国際協力事業団

ケニア共和国地方自治省

No. 2

# ケニア共和国
# ナクル市下水道施設修復・拡張計画

# 基本設計調査報告書

平成6年5月

JICA LIBRARY
J 1132983 [6]

日本工営株式会社

無調
G-R-(3)
94 - 160

JICA
国際協力事業団 ケニア共和国ナクル市下水道施設修復・拡張計画 基本設計調査報告書 平成6年5月 日本
JICA
407
61.8
GRF
LIBRARY
94 - 160

国際協力事業団

ケニア共和国地方自治省

# ケニア共和国
# ナクル市下水道施設修復・拡張計画

# 基本設計調査報告書

平成6年5月

日本工営株式会社

1132983 [6]

# 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・拡張計画にかかる基本設計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６年３月25日から５月31日まで日本工営株式会社の団員から構成される基本設計調査団により、国内作業による調査を実施し、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、両国の有効親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終りに、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５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

今般、ケニア共和国におけるナクル市下水道施設修復・拡張計画基本設計調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

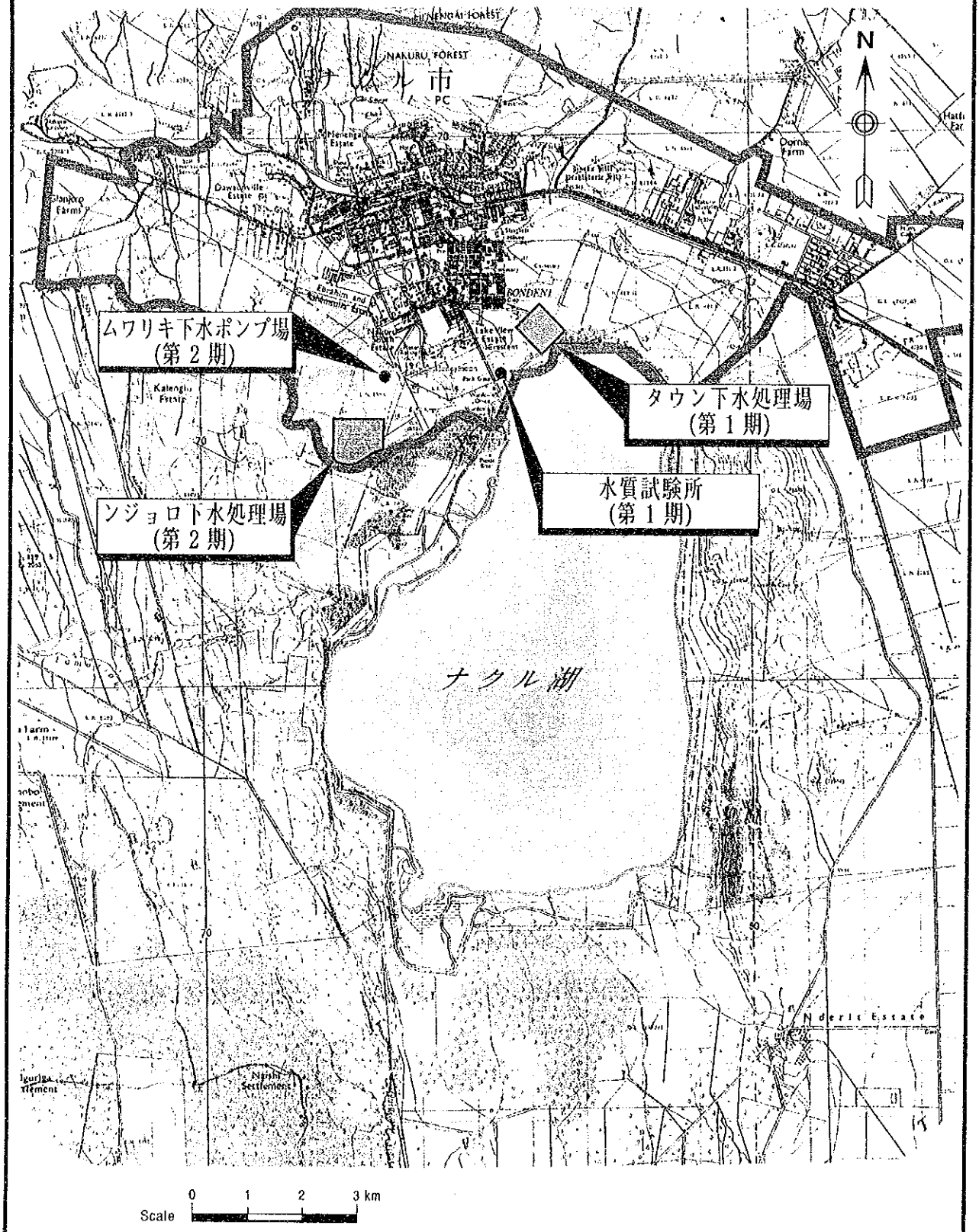
本調査は、貴事業団との契約に基づき、弊社が、平成６年３月25日より平成６年５月31日までの2.0ヶ月間にわたり実施してまいりました。今回の調査に際しましては、ケニアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組に最も適した計画の策定に努めてまいりました。

尚、同期間中、貴事業団を始め、外務省、建設省関係者には多大のご理解並びにご協力を賜り、御礼を申し上げます。

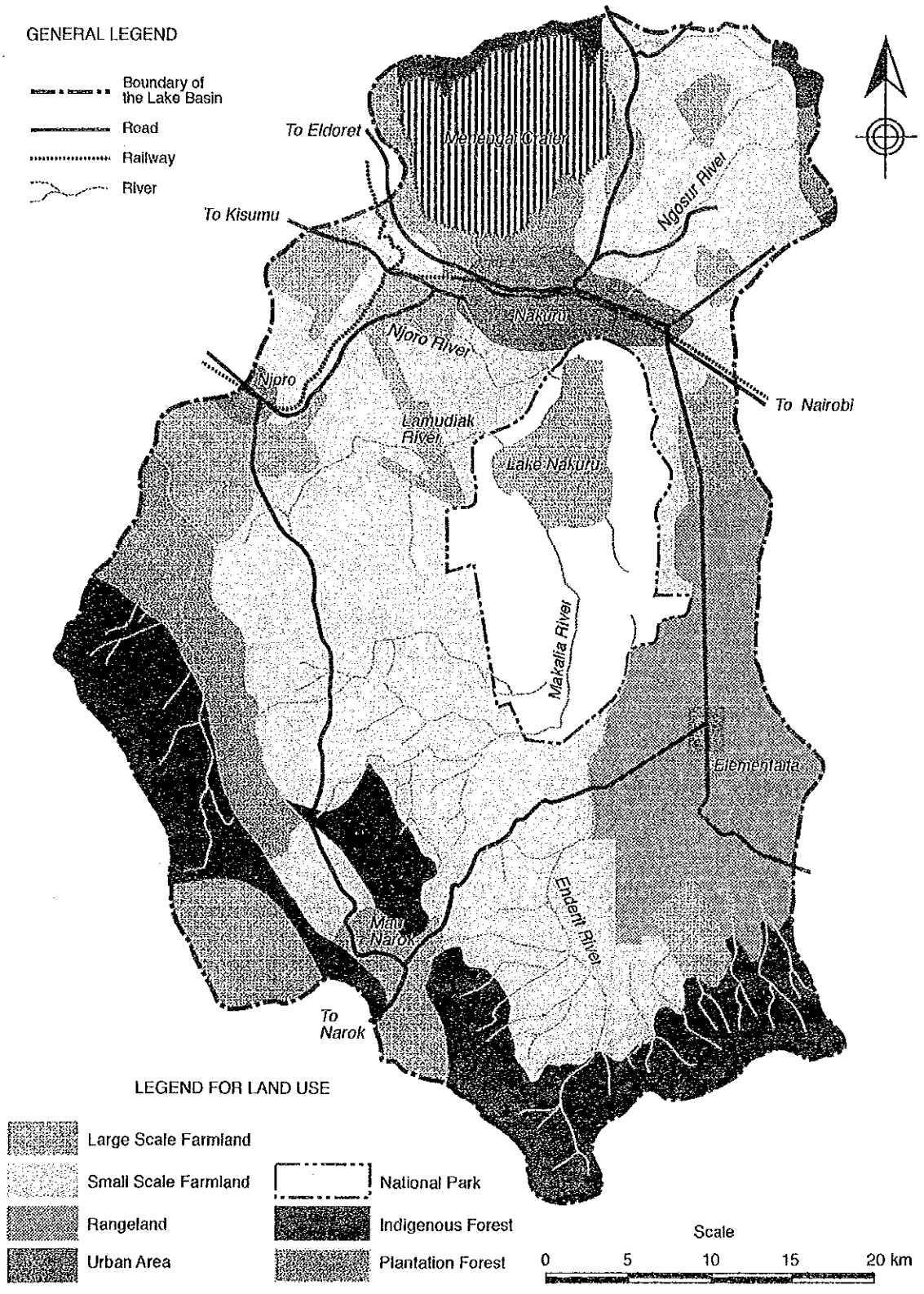
貴事業団におかれましては、本計画の推進に向けて、本報告書を大いに活用されることを切望致す次第です。

平成６年５月

日本工営株式会社
ケニア共和国
ナクル市下水道施設修復・拡張計画基本設計調査団
業務主任　　山崎　清人




| | | |
|---|---|---|
| *THE REPUBLIC OF KENYA* | THE BASIC DESIGN STUDY<br>ON<br>THE NAKURU SEWAGE WORKS<br>REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT | TITLE |
| MINISTRUY OF LOCAL GOVERNMENT | JAPAN INTERNATIONAL COOPRATION AGENCY | プロジェクト位置図 |




Data Source : WWF

| | | |
|---|---|---|
| *THE REPUBLIC OF KENYA* | THE BASIC DESIGN STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT | TITLE ナクル湖流域図 |
| MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT | JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY | |

# 要　約

1990年ラムサール条約の保護対象地として登録されたナクル湖は、ケニアの首都ナイロビの北西約150 km、グレート・リフトバレー内に位置する流出河川をもたない閉鎖湖である。同湖及びその周辺は湖水、湿地、河川、草原、森林、岩場等の環境に恵まれ多種多様の野生動物が生息し、特にフラミンゴは多い時には100万羽以上が飛翔するケニアの代表的な観光地で、世界中より訪れる多くの観光客を魅了している。

ナクル湖北部に隣接する人口361千人（1993年）のナクル市で発生する下水は、すべて同湖に流出する。同市及び周辺部の都市化、工業化、農地開発が進み、生活排水、工業廃水等が増加し、湖水の汚染が進行している。現在、同市の公共下水道は、市中心部の約13 $km^2$のみに整備されており、整備地区での下水接続率は85%である。整備地区よりの流入下水は、既存のタウン及びンジョロの２処理場で処理後、ナクル湖へ放流している。設計処理能力は、散水ろ床式のタウン処理場が3,400 $m^3$/日、安定化池方式のンジョロ処理場が3,600 $m^3$/日であるが、上記したように都市化、工業化に加え池底部の汚泥たい積も重なり超過流入・過負荷運転の状態で、これがナクル湖汚染の大きな原因となっている。かかる状況下、ケニア政府は1990年4月ナクル湖の水質保全を図ることを主目的として「ナクル市下水道修復・拡張計画」を日本の無償資金協力により実施すべく要請した。その後の両国間の協議によりまず既存下水施設の修復・拡張計画の開発調査を行い、妥当性を確認した上で、無償資金協力による工事の実施を検討していく方針となった。

一方、ナクル市の恒常的な水不足を解消するため、日本政府の有償資金協力で1992年1月に大ナクル圏給水事業が完成し、同市への給水可能量が13,300 $m^3$/日増加することとなったが、必然的に発生下水量も増加しナクル湖の水質悪化に拍車がかかることが懸念され、全面給水が行えない状況にある。この給水量増加に対する下水処理問題解決のため両国間協議を受けて、ケニア政府はンジョロ処理場緊急拡張事業として、処理能力6,000 $m^3$/日の安定化池を既存処理場に隣接して建設することを決定した。この施設は、現在工事中で1994年9月頃の完成が予定されている。

1993年5月～1994年3月に実施されたJICA開発調査の結果は、上記問題の解決策として既存の２処理場の修復・拡張を柱とする施設対策及び工場排水規制等の非施設対策を勧告するとともに、環境への悪影響はほとんどないと結論、財務的にはケニア政府が提供する地方援助ローンでの事業の自立は難しく、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と提言している。ケニア政府は1994年１月F/S調査報告書を承認すると同時に同報告書で緊急的に実施すべきであると勧告されたコンポーネントにつき、重ねて日本側に要請した。

JICAは無償資金による協力の妥当性を確認するため、F/S調査に引き続いて基本設計調査を1994年3月～5月に日本国内で実施した。基本設計調査はケニア政府の要請した各々のコンポーネントに関し、その妥当性をF/S調査報告書、JICAよりの質問表に対するケニア側回答書等により検証した。

要請のコンポーネント及び本基本設計で提案された最適案は下記の通りである。

(1) タウン、ンジョロ下水処理場修復・拡張

処理場の計画流入水質はBOD, SS及び大腸菌群数に対し各々800 mg/L, 700 mg/L, $10^8$/100 mL、処理水質は各々15 mg/L, 15 mg/L, $10^3$/100 mLと設定した。下水処理方式は現地の運転・維持管理能力、技術・経済性を検討の結果、下記の処理方式とする。

a. ンジョロ処理場

6,000 $m^3$/日ライン　：　嫌気性池（施工中）→通性池（施工中）→仕上げ池（施工中）→ﾛｯｸ・ﾌｨﾙﾀｰ（新設）→ｸﾞﾗｽ・ﾌﾟﾛｯﾄ（新設）

3,600 $m^3$/日ライン　：　嫌気性池（修復）→通性池（修復）→仕上げ池（修復）→ﾛｯｸ・ﾌｨﾙﾀｰ（新設）→ｸﾞﾗｽ・ﾌﾟﾛｯﾄ（新設）

b. タウン処理場

3,400 $m^3$/日ライン　：　既存散水ろ床（修復）→通性池（修復＋拡張）→仕上げ池（修復・拡張）→ﾛｯｸ・ﾌｨﾙﾀｰ（新設）→ｸﾞﾗｽ・ﾌﾟﾛｯﾄ（新設）

3,200 $m^3$/日ライン　：　嫌気性池→通性池→仕上げ池→ﾛｯｸ・ﾌｨﾙﾀｰ→ｸﾞﾗｽ・ﾌﾟﾛｯﾄ（全て新設）

各処理ラインは維持監理を考慮し、各処理場を２系統に分け、さらに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<br>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 | ④ | ② | ② |
| グラス・プロット | ② | ④ | ② | ② |
| 管理事務所 | | | 1棟（120 $m^2$） | |

○：本プロジェクトにより修復または新設する施設。
数字は施設数を示す。

汚泥乾燥床　：　ンジョロ処理場全体から20 $m^3$/日、また、タウン処理場では14 $m^3$/日の汚泥が発生すると想定される。これらの汚泥処理のため、両処理場内に乾燥床を各１床設ける。

雨水滞水池　：　市内の雨水排水網完備地区からナクル湖へ流下する雨水を一時滞水させ、有機物及び油を分離するための滞水池をタウン処理場内に新設する。容量は14,300 $m^3$（５年確率降雨量）とし、滞水池流入部にオイル・トラップを設置する。

(2) ムワリキ下水ポンプ場

重力式で流下しないランガ・ランガ住宅地区の下水処理のため、ポンプの更新を行うとともに制御盤を設置する。既設建屋は不等沈下により傾斜かつ老朽化しているために新設（床面積30 $m^2$）するものとする。

(3) 水質試験所及び試験用資機材

水質試験所はナクル市郊外の国立公園内、訓練センターに隣接した位置に総床面積350 $m^2$で建設する。生物試験室、中央試験室、解析実験室、計量室、研究室等より構成され、ナクル湖へ流入する1) 河川、湧水、雨水排水路、2) 工場排水、下水処理水、3) ナクル湖水、及び4) 降雨流出時の河川・雨水排水路にて、下記の水質モニタリングを行う。工場排水規制はとりわけ重要なことより、重金属類の試験を可能とする体制とした。水質試験に必要な主要試験機器を下表に示す。

| グループ | 試験項目 | 主要試験機器 |
|---|---|---|
| A | 水質試験<br>（流量, 温度, PH, 伝導度, DO, ORP） | 携帯用水質分析計,<br>pH／酸化還元電位計 |
| B | 有機物関連及びSS<br>（BOD, COD, SS） | COD計、遠心分離機 |
| C | 栄養塩類<br>（FN, $NH_4$-N, $NO_3$-N, FP, $PO_4$-P） | 分光光度計 |
| D | 生物関連<br>（Chlorophylla, Plankton count<br>（葉緑素源）） | プランクトンカウンター、<br>顕微鏡 |
| E | 重金属類<br>（Cr, $Cr_6$+, Pb, Cu, Cd, Zn, Ni, Fc, Mn, Cn-, Hg, As） | 原子吸光光度計 |

(4) 維持管理用機材

現在、ナクル市上下水道局が保有する維持管理機材は、質・量ともに不足しているため、汚水処理施設の修復・拡張後の機能維持のためには、下記カテゴリーの機材を必要とする。

修理工場用機械・器具　：　タウン処理場の管理棟に併設して小規模な修理工場（36 $m^2$）を設け、散水ろ床施設等の機械・電気装置や下記する運転・維持管理用機材の故障・損傷に対してすばやく対応可能な修理用機械・器具を設置する。

運転・維持管理用機材　：　汚泥乾燥床での汚泥引抜き、管渠清掃、グラスプロットの草の刈り取り等々を定期的に且つ効率的に実施するために不可欠な下水処理施設用運転・維持管理用資機材を調達する。

(5) ンジョロ・水質試験室用試験器材

ンジョロ処理場内に既設の小規模水質試験室があるが、試験器材の故障・不足のため処理場の運転管理に必須の基礎的な試験が充分に出来ない状態にある。これを改善するため、必要最小限の試験器材を調達する。

事業実施のケニア側主務官庁は地方自治省（MOLG）、施設完成後の運営・維持管理はナクル市（NMC）上下水道局が担当する。水質試験所は開拓・地方・水資源省（MOLRRWD）直轄の試験所とし、

MOLG、NMC及びケニア野生動物公社（KWS）がその運営に協力する。

無償資金協力による事業実施は２期分けとする。１期はタウン処理場修復・拡張、水質試験所建設、運転・維持管理用資機材及び水質試験機材の調達、２期はンジョロ処理場修復・拡張及びムワリキポンプ場の修復を実施する。事業の実施効果を早期に発現させるため、処理ライン毎に工事を完成させ運用に供する。供与資機材は早期の引渡しを計画する。

本プロジェクトの概算事業費は総額2,524百万円（１期：1,453百万円、２期：1,071百万円）であり、この内日本側負担分は2,480百万円、ケニア側負担分は44百万円である。

本プロジェクト実施による直接的な効果として、既存下水処理場の施設修復・拡張および水質試験所の新設を実施することにより、ナクル市の下水処理能力および工場排水規制の実効力を大幅に向上させることができる。この結果、下水処理水の放流先であるナクル湖への汚濁負荷を基準値以下に低減することが可能となり、世界的に貴重な同湖及び同国立公園の生態系維持に大きく貢献することになる。間接的な効果としては、上水供給能力に整合した下水処理施設が本プロジェクトで建設されることにより、既に完工した上水道施設からナクル市への全量給水を開始する事が可能となり、ナクル市の給水量・給水率の増加に寄与する。

ナクル湖の水質保全は施設対策及び非施設対策の実施があいまって、その効果が充分に出ることより、本基本設計調査に於て、以下の提言を行う。

(1) タウン・ンジョロ両処理場の整備事業終了後、その稼働に伴って発生する汚泥は、引抜き乾燥後、地下水源や湖周辺への影響等を考慮し、ナクル湖流域外に処分地を確保し処分する。この最終処分地はケニア政府によって早急に確保されねばならない。
(2) 工場排水の規制を早期に実施すること、水質モニタリング組織を充実させ、常に排水の監視を行える体制にすること。
(3) 下水道未整備地区のセプティックタンク等から発生する汚泥は、下水処理場内の汚泥乾燥床へ直接搬入し処理することとする。工場からの廃棄物は、上記(1)同様ナクル湖流域外に処分地を確保し処分する。
(4) ナクル市下水道局は事業の維持・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。
(5) 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ている。この水質基準には、COD値、フリーアンモニア規制等現実的でない部分、論理的でない部分が含まれているので、ケニア国側で若干の見直しを行うことを提言する。
(6) 既存のナクル市の行政面積が拡大される予定であるが、これは最終的にナクル湖への汚濁負荷量の増加を引き起こすので、都市・地域開発に関してIWG内での十分なる検討／調整を行うことを提言する。
(7) ナクル市は豊富な水資源に恵まれていると言えない。一方、給水量全体の40%程度が未収となっている。資源の有効活用のため、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を提言する。

(8) ナクル湖流域開発、あるいは環境保全のマスタープランが現在のところ存在していない。下水道計画についてもマスタープランがなく、緊急対策が先行している状態である。ナクル湖流域全体を見据えた基本計画を行う必要がある。

(9) 新しく設立する水質試験所が所期の目的・機能を発揮するためには、日本人専門家による水質試験、モニタリング手法等の技術移転をケニア側職員に対して行うことが望ましい。

ケニア共和国ナクル市下水道修復・拡張計画基本設計調査

# 基本設計調査報告書

## 目　次


序　文

伝達状

プロジェクト位置図／ナクル湖流域図

要　約

(頁)

第１章　要請の背景 …… 1
　1.1　要請の経緯 …… 1
　1.2　要請の概要・主要コンポーネント …… 2

第２章　調査の概要 …… 4
　2.1　調査の経緯 …… 4
　2.2　調査の目的 …… 4
　2.3　調査の範囲 …… 4
　2.4　調査の内容 …… 4

第３章　プロジェクトの周辺状況 …… 6
　3.1　当該国の社会・経済事情 …… 6
　3.2　当該セクターの開発計画 …… 6
　　3.2.1　上位計画 …… 6
　　3.2.2　財政事情 …… 8
　3.3　他の援助国、国際機関等の計画 …… 9
　3.4　我が国の援助実施状況 …… 9
　3.5　プロジェクト・サイトの状況 …… 11
　　3.5.1　自然条件 …… 11
　　3.5.2　社会基盤整備状況 …… 13
　3.6　環境問題 …… 14

第４章　プロジェクトの内容 …… 20
　4.1　プロジェクトの基本構想 …… 20
　　4.1.1　ナクル湖への流入汚濁の現況 …… 20
　　4.1.2　ナクル湖の水質保全計画の基本方針 …… 23
　　4.1.3　要請内容の位置づけと検討結果 …… 24
　4.2　プロジェクトの目的・対象 …… 27
　4.3　プロジェクトの実施体制 …… 29
　　4.3.1　組織・要員 …… 29

(頁)


4.3.2　予算 …… 32
4.3.3　維持管理計画 …… 32

4.4　プロジェクトの最適案に係る基本設計 …… 35
4.4.1　設計方針 …… 35
4.4.2　設計条件の検討 …… 38
4.4.3　基本計画 …… 43
4.5　施工計画 …… 70
4.5.1　施工方針 …… 70
4.5.2　建設及び施工上の留意事項 …… 73
4.5.3　施工監理計画 …… 78
4.5.4　資機材調達計画 …… 80
4.5.5　実施工程 …… 82
4.6　概算事業費 …… 85
4.7　技術協力・他ドナーとの連携 …… 86

第5章　プロジェクトの評価と提言 …… 87
5.1　裨益効果 …… 87
5.2　妥当性に係る実証・検証 …… 90
5.3　課題・提言 …… 90

[資料編]
1.　調査団氏名
2.　調査日程
3.　相手国負担経費内訳
4.　ケニア共和国の社会・経済事情
5.　ケニア共和国ナクル市下水道修復・拡張計画調査
D/F説明調査団、無償資金協力に係る協議概要
6.　質問表（和文／英文）
7.　質問表に対するケニア政府よりの回答書
8.　ナクル市水質試験所への派遣専門家の作業内容と資格についての検討
9.　乾燥汚泥処分地造成についての検討
10. (1)　F/S設計とB/D設計の変更部分（主要項目）
10. (2)　主要工種の工事数量変更とりまとめ表
10. (3)　土工事数量集計表
11.　建設資機材の調達と建設一般事情及び地域的特性、法規上の留意点
12.　税制及び諸手続き

写真集

# 付　図


| | | 頁 |
|---|---|---|
| 図3-1 | ナクル市開発計画図（1990-2000） | 7 |
| 図3-2 | ナクル下水（6,000 $m^3$/日）計画図 | 10 |
| 図3-3 | 乾燥汚泥処分位置図 | 19 |
| 図4-1 | 汚濁負荷のナクル湖への流入ルート | 21 |
| 図4-2 | 水質試験所の組織図 | 31 |
| 図4-3 | ナクル市上下水道局組織改善策 | 34 |
| 図4-4 | ンジョロ処理場の処理プロセスフロー | 48 |
| 図4-5 | タウン処理場の処理プロセスフロー | 49 |
| 図4-6 | ンジョロ処理場一般平面図 | 50 |
| 図4-7 | タウン処理場一般平面図 | 51 |
| 図4-8 | 水質試験所 | 61 |
| 図4-9 | 水質試験所レイアウト（案） | 62 |
| 図4-10 | ムワリキポンプ場施設および機電設備図 | 69 |
| 図4-11 | プロジェクトの実施組織図 | 72 |
| 図4-12 | 土工事模式図 | 76 |
| 図4-13 | 資機材保管場所 | 81 |
| 図4-14 | 事業実施工程表 | 84 |

# 付　表


| | | 頁 |
|---|---|---|
| 表3-1 | ナクル市上下水道局の予算推移 | 8 |
| 表3-2 | ナクル湖集水区域 | 11 |
| 表3-3 | 環境影響評価要約 | 16 |
| 表4-1 | ナクル湖への$BOD_5$負荷流入量、現況 | 22 |
| 表4-2 | ナクル湖への$BOD_5$負荷流入量、新規給水後 | 23 |
| 表4-3 | 水質保全計画（F/S案と本プロジェクト要請内容の検討 | 25 |
| 表4-4 | 上下水道局水道部門の要員構成 | 29 |
| 表4-5 | 下水処理施設の設計流量 | 39 |
| 表4-6 | 流入下水／処理水の水質 | 39 |
| 表4-7 | 下水処理場の処理能力と処理方式 | 41 |
| 表4-8 | ロックフィルター、グラスプロットの設計指針 | 41 |
| 表4-9 | ンジョロ処理場の主要諸元 | 52 |
| 表4-10 | タウン処理場の主要諸元 | 54 |
| 表4-11 | 水質試験計画（河川、湧水、雨水排水路） | 57 |
| 表4-12 | 水質試験計画（工場排水、下水処理水） | 58 |
| 表4-13 | 水質試験計画（ナクル湖水） | 59 |
| 表4-14 | 水質試験計画（降雨流出時の河川、雨水排水路） | 60 |
| 表4-15 | 水質試験所用供与試験機械・器具リスト | 63 |
| 表4-16 | ンジョロ水質試験室用供与機材リスト | 64 |
| 表4-17 | 運転・維持管理の基本的ガイドライン | 66 |
| 表4-18 | 散水ろ床の運転形態 | 67 |
| 表4-19 | 運転・維持管理資機材 | 67 |
| 表4-20 | コンポーネント・主要工種及び工事数量 | 73 |
| 表5-1 | 計画実施による効果と現状改善の程度 | 88 |

# 記　号・略　語

## 1.　記　号

### 1.1　長さ

| | | |
|---|---|---|
| mm | = | ミリメーター |
| cm | = | センチメーター |
| m | = | メーター |
| km | = | キロメーター |
| " | = | インチ |

### 1.2　面積

| | | |
|---|---|---|
| $m^2$, sq.m | = | 平方メートル |
| ha | = | ヘクタール |
| km2, sq.km | = | 平方キロメーター |

### 1.3　容積

| | | |
|---|---|---|
| cc | = | 立方センチメーター |
| lit. l, L | = | リッター |
| $m^3$, cu.m | = | 立方メーター |

### 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 | = | マイクロモー |
| 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） |
| ℃ | = | セッ氏（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 | = | センチメーター／秒 |
| m/s, m/sec | = | メーター／秒 |
| $cm^3$/min | = | 立方センチメーター／分 |
| $m^3$/sec, cu.m/sec, $m^3$/s, cu.m.s | = | 立方メーター／秒 |
| $m^3$/min, cu.m/min | = | 立方メーター／分 |
| $m^3$/h, cu.m.h | = | 立方メーター／時 |
| $m^3$/day, cu.m/day, $m^3$/d, cu.m/d | = | 立方メーター／日 |
| lpcd | = | リッター／人／日 |
| $m^3/m^2$/day | = | 立方メーター／平方メーター／日 |
| $m^3/sec/km^2$ | = | 立方メーター／秒／平方キロメーター |
| 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／センチメーター |
| mg/L | = | ミリグラム／リッター |
| g/$cm^3$ | = | グラム／立方センチメーター |

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 |

# 第１章　要請の背景

# 第１章　要請の背景

## １.１　要請の経緯

ケニア国の首都ナイロビの北西約150 kmに位置するナクル湖は閉鎖性水域の底辺にある、面積50 $km^2$程度の湖でフラミンゴをはじめとし多種多様の鳥類が棲息している。1961年に湖および周辺部が国立公園に指定され、1990年からは水鳥等の生息環境としての湿地等の保全を目的とするラムサール条約の保護対象地として登録されている。

ナクル湖北岸には過去20年で人口が約６倍に急増した同国第４の都市ナクル市（人口約30万人）が接しており、同市および周辺部の開発が進んだ結果、生活排水、工業廃水、ゴミ、肥料・農薬を含む雨水の流入等による湖水の汚染が進行している。とりわけ、ナクル市で発生する下水の流入については既存の２ヵ所の下水処理場が既に老朽化、過負荷の状況にあるうえ、1992年1月に完成した大ナクル圏給水事業の上水供給施設からの全面給水開始に伴って見込まれる下水量の増加が更なる水質悪化をもたらすとして懸念されている。

このような背景からケニア共和国政府は、1990年（平成２年）4月11日付けにて無償資金協力による「ナクル市下水道システム緊急修復・拡張計画」及び「ナクル市下水道システムに係るマスター・プラン策定及びフィージビリティ調査」の実施を日本国政府に要請した。

国際協力事業団は1990年（平成２年）11月から12月にかけてプロジェクト形成調査団を派遣し、ケニア側との協議及び情報収集等を行った。その後の両国間の協議を通じて合意された本件協力の全体枠組みは次の通りである。

・開発調査は、ナクル市の既存の下水管網から排出される汚水の処理を目的とし、既存の施設の修復・拡張計画を対象とする。
・開発調査の結果、既存施設の修復・拡張の妥当性が確認された場合、日本側の無償資金協力が実施される。
・開発調査と並行して、ケニア政府はOECFの側面的協力により、6,000 $m^3$/日の下水を処理するラグーン方式の処理施設の実施設計・建設を行う。この実施にあたっては、開発調査及び無償資金協力の計画との整合性が図られるよう配慮する。（実施設計・施工監理費に

は大ナクル圏給水事業フェーズⅠの円借款残額を使用。建設費はケニア政府が日本側援助の見返資金を充当）。

国際協力事業団は、1993年（平成５年）１月に事前調査団を派遣し、既存施設の修復・拡張計画調査に係るS/Wが同年１月27日締結された。同S/Wに基づき、国際協力事業団はナクル市の既存の下水道の修復・拡張計画に係るフィージビリティー調査を1993年（平成5年）5月より1994年（平成6年）3月にかけて実施した。「施設対策」および「非施設対策」によるナクル湖への汚濁負荷軽減を総合的に実施することを提言した同調査の最終報告書案は、1994年（平成6年）1月にケニア政府の承認を得た。

ケニア政府は、F/S調査で提言された施設対策及び非施設対策の中の水質試験所設立を日本の無償資金協力により緊急的に実施したいとして重ねて協力を要請した。国際協力事業団は、F/S最終報告書案の説明と同時期に無償資金協力の枠組み等に関しケニア側と協議を行った。

## 1.2 要請の概要・主要コンポーネント

（1） 当初要請（1990年4月）の内容

責任機関を水資源開発省、実施機関をNWCPCとし、ンジョロ、タウン両下水処理場の修復・拡張工事及び機材調達を内容とする無償資金協力

① ナクル市内のタウン下水処理場（設計処理量3,400 $m^3$/日）を合計6,800 $m^3$/日の処理能力に改善・拡張する。

② ナクル市内のンジョロ下水処理場（設計処理量3,600 $m^3$/日）を合計13,600 $m^3$/日の処理能力に改善・拡張する。

（2） 再要請（1994年1月）の内容

F/S調査で提言された施設対策及び非施設対策の内、ケニア政府は下記の５コンポーネントを緊急的に実施したいとして、1994年1月ナイロビにて開かれた無償資金協力の協議に係る席上、日本側に重ねて要請を行った。

① ンジョロ下水処理場の修復・拡張（施設対策）
② タウン下水処理場の修復・拡張（施設対策）

③ ムワリキ下水ポンプ場の修復（施設対策）
④ 水質試験所の新設及び試験機材の調達（非施設対策）
⑤ 維持管理用機材の調達（管渠用、処理場用）（施設対策）

# 第２章　調査の概要

# 第２章　調査の概要

## ２．１　調査の経緯

F/S調査の最終報告書（案）は1994年１月にF/S調査団によりケニア側に提出・説明が行われ、同報告書は承認された。前章に述べた如く、計画の緊急性、重要性及び連続性等に鑑み、JICAはF/S調査最終報告書（案）説明に引続いて無償資金協力に係る協議を行った。その協議議事録を添付－１に示す。

## ２．２　調査の目的

ケニア共和国政府から我が国政府に対して無償資金協力の要請がなされた標記計画に関し、先行して実施された開発調査（F/S調査）の結果、上記の無償協力に係る協議内容等を踏まえて、無償資金協力を実施する場合の最適協力案の検討を行い、その検討結果にもとづき概算事業費の積算を行う。

## ２．３　調査の範囲

「ナクル市下水道施設修復・拡張計画調査（F/S）」で提言された施設整備計画等の内容について、国内作業により、無償資金協力の実施を前提として再度、各コンポーネントの妥当性を検討するとともに、概算事業費の積算精度を向上させ、これら結果を基本設計調査報告書として取り纏める。

## ２．４　調査の内容

（１）　基本設計調査としての国内検討作業内容

①　施設整備・機材調達計画

F/Sで提言されたナクル湖水質保全策、施設及び非施設対策に関し全体的・総合的なレビューを行うとともに、各コンポーネントについて個別に、無償資金協力の対象としての妥当性確認を行う。また、下記④の運営・維持管理計画に述べる事項の検討結果を本事項に反映させ、必要な改訂をF/S案に対して加える。

②　施工計画

日本の無償資金協力により事業を実施することを前提として、F/S実施時の調査にもとづき、施工条件、施工方法をより具体的に計画する。又、工事・調達工程の見直し、予

定調達先の検討を行う。

③ 事業費積算

F/Sの調査過程で収集・作成した積算資料を利用し、JICAの審査結果を踏まえて、詳細設計時との誤差±10%以内の積算を確保する。併せて、日本政府の無償資金協力の原則に従って、ケニア側負担事項の確定および事業費の算出を行う。ただし、ケニア側負担事項・負担額に関して、先方政府への説明、負担意志の確認等の協議については、JICAが行う。

④ 運営・維持管理計画

F/Sで建設・調達が提言されている各コンポーネントに関し、ケニア側が独自に運営・維持管理する場合に予測される問題点を検討・抽出し、質問表等によりケニア側の意向、考え方、取組みについて確認を行うとともに上記①の施設整備計画へ反映させる。特に、新規設立が提言されている水質試験所に関して、補足的な質問表を作成し、JICAが提供するケニア政府からの質問表回答を参考としつつ、最適かつ持続可能な運営・施設・機材計画を策定する。

⑤ 環境影響評価

下水処理場から発生する汚泥の処理・処分に関して、新規にケニア側が確保する予定の廃棄場所に対して、F/Sの調査過程で収集した資料や質問表に対するケニア側からの回答を基に、定性的な環境影響評価を加える。

⑥ 妥当性の検討

上記①～⑤の検討結果およびF/Sの調査結果に基づき、日本の無償資金協力事業として本計画を実施する妥当性を総合的に評価する。

# 第３章　プロジェクトの周辺状況

# 第３章　プロジェクトの周辺状況

## ３．１　ケニア国の社会・経済事情

ケニア国の社会・経済事情を資料編4に示す。

## ３．２　当該セクターの開発計画

### ３．２．１　上位計画

- 第７次国家開発計画（1994～1996）は、環境を重視した資源活用型の成長を図るとの目標のもとに、下水分野は、９章10節「Water Resources and Environmental Management」、"Pollution Control, Sewarage and Sanitation Development"として取扱い、水質汚染に対して引続き注視し、適正なる対策を講じるとともに、罰則を科すること、汚染者による処理費の全額負担の措置をとるであろうとしている。また、都市部の上水道開発は、下水処理開発と一体で行うとしている。産業排水に関しては当事者による排出前処理及び厳しい排水基準を設けるとしている。特に湖・河川等への放流水質基準を設けるとしている。
- ナクル地域の下水処理システム基本計画等、上位開発計画は現在のところ策定されていない。同地域に関してケニア政府は下水分野として独立したセクターのとらえ方ではなく、ナクル湖・ナクル湖国立公園をも含めた地域全体に対する環境対策としての位置づけをしている。ナクル地域全体をカバーする本格的な環境調査は未だ実施されていない。
- ケニア政府は、日本国の提案にもとづき、将来に渡り住民生活と環境の調和を計りつつナクル湖の汚染防止に必要な措置を講ずるため、関係省庁間のワーキンググループ「ケニア・ナクル湖保全関係省庁会議（IWG）」を組織、活動を行っている。
- ナクル市は図3-1に示すような開発計画（1990 - 2000）を策定した。計画によればナクル市の市域面積は現在の69km$^2$から72.6 km$^2$に拡大することが予定されている。また、1993年現在361,000人の人口は2000年で469,500人、2010年で670,000人と予測している。

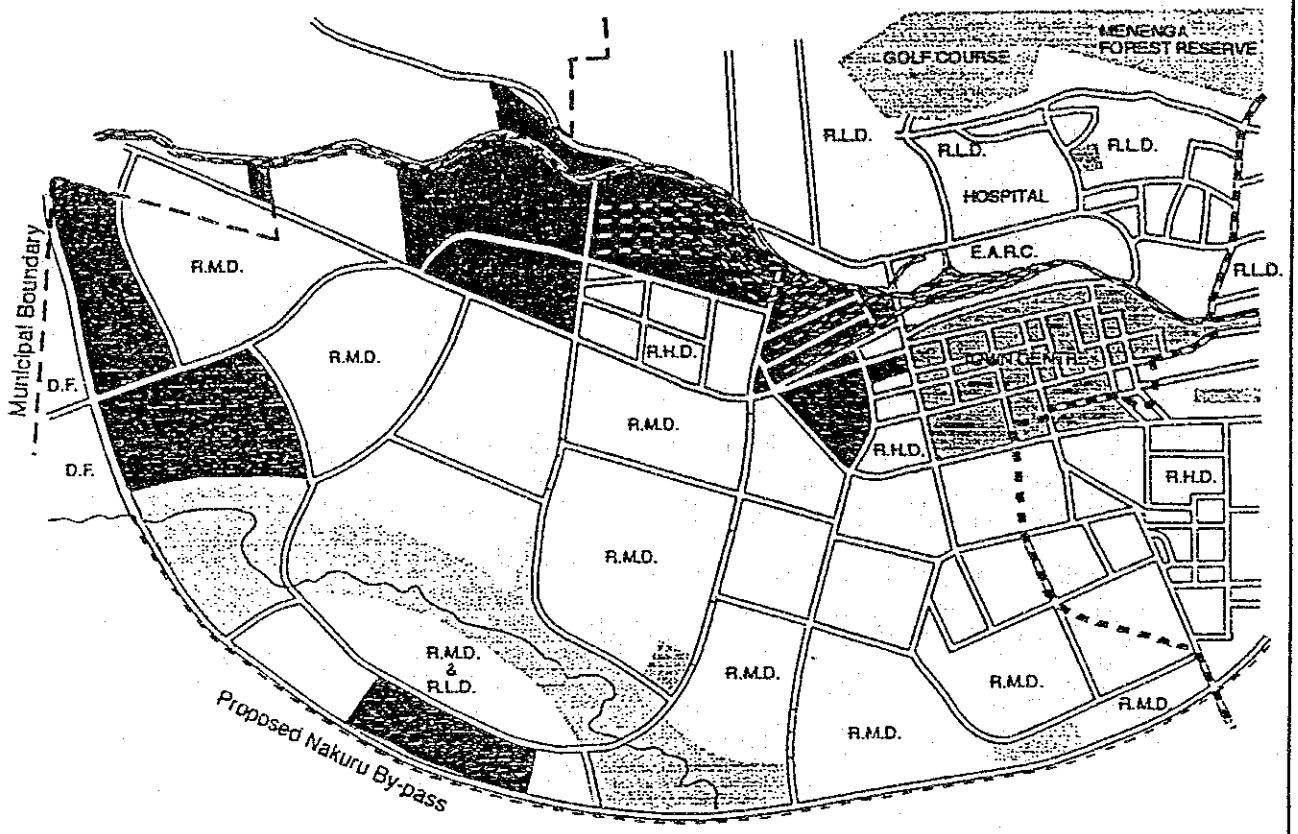
  同計画ではナクル地域の環境保全の行動計画に就き下記の項目を上げている。

  (1) 土地利用形態と環境の調和を拡大

  (2) 土砂流出保全及び関連規則の遵守

  (3) 野生生物保護

図3-1




LEGEND

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Residential | 住宅地域 | R.H.D. | Residential High Density | 高人口密度地区 |
| | Industrial | 工業地域 | R.M.D. | Residential Medium Density | 中人口密度地区 |
| | Commercial | 商業地域 | R.L.D. | Residential Low Density | 低人口密度地区 |
| | Recreation | 娯楽地域 | D.F. | Deferred | |
| | Public Purposes | 公共用地 | - - - - | Catchment Division between Town Site and Njoro River Site after Construction of the Interception Sewer | |

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

・ World Wide Fund for Nature (WWF), Kenya Wildlife Services (KWS), National Museums of Kenya (NMK), Egerton University (EU)などの各種組織、団体がナクル国立公園環境保全のため、環境モニタリングや監視などに協力している。これらの調査の結果、ナクル湖とナクル国立公園の環境破壊の主な原因としては、次のものがあげられている。

(1) 流域からの土砂流入

(2) 流域の土地利用と水利用の変化に伴う湖の水バランスの変化

(3) ナクル市街地からの汚水流入によるナクル湖の水質変化

現在ナクル湖の水質保全のための包括的・長期的な計画は無いが、都市汚水流入による湖水・水質汚濁対策が緊急に必要で、しかも効率的であることが指摘されている。

### 3.2.2 財政事情

ナクル市の上下水道事業は上下水道局（Water and Sewage Department, WSD）が運営している。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。下水道施設の安定した運転・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り、財政基盤の強化が望まれている。下表にナクル市上下水道局の予算推移を表3-1に示す。

表3-1 ナクル市上下水道局予算の推移

| Year | Overall of NMC (KShs.$10^6$) | Water Supply | | Sewerage | | Health | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Amount (KShs.$10^6$) | Share (%) | Amount (KShs.$10^6$) | Share (%) | Amount (KShs.$10^6$) | Share (%) |
| 1988/89 | 73.20 | 13.35 | 18.2 | 2.93 | 4.0 | 13.40 | 18.3 |
| 1989/90 | 85.80 | 14.01 | 16.3 | 3.34 | 3.9 | 21.18 | 24.7 |
| 1990/91 | 103.64 | 17.18 | 16.6 | 5.06 | 4.9 | 22.80 | 22.0 |
| 1991/92 | 121.94 | 18.65 | 15.3 | 4.26 | 3.5 | 22.11 | 18.1 |
| 1992/93 | 121.70 | 20.81 | 17.1 | 4.94 | 4.1 | 29.82 | 24.5 |
| 1993/94 | 181.96 | 45.22 | 24.9 | 5.93 | 3.3 | 34.08 | 18.7 |

(Data source: NMC)

Note: Probable value for 1992/93 and budget for 1993/94.

## 3.3 他の援助国・国際機関等の計画

WWFはナクル湖集水域の保全に関して"Lake Nakuru Conservation & Development Project"を 1994年から5年間の予定でスタートさせた。内容は、農業・村落開発および環境教育の側面からのアプローチである。前者は低インプット農業の普及、植林、生垣の普及等が含まれる。後者は国立公園周辺の青少年に対する環境教育、野生生物クラブへの支援等から成る。

## 3.4 我が国の援助実施状況

### (1) 大ナクル圏上水道事業

増大する大ナクル圏の水需要に対応した上水を供給するため、トラシャ川を水源とする上水道施設建設が計画された。日本政府は同事業への円借款供与を決定し、1987年 に5,017百万円のL/Aを締結した。事業実施者はケニア水資源開発省である。本事業の工事は1990年始めに開始され1992年1月に完成している。事業の完成により総容量18,000 $m^3$/日の内、ナクル市へは、13,300 $m^3$/日の給水が可能となったが、これに対応するナクル市の汚水・下水処理施設の整備が未実施のため全面給水は開始されていない。

### (2) ンジョロ処理場緊急拡張事業

日本政府の提言を受けてケニア政府は、大ナクル圏上水道事業の円借款残高および内貨積立資金を使用して、6,000 $m^3$/日の処理容量を持つ新規ラグーンを、ンジョロ下水処理場の既設処理容量3,600 $m^3$/日ラグーンに隣接して建設することを決定した。新規ラグーンは1993年に設計が完了し、1994年 1 月着工された。竣工予定は1994年 9 月である。実施官庁はケニア国家水保全・パイプラン公団（NWCPC）である。ラグーンの諸元は次の通りでその計画図を図3-2に示す。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 処理容量 | | : | 6000 $m^3$/日 |
| 処理方式 | | : | ラグーン |
| 処理池 | | : | 嫌気性、通性池、仕上げ池 |
| 設計基準 | 流入 | : | $BOD_5$ 800 mg/lit. |
| | 流出 | : | BOD 30 mg/lit. |
| 職員用宿舎 | | : | １２軒 |
| 敷地 | | : | 約30 ha |

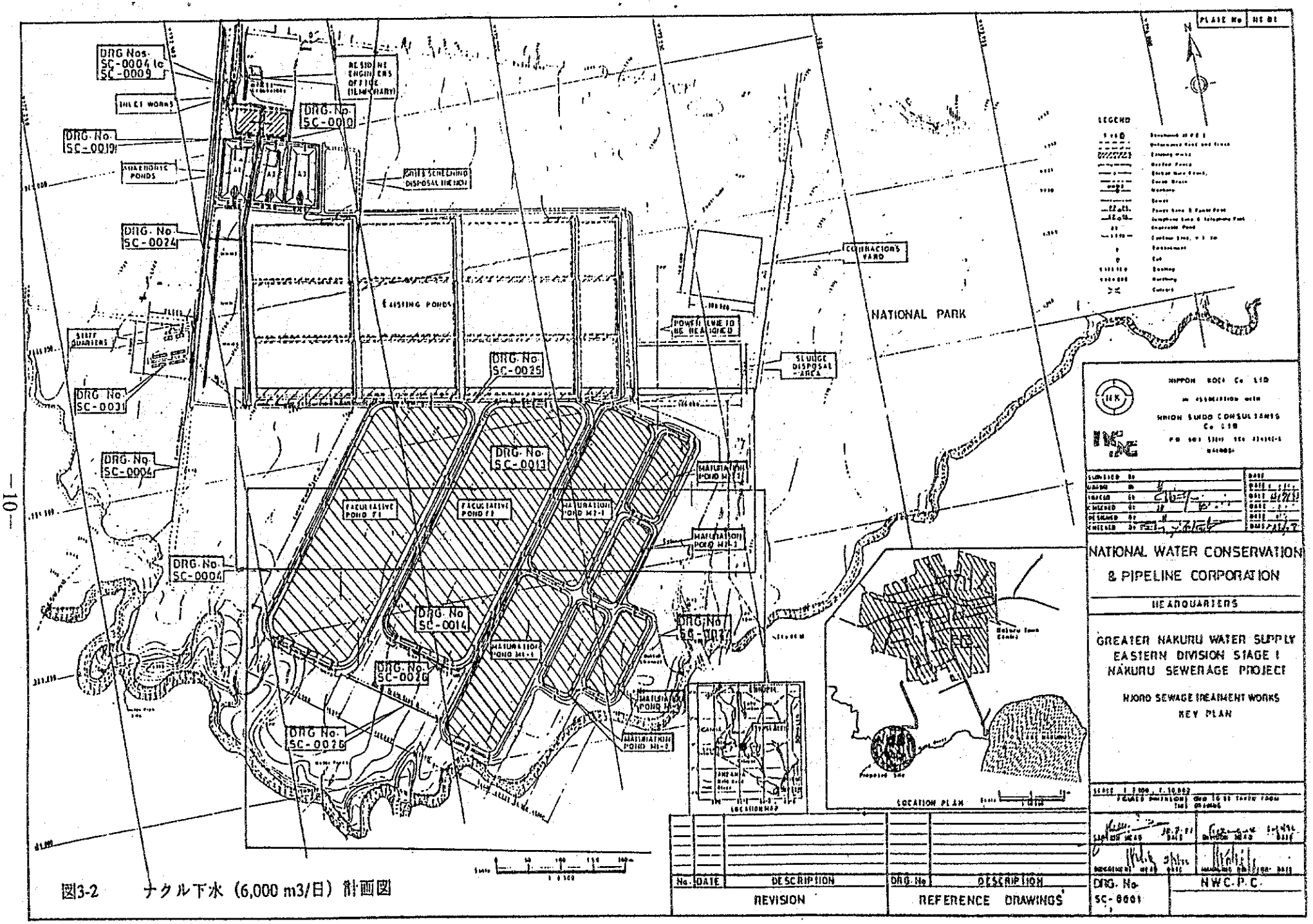



図3-2　ナクル下水（6,000 m3/日）計画図

## 3.5 プロジェクトサイトの状況

### 3.5.1 自然条件

（1） ナクル市と周辺地域の概要

ナクル湖はナイロビの北西約150 km、グレート・リフトバレー内に位置し、標高は約1,750 mである。湖の深度は2.0 mから2.3 mと非常に浅く、湖水面積は約52 $km^2$であるが、湖の水位によって大きく変化する。

ナクル湖には流出河川がなく、流入した表流水あるいは地下水は、蒸発によって失われるだけである。従って、流入する河川などによって運ばれる鉱物質が蓄積しソーダ湖となっており、湖水は強いアルカリ性を示す。湖には多種多様の野生動物が生息し、特に鳥類はフラミンゴやペリカンをはじめ約400種類が湖とその周辺に生息しており、ケニアの代表的な観光地の一つとなっている。

ナクル市は、ナクル湖の北端に接している。市域面積は約76 $km^2$で、メネンガイ・クレーターの南にあり、標高は海抜1,760 mから2,100 mにわたる傾斜した地形となっている。市の南端はナクル湖国立公園に接し、市内で発生する生活・産業廃水は、地形上全てナクル湖に流入する。

（2）地形

ナクル湖は、リフトバレーのほぼ中央部のメネンガイ火山、ロンゴノット火山、マウ断層により形成された窪地にあり、集水面積は約1,536 $km^2$で、表3-2に示す流域よりなる。

表3-2 ナクル湖集水区域

| 流入区域 | 流域面積（$km^2$） |
|---|---|
| ンジョロ川流域 | 273 |
| マカリア川流域 | 331 |
| エンデリット川流域 | 523 |
| ラムディアク川流域 | 131 |
| ンゴソル川流域 | 80 |
| ナクル湖その他流域 | 198 |
| 合 計 | 1,536 |

出典： "Study on Construction of Dam in Malewa River System for Gretaer Nakuru Water Supply Project." December 1990, JICA.

ナクル湖の西岸には、バブーン・クリフと呼ばれる垂直に近い崖があるが、これは階段状のマウ断層の始点である。東側は、ライオン・ヒルと呼ばれる険しい火山性の丘陵地の尾根で区切られている。この丘陵地はナクル湖岸から急斜面でたちあがっており、南北に走る断層の存在を示している。

（3） 地質

ナクル地区は、約100万年以前にナクル湖とエレメンテイタ湖を形成するメネンガイとエブル火山により変形した地域にあり、地質は一般的に次のような特徴がある。

ナクル湖東岸の南北に走る急斜面

鮮新世の火山活動の結果形成されたもので、格子状の断層により強い影響を受けた火山岩を持つ。断層は主として尾根の西側に存在する。

マウ断層

南北に走る階段状の地形が特徴であり、鮮新世の黄色い軽石状のぎょう灰岩が大部分をしめている。

湖盆

湖盆の表面は第三から第四紀の火山性の風化物とその堆積物である。火山灰は強アルカリ性を示し、ソーダ分に富む。

（4） 気象

ナクル地区の気象は、ラネット空軍基地とナクル・チョウグランドの２ヵ所の気象観測所で観測されている。ナクルの月最高気温の平均値（1983-1987）は、7月の24.2℃から3月の30.0℃に互っている。月平均最低気温は、9月の8.2℃から10月の11.7℃の範囲にあり、月平均気温は、9月の16.5℃から3月の18.3℃とその格差は小さい。平均年間降雨量は1,019mmで、756mm～1,236mm（1988-1992）の幅がある。年間降雨量の約40%は、3月～5月の3ヶ月間に集中している。

（5） 生態系

植　性

ナクル湖とその周辺地区は1961年にナクル湖国立公園に指定されている。国立公園地域は自

然環境の保護をより一層進めるため、周辺の農地などが緩衝地域として新たに指定され、拡張されてきた。現在のナクル湖周辺の景観は、起伏に富んだ丘陵地、尾根、露出した岩盤、湖盆などに特徴づけられる。ナクル湖の流域を含め、リフトバレー州の大部分は耕作地となっているが、ナクル湖とその周辺地区では比較的自然状態に近い多種多様な植性が残されている。ナクル湖の南端のマカリア川とエンデリト川河口付近にある約60 $km^2$の平坦な草地は主要な野生動物の繁殖地となっている。

ナクル湖水は非常に高い塩分とアルカリ性をもち、一般の植性は殆どなく、スピルリナ（Spirulina platensis）などの藻類が繁茂している。

動　物

ナクル湖及びその周辺には、湖水、湿地、河川、草原、森林、岩場といった多様な環境が存在しており、そこに生息する動物相も豊富である。鳥類は約400種の生息が確認されている。主要な鳥類としては、フラミンゴ、ペリカン、サギ、ガン、シギ、チドリなどの水鳥、河川にはサギ、カモ、カワセミ、森林には、ハト、カッコウ、キツツキ、ヒタキ、また、岩場にはワシ、ハヤブサなどが生息している。特に、スピルリナを餌とするコガタフラミンゴは、多い時には100万羽以上がナクル湖に飛来、群生し世界中より訪れる多くの観光客を魅了している。。

哺乳類としては、サイ、キリン、カバ、カワウソ、ウォータバック、リードバック、トムソンガゼル、ブッシュバック、デイクデイク、バッファロー、ヒヒ、サバンナモンキー、ヒョウ、ライオンなどが生息している。

### 3.5.2　社会基盤整備状況

（1）　アクセス

タウン、ンジョロ両処理場及びマリキ下水ポンプ場へは、市中心部から既設のアクセス道路が整備されている。水質試験所建設予定地は、ナクル国立公園内の訓練センターに隣接しており、同公園への既設アクセスが利用可能である。ナクル－ナイロビ－モンバサ間は幹線国道としての整備がされており、維持・補修状況も極めて良好で、事業実施に係る物資輸送に特段の問題はない。

（2）　給水と水利用状況

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22,080m$^3$／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）で行なわれ、給水量は平均1,300m$^3$／日である。

ナクル市には８本の市有の深井戸があるが、補助用又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640m$^3$／日である。

大ナクル圏上水道では、トラシャ川上流のダムで取水した日平均量約18,000 m$^3$の表流水を、ギルギル地区の東約8 kmに建設した浄水場に送水管で送り、急速濾過法で浄化した後、日平均量約13,300 m$^3$の飲料水をナクル市に、また3,700 m$^3$をギルギル地区に、それぞれ給水することが計画された。これら新規水道水の各戸給水工事については、ナクル市側が行うことになっている。

（３）　電気

タウン、ンジョロ処理場及びマリキ下水ポンプ場ともに既設の配電線でサービスが行われており、これを利用できる。水質試験所工事は、隣接する訓練センターより分岐配電する。電圧は240 V、単相及び３相である。

（４）　土地利用状況

ナクル市の土地利用計画は、土地定住省（Ministry of Lands and Settlement）が管轄している。同省の計画によれば、市の開発を1980, 1990と2000年の３期に分け、各段階における用途地域面積と人口分布を推定している。第三期の1990～2000年のナクル市区域は、図3-1に示すように、1) 住宅地域、2) 工業地域、3) 商業地域、4) リクリエーション、5) 公共用地の５用途地域に区分している。住宅区域については、さらに、低人口密度地域、中人口密度地域、高人口密度地域の３区域に分けて、将来の人口推定を行っている。

## ３.６　環境問題

プロジェクトの実施にともなって、環境影響が考えられるのは、プロジェクトサイト（ンジョロおよびタウン処理場周辺）、ナクル湖、汚泥処分場の３エリアである。環境影響評価は、ケニア地

方自治省とケニア国家環境庁の調査団によって作成されたEIAフォームに従って行われた。以下それぞれについてのべ、表3-3に環境影響項目別の要約をまとめる。

1) ンジョロおよびタウン処理場周辺

プロジェクトの主要建設工事が行われるが、高いレベルでのインパクトの発生は予測されない。建設時に発生する汚泥の処理については、ケニア側が処分地を選定していることから、現在たい積している汚泥の処分が可能であるが、処分に際しては充分乾燥させた後に搬出を行う等、環境面に充分配慮しつつ処分することが肝要である。

2) ナクル湖

プロジェクトの完成によって、ナクル湖への流入負荷量を大幅に軽減することになる。問題となる影響はない。

3) 汚泥処分場

ケニア政府は、本プロジェクトの実施に伴ってタウン・ンジョロ両処理場の既存処理池から排除する汚泥の最終処分地の選定を行なった（図3-3参照）。選定された処分地は、両処理場の堆積汚泥を処分する目的であり、修復・拡張後に発生する汚泥の処分地は別途選定するとしている。

選定された処分地はメネンガイ・クレーターの外えん部、標高2,140～2,145 mに位置する。この外えん部は、部分的にゆるくなだらかな斜面を形成している。処分地はこのゆるい斜面に位置する。外えん部地表面はうすい表土で下層部は岩状を形成していると考えられる。人為的な土地利用はない。

処分すべき汚泥量は約11,000 $m^3$（乾燥後）と見積られている。処分後に汚泥がクレーター内や外部に流出しないよう、選定された地点の堀削・堀込み等地形に合わせて適切な造成を行なう必要がある。また、堀削残土・岩は美観を損なうことのないよう処分する必要がある。

なお、汚泥処分地の建設、汚泥の埋め立て方法については、４.５.２にて述べる。

表3-3　環境影響評価要約（1/3）

| 項　目 | 対策後インパクト | 問題点 | 対　策 |
|---|---|---|---|
| (1-1) プロジェクトサイト　（建設中）<br>（タウン、ンジョロ処理場） | | | |
| 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、動物の逃亡等の恐れがある。 | 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3-3　環境影響評価要約（2/3）

| 項　目 | 対策後インパクト | 問題点 | 対　策 |
|---|---|---|---|
| (1-2) プロジェクトサイト（プロジェクト稼働後）（タウン、ンジョロ処理場） | | | |
| 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。 |
| 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、施設完成後、池と草原で覆われる。 | |
| (2) 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

表3-3　環境影響評価要約（3/3）

| 項　目 | 対策後インパクト | 問題点 | 対　策 |
|---|---|---|---|
| (3) 汚泥処分地 | | | |
| 1. 土壌侵食 | 1-b | 汚泥埋め立てのため、掘削作業が含まれている。 | 汚泥埋め立て後適切な斜面保護を行う必要がある。 |
| 2. 騒音、振動、ほこり | 1-a | 現場周辺に住宅地区はない。 | |
| 3. 建設残土 | 1-a | 処分地近くに残土処分候補地がある。 | |
| 4. 悪臭 | 1-a | 覆土するため、影響はない。<br>また周辺に住宅地区はない。 | |
| 5. 土地収用 | 1-a | 国有地であり、他の使用者もない。 | |
| 6. 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。 | 周辺の植生に影響を及ぼさないよう埋め立て工事、残土に注意が必要 |
| 7. 景観 | 1-b | 掘削、及び埋め立て作業を含んでいる。 | 埋め立て後、表面に再緑化するなど、景観への対応を図る。 |

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

図3-3　乾燥汚泥処分地位置図　　S = 1 : 50,000

# 第４章　プロジェクトの内容

# 第4章　プロジェクトの内容

## 4.1　プロジェクトの基本構想

### 4.1.1　ナクル湖への流入汚濁の現況

（1）　ナクル湖への汚濁流入経路

ナクル湖流域において近年急速に進められた都市化、工業化、農地開発は、ナクル湖へ流入する汚濁量の増加をまねき、ナクル湖の水質保全上深刻な問題となっている。

ナクル湖への汚濁物質の流入経路として、図4-1に示すようにA) 下水処理処理場、B) 雨水排水路、C) 河川、D) 湧水の4種6経路が上げられる。以下それぞれの流入経路と、それらの汚濁発生源について説明する。

A-1)　ンジョロ下水処理場

A-2)　タウン下水処理場

ナクル市内で発生する下水量約9,000 $m^3$/日が、ンジョロ及びタウンの2つの下水処理場に流れ込んでいる。下水は、家庭排水だけでなく、工場排水も多量に含まれている。大ナクル圏上水道事業からの全面給水が始まると、総発生下水量は16,200 $m^3$/日に増加するものと予測される。既存の下水処理場の設計処理能力は、ンジョロ処理場が3,600 $m^3$/日、タウン処理場が処理能力3,400 $m^3$/日であり、合計で7,000 $m^3$/日である。なお、ケニア政府は現在ンジョロ処理場に6,000 $m^3$/日ラインの処理施設を建設中である。

既存の施設は、オーバーロードの状況であるうえに、メインテナンスも十分でなく、下水処理能力は不十分であり、ナクル湖への最大の汚濁源と指摘されている。

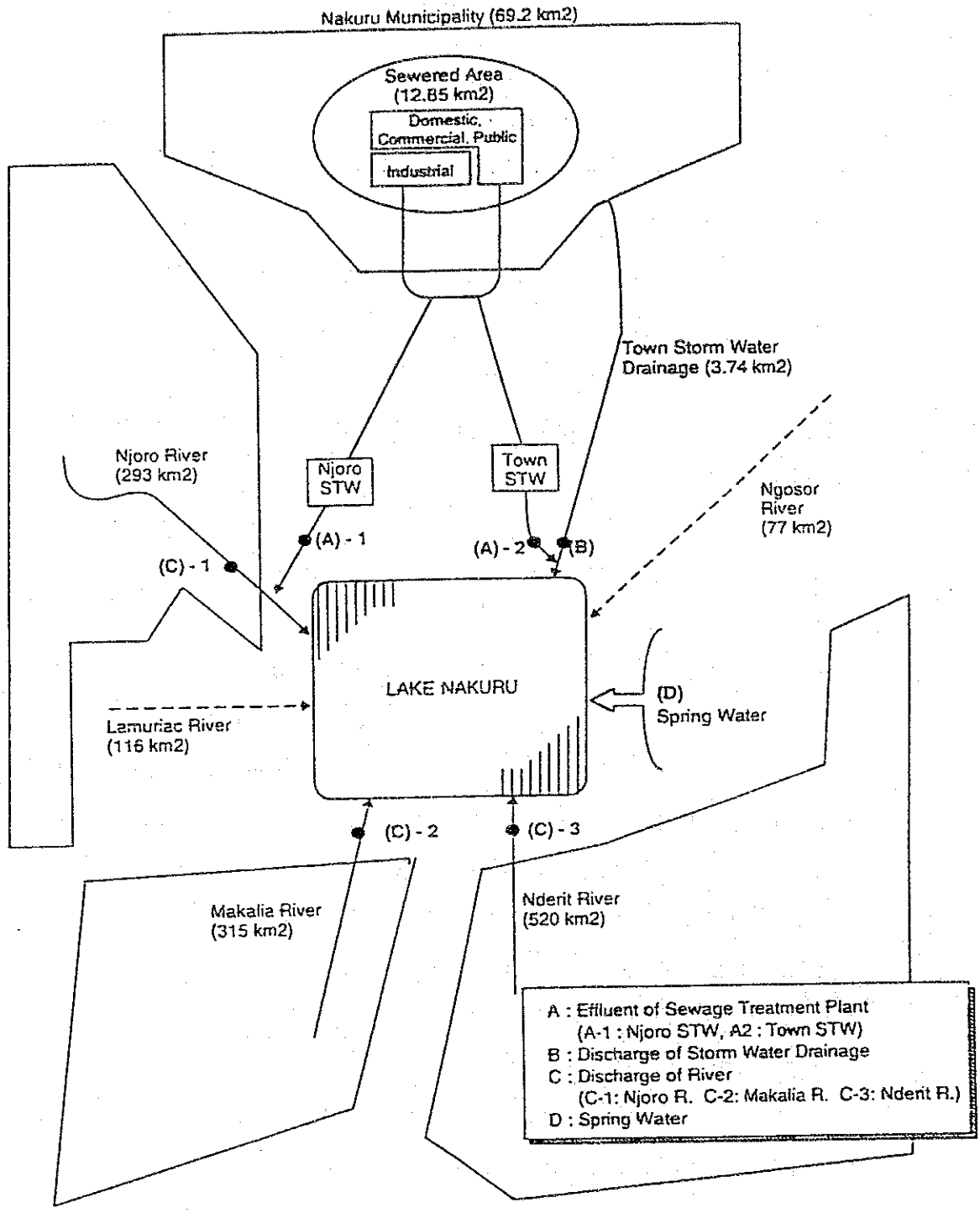
B)　タウン雨水排水路

ナクル市内3.74$km^2$の雨水排水があつめられ、ナクル湖へ排出される。ナクル市内に堆積した汚濁物が、大雨時にナクル湖へ流入する。

C-1)　ンジョロ川

流域面積は293 $km^2$であり、ナクル市の一部と、ンジョロ市を含んでいる。これら都市からの人為汚濁負荷と、森林などからの自然汚濁負荷が主な汚濁源である。

図4-1




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

C-2) マカリア川

流域面積は315 $km^2$である。流域内の大部分は、農地、森林で占めている。流域内の人為汚濁負荷は少なく、自然汚濁負荷が中心と考えられる。

C-3) ンデリット川

流域面積は520 $km^2$である。流域内の大部分は、農地、森林、放牧地で占めている。流域内の人為汚濁負荷は少なく、自然汚濁負荷が中心と考えられる。

D) 湧水

ナクル湖の東部流域の雨水が流れ出しているものと思われる。流域内の人為汚濁負荷は少なく、自然汚濁負荷が中心と考えられる。

(2) ナクル湖への流入BOD汚濁量

JICA F/S調査によれば、上記それぞれの流入経路を通じて、現況では下記のようにBOD負荷が、ナクル湖内に流入している。

表4-1 ナクル湖への$BOD_5$負荷流入量（現況）

（単位：トン/年）

| 汚濁負荷流入経路 | 負荷量 | （割合） |
|---|---|---|
| 1. 下水処理場 | 626 | (44%) |
| 2. 雨水排水路 | 161 | (11%) |
| 3. 河川と湧水 | | |
| － ンジョロ川 | 356 | (24%) |
| － マカリア川 | 122 | (8%) |
| － ンデリット川 | 152 | (10%) |
| － 湧水 | 54 | (4%) |
| 計 | 1,471 | (100%) |

大ナクル圏上水事業の全面給水により、13,300 $m^3$/日の新規給水が行われた場合、ナクル市内で発生する下水量は大幅に増加し、ナクル湖へのBOD汚濁負荷は、表4-2に示す値となることが予測され、さらに深刻な問題となるものと考えられる。

表4-2　ナクル湖へのBOD$_5$負荷流入量、新規給水後

（単位：トン/年）

| 負荷発生源 | 流入量 | （割合） |
|---|---|---|
| 1.　下水処理場 | 2,964 | (79%) |
| 2.　雨水排水路 | 161 | (4%) |
| 3.　河川と湧水 | | |
| －ンジョロ川 | 356 | (9%) |
| －マカリア川 | 122 | (3%) |
| －ンデリット川 | 152 | (4%) |
| －湧水 | 54 | (1%) |
| 計 | 3,809 | (100%) |

### 4.1.2　ナクル湖の水質保全計画の基本方針

JICAのF/S調査において「ナクル湖水質保全計画」が提言されている。この計画では、ナクル湖へ流入する人為汚濁負荷の大部分がナクル市内から発生するとの観点から、長期的には流域全体を考慮しつつも、短期的にはナクル市の２つの下水処理場の処理水水質の改善を主目的としている。現在、既存の下水道での処理水水質はBOD 200 mg/L程度であるが、ケニア側の提示したスタンダードでは、BOD 10 mg/Lを要求している。

下水処理水のBOD 10 mg/L達成は、下水処理場の能力、容量の向上を図るだけでは困難と考えられるため、処理場へ流入する下水水質の改善によって、処理場の負荷量を減少させる必要がある。このため、工場排水規制などの非施設対策も併せて実施する必要があり、規制強化のため、水質試験所の設置等も提言内容に含まれた。

その他、「ナクル湖水質保全計画」では、雨水対策、下水道施設の管理運営や、中長期的な流域対策等についても提言している。この計画の具体的施策は、以下に示すとおりである。

1)　既存（ンジョロ3,600 m$^3$／日、タウン3,400 m$^3$／日）および建設中（ンジョロ6,000 m$^3$／日）の処理場の質的な能力向上

既存処理場の修復

追加施設（ﾛｯｸﾌｨﾙﾀｰ、ｸﾞﾗｽﾌﾟﾛｯﾄ）の設置

2) 処理場の量的な能力向上

タウン処理場3,200 m3/日ラインの新設

3) 処理場へ流入する汚濁負荷の軽減

法制度の充実（工場排水規制）

工場廃棄物処分場の建設（工場排水規制を速やかに行えるよう）

モニタリング・システムの確立（水質試験所の設置）

セプティックタンク汚泥の下水管への廃棄の見直し

4) 下水処理場からの発生汚泥の処理

汚泥乾燥床の設置

処分場の新設

5) 下水道運営組織の充実

組織の再編成

下水道ﾒｲﾝﾃﾅﾝｽ機材の充実

6) 雨水流出汚濁負荷の削減

雨水滞水池の建設

7) 中長期的な流域対策

都市・地域開発の抑制

ナクル湖流域開発、保全ﾏｽﾀｰﾌﾟﾗﾝの策定

下水道基本計画の策定

提言された上記の水質保全策は、施設対策と非施設対策に分けることができる。これらの対策は段階的に実施することが必要である。

### 4.1.3 要請内容の位置づけと検討結果

表4-3は、本プロジェクトの要請内容と、F/S調査で提言された「ナクル湖水質保全計画」の具体的施策との関係を示したものである。

表4-3　水質保全計画（F/S案）と本プロジェクト要請内容の関係

| F/S調査で提言された<br>水質保全計画の内容 | 短期的課題<br>（要請内容） | 短期的課題<br>（ケニア側の対応項目） | 中長期的<br>課題 |
|---|---|---|---|
| 施設対策 | | | |
| 1）下水処理場<br>1-1）ﾝｼﾞｮﾛ処理場（3,600 m3/日ﾗｲﾝ）<br>－既存施設の修復<br>－付加処理施設の設置<br>1-2）ﾝｼﾞｮﾛ処理場（6,000 m3/日ﾗｲﾝ）<br>－付加処理施設の設置<br>1-3）タウン処理場（3,400 m3/日ﾗｲﾝ）<br>－既存施設の修復<br>－付加処理施設の設置<br>1-4）タウン処理場（3,200 m3/日ﾗｲﾝ）<br>－処理施設の新設<br>1-5）その他<br>－ムアリキポンプ場の修復<br>－堆積汚泥の処分地確保・造成 | <br><br>○<br>○<br><br>○<br><br><br>○<br>○<br><br>○<br><br>○<br>○ | ○<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>○ | |
| 2）汚泥処理／処分<br>－各処理場への乾燥床の建設<br>－処分場の選定・確保 | <br>○ | <br>○ | |
| 3）雨水排水対策<br>－タウン雨水滞水池の建設 | <br>○ | | |
| 4）セプティックタンク汚泥の処理<br>－乾燥床の建設<br>－収集・処理システムの構築 | <br>○ | | <br><br>○ |
| 5）下水道ﾒｲﾝﾃﾅﾝｽ機材の充実 | ○ | | |
| 6）工場廃棄物 | | | ○ |
| 非施設対策（短期計画） | | | |
| 1）法制度の充実<br>－工場排水規制<br>－環境基準の公布 | | <br>○<br>○ | |
| 2）運営組織の強化<br>－組織の再編成 | | <br>○ | |
| 3）モニタリング<br>－ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞｼｽﾃﾑの確立<br>－水質試験所の設立<br>（試験機材の調達を含む） | <br><br>○ | <br>○ | |
| 中・長期計画 | | | |
| 1）都市・地域開発の抑制 | | | ○ |
| 2）流域開発・保全ﾏｽﾀｰﾌﾟﾗﾝの策定 | | | ○ |
| 3）下水道基本計画 | | | ○ |

要請内容は施設対策として、1) タウン・ンジョロ両処理場の修復・拡張、2) 汚泥乾燥床の建設、3) 雨水滞水池の建設、4) ムワリキポンプ場の修復、5) 堆積汚泥の処分地造成、6) 下水処理施設の維持管理用機材の調達、及び非施設対策として水質試験所の設立と水質試験機材の調達から構成される。その構成要素は何れも、ナクル湖の水質を改善するうえで短期的に対応が必要な施策であり、日本の無償資金協力で事業を実施することにより、速やかに効果が発現すると判断される。

よって、日本の無償資金協力を前提として、以下において計画の概要を検討し、基本設計を実施することとする。

## 4.2 プロジェクトの目的・対象

前節までに述べたとおり、コガタフラミンゴの世界的な生息地として貴重な生態系を有するケニア国のナクル湖は、近年の汚濁負荷の増加、とりわけ湖畔のナクル市街部からの人為負荷の増加により、その水質が悪化している。また、同湖の汚染傾向を強めることが懸念されるため、既に完成した上水供給施設からナクル市への給水は、これに対応する下水処理施設整備がなされるまでは制限せざるを得ない状況となっている。

このような状況に対してケニア政府は、日本政府の協力（F/S調査）を通じて、施設対策および非施設対策を並行して段階的に実施することを内容とする「ナクル湖水質保全計画」を策定した。上記計画のうち、早急に対応が必要な

(1) ナクル市市街部からの汚濁負荷軽減のための施設の建設

（既存下水処理場の修復・拡張と汚泥乾燥床の新設、雨水滞水池の新設）

(2) 非施設対策を実施するために必須となる維持管理用機材の調達と水質試験所の新設

を実施することにより、ナル湖の水質改善とナクル市への全面給水開始を両立させることが、本プロジェクトの目的である。

上記目的達成のために無資金協力の対象となるコンポーネントは何れも短期的課題でありつぎの様に整理される。

A. 施設対策

(1) ンジョロ下水処理場修復・拡張

6,000m$^3$/日及び3,600m$^3$/日（合計9,600m$^3$/日）の処理能力を持つ2系統の処理場として整備する。整備内容は6,000m$^3$/日ラインに接続する付加処理施設の建設、及び既設3,600m$^3$/日の修復とこのラインに接続する付加処理施設の建設である。

(2) タウン下水処理場修復

3,400m$^3$/日及び3,200m$^3$/日（合計6,600m$^3$/日）の処理能力をもつ2系統の処理場とに整備する。整備内容は既設3,400m$^3$/日ラインの修復とこのラインに接続する付加処理施設の建設、及び3,200 m$^3$/日ラインの建設（新設）である。

(3) ムワリキ下ポンプ場修復

建屋・ポンプ施設の修復を行う。

(4) 汚泥乾燥床の建設

処理池等で発生する汚泥を引き抜いた後の乾燥処分及びセプティックタンク汚泥処理を行うためにンジョロ及びタウン下水処理場内に各々1床ずつ汚泥乾燥床を設置する。

(5) 雨水滞水池の建設

ナクル市街地の雨水流出にともなって流出する、オイル、ゴミ、土砂などを除去するためにタウン下水処理場内に1池建設する。

(6) 堆積汚泥処分地の造成

既存の処理池に堆積している汚泥は修復・拡張工事の実施のために引き抜き、乾燥処分する必要がある。環境的側面はもとより汚泥を安全に処分するために搬入路改修、処分地の造成を行う。

(7) 運転・維持管理用資機材の調達・整備

修復・拡張後の下水処理施設の機能維持のために運転、維持管理用資機材を調達・整備する。

B.非施設対策

(1) 水質試験所の設立と水質試験機材の調達・整備

ナクル湖水質汚濁状況を総合的かつ定量的にとらえ水質保全策の具体的施策のためにフィードバックすることを主目的として設立する。内容は試験所建屋の建設及び水質試験機材の調達である。

## 4.3 プロジェクトの実施体制

### 4.3.1 組織・要員

(1) 下水処理施設

無償資金協力対象である下水処理施設の修復・拡張工事の完工後、これら施設はナクル市上下水道局がその運営・維持管理を担当する。上下水道局の組織図を図4-3 に示す。下水部門は、部長、副部長各1名のもとに処理場担当と管きょ担当の2課に分れているがその要員構成はアンバランスであること、工事排水規制のための監視課（Trade Effluent Control Unit、TECU）を設置することが必要、との検討結果より、F/S調査において図4-3に示すような強化策が提案された。監視課の新設は、水質試験所で実施するナクル湖水質モニタリング業務とも極めて密接に関連することより、ケニア側により提言通り行うことが肝要である。提案されている要員構成を現状とあわせて示すと表4-4の通りである。

表4-4 上下水道局下水部門の要員構成

| ポジション | 要員 | | |
|---|---|---|---|
| | 提言 | 配置 | 空席 |
| 部長 | 1 | 1 | 0 |
| 副部長 | 1 | 0 | 1 |
| 処理場 | | | |
| 処理場監督者 | 1 | 1 | 0 |
| フォアマン | 1 | 1 | 0 |
| 熟練工 | 4 | 0 | 4 |
| 人夫 | 1 | 19 | 0 |
| 技能工 | 1 | 1 | 0 |
| 試験室補助 | 2 | 1 | 1 |
| 検査官 | 1 | 0 | 1 |
| 管もう | | | |
| 管もう監督者 | 1 | 1 | 0 |
| フォアマン | 1 | 1 | 0 |
| フォアマン補助 | 1 | 1 | 0 |
| 熟練工 | 3 | 0 | 3 |
| 人夫 | 25 | 21 | 4 |
| 監視課 | | | |
| 工場排水監督官 | 2 | 0 | 2 |
| 検査官 | 12 | 0 | 12 |
| 合計 | 58 | 48 | 28 |

(2) 水質試験所

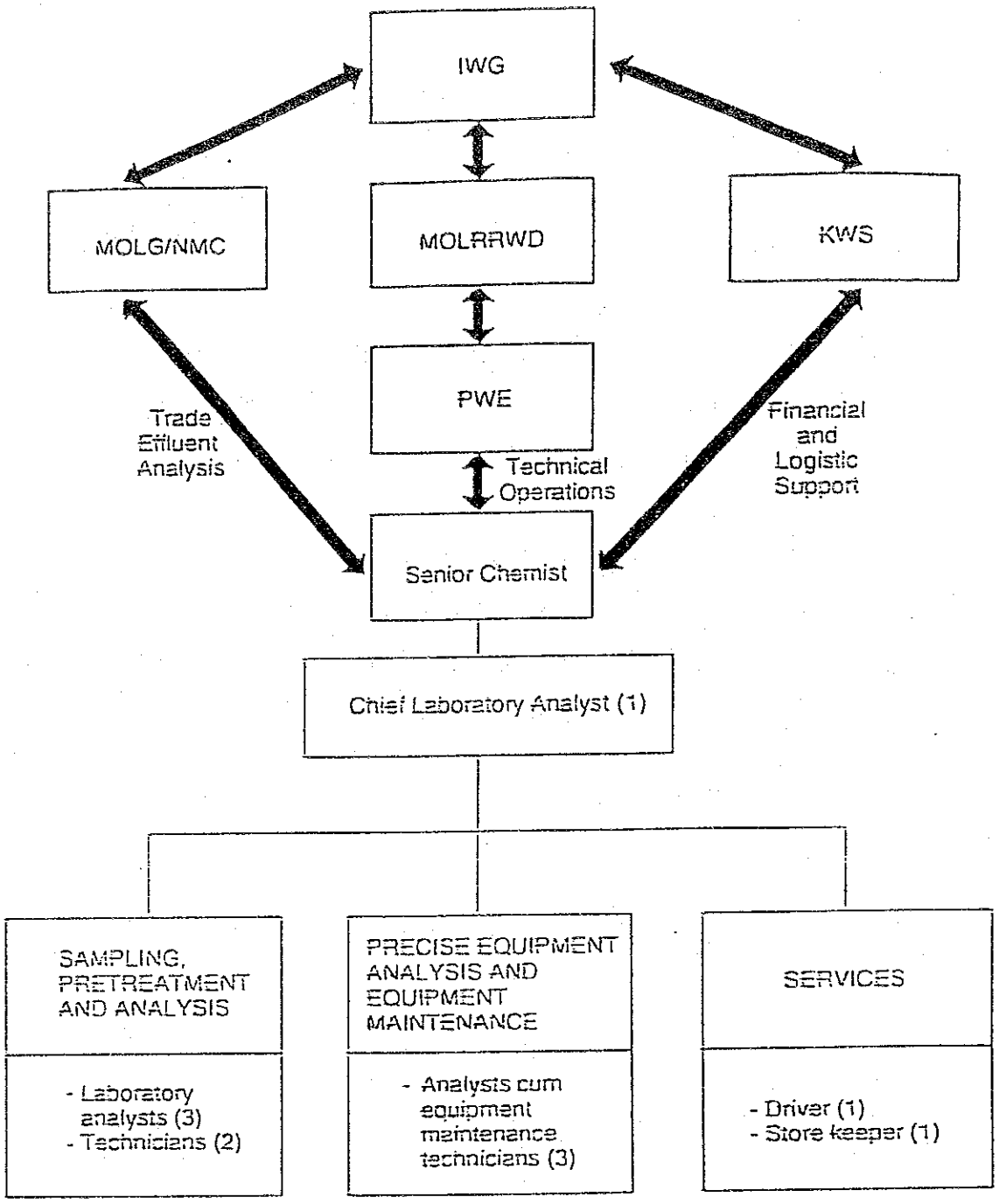
ケニア政府よりの質問表に対する解答書によれば、試験所の運営は4.3.3維持管理計画に述べる通りであるが、検討の結果下記する組織・運営形態を計画する。この組織図を図4-2に示す。

ケニア開拓・地方・水資源省（MOLRRWD）リフトバレー県　Water Engineerの管轄下に置き公的試験所とする。この事によりサンプリング、水質試験結果は権威をもったものとなり、ナクル市が実施する工場排水規制の行政に効力を発揮する。水質試験所は主任技師のもと、採水／準備／試験、高精度測定／管理、サービス業務の3部門より成る。所長、主任技師を含めた総技術要員は12名である。要員はKenya Water Instituteで訓練をうけたものとするが、初期の段階では、日本よりの技術援助があれば、より高精度の試験結果、要員訓練に寄与すると判断する。

<u>運　営</u>

| | | |
|---|---|---|
| MOLRRWD | : | 直轄の試験所として実際の運営を行う |
| KWS | : | 試験所の運営、維持・管理費の財政的援助 |
| NMC | : | ＷＳＤ内部に"Trade Effluent Control Unit"を組織し、工場排水のサンプリング、排水規制の行政に当る。 |

図4-2




Note: Numbers in parentheses indicate the number of staff proposed

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

### 4.3.2 予算

(1) 下水処理施設

本事業実施後の下水処理施設の年間運転・維持管理費は下記するように概算で1、200万円相当として見積られる。ケニア側は、必要な予算措置を講ずることとして、無償資金協力に係る議事録の明記された。

| | |
|---|---|
| 下水管網 | 600万円／年 |
| ムワリキ・ポンプ場 | 170万円／年 |
| タウン処理場 | 320万円／年 |
| ンジョロ処理場 | 140万円／年 |
| 合　計 | 1、230万円／年 |

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。ナクル市上下水道局の予算は表3－1に示した通りである。

必要となる予算措置は極めて重要であることより、実施設計段階の現地調査においてケニア側と協議、裏付けを含めた確認作業が必要と判断する。

(2) 水質試験所

水質試験所の運営、維持・管理費は下記のように見積られる（概算値）。

| | | |
|---|---|---|
| 試験要薬品 | ： | 70万円／年 |
| 機材維持管理費 | ： | 160万円／年 |
| ガソリン・光熱費 | ： | 70万円／年 |
| 合　計 | | 300万円／年 |

水質試験所に何時様な予算は質問表に対するケニア政府よりの回答書により、地方自治省が30%、開拓・地方・水資源省が25%、野生動物公社が45%の割合で拠出することが確認されている。

### 4.3.3 維持管理計画

ナクル市の上下水道局が事業の運転・維持管理を実施することになる。このため、F/S調査を通じてWSDの人的資源及び機材の強化が提案された。また、工場排水基準達成のために、上下水道局にその監視機関（TECU）の設置が提案された。上下水道局の組織改善案を図4-3に示した。上下水道局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。ケニア側に出状した質問表に対する回答書によれば、水質試験所の運営・維持管理は３機関の共同運営方式となる。

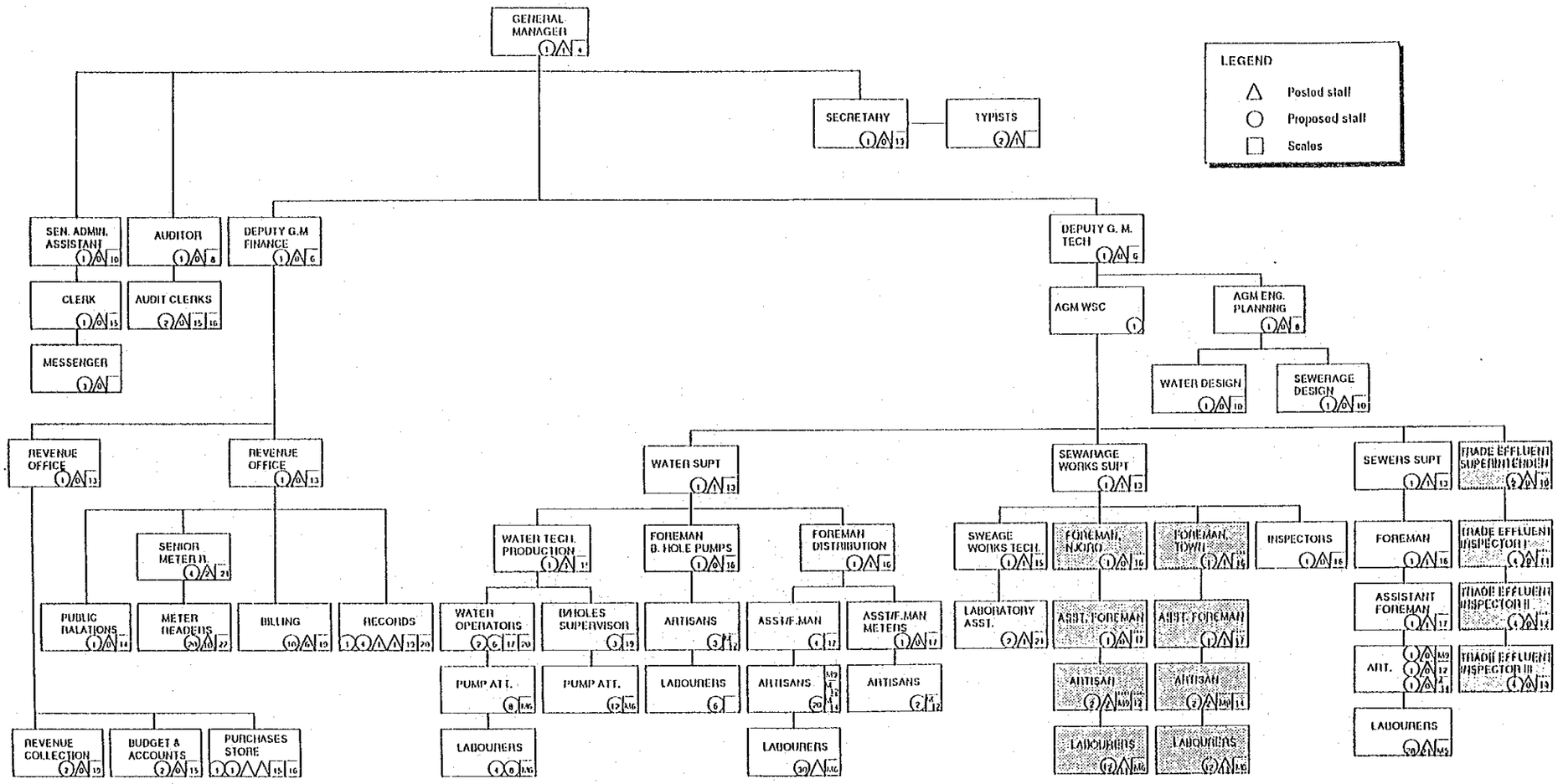
即ち、KWS, MOLG及びMOLRRWDが予算（前述）及び要員を分担して受け持つ。3機関の役割分担は次の通り。

KWS　：　ナクル湖での定期的なサンプリング

MOLG/NMC　：　下水処理場での定期的なサンプリングと試験、産業廃水のサンプリングと公共下水管への排水基準の遵守措置。

MOLRRWD　：　処理場よりの下水排水水質の定期的なチェック、ナクル市のサンプリングした工場廃水の試験、ナクル湖汚染原因と考えられ、且つナクル市／KWSの管轄権外での水質に係るモニター活動。

試験所専門要員は12名と算定されている。これら専門要員はケニア水文専門学校（Kenya Water Institute）より雇用される。また、不足するマネージメントスタッフは、県の水文技師を補充するとしている。




Data souce : Nakuru Municipality

Proposed addition/improvement

| | | |
|---|---|---|
| THE REPUBLIC OF KENYA<br>MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT | THE STUDY ON THE NAKURU SEWAGE WORKS REHABILITATION AND EXPANSION PROJECT<br>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY | TITLE<br>ナクル市上下水道局組織改善案 |

## 4.4 プロジェクトの最適案に係る基本設計

### 4.4.1 設計方針

（1） 自然条件に対する方針

計画対象地域の自然条件は3.5節に述べた通りであり、これらの条件を考慮して設計を行うものとする。年間を通じて気温格差は8.2℃～30.0℃で施工上通年にて行うことが可能であるが、降雨パターンより、4月、5月及び8月は強降雨期で日雨量173mm、123mmおよび137mmと観測されており、建設工事の計画設計の作業可能日設定に反映させるものとする。F/S調査でサイトの風向調査がなされており、ポンドのレイアウト、周辺植生に反映させる。ナクル市内で発生する生活・産業廃水は、地形上全てナクル湖に流入する。非施設対策のひとつとして導入する水質試験所、水質試験機材の計画・設計には汚濁物質の流入経路に充分配慮することとする。地震に対しては現地調査（実施設計）において再検討を行うものとする。又水質試験所は、国立公園内に位置することにより、景観等に充分配慮するものとする。

（2） 社会条件に対する方針

発生ゴミや油を雨水排水路にそのまま捨てることが日常化している。オイル、ゴミ等を除去する目的で設置する雨水滞水地のオイルトラップ等の設計に反映させる。宗教に係る休日等は施工可能日の設定に反映させる。その他設計・施工に影響する歴史・文化的伝統等について現地調査において更に調査の上反映させるものとする。水質試験所、タウン処理場管理棟は現地建築様式をも参考とする。

（3） 建設事情もしくは建設業界の特殊事情に対する方針

外国援助による特定プロジェクトに使用する資機材は販売税と輸入税の免除を受けることが可能であるが大蔵省の許可を必要とする。援助協定（E/N）の中に「特別の条項」を入れて免税扱いの申請をしておく方が簡便である。上記措置をしないと課税される恐れがある。

ケニア付加価値税（VAT）は17～18%である。VAT免除に関しては資料 - 5に示す無償資金協力に係るミニッツに明記されたが実施設計時に再確認が必要と判断する。この付加価値税は" 建設" 行為にもかかる。ケニアに於ける税制及び諸手続きについてのとりまとめ表を資料編の資料 - 12に示す。火薬使用に係わる許認可は"The Explosires Acts" chapter 115 にもとづいている。

（4） 現地業者、現地資機材についての活用についての方針

現地建設会社は外資系と現地資本系（大部分がインド系）に大別され、ナイロビを中心として建設工事や中小プロジェクトの受注がほとんどである。大規模プロジェクトに係る現地資本系のコンストラクターも少なからず育ってきているが、まだ、ダム、道路、港湾、橋梁などの大規模プロジェクトを受注するには至っていない。本事業の主体工事は中規模の土木工事であり投入する工事用機械は中・小型中心となることより現地運転工、技能工が充分活用出来る。又、土木・建築工事用資機材は、その殆どをケニヤ国内にて調達可能であるが納期・品質に充分配慮することが肝要である。特に工事用機械の部品ストックは現地代理店では限度があるため、部品待ちによる機械のアイドリングを無くする等調達手続きを行うことが重要である。資料 - 11に現地建設会社、土木・建築工事用資機材に関する調査結果の資料を示す。

技術コンサルタントは欧米系（特にイギリス）が進出し、現地コンサルタントとの共同受注等を行っている。分野も多岐にわたっており、酸化池方式の下水プロジェクトを数多く実施している。本事業の実施に於ける設計、工事に可能な限り現地業者を活用してゆく方針とする。

（5） 実施機関の維持・管理能力に対する対応方針

事業実施後はナクル市上下水道局が既設の運転・維持管理を行う。現在の上下水道局の組織・要員では完成後の維持管理が充分には出来ないと判断されるため、F/S調査結果に沿って同局の組織・要員の強化を図ることを勧告・提言する。又維持・管理用資材が不足していることより強化を図る方針とする。

（6） 施設、機材等の範囲、グレードの設定に対する方針

本設計の基本方針はナクル湖の水質保全対策を目的とし、F/Sで提案された施設対策と非施設対策に基づき、これらを段階的に実施することが必要であるが、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することが重要である。このためケニヤ国の国情・技術レベル、維持管理に対する資金力、当該プロジェクトの立地条件を踏まえ、経済的かつ維持管理の容易な施設計画および設計を行う方針とする。

施設対策

1) 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、600m$^3$／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。
- ンジョロ処理場の6、000m$^3$／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、400m$^3$／日ラインの既存施設に後続して、安定化池及び付加処理施設を建設する。
- タウン処理場3、200m$^3$／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15mg/L程度であろうと予想される。

2) 汚泥乾燥床

生汚泥の発生量はンジョロ処理全体で7,300 m$^3$/年、またタウン処理場の3,200 m$^3$/日ラインより2,410 m$^3$/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。

ンジョロ及びタウン処理場内に各々一床ずつ汚泥乾燥床をもうける。セプテック・タンクより発生する汚泥は現在、下水管渠を通して下水処理場で処理されているが、処理場の負荷軽減のため上記したように新しく設けるンジョロおよびタウン処理場の汚泥乾燥床まで直接運搬後、処理するものとする。

乾燥後の汚泥はケニア政府が選定する最終処分地に運搬、処分する計画とする。

3) 雨水滞水池

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

非施設対策

1) 運転・維持管理用資機材の調達

無償資金協力による対象施設はンジョロ及びタウン両下水処理場及びムワリキ下水ポンプ場であり、施設の完成後、これら施設の運転・維持管理が機能的、効率的に行なわれること、及び上下水道局職員によって充分な運転・取り扱い、修理が出来ることを前提として資機材を調達する方針とする。

2) 水質試験所の建設と水質試験機材の調達

水質試験所の規模・グレードは水質試験項目をどのように設定するかによって左右される。ナクル湖水質保全策の非施設対策の内でも水質モニタリングは重要でかつ短期的課題とされることより下記のモニタリングを行う体制で水質試験所及び水質試験機材の整備を行う方針とする。

- 河川、湧水、雨水排水路
- 工場排水、下水処理水
- ナクル湖水
- 降雨流出時の河川、雨水排水路

（7） 工期に対する方針

無償資金協力対象工事は土木工事と建築工事が主体でクリティカルパス工種は土木工事である。工期の安全性、無償資金協力の仕組み、年間施工可能日等の要素を考慮して本事業は２期分けで実施する方針とする。

### 4.4.2 設計条件の検討

（1） 下水処理場

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

下水処理施設の設計には下記流量を用いる。

表4-5　下水処理施設の設計流量

| 処理施設 | 下水量（$m^3$/日） | | |
|---|---|---|---|
| | 日平均 | 日最大 | 時間最大 |
| i)　ンジョロ処理場 | | | |
| 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 |
| ii)　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 |

処理場施設能力は日平均流量に基づき16,200 $m^3$/日として設計する。ただし流入設備工および安定化池連絡管理時間最大流量に基づく。

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4-6　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 |

a)　BOD

基本設計に先立つF/S調査において、日本側、ケニア側双方で流入水質および処理水質に対する合意がなされた。それらは、1) 一般的な処理方式では、ナクル湖に対する排水基準である$BOD_5$ 10mg/Lを順守することは不可能である。2) そのためには、本計画で実施する既存の処理場の修復、拡張と共に、各工場における工場廃水の前処理が必ず行われなければならない、という点である。

本プロジェクトは、できるかぎり早期に実施完了しなければならないが、一方では工

場廃水の水質管理は容易なことではない。それゆえ本計画対象地域に適切、かつ実施可能な汚濁防止計画を策定することが重要である。

その第一段階として、既存の処理場を修復、拡張を行うことによって、現在の流入水質である$BOD_5$ 800 mg/Lを処理後の水質として$BOD_5$ 15 mg/Lまで減少させるレベルにまで機能を高めることである。次に、NMCが提示した工場排水基準を各工場に徹底させ、公共下水道への流入水質基準である$BOD_5$ 500 mg/Lまで減少させることである。このような段階を経ることにより、将来はナクル湖への排水基準である$BOD_5$ 10 mg/Lを達成することが可能である。

b) SS

ロックフィルターおよびグラスプロッツの効果により15 mg/Lまで処理が可能である。

c) COD

排水基準値である30 mg/Lを順守することは、一般的な理論では不可能である。しかし、工場の排出基準の順守あるいは水質汚濁管理により付加的な効果を期待することも可能である。

d) 窒素およびリン

栄養塩類の除去はある程度までは可能と思われるが、定量的に把握することは困難である。

e) 重金属

重金属は分解処理のできない物質であり、安定化池に沈殿、蓄積されていくと考えられる。重金属はまた、安定化池の生物化学的反応を阻害するとも言われている。蓄積された重金属は汚泥処分地に新たな問題をもたらすことも考えられる。したがって、これを発生源において処理することが必要である。

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 $m^3$/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4-7　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、ｸﾞﾗｽ・ﾌﾟﾛｯﾄ |
| | 3,600 $m^3$/日 | 同　上 |
| タウン処理場 | 3,200 $m^3$/日 | （散水ろ床）通性池、仕上げ池、ﾛｯｸ・ﾌｨﾙﾀｰ、ｸﾞﾗｽ・ﾌﾟﾛｯﾄ |
| | 3,400 $m^3$/日 | 嫌気性池、通性池、仕上げ池、ﾛｯｸ・ﾌｨﾙﾀｰ、ｸﾞﾗｽ・ﾌﾟﾛｯﾄ |
| 計 | 16,200 $m^3$/日 | |

5)　安定化池の設計指針

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

6)　ロック・フィルターとグラス・プロッツの設計指針

ロック・フィルターおよびグラス・プロッツの設計は（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。

表4-8　ロックフィルター、グラスプロットの設計指針

| 施　設 | 単　位 | 負荷量 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ODA マニュアル | イリノイ州 基準 | Waste Water Engineering | 採用値 |
| 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 |

7) 汚泥乾燥床

修復・拡張後の両処理場の総汚泥発生量を予測した。

| 処理場／ライン | | 日当り発生量 | 年間発生量 |
|---|---|---|---|
| ンジョロ | 6,000 $m^3$/日 | | |
| | 3,600 $m^3$/日 | 20$m^3$/日 | 7,200 $m^3$/年（20 x 12ヶ月 x 30日） |
| タウン | 6,000 $m^3$/日 | | |
| | 3,600 $m^3$/日 | 14$m^3$/日 | 5,040 $m^3$/年（14 x 12ヶ月 x 30日） |

上記は生汚泥。生汚泥含水率90%、乾燥汚泥含水50%（F/Sより）とすると、(100-90)／(100-50)＝1/5で、生汚泥の1/5が乾燥汚泥で最終処分地への処分対象量となる。

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/$m^3$ |
| 水の単位重量 | : | 1,000 kg/$m^3$ |

（2） 雨水滞水池

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