

ネパール王国
カトマンズ上水施設改善計画
基本設計調査報告書

平成13年10月

国 際 協 力 事 業 団
日 本 技 術 開 発 株 式 会 社
日 本 工 営 株 式 会 社

序 文

日本国政府は、ネパール王国政府の要請に基づき、同国のカトマンズ上水施設改善計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成１２年１１月７日から、１２月１９日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ネパール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ました。帰国後の国内作業の後、平成１３年７月３０日から８月８日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、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１３年１０月

国際協力事業団

総裁 川上 隆 朗

伝 達 状

今般、ネパール王国におけるカトマンズ上水施設改善計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が、平成１２年１０月より平成１３年１０月までの１１．５ヵ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ネパールの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成１３年１０月

共同企業体

（代表者） 日本技術開発株式会社

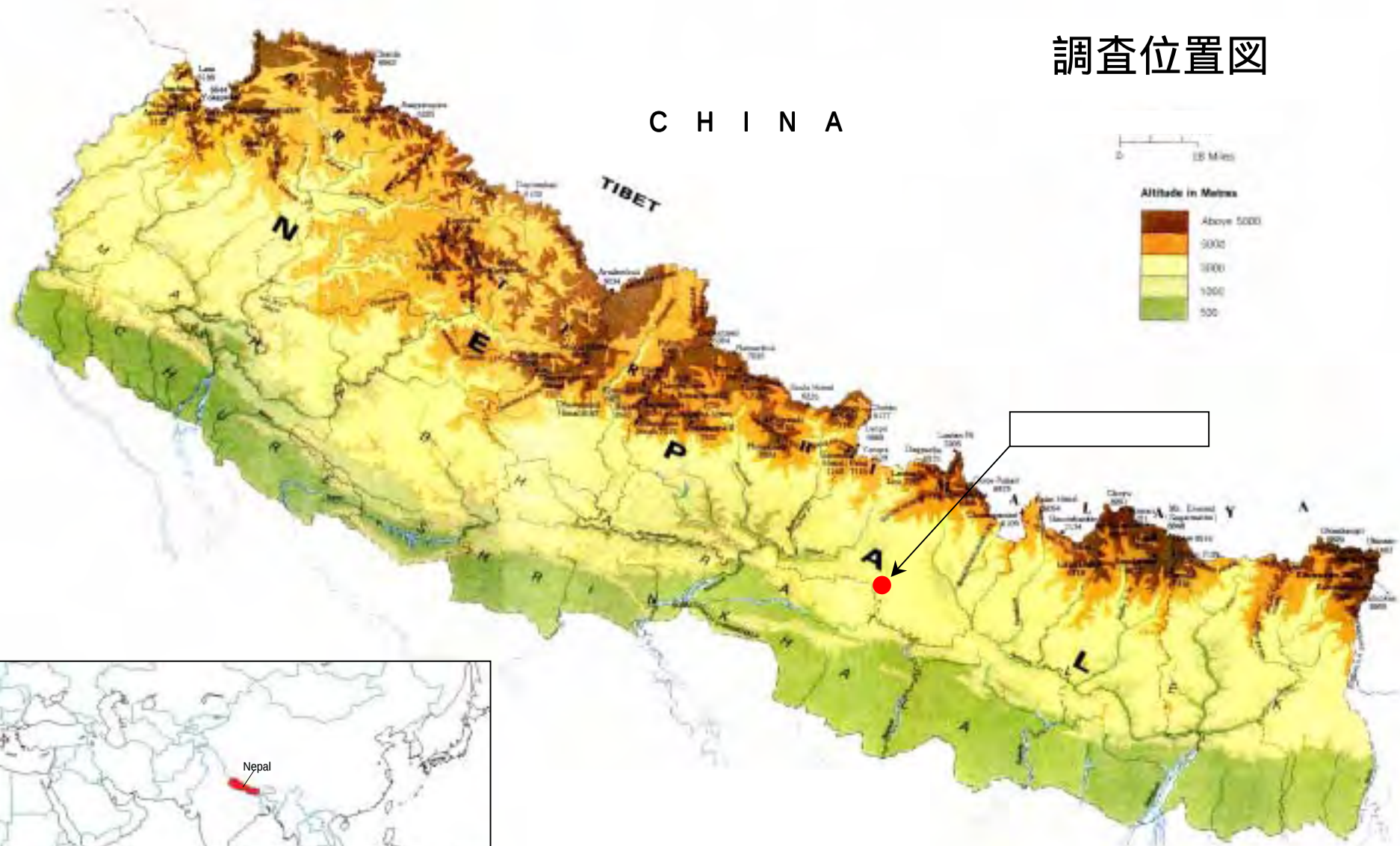
（構成員） 日 本 工 営 株 式 会 社

ネパール王国

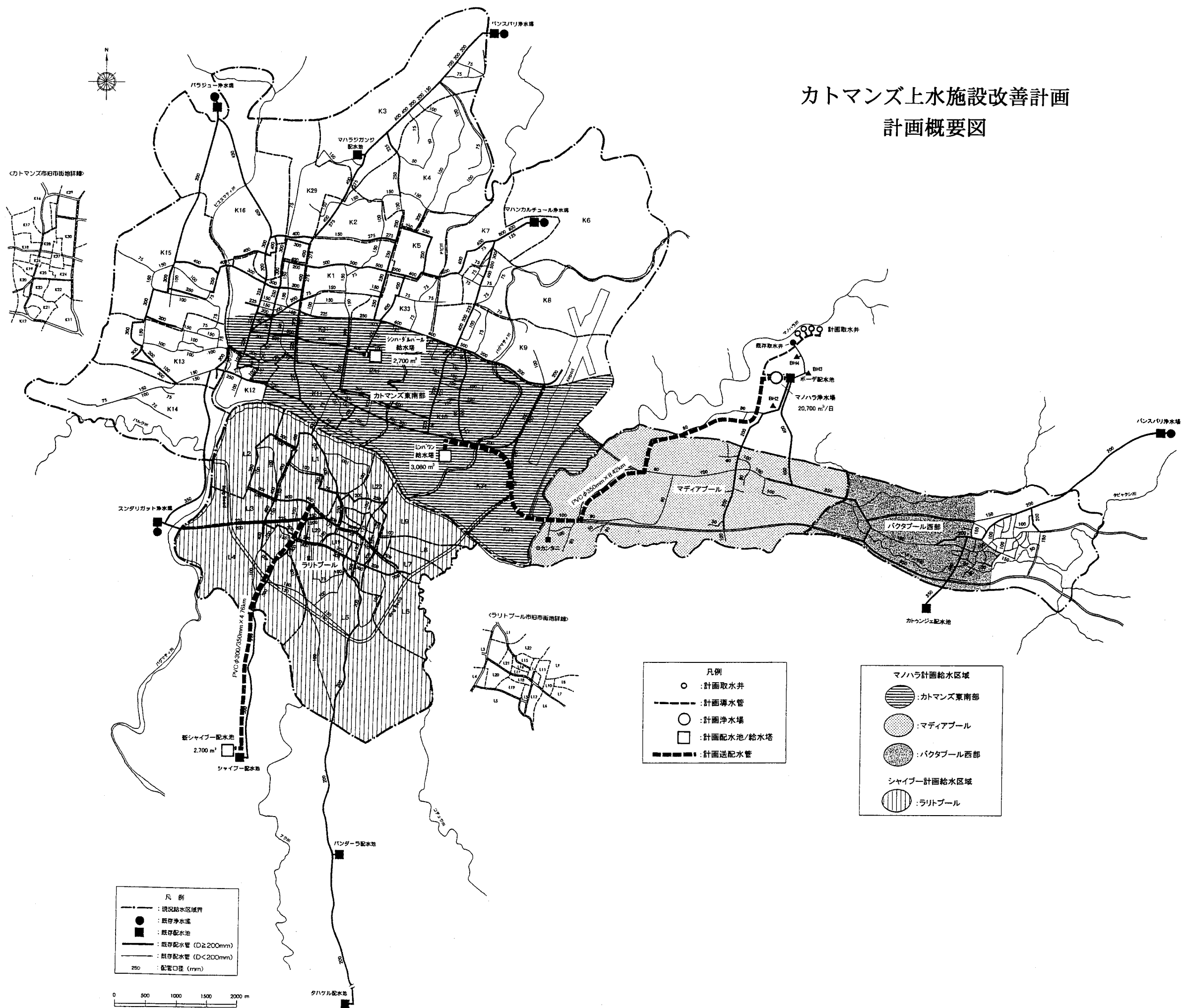
カトマンズ上水施設改善計画基本設計調査団

業務主任 森 尾 宗 俊

調査位置図



カトマンズ上水施設改善計画
計画概要図



現況写真



写真 1

日本の無償資金協力（1992年）で
建設された浄水場
（マハンカルチュラル浄水場）



写真 2

同浄水場の急速ろ過池洗浄状況



写真 3

同浄水場内の配水池

現況写真



写真 4

日本の無償資金協力（1993年）で
建設された浄水場
（バンスバリ浄水場）



写真 5

同浄水場の薬品（凝集剤）注入設
備



写真 6

屋外給水栓からの水汲み風景
（カトマンズ市内）

現況写真



写真 7

給水圧が低いため、ポンプによる吸引が行われている。



写真 8

カトマンズ市内の出水不良地区に設置されたNWS Cの給水タンク



写真 9

ポード配水池
マノハラ計画の配水池として利用される。

現況写真



写真 1 0

ボーデ配水池内の水
現在は水質の悪い地下水が給水
されている(写真の浮遊物は鉄の
フロック)。



写真 1 1

マノハラ計画の取水井建設予定
地(マノハラ川の河川敷)



写真 1 2

シャイブー配水池
写真奥が新設する配水池の建設
用地

図表リスト

表番号	表のタイトル	頁
1.1.1	対象地域の給水量の現状	2
1.1.2	NWSC の給水水質分析結果	3
1.1.3	アンケート調査結果	4
1.1.4	ネパール国の給水と衛生施設改善の目標	5
1.1.5	給水分野の開発予算の推移	10
1.1.6	給水分野の外国援助の推移	10
1.3.1	JICA マスタープラン調査の 8 計画の概要	13
1.3.2	マハカルチャール計画、バンスバリ計画の概要	14
1.4.1	メラムチ計画のドナーと援助額	17
1.4.2	メラムチ計画の計画需要水量	18
2.1.1	NWSC の財政	26
2.1.2	カトマンズ盆地内水道施設管理要員数（2000 年 11 月末）	28
2.1.3	既存給水システムの概要	29
2.1.4	既存配水管の概要	31
2.1.5	生物ろ過処理施設の管理状況	36
2.1.6	生物ろ過施設の処理結果	37
2.1.7	使用凝集剤によるジャーテスト	37
2.1.8	浄水コスト	37
2.1.9	浄水場の稼働状況	39
2.2.1	カトマンズ盆地内の人口の推移	40
2.2.2	カトマンズ盆地内の工業の概要	41
2.2.3	カトマンズ盆地の道路整備状況	42
2.2.4	テク病院における水因性疾患の患者数の推移	43
2.2.5	カトマンズ盆地の月別降水量（1968 年～1994 年平均）	44
2.2.6	カトマンズ盆地の月別平均最高気温と最低気温（1997 年）	45
2.2.7	バグマティ川の平均流量及び比流量	45
3.2.1	給水人口	52
3.2.2	カトマンズと日本の使用目的別原単位	52
3.2.3	本プロジェクトの家庭用目標原単位	53
3.2.4	本プロジェクトの負荷率	53
3.2.5	計画使用水量	54
3.2.6	2000 年の給水状況	54
3.2.7	計画有効水量	55
3.2.8	マノハラ川の水質	61
3.2.9	河川水の水源水質と浄水処理	61
3.2.10	マノハラ川の取水可能水量	62
3.2.11	マノハラ計画の取水計画	62

3.2.12	シャイブー計画の取水計画	62
3.2.13	品質管理に係る分析・試験方法	145
3.2.14	資機材の調達先	147
3.2.15	事業実施工程表	148
4.1.1	対象地域と裨益人口	161
4.1.2	給水能力	161
4.1.3	漏水率	162
4.1.4	有効給水量と家庭用原単位	162
4.2.1	運転・維持管理要員	163

図番号	図のタイトル	頁
1.4.1	メラムチ計画の概要	19
2.1.1	M P P Wの組織図	23
2.1.2	N W S Cの組織図	24
2.1.3	メラムチ計画のプロジェクト組織図	25
2.1.4	給水施設の運転管理組織	28
2.1.5	既存給水システム位置図	30
2.1.6	カトマンズの既存配水管網	33
2.1.7	ラリトプールの既存配水管網	34
2.1.8	バクタプールの既存配水管網	35
2.1.9	浄水場の管理体制	36
3.2.1	ロジスティック曲線法による人口予測	51
3.2.2	現況の給水区域	58
3.2.3	プロジェクト実施後の給水区域	59
3.2.4	マノハラ計画実施後の給水システム	71
3.2.5	シャイブー計画実施後の給水システム	79
3.4.1	マノハラ計画の維持管理組織	155
3.4.2	シャイブー計画の維持管理組織	156

略 語 集

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BDS	Bulk Distribution System	広域配水システム
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
DHM	Department of Hydrology and Meteorology	水理地質・気象庁
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
DWSS	Department of Water Supply and Sanitation	上下水道局
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響調査
FY	Fiscal Year	会計年度
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
HMGN	His Majesty's Government of Nepal	ネパール国政府
IDA	International Development Agency	国際開発協会
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
kV	kilo Volt	キロボルト
KVWA	Kathmandu Valley Water Authority	カトマンズ盆地水管理局
lcd	liters per capita (head) per day	一人一日当り給水量(リットル)
MD	Minutes of Discussion	協議議事録
MHPP	Ministry of Housing and Physical Planning	住宅・都市計画省
MLD	million liters per day	千立方メートル/日
MPN	Most Probable Number	最確数(細菌集落数)
MPPW	Ministry of Physical Planning and Works	都市計画・公共事業省
MW	Mega watt	メガワット
MWSDB	Melamchi Water Supply Development Board	メラムチ給水開発庁
NEA	Nepal Electricity Authority	ネパール電力庁
NH ₃ ,NH ₄ ⁺	Ammonia、Ammonium	アンモニア、アンモニウム
NWRB	National Water Supply Regulatory Board	国家給水監視委員会
NWSC	Nepal Water Supply Corporation	ネパール水道公社
pcc	per capita consumption	給水原単位
pH	potential of Hydrogen (Acidity)	ペーハー(水素イオン濃度)
PO	Private Operator	民間管理会社
UWSSRP	Urban Water Supply and Sanitation Rehabilitation Project	都市上下水道整備計画
VDC	Village Development Committee	村落委員会
WHO	World Health Organization	世界保健機構
WTP	Water Treatment Plant	浄水場

要 約

ネパール国（以下「ネ」国）の首都カトマンズは、東西・南北、約30 km、広さ約656 km²のほぼ円形をしたカトマンズ盆地内に位置している。盆地の中央平坦地の面積は約400 km²、標高は1,300m～1,400mであり、その周囲は標高2,000m以上の山地によって囲まれている。カトマンズは、隣接するラリトプール、マディアプール及びバクタプールと一体となり、カトマンズ盆地の都市部を形成しており、同国の政治経済の中心地として、近年、急激に人口が増加し、産業も発展している地域である。1991年の国勢調査結果によると、都市部の人口は59.8万人であったが、1997年の調査では74.9万人に増加している。この人口増加傾向（年平均人口増加率約3.5%）が現在も続いているものとすれば、2000年の人口は約82万人に達するものと推定される。

カトマンズ盆地の都市部は、この急激な人口増加や都市化の進展により、インフラ整備や環境対策が追いつかず、深刻な都市環境の悪化を招いている。特に、市民生活の安定や都市活動を維持するための重要施設である水道は、既存施設の老朽化や新規施設の建設の遅れにより、安全で衛生的な水を必要量確保できず、慢性的な水不足と水質障害に悩まされている。「ネ」国政府は、第9次国家開発計画（1997年～2002年）の中で、カトマンズ盆地内の水道施設整備に関して、盆地内での新規プロジェクトの実施、漏水率の低減及び盆地内の水資源の適正な運用と水源開発、水源を盆地外に求めるメラムチ計画の2つの柱から成る計画を実施して、長期的な水需要に応える必要があるとしている。

この内、に係る計画として日本国政府は、1989年～90年に開発調査「カトマンズ盆地地下水開発計画調査」を実施し、2001年を目標年次とする8計画を策定した。この8計画の内、緊急性の高いと判断された既存地下水の水質改善と盆地内水源の開発による給水能力の拡張に係る2計画、マハンカルチュール計画とバンスバリ計画について、1991年に基本設計調査「カトマンズ上水道施設改善計画」を実施した。1992年～1995年には同調査に基づいて、2浄水場が日本国政府の無償資金協力で建設され、給水状況は一時的に改善された。しかし、その後、世銀の協力で進められていたカトマンズ盆地内の既存水道施設の改善に係る計画（都市上下水道整備計画：UWSSRP）の中断やメラムチ計画の供用開始時期の大幅な遅延により、既存の水道施設は急増する水需要に応えられない状況が続いており、住民は劣悪な衛生環境と不自由な生活を強いられている。

このような状況のもと、「ネ」国政府は、カトマンズ盆地内の給水サービスを緊急に改善するため、上記の開発調査の残り6計画の内、盆地内での水源開発による新規給水システムの建設に係る2計画、マノハラ計画及びバルク計画と、既存給水システムの拡張に係るシャイブー計画の3計画につき、日本国政府の無償資金協力での実施を要請した。

この要請に応え、日本国政府は上記計画の実施に向けて検討を開始したが、開発調査から10年近く経過していること、水源等の計画に不明な内容があること、さらに、メラムチ

計画の進捗を確認する必要等があり、予備的な調査の実施を決定し、国際協力事業団は2000年3月9日から4月5日まで予備調査団を「ネ」国に派遣した。予備調査の結果、要請のあった3計画の内、マノハラ計画及びシャイブー計画は実施可能性が高く、残りのバルク計画に関しては、実施は適当でないことが判明した。

この調査結果に基づいて、日本国政府は実施可能性が高いとされた上記2計画の基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団は2000年11月7日から12月19日まで基本設計調査団を「ネ」国に派遣した。調査団は同国の都市計画・公共事業省及びネパール水道公社と本プロジェクトに関する協議を通じて、要請内容の確認、サイトの現地調査、維持管理体制の調査、施設計画の検討等を行った。帰国後、調査団は基本設計を行い、その結果を基本設計概要書として取りまとめた。その上で、国際協力事業団は2001年7月30日から8月8日までの間、調査団を「ネ」国に派遣し、基本設計概要書の説明を行い、同国関係者と内容に関して協議した。その結果は本報告書にとりまとめたとおりである。

本プロジェクトの計画目標年次は、メラムチ計画の供用開始が2007年に予定されていることを考慮して2006年に設定した。現地調査及びその後の解析の結果、カトマンズ盆地の都市部における現状（2000年）の有効給水量は63.9千 m^3 /日であり、計画目標年次の2006年には101.4千 m^3 /日に増加するものと予測される。一方、「ネ」国政府より当初要請のあったバルク計画は、水源水質の問題によりその実施が見送られることになったが、このように、近年、カトマンズ盆地内では水質及び水量の両面で、新規の水源開発が難しくなっており、従来のような新規施設の建設による給水能力の増強が限界となりつつある。

本プロジェクトの実施による給水能力の増強は、メラムチ計画が実現するまでに必要な最小限の施設規模と内容とするとの協力方針や上記のような盆地内水源の状況から20.6千 m^3 /日となるが、計画目標年次2006年に必要となる有効給水量の増分37.5千 m^3 /日を賄うためには、給水能力の増強に並行して、現在の高い漏水率（約43.5%）を改善することにより、現在、漏水として失われている水量を住民が実際に使用できる水量（有効給水量）とする方策が必要となる。

このため、本プロジェクトは、既存給水施設及び本プロジェクトで建設される施設の給水能力と、水需要の分布に一致して現状の給水区域を細分化し、給水圧の均等化と平均給水圧の低減を図ることで、漏水率を改善することを給水計画の策定における基本コンセプトとした。また、施設計画の立案にあたっては、同コンセプトに基づいて給水区域の細分化を行うため、マノハラ計画ではカトマンズ東南部に2基の給水塔の建設、シャイブー計画ではラリトプール東北部へ直送する配水管の建設等を行うものとした。

調査団は「ネ」国政府の要請内容を基に、現地調査及び上記の検討結果等を踏まえて、本プロジェクトの内容を以下のように決定した。

協力対象事業の基本設計

<マノハラ計画>

施設名	内容（数量、仕様、寸法等）
1．取水施設	
(1) 取水井	8 井（井径 4 m × 深さ 6.4 m）
(2) 取水ポンプ	2.70m ³ /分 × 23.5m × 15KW × 2 台 2.20m ³ /分 × 23.5m × 15KW × 2 台 2.13m ³ /分 × 21.0m × 15KW × 2 台 1.67m ³ /分 × 21.0m × 11KW × 2 台
(3) 取水場電気設備	変圧器 200KVA
2．導水施設	
(1) 導水管	PVC φ 125 ~ 400mm × 1.48 k m
3．浄水施設	
(1) 凝集沈殿池	920m ³ /池 × 3 池（滞留時間 3 時間）
(2) 急速ろ過池	22.68m ² /池 × 8 池
(3) 浄水池	561m ³ /池 × 2 池（滞留時間 1 時間）
(4) 排水排泥池	202m ³ /池 × 2 池
(5) 天日乾燥床	280m ³ /床 × 4 床
(6) 浄水薬剤溶解注入設備	P A C、苛性ソーダ、さらし粉用一式
(7) 浄水場電気設備	変圧器 750KVA
(8) 建築物	事務所、電気室、倉庫
4．送水施設	
(1) 浄水場～ボーデ配水池	2.63m ³ /分 × 52m × 45KW × 3 台 DCIP φ 250mm × 0.38 k m
(2) 浄水場～ミンバワン給水塔	2.79m ³ /分 × 68m × 55KW × 5 台 PVC φ 350mm × 8.42 k m
5．給水塔	
(1) ミンバワン給水塔	3,080m ³ × 1 基（RC構造、高さ 15m）
(2) シンハダルバール給水塔	2,700m ³ × 1 基（RC構造、高さ 15m）

<シャイブー計画>

施設名	内容（数量、仕様、寸法等）
1．配水池	2,700m ³ （RC造）
2．配水管	PVC φ 350mm × 1.26 k m PVC φ 300mm × 3.50 k m
3．滅菌剤溶解注入設備	さらし粉用一式

本プロジェクトは無償資金協力の２期分け事業として実施される。第１期では、マノハラ計画の取水・導水施設、浄水施設の建設及びボーデ配水池への送水管の布設を行う。これにより、マディアプール及びバクタプール西部への給水が可能となる。第２期は、マノハラ計画のカトマンズ東南部への送水管布設と２基の給水塔の建設、シャイブー計画の給水施設の建設を行い、カトマンズ及びラリトプールへの給水を行う。必要工期は各期とも、実施設計・入札業務に約６ヵ月、給水施設の建設は、第１期９.５ヵ月、第２期１２ヵ月であり、全体の工期として約１９.５ヵ月を要する。

本プロジェクトの総事業費は、約２０.５４億円（日本国政府負担分約１９.１９億円、「ネ」国政府負担分約１.３５億円）と見積られ、日本国政府の負担分は第１期で約１０.０９億円、第２期で約９.１０億円となる。

本プロジェクトの２計画、マノハラ計画とシャイブー計画により直接裨益する地域は、マノハラ計画はカトマンズ東南部、マディアプール及びバクタプール西部、シャイブー計画はラリトプールであり、その裨益人口（計画目標年次２００６年の予測値）は各々、約２６.７万人、１６.０万人の計４２.７万人である。また、本プロジェクトの給水施設で上記の地域が給水されることによって、それまで既存給水施設により同地域に給水されていた水量を他の地域に振向けることが可能となる。この結果、カトマンズ盆地の都市部全体の給水状況が等しく改善されることになり、本プロジェクトの裨益効果は、都市部全域の約１００.７万人の住民に及ぶことになる。

本プロジェクトの実施により、直接的には次のような効果が期待される。

- ・ 浄水場の新設や配水池の拡張により、給水能力が現状の１１３.１千 m^3 /日から１３３.７千 m^3 /日に増強（２０.６千 m^3 /日）される。
- ・ 給水塔の建設や配水本管の布設等による給水区域の細分化により、給水圧の均等化と平均給水圧の低減が図られ、漏水率が現状の４３.５％から３２.８％に改善（１０.７％改善）される。
- ・ 上記の給水能力の増強及び漏水率の改善により、有効給水量（使用水量）が２５.９千 m^3 /日増加し、家庭用原単位（一人一日使用水量）は、現状の４６.６リットル/人/日から６５.５リットル/人/日に増加（１８.９リットル/人/日増加）する。
- ・ 水質の悪い地下水が給水されているマディアプールとバクタプール西部に安全で衛生的な水が給水され、同地域の約４.５万人の住民に対する水質障害が解消される。

また、間接的には、水量及び水質面での給水サービスの改善と給水の公平性の確保により、ネパール水道公社の水道事業に対する住民の満足度を高め、今後の水道施設整備の推進や水道事業の円滑な運営（水道料金の値上げ等）に対する住民の協力と理解を得ることにより貢献することになる。さらに、本プロジェクトの計画施設はメラムチ計画が実現した後も、カトマンズの長期的な水需要を満たすために重要な役割を分担する給水施設として有効且つ持続的に活用されることになる。

本プロジェクトは、前述のように多大な効果が期待されると同時に、本プロジェクトが広く住民の公衆衛生の改善と生活の安定に寄与するものであることから、本プロジェクトに対して、我が国の無償資金協力を実施することの妥当性が確認される。また、本プロジェクトの運営・維持管理についても、相手国側体制は人員・資金ともに問題ないと考えられる。しかし、以下の点が改善・整備されれば、本プロジェクトはより円滑かつ効果的に実施しうるものと考えられる。

- ・「ネ」国では環境保護法により開発行為を行う省庁及び関係機関に対して環境影響評価（EIA）の実施を義務づけている。従って、「ネ」国側の実施機関であるネパール水道公社は、上記の法律に基づく手続きを完了して、工事の着工許可の取得が遅滞なく実施されることが望まれる。
- ・本プロジェクトでは簡便性と耐久性の観点から日本製の浄水設備が導入されることになる。ネパール水道公社はこれら外国製機器の維持管理に必要なスペアパーツ等の調達に関して規則を定め、その手順も確立しているが、実際の運用面においても確実に調達が実施されることが望まれる。
- ・現在、カトマンズ盆地内の水道事業は、その運営管理を民間オペレーターに委託する方向で準備が進められているが、この民間委託が実現した後においても、適正な運転管理体制が維持されることが望まれる。
- ・本プロジェクトは、給水区域を細分化することによって漏水率を改善し、有効給水量の増加を図ることを基本コンセプトとして水道施設整備を行う計画であるが、並行して、世銀等の協力による既存配水管網の整備が実施されることで、本プロジェクトの効果がさらに高まることが望まれる。

ネパール王国
カトマンズ上水施設改善計画
基本設計調査報告書

目 次

序 文

伝達状

調査位置図

計画概要図

写 真

図表リスト/略語集

要 約

第 1 章	プロジェクトの背景・経緯	1
1 - 1	当該セクターの現状と課題	1
1 - 1 - 1	現状と課題	1
	(1) カトマンズの給水の課題	1
	(2) カトマンズの給水の現状	2
1 - 1 - 2	開発計画	5
	(1) 国家開発計画	5
	(2) カトマンズ盆地の上下水道分野開発戦略	5
1 - 1 - 3	社会経済状況	10
1 - 2	無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	11
1 - 3	我が国の援助動向	13
	(1) カトマンズ盆地地下水開発計画調査	13
	(2) カトマンズ上水道施設改善計画	14
1 - 4	他ドナーの援助動向	15
	(1) 都市上下水道整備計画	15
	(2) メラムチ計画	16
第 2 章	プロジェクトを取り巻く状況	21
2 - 1	プロジェクトの実施体制	21
2 - 1 - 1	給水セクターの組織・人員	21
2 - 1 - 2	財政・予算	26
2 - 1 - 3	NW S C の技術水準	28
2 - 1 - 4	既存給水施設の概要	29
	(1) 給水システム	29

(2) 配水管	31
(3) 既存浄水施設の運転状況	36
2 - 2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況	40
2 - 2 - 1 関連インフラの整備状況	40
2 - 2 - 2 自然条件	44
2 - 2 - 3 環境への影響	48
第3章 プロジェクトの内容	49
3 - 1 プロジェクトの概要	49
(1) 上位目標とプロジェクト目標	49
(2) プロジェクトの概要	49
3 - 2 協力対象事業の基本設計	50
3 - 2 - 1 設計方針	50
(1) 基本事項	50
(2) 水量改善計画	56
(3) 水質改善計画	60
(4) 水源計画	62
(5) 浄水計画	63
(6) 建設計画	64
(7) 設計条件	65
3 - 2 - 2 基本計画	71
(1) マノハラ計画	71
(2) シャイブー計画	79
3 - 2 - 3 基本設計図	82
3 - 2 - 4 施工計画	138
3 - 2 - 4 - 1 施工方針	138
3 - 2 - 4 - 2 施工上の留意事項	139
3 - 2 - 4 - 3 施工区分	142
3 - 2 - 4 - 4 施工監理計画	143
3 - 2 - 4 - 5 品質管理計画	145
3 - 2 - 4 - 6 資機材等調達計画	146
3 - 2 - 4 - 7 実施工程	147
3 - 3 相手国側分担事業の概要	149
3 - 4 プロジェクトの運営・維持管理計画	150
3 - 5 プロジェクトの概算事業費	157
3 - 5 - 1 協力対象事業の概算事業費	157
3 - 5 - 2 運営・維持管理費	158
3 - 6 協力対象事業実施に当たっての留意事項	159

第4章	プロジェクトの妥当性の検証	161
4 - 1	プロジェクトの効果	161
4 - 2	課題・提言	163
4 - 3	プロジェクトの妥当性	164
4 - 4	結論	164

[資 料]

1 .	調査団員・氏名	A- 1
2 .	調査行程	A- 3
3 .	関係者（面会者）リスト	A- 5
4 .	当該国の社会経済状況	A- 7
5 .	討議議事録（M/D）	A- 9
6 .	事前評価表	A-27
7 .	漏水量の改善に係る検討	A-31
8 .	取水施設の選定に係る検討	A-35
9 .	浄水システムの選定に係る検討	A-47

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

(1) カトマンズの給水の課題

「ネ」国の首都カトマンズは、隣接するラリトプール、マディアプール及びバクタプールと一体となり、カトマンズ盆地の都市部を形成しており、同国の政治経済の中心地として、近年、急激に人口が増加し、産業も発展している地域である。1991年の国勢調査結果によると、都市部の人口は59.8万人であったが、1997年の調査では74.9万人に増加している。この人口増加傾向（年平均人口増加率約3.5%）が現在も続いているものとすれば、2000年の人口は約82万人に達するものと推定される。

カトマンズ盆地の都市部は、この急激な人口増加や都市化の進展により、インフラ整備や環境対策が追いつかず、深刻な都市環境の悪化を招いている。特に、市民生活の安定や都市活動を維持するための重要施設である水道は、既存施設の老朽化や新規施設の建設の遅れにより、安全で衛生的な水を必要量確保できず、慢性的な水不足と水質障害に悩まされている。このため、カトマンズ盆地内の住民は、劣悪な衛生環境と不自由な生活を強いられており、「ネ」国政府は、カトマンズ盆地内の給水サービスの改善を緊急に実施する必要に迫られている。

カトマンズ盆地内の上記都市部の給水は、N W S C が管轄している。現在、同都市部への給水システムは7系統あり、その給水能力は、約113千 m^3 /日である。これら既存給水システムの水源は、盆地内の河川水（湧水を含む）と地下水（深井戸）である。しかしながら、河川水は、乾期の後半に著しい流量の減少を生じること、盆地内の河川はその地形条件から、いずれも小河川であるため、年間を通じて安定的に取水することが困難な状況にある。地下水は、主にこの乾期の河川流量の減少を補完する水源として利用されているが、高濃度の鉄やアンモニア性窒素を含有しているため、水質障害を発生させる原因となっている。

各水源から取水された原水は、給水システム内にある6ヵ所の浄水場で処理されているが、既存浄水場の多くは建設後30年以上経過しており、老朽化や施設の不備により、適正な水処理ができない状況にある。市内への配水は、各給水システム内の配水池から自然流下によって行われているが、給水量の不足から朝夕の2回、各々3～6時間の時間給水が恒常化している。

また、市内の配水管網は人口増加や配水区域の拡大に伴って順次拡張されてきたが、水理的な検討がされることなく、無計画に延長されてきたため、所要の給水圧が確保できず、配水管網の末端や高位部では、出水不良や断水の原因となっている。さらに、

配水管網は、総延長約500 k mの内、約30％は管齢20～80年の老朽管であること、20年以下の配管についても施工や配管材料の不良等により、漏水率が40％にも達しており、給水量の不足を一層深刻なものにしている。

現在、N W S C が管理する給水栓は、各戸給水栓が約10.8万栓、公共水栓が1,270カ所である。各戸給水栓は、毎年3～4千栓ずつ増加しているため、今後、新規の施設による給水量の増加がなければ、急激な人口増加に伴って、給水状況は年々悪化することになる。さらに、配水管網の不備により、給水の公平な配分ができないため、給水の地域的格差がさらに広がり、住民の水道に対する不満を増長することになる。

N W S C は、水道事業の慢性的な赤字体質を改善するため、ここ5年間に水道料金を約4倍に値上げしたが、この間になんら給水サービスの改善のない地域の住民にとって、水道に対する不満や不公平感は根強いものがある。水道事業の円滑な運営にとって、住民の協力や理解は不可欠であり、給水サービスの改善に係るプロジェクトが遅延なく実施されることが望まれる。

(2) カトマンズの給水の現状

1) 給水量の現状

本調査で実施した各給水システムの給水能力、配水量調査及び給水量の実績調査（N W S C の水道メーター台帳調べ）を基に推定した、対象地域の給水量の状況は、表-1.1.1に示すとおりである。

表-1.1.1 対象地域の給水量の現状（2000年）

	給水人口 (千人)	給水能力 (千m ³ /日)	有効給水量 (千m ³ /日)	家庭用原単位 (リットル/日/人)	漏水率 (%)
カトマンズ	576.2	74.0	44.6	45.4	39.7
ラリトプール	162.7	28.0	13.0	49.1	53.6
バクタプール	79.5	11.1	6.3	50.7	43.2
合計（全域）	818.4	113.1	63.9	46.6	43.5

2) 給水水質の現状

本調査では、対象地域内の給水栓20カ所から採水して、水質検査を実施した。この結果、カトマンズでは、給水中に残留塩素が検出されない地区があるものの、10カ所中9カ所は飲用適であった。飲用不適となった1カ所は、市内の浅井戸の地下水を無処理で給水している地域であった。

ラリトプールの給水水質は、カトマンズに比べてより良質であり、採水した 5 ヲ所の全てで飲用適であった。これは、ラリトプールが水質の良い湧水を水道用水源としているためだと判断される。

バクタプール及びマディアプールの給水水質は、給水システムの水源水質により明確に分かれる。無処理の地下水が給水されているマディアプール及びバクタプールの西部では、採水した 3 ヲ所ともに、鉄・アンモニア性窒素の濃度が高く、飲用不適であった。一方、河川水を水源とするバンスバリ浄水場（バクタプール）から給水されるバクタプール東部で採水した 2 ヲ所は飲用適であった。

上記の調査に並行して、N W S C の中央水質分析所が実施している市内給水栓の水質分析結果（過去 3 年分）を収集した。この分析結果の概要を表-1.1.2 に示す。同表から、給水水質として適切なもの（飲用適 + 飲用可）は、全体の 50 ~ 55 % に留まっている。また、生物学的な汚染が疑われる割合も約 14 % もあり、水道水の安全性の面で重大な問題がある。

表-1.1.2 N W S C の給水水質分析結果

調査年	総サプ ル数	Excellent (飲用適)		Satisfactory (飲用可)		Unsatisfactory (飲用不適)		Suspicious (汚染あり)	
		サプ ル	割合 %	サプ ル	割合 %	サプ ル	割合 %	サプ ル	割合 %
1997年	417	176	42.2	56	13.4	142	34.1	43	10.3
1998年	264	128	48.5	39	14.8	57	21.6	38	14.4
1999年	300	125	41.7	28	9.3	95	31.7	52	17.3
計	981	429	43.8	123	12.6	294	30.0	133	13.6

Management Information Report, NWSC

3) 給水サービスに対する満足度

本プロジェクトが実施されることにより、給水量の増加、水質の向上、給水圧の適正化、公平な給水等、給水サービスの改善が行われることになるが、給水状況がどの程度改善されたかは、プロジェクト便益の最終受益者である住民の水道サービスに対する意識の変化に現れるものと推察される。

本調査では、現状の給水サービスに対する住民の満足度の現状を把握するため、N W S C が管轄する盆地内 8 支所（料金所）でアンケート調査を実施した。調査方法は、各支所に調査員を配置し、水道料金を支払いに来る住民に対して、給水状況を質問した後、給水状況に不満を持つ住民に対しては、次に何に対して不満なのかを質問する方法を採用した。

アンケート調査の実施期間は、2000年11月21日 ~ 12月11日の内、N W S C 営業日 15日間、サンプル総数は、17,303件であった。調査結果を表-1.1.3 に示す。

表-1.1.3 アンケート調査結果

支所名	給水状況				(不満のある場合) 不満の内容				
	満足	ほぼ満足	やや不満	不満	水量	水質	水圧	料金	その他
マハカルチュール	51 2.1%	597 25.1%	357 15.0%	1,371 57.8%	1,135 65.7%	70 4.0%	169 9.8%	348 20.1%	7 0.4%
バンスバリ	60 3.3%	158 8.8%	561 31.1%	1,025 56.8%	1,212 75.9%	102 6.4%	80 5.0%	196 12.3%	7 0.4%
カマラディ	16 1.3%	372 30.0%	117 9.4%	735 59.3%	426 50.4%	64 7.6%	295 34.9%	23 2.7%	38 4.4%
マハラジガンジ	34 1.9%	136 7.4%	252 13.7%	1,413 77.0%	760 51.0%	355 23.8%	125 8.4%	133 8.9%	118 7.9%
チェトラパティ	282 13.2%	318 14.9%	491 23.0%	1,044 48.9%	992 62.0%	141 8.8%	138 8.6%	107 6.7%	223 13.9%
トリプレスワール	127 5.0%	269 10.5%	145 5.7%	2,013 78.8%	1,144 54.7%	353 16.9%	153 7.3%	202 9.7%	238 11.4%
ジャワラケル	301 8.3%	1,043 28.7%	729 20.1%	1,556 42.9%	1,727 75.8%	150 6.6%	178 7.8%	165 7.2%	60 2.6%
バクタプール	41 2.4%	415 24.0%	130 7.5%	1,144 66.1%	572 48.1%	504 42.4%	70 5.9%	34 2.9%	9 0.7%
計	912 5.3%	3,308 19.1%	2,782 16.1%	10,301 59.5%	7,968 62.1%	1,739 13.6%	1,208 9.4%	1,208 9.4%	700 5.5%

給水状況に関する質問に対して、「不満」あるいは「やや不満」と回答した住民が全体の約76%にも達している。住民の不満の内容は、「水量」に関するものが全体の62%、「水質」が14%であるが、各支所別の状況をみると、カトマンズでは、浄水場や配水場のある比較的上流側の地域では、水質に対する不満は少ないものの、下流側で配水管網の老朽化や配管不良の著しい旧市街地を管轄するマハラジガンジやトリプレスワール支所では水質に対する不満が大きい。

また、水質の良い湧水が水道水源となっているラリトプールを管轄するジャワラケル支所と、給水量の約半分が水質の悪い深井戸の地下水であるバクタプール支所では、住民の水質に対する不満感が好対照となっている。

「その他」の不満の主な内容は、 水の出る時間が短く且つ一定でない、 給水時間が深夜であるため水の確保が大変、 給水状況の地域的格差が大きい、 周辺の住民がポンプを使用するため水圧が低下して水が出ないなどの、時間給水や配水システムの不備に起因するものや、 水道メーターの検針員が定期的に検針に来ない、 下水のサービスを受けていないのに上水と合わせて下水料金も徴収されているなどの、運営面での不満が挙げられる。

1-1-2 開発計画

(1) 国家開発計画

現在、「ネ」国は第9次国家開発計画（1997年～2002年）が施行中である。同開発計画における飲料水供給と衛生分野の計画の概要は、以下のとおりである。

[目的]

第9次国家開発計画終了時に「ネ」国の給水普及率を100%とする。

第9次国家開発計画終了時に「ネ」国の衛生施設の普及率を30%とする。

地方分権を強化し、地域レベルでN G O、地方委員会、地方政府を有効に活用する。

飲料水水質を改善し、水因性疾病を減少させる。

都市部における水道システムの適切な運営のために、民間セクターを活用する。加えて、都市行政府の管理能力を強化する。

[目標]

第9次国家開発計画の飲料水供給と衛生施設改善に係る目標は、都市部と地方部に分けて、以下のように設定されている。

表-1.1.4 ネパール国の給水と衛生施設改善の目標

項目	地方部	都市部	合計
<飲料水給水施設普及>			
1996年度末の給水人口（千人）	11,339	1,880	13,219
1996年度末の給水人口割合（%）	61	62	61
第9次開発計画目標（千人）	20,574	3,794	24,368
第9次開発計画目標（%）	100	100	100
<衛生施設普及>			
1996年度末の普及人口（千人）	2,900	1,530	4,430
1996年度末の普及人口割合（%）	16	51	20
第9次開発計画目標（千人）	9,260	2,850	12,110
第9次開発計画目標（%）	36	60	40

(2) カトマンズ盆地の上下水道分野開発戦略

カトマンズ盆地では、上記の国家開発計画の目標を達成するとともに、上下水道分野の効率的・効果的な運営管理、公平なサービスの提供及び持続性の確保を目的とする以下の開発戦略が策定されている。なお、同開発戦略の詳細については、2001年に調査が実施される予定である。

1) 上下水道分野の計画策定とインフラ整備

[水需要管理]

カトマンズ盆地の水利用の最適化に係る調査を実施し、人口、水源、水需要に関する詳細な分析を行う。水需要管理に係る検討項目には以下を含む。

地下水源の生産の持続性を確保するための表流水と地下水との併用。

盆地周辺地域からの流域間導水としてインドラワティ川流域のメラムチ川、ヤンギリ川、ラーク川からの分水。

システム内の漏水削減。

住民への広報活動の充実、家庭用・工業用・商業用の適切な水道料金の設定・従量料金制度の導入。

農業用水から都市用水への転換、各家庭・地域レベルでの雨水貯留、雨期の貯水、下水の再利用。

工業用水の需要管理及び水質汚濁軽減のための監視制度の制定と、水需要型・水質汚濁型産業の盆地外への移転。

[地下水管理]

地下水の利用は、当面の間は表流水との併用を行う。メラムチ計画による給水が開始された後は、地下水取水量の上限を設けて、この限度内での取水許可を行う。

地下水の取水量、地下水位、浅井戸及び深井戸の水質の監視システムを設立する。全ての深井戸による取水及び産業用の浅井戸からの取水は、ライセンス制にし、水道メーターの設置及び料金の支払いを義務づける。井戸の建設を制限するため、2002年にはボーリング業者へのライセンス制を導入する。

[下水道サービス]

下水道分野における活動は以下のとおり。

既存下水処理施設の数及び能力の増強を図る。また、下水管の布設を順次進める。

自然処理技術による処理を都市近郊の地域レベルで推進する。

産業排水には前処理施設を設置させる。排水及び汚泥の陸上投棄、公共水域への排出は排水基準を基に監視を行う。

広報活動により、水質の保全と公衆衛生の教育を行う。

2) 提供するサービスの基準

提供するサービスの水準は、適切な水圧による24時間給水を達成すべく、継続的にサービスの質の向上を図る。サービスの普及を図るため、各戸給水栓の設置を促進する。

国家の水質基準を2002年までに制定する。メラムチ計画後は、この水質基準を強制力のある基準とする。また、民間委託による運転管理が同基準に合致しているかを監視するための機構を設立する。

民間の運転管理者には、年1回の運転管理報告書の提出を求める。提供されるサービスの指標としては、以下の項目を含む。

- システム内の物理的な漏水及び無収水量の低減
- 公平な給水
- 電算化された料金支払いシステムの維持
- 給水栓数の増加
- 効率的な料金徴収
- 広報の充実
- 下水道サービスの改善
- 要員の訓練
- 顧客サービス指標
- 既存施設のマッピング

3) 制度上の枠組みの再編成

現行の水分野における制度上の枠組みは、政策の策定、計画、サービスの提供及び監視機能を分離し、相互の調整及び組織の効率化を図るために、再編成を行う。この制度上の枠組みは、各組織の独立性に配慮するとともに、適切な奨励策の中で機能することを可能にするものとする。また、役割分担における重複や対立を避けるため、各組織の責任を明確にする。

民間委託による上下水道サービスの運営管理が可能となる環境を整備するために必要な法律の改定を行い、民間の運転管理者に施設の運転管理、水道料金の徴収、料金未納者に対するサービス打切り等の権限を与える。

都市計画・公共事業省 (M P P W)

都市計画・公共事業省 (Ministry of Physical Planning and Works : M P P W) は、国家レベルの調整、政策の立案、基準の設定及び監視を行う主管官庁となる。

カトマンズ盆地水管理局 (K V W A)

独立な組織として、カトマンズ盆地水管理局 (Kathmandu Valley Water Authority : K V W A) を設立する。K V W A の役員会は、当面、地方自治体の代表者、関連省庁の代表によって構成する。同組織は、水源の配分、利用及び保全を含む総合的な水資源管理に係る責任を有する。

同組織は実施組織ではなく、少人数の専従スタッフで維持し、関連の業務についてはコンサルタントへ契約ベースで発注する。

民間運転管理者（P O）

カトマンズ盆地の都市部における上下水道サービスの運転管理は、2001年を初年度とする10年のリース契約として、民間運転管理者（Private Operator：P O）に委託される。この期間終了後は、競争入札によりリース契約が継続されるか、独占経営権が付与される。

P Oは、カトマンズ盆地内の上下水道施設のりハビリと整備の実施機関となる。メラムチ計画で建設される給水システムの運転管理は、試運転調整終了後、P Oが行う。

国家給水監視委員会（N W R B）

消費者の利益保護とP Oの業務実施状況を監視するため、国家給水監視委員会（National Water Supply Regulatory Body：N W R B）をリース契約締結前に設立する。M W R Bは、民間運転管理者の契約履行の監視、政府の料金政策に基づく料金改定の承認を行う。また、年1回、消費者調査を実施して、その結果を公表する。N W R Bは、当面はカトマンズ盆地の給水を監視するために設立するが、将来は全国の上水道の監視までその活動を拡大する。

4) 法的枠組み

以下の項目に関する法的な枠組みを制定する。

民間による上下水道サービスの提供及び施設の運営管理

K V W Aの設立とその機能

N W R Bの設立とその機能

監視、指導のための飲料水、地下水及び下水排水に係る水質基準の制定

地下水取水に係るライセンス制の導入と料金徴収

メラムチ、ヤングリ、ラーク川流域の住民に対するカトマンズ盆地の消費者による補償費の支払い

5) 費用回収及び料金

料金設定における透明性の確保及び裁量の範囲を最小限にするため、政府は料金政策を公表し、料金設定の条件を明確にする。この料金設定のための政策は、以下の需要管理、費用回収、貧困層へのサービス、料金の容易な支払い等を原則として策定する。

メラムチ計画の供用開始後の水道料金体系は、全ての運転管理費用、償還費用の回収を基本に設定する。2010年までに全ての運転管理費、監視に必要な資料、償還費用及び取水に伴う補償費用、さらには、将来の投資を含めて費用を賄える料金体系とする。料金政策では、完全メーター制及び従量料金制を適用し、都市貧困層への配慮して策定する。

メラムチ計画への資本投資は、50%ローン、50%無償をベースに費用回収の収支を計算する。

非家庭用水の料金は、他水源を利用した場合の費用を勘案して、従量制による同一単価とする。

家庭用以外の地下水取水はライセンス制とし、メーターを設置する。また、公共水道への接続を指向するレベルとなるような従量料金とする。

下水料金は、少なくとも運転管理費用に10%の資本回収を考慮して財務的な持続性を確保する。

産業下水料金は汚染者負担の原則に従って、次第にその負担を強化する。

料金はインフレを勘案して定期的に調整し、現実的なものとする。

6) 貧困層へのサービス提供

水道サービス普及を図るため、接続料金及び水道料金の面での配慮を行う。新規接続に必要な事項を簡潔にするとともに、貧困層への給水のために配水管網の延長を行う。貧困層へのサービス提供に係る奨励策は、運転管理に係る民間委託の契約書の中に盛り込む。

中小の水売り人への水販売は、最終利用者の水価が都市給水の料金水準を越えない範囲で認める。

7) 透明性の確保及び消費者との協議

透明性の確保と住民参加は、住民との協議を通じて実現する。このために、全ての情報を適時に公開する。これには、毎年の業務実施状況に係る主要な指標の公開、カトマンズ盆地内の全ての社会・経済グループとの協議を含むものとする。

1-1-3 社会経済状況

「ネ」国の国家歳出の規模は、1998/99年度で約310億ルピーであった。第9次国家開発計画の5ヵ年（1997年～2002年）の開発予算総額は、約1,896億ルピーであり、この内、開発予算に占める給水分野の予算の割合は6.28%（約119億ルピー）となっている。

給水分野の開発予算（支出額ベース）の推移を表-1.1.5に示す。

表-1.1.5 給水分野の開発予算の推移

（単位：百万ルピー）

	1991/ 92年	1992/ 93年	1993/ 94年	1994/ 95年	1995/ 96年	1996/ 97年	1997/ 98年	1998/ 99年
通常予算	9,905	11,484	12,409	19,265	21,562	24,181	27,174	31,048
開発予算全体	16,513	19,414	21,188	19,795	24,981	26,543	28,944	28,531
給水分野予算	1,334	1,821	1,074	1,102	1,206	1,327	1,670	1,867

出典：Economic Survey (Financial Year 1999-2000), Ministry of Finance

上表に示した給水分野の開発予算の内、約30～60%は外国からの援助によるものであり、財政面での支援を国際機関や二国間協力等に負っているのが現状である。

表-1.1.6に給水分野の外国援助の推移を示す。

表-1.1.6 給水分野の外国援助の推移

（単位：百万ルピー）

	1991/ 92年	1992/ 93年	1993/ 94年	1994/ 95年	1995/ 96年	1996/ 97年	1997/ 98年	1998/ 99年
無償援助	418	926	26	182	127	121	182	217
有償援助	215	276	299	192	587	376	696	623
合計	633 (47%)	1,202 (66%)	345 (32%)	374 (34%)	714 (59%)	497 (37%)	878 (53%)	804 (43%)

出典：Economic Survey (Financial Year 1999-2000), Ministry of Finance

()内は、給水分野の開発予算に占める外国援助の割合

本プロジェクトの実施機関であるネパール水道公社（NWSC）の組織及び財務状況等については、2-1-2及び2-1-3に後述する。また、「ネ」国の基本的な社会経済状況については、「資料4 当該国の社会経済状況」として巻末に添付した。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「ネ」国政府は、前述の第9次国家開発計画（1997年～2002年）の中で、カトマンズ盆地内の水道施設整備に関して、盆地内での新規プロジェクトの実施、漏水率の低減及び盆地内の水資源の適正な運用と水源開発、水源を盆地外に求めるメラムチ計画の2つの柱から成る計画を実施して、長期的な水需要に応える必要があるとしている。

この内、に係る計画として日本国政府は、1989年～90年に開発調査「カトマンズ盆地地下水開発計画調査」を実施し、2001年を目標年次とする8計画を策定した。この8計画の内、緊急性の高いと判断された既存地下水の水質改善と盆地内水源の開発による給水能力の拡張に係る2計画、マハンカルチュール計画とバンスバリ計画について、1991年に基本設計調査「カトマンズ上水道施設改善計画」を実施した。

1992年～1995年には、同調査に基づいて、2浄水場が日本国政府の無償資金協力で建設され、給水状況は一時的に改善された。しかし、その後、世銀の協力で進められていたカトマンズ盆地内の既存水道施設の改善に係る計画（都市上下水道整備計画：UWSSRP）の中断やメラムチ計画の供用開始時期の大幅な遅延により、既存の水道施設は急増する水需要に応えられない状況が続いており、住民は劣悪な衛生環境と不自由な生活を強いられている。

このような状況のもと、「ネ」国政府は、カトマンズ盆地内の給水サービスを緊急に改善するため、上記の開発調査の残り6計画の内、盆地内での水源開発による新規給水システムの建設に係る2計画、マノハラ計画及びバルク計画と、既存給水システムの拡張に係るシャイブー計画の3計画につき、日本国政府の無償資金協力での実施を要請した。

この要請に応え、日本国政府は上記計画の実施に向けて検討を開始したが、開発調査から10年近く経過していること、水源等の計画に不明な内容があること、さらに、メラムチ計画の進捗を確認する必要等があり、予備的な調査の実施を決定し、JICAは2000年3月に予備調査団を「ネ」国に派遣した。

予備調査の結果、要請のあった3計画の内、マノハラ計画及びシャイブー計画は実施可能性が高く、残りのバルク計画に関しては、水源水質に問題があり、その実施は適当でないとの提言がなされた。これにより、本調査においては、マノハラ計画及びシャイブー計画を対象とし、バルク計画については対象外とすることとなった。

「ネ」国政府から要請のあった3計画の内容は、以下のとおりである。

1) マノハラ計画（新設）

表流水取水施設（マノハラ川）

導水施設（ $23,000\text{m}^3/\text{日}$ ）

浄水場（ $23,000\text{m}^3/\text{日}$ ）

- ・生物ろ過施設
- ・フロック形成池
- ・沈殿池
- ・急速ろ過池
- ・排水排泥施設
- ・浄水池
- ・薬品注入設備

配水池（ $3,000\text{m}^3$ ）

φ350mm配水管（7,500m）

2) シャイブー計画（既存施設拡張）

配水池（ $4,500\text{m}^3$ ）

φ350mm配水管（3,500m）

さらし粉、次亜塩素酸ソーダ注入設備
水質検査機器

3) バルク計画（新設）

表流水取水施設（バルク川）

導水施設（ $13,000\text{m}^3/\text{日}$ ）

浄水場（ $13,000\text{m}^3/\text{日}$ ）

- ・フロック形成池
- ・沈殿池
- ・急速ろ過池
- ・排水排泥施設
- ・浄水池
- ・薬品注入設備

配水池（ $1,850\text{m}^3 \times 2$ 池）

送水管

- ・φ350mm × 1,800m
- ・φ250mm × 2,300m

1-3 我が国の援助動向

(1) カトマンズ盆地地下水開発計画調査

本調査は、1989年～90年にJICAが実施したカトマンズ盆地の水道施設整備に係るマスタープラン調査である。同調査の目的は、カトマンズ盆地内の水道用水源として開発された地下水は、高濃度の鉄やアンモニア性窒素を含有し、水質障害を発生させる原因となっているため、その水質を改善すること、この地下水を恒久的な水道水源として活用するための地下水管理計画を策定すること、メラムチ計画による給水が予定される2001年までの水需要増加に応えるため、盆地内で開発可能な水源による水道整備計画を策定することであった。

同調査の結果、地下水を恒久的な水源とするため、年間揚水量を当時の平均揚水量の50%に制限すること、主水源である河川の流量が減少する乾期は地下水を併用することで、年間を通じて水需要に応じた水源を確保すること、河川水及び地下水は適正処理されること、2001年までの水需要増は、盆地内の河川水を開発して対処することが勧告された。

上記の勧告に基づいて、下表に示す8計画が策定され、その実施スケジュールに従って順次実施されるように提言された。

表-1.3.1 JICAマスタープラン調査の8計画の概要

計画名	主要な計画施設	計画実施時期
1. マハンカルチュール計画	取水施設の拡張 浄水場(32,900m ³ /日)の新設	1991～1993年
2. バンスバリ計画	取水施設の拡張 浄水場(21,500m ³ /日)の新設 既存配水池の改善	1992～1994年
3. シャイブー計画	配水池(24,500m ³)の新設 配水本管の新設	1992～1994年
4. パラジュー計画	既存浄水場(9,300m ³ /日)の改善 既存配水池の改善	1993～1995年
5. ランバガール計画	浄水場(13,000m ³ /日)の新設	1993～1995年
6. スンダリジャル計画	既存浄水場(20,600m ³ /日)の改善 3配水池の新設	1994～1996年
7. マノハラ計画	取水施設の新設 浄水場(13,000m ³ /日)の新設 配水池(3,700m ³)の新設	1996～1998年
8. バルク計画	取水施設の新設 浄水場(13,000m ³ /日)の新設 配水池(3,700m ³)の新設	1998～2000年

(2) カトマンズ上水道施設改善計画

日本国政府は、上記マスタープラン調査で策定された 8 計画の内、緊急性が高いと判断された、地下水の水質改善に係るマハンカルチュール計画及びバンスバリ計画の 2 計画を 1992～94 年度の無償資金協力案件として実施した。これら 2 計画の概要を表-1.3.2に示す。

表-1.3.2 マハンカルチュール計画、バンスバリ計画の概要

	マハンカルチュール計画	バンスバリ計画
1) 計画給水量	26,500m ³ /日	22,100m ³ /日
2) 取水施設	表流水 地下水	既存施設の拡張 既存井戸群
3) 導水施設	取水管 φ 500mm 既存井戸群	φ 200～350mm × 7.26 km
4) 浄水施設	φ 500mm × 9.13 km 流量調整池 4,600m ³	
(a) 生物ろ過池	19,100m ³ /日 10池 × 15.9m ²	17,600m ³ /日 10池 × 14.7m ²
(b) 着水井・混和池	2池 × 53m ³	2池 × 53m ³
(c) フロック形成池	12池 × 48m ³	4池 × 117m ³
(d) 沈殿池	2池 × 815m ³ 3池 × 534m ³	4池 × 660m ³ 4池 × 660m ³
(e) 急速ろ過池	10池 × 18.8m ²	8池 × 20.0m ²
(f) 浄水池	2池 × 560m ³	2池 × 465m ³
(g) 送水施設	3.7m ³ /分 × 11kw × 4 台	2.7m ³ /分 × 5.5kw × 4 台

1-4 他ドナーの援助動向

「ネ」国政府は、1990年に上下水道施設の整備とNWSCの運営を支援する目的で15年間総合開発計画（The 15 year Comprehensive Development Programme：CDP）を策定した。同計画は、1991年を初年度とし、1期5年の3期15ヵ年の計画から成り、NWSCへの運営支援と開発事業を含む合計29のコンポーネントで構成されている。カトマンズ盆地では、この開発計画に基づいて、以下のような計画が実施されてきている。

(1) 都市上下水道整備計画

本計画は、上記CDPの第1次5ヵ年計画として、カトマンズ盆地と盆地外の上下水道の改修を目的とする都市上下水道整備計画（Urban Water Supply and Sanitation Rehabilitation Programme：UWSSRP、1992～1999年）である。当初は、世銀の融資による170百万ドル相当の計画であったが、その後、規模が大幅に縮小され、最終的には、既存井戸の復旧と水道メーター等の調達の一部行われたに過ぎない。同計画で実施予定であった計画の内容を以下に示す。

1) 既存配水管網の復旧

老朽化した既存配水管の布設替え・整備を行って、漏水率の低減を図るとともにメラムチ計画後の2011年までの給水量に対応した配水管網の整備を実施する。

[計画内容]

幹線配水管（ダクタイル管 口径250～900mm）	104 k m
二次配水管（ダクタイル管 口径100～200mm）	268 k m
三次配水管（ポリエチレン管 口径 63～110mm）	353 k m
給水管（ポリエチレン管 口径63～110mm）	1,269 k m
付帯設備設置（制水弁、流量計、水道メーター等）	

2) 既存井戸の復旧

能力の低下している既存深井戸の復旧及び新設により、現在の地下水生産能力23千m³/日を38千m³/日に回復する。

[計画内容]

14井のリハビリ及び12ヵ所のポンプ場建屋・フェンス等の改善
23井のポンプ及び関連機器の更新
2井の更新
4井以内の井戸新設
地下水位観測用機器の設置

3) 既存表流水源の復旧

既存給水システムの表流水源・浄水場の復旧及び配水池からの漏水防止により、現在の給水能力19千 m^3 /日を29.4千 m^3 /日（内、5.1千 m^3 /日は配水池の漏水対策による）に回復する。

[計画内容]

- シャイブー・システム： 3 湧水、原水調整池、導水管（12 k m）、ポンプ場、水処理施設のリハビリ
- バラジュー・システム： 5 湧水、導水管(26 k m)、浄水場(沈殿池及びろ過池)のリハビリ、配水池の漏水防止
- 既存配水池の漏水対策： マハンカルチュール、バンスバリ、マハラジガンジ及びスンドリガットの各配水池の漏水防止

4) 水道用資機材の調達

既存配水管網の維持管理用資機材、浄水場の改修用機器の調達。

[計画内容]

- 配水管修理資機材： 配管材料、流量計、漏水探查機器、維持管理用車輛等の調達
- 水道メーター： 各戸給水用水道メーター 4 万個の調達
- 浄水場機器： 既存浄水場のリハビリ用機器の調達

(2) メラムチ計画

メラムチ計画は、カトマンズ盆地内の長期的な水需要に応えるため、盆地外にその水源を求める長期水道整備計画である。1989年にUNDPが実施した予備 F / S 調査で、盆地外水源としてメラムチ川が選定された。その後、1992年に世銀の協力で F / S 調査が実施され、技術面、経済面、環境面の実施可能性が確認された。

メラムチ計画は、3 期に分けて実施される計画であり、第 1 期が2006年、第 2 期が2011年、第 3 期は2018年の完成を目指している。第 1 期の主要な施設及び計画内容は次のとおりである。

- 水源のメラムチ川からカトマンズ盆地まで約28 k mの導水トンネル建設
- 能力170千 m^3 /日の浄水施設の建設
- 広域送水システム(水需要355千 m^3 /日の送水・貯水能力)の建設
- 既存配水管網の改善・更新
- 民間委託契約

1) ドナーと援助額

メラムチ計画は、1995年に導入トンネル部分をB O T方式で実施すべく、UNDPの協力で調査が実施されたが、同方式による事業実施は実現できなかった。現在は、A D Bを中心に複数の援助国・機関による融資調整が実施され、2006年の第1期完成を目指している。

しかし、第1期のみでも約464億ドルと巨額の事業費を要することや導水トンネル工事の難航、用地取得・住民補償に係る問題の発生等が予想され、実際の給水サービス開始は、2007年以降にずれ込むことが予想されている。

メラムチ計画における各ドナーの分担範囲と融資予定額を表-1.4.1に示す。

表-1.4.1 メラムチ計画のドナーと援助額

計画名 (実施予定期間)	ドナー名	援助額 (百万ドル)	計画概要
Melamchi Diversion Scheme (2002年～2006年)	ADB NORAD Sida NDF 「ネ」負担分 計	25 28 25 9 35 122	メラムチ計画の取水 堰、導水トンネルの建 設
Access Road (2001年～2002年)	OPEC 「ネ」負担分 計	14 14 28	上記画施設建設のため の取付け道路建設
WaterTreatment Plant (2002年～2006年)	JBIC 「ネ」負担分 計	52 12 64	メラムチ計画の浄水場 建設
Bulk Distribution System (2002年～2006年)	ADB 「ネ」負担分 計	57 20 77	メラムチ計画の広域送 配水システム建設
Private Operator Distribution Improvements (2002年～2004年)	WB 「ネ」負担分 計	15 4 19	Private Operatorによ る既存配水管網の改善
Distribution Network Improvements (2004年～2006年)	WB 「ネ」負担分 計	65 16 81	既存配水管網の改善
Kathmandu Valley Water Source Improvements (2002年～2004年)	日本政府 「ネ」負担分 計	18 5 23	本プロジェクトのマノ ハラ計画
Wastewater System Improvements (2003年～2006年)	ADB 「ネ」負担分 計	13 5 18	既存下水道システムの 改善
Project Management (2001年～2006年)	ADB 「ネ」負担分 計	14 4 18	メラムチ計画のプロ ジェクト・マネーজে メント
Social and Environmental Support (2001～2006年)	ADB 「ネ」負担分 計	11 3 14	メラムチ計画の環境配 慮、移住等への支援プ ログラム
合計		464	内、「ネ」負担分118百 万ドル

2) 浄水施設の内容

メラムチ計画の計画需要水量は、表-1.4.2のとおりである。浄水施設は、第1期～3期に、各々170千 m^3 /日ずつ建設し、段階的に給水能力の拡張が行われる。このメラムチ計画による給水と盆地内の既存施設による給水によって、カトマンズ盆地の長期水需要に応える計画である。

表-1.4.2 メラムチ計画の計画需要水量

年	2001	2006	2011	2018	2031
給水人口(千人)	1,292	1,459	1,649	1,960	2,686
家庭用原単位(リットル/人/日)	96	109	145	145	145
商業/工業用水量比率	12%	17%	20%	20%	20%
漏水率	35%	30%	20%	20%	20%
日平均需要水量(千 m^3 /日)	213	266	358	427	586
日最大需要水量(千 m^3 /日)	234	293	394	470	645

3) 広域送水システムの内容

広域送水システムは、最終的には2031年の盆地内水需要を満たすために必要となる配水池と、その配水池に浄水場から送水するための幹線送水管を整備するものである(図-1.4.1参照)。この広域送水システムは、以下の4段階で整備される計画である。

ステージ1 A

2004年の供用開始を目標とし、新メラムチ浄水場からの144千 m^3 /日と盆地内水源100千 m^3 /日を市内各所の新規及び既存配水池に送水する施設を建設する。

ステージ1 B

2008年の供用開始を目標とし、盆地外及び盆地内水源の合計355千 m^3 /日を市内各所の新規及び既存配水池に送水する施設を建設する。

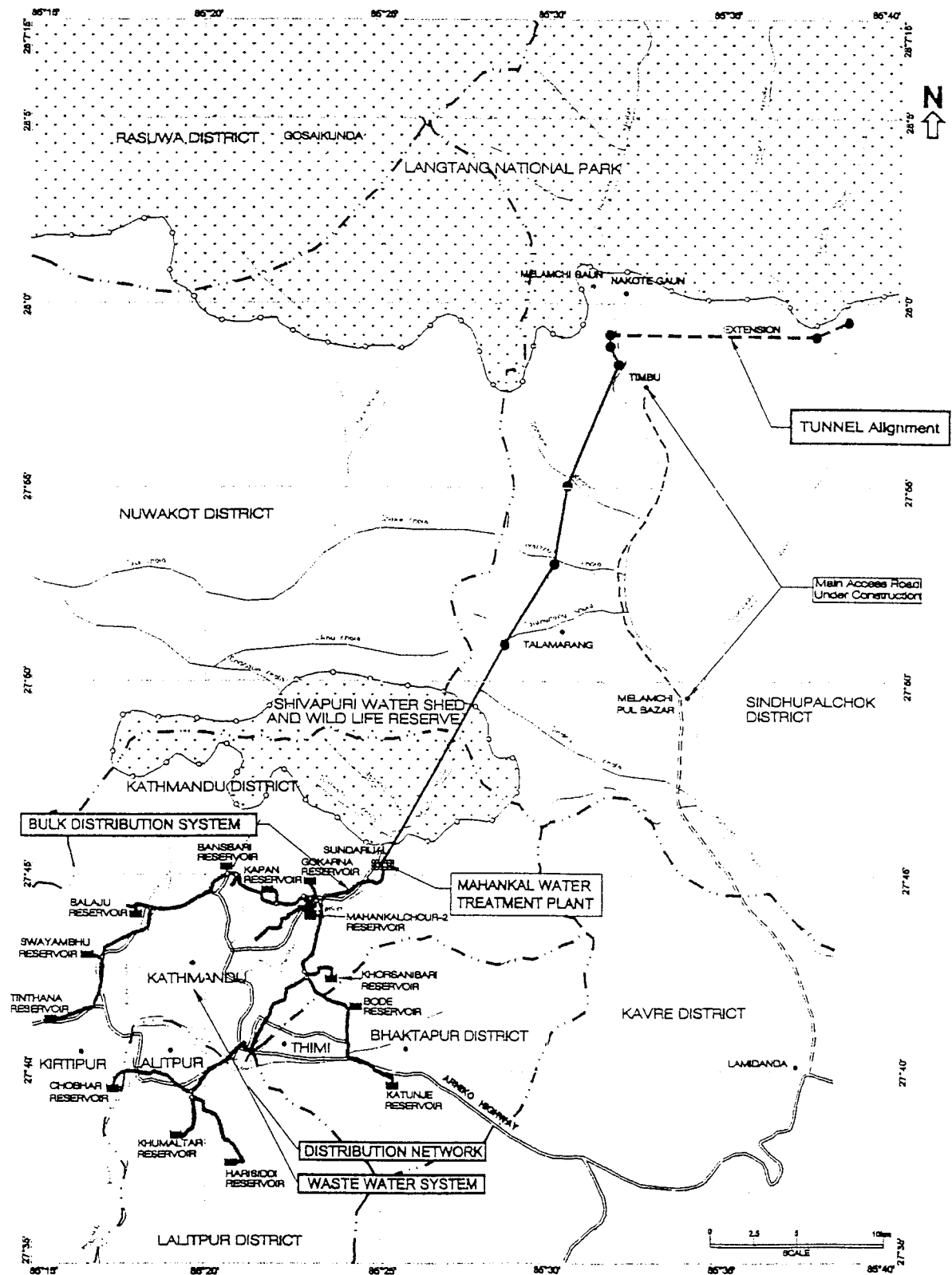
ステージ2

2011年の供用開始を目標として、ステージ1の送水管システムを2重にするとともに必要な配水池容量の拡張を行う。盆地外の水源340千 m^3 /日と盆地内水源から送水する。

ステージ3

2018年の供用開始を目標として、必要な配水池容量の増強を行う。盆地外の水源510千 m^3 /日と盆地内の水源100千 m^3 /日の合計610千 m^3 /日を盆地内各所にある配水池に送水する。

図-1.4.1 メラムチ計画の概要



出典 : Melamchi Water Supply Project Project Document (September, 2000)
Melamchi Water Supply Development Board

4) 配水管整備計画

本計画は前述の都市上下水道整備計画（UWSSRP）の中で、世銀の融資により実施される予定であったが、中止となった既存配水管の復旧・拡張計画であり、今後は、メラムチ計画の一環として実施されることになっている。

同計画は、世銀の協力で実施される予定であるが、実施主体は民間オペレータ（P O）であることが融資の条件となっており、民間委託契約後、P OがUWSSRPで計画されている計画内容の見直しと工事監理を実施することになる。

世銀は、融資を行う場合でも一度に融資をするのではなく、P Oのパフォーマンスを確認しながら複数のパッケージに分けて融資する予定であり、計画の実施に関して不明確な点を残している。さらに、技術的にもUWSSRPで策定された計画内容は、配水管網の更新・拡張が中心であり、メラムチ計画の給水量増加に対応するためには、配水システムの再構築を念頭においた根本的な見直しが必要である。

5) 民間委託契約

メラムチ計画に関係するドナーは、同計画を成功させるためには、水道事業が効率的・効果的に運営されねばならないとし、カトマンズ盆地内の既存上下水道システムの運営管理をN W S Cから民間に委託する計画が進められている。

「ネ」国政府は、1997年7月に民間委託の準備機関として、High Level Committee on Private Participation (HLCPP)を住宅・都市計画省（M P P W）内に発足させた。当初、2000年9月中旬に入札を実施し、2001年7月には民間委託による運営を開始する予定であったが、遅延を生じており、政府関係者の間では、2002年9月頃の運営開始が予想されている。

この民間委託契約（委託期間10年）では、2005年までに政府補助金をゼロにする計画であり、それ以前には、委託を受けた民間企業に政府から補助金（4年間で408百万ルピー）が注入される。民間委託企業（P O）は、カトマンズ盆地内の既存上下水道システムの運営を委託され、N W S Cは盆地外の都市上下水道システムの運営を引き続き行うことになる。

この民間委託契約は民営化ではなく、民間委託後も施設の所有権は「ネ」国政府に残る。また、主要な施設の整備・改善のための投資は「ネ」国政府により実施されることになる。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 給水セクターの組織・人員

1) 都市計画・公共事業省 (MPPW)

「ネ」国の飲料水供給事業を管轄する監督官庁は、都市計画・公共事業省 (MPPW) である。MPPWは、2000年4月の省庁再編で、以前の住宅・都市計画省 (MHPP) の都市計画部門と運輸・公共事業省の公共事業部門が統合された新しい省であるが、飲料水供給分野の管轄や権限はそのままMPPWに引継がれており、同国の飲料水供給に関連するすべての組織に対する総合計画、調整、プログラム実施のための機関である。特に、同省の飲料水・衛生局 (Drinking Water and Sanitation Division) は、飲料水供給事業の政策決定、財政処置、人員のトレーニング、関連する公社への指導等を担当している。MPPWの組織を図-2.1.1に示す。

2) 上下水道局 (DWS)

DWSは、MPPW内の一部局であり、「ネ」国の村落地域、準都市、小都市の飲料水供給を担当している。カトマンズ盆地内の村落部の給水も、このDWSが担当している。

3) ネパール水道公社 (NWSC)

NWSCは、MPPWの管轄下に、主要都市の飲料水供給を担当している。本プロジェクトの実施機関であり、現在、カトマンズ盆地内の都市部を含む「ネ」国内の主要13都市がNWSCの管轄下にある。なお、カトマンズ盆地内の村落部にあっても、NWSCの導・送水管及び配水本管が通過する地域は、NWSCが給水を担当している。NWSCの組織を図-2.1.2に示す。

4) メラムチ水道開発委員会 (MWSDB)

MWSDBは、MHPP (当時) の管轄下に1996年に設立され、カトマンズ盆地内の長期の水需要量を満たすためのメラムチ計画の実施機関である。メラムチ計画の組織を図-2.1.3に示す。

5) 民間参加高等委員会 (HLCPP)

「ネ」政府は、1997年にカトマンズ盆地内における上下水道事業に民間参加を促進するための運営委託契約の準備機関として、MHPP (当時) の下にHLCPP

を設立した。議長は、M P P Wが担当する。現在は、コンサルタントによる以下の作業が行われている。

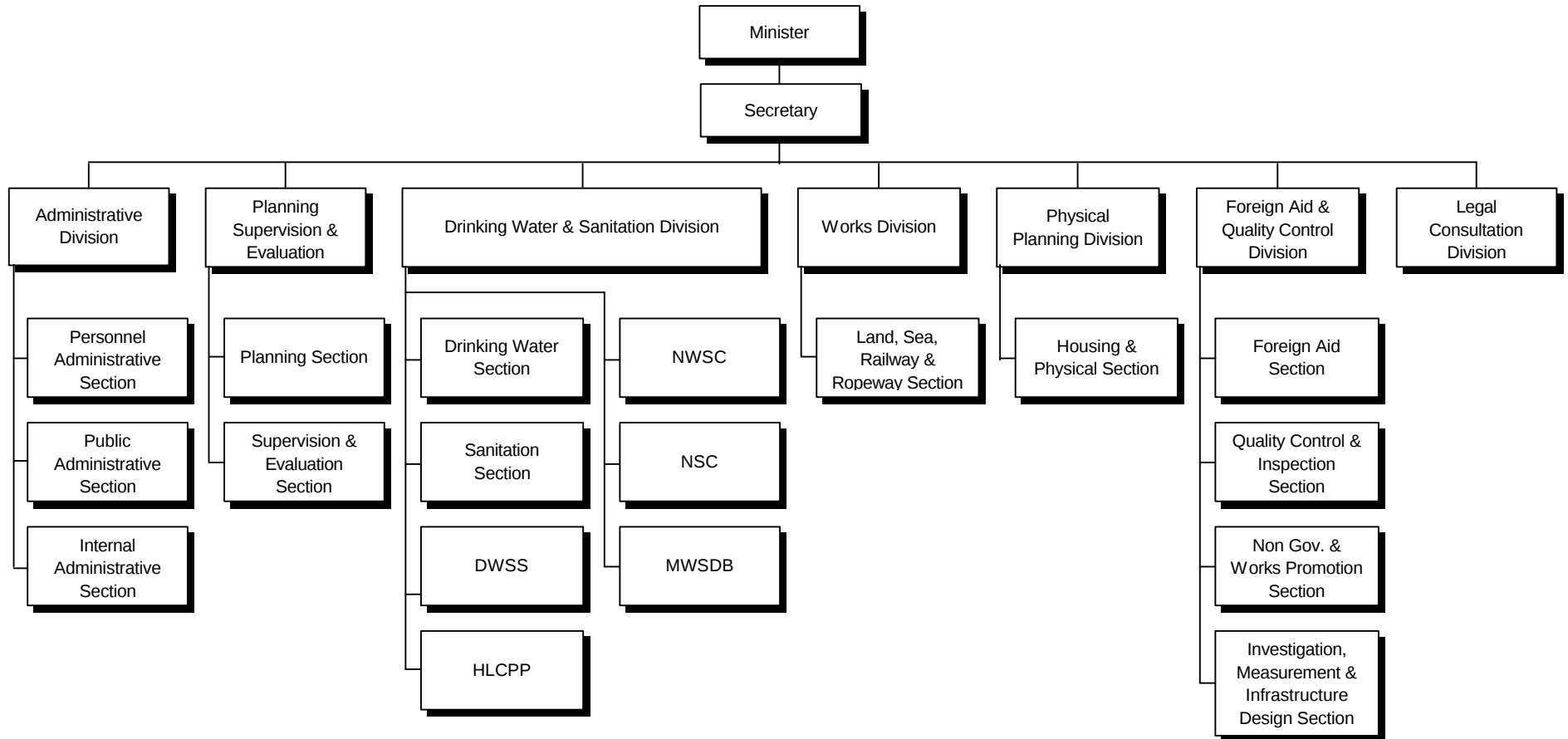
運営委託契約図書の作成

必要な規制と制度的枠組みに関するレビュー、評価、勧告

民間会社を選定するための入札、評価、交渉

図-2.1.1 M P P Wの組織図

ORGANIZATION CHART
MINISTRY OF PHYSICAL PLANNING AND WORKS
(都市計画・公共事業省)



NWSC: Nepal Water Supply Corporation (ネパール水道公社)
 NSC: Nepal Sewerage Corporation (ネパール下水道公社)
 MWSDB: Melamchi Water Supply Development Board (メラムチ水道開発委員会)
 DWSS: Development of Water Supply and Sewerage (上下水道局)
 HLCPP: High Level Committee on Private Participation (民間参加高等委員会)

図-2.1.2 NWS Cの組織図

NEPAL WATER SUPPLY CORPORATION
CORPORATE STRUCTURE
(ネパール水道公社)

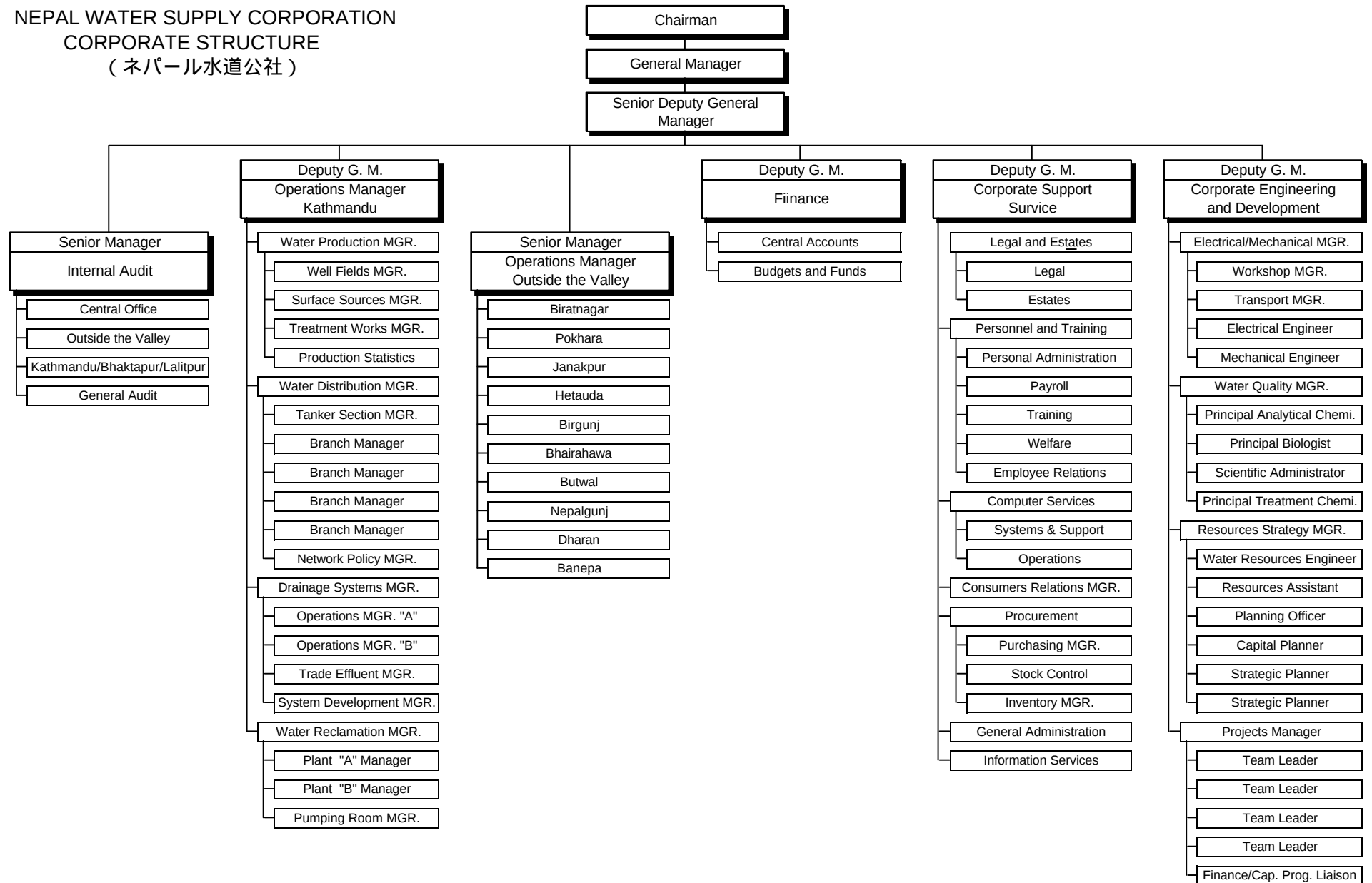
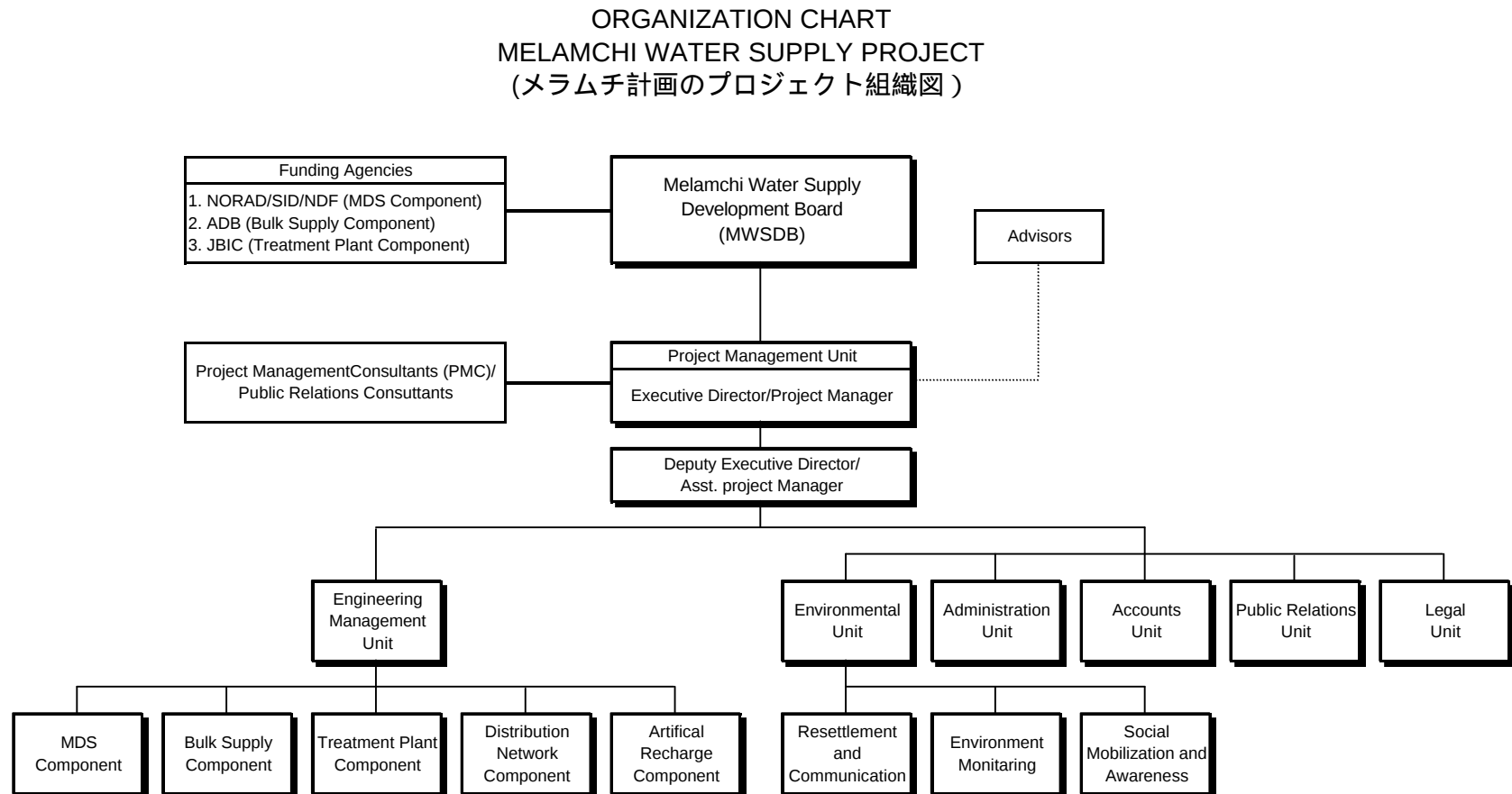


図-2.1.3 メラムチ計画のプロジェクト組織図



2-1-2 財政・予算

1) 収支

NWSCの収入は、8～9割を占める水料金収入と、残りのその他の収入から構成されている。1999年から2000年にかけて料金の改訂が行われたために、前年比30%以上の増収となっている（表-2.1.1参照）。

表-2.1.1 NWSCの財政

（単位：千ルピー）

会計年度	1997/98年	1998/99年	1999/2000年
収入	340,694	340,229	430,661
水料金収入	270,187	287,809	379,066
他の収入	70,557	52,420	51,595
支出計(維持管理費)	284,487	329,309	345,701
水生産	92,853	105,526	114,724
給水	59,909	66,931	68,084
水質管理	7,959	8,696	14,189
電気、機械	12,349	17,710	14,103
下水道	12,921	11,441	13,502
消費者口座*	23,943	31,256	29,370
管理事務	74,263	85,041	88,184
実施設計	290	2,708	3,545
運営維持管理勘定 (対水収入)	-14,350	-41,500	33,365
同上 (対総収入)	56,207	10,920	84,960
償還利子必要額	-10,555	-13,827	-45,965
減価償却費支出	-80,224	-86,361	-91,792
減価償却資金引当 (資本勘定より)	46,902	46,902	46,902
純利益(損失)	-12,330	-42,368	-5,894
前年度調整額	-26,093	-1,352	-
前年度分調整額	-66,512	-	-
		104,935	148,653
前年までの損失累計	-	-	-
	104,935	148,653	154,547

*：料金の前納付による消費者勘定

費用項目については、生産・給水・管理事務が支出額上位を占め、消費者口座の手当費用がこれらに次ぐ。運営・維持管理費用は、なだらかな上昇傾向を示している。

費用・収入のバランスをみると、水料金収入は1998年1999年の両年には、総費用を賄いきれなかったものが、2000年には前期の料金増収をうけて、余剰が発生している。総収入は、常に総費用を超えており、1999年を底値として2000年の改善は著しい。

資本手当を見ると、利子償還必要額が、2000年に前年比の3倍となっているのが目立つ。減価償却費支出額は、ほぼ各年80～90百万ルピーで推移しており、これに対して約47百万ルピーの減価償却引当金が資本勘定から充当されている。

NWSCの経営は、各年損失を計上している。2000年7月における損失の累計は155百万ルピーである。

2) 水道料金体系

現行の水道料金は、1999年12月に改定したものである。盆地内と盆地外では、盆地外がやや高い料金設定となっている。料金体系は、家庭用、政府機関用、商工業用及び給水車販売に分かれ、給水管の口径別に基本使用量と基本料金が設定されている。水道メーターが設置されていない給水栓の場合は、固定料金で1ヵ月当たり176.5ルピー/栓となっている。

家庭用の従量料金の例では、1/2インチの場合は、1ヵ月10m³までが40ルピー、これを超える水量については、1m³当たり9.7ルピーとなっている。従って、メーターの設置されていない使用者は、1ヵ月当たり24m³相当の料金を支払っていることになる。

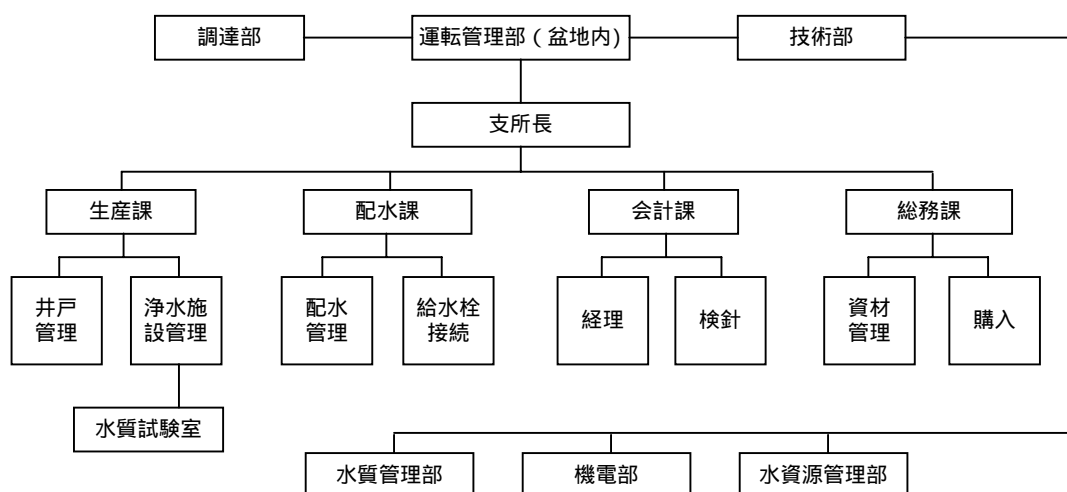
1998年の試算による平均単価は、1m³当たり5.95ルピーとなっている。これを段階的に料金を上げ、2006年には15.89ルピーとすることが計画されている（メラムチ計画 Summary of Expenditure and Income）。

2-1-3 NWSCの技術水準

1) 運転管理体制

カトマンズ盆地内の給水施設の運転管理責任は、本局の運転管理部に帰属するが、要員の管理や水道メーターの検針・料金の徴収等は、盆地内の支所に委嘱されている。給水施設の運転管理体制は、以下のとおりである。

図-2.1.4 給水施設の運転管理組織



2) 運転管理要員

上記の生産部門及び浄水施設の要員は以下のとおりである。

表-2.1.2 カトマンズ盆地内水道施設管理要員数（2000年11月末）

支所名	施設名	生産課 要員数	浄水施設 要員数	備考
マハラジガンジ	バラジュ	52	14	
	バンスバリ	41	20	シバブリを含む
	マハラジガンジ	11	-	
マハンカルチュール	スンドリジャル	20	20	
	マハンカルチュール	41	26	
トリプレスワール	スンドリガット他	37	10	カランキ、カリマチ含む
ジャワラケル	シャイブ	39	6	
	タハケル	24	4	
バクタプール	ボーデ	21	6	ロカンタリ含む
	バンスバリ	10	6	
合計		296	112	

2-1-4 既存給水施設の概要

(1) 給水システム

NWSCが管轄するカトマンズ盆地内の既存給水システムは、バラジュー、バンスバリ、スンドリジャル、バクタブル、ドウドボカリ、シャイブー及びチャパゴンの7給水システムである。

これら7給水システムの概要を表-2.1.3に、給水施設の位置を図-2.1.5に示す。

表-2.1.3 既存給水システムの概要

システム (番号)	水源		浄水場 (施設能力)	配水池 (有効容量)
	河川・湧水	地下水		
バラジュー (S1)	アレイ ボーデ バンダーレ パンチマネ チャハレ	バンスバリ井戸群 バラジュー井戸	バラジュー (10.0千m ³ /日)	バラジュー (3,600m ³)
バンスバリ (S2)	ビスヌマティ シバプリ	バンスバリ井戸群 ダバシ井戸	バンスバリ (20.4千m ³ /日)	バンスバリ (2,000m ³) マハラジガンジ (3,900m ³)
スンドリジャル (S3)	バグマティ川 ナグマティ川 シャルマティ川	ゴカルナ井戸群 マノハラ井戸群 ドビコラ井戸群	スンドリジャル (17.5千m ³ /日) マハンカルチュール (24.0千m ³ /日)	マハンカルチュール (8,500m ³)
バクタブル (S4)	マハデブ川 マノハラ川	バクタブル井戸群	バンスバリ (6.5千m ³ /日)	バンスバリ (2,600m ³) カトゥンジェ (2,000m ³) ボーデ (1,000m ³)
ドウドボカリ (S5)	ドウドボカリ ローコット ナク川		スンドリガット (5.9千m ³ /日)	スンドリガット (980m ³)
シャイブー (S6)	サトムル セシュナラヤン クトリムル	ファーピング井戸群	(20.4千m ³ /日)	シャイブー (2,400m ³)
チャパゴン (S7)	チャパゴン パスキムル ナル川		(7.6千m ³ /日)	タハケル(旧) (660m ³) タハケル(新) (500m ³)
計			(119.1千m ³ /日)	(28,140m ³)

注) 施設能力はNWSC公称値。

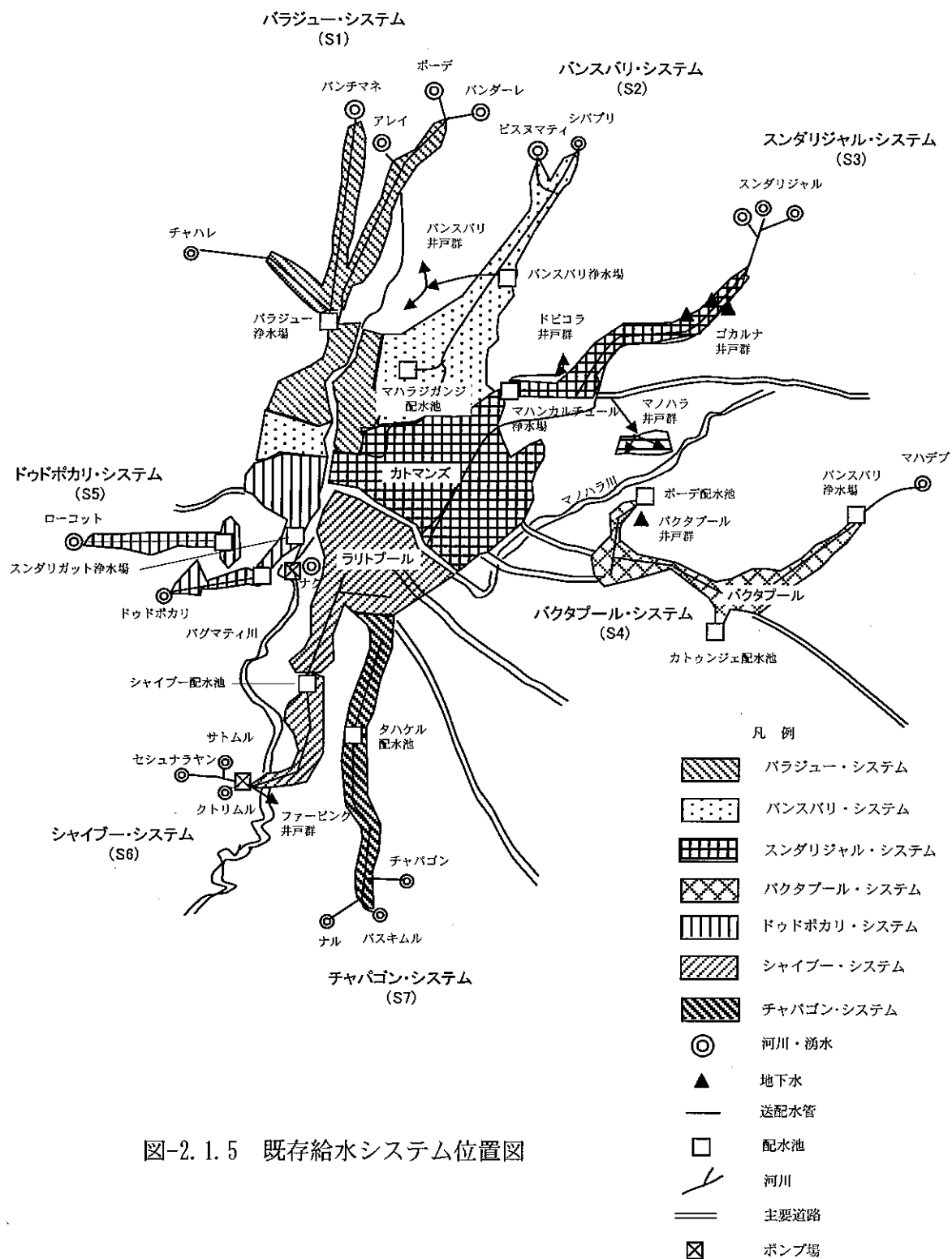


図-2.1.5 既存給水システム位置図

(2) 配水管

市内の配水管網は、人口増加や配水区域の拡大に伴って順次拡張されてきたが、水理的な検討がなされることなく無計画に延長されてきたため、所要の給水圧が確保できず、配水管網の末端や高位部では出水不良や断水の原因となっている。

また、配水管網は総延長500 k mの内、約30%が管齢20～80年の老朽管であることや、20年以下の管についても施工や配管材料の不良等により、漏水率が40%にも達しており、給水量の不足を一層深刻なものにしている。さらに、配水管内の圧力が低下する給水時間外には、漏水箇所からの汚染物質の侵入を招くことになり、給水の安全性に対する脅威となっている。

NWSCが管轄するカトマンズ盆地内の既存配水管の概要は、表-2.1.4のとおりである。また、カトマンズ、ラリトプール及びバクタプールの配水管系統を図-2.1.5～図-2.1.7に示す。

表-2.1.4 既存配水管の概要

配水管延長	<口径>	<延長>
	700～800mm	1,630m
	450～600mm	19,949m
	250～400mm	64,315m
	150～200mm	73,070m
	75～100mm	204,738m
主要な管種	25～50mm	118,349m
	<管種>	<延長>
	ダクタイル鋳鉄管	127,808m
	鋳鉄管	221,272m
	防食鉄管	120,150m
	鋼管	13,051m
経過年数毎 配水管	硬質ポリエチレン管	9,010m
	<経過年数>	<延長>
	80年以上	8,373m
	51～80年	46,346m
	21～50年	87,345m
1997年～99年に布設 された配水管の延長	21年未満	349,227m
	年間約15 k m	

現在、市内への配水は朝夕の2回の時間給水が行われているが、各配水池のバルブ操作だけではなく、配水本管から支管が分岐する地点でもバルブ操作が行われ、給水区域を細かく分けて配水している。

この作業で操作されるバルブの数は、カトマンズ273カ所、ラリトプール96カ所、マディアプール及びバクタプール35カ所あり、各々の地区に63人、23人、6人の操作要員が配置されている。

市内の配管は、管網を形成しているが、現実の運用面では、上記のとおり各分岐点のバルブを人為的に操作し、単一管路として使用している。このような配水形態では、極めて短時間に大量の水が流され、管路の上流側から順次給水される。このため、上流側の需要者が給水を停止するまでは下流の需要者は給水を受けられず、給水の不公平を生じている。

本調査では、給水状況を把握するために、給水区内で水圧の測定を行ったが、ほとんどの地区は給水圧が極めて低く（0.075～0.015Mpa以下）、圧力測定が行えない地域も多く存在した。

図-2.1.6 カトマンズの既存配水管網

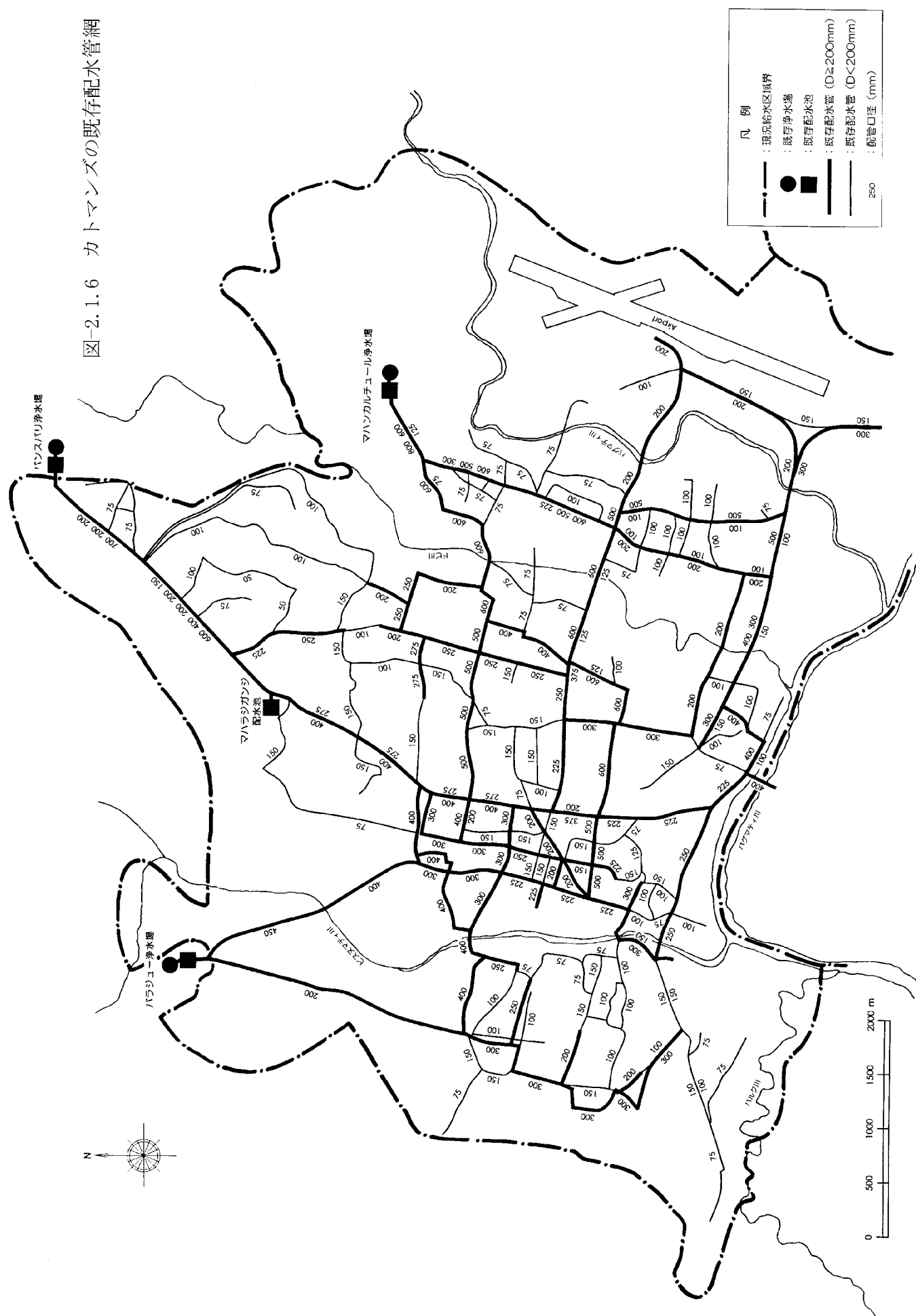
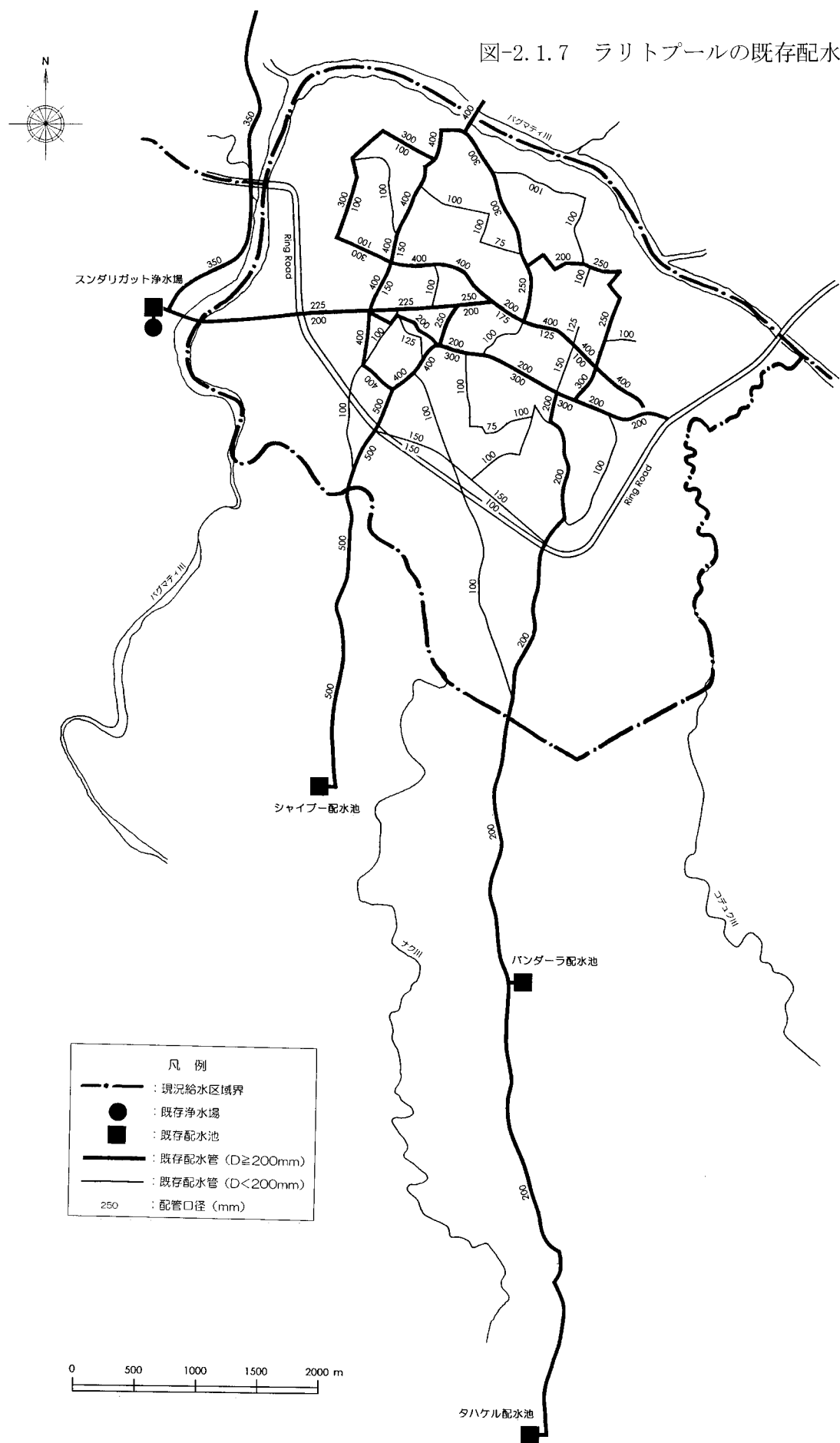


図-2.1.7 ラリトプールの既存配水管網



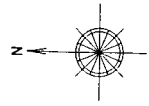
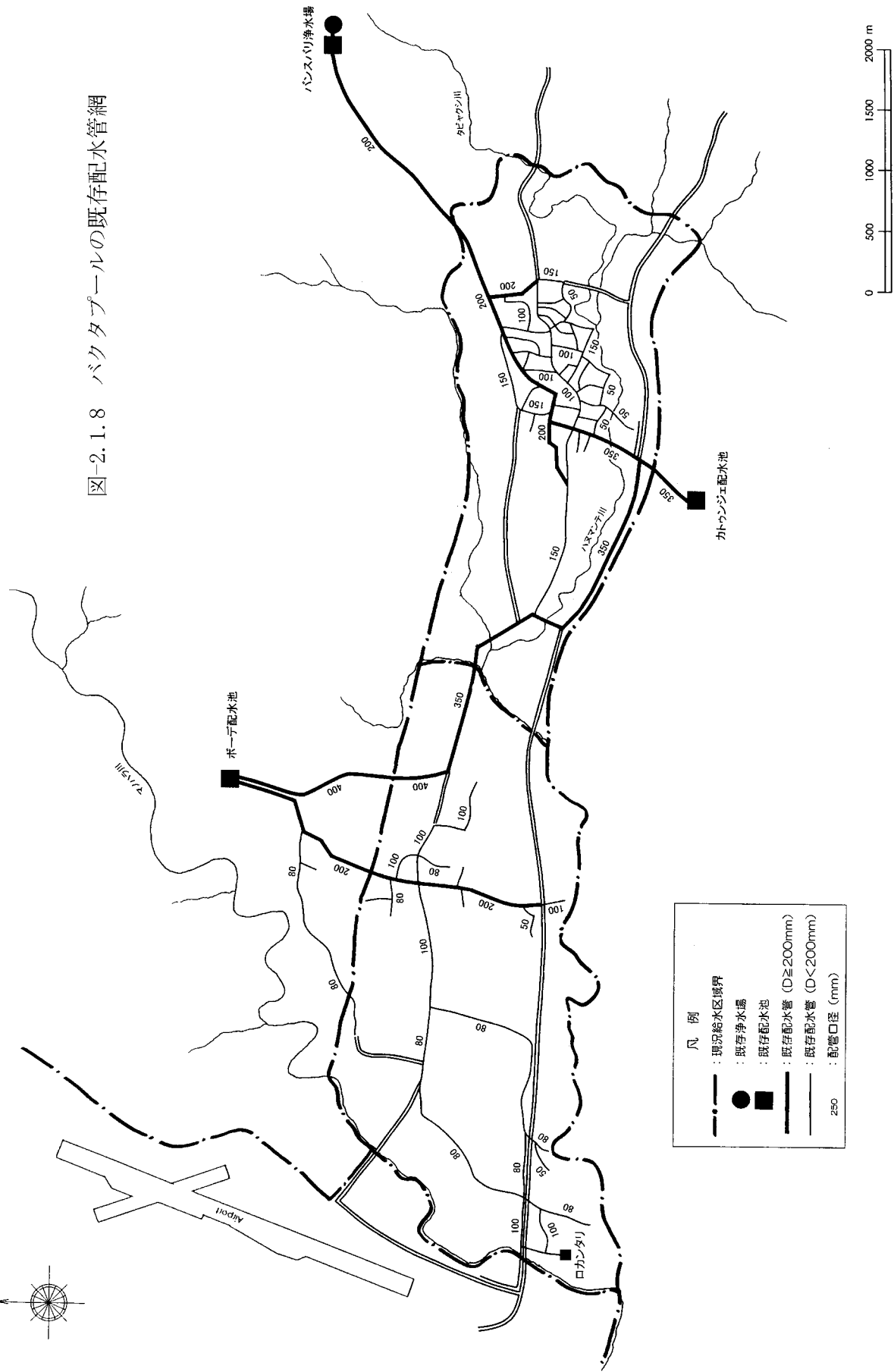


図-2.1.8 バクタプールの既存配水管網



(3) 既存浄水施設の運転状況

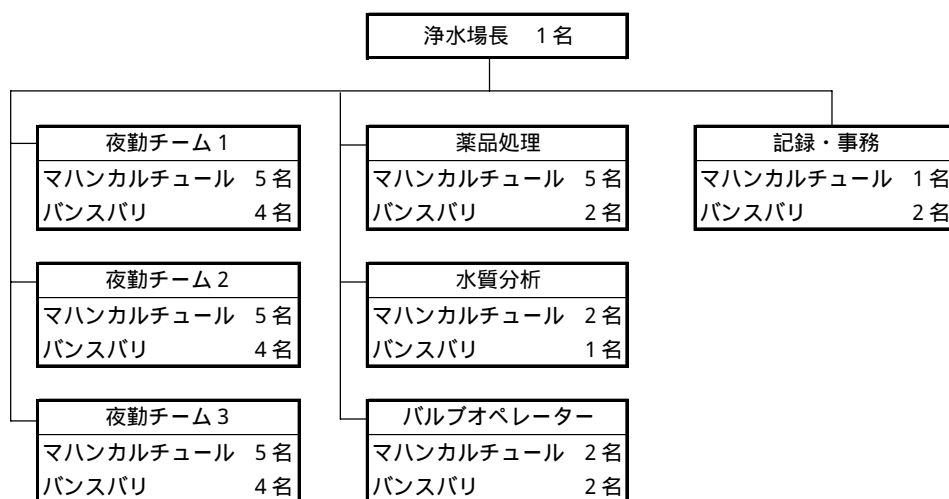
本調査では、我が国の無償資金協力で建設されたマハンカルチュール浄水場及びバンスバリ浄水場、その他の既存浄水場の運転管理状況を調査した。既存浄水施設の運転管理状況は以下のとおりであった。

1) マハンカルチュール浄水場、バンスバリ浄水場の運転管理状況

運転管理体制

マハンカルチュール浄水場及びバンスバリ浄水場の運転管理の体制は下図のとおりである。

図-2.1.9 浄水場の管理体制



生物ろ過施設

地下水中のアンモニア性窒素及び鉄の処理施設である生物ろ過施設の運転管理状況は以下のとおりであった。

表-2.1.5 生物ろ過処理施設の管理状況

	マニュアル	現状の運転状況
空気量	処理水量の2倍量	小水量処理の場合のコントロールが十分でない。
pH調整	原水pHの6.2を苛性ソーダ注入によりpH7.2～7.4に調整する。	十分なpH調整ができていない。
ろ過池洗浄	3日に一度、もしくは損失水頭が1.2mを超えた時。	損失水頭が1.2mを超えた時のみ逆洗を実施。

以上のように十分な運転管理状況ではなかったが、地下水中のアンモニア性窒素及び鉄は下表に示すとおり、適正に処理されていた。

表-2.1.6 生物ろ過施設の処理結果

(単位：mg/l)

		井戸原水	生物ろ過処理水	ろ過水
マハンカルチュール 浄水場	全アンモニア	2.04	0.2	Nil
	鉄	3.40	2.4	0.28
バンスバリ 浄水場	全アンモニア	1.50	0.047	Nil
	鉄	1.62	1.13	0.21

凝集処理

上記浄水場の基本設計調査時には、PACと硫酸ばん土をその操作性、凝集性能、経済性について比較検討し、凝集剤としてPACを選定した。このため、同浄水場の凝集処理施設は、PACの使用を前提とした設計となっている。しかし、調達上の問題から、凝集剤としてこれまで硫酸ばん土が使用されてきており、その上、1997年頃より、本来の硫酸ばん土ではなく、Ferric Alumが使用されるようになった。硫酸ばん土、Ferric Alum及びPACに対する凝集性を検証するため、生物ろ過後の処理水を用いてジャーテストを行った。その結果は以下のとおりであった。

表-2.1.7 使用凝集剤によるジャーテスト

	適正注入率	pH調整	凝集性、フロック状況
Ferric Alum	200mg/l	必要	やっとな凝集する程度、フロック微細
硫酸ばん土	50mg/l	必要	同上
PAC	15mg/l	必要なし	フロック良好、凝集も早い

この結果から、処理水量1m³当たりのコストを比較すると次のようになる。

表-2.1.8 浄水コスト

(単位：ルピー/m³)

Ferric Alum	3.69
・Ferric Alum	2.97
・苛性ソーダ	0.72
硫酸ばん土	1.80
・硫酸ばん土	1.08
・苛性ソーダ	0.72
PAC	2.12 (1.76)
・PAC	

()はインド製PACの場合

表-2.1.7及び表-2.1.8から、PACがその凝集性、フロックの質、経済性のいずれの面からも優位となる。「ネ」国ではPACは製造していないが、インド製のPACが調達可能である。

沈殿池排泥

マニュアルでは、4～5日に1回、10秒程度の排泥を行うことになっているが、排泥に伴う水量のロスが大きいとの理由で実行されていなかった。水量のロスが大きいのは、現状で1回に1分程度も排泥しているためであることを説明し、マニュアルどおりに排泥作業を実施するよう指導した。

急速ろ過池洗浄

マニュアルでは、2日に1回もしくは損失水頭が1.2mとなった時点で洗浄を行うことになっているが、これについても、洗浄時の水量ロスが大きいとの理由で実行されていなかった。このため、ろ層は深層まで汚れており、ろ層の性能が低下していた。今後はマニュアルどおりに洗浄を行うよう指導した。

滅菌設備

次亜塩素酸ソーダ生成装置により生成した次亜塩素酸ソーダによって1993年3月から1997年10月まで処理されてきたが、1997年10月に予備電極に取替えて以降に運転不能となった。このため、次亜塩素酸ソーダに替わってさらし粉で滅菌処理がなされてきた。しかし、さらし粉は当時の基本設計調査で検討した以上に粗悪で不溶解分が多く、注入可能な上澄溶液は溶解槽の深さの1/2程度であった。

設計では、溶解槽の底から1/3を廃棄処分して、上澄溶液（全体の2/3）を利用することになっているが、上澄溶液が1/2程度であったため、注入ポンプに不溶解分を含んだ溶液が流入して、過負荷や不溶解分の詰り等を生じていた。

現地調査時に、溶解槽を全体の1/2で取れる構造に改造するとともに、注入ポンプ整備を行って設備の機能回復を図った。また、注入ポンプの操作に関して、再度マニュアルに基づいて指導することで、現状では、さらし粉の注入ができる状態にある。

一方で、主滅菌剤の次亜塩素酸ソーダを生成する設備については、1997年10月に取替えた予備電極を使って、整備方法の指導を行った結果、その機能を回復し、現在は正常に運転されている。

浄水量

両浄水場とも、地下水の生産量が低下しているため、乾期の浄水量が減少している。下表に雨期、乾期の処理水量の実績を示す。

表-2.1.9 浄水場の稼働状況

(単位：千m³/日)

		設計能力			1999年の実績(日平均)		
		表流水	地下水	合計	表流水	地下水	合計
マハナカチール 浄水場	乾期	8.5	18.8	27.3	11.6	12.0	23.6
	雨期	25.4	-	25.4	22.4	1.8	24.2
バンスバリ 浄水場	乾期	5.5	16.6	22.1	4.3	6.4	10.7
	雨期	21.0	-	21.0	24.3	-	24.3

その他

水処理工場としての浄水場の水処理機能を100%発揮させることの重要性についてNWS Cに説明し、マニュアルに基づいた運転管理を行うための体制強化をNWS Cに申し入れた。

2) その他の既存浄水場

NWS Cが運転管理を行っているその他の浄水場として、スندگانリジャル浄水場、バラジュー浄水場、スندگانリガット浄水場及びバンスバリ浄水場（バクタプール）がある。これらの浄水場はいずれも古く、施設は老朽化している。

スندگانリガット浄水場を除く、他の浄水場では原水の水質が比較的良好いため、濁度の低い乾期には凝集剤の注入は行っておらず、ろ過の後、塩素を注入して給水している。雨期には凝集剤の注入が行われているが、設備の老朽化や故障等により、十分に機能している施設は少ない。その中で、スندگانリジャル浄水場のみが浄水場としての機能を辛うじて維持している。

スندگانリガット浄水場の水源は、ナク川の表流水であるが、乾期には河川流量が減少するため、家庭排水による原水の水質悪化を生じている。調査時の水処理の状況は極めて悪く、薬品凝集沈殿池で生成されたフロックの大半は沈殿せず、ろ過池へキャリーオーバーしていた。また、4基ある圧力ろ過器もほとんど機能していない状況にあった。この結果、配水池に貯留されている処理水の濁度は極めて高く、ほとんど原水と大差ない水質であった。

2-2 プロジェクト・サイト及び周辺状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

1) 人口

1991年に実施された国勢調査の結果、盆地内の総人口が100万人を超えたことが明らかとなった。1981年から1991年の年間人口増加率は、都市部で5.1%、村落部で2.3%、盆地全体で3.7%であった。下表に国勢調査に基づく盆地内の人口の推移を示す。なお、国勢調査は10年毎に実施され、次回は2001年の予定である。

表-2.2.1 カトマンズ盆地内の人口の推移

調査年	盆地全体	都市部	村落部
1952/54	410,995	196,777	214,218
1961	459,990	218,092	241,898
1971	618,911	249,563	369,348
1981	766,345	363,507	402,838
1991	1,105,379	598,528	506,861

2) 都市開発

カトマンズは、歴史的に11世紀に最初の首都として栄えた。隣接するラリトプール及びバクタプールとともに数多くの文化遺産があり、現在は考古学上の調査や観光セクターに重要な貢献を果している。盆地内の都市化は1950年に始まり、1971年から1991年にピークに達した。この間、工業化や政府組織の拡大が顕著となり、人口、政治、輸送、通信機能等の一極集中が進行した。また、無計画な都市化の進展により、インフラ施設の脆弱化、家庭及び産業廃棄物の増加、土壌・大気・水質の汚染等の問題が顕在化している。

3) 土地利用

盆地内の都市化は1950年代に始まり、1970年以降、無計画な開発が急激に進行した。大カトマンズ都市圏の総面積に占める都市部の面積は、1970年に24%であったものが、1991年には61%に達し、同時に、農耕地が急激に減少している。1984年から1990年の都市部面積の年間増加率は7%であったと推定されている。1994年時点における盆地全域の土地利用は、農耕地52.1%、森林部32.7%、都市部13%、河川部0.9%、放棄地0.7%、空港・貯水池等のその他が0.5%となっている。

現在の都市化の傾向が続くものと仮定すると、2020年には、盆地内周辺の丘陵地を除いた低地部は全て都市化されることになる。また、残る森林部も人口増加による薪炭の採取や農耕地に転換されるものと予測される。

以上の現状を踏まえると、盆地内の土地利用には以下のような問題がある。

- ・土地能力に基づいた包括的な土地利用計画の欠如
- ・河川床及び氾濫原の減少
- ・農耕地及び森林の持続可能性の縮小
- ・森林生息量及び土地肥沃度の減少
- ・河川生態系の理解度と管理能力の不足

4) 産業

農業

盆地内の主要農作物は、米、小麦、メイズ及びジャガイモであり、ミレット、大麦、菜種等の生産も行なわれ、盆地内で消費されている。耕作面積は、1992年には40,990 haであったが、1987年には37,650 haと、年率8%もの急激な減少傾向を示している。全国的には耕作面積が増加傾向にあるが、盆地内は都市化の進展に伴って、耕地が宅地化していることを示している。

工業

盆地内には、「ネ」国全体の50%以上の製造業が立地し、その工場数、従事者数は下表のとおりである。カーペット生産が主要な工業であり、480社が操業している。次いで、服飾、毛染め等の軽工業が中心となっている。カーペットの製造には、多量の水使用が必要となり、大量の汚濁物質が発生し、水質汚染の原因となっている。

バラジャー、パタン、バクタプールの3つの政府直営工業団地が盆地内にあるが、その工業団地に立地する工場は少なく、団地外に立地している。

表-2.2.2 カトマンズ盆地内の工業の概要

行政区	工場数	従業員数	付加価値 (千ルピー)
カトマンズ	576	35,667	2,295,693
ラリトプール	249	16,263	820,479
バクタプール	69	4,855	133,985
計	1,470	56,785	3,250,157

(A Compendium on Environment Statistics 1998 Nepal, Central Bureau of Statistics)

5) 交通

盆地内の都市化に伴う車両の増加に道路網整備が追いついていないために、盆地内では交通渋滞が恒常化している。盆地内の道路は、延長約27 kmを有するリングロードの内側では、都市内道路（道路局の規格表示でUR）が網目状に伸びている。

一方、リングロードの外側には、「ネ」国各地に伸びる国道（規格NH）、周辺の集落に向かうフィーダー道路（規格FRN、またはFR0）及び地方道路（規格DR）が放射状に伸びている。各道路の整備状況は下表のとおり。

表-2.2.3 カトマンズ盆地の道路整備状況

行政区	道路規格	舗装道路延長(km)	碎石道路延長(km)	未舗装道路延長(km)	計(km)
カトマンズ	UR	332	67	32	431
	NH	21	0	0	21
	FRN	17	0	0	17
	FR0	39	3	1	43
	DR	36	90	67	193
	計	445	160	100	705
ラリトプール	UR	130	27	18	175
	NH	0	0	0	0
	FRN	0	0	0	0
	FR0	25	8	0	33
	DR	11	22	142	175
	計	166	57	160	383

6) 電力

盆地内では、変電所の維持・管理等のため局所的に停電や電圧の変動が生じることもあるが、比較的安定した電力供給が行われている。盆地北西のトリスリ川のデビガット水力発電所（14MW）、盆地東方のスンコシ川のスンコシ発電所（14MW）、バグマティ川支流のクリカニ第1（60MW）と第2（14MW）発電所、盆地内のスングリジャール発電所（0.6MW）及びマルシャンディ発電所より電力供給がなされている。

7) 下水

1992年の時点で下水道に接続している家庭数は、カトマンズで17%、ラリトプールで34%であったが、現状でも下水道の普及人口は約4万人と推定され、低い水準にある。既存下水管は老朽化が著しく、水漏れや管内の堆砂等によって機能不全に陥っている箇所が確認されている。

市内に立地する下水処理場は、その機能を果しているものはほとんどなく、市内最大のドビガット処理場も、ポンプの破損等が原因で運転されていない。このため、盆地内の汚水のほとんどは、未処理のまま河川に放流されている。1994年の調査によると、盆地内で排出される年間総BODは200万トンと推定され、この内、カーペットの生産によるものが全体の31%を占めている。

8) 廃棄物

急速な都市化と消費量の増大により、処理能力を大幅に超えた廃棄物が生じている。現在、カトマンズ、ラリトプールの全廃棄物量の40～50％が収集・処理されているが、残りは、街角や空き地、河川及び山間部に不法投棄されている。また、廃棄物未管理区域は増大傾向にあり、住民の健康、衛生状況、河川水質の悪化の原因となっている。

9) 保健衛生

盆地内では、モンスーンの始まる前後の河川水質が悪化する時期に水因性の疾病が急増する傾向にあり、水因性疾病が統計上2番目に多い疾病となっている。

下表に示すカトマンズのテク病院における水因性疾病患者数の推移をみると、1995年以降、赤痢、腸チフスの患者数の減少が認められる。この患者数の減少は、1994年～1995年に我が国の無償資金協力で建設されたマハンカルチュール浄水場及びバンスバリ浄水場からの衛生的な給水が貢献しているとの報告がある。

表-2.2.4 テク病院における水因性疾病の患者数の推移

	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年
胃腸炎	6,521	5,500	9,512	5,829	5,090	5,128	5,296
赤痢	212	143	209	110	231	159	96
腸チフス	514	590	496	252	252	245	277

2-2-2 自然条件

1) 位置

本プロジェクトの対象地域は、カトマンズ盆地に位置し、「ネ」国の首都で同国の政治経済・商業の中心であるカトマンズと、南側に隣接するラリトプール及びその東側に位置するバクタプールである。同盆地内は、カトマンズ、ラリトプール及びバクタプールの3行政区に区分され、3つの市とその周囲の130の村落により構成されている。

2) 地形

カトマンズ盆地は、マハバラト山脈の南縁に位置し、東西・南北、それぞれ約30 km、面積約656 km²のほぼ円形の盆地である。盆地中央平坦部は、標高1,300mから1,400mで、面積は約400 km²である。本調査対象地域は、この平坦部の中央部に位置する。平坦部の周辺は、標高2,000m以上の山地に囲まれ、山地の標高の最も高いところは、盆地南部のプルチョーキ（2,762m）である。

同盆地内の流出河川は、盆地北部の山地を源流とするバクマティ川のみであり、マノハラ川を含む全ての支川は、大カトマンズ都市圏内で合流して、盆地南部のチョパールを経て盆地外に流出する。

3) 地質

カトマンズ盆地は、2つの地質系統より構成されている。一つは、第四紀層の湖成堆積物と河成堆積物で、盆地中央部に堆積して基盤を覆い、もう一つは、先カンブリア紀からデボン紀（古生代）の基盤岩で、盆地を取り囲んでいる。多くの尾根が盆地内定部に向かって周囲から伸びる埋没尾根となり、地表から基盤までは数10 mから500m以上あることが確認されている。盆地内低地の西部は粘土質、東部は砂層、砂礫層で構成されている。

4) 気候

カトマンズ盆地は、モンスーン気候帯に属し、年間を通じて雨期と乾期に明確な区分ができる。降雨の80%は6月から9月の雨期に集中する。盆地内の平坦部の降雨量は1,000～2,000mm、周囲の山岳部は2,000～3,000mmである。

表-2.2.5 カトマンズ盆地の月別降水量（1968年～1994年平均）

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降雨量 (mm)	14.1	17.5	32.5	55.4	109.0	242.2	349.6	295.2	187.9	61.4	6.2	13.2

盆地内の気温は、雨期には南東、乾期には北西の季節風により大きく影響を受ける。10月から11月は年間を通じて温暖な気候で平均気温が23℃、12月から2月は冷涼で平均気温は11℃である。1月が最も寒く、気温が零下を記録することもある。3月から6月が乾期で気温も高く、プレ・モンスーン期にあたる。7月から8月が最も暑く、最高気温が30℃を超える場合もある。

Department of Hydrology and Meteorologyの気象記録（1999年6月版）によると、1968年から1996年の28年間にわたる年平均気温は、年率0.05℃で漸増していると報告されている。

表-2.2.6 カトマンズ盆地の月別平均最高気温と最低気温（1997年）

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均最高気温	18.0	19.5	25.0	24.6	28.5	29.4	28.6	28.6	28.0	25.2	22.9	18.5
平均最低気温	1.7	3.0	7.6	10.6	13.8	18.0	20.2	19.9	18.2	10.6	7.1	3.8

5) 水源

河川水

盆地北部のシバプリレークを水源とするバグマティ川は、盆地内唯一の水系であり、ナク川、パルク川、ビスヌマティ川、ドビ川、マノハラ川、コドゥク川、ハヌマンテ川、ゴダワリ川等が主な支川となっている。

年間降雨量の約80%が6月から9月に集中する降雨特性のため、年間を通じた河川水の有効利用に制限を生じさせている。

JICAマスタープラン調査において、バグマティ川の上流のスندگانリジャル地点及び下流のチョパール地点での流量は、下表に示すごとく推定されている。河川水は、主として農業用に取水され、その流出係数はスندگانリジャル地点で67%、チョパール地点では45%と推定される。

表-2.2.7 バグマティ川の平均流量及び比流量

（スندگانリジャル地点）

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均流量 (m ³ /s)	0.23	0.20	0.19	0.21	0.31	0.90	2.30	3.09	2.17	0.95	0.44	0.29
比流量 (m ³ /s/100km ²)	1.4	1.3	1.2	1.3	1.9	5.6	14.4	19.3	13.6	5.9	2.8	1.8

（チョパール地点）

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均流量 (m ³ /s)	2.48	1.89	1.44	1.73	2.49	2.49	15.5	47.3	53.9	16.7	7.00	3.88

メラムチ計画による盆地内の河川水質評価によると、1990年代初頭と比較して、河川水質は悪化している。また、カトマンズ及びラリトプールの河川の水質は、雨期・乾期とも非常に悪く、特に、乾期にはほとんどの支流の中・上流部まで水質悪化が及ぶとされている。

地下水源

[帯水層]

盆地内には、2つの主要な帯水層が存在する。上部帯水層は、粘土層上の地表下20mまでの浅層地下水を構成し、上部帯水層下の粘土層は盆地内西部で厚く、200mの層厚を有する。一方、粘土層下は、鮮新世の砂層、砂礫層があり、被圧深層地下水が存在する。この深層地下水は、NWS Cや市内の民間企業やホテルの重要な飲料水源となっている。また、200～300mの深層地下水、さらに400m以深にも未開発の深層地下水位が存在することが確認されている。

[地下水地域]

1990年のJICAマスタープラン調査によると、盆地内の地下水源は、以下の3地域に分割できる。

・北部地下水地域

NWS Cが管轄するバンスバリ、ドピコラ、マノハラ、バクタプール、ゴカルナ井戸群が含まれ、地層の上部は透水性の高い約60mの層と局部的な不透水層からなり、帯水層を形成している。帯水層の透過率は $83 \sim 1,963 \text{ m}^2/\text{日}$ で、揚水試験によれば、40リットル/秒までの地下開発が可能である。地下涵養能力も高く、低電気伝導度の水質が特徴である。

・中部地下水地域

カトマンズの市内を含む中部地下水地域は、上部に200mの不透水層があり、この不透水層下の低透水層が帯水層を構成している。この帯水層内の地下水は、年代分析によると28,000年前のものと推定される。メタンガスを含む被圧水であり、涵養のない化石水とみなされ、高電気伝導度の水質が特徴である。

・南部地下水地域

南部山岳地帯からキルティプール～ゴダワリの地質構造線までを含む水域で、深い粘土層と基底レキ岩層の不透水層で構成される。地下水は少なく、バグマティ川沿いのチョパール～ファールピンギ間に地下水が確認されているのみである。

[水質]

「The Assessment of Groundwater Pollution in the Kathmundu Valley 1995-1996」(1997年、かんがい局)によると、地下水の水質に関して以下の報告がなされている。

・浅井戸に対して

調査した浅井戸の内、約60%で大腸菌群の存在が確認され、同時に、高い濃度のアンモニア性窒素、硝酸塩、リン酸塩が検出された。カトマンズ、バクタプール、ラリトプールの旧市街の人口密集地域で、顕著な汚染が確認された。汚染源は下水道や浄化槽と推定され、モンスーン期及びその直後の汚染が最も深刻となっている。

・深井戸に対して

調査した深井戸では人為的な汚染は確認されなかったものの、帯水層内で溶解した有機物質に起因すると推定されるBODが高いレベルにある。このBODは、2～51 mg/l(平均12.3mg/l)で分布し、盆地東北部から南西部に向かって高濃度となり、ラリトプール地区の濃度が最も高い。また、盆地全域で鉄とアンモニア性窒素が飲料水基準を超えて検出されている。

2-2-3 環境への影響

1) E I A への対応

「ネ」政府は、1997年に環境保護法（Environment Protection Act, 1997）を制定し、開発行為を行う省庁及び関係機関に対して事前に環境影響評価（E I A）を実施することを義務づけている。本プロジェクトの場合は、「ネ」国側の実施機関であるNWS Cがプロジェクト実施に先立ってE I A調査を実施し、上記の法律に基づく手続きを完了して、工事の着工許可を得ることが必要である。

2) 環境への配慮事項

上記の環境保護法は、資源保護、生物多様性保護、国民的遺産の保護、水・大気・土壌の汚染防止・騒音防止を目的としており、水道事業についても環境におよぼす影響を最小にする事を求めている。

本プロジェクトの実施に伴って懸念される社会環境・自然環境等への影響は以下のとおりである。

社会経済環境

- ・住民移転： 土地収用・配管に伴う住民の移転
- ・経済活動： 農地等の収用による生産機会の喪失
- ・地域分断： 配管工事時の交通の阻害による地域分断
- ・水利権： 河川からの取水による水利権の阻害
- ・廃棄物： 浄水場の運転による汚泥の発生

自然環境

- ・河川流況： 河川からの取水による流量変化

公害

- ・水質汚濁： 浄水場からの排水、汚泥等の流入による汚染

NWS Cは、上記の影響が懸念される環境項目を基に、E I A調査に係るスコーピング（重点分野あるいは重点項目の明確化）を行い、環境影響への調査、予測、評価を実施し、環境影響を回避軽減するための対策を取る必要がある。

一方、日本側は施設の計画において、環境への影響を十分に配慮した内容とするとともに工事期間中についても環境への影響を最小限にとどめる対策を取る必要がある。

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

(1) 上位目標とプロジェクト目標

「ネ」国の首都カトマンズは、近年、急激な人口増加や都市化の進展により、インフラ整備や環境対策が追いつかず、深刻な都市環境の悪化を招いている。特に、市民生活の安定や都市活動を維持するための重要施設である水道は、既存施設の老朽化や新規施設の建設の遅れにより、安全で衛生的な水を必要量確保できず、慢性的な水不足と水質障害に悩まされている。

「ネ」国政府は、第9次国家開発計画（1997年～2002年）の中で、カトマンズ盆地内の水道施設整備に関して、盆地内での新規プロジェクトの実施、漏水率の低減及び盆地内の水資源の適正な運用と水源開発、盆地外から導水するメラムチ計画の2つの柱から成る計画を実施して、長期的な水需要に応える必要があるとしている。

本プロジェクトは、この「ネ」国政府の上位計画への貢献として、盆地内の水源開発及び浄水施設の建設、既存給水施設の拡張を実施して、当面のカトマンズの給水状況を改善する。また、本プロジェクトで建設される計画施設は、メラムチ計画が実現した後も、カトマンズの長期的な水需要を満たすために重要な役割を分担する給水施設として、有効且つ持続的に活用されることになる。

本プロジェクトの上位目標及びプロジェクト目標は以下のように整理される。

上位目標：

カトマンズ盆地内のNWS C 給水区域（対象地域）の給水サービスが改善され、住民の生活が改善される。

プロジェクト目標：

対象地域の給水量（使用水量）不足が解消される。

対象地域の給水水質が改善される。

(2) プロジェクトの概要

本プロジェクトは、上記の目標を達成するため、「ネ」国政府から要請のあったカトマンズ盆地の上水施設改善に係る3計画のうち、マノハラ計画とシャイブー計画の実施に必要な調査、設計及び計画施設の建設・施工監理業務を実施するものである。

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

2000年にJICAが実施した予備調査の結果、当初「ネ」国政府より要請のあった3計画の内、バルク計画は、水源水質の問題により、その実施は適当でないと判断されたため、本プロジェクトでは、マノハラ計画とシャイブー計画の2計画に係る設計を行う。

本プロジェクトは、以下の設計方針に基づいて計画施設の設計を行った。

(1) 基本事項

1) 計画目標年次

本プロジェクトの計画目標年次は、メラムチ計画の供用開始が2007年に予定されていることを考慮して、2006年に設定する。

2) 計画給水区域

本プロジェクトは、カトマンズ盆地内でNWS Cが管轄する給水区域全体の給水状況の改善を目標とするが、マノハラ計画及びシャイブー計画の実施により直接裨益する区域は以下のとおりである。

マノハラ計画： カトマンズ東南部、マディアプール、バクタプール西部

シャイブー計画： ラリトプール

3) 給水人口

人口

人口予測は、10年毎に実施されている国勢調査結果及び1997年にNWS Cが行った消費者調査の資料を基に、下記の手法により推定を行った。

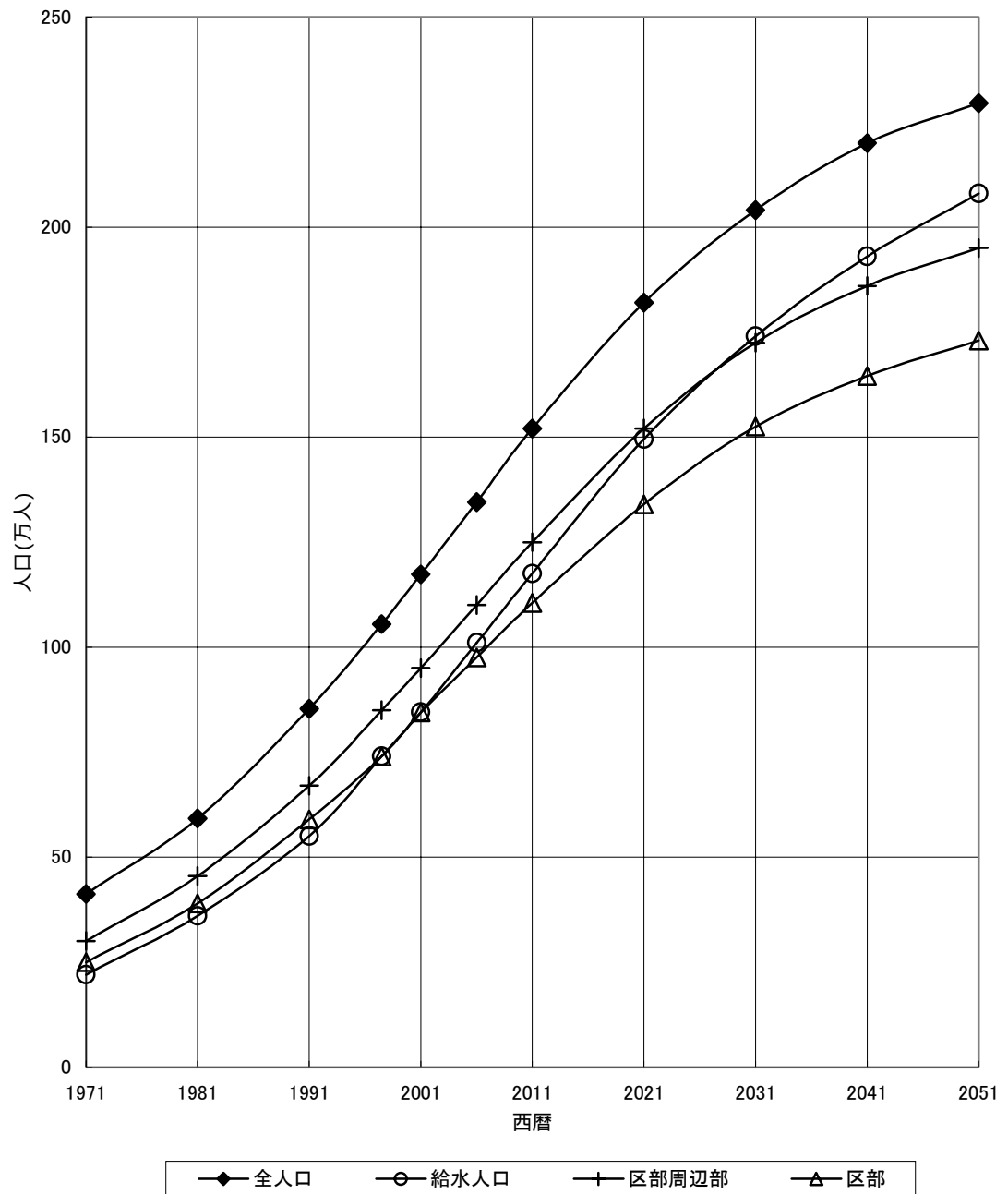
- ・都市部（区部）及び都市周辺部の人口は、国勢調査結果及び当該地域の飽和人口（飽和人口密度を250人/haとして設定）を基に、ロジスティック曲線法により予測した（図-3.2.1参照）。
- ・村落部は、1991年から1997年までの都市部（区部）と村落部の人口増加傾向（区部と村落部の人口増加率の割合）に基づいて予測した。

給水率

給水率は、1997年のNWS C消費者調査時の都市部75.5%、村落部47.2%を基準に、年率0.5%の普及率の向上を考慮して目標値を設定した。

図-3.2.1 ロジスティック曲線法による人口予測

人口推移曲線(推測)



給水人口

上記の人口予測及び給水率の目標値を基に算出した給水人口は表-3.2.1のとおりである。

表-3.2.1 給水人口

(単位：千人)

		2001年			2006年		
		人口	給水率	給水人口	人口	給水率	給水人口
カトマンズ	都市部	697.8	77.5%	540.8	819.6	80.0%	655.7
	村落部	116.3	49.0%	57.0	127.4	51.5%	65.6
	計	814.1	73.4%	597.8	947.0	76.2%	721.3
ラリトプール	都市部	177.3	77.5%	137.4	200.1	80.0%	160.1
	村落部	61.5	49.0%	30.1	67.4	51.5%	34.7
	計	238.8	70.1%	167.5	267.5	72.8%	194.8
バクタプール	都市部	77.5	77.5%	60.1	83.2	80.0%	66.6
	村落部	43.3	49.0%	21.2	47.4	51.5%	24.4
	計	120.8	67.3%	81.3	130.6	69.7%	91.0
合計 (全域)	都市部	952.6	77.5%	738.3	1,102.9	80.0%	882.4
	村落部	221.1	49.0%	108.3	242.2	51.5%	124.7
	計	1,173.7	72.1%	846.6	1,345.1	74.9%	1,007.1

注：表中の都市部は区部と都市周辺部の合計

4) 需要水量

給水原単位

利用者の水需要行動は生活水準や習慣等によって変化する。カトマンズの家庭用原単位（一人一日使用水量）を、日本の大都市における使用目的別の水使用実態調査結果を基に、カトマンズの生活水準・習慣等を勘案して推定すると、表-3.2.2のようになる。

表-3.2.2 カトマンズと日本の使用目的別原単位

(単位：リットル/人/日)

使用目的	日本の大都市（実績値）		カトマンズ（2001年推定値）	
	使用目的別 原単位	使用目的別 原単位	屋内給水栓	屋外給水栓
風呂	42	22	22	10
入浴	40	40		
水洗トイレ	40	40	12	4
洗濯	63	32	11	10
台所	42	22	22	10
手洗	17	17	17	10
その他	11	6	6	6
計	255	179	90	50

：1世帯当りの人数が3.54人の時の原単位（実態調査結果：水道施設設計指針解説）

：1世帯当りの人数をカトマンズの平均家族数6.95人とした場合の補正值

この推定値を基に、屋内給水栓と屋外給水栓の給水人口比率を各々34.5%、65.5%とすると、2001年の平均給水原単位は64リットル/人/日となる。本プロジェクトの家庭用原単位は、2001年を基準年とし、同年の原単位64リットル/人/日に、水洗トイレの普及と生活水準の向上等による原単位の増加を考慮して、表-3.2.3のように設定した。

表-3.2.3 本プロジェクトの家庭用目標原単位

(単位：リットル/人/日)

2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0

なお、上記の給水原単位は家庭用であるが、公共用、商業・工業用の使用水量は、この家庭用原単位の22.5%を見込むものとする。

負荷率

季節的な需要水量変動に係る負荷率は、既存データの分析により、表-3.2.4のとおりとする。

表-3.2.4 本プロジェクトの負荷率

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0.945	0.939	0.921	0.928	0.918	1.031	1.102	1.111	1.096	1.068	1.024	0.919

漏水率

現在の漏水率は、本調査で収集したメーター付き給水栓の使用水量及び配水量の実績から推定すると43.5%である。水源量の制約により、施設能力の増強に限りのある現状にあって、住民の水需要に応えるためには、この漏水率を改善して、漏水として失われている水量を住民が実際に使用できる水量（有効水量）とする方策が必要である。本プロジェクトでは、最低限の施設能力の増強と以下に示す漏水率の改善策を実施する。

- ・現在の給水区域を細分化する。
- ・細分化した給水区の水需要に一致した適正な水量配分を行う。
- ・上記により、給水圧の均等化と平均給水圧の低減を図り、漏水量を減少させる。

本プロジェクトでは、計画目標年次2006年の有効給水量の目標を達成するため、上記のコンセプトに基づいて漏水率を改善する方策を講じる。

使用水量

上記の指標に基づく使用水量の予測を表-3.2.5に示す。

表-3.2.5 計画使用水量

(単位：千m³/日)

	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
カトマンズ	52.1	55.8	59.6	63.7	68.1	72.6
ラリトプール	14.6	15.5	16.5	17.5	18.5	19.6
バクタプール	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.2
合計(全域)	73.8	78.8	84.0	89.5	95.3	101.4

5) 計画有効給水量

給水の現状

本調査で実施した給水量調査及び収集資料の解析を基に推定したNWS C 給水区域全体の給水状況は、表-3.2.6のとおりである。同表の推定値の内、 を現状として本プロジェクトの計画を行う。

表-3.2.6 2000年の給水状況

(単位：千m³/日)

		本調査の給水量 調査による推定	給水量を最大値 とした推定	NWSCの公表データ による推定
カトマンズ	有効給水量	42.5	44.6	48.5
	給水量	66.4	74.0	82.0
	漏水率	36.0%	39.7%	40.9%
ラリトプール	有効給水量	12.1	13.0	12.7
	給水量	25.1	28.0	32.6
	漏水率	51.8%	53.6%	61.0%
バクタプール	有効給水量	5.9	6.3	6.4
	給水量	10.0	11.1	11.3
	漏水率	41.0%	43.2%	43.4%
合計 (全域)	有効給水量	60.5	63.9	67.6
	給水量	101.5	113.1	125.9
	漏水率	40.4%	43.5%	46.3%

注) : を基に負荷率を1.111として推定した最大給水量に対応するもの。

計画有効給水量

計画目標年次の使用水量予測（表-3.2.5）と上記の給水状況の現状から、本プロジェクトは、計画目標年次2006年までの有効給水量の増加分37.5千 m^3 /日に対応できる計画とする必要がある。各給水区の計画目標年次における必要有効給水量は、表-3.2.7のとおりである。

表-3.2.7 計画有効水量

	2006年の有効給水量 （目標）	2000年の有効給水量 （現状）	（単位：千 m^3 /日） 必要有効給水量 -
カトマンズ	72.6	44.6	28.0
ラリトプール	19.6	13.0	6.6
バクタプール	9.2	6.3	2.9
合計（全域）	101.4	63.9	37.5

(2) 水量改善計画

本プロジェクトの2計画は、メラムチ計画が実現するまでに必要な最小限の施設規模と内容とするとの協力方針に基づいて、本プロジェクトの実施による給水能力の増強を $20.6\text{km}^3/\text{日}$ とした。このため、本プロジェクトで単に給水量を増加させるだけでは、計画目標年次に必要となる有効給水量の増分 $37.5\text{km}^3/\text{日}$ を満たすことはできない。

メラムチ計画との関連やカトマンズ盆地内での新規水源開発が難しいことなど、新規施設の建設による給水能力の増強に限りがある中で、増加する住民の水需要に応えるためには、現在の高い漏水率を改善して、漏水として失われている水量を住民が実際に使用できる水量（有効給水量）とする方策が必要となる。

このため、本プロジェクトでは、図-3.2.2に示す現況の給水区域を、既存給水施設及び計画施設の給水能力と、水需要の分布に一致して給水区域を細分化（図-3.2.3参照）し、給水圧の均等化と平均給水圧の低減を図ることで漏水率を改善し、有効給水量を増加させることを給水計画策定の基本コンセプトとする。

同コンセプトに基づく漏水率の改善に係る検討は、巻末の資料7にとりまとめた。また、この検討に基づく対象地域内の各給水区における給水計画は以下のとおりである。

1) カトマンズ給水区

現在、カトマンズ給水区は、マハンカルチュール、バンスバリ、バラジュー及びスンドリガットの4給水システムで給水されている。本プロジェクトの実施後は、これら既存給水システムに加えて、カトマンズ東南部にマノハラ計画から $14.8\text{km}^3/\text{日}$ 、シャイプー計画から $2.0\text{km}^3/\text{日}$ の給水を行う。また、2基の給水塔を建設して、現在のカトマンズの給水区域を給水施設の能力と水需要分布に一致する7つの給水区域に細分化する。

本プロジェクトによる給水量の増加（ $16.8\text{km}^3/\text{日}$ ）と給水区域の細分化による漏水率の改善（現在の39.7%から28.9%に改善）により、 $19.9\text{km}^3/\text{日}$ の有効給水量が増加することが期待される。また、2006年の家庭用原単位の目標74リットル/人/日に対する充足度は88.8%となる。

2) バクタプール給水区

現在、バクタプール給水区には、深井戸及び浅井戸からの地下水をボーデ配水池に一旦貯水した後、マディアプール及びバクタプール西部に配水する給水システムと、バクタプール東部に給水するバンスバリ浄水場（カトマンズのものとは同名であるが異なる施設）がある。

上記の深井戸の地下水は水質が悪く、バクタプール給水区で水質障害を発生させる原因となっている。本プロジェクトの実施後は、この地下水を代替する水量（ $4.2\text{km}^3/\text{日}$ ）を含めて、同給水区にマノハラ計画より $5.9\text{km}^3/\text{日}$ の給水を行う。また、既存のボーデ配水池やカトゥンジェ配水池を活用して、給水施設の能力と水需要分布に一致する3つの給水区域に細分化する。

本プロジェクトによる給水量の増加 $1.7\text{km}^3/\text{日}$ （ $=5.9\text{km}^3/\text{日}-4.2\text{km}^3/\text{日}$ ）と給水区域の細分化による漏水率の改善（現在の43.2%から36.7%に改善）により、 $1.8\text{km}^3/\text{日}$ の有効給水量が増加する。2006年の家庭用原単位の目標74リットル/人/日に対する充足度は88.0%となる。

なお、マディアプールは、配水システムが未整備であり、水需要が制限されているが、今後の整備に伴って給水率が都市部なみに改善され、水需要の急増が見込まれる。このため、マノハラ計画による同給水区への給水は、この水需要増を見込んで $7.2\text{km}^3/\text{日}$ を給水できる施設とする。

3) ラリトプール給水区

ラリトプール給水区は、カトマンズ盆地南部の湧水を水源とするシャイブー配水池やタハケル配水池から給水されている。この内、シャイブー配水池は、水源量（最大 $24.7\text{km}^3/\text{日}$ ）に比べて、配水池の容量が小さく、この水源能力を十分に活かした給水ができない状況にある。

本プロジェクトでは、シャイブー計画で配水池を新設し、施設能力を現状の $20.4\text{km}^3/\text{日}$ から $24.5\text{km}^3/\text{日}$ に増強する。また、配水池からラリトプール市街地まで配水管を新設して、シャイブー配水池の給水区を4つの給水区域に細分化する。タハケル配水池は本プロジェクト実施後、村落部のみの給水とする。

本プロジェクトによる給水量の増加 $2.1\text{km}^3/\text{日}$ （ $4.1\text{km}^3/\text{日}$ の内、 $2.0\text{km}^3/\text{日}$ はカトマンズに給水）と給水区域の細分化による漏水率の改善（現在の53.6%から42.9%に改善）により、 $4.2\text{km}^3/\text{日}$ の有効給水量が増加する。2006年の家庭用原単位の目標74リットル/人/日に対する充足度は87.8%となる。

(3) 水質改善計画

1) 水質改善目標

カトマンズ盆地では、急激な水需要の増加に対応するため、1970～80年代に盆地南部の湧水や北部の地下水の開発が行われてきた。盆地南部の湧水は、石灰台地の湧水で、水質は非常に良好であった。一方、北部帯水層の地下水は、高濃度の鉄、マンガン及びアンモニア性窒素を含有し、かつpH値が低いため、腐食性が高いものであった。

この地下水による水質障害として、直接的には、鉄・マンガンによる着色障害があり、間接的には、滅菌のために注入される塩素がこれらの物質によって消費されてしまうため、配水管内の水は、病原菌等の汚染に対して抵抗力がない状況となる。さらに、配水管内でバクテリアが増殖することによる濁質障害や赤水障害等を発生させる原因となっている。

表流水の水質についても、カトマンズ盆地の急速な都市化に伴って、悪化の傾向にある。このため、適正な浄水システムによる適確な浄水処理が重要となるが、1960年代に建設された既存浄水場では、機器の老朽化等により、適正な浄水処理が行われる状況になく、地下水と同様の水質障害を引き起こしている。

水道の目的は、安全で清潔な水を住民に供給し、公衆衛生の向上と生活環境の改善に寄与することである。このためには、水源汚染の防止、水源水質に対応できる適切な浄水システムの選定、浄水施設の適正な水質管理、さらには、配水時における内的・外的汚染への防御が必要である。このような水質管理や運転管理が適正に行われないと、水道の目的を失うだけでなく、かえって水因性疾病を媒介する結果となる。

本プロジェクトでは、水道本来の目的を果たすため、以下のような水質改善を目標とする。

- ・適正な浄水処理を確実にを行い、安全で衛生的な給水水質を確保する。
- ・配水時の外的汚染を防御のため、給水中に滅菌能力を保持する。
- ・配水管内での2次障害を引き起こす可能性のある物質を除去する。

2) 水質改善計画

マノハラ計画の計画取水地点での河川水とその伏流水の水質及び取水地点が2.5 km上流の河川水の水質を表-3.2.8に示す。この水質分析結果から、河川水の濁度はそれほど高くはないが、有機物の混入を現すCOD、BODが比較的大きな数値を示している。

表-3.2.8 マノハラ川の水質

	河川水			伏流水
	1 1999年6月	1 1999年11月	2 2000年11月	2 2000年11月
pH	6.8	6.8	6.8	6.8
化学的酸素要求量(COD) mg/l	5.0	3.5	3.5	2.5
生物化学的酸素要求量 (BOD)mg/l	2.9	1.7	2.2	2.0
溶存酸素 mg/l (水温)	6.1(25)	7.2(18)	8.2(20)	7.0(19)
過マンガン酸カリ消費量 mg/l	-	-	5.5	4.8
濁度 度	13	25	36	19
塩素イオン mg/l	4.5	3.0	3.0	3.3
アンモニア性窒素 mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
硝酸性窒素 mg/l	1.6	1.0	2.0	2.0
全鉄 mg/l	0.97	1.25	1.35	0.91
マンガン mg/l	-	0.04	0.05	0.17

1：メラムチ計画PMCレポート。採水地点は本計画の2.5km上流。

2：本調査時の水質分析結果。

「ネ」国には原水水質基準はないが、日本の生活環境の保全に関する環境基準の利水目的のための適応類型指定によると、水道原水としての利用に適する水道原水の水質基準と、それを水道水に利用する際に必要とされる浄水処理方式の選定の目安は表-3.2.9のとおりである。

表-3.2.9 河川水の水源水質と浄水処理

類型	利用目的	基準値					等級と浄水方法
		pH	BOD mg/l	SS mg/l	DO mg/l	大腸菌 MPN/100ml	
AA	水道1級 環境保全	6.5～8.5	<1	<25	>7.5	50以下	水道1級：緩速ろ過などの簡易処理によるもの
A	水道2級 水産1級	6.5～8.5	<2	<25	>7.5	1,000以下	水道2級：凝集沈殿ろ過などの通常処理によるもの
B	水道3級 水産2級	6.5～8.5	<3	<25	>7.5	5,000以下	水道3級：前処理を伴う高度の浄水処理によるもの

これに照らすと、マノハラ川の河川水及び伏流水は、水道2級相当であり、乾期には2、3の水質項目で水道3級相当になることもある。このため、濁質の除去だけでなく、有機物や大腸菌等の除去も可能な、凝集沈殿、急速ろ過の通常の浄水処理が必要である。

(4) 水源計画

1) マノハラ計画

マノハラ計画の水源は、マノハラ川の河川水とする。同河川からの取水量は、既存水利を勘案して検討された、JICAマスタープラン調査の取水可能水量（表-3.2.10参照）に基づくものとする。

表-3.2.10 マノハラ川の取水可能水量

（単位：千 m^3 /日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
地下水	-	8.4	8.4	8.4	8.4	-	-	-	-	-	-	-
河川水	44.0	26.7	13.8	13.8	18.1	32.8	508	770	481	146	92.4	54.4
合 計	44.0	35.1	22.2	22.2	26.5	32.8	508	770	481	146	92.4	54.4

ここで、既存深井戸から生産される地下水は水質が悪く、水道水源として利用する場合には、適正な前処理が必要となる。また、河川流量の減少する時期の補完水源として利用する期間も2ヵ月と短期間であるため、地下水を水源とする場合、河川水に比べて約8倍の取水コストが必要となる。

このため、既存地下水はマノハラ計画の実施後、かんがい用に転換し、この代替として、地下水からの計画取水量をマノハラ計画の水源としてマノハラ川から取水する。本計画の取水計画は、上記の水源量と水需要の季節変動を考慮して表-3.2.11のとおりとする。

表-3.2.11 マノハラ計画の取水計画

（単位：千 m^3 /日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
計画取水量	18.5	18.3	18.0	18.1	17.9	20.1	21.5	21.7	21.4	20.9	20.0	17.9
地下水代替分	-	-	4.2	4.3	-	-	-	-	-	-	-	-
河川水	18.5	18.3	13.8	13.8	17.9	20.1	21.5	21.7	21.4	20.9	20.0	17.9

2) シャイブー計画

シャイブー計画の水源は、安定的に取水できる既存水源（3湧水及びファープینگ井戸群の2井）とする。本計画の取水計画は表-3.2.12のとおりとする。

表-3.2.12 シャイブー計画の取水計画

単位(千 m^3 /日)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
計画取水量	20.8	20.7	20.3	20.5	20.2	22.7	24.3	24.5	24.2	23.5	22.6	20.3

3) 河川水の取水方法

現在、マノハラ計画の計画取水地点には人工的な護岸はなく、幅500～600mの河川敷は農地として利用されている。このため、取水堰等を建設して堰上げ取水するのは難しい。また、集水埋渠で伏流水を取水する場合には、集水管の布設工事時に、鋼製矢板の設置や水替え等の仮設工事に多額の費用を要することや周辺農地への影響が大きいなどの問題がある。

このため、マノハラ計画の取水方法は、本調査で実施した取水地点のボーリング調査及び電気探査の結果、深度10m以上の良好な砂礫層が確認された、マノハラ川左岸で、NWS Cの既存浅井戸を挟む上下流約700mの範囲に浅井戸を配置して取水する。ただし、上記の範囲内で井戸間の距離を影響圏外（約100m）に取って必要数の井戸を配置することができないため、井戸間の距離が50～85m程度の群井による取水とする（取水施設の選定に係る検討は資料8参照）。

(5) 浄水計画

本プロジェクトの目的を達成するためには、建設された浄水施設が正常に操作・維持管理され、その浄水機能が計画どおり発揮されることが必須である。本プロジェクトの浄水施設に配置されるNWS Cの要員の技術レベルを考慮すると、その効率的かつ長期的な機能維持を図るためには、

- ・ 運転操作が簡便で、高度な技術を要しない、
- ・ メンテナンス・フリーあるいは低メンテナンスに耐えうる

など、運転維持管理において、簡便性と耐久性を兼ね備えた日本製の水処理プラントを導入することが望まれる。

上記の観点から、本プロジェクトにおける浄水方法、施設、浄水薬品、排水排泥システムは、以下を採用する（浄水システムの選定に係る検討は資料9参照）。

- ・ 凝集剤混和： 導水エネルギーを利用した堰式
- ・ フロック形成： 水流自体のエネルギーによる攪拌方式
- ・ 沈殿： 横流式（単層式）
- ・ 排泥： ホッパー式
- ・ 急速ろ過： 自己洗浄型（バルブ式）
- ・ 凝集処理： PAC（インド製）
- ・ 滅菌処理： さらし粉
- ・ 排水排泥： 上澄水返送、汚泥天日乾燥

浄水処理では、凝集剤の適切な注入管理が最も重要なポイントとなる。本プロジェクトでは、凝集速度が速く且つ適正凝集範囲が広いこと、注入管理が容易なPACを凝集剤として使用する。

凝集処理の重要性と同様に、安全で衛生的な水の供給という、水道施設の役割を果たすためには、適正な滅菌処理も浄水処理に欠くことができない。現在、NWS Cが管轄するカトマンズ盆地内の給水施設では、滅菌剤として、一部の施設（マハンカルチュール浄水場）で次亜塩素酸ソーダ生成装置による生成次亜が使用されているが、さらし粉の使用が主流となっている。

注入制御の容易性や経済性の面では、生成次亜がさらし粉に比べて優れているものの、これまでの同装置の保守管理（スベアパーツの調達・更新等）状況を勘案して、本プロジェクトではさらし粉による滅菌設備を導入するものとする。ただし、上記の凝集剤を含めて、浄水場で使用する浄水薬剤の特性に十分留意して、適切な注入管理が可能な薬品注入設備を導入する。

(6) 建設計画

- 1) 「ネ」国の労働者の施工歩掛り調査（聞き取り調査）によると、同国の主要工種における労務歩掛りは、日本のそれと比べて約3～6倍であった。この結果から、同国では熟練労働者が不足しているものと判断される。この状況を勘案して、本プロジェクトで建設する施設の構造はなるべく単純化し、現地労働者の活用を図る。
- 2) ほとんどの汎用建設資材は、現地調達が可能である。構造物は、一般的な仕様（鉄筋コンクリート構造物を基本とする）とし、なるべく現地調達が困難な特殊資材を必要とする構造とならないよう配慮する。また、汎用建設資材の中でもレンガについては、大量かつ容易に調達できることから、壁などの構造物として活用する。
- 3) 建設機械に関しては、現地調達可能なものについては、それらを活用する。現地調達が不可能な機械については日本あるいは第三国調達とする。
- 4) 送配水管工事や給水塔の基礎工事など、特に市街地で行う工事については、交通や周辺環境に及ぼす影響をなるべく少なくする工法を採用する。

(7) 設計条件

1) 施設能力

・取水施設	計画給水量 × 1.05
・浄水施設	計画給水量 × 1.05
・送配水施設	計画給水量

2) マノハラ川取水施設

・取水可能水量	表-3.2.10のとおり
・計画取水量	表-3.2.11のとおり
・伏流水水位	EL= + 1,310.0m (LWL)
・着水井水位	EL= + 1,325.4m (HWL)
・取水方法	伏流水を浅井戸で取水する方式とする。

3) 浄水施設

原水中の濁質のうち、粒子径が 10^{-2} mm程度のものまでは普通沈殿によって除去することが可能であるが、粒子径が 10^{-3} mm以下になると一般にコロイド粒子と総称され、そのままの状態ではほとんど沈殿しないし、急速ろ過のろ過機構では捕捉することもできない。急速ろ過方式では、このような粒子を効果的に除去するために前段の処理として、凝集操作によってコロイド状の粒子をフロック化し、薬品沈殿や急速ろ過の機構で捕捉できるように粒子の性状を変えることが不可欠の要件になる。

凝集処理の機能を分解して考えると、凝集剤を添加後できるだけ急速に攪拌して、濁質を微小なフロックに凝集させる前段と、生成した微小フロックを大きく成長させるために、緩やかに攪拌する後段との二つになる。

これらの過程で、汚染物質もフロックに取り込まれ、水質改善がなされる。

前段を混和、後段をフロック形成という。凝集池は、この機能に対応して、混和池とフロック形成池とで構成される。

凝集剤の添加に始まって、混和、フロック形成を経る過程は、後に続く沈殿、ろ過の処理を行ううえで大切であり、浄水処理の効果を左右する要素となるものである。したがって、フロックの形成状況は、常に的確に管理する必要がある。

薬品沈搬池

[混和池]

このプロセスは、凝集剤が水中で加水分解し、重合反応を起す速度が非常に早いことを考慮して、急速に混和し、小さい水酸化アルミニウム・コロイドを数多く生じさせ、これを均一に拡散し、水中に分散している濁質コロイドを反応させるものである。

しかし、非常に複雑な粒子の界面電気化学的反応プロセスとも考えられ、あまり強く攪拌するとせん断力の強さにより、一度生成した水酸化アルミニウム・コロイドの電気化学的結合が破壊され、次のプロセスのフロキュレーションにおける良好なフロックの形成を阻害する。

混和の指標として仕事量、もしくはせん断力の程度を表わすG値（平均速度勾配値）がある。G値の目標は、原水水質や処理水量によって異なるが、一般にG値 = $100 \sim 200 \text{sec}^{-1}$ とする。

- ・ G 値 $100 \sim 200 \text{sec}^{-1}$
- ・ 滞留時間 1 ～ 5 分程度

[フロック形成池]

急速ろ過方式の浄水システムにあって、凝集プロセスは最も重要なプロセスであり、混和プロセスで生じた微小フロックを重く、かつ硬い均質なフロックに熟成させる必要がある。

良好なフロック形成のためには、G値が高速帯で $G = 70 \sim 80 \text{sec}^{-1}$ 、中速帯で $G = 40 \sim 50 \text{sec}^{-1}$ 、低速帯で $G = 15 \sim 20 \text{sec}^{-1}$ 前後となるよう漸減させる。また、GT値は、23,000 ～ 210,000 が良い攪拌条件である。

- ・ 上下迂流式
- ・ 滞留時間 30分程度
- ・ G 値 上流側 70sec^{-1} 、下流側 15sec^{-1}
- ・ GT 値 23,000 ～ 210,000

[沈搬池]

薬品注入、混和、フロック形成の段階を経て大きく重く成長したフロックの大部分を沈搬分離作用によって沈降分離し、後続の急速ろ過池の負担を軽減する。

- ・ 横流式凝集沈搬池
- ・ 滞留時間 3 時間程度
- ・ 池内流速 $15 \sim 40 \text{cm/分}$

- ・排泥ホッパー 池面積の内、上流側1/5にフロックの80%が堆積するものとする。ここにホッパーを設置し適当な間隔で排泥を行い、沈殿処理能力を維持する。

急速ろ過池

沈澱池を通過した微少フロックを一定速度以下でろ過することにより、ろ材表面で付着・捕捉して除去し、最終処理水を得る急速ろ過処理を行う。

- ・ろ過速度 120～135m/日
- ・逆洗 $0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{分} \times 6\text{分}$
- ・表洗 $0.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{分} \times 4\text{分}$ 、固定式表洗装置
- ・砂層 有効径0.6mm、均等係数1.7以下
- ・層厚 0.6m
- ・砂利層 2～3.5mm、3.5～7mm、7～13mm、13～20mm
- ・各層厚 50mm
- ・集水装置 自己洗浄型有孔ブロック
- ・有効ろ過水頭 1.2m

浄水池

浄水池は浄水量と送水量の変動を調節・緩和し、ろ過水量を一定に保つ役目を持っており、停電や送水量の急変等にも十分緩衝できる容量とする。

- ・設備容量 1時間程度（ポンプ吸水井兼用）

凝集剤注入設備

凝集剤は原水中に浮遊している微細な粒子を沈澱及びろ過で除去しやすいようなフロックを形成させる。

- ・凝集剤 インド製PAC（ポリ塩化アルミニウム）、有効 Al_2O_3 30%
PACを Al_2O_3 5%溶液に希釈溶解し注入する。
- ・注入率 $P = 0.2T + 0.36\sqrt{T}$ （T：濁度）
- ・平均注入率 豊水期 6.8mg/1（有効 Al_2O_3 30%のPACとして）
渇水期 5.2mg/1（有効 Al_2O_3 30%のPACとして）
- ・溶解槽 有効 Al_2O_3 30%のPACを5%溶液に溶解する。
- ・移送ポンプ 溶解した溶液を貯槽に移送する。
- ・貯槽 最大注入量の1日分
- ・注入装置 注入ポンプ

アルカリ剤注入設備

本プロジェクトで処理対象となる表流水は、概してpH値、アルカリ度が低い。特に、豊水期にはその傾向が顕著になる。従って、凝集効果を高めるためにアルカリ剤を注入する。しかし、凝集剤としてPACを使用するため、硫酸ばん土に比べて、その注入によりpH値が低下することもなく、かつ、最適凝集のpH値範囲が広いために、同薬剤の使用頻度は高くない。

- ・ アルカリ剤 苛性ソーダ
 苛性ソーダ10%に溶解し、注入する。
- ・ 平均注入率 10mg/l
- ・ 溶解槽 粒状の苛性ソーダを10%溶液に溶解する。
- ・ 移送ポンプ 溶解した溶液を貯槽に移送する。
- ・ 貯槽 最大注入量の1日分
- ・ 注入装置 注入ポンプ

滅菌剤注入設備

- ・ 前塩素 沈殿池における藻類の発生を防ぐ。
 - 平均注入率 0.3mg/l
 - 滅菌剤 さらし粉
 - 注入点 着水井
- ・ 後塩素 ろ過処理水の滅菌用として注入する。
 処理水の残留塩素を1.0ppmにコントロールする。
 - 平均注入率 1.5mg/l
 - 滅菌剤 さらし粉
 - 注入点 急速ろ過池調整堰前
- ・ 溶解槽 さらし粉（15%）を有効塩素0.5%に溶解する。
 溶解時の残渣分は分離廃棄する。残渣をできる限り含まない溶液を得られる設備とする。
- ・ 移送ポンプ 溶解した溶液を貯槽に移送するとともに、沈積固着を防ぐため適切な間隔で溶液を循環する。
- ・ 貯槽 最大注入量の1日分
- ・ 注入装置 定量注入装置

4) 送水施設

本プロジェクトの送水システムは検討の結果、以下のシステムを採用する。

バクタプール西部給水区、マディアプール給水区

バクタプール西部には、ボーデ配水池からカトウンジェ配水池へ送水している既存管に、新設浄水場からボーデ配水池への新設送水管から分岐して接続し、カトウンジェ配水池にポンプ圧送して給水する。

マディアプールには、新設浄水場から既存ボーデ配水池にポンプ圧送し、給水する。送水施設は上記のバクタプール西部給水区の施設と共用する。

・送水能力 5,900m³/日（時間最大係数1.25として計画）

バクタプール西部給水区： 2,500m³/日

マディアプール給水区： 3,400m³/日

・実揚程 44m

浄水池 LWL + 1,319.0m

既存ボーデ配水池 HWL + 1,363.0m

カトウンジェ配水池 HWL + 1,350.4m

カトマンズ東南部給水区

新設浄水場からミンバワン給水塔（容量3,080m³）にポンプ圧送する。

・送水能力 14,800m³/日

・実揚程 6.55m

浄水池 LWL + 1,319.0m

ミンバワン給水塔 HWL + 1,325.55m

5) 給水塔

ミンバワン給水塔

カトマンズ東南部給水区の中心部、ミンバワン地区に3,080m³の給水塔を設け、給水区域の細分化を図る。これにより、有効率を高め、有効給水量を大幅に増加させる給水システムとする。給水塔の容量は、給水量の5時間分とする。

シンハダルパール給水塔

現在、マノハラ計画の直接裨益区域であるカトマンズ東南部へ給水されているマハンカルチュール・システムからの給水量を他の給水区域へ振り向け、その既存給水システムの給水能力に応じた適正な給水区域を設定する。

このため、シンハダルパール地区に2,700m³の給水塔を設けて、給水区を細分化し、カトマンズ全体の給水の公平化を図るとともに漏水率を改善し、現在の漏水量を有効給水化する。

6) 水槽構造

上記の浄水施設は、複数の池で構成される水槽構造物である。水槽内の水深は約 5 m であり、連続給水を行う必要上から、保守・点検時に一方の水槽が満水で、他方の水槽が空虚となる状況が生じるため、隔壁には大きな水圧が作用する。また、温度差や不等沈下による亀裂からの漏水を防止する必要がある。

水槽の構造材は鉄筋コンクリートとし、構造設計に当たっては大きな耐圧性と高い水密性を確保するため、コンクリートの十分な品質管理と良質な鉄筋の調達を前提とする。各材料の許容応力度は、「土木学会コンクリート標準示方書（平成 8 年度版）」に準じ、次のとおりとする。

- ・ コンクリート圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 8.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋引張応力度 $\sigma_{sa} = 176 \text{ N/mm}^2$
- ・ コンクリートせん断応力度 $\tau_a = 0.425 \text{ N/mm}^2$

7) 基礎

不等沈下による構造物の傾斜は浄水場の水槽からの均等な越流管理を困難にし、浄化機能を低下させることになる。従って、基礎工の検討に当たっては十分な支持力を有するばかりでなく、構造物全面に均等な支持力を有する基礎とする。

浄水場計画地点の基礎地盤の支持力は、今回の現地調査で実施した標準貫入試験の N 値から推定すると 120 kN/m^2 以上となる。一方、構造物荷重は $50 \sim 100 \text{ kN/m}^2$ 程度である。従って、浄水場内の構造物については、直接基礎として計画する。

一方、ミンバワン給水塔の建設地点は、一部に圧密層があり許容支持力も不足するので、良質土(砂)の置換による地盤改良を行い直接基礎とする。