

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

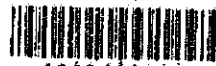
社会開発協力部報告書

ケニア共和国

モンバサ地区給水増強計画調査

最終報告書

JICA LIBRARY



1029493[2]

昭和56年9月

国際協力事業団

國際協力事業團	
受入 期	84.8.22
受入 期	56.9.22
登録No.	13523
登録No.	10168
	407
	(1.8)
	SDS

序 文

日本国政府はケニア共和国政府の要請に基づき、Mombasa 市およびその後背地の給水増強計画調査に協力することを決定し、国際協力事業団が調査を実施することとなった。

事業団は昭和54年10月厚生省環境衛生局水道環境部計画課課長補佐(当時)田中収氏を団長とする事前調査団を派遣し、ケニア政府関係当局の意向確認を行なった後、水資源開発公団第二工務部次長(当時)林 亨氏を委員長とする4名からなる作業監理委員会を設置し、昭和55年3月3日から10月3日まで日本工営株式会社コンサルタント海外事業本部理事一宮隆夫氏を団長とする12名の専門家からなるケニア共和国モンバサ地区給水増強計画調査団を現地に派遣した。

同調査団は、現地においてケニア国政府機関関係者と討議を行ない2000年までを見通した給水増強計画の策定及びPriority Projectのフィージビリティ調査に必要な調査を行なった。帰国後現地調査結果に基づき、国内作業を進め今後そのすべての作業を終了し、ここに報告書提出の運びとなった。

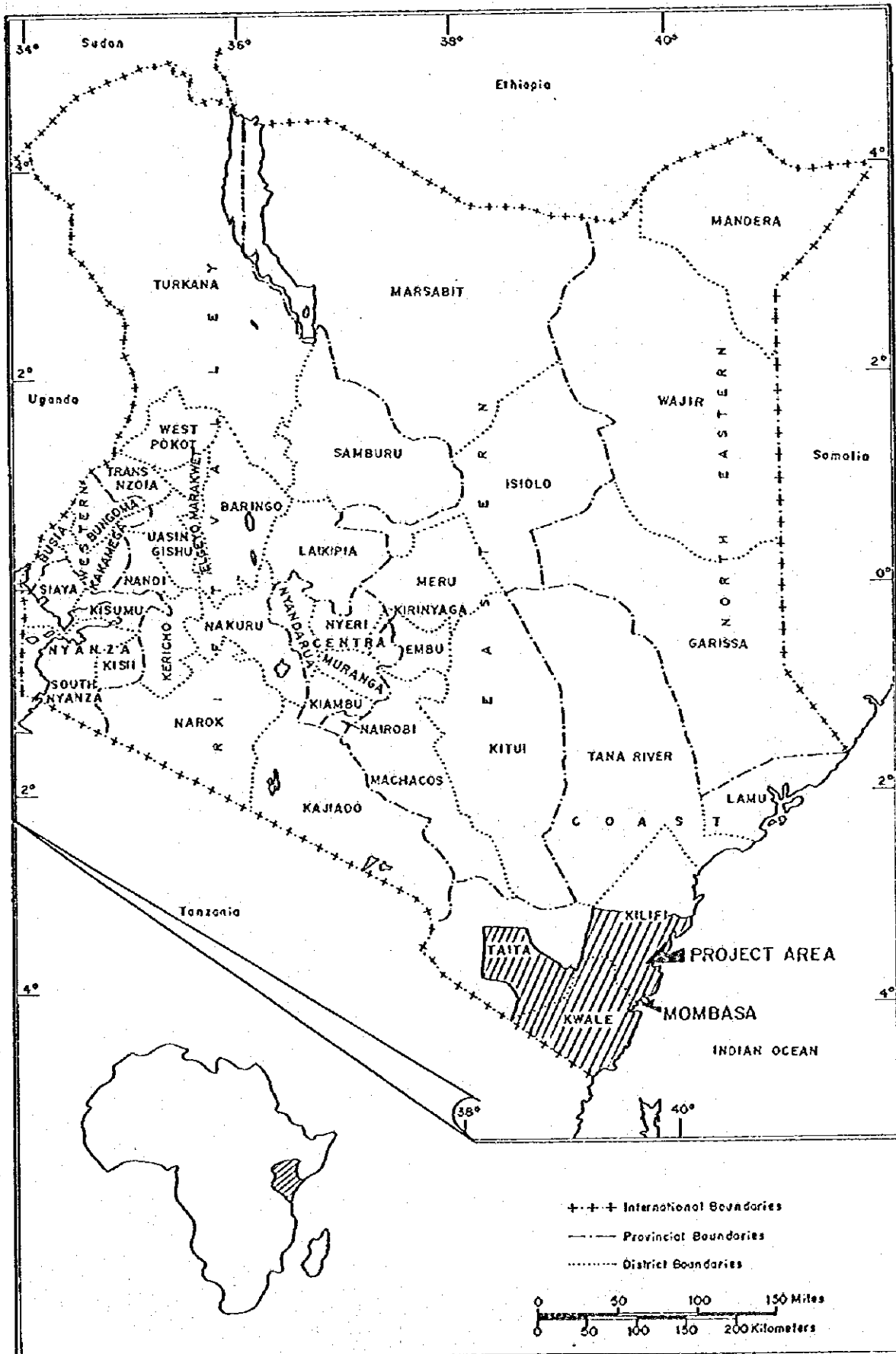
本報告書がケニア国政府の社会的、経済的發展に役立つとともに日本・ケニア両国の友好親善に寄与するならば、これにまさる喜びはない。

最後に、この調査の実施にあたり、多大なる御協力と御支援をいただいた関係各位に対し、厚く御礼申し上げる次第である。

昭和56年 9 月

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔



LOCATION MAP

目 次

序 文	ページ
位 置 図	
略語及び通貨	
要 約	S-1
第1章 序	1-1
A. 経 緯	1-1
B. 技術的諸条件	1-4
C. 水文資料	1-7
D. 調査目的	1-8
第2章 計画地域	2-1
A. 範囲と地理	2-1
B. 水供給の現況	2-3
C. 衛生諸施設の現況	2-6
D. 水需要予測	2-10
E. 給水増強計画の必要性	2-20
第3章 諸代替案	3-1
A. 代替案の選定と評価	3-1
B. 水文資料に関する諸問題	3-2
C. 計画案策定	3-4
第4章 サボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画	4-1
A. 第2ムジマ計画	4-1
B. 水 源	4-3
C. 貯水池及びダム	4-5
D. 給水諸施設	4-7
E. 費用見積もり	4-9
F. 第2ムジマ計画の評価	4-11
G. 財 務 分 析	4-13

第5章	ラレ貯水池付きラレパイプライン計画	5-1
A.	ラレ計画	5-1
B.	水源	5-2
C.	貯水池及びダム	5-4
D.	給水諸施設	5-6
E.	費用見積もり	5-8
F.	ラレ計画の評価	5-9
G.	財務分析	5-10
第6章	長期開発計画の検討	6-1
A.	検討の目的と方法	6-1
B.	条件と入力データ	6-2
C.	出力	6-2
D.	長期開発計画の検討結果	6-3
E.	実施機関	6-4
第7章	結論と勧告	7-1

ANNEXES

略語及び通貨

BPT	:	減圧井
GMD	:	立方メートル/日
GMS	:	立方メートル/秒
CPWB	:	沿岸州水道局
OWP	:	共用栓
E&E	:	生態学と環境
EIRR	:	経済的内部収益率
FIRR	:	財務的内部収益率
GDP	:	国内総生産
G/S	:	測水所
ha	:	ヘクタール
IBRD	:	国際復興開発銀行
IC	:	専用栓
JICA	:	国際協力事業団
JWWA	:	日本水道協会
km	:	キロメートル
Lpcd	:	リットル/人/日
MGD	:	1,000,000 英ガロン/日 1 MGD = 4,545.96 m ³ /day
mm	:	ミリメートル
MOWD	:	水資源省
MPB	:	モンバサバイブライン局
O&M	:	維持管理
p.a.	:	/年
P/L	:	バイブライン
ROI	:	投資収益率
RWS	:	農村地域給水
TRDA	:	タナ川開発公社
WED	:	水資源省技術局
φ	:	直径

通貨

1米ドル = 7.5 ケニアシリング = 250円

1ケニアポンド = 20ケニアシリング

1. 経緯：1980年9月に提出されたインベントリーレポートにおいて、プロジェクトエリアのほゞ西暦2000年迄の中期給水増強に対する水需要予測がなされた。プロジェクトエリアはケニア南東に位置し、モンバサ、地方7中小町村及び農村地域を包含している。西暦2000年において追加必要となる水需要は、現存及び建設中の施設容量を差し引いて毎秒1.8 m³と予測されている。
2. この水需要に対応する水源の検討は、考えうる全てのプランを列挙して、その中から劣位のプランをふるいにかけ最後にベストプランを残すという方法で行なわれた。その結果考えうる20のプランから3つのプラン、即ちサボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画（以下 第2ムジマ計画とよぶ）、ラレ貯水池付きラレパイプライン計画（以下 ラレ計画とよぶ）及びムワチ貯水池付きムワチパイプライン計画（以下 ムワチ計画とよぶ）が選出された。
3. 各計画の検討の為に利用可能の水文データは一般に少なく、殆んど全ての計画は仮定に基づく水文データによって検討せざるを得なかった。インベントリーレポート提出後ムワチ計画検討に用いた水文データは、量水標のゼロ点の標高に誤りがあり不正確であるとの情報を得た。この情報に基づいて再検討した結果、ムワチ川の水文データは大部分が信頼できぬこと、かつムワチ計画の規模は予測した水需要に比して小さすぎる事が判明した。しかしこの計画は地域的需要や工業用水向けとして補助的に機能しうるだろう。
4. この為ムワチ計画の検討は中絶せざるをえなくなり、前記3計画のうち残る2計画につき現地調査の結果を用いて更に検討が進められた。かかる状況の下に、本レポートではこの2計画について、経済的及び財務的側面の検討及び便益－費用を最大化することを基準にした長期開発順位の検討等を含む諸検討がなされている。

5. 第2ムジマ計画はムジマ湧泉からモンバサ迄のパイプライン及びその関連施設とサボ川に造られるサボダム貯水池より成る。サボダム貯水池はサバキ川下流のサバキパイプラインの取水量を確保する為に、ムジマ湧泉から引水した流量を補償すること、同時にサボダム下流域全体の生態的及び環境的状态を維持することを目的としている。本計画の最大給水能力は毎秒1.2 m³である。

6. 本計画の施設は融資の為に通常要求されるフィージビリティスタディの精度で検討がなされている。これら施設には湧泉の取水構造物、そこからモンバサ迄延長219 kmのパイプライン、関連構造物及びモンバサ近辺の配水池が含まれる。サボダムはサボ川アティ川合流点近くのサボ川に位置する。サボダム下流の水文データが欠如しているためにダムからの放流量は湧泉からの引水量と等しくしてある。それ故ダム規模は、フィージビリティスタディの精度にする為には下流の水文データが充分利用可能となった時点で見直す必要がある。

7. 本計画のコストは経済コストで2.70億米ドル相当、財務コストで4.21億米ドル相当と見積られている。財務コストの内訳は現地貨2.14億米ドル相当及び外貨2.07億米ドルである。本計画の投資収益率(ROI)は、配水池出口での水価を現行の1 m³当たり5.6ケニアシリングと評価すると5.5%となる。本計画の財務的内部収益率(FIRR)は、水道料金が毎年15%上昇すると想定して得られる水価1 m³当たり13.6ケニアシリングで評価すると3.4%となる。

8. ラレ計画は雨季にサバキ川の水をラレ川の貯水池に導き、これを貯水池で調節して利用する計画である。この水源施設はサバキ川の取水せき、そこからラレ貯水池迄延長40 kmの水路及びラレ川に造られるダムから成る。また水供給施設は貯水池近辺に造られる取水施設と浄水施設、ポンプ場、モンバサ迄延長70 kmのパイプライン及びモンバサ近くの配水池より成る。サバキ川取水施設からラレ貯水池までは自然流下で、それ以降はポンプで圧送される。本計画は毎秒2.5 m³の規模で検討されているが、物理的にはそれ以上の規模が可能である。フィージビリティスタディの精度にする為にはサバキ川の水文

データが充分となった時にダム規模を見直しする必要がある。

9. 本計画のコストは経済コストで2.74億米ドル相当、財務コストで4.52億米ドル相当と見積られている。財務コストは現地貨2.88億米ドル相当及び外貨1.64億米ドルより成る。本計画の投資収益率(ROI)は配水池出口での水価を現行の1㎡当り5.6ケニアシリングと評価すると8.3%となる。本計画の財務的内部収益率(FIRR)は、水道料金が毎年15%上昇すると想定して得られる水価1㎡当り13.6ケニアシリングで評価すると4.0%となる。

10. プロジェクトを取り巻く状況の変化: 1981年2月ドラフトファイナルレポート提出後に、ムニユール計画がアティ川流域開発調査の中での最優先計画としてとり上げられたとの情報がJIOA調査団にもたらされた。またムニユール計画のフィージビリティスタディが1981年5月から開始されたことも判明した。

11. ムニユール調査の結果としては、モンバサ給水増強計画に関連して云えば次の2つのケースが考えられる。

ケースA: ムニユール計画によって利用可能となる水量が西暦2000年までのモンバサ給水需要を充分満たしうる場合。

ケースB: ムニユール計画によって利用可能となる水量が西暦2000年までのモンバサ給水需要を満たしえない場合。

上記それぞれのケースについて種々の計画があろうが、最適計画はもう一度考えられうる全ての計画の中から選定されねばならぬだろう。ケースA及びケースBのそれぞれにつき計画の幾つかを次に例示する(ANNEX 1115に参考図添付)。

ケースA: ムニユール計画によって利用可能となる水量が西暦2000年までのモンバサ給水需要を充分満たしうる場合、

A1: ムニユール計画と第2サブキバイブライン計画との組合せ

A2: ムニユール計画と第2ムジマバイブライン計画との組合せ

ケースB: ムニユール計画によって利用可能となる水量が西暦2000年までのモンバサ

給水需要を満たしえない場合には、不足分は他の貯水池・水源から補充せねばならない。この場合の計画を例示すると、

B1 ; ムニユ-計画とラレ貯水池及びラレパイプライン計画との組合せ(不足分はラレ貯水池から補填)

B2 ; ムニユ-計画とサボ貯水池及び第2ムジマパイプライン計画との組合せ(不足分はサボ貯水池から補填)

B3 ; ムニユ-計画とサボ貯水池及び第2サバキパイプライン計画との組合せ(不足分はサボ貯水池から補填)

上記の他にも海岸地域の中小河川や地下水等との組合せによって不足分を補填する手段がありうる。

モンバサ給水最適計画の選定は、ムニユ-計画のフィージビリティスタディが進行中ゆえこのムニユ-調査が完了し、モンバサ給水へ充当しうる水量が確認されるまで待たねばならない。

12. 結論 : ムニユ-計画のフィージビリティスタディが完了したのちその調査結果を折り込んで本フ-ィナルレポートは必要に応じ最新の状況を加味して見直されることになる。本調査のサボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画及びラレ貯水池付きラレパイプライン計画についての調査結果は次の如く要約される。

(1) サボ及びラレのダム規模については尚調査が必要ではあるが2計画ともに技術的には可能である。

(2) 現行の水道料金1m³当り5.6ケニアシリングに基いた経済評価の結果、投資収益率(R O I)は第2ムジマ計画は5.5%、ラレ計画は8.3%となった。これら数値は満足すべきものではないとしても、モンバサ給水増強計画の如きベ-シ-ックヒューマンニーズに基くプロジェクトを実施すべきか否かは投資収益率のみによっては決定できない。

(3) 2計画ともに財務的側面の検討結果はC P W B (沿岸州水道局)にとって長期に亘る巨額の財政的赤字を示しているゆえ、この2計画のいずれを実施するにしてもそこから生ずる財務的問題には十分な注意が払われねばならぬだろう。

(4) ダイナミックプログラミングに基く2計画の優先順位の検討は技術的及び経済的側

面からはラレ計画が先行すべきであるという結果を示している。しかしながらもし将来ケニアにおいて電力不足問題が予測され、もし電力不足から生ずる経済的・社会的問題を未然に防ぐ為にケニア政府として全ゆる努力を払わねばならないとするならば、ムジマ計画の長所即ち自然流下で搬送でき、かつ浄水処理も不要であるという点は重視されねばならぬであろう。

13. もしサボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画がモンバサ給水増強計画の有力案となるべきとならば、その時には下記条件が先ず満たされねばならぬであろう。

(1) コストが巨額にのぼることの重要性に鑑み外貨ローンの融資条件は低金利かつ長期返済というソフトなものであること。

(2) 本計画を実施することにより生ずるCPWB(沿岸州水道局)の大きな財政赤字は政府会計を通じて本計画の非受益者にも分担させること。もしサボダム付き第2ムジマパイプライン計画を実施するとすれば、本計画は計画地域の水需要を西暦2000年に達する数年前まで充たしうるであろう。その時点で次の有力計画のひとつとしてラレ計画が西暦2000年以前に考えられるであろう。

14. 勧告：より信頼度の高い計画を行うために、サバキ川、ムワチ川及びラレ川で水文観測が強化されこれが継続される必要がある。また計画を最新の状況に合わせて見直しする為に、将来の水需要増加を充分注視する必要がある。

第 1 章 序

A. 経 緯

1101 モンバサ (Mombasa) は首都ナイロビ (Nairobi) と共にケニア共和国 (Republic of Kenya) における輸送、貿易、製造業及び観光の中心地であると同時に唯一の海港であり、最重要都市のひとつである。同市はケニア共和国で2番目の大都市である。モンバサの位置するサバキ川 (The Sabaki River) 以南の沿岸地域は農業、漁業及び観光に支えられて人口がやや稠密な地域である。沿岸地域の後背地は乾燥した、定住者の少ない地域であるが徐々に開発が進んでいる。

1102 これら地域は近年成長を続けてきたが、その間、適切な水供給に恵まれたことはなかった。特にモンバサにおいては水供給不足は慢性化している。近年、モンバサ水道は毎日12時間の時間給水を実施している。このような水不足は同地域の開発にとって不利であるばかりでなく、最も重大な制約となっている。

1103 これら地域はムジマパイプライン (Mzima Pipeline) とその他の給水系から成る既存給水施設から給水を受けている。この既存施設の給水能力が不十分であるので前述の水不足が生じている。給水能力増強のためにサバキパイプラインが現在建設中であり、1981年に稼働開始が予定されている。しかしながら、この増強される給水能力も成長を続ける水需要に間もなく追いつかれてしまうと予測される。

1104 この状況に対処するために、ケニア国政府は同地域の給水能力を更に増強することを意図して1979年6月に日本国政府に対し、モンバサ、沿岸地域及び後背地の給水増強プロジェクトに関するフィージビリティスタディの実施方を要請した。この要請に応じて、日本国政府はこのスタディに対する技術援助を行なうことを決定した。

1105 日本国政府は国際協力事業団 (JICA) に付託して事前調査団を編成して、1979年10月ケニアに派遣した。調査団は予備調査を実施し、作業範囲 (Scope of Work, S/W) を明確にした。続いて事業団は監理委員会と調査団を編成した。この調査団は監理委員会構成

員1名とともに1980年3月初旬ケニアに派遣された。フィージビリティスタディの作業範囲は1980年3月、合意の上調印された。ケニア国政府の担当機関は水資源省(MOWD)である。以来フィージビリティスタディが開始された。

1106 フィージビリティスタディは第1部(Part I)と第2部(Part II)から成る。第1部の目的は、(1)既存及び進行中の給水施設の総給水能力が将来の水需要に追いつかれた時点以降の約20年の期間について、モンバサ、沿岸地域及び後背地の給水増強計画のための水需要予測と、(2)この水需要に対処するための水源を明示することである。第1部で最有力と判定されたいくつかの計画に関して、第2部でより詳しい調査・検討を行なう。

1107 フィージビリティスタディ開始以前及び開始当初には、当時建設中であったサブキパイラインプロジェクトの取水量に悪影響を与えることなく、ムジマ湧泉(Mzima Springs)から現取水量に加えて新たな取水が可能であるとの見込みのもとに調査・検討が進められた。後に、この見込みは適切でなく、水源を確保するために他の手段が追求されねばならないことが調査団によって明らかになった。この新事実はフィージビリティスタディの作業範囲とスケジュールの大きな変更を惹起した。

1108 調査実施協定書(S/W)にしたがって、主としてフィージビリティスタディの作業実施計画とスケジュールについて記述したイニシャルレポート(The Initial Report)が1980年4月に提出された。しかしながら、同レポートに示されている当初スケジュールと較べて、第1部の成果品でありかつケニア現地で作成することになっていたインベントリーレポート(The Inventory Report)の提出は、上記事実により若干延期され、結局、同レポートは1980年9月末に提出された。

1109 第2部は、ケニア現地で実施される現地調査と日本国内で行なわれる国内作業とから成る。現地調査は予定どおり1980年6月から9月にかけて遂行された。第2部の現地調査の終了に際して、作業進捗状況が中間報告書(The Interim Report)としてとりまとめられ、9月末に提出された。12人の団員で構成される調査団は1980年10月初旬日本国内での作業のためにケニアを離れた。

1110 第2部の国内作業は1980年10月初旬から日本国内において継続され、その結

果は最終報告書案(The Draft Final Report)としてとりまとめられた。同レポートでは2つの計画案が当該地域の給水増強計画の候補案として取り扱われている。2つの計画案とは、(1)サボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画と、(2)ラレ貯水池付きラレパイプライン計画のことである。これら2つの計画案は、インベントリーレポートとして報告されている第1部の調査・検討結果と、第2部で入手された水文資料に関する新たな情報とを勘案して選択されたものである。

1111 1981年2月、調査団はケニアを訪れて、最終報告書案を水資源省に提出した。同国滞在中、調査団は水資源省及びタナ川開発公社(TRDA)の関係者と数度の会議を持ち、インベントリーレポートに対する水資源省のコメント及び2～3の問題点について話し合った。調査団は水資源省の関係高官とも会談し、調査・検討結果を報告した。

1112 最終報告書案に対する水資源省のコメントは東京の国際協力事業団本部に1981年6月中旬に到着した。このコメントに対する返事は調査団により1981年7月22日付けで作成され、在ナイロビ日本大使館を通じて水資源省に送達された。

1113 1981年3月、水資源省技術局長 C. N. Mutitu 氏及び同省建設部長 W. J. Odhiambo 氏が日本を訪問した。彼らの滞在中に、彼らケニア政府高官と関係日本政府高官及び調査団は2度会議を持った。これら会議の席上、アティ川上流のムニューダム計画(The Munyu dam Scheme)が近い将来フィージビリティスタディの対象として取り上げられるだろうという見通しが明らかにされた。

1114 このムニュー計画はモンバサ給水増強計画に関する調査・検討作業において考慮に入れる価値があろうが、直ちに現在の調査・検討結果の見直しと更新を行なうことは適当ではない。その理由は、ムニュー計画のフィージビリティスタディは1981年5月に開始されたばかりであること、及び同計画の諸元はそのスタディが完了する迄は入手できないからである。したがって、もし必要となったら、ムニュー計画のフィージビリティスタディが完了した後初めて最終報告書の見直しと更新が行なわれることになる。

1115 しかしながらムニュー計画の重要性を考慮して、最終報告書案に対する水資源省のコメントに添附されてきた、「アティ川及びその支流のダムに関してタナ川開発公社との間

で持たれた会議の技術上の梗概」から得られた限られた資料と情報に基づいて、同計画に関する覚え書が作成された。この覚え書にはまた、JICA調査団の地質専門家の1980年8月のケニア滞在中に行なわれたムニユー現場踏査にもとづいた見解も含まれている。ムニユー計画に関する調査団の見解はこの最終報告書に添附されている(ANNEX 1115)。それは、ムニユー計画に関する2~3の問題点、ムニユー計画のスタディにおいて考慮されるべき2~3の考察とムニユー計画のスタディが完了した後初めて考えられるモンバサ給水増強のためのいくつかの代替案をも含んでいる。

1116 ムニユー計画に関連した状況は前述の通りであり、いくつかの項が新たに起草されこの最終報告書に追加された。即ち、第1章序 1110~1116項、第7章結論と勧告の7107~7113項及び要約の10~14項が追加された(すべての項番号は最終報告書のものである)。いくつかの項では、用語と報告書の体裁上の改善等の小修正が行なわれたが、本報告書の内容には変更はない。

以上述べられた項以外の項は最終報告書案と同じである。

1117 本最終報告書はケニア国政府当局がモンバサ給水増強計画遂行のために必要な次のステップを選択するための判断材料を用意することを意図して作成された。次の選択が何であれ次に来るべき調査・検討作業の精度を高めるために、関係諸河川沿いの必要な地点における水文観測を補強することが必要である。

1118 本最終報告書は、主として1980年3月から9月にかけて実施された現地調査の結果に基づいて記述されている。したがって、“現在”という表現は1980年9月時点を意味する。例えば、サバキバイブライン計画は本報告書では建設中として記述されているが、実際には既に完成して1981年2月以来、運転されている。

B. 技術的諸条件

1201 当初には、当該地域の給水増強は、既存ムジマバイブラインによる取水に加えて新たにまたムジマ湧泉から取水することによって成し遂げることができると、大部分の関係当事者によって期待されていた。この見込みは、良好な水質と安定した流量の水がムジマ湧泉から季節を問わず湧出している事実から抱かれたものであった。湧出水量は水資源省によって検

討され確認されている。^{*} 事前調査団と水資源省は、基本的にこの見込みに基いて作成された調査実施協定書(S/W)に合意し、本フィージビリティスタディはこのような状況のもとで開始された。

1202 本スタディ開始後、水文調査が進むにつれて以下の事実が明らかとなった。

(1) 既に水資源省の手で調査・検討されたように、ムジマ湧泉からの湧出水量は季節を問わず豊富である。しかし、

(2) ムジマ湧泉からの湧出水が合流するサバキ川の下流部では流水の多大な消失がある。

そして、

(3) サバキ川下流部の流水は、その流域面積の大きさと比較して、特に乾季に、非常に少量となる。

1203 サバキパイプラインプロジェクト(The Sabaki P/L Project)はこのような水文条件のもとで建設中である。このプロジェクトの取水量は、サバキ川のバリチョ(Baricho)地点の乾季最小流量と一致するように設計されている。したがって、サバキ川のバリチョ地点からの取水量を現計画以上に増やすことは水文上不可能である。

1204 したがって、ムジマ湧泉からの新規取水はこのサバキパイプライン計画の取水量を危うくする怖れのあることが判明した。ムジマ湧泉からの現取水に加えて新規取水を行なうと、サバキ川のバリチョ地点の乾季流量はサバキパイプライン計画の設計取水量を下まわることになる。即ち、サバキパイプライン計画が十分に機能できない期間が生ずるだろう。確率計算によると、そのような期間の長さは平均で年間日数の20%程度に上ると推定される。

1205 このようにして、ムジマ湧泉からの新規取水という当初の期待は実現可能とは判定されなかった。サバキ川下流に水源を求めるといふ当初の代替案もまた適当でない。したがって、本給水増強計画の水源は上記当初案以外に求められねばならなくなった。その手法として消去法が採用された。

* Master Planning Section, Water Dept., MOWD, "Flow Regeme of the Mzima Springs", Aug. 1979.

1206 検討された水源は、(1)流水の季節調節用貯水池をサボ川 (The Tsavo River) に加えたサバキ川水系、(2)流水の季節調節用貯水池を加えた沿岸地域の諸河川、(3)地下水のようなその他の考えられる水源及び(4)以上の水源の組み合わせである。調査の結果、20の代替案が考えられた。この20の案の内からあまり有望でない案は消去されて、最終的に3案が残った。それらは：

サボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画
(略称第2ムジマ計画、規模毎秒 $1.2 m^3$)、
ラレ貯水池付きラレパイプライン計画
(略称 ラレ計画、規模毎秒 $2.5 m^3$)、
ムワチ貯水池 (The Mwachi Reservoir) 付きムワチパイプライン計画^{*}
(略称 ムワチ計画、規模毎秒 $3.0 m^3$) である。

1207 1980年9月に提出されたインベントリーレポートでは、本給水増強計画の対象地域が示され、同地域の将来の水需要が予測された。他方では水利用の可否が水文学的に検討された。そして、需要と取水可能量の観点から前述の3案が選択された。これら3案について予備検討が行なわれ、比較された。併行して、これら3案について地形測量と地表地質踏査から成る第2部の現地調査が行なわれた。その進捗状況は1980年9月に提出された中間報告書 (The Interim Report) に記述されている。

1208 調査団がケニアから日本へ帰国した後、第2部の国内作業がこの3つの開発計画のより詳しい検討を行なうことを目的として継続された。この検討作業の途中で第1部で水資源省から収集されたムワチ川の水文資料の中で、量水標に関する資料に不正確な情報が含まれているとの報告を調査団は受けた。この新しい情報を考慮して、当該測水所 (3MA3) に関して再度水文学的検討が行なわれた。その結果、(1)取水可能量は初めに推定された値と較べると著しく小さくなること、及び(2)同測水所の水文資料の精度はムワチ計画について確実な検討を行なうためには不十分であることが判明した。

1209 この新しい結果から、ムワチ計画の正しい開発規模を決定するのは困難であり、かつまたその規模が需要全体を満たすためには小さ過ぎるということがわかった。したがって、

* その後の情報により、本報告書では採用されなかった。

ムワチ計画は需要全体を満たすための主たる計画としては本検討作業から除外された。しかしながら、同計画は需要の一部を満たす補助的な計画として、あるいは工業用水専用の水源として有効であろう。その関係で、ムワチ川の水文観測は強化され継続されるべきであろう。

1210 ムワチ計画を除いて、第2ムジマ計画とラレ計画の2計画が本報告書で取り扱われる。

C. 水文資料

1301 水資源開発に関連したプロジェクトのフェージビリティスタディには十分な精度を持ち、かつ長期間に亘る水文資料が不可欠であることは言うまでもない。ケニア全体の内で、“流域3”に属しているサバキ川水系及び沿岸地域の諸河川の水文観測と資料の現況は上記必要条件を満たすためにはやや貧弱である。

1302 アティ川上流部(サバキ川の最上流部分)では水文観測は正しく行なわれてきている。同じことがサボ川下流部(サバキ川の一番大きな支流)についても言える。他方サバキ川の残りの部分には信頼できる測水所はバリチョ(3HA3)以外にはない。バリチョ測水所は7年間の観測の後1957年には廃止されており、その観測記録には多数の欠測がある。沿岸地域の3つの川(ベンバ(Pemba)、ムワチ(Mvachi)及びラレ(Rare))にはそれぞれ1ヶ所ずつの測水所があるが、ベンバ川のもの以外はあまり正確でない。したがって、サバキ川水系の下流部における流量については、沿岸地域の諸河川の大部分と同様にほとんど何もわかっていない状況である。

1303 既に述べたとおり、サバキ川下流部における流水の消失は水源の重大なロスを引き起こしている。しかしながら、流水の消失の現況はその場所と量いづれもほとんどわかっていない。したがって本報告書の給水増強計画は、現存水文資料の不十分さを補充するための仮定と推定に主として立脚せざるを得なかった。

1304 サバキ川水系と沿岸地域の諸河川の水資源開発の信頼性の高い計画のためには、水文観測を強化し、将来にわたって継続していくことが必要である。

D. 調査目的

1401 本最終報告書は2つの計画案、即ちサボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画とラレ貯水池付きラレパイプライン計画について検討している。第2ムジマ計画についてはパイプラインを含む諸給水施設はフィージビリティスタディの精度で検討されているが、その他についてはフィージビリティスタディの精度では検討されていない。これは、入手できる水文資料がその精度と観測期間の2点においてフィージビリティスタディに必要な条件を満たさないことに起因する。

1402 したがって、本報告書はモンバサ給水増強計画当局者が次段階の措置を講ずるために必要な材料を用意することを意図して作成されたものである。

第 2 章 計 画 地 域

A. 範 囲 と 地 理

2101 範囲：本スタディにおける計画地域とは、そこにおける用水卸し供給増強を検討する地域と定義する。この地域内にはモンバサ (Mombasa)、サバキ川の南側の海岸地帯、海岸地帯西側の後背地を包含する。計画地域は北はサバキ川、東は海岸地帯、南はタンザニア (Tanzania) との国境、西はサボ国立公園を境とする。

2102 計画地域の面積は 19,900 km² である。行政区としてはモンバサ地区 (District) 全体、クワレ (Kwale) 地区全体、サバキ川南岸キリフィ (Kilifi) 地区部、およびタベタ区域を除くタイタ・タベタ (Taita-Taveta) 地区を含んでいる。

2103 上述の 4 つの District (地区) 内には 10 の Division (区域) がある。このうち、9 つの Division はその全域が計画地域に含まれている。

2104 計画地域は概して平坦であり、起伏を含みつつ海へむけて低くなっている。計画地域西部では標高 600 m 程度である。計画地域は南緯 3° から 5° の間に位置している。

2105 海岸地方は年間降雨量 1,200 mm で比較的湿度が高く、気温も 35℃ から 24℃ である。しかし内陸部は乾燥していて年間降雨量は 500 mm 以下、気温は 32℃ から 22℃ である。

2106 計画地域内の植生は降雨と気温から地帯的に 3 種に分けられる。すなわち海岸サバンナ、丘陵部に沿った海岸森林、および計画地域の大部分を占める乾燥した叢林地 (dry bushland and thicket) である。

2107 モンバサはケニア海岸地方のほぼ中央部に位置しており人口は 34 万 2 千人 (1979 年国勢調査) でケニア第二の都市である。海岸地帯の人口密度は、マリンディ、キリフィおよびクワレのような点在する中小都市においてやや高い。海岸地帯の人口は 5 万 1 千人

である。後背地の人口密度は低い、その面積が非常に大きいので後背地の人口は73万人に達する。計画地域の全人口は1979年で112万3千人と推定され、これは西暦2000年にはモンバサの71万6千人を含めて231万5千人に増加するであろう。

2108 社会・経済：農業、漁業および林業が計画地域全体における主要な生計手段である。この第1次産業部門には2つの際だった経済形態がある。ひとつは、小農、牧夫及び漁夫の経済で、モンバサ以外の人口の90%以上を包含する。他のひとつは貨幣経済であり、残りの人口を包含する。

2109 モンバサは運輸、貿易、工業、および観光の中心地であり、ケニアおよび周辺内陸国にとって唯一の必要な港湾施設の整った国際的な海港である。モンバサはナイロビおよび海岸地帯の諸都市と幹支線道路で結ばれている。鉄道がモンバサとナイロビおよびキスム(Kisumu)を結んでいる。また、ナイロビおよびマリンディ行きの航空路もある。

2110 工業製品としては石油精製品、セメント、鉄、アルミ器、飲料その他多数の軽工業製品がある。被雇備者数は1979年で86,300人で全国の4分の1以上を占める。

2111 現在の工場施設はモンバサ島に集中しており、本土側西部へ広がりがつつある。モンバサ市協議会は将来の工業開発の青写真を作成した。同計画は、工業地帯を1,990 haに限定しており、その内半分は本土側西部に集中している(チャンガメに856 ha およびマセラスに143 ha)。

2112 モンバサは、ケニアを訪れる国際観光客にとっての2つの玄関都市のひとつであると同時に、海岸地帯の観光の中心地である。同地域の観光資源の内でも、常夏の海浜は行楽地として旅行者に人気が高い。計画地域内には約100軒のホテルがあり、その半数は海浜に、3分の1はモンバサにそして残りは後背地にある。総ベッド数はおよそ1万である。1979年のホテル延べ宿泊客は200万人・泊に達した。もし総ベッド数が増えて、かつ円滑な給水が実現されるならば、西暦2000年にはこの延べホテル宿泊客数は2倍になるだろう。

B. 水供給の現況

a. 概説

2201 ケニア政府水資源省(MOWD)は水道に関する専門家を有する唯一の政府機関であり、最大の水道事業体である。同省技術局(Water Engineering Department)は水道事業を担当し、同省沿岸州水道局(Coast Province Water Branch, CPWB)は沿岸州における水道事業の実施機関である。1980年中に施行される予定の同省の組織図はANNEX 2201に掲載されている。

2202 水資源省の他に法令で定められた組織:モンバサパイプライン局(MPB)があり、ムジマ(Mzima)/モンバサおよびマレレ(Marere)/モンバサの2本のパイプラインの管理を行なっている。沿岸州水道局は沿岸州におけるモンバサパイプライン局の実施機構として機能しているが、建設を含めた予算作成は水資源省技術局が担当している。

2203 本計画地域内には多数の独立した水道事業があり、それらは都市水道、農村地域給水、牧場用水開発および自営飲料水供給施設からなる。その内水資源省管理にある大規模水道は次の19である。

- | | |
|----------------------|---------------|
| 1. モンバサ島 | 11. サムブウェニ |
| 2. 本土側西部 | 12. ウンダニ |
| 3. 本土側北部 | 13. テゾ・ロカ |
| 4. マリンディ | 14. クワレ |
| 5. カロレニ | 15. マゼラス・ラバイ |
| 6. 本土側南部 | 16. キナongo |
| 7. ボイ (Voi) | 17. デムウェ・ウシ |
| 8. マリアカニ (Mariakani) | 18. ワジカ・テリ |
| 9. ガデ・クタム | 19. マッキノン・ロード |
| 10. キリフイ | |

2204 本計画地域内の水道の特徴は用水卸し供給事業(Bulk Water Supply)と給水事業が別々に行なわれていることで、原則として取水、浄水、送水と需要家への給水とは別個

の機関によって行なわれている。

b. 水道施設

2205 本計画地域内には現在稼働中のふたつの用水卸し供給施設がある。つまり(1)マレレ系と(2)ムジマ系の各パイプラインである。サバキパイプラインは現在工事中であるが、まもなく運転が開始されるだろう。その他の既存水道も含めた水道諸施設はANNEX 2205-1に掲載されている。またその位置はANNEX 2205-2に示されている。

2206 マレレ系:これは1916年に初めてモンバサのために建設された飲料水供給施設である。その後拡張されて現在の能力は日量13,500 m^3 である。水源はマレレ泉とベンバ川である。水は簡易処理の後モンバサ南部海岸地帯の他、クワレ、キナンゴにも送られている。

2207 ムジマパイプライン:本パイプラインは海岸地帯へ日量36,000 m^3 を供給する幹線である。水源はムジマ湧泉である。水源と給水地域の標高差は505 m 、距離は219 km に及ぶ。ムジマ系は1951年に着工され、1956年から給水を行なっている。

2208 取水施設の特徴は600 m におよぶ矢板工である。これは溶岩の中に打設されて地下水の流れを止め集水するものである。設計取水能力は日量72,000 m^3 であるが、現在の取水量は日量36,000 m^3 に限定されており、残りはムジマ川へ放流されている。従ってもし必要となったら、取水施設を増強することなく新たなパイプラインを建設するだけでムジマ系の給水能力を倍増できる。

2209 水源からモンバサへの送水パイプラインはプレストレスコンクリート管を使用した自然流下方式であり、口径は530 mm から760 mm 、距離は219 km に及ぶ。途中10個所にパイプラインを保護するための減圧井(Break Pressure Tank、BPT)が設けられ、パイプライン末端のマゼラス(Mazeras)には容量27,000 m^3 のプレストレスコンクリートの円形配水池が3池設けられている。505 m という高落差のため、パイプラインは減圧井によって多数の区間に分割されている。流量は取水施設直後と配水池の手前の計2個所で計測している。パイプライン敷設以来、多数の施工不良個所とパイプライン運転上の欠点が発見されたが、こ

れら欠陥は徐々に改善されている。鋼管に置き換えられた個所もある。

2210 配水池に送られた水を配水するために2条の530mmの管路がマゼラスからチャンガメ(Changanwe)にある配水池まで敷設されている。そこから本土側西部は環状本管によって配水されている。モンバサ島は600mmと900mmの2条の幹線本管で配水される。さらに、マゼラス・チャンガメ・パイプラインからの支線によってキリフィのような遠い外部地域まで配水されている。

2211 サバキパイプライン：本系統は1980年9月現在工事中であり完成目標は同年末である。これが完成すればモンバサおよび海岸地方へ水を供給する主系統となるであろう。第一期分は日量54,000m³、第二期分完成後は日量72,000m³の能力を持つ。

2212 本系統はサバキ川を水源とし、モンバサの北約100kmのバリチヨ(Baricho)で取水する。取水地点近くに完全な浄水設備を備えた新しい浄水場を建設中である。チャンガメ配水池にむけて送水本管を設け、途中管路周辺地域およびモンバサの北部海岸地帯にも配水する。本系統の建設と併行して、既存施設に加えて新たな配水施設が建設中である。

c. 水利用の現況

2213 モンバサ水道の日平均給水量は日量48,000m³であり、詳細はANNEX 2213-1と2に示されている。この数字は、慢性的な水不足のために現在実施されている午前6時から午後6時までの1日12時間の時間給水下での水消費量を示している。もしも十分に供給されるならば、消費量はこの数字よりいくらか高くなると考えられる。時間給水に対処するために、給水地域内の消費者のなかには自己の水を確保するために自家用水槽を設置している。特に工場やホテルはその数日分の貯水施設を保持している。

2214 1979年2月現在の需要家の分類・栓数はANNEX 2214にある通りである。同ANNEX 中の水小売店(Kiosk)には二種類ある。ひとつは政府直営のもので、他は政府認可の民営のものである。水道設置申請は多数あるが、給水能力の不足のためにそれらは受け容れられていない。

2215 沿岸州水道局の水道料金は上述の消費者の分類毎に定められている。1980年現在都市部では1 m³あたり平均8ケニアシリングであり、農村部では1 m³あたり2ケニアシリングである。各種別毎の料金は以下の通り。

- | | |
|---|--------------|
| (1) メーター制の場合、月毎の料金請求で、最初の9 m ³ までは1 m ³ あたり | 3.60ケニアシリング |
| (2) 同メーター制で最初の9 m ³ を超すと、超過水1 m ³ あたり | 9.05ケニアシリング |
| (3) 公認の水小売人に売る場合の卸売り価額1 m ³ あたり | 1.10ケニアシリング |
| (4) 上記水小売人が水を売る場合の小売価額20シリングあたり | 0.05ケニアシリング |
| (5) メーター制基本料金1月あたり | 32.40ケニアシリング |

2216 上記料金に加えて需要家はメーター使用料も払わねばならない。20 mmメーターまでは1月3.50ケニアシリング、25 mmメーターは1月6.00ケニアシリング、以下口径に比例して高くなる。さらに需要家は専用栓設置にあたっては200ケニアシリングの供託金も支払わねばならない。需要家の支払いはすべて月払い制である。

2217 送水管路における損失、漏水はANNEX 2217に示されるように比較的少なく、1979年では2.1%である。一方配水施設における漏水、無収水量は配水および消費記録からは正確な数字がわからないが、過去の調査によると約20%と考えられている。その後給水条件には何ら顕著な変化がなかったため、現在の損失と漏水もこの数字と同程度であろう。

C. 衛生諸施設の現況

a. 概説

2301 下水処理、雨水排水、固形廃棄物収集といった衛生諸施設はモンバサ地域では貧弱である。モンバサの人口の約半数にあたる18万人はくみ取り式便所(Pit latrine)を使っている。ゴミはしばしばスワヒリ風家屋の外に捨てられて堆積しており、降雨と共に水たまりの中で腐敗している。これらは住民の健康上重大な障害となっており、また同地域の快適さと美的外観を損っている。

2302 モンバサ島の浅層地下水は以前給水源として使用されたが、現在は浄化槽および地下浸透槽からの汚水でひどく汚染されており、現在ではこの貴重な水資源も飲料水としては

不適當である。

2303 入江の地域は下水による汚染をあまり受けていない。下水から運河に投棄された有機物は、2.3 mにおよぶ潮位差に伴うかなり速い流れによって運び去られているようであるが、浮遊物は海岸に漂着する傾向がある。ポートキリンディニとポートルイツでは油による汚染が顕著である。

2304 この地域の汚染は進行し、また家屋の建てこんだ地域は着実に広がっているので、衛生諸施設・業務ともに不十分なことに由来する有害な状況はさらに悪化している。もしも有効な対策が早急に講じられないと、この地域の生活環境と快適さは取り返しのつかない程の危険にさらされることとなろう。この環境汚染を抑制するために、衛生業務の現況の見直しを行ない早急に改善事業を開始することが必要である。

b. 下水処理

2305 モンバサではくみ取り式便所、浄化槽の他に5つの下水施設がある。これら既存施設は、(1)モンバサ島北西側の小規模住宅地域(人口4,000人)、(2)旧市街の住宅商業地域(人口33,000人)、(3)タウンセンター(人口5,000人)、(4)チャンガメにある住宅・工業地域(人口13,000人)および(5)本土側北部のシモ・ラ・テワ刑務所(人口1,000人)を処理対象地域とし、政府・建設省によって維持管理されている。既存施設をANNEX 2305に示す。

2306 上記の下水道施設は過去20年の間に建設され、現在も利用されている。下水道、構造物、トンネル等はまだしっかりしている。これらの設計と施工は一般的には申し分ない。

2307 一方、既存施設の運転・維持管理は貧弱である。上記施設中もっとも古い(1)と(3)は浄化槽と簡単な散水ろ床から成るが完全に壊れている。(2)のモンバサ島下水処理場は旧市街からの下水を処理対象とするが前処理施設しか機能せず、汚泥は干潮時に海へ直接放流されている。放流口も適切なものではなく、下水は放流口からすぐ水面に浮上して潮流によってモンバサ港やチューダー運河(Tudor Creek)に流れ込んでいる。

2308 上記施設(4)のチャンガメの酸化槽(Oxidation ditch)は運転されておらず、下

水は無処理のままポートキリノイニ (Port Kilinoini) で海に直接放流されている。しかしながら、もし計画通りに運転されたならば、この処理場は高品質の処理水を放流できるだろう。

2309 上記施設(5)のシモ・ラ・テワ 刑務所内の安定池 (Stabilization Ponds) には雑草がはびこっており、第1池と第2池を連絡する管は完全にふさがれていて、流出する下水は放流管へ流れ込んでいる。

c. くみ取り式便所

2310 くみ取り式便所はモンバサ全人口の60%に使われており、通常最もゴミゴミしたスワヒリ風家屋の集まった地域に多い。同地域には新たな便所をつくるための場所はない。したがって、便所は家屋の一部として造られる。モンバサのくみ取り式便所は大きくかつ良好に建設されているが、それも結局はいっばいになり定期的にくみ取る必要がある。便槽は人手で掃除され、人夫は直接排泄物にさらされる。この型式の便所はくみ取る場合に周囲を汚しやすい。くみ取りに関する衛生規則は現在のところない。

2311 雨季にはしばしば雨水により汚物があふれ、また汚水槽もこわれる。自由地下水面まで汚水槽を掘った場合、地下水の大規模な汚染をまねく。

d. 浄化槽

2312 浄化槽と地下浸透槽による下水処理は水道の利用可能な地域では広く使われており、モンバサの人口の約24%が利用している。海岸沿いのすべての観光ホテルと大部分の工業商業地域でも使われている。この処理は周囲の地層への汚水の浸透によって成立している。地下浸透槽は必然的に閉そくし、またもしくみ取りを怠るとあふれ、臭害をひきおこしたいへんな厄介となる。この処理方式は島内でよく用いられ、その結果は恒常的な閉そくとなっている。地下浸透槽は一般に地下水面まで掘り下げられるので地下水の広範な汚染を惹き起こし、浅井戸は放棄された。

2313 浄化槽の定期的なくみ取りは、この種の便所が正しく機能するための前提条件である。しかるに、便所が壊れたり何か問題が生じてから初めてくみ取っているのが現状である。

その際ですら、しばしば地下浸透槽しかくみ取りが行なわれない。浄化槽と地下浸透槽のくみ取りは通常手作業で行なわれ、くみ取り式便所の項で述べたことと同じ非衛生的な状況をつくり出している。時折、浄化槽や地下浸透槽内の汚水が単に地面に投棄されることがあり、このような汚水はもよりの雨水排水施設に流入することとなる。浄化槽と地下浸透槽が十分に機能するのは海岸地帯の人口密度の低い住宅地域であろう。

e. 雨水排水施設

2314 雨水排水施設が整っているのはモン巴萨島の開発が進んだ地域、本土側西部のチャンガメの一部および本土側北部のキサウニ団地である。

2315 その他のあまり開発の進んでいない地域では自然排水にまかせている。これらの地域は地面が浸透性が高いか、海に近いので排水はあまり問題になっていない。

2316 既存の雨水排水施設は一般に設計・施工共に良く、良好な状態に保たれている。しかしながら、街路の清掃が十分でないことと排水設備の維持管理があまり良くないことにより、降雨時の道路の冠水は通常のこととなっている。

2317 モン巴萨の人口の内約半数は雨水排水が不完全な、あるいは全くない劣悪な条件の地域に住んでいる。街全体としては雨水排水施設は充分ではない。

f. 固形廃棄物処理

2318 現在のゴミ収集はモン巴萨島では定期的には行なわれておらず、本土側の大部分においては全くゴミ収集がない。特に、生活水準の低いスワヒリ風家屋の建てこんだ地域に適当なゴミ収集業務の無いことは重大である。モン巴萨本島の観光ホテルおよび周辺の住宅地域からの固形廃棄物の収集は時々行なわれる。急激な人口増にもかかわらず、収集され埋立に使われるゴミの量はここ数年の間激減しているといわれている。

2319 上記の状態は車輛を含むゴミ収集機器が不十分なことによる。これらの機器は貧弱な維持管理と不適當な点検のためにしばしば故障する。いったん故障すると、予備の部品が

無いために車輛は長期間に亘って放置されることとなる。

2320 住宅地域やホテル等にあるゴミ箱やゴミ収集施設の周辺にゴミが散乱している光景は日常のことである。このゴミ散乱は、ゴミ箱が壊れたりあるいは小さ過ぎたりすることと、住民およびゴミ収集者の不注意が原因である。埋め立て地に投棄されたゴミの山は何の覆いもなしにむき出しになっているので、虫が繁殖し動物がエサをあさる場所となっている。

g. 衛生施設の運転・維持管理

2321 上述のすべての衛生諸施設の運転・維持管理は不十分である。下水処理場の場合、適切な維持管理がなされなかったために既に2つの処理場が運転されなくなっている。雨水排水施設に関しては、街路掃除と格子、溝等の清掃の欠陥のために洪水が発生している。固形廃棄物収集は主としてすべての機器の不適切な維持管理が原因となって、とても満足できる状態にはない。

D. 水需要予測

D-1 水需要の因子

a. 人口

2401 1979年8月の国勢調査の途中集計から推定された全計画地域の人口は112万3千人である。モンバサの人口は34万2千人、その他の都市部は5万1千人、農村部の人口は73万人である。都市部にはキリフィ地区のマリンディ、キリフィおよびマリアカニ、クワレ地区のクワレとキナンゴ、タイタ・クベタ地区ではボイとウンダニが含まれる。農村部は人口は大きいのが広く分散しており、住民は主として農業および漁業に従事している。

2402 1969年の人口調査と比較してみると人口増加率はモンバサでは3.3%、他の町村部で5.3%そして農村部で3.1%である。ケニア全土では3.4%であり、町村部の増加率だけが全国平均より高い。このことから、モンバサの人口増加は停滞し始めており、対照的に町村部の方に人々を惹きつけていることがうかがえる。

2403 1979年の国勢調査を最も新しいデータとし、水需要の基本的な要因のひとつである将来の人口を予測した。人口予測に用いられた手法は“ratio method”であり、以下に要約される。

- (1) 原則として地区(district)を予測の最小単位とする。但しキリフィ、タイタ・タベタ地区のように計画地域から一部はみ出す場合には区域(division)を単位として考える。
- (2) 行政区の変遷は中央統計局での調査と国勢調査地図をもとに修正する。
- (3) 1962年、1969年、1979年の国勢調査の数値に基づいて、各地区の全国人口に対する比率をプロットして過去の傾向を見る(ANNEX 2403-1)。
- (4) 上記の傾向を最初は単純に外挿し、その後、各地区の社会経済状態を考慮して修正する(ANNEXES 2403-2と3)。
- (5) 全国に対する地区人口の比率の将来の傾向を決定した後、各地区毎の将来人口を、将来の全国人口に各地区の比率を乗じて求める(ANNEX 2403-4)。

2404 町村部の人口は計画地域人口とは別に次の方法によって推定した。

- (1) 7個所の町村部を第4次開発計画に従い選び出す。ここで言う町村部とは人口2,000人以上の場所である。経済的な潜在能力や空間的な広がりも考慮した。選ばれた7個所とはマリディ、ボイ、キリフィ、マリアカニ、ウンダニイ、クワレおよびキナンゴである。
- (2) 7個所の人口(1962年、1969年、1979年)を合計して州全体の人口に対する比率を各年度毎に求め、過去の傾向を調べる(ANNEX 2404-1)。
- (3) 外挿法により将来の比率を求める。都市部の将来人口は、この比率に先に2403項で求めた州の将来人口を乗じて求める(ANNEX 2404-2)。

2405 農村部の将来人口は計画地域の将来人口からモンバサおよび都市部の将来人口を差し引いて得られた。

2406 計画地域の人口予測の結果をANNEXES 2406-1と2に示す。計画地域の全人口は西暦2000年には230万人に達すると推定される。平均人口増加率は年間3.5%と推定され、全国平均よりやや高い。モンバサの人口は平均増加率年3.6%で増加して西暦2000年には71万6千人にのぼると予測される。7つの町村部の合計人口は年4.5%の高い増加率で伸びて、西暦2000年には12万8千人に達すると予測される。農村部の人口は全国平均と同じ増加率で増えて、西暦2000年には150万人にのぼると推定される。

2407 高い人口増加率と低い増加率による人口予測も別に行なった。高めおよび低めに予測された全国人口に、モンバサ、その他の町村部および農村部人口の全国人口に対して予測されたパーセンテージを乗じて、高めおよび低めの計画地域の将来人口を求めた。結果を ANNEX 2407 に示す。

b. 工業

2408 計画地域における製造業はモンバサに集中している。過去には工業開発は主としてモンバサ島だけであったが、現在は本土側西部にも拡がりつつある。東アフリカ石油精製会社、パンプリセメント会社、東アフリカビールその他の重工業はすべてモンバサにあり、加えてモンバサには多数の軽工業（家具、繊維、金属、ボール紙、製紙）もある。被雇備者数による事業所数は次表の通り。

被雇備者数	事業所数
500人以上	2
200 - 499	12
100 - 199	18
50 - 99	27
20 - 49	41
15 - 19	97

2409 モンバサ以外では計画地域内にあまり工業はない。マリンディに家具工場、綿紡績工場および2つのパン工場、キリフィにケニアカシューナッツ会社、ボイに食用油工場とサイザル麻工場、マリアカニに牛乳加工場そしてラミンに砂糖きび工場がある程度である。

2410 工業用水は公共水道から給水されており、特別な工業用水道はない。時間給水のため各工場は貯水設備を保有する。例えば東アフリカ石油精製会社には10,000m³のタンクがあり、ケニアビール会社には1,700m³のタンクがある。これら貯水容量は数日分の消費量に相当する。

2411 モンバサは全国で唯一の海港であり工業開発上有利であるが、一方でナイロビ等の国内市場から遠いという欠点もある。またナイロビおよびその周辺と西部高原地帯では多数の工業が発展しつつある。しかし、国産化から輸出指向へという政策に沿って、モンバサは工

業地区として発展するであろう。

2412 工業発展のためにモンバサ市協議会は次の4地域を指定した。

(1) モンバサ島区	153 ha
(2) 本土側西部区	
チャンガメ	856
マゼラス	143
(3) ニヤリ区 (本土側北部)	342
(4) 本土側南部区	497
合 計	1,991 ha

上記指定地域中、既に工場が稼働している所もある。本土側北部のニヤリ地域ではさらに詳細な計画がある。

ニヤリ工業地域

既 存 工 場 :

バンプリセメント	41.4 ha
同 (サイロ)	0.8
ケニア石綿	19.0
小 計	61.2

計 画 地 域 :

軽 工 業	53.3
一 般	227.5
小 計	280.8
合 計	342.0 ha

2413 モンバサ以外の計画地域内では各自治体評議会によって次のような工業地域が計画されている。

(1) マリンディ	3	ブロック	8.4 ha
(2) ボ	4		8.9
(3) キリフイ	1		14.1
(4) マリアカニ	1		6.0
(5) ウンダニイ	2		6.6
(6) クワレ	2		43.1
(7) キナンゴ	4		2.2
合 計			89.3 ha

2414 モンバサ以外での工業はいくつかの成功例とともに発展を続けており、用水の確保は第一次産品の増産と共に、工業開発にとって不可欠のものである。

c. 観 光

2415 計画地域内の観光資源は、海浜、野生動物および歴史的な建築物である。現在ではホテル施設は主としてマリンディ、ワタム、キリフィ、キアンバラ、モンバサ、ティウイ、ディアニおよびシモニに限られている。

2416 1978年には51のホテル(ベッド数合計6,900)が海岸地帯にあり、モンバサには33(同1,500)、海岸地方後背地には11(同700)のホテルがあった(ANNEX 2416)。

2417 観光ホテルに対する水の供給は現在のところ必ずしも充分とはいえない。多くのホテルでは時間給水に備えて貯水槽を設けたり、自家用の井戸を保有している。

2418 最近の海浜観光開発調査によると将来は主として南海岸が開発されるであろう。水需要予測にとって重要な因子である観光客数は以下の手順で予測された。

(1) 海岸地帯のホテルベッド利用率を過去の記録から分析する(ANNEX 2418-1)。

(2) ロジスティック曲線により将来のベッド需要量を推定する(ANNEX 2418-2)。

その結果、西暦2000年には1日平均10,800人の観光客が見込まれ、1年間に延べ390万のホテルベッドが必要になると推定された。

D-2 水 需 要 予 測

a. 概 説

2419 本節では西暦2000年までの中期的水需要予測を行なう。全需要量を推定した後、既存施設の給水量をそこから差し引いて給水増強の必要量を求める。

2420 将来の水需要量は水利用種別毎および地域毎に予測する。水利用種別としては、

(1) 家庭用、(2) 工業用、(3) 観光用 および (4) 商業、公共用その他がある。家畜用は別途推定する。地域としてはモンバサ、町村部（マリンディ、ポイ、キリフィ、マリアカニ、ウンダニイ、クワレ、キナンゴ）および農村部について推定する。

2421 過去の消費記録は現実の需要量を表わしているとは考えられない。なぜならば、現在の配水管網はまだ水需要地全体にはゆきわたっておらず、また水道管による給水が行なわれている地域の需要だけでもすでに給水能力を上まわっているためである。したがってここでは現在の潜在的な水需要量を考慮する。

2422 需要予測は送水本管や給配水施設における損失・漏水までも含めた水量で行なう。しかし取水および浄化に伴なう損失は水需要に含めなくて、これらの施設能力検討の際に考慮することとする。

b. 家庭用水需要量

2423 家庭用水とは、飲用、料理、浴用、洗濯等に家庭で使用される水である。家庭用水需要量の予測にはナイロビ市議会の行なった調査を参考にする。この中ではGDPの伸びも人口増と同様に水需要に影響を与える因子として強調されている。

2424 通常、将来の水需要予測は過去の増加傾向に基づいて行なわれ、さらに必要な補正を施される。ところが、本計画の場合には既存給水系の水消費量に関して信頼に足るデータがない。したがって、本計画では1人1日当たり水使用量はGDPの伸びに比例すると仮定した。まず、GDP成長率と関連する所得階層分布を調べた。さらに所得階層毎の1人1日当たり水使用量を想定して平均水使用量を推定した。

2425 前述の手順に基づいた予測結果をANNEX 2425に示す。まず1979年の所得構成とその重みを推定する。得られた因子を用いて、1979年の平均所得を指数として求める。同様にして西暦2000年の平均所得を推定する。1979年から2000年の所得の伸びは国家の目標では5%及至6%である。これを満足させるような所得分布を試算した結果、年成長率5.4%を得た。

2426 一方、水資源省の設計指針からも1人1日当たり使用水量を推定した。これによれば高所得層で1人1日200ℓ、中所得層で100ℓ、低所得層で50ℓである。ANNEX 2425に示されるように、1人1日当たり平均使用量は80ℓである。この値は沿岸州水道局の記録から推定されたものよりやや高い(ANNEX 2426)。

2427 同様にして西暦2000年の1人1日当たり平均使用水量を所得階層毎に求めた。高所得層から順に1人1日当たり240ℓ、120ℓ、および60ℓとなった。平均使用水量は1人1日当たり126ℓとなる。高所得層の1人1日当たり使用水量240ℓは純使用量にすると1人1日当たり200ℓとなり、先進国での現在の使用量に匹敵する。

2428 1979年から2000年の間の使用量を補間法で求めた：

	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
1人1日当り 使用水量(ℓ)	80	82	91	101	113	126

2429 モンバサおよび他の都市部の家庭用水の需要は、予測された人口を前項で求めた1人1日当たり使用量に乗じて推定された。予測された需要をANNEX 2429に示す。1979年から2000年の間のモンバサにおける年増加率は5.9%、また他の町村部では6.8%となる。

c. 工業用水需要

2430 工業用水とは、冷却、処理、洗浄等の工業製品製造過程で使用される水のことである。既存工業は、現在の時間給水にも拘わらず必要なだけの水量を使用していると考えられるので、工業用水需要の予測は過去の消費記録に基づいてなされた。現在の需要はモンバサで日量4,670m³、他の町村部で日量140m³である。需要の年増加率は、ケニアの製造業の過去の成長率に匹敵する12%と仮定した。以上の数値に基づいて将来の水需要が推定された(ANNEX 2429)。西暦1978年の推定工場用地面積273haと西暦2000年の計画面積1,991haから、工場用地1ha当りの工業用水需要は西暦1978年に日量17m³/ha、西暦2000年に日量24m³/haと推定される。

d. 観光水需要

2431 観光水需要とは観光ホテルで使用される水のことである。沿岸州水道局との間で、国際水準の使用水量すなわち1利用ベッド1日当たり1 m^3 を適用すべきとの合意をみたので、1利用ベッド1日当たりの観光水需要は1 m^3 とされた。この単位水需要は西暦2000年まで不変であると仮定する。西暦1979年時点のホテルの潜在的な水需要はモン巴萨で日量4,540 m^3 、その他の町村部で日量1,520 m^3 と推定される。西暦1979年から2000年にかけての利用ベッド数の年増加率を3%と想定して、西暦2000年の水需要はモン巴萨で日量8,480 m^3 、その他の町村部で日量2,480 m^3 と推定した(ANNEX 2431)。

e. 商業、公共およびその他の水需要

2432 この分野の水需要とは、店舗、食堂、事務所、政府官庁、学校、病院、空港、港湾、鉄道、消防等で使用される水の需要である。1979年現在の潜在需要はモン巴萨では日量13,840 m^3 、他の都市部で日量2,050 m^3 と推定される。以上の数字は時間給水下の現在の消費量から推定された。国民総生産の伸びに匹敵する年率6%で水需要が増加すると想定すると、西暦2000年のこの分野の水需要はモン巴萨で日量47,050 m^3 、他の町村部で日量6,960 m^3 と推定される(ANNEX 2429)。

f. 農村地域水需要

2433 農村地域の水需要は、(1)家庭用、(2)家畜用、(3)商業、公共およびその他からなる。水資源省の設計指針、全国水資源基本計画さらに今回の現地調査の成果を参照・考慮して、水需要を予測した。

2434 家庭用水需要は推定1人当り需要と推定人口から予測する。水資源省の設計指針によると、家庭用水需要は各戸専用栓を有するところでは1人1日当たり50ℓ、共用栓や水小売店を利用している者は1人1日当たり25ℓとされているので、これを潜在需要とみなしさらに西暦2000年まで変わらないものとする。現在の各戸給水人口は20%、西暦2000年には80%になると仮定する。反対に共用栓・水小売店利用人口は現在の80%から西暦2000年には20%に減少すると仮定する。家庭用水の需要は以下に示されるように予測された。

	1979	1980	1985	1990	1995	2000
1人1日当り 給水量(ℓ)	26	27	31	34	39	44

2435 家畜に対する給水需要は住民1人当りの改良品種家畜の頭数と推定人口とを基に推定した。本予測では、全国水資源基本計画の調査結果を採用する。

各地区の住民1人当り改良品種家畜頭数

地 区	1979	1980	1985	1990	1995	2000
キリフィ	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
クワレ	0.78	0.77	0.73	0.68	0.65	0.61
タイタベタ	0.46	0.46	0.44	0.42	0.39	0.36

1頭当りの給水量は水資源省の設計指針により日量75ℓとする。

2436 商業、公共その他の水需要量に関しては資料がほとんどないため、今回の現地調査とその他入手可能な調査の成果を参考にして農村地域における総水需要量の15%と仮定する。農村地域における観光用水需要は既に別途予測されているので、農村地域の水需要には含まない。

g. 総水需要

2437 全計画地域の総水需要は以下のように予測された(ANNEX 2437-1)。またANNEX 2437-2には図示されている。

年 度	モン巴萨	他の町村部	農村地域	合 計	
	(日量 m^3)	(日量 m^3)	(日量 m^3)	(日量 m^3)	(毎秒 m^3)
1980	54,010	8,440	54,440	116,890	(1.35)
1985	74,000	11,630	66,870	152,500	(1.77)
1990	100,960	15,580	80,220	196,760	(2.28)
1995	139,020	20,680	99,850	259,550	(3.00)
2000	193,980	27,380	123,560	344,920	(4.00)

2438 西暦1979年から2000年にかけての水需要の年増加率はモン巴萨で6.6%、他の町村部で6.2%そして農村地域では4.2%である。この3地域における1人1日当り平均給

水量は下表のとうりである。

年 度	モンパサ (lpcd)	他の都市部 (lpcd)	農村地域 (lpcd)
1980	152*	156*	72
1985	175	171	75
1990	200	183	77
1995	231	197	80
2000	271	214	84

2439 上述の需要予測とは別に、高低2種類の人口成長予測を基にして需要予測を支配する主要因子を変化させた場合の水需要予測も行なった。結果はANNEX 2439-1と2に示す。これに用いた因子は次のとうり。

因 子	採用した数値	高 率	低 率
所得成長率 (%)	5.4	5.6	5.1
1人1日当り給水量 (L)	126	129	120
工業成長率 (%)	12	14	10
観光水需要分の修正 (%)		+10	-10
商業その他需要の伸び (%)	6	7	5
農村地域での 1人1日当り給水量 (L)	26~44	26~47	26~35

h. 所要増加給水量 (Net Water Demand)

2440 本計画が負担すべき給水量は、予測された全給水量から以下項目の水量を差し引いたものである。

- (1) 既存施設あるいは既計画分の施設による給水量。
- (2) 本計画とは別個の独立した給水系による給水量。

2441 上記(1)には既存施設ばかりではなく、現在建設中のサバキパイプラインや水資源省によって改良が計画されている施設も含む。これら施設は下表のとうり。

* 観光水需要を除くと、1人1日当り給水量はモンパサで138L、その他の都市部で125Lとなる。

現存および現在進行中のプロジェクトによる給水能力(日量 m^3)

	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
1. ムシマ湧泉	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
2. マレレ泉	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
3. ベンバ水道	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
4. ティクイ取水井 No1と4	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
5. No2, 3と5	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500
6. サバキ・パイプライン	54,000	72,000	72,000	72,000	72,000
合 計	109,000	127,500	127,500	127,500	127,500
(毎秒 m^3)	(1.26)	(1.48)	(1.48)	(1.48)	(1.48)

2442 上記(2)に含まれるものは農村地域の自家用水道計画やウンダニイ区域におけるような独立した給水計画である。

自家用水道計画給水能力 (日量 m^3)

	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
合 計	36,390	43,700	50,860	56,550	61,820
(毎秒 m^3)	(0.42)	(0.51)	(0.59)	(0.65)	(0.72)

2443 本計画によって供給すべき水量は全給水量から上記(1)と(2)を差し引いて求められる。本計画に対する水需要は西暦2000年には下表に示されるように日量155,600 m^3 あるいは毎秒1.80 m^3 となる。

本給水増強計画に対する水需要(日量 m^3)

	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
合 計	-28,500	-18,700	18,400	75,500	155,600
(毎秒 m^3)			(0.21)	(0.87)	(1.80)

2444 ANNEX 2444-1 に示されるように、年平均の水需要は西暦1988年迄は満たされる。しかし、既設および計画分も含めた給水能力がピーク月の水需要を下まわることになる西暦1986年初めには時々水不足が生じるであろう(ANNEX 2444-2と3)。

E. 給水増強計画の必要性

2501 既存の用水卸し供給事業では以下に記述されるような非常に不十分な点がいくつ

かあり、サバキパイプラインが近い将来に完成し、使用されるようになってからも短期間の内に再び水不足が生じることになろう。この不利な状況に対処するために、新プロジェクト建設に要する期間を考慮に入れた上で早急に効果的な対策を取らねばならない。

2502 送水量が不足しているために1日12時間の制限給水を行なっている。大口需要家は自家用の貯水設備を保有しているので、結局時間給水は大衆によって辛うじて持ちこたえられていると言える。しかし大口需要家にとっても貯水設備のために余分な支出を強いられることになる。さらに、非衛生的な貯水設備や、時間給水のために生ずる水の汚染も看過できない。24時間給水が実現すると給水量は20%程増加するであろう。すなわち、それだけの潜在水需要分が現在は給水できないでいる。

2503 慢性的な水不足により給水栓の新設はここ数年認められていない。サバキパイプラインが近い将来完成して送水量が2倍になっても給水栓の新設と給水時間の延長によりたちまち元の水不足に陥るだろう。本調査・検討の結果によると、西暦1985年から1990年の間に再び水不足が生じるであろう。ピーク月の給水は西暦1986年に限界に達しよう(ANNEX 2444-2)。

2504 モンバサの工業開発は着実に進展しており、モンバサ市協議会によって既に工業地域も指定されている。現在ケニアの工業開発政策は国産化から輸出指向への転換期にあり、特にモンバサでは原材料の大量輸入及び製品の大量輸出が予想されている。工業政策の転換と計画地域の工業化のため、緊急に用水卸し供給能力を増強することが必要である。

2505 観光はケニアにおいて外貨を獲得できる主要な産業であったし、また将来もそうであろう。本調査によれば西暦2000年までにホテル数は現在の2倍になると予想されている。現行の時間給水はホテルの管理運営を困難にし、観光開発の障害となっているので早急に給水能力を増強する必要がある。

2506 需要予測に当ってはもっとも現実的と考えられる数値を採用したが、将来の実際の需要の伸びは予測を上まわることもあろうし、下まわることもあろう。予測を越えた場合には給水能力増強計画は促進されなければならないし、またプロジェクトの開発規模の見直しが必要となろう。

2507 モンパサ、海岸地方および後背地における将来の給水計画を立案するには次の事柄は必ず考慮されなければならない。

- (1) 最小費用で運転・維持管理できるような施設が好ましい。すなわち、電力消費量が少なく、あまり複雑でないもの。
- (2) 輸入資材の使用は現段階では許されるが、将来は国策に沿って国産品に依る方向で進むべきである。
- (3) 立案・検討されるべき給水増強計画は西暦1985年までに建設工事が完了し、水不足が予測されている翌西暦1986年からは給水開始できるものでなければならない。

第 3 章 諸 代 替 案

A. 代替案の選定と評価

3101 西暦 2000 年に全計画地域に於ける水需要の純増は日量 155,600 m^3 あるいは毎秒 1.8 m^3 である。一方、第 2 期サバキパイライン開発計画を含む既存および建設中の施設の総給水能力は西暦 1986 年までの水需要の増加に対応出来る。したがって、前述の毎秒 1.8 m^3 はそれ以後の増加に充てるものである。

3102 当初考えられたムジマ湧泉あるいはサバキ川バリチヨ地点からの取水量を増加する事は不可能である。その理由は、(1)サバキ川バリチヨ地点の最濁水量はサバキパイラインによって取り尽くされてしまい、(2)ムジマ湧泉での取水量(現存ムジマパイライン取水量毎秒 0.43 m^3)を増加するとバリチヨ地点の流量が減少し、平均して年間日数の 20%の間サバキパイラインは最大取水量を確保出来なくなる、(3)この結果、サボ国立公園を含むサバキ川下流域における生態的、環境的状态の変化がもたらされるからである。

3103 したがって、水需要の増加に見合う取水量は他に求める必要がある。水源をさがす為に、消去法が採用された。まず全ての考えられる計画を列挙し、劣位の計画を逐次棄却し、有望な計画を残した。

3104 追加取水量の為の可能な水源は以下に示される。

- (1) 流量を調節する為に季節調節に十分な容量を持つ貯水池をサバキ川内かその周辺域に設け、サバキ川の濁水量を増す。
- (2) 上述と同様の方策を他の海岸地域の河川に適用する。
- (3) 上記以外に水源をさがす。例えばタナ川、地下水あるいは海水淡水化。
- (4) 上記のもの組合せ。

3105 水需要を充たすための全ての考えられる計画が採られた。最終的には ANNEX 3105 に示す 20 の計画が挙げられた。この過程には水資源省、監理委員会及び調査団のメンバーが参加している。インベントリーレポートの第 7 章で述べた様に、20 の計画案のうち

10の計画案はサバキ川に水源を求め、5つの計画案は海岸地域の河川に、2つの計画案はタナ川に、3つの計画はその他に求めた。

3106 これらの20の計画案について、劣位の計画案を逐次棄却し最適の計画案が残るまで続けた。棄却の過程での比較の観点は、得られる水質と水量、運転維持の簡便さ、生態的環境の状態への影響、将来の拡張の可能性及び建設費である。

3107 注意深いふるい分けの後、以下の3つの最適な比較案が残された。

- ーサボ貯水池付き第2ムジマバイブライン計画
- ーラレ貯水池付きラレバイブライン計画
- ームワチ貯水池付きムワチバイブライン計画

3108 これらの3計画について、水文、構造物計画及び建設費と水道料金を考慮した最適開発規模の観点から概略の検討が行なわれた。インベントリーレポートでは、上記の検討が説明され、最初に開発されるべき計画の選択はケニア政府によって行なわれる事、またこれ以上の検討は以上述べて来た3案についてパートⅡにおいて同様に行なわれるべきことが提案された。

B. 水文資料に関する諸問題

3201 全ケニアの水文作業はすべて水資源省の水文部によって行なわれてきた。概して本プロジェクト用に得られる水文資料は観測期間と測水記録の精度に限界がある。前述の3つの最適な比較案に対して入手出来る水文資料は、融資の為に通常要求されるフィージビリティスタディには不十分である。

3202 サバキ川流域における水文観測網あるいは測水所の配置は一律でなく、アティ川上流とサボ川下流に限られ他の流域をほとんどカバーしていない。アティ川中流域(測水所GF9、B-7道路橋の付近)から下流河口まで約300kmにわたって、信頼出来る現存の測水所は無い。したがって、アティ川・サバキ川沿いの問題となる流量の消失の実態を明らかにするに足る、十分に長く、かつ信頼し得る水文資料は無い。

3203 サボ貯水池付き第2ムジマバイブライン計画では、サボ貯水池はサバキバイブ

イン計画の総取水量を確保し、同時に下流域の生態的、環境的状态を維持するため不可欠な要素である。この貯水池はダム下流の流量を維持する為に必要である。したがって、ダムと貯水池の諸元は流量消失の実態が分って初めて決める事が出来、それからダムの正しい放流量が求められる。下流域での水文資料が不十分である事から、現在の計画はムジマ湧泉からの取水量と等しい流量がダムから放流されれば、現状の流れの平衡状態が確保されるという仮定に立たざるを得ない。

3204 ラレ貯水池付きラレパイプライン計画の為に、サボ西国立公園の東端がサバキ川を横切る地点付近での雨季のサバキ川の流量を知る事が必要である。しかし、この区間には全く水文資料が無い。よって、ラレダムと貯水池の計画においては、アティ川の3F2測水所とサボ川3G2測水所の水文資料に基づいたシミュレーションモデルが用いられた。シミュレーションモデルの基本的な方針は、ラレ貯水池への導水はパリチョ地点での取水量を確保した後余剰の流量がある場合にのみ行なわれるということである。ダムと貯水池が計画されるラレ川には測水所が1個所ある。このデータが示す限りでは、ラレ川には水需要を充たすに必要な流量はない。

3205 海岸地域の河川では、水文観測は概して貧弱であるが、ベンバ川では既存の上水道用取水せきが長い間運用され、西暦1932年以来流量観測が行なわれている。ムワチ川には西暦1972年に開始した3MA3測水所があり、7年以上をカバーする水文資料があるので、インベントリーレポートに報告されている様にムワチダムと貯水池の計画に使用された。

3206 しかしながら、第2段階の作業中に調査団は3MA3測水所の量水標の基準点(ゼロ点)標高が10.6フィート変えられ、いつ変えられたかの推定の方法が無く、1979年9月以降の資料のみ信頼出来るとの報告を受けた。

3207 ムワチ川(3MA3測水所)の水文資料の再検討が行なわれた。その結果が示す限り、平均流量はインベントリーレポートで取扱ったものよりはるかに小さかった。

3208 よって、計画地域の水需要の増加に見合う正しい計画の為に、水文観測の強化と継続が必要である。

C. 計画案策定

3301 この報告書では下記の2つの計画案が取扱われている。

— サボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画

— ラレ貯水池付きラレパイプライン計画

前者は第4章で、後者は第5章で検討されている。インベントリーレポートで選出した3つの計画のうち、ムワチ貯水池付きムワチパイプライン計画は水文資料の再検討の結果、取り上げないものとする。

3302 サボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画は2種の構造物よりなる。ひとつは水道用であり、もうひとつは下流の流量維持用である。前者は取水構造物とパイプラインと関連構造物および配水池から成っている。これらの施設は融資の為に通常要求されるフイージビリティスタディの精度で検討がなされている。後者はサボダムと貯水池から成っている。これらの施設は入手可能な水文資料の範囲で出来る限り正確に検討されたが、前述の理由により、融資の為に通常要求されるフイージビリティスタディの精度では扱われていない。したがって、将来前者と同様の精度を得るためには下流域の水文資料を補充することが必要である。

3303 ラレ貯水池付きラレパイプライン計画は2種の構造物より成る。ひとつは水源用であり他は水道用である。この計画は出来る限り正確を期して検討が行なわれたが、前述の理由により、融資の為に通常要求されるフイージビリティスタディの精度を得るためにはサバキ川下流域の水文資料を補充する必要がある。しかし、この計画の水源がサバキ川の雨季流量に依存しているため、乾季ほどには問題の流量の消失には影響されない。

3304 インベントリーレポートで挙げられたムワチ貯水池付きムワチパイプライン計画は入手可能な水文資料を再検討した結果、平均流量が前述のレポートで扱われたよりはるかに小さく、水需要の増大に対する中、長期計画を考えた場合、十分な水を供給することが出来ないことが判明したので、この計画は今回の検討では中断せざるを得なかった。

3305 ムワチ計画はすでに西暦1972年に行なわれたモンバサの緊急給水増強計画*に

* Scott-Wilson Kirkpatrick and Partners, "Report on an Investigation into an Additional Source to Provide the Necessary Immediate Augmentation of the Mombasa Pipeline Board Supplies", Draft,

5つの比較案のひとつとして取上げられている。当時ムワチ川には測水所がひとつも無く、提案された開発規模はモンバサへの給水の為に永年水が利用されてきた隣接のベンバ川に準じて推定されていた。この計画はサバキパイプライン計画が取上げられたため、取上げられなかった。ムワチ川の水文観測はこの時から始まっている。

3306 以後、ムワチ計画は現在まで考慮されたことはなかった。この計画は今回の検討では中斷せざるを得ないが、水需要の増大に対してはある程度重要である。中程度の水資源として、この川はモンバサに最も近く位置し、送水距離はモンバサの本土側西部まで10 km程である。都市計画ではモンバサ工業地区がここに設定されている。したがって、ムワチ計画はモンバサの本土側南部と西部の地域給水を受持つか、工業用水専用とするかして全水需要の一部を補う手段として適している。この点で、ムワチ川でも水文観測を強化継続することが望ましい。

第4章 サボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画

A. 第2ムジマ計画

4101 目的：モンバサの北西220 km、海拔680mに位置するムジマ湧泉は、無処理でも飲料に適する水を湧出しており、その一部（毎秒0.43m³）は西暦1956年以來、既設のムジマパイプラインを通してモンバサへ給水されている。サボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画は、計画地域の水需要増加のため、搬送電力を使用することなく残湧出量をできるだけ多く利用することを目的としている。また、取水量の増加がサバキ川の下流域に悪影響を及ぼすため、流量補償のためにサボ貯水池を設ける。

4102 河川：ムジマ湧泉からの流出量は極めて安定しており、現在の毎秒0.43m³の取水量のほかに最小流量毎秒2.2m³がある。その湧水はムジマ川となり、その後サボ川と合流している。両川の合流点より50 km下流において、サボ川はアティ川と合流し、サバキ（ガラナ）川となっている。バリチョにおけるサバキパイプラインの取水所はアティとサボ両川の合流点から160 km下流に位置している。なお、ムジマ湧泉から河口までの総延長のうち60%がサボ国立公園内にある。

4103 流量補償：サバキ川の流量消失により、乾季におけるサバキ川の流量はバリチョにおいて極めて少量となる。サバキパイプラインの送水量（毎秒0.83m³）は最小流量と一致するよう設計されているが、湧泉からの取水を増やすとバリチョにおける流量は計画送水量を下回ることになる。また、サバキ川に沿って棲息する植物群と野生生物は危険にさらされる。乾季において流量が極めて小さい場合、海水がサバキ川へ侵入してくる可能性も考えられる。したがって、湧泉からの取水を増やすためには、流量補償が必要である。

4104 サボ川は雨季には豊富な流量を持っている。これを雨季に貯水池に貯え、乾季に必要流量を放流することにより流量補償に使用できる。

4105 計画：上記の考えに基づいて、ムジマ湧泉から毎秒1.2m³の水をモンバサへ送り、サボ川にダムと貯水池を建設することによりサバキ川の流量を補償する。

4106 ダムおよび貯水池：サバキ川に沿った流量消失の量的な実態はほとんど未知であるので、ダムからの放流量のうち下流へ到達する有効流量を算定するのは現在では不可能である。したがって、この報告書では放流量は湧水の取水増加分に等しいとして取り扱う。水文観測により、流量消失の状況が明確になった段階で、放流量を再度計算して修正し、もし必要ならば、ダムと貯水池の規模を修正しなければならないであろう。

4107 悪影響：ダムおよび貯水池地点は全部サボ国立公園内に位置している。ダム建設に伴う騒音や工事は建設期間中、植物や野生動物に悪影響を及ぼすであろう。しかしながら貯水池の完成による湛水面は彼らにとって新しい息吹きをもたらすことになる。既設のモンバサ〜ナイロビ間の燃料パイプラインは、貯水池の上流部分を横切る形となり、貯水池の汚染があるといけないのでこれを避けるために路線変更が必要である。

4108 取水口：ムジマパイプラインにおける既設取水口は、取水水位による制約ばかりでなく環境保全も考慮して地下に建設された。この取水口は湧水の取水を増加するためには拡張することが必要である。ムジマ湧泉は6個の湧泉から成り、狭い区域に集まっているので、新たな取水口を別の位置に建設するのは不可能である。

4109 パイプライン：取水された水は自然流下により目的地へ送られる。ポンプによる圧送方法は、電力消費量、大容量ポンプが国立公園内に発する騒音また経済性の点からのぞかれた。パイプラインは既設パイプラインと平行に219kmにわたってモンバサへ向けて敷設される。配水池はマゼラスの既存配水池に加えて、サンプルとマリアカニに設置される。直径1,000mmのパイプがほぼ全線に使用される。

4110 開発規模：ムジマ湧泉からの可能最大取水量毎秒1.2m³は西暦2000年に必要となる給水増強量毎秒1.8m³よりも小さい。したがって、取水可能量は全部開発されるべきである。この計画が西暦1986年に運転開始すると仮定すると、既設給水能力はサバキパイプラインの第2期分も含めて既に限界に達しているので、本計画の供給量も西暦1995年には伸び続ける需要に追いつかれることとなる。したがって、目標年次の西暦2000年までにはまだ5年を残すことになる。西暦1995年以後の不足量は他計画で補充されなければならない。

B. 水 源

a. 概 説

4201 インベントリーレポートで示されたように、サボ川およびムジマ湧泉の測水所（3G2および3G3）における月平均流量資料を、ムジマ湧泉から取水してモンバサへ送るという計画の可能性を調べるために収集した。さらに同レポートには、サボ貯水池無しのムジマ湧泉の開発は、サバキパイラインシステムのバリチヨにおける取水量毎秒0.83m³を危うくすることが明らかにされている。

4202 インベントリーレポートでは以下の基準に基づいてバリチヨでの取水量を補償、確保するために必要となるサボ貯水池の容量を推定した。この基準とは、たとえムジマ湧泉から新規に直接取水してモンバサに送るとしても、サボ川からのサバキ川への乾季流入量は現状と同じでなければならないということであった。すなわち、サボ貯水池からの乾季放流量は、同貯水池への流入量プラスムジマ湧泉からの新規取水量相当分とするということである。

4203 サボ貯水池の貯水容量はアティ川の3F2および3G2の水文データに基づきシミュレーションモデルを設定して再検討された。これら2つの測水所では長期間にわたり信頼できるデータが収集されているが、サバキ川については信頼できる水文データを持つ測水所がない。

b. シミュレーションモデル

4204 シミュレーションモデルは河道に沿った流水の連続性をモデル化したものである。ANNEX 4204に見られるようにサバキ川に沿って流量消失があり、またバリチヨと河口の間およびサボダムとサボおよびアティ両川の合流点の間においては河川維持流量の放流が必要である。毎秒1.2m³の取水は直接ムジマ湧泉から行なわれるので、貯水池への流入量データは、3G2における流量データから毎秒1.2m³を差し引くことにより求められた。

4205 下流域での水需要を確保するためのサボ貯水池の操作規準は以下のとおりとした。

- (1) アティ川の流量が消失流量、バリチヨにおける取水量およびバリチヨと河口間における河川維持流量の和より大きいときには、サボ貯水池からの放流量は、サボダムとアティ川と

の合流点間の河川維持量とする。

(2) 下流における水需要量がアティ川の流量だけでは満たされない場合、サボ貯水池からの放流量はその不足分を補なうに必要な量とする。

(3) 貯水池水位が低水位に達し、下流からの放流要求量が貯水池への流入量よりも大きくなった場合には、流入量相当分だけを放流する。

4206 パリチョおよび河口間の河川維持流量は、サバキ川下流部への海水の浸入を防ぐためのものである。また、サボ川の河川維持流量は生態系の要求量として毎秒 $1.0 m^3$ であると想定した。サバキ川に沿う流量消失はインベントリーレポートにおいて、3 F 2と3 HA 3間で毎秒 $5.85 m^3$ であると推定されている。パリチョにおける純必要取水量は、再び川へ戻るところの浄水ロス分を差し引いて毎秒 $0.83 m^3$ とした。

4207 海拔 $300 m$ 以下の地域について年平均蒸発量が $2,500 mm$ と推定されること*、また貯水池水面からの蒸発量は一般にパン蒸発量の 60% 程度であることなどから貯水池水面からの蒸発量は $4 mm$ /日であるとした。

c. シミュレーションの結果

4208 任意に選ばれた有効貯水容量に対して、年間の水需要量と河川維持流量を満足できなかった不足水量をANNEX 4208に示した。もし、貯水池が有効容量 $3,400万m^3$ を持てばすべての要求量を満たす。しかしながら、有効容量の最も効果的な値は、ANNEX 4208の図上で横軸 45 度の傾きで曲線と接する点である。したがって、サボ貯水池の有効容量を $2,100万m^3$ と決定した。

4209 サボダムなしの解析では、ANNEX 4209に見られるように取水量を毎秒 $0 m^3$ から $1.2 m^3$ に変化させて行なった。取水量が毎秒 $1.2 m^3$ の場合、平均不足水量は $720万m^3$ でありパリチョおよびパリチョと河口間の年間総必要量の 12.3% に相当する。言いかえると、取水量が毎秒 $1.2 m^3$ であり、水不足が乾季に集中的に起こるとすれば、サバキ川は毎年継続的に 1.5 カ月の間干上がることとなる。

* Master Planning Section, Water Department, MOWD,
Rainfall Frequency Atlas of Kenga, Jan. 1978.

4210 ムジマ湧泉から地下取水施設を通して直接取水する大きな理由は、無処理で飲用に適する水が得られるということである。しかしながら、ムジマ湧泉の地下水を十分には捕捉できないという欠点がある。

4211 他に、サボ貯水池より取水するというモデルについても検討した。サバキ川に沿う流量消失量及び河川維持流量については条件を変えていない。シミュレーション結果をANNEX4211に示すが、貯水池の有効容量2,100万 m^3 および取水量を毎秒1.2 m^3 とするならば、不足水量はムジマ湧泉から直接取水するより多少多くなる。したがって、サボ貯水池からの取水は有利であるとは言い難い。

C. 貯水池およびダム

a. 貯水池

4301 貯水池における堆砂量の推定は、流量-浮遊砂量曲線を作成することにより行なった。水資源省によると浮遊砂の測定を3 G 2において行なったが、堆砂量の推定に必要な良好なデータは得られなかった。

4302 サボダムによって捕捉される堆砂は、Dr. George Ongwenyらがカンブル(Kamburu)貯水池にて行なった、堆砂量測定記録に基づいて推定した。カンブル貯水池には、年間560万トンの土砂が流れ込んでいる。サボ貯水池では100年間に流入する総堆砂量が1,600万 m^3 と推定され、これは低水位BL.482500 mにおける無効貯水容量に相当する。

4303 有効容量が2,100万 m^3 と決められたのでインベントリーレポートに示されている貯水容量曲線より満水位BL.486500 mが得られた。ダム頂は洪水時における操作上の許容量を見込んで満水位より5 m高くした。

4304 モンバサ・ナイロビ間の既設燃料パイプラインが貯水池を横ぎることになるので、このパイプラインの路線変更のために必要となる費用はサボダムの建設費用に含めた。

b. ダム

4305 インベントリーレポートではサボダムは中央コアタイプのロックフィルダムとして設計されているが、中間レポートではダムサイト付近で不透水性のコア材料を得るのは困難であると記述されている。ダムサイト近くに分布するラテライトはシルト分を十分には含んでいないので、このラテライトはコア材料に適していない。

4306 サボダムは上流側法面にアスファルト遮水工を施したロックフィルダムに変更された。なぜなら、コンクリート重力ダムよりロックフィルダムは建設費が安く、また、ダムサイト付近で岩材料がたやすく入手できるからである。さらに、タナ (Tana) 川におけるキンダルマ (Kindaruma) およびカンブル (Kamburu) ダムは表面遮水型ダムとして建設されている。サボダムの平面および横断図を ANNEX 4306-1 および 4306-2 に示す。ダムの主要諸元は以下のとおり。

河床からの高さ	34 m
堤頂の長さ	370 m
ダム体積	$450 \times 10^3 \text{ m}^3$

4307 ダムの上流側法先端には、漏水防止の手段としてカーテングラウトが施される。なぜなら、貯水池底面からの浸透水の可能性が少々あるからである。

c. 洪水吐

4308 洪水吐および仮排水路の設計のために洪水量を推定することが必要である。検討の結果、洪水吐の設計洪水流量および可能最大洪水流量はそれぞれ毎秒 $1,550 \text{ m}^3$ および $1,990 \text{ m}^3$ と求められた。ダムサイトにおける洪水については ANNEX 4307 を参照されたい。

4309 洪水吐には、ゲートなしの越流型洪水吐が選定された。なぜなら、ゲートなし越流型洪水吐は操作が不要であり、またサボダムの位置から考えてゲート操作に必要な電力の供給が安定していないからである。ANNEX 4306-1 に示すように、洪水吐の越流頂延長を 220 m とした。また、ANNEX 4306-2 に示すように、跳水式減勢工が選ばれた。インベントリーレポートでは、洪水吐は左岸鞍部に設計されていたが、左岸鞍部前面は高く広いので、ダムに接するよう設計を変更した。

d. 仮排水トンネルおよび仮締切ダム

4310 仮排水トンネルおよび仮締切ダムの設計流量は10年確率洪水に対応する毎秒650 m^3 とした。もし、洪水が仮排水トンネルを通して圧力流として流下すると仮定すると、仮締切ダムの堤高はEL.480.000 m 以上であることが必要となる。その為仮排水トンネルは無圧トンネルとして洪水を流下できるよう設計した。

4311 仮排水トンネルはダム完成後、河川維持用水及び緊急時の放流施設として利用される。放流設備は仮排水トンネルのプラグコンクリート内に設置される。

D. 給水諸施設

a. 全体計画

4401 本計画は新たに毎秒1.2 m^3 (日量103,680 m^3)の地下水をムジマ湧泉から取水するものである。これを加えると計画地域内の総施設能力は日量231,500 m^3 となる。これは西暦1995年の最大水使用月間の日給水量に相当する(ANNEX 4401)。

4402 全計画地域に対する第2ムジマバイライン計画による給水に関するスタディが、第2章「計画地域」で扱った水需要予測に基づき現在建設中のサバキバイライン系を含めた既設水源を考慮に入れて行なわれた。地域毎の水需要と、西暦1990年および1995年時点の給水計画の水源をANNEX 4402-1に示す。それらの位置をANNEX 4402-2に図示する。第2ムジマバイライン計画の概要をANNEX 4402-3に示す。

b. 設計基準

4403 給水諸施設の予備設計の目的は、本計画の技術的な可能性と最小費用の設計案を探ることである。設計規準の主な項目は、主として水資源省の設計指針に基づき、また一部ではこれを補完するために日本水道協会(JWWA)の設計規準に依った。

4404 本計画のための設計規準はANNEX 4404-1に、また需要の変動と本計画の給水能力に関する検討はANNEX 4404-2に示す。

c. 主要施設

4405 湧水取水施設：ムジマ湧泉からの毎秒1.2 m³の新規取水には、国立公園内の景観を損わないという見地から既設の取水方法と同じ方法が採用された。本計画のために必要となる取水施設は、(1)既存施設に加えて新たな2 kmにおよぶ矢板工と集水溝、(2)R C製の集水井と越流室(ANNEX 4405-1)および(3)集水井から長い水槽まで1 kmにわたって敷設されるφ600 mmの越流管である。諸施設の位置をANNEX 4405-2に示す。

4406 送水本管：新ムジマパイプラインは自然流下方式で最大毎秒1.2 m³の送水能力を持ち、その全量が一度の建設工事で開発される。パイプの口径は1,000 mmから1,300 mmである。最小費用の材料を得るために、パイプ材料は入札時に仕様書を満たす材料の内から選ぶものとする。新パイプラインは、ムジマ湧泉から既設マゼラス配水池まで全長約219 kmにわたって既設パイプラインと平行して敷設される。マゼラス配水池において、新送水本管は将来のために取り付けられている既設の600 mmのインレットパイプにつながる。本送水本管の平面図と縦断図をANNEX 4406-1から3に示す。

4407 ポンプ圧送式よりも自然流下式の管路は初期投資が大きいのが、長期間にわたる運転・維持管理およびエネルギー費用の上昇等を考えると、代替案の経済評価で明らかになったように自然流下式の方が望ましいし信頼できる(インベントリーレポート(1980年9月)のANNEX 8207)。

4408 総容量22万m³の配水池の建設が予定されている。これが完成すれば既設分と合わせ、モンパサに対し1日半の貯水容量が、またその他の地域に対しては2日半の貯水容量が確保できる。地域毎の暫定的な貯水容量とその位置をANNEX 4408-1および4406-1から3に示す。配水池の標準的な構造をANNEX 4408-2に示す。

4409 減圧井：パイプラインには、6個の減圧井(BPT)と3個所の配水池がパイプライン内の過剰圧力を減ずるために設置される。3個所の配水池(ボイ、タルおよびマリアカ=近隣)は貯水池と減圧井の2つの機能を持つ。減圧井の標準的な構造をANNEX 4409に示す。

4410 送水支管：遠隔地への用水卸し供給のために送水本管から送水支管をANNEX

4410 に示されるよう分岐させる。本計画における送水支管は以下のとおり。

- (1) タル配水池からパンガ地域までの延長40km、口径300mmのパイプにより西暦1995年で日量約2,500m³を送水する。
- (2) ムジマパイプラインからマリアカニ地域へ、延長3km、口径350mmのパイプにより西暦1995年で日量約5,000m³を送水する。
- (3) マゼラス配水池からカヤボンボ配水池まで延長28km、口径500mmのパイプにより西暦1995年で日量約16,000m³を送水する。
- (4) マレレパイプラインからカヤボンボ配水池まで約17km、口径400mmのパイプにより西暦1995年で日量約9,000m³を送水する。

4411 湧水取水施設、送水本管、減圧井、配水池および送水支管の諸元を ANNEX 4411 に示す。

E. 費用見積もり

a. 概説

4501 本プロジェクトの費用は経済コストと財務コストの両者について積算した。経済コストおよび財務コストに共通な規準について以下に述べる。

4502 本計画の主要施設（給水諸施設、ダムおよび貯水池）を ANNEX 4502 に示す。

4503 コストは西暦1980年の年央時点のものである。通貨換算率は1米ドル=7.5ケニアシリング=250日本円とする。

4504 本計画に必要な用地は全て国有地と想定し、用地買収費およびダム、貯水池に関連する補償費はないものとする。

4505 本計画の技術費および事務管理費は直接経費（資機材購入費と建設費の合計）の10%とする。

4506 予備費は基礎費用（直接経費と技術費および事務管理費の合計）の15%とする。

b. 経済コスト

4507 上述の規準を基に経済コストを見積もった（ANNEX 4507-1）。サボ貯水池付き第2ムジマバイライン計画の費用は設備更新費を除いて2.7億米ドル相当で、外貨分は1.63億米ドル、現地貨分は1.07億米ドル相当である。経済コスト見積もりのために用いられた単価と数量表をANNEX 4507-2に示す。

4508 各施設・設備の耐用年数に基づいて、各資産の更新費用を推定した（ANNEX 4508）。

4509 運転・維持管理費は人件費、薬品費、修理費および電力費に分けて見積もった（ANNEX 4509）。

c. 財務コスト

4510 財務コストは、前述の経済コストに取引税および物価上昇予備費を加えることによって推定された（ANNEX 4507）。

4511 取引税は外貨分、現地貨分ともにその費用の10%と仮定した。すべての税金は現地貨分に計上した。

4512 物価上昇予備費は、外貨分に対し年6%、現地貨分に対し年10%の物価上昇率を西暦1980年から1986年までに適用して求めた。西暦1986年以降の物価上昇は考慮せず、一定であると仮定した。

4513 設備更新費と運転・維持管理費は上記の物価上昇率を適用して見積もる。

4514 サボ貯水池付き第2ムジマバイライン計画の設備更新費と建設期間中の利子を除いた総財務コストは4.21億米ドル相当、その内、外貨分は2.07億米ドル、現地貨分は

2.14億米ドル相当である。

F. 第2ムジマ計画の評価

a. 概要

4601 本計画の評価は投資収益率(ROI)を基準に行なり。本検討における投資収益率は、全資本費、運転維持費および設備更新費(関税と税金を除いた経済費用)の現在価値と全評価期間にわたる本プロジェクト投資に起因するすべての便益が等しくなる割引率と定義される。

4602 前述の投資収益率は経済収益率を完全に表わすものではない。真の経済収益率は健康や他の環境的社会的便益を考えると実際にはもっと高いだろう。しかし、投資収益率はプロジェクトの比較のためにはひとつの適切な指標であると考えられる。

4603 便益は配水池の出口での水価とする。取水施設と配水池の出口の間で5%の水損失を想定する。そこでの水価は配水費用として30%を引いて、小売り水道料金の70%とする。本プロジェクトが用水卸し供給プロジェクトであり、配水網が含まれないことからこれらの想定がなされた。

4604 本計画によって供給される水量は計画の開発規模によって決まるので、便益の現在価値は3つの要素によって決まる。つまり開発規模、水道料金および適用される割引率である。

4605 評価の為の費用は前節Eで算出された経済費用に基づいて行なり。建設工事期間を3年とし、初期建設費のそれぞれ15%、60%および25%がそれぞれ1, 2, 3年度に支出されるものと想定する。

4606 費用の現在価値は2つの要素によって決定される。つまり計画の開発規模と適用される割り引率である。

4607 結局、便益と費用の差(B-C)は3つの要素によって決定される。つまり計画の開発規模、水道料金および適用される割引率である。

4608 便益と費用の現在価値は年相当額を基準に計算された。評価期間は本計画の運転開始から50年間とする。

b. 第2ムジマ計画の評価

4609 (B-C)の値を決める3つのパラメーターのうち、はじめに、開発規模は毎秒12 m^3 と定める。これはサボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画の最大開発規模と考えられる。本計画で毎年供給される総水量がANNEX 4609に示すように決められる。

4610 毎秒1.2 m^3 の開発規模に必要な資本費、運転・維持管理費および設備更新費は同じくANNEX 4609に示すように求められる。

4611 本計画の(B-C)の値は何種類もの水道料金を各年の給水量に適用して求める。求められる(B-C)の値はANNEX 4611に各水道料金と割引率に対して示されている。

4612 ある割引率に対する直線と(B-C)がゼロの直線との交点の水道料金がそれぞれの投資収益率を得る為の水道料金を示す(ANNEX 4611)。この水道料金と対応する投資収益率を図に表わすとANNEX 4612に示す曲線が求められる。

4613 この曲線に基づき、ある水道料金に対する投資収益率が求まる。図が示すように、現行の水道料金の1 m^3 当り5.6ケニアシリング^{*}で評価するならば、この計画の投資収益率は55%となる。

c. 感度分析

4614 この節では、予測された水需要と費用の変化がどの程度投資収益率に影響するかを検討する。

* 現状(1980年)での平均水道料金が1 m^3 当り8.0ケニアシリングであるので、水道料金の30%が配水のための費用から成ると仮定して、配水池出口での水価を1 m^3 当り5.6ケニアシリングとする。

4615 ANNEX 2439-1 と 2 に示すように、水需要の伸び率を高く予測した場合と低く予測した場合について、投資収益率の水需要に対する感度を検討した。

4616 計画の費用が10%増加した場合も検討した。感度分析の結果を ANNEX 4616 に示す。水需要の伸び率が低くかつ費用が10%増加する場合、投資収益率は4.2%にさがる。

G. 財務分析

a. 概要

4701 計画の財務的側面の検討の目的は、本プロジェクトの予想される実施機関である沿岸州水道局(OPWB)に対する財務的影響を明確にすることにある。この検討では、財務的内部収益率(FIRR)が計算され、資金計画表と損益計算書がこのプロジェクトの財務的影響を評価する為に作成された。

4702 しかし、これが配水面を除いた用水卸し供給プロジェクトであるため、上記の財務諸表はもともと仮定のものである。したがって、実際の財務諸表との整合性は図られず、プロジェクト自身の財務的影響が独立して明確にされるように試みた。

4703 財務検討の条件を以下に述べる。プロジェクトによって供給される水量は配水池の出口で把握される。取水口から配水池までの主要なロスは総給水量の5%と仮定する。配水池の出口で把握する総水量は仮定した水道料金によって評価する。水道料金は、4709項から4712項で説明されている。

4704 資金計画表と損益計算書を予測する為、資本費の現地貨部分は沿岸州水道局の内部資金から支出し、外貨部分は外国からの借款で調達するものと想定する。

4705 外国からの借款の利率は年7.45%、また返済期間は工事中の2~3年の猶予期間を含む20年と仮定する。上記の借款条件は世銀、OPECおよびサウジ資金で共同出資されたナイロビ給水プロジェクトⅡに適用されたものを参照して採用したものである。工事中の利子は資本化され、運転が開始した後償還されるものとした。

4706 財務検討は工事開始から20年間について行なう。これは外国からの借款の返済期間と一致する。

4707 資機材の耐用年数はANNEX 4508 に示すように想定し、またダムについては50年間と考える。減価償却を計算するには定額法を用いた。サボ貯水池付き第2ムジマバイブライン計画については、年3.3%の平均償却率を適用する。

4708 物価上昇率は西暦1980年から1986年の間それぞれ現地貨部分については年10%、外貨部分については年6%とし、以後西暦1986年の物価が保持されると想定した。

b. 水道料金

4709 本プロジェクトの財務的影響を検討する為、1m³当たり13.6ケニアシリングあるいは1.81米ドル(現行料金)を配水池の出口での水価を評価するために採用した。上記の水道料金決定に当り、下記の要素が考慮された。

(1) 水道料金は水道料金自体として妥当と考えられる範囲にあるべきである。言い換えれば、海水を淡水化した水の値段よりも高いような料金では、たとえ、財務上で高い収益を上げようとも、採用するわけにはいかない。

(2) さらに、西暦1986年における水道料金のレベルに達するまでの西暦1980年から1986年までの水道料金の値上げ率は適当でかつ実現出来るものでなくてはならない。つまり、消費者の支払能力を考慮した場合に実現出来ないような高い値上げ率は採用出来ない。

(3) 一方、水道料金は経済評価で十分なレベルの投資収益率を上げるに十分な程度に高くなければならない。

4710 初めに、上記の要素を考慮して、インベントリーレポートで算出したように物価上昇率を10%、実質賃金上昇を5%として水道料金の年上昇率を15%とした(インベントリーレポートANNEX 5202)。これは、もし実質賃金が年5%上昇すれば世帯当りの全収入に対する水道料金の占める割合は将来も西暦1980年でのレベルに保たれることを意味する。

4711 第2に、配水池出口での水道料金のレベル1m³当たり13.6ケニアシリングは海水を淡水化した水の値段より低いと考えられる。上記1m³当たり13.6ケニアシリングは末端水道

料金の1㎡当り19.4ケニアシリング、あるいは2.59米ドルに相当する。これは高いようではあるが、海水を淡水化した水と較べると、安いか同じくらいである。

4712 最後にサボ貯水池付き第2ムジマバイブライン計画について西暦1980年の水道料金(ANNEX 4612と4712)に換算して経済評価を行なうと、水道料金1㎡当り13.6ケニアシリングでは投資収益率は7.1%になる。本計画の投資に対する収益率7.1%は、基本的に人間に不可欠な物を満たすものである公共上水道に対する公共投資に必要な最小限の率は越えていると考えられる。

c. 財務的内部収益率(FIRR)

4713 サボ貯水池付き第2ムジマバイブライン計画のFIRRはANNEX 4713に示す様に3.4%と算出された。

4714 本プロジェクトから生ずる沿岸州水道局の収益は水の売り上げのみによると想定した。水道設置権利や新しい水道を設置する為に生じる仕事の様な他の収益は考慮しない。売られた水の量は技術的な見積もりに従って、取水口から配水池の出口までの損失率を5%と想定して、1㎡当り13.6ケニアシリングの配水池出口での水価を適用した(4709項参照)。

4715 資本費は外国からの借款(外貨分)と沿岸州水道局の内部資金(現地貨分)によって賄われる。したがって、ANNEX 4713で求められたFIRRは本プロジェクトへの総投資に対する内部収益率である。

d. 資金計画表と損益計算書の予測

4716 既に4702項で述べたように、この財務分析はもとより仮定上のものである。したがって、資金計画表と損益計算書の両財務表は、プロジェクトの財務的影響を覘ることが出来る程度に簡単化された形で作成された。貸借対照表は同じ理由から作成していない。

4717 外国からの借款、減価償却、設備更新および資金源などの財務分析上の条件は、4703項から4708項に記述されているとうりである。1㎡当り13.6ケニアシリング

(1.81米ドル)の水道料金は4708項から4711項で述べたように仮定する。財務予測は西暦1983年から2002年までの期間について行なわれた(4706項参照)。

4718 上述の条件に基づき、サボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画の資金計画表と損益計算書はANNEX 4718-1と2に示すように予測された。

第5章 ラレ貯水池付きラレパイプライン計画

A. ラレ計画

5101 概要: ラレ貯水池およびラレパイプライン計画は、サバキ川の雨季流量、ラレ川の貯水池およびラレ貯水池からモンバサへのパイプラインの組合わせによって機能する。サバキ川は、水の浸透による消失が予想されるため貯水池として適当な地点はない。この川は、乾季においてはサバキパイプラインへ取水した後の残流量はほとんどないが、雨季には豊富な水量をたたえている。したがって、雨季の流量をサバキ川からラレ川へ転流させ、貯水池へ転流した流量を季節的に貯えまた調節することにより需要地区へ年間を通じて給水しようと計画するものである。

5102 ラレ計画: 必要とされる構造物は、サバキ川の取水施設、ラレ貯水池からの水路、ラレ川におけるダム、70 kmにおよぶ貯水池からモンバサへのパイプライン、貯水池からの取水施設および浄水場である。サバキ川からラレ貯水池へは水は自然流下し、ラレ貯水池から目的地へはポンプ圧送される。

5103 取水ぜきはサバキ川にあり、サボ東部国立公園の東部境界線上を横切っている。この地点における流量消失の状況は将来の水文観測によって明確にし、再検討する必要がある。なぜなら、この取水ぜきは流量消失のそれ程ない範囲で最も下流側の地点に位置すべきであり、それによって必要な水路が短くなり、また取水流量が十分確保されるからである。

5104 毎秒 $13.3m^3$ の疎通能力をもつ水路はサバキ川の取水ぜきに始まり、約40 km南東へ伸びラレダムから約20 km上流においてラレ川に合流する。この20 kmの範囲のラレ川は水路としての機能をもっている。ダム地点はビテングニ (Vitengeni) 谷の近くに位置する。貯水池は季節的な流量調節を行ない、雨季には流量を貯え、一年を通じて毎秒 $2.5 m^3$ の給水を行なう。

5105 給水のための取水施設、ポンプ場および浄水場はラレ貯水池右岸に位置する。浄水はポンプによりサバキパイプラインと平行な延長70 kmのパイプラインに送られる。配水池

はマゼラスの近くに位置する。

5106 環境および生態系への影響：流水はサボ東部国立公園の外で取水され、同公園内の環境および生態系にはほとんど影響を与えない。サバキ川の乾季における流量は維持されるため、サバキ川下流において生態系および環境状態は何の変化もなく、またサバキパイプラインの取水流量も確保される。

5107 開発規模：サバキ川の雨季の流量は豊富であり、この計画は西暦2000年までの水需要増加量よりはるかに多くの水を供給することが可能である。しかしながら、インベントリーレポートにおける開発規模の最適化の検討の結果、毎秒2.5 m³の規模が最も経済的であると判定された。したがって、今回の検討ではこの流量規模案を取り扱う。西暦2000年の水需要増加量は毎秒1.8 m³なのでこの計画は西暦2000年における需要をはるかに上回る。西暦2000年以後の水需要が、西暦1999年から2000年までの成長率で伸びると仮定すれば、本計画の給水量は西暦2003年までの水需要を満たすこととなる。すなわち第2期サバキパイプラインを含めた既存供給能力が需要に追いつかれて以後18年間の水需要増加に対応できることになる。

5108 将来計画：サバキ川には信頼できる測水所がないために、この計画はアティ川の3F2およびサボ川の3G2の水文資料に依存している。したがって、水文観測の補強により十分な水文データが得られた後にこの計画を再検討することが必要である。

B. 水 源

a. 概 説

5201 ラレ川はタイタ (Taita) 丘陵に源を発し、サボ東部国立公園を通り抜け東へ向って流れている。公園の東部境界を通過した後、川の跡を見るのは容易ではないが、ラレ川はゴン (Goshi) 村の近隣にてゴン川となり再び姿を現す。しかしながら、川の流れは豪雨の後にだけ見ることができ、水源としては利用できないと判断される。

5202 ラレ川は丘陵地帯を貫いて流れているため、湛水のためのダム建設には好都合で

ある。それゆえにサバキ川の流量をラレ川へ転流することが計画された。転流計画は、サバキ川の流量がバリチヨにおける取水量およびサバキ川の流量消失分も含めたバリチヨと海岸の間の河川維持流量を確保してもなお余りあるとき、サバキ川の流れをラレ川へ転流するという基本的な考え方になっている。

5203 シミュレーションモデルを作成するためには、長期間にわたる信頼できる水文資料が必要であるが、サバキ川には信頼できる測水所がなく、その流量推定にはアティ川の3F2およびサボ川の3G2における観測流量の合計とした。また、サバキ川に沿った流量消失は、3F2および3HA3の間で毎秒 $5.85m^3$ と仮定された。

b. シミュレーションモデル

5204 ラレ貯水池の操作基準は次のとおりである。

- (1) 貯水池水位はできるだけ高く維持する。すなわち、水位低下の場合には、遅滞なく水位を回復するよう努める。
- (2) ラレ貯水池への転流は、バリチヨでの取水量(毎秒 $0.83m^3$)、サバキ川に沿った流量消失(3F2と3HA3の間で毎秒 $5.85m^3$)およびバリチヨと海岸の間の河川維持流量(毎秒 $1.0m^3$)を確保した場合にのみ許容される。
- (3) 貯水池容量は、与えられた流入量時系列に対しては取水量を100%保証できるだけの大きさを持った容量とする。

5205 シミュレーションモデルは上述した条件をもとに、貯水池での連続条件を考慮して作成された。貯水池水面からの蒸発量 $4mm$ /日は4207項で述べた仮定をもとに算出された。

c. 解析結果

5206 取水量に対する所要貯水池総容量をANNEX 5206に示す。取水量を毎秒 $2.5m^3$ とすれば、貯水池容量は $3,960万m^3$ が必要であり、その満水位はEL.84.2mである。シミュレーションの基本的考え方でも述べたように、取水量毎秒 $2.5m^3$ は与えられた流量時系列に対しては十分確保される。

5207 転流用の水路の疎通能力を ANNEX 5207 に示す。厳しい乾季が 5 か月間継続するので、水路容量は取水量が毎秒 $2.5 m^3$ であるのに対して毎秒 $13.3 m^3$ が必要となる。すなわち、水路容量は取水量の約 5 倍とした。

5208 もし、アティ川の上流部にムニュー (Munyu) またはキボコ (Kiboko) ダムが建設されるならば、サバキ川の流量が安定するので、転流水路の必要容量は現在の設計容量より小さくなる。あるいは、本計画通りに $13.3 m^3$ の容量の転流水路を建設した後でアティ川上流域が開発されると、ラレ貯水池からの取水量を毎秒 $2.5 m^3$ 以上に増加させることが可能になる。

C. 貯水池およびダム

a. 貯水池

5301 貯水池に流入する堆砂量の推定には、サボ貯水池の場合と同様の手法を用いた。それによれば、100 年間で貯水池容量の内 $1,200$ 万 m^3 は堆砂で埋まる。これは低水位 EL 79.0 m に相当する。

5302 ヴィテングニ村近郊には鉛山があり、硫酸バリウムや硫酸鉛を主成分とする重晶石や方鉛鉱が産出される。鉛山がこの計画に及ぼすひとつの問題は、掘り出した鉛物を洗浄した泥水が沈砂池がないためそのまま貯水池へ流入することである。

b. ダム

5303 ラレダムは中央部にコアをもつロックフィルダムとして設計された。ダム地点の谷はゆるく拡がっており、またダム地点付近でロックフィルダム材料の入手が容易なので、ロックフィルダムが適しており、コンクリート重力ダムはロックフィルダムより高価なものとなる。ダム平面および断面を ANNEX 5303-1 および 2 に示す。それは取水量毎秒 $2.5 m^3$ に対応する開発規模のものであり、概要は以下の通りである。

河床からの高さ	33 m
堤頂長さ	554 m
ダム体積	$380 \times 10^3 m^3$

5304 貯水池底面より水が浸透する可能性がわずかではあるが存在するので、中央コア下部にカーテングラウトを施す。

c. 洪水吐

5305 洪水吐および仮排水設備の設計のための洪水の検討経過をANNEX 5305に示す。検討の結果、洪水吐の設計流量は毎秒 $1,305 m^3$ 、また可能最大洪水流量は毎秒 $1,905 m^3$ と算定された。

5306 洪水吐の型式としてゲートなしの越流型洪水吐を、サボダムにおける洪水吐と同様の理由により選択した。洪水吐はANNEX 5303-1に示すように減勢池をもち、洪水吐の越流頂長さは $200 m$ である。ダム本体部はコンクリートダムに類似している。洪水吐の越流部が直線として設計されたのは、この仮排水設備が洪水吐として使用されるからである。洪水吐の断面をANNEX 5303-2に示す。

d. 仮締切ダムと仮排水設備

5307 仮排水設備および仮締切ダムの設計流量は毎秒 $260 m^3$ であり、これは10年確率洪水に対応している。インベントリーレポートでは、仮排水トンネルは左岸部で 90° 曲っている。ラレ川の流量が通常はゼロであるという状態を考慮し、仮排水設備を洪水吐に転用することがもっとも安価であり、設計に採用された。

5308 ラレダムでは、仮排水路を洪水吐へ転用するので、施工順序を検討した。まず、洪水吐設備を上流端の円形部分を残して建設し、仮排水設備として利用する。次に仮締切ダムおよびダム本体の盛立てを行ない、最後に乾季において流量のない時期に洪水吐の円形部分の建設を行なう。

e. 転流水路

5309 サバキ川からラレ川へ導水するための取水設備および転流水路をそれぞれANNEX 5309, 5303-2に示すように設計した。取水設備はサボ東部国立公園のサラ(Sala)水門

とサバキ川のワニ園の間に位置し、越流部と転流水路の頭首工とからなる。転流水路は台形水路であり、石張り工を施す。なぜならコンクリート覆工より石張り工の方が安価だからである。

5310 地質踏査は取水地点においてのみ行なわれた。取水地点および転流水路路線の地形測量を行なうことにより、正確な建設費を算出することが必要である。

D. 給水諸施設

a. 全体計画

5401 毎秒2.5 m^3 の規模のラレパイプライン計画完成後の全計画地域内の給水について、地域別水需要に基づいて、さらに現在建設中のサバキパイプラインを含めた既設水源を考慮に入れた上で検討した。西暦2000年の地域別水需要と供給計画はANNEX 5401-1に示されるように予測・策定した。需要地域の位置と水源をANNEX 5401-2に示す。ラレパイプライン計画に付随して必要となる配水網をANNEX 5401-3に模式的に示す。

5402 投資額を最小にするために、ラレ計画は2期にわけて建設される。さらに、この1期と2期はそれぞれ2つの段階に分割される。この段階的な開発方法については、本報告書の第6章においてさらに検討する。

5403 施設計画は最大日給水量に基づいて立案した。これは年間を通じての平均日給水量の113%にあたる。したがって、浄水場の処理能力と送水本管の容量は、12月から4月にかけて生ずるこの最大水需要に十分応えられるものでなければならない。計画送水量は初めの2段階（第1期分）で各日量5万 m^3 、計10万 m^3 、第2期の第1段階で日量10万 m^3 、第2期第2段階では日量5万 m^3 、最終的に合計日量25万 m^3 となる。各段階の供給能力はそれぞれ西暦1991、1994、2000および2003年の需要に対応するものである。

b. 設計基準

5404 前章で述べたように、設計基準は基本的には水資源省の設計指針により、一部日本水道協会の「水道施設設計指針」によった。本計画のための設計基準をANNEX4404-1に示す。

c. 主要施設

5405 設計方針：本給水計画の浄水場、ポンプ場およびパイプラインは、計画地域内の各地域毎の増加を続ける水需要を満たすために、ラレ貯水池から技術的にも経済的にも最適な方法で飲料水を供給するように設計された。施設の規模と段階的な開発計画は、前節で示された規準に従って決定された。以下に主要施設について述べる。

5406 原水取水施設：第1期第1段階では、頭首工と3台のポンプを設置する。その他のポンプは以後の3段階で設置される。本計画の諸施設の主要諸元を ANNEX 5406-1 に示す。取水諸施設を ANNEX 5406-2 と 3 に図示する。

5407 原水導水本管：本管は口径 1,500mm のパイプで取水用ポンプ場と浄水場をつなぐものであり、その日最大通水能力は 275,000m³ である。

5408 浄水場：貯水池に湛えられた水は、さまざまな濁度、有機物による汚染およびバクテリアによる汚濁にさらされることになる。このような水は、ANNEX 5408 に示される水質規準に適合する飲料水となるよう適切な処理が行なわれねばならない。浄水場は、薬品混和、沈でん、急速ろ過および塩素滅菌のための各処理施設からなる。浄水場における浄水湛水池の容量は、送水本管へのボイプ圧送上必要となる容量とフィルター逆洗浄に必要な容量の合計とした。

5409 浄水場の施設は3つのユニットに分割し、第1ユニットは全体計画の第1期中に建設され、日量10万m³の処理能力を持つ。第2および第3ユニットは全体計画第2期中に建設され、あわせて日量15万m³の処理能力を持ち、また将来全設計容量の20%に相当する施設を拡張できるようにになっている。

5410 浄水場の前記各ユニットは、それぞれ専用の薬品混和・沈でん池と重力式急速砂ろ過施設を持っているので、安定した処理が可能となる。浄水場のフローダイアグラムを ANNEX 5410-1 に、また施設設計を ANNEX 5410-2 に示す。

5411 送水用ポンプ場：浄水湛水池に隣接するポンプ場に設置される送水用ポンプの諸

元は ANNEX 4404-1 に示されている規準に従って決定した。第 1 期工事の第 1 段階では 3 台のポンプが設置され、他のポンプはそのあとの 3 段階で順次設置される。

5412 送水本管と配水池容量：新規に送水本管と配水池が建設される。このパイプラインと配水池の主要諸元および位置を ANNEX 5412-1 に示す。配水池に必要とされる容量は ANNEX 5412-2 において検討する。

5413 送水支管：これは送水本管から分岐して、遠隔地に用水の卸し供給を行なうものである。用水卸し供給のための送水支管は以下のように計画する。

- (1) タル配水池からパンガ地域まで：延長 40 km、口径 350 mm、西暦 2000 年の通水能力日量 7,000 m^3 。
- (2) 既設の送水本管からマリアカニ地域まで：延長 3 km、口径 350 mm、西暦 2000 年の通水能力日量 5,500 m^3 。
- (3) マゼラス配水池からカヤボンボ配水池まで：延長 28 km、口径 600 mm、西暦 2000 年の通水能力日量 32,000 m^3 。
- (4) マレレパイプラインからカヤボンボ配水池まで：延長 17 km、口径 450 mm、西暦 2000 年の通水能力日量 10,500 m^3 。

E. 費用見積もり

a. 概要

5501 本プロジェクトの建設費用は経済コストと財務コストの 2 種類について、4502 項から 4506 項に記述されているものと同じ規準に従って積算した。

5502 本計画の給水諸施設、ダムおよび貯水池の主要諸元を ANNEX 5502 に示す。

b. 経済コスト

5503 前述の規準に従って見積もられた経済コストを ANNEX 5503-1 に示す。ラレ貯水池付きパイプライン計画（取水量毎秒 2.5 m^3 ）の建設費は 274 億米ドル相当である。その

内、外貨分は1.23億米ドル、現地貨分は1.51億米ドル相当である。経済コスト見積もりに用いられた単価と数量をANNEX 5503-2に示す。

5504 各施設・設備の耐用年数に基づいて、その更新に要する費用を算定した。

5505 運転・維持管理費は人件費、薬品費、修理費および電力費に分けて、ANNEX 5505に示されるように見積った。

c. 財務コスト

5506 財務コストは4511項から4513項に述べたものと同じ方法で見積った。

5507 ANNEX 5507に見積られた財務コストを示す。設備更新費用および建設期間中の利子を除いたラレ貯水池付きラレパイプライン計画の財務コストは総額4.52億米ドル相当である。この内、外貨分は1.64億米ドル、現地貨分は2.88億米ドル相当である。

F. ラレ計画の評価

a. 概要

5601 計画の評価は、第4章F節で述べられているサボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画に適用されたと同様の基準で行われる。条件と仮定は4601項から4608項に述べられているのと同様である。

b. ラレ計画の評価

5602 本計画の開発規模は、総合的な経済上の観点からは毎秒約5.5 m³が最適であるにもかかわらず、毎秒2.5 m³とする（第6章参照）。理由は、(1)この計画は長期計画ではなくて西暦2000年を目標年とする中期給水増強計画である、(2)本検討では水需要は西暦2000年まで予測され、それ以後予想される社会・経済面での急速な変化を考えると需要の予測はあまり意味を持たない、(3)毎秒5.5 m³の開発規模の費用は大規模なダムの為の事前投資も含めて大き

くなり過ぎるので、本計画に充当される諸資源から考えると、より小さい開発規模の方がより現実的で実現性がある等である。

5603 開発規模毎秒 2.5 m^3 の計画によって供給される各年度の水量を ANNEX 5603 に示す。

5604 開発規模毎秒 2.5 m^3 の計画の為の経済費用ベースの資本費、設備更新費および運転・維持管理費を ANNEX 5603 に示す。前述の開発規模毎秒 2.5 m^3 の計画は第 6 章で述べられている様に、毎秒 0.5 m^3 、 0.5 m^3 、 1.0 m^3 、 0.5 m^3 と 4 段階にわけて建設するのが最適である。キャッシュフローはこの段階的な建設に従って作成された (ANNEX 5603)。

5605 本計画の (B-C) の値は何種類かの水価を各年の給水量に適用して求められる。(B-C) の値は何種類かの水価、開発規模および割引率について求められ、ANNEX 5605-1 から 5 に示される。

5606 4612 項で述べたと同じ手順で、水価と投資収益率との関係が ANNEX 5606 に示すように求められる。同図が示すように、水価を現状での 1 m^3 当たり 5.6 ケニアシリングとすれば、ラレ計画の投資収益率は 8.3 % となる。

c. 感度分析

5607 投資収益率の水需要と費用に対する感度を 4614 項から 4616 項に述べたと同じ手順に従って分析した。

5608 結果を ANNEX 5608 に示す。図に示されるように、低い水需要の増加予測と 10 % の費用増加を組み合わせた場合、投資収益率は 6.2 % にさがる。

G. 財務分析

5701 ラレ貯水池付きラレパイプライン計画の財務的影響は、サボ貯水池付き第 2 ムジマパイプライン計画に適用したのと同様の条件で検討された。財務検討の性格と仮定された一

般的条件は4701項から4712項に記述されている。

5702 ラレ貯水池付きラレパイプライン計画関連の諸数値は以下に示すとおりである。ANNEX 4508に示される個々の設備の耐用年数を基にして平均償却率5.3%が求められ、減価償却が算出された。

5703 財務的検討には、1 m^3 当たり13.6ケニアシリング、すなわち1.81米ドル（西暦1986年時価）の水価を用いた。この水価を西暦1980年価格に換算した後、ラレ貯水池付きラレパイプライン計画（全体開発の場合）の経済評価を行なうと、投資収益率は10.8%となる（ANNEX 5606と4712）。

5704 ラレ貯水池付きラレパイプライン計画の財務検討は2つのケースについて行なった。すなわち全体開発ケースと第1段階開発ケースである。前者は浄水施設が計画規模毎秒2.5 m^3 まで一度に開発される場合であり、後者は当面浄水施設の能力を毎秒1.0 m^3 だけ開発するケースである。貯水池の容量やパイプラインのような前述以外の条件は同じである。比較の結果は全体開発ケースがより良い事を示している。したがって、この検討では全体開発ケースが取り上げられ、第1段階開発ケースは参考までにANNEX 5704-1から3までにのせるにとどめた。

5705 財務的内部収益率（FIRR）はANNEX 5705に示す様に4.0%と算出された。

5706 ラレ貯水池付きラレパイプライン計画（全体開発）の資金計画表と損益計算書はANNEX 5706-1と2に示すように予測される。

第 6 章 長期開発計画の検討

A. 検討の目的と方法

6101 2つの開発案つまりサボ貯水池付き第2ムジマパイプライン計画(第2ムジマ計画)及びラレ貯水池付きラレパイプライン計画(ラレ計画)が本プロジェクトに与えられている。本章の目的は長期をみこした2つの開発案の最適開発順序及び規模を検討することである。

6102 目的関数は第2ムジマ計画及びラレ計画案から生じる便益とそれらの計画案にかかる費用である($B-C$)。どの様な開発順序の組合せが($B-C$)値を最大にするかを見出すのが本章の目的である。つまり、第2ムジマ計画をまず開発し、つづいてラレ計画を行うか、あるいはその逆がよいかを見出すことである。さらに、2つの計画案の開発規模を($B-C$)値を最大とする為どの様な段階開発で行なったらよいかを検討することも目的とする。

6103 上記目的はラレ計画に先だって第2ムジマ計画を建設するという組合せの下で、ANNEX 6103に図で示されている。便益は2つの計画によって供給される水量(図の斜線部分)に水道料金を乗ずることによって求められる。したがって、便益は3つの要素によって決る。つまり、開発規模、水道料金及び割引率である。

6104 費用は2つの要素によって決められる。つまり、2つの計画の段階開発を考慮した開発規模及び割引率である。

6105 したがって、この章の検討目的は($B-C$)値を最大ならしめる S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 及び S_M ($=1.2m^3/s$)の組合せを決定することと要約される。

6106 ラレ計画の開発は4段階で行なわれるものと仮定する。そして、各開発段階の規模はラレ計画の可能最大開発規模である毎秒 $5.5m^3$ に等しいかそれ以下でなければならない(ANNEX 6103において $S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \leq 5.5m^3/s$)。

B. 条件と入力データ

6201 考慮すべき要素及び可能な組合わせが多数あるので、コンピュータプログラムが開発され適用された。インプットデータは、(1)経済評価に用いられた予測された水需要曲線、(2)2つの計画案に対する建設費用表、(3)1 m^3 当り 3.0 から 15.0 ケニアシリングまで 0.5 ケニアシリングごとに変えられた水道料金、(4)毎秒 1.2 m^3 ($=S_M$) と決められた第 2 ムジマ計画の開発規模及び毎秒 0.1 m^3 ごとに変えられたラレ計画の開発規模および(5)6%から14%まで2%ごとに変えられた割引率である。

6202 西暦 2000 年まで予測されている需要曲線は必要な期間外挿された。ラレ計画の第 1 開発段階の規模 ($=S_1$) は非現実的な解をさける為毎秒 0.5 m^3 以上でなければならないとした。

C. 出力

6301 計算結果の出力量は大量なので、出力のいくつかの例が ANNEX 6301-1 から 7 までに示されている。

6302 ANNEX 6301-3 は割引率 10% かつ水道料金 1 m^3 当り 7.50 ケニアシリングの場合の例である。開発規模を変えた年純利益は最も右の項に示されている。この項には同じ開発規模で、各開発段階の規模の組合わせによって生ずる幾多の年純利益の中で最大のものだけが選ばれ、記されている。ラレ計画の 4 つの開発段階の各規模は "RARE PLAN" の下の 4 つの項目に示されている。

6303 "MZIMA PLAN" の下の 4 つの項目のうち、2 から 4 までの 3 つの項目はプログラム作成上生じた仮の項目である。もし第 2 ムジマ計画がラレ計画に先立って建設されるのであるならば、毎秒 1.2 m^3 の規模は "MZIMA PLAN" の最初の項に現われたであろう。

6304 開発規模が毎秒 2.5 m^3 の場合は ANNEX 6301-3 に示される。ラレ計画の開発段階は毎秒 0.5 m^3 、0.4 m^3 、1.0 m^3 及び 0.6 m^3 の順で行なわれ、年純利益は 80 万米ドル相当となった。"MZIMA PLAN" の最初の項が零であるのは、第 2 ムジマ計画の毎秒 0 m^3 開発

で(B-C)値が最大になることを示唆している。このことは第2ムジマ計画がラレ計画に先立って建設されるべきではないということを意味している。

6305 割引率10%のすべての計算結果はANNEX 6301-1から7に示されているが、これらの表は、(B-C)値が最大となる計画を採用すべきであるとするならば、第2ムジマ計画は建設すべきでないということを示唆している。

6306 上記の計算はANNEX 6306に説明されるダイナミックプログラミングの手法を用いて電子計算機で解かれている。

6307 ANNEX 6301-1から7に示される表はANNEX 5605-3に示された割引率10%の一連の曲線に対応する。他の割引率に対しても同様の一連の曲線がANNEX 5605-1から5に示されるように描かれている。*

6308 ANNEX 5605-1から5に示される様にラレ計画の開発規模は割引率を変化させても毎秒5.0から5.5 m^3 位で最適になった。

D. 長期開発計画の検討結果

6401 この章でなされた検討の結果、年純利益を最大ならしめることを目標とするならば、第2ムジマ計画は建設すべきではないと判定された。さらにラレ計画はほぼ物理的限界とみなされる毎秒5.0 m^3 から5.5 m^3 まで開発すべきであると示唆している。

6402 しかし本調査報告書では、ラレ計画に対し前の5602項で述べている通り毎秒2.5 m^3 の開発規模が採用されている。

6403 ANNEX 6301-1から7に示されている表を精査すると、毎秒2.5 m^3 の開発規模に対し、毎秒0.5 m^3 、0.4 m^3 、1.0 m^3 および0.6 m^3 の開発段階が(B-C)の値を最大ならしめることがわかった。実際の施設の建設や運用上の問題を考慮して開発段階を毎秒0.5 m^3 、

* 実際、投資収益率(ROI)に基づくラレ計画案の経済評価はこの章でなされた検討結果に基づく。

0.5 m³、1.0 m³及び0.5 m³のように若干変更して建設すべきであると結論づけられる。各開発段階は次の様に示される。

工期	段階	開発量	累計
第1期	段階 1	0.5 m ³ /s	0.5 m ³ /s
第1期	段階 2	0.5 m ³ /s'	1.0 m ³ /s
第2期	段階 1	1.0 m ³ /s	2.0 m ³ /s
第2期	段階 2	0.5 m ³ /s	2.5 m ³ /s

建設資金調達は各工期ごとになされ、建設は各段階ごとになされる (ANNEX 6401 参照)。

6404 水需要予測に見合うように各段階の完成は下記に示す年度になされることが必要である。

工期	段階	完成年度
第1期	段階 1	1986
第1期	段階 2	1991
第2期	段階 1	1994
第2期	段階 2	2000

開発段階による暫定建設計画をANNEX 6404 に示す。

E. 実施機関

a. 現在の実施機関

6501 水資源省：第2章で述べた通り、現在ケニアにおける水道を統括する機関は水資源省 (MOWD) である。本機関は全国の水道の計画、設計、建設および維持管理を担当している。組織図をANNEX 2201に示す。

6502 技術局：水資源省内には実施機関として技術局 (WED) があり、これが前述の実務を行なっている。

6503 沿岸州水道局：技術局の下には沿岸州水道局 (CPWB) が沿岸州の水道事業のために設置されている。同局は運転・維持管理、技術、総務および経理の4部門から成る。この

4部門以外に、運転・維持管理部の下にはチャンガメ、モンバサおよびマリンディに地区本部がある(ANNEX 6403)。

6504 モンバサパイプライン局：モンバサ水道に関連して、沿岸州水道局とは別にもう一つの組織がある。これはモンバサパイプライン局(MPB)と呼ばれ、西暦1958年に設立された独立機関である。同局は現在水資源省に属しており、ムジマおよびマレレ両パイプラインの運転と経理を担当している。技術的な権限は沿岸州水道局に属する。加えて用水卸し供給量の計測と水道料金の徴集は沿岸州水道局にゆだねられている。

6505 歴史的にはモンバサパイプライン局は海岸地域における用水供給施設の唯一の所有者であり、実際に企業として運営されている機関であったが、その権限と業務の範囲は徐々に縮小され、沿岸州水道局に替わられている。

6506 その他の機関：本計画地域内では自治省(Ministry of Local Government)の指導の下に、郡協議会によっていくつもの農村地域給水事業が行なわれている。その大部分はモンバサパイプライン局から受水している。加えて他省の管理下で運営されている水道事業があり、これらもモンバサパイプライン局から受水している。これらの給水施設の運転は沿岸州水道局に委ねられている(ANNEX 6503と6506)。

6507 沿岸州水道局の労働力：沿岸州水道局には約1,500人が働いており、1,200人は運転・維持管理部門に属する。モンバサ地区の運転・維持管理のために約260人が働いている。これらの職員は現在のところその人数と質の両面において、モンバサ地域の2万個所の給水栓に対する給水事業に対処できるだろう。

b. 新規開発

6508 新規開発計画は既存の組織すなわち、水資源省、同省技術局および沿岸州水道局によって実施されるべきである。これら機関の組織と機能は一般に適切であると考えられる。しかし、プロジェクトを成功裡に完成させ、完成した諸施設を着実に運転するためには以下の事項が重要となる。

6509 施設の拡張：モンバサおよび沿岸給水プロジェクトの現在進行中のプログラムは近い将来の増量を考えたものである。サバキパイプライン開始に当っては次の事が必要となろう。

- (1) 供給量の増加に伴って給水栓の設置を速やかに行なえるよう特別計画を立てる。
- (2) 給水圧増圧に伴い漏水の増加が予想されるため配水管網の漏水修理部門の増員を行なう。
- (3) 管路と浄水場の運転人員を補充する。

6510 サバキパイプラインの開発に伴い、モンバサ島、本土側西部、本土側北部、キリフィ、テゾーロカ居留地 (Tezo-Roka)、ムナラニ (Mnarani)、タカウング (Takaungu)、ムトワバ (Mtwapa) およびビピング (Vipingo) における配水管網の拡張も設計され、現在工事中である。

6511 第4章および第5章で述べた給水増強計画を実施するに当って、6509項で述べたような職員増加や配水管網の拡張・強化が必要となろう。

6512 給水増強計画実施のために水資源省技術局内に特別部門を作ることが必要になろう。

6513 上述の特別部門の主要任務は次のとおりである。

- (1) 計画立案と設計
- (2) コンサルタントの雇傭
- (3) 資機材の購入
- (4) 建設業者の資産審査および土木工事の入札
- (5) 工事監理
- (6) 工事完了後の施設の沿岸州水道局への引き渡し
- (7) 関係省庁との連絡

6514 既に一部試みられているような計画地域内のすべての給水事業の一元化はさらに推進されることが望ましい。現在は、用水の卸し供給と各戸給水はいくつかの個々の実施機関によって別々に遂行されている。また、給水事業の運営の一部は沿岸州水道局に委嘱されている。計画地域内の給水事業の運営をより機能的に行なうために、給水事業のすべての権限と責任は単一の実施機関に集中されるべきである。

第7章 結論と勧告

7101 該当プロジェクト地域のおよそ西暦2000年までの中期的給水増強（水需要追加分毎秒 $1.8 m^3$ ）のためにインベントリーレポートでは3つの候補案が選出された。この3案のうちムワチ案は、水文記録に問題があることが判明したので除外された。そこで本報告書では残る2案すなわち、サボ貯水池つき第2ムジマパイプライン計画（最大給水量毎秒 $1.2 m^3$ ）およびラレ計画（最大給水量毎秒 $2.5 m^3$ ）が検討された。

7102 サボ貯水池つき第2ムジマパイプライン計画は、ムジマ湧泉からモンバサに至る延長219 kmのパイプラインとサボ川に設けるサボダムと貯水池の組合せである。総工費は経済コスト2.70億米ドル相当、財務コストが4.21億米ドル相当である。現在の水価 $1 m^3$ 当り5.6ケニアツリングを用いると、投資収益率（ROI）は5.5%と算出される。財務的内部収益率（FIRR）は卸し水価を毎年15%上げて行くとして3.4%と算出される。

7103 サボ貯水池つき第2ムジマパイプライン計画の長所は水質が非常に良くて浄水が不要なこと、送水は自然流下によるため動力が不要なこと、従って運転維持（O&M）が容易で低廉なことである。反面短所は、湧泉とモンバサ間の距離が長いので投資額が巨大になることおよび給水能力が西暦2000年の需要を下廻り、かつこれ以上給水能力を増しうる可能性がないことである。

7104 ラレ計画はラレ川に設ける貯水池と、モンバサに至る延長70 kmのパイプラインの組合せである。この貯水池に雨季のサバキ川の水を導水して貯留かつ調節して給水する。総工費は経済コストが2.74億米ドル相当、財務コストが4.52億米ドル相当である。第2ムジマ計画と同じ条件で、投資収益率（ROI）は8.3%、財務的内部収益率（FIRR）は4.0%と算出される。

7105 ラレ計画の長所は、給水能力が西暦2000年の水需要を上廻ること、なおかつ、これ以上給水能力を増やすことが技術的に可能であること、および段階開発が可能なことである。短所は、本計画もコストが巨大であること、水質がサバキパイプラインの場合と同じくあまり良くないこと、およびこの水質とポンプを要する送水方法のため維持管理（O&M）が

あまり容易でなく、あまり低廉でないことである。2案の比較表をANNEX 7105 に示す。

7106 インベントリーレポートでベスト3案の1つに選出されたムワチ案の検討は、水文データに問題があるため本報告書では行なわれていない。データの精度からみて現在この案の開発スケールを決定することはできない。スケールは将来十分なデータが使えるようになってから決定されるべきである。しかしながら本案のスケールはインベントリーレポートに示されたものより遙かに小さくなることは確実である。よってこの計画は本報告書の検討から除外された。しかしながら本案は、局地的な給用水としての補助計画あるいは専用工業用水源として有用であろう。本案の位置がモンバサ市の本土側西部に近いので、この地域の給水に適している。

7107 本報告書で扱っている2案はいずれも技術的に可能である。しかしながら、それぞれに含まれているダム貯水池案の規模は将来見直しが必要である。サボ案ではサバキ川の流量消失量に関し、またラレ案では堆砂量に関し実測を要する。

7108 前述のように経済評価をすると、現在の卸し水価1ガリ5.6ケニアシリングに基づいた投資収益率(ROI)は、第2ムジマ計画では5.5%、ラレ計画では8.3%である。これらのROIはいずれもそれほど高いものではない。しかしモンバサの給水増強は基本的なニーズによるものであるから、最終案の決定はROIの値の比較のみでは決定できない。

7109 両案の財務分析結果は、両案とも長期間にわたって巨額の負債が累積することを示している。従って何れの案を採るにしても実施による財務的な影響は注意深く顧慮する必要がある。

7110 第6章「長期開発計画の検討」では、ダイナミックプログラミングを用いて両案の優先順位の検討を行なっている。この検討では、西暦2000年を越える長期を想定し、技術的と経済的な観点でのみ検討を行なっている。数学的な結果はラレ計画から着手すべきことを示している。

7111 もし将来ケニアの電力不足が顕在化し、ケニア政府がこの問題による経済的社会的問題解決に努力する必要があるとすれば、サボ貯水池つき第2ムジマ計画の長所、すなわち

重力による送水と浄水不要が着目されるであろう。

7112 もしサボ貯水池つき第2ムジマパイプライン計画がモンバサ給水増強の最有力案となることがあるとすれば、それ以前に下記の条件を満たしておくことが必要である。

(1) 投資額を外国援助に仰ぐなら、巨大な工費額を考慮して十分にソフトな、すなわち、低金利かつ長期のものを求めなくてはならない。

(2) 本件実施機関沿岸州水道局に累積すると予想される巨額の負債は政府を通じて、非受益者にも分担させなくてはならない。

7113 もし、サボ貯水池つき第2ムジマパイプライン計画が先に実施されるならば、西暦2000年の数年前に需要が給水能力に追いつく。よって次に続くものとしてラレ計画がそれまでに実施されねばならない。

7114 水文データが不十分であるから、現在の検討はすべて、仮定を設けた推定値によって行なわれている。よって実際のデータから直接水資源開発が計画できるようサバキ川水系と海岸小河川の水文観測を強化することを勧告する。

7115 将来の水需要の伸びを注意深く観測しなくてはならない。顧慮する点は、サバキパイプラインによる需要増、給水制限解除による人口と消費者の増加、給水網の拡充、下水網の拡充および水料金の値上げによる影響である。

ANNEXES

アティ川ムニューダム計画に関する覚え書き

調査団はインベントリー検討に際してアティ川の水資源開発計画に関しては充分の注意を払った。その当時にはアティ川開発の諸案は、全国水資源開発マスタープランに示されていただけで、TRDA（タナ川開発公社）による、アティ川の調査はまだ始まったばかりのところであった。インベントリーレポートに示された20の候補案のうち4案（プラン1, 2, 3および4）は、アティ川のダムを組合せたものである。すなわちプラン1とプラン2はムニューダムとの組合せ、プラン3とプラン4はキボコダム（別名スワケダム。後日このダムはTRDAによって別のヤッタダムに変更された）との組合せである。

このうちプラン1とプラン2は有力案選出の過程では途中まで残り、最後にふるい落されている。ふるい落しの主な理由は、ムニューダムはモンバサ給水増強に望ましい時期に実施されうるかどうか不確実である、ということであった。

最近ムニューダムを中心として状況変化が起った。水資源省からのコメントに付けられたインフォメーションによると、アティ川の投資前調査では開発最優先順位がムニューダム計画に与えられており、このフィージビリティ調査が西暦1981年5月から始められたとのことである。

インフォメーションによると、この計画はキブウェジ地域に13,000haのかんがい、30ないし40MWの水力発電、それにナイロビとモンバサへの水道用水供給という目的を持つ。このムニューダム計画の効果が予定どおり（スケジュールによると西暦1986年央）期待できるとすれば、インベントリーレポートのプラン1および2は再考慮に値する。しかしながら、この計画をモンバサ給水増強に採るならば、事前に下記の諸点が確認されていなければならない。

1. 貯水池容量

ムニュー地点はダムと貯水池に好適な地形をしている。しかしながら、地質上この利点がフルに利用できるか否かはまだ判明していない。調査団の地質技師が現地を踏査した所見では、两岸の上層部は透水層を含む第三紀層より成っている。可能なダムの高さはボーリングと

物理探査を充分に行った上で決定されねばならない。もしもダムの高さが現在の見込みより低くなるようならば、モンバサへふりむけられる流量を減少させるかあるいはかんがい面積を減少させる必要がある。

2. 流量消失

アティ川とサバキ川には流量消失の問題がある。この消失量の推定値は求められているが、恒久的な測水所で測定した水文データを使って確認されていない。ムニユ-多目的ダム計画の便益はかんがいとモンバサ給水に大きく依存するが、これらは消失流量によって大きく左右される。よって消失量が確認されなければ計画の規模は決定できない。これらの諸値は、ムニユ-計画のフィージビリティ検討で明らかにされるであろう。

3. 流量調節が流量消失に与える影響

貯水池なしの自然条件下では、アティ川とサバキ川沿いの地下水は豊富な雨季流量から補給されている。貯水池ができると雨季の水は貯留され乾季に放流される。よって雨季の地下水補給は減少し、乾季の消失流量が増加する可能性がある。この問題はムニユ-計画のフィージビリティ検討中、注意深く取扱われねばならない。

4. かんがいからのリターンフロー

1981年2月の調査団の聴き取りでは、モンバサ用に得られる流量は毎秒 $3 m^3$ で、次のように計算されている。毎秒 $12 m^3$ (ダムあるいは発電所からの放流量)

$$\times 0.5 \quad (\text{かんがい効率})$$

$$\times 0.5 \quad (\text{還元水の還元率})$$

もしこのとおり毎秒 $3 m^3$ が使えるならばモンバサ給水補強にとって充分である。しかしキブウェジ地域は乾燥地帯の中にあるから、上記の還元率がこのとおりかどうかをムニユ-計画のフィージビリティ検討で確認する必要がある。聴き取りでは、モンバサ給水補強の流量を充分に確保するためかんがい支配面積を加減するとのことである。すなわち、モンバサ地域の水需要を満足させるため、かんがい支配面積を減らすことが可能であるとのことである。従って、ムニユ-計画のフィージビリティ検討の中で還元率の充分な検討が行なわれなくてはならない。

上述の諸点が確認された後、はじめてモンバサ地区向けの流量が決定される。その時に

は2つのケースがありうる。すなわち、ケースA：流量が充分得られる場合と、ケースB：流量が充分に得られない場合である。「充分」とは、西暦2000年までのモンバサ給水増強のための水需要が満たされることを意味する。

その段階において給水計画のいくつもの案が考えられるであろう。最良案はその段階で考えうるすべてのプランを考えた上で選出されなければならない。各ケースにつき例のいくつかを下記に示し、略図を別紙に示す。

ケースA：充分な流量が得られる場合

A1案 第2サバキパイプラインとの組合せ

A2案 第2ムジマパイプラインとの組合せ

ケースB：充分な流量が得られない場合

B1案 ラレ貯水池とラレパイプラインとの組合せ

(不足分は、ラレ貯水池から補う)

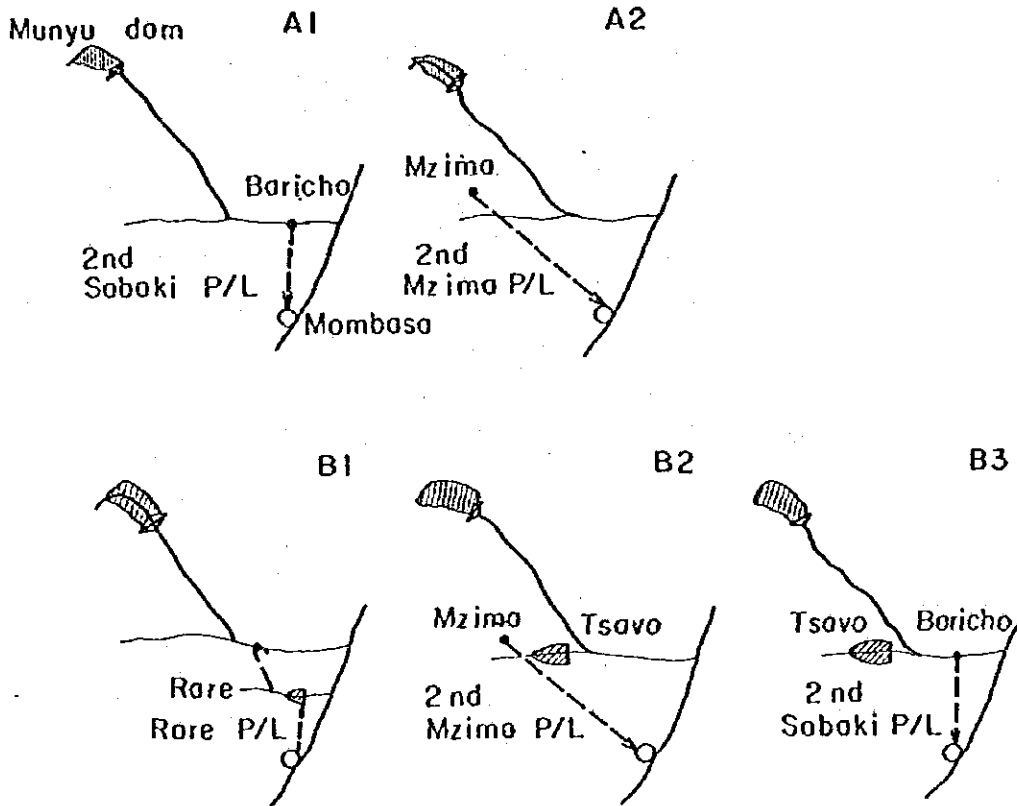
B2案 第2ムジマパイプラインとサボ貯水池との組合せ

(不足分は、サボ貯水池から補う)

B3案 第2サバキパイプラインとサボ貯水池との組合せ

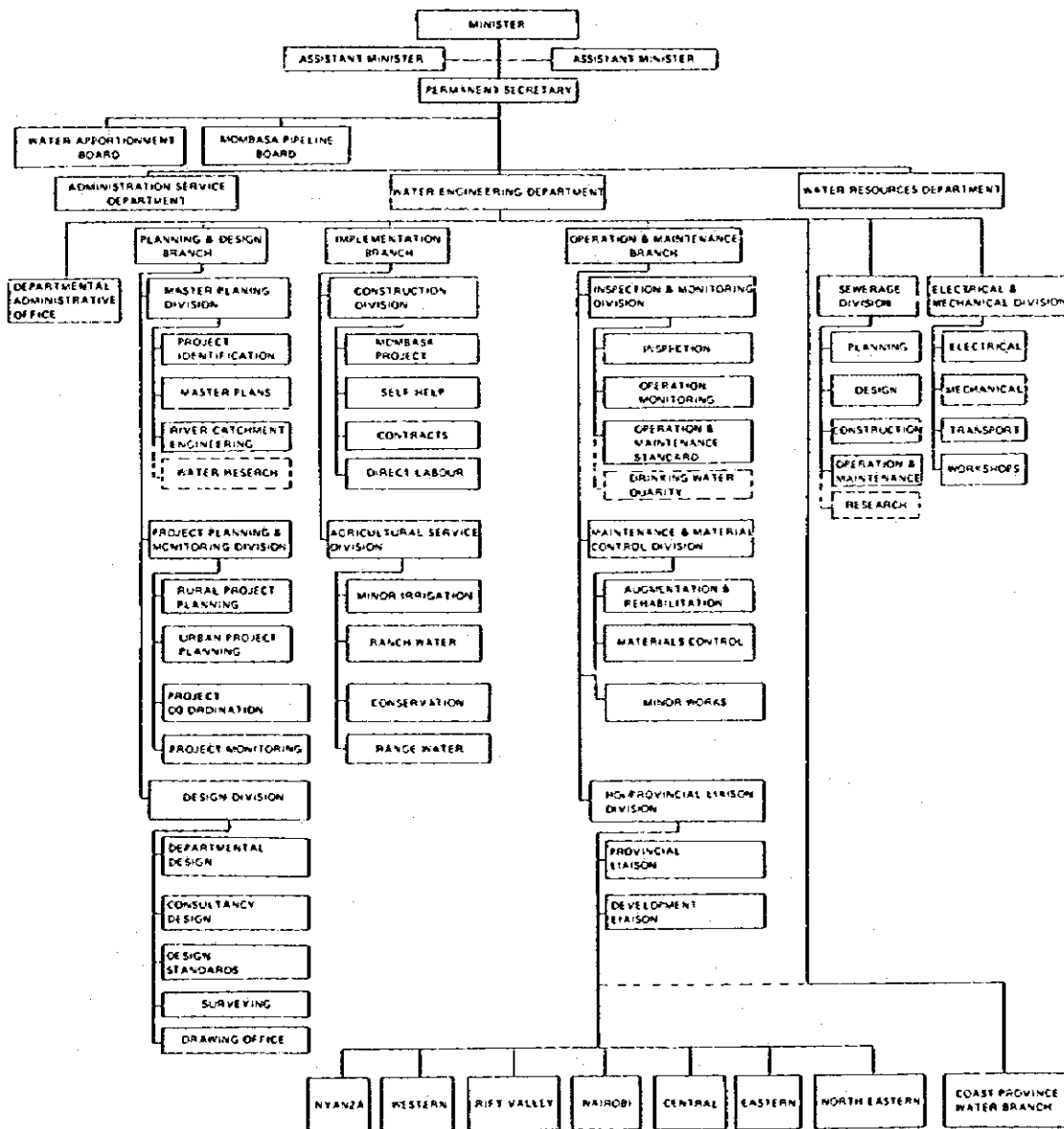
(不足分は、サボ貯水池から補う)

ケースBには、不足分を補う方法がこのほかにもありうる。例えば、海岸中小河川や地下水を用いることである。このような状況にあるので、将来の最良案の選定には再び充分な検討が必要となる。この関係上、今回の検討で選出された2案は、現状を代表するものとして、保留されるべきである。アティ川の水源開発が加わったという新条件下で新たな再考慮が行われなくてはならない。



EXAMPLES OF CONCEIVABLE PLANS WITH MUNYU SCHEME

ORGANIZATION CHART OF WATER ENGINEERING DEPARTMENT IN THE MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT



(PROVINCIAL ORGANIZATIONS)

Note: The above chart shows the organization chart as of August 1980

Source: Water Engineering Department

DRS No. P50/75

EXISTING BULK WATER SUPPLY SOURCES

<u>Descriptions</u>	<u>(1) Mavere Springs</u>	<u>(2) Pemba Intake</u>	<u>(3) Mzima Springs</u>
1. Type of Source	Spring	Pemba River	Spring
2. Time of Construction	1916	1973	1952-56
3. Design Capacity	2,500 m ³ /day	6,540 m ³ /day	36,000 m ³ /day
4. Time of Expansion	(1) 1930's (2) 1950's	1979	
5. Expanded Capacity	(1) 10,500 m ³ /day (2) 13,500 m ³ /day	"	"
6. Facilities			
a) Intake pumps	-	2 pumps	-
b) Transmission pumps	-	3 pumps (booster pumps for filters)	-
c) Treatment Facilities	Sedimentation basins and Chlorination equipment	Sedimentation basins, Chlorination filters & chlorination equipment	Chlorination facility (not used now)
d) Power	-	Fuel Engine	-
7. Estimated Production Capacity	10,000 m ³ /day	2,000 m ³ /day	36,000 m ³ /day
8. Others			Potential intake capacity: 72,000 m ³ /day

EXISTING BULK WATER SUPPLY SOURCES (CONTINUED)

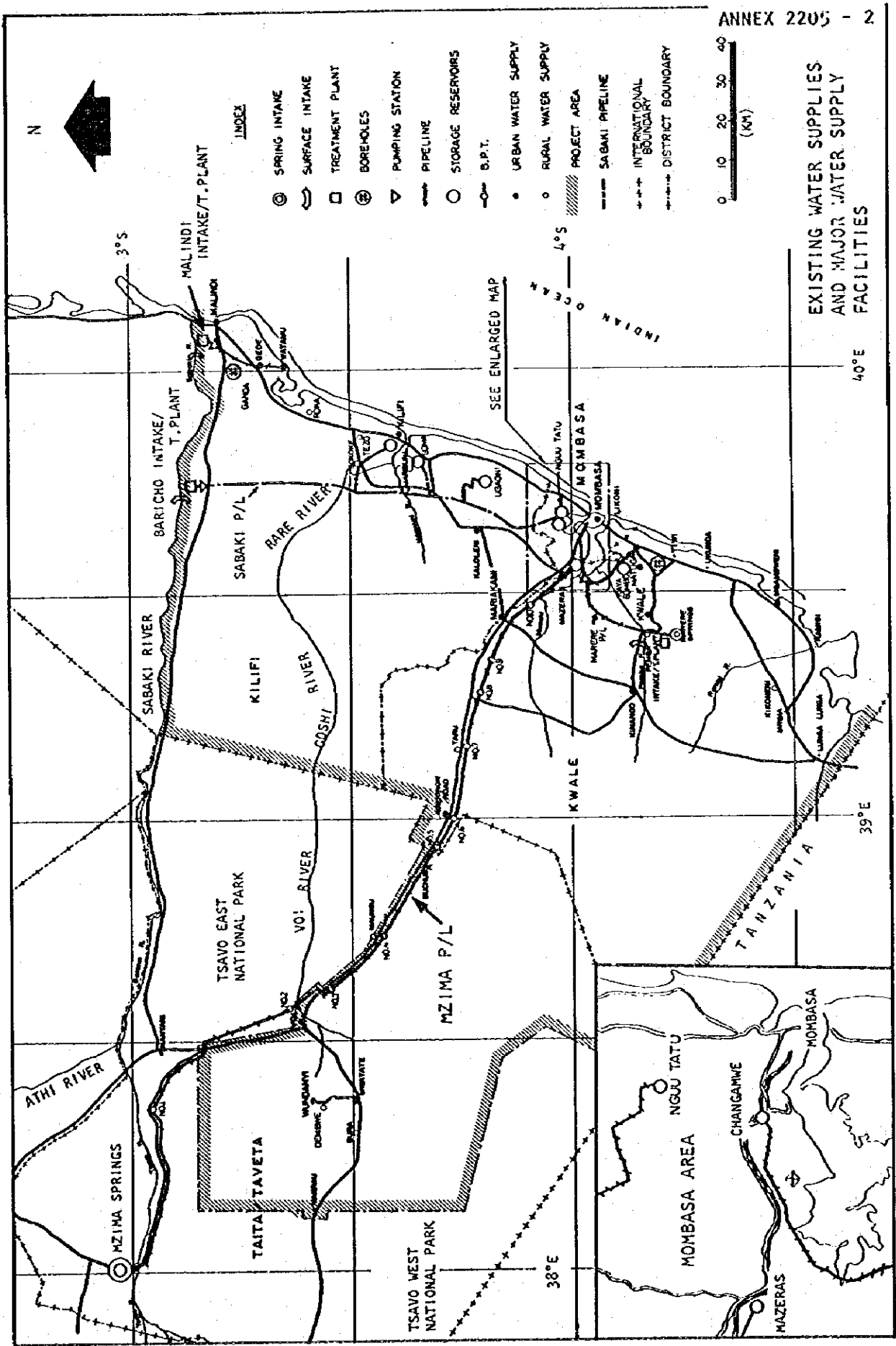
<u>Description</u>	<u>(4) Tiwi B.H. No 1</u>	<u>(5) Tiwi B.H. No 2</u>	<u>(6) Tiwi B.H. No 4</u>	<u>(7) Malindi Intake</u>
1. Type of Source	Ground Water	Ground Water	Ground Water	Sabaki River
2. Time of Construction	-	-	-	1961
3. Design Capacity	45 m ³ /hr.	67.5 m ³ /hr.	80 m ³ /hr.	1,800 m ³ /day
4. Time of Expansion	1976	1979-80	1979	1970's
5. Expanded Capacity	-	-	-	2,000 m ³ /day
6. Facilities				
a) Intake pumps	Submersible pump	Submersible pump	Submersible pump	2 pumps
b) Transmission pumps	-	-	-	2 pumps
c) Treatment Facilities	Chlorination equipment	Chlorination equipment	Chlorination equipment	Presettling basins, sedimentation basins, filters and chlorination facilities.
d) Power	Electricity	Electricity	Electricity	Electricity
7. Estimated Production Capacity	1,000 m ³ /day	1,200 m ³ /day	1,700 m ³ /day	2,200 m ³ /day
8. Others				

EXISTING BULK WATER SUPPLY FACILITIES

Facilities	(1) Mazere Pipeline	(2) Mzima Pipeline	(3) Pemba Water Works	(4) Mazeras-Jaribuni Pipeline
1. Spring Intake	Mazere Springs	Mzima Springs	-	-
2. River Intake	-	-	Pemba River Intake	-
3. Boreholes	-	-	-	-
4. Treatment Plant	Sedimentation, filtering chamber & chlorination facility.	Chlorination facility.	Sedimentation basins, filters & chlorination facility.	-
5. Transmission Main	D300mm-D250mm: 4.2km	D530mm-D760mm: 219 km	Connection to Mazere Pipeline	D200mm-D180mm: 50 km
6. Booster Pumping Station	Mile 8 booster pumping station	-	-	Mazeras booster pumping station
7. Reservoirs	Changamwe & Kaya Bombo reservoirs: 29,600 m ³ & 1,100 m ³	Mazeras reservoirs: 81,000 m ³	-	Ribe, Kaloleni & Ditzoni reservoirs: 450 m ³ x 3nos. Jaribuni Water tank: 45 m ³
8. Others	-	10 Break pressure tanks on Mzima Pipeline	Intake pumps & high lift pumps for filters	-

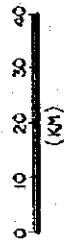
EXISTING WATER SUPPLY FACILITIES (CONTINUED)

Facilities	(5) North Mainland Pipeline	(6) Marere Kaya Bombo Pipeline	(7) Tiwi Boreholes	(8) Malindi Pipeline
1. Spring Intake	-	-	-	-
2. River Intake	-	-	-	Sabaki River Intake
3. Boreholes	-	-	No. 1, 2, 3, & 4 Boreholes with pumps	2 Boreholes in Ganda with pumps
4. Treatment Plant	-	-	Chlorination facilities	Presettling basins, sedimentation basins, filters & chlorination facilities
5. Transmission Main	D250mm 19 km	D200mm-D150mm 10 km	D200mm	D300mm-D100mm
6. Booster Pumping Station	-	-	-	Malindi T. Plant booster pumps
7. Reservoirs	Nguu Tatu reservoirs: 4,550 m ³ and 18,000 m ³	Kaya Bombo reservoir: 1,100 m ³	Tiwi water tank: 2,200 m ³	Garalani reservoir: 1,135 m ³ & Ganda reservoirs: 1,500 m ³
8. Others	-	-	-	-



INDEX

- ⊙ SPRING INTAKE
- ↪ SURFACE INTAKE
- TREATMENT PLANT
- ⊕ BOREHOLES
- ▽ PUMPING STATION
- PIPELINE
- STORAGE RESERVOIRS
- B.P.T.
- URBAN WATER SUPPLY
- RURAL WATER SUPPLY
- ▨ PROJECT AREA
- SABAKI PIPELINE
- - - - INTERNATIONAL BOUNDARY
- · - · - DISTRICT BOUNDARY



EXISTING WATER SUPPLIES
AND MAJOR WATER SUPPLY
FACILITIES

MOMBASA WATER SUPPLY
ANNUAL AVERAGE DAILY WATER DELIVERED

Unit: m³/day

<u>WATER SUPPLY ZONE</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>6th February 1980</u>
Mombasa Island	20,335	22,781	23,632	24,670
North Mainland	4,800	5,663	5,400	6,332
South Mainland	2,634	2,909	3,300 (1)	3,780
West Mainland	8,393	8,971	9,300	11,230
Sokoke/Kilifi	748	714	946	1,211
Marere Pipeline in route	2,158	2,144	2,568	2,568
Subtotal	39,068	43,182	45,146	49,801
Consumers in route				
Mzima Pipeline	2,929	3,225	2,865 (1)	4,328
TOTAL	41,997	46,407	48,011	54,129

Remarks: (1) Extrapolated figures.

MOMBASA WATER SUPPLY
WATER AVAILABLE OR PRODUCED

Unit: m³/day

<u>Water Supply Source</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>6th February 1980</u>
Mzima at Mazeras	32,036	32,884	33,636	32,181
Marere Headwork	8,536	10,067	10,975	10,800
Pemba Treatment Plant	947	696	NIL (1)	2,195
South Coast Boreholes + NM Wells	<u>1,700</u>	<u>1,768</u>	<u>1,578</u>	<u>3,611</u>
Subtotal	43,219	45,415	46,189	48,787
Available/Consumers in route Mzima PL.	<u>2,929</u>	<u>3,225</u>	<u>2,865</u>	<u>4,328</u>
TOTAL	<u>46,148</u>	<u>48,640</u>	<u>49,054</u>	<u>53,115</u>

Remarks: (1 Plant stopped due to dam construction.

Source: Statistic Unit
Chief Operation & Maintenance Engineer
D & M Division
Coast Province Water Branch

PRESENT CONSUMERS BY WATER USE CATEGORIES

Name of Water Supply	Class								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1. Kilifi	304	0	0	21	0	45	0	0	370 nos
	82	0	0	6	0	12	0	0	100 (%)
2. Tezo Roka	193	0	0	31	0	3	0	0	227
	85	0	0	14	0	1	0	0	100
3. Kaloleni	222	0	0	11	0	19	0	0	252
	88	0	0	4	0	8	0	0	100
4. Malindi	1672	0	0	42	0	74	3	10	1809
	92	0	0	2	0	4	0	1	100
5. Gede Watamu	218	1	0	21	2	18	30	4	294
	74	0	0	7	1	16	10	1	100
6. Voi	514	0	0	4	3	9	0	0	530
	97	0	0	1	1	2	0	0	100
7. Wundanyi	275	5	0	2	0	2	0	0	284
	97	2	0	1	0	1	0	0	100
8. Mwajika-Teri	25	0	0	0	0	0	0	0	25
	100	0	0	0	0	0	0	0	100
9. Dembwa	59	0	0	3	0	0	0	0	62
	95	0	0	5	0	0	0	0	100
10. Mazaras-Rabai	109	25	13	13	5	11	7	0	183
	60	14	7	7	3	6	4	0	100
11. Mariakani	257	10	0	8	2	10	13	0	300
	86	3	0	3	1	3	4	0	100
12. Mackinnon Road	8	0	0	2	0	0	0	0	10
	80	0	0	20	0	0	0	0	100
13. Kwale	145	0	0	4	0	33	0	0	182
	80	0	0	2	0	18	0	0	100
14. Msambweni	43	0	0	2	7	13	8	0	67
	64	0	0	3	1	19	12	0	100
15. Kinango	52	0	0	11	0	10	0	0	73
	71	0	0	15	0	14	0	0	100
16. South Mainland	685	153	91	43	9	51	49	5	1,086
	63	14	8	4	1	5	5	0	100
17. North Mainland	1781	104	36	71	16	38	44	14	2104
	85	5	2	3	1	2	2	1	100
18. Mombasa Island	9788	1333	1814	1191	368	425	22	1	14942
	66	9	12	8	2	3	0	0	100
19. West Mainland	1911	84	307	134	107	69	67	0	2679
	71	3	11	5	4	3	3	0	100
Total	19421	1715	1161	1659	513	898	245	42	26755 nos.
	73	6	8	6	2	3	1	0	100 (%)

- Remarks: (1) Upper figures show numbers of service connection.
(2) Lower figures show ratio in percentage to the total.
(3) Number of class stands for following categories:
- 1: Single family
 - 2: Multiple
 - 3: Flats
 - 4: Commercial
 - 5: Industrial
 - 6: Institution
 - 7: Kiosks
 - 8: Beach hotels

Source: CPWB Office, data of February, 1979.

LEAKAGE AND LOSSES

	Unit: m ³ /day		
	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
1. Water Available or Produced	46,148	48,640	49,054
2. Annual Average Daily Water Delivered	41,997	46,407	48,011
3. Balance/Leakage and Losses	4,151	2,233	1,043
4. Percentage of Total Production	9.0%	4.6%	2.1%

Source: Statistic Unit.

Chief Operations and Maintenance
Engineer.

Design and Maintenance Division,
Coast Province Water Branch.