

国際協力事業団  
スリ・ランカ民主社会主義共和国  
全国上下水道公社

スリ・ランカ民主社会主義共和国  
大コロombo圏給水拡張計画調査  
最終報告書  
要約

平成6年11月

日本上下水道設計株式会社  
日本工営株式会社

社調二

JR

94-121

国際協力事業団  
スリ・ランカ民主社会主義共和国  
全国上下水道公社

大コロombo圏給水拡張計画調査  
最終報告書要約

平成6年11月

日本上下水道設計株式会社  
日本工営株式会社

120  
618  
SSF

LIBRARY

94-121

通貨換算率 (1994年6月末現在)  
US\$ 1.0=Rs. 49.0=Yen 106.0

JICA LIBRARY



1120696181



国際協力事業団  
スリ・ランカ民主社会主義共和国  
全国上下水道公社

スリ・ランカ民主社会主義共和国  
大コロンボ圏給水拡張計画調査  
最終報告書  
要約

平成 6 年 11 月

日本上下水道設計株式会社  
日本工営株式会社

## 序 文

日本国政府は、スリ・ランカ民主社会主義共和国政府の要請に基づき、同国の大コロombo圏給水拡張計画に係るフィージビリティ調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成5年12月から平成6年10月までの間、3回にわたり、日本上下水道設計株式会社 美和哉男氏を団長とする同社及び日本工営株式会社より構成される調査団を現地に派遣しました。

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

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

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

平成6年11月

藤田 公郎

国際協力事業団  
総裁 藤田 公郎

## 伝達状

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

今般、スリ・ランカ民主社会主義共和国における大コロombo圏給水拡張計画調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、平成5年12月から平成6年10月までの間、3回にわたるスリ・ランカ政府関係者との協議、計画対象地域における現地調査、及び帰国後の国内作業を経て完了致しました。

本調査はプログレス・レポート、インテリム・レポートを整理解析したサマリー・レポート、メイン・レポート、サポーティング・レポート、データ・レポート、及び図面集の5分冊より構成されております。サマリー・レポートには調査内容全体と提言等を簡潔にまとめ、メイン・レポートには大コロombo圏給水拡張計画に係る長期開発計画とその中におけるカル河水道システムの位置づけを明らかにし、その第1期計画を対象に実施したフィージビリティ調査の詳細について記述しております。サポーティング・レポートには詳細解析、関連情報を、また、データ・レポートには現地調査で収集したデータ等を収録しております。さらに、図面集にはカル河水道システムに係る施設計画図面をまとめております。

尚、同調査期間中、貴事業団を始め、外務省、厚生省関係者には多大のご理解並びにご協力を賜りましたこととお礼を申し上げます。また、スリ・ランカにおいては、全国上下水道公社関係者、JICAスリ・ランカ事務所、在スリ・ランカ日本国大使館の貴重な助言とご協力を賜ったことも付け加えさせていただきます。

平成6年11月

美和 彥男

大コロombo圏給水拡張計画調査  
調査団長 美和 彥男

# 要 約



スリ・ランカ国大コロombo圏  
給水拡張計画調査  
要約

調査期間：1993年12月～1994年11月

受入機関：NWSDB(全国上下水道公社)

### 1. 背景

大コロombo圏の既存の水道システムは現在約 140万人の人々に給水を行っている。浄水施設は最大処理能力618,800 m<sup>3</sup>/日 (136mgd) を有し、水源をケラニ河に依存している。人口増加、住居・商業地域の発展、給水区域の拡張を考えると、2000年以降に処理能力の不足を来すと予想される。しかし、ケラニ河には現在のレベル以上に原水を取水できないという限界がある。近い将来そのような不足が起こる前に、新しい水源を開発し、必要な浄水送水施設を整備することが求められている。

### 2. 目的

本調査の目的は2020年までの水需要に対処できる長期整備計画を策定し、2010年の水需要に対する第1期実施計画を策定することにある。プロジェクト及び水需要の規模は表1のように求められる。

表1 水需要予測とプロジェクトの所要規模

項目	2010年	2020年
大コロombo圏の総水需要 (1日平均)	684,700 m <sup>3</sup> /日	842,400 m <sup>3</sup> /日
プロジェクトの所要規模 (処理能力)	182,000 m <sup>3</sup> /日 (40 mgd)	364,000 m <sup>3</sup> /日 (80 mgd)

プロジェクトの所要規模の詳細については33頁の表4.7 参照

### 3. 調査対象区域

大コロombo圏全体の水需要を考慮した上で、新たに給水を拡張するあるいは既存システムを補強する調査対象区域は、コロombo南部の8つの行政単位、すなわち、デヒワラ、モラツワ、パナドゥラ、ケセルワッタ、ケスベワ、ホマガマ、バンダラガマ、ホラナを含む。大コロombo圏水道システムの拡張計画を図1に示す。

#### 4. 計画の概要

##### 4.1 基本方針

既存の水源及び浄水施設は2000年以降2005年までの何時の日か将来の水需要を満たすことができなくなるので、新たな水源と関連水道施設を整備しなければならない。ケラニ河水源における取水能力上の現在の制約を考えると、カル河が新たな水源として提案される。

##### 4.2 内容

プロジェクトの構成要素は表2に掲げる施設よりなる。

表2 プロジェクト構成要素と能力

施設名称	フェーズ1 (2010年)		フェーズ2 (2020年)
	ステージ1	ステージ2	
取水場	取水能力 191,100 m <sup>3</sup> /日		191,100 m <sup>3</sup> /日
原水送水管	管径 1,500 mm 延長 7,670 m		1,500 mm 7,670 m
浄水場	処理能力 91,000 m <sup>3</sup> /日	91,000 m <sup>3</sup> /日	182,000 m <sup>3</sup> /日
高地貯水池	貯水量 30,000 m <sup>3</sup>		30,000 m <sup>3</sup>
浄水送水管	管径 1,650-400 mm 延長 25,010 m	1,200-300 mm 28,960 m	1,650-200 mm 37,130 m
配水施設	管径 600-90 mm 延長 179,380 m		700-90 mm 192,200 m

プロジェクト構成要素の配置を図2に示す。

#### 5. プロジェクト・コスト

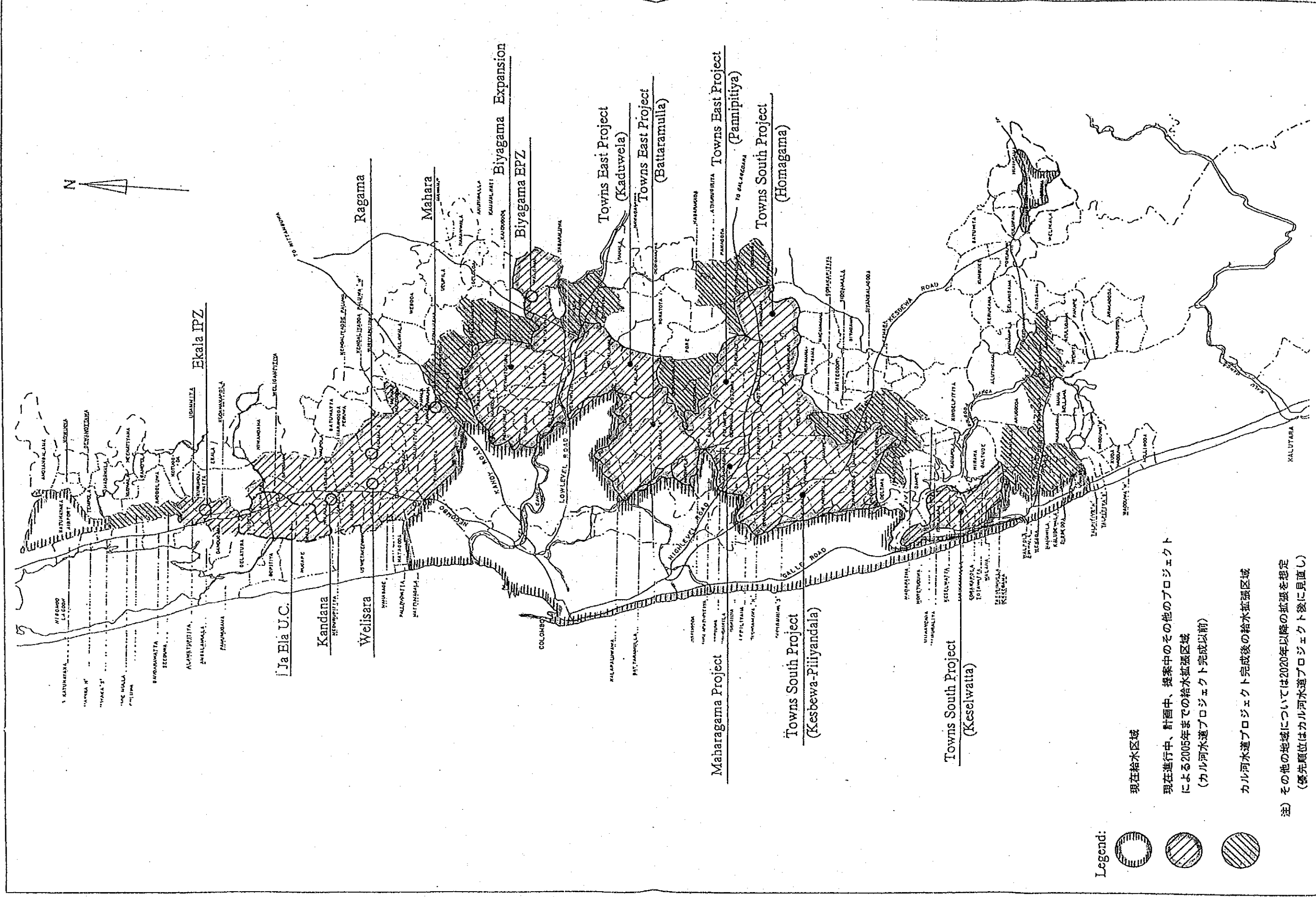
スリ・ランカ国における国際入札での過去の建設費できる限り考慮して1994年6月価格でプロジェクト費用を見積もった。使用交換レートは以下の通り。

価格基準年 1994年6月

交換レート US\$1.0 = Rs. 49.0 = ¥106.0

フェーズ1の概算費用を表3に示す。





Legend:



現在給水区域

現在進行中、計画中、提案中のその他のプロジェクト  
による2005年までの給水拡張区域  
(カル河水道プロジェクト完成以前)

カル河水道プロジェクト完成後の給水拡張区域

注) その他の地域については2020年以降の拡張を想定  
(優先順位はカル河水道プロジェクト後に見直し)

図1 大コロンボ圏水道システムの拡張計画





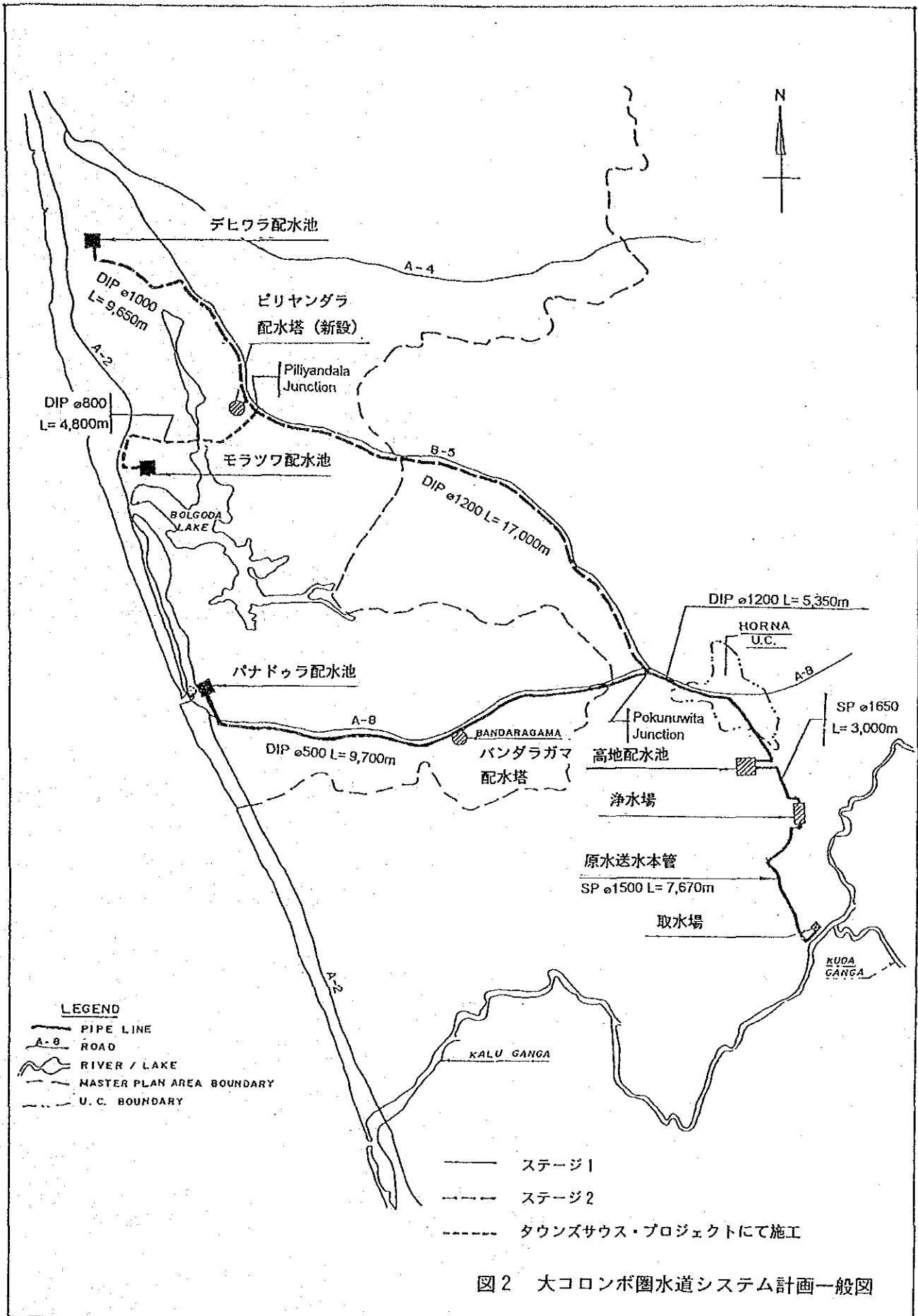


図2 大コロombo圏水道システム計画一般図

表3 フェーズ1 (2010年) 概算費用

(単位:百万)

ステージ	外貨部分(¥)	内貨部分(Rs.)	計(ルピー換算)
ステージ1	10,797	3,508	8,499
ステージ2	7,148	3,110	6,414
計(フェーズ1)	17,945	6,618	14,913

## 6. 評価

### 6.1 結論

妥当な料金構成が設定されるという仮定の下で、プロジェクト案は技術、財務、環境面より実施可能と評価される。

### 6.2 技術評価

提案されているプロジェクトの計画は技術、経済といった様々な面に然るべく配慮して策定されたもので、実施可能であると評価される。

### 6.3 財務評価

債務負担及び抑圧された料金構造に関する財務状況に照らして、2000年までのNWSDBの目標をうまく達成するためには合理的な料金改定が不可欠である。料金改定は支払い能力を然るべく考慮した妥当な範囲で、2000年以降も同様に実施されなければならない。料金が以下に示す妥当な範囲で値上げできる場合にのみ、実施可能なレベルのFIRR(財務的内部収益率)が得られる。

料金の値上げ率(2000年以降)	FIRR
8%(基本ケース)	10.0%
10%	12.3%
12%	14.6%

### 6.4 経済・社会評価

プロジェクトがもたらす経済上の利点には、衛生状況の改善、プロジェクト対象地域における商業・工業活動の発展、土地価格の上昇等が含まれる。



## 6.5 環境配慮

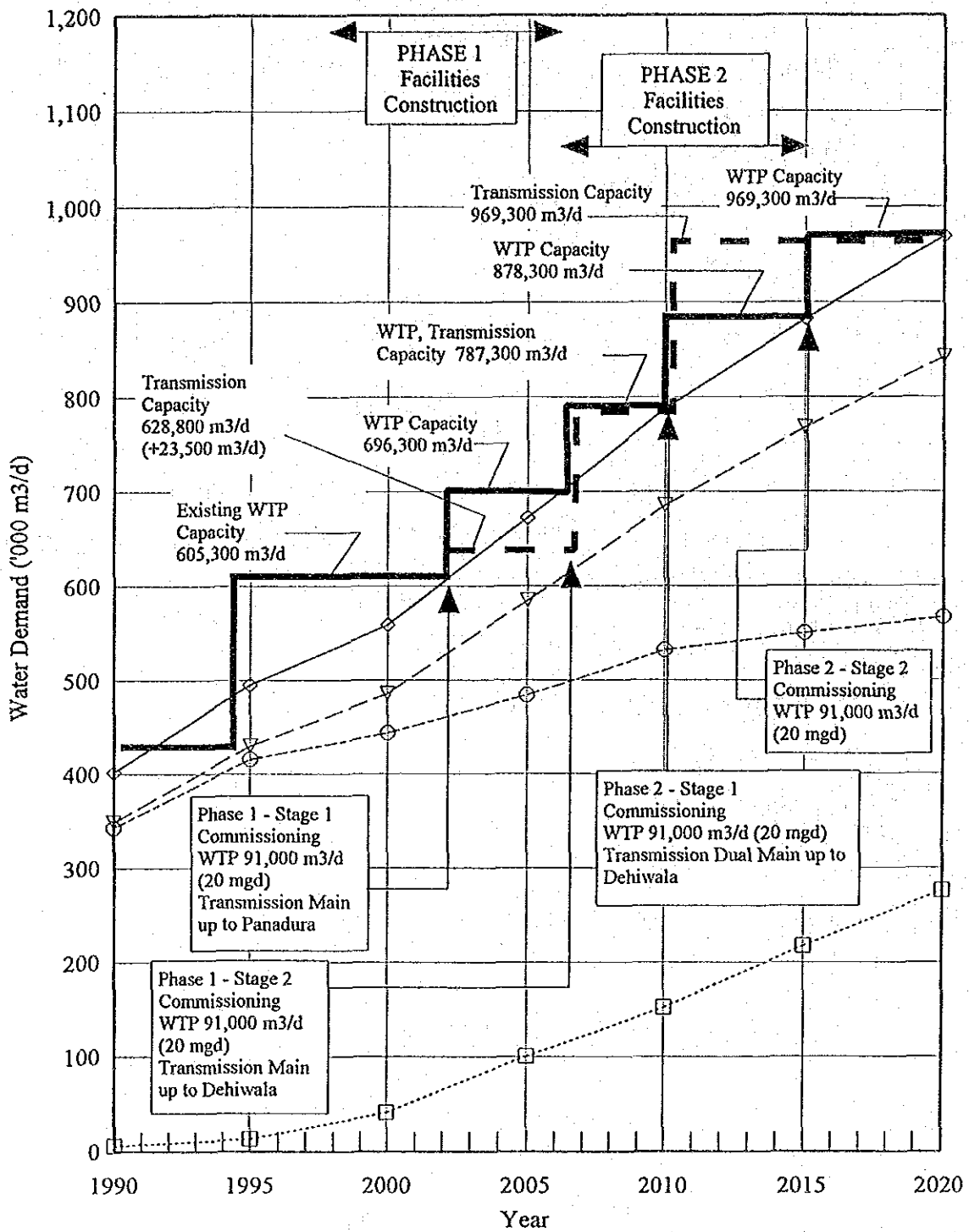
環境影響評価結果によれば、本プロジェクトは、総じて実際的な対策が取られるならば、環境へ重大なあるいは持続的な害を与えるものではないと結論してよい。結果的に環境配慮は本プロジェクトの実施を妨げるものではない。

## 7. 実施計画

水需要予測に関連する水道施設の拡張計画を図3に示す。また、プロジェクト案の実施計画を図4に示す。

## 8. 勧告

- (1) プロジェクトの財務上の実施可能性を高める対策の実施（債務返済管理、流動／固定資産管理、費用削減計画、将来投資計画の管理、料金値上げ）
- (2) 無収水量の削減
- (3) 水源の保護
- (4) 大コロンボ圏地域支援センターの役割
- (5) 塩水遡上精密解析の実施
- (6) 塩水遡上監視システムの確立
- (7) 実施前におけるフィージビリティ調査の時機を得た見直し
- (8) 河川水質監視体制の確立
- (9) カルタラ水道システムの将来における併合
- (10) 下水道整備



◇ Daily Max. Demand    ▽ Daily Ave. Demand  
 ○ Existing Area Demand    □ New Area Demand

図3 水道施設の拡張計画

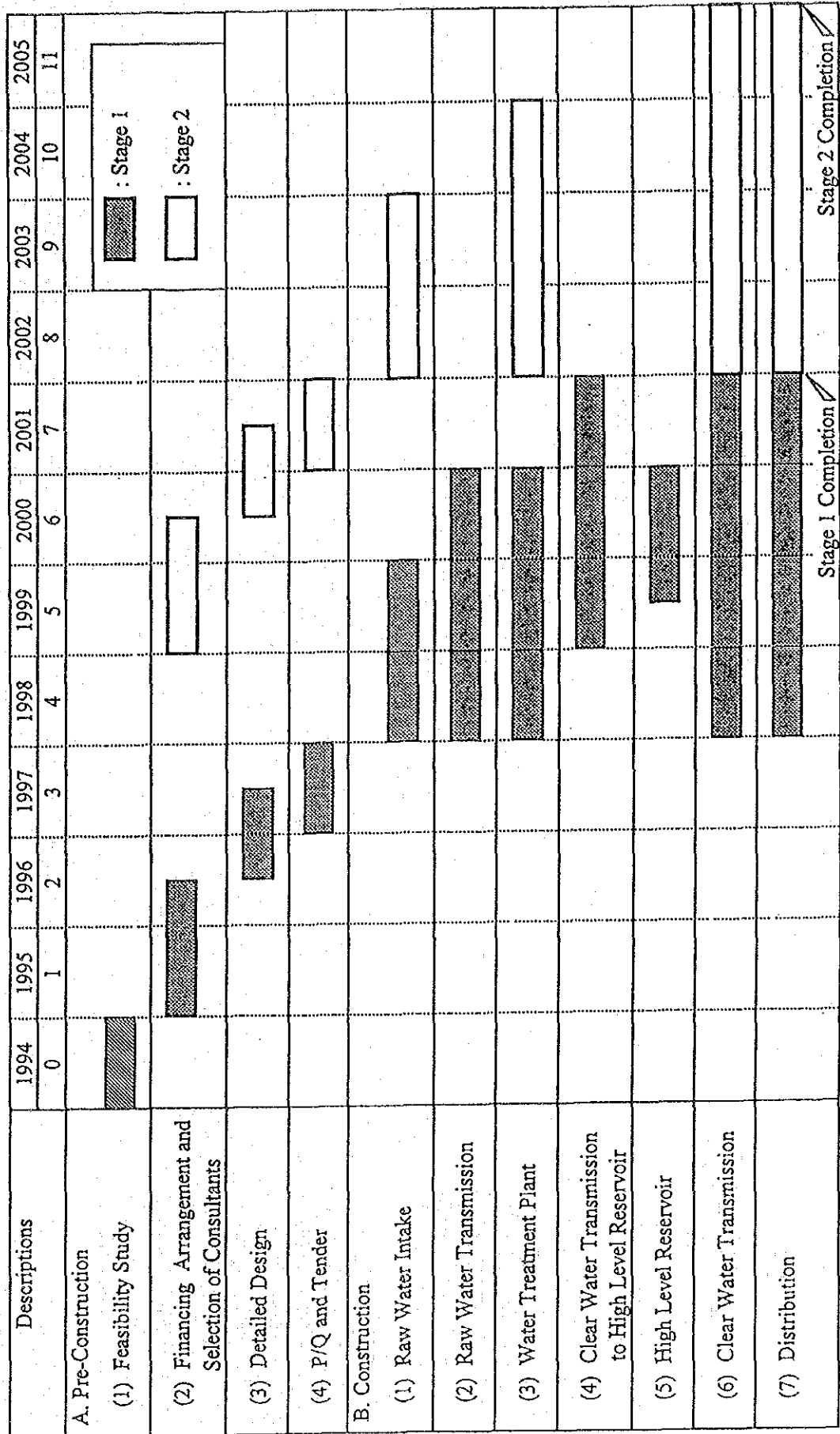


図4 プロジェクト案の実施計画



最終報告書要約

目次

序文  
伝達状

要約

目次

第1章 序論	1
1.1 実施までの経緯	1
1.2 背景	1
1.3 調査の目的	2
1.4 対象地域	2
1.5 目標年次	2
1.6 調査の組織	2
1.6.1 概説	2
1.6.2 日本側組織	3
1.6.3 スリ・ランカ側組織	3
1.7 レポートの構成	4
第2章 大コロombo圏の概要	7
2.1 自然条件	7
2.1.1 気象	7
2.1.2 水文	7
2.2 社会経済条件	7
2.2.1 経済条件	7
2.2.2 教育	8
2.2.3 公衆衛生	8

2.2.4	衛生施設と下水道	8
2.2.5	環境問題	9
2.3	対象地域における土地利用	10
第3章 既存水道施設		11
3.1	NWSDBの組織と活動	11
3.1.1	法律	11
3.1.2	NWSDBの組織及び人員	11
3.2	NWSDBの財務状況	14
3.3	既存水道システムと施設	18
3.3.1	水源	18
3.3.2	浄水場	19
3.3.3	送配水	20
3.4	給水人口	20
3.5	使用水量	21
3.5.1	使用水量	21
3.5.2	無収水量(UFW)	21
3.6	進行中及び計画中的水道プロジェクト	22
第4章 マスタープラン・アップデートの見直し及び人口と水需要の予測		23
4.1	概説	23
4.2	プロジェクトの範囲	23
4.3	計画給水区域	23
4.4	人口予測	23
4.5	拡張の範囲	24
4.6	水需要予測	24
4.6.1	給水人口	24
4.6.2	特別な水需要	30
4.6.3	損失水量	30
4.6.4	将来の水需要	30
4.6.5	ピーク率の設定	30
4.7	カル河水道プロジェクトの所要規模	31

第5章 その他のプロジェクトによるカル河への水需要 .....	35
第6章 水源としてのカル河 .....	37
6.1 水源としてのカル河開発の必要性 .....	37
6.2 カル河の概要 .....	37
6.2.1 流域と河川 .....	37
6.2.2 降雨量 .....	37
6.2.3 河川水利用の現状 .....	38
6.2.4 カル河における既存の開発計画 .....	38
6.3 塩水遡上の度合い .....	38
6.4 取水可能量 .....	39
6.4.1 プトポウラにおける確率年間最小河川流量 .....	39
6.4.2 既存の水利用 .....	42
6.4.3 河川維持流量 .....	42
6.4.4 カル河の取水可能量 .....	42
6.5 水質 .....	43
第7章 長期整備計画案 .....	45
7.1 水の需給バランス .....	45
7.2 推奨されるカル河水道システム .....	45
7.2.1 推奨されるシステムの概要 .....	45
7.2.2 取水施設 .....	45
7.2.3 処理施設 .....	51
7.2.4 送水施設 .....	51
7.2.5 配水施設 .....	51
7.3 段階的实施計画 .....	55
7.3.1 概説 .....	55
7.3.2 取水施設 .....	55
7.3.3 原水送水管 .....	56
7.3.4 浄水場 .....	56
7.3.5 浄水送水施設 .....	56
7.3.6 配水施設 .....	59
7.4 他のプロジェクトとの関連 .....	59

第 8 章	フィージビリティ調査の業務範囲	61
8.1	計画目標年次	61
8.2	給水区域	61
8.3	給水人口	61
8.4	水需要	62
8.5	包含される施設	62
第 9 章	施設の設計	63
9.1	取水施設	63
9.2	原水送水施設	63
9.3	処理施設	64
9.4	浄水送水施設	64
9.5	貯水施設	66
9.6	配水施設	67
第 10 章	維持管理計画	69
10.1	施設の運転管理	69
10.2	緊急時における運転管理	69
10.2.1	洪水に対して	69
10.2.2	塩水遡上に対して	69
10.3	水質管理	70
10.4	所要スタッフ	70
第 11 章	実施計画と予定表	73
11.1	実施計画と予定表	73
11.2	実施モード	75
第 12 章	プロジェクト費用概算	77
12.1	プロジェクト費用の構成	77



1 2. 2	概算の条件と仮定	77
1 2. 3	プロジェクト費用	78
1 2. 4	支出予定表	78
1 2. 5	運転管理費	78
第 1 3 章 組織運営上の配慮		83
1 3. 1	NWSDBの組織整備の経緯と背景	83
1 3. 2	現行の問題と制約	83
1 3. 3	プロジェクト実施の組織	85
1 3. 3. 1	大コロンボ圏地域支援センターの役割	85
1 3. 3. 2	組織計画	85
1 3. 3. 3	建設前段階	87
1 3. 3. 4	建設段階	87
1 3. 3. 5	建設後段階	88
第 1 4 章 NWSDBの財務計画		91
1 4. 1	NWSDBの財務実績	91
1 4. 1. 1	統一料金と運転費	91
1 4. 1. 2	現在の財務状況	91
1 4. 1. 3	債務返済予定表	94
1 4. 2	2000年までのNWSDBの財務計画の予測	94
1 4. 2. 1	NWSDBの財務目標	94
1 4. 2. 2	財務管理の前提条件	95
1 4. 2. 3	予想財務諸表	96
1 4. 2. 4	財務管理の意味	96
1 4. 3	料金に対する考え方	96
1 4. 3. 1	概説	96
1 4. 3. 2	料金の現在のレベル	99
1 4. 3. 3	将来の料金に対する考え方	99
1 4. 3. 4	支払能力	99
1 4. 4	2010年までにカル河水道プロジェクトを実施するための財務計画	100
1 4. 4. 1	提案されているプロジェクトの資金調達	100
1 4. 4. 2	歳入とキャッシュ・フロー予想	104

1 4. 4. 3	連結返済予定表及びバランス・シート	104
第 1 5 章	プロジェクト評価	111
1 5. 1	財務評価	111
1 5. 1. 1	財務分析の方法	111
1 5. 1. 2	財務的内部収益率(FIRR)と総資本収益率(ROE)	112
1 5. 1. 3	感度分析	112
1 5. 2	社会経済評価	114
1 5. 3	代替シナリオに対する財務分析(1)	115
1 5. 4	代替シナリオに対する財務分析(2)	116
1 5. 5	財務上の勧告	120
1 5. 6	技術評価	120
1 5. 7	組織評価	120
第 1 6 章	環境保護への配慮	121
1 6. 1	環境保護に関する法律	121
1 6. 2	プロジェクト実施に対する環境上の要求	121
1 6. 3	環境影響評価	121
第 1 7 章	結論と勧告	123
1 7. 1	結論	123
1 7. 2	勧告	123

## 表目次

表 2. 1	1989年のコロンボにおける家庭収入 .....	7
表 2. 2	1989年のコロンボにおける家庭収入レベル .....	8
表 2. 3	大コロンボ圏における衛生施設と下水道 .....	8
表 3. 1	スリ・ランカ国における水道事業数 .....	11
表 3. 2	配属地域別 NWSDB従業者数 .....	14
表 3. 3	主要財務指標 .....	16
表 3. 4	浄水場、貯水池の諸元 .....	18
表 3. 5	予想給水人口 .....	21
表 3. 6	給水地域、カテゴリー別使用水量 .....	22
表 4. 1	人口予測 .....	26
表 4. 2	給水人口予測 .....	29
表 4. 3	工業用水需要 .....	30
表 4. 4	無収水量の定義 .....	31
表 4. 5	予想損失水量比 .....	31
表 4. 6	予想水需要（1日平均） .....	32
表 4. 7	予想水需要と所要処理能力 .....	33
表 5. 1	大コロンボ圏以南地域における予想水需要 .....	35
表 6. 1	プトポウラにおける確率年間最小河川流量 .....	42
表 7. 1	浄水場設計諸元一覧 .....	51
表 7. 2	段階的实施計画 .....	55
表 8. 1	カル河水道システムの給水人口 .....	61
表 9. 1	取水場の主要施設及び機器 .....	63
表 9. 2	浄水場の主要施設及び機器 .....	64

表9.3	高地配水池以後の送水管詳細	65
表9.4	貯水施設一覧	66
表9.5	配水管一覧	67
表1.1.1	段階的実施計画(案)	73
表1.1.2	フェーズ1実施計画(2010年水需要対応)	76
表1.2.1	フェーズ1のプロジェクト費用	78
表1.2.2	ステージ1のプロジェクト費用	79
表1.2.3	ステージ2のプロジェクト費用	79
表1.2.4	ステージ1の支出予定表	80
表1.2.5	ステージ2の支出予定表	80
表1.2.6	フェーズ1の年間運転管理費	81
表1.3.1	NWSDB現行の問題と制約	84
表1.4.1	NWSDBの現在の財務状況	92
表1.4.2	賦課徴収(1993年)	93
表1.4.3	歳入とキャッシュ・フロー予想	97
表1.4.4	2000年までのNWSDBの財務計画	98
表1.4.5	水道料金体系	101
表1.4.6	アジア諸国における水道料金の比較	102
表1.4.7	プロジェクト費用(1994年価格)	103
表1.4.8(1)	2010年までのNWSDBの財務計画	106
表1.4.8(2)	2010年までのNWSDBの財務計画	107
表1.4.9	2010年までのNWSDBの連結バランス・シート	108
表1.5.1	カル河水道プロジェクトの財務分析	113
表1.5.2	低水需要シナリオにおける損失水量比	115
表1.5.3	低水需要予測のまとめ	115
表1.5.4	代替シナリオの概算費用	116
表1.5.5(1)	2010年までのNWSDBの財務計画	118
表1.5.5(2)	2010年までのNWSDBの財務計画	119

## 図目次

図3.1	住宅建設公共施設省の組織	12
図3.2	全国上下水道公社の組織	13
図3.3	NWSDBの財務実績	15
図3.4	債務返済計画	17
図4.1	大コロombo圏計画給水区域	25
図4.2	大コロombo圏計画給水拡張区域	27
図4.3	予想水需要	34
図6.1	塩分濃度の実測結果	40
図6.2	塩水楔の縦断形	41
図7.1	2010年水需要対応の送水系統図	46
図7.2	2020年水需要対応の送水系統図	47
図7.3	取水場、浄水場位置図	48
図7.4	取水場一般平面図	49
図7.5	浄水場一般平面図	50
図7.6	送水システムの位置図	52
図7.7	送水システム・ダイアグラム	53
図7.8	カル河水道システム一般平面図	57
図7.9	水需要予測と段階的实施計画	58
図10.1	カル河水道システム組織(案)	71
図11.1	送水施設の段階的实施計画(案)	74
図13.1	プロジェクト実施のための組織	86
図14.1	連結返済予定	109

## 頭 字 語

ADB	Asian Development Bank
AGM	Assistance General Manager, NWSDB
B.W.L.	Bottom Water Level
CEB	Ceylon Electricity Board
C.M.C.	Colombo Municipal Council
DCS	Department of Census and Statistics
DGM	Deputy General Manager, NWSDB
EPZ	Export Processing Zones
ES	Engineering-Science, Inc.
GM	General Manager, NWSDB
GOS	Government of Sri Lanka
G.S.	Gramasevaka Division (local administrative unit)
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development
IDA	International Development Association
JICA	Japan International Cooperation Agency
MSL	Mean Sea Level
MHCUD	Ministry of Housing, Construction and Urban development
NHDA	National Housing Development Authority
NJS	Nippon Jogesuido Sekkei Co.,Ltd.
NK	Nippon Koei Co., Ltd.
NRW	Non-revenue Water
NWSDB	National Water Supply and Drainage Board
OECF	Overseas Economic Cooperation Fund of Japan
O.I.C	Officers-in-Charge
P.S.	Pradeshiya Sabha (local administrative unit)
RDA	Road Development Authority
RSC	Regional Support Center, NWSDB
T.W.L	Top Water Level
UDA	Urban Development Council
UFW	Unaccounted for Water
WB	World Bank

## 単位及び略号

cm	centimeter
cu m, m <sup>3</sup>	cubic meter
cu m/d, m <sup>3</sup> /d	cubic meter per day
cu m/min, m <sup>3</sup> /min	cubic meter per minute
cu m/s, m <sup>3</sup> /s	cubic meter per second
dia.	diameter
ft	feet
gal	Imperial gallon (= 4.546 liters)
ha	hectare
hr	hour
Kg	kilogram
Km	kilometer
Kw	kilowatt
KwH	kilowatt Hours
L/cap/d	liter per capita per day
L/s	liter per second
m	meter
mgd	million gallons per day
mm	millimeter
MPa	megapascal
Rs.	Sri Lankan Rupee
sq km, km <sup>2</sup>	square kilometer
sq m, m <sup>2</sup>	square meter
V	volt
y	year

## 交換レート

US\$1.0 = Rs.49.0 = Yen 106.0

# 第1章 序 論



# 第1章 序 論

## 1.1 実施までの経緯

全国上下水道公社(NWSDB)と国際協力事業団(JICA)が1993年8月30日にコロンボで合意した業務範囲に基づいて、JICAは大コロンボ圏給水拡張計画調査(以下「調査」という)を実施するために、1993年12月6日に日本上下水道設計株式会社と日本工営株式会社の共同企業体と契約を行った。

日本国政府の技術協力プログラム実施を担当する政府機関であるJICAは、日本国で有効な関連法律及び規則に従って、スリ・ランカ民主社会主義共和国の機関と密接に協力して調査を行った。NWSDBは日本側調査団のカウンターパート機関として機能し、調査の円滑な実施のためにその他の関連機関との関係において調整機関として機能した。

## 1.2 背景

大コロンボ圏はスリ・ランカ国の南西部に位置し、その総人口は約2,887,000人である。この中1,616,000人は現在給水区域内に居住し、1,271,000人は北はカツナヤケから南はカル河まで広がる周辺区域に居住している。NWSDBは面積194 km<sup>2</sup>の現在給水区域内に居住する人々に給水を行っている。

現在の水道水源はカラツワワとラブガマのダム貯水池、ケラニ河沿アンバタレの河川水取水場、及びカル河からの小さな圧送システムに依存しており、その総給水能力は1994年1月に新アンバタレ浄水場が運転を開始したことにより約618,800 m<sup>3</sup>/日(136mgd)となっている。

最初の給水計画マスタープランは、1972年UNDPの援助の下にHoward Humphreys & Sonsによって策定された。以来、水道整備はこのマスタープランの勧告に沿って実施されてきた。1991年にUSAIDの援助の下にEngineering-Scienceがこの元のマスタープラン見直し調査を請け負い、「大コロンボ圏給水計画マスタープラン・アップデート」(以後1991年マスタープラン・アップデート)という)を策定した。この調査は給水区域内における極最近の発展を加味するために、マスタープラン・アップデートに対する補遺として1993年にさらにアップデートされた。1995年までに現在給水区域及び周辺区域双方において膨張する人口に応じて伸びる水需要を満たすために、1991年マスタープラン・アップデートに従ってジョビイリー～マハラガマ間送水計画、タウンズ・イースト計画がすべて進行中である。新たな水源としてのカル川水道システムの開発は1991年マスタープラン・アップデートの勧告の一つである。

ケラニ河からの給水量は限られているため、カル河を水源とする新しい水道システムによってタウンズ・サウスの現在給水区域とデヒワラ/マウントラビニア以南区域に2000年～2005年の間の何時かには給水する必要がある。カル河水道システムによる2010年までの上記区域における新

たな給水人口は634,000人と見込まれている。本プロジェクトを実施することにより当該地域における今後の不確かな発展課程に柔軟に対応できる。

このような背景に照らして、JICAの技術協力プログラムとして大コロombo圏給水拡張計画調査の実施が提案されたものである。

### 1.3 調査の目的

本調査の目的は、2020年までの水需要を満たすためにカル河からの取水を前提とする大コロombo圏給水拡張計画を策定し、その第1期計画についてフィージビリティ調査を実施することにある。

### 1.4 対象地域

本調査は大コロombo圏及びカル河水道システムの現在及び計画給水区域のすべてを含む。

本調査に暫定的に含まれることが提案されている区域は、ホラナ、バンダラガマ、パナドゥラ、ケセルワッタ、ケスベワ、ホマガマ、モラツワ及びデヒワラ/マウントラビニアである。

しかし、区域内において調和のとれた給水を実現し、ケラニ河とカル河からの2水源給水が最も実施可能な形に給水区域を振り分けるために、大コロombo圏全域についても然るべき考慮を払うものとする。

### 1.5 目標年次

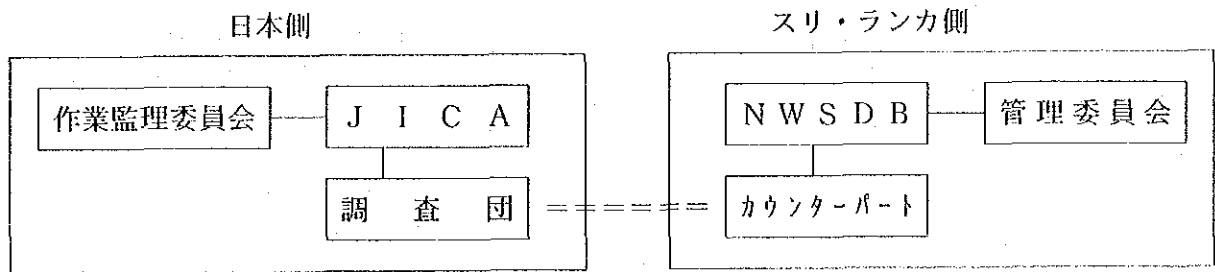
「大コロombo圏給水計画マスタープラン・アップデート」は大コロombo圏における2020年までの水需要を予測し、2000年までの施設計画を提示している。人口予測は1981年の国勢調査データに基づいてなされている事実を考えると、計画目標年次を2020年より先に延ばすことは精度的にも問題があり、本調査では上記マスタープラン・アップデートと同様に長期開発計画の目標年次を2020年とする。

フィージビリティ調査の計画目標年次については、設計及び手続き期間を含む新水道システム建設期間を考慮して、2010年に設定する。

### 1.6 調査の組織

#### 1.6.1 概説

本調査の全体組織は以下の通り。



### 1.6.2 日本側組織

日本側組織はJICA本部の監督下に調査団と作業監理委員会によって構成されている。  
調査団員は以下の通り。

美和 或男	総括・上水道計画
岡崎 敬介	施設計画
大西 邦亮	配水計画／水需要
藤原 政夫	取水計画・地質
今井 敏勝	水文・水源
Malcolm Patrick Hyde	水質・環境
大坂 進一	設備計画
山崎 清人	施工計画・積算
Kirthi Sri Senanayake	組織・運営
磯田 真一	財務計画・プロジェクト計画

作業監理委員会委員は次の通り。

友野 勝義	日本水道協会工務部主幹
山本 敬子	日本水道協会水道シニア国際協力専門家 施設計画
岩本 富雄	大阪市水道局工務部工務課長代理 水道行政・財政計画

### 1.6.3 スリ・ランカ側組織

スリ・ランカ側の組織はNWSDB、NWSDBのカウンターパート、及びカル河水道プロジェクトに関わる機関の代表より成る管理委員会によって構成され、管理委員会の調整はNWSDBが行った。

NWSDBカウンターパート及びNWSDBの主要メンバーは以下の通り。

Mr. T. B. Madugalle	Chairman
Mr. A. P. Chandraratne	General Manager

Mr. M. Wickramage	Addl. General Manager (Corporate Planning)
Mr. P. M. R. Pathiraja	Addl. General Manager (Operations)
Mr. P. U. Gunasinghe	Deputy General Manager (P&D)
Mr. S. K. H. Perera	Deputy General Manager (RSC-GC)
Mr. K. M. N. S. Fernando	Deputy General Manager (IDA)
Mr. T. M. M. Mediwaka	Deputy General Manager (Financial)
Mr. S. J. P. Wijegoonewardene	Assistant General Manager (P&D I)
Mr. D. N. J. Ferdinando	Assistant General Manager (RSC-GC)
Mr. A. H. C. Silva	Assistant General Manager (UFW)
Mr. L. S. P. J. de Silva	Assistant General Manager (Service)
Mr. R. H. Ruvinis	Chief Engineer (P&D)
Mr. Anura Jayasinghe	Chief Engineer (Corporate Planning)
Mr. Nimal Padamsiri	Chief Chemist
Mr. Asoka Perera	Geologist
Mr. G. B. N. Wimalasooriya	Senior Engineer (P&D)
Mr. W. A. Samarakoon	Engineer Assistant
Ms. P. Sangarapillai	Engineer Assistant

管理委員会メンバーは以下の通り。

Mr. K. A. H. Ranaweera	Secretary to the Minister for Housing
Mr. T. B. Madugalle	Chairman, NWSDB
Ms. D. D. J. Kudaligama	Director, External Resources Department
Mr. P. Sumanapala	Deputy Director, National Planning Department
Mr. D. G. D. C. Wijeratne	Addl. General Manager (Planning), CEB
Mr. K. G. D. Bandaratilake	Deputy Director General (Technical), CEA
Mr. K. G. S. Lankatilake	Addl. Director (Technical), UDA
Mr. G. T. Dharmasena	Deputy Director (Hydrology), Irrigation Department
Mr. Lionel Wijendra	Addl. Director, Policy and Planning, Ministry of Housing, Construction and Urban Development

## 1.7 レポートの構成

作成される調査レポートは以下の通り。

サマリー・レポート (第1分冊)

メイン・レポート	(第2分冊)
サポーティング・レポート	(第3分冊)
データ・レポート	(第4分冊)
図面集	(第5分冊)

サマリー・レポートはメイン・レポートより調査の重要事項すべてを抜粋したもので、2部、すなわち、「第1部 長期開発計画」、「第2部 フィージビリティ調査」より構成されている。

第1部では始めに調査対象区域並びに大コロombo圏の自然条件、社会経済条件、土地利用、関連組織、水道システムの施設、給水人口、使用水量、及び進行中・計画中のプロジェクトを含めて現在の水道事業の概要を述べ、次に1991年作成のマスタープラン・アップデートの見直し、人口及び水需要予測、その他のプロジェクトによるカル河への水需要調査及びカル河水源の安全流量に基づいて、大コロombo圏水道システムにとって欠かせない一部となるカル河水道システムの長期開発計画を提示している。

第2部では先ずカル河水道システムのフィージビリティ調査の業務範囲を明確にし、以下施設計画、運転管理計画、実施計画、プロジェクト費用の概算、組織運営上の配慮、NWSDBの財務計画、プロジェクト評価及び環境保護のための配慮について述べている。



## 第2章 大コロambo圏の概要





## 第2章 大コロombo圏の概要

### 2.1 自然条件

#### 2.1.1 気象

コロomboの月間平均気温は26.8℃～28.7℃で、年間の最高気温は5月に、最低気温は11月に起こる。コロomboにおける日間最高気温の月間平均は4月の約32℃から1月の約22℃の間にある。

#### 2.1.2 水文

コロomboの年間降雨量は約1,500～2,500 mmの間にあり、年間平均降雨量は2,153 mmである。コロomboの月間最大降雨量は8月の319 mmと11月の278 mmの2つのピークがあり、最小は2月の57mmと8月の106 mmである。

コロombo港の潮位は普通毎日2回の満潮があり、潮位の平均変動幅は0.51m、平均潮位は海拔+0.08mである。

### 2.2 社会経済条件

#### 2.2.1 経済条件

大コロombo圏の経済状態、とくに人々の収入レベルを把握するのに利用できるデータは極めて限られている。1991年作成の大コロombo圏給水計画マスタープラン・アップデートは表2.1、2.2に示すように限られたデータを用いて1989年のコロomboにおける家庭収入を推定している。

表2.1 1989年のコロomboにおける家庭収入

Income Receiver Quintile	Household Income (Rs./month)
Lowest 20%	630
Second 20%	2,090
Third 20%	3,677
Fourth 20%	5,326
Highest 20%	19,217

表2.2 1989年のコロンボにおける家庭収入レベル

Percent of Household	Receive Income (Rs./month)
20%	619
30%	1,700
40%	2,785
50%	4,640

## 2.2.2 教育

教師に対する生徒の比率は小学校、中学校、高校のレベルとも全般に満足な状態にある。学校が直面している問題は早期離学者と教育施設の不足である。

所要教育施設の不足は、教師、学校備品、教材（例えば、教師の机と椅子、黒板、戸棚、生徒の机と椅子、実験機、理科教材、美術教材等）、及びその他（運動場、校舎、建築面積、実験室、図書館、水道、電気、便所等）を含む。ホマガマでは45校中24校が十分な校舎及び建物面積その他を要望している。

## 2.2.3 公衆衛生

県衛生局局長事務所、同次長事務所、保健医務官事務所が県、地域、自治体各レベルの衛生、一般予防、伝染病及び保健教育を担当している。保健医務官事務所の管轄区域は自治体のそれとはほぼ一致しているが正確には同じではない。

水及び衛生に係わる人口10万人当たりの罹病率は大きい順から、悪性腸内感染17,215人、赤痢3,303人、マラリア2,596人である。悪性腸内感染と赤痢は劣悪な衛生施設と保健上好ましくない行為に、マラリアは水溜まりが残るような劣悪な排水と媒介動物が繁殖する物質を含む水を見境なく処分することに起因する。

## 2.2.4 衛生施設と下水道

1992年現在大コロンボ圏で尿尿と排水の処理に用いられている衛生施設と下水道は表2.3に示す通りである。

表2.3 大コロンボ圏における衛生施設と下水道

	Population	%
Served by sewers	550,000	19
Served by on-site facilities	1,700,000	59
No service or service grossly inadequate	650,000	22
Total	2,900,000	100

現在下水管はコロombo市のみで整備されているに過ぎない。デヒワラ市の北部沿岸の一部でも下水管が整備されているが、区域内の下水を圧送する2つのポンプ場が動かないため接続は行われていない。

## 2.2.5 環境問題

### 1) 水質汚濁

1987年ムトワルの海中放流管が完成したことによって、下水による汚濁は減っている。かつては毎日90,000 m<sup>3</sup>もの未処理下水が北部処理区域からポンプで河に放流されていた。同時期にベラワッタ海岸1.4 km先に南部処理区域の未処理下水を放流するために2本目の海中放流管が建設された。理論的には北の海中放流管の長さは約2.0 kmであるが、海岸から1.0 kmで打ち切られたと非公式に言われている。下水による高度の汚濁が港湾地区でよく見られる。2本の海中放流管から岸に向かってかなりの汚水が吹き寄せられているように思われる。

人口の50%以上は劣悪な住宅に住んでおり、その下水は直接間接に表流水に排出されている。腐敗槽、竪穴便所が広く用いられているが、しばしば位置あるいは地盤条件に関わりなく建てられており、大コロombo圏の多くの地域が飲料水源を井戸に頼っているため、大きな関心を集めている。ラトマラナ/モラツワ地区の調査に拠れば、井戸水の95%は大腸菌に汚染されている。

コロombo地区の雨水及び工場排水は水路及び運河網に流れ込んでおり、最終的にはセバスチャン運河ノースロックでケラニ河に流入している。高水時に流出水の流れは南と西に分かれ、デヒワッタ、ヴェラワッタで海洋に排出されている。これに生活排水が加わって流入するため大部分の水路は排水路と化している。

### 2) 大気汚染

大コロombo圏における大気汚染問題は他の国の工業地域と比較して少ない。しかし、製造業の60%、登録車輛の60%、ディーゼル駆動の発電所が集まっているため、大気汚染はスリ・ランカ国では最高レベルにあると考えてよい。

### 3) ゴミ汚染

1990年にコロomboの市街地で発生した家庭ゴミでは日量1,200 トンと見積られており、この数字は2010年までに21%増加すると想定されている。コロombo市のゴミの約90%は仮置場に持ち込まれて長い間放置されるため好ましい状況にない。一部の小さな自治体は5%しか収集していない。

結果的に大量のゴミが低地に投げ捨てられ、その多くは最後には排水溝、水路、湖沼に流れ込んでいる。このため、ひどい水質汚濁、水路の閉塞による氾濫、不快臭の原因となっている。工場からの廃棄物は排水の排出量と比較すると少ない。

## 2.3 対象地域における土地利用

対象地域は7つの自治体より構成されている。以下に土地利用の現状について要約する。

### 1) デヒワラ

この町の陸地面積は約20km<sup>2</sup>で、その中約90%は都市施設及び公共施設に利用されている。農業利用は1.1%に過ぎず、残りの土地が開拓される可能性は極めて小さい。この町は現在コロンボ市の衛生都市として機能している。

### 2) モラツワ

この町はコロンボ市の行政区域の西端と南端に接しており、西は約10kmの海岸線、東と南はボルゴダ川、北はコロンボ郡のラトマラナで区切られている。

この町の陸地面積は23.6km<sup>2</sup>で、その中90%は住居、工場、商店、道路、その他の公共施設で占められている。

### 3) パナドゥラ

この町の陸地面積は約58km<sup>2</sup>で、その中90%は農地、未開地、水面となっており、ケセルワッタはこの町に含まれる。

### 4) ケスベワ

この町は面積60km<sup>2</sup>の海岸平野上にある。収集データによると土地の約半分は家庭菜園に利用され、主要作物はココナツとなっている。この特徴ある家庭菜園は市街地から農村部まで広がっている。

### 5) ホマガマ

クラガラ・カンダと呼ばれる高さ105 mの小山を除くと、この辺りは海拔30~75mの平野になっている。この町の北と東はケラニ河とその支流によって、西と南はマハ河とその支流によって区切られている。

陸地の80%は高台にあり、20%は水田になっている。耕作適地125.8 km<sup>2</sup>の中1.6 km<sup>2</sup>はまだ開拓されていない。

### 6) バンダラガマ

1981~1984年のコロンボ、カルタラ郡における測量局作成の土地利用図によるとこの町の面積は84.8km<sup>2</sup>で、その中0.1 km<sup>2</sup>は開拓地、98%相当の83.3km<sup>2</sup>は農地、1.3 km<sup>2</sup>は沼地、0.1 km<sup>2</sup>は不毛地となっている。

### 7) ホラナ

ホラナはカルタラ郡に属し、北はコロンボ郡、南はマドラワラ、バラトシンハラ、東はラトナプラ郡、西はバンダラガマに接している。ホラナは郡内で2番目に大きい自治体である。

## 第 3 章 既存水道施設



## 第3章 既存水道施設

### 3.1 NWSDB の組織と活動

#### 3.1.1 法律

NWSDB は1974年に成立した法律第2号全国上下水道公社法の下で、1975年1月に住宅建設公共施設省 (MHCPU) から上下水道局が分離して設立された公的機関で、現在同省の管轄下にある独立した組織である。NWSDB は水道施設を開発、整備、管理して、公共施設、家庭、非家庭 (工業・商業用を含む) に給水し、給水量に対して料金を徴収する責任を負っている。

NWSDB が設立される前はそれぞれの地域において自治体が消費者に給水を行っており、一部地域ではこの形態が今なお続いている。カル河水道プロジェクトの給水区域には3種類の行政単位、すなわち、(1) Municipal Council、(2) Urban Council、(3) Pradeshiya Sabha が含まれている。公共サービスに関する権限は、1947年8月15日の252章 Municipal Councils、1940年1月1日の577章 Urban Councils として官報告示の政令に記述されている。これらの政令によれば Municipal Council、Urban Council は、その他の公共サービスの中で給水サービス、公衆浴場、水浴場、洗濯場、動物の洗い場を設立、維持する権限を賦与されている。

#### 3.1.2 NWSDBの組織及び人員

##### 1) 組織

MHCPU とNWSDB の最新の組織をそれぞれ図3.2、3.3に示す。

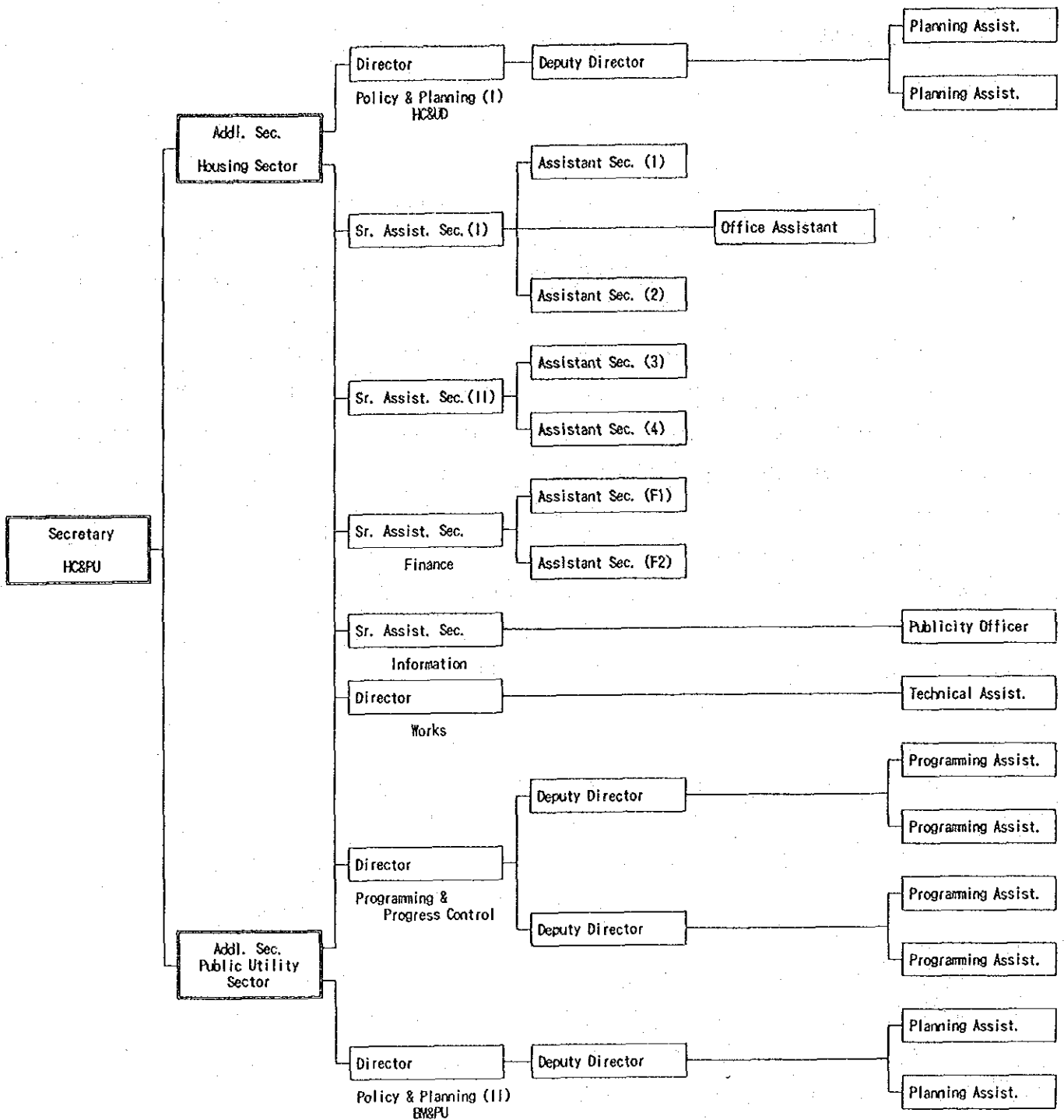
NWSDB は5つの地方支援センター (RSCs)、すなわち、中央部、大コロombo圏、東北部、南部、西部の各RSCを通じて運営され、現在全国で運営されている500の水道事業の約50%を維持している。しかし、北部県では治安状態から必要最小限のサービスを維持しているに過ぎない。

NWSDB の管轄する248の水道事業で1993年は3.1億 m<sup>3</sup>の水を生産している。これらの水道事業の総給水栓数は260,996個で、その中210万人が24時間給水を受け、320万人はそれ以下の給水を受けている。総人口の中、都市部の68.8%と農村部の31.4%が安全な水源から飲料水を得ている。表3.1に水道事業数を示す。

表3.1 スリ・ランカ国における水道事業数

year	Total Schemes	NWSDB maintained schemes	% of NWSDB's Schemes
1991	476	231	48.5
1992	491	245	49.8
1993	494	248	50.2

Source : Annual Reports of the NWSDB 1992 and 1993.



HC&PU : Housing, Construction and Public Utilities  
 HC&UD : Housing, Construction and Urban Development  
 BM&PU : Building Materials and Public Utilities

図3.1 住宅建設公共施設省の組織





2) 人員

1993年5月現在の配属地域別従業者数を表3.2 に示す。

表3.2 配属地域別NWSDB 従業者数

Location	Permanent	Casual	Total	(%)
Head Office	1,453	94	1,547	23.1
Greater Colombo RSC	1,042	51	1,093	16.4
Kalutara Region	185	1	186	2.8
Ratmalana Region	407	20	427	6.4
Kurunegala Region	595	15	610	9.1
Matara Region	551	2	553	8.3
Hambantota Region	321	6	327	4.9
Kandy Region	631	41	672	10.1
Anuradhapura Region	407	25	432	6.5
Bandarawela Region	321	35	356	5.3
Ampara Region	150	2	152	2.3
Jaffna Region	115	1	116	1.7
North East RSC	131	11	142	2.1
No Pay Leave/Scholarships abroad	70		70	1.0
Total	6,379	304	6,683	100.0

3.2 NWSDB の財務状況

ここ4年間、NWSDB の財務実績には図3.3 に示されるように組織運営の改善と料金の値上げによってかなりの進歩が見られる。料金値上げは一般にインフレーションに対応して増加する運転費用を賄うために毎年改定することが許されている。

しかし、NWSDB には1993年末現在年間収入にほぼ等しい13.30 億ルピーもの累積赤字がある。過去数年の実績を示す財務諸表を幾つかの観点より検討した。主に上記財務諸表内データに基づいて作成した主要指標を表3.3 に示す。

この中から主要な関心事について以下に記す。

1) 在庫資産回転率

総売上高を期末の棚卸在庫残高で割った在庫資産回転率が公営企業の主関心事と思われる。この比率はここ数年改善されていることを示す上昇傾向にあることが判る。1993年12月31日現在の比率1.80は年間運転費用の1~2倍に相当し、在庫のレベルとしてはなお過剰であるように思われる。これらの金額は本当の在庫を示していないのかも知れないが、そうであったとしても、既存の数量と価格の評価は行って適正な調整を薄価に行うべきである。それはともかくとして、この低い比率は売上高に対し棚卸在庫に余りに多くの金額が縛られている状況に注目すべきである。

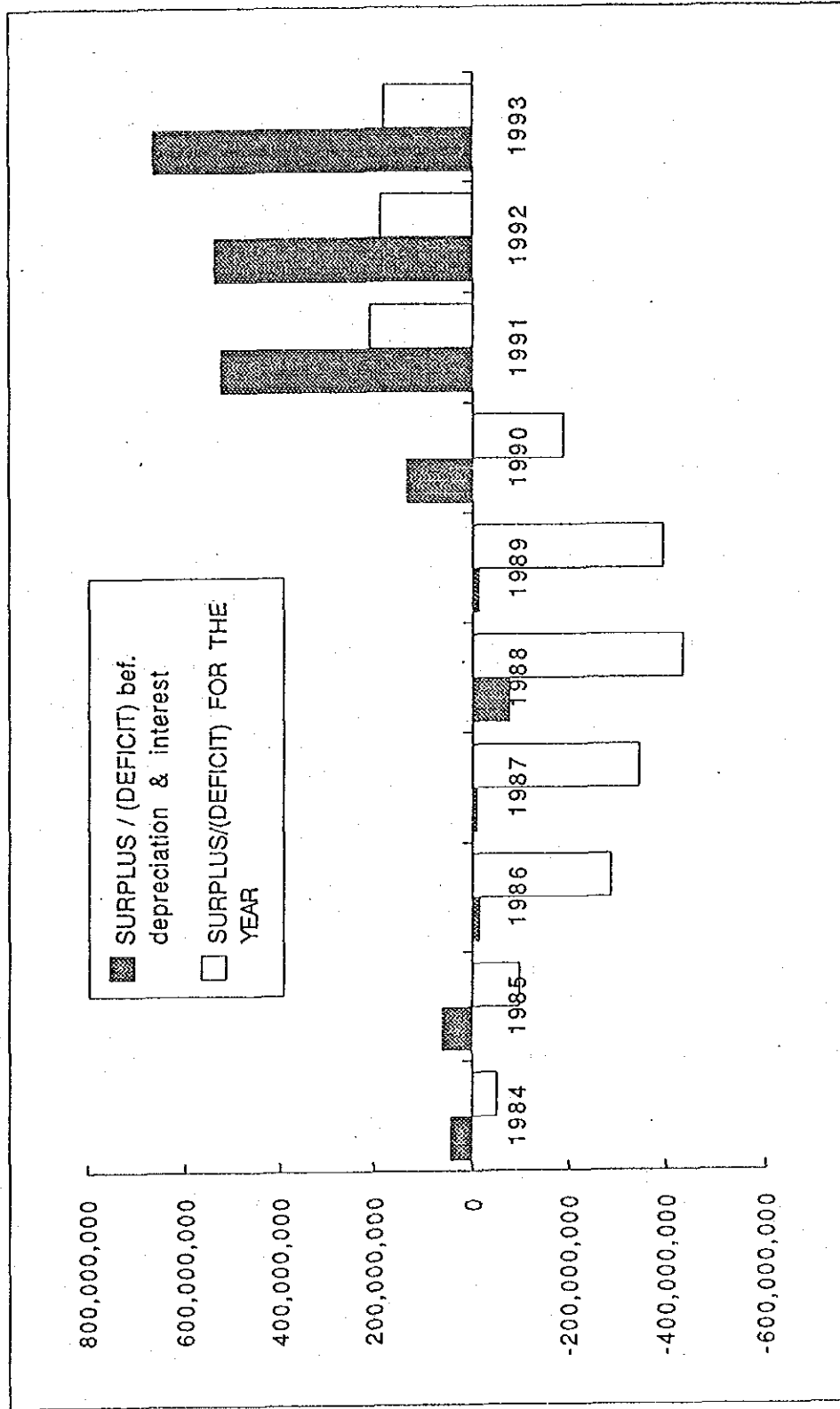


図3.3 NWSDB の財務実績

表3.3 主要財務指標

unit: Rs.'000

	Year		
	1993	1992	1991
1. Revenue from Operation & others	1,488,926	1,211,723	1,100,491
Gross Revenue per cubic meter of water billed and sold (Rs./m <sup>3</sup> )	11.90	10.25	9.68
2. Gross Operating Expenses (including administrative overheads)	814,491	670,305	574,288
Gross operation cost per cubic meter of water billed and sold (Rs./m <sup>3</sup> )	6.51	5.67	5.05
3. Net Income	179,932	187,360	209,300
Rate of Return on Net Fixed Assets	4.1%	4.9%	5.5%
	4,431,560	3,776,659	3,795,789
4. Accumulated Deficit	-1,330,474	-1,482,056	-1,664,220
5. Cash Position (Cash at bank and investment)	1,291,000	875,000	521,000
6. Long-term Liabilities	3,761,393	3,534,216	2,510,993
7. Total Assets	18,200,197	15,658,941	12,758,561
8. Liquidity Ratio			
Current Ratio	1.75	1.93	1.93
Quick Ratio	1.12	1.23	1.28
9. Capital & Debt Structure			
Debt to Total Assets	0.21	0.23	0.20
Debt to Equity	0.29	0.32	0.28
10. Activity Ratio			
Inventory Turnover	1.80	1.57	1.51
Average Collection Period (days)	159	177	188
11. Debt Service Coverage Ratio	2.84	4.04	4.90
Water Billed and Sold (in '000 m <sup>3</sup> )	125,168	118,274	113,650
Water Produced (in '000 m <sup>3</sup> )	228,000	216,000	192,000
Percentage of Water Billed to Water Produced	54.9%	54.8%	59.2%

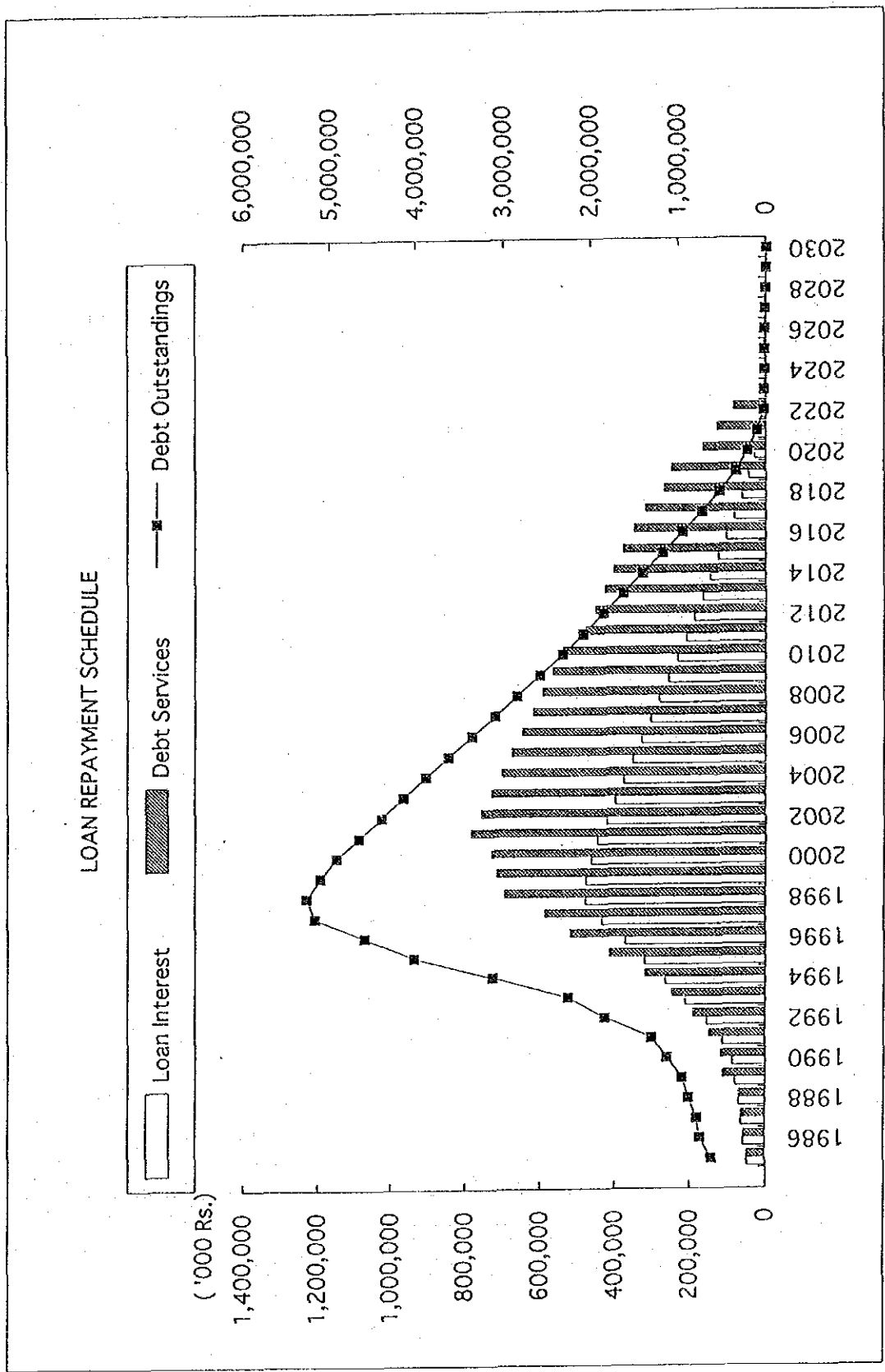


図3.4 債務返済計画

## 2) 料金回収期間

次に関心のある比率は料金回収期間で、これは売掛金を1日当りの売上高で割ったものである。1993年の159 という比率は売掛金を回収するのに159日要することを示している。この比率はここ数年改善を示す低下傾向を示しているのが判る。しかし、NWSDBにとって通常の回収期間が30日であることに関連して見るとかなり高い。顧客は請求金額を支払うのが遅いので、延滞未収金は年間収入の約40%に相当する5.95億ルピーもの巨額になっていることが判る。

しかし延滞未収金はここ数年一定のレベルを保っており、請求に対する回収は最近良好な成績を上げていることを示している。

財務実績を改善する過程で、債務負担が今後増加傾向にあり、図3.4に示される如く2001年頃にピークに達することを考慮すると、NWSDBの財務管理を健全なまま持続するには一層の改善が必要であることは明らかである。

図3.4の返済計画は外国援助プロジェクトに対する支払済及び支払い予定金額に基づいて作成したものである。

## 3.3 既存水道システムと施設

### 3.3.1 水源

#### 1) ラブガマ、カラツワワ貯水池

マスタープラン・アップデートでは貯水池調査のため表3.4に示す基本データを用いて、1949年10月～1988年9月の期間について貯水池運転のシュミレーションを行っている。

貯水池シュミレーション調査中、ラブガマの計算流入量を1978年～1983年の実測流入量に等しくするために、ラブガマ集水区域の流出係数を上げて適当な補正が行われており、ラブガマの最終的な流出係数は0.70となっている。月間平均流入量はカラツワワで197万m<sup>3</sup>、ラブガマで90万m<sup>3</sup>である。

表3.4 浄水場、貯水池の諸元

Item	Kalatuwawa	Labugama
Nominal Design Capacity of Treatment Plant	20 mgd (91,000 m <sup>3</sup> /d)	13 mgd (59,000 m <sup>3</sup> /d)
Actual Capacity of Supply	18 mgd (81,900 m <sup>3</sup> /d)	11.6 mgd (53,000 m <sup>3</sup> /d)
Maximum Storage	15.4 million m <sup>3</sup>	8.9 million m <sup>3</sup>
Minimum Storage	1.6 million m <sup>3</sup>	0.95 million m <sup>3</sup>

Source: Greater Colombo Water Supply Master Plan Update (July 1991)

## 2) ケラニ河

ケラニ河の流域面積は2,278 km<sup>2</sup>で、年間降雨量3,800 mmの中60%は海に流出していると推定されている。

1972年の前回のマスタープラン調査までに、1～3月の観測最小流量状況は河の上流にある水力発電所における流量規制によって改善されている。マハベリにある水力発電所が運転を開始した1976年以降、低水流量時におけるアンバタレの流量は更に改善されているのが確認されている。1987年以降今日まで砂採取は下流域における自然河床高の継続的低下と河川断面の拡大をもたらし、アンバタレの低水流量に大きな影響を与えている。アンバタレにおける河川流量は、低水流量時には500,000 m<sup>3</sup>/日取水できる程十分にあるが、干潮時には河川水位が取水水位を下回る原因となり、塩水浸入をもたらすことがある。

## 3) カル河

カル河の流域面積は2,700 km<sup>2</sup>で年間76億m<sup>3</sup>の流出量がある。これに比べると、ケラニ河のそれは年間56億m<sup>3</sup>である。しかし、流域内には調整用の貯水池がないため、一年を通じて月間平均流量に大きな変動が見られる。

カル河の水文水理解析結果については第6章で述べる。

### 3.3.2 浄水場

182,000 m<sup>3</sup>/日の新アンバタレ浄水場の完成によって、1,500 m<sup>3</sup>/日の小規模のホラナ浄水場を除く既存の4つの浄水場の公称浄水能力は618,800 m<sup>3</sup>/日となっている。

旧アンバタレ浄水場	286,800 m <sup>3</sup> /日	(63 mgd)
新アンバタレ浄水場	182,000 m <sup>3</sup> /日	(40 mgd)
カラツワワ浄水場	91,000 m <sup>3</sup> /日	(20 mgd)
ラブガマ浄水場	59,000 m <sup>3</sup> /日	(13 mgd)
ホラナ浄水場	1,500 m <sup>3</sup> /日	(0.33 mgd)

一方、上記4浄水場の現在給水区域における1992年の1日平均使用水量は173,458 m<sup>3</sup>/日で、ピーク率1.15を考慮した1日最大使用水量は199,500 m<sup>3</sup>/日となっている。

#### 1) ラブガマ浄水場

ラブガマ浄水場は浄水場の背後にある貯水池より原水供給を受けている。このダム貯水池は1886年に運転を開始し、コロンボ市にパイプで給水を行った最初の主要水源である。当初は原水を送っていた。浄水場は1917年に運転を開始し、その後1985年に改修が行われ、翌年の1986年に運転を再開している。

改修後の計画能力は59,000 m<sup>3</sup>/日であるが、貯水池と浄水池の水位を考慮し、アンバタレ浄水場からの指示に従って配水量を調整している。生産記録によると、この浄水場からの配水量は平均で43,000 m<sup>3</sup>/日、最大で83,000 m<sup>3</sup>/日、最小で23,000 m<sup>3</sup>/日である。

## 2) カラツワワ浄水場

カラツワワ浄水場は1958年に運転を開始し、1985年～1986年に改修を行っている。改修後の計画能力は91,000 m<sup>3</sup>/日で、貯水池からの原水はエアレーターを通過後、凝集、フロック形成、沈殿、濾過による標準処理を受ける。浄水池容量は5,000 m<sup>3</sup>である。施設には濾過池逆洗水循環システムが含まれているが使用されていない。

## 3) アンバタレ浄水場

浄水場の1期施設は1966年に運転を開始し、2期施設は1972年～1979年に建設され、3期施設は1987年に完成した。

1期では182,000 m<sup>3</sup>/日の取水能力を持つ取水施設が建設され、当初のポンプ能力は91,000 m<sup>3</sup>/日 (20 mgd) であった。コツテ、デヒワラに配水を行うアンバタレ高架水槽に水を送るため高揚程ポンプが設置された。

2期では取水能力を182,000 m<sup>3</sup>/日に上げるためにポンプ設備が増設され、マリガカンデ、エリーハウス、コロomboのタウンズ・ノースに水を送るため高揚程ポンプが設置された。

3期では300,000 m<sup>3</sup>/日の取水能力を持つ取水施設が新たに建設され、当初のポンプ能力は130,000 m<sup>3</sup>/日であった。コロナワに送水するため高揚程ポンプが設置された。

フランス国政府融資の新アンバタレ浄水場は1993年12月に竣工し運転を開始した。このプロジェクトにより処理能力は182,000 m<sup>3</sup>/日 (40 mgd) 増加した。

### 3.3.3 送配水

#### 1) 送水本管

大コロombo圏現在給水区域には約330 kmに及ぶ送水本管網が整備されている。既存の送水本管、ポンプ場、配水場、高架水槽の一覧表をメイン・レポートの第3章に示す。送配水システムの一般平面図を図面集に示す。

#### 2) 配水システム

広範な配水管網は38～800 mmの管で構成されている。一般に150 mm以下はPVCで、これより大きいものは鋳鉄管である。しかし、コロombo市周辺の配水管網の現状は、その一部は50～100年前に布設されているため詳細には判っていない。さらに各家庭の蛇口の水は管が古く錆びているため一般に着色している。

### 3.4 給水人口

大コロombo圏の水道経営には、給水人口を直接示す記録はない。請求書記録はメーターの数を示しており、これが接続された世帯数に等しいと考えられる。直接接続人口はこれらの記録より予測される。共同水栓についてはマスタープラン・アップデートで共同水栓利用人口に関する現



地調査を行っており、平均的には約200人が1個の共同水栓を使用しているという結果になっている。したがって、総給水人口は表3.5に示すように推定される。

### 3.5 使用水量

#### 3.5.1 使用水量

大コロombo圏水道システムにおける使用水量に毎月発行される請求書より求められる。請求書は大コロombo圏の給水区域及び用途分類別にまとめられている。

既存水道システムの使用水量は用途別に幾つかのカテゴリーに分類される。マスタープラン・アップデートでは計画目的で使用水量を家庭用と非家庭用に分類し、後者に工業、商業、公共用を含めている。

表3.5 予想給水人口

Service Area	No. of Domestic Connections (1)	Estimated persons per house			Metered Population ('000) (5) = (1) × (4)	No. of Indirect Connections (6)	Stand Pipe Population ('000) (7)	Total Served Population ('000) (8) = (5) + (7)
		1990 Population (2)	No. of Houses (3)	Persons per house (4) = (2) ÷ (3)				
Colombo M.C.	45,662	740,600	79,600	9.3	399.4	6,626	307.4	706.8
Dehiwala M.C.	18,104	218,600	29,308	7.6	140.3	341	68.2	208.5
Kotte U.C.	13,866	127,400	18,949	6.7	100.5	200	26.9	127.4
Kolonnawa U.C.	2,647	51,700	8,872	5.8	15.7	265	35.8	51.5
Moratuwa U.C.	11,613	169,900	28,959	5.9	70.6	262	52.4	123.0
Kotikawatta/ Mulleriyawa U.C.	2,003	88,700	14,883	6.0	14.9	10	2.0	16.9
Kelaniya U.C.	5,673	143,300	27,360	5.2	38.1	80	16.0	54.1
Panadura U.C.	3,541	38,000	6,552	5.8	21.8	201	16.1	37.8
Total	103,108	1,578,200	214,483	-	801.3	7,985	537.9	1,339.2

Source: Tables 4.12, 5.2 and 5.10, Data Base Report, Master Plan Update (1991)

給水区域別使用水量を表3.6に示す。

#### 3.5.2 無収水量 (UFW)

浄水量は利用可能な記録から求められ、1992年の1日平均浄水量は約380,000 m<sup>3</sup>/日と推定される。浄水量の380,000 m<sup>3</sup>/日と使用水量の173,000 m<sup>3</sup>/日を用いて単純に計算すると、無収率

は54%となる。しかし、使用水量は請求書記録より求められたもので、共同水栓の使用水量は含んでいない。マスタープラン・アップデートは1990年の共同水栓使用水量を28,000 m<sup>3</sup>/日と推定し、また、計量誤差を約5%と考えている。使用水量にこれらの水量を加えると総使用水量は209,700 m<sup>3</sup>/日と推定され、これより、無収率は次のように計算される。

$$\text{無収率} = 100 - \left\{ (173,000 \times 1.05 + 28,000) / 38,000 \right\} \times 100 = 45 \%$$

表3.6 給水区域、カテゴリー別使用水量

Service Area	Daily Average Water Use in 1992 (m <sup>3</sup> /d)				
	Domestic	Industrial	Commercial	Institutional	Total
Colombo M.C.	39,199	2,551	22,612	17,813	82,175
Dehiwala M.C.	18,185	253	3,588	7,304	29,330
Kotte U.C.	14,705	10	1,324	2,230	18,269
Kolonnawa U.C.	359	7	536	201	1,103
Moratuwa U.C.	9,424	1,043	960	795	12,222
Kotikawatta/Mulleriyawa U.C.	2,283	545	853	3,777	7,458
Kelaniya U.C. <sup>1)</sup>	9,144	5,358	2,002	2,965	19,469
Panadura U.C.	2,792	24	207	408	3,431
Total	96,090	9,791	32,083	35,494	173,458

Note: 1) Kelaniya U.C. includes the consumption in Peliyagoda U.C., Wattala-Mabole U.C. and Biyagama EPZ.

### 3.6 進行中及び計画中の水道プロジェクト

様々な援助機関による進行中及び計画中の水道プロジェクトは以下の通り。

#### 1) JICAプロジェクト

アンバタレ浄水場整備計画

#### 2) OECFプロジェクト

コロンボ・タウンズ・イースト計画

コロンボ・タウンズ・サウス計画

#### 3) 世銀プロジェクト

アンバタレ〜ジョビリー間送水及びマラハガマ水道計画

大コロンボ圏送配水管垢落とし及びセメントモルタルライニング計画

水道衛生計画（その4）

第3次スリランカ国水道衛生整備計画

#### 4) ADB プロジェクト

大コロンボ圏無収水量削減計画

## 第4章 マスタープラン・アップデートの 見直し及び人口と水需要の予測



## 第4章 マスタープラン・アップデートの見直し 及び人口と水需要の予測

### 4.1 概説

最新の社会経済条件、開発政策及び様々な進行中計画中のプロジェクトの状況に照らして、1991年マスタープラン・アップデート（1993年の補遺を含む）の見直しを行った。この見直しにおける主要課題は下記の通り。

- (1) 拡張給水区域の決定
- (2) 給水人口に対する進捗率の導入
- (3) 水需要予測における無収水量に代わる損失水量の概念の導入

### 4.2 プロジェクトの範囲

大コロombo圏カル河水道プロジェクト実施のためのプロジェクトの範囲を次のように設定する。  
長期開発計画（目標年次2020年）

目標年次における予想水需要を満たす長期開発計画として、計画施設の大きさを確定する。提案されているカル河からの取水可能量もまたこの水需要に照して検討する。所要用地はこの長期開発計画に合せて取得、用意される。

第1期計画（目標年次2010年）

第1期計画のための予備設計を行い、水需要を満たす計画施設の詳細を確定する。フィージビリティ調査はこの第1期計画を対象とする。

### 4.3 計画給水区域

大コロombo圏水道システムの全体給水区域は当初のマスタープランで定められており、マスタープラン・アップデートはコロombo郡、ガンパハ郡、カルタラ郡の主要部分を包含し、2つのMunicipal Council、9つのUrban Council、15のPradesiya Sabhaから成る区域をそのまま受け入れている。図4.1に計画給水区域を示す。給水区域の総面積は73,900haで、この中現在給水区域はその核であるコロombo市の中心市街地約16,400haを包含している。

### 4.4 人口予測

下水道衛生マスタープラン並びに大コロombo圏給水計画マスタープラン・アップデートで行われた人口予測を基礎に、政策計画省、UDA、DCAの人口予測修正結果を考慮して、本調査でさら

に修正を行った。その結果を表4.1 に示す。

#### 4.5 拡張の範囲

図4.2 に水道整備に含まれる区域を示す。

#### 4.6 水需要予測

##### 4.6.1 給水人口

予想給水人口を表4.2 に示す。

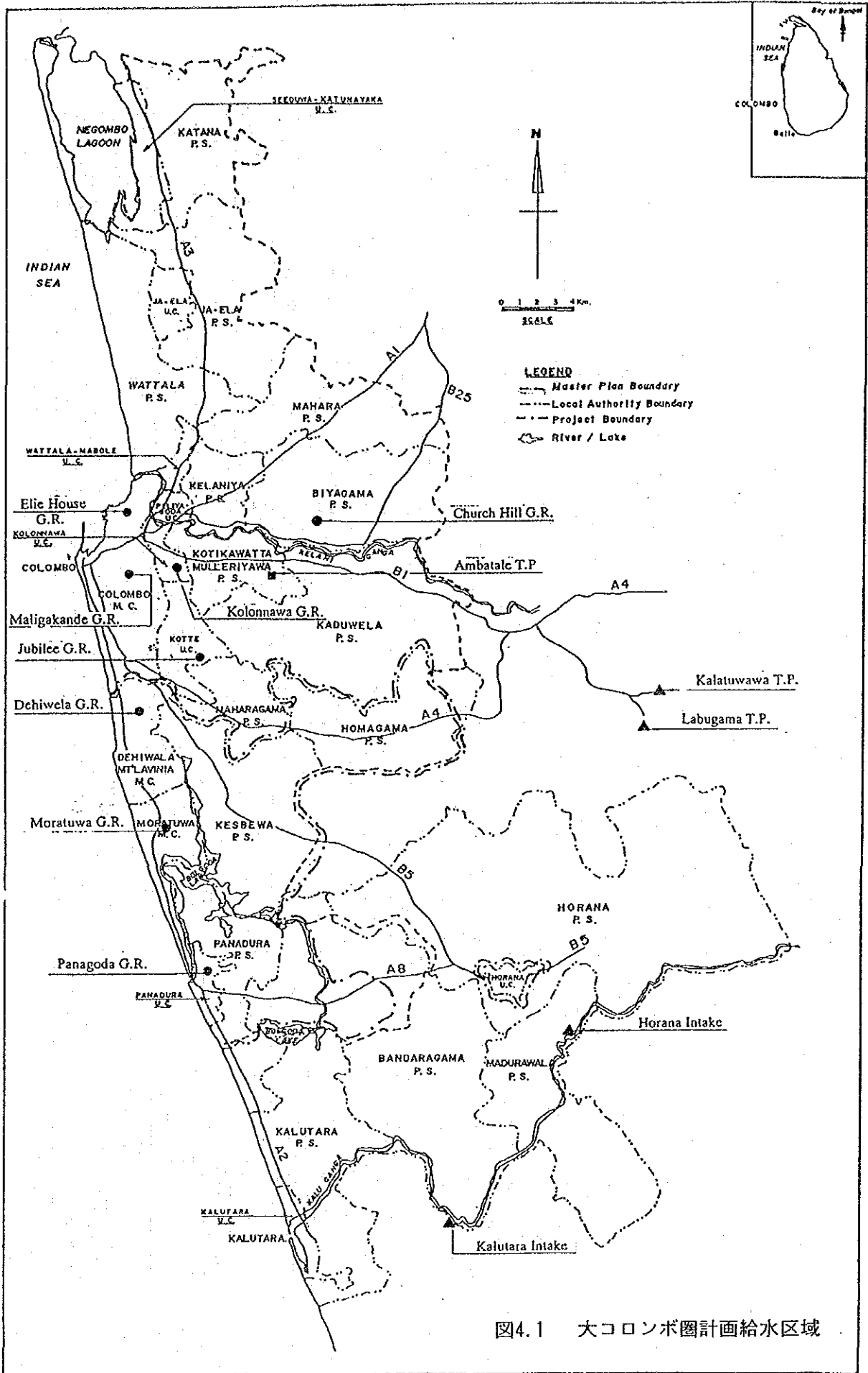


図4.1 大コロombo圏計画給水区域

表4.1 人口予測

Divisional Secretariats	Administrative Area	Population				Growth Rate				Population Density				Land Area (ha)		
		1990	1995	2000	2020	1990	1995	2000	2010	1990	1995	2000	2010		2020	
		(x1000)	(x1000)	(x1000)	(x1000)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Pers./ha)	(Pers./ha)	(Pers./ha)	(Pers./ha)		(Pers./ha)	
<b>COLOMBO DISTRICT</b>																
Colombo	Colombo M.C.	740.6	752.4	760.0	776.4	0.32	0.20	0.14	0.07	198.4	201.6	203.6	206.5	208.0	3,733	
Ratmalana	Mt. Lavinia M.C.	218.6	232.1	242.4	243.9	1.21	0.87	0.05	0.01	103.8	110.2	115.1	115.7	115.8	2,106	
Nugegoda	Kotte U.C.	114.0	135.9	141.4	152.0	3.58	0.80	0.73	0.57	67.5	80.4	83.7	89.9	95.2	1,690	
Moratuwa	Moratuwa U.C.	172.7	176.2	179.4	183.5	0.40	0.36	0.23	0.37	73.1	74.6	76.0	77.7	80.6	2,361	
Kolonnawa	Kolonnawa U.C.	51.7	56.0	59.6	60.1	1.61	1.25	0.07	0.02	105.3	114.1	121.4	122.2	122.4	491	
	Kotikawatta-															
	Mulleriyawa P.S.	88.7	92.4	98.5	110.3	0.82	1.29	0.39	0.54	38.4	40.1	42.7	45.3	47.8	2,307	
	Kaduwela	163.4	206.6	245.5	425.6	4.80	3.51	3.17	2.41	18.6	23.6	28.0	38.3	48.5	8,770	
	Maharagama	120.3	132.3	144.0	153.9	1.92	1.71	0.67	0.59	55.1	60.6	66.0	70.5	74.8	2,183	
	Piliyandara	166.2	191.3	217.9	279.0	2.85	2.64	2.50	2.00	28.4	32.6	37.2	47.6	58.0	5,860	
	Homagama	59.4	65.3	71.1	76.0	1.90	1.73	0.67	0.58	19.3	21.2	23.1	24.7	26.1	3,083	
	Sub Total	1895.6	2040.5	2159.8	2358.7	1.48	1.14	0.89	0.79	58.2	62.6	66.3	72.4	78.3	32,584	
<b>GAMPAHA DISTRICT</b>																
	Kelaniya	34.4	36.5	36.8	37.3	1.19	0.16	0.05	0.08	89.8	95.3	96.1	96.6	97.4	383	
	Kelaniya P.S.	108.9	120.9	132.3	149.1	1.53	1.82	1.20	0.32	47.4	52.6	57.5	64.9	66.9	2,299	
	Mahara P.S.	103.2	113.9	125.6	148.8	1.99	1.97	1.71	1.93	22.1	24.4	26.9	31.8	38.5	4,676	
	Waltala Maboole															
	U.C.	27.0	27.8	28.9	30.0	31.6	0.59	0.78	0.37	71.2	73.4	76.3	79.2	83.4	379	
	Wattala P.S.	116.1	139.1	159.9	204.4	223.1	3.68	2.83	2.49	0.88	15.1	18.1	20.8	26.6	29.0	7,685
	Ja-Ela	33.0	35.9	38.6	46.0	54.6	1.70	1.46	1.77	36.4	39.6	42.6	50.8	60.3	906	
	Ja-Ela P.S.	130.1	156.0	180.7	231.3	300.0	3.70	2.98	2.50	2.63	27.7	32.1	41.1	53.3	5,624	
	Biyagama	120.1	132.1	142.9	165.2	195.4	1.92	1.58	1.46	1.69	20.3	22.4	24.2	28.0	33.1	5,910
	Katana															
	Katuwayake U.C.	42.5	44.0	45.8	50.3	51.2	0.70	0.81	0.94	41.0	42.5	44.2	48.6	49.4	1,036	
	Katana P.S.	47.5	63.1	81.3	112.9	156.2	5.84	5.20	3.34	16.1	21.4	27.6	38.4	53.1	2,942	
	Sub Total	762.8	869.3	972.8	1175.0	1383.4	2.65	2.28	1.91	1.65	24.0	27.3	30.6	36.9	43.4	31,840
<b>KALUTARA DISTRICT</b>																
	Panadura	38.0	38.0	38.6	38.6	39.3	0.00	0.31	0.00	65.3	65.3	66.3	66.3	67.5	582	
	Panadura P.S.															
	(except Wadduwa)	107.3	109.8	112.4	117.6	124.0	0.46	0.47	0.45	46.0	47.1	48.2	50.4	53.2	2,332	
	Horana	10.8	12.1	13.2	15.4	18.1	2.30	1.76	1.55	1.63	32.0	35.8	39.1	45.6	53.6	338
	Horana P.S.	20.5	27.8	33.9	46.0	56.6	6.28	4.05	3.10	2.10	8.7	11.7	14.3	19.4	2,368	
	Bandaragama	51.6	62.4	72.4	92.3	112.5	3.87	3.02	2.46	2.00	12.8	15.4	17.9	22.8	27.8	4,041
	Sub Total	228.2	250.1	270.5	309.9	350.5	1.85	1.58	1.37	1.24	23.6	25.9	28.0	32.1	36.3	9,661
	TOTAL	2886.6	3159.9	3403.1	3943.6	4285.4				39.0	42.7	45.9	51.9	57.8	74,985	





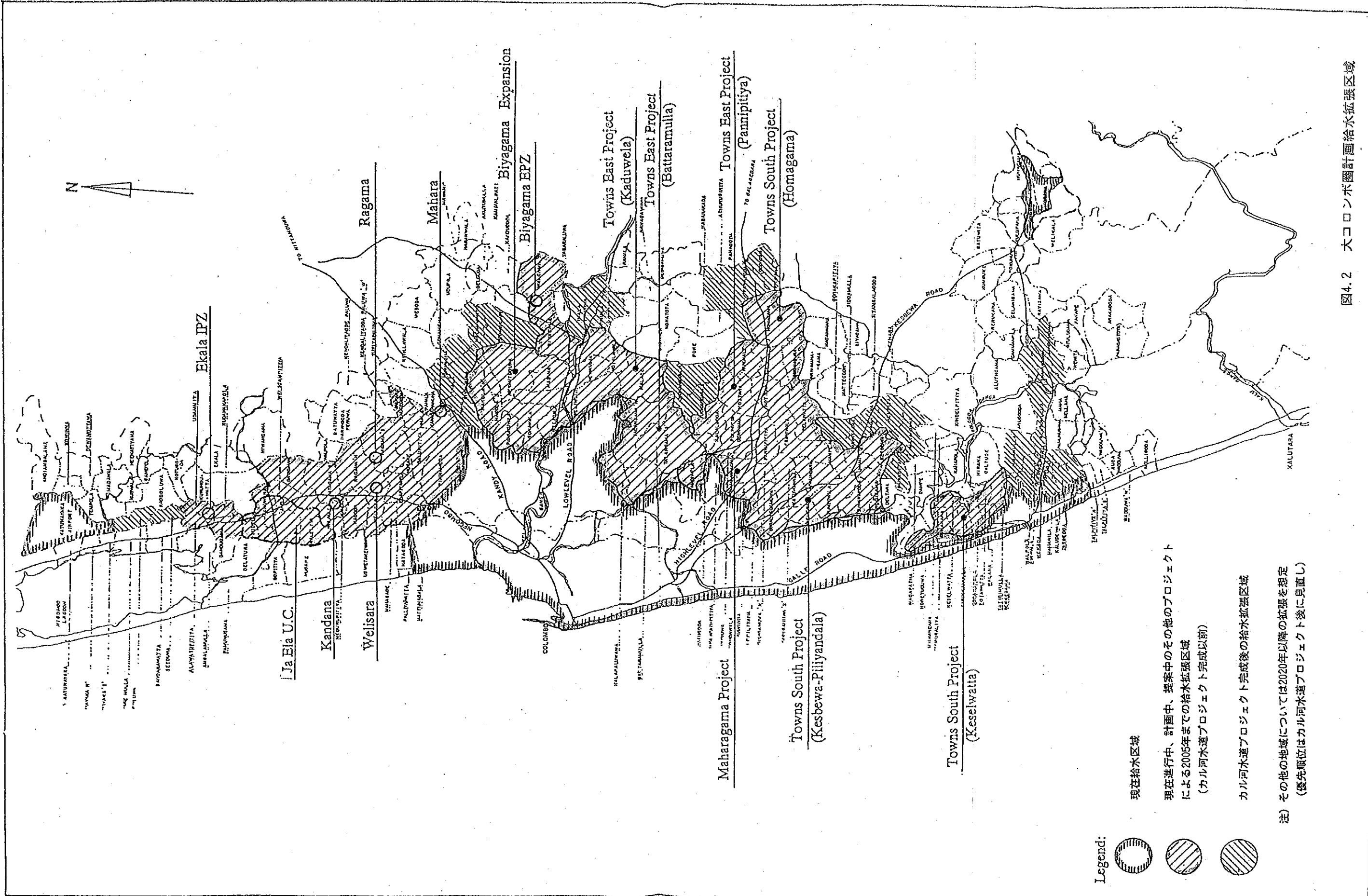


図4.2 大コロンボ圏計画給水拡張区域





表4.2 給水人口予測

Service Area	Served Population ('000)			
	1995	2000	2010	2020
<b>COLOMBO DISTRICT</b>				
Colombo M.C.	746.8	760.0	770.7	776.4
Dehiwala M.C.	224.4	242.4	243.6	243.9
Kotte U.C.	131.5	141.4	152.0	160.9
Moratuwa U.C.	161.0	162.4	176.0	182.6
Kolonnawa U.C.	55.7	59.6	60.0	60.1
Koti/Mulleriyawa P.S.	61.9	76.6	99.3	104.8
Homagama P.S. (part)	0	9.0	24.8	40.7
Kaduwela P.S.	0	30.2	106.7	195.6
Kesbewa P.S.	0	14.9	85.8	166.6
Maharagama P.S.	35.1	57.4	94.4	121.6
<b>GAMPAHA DISTRICT</b>				
Ja Ela U.C.	0	1.5	26.3	37.1
Peliyagoda U.C.	26.2	27.9	31.5	33.6
Seeduwa Katunayake U.C.	0	0	0	0
Wattala Mabile U.C.	19.6	21.6	25.5	28.4
Biyagama P.S.	6.3	26.0	63.8	103.0
Ja Ela P.S.	0	5.1	58.0	99.3
Katana P.S. (part)	0	0.3	7.7	17.4
Kelaniya P.S.	87.7	100.1	126.7	137.5
Mahara P.S. (part)	0	1.7	22.8	44.6
Sithawaka P.S. (Padukka)	0	0		2.7
Watala P.S.	0	4.2	69.0	97.8
<b>KALUTARA DISTRICT</b>				
Horana U.C.	10.0	10.8	13.6	16.3
Panadura U.C.	37.0	38.6	38.6	39.3
Bandaragama P.S.(part)	0	0	5.5	19.4
Horana P.S. (part)	0	0	0	0
Panadura P.S.	2.3	9.1	34.1	59.5
<b>Total</b>	<b>1,605.4</b>	<b>1,800.2</b>	<b>2,350.8</b>	<b>2,811.2</b>

#### 4.6.2 特別な水需要

基本的な水利用のために定義された基準に基づいて求められる水需要とは別に、工業団地開発計画があるため特別な水需要を考慮しなければならない。予想水需要に加えるべき特別な工業用水需要を表4.3 に示す。

表4.3 工業用水需要

	unit : m <sup>3</sup> /day				
	1995	2000	2005	2010	2020
Biyagama EPZ (Biyagama P.S.)	6000	11,100	13,650	13,650	13,650
Katunayake IPZ (Phase 4) (Katana P.S.)	0	0	9,100	9,100	9,100

#### 4.6.3 損失水量

使用水量とその他の損失水量を明確に定義するため、「無収水量 (UPW)」に代って「損失水量」なる用語を使用する。将来の水需要予測においては使用水量の全ての構成要素は予測の中に含まれるので、家庭用・商業用・工業用・公共施設用として定義される使用水量は、それが計量されているか否かにかかわらず（無料の水及び違法接続による盗水を含めて）、多分使用水量の合計として予測される。したがって、損失水量は表4.4 に定義されるように使用水量に含まれない部分から成る。

表4.5 に予想損失水量比を示す。

#### 4.6.4 将来の水需要

給水量として定義される将来の水需要は飽和普及率時の水需要に、運転開始予想時からの進捗率を掛けて、これに特別の水需要を加えることにより求められる。

表4.6 に損失水量を含む水需要予測結果を示す。

#### 4.6.5 ピーク率の設定

水道施設は計画年次まで少なくとも毎日の水需要を満たすように設計されなければならない。この要求を満たすために、水道施設の容量決定には1日最大給水量が用いられる。一般に1日最大給水量は1日平均給水量に対する1日最大給水量の比率として定義されるピーク率を用いて求められる。

本調査ではマスタープラン・アップデートで収集された送水本管における流量の読みとラプガ

マ、カラツワワ、アンバタレ浄水場における浄水量記録の解析結果に基づいて、1.15を1日最大給水量を求めるためのピーク率として採用する。

表4.4 無収水量の定義

現在の水利用 記録上の定義	項 目	水需要予測上 の 定 義
有 収 水 量	計量され賦課される使用水量	予想使用水量
	共用栓を含む計量されない使用水量 (予想水量に基づいて賦課される)	
無 収 水 量	計量されない使用水量(賦課されない)	
	過少側計量誤差に起因する使用水量	
	違法接続による盗水量	
	賦課されない公共用使用水量 (消火、水道管/下水管の洗浄等)	
	送配水管における漏水量	

表4.5 予想損失水量比

Service Area	1995	2000	2005	2010	2020
Existing Service Area					
Colombo M.C.	** 40 %	35 %	35 %	35 %	30 %
Other Areas	** 30 %	25 %	25 %	25 %	20 %
New Service Area	As initial ratio = 10 % increase in straight interpolation				20 %

\*\* Estimated higher side water loss at present level.

#### 4.7 カル河水道プロジェクトの所要規模

提案されているカル河水道プロジェクトの規模は、総ピーク水需要と既存浄水施設能力の差として求められる。

表4.7、図4.3 よりカル河水道プロジェクトの計画規模は下記のようになる。

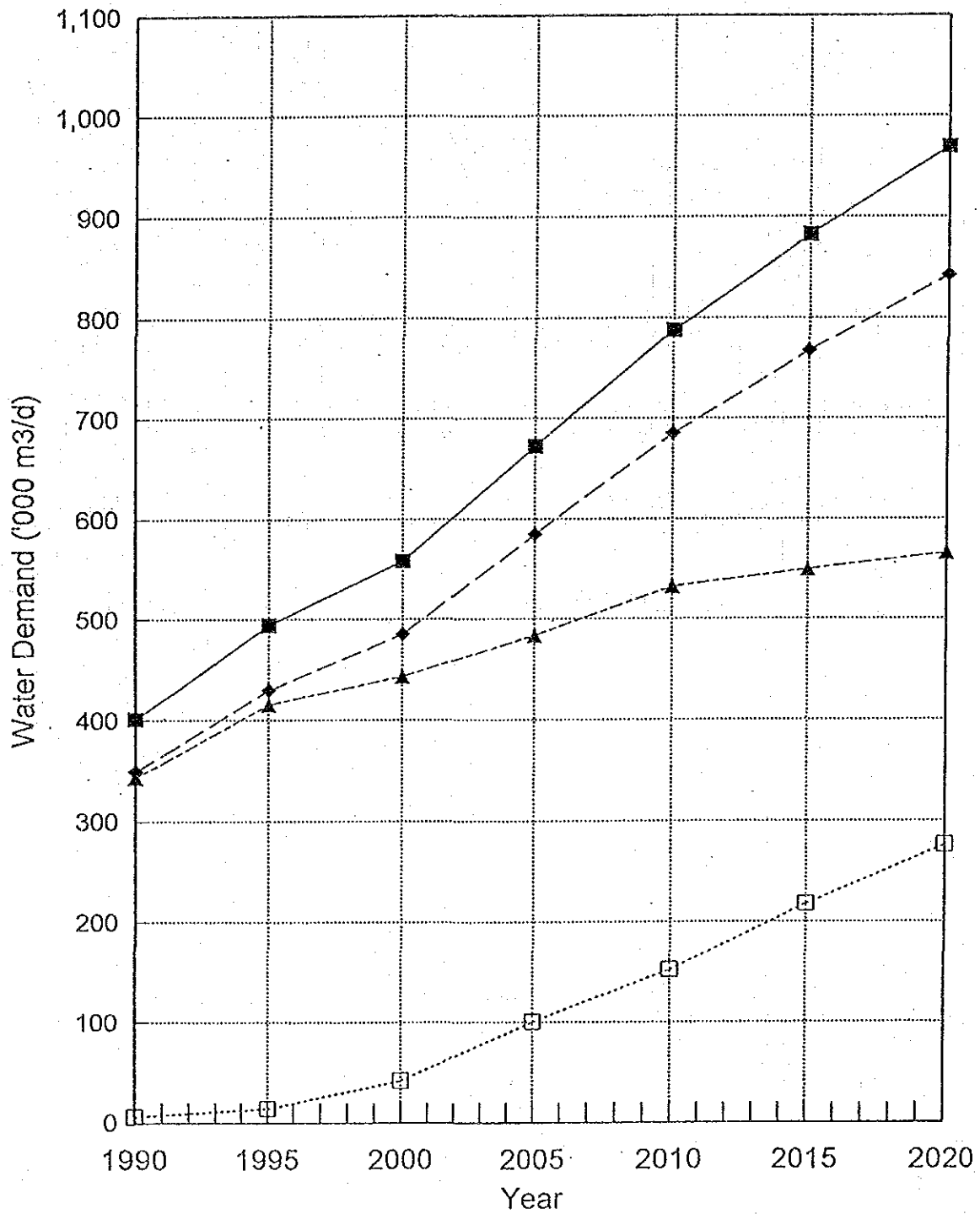
2010年における浄水能力	182,000 m <sup>3</sup> /日 (40.0mgd)
2020年における浄水能力	364,000 m <sup>3</sup> /日 (80.0mgd)

表4.6 予想水需要 (1日平均)

Service Area	Total Water Demand (m <sup>3</sup> /d) (Consumption + Loss)			
	1995	2000	2010	2020
<b>COLOMBO DISTRICT</b>				
Colombo M.C.	220,605	230,585	269,628	277,581
Dehiwala M.C.	54,972	60,133	66,609	69,084
Kotte U.C.	35,414	37,668	46,014	51,215
Moratuwa U.C.	30,240	30,839	39,108	43,959
Kolonnawa U.C.	9,846	11,115	14,250	16,720
Koti/Mulleriyawa P.S.	18,198	21,049	27,719	31,116
Homagama P.S. (part)	0	3,241	10,127	17,565
Kaduwela P.S.	0	6,582	24,580	48,627
Kesbewa P.S.	0	2,940	19,085	41,449
Maharagama P.S.	6,340	10,838	19,398	27,523
<b>GAMPAHA DISTRICT</b>				
Ja Ela U.C.	0	277	5,337	8,339
Peliyagoda U.C.	8,410	8,503	9,561	10,449
Seeduwa Katunayake U.C.	0	0	0	0
Wattala Mabile U.C.	5,866	6,588	8,690	10,656
Biyagama P.S. (incl. Biyagama EPZ)	7,210	13,871	26,641	37,771
Ja Ela P.S.	0	955	17,345	28,978
Katana P.S. (incl. Katunayake EPZ)	0	180	3,149	13,690
Kelaniya P.S.	23,576	27,416	38,429	41,946
Mahara P.S. (part)	0	485	6,629	13,427
Sithawaka P.S. (Padukka)	0	0	0	813
Watala P.S.	0	697	12,406	19,739
<b>KALUTARA DISTRICT</b>				
Horana U.C.	2,261	2,374	3,360	4,314
Panadura U.C.	6,540	7,407	8,562	9,395
Bandaragama P.S.(part)	0	0	1,394	5,207
Horana P.S. (part)	0	0	0	0
Panadura P.S.	403	1,653	6,701	12,808
<b>Total</b>	<b>429,879</b>	<b>485,395</b>	<b>684,718</b>	<b>842,372</b>







■ Daily Max. Demand    ◆ Daily Ave. Demand  
 ▲ Existing Area Demand    □ New Area Demand

图4.3 予想水需要

## 第5章 その他のプロジェクトによる

### カル河への水需要



## 第5章 その他のプロジェクトによるカル河への水需要

大コロombo圏以南地域におけるカル河への水需要は以下の通り。

表5.1 大コロombo圏以南地域における予想水需要

Year	Kalutara Water Supply Scheme	Industrial Estate		Total
		(Scheduled)	(Recommended)	
	(m <sup>3</sup> /d)	(m <sup>3</sup> /d)	(m <sup>3</sup> /d)	(m <sup>3</sup> /d)
2010	55,000	7,900	25,000	80,000
2020	68,000	7,900	25,000	93,000

カル河からの取水可能量に関する調査目的では、ドダンゴダ、バラトシンハラ、マドゥラワラ、及びカルタラ水道システムの給水区域のために予定すべき水量としては、約100,000 m<sup>3</sup>/日(1.2 m<sup>3</sup>/秒)が实际的である。



## 第6章 水源としてのカル河





## 第6章 水源としてのカル河

### 6.1 水源としてのカル河開発の必要性

1994年1月、182,000 m<sup>3</sup>/日 (40 mgd) の新アンバタレ浄水場が運転を開始し、アンバタレ浄水場の最大処理能力は469,000 m<sup>3</sup>/日 (103mgd) まで増強された。アンバタレ浄水場は1991年の渇水時に塩分のため取水停止を何度も経験したため、浄水能力の増加に伴うケラニ河の塩水遡上が大きな関心事となっている。469,000 m<sup>3</sup>/日の浄水場がフル稼働したとき、塩水浸入はもっと頻繁に起る恐れがある。

第4章の水需要予測で示したように、既存水道システムは大コロombo圏のイースト、サウス、ノースで予定されている拡張に伴う水需要を含めて、2005年の水需要を満たすことができない。

しかし、上述したようにアンバタレ浄水場の浄水能力はかなり増強されたが、塩水問題を考慮していないようであり、カラツワワ、ラブガマの浄水能力は貯水池容量の制約から現在のレベル以上には増やせない。このような厳しい状況下で将来の水需要を満たし安定給水を達成するためには、質量ともに安定した新しい水源の計画、開発が不可欠である。

カル河はその取水可能量、水質、位置の面から、大コロombo圏水道の新しい水源として最も可能性のある選択肢である。水源が増えるだけでなく、2つの水源を持つことにより水道システムは緊急時の対応に関して弾力性を著しく増すことになる。すなわち、送水システムを相互に連絡させることにより、一方の水源が運転を停止したり、原水不足に直面した場合に、他方の水源からの給水が可能になる。

このような観点から、カル河を大コロombo圏水道システムの水源として追加することが提案される。

### 6.2 カル河の概要

#### 6.2.1 流域と河川

カル河はスリ・ランカ国南西部のカルタラ郡とラトナプラ郡に位置している。その流域面積は2,719 km<sup>2</sup>とみられ、アダムス・ピークに源を発してラトナプラ郡を抜けている。河川の延長は約124 kmで、源と河口間の標高差は450 mである。

#### 6.2.2 降雨量

カル河流域周辺には約30の降雨量観測所がある。それらの中から1983~1992年の日間降雨量記録が気象局管轄の5つの降雨量観測所より収集された。それらの観測所における1982~1992年の

年間平均降雨量は以下の通り。

クライデ・エステート	2,850mm
ホラゴダ	3,419mm
ラソガマ	4,270mm
ヴェランドラ	2,562mm
ラトナプラ	3,659mm

### 6.2.3 河川水利用の現状

提案されている取水地点下流域におけるカル河への水需要は、近い将来の計画分を含めて0.35 m<sup>3</sup>/秒である。これらは工業用水及びカルタラ取水場における水道用水としての利用である。灌漑局によればカル河沿には灌漑プロジェクトはない。

### 6.2.4 カル河における既存の開発計画

#### 1) 宝石採取プロジェクト

1993年12月1日大統領委員会が組織され詳細な調査に基づいて、機械式宝石採取が環境破壊をもたらさないという証明がなされるまで、機械を用いた宝石採取は禁止すべきで、さらに、現在の社会政治的背景ではパイロット計画もまた禁止すべきであると勧告した。大統領はこれらの勧告は閣議の承認を得て実施されるであろうと述べ、閣議承認は1994年1月19日に告示された。

#### 2) ククレ河水力発電所プロジェクト

水力発電所プロジェクトはコロンボの東南約70km（直線距離）のラトナプラ郡カラワナで計画されている。プロジェクトはカル河の支流であるククレ河を対象とし、予定地における年間平均流量は30.4 m<sup>3</sup>/秒、年間平均降雨量は3,750 mmである。

建設の実施予定によると1995年の早い時期に着手して2000年の始めには運転を開始することになっている。

水力発電所は流れ込み式であるため水量に関する限り下流域に水不足をもたらすことはないと思われ。

#### 3) その他のプロジェクト

上記以外には現在関連機関によって提案されている開発プロジェクトはない。工業省はコロンボ地区からカル河河口近くのカルタラ地区へ工業地帯を移動する計画があると語っているが、まだ何ら具体的計画は樹てられていない。

## 6.3 塩水遡上の度合い

#### 1) 塩分濃度の実測

調査団は1994年1月31日、2月9日、3月4日にカル河に沿って塩分濃度の実測を行った。その結果を図6.1に示す。

#### 2) 河川の縦断形

カル河の縦断形は測量局が今も保管している1970年代に調査された河川周辺の地形図、灌漑局が1989年に調査したカル側の縦横断図、及び1994年に調査団が塩分濃度実測の際に行った河川水深実測結果に基づいて作成された。

#### 3) 河川の潮位

カル河河口の潮位はコロombo港のそれと同じである。

#### 4) 塩水遡上

河川の計画渇水年時における塩水遡上解析を現在利用可能なデータとFarmer-Morganの式を用いて行った。塩水楔の縦断形を次の3つの流量ケースと2つの潮位（満潮と干潮）ケースについて求めた。

$Q_1 = 14.4 \text{ m}^3/\text{秒}$	取水がないときの10年確率渇水時河川流量
$Q_2 = 12.2 \text{ m}^3/\text{秒}$	2010年における $2.2 \text{ m}^3/\text{秒}$ 取水後の10年確率渇水時河川流量
$Q_3 = 10.0 \text{ m}^3/\text{秒}$	2020年における $4.4 \text{ m}^3/\text{秒}$ 取水後の10年確率渇水時河川流量
満潮位	海拔 0.32m
干潮位	海拔 -0.18m

塩水楔の縦断形を図6.2に示す。この図に見られるように、塩水楔は満潮位で流量が $10.0 \text{ m}^3/\text{秒}$ の時に、提案されている取水地点のさらに上流まで到達し、その他のケースでは塩水遡上はナルトゥパナ橋直下流の段差によって阻止される。

塩水遡上に関する現在の解析によれば、満潮位で取水量が2020年時水需要に対応する $4.4 \text{ m}^3/\text{秒}$ ケースのとき、塩水楔の深さは全水深3.75mの約63%となっている。言い換えると、提案されている取水地点における淡水の深さは全水深の37% (1.4 m) である。

### 6.4 取水可能量

#### 6.4.1 プトポウラにおける確率年間最小河川流量

プトポウラにおける年間最小河川流量の確率解析を正規対数とゲンベルの方法を用いて行い、表6.1に示すゲンベルの方法が過去の記録に適合していることが判った。結果となった。表6.1に結果を示す。

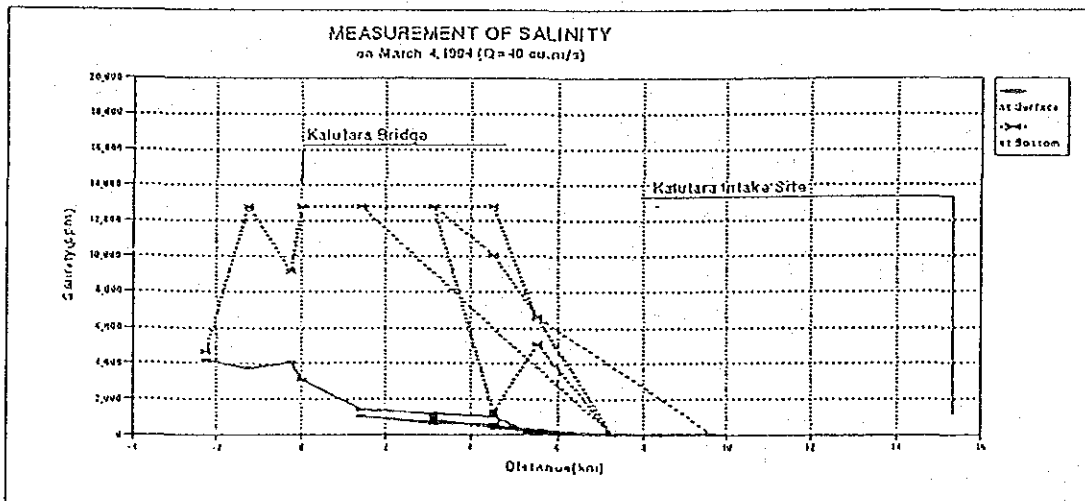
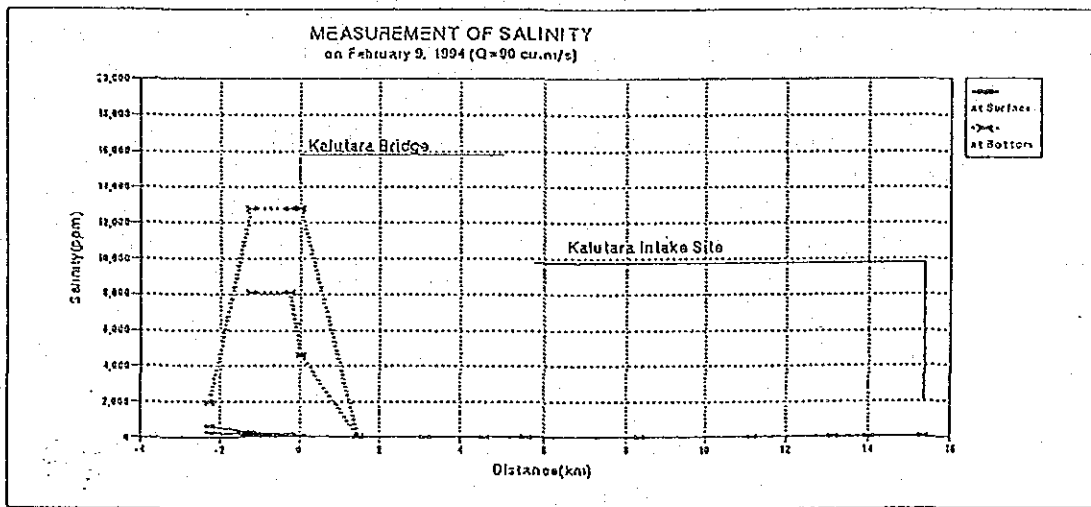
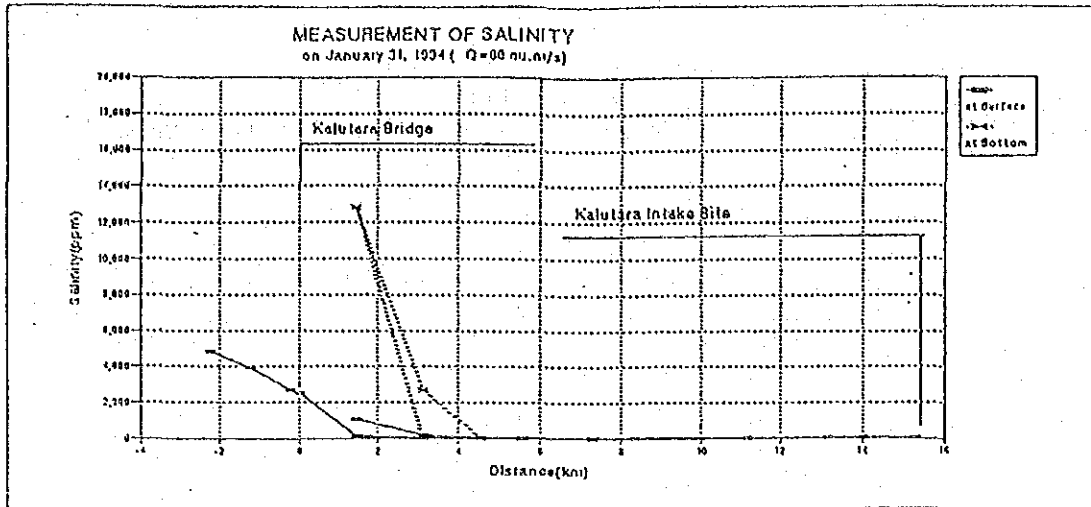


図6.1 塩分濃度の実測結果

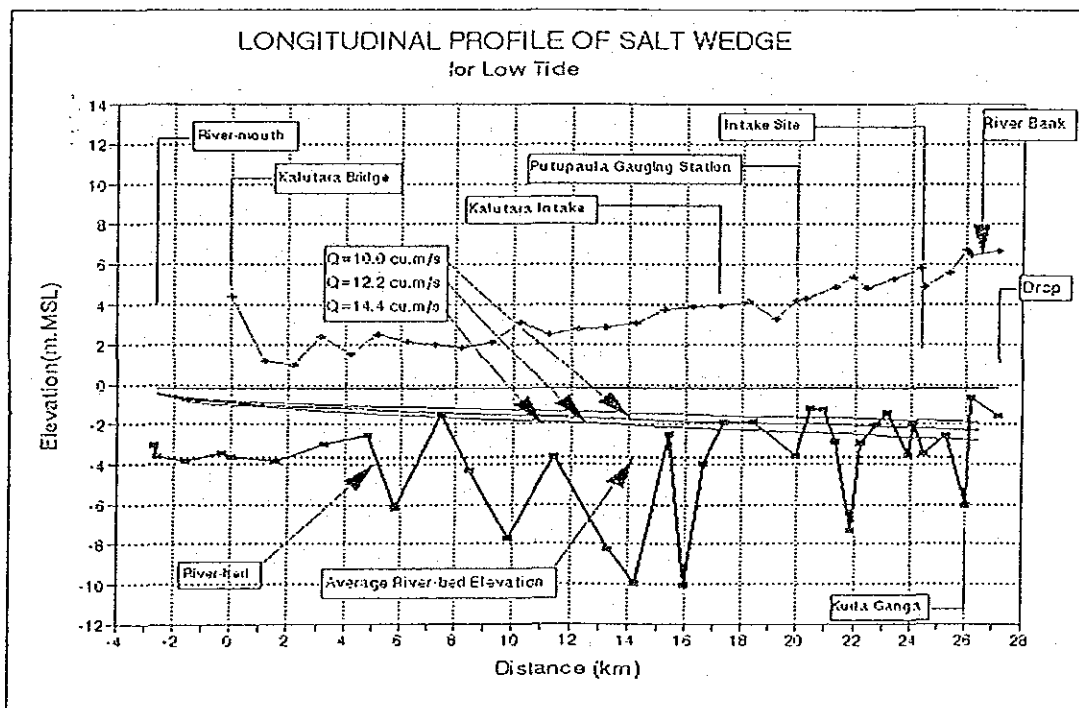
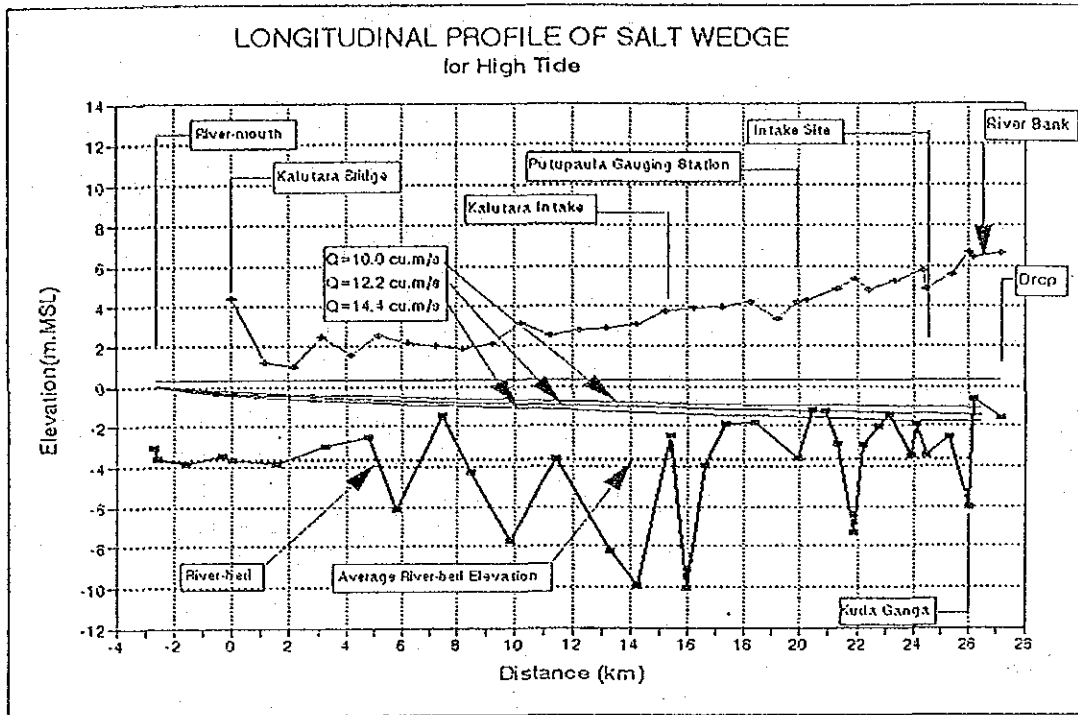


図6.2 塩水楔の縦断形

表6.1 プトボウラにおける確率年間最小河川流量

Return Period (year)	Probable Annual Minimum Flow by Gumbel Method (m <sup>3</sup> /s)
5	16.7
10	14.4
20	12.7
30	11.9

#### 6.4.2 既存の水利用

取水地点下流域におけるカル河の現在の水利用は水道用よりもむしろ工業用で、全使用水量は約0.35 m<sup>3</sup>/秒である。

この他に、ナルトゥパナ橋下流域では多くの渡し船が見られ、水運は盛んであるように思われる。その他の利用は現在のところ見当たらない。6.2.4節で述べたようにククレ河水力発電プロジェクト以外には河川水を利用する大きなプロジェクトはない。

#### 6.4.3 河川維持流量

河川水を利用する開発プロジェクトでは、河川維持流量を考慮すべきである。現在施行されている環境法以外には河川維持流量に関する河川法も規制もない。

河川維持流量は一般に、水運、漁業、自然景観、塩水遡上防止、河口閉塞防止、河川施設の保護、地下水位の維持、動植物の保護、水質の維持、現在の水利用等の要因に基づいて定められる。

下流域における水運に関しては、低水流量時の河川水位に関わる主たる要因は、河川流量そのものではなく、潮位によっていると思われる。

河川維持流量に関する主たる要因の1つは河口の閉塞問題で、河川流量が少ないことと沿岸部標砂による複合現象である。河川流域は広いとしても、乾季には河口はかなり狭くなり、今でも河口は雨季の前に灌漑局によって浚渫されている。

河川維持流量に関するその他の要因は、環境及び動植物の保護の観点からの河川水質の維持である。現在、規則または法律の形で定められた河川の水質基準はない。

#### 6.4.4 カル河の取水可能量

カル河の流量は10年確率渇水時で14.4 m<sup>3</sup>/秒と予測されている。水道が抛るべき渇水の確率年は、社会福祉の状況を考慮し、社会サービスの観点より議論する必要があるかも知れない。

提案されている淡水の深さは満潮位で河川流量が取水後の10.0 m<sup>3</sup>/秒（2020年）のとき、塩水

楔上約1.4 mと予想される。これより取水地点において提案されている取水は、塩水による重大な影響を受けることなく可能である。

現時点でカル河の河川維持流量の機能に関する様々な未知のメカニズムと要因を考慮すると、下流域における取水は、10年確率最小流量時取水後の流量が既往最小流量の11 m<sup>3</sup>/秒より大きくなる範囲に取り敢えず留めるべきことが提案される。これは過去の自然状況の中でプロジェクトが状況をそれ以上に悪化させない限界と理解される。

## 6.5 水質

水質データをスリ・ランカ国用途別水質基準案と比較すると、カル河のそれは標準処理で飲料水基準を遵守できることを示している。

カル河の水質は、濁度・色度は低～中濃度で軟水、アルカリ度・塩化物・溶解性物質は少ないことが特徴となっている。重金属の存在は見られない。硝酸塩、リン酸は藻類の成長を支えるに十分であるが、原水が取水施設から直接浄水場へ供給されたとしても問題になるものではない。糸状菌が水路等の側壁に現れるかも知れないが、定期的な清掃によって問題発生を防止できる。

ケラニ河の分析データと比較すると、両河川は概ね似ているが、ケラニ河の塩分濃度はたまたま塩水遡上の存することを示している。





## 第7章 長期整備計画案



## 第7章 長期整備計画案

### 7.1 水の需給バランス

図7.1、7.2 に供給に対する水需要及び水源の配分案と、2010年と2020年の水需要に対する送水系統案を示す。

### 7.2 推奨されるカル河水道システム

#### 7.2.1 推奨されるシステムの概要

原水はカル河とクダ河の合流点より約1.6 km下流マドワラのウドガンマナに建設される取水場においてカル河より取水し、し渣と砂を取り除いてから浄水場までポンプ圧送する。

新設浄水場は国道B157より分岐してホラナ取水場に向う道路沿に、標高+11.0 mの高さで整地した小丘上に建設する。原水は薬品凝集、沈殿、急速砂濾過処理を行い、沈殿池の沈殿汚泥は引抜き後汚泥池に圧送する。濾過池の逆洗排水は近くの水路への排出量を最小にするため着水井に戻す。浄水は浄水場から北西へ約3.0 kmの標高+100mの丘の上に建設する新設の高地配水池へ揚水する。

浄水は高地配水池より自然流下で直接既設のデヒワラ配水池（G4）、既設のモラツワ配水池（G5）、既設のパナドゥラ配水池（G7）、パナドゥラ高架水槽（G12）へ送水する。新設のピリヤンダラ高架水槽と既設のバンダラガマ高架水槽へは、それぞれピリヤンダラ、バンダラガマの新設送水本管より分岐する。

#### 7.2.2 取水施設

取水場の位置図と一般平面図を図7.3、7.4 に示す。

原水は下端の高さが-1.16 mの取水口を通してカル河より取水する。満潮時において10年確率年間最小河川流量が14.4 m<sup>3</sup>/秒、取水量が2020年の水需要に対応する4.4 m<sup>3</sup>/秒（382,000 m<sup>3</sup>/日）のとき、塩水楔の水位は-1.06 mと予測されており、この塩水遡上時に境界面で塩水と淡水が混じり合うことを考慮して、取水口下端の高さを多少上げられるように角落しを取水口に設置する。

原水はスクリーン、取水ゲートを経て沈砂池に流入する。沈砂池は浮力対策のため覆土する。流入・流出ゲートを各池に設備する。

原水は砂を除去してから浄水場へ圧送する。取水ポンプ場のポンプモーターと電気設備は洪水対策のため床高が+10.00mの1階に設置する。

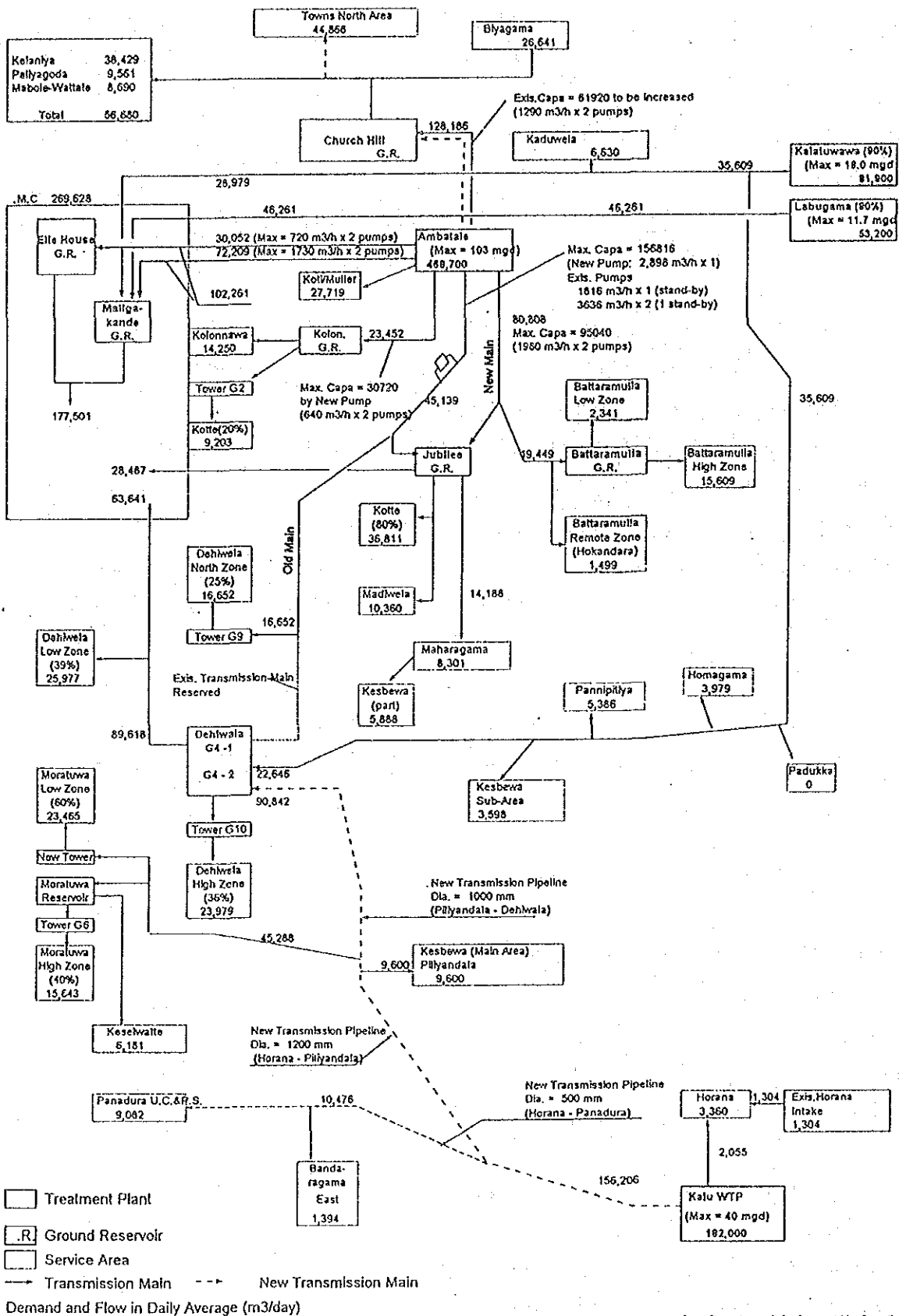
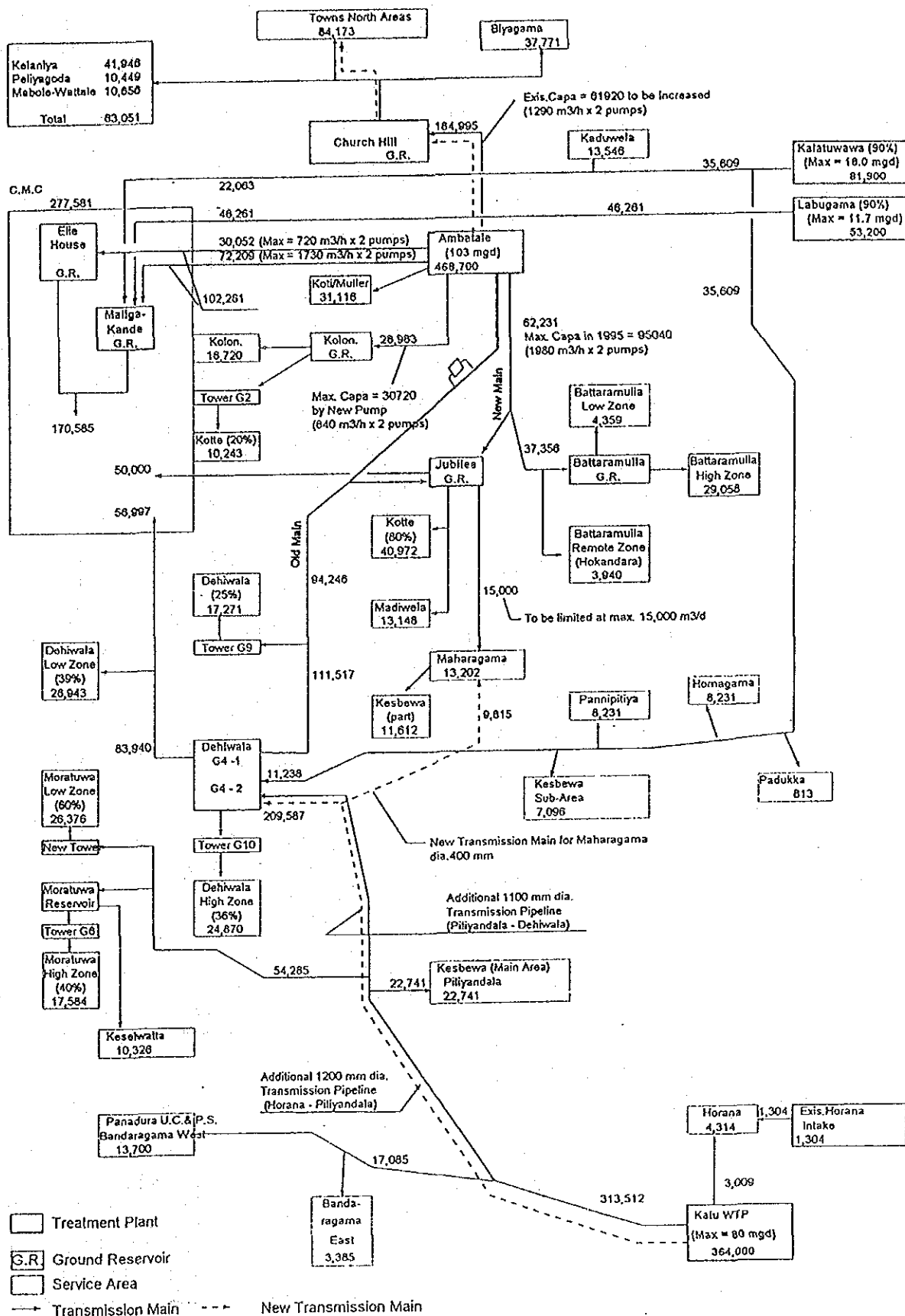


図7.1 2010年水需要対応の送水系統図



Demand and Flow in Daily Average (m3/day)

図7.2 2020年水需要対応の送水系統図

**LOCATION MAP**  
**CAPACITY 364,000 m<sup>3</sup>/ Day**  
**TARGET YEAR : 2020**

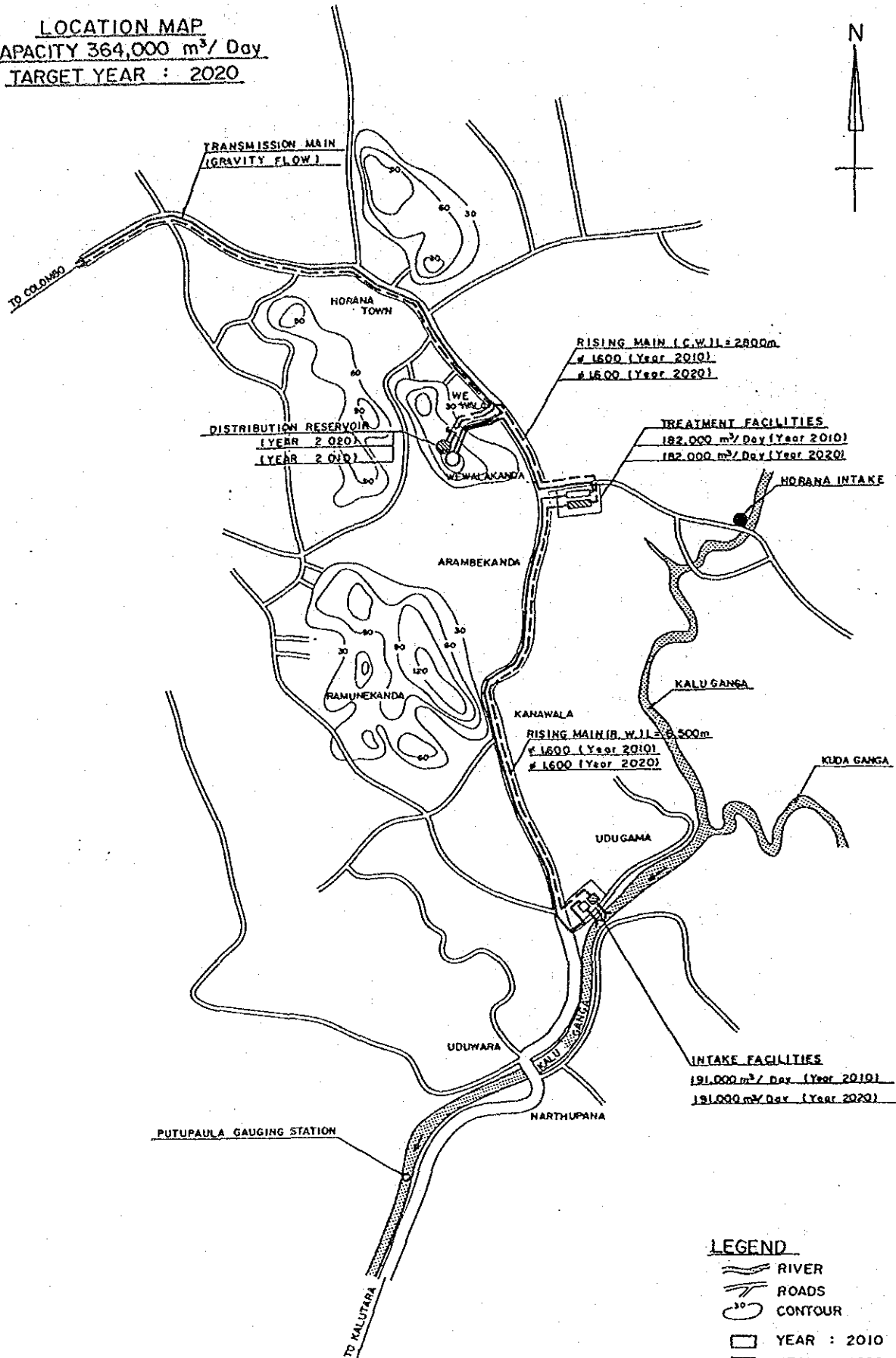


図7.3 取水場、浄水場位置図

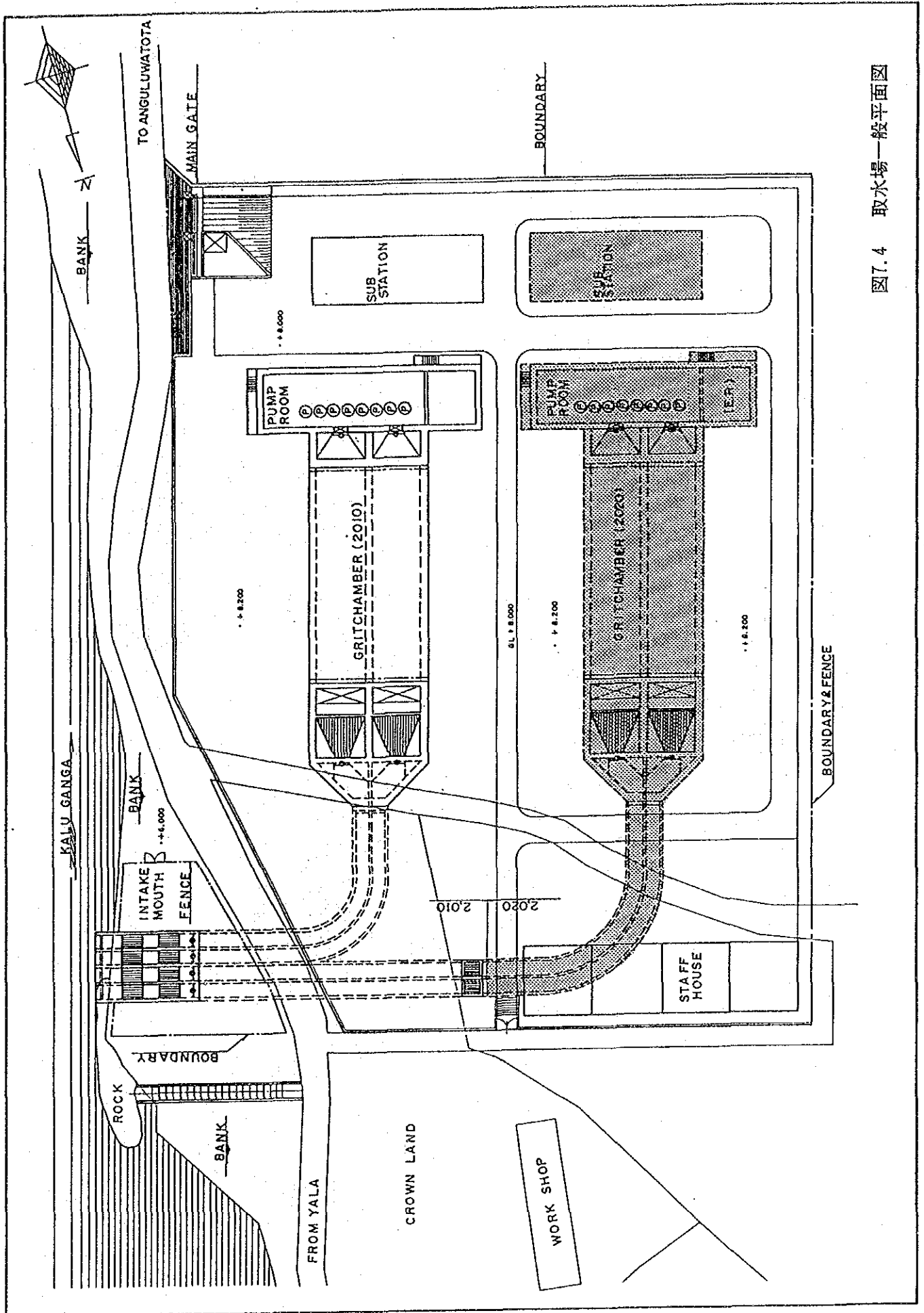


图7.4 取水場一般平面图

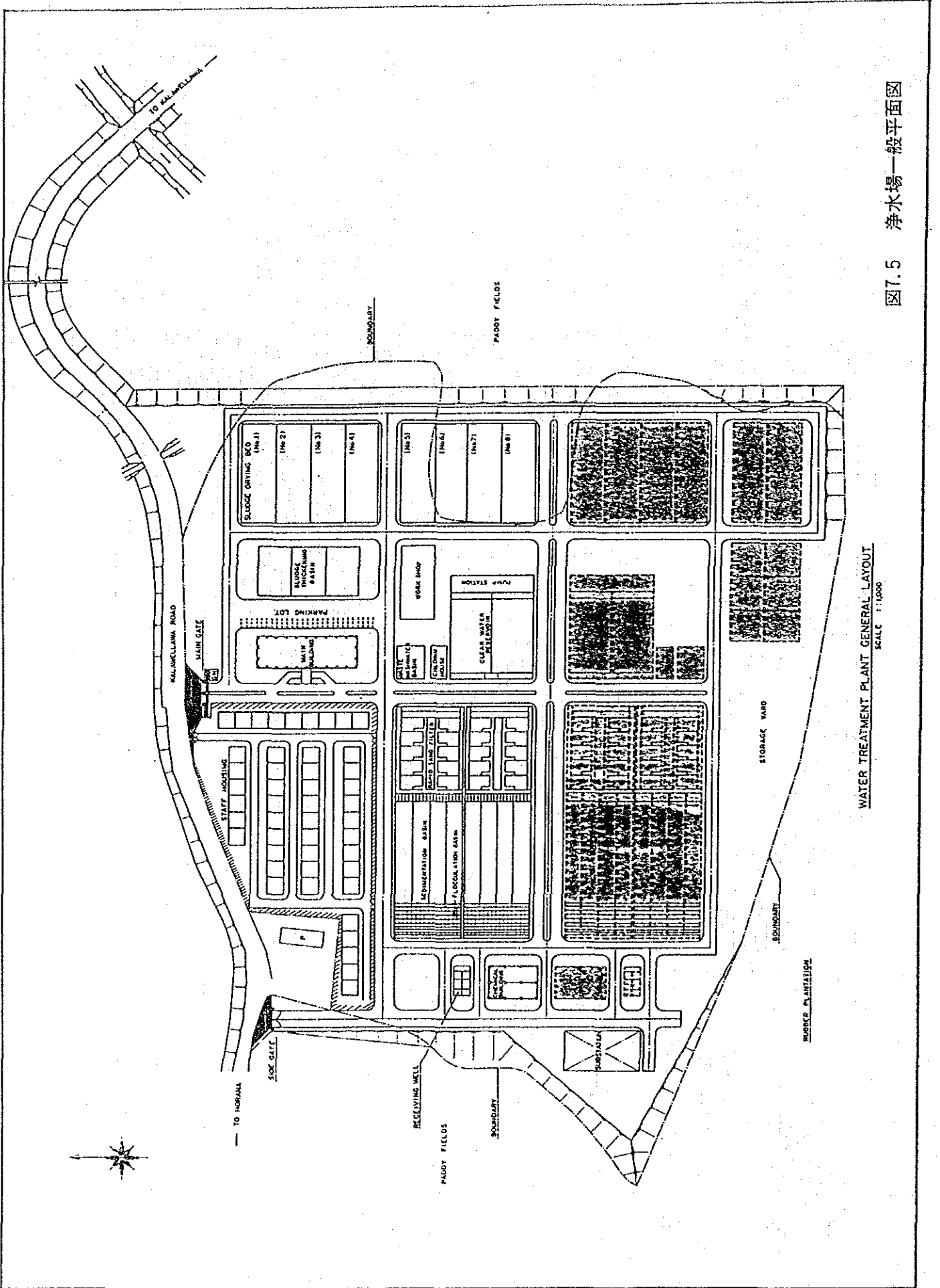


图7.5 净水场一般平面图

WATER TREATMENT PLANT GENERAL LAYOUT  
SCALE 1:1,000



### 7.2.3 処理施設

浄水場設計諸元を表7.1 に、一般平面図を図7.5 に示す。

表7.1 浄水場設計諸元一覧

Facility	Design Parameter	
Receiving Well	Retention Time	2 min
Mixing Chamber	Type	Hydraulic Mixing
	Mixing Time	2 sec
	Retention time	2 min
Flocculation Basin	Type	Baffled Channel
	Retention Time	25 min
	GT	50,000
Sedimentation Time	Type	Horizontal Flow
	Retention Time	2.5 hours
	Surface Loading	25 mm/min
	Depth	4 m
	Overflow Rate	500 m <sup>3</sup> /m/d
Rapid Sand Filter	Type	Rising-level, Constant Rate
	Filter Media	Sand
	Filtration Rate	120 m/d
	Filter Wash	Self-backwash plus Surface Wash
Chlorination Chamber	Retention Time	2 min
Clear Water Reservoir	Retention Time	1 hour

### 7.2.4 送水施設

カル河水道システムの整備に必要な送水システムの位置図と送水システム・ダイアグラムを図7.6、7.7 に示す。

### 7.2.5 配水施設

#### 1) デヒワラ給水区域

デヒワラ給水区域の大部分は標高15m以下にあり、地上置配水池から直接大部分の区域に十分な圧力で給水することができる。この改善はポンプ運転費用の削減並びに給水圧力の低下による漏水削減に役立つ。

この勧告は1988年 Engineering-Science社と Development Consultants社が作成した「大コロソボ圏水道システムの運転制御システム」と名付けられた調査に基づいている。

このゾーニングの考えの下で、デヒワラ区域は次の3つのゾーンに分けられる。

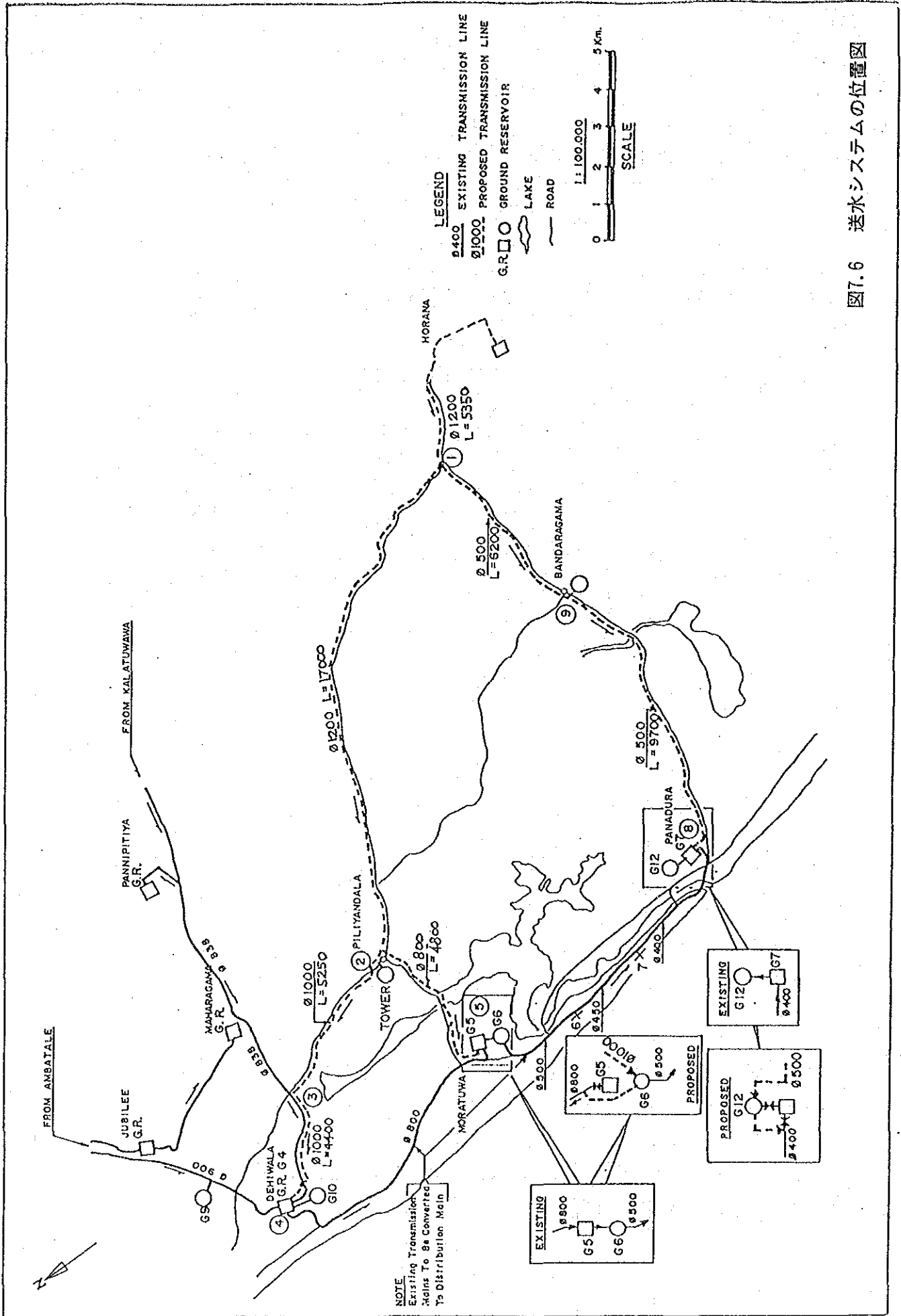


図7.6 送水システムの位置図

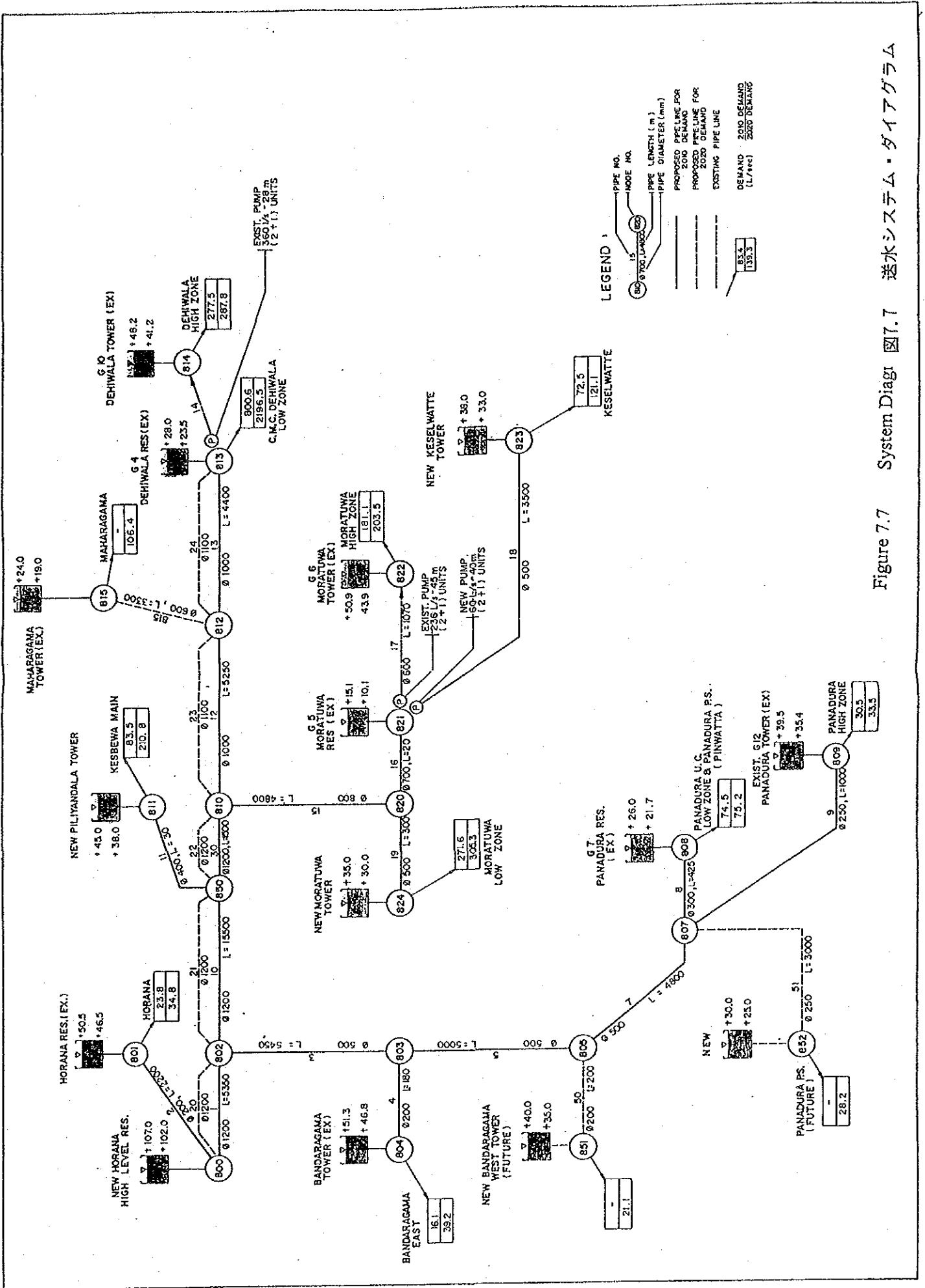


Figure 7.7 System Diagram 送水システム・ダイアグラム

- 北ゾーン     デヒワラ運河北の区域。高架水槽（G9）より給水。
- 低地ゾーン   デヒワラ地上置配水池（G4）より給水される区域。新しい配水本管は配水管一般平面図に示されるように布設することを提案する。
- 高地ゾーン   高架水槽（G10）より給水される区域。この区域はゴール道路沿に南に伸びている。

2) モラツワ給水区域

デヒワラと同様、モラツワ給水区域の大部分は標高15m以下にあり、標高に従って区域を2つのゾーンに分けることが可能である。

この勧告はデヒワラと同様の調査に基づいている。

このゾーニングの考えの下で、モラツワ区域は次の2つのゾーンに分けられる。

- 低地ゾーン   新設の高架水槽より給水される区域。
- 高地ゾーン   高架水槽（G6）より給水される区域。このゾーンはパナドゥラに伸びる南部区域を包含する。

3) パナドゥラ給水区域

パナドゥラ給水区域はパナドゥラU.C. 全域を包含する。現在パナドゥラ区域は標高によって2つの圧力ゾーンに分かれている。パナドゥラの北の部分はパナドゥラ配水池（G7）からポンプ送水を受ける高架水槽（G12）より給水される。配水池（G7）はまた自然流下でパナドゥラU.C. の残りの部分に直接給水を行う。

4) ケスベワ給水区域

この給水区域はOECF融資のタウンズ・サウス計画で実施が予定されている。

この区域は以下に挙げる地形を考慮して2つの区域に分けられる。

- メイン区域   ピリヤングラ道路に沿った区域とその周辺。ホラナの新設浄水場から来る新設送水本管より給水を行う。新設送水本管から直接水を受ける高架水槽の建設を提案する。
- サブ区域     東北部の区域。この区域はハイレベル道路に近いので、ハイレベル道路下を走るカラツワワ〜デヒワラ送水本管から給水を行うことを提案する。

5) ケセルワツタ給水区域

この区域もまたOECF融資のタウンズ・サウス計画で実施される。この区域はゴール道路沿に細長い形をしている。自然流下で給水できる高架水槽の建設が提案される。水はモラツワ配水場から新設ポンプ場によって高架水槽へ送られる。

6) ホマガマ給水区域

この区域もまたOECF融資のタウンズ・サウス計画で実施される。ホマガマ給水区域はホマガマP.S. の中心区域を包含する。浄水は既存のカラツワワ〜デヒワラ送水本管より新設の地上置配水池に送水されるように計画されている。地上置配水池から圧送される水を受けて給水区域に配水するために標高40mの所に高地配水池を建設することを提案する。

7) バンダラガマ給水区域

深井戸、高架水槽、配水管から成る既存の配水システムがバンダラガマの中心部にある。将来の開発計画では、この高架水槽は国道A8に沿ってホラナから布設される送水本管から水を受けることを提案する。2010年の水需要を満たすため一部の拡張実施を提案する。

8) ホラナ給水区域

既存のホラナ水道システムはホラナU.C.全体を包含する。カル河から取水された水はホラナの町の中心部南側の丘の上にある高地地上置配水池に運ばれる。水はこれより自然流下で給水区域に配水される。既存の配水管は管を追加布設して必要な補強を行い今後も使用する。ホラナU.C.外側への給水区域の拡張はない。

7.3 段階的实施計画

7.3.1 概説

カル河水道システムの計画目標年次はフィージビリティ調査については2010年、長期開発計画については2020年に設定されている。これらの計画目標年次に基づいて、実施計画は2期、すなわち、(1)現在～2010年のフェーズ1、(2)2011～2020年のフェーズ2、に分けられ、各フェーズはさらに2つのステージに分けられる。

各フェーズ、各ステージで建設する施設をまとめると表7.2 のようになる。

表7.2 段階的实施計画

Facilities	Phase 1 (2010)		Phase 2 (2020)	
	Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2
Intake Station				
* intake mouth	1/1	-	-	-
* grit chamber	1/2	-	1/2	-
* intake pump	1/4	1/4	1/4	1/4
* pump station	1/2	-	1/2	-
Raw Water Transmission	1 line	-	1 line	-
Treatment Plant				
* major treatment facilities	1/4	1/4	1/4	1/4
* major pump equipment	1/4	1/4	1/4	1/4
* power receiving system	1/1	-	-	-
* major building	1/1	-	-	-
Clear water transmission	to Panadura	to Dehiwala	duplicate to Dehiwala	-
Distribution facilities	Moratuwa	Other areas	reinforcement in each area	

Note: The figures show the rate of facilities to be constructed in the particular stage to the full facilities in 2020.

7.3.2 取水施設

取水口は2020年の水需要に対応する全施設をステージ1で建設する。沈砂池とポンプ場は2010年対応分のみとする。2020年対応の沈砂池、ポンプ場の将来の拡張は一般配置図に示すように隣接地で行う。2010年対応のポンプは2回に分けて設置する。

### 7.3.3 原水送水管

原水送水管は2010年水需要対応で1条、2020年水需要対応でもう1条布設する。2010年対応の最初の1,500 mm管はステージ1で建設する。

### 7.3.4 浄水場

2010年水需要対応の浄水場能力は182,000 m<sup>3</sup>/日(40 mgd)である。浄水場の一般平面図は2020年対応の全施設を考慮しているが、2020年水需要に対応する施設はフェーズ2で追加建設する。

フェーズ1(2010年水需要対応)施設についてはステージ1で処理能力20 mgdの施設を建設し、ステージ2で処理能力20 mgdの施設をもう1系列建設することを提案する。2つに分割することが難しい建物はステージ1で建設する。

2020年水需要に対応するフェーズ2のステージ分けはフェーズ1と同様の方法で実施されることになる。

### 7.3.5 浄水送水施設

浄水送水本管は多大な投資を必要とするので、浄水場と同様に送水本管の布設を2つのステージに分けるのが財務的には効果がある。ステージ1での多大な投資を避けるため、次のような拡張が推奨される。

- ・ ボクヌヴィタ合流点よりパナドゥラへの500 mm送水本管をステージ1で布設する。
- ・ ピリヤングラからモラツワへの分岐はタウンズ・サウス計画で行れると仮定する。
- ・ ピリヤングラへの1,200 mm及びデヒワラへの1,000 mm送水本管の布設はステージ2で行う。

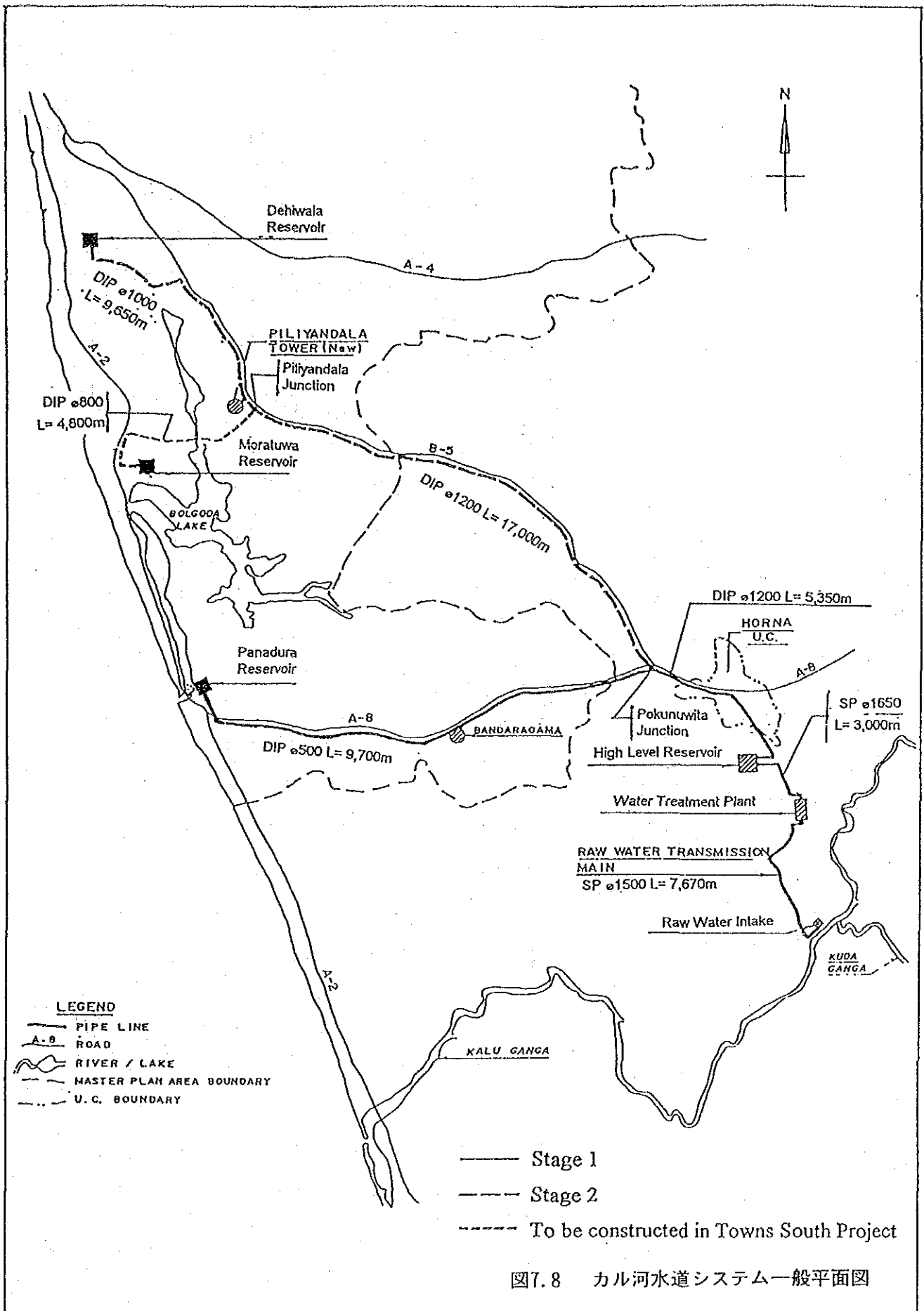
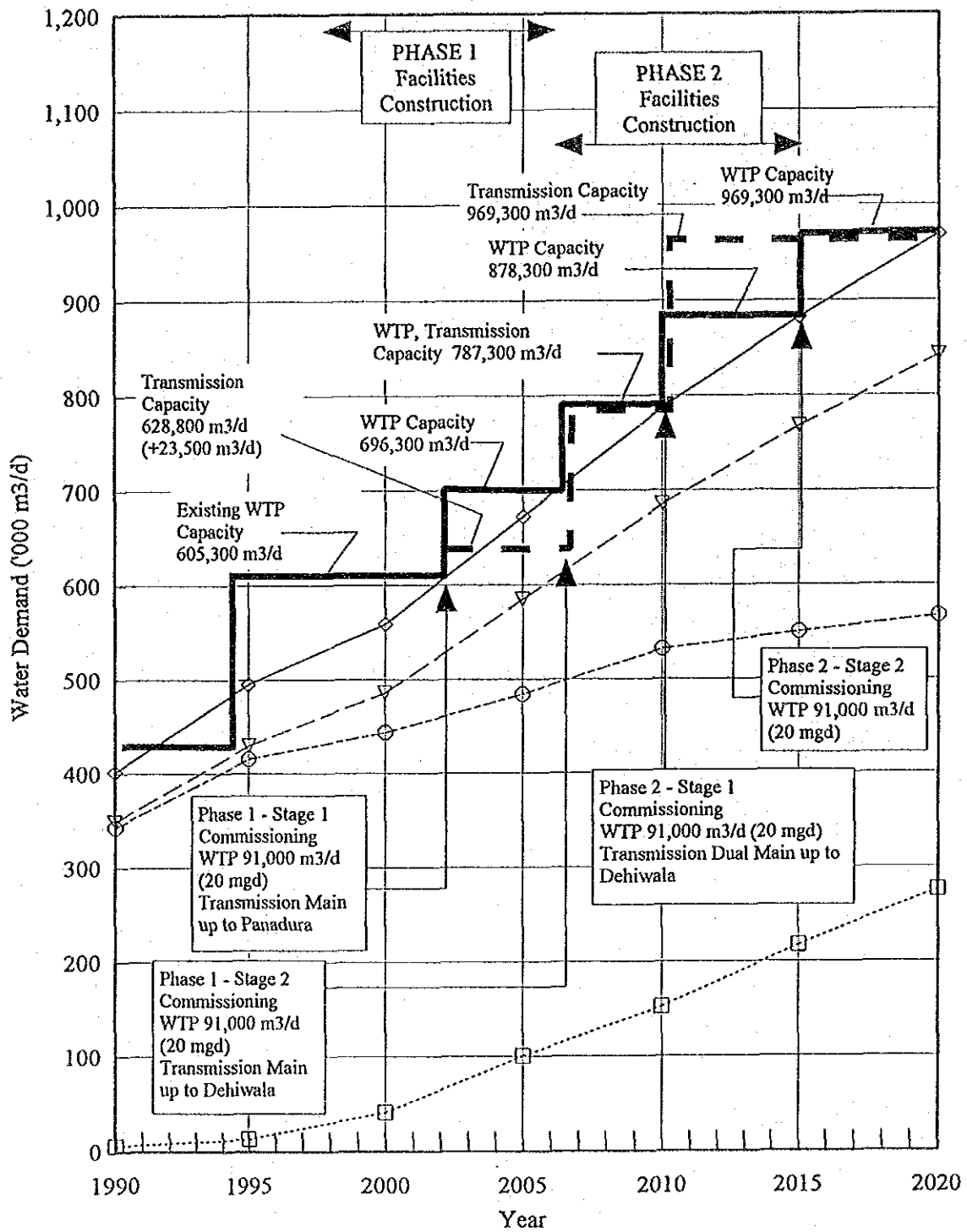


図7.8 カル河水道システム一般平面図



◇ Daily Max. Demand    ▽ Daily Ave. Demand  
 ⊙ Existing Area Demand    □ New Area Demand

図7.9 水需要予測と段階的实施計画



### 7.3.6 配水施設

配水システムの拡張は、現在OECF融資の下で進行しカル河水道プロジェクト着手前に完成が見込まれるタウンズ・サウス計画を含めて段階的に行う。

OECFプロジェクトの下で整備される下記の給水区域はすべて新たに拡張する区域である。

ケスベウ地区

ホマガマ地区

ケセルワッタ地区

OECFプロジェクトの範囲外にある下記の区域は前節で述べたようにすでに既存の水道施設を有している。カル河水道プロジェクトで提案される範囲は、将来の水需要を満たすための既存配水システムの補強もしくは変更として考えられている。

デヒワラ地区

モラツワ地区

パナドゥラ地区

バンダラガマ地区

ホラナ地区

これらの区域の中で、モラツワ地区は他の区域に比べて区域内に配水管が少なく、水供給に対する需要が高いので、配水システムの補強に際しては高い優先順位が与えられる。したがって、モラツワ地区はステージ1で実施することが勧告される。一方、他の区域はステージ2で実施する。

### 7.4 他のプロジェクトとの関連

カル河水道プロジェクトは大コロombo圏水道システムの浄水、配水能力を増強しようというものである。これによって新しい水源が加わるので、大コロombo圏水道システムは増大する水需要に対処し、かつ、給水区域の拡張を押し進めることが可能になる。

カル河水道プロジェクトに加えて、給水を拡張するため幾つかのプロジェクトが大コロombo圏で進行中である。カル河水道プロジェクトと他のプロジェクト、とくに給水区域拡張プロジェクトとの関係を以下に述べる。

#### 1) OECF融資コロombo・タウンズ・イースト計画

このプロジェクトの給水区域は、バッターラムラ、パンニピティヤ、カドゥウェラの3地区である。バッターラムラ給水区域はアンバタレ浄水場から来る新設の1,100 mmアンバタレ～ジョビリー間送水本管より給水を受ける。パンニピティヤ及びカドゥウェラはそれぞれカラツワワ～デヒワラ間及びカラツワワ～マリガカンデ間送水本管より給水を受ける。したがって、このプロジェクトとカル河水道プロジェクトには何の関連もない。