

マリ共和国
地下水開発計画
基本設計調査報告書

平成2年6月

国際協力事業団

無調二
90-102

RY

マリ共和国
地下水開発計画
基本設計調査報告書

JICA LIBRARY



1086486[6]

21751

平成2年6月

国際協力事業団

国際協力事業団

21751

序 文

日本国政府は、マリ共和国政府の要請に基づき、同国の地下水開発計画にかかる基本設計調査を行う事を決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、平成2年2月3日より3月4日まで、外務省経済協力局無償資金協力課中谷隆之氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

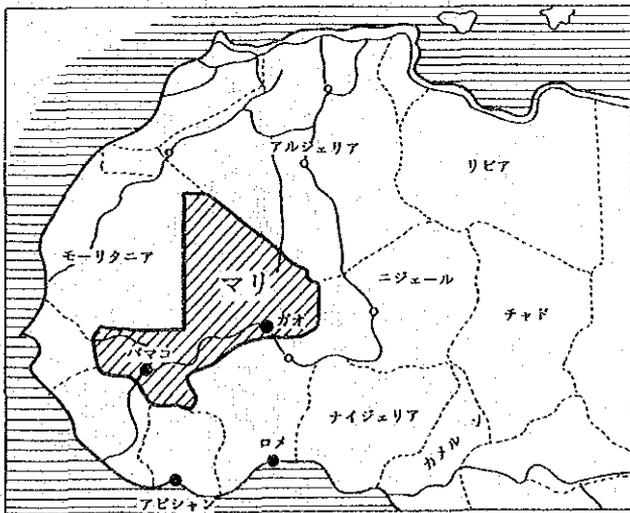
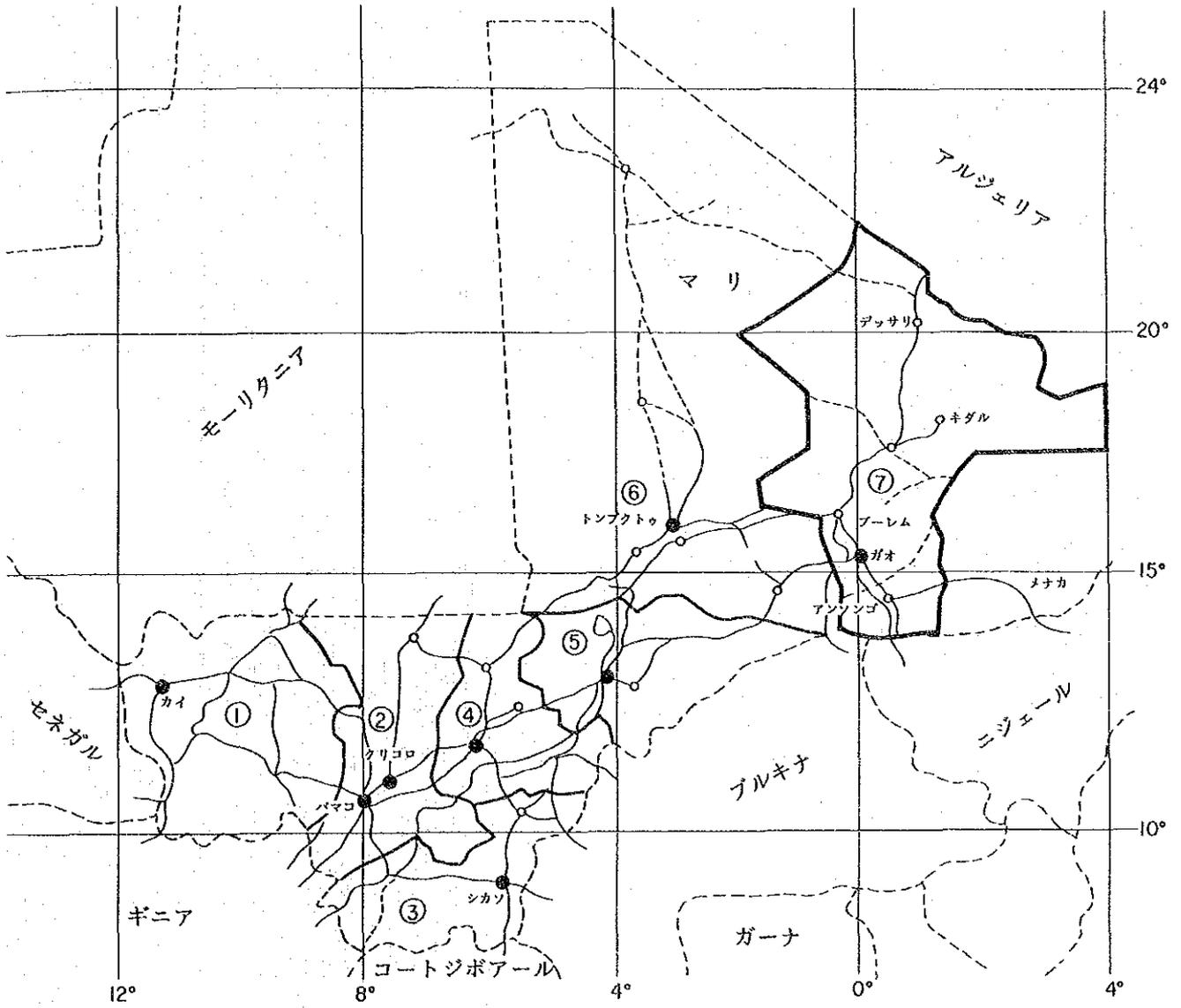
調査団は、マリ共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における調査を実施し、帰国後の国内作業、報告書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表すものである。

平成2年6月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

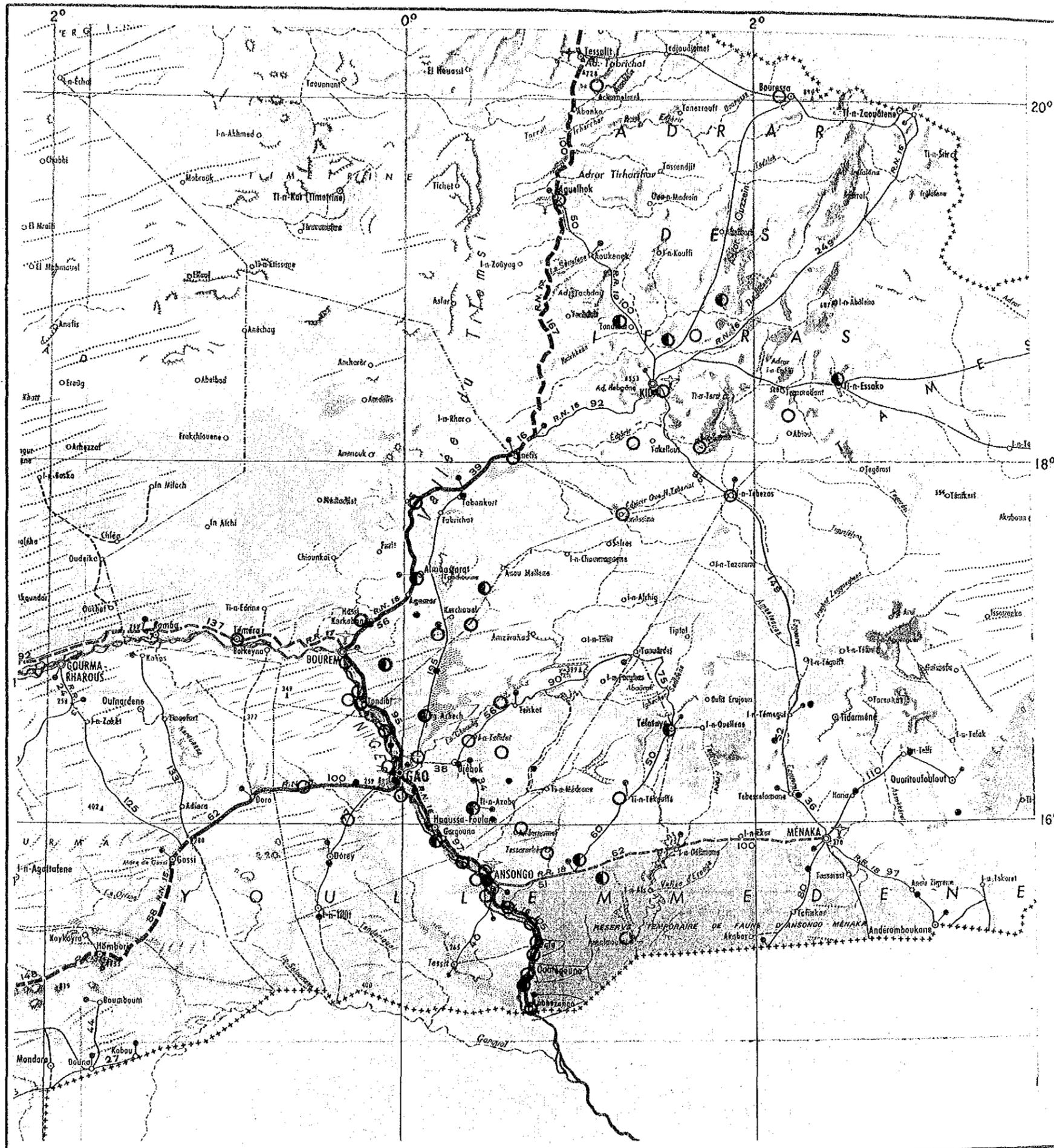


凡例

- ① 第1経済区 カイ地方
- ② 第2経済区 クリコロ地方
- ③ 第3経済区 シカソ地方
- ④ 第4経済区 セゲー地方
- ⑤ 第5経済区 モプチ地方
- ⑥ 第6経済区 トンプクトゥ地方
- ⑦ 第7経済区 ガオ地方
- バマコ特別区

経済区界
 調査対象地界

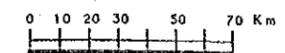
計画地域位置図

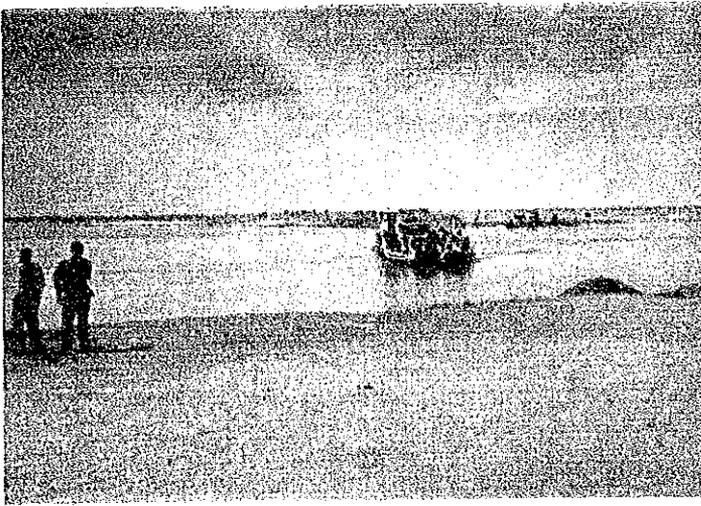


凡 例

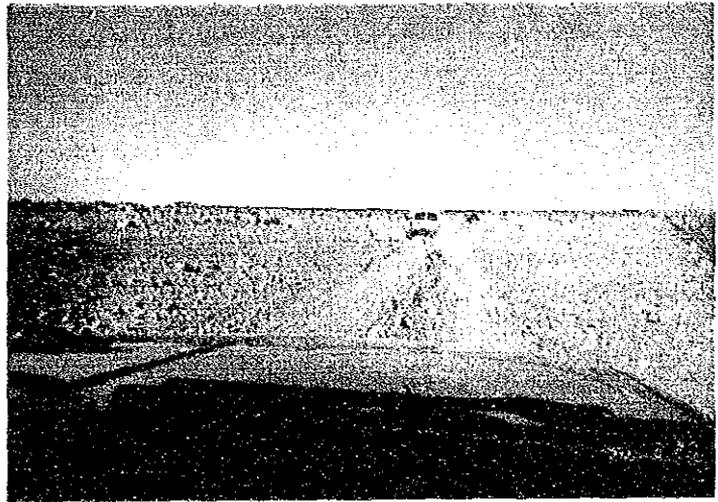
- +++++ 国 境
- サークル境界
- 主要道路
- 道 路
- 地方道
- ◎ 都市名
- 新規計画地点
- リハビリ地点
- 既存管井

尺 度





ニジェール河の
フェリーボート



キダル地方の
道路状況



電気探査実施状況

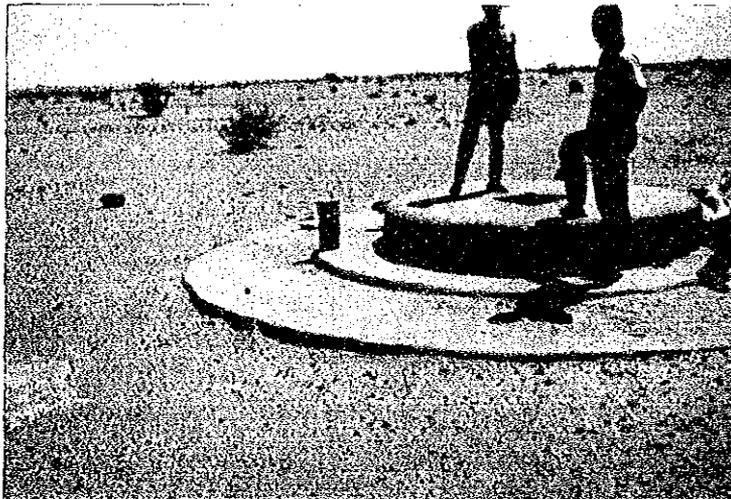


ミニッツ署名



インディアンポンプ付き
管井

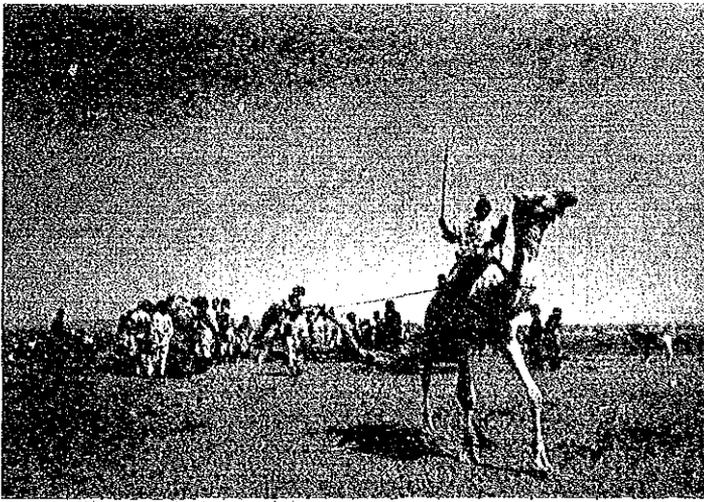
デューバポンプによる
人力揚水状況
ハンドルが重く揚水量も小さい



ビュイ・シュテルン

モノリフトポンプ
による揚水状況

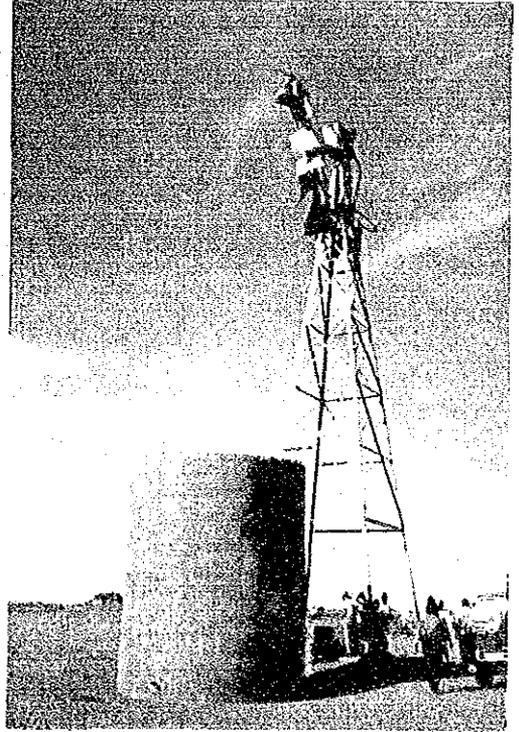




動物による揚水

ビュイ・シュテルンからの
揚水にラクダ、ロバ等を使っている

アメリカ援助による
風車揚水施設の残骸



伝統井戸のリハビリ状況

井底に砂泥に混じり家畜の
汚物が充満している

日本無償資金供与による
掘井機



要 約

マリ共和国（以下、マリ国と呼ぶ）は西アフリカのサハラ（SAHARA）砂漠の南に位置し、北はモーリタニア、アルジェリア、西はセネガル、南はブルキナ・ファソ、象牙海岸、ギニアと7ヵ国に囲まれた面積124万km²と日本の3.2倍の広さを持つ内陸国である。

これらの広大な国土では南部の一部を除いて雨量が少なく、全土の2/3は砂漠または半砂漠で、国の中央部を流れているニジュール河及びセネガル河沿岸を除く国土の大部分は慢性的な水不足に悩まされている。さらに近年慢性化しつつある旱魃の影響で農業生産の減少、住民の離村、砂漠化の進行が起り、水資源確保及びその開発は早急に解決すべき国家的課題となっている。

このような状況から、マリ国政府は、国家開発5ヵ年計画（1987～1991年）において水需要を満たすことを国家開発の重要な課題の1つとしており、「食糧の自給体制の確立」、「飲料水の長期に亘る確保」、「砂漠化、乾燥化への対応」の3ローガンを掲げて、近代国家の達成に努力してきたが、長期化する旱魃により国家計画の目標達成が困難な状況となっている。

マリ国政府は、これらの状況を踏まえて国家開発5ヵ年計画（1987～1991年）に続いて経済・社会開発3ヵ年計画（1990～1992）を策定し、この中で水資源開発関係予算を3ヵ年で22,293百万CFAとし力点をおいているが、マリ国政府の財政事情から、独自で地下水開発計画を達成することは困難であると判断し、国際機関や先進国に経済援助を要請している。

マリ国政府はこのような国内事情を踏まえ、日本国政府に対し、同国東部の第7経済区を対象にした地下水開発計画につき、無償資金協力を要請したものである。

当初要請は、50本の管井掘削、既存管井のピュイ・シュテルン（Puits Citerne、以後P-Cと呼ぶ）化及び46箇所の簡易給水施設建設よりなり、本計画は、日本国政府が1978～1981年に亘りマリ国政府の要請により開発調査を実施した第7経済区の地下水開発計画に基づいて、1981年度、1983年度並びに1985年度に管井掘削機材を中心とした地下水開発用機材の供与及び管井工事等の無償資金協力を実施したことの延長上に位置するもので、過去の無償資金協力による地下水開発用機材供与及び管井建設工事と同様に、井戸建設工事を、我が国の無償資金協力により要請している。

日本国政府は、この要請に応え、本計画に関する基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団が、計画対象地域における地下水開発計画のレビューと事業の妥当性を検討すべく本調査団を派遣した。

調査団は、マリ共和国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査及び資料収集等を実施し、帰国後の国内作業、ドラフト・レポートの打合せを行った。

現地調査結果及びマリ国側との協議から、下記のような本計画の基本事項が判明した。

本計画の実施により、清潔な地下水を水源とする生活用水が常時安定供給され、早魃や乾期の水不足問題の緩和及び不衛生な飲料水に起因する水系疾患の大幅な減少が期待される。本計画は農民の生活の安定と向上、村落の定着化、保健衛生環境の改善等に大きく寄与する事が期待でき、国家計画の中でも優先度と緊急度の高いプロジェクトである。

対象地域の地下水開発は、ユールムダン（OULLIMIDEN）堆積盆地に広く分布している第四紀層とコンチネンタル・ターミナル（第三紀層）に賦存している自由地下水と被圧地下水をおもに対象としているが、キダルサークルとアンソソゴサークル南部に分布するプレカンブリアン系の分布域での開発対象地下水は、表層の沖積層中の自由地下水と基盤岩裂か中の自由地下水ないし被圧地下水である。これらの地下水は、深度100m以内に発達しており、地下水開発の失敗も少なく、特にコンチネンタルターミナルの地下水は質量ともに良好である。

（注；サークルとは県と郡の中間的な性格を持つ行政単位）

マリ国側との協議の結果、要請の対象地域である第7経済区5サークルのうち、今回の対象地域は井戸建設の緊急度の高い4サークルが選定され、井戸建設数は、キダルサークル15本、ブーレムサークル13本、ガオサークル12本、アンソソゴサークル19本の合計59本で、その詳細は次表の通りである。

表 施工数量一覧表

項目 サークル名	水理・エネルギー 局他提案数 (P-C井)	沖積平地内 他	旧施工点 との重複	新規施工 対象数 (P-C井)	旧施設改修	合計
キダル	15※1	2	2	11	4	15
ブーレム	13	3	2	8	5	13
ガオ	13	3	5	5	7	12
アンソソゴ	14		3	11	8	19
メナカ	6	6				
計	61	14	12	35	24	59

※1 キダルサークルの要請7孔を含む

今回実施する井戸のタイプは、機械掘削による口径150mm平均深度92.2mの管井と、人力掘削による井戸口径1.80m、平均深度34.6mの鉄筋コンクリート枠製の筒井戸を組み合わせたいわゆるP-C井である。揚水方式としては、ポンプによる揚水では維持管理上の困難が予想される事や多人数では同時に利用できない事等を考慮し、筒井戸部分からの人力汲上方式を採用する。

現地調査データを基に検討した結果、下記のような地下水開発計画を策定した。

(1) 井戸建設本数

今回の計画において建設するP-C井は59本であるが、その内訳としては新規建設46本、既存管井の復旧改善13本である。これにより第7経済区の管井、筒井戸、P-C井の合計は263本となり、給水率は現在の26%から32%に向上するものと考えられる。

(2) 管井建設方法

既供与機材のTOP-200、TOP-300型ボーリング機はパーツの交換等必要な整備を行えば使用可能である。今回抽出された管井作成本数は46本で、これらの平均掘削予定深度が平均92.2m、掘削長計4,240mと長いため、両機を利用して掘削する。

(3) 筒井戸建設方法

筒井戸1本当たりの平均掘削長は34.6mである。これらの施工には井戸作業局の組織・保有機材を全面的に使用するが、最盛期7チームの編成により工期は16ヵ月が必要となる。

上記地下水開発計画への無償資金協力によるP-C井建設工事を円滑に支障なく実施するためには、下記のような資機材の供与も必要と判断された。

(1) 削井機等の修理用パーツ

(2) エアコンプレッサー修理用パーツ

(3) 通信設備

ベース局用及びモバイル車両用無線設備

本計画に要する日本国側の概算事業費は、資機材供与と供与済みの資機材による井戸建設工事(59本)の第1期分が396百万円、第2期分が553百万円の計949百万円と見込まれる。

井戸建設用資機材と井戸建設工事費の全てを、我国の無償資金協力で負担することとし、マリ国側による工事費負担は無い。

本事業の実施主体は、マリ国の地下水開発計画の促進を担当している産業・水利・エネルギー省水利・エネルギー局である。水利・エネルギー局は、我国の経済援助を過去に経験している事から、無償資金協力のシステムを十分に理解しており、本計画に遂行するのに支障のない組織とスタッフを備えている。

筒井戸建設工事管理を実質的に担当するのは井戸作業局(1974年8月15日設立)である。当局は産業・水利・エネルギー省の管轄下に属し、全国的に整備された組織・熟練技術者・資機材・修理工場・保管倉庫等を所有している規模の大きな局であり、筒井戸建設に関しては豊富な実績を持ち、技術的に信頼できる実務機関である。

本計画実施後の維持管理は、給水施設としてのP-C型井戸と井戸建設の資機材類のメンテナンスに分けられる。

P-C型井戸は、筒井戸底への砂塵の除去が定期的に必要な他は構造的にメンテナンスその他を必要としない事から維持管理は容易である。

ガオの井戸作業局事務所は、建設機械の修理工場・保管倉庫を所有しており、専門分担制の運営組織も整備されているので、機械類や車両等の修理能力、資材や部品類の保管能力については問題なく、本計画を遂行するために支障のない維持管理体制を備えている。

衛生的な生活用水の確保は、人類にとって共通な生存のための基本的問題であり、極めて公共性が高く、且つ人道上からも重要な問題である。井戸絶対数の不足から不衛生な生活用水の利用による水系疾患の発生と早魃や乾期の慢性的な水不足問題の解決に苦悩しているマリ国政府にとっては、地下水開発計画の促進は緊急性を要する重要な課題となっている。

従って、本計画を無償資金協力として実施することは、対象地域の衛生的生活用水の確保、離村現象の防止、牧畜業の発展等の促進が期待され、社会・経済の発達且つ人道上の見地から極めて意義があり、無償資金協力の主旨からみても、妥当性があると判断する。

目 次

序 文
位 置 図
写 真

要 約

目 次
略記・略号

第1章 緒論	1
第2章 計画の背景	2
2-1 マリ国の概況	2
2-1-1 一般事情	2
2-1-2 気候	2
2-1-3 地形・地質	5
2-2 当該セクターの概要	7
2-2-1 生活用水給水の現状と開発計画	7
2-2-2 給水行政組織およびその現状	10
2-3 関連計画の概要	10
2-3-1 国家開発計画及び水利開発計画の位置付け	10
2-3-2 水利プロジェクト	12
2-4 要請の経緯と内容	14
2-4-1 当初要請の内容	14
2-4-2 現地調査結果	19
2-4-3 協議の経緯	20
第3章 計画地の概要	21
3-1 計画地の位置及び社会・経済事情	21
3-2 自然条件	21
3-2-1 気候	21
3-2-2 地形・地質	23
3-2-3 水理地質状況	23

3-2-4 水質	29
3-3 社会環境	29
第4章 計画の内容	31
4-1 計画の目的	31
4-2 要請内容の検討	31
4-2-1 計画の妥当性・必要性の検討	31
4-2-2 実施・運営計画の検討	33
4-2-3 関連計画との関係及び重複の検討	33
4-2-4 計画の構成要素の検討	33
4-2-5 要請施設・機材の検討	33
4-2-6 技術協力必要性の検討	33
4-2-7 協力実施の基本方針	34
4-3 計画概要	34
4-3-1 実施機関及び運営体制	34
4-3-2 事業計画	34
4-3-3 施設・機材の概要	37
4-3-4 維持・管理	42
第5章 基本設計	43
5-1 設計方針	43
5-2 設計条件の検討	44
5-3 基本計画	45
5-3-1 井戸タイプ	45
5-3-2 建設資機材計画	47
5-3-3 主要資機材の仕様	59
5-3-4 建設資機材計画	61
5-4 施工計画	64
5-4-1 施工方針	64
5-4-2 設計・施工監理計画	65
5-4-3 資機材調達及び井戸工事計画	65
5-4-4 井戸建設作業要員	66
5-4-5 工程計画	67
5-4-6 概算事業費の積算	71

第6章 事業効果と結論	74
6-1 事業評価	74
6-2 結論と提言	75

添 付 資 料

1. 基本設計調査団	ii
調査団員氏名	iii
調査日程	iv
面会者リスト	v
協議議事録	viii
和文仮訳	viii
仏文	xi
2. ドラフトファイナルレポート調査団	xvi
調査団員氏名	xvii
調査日程	xviii
面会者リスト	xix
協議議事録	xx
和文仮訳	xx
仏文	xxviii
3. 収集資料リスト	xxxvi
4. 一般資料の図表	xxxix
5. 電気探査結果と探査位置	xxxv

略記一覧表

BAD	Banque Africaine de Developpment	アフリカ開発銀行(AFDB)
BID	Banque Islamique de Developpment	イラン開発銀行
BOAD	Banque Ouest Africaine de Developpment	西アフリカ開発銀行
BRGM	Bureau des Recherches Geologique et des Minieres	(仏)地質調査所
CFA	Communaute Financiere Africaine	アフリカ財政金融共同体
CCCE	Caisse Centrale de Cooperation Economique	(仏)経済協力基金
MDHE	Ministere de l'Industrie de l'Hydraulique et de l'Energie	産業・水利・エネルギー省
DNHE	Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie	水利・エネルギー局
DNOP	Direction Nationale de l'Operation Puits	井戸作業局
DIEPA	Direction Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement	飲料水及び衛生に関する国際 10ヵ年(計画)
FAC	Fonds d'Aide et de Cooperation	(仏)援助・協力基金
FAD	Fonds Africain de Developpement	アフリカ開発基金(AFDF)
FED	Fonds Europeen de Developpement	欧州開発基金(EDF)
FENU	Fonds de l'Equipement des Nations Unies	国連設備基金
FIDA	Fonds International pour le Developpement	国際開発資金 - 世界銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
OMS	Organisation Mondiale de la Sante	世界保健機構(WHO)
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Developpement	国連開発計画(UNDP)
USAID	United States Agency for International Developpement	(米)国際開発事業団
FS	スイスフラン	
US\$	米ドル	
FCFA	セーファーフラン	
ECU	ヨーロッパ共同体ドル	
CD	デンマーク・クロネル	
CAN\$	カナダドル	
PVC	塩化ビニール	
FRP	強化ファイバーパイプ	
P/S	事前調査	
E/N	交換公文	

記 号

数量単位

ℓ / day	日当り量, 単位リッター
ℓ / min	分当り量, 単位リッター
m^3 / sec	秒当り量, 単位立方メートル
m^3 / hr	時間当り量, 単位立方メートル
m^3 / day	日当り量, 単位立方メートル
m^3 / ann	年当り量, 単位立方メートル
$\mu \text{ s} / \text{cm}$	伝導度単位
EC	電気伝導度
EL	海拔標高
DWL	揚水水位
SWL	自然水位
ϕ	管径
pH	水素イオン濃度, pH>7 : アルカリ性, pH=7 : 中性, pH<7 : 酸性

第 1 章 緒 論

我国はマリ国に対し、第7経済区を対象に1978～1981年に亘る地下水開発計画調査を実施し、この結果に基づき、1981年度、1983年度及び1985年度に、管井掘削用機材を中心とした地下水開発用機材及びこれら機材による管井建設工事等の無償資金協力を実施した。その後マリ国はこれら供与機材を利用して地下水開発を自力で実施を計画していたが、マリ国内の財政・技術等の事情から、進捗が大幅に遅れているため、諸外国の援助を仰ぐこととし、第7経済区に対しては過去の日本の実績から我国に無償資金協力による援助を要請してきたものである。

日本国政府は、マリ国の要請を検討した結果、本計画に関する基本設計調査の実施を決定し、これを受けて国際協力事業団は、基本設計調査団を平成2年2月4日～3月1日迄マリ国へ派遣した。

調査団は、マリ国政府関係者と要請内容について協議すると共に、計画対象地域に於ける給水及び井戸建設事情に関する現地調査並びに資料収集を行った。先方政府関係者との協議の結果得られた基本的合意事項は、議事録としてまとめ、1990年2月13日に本計画の総括担当である産業・水利・エネルギー省水利・エネルギー局に於て双方の代表者が署名し、交換した。

協議議事録、調査日程、調査団員、面会者リスト、一般資料、収集資料リスト等は添付資料として巻末に示す通りである。

調査団は、帰国後の国内作業で、現地調査に基づいた比較検討を行い、井戸建設計画の基本設計・資機材の選定・施工計画の立案・事業費の概算・維持管理の策定等を行うと共に、本計画の妥当性について検討し、この基本設計調査報告書を作成した。

第2章 計画の背景

2-1 マリ国の概要

2-1-1 一般事情

マリ国は西アフリカのサハラ (SAHARA) 砂漠の南側にあり、北はモーリタニア、アルジェリア、東はニジェール、西はセネガル、南をブルキナ・ファソ、象牙海岸、ギニアと7カ国に囲まれた面積124万km²と日本の3.2倍の広さを持つ内陸国である。

マリ国は1960年9月22日独立を宣言し、共和国となったが、1968年11月19日のクーデターで、ムーサ・トラオレ軍事政権が成立し、1979年6月19日には選挙によりトラオレ大統領が誕生し現在に至っている。

首都はバマコ (BAMAKO) で西部の中央に位置しているが、地方行政は7つの経済区と首都バマコの特別区の8つに別れ、中央政府組織は添付資料に示す通りで、水資源行政を担当するセクターは産業・水理・エネルギー省の水利・エネルギー局である。

マリ国経済の基盤は、綿花、落花生、粟、ソルガム、トウモロコシ、米等を生産する農業及び牧畜であり、1987年GDP構成比で56%がこれらによって占められ、また労働人口の大半及び輸出収入の大部分(綿花及び牧畜で約70%を占める)がこれらに依存している。近年の早魃でこれらは大打撃を被り、GDP実質成長率は、1982年の5.9%から1983年には-4.1%、1984年には-0.1%と2年間マイナス成長が続き、農業生産が回復した1985年でもこれが1.1%にとどまる等経済の回復が遅れている。

マリ国では1976年に第1回の人口調査が行われ、1987年に第2回の調査が実施されている。

1987年時点での人口は762万人であるが、この内訳は、都市所在地と5,000人以上の人口集中地ち都市とすれば、都市住民が155万人(20.3%)で、この内バマコ特別区は単一で65万人(都市人口の41.8%)を占め、その他、村落定住民562万人(73.7%)、遊牧民45万人(6.0%)となっている。しかしこの人口の分布は自然条件等により制約され、大部分は年間降雨量350mm以上の南部又はセネガル・ニジェール両河川および河谷に相当する潤れ谷に集中している。

マリ国総人口の増加率は1.7%で、これはバマコ特別区で4.19%、近傍のクリコロ (Koulikoro) 州で2.28%と高く、逆にトンプクツ州で-0.77%を示し、調査対象経済区であるガオ州で0.33%と変化が小さい。

これらマリ国の一般状況については添付資料4に示す。

2-1-2 気候

当国は南部の一部を除いては雨量が少なく、全土の2/3は砂漠又は半砂漠である。

マリ国は地球上で最も暑い地域の一つであるが、雨の降り方により四種類の気候型に大別される。即ち、図2-1~2~3に示すように、北部の砂漠型気候と南部の湿気をもつ熱帯性気候及びその間に挟まれる二つの漸移帯で、ガオ経済区はサハラ砂漠型ないしサヘル性気候帯に位置している。

気候区分

-  南スーダン気候帯
-  北スーダン気候帯
-  サヘル帯
-  サハラ南縁帯
-  南陸アルタ帯

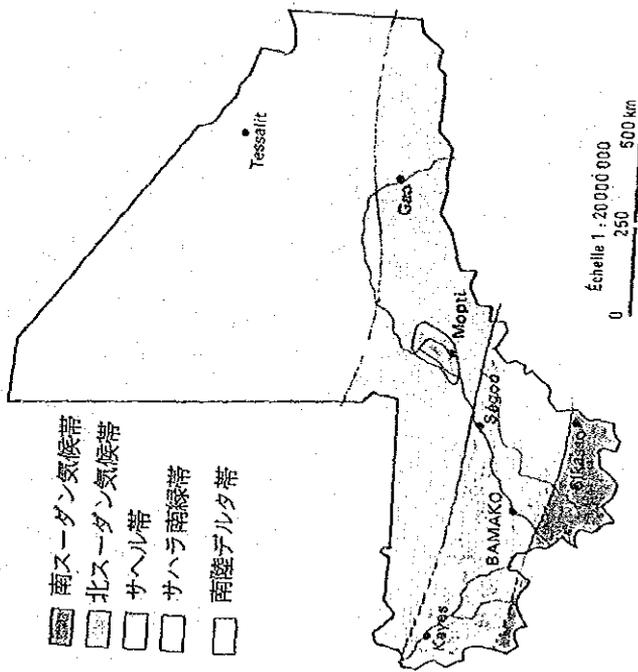
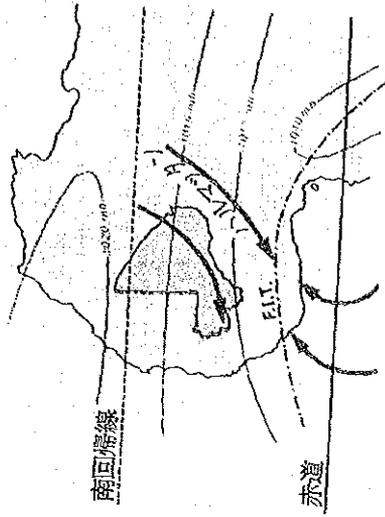


図 2-1 マリ共和国気候区分図

(出展: Atlas du Mali)

気団の位置

1月~2月の様相



7月~8月の様相

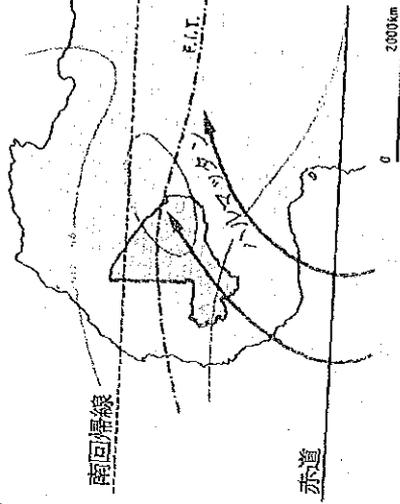


図 2-2 気団の季節分布図

(出展: Atlas du Mali)

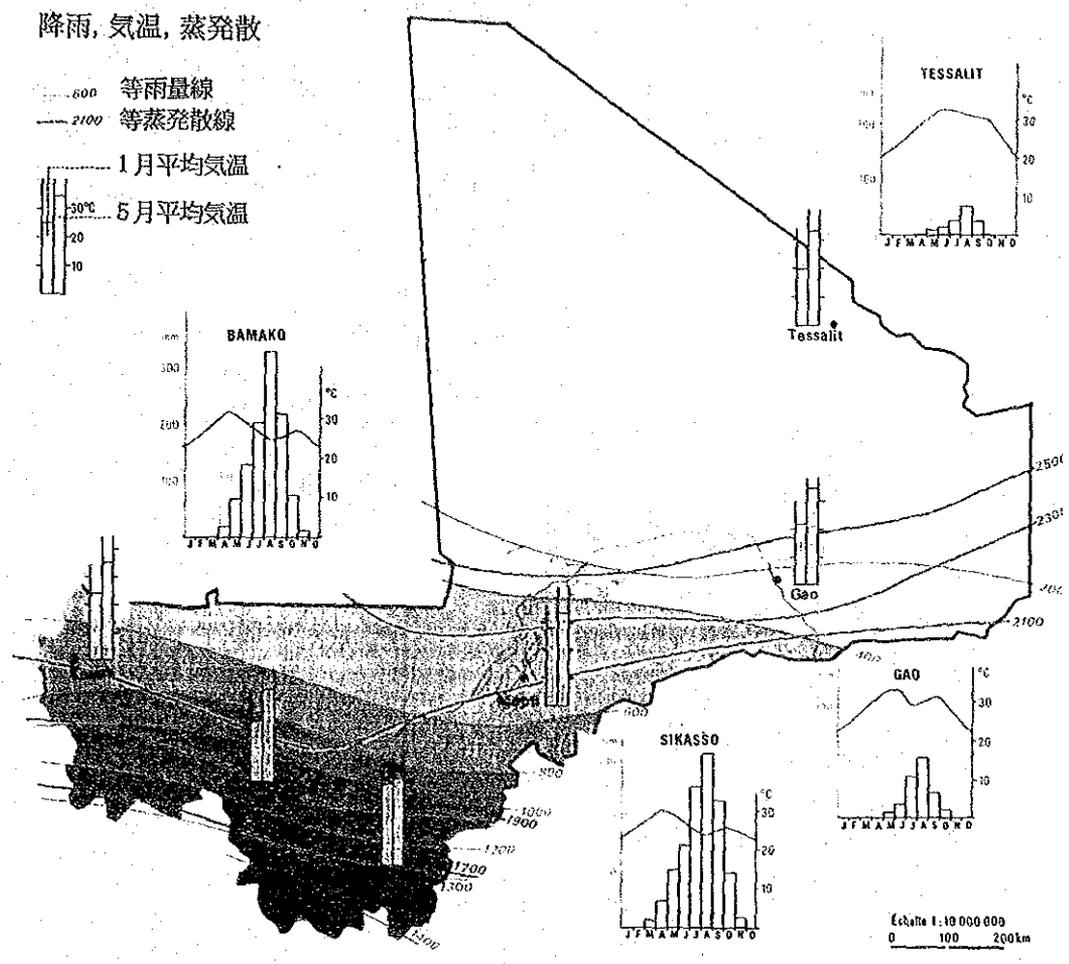


图 2-3 降水・温度・蒸發散量分布图

(出展: Atlas du Mali)

(1) サハラ砂漠型気候

年間降水量が0~200mm程で、耕作不能な気候である。代表地域としてトンブクツ (Tombouctou) がある。

(2) サヘル (Sahel) 性気候

年間に降水は観測されるが合計して200~700mm程度で、耕作は年間3~4ヵ月行える。モプチ (Mopti), ガオ (Gao) がこれに当たる。

(3) 北スーダン性気候

年間降水量700~1300mm位で耕作可能であるが厳しい自然条件下にある。バマコ (Bamako), セグ (Segou) 地方はこの種の気候となっている。

(4) 南スーダン性気候

全土の6%を占め、北緯11°~12°のマリ国最南部に位置する。降水量が1300mm以上で、比較的自然条件に恵まれている地帯である。シカソ (Sikasso) 地方が相当する。

2-1-3 地形・地質

マリ国の地形の特徴は図2-4に示すように、次のタイプに区分される。

- ①山地部……アドラル・デ・イフォラス (Adrar des iforhas, 最高890m), チメトリーヌ (Timetrine) 山地
- ②侵食傾斜面……山地周縁傾斜面
- ③平地部……涸れ川, 平坦地, 砂漠
- ④ニジェール川……沿岸の低平地

山系：地域は東経2度~4度, 北緯15度~22度の中であって、南部を西から南東へ流れるニジェール川の東方に広がる標高250m程度の台地を中心として展開し、この台地の北に、調査対象地域であるガオ経済区北東部をなすアドラル・デ・イフォラス山岳地帯とその西方のチトリーヌ山地が分布している。

河川：ニジェール河はギニアの山地を水源とし、流域面積150万km², 総延長4,200kmをもつ世界屈指の大川で、マリ・ニジェール・ナイジェリアを通してギニア湾に注いでいる。

マリ国内の延長は1,700km, そのうちモプチからトンブクツにかけては長さ450km幅200km以上, 面積8万km²の大氾濫原を形成して内陸デルタを呈しているが、調査対象の中心地ガオではニジェール河の水が豊富な期間は8月から翌年の3月迄で、この豊水期にはガオ~アンソンゴ間で河幅が5~10kmに達するが、渇水期には河床の耕作地が現れ、歩いて渡れるほどになる。

ニジェール河は地域内に450kmの流長を持っているが、年間を通じて流水がある支流は皆無で、これらはすべて涸れ川で、雨期にのみ集中して流れる状況にある。また、内陸の平坦地には降雨による凹地の水溜りや沢が大きく、貯水期間の長い沼 (Mare) ができて、人畜の飲料水を一時的に供給する水場となる。これらの涸れ川や水溜りは程なく干上がり、一部の天水は地中に浸透して自由地下水を形成するが、これもある程度の期間浅い簡単な素掘り井戸の対象となっているにすぎない。

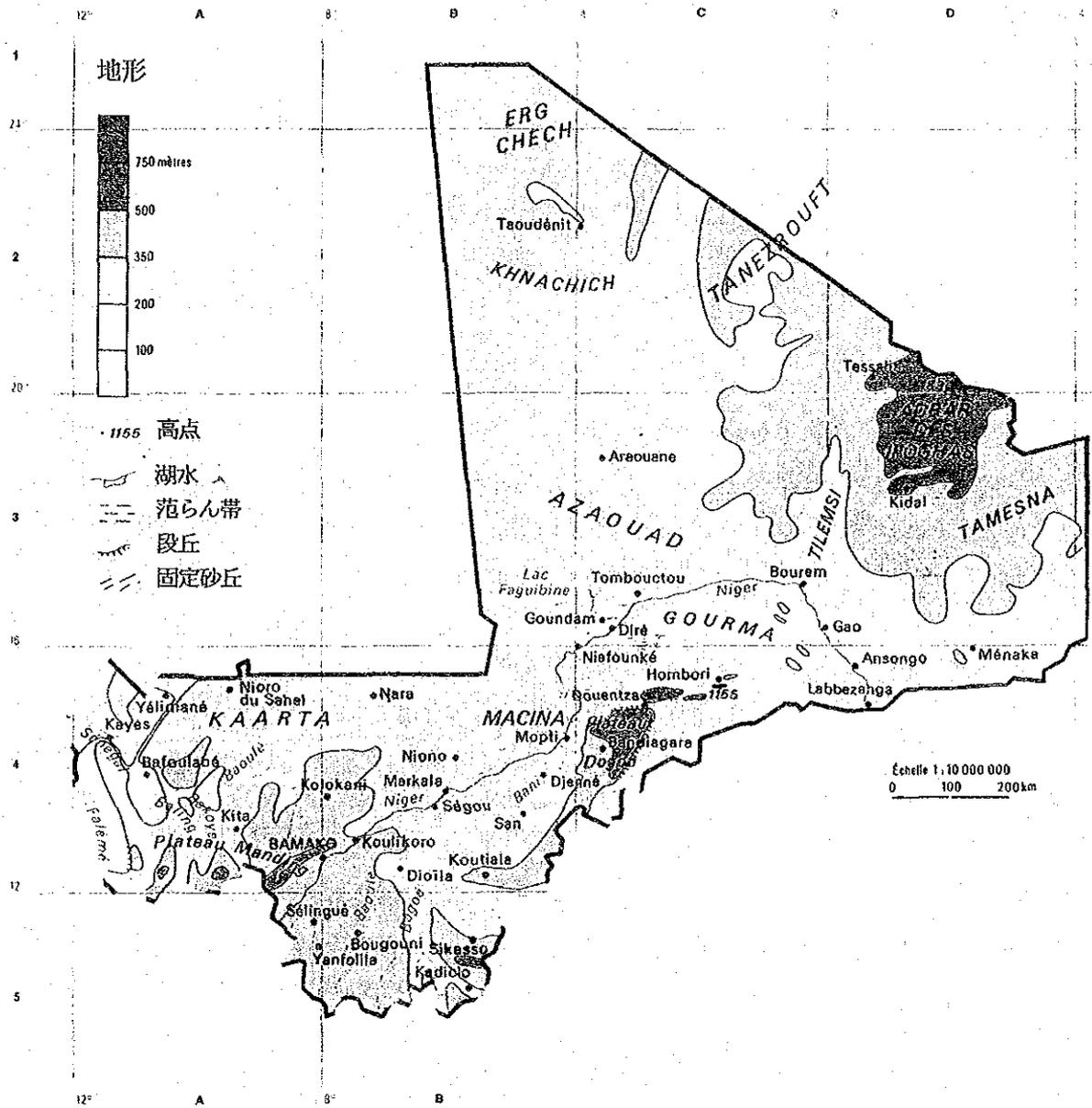


図 2-4 マリ共和国 地形分布図

(出展: Atlas du Mali)

い。

マリ国の地質を図2-5に示す。北東部と南ないし西部にかけてプレカンブリアン系が分布し、古生代以後の地層が中ないし北部に山塊状に分布しているが、これらはニジェール河沿い及びトンブクツ経済区北部で第四系の堆積岩類が広がり、それを取り囲むように第三系、白亜系、石炭ないしオルドビス系が散在している。

第7経済区には、アドラル・デ・イフォラスとグルマ山塊の基盤岩を囲んでコンチネンタル・インターカラリ、上部白亜系、第三系、コンチネンタル・ターミナル及び第四系が分布している。

コンチネンタル・インターカラリはマリ国ではアドラル・デ・イフォラスの東翼にその延長があり、岩層はアルコース砂岩や泥岩からなり層厚50~100mを示している。

上部白亜系はアドラル・デ・イフォラスをとりまいて広く分布するが、その岩層は海成の砂岩、泥岩、石灰岩等よりなっている。

上部白亜系の外側にこれらを囲む形状で第三系の分布が見られるが、これらは古い第三系の頁岩、石灰岩よりなっている。

コンチネンタル・ターミナルはマリ~ニジェール堆積盆地を構成する地層で、マリ領内では、ニジェール国のユールムダン堆積盆地の北西延長部を形成している。地質時代は新第三紀の地層であるが、岩層は泥岩、砂岩を主とし、下位に鉄質のオーライト、中位にカオリン質泥岩等を挟み変化に富んでいる。第四系下位の砂層と上位のカオリン質泥よりなり、層厚は2~45m程度で、低地部で石英礫を挟むことがある。

上記のコンチネンタル・インターカラリ以後の各地層は滞水している事が知られているが、特に第三系のコンチネンタル・ターミナルは良滞水層を胚胎しており、地下水資源開発の主要な対象となっている。

2-2 当該セクターの概要

2-2-1 生活用水給水の現状と開発計画

マリ国の水資源開発政策の基本方針は、「食糧自給の用水・飲料水の長期的確保・砂漠化乾燥化への対応」という原則に基づいている。

マリ国ではこれらの水源は、表流水を利用できるニジェール河とセネガル河を除いて、全て地下水に依存している。即ち大都市では表流水と管井、中都市及び村落では管井と浅井戸により飲料水を供給している。従って、マリ国では、地下水開発が国家的重要な仕事となっている。

給水行政は、産業・水利・エネルギー省の水利・エネルギー局が担当している。水資源開発に対する投資金額についてみると、投資3ヵ年第3次プログラムによれば表2-2に示すように、水利部門では1987年~1989年の3ヵ年で46,382百万CFA（公共投資の17.4%）の投資を行ってきており、表2-1に示すように1988年迄に9,011点の村落井戸が建設された。

これは必要給水源点数16,544点の54.5%の給水普及率にあたるが、1990年~1992年の3ヵ年計画では投資額22,293百万CFAで7,533点を計上している。

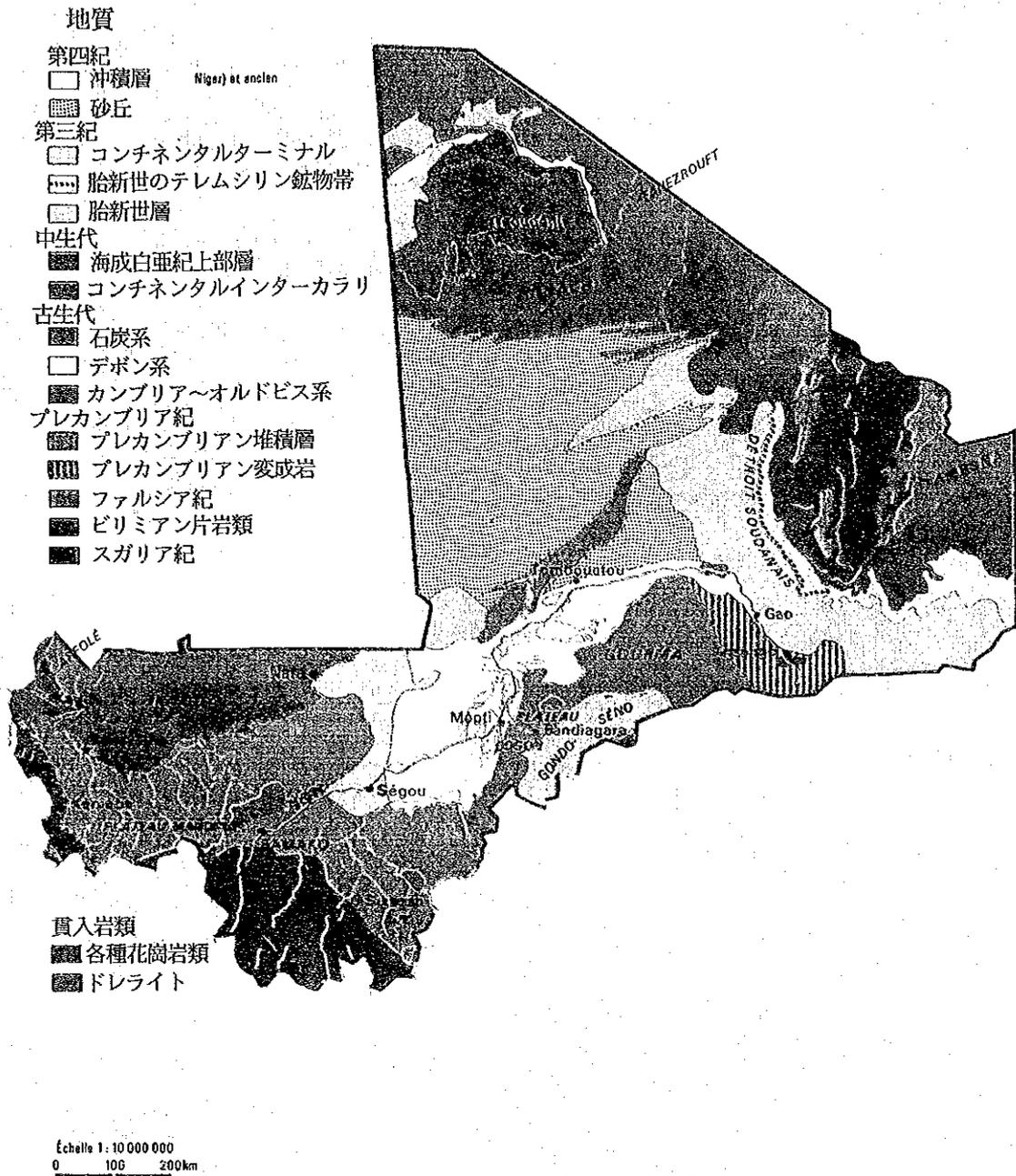


図2-5 マリ国地質図

(出展: Atlas du Mali)

表2-1 経済区別 水利状況一覧表

地域名	村落 (1500人以下)			地方中心地 (1500人以上)					既存 給水点 (1988)
	村落数	(当該) 村落人口数 (×1000)	給水点 必要数	市数	当該 人口 (×1000)	建設管井数			
						1井/400人 40%	簡易水道 60%	計	
第1経済区 KAYES	1,312	839	2,089	103	362	362	186	548	1,612
第2経済区 KOULIKORO	1,732	1,056	2,640	76	320	320	138	458	2,184
第3経済区 SIKASSO	1,656	1,047	2,617	106	349	349	192	541	1,792
第4経済区 SEGOU	1,950	1,148	2,870	75	308	308	135	443	1,836
第5経済区 MOPTI	1,891	941	2,353	104	337	337	195	532	911
第6経済区 TOMBOUCTOU	633	275	687	52	114	114	39	153	459
第7経済区 GAO	275	156	390	66	175	175	39	214	217
合計	9,449	5,462	13,655	582	1,965	1,965	924	2,889	9,011

表2-2 水利部門の投資額と公共投資に占める割合

内訳 年度	国内資金		外国援助		合計	
	金額 (百万CFA)	割合 (%)	金額 (百万CFA)	割合 (%)	金額 (百万CFA)	割合 (%)
1987	954	6.6	18,796	24.0	19,740	21.3
1988	864	6.7	16,191	21.3	17,055	19.2
1989	1,144	7.4	8,443	12.2	9,587	11.4
1990~1992	859	1.9	21,434	9.8	22,293	8.4

2-2-2 給水行政組織およびその現状

マリ国の給水行政は、産業・水利・エネルギー省が地下水開発計画の具体化と実施方針を立案した後に、地下水開発計画に基づき、同省傘下の水利・エネルギー局が管井、井戸作業局が筒井戸建設工事を実施する専門分担制の行政組織となっている。

(1) 水利・エネルギー局 (DNHE)

図2-6に示す組織より構成され、水分析室、水理地質部、都市水利・電気部、測量部、バマコ電気部、水文部、河川航行部の7部と住民教育プロジェクト部より構成されている。

利水計画の担当は水理地質部で、産業・水利・エネルギー省で決定された地下水開発計画の基本方針に従って、水資源の開発・利用を目的とした調査・試験、地方部の給水施設計画の具体化、実施方針の企画と指導及び管井プロジェクトの推進等を実施している組織である。

(2) 井戸作業局 (DNOP)

同局は、1974年8月15日付け政令により設置され、1979年迄は水利・エネルギー局の1部門であったが、1979年から1989年迄は自然資源・牧畜省の所属となり、現在は産業・水利・エネルギー省傘下の1局と成り、筒井戸の建設、配備、管理等を行い、農民及び牧畜に水を供給することを任務としている。

これまでの作業実績は800件の大口径コンクリート打ち筒井戸を建設し、現有する井戸掘りチームの数から年間約100件の筒井戸建設が可能である。

組織は図2-7に示すが、中央の局に局長1名と技術、管理、機材、経理及び調達等の5部門を持ち、カイ、バマコ、セグー、モプテイ、ガオ、トンブクツの6箇所の地方支局と16箇所の地区事業支局を有する。

2-3 関連計画の概要

2-3-1 国家開発計画及び水利開発計画の位置付け

マリ国では「国家開発5ヵ年計画」(1987~1991年)を策定しているが、当計画書には次の5大最優先課題を掲げ、その実施がうたわれている。

- (1) 食糧自給の追求
- (2) 早魃と砂漠化への対応
- (3) 経済成長をもたらすべき産業・商業活動の持続的・健全な立て直しによる雇用の促進
- (4) 住民の基本的な水需要の充足及び衛生教育
- (5) 国内外隔絶の打破

これらの課題は、その後実施状況がチェックされ、これを捕捉・修正した「投資3ヵ年プログラム」(1990~1992年)が公表されているが、水利部門関係に関しては5ヵ年計画の課題が継承され、具体的には以下項目が重要課題として上げられている。

- (1) 食糧の自給体制の確立
- (2) 長期的な飲料水の確保

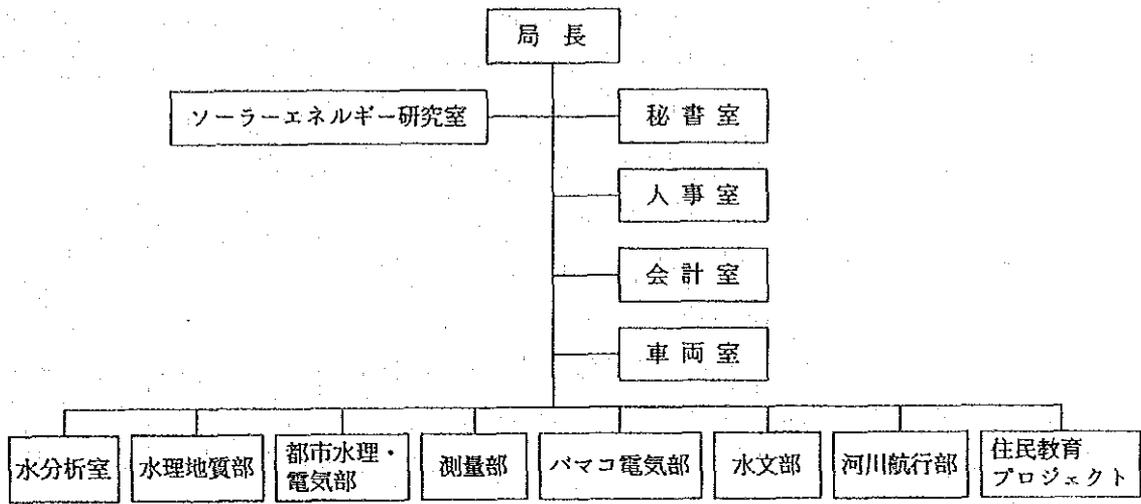


図2-6 水利・エネルギー局 組織図

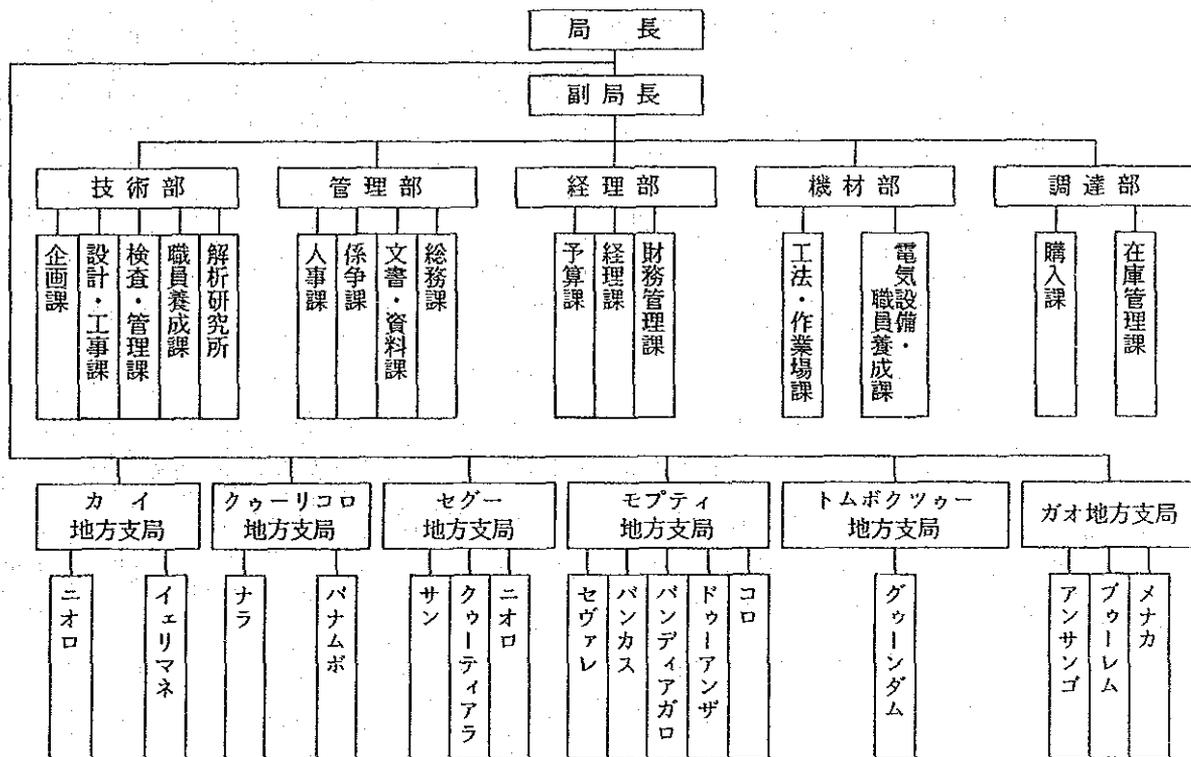


図2-7 井戸作業局 組織図

(3) 砂漠化・乾燥化への対応

住民への給水施設の確立は、常に社会生活の基本的問題であり、また、生活用水の確保が住民の定住を促し、かつ住民の衛生状態の改善という点も付加される。従って、量的にも満足が行く状態まで水資源を開発・利用することは、上記の課題を達成することにもなる。

これらの課題を実行する為に、水利・エネルギー局では給水計画策定の基礎として、1人1日当り給水量をDIEPAの提起した次の値を基準としている。

20 ℓ …………… 筒井戸等による村落給水

40 ℓ …………… 給水施設をもった集落地方井戸

また、井戸建設地の選定は、各村落の現地要望資料を基に、以下の選定方法と選定基準によりリストアップし、表2-3に示す計画を策定している。

① 選定方法

村落住民要望を村長、郡長経由で経済区長（知事）でまとめ、産業・水利・エネルギー省で検討し決定する。

② 選考基準

- ・ 近年の渇水で伝統井戸を始めとする既存水源の疲弊の生じている村落を優先する。
- ・ 既存水源迄の距離5km以上の村落を優先する。
- ・ 村落住民の人口を重視し、井戸建設は1本当り400人の被益人口を有する村落を優先する。

2-3-2 水利プロジェクト

住民に対する水供給を主旨とした国家開発計画実施のための外国資金援助の状況は次の通りである。

(1) 村落部水利セクター

- ① 国連開発計画（PNUD）：活動は、計画の策定、見積及び水資源の管理に位置付けられる。1969より1980年まで、PNUDは600以上ものポンプ付き管井を建設している。
- ② ヨーロッパ開発基金（FED）：第1、2経済区で筒井戸300本の建設。
- ③ 世銀：第1経済区で水場500本の建設、またBafoulabe, Kenieba地区で共同プログラムも予定している。
- ④ デンマーク援助：第3経済区（Sikasso）で水場400箇所の建設
- ⑤ イタリア援助：第2経済区（Koukikoro）で水場600箇所の建設
- ⑥ スイス援助：第3経済区（Sikasso）で水場330箇所の建設
- ⑦ フランス援助：第4経済区（Segou）で水場330箇所の建設
- ⑧ サウジアラビア援助：第2、4経済区で水場1,000箇所の建設
- ⑨ クウェート基金：第6経済区（Tomboctou）で水場110箇所の建設
- ⑩ イスラム開発銀行：第6経済区にたいしクウェート基金と共同出資
また、次のプロジェクトについて現在交渉中である。

表2-3 地方農村部における地下水開発計画（最終年度1995年）

地域名	村落（1500人以下）					① 地方中心地（1500人以上）				1988～1995の 新規必要給水点		該当投資額 （×10 ⁶ CFA）		
	村落数	(当該) 村落人口数 （×1000）	給水点 必要数	既存 給水点 （1988）	新規 給水点	市数	当該 人口 （×1000）	建設管井数			計	年間	計	年間
								1井/400人 40%	簡易水道 60%	計				
1.KAYES	1,312	839	2,089	1,612	477	103	362	362	186	548	1,034	148	5,533	790
2.KOULIKORO	1,732	1,056	2,640	2,184	456	76	320	320	138	458	914	131	4,912	700
3.SIKASSO	1,656	1,047	2,617	1,792	825	106	349	349	192	541	1,366	195	7,449	1,065
4.SEGOU	1,950	1,148	2,870	1,836	1,034	75	308	308	135	443	1,477	211	8,160	1,165
5.MOPTI	1,891	941	2,353	911	1,442	104	337	337	195	532	1,974	282	10,952	1,565
6.TOMBOUCTOU	633	275	687	459	228	52	114	114	39	153	381	54	2,076	295
7.GAO	275	156	390	217	173	66	175	175	39	214	387	55	2,065	295
合計	9,449	5,462	13,655	9,011	4,635	582	1,965	1,965	924	2,889	7,533	1,076	41,149	5,875

上表は以下の基準による

1995年の水の総需要をカバーするための新規必要給水点

- a) 1500人以下の地域：400人に1本の管井（20ℓ/人/日）
- b) 1500人以上の地域：60%の人には1地域3本の管井（簡易水道のついた）
40%の人には400人に1本の管井（20ℓ/人/日）

① 1988年においては、簡易水道完備の村落は皆無との仮定による。

- ① 西アフリカ経済基金 (CEAO)：第5経済区 (Mopti), 第6経済区で主に筒井戸433箇所の建設
 - ② ヨーロッパ開発基金：第5経済区で主に Forages による水場の建設
 - ③ イタリア援助：第2経済区におけるプロジェクトの延長
 - ④ 世銀：第1経済区 (Kayes) 内での水場建設
 - ⑤ スイス援助：第3経済区における管井建設
- (2) 都市部水利セクター
- ① 世銀：都市部に於ける水供給
 - ② フランス援助：第3経済区 Koutiala に於ける水供給
 - ③ 国連資機材基金：フランス援助と資金負担で第3経済区 Koutiala プロジェクトに参加する
- 他, 次のプロジェクトの実行,
 即ち, ・ Segou-Kati ポンプステーションの建設
 ・ Segou 水道, 衛生状況の改善

2-4 要請の経緯と内容

本計画は, 表2-5に示すように, 日本政府が実施した過去の協力援助 (1978~1981年度の計画調査, 1981, 1983及び1985年度の無償資金協力) の延長上にある。

2-4-1 当初要請の内容

マリ国に於ける村落給水事情の現状に鑑み, 井戸作業局及び水利・エネルギー局は, マリ国政府産業・水利・エネルギー省を通じて管井掘削機材及び村落給水施設等を骨子とする無償資金協力を日本国政府に要請した。

これらの要請は, 次の2つの要素から成っている。

1) 掘削機材整備

井戸作業局に水源掘削工事の為及び散在する諸施設との通信手段強化の為に必要な機材配置をその内容とし, 目的は次の通りである。

- ① 掘削機材は, 筒井戸掘削前にボーリングによる試掘を実施することにより, 井戸建設作業の精度を上げ, かつ, 井戸作業局が管井工事もを施工できるようにし, その事業展開を広範なものとする。
- ② 通信機材は, 地方支局との通信網の確立から, 現場工事状況等の把握を行い, 効率的に事業展開を図る。

具体的要請は表2-6のとおりである。

表2-4 マリ共和国の水利プロジェクトとその資金

プロジェクト名	資金	担当	事業内容	実施場所	期間	資金額
地下水開発プログラム	スイス	DNHE	生産管井 200 手動ポンプ 200	Bougouni Yanfolils Kolondieta	1986 ~89	6,348,000 FS
農村給水プログラム	アフリカ開発基金 イスラム開発銀行 クウェート	DNHE	調査管井 190 給水地点 110	Liptako -Gourma	1986 ~91	27,511,000 US \$
マリ生活水プロジェクト	フランス援助基金	DNHE	管井 390 既存井戸改善	San, Maoina Tominian, Yorosso, Bia	1987 ~89	2.14E+09 FCFA
地方農村給水プロジェクト	欧州開発基金	DNHE	生産管井 300 ポンプ設置	Nara, Diema Nioro	1988 ~89	4,059,000 ECU
農村給水第二次プログラム -CEAO	クウェート基金	DNHE	給水地点 500	Youvanou Niafounke	1988 ~90	2.25E+09 FCFA
地方住民衛生的水プログラム	国連児童基金	DNHE	生産管井 400 手動ポンプ 400 DNHE 拠点 6カ所	Segou, Mopti Koulikoro Tombouctou	1986 ~88	12,000,000 US \$
農村給水第一次プログラム -CEAO	アフリカ開発基金	DNHE	生産管井 260 手動ポンプ 260 近代筒井戸 10	Kayes, Diema Yelimane Nara, Banamba	1988 ~92	6,080,000 UC-FAD
村落給水プログラム	イタリア協力	DNHE	生産管井 600 手動ポンプ 600	Koulikoro, Kati Kangaba, Bamako	1986 ~88	
シカソ、カジョ ロサークル内 給水プログラム	デンマーク協力	DNHE	生産管井 400 手動ポンプ 400 シカソにDHEN 拠点 1	Sikasso, Kadiolo	1988 ~92	38,000,000 CD
Kaarta-ODIK 大規模地下水 開発計画	カナダ協力	農業省	生産管井 250 P-C 20	Nioro, Diama Yelimane	1987 ~89	5,200,000 CAN \$
農村給水計画	?	DNHE	生産管井 250 筒井戸	Bandiagara	1988 ~92	
モプチ農村 給水計画	仏経済協力基金	ODEM	管井 44 給水点 26 筒井戸 8	Karouassa Senomango Mema-Doura	1986 ~88	420,000,000 FCFA
地方農村 確認計画	米国際開発事業団	DNHE	生産管井 82 P-C 40	地方	1986 ~87	320,493,600 FCFA
地方給水計画	サウジアラビア	DHEN	生産管井 300 手動ポンプ 300	Segou	1988 ~90	4,528,000 US \$
牧畜開発計画	欧州開発基金 イタリア援助		管井 300 P-C 13 筒井戸改良 64	Menaka Ansongo In Tillit	1987 ~91	5,250,000 US \$
地方住民 食料供給計画	モンドール銀行	DNHE	生産管井 150 手動ポンプ 150	Kita, Bafoulabe	1988 ~89	3,000,000 US \$
Mari-Sud/2 計画avenent1	サウジ国際開発基金	DNHE	生産管井 130 手動ポンプ 130	Sikasso Koutiala	1988	261,000,000

プロジェクト	主要対象地域	プロジェクトタイプ	期間
① スイス援助	Bougouni - Kolondicba - Yonfolila	IV	86~89
② デンマーク援助	Sikasso - Kadiolo	IV	88~92
③ イタリア援助	Koulikoro - Kaji, Kongaba - Bamako	IV	86~89
④ モンテール銀行	Kila - Batoulabe	IV	88~89
⑤ 米国際研究	Piezometre Relencuc de Hanantali	ET	1988
⑥ アフリカ開発基金	Kayes - Yelimanc - Diema, Nara - Banamba	IIVP	86~88
⑦ カナダ援助	Nior - Diema - Yelimanc	IV	87~89
⑧ 欧州開発基金	Nara - Diema - Nioro	IV	88~89
⑨ サウジ援助	Sikasso - Koutiaia	HV	88
⑩ 仏経済協力基金	San - Iominian - Bia - Macina	IV	87~89
⑪ ?	Bandiagara	IV	88~92
⑫ クウェート基金	Youvarou - Niafunke	IIVP	88~90
⑬ 仏経済協力基金	Karauassa - Sanomango - Mema - Dioura	IIF	86~89
⑭ サウジ援助	Region de Segou	IV	1988
⑮ リプタゴングルマ開発	Region de Iombouctou et Gao	IIP	86~91
16 欧州開発基金、イタリア援助	Gao - Ansongo - Menaka	IIP	86~91
17 国際児童基金	Koulikoro, Segou - Mopti - Gao - Iombouctou	IV	88~92

プロジェクトタイプ: HV : 村落給水
HVP : 村落、灌漑給水
HP : 灌漑給水
HT : 調査

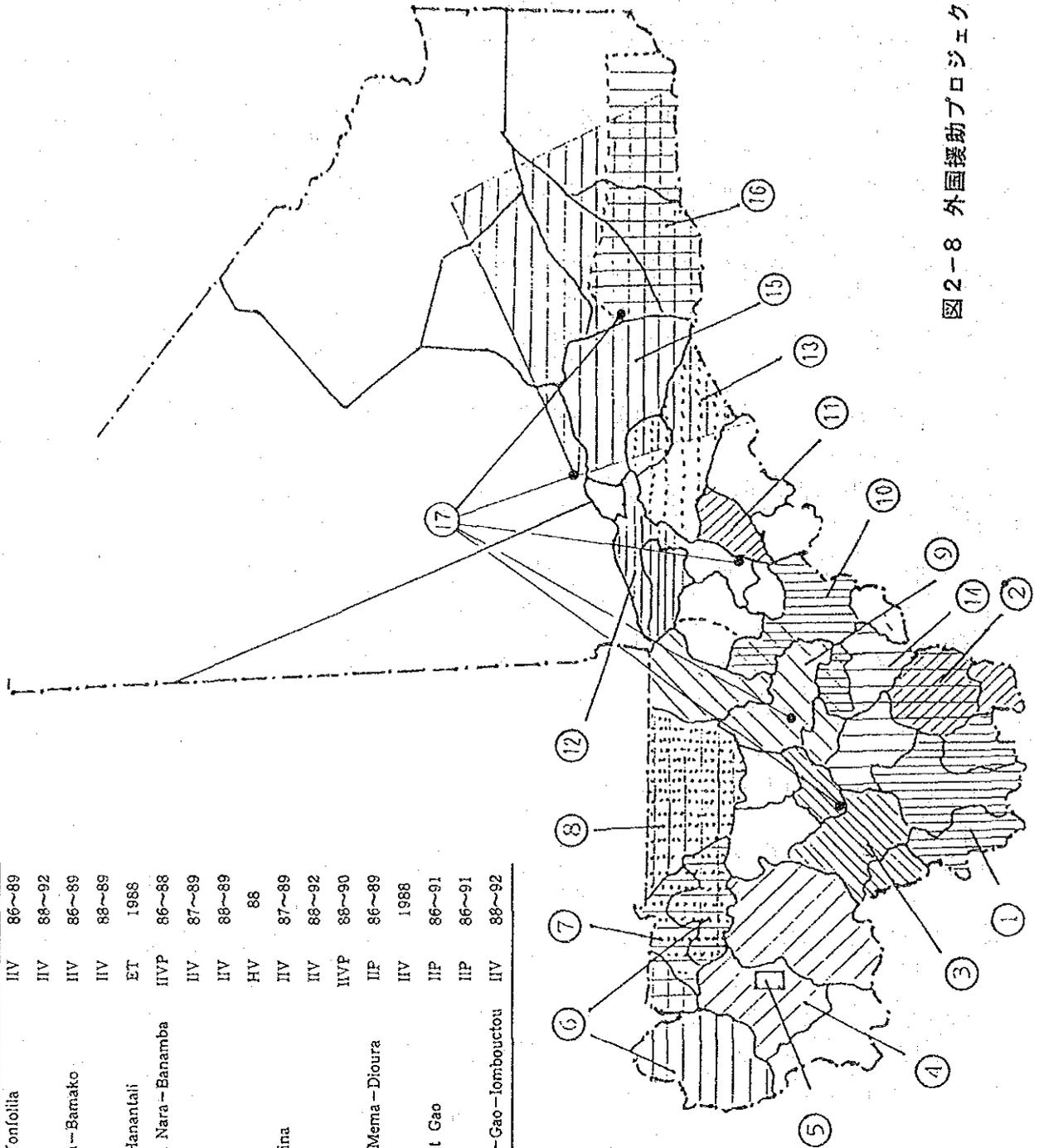


図2-8 外国援助プロジェクト分布図

表2-5 マリ共和国第7経済区 施工実績一覧表

項目	年度	昭和53年度				56	57	58	59	60	マリ国 実 施	計
		54	55	56	57							
種別	年/月	開 発 調 査				無償資金協力	無償資金協力	無償資金協力	無償資金協力	無償資金協力		
		S54/1~54/3	S55/10~56/3	S56/10~57/3	S56/11~58/3							
作業内容	資料収集 電気探査 基地建設	S54/11~55/3	S55/10~56/3	S56/10~57/3	S56/11~58/3	ガオ基地の整備 電気探査 ボーリング8孔	ガオ修理工場 ボーリング14孔	キダル, アンソン ゴ修理工場 ボーリング20孔	ボーリング20孔	S60/6~61/6		
		ガオ基地建設 電気探査 ボーリング3孔	アンソンゴ基地 電気探査 ボーリング5孔	ガオ基地の整備 電気探査 ボーリング8孔	ガオ修理工場 ボーリング14孔	キダル, アンソン ゴ修理工場 ボーリング20孔	ボーリング20孔					
協力内容	供与資材	ジープ, ビップア ップ各3 電探器, 無線機, ブレハブ	車両パーツ 基地資材 ボーリング材等 のパーツ	車両パーツ 基地用資材 キャンプ用資材	ボーリング材1台 車両5台 パーツ類	車両8台 スベアパーツ キャンプ用資材	車両5台 スベアパーツ					
		ボーリング機1台 車両4台 ハウス4棟 発電機 他										
サークル別の 掘井実績(本)	キダル ブレーム ガオ アンナゴ メナカ	2 (1)	2 (1)	6 (2)	12 (1) 0 (1)	5 (3) 4 6 (1) 4 3 (1)	4 (3) 4 (1) 5 (2) 4 (1) 4	5 3 8	14 (6) 11 (1) 41 (7) 10 (3) 7 (1)			
計		2 (1)	4 (1)	6 (2)	12 (2)	22 (5)	21 (7)	16	83 (18)			

() 内は空井戸数

表2-6 掘削機材整備案件に関する要請資料リスト

項 目	数量
ボーリング機械 掘削長150m級	2台
コンプレッサー	2台
自走運搬車	2台
掘削機材部品	2式
運搬用トラック	2台
発信機・受信機	20式

2) 井戸掘削整備

井戸掘削整備は、マリ国北東の第7経済区を対象とし、5ヵ年間をかけて、50本の管井、過去の管井のP-C化、人口2,000人以上の村落及び郡長所在地への簡易給水施設の建設で、これを次のスケジュールで実施する事を要請している。

①初年度

ボーリング機械の調整、稼動
ガオサークルに13本の管井掘削
既存管井10本のP-C化

②第2～3年度

ブーレム、キダルサークルに管井20本掘削
ブーレム、キダルサークルにP-C 10本建設
ガオサークルに簡易給配水施設13ヵ所建設

③第3～4年度

メナカサークルに管井7本掘削
メナカサークルにP-C 10本建設
アンソングサークルに管井13本掘削
ブーレム、キダルサークルに簡易水道21ヵ所建設

④第4～5年度

アンソングサークルにP-C 20本建設
アンソング、メナカサークルに簡易水道20ヵ所建設

この要請を定量的に検討すると以下のとおりとなる。即ち、村落総人口156,000人、井戸建設は1本当たり400人の目標値と既存施設217本（管井158本、筒井戸59本）から必要井戸本数を単純計算により目安をつけると、

対象受益者 : 156,000人 - 400人 × 217本 = 69,200人

必要井戸本数 : 69,000人 ÷ 400人/本 = 178本

同様に、計画給水量 $20 \ell / \text{人} \cdot \text{日}$ 、揚水量、揚水稼動時間8時間より必要本数を算出する。即ち1回当りの汲上げ量を 15ℓ 、1回の汲上げに要する時間が5分、また同時に4人の汲上げ作業を行うとすれば、

$$\text{1日当りの総給水量} : 69,200 \text{人} \times 20 \ell / \text{人} = 1,384 \text{ m}^3$$

$$\text{8時間稼動の揚水量} : (15 \ell \div 5 \text{分}) \times 60 \text{分} \times 8 \text{時間} \times 4 \text{人} = 6.1 \text{ m}^3$$

$$\text{必要井戸本数} : 1,384 \text{ m}^3 \div 6.1 \text{ m}^3 = 227 \text{本}$$

以上の概略検討によると、必要井戸本数は173~227本となり、マリ国側の50本の管井建設、P-C井50本、簡易給配水施設54箇所の建設計画は、生活用水困窮度による村落のランク付けを行い、リストアップしたもので、本計画の目標年度を1995年としている事から勘案し、地域住民の生活環境の改善上から必要かつ最小限の計画である。

2-4-2 現地調査結果

調査団が、当初の要請に示される各計画に関して現地調査を行った結果は、以下の通りである。

1) 掘削機材整備

井戸作業局は、外国援助プロジェクトの筒井戸建設請負いを主要業務としているのが現状である。従って、要請された機材が整備されても機械操作に関する技術スタッフの整備には産業・水利・エネルギー省からの技術者移籍や新規雇用などを必要とし、かつ、技術移転を図るにも、機材の使用の具体性が無く、利用計画が明確に成っていない。

以上の観点から、現状では単なる機材供与を行ってもその効果が十分に発揮されないと判断され、建設工事迄を含めた援助が必要である。

2) 井戸掘削整備

本件に関し、第7経済区中の4サークル(キダル、ブーレム、ガオ、アンソング)中の既存施設及び施設計画地等を視察した。

地下水分布状況はニジュール河近傍の沖積平坦地内では浅く安定しているが、これら地下水層もニジュール河から離れると地形標高の上昇により水位が深くなり、この為管井に取り付けられた手押しポンプでは、単位時間当りの揚水量が少なく、ポンプ使用頻度が高い為にポンプ寿命が短くなり、村民の経済力では十分にメンテナンスできない地域が存在する。

これらの解決策として、管井のP-C井への改良を計ってきているが、この場合は人力汲上げになりメンテナンス問題もなく、長期的使用に耐えることが立証されている。

他の揚水方法として、エンジンポンプ、エアリフト、風車、ソーラー電気等を一部で使用しているが、これらは各地域の維持管理能力により成否がわかれ、長期的見地から見ると成功箇所が限られているため、現状では簡易とはいえ機械化した揚水施設の導入は時期早尚である。

2-4-3 協議の経緯

調査団とマリ国の本計画関係者との間で、要請内容について協議した結果、当初の要請に含まれる各計画に対するマリ国側の優先順位は、国家開発5ヵ年計画にある「飲料水確保」に従い、プログラムが具体的な「第7経済区給水計画」（井戸掘削整備）である事が確認された。

しかしながら、調査団による現地視察の結果、要請された計画の内、簡易給水施設の設置は、既存管井のメンテナンス状況からみて施設の維持管理能力に疑問があり、現状では時期早尚と判断され、揚水形式は最も単純な人力汲上げによる方法が現実的であるとの合意が得られた。

協議の結果を取りまとめた協議議事録（添付資料1参照）は、調査団中谷団長とマリ国水利・エネルギー局局長代理シディベ氏とにより2月13日に署名交換された。

第3章 計画地域の概要

3-1 計画地域の位置及び社会・経済事情

調査対象地域は、マリ国の北東部位置する第7経済区で、中～南部の各経済区と比較すると砂漠地帯が多くを占め、第6経済区と共に地域開発の遅れている地方である。

当経済区はガオ (Gao)、アンソング (Ansongo)、キダル (Kidal)、ブーレム (Bourem)、メナカ (Menaka) の5サークル (CERCLES) で構成され、マリ国の首都バコマからガオ迄は1,200kmの距離があり、交通としてはかつて空路、陸路及びニジェール河の船舶利用があったが、現在ではかつての悪路も改善され陸路が一般に利用されている。

その他、舗装道路はバマコから隣国の象牙海岸に至るもの及び、サンから隣国のブルキナ国に至るもの、等数ルートだけである。

道路網は、添付資料に示す通りであるが、それらは主要道路と地方連絡道路に大別される。

主要道路：幅員 $6\sim 6.5\text{m} + 1.5\text{m} \times 2 = 9\sim 9.5\text{m}$

主要都市を連絡し、雨期でも交通通行可能である。アスファルト完全舗装道路、一部舗装道路、未舗装道路のラテライト道路よりなる。

地方連絡道：最小幅員 2.0m 幅員形状は明瞭ではない。

主要都市を連絡する幹線であり、道路状態は未舗装及び未完成で、特に、調査地周辺の第6、7経済区内の地方道では砂地路面が多く、前輪駆動車以外の通行は困難であり、雨期には大部分の交通が困難となる。

第7経済区5サークルの人口分布は表3-1に示す通りであるが、村落数373の村落当り面積は863k²と広く集落の分布は水場付近に点在している。産業は、ニジェール河沖積地内で零細な農業が行われているが、大部分は牧畜で生計を立てている。

3-2 自然条件

3-2-1 気候

第7経済区は、Thorntwaiteによる気候区分の「乾燥気候帯」に属し、McGinniesの区分による「乾燥気候・夏雨期・寒気平均気温10～20°・暖気平均気温20～30°」にあたる。またサヘル地帯から北部のサハラ地帯迄にまたがり、点在する草木の育成は可能であるが、安定的な食糧生産には不十分な降水量地帯とされている。

第7経済区の年間降雨量は、ガオ周辺で200～300mm、アルジェリア国境付近では23mmに過ぎず、等雨量線はほぼ東西に延び、北側ほど降雨が少なくなる。雨期は5～10月でこの間の月間降雨量は1～150mm、そのうち6～9月に6～150mm/月、中でも8月には50～150mm/月に達する。

ガオ市の月間降水量及び月平均気温を次表に示すが、気候条件から3～5月が酷暑期にあたり、6～9月に雨が集中し、この間の作業効率は低下する。

表3-1 第7経済区サークル別人口分布一覽表

サークル名	面積 (km ²)	1976年調査	1987年調査			人口密度 (人/km ²)
			全人口	都市居住者	村落居住者	
ガオ	26,900	117,486	148,886	54,874	94,012	5.53
アンソング	22,800	85,622	76,896	12,392	64,504	3.37
ブーレム	41,000	90,703	73,134	5,528	67,606	1.78
キダル	151,400	25,454	34,813	3,750	31,063	0.23
メナカ	79,800	51,630	50,005	8,877	41,128	0.63
合計	321,900	370,903	383,734	85,421	298,313	1.19

表3-2 ガオ市 月間降水量・月平均気温、最高気温

年 月	1986			1987			1988		
	気温 (°C)		降水量	気温 (°C)		降水量	気温 (°C)		降水量
	平均	最高		平均	最高		平均	最高	
1	21.7	31.9	0.0	23.4	35.7	0.0	22.6	32.6	0.0
2	26.4	37.3	0.0	26.6	37.6	0.0	26.5	36.9	0.0
3	23.1	38.6	0.0	30.0	40.0	0.0	31.3	40.4	0.1
4	35.5	41.1	0.0	32.3	42.4	0.0	35.2	41.8	0.0
5	35.9	38.9	0.0	37.4	40.2	1.7	36.2	42.2	0.5
6	35.9	35.7	3.8	35.4	35.6	8.9	35.7	35.8	23.4
7	31.8	31.4	26.6	35.2	35.0	22.3	32.5	32.3	33.2
8	32.8	32.2	64.7	33.2	32.5	9.0	31.0	31.7	35.0
9	31.5	31.8	43.3	33.7	31.4	12.7	31.8	32.8	58.9
10	32.7	34.9	0.0	33.1	34.8	0.0	32.1	35.7	0.0
11	27.9	34.9	0.0	28.7	36.2	0.0	27.4	35.8	0.0
12	21.8	33.2	0.0	24.7	34.8	0.0	21.9	32.8	0.0
	30.0	35.2	138.4	31.1	36.4	151.1	30.0	35.9	151.1

3-2-2 地形・地質

(1) 地形

計画地域の地形は、北ないし北東部にチトリーヌ、アドラル・デ・イフォラス等の山塊が分布し、南西部にニジェール河が南流しているが、北東部の山地とニジェール河の間は北からニジェール河へ注ぐテルミシ谷を含んだユールムダン堆積盆地の平坦面が広がっている。

(2) 地質

対象地域の地質構造は、アドラル・デ・イフォラスとグルマ山塊の基盤岩を覆ってコンチネンタルインターカライル (C.I), 上部白亜系, 第三系 (コンチネンタルターミナル以外の第三系), コンチネンタルターミナル (C.T), 第四系であるが、これらは下位から上記の順序で累重し、南に緩く傾斜する。一方、テルミシ谷北西の第三系以深の地層は、褶曲作用を受け複雑な構造を呈し、これをC.Tが覆う。第四系は、ニジェール河沿岸付近に比較的厚く堆積し下位の砂層と上位の泥質層からなり、石英れきを挟む場合がある。

以上の地質環境での地下水は、自由面地下水と被圧地下水に区分され、前者は通常40mまでの浅いもので、後者はさらに深い深度の滞水層に賦存する。自由面地下水はニジェール河沿岸の第四紀層とキダル、グルマの基盤岩地域の風化帯や涸れ川の砂礫層に賦存するもので、従来から浅い素掘井戸によって広く利用された。

一方、被圧地下水は基盤岩の露出する山岳部を除く堆積岩で構成される地域にあって、地質的には第三紀層及びそれより古い地層の滞水層に賦存する。

3-2-3 水理地質状況

(1) 地下水の賦存状況

本計画で開発対象とされる地下水は、大きな早魃にも渇水しない被圧地下水が主であり、これを賦存する滞水層は前回の開発調査結果によると深度130m迄に2~3層の存在が推定されている。これらの限界揚水量としては、2~12 m³/hが期待される。また、基盤岩露出地域においては、地下水が集中して流れている地下谷や基盤岩中の割れ目に滞水する裂カ水が開発の対象となる。

対象地域に分布する地層と地下水との関係は以下の通りである。

1) 基盤岩地帯の滞水層

① アドラル・デ・イフォラス

対象地域北部で、主にキダルサークル内に分布する滞水層である。地下水は地下谷や地下水盆を形成する基盤の凹部や基盤中の風化帯や割れ目に賦存する。

② グルマ

対象地域東南部アンソンゴサークル内の基盤岩分布地帯の滞水層がこれに相当し、基盤岩の凹所や割れ目の地下水脈を対象とするが、それらの涵養源はニジェール河で、乾期においても水位の低下は少なく、優れた滞水層が形成されている。

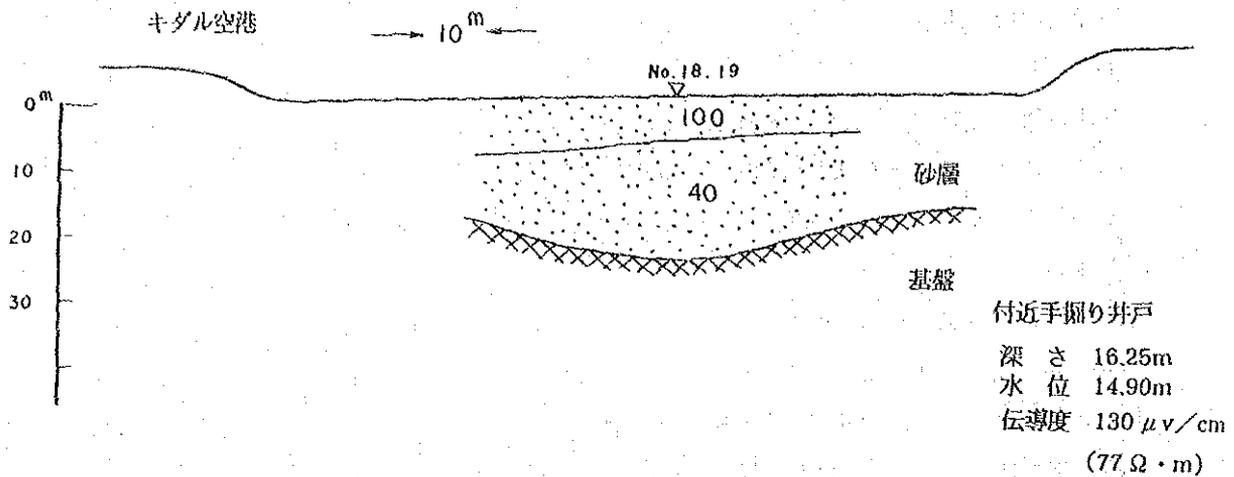


図3-2 基盤岩地域（キダル）の水理地質構造

2) 第三系分布地帯の滞水層

前項アドラル・デ・イフォラス山地とグルマ山地に挟まれたスーダン海峡に分布する滞水層がこれに相当する。この地域には早魃時にも渇水しない被圧地下水層が分布し、第7経済区にあっては、最も注目される重要かつ利用度の高い地域である。

前回の開発調査によると、滞水層となり得る地層が少なくとも3層存在する（表3-3）。この内最上位のもの（滞水層1）は、局所的な地下水と考えられることから、滞水層2あるいは滞水層3が開発対象となる。

滞水層2と滞水層3はそれぞれ深度40~90m、90~110mに在り、両滞水層からの同時採水による限界揚水量は合計2~12 m^3/h が期待される。

表3-3 第三紀層の帯水層とその標高

帯水層	調 査 地 区				
	ハマクラジ	アンソンゴ	ジュボック	アルガベッシ	ティンテネラン
試錐地点の標高	257.0m	251.8m	279.0m	261.6m	290.0m
帯水層1	209	229	251		242
帯水層2	179	206	197	194	208
帯水層3	151	141	184	171	

ジュボック (DJEBOCK 東西断面)

縮尺 1:2,000

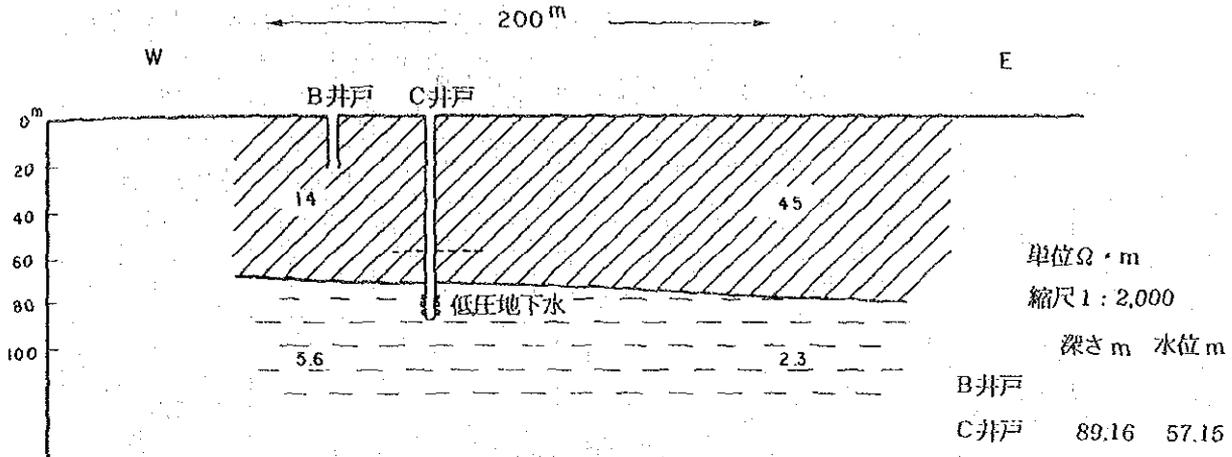


図3-3 第三紀層分布帯水理地質構造

3) ニジェール河沿岸の滞水層 (第四紀層の滞水層)

本地域の第四紀層に属する第四紀層は浅所に分布し、この滞水層の地下水は主にニジェール河から補給を受ける自由面地下水である。

砂礫で構成される滞水層の底部はニジェール河付近で深度19~50mであり、これから450~800m内陸側で19~20mとなり、河側で低く内陸側で高くなる傾向がある。しかし、静水位はこれと逆の傾向を示すことから、飽和層の厚さはニジェール河付近で11~45m (標準的には約20m)、内陸側で4~14mとなる。

滞水層の限界揚水量は $3.5 \sim 12 \text{ m}^3/\text{h}$ が期待できる。

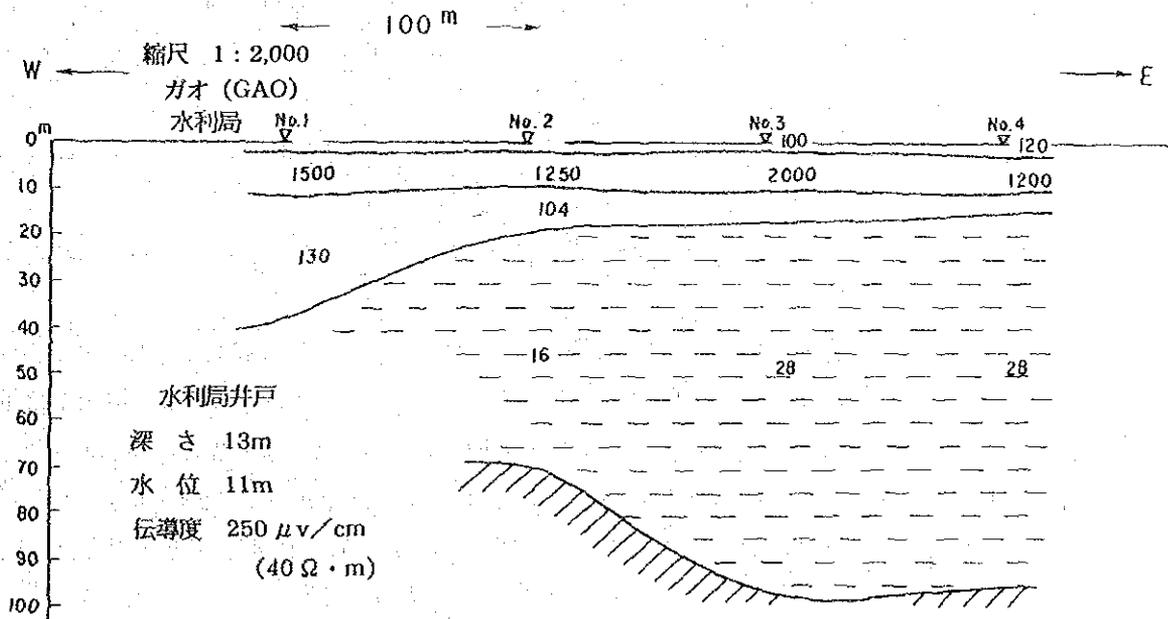


図3-4 第四紀層分布帯水理地質構造

(3) 既存井戸と地下水

1) 既存井戸

マリ国における1980年から1988年の9年間に開発された筒井戸と管井を表3-4に示した。

表3-4 筒井戸と管井の建設状況

年	建設本数		成功井戸数		成功率		揚水量 (m^3/h)	揚水量/管井 (m^3/h)
	管井	筒井戸	管井	筒井戸	管井	筒井戸		
1980	741	25	413	25	55.7	100	2,274	5.5
1981	725	42	449	42	61.9	100	2,384	5.3
1982	583	81	409	81	70.2	100	2,254	5.5
1983	653	107	416	107	63.7	100	2,264	5.4
1984	777	81	569	81	73.2	100	3,423	6.0
1985	1,473	139	964	139	65.4	100	5,104	5.3
1986	1,876	216	1,395	216	74.4	100	7,745	5.6
1987	1,641	268	1,232	268	75.1	100	8,112	5.5
1988	1,680	102	1,260	102	75.0	100	6,935	5.5
合計	10,149	1,061	7,107	1,061	68.3	100	40,495	5.7

マリ国においては、最近は年間1500本程の管井が成功率70%程度で掘削されており、筒井戸は100~270井が毎年掘削されている。また、これにより獲られる水は5~8千 m^3/h で、管井1本当たりでは5.5 m^3/h である。

各資料による井戸の成功率は表3-4に示す通りであり、井戸成功率は55~75%の範囲にあるものと言える。

電気探査結果からみても、地域の水理地質条件は良好とはいえず、かなりの不成功率を見込む必要があると言える。

一方、対象地域である第7経済区では、表3-5に示すように既存の管井158本の内、半分以上の85本が日本の協力により掘削されている。ただしこれには、日本の無償資金協力が終了した後、供与された掘削資機材を用いてマリ国自身で掘削した管井16本が含まれている。

建設された井戸の揚水設備としては、対象地域に最も効果的に適用するピュイシテルン(p-c)の揚水設備が21箇所、手動ポンプ30箇所、電動ポンプの4箇所となっている。

表3-5 第7経済区における管井とその揚水量（サークル別）

	MENAKA		GAO		KIDAL		ANSONGO		BOUREM		合計	
	本	m ³ /h	本	m ³ /h	本	m ³ /h	本	m ³ /h	本	m ³ /h	本	m ³ /h
日本の国際協力												
プイシテルン	3	34.7	9	99.3	0	0	3	52.8	6	20.5	21	207.3
電動ポンプ	0	0	4	67.4	0	0	0	0	0	0	4	67.4
手動ポンプ	0	0	18	39.0	6	7.5	4	-	2	5	30	51.5
エンジンポンプ	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-
水無し	1	0	7	0	6	0	3	0	1	0	18	0
設備なし	4	9.0	2	85.2	3	20.2	0	18.6	2	23.2	11	156.2
計	9 (1)	43.7	40 (7)	290.9	15 (6)	27.7	10 (3)	71.4	11 (1)	48.7	85 (18)	482.4
日本以外のプロジェクト	34	313.7	17	108.9	4	24.0	6	23.4	12	63.5	73	533.5
合計	43	357.4	57	399.8	19	51.7	16	94.8	23	112.2	158	1015.9
人口	50,005		148,886		34,813		76,896		73,134		383,734	
管井1本当り人口	1,163		2,612		1,832		4,806		3,179		2,429	

() 内は空井戸数

過去の日本援助により建設された管井の状況は表3-6のとおりで、掘削数85本の内、67本が生産井で、成功率は78.8%であった。

表3-6 削井工事結果一覧表

期 間	掘進長累計 (m)	平均深度 (m)	掘削本数	生産井数	空井戸数	成功率 (%)
開発調査	1,284.70	80.29	16	12	4	75.00
無償第1年次	1,297.90	92.71	14	12	2	85.71
無償第2年次	2,695.50	99.83	27	22	5	81.48
無償第3年次	2,695.35	96.26	28	21	7	75.00
合計	7,973.45	93.81	85	67	18	78.824

キダルサークル 掘削本数 15本 生産井数 9本 成功率 60%

キダルサークルを除いた地区 掘削本数 70本 生産井数 58本 成功率 83%

2) 筒井戸の形状

a) 伝統井戸

人力素掘りで径0.8~1.8mである。井戸の深さは6~40m程度であるが、水深が浅いものが多く乾季には水涸れするものが多い。土砂の浸入、崩壊による穴詰まりがあるため、1~2年で井戸洗いをする。

b) 近代筒井戸

鉄筋コンクリート製井戸であり、口径1.8~2.0mが普通である。井戸の深さは80mに達するものもあるが、40m程度のもが多い。直接井戸底に湧きだした地下水を汲み取る井戸と被圧地下水を対象として管井と組み合わせる井戸(P-C井)があるが、前者の場合地下水水面から数メートル(5m程度)深く掘削する事により早魃に強い井戸仕上げとする。また、後者の場合は穴底をコンクリートで塞ぎ、閉じられた井戸とする。施工方法は伝統的な手掘で行うが、硬い岩盤では火薬を用い上部から徐々にコンクリートライニングしていく工法が主である。しかし、最近では機械工法ももちいられるようになってきている。

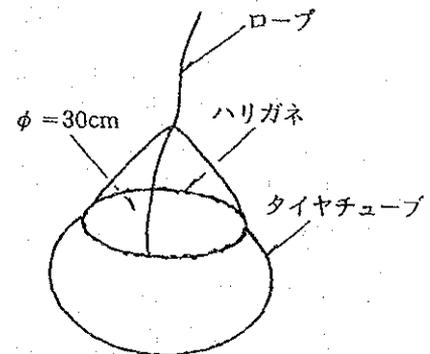
3) 管井の形状

地層の比較的柔らかい堆積岩地域では、通常12インチ(300mm)で掘削され6インチのケーシングで仕上げる方法が取られる。しかし、硬い基盤岩の掘削では145mm程度に孔径をおとし、裸孔仕上げとする。

4) 井戸水の汲上げ方法

a) 筒井戸からの汲上げ

井戸水の汲上げは、古いタイヤチューブや動物の皮を利用して、針金を輪にしたものにこれを結び付けて、バケット状にして使用している。



キダルやニジュール河沿岸の浅い井戸では人が直接バケットを井戸に下げて1回に5~10ℓ程度の地下水を汲み上げているが、内陸部の深井戸では、遊牧民が井戸中央に滑車を取り付けてロバやラクダに引かせる方法をとっている。

5) 地下水の開発状況

本計画の対象地域である第7経済区について表3-5に示したように、1988年時点で158本の管井が建設され、1016 m³/hの水量が確保され、しかもその多くがP-C化している。一方、マリ国政府の計画によると、住民に衛生的な飲料水を万遍なく供給するためには、1995年迄に200人に1箇所(40ℓ/日/人)の近代的装備のある水場が必要であり、これを筒井戸15%、管井85%で賄うとすると1525箇所の給水点が必要である。また、1500人以下の村落においては400人に1箇所(20ℓ/日/人)とし、これ以上の村落においては簡易水道を導入した場合でも1995年迄に少なくとも387本の新規の井戸の建設が必要となる。この計画からすると必要井戸本数に対する普及率は10~30%に過ぎないということができ、村落住民や遊

牧民にとっては、かなり厳しい生活条件であるといえることができる。

3-2-4 水質

対象地域の村落住民が生活用水の水源として利用している筒井戸や管井の水質を調査する目的で、簡易水質検査器（WAS-D2 共立理科学研究所）で現地水質検査を行った。この結果を表3-7に開発調査での主な国内分析結果と共に示した。

この結果によると、今時対象となるコンチネンタルターミナル以浅の地下水についてはイノルファンで採取した地下水試料以外は、水質はある程度の有機汚染を受けてはいるが、化学的には概ね良好であるといえる。しかし、第四紀層地下水は溶存成分が少ないが、第三紀層やインフラカンブリア系の基盤岩の地下水は伝導度が高く溶存成分を多く含んでいる。特に、アンソングにおける基盤岩内地下水においては鉄分やマンガン含有量が多くこの付近での地下水探査に当たっては、この点に十分留意しなければならない。

イノルファンで筒井戸から採取した地下水は、鉄、銅、亜鉛等の重金属を異常に多く含んでおり、現在この井戸水は飲料水として使用されていない。

3-3 社会環境

ガオ経済区内の地方道は整備されておらず、地図上にある道路も交通量も少ないため、現地での道路形状認識が難しい状況にある。従って、風雨により表層部の形状が一変し、簡単に路面及び轍が消失し自然地表面となってしまう。

ガオからバマコ等外部への通信事情は非常に悪く、例えば電話は有線1回線、無線1回線である。しかも無線は官庁の勤務時間すなわち月曜日～土曜日の7時30分～14時30分迄である。また、故障等のバックアップ体制はない。従って、各官庁では独立の無線を使用している。

また、村落間の通信手段は皆無である。

村落給水事情は今回の調査ではそれほど深刻な状況は見られなかったが早魃のひどい1972年及び1984年には井戸が涸れたため村落毎移動したところもあると聞いている。

早魃時には（現在も一部の地方で）井戸の水不足から飲料水に不適な河川や沼の水の使用を余儀なくされている。これは当然衛生面からも問題になっている。

又、村落給水は人間、家畜、灌漑用の区別はなく同一の井戸を利用している。

水系疾病は、第7経済区でもマリ国の他地域同様に次の疾患がでている。

水系疾患の主なものは下痢、シミトゾミナス、ギニア虫、胃腸疾患、コレラ、ウイルス性A型肝炎、チフス等があり、他に水に関係する大きなものとしてマラリアがある。

ギニア虫は、極く浅い井戸（3～5m）、沼、池、水溜りの水を飲用した時に発病し、第7経済区ブルーレムサークルに発生が多いため、これらの撲滅のためWHO内に特別プロジェクトチームが作られ、衛生面からも村落給水源として地下水開発が期待されている。

