

ケニア共和国

マレワダム建設計画調査

最終報告書

要約

平成2年12月

国際協力事業団

LIBRARY

社調
90 131

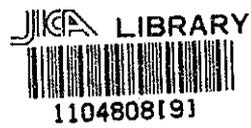
407/617

ケニア共和国

マレワダム建設計画調査

最終報告書

要 約



25010

平成 2 年12月

国際協力事業団



序 文

日本国政府は、ケニア共和国政府の要請に基づき、同国のマレワダム建設計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1989年2月から6月、1989年10月から1990年2月および1990年5月から7月まで日本工営株式会社 山口正史氏を団長とし、同社及び株式会社アイ・エヌ・エー新土木研究所から構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、ケニア国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、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った。

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

終りに、本調査にご協力のご支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1990年12月

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介

伝 達 状

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介 殿

マレワダム建設計画の最終報告書を提出いたします。本報告書は、逼迫の予想される大ナクル圏東部地区の上水需要に対応する、水資源及び給水施設開発計画に寄与すべく作成いたしました。

本調査の目的は、3つの都市部（ナクル市、ギルギル町、ナイバシャ町）と、2つの地方圏（ギルギル、ナイバシャ）に対する最適給水計画の策定であります。この目的のため、1989年1月から1990年11月までの期間、調査団は、各種調査を行ないこれらの結果を6分冊にまとめました。

本調査では、この地域の社会経済の持続的な発展と急増する人口に対応するためには、水資源開発は不可欠であり、かつマレワ川の表流水が、開発可能な唯一の水源であると結論づけられました。しかしながら、本プロジェクトは、地域的特性から、自然環境に大きな問題を起こし得ると予測されます。このため、本計画を実施する前に必ず自然環境及び社会環境を十分に考慮した対策案を策定することを勧告いたしております。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間にわたり、多大な御支援を賜った貴事業団、作業管理委員会、外務省、在ケニア日本大使館の諸賢、ならびに、ケニア政府諸機関の関係各位にたいし、心からの感謝の意を表するものであります。

平成2年12月

調 査 団 長

山 口 正 史

マレワダム建設計画調査
フィージビリティ・レポート

本調査の最終報告書は以下により構成される

第一巻 要約

第二巻 主報告書

第三巻 付属報告書（Ⅰ）

付属”A” 地形測量

第四巻 付属報告書（Ⅱ）

付属”B” 地質調査

付属”C” 材料調査

第五巻 付属報告書（Ⅲ）

付属”D” 水文調査

付属”E” 水需要予測と水料金の評価

付属”F” 水資源開発計画

第六巻 地形図



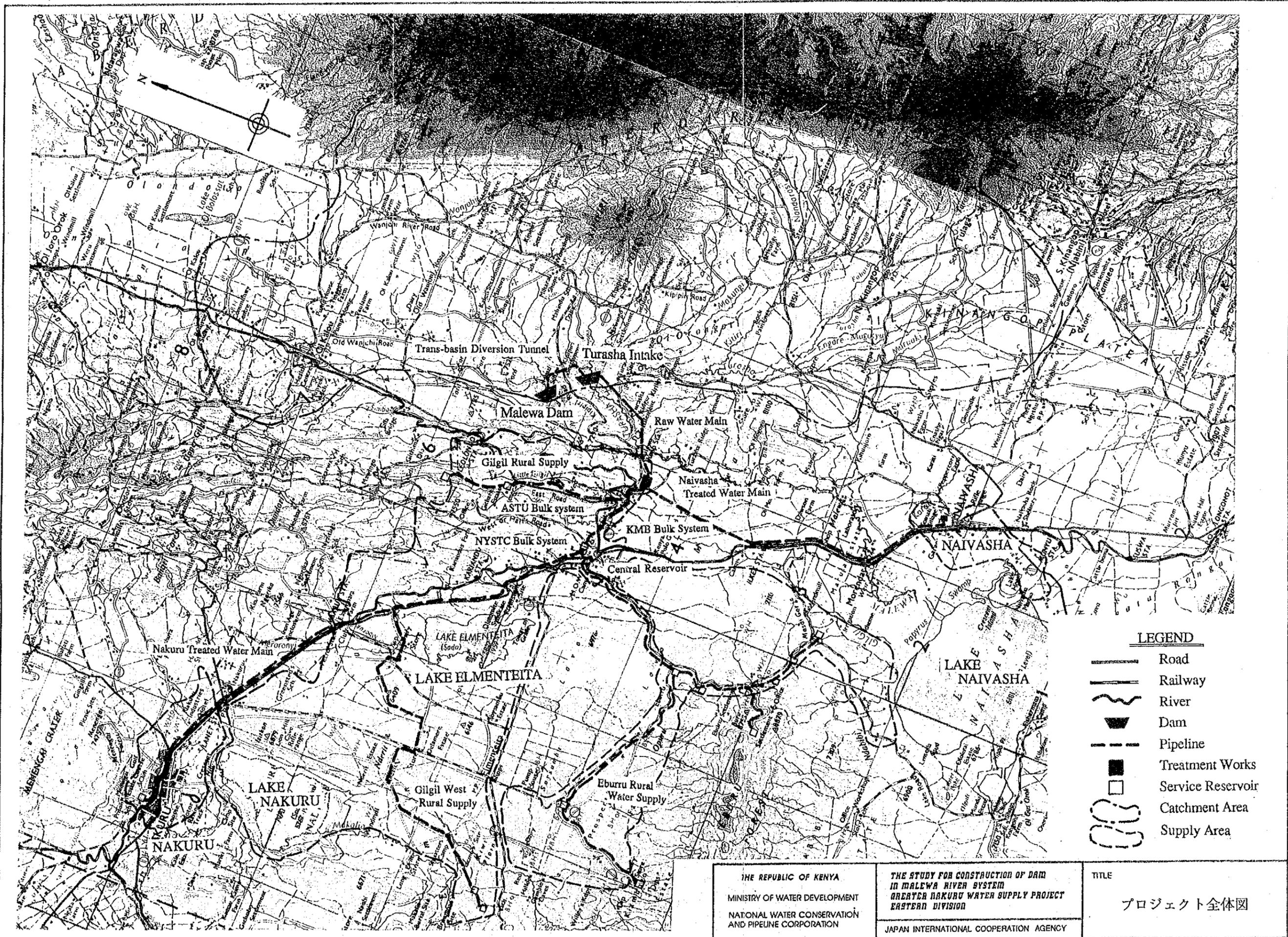
THE REPUBLIC OF KENYA
MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT
NATIONAL WATER CONSERVATION
AND PIPELINE CORPORATION

THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM
IN MALEWA RIVER SYSTEM
GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT
EASTERN DIVISION

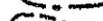
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

マレワダム完成予想図



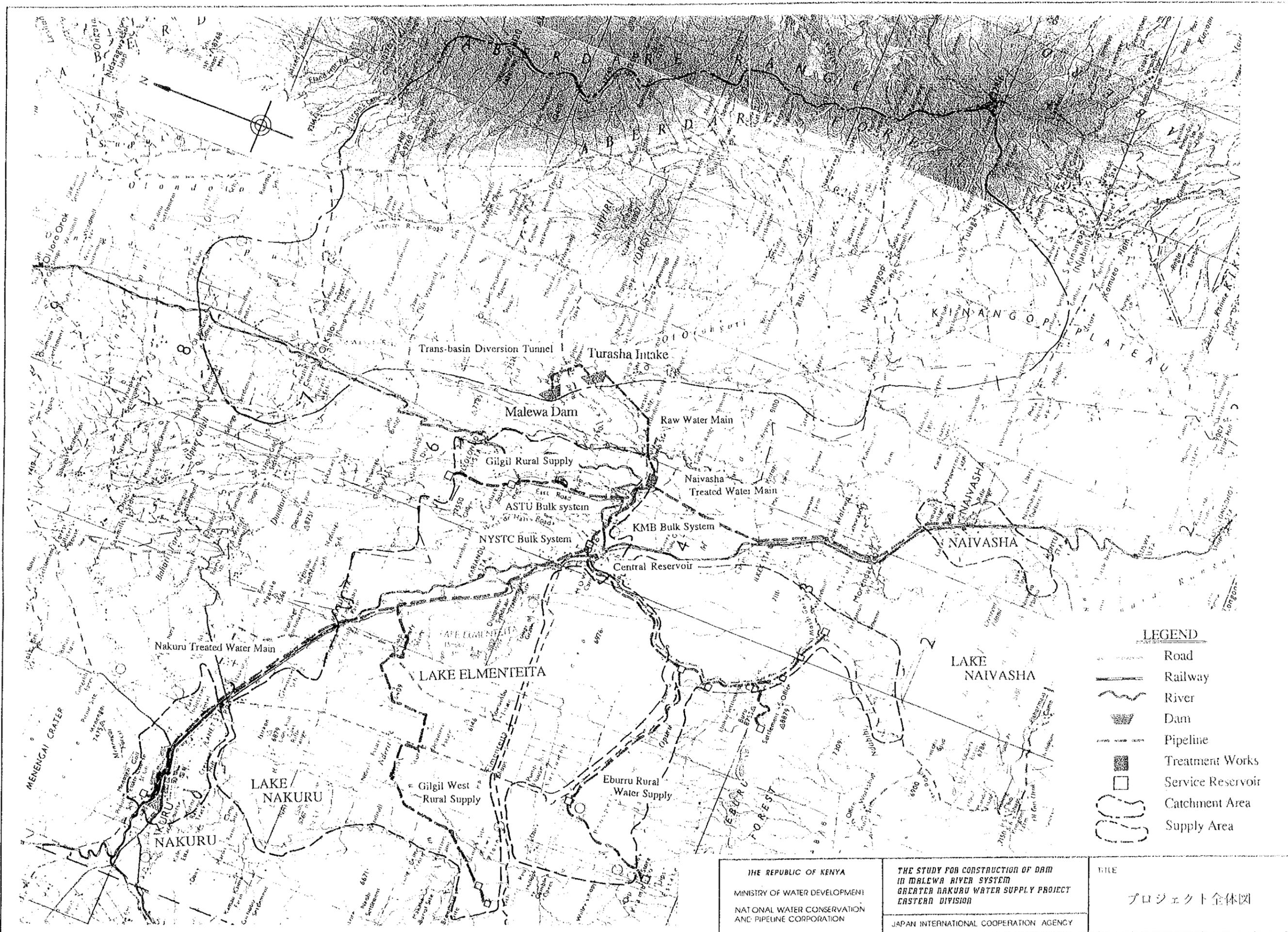
LEGEND

-  Road
-  Railway
-  River
-  Dam
-  Pipeline
-  Treatment Works
-  Service Reservoir
-  Catchment Area
-  Supply Area

THE REPUBLIC OF KENYA
 MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT
 NATIONAL WATER CONSERVATION
 AND PIPELINE CORPORATION

THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM
 IN MALEWA RIVER SYSTEM
 GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT
 EASTERN DIVISION
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE
 プロジェクト全体図



THE REPUBLIC OF KENYA
 MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT
 NATIONAL WATER CONSERVATION
 AND PIPELINE CORPORATION

THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM
 IN MALEWA RIVER SYSTEM
 GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT
 EASTERN DIVISION
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

FILE
 プロジェクト全体図

プロジェクトの主要概要

1. マレワ・ダム

1. 1 ダム及び附帯施設

(a) 貯水池

流量面積	635sq.km
常時満水位	El.2,149.00m
最低水位	El.2,123.50m
洪水位	El.2,151.80m
総貯水容量	71.80×10^6 cu. m
有効貯水容量	55.92×10^6 cu. m
死水量	15.88×10^6 cu. m

(b) 転流工

設計洪水量	240cu. m/sec
仮締切りダム天端標高	El.2,115.00m
仮締切りダム盛土量	コア 16,700cu. m
	フィルター 8,900cu. m
	外部シェル-1 50,200cu. m
	外部シェル-2 48,700cu. m
仮排水トンネル	形状 Circular
	直径 3.65m
	延長 342m
条数	2

(c) ダム

型式	センタコア式ロックフィル
天端標高	El.2,154.00m
ダム高	80.0m
天端長	360.0m
天端幅	10.0m

勾配	上流	1 : 2.70
	下流	1 : 2.20
盛土量	コア	166,900cu.m
	フィルター	110,900cu.m
	内部シェル	59,100cu.m
	外部シェル-1	516,200cu.m
	外部シェル-2	148,100cu.m

(d) 余水吐

型式		扇型、無ゲート
天端標高		E1.2.149.00m
天端長		101.0m
設計洪水量		960cu.m/sec
減勢池設計洪水量		460cu.m/sec
余水吐水路	幅×延長	20.0m×182m
減勢池	幅×延長	20.0m×80.0m

(e) 放流施設

流量調節弁		ホーロージェット・バルブ、D 500m
-------	--	---------------------

1. 2 流域変更トンネル

(a) 取水工

型式		縦型
設計流量		2.30cu.m/sec
取水口敷高		E1.2.120m
流量調節弁		ホーロージェット・バルブ、D. 750m

(b) トンネル

形状		半円
トンネル高及び幅		H = 1.8m、W = 1.8m
延長		2.420m

底勾配	1 : 1.000
設計流量	2.30cu.m/sec
トンネル内での流れ	常流

(c) 放水工	
型式	階段式減勢工

2. 給水施設

2. 1 導水施設

(a) 取水工	
設計流量	2.30cu.m/sec
常時取水位	E1.2.103.20m
取水口敷高	E1.2.102.00m
取水口数	2
取水口、幅×高さ	2.50×1.20m

(b) トンネル	
流計流量	2.30cu.m/sec
形状	半円
トンネル、幅×高さ	1.80×1.80m
トンネル長	190m
底勾配	1 : 1.500

(c) 排砂工	
設計流量	2.30cu.m/sec
常時水位	E1.2.102.50m
沈砂池、幅×長さ	4.0×14.0m

(d) パイプライン

	<u>ステージ 2-1</u>	<u>ステージ 2-2</u>
設計流量	102,500m ³ /day	102,500m ³ /day
流れ	重力	重力
条数	1	1
パイプ材	スチール	スチール
パイプライン構成		
D 1,000mm	6.800m	6.800m
D 500mm	2.600m	2.600m

2. 2 浄水施設

浄水法	<u>ステージ 2-1</u>	<u>ステージ 2-2</u>	完全浄水 <u>ステージ 2-3</u>
浄水量	100,000m ³ /日	50,000m ³ /日	50,000m ³ /日
浄水施設数	50,000m ³ /日×2	50,000m ³ /日×1	50,000m ³ /日×1

50,000m³/日 浄水ユニットの概要

(a) 急速混合池

型式	重力
数	1

(b) フロック形成池

型式	縦流
数	4
幅×長さ	10.2m×12.5m

(c) 沈澱池

型式	水平流
数	4
幅×長さ	12.5m×50.0m

(d) 濾過池	
型 式	コンスタント濾過 逆洗浄と表面洗浄
フィルター・ベッド数	8
フィルター・ベッド、幅×長さ	8.70m×8.00m
フィルター材	砂 600mm厚
フィルター床	砂利 350mm厚
(e) 浄水池	
貯水容量	2.084m ³
満水位	E1.2.072.00m
低水位	E1.2.069.00m
(f) 高架タンク	
貯水容量	1.100m ³
満水位	E1.2.087.0m
低水位	E1.2.084.8m
(g) スラッジ乾燥池	
容 量	3.400m ³
数	2
幅×長さ×深さ	72.4m×48.4m×1.6m
(h) 洗浄水滞留池	
貯水容量	7.400m ³
数	1
幅×長さ×深さ	36.7m×102.7m×2.3m

2. 3 ナクル送水施設

(a) メイン・パイプライン

	ステージ 2-1	ステージ 2-2
設計流量		
浄水場-ケニアツ駐屯地	82,520m ³ /日	89,550m ³ /日
ケニアツ駐屯地-セントラル配水池	81,690m ³ /日	88,350m ³ /日
セントラル配水池-ギルギル西部ブランチ	71,740m ³ /日	76,450m ³ /日
ギルギル西部ブランチ-ナクルR6配水池	70,960m ³ /日	75,900m ³ /日
流 れ	重 力	重 力
条 数	1	1
パイプ材	スチール	スチール
パイプライン構成		
浄水場-セントラル配水池		
D 1,000mm	1,800m	4,150m
D 900mm	5,600m	3,250m
セントラル配水池-ナクルR6配水池		
D 900mm	-	2,170m
D 800mm	24,210m	30,340m
D 750mm	8,300m	-

(b) 配水池

配水池	水 位 (El. m)		配水池数と貯水容量 (m ³)		
	HWL	LWL	ステージ 2-1	ステージ 2-2	ステージ 2-3
ギルギル					
- セントラル	2,051.70	2,047.00	1×4,100	1×2,940	1×2,940
ナクル					
- R 1	1,983.03	1,979.03	1×1,200	1× 800	1× 800
- R 2	1,935.20	1,932.20	1× 300	1× 150	1× 150
- R 3	1,903.00	1,898.80	2×4,410	1×2,520	2×2,520
- R 4	1,888.46	1,884.46	1×1,600	1×2,400	1×2,400
- R 5	1,850.96	1,846.96	2×4,800	1×5,400	1×5,400
- R 6	1,915.90	1,911.70	2×2,625	1×3,675	1×3,675
- R 7	1,871.01	1,866.51	2×3,600	1×6,300	1×6,300

2. 4 ナイバシヤ送水施設

(a) メイン・パイプライン

	ステージ 2-1	ステージ 2-2
設計流量	16.700m ³ /日	9.900m ³ /日
流れ	重力	重力
条数	1	1
パイプ材	スチール	スチール
パイプライン構成		
D 500mm	25.700m	—
D 450mm	3.000m	30.340m
D 400mm	—	24.700m

(b) 配水池

配水池	水位 (El. m)		配水池数と貯水容量 (m ³)		
	HWL	LWL	ステージ 2-1	ステージ 2-2	ステージ 2-3
R 1	1.994.0	1.990.0	1×1.600	1× 600	1× 600
R 2	1.962.0	1.958.0	2×4.200	1×2.400	1×2.400

2. 5 ギルギル東部農村給水施設

(a) 送水ポンプ施設

ポンプ型式	多段式渦巻きポンプ		
	浄水場	配水池 No.1	配水池 No.2
ポンプ台数	2	2	2
流量	0.596m ³ /分	0.374m ³ /分	0.225m ³ /分
揚程	171m	136m	149m

(b) 送水管

	ステージ 2-1	ステージ 2-2
流計流量		
浄水場-配水池No.1	780m ³ /日	550m ³ /日
配水池No.1-配水池No.2	490m ³ /日	340m ³ /日
配水池No.2-配水池No.3	295m ³ /日	205m ³ /日
条数	1	
パイプ材	UPVC	
パイプライン構成		
浄水場-配水池No.1	D 150mm、L = 7.100mm	
配水池No.1-配水池No.2	D 125mm、L = 4.300mm	
配水池No.2-配水池No.3	D 100mm、L = 4.600mm	

(c) 配水池

配水池	水位(El.m)		配水池数と貯水容量 (m ³)		
	HWL	LWL	ステージ 2-1	ステージ 2-2	ステージ 2-3
No.1	2.210.0	2.207.8	1×660	1×500	-
No.2	2.335.0	2.332.8	1×440	1×330	-
No.3	2.460.0	2.458.0	1×300	1×200	-

2. 6 ギルギル西部農村給水施設

(a) 送水管 (ナクル送水管-配水池No.1)

	ステージ 2-1	ステージ 2-2
設計流量とパイプライン構成		
D 150mm、L = 15.000mm	780m ³ /日	550m ³ /日
D 100mm、L = 11.700mm	480m ³ /日	280m ³ /日
D 80mm、L = 2.200mm	170m ³ /日	160m ³ /日

(b) 送水ポンプ施設

ポンプ型式	多段式渦巻きポンプ
ポンプ台数	2

流 量	0.114m ³ /分
揚 程	104m

(c) 送水管 (配水池No.1-配水池No.2)

	ステージ 2-1	ステージ 2-2
設計流量	150m ³ /日	100m ³ /日
条 数	1	1
パイプ材	スチールパイプ	スチールパイプ
パイプライン構成	D 100mm L = 2,100m	D 100mm L = 2,100m

(d) 配水池

配水池	水 位 (El. m)		配水池数と貯水容量 (m ³)		
	HWL	LWL	ステージ 2-1	ステージ 2-2	ステージ 2-3
No.1	1,860.0	1,858.0	1×50	1×50	—
No.2	1,960.0	1,956.4	1×180	1×90	—

2. 7 エブル農村給水施設

(a) 送水管

設計流量とパイプライン		ステージ 2-1	ステージ 2-2
		(m ³ /日)	(m ³ /日)
セントラル配水池-配水池No.1	D250mm、L=10,200m	3,700	2,220
配水池No.1-配水池No.2	D250mm、L=14,300m	1,900	1,110
配水池No.2-配水池No.3	D200mm、L= 8,700m	1,900	1,110
配水池No.1-配水池No.4	D200mm、L= 3,400m	1,900	1,110
配水池No.4-配水池No.5	D200mm、L= 3,700m	1,900	1,110
配水池No.5-配水池No.6	D150mm、L= 4,600m	950	555
配水池No.5-配水池No.7	D100mm、L= 1,700m	950	555
配水池No.7-配水池No.8	D100mm、L= 1,800m	950	555
配水池No.8-配水池No.9	D100mm、L= 2,300m	950	555

(b) 送水ポンプ施設

ポンプ型式	多段式渦巻きポンプ			
	配水池No.3	配水池No.4	配水池No.5	配水池No.6
ポンプ台数	2	2	2	2
流量	1.450m ³ /分	1.450m ³ /分	1.450m ³ /分	1.450m ³ /分
揚程	297m	134m	199m	294m

(c) 配水池

配水池	水位 (El. m)		配水池数と貯水容量 (m ³)		
	HWL	LWL	ステージ 2-1	ステージ 2-2	ステージ 2-3
No.1	2.014.0	2.010.4	1×90	1×90	—
No.2	1.890.0	1.886.4	1×90	1×90	—
No.3	1.955.0	1.953.0	1×1,200	1×800	—
No.4	2.170.0	2.166.4	1×90	1×90	—
No.5	2.350.0	2.346.4	1×90	1×90	—
No.6	2.620.0	2.617.8	1×660	1×330	—
No.7	2.260.0	2.256.4	1×90	1×90	—
No.8	2.100.0	2.096.4	1×90	1×90	—
No.9	2.020.0	2.017.8	1×660	1×330	—

2. 8 ギルギルのバルク給水

建設予定段階

ケニヤッタ駐屯地、ギルギル駐屯地—青少年訓練センター	ステージ 2-1
盗難防止隊	ステージ 2-2

	ケニヤッタ駐屯地 —青少年訓練センター	ケニヤッタ駐屯地	盗難防止隊
設計流量	7.060m ³ /日	2.030m ³ /日	1.140m ³ /日

ケニヤッタ駐屯地

— 青少年訓練センター

ケニヤッタ駐屯地

盗難防止隊

(a) 送水ポンプ施設

ポンプ型式	—	—	多段式渦巻きポンプ
ポンプ台数	—	—	2
流量	—	—	0.825m ³ /分
揚程	—	—	25m

(b) 送水管

流れ	重力	重力	ポンプ
条数	1	1	1
パイプ材	UPVC	UPVC	UPVC
パイプライン構成			
D 100mm	—	130m	—
D 150mm	—	—	2.530m
D 300mm	260m	—	—

(c) 配水池

配水池	水位 (El. m)		配水池数と貯水容量 (m ³)		
	HWL	LWL	ステージ 2-1	ステージ 2-2	ステージ 2-3
ケニヤッタ駐屯地	2.029.1	2.025.5	1×760	—	—
盗難防止隊	2.063.6	2.060.0	—	1×720	—

図面リスト

- 第1図 位置図
- 第2図 マレワ貯水池図
- 第3図 マレワダム計画一般平面図
- 第4図 マレワダム、平面図
- 第5図 ダム本体、標準縦横断面図
- 第6図 洪水吐、標準縦横断面図
- 第7図 流域変更トンネル、取水口、放水口
- 第8図 トラシャ取水堰、平面図/断面図
- 第9図 導水路ルート、縦断面
- 第10図 浄水場、一般平面図
- 第11図 ナクル導水路ルート、縦断面、ステージ2-1
- 第12図 ナイバシャ導水路ルート、縦断面、ステージ2-1
- 第13図 ギルギル農村給水
- 第14図 エブル農村給水

付表リスト

	頁
表 S. 1. 1 JICA 作業監理委員会と調査団のメンバー	29
表 S. 4. 1 日平均水需要予測	30
表 S. 6. 1 建設費積算(1/4) ~ (4/4)	31
表 S. 6. 2 建設費用支払い計画	35
表 S. 7. 1 ナクル市下水処理施設処理水排水規準	36
表 S. 7. 2 既存水利権	37

付図リスト

図 S. 4. 1 単位給水量及び単位貯水量当りのダム建設費	38
図 S. 4. 2 導水施設拡張計画	39
図 S. 4. 3 浄水場拡張計画	40
図 S. 4. 4 ナクル送水施設拡張計画	41
図 S. 4. 5 ナイバシャ送水施設拡張計画	42
図 S. 6. 1 (1/2) マレワダム建設スケジュール	43
図 S. 6. 1 (2/2) 給水施設建設スケジュール	44
図 S. 7. 1 ナイバシャ湖、表面積・水位関係	45
図 S. 7. 2 ナクル湖、下水処理水増加による水没地域	46
図 S. 8. 1 プロジェクト・オフィス組織図	47
図 S. 8. 2 環境モニタリング組織図	48
図 S. 9. 1 水供給量とナイバシャ湖の水位関係	49

第五章	予備設計	
5. 1	マレワダム施設	11
5. 2	給水施設	13
第六章	建設計画と積算	
6. 1	建設形態	15
6. 2	建設工程表	15
6. 3	建設工事費	16
第七章	環境調査	
7. 1	一般	17
7. 2	環境現況	17
7. 3	環境影響予測	20
7. 4	環境保全	23
第八章	組織と運営	
8. 1	プロジェクト実施の為の組織	24
8. 2	プロジェクトの運営、管理	24
8. 3	環境モニタリング組織	24
第九章	経済・財務評価	
9. 1	経済評価	25
9. 2	財務分析	25
9. 3	社会・経済への影響	26
9. 4	全体評価	26
第十章	勧告	27

目 次

	頁
マレワダム完成予想図	
プロジェクト全体図	
プロジェクトの主要概要	
第一章 概 説	
1. 1 背 景	1
1. 2 調査の組織	1
1. 3 調査の目的と概要	2
第二章 背 景	
2. 1 社会・経済概要	3
2. 2 プロジェクト関連の主要国家政策	3
2. 3 上水道部門	3
第三章 調査地域	
3. 1 概説	5
3. 2 社会経済状況	6
3. 3 公共給水	6
3. 4 既存污水处理	6
第四章 開発計画の策定	
4. 1 人口予測	8
4. 2 水需要・水不足	8
4. 3 水資源開発計画	9
4. 4 給水計画	9
4. 5 マイクロ水力発電計画	9
4. 6 開発計画の策定	10

第一章 概 説

1. 1 背 景

本プロジェクトの主目的は大ナクル圏給水プロジェクトのうちリフトバレー県の東部地区の3都市部（ナクル市、ギルギル町、ナイバシャ町）及び2農村地区（ギルギル、エブル）への給水の確保及び増強を図る事である。ナクル市はリフト・バレー県の首都で、ケニヤで第4番目の都市である。

地域開発の発展と住民の生活改善を達成する為に、ケニア政府は長期給水計画の策定が不可欠であるとした。種々の検討の結果、MOWD (Ministry of Water Development)はマレワ川流域の表流水を2段階に分けて開発する事とした。ステージ“1”プロジェクトは、マレワ川の支流のトラシャ川の表流水を利用し、ナクル市とギルギル町に緊急的に18,000m³/日を給水するもので、1992年の運開をめざし工事中である。ステージ“2”プロジェクトは当該プロジェクトに相当し、長期給水目的達成の為にマレワ川にダムを建設する計画である。

1. 2 調査の組織

ケニア政府の要請に応じて、国際協力事業団（JICA）はプロジェクトのフィージビリティ調査を1989年1月～1990年11月の期間で実施した。調査は以下のように3段階に分けて実施された。

フェーズ“Ⅰ”調査：最適ダム地点の選定

フェーズ“Ⅱ”調査：最適開発計画の策定及びその技術・経済評価

フェーズ“Ⅲ”調査：予備環境調査

調査の為に、ケニア側ではMOWDとNWCPC (National Water Conservation and Pipeline Corporation)が実施機関となった。JICAは調査団の技術的支援の為に作業監理委員会を設置した。作業監理委員会及び調査団のメンバーは表S. 1. 1に示す通りである。

1. 3 調査の目的と概要

調査の目的は本プロジェクトのフィージビリティの調査である。調査の概要は以下の通りである。

(1) フェーズ“1”調査

- 既存資料の収集と検討
- 代替ダムサイトの選定
- 貯水池・ダムサイトの地形図作成
- 予備地質調査
- 予備材料調査
- 水文調査
- 水需要予測
- 最適ダムサイトの選定

(2) フェーズ“2”調査

- 社会・経済調査
- 追加地質調査
- 追加材料調査
- 追加水文調査
- 予備環境調査
- 開発計画の策定
- 主要施設の予備設計
- 建設計画と建設費算定
- 経済財務分析

(3) フェーズ“3”調査

- 基礎資料収集（含ナクル湖地形図作成）
- 農業調査／ナイバシャ湖かんがい施設調査
- ナイバシャ湖近辺、概略地下水調査
- ナイバシャ・ナクル湖水収支解析
- ナイバシャ・ナクル湖水質調査
- プロジェクトの影響予測

第二章 背 景

2. 1 社会・経済概要

1988年に於けるケニヤの人口は約 2,300万人と推定され、1984年から1988年間の人口増加率は3.8 %であった。1988年から2000年迄の平均人口増加率は年3.7 %と予測されており、2000年における人口は 3,480万人と推定されている。

1988年に於けるGDPは767億7,000万ケニヤ・シリングと推定され、1984年から1988年までの伸び率は年5.1 %である。主産業は農業でGDPの28.9%を占める。政府は1988年から2000年迄のGDPの伸び率を人口増加率より2.2 %高い、年5.9 %を目標としている。

2. 2 プロジェクト関連の主要国家政策

第6次5ヵ年開発計画(1989~1993)は1993年迄に全人口の61%に対し水道水を供給する事を目標としている。その内訳は都市人口 560万人の95%及び農村人口 2,160万人の50%である。この目標達成の為、政府は水道・電気部門に9億 500万ケニヤ・シリングをこの5ヵ年計画の間に投資する計画である。この金額は総投資額の5.2 %に相当する。

2. 3 上水道部門

2.3.1 公共水道事業機関

ケニヤに於ける公共水道の主たる行政機関はMOWD、NWCP C及び地方自治体である。MOWDは主として、地方給水開発計画を進めている。NWCP Cは、1988年独立機関として設立された。その主たる機能は水道プロジェクトの開発・運転・維持、MOWDが指定した消費者へのバルク給水、国家水資源開発計画の策定と実施に対する援助である。地方自治体は行政区域内給水の為の開発、運転・維持管理を行っている。

2.3.2 現行給水レベル

現状では都市人口の75%がパイプ給水を受けているが、その90%は共同栓によ

るものである。地方部では人口の26%のみがパイプ給水を受けているが、残りの人口は遠距離の自然水源にたよっている。都市部に於ける1人あたりの平均水消費量は70~160 ℓ /日、又地方部では50ℓ /日である。

2.3.3 開発の問題点

公共給水は給水不足及び開発予算不足に直面している。給水事業に対する政府投資は1985年の3億 2,000万ケニア・シリングから1989年には2億 8,200万ケニア・シリングに減少した。政府はMOWDに少なくとも運転、管理費の回収を高める様期待している。

一方MOWDの財務状況は1984年に於ける運転・管理費は1 m³あたり2.90ケニア・シリングであったが、実際の水料金は1.04ケニア・シリングにすぎなかった為、悪化している。

3. 1 概説

3.1.1 位置と地形

給水対象地区はナクル市（面積91.7km²）、ギルギル町（3.9 km²）、ナイバシャ町（78km²）、ギルギル農村部（550 km²）及びエブル農村部（721 km²）である。

ナクル市はメネンガイクレーターの標高1,780 ~ 2,000 mの南斜面に広がり、ケニアの首都ナイロビより160 kmの位置にある。市の南境界はナクル湖国立公園に接する。ナクル湖はナクル市の排水・汚水の受け皿となっている塩水湖であり、多数のフラミンゴで世界的に有名である。

ギルギル町とナイバシャ町はナクル市と首都ナイロビの中間の標高2,000 m前後の丘陵地帯に位置する。流域的には、淡水湖であるナイバシャ湖流域内に位置する。

ギルギル・エブル両農村部は、ナイバシャ湖とエレメンティタ湖の標高1,800 ~ 2,300 mの丘陵地帯を包括するように広がっている。エレメンティタ湖は塩水湖であり、ナイバシャ湖は淡水湖である。

3.1.2 水資源と水質

調査地域は全体で 5,525km²で3つの湖の流域にわたっている。即ち、ナイバシャ湖（3,401km²）、エレメンティタ湖（588km²）、ナクル湖（1,536km²）である。年間を通して、2回の雨期及び1回の乾期がある。降雨量は季節的変動があり年々大きく変動するが、標高でも大きく変動する。例えば、アバデア山脈の標高2,591 mのサウス・キナンゴップでは、年間1,453mmであるが、リフトバレーの底部の標高1,872mのナクル市では年間627 mmにすぎない。

調査地域は3つの湖の流域にわたっているが、水資源には余り恵まれていない。地下水は給水源として広く利用されているが、ナクル市の地下水は、1.9 ~ 5.5 ppm のフッ素を含んでいる。又エレメンティタ及びナクル両湖は塩水であるので飲料に適さない。

マレワ川の流量が量・質の面からみて、本プロジェクトの目的にかなった唯一貴重な水資源と判断される。マレワ川はナイバシャ湖流域の主水源で、流域面積1,653 km²を持ち、その流量はほとんど未開発の状態にある。年平均流量はダム地点で3.19m³/secあるいは9,000 万m³である。

3. 2 社会経済状況

ナクル市の人口は1987年で240,000人、ギルギル町では1987年に15,100人、ナイバシャ町は1989年に37,500人、ギルギル及びエブル農村部は1985年に各々13,600人と25,000人と推定されている。都市部は近年毎年10%を超える人口成長率を示し、農村部の人口成長率も国全体の平均3.7%よりも若干高い。都市部の急激な人口増加は主として農村部から都市への移民によるものである。

調査地域の社会経済に関する正確な統計資料は無いが、農業が主たる経済活動で、労働人口の大部分を吸収していると考えられる。特記すべきは、ナクル湖国立公園には1987年に129,000人の観光客があった。観光客数は1983年より年平均7.1%の割合で増加している。ナイバシャ湖近辺では近年湖水をかんがい利用した園芸作物栽培が急激に広がりつつある、又ナイバシャ湖では漁業も盛んであるが、近年漁獲高は年ごとに大きく変動している。観光及び園芸作物は外貨獲得源として、ケニアの経済に大きく貢献している。

3. 3 公共給水

現状のナクル市の給水量は5水源から22,060 m^3 /日、ギルギル町は2水源より2,680 m^3 /日、ナイバシャ町は2水源より1,480 m^3 /日、又ギルギル農村部は1水源より1,000 m^3 /日である。特にナクル市では給水量の70%以上が地下水にたよっている。エブル農村部には本格的な公共給水施設は現存しない。

ナクル市の給水はラネット地区を除き現在ナクル市役所によって運営されている。ナイバシャ町ではNWCP Cよりバルク給水を得て、町役場が消費者に配水している。ギルギル町の給水はMOWDによって直轄されている。

ステージ“1”プロジェクトはナクル市・ギルギル町各々に13,300 m^3 /日、4,700 m^3 /日供給する。急速濾過方式の浄水場がギルギル町の外縁に設置される。ギルギル町への給水は、National Youth Service Training Center (NYSTC), Anti-Stock Theft Unit (ASTU), Kenyatta Military Barracks (KMB), Gilgil Military Barracks (GMB)のバルク消費者を含む。

3. 4 既存污水处理

下水施設は91.7 km^2 のナクル市のうち10.7 km^2 に完備しているに過ぎない。現在ナク

ル市にはタウン処理場（処理能力：3,400 m^3 /日）及びンジュロ処理場（処理能力：3,600 m^3 /日）の2処理場がある。

上記以外の給水地域では、汚水はセプティック・タンク、こえ溜、その他で処理されている。

第四章 開発計画の策定

4. 1 人口予測

給水地域の人口は国全体平均の3.7 %より高い成長率で下表の様に増加すると予測されている。

(単位：人)

給水地区	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年
ナクル市	295.6 × 10 ³	412.0 × 10 ³	574.0 × 10 ³	752.4 × 10 ³	960.3 × 10 ³	1,225.6 × 10 ³
ギルギル町	18.0 × 10 ³	24.1 × 10 ³	30.7 × 10 ³	39.2 × 10 ³	50.0 × 10 ³	63.9 × 10 ³
ナイバシャ町	41.2 × 10 ³	60.8 × 10 ³	78.7 × 10 ³	96.7 × 10 ³	118.7 × 10 ³	145.8 × 10 ³
ギルギル農村	20.5 × 10 ³	24.7 × 10 ³	28.5 × 10 ³	32.9 × 10 ³	38.0 × 10 ³	43.8 × 10 ³
エブル農村	30.9 × 10 ³	37.5 × 10 ³	45.7 × 10 ³	55.6 × 10 ³	66.0 × 10 ³	78.4 × 10 ³
計	406.2 × 10 ³	559.1 × 10 ³	757.6 × 10 ³	970.8 × 10 ³	1,233.0 × 10 ³	1,557.5 × 10 ³

4. 2 水需要・水不足

水需要は人口増加及び産業の発展に伴って急激に増加を続けている。調査に使用した将来の水需要は過去にMOWDによって5年毎に予測されたものを基本的に採用した。予測水需要は表S. 2. 1に示した。

プロジェクトによって供給される水量は、地下水源を除く既存の水源が将来も継続運転されると仮定して、以下のように予測されている。

(単位：m³/日)

給水地区	2000年		2005年		2010年		2015年	
	日平均	日最大	日平均	日最大	日平均	日最大	日平均	日最大
ナクル市	41,040	53,180	59,550	75,390	84,020	104,750	116,150	143,310
ギルギル町	2,620	4,420	5,330	7,670	8,860	11,910	13,490	17,460
ナイバシャ町	11,700	14,040	14,370	17,240	17,650	21,180	21,180	26,020
ギルギル農村	900	1,270	1,210	1,640	1,560	2,060	2,000	2,590
エブル農村	2,700	3,240	3,300	3,460	4,030	4,840	4,930	5,920
計	58,960	76,150	83,760	105,900	110,120	144,740	158,250	195,300

4. 3 水資源開発計画

最適水資源開発計画策定の為、種々の技術的・経済的検討を行った。その結果、マレワダム計画を種々の代替案より最適計画として選定した。この計画の基本的コンセプトはマレワ川とトラシャ川の表流水を合せて利用する事である。具体的には取水工はステージ“1”プロジェクトと同様にトラシャ川に設置し、ダムはマレワ川に建設する。そしてトラシャ川の流量が水需要を下回る時は、マレワ貯水池の水を流域変更トンネルを通してトラシャ川に放流する。

マレワダムはトラシャ川との合流点の約10kmの地点に選定され、ダム高80mで総貯水容量7,180万 m^3 の貯水池が出現する。貯水池の最高・最低運転水位は各々標高2,149.0m、2,123.50mと設定した。この貯水容量は25年確率渇水年でも176,000 m^3 /日の給水が可能で、技術・経済的に最も妥当と評価された。図S. 4. 1に示すように、このダム計画ではこの地域の地形・水文の特性を最大限にいかし、単位水量当りの建設費が最低のものを選んだ。流域変更トンネルはマレワ貯水池とトラシャ川の取水工間を延長2,400 mで連結する。

4. 4 給水計画

プロジェクトの給水施設は導水路、浄水場、ナクル・ナイバシャ送水路、ギルギル・エブル農村給水施設、バルク給水施設より構成される。取水施設は、トラシャ川に位置するステージ“1”の取水工に隣接して設けられる。これら給水施設は水需要の増加に準じて、施設拡充するのが最も経済的と考えられる。経済比較の上、浄水場は図S. 4. 2に示すように3段階、導水施設とナクル・ナイバシャ両送水施設は図S. 4. 3～S. 4. 5に示すように2段階に分けて実施する事が最も経済的と判断された。

4. 5 マイクロ水力発電計画

トラシャ川とマレワ貯水池の間の約12mの落差とトラシャ川への放流水を利用し、マイクロ水力発電が可能である。利用可能水量は最大2.30 m^3 /secである。

設備容量は200kWで年間発生電力量は427,000kWhのみと算定された。マレワ貯水池運用をみると、トラシャ川への放流期間は年間65%のみで、従って可能発電期間は非常に限定される。従って、非常に不安定な水力発電で、発電コストも代替ディーゼル発電よりもはるかに高く、技術的にも経済的にもフィージブルではない。

4. 6 開発計画の策定

全体の開発計画の実施は以下に要約される。

(1) ステージ“2-1” (完成：1997年)

- マレワ・ダム (流域変更トンネルを含む)
- 導水施設、第一期
- 浄水場、第一期
- ナクル送水施設、第一期
- ナイバシャ送水施設、第一期
- ギルギル・エブル農村給水施設、第一期
- GMB-NYSTC及びKMBバルク給水施設、第一期

(2) ステージ“2-2” (完成：2004年)

- 導水施設、第二期
- 浄水場、第二期
- ナクル送水施設、第二期
- ナイバシャ送水施設、第二期
- ギルギル・エブル農村給水施設、第二期
- ASTUバルク給水施設

(3) ステージ“2-3” (完成：2011年)

- 浄水場、第三期
- ナクル送水施設、第三期 (配水池建設のみ)
- ナイバシャ送水施設、第三期 (配水池建設のみ)

第五章 予備設計

5.1 マレワダム施設

5.1.1 現地状況

マレワ川ダム地点の河床標高は 2,082m で、非常に狭く急峻な溪谷である。兩岸の頂部の標高は 2,145m で、溪谷の幅は 190m である。貯水池は溶岩と火砕流の水平層で構成される平坦な丘陵地帯に広がっている。

ダム基礎は熔結凝灰岩の層を含む鮮新世の火砕流岩、湖成層と第四紀の堆積物をはさむ凝灰岩と河川堆積物より構成されている。鮮新世の湖成堆積物はダムサイトの岩で最も弱いものであるが、計画ダムの基礎としては問題ないと判断される。

“East Road” 土取り場はギルギル町の東約 3.5km の地点にあって、ラテライト系の土が不透水性材料として利用できる。ダムサイトから 5km の地点の “Kipipiri Road” 岩石採掘場では熔結凝灰岩、又 23km 離れた “South Gilgil” 岩石採掘場からはトラカイトが採掘可能である。ダムサイト近辺にはコンクリート骨材に利用できる堆積物は無い。トラカイトは骨材及びダム・フィルター材に適當である。

5.1.2 転流工

工事中の河川の転流工はピーク流量 $240\text{m}^3/\text{sec}$ の 20 年確率洪水をもとに計画した。上流側締切りダムの天端標高は 2,115.0m とし、径 3.65m、延長 342m の仮排水トンネル 2 本を左岸に配置した。

5.1.3 ダム

マレワダムの高さは最大 80m で、その天端標高は 2,154 m で天端長は 360 m である。ダムはロック・フィル型式で、センターコア、フィルター、内部シェル及び外部シェル “1” と “2” の 5 ゾーンで形成される。安定計算の結果、ダム勾配は上流側 1 : 2.70、下流側 1 : 2.20 となった。不透水性のコア材は “East Road” 土取り場より採取する。内部シェルはダム基礎及びトンネル掘削ズリを用いる。外部シェル “1” は “Kipipiri Road” 岩石採掘場の熔結凝灰岩を利用し、外部シェル “2” は “South Gilgil” 岩石採掘場のトラカイトを使用する事とした。

センターコアの底部にギャラリーを設け、グラウト工の便宜を図ると同時に、ダム基礎堤体からの漏水の観測に利用する。

熔結凝灰岩は最適のロック材というわけではない。従って、実施設計時により詳細にその特性を把握する為、試験盛土及び大型セン断試験の実施を提案する。

5.1.4 余水吐

余水吐はピーク流量 $960\text{m}^3/\text{s}$ の 1000 年確率洪水をもとに設計した。その位置は地形を考慮し、ダム左岸に配置した。種々の形状の建設費の比較の結果、余水吐の形状は扇形で、越流長 101.1m が選択された。シュート・ウェイは幅 20m で、上部で 1/20、下部で 1/2 の勾配である。減勢池はピーク流量 $460\text{m}^3/\text{s}$ の 100 年確率洪水をもとに設計され、長さ 80m である。

5.1.5 流域変更トンネル

流域変更トンネルはマレワ貯水池の取水工、無圧トンネル及びトラシャ川への放流工より構成され、設計流量は $2.30\text{m}^3/\text{sec}$ である。取水工は貯水池の左岸に位置し、形状は立坑タイプで流量調整の為、ホーロージット・バルブを備える。トンネルはトンネル工事可能最少径 1.8 m で、延長 2.400m である。放流工は落差 12m のエネルギーを減勢する階段形式の減勢工を採用した。

5. 2 給水施設

5.2.1 設計条件

プロジェクトの開発計画に基づいて、浄水場及び導送水施設のステージ別の設計流量は以下の通りである。

	(m ³ /日)		
	ステージ"2-1"	ステージ"2-2"	ステージ"2-3"
(1) 導水路施設	102,500	102,500	—
(2) 浄水場	100,000	50,000	50,000
(3) 送水施設			
(a) ナクル送水	82,520-70,960	89,550-75,900	—
(b) ナイバシャ送水	16,700	9,900	—
(c) ギルギル西部農村給水	780-150	550-150	—
(d) ギルギル東部農村給水	780-295	550-205	—
(e) エブル農村給水	3,706-950	2,220-555	—
(f) ASTUバルク給水	—	1,140	—
(g) GMB-NYSTC バルク給水	7,060	—	—
(h) KMB バルク給水	2,030		

給水施設の設計はMOWDの“設計基準”に準拠した。全ての施設は日最大流量を満たすよう設計された。

5.2.2 浄水場

浄水場はギルギル町郊外のステージ“1”プロジェクトの浄水場に隣接して建設される。水質を考慮して急速濾過方式を採用した。浄水施設は一基当り処理能力50,000m³/日のユニットを採用する事とした。従って、ステージ“2-1”では2基建設される。

5.2.3 導水・送水施設

導水・送水施設の建設費の大部分は、パイプ材料によって占められると考えられる。この為、技術・経済検討を行った上で、スチール・パイプを採用する事とした。

導水及びナクル送水路はステージ“1”のものに平行して設置されるが、その他の送水路は過去の調査で提案されたルートを採用した。ギルギル農村部では水消費地の分散を考慮し、東部及び西部の両送水施設とした。GMBとNYSTCは同一送水施設で受水する。導・送水施設の送水方法は以下の通り。

- グラビティー送水 : 導水施設
 - ナクル送水施設
 - ナイバシャ送水施設
 - KMBバルク給水
 - GMBバルク給水
- ポンプ送水 : ギルギル農村東部・西部給水
 - エブル農村給水
 - ASTUバルク給水

送水施設は配水池の建設を含む。配水池の拡充計画はステージ“1”プロジェクトの計画及び給水施設拡張計画を考慮して決定した。ギルギル郊外にセントラル配水池を設けて、ナクル市、ギルギル町及びバルク給水へ均等に水配分ができるようにした。

配水池の数はナクル市7箇所、ナイバシャ町2箇所、ギルギル農村東部3箇所、ギルギル農村西部2箇所及びエブル農村9箇所である。

第六章 建設計画と積算

6. 1 建設形態

プロジェクトの建設はケニア国内業者及び国際入札を通して選定されたコントラクターとの契約ベースで実施されると仮定した。段階的开发と建設工事の特徴を考慮して全工事を下記の18契約工事に分ける事を提案する。

ステージ	パッケージ	契 約 工 事	入札方式	
2-1	D-1	アクセス道路	国内入札	
	D-2	マレワダム	国際入札	
	D-3	流域変更トンネル	国際入札	
	W-1	導水施設、第一期	国際入札	
	W-2	浄水場、第一期	国際入札	
	W-3	ナクル送水施設、第一期	国際入札	
	W-4	ナイバシャ送水施設、第一期	国際入札	
	W-5	ギルギル及びエブル農村給水、第一期	国内入札	
	W-6	KMB及びGHB-NYSTC バルク給水、第一期	国内入札	
	2-2	W-7	導水施設、第二期	国際入札
		W-8	浄水場、第二期	国際入札
		W-9	ナクル送水施設、第二期	国際入札
W-10		ナイバシャ送水施設、第二期	国際入札	
W-11		ASTUバルク給水	国内入札	
W-12		ギルギル及びエブル農村給水、第二期	国内入札	
2-3	W-13	浄水場、第三期	国際入札	
	W-9	ナクル送水施設、第三期	国内入札	
	W-10	ナイバシャ送水施設、第三期	国内入札	

6. 2 建設工程表

プロジェクトのステージ別の建設工程表を図S.6.1 に示すように作成した。施工期間はステージ“2-1”が1994-1997年、ステージ“2-2”2002-2004年、ス

ページ“2-3”2009年-2011年である。

6.3 建設工事費

プロジェクトの建設工事費は1990年の物価水準で表S.6.1に示すように見積られた。概要は以下の通りである。

	外 貨 (\$10 ⁶)	内 貨 (ケニア・シリング 10 ⁶)	計 (ケニア・シリング 10 ⁶)
(1) マレワダム	41.5	349.1	1,282.6
(2) 給水施設			
ステージ“2-1”	59.7	511.5	1,854.6
ステージ“2-2”	58.3	544.6	1,856.8
ステージ“2-3”	13.1	201.6	497.4
小 計	131.1	1,257.7	4,208.8
合 計	172.6	1,606.8	5,491.4

建設工事資金の年別所要額は表S.6.2に示した。

第七章 環境調査

7.1 一般

調査はマレワ貯水池及びナイバシャ湖に対する予備調査（PES）とナクル湖を対象とする基礎調査（FES）より構成される。

PESの主作業は、資料収集、農業／かんがい調査、地下水調査、湖の水収支・水質解析、プロジェクトの影響予測である。FESの内容は基礎資料の収集（含む地形図作成）、湖の水収支・水質解析である。現地調査は1989年10月－11月及び1990年の5月－7月の非常に限定した期間に行われた。

7.2 環境現況

7.2.1 湖水位の変動

ナイバシャ、ナクル両湖の特性は以下の通りである。

	単位	ナイバシャ湖	ナクル湖
(a) 水位変動			
最高	El. m	1,886.9	1,760.6
最低	El. m	1,883.2	1,756.3
平均	El. m	1,885.3	1,758.6
(b) 最大水深	m	13	2.2
(c) 平均水位の湖面積	km ²	185	43.7
(d) 平均水位の容量	10 ⁶ m ³	863	76.3

両方の湖ともにしばしば長期間のかんばつに見舞れる事がある。最近の25年では1988年が最も厳しいものであった。ナクル湖はほとんど全面的に干上がり、ナイバシャ湖の水位は標高 1,882m迄低下した。

マレワ貯水池内には5家族が居住し、13.1haの耕作地がある。

7.2.2 水質

1990年 6月－ 8月にわたって、マレワ川及びナイバシャ・ナクル両湖に於いて、

組織的な水質調査を行った。その結果に基づき、最も代表的な指数を下記に示す。

項 目	単 位	マレワ川	ナイバシャ湖		ナクル湖	
			有光層	無光層	有光層	無光層
pH		8.2	8.7	8.9	10.4	10.5
電気伝導度	μs/cm	13.0	275	278	17,560	17,520
DO	mg/l	7.4	8.3	7.8	9.7	5.5
COD	mg/l	8	39	39	191	192
T-N	mg/l	2.7	3.3	3.3	33.8	2868
T-P	mg/l	0.89	0.34	0.32	3.01	3.10

第3.5節に述べたようにナクル湖には2汚水処理場からの汚水が多量に流入している。汚水の処理前・後の水質は以下の通りである。

項 目	単 位	シンジョロ処理場		タウン処理場	
		原 水	処理水	原 水	処理水
pH		7.4	8.7	7.5	7.6
電気伝導度	μs/cm	1,060	1,250	990	960
汚濁度	mg/l	230	19	165	51
SS	mg/l	483	36	580	136
DO	mg/l	1.2	6.9	0.8	0.8
COD	mg/l	128	196	364	201
T-N	mg/l	117	24	107	79

処理場は処理能力以上で運転されている為、上記に示すように多量の汚濁物質が湖に流入している。事実、CODはナクル市当局とMOWDによって設定された表S. 7. 1に示す排水基準値を大きく上回っている。

7.2.3 生 態

調査地域内の動植物のリストを既存の資料に基づいて作成した。生態に関する特記事項を下記に述べる。

(a) 水中動物

ナイバシャ湖ではティラピア、ブラック・バス及びザリガニが代表的な種である。これらの魚類は外部より移入されたものである。

ナクル湖にもティラピアが生息するが、これも1961年に蚊の撲滅の目的の為に移入されたものである。ティラピアは比較的高い塩分とアルカリ水にも耐えられると言われている。

(b) 水中植物

ナイバシャ湖では9種の水中植物の内、サルビニアが最も代表的であって、湖の環境と人間活動に大きな関連をもっている。サルビニアは1979年のように15ha以上の面積に広がる事もある。

ナクル湖に置いては、藍藻類のスピルリナが最も代表的で、湖の食物連鎖の基となるものである。これは、フラミンゴのエサであるが、湖水の塩分・アルカリ度によって非常に敏感に繁殖が左右される。

(3) 鳥類

ナクル湖には30種類以上の鳥類が生息しそのうち、フラミンゴとペリカンが代表的で貴重である。特にナクル湖は世界的に“数知れないフラミンゴの湖”として知られている。多数の文献によって、水質—スピルリナ—フラミンゴの間に深い関係があると報告されているが、定量的には未だに明らかにされていない。過去の調査記録によれば、フラミンゴの数は1977年の140万羽から1990年の3,300羽迄大きく変動している。しかし、フラミンゴはナクル湖では産卵しない。

7.2.4 地下水

ナイバシャ湖近辺では、地下水はかんがい用水の重要な水源であるが、多くの場合補助用水として利用されている。湖水位と地下帯水層との関係の評価する為の予備調査を行った。

一般的に帯水層は砂と砂利層で構成される沖積地に存在するが、ナイバシャ湖近辺では、沖積地は厚さ10m前後で、湖の北側の非常に狭い範囲のみにある。従って大きな帯水層は存在しないと判断される。

MOWDの資料によれば、ナイバシャ湖近辺で今日迄137本の井戸が建設され

たとされているが、現在稼働中のものは31本のみである。1988年の渇水年の事実によれば、湖の水位が最低でも標高 1.882mに保たれば、地下水の水位及び水質にはほとんど影響が無いと考えられる。

7.2.5 既存水利権

マレワ川とナイバシャ湖の水は広範囲の目的に利用されており、表S.7.2 に示すように数多くの水利権がWater Apportionment Board に登録されている。

7.2.6 園芸・農業

ナイバシャ湖近辺には、7,895エーカーのかんがい地があり、その内 2,426エーカーは湖水のみを、815エーカーは湖水・地下水を、かんがい用水として利用している。1990年 5～6月に、現在の土地利用及び1988年の渇水時での問題点を把握する為、農家の戸別調査を行った。調査は全かんがい面積の87%に相当する6,908 エーカーにのぼった。

調査したかんがい地区は飼料栽培面積 3,543エーカーと園芸作物栽培面積 3,365エーカーに分けられる。飼料のうち牧草が最も多く栽培され、メイズ、ウマゴヤシが続く。園芸作物の主たるものは、花(1,631エーカー)、インゲン(533エーカー)、アスパラガス・人参(611エーカー)である。

農家調査の結果によれば、大多数の農家は1988年渇水時の湖水位に対応できるように、取水施設の改善を行っている。又、1988年渇水時には塩分濃度、pHは若干高くなったが、作物の生育に特に問題は発生しなかった事が明らかにされた。

7.2.7 漁業

ナイバシャ湖の漁業はナイバシャ町の重要な経済活動のひとつである。漁業局によれば、1984-1988年の期間の平均漁獲高は 289,000トンであったが、1986年の最大 513,000トンから1988年の最低52,200トン迄年々変化している。しかしながら、近年漁獲高は減少傾向にある

7.3 環境影響予測

7.3.1 湖の水収支変化

プロジェクトの実施によりナイバシャ湖への流入量が減少し、湖水位を低下させる。反対にナクル市よりの汚水量が増加し、ナクル湖の水位上昇をきたす。こ

の水収支の変化を既存の気象・水文データを使用したシュミレーション・モデルを作成して解析した。水収支は取水量、汚水量の大きさに応じて解析したが、その結果は下記の通りである。

湖	給水量/汚水量	2015年に 対する比(%)	湖 水 位 (E1.m)			湖 面 積 (km ²)			湖 水 量 (10 ⁶ m ³)		
			最 大	最 低	平 均	最大	最低	平均	最 大	最 少	平 均
ナイバシャ湖	現況	0	1.886.9	1.883.2	1.885.2	297	138	185	1.273.0	536.0	863.0
	56.000	34	1.886.4	1.883.0	1.884.8	257	138	170	1.128.6	536.0	794.2
	105.000	63	1.886.2	1.882.5	1.884.3	235	133	156	1.075.0	471.0	715.4
	121.000	73	1.886.0	1.882.0	1.883.9	226	129	150	1.029.4	407.8	657.4
	138.000	83	1.885.8	1.881.5	1.883.6	213	123	145	983.8	345.2	615.6
	151.000	91	1.885.7	1.881.0	1.883.4	207	117	143	961.0	284.4	588.8
	166.000	100	1.885.5	1.880.0	1.883.1	198	101	139	921.8	171.2	549.0
ナクル湖	現況	8.840	1.760.6	1.756.3	1.758.6	52.0	26.0	43.7	171.8	22.9	76.3
	17.400	18	1.761.2	1.757.5	1.759.3	53.9	36.9	46.7	203.6	31.9	107.7
	34.700	36	1.762.9	1.759.5	1.761.0	58.7	47.0	53.2	299.4	117.0	192.8
	52.000	55	1.765.1	1.762.0	1.763.3	65.4	56.1	59.9	436.0	247.6	323.2
	69.200	73	1.767.3	1.764.3	1.765.6	72.4	63.0	67.2	587.8	384.6	469.2
	95.000	100	1.771.7	1.768.9	1.770.1	90.0	76.9	81.2	935.3	707.2	802.2

上記に示すように、ナイバシャ湖の水位は1988年渇水位よりも2mも低下し、湖面積も大幅に減少する。2015年の給水量の70%に相当する 95,000m³/日が流入した場合、ナクル湖の水位は過去25年間の最高水位を11m上回る程大きく上昇する。

7.3.2 湖の水質の変化

湖の水収支に対応して、湖の水質も変化するがその予測を行った。又マレワ貯水池の水質の予測を行った。結果は以下の通りである。

湖	湖 水 位 (E1.m)	DO (mg/l)		COD (mg/l)		T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
		有光層	無光層	有光層	無光層		
マレワ貯水池		10.2	1.4	15.9	11.4	3.06	0.13
ナイバシャ湖	1.883.1	9.60	8.26	38.88	38.32	3.33	0.30
	1.883.4	9.6	8.1	38.8	38.1	3.34	0.30
	1.883.6	9.6	8.0	38.6	37.9	3.34	0.30
	1.883.9	9.6	7.8	38.1	37.4	3.35	0.30
	1.884.3	9.6	7.7	37.8	37.0	3.35	0.30
	1.884.8	9.6	7.2	39.3	38.3	3.36	0.30
ナクル湖	1.758.6	9.9	7.6	191.5	192.4	31.85	5.28
	1.761.0	9.7	0.1	183.5	177.1	63.98	18.57
	1.765.6	9.7	0.0	180.9	187.5	64.37	20.86
	1.770.1	9.4	0.0	188.8	193.3	73.58	23.82

マレワ貯水池の水質は富栄養化すると予測されるが、水道用水源としては問題ないと判断される。

ナイバシャ湖の水質はほとんど変化しないと予測された。この理由は流入量の減少割合が、湖水量全体に比べて小さい為と考えられる。

ナクル湖の水質は将来増加する汚水が未処理のまま流入すると仮定して予測した。T-NとT-Pは非常に長期間に亘って増加し続けると推察される。CODは現況でも極めて大きな値をとっており、将来値も大きな増加はしないと予測される。これは汚水量の増加に伴って湖自体が大きくなり、結果として有機物質の分解と沈降の量が増加する為と推察される。有機物質の分解は酸素消費をともなう。このため、水位の上昇にともない増大した無光層の酸素消費量を、有光層からの酸素供給だけではまかなうことができず、無光層におけるDO値は零に近い値にまで低下する。

7.3.3 自然・社会環境に対する影響

プロジェクトの実施は、何らかの適切な対策をとらなければ、マレワ川、ナクル・ナイバシャ湖及びその近辺の自然・社会環境に種々の問題を引起すと考えられる。主たる影響は湖の水収支と水質の変化によって発生する。特に下記の問題に留意せねばならない。

(1) ナイバシャ湖

- (a) 水位が標高 1,880mまで低下すると、多くの取水施設が長期間にわたって運転不可能となり、園芸作物栽培に多大な損害を与え、ケニヤの外貨獲得に大きな影響を与える。
- (b) 図S.7.1 に示すようにクレセント半島と湖東岸の間の湖底は標高 1,881mであり、湖水位が1,880 m迄低下するとこの部分が露出して、クレセント湾が独立した小さな湖となる。この為湖の交通の確保及び観光資源としての促進を損わないよう浚渫工事が必要となる。
- (c) 現段階で定量的評価は難しいが、湖水量と湖面積の減少は水生動植物の生態と湖の観光資源としての価値にある程度の影響はさげられない。

(2) ナクル湖

- (a) 湖水位上昇は、図S.7.2 に示すように、ナクル市の南端、湖の周回道路及び湖の南縁の草地を大きく水没させる。草地は野生動物の重要なエサ場で

- あるので、ナショナルパーク内の野生動物の生息に影響を与えるであろう。
- (b) 湖水の塩分濃度は大巾に減少し、水中の生態に多大なる変化をもたらす。従ってフラミンゴの生息に影響を与える事になる。
 - (c) 湖底部ではD O値が極端に低下する為、水中動物に極めて大きな影響を与えることになる。

7. 4 環境保全

給水事業と自然・社会環境が共存する為には適切な対策が不可欠である。今後より詳細な調査・検証が必要であるが、概念的な対策案を下記に示す。

(1) ナイバシャ湖

給水量を減じて、社会・自然環境を保全する事を提案する。過去に発生した種々の問題を踏まえて、一案として湖の最低水位が標高 1.882mを下回らない事を提案する。この水位は1988年の渇水位と同じである、この水位で制限する事により、下記に述べるように環境に対する影響をかなり低減できると考えられる。

- (a) 湖水位 1.882mでは既存の取水施設に特別な障害は発生しない。
- (b) クレセント湾の分離を防ぐ事が可能である。
- (c) 1988年のような渇水年はまれに発生するのみで、発生しても年間のうち短期間であると考えられる。ちなみに1988年は渇水確率1/25に相当する。
- (d) 水質が特に変化しないので、かんがい用水としての水質の問題はないと予測される。

渇水時期に湖水位を標高 1.882mを下回らないようにすれば、マレワ・ダムによる給水量は2015年での所要給水量の73%となる。

(2) ナクル湖

ナクル湖に対しては汚水対策の為、より大規模な対策が不可欠である。例えば下水処理水他流域への排出、再利用による蒸発量の増進、又はそれらの組み合わせ等である。ちなみに、下水処理水を砂糖キビのかんがい用水を利用した場合、栽培面積6,100ヘクタールで95,000m³/日の下水処理水を全て蒸発させる事が可能と試算された。

第八章 組織と運営

8. 1 プロジェクト実施の為の組織

プロジェクトの建設はNXCP Cが実施機関なって実施される。しかしながら、プロジェクトの実施に伴う種々の問題の解決と調整の為、政府連絡協議会の設置を提案する。この協議会は、図S. 8. 1に示すようにMOWD、Ministry of Environment & Natural Resources(MENR)、Ministry of Tourism & Wildlife(MOTW)、Ministry of Regional Development(MORD)、Ministry of Local Government(MOLG)、Ministry of Agriculture(MOA)、Ministry of Finance(MOF)等で構成される。

8. 2 プロジェクトの運営、管理

NWCP Cがプロジェクトの運営・維持管理にあたる。NWCP Cのナクル市及びギルギル町の事務所は運営、維持管理及び料金徴収の為に要員・施設共に強化されねばならない。

8. 3 環境モニタリング組織

環境モニタリングの為に図S. 8. 2に示す政府連絡協議会、データ・バンク、環境管理と協力機関より構成される。組織と構築する事を勧告する。

第九章 経済・財務評価

9.1 経済評価

プロジェクトの主たる便益は、給水量の増加、衛生状態の改善、地域開発等に対する寄与である。プロジェクトの内部収益率（EIRR）は定量的に把握できる給水量の増加による便益のみを用いて算定した。

単位給水量当りの経済便益は“Willingness-to-Pay”に基づいた。この便益はナクル市で住民に聴き取り調査の結果に基づいて、下記のように設定した。

家庭用、都市部	: 5.90ケニヤ・シリング/㎡
家庭用、農村部	: 4.55ケニヤ・シリング/㎡
公共組織用	: 6.91ケニヤ・シリング/㎡
商業/工業用	: 22.82ケニヤ・シリング/㎡

各年の便益は給水量に上記の単位便益を乗じて求められる。しかし、給水量は、ナイバシャ湖の制限水位を標高1.882 mと設定した為、最大で3,500 万㎡/年に限定される。

EIRRは4.52%と計算された。これはケニヤに於ける資本の機会費用より低い。しかしながら、プロジェクトの実施は公衆衛生の改善及び地域の社会・経済には、不可欠なものである。

9.2 財務分析

財務便益は給水量と料金に基づいて算出された。現況の平均給水料金は以下の通りである。

バルク給水	: 1.54ケニヤ・シリング/㎡
ギルギル町	: 2.04ケニヤ・シリング/㎡ (除バルク給水)
ギルギル・エブル農村	: 1.25ケニヤ・シリング/㎡

給水料金が建設費と同じインフレーション・レート8%で上昇すると仮定すると、財務内部収益率は2.60%と計算される。従って全投資額が料金で回収する事が可能である。

9. 3 社会・経済への影響

プロジェクトは下記に述べるように給水地域の社会・経済開発発展に大きく寄与すると考えられる。

(a) 公衆衛生

ナクル市での聴き取り調査では、住民の38%が現状の給水では、公衆の健康及び衛生上問題があると答えている。プロジェクトの実施によって給水状態は量的にも十分で又安定したものとなり、水質の改善によってフッ素に起因する疾病の発生を防止できる。特に農村部では現状でも給水は量・質共に十分でないので、プロジェクト実施の効果大である。

(b) 地域経済

聴き取り調査の結果では約10%の商業・工業者が現況の給水では水量が十分でなく生産活動に影響を与えていると不満をもっている。プロジェクトの実施によって、十分な量の給水が可能となり、生産活動の安定と増加をもたらす事になる。特に農村部では給水施設拡充・拡張によって、多くの住民が水組み労働から解放される事となる。

9. 4 全体評価

プロジェクトは経済・財務的内部収益率が若干低いがりフトバレー件の中央部の150万人の住民の生活の為の基本的社会施設のひとつであると認識される。安全かつ安定した給水は住民の健康・衛生の保全及び地域経済の生長に寄与する事が確認されている。給水対象地域近辺には、マレワ川以外に適切水源が無い事は明らかである。

しかし、プロジェクトの設計及び実施に際しては、特にナイバシャ湖とナクル湖近辺の自然社会環境に特に注意を払うべきである。プロジェクトの実施前に以下“勧告”で述べるより詳細な調査・検討が不可欠である。

(1) 追加調査

プロジェクトの実施の為には、今後NWCP Cは下記の調査を行う必要がある。

(a) 環境問題

プロジェクトを実施する為には、事前にナクル湖の環境保全対策案を策定する必要がある。この為、ナクル湖流域排水汚水処理のマスター・プラン調査を早急に実施する事を提言する。このマスター・プランは以下に焦点をあてて実施する事となる。

- 湖の生態の評価
- ナクル市の雨水排水検討
- 汚水処理・排水（再利用を含む）検討
- 長期雨水排水・汚水処理計画
- マスター・プラン実施の為のアクション・プログラム策定

プロジェクト実施前及び実施後の自然社会環境をより定性的・定量的に明らかにする事が重要である。特に水質、水中動植物、水利用、及び園芸作物の生産に留意すべきである。この為、マスタープラン調査の一環として、環境モニタリングを早期に開始する事が必要である。

(b) 材料調査

熔結凝灰岩がダム盛り立ての主要材料であるが、その物理的特性をより明確に把握する為、試験盛土と大型セン断テストの実施が必要である。

(2) 維持流量

現存する水利用の維持と河川の生態保全の為、マレワ・ダム及びトラシャ取水工の下流域に年間を通して適当な流量を維持する事を低減する。今回の調査では下記の維持流量が実際に考慮された。

河 川	低水期	満水期
マレワ川、ダム下流	0.22	0.22
マレワ川、流量観測所2GB1下流	0.35	0.83
トラシャ川、取水工下流	0.24	0.24

(3) マレワ貯水池の運用

マレワ貯水池の運用はナイバシャ湖及びその近辺の社会・自然環境への影響を大きく左右するひとつの要因である。影響をできる限り低減する為、貯水池は提言されたナイバシャ湖の最低制限水位（標高1,882 m）を下回る事がないよう運用されなければならない。この為、実施設計の段階で貯水池運用ルールを設定する事を提言する。

(4) 移住と植林計画

マレワ貯水池地区には現在5家族が居住している。これら住民の生計の確保の為、適切な移住計画を策定する必要がある。土取り場及び岩石採掘物の露出面は植林や芝張り等の実施によって浸食の防止を図る必要がある。

(5) 組 織

第10.1節にて提言した環境モニタリング達成の為、関係各省連絡会、データ・バンク、環境管理及び協力機関より構成される組織を構築する事を提言する。

(6) 地域開発の問題

今回の調査は面積 1,445km²の給水対象地区の西端に位置するナクル市（面積92km²）に全地域人口の80%が集中するという人口分散のもとに実施された。一方、取水源は、ナクル湖流域とは別流域のナクル市より50km離れたマレワ川にある。これらの理由により、ナクル湖の自然社会環境に種々の問題を発生させると同時に送水管の建設に多大な投資を必要としている。

従ってこれら諸問題解決の為には、地域開発計画の見直しが不可欠であると考えられる。地域開発計画は地域内の適切な人口分散、都市・農村開発、水・エネルギー供給、廃棄物・汚水処理、農業・工業開発等が調和したものでなければならない。ケニヤ政府は早急に地域開発計画の見直し作業に寄与する事を提言する。

付 表

表S. 1. 1 JICA作業監理委員会と調査団のメンバー

(1) 作業監理委員会

市川 慧	委員長、	建設省 土木研究所
柏木 順	委員、	水資源開発公団
宮木 博士	委員、	建設省 河川局

(2) 調査団

山口 正史	団長、	日本工営
遠藤 和繁	団員、	日本工営
井上 満千雄	団員、	日本工営
見並 善巳	団員、	日本工営
山川 精一	団員、	アイ・エヌ・エー新土木研究所
海老原 純次	団員、	アイ・エヌ・エー新土木研究所
国府 豊	団員、	アイ・エヌ・エー新土木研究所
安田 正	団員、	日本工営
酒井 健司	団員、	アイ・エヌ・エー新土木研究所
藤井 雅之	団員、	日本工営
山田 喜作	団員、	日本工営
長瀬 理英	団員、	日本工営
笠原 勉	団員、	日本工営

表 S. 4. 1 日平均水需要予測

Demand Categories	1990	1995	2000	2005	2010	2015
(1) Nakuru Municipality						
Residential	21,390	29,670	41,160	54,440	72,200	95,700
Institutional	3,210	4,100	5,230	6,680	8,530	10,900
Industrial	8,000	8,000	10,210	13,030	16,600	21,200
Livestock	450	400	300	200	150	100
Military	1,200	1,400	1,720	2,200	2,810	3,580
Sub-total	35,520	45,190	60,690	79,200	103,670	135,800
(2) Gilgil Town						
Residential	1,050	1,650	2,320	3,200	4,400	6,060
Institutional, general public	180	250	320	400	510	650
NYTSTC	1,310	1,760	2,240	2,860	3,650	4,660
ATSU	760	860	1,100	1,410	1,800	2,300
Commercial	30	40	60	70	80	90
Industrial	140	180	230	290	370	470
Livestock	30	40	60	70	80	90
Military, KMB	870	940	1,160	1,480	1,890	2,410
GMB	1,200	1,300	1,510	1,930	2,460	3,140
Sub-total	5,570	7,020	9,000	11,710	15,240	19,870
(3) Naivasha Town						
Residential	3,710	5,470	7,080	8,700	10,690	13,130
Institutional, general public	1,040	1,540	2,000	2,450	3,010	3,690
WLFTI	990	1,460	1,890	2,320	2,840	3,500
Prison	160	240	310	380	470	580
Commercial	110	160	210	260	320	390
Industrial	110	160	210	260	320	390
Sub-total	6,120	9,030	11,700	14,370	17,650	21,680
(4) Gilgil Rural						
Residential	650	870	1,070	1,290	1,550	1,870
Institutional	120	210	240	280	320	380
Commercial	10	10	10	10	10	10
Industrial	130	150	170	190	210	230
Livestock	280	320	360	390	420	460
Sub-total	1,190	1,560	1,850	2,160	2,510	2,950
(5) Eburru Rural	1,800	2,200	2,700	3,300	4,030	4,930
Total	50,200	65,000	85,940	110,740	143,100	185,230

Data source :

- (1) Greater Nakuru Water Supply Project, Eastern Division, Stage 1, Preliminary Design Report, July 1988
- (2) Greater Nakuru Supply Project, Supplementary Report to Preliminary Design Report, May 1985
- (3) Greater Nakuru Supply Project, Preliminary Design Report, May 1985

表 S. 6. 1 建設費積算 (1 / 4)

マレワダム

Description	Foreign Currency Portion (US\$10 ³)	Local Currency Portion (Kshs.10 ³)	Total (Kshs. 10 ³)
(1) Direct Construction Cost			
1.1 Preparatory works	2,564	30,098	87,792
1.2 Diversion tunnel	2,155	11,615	60,094
1.3 Cofferdam	1,688	5,389	43,362
1.4 Main dam	14,037	47,986	363,824
1.5 Spillway	7,233	60,575	223,325
1.6 Trans-basin diversion tunnel	2,270	12,489	63,557
Sub-total for (1)	29,947	168,152	841,954
(2) Indirect Construction Cost			
2.1 Land compensation & acquisition	0	8,155	8,155
2.2 Government administration	0	25,259	25,259
2.3 Engineering services	2,395	13,469	67,356
Sub-total for (2)	2,395	46,883	100,770
(3) Contingency			
3.1 Physical contingency	3,234	21,504	94,272
3.2 Price escalation	5,912	112,549	245,580
Sub-total for (3)	9,146	134,053	339,852
Total	41,488	349,088	1,282,568

表S.6.1 建設費積算 (2/4)

給水施設計画, ステージ 2-1

Description	Foreign Currency Portion (US\$10 ³)	Local Currency Portion (Kshs.10 ³)	Total (Kshs. 10 ³)
(1) Direct Construction Cost			
1.1 Preparatory works	2,854	17,227	81,442
1.2 Raw water transmission system	4,520	19,242	120,942
1.3 Water treatment works	10,148	86,784	315,114
1.4 Nakuru treated water transmission system	17,985	83,836	488,499
1.5 Naivasha treated water transmission system	5,117	23,189	138,322
1.6 Gilgil East rural supply system	709	6,566	22,518
1.7 Gilgil West rural supply system	577	7,305	20,287
1.8 Eburru rural supply system	1,666	18,792	56,277
1.9 KMB bulk supply system	43	359	1,326
1.10 GMB-NYSTC bulk supply system	6	28	163
1.11 ASTU bulk supply system	0	0	0
Sub-total for (1)	43,625	263,328	1,244,890
(2) Indirect Construction Cost			
2.1 Land acquisition and compensation	0	1,190	1,190
2.2 Government administration	0	37,384	37,384
2.3 Engineering services	3,490	21,066	99,591
Sub-total for (2)	3,490	59,640	138,165
(3) Contingency			
3.1 Physical contingency	4,363	26,333	124,501
3.2 Price escalation	8,215	162,215	347,053
Sub-total for (3)	12,578	188,548	471,554
Total	59,693	511,516	1,854,609

表 S. 6. 1 建設費積算 (3 / 4)

給水施設計画, ステージ 2 - 2

Description	Foreign Currency Portion (US\$10 ³)	Local Currency Portion (Kshs.10 ³)	Total (Kshs. 10 ³)
(1) Direct Construction Cost			
1.1 Preparatory works	2,312	13,065	65,085
1.2 Raw water transmission system	3,716	15,468	99,078
1.3 Water treatment works	5,229	44,795	162,448
1.4 Nakuru treated water transmission system	17,416	77,545	469,405
1.5 Naivasha treated water transmission system	3,613	15,697	96,989
1.6 Gilgil East rural supply system	709	6,566	22,518
1.7 Gilgil West rural supply system	577	7,305	20,287
1.8 Eburru rural supply system	1,666	18,792	56,277
1.9 KMB bulk supply system	0	0	0
1.10 GMB-NYSTC bulk supply system	0	0	0
1.11 ASTU bulk supply system	97	472	2,655
Sub-total for (1)	35,335	199,705	994,742
(2) Indirect Construction Cost			
2.1 Land acquisition and compensation	0	810	810
2.2 Government administration	0	29,867	29,867
2.3 Engineering services	2,827	15,976	79,584
Sub-total for (2)	2,827	46,653	110,261
(3) Contingency			
3.1 Physical contingency	3,534	19,970	99,485
3.2 Price escalation	16,622	278,271	652,266
Sub-total for (3)	20,156	298,241	751,751
Total	58,318	544,599	1,856,754

表 S. 6. 1 建設費積算 (4 / 4)

給水施設計画, ステージ 2-3

Description	Foreign Currency Portion (US\$10 ³)	Local Currency Portion (Kshs.10 ³)	Total (Kshs. 10 ³)
(1) Direct Construction Cost			
1.1 Preparatory works	456	3,936	14,196
1.2 Raw water transmission system	0	0	0
1.3 Water treatment works	4,912	42,709	153,229
1.4 Nakuru treated water transmission system	1,420	12,009	43,959
1.5 Naivasha treated water transmission system	179	1,513	5,541
1.6 Gilgil East rural supply system	0	0	0
1.7 Gilgil West rural supply system	0	0	0
1.8 Eburru rural supply system	0	0	0
1.9 KMB bulk supply system	0	0	0
1.10 GMB-NYSTC bulk supply system	0	0	0
1.11 ASTU bulk supply system	0	0	0
Sub-total for (1)	6,967	60,167	216,925
(2) Indirect Construction Cost			
2.1 Land acquisition and compensation	0	380	380
2.2 Government administration	0	6,519	6,519
2.3 Engineering services	557	4,813	17,346
Sub-total for (2)	557	11,712	24,245
(3) Contingency			
3.1 Physical contingency	697	6,017	21,700
3.2 Price escalation	4,925	123,688	234,500
Sub-total for (3)	5,622	129,705	256,200
Total	13,146	201,584	497,370

表S.6.2 建設費用支払い計画

(Unit: 1000Kshs.)

Description	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
(A) Initial Cost																					
1) Foreign Currency																					
Malewa Dam and Diversion Tunnel	6404	14408	6404	180903	217725	338595	36021														
Raw Water Transmission System	1058	2273	1058	8483	29700	85208	698		855	1868	855	7178	29025	65768							
Water Treatment Works	2340	5063	2363	69300	104378	103388	1463		1193	2610	1193	42458	53798	47250		1148	2453	1148	39893	50535	44415
Nakuru Treated Water Transmission System	4140	9000	4140	167310	274005	49703	2610		4028	8730	4028	33705	222233	222075		338	720	315	2723	28665	7538
Naivasha Treated Water Transmission System	1170	2565	1170	9608	52628	77445	743		833	1823	833	6975	10328	81833		45	90	45	338	68	4500
KMB Bulk Water Supply System	0	23	0	90	23	1080	0														
NYSTC & GMB Bulk Water Supply System	2	3	1	12	2	159	1														
ASTU Bulk Water Supply System									23	45	23	203	1958	495							
Gilgil East Rural Water Supply System	158	360	158	1328	7290	10733	113		158	360	180	1373	7313	10800							
Gilgil West Rural Water Supply System	135	293	113	1080	5918	8753	90		135	293	135	1103	5940	8798							
Eburu Rural Water Supply System	383	833	383	3128	17145	25223	248		383	833	383	3218	17145	25380							
Price Contingency	474	2121	1464	55380	112896	135892	9652	0	2070	4950	2520	34650	135608	194220	0	720	1665	810	24503	47543	35573
Total	16264	36942	17254	496622	821710	836179	51639		9675	21510	10148	130860	483345	656618	0	2250	4928	2318	67455	126810	92025
2) Local Currency																					
Malewa Dam and Diversion Tunnel	3075	6387	3075	70962	57479	81369	14192														
Raw Water Transmission System	664	1205	664	2099	6218	16899	501		541	1000	573	2022	6179	12487							
Water Treatment Works	2106	3956	2106	27727	41228	41324	1447		1086	2041	1138	17296	21801	18516		1029	1935	1079	16482	20773	17648
Nakuru Treated Water Transmission System	2745	5005	2745	36917	59240	13438	2049		2606	4742	2758	9996	47826	45452		293	551	308	1508	11176	2985
Naivasha Treated Water Transmission System	771	1405	772	2591	11305	16491	578		536	973	567	2077	2800	16113		37	70	39	198	78	1707
KMB Bulk Water Supply System	9	16	9	50	16	408	7														
NYSTC & GMB Bulk Water Supply System	1	2	1	11	3	33	1														
ASTU Bulk Water Supply System									15	28	16	66	447	120							
Gilgil East Rural Water Supply System	155	290	154	661	3116	4563	105		154	291	162	733	3188	4516							
Gilgil West Rural Water Supply System	154	293	153	702	3439	5045	100		154	293	159	766	3504	5008							
Eburu Rural Water Supply System	410	780	410	1853	8876	13005	271		410	780	428	2025	9055	12897							
Price Contingency	807	3218	2620	51756	89604	113017	13742		3961	8102	5104	33589	98593	128922		1741	3475	2052	27646	51245	37530
Total	10897	22557	12709	195329	280524	305592	32993		9463	18250	10905	68570	193393	244031	0	3100	6031	3478	45834	83272	59870
3) Total Cost																					
Malewa Dam and Diversion Tunnel	9479	20795	9479	251865	275204	419964	50213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raw Water Transmission System	1722	3478	1722	10582	35918	102107	1199	0	1396	2868	1428	9200	35204	78255	0	0	0	0	0	0	0
Water Treatment Works	4446	9019	4469	97027	145606	144712	2910	0	2279	4651	2331	59754	75599	65766	0	2177	4388	2227	56375	71308	62063
Nakuru Treated Water Transmission System	6885	14005	6885	204227	333245	63141	4659	0	6634	13472	6786	43701	270059	267527	0	631	1271	623	4231	39841	10523
Naivasha Treated Water Transmission System	1941	3970	1942	12199	63933	93936	1321	0	1369	2796	1400	9052	13128	97946	0	82	160	84	536	146	6207
KMB Bulk Water Supply System	9	39	9	140	39	1488	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NYSTC & GMB Bulk Water Supply System	3	5	2	23	6	191	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ASTU Bulk Water Supply System	0	0	0	0	0	0	0	0	38	73	39	269	2405	615	0	0	0	0	0	0	0
Gilgil East Rural Water Supply System	313	650	312	1989	10406	15296	218	0	312	651	342	2106	10501	15316	0	0	0	0	0	0	0
Gilgil West Rural Water Supply System	289	586	266	1782	9357	13798	190	0	289	586	294	1869	9444	13806	0	0	0	0	0	0	0
Eburu Rural Water Supply System	793	1613	793	4981	26021	38228	519	0	793	1613	811	5243	26200	38277	0	0	0	0	0	0	0
Price Contingency	1281	5339	4084	107136	202500	248909	23394	0	6031	13052	7624	68239	234201	323142	0	2461	5140	2862	52149	98788	73103
Total	27161	59499	29963	691951	1102234	1141771	84632	0	19138	39760	21053	199430	676738	900649	0	5350	10959	5796	113289	210082	151895

表 S. 7. 1 ナクル市下水処理施設処理水排水規準

A. Total Discharge into Lake Nakuru				
1)	Total BOD ₅	not to exceed	800	kg/day
2)	Heavy metals (excl. Zn; Fe)	not to exceed	0.1	mg/l
B. Additional Standards for Discharge Directly into Lake Nakuru (Town Sewage Works)				
1)	BOD ₅ at 20 °C (excl. algae)	not to exceed	50	mg/l
2)	COD	"	80	mg/l
3)	Suspended Solids	"	30	mg/l
4)	Free ammonia	"	10	mg/l
5)	Heavy metals total (excl. Zn; Fe)	"	0.1	mg/l
6)	Zinc	"	0.3	mg/l
7)	Cyanide	"	0.05	mg/l
8)	Total phenols	"	0.1	mg/l
9)	Organochlorines total	"	0.001	mg/l
10)	Oil			No trace
11)	Anionic detergents	not to exceed	0.5	mg/l
12)	Effluent at dilution 1:20 must not be toxic to <i>Tilapia grahami</i> in 48 hours.			
13)	Flow records must be maintained at the inlet and outlet of all sewage works.			
14)	The effluent must be aerated over a cascade before discharge into the lake.			
(Njoro River Sewage Works)				
1)	BOD ₅ at 20 °C (excl. algae)	not to exceed	30	mg/l
2)	COD	"	50	mg/l
3)	Suspended Solids	"	30	mg/l
4)	Free ammonia	"	5	mg/l
5)	Heavy metals total (excl. Zn; Fe)	"	0.1	mg/l
6)	Zinc	"	0.3	mg/l
7)	Cyanide	"	0.05	mg/l
8)	Total phenols	"	0.1	mg/l
9)	Organochlorines total	"	0.001	mg/l
10)	Oil			No trace
11)	Anionic detergents	not to exceed	0.5	mg/l
12)	Effluent at dilution 1:10 must not be toxic to <i>Tilapia grahami</i> in 48 hours. Toxicity = a water killing 50% or more of the test animals.			
13)	Flow records must be maintained at the inlet and outlet of all sewage works.			

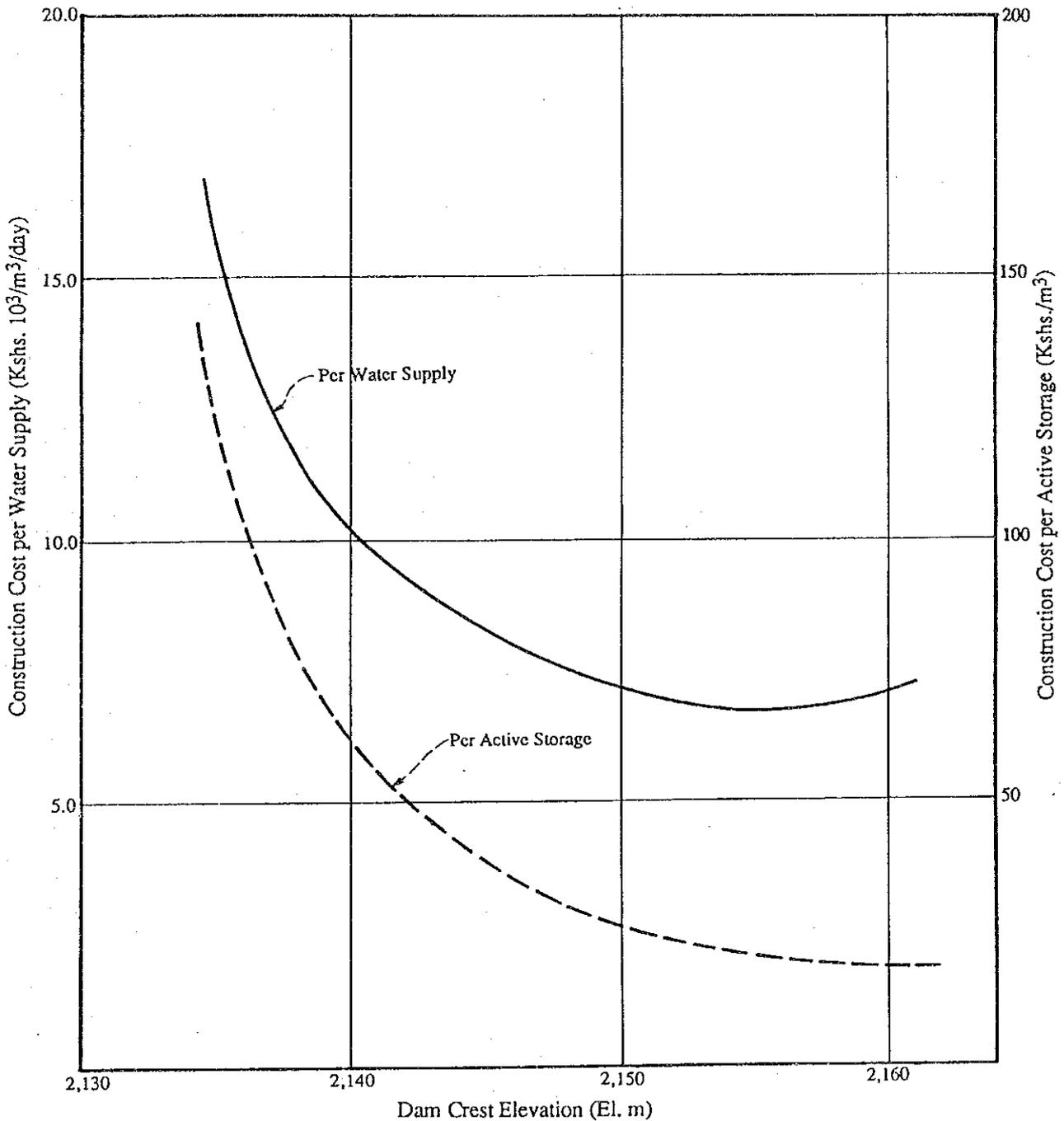
Data source: MOWD

表 S. 7. 2 既存水利権

Descriptions	<u>Malewa River</u>		<u>Turasha River</u>		<u>Lake Naivasha</u>	
	No .	Discharge (cu.m/sec)	No .	Discharge (cu.m/sec)	No .	Discharge (cu.m/sec)
(1) Low Flow Season						
Domestic	16	0.007	-	-	40	0.039
Public	2	0.030	4	0.003	1	0.003
Minor irrigation	-	-	-	-	-	-
Industrial	-	-	-	-	1	0.001
Power	-	-	-	-	-	-
General irrigation	-	-	-	-	-	-
Others	-	-	-	-	-	-
Total	28	0.037	4	0.003	42	0.043
(2) Flood Season						
Domestic	-	-	-	-	-	-
Public	-	-	-	-	-	-
Minor irrigation	3	0.001	-	-	16	0.002
Industrial	1	0.028	-	-	-	-
Power	1	0.008	-	-	1	0.008
General irrigation	8	0.068	2	0.010	62	0.819
Others	1	0.007	-	-	1	0.03
Total	14	0.112	2	0.010	80	0.858

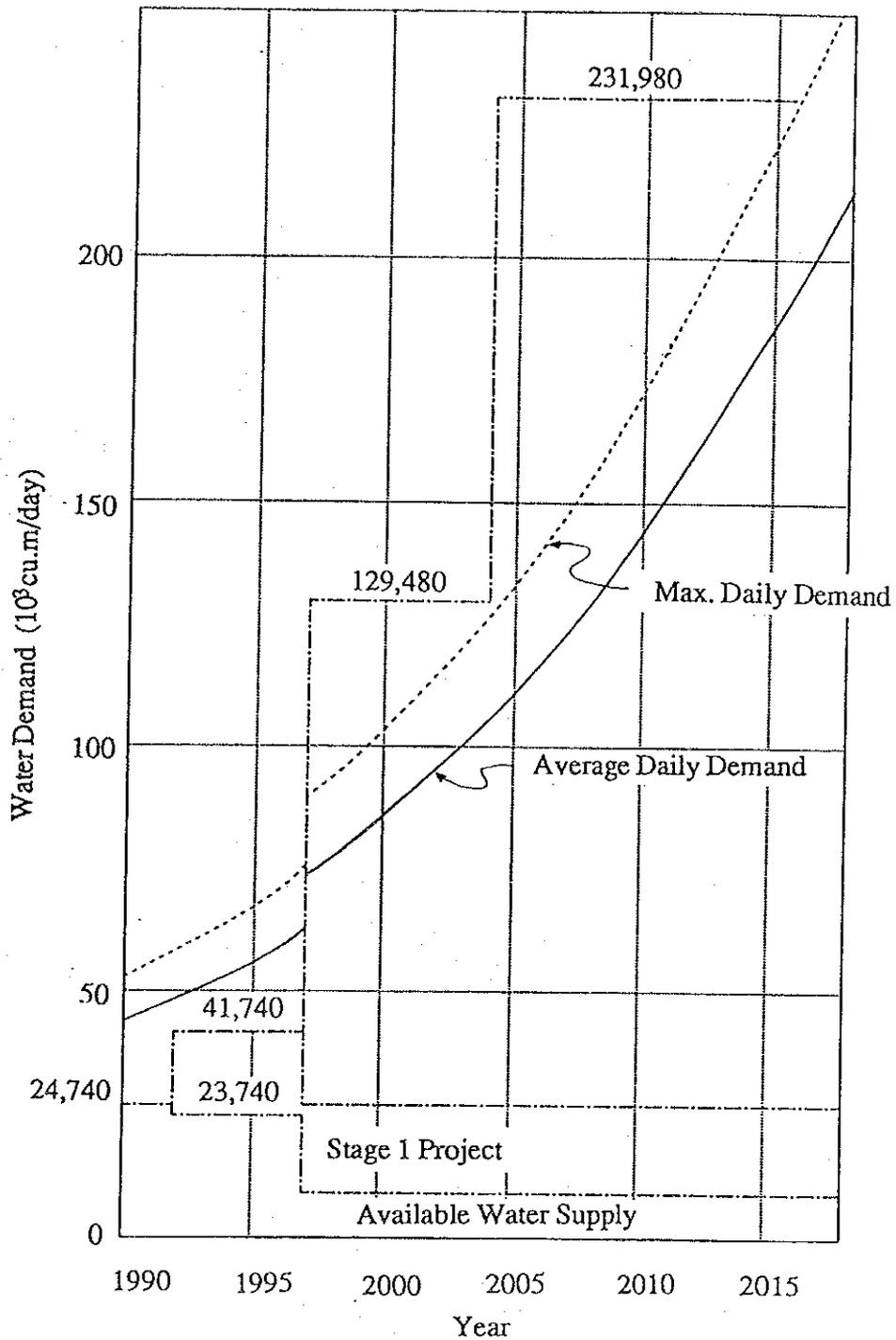
付 図

Fig. S.4.1



<p>THE REPUBLIC OF KENYA MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT NATIONAL WATER CONSERVATION AND PIPELINE CORPORATION</p>	<p>THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM IN MALEWA RIVER SYSTEM GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT EASTERN DIVISION</p> <p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE 単位給水量及び 単位貯水量当たりの ダム建設費</p>
---	--	--

Fig. S. 4.2



THE REPUBLIC OF KENYA
 MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT
 NATIONAL WATER CONSERVATION
 AND PIPELINE CORPORATION

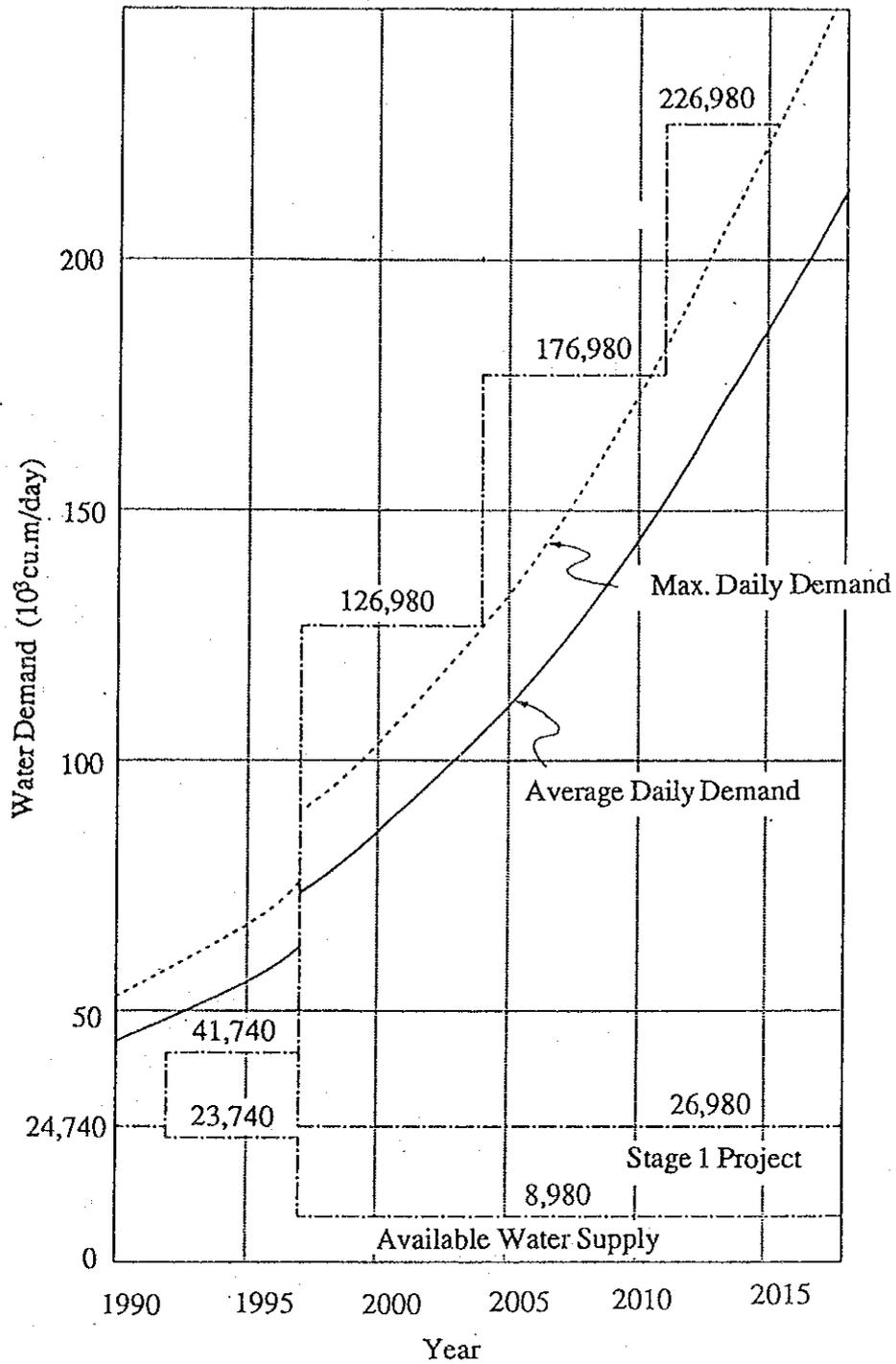
THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM
 IN MALEWA RIVER SYSTEM
 GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT
 EASTERN DIVISION

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

導水施設拡張計画

Fig. S. 4.3



THE REPUBLIC OF KENYA
 MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT
 NATIONAL WATER CONSERVATION
 AND PIPELINE CORPORATION

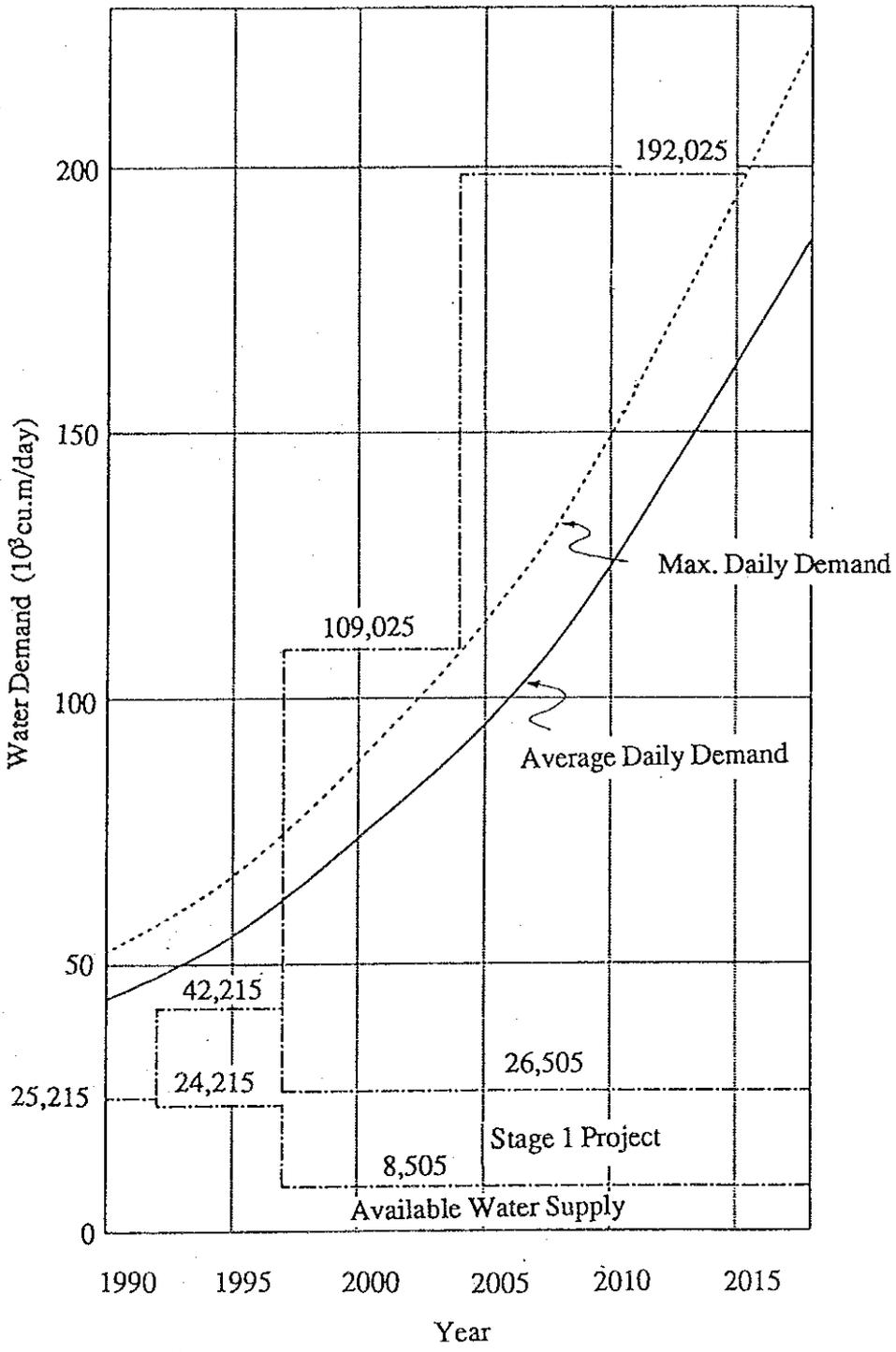
THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM
 IN MALEWA RIVER SYSTEM
 GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT
 EASTERN DIVISION

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

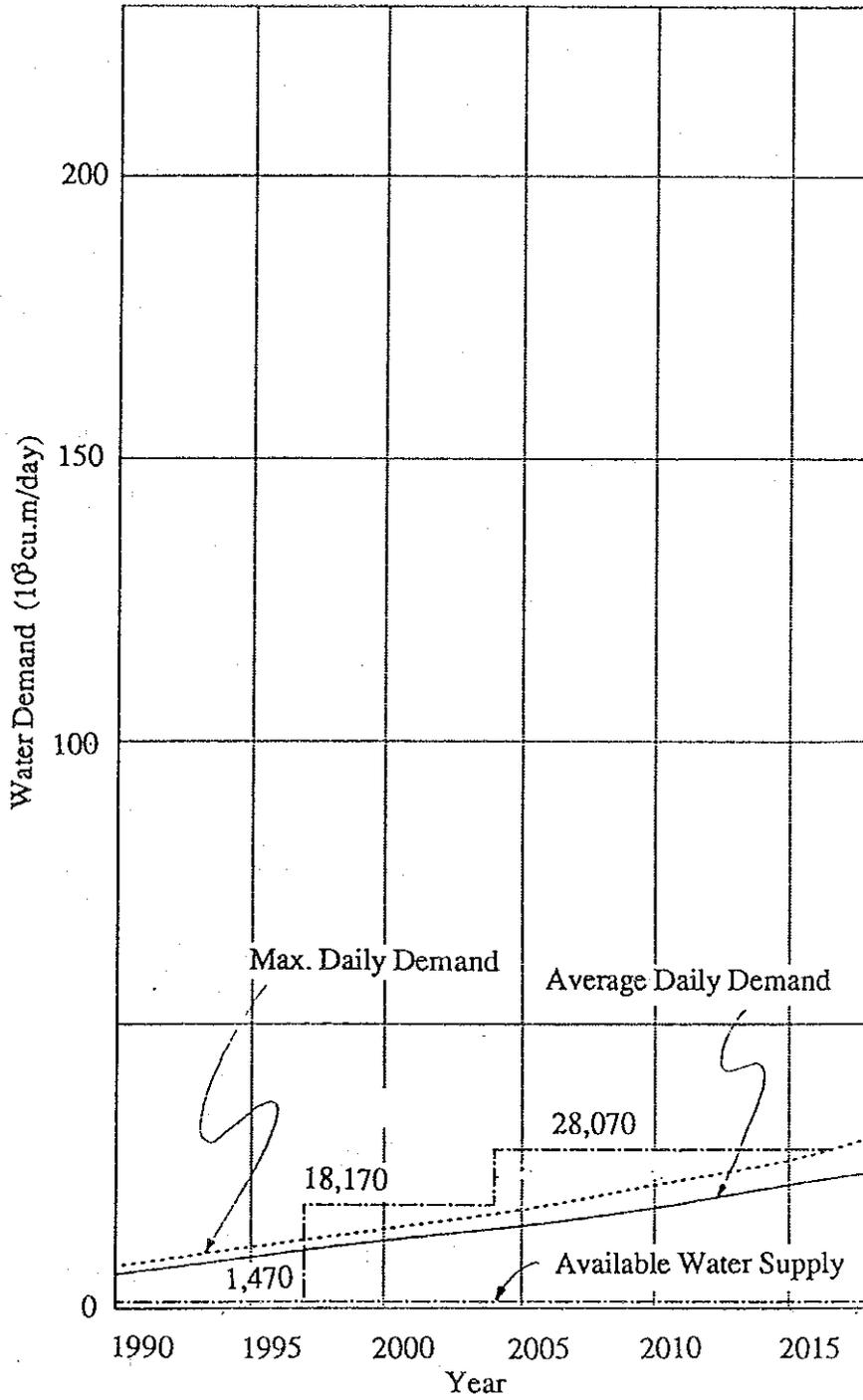
TITLE

浄水場拡張計画

Fig. S. 4.4



<p>THE REPUBLIC OF KENYA MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT NATIONAL WATER CONSERVATION AND PIPELINE CORPORATION</p>	<p>THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM IN MALEWA RIVER SYSTEM GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT EASTERN DIVISION JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE ナクル送水施設拡張計画</p>
---	---	------------------------------



THE REPUBLIC OF KENYA
 MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT
 NATIONAL WATER CONSERVATION
 AND PIPELINE CORPORATION

THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM
 IN MALEWA RIVER SYSTEM
 GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT
 EASTERN DIVISION

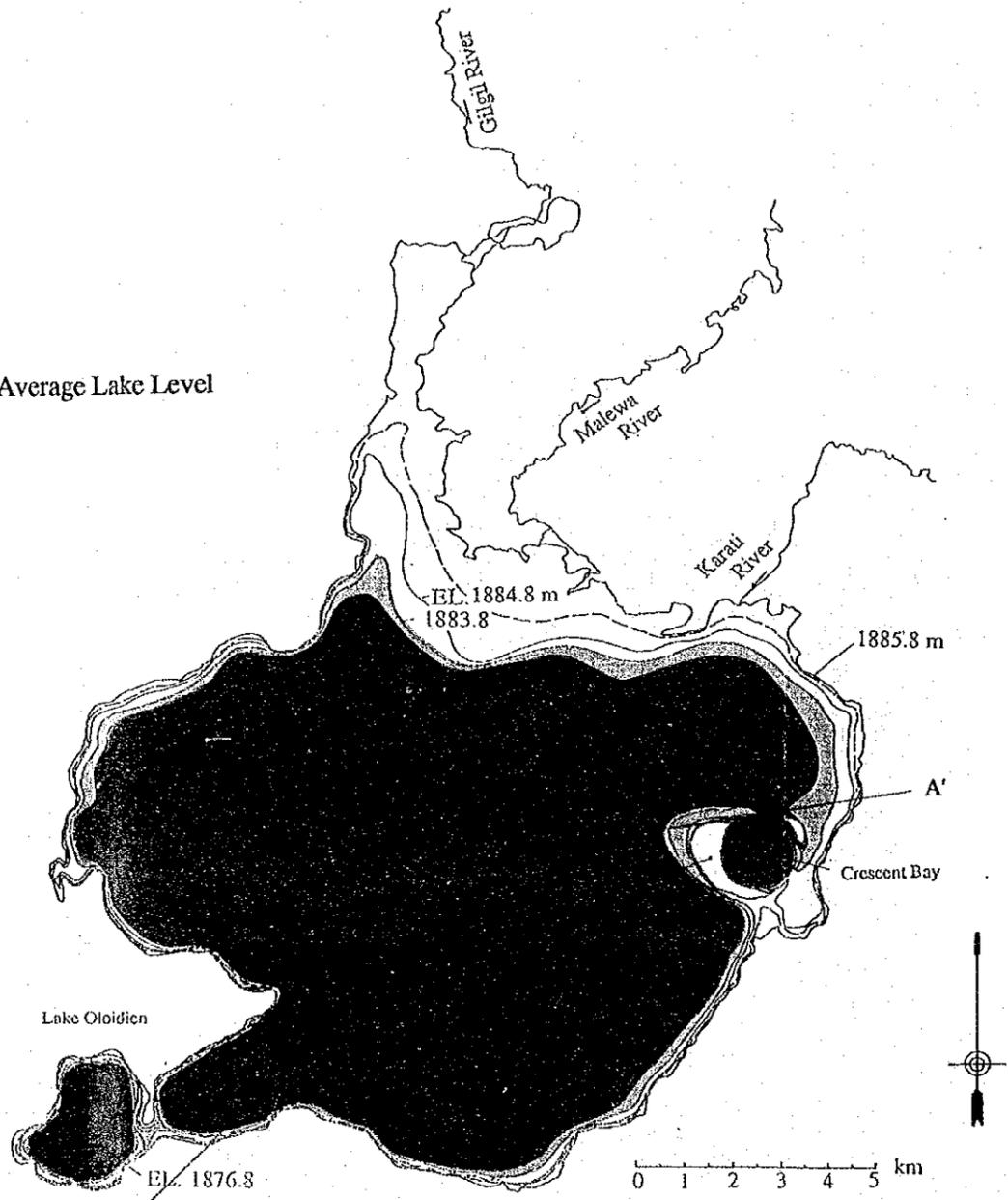
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

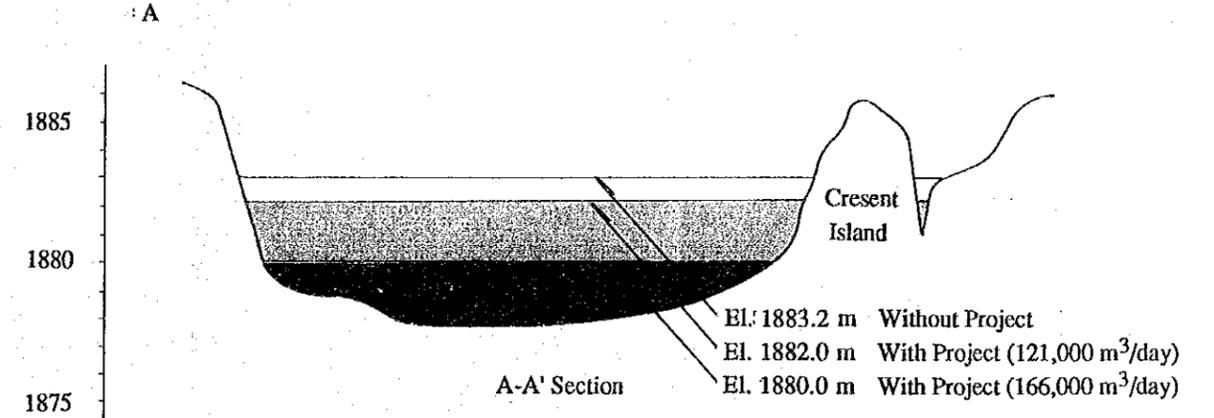
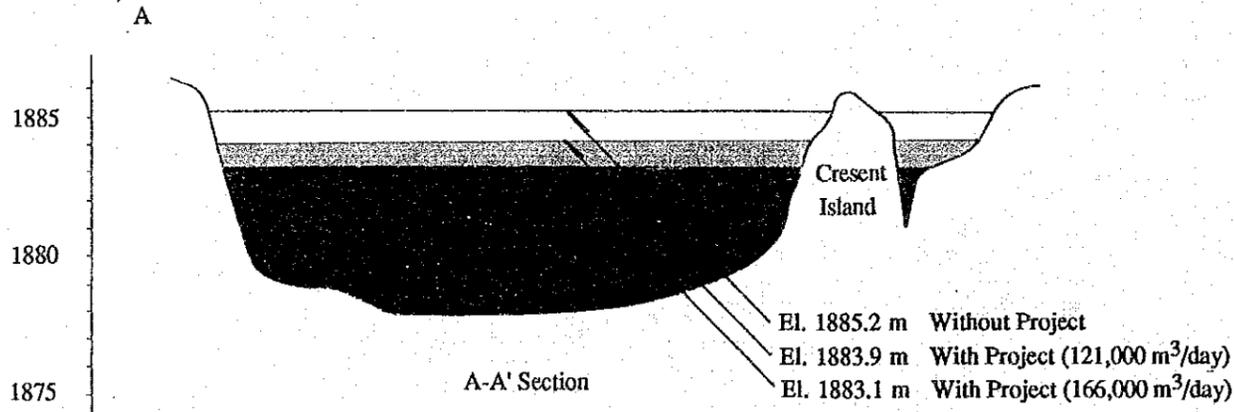
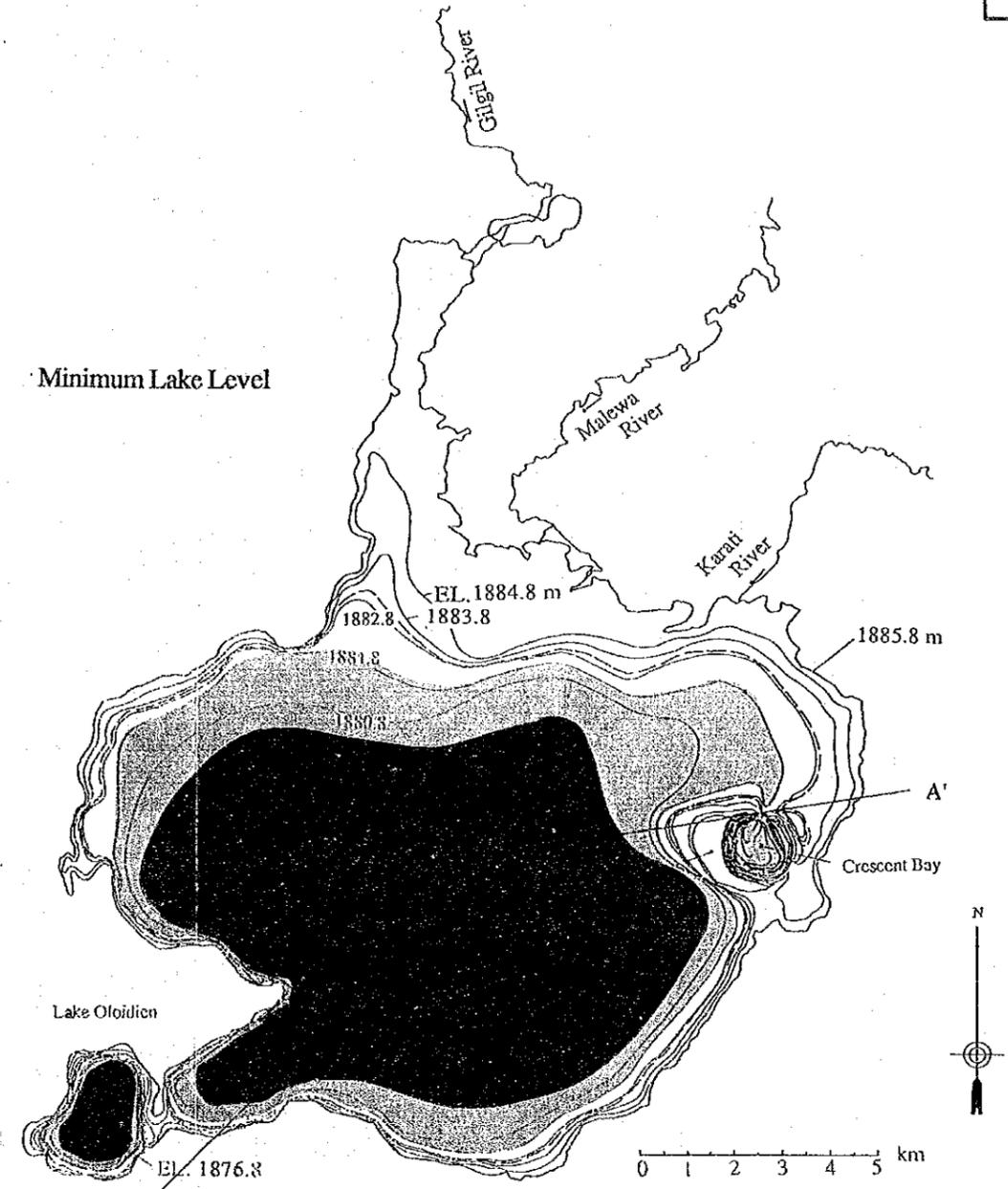
ナイバシャ 送水施設拡張計画

Fig. S.7.1

Average Lake Level

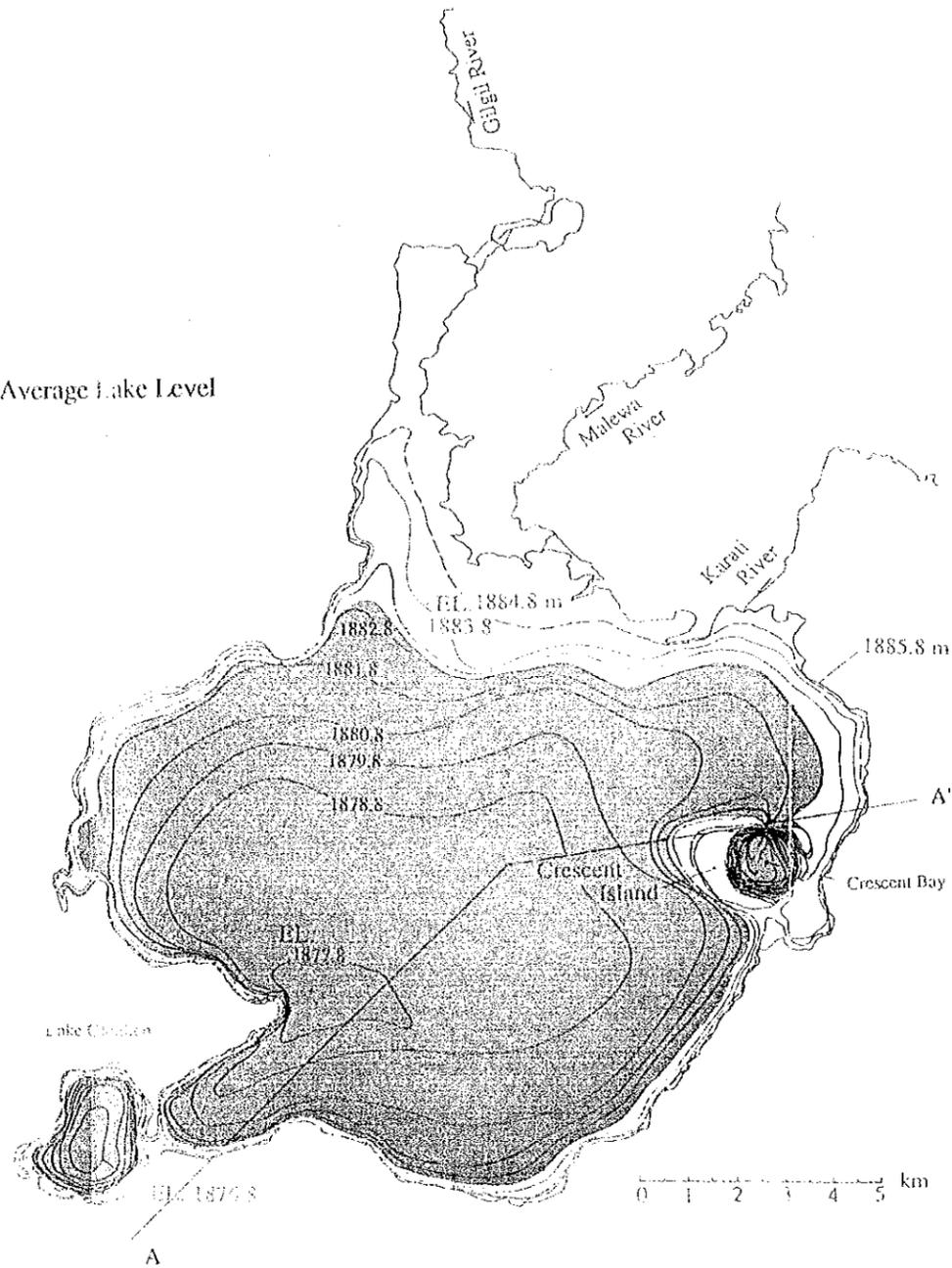


Minimum Lake Level

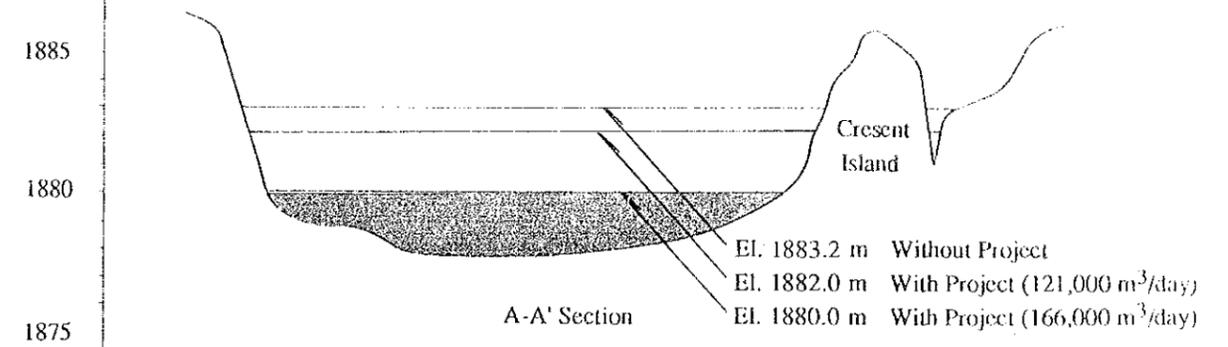
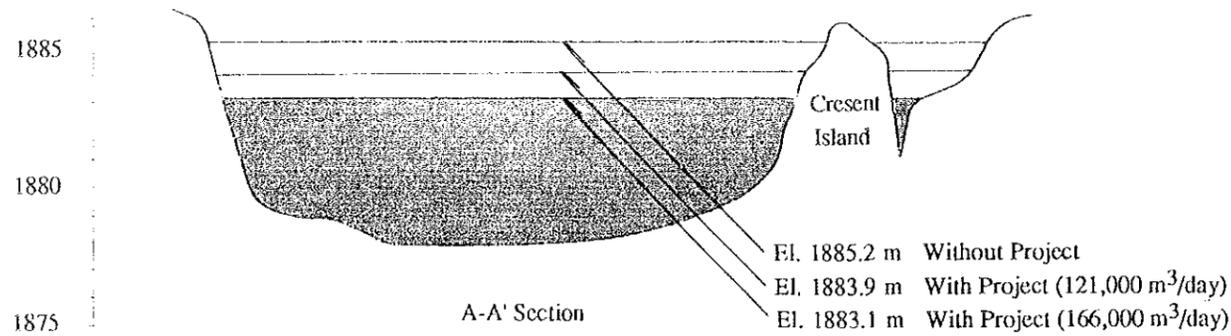
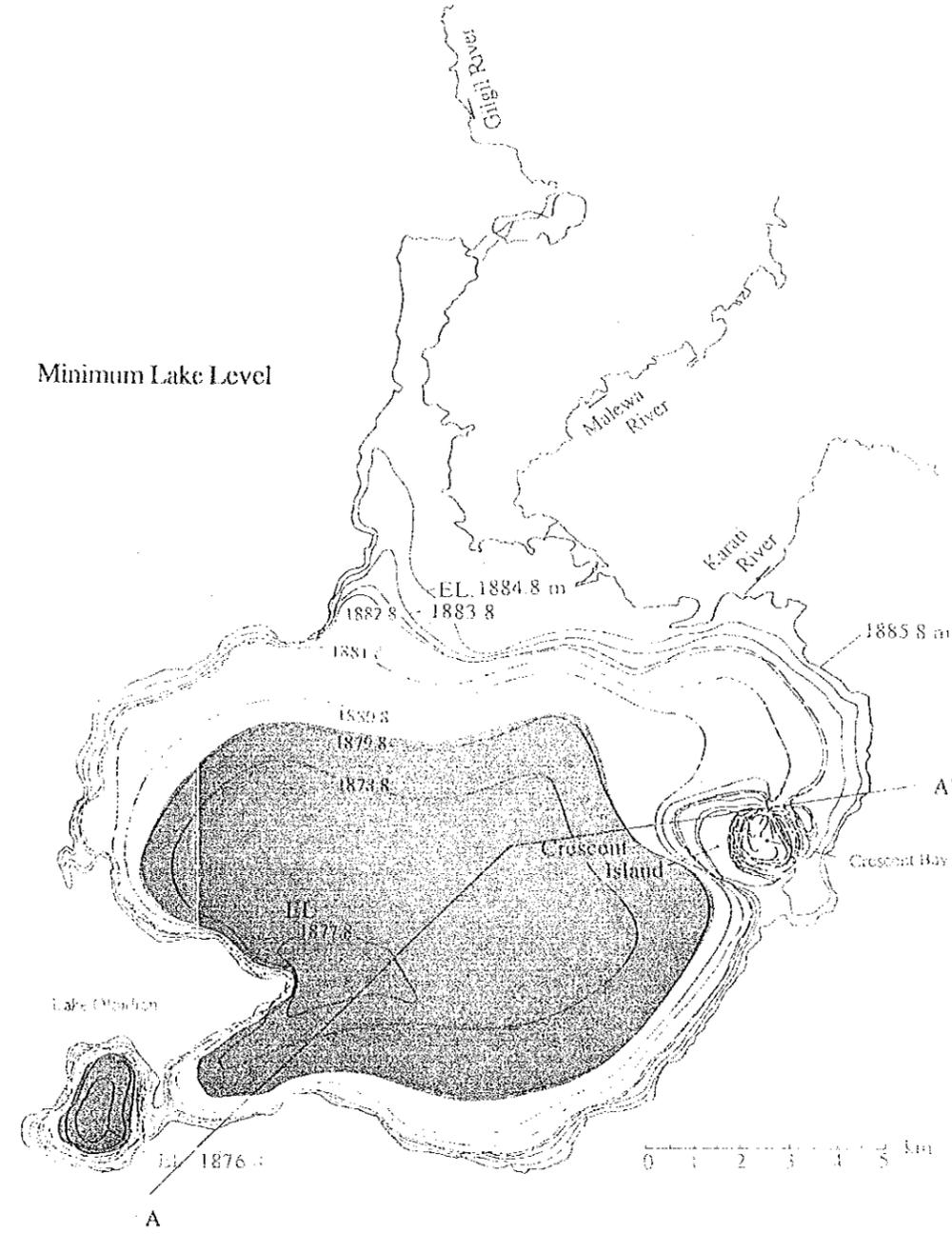


<p>THE REPUBLIC OF KENYA MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT NATIONAL WATER CONSERVATION AND PIPELINE CORPORATION</p>	<p>THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM IN MALEWA RIVER SYSTEM GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT EASTERN DIVISION JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE ナイバシャ湖、 表面積、水位関係</p>
---	---	---------------------------------------

Average Lake Level



Minimum Lake Level



<p>THE REPUBLIC OF KENYA MINISTRY OF WATER DEVELOPMENT NATIONAL WATER CONSERVATION AND PIPELINE CORPORATION</p>	<p>THE STUDY FOR CONSTRUCTION OF DAM IN MALEWA RIVER SYSTEM GREATER NAKURU WATER SUPPLY PROJECT EASTERN DIVISION JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE ナイバシヤ湖、 表面積、水位関係</p>
---	---	---------------------------------------