

国際協力事業団

モリタニア国 水利・エネルギー省

No. 6

社会開発調査部報告書

# モリタニア国 キファ市地下水開発計画調査

## ファイナルレポート 要約

平成11年3月

520  
61.8  
SSS

JICA LIBRARY



J 1148274(2)

社印

IR

520-010







1148274 (2)

国際協力事業団

モーリタニア国 水利・エネルギー省

モーリタニア国  
キファ市地下水開発計画調査

ファイナル・レポート  
要 約

平成11年3月

八千代エンジニアリング株式会社

本報告書で採用された為替レートは  
以下のとおり

1.00 米ドル = 125.0 円

(平成 10 年 8 月 1 日～平成 11 年 1 月 31 日  
の平均レート)

1.00 米ドル = 205.0UM (ウギア)

(平成 10 年 11 月 30 日現在)

## 序 文

日本国政府は、モーリタニア国政府の要請に基づき、同国のキファ市地下水開発計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成9年7月から平成11年3月までの間、4回にわたり八千代エンジニアリング株式会社の佐伯昇氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、モーリタニア国関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、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す。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成11年3月

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎

藤田 公郎

## 伝 達 状

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎 殿

このたび、モーリタニア国キファ市地下水開発計画調査が終了しましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

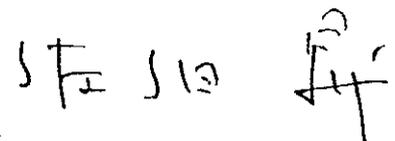
本調査は、貴事業団との契約に基づき、八千代エンジニアリング株式会社が平成9年7月より平成11年3月まで実施してまいりました。

本報告書では、サヘル地帯（サハラ辺縁部）に位置する、キファ市周辺の、極めて限られた地下水資源の賦存状況を解明し、地下水開発計画を策定するとともに、それに基づく給水計画を策定し、現在、水質汚染の広がる市内浅層地下水の使用を余儀なくされている住民に、安全な水を供給するための施設計画及び給水事業を持続的に実施して行くための運営・維持管理計画を策定いたしました。また、同地域での水資源の重要性に鑑み、市内浅層地下水の水質保全ならびに水質改善のための衛生改善計画を提案いたしております。

本報告書を提出するにあたり、調査の全期間を通じて、多大なご支援とご協力を賜った、貴事業団、事業団セネガル事務所、外務省、在セネガル国日本大使館の関係各位ならびに、モーリタニア国水・エネルギー省水利局、キファ市及び政府諸機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果がモーリタニア国キファ市の都市衛生環境の改善及び社会経済開発の一助となることを希望する次第であります。

平成11年3月

調査団長 佐伯 昇



モーリタニア国キファ市地下水開発計画調査  
(調査期間：1997年7月～1999年3月)

要 約

1. 背景

モーリタニア国第二の都市キファ市(人口約6万人)は、首都ヌアクショットの東約600kmの内陸に位置し、首都と内陸部を結ぶ物資輸送の重要な中継点となっている。また、1970年代の干ばつにより遊牧民の流入・定着化が進み、人口が急激に増加している。その一方、社会基盤の整備は遅れ、特に、給水施設は全く整備されておらず、給水車やロバの荷車を使った水売り人に頼っており、水源施設は汚染されており水量も絶対的に不足している。

2. 目的

調査対象地域の地下水資源のポテンシャルを評価し、キファ市への給水のための地下水開発計画及び給水計画を策定する。

3. 調査対象地域

地下水資源の調査対象地域は、図-1 調査対象地域位置図に示される、キファ市の地下水脈の上流側に当たる同市北部(キファ市中心から半径20km、約1,260km<sup>2</sup>)とし、給水計画対象地域は、キファ市市街地とする。

4. 開発計画の概要

4-1 給水の現況

キファ市の住民は、現在、飲用水・生活水の全てを市内の浅層地下水に頼っており、周辺の浅井戸から自ら汲むか、もしくは数台の市の給水車、ロバの荷車による民間水売り人からの供給を受けている。しかし、この浅層地下水は、人口の増加による過剰揚水および生活排水の増加の影響を受け汚染が進み、ごく一部の地区を除き、市内全域で硝酸性窒素濃度(汚染指標として採用：0-1,400mg/L)がWHO飲用水ガイドライン(10mg/L)を越えている。また、水の使用量は住民一人あたり一日15ℓ程度に留まっている。このように、市内井戸による給水は量と質の両面で限界に達しており、安全な水の供給がキファ市の保健衛生上の喫緊の課題となっている。

#### 4-2 地下水賦存状況

調査対象地域における水理地質調査の結果、同地域内での開発可能な有力帯水層として、市内浅層地下水の他には、唯一、市の北西約 15km 地区（図-2 開発全体計画図）が特定され、22 本の試掘調査により確認された。この帯水層は、北東-南西方向に分布する断層帯に沿った割れ目の多いペライトの表層風化部（深度 20-70m）で、水質も良好である。また、市内及び新規北西部水源地での、長期に持続可能な地下水開発量は年間約 1,440,000m<sup>3</sup> と評価された。その内訳は表-1 のとおりであるが、自然条件を考えれば当然ながら、開発可能量は潤沢とはいえず、将来人口の増加を考えた場合、給水量を厳しく管理する必要がある。

表-1 調査対象地域内の地下水開発可能量

地区名	年間開発可能量 (m <sup>3</sup> )
市内浅層地下水	240,000
北西部水源地	1,200,000
合計	1,440,000

#### 4-3 給水計画

市内浅層地下水の汚染状況及び有力新水源地の特定に基づき、給水計画での優先事業として、衛生的で安全な水を新水源地で開発し、最小限必要な量を、可及的速やかに、全住民に供給する計画を策定した。一方、長期計画として 2015 年を目標とした、衛生改善計画を含む総合的な計画を策定した。給水計画での主要計画諸元は次のとおりであり、給水量の抑制及び市内浅層地下水の水質保全・改善に基づく有効利用が基本となっている。また、施設の配置計画は、図-2 開発全体計画図に示される。

表-2 給水計画の主要計画諸元

1. 給水計画人口	優先事業 (2005 年) 77,000 人 長期計画 (2015 年) 100,000 人
2. 計画給水量	各戸給水 飲用水 30 ℓ/人日 + 生活用水 10 ℓ/人日 公共水栓 飲用水 20 ℓ/人日 + 生活用水 10 ℓ/人日
3. 水源	飲用水 北西部水源 生活用水 市内井戸
4. 施設計画 (優先事業)	水源地揚水施設 (生産井 6 本) 送水施設 (11km) + 配水池 (1000m <sup>3</sup> ) 市内配水施設 (総延長 41km) + 公共水栓 (39 ヶ所)
5. 給水施設建設事業費	優先事業 UM 約 2,000,000,000 長期計画 UM 約 840,000,000

## 5. 事業評価

### 5-1 経済・財務評価

#### (1) 経済評価

本給水計画に基づく事業実施による経済便益をキファ市民の水使用に対する支払い意欲額、すなわち、住民が現在水に対し実際に支払っている金額とし、一方、経済費用を給水施設建設及び供用後の運転維持管理の財務費用から換算した金額とすることで費用・便益分析を行った。その結果、経済評価のための指標は、経済的内部収益率 (EIRR) は 14.0%、便益/費用比 (B/C Ratio) は 1.27、純現在価 (NPV) は UM440 百万と推計された。これらの指標が示すように、経済的内部収益率が 10%を超えていることから、このプロジェクトはモーリタニア国の経済に良いインパクトをもたらすと判断でき、国家経済の観点からは実施すべきものであるといえる。

#### (2) 財務評価

本給水計画に基づく事業実施による収入を水道料金にとり、財務費用を給水施設建設及び供用後の運転維持管理の金額とすることで行った財務分析の結果によれば、本プロジェクトの財務的内部収益率 (FIRR) は負の値となる。すなわち、想定した現行の料金体系からすれば、本プロジェクト実施のための投資資金調達は借款で行うことは好ましくない。また、SONELEC の貸借対照表等、現行の財務状況から判断すると自己資金で行うことはほぼ不可能であり、海外からもしくは政府からのグラントが必要である。

一方、事業をグラントで実施した場合について、損益計算・資金繰りを推計すると、現行の水道料金では運営維持管理には問題がないが、2006 年の拡張工事を借款で行うことは困難である。ただし、拡張工事もグラントで行えば、収益が着実に伸びるため、運営維持管理のみならず、20 年後の設備更新については累積資金で充分賄っていけると推測される。

### 5-2 社会評価

本給水事業の実施に関わる社会的影響として基本的な問題はないが、各戸給水の恩恵を受ける住民と公共水栓を利用する住民との不公平を解消するための公共水栓の運営管理方法改善及び現在、給水の主役となっているロバの荷車水売り人の転用・活用について指摘される。

### 5-3 技術・環境評価

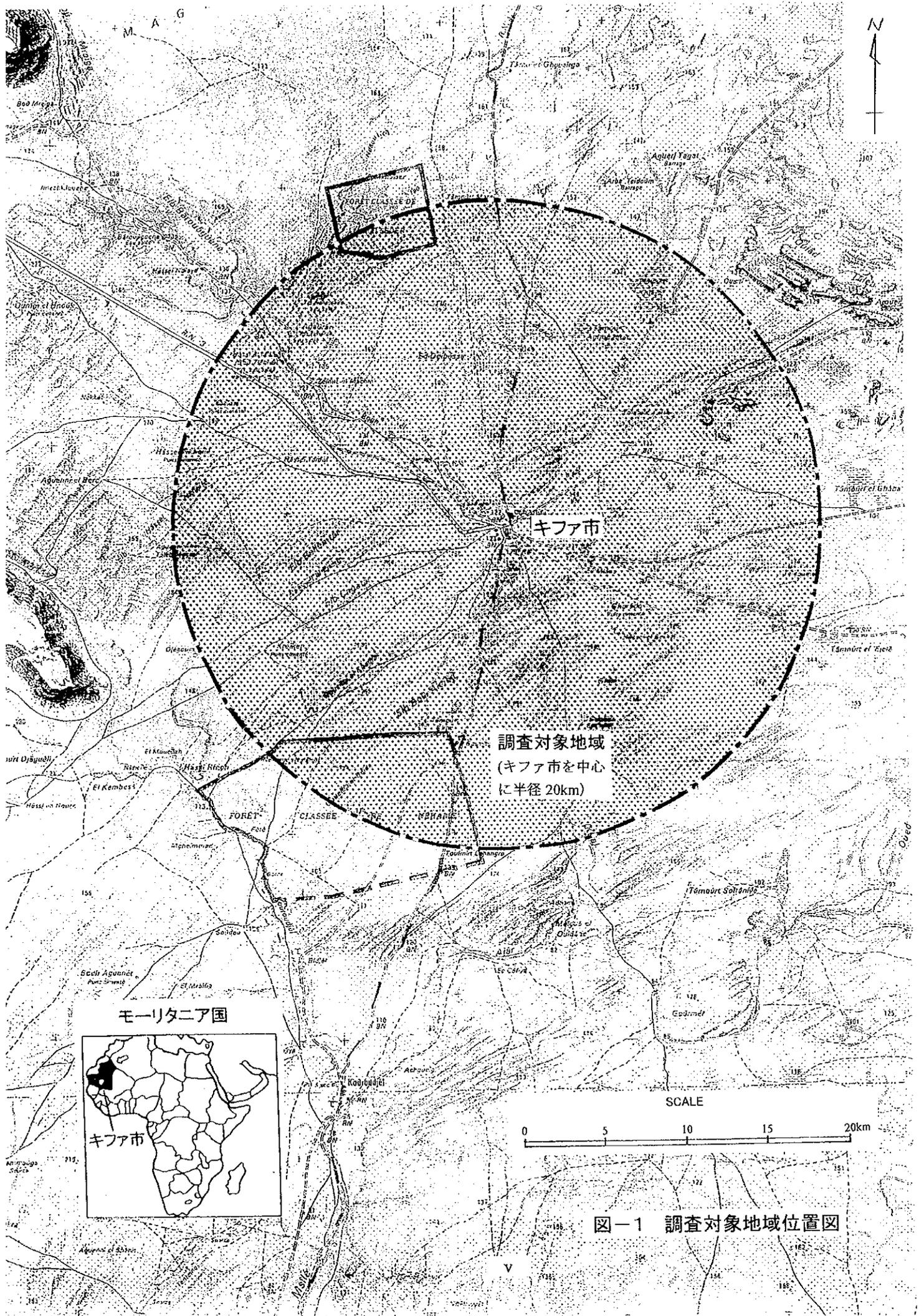
本開発計画では、水源開発及び給水事業において以下の技術的成果が期待でき、技術的な評価は高い。一方、水源開発では地下水環境に対し、水質保全・持続的開発への配慮がなされている。

- －水源開発：キファ市周辺での生産井開発手法の確立、市内浅層地下水の水質保全
- －給水計画：安全な水の供給、適正技術の適用、時間給水

## 6. 勧告

事業評価の結果、本開発計画実施の付帯条件として以下の勧告を行う。

- (1) 水源保護・水質保全の早期開始
- (2) 地下水位及び水質監視の早期実施
- (3) 公共水栓の住民参加による運営管理の試行
- (4) キファ水道料金の改定検討



調査対象地域  
(キファ市を中心  
に半径 20km)

モーリタニア国



キファ市

SCALE

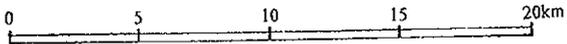


図-1 調査対象地域位置図

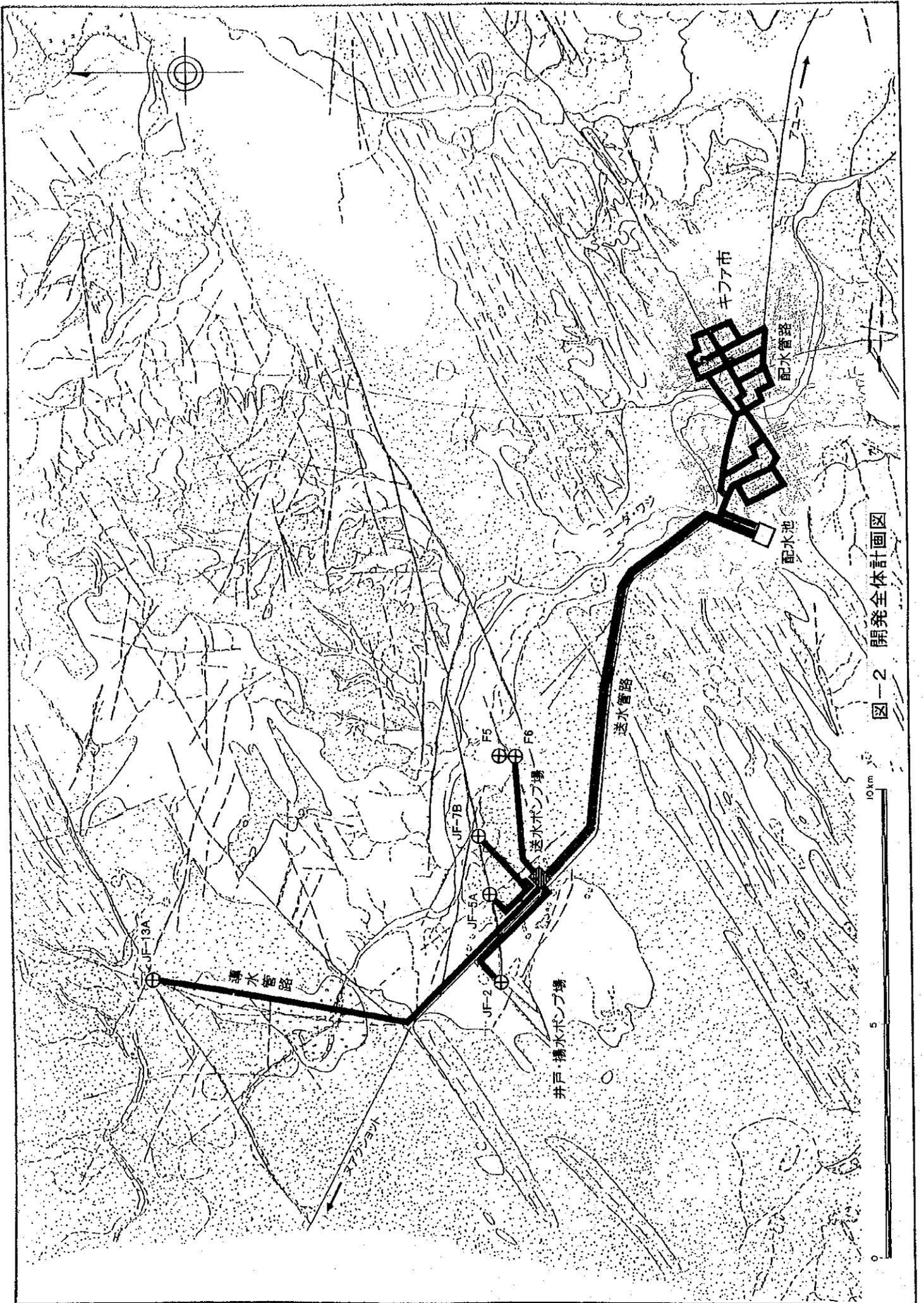


図-2 開発全体計画図

モーリタニア国キファ市地下水開発計画調査  
ファイナル・レポート 要約 目次

序文

伝達状

要約

	ページ
1. 調査の概要	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査対象地域	1
1.4 調査の内容	2
2. 調査地域の概要	3
2.1 キファ市の自然状況	3
2.2 キファ市の社会・経済	4
2.3 キファ市の給水事情と保健衛生現況	7
2.3.1 キファ市の給水事情	7
2.3.2 キファ市の保健衛生現況	8
3. 調査地域における地下水賦存量	11
3.1 キファ市の地下水水質分布と賦存量	11
3.2 北西水源地の地下水水質と賦存量	15
4. 地下水開発計画	18
4.1 キファ市内の地下水開発計画	18
4.2 北西水源地の地下水開発計画	18
4.3 地下水管理計画	19
5. 給水計画	21
5.1 計画諸元	21
5.2 給水計画	22
5.2.1 基本方針	22
5.2.2 時間給水	22
5.3 施設計画	24
5.3.1 基本方針	24
5.3.2 給水システムの基本方針	25
5.3.3 施設規模の設定	27
5.3.4 浅層地下水利用計画	30

5.4 維持管理計画 .....	30
6. 衛生改善計画 .....	32
6.1 衛生改善活動 .....	32
6.2 市内浅層地下水保全計画 .....	33
7. 事業評価と実施計画 .....	35
7.1 事業評価 .....	35
7.2 優先事業 .....	40
7.3 実施計画 .....	40
7.4 資金計画 .....	41
7.5 勧告 .....	43

## 1. 調査の概要

### 1.1 調査の背景

- (1) モーリタニア・イスラム共和国（人口 214 万人（93 年）、面積 103 万 km<sup>2</sup>）はアフリカ北西岸に位置する国である。干ばつと砂漠化の進行により農業生産が落ち込んでいるほか、主要な外貨獲得源である鉄鉱石と水産物も国際価格の低迷等の困難を抱えている。一人あたりの GNP は約 510 ドル（93 年）であり、LLDC に分類される。国土の大半が砂漠であり、干ばつにしばしば見舞われることから、衛生的な水の安定供給は国家の最重要課題と認識されている。日本も給水セクターに対する協力として、「中南部地方水利計画」（平成 5 年度基本設計調査）及び「ギニア・ウォーム撲滅対策飲料水供給計画」（平成 8 年度基本設計調査）の 2 件の無償資金協力を実施している。
- (2) 本件対象地域のキファ市（Kiffa Commune、人口 6.1 万人（1997 年））は、面積約 1,200km<sup>2</sup> の広さをもつモーリタニア国第 2 の都市である。首都ヌアクショットの東約 600km、同国南部の内陸に位置し、首都と内陸部を結ぶ物資輸送の重要な中継点となっている。また、干ばつ等の影響により遊牧民が比較的雨量の多い南部に定住を始めたため、急激に人口が増加している。年間降水量は 100～400mm である。
- (3) 同市にはフランス統治下に建設された給水網が存在するが、1970 年代に放棄され、住民は給水車やロバにドラム缶を引かせた民間売水業者から水を購入している。どちらも水源施設は汚染されており、水量も不足している。新しい水源となりうる帯水層については過去にいくつかの調査がなされているが、いずれも不十分な内容にとどまっており、情報が不足している。
- (4) このような背景のもとに、地下水を対象とする水資源開発計画及び給水計画の策定にかかる協力が要請されたものである。

### 1.2 調査の目的

- (1) 調査対象地域における地下水資源のポテンシャルを評価する。
- (2) キファ市への給水のため、地下水開発計画を策定する。
- (3) キファ市への給水計画を策定する。
- (4) 本件調査を通じて、モーリタニア側カウンターパートに技術移転を行う。

### 1.3 調査対象地域

本調査の調査対象地域は、モーリタニア国南部のキファ市市街地及び地下水脈の上流側にあたる同市北部（キファ市中心から半径約 20km、約 1,260km<sup>2</sup>）とする。

## 1.4 調査の内容

本調査は、1997年3月26日にモーリタニア国政府と国際協力事業団（JICA）との間で合意、署名、交換された Scope of Work 及び Minutes of Meeting に基づき、1997年7月に現地調査を開始し、以来 18 ヶ月にわたり、現地調査及び国内での解析とりまとめを行い、その成果をドラフトファイナルレポートとしてここに提出するものである。本業務は、次の三つの段階に分けて実施され、この間の主要な作業経過は以下のとおりである。

### 第1段階：資料収集・現地踏査基礎調査（1997年7月～1997年12月）

- ・ インセプションレポートの説明・協議
- ・ 現地調査監理会議
- ・ 既存資料・情報の収集と分析
- ・ 水・電力公社による既存給水事業の調査
- ・ 航空写真判読／水文・水理地質・地形・地質に関する現地踏査
- ・ 社会・経済調査／社会・WID分析
- ・ 初期環境調査（IEE）

### 第2段階：地下水賦存量調査（1998年1月～7月）

- ・ 物理探査
- ・ プロGRESSレポート(1)の作成・説明
- ・ 水利局保有掘削機の試掘調査用修理
- ・ 試掘調査、孔内検層、揚水試験
- ・ プロGRESSレポート(2)の作成・説明
- ・ 現地調査監理会議
- ・ 概略水収支解析／水理地質図の作成
- ・ 地下水賦存量の概略検討

### 第3段階：地下水開発・給水計画策定・評価（1998年4月～1998年12月）

- ・ 水需要量予測
- ・ 計画諸元・計画目標策定
- ・ 地下水源開発計画策定
- ・ 導水施設計画、給水施設計画の策定
- ・ 衛生改善計画の策定
- ・ 事業費概算・事業実施計画の予備検討
- ・ インテリムレポートの作成・説明・協議
- ・ 現地調査監理会議
- ・ 導水・給水施設概略設計／資機材調達計画の策定
- ・ 維持管理計画、組織計画／モニタリング計画の策定
- ・ 事業費積算、資金計画策定
- ・ 事業評価（経済、財務、組織、技術、社会）
- ・ 事業実施計画の策定
- ・ ドラフトファイナルレポートの作成・説明・協議
- ・ 現地調査監理会議
- ・ ファイナルレポートの作成・提出

なお、本調査は、牛木久雄国際協力専門員を委員長とする調査監理会議の指導とモーリタニア国水・エネルギー省水利局ハジ（Ely Ould El Hadj）局長及びその後任のジドウ（El Houssein Ould Jiddou）局長を代表とするカウンターパートの協力を得て実施したものである。

## 2. 調査地域の概要

### 2.1 キファ市の自然状況

#### (1) 気象

キファ市の位置するモーリタニア国内陸部の南部地域は、サヘル地域と呼ばれる乾燥地域に属し、雨量が少ない。キファ市内の観測所の8年間にわたる気象観測データに基づくと、キファ市の年間平均降水量は235.4mmであり、蒸発量は3,062mmである。

キファ市周辺地域における雨季は6月から10月であり、8月に最も多くの雨が降る。蒸発量は5月が最も多く、雨季に減少する。

降水量と蒸発量を比較した場合、すべての月で大幅に蒸発量が上回っており、最も降水量の多い8月でも、蒸発量は降水量の約2倍以上である。

キファ市周辺地域では、11年間の雨量観測結果によると、おおよそ5年の周期で渇水年と豊水年が繰り返しており、1997年はここ5年間で最も降水量の少ない渇水年にあたっているようである。

#### (2) 地形、地質

##### 1) 地形

キファ市周辺地域には、北東—南西方向に平行して延びる固定砂丘や、露岩地帯が分布するなだらかな丘が分布している。丘の間に分布する谷は、流出口の無い窪地となっていることが多く、窪地に向かって数多くのワジが放射状に切れ込んでいる。このような閉鎖した水系の集合が調査地域の水系の特徴であり、流出水が他の水系に流れ出すことは無く、自流域内で地下浸透、蒸発散を繰り返すサイクルで、水分が移動する。ワジは大量の降水がなければ水は流れず、年間を通じほとんど涸れている状況である。

キファ市周辺地域は、乾季には植生が疎らにしか分布しない沙漠状の様相を呈すが、雨季には低草がワジ沿いや窪地の中に繁茂するようになる。

##### 2) 地質

キファ市周辺地域には、主としてペライト（泥岩、頁岩）からなるキファ・シリーズの古生層が広く分布している。ペライトは、いろいろな色（灰色、緑色、ベージュ色、帯紫色、黒色）の緻密な珪質—粘土質の非常に細粒な岩石であるが、時々砂岩質となる。層厚は200mを超える。ペライト中にはしばしば薄い石灰岩が挟まれており、ペライトの下部は漂レキ岩となる。漂レキ岩は、著しく淘汰が悪い粘土—砂—角レキからなる。漂レキ岩中の角レキは、花崗岩からなりさまざまな大きさである。

ペライトを覆って風成層である砂丘砂が薄く、広く分布する。砂丘砂が厚く分布する部分は、北東—南西方向に延長する固定砂丘上であるが、その厚さは通常10m以下であり、固定砂丘の中心部は岩盤より成る。

ペライトは、一般にゆるく西に傾斜して整合して重なっている。また、ペライトはしばしば、塩基性貫入岩（粗粒玄武岩、閃緑岩等）により貫入されている。塩基性貫入岩は北東—南西方向に延長しており、この方向はキファ市周辺域の主要断層の方向とも一致している。

## 2.2 キファ市の社会・経済

### (1) キファ市の社会発展状況

キファ市は、モーリタニア国南部の Tagant から Nioro や Kayes に向かう隊商の通り道に位置していたが、この拠点に、1906 年、フランス人の入植者がやって来た時には、キファは塩分を含んだ沼地にすぎなかった。周辺の遊牧民は牧草地とその独特の水を家畜たちに与えるため、同地に通ってきていた程度で、役所の建設が開始されるのは、M'bout を行政区役所所在地とする Assaba 行政区の行政上の県として、キファ居住地为モーリタニア市民自治領に併合された直後の 1914 年以降になる。

1923 年、キファは M'bout に代わり、Assaba 行政区役所所在地となるが、1924 年時点の人口はまだ 197 人にすぎなかった。スーダン（後のマリ）との国境の変更により、同市がモーリタニア領土側の主要な国境の町になったこと、及び 1946 年に「現地人統治法典」が廃止されたことによって、キファの人口が初めて増加することになった。1946 年には総人口 1,807 人であったが、1950 年には 2,551 人に達した。

その後、繰り返し押し寄せた 1970 年代の一連の旱魃以降、キファ市街地域の人口は加速的に増加することになった。実際、市の地区のほとんどは、厳しい気候条件をのがれて内陸地域からやってきた地方出身者とともに誕生したものである。アスファルト舗装されたヌアクショットーネマ間の幹線道路「希望の道」の建設も、キファはちょうどその中央に位置するので市の拡張を増幅する要因となった。

1988 年までの人口推移に関するデータはほぼ均一であるが、市の現在の人口に関する数値は情報源によって大幅に異なっている。その中でキファ基準都市計画（PUR、1997）は、航空写真で明らかになった土地占用状況を用いた密度計算をもとに地区別の算定値を示している唯一の資料であり、それによると 59,506 人である。また、量的なデータはないが、住民の大部分は雨季の間（7月～9月）、キファ市自体から離れて、すぐ周辺の地域に移動する行動を続けている。この季節的な人口流入は、旧市街の諸地区よりも、新興諸地区の住民に関する現象である。

他のモーリタニア国民と同様に、キファの住民はほぼ全員が、マリク・スンニー派のイスラム教徒である。キファの最も古い住民は、Qadima とその拡張地区（Khwendy と Debai）に居を構えた住民である。また、キファの住民の中で最も貧しい集団は、キファ住民の中で非常に大きな割合を占めている hrâtin の社会層に属している。

### (2) 社会的基盤

#### 1) 行政的枠組

ワリ（Wali）及び、ワリ（Wali）に属する専門機関（水利、農村開発・環境省—MDRE 地方局、保健、教育など）が同地方レベルで、政府を代表している。公有財産の土地を付与したり、公共の利益のために、政府により有益と判断された整備に必要な土地の収用を行わせる権限を有するのは、特に hakem、ワリ（wali）及び彼らの行政上の監督機関である。現在、キファ住民全体に対する行政は、市役所が行っている。

## 2) 教育

1997年現在、キファ市（コミューン）には、小学校22校があり、生徒総数約6,000名、教師226名を擁している。これらのうち14校はキファ市の地域にある。さらに、生徒800人を擁する中等教育機関（中学+高校）、並びに回教寺院に併設される約30のコーラン学舎が存在する。

## 3) 保健と衛生

キファには地方病院が1つ建設されており、大部分は中国の協力により運営されている（7名の中国人専門家チームが同病院で診療に携わっている）。この他、保健衛生分野の他の基盤施設は、1ヶ所の保健センターと5ヶ所の保健所である。

## (3) 都市基盤施設

### 1) 道路

キファ市におけるアスファルト舗装された唯一の幹線道路は、ヌアクショットとネマを結ぶ道路であり、市の南東から北西方向へとつながっている。これらの2本の幹線道路以外、キファ市の道路は未舗装あるいは空き地と道路の区別がつかない状況である。

### 2) 上水道

小規模な導水施設が1958年、キファに設置されたが、短期間しか機能しなかった。現在でも地方総督府から遠くない場所に小さな給水塔が残っている。現在、キファの住民は市の給水車と井戸から水を調達している。本調査における現地踏査によれば、ほぼすべてが私有の約1000の井戸がキファにある。

### 3) 下水及び廃棄物

現在、キファには汚水排水のための基盤施設及び雨水排水施設はいっさい存在しない。固形ごみもいっさい系統的な収集が行われておらず、通り、そして時としてはそのために設けられた場所、すなわちごみ捨て場に山積みになっており、定期的に撤去されている状況からはほど遠い。

### 4) 電気

キファには1996年から、800kWAの発電装置4基が備わったディーゼル発電所稼働している。PUR（基準都市計画）／キファのデータによれば、設置された3,125の分岐線総数に対して、市の加入者数は2,020人である。

## (4) 経済活動

Assabaの中心都市、キファは主として農村部の町である。役所関連及び商業分野の仕事、小規模な手工業、消費及び都市機能に関連したサービス業以外では、住民は農業及び牧畜業で暮らしている。

### 1) 商業及びサービス業

キファには、小売店、サービスステーション、パン屋、洗濯屋、薬局及び簡易ホテルあるいはレストランといった商業が存在する。ホテルについては、1軒しかないが、バスターミナルにある数多くのレストラン／納屋は、乗客の滞在期間中、彼らを受け入れることができる。

## 2) 工業

これまでに市に設置された工業設備はコールドチェーンと乳製品工場だけであるが、これらの設備は現在では機能していない。これに対して、手工業（機械、電気、金属建具、煉瓦工場など）は住民の中でかなりの割合を占めている。

## 3) 農業

農村開発省（MDRE）地方局により提供された情報によれば、1997年時点でキファ市内及び周辺で耕作されていた主要穀物はソルゴ、ミレット、ニエベ豆及びトウモロコシである。

## 4) 牧畜業

農村開発省（MDRE）地方局によれば、1997年時点でキファには、羊・山羊 800,000頭、牛 70,000頭、ラクダ 25,000頭、ロバ 500頭及び馬 100頭がいた。キファ自体で見られる家畜は特に小型反芻類、中でも乳を得るために飼育されている山羊であり、家畜の主要部分を構成している。また、裕福な家庭は時として、数頭の乳牛、あるいはもっと稀であるが、乳を得るための数頭の雌ラクダを所有していることもある。ロバは特に水の運搬のために、市内で大いに利用されている役畜である。

## (5) 国際援助機関の活動

複数の NGO（非政府組織）及び国際援助機関がキファ市の開発にこれまで協力してきており、現在も活動している。

### 1) NGO（非政府組織）

- －フランス進歩ボランティア協会（AFVP）： 貯水槽の建設
- －World Vision International： 井戸の掘削、穀類銀行の設置、野菜栽培に対する支援
- －世界ルター派連盟（FLM）： 経済・社会生活の様々な分野に関連した活動
- －平和団体（Peace Corp）： 栓付きポンプの使用

### 2) 二国間あるいは多国間の援助

- －国連設備基金（FENU）： Assaba 計画
- －GIRNEM： モーリタニア東部における天然資源の総合的な管理計画
- －地方開発・環境省地方局に関連した他のプロジェクト（OASIS、PARC、PDS、PRVA）

## 2.3 キファ市の給水事情と保健衛生現況

### 2.3.1 キファ市の給水事情

#### (1) 水源

キファ市での、現在の水利用形態は、市内の低地に流れこむコウダ・ワジ（降雨量が一定量を超えるような場合にのみ南に流下するが、地形的に通常は貯留状態となる）の表流水の利用と市内全域に設けられた井戸による浅層地下水の利用である。

表流水の利用では、雨期のワジの洪水敷／冠水域を利用するなつめ椰子の育成及び小規模灌漑農業（gardening）である。ただし灌漑農業では、乾期には冠水が消滅するため、浅井戸の併用が必要となる。これらの農業は市内のワジ中央部と最南部で行われている。

一方の、浅層地下水の利用では、市内全域に渡って、約 1,060 箇所の井戸が今回の調査で確認されている。これは現在使用されていないと判定される約 300 の古井戸を除く、使用中もしくは使用可能な井戸である。深度は 15m 程度であり、手掘りにより作られている。井戸の所有者は一般的に個人で、キファ市の世帯数は約 10,000 戸であり、10% 程度に普及していることになる。いわゆる公共井戸は少なく、15 箇所程度である。

#### (2) 給水方法

住民が生活用水／家畜用水／自家菜園用水としての井戸地下水を利用する場合、一般的に次の 3 方法がある。

- ・利用者が井戸から直接汲む。
- ・ロバ引き車に 200 ㍓のドラム缶を積んだ水売り人から買う。
- ・市の所有する給水車による給水を受ける。

井戸は、市の給水車の積み込み用にエンジンポンプが設置されているのと、ごく少数の風車、太陽光を電源とするポンプを除き、汲み上げ用の設備はなく、人力で汲み上げることになる。住民が井戸から直接汲む場合、自宅の井戸から汲むか所有していない場合には近くの井戸に行くことになる。井戸は個人所有のものが多く、個人所有の井戸を周辺の住民が使用することについては、全く自由であることが社会的に認められているようであり、その点での問題はない。井戸一本の掘削費は、30,000～40,000UM 程度であり、それを個人が負担し、周辺住民に提供する社会慣習には留意する必要がある。

井戸から直接汲む水の全体使用量における比率は 30～40% と推定されているが、住民が自ら汲むか、ロバの水売り人から買うかは、経済的な豊かさのみの問題ではなく、当然、その地域の水質が影響している。すなわち、塩分濃度が高い等水質が悪い地域では、貧しくてもロバの水売り人から買わざるを得ないし、水質が良いところでは井戸を利用するということである。ただ、共通して、水くみは、婦女子の仕事となっている。

市の給水車による給水は、主として大口の利用者で、自前の貯水タンクを持った公共施設、富裕層に限られている。利用方法は市に費用を払い給水を申し込むと、順番で供給される。

商業目的の水利用については大規模に水を使用するものはない。本格的に飲食を提供する厨房を持ったような店舗は全くない。唯一水を使う職業として小規模な洗濯屋が 100 軒ほどあるが、それも非常に限られた量を有効に使っており、水量はロバの水売り人から購入する程度で間に合っている。

一方、灌漑農業については、この地方の一般的な手法としてワジが雨期に冠水する区域（flooded area）を利用し水が引いた時期に（もしくはもう少し積極的に、水を引き込み一定

期間土壌に水と栄養分を浸透させた後放流し、地表面から水を引かせた時期に) 作物(穀類)を植え付ける比較的規模の大きい農業がある。また、ワジ内の粘土質土壌の場所で地下水を汲み上げ野菜を育てる比較的小規模な農業があるが、これらの水利用は、統べからく、その年の降水量により制限を受け、利用可能量の限度まで使用されているものと考えられる。

### (3) 水源・用途別使用水量

現在のキファ市における灌漑農業以外の冬場の一日使用水量及び水源は、概略以下のとおりである。

#### 用途別使用水量

生活用水	900m <sup>3</sup>	(自家菜園用水を含む)
家畜用水	100m <sup>3</sup>	
公共用水	30m <sup>3</sup>	(全て市の給水車により供給されている)
商業・工業用水	20m <sup>3</sup>	
合計	1,050m <sup>3</sup>	

#### 水源別(正確には水源は全て市内の浅井戸であり、輸送手段別)

市給水車	150m <sup>3</sup>
ロバの水売り	500m <sup>3</sup>
自分で汲む	400m <sup>3</sup>
合計	1,050m <sup>3</sup>

この使用水量は、6万人の都市の数字としては極めて小さいものであり、住民一人一日当たりでいえば、17リットルである。その理由は、水源が少なく入手手段が限られているためであり、適切な供給施設が整備されれば確実に増加するものと考えられる。

## 2.3.2 キファ市の保健衛生現況

### (1) 水質衛生

キファ市の飲料水のほとんどは、市街地及びその周辺に点在する浅井戸から取水されている。市の中心部から北西3km地点のコウダ・ワジ沿いにある市所有の井戸(市営の給水車の水源)と市街地内にある数十本の公共井戸(ロバ引き車による水売りの水源)の他、本調査で合計1060本の浅井戸の所在を確認した。その半分以上は個人所有の飲料水井戸として使用されている。

市内における浅井戸の水質について、第1次現地調査と第3次現地調査で二回水質調査を行い、浅層地下水の汚染状況が判明された。ほとんどの井戸水から大腸菌が検出され、し尿汚染が原因となる硝酸性窒素濃度がWHO飲料水基準値を越えた井戸は、調査井戸の約半数であった。しかし、多くの住民は長年このような井戸水を飲料水として使用してきた。

飲料水に関わる水質汚染は、水源地だけでなく、水運搬及び貯留設備で水質の二次汚染が発生しうる。調査団は第1次現地調査でキファ市街地における22ヶ所の貯水槽から水を採取し、大腸菌群数についての水質検査を行った。その結果、全ての貯水槽から非常に多い大腸菌群数が検出されたことから、水質の二次汚染問題の深刻さが分かる。

また、市営給水車とロバ引き車の給水タンクから水を採取して、簡易試験紙パックで大

腸菌群数を検査した結果、稼働中の市営給水車 2 台の水からは大腸菌が検出されなかったが、ロバ引き給水車（各水源地で合計 7 台を検査）の水からは 500 個/mL 以上の大腸菌群数が検出された。比較的感度の良いウォーターサンプラーを用いて市営給水車の水を再度検査したが、大腸菌群数は 4 - 6 個/mL との結果であった。市営給水車の場合は、漂白剤（Javel la couronne）による消毒処理を行っているため、比較的清潔の水を配っているといえる。

一方、ロバ引き車による給水の場合は、漂白剤使用が義務付けられてはいるものの、ほとんどの給水業者が消毒処理をしていないため、運搬容器の中で大腸菌の繁殖が発生し、原水より汚れた水を配っていることが明らかになった。しかし、市営給水車から消毒した水を受けても、家庭における貯水槽（コンクリートタンクの場合はほとんど市営給水車の水）中に再び大腸菌が繁殖し、水質の二次汚染が発生してしまう。このことから、清潔の飲料水を供給するためには、水源地及び取水、配水過程における水質管理だけでなく、各家庭での水質衛生管理も非常に重要である。

## (2) 井戸の衛生状況

第 1 次及び第 3 次現地調査で行った水質調査によって、市内における浅井戸の一部は硝酸性窒素またはアンモニア性窒素による汚染が発生していることが判明した。浅層地下水における硝酸性窒素とアンモニア性窒素濃度の高いところは主に住宅が密集し、人間活動が盛んな市街地中心部付近にある。

キファ市には下水道施設が全く整備されていないので、窒素汚染の発生はスポット的に点在しているのではなく、はっきりした地域的分布を示していることから、地下帯水層の広域的汚染が既に発生していると言える。

このような汚染の原因を究明するため、硝酸性窒素とアンモニア性窒素濃度が異常に高い井戸を対象として、井戸周辺の衛生状況について追加調査を行った。調査項目は、井戸使用状況、井戸口保護状況、井戸周辺の動物糞便の散乱程度、井戸とトイレの距離等を含んだ。

硝酸性窒素濃度が 100mg/L 以上といった極めて高い 4 本の井戸は、南北方向に市街地中心部を通っている道の近辺にあり、同地域に集中している。井戸の衛生状況は良いとは言えないが、市街地における多数の井戸とほとんど差がない。このような結果から、同地域における硝酸性窒素の汚染源は比較的広範囲に存在するノンポイント（Nonpoint）的なものであろうと推定される。

一方、アンモニア性窒素濃度が 2.0mg/L 以上であった 6 本の井戸のうち、現在使用されていない井戸が 3 本、他の 3 本も使用上の不注意或いは回りの悪環境によって井戸口から汚染物が入った疑いがある。地下水中のアンモニア性窒素は、人畜の糞便、動物の死体類のものが井戸に入らなければ発生しないはずである。以上の調査結果から、地表からの直接汚染がアンモニア性窒素発生の原因と考えられる。

## (3) 水因性疾病

キファ県における水因性疾病の状況について、中国の援助で建設した国立キファ病院の医者から聞き取り調査を実施した。最近の例として、1997 年 4 月から 6 月の間にキファ県の一部の村にコレラが流行し、入院した患者は合計 108 人であった。患者が出た家庭における飲料水の入手状況を調べたデータによると、市の給水車から飲料水を受ける家庭は一例もなく、ほとんどの患者は自家用浅井戸を水源として使用し、消毒処理をいっさいせず、水を煮沸してから飲むこともあまりしなかった。同病院の受診者の内、腸炎、赤痢と

一般下痢の発生が一番多く、年間 2000 人以上であった。

また、住血吸虫病 (Bilharziasis) の患者も年間 100 人あまりがでている。溜め池の水 (雨季のみ) のほか、一部の浅井戸も住血吸虫病の感染源になっている可能性がある。

キファ県には腸管性寄生虫病の発生も多く、年間 1000 人以上の受診者数であった。その他の疾病については、同病院が行った血液検査の結果、250 サンプルの内 B 型肝炎ウイルス感染者は 106 人、41.6%との高い比率であった。

### 3. 調査地域における地下水賦存量

#### 3.1 キファ市の地下水水質分布と賦存量

##### (1) 水質分布

キファ市内の浅井戸 200 箇所について水質調査を実施した。その結果、以下の様な水質分布が明らかになった。

##### 1) 塩分濃度

塩分濃度の高い地域は、主に市街地の中心部とその北部と南部である（図 3.1 参照）。特に市街地の北部には、8,000 $\mu$ S/cm 以上の高塩分地下水が分布する。キファ市の高塩分濃度地下水は、主として自然要因によるものであると考えられるが、人口密集地において高い傾向があることから、人為的な原因による地域もあるものと考えられる。

##### 2) 硝酸性窒素

硝酸性窒素濃度の高い地域は、市街地中心部及びその南部と北部の地域、西部及び北西部の一部の地域で、その分布はキファ市全体を広く覆っている（図 3.1 参照）。硝酸性窒素濃度が最も高い地域は、市街地中心部の人口密集地であり、硝酸塩濃度で 1,400mg/L といった非常に高い値が得られている。地下水の硝酸性窒素による汚染は、市内の人口密集地に集中していることから、生活排水や人間及び動物の糞便に由来する、人為的な原因によるものであると判断される。

##### 3) アンモニア性窒素

アンモニア性窒素が比較的に高く検出された地域は、図 3.1 に示すように、市街地中心部に近い市の北東部である。地下水中にアンモニア性窒素が含まれている理由として、汚濁物が直接井戸へ流入したことも考えられる。

##### 4) 大腸菌群

全ての井戸から大腸菌群が検出され、しかも濃度が高かった。家屋が密集し人口密度の高い場所の井戸ほど大腸菌群数が多い傾向がある。

##### 5) 市内浅層地下水の水質評価

世界保健機関（WHO）の水質基準に準拠し、キファ市の地下水の、飲料水としての適用性を評価すると、図 3.1 に示すように区分することができる。なお、大腸菌群については塩素類の薬品により滅菌できることから、評価の指標とはしていない。

以上のことから、キファ市の地下水の水質を総合的に評価すると、市街地をはずれた地域で水質が良く、飲料水として利用できると考えられる。市街地中心部では、硝酸性窒素或いはアンモニア性窒素による水質汚染が広範囲に及んでおり、飲料水として利用できる地域は、キファ市の西部地域等の一部に限られている。



図 3.1 キョフウ市の浅層地下水水質分布

凡例

-  電気伝導が 1500  $\mu$ s/cm を超える地域
-  硝酸塩濃度が 50mg/l を超える地域
-  アンモニア性窒素濃度が 0.2mg/l を超える地域
-  水質測定井戸

## (2) 地下水涵養量と開発可能量

### 1) 地下水涵養量

地下水の雨季と乾季の年間水位差が地下水の涵養量であると考え、地下水位差、帯水層の間隙率および市の面積から、キファ市の年間地下水涵養量を推算した。

キファ市の雨季と乾季の地下水位差は、1997年に実施した水位観測結果から約70cm程度であり、キファ市の帯水層の間隙率は、おおよそ2%程度と想定されることから、キファ市の地下水涵養量は次のように概算される。

表 3.1 キファ市の推定地下水涵養量

地域区分	推定地下水涵養量 (m <sup>3</sup> /年)	面積 (km <sup>2</sup> )
右岸区域	184,000	8.0
左岸区域	112,000	13.1
合計	296,000	21.1

以上の様に、キファ市の地下水涵養量は約300,000m<sup>3</sup>/年程度と推算され、1997年のキファにおける年間降水量は3,165,000m<sup>3</sup>であることから、雨水の地下浸透率は約10%程度と考えられる。

### 2) 地下水開発可能量

現在のキファ市の人口と一人当たりの水使用量から、地下水揚水量はおおよそ330,000m<sup>3</sup>/年と推計される。地下水涵養量は約300,000m<sup>3</sup>/年程度と推定されることから、現況の地下水揚水量は、地下水涵養量を既に約10%程度上回っていると想定される。

また、図 3.2 に示すように、キファ市では、雨季においても、大きな地下水位低下地域が3箇所認められる。これらの地下水位低下地域は、地下水涵養量を越える過剰揚水により形成されたことは明らかである。特に、旧市街地の人口密集地に形成された地下水位低下地域は、乾季では雨季の2倍以上に拡大する。この現象は、上述の、キファ市での地下水揚水量が、涵養量を上回っている推算結果を裏付けるものである。

キファ市の帯水層は透水性の低い基盤岩の風化層であるため、適正揚水量の観点から、地下水の最大可能開発量は涵養量の80%程度が限界であると想定される。従って、キファ市における可能地下水開発量は年間240,000m<sup>3</sup>程度であると推算され、キファ市の現況地下水揚水量(約330,000m<sup>3</sup>/年)は、可能揚水量を約90,000m<sup>3</sup>/年程度上回っていると考えられる。

このため、今後地下水位の低下地域において、揚水量の制限等の措置をとる必要がある。

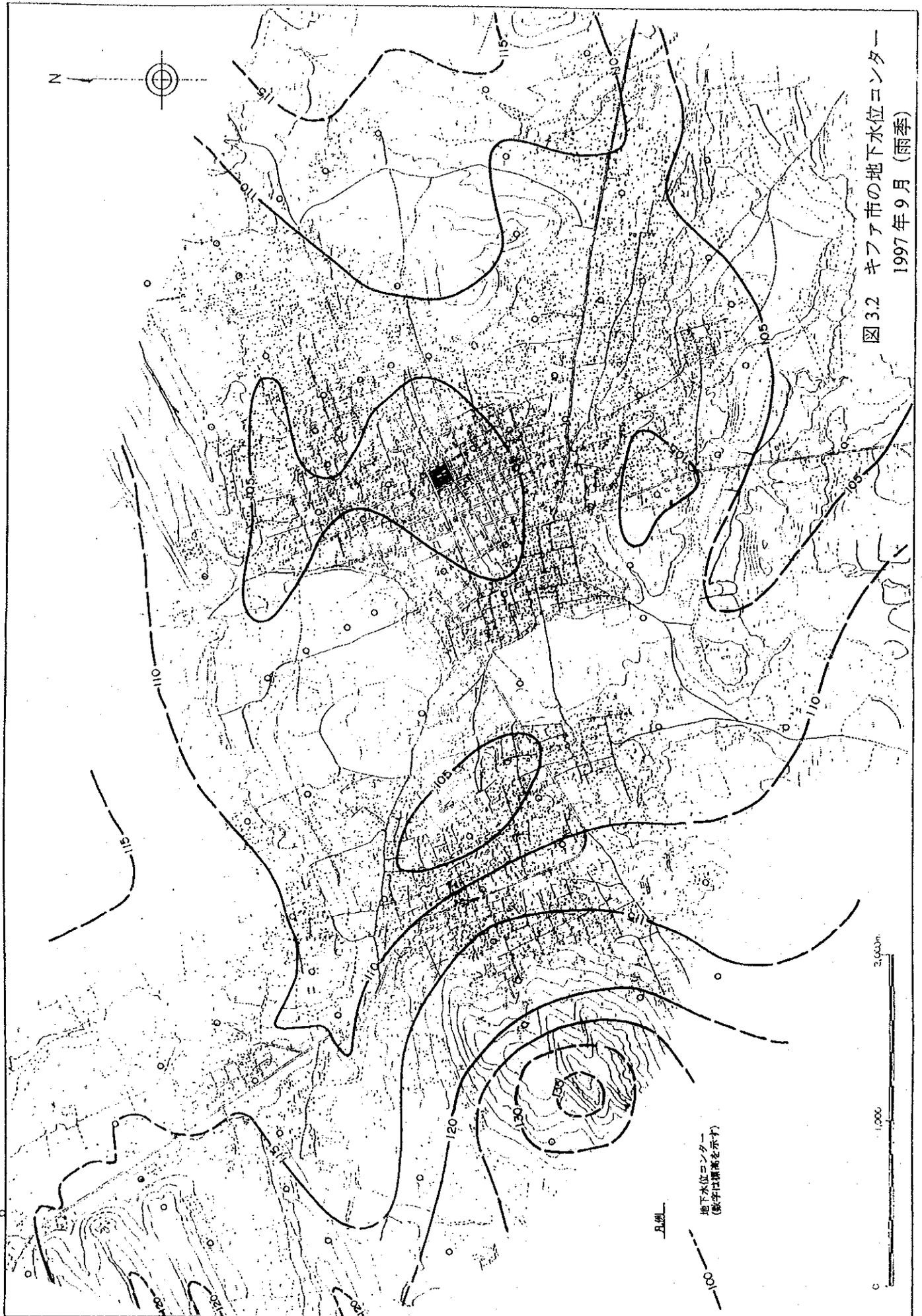


図 3.2 キョフア市の地下水水位コンター  
1997年9月(雨季)

## 3.2 北西水源地の地下水水質と賦存量

### (1) 水源地の選定

航空写真判読により、キファ市の北西部に北東－南西方向の断層帯が分布していることが推定された（図 3.3 参照）。このため、この地域を水源地の候補地として 22 本の試掘調査井を掘削し、水文地質状況の調査を行った。

### (2) 北西水源地の水文地質

試掘調査の結果、北西水源地の帯水層は、割れ目の多いペライトの表層風化部であり、特に断層沿いに地下水が多く賦存していることが明らかとなった。

図 3.3 に、試掘調査結果により得られた北西水源地の地下水位コンターを示す。この図に示されている地下水面形状の特徴を以下に記述する。

- a. 独立した小地下水盆地が 3 つ形成されており、地下水盆地間の地下水の移動は無いと判断される。
- b. 地下水盆地中では、断層沿いに地下水面が低くなっている傾向が認められ、地下水は透水性の高い断層沿いに集まっていると考えられる。

### (3) 水質分布

試掘調査の結果、透水性の低い地域では地下水の塩分濃度が高い傾向が認められ、飲用に適さないことが判明した。一方、断層沿いの透水性の高い地域では塩分濃度が低く、またその他の成分についても問題がないことから、飲料水として利用可能であると判断された。

### (4) 地下水涵養量と開発可能量

北西水源地においては、地下水盆地が独立していることから、地下水の涵養は各地下水盆地内で行われ、断層等を通じて地下水盆地の外から地下水が補給されることは無いものと考えられる。

前述したように、キファ市における降雨の地下浸透率が約 10%程度であることから、北西水源地においても、この値を用いて地下水涵養量を推算した。年間降水量は、過去 8 年間のキファ市の平均年間降水量である 235.4mm/年を採用した。

北西水源地における地下水開発可能量の推算にあたっては、今回掘削した試掘調査井および既存の観測井の中から揚水量の多い井戸を選び出し、これを生産井に転用することを条件とした。生産井に転用する井戸は次の 6 本であり、その位置は図 3.3 に示してある。

- ・ JF-2 (試掘調査井を生産井に転用)
- ・ JF-5A (試掘調査井を生産井に転用)
- ・ JF-7B (試掘調査井を生産井に転用)
- ・ JF-13A (試掘調査井を生産井に転用)
- ・ F-5 (既存観測井を生産井に転用)
- ・ F-6 (既存観測井を生産井に転用)

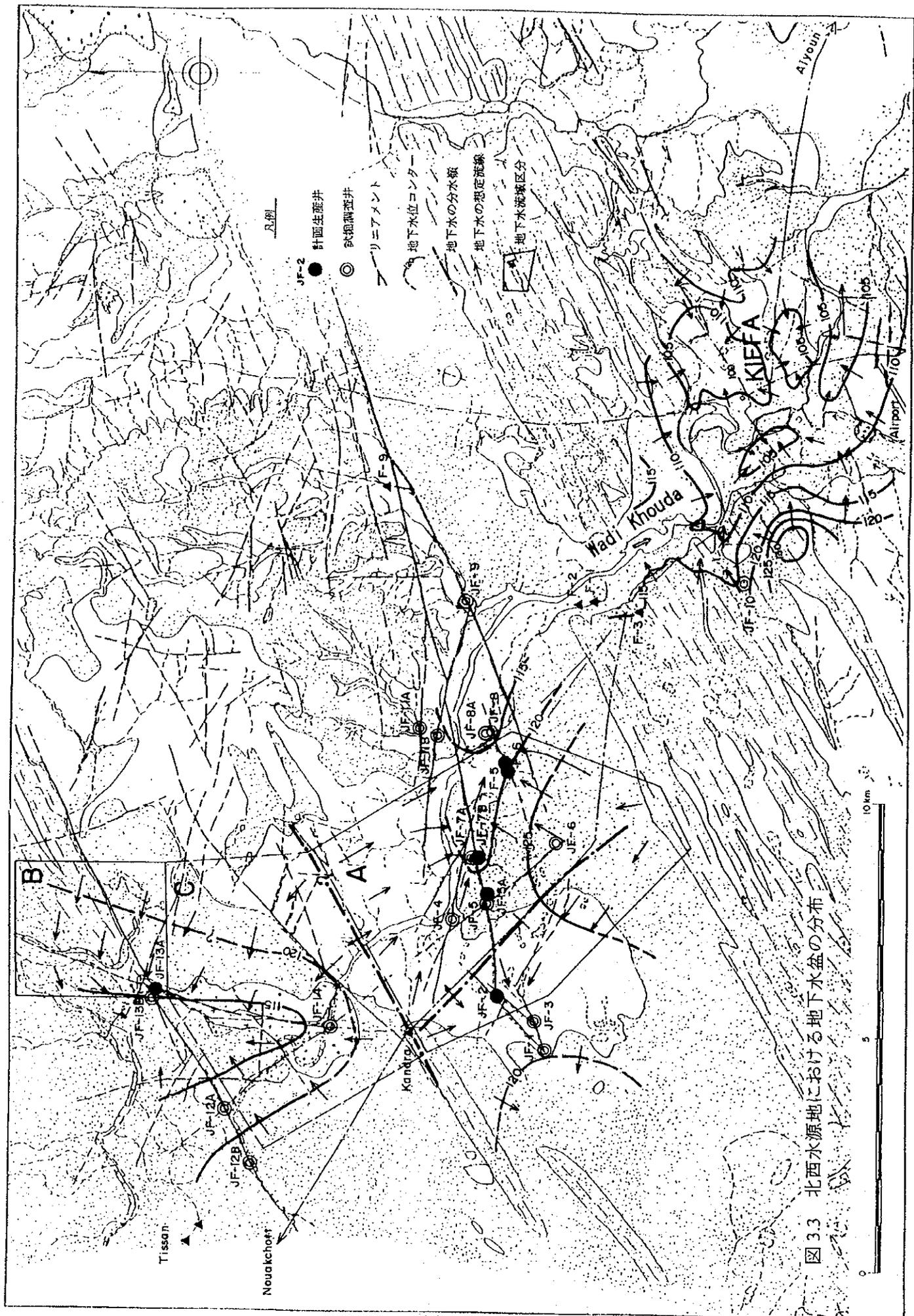


図 3.3 北西水源地における地下水盆の分布

図 3.3 に示す地下水位コンターから推定される、地下水の流れや地下水の分水嶺の位置に基づき、上に示した生産井に対して、地下水が流入する地域を同図の上に 3 区域設定した。

設定した地下水の流域区分毎に、その区域面積と年間降水量および降水の地下浸透率からを推算した涵養量を表 3.2 に示す。

区域の最大可能地下水開発量としては、キファ市での場合と同様に、涵養量の 80%とした。

表 3.2 北西水源地の地下水涵養量と最大可能開発量

地下水流域区分	面積 (km <sup>2</sup> )	涵養量 (m <sup>3</sup> /年)	最大可能揚水量 (m <sup>3</sup> /年)	生産井
A 区域	34	800,000	640,000	JF-2, JF-5A, JF-7B, F-5, F-6
B 区域	9	210,000	170,000	JF-13A
小計	33	1,010,000	810,000	-
C 区域	21	490,000	390,000	将来新規に開発を行なう
合計	58	1,500,000	1,200,000	-

上表に示したように、北西水源地の地下水開発地域を A と B の 2 区域にした場合、その涵養量は 1,010,000 m<sup>3</sup>/年程度、最大可能揚水量は 810,000 m<sup>3</sup>/年程度と推算される。また、将来 C 区域で地下水開発を行なった場合、3 区域合計の涵養量は 1,500,000m<sup>3</sup>/年程度、その最大可能揚水量は 1,200,000m<sup>3</sup>/年程度と推算される。

#### 4. 地下水開発計画

##### 4.1 キファ市内の地下水開発計画

キファ市内の地下水開発可能量は、第3章で検討したとおり、240,000 m<sup>3</sup>/年である。一方現在の揚水量は330,000 m<sup>3</sup>/年とこれを大きく越えている。

2000年より北西部水源地域からの導水がなされると、導水量の約10%が地下浸透すると仮定して約300,000 m<sup>3</sup>/年に開発可能量が増えるが、2015年にキファ市に下水道が整備されるとすると、この新規水源から導水した水の地下浸透は期待できなくなる。このことから、キファ市においては、段階的に揚水規制を行っていくべきであると考えられる。

以上のことを考慮すると、市内浅層地下水の開発計画は表4.1のようになる。

表 4.1 市内浅層地下水の開発計画

単位：m<sup>3</sup>/年

事業	現在	2000年	2005年	2010年	2015年
		給水施設建設	揚水規制 -9%	揚水規制 -17%	下水道整備 揚水規制-27%
降雨による涵養量	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000
導水する水の地下浸透量	0	73,000	73,000	73,000	0
最大揚水可能量	240,000	298,000	298,000	298,000	240,000
揚水量	330,000	330,000	300,000	274,000	240,000
水収支	-90,000	-32,000	-2,000	24,000	0

##### 4.2 北西水源地の地下水開発計画

###### (1) 北西水源地の計画地下水開発量

北西部水源地における地下水開発可能量は、第3章で検討したとおり、合計1,200,000 m<sup>3</sup>/年である。また、北西水源地における現在の揚水量は、開発可能量の1.5%程度と非常に少なく、無視できる量である。

以上のことと、2005年と2015年時点における、キファ市での将来の水需要を考慮すると、北西水源地での地下水開発計画は表4.2のようになる。

表 4.2 北西部水源地の地下水開発計画

単位：m<sup>3</sup>/年

地下水流域区	涵養量	揚水可能量	現況推定揚水量	2005年計画	2015年計画	使用井戸
A地区	800,000	640,000	5,000	560,000	600,000	JF-2,JF-5A, JF-7B,F-5,F-6
B地区	210,000	170,000	2,500	170,000	170,000	JF-13A
C地区	490,000	390,000	10,000	0	380,000	新規井戸約4本
小計	1,500,000	1,200,000	18,000	730,000	1,150,000	
市内浅井戸	---	---	---	300,000	240,000	
総給水量				1,030,000	1,390,000	
水需要				1,026,000	1,387,000	

この表に示されるように、西北部水源地の計画揚水量は2005年計画で730,000m<sup>3</sup>/年、2015年に1,150,000m<sup>3</sup>/年となり、2015年までのキファ市の水需要は、北西水源地の地下水開発で賄えることになる。

(2) 2005 年を目標年次とした地下水開発計画

2005 年を目標年次とした地下水開発計画では、本調査で掘削した試掘調査井の中から、揚水量の多い 6 本の井戸を生産井に転用する。この 6 本の井戸の構造諸元を表 4.3 に示し、位置を図 4.1 に示す。

表 4.3 生産井の構造諸元

地下水流域	井戸番号	帯水層	掘進長	井戸口径	可能揚水量	ストレーナー設置区間
A	JF-2	ペライト	58.0m	6 インチ	9.5m <sup>3</sup> /h	GL-23m ~ GL-39m
	JF-5A	ペライト	62.0m	6 インチ	7.2m <sup>3</sup> /h	GL-24m ~ GL-52m
	JF-7B	ペライト	46.0m	6 インチ	18m <sup>3</sup> /h	GL-11m ~ GL-40m
	F-5	ペライト	66.0m	6 インチ	54m <sup>3</sup> /h	GL-8m ~ GL-40m
	F-6	ペライト	42.0m	6 インチ	70m <sup>3</sup> /h	GL-11m ~ GL-39m
B	JF-13A	ペライト	253.39m	6 インチ	37m <sup>3</sup> /h	GL-19m ~ GL-47m

(3) 2015 年を目標年次とした地下水開発計画

1) 生産井の配置

第 3 章で述べたように、2015 年を目標年次とした地下水開発計画では新規に井戸を掘削する必要があり、その開発地域は図 4.1 に C として表示された区域である。生産井の本数は、井戸一本当りの揚水量によるが、これを 10m<sup>3</sup>/h と想定すると、6 本程度となる。

2) 生産井掘削仕様

2015 年を目標年次とした地下水開発においても、井戸の仕様は今回掘削した試掘調査井と同一にする。つまり、井戸掘削口径は 8-5/8 インチとし、これに 6 インチの FRP 製ケーシングとストレーナーを挿入する。井戸の深さは 50m から 60m 程度とする。

### 4.3 地下水管理計画

(1) 市内浅層地下水の管理計画

キファ市の北西部には良好な地下水が分布するため、この地域における開発を規制するなどの、地下水保全対策が必要である。また、過剰揚水の現状を改善するため、水質の悪い井戸から、揚水規制を実施する等の対応が望まれる。

(2) 北西水源地の管理計画

5 個の自記水位計を今回掘削した試掘調査井に設置し、地下水開発に伴う地下水位の低下を把握するとともに、生産井について、年 2 回程度の定期水質検査を行う。

北西水源地を水源保護地域に指定して、放牧を含む農業活動や宅地開発を規制あるいは禁止し、地下水の水質の保全を図る必要がある。

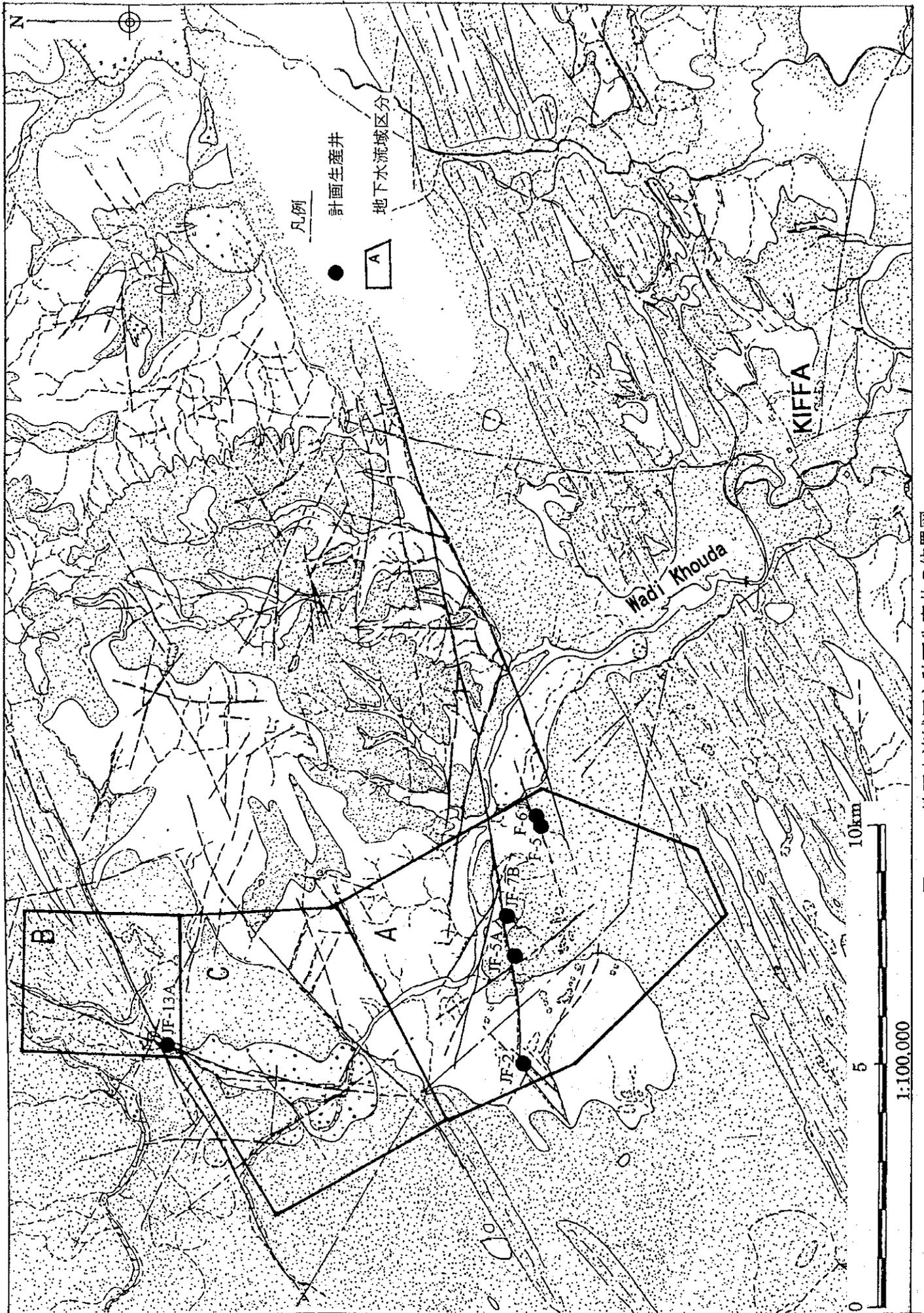


図 4.1 地下水流域区と計画生産井の位置図

## 5. 給水計画

### 5.1 計画諸元

キファ市を対象とする給水計画の計画諸元は、以下のとおりである。

#### (1) 計画目標年次

- a. 2005年 緊急整備計画
- b. 2015年 長期整備計画

#### (2) 地下水開発可能量

- a. 水源開発地点  
北西部水源地（市の北西約12~20kmの水源地）及び市内浅層地下水
- b. 開発可能量（単位 m<sup>3</sup>/年）

計画年次	北西部水源地		浅層地下水	合計
	A,B 地区	C 地区		
2005年	810,000	0	300,000	1,110,000
2015年	810,000	390,000	300,000	1,500,000

#### (3) 計画対象地域

キファ市（Kiffa Commune）の市街地区域を給水計画の対象地域とする。

#### (4) 計画人口

キファ市の現在人口（1997年）と計画人口は、下表のとおりである。

年次	人口（人）	地区別人口	
		I、II類	III類
現在（1997年）	60,921	36,975	23,946
2005年	77,000	50,000	27,000
2015年	100,000	80,000	20,000

注) 地域I：旧市街地  
地域II：計画に基づき開発された新市街地  
地域III：自然発生的に開発が進んだ地区

#### (5) 計画給水量及び水需要量

##### 1) 計画給水量

計画給水量は、各目標年次について下表のとおりとする。

目標年次	給水方式	給水人口（人）	給水量（ℓ/人・日）
2005年	各戸給水	50,000	40（内10は浅層地下水）
	公共水栓	27,000	30（"）
	計	77,000	
2015年	各戸給水	80,000	40（内10は浅層地下水）
	公共水栓	20,000	30（"）
	計	100,000	

## 2) 水需要

2005年及び2015年の年間水需要量は下表のとおりである。

目標年次	給水方式	給水人口(人)	水需要量(m <sup>3</sup> /年)
2005年	各戸給水	50,000	730,000
	公共水栓	27,000	296,000
	計	77,000	1,026,000
2015年	各戸給水	80,000	1,168,000
	公共水栓	20,000	219,000
	計	100,000	1,387,000

## 5.2 給水計画

### 5.2.1 基本方針

#### (1) 水源開発

市の北西部 10~15km にあるペライト層断層周辺の 50~100m 深度の帯水層を開発対象とする。また、市内に残された水質の比較的良好な既存の井戸を水質保全策と共に、飲用水給水源として給水計画に考慮する。

#### (2) 給水計画

各戸給水の配水管設置のために必要な道路配置が整備されていない地域あるいは、住民が経済的に各戸給水の費用をまかなえない地域の存在があり、各戸給水と公共水栓の混在する方式を考える。また、給水量抑制ための方法として時間給水を導入する。

#### (3) 給水施設の運営

主要施設の運営・維持管理は SONELEC が実施する。一方、公共水栓の運営・維持管理については、住民組織による自治的維持管理といった公共サービスとしての部分を強化できる方式を検討する。

### 5.2.2 時間給水

水使用量抑制策として時間給水方式を適用する。

#### (1) 前提条件

時間給水を実施する上で考慮すべき点は以下のとおりである。

- ① 時間給水の対象区域及び給水時間は、配水施設が過大にならない範囲で設定する。
- ② 給水時間の設定にあたっては水使用量が最も大きい時間帯(朝7時~9時、夜6~8時)を考慮する。
- ③ 時間給水を実施するためには、人力によるバルブの開閉が必要になるが、対象となるバルブ数が多すぎて維持管理に多大の労力と費用がかからないよう配慮する。
- ④ 主要管路が事故で破損した場合でも、給水区域全体に水がある程度供給されるような管網計画とする。

- ⑤ 管網の検討は、決められた給水時間内に住民が所定の給水量を確保または消費するものとして行う。

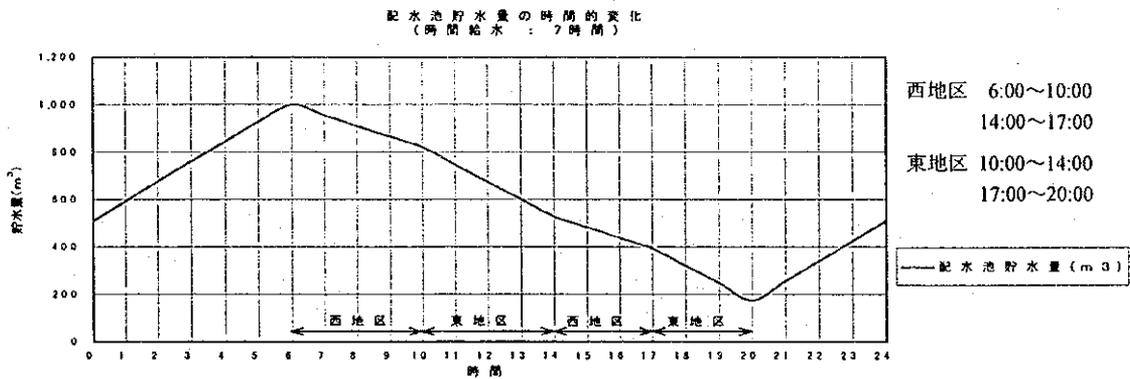
(2) 時間給水の区域分け

キファ市はコウダ・ワジを隔だてて西側と東側の二つに市街地が広がっており、管網も西側地区と東側地区とでほぼ独立した管網が形成されることから、時間給水区域は西地区と東地区の2地区に分けることとする。

(3) 給水時間及び時間帯の設定

時間給水においては、住民がその時間帯に一斉に水を使用し短時間に多量の水消費が行われると想定される。その際、配水池貯水量がゼロ以下になり、その結果配水管路内が負圧の状態にならないよう給水時間及び時間帯を設定する必要がある。

上述の前提条件を考慮して検討した結果、7時間給水を適用する。7時間給水の場合の配水池貯水量の時間的変化を下図に示す。



1日の時間給水実施スケジュールは、下図のとおりである。

		時間帯				
		0	6	12	18	24
西地区			4時間 ▨		3時間 ▨	
バルブ開閉			(開)	(閉)	(開)	(閉)
東地区				4時間 ▨		3時間 ▨
バルブ開閉			(開)	(閉)	(開)	(閉)

#### (4) 給水計画内容

給水計画の内容は下表のとおりである。

目標年次及び人口	計画内容
緊急整備計画 〔 2005 年 〕 77,000 人	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 北西部水源地、A、B 地区における水源開発</li><li>・ 北西部水源地より市内までの導水管路建設</li><li>・ 管路給水による飲用水供給（北西部水源地及び市内井戸の2系統）</li><li>・ 市内井戸の水質保全（井戸構造改善＋手動ポンプ）</li><li>・ 市内浅層地下水の生活用水利用</li></ul>
長期整備計画 〔 2015 年 〕 100,000 人	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 北西部C地区における水源開発</li><li>・ 管路給水による飲用水供給の拡大</li><li>・ 市内浅層地下水の水質改善</li><li>・ 市内浅層地下水の揚水制限・管理</li></ul>

### 5.3 施設計画

#### 5.3.1 基本方針

##### (1) 施設規模

各給水施設の規模は、基本的には緊急整備計画（2005年）の給水原単位（30 ㎥/人・日）、計画人口、整備範囲等に基づいて設定するが、長期整備計画（2015年）における施設・設備の増設も考慮に入れて施設計画を策定するものとする。

##### (2) 施設設計

モ国の都市給水システムの現状を考慮し、建設費が安価で、維持管理が容易で、かつ維持管理費があまりかからず、将来の施設増設にも対応可能な給水システムとなるよう施設計画を策定する。

### (3) 設計条件

計画諸元及び基本方針に従って設定した設計条件は、下表のとおりである。

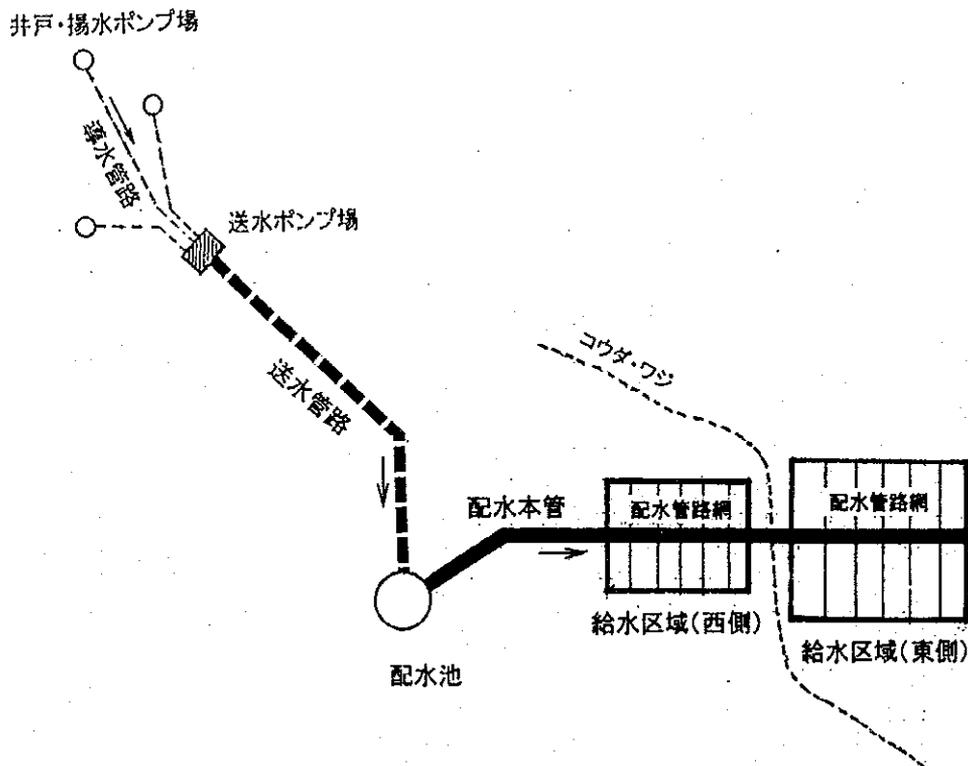
No.	項目	設計条件		備考
		2005年	2015年	
1	目標年次	2005年	2015年	
2	計画人口	77,000人	100,00人	現地調査結果より推定
3	一人一日最大給水量			
	・各戸給水	30ℓ/人・日 (人口の65%)	30ℓ/人・日 (人口の80%)	
	・公共水栓	20ℓ/人・日 (人口の35%)	20ℓ/人・日 (人口の20%)	
4	一日最大給水量	2,000m <sup>3</sup> /日	2,800m <sup>3</sup> /日	(上記3) x 計画人口
5	時間係数(配水管路)	2.0		モ国の実情から設定
6	配水支管末端の最小動水圧			
	・各戸給水	1.0kg/cm <sup>2</sup>		SONELEC 規準による
	・公共水栓	0.5kg/cm <sup>2</sup>		SONELEC 規準による
7	最小管内流速	0.3m/s		日本の規準を参考
8	配水池容量	一日最大給水量の12時間分		モ国の実情から設定
9	管種			
	・導水管路	ダクタイル鋳鉄管		モ国で一般的
	・送水管路	ダクタイル鋳鉄管		モ国で一般的
	・配水本管	硬質塩化ビニル (PVC)		モ国で一般的
	・配水支管	硬質塩化ビニル (PVC)		モ国で一般的
	・公共水栓取付管	硬質塩化ビニル (PVC)		モ国で一般的
10	管路埋設土被り	1.0m		SONELEC 基準による
11	公共水栓の負担人口	500~700人/ヶ所		モ国の実情から設定

#### 5.3.2 給水システムの基本設計

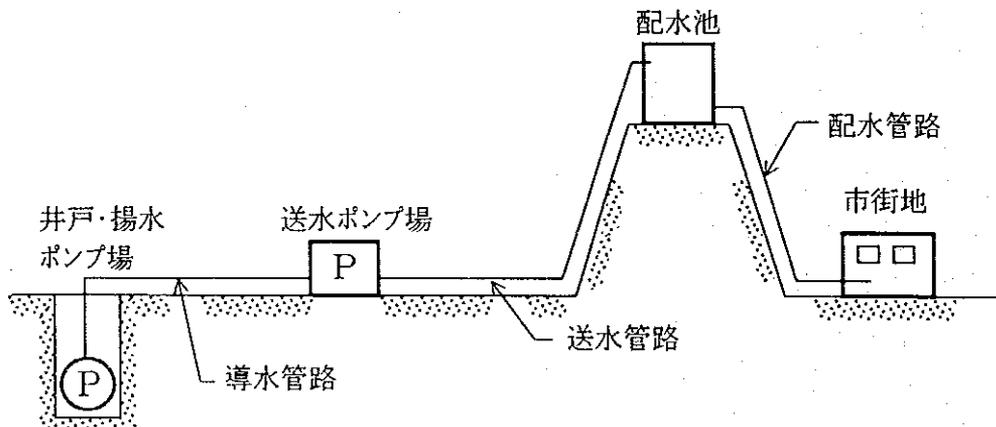
##### (1) 給水システムの構成

給水システムは、以下の施設によって構成される(図 5.1)。また、各施設の基本設計図は図面集に示すとおりである。

- ① 井戸・揚水ポンプ場
- ② 導水管路
- ③ 送水ポンプ場
- ④ 送水管路
- ⑤ 配水池
- ⑥ 配水管路



平面図



断面図

図 5.1 本計画の給水システム概念図

### 5.3.3 施設規模の設定

#### (1) 井戸・揚水ポンプ場

##### 1) 一日最大給水量

- a. 緊急整備計画：2,000m<sup>3</sup>/日
- b. 長期整備計画：2,800m<sup>3</sup>/日

##### 2) 計画揚水量

各生産井の安全揚水量、計画揚水量、井戸深度及び井戸水位は、下表のとおりである。

井戸番号	安全揚水量 (m <sup>3</sup> /h)	計画揚水量 (m <sup>3</sup> /h)	井戸深度 (m)	井戸水位 (m)
JF-2	11	10	58	14.3
JF-5A	5	5	62	13.6
JF-7B	18	15	46	7.7
JF-13A	30	25	58	4.1
F-5	35	25	66	8.0
F-6	35	25	66	8.0
(合計)	134	105		

##### 3) 揚水ポンプ能力

井戸番号	標高 (m)	必要揚水量 (m <sup>3</sup> /分)	揚程 (m)	台数 (台)	仕様	設置深度 (m)
JF-2	137.1	0.2	50	1	口径 50mm、3.7kW	30
JF-5A	135.8	0.1	45	1	口径 40mm、2.2kW	30
JF-7B	128.3	0.3	50	1	口径 65mm、5.5kW	20
JF-13A	120.4	0.5	70	1	口径 65mm、11.0kW	25
F-5	129.2	0.5	45	1	口径 65mm、7.5kW	20
F-6	129.2	0.5	45	1	口径 65mm、7.5kW	20

#### (2) 送水ポンプ場

- 1) 計画送水量：2,000m<sup>3</sup>/日
- 2) 送水ポンプ容量

目標年次	計画送水量 (m <sup>3</sup> /分)	吐出量 (m <sup>3</sup> /分/台)	揚程 (m)	台数 (台)	仕様
2005年	1.4	0.7	45	3(常用2+予備1)	方吸込うず巻ポンプ
2015年	2.0	0.7	45	4(常用3+予備1)	口径 65mm、9.2kW

#### (3) 送水管路

送水管路の管径は、2005年の一日最大給水量に対して設計する。2005年と2015年の各目標年次に対する送水管路の仕様は下表のとおりである。

目標年次	管 路	延 長	送水量 (m <sup>3</sup> /s)
2005 年	250mm×1 連	11.0km	0.023
2015 年	250mm×1 連	11.0km	0.032
	150mm×1 連	11.0km	

#### (4) 配水池

配水池は、自然流下で配水できるようキファ市の西側にある高台（標高 165m）に配置する。配水池の容量は、モーリタニア国の諸都市で採用されている、一日最大給水量の 12 時間分とし、1,000m<sup>3</sup>とする。

#### (5) 配水管路

配水管路は、給水区域全体に配水するための配水本管と、配水本管から分岐して、各家庭への給水管が接続できるよう配置される配水支管から構成される。本計画の配水管路計画図を図 5.2 に示す。

このうち、配水本管は、安定した給水量及び給水圧が確保できるよう、ループ状に配置するものとする。

配水本管の管径は、導水管路と同様に、将来の水需要の増加に対応でき、配水管路末端での最小動水圧（各戸給水 1.0kg/cm<sup>2</sup>、公共水栓 0.5kg/cm<sup>2</sup>）が平常時において確保できるような管径となるよう計画する。

配水管網の検討は、時間給水の適用及び主要管路破損時（異常時）における連続給水を考慮し、西地区及び東地区それぞれに関し以下の 4 ケースについて行った。

- ケース A. 7 時間給水－平常時（2005 年の給水量）
- ケース B.        "        －異常時（2005 年の "    ）
- ケース C.        "        －平常時（2015 年の "    ）
- ケース D.        "        －異常時（2015 年の "    ）

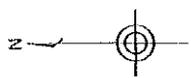
この結果、配水本管の管径は、口径 63mm～300mm となり、総延長は、約 41km（管網計算に含まれない配水本管も含む）である。

配水支管は、最小管径から決定され、モ国で一般に採用されている口径 50mm とする。

#### (6) 公共水栓

公共水栓は、自然発生的に形成された地域Ⅲに、公共水栓を中心とした半径が最大 300m 以内の範囲に 1ヶ所となるように設置するものとする。対象人口は、モーリタニア国の規準である 500～700 人を採用する。構造・形式は、キオスク型の蛇口 6 個付の水栓とする。以上の条件にしたがって配置された公共水栓の数は 39 箇所である。

なお、配水支管から公共水栓までの取付管は、口径 32mm の PVC 管とする。



公共水栓取付管(φ32mm)

揚水ポンプ付浅井戸

高架水槽

配水池

凡例	
	配水本管(口径 100~300mm)
	配水本管(口径 63mm)
	配水支管(口径 50mm)
	公共水栓



図 5.2 配水施設計画図

### 5.3.4 浅層地下水利用計画

水質が良好で飲料水としても今後も利用可能な浅井戸は、13 箇所の公共用井戸である。その内、現在、市営給水車の水源として利用されている井戸は、揚水量が約 150m<sup>3</sup>/日と他の井戸に比べて多く、主にロバによる水売りの水源となっている他の井戸とは、利用計画を以下のように分けるものとする。

- ① 市営給水車の浅井戸 : 特定地域への管路給水
- ② 他の浅井戸 : ハンドポンプによる給水

#### (1) 特定地域への管路給水

当該井戸は、Belemtar East 地区に位置していることから、この井戸による給水範囲を Belemtar East 地区の比較的人口密度が高く、この井戸に近い地域とする。このようにして選定した対象地域を図 5.2 に示す。

対象地域の給水人口は、2,700 人であり、一日最大給水量は、一人一日最大給水量が 30 l/人・日であることから、約 80m<sup>3</sup>である。

給水方式としては、揚水ポンプ→高架水槽→配水管路→各戸給水及び公共（共同）水栓とする（施設図については、図面集を参照）。

#### (2) ハンドポンプによる給水

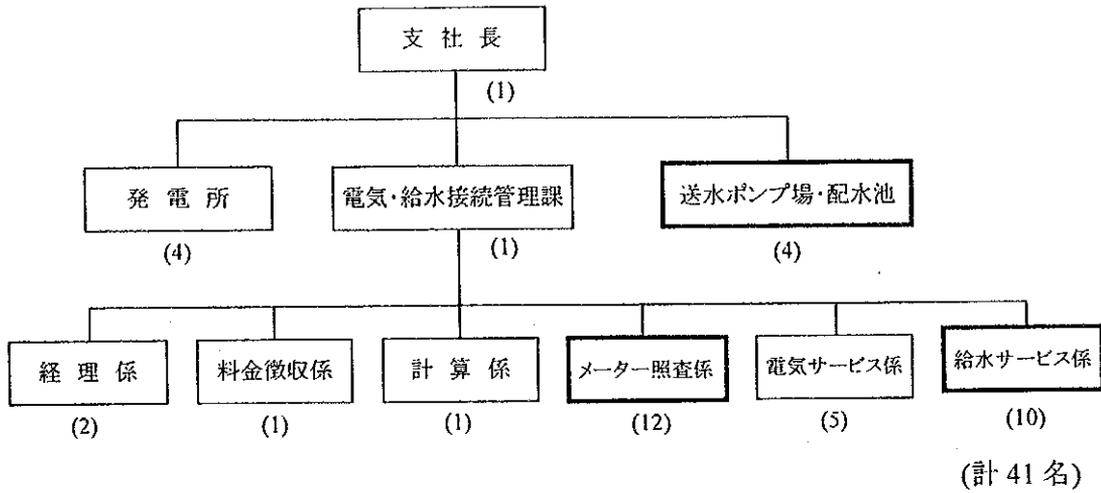
当該井戸は、現在ロバによる水売り人が主に利用していることから、井戸の構造は、ロバの糞尿が井戸に浸透しないようにコンクリートで井戸元を保護するとともに、排水対策を十分に講じる。また、住民や水売り人が水を汲みやすいように、ハンドポンプを設置する。

## 5.4 維持管理計画

キファ市における水道事業実施後の水道事業に必要な運転・維持管理要員は、時間給水の導入を考慮すると下表となる。

部 所 名	人 数	備 考
送水ポンプ場・配水池	4	所長各 1、保守点検各 1
給水接続管理課	0	電気部門が兼任
経 理 係	0	電気部門が兼任
料金徴収係	0	電気部門が兼任
計 算 係	0	電気部門が兼任
メーター照査係	6	
給水サービス係	10	保守点検 2 人、バルブ開閉 8 人
計	20	

水道事業実施後の SONELEC の組織図（案）は、図 5.3 のとおりである。



は水道事業実施後の新設  
 または増員される部所

図 5.3 SONELEC キファ支社の水道事業実施後の組織図 (案)