

#### (4) 地質分布

##### 1) 概要

「ニ」国の地質分布は、図 2-2-7 に示すように先カンブリア紀の片岩、片麻岩を主体とする変成岩類と、これらを一貫する同時代又は古生代、中生代の花崗岩等の深成岩を基盤岩とし、中生代～新生代第三紀の沈降運動によって形成されたウリマンド盆地及び東ニジェル盆地等に堆積層が分布している。この他、表層部は新生代第四紀の砂層や砂丘堆積物によって被覆されている。

調査対象地域のミリア郡は、中央部～東部地域がダマガラム - ムニオ基盤岩地域に属し、先カンブリア紀の変成岩と花崗岩を主体とする貫入岩体によって構成されている。一方、北部～西部地域は、テガマ層に代表される中生代白亜紀のコンチネンタル・ハマディアン層や、新生代第三紀のコンチネンタル・ターミナル層等の堆積層類の分布地域となる。また、南端部のコラマ谷沿いの地域には第四紀の未固結堆積物のコラマ層が分布している。この他、地表部は全般に薄く砂丘堆積物が被覆しており、ワジ等の低地には未固結層の分布が認められる。対象地域の地質図を図 2-2-8 に示す。

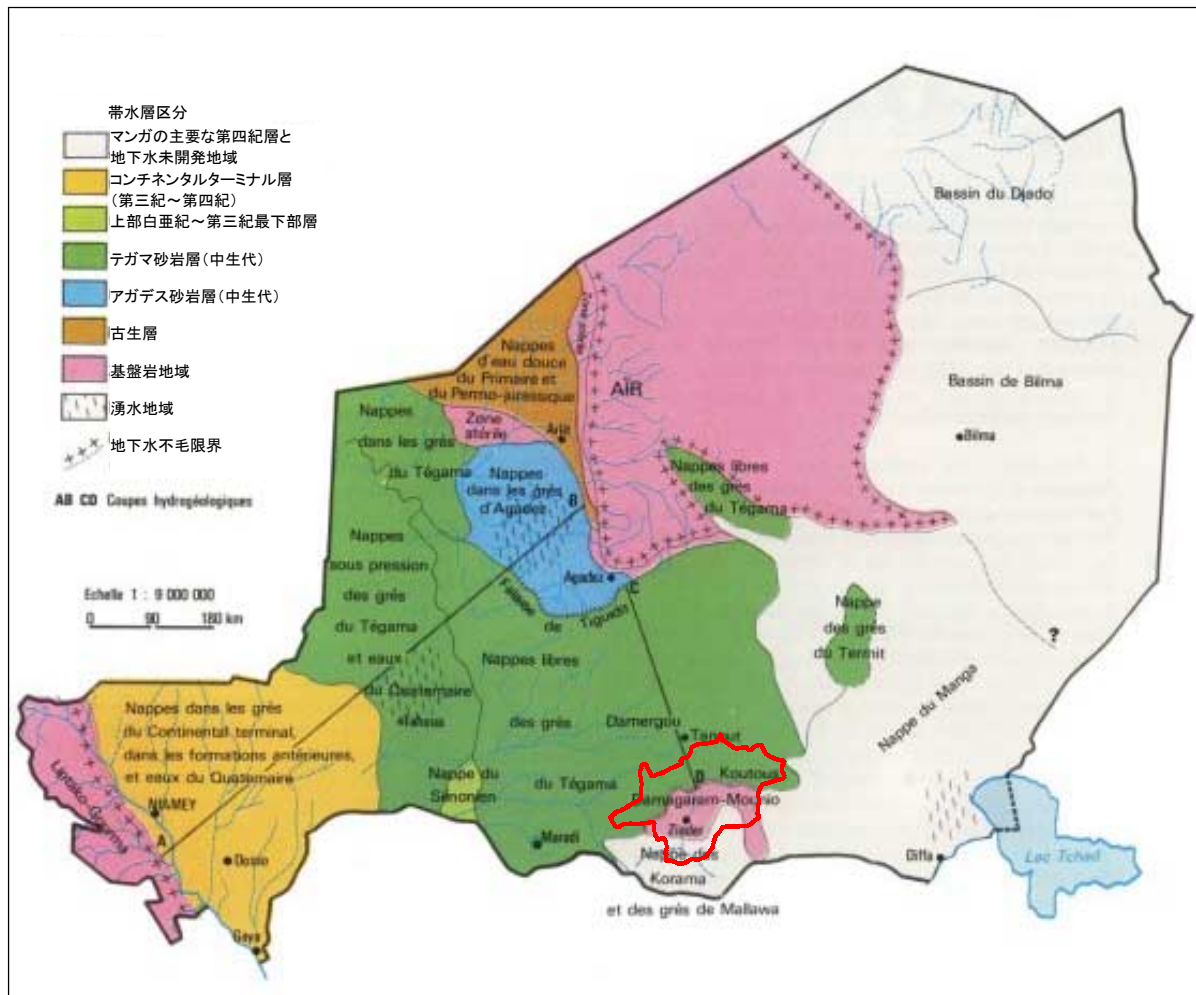


図 2-2-7 「ニ」国の水理地質概略図

## 2) 基盤岩類

先カンブリア紀の基盤岩は主にザンデル市東側に分布し、片岩、片麻岩等の変成岩類を主体とし、これらを古期花崗岩類が貫入している。また小規模ではあるが流紋岩、粗粒玄武岩等が貫入している。

古期花崗岩は分布範囲が広く、露出基盤岩の約 60%を占める。古期花崗岩の生成時期は、先カンブリア紀とされており、ミグマタイトから花崗岩及びアプライト、ペグマタイトを伴う細粒花崗岩に至る種々のタイプの花崗岩類からなる。

変成岩類は、珪岩が残丘状の急崖地形等でその露頭を観察することができるが、雲母片岩や片麻岩の分布地域は浸食を受け、砂丘砂に被覆されて低地等に分布することが多くなるため、ボーリング調査等においてわずかに確認されているにすぎない。

新期花崗岩はザンデル市の南西部に約 35km×20km の範囲で分布し、アルカリ花崗岩からなる。古生代から中生代にかけて変成岩類・古期花崗岩に進入したものと推定されている。

基盤岩における風化帯は、古期花崗岩、雲母片岩、片麻岩の分布地域で厚く、珪岩や新期花崗岩の分布地域では浅くなる傾向にある。

古期花崗岩の場合、風化の状況は表層に土砂状の脆弱な風化帯が約 10m 程度の層厚で続き、その下部に亀裂の発達する弱風化帯が数 10m 程度の層厚で続く。しかし、一般的に風化帯の層厚は変化に富んでおり、ザンデル市南部の砂丘堆積物に被覆された区域では相対的に風化帯が厚くなっている。

一方、新期花崗岩や珪岩の場合、表層から亀裂は認められるものの比較的硬質の岩盤が露出し、風化帯は薄くなる。

基盤岩の分布地域において、断層等により形成された破碎帯は強度的に弱いために浸食を受け易く、地形に反映されていることが多いため、地形図や人工衛星写真、航空写真でリニアメント（直線性）を抽出することによりその存在を想定することができる。このようにして解析された破碎帯の分布状況を図2-2-9に示す。最も卓越する破碎帯はN50° ~ 60° E系統であり、これに直交するN10° W系統も随所で発達している。これらの破碎帯には地下水が賦存することが多いため、地下水開発上重要な意味を持ち、電気探査などによる破碎帯探査が広く行われている。

## 3) 中生代層

中生代層は多くがコンチネンタル・ハマディアン、コンチネンタル・アンテルカレール層で、対象地域では前者がザンデル市付近から北部にかけて広範囲に分布する。層厚は北西側に向かって徐々に増し、ミリア郡北側のタヌート郡における井戸掘削資料では 500m 以上の層厚を有することが確認されている。岩相は細粒分を多く含む泥質砂岩を主体とし、泥岩、砂質泥岩、砂岩（細～粗粒）、礫混じり砂岩等を挟んでいる。基盤岩類とは異なり固結度は低く、軟岩に相当する。

## 4) コンチネンタル・ターミナル層

中生代最上部から新生代第三紀鮮新世付近まで連続的に堆積した地層で、「二」国の西部に分布し、

調査対象地域では西端部に僅かに分布するのみである。コンチネンタル・ハマディアン、コンチネンタル・アンテルカレール層の上位に整合的に堆積する。当層中には3つの自由地下水層と2つの被圧地下水層が知られており、水量は概して豊富で地下水開発の対象になっているが、局所的に硝酸、フッ素などが濃集しており水質面での問題がある。

#### 5) 第四紀層

第四紀層は、砂を主体とする砂丘堆積物や、ワジに分布する粘性土を主体とする堆積物が主体で、層厚は概して薄い。

上記とは別に調査対象地域南端の Mallaoua 付近には、コラマ層と呼ばれる堆積物が分布する。コラマ層は数 10m 程の層厚を持ち、上部の砂層と下部の粘土層からなる。上部の砂層中の水量は豊富で、取水深度を深くとれば地表からの汚染も避けられ、深井戸用の水源として問題のない帯水層である。

#### (5) 水理地質状況

地下水は、地層中の間隙部分に賦存するため、地下水の流動形態及び涵養状況は、地質区分、層序や地質構造によって支配される。特に、対象地域のミリア郡のように、堆積層から基盤岩まで種々の地層が分布する地域では、基盤岩の風化形態・分布、堆積層の成層状況、岩盤中の透水部の連続性、破碎帯の規模と連続性等について水理地質学的に十分に検討する必要がある。さらに、前項で記したとおり地下水の涵養源となるべき降雨量が少ないことから、地下水の賦存しない裂か・間隙も予想され、深井戸建設工事にあたっては、以上の条件を明らかにする物理探査等による詳細調査が重要となる。

対象地域に分布する各地質の帯水層としての特徴は次のとおりである。

##### 1) 基盤岩の帯水層

基盤岩中の未風化部は亀裂のほとんど存在しない硬質岩であるため、地下水は亀裂や空隙の発達した風化帯または破碎帯等の裂かに賦存されている。対象地域の基盤岩は、先カンブリア紀の変成岩類と古期花崗岩類、新期花崗岩類に分けられ、岩種により帯水層としての特性を若干異にする。

基盤岩では、基本的に地表部の風化帯の他、N50° ~ 60° E 系統及び N10° W 系統の裂かないし破碎帯が帯水層になっている。珪岩の分布地域では、珪岩自身は風化を受けにくい岩盤であるが、裂かの発達と連続性が良いと考えられ、地下水を帯水している確率が高くなる。一方、花崗岩類、特に新期花崗岩は年代がやや新しいことから風化が進んでおらず、破碎帯の発達も弱い。

地下水賦存量はいずれにしても少なく、稼働中の深井戸でも最大揚水可能量は大半が 1.0m<sup>3</sup>/h 以下となっている。

##### 2) コンチネンタル・ハマディアン、コンチネンタル・アンテルカレールの帯水層

本層は、泥質砂岩などの相対的に透水係数の小さい地層を主体に構成されるが、一部に中粒ないし粗粒の砂岩層が挟まれ、これらがある程度連続した帯水層を形成する。地下水位は、ザンデル市付

近の基盤岩の浅いところでは 50m 前後と比較的浅いが、北側に向かうほど深くなり、ミリア郡内でも一部地域では 80m に達するところも見られる。また、一部の地域では、下位の基盤岩中への漏水により、地下水がないところも存在する。

以上のとおり、本層は透水係数の小さな地層が多いため、過去のさく井工事の成功率は 70%程度にとどまっている。

### 3) コラマ層の帯水層

ミリア郡の南端部がコラマ層の分布区域で、透水性の高い未固結砂層を主体に構成されているため、有力な帯水層となっており、100%に近いさく井工事成率が期待できる。

### 4) 沖積層, 砂丘堆積物の帯水層

本層は、ワジ, 砂丘などの中に分布する、主として砂層の部分が相当する。地下水は、自由面地下水の形態を有し、降雨の多寡に左右されやすいが、下部の帯水層への涵養源として意味を持っている。水位が浅いことと未固結で掘りやすいことから多数の手掘り井戸が掘られ、住民に利用されているが、乾期における地下水涸渇や水質汚染等の問題がある。その賦存量はワジ, 砂丘の大きさ等から考えても分布地域は狭く層厚も薄いため、近代的給水施設の水源として開発される可能性は少ない。



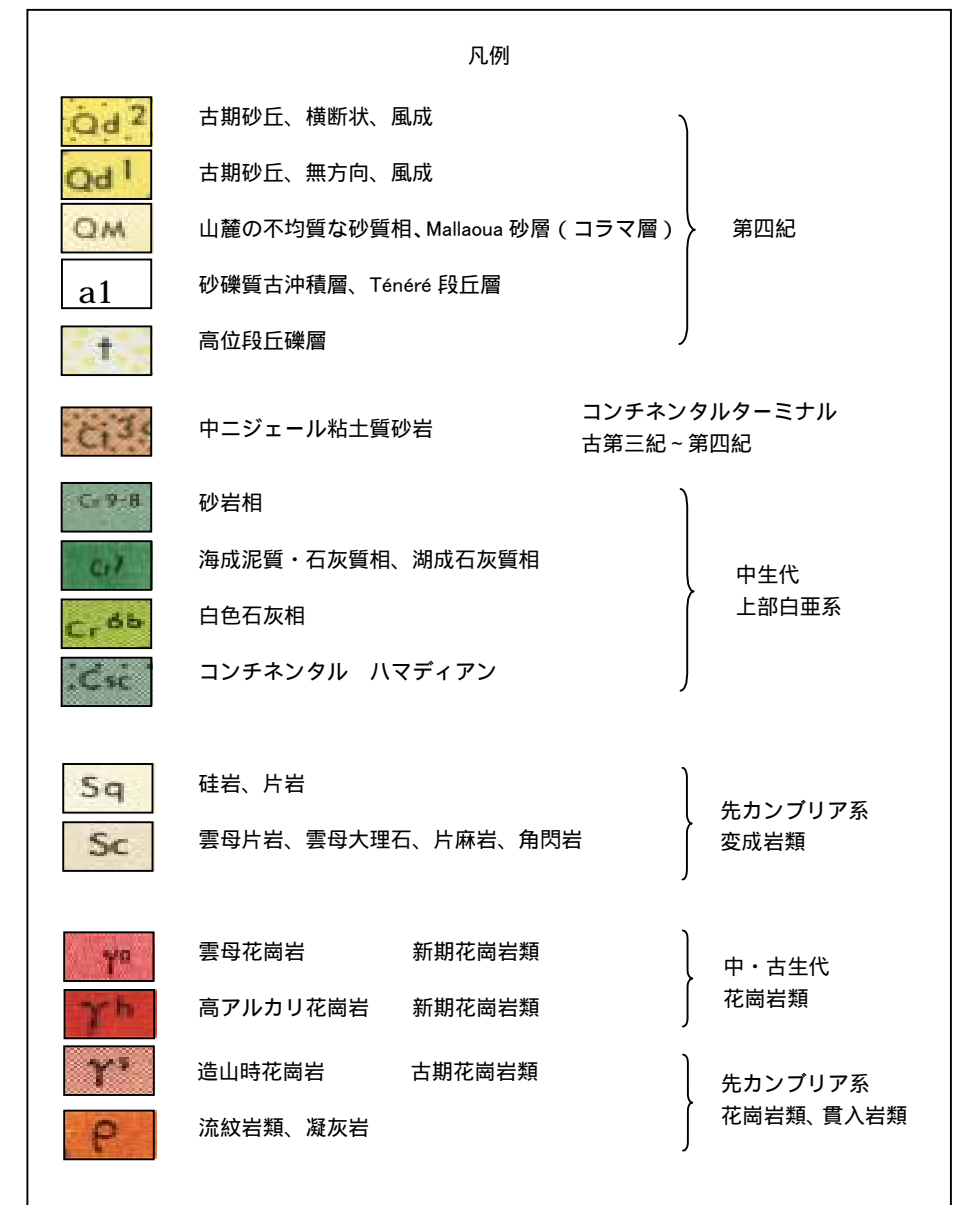
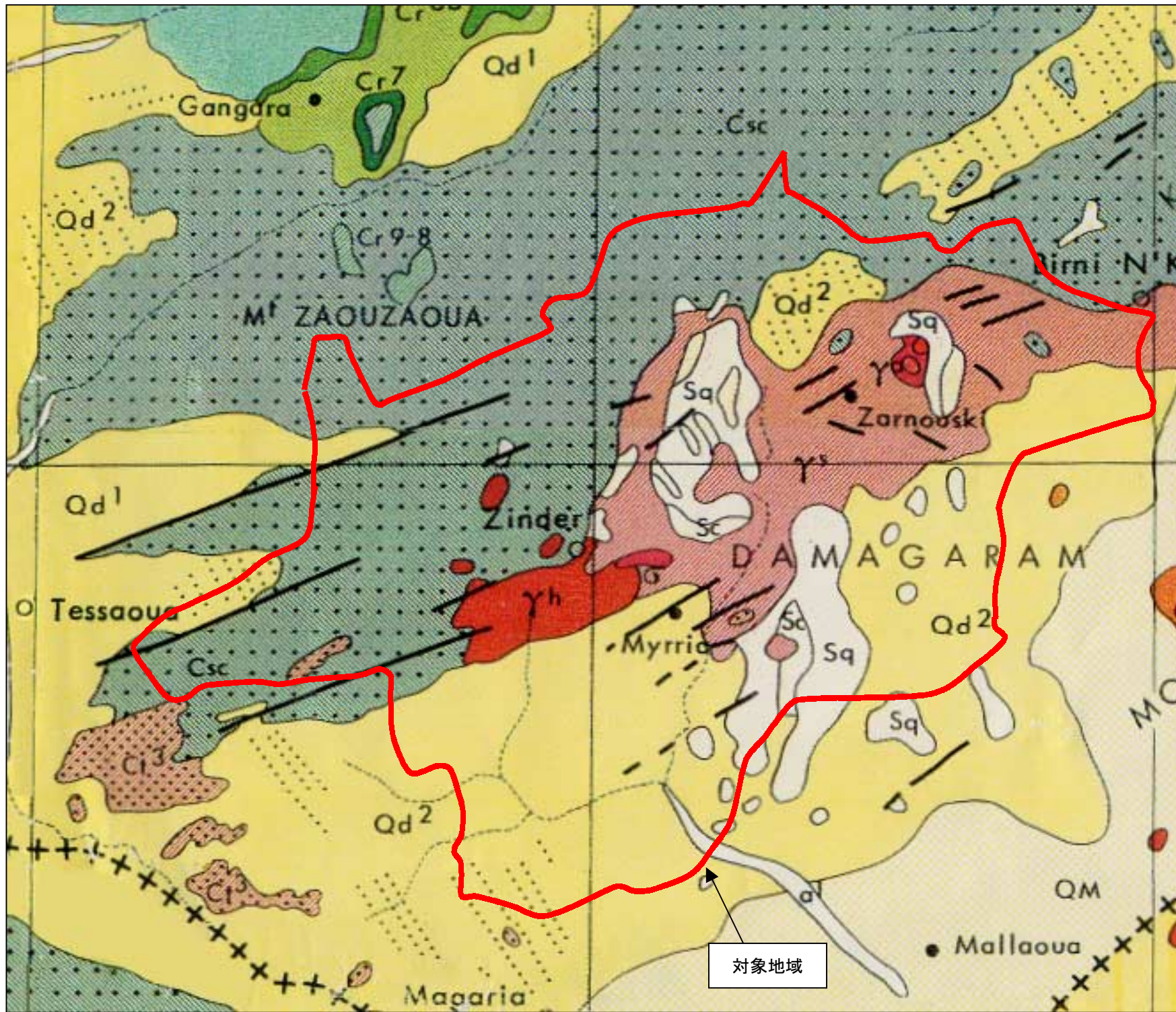


図 2-2-8 対象地域地質図

(出典: CARTE GEOLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DU NIGER MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS DES TRANSPORTS, DES MINES ET DE L'URBANISME 1967 年)



凡 例












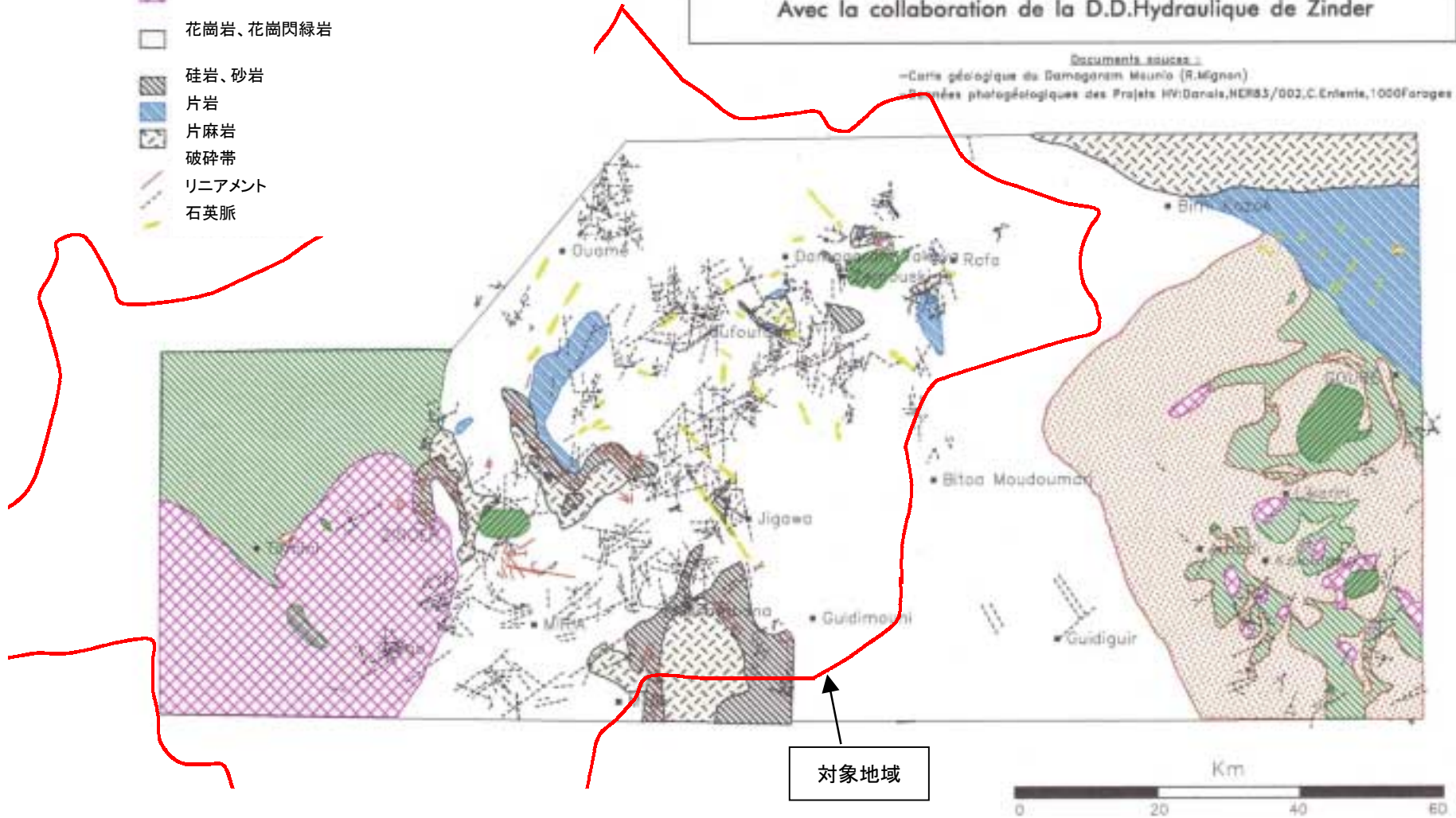
-  流紋岩、破碎質流紋岩
-  サイアナイト、トラカイト
-  細粒花崗岩
-  花崗岩(雲母、リーベツカイト他)
-  花崗岩、花崗閃緑岩
-  珪岩、砂岩
-  片岩
-  片麻岩
-  破碎帯
-  リニアメント
-  石英脈

図 2-2-9 ダマガラム - ムニオ地域の基盤岩地質図  
(航空写真解析結果をベース)

Etablie par Abdou GUERO (Ing.HYDROGEOLOGUE)  
Avec la collaboration de la D.D.Hydraulique de Zinder

Documents sources :  
- Carte géologique de Damagaram Mounie (R.Mignon)  
- Données photogéologiques des Projets MW/Darais,NER83/002,C.Entre,1000Forages



## 2-2-2-2 自然条件調査結果

### (1) 調査対象サイトの絞り込み

本プロジェクトに関する要請サイトはザンデル州の4郡であるが、その内ミリア郡は1-1-1(4)で示したようにもっとも井戸建設の緊急性の高い地域である。ミリア郡では2002年末の給水率は61%を示し、県内では高い方のグループに属するが、前述したようにギニアウォーム症は給水施設の整備が進むにつれて、村落内では問題がなくても農作業の折りに畑近くにある湿地の溜まり水を飲んで罹患するケースが多くなってきている。このため、ギニアウォーム症の撲滅には給水施設建設と共に、

溜まり水は極力飲まないこと、飲む場合はフィルターを使用すること等の啓蒙教育が必要であり、ギニアウォームの高汚染地域で、給水施設建設と村民に対する啓蒙教育を両輪で実施するギニアウォーム撲滅行動計画に沿ったプロジェクトを実施する上で、ミリア郡は対象サイトとして適している。

次に、前節(1)~(4)で示したように、ミリア郡の地質分布は基盤岩と堆積層が混在し、前者は硬質で間隙が少ないために地下水は破碎帯などに偏在すること、後者は全般に地下水位が深いことから、OFEDS型セメント井戸は経費がかかる上に成功率が著しく低下する。このようにミリア郡は地下水開発の難しい地質・水理地質状況であり、安全な飲料水を得る手段は電気探査による破碎帯探査+機械掘削による深井戸施工の方法が妥当である。

上記を勘案し、3章に示すように先方政府と協議の上、調査サイトとしてミリア郡1郡に絞り込みを行い、その中で調査対象村落として選定された村落に対して、次項以下に説明する電気探査及び社会条件調査を実施した。

なお、先方機関との協議記録は、巻末の資料-5に示す。

### (2) 井戸資料の整理

水利・環境・砂漠化対策省は、地理情報システム(SIGNER)を導入し、コンピューターによる井戸データの一元管理を行ってきている。ザンデル地方水利局では地下水資源課の情報室にザンデル全県の井戸資料がコンピューターデータとして整理されており、ミリア郡については約1,540本(失敗井戸を含めると約1,960本)が、村落名、座標位置、村落人口、給水施設のタイプ・数量等についてまとめられている。分類項目は少ないが、現時点ではもっとも信頼できるまとまったデータであることから、ザンデル地方水利局からデータを借用の上、日本がph-1プロジェクトで実施した際の施工資料と比較検討の上、併せて統計処理及びGISによる図形処理を行って、井戸の成功率、地下水位分布等水理地質条件の検討に用いた。

### (3) 電気探査による水理地質特性の評価

#### 1) 調査概要

電気探査は、調査対象の 102 村落の内、基盤岩地域で 66 村落、堆積層地域で 33 村落、合計 99 村落を実施した。表 2-2-4 に内訳を示す。なお、残りの 3 村落は現地調査の際に他村と同一村落であることが確認された 2 村落 (No.52 : No.79 と同一、No.86 : No.73 と同一) 及び井戸新設を望まない 1 村落 (No.54) である。

#### 2) 測定方法及び測定機器

調査方法は、地質に応じて使い分けた。

基盤岩類分布地域では、破碎帯位置の検出のためにはまず水平電気探査を実施し、破碎帯と推定される低比抵抗所を数カ所程度選定した。次にこれらの地点で破碎部の深度・規模及び帯

水状況の概要を把握するため、垂直電気探査を実施した。水平電気探査の測線延長は最大で 810m、測定間隔は 10 ~ 20m、電流電極の間隔は、想定地下水位に応じて 60m 程度から 200m 程度の間で設定した。

中生代以降の堆積層の分布する地域では、地下水はほぼ連続帯水層として賦存するため、水平探査は行わず、垂直電気探査により比抵抗の垂直方向の分布を把握し、帯水層の深度、厚さの想定を行った。測定方法は、ウェンナー4 極法ないしシュランベルジャー4 極法電極配置を採用した。測定深度は、100 ~ 150m (一部 ~ 300m) 程度とした。なお、測点位置の選定に際しては、掘削リグの搬入できる地理的条件も考慮した。基盤岩地域で水平探査に引き続いて実施した垂直探査も上記と同じ要領である。

現地測定に際しては、調査対象地域の地表部分は砂丘堆積物である砂を主体とする場所が多く、乾燥状態では接地抵抗が高いため、重合方式の機器を使用し S/N 比の向上に努めると同時に、電極棒の複数接地及び接地電極周囲への撒水等を行い、測定の精度を高めることに努めた。

測定器は、McOHM、McOHM Mark-2、及び GRM 3000 を使用した。

#### 3) 測定結果

水平電気探査のデータは、距離 (m) と見掛比抵抗値 ( $\rho_a : \Omega\text{-m}$ ) の関係を水平方向比抵抗分布図に表し、破碎帯等の存在を示す低比抵抗所を検出を行った。

垂直電気探査のデータは、深度 (a : m あるいは AB/2 : m) と見掛比抵抗値 ( $\rho_a : \Omega\text{-m}$ ) の関係を  $\rho_a$  曲線にまとめ、各電極配置法における標準曲線及び補助曲線との照合法により解析し比抵抗構造を得た。

表 2-2-4 電気探査の調査内訳

小郡	探査村落数		
	総数	地質区分内訳	
		基盤岩	堆積岩
ALBERKARAM	5	5	-
BABAN TAPKI	11	8	3
DAKOUSSA	7	5	2
DAMAGARAM TAKAYA	11	7	4
DOGO	3	-	3
DROUM	10	9	1
GAFATI	3	4	-
GARAGOUMSA	1	-	1
GOUNA	1	-	1
GUIDIMOUNI	6	5	1
KAGNA OUAME	11	5	6
KISSAMBANA	7	7	-
MIRIA	11	7	4
MOA	5	3	2
TIRMINI	6	1	5
ZERMOU	1	1	0
合計	99	66	33



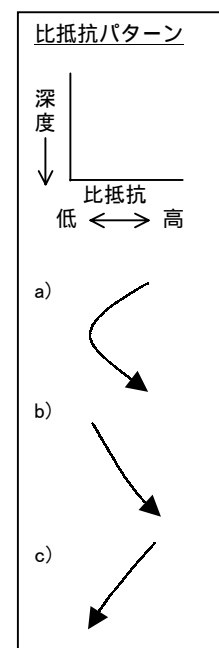
各地点の垂直比抵抗断面図は資料編、資料編（8-4）にまとめて示す。

解析によって得られた比抵抗値は、概ね約 3 ~ 約 15,000  $\Omega$ -m の値を示す。

比抵抗値の深度方向への分布パターンは、基盤岩分布域については以下に示す

a)、b)、c)の3パターンに分類される。

- a) 地表付近と地下深部における比抵抗値が相対的に高い比抵抗値を示し、中間層が低比抵抗値を示す。この中間層において地下水の賦存が期待できる。
- b) 地表から 10m 付近までの比抵抗値が低く、深部に行くに従い比抵抗値が上昇する。硬質岩盤が伏在しており、地下水の賦存はあまり期待できない地質構造と考えられる。
- c) 地表付近は相対的に比抵抗値が高く、地下深部になると比抵抗値が順次低下する。地下水の賦存は期待できるが、地下深部の比抵抗値が低すぎる場合は、水質の悪化や導電性の岩質が分布している可能性が考えられる。



一方、堆積岩分布域では上述の内 a)及び c)の比抵抗分布を示すものが多く見られる。

#### 4) 地下水比抵抗との相関

地層の比抵抗値は、地層自体（土あるいは岩石自体）の比抵抗値とその間隙を充填する地下水の比抵抗値及び間隙の体積比と連続性により決まり、次式で示される。

$$= F \times \rho w$$

ここに

$\rho$  : 地層の比抵抗値 ( $\Omega$ -m)

w : 地下水の比抵抗値 ( $\Omega$ -m)

F : 地層係数（地層の間隙率に関係し、帯水層の場合は一般的に 1.0 ~ 8.0 の値が適当と考えられている）

調査対象地域の既存井戸において測定された地下水の電気伝導度は 5 ~ 150 mS/m の間に分布するが 10 ~ 100 mS/m が主体で、比抵抗値 w に換算すると約 10 ~ 100  $\Omega$ -m となる。これより想定される帯水層の比抵抗値は上式より、約 10 ~ 800  $\Omega$ -m 程度となる。電気探査結果から得られた帯水層比抵抗値は表 2-2-5 に示すように約 12 ~ 250  $\Omega$ -m で、地層係数から考察した帯水層の比抵抗値の下側 1/3 に含まれる。

但し、調査対象地域の地下水の電気伝導度は一部で 150 mS/m 程度の高い値を示すことから、このような地点では帯水層としての標準比抵抗値も変わってくる点に留意が必要である。

#### 5) 帯水層の評価

既存井戸地点で実施した垂直探査による比抵抗分布と地下水深度、井戸の地質データの対比など水

理地質的考察を行った結果、比抵抗値と地質区分は表 2-2-5 のように対比される。

表 2-2-5 電気探査比抵抗値と地質状況との対比

比抵抗値	対比される地質状況	帯水層としての評価
約 3 Ω-m ~	沖積層 粘土 等 (低比抵抗値)	×
~ 15,000 Ω-m	砂丘堆積物 乾燥した細~粗砂等 (高比抵抗値)	×
約 12 ~ 250 Ω-m	基盤岩地帯	基盤岩類の強風化部~風化・破碎部分。
約 200 ~ 700 Ω-m		基盤岩類の風化・破碎部分。
約 500 ~ 6,000 Ω-m		基盤岩類の新鮮な部分。硬質で透水性が乏しい。
約 12 ~ 80 Ω-m	堆積層地帯	コンチネンタル・ハマディアン 泥岩~泥質砂岩。
約 60 ~ 250 Ω-m		コンチネンタル・ハマディアン 砂質泥岩~砂岩。

以上より、電気探査結果に基づく帯水層の評価基準を表 2-2-26 のように設定し、各村落の協力対象としての評価を行った結果は表 2-2-7 のとおりである。また、詳細は資料編 (8-3) に示す。

表 2-2-6 比抵抗値による帯水層の評価基準

帯水層の基準比抵抗	下記の範囲の比抵抗値が得られた場合は良好な帯水層と判断する。	
	基盤岩	12 ~ 250 Ω-m
	堆積層	60 ~ 250 Ω-m
評価ランク	A	良好な帯水層が確認された地点が複数あり、地下水開発の可能性は高い。
	B	良好な帯水層が確認された地点は1点で、地下水開発の可能性はある。
	C	比抵抗値は良好な帯水層範囲を少しはずれるが、周辺の水理地質状況から詳細調査を実施すれば、有望な地点が見つかるかと判断される。
	D	比抵抗値は、良好な帯水層とされる範囲をはずれる。また、過去に他ドナーが複数カ所の試掘に失敗している。

表 2-2-7 調査対象村落の帯水層評価結果

地層区分	評価ランク	該当地点数
堆積層	A	22
	B	6
	C	3
	D	0
基盤岩	A	28
	B	23
	C	16
	D	1
計		99

#### (4) 地下水の水質状況

##### 1) 概要

調査対象村落の地下に伏在する地下水について、飲料水としての適性を判断する資料を得るために、ポンプ付き深井戸 31 カ所、セメント浅井戸 18 カ所、伝統井戸 16 カ所、合計 65 カ所について水質試験を実施した。また、給水施設建設後の地下水水質の変化を見るため、既存給水施設について、ポンプ付き深井戸 14 カ所、セメント井戸 1 カ所の 15 カ所の水質試験を実施した。試験数総計は 80 カ所である。なお、伝統井戸については、深井戸を施工した際に取水する地下水と水理地質上の関連があると思われるカ所のみについて試験を実施し、宙水と判断される地下水については除外した。また、水源が村落から遠方にある場合も割愛した。

## 2) 水質基準

「ニ」国では現在飲料水の水質基準を検討中であり、世界保健機構（WHO）の1993年におけるガイドライン値を準用している。本プロジェクトではニジェル側の基準が公示されるまではWHO（1993）に沿い、表2-2-8に示すガイドライン値を採用する。

表 2-2-8 WHO水質ガイドライン

項目名	WHO(1993)
大腸菌群	100m <sup>3</sup> 水中で検出されないこと
硝酸(NO <sub>3</sub> )	50 mg/リットル
亜硝酸(NO <sub>2</sub> )	3 mg/リットル
フッ素	1.5 mg/リットル
亜鉛	3.0 mg/リットル
鉄	0.3 mg/リットル（味覚）
銅	2.0 mg/リットル（暫定）
マンガン	0.5 mg/リットル（暫定）
塩素イオン	250 mg/リットル
蒸発残留物	1,000 mg/リットル
色度	15 TCU
濁度	5 NTU

## 3) 調査結果

各水質項目の試験結果は次のようである。

### ① 色度、濁度

一部のセメント井戸や伝統井戸では、濁りや黄褐の着色が見られたが、ポンプ付き深井戸ではほぼ無色透明である。

### ② 電気伝導度《WHO:規定なし》

電気伝導度は概ね低く、図2-2-10に示すように半数は40 mS/m以下、最高は152 mS/mである。通常飲料水としては200～250 mS/m付近が上限であり、試験値は問題のない範囲にある。

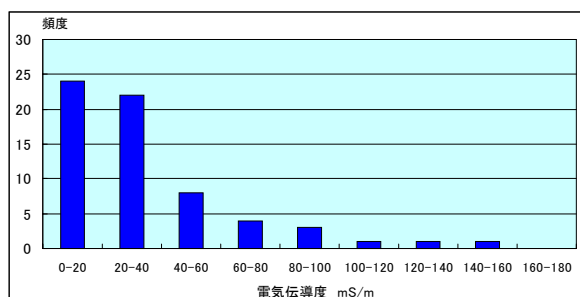


図 2-2-10 電気伝導度試験値頻度図

### ③ pH(水素イオン濃度)《WHO:規定なし》

pHは6.2から8.2まで広い範囲に分布するが、図2-2-11に示すように地層種別により分布範囲が異なり、中生代層が6.7付近にピークを示す他は第四紀層、花崗岩、変成岩とも7.9付近にピークがあり、特に花崗岩は極めて明瞭なピークを示す。一方、井戸種別毎の頻度は、ポンプ付き深井戸が7.9に、セメント井戸が6.7に各々ピークを示すが、これらは地質の影響であり、特に意味は持たない。

飲料水としての基準はWHO（1993）では撤廃されている。WHO（1984、6.5～8.5）に対しては、下限でやや下回り、酸性の傾向が強いが、日本では5.6を下限としており飲料水としては問題ない。

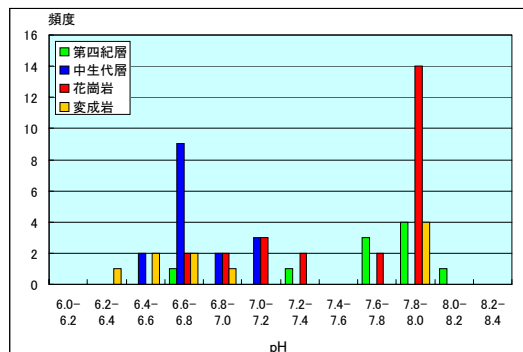
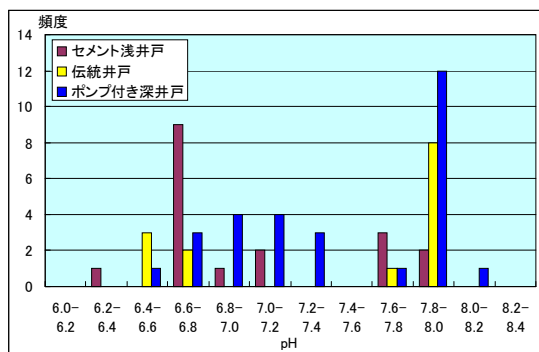


図 2-2-11 pH 試験値頻度図 (左: 井戸種別、右: 地質別)

④ 鉄、マンガン、銅 《WHO:0.3mg/ℓ、0.5mg/ℓ、2mg/ℓ》

マンガンと銅については、試験値は全てガイドライン値以下であったが、鉄については 2.0mg/ℓの値を示すところが伝統井戸で1カ所見られ、施工時に十分留意することとする。

⑤ 硝酸、亜硝酸 《WHO:50mg/ℓ、3mg/ℓ》

硝酸の試験結果は 20mg/ℓ以下が大半で、一部 40mg/ℓ台が見られるが、ガイドライン値以内に収まっている。井戸種毎、地質毎の偏在傾向はわずかである。亜硝酸は最大値 1.0mg/ℓで、これもガイドライン値以内である。

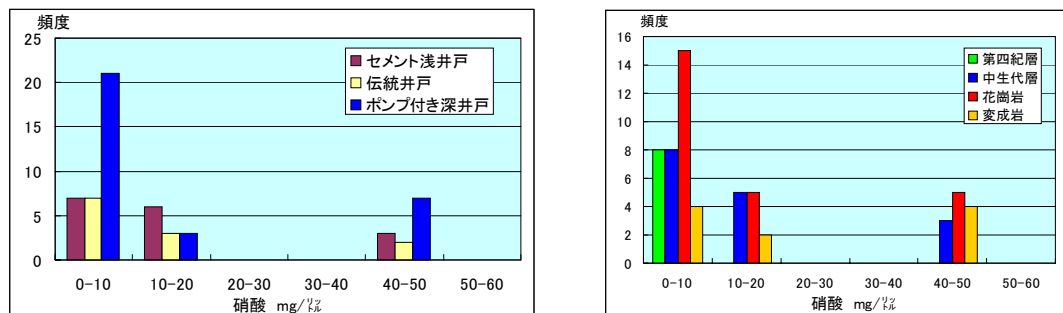


図 2-2-12 硝酸試験値頻度図 (左:井戸種別、右:地質別)

塩化物 《WHO:250mg/ℓ》

第四紀層や中生代層では全て 20 mg/ℓ以下を示す。基盤岩の場合高濃度の塩化物が局所的に溶存していることが多いが、対象地域の基盤岩中の塩化物は、大半は 20mg/ℓ以下で、最大でも 140 mg/ℓ程度であり、全体的にガイドライン値に対して低濃度である。電気伝導度に対しては、図 2-2-14 に示すように弱いが明瞭な相関が見られる。

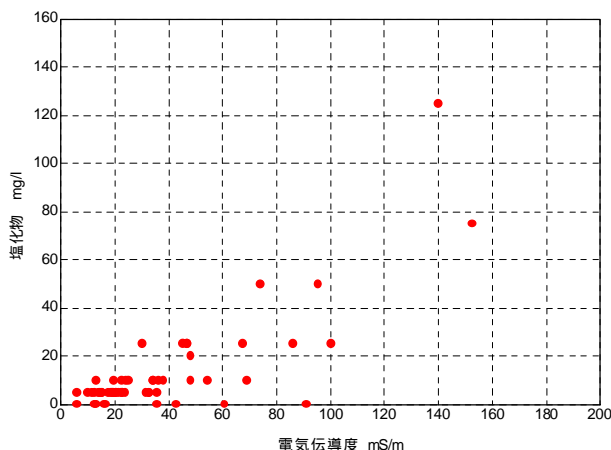


図 2-2-13 電気伝導度 - 塩化物相関図

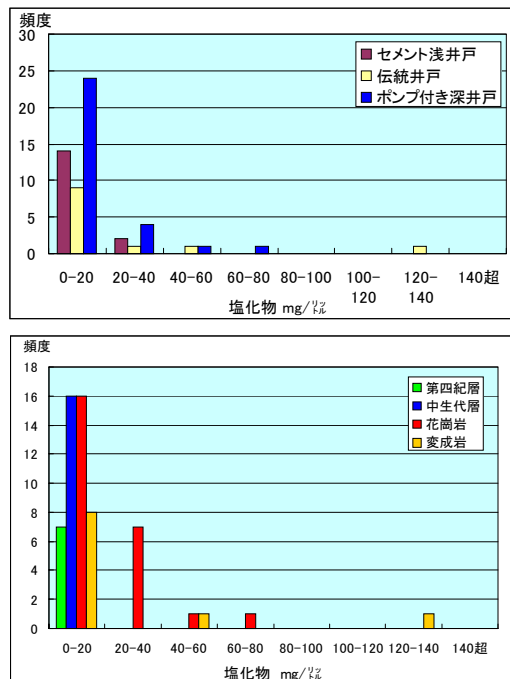


図 2-2-14 塩化物試験値頻度図 (上:井戸種別、下:地質別)



⑦ 総硬度 《WHO:規定なし》

総硬度についてはWHO(1993)ではガイドライン値を規定していない。WHO(1984)では500mg/lで、これを越える試料は1カ所のみである。右図に見られるように、花崗岩中のポンプ付き深井戸で高い値を示している。電気伝導度との関係では、塩化物と同様図2-2-16に示すように弱い明瞭な相関が見られる。

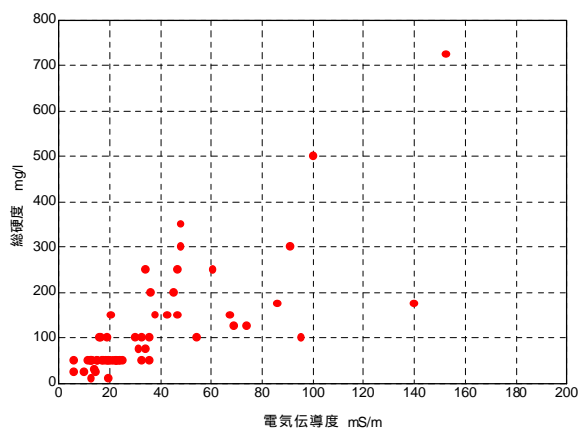


図 2-2-15 電気伝導度 - 総硬度相関図

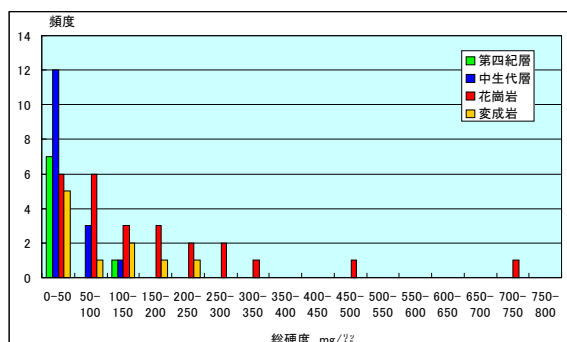
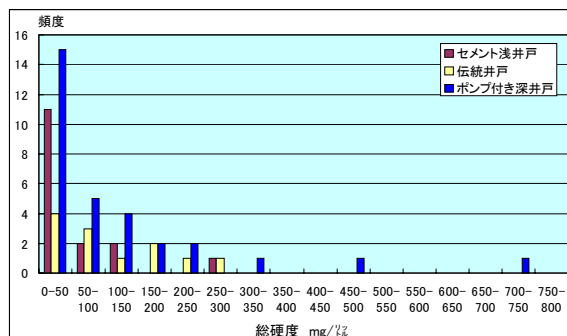


図 2-2-16 総硬度試験値頻度図  
(上:井戸種別、下:地質別)

⑧ 細菌類 《大腸菌:WHO-100m<sup>3</sup>中に検出されないこと、一般細菌:WHO-なし》

一般細菌及び大腸菌は、伝統のみならずポンプ付き深井戸でも多くの地点で検出された。大腸菌について基準を満たす比率は表2-2-9のとおりである。ポンプ付き深井戸でも半数以上が問題があることが判明したが、この理由としては井戸が民家に近いことによる人的な汚染が考えられ、井戸位置の設定については、水理地質上の判断と共に集落までの距離や、地下水に影響を与える要素に関し、施工時に十分調査・留意する方針とする。

表 2-2-9 大腸菌の検出状況

井戸種	基準以内	試験総数	基準を満たす比率
ポンプ付き深井戸	14	31	45 %
伝統井戸	0	12	0 %
セメント井戸	2	16	12 %

⑨ フッ素 《WHO-1.5mg/l》

フッ素の試験結果は、井戸種毎、及び地質毎に頻度図を作成し図2-2-17に示す。対象村落に関しては最大値が1.5mg/l、半数は0.4mg/l以下とガイドライン値以下であった。しかし、既存井戸では3カ所ガイドライン値を上回っているところがあり、最大値は6.5mg/lを示した。なお、これら既存村落の分析結果に関しては、水利・環境・砂漠化対策省に報告を行い、対処する旨返答を得ている。

地質との相関について、図2-2-18に地質図上に測定各地点のフッ素濃度を併記して示す。

プロジェクト対象村落でガイドライン値に近い地点や、既存井戸でガイドライン値を上回っている

地点は、いずれも花崗岩中ないし花崗岩と変成岩との境界付近にある。花崗岩中のフッ素については世界各国で報告があり、多くは花崗岩中に多量に含まれる黒雲母や白雲母等の含フッ素鉱物を起源としている。花崗岩の山地から流れ出す河川ではフッ素濃度が高いのが通例である。ただし、今回の調査結果のように特定地点のみが高い値を示す場合は、小規模な岩脈などの形で濃集した含フッ素鉱物から地下水に溶出した結果と考えられる。これに対しフッ素障害が報告されているマラディ県チビリ町の井戸は、コンチネンタルターミナル層中とされており、基盤岩中から溶出したフッ素を含む地下水がコンチネンタルターミナル層の連続帯水層中に流入したか、あるいはコンチネンタルターミナル層堆積時にフッ素化合物が濃集したものと考えられる。何れにしても本対象地域の高フッ素地点は、チビリ町の状況に比べ、分布範囲としては狭いと考えられるが、これらの井戸に近接する村落に関しては、井戸の施工時に長時間の揚水と水質試験を実施し、井戸としての採否を判断する。

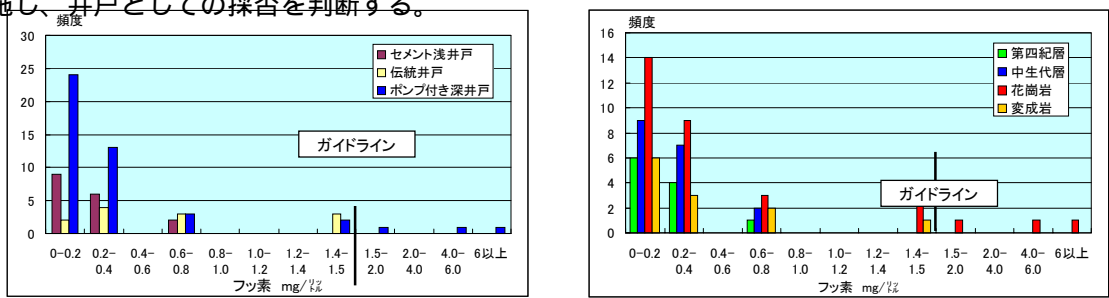


図 2-2-17 フッ素試験値頻度図 (左:井戸種別、右:地質別)

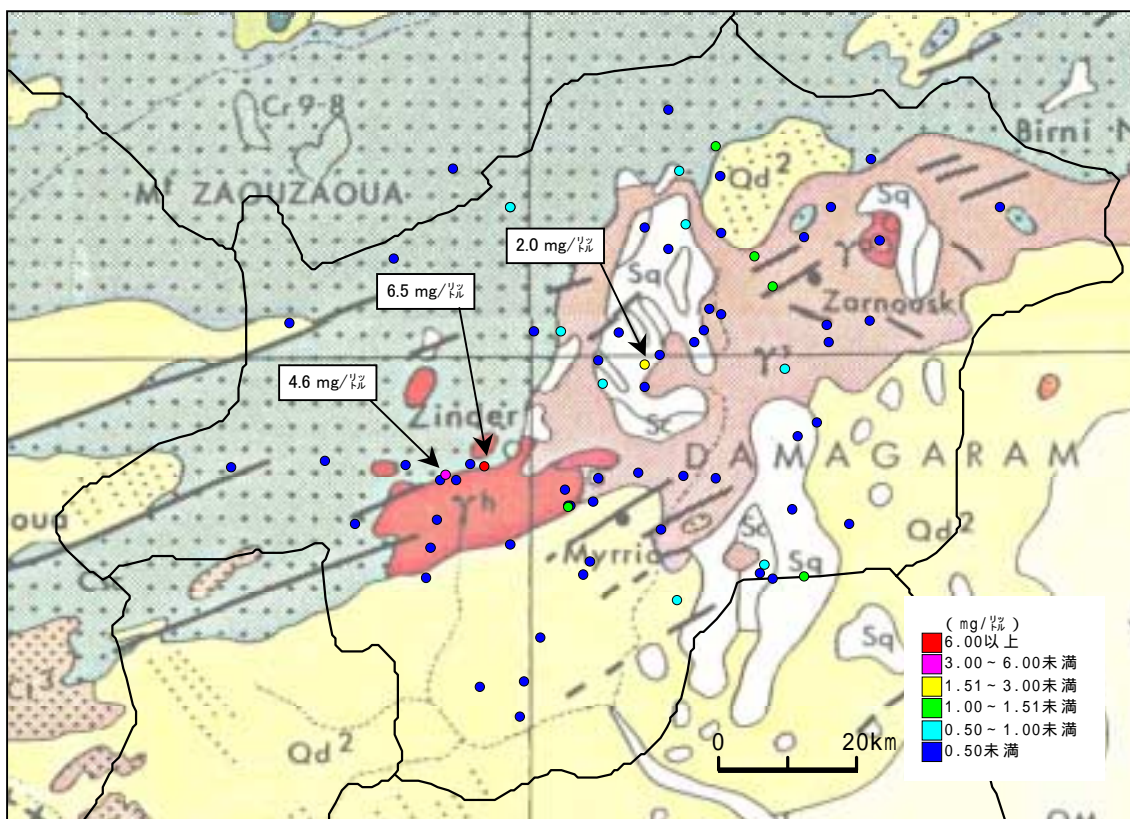


図 2-2-18 フッ素濃度及び地質力帯の分布図 (同濃度帯は既行調査地域、地質力帯は図 2-2-10 に同じ)

### 3) 水質評価

調査村落に対しプロジェクト協力村落としての評価を行うために、下記の基準でランク付けを実施した。なお、フッ素については特に留意の上、評価基準に盛り込んだ。

表 2-2-10 地下水水質の評価基準

評価項目	判断基準	総合評価の基準
1 村落の既存水源の水質	A：問題なし B：細菌類がWHO値超過 C：健康項目がWHO値付近 D：健康項目がWHO値超過	評価項目 1.が D 以外で、且つ評価項目 2.が WHO 値を上回る場合は、総合評価を C とする。 それ以外は 1.の評価を適用する。
2 近隣の既存水源のフッ素含有量	WHO値以下	
総合評価ランクの内容	村落内及び近隣村落の既存井戸の水質から判断する。 A：問題なし B：細菌類が多く、井戸周辺の衛生管理必要 C：近隣地域でフッ素等の健康項目の含有量が高い D：同一村落内でフッ素等の健康項目の含有量が高い - 協力対象から除外する	

調査村落を評価した結果、D ランクは該当が無かったが、C ランクは 13 村落が該当し、施工時に十分留意する方針とする。また、B ランクは既存水源と村落との位置関係にも影響されるが、新規井戸の施工時に井戸位置を村落から離すと共に、住民に対する衛生啓蒙教育の実施を十分に行う方針とする。

### 2-2-3 既存施設及び社会状況調査の結果

現地の既存給水施設や、プロジェクトを取り巻く社会状況を明らかにし、円滑且つ効果的な事業実施を行うため、過去の無償案件により建設された施設や調達機材の状況、各村落の意識調査を実施した。

#### (1) 既往プロジェクトの給水施設の状況

調査対象のミリア郡内でザンデル地方水利局のデータベースに登録されている深井戸の内、日本が建設した給水施設を含めて人力ポンプ付き深井戸を設置している 21 村落と、レベル-2 施設のある 12 村落の内 6 村落について、その現況調査を行った。特に人力ポンプについては、水理地質特性や村民の部族的な差違を考慮して、ミリア郡内を ~ の地域に細分した上で、各地域について故障中のものと稼働しているものの双方を同数程度調査できるよう、水利局に依頼して対象村落を選定した上で調査を実施した。結果は表 2-2-12 に整理して示す。

調査村落におけるギニアウオーム症患者は給水施設の建設、発生源の消毒、フィルターの配布、衛生啓蒙活動等により減少しているが、この 2, 3 年間に 2 村落で 1~4 人、1 村落で 10 人が発生している。

#### 1) 人力ポンプ付き給水施設

##### ① ポンプの状況と故障原因

調査した 21 村落には合計 45 台の人力ポンプが設置され、その内訳は足踏みポンプ( Vergnet )16 台、手押しポンプ( India mark II )が 29 台となっている。故障の原因と村民による評価をまとめて表 2-2-11 に示す。

表 2-2-11 人力ポンプの故障原因と村民の評価

項目	足踏ポンプ (Vergnet タイプ)	手押ポンプ (India タイプ)
故障の原因	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 足踏みの作動部分を支える留め金のボルトが脱落し、足踏み棒を支えられなくなる。</li> <li>- パッキンの磨耗で空気が漏れ、揚水不能となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 手漕ぎの回転軸部のカップリングの金属が破断して作動しなくなる。</li> <li>- 引き上げ作動をするチエンと弁軸の接続部が破損する。</li> <li>- パッキンの磨耗で揚水できなくなる。</li> <li>- 土砂や草木を嚙んでピストン作動ができなくなる。</li> <li>- 修理作業中に弁軸を落としてしまう。</li> <li>- 修理のため弁軸を取り外した井戸穴に子供が石を投げ入れ、弁軸の設置ができなくなる。</li> <li>- 水位低下時の無理な手漕ぎ作業でハンドルに亀裂が入る。</li> </ul>
ポンプの評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 汲み上げ作業が比較的楽である</li> <li>- 水量が比較的安定している</li> <li>- 足を踏み外して転倒する危険性がある</li> <li>- 構造がやや複雑で、修理が比較的困難である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ザンデル市内に多くの部品業者があり、部品の入手が容易であるため修理が比較的短期にできる</li> <li>- 複数の村民が共同して作業することができる</li> <li>- 水位が低下すると水量が極度に低下し、汲み上げ作業も大きな力が必要となる</li> <li>- 各部の部品が破損し易く、修理回数が多くなる</li> </ul>

上記をまとめると、故障の比率は足踏ポンプの方がやや多いが、故障のパターンは手押ポンプのほうが多岐に渡っている。

総合すると両者の性能は一長一短であるが、本体の耐久性は足踏ポンプが勝っている。また水深が



深い場合は手押ポンプが不利となる。修理費は、手押ポンプでは部品単価は安い、構造的な弱点による故障が多いため、足踏ポンプより若干安い程度となる。一方、足踏ポンプは故障力所が概ね限定され、パッキン類の摩耗であれば修理費は安い、長期の使用により水中のポンプ部が破損すると高額な出費となる。

## ② 水管理委員会と水代金

現在稼働中のポンプのある 16 村落には全て水管理委員会があって、活動している。水管理委員会は 1990 年頃までは作られなかったが、その後水利局等の指導により各村落に水管理委員会が作られるようになっており、調査対象村落も、ポンプの建設年代は古いものでは 1982 年頃であるが、1990 年以降に多くの村落で水管理委員会が後追いの形で作られている。

1 基しかないポンプが故障している村落は 5 村落で、その内 2 村落では水管理委員会はその活動を停止しているが、早期にポンプの改修を行うとしている。一方、残りの 3 村落では水管理委員会が無い上に修理基金も無く、資金の徴収が困難な状況にある。

水管理委員会メンバーの人数は、2 人～7 人の範囲にあるが、平均的には委員長、監査役、評議委員、会計と水番兼修理係の 1,2 人を加え 5,6 人程度である。1 村落が水番に報酬を支払っており、徴収額の 15%程度が充てられている。なお、管理委員構成及び名称は井戸を建設したドナーにより若干異なる。

維持管理費の徴収は、改修費として一括徴収する方式と水使用代金として水の使用量に応じて徴収する方式の 2 方式が見られる。

一括徴収方式は 10 村落で、その内 2 村落は定期的徴収を行っており、他の村落は改修時に一括徴収を行うとしている。定期的徴収の 1 村落は 12 月に 1,000 FCFA を徴収し、他の村落は年 2 回 500 FCFA ずつ徴収している。両村とも改修時に不足した場合には、村長の呼びかけで住民集会を行い臨時徴収を行うとしている。

水使用代金徴収方式は 8 村落で、その内 1 村落は 10 FCFA/1 缶 (18~20 ㍓) 7 村落が 5 FCFA/1 缶を徴収している。

## 2) レベル-2給水システム施設

ミリア郡内でレベル - 2 給水システムがあるのは 12 村落であり、その内訳はソーラーシステムが 4 村落、ディーゼルエンジン発電システムが 8 村落となっている。本調査では要請にソーラーシステムが含まれていることからソーラーシステムの 4 村落全部と、ディーゼルエンジン発電システムについては 2 村落の施設の現況調査を実施した。

### ① ソーラーシステム

4 村落で計 5 基のソーラーシステムが設置されているが、稼働しているのは 2 基のみで、インバーターの故障が目立つ。給水施設の現状は表 2-2-12 の通りである。

表 2-2-12 既存ソーラーシステムの現状

番号	村落名	人口 (人)	施設数と状況	説明
S-1	GUIRARI	4,000	1基 - 稼働	28 枚パネルで、ソーラーシステムは正常に稼働しているが、給水パイプの一部に水漏れが生じている。
S-2	GUIDIMOUNI	20,000	2基の内1基のみ稼働	32 枚パネル2セットの内、1セットはインバーターの故障で機能を停止している。改修資金は手当済みであるが、修理業者の見積もりが高く折り合いがつかないとの説明があった。
S-3	KANGNA	1,000	1基 - 故障	インバーターの故障でポンプ運転は停止している。改修基金が少なく、早急な改修は困難な状況にある。村落には、他に給水施設はないが、自ら何とかしようとする意欲もみられず、啓蒙教育の不足のみならずシステム導入が時期尚早であったと思われる。
S-4	BABOUL	2,000	1基 - 故障	水中ポンプが井戸内に落下したため、水利局のエンジニアの指導で中古を購入して設置したが、電気配線ケーブルは規格に合わないものがザンデルの業者によって取り付けられており、ポンプは動かない状況にある。修理業者はインバーターの故障が原因としているが、村民は現況の維持管理体制に不信を抱いている。

ソーラーシステムの村落での維持管理は、3ヶ月に1回程度巡回してくる水利局のエンジニア(地方水利施設課都市水利室)の指導により行われているが、ソーラーシステムについての熟練した修理技術を有しているわけではないので、故障原因の特定から修理方法の決定に至るまでの高度な判断は困難であり、村当局と修理業者とをうまく仲介できる状況には無い。

### ② エンジン発電システム

対象2村落の給水施設の現状は、下表の通りで、1村落でポンプ故障からシステムが停止していたが、維持管理担当者に対してはかなりの技術教育が行われている。

表 2-2-13 既存エンジン発電システムによる給水施設の状況

番号	村落名	人口 (人)	現 状
E-1	Gouna	5,000	鋼製タンク(25m <sup>3</sup> ) 共同水栓4カ所を有するシステムであり、訓練を受けた住民2人が比較的良好に維持管理をおこなっており、正常に稼働している。
E-2	Aroungonza	4,000	同上規模のシステムで、ポンプの故障で運用を停止している。エンジンに関しては、比較的心得のある維持管理担当者がこまめに動かしているとのことで、正常に作動する。

### ③ 住民の評価

システムについての住民の評価をまとめて次に示す。

表 2-2-14 住民によるソーラーシステムとエンジン発電システムの評価

	ソーラーシステム	エンジン発電システム
長所	- 燃料費を必要とせず、日中であれば比較的安定的に利用可能である。	- エンジン発電機の装置は村落住民でも多少の心得があれば、運転・維持管理が比較的容易にできる。
短所	- 取り扱いの難しい部品が多く且つ高価である。	- 街道筋から離れている村落ではガソリンの輸送手段に困難を伴う。 - 国際情勢によってガソリンの入手が困難となる時がある。

#### ④ 水管理委員会

水管理委員会は調査した全ての村落で存在するが、故障中の集落ではその活動が停止されている。メンバーの数は5人程度である。

維持管理費は、水費として5 FCFA/1 缶 (18 ㍓ ~ 20 ㍓) を徴収している。稼働中のエンジン発電システムの村落では、水の無い村落に対し25 FCFA/缶で給水し、施設の利用率向上を図っている。

### 3) 調査結果の考察

#### ① 人カポンプ

対象村落の既存ポンプも含めて、対象地域には1980年代前半に建設された井戸施設が多く、設置されたポンプは老朽化が進み、ここ数年故障が多くなってきている。調査村落で使用されているポンプタイプは、手押ポンプ (India ポンプ) と足踏ポンプ (Vergnet ポンプ) の2種類があり、ポンプ毎に使用年数と全体に占める比率を図2-2-19に示す。調査対象村落のサンプル数が少ないことから精度は高くないが、足踏ポンプの方が耐用年数が若干長い傾向を示す。また、地下水深度への適応に関しては、対象地域は総じて地下水深度が深いため足踏ポンプの方が適していると判断される。

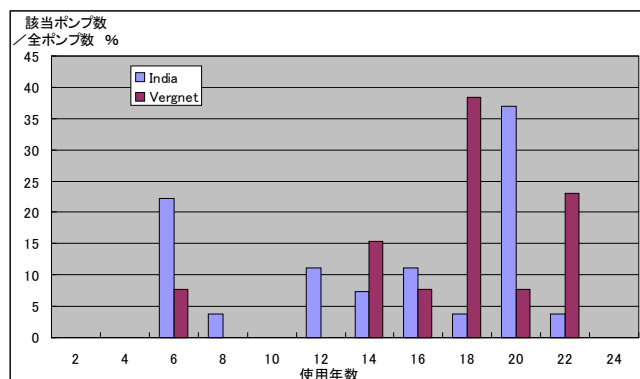


図2-2-19 既存人カポンプの使用年数頻度図 (プロジェクト対象村落以外)

#### ② ソーラーシステム

現状を確認したのは5基と数は少ないが、ザンデル県においては、システムの維持管理に必要な修理技術、要員、修理部品のいずれについても十分なバックアップ体制が整っていない。

一方、最近引き渡されたドツソ県におけるソーラーシステムでは、村落とメンテナンス会社が年間維持管理契約を結ぶことになっている。契約書の中にギャランティー条項が盛り込まれ、システム全体として1年間の保証がうたわれ、システムの初期不具合に対応できることになっており、主要部品個々の品質も保証している。軽微な故障はシステム設置業者が確保したローカルの技術者があたり、手に負えない故障にはニアメの熟練した技術者が駆けつける体制が取られている。「ニ」国に導入されているソーラーシステムの生産国は、日本、フランス、ベルギー、ドイツ、デンマーク、イギリス等があり、それぞれ若干の違いはあるが品質や価格には大きな差異はないので、システムの採用にあたっては、ギャランティーと故障への対応体制で選択することが可能となっている。

しかし、上記のようなシステムを適正に稼働させられるのは、当面パーツや修理人の存在する首都ニアメに近い地域に限られると思われる。また、村落にとっては維持管理に対する金銭的負担が増加することから、ソーラーシステムの導入に当たっては村落が十分な支払い能力を持つことを確認する

ことが必要と判断される。

### ③ エンジン発電システム

今回調査を行った村落は、人口が多いことと、水管理委員会のメンバーに対する維持管理教育がかなりしっかりなされていることから、維持管理費の徴収を含む施設運用はひととおりできている。しかし、水費は人力ポンプの村落とほぼ同じ金額であり、高額な燃料費を考慮すると維持管理費として十分かどうか疑問がある。水中モーターポンプのようなそれほど特殊とは言えない機材でも修理に時間がかかっている背景には次のような問題があると判断される。

- 機材修理体制・技術に問題があり、修理部品が入手できない
- 村落の徴収金額が発電機の燃料費に使われ、機材積立にあまりまわっていない

さらに、時期によっては燃料入手や運搬が困難となることもあるため、システム導入に当たっては、村落の経済状況、燃料輸送の条件（燃料輸入事情、雨期の道路事情等）、ザンデル市における民間修理体制等に関する十分な調査が必要である。



表 2-2-15 既存給水施設状況調査結果

略記号の説明	整理番号	村落名	人口 人	座標		施設タイプ	ポンプ状況		設置年	ドナー	地下水位 状況	水管理委員会		料金徴収方式			キニアウォーム 患者数	備考
				緯度	経度		稼働状況	故障期間				有無	人数	方法・時期	金額	単位		
人力ポンプ																		
ポンプ状況 ○：問題なし ：機能の半分稼働 ×：故障中  地下水位状況 ：問題なし ×：地下水低下で利用困難  水管理委員会 ：組織されている ：組織されているが活動停止 ：組織されたが会計上の問題から解散した ×：委員会無し	I-1	GALERAMI	1,000	14° 11' 25"	9° 45' 45"	India ポンプ	×	5年	1991	ACDI(カナダ)	○	△	3	改修時一括		0	修理の意思あり	
	I-2	GARKI	1,000	14° 11' 10"	9° 45' 45"	India ポンプ	○		1991	ACDI(カナダ)	○	○	5	定期	1000	FCFA/年	0	
	I-3	DOU FOU FOUK	3,000	14° 06' 07"	9° 25' 43"	India ポンプ	○		1986	ACDI(カナダ)	○	○	2	水使用代金	5	FCFA/缶	0	
						Vergnet ポンプ	○		1985	フランス	○							
						Vergnet ポンプ	○		1985	フランス	○							
						Vergnet ポンプ	×	2年	1985	フランス	○							
						Vergnet ポンプ	×	1年	1985	フランス	○							
	I-4	OUAREK	1,030	14° 05' 40"	9° 27' 50"	India ポンプ	○		1990	ACDI(カナダ)	○	○	4	定期	500	FCFA/6ヶ月	0	
						India ポンプ	×	6ヶ月	1990	ACDI(カナダ)	○							
	I-5	SARNOUSKI	2,500	14° 08' 03"	9° 33' 05"	Vergnet ポンプ	○		1989	フランス	○	○		改修時一括			0	
			14° 08' 06"	9° 33' 05"	Vergnet ポンプ	×	1年	1989	フランス	○								
I-7	LIMANDI	1,500	14° 07' 56"	9° 25' 00"	India ポンプ	○		1989	デンマーク	○	○		改修時一括			0		
					India ポンプ	×	3年	1989	デンマーク	×								
II-2	KASSAMA	3,000	13° 59' 57"	9° 16' 54"	India ポンプ	○		1984	デンマーク	○	○	6	水使用代金	5	FCFA/缶	0		
					India ポンプ	○		1984	デンマーク	○								
					India ポンプ	×	3ヶ月	1984	デンマーク	○								
			13° 59' 22"	9° 16' 45"	Vergnet ポンプ	○		1982	フランス	○								
					Vergnet ポンプ	×	3ヶ月	1982	フランス	○								
II-4	GAMIXKO	300	13° 59' 22"	9° 16' 45"	India ポンプ	○		1984	デンマーク	○	○		水使用代金	5	FCFA/缶	0		
					India ポンプ	○		1984	デンマーク	○								
					India ポンプ	×	3年	1984	デンマーク	○								
					Vergnet ポンプ	×	2年	不明	フランス	○								
II-6	TIANZA	600	13° 56' 36"	9° 06' 27"	India ポンプ	○		1983	デンマーク	○	○		改修時一括			0		
					India ポンプ	○		1983	デンマーク	○								
					Vergnet ポンプ	×	5年	不明	フランス	○								
II-8	ANGOULA DADI	400	13° 54' 19"	9° 06' 51"	India ポンプ	○		1983	デンマーク	○	○		改修時一括			0		
					Vergnet ポンプ	×	2年	不明	フランス	○								
III-1	KOURDIKA PK47	600	13° 22' 22"	8° 58' 46"	India ポンプ	×	1ヶ月	不明	不明	○	△	5	水使用代金	5	FCFA/缶		修理の意思あり	
III-2	KOURDIKA	3,000	13° 22' 34"	8° 58' 47"	India ポンプ	○		1982	デンマーク	○	○	6	水使用代金	10	FCFA/缶	0	水管理人に報酬	
			13° 27' 10"	8° 58' 57"	India ポンプ	×	6ヶ月	1982	デンマーク	○								
III-3	ZANGON ATTA	500	13° 59' 22"	9° 00' 11"	Vergnet ポンプ	○		1982	デンマーク	○	○		改修時一括			0		
					India ポンプ	×	1年	1982	デンマーク	○								
III-4	KAUGA	1,000	13° 25' 57"	8° 59' 10"	Vergnet ポンプ	×	3年	1982	デンマーク	○	×					0	修理基金なし	
III-5	GOUNA		13° 59' 22"	9° 16' 45"	India ポンプ	○		1998	デンマーク	○	○	5	水使用代金	5	FCFA/缶	0		
					India ポンプ	○		1998	デンマーク	○								
					India ポンプ	○	2ヶ月	1997	日本	○								
III-6	DAKOROU	1,000	13° 36' 11"	9° 04' 59"	Vergnet ポンプ	○		1984	デンマーク	○	○		改修時一括			0		
					Vergnet ポンプ	×	2年	1984	デンマーク	○								
IV-1	TIRMINI		13° 46' 32"	8° 47' 38"	India ポンプ	○		不明	不明	○	○	5	水使用代金	5	FCFA/缶	0		
					India ポンプ	○		1998	日本	○								
					Vergnet ポンプ	○		1998	日本	○								
IV-2	ANGOAL AOURCHE	700	13° 44' 07"	8° 44' 07"	India ポンプ	×	5年	1987	ACDI(カナダ)	○	×					1	修理基金なし	
IV-3	ZANGON MADOUGOU	750	13° 44' 46"	8° 50' 54"	India ポンプ	×	9ヶ月	1987	ACDI(カナダ)	○	×					0	修理基金なし	
IV-4	ABDALLAH	500	13° 45' 42"	8° 51' 33"	India ポンプ	○		1998	日本	○	○	5	改修時一括			0		
IV-6	KARAGOUNA WANZAM	500	13° 46' 30"	8° 55' 21"	India ポンプ	○		1997	日本	○	○	5	改修時一括			0		
ソーラーポンプシステム																		
S-1	GUIRARI	4,000	13° 24' 10"	9° 09' 50"		○		1990	DANIDA	○	○	6		5	FCFA/缶	10人/3年		
S-2	GUIDIMOURI	20,000	13° 41' 40"	9° 30' 40"		○		1993	DANIDA	○	○	5		5	FCFA/缶	0		
S-3						×		1993	DANIDA	○								
S-4	KAGNA WAME	2,000	13° 45' 00"	9° 04' 17"		×	2ヶ月	1991	DANIDA	○	△					4		
S-5	BABOUR	3,500	14° 21' 40"	9° 06' 50"		×	18ヶ月	1991	DANIDA	○	△					0		
発電機システム																		
E-1	GOUNA	3,000	13° 59' 22"	9° 16' 45"		○		1998	イタリア	○	○	7		5	FCFA/缶	0		
E-2	AROUNGOUNA	4,000	13° 46' 30"	8° 55' 21"		×	6ヶ月	1989	イタリア	○	△							

ACDI(CIDA) : Canada International Development Agency  
 DANIDA : Danish International Development Agency

(2) 既往調達済の深井戸掘削関連機材の状況

1) 概要

我が国がこれまで水利・環境・砂漠化対策省に対し調達した深井戸掘削関連機材は、地下水公社（OFEDES）が一括して管理・使用している。そのうち掘削機に関しては、他ドナーが調達した機材もあわせ、表 2-2-16 に示すように 9 台あるが、大部分は修理自体が困難な状態である。

我が国が調達した機材は、表 2-2-17 にまとめて示す。掘削機は 1990 年代にウワラム計画で 2 台を調達しており、1991 年に調達した SM-350 は酷使され修理不能の状況となっているが、1995 年に調達した SM-450 は最近まで他の現場で使用されており、外観も良好である。調査の結果、若干の修理を必要とするが、本プロジェクトには問題なく使用できることを確認した。工事实績は、タウア県において 2000 年 7 カ所、2001 年に 9 カ所を計画省の発注、ヨーロッパ開発基金の資金により実施している。また、水利省発注でオランダ友好委員会の資金によりドツソ県に井戸 18 カ所を掘削している。ただし、この機械は泥水ロータリー専用機種であるため、堆積層地域でのみの適用となる。

なお、OFEDES は前述したように現在民営化の過程にあり、手持ち資産の競売中であるが、我が国の無償資金で調達した機材は売却はせず OFEDES の非民営化部門とともに残す方針であることを確認した。このため、機材利用に関して問題はない。

表 2-2-16 地下水公社（OFEDES）所有の井戸掘削機リスト R:ロータリー M:エアハンマー

機種	タイプ	導入年	能力	調達国	配置場所	状況
Sankyo SM450	R	1995	400m	日本	ニアメ	良好（若干修理要）
Sankyo SM300	R	1991	250m	日本	ニアメ	故障
Bomag 500	ハ°-カッショ		300m	ドイツ	ガヤ	老朽化
Rotamec 50	M	1985	100m		ザンデル	老朽化
Failling 5000	R	1985	150m	米国	ナイジェリア国	老朽化
G15R Solimec	R+M	1988	200m	イタリア	ナイジェリア国	老朽化
TH 60 Western	R+M	1985	300m	カナダ	ナイジェリア国	油圧ポンプ故障
G24 Geo-Astra	R	1984	600m	イタリア	タウア	油圧ポンプ故障
TRD 1000 Tone	R	1983	1000m	日本	タウア	老朽化

表 2-2-17 OFEDES 所有の日本調達機材リスト (2003.4.14 OFEDES より提出されたリストを現地確認)

No	車種	登録番号	メーカー	型番	シャシーN°	導入年数	状態
1	掘削機	0383 AR 6	Hino	SM 450	10045	1995	良好（若干修理要）
2	クレーン付トラック	0382 A RN6	Hino	NZ 227	60246	1995	使用可、浅井戸建設に従事
3	コンプレッサー	Compresseur of 961	Atlas copco	XRHS 385		1995	使用不能
4	タンクローリー	0384 AR 6	Hino	FT 173	12402	1995	かろうじて使用可能
5	発電機	Groupe of 969	Denio			1995	使用不能
6	発電機	Groupe of 968	Denyo	DCA 12,5	2912220	1991	使用不能
7	発電機	Groupe of 923	Denyo	DCA 12,5	1332208	1991	かろうじて使用可能
8	コンプレッサー	Compresseur of 932	Air Man	DPS 175		1991	使用不能
9	コンプレッサー	Compresseur of 926	Air Man	DPS 175	50235504	1991	使用不能
10	コンプレッサー	Compresseur of 227	Denyo	DPS 180	3628536	1991	使用不能
11	掘削機	1255 A RN8	Hino	SM 300	60113	1991	使用不能
12	クレーン付トラック	1254 A RN8	Hino	NZ 227	60115	1991	使用可だが大幅な修理要
13	タンクローリー	1253 A RN8	Hino	FT 173	12327	1991	使用不能
14	タンクローリー	1252 A RN8	Hino	FT 173	12328	1991	使用不能
15	溶接機	Poste OF 773	Denyo	DCX 270	2676493	1988	故障、インジ
16	溶接機	Poste OF 772	Denyo	DCX 270	2676492	1988	かろうじて使用可能
17	溶接機	Poste OF 771	Denyo	DCX 270	2676491	1988	使用不能
18	溶接機	Poste OF 770	Denyo	DCX 270	2676490	1988	使用不能

No	車種	登録番号	メーカー	型番	シャシーN°	導入年数	状態
19	コンプレッサー	Compresseur OF 769	Denyo	D.P.S 130	3602693	1988	使用不能
20	コンプレッサー	Compresseur OF 768	Denyo	D.P.S 130	3602692	1988	使用不能
21	コンプレッサー	Compresseur OF 767	Denyo	D.P.S 130	3602691	1988	使用不能
22	コンプレッサー	Compresseur OF 766	Denyo	D.P.S 130	3602690	1988	使用不能
23	起重機	Derrick NY 35D	Nansi	KC-2C	2268018	1988	使用中
24	起重機	Derrick NY 34D	Nansi	KC-2C	2268017	1988	かろうじて使用可能
25	起重機	Derrick NY 33D	Nansi	KC-2C	2268016	1988	使用中
26	起重機	Derrick NY 32D	Nansi	KC-2C	2268015	1988	使用不能
27	起重機	Derrick NY 31D	Nansi	KC-2C	2268014	1988	使用不能
28	起重機	Derrick NY 30D	Nansi	KC-2C	2268013	1988	使用不能
29	起重機	Derrick NY 29D	Nansi	KC-2C	2268012	1988	使用中
30	起重機	Derrick NY 28D	Nansi	KC-2C	2268011	1988	かろうじて使用可能
31	起重機	Derrick NY 27D	Nansi	KC-2C	2268010	1988	使用中
32	起重機	Derrick NY 26D	Nansi	KC-2C	2268009	1988	かろうじて使用可能
33	クレーン付トラック	C6788 RN8	Hino	KC-2C	60813	1988	かろうじて使用可能
34	クレーン付トラック	C6783 RN8	Hino	WA 211	60043	1988	使用不能
35	ピックアップ	979 RN8	Toyota	NZ 227		1988	エンジン故障
36	ピックアップ	C 6781 RN8	Tone	HJ 60	0027007	1988	使用不能
37	タンクローリー	C 6832 RN8	Hino	WA 211	60817	1988	使用不能
38	ダンプ	C 6917 RN8	Hino	WA 211	60821	1988	使用不能
39	ピックアップ	C 6780 RN8	Hino	HJ 75	0027352	1988	使用不能
40	クレーン付トラック	C 6786 RN8	Hino	WA 211	60814	1988	使用不能
41	タンクローリー	C 6973 RN8	Hino	WA 211	60816	1988	使用不能
42	ダンプ	C 6785 RN8	Hino	WA 211	60820	1988	使用不能
43	クレーン付トラック	C 6782 RN8	Hino	WA 211	60815	1988	使用不能
44	ダンプ	C 6784 RN8	Hino	WA 211	60819	1988	使用不能
45	タンクローリー	C 6830 RN8	Hino	WA 211	60818	1988	使用不能
46	起重機	Derrick D 011D	Nansei	2B	3525006	1985	使用不能
47	起重機	Derrick Ny 10 D	Nansei	2B	3525005	1985	使用不能
48	起重機	Derrick Ny 123	Nansei	2B	3525003	1985	使用不能
49	起重機	Derrick MI 10D	Nansei	2B	3525002	1985	使用不能
50	起重機	Derrick MI 9D	Nansi	2B	3525004	1985	使用不能
51	溶接機	Poste of 166	Denyo	D 230	2612687	1985	使用不能
52	溶接機	Poste of 165	Denyo	D 230	2612688	1985	使用不能
53	溶接機	Poste of 164	Denyo	D 230	2612690	1985	使用不能
54	コンプレッサー	Poste OF 163	Denyo	D 230	2612699	1985	使用不能
55	コンプレッサー	Compresseur of 161	Denyo	DPV 125	1502008	1985	使用不能
56	コンプレッサー	Compresseur of 160	Denyo	DPV 125	1502007	1985	使用不能
57	コンプレッサー	Compresseur of 159	Denyo	DPV 125	1502011	1985	使用不能
58	コンプレッサー	Compresseur of 158	Denyo	DPV 125	1502710	1985	使用不能
59	コンプレッサー	Compresseur of 157	Denyo	DPV 125	1502709	1985	使用不能
60	ピックアップ	B 6640 RN8	Toyota	HJ 75	0003065	1985	使用不能
61	タンクローリー	B 6592 RN8	Hino	FT 173	11458	1985	使用不能
62	タンクローリー	B 6597 RN8	Hino	WA 211	60721	1985	使用不能
63	ダンプ	B 6589 RN8	Hino	WA 211	60723	1985	使用不能
64	クレーン付トラック	B 65494 RN8	Hino	WA 211	60720	1985	使用不能
65	クレーン付トラック	B 6587 RN8	Hino	WA 211	60719	1985	使用不能
66	タンクローリー	C 1153 RN8	Hino	FT 173	11459	1985	使用不能
67	ダンプ	B 6901 RN8	Hino	WA 211	60727	1985	使用不能
68	ダンプ	B 6590 RN8	Hino	WA 211	60726	1985	使用不能
69	コンプレッサー	Compresseur of 556	Denyo	DPV 125	1501327	1984	使用不能
70	溶接機	Poste OFJ 57	Denyo	D 230	2190667	1984	使用不能
71	溶接機	Poste of 479	Denyo	D 230	2190662	1984	使用不能
72	発電機	Groupe elec OF 430	Denyo	DCA 55		1984	使用不能
73	起重機	Derrick Ny 090	Nansi	SW 1020 S	3523006	1984	使用不能
74	起重機	Derrick Ny 102d	Nansi	SW 1020 S	3523005	1984	使用不能
75	起重機	Derrick Ny 25d	Nansi	2	3523004	1984	使用不能
76	起重機	Derrick Ny 24D	Nansi	2	3523003	1984	使用不能
77	掘削機	Sondcuse	Tone	TRD 1000		1984	老朽化
78	牽引車	981 A RN8	Hino	FU 633	CH 10001	1984	使用不能
79	クレーン付トラック	B 7126 RN8	Hino	WA 211	60612	1984	使用不能
80	クレーン付トラック	B 7855 RN8	Hino	WA 240	10017	1984	使用不能
81	タンクローリー	B 9306 RN8	Hino	WA 211	60614	1984	使用不能
82	タンクローリー	C 8037 RN8	Hino	FT 173	10971	1984	使用不能
83	ピックアップ	B 6638 RN8	Toyota	HJ 47	26619	1984	使用不能

## 2) Sankyo SM-450掘削機の状態

SM-450 掘削機について、本プロジェクトへの適用の可能性を判断するため、全体の目視検査の後、OFEDS の技術者に依頼して一部の機械を分解・点検するとともに無負荷運転を行った。結果は以下のとおりであり、修理及び消耗品を調達すれば十分使用可能と判断される。

表 2-2-18 Sankyo SM450 掘削機の状態

(2003年4月時点)

<p><b>機材状況</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) 車両本体の走行距離は、14,286km。</li><li>b) シリンダーホイストワイヤー、ドローワークスワイヤーは交換が必要。</li><li>c) 油圧オイルタンク底部に異物が付着しており、フラッシング作業が必要。</li><li>d) P.T.O 周りではドライブシャフトのスプライン及びクロスキット部に磨耗、ガタが見られた。またVベルトにも磨耗、損傷が見られた。</li><li>e) パワートランスファーケース周りではケース内の各種ギヤ類は磨耗しており、ギヤ同士の噛み合いに多少のガタが見られた。軸受部用ベアリング類にも多少のガタが見られた。油圧用ポンプ類内部は磨耗しており、吐出圧力が低下している。</li><li>f) ドライブヘッド周りでは油圧モータ内部が磨耗し、若干出力低下をきたしている。また軽度の油漏れも観察された。スピンドルケース及びスピンドル用スプラインには磨耗による多少のガタが見られた。このことから各種ベアリング類の磨耗も予測される。</li><li>g) ドローワークス周りではクラッチライニングとブレーキライニングに磨耗が見られたが、使用に支障はない。また各種ベアリングにもガタが見られた。</li><li>h) マッドポンプ周りではバルブ、バルブシート、ピストンライナー、ピストンロッド等に著しい磨耗が見られた。このことから各種ベアリングのガタが予測され、一部パーツの交換が必要である。また油圧モータ内部の磨耗から出力低下が予測される。</li><li>i) 油圧コントロールバルブ及びバルブ周りでは各種ゲージの指針に破損が見られた。各種レバーにはガタが見られた。</li><li>j) 各種油圧ホースの劣化が激しく交換が必要であるが、機能上は支障はない。また、ほとんどのホースは現地で代替品が入手可能である。</li></ul>
<p><b>修理用機材の在庫量と保管状態</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) 台帳による出庫管理はなされていない。倉庫内の部品の員数を確認した結果、パーツの殆んどは消費されている。</li><li>b) 修理用機材の倉庫はコンテナを転用したもので、日中はかなりの高温となる。このため現存する部品もゴム、プラスチック製の部品は変質しており、過乾燥により紙製エレメント類も強度を持たず、油脂を含ませた部品も油切れをおこし使用に耐えない状況となっている。</li></ul>
<p><b>掘削リグのアクセサリーと掘削ツールの状態</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) リグのアクセサリーの一部は痛みが激しく、部品の交換とあわせて交換の必要な部品が多い。</li><li>b) 資機材置場には掘削ツールが保管されていたが、摩耗が激しく使用に耐えないものばかりであり補充が必要である。</li><li>c) 当初納められた整備用工具の多くが破損しており、日常の整備にも支障をきたす状態である。</li></ul>



### (3) 「ニ」国内外井戸施工業者の状況

本プロジェクトの基盤岩地域の井戸掘削に関しては、プロジェクトコストの観点から日本企業のみならず現地企業の利用の可能性を検討するため、ニジェール国内の井戸施工業者の実態調査及び施工単価の調査を行った。

#### 1) 「ニ」国内井戸施工業者の状況

「ニ」国内には井戸掘削を行う公的機関として、前述の地下水公社（OFEDES）がある。この他に地下資源公社（ONAREM）もボーリング機材を所有するが、主として鉱物資源の探査を目的としており、所有機材はコアボーリング専用となっているため、深井戸施工用に利用することは困難である。

「ニ」国内で登録されている民間井戸掘削企業は、E.SAFOR、MAGOR CITAF、BANI M'BARECK、IGN NIGER SARL、SOBAFOR、HYDROFOR、I-KADA、C.G.C の 8 社があるが、実質的に稼働しているのは、IGN、I-KADA、C.G.C の 3 社である。施工単価は OFEDES より安いこと等から、近年施工実績も増えている。

これらの会社の所有機材は泥水掘削及びエアハンマー掘削の双方に対応でき、且つ比較的新しいことから、本プロジェクトでの利用に大きな問題はない。これらの状況をまとめて表 2-2-19 に示す。

#### 2) 近隣国井戸施工業者の状況

「ニ」国に進出している代表的外国企業として、象牙海岸共和国に拠点がある SEEE および FORACO がある。

SEEE および FORACO は、掘削機等の資機材を有しているが貸し出しはせず、両社ともまとまった深井戸工事を一括して請け負うことを方針としている。ただし、SEEE は、同国の治安悪化のため調査不能であった。FORACO はニアメに支店があり、機材状態、業務経歴などに問題はなく、最近業績をあげている。

表 2-2-19 「二」国及び近隣国の井戸掘削機関の概要

井戸工事業者	深井戸掘削機				井戸工事技術者	備考
	機種名 (製造国)	調達年度	台数	機械の状況		
地下水公社 (OFEDES)	三協 SM-450 (日本)	1995	1	使用可能だが一部要修理	泥水ロータリー工法の技師はいるがエアハマー技術者は少ない。	新規プロジェクトに利用可能な掘削機は実質的にSM450(泥水ロータリー専用)1台のみである。最近の工事実績は、ヨーロッパ開発基金(7本-2000年、9本-2001年)。オランダ友好委員会(18本)等。現在は国営企業であるが08年度を目標とする部分的民営化の過程にある。ただし、日本調達機材については、国家所有のまま保持することで決定された。
	三協SM-300 (日本)	1991	1	故障		
	Bomag 500 (ドイツ)	(不明)	1	使用可能だがかなりの修理要		
	Rotamec 50 (不明)	1985	1			
	Failling 5000 (米国)	1985	1			
	G15R Solimec (イタリア)	1988	1			
	TH-60 western (カナダ)	1978	1	故障		
	G24Geo-Astra (イタリア)	1984	1	故障		
利根 TRD-1000 (日本)	1983	1	稼動するがチェーン交換他大幅な修理必要			
地下資源公社 (ONAREM)	利根 TRD-750 (日本)	1982	1	エンジンオーバーホール済	掘削技術者は6名	主として鉱物資源調査を行っており、いずれもコア採取を目的としたボアリングマシンのため井戸掘削には不向きである。
	KNEBEL HY-76 (不明)	1999	1	良好		
	利根 150 (日本)	1994	1	調査ボアリング用		
IGN	WIRTH RB (ドイツ)	1999	4	良好	掘削技術者は2名	現地企業。掘削技術者は12名95年設立。年間300本程度の掘削実績があり、国内最大手でもっとも信頼できるとの評価。
I-KADA	(不明)	2002	2	良好	掘削技術者は2名	現地企業。81年設立。掘削機材は新しいが、技術要員が少なく、長期の対応には要員補充を行う必要有り。
C.G.C(中国企業)	SPC-600T-3 (中国)	2000	1	良好	2班可能	中国の調査・深井戸建設業者。能力は高いが、中国の案件を主体としており、スポット的な利用に限定される。ザンデル市都市給水プロジェクト(中国無償案件)実施中。
	WTC5120TSMBUGGY(中国)	2003	1	良好		
	XY-1 (中国)	2003	1	良好(鉱物資源用)		
FORACO (本社：象牙海岸国、ニアメに支店)	BF 800	(不明)	3	良好	(不明)	フランス系企業、象牙海岸国に本社、ニアメに支店。まとまった工事は機材・要員共アビジャンからの出張となる。全般に評価は高い。
	LONGYEAR	(不明)	1	良好		
HYDROFOR	(不明)	(不明)	(不明)	(不明)	(不明)	休業中
SEEE (象牙海岸国)	(不明)	(不明)	(不明)	(不明)	(不明)	フランス系企業、象牙海岸(アビジャン)に拠点を置いている。まとまった業務を自社請負で実施するのを方針としている。

(4) ph-1プロジェクトで調達した啓蒙教育機材の状況

ph-1 プロジェクトでは、給水施設の建設と併せて、対象村落の住民に対し、公衆保健・風土病対策省ザンデル地方保健局が啓蒙教育活動を実施する計画であったため、必要な機材の調達を実施した。5年間の使用を経た機材の現状は表 2-2-20 に示すとおりである。

表 2-2-20 ph-1 プロジェクトで調達した機材の現状

機材の種類と仕様	数量	状態
1. 啓蒙教育用車両		
(1) ピックアップ(ディーゼル4駆)	2台	使用可能だが、一部修理必要、交換部品なし、走行距離は共に190,000km前後
(2) ステーションワゴン(ディーゼル4駆)	1台	故障中、ただし走行距離189,000kmだが距離計故障し実走行距離は20万km以上で、修理にはかなりの費用必要
(3) モーターバイク	21台	9台は使用可能だが、12台は状態悪い。走行距離30,000~43,000km
2. 啓蒙教育用機材		
(1) ドライアウトプレス	1式	使用可能
(2) シールエイト	1式	使用可能
(3) タッキングアイロン	1式	使用可能
(4) コンピューター	1式	使用可能
(5) スタライザー	1式	使用可能
(6) スキャナー	1式	故障
(7) ソフト Microsoft Office 97	1式	使用中
(8) プリンター	1式	状態悪い
(9) 圧延機	1式	使用可能
3. 水質分析用機材		
(1) 16項目分析用具	6式	使用可能だが老朽化
(2) pHメーター	6式	使用可能
(3) 伝導度計	6式	使用可能
4. ガレージ用機材		
(1) チェンブロック(3トン)	1式	使用可能
(2) 三脚(高さ4m)	1式	状態良好
(3) 作業用工具(車両整備用)	3式	状態悪い
(4) 万力	2式	状態良好
(5) エンジン用タイミングライト	1式	状態良好
(6) エンジン用ストロボスコープ	1式	状態良好
(7) ドライバースセット	3式	状態悪い
(8) フロアジャッキ(3トン)	3式	使用可能
(9) 油圧ジャッキ(2トン)	3式	使用可能
(10) 卓上ボール盤	1式	状態良好
(11) エアコンプレッサ(200ℓ/mm)	1式	状態良好
5. 上記の修理用機材	1式	在庫無し

上記の内、車両3台に関しては、本プロジェクトに対し修理部品の要請があがっている。ステーションワゴンは故障しオーバーホールが必要となっているが、かなり高額な修理費が必要となり、今後の使用年数を考慮すると修理の妥当性はないと考えられる。一方、ピックアップは不調ではあるが使用中で、修理によりまだ2,3年程度は使用可能と考えられる。モーターバイクは30,000~40,000km以上を走行しており、一部使用可能のものもあるが、多くは使用限界に近い状況にある。パソコン等の教育用機材は青年海外協力隊員の技術協力のもとで、啓蒙用のパンフレットやポスターの作成および様々なデータ処理に使われてきており、スキャナー及びプリンター以外はまだ十分使用可能であるが、規格が古いため、最新機材とはつなげない問題がでてきている。

## (5) 村落の社会状況調査結果

調査対象村落に対し、次の項目に関して社会状況調査を実施した。

人口および戸数、平均年収、収入源（農業：作物、牧畜、その他）、月間支出額（食物費、衣服費、水支出、医療費、教育費、農業関連支出）、給水人口・給水率、既存給水施設およびスペアパーツ供給状況、機材修理経験、修理人所在、他のドナー・NGOの活動、現利用水源の状況（距離、水質）、水運搬方法・利用水量および汚染状況、水系状況、保健衛生状況（トイレの有無、ギニアウォーム症他の水因性疾病罹患状況）、新規給水施設受入意思・維持管理費用支払意思・水管理委員会設立意思・維持管理費積立金管理方法、給水事情改善の波及事項に関する希望・期待

以上の結果は村落毎の詳細データとしてとりまとめ、巻末の資料編（8-1）に示す。

### 1) 対象村落の社会・経済状況

#### ① 人口、人口増加率

調査時点における対象村落の平均人口は 802 人、平均戸数は 115 戸、平均家族数は 7.0 人である。

対象村落の人口頻度図を図 2-2-20 に示す。人口規模によって分類すると、500～749 人の村落が 37 と最も多く、250～499 人の村落が 27 でそれに次ぐ。

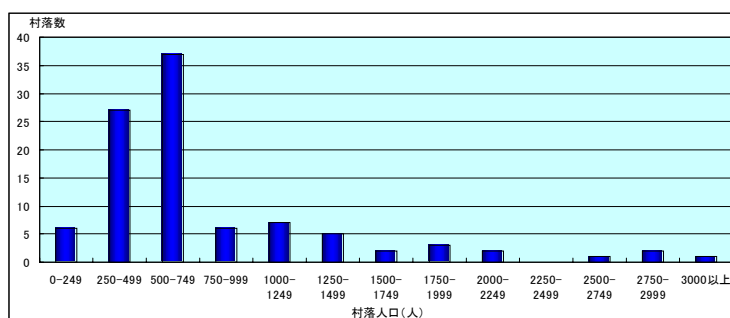


図 2-2-20 村落人口の頻度図

人口増加率は、各村落において 10 年前、5 年前の人口から平均増加率を求めた結果、全体で 1.4% の値が得られた。1978 年に実施された第 1 回国勢調査と 1988 年の第 2 回国勢調査から算出されたザンデル県の人口増加率は 3.23% であるが、ザンデル県内でミリア郡が特に低い理由はなく、疾病や都市への流出で全体に人口の伸びが減少していると判断される。

#### ② 年収と支出

平均年収は、一人当たりで 2 万～3 万 FCFA がもっとも多く、平均では 33,600 FCFA である。一方、家族当たりの月間支出項目は食物費、衣服費、水支出、医療費、教育費、農業関連支出から構成され、食物費が 6,000～20,000 FCFA、衣服費・医療費・教育費がそれぞれ 500～3,000 FCFA、農業関連支出が 1,000～25,000 FCFA 程度で、図 2-2-22 に示すように食費が全体の 2/3 を占

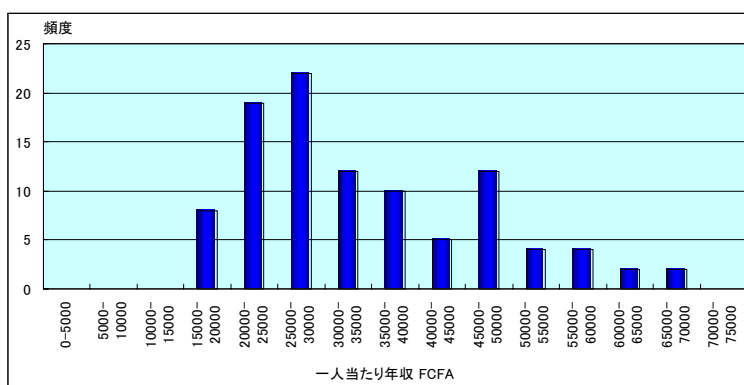


図 2-2-21 村民一人当たりの年収頻度図

めている。

対象村落における主要産業は農業・牧畜であり、商売・出稼ぎがそれらを補足する収入源となっている。基幹農作物は粟、黍、ニエベ豆、落花生の4つであり、幹線道に近接しており水供給が十分である等の好条件に恵まれば、更に野菜等の栽培が加わる。

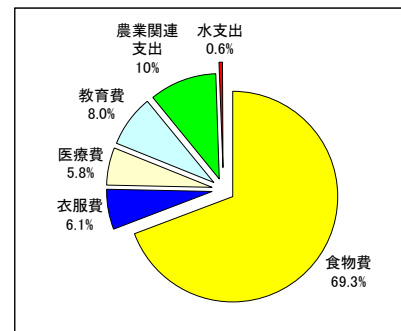


図 2-2-22 家族当たりの平均年間支出内訳

1 家族が1年間に水代として支払う金額は平均 1,320 FCFA、一人当たり 192 FCFA となる。これは全支出に対し 0.6%に過ぎない

が、図 2-2-23 に示すように、最低と最大では 10 倍以上の開きがある。これは一部の村落で伝統井戸さえも水量として不十分で他村落からの買水に頼るなどのために高額となっているものと思われる。

各村落における水への出費は、乏しい収入の中から必要最低限を支払っていると考えられ、新期給水施設を建設しても上記の平均額以上に支払いが増える可能性はほとんどない。この金額をそのまま新期給水施設のために積み立てると仮定した場合、年間での村落当たりの総積立額は図 2-2-24 のように平均で 6 万～8 万 FCFA となる。ポンプの修理に必要な金額は、手押ポンプで 41,000 FCFA、足踏ポンプで 51,500 FCFA 程度であることから、前記のように積立を行った場合、10 村落程度は必要額に達しないものの、その他の村では十分維持管理が可能と考えられる。この 10 村落に関しては、DD 調査時点で再確認を行うと共に、施工時に維持管理教育を重点的に行う方針とする。

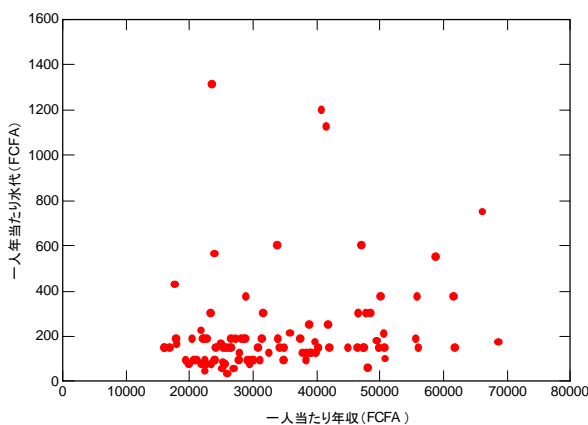


図 2-2-23 一人当たりの年収と水代との相関

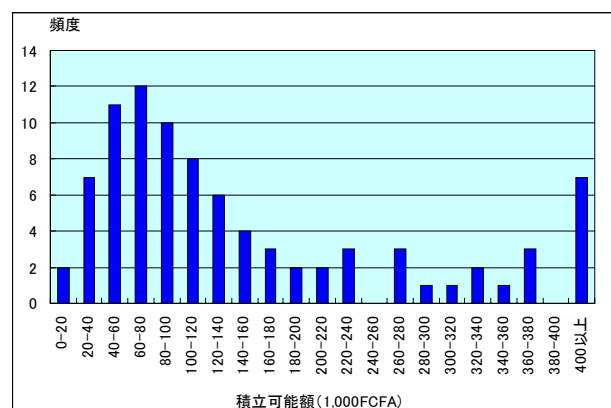


図 2-2-24 現在村民が支払っている水代を積み立てた場合の村落当たり年間積立可能額

## 2) 対象村落の給水事情

### ① 取水源の種類

対象村落の給水源は、伝統井戸や湖沼の溜まり水が主体で、一部村落ではセメント井戸や人力ポンプ付き深井戸が建設されている。また、雨期には河川水が利用されている。湖沼水の水質は一般に非衛生的で、飲用不適である。伝統井戸は村落内にあることが多いが、水質は同様に飲用不適のところが大部分である。

### ポンプ付き深井戸給水施設

調査対象村落 102 カ所の内、過去にポンプ付き深井戸を建設した履歴のある村落は 44 村落で、井戸総数は 94 カ所に達するが、その内現在も稼働している井戸は 34 村落の 51 カ所である。深井戸は 1981 年から開始された世界銀行の 1000 本井戸計画で建設されたものが多く、図 2-2-25 に示すように全本数の半分が 1984 年までに施工されており、20 年近くを経過したここ数年に至ってポンプの故障が頻発し、稼働率が低下している。

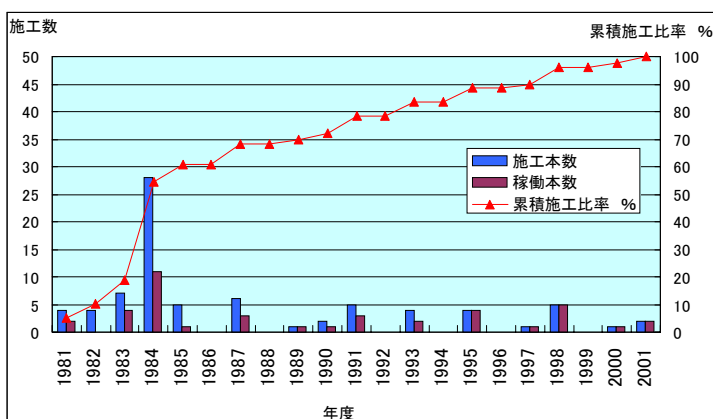


図 2-2-25 ポンプ付き深井戸給水施設の建設年代と稼働率 (プロジェクト対象調査村落)

一方、1995 年以降に建設された井戸については、故障は見られない。なお、これらの傾向は、図 2-2-19 に示したプロジェクト対象以外の既存施設調査結果でもほぼ同様となっている。

### セメント井戸

セメント井戸は、これまで OFEDES が主体となって 1960 年代から施工してきており、OFEDES 型井戸とも呼ばれ、「ニ」国でもっとも普及している。手堀ないしコンプレッサーにより掘削しながら直径 2m 程のセメント製井戸枠を落とし込んでいき、帯水層に到達すると、一回り径の小さいスクリーン用井戸枠を設置して完成となる。水位が低下する乾期に施工する。他人数が同時に揚水でき、ポンプなどの特別な揚水用機材が不要など長所も多いが、基盤岩地帯では施工費が機械掘削の深井戸の倍以上かかり、成功率も低い。また、旱魃に弱く乾期の終わりに水位が孔底以下に下がってしまう井戸や、表層地下水の最上部を取水するため、水質が汚染されているケースが多い。砂が井戸内に落ち込むため、定期的な井戸掃除を必要とする。深さは 10m ~ 20m 程度が主体であるが、北部では数 10m に達する。

### 伝統井戸

伝統井戸は、村民が手堀で沖積砂層を掘ったもので、直径は数 10cm 程度、深さはまれに深いものもあるがほとんどが数 m ~ 10m 程度である。井戸の側面は木枠などで保護されているが、隙間から砂が入り込み、すぐに水深が浅くなるため頻繁に排砂を行う必要がある。地下水は宙水がほとんどで、村落からの排水の影響を直接に受け水質は悪い。水量も乏しく、乾期には涸れるものも多い。

### 湖沼・河川

ミリア郡には乾期でも涸れない湖沼が 1 カ所あるが、その他は、雨期にのみできる湖沼や季節河川だけで、村民は水面が見える時は直接取水し、干上がると、水面まで竖穴を掘って利用する。ギニアウォーム症の感染源であり、公衆保健・風土病対策省は媒介源であるミジンコ駆除のため薬剤散布や汲んだ水を濾過するためのフィルター配布をしてきているが、水質自体も家畜の糞尿がそのまま流入



するなど極めて悪く、下痢などの原因となっている。

## ② 水運搬距離

ポンプ付き深井戸を含めて村落から水源までの距離は、図 2-2-26 の頻度図に見られるように、0.5 km 以下が最も多く全体の 2/3 を占めるが、最大は 13 km となっている。2 km 以上の村落は全体の 20%をしめる。ただし、距離と水質はほとんど無関係である。

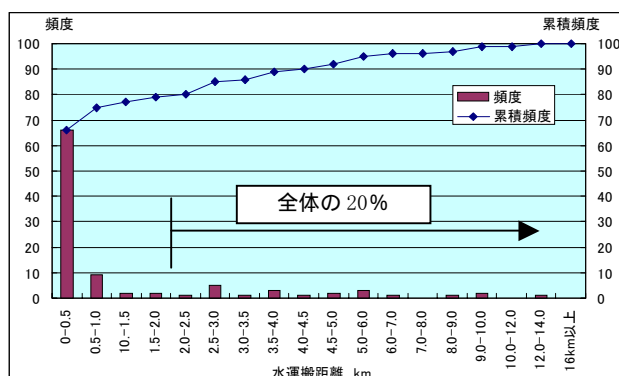


図 2-2-26 水運搬距離の頻度図

## ③ 水運搬方法

水運搬方法は、女性が素焼きの壺やポリタンクを頭上に乗せて運ぶケースが多く、20ℓ程度の容器をいくつか家畜を付けた荷車に乗せて運搬するケースも見られる。水運搬担当者はアンケート調査の結果では男性・女性・子供全てという回答が多かったが、通常村落で見かけるのは女性と子供である。水運搬回数に関しては、かなりばらつくがバケツ 1 杯 20ℓを 1 日 5 回運搬するのが平均である。

## ④ 水使用量

水運搬量と家族数（平均 7.1 人）から 1 人 1 日当りの水使用量を計算すると、図 2-2-26 に示すように最低 4ℓ/cd～最大 20ℓ/cd で、12～14ℓ/cd がもっとも多く、平均は 11.1ℓ/cd である。また、最低値の 4～5ℓ/cd については、生活用の雑用水は近場にある溜まり水等でまかない、調理用水や飲料水のみを運搬しているケースである。

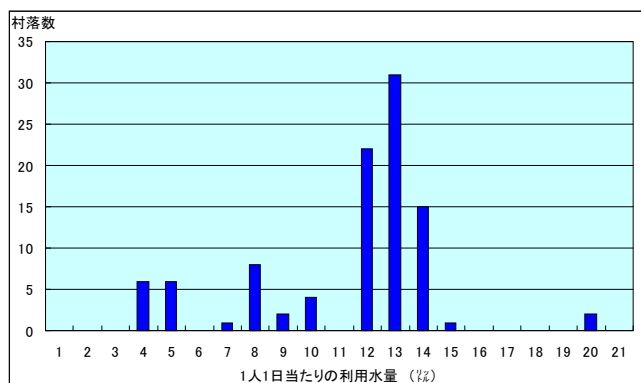


図 2-2-27 1 日 1 人当たりの水使用量頻度図

以上より、飲料水・調理用水として最低 5ℓ

/cd、平均使用量として 12ℓ/cd が対象地域の水使用に関する実態と考えられる。

## 3) 対象村落の保健衛生状況

水因性疾病については、調査村落 102 村すべてで過去にギニアウォーム症患者が発生しており、2000～2002 年の 3 年間では 20 村落で 112 人（2002 年度は 3 村落で合計 21 名）の患者が出ている。本年は調査時期の関係もあり、罹患患者は対象村落では確認されなかったが、対象村落に隣接する村落で 2 名発生していることが聞き取り調査で判明した。次に発生頻度の高いのが住血吸虫病で、57 村落で過去に罹患患者が出ている。同様に腸管寄生虫は 11 村落、赤痢は 2 村落で過去に発生している。

#### 4) 対象村落における新規給水施設の受け入れ意思等

##### ① 受け入れ意思と希望する給水施設のタイプ

受け入れ意思は、1 村落 (No.54-Kacheni) を除き、他のすべての村落が表明している。

希望する給水施設タイプは、セメント井戸またはポンプ付き深井戸を希望する村落が大半であり、小規模給水網施設希望が 4 村落 (No. 24,25,32,92) 共同給水栓 (レベル - 2) 希望が 1 村落 (No.87) であった。ただし、ポンプ付き深井戸以外を希望した村落も、基本的にポンプ付き深井戸を受け入れることを確認した。

##### ② 維持管理費用支払意思

支払意思は、No.54 を除き、他のすべての村落が表明している。

##### ③ 水管理委員会設立の意思

No.54 を除き、他のすべての村落が表明している。

##### ④ 維持管理費積立金の管理方法

村落の回答は、委員会にて保持する方法と、投資として黍・粟等の穀物を購入し備える方法、および両者の混合という 3 つの方法に分かれる。前者については、盗難の危険性、後者は食物として消費してしまう危険性があり、水利・環境・砂漠化対策省は最寄りの町にある銀行へ積み立てる方法を推奨している。本プロジェクトにおいても銀行を使用する方針で、村落民への啓蒙教育の中に盛り込むこととする。

#### (6) 環境への影響

本プロジェクトによる周辺環境へのインパクトは以下の通りである。

##### 1) 施工前後の地形・地質・植生の改変

- ・ 本プロジェクトは、深井戸 (直径 30cm 程度、平均深度 堆積層地域 130m、基盤岩地域 85m) から地下水を取水するための給水施設の建設とそのための資機材調達で、施設としては深井戸の上にポンプ場が設けられ、その他排水路と浸透柵等からなる。占有面積は小さく点状構造物であることから、大規模な自然改変は伴わない。また、サヘル気候で植生は乏しいことから施工による植生への影響はほとんど予想されない。

##### 2) 施工作業の環境への影響

- ・ 井戸掘削中の地下水の懸濁は、ごく僅かであり、その後の揚水により容易に原形回復できる。
- ・ 施工中はトラック等が通行するが、通行に際し特に樹木などの伐採を要することはない。また騒音・振動は民家からは距離を置き、短期間であることから許容範囲内と判断される。

- ・ 施工中、施工後共に施工物に起因する土壌浸食はほとんど予想されない。
- ・ 耕地・農作物への影響は、農作物が植えられる雨期は作業を中止するため、予想されない。

### 3) 施設供用による環境への影響

- ・ 施工後はポンプの付いたコンクリート構造物ができるが、それ自体は環境に対し無害である。
- ・ 用地の専有については、極小規模な構造物であり、地域住民の生活などの支障とはならない。
- ・ 取水による地下水への影響は、降雨が少なく、地下水賦存量の少ない基盤岩地域の場合人力ポンプ程度の揚水であってもないとは言えない。このため、地下水脈を枯渇させないような配慮が必要であり、井戸 1 本が必要とする涵養面積から、他の井戸との必要距離を以下の方法で算出する。

#### 検討条件

- ・ 井戸 1 カ所当たりの年間取水量： $8.25\text{m}^3/\text{日} \times 365 \text{日} = 3,000\text{m}^3$
- ・ 年間降雨量：380mm（ザンデル市の過去 8 年の平均）
- ・ 降雨の地下浸透率：0.05 と仮定

#### 検討結果

井戸 1 本当たりの必要涵養面積  $S (\text{m}^2)$

$$S = 3000 \div (380 \div 1000) \div 0.05 = 160,000 \text{ m}^2 \quad 0.16\text{km}^2 \quad (400\text{m 四方})$$

従って既存の井戸がある場合、地質構造の不均質性を考慮しなければ井戸間距離を 400m 以上とすることで相互の干渉は避けられ、地下水脈にも影響しないことになる。多くの村落では、近隣村落との距離は少なくとも数 100m 以上あるため、各村落に 1 カ所井戸を施工する限り問題はないが、既存井戸がある場合や、2 カ所を施工する場合は、掘削地点の選定に当たって既存井戸の位置及び地質構造を調査の上、基盤岩の場合は同じ破碎帯からの取水を避ける等の配慮をして掘削地点を決定する方針とする。