

平成3年度

海外農業開発事業事前調査

報 告 書

スーダン共和国
太陽光発電地下水かんがい計画

平成3年12月

(社) 海外農業開発コンサルタント協会

まえがき

本調査報告書は、1991年11月17日より11月30日にかけて社団法人海外農業開発コンサルタント協会（ADCA）により実施された、スーダン共和国太陽光発電地下水かんがい計画プロジェクトファインディング基礎調査の結果をとりまとめたものである。

スーダン共和国はその国土のほとんどが半乾燥地帯に属しており、広大な可耕地を有するにもかかわらず水資源開発が思うにまかせないため、それらを有効に活用できないでいる。近年サハラ砂漠の南に連なるサヘル地域を襲った旱魃は、同国にも深刻な影響を及ぼしている。特に、コルドファン州北部地域では、農作物ばかりでなく多くの住民の生活の糧として重要である家畜への被害が大きく、その結果大量の移住民の発生による地域社会の崩壊といった社会問題が生じている。また、同地域は比較的首都のカルツームに近いこともあり、現金収入を求めて大量の移住が行われた結果、カルツームの中でスラムの形成、治安の悪化といった都市問題をも引き起こしている。

この計画は、現地で使用している手堀井戸に太陽電池ポンプを設置することにより、現地農民に対して清潔で安定した水を供給し、生活用水、家畜の飲水及び小規模な野菜栽培のためのかんがい用水に役立せようとするものである。更に、こうして水資源が確保されることによって、地域住民の生活の安定化をもたらし、人口の流出を留めまた他の地域に流出した人々の帰還を促すことを目的としている。

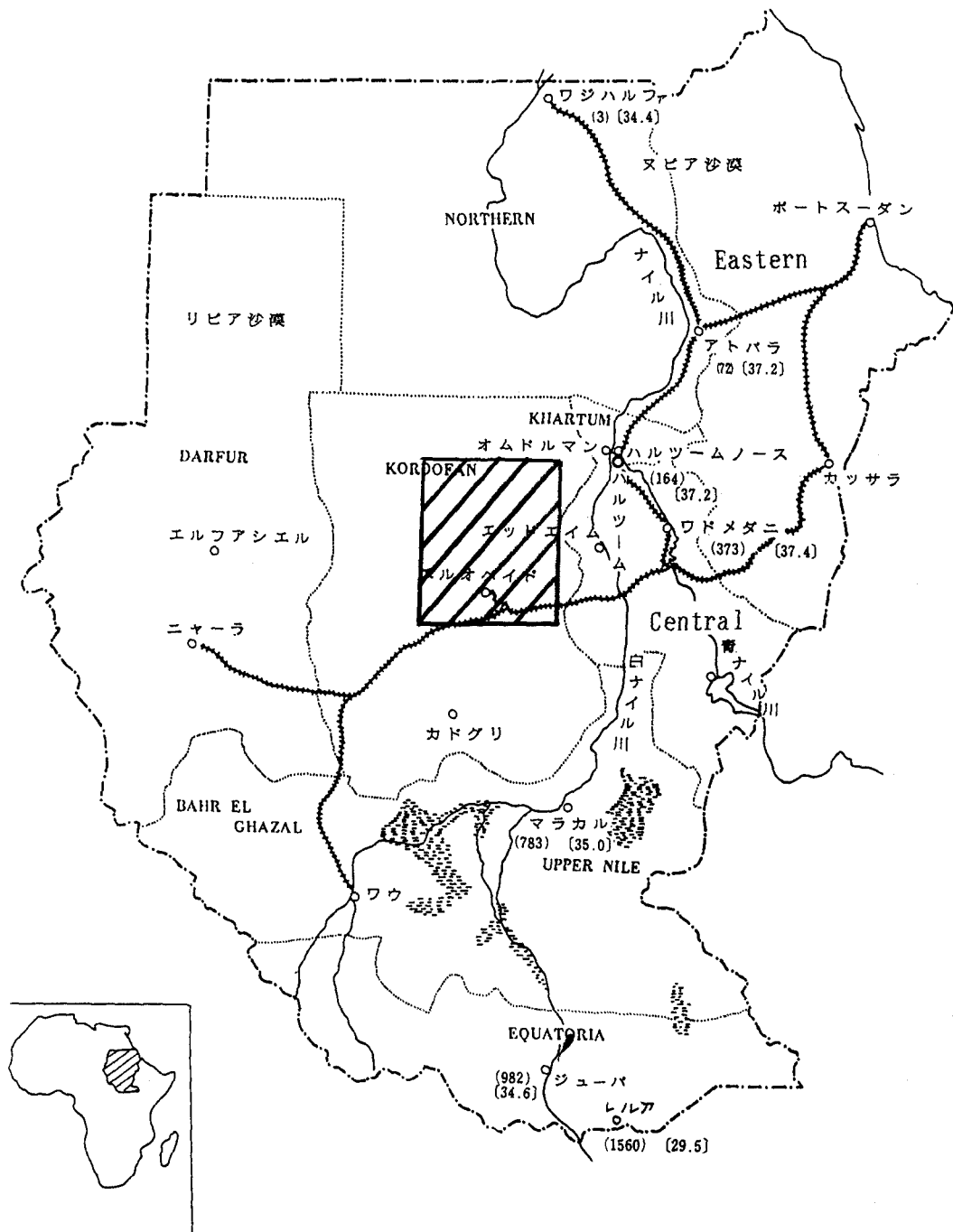
調査団は全国地方給水公社（National Rural Water Corporation）、コルドファン州政府、国家エネルギー研究評議会（National Energy Research Council）の関係者を中心に計画について実情聴取し、資料を収集するとともに現地調査を行った。本報告書が、今後実施される経済協力に活用され、本地域の開発計画に役立てば幸いである。

終わりに、調査にあたってご協力いただいた、スーダン政府関係者、在スーダン日本大使館並びにJICA事務所の関係各位に対し、深甚なる謝意を表すものである。

平成3年12月

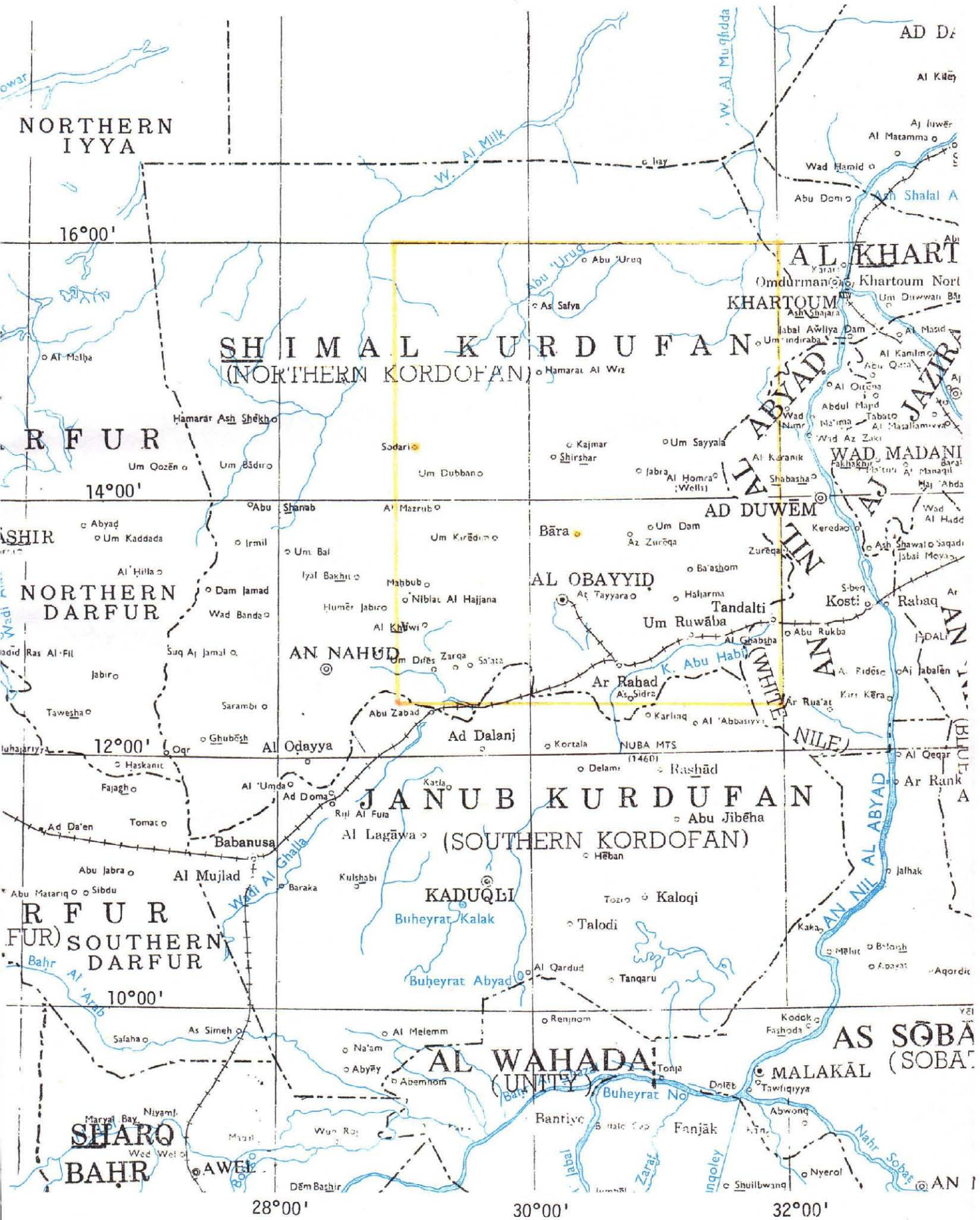
調査団長

吉野 治伸



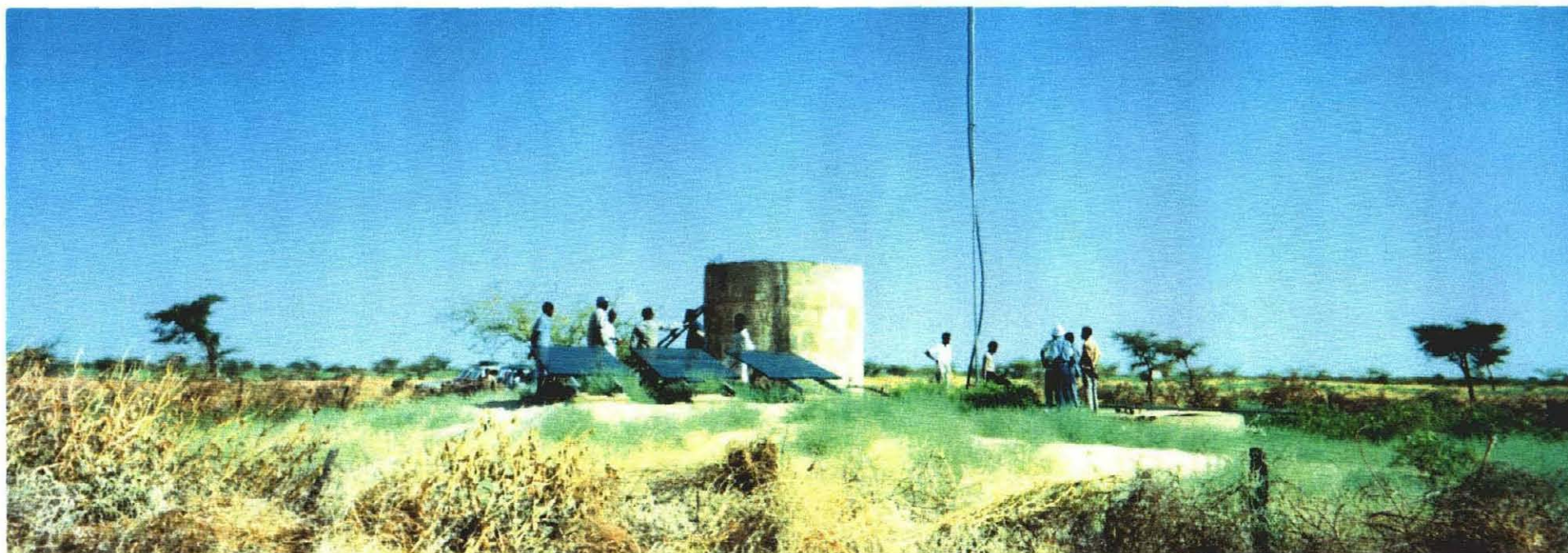
スーダン共和国地図

 計画地域



計画地域地図

(縮尺: 1 : 4,000,000)



太陽光利用
給水施設
1974年設置
アラビックゴム
及び小規模
野菜栽培

推定揚水量
30m³/日
(バラ村)



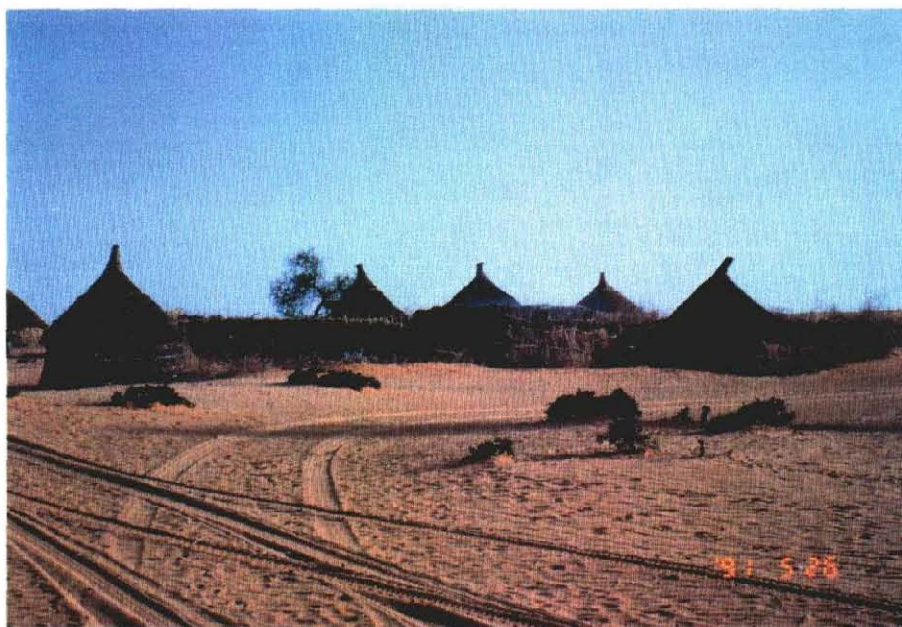
野菜栽培風景



太陽光利用給水施設、1990年設置
(カルツーム近郊)



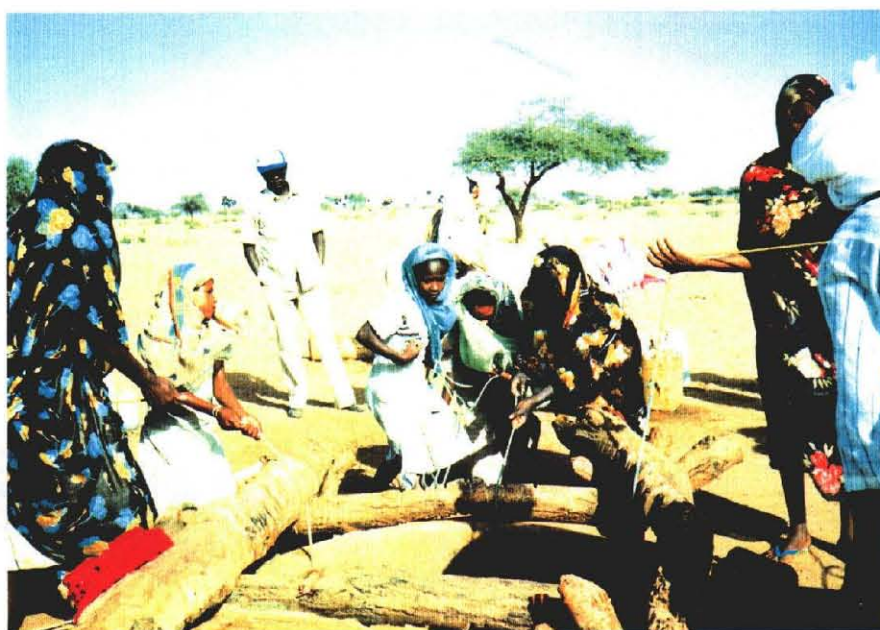
日中水汲みに集まる給水車



集 落 風 景



調査対象村への道路



村の水汲み風景（水汲みは婦女子の仕事）



水飲みに集まる家畜



浅井戸水質調査



現地事情聴取



生活用水として利用する不衛生な貯り水



野菜栽培に必要な貴重な地下水

目 次

まえがき

地 図

現地写真

頁

I. 背景	1
I-1 概要（自然、社会・経済）	1
I-2 国家開発計画	4
I-3 太陽電池ポンプ利用状況	5

II. 計画地の概要	8
II-1 位置・地形・気象	8
II-2 コルドファン州の社会、経済状況	9
II-3 旱魃復旧・食糧安定計画	10
II-4 水利地質	11
II-5 井戸水利用状況	11

III. 計画の概要	14
III-1 目的	14
III-2 水利用計画	14
III-3 施設計画	15
III-4 概算事業費	18
III-5 実施・維持管理体制	20

IV. 総合所見	22
----------------	----

添付資料

1. 調査団員の略歴	A-1
2. 調査日程	A-2
3. 面談者リスト	A-3
4. 収集資料リスト	A-5

I. 背景

I-1 概要（自然、社会・経済）

(1) 自然

スーダン共和国（以下「スーダン」という）はアフリカ大陸の北東に位置し、北はエジプト、東はエチオピア、西は中央アフリカ、チャド、リビア、そして南はケニア、ウガンダ、ザイールと国境を接し、北東部は紅海に面するアフリカ大陸最大の国土面積（250.6万k㎡）を有する国である。国土は南北約2,000km、東西約1,500kmにおよび、地勢は東部及び南部の国境地帯の山岳地帯（標高2,000～3,000m）を除き概して平坦で、大部分はナイル川とその支流をとりまく広大な平原となっている。このように国土が広範囲にわたるため、同国の自然環境にも大きな地域差が見られ、地域によって次の3タイプに大別できる。すなわちスーダンの北部は年間降雨量が0～300mmである半乾燥地帯、中央部は年間降雨量が300～800mmの半乾燥地帯ないしサバンナ地帯、また南部は年間降雨量が800～1,500mmの熱帯湿潤地帯である。このように年間降雨量は北から南へ行くにしたがって増加し、湿度もほぼ同様の傾向を示している。雨季は一般に5～9月の夏期に集中している。

前述のように南部を除く地域では殆ど降雨がなく気温も高く、スーダンは世界で最も暑い国の一つに数えられている。例えば首都のハルツームの日中最高気温の年平均は37.2℃に達し、その平均値が体温よりも高い月は年間7か月にも及び、人の活動を妨げると言われる。

(2) 社会・経済

スーダンは既に述べたように国土面積が250.6万k㎡にもおよぶアフリカ最大の国であるが、総人口はFAOの統計によると約2,500万人(1990年)とされ、人口密度は約10人／k㎡と少ない。1980～1989年間の年平均人口増加率は3%とされており、急激に人口が増加している。

公用語はアラビア語となっているが、1889年から1956年1月1日に独立するまでの間イギリス及びエジプトの共同統治下に置かれていたため、今日でも英語は幅広く使われている。この他にも、数多くの部族語が話されている。

政治的には1969年、ニメイリ中佐がクーデターを起こし、革命評議会の議長に就任してからは、国名をスーダン民主共和国と改め、経済の社会主義化を進めソビエト寄りの外交を展開していた。しかし、この社会主義化政策によって経済の停滞を招いたため、1971年以降は一転して反ソ路線を歩み始めた。その後、1985年にダハブ国軍最高指令官がクーデターを起こし、翌年民政移管を果たしたが、治安の悪化などにより政情は混乱が続いた。1989年にはクーデターにより現バシル革命評議会が政権を握る軍事政権となった。1991年1月には内閣の改造が行われ、これにともない同年2月には同国は9つの州、すなわちKhartoum、Central、Kordofan、Darfur、Northern、Eastern、Bahr al-Ghazal、Upper Nile、Equatoriaに行政上再区分され、今までの中央集権国家体制から州政府の権限を拡大した連邦制が導入されている。

人種的には主に北部地方に居住し、イスラム教を信仰するアラブ系の民族と、主に南部に住みアニミズム（原始宗教）またはキリスト教を信仰する黒人系住民に大きく分けられる。北部に居住するアラブ系民族は総人口の約7割を占め、政治経済上の実権を握り、南部に居住する黒人系民族を支配しているため度々両者の間には紛争が発生し、スーダン国内での深刻な南北問題として国内政治の混乱原因ともなっている。これら南北問題などに加え、約200万人とも言われている難民がエチオピアやチャドなどの近隣諸国から流入し、政府の財政を圧迫し、また南部の石油等の主要開発プロジェクトの遅延などの多くの問題を抱えており、スーダン国は政治的、経済的にも苦境に立たされている。

世界銀行の統計によると同国の1986～1988年の平均G N Pは、10,094百万ドルであり、これは国民一人当たりのG N P 420ドルに相当する。1980から1988年までのG N Pは年平均で約1.1%の増加をたどってきたものの、一人当たりのG N Pは年平均で1.8%の減少となっていることから経済の伸び悩みと急激な人口増加がうかがえる。

同国の経済では農業が最も重要な地位を占め、1988年のG D Pの約33%、1989年の雇用人口では全体の約61.4%を占めている。主要農作物は綿花、落花生、ゴマ、アラビアゴム、ソルガム、ミレットなどである。また、家畜生産も同国の重要な産業部門として位置づけられている。この中でも綿花は圧倒的に大きな比重を占め、

1987年、同国の輸出額の約30%を占めている。工業においてはG D Pが15%(1988年)、就労人口では僅か7.5%(1980年)を占めているにすぎない。工業も砂糖精製、織物工業といった農産物の加工を主体としている。また、主要輸出品も綿、ゴマ、ミレット、ソルガム、アラビアゴムといった農産物が上位を占め、同国の経済は農業に大きく依存している実態となっている。

I - 2 国家開発計画

スーダン独立以来、次々と経済開発計画を策定し実行してきた。しかしながら、過大な計画目標の設定、政権の不安定さから生じた適切な経済政策・政府部門間の調整能力の欠如、石油ショック等経済環境の激変のためいずれの計画も所期の目標を達成できずに終わっている。

1989年6月に無血クーデターによって樹立された現政権は、破綻した国家経済を早急に立て直すべく、3か年にわたる国家経済救済計画(The National Economic Salvation Programme)を策定し1990/91年度から実行に移している。その目的は以下のようになっている。

- 1)財源の再配分によって国家経済の再生を行う。
- 2)民間部門の役割を強化する。民間部門の参入を促す環境を整えるために、財政、経済、機構の改善を行う。
- 3)貧困層を保護し、社会の公正を保持する。

それら目的を達成するための方策として以下のことがあげられている。

- 1)農業開発は国家経済の牽引部門としてより強化する。
- 2)輸出価格の自由化や免許制度の廃止により輸出振興を行う。
- 3)国内外資本の投資を促進する。また、海外からの援助を積極的に受け入れる。
- 4)機構改革を実施し、投資促進の障害となっている行政的、経済的、法的規制を廃止する。

基本的には、今までの統制的な経済政策を変更し自由化を推進することによって、民間の活力を国家経済発展に大いに活用する戦略をとっている。部門的には農業の国民経済、輸出品に占める重要性を鑑み、また、経済開発によって生じてくるであろう所得格差の拡大といった歪を少しでも和らげる意図もあり、農業開発に一番の優先度が与えられている。

スーダンは広大な可耕地を抱えているにもかかわらず、その10%程度が利用されているに過ぎないと言われており、そのポテンシャルは高い。しかしながら、開発に必要な組織体系が未整備であり、また開発資金源と期待している海外からの資金の導入が思うにまかせない状態で、依然として未整備のままである。特に、有望な耕作可能地は南部に多く広がっているにもかかわらず、内戦の影響によって手が付けられない状況にある。以上のことから、近年伝統的な農業のポテンシャルの高さが見直されており、かんがい農場におけるインフラ整備に加え、天水農業での穀物増産や家畜の増産にも重点が置かれる政策がとられている。

I - 3 太陽電池ポンプ利用状況

(1) 自然エネルギー開発

スーダン社会が抱える深刻な問題の一つに慢性的なエネルギー問題がある。特に先の中東湾岸戦争以降、それまで大きくエネルギー源として依存してきた周辺の産油援助国からの石油製品が、それら諸国の経済制裁処置（スーダンはイラクを支持したため）によって逼迫し、石油不足に加えて価格も高騰し国民経済に大きな影響を及ぼしている。

スーダン政府はエネルギー問題解消策のひとつとして、1980年代の初頭より自然エネルギーの有効利用を図るための研究を開始した。1982年11月USAIDからの人的、資金的援助と指導を得て、「自然エネルギー研究所」(Renewable Energy Research Council)が中心母体となって、「スーダン再生可能エネルギー計画(Sudan Renewable Energy Programme:SREP)」第1期の研究が着手され、1987年7月に完了した。本計画の研究テーマとして以下の4つが優先課題として取り上げられた。

- 1)薪の永続的利用技術の開発
- 2)炭燃焼器具（しちりん）の開発
- 3)農作物残渣の固形化
- 4)太陽光を利用した水ポンプの応用技術の習得

この成果を踏まえ1988年から研究成果の実用化を目指した第2期の研究が開始され1990年には完了している。

(2) 太陽電池ポンプ

SREPのなかで太陽電池は適正技術のひとつとして明確に位置づけられており、スーダンの恵まれた日照条件、石油燃料の入手困難さ、運転保守管理の容易さから、ディーゼルエンジンポンプの代替品として有望と期待されている。

実際には、1983年デンマークからの援助で初めてスーダンに2台設置され基礎データの収集、運転、保守管理技術等の基礎技術の習得に努力が払われた。その後もドイツ、日本（民間団体）、イギリス、フランス等

の諸外国の援助で太陽電池ポンプ給水設備が設置され、既に60余台が稼働中であり水問題の解決に一役買っている。更に最近、ILO, UNDPが太陽電池ポンプ給水設備を普及させるために1992年に各6台、2台の援助を約束している。（表I-1参照）

スーダンにおいては太陽電池ポンプは研究段階から、既に実用普及段階に入ったと見ることができる。太陽電池ポンプは、水問題を抱える周辺のアフリカ諸国でもかなりの数が実用に供されており、今後の普及に強い期待が持たれている。それに応じるべく、本年ECはサヘル諸国に対して1,000台以上の援助を約束している。このように、太陽電池ポンプは近年開発途上国におけるニーズの高まりと共に急速な普及が見られている。

表 I-1 スーダン国に於ける太陽電池ポンプ使用実例

No.	据 付 位 置	台数	寄 贈 者	出 力(W)	納入年	使 用 目 的
1	メダニ近郊(中部スーダン)	1	デンマーク	920	1983	水中ポンプ、実証テスト用(生活用水、小規模かんがい) E R C 及びゲジラ大学管理
2	エルダマール(ナイル州)	1	“	920	1983	— 同上 —
3	キロテン(カルツーム近郊)	1	日 本	4,000	1984	実証テスト、生活用水
4	カルマ (北部)	7	U S A I D	1,120	1985	水中ポンプ、小規模かんがい
5	ゲジラ (中部)	2	フ ラ ン ス	1,120	1987	生活用水
6	カリマ (北部)	1	フ ラ ン ス	1,120	1987	小規模かんがい
7	シェンデ	1	O D A	1,120	1987	生活用水
8	カルツーム周辺	3	G T Z	1,120	1989~ 1990	水中ポンプ、生活用水、三村に設置
9	バラ (クルドファン州)	4	スーダン・スウェーデン 友好協会	840	1989	水中ポンプ、生活用水、小規模かんがい
10	北カルツーム	5	G T Z	1,120-84	1989	小規模かんがい、ナイル川沿の2村に設置
11	北ナイル州	5	G T Z	1,120-84	1989	未設置
12	白ナイル	6	I L O	1,120	1990	フローティングポンプ、小規模かんがい
13	ケリ (ナイル州)	2	O A D	1,120	1990	生活用水
14	ニアラ近郊 (ダルフル州)	8	O D A	approx. 3,000	1991	水中ポンプ(2台)、モノポンプ(2台)、 ジャックポンプ(2台)、生活用水
15	バラ (クルドファン州)	5	スーダン・スウェーデン 友好協会	840~ 1,120	1991	小規模かんがい、生活用水
16	カルドファン州	2	U N D P		1991	UNDPプロジェクト、ポンプ、ワクチンユニット、ラジオ 等
17	エルオベイド (クルドファン州)	8	I L O	—	1991~ 1992	UNDPプロジェクト、生活用水
計		62台				

II. 計画地の概要

II-1 位置・地形・気象

(1) 位置

本計画対象地域の存在するコルドファン州は、スーダン国のほぼ中央部（北緯9度から16度、東経27度から32.25度）に位置し、北部と南部に大別されている。総面積は日本の面積にほぼ匹敵する320千km²ありスーダンでは最大の州である。

北部は砂漠地帯に隣接し、南部に下がるにつれて乾燥サバンナ地帯、多湿サバンナ地帯へと変化する。

北部コルドファンは5県(Province)から構成され、計画地域であるバラ(Bara)、ソウダリ(Sodari)両県は典型的な乾燥サバンナ地帯にある。

(2) 地形・地質

スーダンの国土は東を紅海とエチオピア山塊に接し、南を赤道アフリカの高地、西をナイル川盆地の分水嶺によって区切られている。スーダンの地形はナイル川が縦断する広大な平原を基本的な構成要素としている。

計画地域は土砂漠に覆われ平均海拔は700mで、風化した結晶質岩塊の小高い山、砂丘が所々に見られる。東部州境を流れる白ナイル川を除いては河川は存在しないが、雨期のみに水の流れる季節河川（ワジ）が随所に存在する。

計画地域の基盤を形成するのは、先カンブリア時代の地向斜堆積物、石英片岩、大理石、石墨粘板岩、泥質岩から構成されるいわゆるベイスメントコンプレックス(Basement Complex)と白亜紀のヌビア砂岩層である。バラ県周辺には第四紀更新世のウムルワバ(Umm Ruwaba)堆積層が多く見られる。土壌の成分は風化を受けた砂礫、粘土が広く分布し、ワジの底にはローム、沖積堆積土が見られる。

(3) 気象

他のスーダン内陸部同様大陸性熱帯気候に属する。季節は乾期（10月～4月）、雨期（5月～9月）からなる。年間降雨量は100～200mmで、降雨は雨期に限られ集中してみられる。残りの期間は全く雨は降らず乾燥状態が続く。近年アフリカ諸国を襲った旱魃はこの地域でも影響を及ぼしており、降雨量は年々減少傾向にあり、異常気象による水不足は深刻の度を増しつつある。日中の気温は夏期に最高に達し45℃以上にもなり、冬期でも30℃を下回る日は少ない。しかし、気温の日較差は大きく冬期の夜間気温は10℃以下になることもしばしばである。

太陽のエネルギー密度は世界最大の水準（6kWh/m²/day）にあり、日本と比較して約2倍にもなり太陽エネルギーの利用に関しては最適の条件を備えている。

II-2 コルドファン州の社会、経済状況

コルドファン州（KORDOFAN State）の人口は1983年に実施されたセンサスによると3,240千人となっており、人口密度は極めて希薄である。都市部に居住する人口の割合は僅か13%でしかなく、他は農村部居住者63%、遊牧民24%の構成となっている。

以上のことから明らかなように、コルドファン州の経済は大きく農業に依存している。農業の中心となっているのは天水を利用したソルガム、ミレット等の穀類、ゴマ、ラッカセイ、スイカ、カルディカ等の換金作物、及び遊牧を主体とした家畜生産となっている。

なかでも家畜はスーダンの最も重要な生産地の一つとして数えられており、少し古いデータではあるが、1976/77年に実施された家畜センサスによると、牛、羊、山羊、ラクダの飼育頭数の全国に占める割合は、それぞれ15%、10%、21%、36%であった。しかしながら、近年の度重なる旱魃によってその数は大きく減少している。

一連の旱魃がコルドファン州経済に与えた打撃は非常に大きく、家畜を含めた農産物の生産量は急激に減少している。旱魃が始まる以前は、穀物生産量は比較的降雨量の多い南部を主生産地としたソルガムを中心にほぼ自給状態にあった。しかしながら、1984年の旱魃では実に80%近くの不足が生じており、比較的降

雨量の回復がみられた翌年においても、需要量5,136千トンに対して生産量は僅か3,238千トンであった。そのため、多くの住民は海外からの食糧援助で辛うじて命をつないでいる現状である。

同州にとっては、家畜の被害も非常に深刻であり、最も旱魃の激しかったといわれる1984年の家畜死亡率は、牛、羊、山羊、ラクダでそれぞれ80%、60%、20%、10%と推定されている。そのため飼育農家からの家畜の販売数が急激に増加したため、家畜価格の暴落といった問題も生じている。

これら旱魃の被害は特に降雨量の少ない北部地域で深刻になっており大きな社会問題となっている。本来北部地域は乾燥地でもあり、遊牧を主体とする家畜生産に大きく依存する生活が営まれているが、旱魃による影響によって、家畜の飲水、餌となる草を求めて比較的条件の良い南部地域へ多量の家畜とともに移動が行われた結果、南部地域の環境破壊とともに、現地住民との問題を引き起こしている。また、遊牧民だけではなく、旱魃によって満足な収穫の得られない多くの村落から大量の人々が他の地域へ移住しており、村ごと消滅した例も数多く見られ地域社会の崩壊が生じている。

このようにして北部地域を中心に旱魃の影響によって移動した人たちの合計は425千人（1986年）と推定されている。こうした人々の一部は、生活の糧を求めて比較的近い首都のカルツームにも集まっているものの、国家経済状態が思わしくない現状では満足な職を得ることは困難であり、郊外にはスラムも形成されている。カルツームの都市開発を行う上でこのような多量の人口の流入は大きな社会問題となっている。

II-3 旱魃復旧・食糧安定計画

以上のようにコルドファン州は近年の旱魃の影響を大きく受けており、特に北部地域の被害は深刻で、州政府のみならず中央政府もその対策に高い優先度を与えている。その具体的な対策として北部コルドファン地域を対象とした「旱魃復旧・食糧安定計画」（Drought Recovery & Food Security Project）が中央政府、州政府共同のプロジェクトとして本年7月から開始されており、今後5年間で総額10億スーダンポンドの予算が見込まれている。

本計画の主目的は、旱魃によって被害を被った地域住民の生活を安定させることによって、人口の流出を留めることであり、また他の地域に流出した人々の帰

還を促進することである。そのために以下の7項目が戦略としてたてられている。

- 1) 地下水の農業への最大限の活用
- 2) 総合的な農家支援体制の強化
- 3) 森林の開発・再生
- 4) 農民の組織化
- 5) 初期医療、基礎教育の充実
- 6) 畜産の再生強化
- 7) 制度化した支援の実施

II-4 水利地質

計画地域における安定した唯一の水源は地下水であり、本地域はスーダンの乾燥地帯の中では最も豊富な地下資源を有する地域といわれている。図II-1に見られるようにバラ県一帯にはウムルワバ(Umm Ruwaba)帯水層群が広く分布し、ベイスン構造を有するバラベイスンが一帯を覆っている。条件の良い所では地表から10m以下の所に水脈が存在し、バラ町周辺では生活用水に加え小規模かんがい用水源としても利用されている。

水質も良好といわれており、今回無作為に行った水質調査の結果からみてもpH7~8、塩濃度(電気伝導度)200~830 μ Sと概ね良好と判断される。

表II-2 水質試験結果

サンプル採取地	井戸形式	水温(℃)	pH	電気伝導度(μ S)
Umurudd	手堀	—	7.4	200
Ghala Barra	〃	30.3	7.3	210
Damira(A)	〃	29.4	7.4	210
Damira(B)	〃	29.2	7.0	790
Abu Alwan	〃	30.9	8.1	830
Migaiti	〃	—	7.9	420
Tenna(A)	〃	—	8.0	570
Tenna(B)	〃	—	8.0	460
Elkokaety(A)	〃	—	8.0	300
Elkokaety(B)	池	—	10.1*	250

注) * pHが高いのは洗濯石鹼の混入によるものと考えられる。

II-5 井戸水利用状況

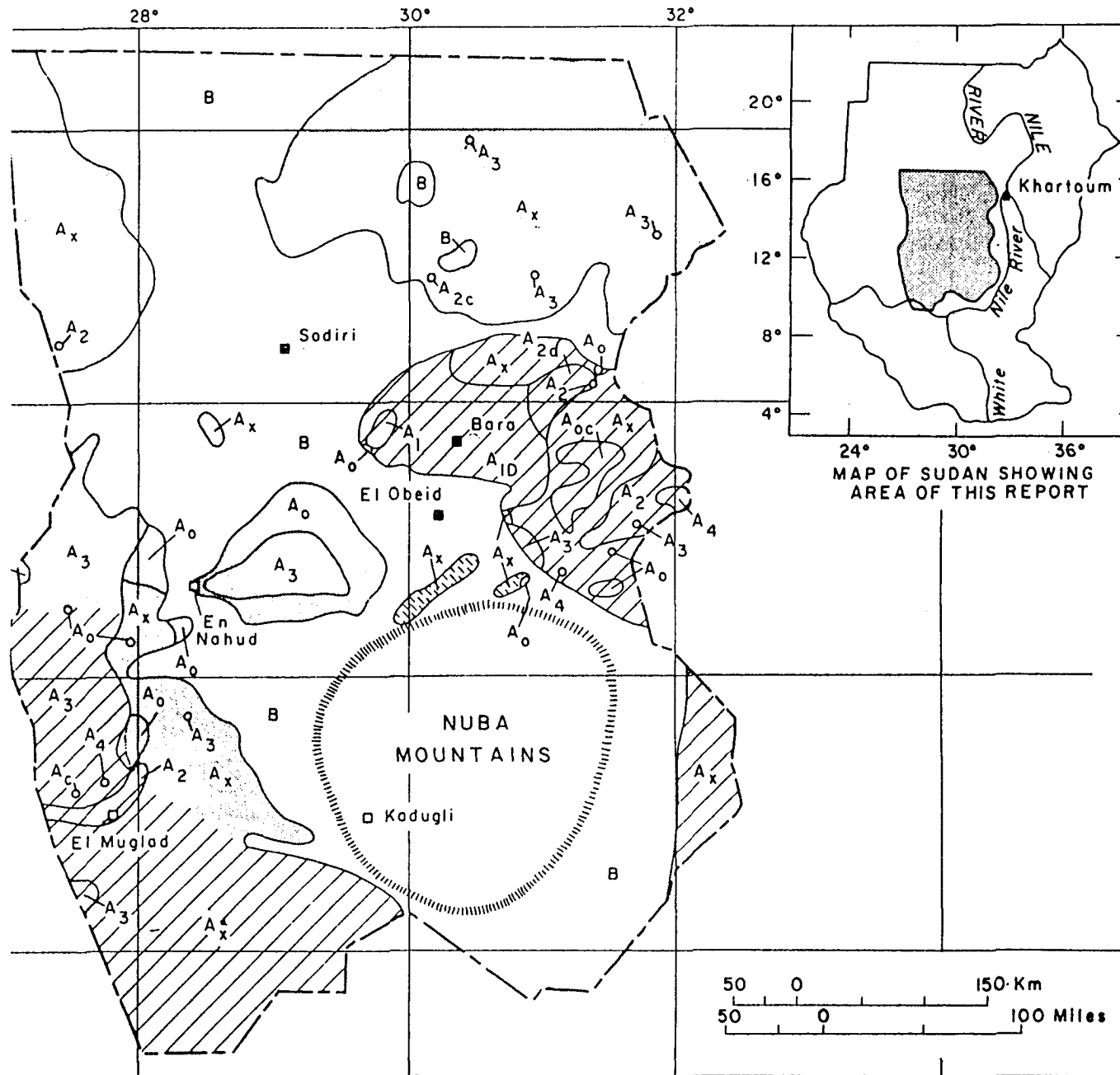
各集落には伝統的な手堀り井戸が設備されており、住民の唯一の水資源となっている。井戸には個人所有のものと公共のものがあり、公共のものは村民が共同で掘ったものがほとんどで、維持管理も共同で行われている。スーダンでは個人

所有井戸でも井戸水は天与の共有の資源との考えがあり、必要時には誰でも利用可能ということであるが、実際には公共井戸が井戸を持たない一般住民に多く利用されている。また、数は少ないが全国地方給水公社(National Rural Water Corporation: N R W C)の掘り抜き井戸があり、住民に対し有料で水が販売されている。徴収された水料金はポンプの運転、維持管理費にあてられている。

井戸水は飲料水、家事用、そしてこの地域の住民の最も大切な現金収入源であり食料源でもある家畜のための飲料水と多目的に利用されている。また、個人所有の井戸ではディーゼルポンプを設置し、小規模ながら野菜栽培を行っている農家もあり、そこで生産した野菜は貴重な現金収入源となっている。

井戸はマラリアの感染を防ぐために集落から離れた場所に設置されている場合が多く、深さは20～50mとまちまちである。水汲みは他の開発途上国同様、主に女性と子供達の仕事とされており、大変な重労働となっている。乾期には枯れる井戸もあり水の確保はより遠い水源に求めることとなる。飲料水、家事用に適した衛生的な水を利用できる人々は、アフリカの総人口の約四分の一といわれているが、これは都市人口にあてはまることであって、本計画地域のような僻地にあっては水の安定的な供給体制は整っていない。

現在、ほとんどの井戸では揚水設備が完備していないため、伝統的なバケツを用いて人力で汲み上げている。そのため揚水量には限界があり、一井戸当り一日2～3 m³しか利用されていないものと推定される。また、井戸の開口部はオープンになっているために地表の砂塵、家畜の糞が風やバケツを通して繰り返し井戸内に入り、井戸を埋める結果となっている。保健衛生面からも、チフス等水に起因するとみられる疾病が多い現状から、決して望ましい状態ではない。



EXPLANATION

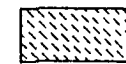
Umm Ruwaba Series



Pliocene and Pleistocene
Nubian Series



Mesozoic
Nawa Series



Upper Paleozoic
Basement rock



Precambrian

A₂₀ A₀

Subdivision used to describe the availability of ground water. Solid lines show approximate limits of ground water availability areas. Map areas marked by circles indicate evaluation of availability is based on less than 3 wells.

图II-1 水利·地质图

Ⅲ. 計画の概要

Ⅲ-1 目 的

本計画の目的はコルドファン州(KORDOFAN State)の北部に広がる半乾燥地帯の生活用水にもこと欠く厳しい生活環境下での農民、遊牧民を対象に、清浄な地下水を必要量安定して供給することにより、保健・衛生環境の改善、畜産振興、換金作物の増産等により生活環境改善、所得水準の向上に寄与することである。

本計画の対象地域は無電化村であり、点在する集落には個人、共用の掘抜き井戸(Dug Wells)があるが、共同井戸に於ても人力による汲み上げ水量は日量2～3m³と推定され、人及び家畜には十分な量とは言えず、やむを得ず家畜数の制限、他地域への流出等が生じており、社会不安の一因となっている。またディーゼルによる揚水システムは燃料油も含めて入手がきわめて難しく十分利用できない状態である。

本計画は当該地域が太陽日射の良好な地域である特長を活かし、太陽電池を電源とした水中ポンプを井戸に設置することにより、人力の30～40倍の揚水量を確保すると共に、井戸を密閉することによりバケツ投入時に同伴する家畜糞、砂塵による水質汚染が防止でき、水因性疾病の減少をも期待できる。

Ⅲ-2 水利用計画

本計画においては、必要かつ十分な生活用水及び現金収入源である家畜用水及び換金作物に対するかんがい用水を対象としている。

(1) 単位用水量

1) 生活用水

生活用水として1人当りの必要量は現地のヒアリングでは18ℓ/人/日であるが、これは十分な必要量をまかなうだけの水源が確保されていないためであり、本計画では国連等が提唱している水量から40ℓ/人/日とする。

2) 家畜用水

家畜用水としての1頭当りの必要量は地区内での家畜の飼育種類により次に示すとおりである。

ラクダ	30ℓ/頭・日	(205ℓ/頭・週)
山羊・羊	8～10ℓ/頭・日	(55～68ℓ/頭・週)
牛	25ℓ/頭・日	(165ℓ/頭・週)

3) 小規模かんがい用水

地区内での栽培実績及び現地のニーズ等から、かんがい用水の対象となる作物は、オクラ、トウガラシ、スイカ、トマト、玉ねぎ、メロン等である。

(2) 計画給水量

1) 生活用水

1人当たり必要水量(40ℓ/人・日)と現在の共同掘抜き井戸1本当たりの平均的住民数(1,200人)から、1本の井戸当たりの計画日給水量は48m³/日とする。

2) 家畜用水

家畜1頭当たりの必要水量の平均値は(20ℓ/頭・日)であり、1,200人規模の村が飼育する推定家畜総数(2,500頭)から、1本の井戸当たりの計画日給水量は50m³/日とする。

3) 小規模かんがい用水

かんがい用水としては、1),2)供給後の残余水量とする。

(3) 給水対象

給水対象は既存の共同掘抜き井戸(Dug well)の利用者及びその周辺住民であり、揚水量の増加により給水対象は飛躍的に増加する。本計画はコルドファン州北部地域に散在する共同掘抜き井戸を有する村落を対象とするが、一度に全ての村落に太陽電池ポンプを設置することは、工期、費用からみて現実的ではない。そのため十分な水量が確保できる共同掘抜き井戸を有しながらそれを十分利用できないために最も深刻な旱魃の被害を受けている村落40ヶ所を選定し、本計画の対象とすることとした。

改良井戸総数： 40ヶ所

給水人口： 48,000人(1,200人×40ヶ所)

推定家畜総数： 100,000頭(2,500頭×40ヶ所)
(今回のサンプリング調査より推定)

III-3 施設計画

(1) 現況調査

計画地域には掘抜き井戸が多数存在しているが、今回その内30ヶ所の井戸を調査し、内9ヶ所については具体的なサンプリング調査を実施した。

表Ⅲ-1に示すように、計画地域の掘抜き井戸は井戸深度、水位、PH、導電率ともに幅広い値を示しているが水質的に問題はない。

表Ⅲ－１ 堀抜き井戸サンプリング調査結果

場 所	井戸直径 (m)	井戸深さ (m)	水 位 (m)	導電率 (μ s)	P H	水 温 ($^{\circ}$ C)
1	3.45	10.6	10.5	—	—	—
2	2.0	18.4	18.0	200	7.4	30
3	2.0	19.3	17.5	210	7.3	30
4	2.0	17.0	15.3	210	7.4	29
5	2.0	26.7	25.5	790	7.0	29
6	1.5	31.0	30.0	300	8.0	30
7	1.5	21.5	20	1100	7.2	29
8	1.5	7.0	4.0	570	8.0	31
9	1.5	7.0	4.0	460	8.0	31
10	1.5	35.5	35.0	830	8.1	31
11	1.5	39.0	37.0	—	—	—
12	1.5	39.7	39.0	420	7.9	31

(2) 計画揚水量

今回のサンプリング調査した井戸の深さは10～40mの範囲であり、堀抜き井戸としては40m位が限界深さであった。

ポンプによる本格的な揚水試験は行なった事のない井戸なので、現時点ではポンプ運転時の水位(Dynamic Water Level)が判明しないが、現地の地質データ等より判断すると水脈はしっかりしているので、グラベルスクリーンの設置により現在の静止水位(Static Water Level)より－3m程度を考慮すれば十分である。またソーラーポンプシステムの単位時間当りの揚水量は小さく(Max.で 360 ℓ /min.)、井戸内部に溜っている水量は直径1.5m、水深3mの井戸で5300 ℓ と多いため、水位低下は無視出来る。

大略の揚水量として選定したポンプの性能、現地での日照条件等を考慮し、表Ⅲ-2に示す値を算出した。

表Ⅲ－２ ポンプ型式及び揚水量

サクシヨンレベル (m)	ポ ン プ 型 式	ポンプ1台当りの揚水量 (m ³ /日)
－ 7	A	152
－13	A	90
－23	B	48
－33	C	38
－43	C	26

ポンプ型式 A：12～28m head

B：15～50m head

C：30～70m head

計画給水量で示したように、平均的集落での生活用水と家畜用水は 98m³/日程度と推定され、ポンプタイプによっては1台で十分な水量とならない場合は複数のポンプを設置することにより必要量を満足させる。本計画では平均的井戸の深さが 20m程度と考えられることから、1ヶ所にポンプ2台設置することを標準とする。また、乾期日照時間は同算定値の1～2割多い事を考えると、小規模野菜栽培用水の供給も十分可能である。

(3) 施設規模の決定

当地域の生活用水は早朝より夕方までと平均的に使用される。本施設の揚水は日の出とともに始まり、日没とともに終了するので、早朝及び夕方の揚水量は少なくなる特徴がある。従って、早朝と夕方の生活用水の使用に対処するには必要量を貯水しておく必要がある。

生活用水の必要量より貯水タンク容量を12m³の密閉タンクとする。

また家畜用水は日中に給水することがほとんどであるが、早朝、夕方の使用に対処するためと遊牧民の通過時等短時間に大量の給水が必要になる場合等を考慮し、家畜用タンクの容量を20m³とし簡単なタンクを設ける。

更に家畜用水の必要量以上に揚水があれば、小規模かんがい用として使用出来る。

以上の設備概略を図Ⅲ-1に示す。

(4) 全体施設計画

以上より全体の施設は次のとおりとする。

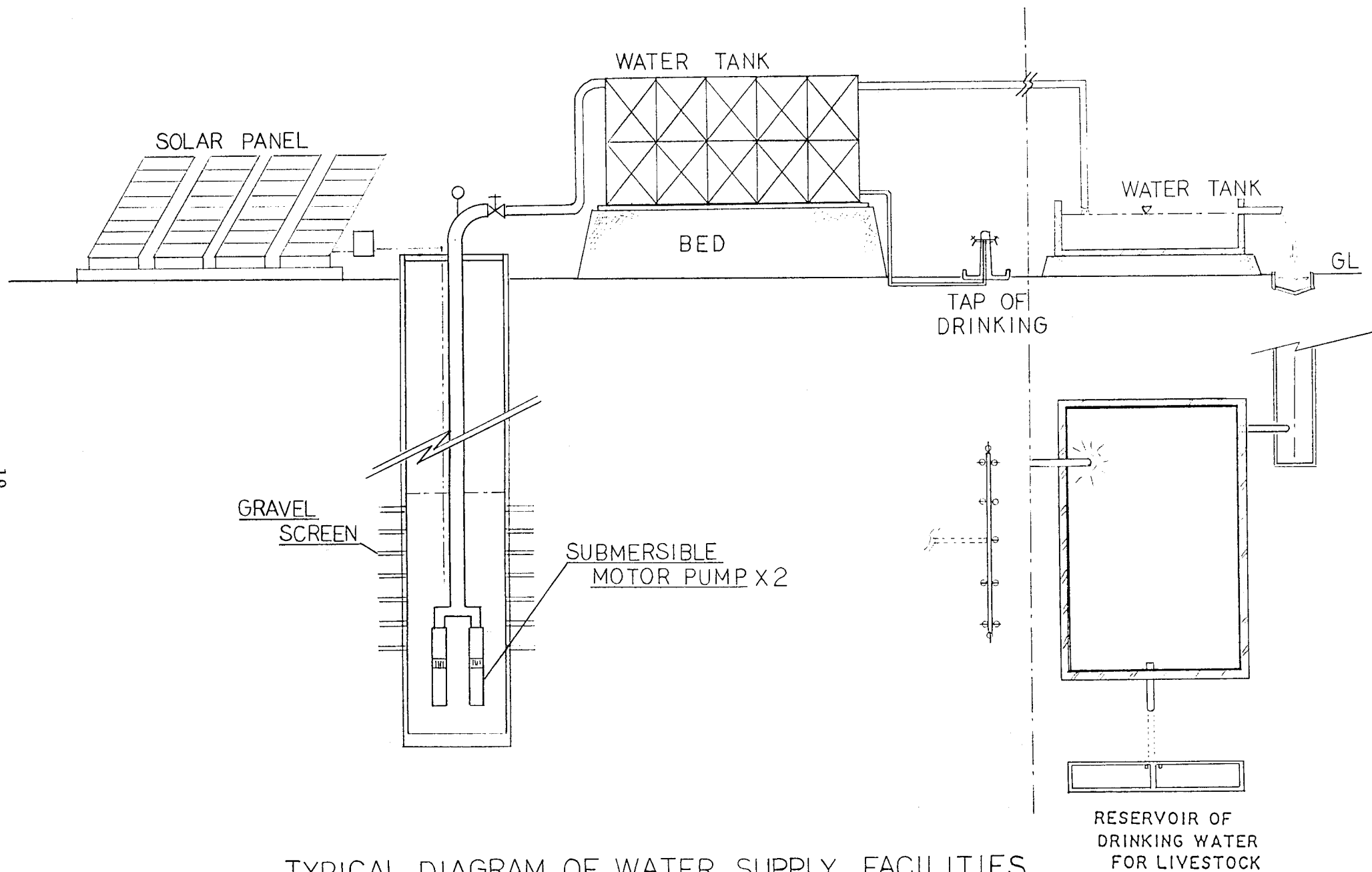
- | | | |
|-----------------------------------|---------------|--------|
| 1) 揚水設備（太陽電池、ポンプ類） | 40セット | |
| 2) 生活用水組立てタンク（12m ³ 型） | 1基／カ所 × 40カ所 | = 40基 |
| 3) 家畜用タンク（20m ³ ） | 1基／カ所 × 40カ所 | = 40基 |
| 4) 給水栓 | 14栓／カ所 × 40カ所 | = 560栓 |
| 5) 井戸維持管理機材 | | 3式 |

Ⅲ-4 概算事業費（2期工事分）

本計画の概算事業費は下記の通りとする。

- | | |
|--------------------|----------|
| 1) 揚水設備（太陽光発電装置含む） | 7億9800万円 |
| 2) 組立て式貯水槽費 | 1億7600万円 |
| 3) 土木工事・維持管理機材費 | 4億2600万円 |

合 計	14億円
-----	------



TYPICAL DIAGRAM OF WATER SUPPLY FACILITIES

図 III — 1 設備概略図

Ⅲ-5 実施・維持管理体制

本計画はエネルギー・鉱業省傘下の全国地方給水公社 (National Rural Water Corporation: NRWC) によって実施されることになる。

同公社はナイル川の利用を活用する大規模かんがいを除いた、地方部の水開発・供給に対する責任を負う機関であり、全国各地に主として掘抜き井戸を開発し、住民の生活用水、家畜用飲水の供給を有料で行っている。NRWCの組織図は図Ⅲ-2に示している。NRWCが開発した井戸の活用・維持管理（ポンプ含む）は、地方支部が現地の自治体と協力して行っており、使用者から徴収された水代金はその費用に当てられている。本計画によって設置されるポンプの使用・維持管理も同様に行われることになる。

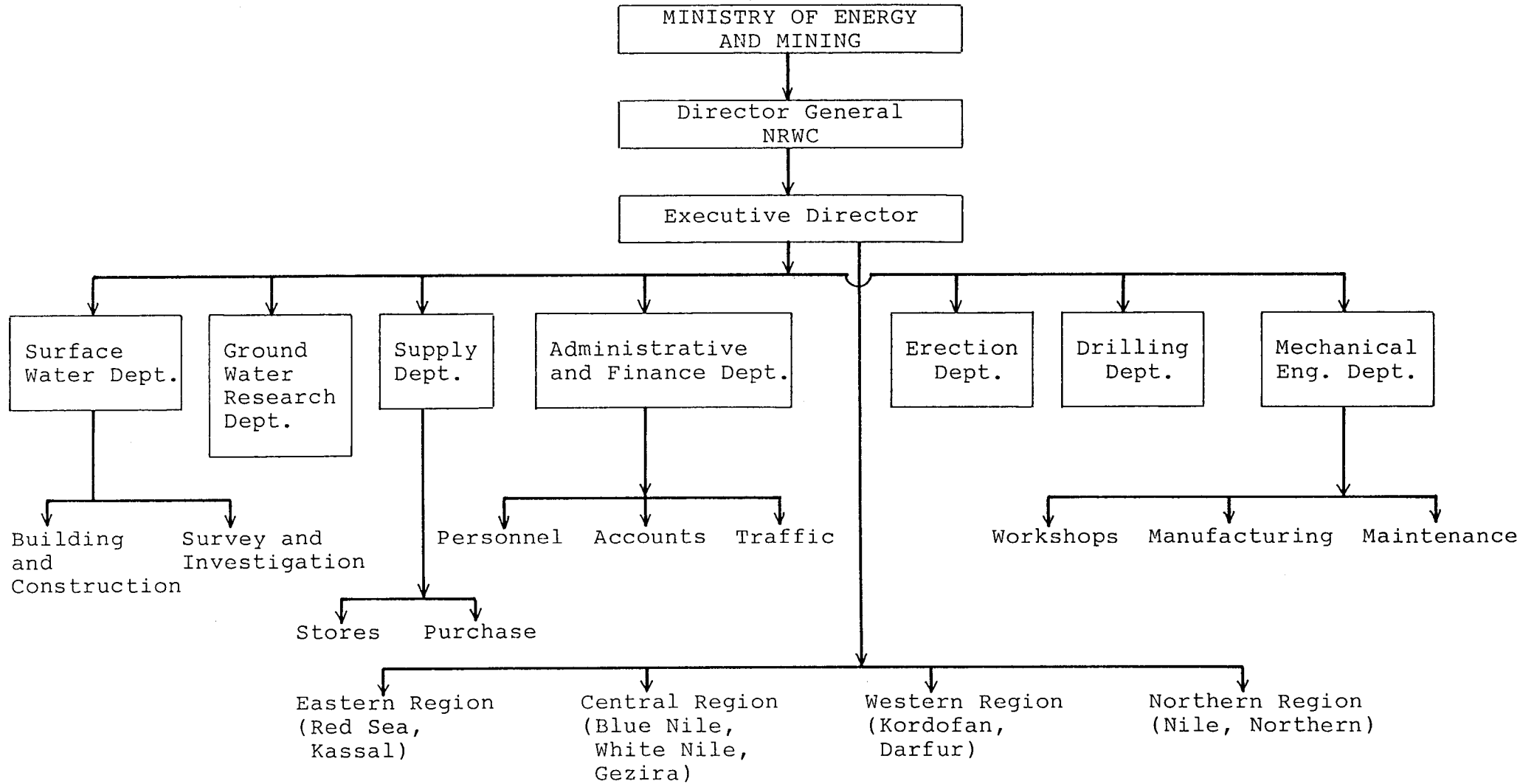
第Ⅱ章で述べたようにコルドファン州政府は北部地域の干ばつ被害対策として "Drought Recovery & Food Security Project" を実施中であり、同州政府は本計画をこのプロジェクトの一環として積極的に推進してゆく意向を持っている。そのため、上記のプロジェクト実施機関である委員会の中に、本計画実施のための作業部会を設置する予定である。本計画のサイトの選定、工事の実施、設置後の活用・維持管理には州政府及び現地自治組織の協力は不可欠であり、州政府が計画段階から積極的に関わって本計画が推進されることになる。

また、高等教育・科学研究省傘下の国家エネルギー研究評議会 (National Energy Research Council) は、新エネルギーの開発・利用研究を積極的に行っており、太陽光発電ポンプシステムについてはヨーロッパを中心とする諸外国と共同で導入実用化に実績を有している。本計画のシステムについても今までの経験を生かし、NRWC、コルドファン州政府に対する技術的支援を行うことになる。

なお、本計画実施にあたっては、既に現地での太陽電池ポンプシステムが稼働しており、特別な技術協力は必要とせず、施工時に納入業者による教育で十分対応出来る状態である。

STRUCTURAL SET-UP NRWC

- 21 -



図III-2 NRWCの組織図

IV. 総合所見

近年サヘル地域を襲った旱魃はスーダンにも深刻な影響をもたらしており、農作物、家畜への被害は甚大なものがある。コルドファン州北部地域は乾燥地であるが、バラ地方を中心に地下水の条件は比較的良く、農民はそれらの水を利用した遊牧を主体とした家畜生産に大きく依存した生活を営んでいた。しかしながら、旱魃による影響で多くの家畜を失う結果となり、家畜の飲水、餌となる草を求めて大量の住民の移動が行われた。また、農家の中には農業を諦め、現金収入を求めて比較的近い首都カルツームへ移住したものも多い。その結果、地域社会の崩壊、カルツームにおいては大量の人口の流入といった多くの社会問題を引き起こしている。

本計画は比較的水利条件の良い計画地域の地下水を再開発することによって、地域住民の生活を安定させ、人口の流出を留めるとともに他の地域に流出した人々の帰還を促すことを目標としている。

計画対象地域では住民によって建設された手堀井戸がほとんど唯一の水資源となっているが、水汲み作業は手作業で行われているため、その揚水量は僅かなものとなっている。また、一部全国地方給水公社（NRWC）によって建設された堀抜き井戸にはディーゼルポンプが設置され、有料で住民に対する水の供給を行っているが、僻地のため燃料の安定供給が行われず燃料代が非常に割高となり、また、スベーパーパーツの不足等の理由から満足な運転ができない状態にあるものが多い。

太陽電池ポンプはそのような僻地向けに開発されたものであり、無燃料、複雑な維持管理がほとんど必要ないことを大きな特徴としている。スーダンでは、約10年前から本システム導入の研究が開始されており、すでに60台余りが稼働中ということであり、実験段階から実用普及段階にある。現地調査結果から、この太陽電池ポンプを既存の手堀り井戸に設置することは比較的容易に行われ、技術的問題はないものと判断する。

本計画によって現地住民に対して安定した水を供給し、生活用水、家畜の飲水、小規模な野菜栽培のかんがい等に活用されるならば、地域全体の生活環境改善に大いに役立つものであり、地域住民の民生の安定を実現するものである。このことは、国家計画の目的にかなうものであり、社会的意義は大きいものとする。

添付資料－１

調査団員の略歴

吉野 治伸（総括・農業）

昭和53年 3 月	明治大学農学部卒業
昭和53年～56年	青年海外協力隊
昭和56年～63年	海外貨物検査 技師
平成 2 年～ 3 年	㈱タスクアソシエーツ 技師
平成 3 年～現在	㈱パシフィックコンサルタンツ インターナショナル 技師

小宮 俊作（太陽電池）

㈱パシフィックコンサルタンツ インターナショナル 嘱託

若林 敏明（太陽電池ポンプ設備）

㈱パシフィックコンサルタンツ インターナショナル 嘱託

調査日程

日 付

11月17日（日）	東京発JL405便，パリ着
18日（月）	パリ発AF108便，ハルツーム着
19日（火）	日本大使館訪問 エネルギー鉱業大臣表敬及び討議 国内旅行許可申請
20日（水）	資料収集（地方水道局他）
21日（木）	ハルツーム→エルオベイド
22日（金）	北部コルドファン州担当官と打合せ及び資料収集
23日（土）	エルオベイド→バラ地区，途中井戸現場視察，村落事情聴収
24日（日）	バラ地区→ソドリ地区→エルオベイド 途中現場視察，村落事情聴収
25日（月）	北部コルドファン州知事表敬，他州政府担当官と討議
26日（火）	エルオベイド→ハルツーム
27日（水）	資料収集，整理
28日（木）	経済企画庁訪問，資料収集 日本大使館へ報告及び情報収集，現地建築事情調査
29日（金）	ハルツーム発AF119便，パリ着 パリ発AF270便
30日（土）	東京着

面 談 者 リ ス ト

1) Embassy of Japan

小 串 敏 郎	Ambassador
出 木 場 勝	1st Secretary
柄 井 敬 二	2nd Secretary

2) Ministry of Energy & Mining

Dr. Osman Abdel Wahab	Minister
-----------------------	----------

3) National Council for Research
Energy Research Council

Gaafar El Faici Ali	Director
Dr. Hassan Wardi Hassan	Head Solar Energy Research Dept.
Dr. M.O. Sid-Ahmed	Assistant Director

4) National Rural Water Corporation

Osman Mohamed Taha	Director General
Mardia Ibrahim Osman (F)	Head of Heavy Machinery Unit and Supervision of Solar Pumping Project
Eltaj Ibrahim	Director of Mechanical Engineering Dept.
Abbas Hamza	Rehabilitation Programme Coordinator
Hassan A-Bahiken	Coordinator
Elhafiz Abd Elgadir	Head of Manufacturing Sect.
Hashim Ali Saleem	Head of Trucks Unit Supply Dept.
Mohamed A-Sabeel	Project Manager
Ahmed Abdel Moneim	Central State-Mechanical Engineering Dept.
Yousif Adam Mustafa	Darfur State Manager

5) Ministry of Higher Education & Scientific Research

Dr. Ibrahim Ahmed Omer	Minister
------------------------	----------

6) Local Officers of North Kurdoan Province

Eltayeb Elgaali	Director of Northern Kurdoan Rehabilitation Project
M.Y. Mabrouk	Agricultural Affairs of Northern Kurdoan Rehabilitation Project
Ahmed Obbdalla	Director of Drought Recovery & Food Security Project for Northern Kurdoan

Hafig M. Mahmoud	Deputy Director of Drought Recovery & Food Security Project for Northern Kurdofan
Siddig A. Hafeiz	Mechanical Engineer of N.R.W.C.
Ali Yassin	Deputy Director of Forestry S.K.K.
Maile Gebreselassle	ILO/Hydrogeologist
Ahmed El Wakeel	El Obeid Research Station Range Scientist
Mohamed El Mukhtar	El Obeid Research Station Forestry Specialist
A. Rahman Khidir	El Obeid Research Station Agronomist
Hassan Fadlalla	Administration Officer Development & Rehabilitation Dept.
Omer Mamoum Hounza	First Director Officer of Sodari Province

7) Ministry of Cabinet Affairs

Dr. Awad Ahmed Al-jaz	Minister
-----------------------	----------

8) Ministry of Finance & Economic Planning

Alaa M. Eldin	Assistant Under Secretary Bilateral Division - Foreign Aid Administration Planning
Muawia El Ahmar	Deputy Under Secretary Head of Bialteral Division - Foreign Loans and Grant Adiministration Planning

9) JICA

辻岡 政男	Resident Representative
-------	-------------------------

添付資料－４

収集資料リスト

1. Sudan Renewable Energy-Phase Two Final Report
2. Sudan Energy Handbook-1990
3. Kordofan Rehabilitation Developmant Strategy, Vol.1, Main Report
4. " , Vol.2, Summary of
Project Proposals
5. Map of Northern Kordofan
6. Map of Southern Kordofan
7. Availability of Ground Water in Kordofan Province
8. Resource Inventory and Development Perspective-Kordofan Region/1986
9. Groundwater Monitoring System in The Bara Discharge Area-Sudan