

3-3 水理地質状況

3-3-1 水理地質の概要

モーリタニア国の水理地質は、地層特性、岩質、地質構造等より図3-5~6のように地層区分と水理地質構造を究明している。

全体的には、水理地質特性から次のように3つに大別している。

1) モーリタニッド山脈および基盤地帯 (中央部)

当地域は、花崗岩、片麻岩、緑色岩、結晶片岩等の不透水性の岩石より構成されている。地下水は、サハラ砂漠地帯では非常に少なく、風化基盤岩内の浅所にしか滞水していない。不透水性の岩石類には、節理もしくは断層による亀裂に地下水を滞水しているケースもある。

2) 新生代の地層からなる盆地 (西部)

未固結で多孔質な堆積層より構成されており、沿岸第三紀滞水層、アクジュジ滞水層等がある。前者中には、Brakna滞水層、Amechtil滞水層、Trarza滞水層、Maestrichien滞水層の4つの規模の大きい滞水層が知られている。

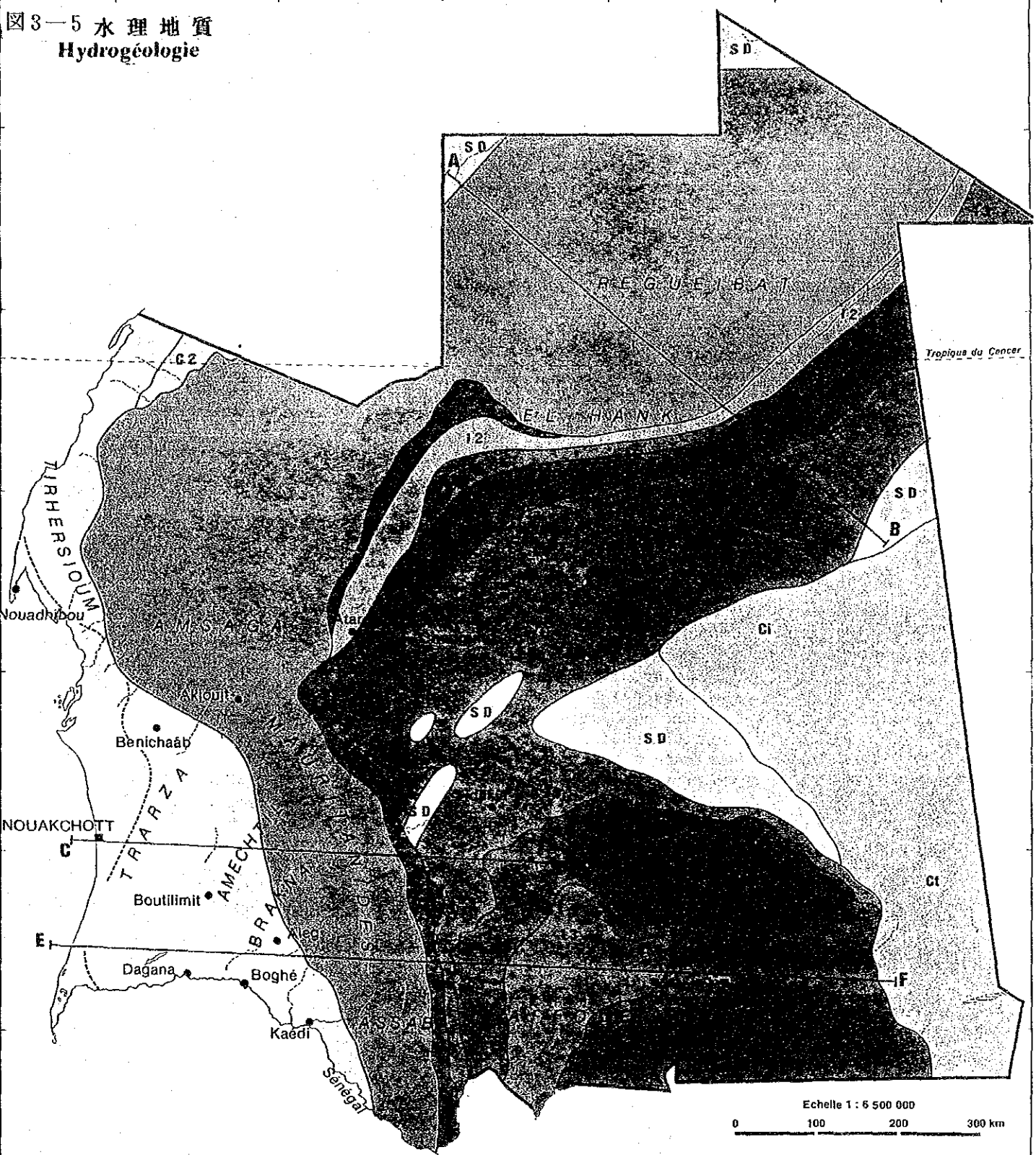
3) タウデニ盆地 (東部)

基盤岩と新生代の地層から構成されており、新生代の地層にはいくつかの滞水層を含んでいるが、基盤岩は多くの場合上部層の風化と亀裂部が滞水層となっている。地下水の供給源は、3~4年周期で雨季に流水が見られるワジ川(古い時代の河川)からの浸透水が主体となっているが、少ない降雨量と大きい蒸発量から地下水資源には限界がある。

モーリタニア国の水理地質は、永年に亘る生活用水の確保に苦勞してきた歴史と、水源を地下水に求めなければならない自然条件から全国レベルで地下水調査が実施されており、滞水層の分類・特性・分布や地下水開発の難易度による地域区分が整理されている。これらの資料(図2-5、表3-5)より見ると、地下水開発に有利な地域は対象地域を含めた西南地方の一部に認められるだけで、大部分の地域は地下水開発に難しいゾーンと判定されている。

16° 14° 12° 10° 8° 6°

図3-5 水理地質
Hydrogéologie



Echelle 1 : 6 500 000
0 100 200 300 km

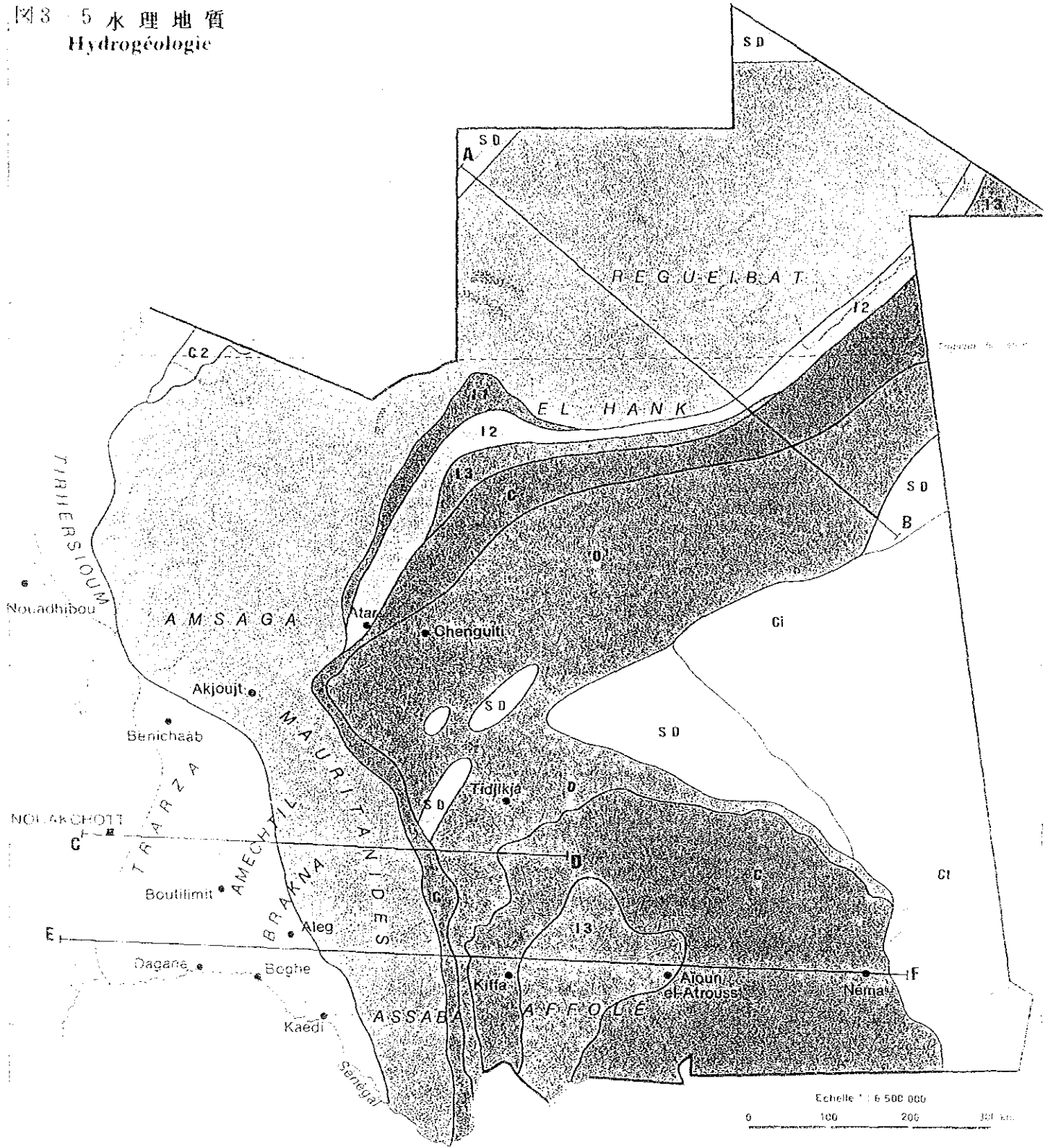
Bassin de Taoudeni タウデニ盆地

- Aquifères du bassin Sénégal-Mauritanien
セネガル-モーリタニア盆地の滞水層
- Continental intercalaire (Ci), terminal (Ci)
コンチネンタル・アンテルカレール、
テルミナル
- Socle granitique
花崗岩質基盤
- Crétacé du Tiris
ティリスの白亜紀層
- Limite orientale de l'aquifère salé
塩分を含む滞水層の東側境界

- Schistes (Infracambrien 11, Cambrien C)
片岩 (下部カンブリア、カンブリア)
- Calcaire (Infracambrien 12)
石灰岩 (下部カンブリア)
- Grès (Infracambrien 13, Ordovicien 0)
砂岩 (下部カンブリア、オルドビス)
- Grès (Siluro-Dévonien SD)
砂岩 (シルル-デボン)

Les coupes de terrain suivant
les axes AB, CD et EF sont
représentées à la page 13
A B軸、C D軸、E F軸に基づく断面図は
次ページに記載されている。

図3 5 水理地質
Hydrogéologie



- Aquifères du bassin Sénégal-Mauritanien
セネガル・モーリタニア盆地の滞水層
- Continental intercalaire (C1) terminal (Ct)
コンチネンタル・アンテルカレール、
テルミナル
- Socle granitique
花崗岩質基盤
- Crétacé du Teris
ティリスの白亜紀層
- Limite orientale de l'aquifère salé
塩分を含む滞水層の東側境界

Bassin de Taoudeni タウデニ盆地

- Schistes, métamorphes (1) (compren C)
片岩 (下部カンブリア、カンブリア)
- Calcaires métamorphes (2)
石灰岩 (下部カンブリア)
- Sables intracambrien (13) (compren C, O)
砂岩 (下部カンブリア、オルドビス)
- Grès Saïbi-Bevon (SD)
砂岩 (シルル、デボン)

Les coupes de terrain suivant
les axes AB, CD et EF sont
représentées à la page 13.
A B 軸、C D 軸、E F 軸に基づく断面図は
次ページに記載されている。

図3-6 地質断面
Coupes de terrain

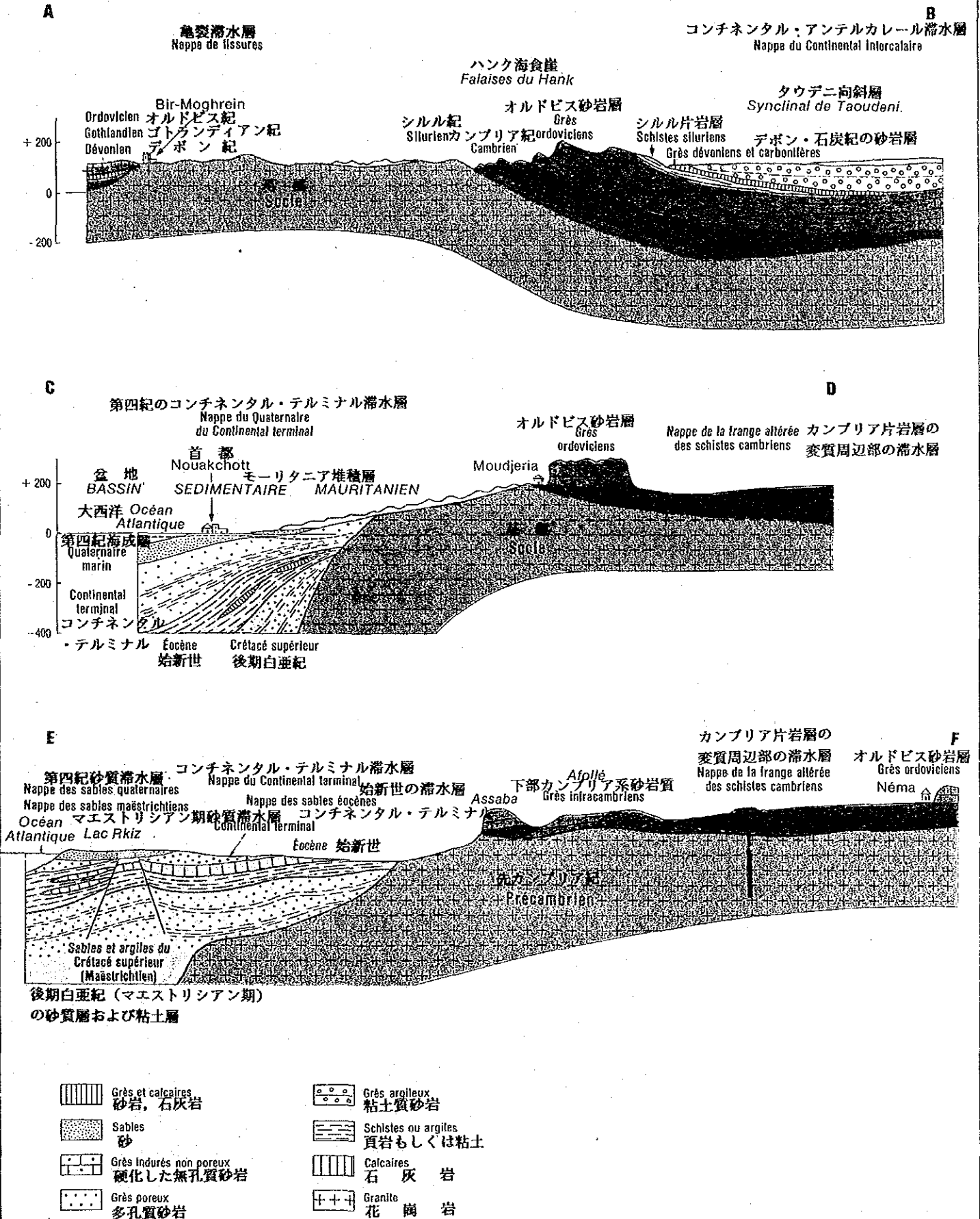


図3-6 地質断面
Coupes de terrain

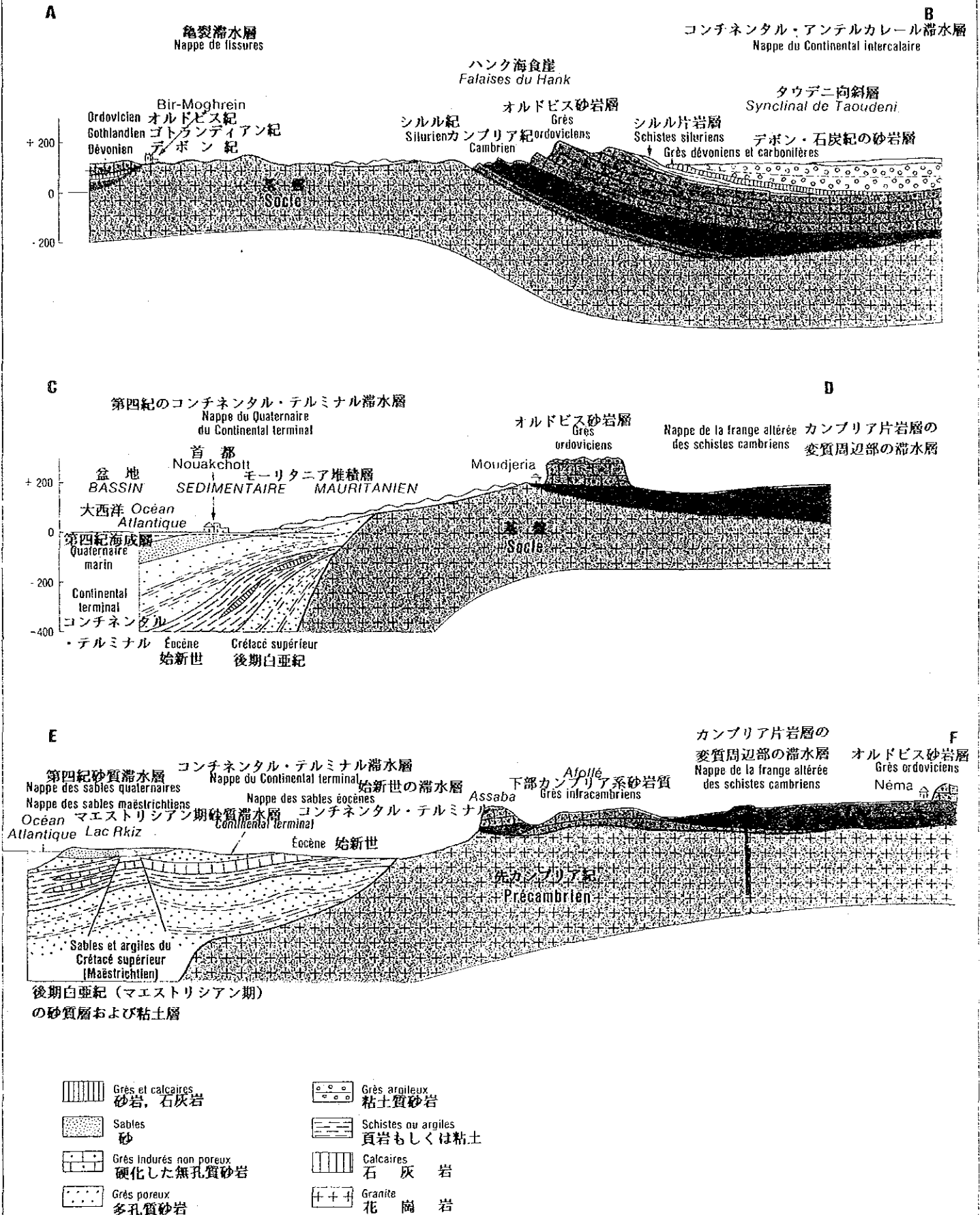


表3-5 地方別滞水層データ

地方別滞水層	井戸データ		平均掘削深度 (m)		工事成功率 (%)	
	揚水量 (m ³ /h)	浅井戸	深井戸	浅井戸	深井戸	浅井戸
北部地方						
ウエッド沖積滞水層	3	50	10	25	95	90
ウエッド滞水層およびアムデル石灰土層	5	30	10	25	95	90
古生代黒ゼムール砂岩層	2	10	20	70	50	70
シルルーデボン紀向斜(褶曲)滞水層	—	—	—	150	—	50
アドラール砂岩層	2	10	30	150	50	70
タウデニ砂岩滞水層および下部カンブリア系石灰土層	—	0~15	—	100~300	—	50
(オエッルガーアザクータルフグレイアタール)						
モーリタニア基盤	2	1~5	10	70	60	50
ラグアムネケ滞水層	2	10	35	60	80	60
ケディエイジッ珪岩滞水層	—	0~10	—	250	—	60
カットタブリクワン滞水層	2	5	20	50	80	60
結晶片岩基盤	2	1~5	25	70	60	50
西部地方						
セネガル沖積層	5	20	15	25	95	90
ウエッド沖積層	3	50	10	25	95	90
*沿岸第三紀滞水層	5	70	60	150	95	90
モーリタニア基盤	2	5	10	70	60	50
アクジュジ滞水層	2	10	20	70	80	60
カットケンブシュ(ルエブダ)滞水層	2	10	—	80	80	60
結晶片岩基盤	2	5	25	70	60	50
東南地方						
ウエッド沖積層	3	30	10	25	95	90
タムワンアンナッジ沖積滞水層	8	50	8	26	95	90
アウケおよびアサバの砂地	5	30	40	70	80	60
ダールからネマまでのインターカリコンネッル層	5	15	80	90	95	90
タガンおよびアサバの砂岩層	—	—	—	100	—	60
タガンおよびアサバのドロマイト堆積岩層	60	150	20	40		
			15	40	90	80
風化砂岩層	5	15	15	40	80	60
アサバおよびボッドのペライト層	1	6	30	70	80	60
アルワンの砂岩層	5	50	—	100	—	75
キッフアの珪酸質岩層	2	10	20	40	80	60
モーリタニア基盤	2	5	10	70	60	50

*印が対象地域内に分布している滞水層

3-3-2 対象地域の水理地質

対象地域の水理地質は、表3-5に示した沿岸第三紀滯水層が主な揚水対象となる。

このほか東側では基盤岩地帯となるため、岩盤中の裂隙水が対象となるが、量的には少なく、また分布が偏在するため地下水開発には困難を伴う。ただし、南部地域では沖積低地が発達し、地下浅部に量は少ないが伏流水が賦存する。

地域毎の地下水分布状況は、トラルザ州については、図3-8に示したように、沿岸部では海水が内陸の淡水の下位にもぐり込んできてバランスしており、これより内陸では、図3-10に示したように、緩く北西に傾斜した地層の内、主に粗粒層が滯水層となっている。南北方向には、図3-11のように、セネガル河沿いは水位が高く、地表から数mから10m程度の浅所に位置するが、北へ上がるにつれて地下水位は低下し、国道3号線付近では50~70mまで低下する。

ブラクナ州では、西側はトラルザ州と同様であるが、東側では図3-9に示したように、カンブリア紀基盤岩が第三紀層の下位浅所に分布するようになり、更に東では地表に露出する。地下水位も北部では降雨量の減少から低めとなり、基盤が浅い所では滯水層として岩盤中の裂隙水に依存するため、水量自体も極わずかなものとなる。しかし、前述したように、南側では沖積低地が発達しており、浅層地下水が認められる。

沿岸第三紀滯水層の供給水源としては、降雨が第一に挙げられるが、この他にセネガル河からの涵養も考えられる。

対象地域の年間降雨量は、南側半分の北緯18度以南でおよそ200~300mm、北側は100mm以下となっており、北部程少なくなるが、全般に地形が平坦に近いため河川への流出も僅かで蒸発分以外は地下に浸透し、粗粒層に滯水して地下水となる。この地下水は、降雨に依存するため、地下水深度も北側は深く、南側は浅い傾向を示す。

ワジについては、常時の流水は無く、また全般に被覆層が薄いため伏流水などもほとんど期待できない。

セネガル河からの涵養については、R' Kiz湖などのように標高が低いために河から逆流するケースのほか、ワジ底に細粒層中に挟まれる砂質岩層にそって河川水が地下水として流入することも予想される。

3-2-2項でもふれたが、調査地域において水理地質的に重要と考えられるものの中に、旧河道跡が挙げられる。これらはR' Kiz湖やAleg湖に代表される帯状低地で、砂漠化のために分断されているが、図3-12に示すように、現在のセネガル河より北に大きく三日月状に張り出して分布している。

これらの低地では、内陸部で顕著な地下水の高まりを示しており、このことはかつて河床だった時に存在したと思われる伏流水脈が深度的には深くなっているにせよ、現セネガル河につながる水脈として残っている可能性を示唆している。

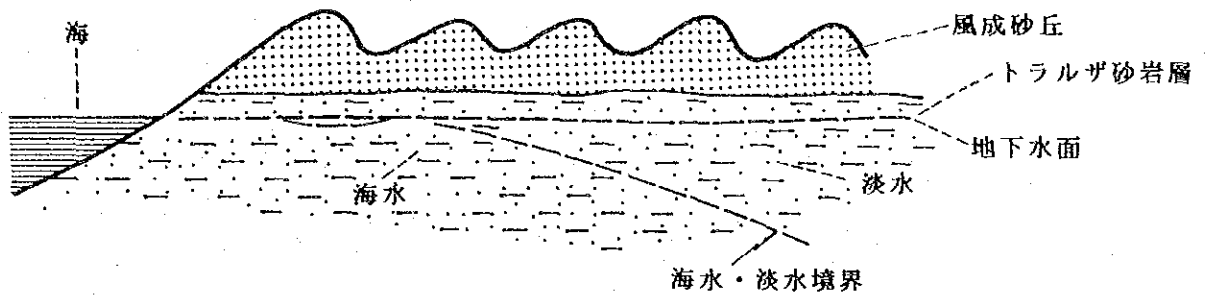


図 3 - 8 トラルザ州の水理地質断面（東西方向）

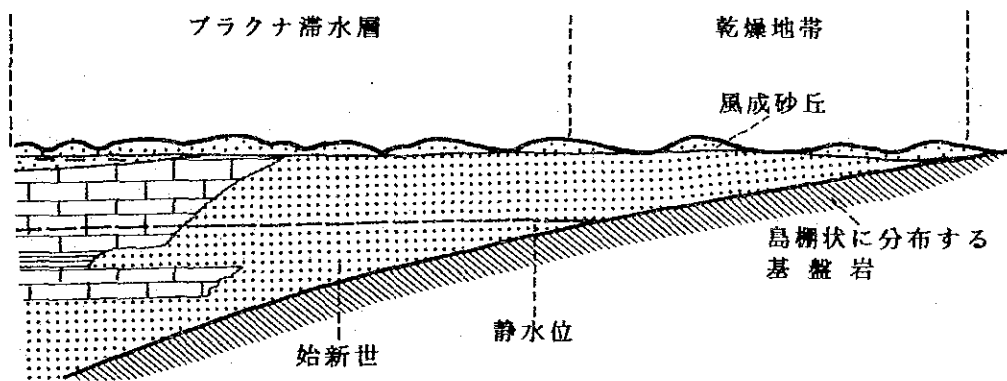


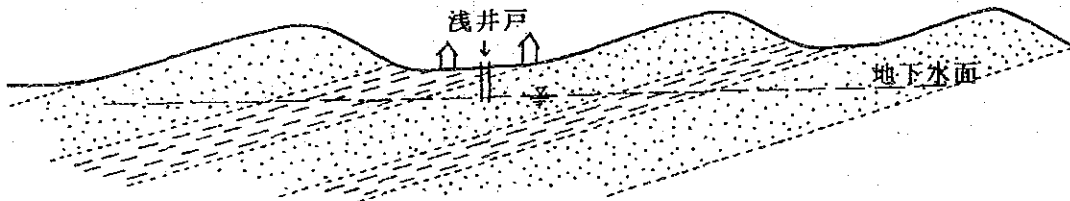
図 3 - 9 ブラクナ州の水理地質断面（東西方向）

北西

南東

数100m ~ 1Km 程度

ワジ



凡 例



砂 岩 優 勢 層



シルト・泥岩優勢層

図 3 - 10 ワジ横断方向模式地質断面図及び地下水賦存状況想定図

南西

北東

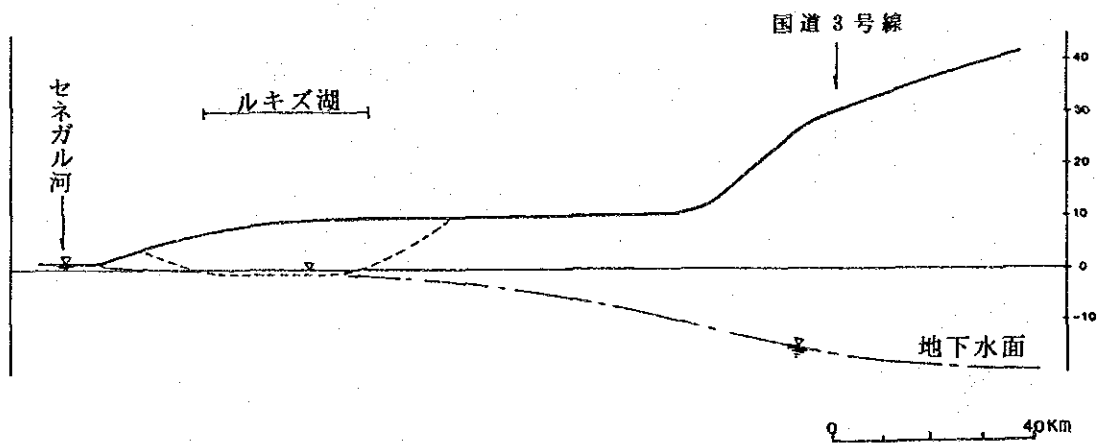


図 3 - 11 ルキズ湖沿いワジの地下水分布図

図3-12 低地帯から推定される旧セネガル河道分布

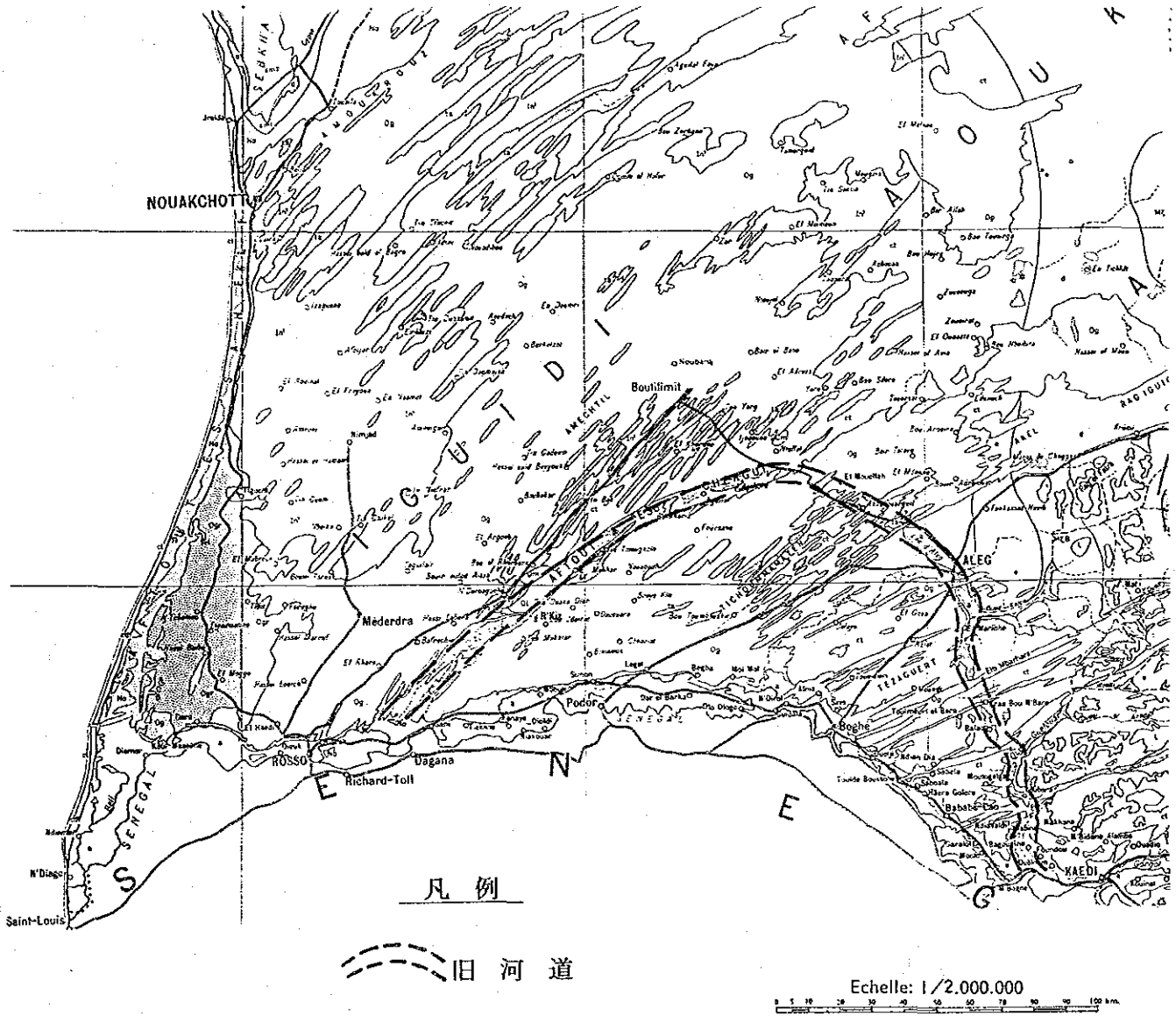
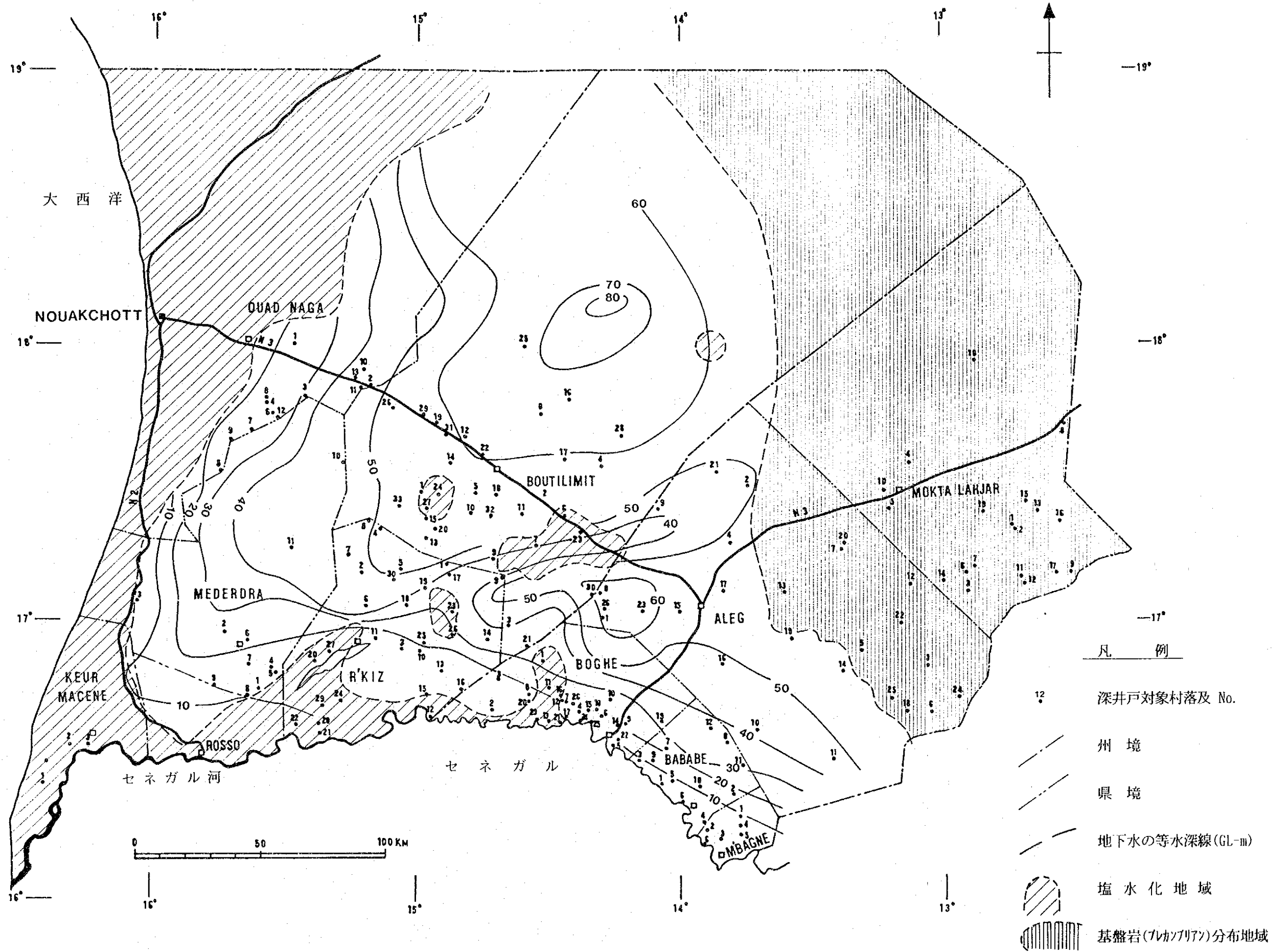


図3-13 第三紀層分布地域の地下水の等水深線図

S = 1/1,500,000



- 凡例
- 12 深井戸対象村落及 No.
 - 州境
 - 県境
 - 地下水の等水深線(GL-m)
 - 塩水化地域
 - 基盤岩(ブルバリアン)分布地域

3-3-3 地下水の塩水化

対象地域の地下水開発における大きな問題の一つに地下水の塩水化が挙げられる。

塩水化は味覚で判明するほか、石鹼の泡立ちが悪くなるなどの現象により確認され、塩水化した井戸は飲用水としては用いられないが、飲用水として中止する塩分濃度は村落によってまちまちであり、電気伝導度にして3,000から7,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲に入る。

塩水化地域の分布は、既往資料および今回調査資料を合わせると、おおよそ図3-13のようになり、大きく次の4地域に区分される。

- ① 西海岸地域
- ② セネガル河岸地域
- ③ Aleg-R' Kiz旧河床低地域
- ④ その他

これら塩水化の原因としては、明確な答えは出していないが、表3-7に示すようにそれぞれ幾つか挙げられ、これらを総括すると次のように考えられる。

調査対象地域のうち、沿岸のKeul Macene県は①に属する塩水化地域で、これは表3-6のaに起因すると判断される。この他の地域については、地下水面上昇帯（図3-13の等水深線40m）に沿う分布傾向を示すため、地中の残留塩分が地下水に溶けだしている可能性があると考えられる。

これら原因については、旧河床部の水理地質特性も含め、今後深井戸建設を進めていく過程で漸次明らかになっていくと思われる。

表3-6 地下水塩水化の地域別原因の想定

地 域	塩 水 化 の 原 因 の 想 定
西 海 岸 地 域	a. 海水-淡水のバランスが近年の降雨量減少に伴って崩れ、境界が内陸側へ移動、特に降雨の少ない北部では海水が内陸側へ大きく入り込んでいる。Nouakchott付近では地下水の大量揚水に伴い、塩水化が進んでいる。 b. 地下水侵入は透水性の高い粗粒層に沿って顕著に行われ、塩水化地域分布は北東-南西の、地質構造に沿った形となっている c. 海成層には堆積時の含塩分が全部溶脱せず、残留している。
セネガル河岸地域 Aleg-R' Kiz旧河床低地域	c. 海成層には堆積時の含塩分が全部溶脱せず、残留している。 d. 早乾期に海水が遡上、あるいは地質年代の海進期に海水が侵入
その他（内陸地域）	c. 海成層には堆積時の含塩分が全部溶脱せず、残留している。

3-3-4 村落の利用水源

1) 井戸種類

調査を行った村落では、古い深井戸が崩壊した1村落と、移動遊牧民の1村落を除いて、全て何らかの井戸を保有しており、未調査村落についてもほぼ類似した状況にあると思われる。村落が保有する井戸の種類をまとめて表3-7に示す。

コンクリート製浅井戸は、その多くが水利局の建設によるものである。対象地域中～北部の家畜を多数保有する村落では、浅井戸の両側に家畜の水飲場を設置したタイプが主体で、南部地域では、この水飲場のない浅井戸タイプが主体となっている。前者はほとんどが地下水位が深い地域にあり、揚水方法は家畜にロープを引かせる方法をとっている。このタイプの浅井戸は、村落から数10m以上離れて設けられており、浅井戸は掘削した土砂を周囲に積み上げながら建設し、完成時には周辺地盤より2～5m程高い状態になっている。このため余剰水は周囲に流出していくが、家畜の糞が周囲に散在しており、この上を引きずられたロープや汚染土砂が浅井戸内に入るため地下水の二次汚染が大きい。

人力による揚水タイプのコンクリート製浅井戸は、地下水位の浅い南部地域で多く見られ、井戸部の地盤高さは周囲と殆ど同レベルである。揚水方法に家畜を用いないために、周囲は比較的きれいであるが、こぼれた水がそのまま浸透する点や村落内に設けられているものが多く、人為的な二次汚染が大きい。

コンクリート製浅井戸の井戸底の深さは、水面から数10cm程度のもものが多く、これは建設当初は3～5m程度掘り下げてあっても、砂の舞い込みや、地下水汲み上げによる細粒子の吸い出しで、砂が底に堆積し浅くなるためである。このため地下水位の低下する乾期には水溜れ現象も発生し、これを防ぐために定期的に砂浚いを行っている。

風力を揚水に用いている浅井戸は、主としてROSSO周辺に多く見られ、コンクリート製浅井戸内に揚水パイプを入れ、井戸上端はほぼ密閉状態にしてある。揚水方式は、労力のいらぬ24時間の稼働であるが、故障・修理期間中は給水機能が停止する問題がある。

電動ポンプ付深井戸は、対象地域に4箇所あり、そのうち2箇所が故障中であった。経済性やメンテナンスの面で他の井戸より問題があるが、揚水量の点でカバーしており、水問題解決の主役として期待されている。

太陽エネルギー発電による深井戸については、設置されてから間がなく、現状は特に問題はないとのことであったが、調査団としては今後の稼働状況を見守りながら参考としていく考えである。

伝統浅井戸は、地下水のごく浅い地域に見られるが、旱魃による地下水位の低下より漸次コンクリート製浅井戸に置き換えられている。

井戸がない村落は、生活用水を近隣の村落の井戸に依存しており、数kmから10数kmの距離を主にロバにタイヤのゴムチューブを利用した容器を背負わせて運搬している。この運搬方法は、村落内に井戸があっても距離が遠い場合にも用いられている。

また、移動型遊牧民の村落では、雨期に一時的にできる溜水を汲み上げて使用していたが、非常に悪い水質であった。

村落の地下水利用状況を総括すると、殆どの村落では基本的に絶対量は辛うじて足りているが、二次汚染により水質が悪く、これは衛生観念の欠如が原因となっている。

2) 井戸の管理

〔 伝統浅井戸 〕

伝統浅井戸は、地下水位は浅いが、土質もまた軟弱なために孔壁の崩壊が多く、崩壊した場合は、近くに掘りなおして使用せざるを得ない状況である。

〔 電動式ポンプ付深井戸 〕

この型の深井戸は、運営に費用がかかるため、村落ごとに民営管理組織をつくり、料金を徴収している。料金は村民1人当たり1m³につき100UMで、このうち10UMを国に納付し、残りの90UMを燃料代および修理代としてプールしている。ただし、大きな故障については水利局が修理に当たっている。

管理組織に対しては、担当員を養成するため、組織の代表者を水利局に集め2～3カ月の維持管理の教育を実施している。

〔 人力式ポンプ付深井戸 〕

村民の料金負担はない。故障に際しては、ポンプの代理店がヌアクショットにあり、スペアパーツは安価で購入できるが、現地までの輸送手段等に問題がある。

〔 風力式浅井戸 〕

現在対象地域内に23箇所あるが、風車の動力伝達部分を中心とした故障が多い。維持、修理は全て建設会社が負担している。

表3-7 村落保有井戸の種類

井戸種別			採水層	説明
区分	細分	揚水方法		
浅井戸 (Puits) 人力掘削	伝 統 井 戸	人力揚水	自由水	セネガル河沿いの地下水位2~6m程度の浅い地域に散在。孔壁崩壊が多く、頻りに掘りかえているようである。2次汚染は村落に近い場合は大きい。
	コンクリート製	家畜牽引		地下水位30m程度以深の井戸に多く見られる。ゴム製容器をロープで降ろし汲み上げる。家畜牽引は三頭立てロバが主で、ラクダも見られる。1度に20ℓ程度。ロープに家畜の糞が付着するため地下水の2次汚染が大きい。
		人力揚水		地下水位10数m程度までが多い。ゴム製の小さな容器をロープで降ろし汲み上げる。1度に数ℓ程度。家畜の糞は少ないが汚染は見られる。
		風 力		浅井戸上に風車を設置。地下水位15~30m程度まで揚水可能。揚水量6~8m ³ /日。コンクリートタンクに貯水。2次汚染は井戸により大きく異なる。
深井戸 (Forage) 機械掘削	電動ポンプ (ディーゼル発電)	人力式ポンプ	被圧水	発電機棟と高架タンク、給水栓を伴う。汚染は一部井戸に見られる。
	電動ポンプ (太陽エネルギー)			対象地域で1ヵ所のみ建設了で、テストケース中である。
	人力式ポンプ			手動式ポンプが主体で故障が多い。
複合井戸	Puits + Forage			下層の被圧地下水を深井戸により地下水の無い浅井戸に導水する。



コンクリート製浅井戸
 家畜水飲場付きのタイプ
 家畜による揚水
 MEDERDRA県
 EL Mahrade- II
 地下水位 27m



コンクリート製浅井戸
 人力揚水タイプ
 M' BAGNE 県
 Garalol
 地下水位 22m



伝 統 浅 井 戸
 MEDERDRA 県
 Legolem
 地下水位 6.2m

3-3-5 地層の透水性

地下水開発の対象となる第三紀層は、基本的に粗粒層と細粒層との互層であろうと判断しているが、その透水性に関し地表部から採取した代表試料を用いて粒度試験を実施した。それぞれの粒径加積曲線をまとめて図3-14に示す。

粒径分布は4試料とも大差はなく、0.1mmから0.3mm前後の細砂が全体の約80%以上を占める、きわめて均質な砂質土である。

ただし、砂丘の一部に2~4mm程度の細礫が見られたほか、施工中の深井戸のコア試料でも細礫が認められ、細砂層間に薄く挟まれるものと思われる。

ここで風化が進んで固結状態から解かれた地山の砂層について、粒径分布から透水係数(K)を推定すると、次のようになる。

粒径加積曲線の10%粒径 0.05~0.12mm

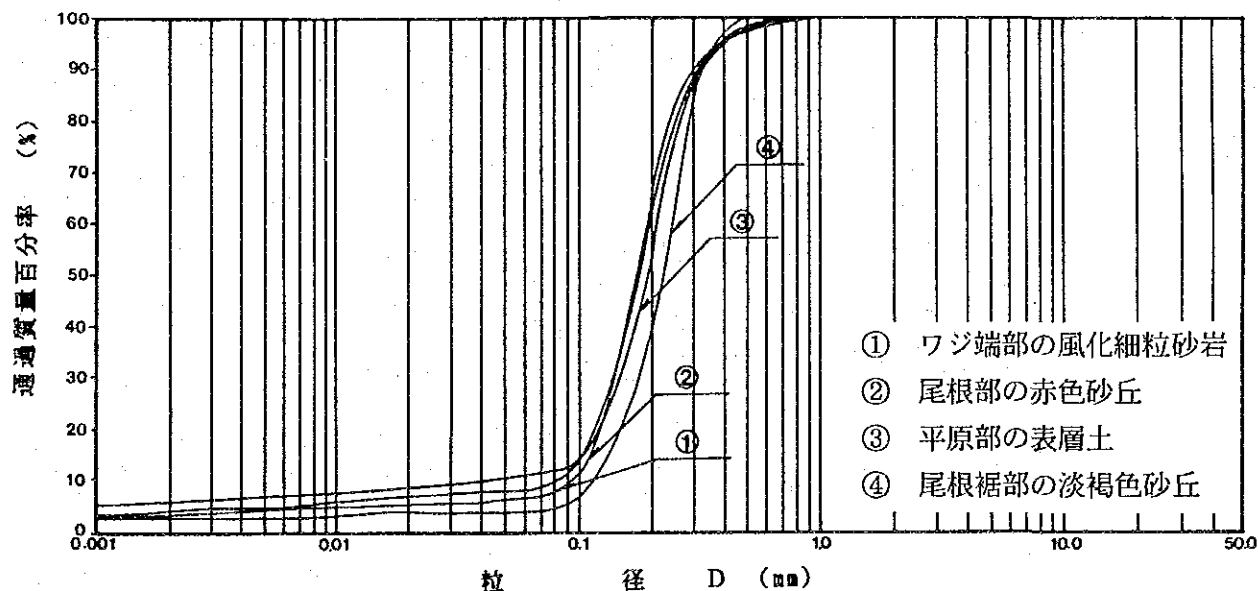
⇒⇒ Hazen法より $K=2.3 \times 10^{-3} \sim 1.3 \times 10^{-2}$ cm/sec

粒径加積曲線の20%粒径 0.12~0.15mm

⇒⇒ Creager法より $K=2.6 \times 10^{-3} \sim 4.4 \times 10^{-3}$ cm/sec

従って、平均透水係数 $K=2 \times 10^{-3}$ cm/sec程度と推定される。地中では半固結状態にあるため、透水係数はこれよりは低いであろうが、少なくとも地表付近の風化部および砂丘部は比較的高い透水性を示し、蒸発散を除いた降雨量の大部分は地中へ浸透すると判断される。ただし、RossoやBoghe等セネガル河河岸地域の平坦地では、僅かな窪みにたまった降雨が、長い間溜水となっているのが観察された。この様な窪地では、細粒分が降雨流入時に溜水となって搬入され、地表部に難透水性の粘性土層を形成していると思われる。

図3-14 第三紀層砂岩層の粒径加積曲線



3-3-6 水質試験結果

対象地域の伝統浅井戸、コンクリート製浅井戸、深井戸等から採取した地下水、地方都市の水道水、市販の国内産ミネラルウォーター（Nouakchott東部の地下水）を対象に水質試験を実施した。試験結果は表3-8(1)~(2)にまとめて示してある。加えて、収集資料中の水質分析データをまとめて表3-9に示す。

これらによると対象地域の地下水について、次のような特徴が認められる。

- 1) 濁りはコンクリート製浅井戸では少ないが、伝統浅井戸では多く見られる。
- 2) 色は殆どが無色・透明で、一部淡黄色を示すが、これも懸濁物と思われる。
- 3) 臭気は電気伝導度が最大の地点で腐臭として認められた。
- 4) 水素イオン濃度pHは、多くが8から9を示し、一部に10以上の高アルカリ水が見られるなど、全般にアルカリ質である。これは地層中に含まれるカルシウム化合物に起因すると思われ、pH 10の地点は石灰岩や泥灰岩の地層が深井戸のストレーナー部分に分布する可能性が高い。なお、電気伝導度との相関は見られない。
- 5) 電気伝導度は300~600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度が多く、最小100、最大7,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示す。通常の地下水が10~数10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度であることから、対象地域の伝導度は1桁高い値であり、特に塩水化地域では数1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と非常に高い。（ちなみに海水は10,000~20,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）
- 6) 塩化物含有量は電気伝導度と良い相関を示し、やはり塩水化地域では高い値（500~2,100ppm）を示している。
- 7) 鉄、亜鉛、銅、マンガンは大部分の地点では殆ど検出限界以下であるが、一部で検出され、貯留タンクなどの金属部分が腐食して溶けだしたものと思われる。
- 8) アンモニアは基本的には糞尿等による二次汚染によってもたらされる要素で、多くの井戸で検出されているが、風力式浅井戸や電動式深井戸ではほとんど検出されない。
- 9) 一般細菌、大腸菌は一部の電動式深井戸と、水道水、ミネラルウォーターでWHO基準を下廻った他は多量に検出され、アンモニアと同様糞尿の混入によるものと判断される。

以上をまとめると、大多数を占める浅井戸から得られる地下水は、地下水自体は比較的良好であるが、次のような問題点がある。

- i) pHが全般にやや高く、一部は高アルカリ性である。
- ii) 塩分濃度が高く、局所的に塩水化地域が見られる。
- iii) 糞尿による二次汚染が大きい。

表3-8 水質分析結果一覽表 (1)

村名 注1	色	にごり	臭気	水温 ℃	pH	電気伝導度 μS/cm	塩化物 ppm	全鉄 ppm	亜鉛 ppm	銅 ppm	マンガン ppm	アンモニア ppm	一般細菌 注2	大腸菌 注2	井戸種別 地下水位 GL-m 注3
1M EL GHARS	—	—	—	29.7	8.33	505	190	<0.1	5.0	<0.1	<0.1	<0.1	>100	10	風車 14 m
2M BAJLEILAYE	—	—	—	33.6	8.30	463	115	0.2	<0.5	<0.1	<0.1	0.5	>100	多	C. 33 m
4M TEWFIGHE	—	若干	—	28.4	8.93	584	190	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	風車 18 m
6M EL MAHRADÉ-II	—	—	—	33.7	8.10	589	130	0.2	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	C. 27 m
8M HSEY EHEL BOU MHAMED	—	—	—	29.3	8.60	314	105	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	風車 12 m
9M BAGUEINIT	—	—	—	30.9	7.94	373	95	0.3	<0.5	<0.1	<0.1	0.3	>100	多	C. 17 m
(M) KRAA EL AHMAR	淡黄褐	有	—	34.4	8.56	1,037	280	0.2	1.0	<0.1	2.0	1.0	30	5	風車
(M) MEDERDRA	—	—	—	33.1	8.46	551	195	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.1	7	2	P.S 26 m
(M) LEGOLEM	淡黄褐	有	—	29.6	8.51	742	90	0.3	<0.5	<0.1	0.5	0.8	>100	多	T. 6.2m
(M) CHARAT	—	—	—	33.8	8.27	460	190	0.2	<0.5	<0.1	<0.1	0.6	>100	多	C.
1R AJOUER TENHONOD	—	—	—	33.8	8.96	1,398	550	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	P.S 47 m タンク 腐蝕
5R MELGUE LEMRAYERE	—	—	—	32.8	8.18	446	100	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	C. 60 m
7R TEDHERERT	—	—	—	29.4	8.34	478	140	0.1	0.5	<0.1	<0.1	0.3	>100	多	C. 38 m
20R TEICHTAYAT	—	若干	—	32.6	7.92	681	110	0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	>100	多	C. 11 m
27R BOUKCHEIBIYA	—	若干	—	31.1	8.63	1,770	200	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	>100	多	C. 11 m
(R) JABER	—	—	—	29.1	8.45	414	160	0.1	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	P.S 33 m
1B BIR EL BARKA	淡黄	若干	—	29.4	8.43	1,217	380	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	>100	多	C. 60 m
2B IJANANOUN	—	—	—	32.5	9.16	560	90	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.6	>100	多	C. 62 m
3B EL AKRICH	—	—	—	33.2	8.70	610	60	0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	>100	多	C. 58 m
6B N' TAOUFEKT	—	—	—	33.7	9.03	2,380	580	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.4	40	多	C. 58 m
9B KEZBARI	淡黄	若干	—	32.8	9.31	484	60	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	1.0	>100	多	C. 35 m
13B EL BIR	淡黄	若干	—	36.1	8.15	801	155	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	1.0	>100	多	C. 50 m
15B BOULENOIR IDABLEHSEN	—	—	—	29.9	8.70	1,012	330	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	20	多	C. 57 m
20B NAEME	—	—	—	34.8	8.62	872	240	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.4	>100	多	C. 62 m
23B ABRAK LEBYAR	—	—	—	34.1	9.12	5,940	1,760	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.5	>100	多	C. 48 m
24B BOU SEDRA	—	—	—	30.5	8.89	2,260	1,100	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	C. 70 m

表3-8 水質分析結果一覧表 (2)

村名 注1	色	にごり	臭気	水温 ℃	pH	電気伝導度 μS/cm	塩化物 ppm	全鉄 ppm	亜鉛 ppm	銅 ppm	マンガン ppm	アンモニア ppm	一般細菌 注2	大腸菌 注2	井戸種別 地下水位 GL-m 注3
32B EL KHELDEIRA	—	—	—	31.4	8.46	773	290	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.5	>100	多	C. 61 m
1BG M' GUEIRINAT	—	—	—	33.6	8.67	2,011	550						>100	多	C. 34 m
2BG DARA EL BARKA	—	—	—	33.4	9.05	414	100	<0.1	<0.5	<0.1	0.5	1.0	>100	多	C. 9 m
5BG BACARA	淡黄	若干	—	33.6	8.56	173	20	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.4	>100	多	C. 12 m
16BG MEGHAMET WEMAT	—	—	腐臭	33.4	8.38	7,050	2,130	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.8	>100	多	C. 27 m 塩水化
20BG MOI MOI	淡灰	若干	—	35.0	9.08	128	30	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.5	>100	多	C. 16 m
23BG OLO OLOGA	淡黄	若干	—	30.6	8.71	3,710	920	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	10.0	>100	多	C. 9 m 塩水化
BG BOGHE 水道水	—	—	—	—	8.40	271	15	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	14	0	
1BA HAIRE M' BAR	淡灰	わずかに	—	32.1	7.92	417	45						70	多	C. 15 m
5BA SABOU ALLAH	淡黄	若干	—	33.3	8.35	818	45						>100	多	C. 25 m
6BA ABARI	—	—	—	32.8	8.48	525	40	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	40	多	C. 21 m
9BA MEDINE	—	—	—	30.6	8.12	650	35						>100	多	C. 31 m
1MB E' DEBAYE EL HEJEY	—	—	—	31.7	7.72	112	10						>100	多	C. 25 m
2MB GARALOL	淡黄	若干	—	31.3	8.79	503	10	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	C. 22 m
4MB NIABINA	—	—	—	31.3	7.64	251	20	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	80	多	C. 10 m
1AL AGONEIDA	—	—	—	33.5	8.51	666	70						>100	多	C. 65 m
8AL AINI RHIDA	—	—	—	33.7	10.60	282	30	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	C. 69 m
20AL GESSARI	黄濁	多	有	32.5	9.13	120									河川
26AL MOUFLAH EL KHEIR	淡黄	若干	—	32.9	8.70	395	35	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	C. 68 m
5ML N' DAREYE	淡黄	若干	—	32.9	9.44	905	50	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	>100	多	T. 2.5m
ミネラルウォーター	—	—	—	—	8.98	329	50	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	23	0	国産
WHO基準					7.0~8.5	—	< 200	<0.1	—	—	<0.05	<0.6	—	年間通じ MPN 10以下	
ヨーロッパ指導基準					6.5~8.5	—	< 25	<0.05	—	—	<0.02	<0.05	—	—	

注1) 数字+アルファベット
数字は村落リストの番号に対応、
アルファベットは県名の略称
(右参照)

M: MEDERDRA
R: R' KIZ
B: BOUTILIMIT
BG: BOGHE
BA: BABABE
MB: M' BAGUE
AL: ALEG
ML: MOKTA LAHJAR

注2) 1ml中に含まれる数

注3) C: コンクリート製浅井戸
T: 伝統浅井戸
PS: 電動式ポンプ付深井戸

表3-9 モーリタニア国内機関による井戸水分析データ

No.	pH	カルシウム ppm	マグネシウム ppm	ナトリウム ppm	カリウム ppm	塩素 イオン ppm	硫酸 イオン ppm	重炭酸 イオン ppm	炭酸 イオン ppm
916 SEL 3	7.6	66	16	104	18	124	19	132	0
617 SEL 3	7.7	58	14	369	78	415	130	210	0
918 SEL 4	8.3	68	12	340	73	418	158	296	4
919 G-2	8.2	41	7	57	11	119	26	107	0
920 SEL 3	8.2	69	12	100	16	120	46	256	3
921 G-1	8.1	26	5	106	15	85	62	152	1
922 G-6	7.8	63	17	153	21	206	209	85	0
923 G-7	7.8	83	25	204	44	284	278	146	0
924 IDINI F-22	8.2	32	4	35	8	42	43	94	0
925 " 23	8.1	30	2	28	7	46	38	110	0
926 " 20	8.2	44	10	41	9	71	91	85	0
927 " 21	8.3	46	10	40	10	74	115	85	0
929 " 24	8.0	29	2	37	9	41	46	98	0
930 " 25	8.0	31	6	50	10	79	58	116	0
1029 BIR EL BARKA	7.7	13	3	21	2	14	23	15	0

3-3-7 電気探査

対象地域内の水理地質構造を把握するために、電気探査を実施した。調査を行う対象村落については、トラルザ、ブラクナ両州の水利局地方事務所責任者と現地で協議し、調査の進行状況および対象村落へのアクセス条件を検討して選定した。探査数は広範囲に調査資料を得ること、および1つの村落では滞水層は大きく変化しないこと（北東部のプレカンブリアン分布地域を除く）を考慮して、1村落で1測点の調査とし、合計40村落、40点の電気探査を実施した。

1) 測定方法および使用計器

地表部の接地抵抗が高いと判断されたため、Wenner法による垂直探査を実施し、探査深度は地下水位分布資料等から最高100~130m必要と判断され、S/N比を向上させるために重合方式の機種を使用した。

測定結果の解析はWennerの標準曲線および補助曲線を利用し照合法により行った。

表3-10 測定器の仕様

機種	仕様
McOHM 日本製	出力電圧 : 400VP-p (定電圧) 出力電流 : 1, 2, 5, 20, 50, 100, 200mA (定電流) 動作電圧 : 12 VDC 入力インピーダンス : 1MΩ 測定電位 : ±0.6 V, ±6 V 分解能 : 20 μV スタック回数 : 1, 4, 16, 64 データメモリー : ファイル登録 Max. 128 データポイント Max. 2000 インターフェイス : RS-232C

図3-15 電気探査地点分布図

S = 1/1,500,000

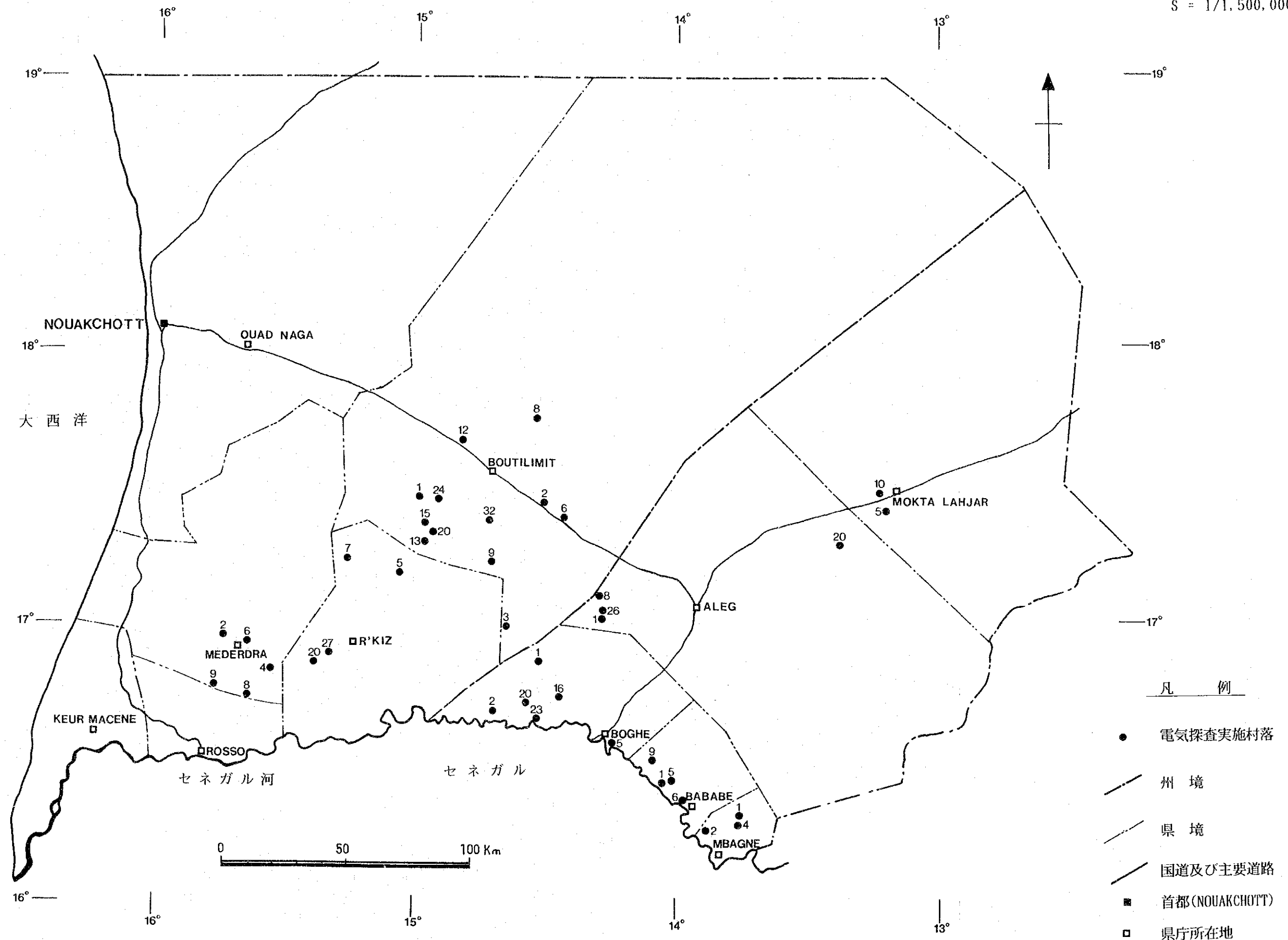


表 3-11 電気探査測定地点内訳

州 名	県 名	測定点数
トラルザ	Mederdra	5
	R'kiz	4
	Boutilimit	12
ブラクナ	Boghe	6
	Bababe	4
	M'bagne	3
	Aleg	4
	Magta-Lahjar	2
2 州	8 県	合計 40 地点

2) 測定結果

電気探査の結果は $\rho - a$ 曲線、比抵抗柱状図として巻末にまとめて示した。地表付近を除けば地層は比抵抗値により 3~4 層に区分できる。比抵抗値は 4~1,100 $\Omega - m$ の範囲となるが、20~200 $\Omega - m$ を示す比抵抗層が大半を占める。比抵抗分布の特徴は、深くなるに従って比抵抗値が低下するタイプと、深部で高くなるタイプの 2 種に大別される。前者を A 型、後者を B 型とすると、A 型はトラルザ州の Mederdra、R'kiz、Boutilimit の 1 部、およびブラクナ州では Boghe のセネガル川沿いに主として分布し、B 型は Boutilimit の北側からブラクナ州の大半に分布する。A 型の比抵抗分布を示す地域で、比抵抗値が低すぎる場合は、地層の透水係数が低いかまたは地下水中に電解質分が多く、水質が悪化していることが予測される。B 型では比抵抗値が浅部から高い場合は、固結度の高い砂層や亀裂の少ない岩盤層の分布を示し、地下水は期待できないことになる。

〔 滞水層の評価 〕

電気探査で得られた地層の比抵抗値と地下水の比抵抗値とは、一般的には次式で示される。

$$\rho a = F \times \rho w$$

ρa : 地層の比抵抗値 ($\Omega - m$)

ρw : 地下水の比抵抗値 ($\Omega - m$)

F : 地層係数

地層係数 F は、地質や地層の間隙率を反映し、良好な滞水層の場合は 1~8 の範囲となる。F が小さい場合は、頁岩、泥岩、粘土など細粒分の多い地層となり、透水性が低くなる。逆に、F が大きすぎる場合も固結度の高い砂層や亀裂が少ない岩盤層に対応し、やはり地下水が賦存する可能性は低くなる。今回の調査では、大部

分の村落で伝統浅井戸やコンクリート製浅井戸から採水できたため、Fを計算し、滞水層の評価を行った。但し、地下水の比抵抗値が極端に低い $10\Omega\text{-m}$ 以下の場合については上記の式は適用できない。

〔各村落の測定結果〕

各地層の比抵抗層については、地表を第1層とし、以下深度方向に第2層、第3層・・・とする。

i) トラルザ州 Mederdra 県

・ Bajleilaya

比抵抗値により4層に区分され、地表付近は低比抵抗を示すが、2m以深では $210\sim 450\Omega\text{-m}$ となり、比抵抗値がやや高くなる。乾燥した砂層である。32m以深で比抵抗値は $90\Omega\text{-m}$ と低下し、滞水層となる。A型の比抵抗分布を示し、 $F=4.1$ となり良好な滞水層である。

・ Tewfighe

地表下7m付近までは乾燥した砂層が分布し、 $420\sim 1,260\Omega\text{-m}$ の高比抵抗値を示す。7m以深で比抵抗値が急減し、地層の含水比が増加する。滞水層は20m以深の $48\Omega\text{-m}$ を示す比抵抗層である。 $F=2.8$ と計算され、良好な滞水層であり、分布はA型。

・ El Mahrde 2

5層に区分され、第1層から第3層までは $115\sim 460\Omega\text{-m}$ を示す砂層で含水比が低い。16m以深の第4層から急激に比抵抗値は低下し、地層の含水比が増加する。27m以深は $4\Omega\text{-m}$ の比抵抗層である。 $F=0.2$ となり、粘土分が多く透水性が低い地層と考えられ、滞水等としては劣る。A型である。

・ Hsey Ehel Bou Muhamed

比抵抗値は全体に低く、 $100\Omega\text{-m}$ 以下である。滞水層は18m以深の $90\Omega\text{-m}$ を示す地層となる。比抵抗分布はB型で $F=2.8$ となり、良好な滞水層である。

・ Bagoueinit

深度9mまでは $700\sim 1,400\Omega\text{-m}$ の高比抵抗を示し、乾燥した砂層。9m以深から60m付近まで比抵抗値は順次低下する。60m以深で比抵抗値は再び上昇し、B型となる。滞水層は20m以深に分布する $64\Omega\text{-m}$ を示す第4層と $180\Omega\text{-m}$ を示す第5層である。 F は各々2.4、6.7となり、共に滞水層としては良好な値である。

ii) トラルザ州 R'KIZ県

• Melgue Lemrayere

地表から15mの深度までは1,000~1,900 Ω -mの高比抵抗層で、砂層、礫混り砂層に対比される。15m以深から比抵抗値が低下し、A型の分布となる。滞水層は63m以深に分布する153 Ω -mの比抵抗層となり、 $F=7$ で良好な滞水層である。

• Tedherert

比抵抗値は、地表から深部まで27~120 Ω -mとやや低い。B型の比抵抗分布を示し、50m以深に分布する120 Ω -mの比抵抗層が滞水層となる。 $F=5$ となり、有望な滞水層である。

• Teichtayat

比抵抗値は、地表から低く50 Ω -m以下である。A型を示し、12m以深から比抵抗値は低下し、深度22mから急激な低下となる。滞水層は浅く、12m以深の第4層、第5層となる。 F は第4層が1.7、第5層が0.2であり、第5層は粘土分が多く期待できない。

• Boukcheibiya

比抵抗値は、地表から深部まで56 Ω -m以下と低く、また、地下水の比抵抗値も6 Ω -mと低い値が得られている。A型の比抵抗分布で11m以深から地層比抵抗は低下し、滞水層となる。 F は深度11~20m間では4.2であるが、20m以深では0.9となり、塩水化している可能性がある。

iii) トラルザ州 Boutilimit県

• Bir El Barka

比抵抗分布はA型であるが、深部の比抵抗低下は緩やかである。比抵抗値が低下する60m以深に滞水層が分布する。その比抵抗値は48 Ω -m、 $F=6$ となり、良好な滞水層である。

• Ijananounh

深度20mから比抵抗値は上昇し、滞水層は60m以深となる。滞水層の比抵抗値は128 Ω -m、 $F=7$ である。有望な滞水層となる。

• Bi Akrich

上部は比抵抗200~300 Ω -mを示すが、深度60mから比抵抗値は低下し、比抵抗値は90~180 Ω -mで F は5.3~11.0と計算され、滞水層と判断される。深部の比抵抗値も急激に低下せず、良好な滞水層とみなせる。

- N' taoufekt
 比抵抗値は、地表から深部まで $50\Omega\text{-m}$ 以下と低く、比抵抗値の変化も少ない。地下水の比抵抗値が $4\Omega\text{-m}$ と低いため、地層の比抵抗値も低下していると思われる。滞水層は60m以深で $19\Omega\text{-m}$ を示す最下層となり、 $F=4.8$ である。地下水中に電解質分が多く、塩水化している可能性が高い。
- El Verkayliya
 比抵抗分布はB型を示し、深度20mから65mまで比抵抗値は低下し、65mから高くなる。滞水層は65m以深で $54\Omega\text{-m}$ の比抵抗層である。地下水の比抵抗値は不明であるが、他の地点での測定値から判断して良好な滞水層と判断する。
- El Kezbari
 滞水層は38m以深に分布する40および $160\Omega\text{-m}$ の比抵抗層であり、 $F=2.0$ 、 7.6 となる。良好な滞水層である。
- Tivikine
 B型の比抵抗分布を示し、深度30m付近で最も低い比抵抗値となる。30m以深から比抵抗値は上昇し、深度60mに地層境界が見られる。滞水層は60m以深で $90\Omega\text{-m}$ の比抵抗層である。比抵抗値から判断して、良好な滞水層といえる。
- El Bir
 Tivikineと類似の比抵抗分布を示し、約30mの深度から比抵抗値は高くなる。滞水層は55m以深の $145\Omega\text{-m}$ を示す比抵抗層であり、 $F=11.2$ と計算される。Fは大きいですが、滞水層として期待できる。
- Boulenoir Idablehsen
 比抵抗分布はB型であり、深度27m付近から比抵抗値は高くなるが、60~80mの深度で低下し、80m以深で再び高くなる。滞水層は60m以深の48および $120\Omega\text{-m}$ を示す地層である。 $F=4.9$ 、 12.0 となり、有望な滞水層とみなせる。
- Naeme
 B型の比抵抗分布に区分されるが、深部の比抵抗上昇は明瞭ではない。滞水層は60m以深で比抵抗値が高くなる $45\Omega\text{-m}$ の比抵抗層となる。 $F=3.8$ となり、滞水層として期待できる。
- Bou Sedra
 地表付近を除くと深度70m付近までは $40\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗層が堆積する。滞水層は72m以深の $80\Omega\text{-m}$ を示す比抵抗層である。地下水の比抵抗値が $4.4\Omega\text{-m}$ と低いため、 $F=12$ となり、水質の悪化が懸念される。

• El Kheldeira

B型の比抵抗分布で深度12mから比抵抗値は高くなる。深度63mから比抵抗値の上昇がやや急となり、滞水層となる。その比抵抗値は $111\Omega\text{-m}$ 、 $F=8.5$ となり、有望な滞水層である。

iv) ブラクナ州 Boghe県

• M'gueirinatt

比抵抗値は深度35mから緩やかに低下するが、60m以深で安定し、B型の分布となる。滞水層は35m以深で $41\Omega\text{-m}$ の比抵抗層である。 $F=8$ であるが、地下水の比抵抗値が $5\Omega\text{-m}$ と低く、水質が悪い。

• Dar El Barka

深度8mから $10\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗層が85mの深さまで厚く堆積する。85m以深で比抵抗値は高くなり、 $60\Omega\text{-m}$ となる。 F は0.35となり、粘土分が多く透水性が悪い地層である。

• Bacare

深度約12mまでは $380\sim 760\Omega\text{-m}$ のやや高い比抵抗層。その下部から比抵抗値は急激に低下し、深度58mまでは $23\Omega\text{-m}$ の低比抵抗層となる。58m以深から比抵抗値は安定し、 $30\Omega\text{-m}$ を示す。 $F=0.4\sim 0.5$ となり、透水性が悪い地層と判断する。

• Meghamet Wemet

A型の比抵抗分布で20m以深から比抵抗値は低下する傾向が見られ、深度30mから明瞭な低下を示し、滞水層となる。滞水層の比抵抗値は $31\Omega\text{-m}$ 、 $F=22$ である。地下水の比抵抗値は $1.4\Omega\text{-m}$ となり、今回測定した地下水では最も低比抵抗であり、塩水化している可能性が大きい。

• Moi Moi 2 Tendgha

深度27mから比抵抗値は低下し、滞水層となる。35m以深では $50、10\Omega\text{-m}$ と順次低下し、深度に比例して滞水層としての条件が悪くなる。良好な滞水層は $50\Omega\text{-m}$ の比抵抗層と見られるが、層厚が不十分である。

• Olo Ologa

比抵抗値は深度5m付近から高くなり、深度75mまで $400\sim 900\Omega\text{-m}$ の高比抵抗層が分布し、他の測点と相違が見られる。75m以深で $120\Omega\text{-m}$ の比抵抗値に低下する。 F は14~32と高く、固結度が高い砂、砂礫層と推定され、滞水層としてやや劣る。75m以深では $F=4.3$ となり、条件が良くなる。

v) ブラクナ州 Bababe県

• Haire M'bar

地表から深度18mまでは $40\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗層が分布し、18m以深で比抵抗は高くなり、滞水層となる。F=1.0、1.6となり、良好な滞水層である。

• Sabou Allah

比抵抗分布は典型的なB型となり、深度30m付近から高くなり、滞水層となる。その比抵抗値は21、 $63\Omega\text{-m}$ であり、F=1.8および5.3と計算され、良好な滞水層である。

• Abari

深度22mから比抵抗値は上昇し、滞水層となる。比抵抗値は33、 $51\Omega\text{-m}$ 、F=1.7および2.7となり、滞水層として期待できる。

• Medine

深度6mから比抵抗値は低下するが、25~34mの深度にやや高比抵抗層が分布し、34m以深から再び低下し、滞水層となる。100m以深では比抵抗値はさらに低下する。滞水層の比抵抗値は38、 $19\Omega\text{-m}$ 、Fは各々2.5、1.3であり、良好な滞水層が分布する。

vi) ブラクナ州 M'bagne県

• Edebaye El Hejaj

地表から深度24m付近までは $40\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗層が厚く堆積し、粘性土層と思われる。24mから比抵抗は上昇し比抵抗値は $154\Omega\text{-m}$ 、F=1.7となり、滞水層として期待できる。

• Garalol

比抵抗値は深度13mから上昇し、B型の分布である。滞水層は比抵抗値の上昇が明瞭となる25m以深である。その比抵抗は25、 $47\Omega\text{-m}$ 、F=1.4、2.3となり、有望な滞水層とみなせる。

• Niabina

地表から深度10mまでは $26\Omega\text{-m}$ 以下の粘土層。10m以深から比抵抗は上昇する。22m以深から比抵抗値は急に高くなり、滞水層となる。その比抵抗値は64、 $189\Omega\text{-m}$ であり、Fは各々1.6、4.7となる。有望な滞水層である。

vii) ブラクナ州 Aleg 県

・ Agoueida

地表付近は $360\Omega\text{-m}$ のやや高い比抵抗層が分布するが、1 m以深から比抵抗値はすぐ低下し、深度16m付近まで低比抵抗層が分布する。滞水層は62m以深に分布する $92\Omega\text{-m}$ の比抵抗層となる。F=6.1となり、有望な滞水層である。

・ Aini Rhida

深度26mまでは $60\sim 120\Omega\text{-m}$ の比抵抗値で変化が小さい。26m以深で比抵抗値は高くなるが、比抵抗値の上昇は70m以深で明瞭となる。滞水層は70m以深で比抵抗値は $238\Omega\text{-m}$ 、F=6.6となり、有望な滞水層である。

・ Guessali

深度23m付近まで $30\Omega\text{-m}$ 以下の粘土層を主とする地層。26m以深で比抵抗値が急激に高くなり、岩盤層となる。風化岩層がやや薄く、滞水層が分布する可能性は少ない。

・ Mouftah El Kheir

比抵抗値は深度19mから高くなるが、深度70m付近までは緩やかであり、70 m以深からやや急な上昇となり、比抵抗値は $130\Omega\text{-m}$ 、F=5.2を示す。良好な滞水層である。

viii) ブラクナ州 Magta Lahjar 県

・ N' daleya

B型の比抵抗分布で深度9 mから比抵抗値は高くなり、30m以深で急激に上昇する。比抵抗値の変化から判断すると岩盤層であり、滞水層は深度30~50m付近に分布する $80\Omega\text{-m}$ の比抵抗層とみられる。F=7.3であるが、層厚が薄い可能性もあり、揚水量がやや少ないと考える。

・ Guimi

深度7 m付近から24mまでは $10\Omega\text{-m}$ の低比抵抗層、24m以深で比抵抗値は高くなり、 $60\sim 144\Omega\text{-m}$ と上昇する。位置的に岩盤地帯に属するが、深部の比抵抗値が高くないため、亀裂が発達していると推定できる。有望な滞水層が分布すると判断する。

3) 滞水層の評価

電気探査の結果より、表3-13~16に示すように滞水層の評価を行った。

評価は滞水層の比抵抗値、地下水の比抵抗値、地層係数F、滞水層の厚さおよび分布深度に基づいて総合的に判定した。なお、対象地域の地質は北東部の雲母片岩や珪岩等で構成されるプレカンブリア紀層の分布地域を除けば、砂層、粘土層、粘土混じり砂層、礫混じり砂層が大半を占めているため比抵抗値による地質区分は特に行っていない。

地下水開発の評価は以下の3段階で示した。

○：有望な滞水層が分布する。

△：揚水量が少ないか又は地下水中に電解質分が多く塩水化が懸念される。

×：滞水層が分布していないか又は滞水層の厚さが不十分で水量が期待できない。

表3-12 地下水開発評価(1)

県名	村落名	比抵抗 Ω-m	滞水層厚 (m)	地層係数 F	比抵抗分布タイプ 注1	評価
Mederdra	Bajleilaya	90	32	4.1	A	○
	Tewfighe	48	20	2.8	A	○
		24	50	1.4		
	El Mahrde 2	4	27	0.2	A	△
	Hsey Ehel Bou Muhamed	90	20	2.8	A	○
	Bagoueinit	64	20	2.4	B	○
180		58	6.7			
R'kiz	Melgue Lemrayere	153	63	7.0	A	○
	Tedherert	120	62	5.0	B	○
	Teichtayat	3	23	0.2	A	△
	Boukcheibiya	6	19	1.0	A	△
Bouti-limit	Bir El Barka	48	62	6.0	B	○
	Ijananoun	128	60	7.0	B	○
	El Akrich	180	60	11.0	A	○
		90	95	5.3		

注1) A：浅部 高比抵抗、深部 低比抵抗

B：浅部 低比抵抗、深部 高比抵抗

表 3-12 地下水開発評価 (2)

県名	村落名	比抵抗 Ω -m	含水層深 (m)	地層係数 F	比抵抗タイプ 注1	評価
Bouti-limit	N' taoufekt	19	60	4.8	A	○
	El Varkayliya	54	65	—	B	○
	Kezbari	160	38	7.6	A	○
		40	65	2.0		
	Tivikine	90	60	—	B	○
	El Bir	145	55	11.2	A	○
	Boulenoir	48	58	4.9	B	○
		120	85	12.0		
	Naeme	45	60	3.8	B	○
Bou Sedra	80	72	18.0	B	○	
El Kheldeira	111	63	8.5	B	△	
Boghe	M' gueirinatt	41	35	8.0	B	○
		50	62	10.0		
	Dar El Barka	8.5	14	0.35	B	△
		60	85	2.5		
	Bacara	23	12	0.4	B	△
		30	56	0.5		
	Meghamet Wemet	31	28	22.0	A	△
		11	76	7.9		
	Moi Moi 2 Tendgha	160	27	2.1	A	△
		50	36	0.6		
	Olo Ologa	900	23	32.0	A	○
120		75	4.3			

注1) A : 浅部 高比抵抗、深部 低比抵抗
 B : 浅部 低比抵抗、深部 高比抵抗

表 3-12 地下水開発評価 (3)

県名	村落名	比抵抗 $\Omega - m$	含水層上段深さ (m)	地層係数 F	比抵抗分布タイプ 注1	評価
Bababe	Haire M' bar	24	19	1.0	B	○
		38	49	1.6		
	Sabou Allah	21	32	1.8	B	○
		63	70	5.3		
	Abari	33	22	1.7	B	○
		51	74	2.7		
	Medine	38	34	2.5	A	○
		19	100	1.3		
M' bagne	Edebaye El Hejaj	154	24	1.7	B	○
	Garalol	27	25	1.4	B	○
		45	53	2.3		
	Niabina	64	22	1.6	B	○
		189	46	4.7		
Aleg	Agoueida	92	62	6.1	A	○
		29	92	1.9		
	Aini Rhida	238	70	6.6	B	○
	Guessali	250	23	—	B	×
		2400	44	—		
	Mouftah El Kheir	130	70	5.2	B	○
Magta Lahjar	N' daleya	80	30	7.3	B	△
		430	50	39.0		
	Guimi	48	21	—	B	○
		168	43	—		

注1) A: 浅部 高比抵抗、深部 低比抵抗
 B: 浅部 低比抵抗、深部 高比抵抗

4) 電気探査のまとめ

対象地域内の40地点で実施した電気探査の結果をまとめると次のようになる。

- i) 有望な滞水層が分布するのは27地点である。
- ii) 揚水量が少ないかまたは水質が悪い地点が12地点である。
- iii) 地下水開発が困難と考えられる地点は1地点である。
- iv) 滞水層までの深度は、人力式ポンプを予定している地点では平均30m、電動式ポンプでは平均65mとなる。滞水層内を掘削する必要があることおよび測定誤差を考慮して、平均掘削深度は人力式ポンプでは40m、電動式ポンプでは80mが必要となる。

地層係数Fが1以下の地点はMederdra、R'kizに分布し、また、Boutilimitの一部でも地下水の比抵抗値が $10\Omega - m$ 以下の地点がある。これらの地域は塩水化している可能性が高い。特に、A型の比抵抗分布を示す地点では、深度と共に水質が悪くなると予測されるため、深井戸の開発は不適當と考えられる。また、Alegから東側では、不透水層である硬質岩盤が地下浅所からあらわれるため、地下水開発が困難な場所となる。この地域での地下水は、風化岩が厚く発達した場所や断層付近に偏在するため、これらの分布する地点を検出することが重要となる。

3-4 社会環境

3-4-1 村落状況

モーリタニア国の村落は、2,326村落が存在しており、その内対象地域のトラルザ州は317村落、ブラクナ州は262村落の計579村落である。これらの村落は、人口レベル別に分類（表2-9）されており、100人以下と100人～200人以下の村落が大半を占めているが、対象地域も同様な傾向が認められる。ただし、計画対象村落は図3-16にみられるように、300～600人規模が最も多くなっている。

対象地域の村落状況は、次のような傾向が認められる。

- 1) 大多数の村落は、地下水開発に有利なワジ（WADI）川沿いに分布している。
- 2) 村落の生業は、セネガル河流域沿いの一部の農業村落を除けば、牧畜業が主体となっている。
- 3) 牧畜業に従事している村落住民は、日干レンガ住宅に居住している定住型遊牧民とテントに居住している移動型遊牧民とに分類できる。但し、旱魃や砂漠化の厳しい地域では、定住型遊牧民が移動型遊牧民に移行する傾向が認められており、大きな社会問題となっている。
- 4) 移動型遊牧民は、水不足の乾期には生活用水・家畜用水・牧草地を求めて、水源の豊かな村落に移動してくるが、水問題で定住型遊牧民とのトラブルは無いようである。
- 5) 不毛な土地が多く、家畜を飼育するには広範囲の牧草地を必要とする事情から村落間隔は数10kmと離れているので、各村落は孤立状態で点在している。

3-4-2 給水事情

自然状況が厳しく生活用水を確保できなければ生存できない生活環境から、大多数の村落は、伝統浅井戸、コンクリート製浅井戸、人力式ポンプ付深井戸、電動式ポンプ付深井戸等の給水施設を所有しているが、一部の移動型遊牧民の村落では井戸がなく近隣の村落の井戸に頼るか、雨期には一時的な泥水や溜水を利用している。

既設浅井戸については、側壁崩壊、流砂の浸入、地下水位低下、水濁れ、水質汚染、水汲み運搬労力等問題があり、特に水質の二次汚染による悪化は顕著で、各村落では近代的な給水施設の建設を要望している。

一方、都市部では地下水を深井戸により取水し、表3-13に示すように、大量の給水を行っている。これらの地下水は、沿岸第三紀滞水層に賦存するものであり、地下水量の豊富であることを物語っている。

図3-16 対象村落の人口別内訳
(全180村落)

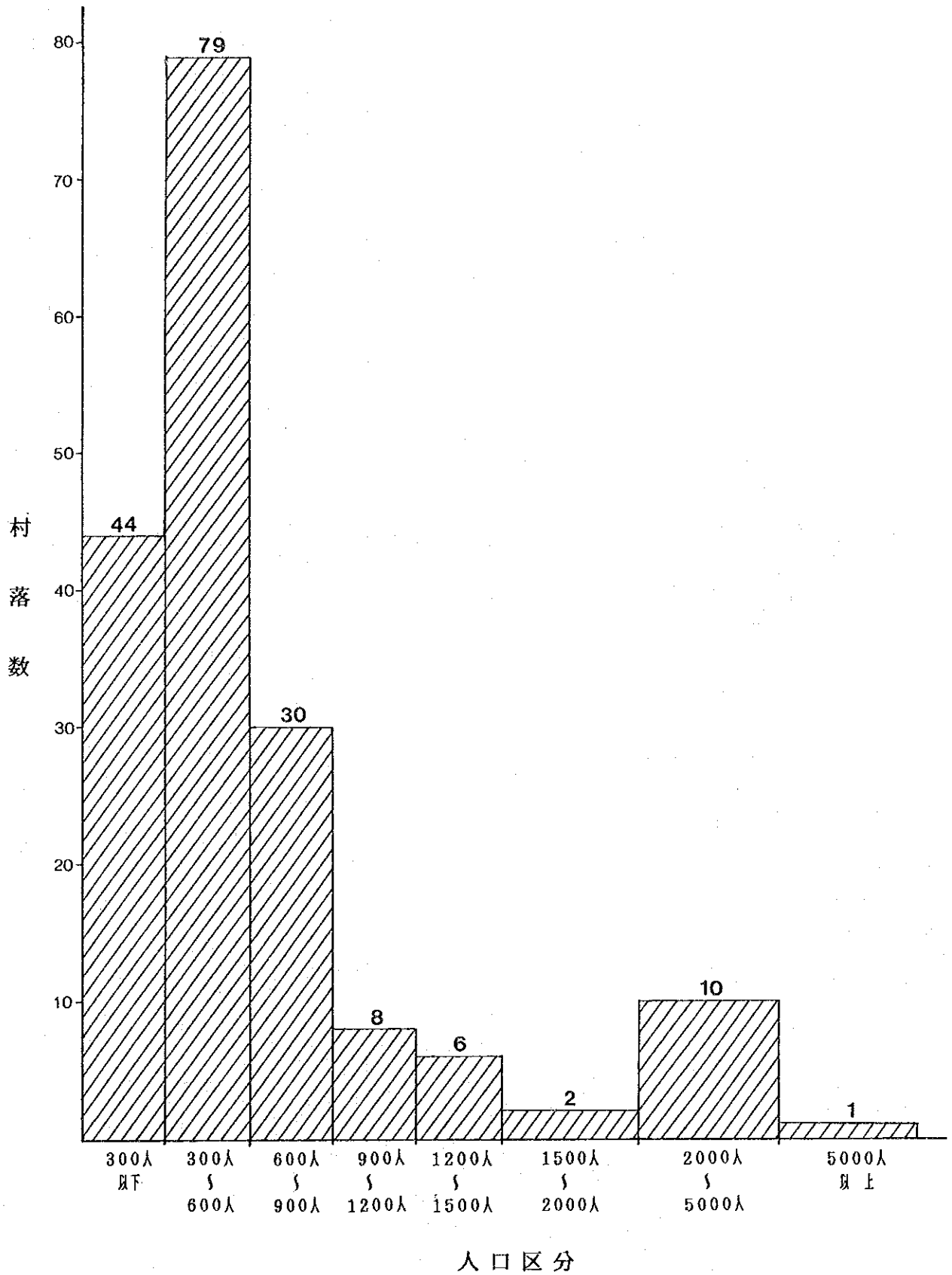


表3-13 水の生産量(単位:千m³)

(SONELEC)

年 県名	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Nouakchott	4,076	4,778	4,430	5,426	6,198	5,104	7,597	8,107	8,368	8,867
Nouadhibou	1,345	1,235	1,217	1,323	1,288	1,279	1,348	1,360	2,063	2,215
Kaédi	319	358	329	420	465	445	473	463	423	386
Rosso	252	281	172	275	256	286	386	351	279	293
Akjoujt	292	392	73	174	173	218	157	189	165	120
Atar	115	151	98	62	8	46	144	88	137	129
Aurtes	128	142	134	200	148	218	225	234	215	236
Total	6,527	7,337	6,453	7,880	8,536	7,596	10,330	10,792	11,650	12,246

3-4-3 伝染病・風土病の発生状況

モーリタニア国および対象地域における疾病発生状況は不明であるが、栄養失調・下痢・伝染病・風土病・寄生虫・出産時の余病等の多くの病気があり、モーリタニア国民の死亡率は1.9%（1985～1990年）と高く、また出生時の平均寿命も46才（1987年）とかなり低く、苛酷な自然条件や劣悪な生活環境がうかがえられる。

南部のセネガル河流域では、水質の問題を除けば水の確保は可能であるが、中南部の対象地域では、常時の流水がないワジ（WADI、OUEDS）川がみられるのみで、水の確保は地下水開発による井戸（絶対数が少ない）とオアシスの湧水に依存する以外になく、困難である。このように、衛生的な水を確保するのに困難な生活環境では、死亡率の中で水系疾病の占める比率も高いものと推定しているが、全国的な水系疾病データは次表のとおりである。

表3-14に示した疾病のうち腸炎／下痢症は、最も頻繁に大量発生し、乳幼児死亡原因の15%を占めている。また、腸管ビルハイツ住血吸虫症は南部地域を主体に発生しており、メジナ虫症は東部からGorgol、Guidimakaに非常に多い。

表3-14 水 系 疾 病

病 名	患 者 数			死 亡 者		
	1988年	1989年	1991年	1988年	1989年	1991年
コ レ ラ	1,121	700	9	88	27	—
チフス／パラチフス	472	278	351	—	1	—
腸 炎／下痢症	57,893	42,123	9,857	147	77	—
腸管ビルハイツ住血吸虫症	2,133	—	1,756	—	1	—
メジナ虫症	565	468	413	—	—	—
赤 痢	16,686	17,820	4,713	—	2	—
腸内寄生虫病	—	3,672	5,974	—	4	—
合 計	78,870	65,061	23,073	235	112	—

資料：厚生省統計課

3-4-4 道路状況

モーリタニア国の道路状況は、対象地域の案内図と図3-17に見られるように、首都ヌアクショットを基点として次の国道が主要幹線道路となっている。

- ・ 国道1号線

首都～アクジュジト (AKJOUJT、256km) ～アタール (ATAR、195km) ～アグイ (AGUI、100km) を結ぶ。

- ・ 国道2号線

首都よりセネガル国との国境に位置する都市ロッソ (ROSSO、203km) を結ぶ。

- ・ 国道3号線

首都～アレグ (ALEG、262km) ～サンガラファ (SANGRAFA、108km) ～キファ (KIFFA、234km) ～ネマ (NEMA、495km) を結ぶ。

その他は地方都市と各村落を連絡する支線道路であり、これらの道路総延長は7,534km (1988年) であるが、そのうち舗装道路は22.4%程度で、残りのほとんどが未舗装および未完成な悪路である。

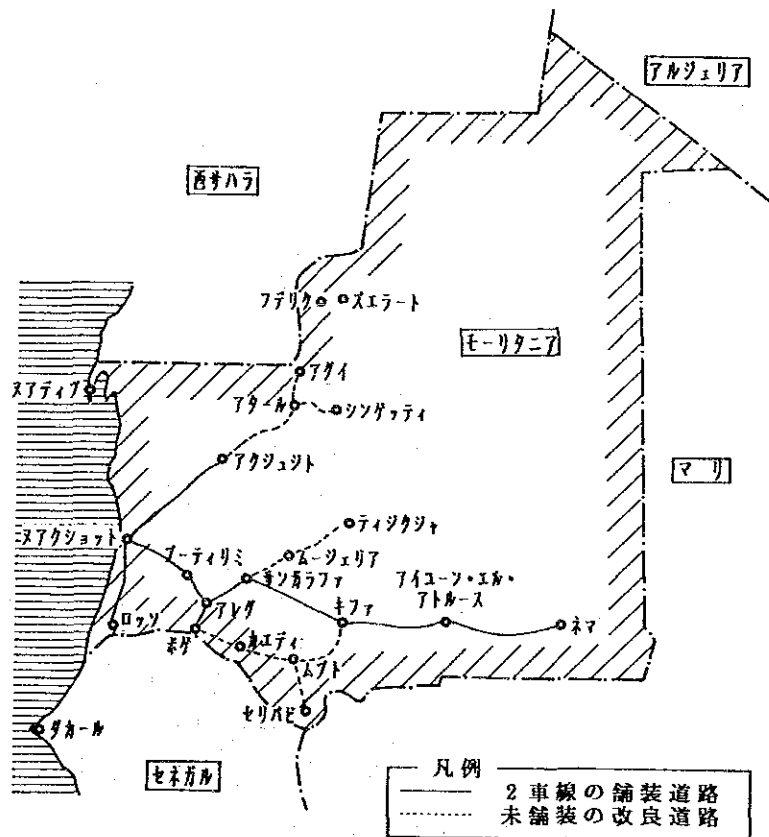
年間7～10kmで砂漠化が進んでいる過酷な自然条件では、自然は道路に対しても厳しく、砂嵐によって一夜にして道路が砂でうめつくされるようなこともあり、道路整備計画の長期目標として道路の維持管理と砂防対策を採用している。

対象地域のトラルザとブラクナの両州では、首都ヌアクショット～ブーティリミ～アレグ～サンガラファ間にアスファルト舗装の国道3号線 (幅員6m) が通過している他、アレグ～ボゲ～カエディ間、ヌアクショット～ロッソ間 (国道2号線) は舗装されているが、ブーティリミ～ロッソ間やロッソ～ボゲ間その他は未舗装の支線道路が主体となっている道路網であり、村落間の道路は轍の存在によって確認できるような悪路である。しかも、その大部分の支線道路はワジ間の砂丘を横断することが困難なために、ワジ沿いに北東-南西方向に走っており、東西方向の移動は大きく迂回せねばならず、長時間を要する。

表3-15 モーリタニアの道路内訳

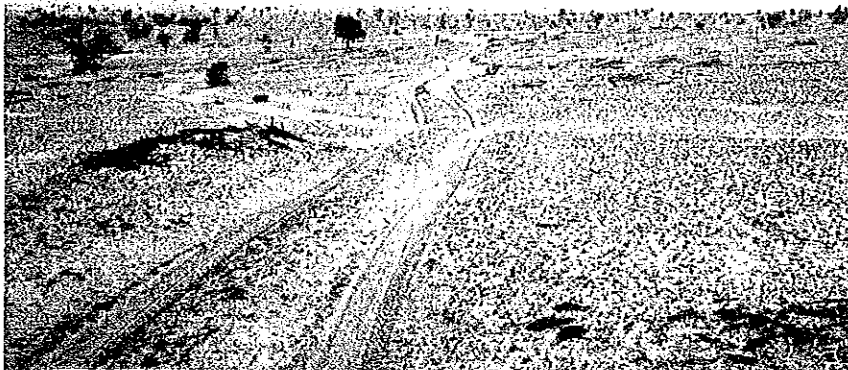
種 別	延 長 (Km)
アスファルト舗装道路	1,686
改 良 道 路	710
未 改 良 道 路	5,138
合 計	7,534

図3-17 モーリタニアの主な道路網





国道 3 号 線
ワジを横断して
東西に延びる。
部分的に砂丘が侵入。



支線道路の状況
タイヤの轍が残っている
だけの自然状態の道路
である。
R' KIZ 県



電気探査状況

3-4-5 港湾施設状況

モーリタニア国はヌアディブとヌアクショットに港湾施設があるが、このうち前者はヌアクショットとの内陸交通網が未整備のため対象地域への資機材陸揚げには使えない。

ヌアクショットには新旧2つの港があり、新しい方は中国の援助で作られたもので、ヌアクショットからは約10kmの距離にあり、PORT DE L'AMITIE（友情港）と呼ばれている。吃水は9.5m、最大4万tクラスの船舶まで入港でき、荷揚設備としては10tクレーンがある。

ただし、供与資機材のうち単体で最大荷重となるトラック搭載型掘削機は、16t前後の重量となるため、港湾のクレーンでは陸揚げは無理であり、輸送用貨物船に16t以上のクレーンが備わったものを使うなどの措置が必要である。

3-4-6 生活環境

対象地域への交通ルートは、首都から国道2号線および3号線を利用する以外には手段はない。これら国道沿いの市町村であるBoutilimit、Aleg、Rosso、Boghe等には給油施設がある。

宿泊施設は、Rossoに民営のホテルがあるだけで、Bogheには農業開発公社のゲストハウスがあるが利用者は限られている。

上水道は、Boutilimit、Aleg、Rosso、Boghe、R'kiz、M'Bogue、Bababe、Aghchourguit、Tigaintの市内に給水範囲は限定されているが、配管網をもつ上水供給施設がある。送電施設は、Aleg、Bogheにディーゼル発電による配電網が敷かれているが、利用者は公共機関が主体で一般住民は恩恵を被っていないのが現状である。

3-5 当該セクターの概要

本計画を担当する水利局（111名）は、対象地域内にAleg、Rossoの2箇所の地方事務所を有し、それぞれ18名、14名の人員を配して主に浅井戸の建設と維持・補修に当たっている。従って、本計画の実施に当たってはこれら事務所の担当者と密接に連絡を取り合って行うことになる。

第 4 章 計 画 の 内 容

第4章 計画の内容

4-1 計画の目的

モーリタニア国政府は、社会経済開発国家計画の基本方針に沿った村落部の生活用水の確保、伝染病・風土病防止、衛生生活環境の改善、農業・牧畜産業の振興を目的とした村落水利5ヵ年投資計画（1992～1996年）を推進中であるが、主として財政上の問題から計画目的を達成する見込みがたっていないのが現状である。

モーリタニア国政府は、国家計画である村落水利計画の遅延に対処するために、優先井戸建設計画（1990年、表2-14）に掲げられた4州のうちの2州であり、村落水利計画の重要地域であるトラルザ州とブラクナ州を対象地域に選定し、180村落に180本の深井戸を建設する計画を策定して、地下水開発計画の実施に必要な深井戸建設用資機材の調達、深井戸および給水施設建設工事、深井戸建設技術等に関する技術協力を我国の無償資金協力によって実施しようとするのが本計画の目的である。

4-2 要請内容の検討

4-2-1 計画の妥当性・必要性の検討

1) 計画の検討

清潔な地下水を水源とする生活用水が安定供給され、旱魃や乾期の水不足問題の解消および不衛生な飲料水に起因する水系疾病の大幅な減少、農業・牧畜産業の振興が期待され、地方住民の生活の安定と向上、村落への人口の定着化、保健衛生環境の改善、非生産的水運搬労働からの解放などに大きく寄与するとともに、深井戸を中心とした村落共同体の社会開発を促進する本計画は、我国の無償資金協力の主旨よりみて妥当性があると判断される。

2) 計画の必要性

計画対象地域の給水施設は、地方都市の上水道施設を除けば、コンクリート製浅井戸や伝統浅井戸を主体とする開口式浅井戸に依存しており、二次汚染を受けやすい浅層地下水を水源としているために、多くの村落では汚染水の利用による水系疾病が毎年多く発生し、特に乳幼児の死亡率を高めており、社会問題となっている。

本計画で建設する深井戸は、鉄筋コンクリート製による密閉式で、電動式ポンプおよび足踏式ポンプによる揚水方式をとり、深層地下水を水源の対象にしていることから、水質汚染を受けにくく、質・量共に十分な飲料水の供給が可能である。

このような深井戸による村落給水施設は、国土の2/3を砂漠地帯が占めており、セネガル河以外に恒常流水はなく、内陸部に広範囲に点在している小規模な村落を対象にしていることを考慮すると、清潔な飲料水を供給できる唯一の施設といっても過言ではなく、生活用水の確保、伝染病・風土病防止、衛生生活環境の改善、農

業・牧畜産業の振興の計画目標を達成するためには必要不可欠な計画である。

4-2-2 実施・運営計画の検討

モーリタニア国側の実施・運営計画は、要請内容の全般に亘って我国の無償資金協力による全額負担で実施する方針であったが、調査団による日本政府の無償資金協力システムの説明と双方の協議により、計画の内容・規模の見直しを行った。

本計画の実施主体である水利局は、永年に亘り数多くの村落水利プロジェクトを担当してきた経験はあるが、財政事情から外国援助による村落水利プロジェクト（外国やモーリタニア民間企業が実務担当）が多く、水利局が独自で一貫したプロジェクトの実施・運営体制の経験は少ないようである。また、2-4項で前述してあるように、外国援助による規模の大きいプロジェクトは失敗しており、今回の計画内容である3年間で180本の深井戸を建設するようなプロジェクトの成功実績もないので、水利局による実施・運営体制には疑問があるようである。

この点については、水利局側も十分に理解しており、我国の無償資金協力による深井戸建設用資機材の供与、深井戸建設および給水施設工事、技術協力によって、水利局が独自で深井戸建設工事を担当できる実施・運営体制づくりの技術移転を日本政府に要請している。

モーリタニア国側では、日本政府による経済援助の実現を期待しており、水利局内に本計画のための監理組織の創設や来年度予算の獲得に活動中である。水利局の人員構成（表2-5参照）は、本計画を遂行するには支障はなく、技術レベルも On the job Training方式で適切な技術指導を行えば、短期間で実施・運営技術をマスターできると判断している。実施・運営体制上の問題点は、水利局および現地民間企業も我国の単年度方式で本計画を実施するのに支障のない資機材を所有していないことで、解決策として適切な深井戸建設用資機材を供与するならば特に問題はないであろう。

このような水利局の現状と意向を踏まえて、本計画の実施・運営方式としては、次のような技術移転に重点をおいた方針を採用する。

本計画実施・運営方式は、我国の無償資金協力による深井戸建設用資機材供与、深井戸建設および給水施設工事、技術協力によって実施・運営するものであり、日本国籍の請負業者が本計画の供与資機材を水利局から貸与を受け、深井戸建設および給水施設工事を単年度毎に決められた計画数量に従って実施するとともに、深井戸掘削技術等に関する技術移転をモーリタニア国側の技術者に実施する方針である。

4-2-3 類似計画の検討

モーリタニア国政府は、旱魃対策とし1980年より飲料水供給計画（AEP）を推進してきているが、計画の進捗状況は、2-4項にみられるように、外国援助が主体となったプロジェクトで、失敗や中止が多く、計画目的を達成できていない状況である。このような状況を踏まえて、モーリタニア国政府は、世銀から計画作成・調査費の融

資を受けて、地方給水井戸建設計画の見直しを行い、村落水利5ヵ年投資計画（1992～1996年）を立案して、現在計画の実現化に努力している。

現在実施中および準備中の類似計画としては、1992年以前のプロジェクトでは、欧州開発基金による地方太陽光線利用計画（対象地域のALBG県TANTANE村に1カ所建設）と援助規模は具体化されていないGORGOL州の地方給水計画、西アフリカ経済共同体（CEAO）に要請中の給水施設修理計画があるのみである。

村落水利5ヵ年投資計画に位置付けられるプロジェクトは、日本の今回のプロジェクト（深井戸180本建設計画）とドイツのASSABA、HODH EL GHARBI、HODH EL CHARGHIの3州を対象地域にした深井戸100本建設計画が具体化しているだけである。

このように要請中や計画中のプロジェクトを含めても、類似計画は5件しかなく、いずれも外国援助によるもので、日本に要請している対象地域と重複や競合しないように調整されていて問題はない。また、未だ本格的な外国援助が実施されていない本件対象地域では、本計画はパイロット的要素をもっており、モーリタニア国側からもその成果に対して大きな期待が寄せられている。

4-2-4 計画の構成要素の検討

1) 対象地域

対象地域のトラルザ州とブラクナ州は、モーリタニア国内では気候条件は比較的恵まれた地域であり、水理地質上からも地下水開発の可能性が十分にある地域とみられており、伝統的に牧畜の盛んな地域であることから、国家レベルでの社会経済上の潜在力を備えている重要な地域として高く評価されている。

近年旱魃被害の大きい北部地域から首都ヌアクショットや対象地域に、地方住民の離村による人口流入が起り、社会問題となっている。これらの問題を解決する目的で、モーリタニア国政府は、対象地域を含めた南部地域に重点を置いた村落水利5ヵ年計画（1992～1996年）を推進中であるが、水問題を解決するには至っていない。

対象地域は、先進国や国際機関からの深井戸建設計画に対する経済援助は現在のところ予定されておらず、近代的井戸もあまり普及（風力式ポンプ付浅井戸23本、電動式ポンプ付深井戸4本、ソーラー揚水システム深井戸1本の計28本）していないことから、水不足の困窮度の高い村落や旱魃による国内難民に深井戸を建設することは事業効果も高く、対象地域としては特に問題点はないと判断している。

2) 対象受益者

本計画は、旱魃による地下水位低下から既設井戸では対応できない水不足の解消および飲料水に適さない既存浅井戸や沼水・溜水の利用に起因する水系疾病の防止対策を計画目的としているので、対象村落の全人口が対象受益者となっている。

モーリタニア国側の対象受益者117,676人（表2-13）は、「地方住民100～300

人につき深井戸1本」の基準よりみると、180本の深井戸建設計画はかなり厳しい計画となっているが、モーリタニア国側の計画の基本方針は、村落人口をあまり考慮せず、村落に重点を置いた180村落に対して180本の深井戸を建設する計画である。

初期段階の深井戸建設計画では、やむをえない面もあるが、後述する4-2-5項の深井戸建設本数の検討結果より本計画の対象受益者は76,659人、対象村落114カ所、深井戸建設数180本となった。(表4-4参照)

3) 計画給水量

モーリタニア国側では、計画給水量を、下記のように人口レベルで設定している。

- i) 150~2,000人の住民に対して 20ℓ/人・日
- ii) 2,000~5,000人の住民に対して 40ℓ/人・日
- iii) 5,000人以上の住民に対して 50ℓ/人・日(地方都市に相当する)

本計画の対象受益者は、i)が主体となり、ii)が一部に該当する人々であり、計画給水量としては20ℓ/人・日を採用している。西アフリカ諸国に於ける村落住民の計画給水量は20~25ℓ/人・日が一般的であるので、村落住民の給水事情を改善できる計画給水量20ℓ/人・日は妥当と考えている。

但し、村落人口2,000人以上の村落と村人が生業としている牧畜に対する給水問題が残っている。

村落人口2,000人以上の村落には、電動式ポンプ付深井戸と貯水タンクの設置によって、計画給水量を確保できるように給水施設の改善を図りたい。

旱魃の被害にもかかわらず、牧畜業は村人の基本的な生活手段であり、対象地域の家畜数についての統計データはないが、モーリタニア国では村人の生活用水と家畜用水の給水を分離することはできないので、給水施設には家畜用水飲場を併設する必要がある。なお、全国の家畜数は、牛100万頭、羊と山羊800万頭、ラクダ84万頭、馬とロバ28万頭と概算している。

4) 計画の目標年次

本計画の目標年次は、村落水利5ヵ年投資計画(1992~1996年)の最終年次である1996年とされている。

本計画を1994年に着手できれば、表6-1事業実施工程よりみて、1996年までに180本の深井戸建設を達成できる。

5) 年次計画

モーリタニア国側の年次計画内容は次のとおりであり、対象地域に3年間(I期~III期)で計180カ所の深井戸給水施設を建設することである。

- 1994年度（Ⅰ期）：給水施設60カ所の施工
（手動式ポンプ付深井戸40本、電動式ポンプ付深井戸20本）
- 1995年度（Ⅱ期）：給水施設60カ所の施工
（手動式ポンプ付深井戸40本、電動式ポンプ付深井戸20本）
- 1996年度（Ⅲ期）：給水施設60カ所の施工
（手動式ポンプ付深井戸40本、電動式ポンプ付深井戸20本）

本計画を実施する場合には、我国の単年度方式、資機材の製造・輸送等からⅠ期には深井戸建設に要する日数が制限されてくることから、計画案として次のように変更する。

- Ⅰ期：給水施設20カ所の施工
（足踏式ポンプ付深井戸10本、電動式ポンプ付深井戸10本）
- Ⅱ期：給水施設80カ所の施工
（足踏式ポンプ付深井戸55本、電動式ポンプ付深井戸25本）
- Ⅲ期：給水施設80カ所の施工
（足踏式ポンプ付深井戸55本、電動式ポンプ付深井戸25本）

6) 人力式ポンプ

人力式ポンプとしては、モーリタニア国の要請書では手動式ポンプを記載していたが、モーリタニア国側との協議の結果、実績・揚水量・操作・維持管理・衛生等の面で他種ポンプより優れている足踏式ポンプ（フランス製）を採用することになった。

7) 計画深井戸タイプ

計画深井戸は、社会経済および技術上の基準に応じて、次のA、Bタイプを選定している。

- Aタイプ：手動式ポンプ付深井戸、最終掘削孔径 $\phi 10-5/8"$ 、平均掘削深度60m
Bタイプ：電動式ポンプ付深井戸、最終掘削孔径 $\phi 10-5/8"$ 、平均掘削深度60m

深井戸タイプの選定は、地下水の分布深度、揚水量、対象受益者、計画給水量等に係わってくるもので、特に地下水位が50m以深の村落には、電動式ポンプ付深井戸を採用して、地下水位の浅い村落には人力式ポンプ付深井戸に対応する計画が合理的である。

深井戸掘削工法は、本計画では従来工法（最終掘削孔径 $\phi 6-1/4"$ 、ケーシング $\phi 4"$ ）より孔径の大きい最終掘削孔径 $\phi 10-5/8"$ 、ケーシング・パイプ $\phi 150\text{mm}$ を採用しているため、濁度や細砂混入の防止、井戸寿命の点からも有効であるから問題はない。平均掘削深度はA、Bタイプ共60mにしているが、現地調査結果と検討から、Aタイプ深井戸は40m、Bタイプ深井戸は80mを採用した。

8) 深井戸の成功判定基準

揚水ポンプの性能から、人力式ポンプ付深井戸は揚水量が $0.6\text{m}^3/\text{h}$ 以上、電動式ポンプ付深井戸は揚水量が $6.0\text{m}^3/\text{h}$ 以上を、揚水試験によって確認できた深井戸を成功深井戸と判定している。

モーリタニア国の揚水基準値は、西アフリカ諸国の基準値と類似しているので、問題はない。足踏式ポンプは、地下水の揚程 25m 、 35m 、 45m 、 60m の各揚水量は $1.4\text{m}^3/\text{h}$ 、 $1.25\text{m}^3/\text{h}$ 、 $1.0\text{m}^3/\text{h}$ 、 $0.6\text{m}^3/\text{h}$ であるので、基準揚水量以上を確保できる性能を有している。水中モーターポンプは、各種の性能タイプがあるが、深井戸径 $\phi 6''$ 、ポンプ径 $\phi 65\text{mm}$ の場合、地下水の揚程 50m 、 60m 、 70m 、 80m 、 90m の各揚水量は $0.48\text{m}^3/\text{min}$ 、 $0.45\text{m}^3/\text{min}$ 、 $0.40\text{m}^3/\text{min}$ 、 $0.36\text{m}^3/\text{min}$ 、 $0.29\text{m}^3/\text{min}$ で基準揚水量以上を確保できる。

9) ソーラー揚水システム付深井戸

ソーラー揚水システム付深井戸は、モーリタニア国側から非公式に要請があったが、EC援助により1993年2月に対象地域のALEG県TANTANE村にテストケースとして1カ所建設されている段階であり、構成部品の故障や交換に関する問題が解決されていないので、ソーラー揚水システムの計画は時期尚早と判断して不採用とした。

4-2-5 深井戸建設本数の検討

1) 計画内容

モーリタニア国側と協議した計画内容を整理すると次のとおりである。

- 180村落に対し各1ヶ所の深井戸建設
- 地下水位深度としておおよそ 40m を境にこれより浅い場合は足踏式ポンプ付深井戸、深い場合は電動式ポンプ付深井戸
- 地下水位が 40m より浅い場合でも村落人口としておおよそ2,000人以上の村落に対しては電動式ポンプ付深井戸

2) 深井戸の建設本数

i) 地層と地下水位による検討

地下水開発の難易度の指針である第三紀層と岩盤（プレカンブリア紀層）分布状況、地下水の等水深線を記入した図面に対象村落を表示した図3-13を作成した。この図面から、地層別、地下水位 40m を基準として、対象180村落を分類すると、表4-2にみられるように、第三紀層地帯では地下水位 40m 以浅の村落90カ所と 40m 以深の村落60カ所、岩盤地帯では地下水位 40m 以浅の村落20カ所と 40m 以深の村落10カ所となった。

これらのデータより、深井戸タイプを単純に選定すると、足踏式ポンプ付深井戸は110本と電動式ポンプ付深井戸は70本となる。

ii) 人口レベルによる検討

モーリタニア国側では1村落に深井戸1本としており、村落人口に対しては人口レベルの基準は考慮していないが、数100人から1,000人規模の村落が多く、西アフリカ諸国の基準から考えても複数本の深井戸建設が必要とされる。

表4-1 人口レベルに対しての人力式ポンプ付深井戸

村 落 人 口	深井戸建設本数
100 ~ 300 人	1 本
300 ~ 600 人	2 本
600 ~ 900 人	3 本
900 ~ 1,200 人	4 本
1,200 ~ 1,500 人	5 本
1,500 ~ 2,000 人	6 本

深井戸の建設基準として、「300人当たり深井戸1本」、「計画給水量20ℓ／人・日」を考えると、深井戸1本当たり6m³／日の揚水が必要となる。また、深井戸の揚水稼働時間は、朝夕の各2時間、昼の1時間の合計5時間に集中するが、足踏式ポンプの揚程40mの揚水量1.2m³/hよりみて給水が可能であり、許容揚程としても40m程度が限界となろう。

足踏式ポンプ付深井戸については人口レベルで、電動式ポンプ付深井戸は前提条件で建設本数を算出した場合、深井戸建設本数は、次のように要請深井戸建設本数(180本)を大きく上廻ることになる。(表4-3参照)

村 落 村 落 数	180 村落
足踏式ポンプ付深井戸	206 本
電動式ポンプ付深井戸	84 本
合 計	290 本

3) 深井戸建設計画(案)の作成

前述のように、深井戸建設の検討本数と要請本数に差が出る結果となったので、下記のような条件を設定し、深井戸建設本数の絞り込みの検討を行って深井戸建設計画(案)を作成した。

- i) 地下水開発が困難と考えられている基盤岩地帯の村落は、水不足の困窮度は高いが、プロジェクトの成功を優先して対象から除外する。
- ii) 塩水化地域の村落についても、i)と同様な考え方から、今回のプロジェクトでは対象から除外する。

- iii) 本計画では、各村落の水不足に対する困窮度は同レベルであるので、地下水開発に有利な第三紀層分布地域の村落に限定する。
- iv) M' Bagne県の対象村落（6カ所、足踏式6本、電動式5本）は、第三紀層分布地域に点在しているが、対象地域の最南端部に位置することおよび要請深井戸建設本数（180本）を考慮して、今回のプロジェクトでは除外する。
- v) 足踏式ポンプ付深井戸と電動式ポンプ付深井戸の選定基準は次のとおりである。
 - 足踏式ポンプ付深井戸：地下水位40m以浅の村落
 - 電動式ポンプ付深井戸：地下水位40m以深の村落、地下水位40m以浅の村落でも人口が2,000人以上の村落
- vi) 足踏式ポンプ付深井戸は、人口レベルで300人に対して1本の割合で建設する。電動式ポンプ付深井戸は、村落毎に1本の建設であるが、貯水タンクと給水ネットワークによって計画給水量を確保できるようにする。

以上のような検討から作成した深井戸建設計画（案）は、表4-4にみられるように、深井戸建設本数は足踏式ポンプ付深井戸120本（54村落、対象受益者29,033人）、電動式ポンプ付深井戸60本（60村落、対象受益者47,626人）の計180本と要請内容と同一となったが、対象村落が180村落から114村落に、対象受益者は117,676人から76,659人に減少する結果となった。

表4-2 地下水深度別村落数

州名	県名	第三紀層地下水深度		岩盤地帯地下水深度		合計 (箇所)
		<40 m	≥40 m	<40 m	≥40 m	
Trarza	Boutilimit	3	30	0	0	33
	R'kiz	21	9	0	0	30
	Mederdra	9	2	0	0	11
	Ouad Naga	9	4	0	0	13
	Keur Macene	4	0	0	0	4
	計 (箇所)	46	45	0	0	91
Brakna	Boghe	26	0	0	0	26
	Aleg	0	15	3	8	26
	Mokta Lahjar	0	0	17	2	19
	Bababe	12	0	0	0	12
	M' Bagne	6	0	0	0	6
	計 (箇所)	44	15	20	10	89
	合計 (箇所)	90	60	20	10	180

表4-3 地下水位および人口レベルの基準を加えて算出した深井戸建設数

州名	県名	第三紀層分布地域		岩盤地帯		合計 (本)
		足踏式ポンプ	電動式ポンプ	足踏式ポンプ	電動式ポンプ	
Trarza	Boutilimit	11	30	0	0	41
	R'kiz	46	9	0	0	55
	Mederdra	21	2	0	0	23
	Ouad Naga	18	4	0	0	22
	Keur Macene	7	1	0	0	8
	計 (本)	103	46	0	0	149
Brakna	Boghe	52	2	0	0	54
	Aleg	0	15	4	8	27
	Mokta Lahjar	0	0	26	2	28
	Bababe	15	6	0	0	21
	M' Bagne	6	5	0	0	11
	計 (本)	73	28	30	10	141
	合計 (本)	176	74	30	10	290

表4-4 深井戸建設計画と県別の対象除外村落内訳

() 内は建設村落数

州名	県名	対象村落総数 (箇所)	深井戸建設除外対象村落内訳				深井戸建設村落数 (箇所)	深井戸建設本数		対象受益者数 (人)	
			塩水化地域内村落 (箇所)	岩盤上落村 (箇所)	電探結果不良村落 (箇所)	その他除外村落数 (箇所)		足踏式ポンプ (本)	電動式ポンプ (本)		合計 (本)
トラルザ	BOUTILIMIT	33	-5	0	-1	0	27	8 (2)	25 (25)	33	20,159
	R'KIZ	30	-10	0	0	0	20	25 (11)	9 (9)	34	11,776
	MEDERDRA	11	0	0	-1	0	10	18 (8)	2 (2)	20	5,678
	OUAD NAGA	13	0	0	0	0	13	18 (9)	4 (4)	22	6,824
	KEUR MACENE	4	-4	0	0	0	0	0	0	0	0
	計	91	-19	0	-2	0	70	69 (30)	40 (40)	109	44,437
ブラクナ	BOGHE	26	-5	0	-3	0	18	36 (17)	1 (1)	37	11,143
	ALEG	26	-1	-11	0	0	14	0	14 (14)	14	5,079
	MOKTA LAHJAR	19	0	-19	0	0	0	0	0	0	0
	BABABE	12	0	0	0	0	12	15 (7)	5 (5)	20	16,000
	M' BAGNE	6	0	0	0	-6	0	0	0	0	0
	計	89	-6	-30	-3	-6	44	51 (24)	20 (20)	71	32,222
	合計	180	-25	-30	-5	-6	114	120 (54)	60 (60)	180	76,659

4-2-6 深井戸工事工程の検討

深井戸工事は、足踏式タイプの平均掘削深度40m、電動式タイプの平均掘削深度80mより深井戸1本当りの平均的工事工程を表にまとめると次のようになる。

表4-5 深井戸建設工事工程

分担チーム名	掘削チーム		揚水チーム	
	足踏式井戸	電動式井戸	足踏式井戸	電動式井戸
(1) 工事準備作業	0.2日	0.2日	0.2日	0.2日
(2) 移動	0.5日	0.5日	0.3日	0.3日
(3) 設営	0.3日	0.3日	0.3日	0.3日
(4) 掘削作業	2.7日	5.5日		
(5) 検層作業	0.3日	0.3日		
(6) ケーシング作業	0.5日	0.8日		
(7) デベロップ作業			1.0日	1.0日
(8) 揚水試験			1.4日	2.7日
(9) 口元加工			0.5日	0.5日
(10) 解体・撤去	0.5日	0.5日	0.5日	0.5日
合計	5.0日	8.1日	4.4日	5.7日

検討に使用する設定条件は次のとおりである。

- 1) 対象地域の深井戸工事のデータは少ないが、表3-5の地方別滞水層データによる西部地方の各滞水層の工事成功率は50~90%であり、対象層の沿岸第三紀滞水層の成功率90%を参考にして、成功率80%を採用する。
- 2) 実働期間はモーリタニア国の労働時間(44h/週)、祝祭日(8日/年)、機械・車輛の定期点検(1月/年)等を考慮すると約256日となる。
- 3) 本計画は、初年度に掘削用機材の製作・輸送等に8.5カ月が必要である。このため初年度にも若干の深井戸建設工事が行われるが、主工事は、次の2年間で実施することになる。この場合、実質深井戸工事の全工程は、2.25年と試算される。
- 4) 足踏式タイプと電動式タイプの深井戸工事を専門分担する掘削チームを2チーム(掘削機2台)編成する。

1)~4)の設定条件から、深井戸1本当りの日程→全体工程を試算すると次のとおりである。

足踏式タイプ深井戸：5.0日÷0.8=6.25日 → 120本×6.25日/本=750日

電動式タイプ深井戸：8.1日÷0.8=10.13日 → 60本×10.13日/本=608日

合計 1,358日

必要深井戸工事日数：1,358日÷256日÷2台=2.65年 > 2.25年

試算の結果より実質深井戸工事の工程2.25年より0.4年分オーバーしていることが判明したので、残業時間を6h/週を加えて労働時間50h/週で再試算すると次のとおりである。

足踏式タイプ深井戸：6.25日×44/50時間=5.50日 → 120本×5.50日/本=660日
 電動式タイプ深井戸：10.13日×44/50時間=8.91日 → 60本×8.91日/本=535日
 合計 1,195日
 必要深井戸工事日数：1,195日÷279日÷2台=2.14年 > 2.25年

以上の検討より、深井戸建設計画の期別ごとの深井戸建設本数を整理すると次表のとおりである。

表4-6 深井戸建設本数の期別内訳(案)

期別	第Ⅰ期	第Ⅱ期	第Ⅲ期	計
深井戸タイプ				
足踏式ポンプ付深井戸	10本	55本	55本	120本
電動式ポンプ付深井戸	10本	25本	25本	60本
合計	20本	80本	80本	180本

よって、完全装備の掘削チームを2チーム編成と残業時間を加味すれば、0.11年つまり約40日の工程的に余裕があり、掘削チームのあとから工事を担当する給水施設チームも工程内で工事を完了できる見通しがたつことになった。

3年間で180本の深井戸給水施設を建設する本計画は、専門分担制の地下水開発チームを採用すれば、3年間で計画目的を達成できる可能性は十分にあり、技術移転を含めても妥当な工程である。

4-2-7 給水施設の検討

モーリタニア国側の給水施設に関する要請は資機材のみで、施設規模等の具体的な要望はなかったが、現地調査結果とモーリタニア国側との協議を踏まえて、下記のような考えで実施する方針である。

1) 給水施設設計の基本方針

給水施設の設計に当たっては、下記にあげる各項に留意するものとする。

- i) 計画給水量は1人1日当たり20ℓとし、時間給水量は1日当たりの運転時間を5時間として設定する。
- ii) 給水施設は維持管理が容易なものとする。
- iii) 給水施設の規模決定に当たっては、現在の村落人口だけではなく、水源や牧草地を求めてくる移動型遊牧民や家畜を考慮する。

- iv) 給水システムは、深井戸→(水中モーターポンプ)→高架貯水タンク→給水ネットワーク→(自然流下方式)→共同水栓・家畜用の水飲場である。
- v) 村落住民への給水は人口の規模と村落の広さに応じて共同水栓によって行う。基本的には住民500人当たり共同水栓は1基とし、各共同水栓には蛇口を6個設ける。
- vi) 共同水栓の脇にはバルブボックスを設け将来の給水パイプ延長を考慮して分岐管を設け、キャップで閉塞する。また、排水は浸透柵に導くようにする。
- vii) 村落の生活様式から、家畜用の水飲場を各計画サイトに1カ所建設し、給水施設から遠ざけて設置する。

2) 給水施設

電動式ポンプ付深井戸に建設される給水施設は次のような構成になっている。

i) 取水施設

- 深井戸による水源設備
- 水中モーターポンプ、ディーゼル発電機による揚水設備
- 運転、保守用の機械小屋

ii) 貯水施設

- 送水管
- 高架貯水タンク

iii) 配水施設

- 配水管
- 共同水栓、流し場、浸透柵
- 家畜用の水飲場

3) 給水施設用資機材の選定方針

給水施設用の主要な資機材の選定方針は、下記のとおりである。

i) ケーシング・スクリーンパイプ

ケーシング・スクリーンパイプ(φ6")は、足踏式および電動式ポンプ付深井戸の平均掘削深度40m、80mより数量を算出し、耐蝕性や耐久性を考慮してFRP製とする。

ii) ディーゼル発電機、水中ポンプ

必要揚水量および想定される地下水位によって仕様を決定する。発電機およびポンプの起動・停止は手動で行うものとする。

iii) 高架貯水タンク

貯水タンクの材質は、耐蝕性、耐久性、施工性を考慮し、パネル型FRP製とする。架台の材質は工期を考慮して鉄骨製とする。また、貯水タンクの容量は、必要給水量に応じて決定する。定期的な貯水タンク内部の清掃が望ましいので排水管を設置する。

iv) 給水管の材質は、耐蝕性および価格を考慮してPVC製とし、破損および劣化

を防止するため埋設する。ただし、随所に設けられるバルブボックスは、保全・管理・修理を考慮して、半地下式とする。

v) 露出配水管の材質は、破損を考慮して鋼管とする。

vi) 発電小屋、家畜の水飲場等

発電小屋、家畜の水飲場等は、建設資材を現地で調達して、現地工法を採用して建設する。

4-2-8 要請資機材の検討

モーリタニア国政府の要請資機材は、表2-15に記載してあるように、180本の深井戸を建設するのに必要な資機材が基本構成となっている。

要請資機材は、多種多項目に亘って詳細に記載されているが、品目・数量・組合せ・用途・仕様・必要性等について技術的に不明な点や矛盾点が見受けられる。この点については、現地調査により計画規模・目標年次・適合性・操作性・機能性・技術レベル・実績・調達等の観点から規模・機種・資材・数量・仕様等の見直しの検討を行うと共に、モーリタニア国側の担当者と協議を行って、表5-8に計画案としての資機材をリストアップした。

資機材のリストアップについては、次のような事項が基本方針となっている。

- 1) 掘削機2台による地下水開発チームを2チーム編成するのに必要な資機材
- 2) 3年間で180本の深井戸および給水施設を建設するのに必要な資機材
- 3) 深井戸用掘削機については、先カンブリア紀の超硬岩地層が分布している地域（将来計画）で、基盤岩内の地下水開発をする場合には、過去のアフリカの掘削実績よりみると、最低限エア・パーカッション（DTH）方式を装備している掘削機以外の機種では、掘削時のトラブルに対応できず失敗している。広範囲な計画対象地域に村落が散在していることを考慮すると、機種としては、能力・耐久性・機動性に優れているトラック搭載型掘削機が望ましい。
- 4) 車輛については、図4-3の地下水開発チーム標準編成を参考にして選定する。
- 5) ビット・ガイドパイプについては、4-3-5項の深井戸掘削工法と図4-4のケーシングプログラムを参考にして選定する。
- 6) ケーシング・スクリーンパイプについては、PVCより品質面で優れている要請のFRPを採用し、深井戸180本の平均掘削深度より数量を算出する。
- 7) 人力式ポンプについては、性能・操作性・維持管理・労力・スペアパーツ等で手押しポンプより優れていることから、足踏式ポンプを採用する。
電動式ポンプについては、対象受益者数、必要揚水量、地下水位、深井戸径（φ6"）等を参考にして機種を選定する。なお、対象地域の電力事情を考慮して、ディーゼル発電機を電源とする水中モーターポンプを採用する。
- 8) 地下水開発に必要な調査・試験用の機器を計上する。

4-2-9 技術協力の必要性の検討

本計画の実施主体である水利局は、これまでの水利プロジェクトの実績からみて、地下水開発に関する基本的技術をマスターしていると判断しているが、本計画のような長期計画で、対象地域も広範囲に亘っている場合には、深井戸掘削技術だけでなく、給水施設や機器類の維持管理、プロジェクト管理、運営体制等の様々な技術が要求される。

本計画のような規模の大きい水利プロジェクトでは成功している実績が少ないことおよび供与が予定されている日本製の資機材に不馴れであることを考慮すると、水利局の要望でもある独自で水利プロジェクトを実施できる体制の実現を図るためには、日本側の技術協力が必要になってくる。

また、数多くの深井戸を建設する国家計画の水利プロジェクトでは、高性能で掘削できる最先端の掘削システムを有する掘削機が必要であり、本計画を成功させるためには、水利局の技術者が最先端の掘削システムの技術を習得することが重要な課題となり、日本側で技術移転 (On the job Training) を行うことが必要不可欠である。

4-2-10 協力実施の基本方針

本計画の実施については、以上の検討によりその成果、実現性、実施体制等が確認されたことで、本計画の効果が無償資金協力の制度に合致していること等から、日本の無償資金協力で実施することが妥当であると判断された。

よって、日本の無償資金協力を前提として、以下において計画の概要を検討し、基本設計を実施することとする。

4-3 計画の概要

4-3-1 実施機関および運営体制

本計画の実施機関は、水利・エネルギー省の水利局である。実務担当機関としては、図2-4の水利局組織に示してあるように、首都ヌアクショットの水利局本局と対象地域を管轄するROSSOとALEGの両地方事務所である。

運営体制としては、水利局本局が水に関する国家計画の策定、給水計画の決定、井戸・給水施設建設、監理まで行う体制になっている。

本計画を実施するための運営体制としては、次のような専門分担制チームの編成と各チーム分の要員を確保しておくことが必要である。

図4-1 地下水開発チームの構成

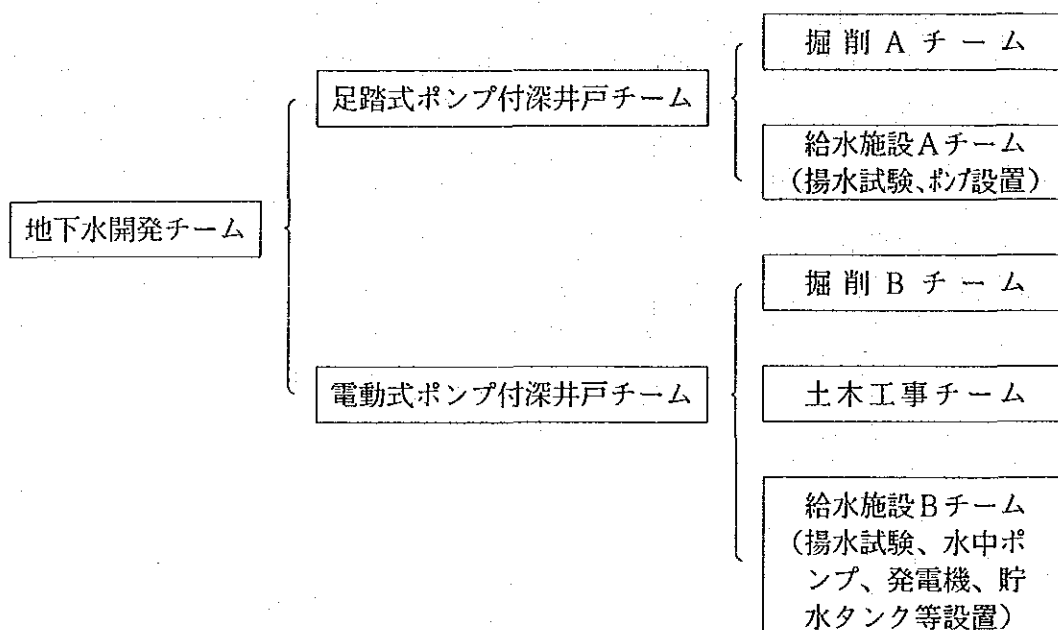


表4-7 地下水開発チームの人員構成

区分 職種	掘削チーム (A・Bチーム共通)	給水施設チーム	
		Aチーム	Bチーム
現場監督 地質技師	1		
現場監督 水利技師		1	1
機械工 技術員	2	3	3
運転手 作業員	2	1	1
	2	2	4
合計	9	7	9

4-3-2 事業計画

事業計画は下記のような内容から構成されている。

- 1) 不衛生な生活用水を利用している大多数の住民は広範囲に散在しているため、近代的な浄水場施設による大規模な給水計画は経済的に無理な面があり、最も経済的で且つ迅速な解決法は清潔な地下水を水源とする深井戸建設による給水計画である。
- 2) 深井戸建設の対象地域は、トラルザ州6県の内BOUTILIMIT、MEDERDRA、OUAD NAGA、R' KIZの4県と、ブラクナ州5県の内BOGHE、ALEG、BABABEの3県である。
- 3) 対象村落および受益者数は、トラルザ州では70村落の44,437人、ブラクナ州では44村落の32,222人であり、合計114村落の76,659人である。
- 4) 深井戸建設本数は、表4-4に示しているように、Ⅰ期に20本、Ⅱ期80本、Ⅲ期80本の合計180本の計画である。深井戸の内訳は、足踏式タイプが120本、電動式タイプが60本の合計180本である。
- 5) 日本側の分担による3年間の深井戸および給水施設建設工事に、水利局の技術者が参加し、On the job Training方式で深井戸掘削技術に重点を置いた技術移転を無償資金協力の範囲で実施する計画である。
- 6) 計画対象地域の給水源の水質汚染は、人為的な二次水質汚染が原因であることが判明しているので、深井戸掘削地点はトイレから50m以上、家畜用の水飲場は水源より500m離すこと、深井戸周辺には家畜を侵入させない防護柵を設置したり、給水施設を常に清潔な衛生環境にしておくことなどの公衆衛生面での配慮をする。
- 7) 180本の深井戸建設計画は、計画対象地域の水不足問題や水系疾病防止対策としての成果が期待できるが、深井戸給水施設が建設される前に、水利局が計画している村落住民に対する公衆衛生教育や給水施設の維持管理組織作りを実施しておくことが、本計画を成功させるために必要である。
- 8) 本計画で建設される深井戸は、鉄筋コンクリート製による密閉式で、足踏式と電動式ポンプによる揚水方式を採用し、清潔な深層地下水を対象としていること等から、水質汚染を受けにくい深井戸タイプ(図4-5)である。このような深井戸を村落住民の水利用に便利な地点に数多く建設することは、不衛生な浅井戸・沼水・溜水等の利用離れが住民側に起こり、水系疾病防止対策に大いに寄与することが期待できる計画である。