

要 約

スリ・ランカ国
大キャンディ圏・ヌワラエリア上下水道整備計画調査

和文要約
(ヌワラエリア)

<目 次>

第1部 序論

第1章 序論

1.1	はじめに	N1-1
1.2	調査の背景	N1-1
1.3	調査の目的	N1-1
1.4	調査の範囲	N1-2
1.5	調査対象地域	N1-2
1.6	計画年次	N1-2
1.7	調査体制	N1-2
1.7.1	概説	N1-2
1.7.2	日本側実施体制	N1-3
1.7.3	スリ・ランカ側実施体制	N1-3
1.8	報告書の構成	N1-4

第2章 調査対象地域の特徴

2.1	調査対象地域の概要	N2-1
2.1.1	行政及び当該セクターの現況	N2-1
2.1.2	関連法規	N2-1
2.1.3	関連機関	N2-1
2.1.4	行政組織	N2-2
2.1.5	ヌワラエリアの行政構成	N2-3
2.2	調査対象地域の特徴	N2-3
2.3	社会・経済状況	N2-4
2.3.1	概況	N2-4
2.3.2	ヌワラエリア市	N2-4
2.4	現況及び将来土地予測	N2-5
2.5	調査対象地域の財政状況	N2-5

第2部 上水道計画

第3章 現在の水供給システム

3.1	既往の水道供給システム	N3-1
3.1.1	既存水供給施設	N3-1
3.1.2	既存水供給施設の問題点	N3-5

3.2	上水道、下水道の組織、制度	N3-7
3.3	政策、管理及び組織関係	N3-9
3.4	水道事業の財務状況	N3-10
3.5	組織制度の実績	N3-10
第4章	上水道施設計画諸元	
4.1	人口	N4-1
4.1.1	現在及び計画人口	N4-1
4.1.2	計画給水人口	N4-2
4.2	計画値	N4-3
4.2.1	水量原単位	N4-3
4.2.2	観光	N4-3
4.2.3	料金体系	N4-4
4.2.4	公共栓の廃止	N4-4
4.2.5	生活レベル	N4-4
4.2.6	家庭菜園	N4-5
4.3	計画原単位	N4-5
4.4	無効水量 (NRW)	N4-5
4.5	計画給水量	N4-6
第5章	上水道施設整備基本計画	
5.1	計画の基本方針	N5-1
5.2	施設計画の設計条件	N5-1
5.2.1	水源	N5-1
5.2.2	水質	N5-3
5.2.3	送・配水施設	N5-4
5.3	既存水道施設の問題点と対策	N5-4
5.3.1	問題点と対策	N5-4
5.3.2	給水ブロックの策定	N5-7
5.3.3	地下水開発	N5-8
5.3.4	送水施設整備計画	N5-11
5.3.5	配水施設整備計画	N5-16
5.3.6	配水池容量の増強	N5-18
5.3.7	消毒設備	N5-21
5.4	施設整備計画概要	N5-23
5.5	事業費	N5-25
5.5.1	事業費の構成	N5-25
5.5.2	積算条件	N5-25
5.5.3	事業費	N5-25
5.6	実施工程	N5-26
第6章	上水道整備計画優先事業	
6.1	優先事業	N6-1
6.2	水道施設の予備設計	N6-1
6.2.1	設計条件	N6-1
6.2.2	取水施設	N6-1

6.2.3	送水施設.....	N6-3
6.2.4	配水施設.....	N6-3
6.2.5	その他の施設.....	N6-4
6.3	漏水削減プログラム.....	N6-5
6.4	事業費.....	N6-5
6.5	優先事業の財務評価.....	N6-6
6.6	実施工程.....	N6-7
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.....	N7-1
7.1.1	取水施設、消毒設備等.....	N7-1
7.1.2	送水及び配水施設.....	N7-1
7.2	維持管理組織編成.....	N7-2
7.3	維持管理費.....	N7-2
第8章	地下水水源.....	N8-1
第9章	無収水量削減計画	
9.1	序論.....	N9-1
9.2	無収水量構成要素の推定.....	N9-1
9.3	無収水量のコスト.....	N9-3
9.4	提案された無収水量削減計画.....	N9-3
9.4.1	無収水管理地区の設定と実施.....	N9-4
9.4.2	漏水調査と修理.....	N9-4
9.4.3	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....	N9-4
9.4.4	不法接続の撲滅.....	N9-4
9.4.5	正規加入者.....	N9-5
9.4.6	配水圧の適正化.....	N9-5
9.4.7	浄水量の計量.....	N9-5
9.4.8	広報活動.....	N9-6
9.4.9	技術支援と人材育成.....	N9-6
9.4.10	資料収集.....	N9-6
9.5	無収水量削減計画の費用.....	N9-7
9.6	実施方法.....	N9-7
第3部 下水道・衛生計画		
第10章	計画対象地域の衛生施設の現況.....	N10-1
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.....	N11-1
11.2	対象人口.....	N11-2
11.3	計画汚水量.....	N11-2
11.4	計画汚水水質.....	N11-3

第12章 下水及び衛生施設整備基本計画

12.1	計画人口及び汚水量	N12-1
12.2	施設設計条件及び設計諸元	N12-1
12.3	最適システムの選定	N12-2
12.3.1	汚水収集システム	N12-2
12.3.2	下水処理場	N12-2
12.3.3	汚泥処理・処分	N12-2
12.3.4	処理区の統合・分割	N12-3
12.4	下水道施設	N12-3
12.5	衛生施設	N12-7
12.6	事業費	N12-8
12.7	実施工程	N12-9

第13章 下水道優先事業

13.1	優先事業の選定	N13-1
13.2	設計諸元	N13-1
13.3	下水道施設概略設計	N13-1
13.4	事業費	N13-4
13.5	優先事業の財務評価	N13-5
13.6	実施工程	N13-6

第14章 下水道施設運転維持管理計画

14.1	序論	N14-1
14.2	維持管理作業計画	N14-1
14.3	維持管理組織編成	N14-2
14.4	維持管理費	N14-3

第4部 環境・組織制度・財務・結論

第15章 環境影響調査

15.1	JICA開発調査による環境調査と環境影響評価の必要性	N15-1
15.2	緊急性を要する環境影響調査	N15-1
15.3	実施策と低減対策の提案	N15-2
15.3.1	社会経済への影響	N15-2
15.3.2	地下水量	N15-3
15.3.3	水質評価及びアライワ水源河川の汚染状況	N15-4
15.3.4	建設期間における交通事情	N15-5
15.3.5	その他の環境影響	N15-5
15.4	環境監視とモニタリング	N15-6
15.4	組織体制の確立	N15-7

第16章 組織体制整備計画

16.1	当該セクター強化	N16-1
------	----------	-------

16.2	事業実施組織計画	N16-2
16.3	施設供用開始後の維持管理組織計画	N16-2
16.4	組織強化策	N16-3
16.5	広報活動及び情報収集	N16-3
16.6	予算	N16-3

第17章 財務分析

17.1	計算条件	N17-1
17.2	分析結果	N17-1
17.2.1	上水道計画	N17-1
17.2.2	下水道計画	N17-2

第18章 事業評価

18.1	総論	N18-1
18.2	上水道事業	N18-1
18.2.1	財務面	N18-1
18.2.2	社会経済面	N18-1
18.2.3	技術面	N18-1
18.2.4	組織体制面	N18-2
18.2.5	環境面	N18-2
18.3	下水道事業	N18-2
18.3.1	財務面	N18-2
18.3.2	社会経済面	N18-3
18.3.3	技術面	N18-3
18.3.4	組織体制面	N18-3
18.3.5	環境面	N18-4

第19章 結論と提言

19.1	上水道事業	N19-1
19.1.1	結論	N19-1
19.1.2	提言	N19-1
19.2	下水道事業	N19-2
19.2.1	結論	N19-2
19.2.2	提言	N19-3

＜表リスト＞

表2.1	ヌワラエリアにおける土地利用の現況.....	N2-5
表2.2	1997年ヌワラエリア市予算.....	N2-6
表3.1	既存水道施設の概要.....	N3-3
表3.2	既設配水管延長.....	N3-5
表3.3	既存水道施設の問題点.....	N3-6
表3.4	ヌワラエリア水道料金体系（抜粋、1998年）.....	N3-8
表4.1	ヌワラエリアの人口実績(1993年).....	N4-1
表4.2	ヌワラエリアの計画人口.....	N4-2
表4.3	ヌワラエリアの有収水量.....	N4-3
表4.4	ヌワラエリアにおける無効水量.....	N4-5
表4.5	ヌワラエリアにおける計画給水量.....	N4-6
表5.1	ヌワラエリアにおける表流水源水量実績(1997).....	N5-2
表5.2	ヌワラエリアにおける必要開発水量.....	N5-2
表5.3	貯留施設の緒元.....	N5-3
表5.4	給水ブロック別需要水量・水源水量及び必要配水池容量（2005年乾期）.....	N5-5
表5.5	給水ブロック別需要水量・水源水量及び必要配水池容量（2015年乾期）.....	N5-6
表5.6	対策と期待できる効果.....	N5-7
表5.7	季節別給水ブロック別需要水量及び水源水量.....	N5-12
表5.8	送水管整備数量.....	N5-11
表5.9	配水管整備数量.....	N5-16
表5.10	現況と配水管整備後の動水頭の比較.....	N5-16
表5.11	配水池の必要容量.....	N5-19
表5.12	増強すべき配水池と容量.....	N5-21
表5.13	長期整備計画施設概要.....	N5-23
表5.14	事業費の内訳.....	N5-25
表5.15	ヌワラエリア水道事業実施並びに支出計画（基本計画）.....	N5-27
表5.15	ヌワラエリア上水道事業計画概要.....	N5-28
表6.1	計画配水池の地盤高.....	N6-1
表6.2	地下水送水管布設延長.....	N6-2
表6.3	送水ポンプ設備容量.....	N6-2
表6.4	優先事業における表流水送水管整備数量.....	N6-3
表6.5	優先事業における配水管整備数量.....	N6-3
表6.6	ヒジタブラ、ユニーク・ビュー・ヒル地区の需要水量.....	N6-4
表6.7	新設又は増設する配水池.....	N6-4
表6.8	配水池に設置する流量計.....	N6-5
表6.9	水道優先事業事業費.....	N6-5
表6.10	水道優先事業料金値上率別財務的内部収益率（FIRR）.....	N6-6
表6.11	水道優先事業の感度分析結果.....	N6-7
表7.1	取水施設と消毒設備の維持管理作業項目.....	N7-1
表7.2	送・配水施設の維持管理項目.....	N7-1

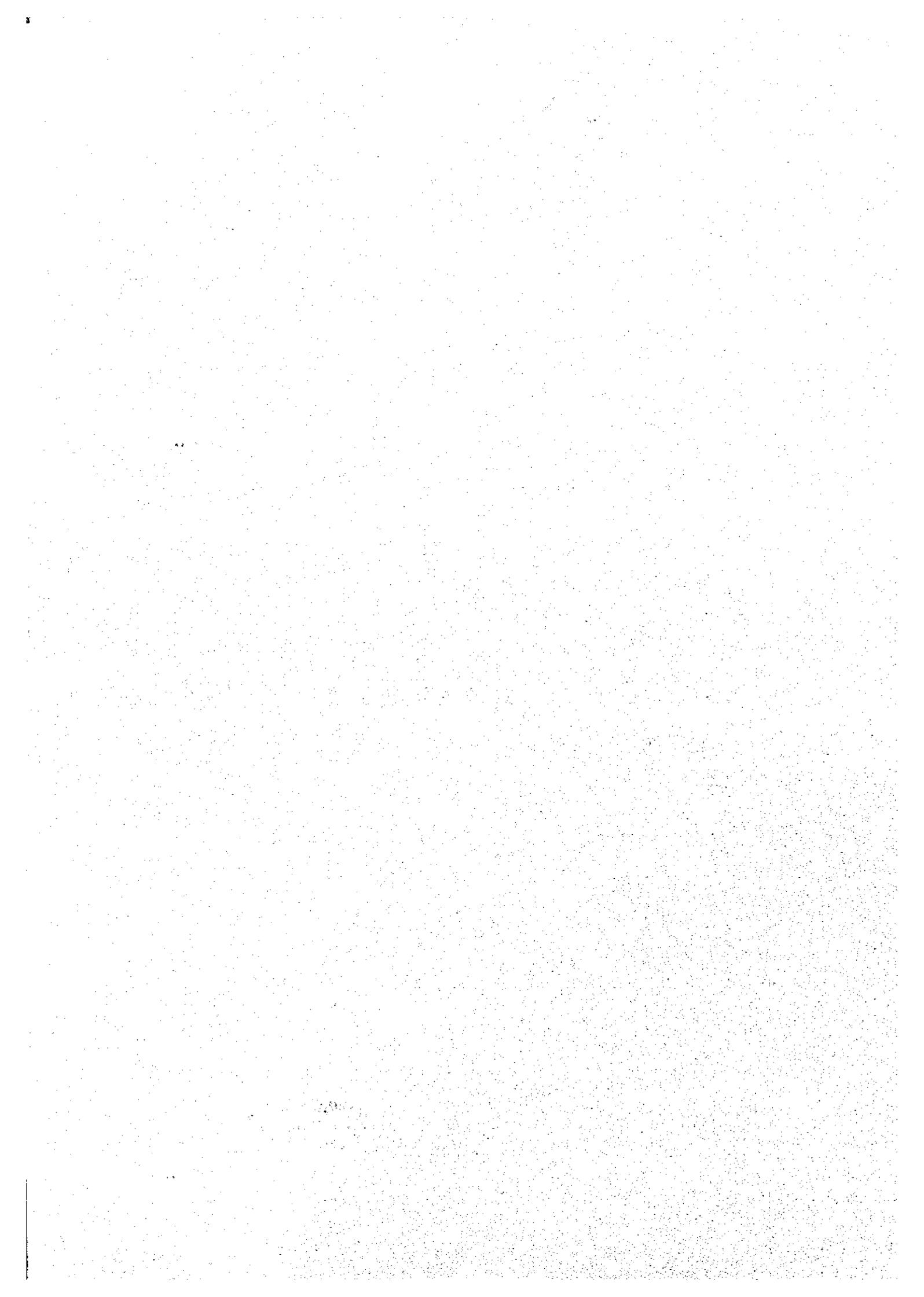
表7.3	水道施設維持管理所要人員数.....	N7-2
表7.4	維持管理費.....	N7-2
表8.1	試験井戸一覧表.....	N8-1
表11.1	1人1日当たり汚水量.....	N11-2
表11.2	計画汚水量.....	N11-2
表12.1	設計諸元.....	N12-1
表12.2	下水管渠計画概要.....	N12-3
表12.3	ポンプ場計画概要.....	N12-3
表12.4	下水処理場施設仕様.....	N12-7
表12.5	ヌワラエリア下水道事業事業費内訳.....	N12-8
表12.6	ヌワラエリア下水道事業の事業実施及び予算支出計画(基本計画).....	N12-10
表12.7	ヌワラエリア下水道事業計画概要.....	N12-11
表13.1	ヌワラエリア市優先事業区域.....	N13-1
表13.2	下水管渠計画概要.....	N13-3
表13.3	特殊管渠計画概要.....	N13-3
表13.4	ポンプ場計画概要.....	N13-4
表13.5	下水処理場施設仕様.....	N13-4
表13.6	下水道優先事業事業費.....	N13-5
表13.7	下水道優先事業補助金充当率別財務的内部収益率 (FIRR)	N13-6
表14.1	下水管渠維持管理作業項目.....	N14-1
表14.2	下水処理場維持管理作業項目.....	N14-2
表14.3	下水道施設維持管理所要人員数.....	N14-2
表14.4	維持管理費.....	N14-3
表15.1	プロジェクトの実施に伴う影響.....	N15-1
表17.1	水道料金値上げ率別財務的内部収益率 (FIRR)	N17-2
表17.2	水道事業の感度分析結果.....	N17-2
表17.3	補助金充当率別財務的内部収益率 (FIRR)	N17-2

<図リスト>

図3.1	現況における水供給システム.....	N3-2
図3.2	既存水道施設位置図.....	N3-4
図3.3	ヌワラエリア水道事務所の組織と要員配置（1998年）.....	N3-7
図5.1	需要量と供給量の関係.....	N5-2
図5.2	本調査において策定した給水ブロック.....	N5-9
図5.3	新規地下水源及び送水施設計画平面図.....	N5-10
図5.4	季節別送水方法(乾期).....	N5-13
図5.5	季節別送水方法(雨期).....	N5-14
図5.6	送水施設計画平面図.....	N5-15
図5.7	配水管計画平面図.....	N5-17
図5.8	配水池計画平面図.....	N5-20
図5.9	流出量制御を行わない場合の配水池水位.....	N5-22
図5.10	水道施設整備計画平面図.....	N5-24
図8.1	試験井位置.....	N8-2
図12.1	処理区域比較図.....	N12-4
図12.2	下水道施設平面図.....	N12-5
図12.3	下水処理場一般平面図.....	N12-6
図13.1	優先プロジェクト区域.....	N13-2

第 1 部

序 論



第1章 序論

1.1 はじめに

大キャンディ圏・ヌワラエリア上下水道整備計画調査（以下「調査」という）は平成9年10月2日に国際協力事業団（JICA）とスリ・ランカ国住宅・都市開発省（MHUD）の間で合意された業務範囲に基づいて実施されたものである。

JICAは当該合意書に基づき、必要な分野に係る専門家から構成される調査団を編成し、平成10年2月より調査を実施した。調査は平成11年1月に完了し、その結果が本最終報告書としてまとめられた。

1.2 調査の背景

大キャンディ圏は、スリ・ランカ国（以下「ス」国と称す）の首都コロンボから約120kmの位置にある。大キャンディ圏は460km²の面積を有し、630,000人(1995年)が居住している。ヌワラエリアは大キャンディ圏の南約80kmに位置し、12.6km²に34,000人(1995年)の人口を有する。両地区とも「ス」国の観光・地域工業の中心都市として機能している。キャンディは文化遺跡で、ヌワラエリアは紅茶産地として有名である。

近年、大キャンディ圏の人口は急激に増加し、その結果、水需要は現在の上水供給能力を上回っている。1994年（平成6年）に国家上下水道公社（NWSDB）は、フィンランド国際開発庁（FINNIDA）の援助の下、「大キャンディ圏上水道基本計画」を策定したが、財政面の制約により事業実施は延期されてきた。一方、下水道事業の予備フィージビリティ調査がNWSDBにより実施されたが、適切な下水処理システムがないため環境汚染が進行しているにもかかわらず、同様の理由で事業は進展していない。

ヌワラエリアにおいては、乾期における上水水源からの可能取水量が需要量を大幅に下回っているため、上水供給事情は大キャンディ圏より深刻である。また、適切な下水処理システムがないため、大キャンディ圏と同様に、衛生状況も劣悪である。

このような状況の下、「ス」国政府は本調査の無償技術協力による実施を日本国政府に要請した。この要請に応じ、日本国政府は本調査の実行を決定し、これを受けて、日本国政府の技術協力プログラムを担当する公式機関であるJICAが本調査を実施した。

1.3 調査の目的

本調査の目的は、(1)大キャンディ圏及びヌワラエリア市において生活用水の不足を解消し、排水量増加に対応する下水・衛生処理システムを確立するために、2015年を目標年次とする上下水道及び下水・衛生処理施設整備計画に関するマスタープラン（M/P）を策定すること、(2)同

計画の中で選定された優先事業に係るフィージビリティ調査 (F/S) を実施すること、及び(3) 本件調査を通じて「ス」国側カウンターパートに対して技術移転を行うことである。

1.4 調査の範囲

本調査の範囲は以下の通りである。

- (1) 大キャンディ圏における上水道整備計画については、FINNIDAが策定した上水道整備マスタープランを最大限に活用し、再検討を加えて、2015年を目標年次としたM/Pを策定し、優先事業に対するF/Sを実施する。
- (2) ヌワラエリア市における上水道整備計画については、既存の長期的なM/Pが存在しないため、新たに2015年を目標年次としたM/Pを策定し、優先事業に対するF/Sを実施する。
- (3) 大キャンディ圏及びヌワラエリア市における下水・衛生処理施設整備計画については、既存の長期的なM/Pが存在しないため、新たに2015年を目標年次としたM/Pを策定し、優先事業に対するF/Sを実施する。

1.5 調査対象地域

本調査は以下の区域を対象とする。

大キャンディ圏 (キャンディ市全域、及びキャンディ・フォア・グラベッツ郡、ハリスバットゥワ郡、アクラナ郡、ブジャビティヤ郡、バタ・ドゥンバラ郡、ウドゥヌワラ郡、ヤティヌワラ郡、ウダ・バラタ郡、クダサレ郡、バタ・ヘワヘタ郡の各々の一部) 及びヌワラエリア市

1.6 計画年次

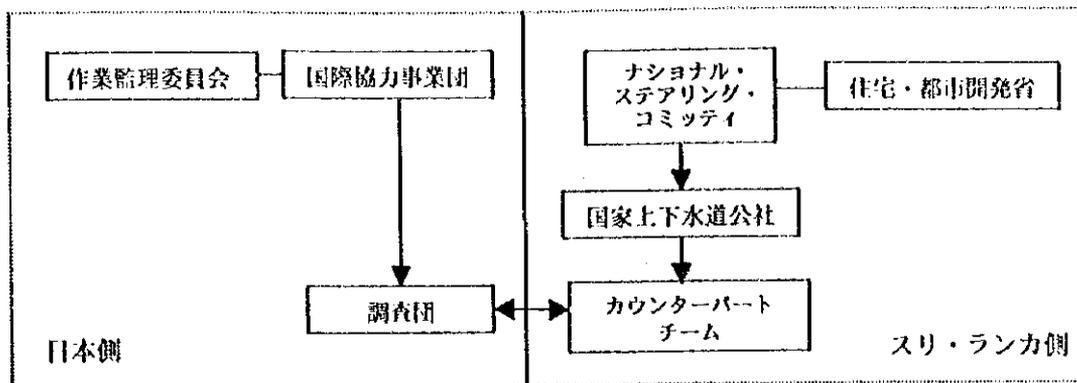
基本計画の計画年次は2015年であるが、給水人口と水需要量は2020年まで予測されている。優先事業の計画年次は2005年とする。

1.7 調査体制

1.7.1 概説

本調査はJICA及びMHUD間の合意に基づき実施された。MHUDはナショナル・ステアリング・コミティ及びNWSDBの職員で構成されるカウンターパート・チームを組織し、調査団と協力しながら本調査を完成させた。

全体的な調査の実施体制は次図の通りである。



1.7.2 日本側実施体制

日本側体制は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。

作業監理委員会の構成員は以下の通りである。

大村良樹	総括	国際協力事業団国際協力総合研修所国際協力専門員
原田一郎	下水・排水処理計画	建設省土木研究所下水道部汚泥研究室主任研究員
佐藤厚	上水道計画	神奈川県企業庁水道局計画調査課計画班技師

調査団の構成員は以下の通りである。

木口孝文	総括
ジョン・マギル	上水道計画
澤井茂雄	上水道施設設計(1)
後藤昌弥	上水道施設設計(2)
大坂進一	下水道・衛生施設計画
リチャード・デュッセル	下水道・衛生施設設計(1)
八木 徹	下水道・衛生施設設計(2)
ギアラブ・クル	水質・環境
佐藤英正	電気探査
ウルフライト・バレイロ	組織・制度
西ヶ谷邦正	財務・経営
ジェームズ・ウエイソップ	水理地質

1.7.3 スリ・ランカ側実施体制

スリ・ランカ側の実施体制はMHUD、NWSDB、NWSDBのカウンターパート及び本事業に関わる機関の代表より成るナショナル・ステアリング・コミッティによって構成される。ナショナル・ステアリング・コミッティの調整はMHUDが行った。

カウンターパート・チームの構成員は以下の通りである。

Mr. P. H. Sarath Gamini Project Manager/Chief Engineer, Planning and Design, NWSDB

Mr. S. R. Ranasinghe Engineer

Mr. H. D. J. Dharmapala Engineering Assistant

ナショナル・ステアリング・コミッティの構成員は以下の通りである。

Ministry of Housing and Urban Development

Mr. V. K. N. Nanayakkara Secretary

Mr. C. H. de Tissera Additional Secretary (Technical)

Mr. T. B. Madugalle Consultant

Mr. Padmasiri Perera Director (Construction)

Mr. K. T. P. Fernando Deputy Director (Construction)

Ministry of Finance

Mr. J. H. J. Jayamaha Director, External Resources

Ms. M. Karunaratne Director, National Planning

Central Provincial Council

Mr. K. B. Sirisena Chief Secretary

Kandy Municipal Council

Ms. J. C. Bulumulla Municipal Commissioner

Nuwara Eliya Municipal Council

Mr. S. D. Piyadase Municipal Commissioner

National Water Supply and Drainage Board

Dr. N. S. K. N. de Silva Chairman

Mr. W. A. Karunaratne General Manager

Mr. K. M. N. S. Fernando Additional General Manager, Planning and Monitoring

Mr. S. K. H. Perera Deputy General Manager, Planning and Design

Mr. D. N. J. Ferdinando Assistant General Manager, Japanese Project Unit

Ms. M. K. Bandara Assistant General Manager, Planning and Design

1.8 報告書の構成

英文調査報告書は以下の5冊に編集されている。

- ① サマリー・レポート
- ② メイン・レポート (大キャンディ圏上水道・下水道計画)
- ③ サポート・レポート/データ (大キャンディ圏上水道・下水道計画)
- ④ メイン・レポート (ヌワラエリア市上水道・下水道計画)
- ⑤ サポート・レポート/データ (ヌワラエリア市上水道・下水道計画)

その他に和文要約 (本冊) が作成されている。

サマリー・レポートは、両調査地域の調査結果の概要を示し、メイン・レポート (第二巻と第四巻) は各地域の調査結果を記述している。詳細検討、補足資料及び現地調査資料はサポート・レポート/データとしてそれぞれの地域毎にまとめられている。

第2章 調査対象地域の特徴

2.1 調査対象地域の概要

2.1.1 行政及び当該セクターの現況

「ス」国政府は、1980年代の「水と衛生の10年」による「総ての国民に安全な水を」のローガンを掲げており、2010年までに上下水道セクターの目標を達成するための年間投資額は、80億スリランカルピー（以下ルピーもしくはRs.）と見積もられている。水需要は都市化と経済成長により急激に増加し、政府は中期政策及び実行計画を打ち出した。

政府は都市域においては、プロジェクト事業費の50%、地方においては85%に相当する無償補助金の支給を開始し、有償援助については2年の据置期間を含め24年返済期間で10%の利率で資金融資を行っている。また、施設の建設と維持管理に民間企業及び地方公共団体の参入を求め、プロジェクトの持続性を高めるため、上下水道事業における適正かつ効率的な低コスト技術の導入を呼びかけている。

2.1.2 関連法規

国家上下水道公社法（1974年第2法）は、NWSDBに全国の上下水道事業を立案、管理させるために制定された。同法は既存の上下水道システムを地方公共団体からNWSDBに自発的もしくは強制的に移管させる権限を与えるものである。また、NWSDBは上下水道施設を運用し、一般需要者、受入者、政府機関、その他に上下水道サービスを行う権限を有している。NWSDBは都市、地方上下水道施設の計画、設計、工事に関して指導的立場にあり、地方に対し技術援助も行っている。

国家環境法（1980年第47法）により、中央環境庁（CEA）が設立された。CEAは、環境を保全、管理、向上させ、汚染を防止、削減、制御する責務を負っている。本法は広範な権限をCEAと省間環境評議会に与えている。CEAは、天然資源、漁場、野生生物、森林、土壌に関する施策立案の責を負っている。自然界への廃棄物の投棄・排水の放流に際しては、CEA発行の免許、承認が必要である。CEAは総てのプロジェクトのレビュー、承認を行なう。

2.1.3 関連機関

住宅・都市開発省は、住宅地域開発、埋立て、工場誘致につき全面的な管理を行っている。都市中核及びそれに付随する上水道施設を含む都市基盤施設の開発は、同省の重要な責務の1つである。同省の傘下にはいくつかの機関がある。NWSDBもその1つで、全国を5ヶ所の地域支援センター並びに数ヶ所の地域、地方事務所でカバーしている。

同省の傘下機関には他に以下のものがある。

- 国家住宅開発庁：住宅建設を担当

- 都市開発庁：社会・経済及び都市基盤施設開発計画を担当
- 町村計画局：新規町村開発計画及び事業実施を担当

健康・婦人省は衛生教育を含む国家保健計画を担当する他、以下の責務を負う。

- 健康被害を生じる恐れがある上水供給、ごみ処分、汚染防止事業の管理
- 地方の保健局に対する衛生向上プログラムの実施
- 戸別衛生施設建設の奨励

灌漑省傘下のマハウエリ開発庁はマハウエリ開発計画を担当する他、以下の責務を負う。

- 河川流域水の総合開発計画の指導
- マハウエリ川沿いのダム、堰を利用した灌漑、水力発電プロジェクトの開発
- 河川水質・水量のモニター及び河川からの取水・河川への放流の管理

環境省傘下の中央環境庁は、水質汚濁防止並びに公共用水域の水質、観測を担当している。

財務省傘下の外資局は以下の業務を担当する。

- 外資需要の予測
- 国外援助機関との調整
- 各省優先プロジェクトの無償／有償の仕分け
- 国外援助資金使途のレビュー

1993年から1994年にかけてアジア開発銀行（ADB）と米国国際開発庁（USAID）は、水資源関連セクター全体の組織強化計画の評価及び準備を行うプロジェクトを支援した。同プロジェクトにより、「総合水資源マネジメントのための組織編成と行動計画」が作成され、この行動計画実施状況を監督し、セクター内外の諸問題を解決するため、水資源評議会（WRC）が編成された。また、WRCの業務を支援するために水資源局（WRS）が設立されている。これに加え、各水資源関連セクターの長で構成される関係省庁調整委員会（ICC）が構成され、業務実施の妥当性を確認している。

2.1.4 行政組織

「ス」国における行政組織は、以下の3組織に分割される。

1. 中央組織

選出された大統領が議員の中から内閣の諸大臣（首相を含む）を任命し、各省をおさめる各次官が指名され、各省業務の管理を行なう。

2. 州組織

大統領は、州知事にも権限を与えている。現行憲法の第13修正条項により、権限と責任が政府下部レベル組織に移譲される。4年任期の州評議会議員が選出され、州議会を監督する。中央組織内体制に従い、州知事は、州評議会議員より大臣（総理大臣を含む）を任命する。

3. 地方政府組織

郡 (PS's) は1987年の法令により、設立された。郡は選任された議長に統率され、広範な権限を有している。市 (MC's) と町 (UC's) も法令により設立されており、郡と類似した権限を有している。

地区書記局 (DS) は、上記3種の行政組織のつなぎ役である。DSは自治省傘下の政府副機関として機能している。州内の地区レベルでの活動はほとんど総てDSにより管理される。同時にDSは地方政府の支援も行なう。村レベルでは、“グレマ・ニラダリ” がDSを補佐し、公共サービスを提供している。

2.1.5 ヌワラエリアの行政構成

ヌワラエリア調査対象区域は、行政的にヌワラエリア市域内にある。本調査に係わる主な行政機関は、ヌワラエリア市とNWSDBである。情報収集、協議、他省庁との調整はNWSDBを通じて行なわれた。

2.2 調査対象地域の特徴

(1) 位置

ヌワラエリアは「ス」国中央高地にあり、首都コロomboの東180kmに位置する。

(2) 地形

ヌワラエリアは「ス」国最高峰ピドルタラガラ山の麓にある丘陵地帯で、海拔1,800m～2,000mの標高にある。

(3) 土質

ヌワラエリアは、地質形態学的に高度に変化に富んだ形態をなしており、起伏の多い山岳地帯、平野部によって特徴づけられている。ヌワラエリアは、「ス」国高地集合層に属する、先カンブリア代の高粒度岩上に立地している。チャーノカイト岩が当地域で最も一般的であるが、市の西側には薄い石英岩帯も存在する。

(4) 気候

「ス」国は、3つの気候帯に分割できる。即ち、ウェット・ゾーン、中間ゾーン、ドライゾーンである。ヌワラエリアは中間ゾーンに属するが、当地の気候の最も目立った特徴は、しばしば強度の弱い降雨が発生することと、比較的気温が低いことである。ここ数年の記録によれば、気温は上昇傾向、年間降雨量は減少傾向にある。

ヌワラエリアは山岳によって遮蔽されているため、時折、山岳性の降雨に見舞われることがある。湿った雲が上空に持ち上げられ、冷却され、濃縮され、降雨を生じる。ヌワラエリアは年に200回もの降雨を記録している。通常、12月～4月を除いた月の平均降水量は150mm以上で、月平均降水量は42.1mm (3月)～263.9mm (10月)と変化が大きい。気温は

15.0℃（1月）～17.4℃。湿度は2月～4月は低い、他の月は81.2%～88.4%と非常に高い。月の平均日照時間は、3.7時間～9.9時間である。

2.3 社会・経済状況

2.3.1 概況

(1) 概要

政府の1998年までに7%の経済成長を維持するという中期目標は、民族間闘争の終焉により、はるかに容易に達成できるものとなった。この成長を維持することにより、失業と貧困を削減することが可能となろう。1989年～1994年に達成された年12%もの強力な輸出増加を維持できれば、更なる増加の推進力となるはずである。お茶が総輸出額に占める割合が20%、服飾品のそれが50%である事で分かるように、輸出増加には更なる輸出品目の多様化が必要となろう。1990年前半に落ち込んだ観光も、「ス」国が観光施設とサービスを向上させることにより付加価値を高め、観光客を引き付ければ、経済成長に大いに貢献することが出来る。

(2) 人材教育

「ス」国は現在、中収入レベル国特有の「第2世代」問題に直面している。より高い教育に対する要望は年々高まり、既に苦しい家計をさらに苦しめている。また、高年齢層の高額医療費の問題もある。政府は質・効率ともに高める目的で、教育に非常な重みを置いている。

(3) 達成目標

「ス」国の達成目標は東アジアの隣国同様、経済成長を遂げ、国民を貧困から救うことに集約される。ゴールはマクロ経済の安定性を維持することであり、政府は雇用の創生、輸入増大、人材育成そして環境保全でこれを達成しようと考えている。

民間セクターを自由競争・自由投資により刺激し、雇用に創生するのも現在の政府の重大目標の1つである。この政策転換が行なわれれば、「ス」国に対する海外援助機関からの援助が増加し、民間セクターがさらに強化され、国内都市基盤施設の改善にも支援が受けられるであろう。

2.3.2 ヌワラエリア市

1881年、ヌワラエリアの人口は1,791人であったが、その20年後（1901年）の人口は5,026人に増加した。平均年人口増加率は、3.2%である。1991年人口は25,300人まで増加している。地区の主要都市であるヌワラエリアは、急速な発展を遂げ、保健施設、教育・公共サービス、政府機関、財務組織が設置された。

市域の合計人口は1994年で、28,112人と推測されている。年間人口増加率は、1981年～1994年の間 2.7%であった。民族・宗教構成は、タミル族が55.4%と他の町と極めて異なっている。

本市では農業が最も一般的な経済活動である。紅茶農園は 279 haを占めるが、雇用人員は市の総就労員数のわずか6%である。

観光は2番目に重要な経済活動であり、町歳入の14%を担っている。一方、工業セクターは2,370人の雇用を創出しているが、収益額は歳入からの5.3%にすぎない。

中央州の他の町と比べると、本町の財政は良好といえるが、まだ十分なレベルではない。

2.4 現況及び将来土地予測

(1) 現況の土地利用

歴史的にヌワラエリアの土地利用は高地の森林と低木、中標高の沼湖とで特徴づけられる。平坦な平野には大規模庭園と政府による宅地開発用地がある。他の山地は栽培に用いられている。表 2.1に土地利用の現況を示す。土地利用上の主な変化は、低木及び荒地を野菜畑に転換したことである。

表 2.1 ヌワラエリアにおける土地利用の現況

土地 利 用	1996		1991
	面積 (km ²)	%	%
住居地域	383.2	25.5	26.0
商業地域	34.1	2.3	2.2
工業地域	8.4	0.5	0.6
公共施設	65.6	4.4	4.4
農地	230.0	15.3	14.0
レクリエーション用地	65.6	4.4	4.4
道路	154.5	10.3	10.3
侵食地	41.7	2.8	-
紅茶農園	234.0	16.0	-
空地	2.2	0.2	1.2
湖沼、河川	72.5	4.8	5.8
合 計	1,501.1	100.0	100.0
森林	209.3	13.5	15.1

(2) ゾーニング

既存開発計画には以下の3種のゾーンが含まれている

- (a) 保護ゾーン
- (b) 経済開発ゾーン
- (c) 社会・公共施設開発ゾーン

2.5 調査対象地域の財政状況

1997年のヌワラエリア市の経常予算内訳を表2.2に示す。経常歳入が、37百万ルピーであるのに対し、経常支出は33百万ルピーである。年間経常予算の37%がサービスによる売上料金、罰

金で占められている。この数値は、キャンディ市の数値と比べても悪いものではない。但し、水道事業料金は町の一般会計から分離すべきであろう。

表 2.2 1997年ヌワラエリア市予算

経常歳入内訳

(単位：1,000ルピー)

歳入内訳	一般経費	保健 サービス	土地建物	上水 サービス	アメリ ティ	福祉	計	比率 (%)
罰金、料金	9,500	0	0	3,500	0	820	13,820	37
レンタル料金	0	0	3,291	0	3,096	175	6,562	18
免許費	110	1,273	0	0	0	0	1,383	4
上水道料金	75	183	231	382	0	6	877	2
保証金	240	0	10	0	20	2	272	1
その他	2,340	0	491	5	15	495	3,346	9
無性補助金	10,100	51	0	0	500	20	10,671	29
計	22,365	1,507	4,023	3,887	3,631	1,518	36,931	
比率 (%)	61	4	11	11	10	4	100	

経常支出内訳

(単位：1,000ルピー)

支出内訳	一般経費	保健 サービス	土地建物	上水 サービス	アメリ ティ	福祉	計	比率 (%)
賃金	3,840	4,259	5,177	3,373	364	2,691	19,703	59
旅費	174	46	128	42	5	7	402	1
機器費	564	613	1,501	872	58	327	3,933	12
補修費	315	200	1,303	200	250	191	2,459	7
交通費	2,085	33	96	175	15	203	2,606	8
利率支払	0	0	0	125	25	0	150	0
補助金	268	120	143	13	62	14	619	2
年金	3,078	145	98	65	11	50	3,446	10
計	10,324	5,415	8,444	4,864	789	3,483	33,318	
比率 (%)	31	16	25	15	2	10	100	

第2部

上水道計画

第3章 現在の水供給システム

3.1 既往の水道供給システム

3.1.1 既存水供給施設

(1) 水道水源と浄水施設

1997年におけるヌワラエリアの水源水量は以下に示すように、地下水、表流水合わせて6,101 m^3 /日を記録している。

水源 (配水池)	取水量 (m^3 /日)
ハドン・ヒル	4,212
ラハース・リーフ	850
ニュー・ウォーター・フィルド	228
ビヤイアプラ	163
ガムヌ・マタ	216
ブル・ウェリー	288
シヤンティプラ	144
計	6,101

上記の他、アッパーレイクとレースコースに900 m^3 /日の地下水源がある。図3.1と表3.1に既存の水源位置と水源水量を示しているが、同表の水源水量は1998年乾期の実績であり、通年の流量計測のうち最低水量は1997年の4,730 m^3 /日である。

渇水流量の解析を行うにはデータ不足のため、既存水源の最低水量を4,730 m^3 /日と仮定する。雨期には十分な表流量があるが、これを利用するには膨大な容量の貯水池が必要となる。

(2) 送・配水施設

既存送水本管を図3.2に示す。また配水池は全11箇所（総容量3,650 m^3 ）あり、その規模は最小15 m^3 、最大1,800 m^3 （ハドン・ヒル配水池）である（図3.1参照）。

現在、ADBプロジェクトにより水道施設整備が行われており、大半は完成している状況である。

また、表3.2に示すように総延長57 kmの配水管が布設されている。

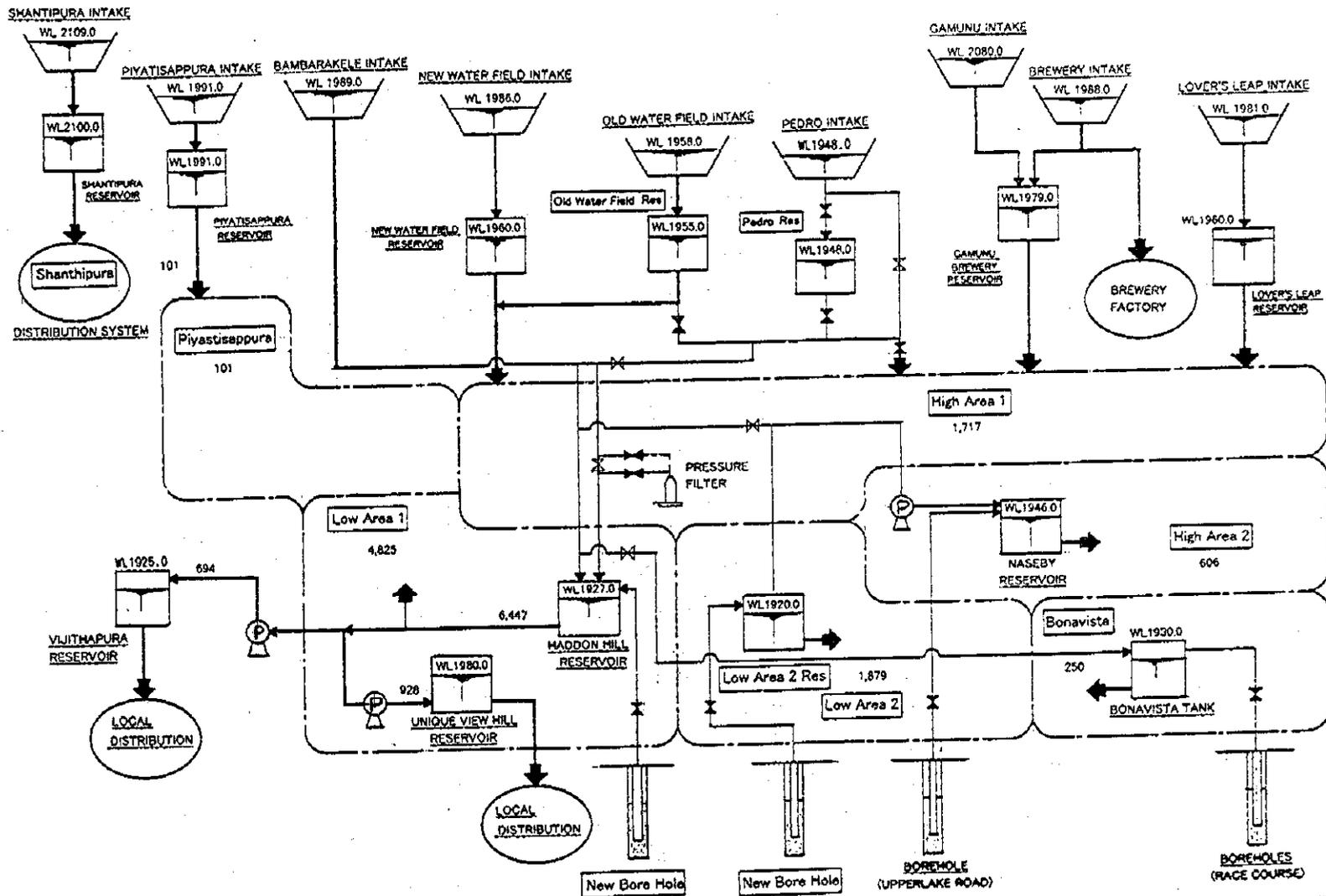


図 3.1 現況における水供給システム

表 3.1 既存水道施設の概要

水源と取水施設	能力 (m ³ /d)		水位 (m)	
	乾期	雨期	(MSL)	
1. 表流水				
Shanthipura	130	883	2,109	
Piyatisappura	147	1,080	1,991	
Old Water Field	397	3,050	1,958	
New Water Field	69	630	1,986	
Gamunu	19	670	2,080	
Brewery	251	1,710	1,988	
Pedro	890	4,277	1,948	
Lovers Leap	112	1,615	1,981	
Bambarakele	1,814	4,858	1,989	
小計	3,430	18,773		
2. 地下水				
Upper Lake Road	600	600	1,872	Nasebyへ 2井 新井戸にはポンプは設置されていない。 ポンプ仕様 0.39 m ³ /分 × 82 m × 11 kW × 1基
Race Course	300	300	1,868	Bonavistaへ 2井 砂混入のため新井戸は運転されていない。 ポンプ仕様 0.42 m ³ /分 × 80 m × 11kW × 2基 (含む予備1基)
小計	900	900		
合計	4,730	19,673		
浄水施設		能力 (m ³ /日)		
急速砂ろ過		5,976		φ2,300 (4.15 m ³ /基) × 6基 (現在3基) 240 m ³ /日 × 4.15 m ³ /基 × 6(3)基 = 5,976(2,988) m ³ /日
配水池		容量 (m ³)	水位 (MSL)	
Shanthipura		25	2,100	
Piyatisappura		190	1,991	
New Water Field		70	1,960	
Gamunu/Brewery		190	1,979	
Lovers Leap		900	1,960	
Haddon Hill		1,800	1,927	
Unique View Hill		40	1,980	
Vijithapura		40	1,925	
Naseby		190	1,946	
Bonavista		190	1,930	
合計		3,635		
ポンプ施設				
Unique View				0.54 m ³ /分 × 78 m × 15 kW × 2基 (含む予備1基)
Vijithapura				0.42 m ³ /分 × 35 m × 7.5 kW × 2基 (含む予備1基)

表 3.1 既存水道施設の概要

水源と取水施設	能力 (m ³ /d)		水位 (m) (MSL)	
	乾期	雨期		
1. 表流水				
Shanthipura	130	883	2,109	
Piyatisappura	147	1,080	1,991	
Old Water Field	397	3,050	1,958	
New Water Field	69	630	1,986	
Gamunu	19	670	2,080	
Brewery	251	1,710	1,988	
Pedro	890	4,277	1,948	
Lovers Leap	112	1,815	1,981	
Bambarakele	1,814	4,858	1,989	
小計	3,830	18,773		
2. 地下水				
Upper Lake Road	600	600	1,872	Nasebyへ 2井 新井戸にはポンプは設置されていない。 ポンプ仕様 0.39 m ³ /分 × 82 m × 11 kW × 1基
Race Course	300	300	1,868	Bonavistaへ 2井 砂混入のため新井戸は運転されていない。 ポンプ仕様 0.42 m ³ /分 × 80 m × 11kW × 2基 (含む予備1基)
小計	900	900		
合計	4,730	19,673		
浄水施設		能力 (m ³ /日)		
急速砂ろ過		5,976		φ2,300 (4.15m ³ /基) × 6基 (現在3基) 240 m ³ /日 × 4.15m ³ /基 × 6(3)基 = 5,976(2,988) m ³ /日
配水池		容量 (m ³)	水位 (MSL)	
Shanthipura		25	2,100	
Piyatisappura		190	1,991	
New Water Field		70	1,960	
Gamunu/Brewery		190	1,979	
Lovers Leap		900	1,960	
Haddon Hill		1,800	1,927	
Unique View Hill		40	1,980	
Vijithapura		40	1,925	
Naseby		190	1,946	
Bonavista		190	1,930	
合計		3,635		
ポンプ施設				
Unique View				0.54 m ³ /分 × 78 m × 15 kW × 2基 (含む予備1基)
Vijithapura				0.42 m ³ /分 × 85 m × 7.5 kW × 2基 (含む予備1基)

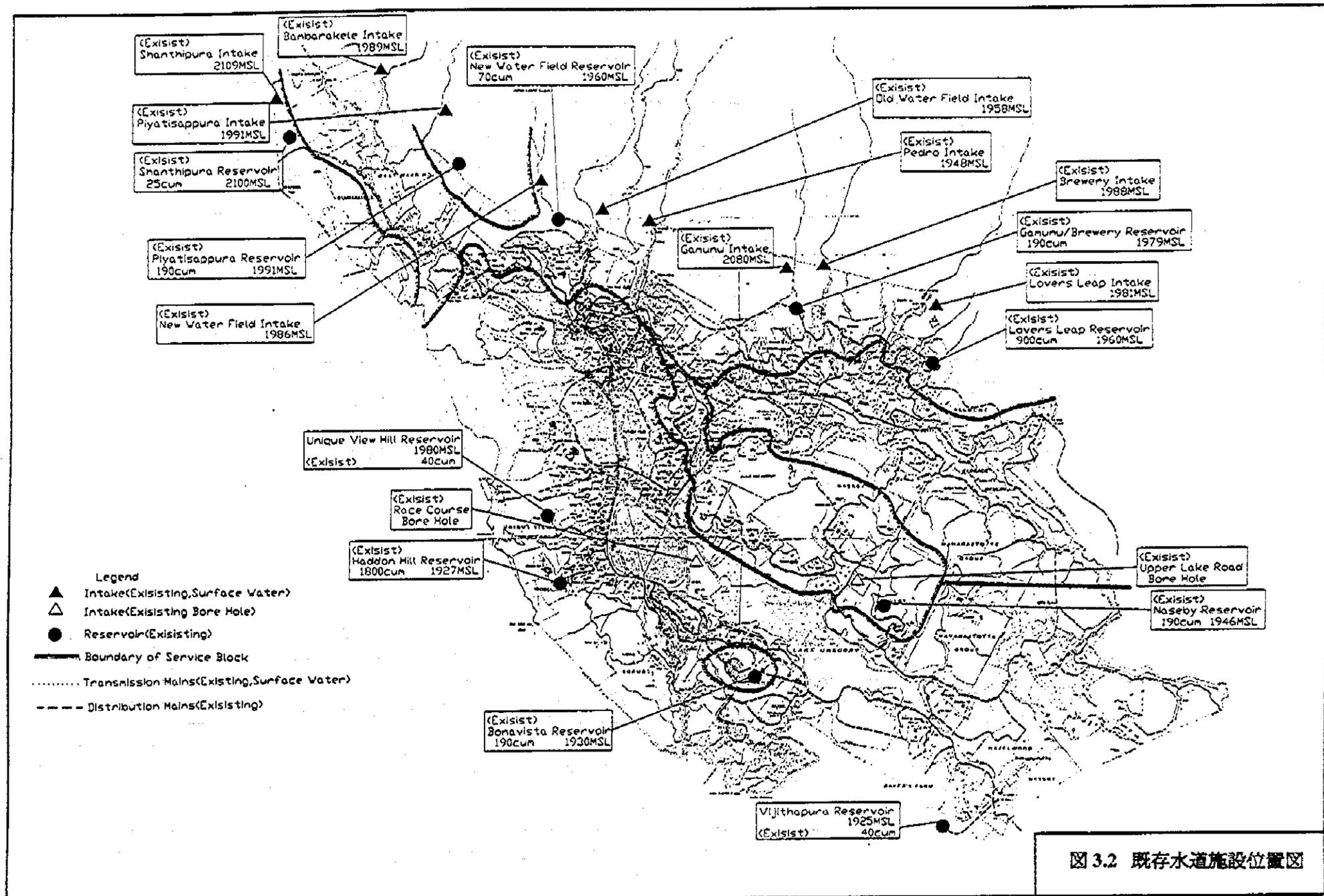


图 3.2 既存水道施設位置图

表 3.2 既設配水管延長

管材質	口径 (mm)	延長 (m)
塩化ビニル管	32	400
	50	6,000
	75	8,241
	110	2,339
	160	1,735
鋳鉄管	100	16,701
	150	14,712
	200	1,000
	225	4,615
	300	968
	350	704
合計		57,415

(3) 現在実施中の水道施設整備計画

現在、取水施設、消毒設備、井戸、送水管、配水管を整備すべく、ADBによる水道施設整備が行われており 1998年末には完了する予定である。全ての水道水が消毒され、ベドロ水源のためにろ過設備が設置された。また、将来的にラバース・リーブ水源を増強することを提案している。

3.1.2 既存水供給施設の問題点

表 3.3にまとめた既存水道施設の問題点から以下の対策を講じることとする。

- 新規水源開発
- 配水池容量の増強
- 水需要に見合った水道施設の拡張
- 無効水量の削減

表 3.3 既存水道施設の問題点

施設		問題点	対策
水源・取水施設	1. 表流水		
	Shanthipura	乾期の水量不足。表流水源は雨期の 1/7 から 1/10 に減少する。 特に、Gamunuでは1/35、Lovers' Leapでは 1/14になる。	新規水源の開発。
	Piyatisappura		
	Old Water Field		
	New Water Field		
	Gamunu	表流水取水施設は近隣の住民に洗濯、水浴に使われており、汚染されている。	取水施設下流側に洗濯、水浴施設を設ける。
	Brewery		
	Pedro		
	Lovers' Leap	水源の周囲は茶畑がひろがり、肥料、農薬による汚染が懸念される。	定期的な水質検査の実施。
	Bambarakele		
2. 地下水			
	Upper Lake Road (Naseby用)	水源の周囲は茶畑がひろがり、肥料、農薬による汚染が懸念される。	定期的な水質検査の実施。
	Race Course (Bonavista用)	砂が混入している。	井戸の詳細な検査
浄水施設	急速ろ過	設置されているが、まだ運転されていない。	
	消毒施設	各配水地に設置されているが、まだ運転されていない。	
配水池	Shanthipura	Old Water Field と Pedro 取水施設で配水池を通さず直接に配水している。そのため、需要変動への対応が難しい。	Old Water Field と Pedro 取水施設で新配水池を設置する。 将来需要水量に対する検討。
	Piyatisappura		
	New Water Field		
	Gamunu/Brewery	Unique View Hill と Vijithapura 配水池の容量が小さすぎる。	
	Lovers' Leap		
	Haddon Hill		
	Unique View Hill	Naseby 配水池はまだ使われていない。	
	Vijithapura		
	Naseby		
Bonavista			
ポンプ施設	Unique View Hill 用	特になし。	将来需要水量に対する検討。
	Vijithapura 用		
送水管		水源からの送水管の漏水。 急傾斜地や急勾配の管理道路に埋設された管路に、崩壊による損傷が起きる。	漏水の緊急補修。 管路状況に対する現場監視パトロールの強化。
配水管		無収水量が多い。	無収水量調査と適切な対策の実施。

3.2 上水道、下水道の組織、制度

(1)機能と責任の所在

ヌワラエリアでは市当局が水道事業を行っている。市当局の水道事務所は、年々増加する需要に対し水源開発、取水、配水を行う責任を有している。最近の拡張計画として 1995 年を計画目標年度とするADB のフィージビリティ調査(1989年6月)であるが、水道施設の更新、拡張は今年完了する見込みである。これらの施設はヌワラエリア市当局によって運営され予定である。市の水道施設は又、ブルエラ（行政区域外）への給水も行っている。

(2)加入者

1997年現在、3,985世帯に給水しており、この内家庭用2,785ヶ所、非家庭用1,200ヶ所となっている。1998年 7月現在、給水世帯は4,027世帯に増加し、その 93.3%が検針されている。料金改定が 1998年 6月に行われた。

(3)組織

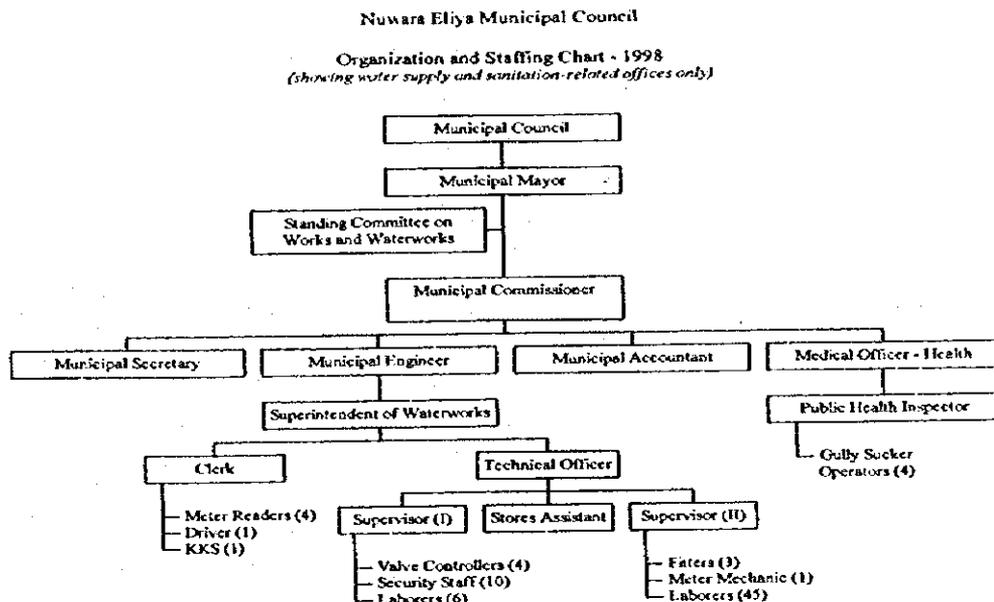


図 3.3 ヌワラエリア水道事務所の組織と要員配置 (1998年)

市議会は 10人の選出されたメンバーから構成される。幾つかの行政委員会が組織されており、これには市の行政を促進するため4人の委員出構成される建設及び水道委員会を含んでいる。この委員会は、市議会に上程する前に財政委員会と共に政策課題と将来拡張計画検討している。更に、15,000ルピーを超える支出については市議会の同意を必要としており、この市議会は毎月開催されている。

(4) 料金体系

1998年 1月以下に示す新料金体系が適用された。

表3.4 ヌワラエリア水道料金体系 (抜粋、1998年)

契約者種別	消費水量 m ³ /月				
	1-10	11-20	21-30	31-40	>40
家庭	基本料金*	Rs. 2.00/m ³	Rs. 5.00/m ³	Rs. 7.50/m ³	Rs. 10/m ³
商業	Rs. 7.50/m ³		Rs. 10.00/m ³		
工業	Rs. 12.50/m ³				

*: 1/2-Rs.5、3/4,1-Rs.10、1-1/2,2-Rs.25

(5) 職員配置と管理

1998年6月現在、職員配置表に示された81ポジションの内わずか54のポジションが任命されているに過ぎない。職員の配置密度は、1,000加入当り 13.55人である。職務分掌と給与管理政策及び手続きは、国家行政サービス政策と行政管理省が管轄する基準に準拠している。公務員の給与改定の決定に当たっては、一定の公式 (年率約5%の昇給) に従っている。これ以外には、法律によって如何なる報酬 (手当やインセンティブ) も支払われていない。

(6) 運営経費

1997年に報告された水道施設の運転費は以下のとおりである。

人件費	2,971,811.90
薬品費	190,750
動力費	85,974
資材費	1,495,324.74
計	4,743,860.64

1997年の年間収入2,763,346.45ルピーと比較すると、未収料金を補填するために市当局から年間1.98百万ルピーの補助が必要であった。1997年の歳出予算 (3,887,000ルピー)もまた超過を示した。

(7) 最近の料金改定の影響

1998年1月の料金改定は、水道事業体の財政に劇的な影響を与えた。月毎に料金収入が増加し、1997年1月から6月と1998年1月から6月を比較すると、3.64倍の増収となった。しかしながら、同期間における徴収額の伸びはわずか1.54倍に過ぎなかった。この状況から、未収料金はこれまで以上の金額で蓄積するものと予想される。この料金改定は、新規加入の数には何らの影響も生じなかった。また、平均徴収期間は、これまでの14.29ヶ月から7.65ヶ月に減少したが、これは単に毎月の請求金額が増加したことが主たる要因となっているに過ぎない。例え水道事業の資金繰りが改善されても、より一層の未収料金対策と期限内納付の促進が必要とされる。

(8) 水使用動向の分析

非家庭用水使用量は全体の28.7%に過ぎないが、料金収入の73.7%を占めている。現在適用されている料金体系では、家庭用が0.93Rs./m³であるのに対して、非家庭用は6.45Rs./m³となっている。この給水単価の開きは大きく、加入契約の分類ミスを起こしているリスクが懸念される。

(9)組織体制の評価

- 1) 相対的に給水原価が低いにも拘わらず、財務的損失を生じていることに留意する必要がある。最近の料金改定が、将来的にはこの問題を解除する手立てとなる。
- 2) 平均的家庭支出に占める水道料金は、わずかに月平均世帯収入のわずか0.8%に過ぎない（通例では3から6%である）。このことは、市民社会に対して水道事業をアピールする上での潜在的利点であることを示唆するものである。
- 3) 全体として、より一層の原価意識と顧客サービス意識を水道事務所にもたらす必要があり、料金徴収効率に対する責任意識、事業運営予算と徴収実績との緊密なリンクの認識を必要としている。大量の無収水量による財政的損失を除けば、技術的運用は相対的に適切に管理されている。
- 4) 加入者による期限内納付を推進する計画を策定し、実施する責任の所在を明らかにする必要がある。
- 5) 要員訓練として、水道事業に従事する職員の人材開発に係る系統的計画は全く用意されていない。

3.3 政策、管理及び組織関係

(1) 一般的政策

- 1) NWSDBには、本セクターに関する政策策定から事業立案、建設、維持管理、果ては料金体系設定に亙る広範な職責が課されている。NWSDBは、システム立案者であり、サービス提供者であり、利害が対立する関係者に対する審判官としての役割を有している。法制機能の実践は、料金体系、環境基準への適合性、サービス提供の適切性等の判断の適切さと公平性を保つために、外部の第三者に委ねられている。一方で、公共サービスが許容し得る基準内で提供されているかどうかを独立してモニタリングすることに誰も責任負っていないように見られる。
- 2) 資本投下が行われることによって、NWSDBが地方自治体から水道システムを取上げるのではないかとの不安が増大している。こうした懸念は、地方自治体関係者から提起されており、NWSDBによって真正面から回答されるべきものである。
- 3) ヌワラエリアにおいては、市当局が維持管理と料金設定を担っている。しかしながら、主要なリハビリを含む給水システムに関する資産の改良は、NWSDBの責務にある。
- 4) 下水道事業の妥当性
財政的健全性と下水道サービスの利用率を向上させるためには、商業利用者と高密度住宅地域の住民に下水道への接続を強制する地方法制度が必要で、地方自治体自身による政策決定によって達成されるものである。更に、下水道施設の運転費用及びその他のコスト回収政策に基づき、下水道料金を算出する手法を確立する必要がある。

(2) 組織能力関係

主要な課題は以下に示すとおりである。

- 1) 大量の無収水量
- 2) 管理されていない未収料金と納付遅延
- 3) 不適切な施設運転

3.4 水道事業の財務状況

(1) 財務状況の要約

ヌワラエリアにおける水道事業は、市の行政管理の枠組みの中で運営されている。水道事業会計は独立採算には至っておらず、現時点では適切に管理されていない無収水量に大きな改善の余地がある。

(2) 請求・徴収実績

1997年における請求総額は、1,282,086 m³の水使用量に対して3,229,301ルビーであった。これに対する徴収総額は2,260,511ルビーで、徴収率は70%であった。1997年末現在の未収料金は4,363,135ルビーで、年間請求総額の1.35倍に達するもので、適正な管理がなされていない状況である。

(3) 支出管理と予算

1997年の予算によれば、水道事業における全支出は4,864,000ルビーで、給与が69%、機器類18%、その他13%という構成であった。これに対する実支出は、4,563,135ルビーであった。コスト管理システムを確立する必要がある。

(4) 資産

資本投資計画は、運営予算とは切り離されている。1997年における年次投資額は、2,759,374ルビーであった。資産はコストに記録されており、投下資本の回収は考慮されていない。

(5) 顧客サービス

1997年現在、水道事業は3,985世帯からの加入契約を有している。

家庭用 2,785口、営業用 1,200口

量水器設置 3,721口、量水器未設置 234口

3.5 組織制度の実績

(1) 組織面での能力

用水供給における未収料金が問題の中核をなしている。これには、将来において用水供給を増大させるというNWSDBの現在の政策が大きく関わっている。

(2) 財務面での共通課題

- 1) 水道料金は、浄水コストに比べて著しく低いレベルにあり、これは家庭用料金に顕著である。この結果、浄水施設と機器に関する資本投資は、内部的資金源ではなく、外部の援助に依存するものと推察される。
- 2) 無収水量が極めて多い。
- 3) 料金徴収率が全般的に極めて低い。料金徴収業務に対するインセンティブの導入と外部委託が検討されるべきである。
- 4) 運転効率が極めて低く、財務効率も貧弱である。
- 5) 水道財政が自治体の一般財政から分離されていない。水道事業会計は分離し、企業会計の如く処理されるべきである。
- 6) 財務報告システムが改善されるべきである。
- 7) 経理処理においては、売り掛けと買い掛けの両方の帳付けによって資産と負債を明確に分別できるようにする方式を導入する必要がある。
- 8) コスト計上システムを導入し、それぞれのコスト発生要因を算出できるようにする必要がある。
- 9) 要員訓練においては、財務報告システムとコスト計上システムが導入される必要がある。

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

政策立案・施行省によるヌワラエリアのGrama Nilidhari レベルの人口データを表 4.1に示す。

表 4.1 ヌワラエリアの人口実績 (1993年)

Grama Nilidhari	市街地	農村部	住宅団地	合計
No.535 Nuwara Eliya	1,066	0	0	1,066
No.535A Mahagastota	1,895	0	0	1,895
No.535B Kalukele	1,279	0	0	1,279
No.535C Kellegala	2,049	0	0	2,049
No.535D N' Eliya Central	0	3,962	0	3,962
No.535E Sandathenna	0	2,407	0	2,407
No.535F Hawa Eliya West	1,721	0	0	1,721
No.535G Hawa Eliya North	2,076	0	0	2,076
No.535H Hawa Eliya East	1,641	0	0	1,641
No.535I Buluela	0	1,981	0	1,981
No.535J Toppass	0	0	2,285	2,285
No.535K Bambarakele	1,586	522	0	2,108
No.535L Nuwaraeliya West	1,946	0	0	1,946
No.535M Shanthipura	0	1,588	0	1,588
No.535N Kalapura	0	2,770	0	2,770
合計	15,259	13,230	2,285	30,774

ブルエラ地区は市には属さないが、現在、ヌワラエリア市水道事業所より給水されているため本調査の対象地域に含める。

調査対象地域の将来人口を表 4.2に示しておりUDA¹が設定した人口増加率に基づいたものである。これより将来人口は 2015年に 42,867人、2020年に 45,000人と予測される。

¹ Urban Development Plan Nuwara Eliya, Urban Development Authority, 1997

表 4.2 ヌワラエリアの計画人口

Grama Nilidhari	人 口					
	1997	2000	2005	2010	2015	2020
No.535 Nuwara Eliya	1,186	1,285	1,436	1,574	1,703	1,844
No.535A Mahagastota	2,108	2,284	2,552	2,797	3,028	3,278
No.535B Kalukele	1,423	1,541	1,723	1,888	2,044	2,213
No.535C Kellegala	2,279	2,469	2,760	3,025	3,274	3,545
No.535D N°Eliya Central	4,408	4,774	5,336	5,848	6,331	6,854
No.535E Sandathenna	2,678	2,900	3,242	3,553	3,846	4,164
No.535F Hawa Eliya West	1,915	2,074	2,318	2,540	2,750	2,977
No.535G Hawa Eliya North	2,309	2,502	2,796	3,064	3,317	3,592
No.535H Hawa Eliya East	1,826	1,977	2,210	2,422	2,622	2,839
No.535I Buluela	2,204	2,387	2,668	2,924	3,166	3,427
No.535J Toppass	2,542	2,753	3,077	3,373	3,651	3,953
No.535K Bambarakele	2,345	2,540	2,839	3,112	3,369	3,647
No.535L Nuwaraeliya West	2,165	2,345	2,621	2,872	3,110	3,367
No.535M Shanthipura	1,767	1,914	2,139	2,344	2,538	2,747
No.535N Kalapura	3,081	3,338	3,731	4,089	4,427	4,792
合計	34,235	37,083	41,447	45,425	49,178	53,240
人口増加率(%/年)	2.7	2.7	2.25	1.85	1.6	1.6
普及率 (%)	73	73	82	86	90	94
供給人口	24,991	28,600	33,800	39,100	44,300	50,000

4.1.2 計画給水人口

ヌワラエリアでは過去の調査²において専用栓1栓当たり平均5.7人、公共栓1本当たり平均70人の給水人口を見込んでいた。これより、現時点の給水人口を以下のように推定した。

専用栓数	3,936
公共栓数	45
給水人口	
専用栓	22,435
公共栓	3,150
計	25,585
普及率 (%)	73
給水普及率 (%)	
専用栓	88
公共栓	12

本調査では調査対象区域内の普及率(=給水人口/総人口)が現在の73%から2015年に90%、2020年に94%に増加すると仮定した。表4.2に示すように給水人口は44,300人、2020年に50,000人に増加すると見込まれる。

² Feasibility Study for Nuwara Eliya Water Supply, M. MacDonald & Partners, 1989

4.2 計画値

4.2.1 水量原単位

乾期の供給量には限りがあるので渇水の年の使用水量を基にして水量原単位を推定することは適当ではない。湿潤な年であった1995年、深刻な渇水のあった1997年及び平均的であった1994年の有収水量を比較すると表4.3のとおりである。

表 4.3 ヌワラエリアの有収水量

月	有収水量(m ³ /月)		
	1994	1995	1997
1月	112,013	120,183	104,607
2月	138,917	119,190	90,650
3月	123,802	118,106	86,345
4月	113,205	119,221	85,650
5月	108,057	115,141	104,106
6月	102,245	111,719	108,008
7月	104,029	115,238	110,474
8月	102,305	118,557	111,612
9月	107,398	118,144	131,315
10月	104,759	112,789	109,064
11月	112,771	115,092	102,972
12月	138,663	122,417	137,342
計	1,368,164	1,405,797	1,282,145
月平均	114,014	117,150	106,845

1994年や1995年の乾期(12月～3月)のように十分な河川流量がある場合には使用水量が増加し、1997年のような渇水の年は使用水量が減少する。ヌワラエリアの水使用記録によれば給水栓の約70%に量水器が設置されており有収水量が実際の水使用量を正確に反映していると考えるのが妥当である。これまでも1995年データは現在の水使用パターンを推定するのに用いられてきている。1995年データと専用栓が3,936栓であることを基に全ての用途を包含した1栓当たり平均使用水量は978 l/栓、151 lpcdということになる。この水量原単位のうち約71%(107 lpcd)が家庭用であり残り44 lpcdが業務営業用である。

将来の使用水量原単位に影響する要因は観光人口、料金体系、公共栓の廃止、生活レベル、家庭菜園等数多い。

4.2.2 観光

ヌワラエリアは4月が観光シーズンであり、毎年100,000人もの観光客が訪れる。既にホテルに375室、ゲストハウスルームが375ある。現在新たにいくつかのホテルが建設中で1年以内に約200室増加する。満室で1室当たり2名と仮定すれば1,900人となる。

市の資料によれば日帰り客2,000人より、ピーク時には合わせて3,900人が訪れることになる。観光客は近い将来実質的に5,000人程度まで増加するであろう。

ピーク時の観光客による水使用量はホテルとゲストハウスで 150 lpcd、日帰り客で 50 lpcd と推定し、観光客による使用水量は 390m³/日、もしくは 1日平均使用水量の 10%増となる。また施設計画にあたって適切な時間係数をとらなければならない。

4.2.3 料金体系

1998年1月より料金体系が改定され、特に大口需要者には大幅な値上げとなる。以下に改定前後の料金体系を掲げる。

使用料 (m ³ /月)	1998年1月	1990年
0-10	基本料金に含まれる	
11-20	Rs. 2.00/m ³	Rs. 0.50/m ³
21-30	Rs. 5.00/m ³	Rs. 0.50/m ³
31-40	Rs. 7.50/m ³	Rs. 1.00/m ³
41-50	Rs. 10.00/m ³	Rs. 1.00/m ³
51-80	Rs. 12.50/m ³	Rs. 1.00/m ³
Over 80	Rs. 12.50/m ³	Rs. 2.50/m ³

基本料金 口径(インチ)	月額料金 (Rs./月)	
	1998年1月	1990年
1/2	5	5
3/4	10	7.5
1	10	10
1-2/2	25	20
2	25	25

上記に示すように従来の 4倍～ 10倍の値上げであり、ある程度使用水量の減少を招くであろうが、その程度を推定するのは困難である。料金改定により使用水量が顕著に減少した例もある。前回の料金改定が 8年前であったこと、その間、インフレーション傾向にあったことを考えればさほどのインパクトはないかもしれない。NWSDBの経験 (3～4倍の値上げ) では当初かなりの使用水量の減少をみたが、その後回復する傾向にある。とはいえ、ヌワラエリアでは大幅な値上げにより使用水量は減少するであろう。

4.2.4 公共栓の廃止

ヌワラエリアでは、近年、公共栓を 60から 45に減らし、近い将来全廃する計画である。公共栓の利用者は小川や浅井戸を使用するかまたは専用栓をもつ需要家からの購入を余儀なくされる。仮に現在の公共栓利用者が全て専用栓をもつ需要家から購入するとすれば無収水量は 2～ 3%まで減少するであろう。

4.2.5 生活レベル

経済成長により収入が増加するとともに水量原単位も増加する傾向にある。ある事例では生

活レベルの向上により 10年間で 5～10 lpcdの増加を示した。

4.2.6 家庭菜園

過去の調査には使用水量の大半（使用水量の 2/3）が家庭菜園の使用量であったと報告しているものがあるが、月別に使用水量を検証するとそのようなことはありそうにない。乾期の使用水量は増加するが増加の比率は 10～20%である。増加量のほとんどは水使用のピークと観光シーズンが重なるなどしたためである。

家庭菜園をもつ 37世帯をサンプルとする調査結果では13%ほどが家庭菜園の使用水量であった。無作為に抽出した 200世帯を対象とした調査ではそのうちの 47.4%が家庭菜園に水道水を使用していた。これらを勘案すると総使用水量の約 6%が家庭菜園に使用されている。

4.3 計画原単位

これまで述べてきたことにより、現在の水量原単位に影響する要因は相対的に影響が小さいか相殺するものである。これらからは将来の水量原単位が増加するのか減少するのか判断材料にはならない。したがって将来の需要水量は現在の水量原単位を基に設定する。

4.4 無効水量 (NRW)

表 4.4に示すように 1997年の有効水量が 1,282,145 m³ (3,513 m³/日)、配水量が 2,946,691 m³ (8,073 m³/日) により 56%が無効水量である。たとえ水道施設の老朽化があったとしても許容範囲を越えている。本調査では 2015年までに無効率を 25%に削減する対策を講じる。

表 4.4 ヌワラエリアにおける無効水量

月	生産量 (m ³ /月)	請求水量 (m ³ /月)			NRW (%)
		家庭用	非家庭用	合計	
1月	247,566	74,272	30,335	104,607	58
2月	160,188	64,538	26,112	90,650	43
3月	134,137	60,837	25,508	86,345	36
4月	120,930	63,032	22,618	85,650	29
5月	245,520	74,563	29,543	104,106	58
6月	285,750	76,438	31,570	108,008	62
7月	295,275	78,608	31,866	110,474	63
8月	295,275	79,399	32,213	111,612	62
9月	285,750	92,180	39,135	131,315	54
10月	295,275	79,090	29,974	109,064	63
11月	285,750	74,384	28,588	102,972	64
12月	295,275	95,978	41,364	137,342	53
計	2,946,691	913,319	368,826	1,282,145	56

4.5 計画給水量

これまでに述べた資料と仮定により得られた 2020 年までの計画給水量を表 4.5 に示す。

表 4.5 ヌワラエリアにおける計画給水量

項 目		1997	2000	2005	2010	2015	2020
人 口	総人口	32,235	37,083	41,447	45,425	49,178	53,240
	給水率 (%)	73	77	82	86	90	94
	給水人口	24,991	28,600	33,800	39,100	44,300	50,000
単位水量 (lpcd)		107	107	107	107	107	107
需要水量 (m^3 /日)	家庭用	2,674	3,066	3,624	4,192	4,749	5,361
	非家庭用	1,043	1,253	1,480	1,712	1,940	2,189
	小 計	3,717	4,319	5,104	5,904	6,689	7,550
	NRW 率 (%)	56	56	40	33	25	25
	NRW	4,731	5,496	3,402	2,908	2,230	2,517
	合 計	8,448	9,815	8,506	8,812	8,919	10,067
水量原単位 (除く NRW, lpcd)		151	151	151	151	151	151
水量原単位 (含む NRW, lpcd)		338	343	252	225	201	201

第5章 上水道施設整備基本計画

5.1 計画の基本方針

ヌワラエリアにおける長期的な水道施設整備計画の基本方針は以下のとおりである。

- 取水から配水までの施設整備は 2015 年を計画目標年度とし、無収水量削減のための既設配水管の改修費用を考慮する。
- 乾期においても 1日 24時間給水とする。
- 既存の水源は存続させ適切な維持管理を行う（表流水源は雨期には十分な水量を有し、また、乾期にあっても計画給水量の概ね半分程度の水量を有している）。
- 既存の送水施設は表流水の有効利用を目的とした整備、また、配水施設は無収水量削減をも考慮した適切な配水圧を得るために整備を行う。

5.2 施設計画の設計条件

5.2.1 水源

(1) 既存水源の状況

降雨量の多い年は問題ないようであるが、渇水年にはしばしば水量不足を生じている。1997年渇水の際の表流水源水量は表 5.1 に示すように最小で $4,031\text{m}^3/\text{日}$ であり、過去 10 年の降雨量実績によれば既存表流水源水量は $3,300\text{m}^3/\text{日}$ 程度と推定される。従って確実に取水可能な水源水量は既存地下水源 $900\text{m}^3/\text{日}$ を含めても約 $4,200\text{m}^3/\text{日}$ である。即ち、わずか 72lpcd （=無収水量を除外した有効水量を現在の給水人口で除した原単位、 $4,200\text{m}^3/\text{日} / 25,585\text{人} \times 0.44$ ）しか供給できない。十分に給水できる雨期の需要から想定すると、必要開発水量は表 5.2 に示すように $6,500\text{m}^3/\text{日}$ と算定される。また、図 5.1 に需要と供給の関係を示す。

(2) 新規水源開発

新規に開発可能と考えられるものに以下の 3 水源がある。

- ジャヤランカ付近の小河川
- 既存バンバラケレ水源
- 地下水

以下に示した開発可能水量は、ごくわずかしかな測定結果を基に降雨量、流出係数、蒸発率を参考に試算したものであり、河川流量の実測値に基づく解析ほどの信頼性がないことに注意を要する。

主要施設等の概要、諸元を表 5.3 に示す。

表 5.1 ヌワラエリアにおける表流水源水量実績 (1997)

Month	Hadden Hill (l/s)	Lovers Leap (l/s)	Camunu Mawata (l/s)	Piyatissa Pura (l/s)	New Water Field (l/s)	(l/s)	Total (cu m/d)
Jan	65.883	9.807	5.887	8.098	2.650	92.325	7,977
Feb	44.763	8.924	4.074	6.568	1.890	66.219	5,721
Mar	34.104	7.306	1.390	4.631	2.650	50.081	4,327
April	31.624	3.559	6.228	3.559	1.680	46.650	4,031
May	76.660	6.568	3.080	1.290	4.074	91.672	7,920
June	76.660	4.074	22.357	3.080	4.074	110.245	9,525
July	76.660	4.074	22.357	3.080	4.074	110.245	9,525
August	76.660	4.074	22.357	3.080	4.074	110.245	9,525
Sept	76.660	4.074	22.357	3.080	4.074	110.245	9,525
Oct	76.660	4.074	22.357	3.080	4.074	110.245	9,525
Nov	76.660	4.074	22.357	3.080	4.074	110.245	9,525
Dec	76.660	4.074	22.357	3.080	4.074	110.245	9,525
Total	789.654	64.682	177.158	45.706	41.462	1118.662	

注) 雨期は送水管能力で制限される。

表 5.2 ヌワラエリアにおける必要開発水量

項目	水量 (m ³ /日)
(a) 一日平均需要水量	8,919
(b) 一日最大需要水量 (a x 1.2)	10,700
(c) 既存水源乾期取水可能水量	4,200
(d) 必要開発水量 (b-c)	6,500

図 5.1 需要量と供給量の関係

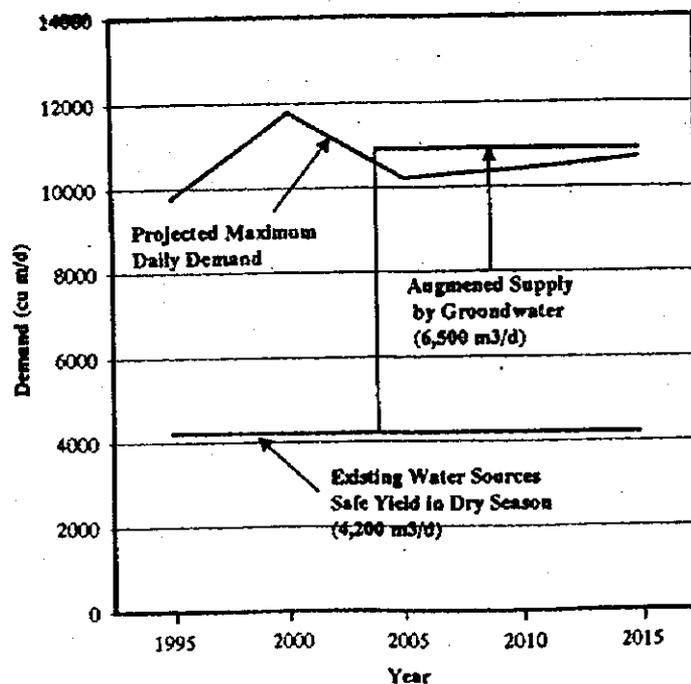


表 5.1 ヌワラエリアにおける表流水源水量実績 (1997)

Month	Hadden Hill (l/s)	Lovers Leap (l/s)	Gomunu Mawata (l/s)	Piyatissa Pura (l/s)	New Water Field (l/s)	(l/s)	Total (cu m/d)
Jan	65,883	9,807	5,887	8,098	2,650	92,325	7,977
Feb	41,763	8,924	4,074	6,568	1,890	66,219	5,721
Mar	34,101	7,306	1,390	4,631	2,650	50,081	4,327
April	31,624	3,559	6,228	3,559	1,680	46,650	4,031
May	76,660	6,568	3,080	1,290	4,074	91,672	7,920
June	76,660	4,074	22,357	3,080	4,074	110,245	9,525
July	76,660	4,074	22,357	3,080	4,074	110,245	9,525
August	76,660	4,074	22,357	3,080	4,074	110,245	9,525
Sept	76,660	4,074	22,357	3,080	4,074	110,245	9,525
Oct	76,660	4,074	22,357	3,080	4,074	110,245	9,525
Nov	76,660	4,074	22,357	3,080	4,074	110,245	9,525
Dec	76,660	4,074	22,357	3,080	4,074	110,245	9,525
Total	789,654	64,682	177,158	45,706	41,462	1118,662	

注) 雨期は送水管能力で制限される。

表 5.2 ヌワラエリアにおける必要開発水量

項目	水量 (m ³ /日)
(a) 一日平均需要水量	8,919
(b) 一日最大需要水量 (a x 1.2)	10,700
(c) 既存水源乾期取水可能水量	4,200
(d) 必要開発水量 (b-c)	6,500

図 5.1 需要量と供給量の関係

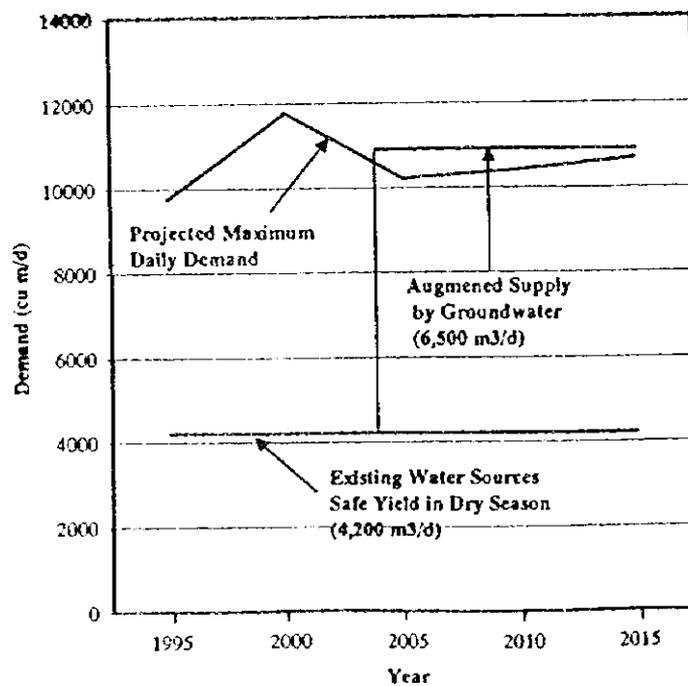


表 5.3 貯留施設の諸元

項目	ジャヤランカ	バンバラケレ
水表面積 (ha)	20.0	6.2
集水域面積(ha)	568	220
貯水容量 (m ³)	2,100,000	550,000
有効貯水容量 (m ³)	1,575,000	412,500
ダム長 (m)	270	220
水位 (海拔)		
低水位	1,920	1,940
高水位	1,940	1,960
開発可能水量 (m ³ /日)	5,950	4,200

開発水量の大きいジャヤランカ水源は流域内に広大な農園があり、肥料、農薬使用の問題がある。農地取得に1ヘクタール当たり 5,000,000ルピー程度を要すると想定され、水没地区、ダムサイト等に 150,000,000ルピー近い費用がかかる。また、水源保全や近隣住民への賠償も必要となる。

貯水池を建設することにより、バンバラケレ水源は 4,200 m³/日の開発水量が見込まれるが、その一部は既に利用されている。1997年の最小水量 1,650 m³/日の記録を更に過去10年の降雨量実績に基づき補正して得られる最小水量 (1997年 1,650 m³/日の17%低減) は1,400 m³/日である。このため、2,800 m³/日の追加取水可能量が得られることになる。

バンバラケレ水源は細菌等の人為汚染があり、対策の一つとして送水管途中にろ過設備を設置する計画が進行中である。

ヌワラエリアの水理地質資料には限りがあり、地下水賦存量を正確に把握することは困難であるが、この地域の専門家の中では将来の不足水量 (約6,500 m³/日) に見合うだけの取水は不可能であろうとのコンセンサスがあった。しかし、本調査で実施した電気探査と試験井の揚水試験結果は井戸1本当たり約 1,000 m³/日の取水が可能であること示している。

水量 1m³当りの開発費用は、地下水開発の場合は17.8ルピー、ジャヤランカ水源開発では44.6ルピー、バンバラケレ水源開発では75.4ルピーと見込まれた。3案を比較すると、地下水開発が最も経済的であり、新規開発水源として地下水が適切と結論される。

5.2.2 水質

(1) 水質の現況

表流水源としてバンバラケレ、シャンティブラ、ベドロ、オールド・ウォーター・フィールド、ニュー・ウォーター・フィールド、ピヤティサブラ、ガムヌ、ブルーウェリー、ラバース・リーブの9つの水源がある。表流水源水質はpH、アンモニア、大腸菌群数、糞便性大腸菌群数を除いてスリ・ランカの飲料水水質基準を満足しており、既存の地下水源についても同様である。

一方、本調査で掘削した地下水試験井では全ての水質項目について同水質基準を満足している。

(2) 浄水方法と対策

水質試験結果から塩素処理のみで対応し、塩素剤の注入点は各配水池とした。

万一、表流水源水質が飲料水水質基準を満足しない場合は以下の対策を講じる。

- 水質の悪化した水源は取水停止とする。
- 良好な水質の水源からの融通
- バンバラケレ、オールド・ウォーター・フィールド、ベドロ水源が高濁度の際は既存の過設備の利用

5.2.3 送・配水施設

(1) 流量公式

管路計画に用いる流量公式：ヘーゼン・ウィリアムズ公式

最大流速：2.0 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) 送水管

材質： 250 mm以上の場合、ダクタイル鋳鉄管 (DIP)、鋼管 (SP)
250 mm未満の場合、塩化ビニル管(uPVC)

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) 配水管

材質： 250 mm以上の場合、ダクタイル鋳鉄管 (DIP)
250 mm未満の場合、塩化ビニル管(uPVC)

時間係数： 2.0 (一日平均給水量に対する倍率)

最小動水頭： 10 m(時間最大給水量の場合)

配水池の有効容量： 1日最大給水量の 6 時間分以上

5.3 既存水道施設の問題点と対策

5.3.1 問題点と対策

最も大きな問題は乾期における水需給の逼迫である。既存水源の取水可能量は乾期と雨期で大きく異なり、雨期の取水可能量約 20,000 m³/日に対して、乾期の取水可能量は 4,200 m³/日に減少する。表 5.4、5.5 は 2005 年と 2015 年の給水ブロック別水需給バランスを示したものである。

表 5.4 給水ブロック別需要水量、水源水量、及び必要配水池容量 (2005年乾期)

No.	給水ブロック	2005 日平均 需要水量 ($m^3/日$)	2005 日最大 需要水量 A ($m^3/日$)	水源			配水池							
				名称	水量 B ($m^3/日$)	差 C=B-A ($m^3/日$)	新施設	名称	所要容量 D=6/24*A (m^3)	既存容量		差 G=E-D (m^3)	新施設	
										E (m^3)	F (時間)			
1	Shanthipura	-	-	Shanthipura	-	-		Shanthipura	-	-	-	-		
2	Piyatisappura	78	94	Piyatisappura	255	161		Piyatisappura	23	190	48.7	166.6		
3	High Area 1	Old Water Field	303	363	Old Water Field	290	-73		新 Old Water Field	91	0	0.0	-90.9	100 m^3 新規必要
		New Water Field	53	63	New Water Field	120	57		New Water Field	16	70	26.6	54.2	
		Gamunu	15	18	Gamunu	19	1		Gamunu/Brewery	62	190	18.4	128.1	
		Brewery	192	230	Brewery	428	198							
		Pedro	680	815	Pedro	651	-164		新 Pedro	204	0	0.0	-203.8	220 m^3 新規必要
	Lovers Leap	86	103	Lovers Leap	255	152		Lovers Leap	26	900	209.9	874.3		
	小計	1,328	1,592		1,763	171				1,160				
4	Low Area 1	Haddon Hill	3,731	4,474	Bambarakele	1,327	-4,651		Haddon Hill	1,119	1,300	9.7	681.5	
		Unique View	718	861					Unique View	215	40	1.1	-175.1	200 m^3 増強必要
		Vijithapura	537	644					Vijithapura	161	40	1.5	-120.9	140 m^3 増強必要
		小計	4,985	5,978		1,327	-4,651	新井戸×5井			1,880			
5	Low Area 2	1,453	1,742		0	-1,742	新井戸×2井	新 Low Area 2	436	0	0.0	-435.6	470 m^3 新規必要	
6	High Area 2	469	562	Upper Lake Road Bore Hole	600	38		Naseby	140	190	8.1	49.5		
7	Bonavista	193	232	Race Course Bore Hole	300	68		Bonavista	58	190	19.7	132.0		
	合計	8,506	10,200		4,245	-5,955				3,610	3.5			

表 5.5 給水ブロック別需要水量、水源水量、及び必要配水池容量 (2015年乾期)

No.	給水ブロック	2005 日平均 需要水量 (m ³ /日)	2005 日最大 需要水量 A (m ³ /日)	水源			配水池							
				名称	水量 B (m ³ /日)	差 C=B-A (m ³ /日)	新施設	名称	所要容量 D=6/24*A (m ³)	既存容量		差 G=E-D (m ³)	新施設	
										E (m ³)	F (時間)			
1	Shanthipura	-	-	Shanthipura	-	-		Shanthipura	-	-	-	-		
2	Piyatisappura	82	101	Piyatisappura	255	154		Piyatisappura	25	190	45.1	164.8		
3	High Area 1	Old Water Field	318	392	Old Water Field	290	-102		新 Old Water Field	98	0	0.0	-98.1	100m ³ 新規必要
		New Water Field	55	68	New Water Field	120	52		New Water Field	17	70	24.6	53.0	
		Gamunu	15	19	Gamunu	19	0		Gamunu/Brewery	67	190	17.1	123.3	
		Brewery	201	248	Brewery	428	180							
		Pedro	713	879	Pedro	651	-228		新 Pedro	220	0	0.0	-219.8	220m ³ 新規必要
		Lovers Leap	90	111	Lovers Leap	255	144		Lovers Leap	28	900	195.2	872.3	
	小計	1,392	1,717		1,763	46				1,160				
4	Low Area 1	Haddon Hill	3,912	4,825					Haddon Hill	1,206	1,800	9.0	593.8	
		Unique View	752	928	Bambarakele	1,327	-5,120		Unique View	232	40	1.0	-192.0	200m ³ 増強必要
		Vijithapura	563	694				Vijithapura	174	40	1.4	-133.5	140m ³ 増強必要	
	小計	5,227	6,447		1,327	-5,120	新井戸×5井			1,880				
5	Low Area 2	1,524	1,879		0	-1,879	新井戸×2井	新 Low Area 2	470	0	0.0	-469.8	470m ³ 新規必要	
6	High Area 2	491	606	Upper Lake Road Bore Hole	600	-6		Naseby	152	190	7.5	38.5		
7	Bonavista	203	250	Race Course Bore Hole	300	50		Bonavista	63	190	18.2	127.5		
	合計	8,919	11,000		4,245					3,610	7.9		需要水量を 11,000m ³ /日とする。	
		8,919	8,919×1.2 = 10,703		4,245	-6,458								

もうひとつの問題は給水区域内に配水圧が過大または過小な地区が存在することである。以上から本計画の目標を次のとおりとする。

- 水源開発と水の有効利用
- 適正な配水圧の確保
- 減・断水の削減
- 地下水源の保全

具体策を示すと次のとおりである。

- (1) 給水ブロックの構築
- (2) 地下水開発
- (3) 配水管網の改善
- (4) 送水管の新設
- (5) 配水池の新設、増設
- (6) 漏水対策

また、各対策とそれらにより期待できる効果を表 5.6 に示す。

表 5.6 対策と期待できる効果

対策 \ 期待効果	水源増強と有効利用	適正水圧	断・減水の減少	地下水保全
給水ブロックの構築	○	○	△	
地下水開発	○		△	
配水管網の改善		○	○	
送水管の新設				○
配水池の新設、増設		○	○	
漏水対策	○		○	

凡例：○ - 直接有効 △ - 間接有効、一部有効

5.3.2 給水ブロックの策定

(1) 目的

無収水量率が 1995年において56%と大きく、無収水量を減少させ、水の有効利用を図ることが重要な対策となる。

一般に無収水量には漏水と盗水があるが、目下のところそれらの構成比は不明である。仮に無収水量の大部分を漏水が占めるならば、給水区域をブロック化し、地形に起因する配水圧の不均衡を適正なものとすることにより、漏水量の削減、水の有効利用を図ることができる。このようなことから、本調査では地盤高の差異を考慮した給水ブロックの再構築を行うとともに、各給水ブロックに各々配水池を設けることとした。ただし、給水区域のブロック化のみにより漏水を削減できる訳ではなく、漏水箇所の調査・補修も併せて実施されなければならない。

(2) 給水ブロック化の具体策

ヌワラエリアの給水区域は、その周囲を山岳に囲まれた海拔 1,860~1,940 mの地域である。ADBの定めた計画では6給水ブロックに分割されているが、実際にはいくつかの連絡バルブが開放されており4給水ブロックとなっている。

ADBの給水ブロックも基本的には地盤高の高低を考慮した分割であるが、本調査で乾期の水源水量の見直しと新規地下水源開発計画を考慮のうえ、給水ブロックの再構築を行ったものである。給水ブロック策定にあたっての着目点は以下の通りである。

- 1) 各給水ブロックの漏水量を削減する観点から、各地点における静水頭を5 kg/cm²程度以下に抑える。
- 2) 乾期の水源水量を考慮する。
- 3) 取水及び配水施設の位置を考慮する。

本調査において策定した7給水ブロック(図 5.2参照)は以下の通りである。

- 1) シャンティプラ・ブロック
- 3) 高区1
- 4) 高区2
- 5) 低区1
- 6) 低区2
- 7) ボナビスタ・ブロック

5.3.3 地下水開発

ヌワラエリアにおける最も深刻な問題は乾期における水源水量の不足である。既存の表流水源水量には限界があり、2015年の需要に対して約6,500 m³/日不足する。

新規表流水源開発には経済的困難を伴うこともあり、本調査では試験井を設け、揚水試験を実施することにより地下水開発の可能性について探った。

水理・地質調査の結果、グレゴリー湖沿い及びバラック・ブレインズ貯水池沿いの南東から北西方向に顕著な断層が存在することが認められ、地下水取水位置はこれら破碎帯上で送水先の配水池に近い位置に求めることとした(図 5.3 参照)。取水量は井戸1井当たり約1,000 m³/日を見込んだ。尚、井戸の詳細な位置の決定は実施設計段階において行う。

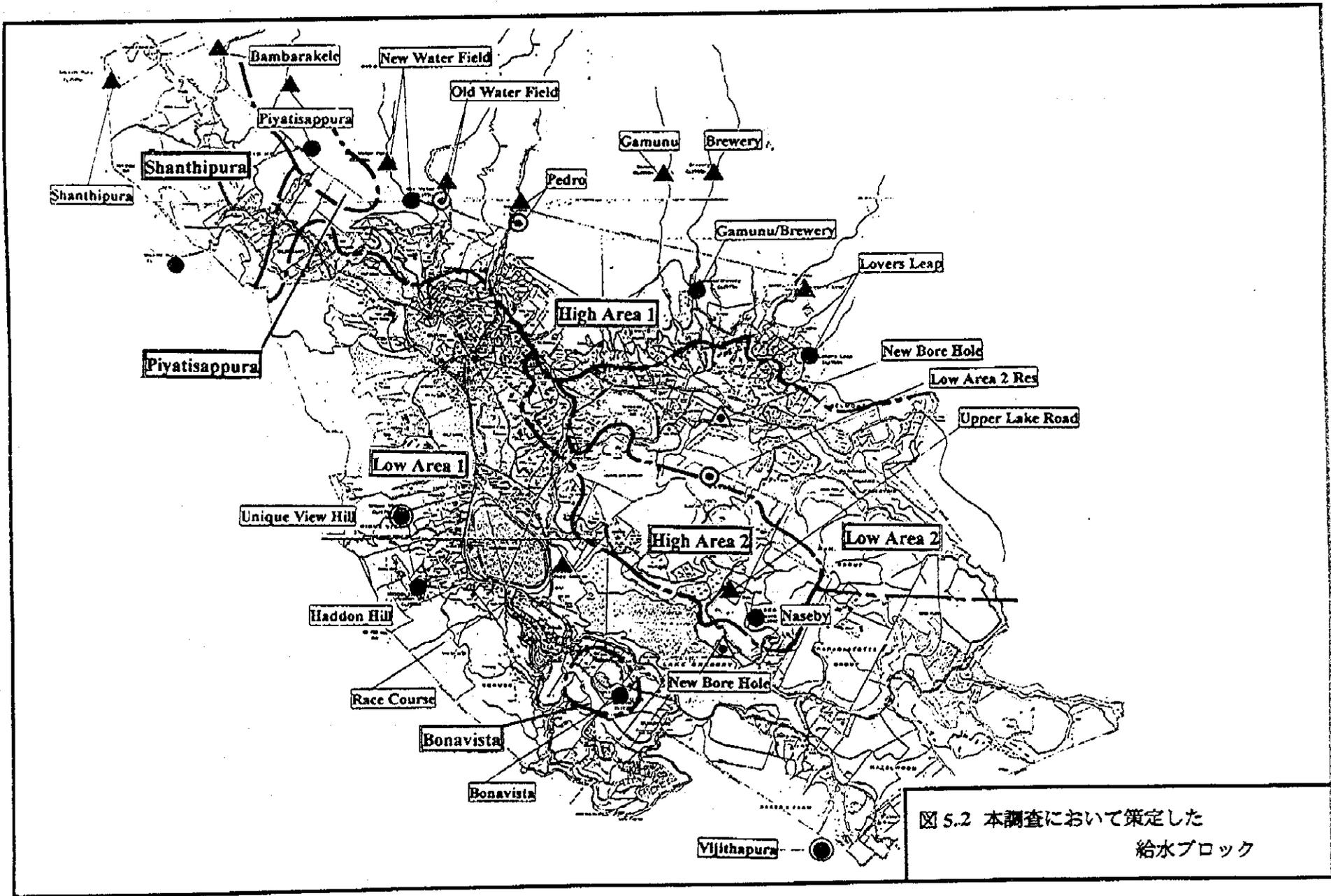


図 5.2 本調査において策定した
給水ブロック

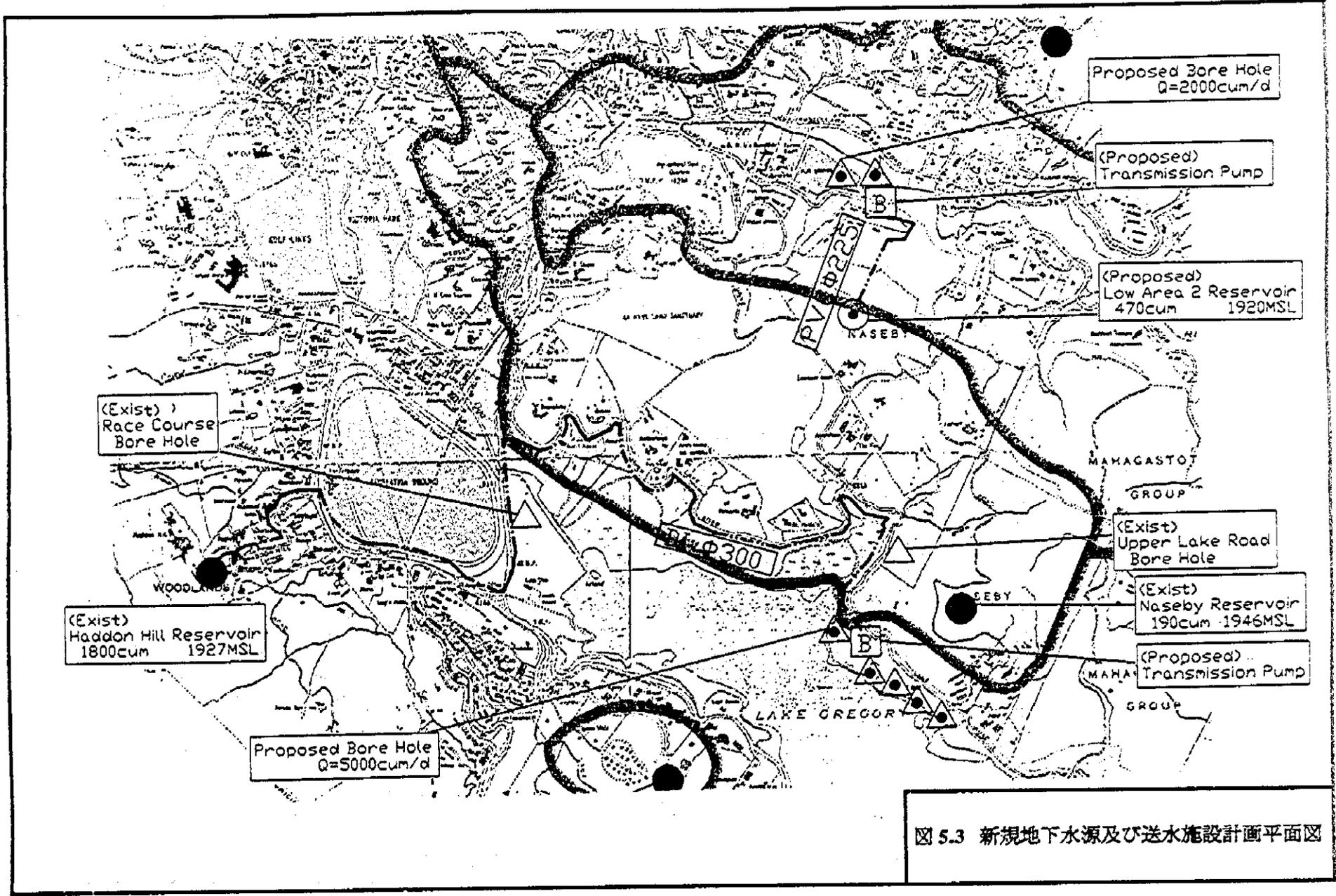


図 5.3 新規地下水源及び送水施設計画平面図

5.3.4 送水施設整備計画

(1) 送水方法

表流水源水量の豊富な雨期においては自然流下による表流水源を最大限に利用することにより、地下水揚水による電力料の削減と地下水源の保全が可能となる。

表流水源の利用は送水方向を季節により切り替えることにより行うが、各給水ブロックの区域は変えない。送水方向の切り替えは連絡バルブの開閉操作により行う。

雨期における送水方向の切り替えは、乾期に地下水を水源としている低区1、低区2、ポナピスタ・ブロック、ナスビー・ブロックに対し雨期に表流水を送水しようとするものである。送水方法の比較を行った結果、バンバラケレとベドロ水源から低区1、低区2、ポナピスタ・ブロック、ナスビー・ブロックに送水することとした。

雨期における水源と配水池の関係を表5.7に、季節別送水方法を図5.4、5.5に示す。

(2) ナスビー配水池への送水方法

ベドロ水源とナスビー配水池の水位差が小さいため、限界地点まで自然流下で送水した後インライン増圧ポンプ(0.42 m³/分 x 25 m x 3.7 kW x 1台)にて送水する。

(3) 表流水送水施設整備計画

送水施設整備はバンバラケレ、オールド・ウォーター・フィールド、ベドロ水源からハドン・ヒル配水池までの既設送水管を有効に利用することを念頭に計画した。

増強する送水管のルートと管径は雨期における水理計算(1日最大給水量)により決定した。送水施設整備の概要を図5.6、表5.8に示す。

なお、送水方法に関しベドロ水源については水頭損失を小さくするためベドロ配水池を経由させないこととした。

表 5.8 送水管整備数量

管材質	口径 (mm)	延長 (m)
塩化ビニル管	φ110	2,867
ダクタイル鋳鉄管	φ250	4,033
合計		6,900

(4) 既設ろ過設備の利用

バンバラケレ、オールド・ウォーター・フィールド、ベドロ水源の原水水質が悪化した際には、ビクトリア公園付近に設けられているろ過設備で処理を行う。

現在、ろ過設備からの処理水が直接給水される形態になっているが、処理の信頼性について問題があるので直接配水管に連絡することをやめ、ハドン・ヒル配水池方面送水管に連絡することとする。

表 5.8 季節別給水ブロック別需要水量及び水源水量

No.	給水ブロック	2005 日平均 需要水量 (m ³ /日)	2005 日最大 需要水量 A (m ³ /日)	水 源			新 施 設	
				名 称	水 量 B (m ³ /日)	差 C=B-A (m ³ /日)		
	乾期							
1	Shanthipura	-	-	Shanthipura	-	-		
2	Piyatisappura	82	101	Piyatisappura	255	154		
3	High Area 1	Old Water Field	229	282	Old Water Field	290	8	
		New Water Field	95	117	New Water Field	120	3	
		Gamunu	15	19	Gamunu	19	0	
		Brewery	338	417	Brewery	428	11	
		Pedro	514	634	Pedro	651	17	
		Lovers Leap	201	248	Lovers Leap	255	7	
		小計	1,392	1,717		1,763	46	
4	Low Area 1	Haddon Hill	3,912	4,825	Bambarakele	1,327		
		Unique View	752	928	New Bore Hole	5,000		新井戸×5井
		Vijithapura	563	694				
小計	5,227	6,447		6,327	-120			
5	Low area 2	1,524	1,879	New Bore Hole	2,000	121	新井戸×2井	
6	High Area 2	491	606	Upper Lake Road Bore Hole	600	-6		
7	Bonavista	203	250	Race Course Bore Hole	300	50		
	合計	8,919	11,000		11,245	245		
	雨期							
1	Shanthipura	-	-	Shanthipura	-	-		
2	Piyatisappura	82	101	Piyatisappura	1,080	979		
3	High Area 1	Old Water Field	553	682	Old Water Field	3,050		
		New Water Field	114	141	New Water Field	630		
		Gamunu	122	150	Gamunu	670		
		Brewery	310	383	Brewery	1,710		
		Pedro	0	0				
		Lovers Leap	293	361	Lovers Leap	1,615		
		小計	1,392	1,717		7,675	5,958	
4	Low Area 1	Haddon Hill	3,912	4,825	Bambarakele	6,447		
		Unique View	752	928	Pedro			
		Vijithapura	563	694	New Bore Hole	0		
小計	5,227	6,447		6,447	0			
5	Low area 2		1,524	1,879	New Bore Hole	0		
					Bambarakele	1,879		
					Pedro			
小計	1,524	1,879		1,879	0			
6	High Area 2		491	606	Upper Lake Road Bore Hole	0		
					Bambarakele	559		
					Pedro			
小計	491	606		559	-47			
7	Bonavista		203	250	Race Course Bore Hole	0		
					Bambarakele	250		
					Pedro			
小計	203	250		250	0			
	合計	8,919	11,000		17,890	6,890		

注) 雨期水源 Bambarakele 4,858 m³/日
Pedro 4,277 m³/日

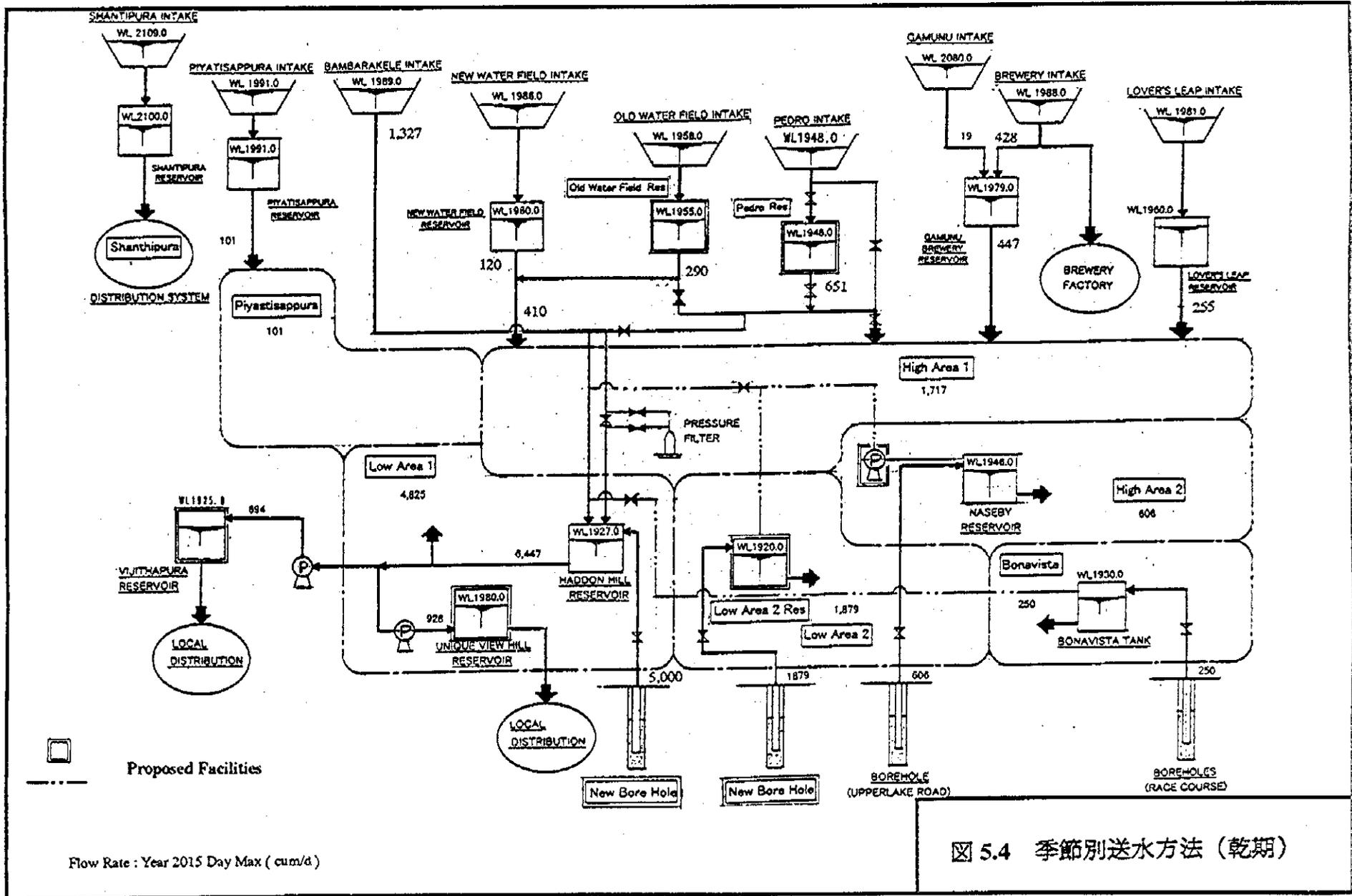


图 5.4 季節別送水方法 (乾期)

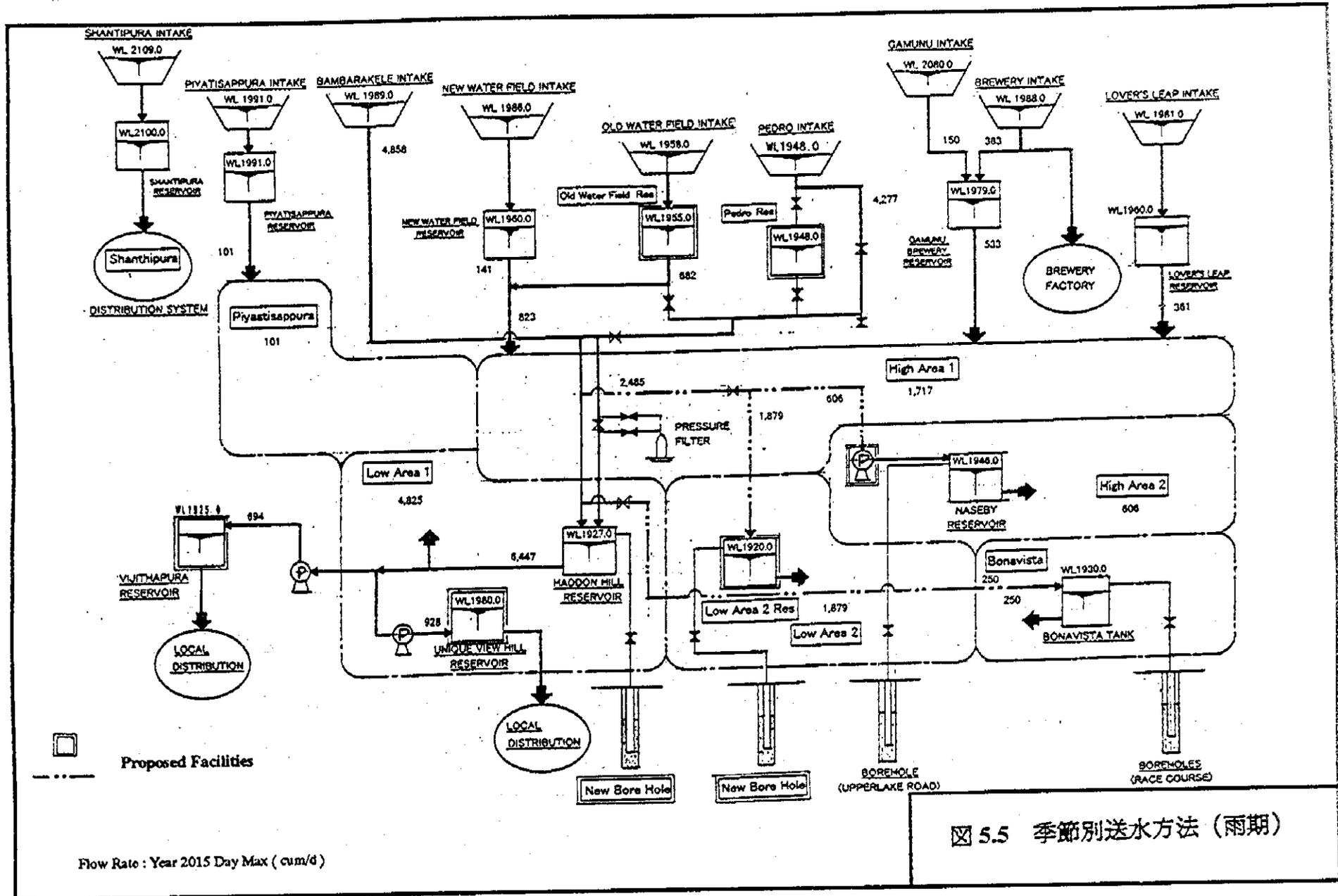


图 5.5 季節別送水方法 (雨期)

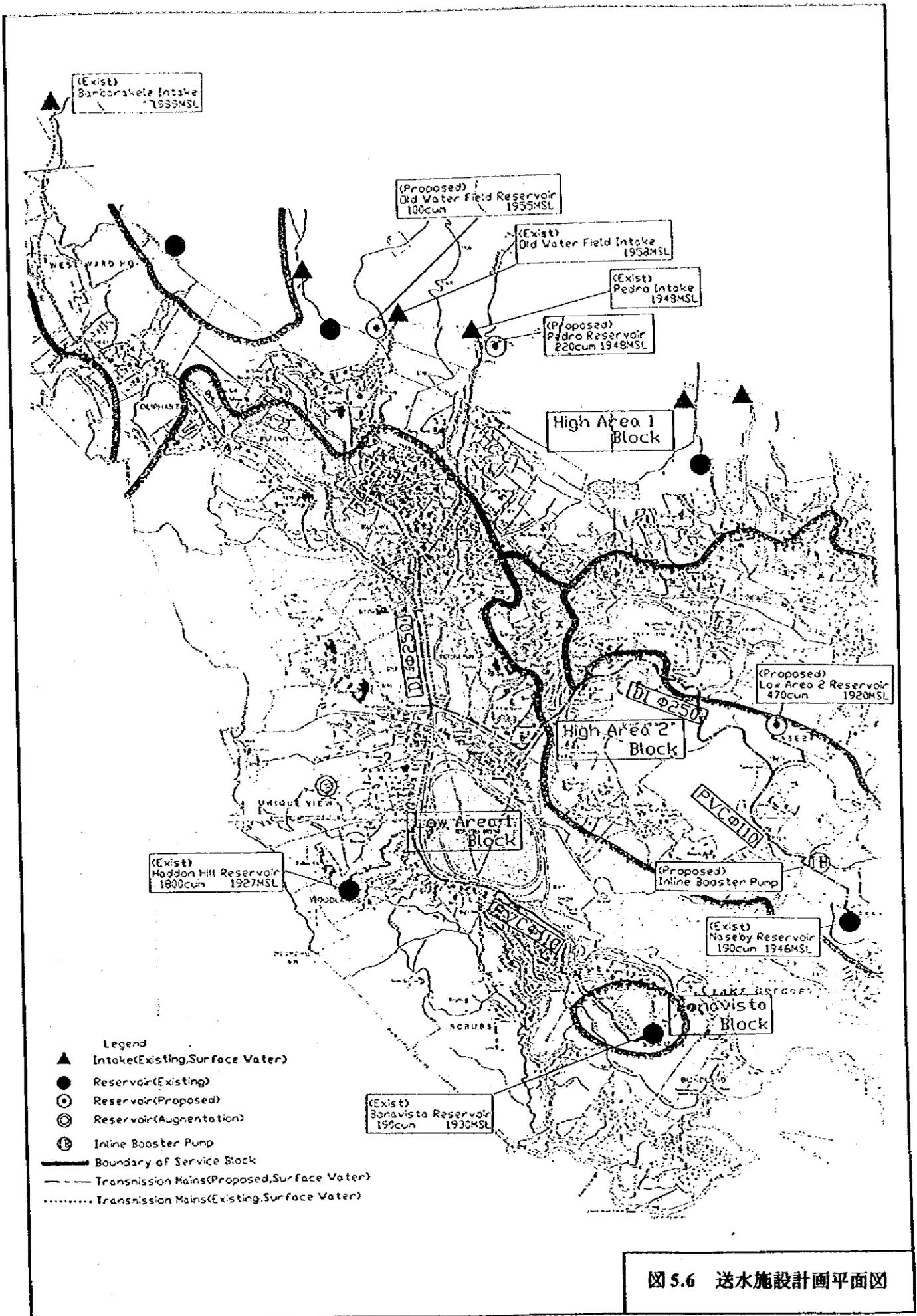


图 5.6 送水施設計画平面図

5.3.5 配水施設整備計画

(1) 配水管整備による適正水圧の確保

現況の配水管網では2015年の需要に対して水圧の過大な地区と過小な地区が発生することや給水ブロックの策定に伴い新配水池を設置して配水本管の位置が変わること等によって配水管を増強する必要性が生じる。

配水管の増強箇所、管径は計画目標年度 2015年の平常時（時間最大給水量）水理解析により決定し、一期における工事費を極力抑えるために2005年の需要についても照査を行い布設範囲を決定した。

配水管の整備箇所を図 5.7に、配水管整備延長を表 5.9に示す。なお、これらの他に給水ブロックの変更に伴い既設管の連絡方法を変更する箇所がある。

表 5.9 配水管整備数量

管材質	口径(mm)	延長 (m)		
		フェーズ 1	フェーズ 2	合計
塩化ビニル	63	50	-	50
	75	1,460	-	1,460
	110	1,839	-	1,839
	160	1,828	1,773	3,601
	225	1,760	132	1,892
ダクタイル鋳鉄	250	2,069	-	2,069
合計		9,006	1,905	10,911

2015年の時間最大給水量に対して配水管整備による水圧の改善効果についてその概要を表 5.10に示す。

表 5.10 現況と配水管整備後の動水頭の比較

単位：m

節点	既存管網	計画管網	節点	既存管網	計画管網
29	1.4	24.6	16	97.4	53.9
104	-0.5	10.5	121	88.3	50.5
112	-6.9	16.3	124	79.4	35.5
179	4.9	12.4	125	71.7	27.5
189	-1.0	7.8	127	78.9	34.8
510	4.2	12.0	131	78.6	34.5
173	2.0	9.5	137	72.0	38.8
528	-4.5	2.0	160	74.2	40.6
40	1.7	9.6	187	73.9	53.8
15	98.2	54.6	300	73.8	56.1

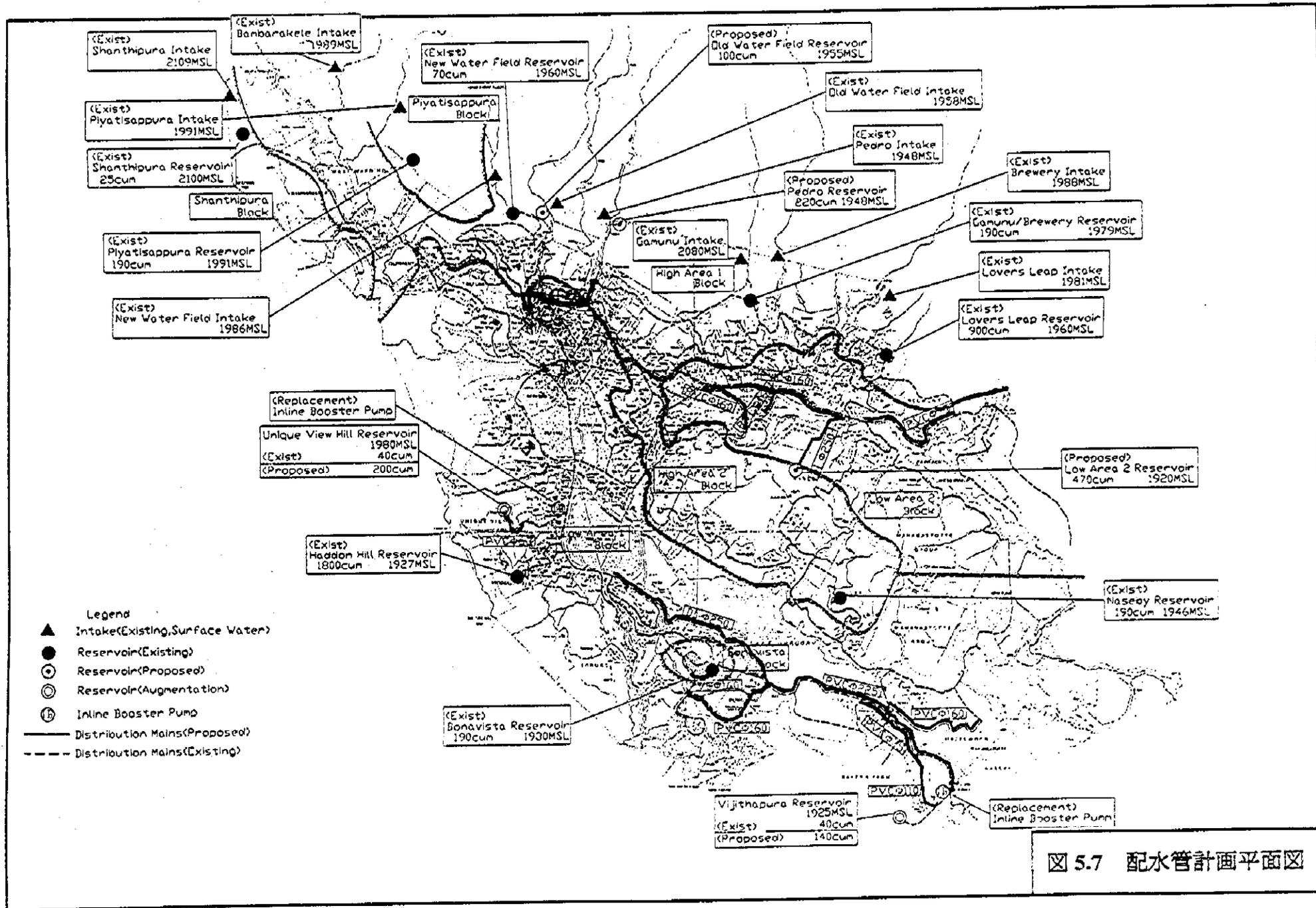


図 5.7 配水管計画平面図

(2) 低区2配水池水位の照査

低区2配水池水位を海拔1,920mとしたときの2015年を対象とした平常時（時間最大給水量）の水理解析結果より、節点の動水頭は小さい節点で13m、大きい節点で54mであり、その他大部分の節点は20~40mの間にある。

静水頭についても最大で54m、最小で24mであり、ほとんどが30m内外と適正な水圧になっているので低区2配水池水位の妥当性が確認された。

(3) 低区1給水ブロック内既存送水ポンプ設備容量の照査

低区1はハドン・ヒル配水池より給水される給水ブロックであり、当該給水ブロック内の配水管に設置されている増圧ポンプによりビジタブラ、ユニーク・ビュー・ヒルの各配水池に送水されている。

給水ブロックの策定及び将来の需要増加に対して既存ポンプ容量で対応可能か照査し以下の結論を得た。

1) ビジタブラ配水池方面増圧ポンプ設備

既存送水ポンプ（0.42 m³/分 x 35 m x 7.5 kW x 1 台）はインライン増圧ポンプ（0.48 m³/分 x 25 m x 3.7 kW x 1 台）に更新する。

2) ユニークビューヒル配水池方面増圧ポンプ設備

既存送水ポンプ（0.54 m³/分 x 78 m x 15kW x 1 台）はインライン増圧ポンプ（0.64 m³/分 x 85 m x 18 kW x 1 台）に更新する。

5.3.6 配水池容量の増強

(1) 容量を増強すべき配水池

表 5.11 に各給水ブロックを分担する配水池とそれら容量の過不足を示す。

低区2配水池は新たな給水ブロックを設けることに伴い必要となった配水池である。オールド・ウォーター・フィールド、ベドロの各配水池は現在取水施設より直接給水されている箇所であるが、乾期における給水量の時間変動に対応できないために設ける配水池である。また、将来の需要増加に伴いユニーク・ビュー・ヒル、ビジタブラの各配水池は容量を増やす必要がある。

図 5.8 に計画配水池の配置を、表 5.12 に各配水池の容量を示す。

表 5.11 配水池の必要容量

No.	給水ブロック	2015 日最大 需要水量 (m ³ /日)	配水池									
			名称	水位 (海拔m)	需要水量 D=6/24*A (m ³)	既存容量 E (m ³) F (時間)		差 G=E-D (m ³)	新施設			
1	Shanthipura	-		Shanthipura	-	-	-	-	-			
2	Piyatisappura	101		Piyatisappura	1,991.0	25	190	45.1	164.8			
3	High Area 1		新	Old Water Field	1,955.0	98	0	0.0	-98.0	100m ³ 新規必要		
				New Water Field	1,960.0	17	70	24.7	53.0			
				Gamunu	Gamunu /Brewery	1,979.0	67	190	17.1	123.3		
				Brewery								19
				Pedro	新	Pedro	1,948.0	220	0	0.0	-219.8	220m ³ 新規必要
				Lovers Leap		Lovers Leap	1,960.0	28	900	194.6	872.3	
	小計	1,717					1,160					
4	Low Area 1			Haddon Hill	1,927.0	1,206	1,800	9.0	593.8			
				Unique View	1,980.0	232	40	1.0	-192.0	200m ³ 増強必要		
				Vijithapura	1,925.0	174	40	1.4	-133.5	140m ³ 増強必要		
		小計	6,447					1,880				
5	Low Area 2	1,879	新	Low Area 2	1,920.0	470	0	0.0	-469.8	470m ³ 新規必要		
6	High Area 2	606		Naseby	1,946.0	152	190	7.5	38.5			
7	Bonavista	250		Bonavista	1,930.0	63	190	18.2	127.5			
	合計	11,000					3,610	7.9				

所要容量 = 日最大需要水量 の6時間分

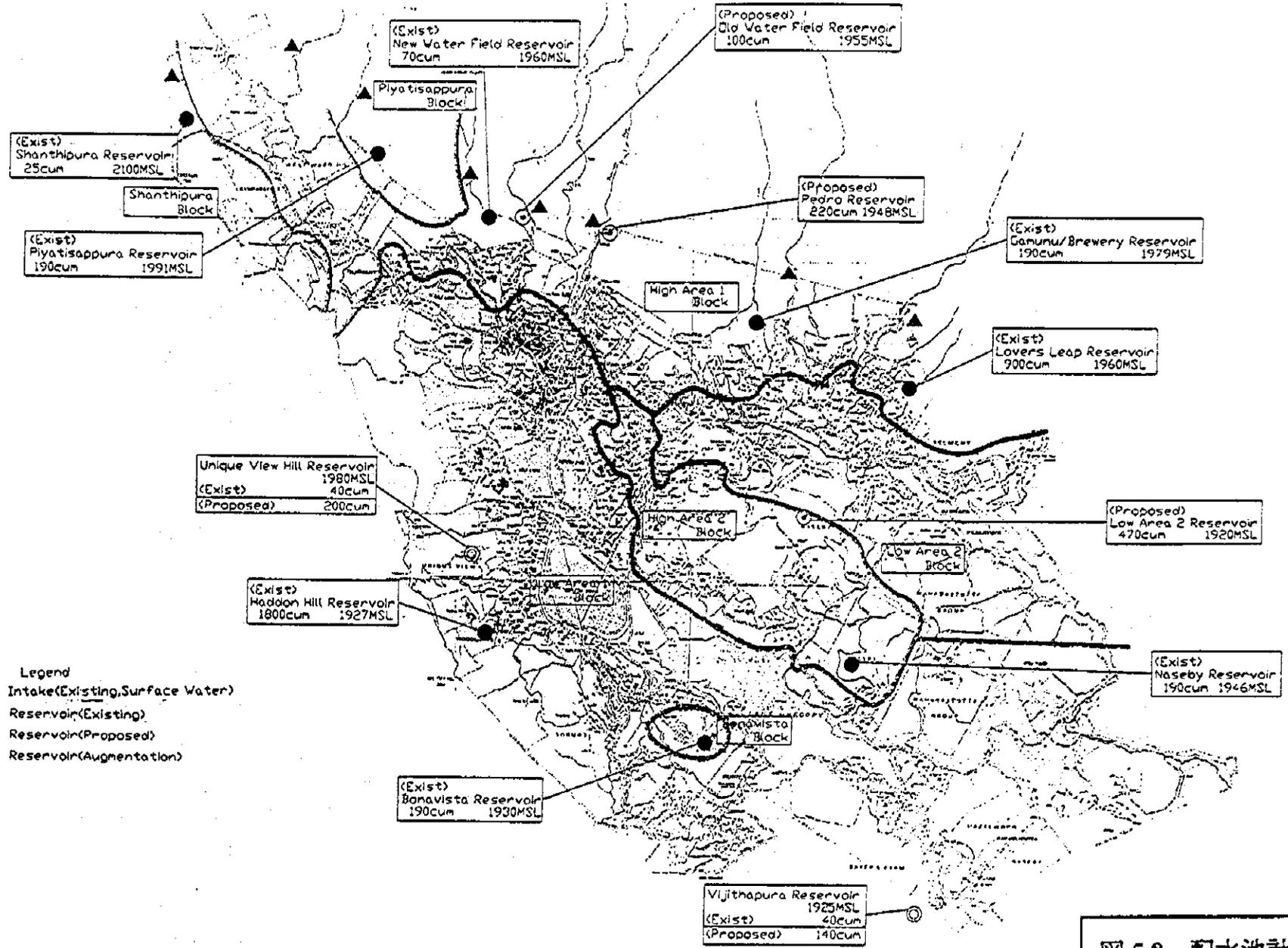


図 5.8 配水池計画平面図

表 5.12 増強すべき配水池と容量

配水池	所要容量 (m^3)	寸法	計画容量 (m^3)	備考
オールド・ウォーター・フィールド	98.1	幅4.5 x 長3.7 x 深3.0 m x 2 池	100	
ベドロ	219.7	幅6.0 x 長6.2 x 深3.0 m x 2 池	220	高架水槽
低区 2	469.8	幅10.0 x 長7.9 x 深3.0 m x 2 池	470	
エーク・ビュー・ヒル	192.0	幅8.6 x 長8.6 x 深3.0 m x 2 池	200	既存施設も存続
ピシタブラ	133.5	幅8.5 x 長5.5 x 深3.0 m x 2 池	140	既存施設も存続

(2) 低区 1 の配水池流出量制御

低区 1 配水池の水位差は最高のガムヌ/ブルーウェリー(海拔1,979m)から最低のベドロ(海拔1,948m)までで31mある。

配水池水位を固定し、配水池から自由流出するとして2015年配水管平常時(時間最大給水量)の水理解析を行うと、当然のことながら配水池水位が高いかまたは送水管の損失の小さい配水池からの流出量が多くなり、乾期または雨期の各水源水量と整合しなくなる。

このため以下の条件で再度解析を行った結果を図 5.9に示す。

- ベドロ配水池水位固定
- 他の配水池については流出量を乾期の取水量で固定

ベドロ配水池の水位を固定すると他の配水池水位は実際の配水池水位に比較し13.0~35.0m低くなる。つまり、ベドロ配水池の水位を固定すると他の配水池は空水となり送水管途中に水位を低下させたままで平衡状態となる。これでは所定の配水池容量をとったとしても本来の機能を果たさないこととなるため、配水池流出管のバルブを絞り流出量制御を行う必要がある。

流出量制御により一部水圧不足を生じる地区が出現するが、

- a. 水圧の不足するのはごく限られた地区であり、また時間最大給水量が生じる日のみの問題である。
- b. 水理解析は全ての水源水量が最小という最も厳しい条件で行われていること。
- c. 実際には負圧が生じることはないので断水は生じない。

以上から流出量制御により派生する水圧不足に対して特段の対策は必要ない。

5.3.7 消毒設備

現在、ADB 計画の中で消毒設備(液化塩素、高度さらし粉)が設置されつつある。ハドン・ヒル配水池に液化塩素、その他の小規模配水池に高度さらし粉が計画されている。

通常、液化塩素は比較的規模の大きい施設に使用されることが多く、一方高度さらし粉は小規模施設に適する。このようなことから、新設配水池(オールド・ウォーター・フィールド、ベドロ、低区 2)の流入部に高度さらし粉を注入する計画とする。

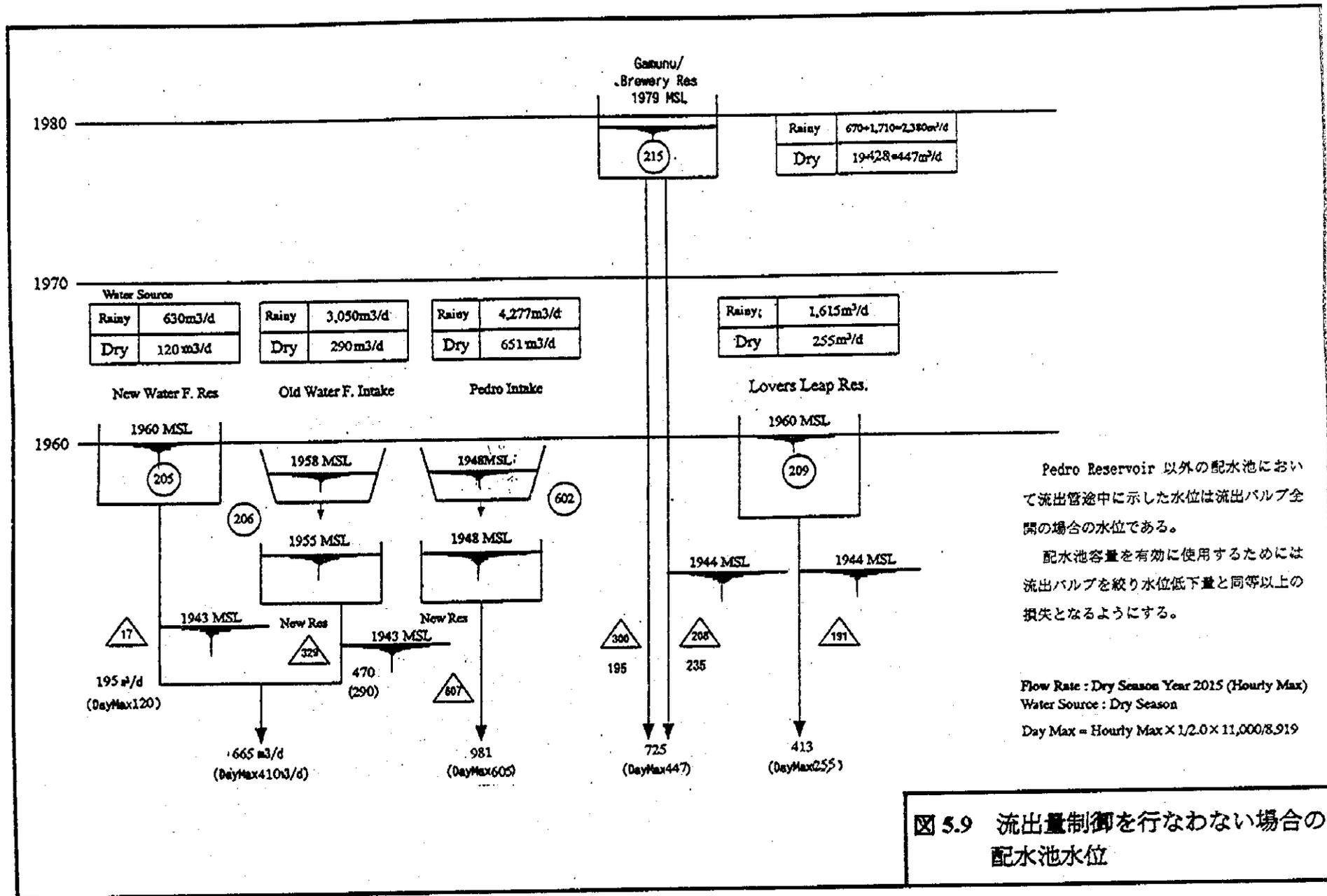


図 5.9 流出量制御を行わない場合の配水池水位