社会開発調査部報告書

No. 2

国際協力事業団

ケニア共和国
土地開拓・地域・水資源省（MLRRWD）

ケニア国メルー郡給水計画調査

最終報告書

要　約

平成9年10月

JICA LIBRARY
J 1140390 [4]

日本工営株式会社

株式会社日水コン

社調二
J R
97－113

国際協力事業団

ケニア共和国
土地開拓・地域・水資源省（MLRRWD）

ケニア国メルー郡給水計画調査

最終報告書

要　約

平成9年10月

日本工営株式会社
株式会社日水コン

1140390【4】

為替交換レート（1997 年 3 月現在）
US$1.00=Kshs. 56.00（ケニアシリング）

序　文

日本国政府は、ケニア共和国政府の要請に基づき、同国のケニア国メルー郡給水計画調査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７月から平成９年８月までの間、３回にわたり日本工営株式会社の岡崎敬介氏を団長とし、同社および株式会社日水コンから構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ケニア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。

また、国際協力事業団国際協力専門員の山本敬子氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

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９年１０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

今般、ケニア共和国におけるメルー郡給水計画調査が、同国政府関係機関の協力を得て完了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。本報告書は、ケニア政府が実施して行く東部州の給水開発計画実施に寄与すべき資料として作成いたしました。

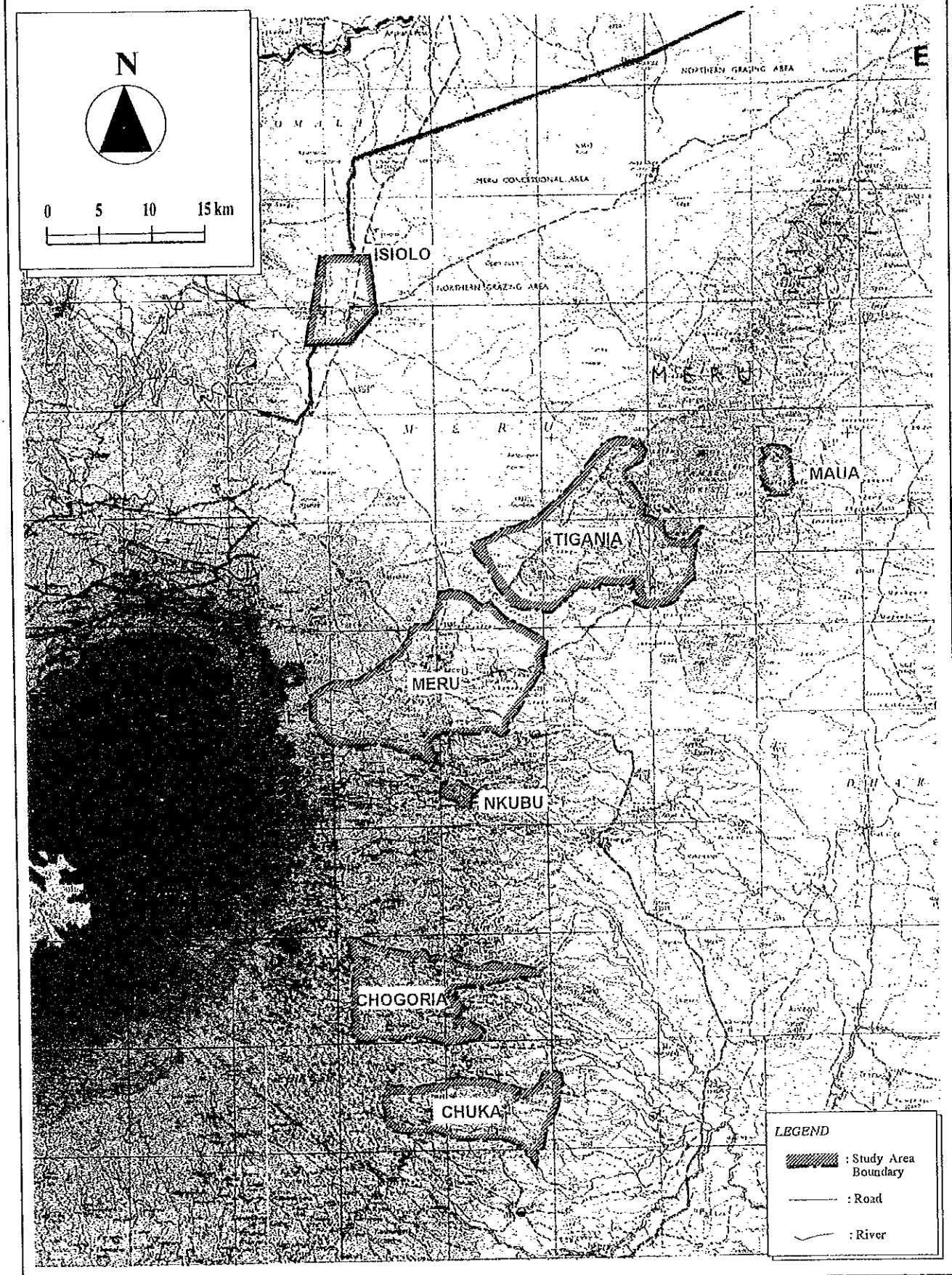
本報告書は大きく分けて二つの構成から成っております。一つは、全国水資源開発計画に沿って実施した、東部州７地区の給水開発計画に係わるマスタープラン調査であります。この中でメルー市給水開発計画が最も優先度が高く、かつ、緊急性の高いプロジェクトとして選定されました。他の一つはこのメルー市給水開発計画に係わるフィージビリティ・スタディであり、プロジェクト実施の可能性について取りまとめております。

本報告書を提出するにあたり、多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、厚生省、在ケニア大使館の諸賢、ならびにケニア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るものであります。

本調査の結果が、ケニアにおける今後の給水開発計画のために、また、ひいては同国の発展のために少なからず活用されるならば、これに優る光栄はないと存ずる次第であります。

平成９年１０月

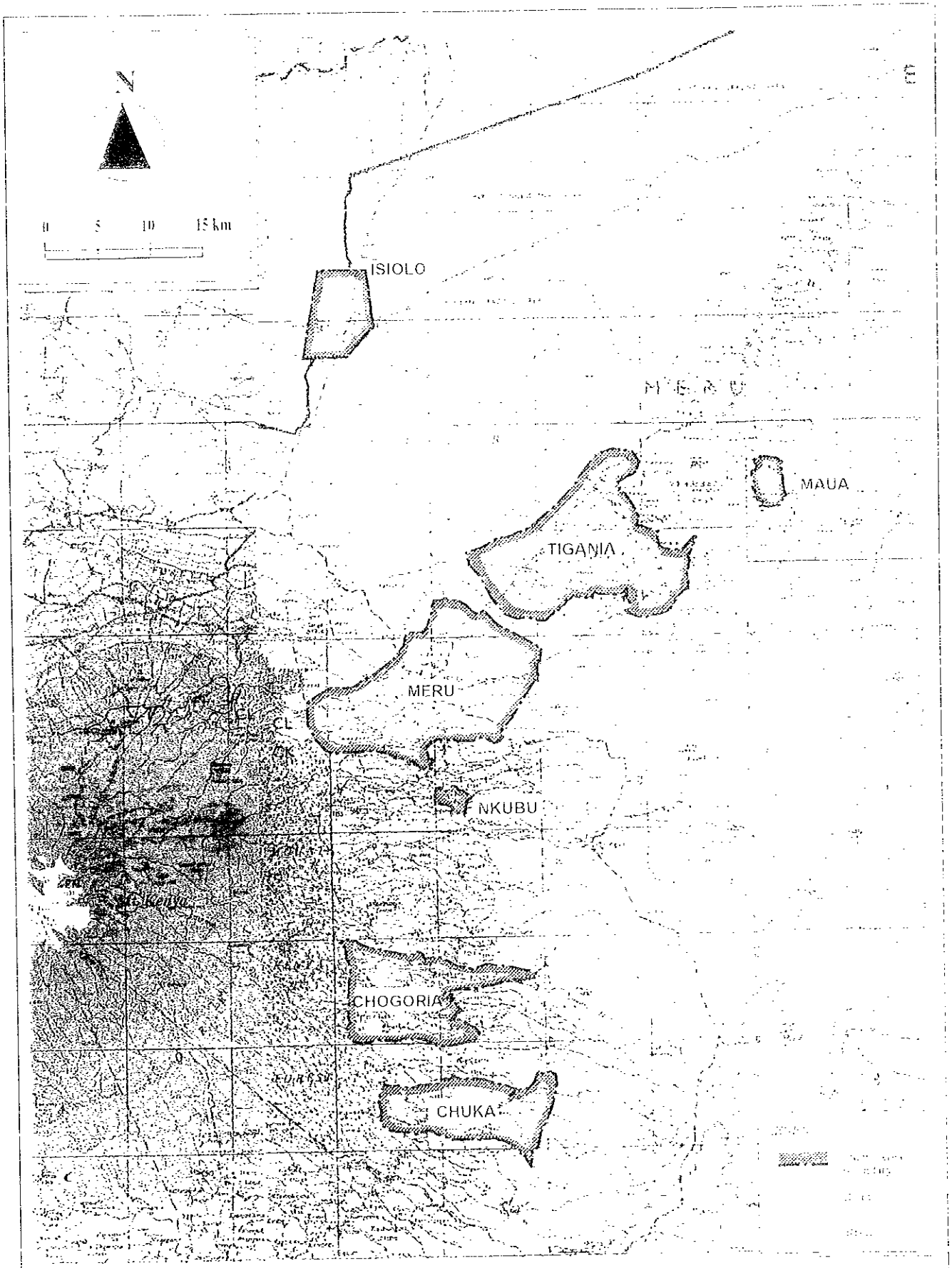
調査団　総括担当
岡崎敬介



THE STUDY ON
THE WATER SUPPLY FOR SEVEN TOWNS
IN EASTERN PROVINCE IN THE REPUBLIC OF KENYA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

調査対象位置図



THE STUDY ON THE WATER SUPPLY FOR SEVEN TOWNS IN EASTERN PROVINCE IN THE REPUBLIC OF KENYA	調査対象位置図
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	

要　約

はじめに

ケニア国の東部州では緊急に給水システムの改善が望まれているが、財源不足により事業の実施が困難となっている。このため、ケニア国政府は、日本国政府に同州の7地区の給水システム改善計画調査の実施を要請した。本調査の目的は以下のとおりである。

・2010年を目標年次とした、給水計画マスタープランを策定する。
・マスタープランにより選定された地区に対して、フィージビリティ・スタディーを実施する。
・本調査を通じてカウンターパートである水資源省のスタッフに技術移転を行う。

本調査の業務委託契約は1996年7月15日に締結され、日本工営（株）と（株）日水コンのJVにより実施された。

マスタープラン

1　調査対象地区と地域特性

調査対象地区の内、6地区はケニア山およびニャンベネ高地に位置し、農業生産性の高い地域である。対象地域の内、標高の低い地域は乾燥地帯となっており、降雨量が少なく農業生産性は低い。全対象地域である7地区の中では、イシオロがこの乾燥地帯に属している。

メルーおよびヌクブ給水システムはメルー郡に、チョゴリアおよびチュカ給水システムはタラカニティ郡に存在し、これらのシステムはケニア山の東側、標高1900mから1300mに位置している。水源は比較的豊富であり、農業生産性も高い。

マウアおよびティガニア給水システムはニャンベネ郡に存在し、ケニア山の東北部にあるニャンベネ高地の標高1800mから1300mの間に位置している。この地域の水源はニャンベネ高地に限られている。ニャンベネ高地の標高の高い地域では農地が広がっているが、北側や南側の低地では農業のポテンシャルは低い。

イシオロ給水システムはケニア山の北側、標高1100m付近の半乾燥地帯に位置している。ここでは水源のポテンシャルが限られており、農業の生産性も一般的に低い。

メルーとイシオロの市街地を除いて、給水地域は地方的な性格が強く、地域の経済は農業に依存している。小さな集落での経済活動は、中心部での食堂、店舗経営等の商業活動に限られている。

2 既存の給水状況

対象地区の既存の給水システムは、水生産量や配水容量不足、給水施設の老朽化、水源不足等の理由により、満足のゆく給水が行われていない。

3 マスタープラン策定の基準

3.1 給水地域と基礎人口

計画給水地域は水源のポテンシャル、地形特性、行政界、既存インフラ施設状況等の要素を基に設定した。基礎人口は 1989 年のセンサスデータを基に、サブロケーションの境界条件を考慮に入れた調整を行い決定した。

表 3.1 対象地域と人口

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
給水対象面積 (km^2)	185	3.5	45	88	58	11	93
1989 の人口	125,191	6,882	18,658 *27,987(1)*	31,265	25,148	3,223	51,826

(注) : (1) 季節による人口移動を含む。
出典 : District Water Offices & 1989 Population Census.

3.2 人口および水需要予測

人口および水需要予測は、各計画給水地域毎に実施した。過去のセンサスデータの分析や既存の調査結果から、人口の増加率は都市化の進捗と関連がある事が明らかとなった。また、水資源省の設計基準に規定されている 1 人当りの水需要量やサービスのレベルは、メーターによる給水が実施され、かつ、適正な無収水量削減対策がなされることによって適用できるものである。これらの条件を基に算定された予測値を以下に記す。

表 3.2 人口予測及び水需要予測

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ *(1)*	ﾁｭｶ *(2)*	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ *(3)*
2010 の人口	251,668	15,611	65,471	64,433	44,376	13,344	83,121
2010 の水需要量 (m^3/day)	22,725	1,915	10,671	4,403	2,886	1,493	3,778

(注) : (1) 季節による人口移動を含む。
(2) チュカ市の給水地域に限定。
(3) ティガニア給水計画の新しい計画地域のみを示す。

3.3 水資源

・メルー

カティタ川の取水堰は、ケニア山の森林に約 8km 程入ったところに計画した。水質は良好であり、計画浄水場までは自然流下によって導水が可能である。水文解析の結果、日最小流量は 49,700m3/day であり、2010 年の水需要量 22,000m3/day を含め、その他の給水プロジェクトの取水量を賄う事ができる。

・ヌクブ

キグワンデ川に計画した取水堰から自然流下で導水が可能であるが、取水堰付近が農地であり、キグワンデ川の濁度が高くなることを予想し、急速ろ過システムによるの浄水方法を提案した。

・イシオロ

イシオロ川からの取水量を増加することは困難であり、そのための代替水源が調査された。本調査では表流水による代替水源を確保することはできなかったが、ボーリングによる試掘の結果地下水のポテンシャルが高いことが明らかとなった。2010 年の水需要およびそれ以降の水需要に答えるべく、今後、地下水開発を含めた新たな水源調査、総合的な水資源開発調査が必要である。

・チュカ

ルグティ川の取水堰はケニア山の森林地帯奥深くに位置しており、十分な水量を自然流下によって供給することが可能である。取水位置までのアクセス道路の建設の必要がある。

・チョゴリア

マラマニィ川の取水堰は、チュカの場合と同様、自然流下によって供給可能である。

・マウア

代替水源である湧水は、既にコミュニティ給水の水源としてほとんど利用されており、ムボーネ川が自然流下で給水できる唯一の水源である。ただし流量が限られているため、給水対象地域も制限される。

・ティガニア

タンガタ川は十分な流量を有するが、取水堰の位置は詳細設計の段階で再度検討する必要がある。

3.4 水質および浄水方法

乾期、雨期に実施された水質分析結果を基に、各地区の浄水場で採用する浄水方法が提案された。

表 3.3 浄水方法

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
沈殿処理	○			○	○		○
簡易ろ過						○	
急速ろ過 (1)		○					
塩素滅菌	○	○	○	○	○	○	○

(注)： (1) 化学凝集剤による沈殿および急速ろ過を含む。

4 マスタープランの策定

4.1 基本方針およびフェージング

マスタープランで提案する給水計画の基本方針は、信頼のおける良質な飲料水を計画対象地域に給水することであり、施設維持管理を容易にするためには自然流下方式を最大限に利用し、良質な源水を利用した処理システムの簡易な方法を採用することとした。各給水計画対象地区毎に優先順位を取り決め、段階的な実施計画をたてた。

4.2 施設計画

(1) 取水堰および導水管

施設は浮遊物や沈殿物の侵入防止を計り設計した。また管内に一定の流速を持たせ、清浄な状態を保つようにした。

(2) 浄水場

浄水場は上記3節で述べたように、良質の原水をそのまま利用し、簡易な処理方法を基本とした施設を提案した。

(3) 配水タンク

貯水容量は、農村地域では日平均給水量の 12 時間分の容量とした。都市部では維持管理の点検、あるいは緊急時の機能の停止を考え、更に 12 時間分の貯水容量を加えることとした。

(4) 送水本管

送水本管の径は、下流側給水地域の日平均給水量とその本管のピーク流量を併せて決定した。

5 積算

建設費用の積算は、マスタープランの段階では 1996 年 10 月の単価を用いた。交換レートは 1US$=56Ksh とした。平均増加費用(Average Incremental Cost)は、1 m3 の純現在価値を表わし、プロジェクト費用、維持管理費、電力費、薬品代、スタッフ人件費および輸送費に基づき計算した。割引率は 9%を用いた。

表 5.1 プロジェクト投資費用 (1,000 US$)

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
フェーズ 1	7,930	1,343	5,289	3,010	2,445	1,172	2,993
フェーズ 2	5,775	486	*4,772*	822	615	180	770
計	13,705	1,829	*10,061*	3,832	3,060	1,352	3,763
一人当り建設費 US$/人	54	117	154	59	69	101	45
平均増加費用 (US$/m^3)	0.58	0.66	0.96	0.58	0.71	0.61	0.65

6 フィージビリティスタディ実施計画の選定

各計画の優先度は、以下に示すように財務的、経済的、および社会的便益を考慮して検討をおこなった。

表 6.1 プロジェクト評価表

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
A. 経済・財務評価							
財務的内部収益率	-	-	-	-	-	-	-
経済的内部収益率	●	-	-	●	-	-	○
B. 費用効果							
一人当りのコスト	●	○	-	●	●	○	●
維持管理費	●	○	●	●	○	○	○
C. 社会・経済評価							
公衆衛生	●	○	●	●	●	○	●
取水の負担	●	○	●	●	●	●	●
D. 給水サービス							
普及率	●	○	○	○	●	○	●
信頼性	●	○	●	○	●	●	●
総合評価	■	□	□	■	■	□	■

（注）： ● = 実施の可能性が高い。緊急に必要である。
○ = 妥当である。強く推薦できる。
- = 実施の可能性がない。緊急としない。
■ = 緊急であり、優先度が高い。
□ = 緊急であるが、優先度はそれ程高くない。

全ての計画が実施に向けての緊急性を示しており、中でもメルー、チュカ、チョゴリア、ティガニアは特に優先度が高い。この中で最も優先度の高いものを選定するとすれば、メルーとなろう。メルーは評価表の中で優先度が高いだけでなく、メルー市で既に建設されているインフラ施設が使用できるということも、有利な点となっている。以上のことから、メルー給水計画は、緊急性と共に非常に高いニーズと計画実施の為の高いポテンシャルを有し、全プロジェクト中、最も高い優先度があると判断された。

フィージビリティ・スタディー

1 対象地域

全調査対象地域である 185km2 の内、ﾏｽﾀｰﾌﾟﾗﾝではメルー市街地、郊外、周辺農村部を含む約 85km2 が、給水システムの緊急改善対象地域として選定された。この地域を 2005 年を目標年次としたフィージビリティ・スタディ実施対象地域とした。

2 開発基本政策と方針

パイプラインの設計容量は 2010 年を目標とし、浄水場および配水池については費用効果を考え、2010 年の概ね 50%に相当する 2005 年の需要量に見合うように設計を行った。対象地域内には未処理のまま給水を行っているコミュニティー給水システムが存在するが、本プロジェクトではコミュニティー給水システムを含め、計画対象地域全域に給水できる施設容量とした。

3 人口及び水需要

ヌタキラ地区、イゴキ下流地区、ムブリ地区、ヌティンブリ地区、カテェティ地区とイゴキ上流地区、ムランタンカレ地区等の 2005 年の全人口は 129,191 人におよぶと予測され、水需要は 10,482m3/day と算定された。2005 年を目標年次としたこの計画は、コミュニティ給水システムからの給水はそのまま継続するという前提条件の基に行った。

水需要予測は、２つの重要観点に基づき算定した。ひとつは全ての給水システムがメーターの設置により管理されるという仮定に基づき、他のひとつは無収水を現在のレベルから引き下げる政策を実施したという仮定に基づくものである。これらの手段を講じなくて高いレベルの水需要量に答えることは困難である。

4 予備設計

4.1 設計の骨子

予備設計は維持管理が容易で、かつ、シンプルなシステムを目標とした。取水堰はケニア山中に建設し、良質な原水を取水することにより水処理の規模をできる限り小さくするよう努めた。システム全体は自然流下による給水を基本とした。浄水施設は維持管理が容易で、化学薬品や電力を多用しない方式を提案した。

水源の保全のために、集水域の自然を保護する必要がある。本計画では集水域はケニア山の森林地帯に位置しているため、水源の保全に対する問題点は少ない。しかしながら、近隣の集水域では森林伐採も行われており、将来水質の悪化により高度な処理を行う場合を考え、必要な浄水施設配置計画を行った。

4.2 取水堰および導水管

取水堰は堆積物や浮遊物の侵入を抑え、維持管理が容易にできるよう設計した。取水堰や導水管の上流部分は深い峡谷の中に建設するため、現場へのアクセスや作業条件が厳しいものとなる。導水管は管径 500mm の鋼管を採用し、内部に沈殿物の生じない流速で流すよう設計を行った。

4.3 浄水場

浄水場の容量は 10,000m3/day とした。各施設のコンポネントは着水井、沈殿池、消毒設備、浄水池、管理用建物および倉庫よりなる。着水井は流量調節設備、流量測定設備および細目スクリーンを設置した。沈殿池は表面負荷率 0.75m/hr の横流式沈殿池で、薬品の投入なしで浮遊物を沈殿させることを基本とした。また簡易な汚泥除去装置を取り付けた。

塩素溶液は動力を必要としないドリップフィーダー式による注入とした。混和池は 2 池設け、12 時間分の滞留時間を持ち、注入は注入率 2mg/l、2%溶液とした。

浄水池は給水域のピーク流量を調節するため 200m3 の容量とした。浄水場の建設予定地は森林地帯の中にあり、直下流での水消費量が少ないため、配水管路中で十分な塩素との接触が可能である。しかし、内部に堰を設け少なくとも 10 分間の滞留が可能とした。

管理用建物には事務所、倉庫、作業所、試験室等が含まれている。スタッフの住居は処理場のすぐ側に建設することとした。

4.4 送配水施設

パイプラインは 2010 年の需要量に対応できるよう設計した。最大及び最小水頭はそれぞれ 60m、10m とした。口径 350mm 以上ならびに河川や道路を横断する部分では、鋼管を採用した。その他では u PVC 管を採用した。配水路の総延長は 61,200m であり、口径は 90～400mm である。この配管網はフェーズ 1 全域への給水を対象とした。計画では 90mm 未満の配管は含まないものとし、各戸給水のための約 46km の配管工事は水資源省が実施することを前提とした。

配水池は、日平均給水量の 12 時間分を貯留できるよう設計したが、都市部では緊急用として更に 12 時間分の貯水量を追加した。総貯水量は 7,050m3 である。

4.5 改修計画ならびに漏水防止設備

改善されたシステムの維持は、新規施設の建設以上に重要なものである。本計画では以下の費用をプロジェクト費用の中に含めた。

・バルブやバルクメーターの付け替え費用

・既存の家庭用メーターの修理または付け替え費用

・漏水管理装置と輸送費用

5 積算

建設費用と単価の見直しを行った。マスタープラン策定後為替レートは安定しており、マスタープラン時と同じ 1US$=56Ksh を採用した。

総建設費用は US$9,761,000 と算定された。漏水管理、修理設備ならびに輸送費用は US$338,000 となった。MLRRWD により建設されるサービス管の費用は US$580,000 である。現在の年間の維持管理費用は US$250,000 と算定され、2005 年までには US$335,000 となる。

20 年間の平均増加費用(Average Incremental Cost)は US$0.75 と計算された。この時の割引率は 9%である。

6 組織および管理制度

無収水の減少、その記録、料金徴収手続、スタッフの訓練等を実施する上で、プロジェクト実施中の組織および管理制度の改善、強化が必要である。バルクあるいは家庭用水道メーターの設置や漏水探知の実施は、事業運営の為に重要であると共に、ナイロビに存在する Kenya Water Institute 等の機関のサポートも必要である。

7 環境影響評価

環境に対する影響を緩和する方法として、以下のものが挙げられる。

・都市部でのパイプライン工事中の交通規制
・ケニア山森林地帯での作業に対する環境への十分な配慮
・水道計画の実施によって発生する下水処理施設の整備
（都市部では、発生した下水を処理する必要性を住民に認識させることや、既存下水処理施設の改善について真剣に検討を行う必要がある。）

8 財務・経済分析

8.1 財務評価

各世帯の月当たり収入の分析から、現在の水道料金に対して十分支払う能力があるということが判明した。地方水道事務所(DWO)から得られたデータによると、低所得者層の場合、水道料金は月平均収入の 4.7%となっている。中所得者層では 2.2%、高所得者層では 1.4%となっている。

財務評価の結果、現在の水道料金で維持管理費は容易にまかなうことができるが、プロジェクトに対する投資費用を含めて回収することは困難である。

8.2 経済評価

経済評価では、経済費用算定のため水汲みの時間節約による便益を用いた。本計画では、この経済便益を加えた内部収益率(IRR)が6.3%となり、実現可能となる。

8.3 社会評価

十分な水の供給は、ベーシックヒューマンニーズの中の重要な一つである。水不足や水質の悪化は、人々の健康や日々の生活に直接的な影響を与えることになる。

水不足の程度や水質悪化の深刻さを供給地域の優先度決定の主な要素とし、その中で緊急に改善すべき地域をフェーズ1地域として選定した。

8.4 総合評価

本プロジェクトは社会的かつ経済的評価から実現可能であると判断されたが、プロジェクト実施の全費用を回収することは困難である。従って実施プロジェクトの内、一部を無償資金プロジェクトとすることによって、財政的に実現可能とすることが検討された。これにより、プロジェクトの財務管理の強化の必要性や、インフレ率に沿って水道料金の見直し体制を確立することも必要であることが結論づけられた。

9 結論および勧告

9.1 結論

計画対象地域85km2の中で、目標年次2005年には約129,000人が飲料水を得ることとなる。計画は良質の原水を使用して最小規模の浄水を行い、計画域全体に自然流下によって給水することができる。

フェーズ1全体の建設コストは、漏水管理設備を含めると総額US$10,100,000となる。

1人当りの建設費用はUS$81となっている。しかし、将来マスタープラン全体が完成すれば1人当りの建設費用はUS$60となる。

本プロジェクトの成功には、計画地域全体に水道メーターを設置すること、無収水のレベルを下げることが条件である。その他、財務管理と技術面での記録が必要であり、料金徴収システムについては毎年見直しすることも必要である。

本プロジェクトは社会的、経済的評価に基づき実現可能であることが確認された。しかしながら、現在の料金で維持管理費用は容易に回収できるものの、投資費用を含んだ全費用を回収することは困難である。

9.2 勧告

本プロジェクトは以下の項目を条件として無償資金協力による実施が提案される。

i) メーターリングシステムが完全に実施されること

ii) 無収水量の削減プログラムが開始されること

iii) 無収水量の削減、組織改善、建設管理等の分野に、国又は第三国の援助が提供されること

調査報告書リスト

・要約

・第1巻　主報告書

マスタープラン

フィージビリティ・スタディ

・第2巻　サポーティングレポート

APPENDIX-A　水資源

APPENDIX-B　社会・経済

APPENDIX-C　メルー市の既存給水施設

APPENDIX-D　コミュニティー給水

APPENDIX-E　組織と運営

APPENDIX-F　地形測量

APPENDIX-G　共同水栓のモニタリング

APPENDIX-H　下水排水施設のモニタリング

APPENDIX-I　住民意識調査

・第3巻　サポーティングレポート

APPENDIX-J　初期環境評価

APPENDIX-K　人口と水需要の予測

APPENDIX-L　概略積算

APPENDIX-M　イシオロ市の地下水調査

APPENDIX-N　優先給水地域の解析

APPENDIX-O　設計計算

APPENDIX-P　7地区の送配水計画

APPENDIX-Q　環境影響評価

・第4巻　図面集

ケニア国
メルー郡給水計画調査
ファイナル・レポート
要約報告書

目　　次

マスタープラン

1 章　はじめに

1.1 概要 MP-1
1.2 調査の背景 MP-1
1.3 調査の目的 MP-2
1.4 調査対象地域 MP-2
1.5 調査の実施組織 MP-2
1.5.1 日本側の組織 MP-2
1.5.2 ケニア側の組織 MP-3
1.6 報告書の構成 MP-4

2 章　調査対象地域の一般概要

2.1 自然条件 MP-5
2.1.1 地形 MP-5
2.1.2 気候 MP-5
2.1.3 地質 MP-5
2.2 水源 MP-5
2.2.1 表流水源 MP-5
2.2.2 地下水源 MP-6
2.3 社会・経済条件 MP-7
2.3.1 行政区 MP-7
2.3.2 人口 MP-7
2.3.3 土地利用と経済活動 MP-8
2.3.4 既存インフラ施設 MP-8

3 章 給水システムの現況

3.1 概要 MP-9
3.2 水資源省の給水計画 MP-9
3.3 コミュニティ給水システム MP-9
3.4 給水栓モニタリング調査 MP-11
3.5 初期環境影響調査 MP-11
3.6 下水処理施設の建設とモニタリング調査 MP-11

4 章 人口予測および水需要予測

4.1 人口予測 MP-13
4.1.1 人口 MP-13
4.1.2 家畜 MP-13
4.2 水需要予測 MP-13
4.2.1 1人当り消費量およびサービスレベル MP-13
4.2.2 水需要予測 MP-14

5 章 マスタープランの策定

5.1 基本方針 MP-16
5.1.1 給水地域 MP-16
5.1.2 優先地域とフェージング MP-16
5.1.3 改善計画の妥当性 MP-16
5.2 計画方針 MP-16
5.2.1 メルー MP-16
5.2.2 ヌクブ MP-17
5.2.3 イシオロ MP-17
5.2.4 チュカ MP-17
5.2.5 チョゴリア MP-18
5.2.6 マウア MP-18
5.2.7 ティガニア MP-18
5.3 計画水需要量 MP-19
5.4 施設計画 MP-19
5.4.1 取水堰および導水路 MP-19
5.4.2 浄水場 MP-19
5.4.3 配水システムおよび配水槽 MP-20

5.5 積算 MP-21
5.6 組織・制度開発計画 MP-22
5.7 経済・財務評価 MP-23
5.7.1 財務評価 MP-23
5.7.2 経済評価 MP-24
5.7.3 社会評価 MP-25
5.8 フィージビリティースタディ実施計画の選定..... MP-25

フィージビリティ・スタディー(メルー市給水計画)

1 章 はじめに

1.1 背景 FS-1
1.2 調査対象地域 FS-1
1.3 基本方針 FS-1

2 章 地域の現況

2.1 水資源 FS-2
2.2 社会経済条件 FS-2
2.2.1 行政区 FS-2
2.2.2 人口 FS-2
2.2.3 土地利用および経済活動 FS-2
2.2.4 社会整備状況 FS-3
2.3 給水施設 FS-3

3 章 水需要予測 FS-5

4 章 各施設の予備設計

4.1 給水施設 FS-6
4.1.1 設計フレーム FS-6
4.1.2 取水施設および導水管路 FS-6
4.1.3 浄水施設 FS-6
4.1.4 送配水施設 FS-7
4.1.5 補修計画 FS-8
4.2 O&M機材 FS-9

5 章 積算および建設計画

5.1 建設単価 FS-10
5.2 建設費用積算 FS-10
5.3 維持管理費用 FS-10
5.4 建設計画 FS-11
5.4.1 基本条件 FS-11
5.4.2 施工計画 FS-11

6 章 組織と管理 FS-12

7 章 環境影響評価

7.1 目的と内容 FS-13
7.2 環境影響評価 FS-13
7.2.1 土地収用 FS-13
7.2.2 地域交通 FS-13
7.2.3 ケニア山の自然保護 FS-13
7.2.4 下水処理 FS-13

8 章 財務・経済分析

8.1 財務評価 FS-14
8.2 経済評価 FS-14
8.3 社会評価 FS-14
8.4 総合評価 FS-14

9 章 結論および勧告

9.1 結論 FS-15
9.2 勧告 FS-15

添付表

マスタープラン

1.4-1	調査対象地域	MP-2
2.2-1	取水地点の低水流量	MP-6
2.3-1	人口 (1989年)と人口増加率 (1969-1989)	MP-8
3.3-1	代表的なコミュニティー給水システムの概要	MP-10
4.1-1	人口予測	MP-13
4.2-1	設計単位給水量	MP-14
4.2-2	個別給水のサービスレベル	MP-14
4.2-3	全水需要予測（2000年・2010年）	MP-15
4.2-4	水需要量の内訳（2010年）	MP-15
5.3-1	計画給水量	MP-19
5.4-1	水処理方法および各施設の数量	MP-20
5.4-2	配水池容量	MP-21
5.4-3	配水管延長	MP-21
5.5-1	プロジェクト費用	MP-22
5.7-1	世帯の収入レベルと支払い能力	MP-23
5.7-2	財務評価	MP-24
5.7-3	経済評価	MP-25
5.7-4	社会評価	MP-25
5.8-1	総合的プロジェクト評価	MP-26

フィージビリティ・スタディー(メルー市給水計画)

3.1-1	人口予測および水需要予測	FS-5
3.1-2	水需要量予測内訳	FS-5
4.1-1	フェーズ１の口径毎の管路延長	FS-8
4.1-2	フェーズ１の計画配水池容量	FS-8
5.2-1	建設費用積算	FS-10

マスタープラン

1 章 はじめに

1.1 概要

1996 年 3 月 6 日、ナイロビにおける水資源省と JICA との間で交わされた S/W を元に、JICA は日本工営（株）、（株）日水コン両者の共同企業体と、ケニア国東部州 7 地区の給水計画調査実施の契約を締結した。

JICA は日本国政府の公的機関であり、日本国の法律ならびに制度にしたがい、ケニア国政府の協力の下に実施した本調査に関する責任を負う。水資源省は、日本の調査団に対するカウンターパート機関としての活動を行い、本調査を円滑に実施するため他の関係機関との調整を行う。

1.2 調査の背景

ケニアでは、飲料水の不足は地方部や農村部で重大な問題となっている。ケニア国政府は、水供給を改善するとの公約をしているが、財政的な問題からこの目的は十分には達成されていない。

メルー市の水供給システムは、ケニア山麓の表流水を利用している。しかし、給水率は市の約 20%をカバーしているに過ぎない。都市部の開発、人口の増加および既存給水施設の老化に伴い、給水施設の拡張および改善が必要となっている。一方、半乾燥地域にあるイシオロ市では、特に乾期におけるイシオロ川の枯渇により水不足が生じている。

全国水資源マスタープランは JICA によって 1992 年に実施され、2010 年までに全人口に対し安全な給水を行うという命題のもと、家庭用ならびに工業用の給水計画が提案された。この水供給開発計画の内容は、“5000 人以上の都市地域および全国の地方部に対し、2000 年までに安全で、かつ、安定した水供給を行うこと、また、2010 年までにこれら両地域に対して下水処理施設の整備を行うこと”となっている。

飲料水の必要性や政府の方針に鑑み、ケニア東部州の水供給の改善は現在の水需要に応ずるべく緊急に整備する必要がある。現在、この地域の給水設備の開発状況は、国家目標に対し非常に遅れている。給水に関するインフラ整備は、人々の生活や中小都市の経済開発にとって必要不可欠なものである。

将来の給水施設の改善と平行して、下水処理施設の改善においても水質汚濁を低減し、住民を衛生環境問題から守るために求められている。

以上のような背景の基に、ケニア国政府は日本国政府に対し、ケニア国東部州７地区の給水計画調査を実施するよう要請を行った。

1.3 調査の目的

本調査の目的は、ケニア東部州の６都市および１地域に対し2010年を目標年次とした給水システムに関するマスタープランを策定し、さらにその中から選定された都市に対してフィージビリティスタディーを行う事である。またこの調査と平行して、ケニア側カウンターパートに対する技術移転を行う。

1.4 調査対象地域

調査地域は東部州に位置する７つの地域である。調査対象地域の面積と人口を以下に記す。

表 1.4-1 調査対象地域

調査対象地域	面積 (km2)	人口 (1989)
メルー	185	125,000
ヌクブ	3.5	7,000
イシオロ	45	19,000
チュカ	88	31,000
チョゴリア	58	25,000
マウア	11	3,200
ティガニア	93	52,000

出典: National Census, 1989

1.5 調査の実施組織

1.5.1 日本側の実施組織

日本側の組織は、JICA本部の基に結成された調査団と作業監理委員会よりなる。

調査団のメンバーは以下のとおりである。

岡﨑　敬介	総括
与田　博恭	水道計画
荻野　正之	水源開発
ﾏｲｹﾙ･ﾀﾞｸﾞﾗｽ･ｵｰﾙﾎﾟｰﾄ	施設設計･積算
男鹿　剛彦	組織･制度/維持管理
石井　賢一	環境配慮/排水計画
ｼﾞｭﾘｱ･ｱｹﾛ･ｸﾝｸﾞﾙ	社会配慮・衛生教育
銅直　一彦	財務･経済
玉利　清文	地形測量

内澤　精孝	地質
畠山　忠	物理探査
和田　淳	業務調整

作業監理委員会のメンバーは以下のとおりである。

山本　敬子	作業監理委員長
中之薗賢治	作業監理委員

1.5.2 ケニア側の組織

ケニア側の組織は、水資源省に組織されたカウンターパートチームと、調査に関連する機関から選ばれたステアリングコミッティーメンバーからなる。

カウンターパートチームとステアリングコミッティーの主なメンバーは以下のとおりである。

MLRRWD:

Mr. E. K. Mwongera	- Permanent Secretary, MLRRWD
Mr. P. N. Machiri	- Director of Water Development
Mr. D. N. Stower	- Senior Deputy Director, Water Resources Development
Mr. T. W. Kibaki	- Deputy Director, Planning & Design
Mr. D. K. Barasa	- Deputy Director, Operation and Maintenance
Mr. F. K. Mwango	- Deputy Director, Groundwater
Mr. P. L. Ombogo	- Deputy Director, Construction
Mr. J. R. Nyaoro	- Registrar Water Rights
Mr. K. Kung'u	- Assistant Director, Project Planning
Mr. D. N. Nyaga	- Provincial Water Engineer, North Eastern (Previously the District Water Engineer, Tharaka Nithi)
Mr. K. Kyengo	- District Water Engineer, Isiolo
Mr. Gakubia	- District Water Engineer, Meru
Mr. D. N. S. Nderi	- District Water Engineer, Nyambene
Mr. R. Gathigo	- Water Development, Planning Section
Mr. E. M. Chege	- Superintendent Hydrologist, MLRRWD
Mr. B. I. Kasavuli	- Design Engineer, Design section
Mr. J. M. Omwenga	- Assistant Director, Water Quality Surveillance
M. K. Kitagawa	- JICA Co-ordinator, MLRRWD
Mr. V. Y. Jani	- Assistant Director, Research Technology
Mr. O. Mbaya	- Economist, Economic Planning Division
Mr. C. N. Irungu	- Assistant Director, Groundwater Conservation

Mr. W. Wakaranja	- Assistant Director, Groundwater Engineering Geology
Steering Committee:	
Mr. J.M. Mwangi	Ministry of Local Government
Mr. J.K. Kanithi	Treasury, Ministry of Finance
Mr. W.N.K. Murage	Ministry of Lands and Settlement
Mr. N. Arap Chumo	Ministry of Environment and Natural Resources
Mr. N.N. Waweru	Ministry of Health

1.6 報告書の構成

本ファイナル・レポートはマスタープランとフィージビリティスタディーについて取りまとめられた。ファイナル・レポートの構成は以下のとおりである。

(1) 要約報告書
(2) 主報告書
(3) サポーティング報告書
(4) 図面集

2章 調査対象地域の一般概要

2.1 自然条件

2.1.1 地形

調査対象地域は巻頭の位置図に示すとおりである。対象地域は標高や地域特性等ケニア山の影響を大きく受けている。メルー、ヌクブ、チュカ、チョゴリアはケニア山の東側の標高1,600 m から1,400 m の間に位置している。水源としての表流水はこれらの地域ではかなり豊富であり、幾多の川がケニア山を源として東方に流下している。

マウア、ティガニアはケニア山東部のニャンベネ高地の東または南側に位置している。この地域の水源は上記の地域に比べ幾分少ない。

イシオロはケニア山の北側、標高 1,100 m に位置し、周辺は火山性台地あるいは半乾燥地域である。地形はここから北方にあるイワソネグロ川流域まで穏やかに下っている。

2.1.2 気候

対象地域は亜熱帯性気候の影響を受けており、3 月から５月までと１１月から１２月にかけて年２回の雨期がある。年平均降雨量は、地勢と標高に非常に強い影響を受けている。メルー市の標高は 1,600 m であり、年平均降雨量は 1,300mm、一方のイシオロは標高が 1,100m であり、年平均降雨量は 600mm である。

2.1.3 地質

基盤層である先カンブリア層の上層部は、ケニア山およびニャンベネ高地から噴出した火山岩や火山灰質土に覆われている。先カンブリア岩は片麻岩、片岩、第四世紀火山類から成り、タラカ郡以東に位置するマウアとイシオロの西方に分布している。

火山岩からなるケニア山は中新世および中期鮮新世代の地質であり、フォノライト（響岩）、ケニト溶岩、凝灰岩、集塊岩からなっている。ケニア山東部斜面の溶岩台地は主に玄武岩からなっている。山麓地域の地質はフォノライト（響岩）とテフライトから成っている。

2.2 水源

2.2.1 表流水源

ケニア山およびニャンベネ高地は、一般的に表流水および地下水の豊富な地域といわれている。ケニア山の東部斜面は大小の河川が豊富であるが、ニャンベネ高地の場合、その数は限られて

いる。特に、イシオロではその中心となるイシオロ川が季節の影響を大きく受け、乾期には水のない状態が続いている。

流量データは、河川に設置した水位観測所網により容易に入手することができる。これらのデータは1992年のNational Water Master Planや、1991年のWater Resources Assessment and Planning Projectなど、全国的規模の大きなプロジェクトに利用されている。

集水区の最低流量は、集水区に最も近い信頼の置ける観測所のデータに基づき、その相関関係から推定した。小河川の場合、集水区が小さいことから相関関係を評価することが困難であるため、本調査では最も厳しい条件である乾期に流量測定を行い、そのデータを用いた。取水位置は水資源省のスタッフの協力を得て、妥当な位置を選定した。水理特性は Table 2.2-1 に示すとうりである。

表 2.2-1 取水地点の低水流量

計画	川	必要水源水量	95%確率流量	測定した最小流量	許容取水量
		m3/d	m3/d	m3/d	m3/d
ﾒﾙｰ	Kathita	22,000	49,000	78,200	35,300
ﾇｸﾌﾞ	Kiguandequa	2,200	21,900	18,600	14,100
ｲｼｵﾛ	Isiolo	8,800	2,000		2,000
ﾁｭｶ	Rugati	4,400	25,800		12,800
ﾁｮｺﾞﾘｱ	Mara Manyi	3,300		13,200	13,200
ﾏｳｱ	Mboone	1,650		1,900	1,900
ﾃｨｶﾞﾆｱ	Thangatha	4,400		4,500	4,500

この表から明らかなように、メルー、チュカ、チョゴリアでは十分な水源を有している。
マウアではムブーネ川を水源としているが、この川のポテンシャルの乏しさや、代替水源であるウラ川を利用した場合ポンプ圧送となることから、ムブーネ川を水源とする給水エリアを縮小し、その他周辺地域に対しては、当面は現在のコミュニティー給水システムに頼ることとした。

イシオロの水源のポテンシャルは極めて乏しい。しかし、ダムの建設は貯水量が十分確保できないことから有効な対応策とならず、また、スプリングの水も直下流域において灌漑用に使用されているため水量は限られている。したがって、新たに地下水源の調査が必要である。

2.2.2 地下水源

(1) 水文

ケニア山およびニャンベネ高地の森林地域は雨が多く、地下水の主要な補給地域として重要である。ここに降った雨は地下に浸透し、下流域でスプリングとして地表に現れている。ただし、基盤岩が支配するところでは、不透水性のため地下水のポテンシャルは

乏しい。一方、火山岩地域では降雨量が少ないためポテンシャルに乏しく、塩類など地下水への混入物も多い。

対象地域の地下水のポテンシャルはあまり高いとは言えない。一般的に井戸からの揚水量は少なく、小さなコミュニティー給水には十分であるが、大規模な給水システムの計画には量的な制限がある。

(2) イシオロの地下水調査

イシオロ地域では、表流水のポテンシャルが限られていることが明らかとなったため、地下水の開発のための調査を実施した。WRAP のレポートなど、既存の井戸資料のレビューを行った結果、地下水のポテンシャルは高いものの、特に市の北方地域では塩分の混入量が高いことが明らかとなった。この理由から、電気探査の実施に際してはイシオロ市の南部地域を対象とし、その後試掘の具体的な位置選定を行った。

３カ所の試験井戸を掘削した結果、何れにおいても高い地下水のポテンシャルが確認された。許容揚水量として 15m3/時が測定された。特に、ボーリング No.2 では 18m3/時が観測され、被圧地下水のため地表から吹き出す程の量が確認された。

地下水調査の結果高いポテンシャルが確認され、将来さらに開発できる可能性が明らかとなった。ただし、今後のさらなる開発には降雨量、流出量、蒸発散量、地下水への補給量、等の解析に基づいた地下水の水収支、更に帯水層での長期にわたる揚水後の水質テストが必要である。

2.3 社会・経済条件

2.3.1 行政区

東部州は面積、人口ともにケニア国における８つの州のうち２番目に大きい。東部州はエンブを州都とし、８つの郡に分かれている。メルーとヌクブはメルー郡に位置し、郡オフィスはメルーに存在する。イシオロにはイシオロ郡オフィスがあり、チュカとチョゴリアはタラカニティ郡にある。マウアとティガニアはニャンベネ郡にあり、その郡オフィスはマウアにある。

2.3.2 人口

現在の人口および人口の伸び率は、過去のセンサスサーベイから算出した。結果を表 2.3-1 に示す。

表 2.3-1 人口 (1989年)と人口増加率 (1969-1989)

	ｹﾆｱ	東部	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾟ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ (1)	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ (2)	ﾃｨｶﾞﾆｱ (3)
1989年人口	21,443,636	3,768,677	125,191	6,881	18,658	62,784	25,148	3,223	51,826
1969-1989 年平均人口伸び率	3.4%	3.65%	3.6%	3.5%	4.2%	2.7%	3.4%	3.4%	2.4%
1997の人口	28,000,000	5,020,000	165,980	9,471	25,679	81,034	32,134	5,537	63,891

(注) (1) チュカの人口は給水対象地域外の人口を一部含んでいる。ここには計画浄水場より送水予定。
(2) マウア給水エリアはアムワティサブロケーションの市街地を対象とする。人口伸び率はサブロケーション全体より大きい。
(3) ティガニア給水地区は既存の給水エリアを含まない。

2.3.3 土地利用と経済活動

調査対象地域はケニア山、ニャンベネ高地と標高の低い乾燥地域の間にある農業地域である。メルー市やイシオロ市、その他の市街地を除くと対象地域は農村地域であり、経済は農業に依存している。

土地の豊かさは標高とともに増しており、標高の高い地域ではコーヒーや紅茶の栽培が行われ、標高の低いイシオロ等の地域では、放牧や自給用農業が中心となっている。主要産業はコーヒー、紅茶、製粉、乳製品、縫製、製材等である。紅茶やコーヒーの工場は一般的に市街地近郊に存在するが、メルーではこれらの産業が大きく伸びてきている。

2.3.4 既存インフラ施設

舗装道路はエンブ～メルー～イシオロを通る一級道路、およびメルー～マウア間の二級道路に限られている。他の道路は未舗装であり、雨期の遠隔地にある給水地区へのアクセスは困難である。

電気および電話の普及はほぼすべての市街地ならびに農村中心部にまで広がっているが、これらの主な利用者は企業や官庁であり、個人での使用は5%に過ぎない。

下水処理システムはメルーとイシオロの中心部のみに存在し、中心部の人口の約 30%が利用している。下水道の普及率は低く、また、施設が乏しいため多くの水系伝染病が発生している。

3章 給水システムの現況

3.1 概要

現在の水資源省の給水システムは、一般に簡易処理と塩素殺菌のみで各戸給水や給水栓での供給が行われている。水道料金は均一料金もしくはメーター制による徴収が行われている。急激な人口の増加に伴う給水システムの拡張が望まれているが、財源不足により遅々として進んでいない。

農村地域では、不足する水資源の給水システムを補うため、多くのコミュニティ給水システムや自治組織による給水システムが実施されている。これらはしばしば NGO 等の外部組織によって援助を受けている。これらの給水システムは自然流下方式を基本とする小規模な給水システムであり、未処理のまま給水されている。初期の段階では受益者からの幾分かの負担はあるものの、以後の水道料金は通常徴収されていない。

3.2 水資源省の給水計画

7都市の水資源省による給水計画の基礎データは、地方事務所(District Water Office)や水資源省の報告書(1994-1996) (Monthly Operation, Maintenance and Financial Monitoring Report (1994-1996))より入手した。報告書には矛盾した点も多く、このデータの取り扱いには注意が必要である。

既存の計画の多くは満足できるものではなく、計画給水量は対象地域の水需要に対して不十分である。イシオロ、マウア、ティガニアでは、既存水源の水量不足により給水に支障を来たしている。メルー、ヌクブ、チョゴリア、イシオロ、マウアの浄水場の容量は水需要量に対して不十分である。また、ヌクブ、マウアの施設は既に耐用年数を過ぎている。

配水システムは全ての地区で不十分であり、その補強が望まれる。特にチョゴリア、チュカでは緊急を要する。

料金徴収の 90%はメーターの検針によるものとされているが、実際には殆どのメーターが正常に機能していない。すなわち、料金徴収はほとんど推定した水使用量に基づいていると考えられる。

人件費は全維持管理費の 50%を占め、次には薬品代が 30%を占めている。残りの 20%のうち、輸送費、燃料費等に 13%、維持管理や補修、スペアーパーツの購入等に 7%が使用されている。

3.3 コミュニティ給水システム

コミュニティ給水システムについてはほとんど記録がないため、その詳細を明らかにすること

は困難である。メルー地区だけでも 66 システムの存在が確認され、その中の代表的な 20 システムについて詳細な調査を行った。

典型的なコミュニティ給水システムは表 3.3-1 のような特徴を示している。

表 3.3-1 代表的なコミュニティ給水システムの概要

給水面積		6 km2
給水戸数		200
水需要量		150 m3/d
水源		
	河川	60%
	泉	40%
浄水場		なし
設計		水資源省
建設費		Kshs 350,000
資金		コミュニティーから 23%
		外部から 77%
維持管理		コミュニティー
水道料金		なし
管理組合数		7-13
銀行預金		Yes
管理員構成		
	男	84%
	女	16%
建設年		
	1960 年代	10%
	1970 年代	25%
	1980 年代	35%
	1990 年代	30%
用途		
	家庭用	55%
	学校	5%
	灌漑	40%
水質		
	大腸菌	サンプルの 50%

調査した殆ど全てのコミュニティ給水システムの内、基本設計は水資源省の協力の元に行われたものもあるが、維持管理の段階ではその協力は全く得られていない。

コミュニティ給水システムの初期の建設費用は一世帯当たり 30US$ときわめて低い。建設コストが低い理由は、簡単な構造物によるシステムであること、労務費がゼロであること等が挙げられる。ドナーとしては、Plan International, CARE, Catholic Diocese of Meru, Methodist Church 等が報告されている。

3.4 給水栓モニタリング調査

施設の総括的な運営方法の改善を目的として、共同水栓の新規建設と補修工事を地元住民が選定した場所において実施し、工事完了後これらの運営維持管理状況のモニターを行った。

モニターの結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 運営上の問題を取り除くため、地域のコミュニティあるいは個人はまず自分達の施設建設の優先順位を明らかにし、水資源省に要請を行うことが必要である。その後設計に関与し、コストの低減に貢献する。また、必要に応じ水使用者の組合を設立し、維持・管理上の責任を負うことが必要である。これらのことが行われて始めて給水栓の工事が開始できる。

(2) 管理組合の代表は少なくとも 50%以上を女性に受け持たせれば、より高いレベルでの施設の維持管理が可能となる。

(3) 管理組合活動は衛生に関する教育や台帳の整理など、簡単なトレーニングで対応可能とすべきである。メンバー間の責任を明確にし、給水栓の開始時間の厳守や、会合、選挙を行うことも必要である。

3.5 初期環境影響調査

ケニア国のガイドラインに従い、初期環境影響調査のためのスクリーニングとスコーピングを実施した。

計画された構造物はほとんど地下埋設か、地上のものでも小規模であるため、環境に対する影響は大きなものではない。イシオロにダムを建設した場合に限り環境に対する重大な影響が生ずるが、この案は本調査では技術的かつ経済的に妥当ではないと結論づけられた。

本調査で重要と思われる環境への影響は以下のものが挙げられる。

i) 土地買収と建設工事に伴う影響

ii) 水質汚濁につながる下水排水の増加による影響

iii) 水源水のポテンシャルの減少による影響

3.6 下水処理施設の建設とモニタリング調査

メルー市およびイシオロ市のみ下水処理施設が存在している。これらの施設は調査の結果、市街地の約 30%の人口に対して供用されているにすぎず、既に荷負荷の状態となっている。特にメルー市においては大幅な処理能力不足のまま現在に到っている。

現在の施設の処理能力を把握すること、また、将来の施設拡張を行うための設計基準を確定することを目的とし、メルー市においてパイロット処理池を建設した。

4章 人口予測および水需要予測

4.1 人口予測

4.1.1 人口

基礎人口および人口増加率の算定については 1969 年、1979 年、1989 年のセンサスデータ(National Population Census)を使用した。将来人口の予測は、これらの基礎データおよび既存の調査や報告書の結果を基に算定した。

予測結果を表 4.1-1 に記す。

表 4.1-1 人口予測

	1989	1997	2000	2010
メルー	125,191	165,980	183,527	251,668
ヌクブ	6,882	9,471	10,648	15,611
イシオロ	18,658	25,679	29,029	43,648
イシオロ(1)	27,987	38,518	43,544	65,471
チュカ(2)	31,265	41,502	46,238	64,433
計	62,784	81,034	88,861	116,577
チョゴリア	25,148	32,134	34,920	44,376
マウア	3,223	5,537	6,763	13,344
ティガニア(3)	51,826	63,891	68,891	83,121

(注) (1) 季節変動含む (出典: MLRRWD)。
(2) チュカの取水、浄水施設のサイズは市街地以外の部分を含めた規模とする。
(3) 新しいティガニア計画部のみ。

4.1.2 家畜

現在の家畜頭数については、1988 年のメルー郡に関する WRAP の調査結果を基に算定した。将来の家畜頭数の予測は WRAP の報告書の中で、シナリオ 1 (家畜の増加により土地利用に影響が出ない程度とされる 2%の増加率) を基に算定した。

一般には、住居近くの小川で家畜に水を与える傾向がある。水道水により供給する家畜への給水量は全需要量のうちの 15%程度とした。

4.2 水需要予測

4.2.1 1人当り消費量およびサービスレベル

1986 年策定の MOWD の設計基準で規定した単位水消費量は、現地調査の結果ほぼ妥当であると判断された。しかし、メーターが設置されていない場合の使用水量は、設置されている場合に比べ 5 倍の使用量となっていることも判明した。このことは全戸に給水メーターを設置すると

いう水資源省の目標を達成する上で、非常に重要な発見であった。また、必要なメーターが全て設置された場合には、設計基準に基づく給水計画が実現できることを意味している。水資源省で規定している単位給水量は表 4.2-1 のとおりである。

表 4.2-1 設計単位給水量

分類			単位	量
各戸給水	地方	土地利用の高い	l/c/d	60
		中位	l/c/d	50
		低い	l/c/d	40
	都市	高級住宅	l/c/d	250
		中級住宅	l/c/d	150
		低級住宅	l/c/d	75
共同水栓	地方		l/c/d	10
	都市		l/c/d	20
学校		寮	l/c/d	50
		トイレ付き学校	l/c/d	25
		トイレなし学校	l/c/d	5
病院		州	l/bed/d	400
		郡	l/bed/d	200
		その他	l/bed/d	100
		患者一人当り	l/patient/d	20
			m3/day	5
ホテル		高級	l/bed/d	600
		中級	l/bed/d	300
		低級	l/bed/d	50
オフィス			l/c/d	25
食堂			l/day	500
店舗			l/day	100
一般工場			m3/ha/d	20

表 4.2-2 個別給水のサービスレベル

分類		初期	中期	目標年次
地方	高	20%	40%	80%
	中	10%	20%	40%
	低	5%	10%	20%
都市	高	100%	100%	100%
	中	100%	100%	100%
	低	10%	30%	50%

4.2.2 水需要予測

水需要予測は、上記の設計基準、人口予測を基に算定した。結果を表 4.2-3、4.2-4 に記す。

表 4.2-3 全水需要予測 (2000 年・ 2010 年)

	ﾒﾙｰ m3/d	ﾇｸﾌﾞ m3/d	ｲｼｵﾛ (1) m3/d	ﾁｭｶ (2) m3/d	ﾁｮｺﾞﾘｱ m3/d	ﾏｳｱ m3/d	ﾃｨｶﾞﾆｱ (3) m3/d
2000	13,188	1,142	6,692	2,192	1,578	719	2,125
2010	22,725	1,915	10,671	4403	2,886	1,493	3,778

(注) (1) 季節変動含む。
(2) チュカ給水地区のみ。
(3) 新しいティガニア給水地区のみ。

表 4.2-4 水需要量の内訳 (2010 年)

	ﾒﾙｰ m3/d	ﾇｸﾌﾞ m3/d	ｲｼｵﾛ m3/d	ﾁｭｶ m3/d	ﾁｮｺﾞﾘｱ m3/d	ﾏｳｱ m3/d	ﾃｨｶﾞﾆｱ m3/d
家庭	17,311	1,577	5,626	3,659	2,371	1,181	3,193
家畜	306	25	258	100	61	16	127
工業	3,627	91	234	206	106	83	64
学校	779	87	4,292	160	239	54	184
病院	217	73	120	55	71	46	51
商業	485	63	140	223	36	114	159

5章 マスタープランの策定

5.1 基本方針

5.1.1 給水地域

カウンターパート側の意向を踏まえ、かつ、計画年次である2010年の給水エリアとして最も妥当な地域を選定した。

5.1.2 優先地域とフェージング

フェーズ1実施対象地域の選定は、住民意識調査やインベントリー調査に基づき行った。特に、現地の社会条件、プロジェクト実施の効果を考慮すると共に、水資源省の地方事務所と協議し、地域に密着した妥当で、かつ、合理的な優先地域の選定を行った。

(1) フェーズ1：

取水堰と導水管路は最終容量の 100%を建設し、浄水場と配水槽は 50%、優先地域への主要配水管については最終供給量の 100%を建設する。各戸への取り付け管やメーター、共同水栓については（基本的にフェーズ 1 に含めないが）住民の要望に応じて建設していく。

(2) フェーズ2：

浄水場、配水槽、および配水管の残りの 50%を行う。また、各戸への取り付けは住民の要望に応じて建設する。

5.1.3 改善計画の妥当性

計画された施設に耐久性および信頼性をもたせるために、以下の対策を講じることとした。

i) 自然流下方式による給水とし、ポンプ圧送を避ける

ii) 水処理に対する手間やコストを削減するため、良質な原水を利用する

iii) 必要な箇所全てにメーターを設置する

5.2 計画方針

5.2.1 メルー

給水対象地域は185km2に亘り、西は標高2060mのケニア山の森林地域から、東は標高1200mの高地におよんでいる。計画水需要量は 22,725m3/day である。既存の浄水場はメルー市の標高

1690m の地点に存在し、処理能力は 3,172m3/day である。原水の水質は必ずしも良好ではない。既存の浄水場から、将来、自然流下方式で計画地域全域に給水する事は困難である。既存給水地域の北方の地区ではポンプによる給水が計画されたが、ポンプの能力不足により実際に水は行きわたっていない。したがって、新規の浄水場は現在より西方の標高が高く、ケニア山の良質な原水を取水することが可能な位置に計画した。

メルー市での無収水率は非常に高く、この改善のためには、運営、維持管理システムの改善が求められる。

5.2.2 ヌクブ

既存の浄水場は 1952 年に建設され、ポンプによって 400m3/day をヌクブ市に供給している。この施設の耐用年数は既に過ぎ、計画水需要量である 2,000m3/day を供給する事は困難である。計画取水堰は、キグワンデ川の既存の取水堰の 4km 上流に設定した。この位置ではヌクブ市に自然流下方式で給水するのに十分な標高を有している。計画浄水システムは急速ろ過方式となる。

5.2.3 イシオロ

イシオロ川から取水する既存のシステムは、1980 年に設計容量 2,800m3/day で建設された。この施設は現在でも良好な稼動状況である。しかし、イシオロ市の 2010 年の需要量を満たすには、更に 8,000m3/day の容量が必要となるが、水源水量が不足しているため、この需要量を満たす事は困難である。

水源のポテンシャルの不足を補うため、ダムの建設計画を立案、検討したが、技術的および経済的な問題からフィージブルとはならなかった。今後、イシオロ川以外の集水エリアも含み、更なる水源の検討が必要である。

地下水の賦存量およびその水質については詳細な検討をする必要がある。本マスタープランの現地調査では、イシオロ市南部の地区で地下水のポテンシャルが高いことを明らかにした。

5.2.4 チュカ

1976 年に建設された既存の水道施設はカリンガニ川から取水を行っており、その浄水能力は 3,260m3/day である。このシステムはカリンガニ、ムタンベ、マグモニ地区等、総面積 150km2 に給水する地方給水システムとして設計されたが、実際には全ての給水地区に給水することは困難であった。

本調査で提案した計画給水地域はチュカ市街地を基本に考えており、これは初期に策定されたカリンガニ計画の約 50%に相当するもので、2010 年での水需要は 4,403m3/day である。カリン

ガニ給水計画の残り 50%の地区の 2010 年における水需要は 2,852m3/day となっており、これは既存の施設の容量とほぼ同程度である。

従って、既存の給水施設は市街地周辺部への給水を続け、本調査で提案したシステムはチュカ市街地へ給水することとした。

5.2.5 チョゴリア

チョゴリアの既存の給水システムは 1975 年に建設され、浄水能力 500m3/d を持つムウィンビ給水システムに依存している。この能力では、現在の給水エリアおよびムウィンビシステムの南部にあるチョゴリアの町への、将来における給水は困難である。チョゴリアの町へは現在ムウィンビシステムから 150mm のパイプで給水しているが、その量はわずかである。ちなみにチョゴリアの 2010 年の水需要量は 3,000m3/d である。これらのシステムを複雑にしている問題は、チョゴリアは新しく制定されたタラカニティ行政区に含まれ、ムウィンビ給水システムの一部の施設（取水口および浄水場）はメルー行政区に含まれていることである。

チョゴリアの取水予定地は、チュカやメルーのそれと地形的に非常に似ている。取水堰はケニア山の森林地帯にあり、良質の原水を得ることが出来る。また十分な標高を備えているので、殆どすべての地区に自然流下で配水をすることが可能である。しかしながら、ムルギ地区の一部は自然流下方式で給水することが困難であり、この地区に給水するためには取水堰を更に高い場所に移す必要がある。ムルギ地区は比較小さい地区であるため、ポンプによる給水、もしくは新たな取水堰を設けて給水することが代替案として挙げられる。

5.2.6 マウア

ムボーネ川から取水する既存の施設は、マウア市街地北側約 1 km の地点に 1956 年に建設された。この施設は既に耐用年数を超えている。この地区の水資源は概して不足しているといえる。

ムボーネ川は対象地区の主な水源であり、マウア市に自然流下方式で給水できる唯一の川である。利用可能な河川水量は 1,650m3/day であり、給水地区が限られるため計画給水地区はマウア市街地だけとした。また、対象地区の南側は、ウラ川から別の給水システムにより給水することを提案した。

5.2.7 ティガニア

ティガニア給水システムは、大きな地方給水システムであり、その内のフェーズ 1 は 1970 年代に設計および建設が行われたものである。しかし、水源であるスプリングのポテンシャルが小さいため新たに開発する余力は殆どない。地区の南側に計画しているフェーズ 2 は給水の必要性が高いにも関わらず、まだ建設は行われていない。

本計画はこのフェーズ2対象地区である南側に主に給水しようとするものである。ニャンベネ高地から流れるタンガタ川は主要な水源であり、流量は比較的多い。従ってこの水源から導水路によりフェーズ2地区だけでなく、フェーズ1地区にも給水することができる。

5.3 計画水需要量

人口、水需要予測、および施設計画のための必要水量は表 5.3-1 のとおりである。計画導水量は浄水場での10%の損失分を見込んでいる。

表 5.3-1 計画給水容量

計画	2010の人口	2010の水需要 (m3/day)	給水エリア km2	既存の給水能力 (m3/day)	計画給水能力 (m3/day)	計画取水量 (m3/day)
ﾒﾙｰ	251,668	22,725	185	3,172	20,000	22,000
ﾇｸﾌﾞ	15,611	1,915	3.5	(400)	2,000	2,200
ｲｼｵﾛ *[1]*	65,471	10,671	45	2,800	8,000	8,000*[2]*
ﾁｮｶ (全地域)	116,577	7,255	150	3,260	4,000	4,400
ﾁｭｶ (給水地域)	64,433	4,403	88	0	4,000	4,400
ﾁｮｺﾞﾘｱ	44,376	2,886	58	0	3,000	3,300
ﾏｳｱ	13,344	1,493	5	(200)	1,500	1,650
ﾃｨｶﾞﾆｱ (全地域)	168,929	6,871	300	3,500	3,500	3,850
ﾃｨｶﾞﾆｱ (給水地域)	83,121	3,778	92	0	4,000	4,400

(注)： *[1]季節変動含む（出典：Habitat）。*
[2] 地下水の場合10%ロスを含まない。
( ) 耐用年を過ぎた施設の能力は考慮しない。
斜線対象地域外を含む

5.4 施設計画

5.4.1 取水堰および導水路

取水堰および導水路は浮遊物や混入物の浸入を避け、最小流速を 0.75m/s 以上とした。

5.4.2 浄水場

各計画の浄水方式を表 5.4-1 に記す。計画は乾期および雨期に実施した水質モニタリング調査結果を基に行った。また、将来の水質汚染の可能性や既存の浄水方法からのシステムの転換も考慮に入れた。

表 5.4-1 水処理方法および各施設の数量

	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
2010 年の水需要 (m3/d)	22,725	1,915	10.671	7,256	2,886	1,493	3,778
既存の容量 (m3/d)	3,172	0	2,800	3,260	0	0	0
計画容量 (m3/d)	20,000	2,000	8,000	4,000	3,000	1,500	4,000
フェーズ1							
塩素注入	2	2	2	2	2	2	2
混和池		1					
沈殿池	4	1		2	2	1	2
ラフフィルター						3	
急速ろ過		3					
汚泥タンク		2					
乾燥床		3					
フェーズ2							
塩素注入	2	2	2	2	2	2	2
混和池		2					
沈殿池	8	2		4	4	2	4
ラフフィルター						4	
急速ろ過		4					
汚泥タンク		3					
乾燥床		5					

5.4.3 配水システムおよび配水槽

(1) 貯水容量

貯水容量は、日平均給水量の 12 時間分の貯水量を基に計画した。また、都市部では表 5.4-2 に示すように緊急用としてさらに 12 時間分を給水できる容量とした。

表 5.4-2 配水池容量

計画	2010 の水需要 (m3/day)	都市部の需要 (%)	計画全容量 (m3)	既存の容量 (m3)	建設計画容量 (m)
ﾒﾙｰ	22,725	61%	18,260	1,008	17,250
ﾇｸﾌﾞ	1,915	68%	1,605	50	1,550
ｲｼｵﾛ	10,671	53%	8,144	2,150	6,000
ﾁｭｶ (給水地域)	4,403	30%	2,860	0	2,900
ﾁｮｺﾞﾘｱ	2,886	12%	1,610	0	1,650
ﾏｳｱ	1,493	64%	1,223	45	1,300
ﾃｨｶﾞﾆｱ (給水地域)	3,778	0%	1,840	0	1,900

(2) 配水本管

配水本管の総延長は、表 5.4-3 のとおりである。

表 5.4-3 配水管延長

	配水管延長 (m)					
対象地域	400 [illegible]	315 [illegible]	280 [illegible]	225 [illegible]	160 [illegible]	計
ﾒﾙｰ	3,800	15,300	5,800	19,000	38,000	81,900
ﾇｸﾌﾞ				1,300	2,300	3,600
ｲｼｵﾛ			6,700	9,400	2,900	19,000
ﾁｭｶ (給水地域)			2,900	3,800	3,600	10,300
ﾁｮｺﾞﾘｱ				6,000	18,000	24,000
ﾏｳｱ				1,500	4,200	5,700
ﾃｨｶﾞﾆｱ(給水地域)			11,800	8,900	7,100	27,800

5.5 積算

プロジェクトの建設コストは、1996 年 10 月の単価を用いて算定した。使用した交換レートは 1 US$=56Ksh である。

投資費用及び維持管理費からなるプロジェクト費用を表 5.5-1 に記す。平均増加費用 (Average Incremental Cost)は、9%の割引率を用いて算定した。

表 5.5-1 プロジェクト費用

US$ x 1,000

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
フェーズ 1	7,930	1,343	5,289	3,010	2,445	1,172	2,993
フェーズ 2	5,775	486	4,772	822	615	180	770
計	13,705	1,829	10,061	3,832	3,060	1,352	3,763
一人当り建設費 (US$/人)	54	117	154	59	69	101	45
平均増加費用 (US$/m3)	0.58	0.66	0.96	0.58	0.71	0.61	0.65

１人当たりの建設費用は、ティガニアが最も低い。これは計画地域全体が農村地域であり、水需要量が少ないためである。しかしながら、１m3 当りの平均増加費用では４番目に安いという結果となった。メルーは１人当りの建設費用ではティガニアに次いで安く、１m3 当りの平均増加費用ではチュカとともに最も安い。

5.6 組織・制度開発計画

各計画の運営・維持管理計画を以下のとおり提案した。

i) メーターシステムの普及
メーターの読み取り、料金の徴収システムに基づく財務管理の改善、バルクメーターの補修・交換等の計画。

ii) 漏水防止キャンペーンの実施
現在の高い無収水量を緩和する。

iii) 水質モニタリングや水質管理方法の改善

iv) 料金徴収システムの見直し

v) 水利権の割り当て方法やそのモニタリング、コントロール方法の改善

vi) 運営予算や会計処理の改善

vii) 研修方法の改善

viii) 郡レベルでの O&M 方法を強化するための技術支援

また各地方レベルでの提言は、以下のとおりとなる。

i) 建設時および運用時を含む記録方法の改善

ii) 薬品投入方法の改善

iii) 利用者登録方法の改善

iv) 会計方法および会計検査方法の改善

v) メーター読み取り者の新規採用とその訓練

vi) 漏水管理スタッフの採用とその訓練

vii) 各種キャンペーン活動の実施
- 各コミュニティの交流
- メーターの必要性
- 盗水に対する罰則
- 衛生教育および良質な水の追求
- 消費者が持つ不満足情報のフィードバック

viii) 貯蔵庫、資・機材、作業所等の O&M を行うための各施設の改善

5.7 財務・経済評価

5.7.1 財務評価

現地調査による平均世帯収入および地方事務所から得られた 1 人当りの水使用量を表 5.7-1 にまとめた。世帯毎の収入に対する水道料金の割合いを右端のコラムに示した。

表 5.7-1 世帯の収入レベルと支払い能力

世帯の収入レベル	平均収入 KShs/月	人口比率	一人一日当り水使用量 (lcd)(1)	収入に対する水道料金比
低	2,985	38%	66	5.0%
中	9,616	54%	82	1.9%
高	18,773	8%	98	1.2%

(注) (1) DWO

開発途上国に対する給水計画では一般的に多くとも 5%前後、が目安となっている。この結果、本計画を実施する上において、現在の料金レベルに対し十分に支払い能力があるということが明らかとなった。

プロジェクトの実施可能性を探るため純現在価値、財務的内部収益率、収入支出比について計算を行った。結果を表 5.7-2 に示す。

表 5.7-2 財務評価

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
財務的内部収益率	1.7%	-2.6%	n.a.	0.3 %	-2.8%	-2.3%	n.a.
妥当性	-	-	-	-	-	-	-
純現在価値 (10%)	-6,336	-1,119	-9,821	-2,002	-1,993	-850	-2,799
妥当性	-	-	-	-	-	-	-
収入支出費	1.13	0.87	0.22	1.02	0.84	0.89	0.66
妥当性	●	○	-	●	○	○	○

（注） ● = 財務的実施可能
○ = 条件付きで実施可能
- = 実施不可

この表は、いずれの計画においても現在の料金徴収レベルでは、投資費用と O&M コスト全ては回収出来ない事を示している。メルーおよびチュカは O&M コストのみを回収でき、同様にヌクブ、チョゴリア、マウア、ティガニアでは長期的に見た場合のみ回収できるが（初期の段階では赤字となる）、初年度の損失をカバーするために補助金が必要となる。一方、現在の料金を上げると（例えば料金を 2 倍にすれば）、メルー、チュカ、マウアでは投資費用も含めた全ての費用を回収することが可能である。

5.7.2 経済評価

経済便益として、衛生の改善、地域経済の活性化、水汲み時間の有効利用を考え、この中で水汲み時間の有効利用が定量化が妥当かつ、信頼できるものと判断した。

女性が水を汲む時間は、一日平均約 3.5 時間という調査結果が得られた。この労働の機会費用を一日当り 3.5 時間、時間当り単価を 35.1Ksh として、1 世帯の一年間当りの便益を計算すると、約 44,000Ksh となる。

表 5.7-3 は経済評価の結果である。この評価では財務評価で用いた手法と同じ方法を用い、更に変換係数を 0.9 とした時間節約による便益を加えた。この結果、メルーとチュカが経済的に実現可能であると判断された。

表 5.7-3 経済評価

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
経済的内部収益率	11.6%	n.a.	n.a	14.9%	n.a	n.a	7.2%
妥当性	●	-	-	●	-	-	○
純現在価値 (10%)	855	-1,890	-8,129	885	-1,705	-1,181	-398
妥当性	●	-	-	●	-	-	-
費用便益比	1.06	0.12	0.2	1.21	0.51	0.33	0.91
妥当性	●	-	-	●	-	-	-

（注） ● = 経済的実施可能
○ = 経済的実施可能の可能性あり
- = 実施不可

5.7.3 社会評価

水不足の程度や公衆衛生に関する関心度から、優先度の高いプロジェクトを評価した。結果を以下に記す。

表 5.7-4 社会評価

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
公衆衛生	●	○	●	●	●	○	●
水不足の程度	●	●	●	○	○	●	●

（注） ● = 高優先度
○ = 改善の余地あり

5.8 フィージビリティ・スタディー実施計画の選定

各計画の優先順位は、表 5.8-1 に示された各々のパラメーターを考慮し総合的に判断した。

表 5.8-1 総合的プロジェクト評価

計画	ﾒﾙｰ	ﾇｸﾌﾞ	ｲｼｵﾛ	ﾁｭｶ	ﾁｮｺﾞﾘｱ	ﾏｳｱ	ﾃｨｶﾞﾆｱ
A. 財務・経済評価							
財務的内部収益率	-	-	-	-	-	-	-
経済的内部収益率	●	-	-	●	-	-	○
B. 費用効果							
一人当りのコスト	●	○	-	●	●	○	●
維持管理費	●	○	●	●	○	○	○
C. 社会・経済評価							
公衆衛生	●	○	●	●	●	○	●
取水の負担	●	○	●	●	●	●	●
D. 給水サービス							
普及率	●	○	○	○	●	○	●
信頼性	●	○	●	○	●	●	●
総合評価	■	❑	❑	■	■	❑	■

（注） ● = 実施の可能性が高い。緊急に必要である。
○ = 妥当である。強く推薦できる。
- = 実施の可能性がない。緊急としない。
■ = 緊急であり、優先度が高い。
❑ = 緊急であるが、優先度はそれ程高くない。

ほとんど全ての計画が高い優先度を有しているが、その中で最も高い優先度を選ぶとすればメルーという結果になる。

一方、地方の行政機関による強いサポートを得られるか否かが、プロジェクトの実施を可能せしめるための必要不可欠な要素ともなる。このためには不法利用者や未払者の取締まりや、メーターの設置、環境ガイドラインの設定および下水処理の検討といった、今まで利用者が意識してなかった、あるいはできなかったことを行政機関が実施することが必要である。この点について、メルーは行政面やインフラの整備面において多くの経験を有し、他の計画より有利であると考える。

以上のことから、メルー給水計画が強いニーズと高い確実性を有するという点で、最も優先度の高いプロジェクトであると判断された。

フィージビリティ・スタディー(メルー市給水計画)

1章 はじめに

1.1 背景

7地区に対する質的および量的な比較検討は、マスタープランのステージで既にとりまとめたとおりである。この結果、すべての対象地区の計画に対し、給水システムの改善が緊急に必要である事が明らかとなり、特にメルー、チュカ、チョゴリア、ティガニアにおいて強く緊急性が感じられた。しかし、メルーは受益者数が最も多いこと、都市部の人口が最大であること、1人当りの建設費用が最も安いこと、プロジェクトを維持し得る潜在能力が高いことなどの点から、最も緊急にプロジェクトを実施する必要があると判断された。

1.2 調査対象地域

マスタープランで提示された185km2の計画対象地区の内、全体の約50%に当る85km2が、最も緊急に給水システム改善の必要性があると判断された。施設計画に対する優先順位を決定した主な要因は給水普及率、乾期の水不足への対応、住民の健康状態および意識等である。選定された優先地区はメルー市街地、市街地周辺、ならびに周辺の農村地域からなっている。

1.3 基本方針

フィージビリティ・スタディー実施の基本方針は、以下のとおりである。

(1) 水需要予測は、計画目標年次である2005年における給水システム改善が急務とされる地区に対して行う。

(2) 施設計画は将来コミュニティー給水システムに接続し得る容量とするが、接続そのものは当該コミュニティーとの協議のもと、段階的に行っていくものとする。

(3) 浄水場および配水池はマスタープラン計画目標年次である2010年の容量の概ね50%の規模とするが、導水本管は計画容量の100%とする。

(4) 共同水栓や戸別の接続については、受益者との協調、協力に基づいて行う。

(5) 計画する水資源省による給水システムは、2010年には対象地区全域をカバーすることを目標とする。

2章 地域の現況

2.1 水資源

水資源省によって計画された取水予定地から自然流下によって対象地域全域に給水する事は困難であり、代替取水地点としてケニア山上流の森林が選定された。この近辺では、イタリアのNGOであるCEFAが現在キルア給水計画の一環として取水堰を建設中である。

河川の最小流量は、水道以外の用途および河川維持用水としてその 15%を除く 35,300m3/day と算定された。この量は、水需要予測で算定された給水量をまかなうに十分な水量である。将来この河川から本給水計画以外の目的で取水する場合、河川の維持用水を保証するため水資源省への届出、あるいは水利権に関する調整が必要である。

水質については、サンプリングおよび水質分析の結果、良質な原水であることが確認された。

2.2 社会経済条件

2.2.1 行政区

給水計画対象地域は東部州に位置し、州政府の庁舎はエンブ市にある。メルーは東部州にある８郡の一つであり、メルー市には郡政府の庁舎が置かれている。

郡の開発計画は基本的に郡レベルで作成されており、給水システムの改善計画はその中でも優先度が高いものとして位置付けられている。

2.2.2 人口

国家センサスデータの解析の結果、計画給水対象地域の 1989 年の人口は 125,000 人であり、年平均 3.6%の人口増加率となった。この値は州の平均値である 3.65%や、国家平均の 3.4%に近い値となっている。1997 年現在の対象地域の人口は、165,980 人と算定された。

2.2.3 土地利用および経済活動

給水対象地域は農業の生産性の高い地域に存在している。この地域の西側は降雨量の多いケニア山の森林地帯であり、東側は標高が低く降雨量が少ない農業生産性の低い乾燥地帯である。

メルー市の中心およびその周辺地域を除き、全体的には地方部の特性を示し、地域経済は農業に大きく依存している。主要産業は農業生産を中心とし、コーヒーや紅茶加工業、製粉業、乳製品工場、縫製業、製材業などである。紅茶やコーヒーの工場は栽培地に近い周辺部に位置しているが、産業の中心はメルー市の中心部である。

2.2.4 社会整備状況

舗装道路は、エンブ～メルー～イシオロの一級幹線道路、メルー～マウアの二級幹線道路、メルー市内の一部道路に限られている。他の全ての道路は未舗装であり、雨期に給水地域にアクセスすることは、かなり困難である。

電気や電話の接続は、市街地や地方中心部のみ行われている。主な使用目的は商業用、行政用、産業用であり、一般住民の使用はわずかに 5%のみである。

ピット式便所は住民の 94%が使用しているが、その大部分は施工方法、維持管理状態が貧弱である。残りの 6%は浄化槽を使用している。市街地の人口約 30%が使用していると言われる公共下水道システムには、調査対象として選定したパイロット地域ではどの家庭も接続していなかった。

100 世帯のランダムサンプルから得られた社会経済調査の主な結果を以下に記す。

(1) 平均家族数：8.1 人

(2) 平均 1 世帯収入：9,000Ksh/月

(3) 居住形態

永久住民	半永久住民	仮住民
22%	61%	16%

(4) 水源

河川	簡易浅井戸	水資源省給水	コミュニティー給水	その他
23%	13%	9%	51%	4%

(5) 水源からの距離

0 km	<0.5 km	0.5 to 2 km	2 to 4 km
20%	59%	18%	3%

2.3 給水施設

既存のミリマニ浄水場は 3,770m3/day の飲料水を生産している。この浄水場からの配水網は 2 つのゾーンに分かれている。北側の標高の高い地域は総延長 7,785m の配水管路網からなり、ポンプによって給水されていたが、建設後しばらくポンプの能力不足および故障等により使用停止となり、その結果 1988 年からはガタボラ湧水より自然流下で直接給水されている。しかしこの水源だけでは対象地域の水需要を満たすには不十分である。標高の低い地域は総延長 18,310m の配水管路網からなり、浄水場から直接給水されている。

給水地域には配水タンクが所々に設けられており、貯水容量の合計は 1,100m3 である。

1996 年の DWO の調査では全戸別給水家屋 2,519 件の内、990 件の世帯が料金未支払いであると記録されている。本調査で実施したインベントリーサーベイの結果、330 世帯の内 81%は台帳に登録されており、また 68%は水道メーターが取り付けられているが、稼動しているメーターは 14%に過ぎない。稼動しているメータを付けている世帯の水消費量は 80～100 リッター/day となっているが、メーターを付けていない家庭の水消費量は 500 リッター/day にのぼっている。

無収水の正確な把握は、メーターの不足やその記録の不備などから非常に困難である。ちなみに、地方水道事務所の報告では無収水量は約 20%、水資源省の維持管理モニタリング報告書(1994-1996)では約 44%と報告されている。また、市街地中心部で実施した本調査における漏水実態調査結果では、無収水量は 70%であった。料金徴収率は全請求書の 42%に過ぎず(水資源省モニタリング報告書 1994—1996)、適切な料金徴収が行われていないことを表している。また、維持管理については、設備、機材、車輌等の不足によりその活動は十分ではない。

3章 水需要予測

1997 年現在の対象地域全体の人口は 166,000 人であり、2005 年および 2010 年にはそれぞれ 215,300 人、250,000 人に増加すると予測している。表 3.1-1 は地域全体と優先地区の人口および水需要予測を表わしている。

表 3.1-1 人口予測および水需要予測

	1989	2005
優先地区の人口	72,775	129,191
全人口	125,191	215318
優先地区の水需要 (m3/day)		10,482
全水需要 (m3/day)		17,470

優先地区は、ヌタキラ地区、イゴキ下流地区、ムプリ地区、ヌティンブリ地区、カテェティ地区とイゴキ上流地区、ムランタンカレ地区等からなる。2005 年での人口は 129,191 人と予測され、給水地区全体の人口の約 60%である。2005 年での水需要は 10,482m3/day と計算されている。

フェーズ 1 での用途別の水需要の内訳は、表 3.1-2 のとおりである。

表 3.1-2 水需要量予測内訳

	2005 の需要(m3/d)
生活用水	6,356
家畜用水	124
工業用水	3,192
学校	312
病院	156
商業	342
計	10,482

4章 各施設の予備設計

4.1 給水施設

4.1.1 設計フレーム

本フィージビリティ・スタディーでは、2005 年の水需要予測に見合った給水計画を策定する。導水本管については段階的建設が経済的でないため、2010 年の需要量に対する施設規模とした。しかし、浄水場や配水池については段階的に建設した方が経済的であるため、2005 年の需要量を基に設計を行った。

フェーズ１の主な施設は、優先地域の水需要量を満たす取水堰、導水本管、浄水場、メイン配水管、貯水施設等である。また本計画は各戸給水管の整備も提案しているが、建設そのものは対象地区の住民からの要求に基づき、水資源省よって毎年拡張していく予定である。

マスタープランでの提案に基づき、フェーズ１での浄水場の設計容量は、10,000m3/day とする。

4.1.2 取水施設および導水管路

計画水量 22,000 m3/日の取水施設および導水管の設計を行った。この計画水量は、浄水場での10%のロスを考慮に入れたものである。

(1) 取水施設

計画取水施設は Kathita 川の上流の森林地帯に約８km 入ったところに建設する。Kirua および Kiamogo 地域に給水している既存の堰のすぐ上流側である。維持管理が容易で、かつ、浮遊物、沈殿物等の流入を防止することを考慮して設計した。

(2) 原水導水管

原水導水管のルートおよび縦断図は Main Report に示したとおりである。取水施設付近は Kathita 川の峡谷に沿ったルートとなり、侵食に対する防護が必要となる。詳細設計時においては、ルート選定に注意が必要である。導水管の管材は口径 500mm の鋼管とした。

4.1.3 浄水施設

(1) 設計の基本条件

乾季および雨季における Kathita 川の水質試験の結果、水道水の原水として良好である。ただし、大腸菌を含だサンプルもみられ、これがケニア国の飲料水の水質基準を満たす

ものでないため、浄水時には塩素消毒が必要である。

沈殿池は通常の横流式沈殿池とした。また、将来の水質悪化の可能性を考慮し、急速ろ過方式の各ユニットが設置できるよう浄水場内の配置計画を行った。

(2) 着水井

着水井は、沈殿池の前段に設け、流量調整を行うと共に、細目スクリーンによる流入水中の塵芥等の除去を行う。

(3) 沈殿池

維持管理の容易さから横流式沈殿池を採用し、設計表面負荷率は 0.75m/時とした。侵食作用に起因する濁質および浮遊物は、凝集沈殿を行わなくても容易に沈殿可能である。縦横比は 3:1 とし、沈殿池の最大堰負荷を 150 m3/m/日 とした。

(4) 消毒設備

消毒は、使用の容易性から次亜塩素酸カルシウム溶液を用いる。次亜塩素酸カルシウムの貯蔵設備として、３ヶ月分の貯蔵スペースを確保し、１２時間の滞留時間を持つ２つの溶解槽を設ける。注入率を 2 mg/l、濃度を２％とし、注入装置はケニヤで調達可能な重力式注入機を使用する。

(5) 浄水池

浄水池を設ける理由は、①浄水場のすぐ下流域の水供給の時間変動に対応すること、②塩素消毒のための接触時間を確保することである。水需要の変動に対応するために必要な容量は 200 m3 である。消毒に必要な接触時間は、送配水管を流下する時間を考慮すると浄水池での接触時間を削減することも可能であるが、基本的に浄水池で１０分間の接触時間を確保するものとする。

(6) 管理用建物および職員用住居

浄水場は市街地より遠く離れており、管理用建物および４名の職員のための住居が必要となる。

4.1.4 送配水施設

配水システムの設計基準は以下の通りである。

i) 計画給水量 : 2010 年の平均給水量

ii) 時間最大給水量 : 平均時間給水量の2倍

iii) 配水池の滞留時間 : 2005年の日平均給水量の12時間分

iv) 非常用貯水(市街地のみ) : 2005年の日平均給水量の12時間分

v) 最大水頭 : 60 m

vi) 最小水頭 : 10 m

vii) 使用損失水頭計算式 : Colebrook White Formula

口径350 mm未満の送配水管については、主にｕＰＶＣ管を用い、それ以上の口径および道路横断、河川横断については鋼管を用いることとした。Phase 1 で計画された送配水施設の詳細は以下に示す通りである。

表 4.1-1 フェーズ1の口径毎の管路延長

口径 (mm)	延長 (m)
送配水本管	
400 Steel	3,800
350 Steel	6,800
315 uPVC	8,500
280 uPVC	5,800
225 uPVC	11,800
160 uPVC	12,900
110 uPVC	8,200
90 uPVC	3,400
計	61,200
給水本管	
110 uPVC	15,900
90 uPVC	12,060
63 uPVC	18,000
計	45,960

表 4.1-2 フェーズ1の計画配水池容量

配水池	容量 (m3)
ST-WTP	200
ST-1	4,500
ST-7	200
ST-11	400
ST-12	250
ST-EX1	1,500
Total	7,050

4.1.5 補修計画

施設の補修計画は、水道メーターおよびバルブの交換を重点的に行うものとする。

4.2 O&M 機材

既存の送配水管に設置されたバルクメータの修理および取り替えの費用はプロジェクト費用の中に含めた。一方、各戸への取付管に対するメーターの新規設置については、消費者が負担するものとした。計画全体では、1/2 インチのメータが 1875 個、3/4 インチのメータが 208 個必要となり、さらに水圧調節器 6 セットやメータの調整を行うテスト機材が必要である。

メータの修理、取り替えプログラムに平行して、全ての消費者を登録するための宣伝活動または教育プログラムを実施する必要がある。

5章 積算および建設計画

5.1 建設単価

交換レートは1997年3月の時点でのレートである1 US$=56Kshで設定した。

5.2 建設費用積算

フェーズ1での建設費用を表5.2-1に記す。

表 5.2-1 建設費用積算

項目	規格	量	金額 US$
補修	バルブ、メーター		179,000
取水堰	鉄筋コンクリート	22,000 m3/d	224,000
導水管	500m スチール、5,825m	22,000 m3/d	1,326,000
浄水場	着水井	10,000 m3/d	
	横流沈殿池	10,000 m3/d	
	塩素殺菌	20,000 m3/d	
	浄水池	300 m3	
	オフィス／倉庫／実験室		1,055,000
	管理棟		75,000
送配水管	400 mm、スチール	3,800 m	696,000
	350 mm、スチール	6,800 m	1,032,000
	315 mm、uPVC	8,500 m	659,000
	280 mm、uPVC	5,800 m	353,000
	225 mm、uPVC	11,800 m	553,000
	160 mm、uPVC	12,900 m	374,000
	110 mm、uPVC	8,200 m	151,000
	90 mm、uPVC	3,400 m	53,000
配水池	鉄筋コンクリート		651,000
予備費			1,107,000
準備費			1,273,000
小 計			9,761,000
漏水、修理、機器			338,000
合 計			10,099,000
カウンターパートによる実施			
給水管の拡張			580,000

5.3 維持管理費用

年間の維持管理費用はUS$250,000であり、2005年までにUS$335,000に上昇する。この費用の中にはスタッフの人件費、薬品代、輸送費、電力費、修理費、維持費用等が含まれている。

5.4 建設計画

5.4.1 基本条件

(1) 補修および組織の強化

この活動には非常に多くの項目が含まれている。例えば新規メーターの取り付け、既存メーターの修理並びに交換、無収水量調査、不法接続の取り締まり等が挙げられる。これらの活動を実際に行うにはマンパワーの強化が必要となる。そのため、資機材の調達、技術指導や訓練による水資源省のスタッフの育成が最も重要となる。

(2) 経済性

フェーズ1での建設工事では取水堰、導水管、第1期分の浄水場と貯水池、主要地区への配水管路網を実施する。

(3) 資機材

プロジェクトで使用する主な材料は、ケニア規格または国際規格に合ったケニア産の鋼管、PVC 管、セメント等である。主な輸入品は、バルブや取水堰、処理場のペンストック等である。

(4) 雨期での施工条件の影響

3 月から 5 月および 11 月から 12 月にかけての雨期は、取水堰や導水管の建設工事に非常に大きな影響を与える。その他の工事にも雨期の影響はあるが、それ程大きなものではない。

(5) 特別条件

建設工事に特別な工法を用いないが、取水堰と導水管については施工場所までのアクセスが困難であり、かつ、深い峡谷の中で作業となる。

5.4.2 施工計画

建設工事は 1999 年末までに完成し、その後運用を開始する計画となる。また建設工事の最盛期は 1999 年の乾期となる。パイプの製造および供給は、この計画では特に問題とならないが、輸入バルブやペンストックおよびパイプラインの修理に使用する機材の製品の調達（これらは通常詳細設計時に発生するもので現段階では予測出来ない）には注意を要する。

6章 組織と管理

プロジェクトを成功裡に完成するために、現存の組織や管理状態を以下の分野で強化する必要がある。

i) 管理手続き

ii) 全体的なメータ使用の強化

iii) 水資源省の運営上の品質管理の向上とコミュニティへのアドバイス

iv) 漏水管理、メーター修理および品質管理活動の強化

v) 会計方法やその記録方法の改善

vi) 省庁同志の関係の改善

vii) スタッフの新規採用とその訓練

管理手法の整備やメルーの事情にあったマニュアルの整備に加え、ナイロビにあるケニア水研究所がスタッフの訓練に重要な役割を果たす事が必要がある。また漏水管理チームの訓練を行い、漏水防止専門家を育てる事も有効な管理方法である。

7章 環境影響評価

7.1 目的と内容

環境影響評価の第一の目的は、プロジェクト実施時および運用時の環境への影響を管理することである。環境影響評価は、ケニアの EIA ガイドラインに従って実施した。初期環境影響評価はマスタープラン時に実施され、建設ならびに運用段階で関連のある事項が抽出された。

7.2 環境影響評価

7.2.1 土地収用

工事用道路建設のために、パイプライン沿いには 6m 幅の土地収用が必要となる。使用後土地は地主に返還されるが、維持管理や補修のためのパイプラインへのアクセスは建設後も可能とする必要がある。大部分の用地確保は道路敷地内であるため、周辺家屋に対する影響はほとんどない。しかし農地の中に用地が必要な箇所には、適切な勧告や補償を行う事が必要となる。

構造物のための恒久的な用地の確保は速やかに行う必要がある。大きな用地が必要となるのは浄水場であるが、対象地区は政府の土地であるので住民移転は生じない。

7.2.2 地域交通

地域の交通の阻害を避けるために、工事監理や交通監理の要員を雇う必要がある。これらは特に市街地や交通上問題となる箇所に必要となる。また交通渋滞がピークとなる時間の建設工事は避ける。

7.2.3 ケニア山の自然保護

ケニア山の自然資源を保護するために森林破壊をするような建設方法は禁止する。導水管ルートは影響を最小限にするために十分注意する。また集水域の森林破壊が広がらないように十分なモニターをする。

7.2.4 下水処理

プロジェクト実施による下水の増加は、環境に重大な影響を与える要素となり得る。農村地域においては、適切な衛生施設を使用する事で、影響を最小限に抑えることができる。また市街地においては、発生源での適切な処理や既存の下水道システムを改善する等の整備を自治体が行う必要がある。

8章 財務・経済分析

8.1 財務評価

各戸から得られたメルー市民の月当たりの収入状況の分析から、現在のレベルであれば水道料金を支払う能力があるということが判明した。地方水道事務所(DWO)から得られた消費者毎のデータでは、水道料金は低所得者層の場合、収入の平均 4.7%を支払いに充てている。また中所得者層では2.2%、高所得者層では1.4%である。

計画では現在の水道料金で徴収した場合、運営費用は収入によって回収できるが、投資費用を回収するまでには至らない。

8.2 経済評価

経済便益は水汲み労働時間の短縮、保健衛生の改善、煮沸用燃料の減少等が考えられた。これらのうち大部分は定量化することが難しく、ここでは節約された時間は他の経済活動ができると仮定し、便益の算定を行った。各家庭の水汲みに要する平均時間は約4時間であった。時間当りの機会費用は平均の世帯収入に基づき算定した。

経済的内部収益率は 6.3%という結果となり、本計画は経済便益も含める事により実現可能なものとなる。

8.3 社会評価

十分な水の供給は、最も重要なベーシックヒューマンニーズの一つである。水不足あるいは質のよくない水は、人間の健康や日々の生活の質に直接的な影響を与えることになる。水不足や水質悪化の深刻さは、供給地域の優先度を決定する調査を行う際の鍵となる。

8.4 総合評価

本プロジェクトは技術的かつ経済的に実現可能であると判断されたが、プロジェクト実施の際、全費用を回収することは出来ない。実施費用のうちある部分は無償資金を検討することで、財務的に実現可能になるようにすることができる。今後、プロジェクトの財政管理を強化する必要がある。一方、インフレ率に沿って水道料金を必要に応じ見直すという体制を確立させることが必要である。

9章 結論および勧告

9.1 結論

計画対象地域 85km2 において、目標年次 2005 年に約 129,000 人が飲料水を得られるようにする。計画は良質の原水を使用して最小限の水処理を行い、計画域全体を自然流下によって給水する。フェーズ 1 全体の建設コストは、漏水管理設備も含めて総額 US$10,100,000 である。

一人当りの建設費用は US$81 と比較的高い値となっている。これは給水地域の大部分を占める農村地域や地形的に困難な場所に給水することによる。しかし、この投資費用の一部分は、マスタープランの一部分であるため割高となるが、もしフェーズ 2 の完成時でみれば一人当りの建設費用は US$60 となる。

本プロジェクトの成功には、計画地域全体に水道メーターの設置をし、無収水のレベルを下げることが不可欠である。

その他の改善項目は、財政の改善、会計方法の改善、料金徴収システムの 1 年毎の見直し等である。

本プロジェクトは技術的、経済的に実現可能であると評価された。しかしながら、維持管理費用は容易に回収できるが、現在の料金で投資費用を含んだ全費用を回収することは困難である。

9.2 勧告

本プロジェクトは以下の項目を条件として無償資金協力による実施が提案される。

i) メーターリングシステムが完全に実施されること
ii) 無収水量の削減プログラムが開始されること
iii) 無収水量の削減、組織改善、建設管理等の分野に、国又は第三国の援助が提供されること

JICA