

国際協力事業団

ケニア共和国 地方自治省

ナクル市下水道施設修復・拡張計画調査

最終報告書

要約

平成6年3月

日本工営株式会社
株式会社日水コン

社調二
C R (2)
94 - 029

国際協力事業団
ナクル市下水道施設修復・拡張計画調査
最終報告書
要約
07
18
IS

国際協力事業団

ケニア共和国 地方自治省

ナクル市下水道施設修復・拡張計画調査

最終報告書

要 約

27517

JICA LIBRARY



1119127171

平成6年3月

日本工営株式会社
株式会社日水コン



本報告書においてプロジェクトのコストは1993年9月の時価で表示し、
通貨換算率は、1US\$ = 62.40 Kshs = ¥109.50と仮定した。

序 文

日本国政府はケニア共和国政府の要請に基づき、同国のナクル市下水道施設修復・拡張計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は平成5年6月より平成6年1月までの間に2回にわたり、日本工営株式会社の遠藤和繁氏を団長とし、同社および株式会社日水コンより構成される調査団を現地に派遣しました。

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

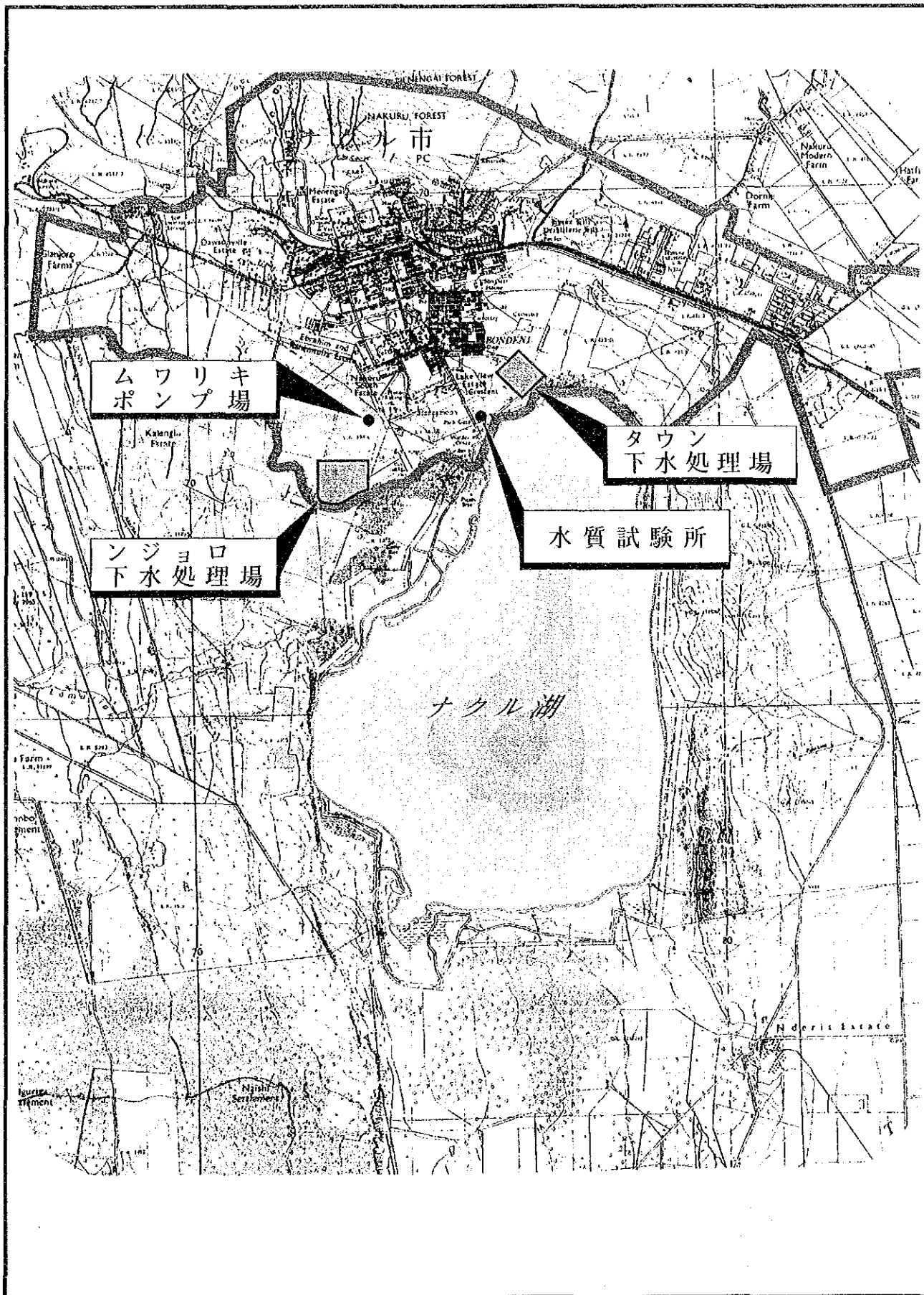
この報告書が本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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

平成6年3月

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介



<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p> <p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE</p> <p>プロジェクト位置図</p>
--	--	-------------------------------

要 約

1. 調査の背景と目的

本調査の調査対象地域であるナクル市は推定人口約36万人のケニア国内で第四位にランクされる都市である。ナクル市は首都ナイロビの北西約160 kmに位置にあり、ナクル湖国立公園と境界を接している。

ナクル湖は1990年にラムサール条約の保護地に指定され、特にフラミンゴの生息地としてケニア国内のみならず世界的に有名な湖である。また、湖は流出河川を持たない閉鎖湖で、その水質はソーダ質である。近年流域内の著しい人口増加、都市域の拡大、農地の増加等により汚濁流入量が増加し、湖の貴重な環境を悪化させることが懸念されている。特にナクル市より排出される生活/工場排水及び雨水による汚濁物質の湖への流入等が主汚濁源と考えられている。

本調査はナクル湖の貴重な環境保全のため、ナクル湖の水質保全策の立案とナクル市の下水処理施設の緊急的修復・拡張計画のフィービリティ調査を目的として実施された。

2. 衛生施設の現況

上水道施設 : ナクル市の上水は極く一部の工業用水を除き全て公共施設によって供給されている。最近5年間の平均給水量は22,080 m³であった。1991年の大ナクル給水プロジェクト・東部地区・ステージ1の完成により、給水量が13,300 m³/日増加することになった。これにより住民1人当りの給水量は約98リットル/日となる。

下水道施設 : 公共下水道はナクル市(全面積69 km²)の中心部12.85 km²のみに整備されている。下水処理場はンジョロ及びタウン処理場の2ヶ所で、前者は安定化池方式、また、後者は散水ろ床方式である。計画処理能力は各々3,600 m³/日、3,400 m³/日であるが、下水流入量及び負荷量ともに計画処理能力を上回っている。下水道整備地区での下水接続率は現在85%である。

ケニア政府は現在、下水処理能力6,000 m³/日の安定化池方式の処理場をンジョロ処理場に接して建設中である。

公共下水道完備地区以外では一般家庭より排出される汚水はセプティック・タンク、ピット・ラトリン等によって個別処理されている。これら個別処理施設より発生する汚泥は既存の下水管へ投棄されているが、これが下水処理場への大きな負荷の一因でもある。

工場排水処理 : ナクル市内の工場のいくつかは、自己処理施設を有しているが、それらの運営・維持管理は決して十分なものではなく、多量の汚濁物質が公共下水道を通して下水処理場に流入している。工場排水は下水処理場に大きな負荷を強いるばかりでなく、有害物質を排出している可能性もあり、その規制が望まれる。

一般／工場廃棄物処理 : 一般家庭ゴミおよび工場廃棄物はナクル西部の同一地点で埋め立て処分されている。調査時点で処分場はほとんど満杯の状態である。1992年の実績によると、埋め立て量は一般家庭廃棄物23,040トン、工場廃棄物4,956トンであった。

雨水排水施設 : タウン雨水排水路を幹線とする雨水排水施設はナクル市の中心部374 haの面積に完備されている。タウン雨水排水路はタウン下水処理場内を通過し、ナクル湖へ直接接続している。降雨時には市の排水路を通してゴミ、廃油等が湖に流出し、環境悪化の一因をなしている。

3. 水質保全策

本調査による水質保全策は大ナクル給水プロジェクト、ステージ"1"完成による下水水量増加を対象として立案する。

汚濁流入源 : ナクル湖へ流入する汚濁物質の流入経路は大別して、下水処理場よりの処理水を含むンジョロ川、マカリア川、ンデリット川、タウン雨水排水路、及び湖周辺に点在する湧水に大別される。

予測下水水量 : 新規給水13,300 m³/日に伴って、既存公共下水道完備地区からの下水発生量は16,200 m³/日と予測された。既存／建設中の処理物の総処理能力は13,000 m³/日であるので、処理能力3,200 m³/日をもつ新下水処理場をタウン処理場に建設することを提案した。

排水基準 : ケニア政府は1993年6月にナクル湖への流入水の水質基準を設定した。本調査ではこの基準を評価の上、若干の見直しを提言すると同時に、水質保全策立案の基本として採用した。

水質保全策 : 水質保全策は施設対策と非施設対策により構成される。また、非施設対策は短期と中・長期計画により構成される。

対策案	提言内容
施設対策	(1) 下水処理場 - 既存施設の修復 - 既存処理場へ付加処理施設の建設 - 新処理場（能力 3,200 m ³ /日）の建設 (2) 汚泥処理／処分 - 乾燥床の建設 - 処分地の新設 (3) 雨水排水 - オイル・トラップを持つ滞水池の建設

- (4) セプティック・タンクの汚泥の処理・処分
 - 下水処理場の乾燥床で処理の上、新処分地で処分
- (5) 工場廃棄物
 - 専用処理場の新設、減量および環境対策

非施設対策

1. 短期計画

- (1) 法制度
 - ナクル市の工場排水規制、水法、地方自治法の一部改正
 - 環境基準の公布
- (2) 組織的支援
 - IWGの活動強化
- (3) モニタリング活動
 - 湖水水質、工業排水の水量・水質のモニタリング
 - 水質試験所の設立

2. 中・長期計画

- (1) 都市・地域開発の抑制
- (2) ナクル湖流域開発・保全マスター・プランの策定
- (3) 流域内都市の下水道基本計画の策定

汚濁負荷の低減予測 : 提言された水質保全策の実施により、ナクル湖への汚濁流入量は大幅に減少する。汚濁負荷を代表する有機物 (BOD) 及び栄養塩 (T-N, T-P) の低減予測は以下のとおりである。

汚濁物	現況	給水増加後	(単位：トン/年)	
			施設対策後	工場排水規制後
BOD	1,471	3,809	886	856
T-N	547	-	-	103
T-P	167	-	-	51

本調査は緊急的性格のもとに実施された。したがって施設対策は下水処理場と雨水排水路を主対象としているので、これら2経路のみに汚濁量の低減が発生する。特に現況において、下水処理場経路のBODは全体の43%を占めるが、施設対策後はその割合は10%と低下し顕著な効果が現われる。

4. 施設の子備設計

4.1 施設の子備設計

修復・拡張工事はムワリキ・ポンプ場、ンジョロ/タウン下水処理場、汚泥乾燥床、雨水滞水池、水質試験所に大別される。

ムワリキ・ポンプ場 : ポンプ場制御室を新設すると同時に、ポンプ（カッター式、容量1.5m³/分）3台を入れ替える。

ンジョロ／タウン下水処理場 : 処理場への流入BOD、SSおよび大腸菌数は800 mg/L、700 mg/L、10⁸/100 mL、処理水については各々15 mg/L、15mg/L、10³/100 mLと設定し施設設計を行った。また、下水処理方式は種々の処理方式の技術・経済性を検討の結果、以下の処理方式とした。

ンジョロ処理場

6,000 m³/日ライン : 嫌気性池+通性池+仕上げ池+ロック・フィルター+グラス・プロット
 3,600 m³/日ライン : 嫌気性池+通性池+仕上げ池+ロック・フィルター+グラス・プロット

タウン処理場

3,400 m³/日ライン : 既存散水ろ床+安定化池+ロック・フィルター+グラス・プロット
 3,200 m³/日ライン : 嫌気性池+通性池+仕上げ池+ロック・フィルター+グラス・プロット

各処理ラインは維持管理を考慮し、同一の処理容量を持つ2系列に分割した。修復・拡張後の下水処理場は下記のような施設構成となる。

処理施設	ンジョロ処理場		タウン処理場	
	3,600 m ³ /日ライン	6,000 m ³ /日ライン	3,400 m ³ /日ライン	3,200 m ³ /日ライン
嫌気性池／他施設	嫌気性池 : 3	嫌気性池 : 3	散水ろ床 : 1 沈でん池 : 2	嫌気性池 : 3
通性池	2	2	2	2
第1仕上げ池	2	2	2	2
第2仕上げ池	2	2	2	2
第3仕上げ池	2	2	2	2
ロック・フィルター	2	2	2	2
グラス・プロット	2	4	2	2
管理事務所	-	-	-	1
職員宿舎	-	4	-	10

汚泥乾燥床 : ンジョロ処理場全体から20 m³/日、また、タウン処理場では3,200 m³/日のラインより6.6 m³/日の汚泥が発生する。これら汚泥処理のため、各々処理場内に乾燥床を1床設ける。

雨水滞水池 : 既存の雨水排水網完備地区より5年確率降雨により発生する雨水14,300 m³を全量を一時滞水させるものとして設計した。滞水池はタウン処理場内に設けられ、主排水路に直結し、流入部にオイル・トラップを設備している。

水質試験所 : 水質試験所はナクル国立公園内に位置し、総床面積は350 m²である。

4.2 施設の運転・維持

下水管網、下水処理場及び雨水滞水池の維持管理の基本的ガイドラインを設定した。維持管理は日常的なものと定期的なものに大別される。前者はWSDにより直接実施され、後者は専門業者の雇用により実施されるものとした。また、WSDの維持管理の強化の一環として、維持管理機材及びワークショップの機材の増強を提案した。

5. 建設工程と事業費

建設工程 : 事業は、資金の手当て、実施設計、入札、建設工事等を経て完成されるが、これには23ヶ月の期間が必要である。建設工事期間は16ヶ月である。

事業費 : 事業費は1993年11月現在の物価水準によって積算した。予備費を含む総事業費はUS\$22,830,000で、外貨分 US\$11,201,000及び内貨分 US\$11,629,000である。

維持・管理費 : 下水道施設のみの維持・管理は年間 US\$102,600と見積られた。

6. 組織と運営

事業の実施機関は地方自治省である。事業の完成後、ナクル市のWSDがその維持・管理を実施する。WSDは事業の維持・管理のみでなく、水質保全策の重要項目である工場排水の監視にもあたるので、組織、要員、財政面での改善／強化が不可欠である。それらに対する提言を行った。

7. 事業の評価

環境評価 : 事業実施による処理水質改善の効果は大きく、事業の建設／運転による環境への悪影響はほとんどないものと結論づけられた。予測された環境への影響は微少で、必要なものに対しては対策案を提言した。

財務／経済評価 : 財務的にはケニア政府機関が提供する地方援助ローンでの事業の自立は難しい。低利の特別ローンないしは無償資金援助等の対策が必要である。事業の経済的内部収益率（EIRR）は18.6%でケニアの資本利用機会率10%を上回っており、経済的に妥当と評価された。

8. 結論と提言の要旨

1. ケニア政府はナクル湖へ流入する排水の水質基準を設定した。水質保全策はこの水質基準を満たすように策定した。提案された水質保全策は下水処理場の修復・拡張の施設対策のみならず、工場排水の規制、流域内の開発抑制、行政／組織の改善・強化、下水道基本計画の策定等の非施設対策をも含むものである。
2. 大ナクル給水プロジェクトによる給水開始後、既存の下水道整備地区からの下水は16,200 m³/日に増加すると予測された。よってタウン処理場に処理能力3,200 m³/日を持つ下水処理場を建設することを提言する。
3. 下水処理方式については代替案の技術・経済比較の結果、既存のタウン処理施設（処理能力：3,400 m³/日）を除き、嫌気性池、通性池、仕上げ池、ロック・フィルター及びグラス・プロットの組み合わせ方式を採用した。タウン処理場既存の散水ろ床は修復の上、通性池、仕上げ池、ロック・フィルター及びグラス・プロットを建設し処理水の水質の向上を図る。修復・拡張後の下水処理能力は統計16,200 m³/日に達する（ンジョロ処理場：3,600 m³/日+6,000 m³/日、タウン処理場：3,400 m³/日+3,200 m³/日）。
4. 事業費は総計US\$22,830,000と見積られた。財務評価の結果、低利の特別ローンないしは無償援助資金でなければ事業化は困難であり、料金による資金回収は難しいと判断した。
5. 事業の持続的運営のためには、ナクル市の上下水道局の組織／要員の強化及び維持管理機材の増強を提言すると同時に維持管理資金を毎年十分に計上することを提言する。
6. 地下水源、湖周辺への影響等を考慮し、下水処理場からの汚泥および工場廃棄物はナクル湖流域外に処分地を確保した上で処分する。

目次

	頁
1. 序文	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の実施体制	1
2. 調査対象地域	1
2.1 ナクル市	1
2.2 ナクル湖／国立公園	1
2.3 ナクル市開発計画	4
3. 衛生施設の現況	4
3.1 公共衛生施設	4
3.2 給水施設	4
3.2.1 公共施設	4
3.2.2 私有施設	4
3.3 汚水処理状況	6
3.3.1 公共下水施設	6
3.3.2 個別処理施設	6
3.3.3 工場排水処理	6
3.4 雨水排水施設	6
3.5 廃棄物処理	6
4. 水質保全策	8
4.1 汚濁発生源	8
4.2 下水量増加の予測	8
4.3 排水基準	10
4.4 水質保全策	12
4.4.1 施設対策	12
4.4.2 非施設対策	14
4.5 水質保全策による汚濁負荷の低減予測	17
5. 計画諸元	22
5.1 施設の基本概要	22
5.2 下水処理場の計画諸元	23
5.3 雨水滞水池の基本計画	23
5.4 水質試験所の基本計画	24

	頁
6. 予備設計	29
6.1 ムワリキポンプ場	29
6.2 下水処理場	29
6.3 汚泥乾燥床	38
6.4 雨水滞水池	38
6.5 水質試験所	38
6.6 運転・維持管理の基本的ガイドライン	38
6.7 運転維持管理機材	40
6.8 処理水の再利用	41
6.9 土地収用	41
7. 建設計画と積算	42
7.1 工事形態	42
7.2 建設計画	42
7.3 建設工程	42
7.4 建設工事費	42
7.5 運転・維持管理費	45
8. 組織と運営	45
8.1 事業実施の組織	45
8.2 運転・維持管理の組織	45
8.3 財政	48
8.4 WSD事務所	48
9. 環境影響評価	48
9.1 序文	48
9.2 環境影響評価	48
10. 経済・財務分析	51
10.1 財務分析	51
10.2 経済評価	51
11. 結論および提言	59

添付表一覧

		頁
表4-1	流入経路と汚濁のタイプ	8
表4-2	ナクル湖流入の汚水基準	10
表4-3	ナクル市公共下水道への排水基準	11
表4-4	ナクル湖へのBOD ₅ 負荷流入量	18
表4-5	ナクル湖への栄養塩負荷流入量	18
表5-1	流入下水/処理水の水質	22
表5-2	下水処理場の処理能力と処理方式	23
表5-3	水質試験計画（河川、湧水、雨水排水路）	25
表5-4	水質試験計画（工場排水、下水処理水）	26
表5-5	水質試験計画（ナクル湖水）	27
表5-6	水質試験計画（降雨流出時の河川、雨水排水路）	28
表6-1	ンジョロ処理場の主要諸元	33
表6-2	タウン処理場の主要諸元	35
表6-3	運転・維持管理の基本的ガイドライン	39
表6-4	散水ろ床の運転形態	39
表6-5	維持管理機材	40
表6-6	土地取用面積	41
表7-1	主要工事数量	42
表7-2	建設工事費	43
表7-3	年間資金需要	43
表7-4	年運転・維持管理費	45
表9-1	環境影響評価要約	49
表10-1	財政コストと収入の流れ： ケース1-A	53
表10-2	財政コストと収入の流れ： ケース1-B	54
表10-3	財政コストと収入の流れ： ケース2	55
表10-4	経済コストと便益の流れ（標準）	56
表10-5	経済コストと便益の流れ（観光収入便益25%）	57
表10-6	経済コストと便益の流れ（経済コスト10%増加）	58

添付図一覧

		頁
図2-1	ナクル湖流域図	2
図2-2	ナクル湖の水位及びフラミンゴ数の記録	3
図2-3	ナクル市開発計画	5
図3-1	既設下水管網図	7
図4-1	汚濁負荷のナクル湖への流入ルート	9
図4-2	汚水及び汚泥の流出フロー図	13
図4-3	ナクル湖流域保全のための組織図	15
図4-4	水質試験所の組織図	16
図4-5	BOD負荷量予測（下水処理場経由）	20
図4-6	栄養塩負荷量予測（下水処理場経由）	21
図6-1	ンジョロ処理場の処理プロセスフロー	31
図6-2	タウン処理場の処理プロセスフロー	32
図7-1	建設計画スケジュール	44
図8-1	プロジェクトの実施組織図	46
図8-2	WSD組織改善案	47

添付図面一覧

図面	1	ンジョロ処理場一般平面図
図面	2	ンジョロ処理場水位関係図
図面	3	タウン処理場一般平面図
図面	4	タウン処理場水位関係図
図面	5	水質試験所建屋図面

記号・略語

1. 記号

1.1 長さ

mm	=	ミリメートル
cm	=	センチメートル
m	=	メートル
km	=	キロメートル
"	=	インチ

1.2 面積

m ² , sq.m	=	平方メートル
ha	=	ヘクタール
km ² , sq.km	=	平方キロメートル

1.3 容積

cc	=	立方センチメートル
lit. l, L	=	リッター
m ³ , cu.m	=	立方メートル

1.4 重量

mg	=	ミリグラム
g	=	グラム
kg	=	キログラム
t	=	トン

1.5 時間

s, sec	=	秒
min	=	分
h, hr	=	時間
d	=	日
yr	=	年

1.6 貨幣

KShs.	=	ケニアシリング
US\$, \$	=	米ドル
¥	=	円

1.7 電気の略語

A	=	アンペア
V	=	ボルト
kV	=	キロボルト
kW	=	キロワット
kWh	=	キロワット時

kVA	=	キロボルト・アンペア
Hz	=	ヘルツ

1.8 他の記号

mS	=	シーメン・ミリ
mmho	=	マイクロモ
ppb	=	10億分の一
ppm	=	百万分の一
MPN	=	最確数
‰	=	パーミル
%	=	パーセント
PS	=	0.736 kW
°	=	度 (角度)
'	=	分 (角度)
"	=	秒 (角度)
°C	=	セツ氏 (温度)
BOD	=	生物学的酸素要求量
COD	=	化学的酸素要求量
T-N	=	全窒素
T-P	=	全リン
DO	=	溶存酸素
pH	=	水素イオン濃度
TS	=	蒸発残留物
SS	=	浮遊物質
VS	=	揮発性物質

1.9 合成記号

cm/sec	=	センチメートル/秒
m/s, m/sec	=	メートル/秒
cm ³ /min	=	立方センチメートル/分
m ³ /sec, cu.m/sec, m ³ /s, cu.m.s	=	立方メートル/秒
m ³ /min, cu.m/min	=	立方メートル/分
m ³ /h, cu.m.h	=	立方メートル/時
m ³ /day, cu.m/day, m ³ /d, cu.m/d	=	立方メートル/日
lpcd	=	リッター/人/日
m ³ /m ² /day	=	立方メートル/平方メートル/日
m ³ /sec/km ²	=	立方メートル/秒/平方キロメートル
kg/day	=	キログラム/日
ton/m ²	=	トン/平方メートル
kg/day/km ²	=	キログラム/日/平方キロメートル
mS/cm	=	シーメン・ミリ/センチメートル
mg/L	=	ミリグラム/リッター
g/cm ³	=	グラム/立方センチメートル

2. 略語

BS	=	英国規格
JIS	=	日本工業規格
GDP	=	総国内生産
GNP	=	国民総生産
GRDP	=	総地方生産
El.	=	標高
NOL	=	規準運転位
STW	=	下水処理場
Q'ty	=	数量
GL	=	地盤高
SD	=	下水道整備区域
EIA	=	環境影響評価

3. 関係機関の略語

GOJ	=	日本国政府
GOK	=	ケニア国政府
JICA	=	日本国際協力事業団
KWS	=	ケニア野生動物公社
MOENR	=	ケニア環境・資源省
MOF	=	ケニア大蔵省
MOALD	=	ケニア農業・家畜開発省
MOLG	=	ケニア地方自治省
MOLRRWD	=	ケニア開拓・地方・水資源省
MOC & I	=	ケニア商業・工業省
MOL & S	=	ケニア移民省
MOTC	=	ケニア運輸・通信省
MOTW	=	ケニア観光・野生動物省
MOLMD	=	ケニア労働省
MOH	=	ケニア厚生省
OP	=	ケニア大統領府
NES	=	ケニア国家環境庁
NMC	=	ナクル市役所
NWCPC	=	ケニア国家水保全・パイプライン公団
ODA	=	英国海外援助庁
OECF	=	日本海外経済協力基金
SOK	=	ケニア測量局
Ramsar Convention	=	ラムサール条約
UNICED	=	国連環境・開発会議
UNEP	=	国連環境計画
IWG	=	ケニアナクル湖保全関係省庁会議
DDC	=	地方開発委員会
UDD	=	ケニア地方自治省都市開発局
TECU	=	ナクル市上下水道局工場排水監視課
WWF	=	世界自然保護基金
PHD	=	ナクル市公衆衛生局
WSD	=	ナクル市上下水道局

1. 序文

1.1 調査の背景

ケニア政府はナクル湖の貴重な環境保全のため、ナクル市下水道施設修復・拡張計画を立案した。この計画のため、フィージビリティ調査を先行させることとなった。

1.2 調査の実施体制

調査はケニア・日本の合同で実施された。ケニア側は地方自治省のもとに、協力チームを組織し、一方日本側には作業監理委員会および調査団が組織された。調査は実質的に1993年6月から1994年1月までにわたる8ヶ月間で完了した。現地調査は1993年6月から9月までにわたって実施された。

2. 調査対象地域

2.1 ナクル市

ナクル市はケニア国の首都ナイロビの北西約160 kmに位置する。ナクル市はメネンガイ火山の南部斜面に展開し、その南部はナクル湖国立公園に接している。市街地の標高は北部で2,100 m、南部で1,750 mである。ナクル湖流域図を図2-1に示した。

1989年に国勢調査が実施されたが、その結果は公表されていない。1987年の調査によれば、ナクル市の人口は約24万人であったが、1993年の推定人口は約36万人である。この間の人口成長率は平均7%で、農村地帯からの流入により高い成長率となっている。

2.2 ナクル湖／国立公園

ナクル湖国立公園はケニアでも有数のもので、その鳥類と野生動物は毎年数十万人の観光客を魅了している。公園の面積は湖を含め約180 km²である。ナクル湖の面積は標高1,758.5 mで43 km²であるが、水位により大きく変動する。湖の底部の標高は1,756 m近辺である。ナクル湖はケニアに存在する浅水深／ソーダ水質をもつ4つの湖のうちのひとつである。





図2-2に過去60年間の湖水位の変動を示した。湖水位は大きく変動し、特に1933年、1939年、1947年、1961年および1987年には干上がったと記録されている。このような渇水年には湖底が風による侵食作用を受け、それが周辺地域にホコリの害をもたらしていると言われている。

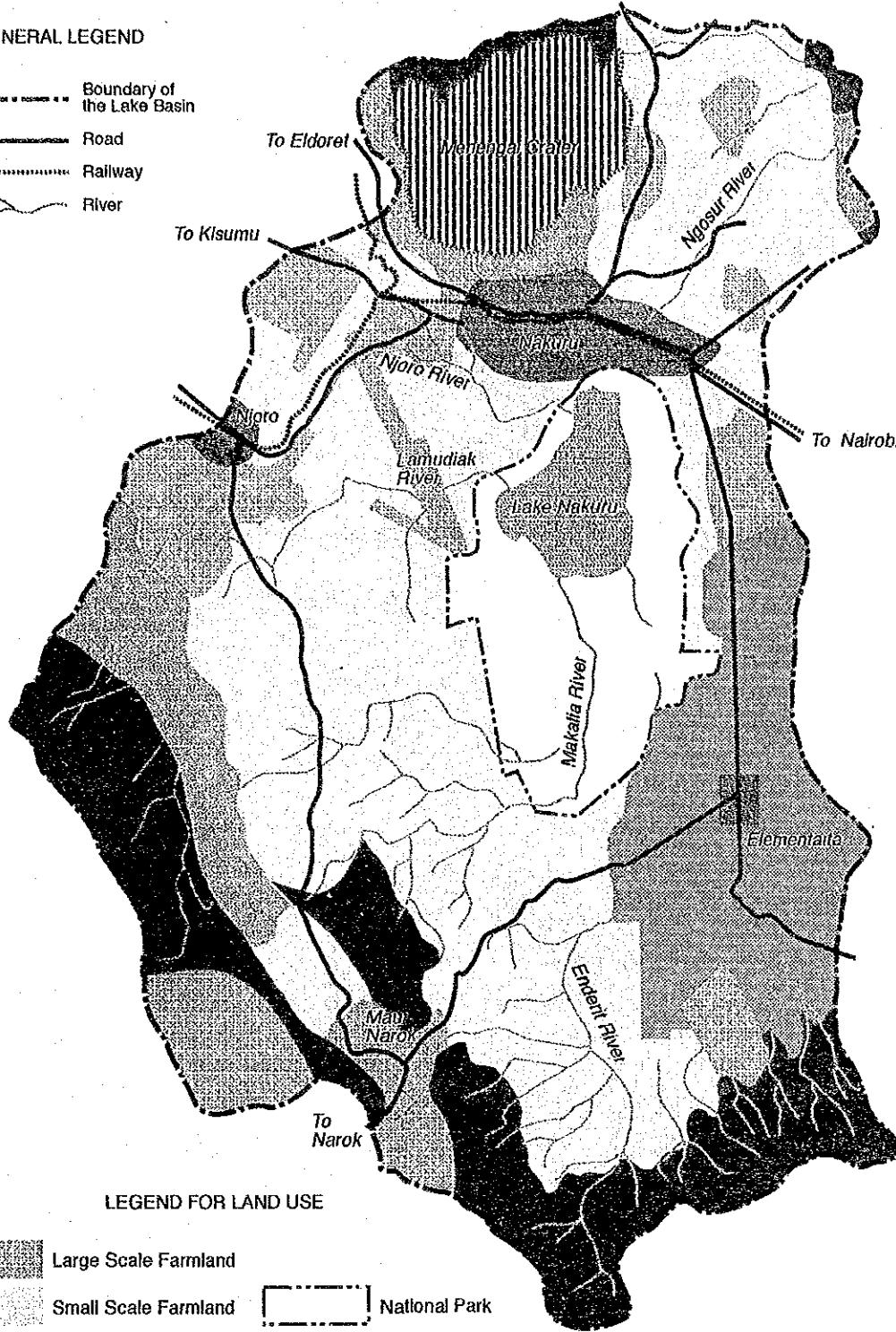
ナクル湖国立公園の46.7%はブッシュ地区、23.1%は草地、11.7%は湖辺、18.7%が森林地区である。このような植生は公園内の哺乳動物の分布に影響を与えていると推定される。

ナクル湖に生息する鳥類は小型フラミンゴが最も優勢で白ベリカンがそれに続く。しかしフラミンゴは湖から湖と移動するので、その数は大きく変動する。フラミンゴの移動はエサの量と繁殖に起因し、産卵地はタンザニア国にあるナトロン湖と言われている。フラミンゴの数と湖水位の変動を図2-2に示した。





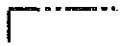


Fig. 2 - 1

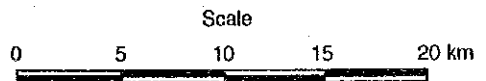
GENERAL LEGEND

-  Boundary of the Lake Basin
-  Road
-  Railway
-  River



LEGEND FOR LAND USE

-  Large Scale Farmland
-  Small Scale Farmland
-  Rangeland
-  Urban Area
-  National Park
-  Indigenous Forest
-  Plantation Forest


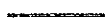

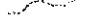


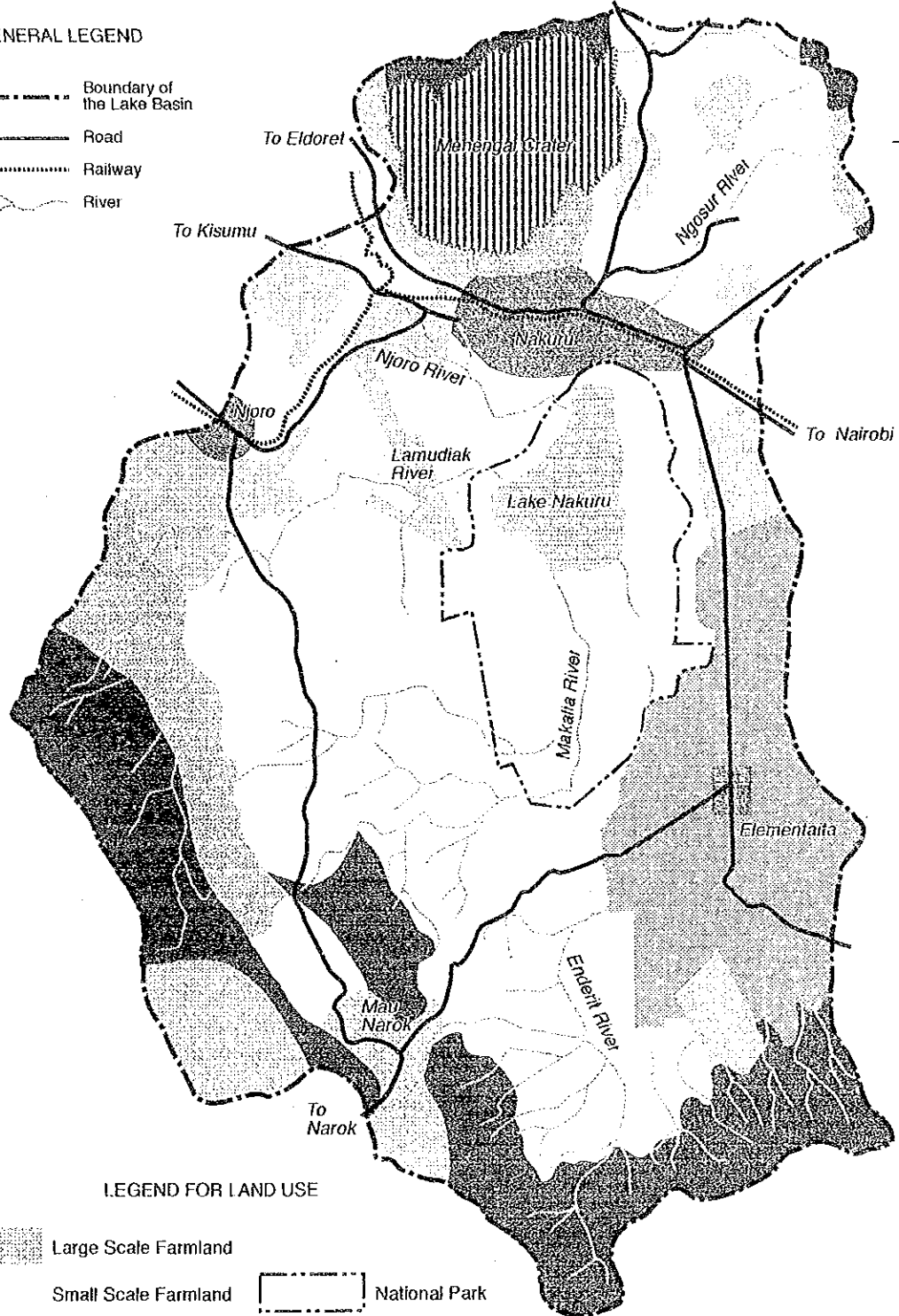
Data Source : WWF

<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p>	<p>TITLE</p> <p>ナクル湖流域図</p>
	<p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	



Fig. 2 - 1

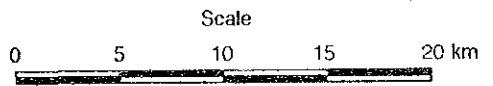
GENERAL LEGEND

-  Boundary of the Lake Basin
-  Road
-  Railway
-  River



LEGEND FOR LAND USE

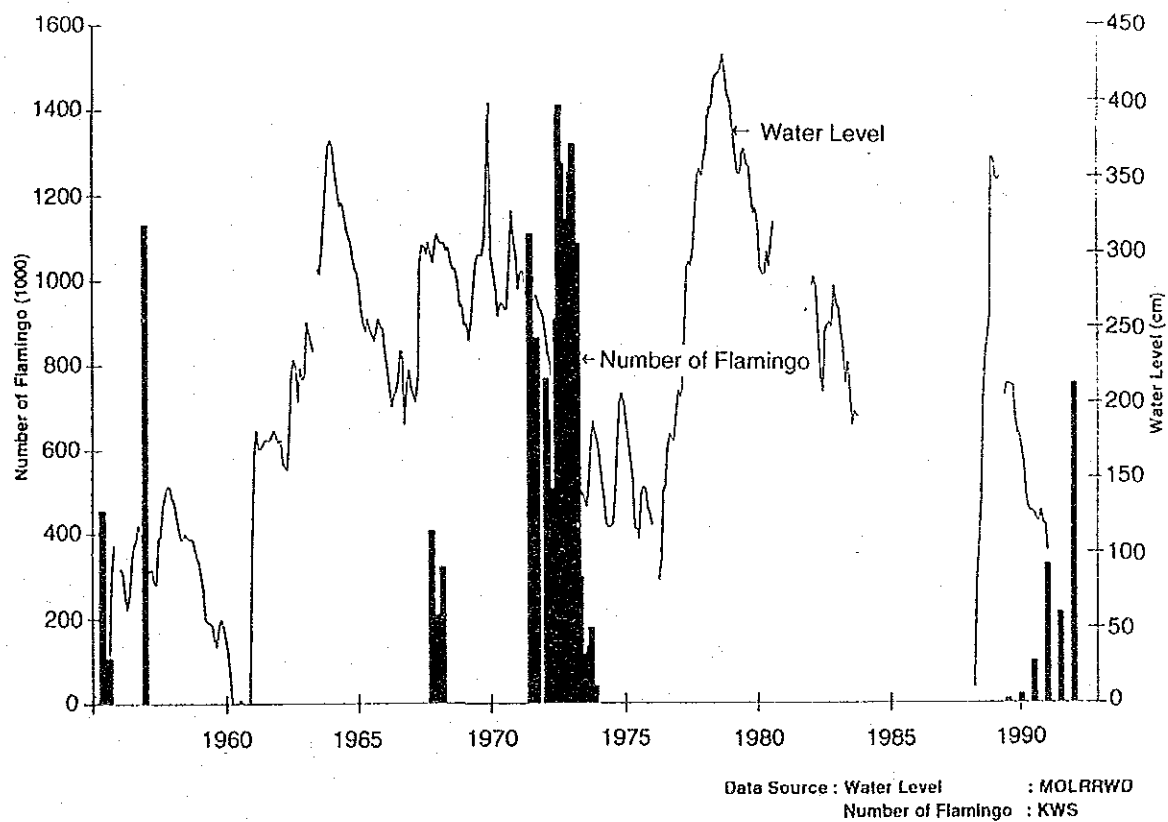
-  Large Scale Farmland
-  Small Scale Farmland
-  Rangeland
-  Urban Area
-  National Park
-  Indigenous Forest
-  Plantation Forest



Data Source : WWF

<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p>	<p>TITLE ナクル湖流域図</p>
<p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	

Fig. 2 - 2



<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p>	<p>TITLE</p> <p>ナクル湖の水位及びフラミンゴ数の記録</p>
	<p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	

2.3 ナクル市開発計画

ナクル市当局は図2-3に示すような開発計画を策定した。計画によればナクル市の面積は72.6 km²に拡大する。このことは適当な対策が同時に実施されなければ、ナクル湖への汚濁物質の増加をもたらすことを意味する。したがって、すべての開発計画はナクル湖保全のためにIWGの内部で組織的に調整・抑制することが必要である。

3. 衛生施設の現況

3.1 公共衛生施設

ナクル市は給水、下水およびゴミ収集のための組織的料金徴収システムを設定している。市街地域はタウン地区、ラネット地区とに分割される。タウン地区は多数の地区に細分化されているが、ラネット地区は主として軍隊施設で占められている。WSDが上下水道の管理を行っており、PHDが公衆衛生施設の管理を行なっている。

3.2 給水施設

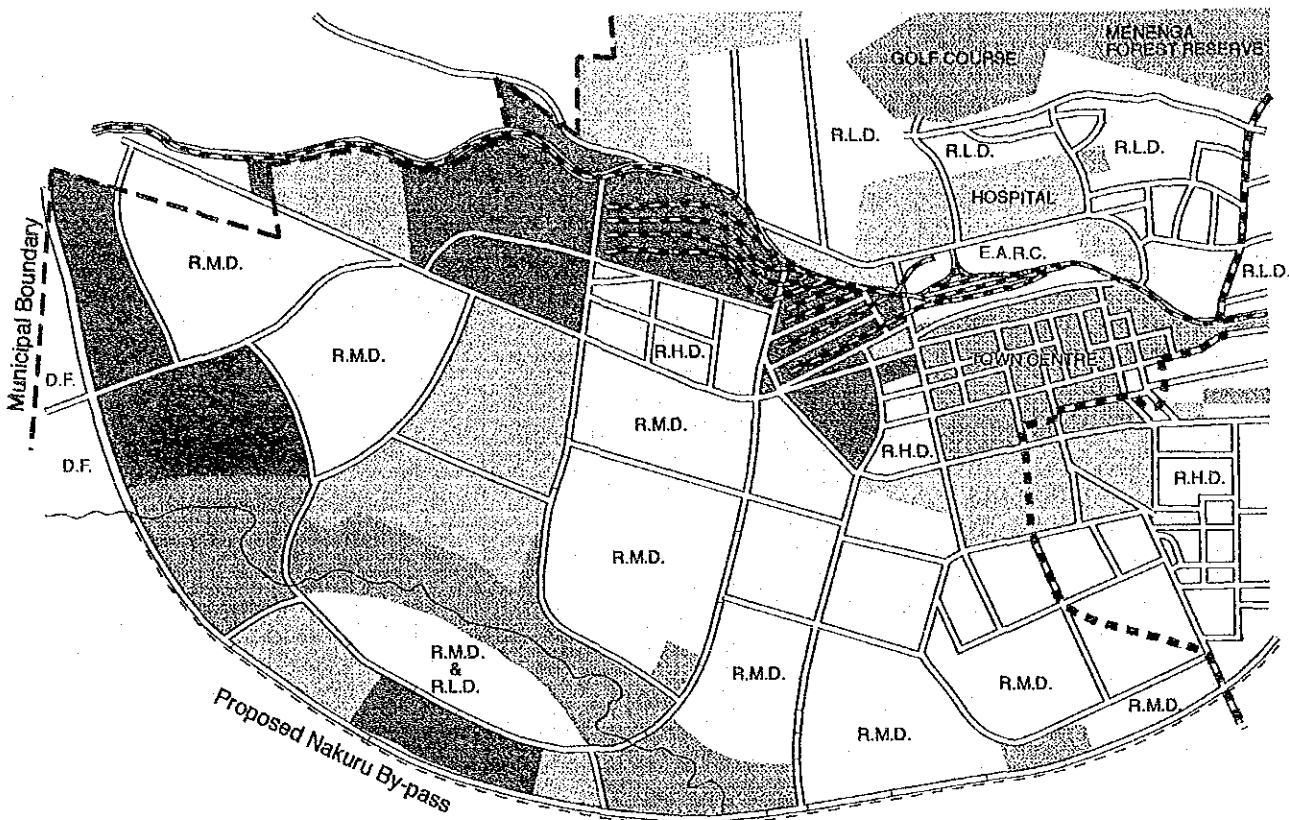
3.2.1 公共施設

ナクル市住民のほとんどすべてが公共施設により給水を受けている。1993年4月現在14,904の公共水道の登録者がある。タウン地区は2浄水場と3井戸群により給水を受け、それらの給水量は過去5年間の平均で22,080 m³/日であった。しかしながら、未収率は給水量の40~50%にも達している。この改善のために、メーターの増設、配水網の改善による漏水防止対策等の実施が望まれる。タウン地区の水消費量は、人口36万に対し約61リットル/人/日と非常に少ない。ラネット地区への給水は浄水場(1ヶ所)と深井戸(1本)で行われ、給水量は平均1,300 m³/日である。





3.2.2 私有施設

ナクル市には8本の私有の深井戸があるが、補給用または公共給水の停止に備えての施設である。これら深井戸からの平均給水量は640 m³/日である。

Fig. 2-3



LEGEND

- | | | | |
|---|-----------------|--------|--|
|  | Industrial | R.H.D. | Residential High Density |
|  | Commercial | R.M.D. | Residential Medium Density |
|  | Recreation | R.L.D. | Residential Low Density |
|  | Public Purposes | D.F. | Deferred |
| | | ----- | Catchment Division between Town Site and Njoro River Site after Construction of the Interception Sewer |

<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p>	<p>TITLE</p> <p>ナクル市開発計画図 (1990 - 2000)</p>
	<p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	

3.3 汚水処理状況

3.3.1 公共下水道施設

下水管網は市街地区の中心部1,285 haに広がっているに過ぎない。下水登録者数は9,530である。下水管網整備地区は図3-1に示すように、ンジョロ地区（面積633 ha、登録者数5,155）、タウン地区（面積419 ha、登録者数3,164）、およびセントラル地区（面積233 ha、登録者数1,251）の3地区に分割される。

過去5年間の平均下水量は8,998 m³/日で、そのBOD濃度は800 mg/Lであった。下水発生量の解析では、給水総量の55%が下水処理場に流入するという結果となった。

ナクル市には下水処理場が2ヶ所ある。ンジョロ処理場は安定化池による処理方式で、処理能力は3,600 m³/日である。また、タウン処理場は散水ろ床方式で、処理能力3,400 m³/日をもつ。両処理場は過負荷状態であると同時に維持管理不足により施設が老朽化している。このため、処理水の水質は悪化しており、処理場の修復・拡張が不可欠である。

NWCPCはンジョロ処理場に処理能力6,000 m³/日の安定化池法による処理場を建設中である。

3.3.2 個別処理施設

セップティックタンクおよび堅穴式トイレが下水道未整備地区での一般的な汚水処理方式である。これら処理施設からの汚泥はPHDにより引き抜かれ、近くの下水管へ投入されているが、これが処理場への過負荷の一因ともなっている。汚泥の引き抜き量は1992年の統計では平均14.4 m³/日であった。

3.3.3 工場排水処理

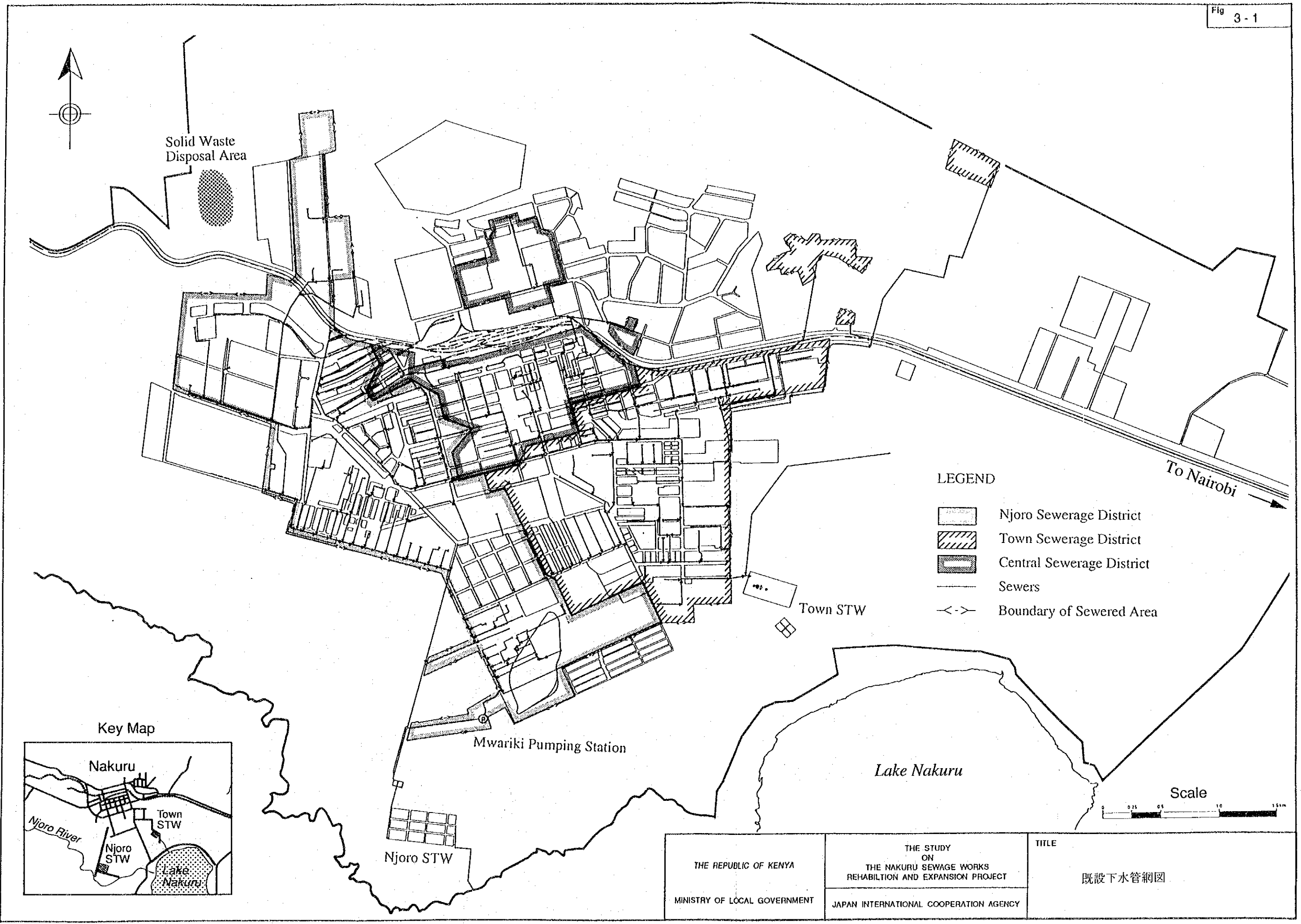
ナクル市にある工場のいくつかは個別の簡単な汚水処理施設を備えているが、それらは維持管理の欠如により本来の機能を発揮しておらず、高負荷の排水を公共下水道に放流している。工場排水はナクル湖への汚濁負荷量の主な発生源であり、処理場の処理機能にも影響を与えている。重金属等の有害物質は安定化池で処理されず蓄積するので、発生源で抑制されねばならない。






3.4 雨水排水施設

雨水排水施設は市街地中心地区の374 haに完備している。この施設には雨水のみならず土砂、ゴミ、オイル等が流入しており、汚濁発生源のひとつとなっている。

3.5 廃棄物処理

一般家庭ゴミおよび工場廃棄物はナクル市西部にある処分場で埋め立て処分されている。工場廃棄物は個々の工場が埋め立て処分することになっている。PHDの記録によれば、1992年における埋め立て量は、一般家庭廃棄物23,040 トン、工場廃棄物4,956 トンである。



- LEGEND
-  Njoro Sewerage District
 -  Town Sewerage District
 -  Central Sewerage District
 -  Sewers
 -  Boundary of Sewered Area

THE REPUBLIC OF KENYA MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT	THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	TITLE 既設下水管網図
---	--	------------------

4. 水質保全策

4.1 汚濁物質発生源

汚濁発生源は点源と面源に大別される。また、汚濁には人為負荷と自然負荷がある。ナクル湖には、表4-1に示すように河川、水路、湧水を通して汚濁物質が流入する。

表4-1 流入経路と汚濁のタイプ

流入経路	人為負荷	自然負荷
ンジョロ川 (処理場よりの処理水を含む)	○	○
マカリア川	×	○
ンデリット川	×	○
タウン雨水排水路	○	×
湧水	×	○

(Data source: Study Team)

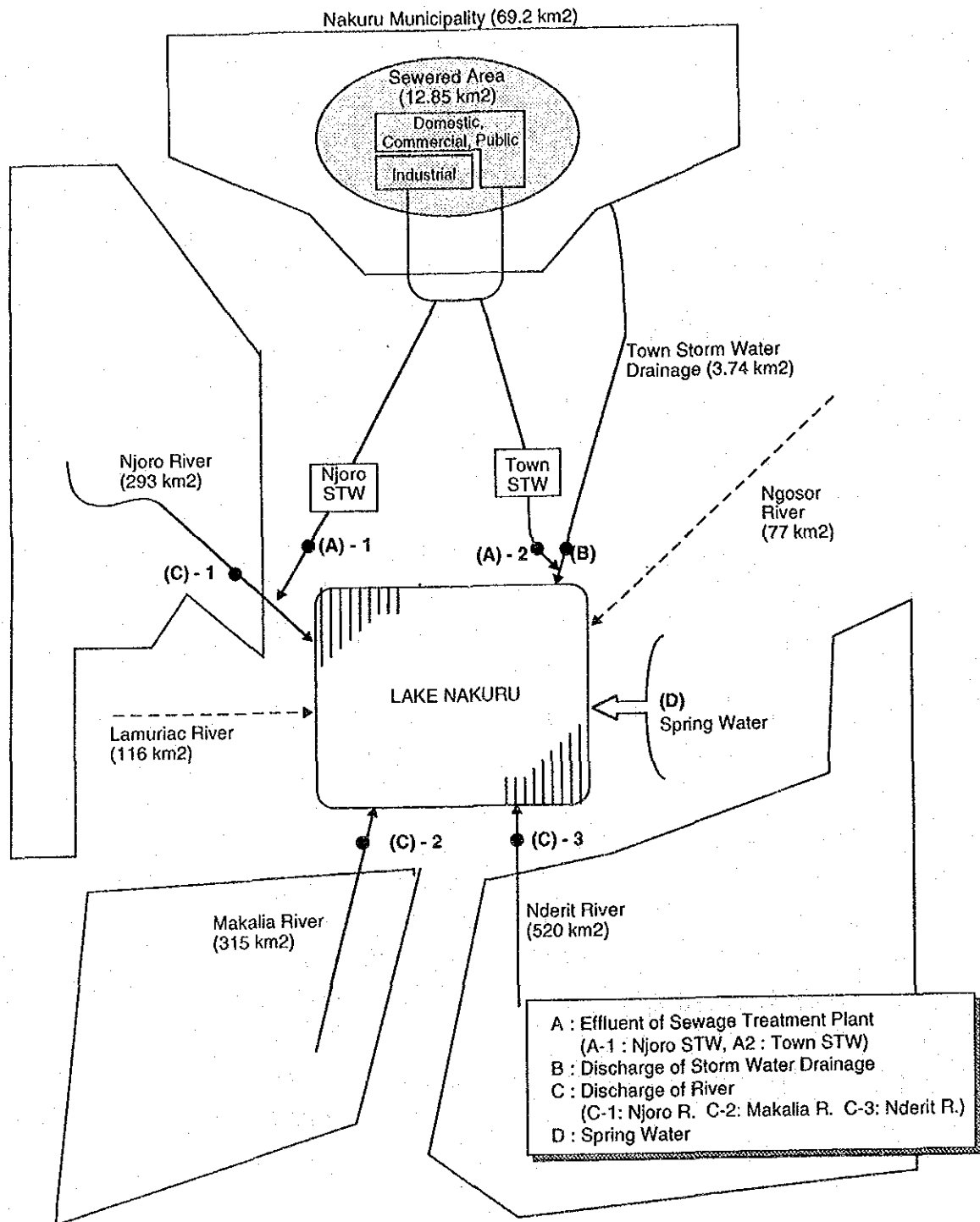
汚濁流入経路は図4-1に示される。調査は識別できる河川、水路、下水施設からの流入汚濁を主眼において行われた。

4.2 下水量増加の予測

大ナクル給水プロジェクトによる給水13,300 m³/日が開始されると、下水発生量は必然的に増加する。増加給水は公共給水登録者数に比例してナクル市全域に配分され、大ナクル給水後の下水発生率を60%、下水管網整備地区内の下水接続率を92%とすると、下水発生量は約16,200 m³/日と予測される。

これに対し、既存下水処理場の総処理能力は13,000 m³/日であるので、3,200 m³/日の処理能力の不足となる。したがってタウン処理場の既存の系列に隣接して、3,200 m³/日の処理能力を持つ施設を新規に建設することを提案する。

Fig. 4 - 1



<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p> <p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE</p> <p>汚濁負荷のナクル湖への流入ルート</p>
--	--	--------------------------------------

4.3 排水基準

ケニア政府は1993年6月、表4-2に示す“ナクル湖への排水基準”を設定した。

表4-2 ナクル湖への排水基準

Parameter	Limit
pH	7.0 - 9.0
BOD ₅ at 20 °C (filtered), mg O ₂ /L	10
COD _{Cr} (filtered), mg O ₂ /L	30
Temperature, °C	25±2
Total suspended Solids, mg/L	15
Oil/Grease	Trace
Nitrogen as nitrates, mg/L	5.0
Free Ammonia (NH ₃), mg/L	1.0
Total Dissolved Solids, mg/L	1,500
Chloride mg Cl/L	1,000
Total phosphorous, mg/L	5.0
Sulphides, mg/L	0.5
Sulphates, mg/L	500
Pesticides, mg/L	0.05
Phenols, mg/L	2.0
Hexavalent Chromium (Cr ⁶⁺), mg/L	0.05
Total Chromium, mg/L	0.1
Copper, mg/L	0.05
Zinc, mg/L	0.5
Other metals in combination (except iron), mg/L	1.0

(Data Source : MOLG)

上記に加え、ナクル市は表4-3に示す“ナクル市公共下水道への排水基準”を準備し、近々公布の予定である。

“ナクル湖への排水基準”および“ナクル市公共下水道への排水基準”を、他国の類似基準および汚水処理方法の観点から技術的評価を行ない、下記のような結論を得た。

家庭排水のみの下水処理水の場合、通常BODが10 mg/LならばCODは50 mg/L程度であるが、ここでの排水には工場排水も含むため、BOD 10 mg/Lに対しCODは50 mg/Lになると考えられる。よって排水基準にあるBOD 10 mg/Lに対するCOD 30 mg/Lの基準は非現実的なものと考えられる。

フリーアンモニア規制の理由を、排水基準ではナクル湖のティラピア保護のためとしているが、高pHの中で生息するティラピアの保護のため、フリーアンモニアの規制がどこまで有効か疑問である。

この排水基準値は全般的に非常に厳しい。排水基準の設定は汚濁負荷削減の一つの手段であり、他の施策と並行して段階的に実施するべきである。

表 4 - 3 ナクル市公共下水道への排水基準

Item	Concentration, mg/L
Total Suspended Solids	600
Total Non-volatile Dissolved Solids	3,000
BOD ₅ at 20°C	500
COD	1,000
Phenols (Total at connection point)	10
Detergents	15
Soaping oils and fats	10
Hydro carbons	20
Silver (Ag)	0.02
Arsenic (As)	0.02
Barium (Ba)	0.5
Cadmium (Cd)	0.01
Chloride (Cl)	1,000
Cyanide (CN ⁻)	0.2
Cyanide (CN) total	1
Cobalt (Co)	0.05
Hexavalent Chromium (Cr ⁶⁺)	0.05
Total Chromium	3
Copper (Cu)	0.5
Mercury (Hg)	0.01
Ammonia Nitrogen	20
Nickel (Ni)	0.5
Free Ammonia	10
Total Kjeldahl Nitrogen	Nil
Nitrite	0.5
Lead (Pb)	2
Total Phosphates	30
Selenium (Se)	0.5
Tin (Sn)	0.5
Sulphide	2
Sulphate (SO ₄)	1,000
Zinc (Zn)	0.5
Total Nonferrous Metals	0.5
Total Soluble Nonferrous Metals	30
Pesticides	Nil
pH	6.5 - 8.0
Temperature not exceeding	35°C

In addition, effluent should not contain any toxic matter or any matter that will cause blockage and damage to sewers. Inflammable material and tar should not be present in the final effluent entering the sewer.

(Data Source : NMC)

4.4 水質保全策

水質保全策は施設対策と非施設対策より構成され、これらを段階的に実施することを提案する。早期の汚濁負荷軽減のため、効果が即座に期待できる施設対策を非施設対策に先立って実現させることを強く提案する。

4.4.1 施設対策

下記の施設対策を提案する。

(1) 汚水処理場

既存の汚水処理場を下記のように修復・拡張する。

- ンジョロ処理場の3,600 m³/日ラインの安定化池を処理効率の向上を目指して修復すると同時に付加処理施設（ロック・フィルターおよびグラス・プロット）を建設する。
- ンジョロ処理場6,000 m³/日ラインの安定化池に付加処理施設を建設する。
- タウン処理場3,400 m³/日ラインの既存施設に後続して安定化池および付加処理施設を建設する。
- タウン処理場3,200 m³/日ラインは新規に安定化池および付加処理施設を建設する。

上記提案は種々の代替処理方法の技術・経済的比較検討の結果、最も妥当と判断される。上記計画実現後の処理水のBODは15 mg/L 程度であろう。

(2) 汚泥処理と廃棄

生汚泥の発生量はンジョロ処理場全体で7,300 m³/年、またタウン処理場の3,200 m³/日ラインより2,410 m³/年が排出されるものと推定される。これら汚泥の処理には乾燥床による方法が最も技術的、経済的に妥当と判断された。

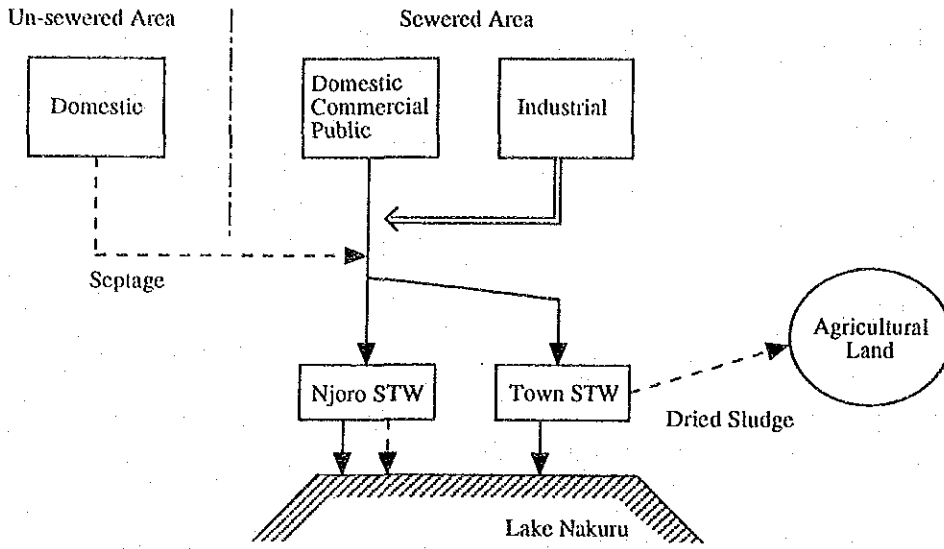
前記のように、ナクル市内では工場が適切な処理を行わず重金属および有害物質を含む排水を流下させている可能性がある。このような物質は安定化池に沈殿し、処理されないまま保存されると考えられる。したがって汚泥が農地還元に適するか否か、その成分を十分分析した後判断することが望ましい。

この報告書では暫定的に乾燥汚泥を新しい埋立地で処分し、埋立地はケニア政府が本プロジェクトの建設前に選定することを提案した。汚泥処理・処分方法の現状と提案を図4-2に示した。

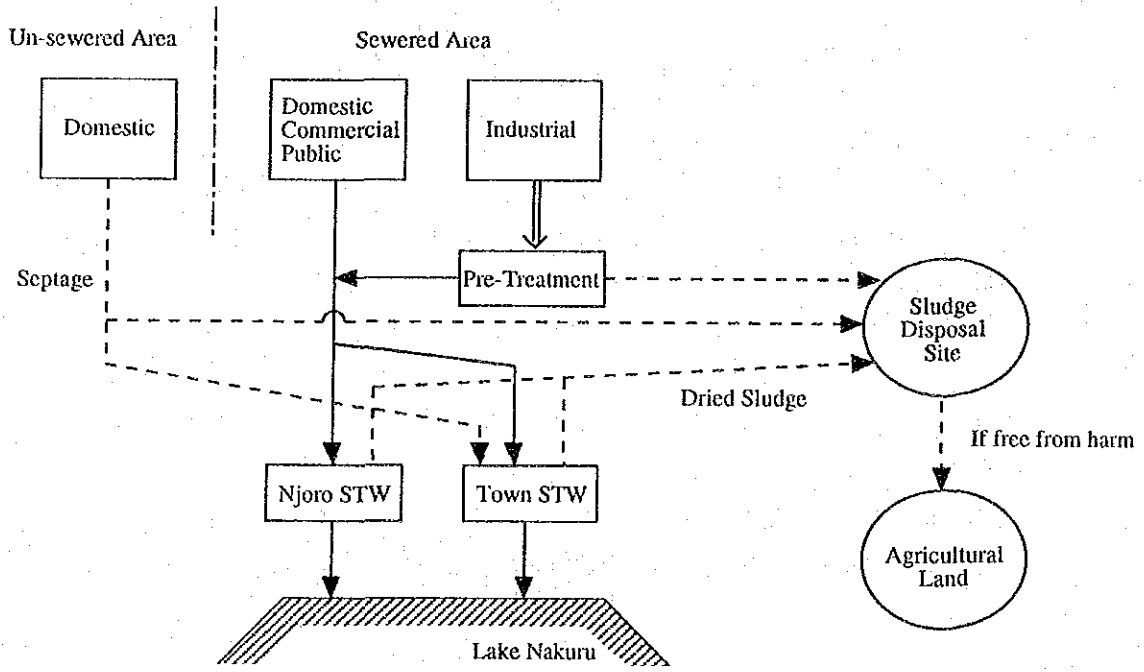
(3) セブテック・タンク汚泥の処理・処分

セブテック・タンクより発生する汚泥は現在、下水管渠を通して汚水処理場で処理されているが、処理場の負荷軽減のためンジョロおよびタウン処理場の乾燥床まで直接運搬後、処理する。乾燥汚泥の処分は上記(2)と同様に行う。

Present Condition



Proposed System



<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p>	<p>TITLE</p> <p>汚水および汚泥の流出フロー図</p>
	<p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	

(4) 雨水滞水池

タウン処理場に隣接した位置に雨水滞水池の建設する。目的は雨水を一時的に貯留させ、オイル、無機物、固形物、土砂等のナクル湖への流入を阻止するためである。

(5) 工場廃棄物の処分

現在工場廃棄物は周辺の環境、資源の再利用等への配慮なしに投棄されているが、コンクリートでライニングされた専用処理場への投棄、および圧縮による減量の対策をとる必要がある。

4.4.2 非施設対策

非施設対策は短期計画と中・長期計画より構成される。

(1) 短期計画

(a) 法制度

既存法制度（案を含む）を検討した結果より、下記の項目を提案する。

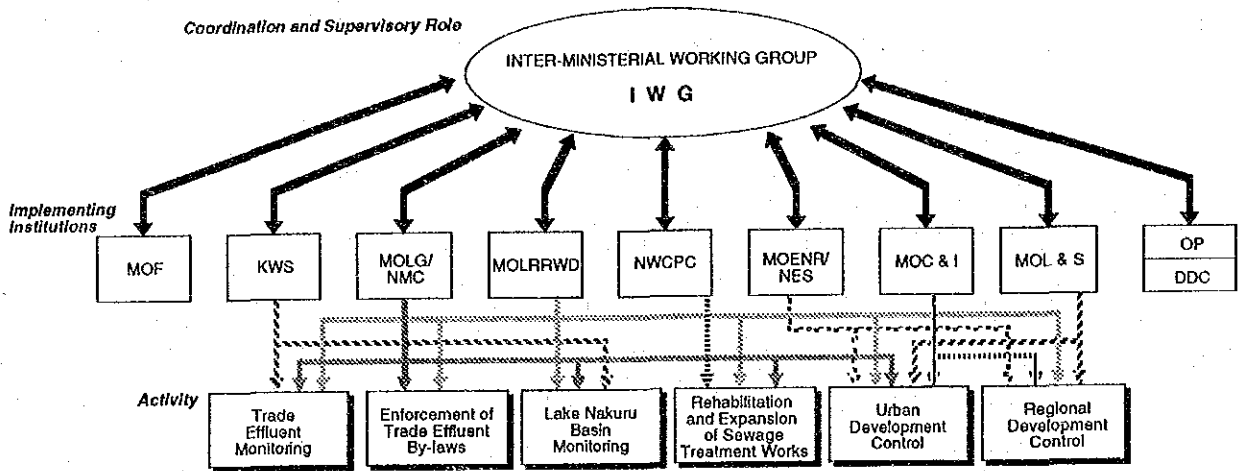
- － 危険物および有害物質の貯蔵・取扱の項目を付け加えた上で、工場排水規制を地方自治省が承認・公布すること。
- － 水法（Cap 257）に水資源の保全条項を加え修正の上、公布すること。
- － 地方自治法（Cap 265）に水資源汚染に対するよりきびしい罰則を加え修正し公布すること。
- － 環境基準を公布すること。

(b) 組織的支援

ケニア政府はナクル湖の環境保全と管理を目標とし、種々の組織の調整と監理のための Inter-ministrial Working Group (IWG) を組織した。IWGの組織と各関係機関の関係を図4-3に示した。

(c) モニタリング活動

ナクル湖への汚濁流入、湖水の水質および工業排水の水量・水質のモニタリングは非常に重要な項目である。特に工場排水規制の適切なる実施のためにも、そのモニタリングは重要な要素である。よって各種の汚濁負荷に対するサンプリングの頻度および水質試験項目を提案した。これらモニタリング実施のために、水質試験所の設立を提案する。その組織は図4-4に示す。



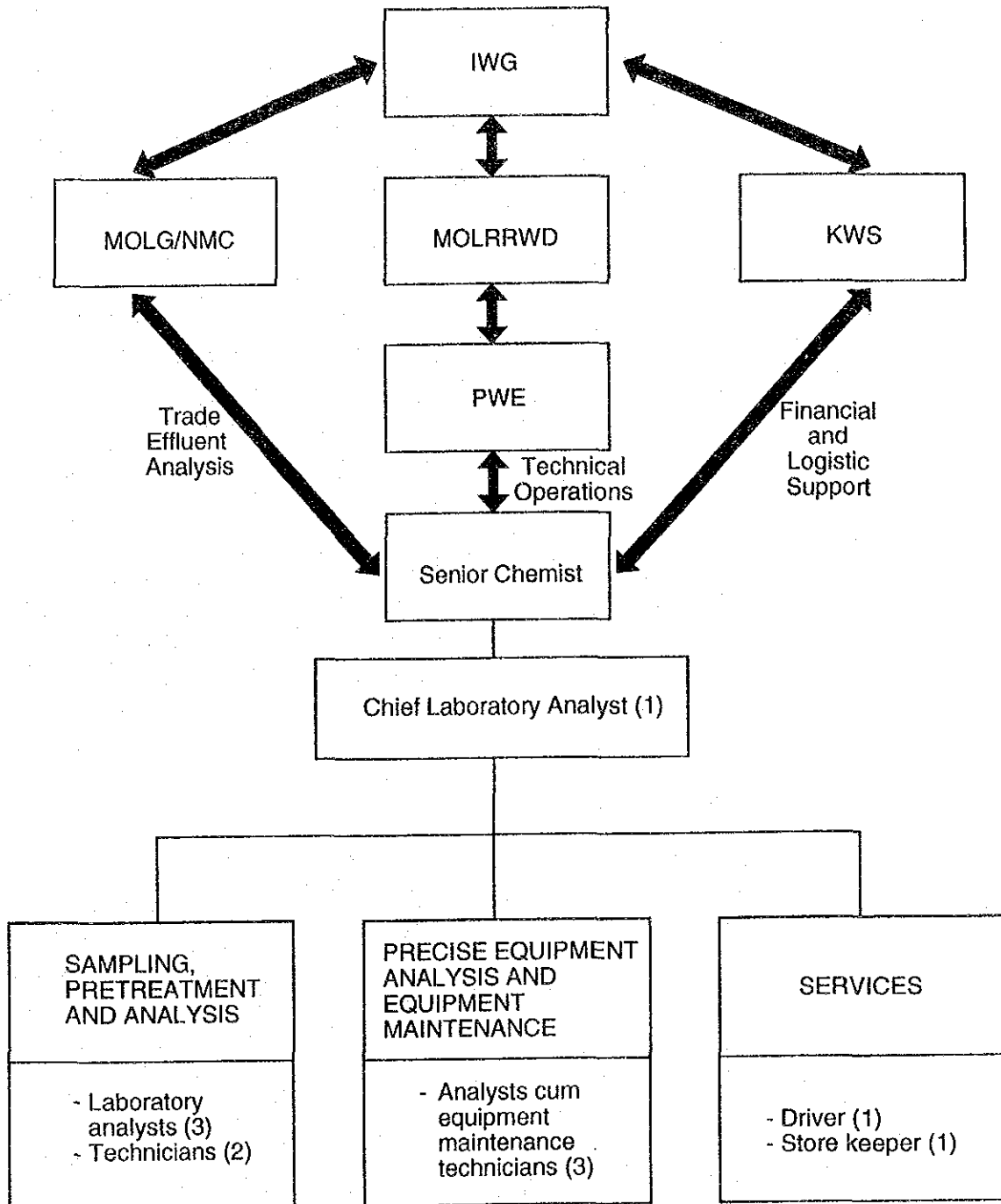
Legend

- Coordination and Supervisory Relationship
- Activity Implementation Relationship

Abbreviation

- MOF - Ministry of Finance
- KWS - Kenya Wildlife Services
- MOLG - Ministry of Local Government
- NMC - Nakuru Municipal Council
- MOLRRWD - Ministry of Land Reclamation, Regional & Water Development
- MOENR - Ministry of Environment and Water Resources
- MOC & I - Ministry of Commerce and Industry
- OP - Office of President
- NWPC - National Water Conservation and Pipeline Corporation
- MOL&S - Ministry of Lands and Settlement
- DDC - District Development Committee
- NES - National Environment Secretariat

<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p>	<p>TITLE</p> <p>ナクル湖流域保全のための組織図</p>
	<p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	



Note: Numbers in parentheses indicate the number of staff proposed

<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p> <p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE</p> <p>水質試験所の組織図</p>
--	--	-------------------------------

(2) 中・長期計画

(a) 都市・地域開発の抑制

増加する汚濁負荷の低減戦略として、ナクル湖流域内での都市・地域開発を組織的に抑制することが肝要である。抑制策として工場の規模や種類による建設規制、重金属排水や高負荷排水を行う工場の移転、多量の肥料・農薬の使用の規制等に重点を置くことが必要である。

(b) ナクル湖流域開発・保全のマスター・プランの策定

ナクル湖流域の開発・保全のマスター・プランの策定を提案する。マスター・プランの目的は(1)資源開発可能性の評価、(2)環境保全を基本とする将来の開発のための政策ガイドラインの設定、(3)ナクル湖環境保全のための方針の策定である。

(c) 下水処理基本計画の策定

ナクル湖流域内の都市部に対する総合的な下水道基本計画は、今日まで立案されていない。したがって、個々の都市に対する長期の下水処理基本計画を早急に策定することを提案する。策定に際しては、一般的な下水道計画手法を考慮するだけでなく、ナクル湖流域の自然環境、地形、社会、経済等の特異性に留意しなければならない。特にナクル湖への水量・汚濁負荷低減策のひとつとして、ナクル市の下水道整備地区の再検討および処理水の他流域への転流も検討項目の1つである。

4.5 水質保全策による汚濁負荷の低減予測

提案された水質保全策の実施によって、ナクル湖への汚濁負荷量は大幅な軽減が期待できる。汚濁負荷を代表する有機物(BOD₅で表わす)および栄養塩の低減量の予測を行った。

(1) BOD₅負荷量の低減

下記の5ケースについて予測を行った。

ケース“1”：現況

ケース“2”：新規給水13,300 m³/日の開始後

ケース“3”：新規下水処理施設6,000 m³/日の完成後

ケース“4”：施設対策実施後

ケース“5”：工場排水規制後

予測の結果は表4-4に示すとおりである。

表4-4 ナクル湖へのBOD₅負荷流入量

(単位：ト/年)

負荷発生源	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
1. 下水処理場	626	2,964	1,450	89	59
2. 雨水排水路	161	161	161	113	113
3. 河川と湧水					
- インジョロ川	356	356	356	356	356
- マカリア川	122	122	122	122	122
- インデリット川	152	152	152	152	152
- 湧水	54	54	54	54	54
計	1,471	3,809	2,295	886	856

(Data source: Study Team)

施設対策は下水処理場および雨水排水施設経路にのみに対して提案されている。また、非施設対策は下水道整備地区内の工場排水規制のみを対象としたもので、他経路にはBOD₅負荷の低減要因は無いものとしている。特に下水処理場の修復・拡張はBOD₅負荷低減に大きく寄与していることがわかる。図4-5に下水処理場経路のBOD₅負荷低減を図示した。

(2) 栄養塩

栄養塩に関してはケース“1”およびケース“5”のみの予測を行った。結果は表4-5に示した。ケース“5”の予測は工場排水が規制され、かつ下水が適切に処理されるとの前提で、T-N および T-P の濃度を8 mg/L、6 mg/Lとした。

表4-5 ナクル湖への栄養塩負荷流入量

(単位：ト/年)

負荷発生源	T-N		T-P	
	ケース(1)	ケース(5)	ケース(1)	ケース(5)
1. 下水処理場	491	47	151	35
2. 雨水排水路	12	12	13	13
3. 河川と泉	44	44	3	3
計	547	103	167	51

(Data source: Study Team)

雨水滞水池は栄養塩低減には効果はないものと仮定した。図4-6にケース“1”と“5”の栄養塩の予測発生量を図示した。

(3) 蒸発による影響について

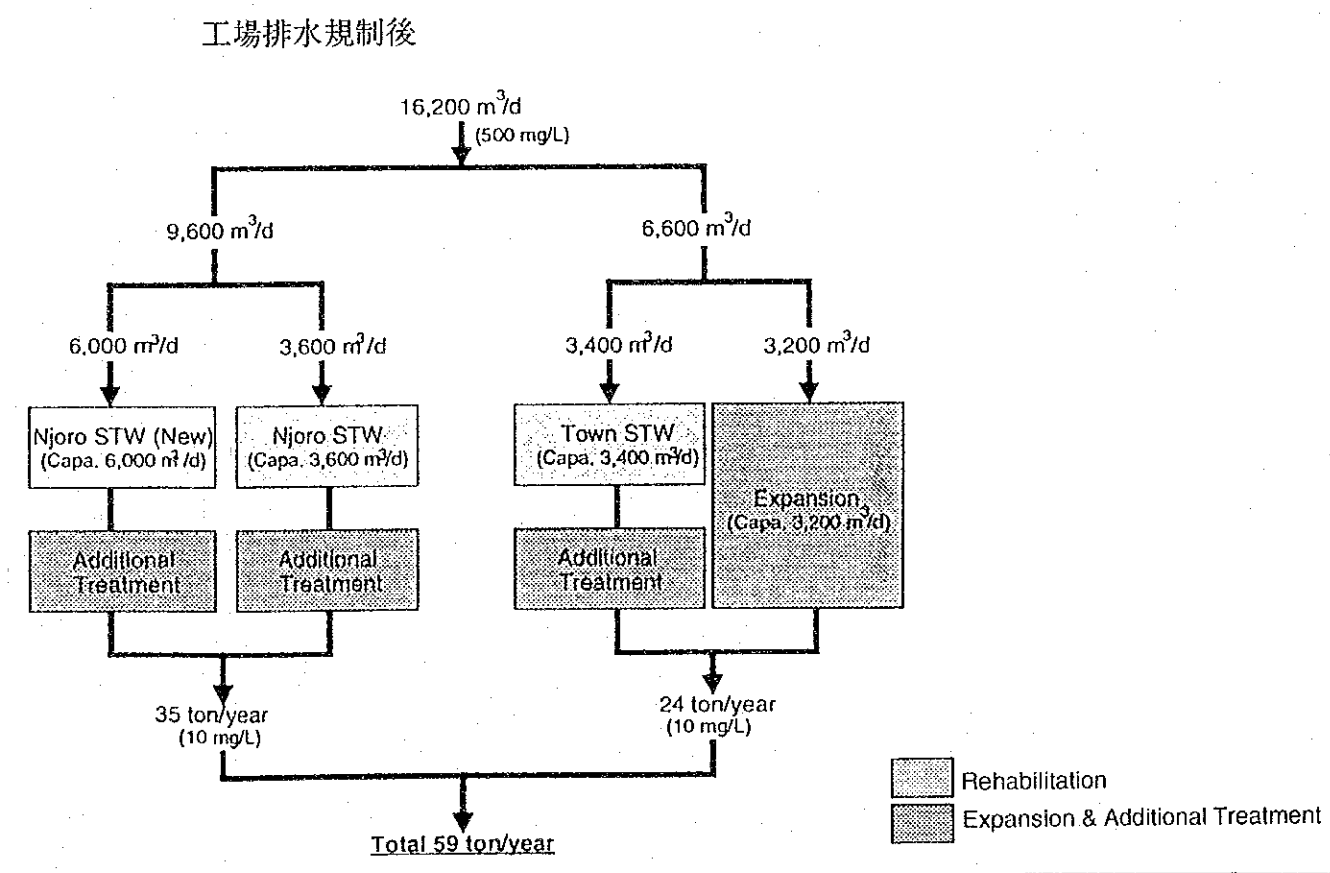
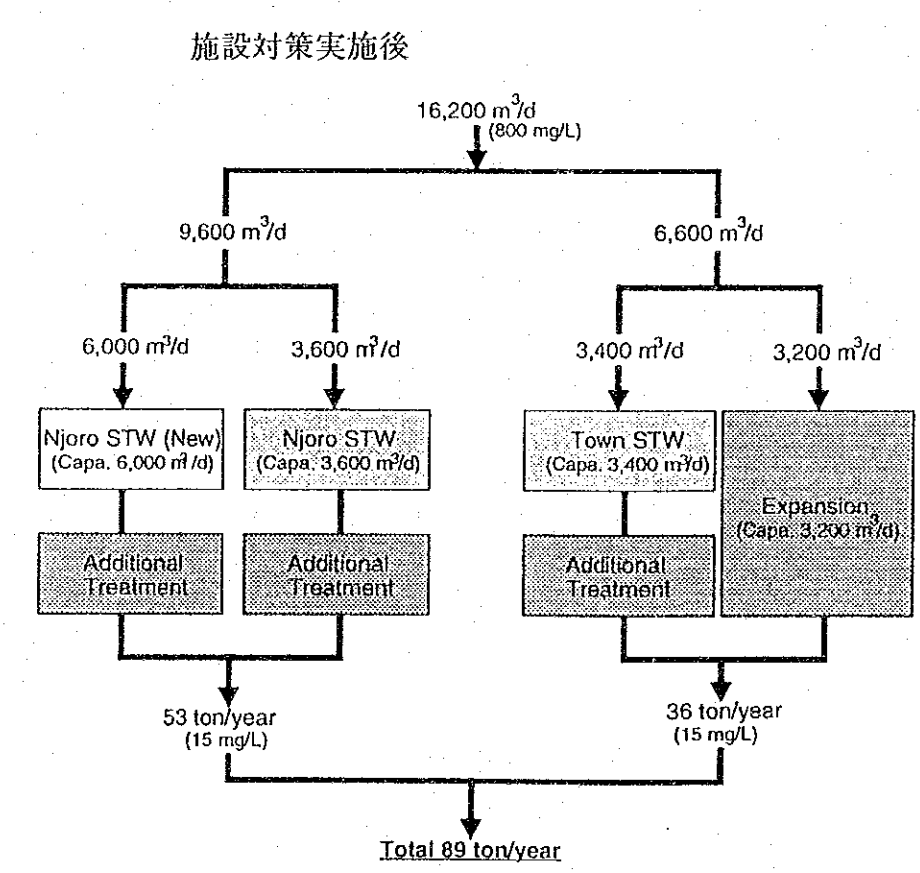
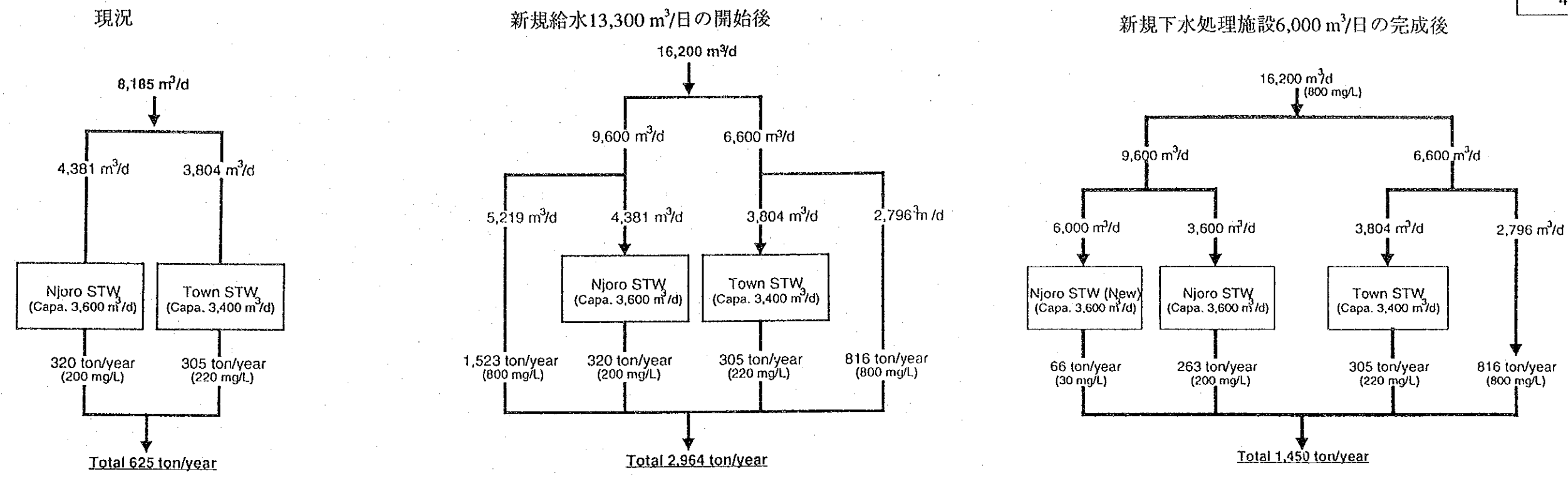
ナクル市内の記録によれば、年間降雨量905 mm、年間蒸発量1,319 mm（蒸発皿の記録の7割）と蒸発量が卓越している。ンジョロおよびタウン両処理場の池の水面は大きく、水面から蒸発する量はけっして少なくない。処理場ポンド内での下水の蒸発により、以下のような影響があるものと考えられる。

- 1) 処理場からの流出水量を減少させる
- 2) 蒸発による濃縮作用により、流出水濃度が高まる
- 3) 下水量減少はポンド内での下水の滞留時間を増加させ、処理効率を高める。その結果、流出水濃度は低くなる

蒸発による影響のうち1)についての試算を行った。下記のように処理水放流量は、流入水に比べ5%程度低いものと算出された。

処理場	(m ³ /日)		
	流入量	蒸発量	流出量
ンジョロ	9,600	546	9,054
タウン	6,600	350	6,250

蒸発による影響のうち2)および3)については、下水の処理水質に影響を与える要因であるが、2つの相反する効果は相殺され、影響はほとんどないものと考えられる。

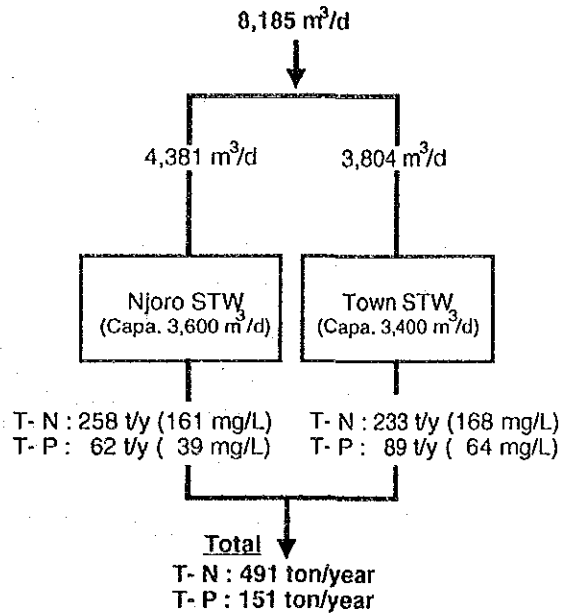


Rehabilitation
 Expansion & Additional Treatment

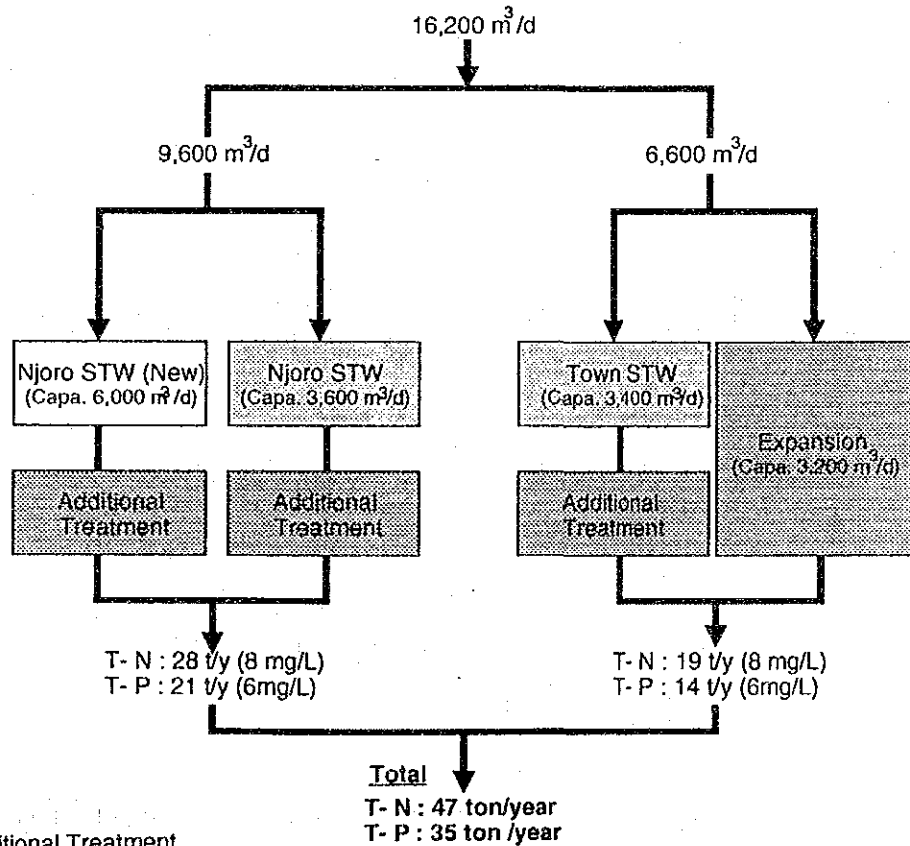
Note: Volume of sewage is expressed in unit of m³/d and that of pollutant load in unit of ton/year.

THE REPUBLIC OF KENYA	THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT	TITLE BOD負荷量予測 (下水処理場経由)
MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT	JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	

現況



施設対策及び工場規制実施後



THE REPUBLIC OF KENYA MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT	THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT	TITLE 栄養塩負荷量予測 (下水処理場経由)
	JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	

5. 計画諸元

5.1 施設の基本概要

水質保全策は第4章に述べたように、施設および非施設対策により構成され、具体的には下記施設の建設が計画された。

- 施設対策 : (1) 下水処理場関連
- 下水処理場の修復・拡張
 - タウン処理場の管理事務所の建設
 - ムワリキ・ポンプ場の建屋の建設
 - 下水処理場の職員宿舍の建設
- (2) 汚泥の処理/処分
- (3) 雨水滞水池
- 非施設対策 : (1) 水質試験所

上記施設の計画諸元は下記に述べる通りである。

5.2 下水処理場の計画諸元

- (1) 下水管網整備地区
現況と同じ地区とし、面積は1,285 haである。本事業では下水管網の増強は行わない。
- (2) 計画下水処理量
前節4.2に述べた様に、計画下水量は16,200 m³/日とする。
- (3) 下水及び処理水の水質
流入下水および処理水の水質は以下のように設定した。

表5-1 流入下水/処理水の水質

項目	流入下水	処理水 (目標値)
BOD ₅	800 mg/L	15 mg/L
SS	700 mg/L	15 mg/L
大腸菌	10 ⁸ MPN/100mL	10 ³ MPN/100mL

(4) 下水処理場の能力と処理方式

増加する下水量に対応するため、処理能力3,200 m³/日をもつ処理施設をタウン処理場に新設する。計画対象の下水処理場、処理能力および処理方式は下記の通りである。

表5-2 下水処理場の処理能力と処理方式

処理場	下水処理能力	処理方式
ンジョロ処理場	6,000 m ³ /日	嫌気性池、通性池、仕上げ池、ロック・フィルター、ガラス・プロット
	3,600 m ³ /日	同上
タウン処理場	3,200 m ³ /日	散水ろ床、安定化池、ロック・フィルター、ガラス・プロット
	3,400 m ³ /日	嫌気性池、通性池、仕上げ池、ロック・フィルター、ガラス・プロット
計	16,200 m ³ /日	

(5) タウン処理場管理事務所

タウン処理場では十分な管理事務用のスペースがなく、既存のワーク・ショップも建物が老朽化している。このため、管理事務所/ワーク・ショップを新設する。

(6) ムワリキ・ポンプ場

ムワリキ・ポンプ場はランガ・ランガ住宅地区よりの下水をンジョロ処理場の下水本管へ放流するためのものであるが、ポンプ施設および建屋の改善を行う。

5.3 雨水滞水池の基本計画

(1) 集水面積

ナクル市の既存の雨水排水路網完備地域374 haとする。本事業では排水路網の増強は行わない。

(2) 計画降雨・流出量

(a) 対象降雨

降雨時間：46分

降雨強度：42 mm/時、5年確率

(b) 流出

算定方法：合理式

排水面積：374 ha

流出係数：0.1~0.40、土地利用により変動

流出量：14,200 m³

(3) 計画堆砂量

計画地域近辺の河川の流砂量より150 m³/年と推定した。

5.4 水質試験所の基本計画

水質試験所の建設目的は前節4.4.2の通りである。提案する水質試験実施項目は表5-3～5-6に示してある。

表 5-3 水質試驗計劃 (河川、湧水、雨水排水路)

Parameters	Njoro River		Town Stormwater Drainage Channel	Makalia River	Makalia River Mouth	Nderit River	Nderit River Mouth	Lamudiak River	Ngosorr River	Baharin Spring	Spring near Special Camp Site	Spring near Lion Hill	Annual Sub Total	Annual Total
	Before STW Discharge	River Mouth												
1	Flowrate	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
2	Temperature	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
3	pH	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
4	Conductivity	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
5	DO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
6	ORP	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
7	BOD	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
8	COD	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
9	SS	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
10	T-N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
11	NH4-N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
12	NO3-N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
13	T-P	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
14	PO4-P	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	144
15	Secchi Depth												0	0
16	Chlorophyll a												0	0
17	Plankton count												0	0
HEAVY METALS														
18	Chromium (Cr)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
19	Hexavalent Chromium (Cr6+)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
20	Lead (Pb)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
21	Copper (Cu)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
22	Cadmium (Cd)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
23	Zinc (Zn)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
24	Nickel (Ni)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
25	Iron (Fe)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
26	Total Manganese (Mn)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
27	Cyanide (CN-)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
28	Total Mercury (Hg)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
29	Arsenic (As)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
OTHERS														
30	Oil	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72
31	Anionic Surfactant (MBAS)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72	72

表 5 - 4 水質試驗計畫 (工場排水、下水処理水)

No.	Parameters	Organic 1 Waste Containing Effluents	Heavy 2 Metal Containing Effluents	Njoro STW Influent / Effluent	Town STW Influent / Effluent	Annual Sub-total	Annual Total
1	Flowrate	30	15	12	12	69	213
2	Temperature	30	15	12	12	69	213
3	pH	30	15	12	12	69	213
4	Conductivity	30	15	12	12	69	213
5	DO	30	15	12	12	69	213
6	ORP	30	15	12	12	69	213
7	BOD	30	15	12	12	69	213
8	COD	30	15	12	12	69	213
9	SS	30	15	12	12	69	213
10	T-N	30	15	12	12	69	213
11	NH4-N	30	15	12	12	69	213
12	NO3-N	30	15	12	12	69	213
13	T-P	30	15	12	12	69	213
14	PO4-P	30	15	12	12	69	213
15	Secchi Depth					0	0
16	Chlorophyll a					0	0
17	Plankton count					0	0
	HEAVY METALS						
18	Chromium (Cr)		8	12	12	32	104
19	Hexavalent Chromium (Cr6+)		8	12	12	32	104
20	Lead (Pb)		4	12	12	28	100
21	Copper (Cu)		6	12	12	30	102
22	Cadmium (Cd)		4	12	12	28	100
23	Zinc (Zn)		4	12	12	28	100
24	Nickel (Ni)		4	12	12	28	100
25	Iron (Fe)			12	12		
26	Total Manganese (Mn)			12	12		
27	Cyanide (CN-)		8	12	12	32	104
28	Total Mercury (Hg)		4	12	12	28	100
29	Arsenic (As)			12	12	24	96
	OTHERS						
30	Oil	10		12	12	34	106
31	Anionic Surfactant (MBAS)	10		12	12	34	106

Note: 1 - a total of 15 high organic strength factors are envisaged.
 2 - a total of 7-8 heavy metal containing effluents are envisaged.
 Frequency of sampling is twice per year.

表 5-5 水質試験計画 (ナクル湖水)

No.	Parameters	LE1	LE2	LE3	LS1	LS2	LS3	Sediment	Annual Sub-total	Annual Total
1	Flowrate	-	-	-	-	-	-	-	0	213
2	Temperature	6	6	6	12	12	12	6	60	273
3	pH	6	6	6	12	12	12	6	60	273
4	Conductivity	6	6	6	12	12	12	6	60	273
5	DO	6	6	6	12	12	12	-	54	267
6	ORP	6	6	6	12	12	12	-	54	267
7	BOD	-	-	-	-	-	-	-	0	213
8	COD	6	6	6	6	6	6	6	42	255
9	SS	6	6	6	6	6	6	6	42	255
10	T-N	6	6	6	6	6	6	6	42	255
11	NH4-N	6	6	6	6	6	6	6	42	255
12	NO3-N	6	6	6	6	6	6	6	42	255
13	T-P	6	6	6	6	6	6	6	42	255
14	PO4-P	6	6	6	6	6	6	6	42	255
15	Secchi Depth	6	6	6	6	6	6	-	36	36
16	Chlorophyll a	6	6	6	6	6	6	-	36	36
17	Plankton count	6	6	6	6	6	6	-	36	36
	HEAVY METALS									
18	Chromium (Cr)	6	6	6	6	6	6	6	42	146
19	Hexavalent Chromium (Cr6+)	6	6	6	6	6	6	6	42	146
20	Lead (Pb)	6	6	6	6	6	6	6	42	142
21	Copper (Cu)	6	6	6	6	6	6	6	42	144
22	Cadmium (Cd)	6	6	6	6	6	6	6	42	142
23	Zinc (Zn)	6	6	6	6	6	6	6	42	142
24	Nickel (Ni)	6	6	6	6	6	6	6	42	142
25	Iron (Fe)	6	6	6	6	6	6	6	42	42
26	Total Manganese (Mn)	6	6	6	6	6	6	6	42	42
27	Cyanide (CN-)	6	6	6	6	6	6	6	42	146
28	Total Mercury (Hg)	6	6	6	6	6	6	6	42	142
29	Arsenic (As)	6	6	6	6	6	6	6	42	138
	OTHERS									
30	Oil	6	6	6	6	6	6	6	42	148
31	Anionic Surfactant (MBAS)	6	6	6	6	6	6	6	42	148

表5-6 水質試験計画 (降雨流出時の河川、雨水排水路)

Parameters	Njoro River		Town Stormwater Drainage Channel	Makalia River	Makalia River Mouth	Nderit River	Nderit River Mouth	Lamudiak River	Ngosort River	Baharin Spring	Spring near Special Camp Site	Spring near Lion Hill	Annual Sub-total	Annual Total
	Before STW Discharge	River Mouth												
1	Flowrate	2	5		2		2						11	224
2	Temperature	2	5		2		2						11	284
3	pH	2	5		2		2						11	284
4	Conductivity	2	5		2		2						11	284
5	DO	2	5		2		2						11	278
6	ORP	2	5		2		2						11	278
7	BOD	2	5		2		2						11	224
8	COD	2	5		2		2						11	266
9	SS	2	5		2		2						11	266
10	T-N	2	5		2		2						11	266
11	NH4-N	2	5		2		2						11	266
12	NO3-N	2	5		2		2						11	266
13	T-P	2	5		2		2						11	266
14	PO4-P	2	5		2		2						11	266
15	Secti Depth												0	36
16	Chlorophyll a												0	36
17	Plankton count												0	36
	HEAVY METALS												0	36
18	Chromium (Cr)	2	5		2		2						11	157
19	Hexavalent Chromium (Cr6+)	2	5		2		2						11	157
20	Lead (Pb)	2	5		2		2						11	153
21	Copper (Cu)	2	5		2		2						11	155
22	Cadmium (Cd)	2	5		2		2						11	153
23	Zinc (Zn)	2	5		2		2						11	153
24	Nickel (Ni)	2	5		2		2						11	153
25	Iron (Fe)	2	5		2		2						11	53
26	Total Manganese (Mn)	2	5		2		2						11	53
27	Cyanide (CN-)	2	5		2		2						11	157
28	Total Mercury (Hg)	2	5		2		2						11	153
29	Arsenic (As)	2	5		2		2						11	149
	OTHERS													
30	Oil	2	5		2		2						11	159
31	Anionic Surfactant (MBAS)	2	5		2		2						11	159

6. 予備設計

6.1 ムワリキ・ポンプ場

既存のポンプ場の建屋は不等沈下により傾斜しているため新設する。建屋面積は約30 m²とする。また、汚水ポンプ3台の内2台は機能していないため、3台を新設する。個々のポンプ排水能力は毎分1.5 m³でカッター・タイプとする。

6.2 下水処理場

設計条件は以下の通りである。

(1) 設計下水量

下水処理施設の設計には下記流量を用いる。

処理施設	下水量 (m ³ /日)			混入雨水 (m ³ /日)
	日平均	日最大	時間最大	
(a) ンジヨロ処理場				
3,600 m ³ /日 ライン	3,600	4,800	7,200	-
6,000 m ³ /日 ライン	6,000	8,000	12,000	-
計	9,600	12,800	19,200	1,900
(b) タウン処理場				
3,400 m ³ /日 ライン	3,400	4,500	6,800	-
3,200 m ³ /日 ライン	3,200	4,300	6,400	-
計	6,600	8,800	13,200	1,400

処理場は日平均流量に基づき、また流入設備工および安定化池連絡管は時間最大流量に基づいて設計する。

(2) 安定化池の設計指針

安定化池の設計は "Design Manual for East Africa, Overseas Development Association (UK), Lagoon Technology, 1992" (ODAマニュアル) に準じた。

(3) ロック・フィルターとグラス・プロットの設計指針

ロック・フィルターおよびグラス・プロットの設計は (1) ODAマニュアル、(2) The State of Illinois, U.S.A., Rock Filter Design Standards、(3) Waste Water Engineering, Mc Graw-Hill International Edition を参照して行った。

施設	単位	負荷量			採用値
		ODA マニュアル	イリノイ州 基準	Waste Water Engineering	
ロック・フィルター	m ³ /rock m ³ /day	1.0	0.8	-	0.5
グラス・プロット	m ³ /ha/day	2,000 - 5,000	-	208 - 1,560	1,000

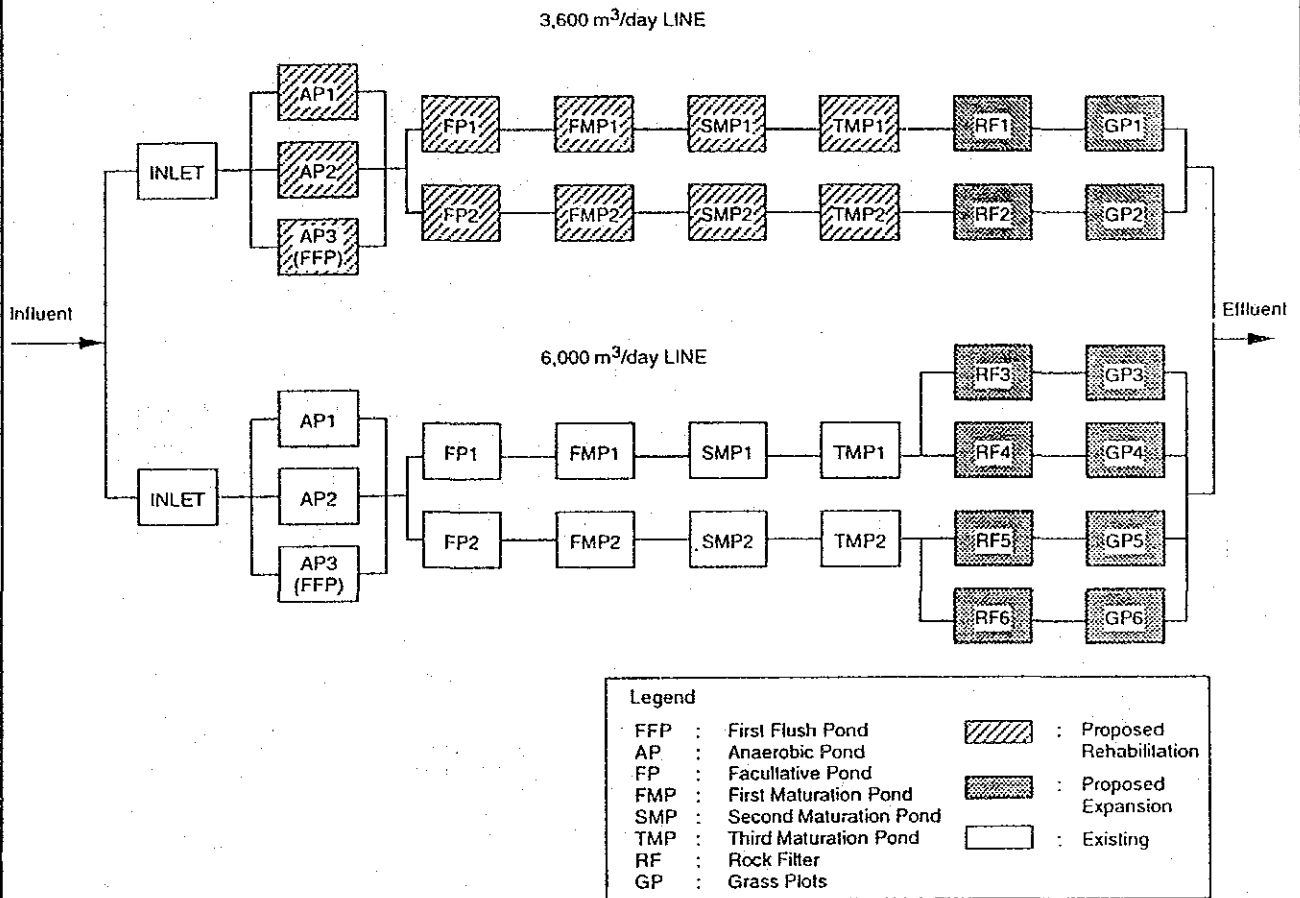
ンジョロおよびタウン下水処理場の処理プロセスは図6-1および図6-2に各々示した。各ラインとも同じ処理能力を有する2系統から構成される。各処理場の一般平面図を設計図1および3に示した。処理施設は設計図2および4に示すように自然流下方式とした。

ロック・フィルターの機能維持のため、定期的に排水/排泥を行う必要がある。このため、ロック・フィルター排水池を配置した。

既存施設修復のひとつとして、タウン処理場の散水ろ床の効率と機能を高めるため、ベンチレーション工を追加する。修復/拡張工事の主体工事は以下の通りである。

- (1) 流入設備工
- (2) 安定化池連絡管
- (3) 安定化池、ロック・フィルターおよびグラス・プロット
- (4) ロック・フィルター排水池
- (5) 流出設備工
- (6) 建築工事 (管理職員宿舎およびタウン処理場管理事務所)
- (7) 電気・機械工事

ンジョロおよびタウン処理場の修復・拡張工事に伴う、主要構造物の概要を表6-1と表6-2に示した。



THE REPUBLIC OF KENYA

MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT

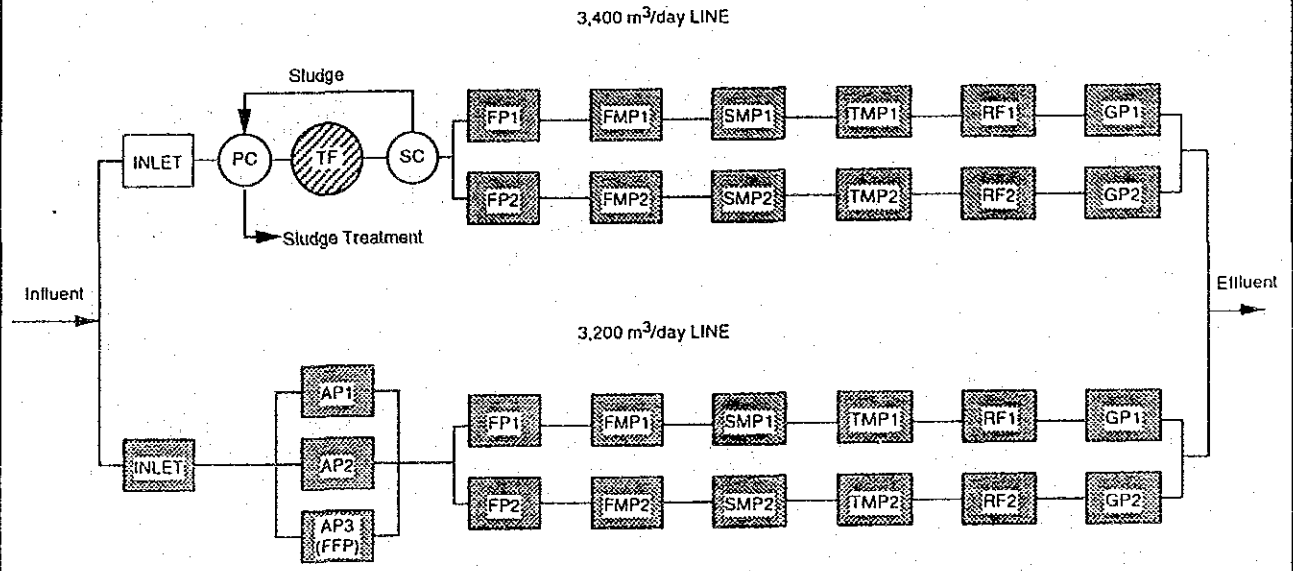
THE STUDY
ON
THE NAKURU SEWAGE WORKS
REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

ンジョロ処理場の処理プロセスフロー

Fig. 6-2



Legend	
FFP : First Flush Pond	: Proposed Rehabilitation
AP : Anaerobic Pond	: Proposed Expansion
FP : Facultative Pond	: Existing
FMP : First Maturation Pond	
SMP : Second Maturation Pond	
TMP : Third Maturation Pond	
RF : Rock Filter	
GP : Grass Plots	

<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p>	<p>TITLE</p> <p>タウン処理場の処理プロセスフロー</p>
	<p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	

表6-1 アンジョロ処理場の主要諸元 (1/2)

1. 3,600 m³/日 系列

(1) 流入管

設計流量 (時間最大)	: 0.100 m ³ /sec
流入水位	: El. 1,786.1 m
流入管径	: D300 mm, D450 mm
流入管延長	: 315 m
分水ます	: 1 個

(2) 汚水安定化池、ロックフィルター、グラスプロット

	嫌気性池	通性好気性池	第1仕上池	第2仕上池	第3仕上池	ロックフィルター	グラスプロット
池数	3	2	2	2	2	2	2
設計処理能力 (日平均)	1800 m ³ /日	1800 m ³ /日	1800 m ³ /日	1800 m ³ /日	1800 m ³ /日	1800 m ³ /日	1800 m ³ /日
BOD5 濃度							
流入	800 mg/L	384 mg/L	115 mg/L	-	-	30 mg/L	-
流出	384 mg/L	34 mg/L	-	-	30 mg/L	-	15 mg/L
定常運転水位	El.1,784.5m	El.1,784.0 m	El.1,779.0 m El.1,778.0 m	El.1,778.5 m El.1,777.5 m	El.1,778.0 m El.1,777.0 m	El.1,777.5 m El.1,776.5 m	-
池寸法							
面積 (池底)	24m x 57m	139m x 251 m	88m x 158 m	18m x 158m	18m x 158m	17.4m x 97.4m	110m x 165m
面積 (定常水位)	42m x 75m	151m x 263 m	97m x 167m	27m x 167m	27m x 167 m	27m x 107 m	-
有効水深	3.0 m	2.0 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.6 m	-
有効容量	6,777 m ³	74,602 m ³	22,577 m ³	5,514m ³	5,514 m ³	3,667 m ³	-
余裕高	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	-
法勾配	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	-
滞留日数	3.7日	41.4日	12.5日	3.0日	3.0日		

(3) 池連絡管

嫌気性池-好気性池	D300 - 450 mm, 延長490
好気性池-第1仕上池	D300 mm, 延長375 m
第1池仕上池-第2仕上池	D300 mm, 延長10 m
第2仕上池-第3仕上池	D300 mm, 延長10 m
第3仕上池-ロックフィルター	D300 mm, 延長160 m

(4) 放流設備

設計流量 (時間最大)	: 0.100 ~ 0.222 m ³ /sec
水路寸法	: W675 mm x W675 mm
水路延長	: 495 m
放流工	: W675 mm x H4.3 m

表6-1 ンジョロ処理場の主要諸元 (2/2)

2. 6,000 m³/day 系列

(1) ロックフィルター、グラスブロック

	ロックフィルター	グラスブロック
池数	4	4
処理能力 (1 池当り)	1,500 m ³ /日	1,500 m ³ /日
BOD5 濃度		
流入	30 mg/L	-
流出	-	15 mg/L
定常運転水位	El.1,771.6 m	-
池寸法		
面積 (池底)	17.4m x 97.4m	92m x 165 m
面積 (定常水位)	27m x 89m	-
有効水深	1.6 m	-
有効容量	3,027 m ³	-
余裕高	0.5 m	-
法勾配	1.0 : 3.0	-

(2) 池連絡管

第3 仕上池-ロックフィルター D375 mm, 延長 835 m

3. ロックフィルター・排水池

池数	:	1
処理対象	:	全ロック・フィルター
池寸法		
面積 (池底)	:	37m x 95m
有効水深	:	1.2 m
最高水位	:	El. 1,768.7 m
有効容量	:	4,804 m ³
法勾配	:	1.0 : 3.0
排水パイプ	:	4系列、D300, D450, D600mm, 延長 795 m

4. 職員宿舎

タイプ	:	タイプ D、床面積30 m ²
宿舎数	:	4

5. 汚泥乾燥床

池数	:	1
処理能力	:	全処理施設のスラッジ
池寸法		
面積 (池底)	:	74.8m x 151.8m
有効水深	:	1.2 m
有効容量	:	14,635 m ³
法勾配	:	1.0 : 3.0

表 6 - 2 タウン処理場の主要諸元 (1/3)

1. 3,400 m³/日 系列

(1) 流入管

設計流量 (時間最大)	:	0.094 m ³ /sec
流入水位	:	El. 1,779.5 m
流入管径	:	D300 mm, D450 mm
流入管延長	:	460 m
分水ます	:	1 no.

(2) 汚水安定化池、ロックフィルター、グラスプロット

	通性好気性池	第1仕上池	第2仕上池	第3仕上池	ロックフィルター	グラスプロット
池数	2	2	2	2	2	2
処理能力 (日平均)	1,700 m ³ /日	1,700 m ³ /日	1,700 m ³ /日	1,700 m ³ /日	1,700 m ³ /日	1,700 m ³ /日
BOD5 濃度	280 mg/L	84 mg/L	-	-	30 mg/L	-
流入	32 mg/L	-	-	30 mg/L	-	15 mg/L
流出	El.1,770.5 m	El.1,786.0 m	El.1,767.5 m	El.1,767.0 m	El.1,766.0 m	-
定常運転水位	El.1,769.0 m					
池寸法						
面積 (池底)	78m x 305m	58m x 164m	16m x 164m	16m x 164m	17.4m x 91.4m	170m x 100m
面積 (定常水位)	90m x 317m	67m x 173m	25m x 173m	25m x 173m	27m x 101m	-
有効水深	2.0 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.6 m	-
有効容量	52,320 m ³	15,827 m ³	5,181 m ³	5,181 m ³	3,454 m ³	-
余裕高	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	-
法勾配	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	-
滞留日数	30.7 日	9.3 日	3.0 日	3.0 日	-	-
			計	46.0 日		

(3) 池連絡管

好気性池 - 第1仕上池	D300 mm, 310 m
第1仕上池 - 第2仕上池	D300 mm, 10m
第2仕上池 - 第3仕上池	D300 mm, 10m
第3仕上池 - ロックフィルター	D300 mm, 70m

(4) ロックフィルター排水池

池数	:	1
池寸法		
面積 (池底)	:	8.6m x 112.6m
有効水深	:	1.2 m
有効容量	:	1,701 m ³
法勾配	:	1.0 : 3.0
最高水位	:	El. 1,763.8 m
排水パイプ	:	6系列、D300, D450m, 延長 120 m

表6-2 タウン処理場の主要諸元 (2/3)

2. 3,200 m³/日 系列

(1) 流入設備

設計流量	:	0.089 m ³ /sec
流入水位	:	El.1,779.75 m
粗目スクリーン	:	W 0.6 m x H 1.2 m
細目スクリーン	:	W 0.6 m x H 1.35 m
流速一定沈砂水路	:	W 0.8 m x H 0.5 m x L 9 m
ハッチャルマユム	:	巾 150 mm
流入管径	:	D 300 mm, D 450 mm
流入管延長	:	460 m

(2) 汚水安定化池、ロックフィルター、グラスブロック

	嫌気性池	通性好気性池	第1仕上池	第2仕上池	第3仕上池	ロックフィルター	グラスブロック
池数	3	2	2	2	2	2	2
処理能力 (日平均)	1,600 m ³ /日	1,600 m ³ /日	1,600 m ³ /日	1,600 m ³ /日	1,600 m ³ /日	1,600 m ³ /日	1,600 m ³ /日
BOD5 濃度							
流入	800 mg/L	384 mg/L	115 mg/L	-	-	30 mg/L	-
流出	384 mg/L	33 mg/L	-	-	30 mg/L	-	15 mg/L
定常運転水位	El.1,775.0m	El.1,774.0 m El.1,772.5 m	El.1,770.5 m	El.1,778.5 m	El.1,769.5 m	El.1,767.5 m	-
池寸法							
面積 (池底)	23m x 52m	100m x 311m	76m x 163m	15m x 163m	15m x 163m	17.4m x 85.4m	160m x 100m
面積 (定常水位)	41m x 70m	112m x 323m	85m x 172m	24m x 172m	24m x 172m	27m x 95m	-
有効水深	3.0 m	2.0 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.6 m	-
有効容量	6,099 m ³	62,276 m ³	20,256 m ³	4,899 m ³	4,899 m ³	3,240 m ³	-
余裕高	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	-
法勾配	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	1.0 : 3.0	-
滞留日数	3.8 days	42.0 days	12.6 days	3.0 days	3.0 days	-	-

(3) 池連絡管

嫌気性池—好気性池	D300 - 450 mm, 延長 470 m
好気性池—第1仕上池	D300 mm, 370m
第1仕上池—第2仕上池	D300 mm, 10m
第2仕上池—第3仕上池	D300 mm, 10m
第3仕上池—ロックフィルター	D300 mm, 50m

(4) ロックフィルター排水池

池数	:	1
池寸法		
面積 (池底)	:	8.6m x 106.6m
有効水深	:	1.2 m
有効容量	:	1,613 m ³
法勾配	:	1.0 : 3.0
最高水位	:	El. 1,765.3 m
排水パイプ	:	6系列、D300, D450mm, 延長 120 m

表 6 - 2 タウン処理場の主要諸元 (3/3)

3. 汚泥乾燥床	
(1) 汚泥乾燥床	
池数	: 1
処理対象	: 3,200 m ³ /日系列
池寸法	
面積 (池底)	: 40.8m x 84.8m
有効水深	: 1.2 m
有効容量	: 4,726 m ³
法勾配	: 1.0 : 3.0
4. 雨水滞留池	
(1) 雨水排水路	
形状	: 台形
寸法	
底幅	: 1.10 m
高	: 2.00 m
法勾配	: 1.0 : 0.475
延長	: 1,110 m
(2) 雨水滞水池	
池数	: 1
満水位	: El.1,777.0 m
池寸法	
面積 (池底)	: 68m x 126m
面積 (満水位)	: 77m x 135m
有効水深	: 1.5 m
有効容量	: 14,222 m ³
余裕高	: 0.5 m
5. 職員宿舎	
タイプ	: タイプ D、床面積30 m ²
宿舎数	: 10

6.3 汚泥乾燥床

汚泥の処理・処分は下記条件を考慮して設計した。

含水率

生汚泥 : 90%

乾燥汚泥 : 50%

乾燥汚泥の単位重量 : 1,500 kg/m³

水の単位重量 : 1,000 kg/m³

ンジョロ処理場の生汚泥発生量は全体で20 m³/日、また、タウン処理場では3,200 m³/日ラインより6.6 m³/日と推定されている。これらの生汚泥は処理場に乾燥床を建設して処理する。乾燥床の概要は同じく表6-1と表6-2に示した。

6.4 雨水滞水池

雨水滞水池は下記条件にて設計した。

タウン処理場に建設される増設処理施設のために、既存の雨水排水路は一部路線変更するが、その断面形状は既存のものと同一とした。雨水滞水池は流出量全体を滞水させる容量を持ち、かつ主排水路と連結している。その概要は表6-2に示した。滞水池は流入部にオイル・トラップを備えた構造とした。

6.5 水質試験所

水質試験所の位置はナクル湖公園内の訓練センターの近くを選定された。建屋は生物試験室、中央試験室、解析試験室、計量室、研究室等により構成され、面積は約350 m²である。設計図5に建屋の設計を示した。

6.6 運転・維持管理の基本的ガイドライン

ガイドラインは表6-3に示す通りである。運転・維持管理は日常的作業と定期的作業とに区分される。定期的維持管理作業は作業内容と作業量により更に2つに細分割される。作業量が大きく作業頻度の少ないものは専門業者に委託するものとし、軽度であるが頻繁に実施すべき作業については必要な機材を揃え、WSDの職員が直接実施するものとした。

表6-3 運転・維持管理の基本的ガイドライン

項目	日常作業	定期的作業
(1) 下水道施設		
(1.1) 下水管路	<ul style="list-style-type: none"> - 閉塞物の除去 - 管路の清掃 - 漏水箇所の補修 	<ul style="list-style-type: none"> - 少なくとも5年に1回の管路の清掃
(1.2) ムワリキポンプ場	<ul style="list-style-type: none"> - 流入下水とポンプ運転の監視 - 沈砂や沈殿物の除去 - 機械設備の注油 	<ul style="list-style-type: none"> - 専門業者による機械及び電気設備の補修
(1.3) 下水処理場	<ul style="list-style-type: none"> - 流入設備及び池内の沈砂、スクラム、ゴミ等の除去 - 流入及び流出水の水量と水質の監視 - 機械設備の注油 - 安定化池の土手とグラスプロットの草の刈り取り 	<ul style="list-style-type: none"> - 半年に1回、嫌気性池の排泥 - 必要に応じて、専門業者による施設の補修と好気性池の排泥 - 3月に1回、ロック・フィルターの排泥及び空気の供給 - グラスプロットの表面の水道や凹凸の補修 - ロック・フィルター排水池の汚泥の除去
(2) 雨水滞水池	<ul style="list-style-type: none"> - ゴミ、油、沈殿物の除去 - 滞水雨水の排水作業 	<ul style="list-style-type: none"> - 2年に1回程度の沈殿物の除去

また、タウン処理場の散水ろ床の処理効率を向上と施設の機能維持のため、表6-4に示す運転形態を提案する。これにより循環ポンプの運転形態もあわせて変更する必要がある。

表6-4 散水ろ床の運転形態

時間	運転形態
午前6:00 - 午後9:00	フル運転
午後9:00 - 午前6:00	間欠運転、3時間に10分程度

6.7 運転維持管理器材

既存の維持・管理器材は質・量ともに不足している。汚水処理施設の工事完成後、それらの機能維持のためには、スペアパーツ、工具等の器材増強が不可欠である。表6-5に所要器材のリストを示した。

表6-5 維持管理器材

Item No.	Items	Unit	Quantity
A.	Workshop Equipment		
(1)	Tool box with assorted tools	lot	1
(2)	Electric angle grinder, 8 inch	set	1
(3)	Drill bits, 2 to 12 mm dia. with stand	set	1
(4)	Portable electric blower, 50 cm dia..	set	1
(5)	Gear puller	set	1
(6)	Tap and dies. M2 to M12 fine thread	set	1
(7)	Gas welding set	set	1
(8)	Electric welder, 100A	set	1
(9)	Electric tool box with assorted tolls	lot	1
(10)	Drilling machine	set	1
(11)	Air compressor	set	1
(12)	Vice	set	1
(13)	Chain block	set	1
(14)	Hydraulic jack	set	1
(15)	Shelf with rock	set	1
(16)	Gate crane, movable type	set	1
B.	Operation and Maintenance Equipment		
(1)	Mud pump, Dia. 100 mm, 1.2 m ³ /min., H=10 m	set	3
(2)	Generator for the above, 8 KVA	set	2
(3)	Truck with 1 ton crane	unit	1
(4)	High pressure sewer cleaner, 4 ton vehicle	unit	1
(5)	High pressure sewer cleaner, vacuum car, 4 ton	unit	1
(6)	High pressure sewer cleaner, water tanker, 4 ton	unit	1
(7)	Plug for water stop, 225, 300, 375 mm, 2 each	nos.	6
(8)	Pick up truck, 1 ton	unit	2
(9)	Tractor shovel with back-hoe attachment, 0.4 m ³	unit	1
(10)	Dump truck, 6 ton	unit	2
(11)	Gas mask	set	6
C.	Testing Apparatus for Existing Njoro Laboratory		
(1)	Low temperature incubator	no.	1
(2)	Drying oven	no.	1
(3)	Aspirator	no.	1
(4)	Air pump	no.	1
(5)	Portable pH meter	no.	1
(6)	Portable DO meter	no.	1
(7)	Portable conductivity meter	no.	1
(8)	Portable ORP meter	no.	1
(9)	Balance	no.	1
(10)	Analytical balance	no.	1
(11)	Automatic sampler	no.	1
(12)	Sampling bottles	set	1
(13)	Glassware & other accessories	lot	1

(Data source : Study Team)

6.8 処理水の再利用

処理水の再利用法としては、生活用水や工業用水の需要に対し、中水道として供給する方法もあるが、それには高度な処理システムの採用が必要となり、技術面、財政面から考えて適当ではない。よって、ここでは比較的容易に再利用可能な、かんがい農業と養魚への水利用について検討を行う。

(1) かんがい農業

農業用水の水質は、WHO, FAO規準を満たすことが原則である。かんがい農業を実施した場合、作付けひん度が増加し、さらに収量増のため肥料・農薬の使用量が増加する可能性がある。残留農薬・肥料は地形的条件によりナクル湖に最終的に流入することとなり、湖の環境保全上望ましくない。農薬、肥料の流入の可能性が低い、湖から離れた農地への利用は、ポンプ送水の必要があるなど制約条件も少なくない。

(2) 養魚

養魚に利用するためには、処理水のBODが50 mg/Lを越えるべきではないといわれている。本事業に応用した場合、第三仕上池で養魚が可能と考えられる。ケニアでは、キスムの処理場での実績がある。しかし、実際魚を食用として利用するには衛生上など種々の問題がある。

上記のように、かんがい農業／養魚への処理水の再利用に対しては、実施に伴う逆効果、生産物の利用価値、財政処置等の問題もあり、今後さらに検討が必要である。本調査ではしたがって処理水の再利用は積極的にその実施を勧告するには至らない。

6.9 土地収用

処理場の修復・拡張工事には土地収用が必要であるため、予備設計に基づいて土地収用面積を表6-6に示すように算定した。

表6-6 土地収用面積

処理場	総面積	既存施設面積	新規収用面積
ンジョロ	102.0 ha	92.8 ha	9.3 ha
タウン	55.3 ha	13.3 ha	42.0 ha

7. 建設計画と積算

7.1 工事形態

本報告書にて提案された工事は、競争入札により選定された建設業者により実施されるものとする。

7.2 建設計画

建設工事は(1)準備作業、(2)ムワリキ・ポンプ場、(3)タウン処理場、(4)ンジョロ処理場、(5)水質試験所、(6)維持管理機材の供給に大別される。主工事数量は表7-1に示す。

表7-1 主要工事数量

工種	タウン処理場	ンジョロ処理場	合計
伐採・表土処理	66,000 m ²	33,000 m ²	99,000 m ²
掘削	209,000 m ³	157,000 m ³	352,000 m ³
盛土	205,000 m ³	147,000 m ³	334,000 m ³
ロック・フィルター	16,000 m ³	25,000 m ³	41,000 m ³
グラス・プロット	80,000 m ²	120,000 m ²	200,000 m ²
浚渫	6,100 m ³	34,800 m ³	40,900 m ³

(Data source: Study Team)

7.3 建設工程

建設工事の内容と数量および気候条件を考慮して、建設計画を策定し、建設工程表を図7-1のとおりに設定した。建設工事期間は16ヶ月とする。建設工事は既存の汚水処理施設の運転を中断させることのないように組織的計画に基づいて行うことが肝要である。

7.4 建設工事費

建設工事費は1993年11月現在の材料費、労務費、建設機械費等をもとに積算された。建設工事費と年間資金需要は表7-2と表7-3に各々示した。

表7-2 建設工事費

(単位：US\$10³)

項目	外貨分	内貨分	合計
1. 直接工事費	8,188	8,196	16,384
(a) 準備作業	45	652	697
(b) ムワリキ・ポンプ場	116	35	151
(c) タウン処理場	3,898	2,723	6,621
(d) ンジョロ処理場	3,099	1,996	5,095
(e) 水質試験所	464	276	740
(f) 維持管理器材	566	11	577
(g) 税金	-	2,503	2,503
2. 土地収用・補償	0	16	16
3. 実施機関の経費	0	820	820
4. 技術費用	1,571	748	2,319
5. 予備費	976	978	1,954
6. 物価上昇予備費	466	871	1,337
合計	11,201	11,629	22,830

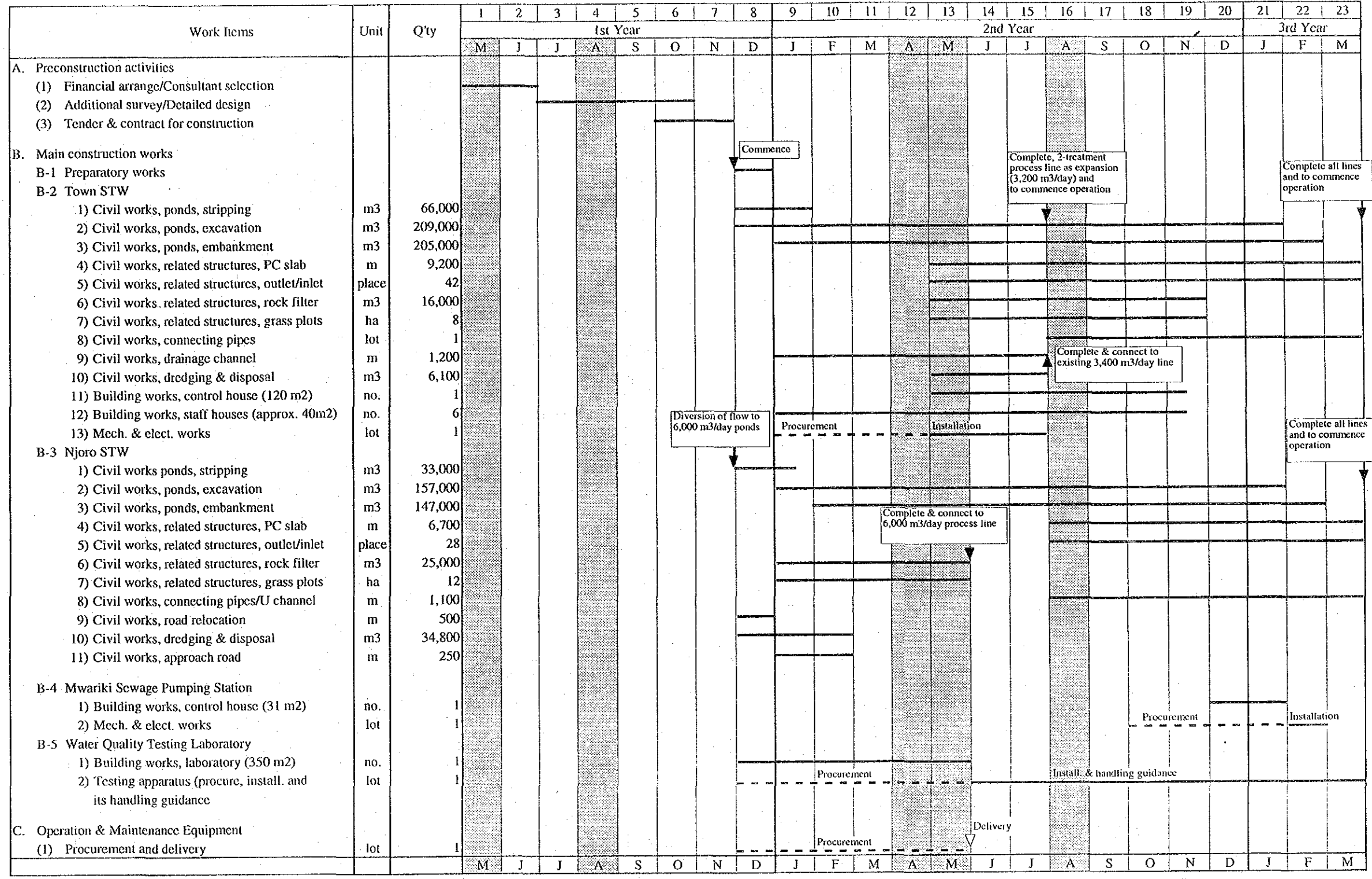
(Data source: Study Team)

表7-3 年間資金需要

(単位：US\$10³)

年	外貨分	内貨分	合計
1st Year	2,550	2,523	5,073
2nd Year	7,502	7,789	15,291
3rd Year	1,149	1,317	2,466
合計	11,201	11,629	22,830

(Data source: Study Team)



Legends: [shaded box] Expected heavy rainy period

THE REPUBLIC OF KENYA MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT	THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT	TITLE
	JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	建設計画スケジュール

7.5 運転・維持管理費

年間の運転・維持管理費用は表7-4に示すように見積られた。

表7-4 年運転・維持管理費

項目	金額 (US\$10 ³)
(1) 下水管網	56.6
(2) ムワリキ・ポンプ場	1.6
(3) タウン処理場	30.8
(4) ンジョロ処理場	13.6
合計	102.6

上記のコストには現在WSDが毎年支出している、ローンの返済、コンピューター経費、下水管網工事費は含まれていない。

8. 組織と運営

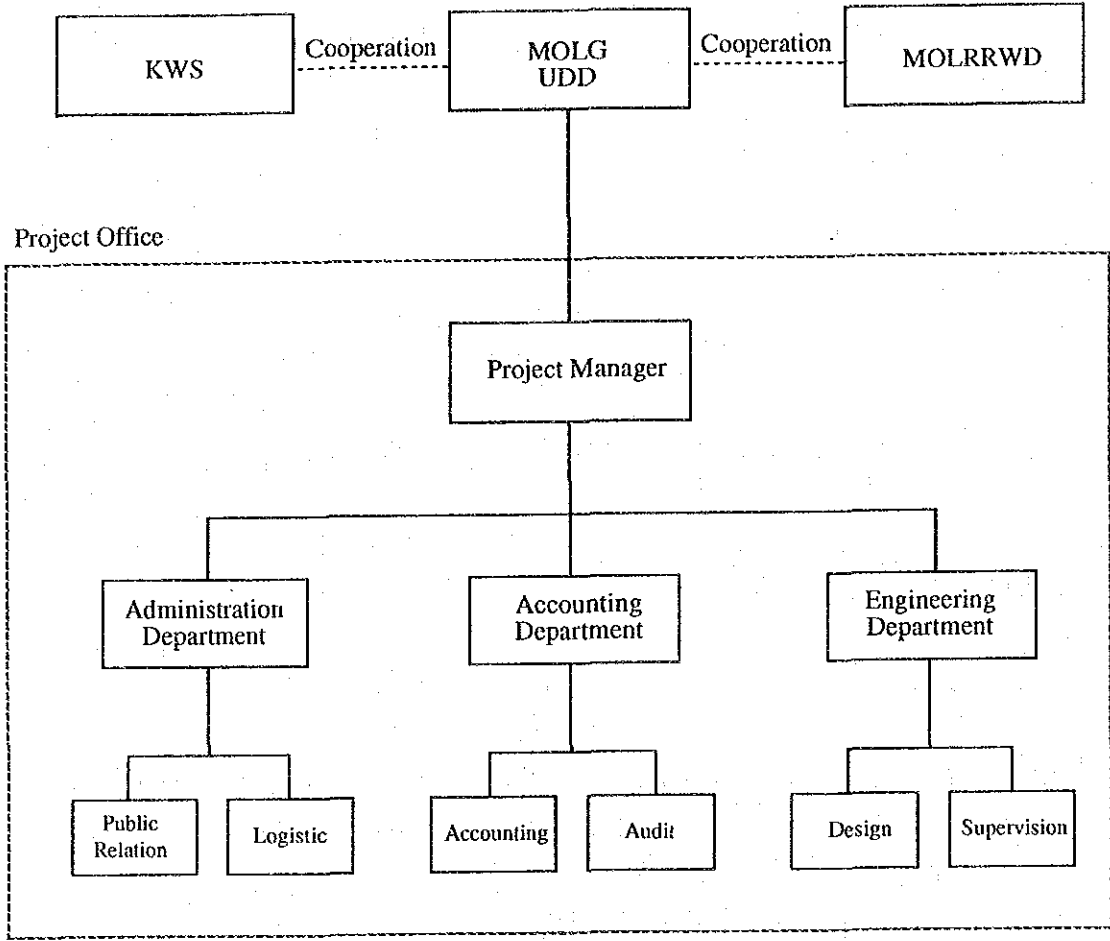
8.1 事業実施の組織

地方自治省の都市開発局 (UDD) が事業の実施機関に任命される。建設工事を円滑に行うため、図8-1に示すような組織とプロジェクト事務所の設置を提案する。目的は以下のとおりである。

- (1) 事業実施のためのすべての手続きを行う
- (2) 設計および工事品質監理のための調査・測量
- (3) 建設業者の選定
- (4) 工事監理
- (5) 会計および監査

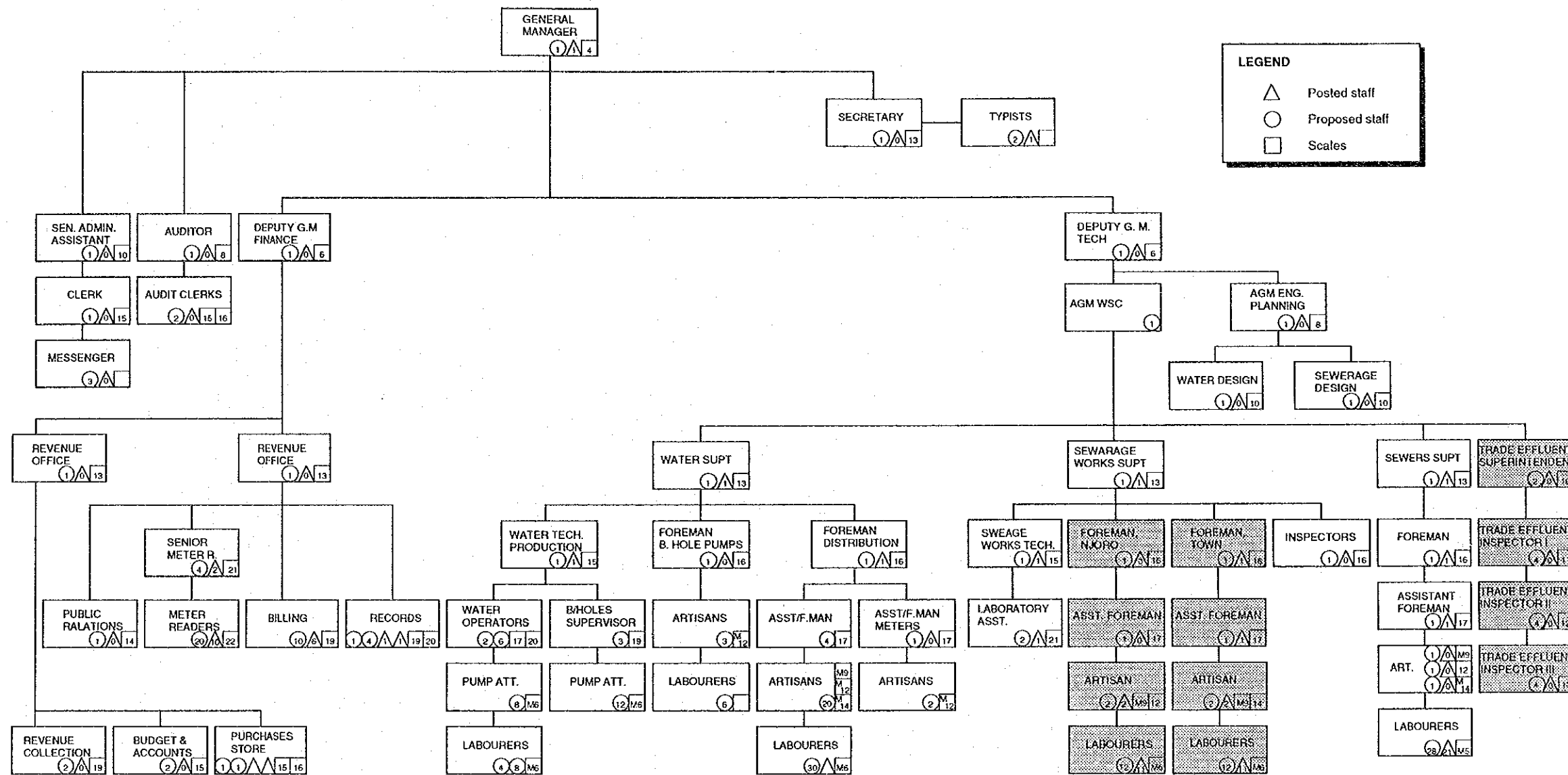
8.2 運転・維持管理の組織

ナクル市のWSDが事業の運転・維持管理を実施することになろう。このため、WSDの人的資源および器材での強化を提案する。工場排水基準達成のために、WSDにその監視機関 (TECU) の設置を提案する。WSDの組織改善案を図8-2に示した。



MOLG : Ministry of Local Government
 UDD : Urban Development Department
 KWS : Kenya Wildlife Service
 MOLRRWD : Ministry of Land Reclamation Regional and Water Development

<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p> <p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE</p> <p>プロジェクトの実施組織図</p>
--	--	----------------------------------



Data source : Nakuru Municipality

Proposed addition/improvement

<p>THE REPUBLIC OF KENYA</p> <p>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT</p>	<p>THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT</p> <p>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY</p>	<p>TITLE</p> <p>WSD組織改善案</p>
--	--	------------------------------

8.3 財政

現在、WSDの財政はナクル市の財務局の管理下にある。下水部門は長年にわたって財政が逼迫している状態にある。実際の財政配分は1988/89年の293万シリングから1993/94年の593万シリングに増加しているが、1993/94年度予算の内140万シリング（約23.6%）のみが実際の運転・維持管理に当てられているにすぎない。また、コンピューター経費とローン返済に80万、130万シリングが各々当てられている。安定した運転・維持管理はナクル湖の環境保全に大きな貢献をもたらすものであると考えられるので、ナクル市は今後十分な財政支援を行うことを提案する。

8.4 WSD事務所

WSDは幹部職員を収容する専用事務所を持っていない。WSDの自立および効率的かつ合理的運営を達成するために、ナクル市当局が、今後必要な支援を行うことが必要である。

9. 環境影響評価

9.1 序文

環境調査は、主に下水処理場とその周辺、およびナクル湖を含むナクル湖国立公園について行われた。ナクル湖は特殊な生態系を持つことで知られているが、その特徴、特色については、定量的にも定性的にも十分に把握されていない。このため環境影響評価は、現在有効な情報からの定性的な評価とならざるを得ない。なお、環境影響評価はMOLF、NES調査団によって作成されたEIAフォームにしたがって行われている。

環境影響評価の対象エリアは2つある。1つはンジョロおよびタウン処理場周辺であり、ここでは、プロジェクトの主要建設工事が行われる。他は、プロジェクトによって恩恵を受けるものと考えられるナクル湖である。なお環境影響評価は、工事中およびプロジェクト稼働後に分けて行われている。

9.2 環境影響評価

EIAの要約は表9-1に示すとおりである。プロジェクトの完成は、ナクル湖への流入負荷量を軽減するだけでなく、ナクル市への13,300 m³/日の新規給水を開始させることを可能にするという意味を持っている。プロジェクトによる安定化池の建設による影響は最小限度のものであり、悪臭の発生や汚泥の発生などの悪影響に比べ、負荷量軽減や、新規給水を可能とする効果は極めて大きいと期待される。予測されるいくつかの悪影響は微小なものであり、表9-1に示す対策で十分に改善されるものと考えられる。

表9-1 環境影響評価要約 (1/2)

項目	対策後 インパクト	問題点	対策
(1) プロジェクトサイト (建設中)			
1. 土壌侵食	1-b	建設工事には土工事が多く含まれている。	建設時には適切な斜面保護を行う必要がある。
2. 土砂流出	1-b	工事現場からの土砂の流出は下流域への影響を与える。	沈砂池、排水路の設備を準備する。
3. 騒音、振動、ほこり	1-a	現場周辺は住宅地区はない。	
4. 交通への影響	1-a	運ぶ資機材が少ないので交通量は特に増えるとは考えられない。本工事には外部から運び込む材料は少ない。	
5. 建設残土	1-a	切り土、盛り土のバランス計算の上で、設計が行われており、建設残土の発生は少ない。	
6. 汚泥の発生	2	工事には、堆積汚泥の引き上げも含んでいる。適切な処理がないとこれら汚泥が、下流域への影響を与える可能性がある。	汚泥乾燥の為のスペースを現場に設け、ここで引き上げ汚泥を乾燥させた後、処分場へ運搬する。
7. 土地収用	1-b	国立公園内の土地を一部使うことになる。	ケニア政府サイドが土地収用の手続きを行う。
8. 植性	1-b	建設予定地は草地であり、工事により全面が掘り起こされる。	工事には再緑化の作業も含まれている。
9. 動物	1-b	国立公園の境界フェンスの付け替え作業があり、動物の逃亡、あるいは動物への危害が加えられる恐れがある。	作業は全てKWS職員立会のもとで行うものとする。
10. 現地作業員	1-b		現地作業員によって発生する汚水、ゴミなどの処理は適切に行う。現場環境、安全面については十分な注意を払う必要がある

インパクトのレベル表示

- 1-a : プロジェクトのインパクトはほとんど発生しない
- 1-b : 適切な対策によってインパクトを抑制できる
- 2 : 低いレベルのインパクトが発生する
- 3 : 高いレベルのインパクトが発生する

表9-1 環境影響評価要約 (2/2)

項目	対策後 インパクト	問題点	対策
(2) プロジェクトサイト (プロジェクト稼働後)			
1. 悪臭	2	嫌気性池からの悪臭の発生は予測される。ただし現在の嫌気性池に対する苦情は今のところ出ていない。	嫌気性池周辺 (住宅地区側) にグリーンベルトを設ける。
2. 汚泥の発生	2	嫌気性池からの汚泥の引き抜きは頻繁に行われる。	汚泥処理システムの確立が必要である (4.4.1参照)。新規システム完成までは、汚泥乾燥池で乾燥させた後、既存のゴミ処分場へ投棄する。
3. 騒音	1-a	本プロジェクトには、機械設備はほとんど含まれておらず騒音はない。	
4. 景観	1-a	建設地は、自然な (人工的でない) 池と草原で覆われる。	
(3) 下流域 (プロジェクト稼働後)			
1. 水質汚濁	1-a	プロジェクトの主目的は下流域 (ナクル湖) への汚濁負荷流入の削減である。プロジェクトにより水質汚濁は改善される (4.5参照)。	
2. 植物、動物	1-a	水質汚濁の低減に伴う悪影響はないものと考えられる。	
3. 水利用	1-a	問題なし。	

インパクトのレベル表示

- 1-a : プロジェクトのインパクトはほとんど発生しない
- 1-b : 適切な対策によってインパクトを抑制できる
- 2 : 低いレベルのインパクトが発生する
- 3 : 高いレベルのインパクトが発生する

10. 経済・財務分析

10.1 財務分析

事業の所要資金、14億2,700万シリングの調達には下記のケースが考えられる。

- ケース1-A : 地方自治ローン、年利率：7%、返済期間：30年、据え置き期間：なし
- ケース1-B : 地方自治ローン、年利率：13%、返済期間：30年、据え置き期間：なし
- ケース2 : 無償援助

運転・維持経費は720万シリング/年で、毎年外貨分は2.3%、内貨分は4.2%ずつ上昇すると仮定する。また事業の耐用年数は30年間と仮定する。

下水道サービスからの料金収入は1992/93年に1,290万シリングであるが、これは1993年値で2,540万シリングに増加する。事業の収入は下水発生量と料金の乗数で表され、料金は毎年上記に述べたように上昇するものとする。

財政的内部収益率は1.8%と計算された。この収益率はLocal Government Loans Authority (LGLA) が設定しているローンの年率7～13%を大幅に下回る。従って、LGLAのローンを利用して事業を行うことは財政的に成立しえない。従って事業実施のためには、特別ローンまたは無償資金援助等の処置が必要である。

表10-1、10-2および10-3に各ケースに対する財政的費用と収入の流れを示す。ケース1-Aの場合でも表に示されるように、23年目迄収支は赤字の状態、耐用年数30年目の累積赤字総額は10億5,900万シリングに達する。したがって地方自治ローンで事業が実施された場合、ナクル市は中央政府からの補助金またはナクル市一般会計からの財政援助を得るか、下水道料金を現行より約40%値上げするか（ケース1-Aの場合）、どちらかの方策を採用せねばならない。

10.2 経済評価

経済評価においては、財務コストおよび便益は経済コストおよび便益に変換される。経済コストは事業費で11億1,600万シリング、年維持管理費で590万シリングである。

この事業はナクル市の衛生状態の改善に寄与するばかりでなく、ナクル湖の環境保全にも貢献するものである。ナクル湖はケニアでも有数の観光地であり、国家経済からの観点からもその保全は重要なことである。このような背景を考慮すれば、タンジブル便益は（1）受益者からの直接便益と（2）観光資源保全からの便益が考えられる。

（1）受益者からの便益

住民からの便益は“支払い意志額”に基づく。この額は現地調査により一戸当たり36.42シリング/月と評価された。工場、商業等からの便益は排水費と単位量当りの金額により算出した。総便益はプロジェクト運転開始時に2,170万シリングである。

(2) 観光資源保全便益

この便益は観光を通しての国家収入である、即ち観光客の支出である。現地調査に基づき、観光客の総支出額は事業の運転開始時に4億3,460万シリングに達すると見積られた。この収益は必ずしも下水道事業の効果により発生したものではない。しかし、下水道事業が実施されなければ、将来ナクル湖環境の悪化により国家収入は減少することになる。従って、今回の調査では、観光収入の50%を事業の便益と仮定した。

事業経済評価は内部収益率 (EIRR) で評価する。表 10-4 に経済コストと便益の流れを示した。EIRRは18.6%と計算され、ケニアの資本の機会費用10%を上回っている。従って事業は経済的に妥当と評価される。

観光資源保全便益の仮定した額には種々異論があると考えられるので、便益が減少した場合のケースにつき、センシティブイター解析を行った。仮に観光資源保全便益が25%に減少した場合、表 10-5 に見られるようにEIRRは10.8%となる。この場合であっても10%を越えるので経済的には依然として妥当と評価される。

一方、建設コストが当初見積りよりも10%増加した場合について、表 10-6 に経済コストと便益の流れを示した。この場合においてもEIRRは17.2%となるので経済的には妥当である。

表 10-1 財政コストと収入の流れ：ケース 1-A

(Unit: Shs. million)

Year	Capital Balance				Revenue Balance					Cash Accumulated					
	Income	Construc- tion Cost	Expenditure Repayment of Loan	Total	Balance	Sewage Charge	Income	Expenditure		Interest of Loan	Total	Balance	*1	Balance	
								Operation & Maintenance	Deprecia- tion *2						
LGLA Loan							Other Income								
1	316.4	316.4	0.0	316.4	0.0	18.1	0.1	18.2	6.2	0.0	22.1	28.3	-10.1	-10.1	-10.1
2	957.3	957.3	10.5	967.9	-10.5	18.9	0.1	19.0	6.4	0.0	88.4	94.8	-75.8	-86.4	-96.4
3	153.6	153.6	42.5	196.1	-42.5	19.7	0.1	19.8	6.7	0.0	96.2	102.9	-83.1	-125.5	-222.0
4			47.6	47.6	-47.6	40.5	0.2	40.7	7.6	47.6	92.9	148.0	-107.3	-107.3	-329.3
5			47.6	47.6	-47.6	42.2	0.2	42.4	7.9	47.6	89.5	145.0	-102.6	-102.6	-431.9
6			47.6	47.6	-47.6	44.0	0.2	44.2	8.2	47.6	86.2	142.0	-97.8	-97.8	-529.7
7			47.6	47.6	-47.6	45.8	0.2	46.0	8.5	47.6	82.9	139.0	-92.9	-92.9	-622.6
8			47.6	47.6	-47.6	47.7	0.2	48.0	8.9	47.6	79.6	136.0	-88.0	-88.0	-710.6
9			47.6	47.6	-47.6	49.7	0.3	50.0	9.2	47.6	76.2	133.0	-83.0	-83.0	-793.7
10			47.6	47.6	-47.6	51.8	0.3	52.1	9.6	47.6	72.9	130.1	-78.0	-78.0	-871.7
11			47.6	47.6	-47.6	54.0	0.3	54.3	10.0	47.6	69.6	127.1	-72.8	-72.8	-944.5
12			47.6	47.6	-47.6	56.3	0.3	56.5	10.4	47.6	66.2	124.2	-67.6	-67.6	-1,012.1
13			47.6	47.6	-47.6	58.6	0.3	58.9	10.8	47.6	62.9	121.3	-62.4	-62.4	-1,074.5
14			47.6	47.6	-47.6	61.1	0.3	61.4	11.2	47.6	59.6	118.4	-57.0	-57.0	-1,131.5
15			47.6	47.6	-47.6	63.7	0.3	64.0	11.7	47.6	56.2	115.5	-51.5	-51.5	-1,183.0
16			47.6	47.6	-47.6	66.3	0.3	66.7	12.2	47.6	52.9	112.7	-46.0	-46.0	-1,229.0
17			47.6	47.6	-47.6	69.1	0.4	69.5	12.7	47.6	49.6	109.8	-40.3	-40.3	-1,269.3
18			47.6	47.6	-47.6	72.0	0.4	72.4	13.2	47.6	46.2	107.0	-34.6	-34.6	-1,304.0
19			47.6	47.6	-47.6	75.0	0.4	75.4	13.7	47.6	42.9	104.2	-28.8	-28.8	-1,332.7
20			47.6	47.6	-47.6	78.2	0.4	78.6	14.3	47.6	39.6	101.4	-22.8	-22.8	-1,355.6
21			47.6	47.6	-47.6	81.5	0.4	81.9	14.8	47.6	36.3	98.7	-16.8	-16.8	-1,372.4
22			47.6	47.6	-47.6	84.9	0.4	85.3	15.4	47.6	32.9	96.0	-10.6	-10.6	-1,383.0
23			47.6	47.6	-47.6	88.5	0.5	88.9	16.1	47.6	29.6	93.2	-4.3	-4.3	-1,387.3
24			47.6	47.6	-47.6	92.2	0.5	92.6	16.7	47.6	26.3	90.6	2.1	2.1	-1,385.2
25			47.6	47.6	-47.6	96.0	0.5	96.5	17.4	47.6	22.9	87.9	8.6	8.6	-1,376.6
26			47.6	47.6	-47.6	100.1	0.5	100.6	18.1	47.6	19.6	85.3	15.3	15.3	-1,361.3
27			47.6	47.6	-47.6	104.3	0.5	104.8	18.9	47.6	16.3	82.7	22.1	22.1	-1,339.2
28			47.6	47.6	-47.6	108.7	0.6	109.2	19.6	47.6	12.9	80.2	29.1	29.1	-1,310.2
29			47.6	47.6	-47.6	113.2	0.6	113.8	20.4	47.6	9.6	77.6	36.2	36.2	-1,274.0
30			47.6	47.6	-47.6	118.0	0.6	118.6	21.3	47.6	6.3	75.1	43.5	43.5	-1,230.5
31			47.6	47.6	-47.6	122.9	0.6	123.6	22.1	47.6	3.0	72.7	50.9	50.9	-1,179.6
32			37.0	37.0	-37.0	128.1	0.7	128.8	23.0	47.6	0.4	71.0	57.8	57.8	-1,111.3
33			5.1	5.1	-5.1	133.5	0.7	134.2	24.0	47.6	0.0	71.6	62.6	62.6	-1,066.2

Remark: *1 (Capital Balance)+(Revenue Balance)+(Depreciation)

*2 Loan charges of K£64,053 is assumed to be included in the O&M cost till the 26th year.

表10-2 財政コストと収入の流れ：ケース1-B

(Unit: Shs. million)

Year	Capital Balance				Revenue Balance				Cash Balance	Accumulated Cash Balance			
	Income	Expenditure		Balance	Total	Income	Expenditure				Total		
		LGLA Loan	Construc- tion Cost				Repayment of Loan	Sewage Charge				Other Income	Maintenance & Operation
1	316.4	316.4	0.0	0.0	18.1	0.1	18.2	6.2	0.0	41.1	47.3	-29.1	-29.1
2	957.3	957.3	10.5	967.9	18.9	0.1	19.0	6.4	0.0	164.2	170.6	-151.6	-191.2
3	153.6	153.6	42.5	196.1	19.7	0.1	19.8	6.7	0.0	178.7	185.3	-165.5	-399.2
4			47.6	47.6	40.5	0.2	40.7	7.6	47.6	172.5	227.6	-186.9	-586.1
5			47.6	47.6	42.2	0.2	42.4	7.9	47.6	166.3	221.7	-179.3	-765.5
6			47.6	47.6	44.0	0.2	44.2	8.2	47.6	160.1	215.9	-171.7	-937.2
7			47.6	47.6	45.8	0.2	46.0	8.5	47.6	153.9	210.0	-164.0	-1,101.2
8			47.6	47.6	47.7	0.2	48.0	8.9	47.6	147.7	204.2	-156.2	-1,257.4
9			47.6	47.6	49.7	0.3	50.0	9.2	47.6	141.6	198.3	-148.4	-1,405.7
10			47.6	47.6	51.8	0.3	52.1	9.6	47.6	135.4	192.5	-140.5	-1,546.2
11			47.6	47.6	54.0	0.3	54.3	10.0	47.6	129.2	186.7	-132.5	-1,678.6
12			47.6	47.6	56.3	0.3	56.5	10.4	47.6	123.0	181.0	-124.4	-1,803.1
13			47.6	47.6	58.6	0.3	58.9	10.8	47.6	116.8	175.2	-116.3	-1,919.3
14			47.6	47.6	61.1	0.3	61.4	11.2	47.6	110.6	169.4	-108.0	-2,027.4
15			47.6	47.6	63.7	0.3	64.0	11.7	47.6	104.4	163.7	-99.7	-2,127.1
16			47.6	47.6	66.3	0.3	66.7	12.2	47.6	98.3	158.0	-91.3	-2,218.4
17			47.6	47.6	69.1	0.4	69.5	12.7	47.6	92.1	152.3	-82.8	-2,301.3
18			47.6	47.6	72.0	0.4	72.4	13.2	47.6	85.9	146.6	-74.3	-2,375.5
19			47.6	47.6	75.0	0.4	75.4	13.7	47.6	79.7	141.0	-65.6	-2,441.1
20			47.6	47.6	78.2	0.4	78.6	14.3	47.6	73.5	135.4	-56.8	-2,497.9
21			47.6	47.6	81.5	0.4	81.9	14.8	47.6	67.3	129.8	-47.9	-2,545.7
22			47.6	47.6	84.9	0.4	85.3	15.4	47.6	61.1	124.2	-38.8	-2,584.6
23			47.6	47.6	88.5	0.5	88.9	16.1	47.6	55.0	118.6	-29.7	-2,614.3
24			47.6	47.6	92.2	0.5	92.6	16.7	47.6	48.8	113.1	-20.4	-2,634.7
25			47.6	47.6	96.0	0.5	96.5	17.4	47.6	42.6	107.6	-11.0	-2,645.8
26			47.6	47.6	100.1	0.5	100.6	18.1	47.6	36.4	102.1	-1.5	-2,647.3
27			47.6	47.6	104.3	0.5	104.8	18.9	47.6	30.2	96.7	8.2	-2,639.1
28			47.6	47.6	108.7	0.6	109.2	19.6	47.6	24.0	91.2	18.0	-2,621.1
29			47.6	47.6	113.2	0.6	113.8	20.4	47.6	17.9	85.9	27.9	-2,593.2
30			47.6	47.6	118.0	0.6	118.6	21.3	47.6	11.7	80.5	38.1	-2,555.1
31			47.6	47.6	122.9	0.6	123.6	22.1	47.6	5.5	75.2	48.4	-2,506.7
32			37.0	37.0	128.1	0.7	128.8	23.0	47.6	0.7	71.3	57.5	-2,438.7
33			5.1	5.1	133.5	0.7	134.2	24.0	47.6	0.0	71.6	62.6	-2,333.6

Remark: *1 (Capital Balance)-(Revenue Balance)-(Depreciation)

*2 Loan charges of K£64,053 is assumed to be included in the O&M cost till the 26th year.

表 10-3 財政コストと収入の流れ：ケース 2

(Unit: Shs. million)

Year	Capital Balance				Revenue Balance				Cash Balance *1	Cash Accumulated Balance				
	Income		Expenditure		Income		Expenditure							
	Foreign Grant	Construction Cost	Repayment of Loan	Total	Balance	Sewage Charge	Other Income	Total Maintenance & Operation			Depreciation*2	Interest of Loan	Total	Balance
1	316.4	316.4	0.0	316.4	0.0	18.1	0.1	18.2	6.2	0.0	0.0	6.2	12.1	12.1
2	957.3	957.3	0.0	957.3	0.0	18.9	0.1	19.0	6.4	0.0	0.0	6.4	12.6	24.7
3	153.6	153.6	0.0	153.6	0.0	19.7	0.1	19.8	6.7	0.0	0.0	6.7	13.1	37.8
4			0.0	0.0	0.0	40.5	0.2	40.7	7.6	0.0	0.0	7.6	33.1	70.9
5			0.0	0.0	0.0	42.2	0.2	42.4	7.9	0.0	0.0	7.9	34.5	105.5
6			0.0	0.0	0.0	44.0	0.2	44.2	8.2	0.0	0.0	8.2	36.0	141.5
7			0.0	0.0	0.0	45.8	0.2	46.0	8.5	0.0	0.0	8.5	37.5	179.0
8			0.0	0.0	0.0	47.7	0.2	48.0	8.9	0.0	0.0	8.9	39.1	218.1
9			0.0	0.0	0.0	49.7	0.3	50.0	9.2	0.0	0.0	9.2	40.8	258.8
10			0.0	0.0	0.0	51.8	0.3	52.1	9.6	0.0	0.0	9.6	42.5	301.3
11			0.0	0.0	0.0	54.0	0.3	54.3	10.0	0.0	0.0	10.0	44.3	345.6
12			0.0	0.0	0.0	56.3	0.3	56.5	10.4	0.0	0.0	10.4	46.2	391.8
13			0.0	0.0	0.0	58.6	0.3	58.9	10.8	0.0	0.0	10.8	48.1	439.9
14			0.0	0.0	0.0	61.1	0.3	61.4	11.2	0.0	0.0	11.2	50.2	490.1
15			0.0	0.0	0.0	63.7	0.3	64.0	11.7	0.0	0.0	11.7	52.3	542.4
16			0.0	0.0	0.0	66.3	0.3	66.7	12.2	0.0	0.0	12.2	54.5	596.9
17			0.0	0.0	0.0	69.1	0.4	69.5	12.7	0.0	0.0	12.7	56.8	653.7
18			0.0	0.0	0.0	72.0	0.4	72.4	13.2	0.0	0.0	13.2	59.2	712.9
19			0.0	0.0	0.0	75.0	0.4	75.4	13.7	0.0	0.0	13.7	61.7	774.6
20			0.0	0.0	0.0	78.2	0.4	78.6	14.3	0.0	0.0	14.3	64.3	838.9
21			0.0	0.0	0.0	81.5	0.4	81.9	14.8	0.0	0.0	14.8	67.0	906.0
22			0.0	0.0	0.0	84.9	0.4	85.3	15.4	0.0	0.0	15.4	69.9	975.8
23			0.0	0.0	0.0	88.5	0.5	88.9	16.1	0.0	0.0	16.1	72.8	1,048.7
24			0.0	0.0	0.0	92.2	0.5	92.6	16.7	0.0	0.0	16.7	75.9	1,124.6
25			0.0	0.0	0.0	96.0	0.5	96.5	17.4	0.0	0.0	17.4	79.1	1,203.7
26			0.0	0.0	0.0	100.1	0.5	100.6	18.1	0.0	0.0	18.1	82.5	1,286.2
27			0.0	0.0	0.0	104.3	0.5	104.8	18.9	0.0	0.0	18.9	86.0	1,372.2
28			0.0	0.0	0.0	108.7	0.6	109.2	19.6	0.0	0.0	19.6	89.6	1,461.7
29			0.0	0.0	0.0	113.2	0.6	113.8	20.4	0.0	0.0	20.4	93.4	1,555.1
30			0.0	0.0	0.0	118.0	0.6	118.6	21.3	0.0	0.0	21.3	97.3	1,652.4
31			0.0	0.0	0.0	122.9	0.6	123.6	22.1	0.0	0.0	22.1	101.4	1,753.9
32			0.0	0.0	0.0	128.1	0.7	128.8	23.0	0.0	0.0	23.0	105.7	1,859.6
33			0.0	0.0	0.0	133.5	0.7	134.2	24.0	0.0	0.0	24.0	110.2	1,969.8

Remark: *1 (Capital Balance)+(Revenue Balance)-(Depreciation)

*2 Depreciation is not added up because an entry of the assets granted should not be made in an account book as reduction entry.

表10-4 経済コストと便益の流れ (標準)

(Unit: KShs. million)

Year	Cost			Benefit			Balance
	Initial Construction Works	O&M Works	Total	Residents & Establishments	Tourism	Total	
1	255.7		255.7			0.0	-255.7
2	743.7		743.7			0.0	-743.7
3	116.7		116.7			0.0	-116.7
4		5.9	5.9	21.7	217.3	239.0	233.1
5		5.9	5.9	22.4	221.6	244.1	238.2
6		5.9	5.9	23.2	226.1	249.3	243.4
7		5.9	5.9	24.1	230.6	254.7	248.8
8		5.9	5.9	24.7	233.8	258.4	252.6
9		5.9	5.9	25.3	237.0	262.3	256.4
10		5.9	5.9	25.9	240.2	266.2	260.3
11		5.9	5.9	26.6	243.5	270.1	264.2
12		5.9	5.9	27.3	246.9	274.1	268.3
13		5.9	5.9	28.0	250.4	278.4	272.6
14		5.9	5.9	28.8	254.0	282.8	276.9
15		5.9	5.9	29.6	257.7	287.2	281.4
16		5.9	5.9	30.4	261.4	291.8	285.9
17		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
18		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
19		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
20		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
21		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
22		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
23		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
24		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
25		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
26		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
27		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
28		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
29		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
30		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
31		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
32		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
33		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5

EIRR

18.6%

表10-5 経済コストと便益の流れ (観光収入便益25%)

(Unit: KShs. million)

Year	Cost			Benefit			Balance
	Initial Construction Works	O&M Works	Total	Residents & Establishments	Tourism	Total	
1	255.7		255.7			0.0	-255.7
2	743.7		743.7			0.0	-743.7
3	116.7		116.7			0.0	-116.7
4		5.9	5.9	21.7	108.7	130.3	124.5
5		5.9	5.9	22.4	110.8	133.3	127.4
6		5.9	5.9	23.2	113.0	136.3	130.4
7		5.9	5.9	24.1	115.3	139.4	133.5
8		5.9	5.9	24.7	116.9	141.6	135.7
9		5.9	5.9	25.3	118.5	143.8	137.9
10		5.9	5.9	25.9	120.1	146.0	140.2
11		5.9	5.9	26.6	121.8	148.4	142.5
12		5.9	5.9	27.3	123.4	150.7	144.9
13		5.9	5.9	28.0	125.2	153.2	147.4
14		5.9	5.9	28.8	127.0	155.8	149.9
15		5.9	5.9	29.6	128.8	158.4	152.5
16		5.9	5.9	30.4	130.7	161.1	155.2
17		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
18		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
19		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
20		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
21		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
22		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
23		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
24		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
25		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
26		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
27		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
28		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
29		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
30		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
31		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
32		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9
33		5.9	5.9	31.2	132.6	163.8	157.9

EIRR

10.8%

表10-6 経済コストと便益の流れ (経済コスト10%増加)

(Unit: KShs. million)

Year	Cost			Benefit			Balance
	Initial Construction Works	O&M Works	Total	Residents & Establishments	Tourism	Total	
1	281.2		281.2			0.0	-281.2
2	818.1		818.1			0.0	-818.1
3	128.3		128.3			0.0	-128.3
4		5.9	5.9	21.7	217.3	239.0	233.1
5		5.9	5.9	22.4	221.6	244.1	238.2
6		5.9	5.9	23.2	226.1	249.3	243.4
7		5.9	5.9	24.1	230.6	254.7	248.8
8		5.9	5.9	24.7	233.8	258.4	252.6
9		5.9	5.9	25.3	237.0	262.3	256.4
10		5.9	5.9	25.9	240.2	266.2	260.3
11		5.9	5.9	26.6	243.5	270.1	264.2
12		5.9	5.9	27.3	246.9	274.1	268.3
13		5.9	5.9	28.0	250.4	278.4	272.6
14		5.9	5.9	28.8	254.0	282.8	276.9
15		5.9	5.9	29.6	257.7	287.2	281.4
16		5.9	5.9	30.4	261.4	291.8	285.9
17		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
18		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
19		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
20		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
21		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
22		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
23		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
24		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
25		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
26		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
27		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
28		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
29		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
30		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
31		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
32		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5
33		5.9	5.9	31.2	265.1	296.4	290.5

EIRR

17.2%