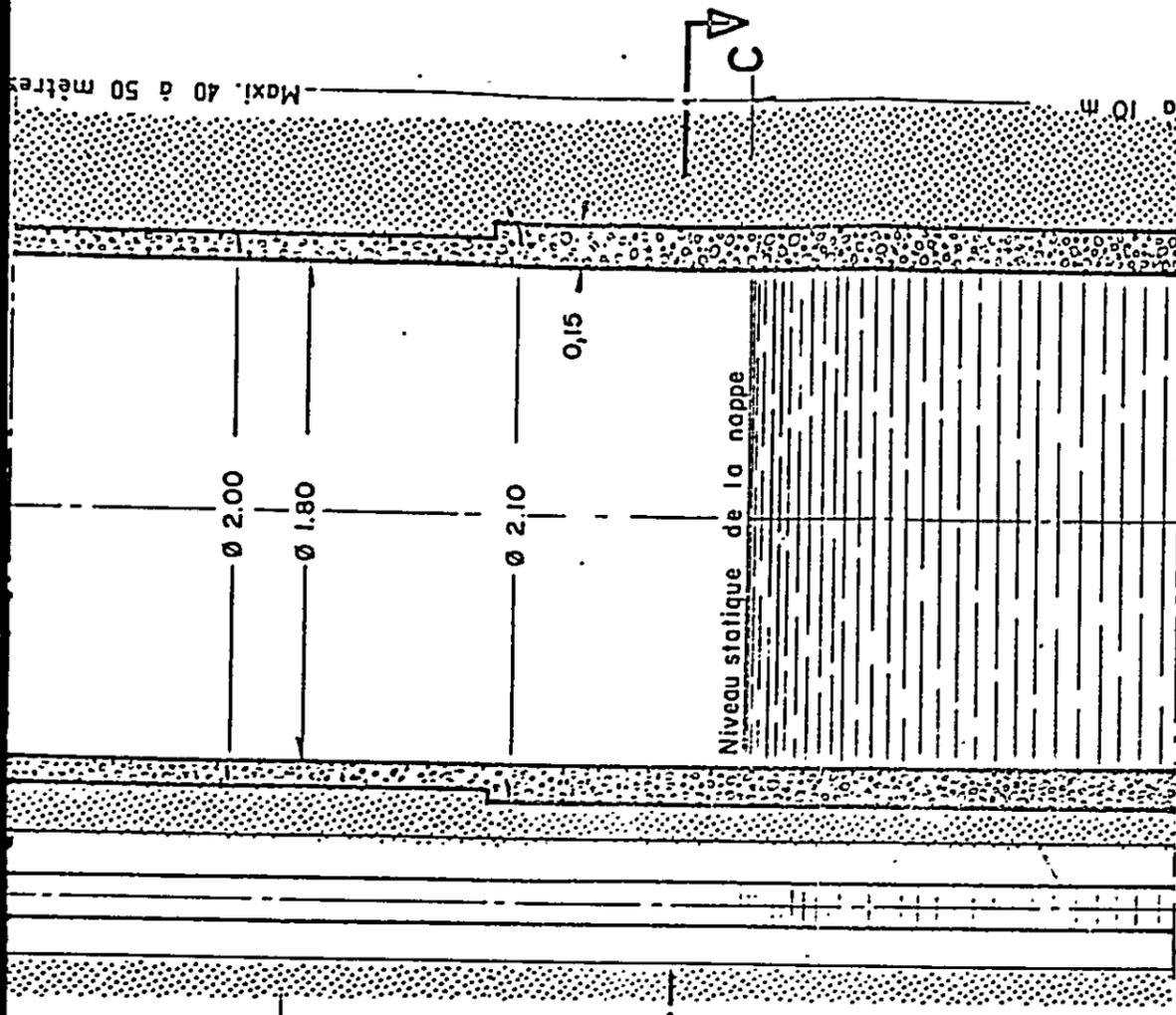
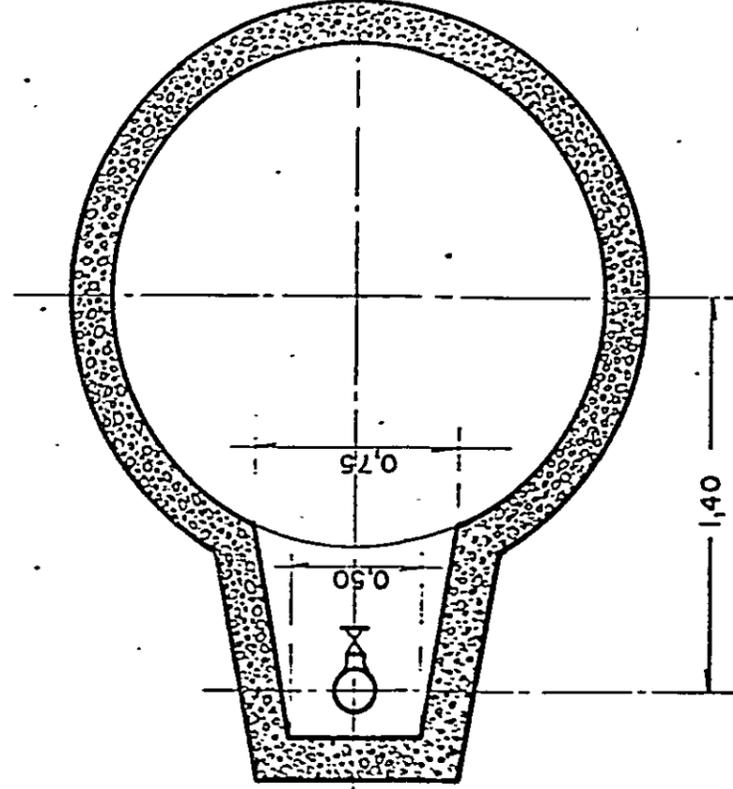


Ø Forage 17" 1/2

pour épaisseur par pompe
tubage minimum 6"

C

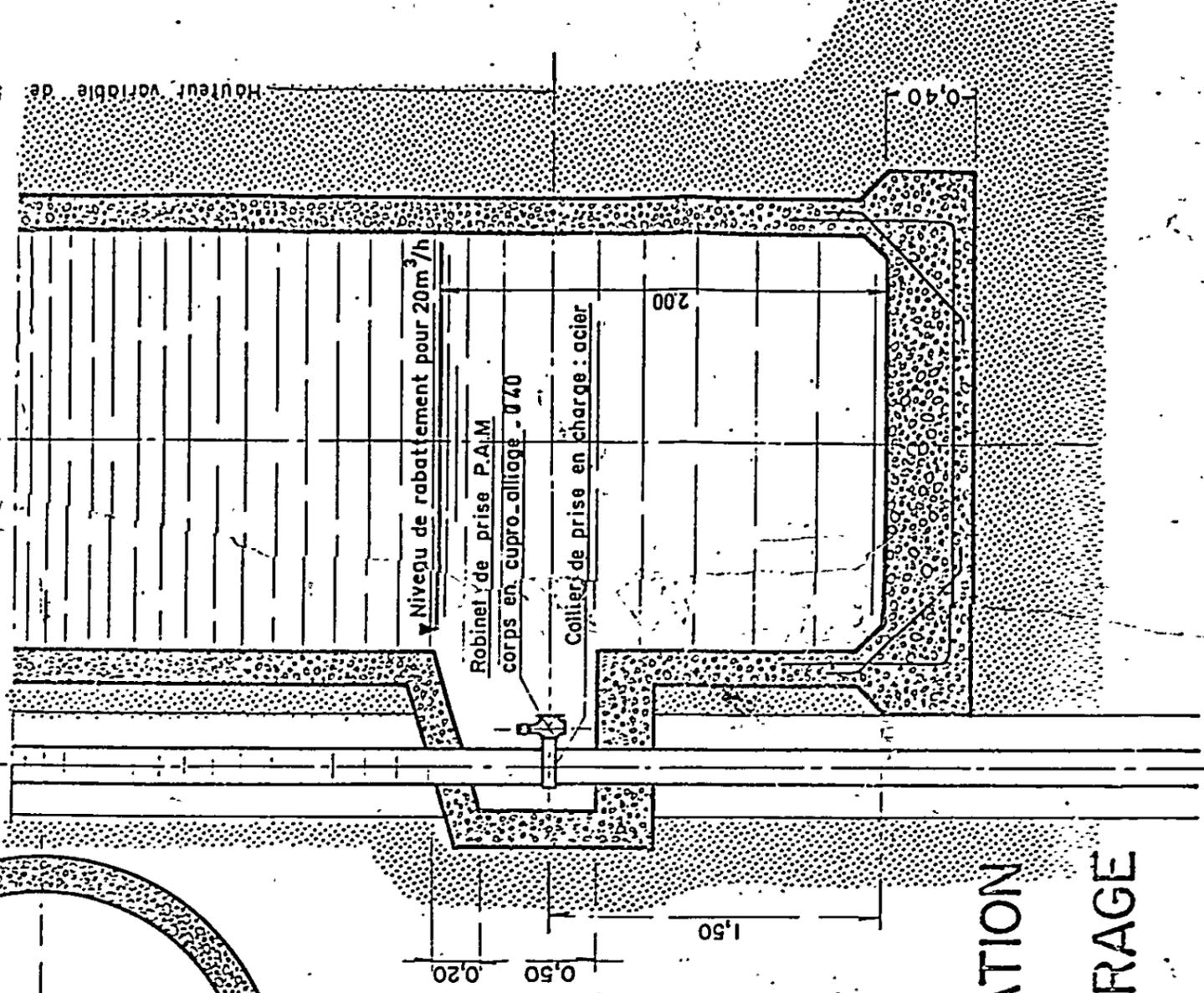
COUPE C - C



Maxi. 40 à 50 mètres

C

Niveau statique de la nappe



Hauteur variable de 5 à 10 m

Niveau de rabattement pour 20m³/h

Robinet de prise P.A.M
corps en cupro-alliage Ø 40

Collier de prise en charge: acier

$Q = 0,60 \times S \times \sqrt{2qh} - \phi = 40\text{mm}$
 $h = 3\text{m} - Q = 5,71/\text{s} = 20\text{m}^3/\text{h}$
 $h = 1\text{m} - Q = 3,31/\text{s} = 12\text{m}^3/\text{h}$

PUITS D'EXPLOITATION
Ø 1,80
D'UN TUBE DE FORAGE

SYSTEME J. ROURE

Echelle : 1 / 25

1-2 本格調査

(1) 電気探査

基本調査の結果から、電気探査法の当該地域での適用性が確められ、しかも地下水探査法として最も効果的なものであろうとの見通しを得たので、本格調査においては実施上の諸問題の解決および効果をより確実にするための知見の蓄積を求めて作業を実施した。

作業量は次頁の調査内容表のとおり、合計して地表電気探査を552点、電気検層は16孔について実施した。

地表電気探査では地下各層の境界や帯水層をその中に含んでいる一定の地層の層厚を推定することが出来て、ボーリング地点の選定やボーリング作業のためのプログラム設計あるいは、岩層の変化等の予知についての情報が得られた。

また、電気検層では確実に帯水層位置がボーリング孔中に示され、仕上げのためのスクリーン設計に決定的な資料を提供している。

引続き行われる今後の工事での記録や経験を積み重ねて、解析および作業に関する当該地域の特性を掴み、対策をとってゆけば地下水探査の最適手法としての威力をより発揮するものと期待される。

ガオ周辺の自由面地下水帯の電氣的地下構造は表1・1・7*のようにモデル化される。その内の第3比抵抗層は難透水性の粘土で低比抵抗値を示し、その上の高比抵抗帯に帯水層があるとの情報を提供し、第2・3比抵抗層の境界面上昇、下降に従って帯水層の厚さが決められることを示した。また、被圧地下水帯の例としては、ジェボックとハマクラツジュがあり、これは表1・1・8と表1・1・9に示される。これも基本的には前記ガオ周辺地帯と同様に、低比抵抗値を示す第4比抵抗層は難透水層であり、その上にあって帯水層を含んでいる、第3比抵抗層が相対的に高い比抵抗値を示すことをよく表わしている。

* 図表番号のうちローマ数字の付記の無いものは全てⅢ章に属する。

表 1.1.1 調査内容

年 項目	1978	1979	1980	1981	
現地調査期間	1979.1.8 ~ 1979.2.26 50日間	1979.12.26 ~ 1980.3.21 81日間	1980.11.4 ~ 1981.3.19 109日間	1981.11.1 ~ 1982.3.20 (旧秋田1982.11.5 ~ 1982.3.20) 140日間	計380日間
調査地区	GAO 8区 DJEBOCK MAJIBO KIDAL	GAO 8区, 2区 HAMAKOULADJI	GAO 8区, 7区, 4区 ANSON GO MAJBO. TINTAFOGAT	GAO 4区, 7区, 8区 BAGOUNDJE MAGNADOU HAMAKOULA DJI DJEBOCK	
地表電気探査	20点	97点	183点	252点	計552点
電気検層		3孔	5孔	8孔	計16孔
測定器	地表電探 : 送信機 Model G-500 3A.B, 受信機 Model 750USP (横浜電子製) 電気検層 : YEW 3244 (横浜電機製)				

表 1-1-7 比抵抗区分

比抵抗層	境界面 深 度 m _i	厚 さ(m)	比抵抗値(Ω・m)	地 質	
第 1 比抵抗層	0	0~ 10	10~5,000	砂	第 四 紀 層
第 2 比抵抗層	0~10	5~ 50	100~2,000	岩礫砂又は細礫	
第 3 比抵抗層	5~50	70~150	3 ~ 40	粘土, 砂まじり粘土	第 三 紀 層
第 4 比抵抗層	>75		50 以上	砂岩	

表 1-1-8 デェボックの解析結果

比抵抗層	境界面 深 度(m)	厚 さ(m)	比抵抗値 (Ω・m)	地 質	
第 1 比低抗層	0	3~ 25	4~ 15	粘土質砂礫	第 三 紀 層
第 2 比低抗層	3~25	10~ 40	25~ 50	粘土質, 砂	
第 3 比低抗層	25~60	50~ 80	10~ 16	粘土, 一部帯水層	
第 4 比低抗層	100±	50~100	3~ 9	粘 土	
第 5 比低抗層	150以深		20~ 90	砂岩, 石灰岩	

表 1-1-9 ハマクラージュの解析結果

比抵抗層	境界面 深 度(m)	厚 さ(m)	比抵抗値 (Ω・m)	地 質	
第 1 比抵抗層	0	0~ 15	20~130	砂, 粘土質砂	第 三 紀 層
第 2 比抵抗層	0~15	25~ 35	4~ 8	粘 土	
第 3 比抵抗層	25~50	50~ 75	12~ 18	粘土, 一部帯水層	
第 4 比抵抗層	80~100	80±	3~ 5	粘土, 一部帯水層	
第 5 比抵抗層	170 以深		50 以上	砂 岩	

(2). ボーリングさく井作業

ボーリングさく井の上で特に困難な岩層や条件はないが、気象条件と道路の悪環境に対する配慮が色々な面に必要で、安全に能率よく作業を進めて耐久性のある井戸の仕上げを実現するため、段取り、設計、装備、調達、勤務体制には特に注意を払った。

作業項目と順序は下記のとおりであるが、ボーリングさく井の実績を示す諸表を次頁に添付する。

表 2-4-1 ボーリング孔井の仕上げの表

表 2-4-2 各孔井別のさく井工程表

ボーリング作業項目と順序：

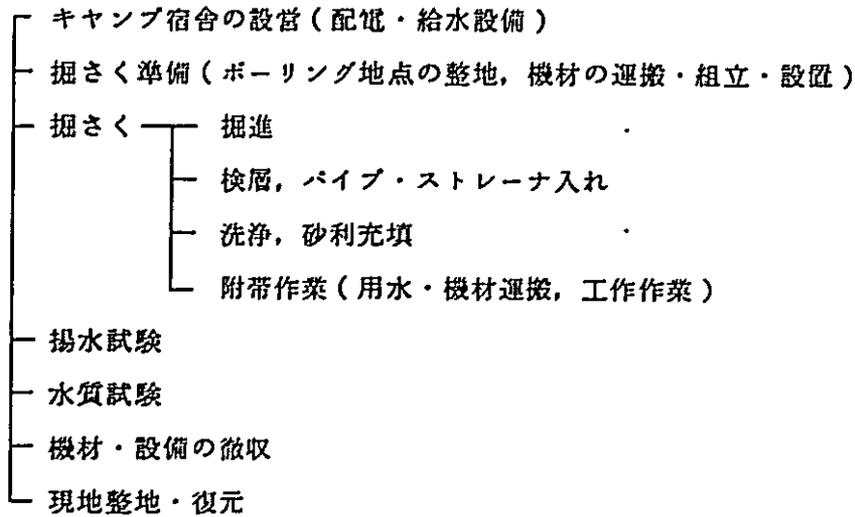


表 2-4-1 ボーリング孔井仕上げ諸元表

NO	孔井名	実施年次	深 度 m	帯水層厚 m	静水位 m	帯水層 最下位 m	揚 水 試 験			仕 上 げ			
							水位降下 m	隔界揚水量 m ³ /h	ポンプ位置 m	ストレーナ 数	セントライ ザ 数	砂利充填	
1	Ha-1	56	12000	(270)	29.0	1115	24.8	>12.2	90.7	WR本 G 3	4本	4本	5.0m 94.0m
2	G-1	54	10500	(265)	11.0	435	37.0	0.9	50.4	G	6	5	—
3	G-2	54	6000	450	4.5	495	10.5	3.9	25.6	G	5	3	—
4	G-3	54	15060	(464)	8.2	1506	9.0	4.2	49.0	G	9	5	—
5	G-4	55	6000	47	13.3	180	2.8	3.5	—	WR	4	2	1.0
6	G-5	56	6020	178	6.2	240	5.5	7.0	—	WR	4	2	1.2
7	G-6	56	(2913) 4060	65	13.5	200	7.2	0.7	22.8	WR	4	2	0.9 17.0
8	G-7	56	(4215) 4526	21.1	4.9	260	>2.9	>15.9	28.3	WR	6	3	2.0 37.0
9	G-8	56	4450	318	4.2	360	3.8	10.1	34.3	WR G 3	3	2	1.2 23.0
10	G-9	56	4000	227	4.3	270	2.1	9.4	24.5	WR	5	2	2.0 37.0
11	G-10	56	(3692) 4025	15.7	4.3	200	>6.3	>17.3	24.6	WR	4	2	1.0 19.0
12	B-1	56	4000	188	7.2	260	3.9	12.2	25.5	WR	5	2	2.0 37.0
13	A-1	55	12400	(610)	12.1	1230	14.3	7.2	—	WR G 6	8	5	6.2
14	A-2	55	14200	(560)	19.6	1320	16.5	1.8	—	WR G 5	3	2	6.8
15	A-3	55	(5480) 9070	(195)	23.2	460	23.1	0.6	—	G	5	2	5.0
16	D-1	56	12145	(120)	57.5	970	—	—	—	G	4	4	3.0 56.0
	16孔井		1284							WR G 50	46	47	

- 注 1. 深度()内は埋め戻し後の実深度
 2. 帯水層厚()内は多数層厚の単純加算
 3. 充填砂利のサイズは5%~10%のもの、現場でふるいにかけて使用している。
 4. WR:ワイヤーラウンド型
 G : グラベル型

(3) ボーリング調査の水理的解析

ボーリングはガオ市周辺で11孔井，アンソング市周辺に3孔井，ガオから東方内陸約40kmのジエボック，ガオより北北西約45kmのハマクラツジュ等の合計16孔井を実施した。確認された帯水層は第四紀層11孔井，第三紀層4孔井，基盤岩（崖錐）1孔井である。何れも，第7経済区の地下水水理構造と水収支系の解析に必要なかつ有効な多くの資料を与えるものであった。

ボーリング実施地点は図3-1，各孔井の帯水層試験の結果は表3-4のとおりである。

ボーリング実施地区の地質：

本プロジェクトではボーリング深度を160m以内と限定して掘さくを行ったので，それより以深については直接的な地質の確認は出来なかったが，さく井地区の地質調査結果は次のとおりである。

基盤岩類を確認できたのはアルソングのA-3孔井のみであったが，この基盤岩類はグルマ山塊からニジュール河を東に越えて露出しているインフラカンブリア系の変成岩類である。

コンティネンタル インターカラリと，上部白亜系に属するものはこれまでの調査で掘さくされていない。

第三紀層は本調査対象地区の主要な地層であるが，同層の下底を貫通していないので層厚について直接には確認していない。

第四紀層は，ガオで18～49.5m，バグンジェで28m，アンソングで3～9m，ジエボックでは2mが確認された。

帯水層および地下水：

本調査で確認された帯水層は第三紀層と第四紀層に属するものである。

第三紀層のものは被圧水で，粘土質の砂あるいは礫，砂質粘土，粘土を伴わない砂・礫で構成されている。深さ130mまでに3つの帯水層が存在するが，最上段のものには水が存在しないことがある。

地下水開発計画の対象となるものは第2・第3帯水層であって，深さは夫々40～90m，90～110m辺にあり，限界揚水量としては2層の合計で2～12m³/hが期待される。

第四紀層のものは細粒～粗粒砂と礫で構成され，ニジュール河からの補給を受ける自由面地下水である。揚水量として期待できる値は標準的には3.5～15m³/hであるが，場所によっては30m³/h以上を見込めるもので，将来の開発利用の対象となろう。

地下水の水質としては、何れも特に飲料用上の問題はないが、第三紀層の地下水は鉄分、pH、温度が第四紀層のものに比べて若干高い。

帯水層試験の結果

Tableau 3-4 Résultats des essais des nappes aquifères

ボーリング No Forage No 1	深 度 Profen- deur	帯水層深度 ² Aquifères	ストレート Crépines	静 水 位 Niveau Sta- tique	透水量係数 ³ Coefficient transmissibilité	透水係数 ⁴ Coefficient perméabilité	限界揚水量 ⁵ Débit critique	限界水位降下 ⁶ Rabatement critique	比揚水量 ⁷ Debit spécifique	水 質 ⁸ Qualité de l'eau						岩 質 Lithologie					
										Temp							pH	Fe	NO ₂	NH ₄	Condu
										°C											
T	Ha-1	120.0	45.5-50.0 75.0-87.5 101.6-111.5	44.4-50.3 82.7-88.5 101.3-111.1	29.0	1.6×10 ⁻¹	5.9×10 ⁻³	1.22	2.48	0.5	33	5.6	20	0.02	0.5	1.510	砂質粘土 (第三紀層) 粘土およびライト質礫 (第三紀層) や、粘土質の砂 (第三紀層)				
Q	G-1	105.0	11.0-19.5 (19.5-28.5) (34.5-43.5)	9.3-18.3 24.0-27.0 38.2-41.2	11.0	1.4×10 ⁻²	1.6×10 ⁻³	0.9	3.7	0.02	32	7.0	-	0.1	2.0	6.00	粗粒砂・礫 (第四紀層) (砂岩・シルト岩) (第三紀層) (砂岩・シルト岩) (第三紀層)				
Q	G-2	60.0	4.5-49.5	9.7-18.4 35.4-41.4	4.5	1.5×10 ⁻¹	3.3×10 ⁻³	3.9	10.5	0.4	32	7.0	-	0.02	1.0	1.50	粗粒砂・礫・細礫まじり粘土・礫 (第四紀層) 粗粒砂・礫・粘土・礫 (第四紀層)				
Q	G-3	150.6	8.2-19.5 (37.5-55.5) (33.5-150.6)	6.9-18.9 38.1-44.1 49.3-55.3 142.0-145.0	8.2	1.7×10 ⁻²	1.5×10 ⁻³	4.2	9.0	0.5	32	7.0	-	0.02	0.5	330~ 500	(砂岩・シルト岩) (第三紀層)				
Q	G-4	60.0	1.33~1.8	8.0-20.0	1.33	1.3×10 ⁻¹	2.8×10 ⁻²	3.5	2.8	1.3	34	6.6	1	-	-	1.30	粗粒砂および礫・細粒砂 (第四紀層)				
Q	G-5	60.2	6.7~2.4	6.5-15.5 21.0-24.0	6.2	4.0×10 ⁻¹	2.2×10 ⁻²	7.0	5.5	1.3	2.8	6.6	1	-	-	-	細粒および砂・細粒砂・ ライト質礫 (第四紀層)				
Q	G-6	40.6	13.5-20.0	6.7-18.3	1.35	3.0×10 ⁻²	4.6×10 ⁻³	(0.7)	(7.2)	(0.1)	32	7.4	0.5	0.5	1.0	1.250	粘土質砂・粘土質粗粒砂 (第四紀層)				
Q	G-7	45.3	4.9-26.0	8.3-14.2 17.2-26.0	4.9	5.2	2.5×10 ⁻¹	15.9	>2.9	5.5	2.8	6.7	3.3	<0.01	0.78	8.5	中粒砂・細粒砂・礫 (第四紀層)				
Q	G-8	44.5	4.2-36.0	14.3-32.4	4.2	1.04	3.2×10 ⁻¹	10.1	3.8	2.7	-	7.5	1.72	<0.01	0.04	-	中粒砂・細粒砂 (第四紀層)				
Q	G-9	40.0	4.3-27.0	8.4-23.0	4.3	7.2	3.2×10 ⁻¹	9.4	2.1	4.5	2.6	6.4	2.7	0.01	0.48	8.0	粗粒砂・中粒砂・礫 (第四紀層)				
Q	G-10	40.3	4.3-20.0	9.0-20.7	4.3	5.3	3.4×10 ⁻¹	>17.3	6.3	2.7	2.9	6.2	1.0	0.02	0.5	1.10	礫・中粒砂 (第四紀層)				
Q	B-1	40.0	7.2-26.0	9.2-12.1 15.1-21.0	7.2	R 9.6	5.1×10 ⁻¹	1.22	3.9	3.1	3.4	6.8	2.0	0.02	0.5	1.20	粗粒砂・細粒砂・礫 (第四紀層)				
T	A-1	124.0	8~21 27~42 90~123	12.5-15.5 26.5-41.5 89.9-115.5	12.1	R 3.4×10 ⁻²	5.6×10 ⁻⁴	7.2	1.43	0.5	3.1	5.4	2.0	-	-	230~ 250	細粒~中粒砂および砂質粘土 (第四紀層および第三紀層) 砂質粘土 (恐らく砂・シルトの層) (第三紀層) 層) 礫および砂 (第三紀層)				
T	A-2	142.0	17~36 42~65 117~132	25.9-34.7 45.5-51.3 126.9-136.6	19.6	R 1.4×10 ⁻²	2.5×10 ⁻⁴	1.8	1.65	0.1	3.3	5.6~ 6.0	3.0	-	-	2.45	砂質粘土 (恐らく砂・シルトの層) (第三紀層) 砂質粘土 (-) (-) 礫および砂 (第三紀層)				
T	A-2	89.7	26.5-46.0	22.5-35.4 40.8-44.0	23.2	R 9.9×10 ⁻³	5.1×10 ⁻⁴	0.6	2.31	0.03	3.7	6.0	4.0	-	-	9.70	礫および砂 (層) (本成岩 アンフラカン プリアン の層)				
T	D-1	120.0	80.0-89.0 94.0-97.0	79.4-89.7 95.1-98.6	57.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	粘土質砂 (第三紀層) 砂質粘土 (第三紀層)				

* 1 T: 主な帯水層が第三紀層のもの、 Q: 主な帯水層が第四紀層のもの、
 * 2 () は調査後の検討で良質の帯水層でないとしてされたもの、
 * 3 R: Theisの水位上昇法による、他はJacobの水位下降法による
 * 4 透水係数 透水量係数+帯水層の厚さの合計
 * 5 限界揚水量
 * 6 限界水位降下
 * 7 比揚水量
 * 8 この部分の分析を行っていないが、全て検出されなかった。

(4). 基地の建設と機械・車輛の整備

年内・日中の気温の変化、高温、乾燥、砂塵、極端な悪路、粗雑な操縦等々、多くの条件が重なって、機械や車輛の故障多発や保全の難しさを招いている。更にこれらに対する修理・整備の技術と、作業のための設備や部品の充足が伴わないことから、機械・車輛は2～3年で使用出来なくなるケースが多いと云う。

本プロジェクトの場合は、調査に使用された機械と車輛はすべてマリ側に譲渡され、調査終了のあとはマリ国の自主的開発にゆだねられる。

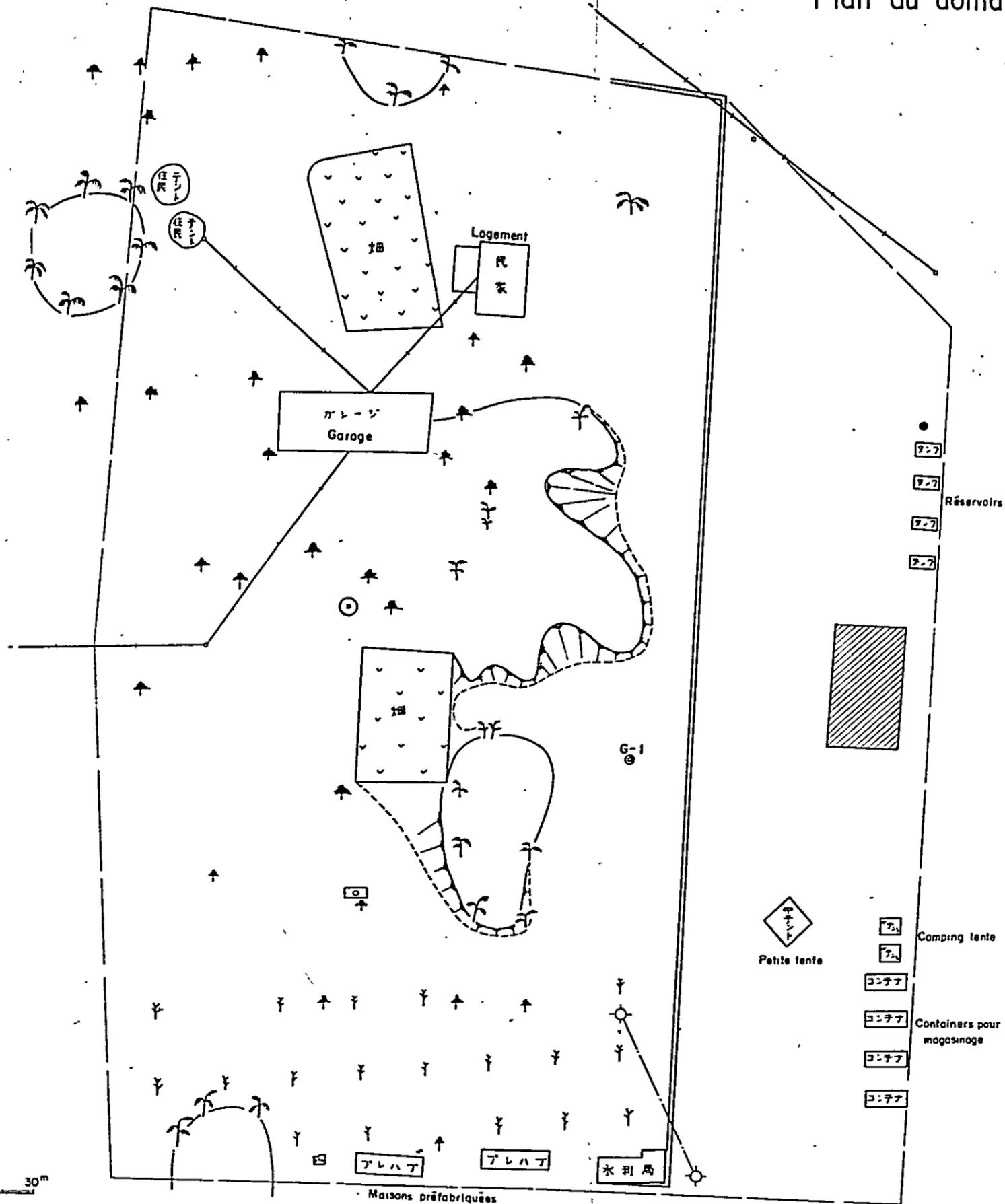
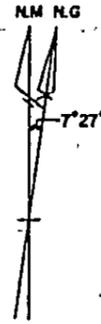
このため、必要設備を具える基地の建設と、機械・車輛の整備に関する人的・物的対応力の存在がプロジェクト成功のための決定的キーポイントとなると考える。

年次がたつに従って使用時間が増加し、車輛については走行地区が砂地から岩盤帯も含むに到って最近ではタイヤの損傷が多くなり、当初と違って比較的激しい損耗状況を示すようになった。

調査期間中は倉庫ならびに修理場とも現状のコンクリートフロアと中古コンテナで済んだが、今後の開発工事においては、やはり最小限ではあっても正式の修理工場・倉庫が必要であろう。

機械・車輛の整備班は基地における修理と保全ばかりでなく、燃料・部品の管理、配車、キャンピングのための運搬・設備工事あるいは宿舍の機電工事も担当して居り、現状の技師・技手各1名に対して更に技手2名の増員が必要と判断される。

Plan du domaine de l'Hydraulique à Gao
 水利局敷地状況図



Echelle
 0 10 20 30m

Légende
 凡 例

- 畑 champ
- マシ(?)の樹 cacotier
- 樹木(主にアカシア) acacia
- 小木 arbuste
- 急傾斜面 escarpement
- 筒井戸 puits
- G-1 孔井 forage
- 円柱状タンク petit réservoir
- 埋設タンク grand réservoir
- 電線、電柱 fil électrique
- 土界 mur en plisé
- アンテナ塔 poteau antenne

- Camping tente
- Containers pour magasinage

Petite tente

修理場建設予定地 Terrain prévu pour la construction de l'atelier de réparation

(5) 第7経済区の地下水水理構造と水収支系

第7経済区の地下水は自由面地下水と被圧地下水に区分される。自由面地下水はニジュール河沿岸の第四紀層に賦存する外、基盤岩地帯の風化帯や涸れ川の砂礫層に賦存し、被圧地下水はその他の地域およびニジュール河沿岸にも賦存する。

ガオの地下水は自由面地下水で、第四紀層を帯水層とし、静水位は2～20 mの間にありニジュール河寄りが高く、内陸側で低い。地下水は沿岸貯留の機構を有し、その他降雨による補給を受ける。ガオ・バグンジュ間の $2 \times 10 \text{ km}$ （東西×南北）の範囲の沿岸貯留量は $6.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、降雨による補給は年間降雨量を303.1 mm（1981年）とすると $7.2 \times 10^5 \text{ m}^3$ /年に達する。

キダルの地下水は基盤岩地帯の砂礫層に賦存する自由面地下水で、降雨によって補給を受ける。補給量は $6.7 \times 10^5 \text{ m}^3$ /年に達すると推定される。

アンソングの地下水は自由面地下水と被圧地下水の2種類である。自由面地下水は第四紀層を帯水層とし、ニジュール河から補給されるが、第四紀層を介して第三紀層の上限にも補給される。アンソングで現在利用されているものはこれらの地下水であるが、この他、深度130 m以内の第三紀層に2層の被圧帯水層が存在する。それらはガオ地溝内で広域に広がる帯水層で、ジュボック、ハマクラジの帯水層と関連する。

第7経済区の被圧地下水はC.I・Cr.T・第三紀層に賦存する。これらは降雨による補給を受け、その年間補給量は合計で $182.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ /年である。

以上の結果、第7経済区で1年間に補給される地下水は約 $190 \times 10^6 \text{ m}^3$ に達する。これはガオの北東の地域で必要とされる地下水の約10倍である。ニジュール河からの帯水層への補給は、豊水期には揚水することによってさらに増大するので、ニジュール河沿岸の自由面地下水の利用は第7経済区の開発上大きな効果を与えるものと考えられる。

(6) 既存井戸の現状と問題点

数年前の大旱魃の際、水が涸れた井戸の殆んどが素掘りの浅い井戸（Puisards）であり本格的な筒井戸では問題はなかった。不安定な天候に直接的に影響を受けるものは牧草と地表の沼と素掘りの浅井戸である。

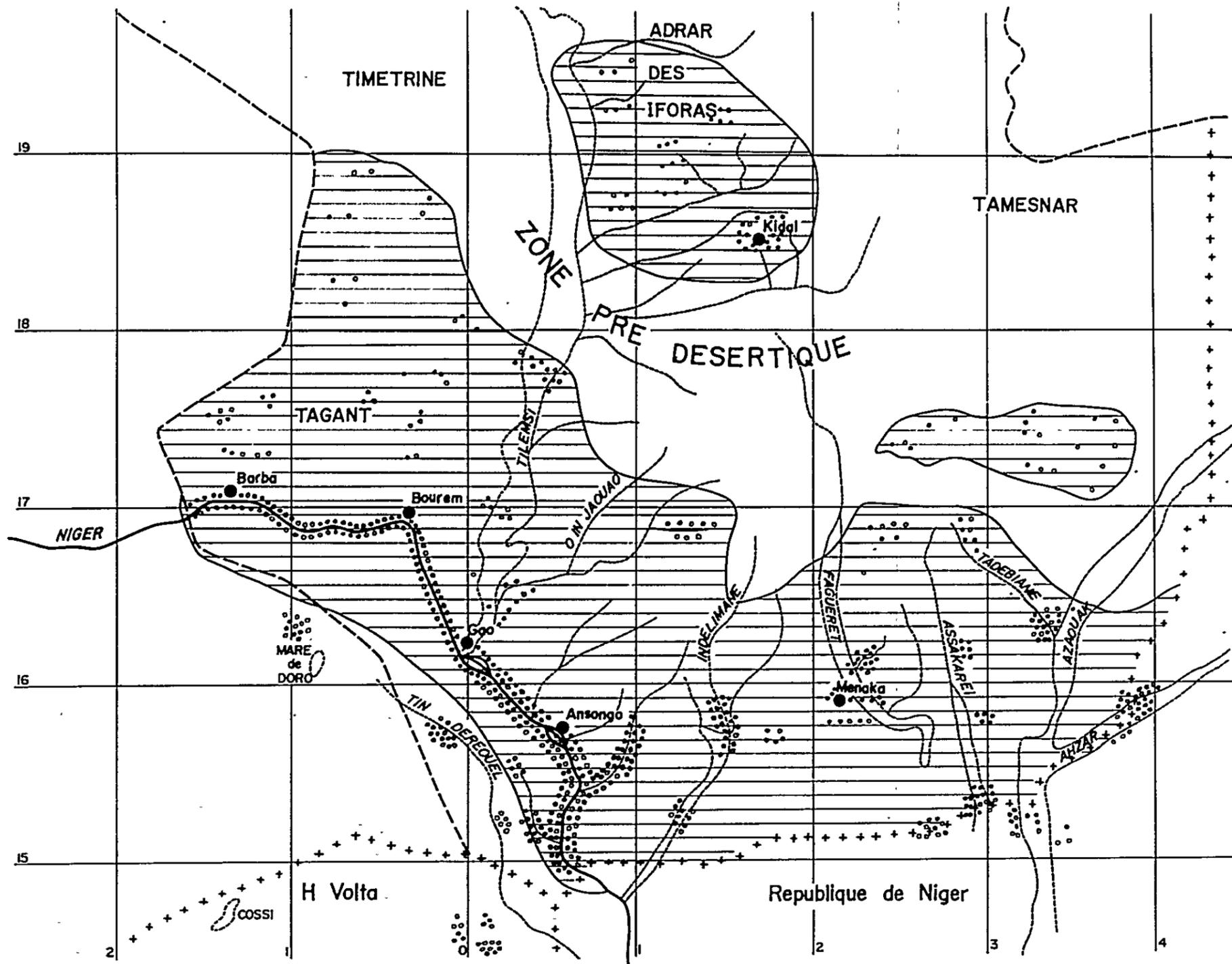
既存井戸の改良すべき問題点の多くは永年の放置による砂埋まりやコンクリート内壁或は井戸口周辺の舗床の損傷であり、基本的にはこれらを定期的に点検保守する資金不足にあった。工法については現行方式で止むを得ないと考える。この改革は例の機械整備の技術と補給体制の確立に依存しているので、また別箇のプロジェクトとして対処すべきであろう。

(7) 地下水開発地点の選定

各サークル内の地方水諮問委員会において、遊牧民グループや集落民からの希望を基にリストをつくり、これを中央の水利局が主宰する全国水諮問委員会で検討して候補地が決められる。現在提出されている地点は、新しく掘さくを希望するもの；集落－２８，遊牧地－４３ 計７１。既存井戸の改修を必要とするもの；集落－１７，遊牧地－２５計４２箇所であった。

この選定は開発計画上、極めて重要な位置を占めるもので関係部門との連係を十分にとって決定する必要がある。

図 II-1-② 第7経済区の移動牧畜状況図



凡例

-  涸れ川
-  乾期に動物の集る所
-  主要牧草地域

(8). 水需要構造の検討

水の問題は定着住民の生活用水と遊牧民の飲料・飼育用水の不足にかかわるもので、農業用水はニジェール河に依り、工業用水はほとんど必要としていない現状である。

この水の供給に関する、現在の利用形態は基本調査の項に述べたが、ここでは水の需要構造について数量的に検討した結果をまとめた。

① 定着住民用の生活水は、ガオの上水道給水の個別栓で70ℓ/日・人、公共用栓で25ℓ/日・人、井戸による普通の住民は10ℓ/日・人程度であり、遊牧民は3ℓ/日・人と見られているが、総括して平均的な需要量としては1人あたり10ℓ/日・人と考えてよいであろう。第7経済区の平均住民37万人に対しては約3,700m³/日となる。

② 遊牧民の家畜飼育用水は、動物の種類によって消費量が変わり、下記のように云われている。

馬・ラクダ	40ℓ/日	……	1UBT
牛	30ℓ/日	……	0.8UBT
ろ馬	20ℓ/日	……	0.5UBT
羊・山羊	6ℓ/日	……	0.15UBT

但しUBT(Unités Bétail Tropical)は熱帯地方における家畜の水や牧草消費量を示す換算用の単位である。

遊牧用水としてはそこで水が得られるだけでは役に立たず、牧草地との位置的関係が本質的条件となっている。というのは、家畜は牧草を食べたあと水が飲しくなり、水を飲むとまた牧草を求めて移動してゆく運動をくり返しており、水場と水場との距離は余り遠すぎると疲労が大きくて飼育上好ましくなく、近すぎても効率が悪いことになる。すなわち、水場がないために利用できない牧草地や、数少ない水場がたまたまある牧草地への家畜の過剰集中によって喰い荒された牧草地というような不均衡が多く見られる現状である。

また、家畜別の習性によっても水場の計画を検討せねばならない。例えば牛は季節や天候の如何を向はず、2日に1回しか水を飲まないし、ラクダは5日ごとに水を飲む生理を持っている。ラクダを除く普通の家畜の場合の経験的な数字としては1日の移動距離として1～15kmが普通であり、水場問題は互に25～30km程度に押さえる必要があると云われる。

更に、飼育上のもう一つの条件である牧草であるが、前述のようにこれが無ければ、

水があっても遊牧は出来ないわけで、水の需要を決める条件としては寧ろこれが前提となるであろう。これも概略的な経験値であるが、1UBT当り10haの面積がサヘル地帯では必要であり、その北部にあるプレ・サハラ地帯では40haの面積を見込まねばならぬという。(図II-1-②参照)

雨量100mm/年線がほぼサヘル遊牧地帯の北限を示し、この雨量地帯とその北側のプレ・サハラ地帯とでは牧草となる植生が異っている。サヘル地帯は草本植物や灌木がより密にかつ一様な分布を示し、また雨期に出来る水溜りや湿原があるという特徴がある。そこで、その牧草地の適当な位置に井戸を建設するなら(併行して沼や水溜りを助長したり、新しい貯水沼をつくるなど地表水の利用を行うことが必要)飼育可能な牧草地全域を利用することが出来よう。

第7経済区の32万ha中、牧畜の出来る地帯全部を利用出来たとすれば、少なくとも次のような家畜単位の飼育が可能である。

サヘル地帯： $800万ha \times 0.1UBT/ha = 800,000UBT$

プレ・サハラ地帯： $800万ha \times 0.025UBT/ha = 200,000UBT$

計1,000,000UBT

また、このように水場が整備され、

- 毎日牧草が食べられること
- 毎日望む時に水が飲めること
- 毎日の歩行距離が過剰にならぬこと
- 疫病予防管理がよく行われること

等が行われるとすれば、頭数の増加ばかりでなく体重ならびに乳産量の増加が得られ、量と質の充実による経済効果の飛躍的上昇が期待される。

水の必要量は、 $1,000,000UBT \times 0.04m^3/日$ であるから家畜用としては $40,000m^3/日$ となる。

- ③ 第7経済区全体の当面の水の需要量としては①と②を加えた $43,700m^3/日$ となる、すなわち年当りでは約 $16 \times 10^6m^3$ に当る。

④ 水質の状況

ボーリング孔井から得られた水の試験結果は特に性質のよくない事例はなく、また、既存の各種井戸についての調査からも問題とすべき情報は無かった。

当該地域の水質で問題となるものは、過去において磷酸、硫化物による障害事例があったと報告され、また、揚水方法から考えられる遊牧動物による有機汚染もあるが、何れも実際に衛生上の問題となったことはない。動物の防疫についての最大の問題は、動物から

出される汚物やそれから感染した小動物、昆虫等が牧草につき、この牧草地での伝染にあることのであった。

(9) 調査に使用した主要機材のマリ国への譲渡

調査期間中に日本から輸送し、使用した主要機械・車輛・設備はすべてマリ国に譲渡された。3月13日、ガオ基地においてマリ国水利局次長Karim Demble'氏およびマリ側カウンターパート主任技術者Amado Guindo立ち合いの下で行われ、3月17日水利局長Stapha Traoréとの間で譲渡手続の文書を交換した。

PROCES VERBAL DE RETROCESSION DES MATERIELS ET
MATERIAUX DU PROJET JICA D'ETUDES ET TRAVAUX
POUR LA MISE EN VALEUR DES EAUX SOUTERRAINES
EN REPUBLIQUE DU MALI

-i-i-i-i-i-i-i-

L'AN MILLE NEUF CENT QUATRE VINGT DEUX, le 13 MARS.

Nous Karim DEMBELE Représentant la Direction de l'Hydraulique
Amadou GUINDO Chef de mission (DNHE)
Masoru SEKIGUCHI Représentant l'Agence Japonaise de Coopération
Internationale (JICA)

nous sommes réunis à la Base de l'Hydraulique à GAO pour procéder à la
réception des matériels et matériaux acquis et utilisés par le Projet
entre Janvier 1979 et Mars 1982.

Nous avons constaté que les matériels et matériaux dont l'inventaire détaillé
est joint en annexe au présent procès verbal sont en bon état.

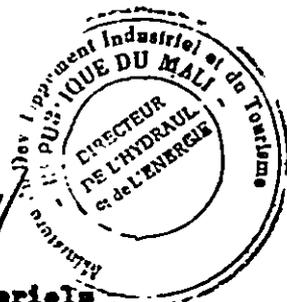
En conséquence, nous en prononçons la rétrocession.

la D.N.H.E.

S. TRAORE

7/13

liste des matériels
et matériaux au 13/03/82



Pour JICA

M. SEKIGUCHI

2 結 論

当該調査の目的は、マリ共和国第7経済区における住民の飲料水および遊牧地整備の地下水開発計画の立案に関して基本条件・方式・手法・技術・体制の最適基準を明かにすると共に、調査実施を通して地下水開発の技術をマリ国側に移転し、将来のマリ国自立的開発体制確立に貢献することである。

4年度間の調査結果は前章に要約されており、その記録詳細は第II～第IV部に記述してあるが、最終的な目的を基準にした調査結果の考察をここに総括して結論とした。

2-1 第7経済区の地下水開発計画

(1) 第7経済区、地下水の需給条件

第7経済区、地下水地質構造と水収支系の調査結果からの地下水補給量を年間 $190 \times 10^6 \text{ m}^3$ とし、住民および牧畜飼育に必要な水量を、現在人口と平均的な牧草地可能飼育容量とから計算して年間 $16 \times 10^6 \text{ m}^3$ とすれば、種々の変動を考えても地下水補給は計画を十分可能とする量である。

これは第7経済区、牧草地区の適当な地点に井戸をつくり、牧草地域全部を飼育地として利用したと仮定したものであるが、計画の基本条件である水の需給バランス成立の見込みを示している。

(2) 開発方式

遊牧地整備については現在の井戸で、工事用水の採取できるところを処点とし、それから約25～30km範囲内の地点でまずさく井を始め、順次範囲を拡大してゆく。深さは150m迄の帯水層を対象とする。被圧水の井戸の形式はP-Cを原則とし、自由面地下水の場合は手押しポンプを設置する。

ニジェール河流域の大量揚水可能地区については何らかの産業立地として計画する。また地表水の有効利用を図り、人工的な貯水沼の造成や自然にできる水溜りの助長等の工事を併行して実施する。

(3) 開発手法

電気探査およびボーリング掘さくを中心とした日本調査団による手法を実施する。井戸仕上げのケーシングパイプ径は目的によって大孔径も使用する。

(4) 開発技術

P-C建設のための筒井工事は、長い工期と高い費用の両面から、本計画の目的完送

にとって一つのネックとなるかも知れない。筒井についてのこれら問題点の解決は今後におけるテーマであって、本計画実施に併行して対策がとられねばならない。

(5) 開発体制（基地、補給、組織、要員等）

開発を進めるに当たっての基地の建設、資機材の補給、機械・車輛の整備能力の充足は極めて重要であって、開発推進の成否を左右する要素となろう。砂風と高温を防ぐための適当な修理工場、倉庫を早急に建設する必要がある。

また、かかる設備、機械の強化と共に、これらを使いこなす技術能力を持つ整備要員の養成が伴わなければ全体的な成果は得られないので、開発実施に当っては第7経済区の管理組織と技術要員の充実に十分な配慮を払うべきである。

2-2 マリ国カウンターパートへの技術移転

調査時における最終的なカウンターパートの編成は、電探技術者3名、機械整備技術者2名、ボーリング技術者3名、主任水利技術者1名であった。無償資金協力プロジェクトにより、この10月にはボーリング機械1シリーズ増加が予定され、更にボーリング技術者2名と機械整備者2名の増員は不可欠と考える。

現在のカウンターパートは何れも性格的に温和で真面目であり、熱心に業務につき、技術の修得に努力しているが力量の現状は未だ基本についての型通りの段階に止まり、応用や臨機の処置についての能力は今後の課題となっている。現在の無償プロジェクト期間には是非とも技術移転を完了するよう期待する。

当プロジェクト最大目標の一つはマリ国技術者が自力で開発を継続してゆくことであり、従来のように外国人が去ってしまえば、そのプロジェクトは終わり、何年も立たぬのに機械や車輛の残骸と施設の遺蹟のみが残るといような事態を起さないことである。マリ側の奮起を望むものである。

以上のとおり、計画立案の条件が確認され、技術移転の見通しも得られて、当プロジェクトの将来は極めて明るい。

当調査で行ったボーリング孔井は、唯に有効な調査資料収集に役立ったのみでなく、これを実際に生産井とすることにより、現実的成果をマリ国に与えることが出来、調査団としても大きなはげみとなった。

マリ共和国地下水開発計画調査主要機材一覧表

昭和57年3月

種別	名称	仕様	数量	年度			備考
				53	54	55	
1 さく井	さく井機	Ton Top-300; 300mmφ孔-400m 125 ps, トレーラーマウント	1		54		
	"	附帯機材およびスペアパーツ	1式				
	ドリルパイプ	120mmφ×3m	10				
		120mmφ×6m	30				
	ドライブロット	120mmφ×2.5m	2				
	ドリルカラー	5"φ×6m	4				
	ヒットスタビライザー	11 5/8"用, 290mmφ×1.5m	2				
	ウイングビット	3枚刃	2				
	トリコンビット	6 1/4"	5				
	ドラッグビット	11 5/8"	13				
	トリコンビット	"	13				
	" "	14 3/8"	1				
	" "	8 1/2"	12				
	" "	5 5/8"	3				
	リーミングビット	9 5/8"	2				
	オーバーショット	120mmφ	1				
	インジェクション パッカー	150mmφ用	1				
DHドリル	150mmφ用, AD-130, 附属品付	2					
2 揚水テスト用 機材	水位測定器	1.5 V, 120m用	3	53	55	56	他に1台修理中
	井戸用水中ポンプ	55KW, 220V, 150mmφ用, 揚程120m, 水量100ℓ/min	2		54	55	
	" "	7.5KW, 220V 150mmφ用 揚程150m, 水量100ℓ/min	1		54	55	
	揚水用パイプ等機材	フランジ付 1 1/2" 吐出口外, 100m用	3式		54	55	
	エヤーリフト用機材	エヤースウィーベル, パイプ, ヘッド等	2式		54	56	
3 さく井附属機材	ビニール製水槽	5 m ³ 容量	11	54	55		

種 別	名 称	仕 様	数 量	年 度		備 考		
3	さく井附属機材	ビニール製水槽	3 m ³ 容量	4		55 56		
		" "	1 m ³ "	2	54	55		
		マツドミキサー	200ℓ容量, 4psエンジン付	1			56	
		ジェットホッパーミキサー		2	54	55		
		デツラン用機材		1式	54	55	56	
		工具器具・消耗品		1式			"	
4	ポ ン プ	手押しポンプ	サントイガー, 浅井戸型-2	3	54	55	56	
		揚 水ポンプ	深井戸型-1	3	54	55		
		渦巻型, 790ℓ/min, 揚程						
		10m						
		サンドポンプ	桜川製, 3相220V, 3.7KW	2		55	56	
		" , "	1.5KW	3	54		56	
		" , 2相220V, 0.4KW		1		55		
ダイヤフラムポンプ	山田製, DP-38	2	54	55				
" , DP-75		1			56			
5	電 気 探 査	送 信 機	横浜電子製, 800V, 1A	2	53			
		受 信 機	" " , 最大感度100μV	2	53			
		エンジンゼネレーター	1.8 KW	2	53			
		" "	2.4 KW	1		55		
		電気検層機	温度測定用	1		55		
		" "	比抵抗・SP用	2式		55	56	
		エンジンゼネレーター	ホンダE-300, 0.3KW	2	53	55		
		トランシーバー	ICB-350, ソニー製	9	53	55		
6	水 質 検 査	簡易水質検査セット	WAS-C, 共立理化学研究所(K.K)	1	53			
		電導度測定器	MODEL TS-4	3	53			
		PH測定紙外		1式				
				1	53			

種 別	名 称	仕 様	数 量	年 度			備 考
				54	55	56	
7	エアーコンプレッサー	HOKUETSU KOMATSU KAMINTZ 180PS, 12.5kg/cm ² 8.5m ³ /min 車輪付	1	54			
		Denyo いすゞC-220 53PS, 7.0kg/cm ² 5.0m ³ /min, スキッドマウント	1			56	
		" いすゞ-3ABI 29PS, " -2.5m ³ /min, スキッドマウント	1		55		
		MIKUNI 7.5KW, 水冷, 7.0kg/cm ² -1.3m ³ /min, スキッドマウント	1	54			
8	発 電 機	三井-ドイツ 大阪精密 35KVA 220V F4L912	1			55	
		" 35KVA 380V, 220トランス付 "	1	54			
		" 20KVA " "	2	54			
		" 三井-ドイツ F3L912 20KVA, 220V-110V	1			55	
		Denyo 三井-ドイツ F3L912 24KVA, 220V-110V	1	53			56
		" いすゞC-240 15KVA, 220V-110V いすゞ3ABI 200Vトランス付	2	53			
9	電 気 機 器	電気溶接機 定格250A 50~270A	3	54	55	56	
		エンジンウエルダー くぼたD-850-B Denyo 製 定格250A 50~270A	1			56	
		バッテリーチャージャー 12V-50A	2	54		56	
		工具・器具・消耗品	1式				
10	修理工場機器	ベピコンプレッサー 70-80ℓ/min	2	54		56	
		ガレージジャッキ 15t用, 10t用各1	2	54		56	
		蒸溜水製造装置 10ℓ/hr	1			56	
		車体洗滌装置 CW-IBS15kg/m ² , 14ℓ/min, 0.75KW-200V	1			56	
		部品 " 12ℓ/min, 40W-200V	1			56	
		コンクリートミキサー 0.17m ³ , 5PS	1			56	
		パネル水タンク 8m ³ , セキスイ製	1		55		
		工具・器具・消耗品	1式				
11	通 信 機	短波通信機 ANRITSU SS15A	2	53			他に1台修理中
		同上用アンテナ Panzer Mast R-111, 159m×30m	1	54			

種別	名称	仕様	数量	年度			備考
				53	54	55	
11 通信機	FM通信機	車載用	12	53	54		
	FM通信機	基地用	1		54		
12 車 輛	NISSAN PATROL	ピックアップ	3	53			
	"	ハードトップ	3	53			
	トレーラートラック	HINO HH44D, 270PS	1		54		
	セミトレーラー	平荷台, 18t用	1		54		
	カーゴトラック	HINO WA211, 5t用クレーン (651 HIAB) (3t)付	1		54		
	タンクローリー	HINO WA211, 6t水タンク付	1		54		
	クレーントラック	" " 6tクレーン付 140PS (1165HIAB)	1		54		
	車両用スペアパーツ		1式				
	オートバイ	ヤマハメイト-2	2	53			
13 基地設備	水田スチールタンク	5m ³ トラック塔載用	1		54		
	燃料用スチールタンク	6m ³ (3m ³ ×2室)	3		54		
	" "	3m ³	7		55	56	
	" "	堅型 2m ³	2		54		
	プレハブ事務所	(L) (W) (H) 6m×2.4m×2.6m	2	53			
	工場用中テント	(L) (W) (H) 5.4m×4.0m×5.5m	1		54		
	倉庫用コンテナ	(L) (W) (H) 6.0m×2.4m×2.5m 現場作業用品 基地用・現場用道具, 鉄鋼二次製品その他	7		54	55	56
14 キャンプ機材	カマボコ型テント	2人用 (L) (W) (H) 2.5m×2.3m×2.3m	30		54	55	56
	ベット	折りたたみ型	15				
		組み立型	20		54		56
		スチール枠ベニヤ張り	20		54		
		毛布, 敷布, 枕, 寝袋, リックサク等	1式				
	キャンピングハウス	(L) (W) (H) 6m×2.4m×2.4m	3		54	55	56
	キッチンハウス	" " "	1				56
	ダイニングハウス	" " "	1				56
キッチントレーラーハウス	(L) (W) (H) 9.2m×2.4m×2.4m	1		54			

種別	名称	仕様	数量	年度				備考
14	キャンプ機材	バス・シャワーユニット	(L) (W) (H) 5.0m×2.4m×2.4m	1	54			1台故障中
		ポータブル浄水器	オルガノ製	1				
15	事務機	複写機	リコー乾式PT-730	1	53			
		タイプライター	Olivetti, LetteraDC	1	53			
		"	" Linea 98	1	54			
		文房具		1式	53	54	55		56

3 プロジェクトの内容

3-1 調査開始までの経緯

昭和51年(1967)6月、ラミーヌ・ケイタ(Lamine Keita)工業開発・観光大臣が訪日した際、我が国に要望する各種の経済協力案件が示され、その具体化のための政府調査団を早期に派遣するよう強く要請した。その際にマリ側から出された援助要請の具体案件の中に当該地下水開発プロジェクトが含まれていた。

これを受けて日本政府は昭和52年(1977)10月、マリ国の現地事情を調査して、如何なる分野でどのような形の協力を行ない得るかを検討するため、久保田 稷外務省経済協力局開発協力課長を長とする経済協力調査団を派遣した。

この調査結果に基づき、昭和53年(1978)1月以降、本プロジェクトについての対処方針につき外務省および関係省庁の間で協議され、早急に実施に移すことが決定され、先ず、地下水開発援助の内容についての打ち合わせと、日本側としての基本方針を策定するため、技術者を主とする事前調査団(Contact Mission)が昭和53年3月~4月にかけて派遣された。この調査結果から本プロジェクト実施の基本方針が決められたのであるが、同年9月には本プロジェクトの適切な推進のため国際協力事業団に、各技術専門家をふくめた「マリ共和国地下水開発計画調査作業監理委員会」が設置され、プロジェクト運営の体制が整えられた。

次いで、その基本方針に基づき具体的な作業条件(Scope of Work)に関するマリ国側との協定を行うため、同10月、前記の作業監理委員会委員長-工業技術院地質調査所 環境地質部長 松野久也団長外計6名の実施条件交渉団(SW Mission)が派遣された。

このSW協定締結によって具体的協力内容が決められたが、その骨子は昭和53年(1978)度を初年度とする3ヶ年の技術協力とし、地下水開発計画に関する調査団方式による調査の実施というものであった。

この折衝時のマリ国側の意見としては、マリ国側の情勢が、住民および飼育用水の早急な確保を緊急問題として居り、直ちに地下水の生産井工事に入りたいとのことであったが、日本側の主張は開発工事に入る前に、探査方法の確立と開発計画の基本条件を明らかにすることは不可欠のもので、そのための調査を行なうべきであるというものであった。

Scope of Workの実施内容が、調査団方式によって行われる事に対してマリ国側は、この調査終了後の実際に井戸を建設する開発工事援助の実施を希望した。

3-2 Scop of Work の要旨

(1) 調査目的と範囲

マリ共和国第7経済区における住民の飲料水および遊牧地整備の水確保のため、Gao, Ansongo, Kidal 各 Cercle において地下水開発計画に関する調査を行うと共に、この調査を通じてマリ国政府の技術職員(カウンターパート)に対する地下水開発技術の移転をできる限り実現することを目的とする。

(2) 調査の段階と期間

基本調査:

昭和53年(1978)度, 2ヶ月間, 次年度行われる本格調査のために必要な資料の収集および実行計画立案を行う。

本格調査:

昭和54年(1979)度および昭和55年(1980)度, 各5ヶ月間(10月末~翌年3月末), 調査のための基地の建設と物理探査, ボーリング作業実施を中心とする工事を通しての調査を行う。

(3) 調査項目

- ガオの本基地およびキダル, アンソンゴにおける前進基地の建設
- 調査実施地点の選定
- さく井ボーリングの実施。着水孔井の湧水量に応じて生産井にする(その内最少2つの井戸へのポンプ設置)
- 既存井戸の改良調査と最少2つの取水パイロットシステムの設置。
- 地下水開発の最適手法の調査
- 揚水および給水の最適システムの調査
- 水理地質, 電気探査, ボーリングさく井の技術および機械整備について全調査期間に亘っての技術移転

3-3 調査実施要領

(1) 調査の方法

調査地域は半砂漠地帯で、隣接するサハラ砂漠の影響下にあり、特有の熱、砂塵、強風、昼夜の大きい温度差等の自然条件と、社会・経済の現状から、とくに辺境にある第7経済区においては、生活用物資は勿論、調査用の機器・材料の入手も極めて困難なので、完全な自立自給体制をたてて実施しなければならぬという環境条件、を前提とした物動計画と日程を強いられた。また、本プロジェクトの特色である、マリ国カウンターパートへの技術移転実施という配慮が加えられた。

① 主要機械・車輛資材の日本よりの輸送

使用する調査用の機械・車輛・工具、および現地では調達困難な資材、日本人生活用品等は日本からの輸送によって準備した。

② 現地人労務者を雇傭しての作業実施

本調査終了後にマリ側は引続いて地下水開発を継続してゆくが、調査期間中に技能を獲得した労務者はマリ国水利局に雇傭することとなるので、一時的な雇傭ではなく長期的な視野にたつての雇入れ、就業について指導を行った。

③ ガオ基地の建設

車輛が10台、大型ボーリングさく井機1台をはじめ、多数の発電機、コンプレッサー、ケーシングパイプ等、その他大量の物資を有するので、先ずそれらを保管する基地が必要である。

第7経済区を中心であるガオの基地は、活動の作業指揮、機械の整備、物資の補給等の中枢をなすところで、将来のマリ側自主開発のための中央基地となる。

④ マリ人労務者の間接管理

カウンターパートの将来の任務を考へて、作業の指揮系統はマリ人カウンターパートを窓口とする流れとし、日本人による場合は極力間接的管理に止めた。賃金や待遇についてはあくまでも水利局内基準に依り、所謂ガオ地方の相場を崩さぬよう考慮した。

⑤ 電気探査とボーリングさく井の実施

電気探査の実測によって、ボーリング地点の選定資料を出し、ボーリング掘さく・仕上げを行い管井をつくり、揚水・水質テストを行う。

⑥ 既存井戸の状況調査とそれを通じた水利用の問題点の資料の収集

定着住民、遊牧民の水利用の形態、方法・設備の実体や問題点を明らかにするため踏査・ヒヤリング・資料研究を行う。特殊技術上の問題点把握のため、井戸浚い、新規建設工事を行って資料をとった。

(2) 調査の内容

SWは昭和53年3月～4月に実施された事前調査(Contact Mission)によるマリ側との討議結果を踏まえて、日本側との最終的な折衝の未決められたものである。両者の意見には相違するところもあったが、調査の結果により明かにされる実際の条件なり、事態に応じて最も効果の上がる内容とすることが必要であるとされた。各年次調査結果の検討により順次実施内容が整備された、最終的にまとめられたものは、上述の調査結果の要約に述べられたようなものとなった。

3-2 調査実施の内容と経過

(1) 調査内容と経過の要約

第1年目（昭和53年度）：基本調査

11名－42日間によって実施

次年度から行う本格調査実行計画を立案した。

主要機材としては日産自動車のジープ、ピックアップ各3台を用意して調査活動の「脚」を確保した。

第2年目（昭和54年度）：本格調査第1年次

11名－平均136日間にて実施。ボーリング機械（300%孔で400m以上掘さく可能）1台と附帯する車輛4台その他機材合計190t－1000m³以上を日本より輸送，試運転的な工事として3孔井を仕上げた。

第3年目（昭和55年度）：本格調査第2年次

8名－149日間の作業実施。

今年次はカウンターパートが増員され技術移転を本格的に開始した。ボーリングとしてはガオー2孔井，アソソゴ3孔井を実施し，水理地質調査も進歩した。

第4年目（昭和55年度）：本格調査第3年次

8名－156日間の当プロジェクト最大規模の工期で実施され，所期の目的を達成して終了した。

さく井数はガオ市内および郊外に6孔井，内陸部に2孔井を実施し，多くの生産井を開発した。また，調査実施地域全般の水理構造と地下水開発の可能性は略々その見通しを得ることが出来た。

第5年目：昭和56年度無償協力プロジェクトとして地下水開発の实际的施工とボーリングさく井の機材1シリーズの投入およびオンザジョブによる技術移転の継続が行われることとなった。

当プロジェクトの将来は明るく，マリ国の自主的開発体制の確立と第7経済区水資源開発の成果実現の道は確実に展かれたと言えよう。

歴年の調査内容と経過の要約を次頁の表に示した。

(2). 調査団の編成とマリ側カウンターパート派遣状況表

昭和53年度(1978)基本調査						
№	人名	専攻	調査分野	所属	出張期間	備考
1	関口 護 せきぐち まもる	資源開発工学	総括	住鉦コンサルタント	1/27~ 3/9	
2	黒崎 幹郎 くろさき みきお	さく井工学 地質学	さく井 機械利用	利根ボーリング	"	
3	村上 格 むらかみ いたる	さく井工学	さく井 機械利用	" "	"	
4	吉村 昌彦 よしかみ まさひと	機械工学	基地設備 給水施設	" "	"	
5	高城 元治 たかぎ もとはる	地球物理学	物理探査	住鉦コンサルタント	"	
6	高橋 直良 たかはし なおよし	" "	" "	" "	"	
7	勝俣 誠 かつまた まこと	経済学	事業評価 通訳	" "	"	
8	村下 敏夫 むらした としお	水理地質学	水理地質	地質調査所環境地 質部	"	監理委員
9	西谷 隆亘 にしや たかまさ	土木工学	水文	法政大学工学部 教授	"	"
10	尾田 栄章 おだ ひであき	土木工学	水利管理	建設省河川局河川 計画課	ガオ2/12 ~2/21	"
11	佐藤 正 さとう ただし	-	渉外・管理	JICA社会開発協 力部調査業務課	ガオ ~2/10	JICA担当者
摘要		ガオ, アンソング, キダール各サークル要地を踏査した(42日間出張)				
マリ国側協力者						
1	S. Traoré	水利局次長, 全期間に亘って案内・共同調査および計画討議を行った。				
2	Ma. Traoré	水利局職員, Traoré' 次長夫人で次長を補佐して協力した。				
3	I. Diallo	オペレーション ビュイ ガオ支部長で現地語と仏語の通訳が出来る, ガオ地方委員会のメンバーでもあり, 現地事情に最も詳しい。				
マリ国側責任者						
1	L. Keita	工業開発・観光大臣				
2	Aly N Dembélé	水利・エネルギー局長				

昭和54年度(1979)本格調査第1年次						
№	人名	専攻	調査分野	所属	出張期間	備考
1	関口 藤 せきぐち まもる	資源開発工学	総括	住鉱コンサルタント	(1979) (1980) 11/9~3/30	マリ側と交渉のための先発
2	町山 茂明 まちやま しげあき	文明学	事業計画 通 駅	" "	11/10~3/28	" "
3	浜口 宏一 はまぐち ひろち	土木工学	基地建設	" "	(1979) (1979) 11/9~12/28	建設工事準備のため先発, 大型テント建設後帰国
4	村上 格 むらかみ いたる	さく井工学	" "	利根ボーリング	11/16~12/28	大型テント建設後帰国
5	岩谷 豊 いわや ゆか	さく井工学	さく井	" "	(1979) (1980) 11/16~3/30	
6	米丸 正照 よねまる まさてる	機械工学	機械・車輛 整備	" "	" "	
7	西元 弘隆 にしもと ひろたか	地質学	水理地質	住鉱コンサルタント	12/21~3/30	さく井作業に合わせて後発した
8	高橋 直良 たかはし なおよし	地球物理学	電気探査	" "	" "	"
9	近藤 六夫 こんどう むつお	" "	" "	" "	" "	"
10	林 慶明 はやし よしあき	さく井工学	さく井	利根ボーリング	" "	"
11	杉浦 照男 すぎうら てるお	調 理	設営管理	住鉱コンサルタント	11/16~3/30	
適 要		基地の整備, 機材の受入れ, ガオ市内での試掘(平均: 136日出張)				
マリ国カウンターパート						
1	A. Gundo	水利局の技師で総括担当者, 全期間協力し将来の第7経済区水利局支部長候補者				
2	T. Dialla	機械技師で基地主任として働く, 55・1/24~終了まで協力				
3	N. Diakite	ボーリング技術移転を受ける技手, 55/2・14に着任し見学程度で終る。				
4	カランベ	基地につくる大型テント建設のため派遣された土建関係技手 54/11・21~55/1・4間協力す				
マリ側責任者						
1	L. Keita	工業開発の観光大臣				
2	Aly N Dembélé	水利・エネルギー局長				

昭和55年度(1980)本格調査第2年次						
No.	人名	専攻	調査分野	所属	出張期間	備考
1	関口 護 せきぐち まもる	資源開発工学	総括	住鉱コンサル タント	(1980)(1981) 10/27-3/24	
2	林 慶明 はやし よしあき	さく井工学	さく井 既存井戸改良	利根ボーリン グ	" "	
3	立原 宏 たけはら ひろし	さく井工学	" "	" "	" "	
4	西元 弘隆 にしもと ひろゆか	地質学	水理地質	住鉱コンサル タント	" "	
5	高橋 直良 たかはし なおよし	地球物理学	電気探査	" "	" "	
6	岡田 泰招 おかだ ひろあき	機械工学	機械・車輛整 備基地建設	利根ボーリン グ	" "	
7	浜田 比左志 はまた ひさし	経済学	事業評価 通訳	住鉱コンサル タント	" "	
8	遠藤 克己 えんどう かつみ	調理	設営管理	" "	" "	
摘要		ガオ市およびアンソンゴサークルにて調査実施 (149日間出張)				
マリ国カウンターパート						
No.	専門	職階	人数	従事期間	備考	
1	水利技術	主任技師	1	全期間	マリ側の総括, 水理地質・ 諸テスト担当	
2	地球物理	技師 技手	1 2	56/1参加 "	電気探査 " "	
3	さく井	技手	2	"	ボーリングさく井作業 (仕上げ, 揚水テスト含む)	
4	機械工学	技師 技手	1 1	" "	機械・車輛整備, 基地建設・管理, 設営	
計			8名			
マリ側責任者						
1	R. Ndaw	工業開発・観光大臣			1981年1月新任	
2	S. Traoré	水利・エネルギー局長			" 昇任	

昭和56年度(1981)本格調査第3年次						
No	人名	専政	調査分野	所属	出張期間	備考
1	関口 護 せきくち まもる	資源開発工学	総括	住鉱コンサル タント	(1981)(1982) 10/19~3/23	参加4回
2	林 慶明 はやし よしあき	さく井工学	さく井 P-C井戸建設	利根ポーリング		" 3回
3	立原 宏 たてはら ひろし	" "	" "	" "		" 2回
4	岡田 泰招 おかだ ひろあき	機械工学	機械・車輛整備 基地建設	" "		" 2回
5	西元 弘隆 にしもと ひろたか	地質学	水理地質	住鉱コンサル タント	(1981) 1/11~3/23	" 3回
6	高橋 直良 たかはし なおよし	地球物理学	電気探査	" "	" "	" 4回
7	竹内 正昭 たけうち まさあき	経済学	事業評価 通訳	" "	(1981)(1982) 10/20~3/21	" 初
8	遠藤 克己 えんどう かつみ	調理	設営管理	" "	10/19~3/20	" 2回
摘要		ガオ市周辺およびガオサークル内陸部にて実施				(156間出張)
マリ国カウンターパート						
No	専門	職階	人数	従事期間	備考	
1	水利技術	主任技師	1	全期間 (参加3回)	1982年1月より参加。1981中5ヶ月 日本で地下水研修集合コースを履修	
2	地球物理	技師	1	" "	参加 2回	
		技手	2	" "	" 2回	
3	さく井	技手	2	" "	" 2回	
		技手	1	(1980)(1981) 11/22~3/15	" 初回	
4	機械工学	技師	1	全期間	" 3回	
		技手	1	" "	" 2回	
計			9名			
マリ側責任者						
1	R. N'dew	工業開発・観光大臣				
2	S. Traoré	水利・エネルギー局長				

(3) 調査に使用した主な機材

燃料、セメント、骨材その他消耗品および生鮮食糧の一部を除いては、大部分の作業・生活用機材、物資を日本から輸送した。

調査終了後すべての機材・車輛・工具・部品・物品・施設等はマリ側に贈与され、引続き行われる日本の無償協力プロジェクト・第7経済区地下水開発ボーリングさく井工事に使用されている。

ここに上記物資の日本よりの輸送の状況を下表に、主要資機材のリストを別表に示した。

No	調査名	船便	日本発	アビジャン着	現地着	数量	重量 容積	内容
1	昭和53年度 基本調査	第1船 Sally Ocean	53.10.27	53.1.2.27	54.1.1.2 (ガオ)	自転車6台 木枠 1 木箱 12 計 19ケ口	18.7t 24.9m ³	ジープ、ピックアップ各3台、 フレック事務所棟 電探器2組等
		第2船 Atlantic Maru	54.10.27	54.1.2.12	54.1.2.27~ 55.1.4 (ガオ)	ユニット 1 スキッド 1 木枠 20 木箱 13 計 35ケ	83.5t 245.7m ³	
2	昭和54年度 本格調査	第1船 Ocean Eminence	54.9.27	54.1.1.10	54.1.2.26~ 12.5 (ガオ)	車輛 6台 コンテナ 4 木枠 3 バンドル 1 スキッド 4 計 23ケ	108.2t 768.3m ³	ボーリングリグ1台 トラック 4台 トレーラー1台 キャンパハウス ゼネレーター コンプレッサー等
		第2船 Atlantic Maru	54.10.27	54.1.2.12	54.1.2.27~ 55.1.4 (ガオ)	ユニット 1 スキッド 1 木枠 20 木箱 13 計 35ケ	83.5t 245.7m ³	
		計						191.7t 1013.0m ³	振動による若干 の損傷あり。
3	昭和55年度 本格調査	第1船 Grand Wing	55.9.29	55.1.1.14	55.1.2.28~ 11.29 (ガオ)	コンテナ 1 バンドル 2 スキッド 4 木枠 5 木箱 16 計 28ケ	57.2t 193.6m ³	補充部品、消耗 材料、 アンソング向け 機器等
		第2船 Atlantic Maru	55.10.27	55.1.2.12	55.1.2.27 (アンソング)	コンテナ 1 木枠 18 木箱 6 計 25ケ	41.4t 149.7m ³	
		計						98.6t 343.3m ³

4	昭和56年度 本格調査	第1船 Tendai Maru	56. 8.30	56.10.22.	56.11. 6	木箱 3 木枠 7 スキッド 2 コンテナ 1 計 13ヶ	27.3ℓ 249.0 ^m	キャンピング ハウス 3 補充用品、材料
		第2船 Etern- al Fuji	56. 9.25	56.11.21	56.12. 6	木枠 16 木箱 16 計 32ヶ	39.5ℓ 114.8 ^m	
		計					66.8ℓ	
	合 計					478.6 ^m 375.8ℓ 1859.8 ^m		

上記資材以外に調査団員生活用の物資が送られている。

昭和54年度；14ヶ口，11.4ℓ - 52.6^m（内3.2ℓ - 16.5^mは調査用機器）

昭和55年度；9ヶ口，6.0ℓ - 27.8^m

昭和56年度；9ヶ口，4.3ℓ - 13.7^m

21.7ℓ - 94.1^m

以上を合計すれば4ヶ年間に約400ℓ - 2,000^mの機材物資が輸送されたことになる。横浜-アビジャン12,000 km，アビジャン-ガオ2,500 kmの輸送経路を運ばれてくるのであるが，海上はともかく，陸上の悪路は日本では想像も出来ない程で，第2年目の大量輸送時には振動による損傷が多かった。第3年目からは機器の設計，梱包方法に特別な措置を加えた結果，損傷は大巾に軽減された。

II 調査地域の立地概要

II-1 地理・地勢 (図II-1-①・②)

当プロジェクトの調査対象地域はマリ国第7経済区の中のガオ (Gao), アンソング (Ansongo), キダル (Kidal) サークル (Cercles) であるが, 第7経済区はその他にブーレム (Burem), メナカ (Menaka) サークルを併せた6サークルで構成される。2年前までは現在の第6経済区; トンブクトゥ (Tombouctou), グンダム (Goundam), ディレ (Dire), グルマ, ラロス (G, Rharous) を含めてガオ リージョン (Gao Region) と言い, これを第6経済区と称していた。

マリ国全体図を見れば判るように, 第7経済区はその東部・東北部の最外辺に位置する半砂漠の地帯であって, 首都バマコ (Bamako) からの距離は1,000 kmを超え, 交通としては航空機, 陸路およびニジェール河 (Niger) の船舶利用がある。陸路はガオ〜モプティ (Mopti) 間500 kmが悪路であり, 河船交通が8月中旬から12月までの間に限られた, 不便な地域で, むしろ隣国, ニジェール国のニヤメ (Niamey) 市に近い。空路は国営のエア マリの定期便であるが, 欠航や変更は日常のことで, 就航の場合でも所謂「つみのこし」が多く, 高価なチャーター機の使用を余儀なくされることが屢々である。

各経済区の人口, 面積は次のとおりで, 最も人口稀薄な地域に属する。

経済区別人口・面積一覧 (1980)

No	経済区 名称	人口		面積		人口密度 人/km ²	郡の数	村の数
		(千人)	%	(千km ²)	%			
第5	モプティ (Mopti)	1120	17.6	888	7.1	12.6	62	2,317
第3	シカソ (Sikasso)	1098	17.2	76.5	6.2	14.4	49	1,907
第4	セグー (Segou)	1082	16.9	56.1	4.5	19.3	37	1,953
第2	*クリコロ (Koulikoro)	932	14.6	90.1	7.3	15.0	40	1,971
第1	ケイ (Keyes)	873	13.6	119.8	9.7	7.3	51	1,417
第6	トンブクトゥ (Tombouctou)	490	7.7	486.3	39.2	1.0	25	570
第7	ガオ (Gao)	371	5.8	321.9	26.0	1.15	24	414
首都	*バマコ (Bamako)	419	6.6	—	—	—	—	—
合計		6,399	100.0	1,240.2	100.0	5.15	288	10,548

*バマコ市は第2経済区に含まれる。

第7経済区内サークル別の人口・面積表は次のとおり。

サークル名	郡	村	人 口 (千人)			面 積		人口密度
			定 住	遊 牧	合 計 %	千km ²	%	人/km ²
ガ オ (Gao)	5	115	79	26	105532.6	26.9	8.4	3.9
ブーレム (Bourem)	4	108	58	41	99930.7	41.1	12.8	2.4
アソソゴ (Ansongo)	4	80	36	34	70021.7	22.8	7.1	3.1
メ ナ カ (Menaka)	4	46	1	31	3229.9	79.8	24.8	0.4
キ ダ ル (Kidal)	7	65	4	16	1665.0	151.4	47.0	0.1
合 計	24	414	178	144	322299.9	322.0	100.1	1.0

当該地域の主な産業はニジェール河氾濫原を中心とする農業と、サヘル (Sahel) と呼ばれる牧草地に依る牧畜 (特に遊牧) である。ニジェール河漁業は現地消費に止まっている。農業は穀類 (稗・とうもろこし・米等) を年産3~4万t, 牧畜の飼育可能性は100万動物単位 (馬・らくだ1頭は1動物単位・牛は0.8, 羊と山羊は0.15, ろ馬は0.5動物単位として牧草や飲み水量の積算に使用するもので、単なる動物の頭数ではない) 程度である。

第7経済区の地勢について: 地域は西経2度~東経4度, 北緯15度~22度の中にあつて、南部を西から南東へ (約400km) 流れるニジェール河の東方に広がる標高250m程度の台地を中心として展開する。この台地の北にアドラル デ イフォラス山岳地帯 (Adrar des Iforhas, 最高890m) とその西方のチメトリーヌ (Timetrine) 岩塊がつきでている。

アドラル デ イフォラス山岳地帯は1辺が250kmから300kmの正三角に内接する形を呈し、その内北東に向う一つの角はサハラ (Sahara) のボガール (Hoggar) 山脈につながる。アドラル デ イフォラス山地の外貌は独特で、中復迄は堆積岩で埋まった山様を示している。すなわち、砂で埋められた谷や、砂利の平原によってかつての峰々が隔てられていて、丁度大海中の岩礁島に似た様を見せる。これは砂漠気候における独特の侵蝕の結果である、つまり、たまに生起する雷雨が、峰や谷の上流の稜部を破壊し、雨水による急流が下流に辿りつくまでに、溜ったり流れたりしながら蒸発して涸れてしまい、そこに押し流して来た砂利やを沈積して来たものであろう。

チメトリーヌ山塊は アドラル デ イフオラスの西部支脈に当るが、花崗岩類の頂部が海成或は陸成の堆積岩に覆われていたものを、後の侵蝕がその覆いをえぐって、深い溪谷をつくり出している。これら アドラル デ イフオラスとチメトリーヌの間に源を発して 300 km 以上の台地を南下し、ガオでニジェール河に合流するティレムシ (Tilemsi) の濁谷がある。

この濁谷は北部山岳地帯の雨水を集め、広い地域をカバーして流れる水理的に重要なものの一つである。ニジェール河の北方すなわち左岸の堆積原台地をハウザ (Haoussa) と言い、南方地域である右岸をグルマ (Gourma) と称すが、ハウザにおける幾つかの濁谷 (図 II - 1 - ②) は水利開発計画上重要な水源地帯である。

グルマは古い時代の変成岩類 (片岩、珪岩) からなりたって居り、南東 - 北西に延びる山嶺や丘の稜線が顕著である。

砂丘はニジェール河畔を除けば局部的な不連続を示している。

アドラル デ イフオラスの東南方の台地はアザウアック (Azaouak) 谷の右岸にあたり、水利的・鉱床的に重要なマリーニジェール盆地の西端に位置する。ティレムシ谷とこの盆地を結ぶ凹地形は地質学的にスーダン海峽 (Soudan) と呼ばれ、ブーレム以南のニジェール河はこの海峽の南縁沿いに流れている。

ガオではニジェール河の水が豊富な期間は 8 月から翌年の 3 月までで、水位は 11 月 ~ 12 月に最大、5 月 ~ 6 月に最低を呈し、その差は 3 m ~ 5 m に達する。

その豊水期には、ガオ ~ アンソンゴ間で川幅が 5 ~ 10 km に達するが、渇水期には河床の耕作地が現われ、歩いて渡れるほどになる。

以上の地勢をアドラル デ イフオラスとチメトリーヌ山地を始点として整理してみると次のようになる。

- (1) 山 地……アドラル デ イフオラス、チメトリーヌ山地
- (2) 砂礫斜面……扇 状 地
- (3) 平 担 地……雨期に沼地となる。
- (4) 砂 砂 漠……ブーレム周辺・ガオ ~ アンソンゴ
- (5) 濁 れ 川 ……ティレムシ谷・アザウアック谷
- (6) ニジェール河沿岸……ブーレム・ガオ・アンソンゴ

Fig. II-1-① マリ共和国経済区位置図

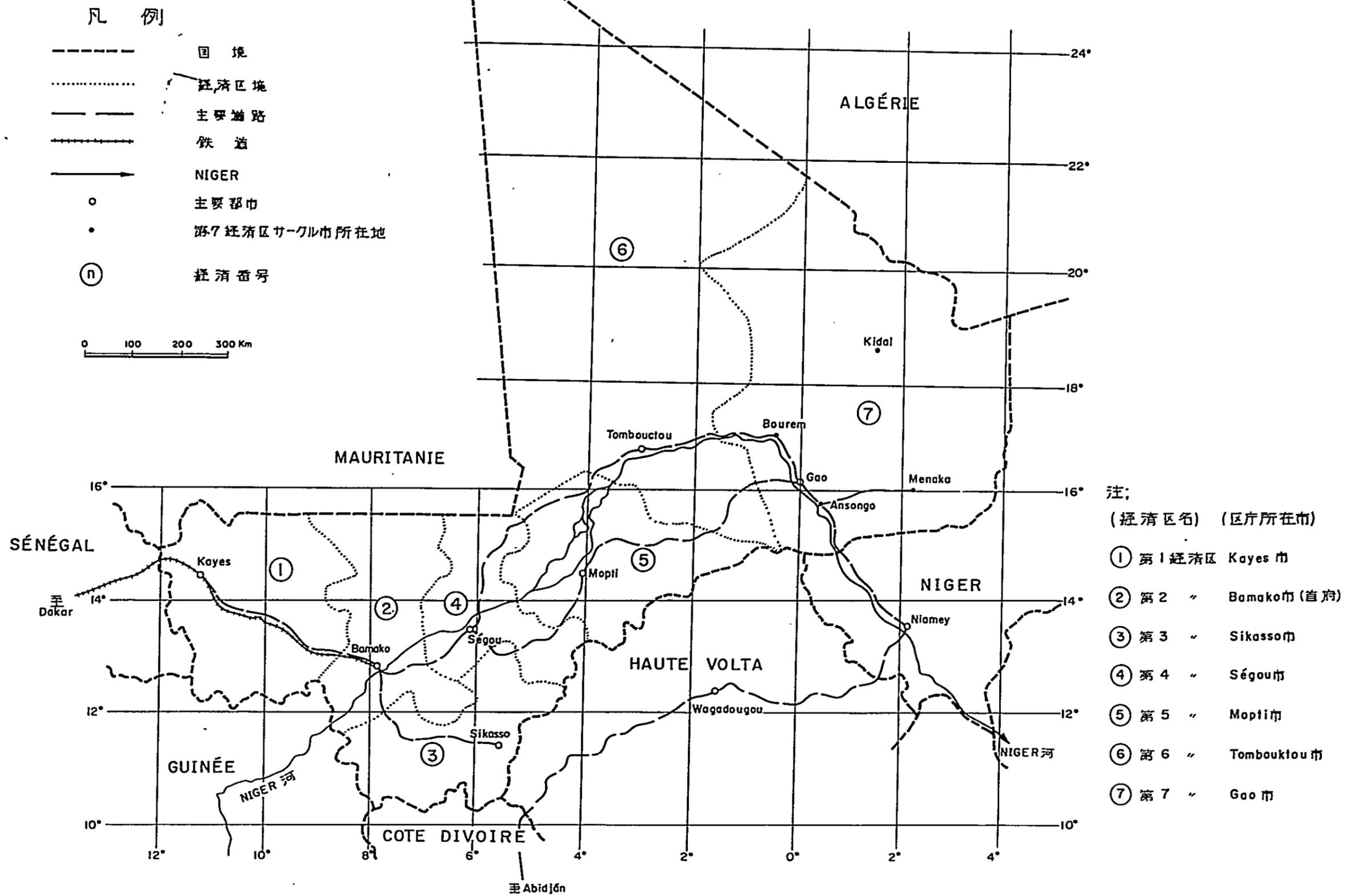
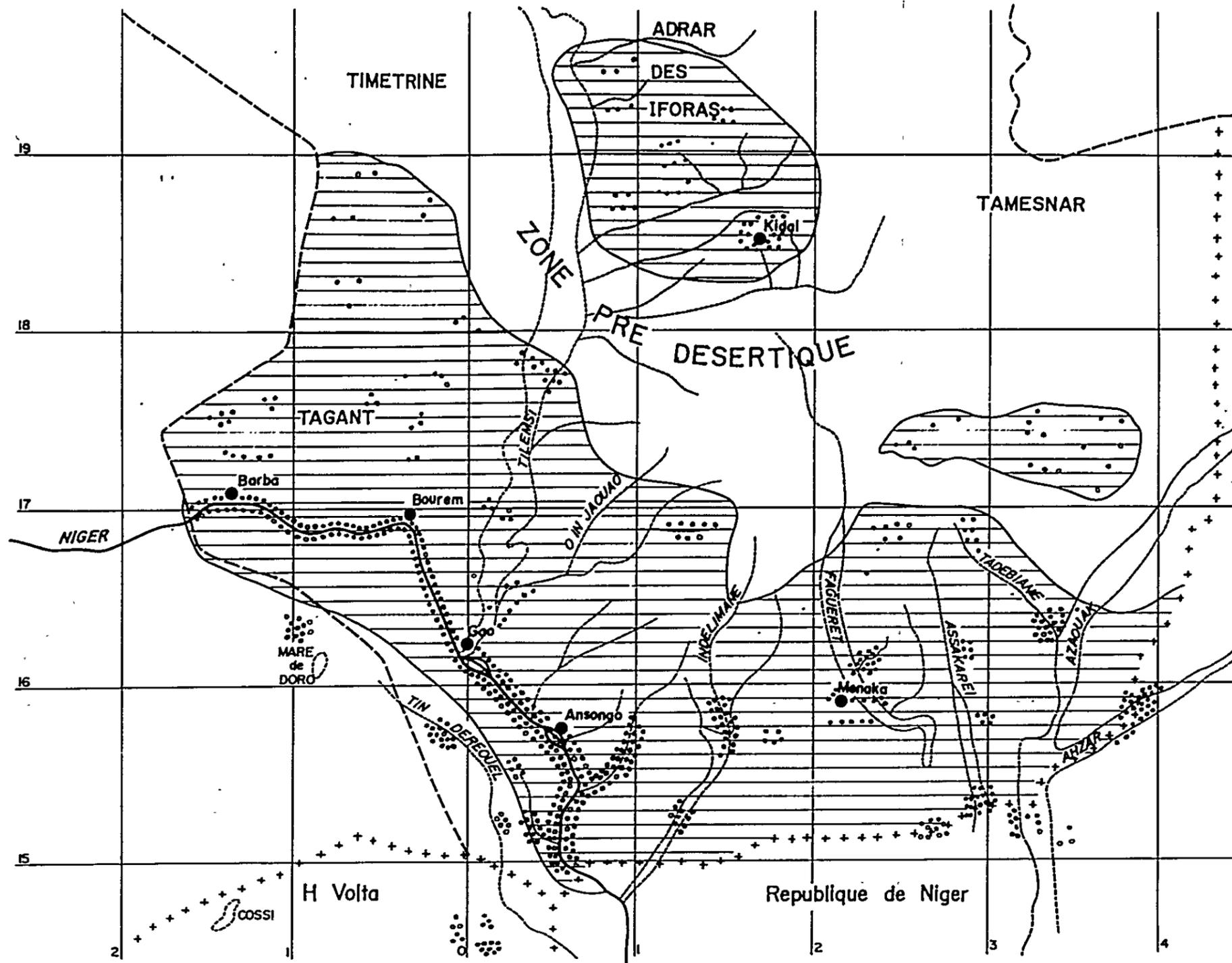


図 II-1-② 第7経済区の移動牧畜状況図



- 凡例
-  涸れ川
 -  乾期に動物の集る所
 -  主要牧草地域

II-2. 気 象 (II-3-1 参照)

第7経済区は Thornthwaite による気候区分の「乾燥気候」帯に属し、Mc Ginniesの区分によれば、Ab 23,つまり「乾燥気候・夏雨期・寒期平均気温 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ ・暖期平均気温 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 」にあたる。またサヘル地帯と呼ばれ、点在する草木の生育を許すが安定的な食糧生産には不十分な降雨量の地帯とされている。

第7経済区の年間降雨量は、ガオ周辺で $200\sim 300\text{mm}$, アルジェリアとの国境付近で約 25mm にすぎない。両地区間の降雨量の等しい地帯はほぼ東西に延び、北側ほど降雨量が少なくなる(図II-2)。雨期は5~10月でこの間の月間降雨量は $1\sim 150\text{mm}/\text{月}$, そのうち6~9月に $6\sim 150\text{mm}/\text{月}$, 中でも8月には $50\sim 150\text{mm}/\text{月}$ に達する。

第7経済区の蒸発散位は $33\sim 210\text{mm}/\text{月}$ で、年間で $1600\sim 1900\text{mm}$ に達する。2~11月に特に高い値を示し $100\text{mm}/\text{月}$ 以上である(表II-1.2)。

文献から得られたガオの降雨量と蒸発散位の関係を図II-3に示し、新たに得られた気象データを図II-4に示す。同図には1968~1973年の旱魃と言われた期間内で最も降雨量の少なかった1973年のデータを加え、1978~1981年の気温・降雨量・蒸発散量・湿度、およびニジェール河の水位を示した。

Tableau II -1 Pluviométrie mensuelle et annuelle
月間および年間の雨量

moyen de 30 ans, * 12ans
P: Hauteur de pluie en mm
n: Nombre moyen de jours de pluie

Mois	Ansongo		Bourem		Gao		Kidal		Ménaka		Tessalit ^{£*}	
	P	n	P	n	P	n	P	n	P	n	P ^{£*}	n ^{£*}
Janv.	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5
Fev.	1,0	0,1	0,1	0,0	0,3	0,3	0,7	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Mars	0,3	0,2	0,4	0,1	0,6	0,2	0,3	0,2	0,9	0,1	0,5	0,5
Avril	0,1	0,1	0,3	0,2	0,5	0,2	0,6	0,1	0,4	0,1	0,2	0,3
Mai	17,7	1,0	3,6	0,4	5,9	0,8	4,2	0,8	7,7	1,4	1,2	0,5
Juin	28,2	3,4	14,5	2,1	26,7	4,4	7,7	2,1	22,3	4,1	5,9	2,5
Juil.	78,6	6,8	50,9	5,3	75,0	8,7	37,7	5,9	73,2	8,3	19,6	4,5
Aout	146,3	9,6	72,4	6,7	109,6	5,5	50,6	7,0	112,1	9,9	51,0	7,5
Sept.	42,3	4,5	23,6	2,9	35,8	1,1	27,5	4,4	43,1	4,9	20,8	4,3
Oct.	8,3	1,2	3,7	0,3	5,4	1,1	0,7	0,3	4,2	0,8	0,7	0,4
Nov.	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4
Dec.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2
Année	322,9	26,9	169,7	18,1	260,3	31,3	130,3	21,4	264,3	30,1	100,7	21,7

D'après S.N.M. Bamako

Tableau II-2 Evapotranspirations potentielles mensuelles

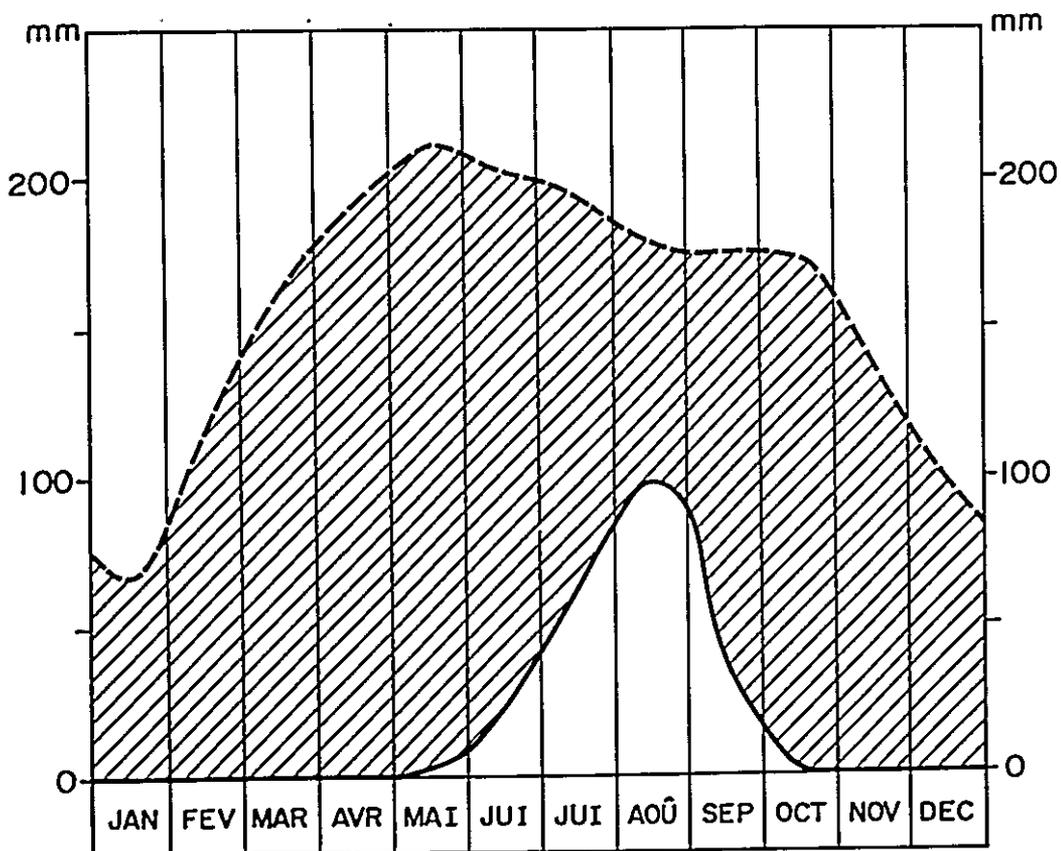
(-) moyenne de 20 ans (1941~1960)
(+) moyenne de 17 ans (1950~1966)

en mm

Mois	Ansongo +	Gao -	Kidal -	Menaka	Tessalit
Janvier	55,2	58,2	38,4	66,0	33,2
Fevrier	122,8	95,6	68,4	104,5	57,6
Mars	160,7	157,5	142,2	163,8	123,6
Avril	180,9	180,8	173,2	184,0	166,9
Mai	201,0	202,0	198,2	201,5	200,0
Juin	192,9	190,4	200,0	198,4	204,2
Juillet	188,0	193,8	200,0	193,8	207,5
Aout	167,0	176,7	184,6	173,3	196,5
Septembre	165,0	174,5	190,2	171,4	180,5
Octobre	170,0	172,8	162,2	172,7	168,0
Novembre	142,5	142,5	167,0	147,2	111,6
Decembre	74,9	72,9	45,6	82,6	35,7
Total (mm/an)	1821	1827	1728	1859	1685

D'après Saad, 1967

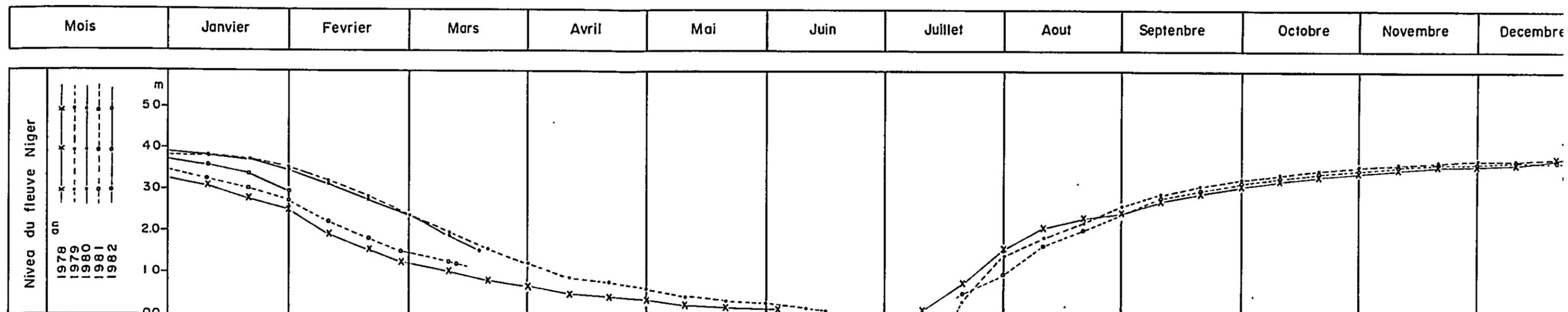
Fig. II-3 Bilan d'eau à Gao
 がオの水収支



— Besoin d'eau mensuelle moyenne — Évapotranspiration potentielle
 水の平均月間必要量 — 蒸発散位
 — Période quand le besoin d'eau dépasse la précipitation — Utilisation de la humidité de sol
 水の必要量が雨量を上回る部分 — 土中の湿気の消費
 — Precipitation mensuelle moyenne
 平均月間降雨量

apre Oxford Regional Economic Atlas (AFRICA)

Fig. II-4 Niveau du fleuve Niger et la climature de Gao



Température °C	1973 an	1978	1979	1980	1981	Moyen	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre
1973 an	22.3	25.3	29.0	33.6	36.2	36.7	33.9	31.8	33.5	31.7	27.5	23.2	22.3	25.3	29.0	33.6	36.2	36.7
1978	23.8	26.5	30.2	32.7	36.3	34.6	31.9	32.2	32.5	32.4	28.2	24.9	23.8	26.5	30.2	32.7	36.3	34.6
1979	25.8	24.2	30.4	31.8	35.1	34.9	33.7	32.4	32.8	32.8	27.2	23.2	25.8	24.2	30.4	31.8	35.1	34.9
1980	25.6	26.5	29.4	22.6	36.1	35.8	31.5	29.4	29.4	32.1	28.9	22.4	25.6	26.5	29.4	22.6	36.1	35.8
1981	21.0	25.3	30.0	33.7	36.1	35.1	32.5	33.7	32.9	32.4	26.4	22.4	21.0	25.3	30.0	33.7	36.1	35.1
Moyen	24.1	25.6	30.0	30.2	35.9	35.3	32.4	31.9	31.9	32.4	27.7	23.5	24.1	25.6	30.0	30.2	35.9	35.3

Précipitation mm	1973	1978	1979	1980	1981	Moyen	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre
1973	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.3	3.1	59.7	71.3	1.1	—	—	—
1978	—	—	—	—	—	—	—	—	63.5	12.9	12.8	65.4	29.6	17.4	8.2	—	—	—
1979	—	—	—	—	1.1	—	—	—	—	28.1	11.7	16.3	54.8	59.6	7.9	—	—	—
1980	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	52.3	126.9	94.1	28.2	1.6	—	—	—
1981	—	—	—	—	3.9	2.9	—	—	3.9	2.9	10.3	66.7	84.3	23.4	—	—	—	—
Moyen	—	—	—	—	0.3	16.9	11.0	21.8	68.8	65.7	32.2	4.4	—	—	—	—	—	—

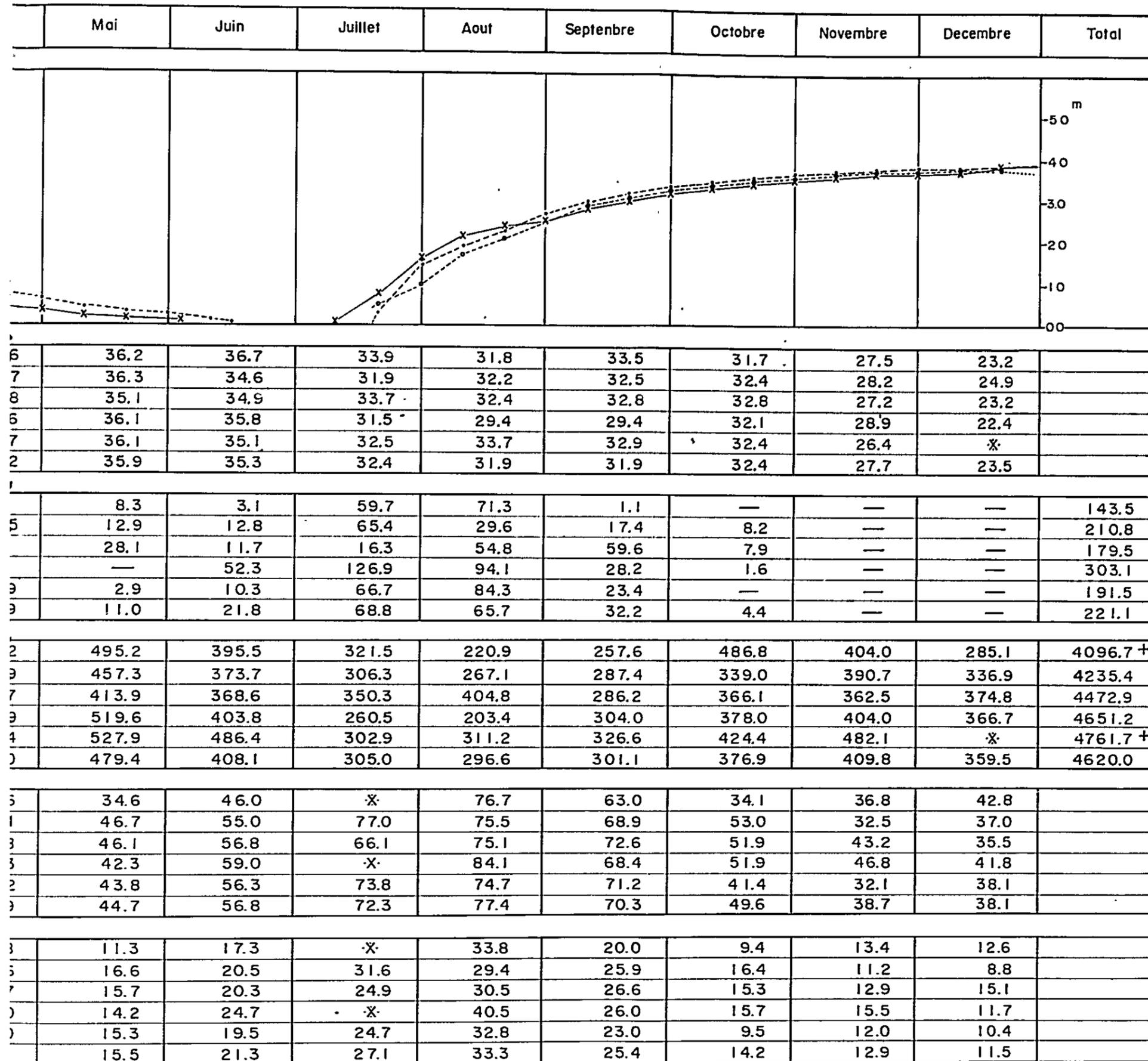
Evaporation(Riche) mm	1973	1978	1979	1980	1981	Moyen	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre
1973	340.3	*	445.6	444.2	495.2	395.5	321.5	220.9	257.6	486.8	404.0	285.1	340.3	340.3	340.3	340.3	340.3	340.3
1978	372.4	339.2	378.5	386.9	457.3	373.7	306.3	267.1	287.4	339.0	390.7	336.9	372.4	372.4	372.4	372.4	372.4	372.4
1979	363.4	265.5	434.1	482.7	413.9	368.6	350.3	404.8	286.2	366.1	362.5	374.8	363.4	363.4	363.4	363.4	363.4	363.4
1980	353.2	397.1	511.0	549.9	519.6	403.8	260.5	203.4	304.0	378.0	404.0	366.7	353.2	353.2	353.2	353.2	353.2	353.2
1981	362.8	408.5	512.5	616.4	527.9	486.4	302.9	311.2	326.6	424.4	482.1	*	362.8	362.8	362.8	362.8	362.8	362.8
Moyen	363.0	352.6	459.0	509.0	479.4	408.1	305.0	296.6	301.1	376.9	409.8	359.5	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0

Humidité (max) %	1973	1978	1979	1980	1981	Moyen	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre
1973	36.5	32.2	26.5	26.6	34.6	46.0	*	76.7	63.0	34.1	36.8	42.8	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5
1978	33.7	34.9	37.0	41.1	46.7	55.0	77.0	75.5	68.9	53.0	32.5	37.0	33.7	33.7	33.7	33.7	33.7	33.7
1979	27.9	39.3	32.3	20.8	46.1	56.8	66.1	75.1	72.6	51.9	43.2	35.5	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9
1980	36.9	34.6	32.9	32.3	42.3	59.0	*	84.1	68.4	51.9	46.8	41.8	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
1981	37.2	34.9	35.6	37.2	43.8	56.3	73.8	74.7	71.2	41.4	32.1	38.1	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
Moyen	33.9	35.9	34.5	32.9	44.7	56.8	72.3	77.4	70.3	49.6	38.7	38.1	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9	33.9

Humidité (min) %	1973	1978	1979	1980	1981	Moyen	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre
1973	10.2	9.0	9.1	7.8	11.3	17.3	*	33.8	20.0	9.4	13.4	12.6	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
1978	10.1	10.9	11.0	15.6	16.6	20.5	31.6	29.4	25.9	16.4	11.2	8.8	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
1979	7.9	7.3	8.9	4.7	15.7	20.3	24.9	30.5	26.6	15.3	12.9	15.1	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
1980	11.0	9.8	7.6	9.0	14.2	24.7	*	40.5	26.0	15.7	15.5	11.7	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
1981	9.7	9.4	10.0	11.0	15.3	19.5	24.7	32.8	23.0	9.5	12.0	10.4	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
Moyen	9.7	9.4	9.4	10.1	15.5	21.3	27.1	33.3	25.4	14.2	12.9	11.5	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7

* : Il n'y a pas de la inscription dans les données
 <Moyen> est calculé sans <*> et les valeurs manquantes

fleuve Niger et la climature de Gao



* : Il n'y a pas de la inscription dans les documents
 <Moyen> est calculé sans <*> et les valeurs des 1973 année

II-3・地 質

II-3-1 地質構造(図II-5)

第7経済区で地質構造上重要なものはアドラル デ イフォラス・ティルムシ谷・マリーニジェール盆地・スーダン海峡・グルマ山塊である(図II-5)。

アドラル デ イフォラスは先カンブリア紀の変成岩と花崗岩類から成り、面積は約10万km²に達する。アハガル(又はホガル, オガル)^{※1・1} 山塊から分岐して第7経済区のほぼ中央を北から南に延び、南端はスーダン海峡でより新期の堆積岩類に、西翼はティルムシ谷の堆積岩類に、東翼はマリーニジェール盆地の堆積岩類に被われる。

ティルムシ谷は直線状に南流する広大な涸れ川である。上流はアスラー^{※1・2} 向斜と呼ばれる向斜構造の地域にはほぼ一致する。

マリーニジェール盆地はイウルムダン^{※1・3} 陸向斜と呼ばれる地域にはほぼ相当し、マリ共和国に属するのはアザール^{※1・4} 谷(アザウアック谷の支流)北西で、同盆地の西半分に相当する。この盆地の堆積岩類には銅・ウラン鉱床が賦存し、現在マリ共和国とニジェール共和国でウランの探鉱あるいは採掘が行われている。

スーダン海峡は北アフリカの白亜紀の海がアドラル デ イフォラスの南を通り、ニジェール・チャド・ナイジェリアに広がる海と連結された「海峡」に当たる地域である。この内には南北の2断層が存在あるいは推定されており、両断層に挟まれた地域はガオ地溝と呼ばれ、35~100kmの幅で北西-南東方向に約400km連続している。

グルマ山塊はインフラカンブリア系の変成岩類から成り、ニジェール河の右岸に位置する。この変成岩類はアンソング北南では同河の左岸に連続して分布し、マリーニジェール盆地の面壁の一部を構成する。

II-3-2 地 質(図II-6・7, 表II-3)

第7経済区には、アドラル デ イフォラスとグルマ山塊の基盤岩を被ってコンチネンタル インターカラリー^{※2・1} 上部白亜系・第三系・コンチネンタル ターミナル^{※2・2} 第四系が分布する。これらは下位から上記の順序で累重し、南に緩く傾斜するが、ティルムシ谷北西の第三系以深の地層は褶曲作用を受け、複雑な構造を呈し、これをC・Tが覆っている。

(1) 基盤岩類

アドラル デ イフォラスの基盤岩類は先カンブリア紀の花崗岩類で構成され、グルマ山塊の基盤岩類はインフラカンブリア紀の変成岩類で構成される。

-
- | | | | | |
|------|--------------------------------------|----|---------|-------|
| ※1・1 | Ahaggar (又はHoggar), | ・2 | Asselar | |
| ・3 | Iullemeden, | \| | ・4 | Ahzar |
| ※2・1 | Continental intercalaire (以後C・Iと記す), | | | |
| ※2・2 | Continental terminal (以下C・Tと記す), | | | |

(2). コンチネンタル インターカラリー (C.I) *1

本層はアドラル デ イフォラスの基盤岩を直接被い、層厚は50～100 mであるが、マリーニシェール盆地では、1,500～2,100 mに達するところがある(ニジェール側)。本層は下位から次のように大別される。

- a アガデス*2.1 砂岩層群
- b イルアーゼ*2.2 泥岩層群
- c テガマ*2.3 層群

a アガデス砂岩層群

下部は有色のアルコース層で、その上位に礫岩を介して砂岩が分布する。本層群は銅とウランの存在で知られている。

b イルアゼール泥岩層群

砂岩質または泥灰質の泥岩で赤色を呈する。アガデス砂岩層群を不整合に被い、銅の存在で知られる。PNC*3 のウラン探鉱によって、本層の下限付近に地下水の存在が知られている。

c テガマ層群

下部は中～粗粒砂岩・泥岩、上部は石英質砂岩と石灰岩の薄層を挟有するシルト・泥岩から構成され、層厚は250 mに達する。PNC によって、地下水の存在が確認されている。

(3) 上部白亜系

下位から次のように区分される。

- a C.I と岩相が類似する海成層 *4.1
- b C.I と岩相が類似する白色石灰質の地層 *4.2
- c クレタセ ターミナル (Cr.T) *5, *4.3

a C.I と 岩相が類似する海成層

本層の下部は C.I と整合的に果重する石灰岩・砂岩、上部は泥岩・砂岩・泥灰岩から

*1 C, KillantはC.Iをサハラのモスクワ期からセノマン期に形成されたすべての陸成層と定義している。

*2 .1 Agades, .2 Irhazer, .3 Tegama

*3 Power reactor and nuclear fuel development corporation, Japan

*4 .1 上部セノマン階～下部チューロン階・2 上部チューロン階～下記セノン階

.3 マエストリッシュ階～ダン・モン階

*5 Crétace Terminal (以後Cr.Tと記す)

成る。全層厚はマリーニジュール盆地のマリ側に層する部分で30 mである。

b C.I と岩相が類似する白色石灰質の地層

本層の下部は泥質・含石膏質の石灰岩・泥灰岩・石灰岩質礫岩から成り、タマカス^{*1.1} アグエブ^{*1.2}の面で陸成層(砂質泥岩と石英質砂岩)に漸移する。層厚は一般に35~80 mで、トゥヌクル^{*1.3}グエルジュ^{*1.4}では約10 m, タアボナト^{*1.5}では118 mに達する。

上部は砂質の有色泥岩で、局部的に石膏質・泥灰岩質を呈し、基底部に石灰岩・泥灰岩を含む。層厚はタララ^{*1.6}の東で100 m, タアボナトで57 m, イササジャン^{*1.7}で29 mである。

c クレタセ ターミナル(Cr.T)

本層の基底は陸成砂~泥質岩, 上部は海成石灰岩~泥質岩から成る。K. F. Saadのダン階^{*2.1}~マエストリッシュ階^{*2.2}は本層の上部に相当し、帯水層として知られている。

マリーニジュール盆地では下位から次のように4つに組分されている。

- a) 下部砂岩と泥岩
- b) 泥灰岩と石灰岩(ムサソリュ頁岩^{*3})
- c) 上部砂岩と泥岩
- d) 泥灰岩と石灰岩(帯水層)^{*4}

d)は古第三紀暁新世の地層を含み、層厚は2~20 cm程度でマリ側だけに分布する。Cr.Tの全層厚は160 mに達する。

スーダン海峡の上部白亜系は、ガオ地溝の北方(外側)では基底部の岩相を呈し、マリーニジュール盆地~スーダン海峡~ティルムツ谷と連続する。地溝に近づくと堆積物の粒度はより粗くなり、下底部は鉄分を含む。

地溝の中のCr.Tは海成と陸成の岩相を呈する。ティンベルギウ^{*5}のボーリングによって下位から次のように区分されている。これらの全層厚は60 mに達する。

- e) 細粒砂岩・泥質岩・石灰質砂岩…礫岩を伴い褐炭・黄鉄鉱を含む
- f) 細粒砂岩……………有色泥質漸移層を含む
- g) 黒色泥質岩・細粒砂……………褐炭とタールに富む

*1 .1 Tamakas, .2 Agueboun, .3 Tenekert, 4 Gueljet
.5 Tahabonate, .6 Tarara, .7 Isaxagen,
*2 .1 Danien, .2 Maëstriechien
*3 Schiteuse de Msasaurus
*4 いわゆる白亜紀海成層
*5 Tin Berguious

(4) 第三系

本層は次のように区分される。

- a 下部暁新統
- b 上部暁新統～ユブル (Ypresien) 階^{※1.1}

a 下部暁新統

本層と Cr.T の d) の関係は明らかではない。

マリーニジュール盆地では

- a) 海成砂質泥灰岩または陸成泥灰岩 (基底)
- b) 灰色頁岩と黄色石灰岩 (上部)

で構成され、a) が欠ける地区がある。

スーダン海峡では

- c) 陸成砂質泥灰岩・細粒～微粒砂・砂質泥灰岩 (基底)
- d) 同上、局部的に泥質石灰岩を含む (上部)

で構成され、層厚は数 m ～ 10 数 m である。

b 上部暁新統～ユブル階

本層は海成層である。

マリーニジュール盆地では、下位から次のように構成される。

- a) 石灰岩・泥質石灰岩
- b) 黄色泥質石灰岩…石膏・塩を含む
- c) 泥岩……………石膏・塩を含む
- d) 灰色頁岩……………磷酸塩を含む
- e) 黄色頁岩……………磷酸塩・鉄質オーライトを含む
- d) 赤色頁岩……………細粒砂・オーライト・鉄質ピソライト・磷酸塩を含む

本層の層厚は 40 ～ 50 m に達し、このうち基底部の石灰岩が 18 ～ 48 m を占め、上部の泥岩あるいは頁岩層は最高 10 m 程度である。

スーダン海峡では、本層はガオ地溝内には分布せず地溝の北側 (外側) に分布する。下部石灰岩と上部泥質岩から成り、下部石灰岩は a) に相当すると考えられるが、上部泥質岩は磷酸塩を含むことから d), e), f) のいずれかに相当するということ以外明らかではない。下部石灰岩の層厚は数 m ～ 20 数 m、泥質岩は 10 ～ 50 m 程度であるが、サミ^{※1.2} ヤインウアレン^{※1.3} では全く認められない。

※1 .1 Ypresien, .2 Samit, .3 In Ouallen

(5) コンチネンタル テルミナル (C.T)^{※1}

本層はマリーニジュール盆地・スーダン海峡・ティルムツ谷に広く分布する。

マリーニジュール盆地では次の3つに区分される。

- a 泥岩・細粒砂・砂岩…鉄質オーライトを含
- b 粗粒～細粒砂・カオリン質または砂質泥岩と灰色～黒色の泥^{※2}
- c 砂岩・シルト・赤色味を帯びた泥岩

aはbに漸移し、層厚は50～80mである。盆地のマリに属する地域のC.Tは全てbで占められている。層厚はニジュールのディグディガ^{※3・1}のボーリングで180mが確認されているが、マリ側の露頭では20m以下である。

cは基盤岩の上にアバットし、盆地の南縁で高いケスタ地形を呈している。層厚は100～200mである。

スーダン海峡では下位から次の2層に区分される。

- d 雑色の泥質岩…局部的に石膏を含む
- e 砂岩………泥岩・カオリン質泥質岩を伴い、鉄質オーライトが厚く堆積することがある。

層厚は、ガオ地溝の中で30～130m、地溝の北側(外側)で5～10mである。さらに北側で層厚は35～50m程度になるが、そこからティルムツ谷へは減少して15m程度になり、西側では増加してアザウアッド^{※3・2}で最少とも100mに達する。

(6) 第四系

第四系は下位から次のように区分される。

- a 明るい色の砂層
- b やゝ砂質で鉄質物質を含むカオリン質泥

aは粒径2mm以下の砂で構成され、層厚は2～45m程度である。低部あるいは中間部に褐色粘土を伴う石英礫を狭有する。本層はニジュール河沿岸に分布し、重要な帯水層となっている。

bはバンコ(Banko)と呼ばれる泥レンガの材料に使用され、層厚は0.4～2.0mである。この

この2層の間に、ティルムツ谷の古い段丘とされる砂礫層が報告されている。これは鉄

※1 C. KillanはC.Tをサハラの最後の海進以後のすべての陸成層とし、第四紀層を含まないと定義

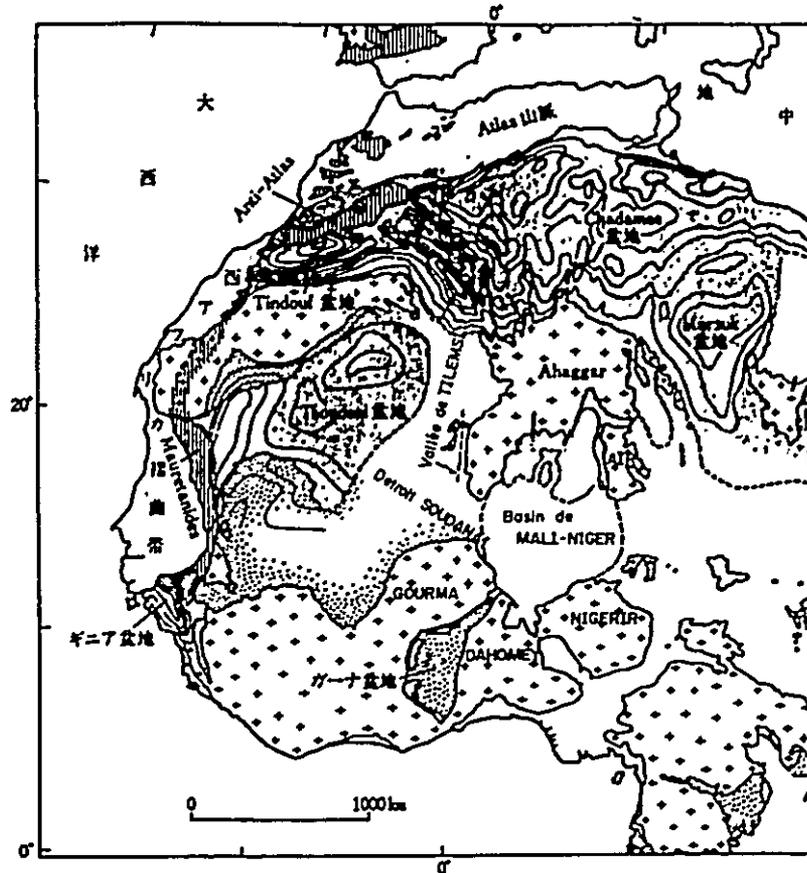
※2 Vases

※3 .1 Digdiga, .2 Azaouad,

酸化物で礫を膠結した砂礫層で、層厚は0.2～1 mとされているが、詳細は不明である。

以上の他、アドラル デ イフォラスに樹枝状に発達する涸れ川に堆積する砂礫層や、スーダン海峡の約半分を被う砂丘等がある。

Fig. I-5 Carte topographique de l'Afrique Occidentale
西アフリカ地域の地勢図



-
-

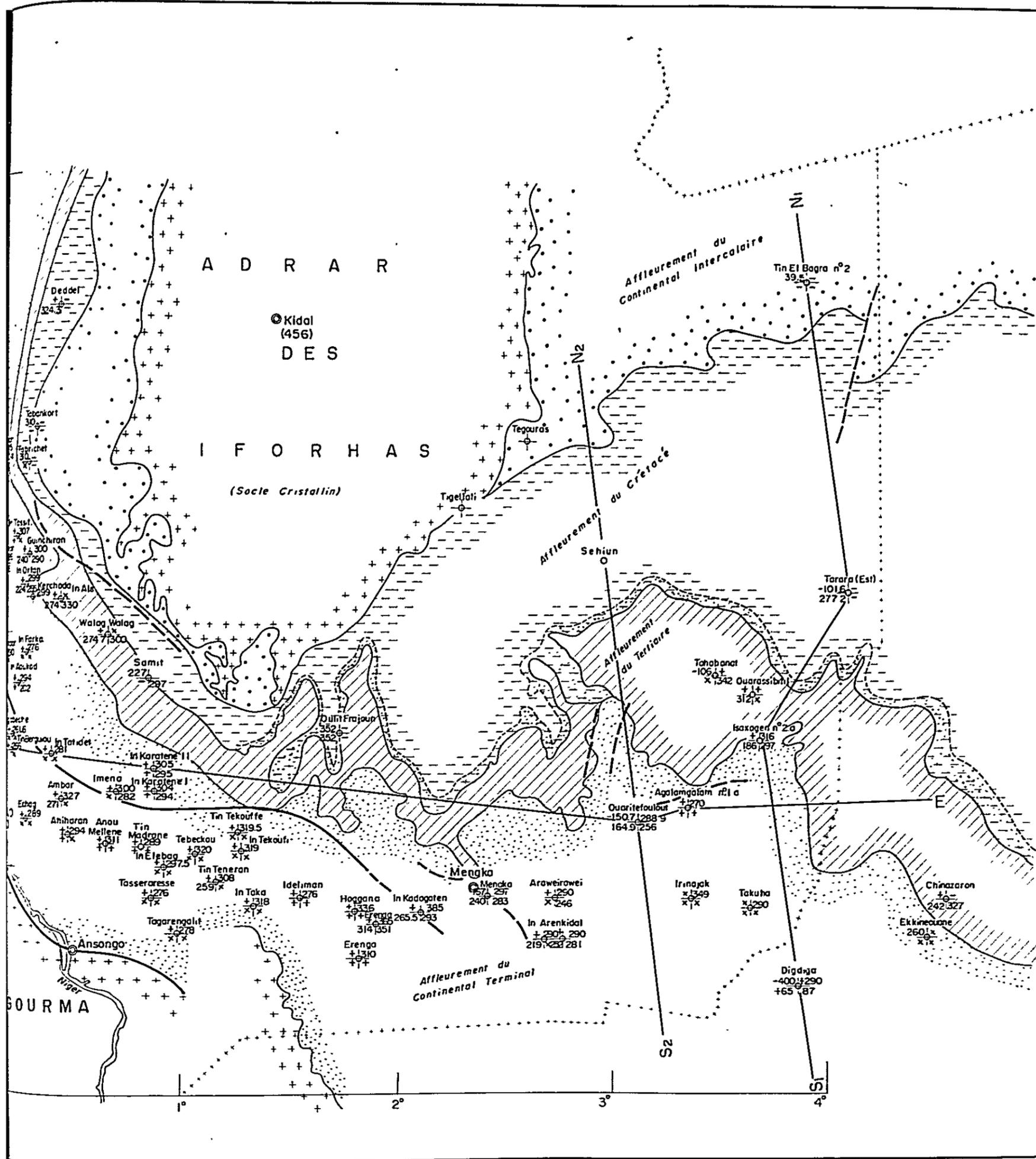


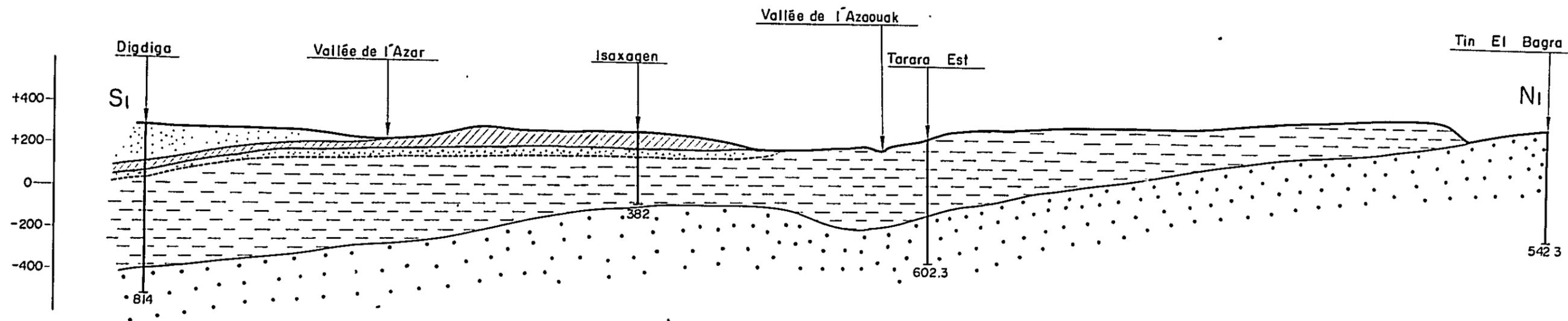
Fig.II-6 CARTE DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES

Echelle : 1/2,000,000

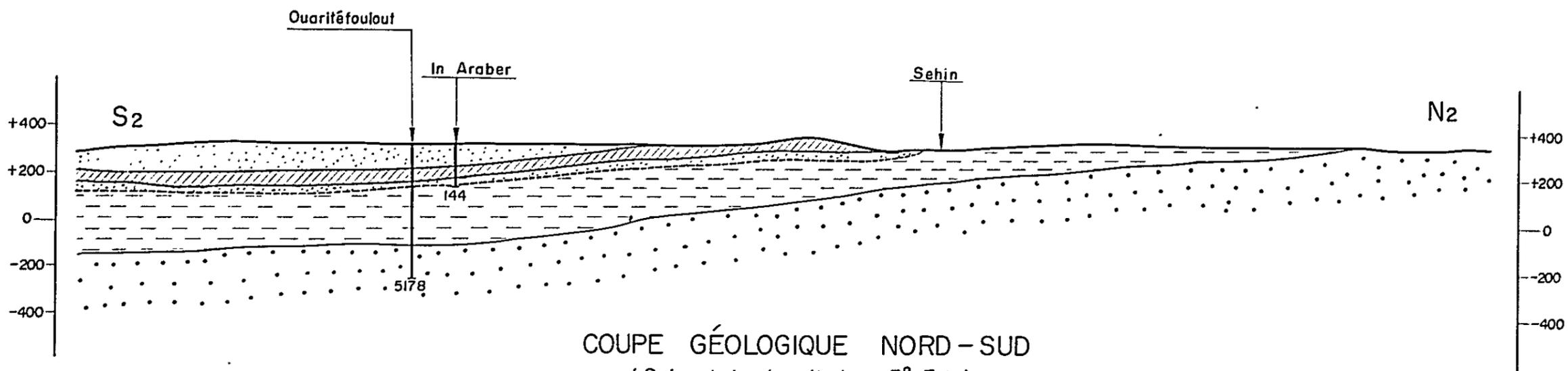
- CONTINENTAL TERMINAL
- TERTIAIRE
- CRÉTAÇE Crétacé Terminal
Crétacé Supérieur
- CONTINENTAL INTERCALAIRE
- PRÉCAMBRIEN et INFRACAMBRIEN

- Faille
- Faille d'après Géophysique

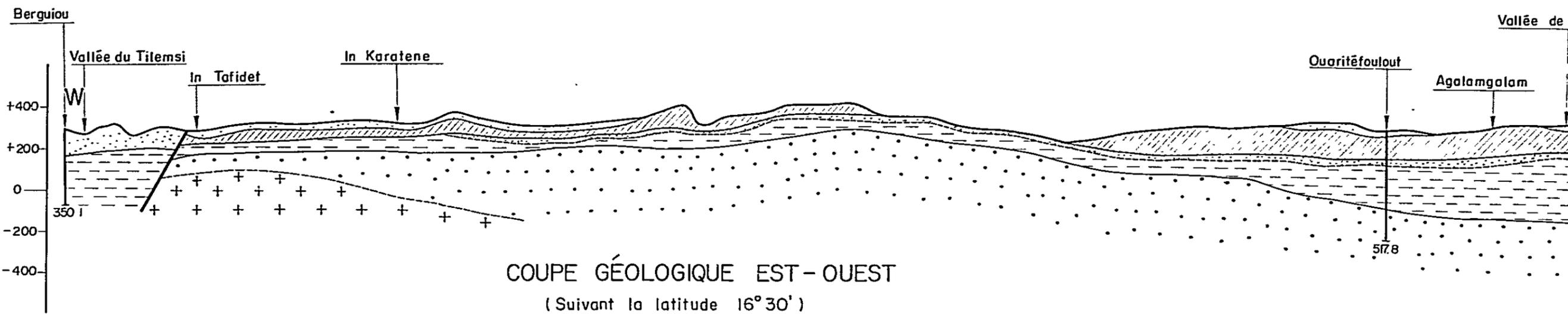
- I-Nom
- | | | |
|---|--|------------------------------|
| 1 | 2-Cote du toit du Continental Terminal | - Inéxistant |
| 3 | 3-Cote du toit du Tertiaire | x Inconnu |
| 4 | 4-Cote du toit du Crétacé | + N'atteint pas la formation |
| 5 | 5-Cote du toit du Continental Intercalaire | |



COUPE GÉOLOGIQUE NORD-SUD
(Suivant la Longitude 4° Est)



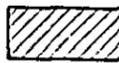
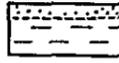
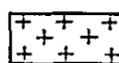
COUPE GÉOLOGIQUE NORD-SUD
(Suivant la Longitude 3° Est)

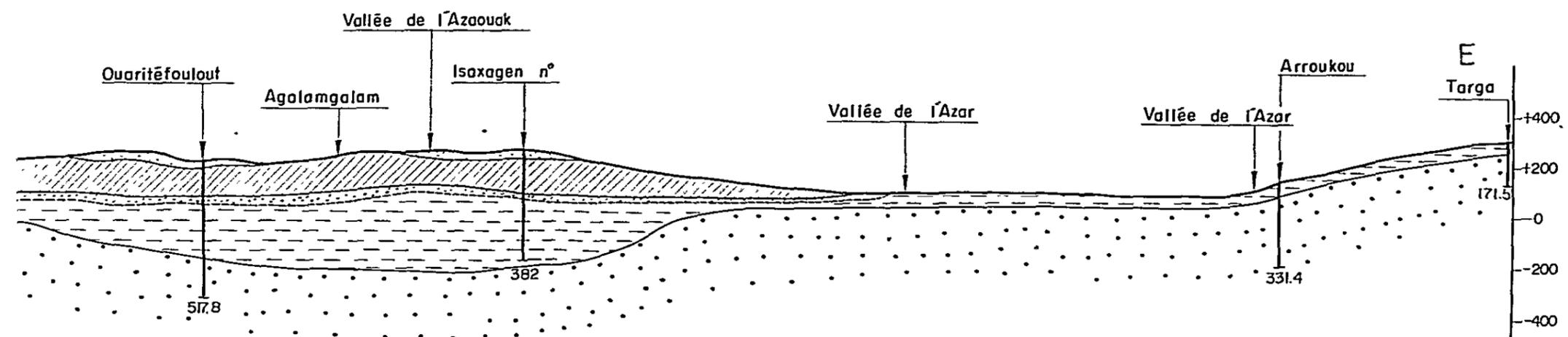
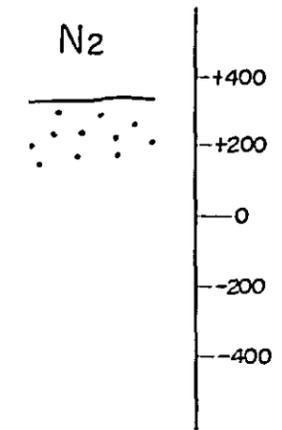
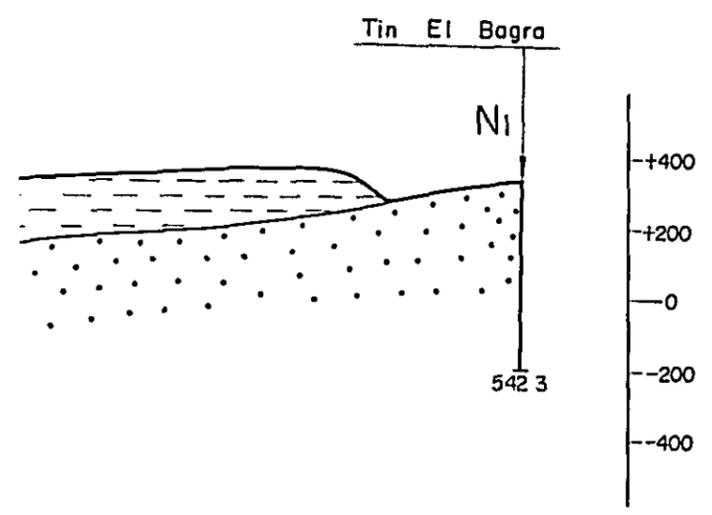


COUPE GÉOLOGIQUE EST-OUEST
(Suivant la latitude 16° 30')

Fig.II-7 COUPES GÉOLOGIQUES

ECHELLES { Horizontale 1/1,000,000
Verticale 1/20,000

-  CONTINENTAL TERMINAL
-  TERTIAIRE
-  CRÉTACÉ { Crétacé Terminal
Crétacé Supérieur
-  CONTINENTAL INTERCALAIRE
-  PRÉCAMBRIEN



Etude Hydrogéologique de l'Est du Mali
K.F SAAD (1970) に加筆

Tableau | II - 3: 層 序 表

代 Ère	群 Groupe	紀 Période	系 Système	世 Èpoque	統 Série	階 Âge	階 Étage	地 層 名	岩 質	層 厚															
新 生 代 Cénozoïque	(Ma)	第四紀 Quaternaire	新第三紀 Néogène	更新世 Pliocène	中新世 Miocène	Tertiaire	第三系	* Continental terminal	上部 砂岩・礫 中部 粘土と砂岩の互層 下部 断続する粘土に富む不均一浸透層	}															
				漸新世 Pliocène	中新世 Miocène																				
				古第三紀 Paléogène							漸新世 Oligocène														
											始新世 Éocène														
				中 生 代 Mésozoïque	140						白 垩 紀 Crétacé	後 前	Danien Maastrichtien Séanoien Turonien Cénomannien		第三系	粘土質物に富む	}	* 白堊系海成層 Crétacé Terminal	[粘土・砂・石灰岩・マール]	[Adrar des Iforas の東 300~400m Adrar des Iforas の西 100m]					
																					ジュラ紀 Jurassique	* Continental intercalaire	[砂・粘土・砂岩・礫・礫岩]	[Adrar des Iforas の東と南 >1,500m Adrar des Iforas の西 50~100m]	
																									Tegama層群 *
																									Irhazer泥岩層群 *
																									Agadès砂岩層群 *
																					古 生 代 Primaire	564	三 疊 紀 Triasique		
ペルム紀 (二疊紀) Permien																									
石 炭 紀 Carbonifère	後																								
	前																								
デボン紀 Dévonien																									
シルル紀 Silurien																									
オルドビス紀 Ordovicien																									
カンブリア紀 Cambria																									
原 生 代 Proterozoïque	564	インフラカンブリア紀 [Infracambrien]																							
始 生 代 Archéen																									

*は上部潜水層

Ⅲ-1. 電 気 探 査

1-1 地表電気探査

1-1-1 調 査 概 要

(1) 調 査 内 容

昭和53年度基本調査から昭和56年度本格調査までの調査内容を表1-1-1に示す。

表1-1-1 調 査 内 容

年 項目	1978	1979	1980	1981	計
現地調査期間	1979.1.8～ 1979.2.26 50日間	1979.12.26～ 1980.3.21 81日間	1980.11.4～ 1981.3.19 109日間	1981.11.1～ 1982.3.20 (日本人は1982.1.15 ～1982.3.20) 140日間	380日間
調査地区	GAO8区 DJEBOCK MAJIBO KIDAL	GAO8区,2区 HAMAKOU- LADJI	GAO8区,9区,4区 ANSONGO1区, 2区,3区 MAJIBO,TIN- TAFAGAT	GAO4区,7区,8 区 BAGOUNDJE MAGNADOUE HAMAKOULAD- JI DJEBOCK	
地表電気探査	20点	97点	183点	252点	552点
電気検層		3孔	5孔	8孔	16孔
測定機	地表電探 電気検層	送信機Model G-5003A,B,受信機 Model 7505VSP (横浜電子製) YEW3244 (横河電機製)			

(2) 調 査 実 績

昭和53年度から昭和56年度までの年度別調査実績を表1-1-2a～1-1-2dに、調査地区別の測線および測点位置を図1-1-1～7に示す。

表1-1-2a 昭和53年度調査実績

地 区	測 点 数
ガ オ 8 区 (Gao)	6
ジ エ ボ ヲ ク (Djebock)	5
マ シ ボ (Majbo)	2
イ ラ カ デ ン (Irrakaden)	1
イ ン テ デ ニ (In Tedenit)	3
キ ダ ル (Kidal)	3
計	20

表 1 - 1 - 2 b 昭和 5 4 年度調査実績

地 区	ボーリング孔	測 線	測 点 数
ガ オ 8 区 ブルグンジュ (Boulgounje)	G - 2	A	12
		B	12
	G - 1	C	12
		D	8
		X	4
		Y	6
		Z	7
		XY	2
		W	4
ガ オ 2 区 (Gadeye)	G - 3	EA	8
		EB	6
		EC	6
ハマクラジュ (Hamkouladje)		HA	5
		HB	5
計		14	97

表 1 - 1 - 2 c 昭和 5 5 年度調査実績

Region 地 区	Forages ボーリング孔	Nom du Ligne 測 線	Points 測 点 数
ガ オ 8 区	G - 4 G - 5	I	8
		J	14
		K	14
		CE	1
ガ オ 7 区 (Gao-Sossokoira) 4 区 (Gao-Alzanabandia)		S	5
		L	7
		M	7
アンソング 3 区	A - 1	A	7
		B	10
		C	7
アンソング 2 区	A - 2	D	11
		E	12
		F	8
アンソング 1 区	A - 3	G	12
		H	12
		I	10
		J	10
		I J	4
アンソング 郊外		K	7
マ ジ ボ		Ma	10
ティンタファガット (Tin-Tafagat)		T	7
計		21	183

表 1 - 1 - 2 d 昭和 5 6 年度調査実績

地 区	ボーリング孔	測 線	測 点 数	
ガ オ 4 区		R	8	
ガ オ 7 区	G - 6	P	7	
		N	15	
ガ オ 8 区		F	10	
		G	10	
		H	12	
		O	16	
		G - 10	Q	9
		G - 7	T	9
		G - 9	U	10
			V	11
		G - 8	Z	7
	AB	3		
バ グ ン シ ャ (Bagoundje)	BA - 1	A	12	
		B	9	
		C	13	
		D	7	
		E	7	
		F	10	
マ ニ ャ ド ウ エ (Magnadune)		A	13	
		B	13	
		C	10	
ハ マ ク ラ シ ャ	HA - 1	HC	8	
		HD	8	
シ ャ ボ ッ ク	D - 1	DA	9	
		DB	6	
計		26	252	

1-1-2 測定装置および付帯機材

送信器；横浜電子研究所製

Model G-5003 A, B

出力電圧 100~800V

出力電流 0.1 ~ 1A

送信周波数 方形波, 3, 0.3, 1, 0.1 Hz

電流脱取装置 Model 1010

受信器；横浜電子研究所製

Model 7505VSP

感度 1, 10, 100, 1000mV, 10V

ステップおよび微調整

入力抵抗 2M Ω

受信周波数 3, 0.3, 1, 0.1 Hz

エンジン発電機；新ダイワ製

Model EG1801-B

出力 100V 1.8KW

トランシーバー；SONY ICB350

出力 0.5 W

電源 UM-3 (1.5V) \times 8

日除テント, 風防テント；

測定機器の防熱, 防砂塵用

測定部用 1.8 m \times 2.5 m \times 2 m

エンジン用 1 m \times 3 m (10脚衝立式)

1-1-3 測定作業

作業班編成；測定者(技師および助手) 2名

電極移動係(現地雇用) 6名

電流電線配線係(") 2名

運転手(") 2名

作業時間；11月~2月 7:30 ~ 14:30

3月 7:00 ~ 14:00

車 輛；ワゴン 1台 技師および助手用

ピックアップ 1台 作業員および測定器材用

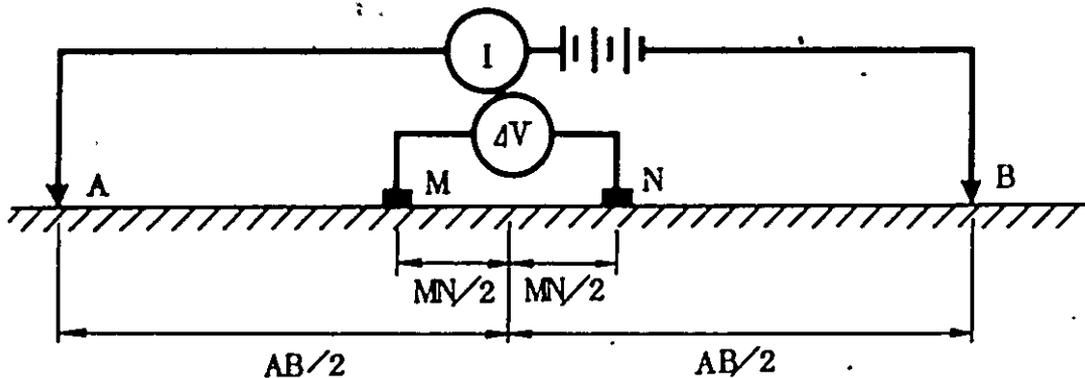
内陸部での実施時には電極用水(接地抵抗を下げるために使用), 飲料水, ガソリンの他に夜警用の簡易生活設備を運搬するために, ユニーク車を追加した。

1-1-4 測定方法

実施した深部電気探査法は、大地に直流または直流と見なし得る極低周波交替直流を流し、地下の比抵抗を深度別に観測したときに得られる比抵抗分布から、測線下の地質構造を垂直的に解明する方法である。

垂直探査法は、電流電極、電位電極相互の電極配置の様式から多くの観測法に分けられるが、本調査の深部電気探査法はシュランベルジャー (Schlumberger) 電極配置によった。この方法は、図 1-1-8 に示すように 1 対の電流電極群 A, B によって電流 I を地下に流し、その時に生ずる 2 点間の電位差 ΔV を 1 対の電位電極 M, N で観測するもので、電極は測点 O を中心にして測線上に対称 ($OA=OB=AB/2$, $OM=ON=MN/2$) に配置するが、電極間隔は、原則として $AB/2 \geq 3MN/2$ を保って測定する。

Fig.1-1-8 シュランベルジャー電極配置図



地下の比抵抗は次式によって計算される。

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

ρ_a : 見掛比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

ΔV : MN 電極間の電位差 (mV)

I : 送信電流値 (mA)

K : 電極配置に関する係数

電極係数 K は次式によって決定される。

$$K = \frac{[(AB/2)^2 - (MN/2)^2] \cdot \pi}{MN}$$

本調査で使用した電極配置での係数を表 1-1-3 に示した。

深度別の比抵抗は、電流電極間の距離 AB を次々に大きくしたときに、各々の AB 値に対応する ΔV を観測することによって求められる。この過程で、MN 電極は原則として固

MN/2 (m)

表 1 - 1 - 3 電極間隔に関する係数

MN/2 (m) AB/2 (m)	1	5	25
3	1 2.5 7		
4.5	3 0.2 4		
6	5 4.9 8		
8	9 8.9 6		
10	1 5 5.5		
12	2 2 4.6		
15	3 5 1.9		
20	6 2 6.7	1 1 7.8	
25	9 8 0.2	1 8 8.5	
32		3 1 3.8	
40		4 9 4.8	
50		7 7 7.5	
65		1,3 1 9	
80		2,0 0 3	
100		3,1 3 4	5 8 9.0
120		4,5 1 6	8 6 5.5
150			1,3 7 4
200			2,4 7 4
250			3,8 8 8
300			5,6 1 6
350			7,6 5 8
400			10,0 1 0

定されるが、ABを大きくするにしたがい、電位信号 ΔV は次式で示されるように、次第に小さくなり観測が困難になる。

$$\Delta V = \frac{\rho_a}{\pi} \cdot \frac{MN}{(AB/2)^2 - (MN/2)^2} \cdot I$$

$$= \frac{\rho_a}{K} \cdot I$$

このため、順次MN間隔を上げ、適当なレベルまで ΔV を大きくする必要がある。本調

査では原則として表 1-1-4 に示す電極間隔の組み合わせを採用して観測した。

表 1-1-4 電極間隔表

AB/2 (m)	MN/2 (m)		
	1 (m)	5 (m)	25 (m)
3	↑ ↓		
4.5			
6			
8			
10			
12			
15			
20			
25			
32			
40			
50			
65			
80			
100			
120			
150			
200	↑ ↓		
250			
300			
350			
400			

1-1-5 解析方法

観測された送信電流値と受信電圧値は、それぞれの測定野帳にまとめた。

この値をもとに地層の見掛比抵抗値を算出し、図1-1-9のように両対数グラフの横軸に $AB/2$ の値、縦軸に見掛比抵抗値をプロットした上で、同じMN電極における見掛比抵抗値をそれぞれ結んで実測VES曲線を作成した。

VES曲線の解析は、主として2層、3層ないし4層のVES標準曲線^{*}および補助曲線と実測VES曲線との照合法によった。また、下部層までの深度を求めるため、中間の比抵抗を仮定し、等価の原理を用いた。

なお実測されたVES曲線の解析手順を詳しく述べる。

VES曲線は上部層(ρ_1)、中間層(ρ_2)、下部層(ρ_3)の比抵抗の相違により、次のような特徴のある4つの型式に分類される(3層の場合)。

H型曲線…… $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ ……中間に比抵抗の低い層がある場合

A型曲線…… $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ ……下部に向って高い層がある場合

K型曲線…… $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ ……中間に比抵抗の高い層がある場合

Q型曲線…… $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ ……下部に向って低い層がある場合

この型式にしたがって、実測VES曲線に最も類似した標準曲線を選びながら解析を進めた。次に一つの解析例を示す(図1-1-10を参照)。

まず曲線の型から中間に比抵抗の高い地層を挟むK型曲線であることを知り、K型標準曲線から最も似た曲線(マスターカーブK-14)を選びだし、これを実測曲線に重ねる。

ここで標準曲線の原点($\rho_a=1, AB/2=1$)が実測曲線上に印す位置は、第1層目の比抵抗値($\rho_1=85\Omega\cdot m$)および層厚($E_1=23m$)を表わす。また、第1層目の比抵抗値と実測曲線に重なる標準曲線の係数(10)から、第2層の比抵抗値($\rho_2=850\Omega\cdot m$)を算出する。

次に、実測VES用紙上にK型補助曲線の同じ係数(10)の曲線を写し取り、この曲線上に実測曲線の右枝に最もよく照合する2層標準曲線を選ぶ。この時、標準曲線の2回目の原点は写し取った補助曲線上にあることに留意する。この原点が示す補助曲線上の E_2/E_1 の値から第2層目の厚さを決定する。また、2層標準曲線の係数から第3層目の比抵抗 ρ_3 を決定する。

以上の手順によって解析した結果を、地形の凹凸や地質の不均質性の影響を考慮した何回かの再解析によって修正した上で、比抵抗値による地下構造を決定し、最終的に測線

^{*} ICGT 3層および4層標準曲線

Schlumberger 3層および4層標準曲線

Master Curves For Vertical Electrical Sounding Layered Structures by E. ORELLANA and M. MOONEY

FIG 1.1.9

COURBE DE LA RESISTIVITE APPARENTE

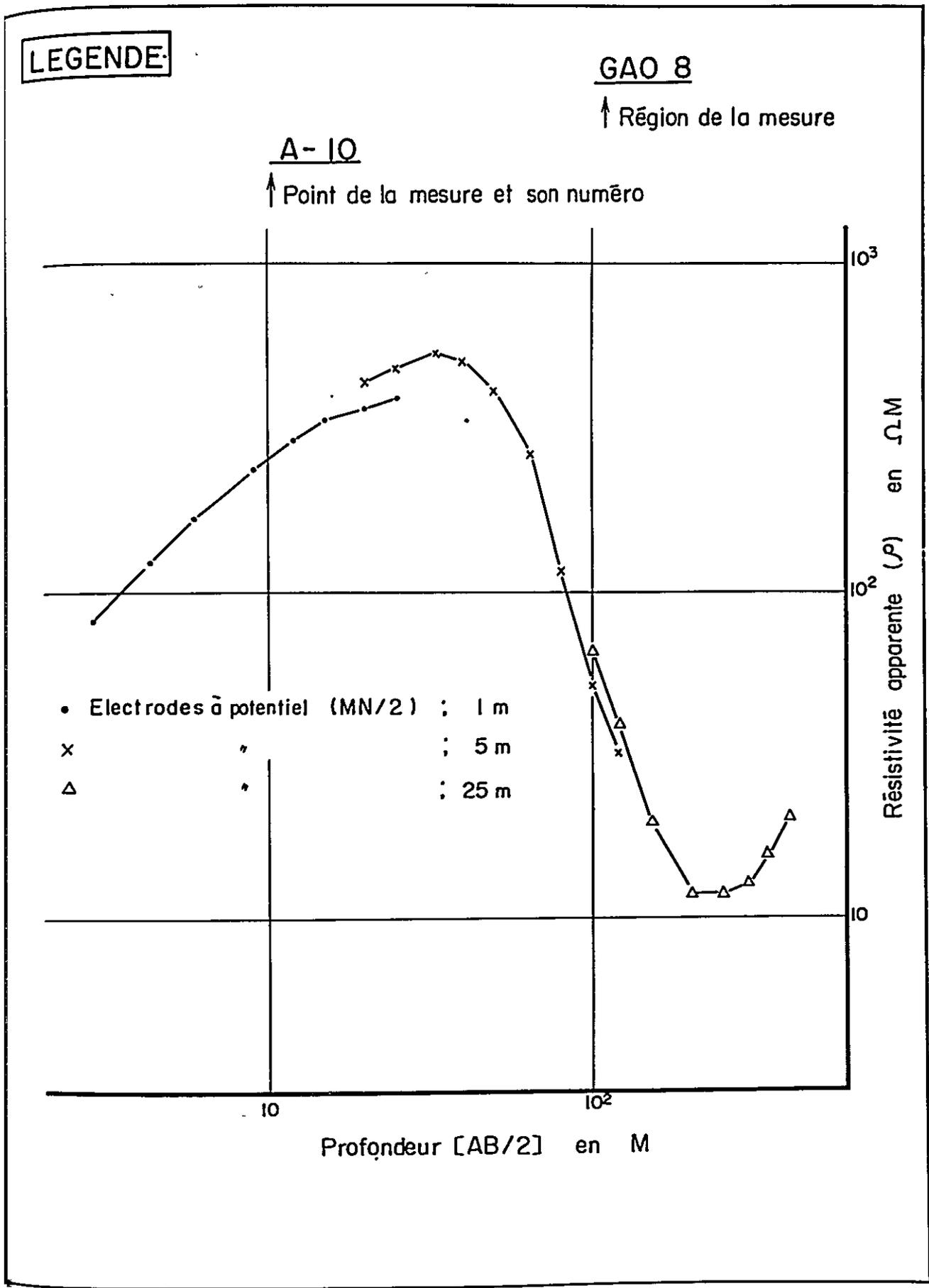
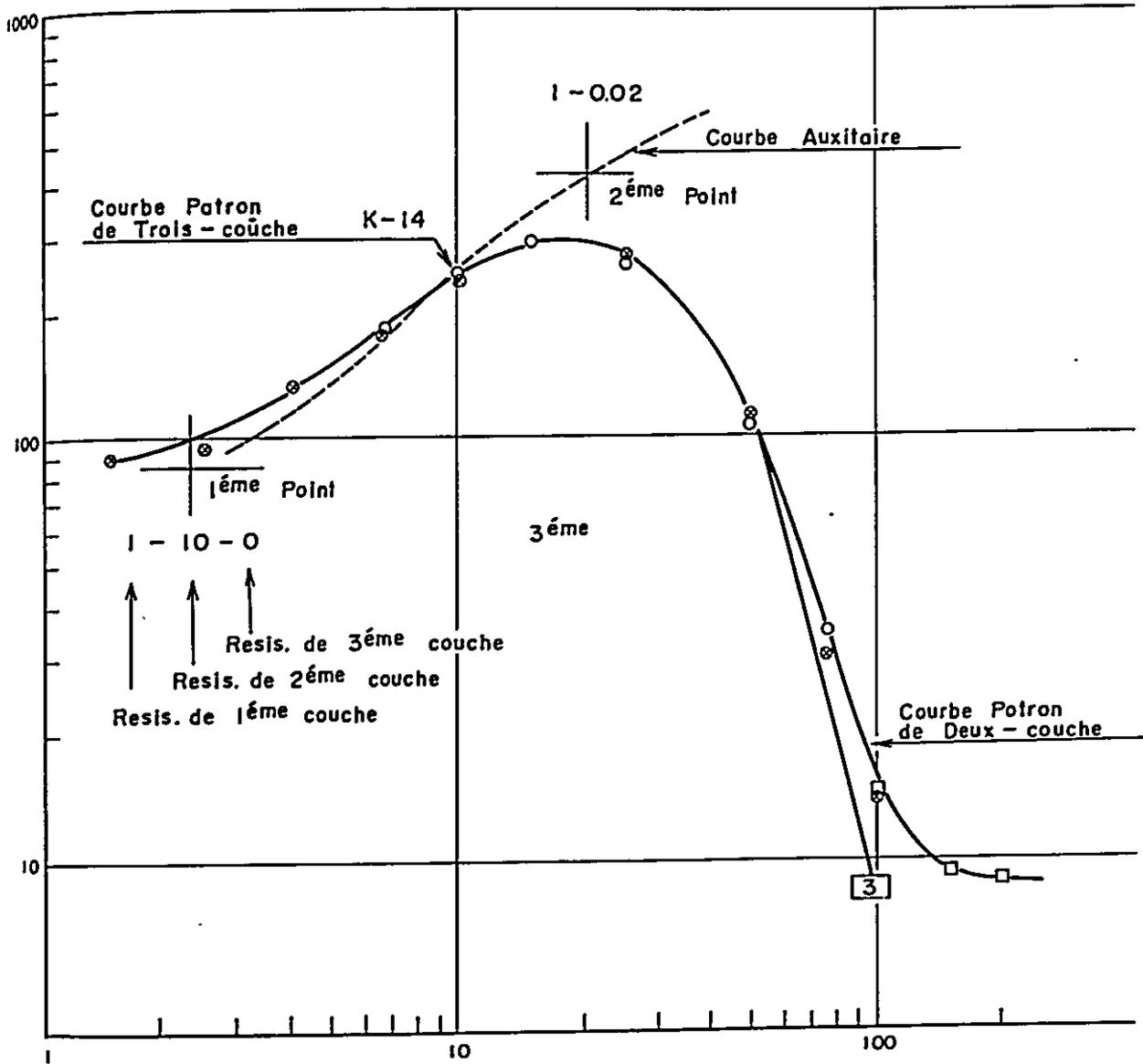


Fig.1-1-10 L'exemple d'analyse de courbe V.E.S

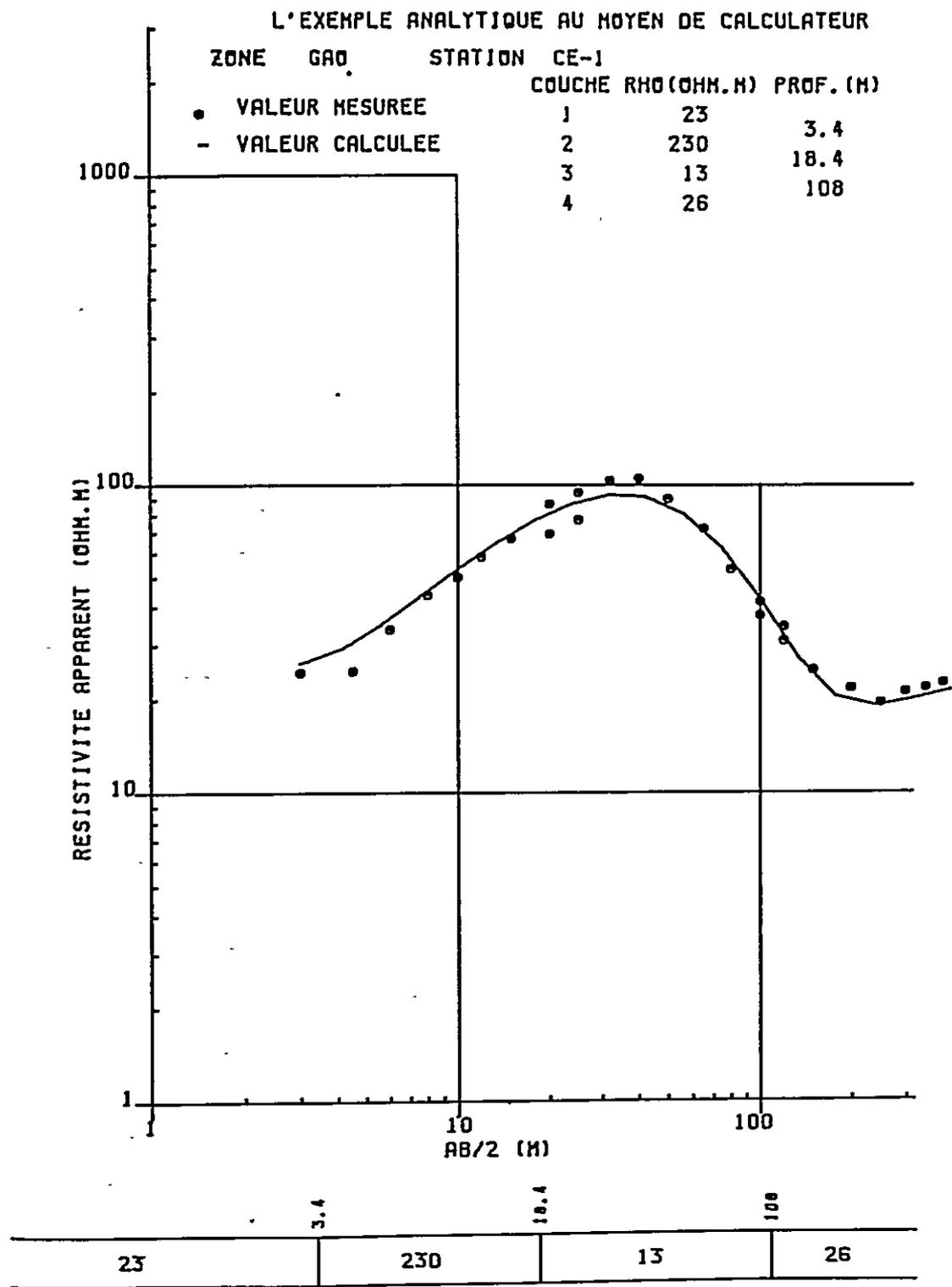


P_1	P_2	P_3
85	850	8
E_1 ←	E_2 →	

沿いの比抵抗断面図を作成した。

さらに、コンピュータによる自動シュミレーションを行い(図1-1-11参照)、解析精度の向上に努めると共に、電気検層および地質調査結果を併せ総合解析を行った。

FIG 1-1-11



1-1-6 調査結果

第7経済区の地下水は、ニジェール (Niger) 河沿岸地域、およびキダル岩盤地帯の所謂自由面地下水と、ジェボック等内陸部に代表される被圧地下水とに大別できる。以下、この地下水帯別に電気探査結果をまとめた。

(1) 測定結果

1) 自由面地下水帯 (ガオ, キダル, バグンジェ)

ニジェール河沿岸に位置するガオ, バグンジェ地区測定結果を図1-1-12~14に示す。

見掛比抵抗の分布は、浅部から深部に向けて比抵抗の低下が著しく、上位の高比抵抗層と下位に広く分布する低比抵抗層が鮮明に識別される。また、ガオの自由面地下水の静水位等高線図 (図3-14) と比較すると、静水位の低い地域ALZA-NABADIAは低比抵抗異常帯と対応する。これは卓越した粘土層の上昇に関するものと考えられる。

ガオ, バグンジェ (図1-1-13, 14参照) 地区の見掛比抵抗の最大値および最小値を表1-1-5に示す。

表1-1-5 自由面地下水帯における測定結果

地 区		見掛比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)	測点 No	AB/2 (m)	河からの距離 m
ガ オ	最大	4,022	K-3	6	800
	最小	3.9	N-12	80	1,500
バグンジェ	最大	4,898	F-10	10	350
	最小	14	A-6	250	180

一方、キダル基盤岩地帯に於ける測定結果は、深部で見掛比抵抗値が急激に増す傾向を示す。このことは基盤岩の抵抗値がこれを被覆する水分を含んだ砂層に比べて極めて大きいことを示すものとみられる。当地区で測定された見掛比抵抗の最大値は1,129 $\Omega \cdot m$ で、最大AB/2=375 mの時に観測され、最小値は25.2 $\Omega \cdot m$ でAB/2=9 mの時に観測された。

2) 被圧地下水帯 (ジェボック, ハマクラジュ, アンソンゴ)

当地区の測定結果で前述のガオ地区ほど急激な比抵抗の低下が検出されないが、粘土質の地層を反映して、全般的に低比抵抗を呈する。当地区の見掛比抵抗値の最大、最小を表1-1-6に示す。

表 1-1-6 見掛比抵抗値の最大・最小

地 区		見掛比抵抗値($\Omega \cdot m$)	測点	深度 AB/2 (m)
ジュボック	最大	171	DB-5	3
	最小	5.8	DB-6	8
ハマクラジ	最大	160	HA-3	3
	最小	4.4	HD-2	20
アソソゴ	最大	468	F-11	3
	最小	8.6	E-9	6

(2) 解析結果(図 1-1-15~図 1-1-29 参照)

1) 自由面地下水帯(ガオ, バグンジュ, キダル)

ガオおよびガオ周辺のバグンジュに於ける地下構造は電氣的に4層から成る比抵抗層として解析できる。これら4層の比抵抗区分を表 1-1-7 に示し、各比抵抗層毎に説明する。

表 1-1-7 比抵抗区分

比抵抗層	境界面 深 度 m	厚 さ(m)	比抵抗値($\Omega \cdot m$)	地 質	
第 1 比抵抗層	0	0~10	10~5,000	砂	第四紀層
第 2 比抵抗層	0~10	5~50	100~2,000	岩礫砂又は細礫	
第 3 比抵抗層	5~50	70~150	3 ~ 40	粘土, 砂まじり粘土	第三紀層
第 4 比抵抗層	>75		50 以上	砂岩	

これらの層の内、第1および第2比抵抗層は透水性の砂層や礫層から形成され、第四紀層に対比される。このうち、第1比抵抗層は比抵抗値の変化が大きいことから(10~5,000 $\Omega \cdot m$)、水分の変化に富んだ砂層に対比され、比抵抗値の大きい部分は乾燥した砂層、小さい部分は水分を含みかつ、残留塩分を多く含んだ砂層に相当する。また、第2比抵抗層は5~50mの厚さを有し、岩礫砂、あるいは細砂から構成される層であって、比較的透水性の良い地層で、一部帯水層を形成している。これまでの調査で掘削したG-1~G-10およびB-1孔井に於ける電気検層結果によると、本層中の帯水層の比抵抗は80~250 Ωm であることが判明している。ちなみに、当地区の手掘り井戸では、ほとんどこの地層から自由面地下水と採水している。

次に第3比抵抗層は、厚さ70～150mで比抵抗値が低い(3～40Ωm)ことから粘土層に対比され、難透水性の地層と考えることができる。従って、本層と前述の透水性の良い第2比抵抗層との境界付近には地下水の帯水が期待できる。

第4比抵抗層は地表から75m以深に分布し、比抵抗値がやや高いことから砂岩に対比できるが、ボーリングデータでは確認されていない。

以上の結果から、ニジェール河沿岸の帯水層は透水性の良い第2比抵抗層に賦存する可能性が大きく、難透水層を形成する第3比抵抗層の上面が帯水層の底部になることが推定される。従って、第2比抵抗層下面深度図1-1-31は帯水層の層厚を反映するものと考えられる。当図によると、全体的にはニジェール河から離れるに従って第2比抵抗層の下図は上昇しているが、局部的には静水位の高いブルグンジェ(Boulgoundje)南部、北部のG-4孔井付近、およびガディエ(Gad-eye)に-30m以上の異常域が見られ、またアルザナンバンジャ(ALZANABAN DIA)とソソコイラ(Sosskoi ra)を覆うように-10m以浅の異常域が分布している。しかし揚水量が相当多量であるG-5孔井(ポンプの揚水容量が足りず十分な揚水テストができなかった)付近は-18mであり、このことから必ずしも低深度(または第2比抵抗層の厚さが大きいこと)が、そのまま量的に有望な帯水層を示すとは断定できない。

次に、初年度にテスト測定を行ったギダルサークルのインテデニット(In-Tedenit)の調査結果(図1-1-30参照)は概略三層構造として解析できる。即ち、比較的高い比抵抗を示し、乾燥した砂層に対比される第1比抵抗層、低比抵抗を示し水分を含んだ砂層に対比される第2比抵抗層と極めて高い比抵抗を示して当地区の基盤岩(花崗岩)に対比される第3比抵抗層から構成されている。

調査測点を涸れ川を横断する方向に配置した結果、地下谷の形状および当地区の集水機構を把握することができる。

2) 被圧地下水帯(ハマクラージュ、デュボック)

当地区の地下構造は電氣的に5層構造として解析できる。次表にジェボックとハマクラージュの解析結果を示し、各比抵抗層について説明する。

表 1-1-8 デェボックの解析結果

比抵抗層	境界面 i 深 度 (m)	厚 さ (m)	比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)	地 質	第三紀層
第 1 比抵抗層	0	3~25	4~15	粘土質砂礫	
第 2 比抵抗層	3~25	10~40	25~50	粘土質, 砂	
第 3 比抵抗層	25~60	50~80	10~16	粘土, 一部帯水層	
第 4 比抵抗層	100±	50~100	3~9	粘 土	
第 5 比抵抗層	150以深		20~90	砂岩, 石灰岩	

表 1-1-9 ハマクラージュの解析結果

比抵抗層	境界面 深 度 (m)	厚 さ (m)	比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)	地 質	第三紀層
第 1 比抵抗層	0	0~15	20~130	砂, 粘土質砂	
第 2 比抵抗層	0~15	25~35	4~8	粘 土	
第 3 比抵抗層	25~50	50~75	12~18	粘土, 一部帯水層	
第 4 比抵抗層	80~100	80±	3~5	粘土, 一部帯水層	
第 5 比抵抗層	170以深		50以上	砂 岩	

a) シェボック地区 (図 1-1-28, 29 参照)

表 1-1-8 の示す通り, 当地域 (被圧地下水帯) は, ガオ地域 (自由面地下水帯) に比較して各層の比抵抗値が小さいが, 安定した水平構造を呈していると云える。これらの比抵抗層のうち第 1 および第 2 比抵抗層は第三紀層上部に対比され, 難透水性の粘土質砂礫および粘土質, 砂層から形成されている。第 1 比抵抗層が第 2 比抵抗層より比抵抗値が低いのは前者の方が残留塩分を多く含んでいるためと云える。

第三紀層下部の粘土層に対比される第 3 比抵抗層は厚さ, 50~80 m を有し, 比抵抗値は 10~16 $\Omega \cdot m$ である。当地区のボーリング孔井 D-1 の検層結果から, この層の下部に 2ヶ所で高比抵抗 (20~40 $\Omega \cdot m$) 異常を捕捉したので, 一部に被圧地下水が賦存している可能性がある。

第 4 比抵抗層は上記同様, 難透水性の粘土層と対比できる。本層は, この地区で最も比抵抗値が小さく, 3~9 $\Omega \cdot m$ である。地下水探査上, この層と前記第 3 比抵抗層の境界は, 被圧地下水帯に関する重要な手がかりになると考えられる。

第 5 比抵抗層は 20~90 $\Omega \cdot m$ と, この地区で最も比抵抗値が高い地層であると

ころから上部白亜紀の砂岩、石灰岩に対比されると思われるが、当所のボーリング結果では確認されていない。

b) ハマクラージュ地区 (図 1-1-26, 27 参照)

当地区の調査結果は、表 1-1-9 に示す通り、地質的には第三紀層中の粘土、粘土質の地層が地表から深部まで続くため、ニジュールの沿岸であるにも拘らず、その浸透水がさえぎられ、低抵抗化現象を呈していると考えられる。

第 1 比抵抗層は $20 \sim 130 \Omega \cdot m$ で当地区では、比抵抗値が比較的広範囲にわたって分布する。これは粘土層中の砂の含有量の多少に関連すると考えられる。

第 2 比抵抗層は当地区特有の粘土層を反映する $4 \sim 8 \Omega \cdot m$ の低比抵抗を呈している。

第 3 比抵抗層は前出の第 2 比抵抗層と同様の粘土層であるが、 $12 \sim 18 \Omega \cdot m$ と、若干高い比抵抗値を示す。これは当地区で行なわれた検層 (Ha-1) 結果と一致し、特に第 2 層との境界付近 ($65 \sim 88 m$) には帯水層が存在している可能性があると考えられる。

第 4 比抵抗層は $3 \sim 5 \Omega \cdot m$ と低比抵抗値を示し、粘土層に相当すると考えられるが、前述の検層結果によると、当比抵抗層の上部 $102 \sim 112 m$ に高比抵抗異常が検出されているので、第 4 比抵抗層も同様、帯水層の可能性があると考えられる。

第 5 比抵抗層は $50 \Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗を示し、上面深度 $170 m$ 以深に分布する。地質的には上部白亜紀層の砂岩、石灰岩に相当するものと考えられるが、ボーリング結果では確認されていない。

c) アンソング地区 (図 1-1-22 ~ 1-1-24)

当地域の地表下 $150 m$ までの比抵抗による地下構造は、概ね 4 層からなる。これらを表 1-1-10 にまとめた。

表 1-1-10 アルソングの解析結果

比抵抗層	深 度 (m)	厚 さ (m)	比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)	地 質	
第 1 比抵抗層	0	0 ~ 25	10 ~ 100	砂	第四紀層
第 2 比抵抗層	0 ~ 25	20 ~ 100	40 ~ 300	シルト質砂岩、 透水層一部帯水層	第三紀層
第 3 比抵抗層	10 ~ 100	50 ~ 80	30 ~ 100	シルト質砂岩、難 透水層	
第 4 比抵抗層	100		15 ~ 50		

第1比抵抗層は、地表に分布する砂層に対比され、水分のために比抵抗値の低下がみられる。

第2比抵抗層は、 $40 \sim 300 \Omega \cdot m$ を示し、本地区では最も比抵抗が高い。本層は地質的にはシルク質砂岩に対比されるが、礫を含んでいるところや砂質の部分は透水性が高く、一部帯水層を形成しているものと考えられる。ちなみに、本調査で掘さくした井戸A-1、A-2の電気検層で捕捉した帯水層は本層の一部に相当し、比抵抗値は $100 \Omega \cdot m$ 前後であった。

第3比抵抗層は $30 \sim 100 \Omega \cdot m$ を示し、上記と同様、シルト質砂岩に対比されるが、比抵抗値がやゝ小さいことから、比較的多くの粘土を含んだ砂岩に対応し、透水性の悪い地層と考えられる。

第4比抵抗層は地表下約 $100 m$ に分布し、本地区で最も低い $15 \Omega \cdot m \sim 50 \Omega \cdot m$ の比抵抗を示す。本層の地質的な対比は今回の調査では明らかにすることはできなかった。しかし井戸A-1、A-2の検層結果によると、前述の第3比抵抗層と本層の境界付近には、 $50 \Omega \cdot m$ 前後の帯水層の分布がみられることから本層の上面は地下水探査に極めて重要な指針と考えられる。

1-1-7 当該調査地域における効果的手法の検討

(1) ガオ周辺に於ける探査深度

自由面地下水帯，とくにニジェール河沿岸での測定の際，当面は測定深度 $AB/2 = 150\text{ m}$ までで充分と考える。これは，所謂，当地区の難透水層（第3比抵抗）の上面深度が 50 m 以浅になることが判明したためである。

(2) ニジェール河沿岸の水平探査

今回テスト測定したニジェール河沿岸地域の Wenner 型水平探査の結果（図 1-1-17 参照）が直接探査法として効果的であることがわかった。

昭和56年度調査において使用した測定装置（YEW3244）による垂直探査は，当地区特有の卓越した粘土層の低比抵抗化現象のために， $a = 50\text{ m}$ 以深のデータにおいても精度が低下する。従って，若し Wenner 型配置で垂直探査を行う場合は，機器操作が複雑となるが，横浜電子製の測定器（G-5003A, B, および 7505VSP）を使用すれば，低比抵抗地帯においても十分精度の高いデータを得ることが出来よう。

(3) 被圧地下水帯に於ける探査深度および測点間隔

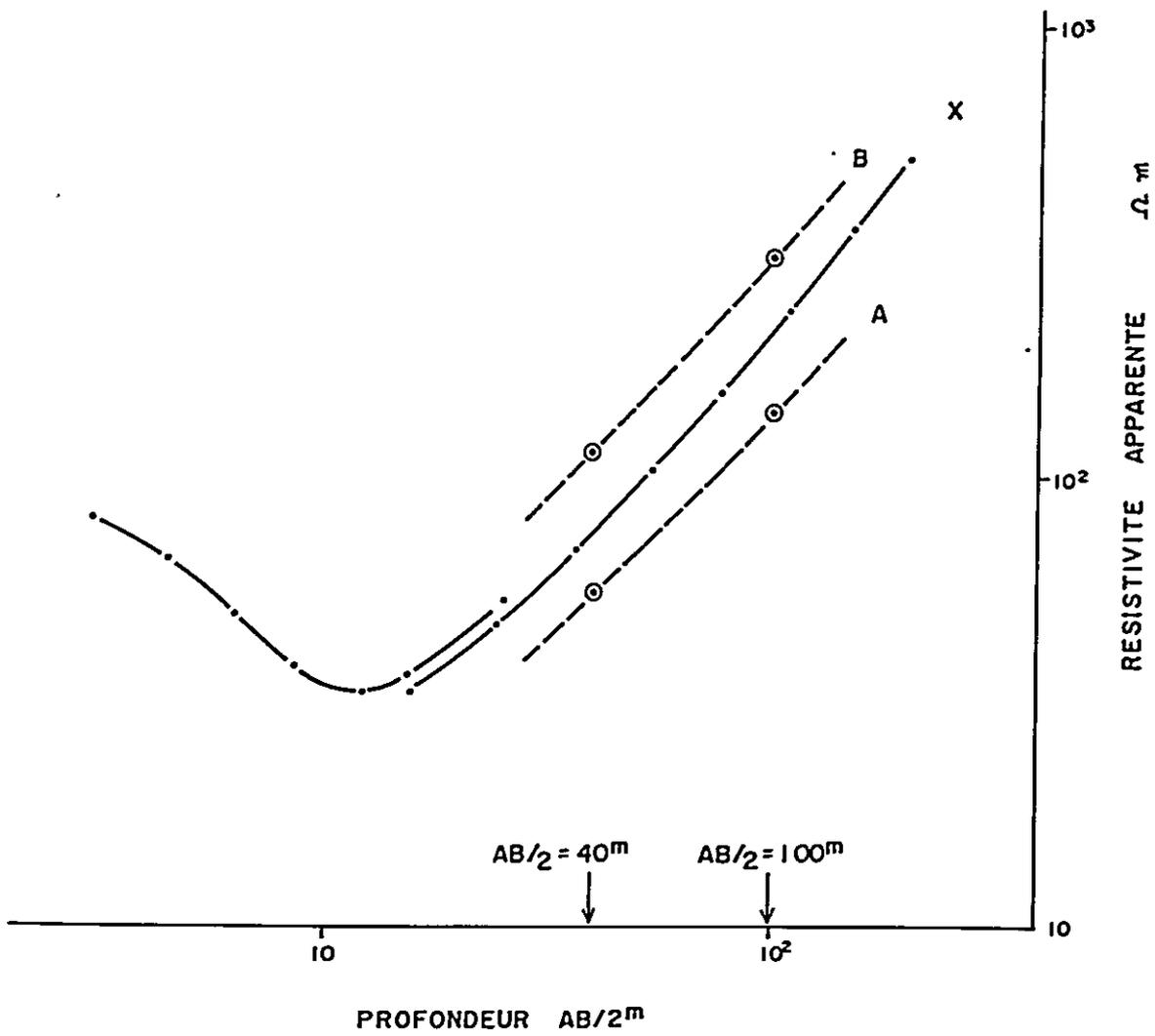
被圧地下水帯に於ける測定の際，今までの測定結果から，安定した地下構造を呈していることが判明しているので，従来の測点間隔 $50 \sim 100\text{ m}$ を $500 \sim 1\text{ km}$ に拡げて，より広域的なデータを収集し，その上で必要に応じて従来の狭い測点間隔で精査を行う方が能率的である。また，最大電流電極間隔も 400 から $800 \sim 1,000\text{ m}$ に拡げた方が当該地域の地下構造解析により有効である。

(4) ギダル（KIDAL）基盤岩地質に於ける調査方法の一例

当地域の地下水は，基盤岩（花崗岩）の窪みに帯水することが初年度のテスト測定で判明した。即ち，基盤岩の形状を電気探査によって把握することが肝要である。

初年度にテスト測定したイン・テデニットの实测から下部に高比抵抗基盤が存在する特有のVES曲線を得た。この曲線を利用してシュランベルジャ型水平探査を行い，基盤岩上昇深度の最深部を把握することができる。図 1-1-33 の曲線 X は基本探査測点に於ける实测VES曲線である。この測点を中心に $AB/2 = 40\text{ m}$ と $AB/2 = 100\text{ m}$ の2種類の電極間隔で測線上を水平探査する。この時，図中のA側の測定値を得た場合は，基本測点より基盤上面深度が深く，B側の測定値を得た場合は浅いと云える。従来の水平探査Wenner型では地層の深度が決定できないので $1 \sim 2\text{ km}$ 毎に基本探査測点を設け，各地その点の層の深度を決めておき，基本測点間は $20 \sim 50\text{ m}$ 間隔で水平探査を行い，基盤岩の凹部を検出する。

Fig. I-1-33 No.15 In Tedenit.



1-1-8 今後の実施上の問題点と進め方

(1) 問題点

- 1) 日本隊が帰ったあとに、イタリア隊が日本隊の測定器、および付帯機材を無断で使用した。この結果、エンジンの作動状態が不良となり、アンソングに保管している同地域用のエンジンを使用せざるを得なくなった。このイタリア隊使用の際、当器を理解しているマリ人技術者が同行しておれば、かかる事故は無かったことと思われる。
- 2) 今年度はマリ人技術者主導による測定作業が行われたが、技術者の作業能率重視、機器保守への注意を欠く傾向が強い。例えばエンジンに風防テントを使用しないため砂塵による損傷が各所に見られた。
- 3) 遠征時の作業および作業班の編成について
現在、ガオ市内から40km以内は（ジェボック、アルガベッシュ、ハマクラジュ）ガオで雇用した作業員の日帰り輸送をしている。そのために、現地に於ける実作業時間が大幅に短縮させられている。
- 4) ガオ地域に於ける探査結果を平面的にまとめ、見掛比抵抗平面図、第2比抵抗層下面深度図を作成したが、測線配置が示すように、ガオーブルグンジュ地区に探査地点が集中しており、ガオ市全体からみると、データの密度バランスがとれていない。

(2) 対策および進め方

(1)-1)については、最小限マリ人技術者が同行することを条件にしたい。また、機器保守、消耗品の補充等には十分配慮してもらいたい。

(1)-2)については、先づ、援助をうける側の姿勢として、“いかに測定器の寿命を伸ばすか”に工夫をこらしてもらいたい。

また、援助側としては、①メカニック班との連携を強化し、ある程度の部品は補給できる体制をとる。②電源車、測定車等の設備設計を配慮する必要がある。（現在、内陸での調査のときは砂風がはげしく多いところからジープに受信器、ピックアップに送信部を積載して観測を行っている。）

(1)-3)については、ガオからの作業員は常雇（2人）のみとし、遠征先ではテント生活を行わせ、可能であればその他の人員は現地で採用することが望しい。

(1)-4)については、ガオ市全体の地下水計画上、見掛比抵抗平面図、第2比抵抗層下面深度図をみる場合は、測線の疎密を充分考慮して実施する必要がある。

1-2 電気検層

1-2-1 調査概要

(1) 調査実績

調査実績を表1-2-1に示す。

表1-2-1 調査実績

地区	孔井No	測定年月日	測定深度(m)	種別
ガオ	G-1	1980. 1.22	58	自然電位, 比抵抗
	- 2	2. 4	56	" "
	- 3	2.25	132	" "
	- 4	1980.1 1.28	54	" "
	- 5	1 2.12	47	" "
	- 6	1981.1 1.21	36	" "
	- 7	12. 4	42	" "
	- 8	1 2.18	42	" "
	- 9	1 2.28	38	" "
	-10	1982. 1.15	36	" "
バグンジェ	B-1	1982. 2. 2	30	" "
アルソゴ	A-1	1981. 1. 8	123	" " , 温度
	- 2	1.20	139	" " "
	- 3	2.16	87	" " "
ジェボック	D-1	1982. 2.17	118	" "
ハマクラジ	Ha-1	1982. 3. 8	114	" "

(2) 測定方法

SR二極法図1-2-1参照

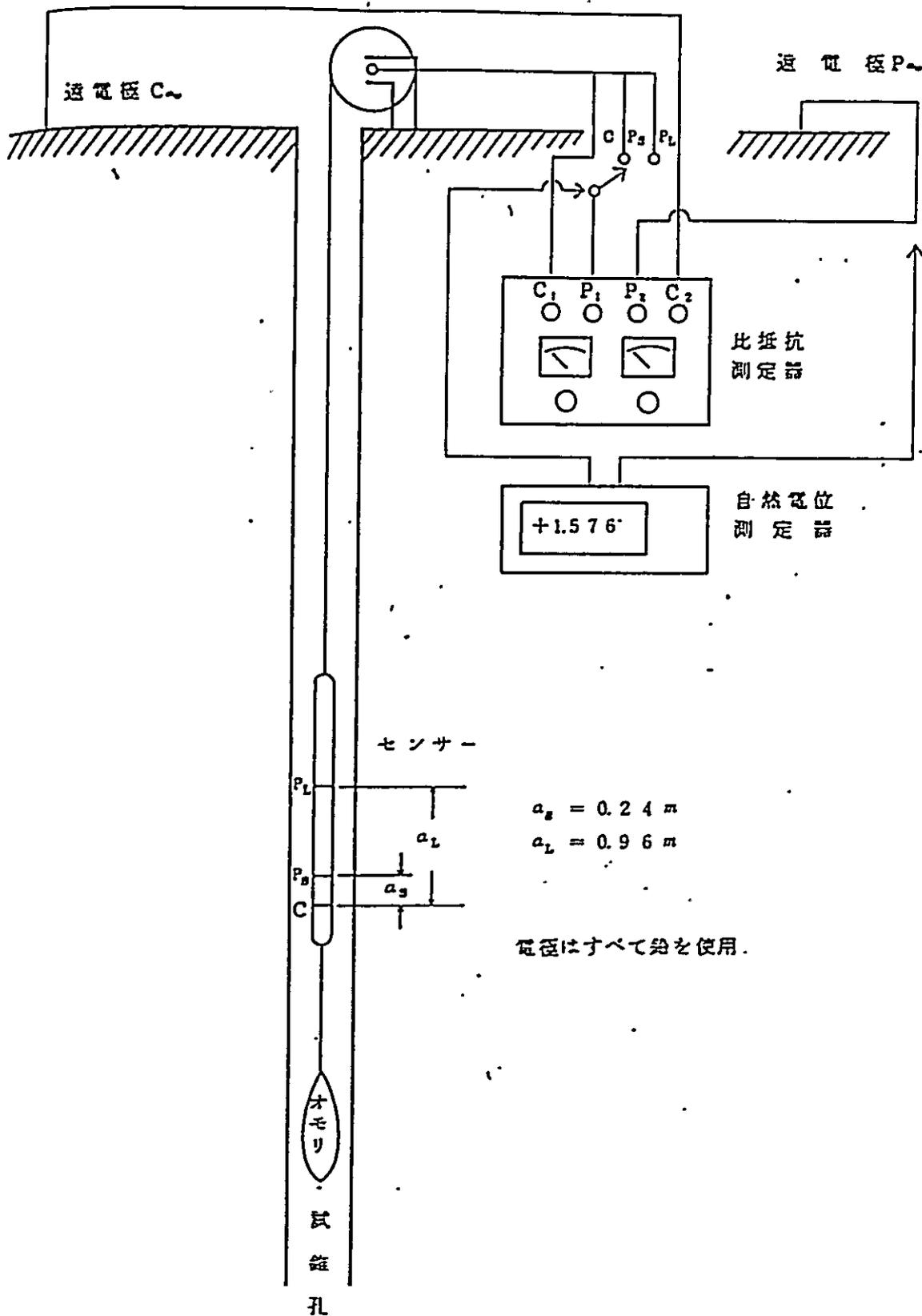
送り 1m毎, 手動

(3) 電極間隔

$a_s = 0.24$ m

$a_L = 0.96$ mの2種類

測定系統図



$$a_1 = 0.24 \text{ m}$$

$$a_3 = 0.96 \text{ m}$$

電極はすべて鉛を使用。

1-2-2 測定機器および付帯機材

(1) 測定機器

1) 比抵抗 (S.R用)

大地比抵抗測定装置 TYPE3244

横河電気製

測定範囲; ρ_s 0~900 $\Omega\cdot m$

ρ 0~3,600 $\Omega\cdot m$

出力電圧; 150/300/600V三段切換

周波数; 方形波 10~40 Hz

電源; UM-1 (8個) 乾電池

NS-120 鉛蓄電池

2) 自然電位 (S.R用)

デジタルマルチメータ

DATA PRECISION製

測定範囲; 0~10V

最大感度; 10 μV

入力インピーダンス; 10M Ω

電源源; Ni-Cd電池 (充電可能)

AC 100V

006p 9V 乾電池

(2) 付帯器具

センサー

高絶縁材を注入しリークを防ぐ

自重; 6 kg, 重錘 10 kg 計 16 kg

ドラム

操作の簡易性を考慮し手動スリップリング付

ケーブル

1 m毎の検標入り

電線仕様を表 1-2-2 に示す。

表 1-2-2 構造および特性表

線 心 (A)	線 心 数		6
	導 体 (スズメツキ軟銅線)	構成(本/mm)	7 / 0.18
		外径(mm)	0.54
	ビニル絶縁体厚さ (mm)		0.32
線 心 外 径 (mm)		1.2	
補 強 線 心 (B)	材 質		スズメツキピアノより線
	構 成 (本/mm)		3 / 0.26
	ビニル被覆厚さ (mm)		0.31
	線 心 外 径 (mm)		1.2
(B) × 1 中心, (A) × 6 より合せ外径 (約mm)			3.6
ビニルシース厚さ (mm)			1.4
仕 上 外 径	標 準 (mm)	6.4	
	最 大 (mm)	7.0	
概 算 重 量 (kg/km)			50
最大導体抵抗 20℃ (Ω/km)			113
試 験 電 圧 (V/1分)			500
最小絶縁抵抗 20℃ (MΩ/km)			100
補強線最小切断荷重 (kg)			35
標 準 条 長 (m)			300
荷 造			リール巻

1-2-3 作業方法

(1) 遠電極の接地

検層予定日の2～3日前に孔井から20m以上離れた地点に1m×1m×深さ0.5mの穴を掘り鉛電極板を埋設する。この時、ボーリング用泥水を使用し接地抵抗を下げ、かつまたSP測定時の安定を図る。

(2) 測定時の人員構成

測定者、および記録係；	2名	マリ人技師
深度監視係；	1名	字の読める作業員
ドラム係；	2名	
泥水ふきとり係；	2名	

(3) データ整理

測定終了後、直ちに結果を検層用紙にプロットし、スクリーン挿入個所を決定する。

1-2-4 解析方法

図1-2-2に二極配置における基本理論曲線を示す。

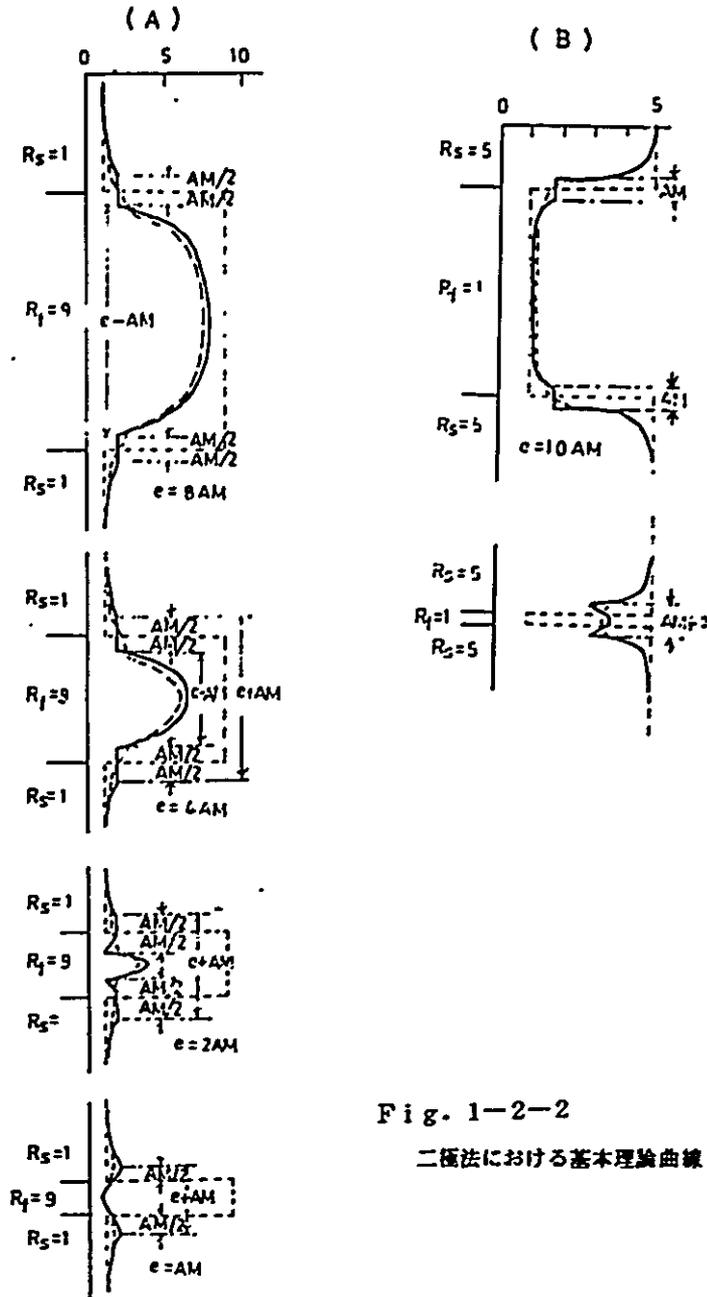


Fig. 1-2-2
二極法における基本理論曲線

図(A)は上下に比抵抗 $R_s=1$ の地層があり、その間に比抵抗 $R_f=9$ の比抵抗の高い地層がある場合、その地層厚 e がいろいろ変った時に測定される曲線を示している。また、図(B)は上下に比抵抗 $R_s=5$ の地層があり、その間に比抵抗 $R_f=1$ の比抵抗の低い地層がある場合の曲線である。この図が示すように中間の地層厚が厚くなるに従い、その異常値は、地

層の比抵抗値に近づき、薄くなれば、反対に離れていく。層厚が電極間隔より薄くなった場合は比抵抗値の反転現象が起こる。

一方、測定された見掛比抵抗と地層厚の関係は図 1-2-3 に示す様になり、地層厚が電極間隔の 4~5 倍以上になると見掛比抵抗値は地層の比抵抗にほぼ一致する。

実際には以上の事柄を念頭に置いて、定性的に解析するが、当地区の帯水層の特性としては、高比抵抗異常に SP 負異常が伴っているのです(ただし、ニジェール河沿岸地域に限って SP 負異常が若干下部にずれる場合がある。)実際には比抵抗曲線と SP 曲線の総合解析に、ボーリング掘進状況および地質状況を加味してストレーナ挿入位置を決定する。

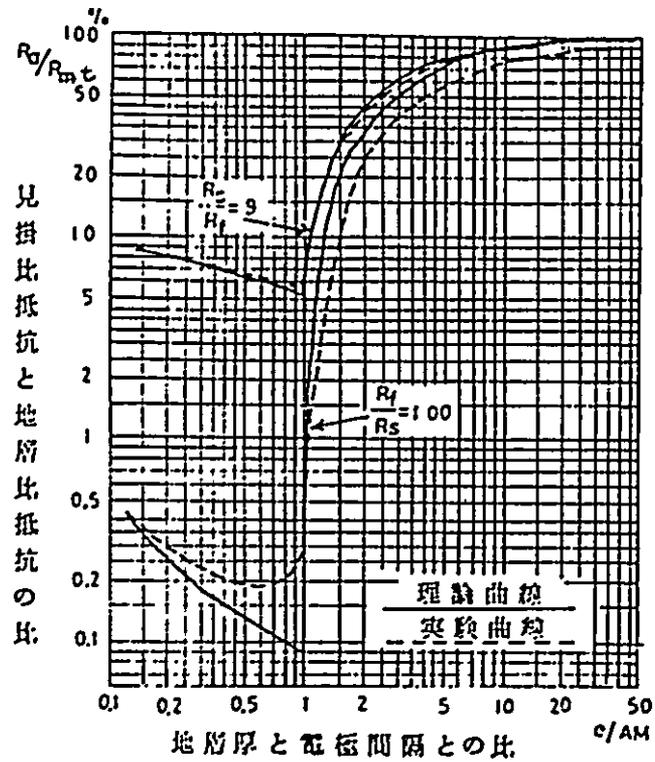


Fig. 1-2-3 二極法の地層厚と見掛比抵抗との関係

1-2-5 調査結果

これまでの検層結果を自由面地下水帯と被圧地下水帯に分類してまとめた。ただし、アンソソゴ地区に於けるA-1孔井、A-2孔井は、双方の地下水の賦存が認められたが被圧地下水帯として記述した。また、A-3孔井の場合は裂ケ水の可能性が強いが、これも被圧地下水帯の項に加えた。

(1) 自由面地下水帯に於ける検層結果

当地区の検層結果は図1-2-4～1-2-14に示し、解析結果を表1-2-3にまとめた。

G-1、G-6孔井を除くと、他の孔井(G-2～5、7～10およびB-1)は、地表付近から高比抵抗異常(50～250 $\Omega\cdot m$)が検出され、これが13～35mまで続き、低比抵抗異常はそれ以深に検出された。前者は当地区の地表電気探査の第2比抵抗層に相当し、比較的透水性の良い砂、砂礫層に対比され、一部帯水層の可能性もある。また、後者は当地区の地表電気探査結果の第3比抵抗層に対応し難透水性の粘土層に対比される。

さらに、前述の高比抵抗異常帯のうちG-7～G-10孔井は、いずれも地表付近(上部)と15～25m(下部)に2ヶ所のピークを有するが、ニジュール河の枯れる時期には、この上部の異常帯は静水位が低下する可能性があり、下部異常の方がより重要であると考えられる。

一方、G-6孔井は、8～40mまで20 $\Omega\cdot m$ 前後の安定した低比抵抗値を示し、難透水性の粘土層が地表付近まで上昇していることがわかる。また当井の地下水の比抵抗が8 $\Omega\cdot m$ と低いことから水の収支が緩慢な地域と云える。

また、G-1孔井は、比抵抗値が16～28 $\Omega\cdot m$ と全体に低比抵抗を呈するが11～22m間が25～28 $\Omega\cdot m$ で比較的高く透水層を示唆しており、欠測した11m以浅に帯水層の期待がもたれる。しかし昭和56年度にガイドパイプ11mをひき上げて55mほど切除したが、水量はほとんど変化しなかった。このことから、G-1孔井もG-6孔井同様、難透水性の粘土層、砂層があっても粘土質の地層が優勢な地域と云える。但し、G-6孔井の水の比抵抗が8 $\Omega\cdot m$ と低く水質が悪いのに対し、G-1孔井は40 $\Omega\cdot m$ と高く水質も良い。

(2) 被圧地下水帯(ジェボック、ハマクラジュ、アンソソゴ)

被圧地下水帯の解析結果を表1-2-4にまとめた。

自由面地下水帯と比較して当地区の検層結果は全般的に低比抵抗を呈する。これは、粘土、粘土質砂等の地層を反映しているためと思われる。

1) ジェボック (図1-2-15参照)

22m～38m間, 79m～89m間, および94m～97m間の三か所にSP負異常を伴う, 高比抵抗異常 ($10\Omega\cdot m\sim 40\Omega\cdot m$) が検出された。

22m～38m間の高比抵抗異常はボーリング結果から粘土質砂層に対応するが, 当地区は静水位56m前後であることから, 帯水層の可能性は薄い。次に79m～89m間および94m～97m間の高比抵抗異常は, ボーリング結果から若干の砂層を挟み, また, 当孔から約200m離れたボーリング結果等を考え合わせると被圧地下水が期待できる。作業上の突発事故があり揚水試験ができなかったのが悔やまれる。

一方, 当地で行われた地表電気探査結果と比較すると, 22m～38m間の異常は第2比抵抗層に相当し, 下部2ヶ所の高比抵抗異常は, 第3比抵抗層の下部に位置するものと思われる。同じ粘土層を分けた第3, 第4比抵抗層の比較でも, 第3比抵抗層の方が若干高い値 ($10\sim 15\Omega\cdot m$) を示している。

2) ハマクラージュ (図1-2-16)

45～50m間, 75～87m間および102～111m間の3ヶ所にSP負異常を伴う高比抵抗異常 ($20\sim 50\Omega\cdot m$) が検出された。

45～50m間の高比抵抗異常はボーリング結果から砂質粘土に対応する。同地区, 唯一の手掘井戸が, ほぼ同深度に対応すると思われるが, 全く使用されていない事実, また, その溜り水の電導度が $2\Omega\cdot m$ と低いことから, 帯水層としては量的にも質的にもあまり期待できない。

次に, 75～87m間はボーリング結果から礫まじり粘土に相当し, 若干, 地下水の帯水が期待できる。

102～111m間の高比抵抗異常は, ボーリング結果から砂礫層に対応し, 有望な帯水層である可能性がある。

なお, 当地区で行なわれた地表電気探査結果と比較すれば, 前述の3ヶ所の異常を鮮明に捉えているとは云えないが, 第2比抵抗層と第3比抵抗層の境界付近に, それぞれの異常が位置している。

3) アンソング地区 (図1-2-17～図1-2-19)

A-1孔井は, 11～45mに $70\sim 190\Omega\cdot m$, 89～112mに $40\sim 80\Omega\cdot m$ の高比抵抗帯, 45～89mに $35\sim 40\Omega\cdot m$ の低比抵抗帯が検出された。高比抵抗帯のうち上部の方はむしろ自由面地下水を示唆するものであるが, 自然電位の正のピークと比抵抗の低下がみられる23m付近と38m付近は有機物を含んだシルトに対比される。中間にある低比抵抗帯は難透水性のシルト質砂岩や粘土, 下部の高比抵抗帯は透水性の良い礫を含んだ砂岩層に対応し, 被圧地下水が賦存する帯水層と考え

Tableau 1.2.3 自由面地下水帯における解析結果

項目		Forages 孔井 No.													
		G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	G-10	B-1	(A-1)	(A-2)	
Couche de Resistivite haut 高比抵抗層	Profondeur (m) 区間深度	—	10~25	6~20	6~20	6~24	—	5~26	5~35	5~23	5~20	7~20	11~45	17~52	
	epaisseur (m) 厚さ	—	15	14	14	18	—	21	30	18	15	13	34	35	
	Resistivite (Ωm) 比抵抗値	—	30~110	20~120	40~180	30~140	—	75~250	50~240	50~170	50~230	50~230	70~190	80~180	
Couche de Resistivite bas 低比抵抗層	Profondeur (m) 区間深度	11~	25~	20~	20~	24~	8~	26~	35~	23~	20~	20~	45~89	52~115	
	epaisseur (m) 厚さ	>47	>31	>102	>34	>23	>28	>16	>7	>15	>16	>16	(44)	(63)	
	Resistivite (Ωm) 比抵抗値	15~25	15~20	15~30	20~30	20	20	25	25	25	20	25	35~40	40	
Resistivite deaux (Ωm) 地下水の比抵抗		40	100	—	70	—	8	118	—	125	90	83	40	40	
Niveau statique (m) 静水位		12.29	4.49	8.21	13.3	6.2	13.52	4.9	4.2	4.3	4.3	4.3	12.1	19.6	
Distance du fleuve Niger(m) ニジェール川からの距離		460	140	320	800	40	1000	130	60	140	120	160	250	1050	

Tableau 1・2・4 被圧地下水帯に於ける解析結果

項目		Forages	D-1	Ha-1	A-1	A-2	(A-3)
		孔井 NO.					
Couche de Resistivite haut 高比抵抗層	Profondeur(m) 区間深度 epaisseur (m) 厚さ		79~89 10	75~87 12	89~112 23	115~133 18	45~80 35
	Profondeur(m) 区間深度 epaisseur (m) 厚さ		94~97 3	102~111 9			80~86 6
	Resistivite (Ωm) 比抵抗値		10~40	20~50	40~50	50~120	100~1100
Couche de Resistivite bas 低比抵抗層	Profondeur(m) 区間深度 epaisseur (m) 厚さ		40~77 38	~40 >40	45~89 47	52~115 64	20~45 25
	Profondeur(m) 区間深度 epaisseur (m) 厚さ		97~ >21	87~102 15			
	Resistivite (Ωm) 比抵抗値		3~5	10	35~40	40	50~100
Resistivite deau (Ωm) 地下水の比抵抗			9	6	40	40	10
Niveau statique (m) 静水位			57.27	27.20	12.1	19.6	23.2

られる。

A-2 孔井は 17~52 m に $80\sim 180\Omega\cdot m$ 、115~133 m に $50\sim 120\Omega\cdot m$ の高比抵抗帯、52~115 m に $40\Omega\cdot m$ 低比抵抗帯が検出された。高比抵抗帯は A-1 孔井の高比抵抗帯と同様、上部に自由面地下水、下部に被圧地下水の賦存が確認された。中間の低比抵抗帯も A-1 孔井の低比抵抗帯に、また 39 m 付近の自然電位正異常も A-1 孔井の 23 m 付近のものと対応している。

A-3 孔井

ここでは A-1、A-2 孔井に比較して全体に高い $100\sim 1,100\Omega\cdot m$ の高比抵抗帯が検出された。

45 m 以浅の低比抵抗帯は砂層や崖錐層に対応し、20 m 付近の比抵抗変化帯が地下水面を示唆している。45 m 以深の高比抵抗帯は、この地区の主な基盤である黒雲母片岩に対応し、80 m 以深の $300\Omega\cdot m$ を越える極めて高い比抵抗帯は珪岩に対応する。

1-2-6 今後の実施上の問題点と進め方

粘土層の張り出しによってセンサーがつかえるため、測定途中で孔井を洗い直すので S P のデータの質が低下している。

これについては、センサーの重錐を電線の抗張力の限界近くまで重くして測定しているが、未だ問題が解決されていない。

更に、使用泥水や洗滌等、ボーリング関係者との協力による対処が必要と考える。

1-3. マリ人技術者による自主体制確立について

(1) 今年度は、完全にマリ人技術者による自主体制が確立されたと云ってよい。

これまでの調査期間中、日本隊帰国後はフランス隊の現場に勤務し、電気探査の経験をさらに積むなどの外、彼等自身による努力で解析作業の系統化等を行っている。

- 準備で他の作業グループに先がけて専用車2台のガソリン補給を行う等、指図が行きとどいている。
- 昼食後は倦怠感により能率が上らぬとして、昼食をとらずに作業を進めている。
- カウンターパートの解析作業は夕食後に宿舎で行うという意欲的な姿勢がうかがえる。
- 解析作業にあたっては、フランス隊、日本隊の方式を夫々活用している。

(2) ニジェール河沿岸の所謂自由面地下水帯における調査に関しては、当該地域の電気的性質を完璧にマスターした。内陸部の被圧地下水帯における調査に積極的な態度を示している。また、その際、装備等の経験を更に積む必要があると思う。

(3) 直接測定作業以外の準備片付け等の分野に対する注意が足りない。例えば、ジェボックの調査の際測定器の長距離運搬の回数を減らすため仮小屋を作ったが、ガルディアン配備を怠って、あやうく牛の群れに測定機材を潰される場所であった。この時、ボーリング用水タンクが潰され、作業に支障をきたした。而も、その数日後、再び牛の群れに襲われた管井で、その中に吊ってある揚水パイプを落されるという大事に至っている。

(4) 現在ある物品に関しては、かなり神経を使っているが、長期的な消耗品等の手配にも計画性を持つよう指導する必要がある。

1-4-1 機器在庫リスト

(1) ガ オ

№	分類	名 称	仕 様	単位	数量	置 場	
	電探	IPチェッカー	横浜電子製YN-502	台	1	C ₁ , G-1	
		低電流測定装置	横浜電子製1010型	台	1		
		ダウントランス	40~150V 3KVA	台	1		
		鱧口クリップ		個	20		
		同上用ゴムカバー		個	20		
		乾電池	006p UM-3	個	20		
		脱脂綿		箱	2		
		ポリ袋		枚	80		
		リバーター	充電, 整流器300W	台	1		
		電探器用スベアパーツ	コンデンサー, 推抗器	式	1		
		充電用アダプター	DATA PRELISION製 AC100V→DC	個	1		
		電探器用リード線		式	1		
			銅板電極		枚		20	C_{1}, G-2
		ポケットコンパス	牛方式	台	1	C ₁ , G-3	
		IPチェッカー	横浜電子製YN-502	台	1		
		低電流測定装置	横浜電子製1010型	台	1		
		簡易検層器	横河電機製3244型	台	1		
		オイル差し		個	2		
		電探用受信器	横浜電子製7505USP	台	1		
		接点復活剤		本	1		
		硫酸銅	500cc入	本	6		
		ハンダゴテ	50W用	本	2		
		乾電池用ケース		個	15		
		金ブラシ		本	3		
		ミノムシクリップ付リード線		組	5		
		トランシーバー	SONY, ICB350, 500mW	台	4		C ₁ , G-4
		同上用アンテナ		本	4		
		ドライバー		本	4		
		電極用リード線	鱧口クリップ付		120		
		電探器リード線	TR-A→TRB		2		

品	分類	名 称	仕 様	単 位	数 量	置 場
		プラグ回し			3	
		電探器スペアパーツ				
		電 流 計	トランスミッター用パネルメータ	個	4	
		電 圧 計	"		6	
		金属コネクター	⊕		4	
		"	⊖		2	
		電圧切換SW	入力用		2	
		"	出力用		2	
		リ レ ー	回路/61-16 NF-4		2	
		ダイオード	回路/61-12 6QF11		4	
		パルストランス	回路/61-15 TP-1		2	
		ダイオード	回路/61-13 S-5188		2	
		S C R	回路/61-14 SF16Q13		10	
		ダイオード	回路/61-11 6NC12		10	
		型 録	電探器マニュアル	式	1	
		測定用赤布		m	10	
		エンジンジェネレータ	新ダイワEG2700 2.7KVA		1	C ₄ , G-5
		測 量 杭			50	
		折りたたみ椅子			3	
		スコップ			2	
		検層用ドラム	深度検標入り 200mケーブル付	巻	1	C ₄ , G-6
		ビニール電線	赤1.25φ200m巻	巻	9	C ₄ , G-7
			黒1.25φ200m巻	巻	2	
		平行2芯線	白,赤0.75φ200巻	巻	4	
		ビニール電線	赤1.25φ200m巻	式	18	C ₄ , G-8
			黄1.25φ200m巻	巻	8	
		ウェンナー用ドラム	深度検標入ケーブル付き	巻	4	C ₄ , G-9
		トランスミッター	横浜電子製G5003A, B	式	1	C ₄ , G-10
		トランスミッター・レシーバー	" 750 VSP /	式	1	C ₄ , G-11

№	分類	名 称	仕 様	単位	数量	置 場
		トランシーバー	SONY, ICB350, 500WV	台	4	C ₁ , G-12
		間 縄	50m	巻	1	
		ポケットコンパス	牛方式	台	1	
		テスター	三和電気製	台	1	
		ナット回しセット		組	1	
		電探器用リード線		式	1	
		検層用ドラム	深度検標入り200mケーブル付	台	1	C ₁ , G-13
		検層用遠電極	鉛製	枚	2	
		エンジンジェネレータ	新ダイワEG1801 1.8KVA	台	1	C ₁ , G-14
		温度検層用ケーブル	深度検標入り150m	巻	1	C ₁ , G-15
		電探用ケーブル	深度検標入り400m	巻	4	C ₁ , G-16
		測定用架台		台	2	C ₁ , G-17
		電位電極	炭焼ポット	個	8	C ₁ , G-18
		間 縄	エスロン100m	巻	11	C ₁ , G-19
		ビニールテープ	20m巻	巻	100	C ₁ , G-20
		電探用ドラム		巻	1	C ₁ , G-21
		簡易検層器	横河電機製3244	台	1	C ₁ ,
		テスター	三和電気製	台	1	
		デジタルマルチメータ	DATA PRECISION製 自然電位測定用	台	1	
		工 具 箱				C ₁ , G-22
		小ハンマー		丁	1	
		ドライバー		本	2	
		ニッパー		丁	1	
		ペンチ大		丁	1	
		ペンチ小		丁	1	

№	分類	名 称	仕 様	単 位	数 量	置 場		
		ベンチ大	250%	丁	1			
		ナット回し		個	2			
		スパナ		丁	1			
		紙ヤスリ		枚	2			
		ラジオベンチ		丁	1			
		ヒューズ		本	15			
		プラグ回し		個	1			
		金ヤスリ		丁	1			
		ナット回し		個	1			
		ニッパー		丁	6			
		平ネジ		個	2			
		プラグ		本	2			
		検用電極		簡便型	本		1	C ₁
		電極抜き器		昭和測器製	本		8	
		ビニール電線	ドラム付き	巻	2			
		電探用電線	深度表示入り	巻	4			
		バラソル		本	2			
		ジュリカン	2コ車輛に備付け	缶	4			
		バケツ		個	2			
		オイル容器		缶	1			
		無水アルコール		本	9			
		大ハンマー		丁	4			
		テント		脚	2			
		電流電極		本	150			
		検用センサー	昭和測器製	本	2			
		風防シート		脚	4			
		折りたたみ机		台	1			
		灯油ポンプ		本	2			
		簡易ベット		台	2			
		作業用テント		脚	1			
		ジュリカン		缶	1			
		測量用ボール		本	2			
		サーミスター	温検用M A-II型	台	1			
		エンジンジェネレータ	新ダイワEG1801 1.8KVA	台	1			

№	分類	名 称	仕 様	単位	数量	置 場
		クリノメータ		個	1	プレハブ
		ロットリング		組	1	"
(2) ア ン ソ ン ゴ						
№	分類	名 称	仕 様	単位	数量	置 場
	電探	テスター	三和電気	台	2	M, C-1
		工具セット	宝山	組	2	
		ニッパー		丁	1	
		ポケットコンパス	牛方式	台	2	M, C-3
		硫酸銅	500C	本	10	
		接点復活剤		本	3	
		ニッパー		丁	5	
		金ブラシ		本	4	
		ビニールテープ	20m巻	巻	70	
		灯油ポンプ		本	5	
		トランシーバー	SONY, ICB350, 500mW	台	3	
		測量野帳		冊	10	
		ポリ袋		枚	74	
		ポリタンク	20ℓ入	缶	6	M, C-4
		折りたたみ椅子		脚	6	
		ポリバケツ		個	2	
		間 縄	エスロン 100m巻 4, 50m巻 3	巻	7	
		ハンダごて		本	3	
		測量用赤布		m	21.2	
		測 点 杭		本	100	M, C-6
		無水アルコール	500cc	本	8	M, C-7
		ビニール電線	1.25φ 赤 200m巻	巻	5	M, C-8
			青 200m巻	巻	1	
			黄 200m巻	巻	7	

№	分類	名 称	仕 様	単位	数量	置 場
		風防シート	衝立式	組	4	M, C-9
		電極採取器	昭和測器製	本	5	
		間 繩	エスロン 50m	巻	1	
		折りたたみ杭		台	1	
		工 具 箱		組	1	
		ビニールシート		枚	5	
		スコップ		丁	2	
		作業用テント	青色, 測定部用	組	1	M
		電探用電線		巻	4	
		電 極	電流電極用	本	88	
		ポリタンク	20ℓ	缶	3	

1-4-2 補 給 計 画

物 品 名	形 式	数 量		
		57年度	58年度	
電探用エンジンジェネレータ	EG1801B		1台	メカニック部門 でリストアップ済
同上用部品	EY-18 EG-1801-B)	2式		
"	EY2.7KW用		1	
電探用エンジンジェネレータ	EG1500	2		
検層用センサー	SW-102	1		
接地抵抗切換器	横浜電子	2		
テスター	三和U-70D	1		
音ヒューズ	20A用	5		
エンジン用プラグ	EG1801B用	10本	10本	
対数グラフ	A-4トレース用	500枚	1,000枚	
単3乾電池	トランシーバー用SUM-3	600個	600個	
ポリタンク	20ℓ用	4缶		
な た	刃 20cm	2丁		
大ハンマー用柄	80cm	10本		
ビニール電線	1.25φ 200m		8km	
工具セット	S-10 HOZAN LTD		2式	
セクションマイラー	SA-20B 92.4×10m		1本	
方眼紙	A-3		5冊	

III-2 ボーリングさく井作業

2-1 ボーリングさく井の実施要領

ボーリング機械（Top-300, ヘッドドライブ, エアパーカッション方式併用）を使用して16本のさく井を実施, 将来マリ側が地下水開発を遂行するに必要な, 或いは参考となる基礎的な資料の収集を行ない, 併せて, この調査活動を通じてボーリング機械操作と, それに付帯する諸作業をカウンターパートに技術移転することを目的として実施した。

調査事項は, 諸機材の適合性を含めた, 該当地に適するボーリング工法を検討し, 水理地質を解明するに必要な掘さく孔についての諸テストを実施することとし, 具体的な実施要領として下記 A、B、C の掘さくプログラムを用意した。

基本とするさく井作業方法を略記すれば次のとおりである。

掘さく；

最初にウイングビット $14\frac{3}{4}$ " (375%) で 5.00 ~ 5.50 m まで掘進して, 表土の崩壊を防ぐために 12 時の口元管を挿入し, その後は地質状況によってビットサイズ $11\frac{5}{8}$ " (295%) のドラッグビット, トリコンビット (軟岩用, 中硬岩用) を使いながら掘進するが, ここでプログラムを使い分けるわけである。

掘さく終了後に, 掘進中に得たスライムサンプルの判断と合せて, 電気検層 (S. P 合), 温度検層のデータからスクリーンの位置を決定し, その所定位置のスクリーンとケーシングを挿入した。尚, その掘さく孔の孔径中心にスクリーンが位置するよう適宜センターライザーを取付けた。各ボーリング孔の作業最終段階に口元管を抜管することとする。

仕あげ；

ケーシング内にロットをおろし水が側方に向けて噴出するようにしたジェット方式によってストレーナの位置を洗滌し, ケーシング外については篩にかけた 5 ~ 10 % の砂利をパイプと孔壁の間に充填してその地表に近い上部は粘土で遮水し地上水の流入を防ぐ。

2-1-1 さく井プログラム A (地層水を目的とする場合)

- (1) $14\frac{3}{4}$ " (375%) ウイングビットにて 5.5 ~ 11.00 m を掘さくして, 12 時口元管を 5.5 ~ 11.00 m まで挿入, 表土の崩壊を防ぐ。
- (2) $11\frac{5}{8}$ " (295%) ビットにて予定深度 (最深でも 160 m) を終了するまで掘さくする。

ビットは地層によりウイングビット, ドラッグビット, トリコンビットと使い分ける。

- (3) 掘さく完了後に, 掘さく中の地質状況あるいは電気検層により, スクリーンの位置を決定する。
- (4) 所定位置に 6 時フラッシュジョイントケーシング並びグラベルスクリーンを挿入する。その際, 掘さく孔の中心線に, ケーシング, スクリーンが設置されるようスクリー

ンの上部・下部，中間のケーシング部に適宜センターライザーを付ける。

- (5) グラベルスクリーンの周囲に篩で振った5～10%の砂利をスクリーン上部約5mまで充填する。
- (6) 充填砂利上部は粘土等でグラウトし，地表からの水の流入を防ぐ。
- (7) 次節記載の方法により揚水試験を行なう。
- (8) 12吋口元管は抜管し，ケーシング外周をセメンティングする。

2-1-2 揚水試験

(1) 予備試験

エアリフトで，デベロプメントの終了後，揚水量と水位降下量のおおよその相関関係を求め，段階揚水試験の内容を決めるため少なくとも4時間以上の揚水を行う。

- (2) 段階揚水試験は少なくとも揚水量を3段階以上変化させ，各段階ごとの揚水時間は4時間以上とする。揚水量と水位の測定は原則として少量揚水，少水位降下からはじめ，漸次多量揚水，大水位降下へと変化させ回復水位は正確に逆順の測定を行い，これにて限界揚水量，適正揚水量を求めるよう努める。

(3) 連続揚水試験

段階揚水試験後，水位の回復をまって，24時間連続で一定量を揚水し水位を測定する。揚水量，および水位の測定は次の通りとする。

経過時間	測定間隔
5分まで	1分
1時間まで	5分
3時間まで	20分
6時間まで	30分
6時間以降	1時間

(4) 回復試験

連続揚水試験後，回復水位の測定を行なう。測定間隔は揚水停止時を経過時間「0」として，連続揚水試験の測定表を準用する。

2-1-3 さく井プログラム「B」

(地下浅所から基盤岩が存在する地区で，当初から裂隙水を目的とする場合)

- (1) 「A」(1)(2)に同じ
- (2) 8 $\frac{1}{2}$ " (216%)ビットにて岩盤まで掘さくする。

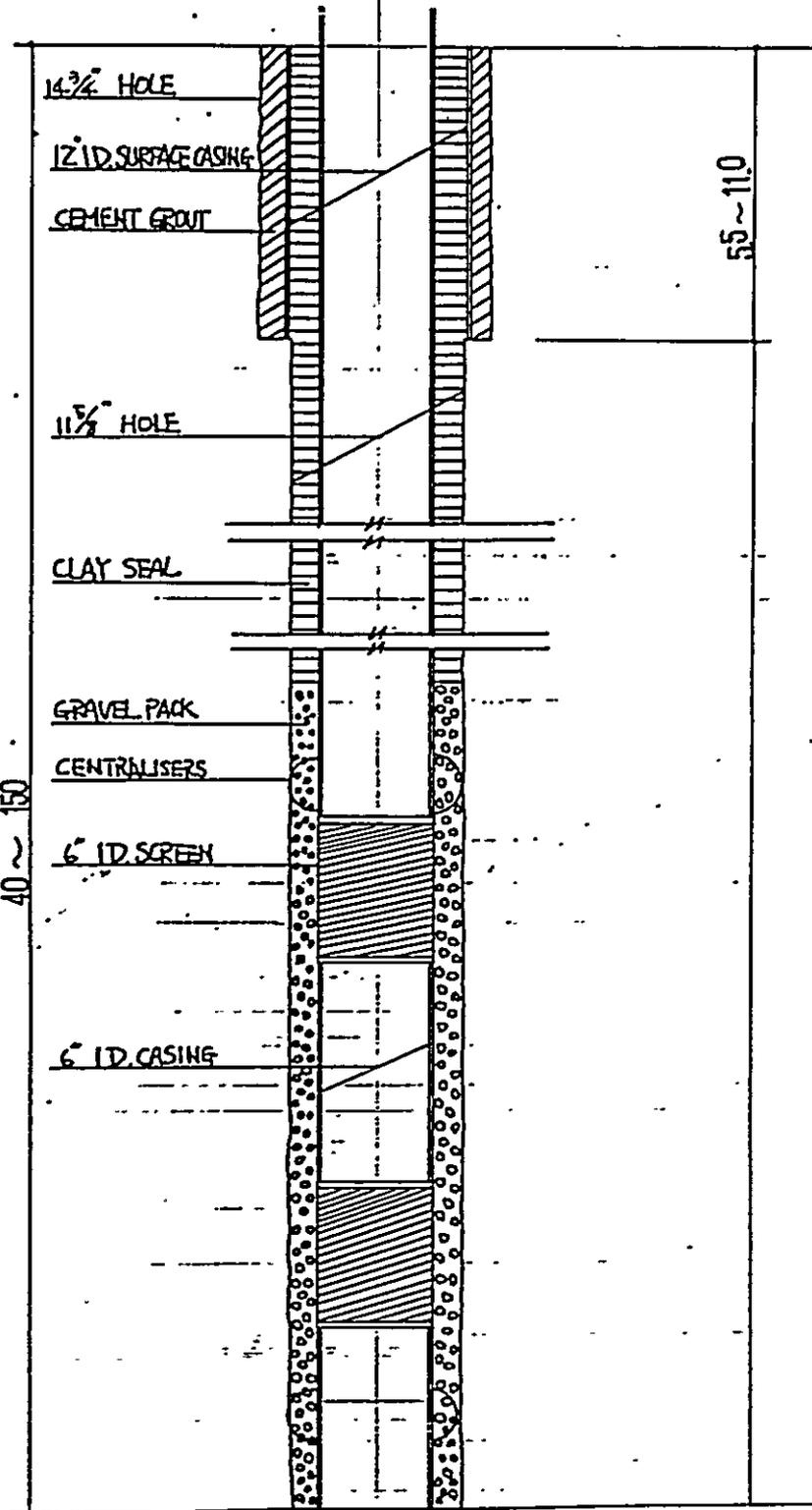
- (3) 6吋ケーシングを挿入し、外周に粘土等を充填する。
- (4) 145%エアーパーカッションビットにて掘さくする。掘さく中、孔内より排出される水量から掘さく終了の判定材料を得る。
- (5) 揚水試験は「A」に同じ
- (6) 「A」(8)に同じ

2-1-4 さく井プログラム「C」

(堆積岩中で地層水が得られず、基盤岩の裂隙水に目標を変更する場合)

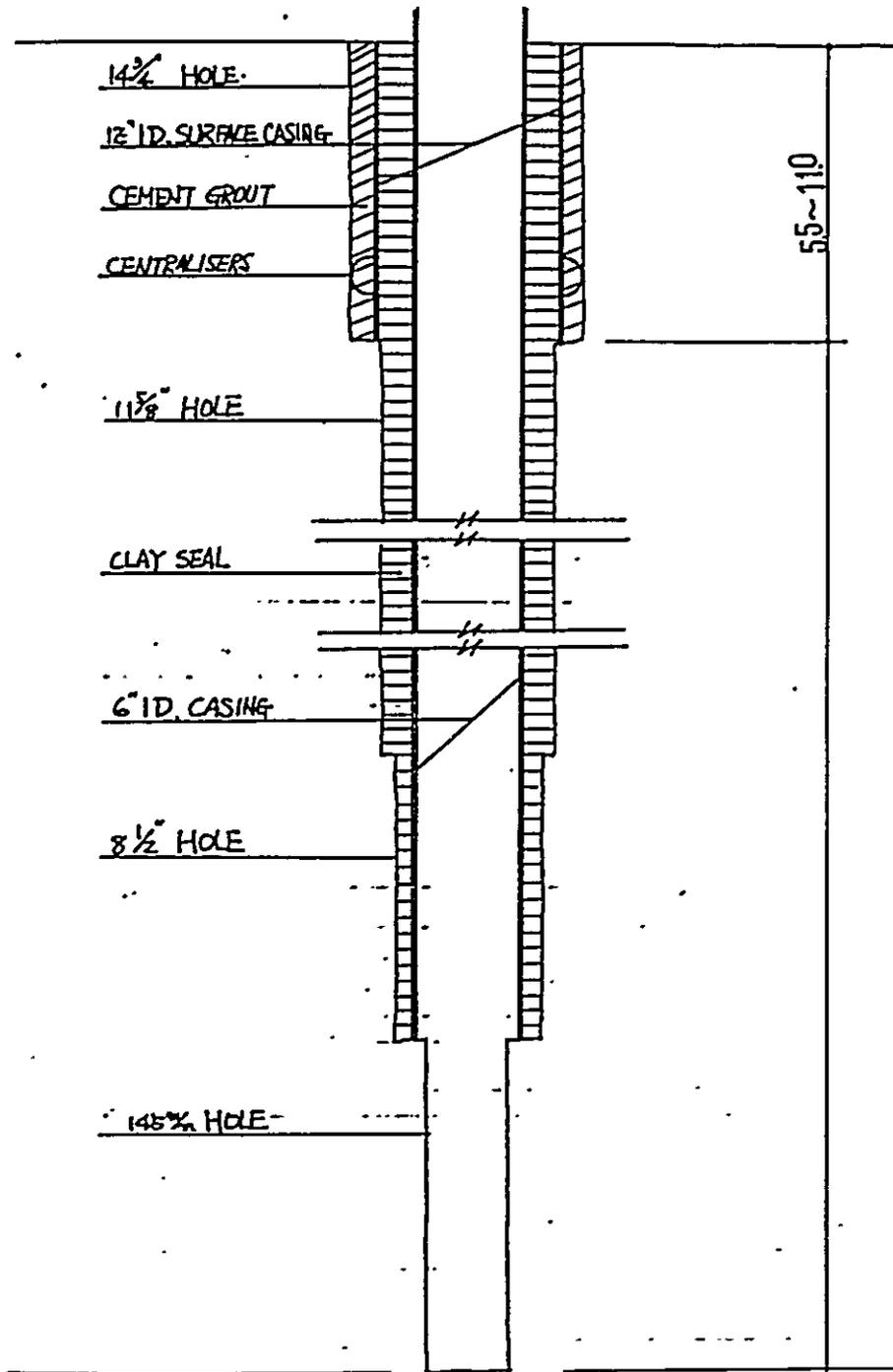
- (1)~(7) 「A」に同じ
- (8)~(10) 「B」(4), (5), (6)に同じ

A. GAO Area



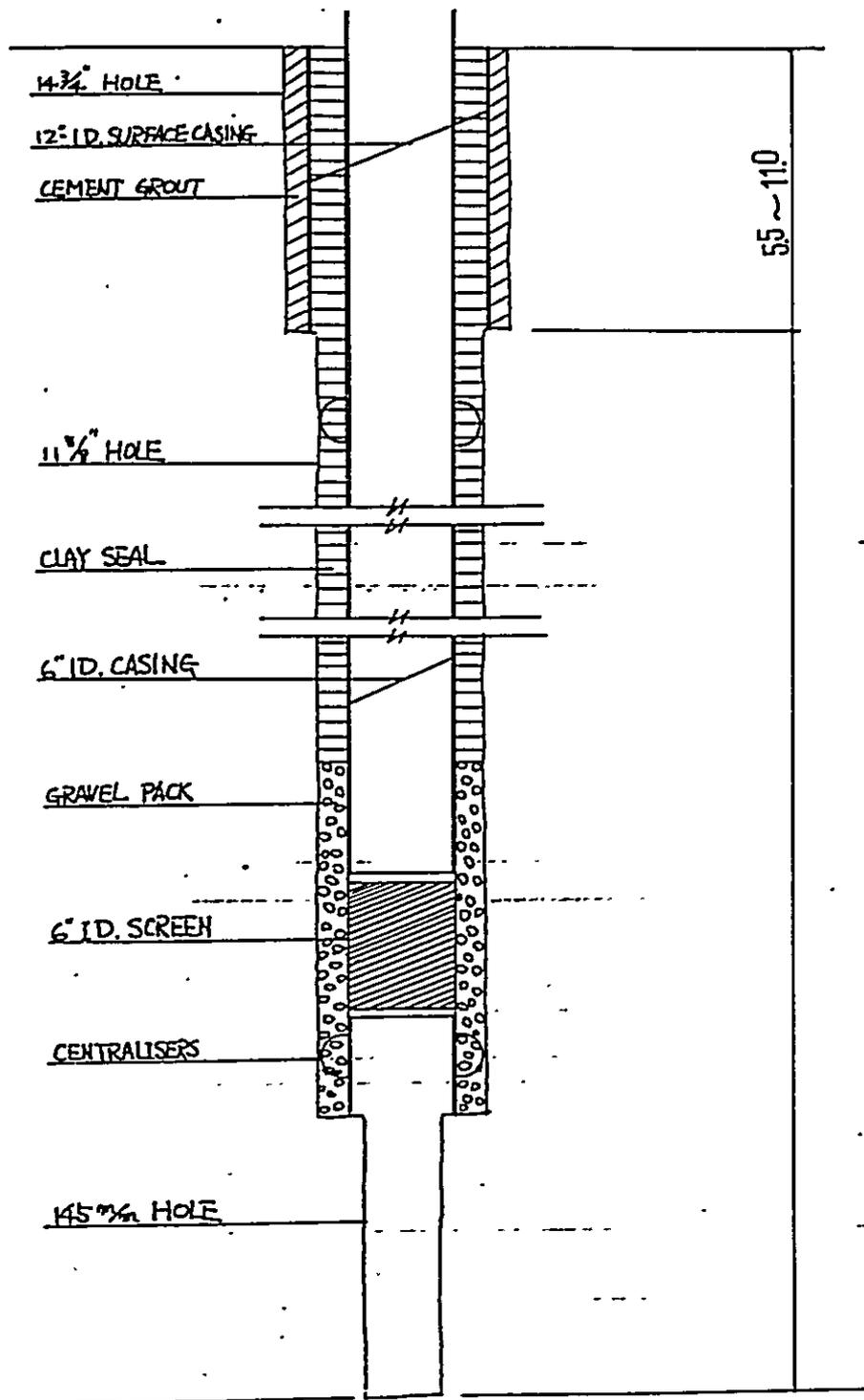
NOT TO SCALE

B. Kidal Area



NOT TO SCALE

C. Ansongo Area



NOT TO SCALE

2-2 ポーリング機械と附帯設備の概要

TOP-300は動力、油圧機構、掘さく機構、捲揚機構、起倒式ヤグラ、送泥ポンプ等をトレーラーに装備搭載した集中制御方式のさく井機である。

動力(ディーゼルエンジン空冷D6L-413FR 125PS 1800rpm)の伝達によりオイルポンプから吐出された作動油がコントロールコンソルを経て、フィード機構、捲揚機構、掘さく機構を駆動させる。又その動力はクラッチの操作により泥水ポンプ(NAS-5H複動2連高圧式600ℓ/分)を動かし、その流路を切換えるとジェットミキサーに通じ泥水が作れるようになっている。

掘さく岩石の状態から、エア掘さくが要求される時には、先端の掘さくビットをパーカッション式ハンマービットに替えて、泥水ポンプを使用せず、別に準備したエアコンプレッサーを使用して掘さくすることも出来る。このためエヤハンマードリルAD-130(130%径)の機材が準備されている。

TOP-300の仕様は下表のとおりである。参考のため無償でマリ国に提供されるTOP-200も併記した。

さく井機仕様	TOP-750 (旧称TOP-300)	TOP-200
1. 適用工法	泥水正循環工法 泥水逆循環工法 エアパーカッション工法 エアポーリング工法	同左 同左 同左 同左
2. 能力		
2-3/8" D. P. 使用時		300 m
2-7/8" "	750 m	200 m
3-1/2" "	600 m	150 m
4-1/2" "	400 m	
掘さく径	200~600 mm	200~400 mm
3. パワースイベル	油圧駆動式	同左
耐荷重	14トン	6トン
最大トルク	800 kg-m	500 kg-m
4. ブルダウン	油圧駆動式	同左
最大給圧力	14トン	6トン
フィードストローク	8.5 m	7.5 m

5. ドローワークス 最大捲上能力 ドラム能力	油圧駆動式 メインドラム：5トン サンドリール：2.5トン メインドラム：180m× 18φロープ サンドリール：800m× 9φロープ	同左 3トン 100m×12.5φロープ
6. マスト 高さ 耐荷重	油圧起倒式 12.2m 50トン	同左 9m 10トン
7. マッドポンプ 最大吐出量 最大圧力	複動2連式ピストンタイプ 600ℓ/min 25kg/cm ²	同左 同左 同左
8. ブレークアウトシステム	油圧式	同左
9. フォームインジェクションシステム	エアボーリング用フォーム インジェクションシステム付	同左
10. レベリングジャッキ	油圧式(4本)	油圧式(3又は4本)
11. パワーユニット	125PSディーゼルエンジン	トラックエンジンPTO
12. マウンティング	ヘビーデューティフル トレーラー	全輪駆動(4×4) ディーゼルトラック
13. 総重量	24,500kg	14,500kg

附帯設備；

発電機 AS-35MDS, 35KVA 220/110V

60Hz/1800rpm

アークウエルダー, グラインダー, 照明, そして最終工程の揚水ポンプテストのために常設している。

揚水テストポンプ一式

富士川 Model "6A×10-5.5×6", 10段

100ℓ/min, 220V, 60Hz, 5.5kW

キャブタイヤー, 吐出口, 揚水パイプ等附属。

エアークンプレッサー

エアークリフト用一式, VS-11 (1.29 m³/分) or DPV-80SS
(2.5 m³)

エアーク掘さく用一式, PDSH-500 13.5 m³/分 10.5 kg/cm²

揚水試験および水質試験用装備の概要

(1) 揚水試験

水中ポンプ：

製作所；富士川機械

型式；DSM 6A×10-5.5

口径；40%

揚水量-全揚程； $0.16 \text{ m}^3/\text{min} - 104 \text{ m}$

回転数； $3380 \text{ r}/\text{min}$

出力；5.5 Kw

電源；200 V

サイクル；60 Hz

発電機；ディーゼル発電機

揚水用フランジ付パイプ； $50\% \phi \times 2.75 \text{ m}$

吐出口，ゲージ等附属品

水位測定器；3芯（アース1芯含む）ドラム捲取り，電池式

水位測定用ポリナイトパイプ；巻き曲げ可能， $\frac{1}{2}$ " 径

その他；ストップウォッチ，着水指示メータ，三角ノッチ

(2) 水質試験

当諸地域の水質で問題となるものは，過去において磷酸，硫化物による障害事例があったと報告され，また，揚水方法から考えられる遊牧動物による有機汚染もあるが，何れも実際に当面の問題となっていない。動物の防疫についての最大の問題は，動物から出される汚物やそれから感染した小動物，昆虫等が牧草につき，これからの伝染にあることのであった。

以上の諸点から基本方針としては次の要素につき，現場での迅速な分析を行い，その結果から必要あれば，完全分析なり，詳細精密測定を行うこととした。

チェックする要素および成分は次のものを考えて装備を用意した。

PH，導電率， NH_4 ・ NO_2 ・全鉄・水銀・マンガン・フッ素等の成分

現場測定装具：

簡易水質検査セット；共立理化学研究所製 WAS-C 1台

導電率測定器；栗田工業製 Conductivity Meter TS-4 3台

pH 測定セット；濁川理化学工業製 1式

ヨシラスト；吉富製薬製 カプセル型 1式

pH 試験紙；0.2 pH目盛きざみ 1式

2-3 さく井実施地点の地理地質条件と経過概要

2-3-1 昭和54年度

マリ側と合意した個所を調査対象として3地点が選ばれた。G-1孔井は水利局敷地内で、ニジュール河より約450m離れている。G-2孔井は市内第8区の水利局より約300m西にあり、ニジュール河より約50m離れた地点で、G-1孔井と河の間にはさまれた所に位置している。G-3孔井はガオ市の北部にある広場内で、将来の都市開発計画に含まれる地区である。

G-2孔井の搬入でリグが軟弱ヶ所に踏み込み少し手間取ったが、3地点とも資材の搬入搬出にも別に問題なく、給水もニジュール河からタンク車でピストン輸送出来る所であり地理的にも恵まれていた。

2-3-2 昭和55年度

G-4孔井；

G-4孔は南北約7kmに広がる市のほぼ中央でニジュール河から東に約800m入った地点にある。場所的には中心街から南に離れた市の貯水槽シャトウ・ド・ローの西側になる。地質は第四紀の砂，砂礫，礫が18.0mまで続き，その下層は粘土，シルトが堆積する。

G-5孔井；

G-4よりニジュール河に寄った，河から70m位の近距離にあり，市水道の水源「セントラル」の敷地内である。地質はG-4と同じく砂，礫，砂礫が24.0m位まで続きその下層は泥土，シルトの堆積である。ニジュール河との関係からみるとG-2孔井に比較的似た地点である。G-2に見られたような比較的大きな30～50%の礫層はなく，1～4%の砂，礫を含むもので，むしろ砂層が大半をしめる。

A-1孔井；

ガオよりのアンソング市の北端にあり，ニジュール河から約300m，北地区の学校から約200mの地点である。地質は第三紀で砂質粘土（乳白色）が比較的硬く90.00m位まで堆積し，あとは粘土質層であるが，その中の砂，礫，砂礫層に帯水されている。

A-2孔井；

アンソングからメナカに通ずるメナカ街道に沿って800m程ニジュール河から離れた地点であり，南北方向ではほぼアンソング市の中央に位置する。

地質は比較的硬い，A-1孔井と同様の乳白色，灰色の砂質粘土，或いは粘土質砂岩が100m位まで堆積しており，その間に24.00～34.00mの砂層，49.00m附近の薄い黄色の礫層と95.00m附近に薄い白色の礫層を挟んでいるようである。100m以深は，礫，砂粘土又粘土質砂岩の互層である。

A-3 孔井；

地理的には南端に近い市の中心街にあって、ニジェール河からの距離は約150mである。この点はA-2とは距離は余り離れていないが、基盤岩帯に入っているため地質はA-1、A-2とは大きく異っている。地質はアンソング市南端に見られる結晶片岩類及び珪質岩と同じと考えられる。

2-3-3 昭和56年度

G-6 孔井；

ガオ7区に属し地名はソソコイラ (Sossokouira)。市中の中央に位置し、現地側が希望した個所である。深さ14mの手掘井戸の側壁から約1m離して掘さくした、この手掘井戸はかつて水が豊富に有ったと説明されたが現在は水枯れしている。マリ人による電探ではこの地点は有望であるとされ、突掘進でも10m~16m間の砂礫層は採水の可能性があるように思われたが、結果的には揚水量が5~10ℓ/minであった。

G-7 孔；

ニジェール河に沿いガオ市の南端の新居殺工場のすぐ北にある。自由面地下水であり、第四紀層からの採水である。今迄のガオ市内に掘さくした他の孔井と異なり、1帯水層中に、2層の透水性の高い地層がある。

掘さく中に口元管が1.5m程沈下するハブニングがあった。ガオ地区の地表層は砂層であるので、口元管挿入時には十分に押込み上部の間隙をバックして、しっかり固定する必要がある。

G-8 孔井；

G-7孔井から約300m下流に位置しており、自由面地下水で第四紀層である。やはり同一帯水層に2層の優れた帯水層がある。ドラッグビットとトリコンビットを使用した。

G-9 孔井；

G-7孔井の上流でG-2孔井とG-7孔井の中間にあり、自由面地下水で第四紀層である。2層の優れた帯水層がある。

主にドラッグビットを使用した。

G-10 孔井；

G-7孔井の上流で80m離れており性質はG-7孔井に似ているが下部の帯水層は電気検層による比抵抗値は小さい。

主にドラッグビットを使用した。

B-1 孔井 (Bagoundje) ;

ガオ市の南端から 10 km 程ニジュール河に沿って下った村落で、ガオ市と同じ北緯 $16^{\circ} 16'$ 、西経 $0^{\circ} 01'$ に位置し標高 254 m である。帯水層は自由面地下水を有する第四紀層砂礫層である。帯水層が一律でないのは他の孔井と同じであるが電気検層の比抵抗値が低く現れている 21~26 m 間に実施した粒径加積曲線 (D_{20} の透水係数) では、中粒砂、粗粒砂であった。掘さくには主にドラッグビットを使用した。総括してガオ市内の帯水層は自由面地下水を有する第四紀の砂礫層であり、深度は 30 m 位までにある。それより深く粘土層を掘さくすると逆に孔壁に悪い影響を与える。掘さくにはドラッグビットが良く、掃行にはトリコンビットが良い。フィルター砂利の充填時の泥フィルター砂利の充填は洗滌時の泥水の稀釈状況から判断して行うが、余り時間をかけると上部の細砂層の大きな崩壊を誘うことがあるので注意する必要がある。水を循環し、砂利の中にある泥質物等を浮遊させながら充填すると良い。砂利が、浮遊する粘土のために落下しないことがあるが、ケーシング口元をバックして送水し、水がストレーナを通してのみ循環するようにすると効果がある。ただしケーシング底部に細砂が溜っている場合に行うと逆に内側からのストレーナの目づまりを起す恐れがある。

D-1 孔井 (Djebock) ;

ガオから東に 50 km 程内陸に入った村落で遊牧民と多くの家畜が集まる所である。掘さくに使用する水はガオからタンクローリーのピストン輸送で補給した。帯水層は被圧水を伴う第三紀の帯緑灰色の粘土質砂或いは砂質粘土層である。88 m 深度でポンプトラブルのためブーミング事故を起したが、数時間の作業で回復し、大きな事故にはならなかった。仕上げ作業を終了し、エアリフトを行う工程で、夜間水飲みに見われた牛の群のためにケーシング内に挿入していた 1 吋のエアパイプのネジ部が折られ、パイプ 77 m が孔内に脱落した。この事故のため (エアリフトで概略の揚水量は把んでいるが) 揚水テストが出来ず、水理定数等は未定である。今回は時間がなく、材料もないため、見送ったが、次期にパイプを回収し揚水テストを行う予定である。

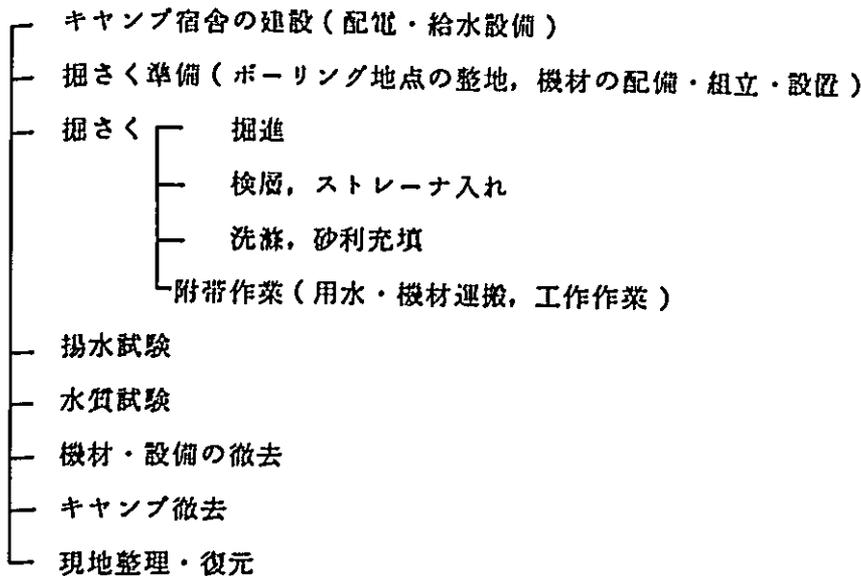
掘さくにはトリコンビットを使用した。

Ha-1 孔井 (Hamakouladje) ;

ガオ市からニジュール河に沿って北方に約 50 km さかのぼった村落でブーレムへの道路脇にある。河には沿っているがガオ市と異なり自由面地下水はなく第三紀の被圧地下水である。100.5 m~101.6 m 間に硅質砂岩があり、 $5\frac{5}{8}$ ボタンビットで芯抜きをし $11\frac{5}{8}$ トリコンで再度拡孔した。

2-4 さく井作業工程・原単位の総括

作業順序は次のとおり



2-4-1 ボーリング孔井の仕上げ諸元

各孔井の仕上げ諸元は表2-4-1参照

D-1：120～70m 砂利充填，70～68m 粘土による塞き止め，68～60m 砂利充填，60m 以浅は無充填で，地表口はコンクリートで固めた。

Ha-1：120～40m 砂利充填，40～37m 粘土によりバック，37m 以浅無充填で地表口はコンクリートで固めた。

2-4-2 各孔井別のさく井工程表

表2-4-2 さく井作業工程表参照

表2-4-3 さく井作業原単位表参照

2-5 作業実施についての問題点

昭和54年度：

掘さく；

第1孔掘さくにトリコン（軟岩用）を使用したか、カッタングスがトリコンに張り付き、その効果が出なかつたので掘進長57.00mでドラッグビットに切替えた。第2、第3孔ではドラッグビットを使用した。ガオ地域では40～50m位までは概してドラッグビットが掘進速度も早く有効である。

掘さく中、カッタングスがだんご状となって孔中一杯になって押し上ってくるが、今後はガイドロッドの使用と掘進中の回転速度を上げるなどの試みが必要と思われる。

検層、及びストレーナ挿入；

検層については孔壁の帳り出しの状況から孔底までセンサーが入り切れないことも起こり対策が必要である。

ストレーナの挿入は単一带水層からの採水の場合は問題ないが、複数層からの多層採水については位置・設置数・外側砂利入れ等について十分な検討が必要と思われる。

揚水テスト；

第2孔では、水中ポンプ位置を最初25.60mにし、その後41.60mまで降し、それぞれ揚水を行ない、ストレーナ位置とポンプ位置の違いによる影響が現われないかどうかを試みたが、温度(31℃)コンダクティビティ(120 μ U/cm)、揚水量ともに変化はみられなかった。定量連続テントでは揚水量を80 ℓ /minにとって、15時間の間に約80cmの水位降下程度であり、また段階揚水試験から見てもほぼ安定している。

第3孔の水中ポンプ位置は、種々問題が起って3回位置を変えたが、適当な水量が把握できなかった。その時の記録から判断して80~90 ℓ /minの定量連続揚水を行なったが、これも安定した水位と水量は得られなかった。そこで止む得ず、バルブを全開にしてポンプ位置まで降し、そこで揚水を停止して回復テストを行った。

回復テスト；

揚水を停止した12時04分に水位は、49.417mであり、10分後の12時14分には静水位(8.362m)に近い9.094mまで回復している。この回復長は49.417-9.094=40.323mであり、管内容積から試算すると0.0713 m^3 /min(70 ℓ /min)となる。

昭和55年度：

アンソングの南部のように、地表面からすぐに硬質な地層を示す個所の掘さくには洗栄槽、泥水槽の掘さくが難しいのでリターンに水中ポンプを使用しなければならない個所もあると考えられる。

A-2でドラッグビットにメタルを植えて使用したが、ロッド昇降時間からみて、地層の似ているさきに行ったA-1の約半分の時間で済んでおり、大変に効果があった。

A-3孔では74.70mから孔径を8 $\frac{1}{2}$ "に下げて、ボタンビットで掘さくしたが、掘進時間は90.70mまで平均45分/mであり、所によっては米当り2時間近い時もあった。アンソングの基盤露出個所の掘さくにはエアーハンマーの使用が必要と考えられる。

交代番制； A-1孔で4日、A-2孔で6日、A-3孔で5日と掘進作業の時だけ採用した。7:30~20:30の間を2方で掘進したもので、工程日数を短縮する目的もあったが、二人のカウンタパートへの技術移転の面から、各自の主導で2~3人の作業員を率いて作業を行わせたものである。

ガオ市の第四紀の掘さくでは、泥土が孔中に残留して検層ゾンデが孔底まで降りないケ

ースがあるが、その解決には掘さく時にビットスタビライザーを使用することと掘さく終了後にはドラッグビットをトリコンビットに切替えて再度孔底まで下すのも一つの方法である。

昭和56年度：

本年度は、技術移転も2年目となり、マリ人カウンターパートに自立的な作業を行わせ、基本面での段階付けを狙った。初めてキャンプを伴うさく井をジェボックとハマクラジで行ったが、キャンプの設営とボーリングさく井とも円滑に推進し、相当の実力を獲得していることを示した。

機械の操作、作業員の指揮、記録および書類の作成の他、ガス溶接・溶断、電気溶接等も含めた全範囲に亘っての実績であった。

以上の如くガオ市内、内陸部、アンソソゴ地域と3様の経験をふまえて略々第7経済区全般についての知見（キダールに予想されるパーカッションを除く）を持ったと云える。

2-6 揚水試験記録の解析結果

各孔井別の地質柱状図および地質解析と、揚水試験結果に基づく水理地質的解析は次章の3-1ボーリング調査結果ならびに図3-1、表3-4に詳しく記載した。

なお、そのほかの2事項について検討を加えたので下記する。

電気検層と粒径加積曲線 D_{20} の透水係数(K)の対比：

ガオ市でさく井した5孔井(G-7・8・9・10, B-1)は自由面地下水であるが、これらのスライムサンプルを処理して得た粒径加積曲線の D_{20} をクレージャー(Creager)の透水係数(K)表から決めた図表と、電気検層の低抗曲線とを対比してみた。

当然のことながら帯水層を示す範囲限界は合致しているが、透水係数グラフは帯水層内各部の違いを明確に示して居り、粒径フルイテストはサンプル鑑定の上で極めて有効な方法であることを確認した。

G-7孔井とG-10孔井同時揚水時の相互干渉：

単独揚水時と同時揚水時の動水位(水位降下)を比較してみたが、G-7孔井では39%、G-10孔井では8.5%の水位降下の増量を示した。

また、G-10孔井の影響圏についても実測テストを行った結果は約300mであった。

ストレーナー外側への充填砂利の粒径の選定：

今回調査の対象帯水層については5%~10%を使用した方が、粒径加積曲線を基準にして考えると、今後は10%~15%間の篩も用意した方がよいと思われる。

表2-4-1 ボーリング孔井仕上げ諸元表

NO	孔井名	実施年次	深度 m	帯水層厚 m	静水位 m	帯水層 最下位 m	揚水試験			仕上げ			
							水位降下 m	限界揚水量 m ³ /h	ポンプ位置 m	ストレーナ 数	センタライ ザ-数	砂利充填	
1	Ha-1	56	12000	(270)	29.0	1115	24.8	>12.2	90.7	WR本 G 3	4本	5.0m ³ 94.0m	
2	G-1	54	10500	(265)	11.0	435	37.0	0.9	50.4	G	6	5	-
3	G-2	54	6000	450	4.5	495	10.5	3.9	25.6	G	5	3	-
4	G-3	54	15060	(464)	8.2	1506	9.0	4.2	49.0	G	9	5	-
5	G-4	55	6000	47	13.3	180	2.8	3.5	-	WR	4	2	1.0
6	G-5	56	6020	178	6.2	240	5.5	7.0	-	WR	4	2	1.2
7	G-6	56	(2913) 4060	65	13.5	200	7.2	0.7	22.8	WR	4	2	0.9 17.0
8	G-7	56	(4215) 4526	211	4.9	260	>2.9	>15.9	28.3	WR	6	3	2.0 37.0
9	G-8	56	4450	318	4.2	360	3.8	10.1	34.3	WR G 3	3	2	1.2 23.0
10	G-9	56	4000	227	4.3	270	2.1	9.4	24.5	WR	5	2	2.0 37.0
11	G-10	56	(3692) 4025	157	4.3	200	>6.3	>17.3	24.6	WR	4	2	1.0 19.0
12	B-1	56	4000	188	7.2	260	3.9	12.2	25.5	WR	5	2	2.0 37.0
13	A-1	55	12400	(610)	12.1	1230	14.3	7.2	-	WR G 8	6	5	6.2
14	A-2	55	14200	(560)	19.6	1320	16.5	1.8	-	WR G 3	5	2	6.8
15	A-3	55	(5480) 9070	(195)	23.2	460	23.1	0.6	-	G	5	2	5.0
16	D-1	56	12145	(120)	57.5	970	-	-	-	G	4	4	3.0 56.0
計	16孔井		1284							WR G 50 46	47		

- 注1. 深度()内は埋め戻し後の実深度
 2. 帯水層厚()内は多数層厚の単純加算
 3. 充填砂利のサイズは5%~10%のもの、現場でふるいにかけて使用している。
 4. WR : ワイヤラウンド型
 G : グラベル型

2-7 技術移転の現状と今後の展望

昭和55年度：

本格調査第1年度（昭和54年度）におけるカウンターパートは終了間近のG-3さく井の頃に参加した1名であり、見学程度に止まった。

昭和55年度には前年度に参加したNouman Diakite と若干おくれて派遣されたMamadou Porgoの2名が、カウンターパートとして本プロジェクトに従事した。

実操作、観察、討議および講義等によって基本的な技術につき全コースを通じ指導した。2交代勤務も交じえて行ったが、未だ基礎的段階の技術修得であって、対象岩質の変化に応じた、臨機の対処はじめ、全体的な管理技術あるいは機材の保全・部品補給等については次年度の指導計画に予定した。

実施した主な事項をあげると次のとおりである。

作業・操作・手法について；

- 機械・材料の配置パターン
- 機械・器具の操作
- リグの据付
- マストの起倒
- リグの運転操作（始動、給圧、掘さく、バランス掘進、ゲージの見方等）
- 泥水操作
- 部品交換（送水ポンプ部品、コントロールバルブ等）
- 附带作業（ガス溶接・溶断、メタルの植込み、電溶等）
- ケーシングパイプ・ストレーナ挿入
- 揚水テスト

判断業務、作業管理について；

- 岩質や掘進状況に応じた適切なビットの選定
- 交代番勤務
- カッティングスの除去方法
- 崩壊し易い砂層の洗滌方法
- ストレーナーの位置決定方法

昭和56年度：

当年度で調査は終了するので、ボーリングさく井の実施に関する基本的な範囲での技術移転を完了し、マリ人による自主的实施を可能ならしめることを目標とした。能率の向上、機材管理の充実、特別状況に対する臨機応用能力等についてはあとまわしにした。

上記の観点から、本年度では日本人による直接的作業の指揮は止め、マリ人カウンター

パートの指示、命令によるさく井実施を行った。日本人専門家はカウントパートへの指導・教育を主として行った。

ジェボック(D-1)、ハマクラジ(Ha-1)では、初めてのキャンプ設営を伴う作業となり、基地および生活物資調達場所のあるガオ市から約40kmはなれたところであったが極めて順調に工事は進められた。

全調査期間を通じて、16孔井を仕上げ、地質・岩質的にも、第4紀および第3紀の地層を対象とし、ニジュール河沿岸と円陸部との異質地域の経験を積み重ねたことにより本プロジェクトの技術移転の目標は略に達成されたものと言える。

本年度、特に注意して行った技術、作業は次のとおりである。

- ガス溶接・溶断、電接技術の向上と安全教育
- 掘進状況に応じた適切なビット選択
- エヤーリフトによる孔内洗滌

所要エヤー量

浸水率と揚水量の関係

リフトパイプ径と揚水量の関係

- 図面と照合しながらの部品交換
- ワイヤー編みの技法
- リグの機構
- 砂利充填容積計算方法
- ロット内の水流速に関連する手法
- 三角ノッチ取扱法
- 充填砂利の適切粒径の算出
- 粒径加積曲線使用の技法
- 揚水試験方法
- 孔井内水止めパッカー使用法
- ボーリング作業日報の記録
- 在庫管理方法

今後の展望：

一応の自主的ボーリングさく井能力を修得し、日本人不在でも実施することが出来るが、今後については、本調査期間中はその使用機会がなかったエヤーハンマー掘さく技術を学ぶことと、技術要員の追加養成を行うことが必要である。というのは、交代制勤務によって工事量の増加を狙うことと、無償協力によるさく井機材1系列(リグ1台と必要附帯車

輛、機材)の増加に対応せねばならないからである。かくして無償協力期間中にはこれらの人員の養成と、応用面での技術、技能を確実に獲得することがマリ側の当面の目標となろう。

今後のマリ側自主的開発実施にあたっての組織の運営および職務分担については、少くも当面の間、言い換えれば第7経済区水利局体制の育成期間中は次のような考慮が必要だと思われる。

- (1) ガオ地域の実際の体制・技術能力に応じた現実的な目標・計画をつくり、開発実施が接続され、確実に自主体制として定着できることを主眼とする。
- (2) カウンターパートばかりではなく、作業員全般についても、技能的なレベル向上を図り、ボーリングさく井作業範囲全体の幅広い技能を習熟させるようにする。1人や2人が欠勤しても作業が円滑に進行するようにすることである。
- (3) カウンターパートの職務分担については、掘さくやキャンプ設営、揚水テスト等について同じチームメンバーが一括して分担し、各作業の相関性を生かしてゆくことが望ましい。すなわち、ボーリングチームと揚水テストチームを別のメンバーにすると、状況把握や認識の疎漏、連絡の不備等によって確実を欠き、能率の良い成果は得難いことが多いからである。

III-3 ボーリング調査の水理解析

3-1 ボーリングさく井結果

3-1-1 調査位置(図3-1, 表3-1)

16本のボーリングが, 東西40km, 南北120kmの範囲で行われた。表3-1にそれらのボーリングを北から南, 西から東の順序で示す。

表3-1 ボーリング位置と深度

ボーリングNo	位 置					掘進深度 m	
	サークル	区	X	Y	Z(m)		場 所
Ha-1	GAO	Hamakouladji	0°06'W	16°36'N	257.0 [*]	Amakouladji	120.0
G-1	GAO	Gao	0°03'W	16°15'N	253.8	Hydraulique Gao	105.0
G-2	GAO	Gao	0°03'W	16°15'N	249.7	Tiely - Coiré	60.0
G-3	GAO	Gao	0°03'W	16°18'N	251.8	Teney - Cora	150.6
G-4	GAO	Gao	0°03'W	16°15'N	256.6	Gao-Chatéan d'eau	60.0
G-5	GAO	Gao	0°03'W	16°15'N	250.5	Gao-Centrale électrique	60.2
G-6	GAO	Gao	0°03'W	16°16'N	252.4	Sosso-Koira	40.6
G-7	GAO	Gao	0°03'W	16°15'N	252.0	Boulgoundié- Abaltoire	45.3
G-8	GAO	Gao	0°03'W	16°15'N	252.0	Boulgoundié-Abaltoire	44.5
G-9	GAO	Gao	0°03'W	16°15'N	250.5	Boulgoundié	40.0
G-10	GAO	Gao	0°03'W	16°15'N	252.0	Boulgoundié	40.3
B-1	GAO	Bagoundie	0°01'W	16°13'N	254.0	Bagoundje	40.0
A-1	ANSONGO	Ansongo	0°30' E	15°40'N	254.5	Badji - Haoussa	124.0
A-2	ANSONGO	Ansongo	0°30' E	15°40'N	249.5	2 ^{eme} quartier	142.0
A-3	ANSONGO	Ansongo	0°30' E	15°40'N	247.0	1 ^{er} quartier	90.7
D-1	GAO	Djebok	0°17' E	16°20'N	279.0	Djebok	120.0

注: ハマクラジの南北2ヶ所の既知点を基に比例配分された推定値

X: 経度, Y: 緯度, Z: 標高

3-1-2 地質柱状図(図3-2)

掘さくはドラックビット・トリコンビットで行われたために、地質状況はスライムによって判断した。地質の境界はスライムサンプル採取時の孔底深度をそのまま使用した。サンプルは原則として、G-1~G-5・A-1~A-3孔井では3m毎、その他は2m毎に採取した。

第三系とC.T^{*1}をスライム観察で区別することは困難なので、本報告書では両者を区別せず第三紀層とした。^{*2} またニジュール河の沖積層と風成層との区別も不可能なために、両者を第四紀層と記載した。これは前節の第四系に相当する。

(1) Ha-1 孔井

0~120.0mの全てが第三紀層である。下位から緻密粘土(8.5m)、わずかに粘土質の砂(10m)、石英質砂岩(1m)、粘土(13m)、粘土およびラテライト質礫(12.5m)、緻密粘土(25m)——以上は主に灰色を呈する——、粘土質砂(4.5m)砂質粘土(4.5m)、粘土(34.5m)、ラテライト質粘土(6.5m)——以上は褐色を呈する——から成る。

帯水層は、褐色を呈する砂質粘土および粘土質砂(深度41~50m)、灰色を呈する粘土およびラテライト質礫(深度75~87.5m)、灰色を呈する地層中に挟在し、褐色を呈するわずかに粘土質の砂(深度101.5~111.5m)である。このうち最良の帯水層は深度101.5~111.5mのものである。

静水位は29.0m、地下水は被圧水である。

(2) G-1 孔井

0~19.5mは第四紀層、19.5~105.0mは第三紀層である。第四紀層は下位から礫(6.35m)、灰色粗粒砂(2.53m)、細礫(1.07m)、灰色粒砂(1.52m)、粗粒砂(8.03m)から成る。第四紀層の下底の礫は直径2~3cmで白色の石英礫が大部分を占め、黒色又は褐色の砂岩を少量含む。第三紀層は下位から淡緑色及び褐色細粒砂岩~粘土(7.5m)、細礫まじり褐色粘土(6m)、褐色粘土(3m)、細礫まじり褐色粘土(3m)、淡緑色および褐色細粒砂岩~粘土(2.1m)、褐色粘土(1.2m)、淡緑色および褐色細粒砂岩~粘土(3m)、褐色粘土(6m)、淡緑色および褐色細粒砂岩~粘土(9m)、褐色緻密粘土(6m)、淡緑色および褐色細粒砂岩(9m)から成る。

帯水層は第四紀層で静水位は11.0m、地下水は自由面地下水で、飽和層の厚さは8.5mである。

*1 C.T : Continental Terminal

Cr.T : Cretace Terminal

以上II-3節参照

*2 D-1孔井の記載事項で詳細に述べる。

(3) G-2 孔井

0～49.5 mは第四紀層，49.5～60.0 mは第三紀層である。第四紀層は下位から礫（3 m），細礫まじり褐色粘土（3 m），細礫（18 m），粗粒砂（25.5 m）から成る。本層中の礫は直径0.5～2 cmで，白色石英が大部分を占め，わずかに黒色砂岩を伴う。第三紀層は淡緑色～褐色細粒砂岩から成り，褐色の粘土物質を伴う。

帯水層は第四紀層で静水位は4.5 m，地下水は自由面地下水で，飽和層の厚さは4.5 mである（検層の結果ではこれより小さい）。第四紀層の中の深度17.00 mでボーリング中に逸水が確認されている。

(4) G-3 孔井

ボーリング実施年度の報告書では第四紀層を0～55.5 mと判断し，19.5～37.5 mに粘土を挟有するとしたが，その後得られたデータを基に再解析し，0～19.5 mが第四紀層，19.5～150.6 mが第三紀層と結論した。第四紀層は下位から礫（6 m），細礫まじり粗粒砂（3 m），粗粒砂（10.5 m）で構成される。下底の礫層は粒径5～7 mmの石英礫から成り，上部の砂層は粒径1～2 mmの石英粒で構成されている。第三紀層は下位から淡緑色および褐色細粒砂岩（17.1 m），褐色粘土（30 m），褐色および灰青色粘土（21 m），褐色粘土（63 m）で構成される。下底の砂岩層は褐色粘土を伴う。最上部の褐色粘土（深度19.5～82.50 m）中には粗粒砂（18 m）と石英礫（3 m）が報告されたが，これらは検層と揚水試験の結果から，第四紀層の崩壊物と考えられるので，上述のように変更する。

帯水層は第四紀層で静水位は8.2 m，地下水は自由面地下水で，飽和層の厚さは11.3 mである。

(5) G-4 孔井

0～18 mは第四紀層，18～60 mは第三紀層（恐らくContinental Terminalと称されているもの）である。第四紀層は下位から褐色細粒砂（層厚3 m），粗粒砂および黄色礫（9 m），灰色泥質細粒砂（6 m）から成る。これらのうち中間層の礫はほとんど全て石英で，粒径はGao市内の井戸の資料，広域の地質状況から2～3 cm以下と思われ，上部層の深度0～3 mではより泥質である。第三紀層は砂質粘土を主とし，褐色を呈するがやや灰色味を帯びる部分があり，36～39 mに帯緑色砂岩，51～60 mに灰色・帯緑色の極細粒砂～粘土が見られる。砂質粘土は軟弱で孔内張り出しを生じて，しばしば掘さく作業を困難にする。

帯水層は第四紀層の砂層で，静水位は13.3 m，地下水は自由面地下水で，飽和層の厚さは4.7 mである。

(6) G-5 孔井

0～24 mは第四紀層，24～60.2 mは第三紀層（恐らくContinental Terminal）から成る。第四紀層は下位からラテライト質細礫（層厚6 m），帯赤色粘土を伴うラテライト質細礫（3 m），黄色～淡褐色細粒砂（6 m），細礫および濃褐色砂（3 m），白色細粒砂（6 m）が累重し，下位の礫質部と上位の砂質部の境界は地表下15 mである。第三紀層は下位から少量のラテライト質細礫を含む帯赤色粘土（12 m），帯灰色粘土（6 m），褐色砂質粘土およびラテライト質細礫（18 m）から成る。

帯水層は第四紀の砂礫層である。G-5孔井の半径45 m以内には現在揚水中の管井2本と筒井戸1眼があり，正確な静水位は求められないが，揚水試験時の静水位（6.2 m）を本報告書では使用する。しかし本来は昭和54年度に掘さくされたG-2孔井の静水位（4.5 m）と同程度と考えられる。地下水は自由面地下水で，飽和層の厚さは17.8 mである。

(7) G-6 孔井

0～20 mは第四紀層，20～40.6 mは第三紀層である。第四紀層は下位から粘土質粗粒砂（4 m），細礫を伴う粘土質砂（4 m），粘土質砂（2 m），粘土質中粒砂（2 m），中粒砂（4 m），細粒砂（2.5 m），粘土まじり砂（1.5 m）から成り，黄色～褐色を呈する。砂の大部分は石英粒から成り，深度12～20 mにはラテライト質細礫を伴う。第三紀層は下位から粘土（8.6 m），砂を伴う粘土（2 m），粘土（4 m），砂質粘土（6 m）で構成され，褐色を呈する。砂質粘土は深度20～26 mにあり，このうち深度22～24 mで砂がわずかに増加している。

Gaoの一般的な地質構造は，軟質の褐色粘土（第三紀層）の上位に砂礫層（第四紀層）が累重し，砂礫層の一部が地下水の飽和帯となっているが，本孔井では第三紀層，第四紀

層共に粘土質である。

本孔井には明瞭な帯水層は認められない。わずかに存在する地下水の静水位は13.5mである。これについてはⅢ-5-2項に述べる。

(8) G-7 孔井

0~35.5mは第四紀層, 35.5~45.3mは第三紀層である。第四紀層は下位から, 中粒の石英礫とラテライトを伴う粘土(9.5m), 石英礫とラテライト礫を伴う細粒砂(7m), 中粒砂およびラテライト質細礫(3.5m), 砂質粘土(2m), 細粒砂(3.5m), 中粒砂(4m), 粗粒砂および泥質砂(6m)から成り, 褐色を呈する。中粒の石英礫というラテライトを伴う粘土は, Gaoの第四紀層の下底あるいは下底付近に, ほとんど規則的に分布している。砂質粘土は深度13.5~15.5mにあり, 周辺の他の孔井には, これに対比されるものは存在しない。第三紀層は下位から, 褐色粘土(7.3m), 灰色粘土(2.5m)である。

帯水層は第四紀層の砂層で, 静水位は4.9m, 地下水は自由面地下水で, 飽和帯の厚さは2.1mである。

(9) G-8 孔井

0~36mは第四紀層, 36~44.5mは第三紀層である。第四紀層は下位から, 細粒~極細粒砂(10m), 中粒砂(2m), 礫(10m), 細粒~極細粒砂(6m), 中粒砂(6m), 粘土質砂(2m)から成り, 褐色~帯赤色を呈し, 底部で灰色味を帯びる。Gaoで, 第四紀層の下底あるいは下底付近に規則的に分布する石英礫を伴う褐色粘土は, 本孔井では認められない。第三紀層は粘土(8.5m)から成り, 深度36.0~42.5mは帯赤色, 42.5~44.5mは暗灰色を呈する。

帯水層は第四紀の砂礫層で, 静水位は4.2m, 地下水は自由面地下水, 飽和帯の厚さは3.2mである。

00 G-9 孔井

0~27mは第四紀層, 27~40mは第三紀層である。第四紀層は下位から, ラテライト質細礫を伴う粘土(3m), 粗粒砂(7m), ラテライト細礫を伴う石英礫(8m), 中粒砂(2m), に粗粒砂(3m), 粘土質砂(2m), わずかしか砂を含まない粘土(2m)から成り, 褐色または桃色を呈する。第三紀層は, 黄褐色粘土(13m)から成る。

帯水層は第四紀の砂礫から成り, 静水位は4.3m, 飽和層の厚さは2.0mである。

(1) G-10 孔井

0~20mは第四紀層, 20~40.3mは第三紀層である。第四紀層は下位から, 石英およびラテライト質礫(4m), 中粒砂(2m), 石英およびラテライト礫(8m), 石

英礫(2 m)、中粒砂(2 m)、細粒砂(2 m)で構成され、褐色～黄色を呈する。第三紀層は粘土(20.3 m)から成り、下位から灰色、帯赤色、褐色を呈する。

帯水層は第四紀の砂礫層で、静水位は4.3 m、飽和層の厚さは16 mである。

02 B-1 孔井

0～28 mは第四紀層、28～40.0 mは第三紀層である。第四紀層は下位から、石英礫および粘土(2 m)、粗粒砂およびラテライト質細礫(8 m)、粗粒砂(6 m)、細粒砂(2 m)、粗粒砂(8 m)、砂(2 m)で構成される。第三紀層は緻密粘土(11.8 m)から成る。

帯水層は第四紀の砂礫層で、静水位4.3 m飽和帯の厚さは22 mである。

03 A-1 孔井

0～9 mは第四紀層、9～124 mは第三紀層(恐らくContinental Terminal)である。第四紀層は褐色細粒～中粒砂から成り、3～6 mはやゝ暗色を呈する。アソソゴの筒井戸のうちニジュール河に近いものゝ静水位は約9 mであり、第四紀の砂層の底部付近から地下水を得ているものと思われる。従ってA-1孔井の静水位は第四紀層の下限より低いが、帯水層として第四紀層の下底付近も考慮した。第三紀層は下位から細粒～粗粒砂(層厚19 m)、礫層(15 m)、粘土質砂層(9 m)、砂質粘土層(60 m)、含石英礫粘土層(11 m)、砂質粘土層(2 m)から成る。81 m深度を境にこれより浅部は主として帯白色、深部は帯赤色を呈することは明瞭な特徴である。また帯白色部の中で21～27 mは暗灰色を呈する含有機物帯で、これを境に地質時代が区別される可能性が残る。アソソゴ「粘土」と呼ばれるものは白色を呈して、孔壁の保持が良いことや、砂質粘土と判断された地層中に検層の結果帯水層が推定されることから、シルト質砂岩あるいはシルトと、砂または砂岩の互層と思われる。

帯水層は27～42 m(恐らく砂とシルトの有律な互層)、90～123 m(礫および砂)および前記理由から8～21 mである。このうち8～21 mは第四紀の砂層と第三紀層を含んでいるが、それぞれの地層中から採水している2つの筒井戸の水質が類似することや、両地層に掘られた筒井戸の地下水等高線が乱れることなく描かれるために一括した。しかし本孔の静水位は12.1 mであり第三紀層中にある。これは第三紀層中の被圧水の圧力が小さいためである。

04 A-2 孔井

0～3 mは第四紀層、3～142 mは第三紀層である。第四紀層には下位の白色粘土質砂岩の礫や風化物がかなり含まれている。第三紀層は下位から赤色粘土質砂層(層厚10 m)、石英(10 m)、石英礫および粗粒～中粒砂層(9 m)、石英礫層(6 m)、粘土質砂または砂質粘土層(36 m)、細粒砂層(6 m)、砂質粘土層(63 m)から成る。

132 m深度を境にそれより浅部は主として帯白色、それより深部は帯赤色を呈する点はA-1孔井の場合と同様であるが、本孔井の礫層部は帯白色部の最下底にあり、A-1孔井では帯赤色部に属する。本孔井の帯白色帯中、36~42 mは白色と灰色の雑色および暗灰色を呈する。本孔井では揚水中に多量の気泡が確認されており、揚水試験後の排泥の臭気やケーシングパイプ切断時に破裂音を生じたと言う報告等から、上記の暗灰色部は有機物に富むものと判断され、気泡はメタンガスと思われる。A-1孔井の暗灰色部に対比されるものであるがA-1孔井では多量の気泡は気付かれなかった。本孔井で砂質粘土とされたものゝ大部分は周辺に露出する白色シルト質砂岩に対比されるものであろう。A-1, A-2孔井の第三紀層の上部の色の詳細な変化は、本プロジェクトの事前調査報告書中に記載された「アンソング〜ガオ幹線道路沿い東北側崖」のスケッチから推定される色の変化に合致し、少なくとも上記暗灰色部以浅はContinental Terminalに対比される。礫層部は石英礫を主とするが、結晶片岩源の礫が認められる。

帯水層は42~65 m(恐らく砂とシルトの有律な互層)、117~132 m(礫および砂)およびA-1孔井と同じ理由で17~36 m(砂とシルトの有律な互層)である。しかし本孔井から約70 mの位置にある筒井戸の静水位が15.3 mであるのに対して、本孔井のそれは19.6 mであり、下位の被圧水の圧力が小さいことが知られる。

09 A-3 孔井

0~46 mは主として基盤岩の崖錐堆積物、46~90.7 mは黒雲母片岩および珪岩から成る基盤岩類である。基盤岩はインフラカンブリアンとされている。崖錐堆積物は泥質物以外は全て基盤岩源であり、基盤岩との境界の決定は困難であるが、掘さく記録と電気検層の結果を総合して46 mとした。これらのうち0~4 mはより新期の崖錐であろう。31~46 mは暗緑色黒雲母片岩(礫)からなり、18~31 mは同岩質で褐色汚染されている。18 m以浅は全て褐色または黄色の泥土を伴い、砂礫も同色に汚染されている。基盤岩類のうち87~90.7 mは白色硬質珪岩、46~87 mは均一な暗緑色黒雲母片岩から成る。暗緑色黒雲母片岩には部分的に黄鉄鉱の鉱染が認められ、掘さく時に硬度および脆性の変化が頻繁に感じられたことが報告されている。

帯水部は26.5~46 mであるが、湧水量はわずかで、水質は劣る。

09 D-1 孔井

0~2 mは第四紀層、2~120 mは第三紀層である。第四紀層は、スライムでは粘土(lapilli)大の粘土質礫とラテライト礫で構成されている。第三紀層は下位から砂質粘土(36 m)、粘土質砂およびオーライト(4 m)、粘土(14 m)、砂岩質粘土(6 m)、粘土(14 m)、—— 以上は緑色味を帯びた黒色~灰色を呈する——黒色オーライトを伴う粘

土(6m), 白色砂岩と黒色オーライト(恐らくそれらの互層, 6m), オーライトを多量に伴う粘土質砂(12m), オーライトを伴う粘土(14m), 層理の発達した粘土(6m)—— 以上は黄色～白色を呈する —— から成る。

帯水層は, 第三紀層の緑色味を帯びた黒色～灰色を呈する粘土質砂およびオーライト(深度80～84m)と砂質粘土(深度93～97m)の2層である。検層で深度22～34m付近に異常が見られるが帯水していない。静水位は57.5m, 地下水は被圧地下水である。既存の文献ではジュボックの^{※1} 第三紀層と上部白亜系の境界は深度80m付近とされ, 帯水層は深度80m付近直下の上部白亜系の石灰岩とされていることが多いが, “オペラシオン ビー^{※2}”(1975)は深度約80mの筒井戸を掘さくして, 10～80m間をC.T(第三紀層)とし, 帯水層は70～80mとしている。本報告書は下記の理由で, オペラシオン ビーに類似した判断を下した。

- 1) D-1孔井の深度80m付近の上下に, 時代区分するほどの地質的な差が認められない。
- 2) 上部白亜系のCr.Tの岩相に核当するものはCr.Tの記載事項の内, e)の泥質岩・g)の黒色泥質岩であるが, これらは他の地層中にも認められ, 時代決定の決め手としては弱い。
- 3) これに対して, 第三系の記載事項の中で「b 上部暁新統～エブル階」のe)およびf)に記載したオーライトが, D-1孔井で多量に認められた。これらはマリーニジュール盆地に関する記載のため, そのまま対比することはできないが, ガオ地溝の北側(外側)にもこれらに対比される地層が分布することから, ジュボック(地溝の内側)にこの時代の地層が存在することは, 有り得ることである。
- 4) C.Tの記載事項のaおよびeにもオーライトの存在を述べたが, そこではC.Tの岩質を比較的砂質であるとした。

以上の結果, D-1孔井の深度2～120mの地層は, オーライトを含み, 粘土質であることから, 本報告書の第三系に対比される可能性が強い。しかしスライム観察のために, 詳細な地層区分は困難であるから, 第三系とC.Tを区分せず, 両者を第三紀層として一括した。本報告書ではII-3節以外では全てこの呼称に従っている。

※1 Djebok

※2 Operation puits, 1980年までDirection de l'hydraulique et de l'énergieに含められていたが, 1981年から独立してこれと同格の機関となった。

3-2 調査地区の地質 (表3-2)

調査はスーダン海峡に存在するガオ地構の中で行われた。調査地区のうちガオ区は、地構を横断するティルムン谷がニジェール河と合流する地点に当り、地溝の南側の断層に近い、地質構造的に複雑な地区である。これまでの調査で確認された地層の大略を表3-2に示す。

表 3-2 調査地の地質概略

地 層	地 質	特 徴	層 厚 m
第四紀層	砂層	底部またはその付近に石英礫および褐色粘土を伴う	0 ~ 4 9.5
第三紀層	褐色粘土 シルト質砂 岩と砂礫	Gao に特有の粘土 一部で淡緑色の砂岩を挟有する。 白色~灰色~淡褐色 石英礫	8.5 ~ 1 3 9
インフラ カンブリア系	変成岩類	黒雲母片岩, 珪岩, 崖錐帯 を形成する。	4 4.7

基盤岩類のうちグルマ山塊から連続するインフラカンブリア系の変成岩類が、アンソソゴに露出している。深度31mまで連続する崖錐帯の下位で、44.7mが掘削された。A-3孔井では崖錐帯へのニジェール河からの水の補給は認められず、変成岩類中に裂隙水も存在しない。

C. IはAdrar des Iforhasの東側に分布するために、この調査では確認されていない。

上部白亜系の上部を占め帯水層として知られるCr.Tをはじめ、上部白亜系に属するものは、これまでの調査で確認されていない。

第三紀層は、ハマクラジ^{※1.1}で120m、ガオで8.5~131.1m、バグンジュ^{※1.2}で12.2m、アンソソゴで115~139m、ジュボックで118mが確認された。ボーリングは第三紀層の下底を貫いていないので、層厚は上記以上である。本層はアマクラジ・アンソソゴ・ジュボックの主要な帯水層である。

第四紀層は、ガオで18~49.5m、バグンジュで28m; アンソソゴで3~9m、ジュボックで2mが確認された。本層はガオとバグンジュの主要な帯水層である。

※1 .1 Amakouladji 又は Hamakouladji

.2 Bagoundje

3-3 帯水層および地下水

3-3-1 帯水層 (図3-3~6, 表3-3および4)

この調査によって確認された帯水層には、第三紀層に属するものと、第四紀層に属するものがある。

第三紀層に属する帯水層は粘土質の砂あるいは粘土質の礫で構成される他、電気検層によって砂質粘土層の一部にも微候が得られている。またアンソングでは粘土を伴わない(あるいは粘土が非常に少ない)礫層と砂層が合計33mに達している。この帯水層の地下水は被圧水である。

第三紀層には、地質的に帯水層と成り得る地層が少なくとも3層存在する(表3-3, 図3-3)が、最上位のもの(帯水層1)は地下水が存在しないか、存在しても少ないと推定される。

表3-3 第三紀層の帯水層^{※1}とその標高

帯水層	調査地区			帯水層の標高 (m) の凡その範囲	その他の類似した地区	
	ハマクラジ	アンソング	ジュボック		※4・1 アルガベージュ	※4・2 タンテネラン
(ボーリング地点の標高)	257.0 m	251.8 m	279.0 m	—	261.6 m	290.0 m
帯水層 1 ^{※1}	※※ 209	※※※ 229	※※ 251	200~250	—	※2242
帯水層 2	178	206	197	170~200	※3 194	208
帯水層 3	151	141	184	140~180	171	—

※1 正確には、「帯水層に成り得る地層」の意

※2 帯水層の底部

※3 帯水層のどの部分か不明

※2および※3以外は全て帯水層の中間点の標高

※4 .1 Argabeche 又は Ag Arbech

.2 Tin Ténérán

※※ 地下水が存在しない

※※※ 地下水が少ないと推定される

従ってこの地下水は遠方で涵養されるのではなく、局所的な地下水と考えられる。地域的な地下水開発計画では帯水層1も考慮されることは当然だが、広域的地下水開発計画では帯水層2あるいは帯水層3を対象にしなければならない。

帯水層2と帯水層3はそれぞれ深度40～90m, 90～110mにあり, 両帯水層の
限界揚水量は合計^{※1}2～12m³/hが期待され, この時の比湧水量は0.1～0.5m³/h/m,
アルガベッシュでは2m³/h/mに達する。帯水層試験の結果を表3-4, 図3-4, 図
3-5に示す。

第四紀層に属する帯水層は細粒～粗粒砂と礫で構成され, 帯水層の底部あるいはその直
上付近にレンズ状の褐色粘土を伴うことがある。この帯水層の地下水は, ニジェール河か
ら補給を受ける自由面地下水である。

砂礫層の底部は, これまでのボーリング結果ではニジェール河で低く, 内陸側で高くな
る傾向を示す。静水位はこれと逆の傾向を示すので, 飽和帯の厚さはニジェール河付近で
厚く, 内陸側で薄い。

砂礫層の底部はニジェール河付近で深度19～50m, 河から450～800m内陸側^{※2}
で19～20mである。

静水位はニジェール河付近で4～8m, 内陸側で11～14mである。

飽和層の厚さはニジェール河付近で11～45m, 標準的には約20mで, 内陸側では
4～14mにすぎない。

第四紀層の帯水層の限界揚水量は標準的には3.5～12m³/hで, G-7・G-10孔井で
は15m³/hに達する。この時の比湧水量は0.4～5.5m³/h/mである。G1・G6孔
井は他のGおよびB番号のボーリングより内陸側にあり, 地質条件・飽和帯の厚さ等の条
件が劣るためにこれらの値より低い値を示す。

G-7～G-10およびB-1孔井の井戸効率と井戸損失を図3-6に示す。

3-3-2 地下水(表3-4)

第三紀層の地下水には次のような特徴が認められる。

- (1) 水温は31～33℃で, 揚水量が極端に少いA-3孔井で37℃を示す。
- (2) pHは5.4～6.0を示し, 弱酸性である。
- (3) Feはハマクラジとアンソングではオーダーが異なり, アマクラジで2.0ppm, アンソ
ングで20～30ppmに達し, 中でもG-3孔井では40ppmに達する。
- (4) NO₂・NH₄はHa-1孔井の側定値しかないが, それぞれ0.02ppm以下, 0.5ppmで
である。

※1 村下(1962)は水の流れに関するReynoldsの限界流速の実験を帯水層の特
性を究明する目的に応用し, 流速に対して「揚水量」を, 水位差に対して「水位降
下」を与え, 限界流速に相当するものを「限界揚水量」とした。

※2 この項で「内陸側」とはこの意味

(5) 導電率はハマクラジで $1,510 \mu\text{s}/\text{cm}$, 25°C , アンソングで $230 \sim 245 \mu\text{s}/\text{cm}$, 25°C を示し, G-3 孔井で $970 \mu\text{s}/\text{cm}$, 25°C を示す。

第四紀層の地下水には次のような特徴が認められる。

- a 水温は $26 \sim 34^\circ\text{C}$ で, ニジェール河寄りで低く, 内陸側で高い傾向を示す。
- b pH は $6.2 \sim 7.5$ で, 第三紀層の地下水より中性に近い。
- c Fe は $0.5 \sim 3.3 \text{ ppm}$ であるが, G-8 孔井は 17.2 ppm を示す。
- d NO_2 は標準的に 0.02 ppm 以下であるが, G-6 孔井のみ 0.5 ppm に近い値を示す。
- e NH_4 は $0.04 \sim 1.0 \text{ ppm}$ で, 標準的には 0.5 ppm 以下である。
- f 導電率は G-6 孔井を除くと $80 \sim 600 \mu\text{s}/\text{cm}$, 25°C で, ニジェール河寄りで低く内陸側で高い。この傾向はガオの筒井弓調査でも得られた。G-6 孔井は $1,250 \mu\text{s}/\text{cm}$, 25°C に達し, 水理地質学的に他のものと異質の帯水層を貫いていると考えられる。

3-4 ボーリング孔からの最大揚水可能量(図3-4および6, 表3-4)

Gao で掘削されたボーリング孔井の中で, 有効な孔井の限界揚水量は $3.5 \sim 17.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上に達する。特に G-7 孔井と G-10 孔井はポンプ能力以上の揚水が可能だが, そのために段階揚水試験のグラフの屈曲点を求めることができず, 限界揚水量は不等式で示した。以下それらの最大揚水量を推定する。

- (1) G-10 孔井の揚水量が $17.3 \text{ m}^3/\text{h}$ の時, 比湧水量は $2.7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ で, 比較的小さな値である。揚水量を増加させると, 比湧水量は減少するから, 以後揚水の増加を繰り返えすと, 動水位は急激に低下を始めるであろう。上記の揚水量の時の水位降下はすでに飽和帯の厚さの 40% に達しているから, G-10 孔井の限界揚水量はこの揚水量に近いものと考えられる。従って G-10 孔井の限界揚水量は約 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ と推定する。この時の水位降下は 7.3 m , 動水位は 11.6 m 程度であろう。
- (2) G-7 孔井の揚水量が $15.9 \text{ m}^3/\text{h}$ の時, 比湧水量は $5.5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ で, しかも水位降下はわずかに 2.9 m で飽和層の厚さの 14% にすぎない。飽和層の厚さの $\frac{1}{3}$ までの水位降下を實際上問題無いと仮定し, 図 3-6 の $S_w = 0.13Q + 0.003Q^2$ の式を用いて揚水量を算出すると,

$$S_w = (26.0 - 4.9) \times \frac{1}{3} = 7.0 (\text{m})$$

$$0.003Q^2 + 0.13Q - 7.0 = 0$$

$$Q = 31.3 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

が得られる。比湧水量と上記の S_w から単純計算で揚水量を求めると $38.5 \text{ m}^3/\text{h}$ が得られるので, G-7 孔井の揚水可能な水量は $30 \sim 40 \text{ m}^3/\text{h}$ と考えられる。

Ⅲ-4 機械・車輛の整備

4-1 主な故障事例および整備内容

調査期間中の累計で、ニッサン車6台が平均走行は約28,000km、多いものは39,000km、少いもので22,000kmとなったが、エンジンよりはシャツシステムの故障が目立った。日野車ではクラッチ アジャストが多くなり、また、両車共通して、振動による各部の亀裂発生を起こしている。その他の機械では、ゼネレータのオルタネーターの故障、水中ポンプの早期損耗が目される。最終年度中の整備内容を次頁以下に示した。

4-1-1 機械・車輛整備作業内容（別紙一覧表参照）

- (1) 車 輛
- (2) ゼネレーター
- (3) コンプレッサー

4-1-2 機械・車輛別燃料消費量（別紙一覧表参照）

4-1-3 整備班の人員編成

カウンターパート	技 師	1名
“ ”	技 手	1名
作 業 員	工 員	7名
運 転 手	工 員	7名

施 設：	コンクリートフロア	ピット付	9.0 (m)×8.2 (m)
	中型テント		5.5 (m)×5.0 (m)×3 (m)
	中古コンテナ		3棟
	プレハブハウス		1棟

4-1-1 機械車輛整備作業内容

(1) VEHICLE

Items	Description	Inspection	Clean-up	Adjustment	Exchange	Addition	Remark
<p>HINO HH440 Trucktor-truck Chassis No. Hh440-10219 Engine No. Ef100-043422 Milagei -5,910 km</p>	<p>1. Engine part (1) Fan belt (2) Air cleaner element (3) Clutch (4) Speed meter cable (5) Tachometer cable 2. Chassis (1) Grease (2) Direction lamp (rear left) (3) Cable for trailer (4) Side gard (5) Fender (right side)</p>		○	○	○	○	
<p>FLAT BEDTYPE Trailer Chassis No. Hwf 605E-0601</p>	<p>1. Body (1) Cable</p>	○				○	Connect
<p>HINo.WA-211 Cargo truck Chassis No. WA 211-60256 Engine No. Ds70-100582 12,704 km</p>	<p>1. Engine part (1) Air cleaner (2) Clutch (3) Fan-belt (4) Battery 2. Cnassis (1) Step (2) Brake (3) Grease up (4) Side mirror 3. Hiab 651 crane (1) Crane hydraulic</p>		○	○	○	○	Welding Tight

<p>HINO. WA-211 Crane-truck Chassis No. WA211-60257 Engine No. DS70-100584 6,329 km</p>	<p>(2) Oil hydraulic</p> <p>1. Engine part (1) Air cleaner (2) Clutch (3) Fan belt</p> <p>2. Chassis (1) Grease-up (2) Brake</p> <p>3. Hiab 1165 crane (1) Inner cylinder packing set (2) Crane body belt & nut (3) Hydraulic high pressure hose</p>					○	
<p>HINO. WA-211 Tank-truck Chassis No. WA211-60252 Engine No. DS70-100529 11,257 km</p>	<p>1. Engine part (1) Air cleaner (2) Clutch (3) Steering control (4) Fan belt</p> <p>2. Chassis (1) Grease-up (2) Brake system</p>						
<p>NISSAN PATROL Pick-up No.2 24,859 km</p>	<p>1. Engine part (1) Fan belt (2) Fuel strainer (3) Spark plug (4) Tappet (5) Carburetor (6) Oil filter (7) Fuel pump (8) Contact set (9) Condenser (10) High tension cable (11) Ignition coil</p>						Tight

NISSAN PATROL Pick-up No.1 22,951 km	2. Shassis					
	(1) Front brake	○		○		
	Wheel cylinder				○	
	Brake shoe		○		○	
	(2) Rear brake	○		○		
	Oil cylinder				○	
	(3) Hand brake assy.				○	
	3. Steering parts					
	Tie rod				○	
	4. Mirror inside				○	
	1. Engine part					
	(1) Oil filter				○	
	(2) Insulator (carburetor)				○	
(3) Distributor			○			
(4) Carburetor			○			
(5) Spark plug		○	○			
(6) Contact set. (dis-bu)			○			
(7) Valve clearance			○			
2. Chassis						
(1) Front wheel brake	○		○			
(2) Rear wheel brake	○		○			
(3) Rear r-side, l-side tire				○		
NISSAN PATROL Pick-up No.3 23,935 km	1. Engine part					
	(1) Oil filter				○	
	(2) Fuel strainer				○	
	(3) Insulator (carburetor)				○	
	(4) Fan-belt				○	
	(5) Bulbe (tail & stop)				○	
	(6) Compression	○				Ok
	2. Chassis					
	(1) Tie rod				○	
	(2) Hand brake assy.				○	
(3) Steering damper				○		
(4) Bumper					Repair	

NISSAN-PATROL Hard-top No. 4 34,714 km	3. Following part for repair					
	1. Engine part					
	(1) Insulator (carouretor)	○	○		○	
	(2) Fuel system	○	○			
	(3) Fuel strainer				○	
	(4) Oil filter				○	
	(5) Compression	○				
	(6) Distributor		○			
	2. Chassis					
	(1) Hand brake assy.				○	
	(2) Clutch	○		○		
	(3) Clutch master cylinder Rod. repair-kit.				○	
	3. Following part for repair					
(1) Shock absorber				○		
(2) Spring bushing				○		
NISSAN PATROL Hard-top No. 5 22,544 km	1. Engine side					
	(1) Starter motor	○				
	(2) Pinion				○	
	(3) Carburetor			○		
	(4) Distributor			○		
	(5) Contact set				○	
	(6) Condenser				○	
	(7) Magnetic switch				○	
	(8) Fuel strainer				○	
	(9) Valve clearance			○		
	2. Chassis					
	(1) Window glass				○	
	(2) Hand brake shoe assy.				○	
	(3) Shock absorber				○	
	(4) Steering damper				○	
(5) Front r-hub	○		○			
(6) Ball-joint			○			
3. Following part for repair						
○ Rightside front spring leaf assy.				○		

<p>NISSAN PATROL Haro-top No. 6 39,124 km</p>	<p>1. Engine part (1) Insulator(carburetor) (2) Spark plug (3) Oil filter (4) Fuel strainer (5) Fuel system (6) Ignition timing 2. Chassis (1) Tie rod assy (2) Window glass(front) (3) Inside mirror (4) Steering control (5) Front brake & rear brake (6) Hand brake shoe assy 3. Following part for repair o Pitman arm o Spring bushing</p>						
---	---	--	--	--	--	--	--

(2) DEASEL AC GENERATOR

Item	Description						Remark
AS-35MDS 1,715 hr	<p>1. Engineside (1) Oil element (2) Fuel element (3) Air cleaner (4) Fan-belt (5) Battery 2. Generator side (1) Grease up (2) Battery terminal</p>						
AS-35MD 750 hr	<p>1. Engine side 2. Generator side</p>	o	o				

<p>AS-20MDS 415.5 hr</p>	<p>1. Engine side (1) Oil element (2) Fuel element (3) Air cleaner (4) Fan belt (5) Oil drain hose</p> <p>2. Generator side</p>	○					
<p>AS-20MD No.1, no 2. No.1. 1,031 hr No.2.</p>	<p>1. Engine part (1) Oil filter element (2) Fuel filter element (3) Air cleaner</p> <p>2. Generator side</p>	○			○	○	
<p>DCA-20SS Denyo 1,200 hr</p>	<p>1. Engine part (1) Oil filter (2) Fuel filter (3) Air cleaner (4) Fan belt</p> <p>2. Generator side Brush part</p>	○	○	○	○	○	
<p>DCA-15S Denyo No. 1 1,571 hr</p>	<p>1. Engine side (1) Oil filter (2) Air cleaner (3) Fuel system (4) Fan belt (5) Tachometer cable</p> <p>2. Generator side</p>	○	○	○	○	○	
<p>DCA-1.5S Denyo No.2. 863 hr</p>	<p>1. Engine side (1) Oil filter (2) Fuel filter (3) Air cleaner (4) Fan belt</p> <p>2. Generator side</p>	○	○	○	○	○	

	3. Following part for repair						Parts order " " " "
(3) AIR COMPRESSOR							
Item	Description						Remark
PDSH-500 Hokuetsu	1. Engine side (1) Engine oil (2) Air cleaner (3) Oil filter (4) Fuel strainer	○				○	
	2. Compressor side Hydraulic oil					○	
DPV-175SS Denyo	1. Engine side (1) Air cleaner (2) Fuel filter (3) Oil filter (4) Fan belt (5) Grease	○		○			
	2. Compressor side	○		○		○	
DPV-80SS Denyo	1. Engine part (1) Oil filter (2) Fuel filter (3) Air cleaner (4) Fan belt (5) Fuel system						
	2. Compressor side (1) H.d. oil (2) Grease	○	○			○	
						○	

<p>DCD-270S Deryo Enginewelder</p>	<p>1. Engine side (1) Fan belt (2) Battery (3) Electric system</p>	<p>○ ○</p>		<p>○</p>			
--	--	----------------	--	----------	--	--	--

4 - 1 - 2 機械・車輛別燃料消費量

(1) Fuel consumption of machinery & vehicles

○ NISSAN PATROL hard-top	1 ℓ = 4 km
○ NISSAN PATROL pic-up	1 ℓ = 4.3 km
○ HINO WA211	1 ℓ = 2.3 km
○ HINO HH440	1 ℓ = 1.7 km
○ AS-35MD & MDS	1 h = 17 ℓ
○ AS-20MD & MDS	1 h = 15 ℓ
○ RIG F6L413FR	1 h = 30 ℓ
○ DCA-15S (Denyo)	1 h = 4 ℓ
○ DCA-20SS (Denyo)	1 h = 7 ℓ
○ DCD-270S (Denyo)	1 h = 4 ℓ
○ DPV-80S (Denyo)	1 h = 5 ℓ
○ DPV-175SS (Denyo)	1 h = 15 ℓ
○ PDSH-500	1 h = 45 ℓ

(2) Fuel Consumption in Base Gao

Essence : 168 ℓ/D

Gas oil : 260 ℓ/D

(JAN~MAR, 1982, GAO)

帯水層試験の結果

Tableau 3-4 Résultats des essais des nappes aquifères

ボーリング No Forage n°1	深 度 Profen- deur	帯水層深度 ² Aquifères	ストレート Crépinas	静 水 位 Niveau Sta- tique	透水量係数 ³ Coefficient transmissibilité	透水係数 ⁴ Coefficient permiabilité	限界揚水量 ⁵ Débit critique	限界水位降下 ⁶ Rabatement critique	比揚水量 ⁷ Debit spécifique	水 質 ⁸ Qualité de l'eau						岩 質 Lithologie	
										Temp	pH	Fe	NO ₂	NH ₄	Condu		
																	°C
T	Ha-1	45.5-50.0 75.0-87.5 101.6-111.5	44.4-50.3 82.7-88.5 101.3-111.1	29.0	16×10 ⁻¹	5.9×10 ⁻³	>122	>24.8	0.5	33	5.6	20	<0.02	0.5	1.510	砂質粘土 (第三紀層) 粘土およびラテライト質礫 (第三紀層) やゝ粘土質の砂 (第三紀層)	
Q	G-1	11.0-19.5 (19.5-28.5) (34.5-43.5)	9.3-18.3 24.0-27.0 38.2-41.2	11.0	14×10 ⁻²	1.6×10 ⁻²	0.9	3.7	0.02	32	7.0	-	0.1	2.0	600	粗粒砂・礫 (第四紀層) (砂岩・シルト岩) (第三紀層) (砂岩・シルト岩) (第三紀層)	
Q	G-2	4.5-49.5	9.7-18.4 35.4-41.4	4.5	15×10 ⁻¹	3.3×10 ⁻³	3.9	10.5	0.4	32	7.0	-	0.02	1.0	150	粗粒砂・礫・細礫まじり粘土・礫 (第四紀層) 粗粒砂・礫・粘土・礫 (第四紀層)	
Q	G-3	8.2-19.5 (37.5-55.5) (133.5-150.6)	6.9-18.9 38.1-44.1 49.3-55.3 142.0-145.0	8.2	17×10 ⁻²	1.5×10 ⁻³	4.2	9.0	0.5	32	7.0	-	0.02	0.5	330~ 500	(砂岩・シルト岩) (第三紀層)	
Q	G-4	1.3.3~1.8	8.0-20.0	1.3.3	1.3×10 ⁻¹	2.8×10 ⁻²	3.5	2.8	1.3	34	6.6	1	-	-	130	粗粒砂および礫・細粒砂 (第四紀層)	
Q	G-5	6.7~2.4	6.5-15.5 21.0-24.0	6.2	4.0×10 ⁻¹	2.2×10 ⁻²	7.0	5.5	1.3	28	6.6	1	-	-	-	細粒および砂・細粒砂・ ラテライト質礫 (第四紀層)	
Q	G-6	4.0.6	13.5-20.0	6.7-18.3	1.3.5	3.0×10 ⁻²	4.6×10 ⁻³	(0.7)	(7.2)	(0.1)	32	7.4	0.5	<0.5	1.0	1,250	粘土質砂・粘土質粗粒砂 (第四紀層)
Q	G-7	4.5.3	4.9-26.0	8.3-14.2 17.2-26.0	4.9	5.2	2.5×10 ⁻¹	>15.9	>2.9	5.5	2.8	6.7	3.3	<0.01	0.7.8	85	中粒砂・細粒砂・礫 (第四紀層)
Q	G-8	4.4.5	4.2-36.0	14.3-32.4	4.2	10.4	3.2×10 ⁻¹	10.1	3.8	2.7	-	7.5	17.2	<0.01	0.0.4	-	中粒砂・細粒砂 (第四紀層)
Q	G-9	4.0.0	4.3-27.0	8.4-23.0	4.3	7.2	3.2×10 ⁻¹	9.4	2.1	4.5	2.6	6.4	2.7	<0.01	0.4.8	80	粗粒砂・中粒砂・礫 (第四紀層)
Q	G-10	4.0.3	4.3-20.0	9.0-20.7	4.3	5.3	3.4×10 ⁻¹	>17.3	6.3	2.7	2.9	6.2	1.0	0.0.2	-0.5	110	礫・中粒砂 (第四紀層)
Q	B-1	4.0.0	7.2-26.0	9.2-12.1 15.1-21.0	7.2	R 9.6	5.1×10 ⁻¹	1.2.2	3.9	3.1	3.4	6.8	2.0	0.0.2	0.5	120	粗粒砂・細粒砂・礫 (第四紀層)
T	A-1	8-21 27-42 90-123	12.5-15.5 26.5-41.5 89.9-115.5	1.2.1	R 3.4×10 ⁻²	5.6×10 ⁻⁴	7.2	14.3	0.5	31	5.4	2.0	-	-	230~ 250	細粒~中粒砂および砂質粘土 (第四紀層および第三紀層) 砂質粘土 (恐らく砂・シルトの互層) (第三紀層) 互層)礫および砂 (第三紀層)	
T	A-2	17-36 42-65 117-132	25.9-34.7 45.5-51.3 126.9-136.6	1.9.6	R 1.4×10 ⁻²	2.5×10 ⁻⁴	1.8	16.5	0.1	33	5.6~ 6.0	3.0	-	-	2.4.5	砂質粘土 (恐らく砂・シルトの互層) (第三紀層) 砂質粘土 (" ") (") 礫および砂 (第三紀層)	
T	A-3	26.5-46.0	22.5-35.4 40.8-44.0	2.3.2	R 9.9×10 ⁻³	5.1×10 ⁻⁴	0.6	23.1	0.0.3	3.7	6.0	4.0	-	-	9.7.0	礫および砂 (互層) (全成岩 アンフウカン ブリア系 の互層)	
T	D-1	80.0-89.0 94.0-97.0	79.4-89.7 95.1-98.6	5.7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	粘土質砂 (第三紀層) 砂質粘土 (第三紀層)	

#1 T: 主な帯水層が第三紀層のもの、 #2 ()は調査後の検討で良質の帯水層でないとしてされたもの、 #4 透水係数-透水量係数+帯水層の厚さの合計 #8 この地下の分析を行なったが、全て検出されなかった。
 Q: 主な帯水層が第四紀層のもの、 #3 R: Theisの水位上昇法による。他はJacobの水位下降法による #5-7 ()は段階揚水試験の結果

4-2 部品・工具・物品の保管

現在、部品は約1000点あり、部品庫（中古コンテナを利用）の容量は不足で、今後の車輛・機械の増加に当っては倉庫の増設と部品・工具・物品の管理方法とが重要な問題点となる。

現状では、各作業班（さく井、電気探査、整備、基地等）の工具・物品（土木作業道具等）の貸し借りの際、紛失や所在不明の事態を生じ、また、各班の所有重複などの無駄も多く見受けられる。

ものによっては個人責任制の工具貸与が効果的であるが、例へば使用頻度の少ないもの、或は工具・土木作業道具などの共通的なもの（ショベル、ツルハシ、バケツ、一輪車、ロープ等）は集中した一括保管をとることが望ましい。また、この為の専任の倉庫管理要員を配置することが必要である。

部品の在庫管理方法については下記のような点を指摘したい。

現在の倉庫は、中古コンテナ3棟とプレハブ事務所の半分を部品用に使っているが、コンテナ内部は高温になるので換気対策を施す必要がある。今年度購入したスチール製部品整理棚は大変有効で、次の機会での追加が望まれる。

部品管理の方法としては、部品の内容を記載した棚カードの作成使用とこのカードを整理保管するカードデスクの設置によって部品の出し入れを管理する事が提案される。

棚カードのサンプルを次頁に示す。

カ ー ド の 詳 細

グループ

部品番号

棚 番

共通番号

部品名

日 付	摘 要	入 庫		出 庫		残 高		
		数量	単価	金額	数量	単価	金額	数量	単価	金額

共通機種

機 種

規 格

グループ：機械のどの部品であるか，グループ名を記入。

（例）エンジン，クラッチ，ステアリング，等

部品番号：部品番号を記入。

共通番号：部品番号の変更のとき，その番号を記入。

棚 番：部品を保管してある棚番号を記入。

部 品 名：部品名を記入。

摘 要：使用機械名管理番号，購入先等を記入。

共通機種：部品転用可能な機種があれば記入する。

規 格：寸法がわかれば記入する。

機 種：機種を記入する。

4-3 設備計画

現場用発電機は燃費の少ない15 KVA 級を使用し、溶接はエンジンウエルダーによるのがよい。修理工場内の動力としては第一次を電気、第二次としてコンプレッサーによる圧気の利用を拡げることが考えられる。例へばインパクトレンチ、エアーによる部品・機器の清掃、サンダーやグラインダー、ドリル等の使用ができよう。

給水設備は現在8M³容量のパネル水槽を設置してあるが、将来は修理工場への新しい配管が必要である。

燃料の貯蔵方法は現状の地上タンクは高温乾燥地帯である当地においては不向きで、是非とも地下貯蔵にする必要がある。

燃料の車輛への給油は現在は手回しポンプを使用しているが、これも計量器付の動力ポンプに改造したい。

基地構内のフェンスは警備上からだけではなく、基地構内に対する砂風の被害を防ぐためにも建設する必要がある。当地は主に北東、東の風がほとんど常に見られ、週1日は強風があつて砂を運び、車輛・機械に悪影響を与へて居る。修理中においては特に機械内部への砂の混入の恐れがあり、問題となっているので、修理工場の建設ばかりでなく、北・東側へのフェンス設備の早期実施が望まれる。

4-4 技術移転の現状と今後の進め方

基本的にはカウンターパートの自立努力を支援することが要点であるが、特に重きを置く方針としては「安全作業」と「確実な作業」をあげ、能率や高度性は次とする。また、故障箇所の修理を通じた指導に止まらず、これを源として関連範囲についての教育を加味してゆくことが肝心と考える。

一昨年度までの車輛および機械に実施した整備内容は、アビジャン(Abidjan)より陸送中の振動による部品の脱落、断線、破損等についての修理、機械内部への補油、給油およびメンテナンスが主であった。昨年度からはさく井地点が基地から離れたことで車輛の走行距離が増大し、種々な故障が見られるようになった。

整備班の作業範囲は機械・車輛の修理とメンテナンス、燃料管理と給油、各班への配車と運転手の管理、さく井キャンピングのための諸運搬と電気配線や給排水工事、ガオ市内の宿舍の維持、基地の管理などの広汎な内容を持つて居る。これに対して設備も十分に建設されては居らず、人員的にも不足して居り、次年度の無償による機械・車輛の増加とさく井地点の内陸への移行にともなう整備内容の増大を考えると幾つかの対策が必要と考える。

第一には修理工場の建設とカウンターパートの1~2名の増員、整備班内の職務分担編

成等の問題である。

人員については、修理、メンテナンス、設備管理、配車とキャンピング輸送等について夫々分担できるだけの編成とする要があり、カウンターパート技手を2名、作業員および運転手につき適当数の増員を考慮すべきである。一方現状の指導方法としては、多くをオンザジョブトレーニングに頼っているが、概して、これでは多くの時間を要し、修得体験が部分的になり勝ちで、対象システムの理解がむずかしい。従って現在のカウンターパートの共通的欠陥でもある、⁸ 勘にたよった作業⁹ になってしまふことが多い。

この対策の一法として、カウンターパートの日本での研修が有効と考える。

また、現地雇傭の整備班作業員の育成については、各人の性格に応じて指導するため、作業区分を与えて実施しているが、マリ人共通の素直さ、温かな真面目さによって技能の習得もよく行われ、今後の継続的な体験の積上げにより、成長する見込みは十分うがえる。

4-5. 機械・車輛および工具・物品在庫表

4-5-1 The List of Vehiclds & Equipment

4-5-2 An Inventry of Tools & Apparatus

次頁以下のとおりである。

4 - 5 - 1 , The List of Vehicles & Equipment

1. HINO HH-440 truck
engine no. ef100-043422
chassis no. hh440-10219
2. WA-211 cargo truck
engine no. ds70-100582
chassis no. wa211-60256
3. WA-211 furl tank truck
engine no. ds70-100529
chassis no. wa211-60252
4. WA-211 crane truck
engine no. ds70-100584
chassis no. wa211-60257
5. FLAT BED TIPE TRALER
chassis no. hwf605E-0001

NISSAN PATROL hardtop delux (Model 173KLC60V)

1. engine no.196783
chassis no.077014
2. engine no.196704
chassis no.077015
3. engine no.196787
chassis no.077016

NISSAN PATROL plck-up. (Model 74ZKLC 60h)

1. engine no.196076
chassis no.077267
2. engine no.196073
chassis no.077268
3. engine no.196358
chassis no.077269

NISSAN PATROL pick-up (Model 74ZKLC 60h)

1. engine no.196076
chassis no.077267
2. engine no.196073
chassis no.077268
3. engine no.196358
chassis no.077269

Remarks : Mark A - New
B - Good
C - Old

Deasel Ac Generator

	Qty	Marks
AS-35 MDS (Osaka seimitsu Co.)	1.	B
AS-35 MD (Osaka seimitsu Co.)	1.	B
AS-20 MDS (Osaka seimitsu Co.)	1.	B
AS-20 MD (Osaka seimitsu Co.)	2.	B
DCA-20 ss (Denyo Co.)	1.	B
DCA-15 s (Denyo Co.)	2.	B

Essence Ac Generator

E-300 (Honde Co.)	3.	B
-------------------	----	---

Air Compressor

PDSH-500 (Hokuetsu kogyo Co.)	1.	B
DPV-175SS (Denyo Co.)	1.	A
DPV-80SS (Denyo Co.)	1.	B
GP-4S4 (Toshiba Co.)	2.	A,B

Water Pump

G-500P (Mitsubishi Co.)	2.	A,B
NPW-25 (Toshiba Co.)	2.	B
U-48KT (Sakuragawa Co.)	1.	B

Welder

Electric ac Welder 18KW 200V	1.	B
105KW 220V	1.	A
Engine Dewelder DCD-270S (Denyo Co.)	1.	A
Yamaha Autolube 50 cc	2.	C
Concrete Mixer KPM-6	1.	B
Car Washer CW1BS (Banzai Co.)	1.	A
Parts Washer WS-85E (Banzai Co.)	1.	A

An Inventory of Tools & Apparatus

◦ Electric Drill	1 3 mm 450W	2.	B
	6.5 mm 130W	2.	B
◦ Disk Sander	180 mm 1.3 kW	1.	B
◦ Battery Charger	12V/24V 50A	2.	B
◦ Bolt & Ampere Meter	V-8	1.	B
◦ Battery Charger	6V/12V 5A	1.	B
◦ Timing Light	KTL-12	1.	B
◦ Electric Soldering Iron	200V	2.	B
◦ Megohms	500V-100MΩ	1.	B
◦ Welder	BS-250P 18KVA	1.	B
	BCP-250	1.	A
◦ Air Compressor	GP6-454 400W-100V	1.	B
	GP6-4T6 400W-200V	1.	B
◦ Transformer	10KVA 200/220V	2.	B
	15KVA 220/380V	2.	B
◦ Water Pump	G500P-11	2.	A,B
◦ Refrigerator Repair Set		1.	B
◦ Clip on am Meter	BT-1100-5K	1.	B
◦ Deasel Engine Timing Tacho Tester			
	TT-55	1.	A
◦ Disk Grinder	PDA-100B 100 mm	1.	B
◦ Battery Tester	EM-77	2.	A,B
◦ Oil Measure	1 L	2.	A
	2 L	8.	A
◦ Rotary Pump	ESB-25	1.	A
	STB-50	0.	
◦ Drum Stand		3.	A
◦ Steel Tool Box	J-63	4.	A
◦ Plastic Hammer	450 g	1.	C
◦ Rubber Hammer		2.	A
◦ Battery Feeler		1.	C
◦ Booster Cable	BC-243	2.	B

◦ Tire Lever	5 1 0 _{mm} T-2 0 D	1.	B
	4 5 0 _{mm} T-1 9 D	3.	B
◦ Hammer	4. 5 kg	1.	B
	0. 9 kg	0.	
◦ Flat Chisel	9 × 14 0 _{mm}		
	1 9 × 1 9 0 _{mm}		
	2 5 0 _{mm} , smooth		
◦ Hack Saw Blade		Doz 3.	A
◦ Hacksaw		2.	B
◦ Compression Gauge	DG-7 S	2.	A
◦ Nozzle Tester	DT-6 0	2.	A
◦ Valve Lifter & Compression	VL-5 0 0	1.	A
◦ Piston Ring Compressor	RC-3 0	1.	A
◦ Compression Gauge	G-2 4 B	1.	A
◦ Multi Tester	SP-1 0 D	1.	B
◦ Circuit Tester	TH-1 2 S	1.	A
◦ Adjustable Reamer Set	no. 4 4	1.	A
◦ Plug Wrench Set	no. 9 0	1.	A
◦ Oil Filter Wrench	KW-2 0 0	1.	B
◦ Pressure Gauge		1.	A
◦ Dial Gauge	1 0 7 _{mm}	1.	A
◦ Tire Gauge		5.	(3 A, 2 B)
◦ Outside Caliper		1.	B
◦ Inside Caliper		1.	B
◦ Screw Pitch Gauge	NO-1 5 6	1.	B
◦ Steec Rule	6 0 0 _{mm}	1.	B
◦ Steel Rule	1,0 0 0 _{mm}	1.	B
◦ Magnetic Base	BA-1	1.	A
◦ Hand Tap & Dies Set	1/4~1 inch, DK-7	1.	B
	6-1 8 _{mm} no. 4 5	1.	B
◦ Torque Wrench	4 0 0-2,2 0 0 kgF/cm ²	1.	A
	6 0 0-3,2 0 0 kgF/cm ²	1.	A
◦ Outside Micrometer	7 5-1 0 0 _{mm}	1.	A

◦ Vernir Caliper	360mm	2.	A
	200mm	3.	B
◦ Cylinder Gauge	50-150mm	1.	A
◦ Bench Vise	75mm	1.	B
	150mm	2.	B
◦ Bolt Cliper	600mm	1.	B
◦ Tarminal Prier		2.	A
◦ Cable Cutter		1.	A
◦ Snapring Plier	№2 105mm	1.	B
	№3 160mm	1.	B
	№5 200mm	4.	B
◦ Side Cutting Plier	190mm	13.	A
◦ Combination Plier	200mm	3.	A
◦ Gear Puller	G-3 75mm	2.	B
	G-4 100mm	2.	B
	G-6 150mm	2.	B
	G-8 200mm	2.	B
	G-12	1.	B
	G-15	1.	B
	G-18	1.	B
◦ Shino		5.	B
◦ Snatch Block	150mm	2.	B
	200mm	2.	B
◦ Garage Jack	10Ton	2.	A., B
◦ Socket Wrench Set	№260M	1.	C
◦ Double Offset Wrench Set	mm	0.	
	Inch	1.	C
	I.S.O	1.	C
◦ Open Spanner Set	6 Pcs mm	1.	C
	6 Pcs Inch	1.	C
	6 Pcs I.S.O	1.	C
◦ Adjustable Spanner	150mm	0.	O
	200mm	2.	

◦ Adjustable Spanner	375 _{mm}	2.	B
◦ Working Bench	KF-40		
◦ Tool Cabinet	6-601	5.	B
◦ Engine Cleaner	HG-88	1.	B
◦ Ratchet Wrench	RM26-32	4.	B
◦ Tacher Fastener		4.	A2, B2
◦ Bolt Clipper	350 _{mm}		
◦	200 _{mm}	3.	A
◦ Stop Ring Plier	S-2	1.	A
	S-3	2.	A
	S-5	2.	A
◦ Hex Wrenchset	1.5-6 _{mm}	1.	A
◦ Thickness Gauge	1670M	1.	B
◦ Pench	200M	2.	A
◦ Driver +			
-			
◦ Copper Hammer		4.	A
◦ Pipe Wrench	450 _{mm}	1.	A
	600 _{mm}	1.	B
◦ Hand Air Pump Esb-25		2.	A, B
◦ Hand Seald		2.	A, B
◦ Soldering Past		5.	A
◦ Refrigerator Gas	100g	7.	A
◦	50g	10.	A
◦ Valve Grinding Compound		5.	A
◦ Brush For Parts Wash		6.	A
◦ Brush		4.	A
◦ Brush Wire		4.	A
◦ Tape		10.	A
◦ Sand Paper	AA-80	10.	A
	AA-120	5.	A
	AA-180	15.	A
◦ Rubber Sement		4.	A

◦ Three Bond		5.	A
◦ Radiator Flush		10.	A
◦ Herme Seal		3.	A
◦ Peneton -A	4 2 0 ml	2.	A
◦ Gasket Seal		10.	A
◦ White Layoutpaint		1.	A
◦ Grinding Stone	1 0 0 mm	20.	A
	1 8 0 mm	2.	A
◦ Drill Bit	1 mm	0.	
	2 mm	1.	B
	2.5 mm	0.	
	3 mm	0.	
	4 mm	0.	
	5 mm	0.	
	5.5 mm	1.	B
	6 mm	3.	B
	7 mm	0.	
	1 0 mm	1.	C
	1 0.5 mm	1.	C
	1 1 mm	1.	C
	1 1.5 mm	1.	C
	1 2 mm	1.	B
	1 2.5 mm	1.	B
◦ Rabber Patch	3 cm ²	Doz 1.	A

III-5 第7経済区の地下水水理地質と水収支系

5-1 ガオ, アンソンゴ市の地下水

5-1-1 ガオ市地下水の賦存状態 (図5-1~3, 表5-1)

ガオの地形がほぼ平坦なために, ガオの地下水面の等高線図と等深度線図はほぼ同じパターンを呈する(図5-1・5-2)。この曲線はニジェール河の河岸にほぼ平行なパターンを呈し, 河側で高位を, 内陸側で低位を示す。河から500m以内の地区の動水勾配は約0.01, 500~2000mの地区のそれは約0.001である。

地下水面は季節的な影響を受ける。図5-3はこの様子を表わしている。同図のA・B・Cは観測された筒井戸で, 底部の数字はそれぞれの深度である。これらはニジェール河にほぼ直角な方向に配列しており, 河からの距離は表5-1の通りである。図のx印は静水位を表わす。測定は現地住民を指導し, 毎日行ったが, 図には5日毎の測定値を示した。

表5-1 ニジェール河の水位およびガオ市の筒井戸の静水位の状況

測定箇所	井戸の深度 m	ニジェール河 からの距離m	※静水位		年間変動量 m	位置
			最高m	最低m		
ニジェール河	-	-	3.86	0	3.8	-
A	5.93	170	4.2	5.7	1.5	G-2孔井の北約100m
B	7.63	240	6.2	7.3	1.1	AとBの中間
C	13.35	420	8.9	9.4	0.5	Gao水利局

※ニジェール河のみ水深を示す。

図5-3と図II-4のニジェール河の水位から次のような事が読み取れる。

- 静水位はニジェール河寄り小さく, 内陸側で大きい。
- 河の水位の変化と地下水面とは正の相関性があり。河に近いほど河の水位の影響を早く受ける。
- 地下水面の変動量は河寄り大きく, 内陸側で小さい。
- 地下水面は降雨の影響を受け, その影響は内陸側の方が長期間にわたって認められる。

aは図5-3から明らかである。

bは図5-3と図II-4から, 河の水位変動と地下水面の変動の時期には最高位の場合に0.5~3ヶ月(河寄り~内陸側)のタイムラグが, 最低位の場合に1~4ヶ月(同)のタイムラグが読み取れる。

c は 1.5 ~ 0.5 m (河寄り~内陸側)である。

d は B と C の筒井戸の低位の時期に、小さなピークが現われていることから知ることができる。この影響による地下水位の上昇量は 12 cm 以上である。雨期の開始から約 1.5 ヶ月遅れて上昇が始まり、降雨の影響は 3 ~ 4 ヶ月間認められる。筒井戸 A はニジュール河の水位の影響を早い時期に、強く受けるために降雨の影響が現われない。

以上の結果、ガオの地下水は河岸貯留の機構を有すると考えられる(貯留量は後述)。また降雨の影響を除くと、筒井戸 B の静水位は孔底に達する可能性があり、降雨量の少ない年には井戸枯れすることが考えられる。筒井戸の掘さく時にはこの点を考慮して、筒井戸の深度を決定する必要がある。

ガオには河岸貯留の機構を有する地下水の他に、G-6 孔井以北に、他の貯留機構による地下水が存在すると思われる。この地区は地下水面が周囲より極端に低く(図 5-1・図 5-2)、そこに存在する筒井戸は次の様な特徴を有している。

- a 筒井戸掘削時には地下水が存在したが
- b 次第に地下水が枯渇した。
- c 地下水は塩からい。
- d 地下水の導電率が異常に高い(1,250~9,500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 25°C)
- e G-6 孔井の第四紀層の部分が粘土質の砂層である。

この地区は南北 0.8 ~ 1.0 km, 東西 2.0 km 以上にわたり、そこに存在する筒井戸は大部分使用されていないが、この地区以外では現在でも筒井戸は日常生活に欠かせないものである。それでも住民が井戸の改修を行わないのは、この地区が水理地質上、特殊な地区であるためであろう。これについて、上記の諸現象から次のように考える。

この地区はニジュール河からの補給がほとんど行われず、地下水は化石水に近い性質の水であろう。新たに空洞(筒井戸)が生じて、周囲の圧力のバランスが崩れると、地層中の間隙水が湧出されるが、地層の自重による圧縮力と間隙水の表面張力が平衡状態になるまで水位が降下すると、地下水の湧出が止まると考えられる。

5-1-2 貯留量(図 5-4)

前項でガオの地下水は河岸貯留の機構を有することを述べたので、本項で河岸留量を試算する。

$$V_s = A \times h \times P_e$$

V_s : 河岸貯留量

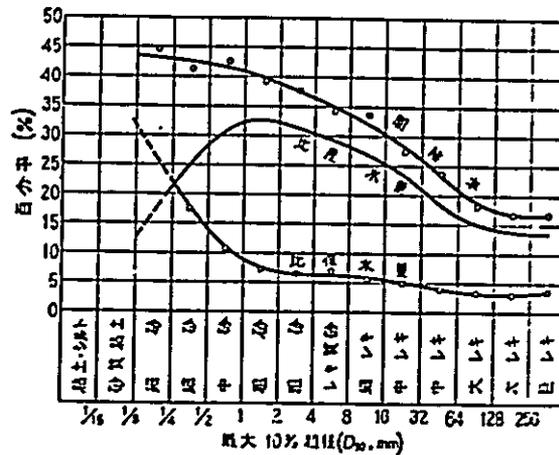
A : 河岸貯留の影響が観測できる地帯の面積

h : 地下水位の平均変動量

Pe : 帯水層の平均有効間隙率

Aは東西2 km (ニジェール河～最も内陸側の筒井戸), 南北10 km (ガオ～バグンジュ)とする。hは図5-3から求められる。Peは筒井戸掘削の状況とボーリングのスライムの状況から、粒径加積曲線のD₉₀に対応する粒径を肉眼観察で1~2 mmと判断し、図5-4から推定する。

図5-4 堆積岩の比産水量(有効間隙率)
(Eckisによる)



$$A = (2 \times 10^3) \times (10 \times 10^3) \quad m^2$$

$$h = \frac{1.5 + 1.1 + 0.5}{3} \quad m$$

$$Pe = 30 \sim 35 \sim 30 \quad \%$$

以上の結果、V_sは次のように求められる。

$$V_s = 6.2 \times 10^6 \quad m^3$$

5-1-3 降雨による地下水の補給

ガオの降雨による地下水の補給の程度を、下記の条件によって次のように試算する。

- a 降雨により補給される割合 P
- b 年間降雨量 303.1mm
- c 降雨の影響と思われる地下水位の上昇 ... 12cm=120mm
- d 帯水層の有効間隙率 30%

$$P = (120 \times 0.3 \div 303.1) \times 100 = 1.19 (\%)$$

この種の計算は、地下水の流れの方向を考慮して、或る範囲の補給量と降雨量を比較しなければならないが、本項では一つの目安すとして便宜的に試算した。これによって前項で述べた地区の降雨による年間補給量を求めると次のようになる。

$$\begin{aligned} A &= (2 \times 10^3) \times (10 \times 10^3) \times (303.1 \times 10^{-3}) \times 0.119 \\ &= 7.2 \times 10^5 \quad (\text{m}^3) \end{aligned}$$

5-1-4 アンソングの地下水(図5-5・6)

アンソングの町の中に走向NW-S Eの断層が存在し、断層の北側に堆積岩類が、南側に基盤岩類が存在する。堆積岩類は砂、礫から成る第四紀層および砂、シルト、礫等から成る第三紀層(Continental Terminal)で構成され、基盤岩類は一部で片麻状構造を呈する黒雲母片岩、珪岩から成る。

アンソング地区では調査深度内に3つの帯水層が確認された。

第1の帯水層は深度8~36 mに存在し、住民の使用する地下水はこの帯水層から得られている。本帯水層の地下水は第四紀の砂、礫層中に存在する自由面地下水を主とし、内陸部で第三紀層中に補給されて被圧水となるが、圧力は小さい。地下水の補給はニジュール河から行われていると思われる。第四紀の砂層の分布は局所的な地質構造に支配され、サークルコマンダン庁舎および北方約1 kmにある学校を両端とする地帯のNNW-SSE延長部で厚く堆積しているようである。地下水の静水位はニジュール河の河畔で4.3 m、河から約400 m内陸で約10 m、この間の動水勾配は0.02である(筒井戸調査による)。水質は第四紀層中と第三紀層中で大きな変化はなく、pH 6.4、溶存鉄1 ppm、導電率250 $\mu\text{s}/\text{cm} \cdot 25^\circ\text{C}$ である(1981年1月)。

第2の帯水層は砂およびシルト岩の有律な互層からなる第三紀層で、上記帯水層とは含有機物層によって隔てられ、深度27~65 mに存在する。ボーリング掘さくやスライムスケッチからは確認されず、孔内検層によって推定された。単独の採水は行われなかったが、溶存鉄の濃度は高いものと思われる。広域的にはアンソングの東方約2.5 kmのマジボの筒井戸の深度に類似する。

第3の帯水層は本調査によって新しく発見されたもので、礫および砂より成り、深度90~132 mに存在する。孔井掘さく時の逸水の状況から多量の湧出量が期待されたが、断層に近いA-2孔井はA-1孔井に比較して少い。本帯水層中の地下水はpH 5.4~6.0、溶存鉄濃度20~30 ppm、導電率約250 $\mu\text{s}/\text{cm} \cdot 25^\circ\text{C}$ である。

以上の他、基盤岩の分布地区には厚さ約50 mの崖錐が存在し、ニジュール河の河畔ま

で連続しているが透水性が悪く、わずかしき帯水していない。賦存する地下水は pH 6.0 溶存鉄 40 ppm, 導電率 970 ppm であるが、硫酸根を少量含んでいる。

第 1 の帯水層のうち、第四紀の砂層は河岸貯留の機構を伴うものと思われるが、地下水位変動量の記録が無く、河岸貯留量を計算することはできない。同層の地下水の流速を Darcy の公式 $V = Ki$ (K : 透水係数, i : 導水勾配) により計算すると $V = 4.8 \times 10^{-4}$ m/h が得られる (k は帯水層が砂礫層から成る G-4, G-5 孔井の平均値 2.4×10^{-4} m, i は前記の 0.02 を使用) が、アンソングの砂礫層はガオに比較してやゝ泥質物に富むために、実際にはより遅いものと思われる。

5-2 第7経済区全般の地下水概要

5-2-1 帯水層

第7経済区の帯水層はC.I・Cr.T・第三紀層および第四紀層である。

C.Iの帯水層はイルアセル泥岩層群の下段およびテガマ層群に存在する。帯水層はPNCのウラン探鉱によって確認され、ボーリング用水として $9\text{ m}^3/\text{h}$ 以上の揚水が行われた孔井がある。K.F.Saad(1969)はC.Iの全層厚に対する透水層の割合を26~72%とし、C.Iの帯水層存在する地域を5つの水文区に区分している。

Cr.Tの帯水層は第7経済区の遊牧地域の重要な帯水層である。Saadは上部白亜系全体の^{※1}厚さを20~350mとし、これに対する透水層の割合を10~81%として、Cr.Tの帯水層が存在する地域を6つの水文区に区分している。

第三紀層の帯水層は従来C.Tと呼ばれているものに限る。ジュボックの帯水層は一部の文献でCr.Tとされていたが、III-3-3項で述べた理由で、本報告書では第三紀層とした。これに限る帯水層は少なくとも2層存在し、水の補給が行われれば帯水層と成り得るものを含めると3層存在する。本層中の地下水と第四紀層の地下水の差異は、第三紀層の地下水のpHが5.4~6.0を呈してやや酸性寄りであること、電導率が $230\sim 1,510\ \mu\text{s}/\text{cm}$ 、25℃で高い値を示すことである。また第三紀層から揚水された水に気泡が認められることがある。Saadは第三紀層の帯水層が存在する地域を4つの水文区に区分しているが、そのうちニジェール河に沿った水文区の帯水層には、本報告書の第四紀層が含まれていると考えられる。

第四紀層はガオに特に厚く推積されていて、優れた帯水層である。このような帯水層はニジェール河沿岸の全域には分布せず、内陸からニジェール河まで連続する潤れ川が、ニジェール河と合流する地点に形成されている。このような地区は地下水の補給も受けやすいであろう。

この他第四紀の帯水層として、基盤岩地帯の沖積層があげられる。キダルの帯水層はこれに属し、地下水は潤れ川の砂礫層中に賦存するもので、砂礫層の厚さは10~17m、静水位は8~16mで、飽和層の厚さは約1m程度である。

5-2-2 地下水

地下水はそれが含まれる帯水層によって自由面地下水と被圧地下水に明確に区分される。

自由面地下水は第四紀層に賦存する。ニジェール河沿岸では沿岸貯留の形帯を有して、

※1 Cr.Tは上部白亜系の上部に属する。

さらに降雨による小規模な水位上昇が3~4ヶ月間認められる。水質等についてはIII-3-3項および同項の同表等に述べた。

被圧地下水は第三紀層の他、C.I・Cr.Tに賦存するが、タアバナ※1以外に自噴するものはない。この地下水の賦存する帯水層の広域的な対比はまだ充分とは言えず、従来行われている対比は必ずしも確立されたものではない。(III-3-1項のうちD-1孔井の記載)。従って各累層の地下水について総括的に述べることは困難だが、III-3-3項で述べた事項の他、次のような特徴を有しているようである。

C.Iに賦存する被圧地下水は、この累層が露出する地域以外では一般に淡水である。蒸発残留物は北で高く、南で低い。

Cr.Tに賦存する被圧地下水の蒸発残留物は400~5000 mg/l (導電率, 600~7,500 $\mu\text{s/cm}$. 25°C) の間にあり、水質は地下水が補給される地域の地質に影響される。すなわち

- a アドラル デ イフォラスの東で補給される地下水は1500~3000 mg/l (導電率, 3000~4000 $\mu\text{s/cm}$. 25°Cに相当)
- b アドラル デ イフォラスの南で補給される地下水は1000 mg/l以下 (同1500 $\mu\text{s/cm}$. 25°C以下)
- c アドラル デ イフォラスの西で補給される地下水は2000~5000 mg/l (同3500~7500 $\mu\text{s/cm}$. 25°C)の値を示す。

第三紀層に賦存する被圧地下水の蒸発残留物の量も、補給地域の地質に左右される。すなわち

- d アドラル デ イフォラスの南東および南で補給される地下水は700 mg/l以下 (導電率, $\mu\text{s/cm}$. 25°C)を示す淡水である。
- e アドラル デ イフォラスの西で補給される地下水は、この地域の北部の数地区で5000 mg/lに達するが、南部ではdの地域と接するために希釈されて700 mg/lをわずかに越えるにすぎない。

5-2-3 地下水の補給と地下水流失 (図5-7, 表5-2)

第7経済区の層序対比はまだ確立されていないので、今後の考察の余地はあるが、K. F. Saad (1969)がこの地区の補給の機構について詳しく述べている。彼の図に修正を加え、表5-2および図5-7に示す。図中の太字の数と、表のa欄の数は対応した水文区である。地下水流失の機構は必ずしも明らかにされていないので、必要に応じて述べる。

※1 Tahabanat (メナカの北東約150km)

(1) 自由面地下水

この地下水については Saad は特に述べていない。この地下水はキダルとガオに賦存し、その他ニジェール河沿岸の各所に存在すると思われる。Saad の C.T (第三紀層) の 4 にはこの地下水が含まれている。

キダルでは基盤岩で構成される山地部 (アドラル デ イフォラス) の雨期の降水が涸れ川を潤して平地部の砂質の平野へ流れ、この過程で流水の一部が地下に補給される。樹枝状の無数の涸れ川が合流する主要な涸れ川の長さは数 100 km に及ぶために、少い降雨にもかかわらず年間を通して涸れない筒井戸がキダルに存在する。キダル地域の山地部の降水が、平地部の地下に補給される量を下記の条件で試算すると次のようになる。

- a 地下水の年間補給量…… A
- b 年間降雨量…………… 130 mm
- c 流域面積…………… 72 km²
- d 山地部…………… 90%
- e 山地部の凹地^{※1}…………… 30%
- f 平地部の地下へ補給される割合^{※2}…………… 11.9%

$$A = (72 \times 10^6) \times (130 \times 10^{-3}) \times \frac{90-30}{100} \times \frac{11.9}{110}$$
$$= 6.7 \times 10^5 \quad (\text{m}^3)$$

ガオの自由面地下水は III-5-1-1 ~ III-5-1-4 項で詳細に述べたように、豊水期にニジェール河から補給を受け、渇水期に排出する沿岸貯留の機構を有している。沿岸貯留量は $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ の範囲で $6.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ に達する。地下水の排出期はガオの雨期に当り、低下しつつある地下水面が降雨による補給によって、3~4ヶ月間上昇し、上昇の程度は最高 12 cm に達する。降雨による年間の補給は上記の範囲で $7.2 \times 10^5 (\text{m}^3)$ と試算された。

(2) 被圧地下水 (図 5-7, 表 5-2)

C.I・Cr.T・第三紀層の地下水が、これに相当する。

1) コンチネンタル インターカラリー (C.I)

C.I の被圧地下水はドララル デ イフォラスの東側の重要な地下水である。この地域では $116.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ の補給が行われ、流失の程度は $115.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ である。この地域の比湧水量は $4 \sim 6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ である。PNC によるウラン採鉱のうち、図の北方外側の

※1 雨水が貯留された後、下流への流失は行われず、貯留水は蒸発する。

※2 III-5-1-4 項 参照

アルジェリアとの国境付近で行われたボーリングでは深度178~438mで3.6~9 m³/hの揚水が可能な帯水層が確認されている。

2) クレタセ ターミナル (Cr.T)

Cr.Tの被圧地下水の水文区は2つのグループに分けられる。1つのグループは1・2・3^{※1}およびE(①グループ)、他のグループは4・5・6(②グループ)である。これは地質構造による水文区の規制である。すなわち前者はマリーニェール盆地、後者はスーダン海峡に位置する。

①グループの補給は 27.3×10^6 m³/年で、流失もこれに一致している。比湧水量は1 m³/h/m以下である。

②グループの3つの水文区の地下水はそれぞれ独立して北東から南西に移動するが、流失の機構は明らかでない。それらの内で4の水文区の規模が最も大きく、水質も優れている。このグループの補給は 38.0×10^6 m³/年、比湧水量は1~3 m³/h/mである。

3) 第三紀層 (または C.T)

第三紀層の被圧地下水の水文区は4つに別けられていて、それらのうちで2・3・4が第7経済区の主要な水文区である。4にニジェール河沿岸の自由面地下水が含まれている可能性があるが、4の補給の程度がこの地区の自由面地下水の補給としては小さすぎるので、図表の通り扱った。この地域の流失の機構は明らかではない。

補給の程度の大規模なものは3だが蒸発残留物が5000 mg/lに達する場合がある。2の補給の程度も比較的大きく、蒸発残留物は700 mg/l以下で優れている。3の水文区もこの水文区の近辺では蒸発残留物の含有量が小さい。両水文区の補給の程度は合計で 732×10^3 m³/年である。比較水量は1 m³/h/mとされている。

以上の結果、第7経済区の被圧地下水の補給は 182.4×10^6 m³/年となる。年間の第7経済区の平均降雨量を約100mm/年と仮定し、表5-3の面積を用いると、上記の補給量は年間降雨量の0.6%に当る。これにガオの自由面地下水の沿岸貯留量と降雨による補給を含めると総補給量は 190.0×10^6 m³/年に達する。

※1 太字の数字は図5-7中の太字の数字および表5-2のa欄の数字に対応する。

5-3 地下水開発上の問題点（図5-8，表5-3）

ニジェール河沿岸の自由面地下水は，河からの補給が容易に行われるから，大量の揚水が可能で，都市の上水道のための水源やプランテーション等に適している。しかし沿岸すべてに良好な帯水層となる厚い砂層が存在すると限らない。現在，厚い砂層はニジェール河とこれに斜交する規模の大きい濁れ川が合流する付近や，ニジェール河が大きく屈曲する部分の内側に当る地区に，存在すると推定している。今後このような判断のための広域的な電気探査と資料調査の積み重ねが必要である。

全体地下水の年間補給量は約190百万 m^3 /年と試算されている。これは520千 m^3 /日に相当し，ガオの北東の地域の水の必要量，43,700 m^3 /日^{※1}の10倍に当たる。

なお，ジェボックの帯水層についてⅢ-3-1項で述べたように，被圧地下水の帯水層の時代決定はまだ確立されていないので，地下水開発と併行して，将来の地下水開発計画のために，帯水層の対比の再検討を行うことが必要である。第7経済区の各累層にはⅡ-3節，Ⅲ-3-2項に述べたような岩相の変化があり，また図5-8に示すような地下資源を含んでいるから，スライムや地下水に，これらの徴候が現れることがある。この徴候は層序対比に有効である。

※1 表5-3参照

III-6 水利用の形態と既存井戸の現状調査

6-1 水場と利用状況

調査実施地域で利用されている水場はニジェール河の水、凹地に溜った沼および地下水の3種類が主要なものである。

ニジェール河の利用はその沿岸地域の集落住民が主であることは云うまでもないが、遊牧用水としても乾期には利用される。水溜りの水場は、短い雨期の間に来るが雨が上るとすぐ蒸発と浸透によって涸れてしまう。一時的な池と、年間を通じて水が切れない沼のものがある。また井戸についても水の涸れない、コンクリート壁に固められた本格的な井戸(Puits)とごく浅い索掘りの井戸(Puisard)とがあり、夫々異った地下水層を対象としてつくられている。現状ではこれらの内、一時的な沼や浅い索掘り井戸の利用が極めて大きいウエイトを占めて居り、しかもその水量や貯水期間がその年の天候によって決まるという不安定性が致命的な問題なのである。かくして内陸部における水場の最大の課題は、その水量とともに利用できる期間を如何に永くするかということになる。

水利用の目的は、市街地の生活用水、農業のための灌漑用水、牧畜のための人および動物用飲料水である。市街地の上水道はガオ市の一部に供給され配管を行っているのみで、大部分の人は井戸又はニジェール河の水に依存している。遊牧民は牧畜ならびに生活用水を、先に述べた井戸水や少い池の水に頼っている。灌漑用水についてはニジェール河の氾濫原を利用した水田、或はキダル市郊外に試みられた、涸れ川に地表堰を設けて、畑地灌漑を行っているものがある。また、ニジェール河沿いの小規模な家庭菜園がある。

内陸部での水場は、貯水施設を伴わない自然状態での利用のため、極めて不安定な状況を示す場合が多い。キダル、アネフィス(Anefis)メナカ(Menaka)等の集落や軍隊駐屯地は有力な涸れ川沿いの井戸を主な水場としているが、採取水量は限られたものである。キダル地区の井戸は堅い基盤岩上の浅い沖積層に浸透した自由面地下水を対象としているため、年間の水量の変動が大きい。また、ニジェール河水を利用する定住民にしても、ニジェール河の水量が、雨・乾期に応じて大幅に変動するので非常な不便を味っている。水源上流の雨期降水量を湛えた水面は12月～1月頃までは、沿岸道路や集落のそばまで来ているが2月以降夏に向って急速に水際は後退し、集落から数km先まで離れてしまう。そうすると、水汲みのために相当の距離を往復しなければならない。

これら定住民と遊牧民では水の利用形態と消費内容に大きな差がある。これは云うまでもなく両者の生活・行動様式の相異からくるものである。

遊牧民の場合は、自身の生活用水と共に、動物達が飲む水を確保するための水場が必要で、しかもそれは牧草地帯の中になければならない。かくして水場の設定を地表の自然のままの条件に求めるだけではすまなくなる。

草原地帯には雨期の降水によって灌木や牧草が茂り、一時的な沼や浅い地下水地帯を生じるので飼育が可能となり、また涸れ川沿いにも地下水が涵養され、草木が生育して牧畜を支える。この場合の水場には最初は、水溜りとその側に簡単な孔を掘ってつくる素掘り井戸を利用するが、水涸れに従って新しい井戸をつくりながら移動してゆく。これもやがて水が採れなくなると、他地方へ動いてゆくわけである。かくして牧草があっても水場が無いところや、水場があっても牧草のないところなどがあるのでやむなく水も牧草もある地域に対する動物の過剰集中が起こり、動物の体重の低下や、牧草地の破壊を来したりすることになる。このため、通年的に水の得られる比較的深い地下水層からの採水による本格的な恒久的な井戸が必要となる。これは筒井戸^{※6.1}(普通で60~80 m深度となるので、コンクリート壁等でしっかりと支保しなければ崩れてしまう。)とボーリングによる管井(Forage)およびそれら組み合わせのP-C(Puits-Citerne)の3種であるがこれらの建設について相当の費用と時間とが要求される。

調査実施地域におけるこの内の設備を付けた管井戸群は数十年来の外国援助によって数多く建設されて来たが、その維持・保全能力の不備から、そのほとんどが使用不能に陥って居り、現在稼動しているものは指で数えるほどにすぎない。^{※6.2}

これらの本格的な筒井戸(Puits Ordinaire)はオペレーション ピュイ(Operation Puits)という政府機関で工事が行われるが計画的な地点の配置による建設が切に望まれるわけである。

現状での使用水量は次のように云われている。

対象別使用需要水量：

都市住民	個別給水	70 ℓ/日
	公共水栓	25 ℓ/日
遊牧民	純遊牧	3 ℓ/日
	設営作業含む	10 ℓ/日
動物	ラクダ	40 ℓ~50 ℓ/日
	馬	40 ℓ/日
	牛	30 ℓ~40 ℓ/日
	駅馬	20 ℓ/日
	羊, 山羊	4 ℓ~6 ℓ/日

但し、牛は2日毎しか水を飲まないのもので移動距離は2日分となり、そのときの飲量は80

※6.1 コンクリート壁の本格的な筒井戸(Puits)

※6.2 参考文献: Expertise de 45 Forages dans la Region Nord-East de Gao, Juin 1977 (ガオ北東地域の45井戸の現状評価)

ℓ/日である。

以上の通り、現状の水場は自然・気象条件のまゝに左右される状態であり、1950年と1970年の大旱魃には水涸れと牧草の不足のため多くの動物が隣国へ逃散した。この際の井戸の水涸れは、多くは沼や浅い素掘り井戸であって、本格的な筒井戸のほとんどのものは水を供給することが出来たと云われる。

7-2 既存水場の現状と問題点

前項でのべた素掘り井戸(Puisard)は遊牧民が、適当な場所につくる一時的な水場であって、これは彼等の技能と生活の中で実施できるもので、年々の気候によってその利用の効果が決められる。その掘るべき地点は彼等の永年の「勘」に依存するものである。

今後の計画的な開発対象とすべきものは、これらではなく政府機関が実施することとなっている、本格的なコンクリート筒井戸(Puits)とボーリング井戸(管井=Forage)である。

調査実施地域の既存井戸の実情についての調査結果を以下に示す。

調査結果の総括を表6-1、第7経済区全体の本格的な水場についての資料を表6-2、表6-3に示してある。調査はガオ・アンソング、キダル各サークルにおける17地点、20の既存井戸について行われ、その仕様、管理上或は水理地質的諸事項などの資料を収集した。

(1) 既存井戸

① 所有者および管理者

調査地域に存在する井戸のほとんどがマリ国の所有で、管理者は各サークルの遊牧民委員会であった。

② 井戸の形態

井戸の形態は筒井戸・管井・P-C(Puits-Citerne)に分類され、内訳は筒井戸14眼、管井4本、P-C2本である。その中で現在揚水可能なものは筒井戸8眼、管井1本、P-C2本であった。

a 筒井戸

筒井戸の径は0.8~2.0mで、深度は各サークルによって異なり、ガオでは1.5~5.0m、アンソングでは6.5m前後であり、キダルでは7~17mであった。ほとんどの井戸がコンクリートライニングを施している筒井戸であった。

b 管井

管井はメナカ道路建設隊が掘さくして現在使用中のもの(No.10)を除いて、揚水不能の状態であった。ケーシング直径は150mmで、深度は100~150m前後で

あった。

c ビュイ シテルヌ (P-C)

ティン オウケルト, イン ファルダンがこの形式で, これは筒井戸と管井を併列して組合せたものである。筒井戸は貯水槽に相当し, 管井中の被圧水を筒井戸に水を導いて, この筒井戸から揚水するものである。筒井戸の内径は 1.8~2.5 m で深度は 50~70 m 前後であった。管井の内径は 150 mm で深度は 70~150 m 前後であった。

③ 構築年次

ガオ, アンソングのサークルの手掘り井戸, 管井, ビュイ シテルヌは 1952~1962 年間に構築されたが, その後改修された井戸もみられた。キダル・サークルでの井戸の構築年次については記録も無いようで詳しい情報は得られなかった。

④ 地下水位

ガオ・サークル内の井戸内の自然水位は 40~60 m 前後であり, アンソング・サークルでは 50 m 前後, キダル・サークルでは 16 m 以内のものが多かった。自然水位は帯水層の深さ, 水圧および地質構造によって決まる。

⑤ 水温

地下水の温度は調査時には 15.5℃~32.5℃であった。事前調査報告書 (P. 61) にも指摘されていたが, 被圧地下水は 31℃以上を示し, 自由水面を持つ地下水とはっきり区別出来た。

⑥ 水質

水質は pH, NH_4^+ , NO_2^- , 導電率について測定した。pH は 7.0~8.8, NH_4^+ は 0.01~1.0 mg/l, NO_2^- は 0.02~0.3 mg/l, 電導度は 130~2000 $\mu\text{s}/\text{cm} \cdot 25^\circ\text{C}$ であった。

以上の結果を総合すると既存井戸の水質は或程度の有機汚染を受けてはいるが, 化学的には概ね良好であるといえることができる。

⑦ 揚水設備

手掘り井戸およびビュイ シテルヌは皮袋やバケツ (20~40 l 容積), 滑車, ロープ等を用い, ロバ, 牛, またはラクダ等の家畜の力を利用して繰り返し水を汲み上げている。ところによっては, 人力による揚水もみられた。

ガオ・サークルの管井は風車式ピストンポンプ, または動物によって桿を押し, 回転させるベベルギヤ使用深井戸用ピストンポンプを使用していたが, 何れも故障していた。

⑧ 井戸周囲の植生の状況

井戸周囲の半径およそ300～500m間は、家畜が水を飲みに来る際に草を食いつぶしてしまう為か、植物の生育状況は極めて悪い。それ以外は雑草・灌木等の生育が所々にみられた。

(1) 井戸の埋まりの状況

表6-1の中のNO.7, NO.8(ガルゴウナ)のように砂が風によって井戸内に入り、沈積し、井戸完成後2～3年で使用不能となった例がある。

一般に井戸上部に蓋の無い場合は年間2.7m位の埋まりがあるものと云われる。

(2) 水溜り, 沼:

ティン クアファガット;

規模はおよそ1,000m×200m位で、池の水は例年7月頃より、3～4月頃迄は存在する。しかし、昨年は無かったという。主に家畜の飲水用であるが、人間の飲料水としても使用しているという。

水温は15.5℃, pHは8.8, NH_4^+ は2.0mg/l, NO_2^- は検出されず、導電率は180 $\mu\text{s}/\text{cm}\cdot 25^\circ\text{C}$ であった。

イン デルマン;

規模はおよそ500m×200m位で、池の水は例年6～7月頃の雨期より、10月あるいは12月頃迄まで存在する。また、条件の良い時は4月頃まで存在するという。家畜の飲水用である。

水温は21℃, PHは7.5, NH_4^+ は1.0mg/l, NO_2^- は0.05mg/l, 電導度は130 $\mu\text{s}/\text{cm}\cdot 25^\circ\text{C}$ であった。

(3) 問題点

a 水質(有機汚染の問題)

地下水の汚染は、家畜の糞尿等が地層とか井戸の周囲から井戸内へ浸透して生じるものではなく、多くは揚水方法の過程に起こるものであった。即ち家畜のふみつけた泥等がロープ、皮バケツ等に付着して井戸内に入り、汚染が生じたものである。しかし井戸水から病気が蔓延したり症病を起こした事例はなく、病気の伝染は主として牧草に付着する糞尿・汚物や小動物から行われると云われる。

b 揚水設備

多くの井戸が、埋まったり、機械の故障その他の理由で揚水不能な状態にあったことは、構築年次の古いことも考慮せねばならぬが、筒井戸では井戸さらいの保守を行わないことと、管井では機械類の保全、管理、交換部品の供給が不十分であったことが根本的原因であろう。本格調査にあたり最も優先的に対策を検討すべきと思う。

c 管井の場合の埋まり

帯水層は砂層であるが、微細な粒子から成り、また、崩れ易い砂層である為に、井戸内に砂が流入して埋積し、スクリーンを埋めている。従って、井戸の取水部分の設計とスクリーンの選定にあたっては十分に注意を払う必要がある。

表6-1 既存井戸の状況及び水利用形態の調査

井戸 番号	調査 月日3)	サークル名	部 落 名	緯 度	経 度	標高	水源の種類 4)	建築 年次	口径	使用の 有無	構 築 時			現 在			早朝時 の状況	埋まり の状況	測 定 事 項							
											深度	水位	揚水量	深度	水位	揚水量			時刻	気温	水温	PH	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	EC μs/m	
1	2月13日	G A O	Argabéche	16°36'55"N	0°07'27"E	262(m)	管 井	1956	1)6"	×	97.70(m)	4040(m)														
2	"	"	In-Aoukert	16°49'00"N	0°09'00"E	288	2) P-C	1962	6"	○	75.00	5000			5400	50ℓ/min	水有り		800	26°C	32°C	75	0.5	0.02	1180	
3	"	"	In-Fardan	16°42'00"N	0°07'40"E	270	P-C	1959	6"	○	46.94		50ℓ/min		4247	50ℓ/min	水有り	230m	1000	328°C	315°C	75	1.5	0.1	1080	
4	"	"	Hamakouladji	16°37'00"N	0°05'10"W	270	手掘り井戸	1958	18m	×					6600											
5A	2月14日	"	Djebock	16°20'00"N	0°18'00"E	280	筒 井 戸				建設中	51.00														
B	"	"	"	"	"	"	管 井			×																
C	"	"	"	"	"	"	管 井	1956	6"	×	89.16	5750	22ℓ/s													
D	"	"	"	"	"	"	筒 井 戸	1952	2m	○	74.00	5900					水有り	有り	8.15	205°C	31°C	75			1100	
6	"	"	Takalafat	16°15'00"N	0°24'00"E		筒 井 戸		2m	○					5400											0
7A	2月15日	"	Gargouna	15°56'00"N	0°09'00"E	253	筒 井 戸	1959	2m	×	14.50	1220	2ℓ/h		1960				700	18°C	27°C	70	50	0.15	500	
B	"	"	"	"	"	"	筒 井 戸	1965	12m	×					1100				800	21°C	27°C	70	1.0	なし	2000	
8	2月16日	ANSONGO	Tin-Tafagat	15°42'00"N	0°42'50"E	260	貯 水 池			○							水有り		1000	26°C	155°C	88	20	なし	180	
9	"	"	Tangaragabout	15°47'00"N	0°59'00"E	270	筒 井 戸	1952 ~ 1959	18m	○	65.60	5030			5085		水有り	有り	11.12	29°C		75	0.5	0.02	580	
10	"	"	(UNDP)well	15°51'00"N	1°21'00"E	308	管 井	1979	6"	○					7m ³ /h				1430	325°C	325°C	80	0.01	なし	1120	
11	"	"	In-De'limane	15°52'00"N	1°30'00"E	278	貯 水 池			○							水有り		15.10	31°C	21°C	75	1.0	0.05	130	
12A	2月20日	KIDAL	Irrakadene	18°10'50"N	1°40'00"E		(手掘り井戸)		15m	井断	6.00															
12B	"	"	"	"	"		(手掘り井戸)	1978	12m	井断	40.00															
13	2月21日	"	Tagararat	18°36'00"N	1°22'50"E	450	手掘り井戸		12m	○				668	575		水有り									
14	"	"	In-Tedéinit	18°36'50"N	1°22'00"E	432	筒 井 戸		175m	○				1700	1575		水有り	有り	750	176°C	275°C	70	0.5	0.3	540	
15	"	"	Essouk	18°47'50"N	1°11'50"E		手掘り井戸		12m	○				1020	980		水有り		1150		29°C	75	0.5	0.05	440	
16	2月22日	"	(PNC)well	18°28'00"N	1°23'00"E		手掘り井戸	1978	15m	○	9.40			842	765			有り	800	20°C	275°C	70	0.5	0.02	280	
17	"	"	Kidalcity	18°26'00"N	1°24'50"E		手掘り井戸		08m	○				1625	1490		水有り		1140	27°C	295°C	70	なし	0.05	130	

注：

- 1) 口径は、管井においてはケーシングの内径、手掘り井戸においてはライニングの内径、P-Cにおいては管井の内径を各々測定した。
- 2) Puits-Citerne
- 3) 昭和54年(1979年)
- 4) 手掘り井戸とは素掘り井戸のこと

井戸番号	調査月日	植生の生存状況	周囲の地形の特徴	集落戸数の分布状態	ライニング及びケーシングの材質	電気探査実施箇所	記事
1	2月13日	灌木まばら	砂漠		スケールケーシング		1956年に井戸完成し、使用開始したが1965に揚水設備故障現在に至る。
2	"	周囲数百米なし	砂丘	学校有り	"		貯水槽は径2.5M、深さ7.5M。61~72M間帯水層。
3	"		平坦地		"		貯水槽は径1.8M、深さ4.868M(1959年)・5.100M(1977年)、井戸元にスラブなし。
4	"		"	110 数戸			Continental Terminalより採水、Niger川の左岸、現在使用されていない。
5A	2月14日	周囲500米なし	"	10 数戸	コンクリートライニング	○	現在建設中
"B	"		"	"	スケールケーシング	○	ベベルギア使用深井戸ピストンポンプ、現在使用されていない。
"C	"		"	"	"	○	7.880~8.716M間スクリーン、風車によるピストンポンプ、現在使用されていない。
"D	"		"	"	コンクリートライニング	○	Continental Terminalより採水、埋まりがあったが昨年(1978年)さらいを行った。
6	"	周囲300米なし	"		"		放射状の水流溝の先に0.4M×2.0Mの貯水溝あり、家畜の飼水用。
7A	2月15日	雑草、灌木		420戸	"		1959年に井戸完成したが、2~3年後使用不能、風が吹いて砂が井戸に入った為。
"B	"	あり		"	"		1962年に井戸完成したが、2~3年後使用不能、風が吹いて砂が井戸に入った為。
8	2月16日						7月より3~4月迄は例年水はある。昨年はなかった、飲料水としても使用している。1000M×200M
9	"	植生あり	平坦地		コンクリートライニング		2時間揚水後空となる。2時間後復水して再揚水、これを繰り返す。
10	"	"			スケールケーシング		水中モータポンプを設置し、現在揚水量7m ³ /h、(最大揚水量は25m ³ /h)。
11	"	"					6~7月の雨期から10月あるいは12月迄水はある、条件の良い時は4月迄あると。500M×200M
12A	2月20日		平坦地			○	6M掘れども硬岩(Schist)にあたり中絶、MANABOUTSが命令して作らせた。
"B	"		"			○	40M掘れども水量得られず中絶、KIDAL市の名士が企画した。
13	2月21日		涸れ川				500M程の幅をもった涸れ川の中心に掘られている。
14	"	植生あり	"		コンクリートライニング	○	1976年に25m迄掘ったが、その後3年間で8M埋って現在深度17.00M。
15	"		"				300M程の幅をもった涸れ川の中心に掘られている。
16	2月22日	植生あり	"			○	遊牧民が捨てた0.5~0.6Mのものを1978年にPNCが改修、1年間に約1.0Mの埋まりあり。
17	"					○	井戸より10M位はなれて幅100M位の涸れ川あり。

表6-2 Cercle筒井戸(Puits), 池(Mare)数 (1974)

Cercles	Arrondissement	コンクリート 巻き井戸	素掘り井戸	計	年中 水有り	乾季 枯れる	池 計
Bourem	Aloustrat	5	3	8	8	0	8
	Bamba	1	7	8	6	2	4
	Central	8	0	8	7	1	6
	Témera	5	0	5	4	1	24
	Total	19	10	29	25	4	42
Gao	Commune	16	0	16	9	7	0
	Central	12	0	12	6	6	-
	Djedock	25	0	25	17	8	25
	Haoussa-	5	0	5	4	1	-
	Foulaue						
	N'tillit	3	0	3	2	1	28
Total	61	0	61	38	23	>53	
Ausongo	Central	16	0	16	11	5	14
	Ouatagouna	7	0	7	1	6	5
	Talataye	12	0	12	8	4	19
	Tessit	2	0	2	0	2	12
	Total	37	0	37	20	17	50
Menaka	Anderam- boukane	6	3	9	7	2	2
	Central	9	2	11	11	0	4
	Tidermene	1	0	1	1	0	3
	Waritefou- lout	-	-	-	-	-	-
	Total	>16	>5	>21	>19	>2	>9
Kidal	Aguel Hoc	5	3	8	8	0	-
	Borissa	2	1	3	2	1	-
	Central	-	-	-	-	-	-
	Tessalit	3	1	4	4	0	-
	Tinessako	2	2	4	3	1	-
	Tin-Kar	-	-	-	-	-	-
	Tinzawatene	2	0	2	2	0	-
Total	>14	>7	>21	>19	>2	-	
Region	Grond Total	>147	>22	>169	>121	>48	>154

表 6 - 3

年代別筒井戸建設数

(1 9 7 4)

Cercle	1960以前			1960～1969			1969以降			その他			合計
	コンクリート製	素掘り	計	コンクリート製	素掘り	計	コンクリート製	素掘り	計	コンクリート製	素掘り	計	
Bourem	6	3	9	10	0	10	0	0	0	3	7	10	29
Gao	10	0	10	8	0	8	1	0	1	42	0	42	61
Ausongo	13	0	13	23	0	23	0	0	0	1	0	1	37
Meuaka	2	2	4	15	2	17	-	-	-	-	-	-	>21
Kidal	14	7	21	3	1	4	-	-	-	-	-	12	>37
Region	45	12	57	59	3	62	>1	>0	>1	>46	>7	>65	>185
%			31			34						35	100

6-3 既存井戸の改良方法の検討

(1) 既存井戸の技術的問題

ここにいう既存井戸というのは人力によって掘り下げられた井戸を指し、ボーリングによるものは管井と称してここには含めない。

これら既存井戸は更に素掘りのものとコンクリート壁のものに分けられ、普通には前者が素掘り井戸（深さ数m～20m）、後者は筒井戸（深さ20m～90mぐらいである）と名付けられている。

素掘り井戸は特にK i d a l地区に多く、先カンブリアン系の基盤岩からなるアドラルデ イフオラス山地の涸れ川や表層を形成する沖積層につくられたものである。

一方、筒井戸は山地からN i g e r河までの間の平坦地帯（Detroit Sondanaï）にある地層水を求めてつくられたもので、深いものは白亜系と第三系の帯水層を狙い、浅いものはN i g e r河から近いところで、主に河から地下に補給された地下水を対象にしている。

井戸の数はメナカ・ブレームサークルを除いた第7経済区の井戸で改修を要請されているものは42ヶ所に達しているという。主要井戸に関する水利局ガオ支部長D i a l l o氏の説明によればこれら筒井戸の多くはマリ共和国独立前すなわち約20年以前に作られたもので、使い古されたものばかりである。支障点の内容の多くは永年の間井戸さらいや補修を行わずに放置した結果の砂埋まりで、その原因は地表よりの飛来沈積と湧水に伴うスライムの流入、時には井戸内壁の崩壊である。

この筒井戸の改良（詳しく言えば改修と改善ということとなるが）の方法としては井戸内の砂さらい、内壁の修理と補強および地上の井戸口設備の改良ということである。

しかし、部落内の井戸はともかく、大多数を占める遊牧民と動物用の井戸については、その管理と維持保守についての実効ある体制がなく、責任系統も明確ではないことも永年放置や故障発生の原因の一つと考えられる。

しかし何と云っても、改修と改善が行えない最大の原因は資金不足にあり、工事に必要な機械器具および材料は勿論、人件費も一般会計としては殆んど無いわけで、たまたま外国援助で入手した機械や器具もその修理・保全による繰り返し使用ができず、使い捨ての態である。

当面第一に構すべき措置は資金援助と機械の修理保守体制確立のための対策実施にあると考える。

一方、マリ側の井戸掘り技術は人力と簡単なウインチや道具の使用によるものとはいえ、自力で確実に井戸をつくる、それなりの能力を有し、90m程度の立派な手掘りのコンクリート壁井戸をつくっていることは評価される。徒らに機械化を急いで、結局は途中で挫折

するよりは現実的であろう。

(2) 既存井戸の改良方法

前にも述べたとおり工期の短縮なり、能率向上のための所謂機械化については相当の時間を要するもので、従来のマリ式による、できるだけ漸進的な計画を以って実績を積み上げるべきであろう。しかし部分的には改善できるところから漸次近代化を図ってゆくことが考えられる。

現在マリで行われている手掘り工法は手動ウインチまたはエンジン付きウインチと三脚柱によるバケット捲上により人間と材料を運搬し、内壁は鉄筋コンクリートまきとするもので、普通には火薬やさく岩機は使用しない。井戸さらいも同様である。

これら現状に対する工法上の改善としての機械化は、先にふれたように機械の操作・修理・保全等の技術の欠如と、全般的管理上の組織および社会的未熟性を背景に有していることから、それを直ちに実施することは不適當である。

現在の工法における彼らの装備で最も弱いところは井戸底で使用するサンドポンプにあるので、このサンドポンプの選択について改善するのが良いと思う。

手掘り井戸工事はポンプと一緒に井戸底に作業者がいるので、電気上の危険がなく、圧気の放出による新鮮な空気の補給ができることの両面から圧気ポンプが使用されるが、従来のポンプでは騒音・故障・揚水能力等種々の点で問題があった。

手掘り井戸について次にはビュイ シテルヌへの改造案である。70～90 mの深いものとなると、掘り下りはもとより井戸の改修についても日数と費用が多くかかり、結局は現状のようにその実施時期を失って欠陥井戸としてしまうわけである。

この対策として現状で最も現実的で実施し易い方法をあげればビュイ シテルヌ (P-C) に改造することである。これは先にも記したように筒井戸 (Puits) と管井 (Forage) とを結合したもので、Puitsからの揚水方法は従来と変わらない。

この型式の井戸をつくるにはボーリング機械とその技術があれば現在でも導入可能であるので、できるところからのP-C化は極めて有効な現実的対策といえよう。

地下水は深い被圧帯水層からボーリング管井中を上昇して或水位まで押し上げられるので、これをパイプで連結されたすぐ横にある筒井戸 (手掘り井戸) に導入することができる。この筒井戸の深度は40～50 mが普通で、これからの揚水は従来通りの方法で皮袋を人力又は動物力で捲き上げて行う。この筒井戸は貯水槽的役割を果し、地下水層と直接連絡していないので井戸さらえを行うには管井からの水を止めることによって、水の防害なしに実施することができる利点がある。

この管井と筒井戸との連結工事もマリ国の技術で実施可能であって何等問題はない。

(3) 具体的な実施方策

根本的には彼等の計画に必要な資金援助が求められているものであるが、技術的にはできる限りP-C化することが必要であると考える。

当初の調査項目にあげられたポンプの設置や井戸口周辺における種々の施設-貯水、配水、消毒-については、余程の特別条件下にあり、それが必要かつ可能な場合にのみ論ぜられるもので、現在のところは時期尚早である。

(4) 井戸浚らい工事調査

昭和55年度においてマリ側の緊急要請のあった、ガオサークル内ティンオーケル (Tin-Aoukert) とインファルダン (IN-Fardan) の2ヶ所においてマリ国井戸事業団 (Operation Puits) に工事を外注して実施した。

両井戸とも50~60mの井底浚らい、井戸内壁、井戸口およびその周辺の修理を行ったが、汲み水は澄み、水汲み作業もし易くなり、遊牧民ならびに附近住民に嬉ばれた。結果の要点を述べれば次のとおりである。

① 考察事項

工事の実施時期；

当該地区の溜池 (Mare) は雨期に水がたまり、あと乾期中にはなくなるのであるが、牧畜が溜池を利用できる時期に実施することが望ましい。これは6月~10月に当る。今回は当調査時期に合わせたため1月~2月になったので、最も井戸への依頼度の高いときで、牧畜の井戸使用によって工事は中断されることが度々であった。

排水用ポンプの選択；

タイプとしては圧気式が望ましいが、揚程60~80m・揚水量100ℓ~150ℓ/mの仕様を必要とする場合が普通で適切なものの調達が仲々むずかしい。

② 工事内容実績

井戸名	ティンオーケル	インファルダン
位置	ガオより北北東6.5km	ガオより北方5.0km
工事期間	81.1.2~1.30	81.2.2~2.28
工事内容	井底浚い6m 井戸周辺地ならし(5m径) " 舗装(5m径) 井戸口修理(高さ50cm) -	井底浚い6m 左 同 左 同 左 同 井戸内壁亀裂修理
工事費	997,415 FM	921,915 FM
費用内訳	セメント 3ℓ 軽油 620ℓ ガソリン 240ℓ 人員 210工	セメント 3ℓ 軽油 400ℓ ガソリン 200ℓ 人員 230工

(5) P-C井戸建設工事調査

前述の如く、P-C井戸は将来の地下水開発計画上、最も主要な位置を占めるもので、ボーリング孔井すなわち管井を実際に生かすための現在では唯一の方式である。P-Cの性能を向上させ、工事の能率化とコストの面の改善は緊急・必須の問題なので、これらに関する実施上の問題点を検討するため調査を行った。

工事はオペレーション ビュイ（井戸開発局）ガオ支部が請負い、マリ国の伝統的方法と装備によって実施された。但し、コンプレッサー、セネレーター、エヤリフト用機材、キャンピング テント等は日本のものが貸与された。

建設位置と管井の仕様；

ガオサークル、ジェボツク地区に属するアルガベッチで、既存の管井（以前、風車装置によって揚水していたもの）の横に筒井（Puits）をつくって、P-Cを完成しようとするものである。ガオ市より道路距離45km。

本井戸は地下水の豊富にあるティレムン澗れ谷の中にあり、静水位は40m、帯水層は82m～97.7m、揚水可能量は $11\text{ m}^3/\text{hr}$ という、試験記録は別表6-5のとおりである。

筒井戸の仕様；

直径 ————— 1.8 m

深さ ————— 60 m

管井との連結——55 mレベルで行う

根太 ————— 地下に1つ、中間の4ヶ所に設置

コンクリート壁—10 cm厚みを基準とする

地下井戸口 —— 5 m半径に亘ってコンクリート床をつくる。

管井との連結部；

パイプとバルブ付けは行わず、孔あけのみをし、管井の水を止める場合はパッカの使用によることとする。

工事の工程・原単位・金額；

全工期中の工数； 1953工

m当り金額； 208,333 FM/m

内訳—人件費 20%

—材料費 40%

—燃料費 6%

—外注輸送費 2%

—償却費 8%

—諸経費 24%

作業方法；

主な内容については既に記述してあるが、若干補足する。

セメント・材料・食糧等の物資はガオから運搬するが、水はP-Cの一部とすべき既存の管井からエアリフトで揚水している。このためのセネレーター、コンプレッサー、ターボリン水槽、ホース等附属物は日本から貸与した。現地近くにキャンプを張り生活する。

作業人員は、地表にバケット取扱い2名、ウインチ係2名、孔底の掘さく要員2名、キャンプ雑用1名、係員1名の8名が通常のメンバーである。

ワイヤーは10 m/m ϕ 、バケットは40 cm ϕ \times 50 cm深さ、滑車は25 cm ϕ 、手動ウインチはドラム巾1.2 m、直径40 cm、高さ60 cmのもの。シャックルは16 m/m丸製。

コンクリート型枠は4枚枠ボルト締め式のもので、巾は60 cmものを使用。コンクリート壁の厚みは堅いところで10~15 cm 柔い砂部では20 cmとする。

管井の孔あけはコンクリート防壁の終了後、ロープ中吊りの姿勢で、エアドリルで小孔の輪をつくり最後にハンマーで打ち抜く方法をとっている。

工事の工程、原単位等に関する資料を別紙表6-5にまとめた。

工法および費用については現状も止むを得ないと考えられるが、小さい材料、工具、機器につき新しいものを補給し、仕様を再検討することで、特に安全への配慮が必要であろう。

表6-5 アルガベッチ (Argabeche) P-C工事の作業工程・原単位

1. 人 件 費

井戸掘り工	1 (名)	52,500 (FM/月)	7	367,500 (FM)
井戸掘り助手	1	45,000	" "	315,000
ウインチェ	1	45,000	" "	315,000
人 夫	6	26,275	" "	1,103,550
経 費		23,530	" "	164,710
手 当		36,015	" "	252,105
計		2,517,865	.....	①

2. 工 程 (方)

1-地上の井戸口の根大	2
2-中間の根大 (4ヶ)	4
3-掘さくと壁付け, 普通の地層, 0~6m	10
4- " , 少々固い地層, 6~20m	30
5- " , " , 20~30m	28
6- " , " , 30~40m	30
7- " , " , 40~50m	44
8- " , " , 50~55m	20
9- " , " , 55~60m	25
10-井底の補強工事	2
11-管井との連結	1
12-井戸口工事	1
13-地表5m範囲のコンクリート床	12
14-井戸口附属設備	8
計	217

但しこのうちコンプレッサー稼動は153(方)である。

3. 工事用工具・道具等損料

新品価格の27%を当てる。

$380,000 (FM) \times 0.27 = 102,600$ ②

4. 固定資産機材の損料

	(単位)	(数量)	(単価)	(金額)
5 T トラック	km	4,000	118.00	472,000
ランドローバー	km	1,360	66.00	89,760
コンプレッサー	Hr	191	1,412.00	269,692
デリック	Hr	-	-	-
ポンプ	Hr	-	-	-
ウインチ	日	207	537.80	111,325
圧気機器	Hr	765	34.37	26,293
コンクリート型枠	m	60	1,000.00	60,000
計				1,029,070 (FM) ③

5. 使用材料

項目	単位	地表根太	中間根太	井戸内コン クリート工事	地表コンク リート床	井戸口付属 備	計	単価	金額(FM)	備考
砂利	m ³	1.84	0.64	3024	1206	192	*4670	-	-	運搬費と 人件費内 で調達で きる。
砂1~2.5	"	0.30	0.12	459	201	032	*734	-	-	
砂2.5~5	"	0.62	0.20	918	402	068	*1470	-	-	
セメント	t	0.70	0.30	1307	303	090	1800	100000	1800,000	
水	m ³	0.80	0.60	1680	362	1440	*3622	-	-	
鉄筋φ6	kg	29.	48.	756.	448	22.	1303.	470	612,410	
" φ8	"	40.	132	1218.	-	148.	1,538.	550	845,900	
結束線	"	1.	2	315	2.5	6.	43.	800	34,400	
軽油	ℓ	-	71.68	4,352.	-	-	4,423.68	365	1,614,644	
材木	m ³	-	-	-	-	0.5	0.5	65,000	32,500	
計									4939,854	

使用材料費 4,939,854 ④

6. 使用材料外注輸送費

(税・ニジュール河輸送費含む) 264,810 ⑤

7. 車輛用燃料費

運行距離： 砂 利	- 片 道	5 0 km
砂	- "	"
セメント，鉄筋等	- "	"
基地からの場合	- "	4 5 km
ガオ市内	- "	5 km

5 Tトラック

砂利，砂運搬	- 5 0 km	- 往復 3 3 回	3 3 0 0 km
セメント，鉄筋運搬	- "	- " 4 回	4 0 0 km
動員，徴収	- "	- " 3 回	3 0 0 km
		計	4, 0 0 0 km

ランドローバー

・ 動員，徴収	- 4 5 km	- 往復 2 回	1 8 0 km
監 理	- "	- " 1 3 回	1, 1, 7 0 km
ガオ市内	- 5 m	- " 1 回	1 0 km
		ランドローバー計	計 1, 3 6 0 km

燃料費：

軽 油 $\frac{4,000 \times 40 \times 365 \text{ FM}}{100} = 584,000 \text{ FM}$

ガソリン $\frac{1,360 \times 25 \times 520 \text{ FM}}{100} = 176,800 \text{ FM}$

燃料費計 760,800 FM..... ⑥

現場工事費 ①～⑥計 9,615,000 FM ⑦

プロジェクト諸経費；⑦×20% 1,923,000 FM

" 技術料；⑦×10% 962,000 FM

工事請負費合計 12,500,000 FM

IV 関連資料調査結果

1. マリ共和国の現状

1-1 地理 (図IV-1 参照)

マリ共和国は西経12°~東経4°, 北緯10°~24°の範囲(中米, イエーメン, タイ, ヴェトナム, フィリッピンの線上)にあって, サハラ砂漠の南縁からサヘル半砂漠を経てサバンナ地帯までを含む地域の1,240,192 km²(日本の3.3倍)に広がっている。北はアルジェリアとモーリタニヤ, 東にニジェール, 西はセネガル, 南にはオートボルダ, コートボアール, ギニアの8ヶ国に囲まれた内陸型国家である。

南部は年間降雨量が500mm~1,500mmのサバンナ(Savane)と呼ばれる地域で農業が行われ, その北側のニジェール河湾曲部および中央デルタ地帯の100mm~500mm雨量を有するところはサヘル(Sahel)と言い, 点在する草木を持ち牧畜地方となっているが, これから北部は雨量も100mm以下20mm程度の準砂漠であり, これが全土の面積の半分近くを占めている。

雨量200mm以上の農業・牧畜の利用可能地は約50km²である。

耕作地	2.1百万ha	4.2%
休耕地	9.4 "	18.8
森林保護区	1.1 "	2.2
動物保護区	3.3 "	6.6
牧畜用地	30.0 "	60.0
その他	4.1 "	8.2
計	50.0 "	100.0

気候は11月から翌年5月迄の乾季と, 6月から10月までの雨季に別かれ, 乾季には北風が多く, 特に3月~5月は暑い。雨季には大西洋からの風が吹き湿気が運ばれてくる。

水系としては, 西から東へ国土の中央を貫流するニジェール河と, 北西へ流れてセネガルに入るセネガル河とがある。ニジェール河はギニアに水源を持ち延々と約4160kmを流れてナイジェリアのギニア湾に注ぐ大河で, エジプトにおけるナイル河同様, マリ国に灌漑, 水運・漁業および生活用水としての恩恵を与えている。セネガル河は或程度の落差を持つ箇所があるので, 発電が計画され, OMVS (セネガル河開発組織) 等の総合的開発活動が進められている。

首都のバマコ(Bamako)は西からも南からも海岸から約1200km以上の距離にあり, 人口は42万人で, 年間雨量は1000mmあってニジェール河に臨んだ, 同国サバンナ地帯の中心に位置している。

バマコからの航空便はパリ行, ダカール行, ニヤメ行, アビジャン行, モンロヴィヤ行

等で各国と連絡されているが、陸路は次のとおりである。

モプティ——Bobo Diulasso(オートボルダ)——アビジャン(コートジボール)
 道路 485 km 鉄道 950 km

バマコ——ブグニ——アビジャン
 道路 1384 km

バマコ——ユメクリ(ギニア)
 道路 1,006 km

1-2 行政と人口

政体は軍事政権で、14省1官房であり、全国は7つの行政(経済)区(Regions)に分けられ、知事(Gouverneur)を任じている。その多くは軍人である。

1980年12月発表の人口資料によれば次のような状況である。

全国人口は640万人、地方住民は83.2%、人口増加率は地方の2.4%に対して都市3.2%で余り差はない。各経済区別の人口は下表のとおりである。第7経済区(ガオ地方)は最も人口が少ない。

経済区	人口	%
Mopti	1,120,041	17.6
Sikasso	1,098,068	17.2
Ségou	1,082,224	16.9
Koulikoro	932,237	14.6
Kayes	872,750	13.6
Tombouctou	490,456	7.7
Gao	370,903	5.8
Bamako	419,239	6.6
計	6,398,914	100.0

女性は51.2%、で男性より若干多く、人口の88%が40才未満で、55才以上は8.2%にすぎない。平均寿命は40才前後と言われる。

死亡率は高く、多くの人が1才または5才迄に死亡していることが次表から判る。

年齢別人口比率表(%)

人口カテゴリー	10才未満	10才～40才	40才以上	人口カテゴリー	1才	5才
総人口	69.1	11.8	19.1	総人口	12.1	26.5
田舎の人口	68.7	12.0	19.3	田舎の人口	13.1	28.5
都市の人口	72.2	9.8	18.0	都市の人口	7.4	17.0
Bamako市	71.2	11.6	17.2	Bamako市	5.7	12.6

衛生関係では、最近の調査によれば1,000人中30人が何らかの障害者(盲目、不具)で、病気としては、結核・ハシカ・マラリヤ・寄生虫・アメーバ・癩病等が問題となっている。

公用語はフランス語であるが、アラビア語、トアレグ語は地方で使われる。

宗教は60%が回教、30%は現地アミニズム、キリスト教は0.5%と言われる。

人口の80%は黒人系種族である。住民は23の部族からなるとされ、遊牧民はトアレグ族がよく知られ、農耕民は国内最大種族であるバンバラ族、その他セネクオ、ソングイ、マリンケ族等である。

1-3 産 業

産業の中心は農業・畜産・水産業(ニジェール河における)であり、就業人口の約9割がこれに従事している。農業牧畜の生産は気候条件とくに降雨量に左右され、何年かおきに起こる旱魃によってその収穫は大きな被害を受けている。

農業はマリ国産業の主力をなすものでGDPの40%を占めている。別紙Table 3, Structure of Production参照。自給用を主目的とする稗・ソルガム・米等の穀作物と、販売を目的とする商品作物(綿花・落花生)とを栽培している。1976年以降の天候の安定による他、農業技術の改善や耕地面積の増大も加わって農業生産は向上している。

畜産は遊牧によるものと定住牧畜の2つのタイプに分かれるが、生産高では前者が7割後者が3割である。畜産物はマリ国第一の輸出品目であり、主にコートジボアール、ガーナ、リベリア等へ輸出されている。1972年～1973年の大旱魃では大打撃を受け、現在は再建途上にあると言える。

これらの農業・畜産は水資源により生産の消長が決められるので、水資源の開発は最も重大な問題であることは言うまでもない。

現在のマリ国の雨量分布からみて、最も頼りとする大河ニジェール河にしても、乾期には水位が下がり、船の航行も困難となり、河幅も極めて細まるということでその利用に限界があり、最終的には地下水に供給を求めなければならない。かくしてマリ国政府は我が国にも地下水開発プロジェクトの援助を希望して来たわけである。

1-4 経 済

マリ国は1979年の1人当りGNPは140\$で、発展途上国でも最も貧しいグループに属する。別紙Table 1, Basic Indications (世界銀行資料)によれば下から3番目の国となっている。

国際収支、国家財政とも恒常的な赤字であり、贈与を中心とする外国援助によって経済循環が成りたっている。通貨はマリフラン(FM)で、フランスフラン(FF)に対しては1対100の固定レートである。数年前迄は、セーファー(CFA:アフリカ通貨共同体フラン)に参加していたが、経済の悪化に伴いこれから脱落した(50CFA=1FF)。

GNPの1974年~1980年の推移を下記の表に示すが、第2次産業の停滞がうかがえる。これは特に数年前から直面している、公企業の業績不良の問題にもよるものである。

貿易収支はここ数年間、極端な赤字で、輸入超過は約50%である。理由は農業・牧畜業の停滞と食糧輸入の増大に加えて石油の値上り、世界的不況による輸出不振も影響している。

国際収支も貿易収支に平行して悪化したが、外国からの借入れと贈与によって、全体的には緩和された。

国家財政では、輸入予算額の不足が目立ち、前述のように、官営公業の寄与がはかばかしくない。国家支出の増大は、特に賃金、奨学金、学校への助成金の上昇によるもので、実際には80%の予算カバーに終わっている。

1974年~1980年のGNPの推移

単位:10億FM

項目	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
第1次産業	66.9 (35.2%)	114.5 (43.9%)	138.4 (42.1%)	161.8 (42.1%)	163.1 (39.8%)	180.3 (38.7%)	178.6 (34.9%)
第2次産業	30.6 (16.1%)	34.2 (13.1%)	40.5 (12.3%)	47.3 (12.3%)	48.8 (11.9%)	64.8 (13.9%)	72.7 (14.2%)
第3次産業	92.5 (48.7%)	112.1 (43.0%)	149.9 (45.6%)	175.3 (45.6%)	197.9 (48.3%)	220.8 (47.4%)	260.4 (50.9%)
一定基準によるGNP	190.0 (100%)	260.8 (100.0)	328.8 (100.0)	384.4 (100.0)	409.8 (100.0)	465.9 (100.0)	511.7 (100.0)
間 接 税	9.0	12.4	15.6	11.3	13.6	12.0	35.8
市価によるGNP計	199.0	273.2	344.4	395.7	323.4	477.9	547.5

Table 1. Basic Indicators

	Population (millions) mid-1979	Area (thousands of square kilometers)	GNP per capita		Average annual rate of inflation (percent)		Adult literacy (percent) 1976 ^a	Life expec- tancy at birth (years) 1979	Average index of food production per capita (1969-71 = 100) 1977-79
			Dollars 1979	Average annual growth rate (percent) 1960-79	1960-70	1970-79			
Low-income countries	187.1 t	15,718 t	239 w	0.9 w	2.8 m	10.2 m	25 w	46 w	91 w
<i>Low-income semiarid</i>	<i>28.0 t</i>	<i>5,745 t</i>	<i>187 w</i>	<i>0.0 w</i>	<i>3.3 m</i>	<i>10.0 m</i>	<i>17 w</i>	<i>43 w</i>	<i>88 w</i>
1. Chad	4.4	1,284	110	-1.4	4.6	7.9	15 ^a	41	91
2. Somalia	3.8	638	..	-0.5	4.5	11.3	60	44	85
3. Mali	6.8	1,240	140	1.1	5.0	9.7	10	43	88
4. Upper Volta	5.6	274	180	0.3	1.3	9.8	5 ^{**}	43	93
5. Gambia	0.6	11	250	2.6^{**}	..	..	10 ^{**}	42	77
6. Niger	5.2	1,267	270	-1.3	2.1	10.8	8	43	89
7. Mauritania	1.6	1,031	320	1.9	1.6	10.1	17 ^a	43	75
<i>Low-income other</i>	<i>159.1 t</i>	<i>9,973 t</i>	<i>247 w</i>	<i>1.0 w</i>	<i>2.8 m</i>	<i>10.7 m</i>	<i>27 w</i>	<i>47 w</i>	<i>91 w</i>
8. Ethiopia	30.9	1,222	130	1.3	2.1	4.3	15 ^a	40	84
9. Guinea-Bissau	0.8	36	170	..	..	..	7 ^{**}	42	94
10. Burundi	4.0	28	180	2.1	2.8	11.2	25	42	105
11. Malawi	5.8	118	200	2.9	2.4	9.1	25 ^a	47	100
12. Rwanda	4.9	26	200	1.5	13.1	14.6	..	47	107
13. Benin	3.4	113	250	0.6	1.9	9.2	7 ^{**}	47	97
14. Mozambique	10.2	783	250	0.1	2.8	11.0	..	47	75
15. Sierra Leone	3.4	72	250	0.4	2.9	11.3	..	47	87
16. Tanzania	18.0	945	260	2.3	1.8	13.0	66 ^a	52	94
17. Zaïre	27.5	2,345	260	0.7	29.9	31.4	15	47	90
18. Guinea	5.3	246	280	0.3	1.5	4.4	20 ^a	44	86
19. Central African Rep.	2.0	623	290	0.7	4.1	9.1	..	44	102
20. Madagascar	8.5	587	290	-0.4	3.2	10.1	50 ^a	47	94
21. Uganda	12.8	236	290	-0.2	3.0	28.3	..	54	90
22. Lesotho	1.3	30	340	6.0	2.5	11.6	52 ^a	51	100
23. Togo	2.4	57	350	3.6	1.1	10.3	18	47	81
24. Sudan	17.9	2,506	370	0.6	3.7	6.8	20 ^a	47	105
Middle-income oil importers	65.2 t	3,690 t	532 w	1.5 w	2.4 m	9.9 m	34 w	50 w	95 w
25. Kenya	15.3	583	380	2.7	1.5	11.1	45 ^a	55 ^a	92
26. Ghana	11.3	239	400	-0.8	7.6	32.4	..	49	82
27. Senegal	5.5	197	430	-0.2	1.7	7.6	10 ^a	43	88
28. Zimbabwe	7.1	391	470	0.8	1.3	8.4	..	55	100
29. Liberia	1.8	111	500	1.6	1.9	9.4	30	54	101
30. Zambia	5.6	753	500	0.8	7.6	6.8	39 ^a	49	99
31. Cameroon	8.2	475	560	2.5	4.2	10.3	..	47	110
32. Swaziland	0.5	17	650	7.2^{**}	..	..	65 ^{**}	47	109
33. Botswana	0.8	600	720	9.1^{**}	..	..	35 ^{**}	49	89
34. Mauritius	0.9	2	1,030	2.3^{**}	..	..	80 ^{**}	65	100
35. Ivory Coast	8.2	322	1,040	2.4	2.8	13.5	20	47	102
Middle-income oil exporters	91.6 t	2,781 t	669 w	3.2 w	3.3 m	19.0 m	..	48 w	86 w
36. Angola	6.9	1,247	440	-2.1	3.3	21.6	..	42	85
37. Congo	1.5	342	630	0.9	5.4	10.9	..	47	81
38. Nigeria	82.6	924	670	3.7	2.6	19.0	..	49	87
39. Gabon	0.6	268	3,280	6.1^{**}	..	..	12 ^{**}	45	94
Sub-Saharan Africa	343.9 t	22,189 t	411 w	1.6 w	2.8 m	10.3 m	27 w	47 w	91 w
All low-income countries	2,260.2 t	33,778 t	230 w	1.6 w	3.0 m	10.8 m	51 w	57 w	105 w
All middle-income countries	985.0 t	38,705 t	1,420 w	3.8 w	3.0 m	13.3 m	72 w	61 w	107 w
Industrialized countries	671.2 t	30,430 t	9,440 w	4.0 w	4.3 m	9.4 m	99 w	74 w	110 w

a. Figures marked with an * are for years other than 1976. See technical notes.

Table 3. Structure of Production

	GDP millions of current dollars		Distribution of gross domestic product (percent)					
			Agriculture		Industry		Services	
			1960 ^a	1979 ^b	1960 ^a	1979 ^b	1960 ^a	1979 ^b
Low-income countries			56 w	44 w	12 w	16 w	31 w	40 w
<i>Low-income semiarid</i>			61 w	47 w	11 w	20 w	28 w	33 w
1. Chad	180	570	52	70	12	11	36	19
2. Somalia	160	1,030*	67	60*	13	11*	20	29*
3. Mali	270	1,220	55	42	10	11	35	47
4. Upper Volta	200	860	62	38	14	20	24	42
5. Gambia**	20*	132	43*	46	18*	9	40*	46
6. Niger	250	1,710	69	44	9	32	22	24
7. Mauritania	70	470	..	27	..	33	..	40
<i>Low-income other</i>			56 w	43 w	12 w	15 w	32 w	41 w
8. Ethiopia	900	3,530	65	46	12	15	23	39
9. Guinea-Bissau**	..	137	..	54	..	9	..	34
10. Burundi	190	730	..	55	..	15	..	30
11. Malawi	170	1,220	58	43	11	20	31	37
12. Rwanda	120	860	81	42	7	21	12	37
13. Benin	160	850	55	43	8	12	37	45
14. Mozambique	830	2,360	55	44	9	16	36	40
15. Sierra Leone	..	790	..	36	..	23	..	41
16. Tanzania	550	4,130	57	54	11	13	32	33
17. Zaire	130	6,020	30	33	27	24	43	43
18. Guinea	370	1,540	..	41	..	26	..	33
19. Central African Republic	110	640	51	37	10	18	39	45
20. Madagascar	540	2,810	37	34	10	20	53	46
21. Uganda	540	8,410	52	55	13	7	35	38
22. Lesotho	30	240	73	36	..	15	..	49
23. Togo	120	1,000	55	25	16	23	29	52
24. Sudan	1,470	7,640	58	38	15	13	27	49
Middle-income oil importers			30 w	36 w	30 w	24 w	44 w	39 w
25. Kenya	730	5,280	38	34	18	21	44	45
26. Ghana	1,220	10,160	41	66	..	21	..	13
27. Senegal	610	2,480	24	29	17	24	59	47
28. Zimbabwe	780	3,640	18	12	35	39	47	49
29. Liberia	220	940	..	35	..	26	..	39
30. Zambia	680	3,240	11	15	63	41	26	44
31. Cameroon	550	5,330	..	32	..	16	..	52
32. Swaziland**	34*	243*	31*	..	23*	..	46*	..
33. Botswana**	38*	410*	54*	21	11*	30	34*	49
34. Mauritius**	143	916	22	25	27	28	51	47
35. Ivory Coast	570	9,130	43	26	14	23	43	51
Middle-income oil exporters			58 w	23 w	12 w	44 w	30 w	33 w
36. Angola	690	2,490	50	48	8	23	42	29
37. Congo	130	1,120	23	13	17	36	60	51
38. Nigeria	3,150	75,170	63	22	11	45	26	33
39. Gabon**	167	2,988	33	6	34	65	34	29
Sub-Saharan Africa			49 w	32 w	16 w	31 w	34 w	37 w
All low-income countries			51 w	34 w	17 w	36 w	32 w	30 w
All middle-income countries			22 w	14 w	30 w	38 w	47 w	48 w
Industrialized countries			6 w	4 w	40 w	37 w	54 w	59 w

a. Figures marked with an * are for 1961.

b. Figures marked with an ° are for 1978.

2 マリ国の水理地質

2-1 総 説

マリ地下水を包蔵する主な水理地質の単位は、以下の如く分けられる。

- 1 プレカンブリアン基盤岩
- 2 インフラカンブリアン砂岩質層
- 3 NARA-NIORO片岩
- 4 タウデニ古生層
- 5 コンチネンタル、インターカラリ
- 6 オドラル デ イフォラス周囲の白亜紀及び下部始新世の海成層
- 7 コンチネンタル ターミナル
- 8 ニジュール構造盆地の (Cuvette) の第四紀沖積層

以上のうち1～5までの特色を記述すれば次のとおりである

プレカンブリアン基盤岩；

この基盤岩は、領土総面積の13%に露出し、貫入岩及び変成岩から成る。地下水は、風化帯及び割れ目帯に存在する（最大揚水量 $15\text{ m}^3/\text{h}$ ）。

インフラカンブリアン砂岩質層；

領土総面積の17%を占める。地下水は、割れ目帯に局在している（最大揚水量 $100\text{ m}^3/\text{h}$ ）。

NARA-NIORO片岩；

この片岩は、 $55,000\text{ km}^2$ に渡って露出しており、地下水は風化帯及び割れ目帯に局在している（最大揚水量 $30\text{ m}^3/\text{h}$ ）。

タウデニ古生層；

この層は、主に、砂岩、石灰質片岩及び瀝青質片岩から成る。大量の地下水が存在するが、鉱物の含有度が高い地下水である。

コンチネンタルインターカラリ及びコンチネンタルターミナル；

マリ共和国に於いて最も多量の地下水資源が認められる。最大揚水量 $200\text{ m}^3/\text{h}$ 。

2-2 マリ共和国に於ける水の必要量

マリ共和国総人口の80%を占める地方の人口は、9,000に及ぶ村々に散在し、そこに住む人々は年間6ヶ月から8ヶ月間、水の不足を訴えている。この水の不足に対処するためには、 $1\text{ m}^3/\text{h}$ の揚水量の水場が、村毎に最低2つ必要である。つまり、現在の必要量を満たすためには、 $27,000$ ヶ所以上の水場が必要と思われる。次表を参照のこと。

地方毎の必要量

(1980)

経済区	既存の水場	必要水場数	不足水場数
KAYES	600	3.706	3.106
KOULIKORO	1.330	4.801	3.471
SIKASSO	1.500	4.422	2.922
SEGOU	1.050	5.155	4.105
MOPTI	480	5.493	5.103
TOMBOUCTOU	200	2.061	1.861
GAO	140	1.383	1.243
TOTAL	5.300	27.021	21.721

2-3 マリ共和国に於ける水資源

マリ共和国に於ける地層のほぼ全体が、ともかくも地下水を含んでいる。しかしその地下水利用の可能性は、つまり、貯蔵ポテンシャルや再生容量の程度は夫々の地層によって非常に変化がある。

一般に、地下水の化学的性質は良いが、タウデニ層のカンプリア～オールドビス統のものには問題がある。

地下水は以下3つのタイプの帯水層に賦存している。

2-3-1 帯水層のタイプ

(1) 不連続帯水層

本質的に不透性であるが1つあるいは複数のかかり発達した網状の割れ目を伴う地質、及び風化帯が対象となる。これらの地質は、主に、花崗岩、砂岩、結晶片岩及び石灰岩から成る。

(2) 半連続帯水層

砂岩、結晶片岩、場所によっては石灰岩及びドロマイト質石灰岩が互層する地質である。一般に、ほとんど透水性はないが、割れ目の発達に伴って、透水性は増大すると思われる。

(3) 一般の帯水層；

広大な凹地構造に分布するあまり強固ではない堆積層。この地層は、砂岩あるいは石灰岩を挟有した砂及び粘土の互層が大半を占めている。

2-3-2 帯水層の地下水利用の可能性

(1) 不連続及び半連続帯水層

これらの帯水層の大半は、村や人口が集中しているマリの南部地方にみられる。この帯水層の研究及び有効利用は、1970年の干魃で非常な水不足に悩んだ地方の人々の人々の水の必要量を満たすための第一の解決策である。

この帯水層は、独立した水資源と言う形で、各村毎に分散された地下水開発に適合する。既に行なわれたボーリング作業結果からみると、地下水の産状には、共通の特徴があることが認められた。例えば、生産性のある深さは約50m、平均揚水量は4～5 m³/hである。

連続帯水層と半連続帯水層との相違は、不透水性の地層の中での透水領域が占める割合の相違によっている。半連続帯水層は、水平方向の透水性を持ち、硬岩と軟岩の互層は割れ目の形成に適するため下記のような非常に優れた開発容量を有する割れ目をつくり出している。

- 多量の揚水量が得られること
- 50%以上の高いボーリング成功率
- 大きい貯水量を示し、その大部分が再生可能である

また、この帯水層は地表水を含めた2層の水理構造 (*Sysemes hydrauliques bi-couches*) を構成している。すなわち、この地表水を含む被覆層とそして基盤の風化帯で構成されている下部帯水層の2つが結びついている。

a 不連続帯水層

① プレカンブリアン基盤岩の帯水層

Bougouni地方, Kayes地方北部およびアドラル デ イフォラス地方にみられる約160,000 km²に及ぶ花崗岩と変成岩からできている帯水層である。地下水は割れ目帯と風化帯に局在する。水理構造としては2層タイプで、表面の風化層に主な貯水が見られるが、下層の網状の割れ目まで透水性はつながっている。

貯蔵量は、風化帯では少いのであるが、全体としての再生可能水量は2,230千 m³/年と推定される。

Bougouni地方；

平均深度	50 m	
平均揚水量	4 m ³ /h	
最大揚水量	15 m ³ /h	
生産井の成功率	50 %	
1977~1980 (4年間)	さく井266	生産井179

Nayes地方北部；

平均深度	45 m	
平均揚水量	3-4 m ³ /h	
最大揚水量	25 m ³ /h	
生産井の成功率	27 %	
1979~1981 (3年間)	さく井93	生産井21

② Nara のカンブリア紀の片岩

面積 : 55,000 m²
厚さ : 数百メートル

この層は、Nioro-Nara 平野にみられ、頁岩を伴うペリティックな泥岩と泥土から成り、砂岩、炭酸塩質砂岩及び碧玉がわずかに挟在する。

水理地質学的特性；

割れ目帯及び風化帯に関連する透水性を示しているが、ドレライト質貫入岩類がこの

透水性を増大するのに役立っている。つまり、局所的な変成作用が、ペリティック泥岩の硬化及び割れ目の増大に大きな関係がある。

貯蔵量は、局所的であり、特に風化帯に限られ、地下水の再生は垂直方向にわずかに行われるが、230千 m^3 /年と推算される。

この層の透水量係数は、約 $10^{-4} \sim 10^{-5} m^2/秒$ である。また、この岩石中の水は、500～1500 mg/l の蒸発残留物を含んでいる。

生産井の特性；

平均深度	50 m
平均揚水量	3 m^3/h
最大揚水量	41 m^3/h
ボーリング成功率	30-35%
1978～1979 (2年間)	さく井 353 生産井 109

b 半連続帯水層

① 面積200,000 km^2 に及ぶインクフラカンブリア紀の砂質頁岩。この地層は、MANDINGUES山脈、KOLOKANI-BANAMBA卓状地、SIKASSO地方、KOUTIALA地方、BANDIAGARA地方及びKITA-BAFOULABA地方を被っている。

岩 質；

ペリティックな砂岩、等粒状の砂岩、鉱物及びやや風化した片岩層と互層して変化に富んだ構造を有する地層である、ペルム紀のドレライト質貫入岩が、堆積層を切っている。

水理地質学的特性；

割れ目タイプは垂直方向の透水性を有し、水平方向あるいは斜め方向の透水性を有する節理と層理につながっている。

ここでみられる砂岩のいくつかは、また、間粒状(Intergranulaire)タイプの透水性を有している。透水量係数は、約 10^{-4} から $10^{-5} m^2/秒$ であるが $10^{-2} m^2/秒$ に達することがある。一方、貯留係数は約 10^{-4} である。蒸発残留物は、飽和帯の砂岩またはペリティックな泥岩の比率によって、30から300 mg/l の間で変化する。

貯蔵量は局所的で、風化帯に賦存している。特にしばしば、一定の多孔質砂岩層に、かなりの埋蔵量がみられる。

再生可能量は、9,100千 m^3 /年と推算させる。

生産井の特性；

平均深度	50 m
------	------

平均揚水量	5	m ³ /h
最大揚水量	100	m ³ /hあるいはそれ以上
成功率	60	%
PNUDプロジェクト	さく井750	生産井418
MALI AQUAVIVA	さく井741	

② Gourma のインフラカンブリアン統一(面積60,000 km²)

この統は、ニジェール河の湾曲の内側、*l'*Azaouad の背部、Gondo 及び Senomango 地域を被っている。

岩 質；

石灰岩及びドロマイト質石灰岩を挟有する粘土質頁岩および珪岩質砂岩の互層。

水理地質学的特性；

割れ目タイプの透水性が多くみられるが、局所的に節理及び層理の透水性と結びついている。石灰岩及びドロマイト質石灰岩層には、割れ目にカルストが認められる。

貯蔵量は局所的で、再生可能量は、わずかである。

生産井の特性；

Gourma : ボーリング深度	50 - 100	m
平均揚水量	10	m ³ /h
蒸発残留物	200 ~ 100	mg/l
Gourma : さく井 42	生産井数 14,	成功率 35%
Senomango : さく井 33	生産井数 21,	成功率 64%

(2) 一般の帯水層

一般の帯水層は、大量の貯蔵量のポテンシャルを有している。また、より複雑なボーリング技術を用いることにより、大量の揚水量の開発が可能である。この帯水層は、ほとんどの場合、人口密度の低い地方に限られているので、開発センターによるような比較的に集中的な開発タイプが適している。

a コンチネンタル インターカラリ

① Nara の凹地(27,000 km²)

砂岩及び基底礫岩を挟有する粘土質砂層で構成されている。軸部の深度は、200 m を越え薄い帯水層を挟有している。

この地層には、様々なレベルの透水性があり揚水量は、約10から15 m³/h であり、大きな水位降下(20 m 以上)を伴う。

ボーリングの平均深度は、100 m である。

② アドラル デ イフォラス

この地帯では、コンチネンタル インターカラリが花崗質バソリスを帯状に囲む。コンチネンタル インターカラリは約 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ の揚水が可能な帯水層を深度 $120\sim 150 \text{ m}$ に有している。

b. 白亜系及び下部始新統 ($15,000 \text{ km}^2$)

これは石灰岩、泥灰岩、粘土で構成される海成層である。アドラル デ イフォラスを帯状に囲み、層厚は約 150 m である。

この帯水層により得られる平均揚水量は、 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ である。

c. コンチネンタル ターミナル

コンチネンタルターミナルはマリで最大の帯水層を挾有し、砂岩、砂及び粘土で構成され、ニジェール河の中央デルタ、l'Azaouad 及びタウデニ盆地及びGondo 平野にみられる。

① 中央デルタ ($90,000 \text{ km}^2$)

コンチネンタル ターミナルの地下水は、 20 から 60 m 、場合によっては 80 m 程度のボーリング作業により揚水可能である。静水位は $7\sim 15 \text{ m}$ で、揚水量は 15 から $45 \text{ m}^3/\text{h}$ と変化に富む。

② Azaouad 及びタウデニ盆地 ($193,270 \text{ km}^2$)

コンチネンタル ターミナルは、雑色粘土で構成され、スーダン海峡の、コンチネンタル インターカラリ、白亜系と始新統を被う。地下水は平均深度 60 m のボーリング作業により採取され、平均揚水量は $3 \text{ m}^3/\text{h}$ である。

再生可能量は、 $1,000 \text{ 千 m}^3/\text{年}$ と推算される。

③ Gondo 平野 ($22,000 \text{ km}^2$)

この平野は、長さ 400 km 幅 60 km の円弧状に広がっている。コンチネンタル ターミナルは、2つのユニットで構成され、それらはそれぞれKoro 背部の両翼を成している。ボーリングで確認された最大層厚はBankass に於いて 130 m であり、他所では 80 から 90 m と推測される。湿った部分 (la tranche mouillée) の平均層厚は 20 m で、最大層厚は、BankassS で 100 m である。

この層の平均揚水量は $20 \text{ m}^3/\text{h}$ である。また、再生可能量は $450 \text{ 千 m}^3/\text{年}$ と推算される。

d 第四紀層

① ニジェール構造盆地 ($92,000 \text{ km}^2$)

層厚 10 m でコンチネンタル ターミナルを被い、重要な水源となっている。

② タウデニ砂丘 ($46,000 \text{ km}^2$)

厚さ 60 m 、砂丘は、風成砂及び残留堆積物から成る。

③ Adrarの沖積層(1 2, 0 0 0 km²)

厚さ約 5 m, 或る程度の水源となる一般的な地下水体を含んでいる。

④ Nara 砂層

・ 或る条件の下で, 雨水が石灰岩の上盤に小さな地下水体をつくることがある。

1-4 揚水方法

マリ全土の水場には以下の数のポンプがある。

—手動あるいはペダル式ポンプ 9 0 0

—太陽ポンプ 3 0 3 0

—都市水道のための水中電気ポンプ(NARA-NIORO)

これらの設備により人々及び家畜の飲料水全国の 2 0 % を賄うことができる。

ポンプの選択については, いくつかのタイプについての試験期間を経た後, 水理局は主に現地で簡単に組み立てられる 2 つのタイプのポンプを, 選択した。その一つは, 多くの国で使用されているインドタイプポンプ(Pompe India) であり, もう一つは, 完全にマリで設計されたサエリアポンプ(Pompe Sahelia) である。

しかしながら, これらのポンプは 1 m³/h 以上揚水できないので, 多量の揚水量の生産井用には, より強力な人力ポンプあるいは他のエネルギー源で機能するより強力なポンプが要望されている。

3 新5ヶ年計画における水資源開発

(1) 5ヶ年計画

目標：

- 食糧の国内自給
- 家畜再建計画実施の推進強化
- 生活・灌漑・牧畜のための地下水および地表水の有効利用
- 国内外における運輸手段および経路の確立
- 下記3課題のような基本となるバランスの建て直し
 - 国家財政，国際収支のバランス
 - 民間企業と官営企業間のバランス
 - 学生と雇用のバランス

実施政策の基本方針：

- 底辺からの発展総合
 - 経済区主導による経済区型プログラムを自立的体制確立によって展開する。
- 前5ヶ年計画の成果を拡大・強化する。
- 経済・財政内容の再建
 - 旱魃の影響と輸入インフレを阻止するため適切な対策実行によって具体化される。

(2) 水資源開発の拡大

マリ国土の3分の2は砂漠または半砂漠であるスーダン サエリアンと呼ばれる土地で占められている。しかも国の経済は主に農業と牧畜から成りたって居り，これらの全部のプログラムに不可欠な水資源は，ニジェール河，セネガル河およびその支流の水と，地下水に頼らざるを得ない状況である。

最近の頻繁に見られる旱魃は，元来乏しい水の獲得量をして更に著しく減少させている。また，この雨量不足は農業・牧畜の生産に直接的災害を起こしているのみでなく，この国の水利技術・施設・体制等の水資源対応についての不十分さを余すところなく露呈するものであった。

新5ヶ年計画に当っては，前5ヶ年計画での投資プロジェクトの未完了ものの続行はそれとして，新しい領域を対象としたプログラムを建て，完全実現を図ってゆく。

水資源開発の目標：

資的対策：

- 地方および都市住民の水の基本的需要量を完全供給する
- 食糧の自給および砂漠化の阻止策としての，気候不良に耐え得る農林生産対策

の実施

- 氾濫による損害予防・灌漑利用に役立つ河川の改修と、河川航路の改善
- エネルギーの対外依存を減少させるため、水力発電量を増大させる

量的対策：

雨量の少ない地域における乾季の水不足は、ここ数年緊急事態を呈しつつあることから経済区・サークル・郡等のレベルで、水に関する技術諮問委員会が設置され、夫々の地区における水の需要量を調査した。これをバマコにあり、水利局長が主宰する全国水諮問委員会が検討して水資源開発の具体的プログラムが決められた。この計画では、約10,000の井戸と、貯水用の堰を40以上建設する必要があるとされた。

作業プログラム：

- 地下水の採取（探査、さく井、揚水設備取付け）
- 地表水の有効利用（地表溜り水、河川流域の水）
- 農業灌漑用貯水ダムおよび水力発電によるエネルギー生産の研究と施工
- 都市上水道の増設

(3) 地下水開発計画

地下水開発の調査と実施は、主として住民の飲料水と牧畜用水の必要量を満たすことを目的とする。

現在までの実績では1,100ヶの孔井を掘り、1/3は十分な水を得られなかったが、500管井には揚水装置をつけることが出来た。この内10%は電動ポンプであったが1981年までに太陽光発電ポンプが20台設置された。

新5ヶ年計画（1981～1985）では5000ヶ所の水場を建設し、その外1000ヶ所には揚水装置をつける見込みである。

オペレーション ピュイによる筒井戸は500井ぐらいは出来るであろう。

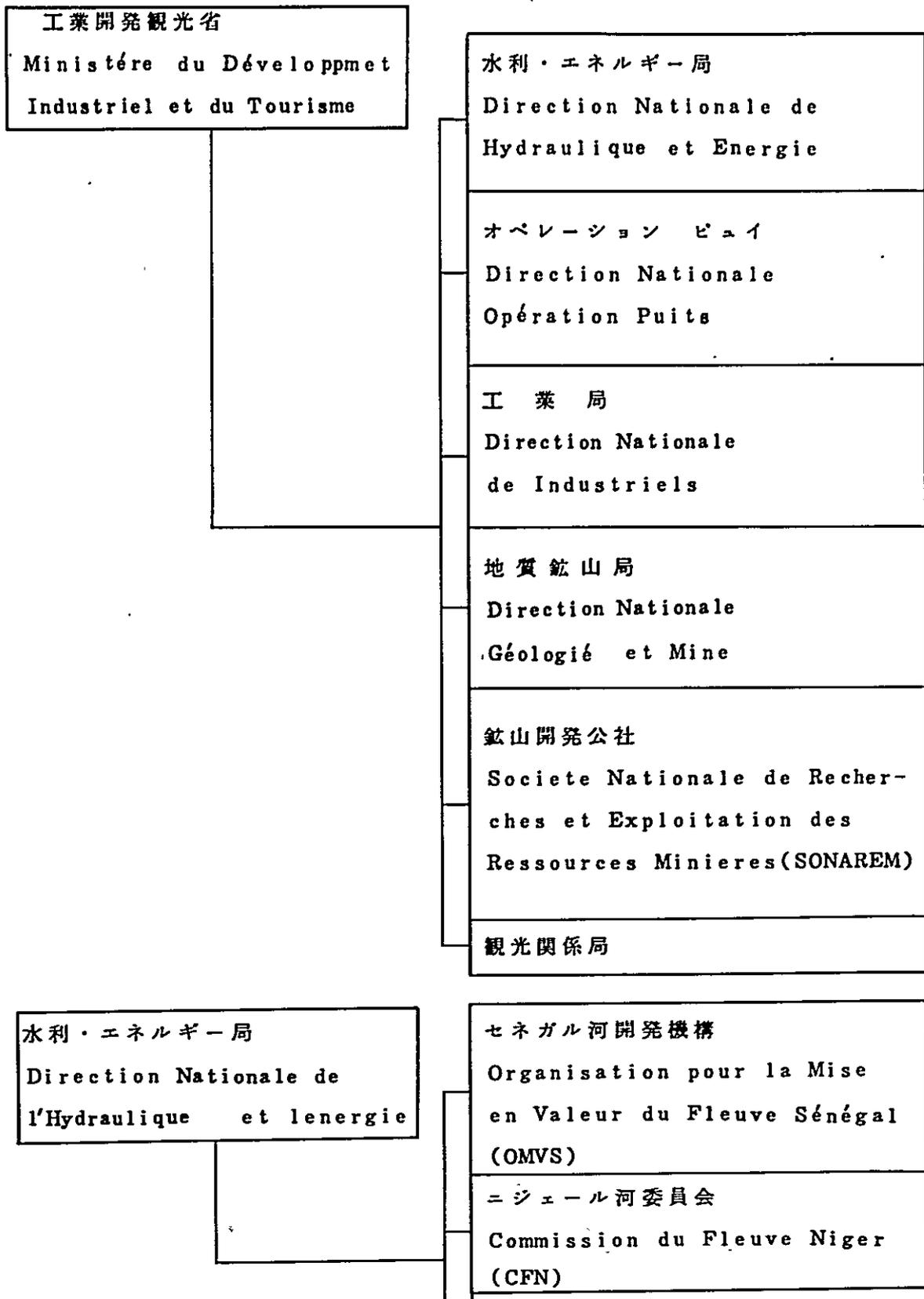
第7経済区についての計画は次のとおりである。

第7経済区における地下水、水揚開発予定

- ボーリングさく井活動のための、無線設備を持つガオ基地とアンソング、キダル基地の建設
- 管井300孔の完成
- 水場の造成；
水溜り沼（Mares），丘陵地帯での貯水池・筒井戸等の造成

4 マリ国水利, エネルギー局の概要

工業開発観光者及び水利・エネルギー局機構:



水利研究インターアフリカ委員会
Comité Inter-Africain d'Etudes
Hydrauliques (CIEH)

国際水利学10年計画
Décennie Hydraulique Inter-
nationale

水利・エネルギー局
Direction Nationale de
L'Hydraulique et L'Energie

電気エネルギー課
Service Energie Electricité
技師4名, 水力発電計画

太陽エネルギー課
Service Energie Solaire
技師4名

水理地質課
Service Hydrogéologie
技師8名, 技手15名, 地下水研究
と管井開発を行っている

水文課
Service Hydrologie
技師2名, 技手10名にて地表水,
河川水利用を行う

上水道・衛生課
Service Eau et Assainissement
技師7名, 技手14名

地方水利課
Service de l'Hydraulique
Rurals
地方の水場の計画, 建設, 指導を
行う

河川運搬課
Service Navigation Fluviale
技手2名にて港と航路管理に当る

研 究 所
Bureau d'Etudes
プロジェクトチームにより開発研究を行 う 技師5名, 技手3名
管理・会計課
Service Administratif et Financier

水利・エネルギー局所有の主な車輛・機械台数(バマコ基地, 1981):

さく井機;	FORACO SM70 (フランス製)	5
	ATLAS COPCO (スウェーデン製)	2
		計7台
トラック;	MERCEDES	8
	UNIKO	2
	BERLIET L. R. 68	1
	G. B. C 160	3
	G. B. D	1
	G. B. M	1
		計16台
コンプレッサー;	P. R. H 425	1
	X. R. S 350	1
	P. R. H 700	1
		計3台
ゼネレーター;		計12台

現況：

前表のとおり、水利・エネルギー局は工業開発・観光大臣の管轄下であり、全課の一般的な政策を担当する総括局長が指揮をとる。

地方局の諸活動も統轄し、副局長によって補佐される。人員数は600名以上、エンジニア（大学又は大学院卒）30名、特別テクニシャン20名、一般テクニシャン70名等によって構成されるが、技術上の機器・設備、車輛、建物等は不足で、十分な機能を発揮していない。また資金的にも設備、運営分野とも微弱で、大部分の計画と実施は外国の援助に依存している。

しかも1970年前後の大旱魃により、サヘル地域の農牧業は大打撃を受け、早急に実施しなければならない、調査・研究および工事の課題は処理しきれず、解決が将来にのぼされている。しかし、前5ヶ年計画で実施されたPNUDの援助によるニオロ、ゴンド地区のボーリングさく井方式の地下水開発に成功して以来、全局的に活気が見られる。

技術的、組織的活動の体験が生まれ、効果的な開発にはずみがつけられた。その他モブテイ、セバレ、トンブクトウ、ナラ、キク地区に活発な活動が行われた。

現在も各外国機関による数多くの援助プロジェクトが実施れ、その成果が実りつつある。

国連（PNUD）、アフリカ開発基金（FAD）、ヨーロッパ援助開発基金（FED）Saudi援助（SAAD）、スイス国援助その他、全国で10プロジェクトが実施されつつある。

5 その他資料

5-1 調査終了に当たりの水利局長との会議録

日時：昭和57年3月17日

場所：バマコ、水利局長室

会議主催者：マリ側水利局長ならびにJICA調査団長

会議出席者名簿： (マリ側)

水利局長	Stapha Traoré
局次長	Karim Dembélé
仏人顧問	J. Pierro Sasmyoux
主席カウンターパート	Awadou Guindo
機械カウンターパート	Tahidou Diarra

(日本側)

調査団長	関口 護
さく井技師	林 慶明
JICA	岡崎 有二
監理委員	村下 敏夫
監理委員	西谷 隆亘

マリ共和国地下水開発計画調査のためのJICA Project 終了にあたって

地下水資源の開発を目的とする技術協力についてのマリ側の要請に応じてJICAは上記開発計画調査およびマリ側カウンターパートに対する技術移転を行うべき日本技術調査団を編成し、派遣した。

この技術調査団は技術協力のため、1979より1982年の4ヶ年に亘り開発計画調査および関連業務を実施した。

日本技術調査団は1982年3月中旬をもって最終年度の調査作業(ガオ・アンソンゴ)を完了した。

主体調査作業の現地業務完了にあたってJICAは、村下外2名の視察団を派遣した。当該視察団は、1982年3月6日より17日までマリ国に滞在し、調査実施地域を査察した。

マリ側カウンターパートは現地において日本側と数回の会議を持ち、調査の結果および将来の進め方について詳細な検討を行った。

1982年3月15日、17日の両日バマコの水利局においてMr Traoré'を中心とするマリ側担当幹部と日本側との合同会議を開催し、調査終了と無償協力開始に当たりの現状

の報告と総括的な意見の交換が行われた。

この討議の主要点を要約すると次の通りである。

○ 1981年11月より1982年3月に実施した作業の調査団からの報告：

調査団の協力によって当初予定の7孔井を1孔ふやし、計8孔の管井(Forage)が完成された。

5孔井—ガオ市 : G-6……ソソコイラ地区
 G-7.8.9.10……アバトアール周辺

1孔井—バゴンジェ地区 : B-1

1孔井—ジェボック地区 : D-1

1孔井—ハマクラゴ地区 : Ha-1

作業の経過は予定通り進められたが、大きな成果をもたらされた。特にアバトアール周辺の孔井はガオ市の新上水道源として役立つもので、その貢献度は大きい。

Ha-1は揚水テストを実施中であるが、予備試験結果は次のとおり、

孔深: 120 m
帯水層: 45.5～50.0 m
 75.0～87.5 m
 101.5～111.5 m

静水位: 29.0 m

エヤーリフト吸込口: 50.0 m

揚水量: 水位降下24.8 m—揚水量・200 ℓ/min (12 m³/hr) 以上

当該調査全体についての最終報告書は日本において仏文のもの作成の上、1982年10水利局に提出する。

○ マリ側カウンターパートの増強：

作業現場に対する基地又は前現場からの資機材の移動、水源地点からの用水の運搬、キャンピング設営のための機材の移動、配車管理等は極めて重要な問題であって、これら能力増強が必要である。また、今秋の無償におけるさく井機増加に対応するためにもさく井技術者の増員を行われねばならないとし、下記のようなマリ側カウンターパートの増強が調査団長より勧告された。

—機械技術者 (Technicien) 2名

—さく井" (") 2名

○ 調査に使用した資機材のJICAよりマリ国への譲渡：

調査実施のためJICAにより送り込まれた資機材の棚卸しが、現地にて行われたが、これらの資機材は1981年9月26日付の資機材譲渡に関するマリ側要請とこれに対

する J I C A の承認に基づいて、水利局に対して譲渡される。

その際の譲渡完了書を作成するがそれに品目リストを添付するものとする。

これらの資機材について、マリ側は第 7 経済区におけるプロジェクト実施期間中はそのプロジェクトの目的にのみ使用するよう日本側から求められ、マリ側はこれを了承した。

○技術移転に関する日本技術調査団の意見

日本技術調査団の見解は次のとおり。

— さく井技術・電気探査技術に関するマリ側カウンターパートへの技術移転は非常に効果的に行われた。

— マリ側カウンターパートは近い将来、自主的な体制を確立できることが可能である。

○無償協力作業（1982年3月～1983年3月迄）計画についてのマリ側の要望：

ガオおよびアンソンゴ地区水諮問委員会によって計画されたさく井候補地点につき、水利局としては、この計画は最小12孔井を想定するものであって、数量的に不十分であり最小17孔井を実施したいとの期待を表明している。

○日本における技術研修について：

J I C A 視察団よりのマリ側への質問に答え、水利局長は1982年度中の研修技術者—2名の派遣を希望した。

添付：仏文の資機材譲渡受取書

1部

5-2 マリ国関係者人名

人 名	所 属	備 考
Robert Tiebile Ndaw	工業開発観光大臣	Le Ministre du Développement Industriel et du Tourisme
Lamine Kéïta	前工業開発・観光大臣	
Stopha Traore'	水利・エネルギー局長	Directeur Générale de l'Hydraulique et de l'Energie
Karim Dembelé	水利・エネルギー局次長	Directeur Générale Adjoint
Amadou Guindo	主席カウンターパート	Chef du Project Hydrogéologue
Jean Pierro Sasmayoux	仏人技術顧問	Conseiller Technique
Gerhard Salzmann	西独人技術顧問	
Tahidou Diarra	機械カウンターパート	Ingénieur Mechanique
Lamine Doumbia	" "	Technicien Mechanique
Nouman Diakite	さく井 " "	Technicien Forages
Momadou Porgo	" "	" "
Amadou Traore'	" "	" "
Issa Coulibaly	電探 " "	Ingénieur Prospection Physique
Mahamane Cisse	" "	Technicien " "
Adama Maiga	" "	" " "
Idrissa Diallo	オペレーション ピュイ ガオ支部長	Chef du Opération Puits Gao
Ousmane Koné	SONAREM ガオ支部長	Chef du SONAREM Gao
Issa Ongoiba	第7経済区知事	Gouverneur de Région Gao
Abdoul Karim Diop	オペレーション ピュイ局長	Directeur Nationale de l'Opération Puits
Kanda Keita	ガオサークル長	Commandant de Cercle Gao

5-3 収集資料リスト(昭和56年度)

番号	資料の名称	形態	版型	ページ数	オリジナル コピーの別	部数	収集先名称又は発行機関
1	Etude de preinvestissement et d'Écution pour l'Alimentation In Ean des villes:Kays-Bougouni-Markale -Gao-San Ville de Gao Resultats de la Campagne Geophysique et des Essais de Pompage Technital -Aic Progett, Rome-ITALIE	パンフレット 函付 1枚	A-4	37	オリジナル	1	水利・エネルギー局
2	Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux Les Bases de L'Hydraulique Pastorale dans le Soudan Oriental (Cercle de Gao) par O, Bremaud et H, Radier	パンフレット 函付 1枚	B-5	18	コピー	1	水利・エネルギー局
3	Aménagements l'Hydraulique Pastorale Mali lu Région de Gao		A-4	15	コピー	1	" "
4	Proget du Plan Quinquennal de Developpement Economique et Social 1981~1985 sept 1981	抄出コピー	A-4	53	コピー	1	" "
5	Annuaire Statistiques 1974, 1975 oct 1977	簡易製本	A-4	221	オリジナル	1	情報・統計局
6	Enquete Socio-Economique Réalisée dans la Région de Gao In 1975	"	A-4	145	"	1	" "
7	Bulletin Mensuel de Statistique Année 1981, Mois de Jan'Aout	"	A-4	43	"	各1	" "
8	Rapport d'Activite Sept 1980~Aout 1981 De la Direction Nationale de	パンフレット	A-4	11	"	1	水利・エネルギー局
9	Decennie International de l'Eau et de l'Assainissement 1981~1990	"	A-4	8	"	1	" "
10	La Direction Generale de L'Hydraulique et de l'Energie	"	A-4	21	"	1	" "
11	Decennie Internationale de l'Approvisionnement en Eau Porble et de l'Assainissement 1981~1990	"	A-4	20	"	1	" "
12	Organisation de la Documentation de l'Eau Souterraine et Fiches d'Innsentaire Hydrogeologique	コピー	A-4	5	コピー	1	" "
13	Sur l'Utilisation d'une Galerie d'Infiltration dan les Zones Saheliennes du MALI	"	A-4	10	コピー	1	" "
14	Etude Hydrogéologique du Nord de la Boucle du Niger	"	A-4	50	コピー	1	" "
15	Carte Hydrogéologique de la France à l'Échelle de 1/500,000	製本	B-5	36	オリジナル	1	IGN FRANCE
16	Tableau Climatologique Mensuel 1971~1973, 1978~1981	コピー	B-4	168	コピー	7分冊	Meteorologique, Gao

