

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予備調査を行うことを決定し、国際協力事業団が(株)東京設計事務所との契約により実施しました。

当事業団は、平成12年3月9日から4月5日まで予備調査団を現地に派遣しました。

この報告書が、今後予定される基本設計調査の実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いです。

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12年 4月

国際協力事業団
理事 目崎 八郎

略語

MHPP: Ministry of Housing and Physical Planning (住宅・計画省)
NWSC: Nepal Water Supply Corporation (ネパール水道公社)
DWSS: Department of Water Supply and Sanitation (水道・衛生局)
MWSDB: Melamchi Water Supply Development Board (メラムチ水道開発委員会)
PSPC: Private Sector Participation High Level Committee (民間参加高等委員会)
JICA: Japan International Corporation Agency
CDP: Comprehensive Development Plan
IDA: International Development Assisstant

単位

MLD = million litter/day

1 m³/s = 86.4 million litter/day

lpcd = litter per capita per day = 1人当たり1日給水量

換算レート

US\$ 1 = Rs. 65 = 105 円

Rs. 1 = 1.615 円

対象国の基礎指標

| 基礎指標 | 基準年 | 基準値 |
|---------------------------------|-------------------------------|---|
| 総人口 | 1998年 | 22,900千人 |
| 人口一人当たり GNP | 1998年 | 210ドル |
| 人口一人当たりの年間 GNP 増加率 | 1997～98年 | 0.3% |
| 人口の年間増加率 | 1992～98年 | 2.4% |
| U5MR (5歳未満児死亡率) | 1998年 | 10.7% |
| 乳児死亡率 (1歳未満) | 1998年 | 77人/1000人 |
| 出生時平均余命 | 1992～98年 | 57才 *1998年 男女差 0 |
| 成人識字率 | 1992～98年 | 38% |
| 小学校就学率 | 1992～98年 | 109% |
| 都市人口の比率 | 1998年 | 11% |
| 都市人口の年間平均増加率 | 年 | N.A. |
| 安全な飲料水を手に入れる人々の比率 (全国/都市/農村) | 1982～85年 1990～96年 1998年 | 24/ 78 / 20 % 44/ N.A. / N.A. % 59/ N.A. / N.A. % |
| 医師一人当たりの人口 | | — 人 |
| * 人口千人当たりの医師 | 1990～98年 | 0.05人 以下 |
| 国土面積 | 1998年 | 147,000 km ² |

参考図書: World Development Indicators 2000

ネパール国の地域別給水状況

(%)

| | 屋内給水 | 屋外給水 | 覆蓋井戸 | オープン井戸 | その他 |
|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Development Region | | | | | |
| Eastern | 3.94 | 16.25 | 53.92 | 9.52 | 16.37 |
| Central | 13.20 | 23.97 | 40.60 | 5.19 | 17.04 |
| Western | 10.41 | 37.05 | 27.00 | 7.88 | 17.66 |
| Mid-West | 1.25 | 20.42 | 21.27 | 16.70 | 40.36 |
| Far-West | 5.42 | 24.65 | 29.12 | 6.49 | 34.33 |
| Ecological Region | | | | | |
| Mountain | 5.50 | 41.12 | 0.49 | 5.52 | 47.37 |
| Hill | 15.69 | 43.22 | 2.37 | 6.39 | 32.32 |
| Terai | 1.51 | 2.86 | 79.24 | 10.63 | 5.76 |
| Urban | 46.38 | 11.69 | 37.54 | 2.45 | 1.93 |
| Kathmandu Valley | 79.07 | 13.81 | 4.09 | 0.69 | 2.34 |
| Other Urban | 24.37 | 10.27 | 60.06 | 3.63 | 1.66 |
| Rural | 5.34 | 25.51 | 37.55 | 8.73 | 22.88 |
| Eastern Hill/Mountain | 11.36 | 45.58 | 2.95 | 6.23 | 33.88 |
| Western Hill/Mountain | 7.54 | 44.22 | 1.00 | 7.06 | 40.17 |
| Eastern Terai | 0.45 | 2.61 | 82.70 | 8.33 | 5.91 |
| Western Terai | 1.09 | 3.41 | 72.01 | 16.93 | 6.56 |
| Nepal | 8.34 | 24.50 | 37.55 | 8.27 | 21.35 |

出典: Preparation of a Management Contract for the Urban Water Supply and Sanitation Services in Kathmandu Valley, Financial and Economic Report. 1998. Binnie Thames Water, World Bank, and PSPC.

注: 1997年の状況

ネパール国カトマンズ上水施設改善計画予備調査報告書

目次

計画対象地域位置図

写真集

序文

| | |
|-------------------------|----|
| 対象国の基礎指標..... | v |
| ネパール国の地域別給水状況..... | v |
| 1. 要請内容と調査内容..... | 1 |
| 1. 1 要請内容..... | 1 |
| 1. 1. 1 要請の背景と経緯..... | 1 |
| 1. 1. 2 要請内容..... | 2 |
| 1. 2 予備調査の内容..... | 3 |
| 1. 2. 1 調査の目的と内容..... | 3 |
| 1. 2. 2 調査団の構成..... | 3 |
| 1. 2. 3 予備調査スケジュール..... | 4 |
| 2. カトマンズ盆地の一般状況..... | 5 |
| 2. 1 社会経済状況..... | 5 |
| 2. 2 自然状況..... | 6 |
| 2. 2. 1 地形と地質..... | 6 |
| 2. 2. 2 気温と降雨量..... | 6 |
| 2. 3 水資源..... | 7 |
| 2. 3. 1 表流水源..... | 7 |
| 2. 3. 2 地下水源..... | 8 |
| 2. 3. 3 噴出水..... | 10 |
| 2. 3. 4 水利用..... | 10 |
| 2. 4 土地利用と都市開発..... | 12 |
| 2. 4. 1 土地利用..... | 12 |
| 2. 4. 2 都市開発..... | 13 |
| 3. 上水道事業の現状と課題..... | 16 |
| 3. 1 上位計画と関連法規..... | 16 |
| 3. 1. 1 国家開発計画..... | 16 |
| 3. 1. 2 主要な既存水道計画..... | 17 |
| 3. 1. 3 水道関連法規..... | 19 |
| 3. 2 上水道セクターの組織..... | 20 |

| | | |
|---------|------------------------------|----|
| 3. 3 | 既存水道施設の概要 | 21 |
| 3. 3. 1 | 既存水道システム | 21 |
| 3. 3. 2 | 既存施設 | 22 |
| 3. 3. 3 | 日本の無償資金協力により建設された既存施設の維持監理状況 | 24 |
| 3. 3. 4 | 飲料水質 | 26 |
| 3. 4 | 当該セクターの給水の現状 | 28 |
| 3. 4. 1 | 給水人口 | 28 |
| 3. 4. 2 | 需給バランス | 30 |
| 3. 4. 3 | 給水状況 | 34 |
| 3. 4. 4 | 水因性疾病 | 37 |
| 3. 5 | 当該セクターの組織と財務状況 | 38 |
| 3. 5. 1 | 組織 | 38 |
| 3. 5. 2 | 財務・サービス状況 | 40 |
| 4. | メラムチ計画について | 42 |
| 4. 1 | メラムチ計画の内容 | 42 |
| 4. 1. 1 | メラムチ計画の概要 | 42 |
| 4. 1. 2 | メラムチ計画の需要量と供給量計画（浄水場整備計画） | 44 |
| 4. 1. 3 | 広域送水システムの内容 | 45 |
| 4. 1. 4 | メラムチ計画内に取りこまれた盆地内水源の開発計画 | 46 |
| 4. 2 | メラムチ計画の課題 | 46 |
| 5. | カトマンズ盆地都市上下水道事業の民間委託について | 49 |
| 6. | 要請プロジェクトの内容とサイト状況 | 52 |
| 6. 1 | シャイプー計画 | 52 |
| 6. 2 | マノハラ計画 | 53 |
| 6. 3 | バルク計画 | 55 |
| 6. 4 | 他計画との関係 | 56 |
| 6. 4. 1 | メラムチ計画との関係 | 56 |
| 6. 4. 2 | 水道事業民間委託計画との関係 | 56 |
| 7. | 計画の妥当性、協力の範囲と規模及び援助効果 | 57 |
| 7. 1 | 計画の妥当性 | 57 |
| 7. 1. 1 | 三計画の妥当性 | 57 |
| 7. 1. 2 | 要請施設内容の妥当性 | 57 |
| 7. 2 | 協力の範囲と規模 | 58 |
| 7. 3 | 期待される援助効果 | 59 |
| 7. 3. 1 | 給水状況の改善効果 | 59 |
| 7. 3. 2 | 事業実施後の給水状況 | 60 |
| 8. | 本格調査実施への提言 | 61 |

| | | |
|---------|---------------|----|
| 8. 1 | 基本方針 | 61 |
| 8. 2 | 調査・検討項目 | 61 |
| 8. 2. 1 | 上水道計画一般 | 61 |
| 8. 2. 2 | シャイプー計画 | 62 |
| 8. 2. 3 | マノハラ計画 | 62 |
| 8. 2. 4 | 検討における基準 | 63 |
| 8. 3 | 実施体制 | 63 |
| 8. 3. 1 | ネパール側の実施体制 | 64 |
| 8. 3. 2 | 本格調査実施要員計画 | 64 |
| 8. 4 | 調査スケジュールと調査時期 | 65 |
| 9. | 結論と提言 | 66 |

本文図

付属資料

1. 調査実施工程
2. 主要面談者リスト
3. 収集資料リスト関連資料
4. Minutes of Discussion (M/D)
5. 住宅・計画省次官から団長宛のレター

付録

- A. 水質データ
- B. 河川流量データ
- C. カトマンズ盆地のNWSC水道システムの概要
- D. 財務・水道料金
- E. マノハラ川付近での浅井戸揚水テスト及び土質データ
- F. 農薬データ
- G. ネパール国の一般情報
- H. 協議議事録

1. 要請内容と調査内容

1. 1 要請内容

1. 1. 1 要請の背景と経緯

ネパール国（以下「ネ」国）の首都カトマンズは、カトマンズ盆地内に位置し、近郊都市ラリトプール（Lalitpur）及びバクタプール（Bhaktapur）と一体となりカトマンズ盆地の都市域を構成している。この都市域は、「ネ」国の政治経済の中心であり急激に人口が増加し、産業も発展している地域である。1997年の調査では、カトマンズ盆地内都市域の人口は110万人、年間人口増加率は約6-7%と推定されている。この人口増加率で予想すると2000年現在では、都市地域の人口は約125万人に達する。

近年、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、カトマンズ盆地内の都市は、深刻な都市環境の悪化を招くと共に、健全な都市の活動・成長にとり重大な障害となっている。

この急激な人口増加傾向は将来も続くものと予想され、都市環境及び機能の改善に係わるインフラ整備及び環境対策は、カトマンズ盆地内都市の緊急課題となっている。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十分な量の給水を確保できず、慢性的な水不足の状況にある。このため、カトマンズ盆地内の市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水道施設の整備を緊急に実施する必要に迫られている。

日本政府は、1989年～1990年にかけてJICA社会開発調査「カトマンズ盆地地下水開発計画調査」を実施した。同調査の結果、8コンポーネント（サブ計画）からなる2001年までの水需要を満たす計画が策定された。この8つの計画の内、緊急性の高いと判断された2計画、バンズバリ（Bansbari）計画とマハンカルチュール（Mahankal Chaur）計画について、1991年に基本調査設計調査「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浄水場が日本政府の無償資金協力で建設された。

残りの6計画の内、2計画は世銀による都市上下水道改善プロジェクトで取上げられ、実施中である。「ネ」国政府は、数年前から残りの4計画の内、マノハラ（Manohara）、シャイブー（Shainbu）、バルク（Balkhu）の3計画を日本の無償資金協力での実施を要請してきた。

今般、ネパール政府からの要請を受け、日本政府は事業実施に向けて検討を開始したが、開発調査実施時から10年近く過ぎていること、水源等の計画に不明な内容がある、メラムチ水道

開発計画の進捗を確認する必要等があり、予備的な調査を実施することとなり、国際協力事業団（JICA）は予備調査団を派遣し要請計画の内容を検討することとした。

1. 1. 2 要請内容

本要請計画は、カトマンズ盆地内の都市、カトマンズ、ラリトプール、バクタプールの給水サービスの改善を目的として、既存水道施設の拡大と新規施設の建設により給水能力を増加させることにある。本計画の実施は、逼迫した飲料水需給関係の緩和と水質の改善により、カトマンズ盆地内の給水サービスの改善に寄与する。計画は、シャイプー、マノハラ、バルクの3つのサブ計画からなる。以下に各計画の概要を示す。

表 1. 1 要請内容

| 計画 | 内容 |
|-------|---|
| シャイプー | <p>計画の内容：安定水供給と均等給水圧の確保を目的に、現在2.5時間しかない既存のシャイプー配水池横に、4,500 m³の配水池を建設し、ラリトプール市内に給水する。 水源：既存丘陵地湧水及び井戸 主要な建設施設： (a) 配水池 (4,500 m³) の建設 (b) 殺菌装置 (bleaching powder and sodium hypochlorite) の供給 (c) 水質観測機器の供給 (d) 口径350mmの配水本管を新配水池からラリトプール市内まで敷設概算工金額：約6億円</p> |
| マノハラ | <p>計画の内容：急激な人口増加に対応すべく、マノハラ川に新しい飲料水源を開発し、かつ既存深井戸の水質改善を図る。新浄水場と配水池を建設し、カトマンズとバクタプール市内に給水する。 水源：マノハラ川伏流水 主要な建設施設： (a) マノハラ川河川敷に取水・導水施設の建設 (b) 浄水場 (23,000 m³/day) の建設 (c) 地下水浄化用Bio-Filter (8,000 m³/day) の建設 (d) 配水池 (3,000 m³) の建設 (e) 配水池からカトマンズ市内までの配水本管 (口径350 mm) 7,500 m敷設概算工事金額：約21億円</p> |
| バルク | <p>計画の内容：バルク川に新しい飲料水源を開発し、新浄水場と配水池を建設し、カトマンズ南西部に給水する。 水源：バルク川表流水 主要な建設施設： (a) バルク川に取水施設建設 (b) 取水点から浄水場までの導水管敷設 (c) 浄水場 (13,000 m³/day) の建設 (d) 配水本管 (口径350 mm 1,800 m、口径250 mm 2,300 m) の敷設 (e) 配水池 (1,850 m³ x 2池) の建設 概略工事金額：約15.5億円</p> |

資料：ネパール王国カトマンズ上水道施設改善計画無償資金要請書

1. 2 予備調査の内容

1. 2. 1 調査の目的と内容

予備調査の目的は、「ネ」国政府から要請のあった上記3水道計画（マノハラ、シャイプー、バルク計画）に対して、日本政府の無償資金協力による実施可能性を調査するものである。調査はカトマンズ盆地内で行われ、調査団は、3月9日から4月5日まで「ネ」国カトマンズ盆地内の水道関連施設、関係機関に対して、現地調査を以下の事項を中心に実施した。

- カトマンズ盆地内の給水状況
- カトマンズ盆地内の既存水道施設の状況
- 水道計画及び水道関連組織の内容
- 日本の無償援助により建設された既存施設の維持管理状況
- 今回要請のあった3水道計画の現場調査
- メラムチ水道計画の内容と本計画との関係
- カトマンズ盆地都市上下水道事業の民間委託計画
- 要請水道計画の効果
- 「ネ」国政府による要請3計画の優先順位

1. 2. 2 調査団の構成

調査団の団員構成は以下のとおりである。

団長

長 英一郎 国際協力事業団 無償資金協力部 業務第1課 課長代理

計画管理

三宅 繁輝 国際協力事業団 無償資金協力部 業務第1課

給水・施設計画

芳賀 秀壽 (株)東京設計事務所 海外部 特任理事

水源開発計画

佐藤 弘孝 (株)東京設計事務所 海外部 主査

1. 2. 3 予備調査スケジュール

予備調査の調査日程を付属資料-I、協議議事録を付録-IIに示す。

2. カトマンズ盆地の一般状況

2. 1 社会経済状況

調査地域のカトマンズ盆地（図2.1）は、「ネ」国の中部丘陵地帯に位置し、面積585km²を有する。盆地は、「ネ」国における中央開発地域バグマチ（Bagmati）ゾーンに属し、カトマンズ、ラリトプール、バクタプールの3行政区域からなる。各区域は、都市部、地方村落部からなる。

カトマンズ盆地内の過去の総人口を表2.1に示す。1991年のセンサスでは、盆地内の総人口は100万人を超えた。1981年から91年の年間人口増加率は、都市部で5.1%、地方村落部で2.3%、合計3.7%となっている。この人口増加傾向が将来も続くとすると、カトマンズ盆地の総人口は、2001年に約200万人、2005年に227万人になると推定される。

表2. 1 カトマンズ盆地の過去の総人口

| センサス年 | 合計 | 都市部 | 地方村落部 |
|---------|-------------|----------|----------|
| 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 |

出典：Department of Statistics

1996年のカトマンズ盆地の1世帯当り平均人数は5.5人、カトマンズ盆地の都市部では4.9人となっている。平均人口密度は1,680人/km²、カトマンズ盆地都市域では1,910人/km²、カトマンズ市域だけに限ると、40~45,000人/km²と高密度になっている。

「ネ」国の1995/96年の1世帯当りの年間収入はRs. 43,700（US\$672）で、1人当りではRs. 7,700（US\$118）と推定されている。都市部での一人当りの収入はRs. 16,100（US\$248）、地方村落部ではRs. 7,100（US\$109）と推定されている。「ネ」国内ではカトマンズ盆地都市部の一人当り年間収入が最も高く、Rs. 24,100（US\$375）で、国家平均の約3倍と推定されている。また、カトマンズを除いた都市部の1人当り平均収入は、Rs. 11,500となっている。（資料：A Compendium on Environment Statistics 1998 Nepal, Central Bureau of Statistics等）

カトマンズ市は、「ネ」国の首都であり、政治経済、商業の中心地である。最初の首都として歴史に現れたのは11世紀である。それ以降、カトマンズ、ラリトプール及びバクタプールは多くの古代文化遺跡群を残している。これら遺跡群は現在、「ネ」国の観光セクターや考古学調

査に重要な貢献を果たしている。パラジュ、パタンの工業団地を持つ工業も、「ネ」国で中心的な役割を果たしている。

2. 2 自然状況

2. 2. 1 地形と地質

カトマンズ盆地は東西26 km、南北20 kmで、全方位が山によって囲まれている円形ボウル状の盆地地形となっている。平均標高は2,122 m、最高標高は2,762 m、最低標高は盆地低部で1,230 mとなっている。図2.2にカトマンズ盆地の南北の断面を示す。バグマチ川が唯一の流域システムで、盆地内は、中央に向けて川が流れ込む求心状の排水流域パターンを持ち、最終的に南西部の溪谷を抜けて行く。

カトマンズ盆地は、平坦低地、高地、傾斜地に大きく分類することができる。平坦低地は古代湖・河岸段丘と沖積土からなる。土地形成分類を図2.3に示す。地質は大きく、低地平坦部を覆う第4紀世と周囲の高地における前カンブリアン代からデボン紀の地質からなる。盆地内の詳細地質分類を図2.4、概略地質図を図2.5に示す。盆地周辺の山岳地域は片麻岩、珪岩、千枚岩、石灰岩の岩盤で構成されている。盆地内低地の西部は粘土質地層、盆地内東部は砂質、砂レキ層で構成される。地下水への涵養地帯が盆地内北部と南部の一地域の丘陵地帯にある。

2. 2. 2 気温と降雨量

カトマンズ盆地はモンスーン気候帯に属し、1年は雨期と乾期に明確に分かれる。降雨の80%が雨期（6月から9月）に集中するが、降雨量は標高によって異なる。カトマンズ盆地内の平均降雨量は約1,900mm、平地部で1,000mm～2,000mm、山岳部で1,500mm～3,300mmである。図2.6にカトマンズ観測所における年間降雨量の変化を示す。

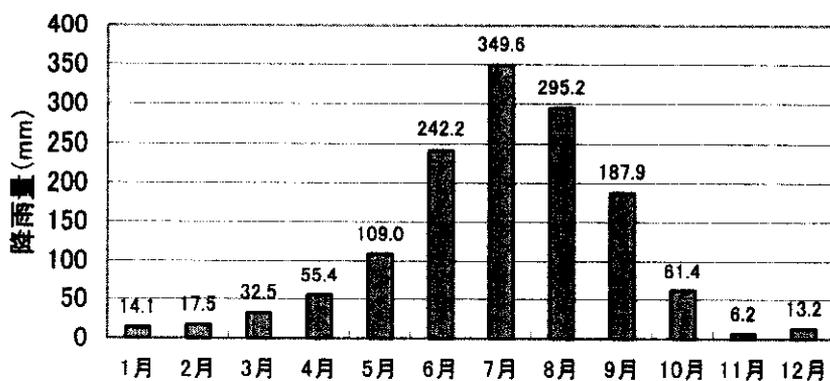
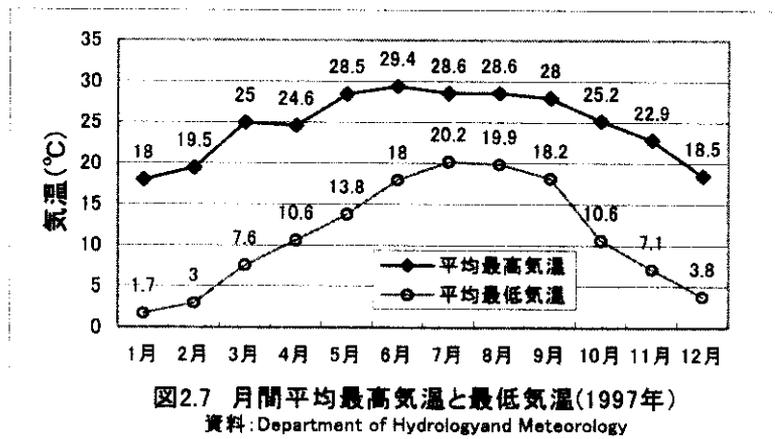


図2.6 カトマンズ盆地の降雨量(1968-94年平均)

資料: Design of Rehabilitation and Extension Works of Bhaktapur Water Supply System, IDA 1997

年間気温変化を図2.7に示す。カトマンズ盆地の平均気温は18℃である。10月から11月は温暖で平均気温は23℃、12月から2月は冷涼な気候で、平均気温が11℃である。1月が最も寒く最低気温が零下を記録する。3月から6月が乾期で気温も高く、プレモンスーン期である。7月と8月が最も暑く、最高気温は30℃を超える。年間平均湿度は約76%、乾期60%、雨期82%である。平均蒸発量は3.7mm/日、12月が1.9mm/日、4、5月が5.0mm/日である。



2. 3 水資源

2. 3. 1 表流水源

(1) 水量

主要な表流水源は降雨と湧水である。平均年間降水量は1,900 mm、この内約80%が6月から9月のモンスーンシーズンに降る。この降雨特性が、年間を通じた水源の有効な利用に制限を与えている。バグマチ水系が盆地内の唯一の水系であり、水系図を図2.8に示す。主要な支流は、Mai Khola、Nakhu Khola、Balkhu Khola、Bisnumati Khola、Dhobi Khola、Manohara Khola、Kotkhu Khola、Godawari Khola、Hanumante川である。

年間流出量は、盆地南部のバグマチ川Chobhar地点で、約5億m³と推定されている。河川流出量は降水量に応じて変動し、雨期に最大になり乾期は極少量になる。河川は主に農業用水に取水されており、流出係数は下流のChobhar地点で45%、上流のSundarijal地点で67%と推定されている。表2.2に盆地内河川の月間平均流出量特性を示す。

表2. 2 盆地内河川の月間平均流出量特性

(単位：m³/s)

| | Bagmati Sundarikal | Bishnumati Budhanilkanth | Nakhu Tika Bhairav | Bagmati Chobhar |
|-----|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| 平均値 | 1.07 | 0.46 | 1.09 | 15.5 |
| 最高値 | 8.82 | 1.92 | 35.98 | 254.4 |
| 最低値 | 0.13 | 0.01 | 0.01 | 0.3 |

資料：Regulating Growth: Kathmandu Valley Main Report, 1995 IUCN.

冬期と春期にあたる10月から6月は乾期となり、盆地内の河川は流出量が激減する。この間、都市部を流れる河川には家庭下水と工業下水のみが流れる。

(2) 水質

メラムチ水道開発計画では、盆地内の河川水質を評価している。付録-Aに河川水質の分析結果表と水質評価図を添付した。これによると、以下のような河川水質特性が見られる。

- 雨期、乾期ともカトマンズ、ラリトプール市内の河川の水質は非常に悪い
- 乾期には、水質悪化はほとんどの支流の中上流部近くまで及ぶ
- 河川水質は、1990年代初期に比べて悪化している

2. 3. 2 地下水源

(1) 帯水層

盆地内には、主要な2帯水層がある。上部帯水層は粘土層上の地表下20mまであり、浅層地下水を構成する。上部帯水層下の粘土層は盆地内西部で厚く、200 mの厚さになっている。粘土層下は、鮮新世の砂質、砂レキ層があり、被圧深層地下水が存在する。この深層地下水は、NWSCの水源やカトマンズ市内の民間企業やホテルの重要な飲料水供給源となっている。カトマンズ盆地内のメタンガス開発のために実施したボーリングデータを図2.9に示す。これによると、200-300 m付近に深層地下水が存在し、更に深度400 m以降に未利用の深層地下水が存在する。

(2) 地下水地域

1990年のJICA開発調査「カトマンズ盆地地下水管理計画調査」によると、カトマンズ盆地内の地下水源は、北部、中部、南部の3つの地域に分割できる(図2.10)。

- 北部地下水地域

北部地下水地域には、NWSCのBansbari、Dhobi Khola、Manohara、Baktapur、Gokarna井戸群が含まれる。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、これらが帯水層を形成している。帯水層の透過率 (Transmissivity) は、83~1,963 m²/日で、揚水試験によれば40 l/sまでの地下水開発が可能とされており、地下水涵養能力も高い。地下水質は、低電気伝導度で特徴付けられる。

- 中部地下水地域

中部地下水地域は、カトマンズ市内を含む。地層の上部は200mの不透水層からなり、この不透水層下に低透水層があり、これが帯水層を構成している。この帯水層の地下水は、湿地帯メタンガスを含む被圧地下水である。年代分析により、ガス水は28,000年前の地下水と推定され、この地下水は涵養がない化石水と推定されている。透過率は、32~960 m²/日。地下水質は、高電気伝導度で特徴付けられる。

- 南部地下水地域

南部地下水地域は、南部山岳地帯からKirtipur-Godawariの地質構造線までを含む。地層は深い粘土質と基底レキ岩層の不透水層からなる。地下水の存在量は少なく、バグマチ川沿いのCobharとPharphing間にのみ地下水が確認されている。

一般に、地下水開発には透過率300 m²/日以上であることが好ましい。図2.11に地下水水理マップを示すが、これによると、マノハラ川中流域で最も地下水開発ポテンシャルが高く、盆地南部ではそのポテンシャルがほとんどない。

(3) 地下水利用

盆地内の1992年の地下水取水量は、約50,000 m³/日であり、この内、約37,000 m³/日がNWSCの22井戸により、残りの13,000 m³/日が民間の井戸によって取水されていると推定されている。全部で334の井戸があり、188が浅井戸、残りの146が深井戸であった。各種調査によると、地下水の自然涵養量は、約30,000~40,000 m³/日 (Binnie & Partnaers, 1989)、約15,000 m³/日 (JICA, 1990)、13,000 m³/日 (Rao, 1991) と推定されている。この数値内で地下水を取水する必要があるが、盆地内の水需要量は約200,000 m³/日に達しており、地下水量は盆地内の水需要を満たすことができないことが分かっている。現在、地下水は過剰に取水されており地下水位の低下が報告されている。1994年時点でNWSCの深井戸の水位は、1984年の建設から15-20 m低下しているとの報告がある (The Assessment of Groundwater Pollution in the Kathmandu Valley, Nepal, 01995/96)。

(4) 地下水水質

1995/96年度に実施された「The Assessment of Groundwater Pollution in the Kathmandu Valley」によると、地下水水質は以下のような特性がある。

- 調査した浅井戸の内、約60%が大腸菌群の存在が認められ、同時にアンモニア、硝酸塩、リン酸塩の濃度も高くなっている。最も汚染が顕著な場所は、カトマンズ、バクタプール、ラリトプールの旧市街の人口稠密地域である。汚染源は下水道や浄化槽であると推定されている。モンスーンシーズンとその直後に汚染が最も深刻となる。
- 調査した深井戸の水には人為汚染は確認できなかった。深層地下水の水質問題は自然起源による。BODレベルは2~51 mg/lの範囲にあり、平均12.3 mg/lであった。これは、帯水層構成地質から溶解した有機物質と推測された。一般に、この自然起源の濃度増加は盆地北東部から南西部に行くに従い高くなり、ラリトプール地域の濃度が最も大きくなっている。飲料水質基準と比較すると、盆地全域で鉄とアンモニア性窒素濃度が基準を超えており、飲料水用に使用するには、この成分の除去が必要である。

2. 3. 3 噴出水

1990年 JICA 開発調査によると、31の噴出水（平地湧水）が盆地内に確認されている。カトマンズ市内の湧水（17ヶ所）は乾期、雨期とも水量が変化しなかった。一方、ラリトプール市内の湧水（14ヶ所）は、乾期に著しく減少する。平地部の湧水は、家庭下水等によって汚染され大腸菌群が存在する。このため飲料用には適さない。

2. 3. 4 水利用¹

(1) 全体

表流水、地下水、湧水／噴出水が盆地内の水源である。盆地内の水利用は多様であり、最大の使用者は農業セクターで、次いで都市用水、工業用水の順となっている。1993年3月における水使用量の試算結果（Stanley International (1993)）によると、水利用量の66%が灌漑用水、31%が飲料水供給用に使用されていると推定された。

¹ この節の内容は「Regulating Growth: Kathmandu Valley Main Report, 1995, IUCN」による。

表2. 3 カトマンズ盆地内の水使用 (1993年3月)

(単位: MLD)

| | 灌漑 | 飲料水 | | | 工業 | 合計 |
|--------|-------|------|------|------|-----|-------|
| | | 都市 | 地方村落 | 合計 | | |
| カトマンズ | 92.1 | 63.0 | 6.0 | 69.0 | 6.4 | 167.5 |
| ラリトプール | 41.2 | 0.5 | 2.7 | 3.2 | 1.4 | 45.7 |
| バクタプール | 35.2 | 5.8 | 2.3 | 8.1 | 0.5 | 43.9 |
| 合計 | 168.4 | 69.3 | 11.0 | 80.3 | 8.3 | 257.1 |
| | 66% | | | 31% | 3% | |

資料: Regulating Growth: Kathmandu Valley Main Report, 1995, IUCN.

(2) 灌漑

月別灌漑必要水量は6-10月 (0.83 - 1.12 l/sec/ha) と3月 (0.95 l/sec/ha) が大きくなっている。乾期には河川流量が減少するため、灌漑必要水量を満たしていない。現在、灌漑用水利用が最大の水需要者であるが、この傾向は減少傾向にあり、急激に都市用水増加の傾向にある。

(3) 家庭用 (都市用)

主要な家庭用水源は、表流水であるが、地下水、噴出水、湧水も使用されている。1998年現在、NWSCにより乾期に約90 MLD、雨期に約130 MLDの水が供給されている。NWSCの水道水源は、雨期には表流水・湧水が約95%、乾期には約70%であり、残りは地下水である。現在、盆地内都市部の総人口の約50%が各戸給水 (屋外、屋内) を受けている。それ以外の市民は、共同水栓、浅井戸、噴出水、湧水等を補助的に使用している。ただし、各戸給水を受けている市民においても、供給量が少ないことによる出水不良のため、これらの水源を補助的に使用している。また、古くから使用されている石積み湧水は、現在も、古い居住地において広く使用されている。

給水車による給水も行われており、1994年現在、31台が私企業により、20台がNWSCと他の政府機関によって運営されている。主要な需要者は、ホテル、レストラン、カーペット工場、病院、建設工事現場で、推定使用量は約2 MLDとなっている。私企業の給水車の水源は、主に河川、湧水、地下水となっており、水質的なモニタリングがなされておらず、不衛生な水を供給している可能性がある。

(4) 産業

カーペット、食料、飲料、レンガ、化学製品工場、ホテルは主要な産業水需要者である。これら産業は合計で20.0 MLDを使用していると推定されている。この内、約44%がカーペット工業で、22.2%がホテルとレストラン、5.5%がレンガ工業によって使用されている。

カーペット工業は、1 m²のカーペットを製造するために約810 Lを必要としており、カトマンズ盆地内の総カーペット工業水使用量は約11.1 MLDで、その内約1.7 MLDをNWSCから賄っていると推定されている。主要な自己水源は、浅井戸、深井戸である。

カトマンズ盆地内には1から5スターホテルが61あり、その他のクラスのないホテルを含めると、250 - 280のホテルがあると推定されている（1994年当時）。1 - 5スターホテルの主要な水源は自己水源の浅井戸と深井戸であり、81%を頼っている、次いで、給水車（14.8%）、NWSC（4.2%）となっている。

（5） 河川維持用水

河川水は、家事用、野菜洗浄、車洗浄等の多用途に使用されている。また、宗教や文化的な水使用も少なくない。河川は、神聖な場所であり、清澄な水が宗教目的のために必要とされているが、河川の汚染や水量の減少により、現在、その使用は非常にまれになっている。

2. 4 土地利用と都市開発²

2. 4. 1 土地利用

（1） 土地利用状況

カトマンズ盆地の都市化は1950年代に始まった。1970年代以降は無計画な開発が急激に進行した。大カトマンズ都市圏（カトマンズ及びパタン）の総面積に占める都市区域面積は、1970年に24%であったものが、1991年には67%に達している。この間、農耕地は急激に減少した。1984年から1990年の間の都市区域の年間増加率は7%と推定されている。この傾向は現在まで続き、将来も続く見通しである。

カトマンズ盆地の総面積は639.6 km²であり、その内、農耕地52.1%、森林32.7%、都市部13%、河川0.9%、放棄地0.7%、その他（空港、貯水池等）0.5%を占める。図2.12に1994年の土地利用地図を示す。

（2） 主要な土地利用問題

現在の都市化の進行傾向を仮定すると、表2.4のような将来の都市部及び農耕地面積が推定で

² この節の内容は「Regulating Growth: Kathmandu Valley Main Report, 1995, IUCN」による。

きる。これによると、2020年には、盆地内周辺の丘陵部を除いて低地部は全て都市化されることになる。一方、残る森林部も、人口増加による薪炭の搾取や農耕地に転換されることが予測できる。

表2.4 カトマンズ盆地内の都市部及び農耕地面積の将来予測（全盆地内面積に対する比率）

| | 1984 | 1991** | 1994 | 2000* | 2010* | 2020* |
|-----|------|--------|------|-------|-------|-------|
| 都市部 | 4.8 | 11.0 | 13.1 | 18.0 | 26.0 | 34.3 |
| 農耕地 | 64.0 | 56.0 | 49.6 | 42.2 | 38.3 | 14.5 |

* 回帰分析による

** Halcrow Fox and Associate, 1991

カトマンズ盆地の土地利用形態の主要な問題点は以下のものが上げられている。

- 1) 土地能力に基づいた包括的な土地利用計画の欠如、
- 2) 河川床及び氾濫源の減少、
- 3) 農耕地及び森林の持続可能性の問題、
- 4) 森林生物量及び土地の肥沃度の減少、
- 5) 河川生態系の理解と管理不足

2.4.2 都市開発

(1) 都市化

カトマンズ盆地の都市化は、1950年に始まり、1971年から1991年にピークに達した。この間、盆地内の工業化や政府組織の拡大が急激となり、また、盆地内に、人口、政治、財務、政府、輸送、コミュニケーション機能や施設が集中した。一方、盆地外では、これら機能、施設の欠如が顕著となった。この傾向は現在まで続き、将来も続く見込みである。

今日、都市化は盆地内全域に広まっている。肥沃な農耕地、古い共同体、盆地丘陵部の緑地帯は、都市化と工業化によって飲み込まれようとしている。無計画な都市化、水資源の枯渇、貧弱なインフラ施設、計画性のない家庭及び産業廃棄物の廃棄、土地、空気、水の汚染は急激な都市化の産物となっている。最近では、盆地内の環境劣化の費用は都市化のメリットを大きく凌駕しつつある。関連する機関による適切な管理が行われなければ、盆地内の住民の生命・健康や生物種に対する脅威は急激に増加することが予測されている。

(2) 工業

カトマンズ盆地は、「ネ」国の50%以上の製造業を有している。カトマンズ盆地内の工業の概

要を表2.5に示す。盆地内で最も優勢な工業は、カーペット工業で、480社が営業中であり、Rs. 2,193,932千の付加価値を生み出している。次いで、服飾・毛皮染めが大きな工業となっている。

表2.5 カトマンズ盆地内の工業の概要

| | 工場数 | 従業員数 | 付加価値 (千Rs.) |
|--------|-------|--------|----------------|
| 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 |

資料：Census of Manufacturing Establishments, Nepal 1996-97 Census Bureau of Statistics

カトマンズ盆地には、Balaju、Patan、Bhaktapurの3つの政府直営の工業団地がある。この団地に所属する工場は少なく、その多くは団地外に立地している。盆地内の主要な工業であるカーペット、レンガ、服飾等は団地外に立地している。主要な産業であり、水使用量が多く、大量の汚濁付加量を発生させるカーペット工場所在地を図2.13に示す。また、シャイブ水源の隣、マノハラ上流には、Wool Washing場がある。

(3) 環境汚染

a) 廃棄物

急激な都市化と消費パターンや社会行動の変化は、大量の廃棄物を生み出している。これは、現在の政府の管理能力を超えている。現在、カトマンズ及びラリトプール市の全廃棄物量の40 - 50%が管理・処理されているが、残りは、街角に積み、空き地に放棄され、河川に放棄されたりしている。廃棄物未管理区域は増加傾向にあり、未管理の廃棄物は、市内の住民の健康、衛生状況、河川水質の悪化を招いている。

b) 水質汚染

下水道普及人口は非常に低い。1992年の調査によれば、カトマンズ市の17%、ラリトプール市の34%の家庭が下水道に接続していると推定された。NWSCによれば、現在の下水道処理人口は約4万人と推定される。また、下水道管も老朽化したものが多く、管内の堆砂により機能不全（40%まで流下能力が低下）に陥っている部分があるとの報告もある。この下水道で収集された下水は、本来であれば、市内の下水処理場（酸化池）に運ばれ処理され、河川に放流されるのであるが、市内最大のDhbigat処理場はポンプの破損等により運転されておらず、未処理のまま収集下水は河川に放流されている。従って、盆地内の汚水のほとんど全ては、未処理のまま河川に放流されている。表2.6に処理場を示す。

表2. 6 カトマンズ盆地内の下水処理場

| 下水処理場名 | 能力 (MLD) |
|-------------------------|----------|
| Dhobighat | 15.5 |
| Kodku | 1.1 |
| Sallaghari (Bhaktapur) | 2.0 |
| Hanumanghat (Bhaktapur) | 0.5 |

カトマンズ盆地内の産業から排出される年間総BOD量は、2.1百万トンと推定されている（1994年）。盆地内ではカーペット工業が最大の産業であるが、水質汚染に関しても最大の汚染源となっている。BOD排出量では、全産業の31%がこの産業によって排出されている。次いで、果樹・植物油が25%となっている。家庭からのBOD排出量は32百万トン（1994年）であり、これと比較した場合、工業から排出されるBOD量は非常に少ない。

c) 大気汚染

今日、カトマンズ盆地内の大気汚染は非常に深刻な状況となっている。この主要な原因は、車両の増加による廃棄ガスとダスト（カトマンズ市内）、セメント工場からの微粒子（Chobhar地域）、レンガ工場からの煙（Harisiddhi地域）である。これらによって引き起こされる大気汚染は、住民の健康や動植物種の減少等の脅威を与えている。人間に与える影響としては、気管支炎、肺気管閉塞、眼障害等を引き起こしている。これらの犠牲者は子供と女性に多いと言われている。

現在、政府はカトマンズとラリトプール市内に電気バスを導入し、最も厳しい車両排ガス規制Euro-1を施行し、また、休日における市内への車両侵入規制の検討をしており、大気汚染制御に精力的に取り組んでいる。

3. 上水道事業の現状と課題

3. 1 上位計画と関連法規

3. 1. 1 国家開発計画

第8次国家開発計画が1996年に終了し、現在、第9次国家開発計画（1997年～2002年）が施行中である。第9次国家開発計画において、飲料水供給と衛生分野の計画内容は以下のように要約される。

(1) 目的：

- 第9次国家計画終了時に、「ネ」国の給水普及率を100%とする。
- 第9次国家計画終了時に、「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NGO、地方委員会、地方政府を有効に活用する。
- 飲料水質を改善し、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。

(2) 目標：都市地方別に以下の目標が掲げられている。

表3. 1 第9次国家開発計画における水供給と衛生施設普及率目標

| No. | 項目 | 地方部 | 都市部 | 合計 |
|-----|-------------------|--------|-------|--------|
| 1. | 飲料水供給施設普及 | | | |
| 1.1 | 1996年度末の給水人口(千人) | 11,339 | 1,880 | 13,219 |
| 1.2 | 1996年度末の給水人口割合(%) | 61% | 62% | 61% |
| 1.3 | 第9次開発計画目標(千人) | 20,574 | 3,794 | 24,368 |
| 1.4 | 第9次開発計画目標(%) | 100% | 100% | 100% |
| 2. | 衛生施設普及 | | | |
| 2.1 | 1996年度末の給水人口(千人) | 2,900 | 1,530 | 4,430 |
| 2.2 | 1996年度末の給水人口割合(%) | 16% | 51% | 20% |
| 2.3 | 第9次開発計画目標(千人) | 9,260 | 2,850 | 12,110 |
| 2.4 | 第9次開発計画目標(%) | 36% | 60% | 40% |

(3) カトマンズ盆地内都市飲料水供給プログラム

急速な人口増加により、カトマンズ盆地内の飲料水供給は年々深刻になっている。現在、飲料水供給能力は、需要量をはるかに下回っている。第9次開発計画末には、需要量は更に増加し、

水不足は更に深刻な状況となる。需要量を満たすため、供給量拡張のための新規プロジェクト、漏水率の低減、Shivapuri 流域の水資源の適正運用と水源開発が必要となる。

既存下水道は改修され、下水道システムはカトマンズ盆地全域に普及される計画である。加えて、Bagmati 川支流に流入する下水はすべて収集され、下水処理場で処理される計画である。

(4) メラムチ水道開発計画

カトマンズ盆地内の長期的な飲料水供給問題を解決するためには、メラムチ水道計画が技術的、経済的、環境的に実施可能であると評価されてきた。本計画は、メラムチ川からの取水・導水、水力発電、送配水施設の整備からなる。この計画により、付加的に 170MLD の飲料水が供給可能となり、カトマンズ盆地の全水需要を満たすことが可能となる。

3. 1. 2 主要な既存水道計画

(1) メラムチ計画

1970 年代には多くの可能な飲料水供給オプションが調査されたが、その後の急激な人口増加等を考慮すると、その多くが小規模でありかつ現在では実施不可能な計画となっている。

1980 年代後半には、盆地外に飲料水源を求める調査が始まった。その結果、カトマンズ北東のメラムチ川から取水する案（メラムチ計画）が、プレフィージビリティレベルで技術的、経済的、環境的に実施可能なことが判明した。1992 年には、フィージビリティ調査によりプロジェクトの実施可能性が確認された。その後、融資調整が遅れたため、プロジェクトも遅延した。1995 年には、銀行融資可能性調査が実施された。現在、ADB が、複数の援助機関によるメラムチ計画の融資調整を実施し、2006 年には施設の稼動を予定している。以下は概略施設内容である（詳細な内容と現況に関しては、第 4 章を参照）。

- アクセス道路、取水施設、沈砂池、27km の導水トンネル
- 15 MW 水力発電（施設の建設及び道水トンネルの水力発電兼用に関しては現在検討中）
- 浄水場（170,000 m³/日）－ 第 1 期分
- 広域送配水システム
- 配水管網の改修

(2) カトマンズ盆地地下水管理計画（JICA、1990）

JICA は、1990 年に盆地内の水源を有効に使用するためのカトマンズ盆地地下水管理計画を作

成した。この計画は、盆地内の地下水源と表流水源を効率的に使用し、2001年までの需要水量を満たすものであり、表3.2に示す8つのサブ計画からなる。実施状況も同表に示す。

表3.2 カトマンズ盆地地下水管理計画 (JICA, 1990) の実施状況

| 計画名 | 主要な計画施設 | 計画実施時期 | 状況 |
|----------------------|---|-----------|--|
| Mahankal Chaur | 取水施設、浄水場 (32,900 m ³ /日) の新設 | 1991-93 | 日本政府の無償により実施済み (1992年度案件)、浄水能力は26.5 m ³ /日 |
| Bansbari/Maharajganj | 取水施設、浄水場 (21,500 m ³ /日) の新設、既存配水池の再構築 | 1992-94 | 日本政府の無償により実施済み (1993,4年度案件)、浄水能力は22.1m ³ /日 |
| Shaibhu | 配水池 (4,500m ³ /日)、配水主管の新設 | 1992-94 | 日本政府に要請中 |
| Balaju | 既存浄水場 (9,300 m ³ /日) と配水池の再構築 | 1993-95 | UWSSRP で実施中 |
| Lambagar | 浄水場 (13,000 m ³ /日)、配水池の新設 | 1993-95 | 実施予定なし |
| Sundarijal | 既存浄水場 (20,600 m ³ /日) の再構築、3配水池の新設 | 1994-96 | 不明 (UWSSRP で実施中の模様) |
| Manohara | 取水施設、浄水場 (13,000 m ³ /日)、配水池 (3,700 m ³ /日) の新設 | 1996-98 | 浄水能力 23,000 m ³ /日として日本政府に要請中 |
| Balkhu | 取水施設、浄水場 (13,000 m ³ /日)、配水池 (3,700 m ³ /日) の新設 | 1998-2000 | 日本政府に要請中 |

参考: Groundwater Management Project in the Kathmandu Valley, 1990, JICA

(3) 15年間総合水道計画 (IDA, 1990)

NWSC の運営を補助する目的で、1990年 IDA は、15年間総合水道計画 (CDP) を準備した。計画期間は1期5年の3期15年で、NWSC への運営補助と開発事業を含む、合計29コンポーネントからなる総額US\$364百万のプロジェクトである。

(4) Urban Water Supply and Sewerage Rehabilitation Project (UWSSRP) (1992-現在)

CDP の下、IDA は、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改修プロジェクトを実施した。当初、US\$ 70 million 相当のプロジェクトであったが、その後プロジェクト規模は大幅に縮小された。この縮小計画では、井戸の改修と更新及び水道メーター

の調達が実施された。現在、カトマンズ中心地の一部の配水管網の改修、浄水場、配水池、送水管の改修が行われている。

(5) 漏水探査と無駄水低減プログラム (1993-1995)

ノルウェー政府融資により IDA の下、カトマンズラリトプールの数地区に対して実施したが、計画は初期の目的を完遂できなかった。現在、NWSC が計画を引き継いでいる。

(6) バクタプール水道システム改善計画 (1997 年)

IDA 融資の下、バクタプール水道システム改善計画の詳細設計が実施された。計画では、マノハラ川河川敷に 8 浅井戸、浄水場、配水池、バクタプール市内の配水管網整備が提案された。世銀によると、この計画に融資する予定は全くないとのこと。

(7) カトマンズ盆地都市上下水道サービス運営委託契約準備 (1997 年～)

High Level Committee on Private Sector Participation (民間参加高等委員会 : SPSC) がカトマンズ盆地都市上下水道サービスを民間に運営を委託する準備をしている (詳細は第 5 章を参照)。

3. 1. 3 水道関連法規

| | |
|--------|--|
| 飲料水供給法 | (1) Drinking Water Corporation Act-2046 |
| | (2) Drinking Water Supply Act-2056 (ネパール都市部における飲料水供給公社の役割を規定) |
| | (3) Drinking Water Monitoring and Tariff Fixing Commission act 2056 (Draft) (飲料水供給事業の監査機関の形成と権限及び水道料金設定を規定) |
| | (4) Nepal Water Supply Corporation Act, 1989 (NWSC の水道事業内容を規定) |
| 飲料水質 | 国家飲料水基準が準備中である。現在は、WHO の基準に従っている。 |
| 水源法 | (5) Water Resource Act-2049 (水資源開発と水使用に関する包括的な法律) |
| 水利権法 | なし |

3. 2 上水道セクターの組織

(1) Ministry of Housing and Physical Planning (MHPP、住宅・計画省)

中央政府における飲料水供給事業の監督管庁が MHPP であり、組織図を図 3.1 に示す。MHPP は下部組織における総合計画、調整、プログラム実施のための機関である。MHPP 内の 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を担当している。

(2) Department of Water Supply and Sewerage (DWSS、上下水道局)

DWSS は MHPP の管轄下であり、「ネ」国の農村地域、準都市、小都市の飲料水供給を担当している。

(3) Nepal Water Supply Corporation (NWSC、ネパール水道公社)

NWSC は MHPP の管轄下であり、主要都市の飲料水供給を担当している。現在、「ネ」国内の 28 都市が NWSC の管轄下にある。図 3.2 に NWSC の組織図を、表 3.2 に人員数を示す。NWSC はカトマンズ盆地支部と盆地外支部の 2 部に大きく分かれている。

表 3. 2 NWSC の人員表

| 部課 | 正規 | 契約 | 合計 |
|-----------------------|------|-----|------|
| カトマンズ盆地内施設の維持管理 | 1019 | 87 | 1106 |
| 盆地外の施設の維持管理 | 514 | 73 | 587 |
| Corporate Engineering | 154 | 4 | 158 |
| Corporate Service | 96 | 4 | 100 |
| General Manager | 32 | 4 | 36 |
| 財務・監査 | 47 | 0 | 47 |
| 合計 | 1862 | 172 | 2034 |

資料：Impact of Management Option on Staffing, 1998, PSPC, WB, Binnie Thames Waters.

(4) Melamchi Water Supply Development Board (MWSDB、メラムチ水道開発委員会)

MWSDB は MHPP 管轄下に 1996 年に設立された、カトマンズ盆地の長期の水需要量を満たすための Melamchi 計画の実施機関である。図 3.3 に組織図を示す。

(5) カトマンズ盆地内の給水組織

カトマンズ盆地内の都市部に対しては NWSC が、地方農村部に対しては DWSS が担当している。

DWSS は、共同水栓によって飲料水を供給している。なお、農村部であっても NWSC の導・送水管及び配水本管が通過している地域に対しては NWSC が給水を担当している。

(6) Private Sector Participation High Level Committee (PSPC、民間参加高等委員会)

ネパール政府は、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 PSPC を設立した。議長は MHPP が担当する。現在、コンサルタントが、以下の目的で指名され作業中である。

- 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

3. 3 既存水道施設の概要

3. 3. 1 既存水道システム

カトマンズ盆地内の NWSC 管轄の既存水道システムは、Balaju (S1), Bansbari (S2), Sundarijal (S3), Bhaktapur (S4), Dudhpokhari (S5), Shaibhu (S6), Chapagaon (S7) の 7 主要システムからなる。図 3. 4 及び図 3. 5 に既存水道システムを、図 3. 6 に各システム毎の概略給水サービス地域を示す。表 3. 3 に各システム毎の水源と配水池を示す。また、各システムの概要を付録-C に添付する。

表 3. 3 各水道システムの水源と配水池

| システム | 水源 | 配水池 | 供給水量 (MLD) | |
|------------------------------------|---|------------------------------|--------------|--------------|
| | | | 乾期 | 雨期 |
| Balaju (S1) (or Tri Bhim Dhara) | 表流水/湧水: Alleye, Boude, Bhandare, Panchmane, Chahara 地下水: Bansbari 7, 8, Balaju | Balaju | 6 (5.9) | 10 (11.9) |
| Bansbari (S2) (or Bir Dhara) | 湧水: Bishnumati, Shivapuri 地下水: Bansbari, Dhapashi | Maharajganj, Bansbari | 10 (9.0) | 28 (31.2) |
| Sundarijal (S3) | 表流水: Bagmati, Nagmati, Syalmati 地下水: Gorarna, Manohara, Dhobi Khola | Sundarijal, Mahankalchaur | 28 (38.1) | 52 (49.1) |
| Bhaktapur (S4) | 表流水: Mahadev Khola, Manohara 地下水: Bode Well Fields | Bhaktapur - Basbari | 9 (6.4) | 11 (6.6) |
| Dudhpokhari (S5) | 表流水: Dudhpokhari, Lunkot, Nakhu Khola | Sundarighat, Bhajangal | 3.7 (4.1) | 5.9 (5.1) |
| Shaibhu (S6) | 湧水: Satmul, Shes Narayan, Kutorimul 地下水: Pharping 1&2 | Shainbu | 13 (16.4) | 20 (20.8) |
| Chapagaon (S7) | Basuki Mul, Nallu Khola, Muldole pump, Charghare pump, Dhobighat water spout | Tahkhei | 5 (5.7) | 5 (9.8) |
| 合計 | | | 74.7 | 131.9 |

注: 供給水量は、NWSC からの聞き取り調査による。

()内は 1998 年の 5 月 (乾期) と 8 月 (雨期) の実績値。

3. 3. 2 既存施設

(1) 浄水場と配水池の能力

表 3. 4 に水道サブシステム毎の浄水場と配水池の能力を示す。

表 3. 4 浄水場能力と配水池容量

| システム名 | 施設 | 能力 | 単位 | 施設内容 | 建設年 |
|--------------------|-----------------------------|--------|----------------|--|------------|
| Balaju (S1) | Balaju W. T. P | 10 | MLD | Sedimentation, Flocculation, Filtration and Chlorination | 1960 |
| | Balaju Res. | 3,600 | m ³ | | 1930 |
| Bansbari (S2) | Bansbari W. T. P | 17.6 | MLD | Bio-filter, sedimentation, rapid sand filter, clear water reservoir and Chlorination units. | 1995 |
| | Maharajgunji W. T. P. | 2.1 | MLD | Rapid sand filter | 1960 |
| | Bansbari Res. | 2,000 | m ³ | | 1982 |
| | Maharajgunji Res. | 3,900 | m ³ | | 1895 |
| Sundarijal (S3) | Sundarijal W. T. P. | 20.6 | MLD | Raw water reservoir, aeration, sedimentation, (lime & alum) dosing units and rapid sand filter | 1996 |
| | Mahankalchaur W. T. P. | 32.9 | MLD | Bio-filter, sedimentation, rapid sand filter, clear water reservoir and Chlorination units. | 1994 |
| | Sundarijal Res. | 4,600 | m ³ | | 1994 |
| | Mahankalchaur Res. | 8,500 | m ³ | | 1984, 1966 |
| Bhaktapur (S4) | Bhaktapur bansbari W. T. P. | 6.2 | MLD | Coagulation, Flocculation, Sedimentation, Filtration and Chlorination | 1982 |
| | Bhaktapur bansbari Res. | 2,000 | m ³ | | 1896 |
| | Katunje Res. | 2,000 | m ³ | | 1984 |
| | Bode (Tigni) Res. | 1,000 | m ³ | | 1984 |
| Doodh Pokhari (S5) | Sundarighat W. T. P. | | MLD | Chemical dosing, sedimentation and pressured filter | 1972 |
| Shaibhu (S6) | Head Pond | 15,000 | m ³ | | 1908 |
| | Shinbhu Res. | 2,700 | m ³ | Filtration and disinfection | 1978 |
| Chapagaon (S7) | Tahakhel old Res. | 660 | m ³ | | 1976 |
| | Tahakhel new Res. | 500 | | | 1995 |

資料 : NWSC Asset Register - Kathmandu Valley Vol. II, 1998, Preparation of a Management Contract for the Urban Water Supply and Sanitation Services in the Kathmandu Valley から作成。

(2) 浄水能力

表 3.5 に 1998 年における各システム毎の配水量を示す。乾期には表流水の取水量が減少するため配水量も減少している。1998 年においては、乾期 5 月に配水量は最低の 86 MLD を記録し、雨期の 8 月は最高の 134 MLD を記録した。1998 年 12 月には、マノハラ川の伏流水を水源とする施設が稼動し、2.5 MLD の取水能力で稼動している。

表 3.5 NWSC の各システム毎の配水量 (1998 年)

(単位: MLD)

| システム | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Balaju (S1) (Tri Bhim Dhara) | 8.10 | 8.20 | 7.95 | 8.20 | 5.92 | 5.68 | 12.08 | 11.85 | 8.20 | 6.12 | 5.69 | 5.62 |
| Bansbari (S2) (Bir Dhara) | 11.10 | 11.66 | 11.02 | 11.87 | 9.03 | 23.40 | 31.44 | 30.16 | 30.16 | 27.36 | 23.36 | 12.36 |
| Sundarijal (S3) | 52.00 | 53.90 | 39.10 | 41.12 | 38.09 | 44.84 | 49.69 | 49.61 | 50.07 | 48.04 | 48.04 | 48.64 |
| Bhaktapur (S4) - Mahadev Khola | 4.10 | 2.50 | 2.40 | 2.65 | 3.00 | 3.10 | 4.25 | 4.25 | 4.25 | 4.39 | 3.50 | 3.38 |
| - Bode | 2.98 | 3.09 | 3.55 | 3.33 | 3.37 | 3.36 | 2.70 | 2.39 | 2.19 | 3.14 | 2.50 | 4.51 |
| 小計 | 7.08 | 5.59 | 5.95 | 5.98 | 6.37 | 6.46 | 6.95 | 6.64 | 6.44 | 7.53 | 6.00 | 7.89 |
| Dudhpokhari (S5) - Dudhpokhari | 3.10 | 3.10 | 3.10 | 2.40 | 2.28 | 2.40 | 2.40 | 3.10 | 3.10 | 3.10 | 3.10 | 3.10 |
| - Nakhu | 1.84 | 1.74 | 1.90 | 1.60 | 1.80 | 0.91 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.28 |
| 小計 | 4.94 | 4.84 | 5.00 | 4.00 | 4.08 | 3.31 | 4.41 | 5.11 | 5.11 | 5.11 | 5.11 | 5.38 |
| Shaibhu (S6) | 21.60 | 19.97 | 19.87 | 19.87 | 16.41 | 18.13 | 17.27 | 20.80 | 20.80 | 21.50 | 22.24 | 21.50 |
| Chapagaon (S7) | 4.40 | 5.68 | 5.87 | 5.69 | 5.69 | 7.61 | 9.80 | 9.80 | 9.80 | 10.12 | 10.47 | 10.00 |
| 合計 | 113.32 | 112.34 | 97.16 | 99.38 | 88.59 | 112.53 | 135.89 | 138.22 | 134.83 | 130.17 | 124.41 | 114.77 |

出典: NWSC

(3) 配水施設

配水管の概要を表 3.6 に示す。

表 3.6 既存配水管の概要

| 項目 | 口径 (mm) | 延長 (m) |
|---------|------------------|---------|
| 主要配水管延長 | 700-800 | 1,630 |
| | 450-600 | 19,949 |
| | 250-400 | 64,315 |
| | 150-200 | 73,070 |
| | 75-100 | 204,738 |
| | 25-50 | 118,349 |
| 主要な管材 | ダクタイル鋳鉄管 | 127,808 |
| | 鋳鉄 | 221,272 |
| | 防食鉄管 | 120,150 |
| | 鋼管 | 13,051 |
| | HDPE (硬質ポリエチレン管) | 9,010 |

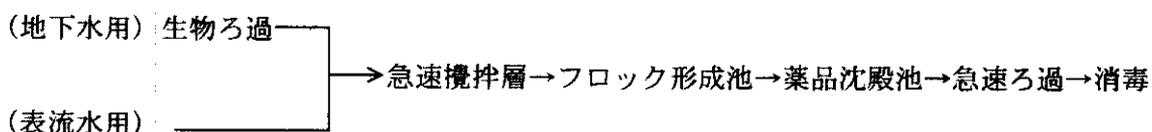
| | | |
|---------------------|---|---------|
| 建設年 | 80年以上 | 8,373 |
| | 51-80年 | 46,346 |
| | 21-50年 | 87,345 |
| | 21年未満 | 349,227 |
| 1997-99年に敷設された配水管延長 | 年間約15km | |
| 漏水率 | 現在の低給水圧の下で、乾期約30%、雨期約32%と推定されている。給水圧が正常(12-20m)であれば、漏水率は更に増加することが予測される。 | |

出典：NWSC

3. 3. 3 日本の無償資金協力により建設された既存施設の維持監理状況

(1) 施設内容

日本の無償資金協力により、1994年にマハンカルチュール浄水場、1995年にはバンスバリ浄水場が建設され稼働している。両浄水場の目的は、1) 地下水水質の改善、2) 地下水と表流水の合同利用による浄水量の増加、3) 地下水位低下の制御であった。合同利用における、水源運転方法は、乾期の表流水が減少する時期(3-4ヶ月)に地下水を重点的に使用し、雨期の表流水がふんだんにある時期には、表流水を全量使用し地下水取水を停止する計画である。両浄水場の基本処理フローは以下の通りである。



マハンカルチュール浄水場には消毒施設として、次亜塩素酸生成装置及びさらし粉注入装置が設置され、バンスバリ浄水場にはさらし粉注入装置のみが設置されている。公称能力は以下の通りである。

表3. 7 マハンカルチュールとバンスバリ浄水場の設計能力

(単位：MLD)

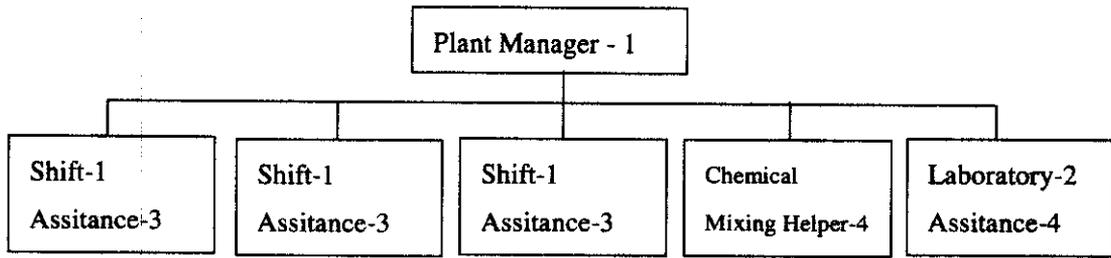
| | 地下水浄水能力 | 浄水能力(地下水と表流水) |
|--------------|---------|---------------|
| マハンカルチュール浄水場 | 19.1 | 26.5 |
| バンスバリ浄水場 | 17.6 | 22.1 |

出典：JICA基本設計計画調査報告書(1991)より

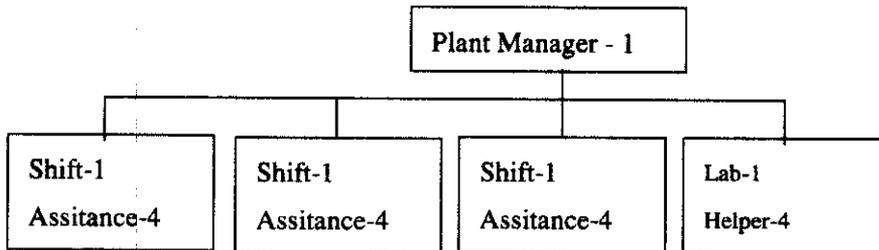
注：数値は表3.4の内容と異なる。

(2) 人員

マハンカルチュール浄水場 (3 交代制) - 総員 24 名 -



パンスバリ浄水場 (3 交代制) - 総員 21 名 -



(3) 維持管理状況

主要な浄水場施設の維持管理状況を以下に示す。

a) Bio-Filter (生物ろ過)

アンモニア性窒素、鉄分の除去に効果を発揮している。最初の視察では、電気系統の故障でばっ気装置が止まっていたが、現在は全て稼動中であり稼動状況に関しては特に問題ない。

b) PAC (ポリ塩化アルミニウム：凝集剤)

JICA から 1 年間分の PAC を供給されたため、通水後 1 年間は使用した。その後はコスト、調達の不便から硫酸アルミニウム (通称、硫酸バンド：Aluminum Sulfate) の使用に切り換えた。硫酸バンドは PAC より安価でインドから容易に調達可能。当初から、安価で調達が容易な薬剤を導入すべきと考える。

c) 次亜塩素酸生成装置 (マハンカルチュールのみ)

電気系統の故障やスペアパーツの入手問題から 2 年前に停止したままである。現在は、さらし粉を溶かして使用している。さらし粉はインドより容易に入手可能。次亜塩素酸使用には、スペアパーツ (電極) の購入が大きな問題である。また、材料の純度も悪いため、電極が劣化し易い模様である。

d) さらし粉注入装置

維持管理が悪いため注入装置が目詰まりしほとんど稼動していない。溶解したさらし粉を直接ホースで浄水池に注入している。塩素注入量が正確でないため、配水管中の残留塩素濃度の管理が困難な状態にある。殺菌施設については B/D で十分検討の必要がある。

e) 浄水能力

Bansbari 浄水場の浄水能力は 22.1 MLD であるが、乾期において 9~11 MLD の浄水量しか生産しておらず（表 3.5）、浄水場の能力を有効に使用していない。これが、水源量の減少によるものなのか、浄水過程で何らかの問題があるのか調査が必要である。

(4) 維持管理費

下表の維持管理費の内訳を示す。給料、電気代、薬品費が大きな支出項目となっている。特に、給料支払い額が人員配置数に較べて異常に高くなっている。

表 3. 8 浄水場の維持管理費 (1999/00 年)

(単位：千 Rs.)

| | 給料 | 管理費 | 薬品費 | 電気代 | 修理費 | 予備部品 | 燃料費 | 合計 |
|-------------|-------|------|------|------|-----|------|-----|-------|
| マハカルチュール浄水場 | 8100 | 1105 | 3600 | 6935 | 500 | | 450 | 20690 |
| バンスバリ浄水場 | 10700 | 1855 | 3600 | 8485 | 500 | | 500 | 25640 |

3. 3. 4 飲料水質

(1) 水質検査

NWSC の中央水質研究所が水道水の水質検査を実施している。検査項目は化学的な項目が頻度高く実施、生物学的な項目も必要に応じて実施している。この研究所は 20 年前に下水処理場の水質検査のために作られたが、15 年前に同処理場が稼動不能になってからは、初期の目的を実施していない。また、施設のアップグレードも 20 年間行われてこなかった。適切な分析・検査活動が行えるよう体制、水質機器等の充実をはかる必要がある。現在、飲料水水質基準は WHO の基準を準用している。ただし現在、「ネ」国は独自の基準を作成中である。付録-A に水質分析結果を示す。

(2) 水源水質の状況

カトマンズ盆地内の表流水の水質は、悪化の傾向にあるが、NWSC の表流水源は市街化区域外に位置しており、現在のところ比較的清澄な原水を取水できている。NWSC の中央水質研究所の分析結果によると、水質的に特に問題がない。ただし、水源によっては、住宅が近くまで達しており、今後注意が必要である。

浅井戸には大腸菌群の存在が認められ、同時にアンモニア、硝酸塩、リン酸塩の濃度も高くなっており生活排水等による人為汚染が認められる。最も汚染が顕著な場所は、カトマンズ、バクタプール、ラリトプールの旧市街の人口稠密地域である。ただし、NWSCの井戸水源には浅井戸はない。

深層地下水（深井戸水）には人為汚染は確認されていないが、自然起源による水質問題が存在する。BODレベルは2-51 mg/lの範囲にあり、平均12.3 mg/lであり、飲料水源としては高い濃度である。これは、帯水層構成地質から溶解した有機物質と推測された。一般に、この自然起源の濃度増加は、水の帯水層への滞留時間に比例するため、盆地北東部から南西部に行くに従い高くなっている。ラリトプール地域の深層地下水が濃度が最も大きくなっている。飲料水質基準と比較すると、鉄とアンモニア性窒素濃度が基準を超えており、飲料水用に使用するには、この成分の除去が必要である。

バンスバリ及びマハンカルチュール浄水場には、生物ろ過施設があり、地下水に溶存する鉄、アンモニア性窒素は有効に処理されている。表3. 9に主要な水質項目に関する分析結果を示す。

表3. 9 水質分析結果

| 日付 | 場所 | pH | 全アルカリ (mg/l) | 全硬度 (mg/l) | 全鉄 (mg/l) | 全窒素 (mg/l) | 塩化物 (mg/l) |
|----------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| 1999年 2月5日 | マハンカルチュール生物ろ過原水 | 6.8 | 111.1 | | 2.2 | 10.0 | 9.6 |
| | 生物ろ過後 | 7.2 | 84.8 | | 1.6 | 1.04 | 7.68 |
| | 配水池 | 7.3 | 34.3 | | 0.3 | 0.02 | 7.68 |
| 2000年 3月10日 | バンスバリ表流水原水 | 6.8 | 24.2 | 20.2 | 0.01 | 0.02 | 9.6 |
| | 生物ろ過原水 | 6.7 | 80.8 | 50.5 | 1.5 | 2.8 | 9.6 |
| | 生物ろ過後 | 6.9 | 82.8 | 54.5 | 1.0 | 0.56 | 9.6 |
| | 配水池 | 7.2 | 56.6 | 48.5 | 0.01 | 0.02 | 7.68 |
| WHO基準 | | 6.5- 9.2 | | 100-500 | 0.1-1 | 0.05- 1.5 | 250 以下 |

(3) 供給水質の状況

地下水を未処理で給水している地域においては、高濃度の鉄分とアンモニア性窒素が検出されている。塩素消毒はマニュアルで注入されており、適性な注入量及び残留塩素量が確保できないケースがあり、給水栓で細菌群が検出されるケースがある。NWSC によると、このようなケースは、断続給水により下水道等の汚染された水を水道管内に引き込む危険性のある場所で高い確率で発生しているとのことである。付録 - A に水質分析結果を示す。

3. 4 当該セクターの給水の現状

3. 4. 1 給水人口

(1) 家庭用給水人口

表 3. 10 にカトマンズ盆地内の水供給衛生サービス地域 (WSSA、図 3. 7) 内のセンサス人口、予測値、推定値を示す。WSSA 内の総人口は 1991 年のセンサス時には 75 万人であったものが、1997 年の消費者サーベイでは 110 万人に達した。この間の年間人口増加率は 6. 6 %であった。既往の人口予測値は年率 4 %前後の増加率を想定していたが、実際の人口増加はこれを上回った。

表3. 10 カトマンズ盆地内水供給と衛生サービス地域 (WSSA) の人口

| | 1991年 (センサス) | 1997年 (消費者調査(1)) | 2000年 (推定(2)) | 2001年 (予測値(3)) | 2001年 (%) |
|-----------|-----------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------|
| カトマンズ地域 | | | | | |
| 都市部 | 414,264 | 643,284 | 747,069 | 776,864 | 60.1 |
| 農村部 | | 106,881 | 111,874 | 115,691 | 9.0 |
| 推定給水人口 | | 652,644 | 747,280 | 776,523 | |
| ラリトプール地域 | | | | | |
| 都市部 | 117,203 | 173,814 | 201,373 | 208,708 | 16.2 |
| 農村部 | | 56,724 | 59,666 | 61,400 | 4.8 |
| 推定給水人口 | | 200,568 | 227,104 | 234,994 | |
| パクタプール地域 | | | | | |
| 都市部 | 61,122 | 75,717 | 82,041 | 84,758 | 6.6 |
| 農村部 | | 40,847 | 42,263 | 44,241 | 3.4 |
| 推定給水人口 | | 101,411 | 108,144 | 112,229 | |
| カトマンズ盆地全域 | | | | | |
| 都市部人口 | | 892,815 | 1,030,483 | 1,070,330 | 82.9 |
| 農村部人口 | | 204,452 | 212,560 | 221,306 | 17.1 |
| 総人口 | 746,589 | 1,097,267 | 1,243,043 | 1,291,636 | 100 |
| 給水率人口 | 517,741 | 953,159 | 1,081,448 | 1,127,611 | |
| 給水率 | 69.3% | 87% | 87% | 87% | |

注：(1) Water Demand Report, May 1998 (1997年のConsumer Surveyの情報を含む)

(2) 1999年値は1997年値と2001年値から内挿して推定した。

(3) Engineering for Bulk Distribution Design, Oct 1999の値

(4) 各地域の2000年における給水人口は、給水率87%として計算した。

給水率は1991年に約70%であったが、1997年には87%に増加し、給水人口は95万人に達している。現在(2000年)の人口は124万人、給水人口は108万人(給水人口比率を87%と仮定)と推定できる。

表3.11に1997年におけるNWSC給水区域における区域別の給水人口と給水形態を示した。これによると、カトマンズ盆地全体では、79%が屋内給水栓、13.8%が共同水栓等となっている。

表3. 11 カトマンズ盆地都市部における飲料水源別比率

(%)

| | 屋内 | 屋外 | 覆蓋井戸 | 覆蓋なしの井戸 | その他 | 合計 |
|--------|-------|-------|------|---------|------|--------|
| カトマンズ | 79.96 | 12.43 | 4.95 | 0.34 | 2.32 | 100.00 |
| ラリトプール | 83.37 | 9.97 | 2.28 | 1.14 | 3.34 | 100.00 |
| パクタプール | 59.83 | 37.11 | 0.00 | 3.07 | 0.00 | 100.00 |
| 合計 | 79.07 | 13.81 | 4.09 | 0.69 | 2.34 | 100.00 |

出典：NPC, CBS (1997) Nepal Living Standards Survey Report 1996, Main Findings.

(2) NWSC 需要者

1997 年の調査 (SILT & DRTC) によると、カトマンズ盆地内の NWSC の住居水道接続件数は以下のような内容になっている。(1997 年 7-8 月現在)

- 127,928 の住居 (9,556 件は接続種が同定できなかった。)
- 76,043 が NWSC 水道接続の住居 (78,546 件の接続数)
- 53,963 がメーター接続
- 16,744 がメーターなし接続
- 1,275 の共同水栓

NWSC の需要者には、i) 家庭用、ii) 公用、iii) 工業、iii) 商業の 4 種類がある。最大の需要者グループは家庭用で総接続数の 95.5% を占めている。表 3.12 に内容を示す。

表 3. 12 カトマンズ盆地内の NWSC の需要者数と種類

| | 都市部 | | 地方村落 | | 合計 | |
|----------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | 数 | % | 数 | % | 数 | % |
| Domestic | 62782 | 95.25 | 9860 | 97.33 | 72642 | 95.53 |
| Institutional | 1383 | 2.10 | 138 | 1.36 | 1521 | 2.00 |
| Govt/Semi-govt/Corp | 576 | 0.87 | 39 | 0.38 | 615 | 0.81 |
| Education/Health/Religious | 621 | 0.94 | 95 | 0.94 | 716 | 0.94 |
| Others | 186 | 0.28 | 4 | 0.04 | 190 | 0.25 |
| Industrial | 484 | 0.73 | 100 | 0.99 | 584 | 0.77 |
| Commercial | 1264 | 1.92 | 32 | 0.32 | 1296 | 1.70 |
| Total | 65913 | 100.00 | 10130 | 100.00 | 76043 | 100.00 |

出典：SILT & DRTC (1997)

3. 4. 2 需給バランス

(1) 雨期における需給バランス

表 3.13 に 1997/98 年度の雨期における NWSC 給水区域における家庭用一人当たり 1 日給水量と需要量及び実供給量を示す。これによると、屋内給水栓では一人当たり平均 127 l/日、屋外給水栓では 84 l/日、共同水栓では 25 l/日の給水量を示し、家庭消費者平均では 82 l/日となっている。1997 年における NWSC の総供給量 (あるいは総消費量) は 121 MLD であった。その内、78 MLD が家庭用、4 MLD が公共・商工業用、39 MLD が漏水量となっている。なお、非家庭 (公

共・商工業) 用水は家庭用水量の 5 %として計算している。

NWSC の計画一人当たり消費量は、屋内給水、屋外給水、共同水栓でそれぞれ、157、102、45 l/日である。非家庭(公共・商工業)用水を家庭用水量の 9 %とし、漏水率を 40 %とすると、潜在総需要量は約 180 MLD となる。雨期における NWSC の供給量は潜在需要量の 67 %をカバーしている。

1999/2000 年度の給水人口 108 万人と NWSC の 1998 年雨期の供給実績 127 MLD (雨期平均) をもとに、現在の雨期における家庭用実平均給水量は 67 l/日となる。

(2) 乾期における需給バランス

表 3.14 に 1997/98 年度の乾期における NWSC 給水区域における家庭用一人当たり 1 日給水量と需要量及び実供給量を示す。これによると、屋内給水栓では一人当たり平均 92 l/日、屋外給水栓では 61 l/日、共同水栓では 25 l/日の給水量を示し、家庭消費者平均では 62 l/日となっている。1997 年における NWSC の総供給量(あるいは総消費量)は 88 MLD であった。その内、59 MLD が家庭用、3 MLD が公共・商工業用、26 MLD が漏水量となっている。

NWSC の計画一人当たり消費量は、屋内給水、屋外給水、共同水栓でそれぞれ、157、102、45 l/日であり、非家庭(公共・商工業)用水を家庭用水量の 9 %、漏水率を 40 %とすると、潜在総需要量は約 180 MLD となる。乾期における NWSC の供給量は潜在需要量の 50 %をカバーするのみである。

1999/2000 年度の給水人口 108 万人と NWSC の 1998 年雨期の最低供給実績 88 MLD をもとに、2000 年の乾期における家庭用実平均給水量は 53 l/日と推定できる。

表 3.13 水需給バランス (1997/98 年雨期)

| | 人口 | | | | 給水形態 (%) | | | 家庭用1人当り1日消費量 (l pcd) | | | 消費量 (MLD) | 需要量 (MLD) | サービスレベル (%) |
|--------------|-----------|-----------|----------|--------------|----------|---------|---------|----------------------|------|-----|-----------|-----------|-------------|
| | 合計 | NWSC給水区域外 | NWSC給水区域 | NWSC給水区域 (%) | 屋内給水 | 屋外給水 | 共同栓 | 屋内給水 | 屋外給水 | 共同栓 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| カトマンズ | | | | | | | | | | | | | |
| NWSC | 525,879 | 0 | 525,879 | 100 | 32 | 68 | | 127 | 84 | | 51.41 | 62.90 | 81.7 |
| 非NWSC | 176,223 | 86,994 | 89,229 | 51 | | | 100 | | | 25 | 2.23 | 4.02 | 55.5 |
| 回答なし | 48,063 | 5,919 | 42,143 | 88 | 5 | 35 | 60 | 127 | 84 | 25 | 2.14 | 2.97 | 72.1 |
| 小計 | 750,165 | 92,913 | 657,251 | 88 | 170,388 | 372,348 | 114,515 | | | | 55.78 | 69.89 | 79.8 |
| | | | 100% | | 26% | 57% | 17% | | | | | | |
| ラリトプール | | | | | | | | | | | | | |
| NWSC | 146,434 | 0 | 146,434 | 100 | 29 | 71 | | 127 | 84 | | 14.13 | 17.27 | 81.8 |
| 非NWSC | 67,047 | 25,403 | 41,644 | 62 | | | 100 | | | 25 | 1.04 | 1.87 | 55.6 |
| 回答なし | 17,057 | 1,968 | 15,089 | 88 | 5 | 35 | 60 | 127 | 84 | 25 | 0.77 | 1.06 | 72.6 |
| 小計 | 230,538 | 27,371 | 203,167 | 88 | 43,220 | 109,249 | 50,697 | | | | 15.94 | 20.20 | 78.9 |
| | | | 100% | | 21% | 54% | 25% | | | | | | |
| バクタプール | | | | | | | | | | | | | |
| NWSC | 51,998 | 0 | 51,998 | 100 | 49 | 51 | | 127 | 84 | | 5.47 | 6.71 | 81.5 |
| 非NWSC | 58,665 | 22,526 | 36,139 | 62 | | | 100 | | | 25 | 0.90 | 1.63 | 55.2 |
| 回答なし | 5,901 | 1,298 | 4,603 | 78 | 5 | 35 | 60 | 127 | 84 | 25 | 0.23 | 0.32 | 71.9 |
| 小計 | 116,564 | 23,824 | 92,740 | 80 | 25,865 | 27,974 | 38,901 | | | | 6.60 | 8.66 | 76.2 |
| | | | 100% | | 28% | 30% | 42% | | | | | | |
| 合計 | 1,097,267 | 144,108 | 953,158 | 87 | 239,473 | 509,571 | 204,113 | | | | 78.32 | 98.75 | 79.3 |
| | | | 100% | | 25% | 53% | 21% | | | | | | |
| 要約 | | | | | | | | | | | | | |
| 家庭用平均一人当り消費量 | | | | 82 lpcd | | | | | | | 3.92 | 8.89 | 44.1 |
| 平均一人当り消費量 | | | | 127 lpcd | | | | | | | 38.70 | 71.76 | |
| NWSC平均日供給量 | | | | 121 MLD | | | | | | | 120.94 | 179.40 | 67.4 |
| | | | | | | | | | | | 32 | 40 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

参考 : 1) Water Demand Report, May 1998

2) Engineering for Bulk Distribution, Oct 1999

表 3.14 水需給バランス(1997/98 年乾期)

| | 人口 | | | | 給水形態(%) | | | | 家庭用1人当り1日消費量 (l pcd) | | | 消費量 (MLD) | 需要量 (MLD) | サービスレベル(%) | |
|--------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|----------------------|---------|-------|-----------|-----------|------------|--|
| | NWSC給水区 | | NWSC給水区 | | 屋内給水 | 屋外給水 | 共同栓 | 屋内給水 | 屋外給水 | 共同栓 | | | | | |
| | 域外 | 域 | 域 | 域 (%) | | | | | | | | | | | |
| カトマンズ | | | | | | | | | | | | | | | |
| NWSC | 525,879 | 0 | 525,879 | 100 | 32 | 68 | | 92 | 61 | | 37.30 | 62.90 | 59.3 | | |
| 非NWSC | 176,223 | 86,994 | 89,229 | 51 | | | 100 | | | 25 | 2.23 | 4.02 | 55.5 | | |
| 回答なし | 48,063 | 5,919 | 42,143 | 88 | 5 | 35 | 60 | 127 | 84 | 25 | 2.14 | 2.97 | 72.1 | | |
| 小計 | 750,165 | 92,913 | 657,251 | 88 | 170,388 | 372,348 | 114,515 | | | | 41.67 | 69.89 | 59.6 | | |
| | | | 100% | | 26% | 57% | 17% | | | | | | | | |
| ラリトプール | | | | | | | | | | | | | | | |
| NWSC | 146,434 | 0 | 146,434 | 100 | 29 | 71 | | 92 | 61 | | 10.25 | 17.27 | 59.4 | | |
| 非NWSC | 67,047 | 25,403 | 41,644 | 62 | | | 100 | | | 25 | 1.04 | 1.87 | 55.6 | | |
| 回答なし | 17,057 | 1,968 | 15,089 | 88 | 5 | 35 | 60 | 127 | 84 | 25 | 0.77 | 1.06 | 72.6 | | |
| 小計 | 230,538 | 27,371 | 203,167 | 88 | 43,220 | 109,249 | 50,697 | | | | 12.06 | 20.20 | 59.7 | | |
| | | | 100% | | 21% | 54% | 25% | | | | | | | | |
| バクタプール | | | | | | | | | | | | | | | |
| NWSC | 51,998 | 0 | 51,998 | 100 | 49 | 51 | | 92 | 61 | | 3.97 | 6.71 | 59.2 | | |
| 非NWSC | 58,665 | 22,526 | 36,139 | 62 | | | 100 | | | 25 | 0.90 | 1.63 | 55.2 | | |
| 回答なし | 5,901 | 1,298 | 4,603 | 78 | 5 | 35 | 60 | 127 | 84 | 25 | 0.23 | 0.32 | 71.9 | | |
| 小計 | 116,564 | 23,824 | 92,740 | 80 | 25,865 | 27,974 | 38,901 | | | | 5.10 | 8.66 | 58.9 | | |
| | | | 100% | | 28% | 30% | 42% | | | | | | | | |
| 合計 | 1,097,267 | 144,108 | 953,158 | 87 | 239,473 | 509,571 | 204,113 | | | | 58.83 | 98.75 | 59.6 | | |
| | | | 100% | | 25% | 53% | 21% | | | | | | | | |
| 要約 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 家庭用平均一人当り消費量 | | | | 62 lpcd | | | | | | 商工業消費量 | 2.94 | 8.89 | 33.1 | | |
| 平均一人当り消費量 | | | | 93 lpcd | | | | | | 漏水量(乾期) | 26.47 | 71.76 | | | |
| NWSC平均日供給量 | | | | 88 MLD | | | | | | 総消費量 | 88.24 | 179.40 | 49.2 | | |
| | | | | | | | | | | 漏水率(%) | 30 | 40 | | | |

参考: 1) Water Demand Report, May 1998

2) Engineering for Bulk Distribution, Oct 1999

3. 4. 3 給水状況

(1) 給水量

上記の結果を基にして 2000 年における地区毎の給水状況は表 3. 15 のように推定できる。

表 3. 15 給水状況 (2000 年)

| | 給水人口 | 全供給量 (MLD) | | 家庭用供給量 (MLD) | | 一人当り1日給水量 (lpcd) | |
|--------|-------------|---------------|--------|-----------------|-------|---------------------|----|
| | | 乾期 | 雨期 | 乾期 | 雨期 | 乾期 | 雨期 |
| カトマンズ | 747, 388 | 61. 8 | 96 | 40 | 54. 9 | 54 | 73 |
| ラリトプール | 226, 131 | 18. 3 | 22. 9 | 11. 9 | 13. 1 | 53 | 58 |
| バクタプール | 108, 037 | 8. 1 | 8. 7 | 5. 2 | 5 | 48 | 46 |
| 合計 | 1, 081, 556 | 88. 2 | 127. 6 | 57. 1 | 73 | 53 | 67 |

注：(1) バクタプールの供給量には1999年に稼動したマノハラ伏流水からの供給量約 2MLDを加算してある。

(2) ラリトプールのShinbhu水源の配水量は2/3が有効に使用されているとして計算した。

(3) 乾期の供給量は 1998 年の 3 月～5 月、雨期の供給量は 1998 年の 6 月～8 月の供給量の平均値

(4) 乾期の漏水率は 32 %、雨期の漏水率は 40 %

(5) 公共及び商工業用水率は家庭用消費量の 9 %とした。

一人当り平均給水量は、雨期 67 l/日、乾期 53 l/日と推定された。現況では、バクタプールの給水量が年間を通じて約 47 l/日と最も低い。次いでカトマンズの乾期で 54 l/日となっている。

カトマンズ盆地内の現在の潜在需要水量 180 MLD に対して、NWSC の供給量は雨期約 130 Mld、最乾期約 88 MLD であり、最乾期には、需要水量の半分以下の水が供給されるのみである。

上記数値は、平均値であり、実際は、地理、地形状況により、給水状況は異なる。一般に浄水場や配水池のような配水基点に近くかつ配水本管がとおっている地域の給水状況はよく、一方、配水基点から遠かったり標高の高い地域は給水状況が悪い。1997 年に実施した NWSC の全消費者に対する調査 (表 3. 16) によると、以下のような給水状況の結果がでていいる。これによると、雨期 3-4 時間、乾期 1-2 時間の給水が半分を占めている。

表 3. 16 NWSC 消費者調査 (1997-98)

| 給水事情 | NWSC 消費者 (%) | 1 日の供給時間 | |
|-------------|--------------|-----------|----------|
| | | 雨期 | 乾期 |
| Good | 19 | 6-24 hrs | 4-24 hrs |
| Sufficient | 15 | 6-8 hrs | 4-6 hrs |
| Poor | 49 | 3-4 hrs | 1-2 hrs |
| No Water | 15 | 0.5-1 hrs | 0.5 hrs |
| No Response | 3 | | |

出典：Consumer Survey, 1999

注：NWSC の需要者 8 万世帯への聞き取り調査

一方、NWSC の需要者 1000 世帯以上に対して行った給水に関する最近のアンケート結果（表 3. 17）によると、水量に関して満足している消費者は 16 %、水質に関して満足している消費者は 28 %のみとなっている。

表 3. 17 給水状況

| 水量 | | 水質 | |
|-------------|-------|--------------|-------|
| 程度 | 消費者 % | 程度 | 消費者 % |
| Enough | 16 | Satisfactory | 28 |
| Little | 50 | Poor | 61 |
| Very Little | 26 | Very Poor | 5 |
| No Water | 7 | No response | 6 |

出典：Status on Melamchi Water Supply Project, Mar. 2000

NWSC によると、平均的な給水時間は雨期で 3 時間、乾期では 2 時間以下となっている。NWSC の給水は主に家庭用で使用されており、商工業は、これにより大きな影響を被っており、発展が妨げられている。自衛策として、商工業（特にホテル）は各自で深井戸を掘り、深井戸の水を浄化し使用している。正確な統計はないが、NWSC の推定によると、自己水源を使っている商工業の用水は 13 MLD 以上と推定されている。この地下水の摂取が地下水位を低下させており何らかの規制が必要となっている。

水の出ない地域では、NWSC が市内各所に配した公共給水タンクに給水車で供給して、市民はそのタンクから給水を受けている。また、NWSC の給水車は、要請により給水車を派遣しているが、給水車の水料金は水道料金の約 10 倍と高く、一般市民にその支払い能力はない。民間の給水車も多く活動している。

水が全くあるいは全然供給されない多くの市民は、水需要を満たすために過酷な水汲み労働に直面している。特に女性がこの役割を担っている。彼女らは、時々夜間に水道から来る水をた

めるため夜中（3時ごろ）に起きだしたり、不衛生な河川の水を汲みに出かけたりしている。

（2） 必要な家庭用一人当たり1日給水量

NWSCによると、家庭用一人当たり1日給水量の計画値は以下のようにになっている。また、これら数値と1998年当時の各需要者比率を基に計算すると、1人当たり1日平均必要給水量は、108Lとなる。

- 屋内給水栓：157 lpcd
- 屋外給水栓：102 lpcd
- 共同水栓：45 lpcd

1973年のBinnie&Partnersの調査によると、カトマンズ地域における共同水栓使用者の必要最小給水量は40 l/日であり、以下のような内訳となっている。

表3. 18 カトマンズ地域における共同水栓使用者消費量

| 内容 | 水量 (lpcd) |
|--------------|-----------|
| 飲料、調理、皿洗い、掃除 | 10.5 |
| 洗濯 | 5 |
| 洗面・手洗い | 17.5 |
| トイレ（手動） | 2.5 |
| その他 | 4 |
| 合計 | 39.5 |

屋外、屋内給水栓による標準給水量は、地域の気候や水使用機器の普及度合い等によって大きく異なる。Water Practice Manualによると以下のような給水量が開発途上国の水道の調査結果として使用されている。これによると、NWSCの屋内給水栓の一人当たり1日必要給水量の計画値は妥当と判断される。

表3. 19 標準的な一人当たり1日消費量

| 住居クラス | 内容 | 1人当たり1日消費量の範囲 (lpcd) |
|--------|--------------------------------------|----------------------|
| High | • 一軒家、高級アパートメント 2ヶ所以上トイレ、3ヶ所以上の蛇口 | 260-150 |
| Middle | • 一軒家、アパートメント 1トイレ、2ヶ所蛇口 | 160-110 |
| Lower | • 共同住宅、安アパート 1蛇口、トイレ共同 | 70-55 |

出典：Dangerfield B. J. (1983). Water Supply Manuals. 3. Water Supply and Sanitation in Developing

Countries, IWES, London.

1988年のBinnieの調査によると、下表のような給水状態であった。家庭用一人当たり1日平均給水量は98 l/日であった。現在は、約60 l/日であり、1988年当時より38 l/日減少している。

表3. 20 1988年における一人当たり1日給水量

| 屋内給水 (FP) | 家庭用 | | | | 公共・商 工業 | 合計 |
|--------------|--------------|---------------|-------|----------|------------|-----|
| | 屋外給水 (YC) | 共同水栓 (St.) | FP+YC | FP+YC+St | | |
| 145 | 92 | 45 | 113 | 98 | 20 | 118 |

出典：Snowy Mountains Engineering Corporation Ltd. (1991), Greater Kathmandu Water Supply Project Status Report. UNDP, NWSC, HMG, IBRD

(3) 給水水質

表3.17に示されるように、消費者の2/3が給水水質に対して何らかの不満を持っている。深層地下水には、基準をはるかに超える鉄分とアンモニア成分が存在し、未処理のまま給水されている地域においては、飲料に不適切な水（色水や不純物の混入）の給水となっている。また、マノハラ川の伏流水も未処理で給水されている。一方、供給量が少ないことによる不連続給水により、管内が負圧になり、近くの下水管の汚水などが老朽化した給配水管に混入し、大腸菌等の細菌を含む不衛生な水が供給されている地域も多い。

3. 4. 4 水因性疾病

表3.21にカトマンズ市のTeku病院における水因性と考えられる疾病の患者数の推移を示す。これによれば、1995年以降赤痢、腸チフスの疾病率が減少したが、これは日本の無償資金協力で建設し、1994年、1995年以降稼働した2浄水場からの衛生的な浄水の増加が貢献しているとの報告がある。（資料：Country-wise Evaluation Study on JICA's Cooperation in the Kingdom of Nepal, Evaluation Study of Kathmandu Water Supply Facility Improvement Project, JICA, 1998）

表 3. 2 1 カトマンズ市 Teku 病院における水因性と考えられる疾病の患者数 (1992-1998 年)

| | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 胃腸炎 | 6521 | 5550 | 9512 | 5829 | 5090 | 5128 | 5296 |
| 赤痢 | 212 | 143 | 209 | 110 | 231 | 159 | 96 |
| 腸チフス | 514 | 590 | 496 | 252 | 252 | 245 | 277 |
| 肺炎 | 396 | 308 | 264 | 131 | 231 | 253 | 193 |

一般に、カトマンズ盆地の水因性伝染病や下痢症等は、汚染された水の使用が増えるモンスーンの前後に大量に発生する。病院の統計によると、2 番目に多い病気となっている。表 3. 22 に下痢症の地域別発生数を示す。

表 3. 2 2 下痢症の地域別発生数

| | 下痢症 | 子供 1000 人当りの下痢症 |
|---------|-------|-----------------|
| カトマンズ市 | 5,423 | 61 |
| ラリトプール市 | 3,761 | 113 |
| バクタプール市 | 2,687 | 104 |

出典：Annual Report. Department of Health

3. 5 当該セクターの組織と財務状況

3. 5. 1 組織

NWSC の全組織は図 3. 2、人員配置は表 3. 23 のとおりであり、カトマンズ盆地内外を含めて合計 2034 人が雇用されている。

組織の問題点は、1) 必要以上の人員数、2) 非技術系の管理部門の人員が多い (53%)、3) 正規職員の業務怠慢 (No incentive)、4) 重複雇用 (他の仕事を持っている)、5) 縁故雇用が上げられている。

第 5 章に示す民間委託契約の内容によると、適正職員数は、カトマンズ盆地内上下水道システムで 755 人と見積もられており、民間委託後には余剰人員 (約 40%) は、解雇及び盆地外システムへの移転等が行われる計画である。また、残った人員についても再教育が施される予定である。

表3. 23 NWSC の人員配置

| No. | 部局 | 正規 | 契約 | DWSS の人 員契約 | 合計 |
|-----|------------------------------------|------|-----|----------------|------|
| | General Manager Office | 5 | 4 | | 9 |
| | Sr. Deputy GM Office | 4 | | | 4 |
| | Others | 14 | | | 14 |
| | Sub-total | 23 | 4 | | 27 |
| 1. | Corporate service Division | | | | |
| | Sub-total | 96 | 12 | | 108 |
| 2. | Operation of Kathmandu Valley Div. | | | | |
| | Kathmandu Valley Div. | 23 | 2 | | 25 |
| | Tripuresowr | 128 | 41 | | 169 |
| | Maharajgunj | 145 | 40 | | 185 |
| | Bansbari | 30 | | | 30 |
| | Mahankalchaur | 155 | 29 | | 184 |
| | Kamaladi | 37 | 17 | | 54 |
| | Chhetrapati | 37 | 32 | | 69 |
| | Jawalakhel | 167 | 51 | | 218 |
| | Bhaktapur | 76 | 16 | | 92 |
| | Tanker | 37 | | | 37 |
| | Baneswor | 64 | 52 | | 116 |
| | Leak Detection | 29 | | | |
| | Pokhara Leak Detection | 6 | | | 6 |
| | Sub-total | 934 | 280 | | 1185 |
| 3. | Corporate Engineering Div. | | | | |
| | Sub-total | 108 | 22 | | 109 |
| 4. | Outside Valley Div | | | | |
| | Sub-total | 532 | 124 | 72 | 728 |
| 5. | Internal Audit Div. | 14 | | | 14 |
| 6. | Finance Div. | 32 | | | 32 |
| 7. | Sewerage Div. | 70 | 11 | | 81 |
| | Total | 1809 | 453 | 72 | 2334 |

出典：NWSC

3. 5. 2 財務・サービス状況

(1) サービス指標

表 3. 24 サービス指標

| 会計年度 | 1996/97 | 1997/98 | 1998/99 |
|---|----------|------------------------------------|-------------|
| 給水サービス人口 | 899, 200 | 953, 159 | 1, 010, 348 |
| 普及率 (%) | 87 | 87 | 87 |
| 家庭用水道接続数 | 96, 013 | 99, 279 | 103, 792 |
| 共同水栓数 | 1, 275 | 1, 278 | 1, 278 |
| 水道メーター | 77, 835 | 78, 893 | 82, 055 |
| 年間生産水量 (千 m ³ /年) | | 36, 974 | |
| 有収率 (%) | 60 | 60 | 60 |
| 粗収入 (百万 Rs.) | 252. 85 | 266. 47 | |
| 粗出費 (百万 Rs.) | 242. 75 | 280. 43 | |
| 一人当り平均支払い額 (Rs. /年) | 281 | 280 | |
| 造水コスト (Rs. /m ³) | | 7. 58 (12. 2 円/m ³) | |
| 浄水 1 m ³ 当りの平均支払い額 (Rs. /m ³ /年) | | 7. 21 (11. 6 円/m ³) | |
| 有収水量 1 m ³ 当り平均支払い額 (Rs. /m ³) | | 12. 0 (19. 3 円/m ³) | |

資料：NWSC の資料から計算

(2) 水道料金

水道料金を付録-D に示す。なお、共同栓の使用量に対する料金は政府が支払っている。NWSC からの聞き取り調査によると、典型的な家庭の 1 ヶ月の上下水道料金は Rs. 170 (275 円) となっている。この値は、カトマンズ都市部の 1 世帯平均月収の約 1.7% となっている。上表の一人当り平均支払い額 Rs. 280 とすると、年収の約 1.2% となっている。

(3) 財務状況

付録-D に NWSC の財務諸表を示す。表 3. 25 に調整後の NWSC の財務要約を示す。現在、収入は維持管理費をカバーしているが、減価償却及びローン金利を加えると赤字経営となる。

表3. 25 NWSCの財務要約

| 会計年度 | 1995/96 | 1996/97 | 1997/98 |
|------------|---------|---------|---------|
| 収入 | 213.99 | 243.67 | 256.66 |
| 維持管理費 | 164.48 | 197.52 | 236.99 |
| 減価償却(調整後) | 49.30 | 49.92 | 53.45 |
| ローン金利(調整後) | 45.90 | 33.90 | 38.00 |
| 支出計 | 259.68 | 281.34 | 328.44 |
| バランス | -45.69 | -37.67 | -71.78 |

資料: Financial and Economic Report, 1998. PSPS, WB, and Binnie Thames Water