

第4章 上水道施設計画諸元

4.1 人口

4.1.1 現在及び計画人口

1994年の調査区域の人口分布の詳細な評価については、FINNIDA計画策定コンサルタントにより明らかにされた。最新の完全な国勢調査は1981年に執り行われている。国勢調査の情報の十分な更新が、方針計画・実行省の地方開発局（RDD）によって行われている。大キャンディ圏マスタープランの人口推定のため、調査地域の範囲に入っているそれぞれの Grama Nilidhariの1994年RDDのデータを選挙登録と住宅建設記録との比較により調整している。

過去の人口増加率は、1981年の国勢調査の情報を基に推定した1994年人口数との比較によって得られる。人口増加率は、過去の増加率と、各地区における人口増加への物理的制約を考慮して策定した。最近の人口データ（1996-1996）はRDDから入手した。そして、比較の結果は、過去の推定値とほぼ一致することが示された。FINNIDA計画により明らかにされた人口推定は、結果として今回の調査目的のために採用された。計画給水地域の人口の概要を表4.1に示す。

表 4.1 大キャンディ圏の計画人口

地域	1997	2000	2005	2010	2015	2020
キャンディ市	137,400	144,000	153,000	162,000	171,000	181,000
キャンディ・フォー・グラハット（部分）	56,600	59,000	63,000	68,000	72,000	77,000
アクラナ（部分）	44,200	46,000	49,000	53,000	56,000	60,000
ハリスパットウワ（部分）	69,400	73,000	78,000	83,000	89,000	94,000
ブジャビティヤ（部分）	45,200	47,000	51,000	54,000	58,000	61,000
クンダサレ（部分）	88,400	92,000	99,000	105,000	112,000	119,000
バタ ダンバラ（部分）	53,200	55,000	59,000	62,000	66,000	70,000
バタ ヘワヘタ（部分）	18,400	19,000	20,000	21,000	23,000	24,000
ウドウ ヌワラ（部分）	70,000	73,000	77,000	82,000	86,000	91,000
ウダ バラタ（部分）	3,280	3,400	3,600	3,900	4,100	4,300
ヤティヌワラ（部分）	58,600	61,000	65,000	69,000	73,000	77,000
キャンディ市外合計	507,280	528,400	564,600	600,900	639,100	683,300
合計	644,680	672,400	717,600	762,900	810,100	864,300

4.1.2 計画給水人口

計画給水地域は比較的人口密度が高く（1km²当たり1,500人以上）、人口増加及び水使用の率が高いことから、マスタープランの給水区域は1994年 FINNIDA レポートに同じとした。

現在、給水人口の約30%の人が公共栓に頼っている。政府の方針では2010年までに、公共栓から給水を受ける人口を10%にすると述べている。キャンディ市（KMC）給水地域では、近い将来、既存の公共栓の65%が廃止されるため、公共栓利用人口の減少の度合いは更に増すと予想される。

表 4.2 大キャンディ圏の給水人口

地域	1997	2000	2005	2010	2015	2020
キャンディ市	135,000	144,000	153,000	162,000	171,000	181,000
キャンディ・ワヨ・ガラハツ (部分)	54,400	58,000	62,000	67,000	71,000	77,000
アクラナ (部分)	41,600	44,000	48,000	52,000	56,000	60,000
ハリスバトゥワ (部分)	67,000	70,000	76,000	81,000	87,000	92,000
ブジャピテイヤ (部分)	21,600	24,000	26,000	28,000	30,000	32,000
クダサレ (部分)	83,820	87,300	93,800	99,500	106,000	113,000
バタ ドウンバラ (部分)	41,460	42,900	46,000	48,400	51,600	54,700
バタ ヘワヘタ (部分)	8,360	8,600	9,400	10,600	12,000	14,000
ウカマラ, ウパハラ, マイマラ (部分)	91,080	95,400	101,600	110,900	119,000	126,200
キャンディ市外合計	409,320	430,200	462,800	497,400	532,600	568,900
合計	544,320	574,200	615,800	659,400	703,600	749,900

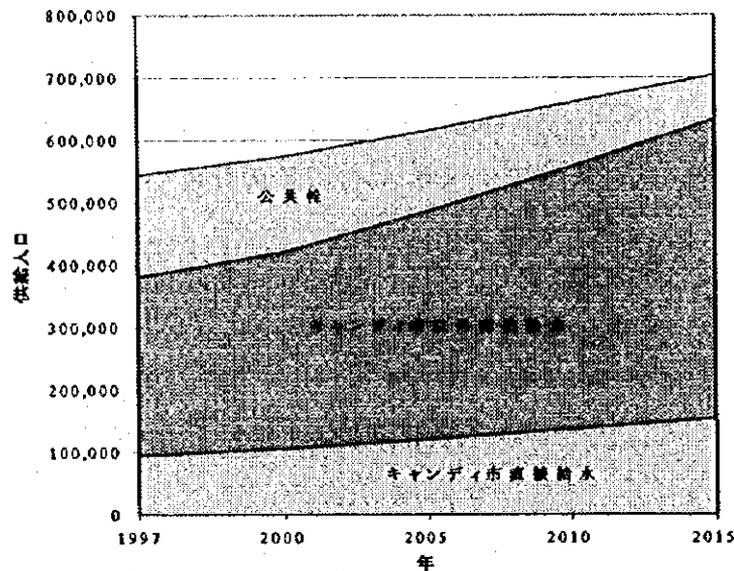


図 4.1 大キャンディ圏内の給水人口

4.2 計画水量

4.2.1 無収水量 (Non-revenue Water, NRW)

1997年のキャンディ市水道システムの有収水量は平均18,335m³/日となっている。一方、生産量は31,641m³/日であり、無収水量は生産量の42%を占めている。1994年のFINNIDAレポートによると(1993年の値)、無収水量は45%となっていて、4年間で3%改善されている。

キャンディ市の外部における無収水量の率は18%から70%までの範囲に分布している。管理が良好なシステムの平均NRWは28%、一方管理が十分でないシステムでは48%となっている。

無収水量の現在のレベルは大変高い値である。より納得できる値として25%への削減は、他の水道システムの改良プロジェクトにおいても、初めに考慮すべき事項であり、最も高い可能性

表 4.2 大キャンディ圏の給水人口

地域	1997	2000	2005	2010	2015	2020
キャンディ市	135,000	144,000	153,000	162,000	171,000	181,000
キャンディ・ミア・グラベツ (部分)	54,400	58,000	62,000	67,000	71,000	77,000
アクラナ (部分)	41,600	44,000	48,000	52,000	56,000	60,000
ハリスバットウワ (部分)	67,000	70,000	76,000	81,000	87,000	92,000
ノジャビナイヤ (部分)	21,600	24,000	26,000	28,000	30,000	32,000
クンクサレ (部分)	83,820	87,300	93,800	99,500	106,000	113,000
バタ ドウンバラ (部分)	41,460	42,900	46,000	48,400	51,600	54,700
バタ ヘワヘタ (部分)	8,360	8,600	9,400	10,600	12,000	14,000
外カ・ヌラ, ウタ・ボラ, ヤイヌラ (部分)	91,080	95,400	101,600	110,900	119,000	126,200
キャンディ市外合計	409,320	430,200	462,800	497,400	532,600	568,900
合計	544,320	574,200	615,800	659,400	703,600	749,900

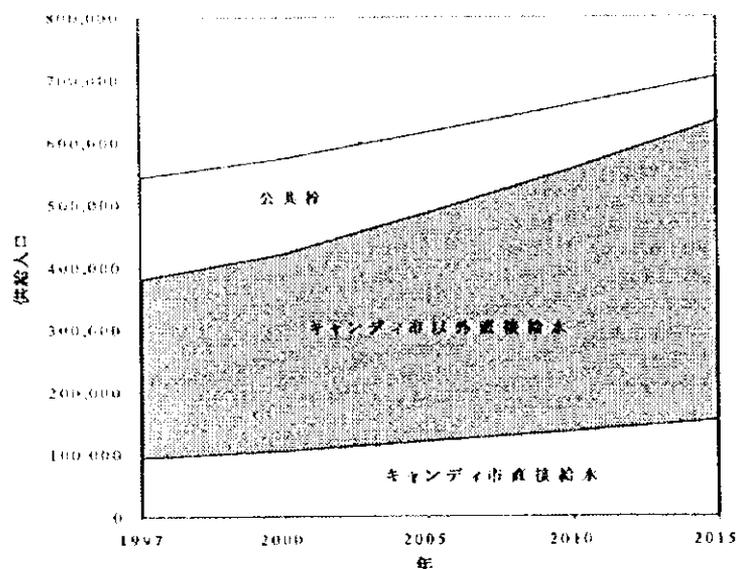


図 4.1 大キャンディ圏内の給水人口

4.2 計画水量

4.2.1 無収水量 (Non-revenue Water, NRW)

1997年のキャンディ市水道システムの有収水量は平均18,335 m^3 /日となっている。一方、生産量は31,641 m^3 /日であり、無収水量は生産量の42%を占めている。1994年のFINNIDAレポートによると（1993年の値）、無収水量は45%となっていて、4年間で3%改善されている。

キャンディ市の外部における無収水量の率は18%から70%までの範囲に分布している。管理が良好なシステムの平均NRWは28%、一方管理が十分でないシステムでは48%となっている。

無収水量の現在のレベルは大変高い値である。より納得できる値として25%への削減は、他の水道システムの改良プロジェクトにおいても、初めに考慮すべき事項であり、最も高い可能性

のある優先権を与えるべきである。FINNIDAレポートでは、水需要量の推定において、無収水量の率は38%が限界とみなして、将来とも一定値としている。

本計画における主要な変更は、FINNIDAの需要量推定値に現在の調査の設計哲学を反映させることである。NRWは現在の42%から25%に減少させることができると想定している。新設する水源のコストが高ければ、新規水源の開発とともに、精力的に無収水量削減プログラムを推進することで全体の需要量を減少させることは賢明である。

本調査とFINNIDAの計画需要水量を表4.3で比較した。

表 4.3 需要水量の比較

年	給水人口	FINNIDA 計画需要水量 (NRWを含む) (m ³ /日)	今回計画 需要水量 (NRWを含む) (m ³ /日)
1997	544,320	113,190	110,041
2000	574,200	125,250	119,474
2005	615,800	139,700	122,856
2010	659,400	157,950	133,365
2015	703,600	175,900	141,647
2020	749,900	192,500	159,730

特に古い水供給システムにおける無収水量の削減業務は長期化し実施が難しい。無収水量削減プログラムで削減される量を計画時期に予測することも難しい。無収水量の現在の高レベルからの削減可能量は、事実上、需要量の17%に相当する新規水源の開発を示している。新規水源の開発を考慮している場合には、潜在的に費用の低い代替水源として、無収水源の削減を真剣に考えるべきである。

4.2.2 計画原単位

キャンディ市及びキャンディ市区域外の現在の給水人口の約30%は公共栓に依存している。公共栓から給水を受ける人口を考慮するならば、調査対象地区内の平均給水原単位は以下の値となる。

キャンディ市	206 lpcd
キャンディ市以外	181 lpcd
大キャンディ圏 (平均)	195 lpcd

キャンディ市内外の給水量原単位の差は10%以内であるが、両者は大変異なったサービス・コネクションの政策を持っている。キャンディ市は、給水の可能性を考慮せずに、全ての申込者に接続する政策を持っている。一方、NWSDBは、供給が不十分とみられる場所での新しい接続を拒否する政策を続行している。最近、キャンディ市はサービス・コネクションの未解決な申請書をそれほど持っていないが、一方、NWSDBには約20,000の申請書の未処理残務がある、とい

う違いとなって現れている。現在のキャンディ市給水区域内の供給量と実際の需要量の差は、上述した平均給水量原単位により示されているように大きい。将来の需要量を決定するための水需要原単位の率は、結局、サービス・コネクションの政策の相違を考慮して、調整を行っている（表4.4参照）。無収水量に関しては、それぞれ考え方が異なり、最新の調査に使われている一人当たりの計画値は、FINNIDA報告書で使われている値より、概ね低い（表4.5参照）。

表 4.4 1人あたり水需要原単位

キャンディ市 (lpcd)	1997	2000	2005	2010	2015
家庭	99	101	108	115	121
家庭以外	55	58	61	65	69
NRW	112	115	95	81	63
合計	266	274	264	261	253
キャンディ市以外 (lpcd)					
家庭	76	78	82	90	98
家庭以外	29	30	32	36	41
NRW	76	78	64	57	46
合計	181	186	178	183	185
大キャンディ圏 (lpcd)					
家庭	82	85	89	96	104
家庭以外	35	37	39	43	48
NRW	85	88	72	62	50
合計	202	210	200	201	202
NRW %	42	42	36	31	25

表 4.5 水需要原単位の比較

水需要原単位(lpcd)		
年	FINNIDA	修正
1997	208	202
2000	218	210
2005	227	200
2010	240	201
2015	250	203

表4.5によると、家庭用及び非家庭用の水需要原単位は、実質上、計画期間内で増加している（22から41%）。同時に、NRWの率は、40%より減少し、計画期間中の合計原単位は同じレベルである。

4.2.3 計画水需要量

本調査対象地域における計画水需要量は表4.6及び図4.2に示す。

表 4.6 計画需要水量

キャンディ市需要量 (m ³ /日)	1997	2000	2005	2010	2015
家庭	13,365	14,570	16,500	18,610	20,730
家庭以外	7,425	8,352	9,333	10,530	11,799
NRW	15,120	16,560	14,535	13,122	10,773
合計	35,910	39,482	40,392	42,282	43,263
キャンディ市以外需要量 (m ³ /日)					
家庭	31,306	33,556	38,156	44,766	52,253
家庭以外	11,717	12,906	14,689	17,965	21,631
NRW	31,108	33,556	29,619	28,352	24,500
合計	74,131	80,018	82,464	91,083	98,384
大キャンディ圏需要量 (m ³ /日)					
家庭	44,671	48,100	54,680	63,396	72,944
家庭以外	19,142	21,258	24,022	28,495	33,430
NRW	46,228	50,116	44,154	41,474	35,273
合計	110,041	119,474	122,856	133,365	141,647

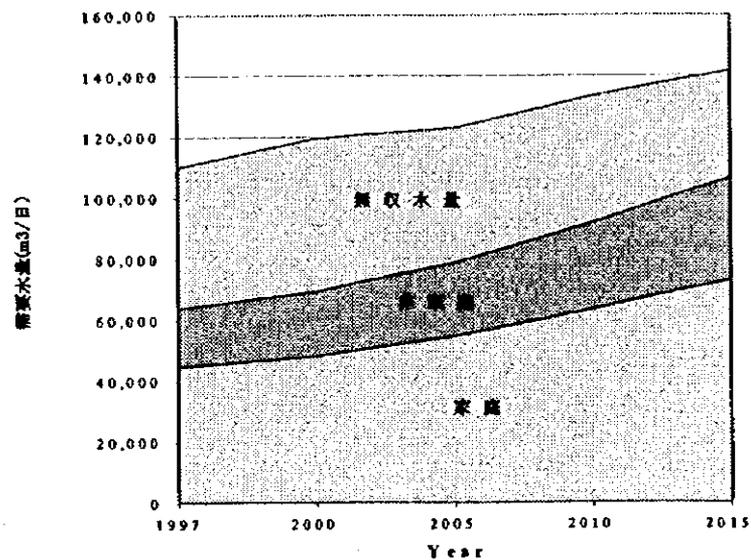


図 4.2 計画需要水量

表 4.6 計画需要水量

キャンディ市需要量 (m ³ /日)	1997	2000	2005	2010	2015
家庭	13,365	14,570	16,500	18,610	20,730
家庭以外	7,425	8,352	9,333	10,530	11,799
NRW	15,120	16,560	14,535	13,122	10,773
合計	35,910	39,482	40,392	42,282	43,263
キャンディ市以外需要量 (m ³ /日)					
家庭	31,306	33,556	38,156	44,766	52,253
家庭以外	11,717	12,906	14,689	17,965	21,631
NRW	31,108	33,556	29,619	28,352	24,500
合計	74,131	80,018	82,464	91,083	98,384
大キャンディ圏需要量 (m ³ /日)					
家庭	44,671	48,100	54,680	63,396	72,944
家庭以外	19,142	21,258	24,022	28,495	33,430
NRW	46,228	50,116	44,154	41,474	35,273
合計	110,041	119,474	122,856	133,365	141,647

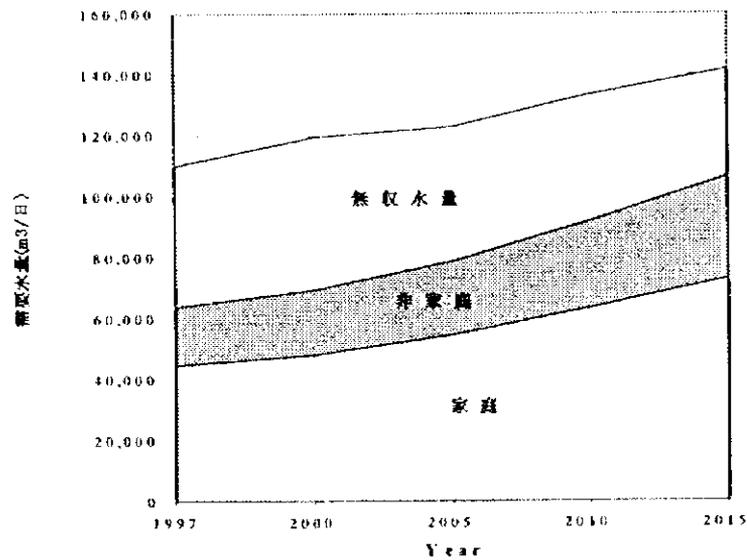


図 4.2 計画需要水量

第5章 上水道施設整備基本計画

5.1 計画の基本方針

大キャンディ圏の長期的な水道施設整備計画の基本方針は以下の通りである。

- 本計画の対象施設は目標年度2015年に対応した取水施設から配水池までとした。配水管についてはデータが不十分なため、計画対象外としたが、新設配水池及び既設配水管網への接続配水管及び既存配水管改良の費用を見込んだ。
- 乾期においても24時間給水を原則とする。
- 既存水源のうち質・量共に良好なものは継続使用する。
- 新水道施設は、送水・配水システムにかかる費用の支出を少なくするため、既存水道施設を可能な限り利用する。

5.2 施設計画の設計条件

5.2.1 水源

(1) 既存水源の状況

キャンディ市及びその周辺は、岩盤が浅く、急峻な小山が連続し、平らな土地が少ない。既存の水道はその水源として約58,000 m³/日（建設中のフル川及びタラツ川水道事業を除く）の地下水及び表流水（マハウエリ川及びその支流）を利用している。水源水量は、33,400 m³/日の比較的規模の大きいマハウエリ川を水源とするキャンディ市浄水場から、数百から2,000 m³/日程度の小規模な水道事業、更に小規模の湧水を利用している場合もある。

毎年乾期にはマハウエリ川の支流の流量は極端に減少し、取水に影響を及んでいる。マハウエリ川本流も同様で、特に渇水期には、流線が偏り、取水が妨げられる場合が見られる。

表5.1 表流水を用いた主要既存水道事業

水道事業名	取水河川名	取水量（配水量）
キャンディ市	マハウエリ川	33,400 m ³ /日
カルガムワ	ニランベ川	11,500 m ³ /日 (大キャンディ圏へ 9,000 m ³ /日)
クンダサレ	フル川	13,000 m ³ /日 (実施中)
ウドウ・ヤティヌワラ	マハウエリ川	4,600 m ³ /日
バレケレ (CECB)	マハウエリ川	2,000 m ³ /日
ボルゴラ	マハウエリ川	1,500 m ³ /日

遠隔地では、量的に十分でなくても地下水は重要な水源である。井戸の多くは、岩盤より浅い地下水を揚水しているため、揚水量の減少、水質の悪化がみられ、また、水理地質状況

に見合った設計及びポンプの導入がなされておらず、過剰揚水が生じている。

水質が良好でなく、維持管理に多額の費用を要する小規模水道事業は2005年以降廃止する。2005年以降も継続使用する既存水源の容量は、現在未完のフル・ガンガ及びタラツ・オヤ・プロジェクトを含め、目標年度2015年において65,960 m³/日となる。

(2) 新規開発水源の検討

水源開発水量は、計画目標年度における水需要量から継続使用する既存水源量を差し引いた水量となり、表5.2に示すように、104,940 m³/日となる。

表 5.2 水源開発量

項目	計算水量	計画採用値
2015年一日最大給水量 (一日平均給水量の120%) (a)	169,980 m ³ /日	—
継続既存水源能力 (b)	65,040 m ³ /日	—
新規水源開発必要量 (a-b)	104,940 m ³ /日	110,000 m ³ /日

地下水開発は小規模の水道事業に適しているが、大キャンディ圏のような広域の水道事業には適用できない。110,000 m³/日と規模の大きな需要量に対しては、マハウエリ川に依存せざるを得ない。FINNIDAの報告書では週間平均で180,000 m³/日の取水が可能であるとしている。

灌漑局及びマハウエリ開発庁水管理局 (WMSMA) から11年間 (1987-1997) の日間の水量データを収集した。実際の水量は新浄水場、既存キャンディ市浄水場、カルガムワ浄水場 (測定期間には供用していない) を含め、約160,000 m³/日であり、通常年では十分な水量を確保できるとみなして良い。ただし、大渇水年には給水制限を甘受しなければならない時期が生じる可能性もあり、既存の地下水水源を極力残し、利用すべきである。なお、事業主体となるNWSDBはマハウエリ川を管理しているWMSMAから180,000 m³/日の取水の承諾を受けている。

本調査において、大キャンディ圏全体の地下水の分布状況について調査したが、時間的制限及び試験井を含むデータの欠乏のため、個々の取水地点での揚水可能量の調査を行っていない。しかしながら、地下水開発の調査には、亀裂帯に帯水している、量的、質的に安定している地下水を監視することが不可欠であると思われる。

以上の検討結果から、新規に開発する水源をマハウエリ川とした。

5.2.2 取水場及び浄水場の位置の選定

(1) 取水場の位置の選定

マハウエリ川は水需要量の多いキャンディ市の境界の南西側から北部を經由して南東方面に向かって半円を描いて流れて行く。キャンディ市の南西部にはキャンディ市の既存主

力浄水場の取水施設がある。北部にはボルゴラ・ダムがあり、灌漑及び発電用に取水している。そのため、これより下流では河川流量が極端に減少する。

新取水地点を上流側にすることにより、ポンプ揚程を低く抑さえ、経済的な運転を行うことが出来る。

新浄水場予定地の upstream 約600mの所、キャンディ市の北西部の対岸で、川の左岸側にはごみ処分場がある。ここからの浸出水による河川水の汚染が懸念されることから、新取水施設の予定地をごみ処分場の upstream 400mの地点に選定した。

(2) 浄水場の位置選定

新浄水場 (110,000 m³/日) の必要面積は4～5 haである。調査地域の需要量の多い地区の近くの未利用な平地が不足しており、取水地点との関連から新浄水場の候補地も自ずと制限される。結果的に、マハウェリ川左岸のコンダデニヤの水田とした。

5.2.3 浄水場計画諸元

(1) 一日最大給水量のピーク率

一般的に一日最大給水量は、一日平均給水量に対する一日最大給水量の率として、ピーク率を基に算定される。

大キャンディ圏の実際の水需要量データがないため、カル川水道整備開発調査 (1994年11月、JICA) 及び他国の過去の実績値を参考にした。採用するピーク率は約1.2となった。

(2) 計画容量

他の浄水場の実績を基に、浄水過程での水使用及び予知できない損失として5%を考慮して浄水場の計画容量を定める。

(3) 浄水水質

スリ・ランカの飲料水水質基準を満足するものとする。

5.2.4 送・配水施設

(1) 概要

管路流量公式: ヘーゼン・ウィリアムズ公式

最大流速: 3.0 m/秒

配管及びポンプ設備の建設費と維持管理費を考慮の上、口径を決定する。

(2) 送水施設

管材: 口径が250以上はダクタイル鋳鉄管を用いる

口径250未満は塩化ビニル管(uPVC)を用いる

内面ライニング: セメントモルタルライニング(DIP)

ピーク率: 1.2 (対一日平均給水量)

(3) 配水池

配水池の有効容量： 1日最大給水量の6時間分以上

5.3 最適システムの検討

5.3.1 浄水場の個所数の検討

FINNIDAの調査以降にクンダサレ水道事業が開始されている。この事業において、給水量13,000 m³/日の新設浄水場が建設され、東部ゾーンのマハウエリ川北部へ給水することになる。また、FINNIDAのマスタートプランで計画されていた新浄水場予定地は取得が困難となった。従って、旧候補地から西方3.5km地点に新浄水場の候補地（以下、カツガストタ浄水場と称す）が選定された。

上記のような基礎条件の変化により、再検討の必要性が認められ、給水ゾーンの見直し調査として、二つの案についてシステムの再検討を行った。第一案は、既存キャンディ市及び新カツガストタ浄水場の2ヶ所案であり、第二案は、既存キャンディ市、新キャンディ市及び新カツガストタ浄水場の3ヶ所案である。

表5.3に示すように、建設費及び維持管理費等を検討の結果、第一案を選定した。

表5.3 統合案（第一案）、分割案（第二案）の比較

項目	第一案	第二案
	二浄水場案	三浄水場案
浄水場	110,000 m ³ /日-カツガストタ浄水場 (33,400 m ³ /日 - 既存KMC浄水場)	20,000 m ³ /日 - 新KMC浄水場 90,000 m ³ /日-カツガストタ浄水場 (33,400 m ³ /日 - 既存KMC浄水場)
新主要施設数	- 取水施設 2 - 浄水場 2	- 取水施設 3 - 浄水場 3
所要用地面積	- 約4.4 ha (新浄水場)	- 約1.8 ha + 3.9 ha (新浄水場)
土地利用現況	- カツガストタ浄水場 水田	- 新KMC浄水場 水田。将来政府施設用地に隣接。川に隣接し2.5mの盛土が必要。 - カツガストタ浄水場 水田
取水と導水	- カツガストタ浄水場 2.2kmの導水管 5年に一回一ヶ月の補修期間を除きボルゴラ・ダム湛水域から取水	- 新キャンディ浄水場 既存の取水施設が利用できる。 - カツガストタ浄水場 左に同じ
送水施設	- キャンディ・フォア・グアットに長送水管	- 個々のサービス区域に近接
直接工事費	6,618 百万ルピー	7,504 百万ルピー
維持管理費	230 百万ルピー/年	245 百万ルピー/年

5.3.2 取水方式

取水点におけるマハウェリ川の水位は、ボルゴラ・ダム of 整備の時期を除いて、ダムの影響で438.9 mから440.7 mまでの範囲で変動する。5年に1回1ヶ月間のダムの整備期間にはダムの水位はさらに低下する。そのため、取水施設は低下した水位（河床高 436 mと同程度）及び洪水位（446.4m）を考慮した。

ダムの影響で取水地点の通常の水深は約2 mとなっている。河川の流れが直線であり、河床がほぼ平らであることから、取水口方式を採用した。取水口の底版の設置高は、現況の河床より2 m深い位置で、堆積物を除いた原河床と予想される位置に設置することとした。既存キャンディ市浄水場のように2段で揚水する必要はなく、1段揚水でカツガスタ浄水場まで導水することが可能である。取水塔、取水堰、集水管を用いる取水方式について検討を行った結果、本計画では採用しないこととした。

この地域では短時間に強い降雨があり、表土を洗い流しながら河川に流入する。又、河川の流れは速く、土砂を流下させる。それによりマハウェリ川の濁度は1,000度以上に上昇するとみられる。既存キャンディ市浄水場での沈砂後の原水濁度は、乾期で10度前後、雨期では40ないし50程度となる。しかし、年間10回程度は100度以上となり、時には300度近くになる。さらに通常のダム水位が維持される時期には、河川自体が自然の沈砂池となるが、水位を下げている時期には取水施設に土砂が流入する。従って、取水ポンプを守るとともに、導水管内に土砂の流入を防止するため、取水施設に沈砂池を設けることとする。

水位の低下している時期には、取水口及び樋管に堆積した土砂をブルドーザーで掻き取るが、それ以前に短期間に堆積した場合には、サンドポンプを用いる。沈砂池に堆積した土砂を、2池の内、1池づつを人為的又はサンドポンプを用いて搬出する。

5.3.3 浄水方式

高濁度のため、カツガスタ浄水場の浄水方式には、既存キャンディ市浄水場同様、薬品凝集沈殿—急速ろ過方式を採用する。浄水場予定地の面積は全体で約6.3haある。浄水場の必要面積は、排水処理施設を除き、3.2haである。予定地の標高は河川洪水位より高く、浸水することはない。

マハウェリ川の水質調査結果では、遊離アンモニア、亜硝酸、大腸菌群数及び糞便性大腸菌群数を含む人間の活動に由来する未処理汚水である程度汚濁されている。上記のように濁度も数百から千度以上、大きく変動する。既存のキャンディ市浄水場はフランス製の脈動型の沈殿池を使用している。しかし、上向流及び日照による水温の上昇が原因で、70℃が上昇し、流出トラフから流出することがあり、十分に機能を果たしていない。本調査では、濁度の変動に対応が容易で、比較的水温の影響の少ない、横流式沈殿方式を採用した。

5.4 段階的実施計画

本調査対象地域内の水道事業の状況は各々異なっている。キャンディ市システムは良い状況にあるが、その他の地方水道事業は良好でない。また、全体事業の資金調達の面からも、段階的施工を採用した。段階施工を考慮するため、優先順位について検討を行った。

5.4.1 段階的開発計画

目標年度における水需要量及び給水量の不足量（一日最大給水量ベース）を表5.4に示す。

表5.4 水需要量及び不足水量

単位: $\text{m}^3/\text{日}$

区分	2005	2015
一日最大需要量	147,430	169,980
継続既存水源量	65,960	65,040
新規給水必要量	81,470	104,940

これにより、新カツガスタ浄水場の計画容量を $110,000 \text{ m}^3/\text{日}$ とする。

巨額な必要資金と事業期間が15年にわたることを考慮し、全事業を3段階に分けて計画した。カツガスタ浄水場も3段階に分けて整備する。各段階の開発容量は $110,000 \text{ m}^3/\text{日}$ の1/3、つまり、 $36,670 \text{ m}^3/\text{日}$ とした。従って、新浄水場の給水量は5年毎に1/3ずつ拡張する。第2段階の1/3の開発は2010年までに、残りの1/3は2015年までに建設する。図5.1に需要水量と供給可能量の関係を示す。

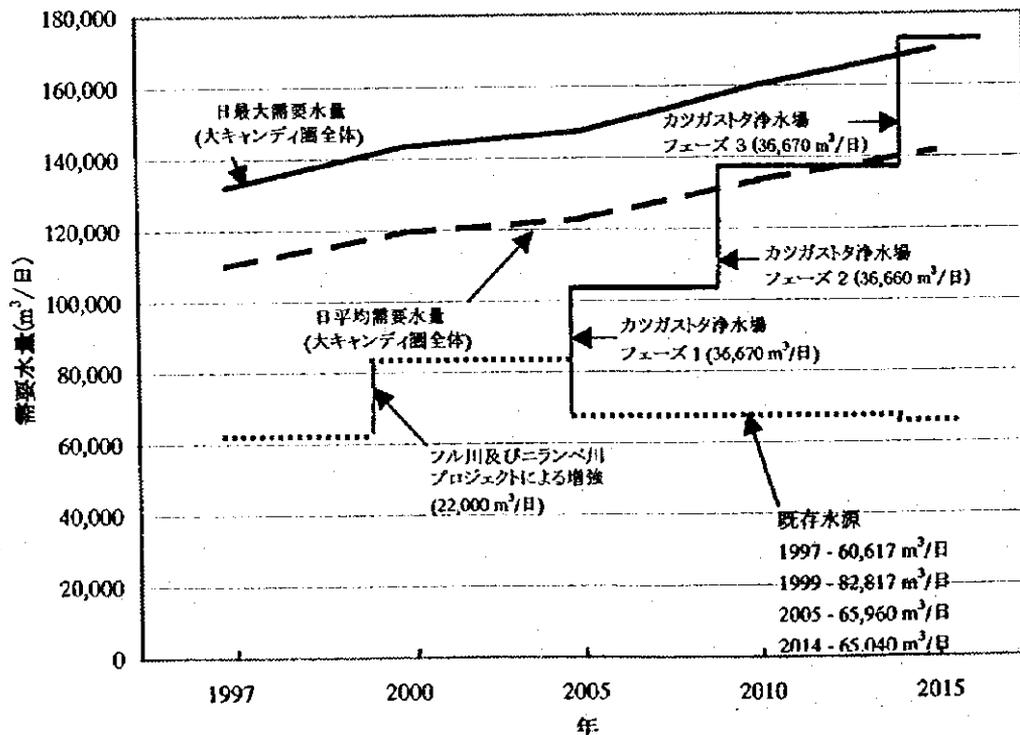


図5.1 需要水量と供給能力の推移

2005年における大キャンディ圏全体の需要水量に対する給水不足量は、一日最大給水量で44,800 m³/日、一日平均給水量で20,270 m³/日である。しかし、この事業の実行により不足量は減少し、全事業の完成により不足は解消される。

5.4.2 給水地区の優先順位

カツガスタ浄水場は第1期事業で36,670 m³/日を配水できるが、大キャンディ圏全体の水需要量を賄うことは出来ない。資本費にも限界があり、浄水施設のみならず送水配水施設の建設も段階的に建設せざるを得ない。配管及び配水池の建設範囲は、浄水場の生産水量までとなることから、給水地区の優先順位を検討した。

大キャンディ圏は11の地区に分けられ、キャンディ市、ウドウヌワラ及びヤティヌワラはおおよそ1日20時間の給水を受けているのに対し、他の8地区は12時間又はそれ以下である。人口及び給水量を考慮した定性分析では、キャンディ市、ハリスバトゥワ及びクンダサレにおいて水供給が不足している。キャンディ市、キャンディ・フォア・グラベッツ、ハリスバトゥワ及びクンダサレはランクA、アクラナ及びバタ・ドゥンバラはランクBとなった。

キャンディ市地区にはマハウエリ川から取水している既存の浄水場(33,400 m³/日)がある。この浄水場はキャンディ市の周辺地区にも給水しており、常に水需給の逼迫した状態となっている。キャンディ市は高度に都市化され、調査対象地域の人口の25%を占める、最も人口の多い地区であり、優先順位の最も高い地域である。

キャンディ・フォア・グラベッツはキャンディ市に隣接し、キャンディ市のベッドタウン的色彩が強く人口も多い。この地区は小規模の表流水を水源としているため、乾期には枯渇する。キャンディ・フォア・グラベッツは優先度の高い地域である。

ハリスバトゥワのキャンディ市との境界沿いの地区もキャンディ・フォア・グラベッツと同様、キャンディ市のベッドタウン的色彩が強い。この地区には、ゴハゴダ、コンダデニヤ、クルガマナの水道事業が整備されているが、これらの内、コンダデニヤ、クルガマナへの給水量の補給が必要であり、緊急度が高い。

クンダサレ地区の一部にはバレケレ、メニキーネ等の既存水道事業がある。現在、フル川を水源とする水道拡張事業が計画されている。この事業の実施は遅れているが、1999年までにマハウエリ川東側のほぼ全域を給水対象としている。従ってこの地区の緊急度は低い。一方、マハウエリ川の南側のアムピティヤ及びムルビヒラは、以前はキャンディ市からの給水を受けていたが、キャンディ市自体の水不足のため給水を停止されており、この地区の緊急度は高い。

アクラナはランクBである。しかし、この地区内にあるカハワッタ及びクルゴダの水道事業は共に地下水を水源としているが、地下水位の低下に伴い揚水量の減少があるため、優先度は高い。

バタ・ドゥンバラ地域もBランクであるが、安定した地下水が無い。カツガスタは商業地と

して発展しており、カハラ、バラナガラ、バンガラワッタ及びビヒラデニヤは住宅地として開発されている。従って、バタ・ドゥンバラは優先度が高い。

上記の各地域において、2005年のカツガスタ浄水場の供給可能水量36,700m³/日に見合う送水ポンプ、送水管、配水池の施設整備を行う。

5.5 施設の予備設計

施設建設計画を表5.5に示す。段階建設が計画されているが、施設により、各段階で建設する場合、初めの段階で全体を建設する場合がある。大キャンディ圏上水道システム全体の配置計画図を図5.2に、新浄水場の一般平面図を図5.3に示す。

表5.5 施設の建設計画（段階建設）

		単位	フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3	備考/合計		
給水区域	既存施設（キャンディ市、カガムワ、クダサレ）による給水区域を含む		調査対象地域の内、プシヤビティヤの一部とヤティヌワラの一部を除く地域	調査対象地域の内、プシヤビティヤの一部を除く地域	調査対象地域の全域			
給水量	1日平均給水量	m ³ /日	30,560	61,100	87,450	各フェーズの数値は各フェーズの最終年の数値を示す。		
	1日最大給水量	m ³ /日	36,670	73,330	104,940			
取水施設	位置、名称		ゴハゴダ					
	計画取水量	m ³ /日	38,500	77,000	115,000			
導水施設	施設		取水口、樋管、沈砂池、機械電気設備					
	計画導水量	m ³ /日	38,500	77,000	115,000			
	導水管 DIφ800~900 (一部2条)	m	圧送管 600 自然流下1,600 (800mm)	圧送管 600 (900mm)	---			
浄水施設	位置、名称		カツガスタ					
	浄水能力	m ³ /日	38,500	77,000	115,000			
	公称能力	m ³ /日	36,670	73,330	110,000			
	浄水方法		凝集沈でん、急速ろ過方式					
送水施設	施設		着水井、薬品沈でん池、急速ろ過池、浄水池、排水池、スラッシュガン、薬品注入設備、機械電気設備、建屋					
	計画送水量	m ³ /日	36,100	73,300	108,600		(合計)	
	送水管	PVC φ75~225	m	23,745	26,610		52,050	102,405
		DIP φ250~900	m	18,400	30,289		37,795	86,484
	送水ポンプ設備	ヶ所	9	9	15	33		
配水施設	配水池	ヶ所	20	12	27	59		
	配水管	式	1	1	1	1		

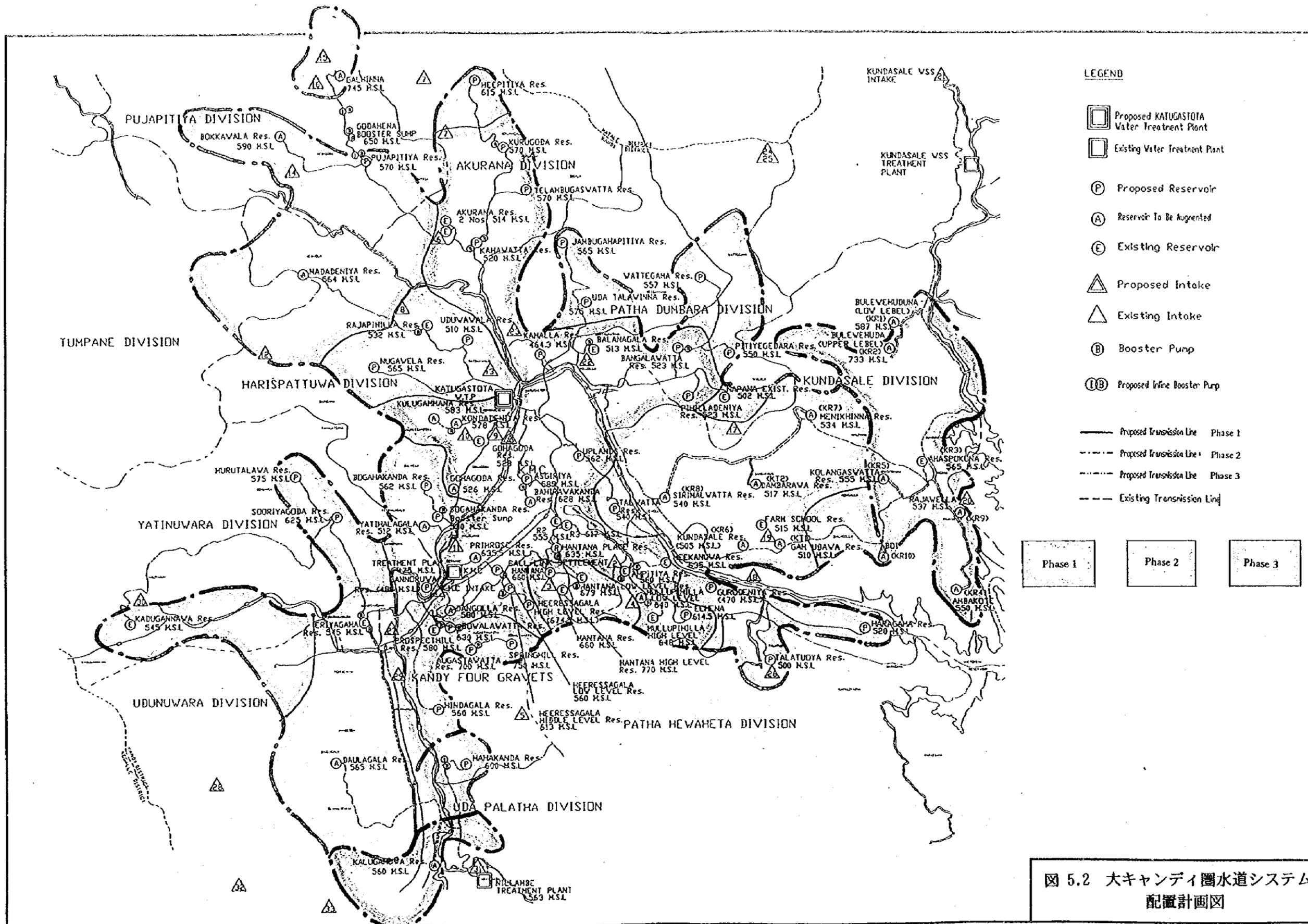
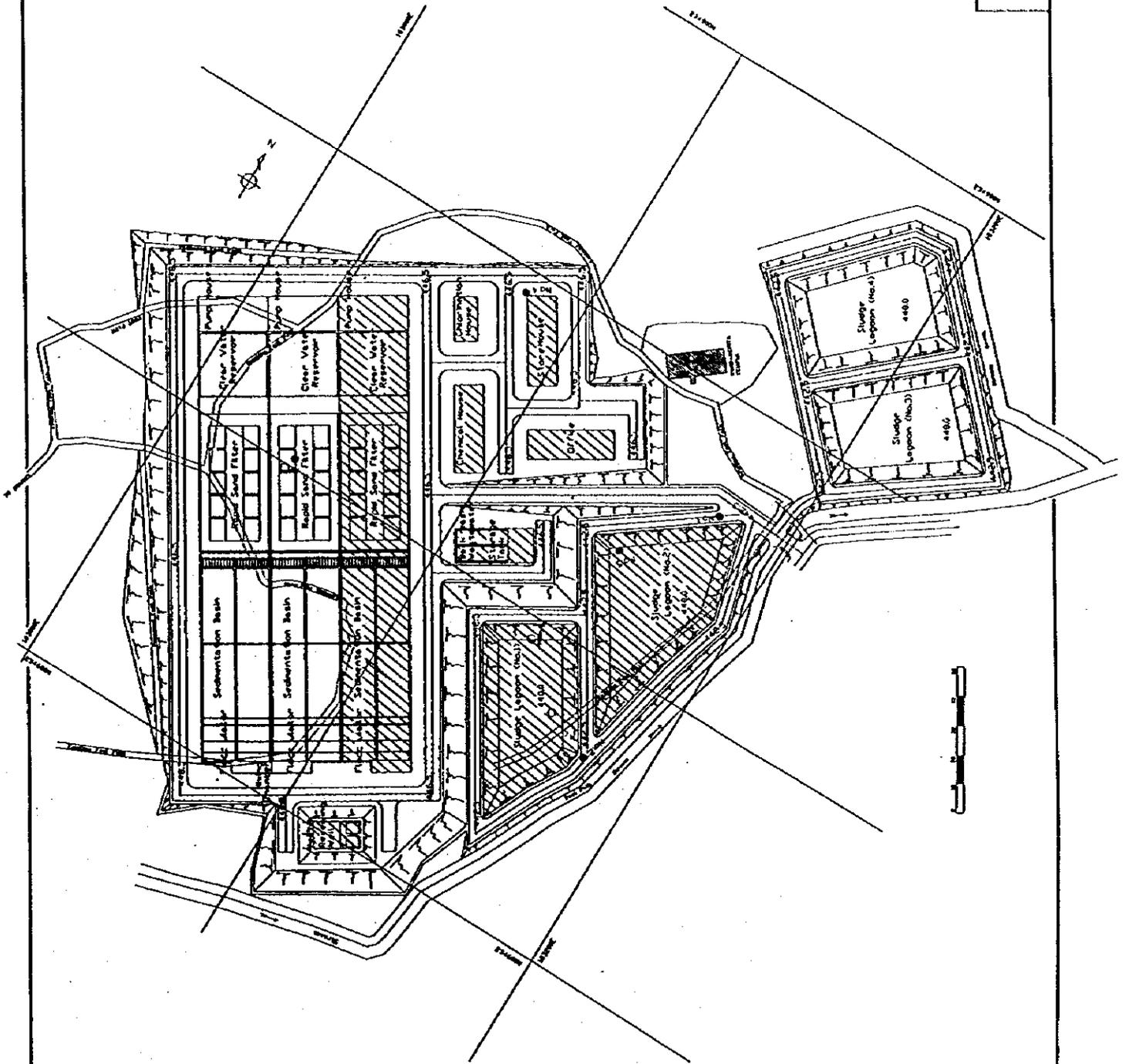


図 5.3 カツガスタタ浄水場
一般平面図

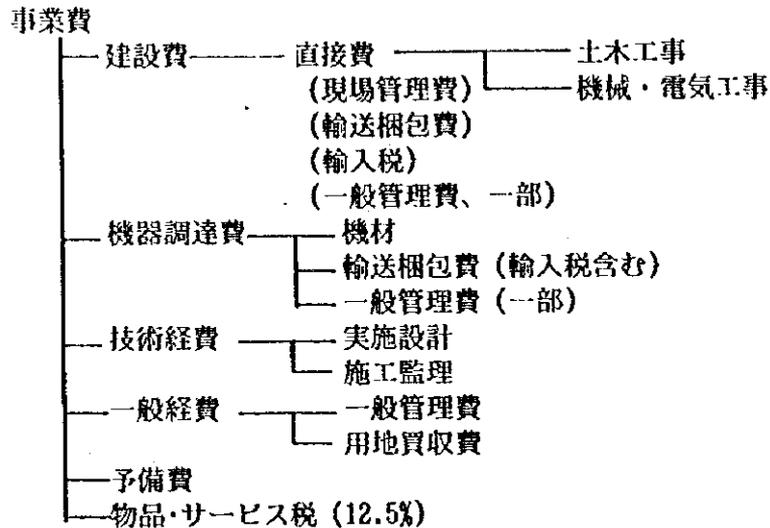
2005



5.6 事業費

5.6.1 事業費の構成

事業費は以下の費目で構成される。



5.6.2 積算条件

事業費は予備設計に基づき積算された。工事単価は現地の建設事情（使用できる建設機械、現地で入手可能な建設材料、建設業者能力、適用可能な工法等）を勘案し決定した。

積算時点 : 1998年11月
 現地貨交換レート : 1.00スリランカ・ルピー = 1.80 円

5.6.3 事業費

事業費は表 5.6に示すように約11,264百万ルピーとなる。

表5.6 大キャンディ園水道事業事業費

(単位:1,000ルピー)

(1) 建設費		
1) 取水施設		639,624
取水口・沈砂池・導水ポンプ井		
導水ポンプ・導水管		
2) 浄水場		2,216,186
土木工事	621,586	
機械・電気工事	1,594,600	
3) 滅菌施設 (配水池用)		81,900
4) 送水施設		2,684,793
配管工事	2,178,167	
ポンプ工事	506,626	
5) 配水池		995,208
6) 配水管改修工事		785,000
7) 漏水削減対策費		103,000
8) 一般管理費		375,289
小計		7,881,000
(2) 維持管理用機材購入費		37,000

(3)技術経費		
1)実施設計	326,000	
2)施工監理	265,000	
小計		591,000
(4)一般経費		
1)一般経費	60,000	
2)土地収用費	137,000	
小計		197,000
(5)予備費		1,306,000
(6)物品・サービス税(12.5%)		1,252,000
合計		11,264,000

5.7 実施工程

本事業はフェーズ1からフェーズ3までの3段階に分けられる。フェーズ1は緊急かつ優先度の高い事業を2004年末までに完成予定である。フェーズ2及びフェーズ3はそれぞれ2008年及び2013年までに完成する予定である。

フェーズ1 (1999～2004) - 優先事業

1999-2000	プロジェクト準備段階
2001-02	実施設計及び入札
2002	工事開始
2002-04	建設工事
2005	供用開始

フェーズ2 (2003～2008)

2003-04	プロジェクト準備段階
2005-06	実施設計及び入札
2006	工事開始
2006-08	建設工事
2009	供用開始

フェーズ3 (2008～2013)

2008-09	プロジェクト準備段階
2010-11	実施設計及び入札
2011	工事開始
2011-13	建設工事
2014	供用開始

事業実施工程並びに支出計画を表5.7に示す。

表 5.7 大キヤンディ圏水道事業実施並びに支出計画 (基本計画)

項目	フェーズ														
	フェーズ 1					フェーズ 2					フェーズ 3				
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
実施工程															
1. プロジェクト準備段階															
2. 建設準備段階															
2.1 実施設計															
2.2 入札															
3. 建設工事															
3.1 取水施設															
3.2 浄水施設															
- 土木工事															
- 機械/電気工事															
3.3 送水施設															
3.4 配水施設															
4. 資機材調達															
5. 無収水量削減対策															
費用合計 (百万円)					7,778.0	4,820.0				2,779.0					3,665.0
1. 土地収用			86.0				16.0				35.0				
2. 一般管理費			2.0	6.0	6.0	6.0	2.0	6.0	6.0	6.0	2.0	6.0	6.0	6.0	6.0
3. 建設工事				807.0	1,076.0	1,346.0		491.0	655.0	819.0			646.0	861.0	1,077.0
4. 資機材調達					37.0										
5. 技術経費			138.0	28.0	42.0	42.0	81.0	16.0	25.0	25.0	107.0	21.0	21.0	33.0	33.0
6. 予備費			36.0	131.0	179.0	213.0	15.0	77.0	103.0	128.0	22.0	101.0	101.0	135.0	166.0
7. 無収水量削減対策費			16.0	29.0	29.0	29.0									
8. 物品・サービス税(12.5%)			35.0	125.0	171.0	205.0	14.0	74.0	99.0	121.0					
支払額合計			313.0	1,126.0	1,540.0	1,841.0	128.0	664.0	888.0	1,099.0		187.0	871.0	1,164.0	1,443.0

表 5.8 大キャンディ園水道事業 計画概要

		単位	フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3	備考/合計	
フレーム値	調査対象地域		キャンディ市、キャンディフォーグラベツの一部、ハルバツカワの一部、アケサの一部、ブンビテイの一部、パタ・カンブラの一部、ウタヌラの一部、キテイワラの一部、ウタバラタの一部、クダサレの一部、パタ・ヘベタの一部				
	計画目標年度		2005	2010	2015	各フェーズの数値は各フェーズの最終年の数値を示す。	
	人口	人	717,600	762,900	810,100		
	計画給水人口	人	615,800	659,400	703,600		
	普及率	%	86%	86%	87%		
需要水量	原単位	家庭用	l/人/日	89	96	104	各フェーズの数値は各フェーズの最終年の数値を示す。
		家庭用以外	l/人/日	39	43	48	
		無収水量	l/人/日	72	62	50	
		合計	l/人/日	200	201	202	
	1日平均給水量	家庭用	m ³ /日	54,680	63,396	72,944	
		家庭用以外	m ³ /日	24,022	28,495	33,430	
		無収水量	m ³ /日	44,154	41,474	35,273	
	合計	m ³ /日	122,856	133,365	141,647		
1日最大給水量	合計	m ³ /日	147,430	160,000	169,980		
施設整備	給水区域		調査対象地域の内、ブンビテイの一部とキテイワラの一部を除く地域	調査対象地域の内、ブンビテイの一部を除く地域	調査対象地域の全域	各フェーズの数値は各フェーズの最終年の数値を示す。	
	給水量	1日平均給水量	m ³ /日	30,560	61,100		87,450
		1日最大給水量	m ³ /日	36,670	73,330		104,940
	取水施設	位置、名称		ゴハゴダ			
		計画取水量	m ³ /日	38,500	77,000		115,000
	導水施設	計画導水量	m ³ /日	38,500	77,000		115,000
		導水管 DIφ800~900 (一部2条)	m	2,200 (800mm)	600 (900mm)		
	浄水施設	位置、名称		カンガスタ			
		浄水能力	m ³ /日	38,500	77,000		115,000
		公称能力	m ³ /日	36,670	73,330		110,000
		浄水方法		凝集沈でん、急速ろ過方式			
	送水施設	施設		着水井、薬品沈でん池、急速ろ過池、浄水池、排水池、スラッグラゲーン、薬品注入設備、機械電気設備、建屋			
		計画送水量	m ³ /日	36,100	73,300		108,600
送水管 PVCφ75~225 DIPφ250~900		m	23,745 18,400	26,610 30,289	52,050 37,795		
配水施設	送水ポンプ設備	ヶ所	9	9	15		
	配水池	ヶ所	20	12	27		
	配水管	式	1	1	1		
事業費	建設費 (百万Rs.)	直接建設費		3,332	1,965	2,584	7,881
		維持管理用機材購入費		37	0	0	37
		技術経費		250	147	194	591
		一般経費		106	36	55	197
		予備費		559	322	425	1,306
		物品・サービス税(12.5%)		536	309	407	1,252
		合計		4,820	2,779	3,665	11,264
	維持管理費 (千Rs./年)	人件費		6,120	7,320	8,520	
		電力費		57,730	115,348	172,999	
		薬品費		6,068	12,137	18,205	
修理費			11,371	20,306	29,326		
その他			1,200	1,200	1,200		
	合計		82,489	156,311	230,250		

第6章 上水道整備計画優先事業

6.1 優先事業

第1フェーズ事業として優先的に開発する地域は、給水区域の優先地域として選定された地域を対象とする。

新カツガスタタ浄水場で3系列の内の1系列を建設する。水需要量の多い地区には、配水池が拡張され、送水管の一部もフェーズ1で建設される。配管の口径及び配水池の形状寸法は、原則的に、2015年の計画水量を考慮して決められている。しかし、配管の口径と本数（段階施工）については、初期投資に対する費用効果により、最終決定した。

優先事業の計画基本条件を表6.1に示す。

表 6.1 計画基本条件

基本条件	全体 (既存+新規)	優先事業 (新規)
目標年次	2005	2005
人口	717,600	256,400
計画給水人口	615,800	220,000
一日平均需要水量 (m ³ /日)	122,900	-
一日平均供給水量 (m ³ /日)	102,630	36,670
ピーク率 (一日最大/一日平均)	1.2	1.2
ピーク率 (時間最大/一日平均)	2.0	2.0
カツガスタタ浄水場能力 (m ³ /日)	-	36,670

6.2 水道施設の予備設計

6.2.1 設計条件

(1) 地形条件

新取水場は、標高440.5mから442.5mの草地で、マハウエリ川に沿ったゴハゴダに位置する緩い傾斜地である。この予定地は、幅約40mで、上流側、下流側共に崖となっているが、取水口、沈砂池及びポンプ棟を設置するのに十分な広さを有している。

新設浄水場予定地は取水場から2.2km下流の地点に位置する。田園の遊休地であり一部山にかかるものの、平らな部分では標高442mから448mの範囲となっている。浄水施設を標高のより高い地区に設置し、東側の遊水池に近い低い地区に排水処理施設を設置する。

各配水池の予定地は、必要となる容量の構造物を設置できる面積、及び配水に必要な標高が確保されている。

(2) 地質条件

取水施設予定地の地質条件は地質調査の結果、深さ5m程度の岩掘削が予想される。浄水場予定地では、数m程度の良質土による置換、又は杭打ちが必要となる。

クルゴダ配水池では、約1.5mの良質土による置換が必要であり、カハラ及びカハワッタは約1m厚の置換が必要である。ヒーラサガラでは、4～5mの杭打ちが必要となる。他の配水池は直接基礎となる。

主要送水ルートの新カツガスタタ浄水場からアスギリヤ配水池及びアップランド配水池へのルートは、マハウェリ川を横断するため、水管橋を設置する。この橋脚は杭基礎となる。

(3) 電力供給の信頼性

ゴハゴダに設置される新取水場及びカツガスタタに整備される新浄水場は、それぞれ900kVA、1800kVAの容量となる。

CEBの電力開発プロジェクトにより、2ヶ所の変電所からの2回線を接続する設備がカツガスタタに新設されるため、ここから新取水場及び浄水場に専用線を設置することで、2回線受電と同様な信頼性の高い受電を受けることが可能である。

従って、取水場及び浄水場には、自家発電機の設置を必要としない。しかし、キャンディ市及び大キャンディ圏にあるポンプ場への電力供給のため、数台の車輛積載型の自家発電機を供給する。これにより、停電時のバックアップが可能となる。

6.2.2 取水施設

(1) 取水方式

取水方式は取水口方式とする。取水後、樋管を経由し、隣接する沈砂池に流入する。

通常のボルゴラ・ダムの水位は、河川の流量により、標高440～446.4mの範囲で変化している。取水地点での現況の河床高は438mで、水深は約2mとなる。また、堆積厚さは約2mと推定されていて、ダムの補修時期には、水位を低下させるとともに河床の洗掘を行う可能性があるため、取水口の底版を現況河床から2m下げたものとした。

取水口及び樋管はブルドーザーを利用して排砂することが出来るよう最小幅を4mとし、2015年に対応した水量の取水が可能な形状寸法とした。

(2) 沈砂池

ボルゴラ・ダムの補修時期においても沈砂池の役割を果たすように、水位が河床付近に低下した場合に有効水深2mを確保できるような標高に設置する。

また、初期投資に対する経済性について、取水口、樋管及び導水ポンプ井を含む施設について検討した結果、2005年時点に2015年対応の施設を建設することが最も経済的であるという結論となった。

(3) 導水ポンプ

導水ポンプは縦軸軸流ポンプを用いる。

(4) 導水管

導水ルートは、ポンプ圧送ルートが1.6km、自然流下ルートが0.6km、合計2.2kmであり、

その接合部には調整池を設ける。導水管の初期投資に対する経済性について検討を行った結果、圧送管ルートは二条配管（一期 800mm、二期 900mm）が、自然流下管では一条配管（800mm）が有利となった。導水ルートは途中が高くなっているため、標高の最も高い地点に調整池を設ける。容量、形状寸法を表6.2に示す。

表 6.2 取水施設の容量・形状寸法

施設名	容量・形状寸法
沈砂池	6.0 m幅 x 33.5 m長 x 2.0 m有効深 x 2池
原水導水ポンプ	36,670 m ³ /日 x 50 mポンプ揚程 x 2基
導水管	圧送管: 800 mm径 x 0.6 km x 1条
	自然流下管: 800 mm径 x 1.6 km x 1条
調整槽	7.5 m径 X 3.0 m有効深 x 1池、容量 - 132 m ³

6.2.3 浄水場

新設浄水場の全体規模は、洗浄水量等の場内で利用する水量を考慮して、日最大給水量の5%増とする。浄水場は3段階で拡張し、当初はの施設規模は全体の1/3規模となるが、一部の施設は当初に最終規模のものを建設する。一日最大給水量ベースでは全体水量は110,000m³/日であり、優先事業対象水量は1/3の36,670m³/日となる。浄水量では、全体水量115,500m³/日、優先事業対象水量は1/3の38,500m³/日となる。浄水方式には薬品凝集沈殿-急速ろ過方式を採用する。

浄水場内に設置する各施設、設備の形状寸法及び建設規模を表6.3に示す。なお、浄水場内の各施設、設備の配置計画は最終規模に対して検討した。

表6.3 浄水施設の形状寸法・建設規模

施設名	形状寸法・建設規模	対全体施工割合
受水槽	3.9 m幅 x 3.9 m長 x 4.0 m有効深 x 2 槽	3/3
薬品混和池	6.0 m幅 x 33.5 m長 x 2.0 m有効深 x 2 池	1/3
フロック形成池	ｽﾀｯﾌﾟ 1: 1.2 m幅 x 11.0 m長 x 3.5 m有効深 x 2 池	1/3
	ｽﾀｯﾌﾟ 2: 1.6 m幅 x 11.0 m長 x 3.5 m有効深 x 2 池	
	ｽﾀｯﾌﾟ 3: 2.4 m幅 x 11.0 m長 x 3.5 m有効深 x 2 池	
沈殿池	11.0 m幅 x 50.0 m長 x 4.0 m有効深 x 2 池	1/3
急速ろ過池	5.5 m幅 x 5.8 m長 x 10 池	1/3
浄水池	10.5 m幅 x 22.5 m長 x 3.5 m有効深 x 2 池	1/3
逆洗水返送池	8.0 m幅 x 11.0 m長 x 3.0 m有効深 x 2 池	3/3
逆洗水返送ポンプ	3.5 m ³ /分 x 20 m x 2 基 (含む予備1基)	1/3
汚泥ラグーン	32.0 m幅 x 39.0 m長 x 2.0 m有効深 x 2 池	1/3
管理棟	10.0 m幅 x 30.0 m長	3/3
ポンプ棟	11.4 m幅 x 23.5 m長	3/3
薬品棟	10.0 m幅 x 30.0 m長	3/3
塩素注入棟	8.0 m幅 x 15.0 m長	3/3
倉庫	10.0 m幅 x 30.0 m長	3/3
機械・電気設備	所要設備一式	1/3
電力供給設備	所要設備一式	1/3

6.2.4 送水施設

(1) 送水ポンプ

送水ポンプは浄水場及び配水池の敷地内に設置する。浄水場内に設置する場合には送水ポンプ棟及び電気設備は共通となるが、配水池敷地内に設置する場合にはポンプ棟、電気設備は単独に設ける。送水ポンプ棟は浄水池及び配水池と一体構造とする。送水ポンプは、送水量、揚程により、最適なポンプを選定した。ポンプの諸元を表6.4に示す。

表 6.4 送水ポンプの諸元

設置場所	ポンプ容量 (m ³ /日)	揚程 (m)	所要動力 (kW)	基数 (予備含む)
カツガスタタ浄水場	48,700	150	1,416	5
	41,100	111	886	3
	5,100	120	118	3
	3,900	5	4	2
キャンデイ浄水場	2,000	172	66	3
ヒーラサガラ低配水地	2,000	115	44	3
ヒーラサガラ中配水地	1,000	57	11	2
アムビティヤ配水地	1,000	40	8	2
	700	70	10	2
	800	66	10	2
カハワッタ配水地	5,600	80	88	3
コンダデニヤ配水地	3,900	153	116	2
アスギリヤ配水地	6,700	64	84	2

(2) 送水管

管種としてPVC及びDIPを用いる。最小口径を75mmとした。次の送水管を布設する。

PVC: 75~225 mm径 23,745m

DIP: 250~900 mm径 18,400m

送水管の優先事業を考慮した段階建設については、初期投資に対する経済性について検討を行った結果、優先事業における30の送水管の区間に対し、23区間を一条配管、7区間では二条配管とし、優先事業ではそのうちの一条のみ施工することとなった。

6.2.5 配水施設

配水池20個所の新設あるいは増強を行う。

配水管については、新設配水池から既設配水管網までの連絡管及び既存配水管網の増強が必要となる。そのための費用を見込んだ。

6.3 漏水削減プログラム

本調査では、漏水調査として全配水管網の70%の延長に対する音調調査を行い、漏水個所の抽出を行う費用を見込むとともに、漏水個所の補修費として既存全配水管網の現在工事費における

5%の費用を見込んでいる。又、更に上記に示すように配水管の整備費用を見込んでいる。この両者の改良費により、2005年までに現状の無収水量42%を2005年までに34%に、更に最終的には25%まで減少させる。

6.4 事業費

本優先事業の事業費は、4,820百万ルピーとなる。その内訳を表6.5に示す。

表 6.5 上水道優先事業事業費

		単位:1,000ルピー
(1) 建設費		
1)取水施設		416,929
取水口・沈砂池		
導水ポンプ・導水管		
2)浄水場		777,043
土木工事	242,243	
機械・電気工事	534,800	
3)滅菌施設 (配水池)		21,000
4)送水施設		1,062,291
配管工事	805,103	
ポンプ工事	257,188	
5)配水池		457,966
6)配水管改修工事		335,000
7)漏水削減対策費		103,000
8)一般管理費		158,771
小計		3,332,000
(2)維持管理用機材購入費		37,000
(3)技術経費		
1)実施設計	138,000	
2)施工監理	112,000	
小計		250,000
(4)一般経費		
1)一般経費	20,000	
2)土地収用費	86,000	
小計		106,000
(5)予備費 (15%)		559,000
(6)物品・サービス税 (12.5%)		536,000
合計		4,820,000

6.5 優先事業の財務評価

優先事業に係る財務評価の結果は以下の通りである。詳細は第17章に記述する。

前提条件は以下の通り設定した。

- (1) 費用は次の通りとした。
 - ・ 表6.5に示す事業費 (合計4,820百万ルピー)
 - ・ 表7.4に示す維持管理費 (年間 82,489千ルピー)
 - ・ 料金収入の10%に相当する間接費
- (2) 収入は政府補助金と水道料金のみとし次の通り考えた。

- NWSDBの全国統一価格の平均値の90%、すなわち13.36 Rs./m³(1998年)とし、年率1%の実質料金値上げを行う。
- 事業費の50%を政府補助金とし、50%を政府からの借入金(金利10%、2年据え置き24年返済)とする。

(3) 償却期間は耐用年数を考慮し、土木施設50年、機械電気設備15年、車両15年とし、機械電気設備と車両については残存価格(20%)を考慮した。

表6.6、6.7に財務評価の結果を示す。

表6.6 水道優先事業料金値上率別財務的内部収益率(FIRR)

料金値上げ率	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%
FIRR (M/P)	1.55%	5.04%	8.14%	11.10%	14.07%	17.17%	
FIRR (F/S)					1.66%	2.71%	3.69%

注) 太字は推奨案の値

表6.7 水道事業の感度分析結果

ケース	年料金値上げ率	初期投資及び維持管理コストの変動			
		-5%	0%	+5%	+10%
FIRR (M/P)	1.0%	6.47%	5.04%	3.74%	2.53%
FIRR (F/S)	3.0%	3.13%	2.71%	2.31%	1.93%

上表に示すように、フィージビリティ調査対象事業においては、初期投資額が大きいため、実質年間3%の料金値上げをしても財務成績は良くないが、財務的採算性は確保できる。また、インフレーションを年率10%と想定して、資金運用計画を検討した結果、事業の前半部は運転資金が不足するものの、2016年には単年度黒字となることが見込まれた。不足運転資金を10%の金利で借入できれば2026年には累積赤字の一掃が可能である。M/Pを対象とした財務分析結果と比較すると、フィージビリティ調査対象事業だけで事業を中断せず、M/P事業の全てを実施すべきであると判断される。

6.6 実施工程

目標年度2005年に関するフェーズ1つまり優先事業は2004年完成予定である。

フェーズ1(1999~2004) 優先事業

1999-2000	プロジェクト準備段階
2001-02	実施設計および入札
2002	工事開始
2002-04	建設工事
2005	供用開始

第7章 上水道施設運転維持管理計画

7.1 維持管理作業計画

7.1.1 取水及び浄水施設

取水施設、配水池に設置される消毒設備他の維持管理作業を表 7.1に示す。

表 7.1 取水施設と浄水施設の維持管理作業項目

種 別	作 業 項 目
日常点検、監視	-取水量、配水量の把握 -配水池水位の確認 -急速ろ過池と逆洗の状況 -洗浄排水返送ポンプの運転状態 -薬注設備の運転状況の確認 -スラッジラグーンへの排泥 -機械・電気設備の運転状況の確認 -水質試験
定期点検、作業	-沈砂池内沈降砂の搬出 -ラグーンの脱水スラッジ処分 -機械・電気設備の点検、補修 -機械・電気設備のオーバーホール

維持管理の作業プログラムは以下のとおりである。

(1) 日常作業プログラム

取水量、浄水量、配水池の水位を把握することは十分な水量を供給するために基本的な事項である。

浄水施設を効率的に運転し所定の水質を保持するには、急速ろ過池の運転状況、汚泥ラグーンまでの排泥、各浄水工程での水質測定を日常作業として行う。

機械・電気設備の運転状況の確認もまた故障等が生じた際の迅速な対応のために重要である。

(2) 定期点検、作業プログラム

定期的な維持管理作業は主に脱水スラッジの搬出と処分、沈砂池内の沈降砂の排砂、機械電気設備の詳細な検査、オーバーホールである。

(3) 水質試験

浄水処理工程で水質基準を満足する処理が適切に行われているか否かを確認するためには水質を連続的に監視し、水質試験を行う必要がある。このため水質試験室を浄水場内に設ける計画であり、必要な人員を配置し水質試験を行う。ただし、重金属等の測定頻度が少なく、分析機器が高価な試験項目については外部委託とする。

7.1.2 送水及び配水施設

送・配水施設の維持管理作業を表 7.2に示す。

表 7.2 送・配水施設の維持管理項目

管理項目	作業項目
日常管理	-ポンプ設備の運転状況 -電気設備の状況
現場確認	-送・配水池施設及びその周辺状況の確認
更新、補修	-損傷した配管の更新、補修
水質試験	-配水池と給水栓における定期的な水質試験

維持管理の作業プログラムは以下のとおりである。

(1) 日常管理

ポンプ自体は自動運転であるので日常の管理はポンプ運転と電気設備の状況確認である。

(2) 現場確認

傾斜池に設置された施設が多いため、施設及びその周辺の状況を確認する。

(3) 更新、補修作業

送・配水管の漏水箇所の調査、補修、ポンプ設備の消耗品の交換を行う。

(4) 水質試験

配水池と配水管末端の給水栓において定期的に採水、水質試験を行い水質の安全性を確認する。

7.2 維持管理組織編成

水道施設全体の維持管理に必要な人員数はフェーズ1で 23名、フェーズ2で 28名、フェーズ3で 33名である。

表 7.3 水道施設維持管理所要人員数

単位：人

種別		フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3	摘要
管理者		1	1	1	全水道施設の管理監督責任者
送配水施設					
維持管理	技師	1	1	1	作業管理監督
	監督員	2	4	6	現場作業責任者
	作業員	6	8	10	
	運転手	1	1	1	
車両管理*	機械工	-	-	-	車両の維持管理
浄水場					
運転	技師	1	1	1	作業管理監督
	監督員	2	2	2	現場作業責任者
	運転員	2	2	2	浄水場運転
補修	技能員	2	2	2	現場作業
	作業員	4	5	6	現場作業
水質分析	化学技師	1	1	1	水質分析、水質管理
合計		23	28	33	

*：車輛点検は市の修理工場で行う。

7.3 維持管理費

水道施設に関わる年間の維持管理費を表7.4に示す。

表 7.4 維持管理費

単位：千Rs./年

費目	フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3
人件費	6,120	7,320	8,520
電力料	57,730	115,348	172,999
薬品費	6,068	12,137	18,205
修理費	11,371	20,306	29,326
堆積土砂搬出費*	1,200	1,200	1,200
合計	82,489	156,311	230,250

*：5年に一度、ボルゴラ・ダムの維持管理作業時に河川水位が低下した際、確実に取水するために行う作業である。5年間の平均値としている。

第8章 地下水水源

大キャンディ圏の調査対象区域の地下には褶曲軸に沿って剪断された激しい褶曲と、広範囲にわたる地域断層によって特徴づけられる先カンブリア代の高粒度・多層変成岩が分布している。

新生岩分布範囲を特定し、さらに深い位置にある破碎帯を探索するために、合計30ヶ所の一次元電気探査を大キャンディ圏で実施した。探査位置はNWSDB職員と協議し決定した。

2～4層の帯水層が最初の200m以内に存在する。帯水層に至るまでの地層は主に風化片麻岩で構成されており、2～35mの層厚がある。深い帯水層の場合、硬岩上部に2～3mの層厚の粘性土もしくは新生風化岩がある事がある。粘性土の粒子は石油性化合物や汚濁物質を吸収する性質があり、効果的な防護層を形成している。硬岩には風化過程で、かつ飽和状態にある薄い破碎層が存在するのが一般的である。

連続する断層及び剪断地層は、最終的には大深度において破碎層を形成する。剪断、断層帯は10～100kmもの幅で分布する事が多い。これらの地層は地下水が豊富な場所に多く見られ、特に破碎帯は最も有力な水源となりうる。ヌワラエリアについて実施されたフィージビリティ調査によれば、剪断帯における井戸では500m³/日、断層帯における井戸では1,200 m³/日もの水量が揚水可能である。

大キャンディ圏には多くの井戸が地域もしくは個人用水源として稼動しており、当地に良好な水源があることを示している。しかしながら、以下のような問題も発生している。

- 過剰揚水による大幅な井戸内水位低下
- 乾季に枯渇する井戸
- 地層条件により枯渇する井戸
- 浅い帯水層の水質汚染
- 不適切な井戸工事による水質汚染、濁水
- 水量不足

ポッカワラ、ガルヒンナ、アラワツゴダ、タラツオヤでは井戸水量不足が確認されている。収集データの分析によれば帯水層の存在は明らかなものの、何らかの水文地質学的条件が水量に影響しているものと考えられる。一般的に標高が低く、破碎帯が地下地層内に有する地域に良質地下水源がある可能性が高い。

図8.1に将来水源開発が可能と思われる地区の位置を示す。これらの水源により前述した井戸水量不足に悩む村々への給水が可能になる。

ボッカワラ地区では西に向かって走る断層帯が最良の地下水開発サイトである。井戸1本当り1,000m³/日の取水が見込める。ガルヒンナ地区では北東の剪断帯が有望である。井戸当り500m³/日の取水が可能であろう。さらに東のガルヒンナとアラワツゴダの間には重要な剪断帯があり、既に数本の井戸が建設されている。これらの井戸はかつて良好な上水源であったが現在は取水量が減少している。しかしながら、この剪断帯は広範囲に分布する良好な帯水層であり、400~500m³/日もの水量を生産できる井戸の建設が可能ならずである。

タラツ・オヤ地区については剪断層が当地区を通っており、ダム越流水も本地区に流入しており水路がこの層と交差している。この2点によって、本地区にも有望な地下水源があるものと推測できる。さらに、通常良好な帯水層である石灰石/大理石層も調査対象地域内で発見されている。

一般的に水源として有望な破碎帯には、層上に良質の硬岩が分布している場合が多い。破碎帯から地下水を取水する場合、層内の細かい粒子の井戸内への侵入を防ぐため、スクリーン、グラベル・バックリングを設置する。さらに井戸能力を高め清澄かつ安全な地下水を得るためには十分な井戸仕上げが必要となる。井戸及び帯水層能力を正確に評価するには、揚水試験（連続、ステップ）結果の分析が有効である。

しかしながら、大キャンディ圏においては、井戸材料（例：ブランク・スチール・ケーシング、PVCケーシング等）が入手困難もしくは入手不可能で、この問題が今後とも効率的な井戸建設の妨げになる。

井戸掘削用ドリル・ビットは摩耗しており、寸法も型式も不適切で、可搬泥水ビットもない。「ス」国においては「破碎帯」の水文地質学的機能はほとんど理解されていない。経験豊かな水文地質学者もしくは地下水技術者による地下水セミナー等、NWSDB職員に対する技術移転を積極的に行うべきである。

大キャンディ圏には地下水水源として有望な帯水層が数多く存在し、地下水に対する需要も高い。しかしながら、この地下水開発は海外からの援助なしには不可能である。「ス」国政府は国内の上水供給問題を解決すると同時に、関連セクター職員の能力向上、工事機器調達に対する海外からの支援を強く要請していくべきである。

第9章 無収水量削減計画

9.1 序論

無収水量は、送水量と有収水量の差として定義されるものである。無効水量と無収水量の量的差異は、正式に接続された給水栓から無料で給水された水使用量として表される。大キャンディ圏における現在の無収水量は42%と推定されている。

無収水量の発生原因としては、

- 送配水管からの漏水
- 配水池からの漏水・オーバーフロー
- 正式に加入している給水栓からの徴収漏れ
- 盗水
- 量水器の不良
- 配水圧
- 浄水量の計量不良
- 事業管理の不適切

があげられる。

大キャンディ圏の上水供給システムは以下の3つのカテゴリーに区分されている。

NWSDBはキャンディ市外の大キャンディ圏に対し23,340m³/日の上水を23ヶ所の異なった給水区域に19,000本の契約栓と500本の公共栓により供給している。またNWSDBは受水者管理、上水供給システム、料金徴収まであらゆる水道サービスを提供している。

キャンディ市は33,400m³/日の上水を17,500本の契約栓と470本の公共栓で供給している。

他の大キャンディ圏の水道事業体は7,720m³/日の上水をNWSDBから上水を得ている受水者、自らの配水施設を管理している自営上水供給者らに対し供給している。

9.2 無収水量構成要素の推定

9.2.1 送水幹線及び配水システムからの漏水

(1) NWSDB

NWSDBが漏水対策に着手したのは最近のことで、現在のところ利用できるデータはないが、次のようなコメントは可能であろう。

配水システムのある部分では、漏水音を検知できない程の不十分な水圧で配水されているため、漏水量を測定する実用的な方法がない。

NWSDBは総延長409kmもの送/配水パイプにより上水供給を行っているが、剛性ジョイントのパイプはない。またそれらの内42kmは、NWSDB職員が漏水源と考えているアスベスト石綿

管である。

配水管は主に主要道路や重要なサービス管ルートのみには布設され、延長は長く口径は小さい。このことが、多くの枝線道路内の「バンドル（束状）」化した、布設深が浅く、無防護の小口径（ほとんどが $\phi 12\sim 25\text{mm}$ ）給水管の原因と思われる。NWSDBはこのような給水管があらゆる枝線道路に平均5本は入っており、延長は750kmもしくは配水管総延長のおよそ2倍に匹敵するものと推測している。

(2) キャンディ市

総延長約235kmの水道管の内、約140kmは老朽化した鋳鉄管である。市はバンドル化した給水管が入った枝線道路が約50kmあると推定している。

市は最近バルブのリハビリテーション計画を開始し、多くの小口径バルブの修理／更新が必要であると考えている。

漏水700ヶ所が毎月修理されており、ほとんどが給水管である。

9.2.2 配水池からの漏水／オーバーフロー

NWSDBの2ヶ所の配水池は定期的にオーバーフローを繰り返しており、この損失水量は生産浄水量の1.3%と言われている。一方、市の維持管理担当職員に対するインタビューにおいては、漏水またはオーバーフローの問題は聞くことがなかった。

9.2.3 料金未徴収の適法接続

多くの水道事業体において、正規加入者の一部に対して料金を免除することは今や一般的になっている。例えば公共の公園／建物、宗教施設、政府施設、学校や低所得者層がそれに該当するが、事業体の財務状況を圧迫する。

NWSDBにおいては、上記のような料金免除のケースはない。市の水道システムにおいては、そのような正規加入者の料金未徴収分の水量は生産浄水量の4.4%と見積もられている。

9.2.4 違法接続

NWSDBは生産浄水量の6%が違法接続により使われていると推定している。市は2~5%であるとしている。違法接続調査の目安の数値としては3%が採用されている。

9.2.5 量水器

(1) NWSDB

NWSDB職員は、既設量水器の30%は逆流防止装置付であるが、20%には同装置が組み込まれておらず、塵や砂による目詰りの影響を受けている。よって無収水量の一部が計量ロスによるものであることが分かった。NWSDBの修理工場は既設量水器の12%に相当する数の量水

器を毎年修理しており、量水器のテストにおいては、量水器計測水量（平均）は実際の水量の77%以下であった。これらを総合し、計量ロスは無収水量合計の10%に相当するものと推定される。

(2) キャンディ市

既設量水器の90%が10年以内に設置されており、約60%が逆流防止装置がついていない型式である。このことを勘案し、計量ロスは無収水量合計の10%を占めると推定する。

9.2.6 配水圧

NWSDBの維持管理スタッフによれば、配水圧は時には1日中変動し、需要ピーク時や給水制限時には負圧を生じることもあると報告されている。配水圧は給水区域全域で異なり、約10%の給水区域で負圧を生じている一方、別の給水区域（同じく約10%）では80mもの配水圧を記録している。このような配水圧変動はパイプを損傷するサージングを発生させる危険性があり、また、低圧区域における漏水検知を困難なものにする。キャンディ市には配水圧に関するデータはなかったが、同様の問題がNWSDBのシステムでも発生していることを維持管理スタッフとのインタビューにて確認した。

9.2.7 生産浄水量計測

NWSDBの水道システムにおける生産浄水量メーターは一般的に劣悪な状況にあり、しばらくの間計測も行われていなかった。維持管理スタッフによれば、ここでの計測ロスは全体の生産量の2%程度と見積もられている。キャンディ市の既存浄水場では生産浄水量は1989年に設置された電磁流量計で計測されており、運転スタッフは流量計の計測誤差は通常の範囲内とのことであった。

9.2.8 管理ロス

NWSDB、キャンディ市そして他の大キャンディ圏内の水道事業者は毎月検針を行っており、故障した量水器に接続されている加入者については、過去3ヶ月の使用水量より水道料金を推定している。量水記録がない場合には類似加入者による使用水量と比較の上決定している。本損失水量は無収水量全体に占める割合はNWSDBにおいては6%と見積もられたが、キャンディ市では25%であった。キャンディ市水道システムの管理ロスにNWSDB水道システムより高いリスクを見込み、本損失の無収水量全体に占める割合をキャンディ市については1%、NWSDBについては0%と推定する。

9.2.9 その他の大キャンディ圏内の水道事業者

その他の大キャンディ圏内の水道事業者については限られたデータしかない。唯一入手できた

ワッテガマ水道事業体に関するデータの要約を以下に示した。現場踏査によって得られた情報によれば、他の事業体の状況もワッテガマ水道事業体と同様と推測される。

- ワッテガマ町水道事業体には現在生産上水量の計測機器がない。
- 量水器検針者がいない。
- 調査対象地域における高無収水量率の原因と同様の問題が本町でも発生している。
- 現場で実際に数ヶ所の漏水を生じている本管接合部、給水管が発見された。
- 相当数の小口径給水管が布設されている。

9.2.10 無収水量構成要素

推定された無収水量の内訳を以下に示す。

	(生産浄水量に対する%)	
	NWSDB	キャンディ市
送水幹線及び配水システムからの漏水	8	15
サービス管からの漏水	14	9
配水池での漏水/オーバーフロー	1	0
料金未徴収水量	0	6
違法接続	6	3
量水器計量ロス	10	10
生産上水量計測ロス	2	0
管理ロス	0	0
合 計	41	42

前述したように、その他の無収水量構成要素の大半に関する推定値は、それ自体が一般的な概算であり、実際の漏水量が納まるべき量的範囲を概略的に示すものである。

9.3 無収水量のコスト

無収水量削減計画の実施に伴って節約できる水量は、将来水需要の削減のみならず、水道事業体の増収にも直結するものである。更に、この計画が成功裏に実施された場合の成果としては、水道事業拡張計画に対する財源強化に繋がること、事業規模の縮小や繰り延べといった形で事業費を節減することも考えられる。しかしながら、大キャンディ圏における現在の給水は、現時点での水需要をも充足していないことから、計画された事業を繰り延べるといった考え方は生じないと言えよう。したがって、無収水量削減費用は計画給水区域に対する現行の給水を拡大するのに必要とされる費用に等しいものになると言えよう。

無収水量削減計画によって回収される水のコストは29.02 Rs./m³になると推定され、その内訳は以下のとおりである。

回収水量	100,000 m ³ /日
年間維持管理費	6,160,760,000 Rs./日

資本費用	244,375,000 Rs./日
減価償却費用	814,986,000 Rs./日
年平均コスト	1,059,361,000 Rs./年
無収水量削減費用の単価	29.02 Rs./m ³

9.4 提案された無収水量削減計画

無収水量削減に対する提言は、限られた既存データに基づいて作成されたものである。この計画の内容と要点を以下に示すが、計画の実施に当たっては、費用対効果を見定め、定期的な見直しと更新が不可欠であることは言うまでもない。

9.4.1 無収水管理地区の設定と実施

漏水管が高密度に存在するか不法接続行為が顕著な地区を対象に、仕切り弁を設置することによって無収水管理地区として分割する。この管理地区については、漏水及び無駄使いを計量するための量水器を設置し、計量結果を検針データと突き合わせる。

コロンボ地区における上記作業の実施成果から、以下に示すような状況では漏水・無駄使いを検知する量水器が有効に機能しなかった経験が報告されている。

- 配水圧が低い。
- 夜間に水を貯留するための貯水槽を水道加入者が設置している。
- 配水管網の相互接続密度が高い。
- 仕切り弁が適正に機能しないか、設置数が不足している、若しくは配置が適切でない。

大キャンディ圏の水道施設では、上述したような状況が極めて高い頻度で見受けられるため、夜間最小流量と加入者の量水器データを比較するという在来の方法では、漏水量を推計することは不可能と考えられる。このため、給水状況が改善されるまでは、目視と漏水音検知が唯一の漏水検知方法と考えられる。

9.4.2 漏水調査と修理

ADBの支援を受け、NWSDBはコロンボ地区に集中して無収水量削減プログラムを実施中である。NWSDBは現在このプログラムを一部変更し、最近キャンディ地区に漏水検知器を導入している。従来の検知器も漏水検知業務で有効に使用されてきたが、業務が進展する中で、新規探知器の調達が必要であることが明らかになった。それに従い、NWSDB職員に対するトレーニングも実施しなければならない。

また、配水管網修理の際、修理区間内給水を遮断するためのバルブも十分ではない。漏水発生の恐れがある給水区域をシステムから遮断することが出来れば、より効果的に漏水箇所の特定ができる。バルブの補修及び新規設置プログラムも並行して実施されるべきである。

漏水ヶ所とひどさは、多くの場合新規接続が現在の漏水修理能力を上回ることを伴い、無収水量の増加に繋がっている。無収水量削減計画の実施は、漏水修理に携わる担当職員がより多くの作業量をこなすための時間を確保するために、既存水道施設の改良スケジュールと慎重に調整を図る必要がある。

9.4.3 配水池からの漏水／オーバーフロー

無収水量削減プログラムの一部として、総ての配水池からの漏水の検査、破損箇所の補修を行う。

9.4.4 有効無収水量（無料とされている加入者の使用水量）からの料金徴収

無料とされている加入者の大半は社会的にはそれなりに価値のあるものだが、そのための費用を水道事業者だけで負担する必然性はない。こうした正規接続による水利用は、多くの場合より多くの住民の便益となっているが、これに要する水道料金はより広範な財政メカニズム（例えば固定資産税等）によって適切に負担されるべきである。本調査対象区域の大半の事例においては、こうした措置が取られているか、或いは水道事業者からこうした費用を排除するための政策決定が既になされている。

9.4.5 違法接続の撲滅

総ての水道事業者はそれぞれ何らかの違法接続を摘発するための対策を講じている。しかしながら量水器に至る前の長く、膨大な数の給水管がある限り、違法接続の危険性は解消されない。違法接続最小化のため、上述の現況を改善していく必要がある。

量水器に至るまでの数多くの長い配水枝管の存在は、それらの配水枝管上に新たな違法接続をもたらす機会を提供している。違法接続が摘発されずに残るであろうという期待を最小限に矯正するために、上述したような状況を解消する必要がある。

9.4.6 正規加入者

漏水修理に携わった職員によれば、多くの事例が給水管からの漏水と修理のために持ち込まれた量水器の不良であり、これらが計量不足問題の大半を占めるものと言われている。

単一の大口径配水管を道路に適正に布設すれば長期的には安価であろうが、更新予算の面で制約が大きい。加入者は給水管布設費用をその延長に応じて支払うよう求められる。よって新規配水管による更新は加入者にさらに負担を課すことになるが、戸別接続費用に応じて課される加入者負担金によるリボルビング・ファンドの活用は有効な対策として考慮すべきであろう。

量水器からの逆流問題を解除するには、

- 24時間連続有圧給水の維持

- 効果的な逆流防止装置の取り付け
- 既設量水器への逆流防止装置の設置は任意負担であることの保証
- 新規接続へは逆流防止装置付き量水器を設置する

等の方策が必要である。

9.4.7 配水圧の適正化

過大な配水圧は漏水を引き起こすが、給水改善計画の下で幾つかの仕切り弁を設置することによって、この種の問題は解除される。

9.4.8 浄水量の計量

浄水量・送水量を正確に計測するために送水本管に適切なタイプの流量計を設置することが必要である。

9.4.9 広報活動

給水改善計画によって給水能力が増強される一方、量水器以降の加入者サイドにおいては漏水と無駄使いが拡大すると考えられる。この種の漏水や無駄使いは一般的には水道事業体の問題とは考えられていないが、例えば料金徴収が伴うとしても、過剰な水使用は更なる給水能力の増強を余儀なくするものである。

新規水道施設の建設が相対的に高費用となることを勘案すると、この種の問題に対する住民意識を喚起することが、水道事業体にとっては結果的に将来水需要を最小限に抑制することに結び付く。この啓蒙キャンペーンでは、節水に対する市民の協力や住民教育を目指してマスメディアを動員した広報活動のみならず、ポスター、パンフレット、様々な市民集会、或いは学校間における節水量を競争させる等の様々なアプローチが考えられる。

上記啓蒙キャンペーンに付帯させるものとして、漏水と無駄使いを察知する方法を住民に提供することが挙げられる。多くの水道事業体で成功した手法の一つに、潜在的に漏水と無駄使いの問題を抱える加入者に対して、急激に使用水量が増加した時期のデータや通常の使用状態から逸脱したような使用水量のデータをコンピュータによる検索で示すことである。こうしたデータを水道料金請求書に添付することで、加入者に対して潜在的な問題点を通知することが可能となる。また、こうした問題を抱える加入者に対しては、漏水検知と補修のための技能と機材を具備した配管工事業者のリストを水道事業体が提供するという加入者対策も上記活動に含めることが可能である。

9.4.10 技術支援と人材育成

効果的な無収水量削減能力を確立するためには、以下の分野における水道事業体職員の能力向

上が必要である。

- ・ 漏水検知方法と機材
- ・ 量水器の補修と較正
- ・ 加入者への給水管の設置と補修
- ・ 漏水補修方法と機材
- ・ 配水管布設方法

9.4.11 資料収集

効果的な無収水量削減計画を策定し、実施するに必要不可欠な資料が不十分か入手できないという問題に遭遇している。無収水量削減計画を推進する中で、以下に示すような資料の蓄積と保管が不可欠と考えるものである。

- ・ 配水圧
- ・ 漏水修理（漏水量、管種、漏水原因）
- ・ バルブ（種別、直近の検査、補修、操作等の日時、機能状態）
- ・ 浄水量・送水量の計測値
- ・ 量水器の検針データ
- ・ 漏水・無駄使い観測用量水器の読み取りデータ

9.5 無収水量削減計画の費用

大キャンディ圏における様々な問題は、過剰な無収水量の存在、若しくは原因究明が困難なことに起因すると考えられ、それらの最も重要な要点は上述した通りである。これらを解除するためには、以下に示すような対策が必要と考えられる。

- ・ “バンドル”状態の給水管/配水枝管を適切な管径の配水管と付け替える
- ・ 水源施設に適切な計量器を設置する
- ・ 緊縛状態にあるゲートバルブを補修・交換する
- ・ 配水池からの越流を防止するためにボール弁を補修・交換する
- ・ 量水器での逆流を最小限に抑制するために必要な箇所に空気弁を設置する
- ・ 漏水の著しい管を付け替える
- ・ 埋設深度が不足している配管を埋め替える
- ・ 量水器と給水管/配水枝管の間に設置されている漏水仕切り弁の補修・交換
- ・ 計量不足の量水器の補修・交換
- ・ 全計量制の実施
- ・ 漏水検知機器の追加調達
- ・ 漏水補修機材の追加調達

- ・ 量水器補修・較正用機器の追加調達
- ・ 漏水・無駄使い監視用量水器の設置

上述したような投資のどれだけが無収水量削減計画に帰属するものか、また維持管理責任に帰属するものか議論の余地が残るところである。しかしながら、誰がその費用を負担しようとも、無収水量削減計画を推進するためには、水道システム全体の改善が必要であることは論を待たない。本計画における概算費用は、既設配水管の70%を対象とした漏水音聴調査及び全既設配水管布設替費用の5%を目安に漏水補修費用を積算したものである。

9.6 実施方法

無収水量削減計画の様々な分野の事業規模は、現在利用可能な限られたデータに基づいて概算したものであり、より詳細な計画を策定するための出発点として認識される必要がある。本計画の実施は、以下に述べるように段階的に行われる必要がある。

① 初期データ収集段階

初期データ収集は、無収水量削減計画の各コンポーネントの詳細な作業内容を積算する基礎となる他、在来の漏水対策が適用可能な範囲で既存施設を回収する費用の積算の根拠となるものである。

② 事業実施計画の策定

詳細な長期及び短期計画の策定

③ 事業実施

NWSDBとキャンディ市は既に上記項目に着手してはいるが、十分な情報が選られるまでには多少の時間を要するであろう。無収水量削減計画の策定、調整及び実施に関する技術支援を大キャンディ圏に提供することが肝要と考える。

第3部

下水道・衛生計画

第10章 下水道・衛生施設の現況

大キャンディ圏においては、殆どの下水は腐敗槽・浸透槽といったオンサイト衛生施設から排出されており、下水処理施設が設置されているのは都市部のみで、現在3ヶ所の小規模下水処理施設が稼働している。

キャンディ市の中心及びペラデニア道路沿いの市街地でも腐敗槽・浸透槽が使用されており、排出は腐敗槽または直接排水路に接続されている。乾期には下水が排水路からメダ川に流入し、水質汚染や悪臭等を引き起こしている他、キャンディ湖周辺のホテル、事務所、住居からの下水は湖に流入し、湖水汚染・藻類の異常発生の原因となっている。一方、新規排出基準に対応するため、主要ホテル数ヶ所は個別の処理施設を有しており、現在施設建設中のホテルも数ヶ所ある。

腐敗槽、浸透槽からの汚泥引き抜きは不定期で、通常使用者の要望に応じ行われている。キャンディ市は市域及び隣接する地区の汚泥引き抜きのためのバキューム車2台を有しており、汚泥はキャンディごみ処分場に排出、覆土されている。

一方、キャンディ市中心部周辺の郊外地域においては、住居密度が低いため衛生環境は満足すべき状況にある。

キャンディ市中心市街の雨水排水施設は老朽化しており、維持管理も不十分で、現在の雨水流出係数で計算された雨水量に対し施設能力が不足している。既存雨水排水施設には中心市街地の汚水、雨水、キャンディ湖余水吐きからの越流水が流入しており、メダ川へ暗渠で流下している。雨期には施設からの溢流が発生しているが、現在のところさほど深刻な状態ではない。しかしながら、施設は老朽化しており、レンガ造りの区間の数ヶ所は新規に建設された住居等の荷重で破壊されている。

3箇所の既存下水処理施設は1ヶ所の宅地開発計画地域、2ヶ所の病院にあり処理している。主に公務員宿舍用のハンタナ宅地開発計画地域では污水管が整備されており、トイレ排水及び雑排水を収集し、ハンタナ・ヒル斜面にある下水処理施設に流下している。現在460戸の住居が建設されたのみで、その内364戸が下水道に接続されているため、現況汚水量は計画汚水量に比べかなり小さい。処理施設は完全には供用開始されておらず、施設の維持管理も不十分で故障も目立つ。常駐管理者もおらず、処理効率も劣悪である。

キャンディ セネラル病院、ペラデニア トレーニング病院とも同様の活性汚泥法による二次処理施設を有しているが、双方とも運転管理が不十分で、実質的には一次処理施設の機能しか発揮していない。キャンディ市の主要ホテル（スイス、トパーズ、マハウェリ リーチ ホテル等）は上位ランクホテルに課せられた基準に合致すべく、個別の処理施設を設置し、運転しているが、全てが効率的に運転されているわけではない。

これら処理施設の処理水質は中央環境庁により制定された「内陸部表流水域への一般排出規準」に詳細に記載された排出基準 (BOD₅: 30 mg/l, SS: 50 mg/l) に程遠いものであり、消毒滅菌処理もされていない。

アクラナ、アムビティヤ、カツガスタ、クンダサレ ニュータウン、マダウエラ、タラツオヤ、ワツタガマといった町では現況のオンサイト処理施設による対応がなされており、排水は生活用水、農業灌漑に利用されている小川に排出されている。腐敗槽汚泥の引き抜きはキャンディ市のバキューム車で行なわれているが、バキューム車の平均運転回数は月に3回程度であり、各戸腐敗槽からの引き抜きは数年に1度のオーダーである。

処理水水質試験結果はBODについては比較的良好な数値を示しているが、SS値は通常、運転されている腐敗槽排水のSS値に比較し非常に高い数値を示しており、これは腐敗槽底部の沈殿汚泥が流出しているためと推測される。汚泥はキャンディ市か民間業者のバキューム車により排出されているが、現在1日3回の頻度でしか行われていない。

水質分析結果では、BODが比較的良好だが、十分な運転管理がなされている腐敗槽と比べ、SSが非常に高い値を示している。これは腐敗槽底部に過剰に沈澱した汚泥が流出しているためである。この汚泥の引き抜きは市と民間業者のバキューム車で行なわれている。汚泥の引き抜きは、年に1度もしくは2年に1度は行なわれるべきだが、キャンディ市の現状ではごくまれにしか行われていない。また収集された汚泥はゴハゴダのごみ処分場のビットへ排出されている。

第11章 下水道施設計画諸元

11.1 処理区域及び処理レベル

下水及び衛生施設改善マスタープランの対象地域はキャンディ市、ペラデニヤ町（大学地区含む）及び周辺のアクラナ、カツガスタ、マダウェラ、ワッタガマ、クンダサレ・ニュー・タウン、アムビティヤ、タラツ・オヤとする。対象地域を図 11.1に示す。

マスタープランの目標年次は2015年とし、最も人口密度の高い住居地域及び商業地域を含むものとする。下水及び衛生施設計画の基本方針を以下に示す。

- a. 低人口密度地域は従来の低コスト衛生施設を使用する。
- b. 高人口密度地域、商業地域及び環境汚染・住民健康被害が問題となっている地域は下水道施設による汚水収集、低コストの汚水処理、消毒施設による対応を行ない、汚水と汚泥の安全な処分を実施する。
- c. 建設費、維持管理費削減を勘案し、下水道による処理対象地域の範囲の調整を図る。
- d. 既存・計画上水道取水口上流での未処理下水の放流を削減し、公衆衛生の向上を図る。
- e. この地域の主要産業の1つである観光地域の環境向上を図る。
- f. 国家環境基準を遵守する。

基本計画対象地域を選定する規準は、上記基本方針と下記に示す地域の現況を勘案した上で設定された。

- a. 大規模商業地域
- b. 高人口密度
- c. 既存及び建設予定の大規模施設（学校、ホテル、宅地開発、宗教・公共関連施設等）
- d. 自然環境の保全（観光名所）
- e. 水道水源からの汚濁物質の削減

下水道施設の設置に際しては以下の要因も考慮した。

- a. 事業費、工程
- b. 実施担当機関の事業実施能力
- c. 受益者負担能力
- d. 各地区の都市化状況

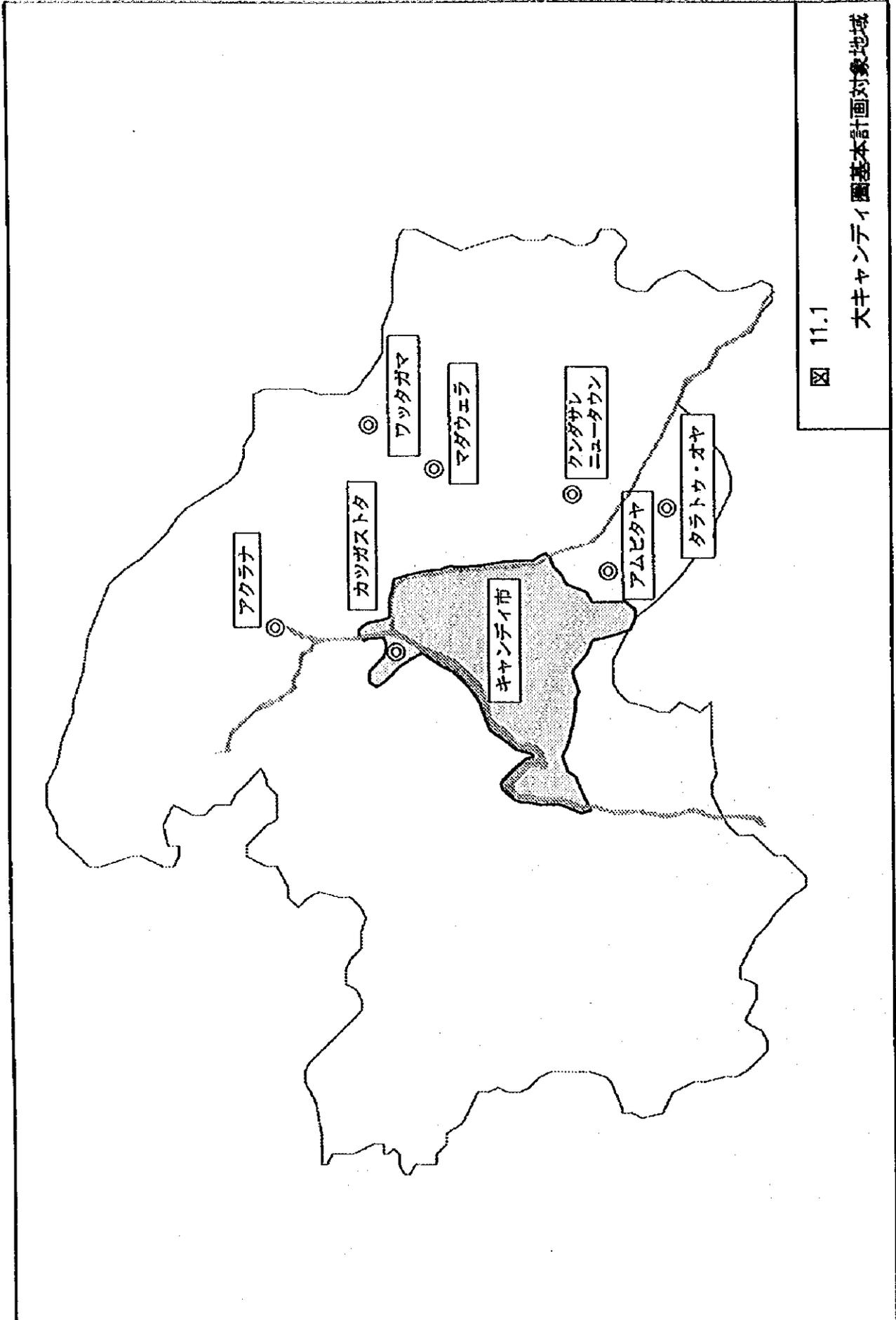


図 11.1

大キャンディ圏基本計画対象地域

キャンディ市で選択された下水処理区域は市の中心部の商業地域、キャンディ湖及び周辺ホテル、ゼネラル病院、ハンタナ宅地開発地域並びにキャンディ市内へつながる2本の主要交通路シリマヴォ・バンダラナヤケ道路及びウィリアム・ゴペラワ道路沿いの商業、公共、住居地域である。海拔600m以上の地域は建築基準により制限もしくは禁止されており、これらの地域は海拔600m以下に位置している。キャンディ市の下水処理区域には近隣のカツガスタ、アムピティヤの一部が含まれ総面積は724haである。

11.2 対象人口

「地方開発計画（1997年）」に基づき、2005年、2015年におけるキャンディ市の人口予測が行われている。2015年の下水処理人口は54,982人（全体人口の40%）、処理面積は724 ha（全体面積の25%）である。

11.3 計画汚水量

1人1日当たり計画汚水量については、家庭及び非家庭上水道使用量の80%が下水に流入するものと仮定した。非家庭上水道使用量は地域の特性が反映され、主に商店、レストラン、ホテル、事務所等で構成されており、工場用水はほとんど含まれていない。商業施設のほとんどが市内中心街に集中しているため、2015年においては非家庭水道使用量の80%が、2005年においては60%が下水処理区域内で消費されると推測した。この消費量の50%がキャンディ市中心街、10%がカツガスタ、残り40%が他の地区で消費されるものとした。

地下水浸入量は家庭、非家庭汚水の日最大汚水量の15%と設定した。

1人1日当たり計画汚水量は以下のように設定した。

表 11.1 1人1日当たり汚水量

	現在 (1997)	2005年	2015年
家庭汚水	78 lpcd	86 lpcd	97 lpcd
非家庭汚水	79 lpcd	92 lpcd	138 lpcd
地下水	28 lpcd	32 lpcd	42 lpcd
計	185 lpcd	210 lpcd	277 lpcd

ピーク率（日最大/日平均）は上水道計画と同様に1.2とする。汚水量はハンタナ宅地開発地域で測定し、ピーク率はバビットの修正M曲線を使って求めた。キャンディ市下水道施設のピーク率は以下の通りである。

日最大/日平均： 1.2

時間最大/日平均：1.8

表 11.2 計画汚水量

	2005年	2015年
処理面積 (ha)	724	724
処理人口	49,000	55,000
日平均汚水量 (m ³ /日)	12,100	15,200
日最大汚水量 (m ³ /日)	14,100	17,800
時間最大汚水量 (m ³ /日)	20,300	25,500

注) 上記数値には地下水浸入水量が変動のない一定量として含まれている。

11.4 計画汚水水質

水質項目の中でも、BOD（生物化学的酸素要求量）とSS（浮遊物質）は処理施設の計画設計において重要な水質指標であり、特にBODは施設容量決定における主要因子である。

汚水のBODを決定するには、通常2つの方法が用いられる。第1に1人1日BOD負荷量原単位と1人1日水道使用量から求める方法、第2に調査区域内で広域に採水された汚水の水質調査結果を適用する方法である。

第1の方法として、BOD原単位に40 g/人/日を用いると、家庭汚水のBOD₅は331 mg/l、非家庭汚水のBOD₅は家庭汚水の半分165 mg/lと推測された。

第2の方法として、汚水水質調査は家庭汚水の状況を把握するため乾期と雨期に実施された。調査は3種の異なる住居タイプ、①高収入、②中収入、③低収入住居、さらに既存の下水道施設があり、汚水の採水ができるハンタナ宅地開発地域にて行われた。ハンタナで行われた汚水（トイレ排水+雑排水）の水質は以下の通りであった。

1998年3月 BOD₅ : 94 mg/l SS : 158 mg/l

1998年8月 BOD₅ : 115 mg/l SS : 210 mg/l

上記2種類の方法で求められた家庭、非家庭汚水の推定BOD濃度と水質分析の結果にはかなりの隔差がある。これは汚水水質調査において採水されたサンプルの一部がトイレ排水を含んでいなかったためと推測される。よって第1の方法で推定された汚水水質を用い、以下のように各種汚水水質を推定した。

- a. 家庭汚水 (5,334 m³/日) BOD₅ 331 mg/l
- b. 非家庭汚水 (7,558 m³/日) BOD₅ 165 mg/l
- c. 侵入地下水 (2,309 m³/日) BOD₅ 0 mg/l
- d. 混合汚水 (地下水を見込まず)

$$BOD_5 = (331 \times 5,334 + 165 \times 7,558) / (5,334 + 7,558 + 2,309) = 225 \Rightarrow 240 \text{ mg/l}$$

今回計画においては、BOD₅ 240 mg/l、SS 250 mg/lを採用する。

第12章 下水道及び衛生施設整備基本計画

12.1 計画人口及び汚水量

前章で設定された主な設計諸元を以下に示す。

表 12.1 設計諸元

	2005年	2015年
処理面積 (ha)	724	724
処理人口	49,000	55,000
日平均汚水量 (m ³ /日)	12,100	15,200
日最大汚水量 (m ³ /日)	14,100	17,800
時間最大汚水量 (m ³ /日)	20,300	25,500
BOD ₅ (mg/l)	240	
SS (mg/l)	250	

12.2 施設設計条件及び設計諸元

汚水収集システムについては時間最大水量をもとに、マニング公式により流速、流量を計算し、管断面を決定した。管内流速は掃流力を維持するため0.75m/秒以上、管の摩擦を防ぐため3.0m/秒以下とした。口径600mm以下の幹線については余裕率を200%とし、600mmを超える幹線については150%とした。管材は耐摩耗性能、現地での市場性を考慮し、以下の通りとした。

- 口径 100mm : PVC - タイプ 600 (取付管)
- 口径 150 ~ 600mm : 陶管
- 口径 600 mm以上 : コンクリート管 (耐蝕コーティング)

下水処理場の設計に当たっては下記の設計諸元に従った。

計画汚水量

日平均汚水量	15,200 m ³ /日
日最大汚水量	17,800 m ³ /日
時間最大汚水量	1,063 m ³ /時間 (= 25,550 m ³ /日)

計画汚水水質

流入:	BOD ₅ 240 mg/l, SS 250 mg/l
流出:	BOD ₅ 30 mg/l, SS 50 mg/l

段階的建設計画 (日最大量汚水量)

フェーズ 1 (2005年)	9,000 m ³ /日
フェーズ 2 (2015年)	9,000 m ³ /日
計	18,000 m ³ /日

12.3 最適システムの選定

12.3.1 汚水収集システム

汚水収集システムの計画設計は収集方式によって異なる。キャンディ市に採用可能と判断される4種の収集方式（分流式、合流式、インターセプター方式、スモール・ボア方式）につき比較・検討を行った。最適収集システムの選定に当たっては、1)建設費、2)運転維持管理費、3)腐敗槽汚泥処分、4)衛生状況の向上、5)周辺環境の向上の5点について比較を行った。

キャンディ市中心街においては既存の雨水排水施設が利用できるが、同施設は19世紀後半に建設されたものであり、老朽化が著しい。新規に合流式システムを計画すると、雨水が流入する分混合汚水量が増え、管渠・ポンプ場とも大幅な容量増加を余儀なくされる。またスモール・ボア方式では、住民が依然として腐敗槽の管理を行う必要があり、また衛生状況もさほど向上しない。よって分流式を汚水収集の最適システムとして採用する。

12.3.2 下水処理場

下水処理場の設計に際しては、処理施設の信頼性、安定性、そして技術、人的能力及び費用面からの維持管理面での運転性を考慮する必要がある。

数多くの下水処理法の中から、散水ろ床(TF)、オキシデーション・ディッチ(OD)、エアレーテッド・ラグーン(AL)、安定化池(SP)につき比較検討を行った。これらの処理法は熱帯もしくは亜熱帯気候に属する開発途上国に適していると言われている。

最適処理法の選択に当たっては、1)処理水水質、2)所要敷地面積、3)建設費、4)運転維持管理費、5)運転維持管理の難易度につき比較する必要がある。

処理場予定地であるボワラの用地面積は限られており、上記4方式のなかでオキシデーション・ディッチ法のみが予定用地内に収まる。よってオキシデーション・ディッチ法を最適処理法として採用する。

なお、ボワラの用地については、周辺住民の反対が強いため（15章15.3.1参照のこと）、急速、市当局とNWSDBはガンノルワにある用地をその代替用地として提案し、その検討を調査団に要請した。これを受け、調査団は当該用地における下水処理場建設に係る技術的検討を行った。その結果は18章に示されているが、用地取得に係る最終的な結論は今後の関係当局の判断による。本章ではボワラ用地の使用を前提としている。

12.3.3 汚泥処理・処分

安定かつ持続性ある汚泥処理・処分は下水道計画において最も重要な要素である。近代技術を用いた下水処理場、さらには腐敗槽、浸透槽といったオンサイト施設においても最終生成物は汚泥である。汚泥は通常、水、無機物、有機物によって構成されている。生産的な汚泥利用が最適処分法と言えるであろう。

汚泥処理の目的は、1)固形物の分離による汚泥容量の削減、2)汚泥性状の安定、3)汚泥の再利用のための加工である。

キャンディ市の環境等の状況を考慮し、濃縮、消化、乾燥またはさらにコンポストによる処分が最適であると判断する。

12.3.4 処理区の統合・分割

処理区統合・分割代替案に対する概略設計を行った。主要施設位置、施設概要を図12.1に示す。

2案の比較に当たっては、1)建設費、2)運転維持管理費、3)運転維持管理要員、4)維持管理の難易度、5)水道水源への影響の5項目について考慮した。

建設費及び維持管理費については分割案が経済的に有利である。維持管理の難易度については、分割案では処理場が2ヶ所あるためやや不利であるが、統合案ではポンプ場の数、ポンプ揚程も大きくなる。水道水源への影響については、カツガストタ処理場の放流先が新設する浄水場の取水塔の下流にあるため分割案が優位にある。以上の項目を勘案し、分割案を採用する。

12.4 下水道施設

キャンディ市下水道システムの一般図を図12.2に示す。

汚水収集システム

下水管渠及びポンプ場計画の概要を以下に示す。

(1) 下水管渠

表 12.2 下水管渠計画概要

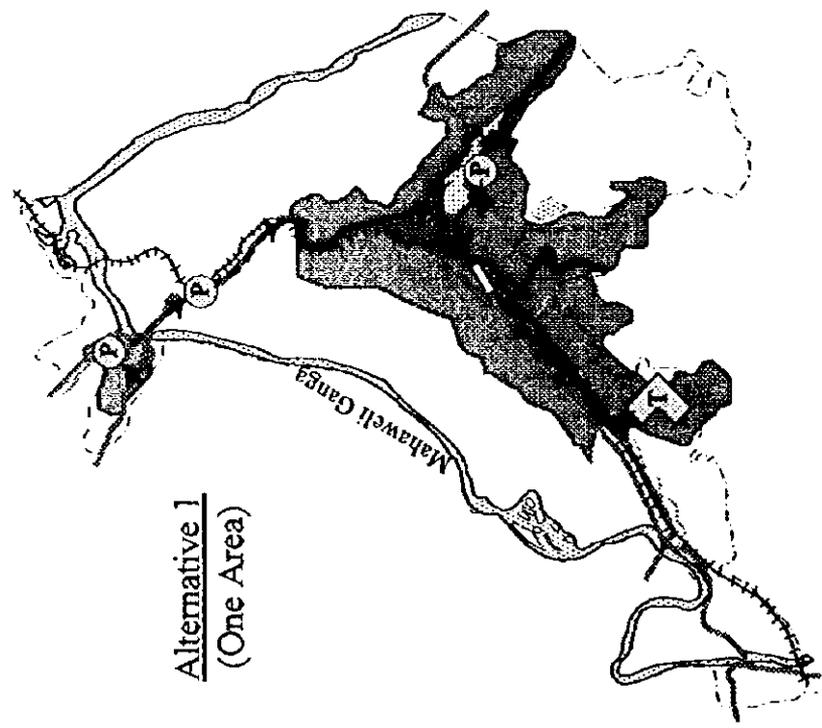
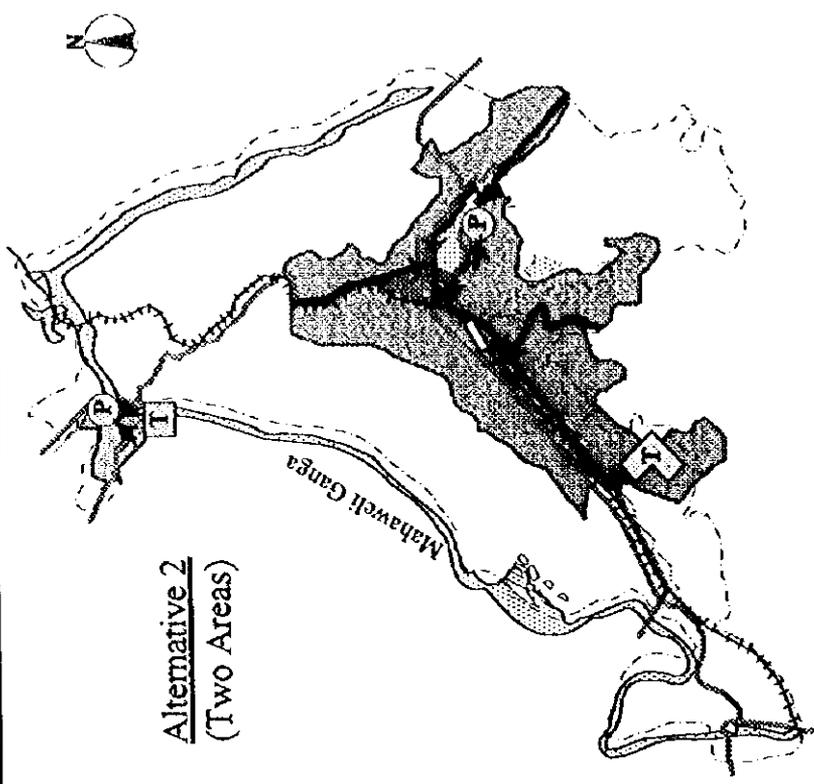
管 種	口 径 (mm)	延 長 (m)
陶管 (枝線)	150	9,300
陶管 (幹線)	150 ~ 600	16,540
コンクリート管	675 ~ 825	2,870
ダクタイル管	100	650
接続ヵ所数		12,400ヵ所

(2) ポンプ場

ポンプ場は、表12.3に示す通り、中継ポンプ場が2個所と処理場内ポンプ場が1個所の計3個所計画されている。

表 12.3 ポンプ場計画概要

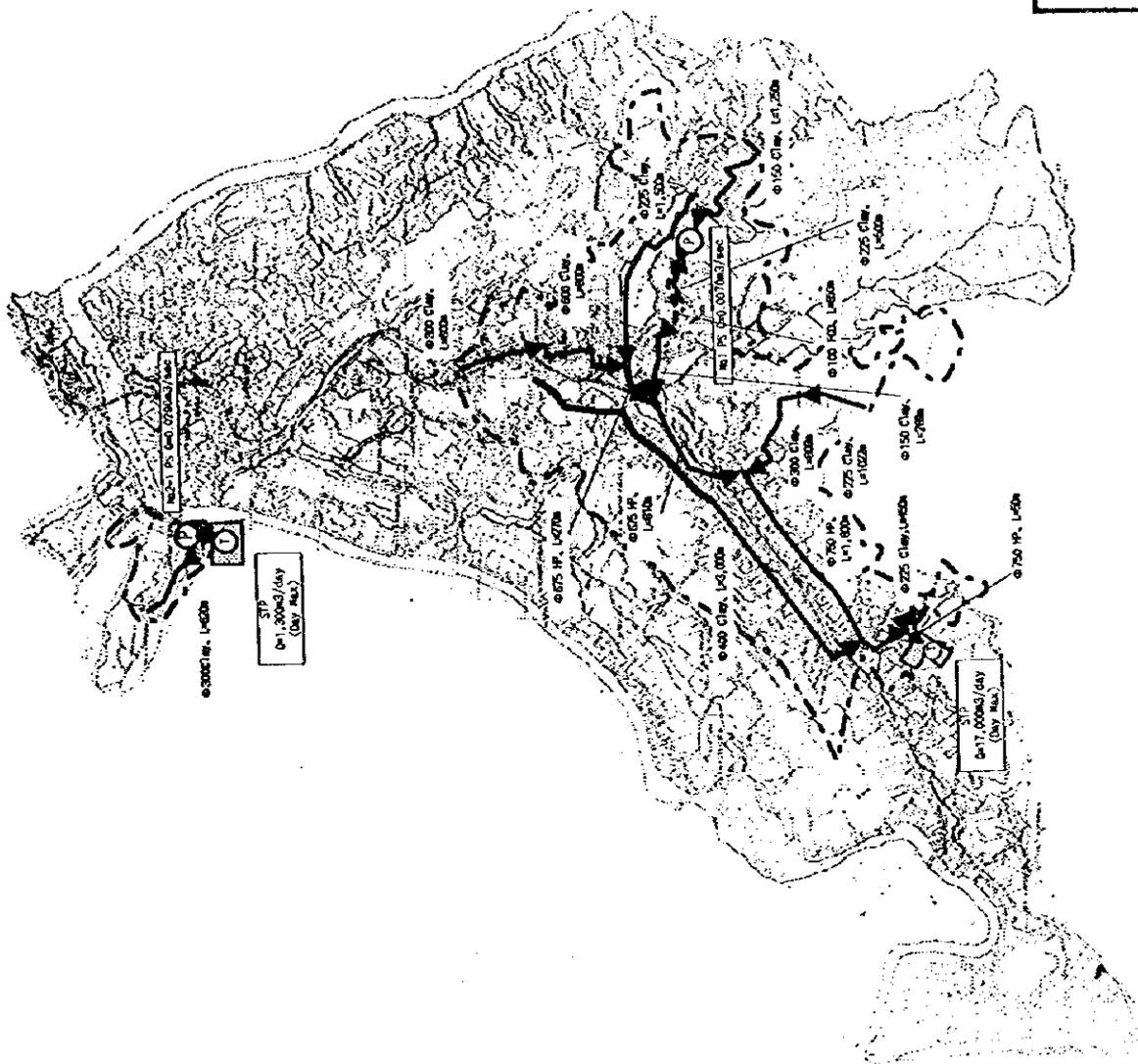
位 置	仕 様
カツガストタ	水中ポンプ、1.74 m ³ /min, 24 m, 15 kW, 2基
キャンディ湖	水中ポンプ、0.42 m ³ /min, 27 m, 7.5 kW, 2基
キャンディ処理場	水中ポンプ、8.2 m ³ /min, 14 m, 37 kW, 4基 水中ポンプ、4.1 m ³ /min, 14 m, 18.5 kW, 4基



Item	Alternative 1 (One Area)	Alternative 2 (Two Areas)
	Kandy	Kangastota
Area	674ha	31ha
Population	55,000	5,300
Sewerage Treatment Plant	18,000 m ³ /d	1,800m ³ /d
Pumping Station	No.1 PS : 0.0070m ³ /sec	—
	No.2-1 PS : 0.0290m ³ /sec	No.2-1 PS : 0.0290m ³ /sec
	No.2-2 PS : 0.0290m ³ /sec	—
Pipe	No.3 PS : 0.3022m ³ /sec	No.3 PS : 0.2732m ³ /sec
	φ150~825mm , L=28,711m	φ150~825mm , L=28,091m
	φ100,150mmFCO , L=3,250m	φ100mmFCO , L= 650m
		φ300mm , L= 620m
		φ150mmFCO , L= 50m

図 12.1

処理区域比較図



- Legend:
- Gravity Main
 - - - - Pressure Main
 - ⊙ P Lift Station
 - ⊙ T Treatment Plant

12.2 下水道施設平面図

下水処理場

以下の計画汚水量に対し下水処理場の概略設計を行った。

位 置	処 理 法	2005年	2015年
キャンディ	柱状曝気・ディフ	8,500 m ³ /日	17,000 m ³ /日
カツガストタ	エアリフト・ラダー	-	1,700 m ³ /日

1) 施設配置

図12.3、12.4に処理場配置案を示す。

2) 施設の仕様

以下に処理施設の仕様を示す。

表 12.4 下水処理場施設仕様

1. キャンディ

施 設 名	仕 様
1. 沈砂池及びスクリーン	
型 式	沈砂だまり
構造寸法	1.0 m幅 x 1.5 m長 x 0.5 m深
平均流速	0.16 m/秒
池 数	1 池
2. 柱状曝気・ディフ	
型 式	馬蹄形
構造寸法	6.0 m幅 x 190 m長 x 3.0 m深
イーター出力	180 kW
滞留時間	29.0 時間
池 数	6 池
3. 最終沈砂池	
型 式	円 形
構造寸法	16.0 m径 x 3.0 m深
水面積負荷	14.1 m ³ /m ² /日
滞留時間	3.4 時間
池 数	6 池
4. 塩素接触タンク	
型 式	長 方 形
構造寸法	1.5 m幅 x 40.0 m長 x 1.5 m深
必要塩素量	1.42 kg/時間
接触時間	15.2 分
池 数	2 池
5. 汚泥濃縮タンク	
型 式	円 形
構造寸法	5.0 m径 x 4.0 m深
固形物負荷	65 kg/m ² /日
池 数	4 池

6. 好気性汚泥消化タンク	
型 式	円 形
構造寸法	13.0 m径 x 4.0 m深
固形物負荷	2.4 kg/m ³ /日
池 数	2池
7. 汚泥天日乾燥床	
型 式	長方形
構造寸法	6.0 m幅 x 14.5 m長 x 0.3 m深
滞留時間	10.2 日
池 数	10池

2. カスガストク

施 設 名	仕 様
1. 沈砂池及びスクリーン	
型 式	平行流
構造寸法	0.5 m幅 x 3.0 m長 x 0.3 m深
水面積負荷	1,667 m ³ /m ² /日
平均流速	0.29m/秒
池 数	2池 (予備1池含む)
2. 完全混合型アeratorタンク	
型 式	長方形
構造寸法	30.0 m幅 x 15.0 m長 x 3.0 m深
アerator出力	16 kW
滞留時間	1.56 日
池 数	2池
3. 部分混合アeratorタンク	
型 式	長方形
構造寸法(セル)	30.0 m幅 x 8.0 m長 x 4.0 m深
アerator出力	4 kW
滞留時間	2.0 日
池 数	3セル x 2池
4. 塩素接触タンク	
型 式	長方形
構造寸法	1.0 m幅 x 18.0 m長 x 1.0 m深
必要塩素量	0.21 kg/時間
滞留時間	15.2 分

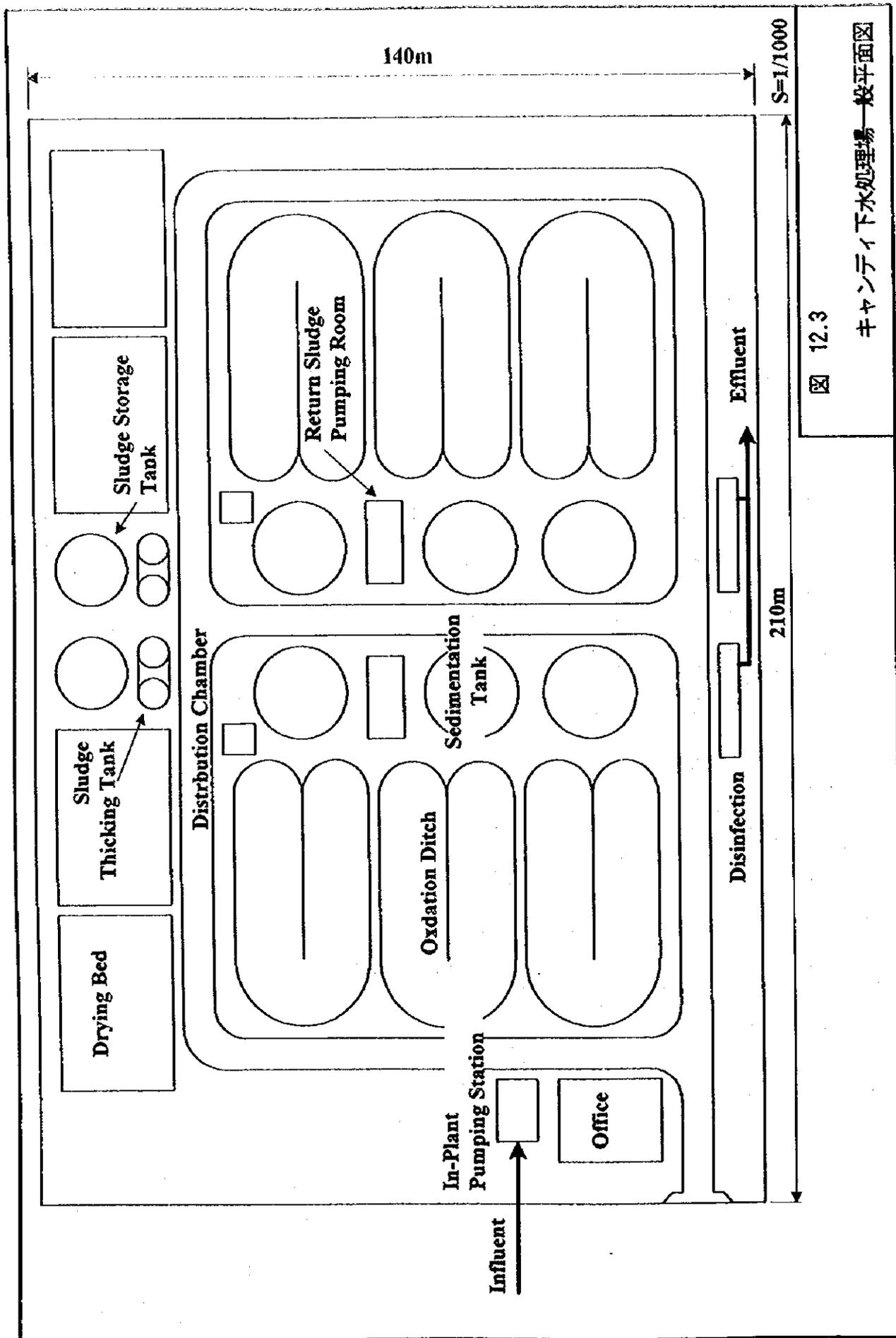
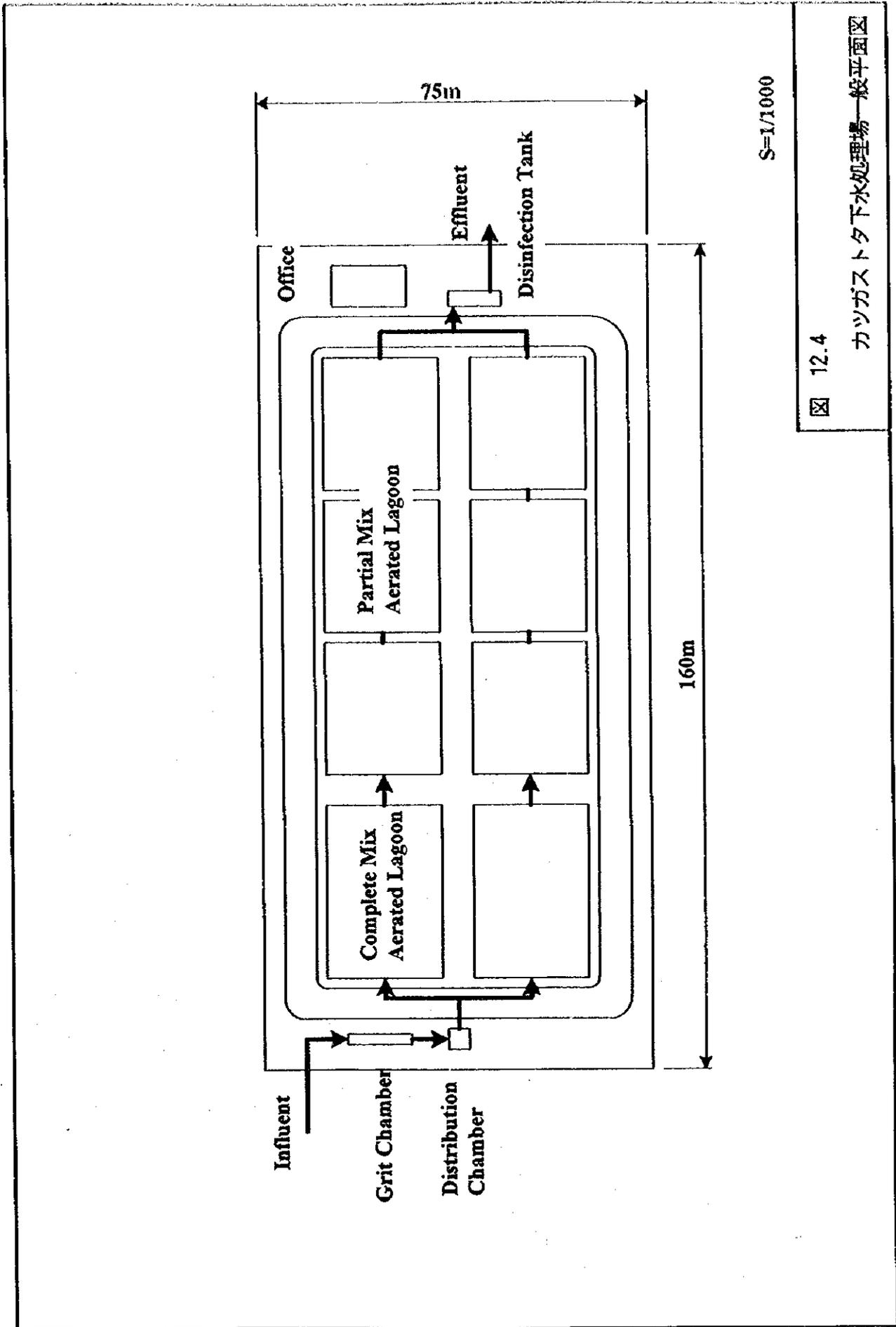


図 12.3

キャンディ下水処理場一般平面図



12.5 衛生施設

オンサイト処理は地方集落のみならず、公共下水道に接続されていない都市部住居においても重要な処理方法である。集合住居地区、アパート、一戸建住宅といった異なる住居形態に対し、オンサイト処理施設の適性につき検討を行った。本調査では下水道未整備地区の過渡的手段としてのオンサイト処理の技術オプションを検討した。腐敗槽排水の水質分析結果によれば、ある程度のBOD除去は見込めるものの、一部の槽においては高いSS値を示している。これは槽底部の汚泥が流出しているためと推測される。この流出SSは浸透ピットに目詰りを生じ、ピット寿命を短くする。

浸透試験は1998年8月（雨期）にキャンディ市内3箇所（ゲタンベ、ハンタナ、マハヤワ）において実施された。

腐敗槽流出水の処理方法はスリランカの設計指針「腐敗槽設計・建設指針，SLS745，1986年」に記載されており、これによれば上記3ヶ所のサイトにおける処分方法には以下の方法が適用できる。

ゲタンベ、ハンタナ

浸透ピット又は分散トレンチ

マハヤワ

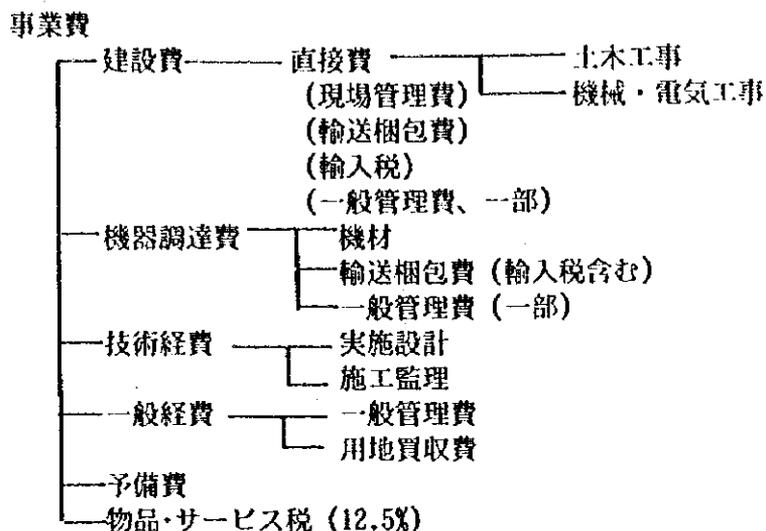
半地下又は地上型生物ろ過処理。排水は表流水排水路に排出

下水道システムがキャンディ市に導入されても、当施設が適用されるのは市中心、主に商業地区のみである。それら周辺の住居地区ではしばらくの間、オンサイト処理施設を使用することになる。オンサイト処理施設による処理人口と接続家屋数は2005年で106,990人（16,089家屋）、2015年で92,812人（13,957家屋）と予測されている。

オンサイト処理施設の稼働状況を改善させるためには、最低でも5年に1回の定期的汚泥引抜きが必要である。5年に1度の引抜きを実施した場合、市全体として1日当り発生汚泥量は2005年に25.7m³、2015年に22.3m³と予測される。引き抜かれた汚泥量は下水処理場の規模と比べ小さいため下水処理場で処理する。

12.6 事業費

事業費は以下の費目で構成される。



事業費はマスタープランで提案された処理施設の概略設計に基づき積算された。工事単価は現地の建設事情（使用できる建設機械、現地で入手可能な建設材料、建設業者能力、適用可能な工法等）を勘案し決定した。

積算時点 : 1998年11月

現地貨交換レート : 1.00 スリランカ・ルピー = 1.80 円

本事業の事業費内訳を表12.5に示す。

表12.5 キャンディ下水道事業事業費

単位：千ルピー

(1)建設費		
1) 汚水収集システム		747,251
幹線管渠		
枝線管渠		
2) ポンプ場		28,690
土木工事	9,339	
機械/電気工事	19,351	
3) 下水処理場		1,062,378
土木工事	390,237	
機械/電気工事	672,141	
4) 諸経費		93,872
小計		1,932,000
(2) 維持管理用機材購入費		25,000
(3) 技術経費		
1) 詳細設計	81,000	
2) 施工監理	65,000	
小計		146,000
(4) 一般経費		
1) 一般経費	20,000	
2) 用地買収費	180,000	

	小計	200,000
(5) 予備費 (15%)		346,000
(6) 物品・サービス税 (12.5%)		331,000
	合計	2,980,000

12.7 実施工程

本事業はフェーズ1, 2に区分される。フェーズ1は優先事業の実施を行い、2003年に工事完成予定である。一方全体事業はフェーズ2まで実施され、2013年に完成する。

フェーズ 1	(1999年～2003年)	- 優先事業
	1999年～2001年	プロジェクト準備段階
	2001年～02年	詳細設計及び入札
	2002年	工事開始
	2002年～03年	建設工事
	2004年	試運転
フェーズ 2	(2009年～2013年)	
	2009年～11年	プロジェクト準備段階
	2011年～12年	詳細設計及び入札
	2012年	工事開始
	2012年～13年	建設工事
	2014年	試運転

表12.6に事業実施工程並びに支出計画を示す。

表 12.6 キャンペディ下水道事業の事業実施並びに支出計画(基本計画)

項目	フェーズ 年				フェーズ1					フェーズ2				
	1999	2000	2001	2002	2003	2009	2010	2011	2012	2013				
実施工程														
1. プロジェクト準備段階														
2. 建設準備段階														
2.1 実施設計														
2.2 入札														
3. 建設工事														
3.1 汚水収集システム														
- 下水道幹線														
- 下水道管網														
3.2 下水処理場														
- 土木工事														
- 機械/電気工事														
4. 資機材調達														
費用合計 (百万円)	フェーズ1 1710.0					フェーズ2 1270.0								
支払工程														
1. 土地収用			160.0					20.0						
2. 一般管理費			2.0	4.0	4.0			2.0	4.0	4.0				
3. 建設工事				345.0	700.0				287.0	600.0				
4. 資機材調達					25.0									
5. 技術経費			45.0	15.0	22.0			36.0	10.0	18.0				
6. 予備費			31.0	54.0	113.0			9.0	45.0	94.0				
7. 物品・サービス税(12.5%)			30.0	53.0	107.0			9.0	38.0	94.0				
支払額合計			268.0	471.0	971.0			76.0	384.0	810.0				

表12.7 キャンディ下水道事業計画概要

フェーズ		単位	フェーズ 1	フェーズ 2	備 考	
フレーム値	調査対象地域		キャンディ市の中心部の商業地域、キャンディ湖及び周辺ホテル、病院、ハンタナ宅地開発地域、2本の主要交通路沿いの住宅地域並びにカツガスタ地域である。		フェーズ2の数値は、フェーズ2実施後の全体計画時の値を示す。	
	計画目標年度		2005	2015		
	処理面積	ha	271	724		
	人口	人	153,000	171,000		
	計画処理人口	人	19,300	55,000		
	普及率	%	13%	32%		
計画水量	原 単 位	家庭汚水	lpcd	86	97	フェーズ2の数値は、フェーズ2実施後の全体計画時の値を示す。
		家庭外汚水	lpcd	92	138	
		地 下 水	lpcd	32	42	
		計	lpcd	210	277	
	計画汚水量	日平均汚水量	m ³ /d	7,300	15,200	
		日最大汚水量	m ³ /d	8,500	17,800	
時間最大汚水量		m ³ /d	12,200	25,500		
フェーズ		単位	フェーズ 1	フェーズ 2	計	
施設整備	計画区域		調査対象地域の内、市中心部とキャンディ湖周辺、病院、ハンタナ宅地開発地域を除く地域。			
	下水処理場(キャンディ)	処理方式		オキシデーションディッチ		
		処理能力	m ³ /d	8,500	8,500	17,000
		施 設		沈砂池、オキシデーションディッチ、最終沈殿池、塩素接触タンク、汚泥濃縮タンク、好気性汚泥消化タンク、汚泥天日乾燥床		
	下水処理場(カツガスタ)	処理方式		エアレーテッドラグーン		
		処理能力	m ³ /d	—	1,700	1,700
		施 設		沈砂池、完全混合型エアレーテッドラグーン、部分混合型エアレーテッドラグーン、塩素接触タンク		
	ポンプ場	水中ポンプ方式	ヶ所	2	1	3
	下 水 管 渠	枝線管渠 陶管 φ150mm	m	4,500	4,800	9,300
		幹線管渠 陶管 φ150~600mm	m	13,940	2,600	16,540
コンクリート管 φ675~825mm		m	2,870	0	2,870	
圧送管 鋳鉄管 φ100mm		m	650	0	650	
接続箇所数		ヶ所	5,800	6,600	12,400	
事業費	建 設 費	直接建設費	百万Rs.	1,045	887	1,932
		維持管理用機材購入費	百万Rs.	25	0	25
		技術経費	百万Rs.	82	64	146
		一般経費、土地買収費	百万Rs.	170	30	200
		予備費	百万Rs.	198	148	346
		物品、サービス税 12.5%	百万Rs.	190	141	331
	合 計	百万Rs.	1,710	1,270	2,980	
	維持管理費	人件費	千Rs./年	1,176	1,980	—
		電力費	千Rs./年	8,067	16,558	—
		薬品費	千Rs./年	161	334	—
修理費		千Rs./年	3,323	6,915	—	
計	千Rs./年	12,727	25,787	—		