

国際協力事業団

中央アフリカ共和国
鉱山・エネルギー省
水利総局 (DHG)

中央アフリカ国バンギ市地下水開発計画調査

最終報告書

要約

平成11年12月

JICA LIBRARY



J 1155856161

株式会社協和コンサルタンツ
八千代エンジニアリング株式会社

社調二

JR

00-010

JICA
507
61.8
SSS
LIBRARY

中央アフリカ国
バンギ市地下水開発調査
最終報告書
要約
平成11年12月

国際協力事業団

中央アフリカ共和国
鉱山・エネルギー省
水利総局 (DGH)

中央アフリカ国バンギ市地下水開発計画調査

最終報告書

要 約

平成 11 年 12 月

株式会社協和コンサルタンツ
八千代エンジニアリング株式会社



1155856(6)

通貨交換率 (1999年6月現在)

US\$ 1.00 = 627.23 FCFA

序 文

日本国政府は、中央アフリカ共和国政府の要請の基づき、同国のバンギ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。

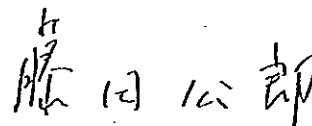
当事業団は平成8年3月から平成11年11月までの間、7回にわたり（株）協和コンサルタント国際事業部部長の進藤昌明氏を団長とし、同社及び八千代エンジニアリング（株）から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、中央アフリカ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12月



国際協力事業団

総裁 藤田 公郎

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 藤田公郎 殿

中央アフリカ共和国バンギ市地下水開発計画調査の最終報告書を提出致しますので
よろしくご査収願います。

本報告書は、大きく分けて二つの構成から成っております。一つは、中央アフリカ
国の首都バンギ市および周辺地区を対象とし、2015年を目標年とした同地域の水道施
設整備の方針にかかるマスタープランであります。今一つは、マスタープランに含ま
れるプロジェクトの中から選定された優先プロジェクトである地下水開発事業のフイ
ージビリティー・スタディーの調査です。

本報告書は、要約、主報告書、付属書、データ集及び図面集から構成されておしま
す。要約は調査の概要、主報告書は各調査段階で実施された調査解析の結果の要旨、
付属書にはマスタープラン及びフイージビリティー・スタディー策定のための詳細な
調査内容および検討結果を記載しました。また、データ集にはフィールド調査の解析
データ、図面集にはフイージビリティー・スタディーの対象事業にかかる設計図面を
掲載しております。

本報告書を提出するにあたり、多大なご支援とご助言と賜った貴事業団、外務省、
駐中央アフリカ国日本大使館、ならびに中央アフリカ国政府関係機関の関係者各位に
対し、心から感謝の意を表すものであります。本調査の結果が中央アフリカ国の将
来の水道事業と社会の発展のために貢献できることを切に願う次第であります。

平成11年12月

バンギ市地下水開発計画調査 団長

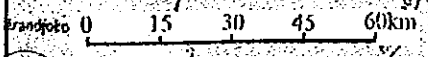
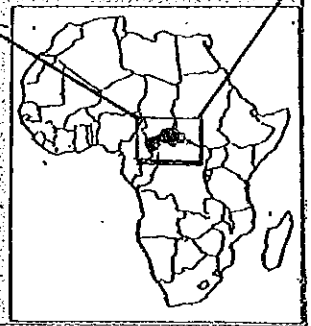
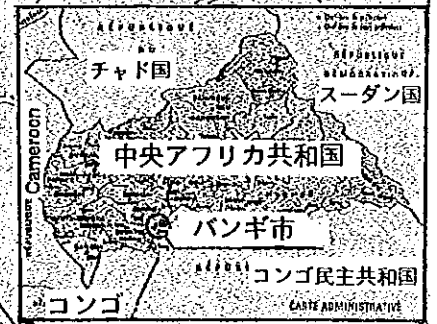
進藤 昌明



調査対象地域
バンギ市

コンゴ民主共和国

コンゴ共和国



調査概要

はじめに

バンギ首都圏はバンギ市とビンゴ郡の都市化が進んだ3地区によって構成され、1998年の人口は66万人と推定されている。過去10年間のデータから年間の人口増加率はバンギ市では3.88%、ビンゴ郡では7.91%とされ、急激な人口増加に生活基盤施設の整備が追い付かず深刻な社会問題となっている。バンギ市の上水道の配水管はバンギ市の市街地を中心に敷設され、周辺部のビンゴ地区へ拡張されつつあるものの、給水地域内の水道普及率は30%程度に止まっている。特に、ビンゴ地区の大半は水道が未整備であり、生活用水を水質の悪い浅井戸に頼らざるを得ないため、住民の多くは常に水因性疾患の罹患と非衛生な環境下での生活を余儀なくされている。このため、中ア国政府はバンギ首都圏における水資源の開発と上水道施設の整備に係る技術協力を日本政府へ要請した。本調査の主目的は以下の通りである。

- 2015年を目標年次とするマスタープランを策定する。
- マスタープランの結果、最も優先度が高い事業に対し2005年を目標年次とするフィージビリティ調査を実施する。
- 調査実施を通じて、中ア国カウンターパートに対する技術移転を実施する。

マスタープラン

1 調査対象地区と地域特性

調査対象地域は、バンギ市全域とビンゴ郡のバンギ市隣接地域を含み、総面積約155km²である。気候は熱帯雨林気候帯とサバナ気候帯の中間に属し、12月～3月までの乾期、4月～11月までの雨期とに大別される。年間降雨は1,100mmから1,700mmと比較的高く、一年を通じて湿度が高いため農業生産に適した気候である。地形的には丘陵、斜面、沖積平野及び台地に大別され、チャート、石英質結晶片岩、粘板岩などの先カンブリア紀の基岩の上に、ラテライト粘土や砂質シルト層が広く覆っている。

2 上水道の普及状況

バンギ市の水道水はウバンギ川を水源とし浄水場で浄化され、バンギ市と隣接するビンゴ郡の東側一部に供給されている。上水道施設は中ア国政府の資産であるが、施設の運転管理、給水サービス、料金徴収等の水道事業は民間会社 SODECA が1992年以来、政府から施設を借り受け実施している。既存給水地域には約67.4万人が居住し

ているが、水道サービスの受益者は約 20.4 万人と推定されている。バンギ市中心部は 24 時間給水されているが、周辺部になるに従い水圧が不足し、十分なサービスが受けられなくなる。給水地域の域外に位置するピンボ地区では多くの人々が浅井戸や河川水を直接利用している。

3 地下水賦存量調査

調査地域の水理地質特性を総合的に把握するため、航空写真解析、物理探査、既存井戸調査および現地踏査等の結果に基づき調査井戸の建設が計画された。建設作業は 1998 年 9 月初旬から 1999 年 1 月末まで継続し、建設した井戸総数は 21 本、総掘削延長は 1,599.4m に達した。調査井戸における揚水試験、水質分析、水位の変動経過の追跡結果を踏まえ、地下水開発に伴う地下水収支シミュレーションと地下水ポテンシャルの判定を実施した。その結果、調査地域における地下水開発地域が選定され、年間の開発可能地下水量は 800,000 m³/年と算定された。

4 マスタープランの概要

対象地域の人口推計を実施し、都市化の動向及び水道使用の実態調査の解析結果から水道普及率の推移、1 人当たりの水使用量等を定め、最終目標年を 2015 年として水需要を予測した。また、対象地域内で利用可能な水源として明らかにされた地下水量と表流量を前提として、最終目標年次までの対象地域の水道整備の基本方針をたて、以下の通り水道施設の段階的整備計画を策定した。

- 1) 本調査において開発可能と判断された地下水を利用した水道施設を、既存給水地域の外側に広がっている難給水地区と水道未整備地域を対象に緊急的に整備する。
- 2) 2008 年までは既存浄水施設能力を最大限に利用することにより、地域の水道需給をバランスすることが可能であるため、既存給水地域での配管網を整備拡充する。
- 3) 2009 年以降は対象地域の水需要が上記 2 案の給水可能量を上回るため、表流水を水源とした新たな事業として、既存施設の拡張事業または浄水施設を建設する。

これらの事業費及び事業運営の収支予測をもとに財務評価した結果、これら事業を有償資金によって実施することは、極めて困難なレベルにあると想定された。ただし、本事業が実現された場合の波及効果と BHN に即した事業特性に鑑み、無償資金協力の一貫として実施すればその意義は大であると結論づけられた。中でも、地下水開発による水道施設の整備を実施した場合、衛生環境の飛躍的な改善が期待されること、建設及び運営管理面で他の事業に比して経済的であるため、フィージビリティ・調査で対象とするプロジェクトとして最適であると判断された。

フィージビリティ調査

5 フィージビリティ調査の基本方針

フィージビリティ調査の目標年次は 2005 年とする。対象地域は既存給水地域の外周地域に位置し、水道の恩恵を十分に受けることの困難な地域である。対象地域の水需要を満たすための水源を地下水とし、現地技術者の能力で運営可能な整備内容し、現地市場で入手可能な資機材を極力利用する。

6 裨益人口と計画給水量

対象地域であるピンボ郡にはバンギ市に職を求めて上京した地方出身者が多く、かつ出身地や部族構成が複雑に入り交じった低所得者層が多く住んでいる。飲料水は伝統的な浅井戸に頼っているが、大腸菌や細菌で汚染され、掘込み式トイレからの尿尿の浸透が懸念されている。1998 年の人口は 54,000 人と推定されるが、人口増加率が 7.91%/年とバンギ市のほぼ 2 倍となっている。地下水を利用する水道設備が整備された場合、対象地域の 2007 年の水需要に相当する 2,200 m³/日が給水可能であり、これによる裨益人口は 45,000 人と見込まれる。

7 事業内容

フィージビリティ調査で策定された計画施設の内容は表-1 に示す通りであり、施設の配置は図-1 に示す通りである。

表-1 計画施設

施設	設備名	規格/寸法	数量
井戸施設	深井戸	φ12"1/4、深度 50~150m、φ 6"FRP ケーシング、φ 6"INOX type スクリーン	6 本
	水中ポンプ	Q=0.51 m ³ /min., 2.4 kw~5.43 kw	6 式
	導水管	φ100~200mm, DCIP	3,120 m
	水管橋	φ150 mm, L=29m	1 式
送水施設	着水井	RC 構造、V=122 m ³	1 基
	送水管	φ200 mm, DCIP	4,780m
	送水ポンプ	1.07 m ³ /day、 31.66 kw	3 式
	消毒設備	さらし粉注入設備	1 式
配水施設	配管	φ50~300 mm, DCIP / PVC	71,840m
	配水池	RC 構造、V=1700 m ³	1 基
	共同水栓	従来型	40 か所

また、本事業実施を円滑に遂行するため、以下の機材調達が必要とされる。

*管理用車両：4WD ピックアップ	3台
*無線設備：HF125 W (親機1台+子機10台)	1式
*コンピューター、プリンター、ソフト：デスクトップ型	1式
*水質分析器機及び試薬	1式

本事業を実施するための費用は、外貨分、内貨分合わせ 62.27 百万フランス・フラン (9.93 百万 US\$, 1999 年 6 月 2 日交換率ベース) と積算された。また、事業は 2000 年から準備を開始し、基本設計/詳細設計の後、2001 年末までに建設業者を選定し、2003 年末に施設を完成する予定とされた。

8 運営維持管理

事業の実施責任機関は鉱山・エネルギー省の管轄下にある水利総局である。水利総局は本事業の実施を、調査建設段階と維持管理段階の 2 つに分け、それぞれの段階に必要とされる機能を有した特命部署を作ることとしている。特命部は調査建設段階には地元住民への広報、建設用地の確保、設計業務の管理等を担当する。施設完成後の運転管理は民間企業へ委託される予定である。維持管理段階における特命部の役割は、委託企業の監督/指導、住民に対する水道使用の啓蒙活動、地下水モニタリングとデータ整理等である。本施設の運転管理に要する電気、薬品、人員等の年間経費は 391,000 フランス・フラン (62,300US\$, 同上交換率ベース) と見積もられた。

9 環境影響評価

対象地域はバンギ市中心から車で 30 分圏内にあり、概ね宅地ないしは農地として人為的な開発行為が進んだ地域であり、保護すべき希少動植物は存在しない。地下水開発事業には大規模な土木工事を伴わないため、自然環境への影響は無視し得る程度である。一方、この地域では飲料水を水質の悪い浅井戸に頼らざるを得ず、特に、人口密集地区では便所から尿尿が浸透し、井戸水を汚染しているケースが多い。更に、ゴミの投棄、排水の垂れ流しなども恒常化しており、住民は劣悪な衛生環境に置かれている。本事業の実現による、衛生環境の改善効果は高いと想定される。

10 事業評価

本事業を財務的、経済的評価した結果、有償資金による事業化は否定的であると結論づけられた。ただし、事業が無償資金で実施される場合、将来の施設更新費を考慮しても、運転管理費を事業収益によって賄い得ることが確認された。

本事業がもたらす社会的効果としては、婦人や子供にかかる水汲み労働負荷と時間の軽減、衛生環境の改善に伴う水因性疾患の軽減、地域的な水道水享受の不平等の是正、事業実施に伴う新たな労働力需要の創出等が期待される。

本事業の実施に伴う自然環境面へは否定的な影響はない。

11 結論と提言

本計画は融資プロジェクトとしては成立しないと評価されたが、運転管理は事業の経常収益で賄うことが期待できる。計画施設の運転は現地の技術能力で十分対応可能である。中ア国政府は完成された施設管理を独自の監督下におき、その運転管理を民間企業に委託することにより、従来既存の施設を管理してきた方法と同様に住民に安定したサービスを提供することが可能となる。よって、本事業の実施は、BHN 観点から地域住民の生活環境を大きく改善することに貢献するため、妥当であると結論づけられた。

また、本事業の持続的な運営を担保するため、以下事項の実施が提言された。

- 1) 地下水の水位および水質に関するモニタリング体制の構築
- 2) 地下水水質保全対策の策定
- 3) 水利総局 (DGIH) の事業実施体制の強化
- 4) 給水率向上のための施策実施
- 5) 集落管理による共同水栓管理の試行
- 6) 住民に対する水道利用と衛生教育の徹底

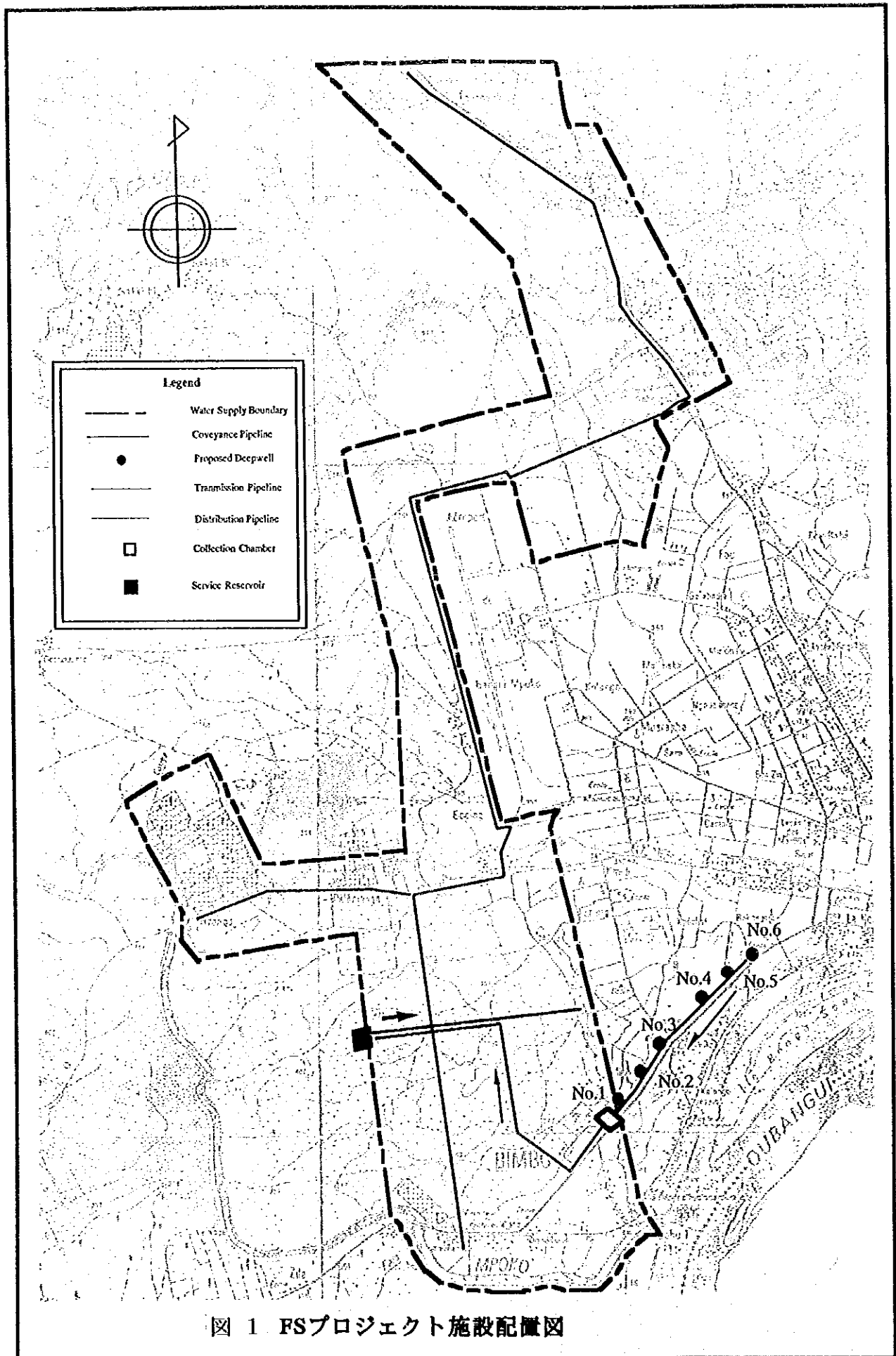


図 1 FSプロジェクト施設配置図

中央アフリカ国
バンギ市地下水開発計画調査

最終報告書の構成

最終報告書 要約

VOLUME 1 主報告書

マスタープラン

F/S調査

VOLUME 2 付属書

- 1 社会状況調査
- 2 地形地質調査
- 3 表流水ポテンシャル調査
- 4 F/Sプロジェクトの概算事業費算定
- 5 除鉄/マンガン装置の検討
- 6 水道料金の検討

VOLUME 3 データ集

- 1 ボーリング報告書
- 2 既存井戸調書
- 3 地下水水質分析結果
- 4 河川放流量解析
- 5 ポアリダム水収支解析
- 6 社会経済状況
- 7 函面集 (F/S)

中央アフリカ国
バンギ市地下水開発計画調査
最終報告書

要 約

目 次

マスタープラン

第 1 章 序文	MP- 1
1.1 調査の背景	MP- 1
1.2 調査の目的	MP- 1
1.3 調査対象地域	MP- 2
1.4 調査の内容	MP- 2
1.5 調査の実施体制	MP- 4
1.6 報告書の構成	MP- 5
第 2 章 自然条件	MP- 6
2.1 調査地域の自然条件	MP- 6
2.1.1 地形・地質特性	MP- 6
2.1.2 気候	MP- 6
2.2 社会経済状況	MP- 7
第 3 章 上水道の普及状況	MP- 9
3.1 衛生分野の国家目標	MP- 9
3.2 上水道分野の組織	MP- 9
3.3 上水道施設の現状	MP- 9
3.4 上水道供給の現状	MP-10
3.5 水質分析結果	MP-11

第4章	試掘井戸の建設	MP-13
4.1	井戸掘削	MP-13
4.2	地下水位観測	MP-13
第5章	水理地質	MP-15
5.1	調査地域の帯水層	MP-15
5.2	水理地質構造	MP-15
5.3	地下水数値シミュレーション	MP-17
第6章	表流水の利用可能量の評価	MP-19
第7章	マスタープランの策定	MP-21
7.1	マスタープランの基本方針	MP-21
7.2	マスタープラン	MP-21
7.2.1	給水人口の推定	MP-21
7.2.2	水需要の推定	MP-24
7.2.3	マスタープランの概要	MP-27
7.2.4	代替案の構成	MP-28
7.3	代替案プロジェクトの事業費概算	MP-30
7.4	運営・維持監理計画	MP-31
7.4.1	実施機関の将来組織	MP-31
7.4.2	衛生改善計画	MP-31
7.4.3	地下水モニタリング計画	MP-32
7.5	事業評価	MP-32
第8章	フィージビリティ調査プロジェクトの選定	MP-34

フイージビリティ調査

第1章 序文	FS-1
1.1 背景	FS-1
1.2 調査対象地域	FS-1
1.3 フイージビリティ調査の基本方針	FS-1
第2章 調査地域の現状	FS-2
2.1 水利用及び衛生状況	FS-2
2.1.1 水利用状況	FS-2
2.1.2 衛生状況	FS-2
2.2 社会経済条件	FS-2
2.2.1 人口	FS-2
2.2.2 土地用途と経済活動	FS-2
第3章 地下水開発計画	FS-3
3.1 地下水水源地の提案	FS-3
3.2 地下水ポテンシャル	FS-3
3.3 地下水の水質	FS-4
3.3.1 対象地下水盆における現況の地下水水質	FS-4
3.3.2 地下水水質変化の検討	FS-4
第4章 水道計画	FS-6
4.1 給水地域と給水人口	FS-6
4.2 水需要予測	FS-6
4.3 施設設計の基本方針	FS-7
第5章 施設設計と機材	FS-8
5.1 設計基準	FS-8
5.1.1 水需要	FS-8
5.1.2 取水施設	FS-8

5.1.3 送水施設	FS- 8
5.1.4 配水池	FS- 8
5.1.5 共同水栓	FS- 8
5.1.6 塩素注入設備	FS- 8
5.2 計画施設	FS- 8
5.3 維持管理用機材	FS- 9
第 6 章 維持管理計画	FS-10
6.1 調査・建設段階の組織形態	FS-10
6.2 維持管理段階の組織形態	FS-11
6.3 キオスクの集落管理方式の提案	FS-12
6.4 水道料金の検討	FS-13
第 7 章 事業費と事業実施計画	FS-14
7.1 事業費	FS-14
7.2 運転管理費	FS-14
7.3 事業実施計画	FS-15
第 8 章 環境影響評価 (EIA)	FS-16
8.1 自然環境	FS-16
8.2 社会環境	FS-16
第 9 章 事業評価	FS-17
9.1 与条件	FS-17
9.2 総合評価	FS-17
第 10 章 結論と提言	FS-19
10.1 結論	FS-19
10.2 提言	FS-20

添付表・図

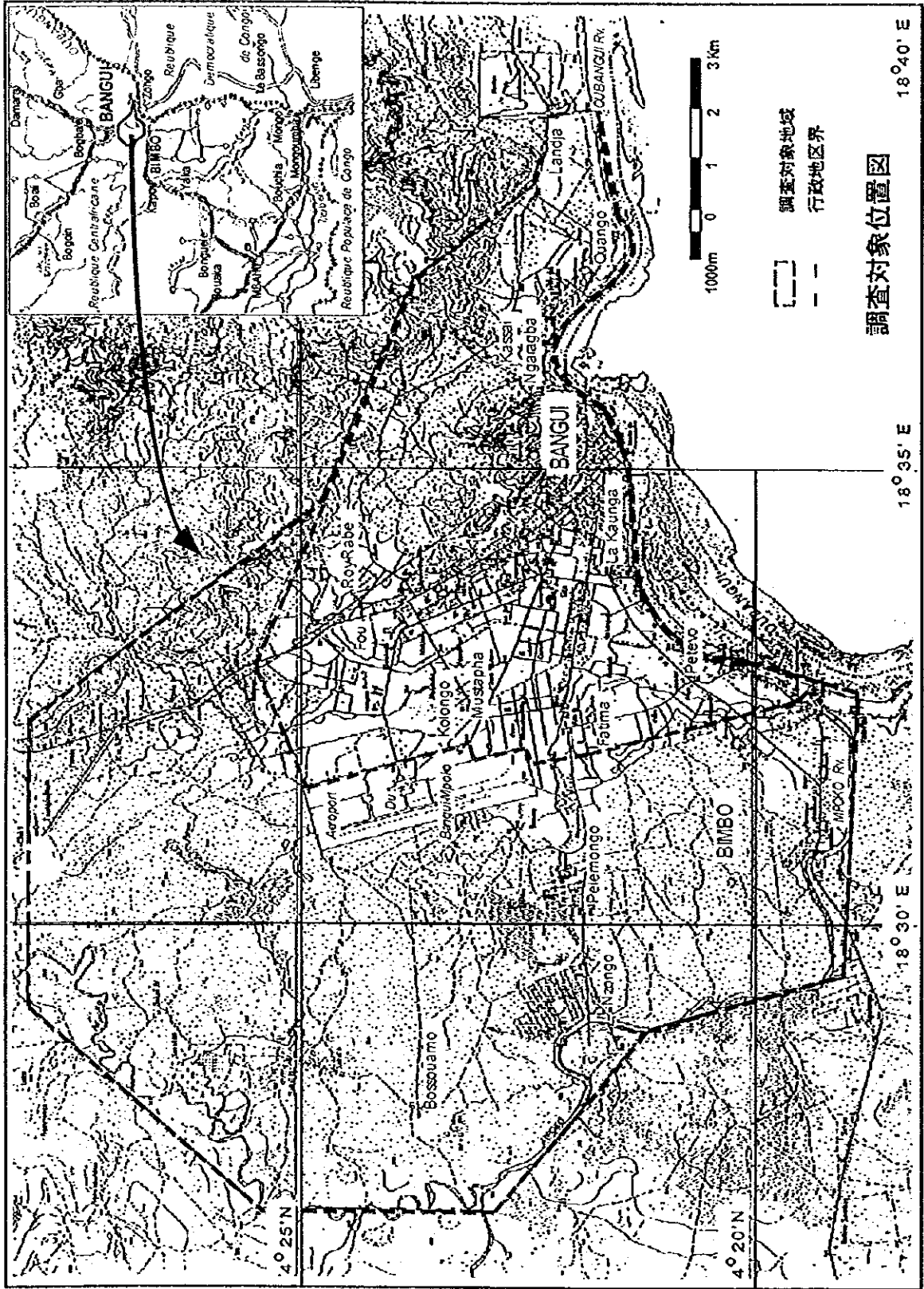
マスタープラン

表 4.1.1	試掘井戸の建設	MP-13
表 7.2.1	人口統計による人口	MP-22
表 7.2.2	調査地域の人口推定	MP-24
表 7.2.3	各戸給水栓と公共栓の整備率	MP-25
表 7.2.4	給水量の原単位	MP-25
表 7.2.5	給水の有効率	MP-26
表 7.2.6	給水量の需要予測	MP-26
表 7.3.1	代替案プロジェクトの事業費積算 (1,000 FCFA)	MP-30
表 7.5.1	総合事業評価	MP-33
図 1.1.1	調査対象地域位置図	MP- 3
図 4.1.1	試掘井建設位置図	MP-14
図 5.1.1	調査地域の水理地質図	MP-16
図 7.2.1	調査地域の人口推定	MP-23
図 7.2.2	予測給水率	MP-25
図 7.2.3	水需要の推定	MP-26
図 7.2.4	水需要の推移とサブプロジェクトの実施	MP-28

フィージビリティ調査

表 3.2.1	開発に伴い想定される最大広域地下水位低下量	FS- 3
表 5.2.1	計画施設	FS- 8
表 7.1.1	建設費	FS-14
図 4.1.1	全人口の推定	FS- 6
図 4.2.1	給水人口の推定	FS- 6
図 4.2.2	水需要予測	FS- 7
図 6.1.1	調査・建設段階における水利総局の組織	FS-10
図 6.2.1	維持監理段階における水利総局の組織	FS-11
図 7.1.1	事業実施スケジュール	FS-15

マスタープラン



調査対象位置図

マスタープラン

第1章 序文

1.1 調査の背景

中央アフリカ共和国（以下「中ア国」と称する）はアフリカ諸国の中でも生活基盤整備が遅れた国のひとつである。中ア国の水道普及率は18%で、都市部においても20%に止まっている。従って、水道の恩恵に浴していない多くの人々は浅井戸や河川水に頼っている。中ア国政府は国民の生活改善のため水道施設整備事業に高い優先度を与え、欧州諸国や UNDP 等の協力を得て農村及び地方都市における地下水を水源とした水道施設の整備事業を実施している。日本も10年以上に渡り、無償資金協力案件の実施や専門家の派遣業務を通じて協力してきている。

バンギ首都圏はバンギ市と、ビンボ郡の都市化が進んだ3地区によって構成され、1998年の人口は66万人と推定されている。過去10年間のデータから年間の人口増加率はバンギ市では3.88%、ビンボ郡では7.91%とされ、生活基盤設備の整備の遅れが深刻な都市問題となっている。

バンギ市ではウバンギ川を水源とする上水道施設により給水されている。配水管網はバンギ市の都市化が進んだ地区を中心に敷設され、ビンボ地区の位置する北や西方へ拡張されつつある。既存施設による給水率は約30%と推定され、住民の多くは不衛生な浅井戸から飲み水を得ており、しばしば水系疾患の原因になっている。フランス政府はこれまで、バンギ市及び地方の6都市において、上水道施設の建設や維持管理、配水管網拡張事業等に対し融資ベースで協力してきた。近年もフランス開発庁（AFD）を通じて、バンギ市の既存配水管網の改修事業に対する第4次調査を完成させ、現在その実施のための資金援助を考慮している。しかしながら、新たな水源開発や既存の給水地域外である北～西地区への上水道施設の拡張設計画に関しては、具体的な計画が策定されていない。

かかる状況の下、中ア国政府は1995年2月、日本政府に対しバンギ首都圏における水資源の開発と上水道施設の整備に係る技術協力を要請してきた。これを受けて、JICAは1995年11月、調査団を中ア国に派遣した。調査団は上水道の状況に関する予備調査を実施し、中ア国政府との間で調査範囲（S/W）に関し合意された。

1.2 調査の目的

水道施設が未整備であるバンギ市と周辺地域に対し、衛生的な飲料水を安定的に供給するため、以下の課題が設定された。

- 2015年を目標年次とするマスタープランを策定する。

- マスタープランの結果、最も優先度が高い事業に対し 2000 年を目標年次とするフイージビリティ調査を実施する。

フイージビリティ調査の目標年次は当初 2000 年であったが、1996～97 年に発生した暴動による調査の中断や作業の遅れを考慮し 2005 年に改定された。

上記に加え、調査実施を通して中ア国カウンターパートに対して、関連技術の移転を実施する。

1.3 調査対象地域

調査対象地域は中ア国の首都であるバンギ市全域とピンボ郡のバンギ市隣接地域を含み、総面積 155km²に及ぶ地域である。調査対象地域位置を図 1.1.1 に示す。

1.4 調査の内容

(1) 水源開発調査

バンギ市および周辺部の水道未整備地域において衛生的な飲料水を安定して供給するため、地下水を中心とする水源開発計画を策定する。本調査地域における地下水開発の可能性を明確にするために、ランドサット画像を利用した地形調査、電気探査、電磁探査による地下物理探査、既存井戸調査、試験井による試掘調査、シュミレーションによる水理解析が行なわれた。

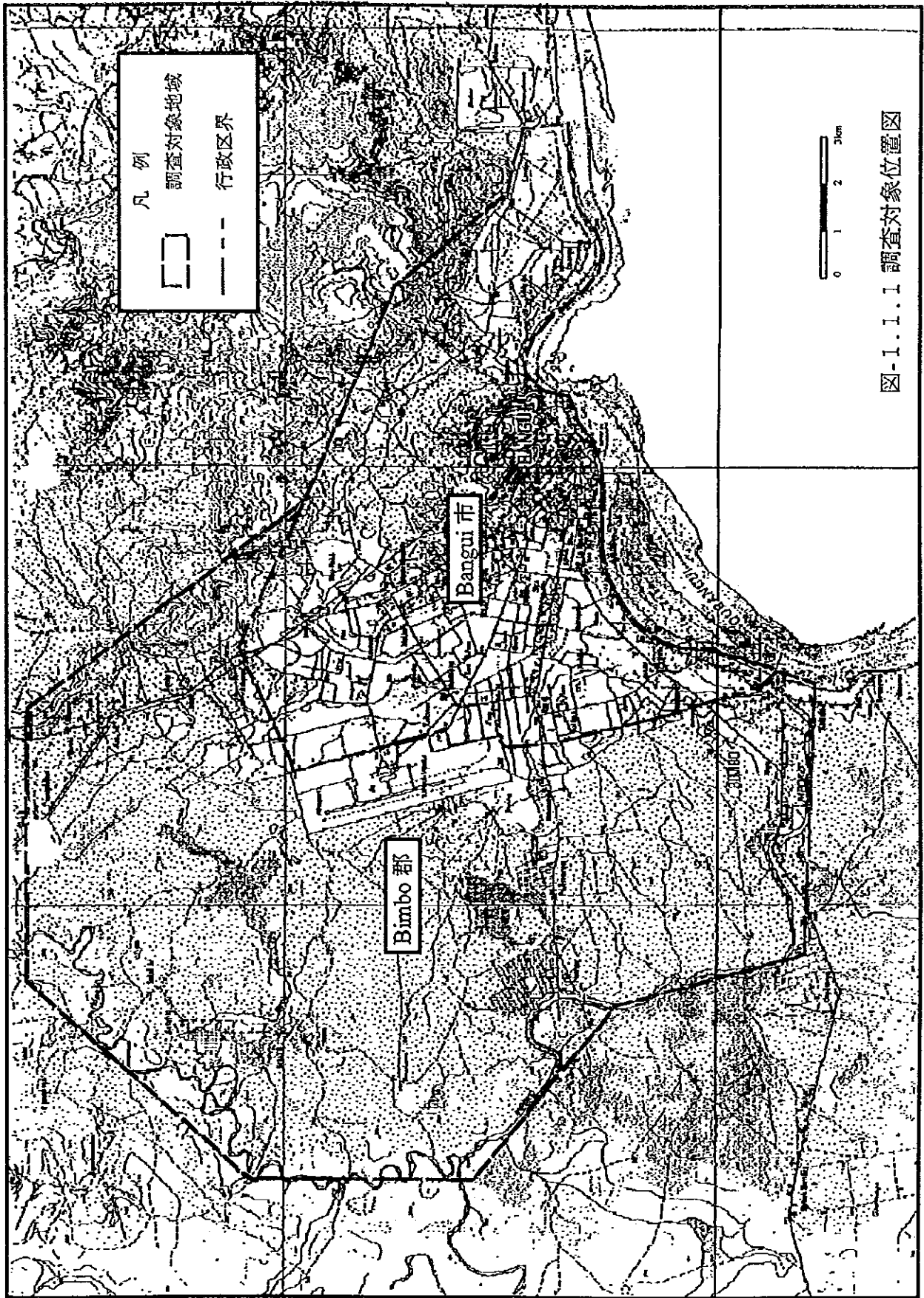
本計画の主要水源は地下水であることが望ましい。しかし、地域の地下水源量が不足する場合を考慮し、地表水の利用可能性についても調査を実施した。対象河川はバンギ市の南部でコンゴ民主共和国との境界線を形成しているウバンギ川、と調査地域の西部を流れるウバンギ川の支流のムボコ川である。

(2) 水利用パターンに関する社会分析

住民の全体的な衛生状態を改善する上で障害となる問題を明確にし、対処方法を策定するため、本調査地域における水利用実態を住人に対するアンケートによって実施した。この結果に基づき、地域の給水インフラ開発にける社会的公平を維持することを検討した。

(3) マスタープランの策定および優先プロジェクトのフイージビリティスタディ

マスター・プラン (M/P) は、地下水か表流水の水資源開発計画と、目標年 2015 年における給水設備整備の計画から成る。この M/P 作成においては、バンギ市の



開発計画、人口予測、住民の生活水準、および対象地域全体の社会経済状況、社会環境、住民意識、既存の水道事業実施組織の財務状態と技術的能力等につき検討を行った。M/Pにおける優先プロジェクトのフィジビリティ・スタディ (F/S) の段階では、2005年という目標年に合致するように、給水施設の設計、維持管理計画、および運転・維持管理費用の検討を行った。

(4) 技術移転

日本政府による、これまでの地下水開発プロジェクトにおける実地訓練を通じて井戸掘削と機材の保守管理技術については、地元の技術者はある一定の水準まで達している。本調査においては、地下水賦存量調査における資料収集方法、分析方法、地下水開発計画の策定方法につき中ア国側カウンターパートに対して技術移転を行った。

1.5 調査の実施体制

調査を円滑に実施するため、中ア国政府は以下7省庁、7団体によって構成されるステアリングコミッティを組織した。

- 鉱山・エネルギー省
- 経済企画・国際協力省
- 公共事業・住宅・国土整備省
- 領土・国家安全保障省
- 運輸・民間航空省
- 婦人・社会開発省
- 厚生・人口省
- 水衛生国家委員会
- バンギ市
- 国家水道会社 (SNE)
- 中央アフリカ水道会社 (SODECA)
- 中央アフリカエネルギー公社 (ENERCA)
- 日本大使館
- JICA 調査団

日本側の組織は JICA 本部の下に結成された調査団と作業監理委員会により構成される。JICA 調査団は以下の通りである。

氏名	担当業務
進藤 昌明	総括/地下水開発
佐々木洋介	水理地質
村上 敏雄	地形/地質

大谷 重雄	水文
中村 浩	電気探査
丸山 聡	電磁探査
原田 容逸	アクセス道路管理/設計積算
松永 卓士	削井指導
田口 雅行	水道計画/施設計画
原 尚生	経済/財務/組織
米澤 慶一	同上
杉本 聡	同上
ボナティアン セルジュ	社会分析/環境
坪内 睦	同上
千葉 真	通訳

JICA 調査監理委員会は以下の通りである。

山本 敬子 調査監理委員長

中ア国側の主要メンバーは鉱山・エネルギー省職員と同省が管轄する水利総局に所属する技術者である。カウンターパートの主要メンバーは以下の通りである。

氏 名	担当業務
Mr. André Nalke Dorogo	鉱山エネルギー省、鉱山資源担当次官
Mr. Etienne M'peco	水利総局長(DGH)
Mr. Barithélémy René Garama	プロジェクト担当部長 (DGH)
Mr. Desiré Ndemazagoa	水道施設設計 (DGH)
Mr. David Tengueré	井戸建設 (DGH)
Mr. Omar Chaib	地質調査 (DGH)
Mr. Tean Ouaninga	地質調査(DGH)
Mr. Althanse Yambele	水文調査 (MTAC)
Mr. Joachim Kozo	水道施設設計 (DGH)
Mr. Jonas Amakai Ibra	社会経済調査 (DGH)

1.6 報告書の構成

本報告書は本調査の最終報告書の一部であり、マスタープランとフィージビリティ調査の2編に分けられる。最終報告書の構成は以下の通りである。

- 要約
- Volume 1 主報告書
- Volume 2 サポート報告書
- Volume 3 データ集

第2章 自然条件

2.1 調査地域の自然条件

2.1.1 地形・地質特性

調査地域は航空写真解析に基づき地形特性から以下の4地域に大別される。

a. 丘陵地域

丘陵は調査地域の東側にあり、稜線は北北西から南南東方向へ発達している。丘陵頂は標高 600~650m で、沖積平地から 300m 程度の高さを有している。チャート、石英質結晶片岩、粘板岩などの先カンブリア紀の基岩の上に、熱帯雨林が覆っている。

b. 斜面地域

斜面は調査地域の東側の急崖麓部にあり、1/500 程度でなだらかに傾斜し、標高 370~400m である。斜面は北北西から南南東方向へ約 2 km 幅の帯状に広がっている。多くの集落が斜面地域に発達し、またキャサバやマンゴ畑などの耕地として利用されている。地層は赤茶色のラテライト粘土で覆われている。

c. 沖積平野

沖積平野は調査地域の中心部を占め、標高 340~360m の範囲に分布している。ほとんど平坦な地形で緩やかにウバンギ川の方へ傾斜している。多様な用途で利用されている。沖積平野は淡灰色の砂質シルト層により広く覆われている。

d. 台地

台地は調査地域の西および北方面に分布しており、窪地や小谷により緩やかに起伏している。標高は 360~400m 程度の範囲にあり、集落や畑が点在し、熱帯雨林が広く覆っている。地質は赤茶色のラテライト粘土である。

2.1.2 気候

中ア国は北緯 2 から 12 度に位置し、湿度が高く、ギニア雨林とサダノ-ギニア気候の中間に属している。調査地域の気候は 12 月~3 月までの乾期、3 月~11 月までの雨期とに大別される。過去 19 年間の気象データによれば、最も小雨であったのは 1989 年の 1,103mm であり、逆に最も雨が多かったのは 1998 年で 1,794mm であった。年間平均降雨は 1,443mm である。傾向として、降雨は 1953 年から 87 年までは減少し、それ以降は増加している。月平均気温の最高は 2 月で 35℃である。7 月も比較的高温で

30℃が記録されている。

2.2 社会経済状況

(1) 経済情勢

世界銀行と IMF の概算によると、中ア国の国民一人当たり国内総生産(GDP)は、1985年を基準として、1992年から1997年までそれぞれ134.2、131.7、135.0、140.0、134.9及び138.8となる(単位:1,000 FCFA)。1997年は前年度に対して-3.6%の成長で、1996年の暴動が国内生産に深刻な影響を与えたことを示すが、この6年間、国民の生活水準については大した改善が見られないことも示している。1990年代の前半にコーヒーと綿製品の国際市場が停滞して以来、中ア国の外貨収益と税金/関税収入が低迷した。中ア国の経済は、1994年1月のフランスフランに対するCFAフランの平価切下げ(50%)のおかげで輸出競争力を取り戻したが、政府は、多額の赤字予算に対する制御を失い、公務員に対する支払いが滞り、1996年の暴動に至った。

(2) 社会情勢

バンギの市民の社会情勢は悪く、公務員の給与の支払いは、9カ月近く遅れており、退職公務員の恩給の支払いも、頻繁に中断されている。インフレ率は比較的 low、最低必需品の消費者価格は安定していたが、輸入品については全体的に価格は上昇している。IMF 復興プログラムの実施の結果、1996年の年末以降、公務員の多くが解雇された。経済の衰退は、長期間にわたって全国的に深刻な失業を生み出し、繊維やタバコ産業などの工場の閉鎖と外国からの直接投資の低下は、深刻な影響を与えている。

(3) 都市の基盤整備

1950年代まで都市部の人口は全国総人口の20%程度で安定していた。1970年代に入って増加し始め、1975年には27%に、更に1988年には38%に達し、この傾向は続いている。出生率に起因する自然増と、地方からの移住の社会増により、バンギ市は1998年現在66万人を擁し、中ア国全人口の20%を占め、急激な人口増加は深刻な都市問題に直面している。

バンギ市では6%の家屋に水洗トイレが設置されているに過ぎない。80%は地面に穴を掘っただけの掘込み式便所を使用しており、浅井戸の水源である浅層地下水

が汚染されている。バンギ市および周辺地域では多くの人々が不衛生な浅井戸を使用しており、公共水道へ切り替えることが緊急課題とされている。

市内には、延長 24km の幹線排水路と延長 10km の支線排水路があるが、これらの排水路のうち 15km が改修を必要としており、整備率は低く、雨季には、排水能力が不足する。バンギ市の道路は 56km が舗装され、48km は未舗装である。舗装道路の 38%と未舗装道路の 16%はよく整備されている。バンギ市の郊外では、地方からの移住者が道路の配置を無視して、無秩序に定住しているが、道路が整備されていないため、給排水設備や給電設備の建設は難しい。バンギ市の西側と北側はビンボ郡に属しており、バンギ市の都市化の影響を直接受けており、住民達は下痢や、水因性疾病の蔓延という高いリスクにさらされている。

(4) 生活状況

社会福祉事業は、学校教育、保健事業ともにそのサービスが品質及び量ともに低下しており、政府が社会事業プログラムを実行するのはほとんど不可能な状況である。エイズ、寄生虫病、マラリア、下痢などの病気が中ア国の社会経済状況を悪化させている。生活の経済基盤は、一部の日常必需品の高騰、高い失業率、社会サービスの不足及び給与の支払いの遅れなどに起因して脆弱である。

中ア国の国民は、一般的に大所帯であり、核家族とその親族と一緒に生活している。所帯ごとの平均住民数は、都市圏では 8.7 人、都市近郊では 9.4 人、地方では 6.7 人である。都市近郊では、まだ居住スペースがあり、給水、給電なども比較的に利用しやすく、生活費も都市圏よりも多少安いいため住民数はさらに増える可能性がある。

バンギ市の電化は、6%である。電化された地区は水道の給水区域よりも広い範囲をカバーしている。最も一般的な燃料は木材である。その他の燃料はごくまれである。改良かまどを使用しているのは、わずかに 13%である。人口が現在の速度で増加すれば、バンギ地域周辺の木材燃料が不足することになるだろう。

第3章 上水道の普及状況

3.1 衛生分野の国家目標

中ア国政府は 1980 年代に水道と衛生施設の整備を国家政策の重要課題と位置付けた。そのため、中ア国政府は国際機関や外国の協力を得、実現に努力してきた。中ア国が掲げた 2000 年における達成目標は以下の通りである。

- 1) 都市部の水道普及率を 60%とする。
- 2) 地方部の上水道普及率を 50%とする。
- 3) 地方部のトイレ普及率を 100%とする。

3.2 給水部門の組織

鉱山資源エネルギー省は中ア国の水道政策を立案する。同省に属する水利総局 (DGH) は政府の政策に基づき、中ア国全体の水道事業の計画、施設の整備、維持管理を管轄している。DGH は、これまで主として地方における、飲料水用深井戸の建設による衛生条件の改善に取り組んできた。DGH の監督下において、国家水道会社 (SNE) が給水人口 1 万人以上の都市を対象に水道システムの導入、改善を担当してきたが政府の機構改革政策に基づき、1999 年 5 月に解散され、その責務と役割は DGH が引き継ぐこととなった。SNE はバンギ市の他 6 つの地方都市で水道事業を展開してきたが、施設の運転・維持管理業務は 1992 年以来、フランスとの共同出資による民間会社である「中央アフリカ水道会社 (SODECA)」に委託されている。SNE の解組に伴い、SODECA との契約は DGH が踏襲することとなり、バンギ市の水道の運営は引き続き SODECA が実施することになっている。

3.3 上水道施設の現状

現在、バンギ市とバンギ市に隣接するビンボ郡の一部では上水道により飲料水が供給されている。水道水は河川を水源とし浄水場で浄化され給水されている。上水道施設は中ア国政府の資産であるが、1992 年以来、政府との契約に基づき民間会社 SODECA が施設を借り受け、運転管理、給水サービス、料金徴収等の水道事業を実施している。

既存の水道施設はバンギ市の東側丘陵地の中腹にある。バンギ市の水道の歴史は市街地のある中心部からサービスが開始され、市街地が徐々に西北方面へ発達するにつれ、配水管網も拡張されてきた。既存給水地域の周辺部及び外周部では、多く

の人々が浅井戸や河川水を直接利用している。既存施設の概要は以下の通りである。

1) 取水施設

水 源：ウバンギ川

建設年：1963年

揚水ポンプ：吐出量 510 m³/hr × 全揚程 54m × 5セット

送水管：取水ポンプ場から既存浄水場まで、口径φ300mm、φ400mm、φ500mm

2) 浄水施設

全体処理容量：1,500m³/hr

第1浄水池：900m³/hr、1963年竣工

第2浄水池：600m³/hr：1976年竣工

3) 配水施設

配水池ヶ所数：7ヶ所

総貯水量：13,880 m³（日浄水量の9.3時間容量）

4) 配水管網

バンギ市の北東の丘陵地を除く地域、及びバンギ市の西部に隣接するピンボ一地区。延長約170km（石綿セメント管、PVC）。

3.4 上水道供給の現状

SODECA の給水データによれば 1998 年末現在、調査対象地域には約 67.4 万人が居住しているが、水道サービスの受益者はその内の 30%に当たる約 20.4 万人と推定されている。既存の給水地区における日平均消費水量は 23,500 m³、水道契約者数は 8,293 人で、6,397 の個人世帯と 117 の公共水栓による水販売所（キオスク）、商業用、工業用、公共施設用に配水されている。このうち、給水人口の 31%は各戸給水で供給され、残り 69%が共同水栓によって給水されていると推定されている。水道供給の有効率は、SODECA の会計上の分類によれば、生産水量に対する料金請求水量比に対応するが、過去5年間の平均は 65.3%である。全料金請求水の 82%が実際の料金徴収率であると仮定すると有収率は 53%と推定される。

3.5 水質分析結果

(1) 既存水道施設内水質

調査団が実施したキオスクでの水質分析（大腸菌、残留塩素）の結果、殆どの飲料水で残留塩素が認められた。配水管網の末端に近い周辺地区では残留塩素が低いものもあったが、この原因として、配水管の老朽化や接続不良等が考えられる。SODECA は配水管の末端での残留塩素量を考慮して、浄水場における塩素注入に細心の注意を払っている。しかし、地方から出て来て間がない住民のなかには塩素臭を好まない傾向もあり、これらの人々にとっては浅井戸が主要な取水源となっている。

キオスクから買った家庭の汲み置き水はほとんどが大腸菌に汚染されている。これは、キオスクで買った時には塩素があっても、時間経過とともに塩素が散逸すること、また家庭で水瓶から水を汲む際に、直に手が水に触れるためであると思われる。よって、柄の付いた柄杓や蛇口の付いた貯水容器を普及させ、手が直接水に触れないよう指導することが肝要である。

(2) 開発対象の地下水水質

調査団が実施した水質試験によると、浅層のラテライト層にある帯水層は住民の生活の影響による大腸菌によって汚染されている。また、ラテライト層からは WHO の基準値を請える濃度のマンガン(Mn)、鉄(Fe)、硝酸塩が検出された。浅層のラテライト層にある地下水は飲用としては、衛生的観点から不適當である。基岩の帯水層についても、試験井の水質試験結果は同様であるが、高透水性ゾーンでは、大腸菌を除き、Mn、Fe、硝酸塩については水道水としての WHO 基準を満たす。

大腸菌

大腸菌は本調査の試掘井戸を含む全ての深井戸から検出されており、これは住民生活から発生する糞便による汚染であり、たとえ深井戸であっても地表の汚染物質の影響を受けていることがわかる。地下水利用については、滅菌施設が給水システムに必要である。

Mn イオン

地下水開発予定地域の Mn の濃度は、浅層のラテライト中の帯水層においては、WHO の基準値である 0.5mg/lit を越えているが、雨期においては希釈されて低下する。深層の基岩の帯水層においては、高透水性ゾーンでは Mn の濃度は WHO 基

準範囲まで低下する。良質な水が高透水性ゾーンに流入し、透水性が低く地下水が停滞している地域よりも濃度が低くなるものと思われる。Mn 濃度の観点からすれば、安全な水は本計画にて提案された井戸建設地区に位置する高透水性の帯水層から得ることが可能である。

Feイオン

Fe は空港の周辺域を除き、地下水開発予定地域において、浅層のラテライト中の帯水層においては、WHO の基準値である 0.3mg/lit を越えている。雨期においては、流入水によって希釈されてその濃度が低下する。深層の基岩の帯水層においても、Mn と同様の理由で、高透水性ゾーンでは Fe の濃度は WHO 基準範囲まで低下する。Fe 濃度の観点からすれば、安全な水は本計画にて提案された井戸建設地区に位置する高透水性の帯水層から得ることが可能である。

硝酸塩

雨期における硝酸塩の濃度は、調査地区の北部域を除くほとんどの地域の浅層ラテライト中の帯水層においては WHO の基準値である 50mg/lit 以内である。濃度は Fe や Mn の傾向とは逆に、雨期に高く乾期に低下する。人間の日常生活において発生するし尿や下水等の地表の汚染水の浅井戸への流入が影響すると思われるが、家庭のトイレ用穴のような大量の汚染物（大腸菌や硝酸塩の発生元は浄化槽のない家庭で、それらの住居は地下水開発区域全域に広がっている）があるにもかかわらず、浅層地下水の硝酸塩濃度は低い。深層の基岩の帯水層においては、硝酸塩濃度は場所、帯水層の透水性によらず、10mg/lit-20mg/lit の範囲でほぼ一定している。地表からの汚染水の浸透の影響を常に受けていると思われるが、まだ、汚染の度合は低いレベルにある。人口が現在の約 2.5 倍に増加すると予想される 25 年後には WHO の基準値に達するものと思われる。

第4章 試掘井戸の建設

4.1 井戸掘削

試掘井戸は、調査地域の水理地質特性を総合的に把握するため、航空写真解析、既存井戸調査および現地踏査等の結果に基づき計画された。井戸建設作業は1998年9月初旬から開始し、1999年1月末まで継続した。表4.1.1に示す通り、建設した井戸総数は21本、総掘削延長は1,599.4mに達した。建設した試掘井戸の位置は図4.1.1に示す通りである。

表4.1.1 試掘井戸の建設

井戸番号	地質性状	井戸深(m)	基岩深(m)	備考
EW-1	ラテライト性粘土	85.0	未到達	埋戻し
EW-2	ラテライト性粘土	100.0	未到達	埋戻し
EW-3	ラテライト性粘土、砂岩	70.0	52.0	ケーシング仕上
EW-4	ラテライト性粘土、砂岩	43.0	22.0	ケーシング仕上
EW-5	ラテライト性粘土	85.8	未到達	埋戻し
EW-6	ラテライト性粘土、石灰岩	77.3	22.0	ケーシング仕上
EW-7	ラテライト性粘土、石灰岩	51.5	24.5	ケーシング仕上
EW-8	ラテライト性粘土、砂岩	37.0	20.0	揚水量が小さいため、埋戻し
EW-9	ラテライト性粘土、石灰岩	53.2	29.5	ケーシング仕上
EW-10	ラテライト性粘土、石灰岩	92.0	56.0	ケーシング仕上
EW-11	ラテライト性粘土、砂質土	89.0	未到達	埋戻し
EW-12	ラテライト性粘土、石灰岩	80.0	32.8	ケーシング仕上
EW-13	ラテライト性粘土、石灰岩	44.3	14.5	ケーシング仕上
EW-14	ラテライト性粘土	95.4	未到達	埋戻し
EW-15	ラテライト性粘土、砂岩	98.4	85.0	揚水量が小さいため埋戻し
EW-16	ラテライト性粘土	128.0	未到達	埋戻し
EW-17	ラテライト性粘土	123.5	未到達	埋戻し
EW-18	ラテライト性粘土	125.0	未到達	埋戻し
EW-19	ラテライト性粘土、石灰岩	56.0	49.0	ケーシング仕上
EW-20	ラテライト性粘土、石灰岩	25.0	19.7	坑壁崩壊のため埋戻し
EW-20A	ラテライト性粘土、石灰岩	40.0	20.5	EW-20の代替井、ケーシング仕上
計21本		1,599.4m	—	10井ケーシング仕上、11井埋戻し

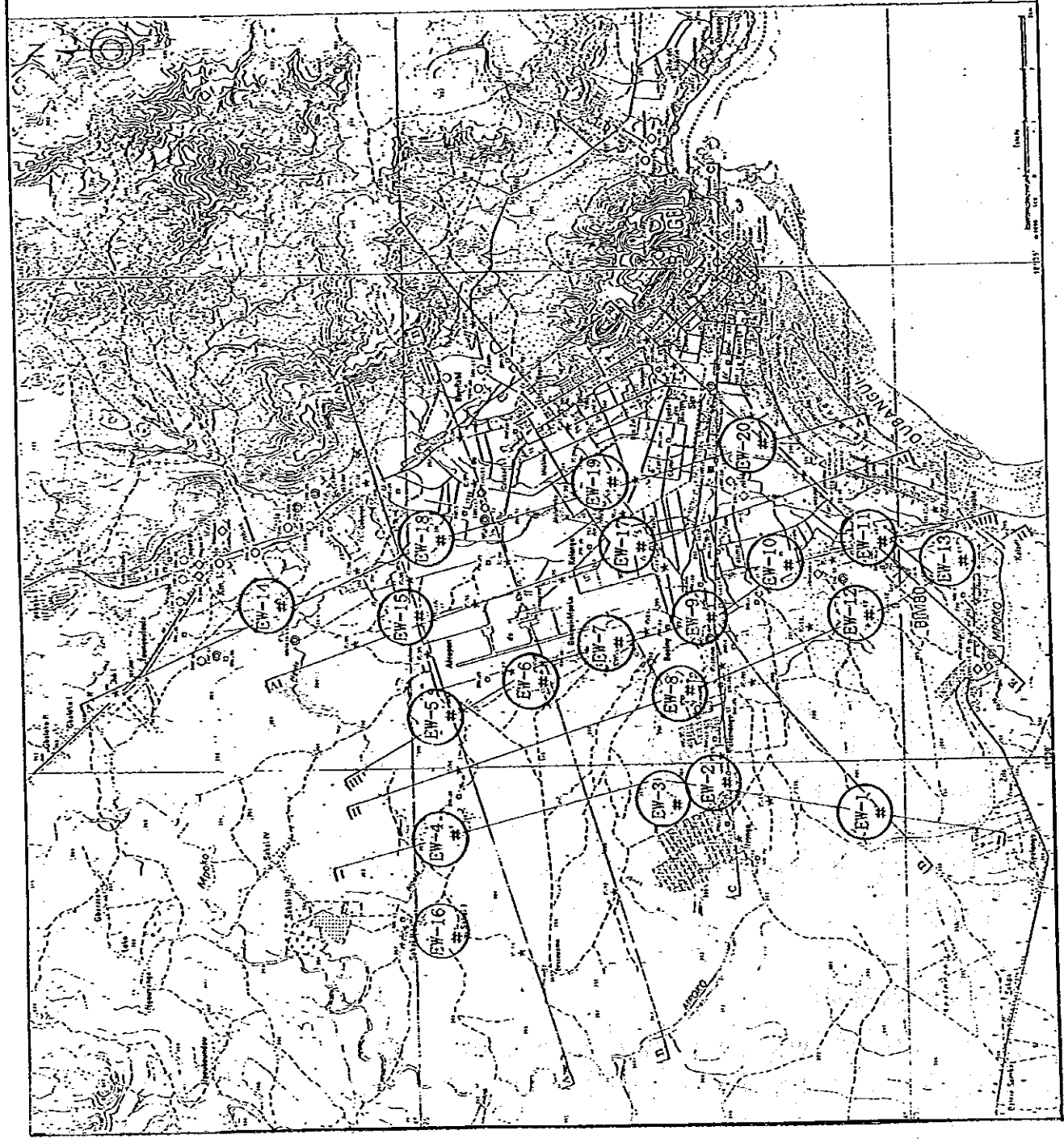
4.2 地下水位観測

自記水位計はEW-3、EW-4、EW-6、EW-9、EW-12、EW-20の6井戸に設置し、地下水ポテンシャル評価のための水位変動記録を観測した。

图 4.1.1 试掘井建设位置图

LEGEND

EW-11
: 试掘井



第5章 水理地質

調査地域の水理地質図を、図 5.1.1 に示す。

5.1 調査地域の帯水層

調査地域の主要帯水層は、次に示す地層および岩石より成ると考えられる。

- ラテライト層（母岩：第三紀堆積層）
- 基盤岩（プレカンブリアン基盤岩の表層風化部分）

ラテライト層の下位に、プレカンブリアン基盤岩が分布する。

(1) ラテライト帯水層

ラテライト層の母岩は砂岩および礫岩を挟在する第三系黄色泥岩より成り、調査地域全域にわたり分布する。第三系は、熱帯環境下での激しい風化作用により、ラテライト質粘土、ラテライト質砂質粘土およびラテライト質礫層に変化している。ラテライト帯水層の厚さは平均で 50m 程度であり、飛行場周辺では 175m 以上にも達する。

(2) 基盤岩帯水層

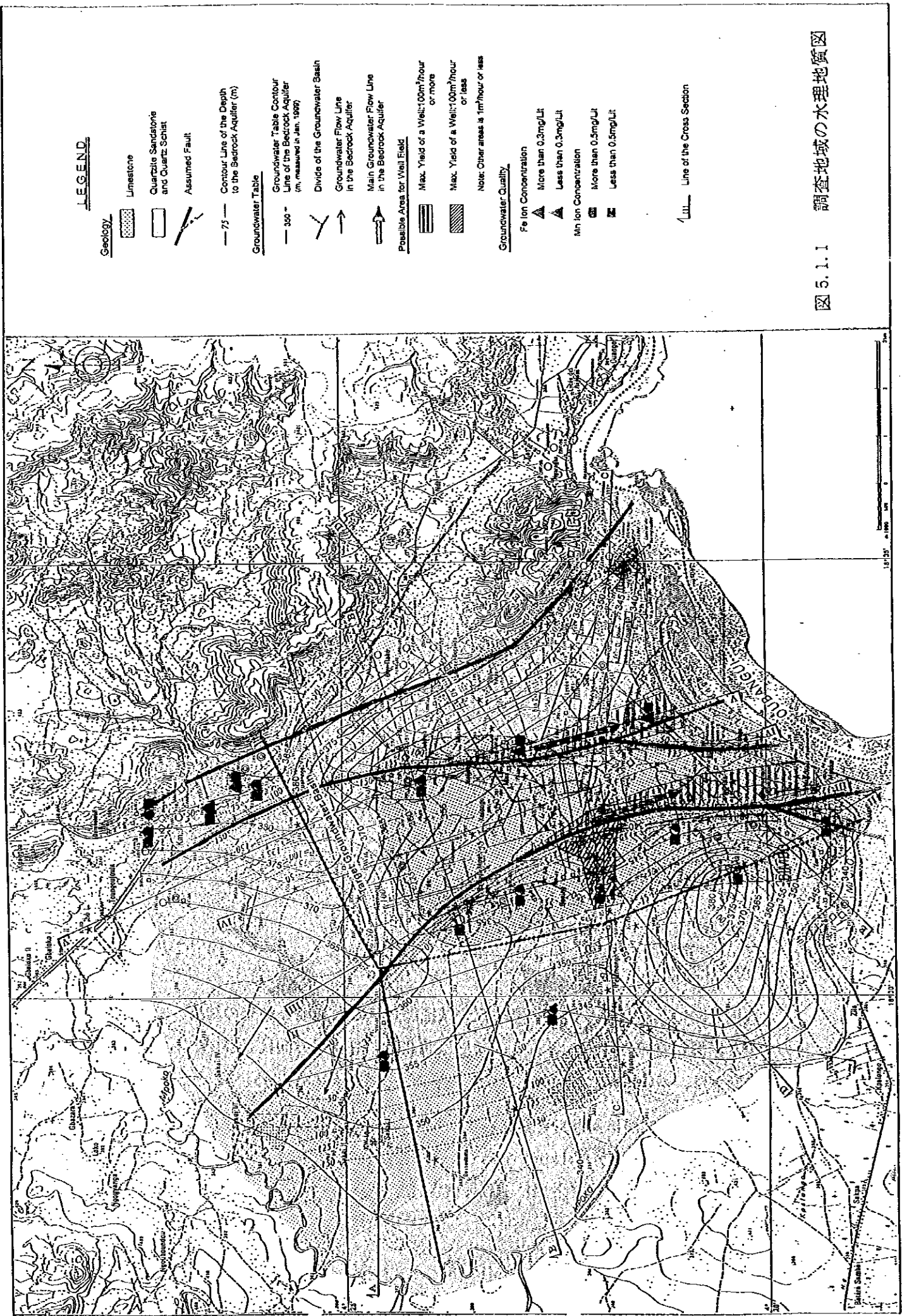
基盤岩はクォーツアイト砂岩、クォーツアイト片岩および石灰岩より構成される。一般的に帯水層は、風化作用により亀裂が発達した基盤岩の表層部に形成されている。この部分の厚さは、試掘調査の結果によると、おおよそ 30m 程度である。これとは別のタイプの帯水層が、著しく破碎された基盤岩中の断層沿いに形成されている。このタイプの帯水層は、前者のタイプのものよりも、地下水の生産能力がより高い。

5.2 水理地質構造

(1) 断層と沈降帯

水理地質図に示したように、物理探査や試掘調査等の水理地質調査の結果、3本の主要な断層が推定された。これらの断層は北北西-南南西方向に延びている。これらの断層は、基盤岩帯水層中の主要な“みずみち”を形成している。

また、これらの断層は基盤岩を変位させ、バンギ市を通る沈降帯を形成している。沈降帯の深さは 100m から 180m であり、その幅は約 2km である。沈降帯は母岩を第三系とする厚いラテライト層により埋積されている。



LEGEND

- Geology**
- Limestone
 - Quartzite Sandstone and Quartz Schist
 - Assumed Fault

— 75 — Contour Line of the Depth to the Bedrock Aquifer (m)

Groundwater Table

- Groundwater Table Contour Line of the Bedrock Aquifer (m, measured in Jan. 1987)
- Divide of the Groundwater Basin
- Groundwater Flow Line in the Bedrock Aquifer
- Main Groundwater Flow Line in the Bedrock Aquifer

Possible Area for Well Field

- Max. Yield of a Well: 100m³/hour or more
- Max. Yield of a Well: 100m³/hour or less

Note: Other areas is 1m³/hour or less

Groundwater Quality

- Fe Ion Concentration
 - More than 0.2mg/Lit
 - Less than 0.2mg/Lit
- Mn Ion Concentration
 - More than 0.5mg/Lit
 - Less than 0.5mg/Lit

Line of the Cross Section

図 5.1.1 調査地域の水理地質図

(2) 地下水位ポテンシャルと地下水盆

1) ラテライト帯水層の地下水位ポテンシャル

ラテライト帯水層の地下水位コンターは、台地部では高く平原部では低いといった、地表面の起伏とほぼ同じ形状を示す。このことから、ラテライト帯水層はもっぱら地表面からの涵養を受ける、典型的な不圧帯水層であると結論付けられる。

2) 基盤帯水層の地下水位ポテンシャル

1999年1月に測定された基盤岩帯水層の地下水位コンターを、水理地質図(図5.1.1)に示す。基盤岩帯水層とラテライト帯水層の地下水位コンターを比較した場合、主要断層部を除いて、両者はほぼ一致していると言える。つまり、基盤岩帯水層の地下水位は断層沿いに谷が形成されていることから、ここでの基盤岩帯水層の地下水位はラテライト帯水層の地下水位よりも10m程度低くなっている。これにより、地下水は主として断層により破碎されたゾーンを流れているものと推定される。

5.3 地下水数値シミュレーション

対象地下水盆の涵養量を算定するために、水理地質モデルを構築し、地下水数値シミュレーションを行った。なお、地下水数値シミュレーションは、ラテライト帯水層については地下水生産能力が低く、また水質が悪いことから、これには行わず、基盤岩帯水層だけについて行った。

(1) シミュレーションプログラム

Modflow を、今回の地下水数値シミュレーション用プログラムとして用いた。Modflow は差分法に基づき構築されたプログラムであり、地下水の浸透量や地下水汚染に関する幅広い分野で用いられている。

(2) 数値シミュレーションのための基本条件

1) グリッドモデルと境界条件

グリッドモデルは、160m 間隔の格子とした。対象地下水盆の境界沿いには不透水境界を設定し、オウバンギ川沿いには水位一定境界を設定した。

2) 涵養量

地下水収支検討の結果、基盤岩帯水層から流出する地下水量はおおよそ 800,000 m³/年と算定されたことから、基盤岩帯水層への地下水涵養量として同じ値を与えた。

3) 帯水層層厚

試掘調査の結果に基づき、基盤岩帯水層の層厚として 30m を与えた。

4) 透水性分布

揚水試験結果に基づき、地下水の“みずみち”（断層）沿いに高い透水性を与え、それ以外の地域には低い透水性を与えた。

(3) 数値シミュレーションの試行

地下水数値シミュレーションは、涵養量や透水性の分布等の諸条件を変化させる、トライアンドエラーで行い、現況の地下水位が十分な精度で再現できるまで試行を繰り返した。

(4) 現況地下水位再現シミュレーションの結果

図 5.1.1 に示した現況の地下水位コンターと、シミュレーションによる最終再現地下水位コンターを比較した場合、実際のコンターと再現コンターがほぼ一致したと判定された。

(5) 地下水開発に伴う地下水位低下予測シミュレーション

本シミュレーションを基に、パンギ市内に多数存在する既存の手掘り井戸を涸らすことのないという条件で、いくつかの揚水量を与えて地下水シミュレーションを試行した結果、調査地域の開発可能水量は 800,000 m³/年と算定された。

第6章 表流水の利用可能量の評価

本計画対象地区の表流水の水源となりうる可能性のある河川は、ウバンギ川とムポコ川である。しかし、ムポコ川本流については、将来都心部及び農地がムポコ川東岸に広がるため、これらからの排水による汚染を考慮して、ムポコ川の支流であるムバリ川からの取水を計画する。取水地点はムポコ川、ムバリ川合流点のムバリ川直上流とする。

1) ウバンギ川

バンギ市の水道は 1964 年以來、ウバンギ川を水源としてきた。河川水位の低い乾期には、河川の中程までフローティング式ポンプを張り出して取水している。ウバンギ川では 1990 年 4 月に最小流量 $227\text{m}^3/\text{秒}$ (40 年確率に相当) が記録されたが、この時でも取水が可能であった。現在の SODECA の取水量は $0.30\text{m}^3/\text{秒}$ 程度であるが、本計画のマスタープラン 2015 年の計画取水量合計約 $0.55\text{m}^3/\text{秒}$ を考慮しても、水量、水位ともに問題はない。よって、ウバンギ川は上水道の水源として、将来の水需要に充分対応が可能である。

2) ムバリ川

ムバリ川においては、バンギ市への電力供給源として 1953 年と 1976 年にボアリ I 発電所と II 発電所 (発電容量合計 18.85MW) が建設された。1990 年 11 月には発電所の上流約 5 km 地点にボアリダム (BOALI DAM) が建設され、安定的な発電用水の供給が図られている。ダムの貯水容量は $25,800$ 万 m^3 である。ダム建設以前の河川の濁水流量は、例えば 1988 年 4 月には、ダム下流 3 km 地点にある BOALI-ICOT の水文観測所では $1.0\text{m}^3/\text{秒}$ 以下の流量が記録されていたが、雨期の流量を貯留し、乾期に放流することで、水力発電所 2 ヲ所への保証流量 $20\text{m}^3/\text{秒}$ を乾期においても安定して放流することが可能となった。

1964~1998 年の 35 年間の水収支計算に基づきボアリダムの流量調節機能を検討した結果、現行の基準放流量 $20\text{m}^3/\text{秒}$ の場合には水源量が不足する年は発生せず、ダムの貯留量不足の生起する再現期間 (リターンピリオド) は 20~30 年以上と推定された。また、基準放流量を $25\text{m}^3/\text{秒}$ と仮定すると、2カ年 (1988 年に 106 日間、1990 年に 37 日間) において貯留量不足のため $25\text{m}^3/\text{秒}$ の放流が不可能となる。かかる状況の再現期間は 15~20 年程度と推定される。

1985 年~1998 年におけるムバリ川取水地点での年最小流量をダムが有る場合と

無い場合について検討した結果、現状（ダム有り）で 20 年確率値で $20.4\text{m}^3/\text{秒}$ 、また、ダム無しの場合には 5 年確率値で $7.1\text{m}^3/\text{秒}$ であった。

よって、ムバリ川については、ダムの流量調節機能が安定しており、発電用水として、常に $20\text{m}^3/\text{秒}$ の基準流量を放流していることを前提とすれば、本計画マスタープラン 2015 年の計画取水量に対して、量的問題はないと結論付けられる。

第7章 マスタープランの策定

7.1 マスタープランの基本方針

マスタープランの基本方針は以下の通りである。

1) 目標年次

マスタープランの最終目標年次は2015年とする。短期目標年次を2005年とし、フィージビリティ調査の目標とする。

2) 水道水源

上水道の水源は、前章で開発可能性に付いて解析・評価された地下水と表流水とする。上水道の水質はWHOガイドラインを満足することとする。

3) 対象地域

対象地域はバンギ市の周辺部に位置し、既存水道のサービス地区の外であるか、サービス区域内であっても十分な水圧や水量が得られない地域である。既存配水管が将来の水需要に対応できない太さである場合には、敷設替えを考慮する。

4) 施設計画

計画施設の容量は水源計画及び計画水需要に対応するものとする。策定される代替案は現地の技術能力に合致し、簡便で経済的な維持管理が可能な内容とする。共同水栓や各戸給水等の配水施設は現地で使用されている従来型とする。

5) 建設資材

本事業で使用される建設資材はできるだけ現地で調達可能なものとする。輸入品を使用する場合には、中ア国で一般に流通しているものを優先して使用する。

7.2 マスタープラン

7.2.1 給水人口の推定

1) 調査地域の推定人口

中ア国では、1988年に実施された人口統計から10年を経て1998年に公式の人口統計調査が実施された。全国および調査地域の人口は表7.2.1に示す通りである。これによるとバンギ市の年間の人口増加率は3.88%であるが、地方部から都市部への人口移動を主とする理由により、居住用地面積に余裕があり、地価の安いピンボ地区ではその増加率は7.91%にも上る。全国平均の人口増加率は2.25%である。

表7.2.1 人口統計による人口

地域	1988年統計による人口			1998年統計による人口			人口増加率
	合計	都市部	地方部	合計	都市部	地方部	
1. バンギ市							
D-I	10,724	10,724	-	15,688	15,688	-	3.88%
D-II	55,801	55,801	-	81,631	81,631	-	3.88%
D-III	86,029	86,029	-	125,851	125,851	-	3.88%
D-IV	60,162	60,162	-	88,011	88,011	-	3.88%
D-V	105,732	105,732	-	154,676	154,676	-	3.88%
D-VI	53,507	53,507	-	78,275	78,275	-	3.88%
D-VII	34,428	34,428	-	50,365	50,365	-	3.88%
D-VIII	45,307	45,307	-	66,279	66,279	-	3.88%
合計	451,690	451,690	0	660,776	660,776	0	
2. オンベラ・ムボコ県							
オンベラ・ムボコ全県	150,865	10,751	140,114	291,792	49,390	242,402	7.91%
内、ピンボ郡のみ	69,176	10,751	58,425	158,350	23,022	135,328	7.91%
3. 他県合計	2,085,871	524,095	1,110,086	1,746,349	655,049	1,091,300	
4. 中ア国合計	2,688,426	986,536	1,701,890	3,359,693	1,365,215	1,994,478	2.25%

(出典：経済企画／国際協力省)

2) 地域特性

対象地域はバンギ市の都市化地域と、ピンボ郡のムボコ川の東側においてバンギ市に隣接し将来急激に都市化すると予想されるピンボ地区である。バンギ市は8つの行政区に区分され、ピンボ地区は都市化の発展段階に応じて10地区に区分される。SODECAは現在バンギ市の東部の北西から南東方向に位置する丘陵地および市VIII地区の一部を除き、市内全域に給水を行っている。また、都市化の進んだピンボ地区内のB-1、B-2、B-3地区についても給水を行っているが、この地区では配水量、水圧ともに不足し、乾期には断水が発生する。

ピンボ地区の内上記3地区を除く他の地区に対しては、現在給水施設がなく、給水されていない。これらの無給水地区については、バンギ市の東部に位置する既存の浄水場と、配水池からは、水量、水圧が不足するため、給水地区面積の拡張は困難である。この、ピンボ郡の無給水地区にを上水道整備の計画レベルに応じて以下のように、短期開発地区、中期開発地区、長期開発地区に3区分する。

a. 短期開発地区 (B-4、B-5、B-6)

バンギ市と同程度の人口増加率がある都市化地区で、住民は不衛生な浅井戸に水源を頼っている。給水サービスが早急に望まれる。

b. 中期開発地区 (B-7)

バンギ市の中心部の急激な人口増加を抑制するために、現在都市開発のパイロット計画が進められている地区で、短期開発地区に次いで給水サービスが望まれている。

c. 長期開発地区 (B-8、B-9、B-10)

将来の都市化計画地区であるが、現在は人口が少なく、長期的将来において給水サービスが望まれている。

3) 調査地域の人口推定

1988年と1998年に実施された国民調査の結果に基づき、本調査対象地区におけるバンギ地区及びビンボ地区の年間人口増加率を、それぞれ3.88%、7.91%として、将来の人口推定を行った。ただし、各地区毎に都市計画条件から考慮し、以下のように限界人口密度を設定した。

バンギ地区およびビンボ地区B-1、B-2、B-3	250人/ha
ビンボ地区B-4、B-5、B-6	150人/ha
ビンボ地区B-7、B-8、B-9、B-10	100人/ha

推定された調査地域の人口は図7.2.1、表7.2.2及びに示す通りである。

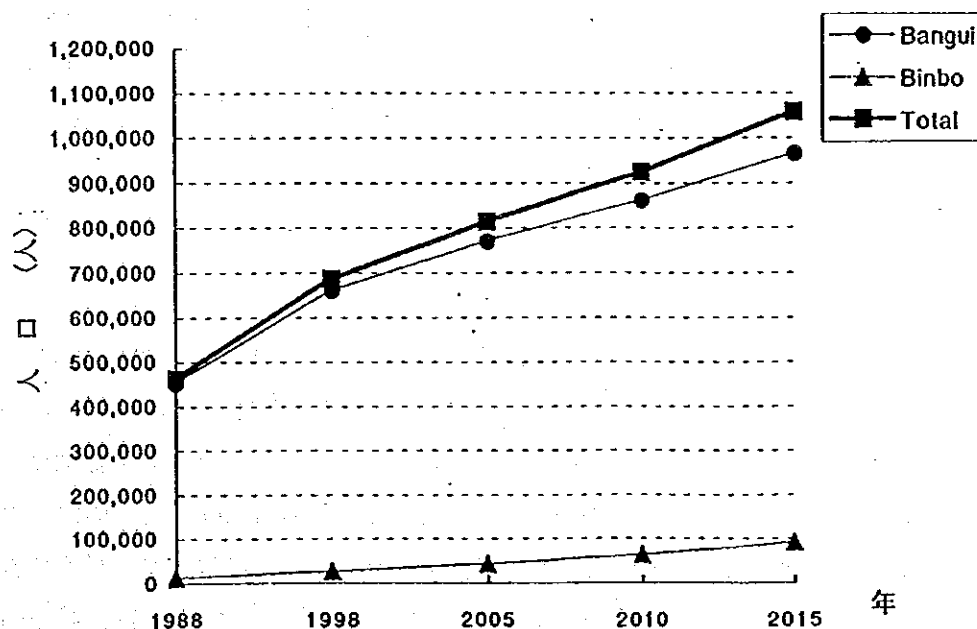


図7.2.1 調査地域の人口推定

表7.2.2 調査地域の人口推定 (単位：人)

地区	1988年	1998年	2005年	2010年	2015年
バンギ地区					
D-I	10,724	15,688	20,478	24,771	29,965
D-II	55,801	81,631	104,327	120,539	136,750
D-III	86,029	125,851	126,530	127,015	127,500
D-IV	60,162	88,011	108,492	123,121	137,750
D-V	105,732	154,676	156,868	158,434	160,000
D-VI	53,507	78,275	102,175	123,597	149,975
D-VII	34,428	50,365	65,743	79,527	96,499
D-VII(1)	22,307	32,624	42,586	51,514	62,508
D-VII(2)	23,000	33,655	43,931	53,141	64,483
計	451,690	660,776	771,131	861,658	965,430
ピンボ地区					
B-1	-	6,000	10,223	4,959	87,500
B-2	-	4,000	6,815	9,972	14,592
B-3	-	3,500	5,963	8,726	12,768
B-4	-	3,000	5,112	7,479	10,944
B-5	-	1,500	2,556	3,740	5,472
B-6	-	2,500	4,260	6,233	9,120
B-7	-	1,000	1,704	2,493	3,648
B-8	-	500	852	1,247	1,824
B-9	-	1,500	2,556	3,740	5,472
B-10	-	1,500	2,556	3,740	5,472
計	10,751	25,000	42,596	62,328	91,199
合計	462,441	685,776	813,727	923,986	1,056,629

7.2.2 水需要の推定

(1) 水需要推定の条件

給水率については、以下のように想定する。SODECAによると現在の給水率は30%である。従って2000年における、既存の給水地区であるバンギ市およびピンボのB-1, B-2, B-3地区の給水率は30%である。これら地区においてはフランスの援助による既存配水管網の改修事業により、2005年には50%、2015年には60%までの向上が期待される。ピンボの短中期開発地区であるB-4, B-5, B-6, B-7については給水施設の整備を終えて2004年から給水サービスが開始されるものとして、給水率は、初期の30%から2015年には60%までの向上が期待される。また、ピンボの長期開発計画地区であるB-8, B-9, B-10については、2009年から給水サービスが開始されるものとして、給水率は、初期の30%から2015年には60%までの向上が期待される。給水率を図7.2.2

に示すように設定した。

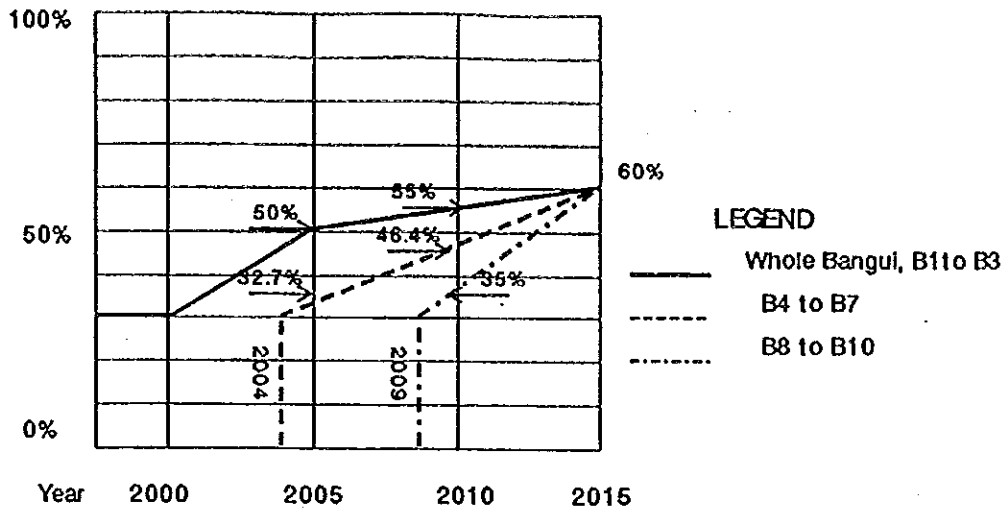


図 7.2.2 予測給水率

また、各戸給水栓と公共栓の整備率は、既存給水状況、生活レベル、将来の地区発展予測のレベル等から判断して、下表に示すように設定した。

表7.2.3 各戸給水栓と公共栓の整備率

年	バンギ地区		ピンボ地区B-1~B-7		ピンボ地区B-8~B-10	
	各戸給水栓	公共栓	各戸給水栓	公共栓	各戸給水栓	公共栓
2005年	30%	70%	15%	85%	0%	0%
2010年	30%	70%	30%	70%	0%	100%
2015年	30%	70%	30%	70%	10%	90%

給水量の原単位については、SODECAの給水基準、各戸給水栓 70lit/人/日、公共栓 25lit/人/日を基に、地区毎住民の生活レベル、将来の開発レベルを勘案し、下表の通り設定した。

表7.2.4 給水量の原単位

単位：lit/人/日

年	バンギ地区		ピンボ地区B-1~B-7		ピンボ地区B-8~B-10	
	各戸給水栓	公共栓	各戸給水栓	公共栓	各戸給水栓	公共栓
2005年	70	25	70	10	-	-
2010年	85	25	85	17.5	70	10
2015年	100	25	100	25	85	17.5

給水の有効率については、SODECAによると、漏水、盗水が多いため、現在バンギ地区では65%であり、これを基に、各地区の既存施設の整備状況、将来の整備の可能性を考慮して、下表の通り設定した。計画負荷率は、SODECAの既存の運転状況により80%とした。

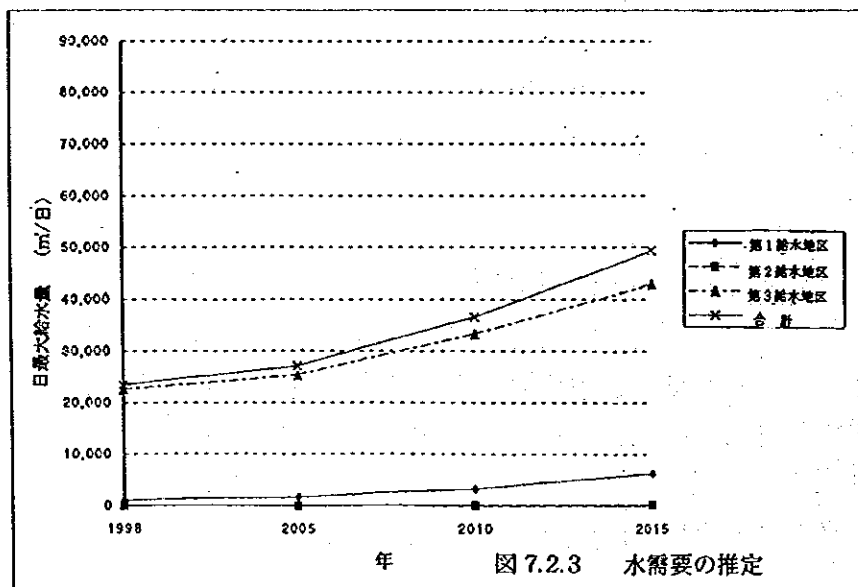
表7.2.5 給水の有効率

年	バンギ地区、 ピンボ地区B-1~B-3	ピンボ地区 B-4~B-10
1998年	65%	0%
2005年	69.1%	90%
2010年	72.1%	87.5%
2015年	75%	85%

以上の条件の基に、給水量の需要予測を行った結果は表7.2.6及び図7.2.3に示す通りである。図表内の第1給水地区はピンボ郡のB-1~B-7及び既存水道で給水されていないバンギ市のD-VII(1)地区を含む。第2給水地域はピンボ郡のB-8~B-10地区、第3給水地区は既存水道による給水地域（バンギ地区 D-I、D-II、D-III、D-IV、D-V、D-VI、D-VII、D-VIII(2)）である。

表7.2.6 給水量の需要予測 単位：m³/日

年	第1給水地区	第2給水地区	第3給水地区	合計
1998年	950	0	22,550	23,500
2005年	1,651	0	25,370	27,021
2010年	3,222	44	33,218	36,483
2015年	6,182	273	42,889	49,344



7.2.3 マスタープランの概要

将来の水需要予測に基づき、首都圏全域の計画水道施設は対象地区の特性から、いくつかのサブプロジェクトにより構成される。緊急的に現在無給水のピンボ地区に対して給水サービスの対応を行うためには、建設規模、建設費、運転・維持管理費の面から、地下水開発プロジェクトが表流水利用のプロジェクトに比較して有利である。ただし、既存の浄水場の能力、及び新規の地下水開発による供給量は2008年には不足し、2009年からは、新規の表流水を水源利用した上水道施設の運転が開始されなければならない。想定されるプロジェクトは以下の通りである。

(1) サブプロジェクト1 深井戸建設プロジェクト

調査地域において利用可能な地下水（揚水量2,200 m³/日）の開発を行うために、バンギ地区に深井戸を掘り、ピンボ地区に配水池、送水管、配水管の建設を行う。

(2) サブプロジェクト2 表流水利用プロジェクト

サブプロジェクト2-1 既存浄水場の拡張（処理能力14,100 m³/日）

水源をウバンギ川とし、取水ポンプ設置、導水管、浄水施設、送水管、配水池、配水管の建設を行う。

サブプロジェクト2-2 表流水取水施設、浄水場の建設（処理能力14,100 m³/日）

水源をムバリ川とし、取水工、導水管、浄水場、送水管、浄水施設、配水池、配水管の建設を行う。

深井戸建設プロジェクトは2004年に完成される。本プロジェクトの給水容量は2,200 m³/日であり、これは第1給水地区の2007年の水需要に相当する。2008年以降、第1給水地区においては水需要は井戸施設の給水容量を徐々に上回ることになり、不足水量は既設給水管網から補給されなければならない。

第3給水地区は、ほぼバンギ市の既設給水地域を含んでいる。本地区の給水量はフランス開発庁（AFD）の援助によって実施される既設配水管網の改善、強化プロジェクトが進捗するに従って増加するものと推定される。また、既存配水施設によって第1給水地区で2008年以降に不足する水需要量を賄う必要がある。従って、2009年には第3給水地区の水需要と第1給水地区の不足水量の合計が既設水道施設の生産水量に到達し、この時点から14,100 m³/日の給水容量を有する新規施設が稼動する必要がある。

以上の通り、今後建設される2つのサブプロジェクトによって、首都圏の総給水量は2004年に35,200 m³/日、2009年には49,300 m³/日へ増加され、2015年の計画水需要を満たすこととなる。給水需要量とプロジェクトの実施計画を図7.2.4に示す。

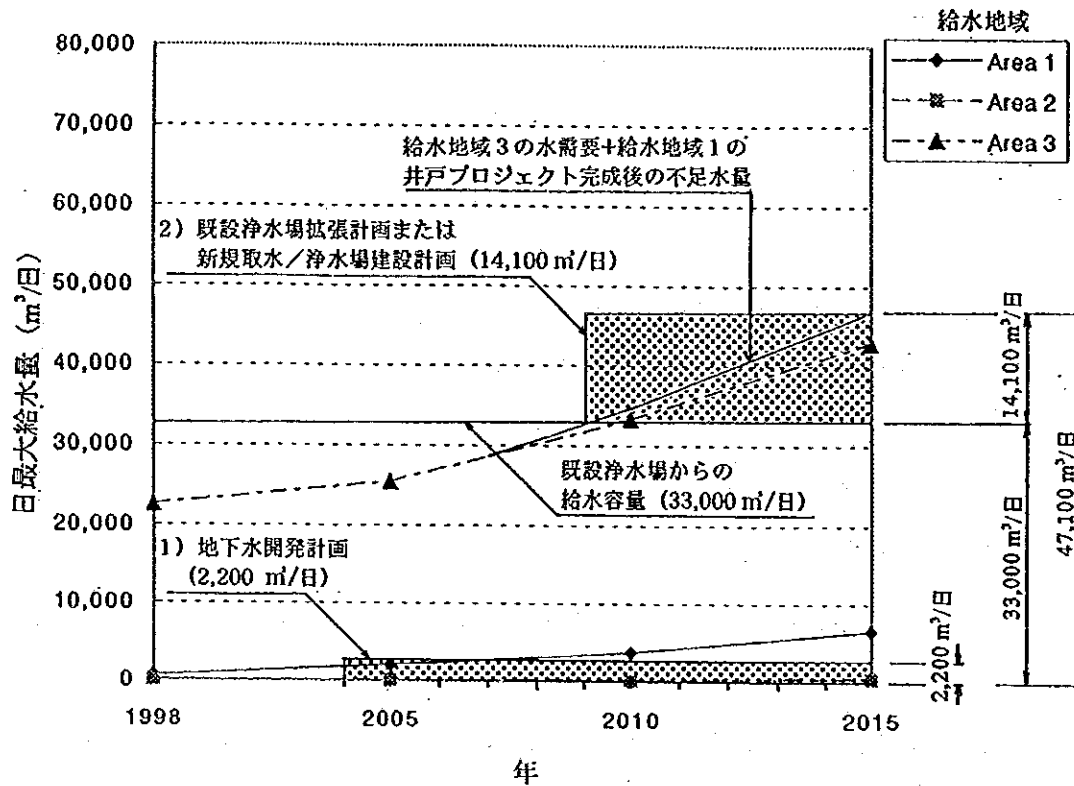


図7.2.4 水需要の推移とサブプロジェクトの実施

7.2.4 代替案の構成

(1) サブプロジェクト1

衛生的で十分な水が得られないために非衛生な環境に置かれているB-1～B-7地区およびバンギ市Ⅷ(1)地区において、上水道の緊急的整備に高い優先度を認める。地下水の可能最大揚水量は表7.2.5に示した当該地域の2005年の水需要 (1,651 m³/日) を満たしている。計画施設内容は以下の通りである。

- 取水施設：口径6インチ井戸、水中ポンプ容量510lit/分 6セット
- 送水管路：口径φ150mm～200mm 7,400 m
- 配水池：V=1,900 m³ (ピンボ丘) 1基
- 配水管網：口径φ50mm～300mm 30,100 m

(2) サブプロジェクト 2-1

サブプロジェクト1の完成により、既存施設と合わせ全体給水容量が35,200 m³/日に増量される。これは調査地域の2008年の水需要に相当する。これ以降、水需要の増加に対応するため、新たな取水/浄水施設等の建設により給水量を増やす必要がある。既存浄水施設は、建設当時から将来の600 m³/時容量施設の拡張工事を念頭において、取水場には新規ポンプの設置スペース、浄水場敷地には建設用地を確保している。本サブプロジェクトはこれを実現するもので、完成した施設によって2015年の水需要を賄うことが可能である。計画施設の内容は以下の通りである。

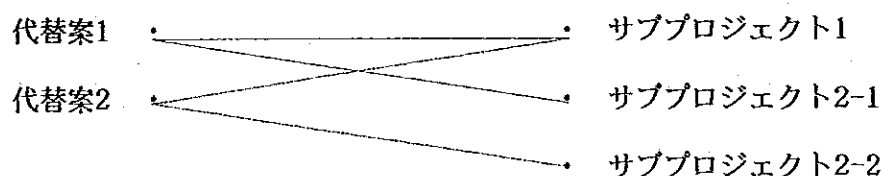
-水 源	:ウバング川	
-取水施設	:容量11 m ³ /分、揚水ポンプ	1台
-浄水施設	:浄水量14,100 m ³ /日 (≒600 m ³ /時) システム	1式
-送水施設	:容量59.8lit/日、送水ポンプ	2台
-配水池	:ピンボ丘、バング丘	1式
-配水管網	:口径φ50mm~300mm	64,400 m

(3) サブプロジェクト 2-2

サブプロジェクト2-1の代替案として14,100 m³/日の容量を持つ浄水施設を建設する。また、既存配水管網の一部は2015年の水需要を賄うため、更新される。計画施設の内容は以下の通りである。

-水 源	:ムバリ川 (ムボコ川の支流)	
-取水施設	:ムバリ川の右岸側に取水場建設 揚水ポンプ容量3.7 m ³ /分	1基 4セット
-原水送水管	:口径φ450mm	11,400 m
-浄水施設	:ピンボ丘に容量14,400 m ³ /日システム	1式
-配水池	:容量7,400 m ³	1基
-配水管網	:口径φ50mm~300mm	64,400 m

以上から2015年を対象とする代替案は以下サブプロジェクトの組み合わせによって構成される。段階的プロジェクト実施計画については、サブプロジェクト1を第1段階、サブプロジェクト2を第2段階として、2015年までに2段階の過程で実施される。



7.3 代替案プロジェクトの事業費積算

代替案の事業費は表7.3.1の通りである。

表7.3.1 代替案プロジェクトの事業費積算 (1,000 FCFA)

代替案プロジェクト	仕様	数量	金額
I. 代替案 1			
1. 地下水開発計画			
1) 取水施設	取水量 510 lit. /min. x 6 unit	1lot	396,120
2) 原水送水管	Dia.150mm to 200mm, steel pipe	7400m	403,350
3) 配水池	1,900m ³	1 unit	262,100
4) 配水管網	φ 50mm to 300mm, PVC	30,100m	1,452,190
間接工事費		1 lot	1,005,500
小計			3,519,260
2. 既存浄水場拡張計画			
1)取水ポンプ設置	11 m ³ /mini.	1 no.	64,760
2) 浄水設備	15,500 m ³ /day capacity	1 unit	3,630,000
3) 送水施設	59.81 liters/sec., Head 143m, 140kW, 2nos	1 lot.	1,057,680
3) 配水池	5,500 m ³ +1,900 m ³	1 lot	999,000
4) 配水管網	φ 50mm to 300mm	64,400m	4,313,300
間接工事費		1 lot	4,025,900
小計			14,090,640
代替案 1 総計	1+2		17,609,900
II. 代替案2			
1. 地下水開発計画 (代替案 1 に同じ)		1 lot	3,519,260
3. ビンボ地区新規浄水施設建設計画			
1) ムバリ川取水施設	5.38 m ³ /min. x 3 units	1 lot	636,900
2) 原水送水管	φ 400mm, DCIP	11,400 m	1,844,000
3) 浄水場	15,500 m ³ /day	1 unit	4,065,000
4) 配水池	1,900 m ³	1 lot	256,500
5) 配水管網	φ 50 to 300mm	64,400 m	4,551,800
間接工事費		1 lot	4,541,600
小計			15,895,800
代替案2総事業費	1+3		19,415,000

7.4 運営・維持管理計画

7.4.1 実施機関の将来組織

上水道事業実施機関は以下の業務をカバーする必要があるが、これらの業務については SODECA の経験を活かすことが重要である。

- 1) 取水、浄水生産、配水等の作業に関するすべての施設の運転と維持管理
- 2) 上水道整備事業の調査及び計画
- 3) 利用者登録、給水メーター検針、水道料金の徴収等の顧客管理
- 4) 財務、業務、人事等の運営管理業務

組織構成は、総裁以下、総務（財務、人事）、営業（顧客管理、料金徴収、経理）、運転・維持管理（上水生産、配水、維持管理、計画、技術）等の各部門から成り、人員は臨時雇用の 88 人を含めて総勢 180 人が望ましい。

7.4.2 衛生改善計画

寄生虫疾病、マラリア、下痢状疾病は中ア国の最も一般的な病気であり、5才以下の児童の第一死因ともなっている。それらはすべて水因性疾病であり、給水状況の改善や排水状況の改善、衛生教育等の関連活動は現状の衛生環境を著しく改善することができる。

調査団実施のアンケート調査の結果によると、水因性疾病に対する意識は一般的に高いことが示されたが、バンギ市において保健衛生教育を普及させるための手段、体制は不足している。UNICEF、Afri-care や CALITUS 等の国際機関や NGO がバンギ市で実施してきた保健・衛生改善プロジェクトは小数で、その規模も小さいレベルでの実施に止まっている。また、国民に提供されるべき情報や知識が十分にまとめられておらず、欠如している。保健衛生教育、情報を提供する方法の再検討を行う必要があるが、具体的には以下の方法が考えられる。

- 1) WHO が世界規模で実施している情報教育通信（IEC）の利用を一層奨励する。
IEC はバンギ市に本部を有し、地方部においてもコミュニティ保健センターを諸活動の分子としている。
- 2) バンギ市にある 13ヶ所のコミュニティ保健センターとコミュニティ保健員の所外活動による普及で、保健センターに軽い手当のため来訪する人々に教育コースを形成したり、各世帯や集合住宅地を巡回し、健康や衛生についての指示を与える。

- 3) コミュニティ代表者を所外保健員、研修員として訓練する。
- 4) UNICEFが実施しようとしている小学校での保健衛生教育 (Child to Child Approach) による普及を行う。

7.4.3 地下水モニタリング計画

地下水の涵養地域が発展化の都市部にあるため、地下水の量と質の両方が、将来の都市の発展に応じて変化し、将来、地下水への涵養量は減少し、また、年々増えていく生活世帯並びに工場から排出される下水・汚水の浸透量が増えることによって、地下水質が劣化することが予想される。従って、地下水の量（地下水位）と水質について地下水モニタリングの実施を継続していく必要がある。

提案するモニタリング頻度とモニタリング項目は以下の通りである。

- a. 水質モニタリングの対象井戸： 生産井戸の全て
- b. 水質モニタリングの頻度：

- 井戸掘削後 2ヶ月間	- 週に一度
- 井戸掘削後 2ヶ月から 6ヶ月	- 月に二度
- 井戸掘削後 6ヶ月から事業終了まで	- 月に一度
- c. モニタリング項目：

pH、温度、電気電導度、硬度、NO₃、NH₄、SO₄、Mn、Fe、Cl、Ca、Mg、K、大腸菌

7.5 事業評価

実施された財務評価、経済評価及び社会評価に基づきマスタープラン事業の総合評価が以下の通りなされた。

- (1) 代替案 1 および代替案 2 の財務評価指数 (FIRR) はどちらもマイナス値を示した (代替案 1 : -1.75%、代替案 2 : -2.13%)。この結果から、事業実施は融資ベースでは困難が予想される。言い換えれば、無償以外には対象とはなり得ない。
- (2) 経済評価指数として採用した「経済的内部収益率(EIRR)」はそれぞれ、代替案 1 は5.90%と代替案 2 は5.08%を示した。この数値自体は決して高いものではない。

いが、これ以外にも定量化されない様々な社会経済的便益が存在することを考慮すれば、十分に社会開発事業としての妥当性が認められるものである。しかし、感度分析の結果、仮に実施される段階においては、限られた財源を有効に使用するために、予算管理や事業実施に細心の注意を要することが示唆される。

- (3) 社会評価の結果、事業のBHN面の貢献が高く評価されている。特に婦女子に対する教育の機会提供や労働軽減など改善点が期待される。
- (4) 結論として、本事業は融資案件としては成り立たない。しかし、(a) BHN観点を考慮した場合、また (b) 各実施段階における適切な財政管理と実施管理体制を確立できた場合には実施する意義は大きい。

以上から、2つの代替案は表7.5.1に示す通り評価された。

表7.5.1 総合事業評価

評価項目	代替案1	代替案2
1. 財務評価 (FIRR)	-1.75%	-2.13%
2. 経済評価 (EIRR) 及び利益/経費率	5.90% / 0.67	5.08% / 0.63
3. 技術レベル	同等	同等
4. 維持管理方法	優	良
5. 環境評価	優	良
6. 社会評価	同等	同等
総合評価	優	良

上表から、対象地域においては、代替案1は代替案2よりも高い便益性を有していることが確認された。

第8章 ・ フィージビリティ調査プロジェクトの選定

第7章7.5 で明らかにされた通り、2015年を目標とする代替案を融資によって実施するには困難が伴う。しかしながら、首都圏の急激な人口と水需要の増加を考慮すれば、特にバンギ市の周辺部の都市化地域においては、短期的将来を目標とするフィージビリティ調査の必要性は高い。

サブプロジェクトのひとつとして策定された地下水開発計画は、首都圏にあって、不衛生な生活環境化のなかで急激な人口増加が発生している地域を対象としている。更に、これらの地域の住民の多くは低所得層であり、水因性疾患の蔓延の危険に曝されている。

表流水を水源とする上水道では、原水を浄水するため薬品や電気の他、施設管理のための要員などを要するため生産費が高価となる。一方、水質の良好な地下水を利用できる地下水開発計画は経済的な運営が可能となる。また、建設費も他のサブプロジェクトに比して安価である。

さらに、HBN案件としても、地下水開発計画の妥当性が確認されたことから、フィージビリティ調査の対象案件とされるべきであると結論付けられる。