

第3章 ナクル市（MCN）下水集水システム拡張計画に係る調査結果

3-1 無償資金協力の要請背景

ケニアの開発計画の青写真として「Kenya Vision 2030」が策定されている。「Kenya Vision 2030」は経済（economic）、社会（social）、政治（political）の3分野を柱として構成されている。水部門は社会分野の1つに含まれ、政府は、安全かつ安定した上水及び衛生サービスの供給を保障することを目的としている。具体的には、都市及び地方における衛生システムの整備、都市部においては下水道及び衛生サービスの向上などが含まれている。

要請事業の対象であるMCNでは、人口が1962年では3万8,000人、1989年では16万3,982人、1999年では23万1,262人と著しく増加している。このような状況のなか、2009年9月より水供給量がAfDBの支援により約2万5,000m³/日増加し、MCN全体での汚水発生量が増加することになった。この汚水発生量の増加に伴い、下水道が整備されていない地域（下水道普及率50%程度）からの雨水排水路や地表面の垂れ流しが増大することとなり、生活環境の悪化が懸念される状況となった。このような背景を下に、ケニアRVWSBより無償資金協力による下水道網の拡張等に関する事業が要請された。

3-2 要請概要

主な要請内容は、汚水管の敷設であり、詳細を表3-1に示す。汚水管敷設以外には、汚水管の維持管理に必要な機材（管渠の清掃やマンホール内の土砂の撤去用）や処理水の水質測定機材等の調達も要請されている。要請額は19億8,000万円（汚水管敷設費17億5,000万円、機材費5,000万円、設計・施工監理費1億8,000万円）であり、汚水管の敷設は要請額全体の9割程度である。下水道網の拡張地域を所得者層別に示すと図3-1のとおりであり、表3-2に所得者層別の汚水管埋設延長を示す。

表3-1 要請された汚水管の管径と延長

管 材	管径 (mm)	延長 (m)
コンクリート管	300	7,481
	375	8,240
	600	5,990
	小 計	21,711
uPVC 管	150	77,891
	200	55,349
	225	21,522
	250	7,000
	300	5,684
	小 計	167,446
合 計		189,157

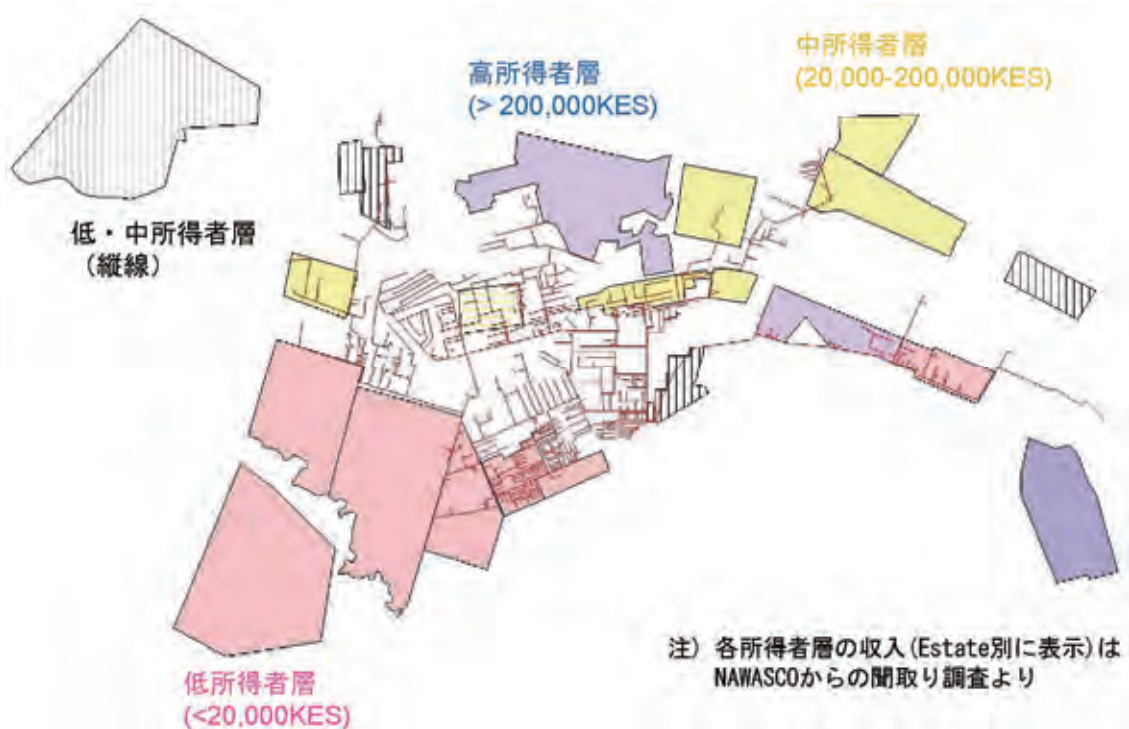


図 3 - 1 所得者層別污水管理設区域

表 3 - 2 所得者層別污水管理設延長

所得者層	延長 (m)	割合 (%)
低所得者層	47,540	25
低・中所得者層	54,194	29
中所得者層	48,527	26
中・高所得者層	2,026	1
高所得者層	36,870	19
計	189,157	100

3 - 3 ナクル市 (MCN) における汚濁物質/有害物質の発生状況

3 - 3 - 1 ナクル湖の水質の経年変化

ナクル湖の水質モニタリングの担当機関は、KWS である。水質分析は KWS から WQTL に委託され実施されている。湖の採水は図 3-2 に示すとおり、5カ所で行われている。2005~2010年までの水質分析結果を図 3-3 に、1973 年からの水質データを表 3-3 に示す。

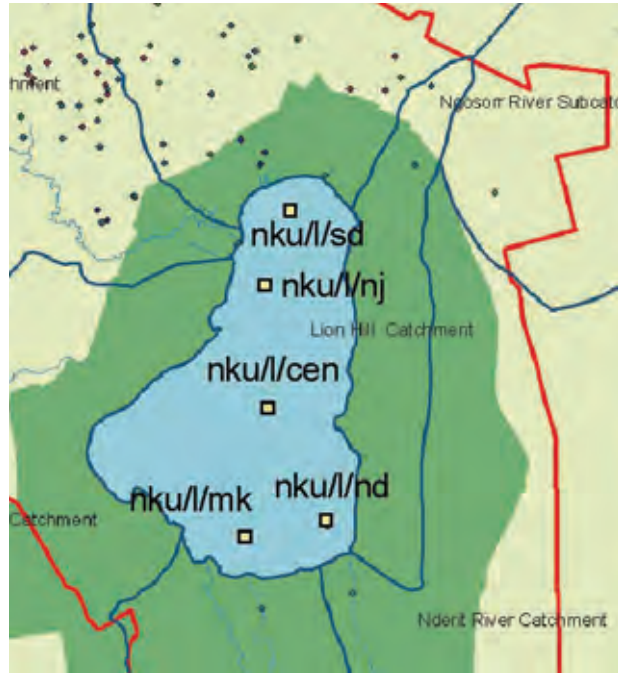


図 3 - 2 ナクル湖の採水箇所

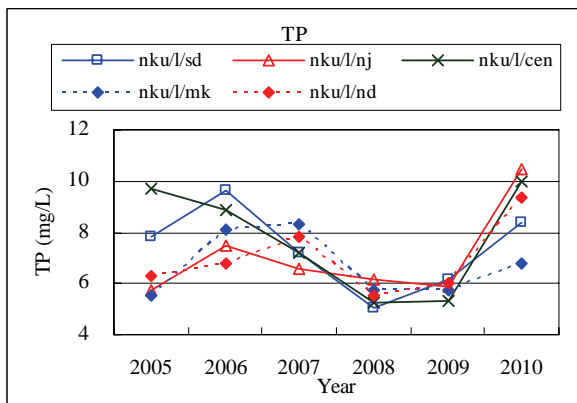
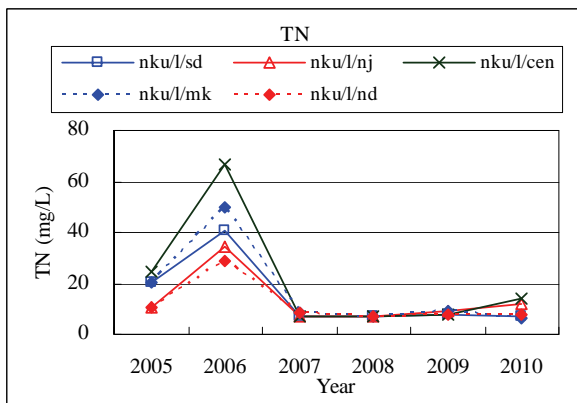
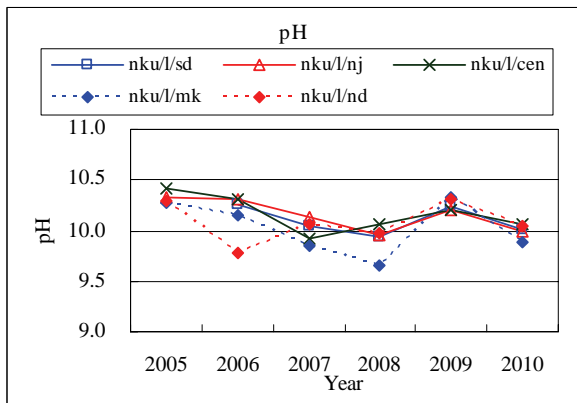
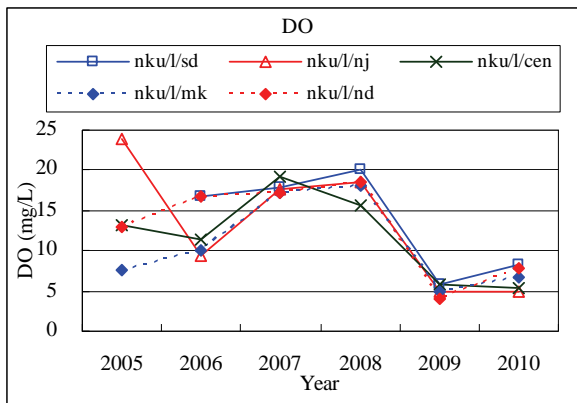


図 3 - 3 ナクル湖における水質経年変化

表 3-3 ナクル湖の水質（2005～2010 年）

年	DO (mg/L)	pH	TN (mg/L)	TP (mg/L)	COD (mg/L)	出典
1973	-	-	21.2	0.9	-	[1]
1976	-	-	11.4	0.9	-	[1]
1983	-	-	3.2	0.7	-	[1]
1999	-	-	7.3	1.3	100	[1]
2000	>18	10.5-10.7	14.8	2.1	734	[1]
2002 (降雨前)	-	10.3	-	-	1,122	[2]
2002 (降雨後)	-	10.4	-	-	-	[2]
2005	14.4	10.4	19.6	7.9	-	[3]
2006	12.4	10.2	43.9	8.1	-	[3]
2007	17.8	10.0	7.4	7.4	-	[3]
2008	18.2	9.9	7.0	5.6	-	[3]
2009	5.1	10.3	8.3	5.8	-	[3]
2010	6.2	10.0	10.3	9.3	-	[3]

出典：[1]ナクル上下水道整備に係る合同評価（JBIC/JICA 合同評価）

[2]大ナクル上下事業に係る援助効果促進調査 II

[3]WQTL 分析データ

図 3-3 よりナクル湖の水質は測定箇所によってあまり大きな違いはないことが分かる。また、表 3-3 に示されているデータからは、ナクル湖の水質が改善しているのか悪化しているのか判断することは難しい。この件に関して、2010 年 5 月 28 日に開催したセミナーでの意見交換も参考になるだろう。ナクル湖に環境基準を制定していないことに対して、ケニア側はどのように考えているかを質問した。ケニア側からは、ナクル湖の水位は変動が大きく、それに伴い水質も大きく変動するため、環境基準を設定しても大きな意味をもたないとの回答があった。いずれにしても、ナクル湖の水質が改善されているかを判断するためには、同じ条件下（湖の貯水量及び季節）で比較する必要がある。

3-3-2 水質規制

ナクル湖への環境基準は、前述のとおり存在していない。また、セミナーでの意見交換からは、今後直ぐに基準を制定することは計画されていない。一方、ナクル湖や公共下水道への放流基準に関しては、中央政府や MCN が基準を定めている（表 3-4 参照）。中央政府の基準と MCN の条例は必ずしも一致しているわけでもなく、また、MCN の条例の方が中央政府の基準より厳しくしている項目（ナクル湖への排水基準：BOD、Total Suspended Solids 等）、また、中央政府の基準の方が厳しい項目（ナクル湖への排水基準：Total Dissolved Solids、Phenol 等）がある。

表 3-4 水質基準 (1/2)

項目	単位	ナクル湖への排水基準			公共下水道への排水基準		
		ケニア政府 (1993年)	ケニア政府 Gazette Supplement No 68 (2006年) ^{注1)}	MCN 条例 (2006年)	MCN 公布 予定基準 (1994年 時点)	ケニア政府 Gazette Supplement No 68 (2006年)	MCN 条例 (2006年)
pH	-	7.0-9.0	6.5-8.5	7.0-9.0	6.5-8.0	6-9	-
Temperature	oC	25±2	-	25±2	<35	20-35	-
Temperature based on ambient temperature	oC	-	±3	-	-	-	-
Smell	-	-	-	-	-	Substances with an obnoxious smell shall not be discharged.	Not objectionable to the nose
BOD5 at 20 °C (filtered)	mg/L	10	-	-	-	-	-
BOD	mg/L	-	30	10	500	500	To be limited in certain cases
CODcr (filtered)	mg/L	30	-	30	-	-	-
COD	mg/L	-	50	-	1,000	1,000	-
Permanganate Consumption	mg/L	-	-	-	-	-	To be limited in certain cases
Total Suspended Solids	mg/L	15	30	15	600	-	450
Suspended Solids	mg/L	-	-	-	-	250	-
Total Dissolved Solids	mg/L	1,500	1,200	1,500	-	2,000	-
Settleable Solids	mg/L	-	-	-	-	-	1.0
Total Non-volatile Dissolved Solids	mg/L	-	-	-	3,000	-	3,000
Toxicity	-	-	-	-	non-toxic	-	non-toxic
Oil / Grease	mg/L	trace	nil	trace	-	5	-
Soaping Oils and Fats	mg/L	-	-	-	10	-	50
Total Kjeldahl Nitrogen	mg/L	-	-	-	nil	-	-
Ammonia Nitrogen	mg/L	-	-	-	20	20	-
Free Ammonia (NH ₃)	mg/L	1.0	-	1.0	10	-	-
Free and saline Ammonia as N	mg/L	-	-	-	-	4.0	-
Ammonium/Ammonia	mg/L	-	-	-	-	-	3
Ammonia, ammonium compounds, NO ³ compounds and NO ₂ compounds (sum total of ammonia-N times 4 plus nitrate-N and Nitrite-N)	mg/L	-	100	-	-	-	-

表 3-4 水質基準 (2/2)

項目	単位	ナクル湖への排水基準			公共下水道への排水基準		
		ケニア政府 (1993年)	ケニア政府 Gazette Supplement No 68 (2006 年) ^{注2)}	MCN 条例 (2006年)	MCN 公布 予定基準 (1994年 時点)	ケニア政府 Gazette Supplement No 68 (2006 年)	MCN 条例 (2006年)
Nitrogen as Nitrate	mg/L	5.0	-	5.0	-	-	-
Nitrate	mg/L	-	-	-	-	20	-
Nitrite	mg/L	-	-	-	0.5	-	2
Total Phosphorous	mg/L	5.0	-	5.0	30	-	-
Phosphate (PO ₄ ⁻)	mg/L	-	-	-	-	30	2
Sulphides	mg/L	0.5	0.1	0.5	2	2	-
Sulphates	mg/L	500	-	500	1,000	-	-
Sulphate (SO ₃)	mg/L	-	-	-	-	-	100
Sulphate (SO ₄)	mg/L	-	-	-	-	-	5
Sulphur (S)	mg/L	-	-	-	-	-	1
Chloride	mg Cl/L	1,000	-	-	-	-	-
Chloride	mg C/L	-	-	1,000	-	-	-
Chloride	mg/L	-	250	-	1,000	-	1
Cyanide (CN ⁻)	mg/L	-	-	-	0.2	-	-
Cynide (CN) total	mg/L	-	-	-	1	2	20
Hydrocarbon	mg/L	-	-	-	20	-	20
Detergent	mg/L	-	nil	-	15	15	-
Detergent/phenols (total at treatment works)	mg/L	-	-	-	-	-	30
Phenols	mg/L	2.0	0.001	2.0	10	10	-
Pesticides	mg/L	0.05	-	0.05	nil	-	-
Arsenic (As)	mg/L	-	0.02	-	0.02	0.02	1
Barium (Ba)	mg/L	-	-	-	0.5	-	10
Cadmium (Cd)	mg/L	-	0.01	-	0.01	0.5	0.5
Hexavalent Chromium (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
Hexavalent Chromium VI compound	mg/L	-	0.5	-	-	-	-
Total Chromium	mg/L	0.1	2	0.1	3	2.0	2
Cobalt (Co)	mg/L	-	-	-	0.05	-	0.5
Copper (Cu)	mg/L	0.05	1.0	0.05	0.5	1.0	0.5
Mercury (Hg)	mg/L	-	-	-	0.01	0.05	50
Alkyl Mercury compounds	mg/L	-	not ditectable	-	-	not ditectable	-
Total Mercury	mg/L	-	0.005	-	-	-	-
Nickel (Ni)	mg/L	-	-	-	0.5	3.0	20
Lead (Pb)	mg/L	-	0.01	-	2	1.0	30
Selenium (Se)	mg/L	-	0.01	-	0.5	0.2	5
Silver (Ag)	mg/L	-	-	-	0.02	-	2
Tin (Sn)	mg/L	-	-	-	0.5	-	50
Zinc (Zn)	mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	5.0	30
Other metals in combination (except iron)	mg/L	1.0	-	1.0	-	-	-
Total Non Ferrous Metals	mg/L	-	-	-	0.5	-	10
Total Soluble Nonferrous Metals	mg/L	-	-	-	30	-	-
上記以外の水質基 準項目数	-	-	39 項目 ^{注2)}	-	-	7 項目 ^{注3)}	-
出典		[1]	[2]	[3]	[1]	[2]	[3]

注 1) 公共用水域への放流基準

注 2) 1,1,1-trichloroethane; 1,1,2-trichloroethane; 1,1-dichloroethane; 1,2-dichloropropene; 1,3-dichloropropene; Arsenic and its compounds; Benzene; Boron; Boron and its compounds - non marine; Boron and its compounds - marine; Cadmium and its compounds; Carbon tetrachloride; Chlorine free residue; cis-1,2-dichloro ethylene; Dichloromethane; Dissolved iron; Dissolved Manganese; E. Coli; Fluoride; Fluoride and its compounds (marine and non-marine); Lead and its compounds; n-Hexane extract (animal and vegetable fats); n-Hexane extract (mineral oil); Organo-Phosphorus compounds (parathion, methyl parathion, methyl demeton and Ethyl demeton and Ethyl paranthrophenyl phenylphosphorothioate, EPN only); Polychlorinated biphenyls; pH (marine); Selenium and its compounds; Simazine; Tetrachloroethylene; Thiobencarb; Thiram; Total coliform; Total Cyanogen; Total Nickel; Colour in Hazen Units; Trichloroethylene; Whole effluent toxicity; Total Phosphorus; Total Nitrogen

注 3) Oil and grease - where conventional treatment shall be used; colour; Calcium carbide; Chloroform; Inflammable solvents; Radioactive residues; Degreasing solvents of mono-di-trichloroethylene type

出典: [1] MCN 下水道施設修復・拡張計画調査

[2] NEMA のウェブサイト (http://www.nema.go.ke/images/stories/pdfs/water_quality_regulations.pdf)

[3] MCN by-low

3-3-3 汚濁負荷

Old Town 下水処理場と Njoro 下水処理場への主な汚濁源は、家庭污水や工場排水である。他方、ナクル湖への汚濁負荷量に関して「NEMP」で汚濁源別にその割合を試算した。その結果、点源負荷である家庭污水を 42%、工場排水を 1%、畜産排水を 5%、面源負荷である市街地を 7%、農地・森林・牧草地・国立公園を 45%と試算した。ここでは、家庭排水、工場排水、農地・森林・牧草地・国立公園の 3つの汚濁源に関して言及する。

(1) 家庭排水

MCN の人口は、23 万 1,262 人 (1999 年) であり、NAWASSCO が上水道を供給する家屋数は 2 万 1,937 戸 (2010 年 4 月) である。そのうち、1 万 973 戸 (2010 年 4 月) が下水道へ接続している。原単位や人口データがないため、現在のデータからは、家庭排水の負荷量を算出することは困難である。ナクル湖への汚濁負荷量に関して、「NEMP」では、家庭排水からの負荷を 1,900t/年程度 (2008 年時点) と試算した。これはナクル湖への汚濁負荷量の約 42%である。

(2) 工場排水

工場排水のモニタリングは、MCN においては PCS が行っている。ただし、水質分析は WQTL に委託している。他方、ナクル市外では WRMA が工場排水の監視を行うことになっている。PCS によって 2005~2010 年の間に水質検査が実施された工場は 17 社である。業種、業種別企業数、水質検査の結果を表 3-5 に示す。水質検査の実施回数は、生花と木材加工以外の業種において多い。MCN の条例では、公共下水道への TSS の排水基準が 450mg/L (表 3-4 参照) と設定されており、化学、食用油、食品、なめし皮工場からの排

水が基準を超えていることが分かる。また、2006年に制定されたMCNの条例では、BODに関しては、“To be limited in certain case”と記載されているだけであり、CODは基準項目に含まれていない。PCSは、立入調査を1カ月当たり平均5件行っていると回答している。ただし、工場排水の分析結果を見る限り、毎月5カ所の分析結果が記載されているわけではないため、必ずしも立入調査時にサンプリングが実施されているとは限らないことと考えられる。また、MCNの条例では排水基準に違反した工場に対して、5万KES以下の罰金または、4カ月以内の懲役、または罰金と懲役を科すこととなっている。しかし、PCSによると、現在までにこのような罰則を適用された例は非常に少ない。

表3-5 水質モニタリング実施業種及び企業数（2005～2010年）

業 種	データ	平均 (mg/L)	最小値 (mg/L)	最大値 (mg/L)	データ数
化 学 (2) *	TSS	1,460	13	18,700	34
	BOD total	589	29	1,600	30
	COD total	3,234	192	32,000	29
食用油 (5)	TSS	2,348	18	44,400	74
	BOD total	850	36	2,600	69
	COD total	5,131	130	48,000	69
生 花 (1)	TSS	35	6	64	2
	BOD total	66	53	80	2
	COD total	145	130	160	2
食 品 (4)	TSS	1,186	60	15,950	102
	BOD total	902	21	3,995	97
	COD total	4,730	240	38,000	95
なめし皮 (1)	TSS	3,620	129	24,500	31
	BOD total	1,806	810	2,500	28
	COD total	10,893	25	38,000	29
織 物 (3)	TSS	249	1	1,670	91
	BOD total	353	1	850	82
	COD total	891	1	3,320	80
木材加工 (1)	TSS	3,235	520	11,300	4
	BOD total	860	214	1,520	4
	COD total	8,853	3,840	17,600	3

注) *: 会社数

出典: WQTL

(3) 面源負荷（農地、森林、牧草地、国立公園など）

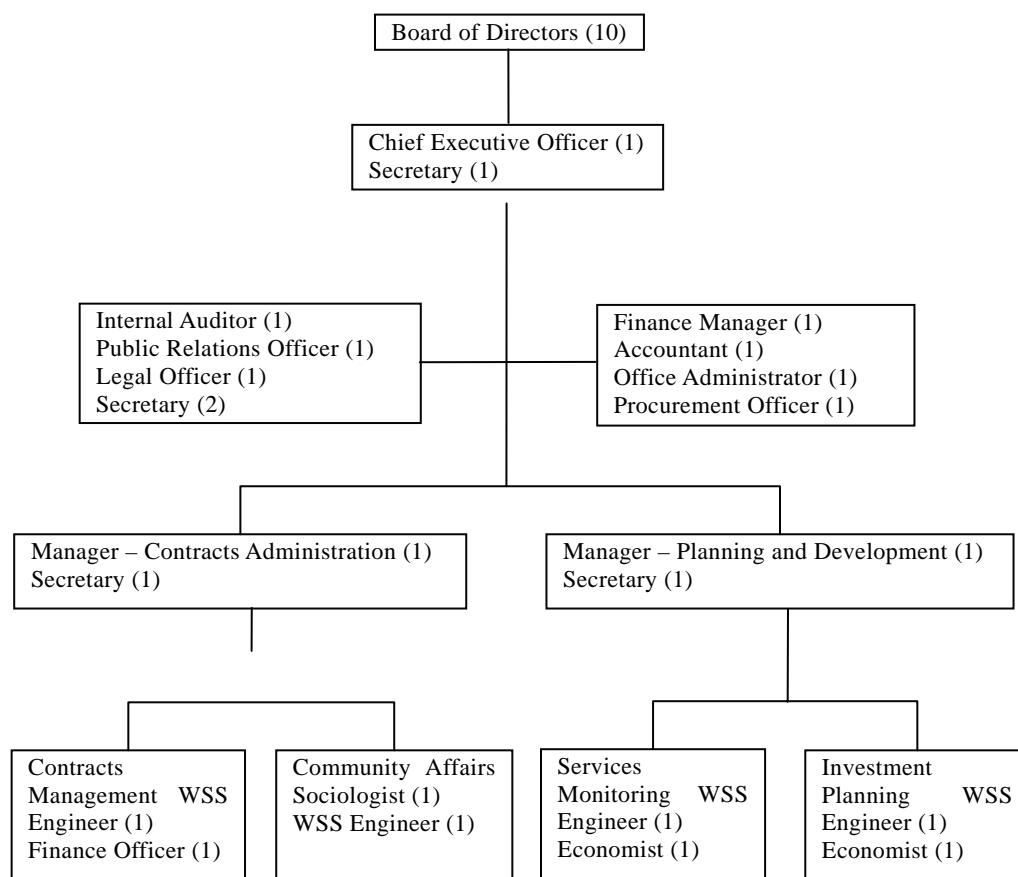
NAWASSCOでの聞き取り調査では、この2つの下水処理場への主な汚濁源は、家庭汚水と工場排水である旨、回答を得ている。処理場への面源負荷は非常に小さいものとして

考えられている。他方、「NEMP」では、ナクル湖への汚濁負荷量に関して、農地、森林、牧草地などの面源負荷が 2,100t/年と試算した。これは、ナクル湖集水域の汚濁負荷量の 45%程度である。

3-4 下水道事業の執行体制

3-4-1 リフトレバー水道サービス委員会 (RVWSB)

RVWSB は、下水道事業において計画、設計、施工に関する承認及び作業監理を行う。RVWSB の組織図を図 3-4 に示す。



() : 職員数

WSS : Water Supply and Sanitation

出典 : RVWSB

図 3-4 RVWSB 組織図

3-4-2 ナクル市 (MCN)

下水道事業に関連した分野における MCN の役割は下記のとおりである。

(1) 雨水排水路の新規建設及び維持管理

担当部署は Town Engineering Department (職員数 200 人程度) である。現在、雨水排水路の延長は、コンクリートや石でライニングされた雨水排水路が 100km 程度、巢掘りの雨水排水路が 150km 程度である。MCN 全域をカバーするためには更に 150km の雨水排水路

の延長が必要であり、将来的には市全域を整備したい意向をもっている。維持管理に関しては後述する「3-6-2 雨水排水路」を参照されたい。

(2) 工場排水の監視

前述の「3-3-3 汚濁負荷」を参照されたい。

(3) 污水管への接続指示

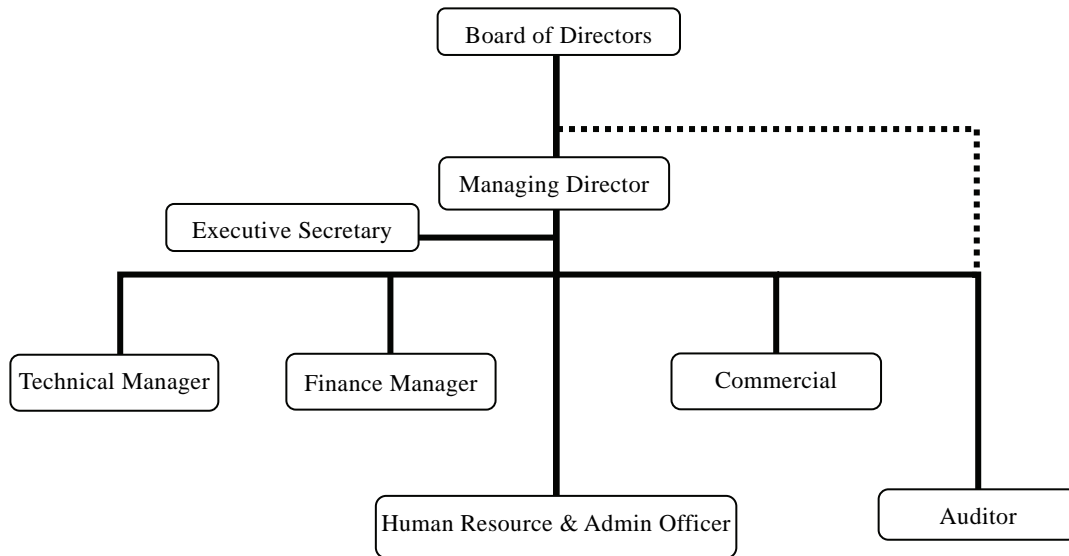
家屋が新築される場合、MCN へ申請し許可を得る必要がある。許可を得るためには、衛生施設を含む幾つかの分野において設定された規定に従う必要がある。衛生分野の承認業務は、Public Health Department が担当している。Public Health Department には職員が 120 人在籍しており、そのうち、12 人が衛生関連の業務に従事している。衛生分野では、污水管への接続規定を設定している。具体的には、既存污水管が家屋のトイレから 61m 以内の場合、その家屋は污水管に接続しなければならないことである。もし、規定に従わない場合は、新築申請は承認されないという。

ナクル市では 1950～1960 年代にかけて多くの污水管が埋設され、近くに污水管が埋設された家屋は既に污水管に接続しているという。その後、污水管の埋設はほとんど実施されていないため、これまで污水管が新設され新たに接続義務が発生する家屋はほとんどなかった状況であった。仮に、住宅地に新設管が埋設された場合、既存家屋に対して污水管への接続義務が発生することとなる。その場合、接続義務が発生した家屋の所有者に対して、Public Health Department が接続期限を記載した通知書を郵送し、接続を促すこととなる。それに従わない場合は、1 日当たり 1,500KES の罰金を課すこととなっている。NAWASSCO では、大規模な下水道整備が実施された場合、通知書だけでは不十分と考えテレビや新聞などで污水管への接続義務や罰則に関して広報する等、何らかの対策を検討する必要があると回答している。なお、RVWSB 及び NAWASSCO での聞き取り調査より、現在、ケニア政府において污水管への接続を推進するための補助金等は存在しないとのことである。

3-4-3 ナクル上下水道会社 (NAWASSCO)

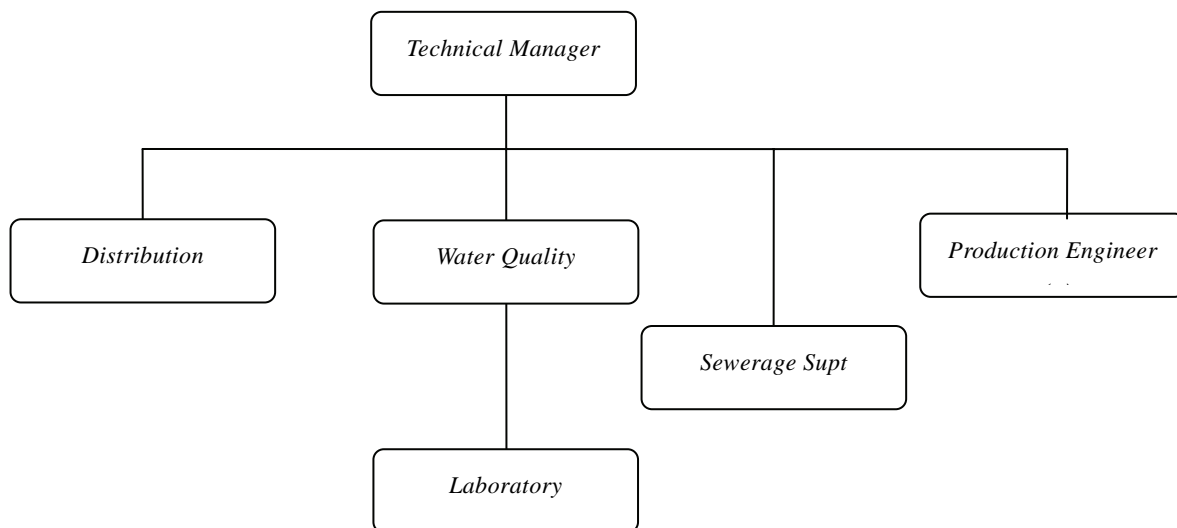
(1) 組織概要

NAWASSCO は、下水道事業における維持運営管理を担当する。NAWASSCO の組織図を図 3-5 に示す。下水道処理場や管渠の維持管理の技術部門は、Technical Manager を長とした組織となっている (図 3-6 参照)。下水道施設の維持管理に関しては後述する「3-6 既存下水道施設の維持管理の概況」を参照されたい。



出典：NAWASSCO

図 3 - 5 NAWASSCO 全体の組織図



()：職員数

出典：NAWASSCO

図 3 - 6 NAWASSCO 技術部門の組織図

(2) 財務状況

2005～2009年までの財務状況を表3-6に示す。2005～2009年までの間、毎年営業利益をあげている。しかし、経常利益において2005年のみマイナスである。このような状況となった原因として、他の年より売上げが少ないこと、また、減損損益引当金が大きかったことなどが挙げられる。

表 3 - 6 NAWASSCO の財務状況

(単位：100 万 KES)

年	売上	支出	営業利益	管理費	減損損益 引当金	経常利益
2005	225	(93)	131	(136)	(58)	(62)
2006	301	(91)	211	(160)	(30)	20
2007	327	(76)	252	(186)	(53)	12
2008	297	(71)	226	(178)	(30)	17
2009	268	(43)	225	(124)	(41)	59

注) 2009 年は 1~6 月の上半期のデータ

出典：NAWASSCO

NAWASSCO の収入源となる水道料金の体系表を表 3-7 に示す。顧客層によって料金体系があるが、現在の料金は、学校以外、同じ単価が用いられている。また、料金は、水使用量が大きくなるにつれて単価も大きくなるように設定されている。NAWASSCO は水道料金に加え、水道メーター使用料も徴収している。水道メーターと接続する水道管の管径が大きくなるほど、料金が大きくなる設定である(表 3-8 参照)。下水道料金は、表 3-9 に示すように水道料金に対して一般家庭、政府機関、学校では 75%または商業・工業では 100%と設定されている。なお、水道料金は、RVWSB が決定するものであり、市の裁量で料金体系を変えることはできない。

表 3 - 7 水道料金表

顧客	水使用量 (m ³)	料金 (KES/m ³)
一般家庭、商業・工業、政府機関	0~6	33.00
	7~20	50.00
	21~50	65.00
	51~100	80.00
	100~300	100.00
	≥ 300	130.00
学 校	使用量別料金の設定なし	40.00

出典：NAWASSCO

表 3 - 8 水道メーター使用料金表

管 径	料金 (KES/月)
>1inches	50.00
1~2inches	250.00
3inches	450.00
4inches	800.00

出典：NAWASSCO

表 3-9 下水道料金表

顧 客	料 金
一般家庭、政府機関、学校	水道使用料に対して 75%
商業・工業	水道使用料に対して 100%

出典：NAWASSCO

3-5 既存下水処理場の機能診断・問題点の把握

3-5-1 設計諸元

Old Town 下水処理場及び Njoro 下水処理場の計画諸元は次のように設定されている。

1) 処理方式

Old Town 下水処理場： 散水ろ床＋安定化池法

Njoro 下水処理場： 安定化池法

2) 計画汚水量：1万 6,200m³/d

Old Town 下水処理場： 6,600m³/日

Njoro 下水処理場： 9,600m³/日

3) 流入及び処理水質：表 3-10 参照（Old Town 及び Njoro 下水処理場は同じ設定）

表 3-10 流入下水及び処理水質

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

出典：MCN 下水道施設修復・拡張計画調査

3-5-2 各施設の配置図

Old Town 下水処理場の配置図を図 3-7 に示す。図の右側が 3,200m³/日のラインで左側が 3,400m³/日のラインである。Njoro 下水処理場の配置図を図 3-8 に示す。上側が 3,600m³/日のラインで下側が 6,000m³/日のラインである。

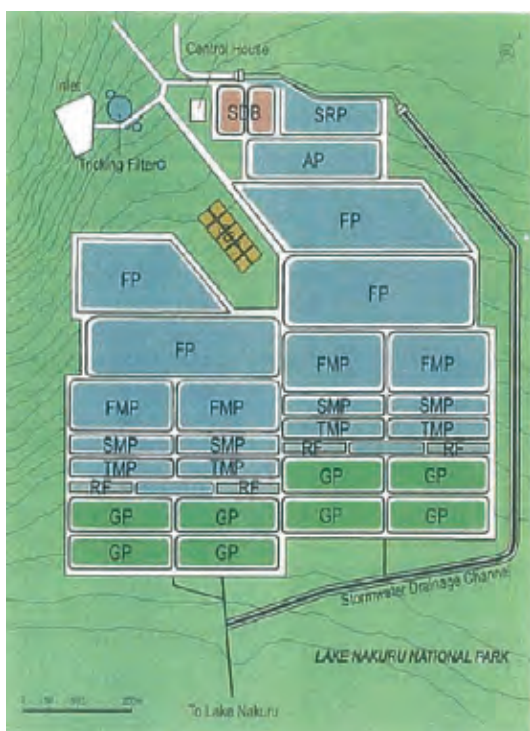


図 3-7 Old Town 下水処理場の配置図



図 3-8 Njoro 下水処理場の配置図

3-5-3 機能診断

(1) 流入汚水量

Old Town 下水処理場への流入量は、3,000~5,500m³/日程度、Njoro 下水処理場への流入量は、2,500~8,000m³/日程度である。下水処理場が拡張され、1997 年以降の 2 つの下水処理場への許容流入量は 1 万 6,200m³/日となったが、実際の流入量は、5,500~1 万 2,000m³/日程度である（表 3-11 参照）。

表 3-11 Old Town 下水処理場及び Njoro 下水処理場への流入量

年	Old Town		Njoro		合計		出典
	流入量 (m ³ /日)	許容流入量 (m ³ /日)	流入量 (m ³ /日)	許容流入量 (m ³ /日)	流入量 (m ³ /日)	許容流入量 (m ³ /日)	
1988	2,996	3,400	4,534	3,600	7,530	7,000	[1]
1989	2,919		6,303		9,222		[1]
1990	3,265		6,045		9,311		[1]
1991	3,517		5,948		9,465		[1]
1992	4,174		5,292		9,466		[1]
1993*	4,836		5,064		9,900		[1]
1994	4,400		5,500		9,900		[2]
1995	3,900		6,600		6,600		10,500

1996	5,300		4,600		9,900		[2]
1997	4,300		6,900	9,600	11,200	16,200	[2]
1998	4,400		7,800		12,200		[2]
1999	3,800		7,300		11,100		[2]
2008	2,850		2,667		5,517		[3]
2009	2,758		3,431		6,189		[3]
2010**	2,826		3,811		6,637		[3]

注) * : 1993 年は 1~2 月の平均、** : 2010 年は 1~4 月までの平均

出典 : [1]Nakuru Sewage Works Rehabilitation and Expansion Project (Feasibility Study)

[2]ナクル上下水道整備に係る合同評価 (JBIC/JICA 合同評価)

[3]NAWASSCO

なぜ下水処理場への流入量が増加していないかに関して、1) 設計時において過大な流入量を試算していたのではないか、2) 過去の処理場への流入量のデータの信頼性、3) 現在の下水処理場への流入量データの信頼性、4) 不十分な水道供給量、等の項目から検討した。

<過大設計の可能性>

まず、計画段階の設計概念に問題があったかに関して検証した。Nakuru Sewage Works Rehabilitation and Expansion Project (Feasibility Study : FS) では、1988~1993 年の水道生産量と下水処理場への流入量から、将来の水道生産量と下水処理場への流入量を試算した。その際の前提条件として既存の下水道整備区域の拡張はないこと、また、下水道区域内での汚水管への接続率が 85% (9,580 戸) から 92% (1 万 298 戸) に増加することとしていた。設計概念及び試算方法は適切なものであると判断できる。

<過去の処理場への流入量データ>

2000 年から 2 年間、ケニアに派遣されていた馬淵専門家 (下水道計画) によると、下水処理場での流入水路に 10cm 程度の土砂が堆積していることを指摘している (図 3-9 参照)。これは、流入水の断面積の 4 割程度であった。馬淵専門家は当時下水処理場を管理していた MCN に対して土砂を取り除いて流量を測定するようにと指導している。

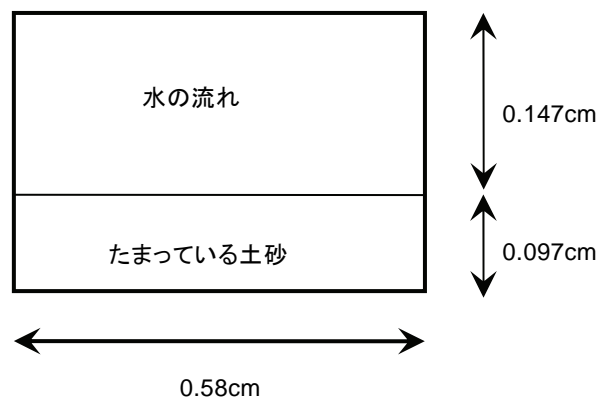


図 3 - 9 流入水路の断面

表 3-12 下水処理場への流入量

年	Old Town (m ³ /日)	Njoro (m ³ /日)	合計 (m ³ /日)	出典
設計当時の計画水量	6,600	9,600	16,200	
1988～1992	3,374	5,624	8,999	[1]
1994	4,400	5,500	9,900	[2]
1995	3,900	6,600	10,500	[2]
1996	5,300	4,600	9,900	[2]
1997	4,300	6,900	11,200	[2]
1998	4,400	7,800	12,200	[2]
1999	3,800	7,300	11,100	[2]
2008	2,850	2,667	5,517	[3]
2009	2,758	3,431	6,189	[3]
2010	2,826	3,811	6,637	[3]

出典： [1]Nakuru Sewage Works Rehabilitation and Expansion Project (Feasibility Study)

[2]ナクル上下水道整備に係る合同評価 (JBIC/JICA 合同評価)

[3]NAWASSCO の内部データ

表 3-12 に 1988 年からの下水処理場への流入量を示す。1988～1999 年の平均は 10,500m³/日、2008～2010 年の平均は 6,100m³/日である。約 4 割減少したことになる。これは、馬淵専門家が指摘した土砂を取り除いた水量とほぼ同等になり、下水処理場への流入量は、変化していないことが推察される。

<現在の下水処理場への流入量の妥当性の検証>

表 3-13 は水道契約戸数、下水道接続戸数、水道請求量から 1 契約当たりの水道請求量、下水道接続世帯からの水道請求量を算出した。この水道請求量と Old Town 及び Njoro 下水処理場への流入量を比較すると汚水発生率が平均 83%となる。管渠内での漏水、散水、人体からの発汗等を考えると感覚的にはあるが、比較的妥当な汚水発生率ではないかと思われる。そうすると、2008～2010 年の下水処理場への流入量は比較的適切な量であると考えられる。

表 3-13 汚水発生率

年 月	水道契約 戸数	下水道接続 戸数	水道 請求量 (m ³ /d)	1 契約当り 水道請求量 (m ³ /unit/d)	下水道接続世帯 への水道請求量 (m ³ /d)	Njoro+Old Town 下水流入量	汚水 発生率 (%)
	a	b	c	d=c/a	e=b×d	f	g=f/e
Jan 2008	19,391	9,083	13,648	0.704	6,393	6,130	96
Feb 2008	19,428	9,127	14,374	0.740	6,753	7,459	110
Mar 2008	19,494	9,993	12,852	0.659	6,588	6,717	102
Apr 2008	19,648	10,010	13,355	0.680	6,804	4,130	61
May 2008	19,816	10,066	13,545	0.684	6,881	3,837	56
Jun 2008	19,935	10,090	13,628	0.684	6,898	4,208	61
Jul 2008	20,118	10,175	13,125	0.652	6,638	6,234	94
Aug 2008	20,226	10,284	14,704	0.727	7,476	4,815	64
Sep 2008	20,365	10,362	14,439	0.709	7,347	5,049	69
Oct 2008	20,538	10,471	14,459	0.704	7,372	5,980	81
Nov 2008	20,625	10,519	15,666	0.760	7,990	6,024	75
Dec 2008	20,792	10,709	13,343	0.642	6,872	5,621	82
Jan 2009	20,901	9,828	16,227	0.776	7,630	-	-
Feb 2009	21,113	9,925	16,479	0.781	7,747	6,020	78
Mar 2009	21,262	9,993	14,863	0.699	6,985	6,192	89
Apr 2009	21,316	10,010	16,189	0.759	7,602	7,118	94
May 2009	21,418	10,066	14,917	0.696	7,011	7,931	113
Jun 2009	21,469	10,090	15,099	0.703	7,096	6,833	96
Jul 2009	21,629	10,175	14,372	0.664	6,761	6,496	96
Aug 2009	21,828	10,284	16,249	0.744	7,656	7,229	94
Sep 2009	22,023	10,362	14,926	0.678	7,023	5,484	78
Oct 2009	22,222	10,471	14,747	0.664	6,949	5,227	75
Nov 2009	22,309	10,519	16,795	0.753	7,919	4,649	59
Dec 2009	22,586	10,709	16,070	0.711	7,619	5,406	71
Jan 2010	22,709	10,763	16,610	0.731	7,872	6,385	81
Feb 2010	22,769	10,787	17,051	0.749	8,078	6,751	84
Mar 2010	22,857	10,845	14,984	0.656	7,109	6,648	94
Apr 2010	22,999	10,920	16,922	0.736	8,035	6,764	84
平 均				0.709	7,254	5,762	83

<不十分な水道供給量>

取水許容量と平均取水量を表 3-14 に示す。わが国が支援した大ナクル上水事業により 1993/1994 年に取水量が増加、また、AfDB 支援により 2009 年より取水量が増加した。取水許容量と平均取水量から稼働率を算出すると、40～80%程度である。NAWASSCO によると、フル稼働していない主な理由は、少雨により取水できる水量が少ないこと、ポンプが修理中であることなどである。

1) で記述したように設計時において接続世帯数は7%程度(9,580~1万298戸)の増加で、大きな増加を見込んでいない。下水処理場への流入量の増加は、水供給量が増大することに伴い、污水管へ接続している世帯の水使用量も増大することを想定したものであった。しかし、下水処理場への流入量は増大していない。その理由を考えると、取水量は増大したが、その多くは污水管に接続していない世帯へ供給されているのではないかと推察できる。いずれにしても、下水処理場への流入量が増えていないことは、污水管に接続している世帯へ計画水量分が供給されていないことが大きな理由ではないかと考えられる。

表3-14 取水許容量及び平均取水量

年	取水許容量 (m ³ /日)	平均取水量 (m ³ /日)	稼働率 (%)	出典
1988	32,829	22,408	68	[1]
1989	32,829	24,630	75	[1]
1990	32,829	24,499	75	[1]
1991	32,829	25,480	78	[1]
1992	32,829	21,236	65	[1]
1993**	32,829	21,216	65	[1]
1993/4	46,129	29,705	64	[2]
1994/5	46,129	30,137	65	[2]
1995/6	46,129	31,568	68	[2]
1996/7	46,129	33,731	73	[2]
1997/8	46,129	30,341	66	[2]
1998/9	46,129	32,557	71	[2]
1999/2000	46,129	33,467	73	[2]
2008	44,032	26,983	61	[3]
2009	44,032/74,660	30,275	69/41	[3]
2010***	74,660	36,971	50	[3]

注) *: データなし、**: 1993年は1~2月までの平均、***: 2010年は1~4月までの平均

出典: [1] Nakuru Sewage Works Rehabilitation and Expansion Project (Feasibility Study)

[2] MCN 下水道修復拡張計画 F/U 調査

[3] NAWASSCO

(2) 流入及び処理水質

Old Town 下水処理場における流入水及び放流水の水質を表3-15に示す。NAWASSCOでの聞き取り調査では、Old Town 下水処理場へ流入している污水は、主に家庭雑排水である旨、回答を得ている。TSS、BOD、CODの除去率は9割程度である。しかし、ナクル湖への放流基準を平均値で満たすことはできない。放流基準を満たしているデータはわずか(TSS: 17データ、BOD: 6データ、COD: 1データ)である。そのため、常時、放流基準を超えた水質がナクル湖へ放流されていると思われる。

表 3-15 Old Town 下水処理場における処理状況（2005～2010 年）

測定箇所	項目	pH	TSS	BOD	COD
流入水	平均値	7.1	728mg/L	727mg/L	1,715mg/L
	最小値	6.1	33mg/L	310mg/L	560mg/L
	最大値	8.5	3,710mg/L	1,400mg/L	3,520mg/L
	データ数	122	122	117	117
放流水	平均値	7.8	80mg/L	65mg/L	214mg/L
	最小値	6.3	2mg/L	5mg/L	28mg/L
	最大値	9.6	625mg/L	410mg/L	640mg/L
	データ数	148	148	145	144
除去率		-	89%	91%	88%
放流基準（MCN 条例）		7.0-9.0	15mg/L	10mg/L	30mg/L
放流基準を満たした放流水質のデータ数		135	17	6	1

出典：NAWASSCO

Njoro 下水処理場における流入水、通性池、放流水の水質を表 3-16 に示す。NAWASSCO での聞き取り調査では、Njoro 下水処理場へ流入している汚水は、主に家庭雑排水と工場排水である旨、回答を得ている。Njoro 下水処理場では、2005～2010 年の間に放流水質の分析データは、わずか 3 つしかない。そのいずれも TSS、BOD、COD の放流基準を満たしていない。処理効率の評価として、通性池までの除去率を算出した。TSS、BOD、COD の除去率は 8～9 割程度であり、活性汚泥法と同等またはそれに近い除去率であることが分かる。

表 3-16 Njoro 下水処理場における処理状況（2005～2010 年）

測定箇所	項目	pH	TSS	BOD	COD
流入水	平均値	8.0	1,404mg/L	1,108mg/L	2,793mg/L
	最小値	6.5	500mg/L	500mg/L	320mg/L
	最大値	10.0	11,700mg/L	4,480mg/L	8,640mg/L
	データ数	130	130	125	124
通性池	平均値	7.8	474mg/L	254mg/L	635mg/L
	最小値	6.8	61mg/L	42mg/L	124mg/L
	最大値	8.5	907mg/L	550mg/L	1,360mg/L
	データ数	55	54	54	54
放流水	平均値	8.1	269mg/L	112mg/L	464mg/L
	最小値	8.0	106mg/L	90mg/L	192mg/L
	最大値	8.3	560mg/L	133mg/L	640mg/L
	データ数	3	3	2	3
除去率		-	81%	90%	83%
放流基準（MCN 条例）		7.0-9.0	15mg/L	10mg/L	30mg/L
放流基準を満たした放流水質のデータ数		3	0	0	0

注) 除去率は通性池と流入水の平均値を用いて算出

出典：NAWASSCO

放流水質データが3つしかない理由は、通性池までに汚水が地下浸透及び蒸発散しており、放流水がないためである。これに関して、2000年3月から2年間下水道計画の専門家として派遣されていた馬淵氏は流入量、ポンド底面からの地下浸透、ポンド水面からの蒸発散を解析し、汚水の漏出の可能性を検討した。解析は実際に、汚水を各池に流入させ、損失を計算した。その結果、各ポンドの面積に比例した蒸発量と浸透量で水収支が説明できることが分かり、底面におけるクラックなどによる大きな損失はないと判断した。そのため、放流水が生じない理由は、流入汚水量が設計流入量に比べ極めて小さいことであると指摘している。

また、Njoro 下水処理場の通性池では、汚水が写真3-1のように赤褐色になっている。このように変色している理由として、下水処理場の管理者は、工場排水のなかに含まれるなめし皮工場の排水の影響であること、また、WQTLは、藻類の異常繁殖であることを指摘している。要請事業を実施した場合、下水処理場への流入量が増加し、ナクル湖へ汚水が流出することになる。そのため、工場排水管理の強化が非常に重要となる。

下水処理場からナクル湖への放流基準は2006年のMCN条令(表3-4参照)で定められている。この放流基準では、BODを10mg/Lなど、非常に厳しく設定されている。この現状を担当部局であるPCSでも認識している。PCSは、この基準を修正する必要性を認識しつつも、修正するためには、非常に多くの時間を要する旨、回答している。

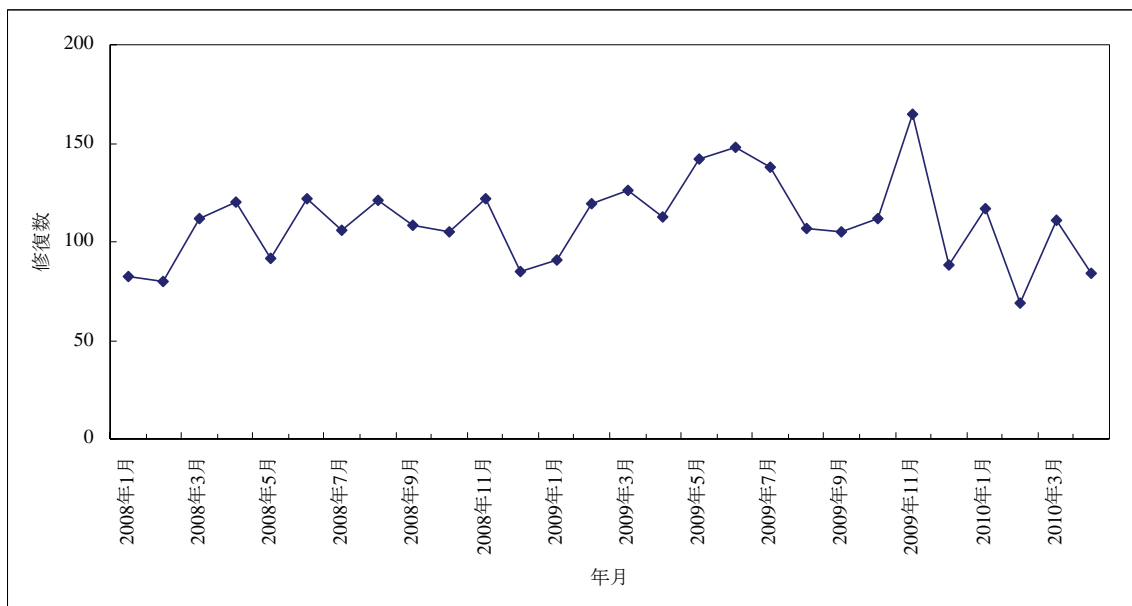


写真3-1 Njoro 下水処理場の通性池の汚水

3-6 既存下水道施設(管渠、下水処理場、ポンプ場等)の維持管理の概況

3-6-1 汚水管

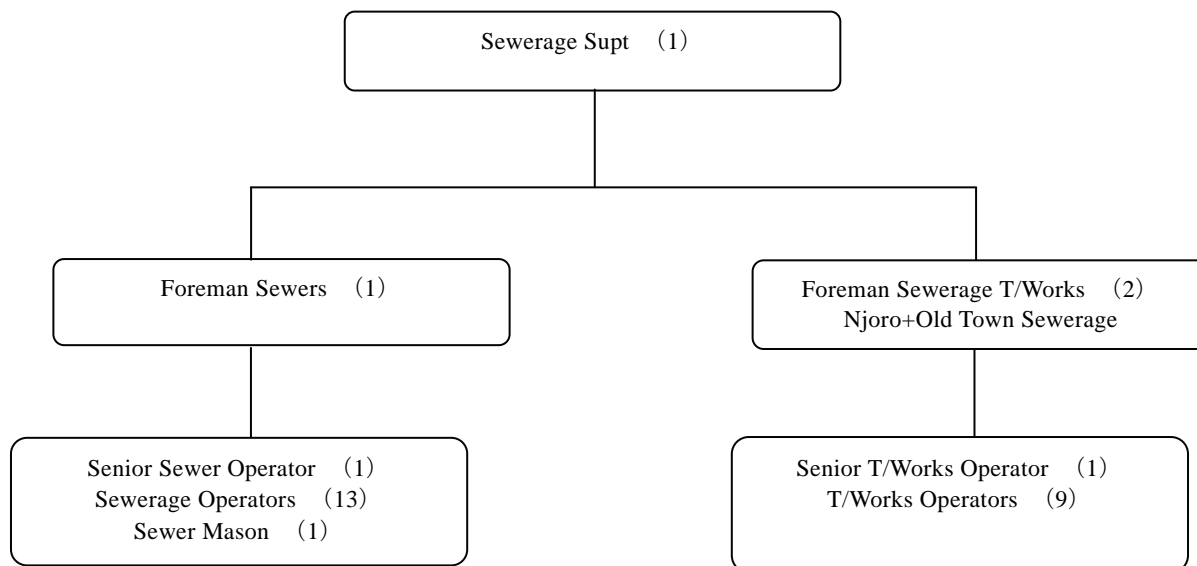
汚水管の維持管理はNAWASSCOが実施している。図3-11に示す左側のグループ(職員数:16名)が汚水管の維持管理を行う組織である。汚水管は、管渠の崩壊や土砂の堆積等に起因して月平均110件程度(2008年1月~2010年4月)の補修を行っている(図3-10参照)。



出典：NAWASSCO

図3-10 月別汚水管の修復数

汚水管の修復は、住民からの通報及び職員の報告があつてから、18時間以内に回復することをポリシーとして対応している。その際、用いている機材は、日本の無償（1996年度完了）で供与した Canon Jet やバキューム車である。維持管理における問題点としては、機材の保有台数である。今後も管渠の修繕を適切に実施するためには、Canon Jet やバキューム車を2台程度増やすことが必要であると NAWASSCO からの聞き取り調査にて回答を得ている。



() : 職員数

全職員数 : 29 名

出典 : NAWASSCO

図3-11 汚水管及び処理場の維持管理体制

3-6-2 雨水排水路

雨水管は MCN の Town Engineering Department が管理している。20 人の作業員が毎日のルーチンワークとして雨水管の清掃を行っている。保有機材は、トラクター（2006 年製）が 1 台、運搬用の荷台が 1 台である。現在の作業自体特に問題はないが、清掃作業の迅速化を図るため、トラクターとトラックがもう 1 台ずつ必要であるとのことであった。

3-6-3 ポンプ場

NAWASSCO が管理するポンプ場は Mwariki ポンプ場 1 カ所のみである。ポンプ場の維持管理は図 3-11 に示す右側のグループが担当している。作業員は 4 人で、24 時間体制で管理している。

3-6-4 下水処理場

図 3-11 の右側のグループ（職員数：12 名）が下水処理場の維持管理部門である。Old Town 下水処理場や Njoro 下水処理場は、機械的に曝気するのではなく、自然の力を利用し、微生物の働きによって汚水を処理するプロセスである。そのため、主な維持管理は池底部に堆積する汚泥の除去や、汚水管に混入し、運搬されてくる土砂の撤去等であり、作業内容は、高い技術力を要するものではない。しかし、写真 3-2 に示されているように、適切な維持管理が行われていないとはいえない状況である。



写真 3-2 Njoro 下水処理場の嫌気性池



写真 3-3 下水処理場でのコンクリート腐食状況

また、両処理場では周囲を囲うフェンスがないため、Old Town 下水処理場では公園内の動物が侵入している。このような状況では、職員が安心して安全に維持管理を行うことが困難であると考えられる。また、Njoro 下水処理場では、放牧された家畜が侵入し、草を食べている。その際、汚水が入っていない池やグラスプロットの底面を荒らし、汚水の地下浸透能力を増大させているのではないかと考えられる。また、これらの動物の侵入により、動物の排泄物も処理水に影響を与えることも考えられる。そのため、適切に処理場を運転するうえで、フェンスの設置は非常に重要となるものである。

このような状況であるが、NAWASSCO の独自予算を用いて下水処理場の修理修繕を行っている。Old Town 下水処理場の散水ろ床の搔寄せ器を約 3 年（2010 年 2 月 27 日完了）かけて修

理した。その際、腐食していたろ床槽の側壁の修復、ろ床槽内のろ材の洗浄も行っている。また、Njoro 下水処理場では、硫化水素や硫酸系と考えられる影響により、コンクリートが腐食している（写真 3-3 参照）。現地調査を行った際、腐食した管渠の修復工事を行っていた。

3-7 衛生施設の現状

3-7-1 衛生施設の概要

MCN では、オンサイト処理施設として主に Pit Latrine（図 3-12 参照）、セプティックタンク（図 3-13 参照）が使用されている。ただ、居住者の多いナクル湖に近い地域の土質は、崩壊しやすく、Pit Latrine やセプティックタンクは常に崩壊の可能性を伴うものである。他方、北部の山側は石がごろごろしており、地域によって異なる土質である。

汚水管への接続していない家屋で用いられている Pit Latrine やセプティックタンクの割合は今回の調査では確認できなかった。「大ナクル上水事業に係る援助効果促進調査」では下水道が未整備の地域において、15%がセプティックタンクで 85%が Pit Latrine を使用していると仮定している。

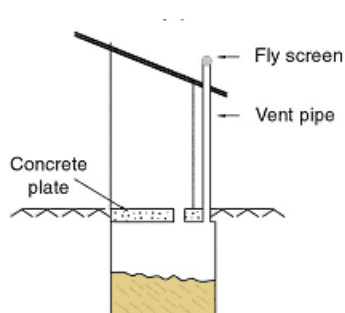


図 3-12 Pit latrine の断面図

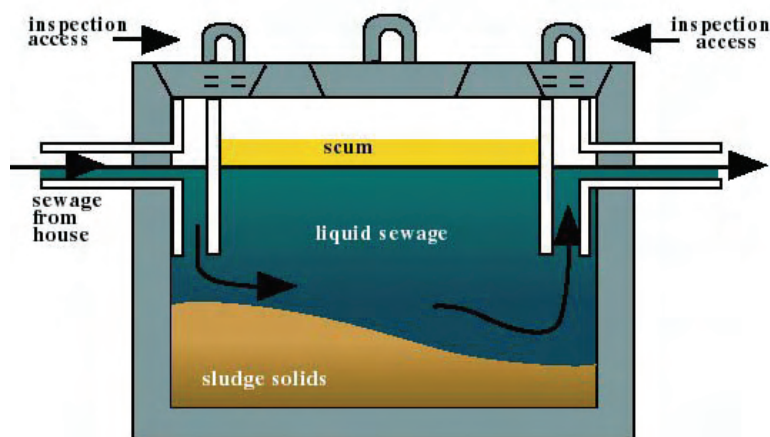


図 3-13 セプティックタンクの断面図

3-7-2 バキューム車による汲み取りの現況

2年前まで MCN でも汲み取り業務を担当していた。しかし、現在は2つの民間会社が MCN の汲み取り業務を行っている。表 3-17 は、2つの会社での聞き取り調査の結果をまとめたものである。

表 3-17 排泥サービスを行う民間会社

会社名	Waruhiu Construction Co. Ltd.	Fransis Mbugug Exhauster Services
保有台数 (タンク容量)	1台 (6m ³)	1台 (6m ³)
	2社の合計：1台+1台=2台	
稼働日	月～金 (年間稼働日数：261日)*	月～土 (年間稼働日数：313日)*
	2社の合計：261日+313日=574日	
稼働率	3軒/日 (月～金)	5軒/日 (月～土)
年間汲み取り のべ軒数	261日/年×3回/日=783軒	313日/年×5回/2回=783軒
	2社の合計：783軒+783軒=1,566軒/年	
料 金	5,000～6,000KES (料金は距離によって変動。 上記は平均的な金額)	3,500KES (ナクル市内)
	2社の平均：(5,500KES+3,500KES)/2=4,500KES	
顧客の平均的 な排泥頻度	1回/世帯/年 (1回当たり1台：1台/世帯/年)	2回/世帯/年 (1回当たり2台：4台/世帯/年)
	2社の平均：(1台/回+2台/回)/2=1.5台/回/年	
備 考	雨量の多い2010年は3カ月に1回程度 の頻度で排泥を依頼する顧客が多い。	2010年4、5月は雨量が多く、2週間に 1回程度で排泥する顧客が多い。

注) * : は (5日/7日×365日) 及び (6日/7日×365日) の計算式で算出

2つの会社とも雨量が多くなると排泥頻度が多くなることを指摘している。それは、住民にとって大きな負担となる。

聞き取り調査の結果とこれまで報告されていた情報を基にセプティックタンクの数や排泥回数を検討した。Waruhiu Construction Co.と Fransis Mbugug Exhauster Serviceのそれぞれの年間の件数は783軒、合計で1,566軒となる。一方、MCNの人口23万人(1999年)、1軒当たりの家族数6人と仮定すると(表2-18の8家族数を平均すると4.75人/世帯となる)世帯数は3万8,000世帯となる。このうち下水管接続世帯数が1万1,000(表3-13参照)とすると、下水道未接続世帯数は2万7,000世帯となる。“Nakuru Sewage Works Rehabilitation and Expansion Project (F/S)”では、下水道未整備地区におけるオンサイト処理施設のうち、セプティックタンクが15%を占めると仮定している。この仮定を用いるとセプティックタンクの世帯数は4,050世帯となり、清掃を依頼している1,566世帯は、全体の40%程度と算出される。聞き取り調査では口頭による回答であり、何も検証できるようなデータは入手できなかった。

後述する「3-10 衛生改善の方策に関する経済評価」では、1世帯当たりの年間排泥回数及び無償事業が実施された場合に必要となるバキューム車の台数を設定する必要がある。その検討結果を表3-18に示す。前述のとおり、セプティックタンクの数に相違があるため、2つのデータの平均値(2,808個)とした。次に1日当たりの汲み取り回数を算出した。セプティックタンクを保有する世帯数に表3-16に示された延べ稼働日数574日を除し、1日当たり4.9回の汲み取りが実施されていることを算出した。さらに、表3-18から1回当たり汲み取りに対する

バキューム車の台数を1日当たり汲み取り回数に乗じて1世帯当たりの年間汲み取り台数(7台)を算出した。無償事業では新たに1万1,000世帯が下水道に接続することが想定されている。この世帯すべてがセプティックタンクを設置した場合、現在の2,808個から4倍程度増加することになり、バキューム車も現在稼働している2台の4倍必要となる。その結果、現在使用しているバキューム車2台分を除くと、6台必要になると試算される。この台数を「3-10 衛生改善の方策に関する経済評価」において使用するものとする。表3-18は、排泥会社2社での聞き取り調査において、2社が保有するバキューム車がほぼフル稼働であるという回答の下、検討されたものである。

表3-18 必要な汲み取り車の検討

項目	聞き取り調査結果	Nakuru Sewage Works Rehabilitation and Expansion Project (Feasibility Study)	コスト比較で用いる数値
MCN 下水道未接続世帯数	27,000 世帯	27,000 世帯	27,000 世帯
セプティックタンク数	1,566 個	4,050 個	2,808 個 (= (1,566 個+4,050 個) /2)
オンサイト処理施設におけるセプティックタンク率	6% (=1,566 世帯/ 27,000 世帯)	15% (=4,050 世帯/ 27,000 世帯)	10.4% (=2,808 世帯/ 27,000 世帯)
1 回当たりの汲み取り車数	1.5 台/回/年	-	-
1 日当たり汲み取り回数	-	-	4.9 回 (=2,808 世帯/574 日注 1)
1 世帯当たり年間汲み取り車数	-	-	7 台/年 (=4.9 回×1.5 台/回/年)
11,000 世帯で必要な汲み取り車数 (現在保有している 2 台を除く)	-	-	6 台 (=11,000 世帯/2,808 世帯 ×2 台-2 台)

注 1) 表 3-17 の 2 社合計の稼働日。

3-8 下水道整備に対する住民意識

本節では、第2章の「ナクル市内における聞き取り調査」で記載した聞き取り調査に基づき、ナクル市内の住民の上下水サービスにかかわる意識及び支払可能額について記述する。サンプリング方法などについては、前章で述べたとおりであり、前述のように ID9 及び ID10 の聞き取り対象者は事業実施者であり、ID9 に関して第2章では月世帯収入の項に本人の世帯収入を記入したが、本節では月事業売上高の値を入力した。表3-19に聞き取り調査の概要を示す。

表 3-19 聞き取り調査概要

ID	ブ ロ ック	月世帯収 入 (KES/ 月)	Wastewater Destination		Water Expenditure (KES/月)			水サービス支出 /世帯収入 (%)
			家庭雑排水	し尿	NAWASSCO への支払	民間から の水購入	計	
1	24	7,200	Open channel	Pit latrine	-*	2,000	2,000	-*
2	24	12,500	Pit latrine	Pit latrine	1,500	2,000	3,500	28
3	25	9,000	Soak away	Pit latrine	150	-	150	2
4	3	12,000	Open channel	Sewerage	3,500	2,800	6,300	-**
5	25	13,500	Septic Tank	Septic tank	550	-	550	4
6	2	30,000	Pit latrine	Pit latrine	1,500	0	1,500	5
7	3	28,000	Sewerage	Sewerage	1,250	0	1,250	4
8	25	80,000	Septic Tank	Septic tank	1,200	0	1,200	2
9	11	750,000	Septic Tank	Septic tank	50,000	0	50,000	7
10	16	500,000	Sewerage	Sewerage	45,000	0	45,000	9

*: ID1 の世帯では住宅の賃貸料金のなかに水サービスの支払いも含まれているため比較することはできない。

** : ID4 の世帯は、水サービス支出/世帯収入 (%) を算出すると 53% となるが、本世帯は集合住宅の所有者であり、本集合住宅の居住者を代表して支払っているため比較することは妥当ではない。ID3 及び 5 の世帯では民間からの水購入について聞き取りを行っていない。

聞き取り調査を行った住民のうち下水ネットワークに接続している住民は、ID4 (ブロック 3)、ID7 (ブロック 3) 及び ID10 (ブロック 16) である。それ以外の世帯は一般に中所得から高所得者世帯はセプティックタンクを、低所得世帯は Pit Latrine を利用している。なお ID1 及び ID4 の世帯の家庭雑排水は開水路に放流している。

NAWASSCO への支払いは幅があり、少ない世帯は月 150KES となっている。この世帯は、Block 25 にスポット的に位置する貧困地帯の世帯である。本地域は、近隣に個人が所有するボアホールからの水を購入している世帯もあり、水質が保証されていない安価な水源であり、それら給水源からの利用もあるため全体として水サービスへの支払いが低く抑えられていると推定される。なお、聞き取り調査では民間からの水購入額を補足することができなかつたため詳細な検討は行うことができない。ID9 及び ID10 は事業者 (ホテル) であり、水使用量も多いことから支払額も月 4 万 5,000 から 5 万 KES と高額となっている。

民間からの水購入には、Kiosk あるいは Street Vendor が主要な販売主であるが、上述のように個人所有のボアホールからの供給 (水質の保証はない) によって貧困層が飲料水を賄っていることを示している。一方、ID1、2 及び 4 などの低所得世帯が NAWASSCO の給水に加え民間 Vendor からの水を購入している理由は、NAWASSCO からの水供給が恒常的 (週 2 回の給水) でないため民間の Vendor からの購入が必要となっているためである。一方、中所得から高所得の世帯 (ID6、7 及び 8) においても水供給は恒常的ではないようであるが、これらは一戸建て住宅で各戸が水タンクを保有しているため民間 Vendor からの購入を要しないことが理由である。一方、ID2 及び ID4

は集合住宅であり、給水源は集合住宅に対し共通の Standpipe であり、かつ大容量の水タンクを有していないため、給水がない日は民間 Vendor から水を購入せざるを得ない。その結果、水に対する支出が相対的に多くなると考えられる。

Pricewaterhouse Coopers (PwC) による 1,400 世帯の無作為抽出による聞き取りのデータを引用しつつ、各世帯の水サービスへの支出を世帯収入と比較することによって支払可能額（表の 1 番右のカラム）を評価する。最も収入が低い世帯に属する ID2 の世帯では、水サービス関係への支出は総世帯収入の 28% に達するという結果となった。PwC 報告書においても最貧困層は、この割合が平均 17% に達していることを報告しており、今回の調査はサンプル数が少ないことを考慮すれば比肩し得る数値と判断される。ID2 は、個人商店を経営しており、商店より約 50m 離れた場所に Pit Latrine を設置しており、下水管が敷設された場合には接続したいと述べている。下水施設に接続したいと考える理由として、商店及び住宅からの距離に加え、当該地区（ブロック 24）では、崩壊性の土壌が優先的で Pit Latrine がしばしば崩壊することを指摘した。なお ID1 の世帯は、集合住宅に居住しており住居費のなかに水使用料も含まれていることから、水サービス関係への支出と総世帯収入の比較を行うことができない。それ以外の一般住民は、ほぼ 5% 未満の割合となっている。ID9 及び 10 はいずれもホテルであり、水料金の課金が一般世帯とは異なるため 5% を超える結果となった。

水サービスへの支払いは一般には世帯総収入の 3% といわれているが、ケニアの当該地域では一般に 5% で料金が設計されており、AfDB の事業実施に際して調査を行った前述の PwC 報告書においても同様に 5% を基準にして支払い可能額の評価を行っている。そのことから考えて一般住民の多くが世帯総収入額の 5% までの支払いを行っていることは妥当な結果といえる。

ただ、ID2 の世帯のように水サービスへの支払いが 28% に達している世帯もあり、これ以上の負担増加は極めて難しいと判断される。一方、上述のように ID1 は例外的に収入が少ないにもかかわらず下水への接続を希望しているが、ID2 及び 3 の世帯は聞き取り調査のなかでは今後とも Pit Latrine を使うことを前提とした議論となった。ID2 の世帯は現在使用している Pit Latrine が飽和状態にあり、住宅の所有者に対し新たな Pit Latrine の建設を求めなければならないことを強く表明した。一方、ID3 の住民は壁材としてビニールで囲まれた Pit Latrine を利用しており、政府の支援を受けて適切な Pit Latrine を建設したいと主張した。

3-9 アフリカ開発銀行 (AfDB) によるナクル市 (MCN) 上下水道整備事業の概要確認

3-9-1 事業の概要

AfDB の支援により MCN の上下水道整備事業が実施された。水道に関しては 3 カ所の水源開発を行い、2 万 5,000m³/日程度の取水能力を増加させた。下水道に関しては、1 億 2,000 万 KES 程度を投じて、約 8.5km の汚水管を埋設した。その詳細を表 3-20 に示す。5 路線が新設されることになり、接続義務を負う世帯が新たに発生する。このような世帯は、AfDB による事業が完了後に自己負担により接続することになる。NAWASSCO によると事務手続きを含め各戸接続にはおよそ 2~3 カ月程度要するものと推定している。

表 3-20 AfDB 支援による下水道整備事業の路線別延長及び工事単価

No	Block	路線名	所得層	管 径 (mm)	延長 (m)	工事単価* (KES/m)	新設	取替	新設污水 管への接 続義務を 負う戸数	各世帯によ る下水道へ の接続工事 期間 (カ月) **
1	5	KPLC-Rift Valley Sports Club line	中、高	160	555	7,200		○		
2	5	Matatu Stage line	中、高	300	200	10,300		○		
3	5	Kenyatta Ave-Petrol station line	中、高	160	174	6,300	○		6	2
4	11	State house line	高	160	1,525	7,100	○		2	2
5	13	Kivumbini line	低、中	200	120	6,700		○		
6	13	Mumias road line	低、中	500~900	779	23,600		○		
7	15	Kanyi-Mison ge line	中、高	160	870	6,200		○		3
8	21	London-Men angai-Mumia s line	低、中	160、200、 225	972	6,000	○		10	3
9	23	Naka Estate line 1	高	160	671	4,700	○		25	3
10	23	Naka Estate line 2	高	160	621	4,800	○		25	3
11	27、28	Njoro trunk main	低	500~600	2,000	33,400		○		
		計			8,487				68	

注) * : 工事単価には準備工、予備費、間接費等を含む。

** : 新設污水管への接続義務を負う世帯は、AfDB 支援事業完了後に新設管への接続工事を開始することが可能となる。MCN への事務手続きも含め、接続工事が完了するまでの期間を示す。

出典 : RVWSB

表 3-21 所得者層別污水管理設延長及び新設管への接続可能戸数

所得層	延長 (m) (新設+敷設替え)	延長 (m) (新設)	新設管への 接続可能戸数
低	2,000	0	-
低、中	1,871	973	10
中、高	1,799	174	6
高	2,817	2,817	52
総 計	8,487	3,963	68

出典 : RVWSB

表 3-21 は、所得層別の管渠埋設距離を示す。低所得者層から高所得者層のすべての所得者層が居住する地区に埋設されることが分かる。新設管へは、新たに 68 戸の接続が想定されている。2010 年 6 月初旬時点では、汚水管埋設工事が継続中であり、新規の汚水管接続数は 0 であった。

この地域では、地下埋設物は、主に水道管のみであり、埋設箇所も把握されている。そのため、汚水管工事において埋設物が工事を遅らせることや、新たな検討が必要になったという状況は発生していない。

3-9-2 無償要請請求額費とアフリカ開発銀行 (AfDB) 支援事業費の比較

表 3-20 の工事単価では、No 6 と No 11 (管径 500~900mm) は、2 万 3,600~3 万 3,600KES/m (平均 2 万 8,500KES/m) であり、それ以外 (管径 160~300mm) は、4,700~1 万 300KES/m (平均 6,600KES/m) である。この 2 つの平均単価を用いて要請された管径を 150~375mm と 600mm に分けて、要請された汚水管工事費の概算を試算すると 15 億 8,000 万円となる (表 3-22 参照)。要請された汚水管埋設工事費は 17 億 5,000 万円と積算され、試算した費用とほぼ同じレベルであると考えられる。今後、設計条件、施工精度及び工期などに関して詳細に設計することによってこの金額は変化するものと考えられる。また、要請されたとおり下水道整備区域を拡張する際、既存の幹線管渠の容量が不十分になる可能性も考えられる。その場合は、流下能力を増大させるため、新設管の追加または既存管渠の敷設替えを行うことが必要となる。当然、費用も増えることになる。

表 3-22 要請された汚水管の管径と延長

管径 (mm)	単価 (KES/m)	延長 (m)	計 (KES)	計 (円)
150~375	6,600	183,167	1,208,902,200	1,387,819,726
600	28,500	5,990	170,715,000	195,980,820
計		189,157	1,379,617,200	1,583,800,546

注) 1KES=1.148 円 (2010 年 6 月)。

3-10 衛生改善の方策に関するコスト比較

衛生改善の方策に関するコスト比較は、何もしない場合、バキューム車で排泥を行う場合、下水道整備区域を拡張する場合に対して行った。また、費用負担者・事業主体組織は住民、MCN、NAWASSCO をベースに、費用は表 3-23 に示す項目とした。なお、バキューム車購入費や汚水管拡張事業は日本が無償で供与・実施した場合を想定した金額 (概算) を使用した。

表 3-23 コスト比較のための条件設定

負担者・事業 主体組織	事業内容	初期投資	維持管理費	収 入
住 民	何もしない	Pit Latrine の建設費	なし	なし
	バキューム車購入	Septic Tank の建設費 トイレの設置費	排泥代	なし
	污水管拡張事業	污水管接続費 トイレの設置費	下水道料金	なし
MCN	何もしない	なし	なし	なし
	バキューム車購入	バキューム車購入	バキューム車の修理 修繕費 処理場への排泥費	住民からの排泥料金
	污水管拡張事業	なし	なし	なし
NAWASSCO	何もしない	なし	なし	なし
	バキューム車購入	なし	なし	なし
	污水管拡張事業	污水管埋設工事費	污水管維持管理費	下水道料金

比較をするうえで設定した条件は下記のとおりである。

(1) 初期投資に関して

- ・ Pit Latrine は 4 年ごとに建設 (NAWASSCO への聞き取り調査より)
- ・ セプティックタンクは 10 年ごとに建設 (NAWASSCO への聞き取り調査より)
- ・ バキューム車の耐用年数：10 年 (仮定)
- ・ バキューム車の台数：6 台 (「3-7 衛生施設の現状」参照)
- ・ 污水管の耐用年数：30 年 (仮定)
- ・ 管渠整備費：15 億 6,794 万 4,251KES

要請額のうち、設計・施工監理費を除いた金額 18 億円を換算した。RVWSB によると AfDB 支援の下水道整備事業は 1 路線当たり 650m/月程度であった。8 路線同時に工事を進めることを仮定し、工期は 3 年とした。工期の支出は毎年同額と仮定した。

(2) 維持管理費に関して

- ・ バキューム車の維持管理費：初期投資の 3% (仮定)
- ・ 污水管の維持管理費：初期投資の 0.5% (仮定)
- ・ 排泥日数：7 台/年 (「3-7 衛生施設の現状」参照)
- ・ 排泥日数：4,500KES/台 (「3-7 衛生施設の現状」参照)

(3) その他

- ・ コスト比較の年数：事業完了後から 30 年
- ・ 下水道料金：平均水道料金 1,020KES/戸/月 (表 3-37 参照) の 75%
- ・ 割引率：10% (JICA 調査：ケニアニヤンド川流域総合洪水管理計画調査、2009 年 3 月)
- ・ 新設される污水管への接続率：

2010 年 4 月時点の未接続世帯数 1 万 1,000 (表 3-35 参照) を新設される污水管への接続対象戸数とした。その 1 万 1,000 世帯を 100%とした場合の各年接続率の推移に関して、表 3-24

に示す3パターンを仮定した。

・ セプティックタンクの設置率：

下水道への未接続世帯数1万1,000がすべてセプティックタンクを設置すると1万1,000個(1世帯当たり1個と仮定)となる。その1万1,000個を100%とした場合の各年設置率の推移に関して、表3-24に示す3パターンを仮定した。

表3-24 污水管への接続率及びセプティックタンクの設置率の推移

年	セプティックタンク設置率			下水道接続率		
	仮定1 (%)	仮定2 (%)	仮定3 (%)	仮定1 (%)	仮定2 (%)	仮定3 (%)
1	100	50	30	30	20	10
2	100	60	40	60	30	20
3	100	70	50	80	40	30
4	100	80	60	100	50	30
5	100	90	70	100	60	40
6	100	90	80	100	70	50
7	100	90	80	100	80	60
8	100	90	80	100	90	70
9	100	90	80	100	90	80
10	100	90	80	100	90	80
11	100	90	80	100	90	80
12	100	90	80	100	90	80
13	100	90	80	100	90	80
14	100	90	80	100	90	80
15	100	90	80	100	90	80
16	100	90	80	100	90	80
17	100	90	80	100	90	80
18	100	90	80	100	90	80
19	100	90	80	100	90	80
20	100	90	80	100	90	80
21	100	90	80	100	90	80
22	100	90	80	100	90	80
23	100	90	80	100	90	80
24	100	90	80	100	90	80
25	100	90	80	100	90	80
26	100	90	80	100	90	80
27	100	90	80	100	90	80
28	100	90	80	100	90	80
29	100	90	80	100	90	80
30	100	90	80	100	90	80
31	-	-	-	100	90	80
32	-	-	-	100	90	80
33	-	-	-	100	90	80

表 3-25 に各戸が汚水管への接続する場合の費用を示す。また、トイレの便器代及び設置費は 1 万 5,000~2 万 KES 程度であるため、1 万 7,500KES とした。表 3-26 に比較を行う際の初期投資及び維持管理費を示す。これを基に現在価値を算出した。その結果、住民負担において、汚水管へ接続した場合、セプティックタンクを整備しバキューム車によって排泥する場合の 3 割程度の負担となる（表 3-27 参照）。ただし、現在の Pit Latrine よりは、2 倍程度負担が大きくなる。一方、事業主体組織として MCN と NAWASSCO をベースに考えた場合の比較を表 3-28~3-30 に示し、表 3-31 に結果をまとめた。事業実施側においては、バキューム車を用いて衛生改善を図る場合、設置率が最も緩やかな仮定 3 においても利益を得ることが分かる。一方、汚水管拡張をした場合、初年度から接続率が 100%の仮定 1 においても、下水道料金だけでは、利益が発生しないことが示されている。また、バキューム車供与の場合は下水道拡張に比べ、収入が多くまた、支出が少ないという結果になった。

セプティックタンクによる整備は、すべての家屋でセプティックタンクのスペースの確保の可否が懸案事項となり、また、汚水管の拡張では、低所得者層が接続し、継続して下水道料金を支払うことに対する可否が懸案事項となる。これらに関して、詳細に検討する必要がある。場合によってはバキューム車と汚水管拡張の併用なども衛生改善の方策の 1 つとして考えられるだろう。また、コスト比較は多くの数値を仮定し行った。そのため、本格的な比較を行うためには、更なる調査を行い、より精度の高い数値を用いることが必要である。

表 3-25 汚水管への接続費

項目	単位	金額	備考
a 接続管	KES	6,000	12m
b 柵	KES	6,000	2 個
c 管の敷設、埋め戻し、漏水試験	KES	300	
d 建設費合計	KES	12,300	a+b+c
e 作業要員費	KES	4,305	d×0.35
f 建設費+人件費	KES	16,605	d+e
g NAWASSCO 接続手続き費	KES	1,661	f×0.1
h 既設管接続費	KES	630	
接続費合計	KES	18,896	f+g+h

出典：NAWASSCO

表 3-26 負担者・事業主体組織別初期投資及び維持管理費

	費用項目	単 位	費 用	備 考
1. プロジェクトなしの場合				
負担者・事業主体組織：住民				
初期投資	Pit Latrine 建設費	KES/個	23,000	4年更新
2. バキューム車供与の場合				
負担者・事業主体組織：住民				
初期投資	セプティックタンク建設費	KES/個	100,000	10年更新
	便器代及び設置費	KES/個	17,500	10年更新、15,000 ～20,000KES
	小 計		117,500	
維持管理費	排泥代	KES/戸/年	31,500	4,500KES/台×7台/ 戸/年
負担者・事業主体組織：MCN				
初期投資	バキューム車	KES/6台	104,529,617	10年更新、6台
維持管理費	修繕費（初期投資の3%）	KES/年	3,135,889	
	排泥代	KES/戸/年	1,050	150KES/戸×7台/ 戸/年
料金収入	バキューム料金	KES/戸/年	31,500	4,500KES/台×7台/ 戸/年
3. 整備区域拡張の場合				
負担者・事業主体組織：住民				
初期投資	接続費	KES/個	18,896	10年更新
	便器代及び設置費	KES/個	17,500	10年更新
	小 計		36,396	
維持管理費	下水道料金	KES/戸/年	9,180	1,020KES/戸/ 月×0.75×12カ月
負担者・事業主体組織： NAWASSCO				
初期投資	管渠整備	KES/189km	1,567,944,251	30年更新
維持管理費	修繕費（初期投資の 0.5%）	KES/年	7,839,721	
料金収入	下水道料金	KES/戸/年	9,180	

表 3-27 衛生改善の方策に関するコスト比較-負担者・事業主体組織：住民

年	プロジェクトなしの場合		バキューム車供与の場合		整備区域拡張の場合	
	初期・更新投資 (KES)	維持管理費 (KES)	初期・更新投資 (KES)	維持管理費 (KES)	初期・更新投資 (KES)	維持管理費 (KES)
1	23,000	0	117,500	31,500	36,396	9,180
2	0	0	0	31,500	0	9,180
3	0	0	0	31,500	0	9,180
4	0	0	0	31,500	0	9,180
5	23,000	0	0	31,500	0	9,180
6	0	0	0	31,500	0	9,180
7	0	0	0	31,500	0	9,180
8	0	0	0	31,500	0	9,180
9	23,000	0	0	31,500	0	9,180
10	0	0	0	31,500	0	9,180
11	0	0	117,500	31,500	36,396	9,180
12	0	0	0	31,500	0	9,180
13	23,000	0	0	31,500	0	9,180
14	0	0	0	31,500	0	9,180
15	0	0	0	31,500	0	9,180
16	0	0	0	31,500	0	9,180
17	23,000	0	0	31,500	0	9,180
18	0	0	0	31,500	0	9,180
19	0	0	0	31,500	0	9,180
20	0	0	0	31,500	0	9,180
21	23,000	0	117,500	31,500	36,396	9,180
22	0	0	0	31,500	0	9,180
23	0	0	0	31,500	0	9,180
24	0	0	0	31,500	0	9,180
25	23,000	0	0	31,500	0	9,180
26	0	0	0	31,500	0	9,180
27	0	0	0	31,500	0	9,180
28	0	0	0	31,500	0	9,180
29	23,000	0	0	31,500	0	9,180
30	0	0	0	31,500	0	9,180
現在価値 (割引率 10%)	69,122	0	180,267	326,643	55,837	95,193
	69,122		506,910		151,030	

表 3-28 衛生改善事業・方策のコスト比較-負担者・事業主体組織：MCN、NAWASSCO（仮定 1）

年 ^{注1)}	バキューム車供与の場合 (負担者・事業主体組織：MCN)				整備区域拡張の場合 (負担者・事業主体組織：NAWASSCO)		
	支 出			収 入 (KES)	支 出		収 入 (KES)
	初期・更新 投資 (KES)	維持管理費			初期・更新 投資 (KES)	維持 管理費 (KES)	
		修 繕 費 (KES)	排 泥 費 (KES)				
1	104,529,617	3,135,889	11,550,000	346,500,000	522,648,084	2,613,240	30,294,000
2	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	522,648,084	5,226,481	60,588,000
3	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	522,648,084	7,839,721	80,784,000
4	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
5	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
6	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
7	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
8	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
9	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
10	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
11	104,529,617	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
12	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
13	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
14	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
15	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
16	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
17	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
18	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
19	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
20	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
21	104,529,617	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
22	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
23	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
24	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
25	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
26	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
27	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
28	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
29	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
30	0	3,135,889	11,550,000	346,500,000	0	7,839,721	100,980,000
31	-	-	-	-	0	7,839,721	100,980,000
32	-	-	-	-	0	7,839,721	100,980,000
現在価値 (割引率 10%)	160,367,970	32,517,933	119,768,948	3,593,068,449	1,429,723,270	74,550,388	934,073,839
支出の計			312,654,852			1,504,273,658	
収入-支出				3,280,413,597			-570,199,819

注 1) 供用開始後からの年数。

表 3-29 衛生改善事業・方策のコスト比較-負担者・事業主体組織：MCN、NAWASSCO（仮定 2）

年注1)	バキューム車供与の場合 (負担者・事業主体組織：MCN)				整備区域拡張の場合 (負担者・事業主体組織：NAWASSCO)		
	支 出			収 入 (KES)	支 出		収 入 (KES)
	初期・更新 投資 (KES)	維持管理費			初期・更新 投資 (KES)	維持 管理費 (KES)	
		修繕費 (KES)	排泥費 (KES)				
1	104,529,617	3,135,889	5,775,000	173,250,000	522,648,084	2,613,240	20,196,000
2	0	3,135,889	6,930,000	207,900,000	522,648,084	5,226,481	30,294,000
3	0	3,135,889	8,085,000	242,550,000	522,648,084	7,839,721	40,392,000
4	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	50,490,000
5	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	60,588,000
6	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	70,686,000
7	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	80,784,000
8	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
9	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
10	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
11	104,529,617	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
12	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
13	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
14	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
15	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
16	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
17	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
18	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
19	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
20	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
21	104,529,617	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
22	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
23	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
24	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
25	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
26	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
27	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
28	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
29	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
30	0	3,135,889	10,395,000	311,850,000	0	7,839,721	90,882,000
31	-	-	-	-	0	7,839,721	90,882,000
32	-	-	-	-	0	7,839,721	90,882,000
現在価値 (割引率 10%)	160,367,970	32,517,933	97,245,194	2,917,355,819	1,429,723,270	74,550,388	715,581,899
支出の計			290,131,098			1,504,273,658	
収入-支出				2,627,224,722			-788,691,760

注 1) 供用開始後からの年数。

表 3-30 衛生改善事業・方策のコスト比較-負担者・事業主体組織：MCN、NAWASSCO（仮定 3）

年注1)	バキューム車供与の場合 (負担者・事業主体組織：MCN)				整備区域拡張の場合 (負担者・事業主体組織：NAWASSCO)		
	支 出			収 入 (KES)	支 出		収 入 (KES)
	初期・更新 投資 (KES)	維持管理費			初期・更新 投資 (KES)	維持 管理費 (KES)	
		修繕費 (KES)	排泥費 (KES)				
1	104,529,617	3,135,889	3,465,000	103,950,000	522,648,084	2,613,240	10,098,000
2	0	3,135,889	4,620,000	138,600,000	522,648,084	5,226,481	20,196,000
3	0	3,135,889	5,775,000	173,250,000	522,648,084	7,839,721	30,294,000
4	0	3,135,889	6,930,000	207,900,000	0	7,839,721	30,294,000
5	0	3,135,889	8,085,000	242,550,000	0	7,839,721	40,392,000
6	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	50,490,000
7	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	60,588,000
8	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	70,686,000
9	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
10	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
11	104,529,617	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
12	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
13	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
14	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
15	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
16	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
17	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
18	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
19	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
20	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
21	104,529,617	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
22	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
23	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
24	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
25	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
26	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
27	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
28	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
29	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
30	0	3,135,889	9,240,000	277,200,000	0	7,839,721	80,784,000
31	-	-	-	-	0	7,839,721	80,784,000
32	-	-	-	-	0	7,839,721	80,784,000
現在価値 (割引率 10%)	160,367,970	32,517,933	80,452,105	2,413,563,136	1,429,723,270	74,550,388	578,128,985
支出の計	273,338,008				1,504,273,658		
収入-支出				2,140,225,128			-926,144,673

注 1) 供用開始後からの年数。

表 3-31 衛生改善事業・方策のコスト比較-各仮定のまとめ

仮定	バキューム			下水道拡張		
	収入	支出	収支	収入	支出	収支
仮定 1	3,593,068,449	312,654,852	3,280,413,597	934,073,839	1,504,273,658	-570,199,819
仮定 2	2,917,355,819	293,711,448	2,627,224,722	715,581,899	1,504,273,658	-788,691,760
仮定 3	2,413,563,136	273,338,008	2,140,225,128	578,128,985	1,504,273,658	-926,144,673

3-11 要請事業実施による裨益対象者と裨益効果

3-11-1 これまでの下水道整備により得られた裨益効果

MCN における下水道事業は、生活環境の改善や汚濁負荷量の削減によりナクル湖への人為的影響を削減するなどにより、それなりの効果はあると考えられる。現地調査を通して分かったことであるが、過去において信頼性の高いデータを入手することが困難であり、精度の低いデータや仮定に基づき計画・検討せざるを得ない面があったと想定される。裨益効果を検証するうえで、「3-5-3 機能診断」に記載したように、処理場への流入量の増加はないこと、汚水管への接続世帯数は増加していないことを前提条件として評価した。裨益効果として考えられる項目に関して事業前と事業後の比較した評価を行うと表 3-32 のとおりである。

表 3-32 MCN 下水道施設修復・拡張計画による裨益効果

項目	評価	コメント
ナクル湖への汚濁負荷量の削減	○	下水処理場への流入量に変化がなく、下水処理場が拡張されている。そのため、処理場は以前より低負荷で運転されることにより、除去率も高く、また、事業実施前より蒸発散、地下浸透が多かったと想定される。その結果、ナクル湖への汚濁負荷量の流出は少なくなったと考えられる。
ナクル湖の水質改善	△	上記のようにナクル湖への汚濁負荷量は削減されたと考えられるが、ナクル湖は数 m 程度の水位変動を繰り返し、水質は水量に左右されているため、直接的な水質改善に対する効果は判断が困難である。
MCN の生活環境の改善	△	事業前には汚水管への接続戸数が 9,580 戸から 10,298 戸への増加（7%程度）を想定していた。現在の接続戸数は 9,580 戸の 15% 増の 1 万 1,000 程度であるため、想定以上の衛生改善が図られたと考えられる。ただし、NAWASSCO での聞き取り調査では、当時のデータは信頼性の低いものであったと回答を得ているため、効果は不明確である。なお、事業前後の下水処理場への流入量に変化がないことから、流入量から接続戸数の増加を推定することは難しい。

注) 評価は、明らかに効果がある場合は○、効果が不明確な場合は△、効果がないまたは極めてないに等しい場合は×とした。

3-11-2 今度の要請事業を実施した場合に想定される裨益効果

(1) 裨益対象人口

直接の裨益対象人口は、現在污水管に接続しておらず、事業実施後に污水管に接続を想定される1万1,000世帯程度と考えられる。しかし、MCNに居住する人々がナクル市内を往来することを考慮すると、間接的にはMCNの人口、ビジネスでMCNに滞在する人口、観光客として訪れる人口が裨益対象人口として一般的と考えられる。ただし、既に市街地は下水道普及率が高いこと、また、ナクル湖の水質は水量に大きく依存していると考えられているため、要請された地域への污水管拡張とビジネス客の増加、及び観光客の増加に関する効果を定量化することは非常に難しい。

(2) 要請事業による裨益効果

要請事業を実施した場合の裨益効果として想定され、更に、定量可能と思われる項目に関して表3-33のようにまとめた。

表3-33 要請事業を実施した場合の裨益効果

項目	想定される効果	コメント
ナクル湖への汚濁負荷量の削減	△	新たに污水管に接続する世帯数が増加し、流入下水水量が増加する。それに伴い、ナクル湖へ流下する処理水が増加して、直接の汚濁負荷量は増加するものと考えられる。しかし、もし事業を行わない場合には、雨水排水路や地表面に垂れ流される未処理水がナクル湖へ流下することが考えられる。ただし、污水管に接続していない家屋のなかには、生活排水をセプティックタンクによって排除したり、単純に敷地内で浸透させていたりしている。ナクル湖への汚濁負荷量を試算するためには、更なる調査が必要である。
ナクル湖の水質改善	×	上記のナクル湖への汚濁負荷量が削減されないのであれば、水質改善への寄与は難しいと考える。また、ナクル湖は富栄養化湖であり、有機物濃度が高い。さらに、ナクル湖は数 m 程度の水位変動を繰り返し、水質は水量に左右されている。そのため、ナクル湖の水質改善は下水道拡張事業の目的から外れるものとする。
MCN の生活環境の改善	○	污水管への接続戸数が増加するため、衛生改善が想定される。

注) 評価は、明らかに効果がある場合は○、効果が不明確な場合は△、効果がないまたは極めてないに等しい場合は×とした。

一般的に、都市部などの人口密集地において下水道が整備されていないと、生活排水が容易に排除できず、良好な衛生環境が保たれ難くなる。また、特に雨天時において、下水

道が整備されていないと、Pit Latrine やセプティックタンクからのし尿が流出し不衛生な状況になる可能性が高くなる。このような不衛生な状況下では水因性疾患が増加することが想定される。そのため、下水道整備は、水因性疾患の減少への一助になるものと考えられる。ただし、飲料水など他の要因も考えられることから、下水道整備と水因性疾患の直接的な因果関係を示すことは難しい。

この水因性疾患が MCN において確認されている。MCN の Public Health Department が MCN の 5 カ所の Municipal Health Center と Provincial General Hospital で確認されたデータを取りまとめたものを表 3-34 に示す。入手できたデータは数値のみであり、患者が居住する家屋が污水管に接続しているか否かについてのデータは入手していない。

また、現地調査期間中に MCN にてコレラが発生し、2010 年 5 月 20～28 日までに 5 名が死亡した。5 月 31 日～6 月 2 日までに 104 人のコレラ患者が確認され、うち、7 名が入院した。5 名の死亡者はいずれも低所得者層地区で、かつ、下水道普及率が 0～28%と極めて低い地区の居住者である。このような状況を改善するためには、污水管の延長により、より多くの世帯が下水道へ接続し、衛生改善を図ることが重要であると考えられる。

表 3-34 MCN における水因性疾患（2008 年）

疾患名	患者数
Diarrhea（下痢）	325
Dysentery（赤痢）	66
Typhoid（腸チフス）	290
Gastroenteritis（胃腸炎）	1,293
Amebiasis（アメーバ症）	3

出典：MCN

3-11-3 接続率向上対策

(1) 想定される接続率

MCN の多くの污水管は 1950～1960 年代にかけて設置された。その後、大きな下水道整備区域の拡張は行われていない。図 3-14 は、MCN の上下水道の管網図である。污水管は、MCN の中心部に整備されていることが分かる。

図 3-15 にブロック番号と所得者層を示し、図 3-16 は、ブロック別の下水道普及率を示す。污水管が整備されている中心部（ブロック 1～6、9、10、13）では、90%程度の下水道普及率となっている。一方、污水管があまり整備されていない地域では、下水道普及率は小さくなっている。

ブロック別に水道契約者数、下水道契約者数、普及率をまとめると表 3-35 のとおりである。2010 年 4 月において、中心部のブロック 1～6、9、10、13 では下水道接続戸数が 8,703 である。これは下水道契約戸数全体（1 万 973 戸）の 79%程度であり、この地域が主な下水道整備区域であることが分かる。



図 3-14 上下水道管網図

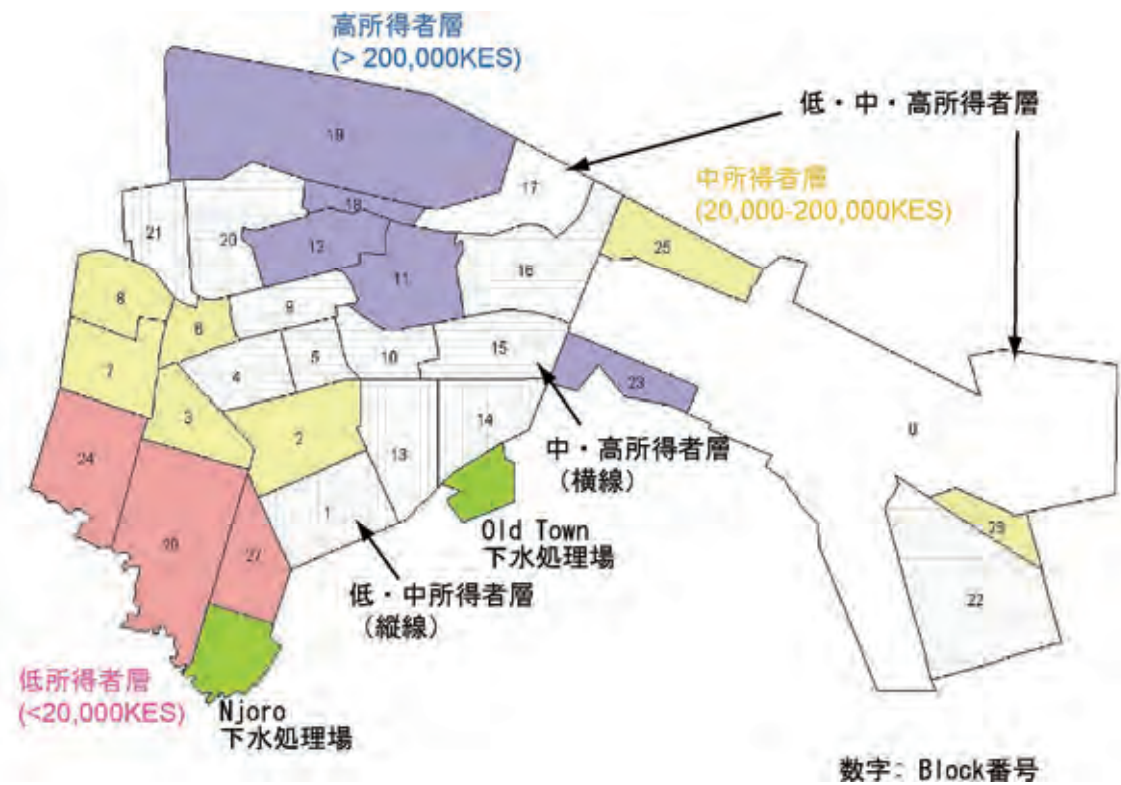


図 3-15 ブロック別所得者層の分布



図 3-16 ブロック別下水道普及率

表 3-35 Block 別下水道普及率 (2010 年 4 月)

Block	所得者層 ^{注1)}	水道契約戸数	下水道接続戸数	下水道未接続戸数	低所得者層における下水道未接続戸数 ^{注2)}	下水道普及率 (%)
1	低、中	2,722	2,371	351	176	87
2	中	1,793	1,659	134	0	93
3	中	1,399	1,296	103	0	93
4	中、高	840	780	60	0	93
5	中、高	433	421	12	0	97
6	中	140	130	10	0	93
7	中	288	203	85	0	70
8	中	389	206	183	0	53
9	中、高	250	237	13	0	95
10	中、高	912	807	105	0	88
11	高	659	96	563	0	15
12	高	294	236	58	0	80
13	低、中	1,074	1,002	72	36	93
14	低、中	476	64	412	206	13
15	中、高	661	450	211	0	68
16	中、高	575	186	389	0	32
17	低、中、高	348	19	329	110	5
20	中、高	160	48	112	0	30
21	低、中	602	214	388	194	36
23	高	757	142	615	0	19

24	低	883	12	871	871	1
25	中	684	20	664	0	3
26	中	228	1	227	0	0
27	低	822	230	592	592	28
28	低	936	19	917	917	2
0	低、中、高	1,868	116	1,752	584	6
市外	低、中	1,744	8	1,736	868	0
計		21,937	10,973	10,964	4,554	50

注 1) 低所得者層<2 万 KES/月、中所得者層 2 万～20 万 KES/月、高所得者層>20 万 KES/月。

注 2) 同一 Block に 2 つ以上の所得者層が居住している場合、低所得者層の戸数は比例配分で推定。

出典：NAWASSCO

前述したとおり、污水管は主にブロック 1～6、9、10、13 に整備されており、この地域における下水道接続戸数は、MCN における下水道接続戸数の 79%に達する。ブロック 1～6、9、10、13 は主に中所得者層以上の居住者であり、ほぼ 9 割程度以上の接続率である。そのため、今後、污水管が埋設された場合、中所得者層以上の居住地域であれば、その多くが污水管への接続は行われるだろうと考えられる。

要請された污水管拡張地域のなかには低所得者層も含まれる。低所得者層区域での接続例を写真 3-4、居住区の様子を写真 3-5 に示す。



写真 3 - 4 低所得者層居住区域での污水管への接続

写真右側の壁の裏側にトイレが設置されている。トイレの排水は写真中央の柵に接続され、写真左側に污水管への接続管が埋設されている。



写真 3 - 5 低所得者層居住地域の様子

低所得者層が接続するか否か、限られた既存データを基に検討した。対象は汚水管が比較的密に整備されていて、低所得者層が居住しているブロック 1 及びブロック 13 とした。ブロック 1 とブロック 13 の所得者層別の水道及び下水道契約戸数を表 3-36 に示す。

表 3-36 Block 1 及び Block 13 の所得者層別下水道普及率 (2010 年 4 月)

ブロック	所得者層 ^{注1)}	水道契約戸数	下水道接続戸数	下水道普及率 (%)
ブロック 1	低	192	52	27
	中	2,530	2,319	92
ブロック 13	低	612	567	93
	中	462	435	94

注 1) 低所得者層<2 万 KES/月、中所得者層 2 万~20 万 KES/月。

このように、同じ低所得者層でも下水道普及率に大きな違いがあることが分かった。要請事業を実施した際の低所得者層における接続率に関して、限定されたデータだけでは判断することは難しいが、後述する接続費を考慮すると高い接続率は期待できないと考えられる。

他方、所得者層別に水道使用料や徴収率に関して分析してみると、低所得者層の徴収率は 77%と平均以上であった (表 3-37 参照)。

表 3-37 所得者層別水道使用量、水道料金、徴収率 (2010 年 4 月)

	水道使用量 (m ³ /月/世帯)	平均水道料金 (KES/月)	水道料金が収入全体に 占める割合 (%)	徴収率 (%)
低所得者層	16.5	880	>4.4	77
低・中所得者層	14.7	804	>0.4	59
低・中・高所得者層	15.2	810	-注 2)	65
中所得者層	17.3	879	0.4-4.4	74
中・高所得者層	27.4	1,630	<8.2	82
高所得者層	24.1	1,418	<0.7	64
平均	18.5	1,020		72

注 1) 低所得者層<2 万 KES/月、中所得者層 2 万~20 万 KES/月、高所得者層>20 万 KES/月。

注 2) 全所得者層のため、割合が確定できない。

出典：NAWASSCO

(2) 接続に擁する概算費用

便器代及び設置費は 1 万 5,000~2 万 KES 程度、汚水管への接続費は、1 万 8,896KES 程度である。詳細は「3-10 衛生改善の方策に関するコスト比較」を参照されたい。

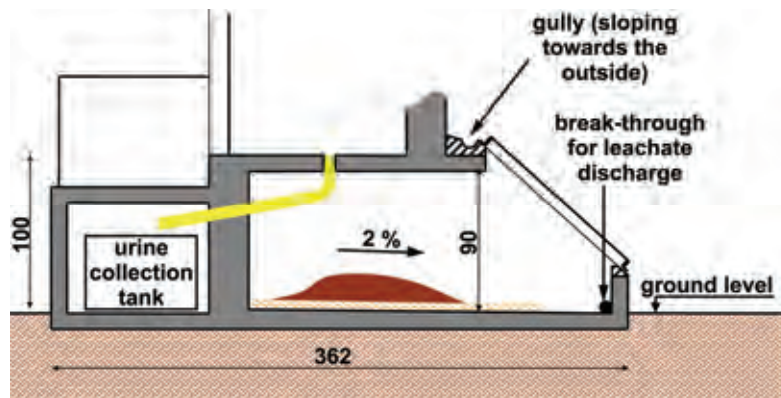
(3) 下水管が敷設されたあとの接続率向上のための各種指導

「3-4-2 ナクル市 (MCN)」を参照されたい。

(4) 低所得者層対策

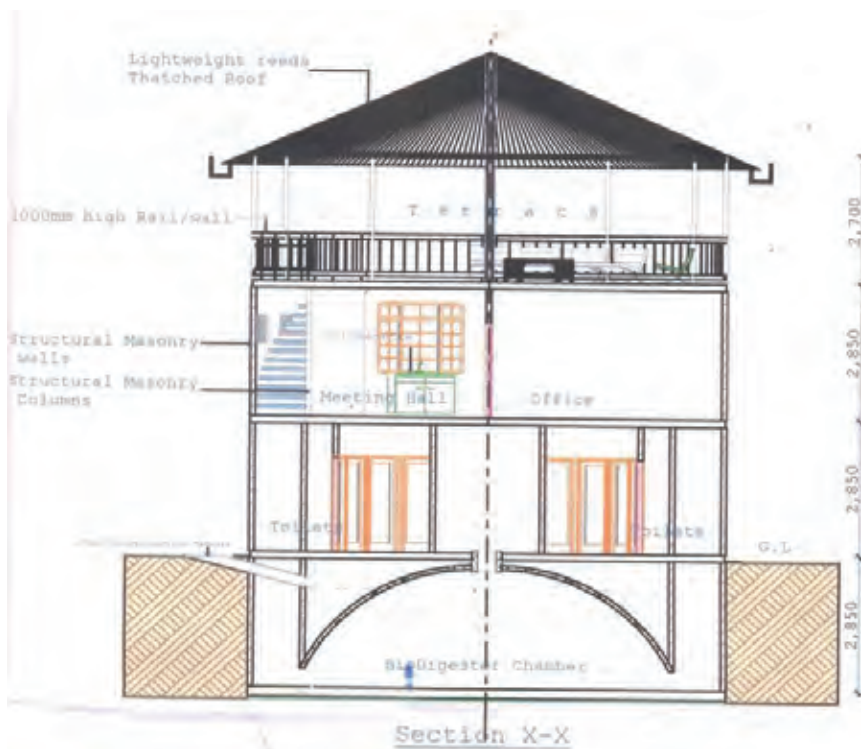
低所得者層は接続費及び毎月の下水道料金などを考えると、必ずしも高い接続率が見込めるとは言い難い。低所得者層への対策としてエコサントイレが考えられる（図 3-17 参照）。しかし、エコサントイレの導入に関して、し尿を排除するなどの維持管理が必要である。居住者が維持管理の必要性を十分に理解し、実際に行うことになる。これがエコサントイレの成否を左右することになる。さらに、し尿を排除する場所の有無も重要な要素となる。MCN における低所得者層の住居地の多くは、周囲に農地等がなく、エコサントイレのし尿を排除するような場所がない。そのため、多くの低所得者層の居住地においてエコサントイレの導入は、難しいと考えられる。

ケニア最大のスラムであるナイロビ市キベラ地区に、現地 NGO のウマンデ財団がバイオガスセンター（図 3-18 参照）を建設した。設置されたトイレのし尿からは、バイオガスを回収し、燃料として再利用している。非常に環境に優しくまた、住民の衛生改善を図る目的としては有用なものとして考えられる。利用者は、1日 600 人という。ただし、この数値に少々疑問が残る。平均使用時間を 1日 18 時間とすると 10 分間で平均 5.5 人使用することになる。しかし、現地訪問時、それだけの利用者はいなかったように見受けられた。バイオガスセンターが低所得者対策の 1 つになることは考えられるが、キベラ地区でも改善すべき点があり、直ぐに導入することは難しいと考えられる。



出典：<http://www2.gtz.de/dokumente/oe44/ecosan/cb/en-graphic-ecosan-ud-dehydration-toilet-2005.jpg>

図 3-17 エコサントイレの一般図



出典：Umande Trust

図 3-18 バイオセンターの断面図

その他、低所得者層への対策として考えられることは、下水道を整備したあとの污水管への接続費及び下水道料金に、何らかの公的資金を投入し、衛生環境の改善を図ることが挙げられる。表 3-36 に示すように低所得者層における水道料金は世帯収入の 4.4%以上と算出されている。下水道料金は水道料金の 75%（一般家庭の場合）であるため、下水道料金だけで世帯収入の 3.3%以上になる。収入が 2 万 KES/月以下を低所得者層として定義づけているため、低所得者層のなかでも最も収入が多い 2 万 KES/月の世帯にとって、上下水道料金が全収入の 7.7%と算出される。収入が小さくなればなるほど、収入における上下水道料金の割合が大きくなる。仮に、世帯収入が、1 万 KES/月とすると、世帯収入 2 万 KES/月と比べて割合が 2 倍となり、下水道料金は世帯収入の 6.6%、上下水道料金となると 15.4%にまで増加する。表 3-18 に示すように月収 1 万 KES 程度の世帯が確認されており、これらの世帯にとっては大きな負担であると考えられる。しかし、支払い可能額かどうかを解析するためには、低所得者層の支出の内訳などを調査することが必要となる。もし、支払い可能額を超えるようであれば、支払い可能額以内になるような料金体系を検討するか、低所得者層に対して公的な補助金を導入する必要がある。支払い可能額を超えていながら、現在と同様の料金体系であり、また、補助金もないようであれば、低所得者層はサービスに対する対価を支払うことができず、最終的に低所得者層はサービスを受けることができないと考えられる。このような状況では、支払い不可能な世帯が多く居住する低所得者層地域への污水管拡張は、避けるべきであると考えられる。

第4章 協力の方向性

4-1 技術協力プロジェクト実施の妥当性・実施に向けた留意点

4-1-1 技術協力プロジェクト実施の妥当性と基本計画調査の必要性

2001～2002年にかけてJBICにより「大ナクル上水事業に係る援助効果促進調査（SAPS I及びSAPS II）」が実施され、ナクル湖水環境にかかわる以下の2つの能力強化プログラムが優先事業として提案された。

- (1)「ナクル市に対するMCNの水質汚染管理能力強化（技術協力プロジェクト）」：ナクル市街地はナクル湖に対する最も重大な水質汚染源であり、この問題に対処するためにMCNに対する水質汚染源管理能力強化を実施する。
- (2)「ナクル湖集水域管理にかかわるナクルDECの能力強化（技術協力プロジェクト）」：ナクル湖集水域内の社会・経済的活動（人為的活動）や土地利用変化（森林伐採）に伴いナクル湖水環境が変化しナクル湖の生態系に影響を及ぼしている。この問題への対処を目的にMCN-DEC及びNEMA-DEOに対して集水域管理能力強化を実施する。

上記2つの優先事業のうち項目(1)に関しては、2005～2009年にかけて実施されたわが国の技術協力プロジェクト「NEMP」を通じて既に達成済みであり、ナクル湖水環境保全に一定の効果を得ることができたと評価できる。特に「①水質モニタリングの実施能力の向上」「②環境管理のための各種ガイドラインの整備」「③流域管理のための共同研究体制の構築」「④環境管理に係る官民への教育・啓発」の4つの分野での成果があったと考えられる。

しかしながらNEMPはナクル湖集水域全体ではなく、ナクル市街地に焦点をあてた生活排水や工場廃水に対する水質汚染管理能力強化を目標としていた。NEMPによる水質シミュレーション結果によれば、ナクル市域からの汚濁負荷量は集水域全体の約50%にとどまり、残り50%はMCN郊外を発生源としている。このためナクル湖の水環境改善のためには、ナクル市内の水質汚染管理に加えてナクル湖集水域全体の水質汚染管理がNEMP以降の重要なテーマと考えられる。

さらに今回の調査を通じて行ったKWSをはじめとした関係機関へのインタビュー結果によれば、乾期の河川から湖への極端な流入量の減少や雨期のナクル湖への過剰な土砂流入量の増加等のナクル湖水環境上の深刻な問題が発生している。これら気象・水文問題は集水域内の社会・経済活動の変化と密接に関係していると考えられる。したがって、NEMPが取り扱った水質問題に加えて、水文循環の問題もナクル湖の水環境管理上重要なテーマである。同時にそれら水質・水文循環の問題はすべて集水域管理上のテーマとして取り扱う必要がある。

今回要請された技術協力プロジェクトがそのプロジェクト目標として掲げている「ナクル湖集水域管理に係る組織・制度及び技術面での基礎システムを構築する」は、上記のSAPS IIが提案する優先事業(2)の内容に合致するものである。同時に、NEMPによる成果（MCNの水質汚染管理能力強化）に加えて集水域全体の水質及び気象・水文を含む管理能力が強化されることによりナクル湖水環境はより適正に保全することが期待できる。以上の観点から要請された技術協力プロジェクトが掲げるプロジェクト目標は妥当な内容と評価できる。

しかしながら、ナクル湖集水域の水環境上の課題は、集水域内のさまざまな社会・経済活動因子（都市開発、農耕地開発、灌漑施設の拡大、森林伐採等）に基づく幅広い問題点に起因し

ている可能性があり、それらの因子がナクル湖水環境に影響する度合いはいまだ十分な把握がなされていない。さらに、2-6 で述べたとおり、ナクル湖集水域管理として多様な活動が行われており、活動には多くの組織が関与しそれら組織の集水域管理に係る役割・権限に多くの重複があり区分が明確ではない。

このため今回ケニア政府側から要請された技術協力プロジェクト（能力強化型技術協力プロジェクト）の実施に替えて開発計画調査型技術協力を行い、集水域管理上の問題点に関する正確な理解に基づき総合的な集水域管理計画を策定し、効果的な集水域管理体制を構築することが必要と考えられる。この開発計画調査型技術協力を通じてナクル湖集水域管理の方向性を導き出すとともに、同流域内のステークホルダーの環境管理能力強化及び意識啓発を図ることが期待できる。

上記の開発計画調査型技術協りに類似のマスタープランの必要性は SEPSIS においても指摘されている。すなわち、SAPS II によれば、多くの政府機関や NGO が多様なスコープと対象域をもつナクル湖水環境改善にかかわるプロジェクトを実施しており、それらプロジェクトを包括し長期的な妥当性と方向性を示すアンブレラ・タイプのマスタープランの策定が必要としている。また、SAPS II ではこのマスタープラン策定は、上記の優先事業「(2) ナクル湖集水域管理にかかわる MCN-DEC の能力強化」の一環として MCN-DEC 及びその事務局である NEMA DEO の能力強化を通じて実施すべしとしている。

MCN-DEC メンバーは極めて多様な組織からの代表者により構成されており、更にそれらを調整すべき NEMA の DEO の人員数も後述するとおり極めて不十分であることをかんがみ、能力強化を主眼とした技術協力プロジェクトとするよりも、計画策定を主眼とした開発計画調査型技術協力として実施し、複数の関係機関の役割分担の明確化、連携強化を図りつつ、関係機関の共同作業により計画策定を行い、同時に能力強化を図ることが適当であると思われる。

NEMP においても、そのプロジェクト実施中に「①プロジェクト・オフィスの整備の遅れ」「②カウンターパートの人員不足」「③不明確な関連組織間の責任の所在」に常に悩まされプロジェクトの進捗に深刻な支障が発生した経験をもつ。この経験から NEMP は教訓としてプロジェクト開始前に、事前に各組織の役割と責任を明確に定め、公式な合意を結ぶ必要性を指摘している。このような合意は各組織のコミットメントを確実にするとともに、関係機関や組織からの支援を引き出すことに重要な役割を果たす。以上の NEMP の教訓からも本件要請案件に関しては、開発計画調査型技術協力を実施して、ナクル湖集水域管理にかかわる主要業務とその担当機関を確認し、それら機関の統一された集水域管理への参画を担保する仕組みを形成することが適当と考えられる。

4-1-2 開発計画調査型技術協力のスコープ

先方政府は上記の開発計画調査型技術協力の実施に関しては基本的に同意の意向を示している。しかしながら、可能な範囲で集水域管理に係るパイロットプロジェクトの実施を開発計画調査型技術協力のスコープに取り入れ、関係機関及びステークホルダーの能力強化を図りたい旨の強い要請があった。この要請に配慮して開発計画調査型技術協力の対象にパイロットプロジェクトを含むものとし、以下の具体的な調査作業項目を提案する。

- ・ 集水域管理に係る関連法規制・ガイドライン及び関連計画のレビュー
 - 関連法規
Environmental Management and Co-ordination Act 1999、 Water Act 2002、 Local Government Act、 Wildlife Conservation and Management Act、 Land Acquisition Act、 Landlord and Tenant Act、 Registered Act 等
 - 関連計画レビュー
WRMA の Sub-catchment Management Plan、 NEMA の Climate Change Response Strategy、 KWS の Strategic Plan 2008-2021 等
- ・ 集水域内の主要社会・経済活動因子の抽出と影響度合いの検討
 - 森林伐採、過剰取水、不法ゴミ投棄、農地・宅地・工場団地からの汚濁物質流出状況等影響因子とそれらの影響度合いの確認
- ・ 集水域管理実施体制の提案
- ・ 集水域管理のためのアクションプラン（水文・水質観測体制整備案及び環境ゾーニング案を含む）の策定
- ・ 集水域管理事業費の積算及び事業実施の妥当性の評価
- ・ 集水域管理事業実施にかかわる関係機関の合意書（MOU の策定）の作成
- ・ パイロットプロジェクト（水文観測体制整備及びステークホルダーの集水域管理能力強化及び啓発活動等）の実施

上記計画案については、事前にケニア側と摺り合わせを行い、内容の調整を行いつつ合意を得るものとする。

4-1-3 開発計画調査型技術協力実施にあたっての留意点

(1) 開発計画調査型技術協力実施に係るケニア側カウンター部局

開発計画調査型技術協力のカウンターパート部局としては、要請された技術協力プロジェクト「ナクル湖集水域管理プロジェクト」の実施体制を踏襲して NEMA の MCN-DEO が有力と考えられる。しかしながら、MCN-DEO の現有スタッフ数は 2 名にとどまり、このままの人員で現業の環境管理に係る各種管理業務に加え、更に開発計画調査型技術協力のカウンターパート部局としての業務を MCN-DEO が単独で十分に実施することは難しいと判断される。さらに開発計画調査型技術協力の対象域はナクル湖集水域を対象としており、MCN-DEO の管轄区外の調査対象域に含まれる。この点からも NEMA DEO のカウンターパート部局としての機能に不安がある。以上の状況にかんがみ、以下の NEMA の実施体制強化が本件プロジェクト実施に必要と考えられる。

- ・ NEMA Provincial Office に NEMA DEO を統括する Provincial Director 及び Deputy Provincial Director の合計 2 名が存在する。これに関連して本件のカウンターパート部局としては、NEMA DEO に加えて NEMA Provincial Office が共同する実施体制が適当と考えられる。
- ・ NEMA は現在組織再編成を実施中であり、Province 及び District レベルの NEMA 要員の強化を 2010 年 7 月までをめぐり完了する予定である。この組織再編成を通じて Province レベルは現状要員 2 名を 4 名に、District レベルは現状 2 名を 3 名に増加する予定としている。NEMA HQ の Director General によればこの組織再編成による人員強

化については本件プロジェクト実施地区である **Rift Valley Province** を優先するとのことであり、本件実施にあたってはこの人員強化の履行が必須と考えられる。

- ・ 開発計画調査型技術協力の実施にあたっては、効果的な調査業務の進行を図るためにケニア政府側がステアリングコミッティを組織することが求められる。同ステアリングコミッティにはすべてのステークホルダーが参加することが求められる。

(2) 開発計画調査型技術協力の基礎となる気象・水文データの取得

ナクル湖集水域管理に係る開発計画調査型技術協力においては、集水域内の気象・水文データの所得がナクル湖水環境の変化を把握するために必須の要素となる。他方 2-9 で述べたとおり、今回の調査期間中に水文、気象及び水質等の観測結果を **KMD**、**WRMA**、**KWS**、**MCN** 等の観測機関から直接入手することはできなかった。

水文・気象・水質観測データの収集が困難であった理由の1つとして、データ観測機関の財源・人員の不足によりデータベース入力及び分析が滞っており、入力データの品質管理が不十分な状態が挙げられる。さらにはデータの共有化に関する関係機関の意識が薄いこともデータ入手を困難にしている一因と考えられる。

これらの基礎データ収集上の問題に対処するため、開発計画調査型技術協力の早い段階で関係機関との協議を行い、基礎データの提供に係る合意形成を行う必要がある。さらに開発計画調査型技術協力を通じて、「水文データベースシステム整備に向けた組織・制度案」や「集水域管理上必須となる観測体制（観測箇所、観測方法、観測頻度等）」にかかわる提案が望まれる。

なお調査団は **Flamingo Net** (NGO) が所有する雨量、**Njoro** 川からナクル湖への流入量、ナクル湖湛水面積等の水文データを入手することができた。これら **Flamingo Net** から収集したデータは、2次データ（過去にオリジナルの観測機関から収集したデータ）であり、収集されたデータは通算 26 年（1957～1976 年と 1994～1999 年）の観測期間をカバーしている。したがって、集水域管理に係る基本調査にあたっては、少なくとも 26 年間の水文データは担保されているといえる。これらデータに基づく予備的なナクル湖集水域水文循環に係る解析結果は 2-2-4 に記述したとおり。

(3) 環境ゾーニングの関係機関

ケニア側から要請された技術協力プロジェクトには環境ゾーニング（ナクル湖水環境保全を目的とした集水域内の土地用途指定）にかかわるカウンターパート機関の能力開発が重要項目の1つとして挙げられている。この環境ゾーニングに直結する土地利用・開発に係る規制や計画策定には、2-6 で述べたとおり以下の複数の機関が関与している。

- ・ **NEMA**：集水域の環境保全を目的とした土地利用ガイドラインの作成
- ・ **WRMA**：集水域の水資源保全・有効利用を目的とした集水域管理計画（**Sub-Catchment Management Plan**）の策定
- ・ **MCN**：MCN の管轄区（ナクル市内）の用途別土地利用指定の施行
- ・ **NCC**：NCC の管轄区（ナクル市郊外）の用途別土地利用指定の施行

環境ゾーニングはナクル湖水環境保全を目標としており、上記関係機関のうちこの目標を担保する機能・権限を有する **NEMA** 及び **WRMA** が最も環境ゾーニングのための指導的

機関として有力と考えられる。

NEMA の環境ゾーニングに関連した機能・権限（土地利用ガイドラインの作成）は、1999年に制定された EMCA を法的根拠としている。一方 WRMA の役割・権限（Sub-catchment Management Plan の策定）は 2003 年に制定された水法を法的根拠としている。したがって、開発計画調査型技術協力において環境ゾーニングにかかわる検討を行うにあたっては、特に NEMA 及び WRMA との密接な協議と十分な合意形成が必要と思われる。

4-2 無償資金協力実施の妥当性・実施に向けた留意点

4-2-1 無償資金協力実施の妥当性と基礎調査の必要性

ケニア開発計画の青写真として策定された「Kenya Vision 2030」にも下水道サービスの向上が含まれており、下水集水システム拡張は国レベルの開発計画に沿うものである。「3-11-2 今度の要請事業を実施した場合に想定される裨益効果」で記述したように、現段階において期待できる効果は生活環境の改善であり、必要性は認められるものの、以下のような課題の解決が先決であるため、直ちに要請事業を実施することは困難であると考ええる。

1) 低所得者層対策

要請された污水管は、低所得者層地域に 39% (75km)、中・高所得者層地域に 61% (115km) に埋設することになっている。「3-11-3 接続率向上対策」で記述したように、低所得者層地域では高い接続率は期待できない。

2) 工場排水対策

「3-5-3 機能診断」で記述したとおり、Njoro 下水処理場では赤褐色の污水が発生する。これは放流基準を満たしていない工場排水が流下しているためといわれている。現在、放流口まで污水が達していないため、ナクル湖にはこの赤褐色の污水は放流されていない。要請事業を実施した場合、流入量が増加し、この污水がナクル湖へ流出することになる。NEMP では工場への排水対策指導のための能力強化を実施しているが、技術移転の成果を踏まえ、ケニア側が施設整備に先立ちなめし皮工場等の排出源での工場排水対策の強化を行っていくことが先決である。

3) 下水処理場の処理水質

「3-5-3 機能診断」で記述しているとおり、現在、処理場の処理水は基準（MCN 条例）を満たしていない。「JICA 環境社会配慮ガイドライン」の別紙 1 のなかの「法令、基準、計画等との整合」に「プロジェクトの実施地における政府（中央政府及び地方政府を含む）が定めている環境社会配慮に関する法令、基準を遵守しなければならない」と記載されている。そのため、このガイドラインをそのまま適用するならば、処理水が基準を満たしていない現在の状況では、本要請事業は実施できないことになる。

上記の課題解決に対しては、要請事業へ向けた F/S や基本計画を実施する前に基礎調査のような形態で情報収集し、その結果を踏まえて、要請事業に関する方針を議論することが望ましいと考える。ただし、基礎調査を実施するためには、下記条件を満たすことが前提となる。

1) 低所得者層対策

無償資金協力事業として考えた場合、低所得者層のみを排除することは不適切であるが、低所得者層対策の立案・実施については、ケニア側と共同で検討する必要がある。考えら

れる低所得者層への対策としては、①ケニア政府の見返り資金などの公的資金を検討しケニア政府として各戸接続の負担を行うこと、②無償資金協力にて低所得者層居住区に対しては各戸接続までを対象とすること、③下水道以外の代替案の投入を検討すること、などが挙げられる。①及び②は事業実施の方針にかかわるものであり、基礎調査実施前に①及び②の選択肢が有効であるかに関して確認されるべき事項であると考え。そのため、低所得者層対策の検討を実施する前に、①及び②の選択肢の可否が確定済みであることが基礎調査実施の前提条件となる。

2) 工場排水対策

PCS や NAWASSCO は、赤褐色の汚水をナクル湖へ放流することは絶対に許されないと認識している。本来、PCS は排水基準の違反者に対して、行政処分に関する手続きを行わなければならないが、現在までのところ、ほとんどその実績はない。そのため、工場排水対策の検討に関する基礎調査を実施するうえで、PCS による工場排水に対する監視が強化され、違反者に対しては法を適用し、各工場がある一定期間（1年程度）、継続して排水基準内の排水が放流されること、MCN による定期的なモニタリングにおいても同様に排水基準内であることを前提条件とする。

3) 下水処理場の処理水質

現在、下水処理場へ動物が侵入し、施設内の草を食べたり、ポンド内で水浴びをしていたりする。この状況では、安全に調査が実施されないだけでなく、新たな汚濁源が加わり処理場の処理能力を適切に把握することが困難となる。そのため、処理水質の検討に関する基礎調査を実施するうえでの前提条件として、ケニア側による動物侵入防止のためのフェンスの設置が挙げられる。

4-2-2 基礎調査のスコープ

1) 低所得者対策

- ・ 前提条件のレビュー
- ・ 下水道以外の代替案の検討
 - Pit Latrine 設置世帯数調査
要請された事業地区のうち、低所得者層居住地区の全世帯に対して実施
 - セプティックタンク設置可能世帯数調査
上記の Pit Latrine を設置している世帯のうち、セプティックタンクが設置可能な世帯数を調査
- ・ 事業実施後の接続世帯数の推定
 - 下水道への接続意思、支払意思額、支払可能額に関する聞き取り調査
要請された事業地区のうち、低所得者層居住地区の全世帯に対して実施

2) 工場排水対策

- ・ 前提条件のレビュー
- ・ モニタリング及び行政処分等の実施に関する持続性の確認
モニタリングデータ及び行政処分の結果を調査する。また、工場への査察に同行し、実際の視察がどのように行われているか調査する。これらを基に、持続的に工場排水対策が実施されるかを検証する。

3) 下水処理場の処理水質対策

・ 処理能力の把握

処理場の現実的な処理水質を把握するため、ポンドを仕切り、下水処理場がフル稼働した場合と同条件の負荷にして、1年間継続した場合の処理水質を確認する。

4-2-3 基礎調査実施にあたっての留意点

基礎調査を実施するうえでそれぞれの調査項目における留意点を挙げると下記のとおりである。

1) 低所得者対策

聞き取り調査の結果が非常に重要となる。聞き取り調査は10チームに分け、1日当たり5世帯に対して行われることを想定する。そのため、聞き取り調査を実施する前に、調査員に対してそれぞれの質問事項を十分認識してもらい、全調査員が同じような認識で行われるよう留意する。

2) 工場排水対策

行政処分を受けた工場がどのように改善したか、またそれは一時的な対応ではなく、継続的に実施されるようなものかを見極める必要がある。そのためには、工場内の排水対策組織、施設運営管理などに関して、詳細に把握することに留意する。また、PCSの査察者の手法が統一されているかについても把握することに留意する。

3) 下水処理場の処理水質対策

池ごとに水質を測定し、それぞれの池の処理能力を把握することとする。また、各池への流入量及び流出量も測定し、各池のロスについても把握することに留意する。

表 4-1 基礎調査の概要

調査項目	対象機関	調査期間
低所得者対策	RVWSB、NAWASSCO、MCN	5カ月
工場排水対策	PSC	2カ月
下水処理場の処理水質対策	NAWASSCO	1年2カ月

表 4-1 に基礎調査の概要を示した。基礎調査は要請事業を今後どのような方針で進めるかの判断材料を収集することを目的としているが、現地側の担当部局及び担当者の能力向上につながる項目も多々ある。特に処理能力の調査は、処理場を管理する側にとっては非常に有用な調査となる。そのため、処理プロセスの概念、運転方法、処理水質が悪化した際の対応策などの技術支援も可能な限り行うこととする。

付 属 資 料

1. 収集資料リスト

1. 収集資料リスト

収集資料リスト

- 1 Draft Rift Valley Catchment Management Strategy, June 2008
- 2 Draft Rift Valley Catchment Management Strategy, Summary Booklet, June 2008
- 3 Flamingo Net ブローチャー
- 4 Water Service for Kenya, National Water Services Strategy and Pro-poor Implementation Plan, Popular Version, June 2009
- 5 Road map towards sustainable management of river njoro watershed
- 6 Use of Research Findings in the Management and Conservation of Biodiversity : A case of Lake Nakuru National Park, Workshop Proceedings, Volume 1, 1995
- 7 Water Resources Allocation Thresholds for Classification of Permits, First Edition, Oct 2007
- 8 Toxic Cyanobacteria and their toxins in standing waters of Kenya : Implications for water resource use
- 9 The Pink Death : Die-Offs of the Lesser Flamingo Raise Concern
- 10 Die Nahrungsprobleme des Zwergflamingos
- 11 Scientific Assessment of Freshwater Harmful Algal Bloms
- 12 Toxic cyanobacteria at Nakuru sewage oxidation ponds-A potential threat to wildlife
- 13 Draft SUB-CATCHMENT MANAGEMENT PLAN (SCMP) , LOKANAM Water Resources Users Association, RIFT VALLEY CATCHMENT AREA
- 14 CATCHMENT MANAGEMENT STRATEGY, ZERO DRAFT, RIFT VALLEY CATCHMENT AREA, June 2007
- 15 Effluent Discharge Control Plans (EDCPs) , RVCA Workshop on EDCP Preparation 29thMay 09
- 16 LAKE NAKURU INTEGRATED ECOSYSTEM MANAGEMENT PLAN, 2002 - 2012
- 17 LAKE NAKURU WATERSHED MANAGEMENT
- 18 WRUA DEVELOPMENT CYCLE (WDC) , WORKING DOCUMENTS, February 2008
- 19 WDC OPERATIONAL GUIDELINES WORKING DOCUMENTS,VOLUME 2, Water Resources Management Authority & Water Services Trust Fund, 15th JANUARY
- 20 WDC TOOLKIT WORKING DOCUMENTS, Volume 3, Water Resources Management Authority & Water Services Trust Fund
- 21 Land use and hydrology of lake nakuru catchment phase I
- 22 The proposed constitution of kenya
- 23 2010年4月上下水道料金、徴収率
- 24 WQTL 分析価格表
- 25 コレラ新聞記事
- 26 ナクル市 bylaw
- 27 月別顧客別契約者、上下水道料金 2008-10年
- 28 水因性疾患
- 29 水道生産量、処理場流入量、汚水管修復数

30 水道料金表

31 要請された汚水管理設位置図

