

スリランカ国
上下水道省
国家上下水道公社（NWSDB）

スリランカ国
アヌラダプラ県北部上水道整備事業
準備調査

最終報告書
（和文要約）

平成 25 年 2 月
（2013 年）

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社エヌジェーエス・コンサルタンツ
株式会社日水コン

| |
|--------|
| 環境 |
| JR(先) |
| 13-040 |

| | | | |
|-----------------|--|--|------------------|
| | み。また、考古学的インパクトについても認可取得済み。 灌漑用貯水池から出る灌漑用水路から取水するため IEE/EIA は不要。なお、プロジェクトは施設稼働 3 ヶ月前までに環境保護ライセンスを取得する必要である。 | | |
| 4. 調査・計画 | | | |
| 4.1 実施した調査 | 1) 地形測量 | 路線測量：179 km、用地測量: 21.269 ha、 章用地測量: 1 ヶ所、深浅測量: 1 ヶ所、 取水場深浅測量: 1 ヶ所 | |
| | 2) 地質測量 | 浄水場 2 ヶ所・配水池予定地 12 ヶ所で実施 ボーリング総延長：206.25 m、標準貫入試験：187 サンプル、他室内試験等 | |
| | 3) 水質調査 | 灌漑用貯水池及び灌漑用水路: 2 ヶ所 × 7 採水地点 × 6 回 住民組合運営水道水源外(地下水調査)：16 ヶ所 × 1 回 | P87~93 P41~44 |
| | 4) 社会経済調査 | NWSDB 給水区域(135)、CBO 給水区域(299)、工場給水(101)、未給水区域(450)の計 989 ヶ所に対して実施 | |
| | 5) 動植物調査 | 灌漑用貯水池 2 ヶ所、浄水場予定地 2 ヶ所、配水池予定地 18 ヶ所、送水管 1 ヶ所の計 23 ヶ所で実施 | |
| 5. 設計 | | | |
| 5.1 適用した設計基準 | 日本水道協会：「水道施設設計指針（2000）」 Susumu Kawamura：”Integrated Design of Water Treatment Facilities”, John Wiley & Sons, Inc., 1991 NWSDB：Design Manual (March 1989)) | | |
| 5.2 計画・設計条件 | | マハカナダラワ系 ワハルカダ系 1) 取水量 9,400 m ³ /day(2024) 14,400 m ³ /day(2024) 2) 計画一日最大給水量 8,600 m ³ /day(2024) 13,300 m ³ /day(2024) | P119,123 |
| 5.3 主要構造物の諸元 | 1) 浄水場 | マハカナダラワ系 沈殿池：W4.0 m × L10.4 m × H4.0 m × 4 槽 急速ろ過池：W3.0 m × L5.5 m × 4 槽 他、塩素混和池・浄水池・逆洗水リサイクル池・濃縮槽・天日乾燥床・ラグーン・管理棟等 ワハルカダ系 沈殿池：W4.0 m × L14.4 m × H4.0 m × 4 槽 急速ろ過池：W4.0 m × L6.0 m 4 槽 他、塩素混和池・浄水池・逆洗水リサイクル池・ | P120 P123 |

| | | | |
|--|----------------------------------|---|----------------------------------|
| | | 濃縮槽・天日乾燥床・ラグーン・管理棟 | |
| | 2) 送水管 | マハカナダラワ系： 幹線 250~450 mm × 42.3 km 支線 100~250 mm × 50.8km ワハルカダ系： 幹線 300~450 mm × 117.3 km 支線 100~250 mm × 24.3 km | P134 P134 |
| | 3) 配水管 | マハカナダラワ系： 配水本管 100~400 mm × 141.4 km 配水管網 50~200 mm × 365.6 km ワハルカダ系： 配水本管 100~400 mm × 326.7 km 配水管網 50~200 mm × 546.0 km | P134 P134 |
| | 4) 高架水槽 | マハカナダラワ系： 250 m ³ 、750 m ³ 、1,250 m ³ 、2,000 m ³ 各 1 池 ワハルカダ系： 250 m ³ × 3 池、500 m ³ × 3 池、750 m ³ × 2 池、 1,250 m ³ × 1 池、1,500 m ³ × 1 池、2,000 m ³ × 1 池 | P135~138 P135~138 |
| | 5) 地上置き配水池 | マハカナダラワ系： 1,000 m ³ 、1,500 m ³ 各 1 池 ワハルカダ系： 500 m ³ × 3 池、1,000 m ³ × 2 池、1,500 m ³ × 1 池 | P135~138 P135~138 |
| 5.4 付帯構造物 | 配水池予定地にポンプ室、事務室、塩素滅菌室・工作室・公舎等を設置 | | P135~138 |
| 5.5 安定性の検討 | 特になし | | |
| 6. 特記事項（設計上の問題点） | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・配水管ルートについては延長が膨大であるため測量は行っていない。配水管の口径・延長はモデル地区を選んで配水管網解析結果より口径別の延長構成を求めて、これを計画区域に適用して算出した予測値である。 ・配水池予定地のうち追加の 5ヶ所は関係機関の許可が間に合わなかったため地質調査を断念し他の予定地での知見に基づいて地質を想定している。 ・マハカナダラワ取水場予定地は灌漑水路に隣接しているため、本事業による灌漑用水量の減少を懸念した農民に配慮し、NWSDB の助言の基、測量・地質調査を断念し、他の予定地での知見に基づいて地質を想定している。 ・配水管網から各戸への給水管接続は NWSDB の指導・監督の下で資材を提供して住民の労力奉仕により実施することを想定。 | | | |
| *1 EIRR は本レポートに記載の方法で得られたもので、便益の取り方で異なることがある。 | | | |

要 約

1 スリランカの水道セクター

1.1 国の整備計画及びセクターの整備計画

(1) 「ス」国五カ年計画 (Mahinda Chintana - Vision for The Future)

2010年8月に発表された「ス」国の五カ年計画である「将来のビジョン (Mahinda Chintana - Vision for The Future)」は、Millennium Development Goals (MDGs)の達成に向けて特定の目標を明確にしている。2016年に向けた Mahinda Chintana 目標の中には、「都市部において清浄な水へのアクセスを65%から90%に上げる」ことが挙げられている。その他に表 1.1 に示す目標を定めている。

表 1.1 安全な水と衛生へのアクセス普及率

| Year | 2005 | 2009 | 2015 | 2020* |
|---|------|-------|-------|-------|
| Safe water coverage (%) | 80 | 85 | 94 | 100 |
| Pipe borne water availability (%) | 29 | 37 | 44 | 60 |
| Water connections ('000) (NWSDB schemes) | 907 | 1,267 | 1,600 | 3,000 |

Source: "Mahinda Chintana – Vision for The Future", Department of National Planning, Ministry of Financing and Planning, 2010

1.2 セクターの組織

水道セクターは都市水道サブセクターと農村水道サブセクターに分かれ、対象区域、関係機関、水道サービスモードについて、表 1.2 に示す違いがある。

表 1.2 都市水道サブセクターと農村水道サブセクター

| | Urban water supply sub sector | Rural water supply sub sector |
|--------------------|--|---|
| Object area | Towns, cities, urban centres, industries and suburban areas | Rural areas |
| Key Actors | Ministry of Water Supply and Drainage NWSDB Provincial Councils Municipal Councils Urban Councils Pradeshiya Sabhas | Provincial Councils Local Authorities Community Based Organizations (CBOs) Non-Government Organizations (NGOs) |
| Water service mode | Pipe borne water supply | Dug wells Tube wells Rain water harvesting Small-scale pipe water supply |

Source: "National Policy on Drinking Water", June 2009

都市部は上下水道省の監督・指導の下に、NWSDB が関係自治体と協議しながら大規模水道事業の実施を通じて水道整備の行っており、NWSDB が実施した水道事業は基本的に維持管理から料金徴収まで NWSDB 自身によって直接管理される。このため NWSDB は全国を 11 地域に分けて、それぞれに Additional General Manager 及び Deputy General Manager を配置して運営している。

農村部は Pradeshiya Sabha に属する GND と定義され、州政府が地方自治体（Municipal Council、Urban Council、Pradeshiya Sabha）を通じて小規模農村部水道事業の実施を担っている。政府・州政府・地方自治体の役割はセクター活動の実施を調整・促進することであり、CBOs、民間セクター・NGOs がサービス・プロバイダーで、地方自治体は必要があればサービス・プロバイダーになることがある。国家政策では、このため利用者は、(1)施設及び資産を所有・管理し、(2)施設構築の際に生じる資本投資を分担し、(3)施設の持続可能な維持管理に全責任を有するとされている。

1.3 国際的ドナーの活動と方針

「ス」国には 2009 年 5 月の内戦終結とともに各国は競うように援助の手を差し伸べている。上下水道省の「実績報告書 2011 年」に記載の上下水道プロジェクトだけでも、12 ヶ国 4 国際機関が 30 を数えるプロジェクトの援助に関わっている。これらをセクター別に分類すると表 1.3 のようになる。

表 1.3 スリランカの上下水道セクターに対する二国間、多国間援助

| | Water Supply | | | Sewerage |
|--|---|----------|---|-------------------------------------|
| | Urban | Rural | Others | |
| Bilateral and Multi-lateral Assistance | Japan (JICA) Denmark (DANIDA) Hungary Spain Netherland Germany (KfW) Korea Austria Australia France Belgium | ADB | ADB UNICEF WB IFRC (Red Cross) | Japan Australia Sweden (SIDA) |
| | 11 countries | 1 agency | 4 agencies | 3 countries |

2011 年における主要援助国及び機関として、ADB、JICA (Japan)、KfW (Germany)、SIDA (Sweden)、UNICEF、IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies)、Austria、France、Spain、Hungary、Korea、Netherland が挙げられている。

2 自然・社会条件

2.1 概説

アヌラダプラ県は首都コロンボから北へ 280 km、キャンディから北へ 140 km のところに位置する北中部の内陸の県で、気候帯としては降雨量の少ない乾燥地帯に分類され、灌漑用貯水池が数多く存在する。県都アヌラダプラ周辺は紀元前 2 世紀から 9 世紀まで栄えた古代シンハラ王朝の最初の都で、世界文化遺産に登録されている。

調査対象地域の Padaviya、Kebithigollewa、Horowpothana、Kahatagasdigiliya、Rambewa、Medawachchiya の 6 DSDs (Divisional Secretary Division 日本の「郡」に相当) はアヌラダプラ県の東北部に位置し、東は Trincomalee 県、北は Vavuniya 県に接する、総面積 286,268 ha、人口 175,890 人 (2001 年センサス) の典型的な農村地帯である。

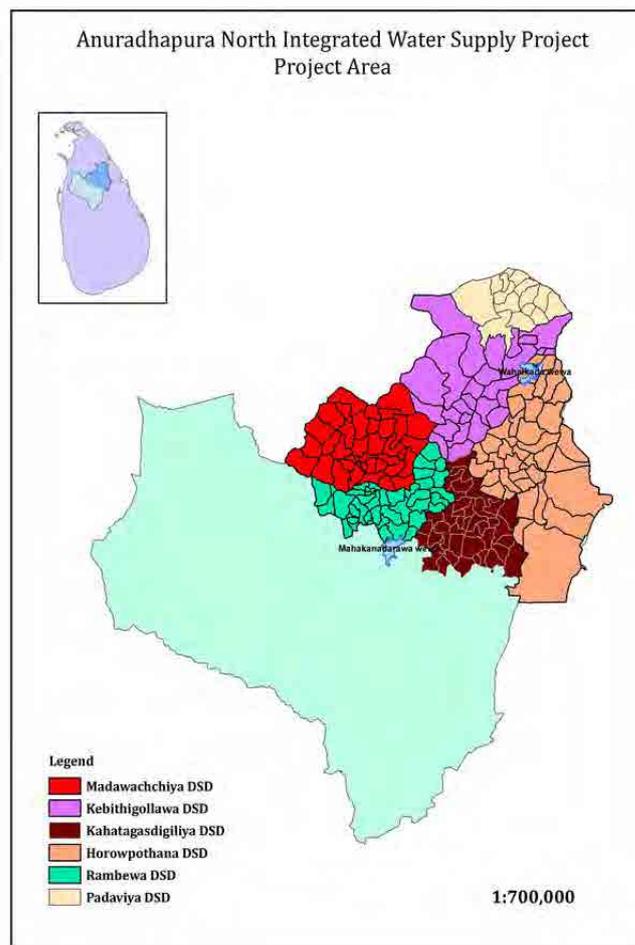


図 2.1 調査対象地域位置図

2.2 自然的条件

スリランカでは栽培目的から気象パターンは基本的に2シーズンに分類される。

- 10月～3月のMahaシーズンは雨期と呼ばれる。
- 4月～9月のYalaシーズンは乾期と呼ばれる。

4月～9月の乾期の月間平均気温は29°C～30°Cと極めて安定しているが、10月からの雨期に入ると気温は下がり始め12月～1月を最寒月(約26°C)にして、上昇に転じる(図2.2参照)。

アヌラダプラの年間平均降雨量(1961年～1990年)は1,285mmであるが、降雨量の2/3以上はMahaシーズンに降り、しかもこの期間の降雨量の70%以上は10月～12月に集中する。このため降雨量の変動が激しい。

2.3 社会的条件

2.3.1 人口

スリランカのセンサスにおける全国、アヌラダプラ県、調査対象地域の人口、人口密度、人口伸び率を表2.1に示す。

表 2.1 全国、アヌラダプラ県、調査対象地域の人口、人口密度、人口伸び率

| | Area (km ²) | Population ('1,000) | | | Population Density (persons/km ²) | | Annual Average Growth Rate (%) | |
|---------------------|----------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|--|------------|-----------------------------------|-------------|
| | | 1981 | 2001 | 2012 | 2001 | 2012 | 2001/1981 | 2012/2001 |
| Sri Lanka | 66,510 | 14,846.8 | 18,797.3 | 20,277.6 | 300 | 323 | 1.16 | 0.71 |
| Urban | | 3,192.7 | - | - | | | - | - |
| Rural | | 11,654.3 | - | - | | | - | - |
| Anuradhapura | 7,179 | 587.9 | 745.7 | 855.6 | 112 | 128 | 1.25 | 1.33 |
| (% to Sri Lanka) | | (4.0%) | (4.0%) | (4.2%) | | | | |
| Urban | | 41.4 | 53.2 | - | | | 1.26 | - |
| Rural | | 546.5 | 692.5 | - | | | 1.19 | - |
| Study Area | 2,843 | | 175,890 | 205,171 | 62 | 72 | | 1.41 |
| Padaviya | 240 | | 21,146 | 22,924 | 88 | 96 | | 0.74 |
| Kebithigollewa | 615 | | 19,457 | 22,227 | 32 | 36 | | 1.22 |
| Horowpothana | 845 | | 29,642 | 36,714 | 35 | 43 | | 1.96 |
| Kahatagasdigiliya | 352 | | 33,572 | 40,137 | 95 | 114 | | 1.64 |
| Medawachchiya | 482 | | 40,469 | 46,743 | 84 | 97 | | 1.32 |
| Rambewa | 309 | | 31,604 | 36,426 | 102 | 118 | | 1.30 |

- センサス 2011 年における総人口は 20,277,597 人で、センサス 2001 年からの年間平均伸び率は 0.71% で、1981 年～2001 年の 1.16% から大きく低下している。

- 同様にアヌラダプラ県総人口は 855,562 人で平均人口伸び率は 1.33% で、1981 年～2001 年の 1.25% からやや上昇している。

2.3.2 土地利用

アヌラダプラ県は国土総面積の 11% を占め、面積 738,953 ha を有するスリランカで最大の県である。土地利用は広大な広さの水田、低木地、森林区域、混作地、Chena 栽培地、家庭園芸地及び住宅地を含む。地域住民の大部分は農民で水田稲作に大きく依存している。これとは別に、地域経済は大部分野菜栽培を伴う chena 及び家庭菜園を中心に行っている。これに加えて、牛・山羊・鶏を含む畜産もまた一部地域で普及している。

2.3.3 収入と支出

(1) 収入

「ス」国センサス統計局の「家計調査 2009/10 (”Household Income and Expenditure Survey -2009/10”, August 2011)」によれば、月間全国平均収入は Rs.36,451 で、都市部 Rs.47,783、農村部 Rs. 35,228 で、アヌラダプラ県は Rs.37,586 となっている。一方、月間全国平均支出は Rs.31,331、都市部 Rs.44,928、農村部 Rs.29,423 で、アヌラダプラ県は Rs.29,065 となっている。

(2) 家計支出に対する水道料金

家計調査では水道料金、電気料金支出はそれぞれ一人当たり月間 Rs.24.91、Rs.132.78 となっており、一世帯平均人数を 4.0 人（センサス 2001 年の全国平均）とすると一世帯当たり月間支出金額は Rs.99.64、Rs.531.12 で、月間総家計収入 Rs.36,451 に対する比率は 0.27%、1.45% となる。世銀¹では、水道サービスに対する家庭の支払可能額の上限は、家計所得の 4% と見積っている。「ス」国の水道料金支出はこれらの比率をいずれも大きく下回っている。

(3) 水道料金の家計の可分所得に占める割合

貧困指数(Poverty Head Count Index、所得が貧困ラインを下回る人口比率)の全国値は 8.9% なので、貧困層はすべて所得 10 階層区分の第一区分(最下位から 10%)に属すると考えて良い。ここで、1 世帯の平均人口を 4 人、月間平均使用水量を 11 m³/月(= 4 人×91 Lpcd×30.4 日/月)とすると、水道料金は特別料金(Domestic - Samurdhi Receipts)適用の場合、所得第一区分の中央値 Rs.6,080 に対して 2.8% と、世銀の示す可分所得金額の 4% 以内に収まっている。また、中央値を超える第一区分に属する使用者に対しては通常料金(Domestic - Non Samurdhi Tenement Garden)が適用されても、水道料金の占める割合は 2.8%～2.6% (= 222 / 8,627) の範囲にあり 4% 以内に収まっていて問題のないレベルにある。この結果は、第一区分に属する世帯のうち所得が Rs.4,200 (= Rs.168 / 0.04) 未満の世帯において、水道料金が可

¹ “Information and Modeling Issues in Designing Water and Sanitation Subsidy Scheme”, The World Bank, May 2000

分所得金額の4%を超える世帯が存在することを示唆しているが、その全県世帯数に対する比率は約3.5%（ $= 5\% \times \text{Rs.}4,200 / \text{Rs.}6,080$ ）と推定される。調査対象地域に限ってみれば、調査対象地域人口の全県人口に対する比率の23.6%を適用して約0.8%（ $= 3.5\% \times 0.236$ ）と見込まれる。

2.4 プロジェクトの必要性

2.4.1 既存飲料水源の状況

(1) 調査対象地域における飲料水源の構成

センサス2011年によれば調査対象地域においては住民の75.4%は浅井戸（72.6%）または深井戸（2.8%）による地下水に依存し、18.9%は水道水、残りの5.7%はその他（給水車、ボトル水、河川水等）と変わっている（注：既存水道施設調査によれば調査対象区域内における水道普及率は約27%であるが、水道に接続していながら水道水を主たる飲料水源と見なしていない利用者がいるものと思われる。）。井戸水の使用が減り、水道水が普及している。また、井戸の構成に大きな変化があり無防護井戸、深井戸の比率が大きく低下し、防護井戸が主流になりつつある。水道水が普及が進んでいるとは言ってもそれらは地下水を水源とする小規模水道であり、地下水に依存していることに変わりはない。

(2) 水源までの水汲み運搬距離

調査対象地域における水汲み運搬距離に関する資料はないので、ここでは県別データにより記述する。

表 2.2 アヌラダプラ県における水汲み運搬距離

| Sector and District | Distance | | | | | | |
|---------------------|------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| | Total (%) | Within premises (%) | Outside Premises (%) | Outside Premises | | | |
| | | | | ≤ 100 m (%) | 101 – 200 m (%) | 201 – 500 m (%) | > 500 m (%) |
| Sri Lanka | 100 | 76.3 | 23.7 | 16.0 | 3.3 | 3.1 | 1.3 |
| Urban | 100 | 88.9 | 11.1 | 8.9 | 0.7 | 0.9 | 0.6 |
| Rural | 100 | 75.0 | 25.0 | 16.4 | 3.7 | 3.5 | 1.4 |
| Estate | 100 | 62.0 | 38.0 | 31.1 | 3.7 | 3.1 | 0.1 |
| Anuradhapura | 100 | 58.0 | 42.0 | 18.3 | 7.8 | 9.5 | 6.4 |

Source: Department of Census and Statistics, "Household Income and Expenditure Survey -2009/10", August 2011

スリランカにおける飲料水源の分布は、全国平均が敷地内76.3%、敷地外23.7%であるのに対し、アヌラダプラ県のそれぞれ58.0%、42.0%となっており、アヌラダプラ県では敷地外の比率が高いのが分かる。水汲み世帯の比率は全国でJaffnaに次いで高い。

敷地外の飲料水源までの距離が全国平均で100 m以内16.0%（農村部16.4%、以下同じ）、101-200 m 3.3%（3.7%）、201-500 m 3.1%（3.5%）、500 m超1.3%（1.4%）であるのに対し、

アヌラダプラ県はそれぞれ、18.3%、7.8%、9.5%、6.4%で、全国平均よりも遠くまで水汲み作業を強いられている。水汲み運搬距離も世帯比率は100 m以内が全国で3番目、101-200 mが2番目、500 m超が2番目に高く、全国的に見てもJaffinaとともに劣悪な状況にあると言ってよい。なお、水道水使用の場合でも蛇口が屋内にあるのは43.4%、敷地内38.2%、敷地外18.4%で、5軒に1軒は敷地内に蛇口を持っていないことを示している。

(3) 既存CBOsにおける使用水量

調査対象地域内には50のCBOsが管理する水道施設があるが、そのうち46CBOsにおける一人1日給水量は平均で66Lpcdとなっている。

(4) 既存CBOsにおける水質

1) 「ス」国地下水におけるフッ素濃度分布

1987年、全国レベル地下水調査が行われ、「ス」国における地下水中のフッ素濃度が明らかにされた。高濃度のフッ素汚染が「ス」国内のいくつかの場所で発生しており、プロジェクト調査地域はそのひとつである。

2) 調査対象地域におけるフッ素及び硬度

調査対象地域内の45CBOsにおける水質試験データによれば、フッ素濃度は、27ヶ所で望ましい基準(0.6 mg/L)を超えており、6ヶ所で許容基準(1.5 mg/L)を超え、最大値は1.9 mg/Lとなっている。フッ素濃度が望ましい基準を超えているCBOsの給水人口は29,460人で基準未滿の給水人口8,205人と人口比は78.2 : 21.8で5人のうち4人はフッ素症のリスクにさらされている。また許容基準を超えている給水人口は4,435人(フッ素症のリスクにさらされている人口の約15.1%)で、より高いフッ素症リスクにさらされていると言える。また、硬度の水質試験データを有する21CBOsのうち、望ましい基準(250mg/L)を超えるのは18CBOsで、フッ素濃度と並んで全般的に硬度濃度が高いのも、この地域の大きな特徴となっている。

(5) 給水時間

NWSDB RSC(N/C)は24の水道システムを有しているが、給水目標は24時間給水でこれはほぼ達成されており、給水時間に関してはNWSDBの中でも最も恵まれている。一方、調査対象区域を見ると、調査された46CBOsのうち43.5%の20CBOsにおいて水源不足のため乾期には給水時間が著しく制限されることが報告されている。20CBOsのうち、一日給水時間の内訳は5時間以下10ヶ所、5～10時間6ヶ所、10～15時間4ヶ所となっており、年間を通じて最大給水時間を8時間に抑えているCBOsが2ヶ所ある。最もひどいところの給水時間は2時間(Ekamuthu)で、3時間というのも3ヶ所(Dimuthu、Samagi、Suwasetha)ある。

(6) 技術上の問題

既存CBOs水道施設は技術的な問題として、(1)マスターメータが付いていない、(2)漏水、(3)操作バルブが付いていない、(4)過小口径による圧力不足、(5)不適切な塩素滅菌、(6)不安

定な電力供給、(7)メータが見にくい位置にある、(8)井戸ポンプの故障、(9)乾季における水不足等、設計上、運転上のさまざまな問題を抱えている。

2.4.2 歯牙フッ素症

歯牙フッ素症は、飲料水等のフッ素摂取により発生する問題として認識されている。2002-2003年、National Oral Health Survey が WHO 協力の下に Ministry of Health and Nutrition によって実施された。歯牙フッ素症が顕著に発症する 12 歳の調査結果を基に各 DSD 地区の CFI (コミュニティフッ素症指数) を算出した結果を図 2.2 に示す。

CFI は次式で計算され、症状によって重み付けが定められている。CFI が 0.6 より大きい場合は公衆衛生上の問題となることがこれまでの研究から明らかとなっている。

$$CFI = \sum [(重み付け) \times (症状別患者数) / (診察対象患者数)]$$

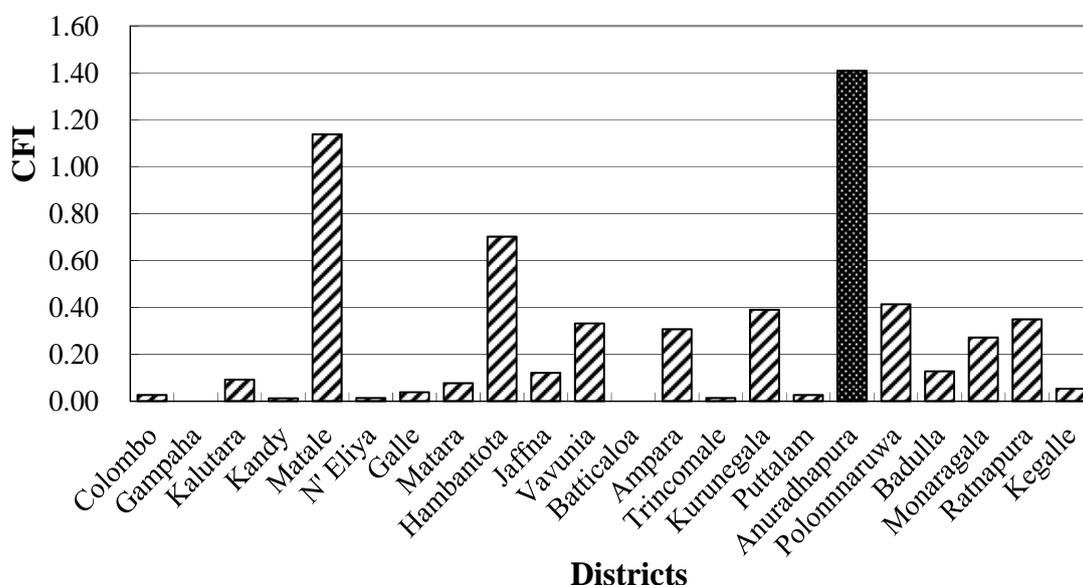


図2.2 県別CFIの比較

2.4.3 慢性腎不全 (CKD)

慢性腎臓病 (CKD) は数ヶ月から数年間に及ぶ進行性腎機能喪失の病気である。近年では、CKD 症例の増加が特に北中部州で観察されている。

2003 年以来、北中部州政府保健部は州における CKD 患者調査を実施している。この結果を基に CKD 発症率を計算した結果を図 2.3 に示す。この結果より、CKD 患者数の多いアヌラダプラ県においても、調査地域は特に CKD 発症率の高いことが確認された。

歯牙フッ素症に比べて CKD の病因はまだ不明である。例えば、Padaviya、Medawachchiya では飲料水のフッ素の濃度が高く、CKD 有病率も高い。一方、Kebithigollewa では飲料水の

フッ素濃度は低い、CKD 有病率は高い。CKD の病因を解明するにはもっと詳細な調査が必要である。しかし、少なくともフッ素濃度が高い飲料水は CKD 患者には良くないと考えられ、フッ素濃度の低い浄水処理した表流水の給水が住民の日常生活保護の救いとなる。

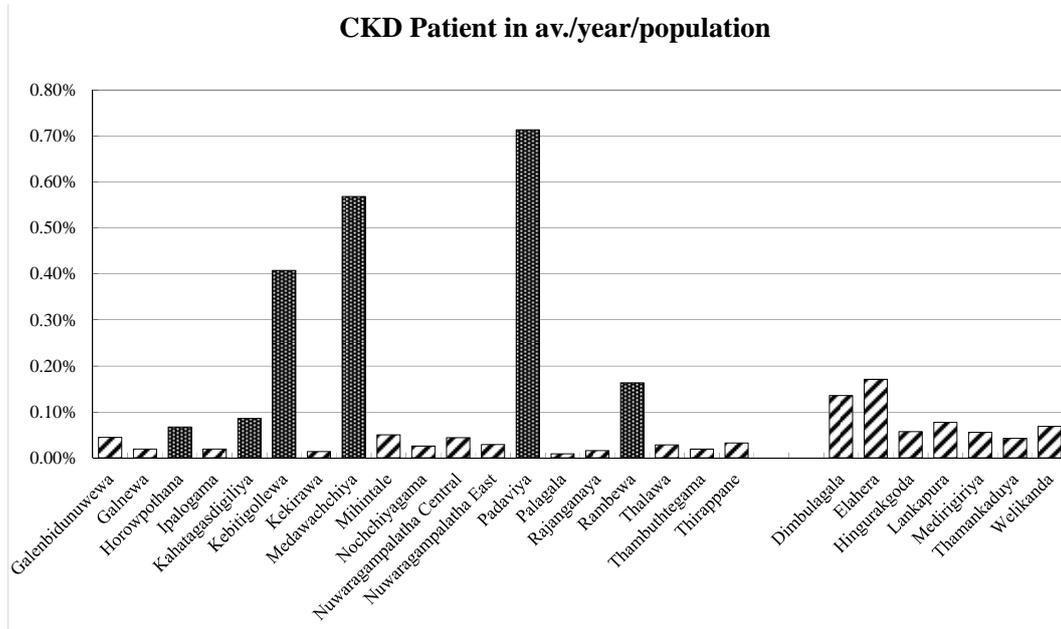


図2.3 北中央部州におけるDSD毎のCKD発症率分布

2.4.4 プロジェクトの必要性

以上これまで述べてきたように、本事業の必要性は以下のように集約される。

調査対象地域の住民は、主たる飲料水源及び既存 CBOs 水道施設に関して以下の問題に直面している。

- センサス 2011 年によれば、住民の 75.4%は主たる飲料水源を地下水に依存しており、18.4%は NWSDB 及び CBOs が給水する水道水を使用している。しかし、そのような水道施設のほとんどが、二、三の例外の除き地下水を水源としている。
- 調査対象地域の住民は、水汲み運搬作業に従事する人の割合が他の県よりも高く、しかもその運搬距離は他の県よりも長い。
- 調査対象地域では 5 人中 4 人がフッ素症のリスクにさらされている。
- 46 CBOs における一人 1 日使用水量の平均は 66 Lpcd で、同地域で NWSDB が管理する水道事業が 85~107 Lpcd であるのに比べると少ない。住民は水道水とともに井戸水を併用していることをうかがわせる。
- 多くの既存 CBOs 水道施設は乾季に水量不足に見舞われ、24 時間給水が達成されていない。

次に水質の問題である。飲用水の水質は、直接住民の健康に関連している重要な課題である。そのため、現在の飲料水源である地下水質調査を実施したところ、高濃度のフッ素

汚染が確認された。また、歯牙フッ素症の発症率がアヌラダプラ県は他の地区に比べて高いことも確認された。しかしながら、現在の地下水源からフッ素成分を除去して利用することは技術的及び経済的観点から現実的ではない。フッ素濃度が低い地表水源を利用した給水プロジェクトを早急に実施し、水源の転換を図ることが急務である。

3 調査対象地域の既存水道施設

3.1 アヌラダプラ県の水道事業

アヌラダプラ県の水道事業は NWSDB が維持管理を行っている 18 の水道事業 (Water Supply Scheme) とコミュニティの住民組織 (Community-Based Organization: CBO) が行っている水道事業に分類される。CBO が行っている WSS は ADB の第三次及び第四次プロジェクトによって建設されたものと、世界銀行援助の Community Water Supply and Sanitation Project (CWSSP) の下で建設された WSS に分かれるが、以下においては ADB 及び CWSSP の水道事業を CBO として総称する。アヌラダプラ県の水道事業は表 3.1 のようにまとめられている。

表 3.1 アヌラダプラ県の水道事業

| | |
|---|---------|
| No of families | 171,060 |
| Population | 855,304 |
| Water Supply Schemes - NWSDB | 18 |
| No of service connections - NWSDB | 54,220 |
| Total No. of Beneficiaries - NWSDB | 325,320 |
| Piped water coverage - NWSDB | 37% |
| Rural Schemes Coverage - CBO | 19% |
| Total Piped Water Supply Coverage in the District | 56% |

Source: NWSDB RSC(N/C)

3.2 NWSDB (NC)内の既存水道施設

NWSDB RSC(N/C)が運営している水道事業は、24 施設ある。24 施設のうち、アヌラダプラ県にある施設は 18 施設、ポロンナルワ県に 6 施設ある。

これら施設のうち、大中規模水道施設は主に表流水水源を利用し、凝集沈殿・急速ろ過・消毒処理を行なっている。一方、小規模水道施設では、地下水水源を利用し、消毒処理のみを行なっている。水道施設は、アヌラダプラ市で 1972 年に整備され、2000 年代に東部・北部周辺地区に拡大されていった。中規模施設は、1980 年代、小規模施設は 1980 年代から 1990 年代に整備された。

水道施設、特に機械電気設備は、建設後 20~30 年で老朽化する。従って、1980 年代に建設された施設は、改修もしくは水需要の伸びにあわせ、拡張が必要になってきている。

NWSDB RSC(N/C)の水道施設は、停電や漏水補修のための作業時以外は、24時間連続給水が行なわれている。

3.3 調査対象地域で NWSDB が管理する既存水道施設

調査対象地域には56の水道施設が存在し、このうち50ヶ所はCBOs（給水人口：約38,700人、普及率：19.1%）が、残りの6ヶ所（給水人口：約16,000人、普及率：7.8%）はNWSDBが管理/運営を行っている。ただし、NWSDBのRambewaの水道施設は独立したものものではなく、Nuwarawewa貯水池を水源とするアヌラダプラ北部及びミヒンタレ両水道の給水区域に組み込まれている。

NWSDBの給水施設はCBOに比較して古く1964年~1989年に供用を開始している。水道施設能力は137~1,062 m³/dayで、水源はCBOと同様に地下水源に依存している。Padaviyaのものを除きすべて高架水槽で、総配水池容量は685 m³ある。Horowpothana、Kahatagasdigiya、Medawachchiyaで高いフッ素濃度が確認された。

3.4 調査対象地域で CBO が管理する既存水道施設

既存CBO水道施設調査によって以下の事項が明らかになった。

- 50 CBOsのうち、7 CBOsはまだ供用を開始していないか運転していない。
- CBOsは調査対象地域の人口の19%をカバーしており、健全なマネジメントの下でCBOsの水道施設を維持管理することは重要な課題である。
- 50ヶ所のCBOsのうち44ヶ所のCBOが機能している。またほとんどのCBOsは2006年以降に供用を開始している。
- 原水不足又は停電により、すべてのCBOで時間給水を行っている。原水は地下水に依存しており、乾季の8月~10月に地下水源が不足している。
- 多くのCBOsにおいて高い濃度のフッ素が報告されている。
- CBOの施設は比較的新しく、修理の必要な漏水が確認されたのは52の高架水槽のうち2ヶ所であった。
- CBOの配水管網はPVCのType600が使用され、口径（外径）は32 mmから225 mmの範囲である。複数のCBOにおいて配水管の口径が不足しており、圧力が不十分であることが確認された。
- マスター流量計が設置されていないため、供給量と無収水量が管理されていない。
- だいたいにおいて塩素滅菌は適切に行われておらず、ほとんどのCBOsは次亜塩素酸ソーダをたまにかあるいは全く使っていない。
- 調査を通じて建設当時の配水管網のスケッチが収集されたが、精度が低く、解析に適していない。情報の更新が実施されていない。
- CBOは地域のコミュニティメンバーにより運営されている。

- ほとんどの CBO のキャッシュフローは、黒字である。また、NWSDB の料金に比べてかなり高い。

4 計画人口及び需要水量の予測

4.1 計画の基本方針

計画対象区域はアヌラダプラ県の北東部に位置する Padaviya、Kebithigollewa、Horowpothana、Kahatagasdigiliya、Medawachchiya、Rambewa の 6 つの DSD (Divisional Secretary Division) で、2012 年の面積は 28,268 ha、総人口は 205,171 人の典型的な農村地域である。この地域では住民は水源を主に井戸水に依存しているが、地下水に含まれる高いフッ素濃度のために歯と骨に係るフッ素症患者が発生しており、またこの地区で高い発生率を示している慢性腎臓病 (Chronic Kidney Diseases: CKD) もこの高いフッ素濃度が原因の一つではないかと疑われている。この地区では第 3 章で述べたように NWSDB が運営する 6 つの水道システムと CBO が運営する 50 の水道システムが存在するが、それらは 1 ヶ所を除いてすべて井戸水 (地下水) を水源とする小規模水道でそれらの多くは高いフッ素濃度の問題を抱えている。

本調査はこれらの問題を解決するために以下の基本方針の下で、既存の小規模水道を統合した新たな水道システムを構築するものである。

- 水源を地下水からフッ素濃度がスリランカの飲料水基準を満たす表流水に改め、現在灌漑用貯水池として使われているワハルカダ及びマハカナダラワの二つの貯水池から出る灌漑用水路より取水する。
- 計画対象地域を地形及び水源の位置関係から Padaviya、Kebithigollewa、Horowpothana、Kahatagasdigiliya の 4 つの DSD を対象とするワハルカダ給水区域と Medawachchiya、Rambewa の 2 つの DSD を対象とするマハカナダラワ給水区域に分割する。
- 既存の水道システムはできるだけ新しい水道システムに統合し、現在、既存の水道システムをもたない地域も給水対象とする。
- 計画対象地域には 194 の GND が存在するがそのうちの 60.8% は人口密度が 100 人/km² 未満で人口密度が 200 人/km² 未満になると 87.6% にも達する。このように広大な地域に人口が散らばっているため、これらのすべての GND を通常のパイプによる給水対象地域とすることは対費用効果が極めて悪くなる。このため、一部の GND に付いてはパイプによる給水 (以下、「水道給水」という) ではなく、地域住民の水運びの負担ができるだけ軽減されるように戦略的配置した貯水タンクまで給水車が安全な水を輸送する給水システム (以下、「給水車給水」という) を考慮するものとする。
- 新しい送水管を既存水道システムの高架水槽に接続して既存水道システムの配水システムをできるかぎりそのまま活用する。
- 既存水道システムのうち水量・水質・施設の運転に問題のない既存 CBO 水道施設

については統合の対象外とする。

4.2 計画給水量算定

(1) 計画給水区域

計画給水区域はアヌラダプラ県の北東部に位置する Padaviya、Kebithigollewa、Horowpothana、Katahagasdigiliya、Medawachchiya、Rambewa の 6 つの DSD (Divisional Secretary Division) とする。

(2) 計画年次

NWSDB の設計マニュアル (1989 年 3 月) は計画年次を 20 年先に設定して、段階施工を 10 年毎とすることを推奨している。したがって、計画目標年次を 2034 年とし、段階施工の中間目標年度として 2024 年を設定する。

(3) 計画諸元

表 4.1 の計画諸元に基づいて算出した計画給水量を表 4.2、表 4.3 に示す。

表 4.1 計画給水量算出のための計画諸元

| Parameters | Basis |
|---|---|
| Design Population | Projected changing the annual population growth rate corresponding to the local conditions of each GND based on the actual one of Census 1980-2001 |
| Demarcation of GNDs by water supply mode | Based on the location of facilities of existing CBO WSS and proposed WSS, urban centre and main roads |
| Existing CBOs to be excluded from integration | Based on the conditions such as no problem in water quality and quantity or distance from the proposed WSS transmission routes in addition to no major operational trouble at present |
| Non domestic consumption | Based on the actual performance at the existing small-scale WSS under NWSDB operation |
| Per capita domestic consumption | Based on the actual performance (CBO average: 66Lpcd, NWSDB WSS in the study area: 85-107 Lpcd) considering an annual increment of 0.5 Lpcd from 80 Lpcd in the base year of 2012.. |
| NRW | Based on the actual performance of NWSDB N/C |
| Design Served population | Based on the assumption of population coverage (%) |
| Design Load Factor | Based on the actual performance of NWSDB N/C |
| Production Capacity | Considered 5% allowance for miscellaneous use at WTP |

表 4.2 2034 年計画給水量

| 計画水量 | 適用施設名 | 単位 | マハカナダラワ系(2034) | | | ワハルカダ系(2034) | | |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------|--------|---------|--------------|--------|---------|
| | | | ファイナルレポート | | | ファイナルレポート | | |
| 給水モード | | | 水道給水 | 給水車給水 | 計 | 水道給水 | 給水車給水 | 計 |
| 計画人口 | | (prs.) | 92,597 | 19,303 | 111,900 | 144,745 | 16,723 | 161,468 |
| 一人1日生活系使用水量 | = 80 + 0.5 x (2034 - 2012) = 91 | (L/pod) | 91 | 10 | | 91 | 10 | |
| 非生活系使用水量割増し率 (35%) | = 1.35 | | 1.35 | 1 | | 1.35 | 1 | |
| 無収水 (NRW) 率 (20%) | = 100 / (100 - 20) = 1.25 | | 1.25 | 1 | | 1.25 | 1 | |
| 計画一日平均給水量 (Dave) | | (m ³ /day) | 14,219 | 193 | 14,412 | 22,227 | 167 | 22,394 |
| 計画負荷率 | = 1.2 | | | | | | | |
| 計画一日最大給水量 (Dmax) | = Dave x 1.20 | 送水施設 | | | | 17,294 | | 26,873 |
| ピーク率 | = 2.0 | | | | | | | |
| 計画時間最大給水量 (Hmax) | = Dmax x 2.0 | 配水施設 | | | | 34,588 | | 53,746 |
| 計画浄水量 | = Dmax x 1.05 | 取水場、原水送水管、浄水場 | | | | 18,245 | | 28,217 |
| 水利権水量 | | (m ³ /day) | | | | 18,800 | | 28,800 |

表 4.3 年次別マハカナダラワ、ワハルカダ計画給水量

Mahakanadarawa System (Encl. Independent CBO)

| | | 2012 ¹³ | 2014 ¹³ | 2016 ¹³ | 2018 | 2020 | 2022 | 2024 | 2026 | 2028 | 2030 | 2032 | 2034 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Total Population (persons) | | 83,858 | 86,208 | 88,626 | 91,120 | 93,684 | 96,321 | 99,043 | 101,838 | 104,719 | 107,686 | 110,736 | 113,884 |
| 46 - Maha Kumbukollewa ¹ | Population | 1,430 | 1,473 | 1,518 | 1,564 | 1,611 | 1,660 | 1,710 | 1,761 | 1,815 | 1,874 | 1,926 | 1,984 |
| | Served Population | 286 | 589 | 789 | 860 | 886 | 996 | 1,026 | 1,233 | 1,361 | 1,496 | 1,733 | 1,984 |
| | Water Demand | 39 | 81 | 109 | 120 | 126 | 143 | 149 | 181 | 202 | 225 | 263 | 305 |
| Target Total Population (persons) | | 82,428 | 84,735 | 87,108 | 89,556 | 92,073 | 94,661 | 97,333 | 100,077 | 102,904 | 105,816 | 108,810 | 111,900 |
| for Pipe Borne WS | Pipe Borne WSS | 62,778 | 64,665 | 66,608 | 68,613 | 70,680 | 72,808 | 75,010 | 82,347 | 84,796 | 87,319 | 89,915 | 92,597 |
| | (Existing) | 46,591 | 48,010 | 49,473 | 50,982 | 52,541 | 54,141 | 55,802 | 57,512 | 59,277 | 61,098 | 62,974 | 64,912 |
| | (New) | 16,187 | 16,655 | 17,135 | 17,631 | 18,139 | 18,667 | 19,208 | 24,835 | 25,519 | 26,221 | 26,941 | 27,685 |
| for Non Pipe Borne WS | Non Pipe Borne WSS | 19,650 | 20,070 | 20,500 | 20,943 | 21,393 | 21,853 | 22,323 | 17,730 | 18,108 | 18,497 | 18,895 | 19,303 |
| Coverage (%) | | 31.4 | 59.4 | 63.0 | 65.2 | 67.5 | 69.7 | 72.0 | 74.8 | 82.1 | 88.4 | 94.7 | 100.0 |
| for Pipe Borne WS | Pipe Borne WSS | 41.2 | 46.8 | 51.6 | 54.6 | 57.7 | 60.7 | 63.7 | 69.4 | 78.2 | 85.9 | 93.6 | 100.0 |
| | (Existing) | 56.0 | 60.0 | 64.0 | 68.0 | 72.0 | 76.0 | 80.0 | 84.0 | 88.0 | 92.0 | 96.0 | 100.0 |
| | (New) | 0.0 | 10.0 | 17.0 | 17.0 | 17.0 | 17.0 | 17.0 | 40.0 | 60.0 | 75.0 | 90.0 | 100.0 |
| for Non Pipe Borne WS | Non Pipe Borne WSS | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Served Population (persons)¹² | | 25,892 | 50,347 | 54,890 | 58,431 | 62,142 | 66,025 | 70,097 | 74,846 | 84,458 | 93,515 | 103,019 | 111,900 |
| for Pipe Borne WS | Pipe Borne WSS | 25,892 | 30,277 | 34,390 | 37,488 | 40,749 | 44,172 | 47,774 | 57,116 | 66,350 | 75,018 | 84,124 | 92,597 |
| | (Existing) | 25,892 | 28,611 | 31,476 | 34,491 | 37,665 | 40,998 | 44,509 | 48,196 | 52,073 | 56,144 | 60,419 | 64,912 |
| | (New) | - | 1,666 | 2,914 | 2,997 | 3,084 | 3,174 | 3,265 | 8,920 | 14,277 | 18,874 | 23,705 | 27,685 |
| for Non Pipe Borne WS | Non Pipe Borne WSS | - | 20,070 | 20,500 | 20,943 | 21,393 | 21,853 | 22,323 | 17,730 | 18,108 | 18,497 | 18,895 | 19,303 |
| Water Demand (Dave: m³/day) | | 3,495 | 4,341 | 4,961 | 5,456 | 5,994 | 6,557 | 7,154 | 8,562 | 10,029 | 11,448 | 12,963 | 14,414 |
| Pipe Borne WS | Pipe Borne WSS | 3,495 | 4,141 | 4,756 | 5,247 | 5,779 | 6,337 | 6,982 | 8,384 | 9,847 | 11,263 | 12,774 | 14,221 |
| | (Existing) | 3,495 | 3,913 | 4,354 | 4,828 | 5,341 | 5,882 | 6,459 | 7,075 | 7,728 | 8,429 | 9,175 | 9,970 |
| | (New) | - | 228 | 402 | 419 | 438 | 455 | 523 | 1,309 | 2,119 | 2,834 | 3,599 | 4,251 |
| Non Pipe Borne WS | Non Pipe Borne WSS | - | 200 | 205 | 209 | 215 | 220 | 172 | 178 | 182 | 185 | 189 | 193 |
| Water Demand for Transmission (Dmax = Dave x 1.20 : m³/day) | | 4,194 | 5,209 | 5,953 | 6,547 | 7,193 | 7,868 | 8,585 | 10,274 | 12,035 | 13,738 | 15,556 | 17,297 |
| Water Demand for Treatment (= Dmax x 1.05 : m³/day) | | 4,400 | 5,500 | 6,300 | 6,900 | 7,600 | 8,300 | 9,000 | 10,800 | 12,600 | 14,400 | 16,300 | 18,200 |

Wahalkada System (Encl. Independent CBOs)

| | | 2012 ¹³ | 2014 ¹³ | 2016 ¹³ | 2018 | 2020 | 2022 | 2024 | 2026 | 2028 | 2030 | 2032 | 2034 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Total Population (persons) | | 120,880 | 124,293 | 127,794 | 131,417 | 135,150 | 138,985 | 142,940 | 147,008 | 151,200 | 155,525 | 159,978 | 164,562 |
| 32 - Kurulugama ¹ | | 1,354 | 1,379 | 1,403 | 1,429 | 1,455 | 1,481 | 1,508 | 1,535 | 1,563 | 1,591 | 1,620 | 1,649 |
| 119 - Ihala Angunachchiya ¹ | | 1,041 | 1,073 | 1,105 | 1,139 | 1,173 | 1,208 | 1,245 | 1,283 | 1,321 | 1,361 | 1,402 | 1,445 |
| Sub-Total | | 2,395 | 2,452 | 2,508 | 2,568 | 2,628 | 2,689 | 2,753 | 2,818 | 2,884 | 2,952 | 3,022 | 3,094 |
| Served Population | | | | | | | | | | | | | |
| 32 - Kurulugama ¹ | | 271 | 552 | 730 | 786 | 800 | 889 | 905 | 1,075 | 1,172 | 1,273 | 1,458 | 1,649 |
| 119 - Ihala Angunachchiya ¹ | | 208 | 429 | 575 | 626 | 645 | 725 | 747 | 898 | 991 | 1,089 | 1,262 | 1,445 |
| Sub-Total | | 479 | 981 | 1,305 | 1,412 | 1,445 | 1,614 | 1,652 | 1,973 | 2,163 | 2,362 | 2,720 | 3,094 |
| Water Demand | | | | | | | | | | | | | |
| 32 - Kurulugama ¹ | | 37 | 75 | 101 | 110 | 113 | 128 | 131 | 158 | 174 | 191 | 221 | 253 |
| 119 - Ihala Angunachchiya ¹ | | 28 | 59 | 80 | 88 | 91 | 104 | 108 | 132 | 147 | 164 | 192 | 222 |
| Sub-Total | | 65 | 134 | 181 | 198 | 204 | 232 | 239 | 290 | 321 | 355 | 413 | 475 |
| Target Total Population (persons) | | 118,485 | 121,841 | 125,286 | 128,849 | 132,522 | 136,296 | 140,187 | 144,190 | 148,316 | 152,573 | 156,956 | 161,468 |
| for Pipe Borne WS | Pipe Borne WSS | 95,911 | 98,775 | 101,715 | 104,766 | 107,907 | 111,145 | 114,485 | 128,836 | 132,633 | 136,549 | 140,587 | 144,745 |
| | (Existing) | 49,985 | 51,530 | 53,117 | 54,762 | 56,462 | 58,216 | 60,026 | 67,997 | 70,064 | 72,193 | 74,394 | 76,664 |
| | (New) | 45,926 | 47,245 | 48,598 | 50,004 | 51,445 | 52,929 | 54,459 | 60,839 | 62,569 | 64,356 | 66,193 | 68,081 |
| for Non Pipe Borne WS | Non Pipe Borne WSS | 22,574 | 23,066 | 23,571 | 24,083 | 24,615 | 25,151 | 25,702 | 15,354 | 15,683 | 16,024 | 16,369 | 16,723 |
| Coverage (%) | | 22.7 | 51.2 | 62.7 | 64.8 | 66.9 | 69.1 | 71.6 | 74.2 | 87.1 | 92.8 | 98.6 | 100.0 |
| for Pipe Borne WS | Pipe Borne WSS | 28.1 | 39.9 | 54.0 | 56.7 | 59.4 | 62.1 | 65.2 | 71.2 | 78.4 | 85.6 | 92.8 | 100.0 |
| | (Existing) | 54.0 | 18.0 | 62.0 | 66.0 | 71.0 | 75.0 | 79.0 | 59.0 | 80.0 | 84.0 | 87.0 | 91.0 |
| | (New) | 0.0 | 20.0 | 45.0 | 46.0 | 47.0 | 48.0 | 50.0 | 60.0 | 70.0 | 80.0 | 90.0 | 100.0 |
| for Non Pipe Borne WS | Non Pipe Borne WSS | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Served Population (persons)¹² | | 26,925 | 62,431 | 78,510 | 83,471 | 88,692 | 94,133 | 100,393 | 107,042 | 119,656 | 132,911 | 146,846 | 161,468 |
| for Pipe Borne WS | Pipe Borne WSS | 26,925 | 39,365 | 54,939 | 59,388 | 64,077 | 68,982 | 74,691 | 91,688 | 103,973 | 116,887 | 130,477 | 144,745 |
| | (Existing) | 26,925 | 29,916 | 33,072 | 36,392 | 39,895 | 43,576 | 47,449 | 51,521 | 55,803 | 60,302 | 65,033 | 70,000 |
| | (New) | - | 9,449 | 21,867 | 22,996 | 24,182 | 25,406 | 27,242 | 40,167 | 48,170 | 56,585 | 65,444 | 74,745 |
| for Non Pipe Borne WS | Non Pipe Borne WSS | - | 23,066 | 23,571 | 24,083 | 24,615 | 25,151 | 25,702 | 15,354 | 15,683 | 16,024 | 16,369 | 16,723 |
| Water Demand (Dave: m³/day) | | 3,636 | 6,611 | 7,843 | 8,556 | 9,336 | 10,147 | 11,098 | 13,616 | 15,599 | 17,719 | 19,979 | 22,392 |
| Pipe Borne WS | Pipe Borne WSS | 3,636 | 5,384 | 7,608 | 8,315 | 9,087 | 9,893 | 10,841 | 13,463 | 15,441 | 17,556 | 19,815 | 22,225 |
| | (Existing) | 3,636 | 4,203 | 4,577 | 5,097 | 5,658 | 6,248 | 6,888 | 7,566 | 8,286 | 9,058 | 9,874 | 10,748 |
| | (New) | - | 2,240 | 3,031 | 3,218 | 3,429 | 3,645 | 3,953 | 5,897 | 7,155 | 8,498 | 9,941 | 11,477 |
| Non Pipe Borne WS | Non Pipe Borne WSS | - | 1,227 | 235 | 241 | 249 | 254 | 257 | 153 | 158 | 163 | 164 | 167 |
| Water Demand for Transmission (Dmax = Dave x 1.20 : m³/day) | | 4,363 | 7,933 | 9,412 | 10,267 | 11,203 | 12,176 | 13,318 | 16,339 | 18,719 | 21,263 | 23,975 | 26,870 |
| Water Demand for Treatment (= Dmax x 1.05 : m³/day) | | 4,600 | 8,300 | 9,900 | 10,800 | 11,800 | 12,800 | 14,000 | 17,200 | 19,700 | 22,300 | 25,200 | 28,200 |

(4) 浄水場の計画浄水能力

浄水場の計画浄水能力（計画一日最大給水量）を表 4.4 に示す。

表 4.4 浄水場の計画一日最大給水量

| | Phase 1 (2024) | Long-term Plan (2034) |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Mahakanadarawa WTP | | |
| Daily Maximum Water Supply | 8,950 m ³ /day | 17,900 m ³ /day |
| Production Capacity | 9,400 m ³ /day | 18,800 m ³ /day |
| Wahalkada WTP | | |
| Daily Maximum Water Supply | 13,700m ³ /day | 27,400 m ³ /day |
| Production Capacity | 14,400 m ³ /day | 28,800 m ³ /day |

4.3 水源利用の可能性

4.3.1 水源

調査対象地域の地下水にはフッ素濃度に高いリスクがある。したがって、飲料水源を地下水から表流水に転換することが求められる。アヌラダプラ県の調査対象地域では河川は季節変動があって雨季にしか利用できないため、飲料水源としてはマハカナダラワ及びワハルカダの両貯水池だけが期待できる。

4.3.2 水質調査

調査地域の季節変動は雨季・乾季が明確に分かれており、これが対象水源の水質に大きな影響を与えている。全体的には、乾季は水分蒸発等により各水質成分濃度が上昇する。この傾向はマハカナダラワ貯水池で大きく、ワハルカダ貯水池で小さい。

スリランカでは多くの地域でフッ素濃度の高い地下水が見られ、調査対象地域は高フッ素濃度地域として知られている。したがって、水質の継続的な監視が肝要である。フッ素は鉱物に由来する物質で、鉱物に接触すると地下水でも表流水でもフッ素を含むことになる。EC、Cl、硬度と同様に水源候補地のフッ素濃度は雨季に低下し乾季に高くなる。図 4.1 に各水源候補地フッ素濃度の季節変動を示す。

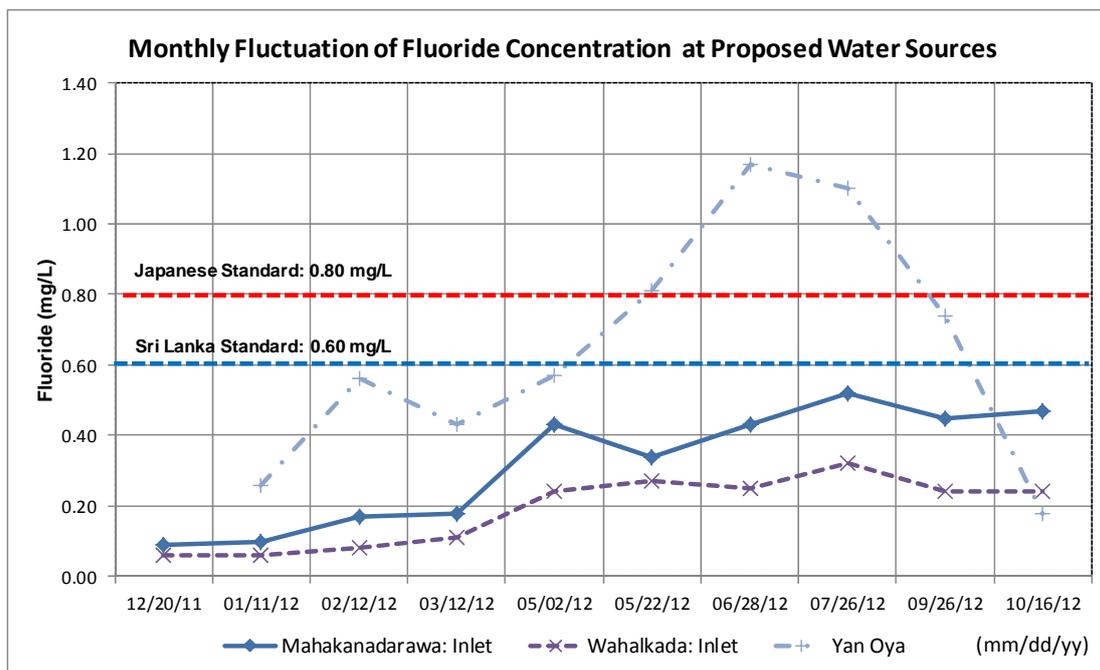


図 4.1 各水源フッ素濃度の季節変動

図 4.1 から分かるように、乾季となる 5 月から 9 月にかけて、いずれの水源地でもフッ素濃度は上昇している。とくにヤン・オヤは 7 月には 1.2 mg/L に達しており、フッ素除去処理を行わない限り飲用水としては使用できない。マハカナダラワ及びワハルカダも乾季のフッ素濃度が各々 0.52 mg/L、0.38 mg/L まで上昇した。その他の水質項目もいくつか「ス」国飲料水基準を超えているが、これらは浄水処理によって処理できる範囲であった。

4.3.3 貯水池の利用状況

両貯水池は Regional Irrigation Department が管理主体であり、利用目的は主に灌漑である。灌漑は主に稲作（水田）に対して行われており、Yala 期（乾期）5~9 月、Maha 期（雨期）11 月~3 月にそれぞれ実施される。マハカナダラワ地区の灌漑可能面積は 6,000 acres (2,420 ha) であるが、現在の貯水池常時満水位（FSL）による灌漑可能面積は 3,600 acres (1,460 ha) とされており、更に乾期には実質的にその 50% しか灌漑されていない。ワハルカダ地区の灌漑可能面積は 2,257 acres (910 ha) で、常時満水位による灌漑可能面積は 2,000 acres (810ha) とされている。

表 4.1 灌漑スキームの全般的条件

| Item | Outline |
|---------------------------|---|
| Irrigation period in Maha | Nov. – March |
| Irrigation period in Yala | May – September |
| Major Crops | Rice (Paddy field) |
| Irrigation Area | Mahakanadarawa Scheme : Max. Irrigable area: 6,000 acres (2,420ha) |

| | |
|--|--|
| | Irrigable area by FSL: 3,600 acres (1,460ha) (around 50% is available in Yala season) Wahalkada Scheme : Max. Irrigable area: 2,257 acres (910ha) Irrigable area by FSL: 2,000 acres (810ha) |
|--|--|

表 4.2 に 2009～2011 年の年間灌漑用水量を示す。マハカナダラワ・スキームの場合、季節始めの貯水量に一部を依存しながら、用水量は 19.41～42.42 MCM の間で変化する。一方、ワハルカダ・スキームの場合、灌漑用水量の変動はマハカナダラワ・スキームほど大きくはなく、初期貯水量が変化しても 12～16 MCM の間で変動する

表 4.2 1 月 1 日付け貯水量とその年の灌漑用水量

| | Mahakanadarawa tank | | Wahalkada Tank | |
|-------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | Storage in Jan. 1 (MCM) | Irrigation Water Supply (MCM) | Storage in Jan. 1 (MCM) | Irrigation Water Supply (MCM) |
| 参考：概算 | | 22.2 | | 10.9 |
| 2009 | 44.78 | No data | 17.45 | 12.13 |
| 2010 | 22.50 | 19.41 | 21.50 | 16.13 |
| 2011 | 44.78 | 42.42 | 26.73 | 15.95 |

4.3.4 貯水池からの水源利用の可能性

(1) 水収支の全体的予測

総合的水収支を表 4.7 に示す流出率を仮定して予測する。総集水面積からの流出率はワハルカダで 20%、マハカナダラワで 8% と見積もる。滲透水は貯水量に比べて相対的に小さいので無視する。

表 4.3 概略水収支による貯水量

| | Mahakanadarawa | Wahalkada |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| 平均降雨量 (mm/year) | 1240 ^{*1} | 1410 ^{*2} |
| 流域面積 (km ²) | 334 | 83 |
| 流出率 (%) ^{*3} | 8 | 20 |
| 湖水面積 (km ²) | 9 | 2.1 |
| 貯水池への年間流入量 (MCM) | 33.13 | 23.41 |
| 直接降雨による増加量 (MCM) | 11.16 | 2.96 |
| 湖水面からの蒸発量 (MCM) | 11.93 | 2.60 |
| 地下浸透 | — | — |
| 平均的な貯水量 (MCM) | 32.36 | 23.77 |

^{*1} Average for a period of 1981-2011 at Anuradhapura Station: 1,246 mm

^{*2} Average for a period of 1997-2011 at Wahalkada Station: 1,441 mm

^{*3} Calculated from the following equation:

$$[\text{Annual change of reservoir storage} / \text{Annual rainfall} \times \text{Catchment area}] \times 100$$

(2) 水道用水量

表 4.4 上水道計画取水量

| | Mahakanadarawa Tank | | Wahalkada Tank | |
|-----------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| | (m ³ /day) | (MCM/year) | (m ³ /day) | (MCM/year) |
| 2016 年取水量 | 6,700 | 2.45 | 10,500 | 3.83 |
| 2024 年取水量 | 9,400 | 3.25 | 14,400 | 5.26 |
| 2034 年取水量 | 18,800 | 6.53 | 28,800 | 10.00 |

(3) 灌漑用水量

両貯水池の貯水量変動傾向によれば、年間灌漑使用量は以下のように見込まれる。

- マハカナダラワ・スキーム 20~30 MCM (40 MCM は満水位時使用量に相当)
- ワハルカダ・スキーム 12~16 MCM

4.3.5 マハカナダラワ貯水池

(1) 状況

マハカナダラワ貯水池では、年間平均貯水量は 32.36 MCM と見込まれ、灌漑用水量は 20~30 MCM の間で変動している。一方、年間水道用水量は 2024 年で 3.25 MCM、2034 年 6.53 MCM である。このため、水道用水に優先権が与えられるとすると灌漑用水量が 30 MCM のとき 2016 年で既に灌漑用水量不足が発生し、灌漑プロジェクトが完成しなければ不足水量は増大していくため、灌漑と水道への水量配分が大きな問題となる。

NCP(North Central Province)灌漑用水路プロジェクトが予定通り 2016 年に完成すると 2018 年の水道事業の運転開始に間に合うことになる (図 4.2)。同プロジェクトは基本的に北中部州と北部州の主要 15 タウンの水道用水量 70 MCM を含んでおり、アヌラダプラ県北部上水道整備事業のマハカナダラワ系給水区域のほとんどは、この NCP プロジェクトに含まれるタウンと一致する。2034 年には水道用水 6.53 MCM、灌漑用水はマハカナダラワ貯水池灌漑スキームの最大灌漑総面積 2,420 ha に対して約 74 MCM の計 80.53 MCM が両目的に必要なとなるが、マハカナダラワ貯水池の貯水量は約 32.36 MCM で、図 4.3 に示すように少なくとも 48.17 MCM は NCP プロジェクトの用水で賄われなければならない。NCP プロジェクトの能力は 700 MCM で、毎年貯水池貯水量の変動及び維持水量を考慮して、さらなる追加も可能であるため、灌漑用水及び水道用水ともに必要水量を十分に確保できる。

(2) NCP 灌漑用水路プロジェクトの実施スケジュール

本計画の核となるモロガハカンダ／カルガンガ貯水池はすでに 2007 年に着工して 2014 年に完成する予定であったが、財務及び環境上の問題から遅れている。最終的には中国政府が 2012 年に借款供与に合意し第二期工事が開始された。新聞報道ではプロジェクトは 2016 年に完成とされている。

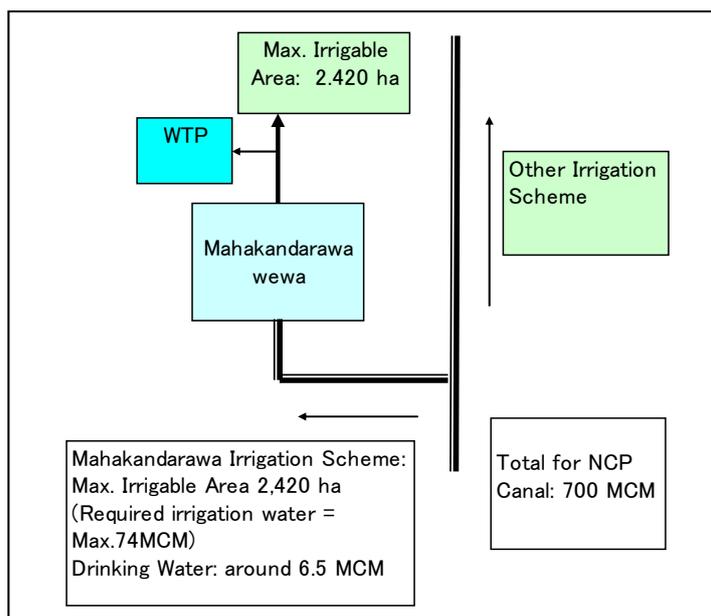


図 4.2 NCP 灌漑用水路プロジェクトからの送水イメージ

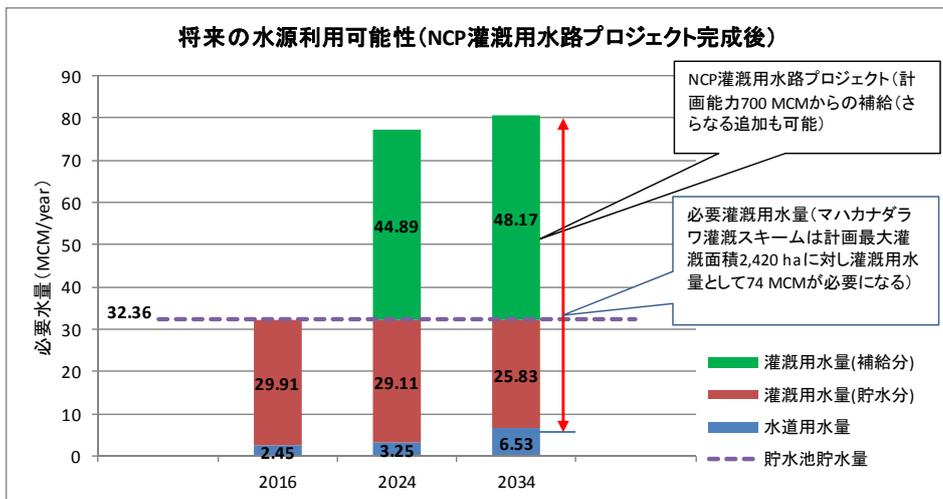
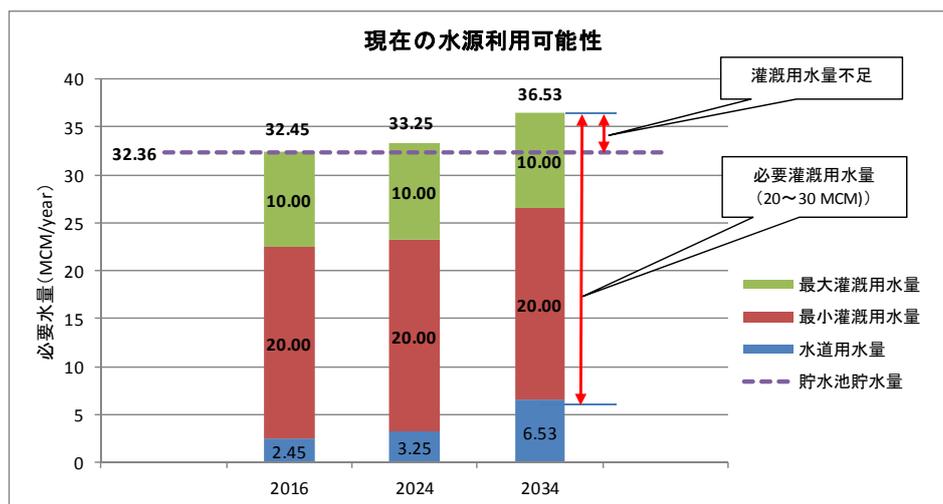


図 4.3 マハカナダラワ貯水池水源利用可能性

4.3.6 ワハルカダ貯水池

(1) 状況

ワハルカダ貯水池では、年間平均貯水量は 23.77 MCM と見込まれ、灌漑用水量は 12~16 MCM の間で変動している。一方、年間水道用水量は 2024 年で 5.26 MCM、2034 年 10.00 MCM である。これより、2034 年に適正配分がなければ、灌漑用水量に不足が生じる。

ヤン・オヤ貯水池プロジェクトは灌漑面積 4,780 ha に対して新たな貯水能力 254 MCM を有する。その左岸灌漑用水路はワハルカダ灌漑スキームを通過し、灌漑面積の約半分 400 ha を灌漑することになっている (図 4.4)。このヤン・オヤ貯水池プロジェクトからの供給量は図 4.5 に示すように最大で 7 MCM と想定されており、その分ワハルカダ貯水池貯水量に余裕を生じることになる。すなわち、平均貯水量に 5.94~11.51 MCM の余剰水が生じることになり、貯水量は 2034 年においても水道用水及び灌漑用水を十分に賄うことができる。

ここでヤン・オヤ貯水池プロジェクトには水質問題があることに留意しなければならない。ヤン・オヤ川のフッ素濃度は 2012 年 5 月~7 月に 0.81~1.2 mg/L と日本の飲料水基準の最大許容値の 0.8 mg/L を超えている。一方、ワハルカダ貯水池の水は同時期 0.25~0.38 mg/L に止まっている。したがって、ワハルカダ貯水池の水が水道用に使われなければならない。

(2) ヤン・オヤ貯水池プロジェクトの実施スケジュール

2011 年 11 月 4 日にプロジェクト総額 Rs.190 億の融資協定が中国と「ス」国の間で締結された。EIA レポートが CEA に提出され、現在その審査が行われている。EIA 承認後建設工事が始まるが、プロジェクト完成まで 4 年かかると見積もられている

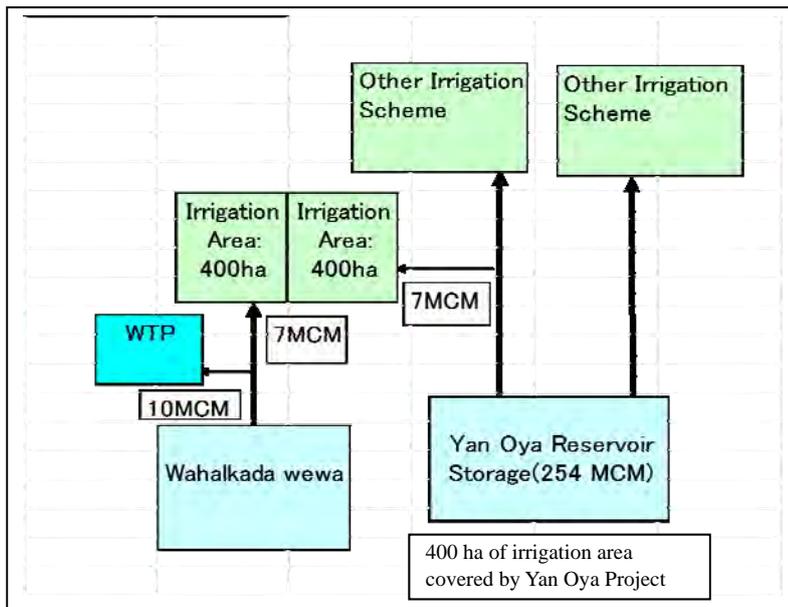


図 4.4 ヤン・オヤ貯水池プロジェクトからの送水イメージ

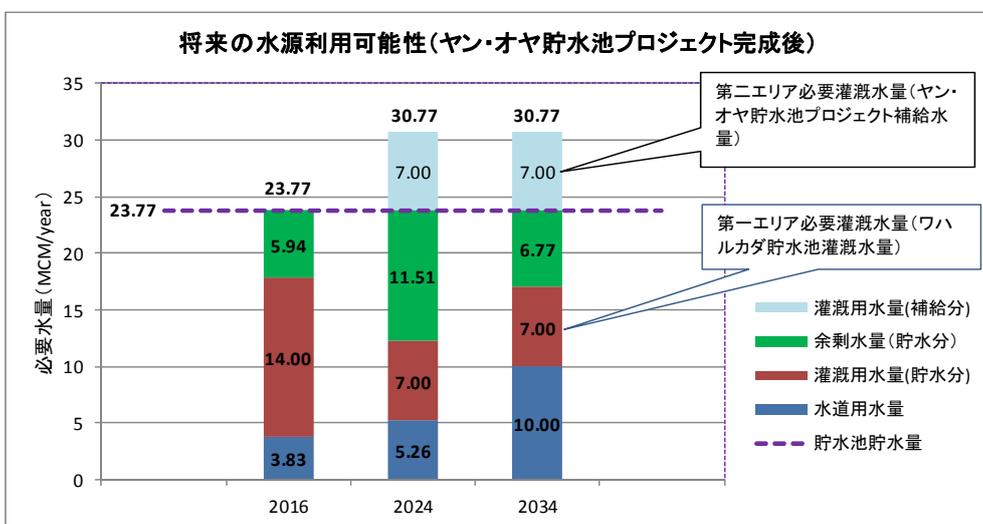
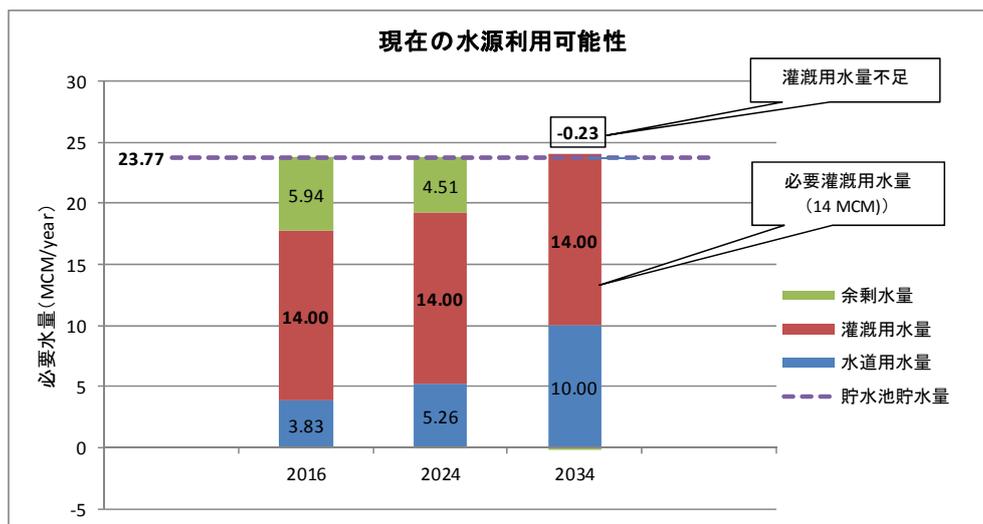


図 4.5 ワハルカダ貯水池水源利用可能性

5 水道施設計画

5.1 取水工

貯水池の管理主体である灌漑局で、貯水池からの取水方法が協議された結果、灌漑用水路からの取水方式を選定することとなった。

取水量については、灌漑局と NWSDB で合意書が交わされており、2016 年及び 2034 年における量が以下のように規定されている。

表 5.1 水道取水量に関する覚書

| | 2016 年 | 2034 年 |
|------------|----------------------------|----------------------------|
| マハカナダラワ貯水池 | 6,700 m ³ /day | 18,800 m ³ /day |
| ワハルカダ貯水池 | 10,500 m ³ /day | 28,800 m ³ /day |

また、特に異常な渇水期については、灌漑局、NWSDB、郡長、県灌漑運営部が本プロジェクト運営開始時に設立される予定の水源調整委員会とともに協議し、取水量割り振りを決定することとなっている。

5.2 浄水場

5.2.1 浄水場の段階施工

分割が難しい送配水管施設はほとんどが計画最終年度（2034 年）給水量で建設されるものの、段階施工が可能な浄水場等については以下の理由から全体規模の 1/2 で建設することにより、初期投資をできるだけ抑制するものとする。

- NWSDB の設計マニュアル（1989 年 3 月）は計画年次を 20 年先に設定して、段階施工を 10 年毎とすることを推奨している。
- NWSDB ガイドラインは農村地域水道における水道普及の難しさを指摘している。
 - 調査対象地域で NWSDB が管理する水道事業における普及率の伸びはこれまでも高くはなかった。
 - 調査対象地域の住民の 92.8%（センサス 2001）はすでに何らかの水源（ほとんどが井戸水に依存）を有している。水道が布設されても接続するかどうかは住民次第である。
 - 水道に接続しても住民は二つの水源を用途によって使い分ける可能性が高い。
 - 調査対象区域の人口密度は 100 人/km² 以下で、1 戸当たり居住人口を 4 人とすると 1 戸/4 ha となり住居の配置は道路に沿って 100 m～400 m に 1 戸というイメージになる。したがって、普及率 100% を達成するにはかなり時間がかかる。
- 浄水場施設を段階的施工ではなく一括施工した場合には多くの無駄が生じる。一括施工された施設の遊休化は避けられない。

- 一括施工の場合建設費は 10%削減されると仮定しても、給水量及び収入の伸びにはつながらないので FIRR は悪化する。
- 計画では、新しい水道施設が完成する頃に Mahakanadarawa 及び Wahalkada 貯水池の水事情を緩和する NCP Canal 及び Yan Oya 貯水池プロジェクトはまだ工事を開始しておらず、完成時期は必ずしも保証されている訳ではない。

5.2.2 浄水方法の選定

通常、浄水処理は、緩速ろ過と急速ろ過の 2 通りが考えられる。緩速ろ過のほうが建設・運転費とも安価で維持管理も容易であるが、原水水質の濁度が 10 度を超えると、処理が難しくなる。急速ろ過は濁度が 10 度を超えても、前段で凝集沈殿処理を行うことによって処理できる。本プロジェクトの原水は 20 度ぐらいまで上昇するため、緩速ろ過単独では処理が難しいが、緩速ろ過の前に粗ろ過を組み入れることによって、処理ができる可能性があった。そこで、パイロット実験を行い、粗ろ過と緩速ろ過の組み合わせで、処理できるかどうか確認した。しかし、ろ過速度を計画より遅くしても濁質分の除去は十分ではなかった。色度については除去ができず、処理水は黄緑色を呈していた。

以上を考慮すると本プロジェクトにおいては、緩速ろ過法は原水の処理に適さないと判断される。したがって、急速ろ過法を採用する。また、ステージ 1 施設の運転開始後、強い異臭味が長期間水道水中で認められる場合には、活性炭ろ過の導入が考えられる。スリランカは活性炭の生産地でもあり、また活性炭を使用している既存水道施設があるため、導入に際してはそれほど障壁があるとは思われない。

5.2.3 マハカナダラワ浄水場

(1) 浄水場フローシート

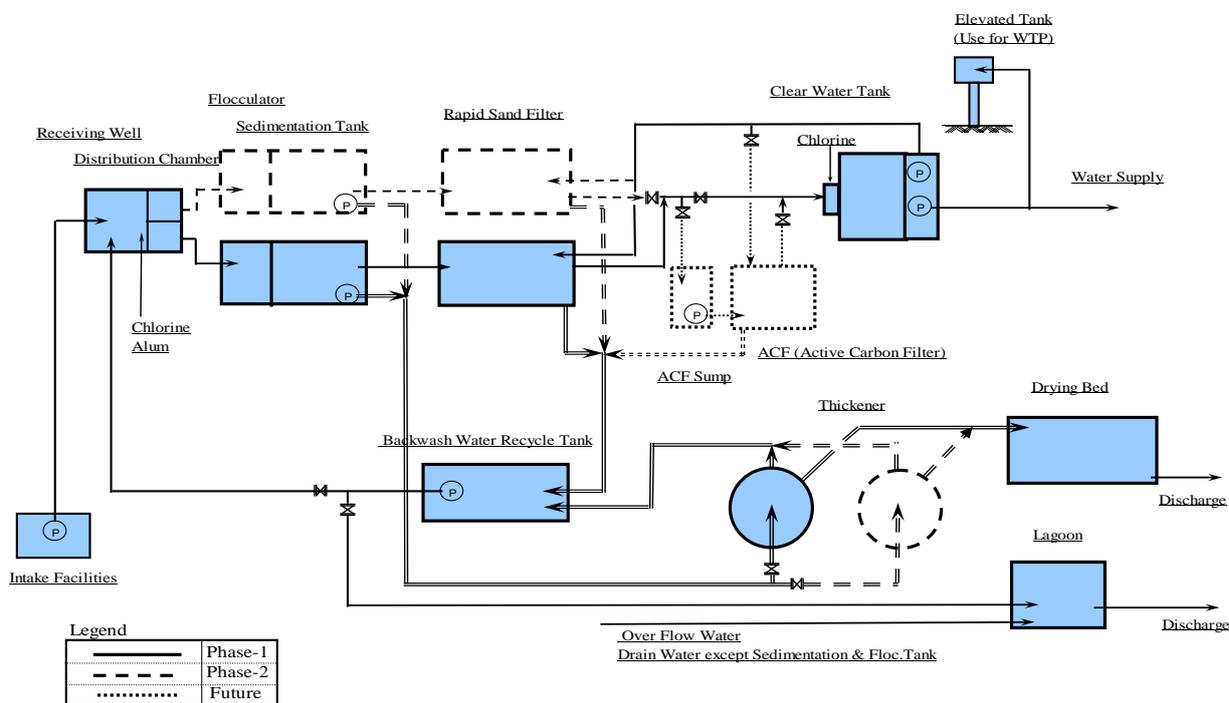


図 5.1 浄水場フローシート

(2) マハカナダラワ浄水場の概要

マハカナダラワ浄水場の水利権水量、需要量および浄水場能力等を表 5.2 に示す。

管理棟や配水池等は、経済性や効率性を考慮して 2024 年に最終規模の施設を建設するが、沈殿池、急速ろ過池等は、稼働率、耐用年数等を考慮してステージ-1 (2024 年) に 9,400 m³/d、ステージ-2 (2034 年) に 9,400 m³/d の計 18,800 m³/day の施設を計画するものとする。

表 5.2 マハカナダラワ浄水場計画能力

| 計画水量 | ステージ-1 (2024 年) | ステージ-2 (2034 年) | 備考 |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 水利権 (m3/d) | —* | 18,800 | |
| 日平均需要量 (m3/d) | 7,154 | 14,414 | 水需要予測より引用 |
| 日最大需要量 (m3/d) | 8,600 | 17,300 | 日平均 x 1.2 |
| 浄水場生産能力(m3/d) | 8,900 | 17,900 | 浄水場容量 x 0.95 |
| 浄水場容量 (m3/d) | 9,400 | 18,800 | =取水量 |

*灌漑局と NWSDB の間で設定された水利権は、2016 年 6,700m³/day、2034 年 18,800m³/day である。したがって、2024 年においては 6,700~18,800m³/day の間にあると想定される。

表 5.3 マハカナダラワ浄水場施設概要

| 名称 | ステージ-1 | ステージ-2 | 備考 |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|
| 着水井 | W4.0m x L4.6 x H6.0m x 1 槽 | - | * |
| 分配槽 | W2.0m x L2.0 x H5.0m x 2 槽 | - | * |
| ブロック形成池 | 5 連 x 62.8m ³ x 4 槽 | 5 連 x 62.8m ³ x 4 槽 | |
| 沈殿池 | W4.0m x L10.4m x H4.0m x 4 槽 | W4.0m x L10.4m x H4.0m x 4 槽 | 傾斜板式 |
| 急速砂ろ過池 | W3.0m x L5.5m x 4 槽 | W3.0m x L5.5m x 4 槽 | |
| 活性炭ポンプ井 | W8.0m x L12.0m x H3.0m x 1 槽 | | 将来 |
| 活性炭ろ過池 | W2.5m x L5.0m x 4 槽 | | 将来 |
| 塩素混和池 | W2.0m x L5.0m x H4.0m x 2 槽 | - | * |
| 浄水池 | W8.0m x L17.0 x H4.0m x 2 槽 | - | * |
| 逆洗水リサイクル池 | W4.0m x L14.0 x H3.0m x 2 槽 | - | * |
| 濃縮槽 | 直径 10.0m x H4.0m x 1 槽 | 直径 10.0m x H4.0m x 1 槽 | |
| 天日乾燥床 | W12.5m x L20.0m x H1.0m x 4 槽 | W12.5m x L20.0m x H1.0m x 2 槽 | |
| ラグーン | W10.0m x L27.0m x 1.0m x 1 槽 | - | * |
| 管理棟 | W12.0m x L25m x 2 階建て | - | * |
| 硫酸バンド注入/貯蔵棟 | W11.5m x L12.0m | - | * |
| 塩素注入/貯蔵棟 | W12.0m x L14.0m | - | *中和装置を含む |
| 送水ポンプ棟 | W8.0m x L26.5m | - | * |
| ブローワー棟 | W7.3m x L13.5m | | * |
| 自家発電棟 | W4.5m x L8.0m | - | * |
| 作業棟 | W10.0 x L17.0m | - | * |

*ステージ-1 で最終容量分を建設する。

5.2.4 ワハルカダ浄水場

(1) 浄水場フローシート

ワハルカダ浄水場のフローシートは図 5.1 と同じである。

(2) ワハルカダ浄水場の概要

表 5.4 ワハルカダ浄水場計画能力量

| 計画水量 | ステージ-1 (2024 年) | ステージ-2 (2034 年) | 備考 |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 水利権 (m3/d) | —* | 28,800 | |
| 日平均需要量 (m3/d) | 11,098 | 22,392 | 水需要予測より引用 |
| 日最大需要量 (m3/d) | 13,300 | 26,900 | 日平均 x 1.2 |
| 浄水場生産能力(m3/d) | 13,700 | 27,400 | 浄水場容量 x 0.95 |
| 浄水場容量 (m3/d) | 14,400 | 28,800 | =取水量 |

*灌漑局と NWSDB の間で設定された水利権は、2016 年 10,500m³/day、2034 年 28,800m³/day である。したがって、2024 年においては 10,500~28,800m³/day の間にあると想定される。

表 5.5 ワハルカダ浄水場施設概要

| 名称 | ステージ-1 | ステージ-2 | 備考 |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|
| 着水井 | W5.6m x L5.0m x H6.0m x 1 槽 | - | * |
| 分配槽 | W2.5m x L2.0m x H5.0m x 2 槽 | - | * |
| ブロック形成池 | 7 連 x 89.3m ³ x 4 槽 | 7 連 x 89.3m ³ x 4 槽 | |
| 沈殿池 | W4.0m x L14.4m x H4.0m x 4 槽 | W4.0m x L14.4m x H4.0m x 4 槽 | 傾斜板式 |
| 急速砂ろ過池 | W4.0m x L6.0m x 4 槽 | W4.0m x L6.0m x 4 槽 | |
| 活性炭ポンプ井 | W10.0m x L14.0m x H3.0m x 1 槽 | | 将来 |
| 活性炭ろ過池 | W3.5m x L5.0m x 4 槽 | | 将来 |
| 塩素混和池 | W2.0m x L6.75m x H4.0m x 2 槽 | - | * |
| 浄水池 | W10.0m x L20.0m x H4.0m x 2 槽 | - | * |
| 逆洗水リサイクル槽 | W5.0m x L15.0m x H4.0m x 2 槽 | - | * |
| 濃縮槽 | 直径 12.5m x H4.0m x 1 槽 | 直径 12.5m x H4.0m x 1 槽 | |
| 天日乾燥床 | W15.0m x L25.0m x H1.0m x 4 槽 | W15.0m x L25.0m x H1.0m x 2 槽 | |
| ラグーン | W12.0m x L25.0m x 1.5m x 2 槽 | - | * |
| 管理棟 | W12.0m x L25m x 2 階建て | - | * |
| 硫酸バンド注入/貯蔵棟 | W11.5m x L12.0m | - | * |
| 塩素注入/貯蔵棟 | W12.0m x L14.0m | - | *中和装置を含む |
| 送水ポンプ棟 | W8.0m x L35.0m | - | * |
| ブロー棟 | W7.3m x L13.5m | - | * |
| 自家発電棟 | W5.0m x L9.5m | - | * |
| 作業棟 | W10.0m x L17.0m | - | * |

*ステージ-1 で最終容量分を建設する。

5.3 送配水システム

5.3.1 送水システム

プロジェクト区域の上記コアエリアには NWSDB により建設されている 6 つの給配水施設があり現在 25 の GND に給水している。また、その他にコミュニティ水道 (CBO 及び CWSSP) が建設されている。これらコミュニティ水道は一般にそれぞれの GND またはその一部の給水を行っている。これらの給水区域への給配水は高架水槽からの自然流下方式により行なわれている。

本プロジェクトにおける送配水システムは上記既存の水道施設 (ただし 3 つの CBO は除く) に水道用水を供給するとともに、未給水区域の給配水を行うことになる。しかしながら、一部の GND (2024 年 47 ケ所、2034 年 35 ケ所) には第 4 章に述べた如く給水車による

給水にとどめる。図 5.2 に NWSDB 及びコミュニティ水道による既存給水区域及び本プロジェクトによる給水計画区域を示す。

表 5.6 プロジェクト対象区域の区分

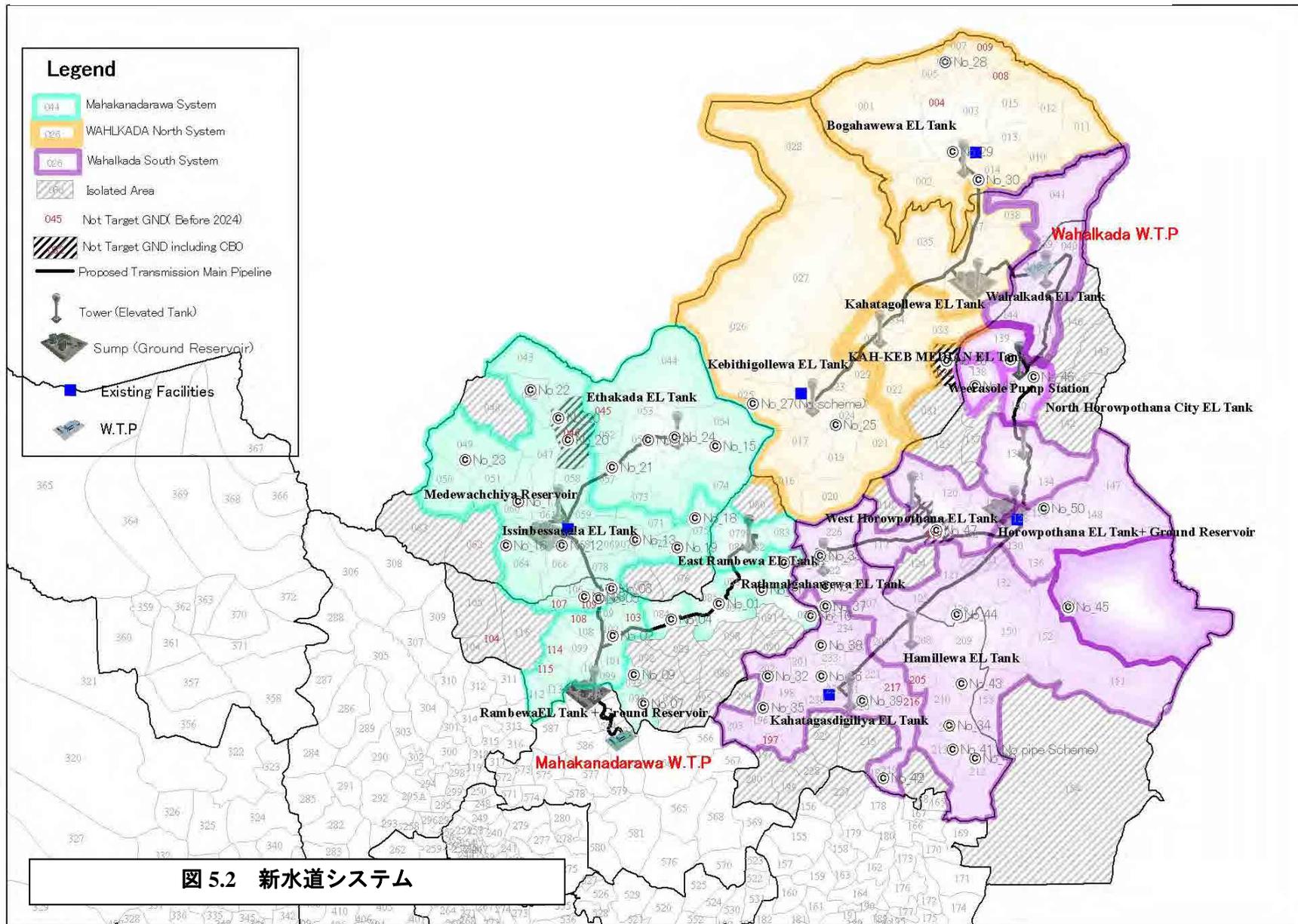
| DSD | 現在 NWSDB が給水する GND | 現在 CBO が給水する GNDs | 新しい水道施設で給水される GND | | 給水車給水を受ける GND | |
|------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------|---------------|-----------|
| | | | Year 2024 | Year 2034 | Year 2024 | Year 2034 |
| Padaviya ¹⁾ | 3 | 4 | 5 | 8 | 4 | 1 |
| Kebithigollewa | 5 | 2 | 17 | 17 | 1 | 1 |
| Medawachchiya | 8 | 13 | 8 | 9 | 6 | 5 |
| Rambewa | 4 | 12 | 6 | 10 | 16 | 12 |
| Horowpothana | 2 | 6 | 21 | 21 | 8 | 8 |
| Kahatagasdigiya | 3 | 18 | 7 | 11 | 12 | 8 |
| Total | 25 | 55 | 64 | 76 | 47 | 35 |

Note ¹⁾: GND 2 of Padaviya DSD is supplied from both NWSDB and existing CBO (29)

本プロジェクトの水源として 2 つのタンクがそれぞれプロジェクト地域の南部 (Mahakanadarawa Tank (Wewa)) 及び北部 (Wahalkada Tank (Wewa)) に選定され、各原水は浄水処理後プロジェクト全地域に送水される。マハカナダラワ貯水池を水源とする送水システムをマハカナダラワ系、またワハルカダを水源とするシステムをワハルカダ系と呼称する。

マハカナダラワ系は Medawachchiya、Rambewa を、またワハルカダ系は Padaviya、Kebithigollewa、Horowpothana、Kahatagasdigiya の送配水を受け持つこととする。2034 年目標の水需要予測から、マハカナダラワ系及びワハルカダの送配水容量はそれぞれ日量 (日最大容量) 17,300 m³ および 26,900 m³ として計画される。

各送配水システムの主要施設は送水幹線及び送水支線から構成される。送水幹線は用水を全給水区域に送水し、送水支線は新規給水区域を受け持つ配水塔および既存給水区域 (CBO) への用水供給を受け持つ。送水幹線システムは上記コアエリア (サービスセンターと呼称する) をつなぐ送水幹線とサービスセンターに建設される送水ポンプ場及び高架水槽から成る。一部コアエリアには高架水槽のみが建設される。これらの高架水槽からは周辺の既存給水区域への送水及び新給水区域への直接配水が計画される。送水幹線は一部の区間を除き上記主要道路沿いに布設され、コアエリア間をつなぐこととなるが、区間距離及びその地形状況から増圧ポンプ場が配置される区間も計画される。



(28)

5.3.2 配水システム

配水管システムは高架水槽から各 GND に配水する配水本管 (Distribution Main) と GND 内での各消費者に給水する配水管網 (Distribution Sub-system) からなる。

(1) 配水本管 (Distribution Trunk Main)

配水本管の計画は Google Map に基づき行われた。すなわち、各 GND 内の村落位置を Google Map から求め、その地盤高及び高架水槽からの距離を用い水理計算により配水本管の口径を設定した。

(2) 各 GND の配水管網 (Distribution Sub-system)

各 GND 配水管網の布設延長は主にプロジェクトコストを求めるためにプロトタイプ・デザインにより口径毎の延長を求め、GND 毎の各年の給水栓数より必要な管延長を求めた。

5.3.7 送配水システムの主要施設

送配水システムの主要施設には送配水本管・枝管、ポンプ場、送水調整池、高架水槽等が含まれる。表 5.7 に各ポンプ場・高架水槽施設の概要を示す。

送水管の延長

I. マハカナダラワ系

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| 1) 送水幹線 | 250 – 450 mm x 42.3 km |
| 2) 送水支線 | 100 – 250 mm x 50.8 km |
| 3) 配水本管 | 200 – 400 mm x 141.4 km |
| 4)-1 配水管網 (NWSDB scheme) | 50 – 200 mm x 201.6 km |
| 4)-2 配水管網 (Existing CBO scheme) | 50 – 200 mm x 315.1 km |

II. ワハルカダ系

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| 1) 送水幹線 | 300 – 450 mm x 117.3 km |
| 2) 送水支線 | 100 – 250 mm x 24.3 km |
| 3) 配水本管 | 100 – 400 mm x 326.7 km |
| 4)-1 配水管網 (NWSDB scheme) | 50 – 200 mm x 378.4 km |
| 4)-2 配水管網 (Existing CBO scheme) | 50 – 200 mm x 254.6 km |

表 5.7 ポンプ場・高架水槽施設の設定

| System | Site | Elevated Tank | Ground Reservoir | Pump House | Operational Complex *1 | Chlorinator Building | Generator | Workshops | Quarters for Staff | Quarters for Operator | Surge Tank (100m ³) |
|-----------------|-------------------------|---------------------|---------------------|------------|------------------------|----------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Mahakanadarawa | Rambewa | 1,250m ³ | 1,500m ³ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| | Medawachchiya | | 1,000m ³ | ✓ | ✓*2*3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| | Issinbassagala | 2,000m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | |
| | Ethakada | 750m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | |
| | East Rambewa | 250m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | |
| | Mahakanadarawa ~Rambewa | | | | | | | | | | ✓✓ |
| Wahalkada South | Wahalkada | 500m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | |
| | Kahatagollewa | 250m ³ | 1,000m ³ | ✓ | | ✓ | ✓ | | | ✓ | |
| | Bogahawewa | 2,000m ³ | | | ✓ | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| | KAH-KEB Median | 250m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | |
| | Kebithigollewa | 750m ³ | 500m ³ | ✓ | ✓*3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Wahalkada North | Weerasole | | 1,500m ³ | ✓ | | ✓ | ✓ | | | ✓ | |
| | North Horowpothana | 250m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | ✓ |
| | Horowpothana | 500m ³ | 1,000m ³ | ✓ | ✓*3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| | West Horowpothana | 750m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | |
| | Rathmalgahawewa | 500m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | |
| | Hamillewa | 1,250m ³ | | | | ✓ | | | | ✓ | |
| | Kahatagasdigillya | 1,500m ³ | 500m ³ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| Total | | 15 | 7 | 7 | 6 | 17 | 7 | 3 | 6 | 17 | 3 |

*1 Lab., OICs Office, Customer Counter, Room for Crews

*2 Satelite Office is to be included

*3 OIC Office should be replaced to Area Engineers Office

5.4 遠隔地の水道施設

本水道事業は、既存小規模水道施設を有する給水区域及び未給水区域を2つの大規模な水道施設に統合する。統合する水道施設で給水を行なう地域は、以下の優先順位で決める。

- 1st 既存水道施設がある GND
- 2nd 新規にいずれかの水道施設が建設される GND
- 3rd 町の中心および周辺にある GND
- 4th 主要道路に沿った GND

上記以外の地域は遠隔地として統合する新規水道施設以外の給水方式を検討する。調査目標 2034 年の調査対象全体人口 278,500 人に対し、遠隔地の人口は 53,500 人、遠隔地以外の人口は 225,000 人である。

遠隔地の給水施設は遠隔地人口一人当たり 10 リッター給水するため給水タンク(5 m³)、給水車(5 m³)から構成される。人口 53,500 人の遠隔地に対し、給水タンク 107 基と給水車 20 台が必要となる。

6 水道システムの経営と維持管理

6.1 プロジェクト実施組織

- プロジェクト実施システムは、執行機関、実施機関、プロジェクトマネジメント調整ユニット及びプロジェクト調整会議、から成る。
- プロジェクト執行機関は MWSDB である。その役割はプロジェクト実施中における NWSDB の責任を管理・モニターすることにある。これは計画・モニタリング部及び調達部を通じて達成される。
- プロジェクト実施機関は NWSDB である。その役割は豊富なこれまでの経験を活かして、プロジェクト技術的・財務的モニタリングを達成することにある。
- プロジェクトマネジメントユニット (Project Management Unit : PMCU) は、Project Director (PD) を責任者として水道プロジェクト・オフィスを立ち上げるが、物理的には RSC(N/C)をベースにすることになる。この組織は、プロジェクトの日々の活動を管理し、プロジェクトの全体サイクルに関与して、プロジェクト・コンサルタント・チームが行う全体的な業務範囲に反映させる。
- プロジェクト調整会議 (Project Coordination Committee : PCC) はプロジェクト主要関係者代表から構成される。RSC(N/C)の DGM が PCC の議長を務め、PMCU の PD が共同議長となる。主要関係機関と認められるのは、CEA (Central Environmental Authority)、灌漑局 (Irrigation Department)、野生生物保護局 (Department of Wildlife Conservation)、保健サービス局 (Department of Health Services)、考古学局 (Department of Archaeology) 土地コミッショナーの総務局 (Land Commissioner's General Department)、地方自治体 (Local Authorities) 及びプロジェクト区域の CBO (Community-Based Organisations) である。

6.2 維持管理組織

施設建設完了後の維持管理組織とその支援体制を図 6.1 に示す。

(1) 計画対象区域既存作業班の増強と新設

プロジェクト区域では現在 3 つの水道作業班が配置されている。しかし、2018 年までに稼働する新たに建設される施設を管理するために、Rambewa を新しい水道作業班に置く必要がある。その間、残りの 3 つの水道作業班は新施設で増大する O&M 責任を果たすことができるように増強するものとする。

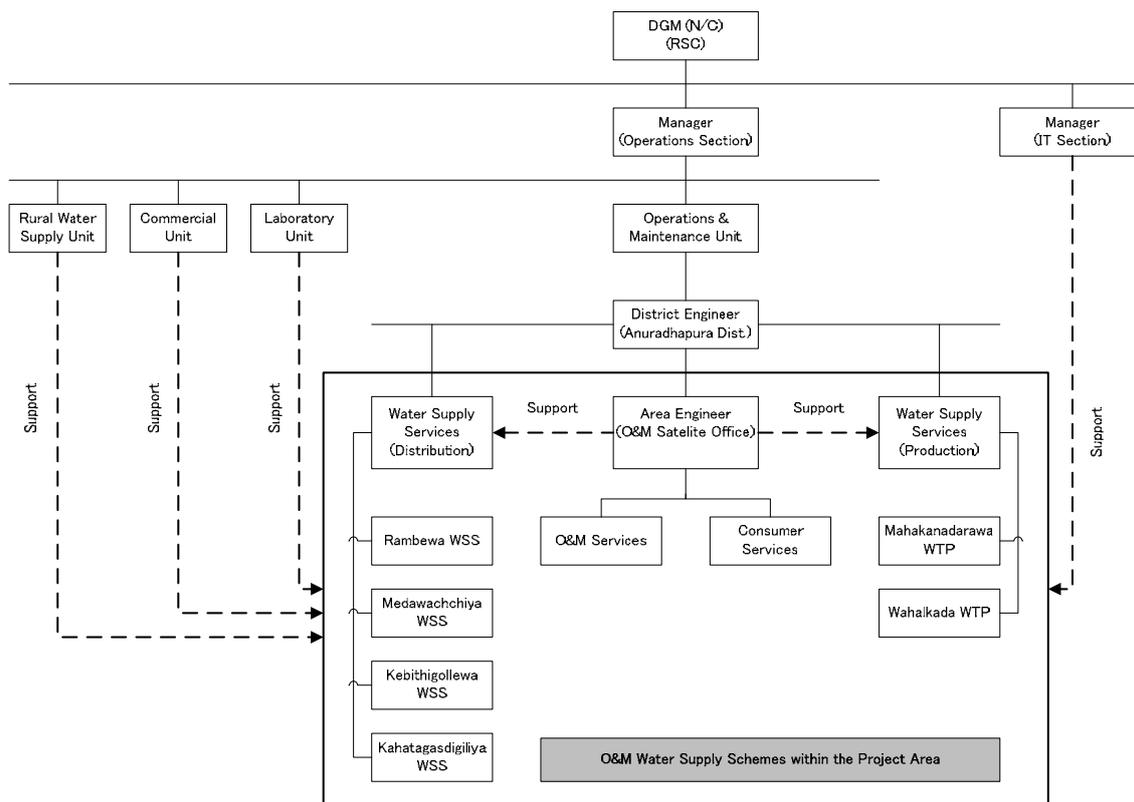


図 6.1 建設完了後の維持管理体制と支援体制

(2) マハカナダラワ 及びワハルカダ浄水場作業班の新設

2 つの新しい浄水場作業班は、マハカナダラワ 及びワハルカダ浄水場を運転管理するために施設が完成する前に組織し、浄水場の稼働前及び稼働時のための訓練に十分な期間を取らなければならない。

(3) 計画対象区域 O&M 作業班を支援するエリアオフィスの新設

O&M 支援エリアオフィスを Medawachchiya に置いて、OIC を責任者とする 5 名のスタッフを配置する。エリアオフィスの機能は、以下の通り。

- 緊急の解決策を要する及び作業班で十分に処理できない O&M 及び技術事項に対して迅速な対応をする。
- プロジェクト完成までに発生する新たな顧客数の増加を考えて、より密接な顧客サービスサポートを提供する。
- 健康に係る水の重要性について情報公開・教育・コミュニケーションの先頭に立つ。
- 菅による水道システムでカバーされない、しかし、水質に係る健康問題のために必要な遠隔地に水を供給する給水作業班を支援する。

(4) 新しい O&M 作業班を支援するその他の課/室の強化

新施設に対する適切な運転管理を支援・強化するために、RSC(N/C)の以下の課 (Section) / 室 (Unit) の支援が必要である。

- 地域試験室—試験室施設の改善及び水質のモニタリングに関する研修。
- 農村水道室—CBO の能力開発及び情報公開・教育・コミュニケーションの先頭に立つ。
- 業務室—NWSDB 顧客綱領に沿って顧客サービスの改善。
- 情報技術課—コールセンターのサービスを拡充して顧客サービスを強化し、販売時点管理システムを使って請求効率を改善する。

(5) O&Mに必要な設備及び技術系ソフトウェアの整備

水道作業班、O&M支援エリアオフィス、地域ワークショップは、基本的なO&M設備及び車両を備えることが同様に重要である。提案される設備は、アスファルト・カッター、締め固め機、コンパクター、振動式ハンマー各4台、小型吊り上げ機1台、ポンプ試験台1台、各種車両20台（キャブ、給水車、ミニバックホー、モータバイク）である。技術系ソフトウェア最新版（5人使用ライセンス付き）としては、小規模管網情報システム、ArcGIS、Water CAD、Surge Analysis ソフトウェア、構造物設計ソフトウェア、プロジェクト・マネージメント・システムがある。

6.3 水道サービス形態

(1) コミュニティ組織 (CBO)

プロジェクト区域で稼働しているCBOsは、ADB、WBまたは二国間援助の下で受益者であるコミュニティのための水道衛生施設を持続的に管理する能力ある農村コミュニティ組織として形成されたものである。CBOsの機能は農村水道に係る国家ポリシーに明確に述べられている。

(2) プロジェクト区域におけるCBOが管理する水道スキーム

プロジェクト対象から外れるCBOsが3ヶ所あり、それらを除く47ヶ所が統合の対象となる。

用水供給への接続に関するCBOsの適合性に関しては、36CBOs（72%）が技術上の問題もなく接続可能、6CBOs（12%）は接続可能であるが技術上の改良が必要、5CBOs（10%）もまた接続可能であるが組織上の改善が必要、3CBOs（6%）は前述したように除外される。

CBOsの用水供給への接続意欲に関しては、聴取した大部分の42CBOs（84%）は接続したい、1CBO（2%）は接続したくない、1CBO（2%）は分からない、1CBO（2%）は回答

なし、1 CBO (2%) は CBO/スキームがまだ設立されていない、1 CBO (2%) は雨水使用、3 CBOs (6%) は前述したように除外される。現時点の CBO の意見は CBO 管理人の意見であり、新しいシステムに接続するかどうかは最終的には CBO の総会で決定される。

(3) CBO に水道サービスを提供する方法

前述の流れで、用水供給との接続に関して CBOs は表 6.1 に示すように分類される。

表 6.1 接続意欲、設定条件及び技術的持続可能性に基づく CBOs の分類

| CBO | CATEGORY 1 | CATEGORY 2 | CATEGORY 3 | CATEGORY 4 | CATEGORY 5 |
|-------|---|--|---|--|----------------------------------|
| | Willing to connect, Unconditional, Suitable for bulk supply | Willing to connect, Unconditional, Requires improvements | Willing to connect, Conditional, Suitable for bulk supply | Willing to connect, Requires major rehabilitation, Undecided | Not willing to connect, Excluded |
| Total | 11 | 6 | 24 | 5 | 4 |
| % | 22 | 12 | 48 | 10 | 8 |

新しい水道システムが供用を開始すると、①NWSDB がコミュニティ総会の決議に基づいて CBO のシステムを引き継ぐ場合には、CBO の水道料金は廃止され、あらたに NWSDB の水道料金が CBO の個々の顧客に適用される、②既存 CBO が NWSDB からの独立を堅持する場合には、NWSDB の大口水道料金が CBO の総使用水量に対して適用され、料金請求は CBO に対して行われる、③新しい給水区域については、NWSDB は CBO の新設を認めない意向であり、NWSDB の水道料金が新しい顧客に適用されることになる。CBO の施設建設に必要な資材はもともと政府が無償で提供しているため、NWSDB が既存 CBO を引き継ぐときは原則無償で行われる。

NWSDB が既存の CBO に用水供給するときは大口給水料金が適用され、一方、CBO では電力費、燃料費、塩素薬品費といった消耗品費用が要らなくなる。この場合の CBO の損益を試算すると、41 CBO のうち 17 CBO (約 41%) が赤字となることを示している。一つのコミュニティの支払総額は現在のものより高くなるが、それでも NWSDB の場合には、(1) フッ素濃度に関しても「ス」国飲料水基準満たす安全な水の給水、(2) 乾季における安定給水、(3) 適切な塩素滅菌、(4) 専門家による欠陥メータの点検・修理・交換、漏水修理に対する専門家による維持管理、という利点がある。

7 環境社会配慮

7.1 自然環境

(1) プロジェクト対象地域の自然環境

プロジェクト対象地はスリランカ国北部にあり、気候的には乾燥地に区分される。郊外から田園地帯の農業を主産業とする地域で主な生産物は米である。土地利用区分としては森林や低木林に覆われる面積が最も広い。雨の多く降る地域に比べると動植物の種類が少なく、希少種も少なく多様性では劣る。プロジェクトのサイトは一部森林に位置するが、すべて二次林であり、環境保護について特別な配慮を必要とする地域ではない。

(2) 保護区

【サンクチュアリ】

サンクチュアリの保護は、Fauna and flora protection ordinance に規定されており、野生生物保護局が管轄する。サンクチュアリは保護区の中でもやや規制が緩く、開発行為も可能であるが、その際にはEIA/IEEの実施が要件となる。

本プロジェクトの水源のひとつ Mahakanadarawa Wewa 付近はサンクチュアリに指定されている。サンクチュアリの境界線は、貯水池の満水位から 400 ヤード (366 m)、人工構造物である提体がある場所では提体の中心線と定義されている。一方、CEA (Central Environmental Authority) はサンクチュアリの境界線からさらに 100 m の範囲をバッファゾーンとして、環境影響を受けやすい地域に指定している。当初、取水を直接貯水池から行う計画だったため、保護区への影響が懸念され、本プロジェクトはカテゴリ B に指定された。しかしながら、最終的には直接取水を止め、貯水池下流の灌漑用水路からの取水に変更し、取水地点も浄水場もサンクチュアリ+バッファゾーンの外に設定されることになり、環境影響は大幅に低減された。

【環境影響を受けやすい地域 (Environmentally Sensitive Area)】

スリランカ国では、IEE/EIA を必要とするプロジェクトを Prescribed Project として、Government notification (extra-ordinary no.772/22 24th June 1993, 1104/22 6th November 1999 および 1108/1 29th November 1999)で事業のタイプと環境影響の受けやすさの二つの観点から規定している。水道事業については以下の点が判断基準であり、本プロジェクトはいずれにも抵触しない。

- 500,000 m³ 以上の地下水を利用する水道事業
- 500,000 m³ 以上の規模を持つ浄水場の建設

一方、環境影響の受けやすさの観点からは、以下の点が問題になると考えられた。

- Fauna and Flora Protection Ordinance で宣言された Sanctuary の境界線から 100 m の範囲（緩衝域と呼ばれている）
- Crown Lands Ordinance で指定されている湖沼（ため池を含む）の高水位の等高線から 100m の範囲

本プロジェクトでは、ため池を水源としているが、いずれの水源でも取水施設および浄水場建設予定地はため池の下流 100m 以上の距離を持ち、Prescribed Project には相当しない。

【森林】

対象地区に森林保全地域は存在しないが、用途が森林である土地については、用途変更の際に森林局の認可が必要である。NWSDB は建設地のうち森林に含まれるサイトについて、森林局からの認可を受領した。

【考古学的インパクト】

全てのプロジェクトは考古学的インパクトのアセスメントが必要である。NWSDB は Pre-F/S の時点で考古学局から事業実施の認可を取得している。その後変更された事業実施地区について追加申請を行いほぼすべてについて認可を取得している。

【IEE/EIA の必要性】

当初案では、貯水池からの直接取水が検討されていたが、水利権者である灌漑局の指示により、取水地点をため池下流の灌漑用水路にすることが決定したため、サンクチュアリや環境影響を受けやすい地域での開発行為は行われなかった。従って、引き続き十分な環境配慮は必要であるが、IEE/EIA 取得は不要である。CEA からは Environmental Recommendation を受領しており、ここに記載された条件をクリアすることが事業実施に求められる。一方、プロジェクトは施設稼働の 3 ヶ月前までに環境保護ライセンスの取得を義務付けられている。

7.2 社会環境

(1) 少数民族・先住民族

対象地域には先住民族は存在しない。対象地域の民族構成は 91% がシンハラ人で、この比率はスリランカ国全体より高い。それ以外にはイスラム教徒が 8%、タミル人が 1% という構成になっている。

(2) 社会経済状況

プロジェクト対象地は、森林や低木地帯に占められる面積がもっとも広く、次に広いのは米作農地で、住民の約 7 割が農業に従事している。年に 2 回の雨季が訪れるが、10 月頃

から 12 月まで続く雨季が主たる耕作シーズンである。3 月から 4 月に小雨季があり、十分な降水があれば二期作が可能となる。当地は古代から灌漑農業が盛んで多くのため池が存在し、少ない雨量を最大限に活用しようとしているが、農業生産量の年による変動は利用可能な水量に大きく依存し、水への希求感は大変強い。2012 年の中央銀行報告によれば、アヌラダプラ県の貧困家庭は 4.6% で全国平均の 7.0% に比べると低い。

7.3 住民移転・用地取得

(1) 住民移転

浄水場建設予定地は国有地であるが、不法占拠住民が存在する。Wahalkada については、住民移転を避けるために用地をずらすという手段を取ったが、Mahakanadarawa については用地として利用可能な面積が小さく、最終的に一軒の不法住民の移転が必要となった。したがって NWSDB は簡易住民移転計画を策定する。スリランカ国では National Involuntary Resettlement Policy (NIRP) が定められているが、これは JICA のガイドラインとは大きな乖離はなく、再取得価格に則った補償が行われる。また RAP に含まれる内容については、ガイドラインが定められており、JICA のガイドラインで要求される事項は満たされる。NWSDB はすでに対象住民に対してプロジェクトおよび移転について説明を開始している。対象住民は、夫婦 2 人の家族で民族的には多数派であるシンハラ人である。

(2) 用地取得

事業予定地の多く (30 エーカー) は国有地で、NWSDB はリース料を支払うことによりこれを使用することができる。一方、対象地のうち 2.2 エーカーは私有地であり、これについては買収することになる。すべてのサイトについて既に用地利用の権利の移動手続きは開始されている。今後は関係機関内での公的手続きの進捗を待つ。通常 6 ヶ月程度要すると言われている。

7.4 調査結果に基づく影響評価と緩和措置

調査結果に基づく、環境および社会への影響の評価と緩和措置について表 9.1 にまとめる。

表 9.1 影響評価と緩和措置

工事前

| 項目 | | 緩和措置 | 影響 | 担当 | 監督 |
|-------|----------------------|---|----|--------------|-----------------------------|
| 騒音・振動 | ポンプ、発電機、その他騒音を発生する機材 | <ul style="list-style-type: none"> ● 低騒音低振動のポンプや発電機を入札図書で指定する。 ● 基準に合うように騒音・振動の低減を考慮した建屋を設計する。 ● 設置位置の検討を行う。 | 軽微 | NWSDB HO | PMU (CEA) |
| 廃棄物 | 建設廃棄物、生活廃棄物 | <ul style="list-style-type: none"> ● 廃棄物管理計画を CEA と DS との協議で策定する。 ● 一時保管場所を設置する。 | 軽微 | NWSDB RSC | PMU DS CEA |
| 生態系 | 伐開、樹木の伐採 | <ul style="list-style-type: none"> ● 森林局や CEA と協議の上伐採や伐開の計画を作成する。 | 軽微 | NWSDB RSC | PMU Forest Dept CEA |
| | 希少種 | <ul style="list-style-type: none"> ● 移植や生殖場所の復旧の計画を作成する。 | 軽微 | NWSDB RSC | PMU Wildlife dept CEA |
| 住民移転 | 住民移転 | <ul style="list-style-type: none"> ● 住民移転の実施状況およびその公平性についてモニタリングを実施する。 | 軽微 | NWSDB RSC | PMU DS |
| 社会環境 | ステークホルダーミーティング | <ul style="list-style-type: none"> ● ステークホルダーと工事日程および手法について協議し合意を取り付ける。 | 軽微 | NWSDB RSC | PMU PCC |
| | 情報公開 | <ul style="list-style-type: none"> ● 地域住民に対する工事日程、それによる影響、緩和措置等について理解を深めるための説明を実施する。 | 軽微 | NWSDB RSC | PMU DS |

NWSDB RSC : National Water Supply and Drainage Board, Regional Support Centre

PMU: Project Management Unit

PCC: Project Coordination Committee

DS: Divisional Secretariat

Additional GM for water supply

工事中

| 項目 | | 緩和措置 | 影響 | 担当 | 監督 |
|------|---------|---|----|------|-----|
| 大気汚染 | 排気ガス | <ul style="list-style-type: none"> ● 車両や機械が公的に登録されており十分な保守を受けて良好な状態で使用できることを確実にする。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| | 粉塵 | <ul style="list-style-type: none"> ● 粉塵を発生させるような土砂等にはカバーをかける。T ● 粉塵の舞い上がりを抑えるために散水を行う。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| | 塩素ガスの漏洩 | <ul style="list-style-type: none"> ● 適切な設置のための指導を行う。 ● 作業員に対する安全教育を実施する。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| 騒音 | 車両および機械 | <ul style="list-style-type: none"> ● 車両や機械が公的に登録されており十分な保守を受けて良好な状態で使用できることを確実にする。 ● 不要なアイドリングは避ける。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |

| 項目 | | 緩和措置 | 影響 | 担当 | 監督 |
|-----------|---------------|--|----|------|-----------------------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ● 移動ルートは騒音等の影響を最小限にするよう計画する。 | | | |
| | 建設工事 | <ul style="list-style-type: none"> ● 騒音や振動を発生させる作業は夜間に行わない。 ● 必要に応じて遮音壁等を使用する。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| 水質 | 水源 | <ul style="list-style-type: none"> ● 水源保全計画について関連省庁と検討する。 | 軽微 | 建設業者 | PD |
| | 排水 | <ul style="list-style-type: none"> ● 雨水のようなきれいな水が泥などに混じらないように分離して排水する。 ● 土木工事等で発生する泥水は沈澱池に導入され濁質を除く。 ● 必要があれば凝集剤の使用などの処理を行い、排水基準に適合させる。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| | 生活排水 | <ul style="list-style-type: none"> ● 排水は浄化槽で処理の後上澄みを浸透枡で処分する。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| | 油分等 | <ul style="list-style-type: none"> ● 油分等は容器に入れて収納する。 ● 油分吸収材を常備する。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| 廃棄物 | 建設廃棄物 | <ul style="list-style-type: none"> ● 廃棄物低減と処分方法について入札図書で提案を求める。 ● 建設廃棄物の一時保管場所を設置する。 ● リサイクルのために廃棄物は分別保管する。 ● リサイクル可能な物質はリサイクル業者に持ち込む。 ● リサイクルできない廃棄物については管轄 DS のルールに従って処分する。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| | 生活廃棄物 | <ul style="list-style-type: none"> ● 固形生活廃棄物は一時保管場所を設け、公的に運営されている廃棄物処理場に持ち込む。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| 生態系 | 生態系への侵害 | <ul style="list-style-type: none"> ● 作業員への教育訓練および意識向上プログラムを計画・実施する。 ● 定期パトロールを実施する。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| | 植生 | <ul style="list-style-type: none"> ● 樹木の伐採は最小限とし、巨木があればできるだけ保全もしくは移植を行う。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| | 希少種 | <ul style="list-style-type: none"> ● 特別な保護が必要な種が発見された場合は NWSDB に報告し、CEA もしくは野生生物保護局の指導を仰ぐ。 | 軽微 | 建設業者 | PMU CEA Wildlife dept |
| 考古学的インパクト | 遺物の発掘 | <ul style="list-style-type: none"> ● 重要な遺物が工事中に発見された場合はただちに NWSDB に報告し考古学局の指導を仰ぐ。 | 軽微 | 建設業者 | PMU Archaeological dept. |
| 社会環境 | 作業員による社会インパクト | <ul style="list-style-type: none"> ● 作業員に対する教育訓練および意識向上プログラムを計画・実施する。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |

| 項目 | | 緩和措置 | 影響 | 担当 | 監督 |
|------|-------|---|----|------|-----|
| | 生活の阻害 | <ul style="list-style-type: none"> ● 警備員を配置する。 ● 道路上のパイプ敷設工事は通行者の不便が大きくなるよう注意深く検討される。 ● 交通障害を避けるためにピークタイムでの作業は避ける。 ● 工事前に公衆への情報提供を行う。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |
| 労働環境 | 労働環境 | <ul style="list-style-type: none"> ● 作業員に対する教育訓練および意識向上プログラムを計画・実施する。 ● 安全ツールは事業者が用意し、設置もしくは作業員に配布する。 | 軽微 | 建設業者 | PMU |

操業時

| 項目 | | 緩和措置 | 影響 | 担当 | 監督 |
|-------|--------------|---|----|--------------|-------------|
| 大気汚染 | 塩素ガスの漏洩 | <ul style="list-style-type: none"> ● ガス漏れ警報機が常に正しく作動し、万が一漏洩が検出された場合には中和装置が自動的に作動する。 ● 作業員への教育訓練を実施する。 | 軽微 | NWSDB RSC | NWSDB HO |
| 騒音・振動 | 騒音・振動を発生する機材 | <ul style="list-style-type: none"> ● 常に適切な保守と運転管理を行う。 | 軽微 | NWSDB RSC | NWSDB HO |
| 水質 | 排水 | <ul style="list-style-type: none"> ● 浄水工程で発生する排水については発生量を減らすためにできるだけリサイクルを行う。 | 軽微 | NWSDB RSC | NWSDB HO |
| | 生活排水 | <ul style="list-style-type: none"> ● 排水は浄化槽で処理の後上澄みを浸透枘で処分する。 | 軽微 | NWSDB RSC | NWSDB HO |
| | 油分等 | <ul style="list-style-type: none"> ● 油分等は容器に入れて収納する。 ● 油分吸収材を常備する。 | 軽微 | NWSDB RSC | NWSDB HO |
| 廃棄物 | 生活廃棄物 | <ul style="list-style-type: none"> ● 固形生活廃棄物は一時保管場所を設け、公的に運営されている廃棄物処理場に持ち込む。 | 軽微 | NWSDB RSC | NWSDB HO |
| | スラッジ | <ul style="list-style-type: none"> ● スラッジは乾燥床で天日干しされ、水分量と体積を減らす。 ● 乾燥スラッジは地権者の了承の下適切に処分される。 | 軽微 | NWSDB RSC | NWSDB HO |
| 労働環境 | 安全・健康 | <ul style="list-style-type: none"> ● 安全および緊急ツールは常に利用可能な状態である。 ● 定期的な安全教育が実施される。 ● 新規採用職員は必ず安全教育を受ける。 | 軽微 | NWSDB RSC | NWSDB HO |

8 財務・経済分析

8.1 財務分析

- 財務分析の前提条件及び方法は以下のとおり。
 - インフレがあるにもかかわらず、料金は政府が容易には値上げを認めないので、

計算は実質（固定価格）で行う。

- 投資額及び建設スケジュールは提案されているものを用いるが、キャッシュフローを扱うため、建設中利息は除くが、税金は含む。
 - 投資資産は長期（50、60年）の減価償却期間を持つものもあり、計画期間が短いので、最後の年に残存価値をマイナスの投資額として投入する。なお、短い資産は更新しないで、使い続けると想定する。
 - 収入単価はNWSDBの2011年の統計から請求金額を売上水量で除した単価を用いようとしたが、10月1日から値上がり認められ、家庭用従量料金が2.67~1.33倍、バルク料金のうち従量料金が1.5倍、サービス料金が1.1倍であるので、2011年の統計からNorth Central地区の請求金額を売上水量で除した単価25.0 Rs./ m³の1.5倍(=25 x 1.5)である37.5 Rs./ m³を用いることにした。
 - 支出単価は実際の維持運営費に基づいて、固定費以外は需要量に単価を乗じて計算。
- FIRR計算結果はマハカナダラワの場合、2024年に第2フェーズの投資を行う場合（Case 1）としない場合（Case 2）の両方でマイナス、即ちプロジェクト利益では投資額と維持管理費をカバーできない結果となった（それぞれ-2.71%、-2.59%）。
 - FIRRをプラスにするためには料金を2.5倍にする必要があり、したがって、費用や収入を10%程度動かしてみる感度分析を行う意義はない。その代わり、水道プロジェクト計画地域が自治体を含まない田舎の場合、NWSDBは全体の2割だけ負担し、8割は政府補助金となることを利用し、20%の投資額の場合のFIRRを計算した。結果は0.42%となり、これならNWSDBは努力次第ではJICAローンの元利償還の可能性がある。
 - ワハルカダの場合も同様にCase 1で-2.88%、Case 2で-2.80%のFIRRとなり、マハカナダラワと同様にプロジェクトではカバーできない。20%の投資額の場合はCase 1で1.5%となり、マハカナダラワよりは高くなる。これは投資額の（8割）減少に比して、利益（需要）が多い構造のためと考えられる（マハカナダラワより低密で投資額がかかるが、需要は多い）。

8.4 経済分析

- 前提条件及び方法は以下のとおり。
 - 実質、即ち固定価格ベース
 - 費用は提案されているものに基づくが、建設中利息、税金はなしとする。また、スリランカにおける既存ADB報告書等から内貨のconversion factor（国境価格への変換係数）は0.9とする。
 - 長償却期間の投資資産の扱いはFIRRと同じ。
 - 便益は細かい説明が必要なので、後述

- ▶ 維持管理費は FIRR と同様。
- 便益は WTP と水関連の病気減少による費用削減効果を計算する。WTP は社会経済調査結果から 6 地区、水利用 3 区分別（NWSDB の水利用、CBO の水利用、水道供給なし）の単価（Rs./m³）を整理、実際に支払った単価、所得の 4% を使用水量で割った単価等を比較しながら、水道供給なしの利用層の WTP として設定した額を用いる事にした。
- 水関連の病気としてはフッ素症、CKD（慢性腎臓病）、下痢、ウイルス性肝炎、赤痢を対象とした。ただし、CKD は原因が不明のため、オプションとし、含めない場合を主とし、付録的に含める場合を計算した。
- 約 3,000 サンプル（抽出率 1%）の社会経済調査結果によれば、フッ素症と CKD については上記 3 区分で発生率に違いが明瞭に出ており（NWSDB 水利用が最も低く、CBO 水が中間で、水道供給がない利用層が最も高い）、この差を利用して、発生率とする。即ち、NWSDB を 0 とし、CBO と水道供給なしの差だけをそれぞれ CBO、水道供給なしの利用者数に乗じて患者数を求める。各病気の医療費及び交通費を医療関係者インタビューから求め、患者数に乗じて便益を求めた。
- その結果、EIRR はマハカナダラワで CKD を除いた便益で Case 1（フェーズ 2 の投資あり）の場合 6.91%、CKD を含めると 11.8% となる。また、Case 2 では 5.54%、CKD を含めると 10.4% となる。
- マハカナダラワの Case 1、CKD なしの場合の感度分析を行うと、投資額、維持運営費、便益のそれぞれを ±10% 動かしても、EIRR は -0.73% から +0.86% の変化である。投資額が最も強く影響し、次いで維持管理費用となる。
- ワハルカダも同様で Case 1、CKD なしで、EIRR は 6.59%、CKD を含めれば 11.5% になる。Case 2、CKD なしで、4.46%。感度分析もマハカナダラワと同様の結果。

9 運用・効果指標

9.1 運用指標

運用指標は目標を達成するために、どれだけ効率よく水道事業を運用しているかを示すものである。

水道における通常の運用指標である給水人口（人）、給水量（m³/day）、施設有効利用率（%）、無収水率（%）に加えて、フッ素飲料水基準遵守率が提案される。

- 本プロジェクトの目的は、とくにフッ素濃度に係る「ス」国飲料水基準（0.6 mg/L）に焦点を当てて、使用者に安全な水を給水することであり、半月に 1 回の分析頻度で基準の遵守率は 100% でなければならない。

表 9.1 水道運用指標

| 区分 | 指標名 | 指標計算方法 | 目標値 | | |
|----------------------------|-------------|---|---------|--------|---------|
| | | | Present | 2020 | 2024 |
| Makanadarawa System | | | | | |
| 基本 | 給水人口 | (NWSDB) 水道給水人口 = (家庭契約数) × (平均所帯人口) | 25,900 | 40,700 | 47,800 |
| | | 給水車給水人口 = (家庭契約数) × (平均所帯人口) | 0 | 21,400 | 22,300 |
| | | 総給水人口 = (NWSDB) 水道給水人口 + 給水車給水人口 | 25,900 | 62,100 | 70,100 |
| 基本 | 給水量 | 一日最大給水量 = (年間一日給水量のうち最大のもの) | 0 | 7,193 | 8,585 |
| | | 一日平均給水量 = (年間総給水量) / (年間日数) | 0 | 5,994 | 7,154 |
| 基本 | 施設利用率 | 施設利用率(最大) = (一日最大給水量) / (施設能力) × 100 | 0 | 83 | 103 |
| | | 施設利用率(平均) = (一日平均給水量) / (施設能力) × 100 | 0 | 70 | 90 |
| 基本 | 飲料水フッ素基準遵守率 | 飲料水フッ素基準遵守率 = (基準値を超えるサンプル数) / (総サンプル数) × 100 | -*1 | 100 | 100 |
| 基本 | 無収率 | 無収率 = (無収水量) / (給水量) × 100 | -*2 | 20% | 20% |
| Wahalkada System | | | | | |
| 基本 | 給水人口 | (NWSDB) 水道給水人口 = (家庭契約数) × (平均所帯人口) | 26,900 | 64,100 | 74,700 |
| | | 給水車給水人口 = (家庭契約数) × (平均所帯人口) | 0 | 24,600 | 25,700 |
| | | 総給水人口 = (NWSDB) 水道給水人口 + 給水車給水人口 | 26,900 | 88,700 | 100,400 |
| 基本 | 給水量 | 一日最大給水量 = (年間一日給水量のうち最大のもの) | 0 | 11,203 | 13,318 |
| | | 一日平均給水量 = (年間総給水量) / (年間日数) | 0 | 9,336 | 11,098 |
| 基本 | 施設利用率 | 施設利用率(最大) = (一日最大給水量) / (施設能力) × 100 | 0 | 78 | 93 |
| | | 施設利用率(平均) = (一日平均給水量) / (施設能力) × 100 | 0 | 65 | 77 |
| 基本 | 飲料水フッ素基準遵守率 | 飲料水フッ素基準遵守率 = (基準値を超えるサンプル数) / (総サンプル数) × 100 | -*3 | 100 | 100 |
| 基本 | 無収率 | 無収率 = (無収水量) / (給水量) × 100 | -*2 | 20% | 20% |

*1 飲料水フッ素基準は 24 CBOs 中 19 CBOs で遵守されていない

*2 NWSDB RSC(N/C)の実績値 19.8% (2008)

*3 飲料水フッ素基準は 20 CBOs 中 13 CBOs で遵守されていない

9.2 効果指標

効果指標は住民生活が快適になることと水環境が保全されることを示すものである。

水道の通常の効果指標である水道普及率(%)、一人1日給水量(Lpcd)に加えてフッ素症リスク率(%)が提案される。これは既存CBOsの水源である地下水中に含まれ

るフッ素濃度が「ス」国飲料水基準である 0.6 mg/L を超えるときに、それを使用している人口を「フッ素症に罹るリスクのある人口」と定義して CBOs 総給水人口に対する比率で、フッ素症発症リスクが給水区域全域に及んでいると仮定し、新しい水道の給水を受けることにより、このリスクは低下すると考える。これは結果的に普及率の項で述べた「安全な水へのアクセス普及率」に対する「安全な水へのアクセス未普及率」に等しい。

表 9.2 フッ素症リスク率

Mahakanadarawa 給水区域

| | | |
|---------------------------------|--|------------------------|
| フッ素濃度が基準値以上の CBO の給水人口 s (2012) | 16,930 persons | |
| フッ素濃度が基準値未満の CBO の給水人口 (2012) | 3,135 persons | |
| 現在の発症リスクのある人口比率(2012) | $16,930 / 20,065 \times 100 = 84.4\%$ | |
| 2020 年の給水モード | 総人口 | 給水人口 |
| 水道 | 70,680 persons | 40,749 persons (57.7%) |
| 給水車給水 | 21,393 persons | 21,393 persons (100%) |
| 合計 | 92,073 persons | 62,142 persons (67.5%) |
| 発症リスク率 (2020) | $(92,073 - 62,142) / 92,073 \times 100 = 32.5\%$ | |

Wahalkada 給水区域

| | | |
|---------------------------------|--|------------------------|
| フッ素濃度が基準値以上の CBO の給水人口 s (2012) | 12,530 persons | |
| フッ素濃度が基準値未満の CBO の給水人口 (2012) | 5,370 persons | |
| 現在の発症リスクのある人口比率(2012) | $12,530 / 17,600 \times 100 = 71.2\%$ | |
| 2020 年の給水モード | 総人口 | 給水人口 |
| 水道 | 107,907 persons | 64,077 persons (59.4%) |
| 給水車給水 | 24,615 persons | 24,615 persons (100%) |
| 合計 | 132,522 persons | 88,692 persons (66.9%) |
| 発症リスク率 (2020) | $(132,522 - 88,692) / 132,522 \times 100 = 33.1\%$ | |

表 9.3 水道効果指標

| 区分 | 指標名 | 指標計算方法 | 目標値 | | |
|----------------------------|----------|---|---------|------|------|
| | | | Present | 2020 | 2024 |
| Makanadarawa System | | | | | |
| 基本 | 水道普及率 | (水道給水区域) 水道普及率 = (給水人口) / (区域内人口) × 100 | 41% | 58% | 64% |
| | | (給水車給水区域) 給水車給水普及率 = (給水人口) / (区域内人口) × 100 | 0% | 100% | 100% |
| | | (安全な水へのアクセス普及率) 安全な水へのアクセス普及率 = (総給水人口) / (総区域内人口) × 100 | 31% | 68% | 72% |
| 基本 | フッ素症リスク率 | フッ素症リスク率 = 100 - 安全な水へのアクセス普及率 | -*1 | 32% | 28% |
| 補助 | 1 人一日給水量 | 1 人一日最大給水量 = (一日最大給水量) / | 96 | 101 | 103 |

| | | | | | |
|-------------------------|----------|--|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | (給水人口) 1人一日平均給水量 = (一日平均給水量) / (給水人口) | Lpcd 80 Lpcd | Lpcd 84 Lpcd | Lpcd 86 Lpcd |
| Wahalkada System | | | | | |
| 基本 | 水道普及率 | (水道給水区域) 水道普及率 = (給水人口) / (区域内人口) × 100 (給水車給水区域) 給水車給水普及率 = (給水人口) / (区域内人 口) × 100 (安全な水へのアクセス普及率) 安全な水へのアクセス普及率 = (総給水人 口) / (総区域内人口) × 100 | 28% 0% 23% | 59% 100% 67% | 65% 100% 72% |
| 基本 | フッ素症リスク率 | フッ素症リスク率 = 100 - 安全な水へのアク セス普及率 | -*2 | 33% | 28% |
| 補助 | 1人一日給水量 | 1人一日最大給水量 = (一日最大給水量) / (給水人口) 1人一日平均給水量 = (一日平均給水量) / (給水人口) | 96 Lpcd 80 Lpcd | 101 Lpcd 84 Lpcd | 103 Lpcd 86 Lpcd |

*1 24CBO でのフッ素症リスク率は 84.4%

*2 0CBO でのフッ素症リスク率は 67.3%

10 プロジェクト・リスク

10.1 プロジェクト・リスク

本プロジェクトは以下に述べる重要な前提の上に構築されている。それらのどれかが欠けても提案されている水道事業の運営及び運転管理に重大な問題を引き起こすことがある。

(1) 水道水源の水量の確保

本統合水道プロジェクトは、NCP 灌漑用水路プロジェクト及びヤン・オヤ貯水池プロジェクトの実施を前提として、マハカナダラワ貯水池及びワハルカダ貯水池の飲料水源としての持続可能性を担保している。したがって、灌漑プロジェクトの進行状況を注意深くモニターし、必要があれば直ちにプロジェクト促進のための行動を起こすことが求められる。

(2) 水道水源の水質

2012年5月~10月のJICA調査期間中調査対象地域は降雨が全くなく例年になく厳しい渇水状態にあったにもかかわらず、水源となるマハカナダラワ及びワハルカダ両貯水池のフッ素濃度は、5月~7月に上昇したものの最高濃度はそれぞれ0.52mg/L、0.38mg/Lと「ス」国飲料水基準の0.6mg/Lを下回った。しかし、各水源候補地の流域は地質的に乾季になるとフッ素濃度が上昇する傾向があることは否めない事実である。このため、今後も継続してマハカナダラワ及びワハルカダ両貯水池の水質をモニタリングすることが求められる。また北中部州では灌漑用水はカスケード状に繰り返し使われるため、流域内における農薬の

利用に注意を払い、必要があれば水道水源の安全性を確保するために使用禁止措置をとらなければならない。

(3) 普及率と水道使用水量

プロジェクト対象地域で多発している歯牙フッ素症及び慢性腎臓病ののために飲料水源を地下水からフッ素濃度が低い表流水源への切り替える本統合水道プロジェクトに対する住民の期待は大きい。農村地域で水道普及率を高めることの難しさは NWSDB もこれまで経験しているところであり、それを過度に評価することは危険であり、これは住民の啓蒙キャンペーンを通じてどこまで克服できるかに係っていると見える。実際の給水量の伸びが予測を下回れば収入が減り、NWSDB の財務負担は重くなる。

10.2 計画上の留意事項

(1) 一部の施設予定地は土質調査を行っていない

調査期間中に地質調査を実施できなかった高架水槽、取水場等一部施設の設計はプロジェクト対象地域で行った他のサイトで得られた全般的な地質的特性に基づいて予備設計を行っている。

(2) 配水管工事の数量

本レポートで与えている配水管の管径別延長は計画対象地域の中からモデル地区を選んで管網解析を行い管径別の延長の求め、これより給水栓当たりの構成比を定めて、計画対象区域に適用して算出した予測値であり、実際に必要とされる材料・数量とは必ずしも一致しない。

要約

目 次

| | | |
|------------|------------------------------|-----------|
| 第1章 | スリランカの水道セクター | 1 |
| 1.1 | スリランカ情勢 | 1 |
| 1.2 | セクターの現状と問題 | 1 |
| 1.2.1 | 国の整備計画及びセクターの整備計画 | 1 |
| 1.2.2 | NWSDB の経営計画 (Corporate Plan) | 3 |
| 1.2.3 | 水資源管理 | 6 |
| 1.2.4 | セクターの組織 | 7 |
| 1.2.5 | NWSDB の財務状況 | 10 |
| 1.2.6 | 国際的ドナーの活動と方針 | 14 |
| 第2章 | 自然・社会条件 | 15 |
| 2.1 | 概説 | 15 |
| 2.2 | 自然的条件 | 15 |
| 2.2.1 | 地形 | 15 |
| 2.2.2 | 地質 | 16 |
| 2.2.3 | 気象条件 | 17 |
| 2.3 | 社会的条件 | 19 |
| 2.3.1 | 人口 | 19 |
| 2.3.2 | 土地利用 | 20 |
| 2.3.3 | 収入と支出 | 21 |
| 2.3.4 | 衛生施設 | 28 |
| 2.3.5 | ゴミ処理 | 29 |
| 2.4 | 経済状態 | 30 |
| 2.5 | プロジェクトの必要性 | 33 |
| 2.5.1 | 既存飲料水源の状況 | 33 |
| 2.5.2 | 歯牙フッ素症 | 44 |
| 2.5.3 | 慢性腎不全 (CKD) | 46 |
| 2.5.4 | プロジェクトの必要性 | 47 |
| 第3章 | 調査対象地域の既存水道施設 | 48 |
| 3.1 | アヌラダプラ県の水道事業 | 48 |
| 3.2 | アヌラダプラ県における NWSDB の既存水道施設 | 49 |

| | | |
|--------------|----------------------------------|-----------|
| 3.2.1 | 維持管理組織..... | 50 |
| 3.2.2 | 技術 | 53 |
| 3.2.3 | 財務 | 54 |
| 3.3 | 調査対象地域で NWSDB が管理する既存水道施設 | 55 |
| 3.4 | 調査対象地域で CBO が管理する既存水道施設 | 56 |
| 3.4.1 | 一般 | 56 |
| 3.4.2 | 施設の運営維持補修..... | 60 |
| 3.4.3 | 財務状況..... | 62 |
| 3.4.4 | 既存水道施設調査のまとめ..... | 63 |
| 3.3.5 | CBO への提言 | 66 |
| 第 4 章 | 計画人口及び需要水量の予測 | 67 |
| 4.1 | 計画の基本方針 | 67 |
| 4.2 | 計画給水量算定 | 68 |
| 4.2.1 | 計画給水区域..... | 68 |
| 4.2.2 | 計画年次..... | 68 |
| 4.2.3 | 計画人口..... | 69 |
| 4.2.4 | 給水モードによる計画給水区域の区分 | 70 |
| 4.2.5 | 統合から外れる既存 CBO の検討..... | 76 |
| 4.2.6 | 用途別（生活系・非生活系）使用水量..... | 77 |
| 4.2.7 | 一人 1 日（生活系）使用水量..... | 79 |
| 4.2.8 | 計画無収水率（NRW） | 82 |
| 4.2.9 | 計画給水人口..... | 82 |
| 4.2.10 | 計画負荷率..... | 83 |
| 4.2.11 | 計画一日平均給水量、計画一日平均給水量、計画取水量 | 83 |
| 4.2.12 | 浄水場計画浄水能力..... | 87 |
| 4.3 | 水源利用の可能性..... | 87 |
| 4.3.1 | 水源 | 87 |
| 4.3.2 | 水質調査..... | 87 |
| 4.3.3 | 貯水池の利用状況..... | 93 |
| 4.3.4 | 貯水池からの水源利用の可能性 | 95 |
| 4.3.5 | マハカナダラワ貯水池..... | 96 |
| 4.3.6 | ワハルカダ貯水池..... | 98 |
| 4.3.7 | NCP Canal 開発プロジェクト | 100 |
| 4.3.8 | Yan Oya Reservoir 開発プロジェクト | 102 |
| 4.3.9 | 気候変動対策..... | 102 |

| | | |
|------------|---------------|------------|
| 第5章 | 水道施設計画 | 105 |
| 5.1 | 取水工 | 105 |
| 5.1.1 | 取水方法の選定 | 105 |
| 5.1.2 | 設計方針 | 107 |
| 5.1.3 | 取水施設の概要 | 107 |
| 5.2 | 浄水場 | 109 |
| 5.2.1 | 浄水場の段階施工 | 109 |
| 5.2.2 | 浄水方法の選定 | 112 |
| 5.2.3 | 設計仕様 | 117 |
| 5.2.4 | マハカナダラワ浄水場 | 117 |
| 5.2.5 | ワハルカダ浄水場 | 121 |
| 5.3 | 送配水システム | 124 |
| 5.3.1 | プロジェクト区域 | 124 |
| 5.3.2 | 送配水システムの計画 | 126 |
| 5.3.3 | 設計基準 | 128 |
| 5.3.4 | マハカナダラワ系 | 129 |
| 5.3.5 | ワハルカダ系 | 130 |
| 5.3.6 | 配水システム | 132 |
| 5.3.7 | 送配水システムの主要施設 | 133 |
| 5.4 | 機械設備 | 138 |
| 5.4.1 | ポンプ場の設計基準 | 138 |
| 5.4.2 | ポンプ場の計画 | 138 |
| 5.4.3 | 取水設備 | 138 |
| 5.4.4 | ポンプ | 138 |
| 5.4.5 | 電動機 | 139 |
| 5.4.6 | ポンプの選定 | 139 |
| 5.4.7 | その他の設備 | 144 |
| 5.4.8 | 水撃対策 | 144 |
| 5.5 | 電気計装設備 | 146 |
| 5.5.1 | 電力供給 | 146 |
| 5.5.2 | 自家発電設備 | 147 |
| 5.5.3 | 負荷設備 | 148 |
| 5.5.4 | 計装設備 | 149 |
| 5.5.5 | 監視制御設備 | 150 |
| 5.6 | 遠隔地の水道施設 | 151 |
| 5.7 | 戦略計画（段階的整備計画） | 152 |

| | | |
|--------------|-------------------------------|------------|
| 第 6 章 | 水道システムの経営と維持管理 | 155 |
| 6.1 | プロジェクト実施組織 | 155 |
| 6.1.1 | 全国上下水道公社 | 155 |
| 6.1.2 | NWSDB RSC(N/C) | 156 |
| 6.1.3 | プロジェクト実施時の配置 | 157 |
| 6.1.4 | 実施組織の能力開発 | 158 |
| 6.2 | 維持管理組織 | 159 |
| 6.2.1 | 計画対象区域既存作業班の増強と新設 | 161 |
| 6.2.2 | マハカナダラワ 及びワハルカダ浄水場作業班の新設 | 161 |
| 6.2.3 | 計画対象区域 O&M 作業班を支援するエリアオフィスの新設 | 161 |
| 6.2.4 | 新しい O&M 作業班を支援するその他の課/室の強化 | 161 |
| 6.2.5 | O&M に必要な設備及び技術系ソフトウェアの整備 | 162 |
| 6.3 | 水道サービス形態 | 162 |
| 6.3.1 | コミュニティ組織 (CBO) | 162 |
| 6.3.2 | 計画対象区域における CBO 水道施設 | 162 |
| 6.3.3 | CBO 水道施設に対する給水 | 162 |
| 6.4 | 水道料金 | 164 |
| 6.5 | 費用負担 | 165 |
| 第 7 章 | 積算 | 166 |
| 7.1 | 積算の条件・方法等 | 166 |
| 7.2 | 採用単価 | 166 |
| 7.3 | 積算上の留意事項 | 167 |
| 7.4 | 総事業費 | 168 |
| 7.4.1 | 円借款対象事業 | 172 |
| 7.4.2 | 円借款対象外事業費 | 175 |
| 7.5 | 運転・維持管理費 | 177 |
| 第 8 章 | 事業実施計画 | 179 |
| 8.1 | 事業実施スケジュール | 179 |
| 8.2 | 調達パッケージ | 180 |
| 8.3 | 調達方法 | 182 |
| 8.4 | コンサルタント・サービス | 182 |
| 第 9 章 | 環境社会配慮 | 183 |
| 9.1 | 自然環境 | 183 |

| | | |
|---------------|----------------------------------|------------|
| 9.2 | 社会環境 | 184 |
| 9.3 | 住民移転・用地取得..... | 185 |
| 9.4 | スコーピング | 185 |
| 9.5 | 調査結果に基づく影響評価と緩和措置..... | 187 |
| 9.6 | 環境チェックリスト..... | 190 |
| 第 10 章 | 財務・経済分析 | 199 |
| 10.1 | 概要..... | 199 |
| 10.2 | プロジェクト対象地域の社会経済条件（料金と経済状況） | 199 |
| 10.3 | 財務分析..... | 201 |
| 10.4 | 経済分析..... | 202 |
| 10.5 | 維持管理の持続性及び水道経営のあり方..... | 203 |
| 第 11 章 | 運用・効果指標 | 205 |
| 11.1 | 運用指標..... | 205 |
| 11.2 | 効果指標..... | 205 |
| 第 12 章 | プロジェクト・リスク | 212 |
| 12.1 | プロジェクト・リスク | 212 |
| 12.2 | 計画上の留意事項..... | 213 |

表リスト

| | | |
|-----------|---|----|
| 表 1.1 | 安全な水道及び下水道普及率..... | 2 |
| 表 1.2 | 2020 年の都市水道 | 2 |
| 表 1.3 | 存在感を増す大都市圏及び大規模タウンシップ | 2 |
| 表 1.4 | NWSDB RSC 別運営指標..... | 4 |
| 表 1.5 | NWSDB の目標と達成状況 | 5 |
| 表 1.6 | 提案された国家水資源管理の組織 | 6 |
| 表 1.7 | 都市水道サブセクターと農村水道サブセクター | 8 |
| 表 1.8 | 水道セクター関係機関の役割分担 | 9 |
| 表 1.9 | NWSDB 損益計算表..... | 11 |
| 表 1.10(1) | NWSDB の貸借対照表 (資産) | 12 |
| 表 1.10(2) | NWSDB の貸借対照表 (資本・負債) | 13 |
| 表 1.11 | スリランカの上下水道セクターに対する二国間、多国間援助 | 14 |
| 表 2.1 | 全国、アヌラダプラ県、調査対象地域の人口、人口密度、人口伸び率..... | 19 |
| 表 2.2 | 調査対象地域における農業の土地利用状況..... | 20 |
| 表 2.3 | 一世帯当たり月間平均収入の平均値、中央値 (2009/10 年) | 21 |
| 表 2.4 | 10 階層区分に基づく総世帯収入に対する収入シェア (2009/10 年) | 22 |
| 表 2.5 | 10 階層区分に基づく世帯数比率及び総世帯収入に対する収入シェア (2009/10 年) | 22 |
| 表 2.6 | 10 階層区分における平均値と中央値の関係 | 23 |
| 表 2.7 | 一世帯当たり月間平均支出、食料比率、非食料比率 (2009/10 年) | 24 |
| 表 2.8 | 貧困指数と貧困ライン以下の世帯数 | 25 |
| 表 2.9 | 基礎データ | 26 |
| 表 2.10 | 水道料金の試算 | 27 |
| 表 2.11 | 貧困世帯率及び法定貧困レベル | 27 |
| 表 2.12 | 調査対象地域におけるごみ処理状況..... | 30 |
| 表 2.13 | 産業別就業人口の推移..... | 31 |
| 表 2.14 | 主たる飲料水源..... | 34 |
| 表 2.15 | アヌラダプラ県における水汲み運搬距離..... | 35 |
| 表 2.16 | CBOs 水道施設の水質 | 37 |
| 表 2.17 | 地下水水質測定結果 | 43 |
| 表 2.18 | 「ス」国内地域の CKD 発症率..... | 46 |
| 表 3.1 | アヌラダプラ県の水道事業..... | 48 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 表 3.2 | 運転課の総職員数 | 50 |
| 表 3.3 | O&M 報告書のタイプと頻度 | 52 |
| 表 3.4 | NWSDB の補修体制 | 54 |
| 表 3.5 | RSC(N/C)の収入と支出 | 55 |
| 表 3.6 | 既存施設と普及人口 | 55 |
| 表 3.7 | NWSDB 施設の一般情報 | 56 |
| 表 3.8 | NWSDB 施設の水質 | 56 |
| 表 3.9 | CBO 既存水道施設一覧 | 58 |
| 表 3.10 | 高架水槽の容量 | 60 |
| 表 3.11 | 配水管概要 | 60 |
| 表 3.12 | 維持運転の一般的状況 | 61 |
| 表 3.13 | 無収水・漏水試験結果 | 62 |
| 表 3.14 | CBOs が管理する水道の抱える問題 | 65 |
| | | |
| 表 4.1 | スリランカ及びアヌラダプラ県におけるセンサス人口の推移 | 69 |
| 表 4.2 | 調査対象地域人口予測 | 70 |
| 表 4.3 | 各オプションの比較（要約） | 76 |
| 表 4.4 | フッ素濃度に問題がない CBOs) | 76 |
| 表 4.5 | 新しい送水管ルートから遠い CBOs | 77 |
| 表 4.6 | アヌラダプラ県における使用水量内訳（NWSDB） | 78 |
| 表 4.7 | 接続数と一人 1 日使用水量の関係 | 80 |
| 表 4.8 | 無収水率 | 82 |
| 表 4.9 | 調査対象地域で NWSDB が運営する水道システムの月間給水量 の変動（2011） | 84 |
| 表 4.10 | 計画給水量（2034 年）算出根拠 | 85 |
| 表 4.11 | 年次別計画給水量 | 86 |
| 表 4.12 | 浄水場の計画一日最大給水量 | 87 |
| 表 4.13 | 貯水池諸元 | 87 |
| 表 4.14 | 試料採取地点及び GPS コード | 88 |
| 表 4.15 | 水源候補水質調査結果 | 91 |
| 表 4.16 | 1 月 1 日付け貯水量とその年の灌漑用水量 | 94 |
| 表 4.17 | 貯水池の諸元 | 94 |
| 表 4.18 | 概略水収支による貯水量 | 95 |
| 表 4.19 | 上水道計画取水量 | 96 |
| 表 4.20 | Moragahakanda 及び Kalu Ganga 予定池の水質 | 101 |

| | | |
|--------|---------------------------------------|-----|
| 表 5.1 | 一括発注と段階施工における FIRR の比較 | 111 |
| 表 5.2 | 既存浄水場..... | 112 |
| 表 5.3 | 水源水質（ワハルカダ貯水池） | 112 |
| 表 5.4 | 水源水質（マハカナダラワ貯水池） | 113 |
| 表 5.5 | ジャーテスト結果..... | 113 |
| 表 5.6 | パイロットプラント詳細..... | 114 |
| 表 5.7 | 原水と処理水水質 | 116 |
| 表 5.8 | 設計仕様..... | 117 |
| 表 5.9 | マハカナダラワ浄水場計画浄水能力 | 119 |
| 表 5.10 | マハカナダラワ浄水場施設概要 | 120 |
| 表 5.11 | ワハルカダ浄水場計画浄水能力 | 123 |
| 表 5.12 | ワハルカダ浄水場施設概要 | 123 |
| 表 5.13 | 高架水槽と給水区域 | 128 |
| 表 5.14 | 送水管主要施設の地盤高..... | 129 |
| 表 5.15 | マハカナダラワ送水管システム | 129 |
| 表 5.16 | ワハルカダ送水管システム..... | 131 |
| 表 5.17 | 送配水管施設..... | 134 |
| 表 5.18 | ポンプ場・高架水槽施設の設定 | 135 |
| 表 5.19 | ポンプ場および高架水槽施設量 | 135 |
| 表 5.20 | マハカナダラワ地区のポンプ仕様 | 143 |
| 表 5.21 | ワハルカダー1 地区のポンプ仕様..... | 143 |
| 表 5.22 | ワハルカダー2 地区のポンプ仕様..... | 143 |
| 表 5.23 | 対策方式の比較 | 144 |
| 表 5.24 | マハカナダラワ地区配管の解析結果とその対策 | 145 |
| 表 5.25 | ワハルカダ地区-1 配管の解析結果とその対策 | 145 |
| 表 5.26 | ワハルカダ地区-2 配管の解析結果とその対策 | 145 |
| 表 5.27 | 段階整備案の比較 | 153 |
| 表 6.1 | プロジェクト組織の役割と責任 | 158 |
| 表 6.2 | 提案される能力開発活動及び入力 | 158 |
| 表 6.3 | 建設完了後の維持管理職員数..... | 160 |
| 表 6.4 | 接続意欲、設定条件及び技術的持続可能性に基づく CBOs の分類..... | 163 |
| 表 6.5 | 給水サービス方法 | 163 |
| 表 6.6 | CBO 家庭における月額水道料金分析..... | 165 |
| 表 7.1 | 掘削単価比較表..... | 167 |

| | | |
|--------|------------------------------------|-----|
| 表 7.2 | 調達管轄代行機関 | 168 |
| 表 7.3 | マハカナダラワ系総事業費概要（ステージ1） | 169 |
| 表 7.4 | ワハルカダ系総事業費概要（ステージ1） | 169 |
| 表 7.5 | マハカナダラワ総事業費 | 170 |
| 表 7.6 | ワハルカダ総事業費 | 171 |
| 表 7.7 | 工事費 | 172 |
| 表 7.8 | マハカナダ系ラワコンサルタント総費用 | 174 |
| 表 7.9 | ワハルカダ系コンサルタント総費用 | 175 |
| 表 7.10 | 土地収用・住宅移動費用 | 176 |
| 表 7.11 | 給水 1 m ³ あたりの各種費用 | 177 |
| 表 7.12 | 職員数と年間件人件費 | 177 |
| 表 7.13 | 電力料金 | 177 |
| 表 7.14 | 使用薬品料 | 178 |
| 表 7.15 | 補修・維持管理費 | 179 |
| 表 7.16 | 予想運転・維持管理費 | 178 |
| | | |
| 表 8.1 | 事業実施スケジュール | 179 |
| 表 8.2 | 調達パッケージ | 181 |
| | | |
| 表 9.1 | スコーピング結果 | 186 |
| 表 9.2 | 影響評価と緩和措置 | 187 |
| 表 9.3 | 環境チェックリスト | 191 |
| | | |
| 表 11.1 | フッ素症リスク回避率 | 207 |
| 表 11.2 | 水道運用指標 | 208 |
| 表 11.3 | 水道効果指標 | 210 |

図リスト

| | | |
|--------|--------------------------------------|----|
| 図 1.1 | 提案された国家水資源管理の枠組み | 7 |
| 図 2.1 | 調査対象地域位置図 | 15 |
| 図 2.2 | 河川流域界 | 16 |
| 図 2.3 | アヌラダプラ県の気温 (2004~2009) | 18 |
| 図 2.4 | アヌラダプラ県の降雨量 (2004~2009) | 18 |
| 図 2.5 | アヌラダプラ県の相対湿度 (2004~2009) | 19 |
| 図 2.6 | DSD 別貧困指数 (2002) | 25 |
| 図 2.7 | アヌラダプラ県及び調査対象地域における便所の保有状況 | 28 |
| 図 2.8 | アヌラダプラ県及び調査対象地域における便所のタイプ | 29 |
| 図 2.9 | アヌラダプラ県における稲作収穫量の年間変動標 | 31 |
| 図 2.10 | 「ス」国観光地の地域区分 | 32 |
| 図 2.11 | 地域別宿泊施設利用率 | 33 |
| 図 2.12 | 調査対象地域の主な飲料原水 | 34 |
| 図 2.13 | Kebithigollewa DSD の湧水 | 35 |
| 図 2.14 | CBO の取水施設 | 36 |
| 図 2.15 | ス国地下水におけるフッ素濃度分布 | 39 |
| 図 2.16 | CBO 供給水のフッ素濃度 (水平分布) | 40 |
| 図 2.17 | CBO 供給水のフッ素濃度 (垂直分布) | 41 |
| 図 2.18 | 選択された地下水試料採取地点とフッ化物濃度 | 42 |
| 図 2.19 | CBO 高架水槽(左) 及び試料採取した Drain (右) | 44 |
| 図 2.20 | フッ素濃度と他のパラメータとの関係 | 44 |
| 図 2.21 | 県毎の CFI 比較 | 45 |
| 図 2.22 | 県毎の CFI 分布 | 45 |
| 図 2.23 | 北中央州における DSD 毎の CKD 発症率分布 | 46 |
| 図 3.1 | アヌラダプラ県における水道事業 | 49 |
| 図 3.2 | CBO の分布 | 59 |
| 図 3.3 | CBO の運営開始年 | 59 |
| 図 3.4 | CBO の支出構成 | 63 |
| 図 4.1 | 計画給水量算定の手順 | 68 |
| 図 4.2 | 調査対象地域における人口密度の分布 (2001 年) | 71 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 図 4.3 | 既存水道システム関連 | 73 |
| 図 4.4 | 提案水道システム関連 | 73 |
| 図 4.5 | Urban Centre 関連..... | 74 |
| 図 4.6 | 主要道路関連..... | 74 |
| 図 4.7 | オプション 1 (No. of Isolated Areas: 47 GNDs)..... | 75 |
| 図 4.8 | オプション 2&3 (No. of Isolated Areas: 61 GNDs)..... | 75 |
| 図 4.9 | アヌラダプラ県における全体及び小規模水道システムの使用水量の構成 | 79 |
| 図 4.10 | 接続数と一人 1 日使用水量の関係 | 80 |
| 図 4.11 | 既存 CBO 水道施設における一人 1 日使用水量の出現頻度分布 | 81 |
| 図 4.12 | 計画給水区域における NWSDB が運営する WSS の給水栓数の推移 | 82 |
| 図 4.13 | パイプ水道給水区域と給水車給水区域..... | 85 |
| 図 4.14 | 試料採取地点 (マハカナダラワ Wewa)..... | 88 |
| 図 4.15 | 試料採取地点 (ワハルカダ Wewa)..... | 89 |
| 図 4.16 | 試料採取地点 (Yan Oya Reservoir Water)..... | 89 |
| 図 4.17 | 各水源フッ素濃度の季節変動 | 90 |
| 図 4.18 | 月別降雨及び貯水量 (マハカナダラワ貯水池) | 95 |
| 図 4.19 | 月別降雨及び貯水量 (ワハルカダ貯水池 : 2001-2011) | 95 |
| 図 4.20 | NCP プロジェクトからの送水イメージ | 97 |
| 図 4.21 | マハカナダラワ貯水池水源利用可能性..... | 97 |
| 図 4.22 | ヤン・オヤ貯水池プロジェクトからの送水イメージ..... | 99 |
| 図 4.23 | ワハルカダ貯水池水源利用可能性 | 99 |
| 図 4.24 | 両貯水池からマハカナダラワへの水の流れ | 101 |
| 図 4.25 | Moragahakanda 及び Kalu Ganga の水源予定地と水質サンプリング地点 . | 102 |
| 図 5.1 | マハカナダラワ貯水池取水工の概要 | 108 |
| 図 5.2 | ワハルカダ貯水池取水工の概要 | 108 |
| 図 5.3 | 住居の分布イメージ | 110 |
| 図 5.4 | ジャーテスト結果..... | 113 |
| 図 5.5 | パイロットプラントフロー | 114 |
| 図 5.6 | 各ろ過槽の処理水比較..... | 115 |
| 図 5.7 | マハカナダラワ浄水場位置図..... | 118 |
| 図 5.8 | マハカナダラワ浄水場フローシート | 118 |
| 図 5.9 | マハカナダラワ浄水場施設配置図 | 119 |
| 図 5.10 | ワハルカダ浄水場位置図..... | 121 |
| 図 5.11 | ワハルカダ浄水場フローシート | 122 |
| 図 5.12 | ワハルカダ浄水場施設配置図 | 122 |

| | | |
|--------|--------------------------------|-----|
| 図 5.13 | 既存 CBO 給水区域及び給水車給水区域 | 125 |
| 図 5.14 | 新しい水道システム | 127 |
| 図 5.15 | マハカナダラワ送水管システム | 130 |
| 図 5.16 | ワハルカダ送水管システム..... | 131 |
| 図 5.17 | 配水管システム模式図..... | 132 |
| 図 5.18 | 配水管システム延長計算手順 | 133 |
| 図 5.19 | マハカナダラワ送水フロー..... | 140 |
| 図 5.20 | ワハルカダー1 地区送水フロー | 141 |
| 図 5.21 | ワハルカダー2 地区送水フロー | 142 |
| 図 5.22 | フライホイール装置 | 145 |
| 図 5.23 | ワンウェイ式サージタンク | 145 |
| 図 5.24 | 浄水池（配水池）－配水池間の送水ポンプ運転説明図 | 151 |
| 図 5.25 | 遠隔地給水施設 | 152 |
| 図 5.26 | 水需要増加段階整備 | 154 |
| 図 6.1 | 建設完了後の維持管理体制と支援体制..... | 160 |
| 図 8.1 | 事業実施スケジュール | 180 |

ABBREVIATIONS

| | |
|----------------|--|
| AC pipe | Asbestos Cement Pipe |
| ADB | Asian Development Bank |
| AIA | Archaeological Impact Assessment |
| ANIWSP | Anuradhapura North Integrated Water Supply Project |
| BIQ | Basic Information Questionnaire |
| CBO | Community-Based Organization |
| CEA | Central Environmental Authority, the Ministry of Environment and Natural Resources (ME&NR) |
| CEB | Ceylon Electric Board |
| CFI | Community Fluorosis Index |
| CKD | Chronic Kidney Diseases |
| CMC | Colombo Municipal Council |
| CRM | Certified Reference Material |
| CWSSP | Community Water Supply and Sanitation Program |
| DI pipe | Ductile Iron Pipe |
| DGM | Deputy General Manager |
| DSD | Divisional Secretary Division |
| EA | Engineering Assistant |
| EIA | Environmental Impact Assessment |
| EIRR | Economic Internal Rate of Return |
| EOI | Expression of Interest |
| ET | Elevated Tank |
| FB | Freeboard |
| FC | Foreign Currency |
| FIRR | Financial Internal Rate of Return |
| FR | Forest Reserve |
| FSD | Full Supply Depth |
| FSL | Full Storage Level |
| GND | Grama Niladhari Division |
| GOJ | Government of Japan |
| GOSL | Government of Sri Lanka |
| GPRS | General Packed Radio Service |
| HH | Household |
| HWL | High Water Level |
| ID | Irrigation Department |
| IDP | Internally Displaced Persons |
| IEE | Initial Environmental Examination |
| IFRC | International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies |
| JICA | Japan International Cooperation Agency |
| KfW | German Government-owned Development Bank, (Kreditanstalt für Wiederaufbau) |
| NC | North Central |

| | |
|-----------------|---|
| LA | Local Authority |
| LAA | Land Acquisition Act |
| LB | Left Bank |
| LC | Local Currency |
| LCD | Liquid Crystal Display |
| Lpcd | Litre per capita per day |
| LWL | Low Water Level |
| MCB | Miniature Circuit Breaker |
| MCC | Motor Control Centre |
| MCCB | Molded Case Circuit Breaker |
| MCGs | Mahinda Chintana Goals |
| MCM | Million Cubic Meter (1,000,000 m ³) |
| MDGs | Millennium Development Goals |
| MWSD | Ministry of Water Supply and Drainage |
| NABL | National Accreditation Board for Testing and Calibration Laboratories |
| N/C | North Central |
| NCP | North Central Province |
| ND | Nominal Diameter |
| NEA | National Environmental Act |
| NEP | National Environmental Policy |
| NHWA | National Heritage Wilderness Area |
| NIRP | National Involuntary Resettlement Policy |
| NRW | Non Revenue Water |
| NWSDB | National Water Supply and Drainage Board |
| OIC | Officer-in-Charge |
| PAA | Project Approving Agency |
| PCC | Project Coordination Committee |
| PCV pipe | Un-plasticized Polyvinyl Chloride Pipe |
| PD | Project Director |
| PEA | Project Executing Agency |
| PE pipe | Polyethylene Pipe |
| PLC | Programmable Logic Controller |
| PMU | Project Management Unit |
| PR | Proposed Reserve |
| PS | Pump Station |
| RAP | Resettlement Action Plan |
| RSC(N/C) | Regional Support Centre (North Central) |
| RSF | Rapid Sand Filter |
| RWS | Rural Water Supply |
| SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition |
| SIDA | Swedish International Development Agency |
| SLAB | Sri Lanka Accreditation Board |
| SP | Steel Pipe |

| | |
|---------------|--|
| SSF | Slow Sand Filter |
| TEC | Technical Evaluation Committee |
| UDA | Urban Development Authority |
| UNICEF | United Nations International Children's Emergency Fund |
| UPS | Uninterruptible Power Systems |
| VPN | Virtual Private Network |
| VSD | Variable Speed Driver |
| WB | World Bank |
| WFP | Work and Financial Plan |
| WHO | World Health Organization |
| WLPSA | Wildlife Protected Area |
| WSP | Water Supply Project |
| WSS | Water Supply Scheme |
| WTP | Water Treatment Plant |

Ac = 4,047 m²

Acft = 1,234 m³

第1章 スリランカの水道セクター

1.1 スリランカ情勢

(1) 内政

スリランカは大統領制を採用する民主主義国。1948年の独立後、一貫して選挙による政権交代が行われてきており、スリランカ自由党（SLFP）の2大政党が概ね交互に政権を担ってきた。現在は2005年11月の大統領選挙で当選したラージャパクサ大統領の下で、SLFPを中核とする統一人民自由連合（UPFA）が政権を担っている。

ラージャパクサ大統領は、2009年5月に内戦を終結させた。これにより国民の支持が高まったこと等を背景に2010年1月に実施された大統領選挙で再選された。更に2010年4月に実施された総選挙では、与党UPFAが144議席（国会定数225）を獲得して大勝した。また、2011年に実施された市町村レベルの地方議会選挙でも、7割以上の地方議会で過半数を獲得し勝利した。

(2) 経済情勢

スリランカ経済は、伝統的にはコメと3大プランテーション作物（紅茶、ゴム、ココナッツ）を中心とする農業依存型経済であったが、経済発展とともに製造業や卸・小売業等が拡大し、最近では衣類製品が最大の輸出品目となっている。

2010年の一人当たりGDPはUS\$2,400（Rs.271,346）で、実質GDP成長率は8.0%に達し、過去30年間で最も高い成長率となった（1968年及び1978年に8.2%を記録）。特にサービス業の寄与度が大きく、内戦終結を受けて国内需要が活性化し、卸・小売業が堅調であったことに加え、治安情勢の改善による観光客増によりホテル・飲食業が著しい伸びを示した。また北部・東部等の復興需要や各種インフラ整備のための建設資材の需要も増加した。

1.2 セクターの現状と問題

1.2.1 国の整備計画及びセクターの整備計画

(1) 「ス」国五カ年計画（Mahinda Chintana - Vision for The Future）

2010年8月に発表された「ス」国の五カ年計画である「将来のビジョン（Mahinda Chintana - Vision for The Future）」は、Millennium Development Goals (MDGs)の達成に向けて特定の目

標を明確にしている。2015年に向けた Mahinda Chintana 目標の中には、「都市部において清浄な水へのアクセスを65%から90%に上げる」ことが挙げられている。その他に表 1.1 に示す目標を定めている。

表 1.1 安全な水と水道へのアクセス普及率

| Year | 2005 | 2009 | 2015 | 2020* |
|---|------|-------|-------|-------|
| Safe water coverage (%) | 80 | 85 | 94 | 100 |
| Pipe borne water availability (%) | 29 | 37 | 44 | 60 |
| Water connections ('000) (NWSDB schemes) | 907 | 1,267 | 1,600 | 3,000 |

Source: "Mahinda Chintana – Vision for The Future", Department of National Planning, Ministry of Financing and Planning, 2010

注) 清浄な水 (clean water) は管による水道水、安全な水 (safe water) は管による水道水・浅井戸水・深井戸水・天水をいう。

Mahinda Chitana では2020年における都市水道の姿を表 1.2 に示すように描いている。

表 1.2 2020年の都市水道

| | |
|-----------------------------|--------|
| Affordability | |
| ● Per capita consumption | |
| ● Average tariff | |
| ● Production cost | |
| Quality | |
| ● Quality compliance | |
| ● Treatment facilities | |
| ● Breakdown frequency | |
| Reliability | |
| Hours of supply | 24 hrs |
| City coverage | 100% |
| Efficiency | |
| Non revenue water | 20% |
| Staff per 1,000 connections | 5 |
| Customer complaints | No |
| Response to requests | 100% |

Source: "Mahinda Chintana – Vision for The Future", Department of National Planning, Ministry of Financing and Planning, 2010

また、Mahinda Chitana では表 1.3 に示す存在感を増す大都市圏及び大規模タウンシップには上下水道関連インフラを整備して伸び続ける需要に応えるとしている。

表 1.3 存在感を増す大都市圏及び大規模タウンシップ

| | |
|------------------------|--|
| Emerging metro centres | Kandy, Hambantota, Trincomalee, Dambulla, Jaffna, Galle, Gampaha, Kurunegala, Nuwara Eliya |
| Large Township | Vanuviya, Badulla, Matara, Anuradhapura, Ratnapura |

Source: "Mahinda Chintana – Vision for The Future", Department of National Planning, Ministry of Financing and Planning, 2010

1.2.2 NWSDB の経営計画 (Corporate Plan)

表 1.4 に NWSDB RSC (Regional support Centre) 別の各種運営指標を示す。これより以下のことが指摘される (なお、本調査対象区域は RSC(North Central: N/C)に属する。)

- NWSDB 管理下にある水道普及率は 2009 年 12 月現在、36.9%である。
- 総接続数は 2011 年 12 月現在、1,353,573 栓で、このうち Central が 349,372 栓(25.8%)、Western-central が 164,259 栓 (12.1%)、Western-south が 163,335 栓(12.1%)、Western-north が 141,601 (10.5%)栓で、コロンボ、キャンディとその周辺部で全体の 60.5%を占めている。
- 無収水率 (NRW) は 13.8% (North-eastern) ~37.8% (Sabaragamuwa) まで RSC によってばらつきが大きい。これをコロンボ市 (Colombo Municipal Council) 単独で見ると 53.05%で、全国平均 (island wide) の 32.13%に比べると突出している。
- 1,000 給水栓当たりの職員数は Western-central (Colombo) が最も少なく 2 人で、Western-south (Kalutara) の 4.2 人、Western-north (Gampaha) の 5 人、Central (Kandy, Matale and Nuwala Eliya) の 6 人、North-central (Anuradhapura and Polonnaruwa)の 6 人が続いている。最も多いのは Uva の 27.4 人である。表 1.5 によれば NWSDB 全体では、2007 年 8.2 人、2008 年 7.6 人、2009 年 7.2 人と着実に下がっている。
- Water Availability または給水時間は、Northern が最も悪く 3.7 hrs で、これに Uva の 9.6 hrs、Eastern の 10.9 hrs、Western-south の 12.0 hrs、North-western の 12.9 hrs が続いている。Northern は内戦による損傷の影響が大きい。
- 販売単価 (Average tariff) が製造原価 (Production Cost) を上回っているのは、11 の RSC のうち 3 つの RSC に過ぎない。Western-central (Colombo) が採算が最もよく販売単価は給水原価の 2.56 倍で、Western-south (Kalutara) が 1.26 倍、Central (Kandy, Matale and Nuwala Eliya) が 1.15 倍となっている。逆に Northern は 0.45 倍、North-western の 0.48 倍で、製造原価は販売単価の約 2 倍になっている。
- 表 1.5 によれば総請求書枚数に占める調停水量¹に基づく請求書枚数の比率は 2007 年の 12%から 2008 年、2009 年は 7%に低下したもののまだ多い。
- Per Capita Consumption は 94.0 Lpcd (Uva) ~138.5 Lpcd (Sabaragamuwa) の範囲にある。
- 売掛金勘定の回収期間は 2008 年の生活系 60 日、政府系 65 日から、2009 年はそれぞれ 55 日、44 日と大きく改善されている (表 1.5 参照)。

¹ 「調停水量」とはメータの調子がおかしいときに過去の実績等に基づいて決める推定使用水量をいう。

表 1.4 NWSDB RSC 別運営指標

| Service Indicators | Regional Support Centre (Regional Average) | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|------------------|-------------|------------------|-----------------|
| | Western - North 2008 | Western - Central 2008 | Western - South 2008 | Central 2009 | North - Western 2008 | North - Central 2008 | Sabaragamuwa 2008 | Southern 2008 | Uva 2008 | Northern 2008 | Eastern 2008 |
| Number of Connections (As of December 2010) | 141,401 | 164,259 | 163,355 | 349,372 | 40,947 | 62,579 | 69,264 | 203,820 | 56,771 | 6,456 | 95,169 |
| 1 Service Standard Indicators | | | | | | | | | | | |
| Water Coverage (%) Pipe System maintained by NWSDB | 25.1% | 33.5% | 48.4% | 29.4% | 5.9% | 16.9% | 9.3% | 35.1% | 16.2% | 3.8% | 23.9% |
| Per Capita Consumption (l/c/d) | 117.1 | 125.7 | 122.3 | 101.3 | 99.7 | 103.2 | 138.5 | 103.6 | 94 | 116.7 | 79.7 |
| Water Availability (hours) | 21.4 | 23.2 | 12 | 22 | 12.9 | 24 | 18.6 | 22.4 | 9.6 | 3.7 | 10.9 |
| Water Quality - Bacteriological Quality Compliance | 94.7% | n/a | 95.1% | 97.7% | 97.7% | 99.7% | 92.8% | 96.5% | 94.1% | 96.2% | 96.2% |
| Water Quality - Bacteriological Testing Compliance | 100.0% | n/a | 100.0% | 83.3% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| Water Quality - All Samples Compliance | 95.8% | n/a | 99.5% | 95.7% | 40.9% | 94.4% | 98.3% | 84.8% | 71.2% | 96.3% | 88.8% |
| Sewerage Coverage (%) | 2.5% | 0.0% | 2.3% | 0.1% | - | - | - | 0.3% | - | - | - |
| 2 Operational Indicators | | | | | | | | | | | |
| Non-Revenue Water (%) | 24.1% | 33.5% | 33.0% | 32.5% | 13.8% | 19.8% | 37.8% | 30.5% | 30.0% | 16.4% | 32.9% |
| Non-Revenue Water - m3/conn/day | 0.23 | 0.49 | 0.32 | 0.20 | 0.10 | 0.16 | 0.28 | 0.27 | 0.23 | 0.12 | 0.27 |
| Defective Meters per 1000 connections | 51 | 15 | 23 | 16 | 8 | 48 | 44.9 | 17.3 | 124.6 | 22 | 29 |
| Total Staff/ 1000 connection | 5 | 2 | 4.2 | 6 | 9 | 6 | 7.4 | 6.5 | 27.4 | 20 | 11 |
| Operational Staff/ 1000 connection | 3 | 2 | 4.1 | 5 | 8 | 6 | 6 | 3.5 | 25.4 | 15 | 10 |
| Estimated Bills/ 1000 connections | 126 | 53 | 80 | 33 | 18 | 112 | 18.9 | 44.9 | 186.4 | 168 | 89 |
| 3 Performance in Customer Service | | | | | | | | | | | |
| Response to requests for new service connections (%) | 95.8% | 94.8% | 90.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 94.6% | 90.2% | 90.8% | 76.9% | 62.2% |
| Customer Complaints Volume (Complaints/ 1000 connection) | 109.1 | 13.5 | 219.3 | 135 | 56.6 | 11.1 | 34.9 | 127.7 | 230 | 17.7 | 7.1 |
| Customer Complaints Resolution | 86.2% | 91.6% | 33.0% | 94.5% | 86.9% | 91.1% | 94.3% | 86.3% | 67.5% | 83.3% | 81.4% |
| 4 Key Performance Indicators (KPIs) | | | | | | | | | | | |
| Collection Ratio (%) | 102.0% | 98.7% | 99.0% | 110.0% | 99.1% | 102.9% | 99.7% | 99.3% | 97.4% | 78.4% | 97.1% |
| Accounts Receivable Period (months) | 4.2 | 2.6 | 4.8 | 1.4 | 1.6 | 3.1 | 3.8 | 3.0 | 3.3 | 7.2 | 4.2 |
| Collectable Accounts Receivable Period (months) | 1.4 | 1.7 | 1.5 | 0.4 | 0.1 | 1.8 | 1.7 | 1.2 | 1.3 | 2.9 | 2.6 |
| Operating Ratio | 1.01 | 0.54 | 1.02 | 1.00 | 1.69 | 0.98 | 1.42 | 1.26 | 1.34 | 1.98 | 1.57 |
| Production Cost (LKR/ m3 Produced) | 17.08 | 11.42 | 15.36 | 19.60 | 31.70 | 25.71 | 24.60 | 21.52 | 24.42 | 56.46 | 25.35 |
| Average Tariff (LKR/ m3 Sold) | 16.68 | 29.25 | 19.30 | 22.50 | 15.31 | 21.20 | 20.71 | 16.32 | 18.68 | 25.64 | 15.59 |
| Stock Efficiency (LKR/ connection) | 2,189 | 1,323 | 1,790 | 2,602 | 2,672 | 3,754 | 1,888 | 2,227 | n/a | n/a | 2,528 |

Source: NWSDB Website

表 1.5 NWSDB の目標と達成状況

| Goal | Key Objective: | Target end 2007 | Achievement end 2007 | Target end 2008 | Achievement end 2008 | Target end 2009 | Achievement end 2009 |
|---|---|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| 1. Increase WS and sanitation coverage | 1.1 Pipe-borne water supply coverage | 32.0% | 32.0% | 33.9% | 34.0% | 37.5% | 36.9% |
| | 1.2 Piped sewerage coverage | 2.50% | 2.40% | 2.60% | 2.40% | 2.70% | 2.50% |
| | 1.3 Access to safe drinking water supply coverage | 76.4% | 77.0%* | 77.6% | 78.0%* | 79.5% | 80.0%* |
| | 1.4 Total sanitation coveri | | 83.2%* | | 85.7%* | | 85.7%* |
| 2. Improve operational efficiency | 2.1 NRW (island-wide) | 33.0% | 33.1% | 33.0% | 32.1% | 32.0% | 31.1% |
| | 2.2 Total staff for 1,000 connections | 8.3 | 8.2 | 7.8 | 7.6 | 7.5 | 7.2 |
| | 2.3 Expenditure on power to total recurrent cost | 23.0% | 22.7% | 23.0% | 24.3% | 23.0% | 22.6% |
| | 2.4 Maintenance exp enses to total recurrent cost | 7.5% | 5.1% | 7.5% | 4.1% | 7.0% | 4.7% |
| | 2.5 Establishment expenses to total recurrent cost | 10.5% | 9.5% | 10.5% | 10.9% | 10.0% | 10.7% |
| 3. Achieve customer satisfaction | 3.1 Public awareness programmes to be carried out (schools/other) | 20 Nos. | 12 Nos. | 30 Nos. | 32 Nos. | 30 Nos. | 37 Nos. |
| | 3.2 Complaints unresolved to total received | 10.0% | 7.3% | 9.0% | 7.3% | | |
| 4. Increase commercial viability | 4.1 % of estimated bills to total number of bills | 10% | 12% | 10% | 7% | 8% | 7% |
| | 4.2 Collection efficiency IOO% | 100% | 100% | 100% | 99% | 100% | 94% |
| | 4.3 Accounts receivable from - | | | | | | |
| | (a) Domestic and commercial institutions | 60 days | 60 days | 60 days | 60 days | 60 days | 55 days |
| | (b) Government institutions | 65 days | 65 days | 60 days | 65 days | 60 days | 44 days |
| 5. Ensure greater accountability | Initiatives were taken to develop a whole range of management and business tools on human resource development, management information system and business plan. [#] | | | | | | |
| | * Delegation of financial authority | | | | | | |
| | * Training on budgetary control & financial regulations | | | | | | |
| | * Audits on commercial operations | | | | | | |
| | * Audits on stores and supplies | | | | | | |
| | * Audits on cash/ cheque payments | | | | | | |
| | * Audits on construction contracts | | | | | | |
| | * Valuation of assets | | | | | | |
| * Improved management information and coordination | | | | | | | |
| 6. Promote Institutional Development | 6.1 In-house training programmes | 150 | 113 | 150 | 105 | 160 | 110 |
| | 6.2 In-country external training (no. of persons) | 240 | 258 | 240 | 272 | 250 | 170 |
| | 6.3 Overseas training (no. of persons) | 75 | 68 | 75 | 129 | 80 | 115 |
| 7. Provide facilities and service support to rural and marginalised communities | 7.1 Rural water supply by the NWSDB (managed by CBOs) | 4.5% | 4.5% | 4.5% | 4.0% | 5.0% | 4.5% |

* Estimated as 83.1% for water supply and 96.7% for sanitation from a sample survey carried out during 2006-2007 by the Department of Census and Statistics excluding Jaffna, Kilinochchi, Mullaitivu, Mannar and Vavuniya districts.

[#] The Merchant Bank of Sri Lanka has been selected to prepare the Business Plan; The draft plan prepared was presented to the senior M anagement of NWSDB for comments. Under ADB Technical Assistance 7078, separate business plan are being prepared for RSCs for decentralized service delivery in the water sector.

Source: NWSDB, "Annual Reports 2007-2009"

1.2.3 水資源管理

スリランカでは 1990 年代以降、水資源は以下のような問題に直面している。

- とくに乾燥地帯における場所的季節的変動による水不足
- 急速な工業の発展、都市化及び農業セクターにおける所要灌漑水量に起因する水需要の増大
- 工業及び生活廃棄物の乱雑な処分による水質汚濁
- 河川水路における見境のない砂採取に起因する土壌浸食及び塩水遡上

水資源の枯渇と悪化、セクター内及びセクター間における水をめぐる競合、水の配分に伴う争いといった問題が顕在化し、既存の制度・法律の枠組みの中で水資源を管理するのは難しくなっている。これらの問題は水資源の総合的管理を要求している。ADB は総合的水資源管理制度の確立をめざして河川流域管理に戦略的計画管理（2000 年の水資源政策）を導入すべく水資源管理プロジェクトに資金援助してきた。既存の水資源管理制度はすべての利害関係者が河川流域を背景として水資源を管理する取り決めに欠けていた。

灌漑局、国家上下水道公社（NWSDB）、セイロン電力公社（CEB）、マハウェリ開発庁等を含む 20 の主要機関が「ス」国政府によって設立され、水資源管理に関係する異なる活動を計画・実施している。一方、10 の主要な法律が水資源を管理する水セクター機関に法的権威と権限を与えている。

総合水資源管理を確立するための法的・制度的枠組みを立ち上げる新しい政策は、持続可能な水資源管理に求められる変化に対応するために、**表 1.6**、**図 1.1** に示す国家水資源庁（National Water Resources Authority: NWRA）、水資源理事会（Water Resources Council: WRC）、水資源裁判所（Water Resources Tribunal: WRT）という三つの新しい機関の設立を提案した。

表 1.6 提案された国家水資源管理の組織

| 組 織 | 機 能 |
|--------------|---|
| 国家水資源庁（NWRA） | 水セクターの最高機関で国の水資源の調整、計画、規制、モニタリング、政策立案を所管する。 －河川流域計画及び流域管理 －大口の水利権の発行 －モニタリング及び施行 |
| 水資源理事会（WRC） | 恒久的な高レベルの調整・助言機関 |
| 水資源裁判所（WRT） | NWRA が管理する水利権によって影響を受けるパーティのための独立した上訴裁判所 |
| 河川流域委員会 | 選ばれた河川流域について水利権を配分するために NWRA によって設立される委員会 |

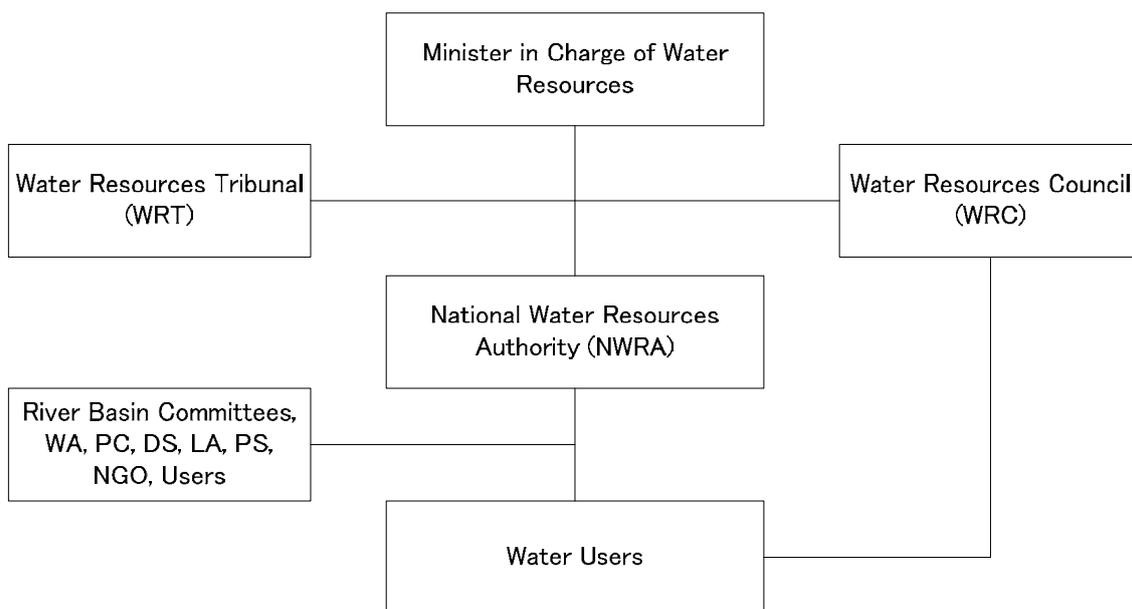


図 1.1 提案された国家水資源管理の枠組み

政府は 1996 年に専任の水資源事務局（Water Resources Secretariat: WRS）の支援を得て国家的な WRC という形で全国水セクターの最高機関を設立するのに成功した。これは NWRA 設立までの暫定的な措置であった。新しい「国家水資源ポリシー及び制度的取り決め」は 2000 年に閣議で承認された。NWRA を設立し、機能の中でもとりわけ水利権を配分する河川流域委員会を設立するための国家水資源法の原案が作成された。しかし、これは今日まで可決に至っていない。

後に WRS はその役割を変え、一時は暫定国家水資源庁（Interim National Water Resources Authority: INWRA）と呼ばれたこともある。しかし、WRC と WRS は 2001 年に灌漑・水資源管理省の所管に移され、2004 年には政府が変わって大統領布告によりマハウェリ・河川流域開発省へ移された。

現在、灌漑・水資源省の管轄下にある灌漑局が、灌漑農業・水力発電・洪水防御・生活利用・工業利用・養魚開発のための土地及び水資源を開発するという目的の下で、土地及び水資源を最適有効利用するために流域別開発マスタープラン策定を所管している。

1.2.4 セクターの組織

水道セクターは都市水道サブセクターと農村水道サブセクターに分かれ、対象区域、関係機関、水道サービスモードについて、表 1.7 に示す違いがある。

表 1.7 都市水道サブセクターと農村水道サブセクター

| | Urban water supply sub sector | Rural water supply sub sector |
|--------------------|--|---|
| Object area | Towns, cities, urban centres, industries and suburban areas | Rural areas |
| Key Actors | Ministry of Water Supply and Drainage NWSDB Provincial Councils Municipal Councils Urban Councils Pradeshiya Sabhas | Provincial Councils Local Authorities Community Based Organizations (CBOs) Non-Government Organizations (NGOs) |
| Water service mode | Pipe borne water supply | Dug wells Tube wells Rain water harvesting Small-scale pipe water supply |

Source: "National Policy on Drinking Water", June 2009

Note: From Wikipedia

都市部は上下水道省の監督・指導の下に、NWSDB が関係自治体と協議しながら大規模水道事業の実施を通じて水道整備の行っており、NWSDB が実施した水道事業は基本的に維持管理から料金徴収まで NWSDB 自身によって直接管理される。このため NWSDB は全国を 11 地域に分けて、それぞれに Additional General Manager 及び Deputy General Manager を配置して運営している。

農村部は Pradeshiya Sabha に属する GND と定義され、州政府が地方自治体（Municipal Council、Urban Council、Pradeshiya Sabha）を通じて小規模農村部水道事業の実施を担っている。政府・州政府・地方自治体の役割はセクター活動の実施を調整・促進することであり、CBOs、民間セクター・NGOs がサービス・プロバイダーで、地方自治体は必要があればサービス・プロバイダーになることがある。国家政策では、このため利用者は、(1)施設及び資産を所有・管理し、(2)施設構築の際に生じる資本投資を分担し、(3)施設の持続可能な維持管理に全責任を有するとされている。

表 1.4 に示されるように、2016 年における Pipe borne water supply の人口普及率は全体で 52.40% を目標にしているが、NWSDB はそのうちの 40.40% に責任を持ち、残りの 12.00% は農村部セクターの目標とされている。

これらの関係機関のは表 1.8 示すように役割分担している。

表 1.8 水道セクター関係機関の役割分担

| Functions | Ministry | NWSDB | Provincial Council | Local Authorities | Users (CBOs) |
|--|----------|-------|--------------------|-------------------|--------------|
| Formulate the national policy | × | | | | |
| Facilitate with the Government to secure internal and external funding for sector development | × | | | | |
| Monitor the sub-sector development activities | × | | | | |
| Coordinate, monitor and promote sub-sector development activities | × | | | | |
| Undertake design, construction and operation of pipe borne water supply schemes | | × | | | |
| Provide technical assistance | | × | | | |
| Transfer the O&M function of RWS schemes to LAs and CBOs | | × | | | |
| Enact the RWS and sanitation policy | | | × | | |
| Coordinate the planning and implementation of RWS schemes implemented and managed by LAs | | | × | | |
| Monitor the RWS sub-sector development activities | | | × | | |
| Make decisions on resource allocation among LAs | | | × | | |
| Prepare policies, guidelines and strategies for all sector development activities | | | × | | |
| Undertake planning, design and implementation of RWS schemes | | | | × | |
| Undertake the O&M of water schemes | | | | × | |
| Facilitate the CBOs in implementing and managing the water supply systems and provide the necessary technical assistance to CBOs | | | | × | |
| Coordinate and participate with the service provider in sector development activities | | | | | × |
| Actively participate and contribute during the planning, design and construction stages of a project | | | | | × |
| Implement and manage community water supply schemes by forming CBOs | | | | | × |

LAs: Local Authorities, CBOs: Community Based Organizations

RWS: Rural water supply

Source: Prepared by the Study Team based on "the National Policy of Drinking Water"

1.2.5 NWSDB の財務状況

NWSDB 全体の財務状況 は以下の通り。

- 営業収支は年により、利益であったり、損失であったりする。特に料金値上げがあった次の年などに利益を上げている。
- 経常勘定は 2003 年から 2010 年まで損失を示しているが、2011 年に過去 9 年間で初めて黒字となった。しかし、この傾向が将来続くかは予断を許さない。というのは料金が政府により低く抑えられ、値上げはインフレに遅れる傾向にあるからである。
- 更に、2011 年の財務費用（支払利息）は 2009 年、2010 年の額より少なく、その差分約 5 億ルピーを 2011 年の財務費用に加えれば、営業外収支は 17.8 億ルピーの損失となり、営業利益の 17.6 億ルピーよりも多くなり、経常勘定が赤字になる。
- 2003 年～2011 年の貸借対照表によると資産の中で、建設中資産が固定資産よりも毎年多く、しかも増加している。新設や復旧の工事、即ち建設投資が既存の固定資産額よりも常に多いことを示している。
- 「資本及び準備金」の中では政府補助金と資本譲渡（ほとんどが外国援助）が過去 9 年間非常に多く、2011 年には「資本と負債総計」の 85%を占める。加えて、資本譲渡は 2003 年から 2005 年までは政府補助金より少なかったが最近は逆転している。
- 累積赤字が増加し続けており、譲渡金と負債でカバーされていることも注目される。2011 年に経常勘定は黒字になったのに、累積赤字が増大しており、その理由は 2009 年の給料遅配と省の前払金償却の処理により経常黒字を帳消しにして、赤字となり、累積赤字を増加させていることによることが判明した。固定負債の借入金には資本における譲渡金（grant）よりは少ないが、毎年増加している。
- 更に、未払利息が最近、特に 2008 年以降増加している。これは収支における財務費用の上記の議論に対応しており、借入金の利息払いが遅れていることを意味し、2011 年の経常黒字は実質赤字であることになる。
- 結果として、NWSDB の財務状況は健全とは言えない。NWSDB は多くの借入金を抱え、利息支払や借入金返済を行わなければならない。しかし、営業黒字、経常黒字を達成するのは容易ではない。事態を改善するためには収入を増加させ、費用を減らすことが必要であるが、収入は料金と密接に関係しており、料金は政府により抑えられており、値上げは容易ではない。もし NWSDB が資金不足に陥れば、政府は補助金を与えるようである。したがって、NWSDB は財務的に独立した継続可能な主体とは考えがたい。

表 1.9 NWSDB 損益計算表

(Unit: Rs.)

| Item | Year | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|----------------------------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Sales of water | | 4,135,900,339 | 4,263,830,351 | 5,446,263,579 | 5,869,448,092 | 6,481,915,574 | 6,743,217,327 | 9,669,975,867 | 10,744,059,534 | 11,616,045,254 |
| Other operating income | | 727,867,450 | 645,046,477 | 814,457,513 | 1,074,822,450 | 1,129,364,580 | 1,391,118,020 | 1,397,317,115 | 1,566,297,797 | 2,081,716,017 |
| Operating Income | | 4,863,767,789 | 4,908,876,828 | 6,260,721,092 | 6,944,270,542 | 7,611,280,154 | 8,134,335,347 | 11,067,292,982 | 12,310,357,331 | 13,697,761,271 |
| Direct operating expenses | | 2,834,131,407 | 3,454,131,782 | 3,604,024,192 | 4,080,524,657 | 4,902,547,316 | 6,088,841,694 | 6,321,949,712 | 7,061,727,544 | 7,470,490,082 |
| Personnel cost | | 1,068,274,105 | 1,408,733,213 | 1,599,810,859 | 1,829,346,805 | 2,335,091,573 | 2,633,355,899 | 2,830,486,142 | 3,346,857,362 | 3,345,000,435 |
| Pumping cost | | 1,207,036,638 | 1,248,338,029 | 1,217,702,035 | 1,360,669,505 | 1,587,873,327 | 2,104,778,364 | 2,025,805,684 | 2,103,576,701 | 2,417,486,303 |
| Chemical cost | | 193,376,960 | 286,914,658 | 301,387,232 | 319,570,787 | 349,492,607 | 436,027,228 | 421,702,108 | 412,935,647 | 426,959,662 |
| Repairs & maintenance | | 155,126,555 | 238,273,589 | 221,268,901 | 256,858,175 | 287,034,821 | 454,778,478 | 485,572,435 | 560,276,883 | 581,807,386 |
| Establishment expenses | | 91,162,859 | 106,428,937 | 122,737,408 | 137,637,825 | 152,013,097 | 213,069,370 | 229,811,749 | 248,970,965 | 272,493,532 |
| Rent, rates, taxes, etc. | | 119,154,290 | 165,443,357 | 141,117,757 | 176,441,560 | 191,041,890 | 246,832,355 | 328,571,593 | 389,084,987 | 426,742,765 |
| Administration overheads | | 784,536,152 | 962,238,646 | 999,273,784 | 1,348,603,525 | 1,762,775,528 | 1,895,309,365 | 2,062,268,144 | 2,564,857,342 | 2,447,412,103 |
| Depreciation | | 966,206,589 | 752,748,842 | 1,043,413,735 | 1,100,006,942 | 1,381,373,713 | 1,397,510,699 | 1,409,852,073 | 3,258,762,679 | 1,769,054,208 |
| Other operating expenses | | | 123,242,899 | 177,410,662 | 159,864,181 | 139,810,303 | 468,138,615 | 1,089,308,312 | 3,953,088,317 | 249,979,834 |
| Operating Expenditure | | 4,584,874,148 | 5,292,362,169 | 5,824,122,373 | 6,688,999,305 | 8,186,506,860 | 9,849,800,373 | 10,883,378,241 | 16,838,435,882 | 11,936,936,227 |
| Operating Profit/ Loss | | 278,893,641 | -383,485,341 | 436,598,719 | 255,271,237 | -575,226,706 | -1,715,465,026 | 183,914,741 | -4,528,078,551 | 1,760,825,044 |
| Non-operating income | | 136,474,325 | 96,556,001 | 32,633,847 | 114,477,942 | 203,386,141 | 59,918,167 | 48,782,302 | 97,644,018 | 131,257,102 |
| Finance cost | | 613,048,615 | 647,054,533 | 663,370,716 | 511,983,308 | 851,942,058 | 1,192,769,345 | 1,568,941,934 | 1,419,459,214 | 943,355,146 |
| Tsunami cost/Revaluation deficit | | 0 | 0 | 0 | 7,981,932 | 0 | 0 | 0 | ෪ | 474,261,491 |
| Non-operating Profit/ Loss | | -476,574,290 | -550,498,532 | -630,736,869 | -405,487,298 | -648,555,917 | -1,132,851,178 | -1,520,159,632 | -1,321,815,196 | -1,286,359,535 |
| Current-account payment balance | | -197,680,649 | -933,983,873 | -194,138,150 | -150,216,061 | -1,223,782,623 | -2,848,316,204 | -1,336,244,891 | -5,849,893,747 | 474,465,509 |

Source: NWSDB

表 1.10(1) NWSDB の貸借対照表 (資産)

(Unit: Million Rs.)

| Item | Year | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-----------------------------|------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Non-current Assets | | 54,864 | 66,462 | 77,358 | 89,991 | 100,813 | 115,632 | 135,978 | 149,210 | 178,292 |
| Property, Plant & Equipment | | 24,649 | 25,419 | 36,767 | 42,182 | 52,406 | 55,197 | 63,086 | 73,666 | 84,271 |
| Capital Work in Progress | | 29,460 | 40,402 | 40,448 | 47,681 | 48,291 | 60,344 | 72,815 | 75,479 | 93,974 |
| Intangible Assets | | 96 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Investments | | 660 | 545 | 144 | 129 | 115 | 91 | 77 | 65 | 47 |
| Current Assets | | 9,503 | 9,533 | 11,852 | 13,620 | 13,094 | 15,190 | 13,460 | 14,984 | 14,479 |
| Non-operating Assets | | 0 | 0 | 192 | 191 | 191 | 191 | 159 | 187 | 130 |
| Inventories | | 2,113 | 1,891 | 2,151 | 2,283 | 2,602 | 3,081 | 3,306 | 3,283 | 3,553 |
| Trade & Other Receivables | | 3,209 | 3,872 | 4,994 | 5,079 | 6,021 | 5,250 | 4,301 | 4,164 | 4,631 |
| Deposits & Advances | | 3,104 | 2,771 | 3,171 | 4,209 | 2,945 | 5,422 | 4,766 | 5,578 | 4,463 |
| Investments | | 762 | 969 | 673 | 1,650 | 850 | 423 | 304 | 612 | 987 |
| Cash & Cash Equivalents | | 315 | 29 | 672 | 207 | 484 | 823 | 625 | 1,161 | 715 |
| Total Assets | | 64,368 | 75,995 | 89,210 | 103,611 | 113,907 | 130,822 | 149,438 | 164,194 | 192,772 |

• Source: NWSDB

表 1.10(2) NWSDB の貸借対照表 (資本・負債)

(Unit: Million Rs.)

| Item | Year | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-----------------------------------|------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Capital and Reserves | | 50,469 | 60,544 | 71,964 | 84,174 | 92,797 | 105,226 | 118,734 | 128,381 | 150,712 |
| Assets taken over from Government | | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 | 185 |
| Equity Capital/ Government Grant | | 27,730 | 31,545 | 36,693 | 42,361 | 48,851 | 54,560 | 58,446 | 62,618 | 69,440 |
| Capital Grants | | 22,878 | 29,976 | 36,339 | 43,096 | 46,507 | 56,142 | 67,190 | 78,620 | 94,203 |
| Capital Recovery Fund | | 742 | 881 | 1,060 | 1,261 | 1,487 | 1,819 | 2,151 | 2,532 | 3,041 |
| Staff Welfare Fund | | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 15 | 13 | 13 | 14 |
| Revaluation Reserve | | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 | 0 | 0 |
| Accumulated Profit/ Loss | | -1,388 | -2,363 | -2,635 | -3,051 | -4,555 | -7,804 | -9,560 | -15,588 | -16,172 |
| Non-current Liabilities | | 12,113 | 13,310 | 14,948 | 17,301 | 18,257 | 20,281 | 23,324 | 26,475 | 31,474 |
| Loan Payable | | 10,816 | 11,913 | 13,466 | 15,697 | 16,526 | 18,113 | 20,137 | 23,071 | 27,839 |
| Other Deferred Liabilities | | 1,297 | 1,397 | 1,482 | 1,604 | 1,731 | 2,167 | 3,188 | 3,405 | 3,635 |
| Current Liabilities | | 1,787 | 2,141 | 2,298 | 2,136 | 2,852 | 5,315 | 7,379 | 9,338 | 10,586 |
| Creditors | | 1,147 | 1,170 | 1,203 | 1,081 | 1,210 | 1,347 | 2,173 | 2,345 | 3,489 |
| Loan Capital Payable | | 0 | 0 | 573 | 295 | 699 | 1,411 | 2,256 | 2,362 | 2,688 |
| Loan Interest Payable | | 289 | 230 | 91 | 142 | 284 | 1,457 | 1,896 | 3,157 | 2,465 |
| Non-operating Liabilities | | 0 | 0 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 161 | 133 |
| Other Payables | | 351 | 740 | 317 | 502 | 544 | 985 | 939 | 1,312 | 1,811 |
| Total Equity and Liabilities | | 64,368 | 75,995 | 89,210 | 103,611 | 113,907 | 130,822 | 149,438 | 164,194 | 192,772 |

• Source: NWSDB

1.2.6 国際的ドナーの活動と方針

「ス」国には 2009 年 5 月の内戦終結とともに各国は競うように援助の手を差し伸べている。上下水道省の「実績報告書 2011 年」に記載の上下水道プロジェクトだけでも、12 ヶ国 4 国際機関が 30 を数えるプロジェクトの援助に関わっている。これらをセクター別に分類すると表 1.11 のようになる。

表 1.11 スリランカの上下水道セクターに対する二国間、多国間援助

| | Water Supply | | | Sewerage |
|--|---|----------|---|-------------------------------------|
| | Urban | Rural | Others | |
| Bilateral and Multi-lateral Assistance | Japan (JICA) Denmark (DANIDA) Hungary Spain Netherland Germany (KfW) Korea Austria Australia France Belgium | ADB | ADB UNICEF WB IFRC (Red Cross) | Japan Australia Sweden (SIDA) |
| | 11 countries | 1 agency | 4 agencies | 3 countries |

2011 年における主要援助国及び機関として、ADB、JICA (Japan)、KfW (Germany)、SIDA (Sweden)、UNICEF、IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies)、Austria、France、Spain、Hungary、Korea、Netherland が挙げられている。JICA は表 1.11 にも見られるように上下水道の両セクターを援助しているが、水道に関しては都市を対象にしている。これに対し ADB は第三次、第四次に続いて第六次として農村に注力している。また、日本は施設建設のハードのみならず、能力開発といったソフト面も支援している。同様にドイツもエネルギー節減プロジェクトを支援している。

ADB、IFRC は津波関連の援助に関わっているが、UNICEF は Water, sanitation and hygiene programme、WB は Increase of number of sewerage connections and access to safe sanitation といった貧困層に眼を向けて衛生環境の改善につながるテーマに取り組んでいる。

第2章 自然・社会条件

2.1 概説

アヌラダプラ県は首都コロンボから北へ 280 km、キャンディから北へ 140 km のところに位置する北中部の内陸の県で、気候帯としては降雨量の少ない乾燥地帯に分類され、灌漑用貯水池が数多く存在する。県都アヌラダプラ周辺は紀元前 2 世紀から 9 世紀まで栄えた古代シンハラ王朝の最初の都で、世界文化遺産に登録されている。

調査対象地域の Padaviya、Kebithigollewa、Horowpothana、Kahatagasdigiliya、Medawachchiya、Rambewa の 6 DSDs

(Divisional Secretary Division、日本の「郡」に相当) はアヌラダプラ県の東北部に位置し、東は Trincomalee 県、北は Vavuniya 県に接する、総面積 286,268 ha、人口 175,890 人 (2001 年センサス) の典型的な農村地帯である。

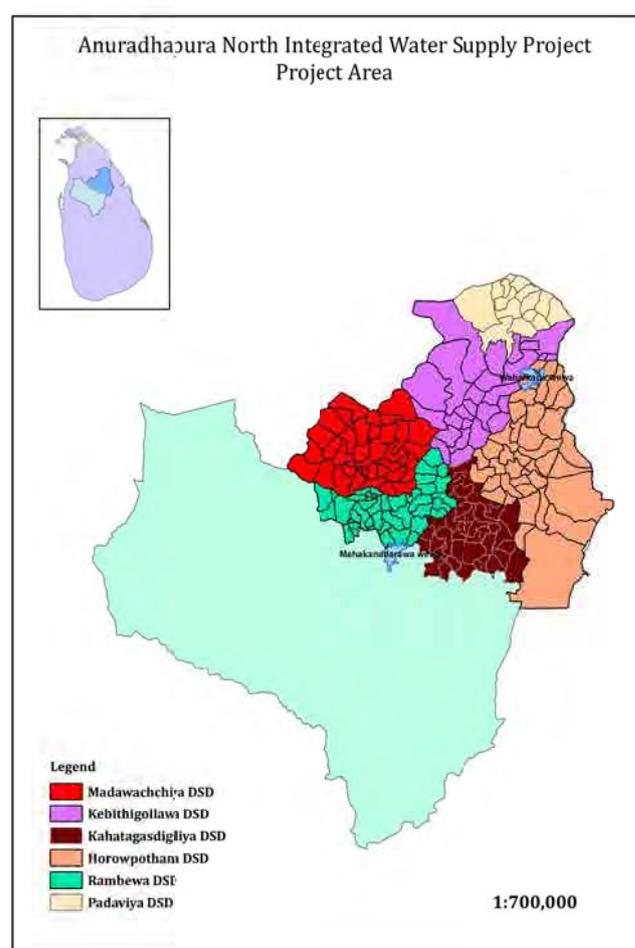


図 2.1 調査対象地域位置図

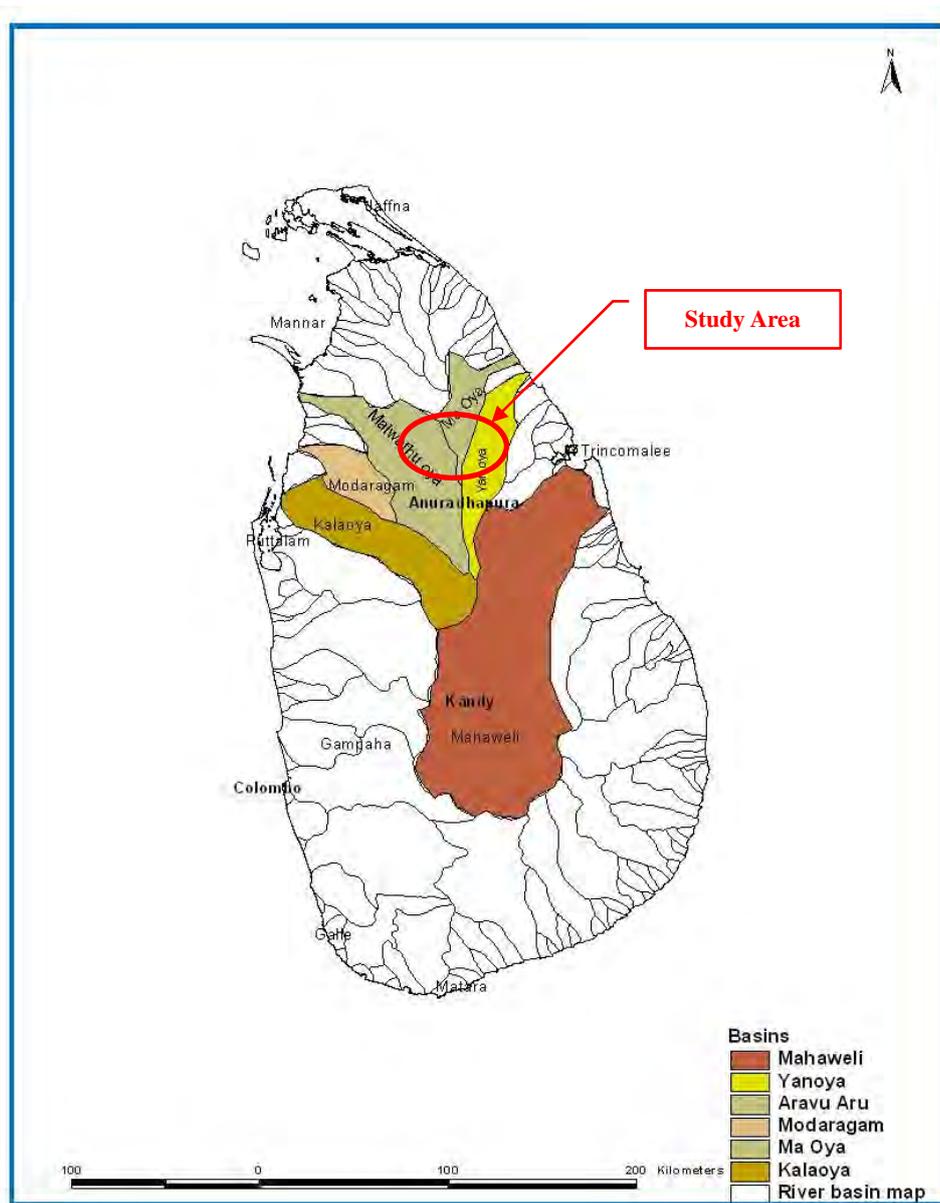
2.2 自然的条件

2.2.1 地形

調査対象区域は図 2.2 に示すように三つの河川流域、すなわち、(1) Malwathu Oya、(2) Ma Oya、(3) Yan Oya にまたがっている。Ma Oya and と Yan Oya の流域界は国道 B211 の西 1~2 km を走っており、一方、Malwathu Oya と Ma Oya 及び Yan Oya の流域界は国道 A9 と B538 のほぼ中心を走っている。

Malwathu Oya 流域の西側は北西に向かって、東側は北東に向かって起伏はあるが下っている

年間を通じて水を貯える大きな貯水池が多くあるが、調査対象区域内の小さな貯水池は乾期には干上がり、北東の季節風が来るまで待たなければならない。



Source: HYDROSULT Inc, "Anuradhapura Pilot Area – groundwater Monitoring Program", September 2010

図 2.2 河川流域界

2.2.2 地質

調査対象地域の大部分の地質は、古い地向斜内できれいに層状化した鉱床の変質によって形成された高度の結晶構造になっている。調査対象区域内には県の中中部及び東部に一般に見られるハイランド・シリーズと命名された五つの岩石タイプが存在する。

Kebithigollewa の雲母鉱物及び Palagala から Horowpothana にかけての石灰岩鉱床が調査対象地域内における主要な鉱物資源と言える。

北中部州において、いわゆる硬岩または結晶構造基盤岩体は量が極めて限られた浅層地下水としてよく知られている。この浅層地下水は地形を横切って分布しているいくつかの小規模灌漑貯水池システムの存在によってもたらされていると理解されている。これによって、アヌラダプラ県では最近農場用に農業井戸の開発が進んで、15,000 本以上もの農業井戸が稼働していると言われている。これらのほとんどすべてが、上流に位置する小規模村落の貯水池からある程度の滲出水を受けている浅い内陸の谷地の低地に存在している。

ホタル石（火成岩に含まれる主たるフッ化物鉱物）、アパタイト鉱物及び雲母に由来するフッ化物は、一般に地下水中に低濃度で存在している。火山性または噴気孔ガスがフッ化物を含むこともあり、一部区域ではこれらが地下水中のフッ化物源となることもある。

2.2.3 気象条件

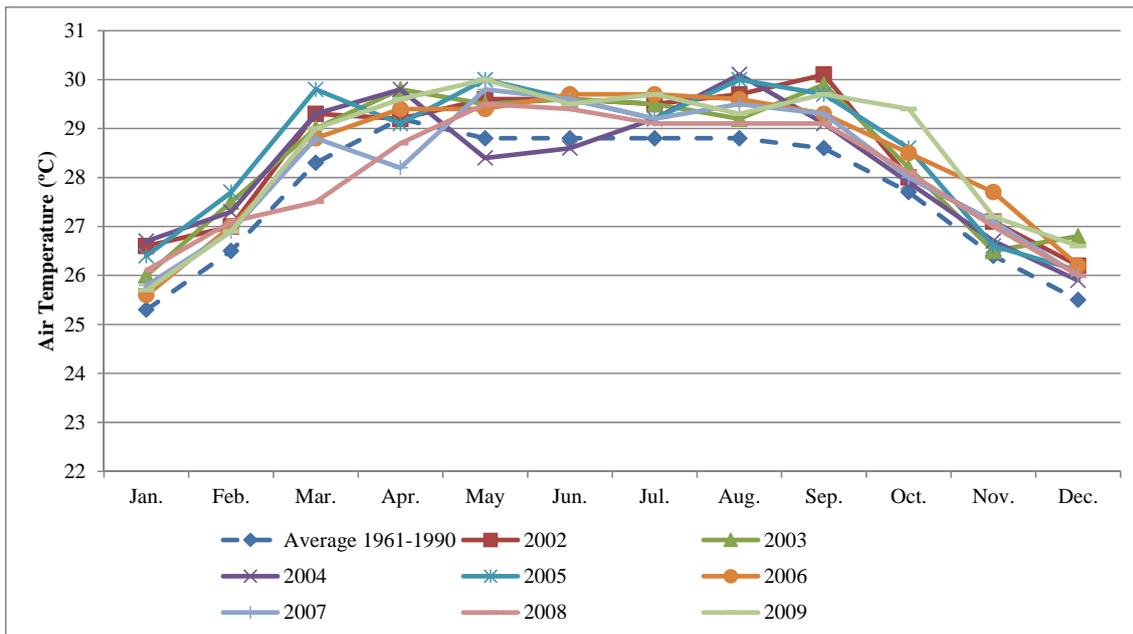
(1) 気温

スリランカでは栽培目的から気象パターンは基本的に 2 シーズンに分類される。

- 10 月～3 月の Maha シーズンは雨期と呼ばれる。
- 4 月～9 月の Yala シーズンは乾期と呼ばれる。

4 月～9 月の乾期の月間平均気温は 29°C～30°C と極めて安定しているが、10 月からの雨期に入ると気温は下がり始め 12 月～1 月を最寒月（約 26°C）にして、上昇に転じる（図 2.3 参照）。

1961 年～1990 年の 30 年間の平均気温に比べると、2004 年～2009 年の気温は総じてこれを上回っているのが分かる。

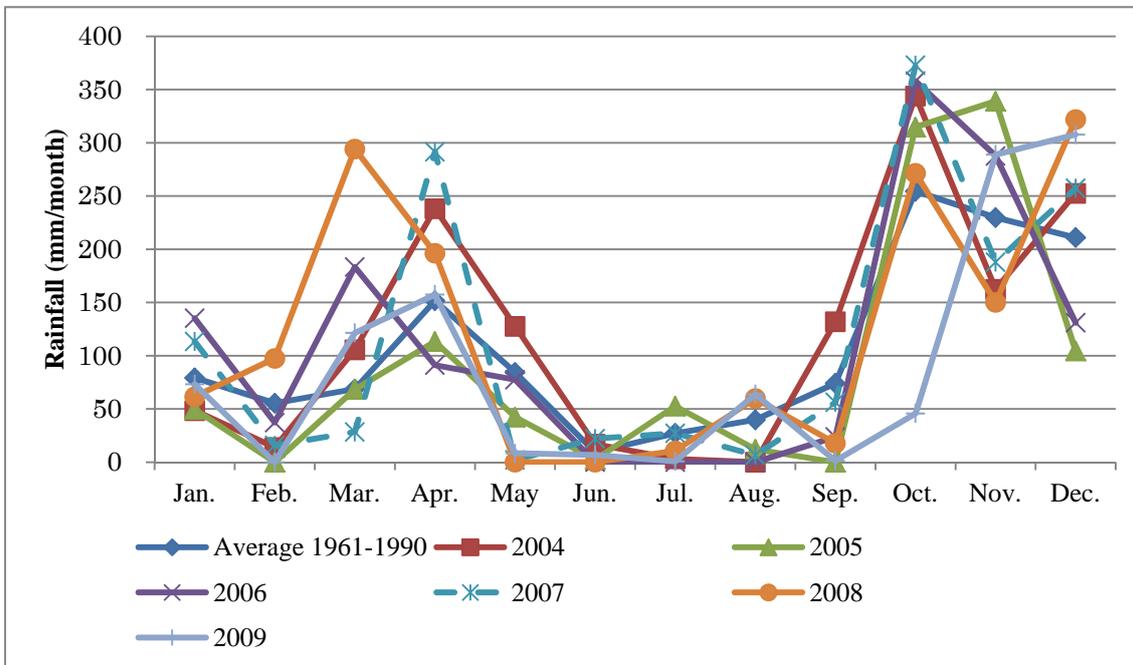


Source: "Statistical Abstract 2010", Department of Census and Statistics

図 2.3 アヌラダプラ県の気温 (2004~2009)

(2) 降雨量

アヌラダプラの年間平均降雨量 (1961 年~1990 年) は 1,285 mm であるが、降雨量の 2/3 以上は Maha シーズンに降り、しかもこの期間の降雨量の 70% 以上は 10 月~12 月に集中する。このため図 2.4 に示すように降雨量の変動が激しい。

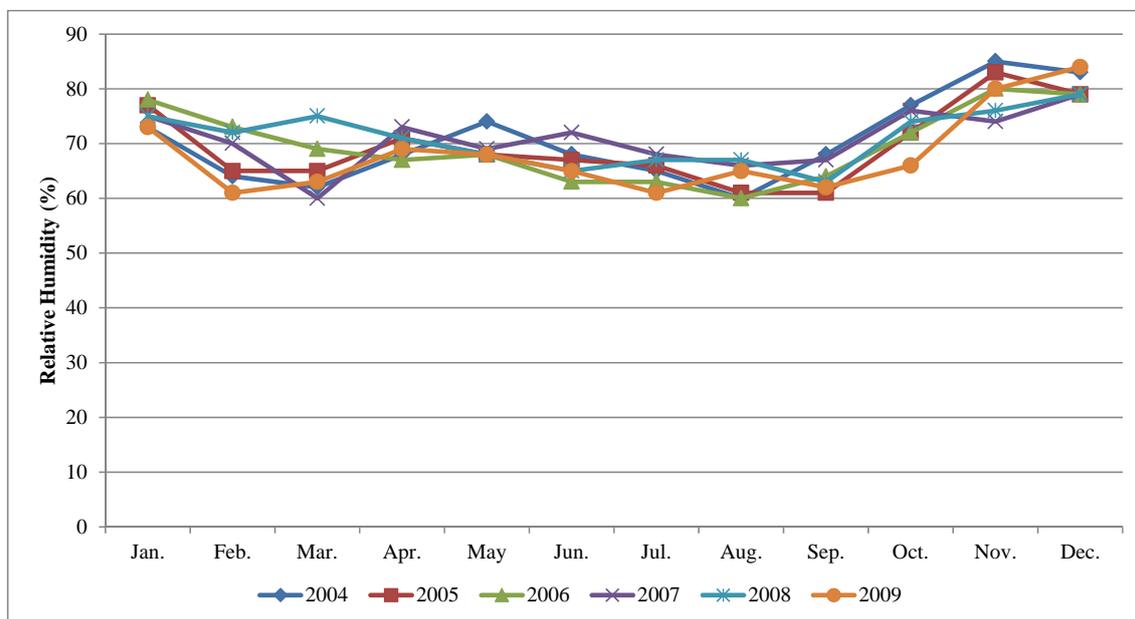


Source: "Statistical Abstract 2010", Department of Census and Statistics

図 2.4 アヌラダプラ県の降雨量 (2004~2009)

(3) 相対湿度

相対湿度に関しては2月～9月が60%～70%で最も安定しており、これを過ぎると上がり始め12月にピーク（79%～84%）に達した後、低下に転じる。



Source: "Statistical Abstract 2010", Department of Census and Statistics

図 2.5 アヌラダプラ県の相対湿度（2004～2009）

2.3 社会的条件

2.3.1 人口

スリランカのセンサスにおける全国、アヌラダプラ県、調査対象地域の人口、人口密度、人口伸び率を表 2.1 に示す。

表 2.1 全国、アヌラダプラ県、調査対象地域の人口、人口密度、人口伸び率

| | Area (km ²) | Population ('1,000) | | | Population Density (persons/km ²) | | Annual Average Growth Rate (%) | |
|---------------------|-------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|---|------------|--------------------------------|-------------|
| | | 1981 | 2001 | 2012 | 2001 | 2012 | 2001/1981 | 2012/2001 |
| Sri Lanka | 66,510 | 14,846.8 | 18,797.3 | 20,277.6 | 300 | 323 | 1.16 | 0.71 |
| Urban | | 3,192.7 | - | - | | | - | - |
| Rural | | 11,654.3 | - | - | | | - | - |
| Anuradhapura | 7,179 | 587.9 | 745.7 | 855.6 | 112 | 128 | 1.25 | 1.33 |
| (% to Sri Lanka) | | (4.0%) | (4.0%) | (4.2%) | | | | |
| Urban | | 41.4 | 53.2 | - | | | 1.26 | - |
| Rural | | 546.5 | 692.5 | - | | | 1.19 | - |
| Study Area | 2,843 | | 175,890 | 205,171 | 62 | 72 | | 1.41 |
| Padaviya | 240 | | 21,146 | 22,924 | 88 | 96 | | 0.74 |
| Kebithigollewa | 615 | | 19,457 | 22,227 | 32 | 36 | | 1.22 |
| Horowpothana | 845 | | 29,642 | 36,714 | 35 | 43 | | 1.96 |
| Kahatagasdigiliya | 352 | | 33,572 | 40,137 | 95 | 114 | | 1.64 |
| Medawachchiya | 482 | | 40,469 | 46,743 | 84 | 97 | | 1.32 |
| Rambewa | 309 | | 31,604 | 36,426 | 102 | 118 | | 1.30 |

- センサス 2011 年における総人口は 20,277,597 人で、センサス 2001 年からの年間平均伸び率は 0.71% で、1981 年～2001 年の 1.16% から大きく低下している。
- 同様にアヌラダプラ県総人口は 855,562 人で平均人口伸び率は 1.33% で、1981 年～2001 年の 1.25% からやや上昇している。
- アヌラダプラ県におけるセンサス 2001 年の総人口は 745,693 人（100%）で、都市人口 53,151 人（7.1%）、農村人口 691,573 人（92.7%）、農園人口 969 人（0.1%）で構成されている。
注）農園人口（Estate Population）とは、10 人以上の労働者が居住する面積が 10 acre 以上の農園（plantation）の人口をいう。
- アヌラダプラ県ではアヌラダプラ市とその周辺部のみが都市部（53,151 人）に分類され、その他の地域はすべて農村部に分類される。したがって、調査対象地域は全域農村部に属する。
- センサス 2001 年におけるアヌラダプラ県の平均人口密度は 104.0 人/km² であるが、調査対象地域はいずれもそれを下回っており、とくに Kebithigollewa は 31.7 人/km²、Horowapothana は 35.8 人/km² と大きく下回っている（調査対象地域全体の平均人口密度は 62.3 人/km² である。）。

2.3.2 土地利用

アヌラダプラ県は国土総面積の 11% を占め、面積 738,953 ha を有するスリランカで最大の県である。土地利用は広大な広さの水田、低木地、森林区域、混作地、Chena 栽培地、家庭園芸地及び住宅地を含む。地域住民の大部分は農民で水田稲作に大きく依存している。これとは別に、地域経済は大部分野菜栽培を伴う chena 及び家庭菜園を中心に行っている。これに加えて、牛・山羊・鶏を含む畜産もまた一部地域で普及している。

調査対象地域における土地利用は農業利用が最も大きいですが、それでも水田は 16.0%、高原園芸地は 1.1% を占めているに過ぎない(表 2.2)。

表 2.2 調査対象地域における農業の土地利用状況

| | Land Area (ha) | Paddy (ha) | Highland Crop (ha) |
|---------------------|----------------|-------------------|--------------------|
| Padaviya | 23,119 | 4,841 | 389 |
| Kebithigollewa | 56,062 | 5,304 | 593 |
| Horouputana | 85,487 | 10,924 | 178 |
| Kahatagas digil iya | 33,141 | 8,605 | 575 |
| Medawachehiya | 50,730 | 6,791 | 666 |
| Rambewa | 25,509 | 7,399 | 671 |
| Total | 274,048 | 43,864 (16.0%) | 3,072 (1.1%) |

Note: Highland crop means cashew, arecant, mango, orange, lime, jack, plantain and papaw.

2.3.3 収入と支出

(1) 収入

「ス」国センサス統計局の「家計調査 2009/10 (“Household Income and Expenditure Survey -2009/10”, August 2011)、以下「家計調査」という」によれば、全国平均収入は Rs.36,451 で、都市部で Rs.47,783 (対全国比 131.1%)、農村部で Rs. 35,228 (同 96.6%) で、農村部収入は都市部の 73.7%となっている。

アヌラダプラ県が属する北中部州の収入は Rs.35,577 (対全国比 97.6%) で全国平均をやや下回っているが、アヌラダプラ県そのものは Rs.37,586 (対全国比 103.1%) で全国平均をやや上回っている。アヌラダプラ県は 22 県中、Colombo (Rs.51,070)、Gampaha (Rs.48,870)、Ratnapura (Rs.41,312)、Vanuviya (Rs.39,640)に次いで、5 番目にランクされる。

表 2.3 一世帯当たり月間平均収入の平均値、中央値 (2009/10 年)

| | Mean Rs. | Median Rs. | | Mean Rs. | Median Rs. |
|------------------|----------|------------|---------------------|---------------|---------------|
| Sri Lanka | 36,451 | 23,746 | District | | |
| Urban | 47,783 | 31,000 | Colombo | 51,070 | 34,186 |
| Rural | 35,228 | 23,126 | Gampaha | 48,870 | 29,821 |
| Estate | 24,162 | 17,366 | Kalutara | 35,780 | 27,511 |
| | | | Kandy | 33,063 | 22,450 |
| Province | | | Matale | 30,013 | 18,606 |
| Westem | 47,118 | 30,600 | Nuwaraeliya | 31,029 | 21,431 |
| Central | 31,895 | 21,410 | Galle | 31,376 | 21,886 |
| Southern | 32,514 | 23,253 | Matara | 30,980 | 23,048 |
| Northern | 23,712 | 16,710 | Hambantota | 36,879 | 26,406 |
| Eastern | 23,922 | 18,030 | Jaffna | 18,917 | 14,815 |
| NorthWestern | 35,586 | 20,961 | Vavunya | 39,640 | 29,370 |
| NorthCentral | 35,577 | 24,993 | Batticaloa | 22,844 | 16,129 |
| Uva | 28,717 | 19,761 | Ampara | 24,721 | 19,082 |
| Sabaragamuwa | 36,173 | 21,676 | Trincomalee | 24,291 | 19,154 |
| | | | Kurunegala | 36,922 | 20,778 |
| | | | Puttalama | 32,918 | 21,593 |
| | | | Anuradhapura | 37,586 | 25,682 |
| | | | Polonnaruwa | 31,526 | 22,634 |
| | | | Badulla | 32,313 | 20,982 |
| | | | Moneragala | 22,161 | 17,226 |
| | | | Ratnapura | 41,312 | 22,154 |
| | | | KeEalle | 29,342 | 21,122 |

Source: Department of Census and Statistics, “Household Income and Expenditure Survey -2009/10”, August 2011

表 2.4 10 階層区分に基づく総世帯収入に対する収入シェア (2009/10 年)

| Decil group | Sri Lanka | | Urban | | Rural | | Estate | |
|-------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | Income group (Rs.) | Share of income (%) | Income group (Rs.) | Share of income (%) | Income group (Rs.) | Share of income (%) | Income group (Rs.) | Share of income (%) |
| | All deciles | 100.0 | | 100.0 | | 100.0 | | 100.0 |
| 1 | Less than 8,627 | 1.6 | Less than 12,000 | 1.7 | Less than 8,333 | 1.6 | Less than 7,380 | 2.1 |
| 2 | 8,627-12,500 | 2.9 | 12,000-16,854 | 2.9 | 8,334-12,143 | 2.9 | 7,381-10,658 | 3.8 |
| 3 | 12,501-16,019 | 3.9 | 16,855-21,526 | 4.0 | 12,144-15,690 | 4.0 | 10,659-12,700 | 4.8 |
| 4 | 16,020-19,655 | 4.9 | 21,527-26,107 | 5.0 | 15,691-19,167 | 4.9 | 12,701-14,815 | 5.7 |
| 5 | 19,656-23,746 | 6.0 | 26,108-31,000 | 6.0 | 19,168-23,126 | 6.0 | 14,816-17,366 | 6.7 |
| 6 | 23,747-28,502 | 7.1 | 31,001-37,533 | 7.2 | 31,270-27,795 | 7.2 | 17,367-20,320 | 7.8 |
| 7 | 28,503-35,167 | 8.7 | 37,534-46,510 | 8.8 | 27,796-34,179 | 8.7 | 20,321-23,700 | 9.1 |
| 8 | 35,168-44,762 | 10.8 | 46,511-60,389 | 11.1 | 34,180-43,169 | 10.9 | 23,701-28,010 | 10.6 |
| 9 | 44,763-64,443 | 14.6 | 60,390-87,667 | 15.1 | 43,170-61,693 | 14.5 | 28,011-37,629 | 13.4 |
| 10 | More than 64,443 | 39.5 | More than 87,667 | 38.2 | More than 61,693 | 39.3 | More than 37,629 | 36.0 |

Source: Department of Census and Statistics, "Household Income and Expenditure Survey -2009/10", August 2011

表 2.5 10 階層区分に基づく世帯数比率及び総世帯収入に対する収入シェア (2009/10 年)

| Decile Group | Income group (Rs.) | Percentage of households | | | | Share of income | | | |
|--------------|--------------------|--------------------------|-----------|-----------|------------|-----------------|-----------|-----------|------------|
| | | Total (%) | Urban (%) | Rural (%) | Estate (%) | Total (%) | Urban (%) | Rural (%) | Estate (%) |
| | All deciles | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 1 | Less than 8,627 | 10.0 | 5.0 | 10.7 | 13.4 | 1.6 | 0.6 | 1.7 | 3.2 |
| 2 | 8,627-12,500 | 10.0 | 6.6 | 10.3 | 15.3 | 2.9 | 1.5 | 3.1 | 6.8 |
| 3 | 12,501-16,019 | 10.0 | 6.7 | 10.2 | 15.8 | 3.9 | 2.0 | 4.1 | 9.2 |
| 4 | 16,020-19,655 | 10.0 | 8.1 | 10.1 | 14.0 | 4.9 | 3.0 | 5.1 | 10.2 |
| 5 | 19,656-23,746 | 10.0 | 8.2 | 10.2 | 11.9 | 6.0 | 3.7 | 6.3 | 10.7 |
| 6 | 23,747-28,502 | 10.0 | 10.5 | 9.9 | 10.6 | 7.1 | 5.7 | 7.3 | 11.4 |
| 7 | 28,503-35,167 | 10.0 | 11.5 | 9.9 | 7.0 | 8.7 | 7.7 | 1.9 | 9.3 |
| 8 | 35,168-44,762 | 10.0 | 11.9 | 9.9 | 5.5 | 10.8 | 9.9 | 11.1 | 1.9 |
| 9 | 44,763-64,443 | 10.0 | 13.9 | 9.7 | 3.9 | 14.6 | 15.7 | 14.6 | 8.3 |
| 10 | More than 64,443 | 10.0 | 17.7 | 9.1 | 2.7 | 39.5 | 50.3 | 37.7 | 22.0 |

Source: Department of Census and Statistics, "Household Income and Expenditure Survey -2009/10", August 2011

なお、表 2.6 ではアヌラダプラ県の所得平均値が Rs.37,586 (全国値 Rs.36,451) であるのに対し、中央値は Rs.25,682 (全国値 Rs.23,746) と中央値は平均値の 68.3% (全国値 65.1%) と低い方に著しく偏っている。しかし、表 2.4 に示す 10 階層区分における平均値と中央値の関係は 10 階層区分そのものが小さいものから順に並べて人口で 10 等分しているため、第十区分を除き各区分での中央値は平均値にほぼ等しく、偏りは第十区分に集中しているのが分かる。逆に第一区分では中央値は平均値を 6.2% 上回っている。

表 2.6 10 階層区分における平均値と中央値の関係

| Decil Group | Range (Rs.) | Mean (Rs.) | Median (Rs.) | Percentage (%) (Mean=100) |
|-------------|------------------|------------|--------------|------------------------------|
| | All groups | 36,451 | 23,746 | 65.1 |
| 1 | Less than 8,627 | 5,723 | 6,080 | 106.2 |
| 2 | 8,627-12,500 | 10,691 | 10,750 | 100.6 |
| 3 | 12,501-16,019 | 14,285 | 14,283 | 100.0 |
| 4 | 16,020-19,655 | 17,833 | 17,821 | 99.9 |
| 5 | 19,656-23,746 | 21,712 | 21,685 | 99.9 |
| 6 | 23,747-28,502 | 26,047 | 26,000 | 99.8 |
| 7 | 28,503-35,167 | 31,656 | 31,506 | 99.5 |
| 8 | 35,168-44,762 | 39,448 | 39,157 | 99.3 |
| 9 | 44,763-64,443 | 53,192 | 52,531 | 98.8 |
| 10 | More than 64,443 | 143,969 | 90,737 | 63.0 |

(2) 支出

スリランカの全国平均支出は Rs.31,331 で、都市部で Rs.44,928、農村部で Rs.29,423 で、農村部収入は都市部の 65.5%となっている（表 2.7 参照）。

アヌラダプラ県が属する北中部州の収入は Rs.29,480（対全国比 94.0%）で全国平均を下回り、アヌラダプラ県も Rs.29,065（対全国比 92.8%）で全国平均を下回っている。トップは Colombo (Rs.47,291) で、これに Gampala (Rs.41,062)、Kalutara (Rs.35,549) 等が次いでおり、アヌラダプラ県は 22 県中、9 番目にランクされる。

家計調査では水道料金、電気料金支出はそれぞれ一人当たり月間 Rs.24.91、Rs.132.78 となっており、一世帯平均人数を 4.0 人（センサス 2001 年の全国平均）とすると一世帯当たり支出金額は Rs.99.64、Rs.531.12 で、総家計収入 Rs.36,451 に対する比率は 0.27%、1.45% となる。世銀²では、水道サービスに対する家庭の支払可能額の上限は、家計所得の 4% と見積っている。パン・アメリカン保健機関では、上下水道料金請求額は家計所得の 5% 以下とすべきであり、その内訳は水道 3.5%、下水 1.5% であると提言しているが、「ス」国の水道料金支出はこれらの比率をいずれも大きく下回っている。

² “Information and Modeling Issues in Designing Water and Sanitation Subsidy Scheme”, The World Bank, May 2000

表 2.7 一世帯当たり月間平均支出、食料比率、非食料比率 (2009/10 年)

| Sector/Province/District | Total | Expenditure on | Food ratio | Expenditure on | Non-food |
|--------------------------|---------------|----------------|------------|----------------|-------------|
| | expenditure | food & drink | | non-food items | ratio |
| | (Rs) | (Rs) | (%) | (Rs) | (%) |
| Sri Lanka | 31,331 | 13,267 | 42 | 18,064 | 57.7 |
| Sector | | | | | |
| Urban | 44,928 | 16,003 | 36 | 28,925 | 64.4 |
| Rural | 29,423 | 12,859 | 44 | 16,564 | 56.3 |
| Estate | 23,988 | 12,201 | 51 | 11,792 | 49.2 |
| Province | | | | | |
| Western | 42,399 | 15,028 | 35 | 27,373 | 64.6 |
| Central | 28,308 | 12,669 | 45 | 15,639 | 55.2 |
| Southern | 28,809 | 12,628 | 44 | 16,181 | 56.2 |
| Northern | 25,656 | 15,102 | 59 | 10,553 | 41.1 |
| Eastern | 25,265 | 14,512 | 57 | 10,753 | 42.6 |
| North Western | 25,927 | 12,183 | 47 | 13,744 | 53.0 |
| North Central | 29,480 | 12,073 | 41 | 17,407 | 59.0 |
| Uva | 23,547 | 11,030 | 47 | 12,518 | 53.2 |
| Sabaragamuwa | 25,583 | 11,877 | 46 | 13,706 | 53.6 |
| District | | | | | |
| Colombo | 47,291 | 16,121 | 34 | 31,171 | 65.9 |
| Gampaha | 41,062 | 14,473 | 35 | 26,589 | 64.8 |
| Kalutara | 35,549 | 14,021 | 39 | 21,534 | 60.6 |
| Kandy | 29,767 | 12,773 | 43 | 16,994 | 57.1 |
| Matale | 26,528 | 11,739 | 44 | 14,789 | 55.7 |
| Nuwaraeliya | 26,841 | 13,105 | 49 | 13,736 | 51.2 |
| Galle | 27,370 | 12,514 | 46 | 14,855 | 54.3 |
| Matara | 29,408 | 12,561 | 43 | 16,846 | 57.3 |
| Hambantota | 30,744 | 12,941 | 42 | 17,803 | 57.9 |
| Jaffna | 22,725 | 14,787 | 65 | 7,938 | 34.9 |
| Vavuniya | 35,391 | 16,149 | 46 | 19,242 | 54.4 |
| Batticaloa | 23,508 | 13,799 | 59 | 9,709 | 41.3 |
| Ampara | 26,699 | 14,956 | 56 | 11,743 | 44.0 |
| Trincomalee | 25,623 | 14,906 | 58 | 10,717 | 41.8 |
| Kurunegala | 25,201 | 11,618 | 46 | 13,582 | 53.9 |
| Puttalam | 27,376 | 13,310 | 49 | 14,066 | 51.4 |
| Anuradhapura | 29,065 | 11,795 | 41 | 17,271 | 59.4 |
| Polonnaruwa | 30,315 | 12,635 | 42 | 17,680 | 58.3 |
| Badulla | 24,873 | 10,865 | 44 | 14,008 | 56.3 |
| Moneragala | 21,131 | 11,331 | 54 | 9,800 | 46.4 |
| Ratnapura | 25,477 | 11,732 | 46 | 13,745 | 54.0 |
| Kegalle | 25,723 | 12,069 | 47 | 13,654 | 53.1 |

Source: Department of Census and Statistics, "Household Income and Expenditure Survey -2009/10", August 2011

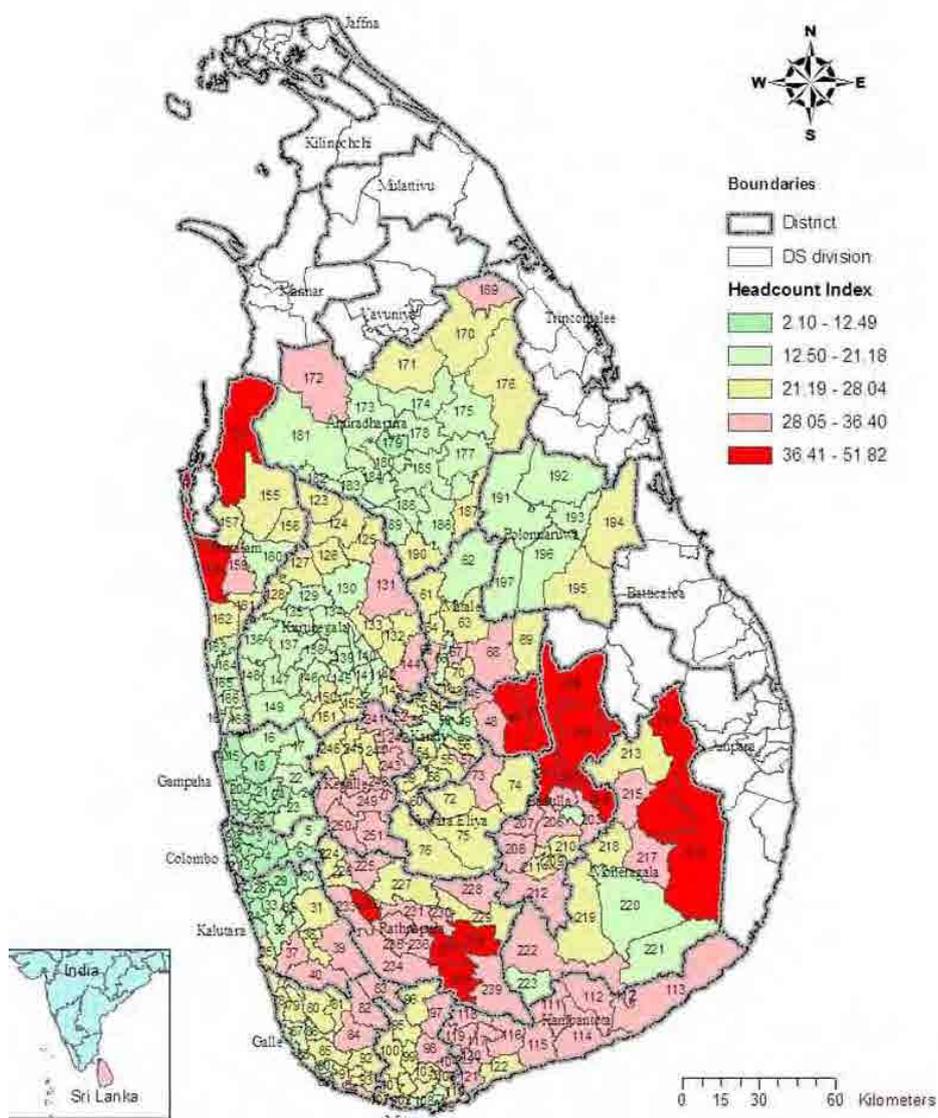
2009/10年の全国家計調査によれば、アヌラダプラ県の貧困指数 HI (Poverty Head Count Index、所得が貧困ラインを下回る人口比率) では 5.7%と、全国 22 県中、バブニヤ (2.3%)、コロンボ (3.6%)、ガンパハ (3.9%) に続く 4 位にランクされており比較的裕福な県に分類される。しかし、調査対象地域は表 2.8 及び図 2.6 の 2002 年のデータが示すように 6 DSDs 中 5 DSDs は県平均を下回り全県貧困層の 28.2%が集中している (調査対象地域の 2001 年の対全県人口比率は 23.6%)。

表 2.8 貧困指数と貧困ライン以下の世帯数

| Study Area/ District | Headcount Index (HI) | Household Population Below Poverty (HPBPL) (persons) | Remarks |
|-----------------------|----------------------|---|--------------|
| Study Area | | | |
| Padaviya | 34.33 | 6,893 | |
| Kebithigollewa | 27.74 | 5,127 | |
| Horowpothana | 24.95 | 7,250 | |
| Kahatagas digiliya | 19.63 | 6,464 | |
| Medawachchiya | 21.34 | 8,113 | |
| Rambewa | 20.57 | 6,339 | |
| | | 40,186 | 全県貧困層の 28.2% |
| Anuradhapura District | 20.00 | 142,308 | |

Poverty Line is one of the widely used indicators to measure poverty in Sri Lanka. The purpose of estimating poverty line is to capture the basic needs necessary to meet minimum living standards

Headcount Index (HI) is defined as the percentage of **Household Population Below Poverty (HPBPL)**.



Source: "Household and Expenditure Survey – 2002" & "Census of Population and Housing – 2002" Department of Census and Statistics, 2005/07/01)

図 2.6 DSD 別貧困指数 (2002)

全国貧困指数 HI は 2002 年の 22.7% から 2006/07 年 15.2%、2009/10 年 8.9% と著しく改善され、アヌラダプラ県も同様に 2002 年 22.7%、2006/07 年 14.9%、2009/10 年 5.7% と改善を見せている。

貧困ラインは最低限の生活に必要な品目と数量が定まっています、個々の物価の上昇に伴って上昇するもので、センサス統計局が毎月発表している。2006/07 年の貧困ラインは全国で Rs.2,142、アヌラダプラ県で Rs.2,099 であったが、2012 年 11 月には、全国で Rs.3,579、アヌラダプラ県で Rs.3,508 まで上がっている（HI の 2009/10 年に対応する貧困ラインは発表されていない）。

表 2.9 基礎データ

| データ | 項目 | 全体 | | 都市部 | | 農村部 | |
|-----------|--------------------|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 所得 (Rs.) | 総人口比 (%) | 所得 (Rs.) | 総人口比 (%) | 所得 (Rs.) | 総人口比 (%) |
| 2009/10 | 第一区分平均値 | 5,723 | | | | | |
| 2009/10 | 第一区分中央値 | 6,080 | 5.0 | | | | |
| 2009/10 | 貧困ライン (アヌラダプラ県) | N/A | 8.9 (5.7) | N/A | 5.3 | N/A | 9.4 |
| 2012-Nov. | 貧困ライン (アヌラダプラ県) | 3,579 (3,508) | | | | | |
| 2009/10 | 第一区分上限値 | 8,627 | 10.0 | 12,000 | 10 | 8,333 | 10 |

注) 2009/10 年のアヌラダプラ県の貧困指数は 8.9% で、所得 10 階層区分第一区分中央値 (5%) と上限値 (10%) の間に来るはずであるが、2012 年 11 月の貧困ライン (2009/10 年値は発表されていない) は Rs.3,508 で第一区分中央値の Rs.6,080 を下回っており、矛盾が見られる。

(3) 水道料金の家計の可分所得に占める割合

都市部・農村部のセクター別あるいは県別データは表 2.9 に示すように全国値と同じようには揃わないので、以下においては全国値に基づいて検討する。

貧困指数の全国値は 8.9% なので、貧困層はすべて所得 10 階層区分の第一区分 (最下位から 10%) に属すると考えて良い。ここで、1 世帯の平均人口を 4 人、月間平均使用水量を $11 \text{ m}^3/\text{月}$ ($= 4 \text{ 人} \times 91 \text{ Lpcd} \times 30.4 \text{ 日/月}$) とすると、水道料金は表 2.10 に示すように特別料金 (Domestic - Samurdhi Recipients) 適用の場合、所得第一区分の中央値 Rs.6,080 に対して 2.8% と、世銀の示す可分所得金額の 4% 以内に収まっている。また、中央値を超える第一区分に属する使用者に対しては通常料金 (Domestic - Non Samurdhi Tenement Garden) が適用されても、水道料金の占める割合は 2.8% ~ 2.6% ($= 222 / 8,627$) の範囲にあり 4% 以内に収まっていて問題のないレベルにある。この結果は、第一区分に属する世帯のうち所得が Rs.4,200 ($= \text{Rs.168} / 0.04$) 未満の世帯において、水道料金が可分所得金額の 4% を超える世帯が存在することを示唆しているが、その全県世帯数に対する比率は約 3.5% ($= 5\% \times \text{Rs.4,200} / \text{Rs.6,080}$) と推定される。調査対象地域に限ってみれば、調査対象地域人口の全県人口に対する比率の 23.6% を適用して約 0.8% ($= 3.5\% \times 0.236$) と見込まれる。

ちなみに、2012年9月30日までの旧料金体系下では特別料金適用の貧困ライン以下の使用者の月額水道料金はRs.80.1で新料金の値上げ率が110%で、第1区分の通常料金適用の値上げ率37%の約3倍で、特別料金適用の貧困ライン以下の世帯に厳しい内容になっている。

表 2.10 水道料金の試算

(1) 貧困ライン以下の使用者（特別料金適用）

| 新料金体系（2012年10月1日実施） | | | 適用水量（m ³ ） | 料金（Rs.） |
|---|-------------|---------------------------|-----------------------|---------|
| 使用水量区分（m ³ ） | サービス料金（Rs.） | 従量料金（Rs./m ³ ） | | |
| 00-05 | 50 | 5 | 5 | 25 |
| 06-10 | 50 | 10 | 5 | 50 |
| 11-15 | 50 | 15 | 1 | 15 |
| 使用水量11 m ³ /月に適用される月間サービス料金 | | | | 50 |
| 課税前請求額 | | | | 140 |
| VAT（20%） | | | | 28 |
| 合計 | | | | 168 |
| 第一区分中央値Rs.6,080に対する水道料金比率 = (168 / 6,080) x 100 | | | | 2.8% |

(2) 第1区分に属する使用者（通常料金適用）

| 新料金体系（2012年10月1日実施） | | | 適用水量（m ³ ） | 料金（Rs.） |
|---|-------------|---------------------------|-----------------------|---------|
| 使用水量区分（m ³ ） | サービス料金（Rs.） | 従量料金（Rs./m ³ ） | | |
| 00-05 | 50 | 8 | 5 | 40 |
| 06-10 | 65 | 11 | 5 | 55 |
| 11-15 | 70 | 20 | 1 | 20 |
| 使用水量11 m ³ /月に適用される月間サービス料金 | | | | 70 |
| 課税前請求額 | | | | 185 |
| VAT（20%） | | | | 37 |
| 合計 | | | | 222 |
| 第一区分上限値Rs.8,627に対する水道料金比率 = (222 / 8,627) x 100 | | | | 2.6% |

(4) 貧困層

法定貧困レベルに基づく貧困世帯比率は、1990/91年の21.8%から1995/96年の24.3%を経て、2002年の19.2%、2006-07年の12.6%と低下してきている。これに対し、アヌラダプラ県ではそれぞれ、20.1%、21.9%、17.2%、12.7%と国と似たような軌跡を辿っている。

表 2.11 貧困世帯率及び法定貧困レベル

| | 1990/91 | 1995/96 | 2002 | 2006-07 | 2009/10 |
|--|---------|---------|-------|---------|---------|
| Percentage of poor households (%) | | | | | |
| Sri Lanka | 21.8 | 24.3 | 19.2 | 12.6 | 7.0 |
| Anuradhapura | 20.1 | 21.9 | 17.2 | 12.7 | 4.6 |
| Official poverty line (Rs.) | | | | | |
| Sri Lanka | 475 | 833 | 1,423 | 2142 | |
| Anuradhapura | 456 | 816 | 1,380 | 2,099 | |

Source: "Announcement of the Official Poverty Line", Department of census and Statistics, 2004 June

2.3.4 衛生施設

(1) 便所施設

アヌラダプラ県においては、2001年及び2011年の人口住宅センサスによれば、専用便所を保有しているのは2001年の73.2%から2011年には83%と増加し、衛生施設を保有しない割合が12.7%から2.2%と大きく減少した。アヌラダプラ県の便所施設の所有状況が改善されていることが示されたが、2011年においても、なおアヌラダプラ県の専用便所率はス国全体平均（86.5%）を下回っており、整備状況としては、「ス」国平均を下回っている。

調査対象地域に関して言えば、専用便所を保有しているのは2001年では61.5%で全県平均を11.7%下回っていたが、2011年には79.65%となり全県平均との差は3.4%に縮まった。逆に衛生施設を保有しない割合は2001年には23.5%～33.3%と全県平均12.7%を大きく上回っていたが、2011年には6 DSDs 平均で4.3%（2.3%～5.7%）となり全県平均との差は2.1%に縮まり、アヌラダプラ県における調査対象地域の便所施設整備の遅れは改善されつつある。

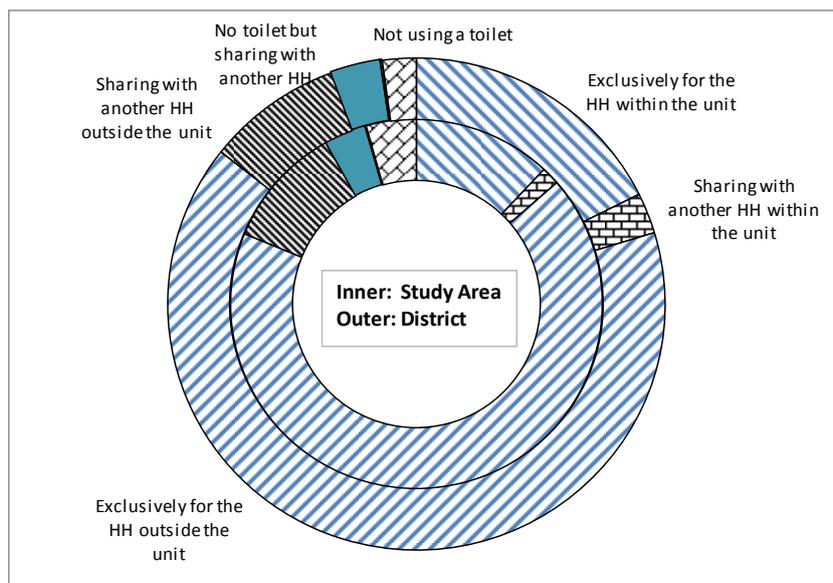


図 2.7 アヌラダプラ県及び調査対象地域における便所の保有状況

(2) 便所のタイプ

衛生施設のタイプについては2011年センサスにおいてデータが得られなかったため、2001年センサスの情報を基にする。

全県では水封式が47.9%で半分弱を占め、注水式（Pour Flush）13.3%、竪穴式（Pit）が21.6%、その他が2.4%、衛生施設を保有しないが12.7%となっており、衛生施設のタイプにおいても衛生便所の普及が遅れているのが分かる。

調査対象地域に関して言えば、Pitが12.8%で全県を8.8%下回っている。

調査対象地域である 6 DSDs に関して言えば、Horowpothana が 38.5% で全県を 9.4% 下回り、Padaviya は Pit が 36.6% と全県を 15.0% 上回っている。その他のカテゴリは全県と大きな違いはない。

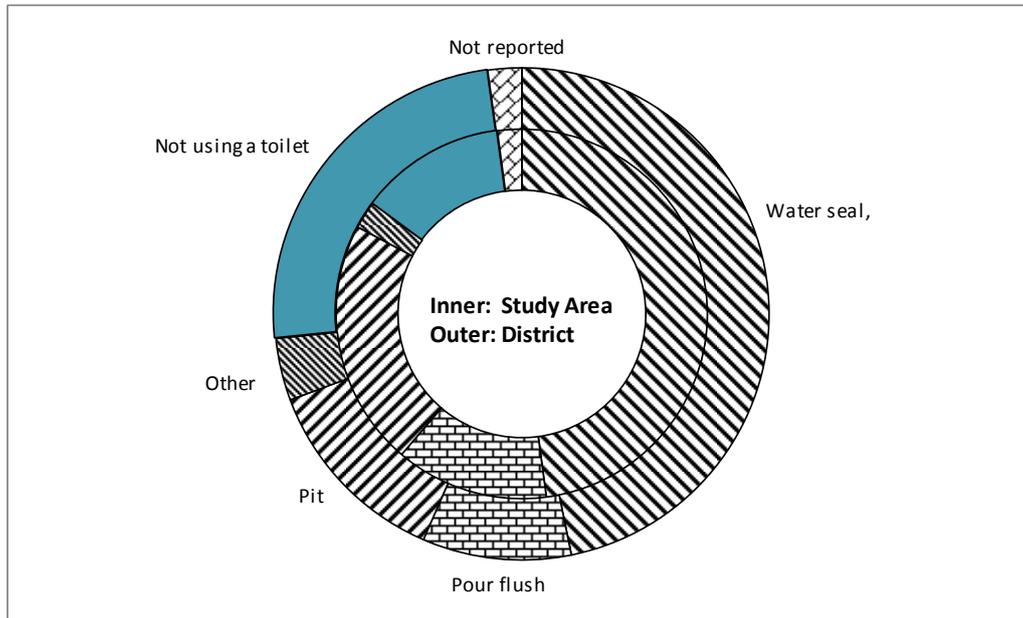


図 2.8 アヌラダプラ県及び調査対象地域における便所のタイプ

調査団が調査対象地域のいくつかの小学校を訪問調査したところ、全ての小学校にトイレは設置されており、設置数は概ね 50 人強で 1 個の割合で共通していた。しかし、トイレの管理状況は小学校により大きく異なり、水供給が不十分でないためにトイレが使えず、近くの民家やモスクに用を足しに行く必要のある小学校がある一方で、毎日保護者により当番制で清掃がされ比較的清潔なトイレも見られた。

(3) 衛生改善プロジェクト

ADB の支援により、調査対象地域にある 25 の CBO において衛生施設改善のプロジェクトが実施された。これにより、トイレを使用していない収入の低い家庭に対してトイレの設置のための補助が行われた。また、これとあわせて幾つかの CBO においては技術的・指導的支援が行われた。

2.3.5 ゴミ処理

(1) 調査対象地域におけるごみ処理状況

調査対象地域における 6 DSDs 全てで、一部の市街化した地域のみではあるが、戸別訪問によるゴミ回収が毎日行われている。回収されたゴミは直接処分場 DSDs においては主にオープンダンプと野焼きを行い、雨が続き火が付けられない時のみ覆土が実施されている。

表 2.12 調査対象地域におけるごみ処理状況

| DSD (Pradesiyah Sabah) | Rambewa | Madawachchi | Paraviya | Kedithigollewa | Horoupothana | Kahatagasdigillia |
|---------------------------|------------------|--------------|---|----------------|------------------------------------|-------------------|
| 人口 | 36,426 | 46,743 | 22,924 | 22,227 | 36,714 | 40,137 |
| ゴミ回収カバー率 | 12.2% | 22.0% | 45.0% | 18.6% | 61.0% | 30.0% |
| 回収ゴミ量 (ton/week) | 15.0 | 24.0 | | | 12.0 | 15.0 |
| 回収車両 | 2 | 1 | | | 1 | 3 |
| ゴミ処理人員数 | 4 | 11 | | | 8 | 8 |
| ゴミ処分場処理法 | Land fill | Open dump | Rainy season: Soil cover Dry season: Open dump & burning | | | |
| ゴミ処理費用 (Rs/year) | 1,200,000 | 4,048,100 | 240,000 | 1,200,000 | 2,801,600 | 3,600,000 |
| ゴミ回収経験年数 | 3 years | 9 years | 1 years | 10 years | 9 years | |
| プロジェクト・支 援活動等 | 1 for compost | 2for compost | | | 1 for compost, 1 for separation | 1 for compost |

(2) ゴミ処理関連プロジェクト

2007年から2011年にかけて、JICAの技術協力プロジェクトとして、『全国廃棄物管理支援センター能力向上プロジェクト』が実施された。このプロジェクトでは、地方自治体が国家廃棄物管理戦略に従って廃棄物管理を実行できるように、全国廃棄物管理支援センター（以下、NSWMS）が、関係機関（関連省庁、州議会政府等）と協力しつつ、地方自治体の廃棄物管理活動を支援できる能力修得を目的として実施された。これにより、全国のDSDでコンポスト施設の建設がJICA資金援助を受けて進められており、調査対象地域においても、コンポスト施設の建設等が進められている。また、その他にも「ス」国農業省主導によるコンポストと有機農業プロジェクトや学校におけるごみ分別プロジェクト等が実施されている。

2.4 経済状態

スリランカにおける産業別就業人口をみると、農業人口は1990年の46.8%から2001年の32.6%へと14.2%低下し、逆に工業人口は13.3%から17.0%へ3.7%、貿易・ホテルは9.6%から13.0%へ3.4%、サービスは15.7%から18.5%へ2.8%増加し、着実に農業依存型経済からの脱却が進んでいる。

表 2.13 産業別就業人口の推移

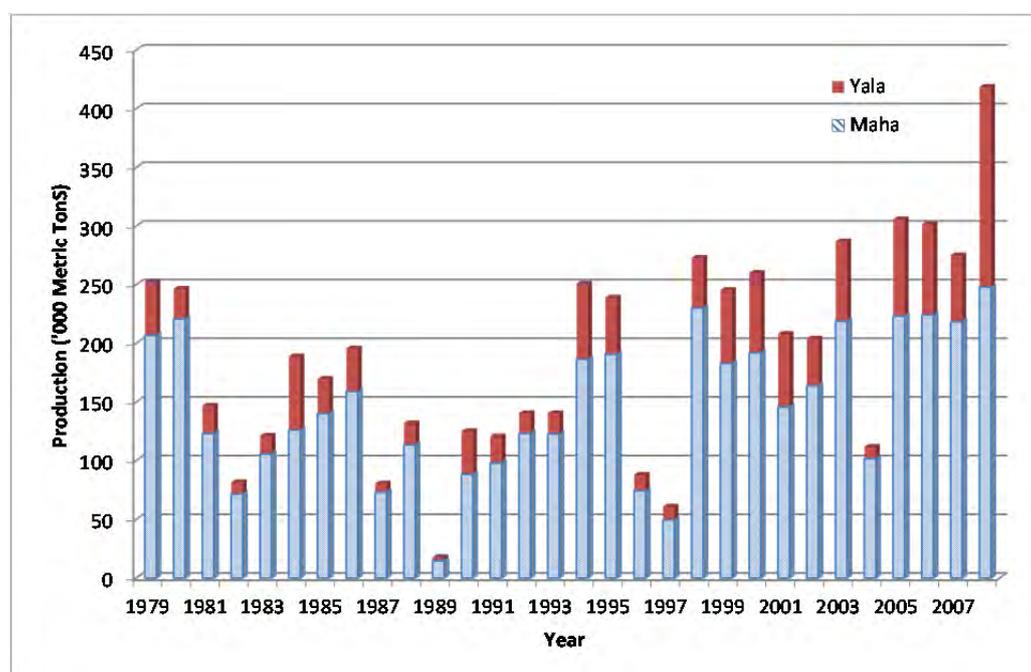
(Unit: %)

| Year | Agriculture | Manufacturing | Construction | Trade & Hotels | Transport storage & comm. | Insurance, real estate & business service | Service | Other | Not defined |
|------|-------------|---------------|--------------|----------------|---------------------------|---|---------|-------|-------------|
| 1990 | 46.8 | 13.3 | 3.9 | 9.6 | 4.1 | 1.3 | 15.7 | 2.2 | 3.2 |
| 1991 | 42.5 | 15 | 4.7 | 10.7 | 4.1 | 1.9 | 14.8 | 1.5 | 4.8 |
| 1992 | 42.1 | 13.1 | 4.8 | 11.3 | 4.4 | 1.5 | 16.9 | 2 | 4 |
| 1993 | 41.5 | 13.2 | 4.4 | 11.1 | 4.1 | 1.6 | 17.5 | 2.2 | 4.5 |
| 1994 | 39.5 | 14.3 | 4.1 | 12.2 | 4.7 | 1.8 | 18.1 | 1.4 | 4 |
| 1995 | 36.7 | 14.7 | 5.3 | 12.2 | 4.7 | 1.5 | 17.3 | 2.1 | 5.4 |
| 1996 | 34.4 | 14.6 | 5.4 | 12 | 4.9 | 2 | 18.2 | 2.1 | 3.5 |
| 1997 | 36.2 | 16.4 | 5.6 | 12.4 | 4.8 | 1.7 | 17.3 | 2.2 | 3.5 |
| 1998 | 39.3 | 14.9 | 5 | 11.6 | 4.9 | 1.9 | 17.1 | 2 | 3.2 |
| 1999 | 36.3 | 14.8 | 5.3 | 12.1 | 5.1 | 1.6 | 18.4 | 1.8 | 4.5 |
| 2000 | 36 | 16.6 | 5.5 | 12.7 | 4.9 | 2.1 | 17.5 | 1.6 | 3.2 |
| 2001 | 32.6 | 17 | 5.2 | 13 | 6.2 | 2.3 | 18.5 | 1.8 | 3.4 |

Source: "Statistical Abstract 2010", Department of Census and Statistics

(1) 農業

アヌラダプラ県の主要産業は農業であるが、「ス」国の代表的な主要輸出農作物であるゴム、ココナツ、茶については、ココナツが全国シェアで3.6%生産されているのを除くと生産をしておらず、稲作が中心である。



Source: "Statistical Abstract 2010", Department of Census and Statistics

図 2.9 アヌラダプラ県における稲作収穫量の年間変動

稲作収穫量に関してアヌラダプラ県は2005年～2008年に全国シェア8.8%～10.8%で4位にランキングされており、スリランカでも有数の米どころと言ってよいが、**図 2.7**にも見られるように年間変動が激しい。これは主に渇水時にどれだけ灌漑水量を確保できるかに深く関わっており、1897年～1993年のデータにみられるように渇水は長期にわたることが起こり得ることを示している。

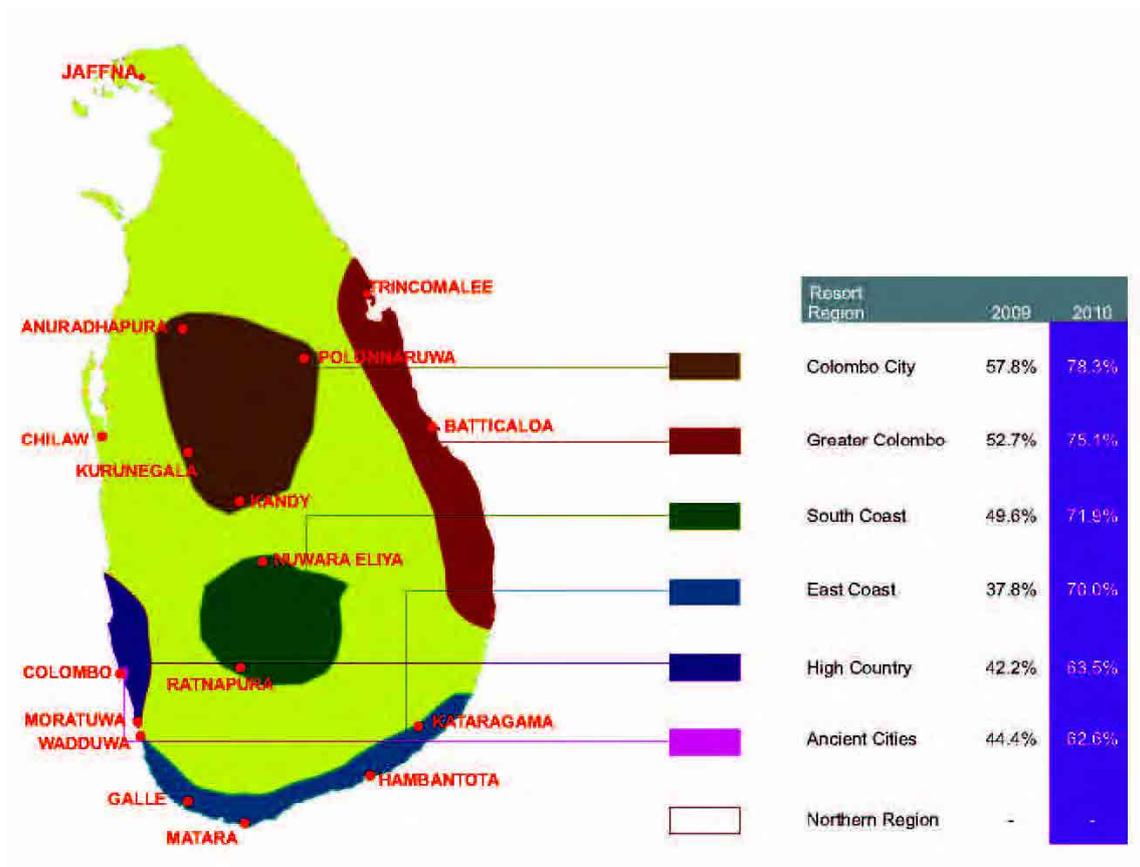
稲作を別にすると、ゴマ、キビ、チリ、ピーナッツ、果物、野菜、乳製品がつくられている。

(2) 工業

アヌラダプラ県の2008年の工業出荷額はRs.12,036百万で、全国総出荷額Rs.1,618,344百万の0.7%に過ぎず、工業化という面においては明らかに遅れている。

(3) 観光

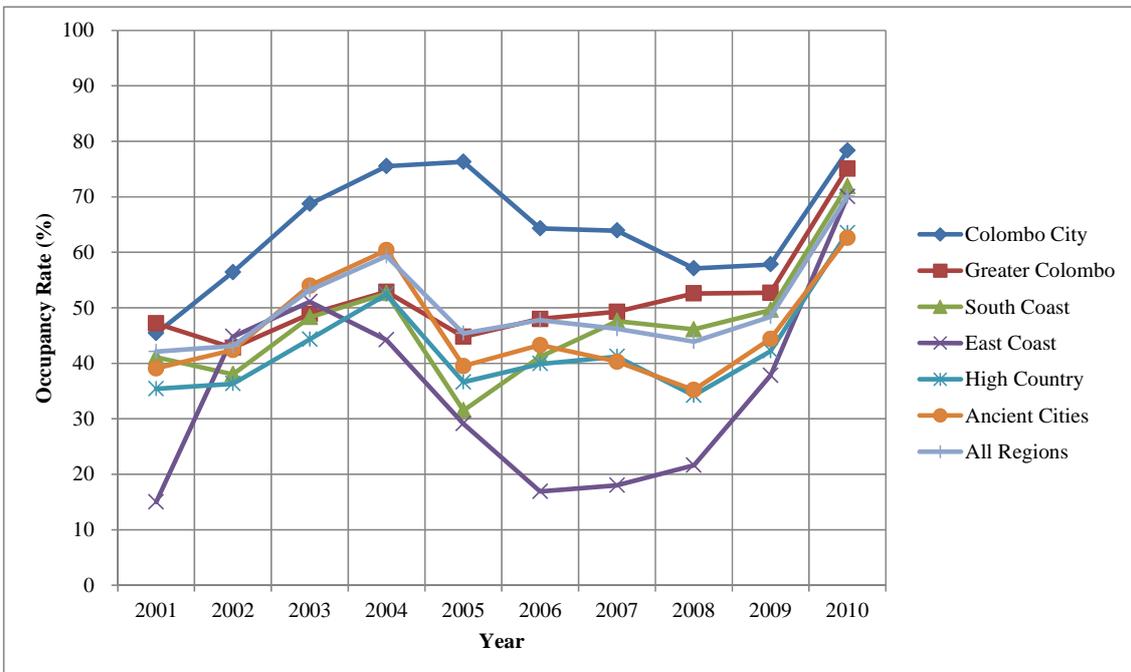
スリランカの観光地は**図 2.10**に示す7つのResort Regionに分けられている。アヌラダプラはKandy、Polonnaruwa、KurunegalaとともにAncient Citiesという名称で古代仏教遺跡を中心とする観光地としてグループ化されている。



Source: Sri Lanka Tourism Development Authority, "Annual Statistical Report of Sri Lanka Tourism - 2010"

図 2.10 「ス」国観光地の地域区分

Ancient Cities は格付ホテルの収容能力（ルーム数）に関しては、2001年～2010年の間約20%をキープしている。しかし、利用率に関して大きな変動があり、2001年～2004年は39.1%から60.4%へと上昇傾向にあったが、2005年には39.5%まで一挙に下がり、以降40%前後低迷していた。内戦の終結に伴い2010年は前年の44.4%から62.6%へ18.2%も改善を見せており、今後の発展が期待されている。



Source: Sri Lanka Tourism Development Authority, "Annual Statistical Report of Sri Lanka Tourism - 2010"

図 2.11 地域別宿泊施設利用率

2010年データによれば、Ancient Cities 内では Kandy が外国人宿泊客の 55.6%（375,939 人）、現地人宿泊客の 57.4%（235,845 人）を抑えて圧倒的な存在感を誇り、アヌラダプラはそれぞれ、6.2%（41,747 人）、12.7%（52,326 人）に止まっている。Ancient Cities における外国人宿泊客（676,356 人）は現地人宿泊客（411,055 人）の 165%で、外国人の関心の高いことを示しているが、アヌラダプラに関しては外国人宿泊客は現地人宿泊客の 80%で、現地人宿泊客が多い。

2.5 プロジェクトの必要性

2.5.1 既存飲料水源の状況

(1) 調査対象地域における飲料水源の構成

センサス 2001 年によれば井戸水の使用は 92.7%で、このときは浅井戸 80.2%、深井戸 12.5%であった。水道水はわずか 4.1%しか普及しておらず、農村水道はまだ記録されていない。これがセンサス 2011 年になると調査対象地域においては住民の 75.4%は浅井戸（72.6%）または深井戸（2.8%）による地下水に依存し、18.9%は水道水、残りの 5.7%はその他（給水

車、ボトル水、河川水等）と変わっている（注：既存水道施設調査によれば調査対象区域内における水道普及率は約 27%であるが、水道に接続していながら水道水を主たる飲料水源と見なしていない利用者があるものと思われる。）。井戸水の使用が減り、水道水が普及している。また、井戸の構成に大きな変化があり無防護井戸、深井戸の比率が大きく低下し、防護井戸が主流になりつつある。水道水が普及が進んでいるとは言ってもそれらは地下水を水源とする小規模水道であり、地下水に依存していることに変わりはない。

表 2.14 主たる飲料水源

| | No. of HHs | Principal source of drinking water | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------|
| | | Well | | | Pipe borne water | | | Other | |
| | | Protected well within premises | Protected well outside premises | Unprotected well | Tap within unit | Tap within premises but outside unit | Tap outside premises | Rural water supply project | Other |
| Sri Lanka | 5,188,047 | 1,650,550 | 758,363 | 227,418 | 1,076,948 | 340,594 | 159,510 | 494,898 | 479,766 |
| Anuradhapura Dist. | 228,304 | 51,306 | 63,130 | 8,681 | 32,167 | 16,093 | 7,585 | 35,803 | 13,539 |
| Study Area | 54,249 | 17,262 | 20,317 | 1,796 | 2,024 | 1,784 | 860 | 5,591 | 4,615 |
| Padaviya | 6,203 | 1,833 | 1,897 | 616 | 244 | 311 | 91 | 844 | 367 |
| Kebithigollewa | 5,991 | 1,927 | 2,055 | 168 | 174 | 163 | 29 | 315 | 1,160 |
| Horowpothana | 9,352 | 3,988 | 4,449 | 212 | 32 | 30 | 6 | 295 | 340 |
| Katahagasdigiliya | 10,386 | 3,355 | 4,404 | 179 | 463 | 340 | 73 | 1,236 | 336 |
| Medawachchiya | 12,560 | 3,420 | 4,350 | 407 | 652 | 583 | 215 | 1,210 | 1,723 |
| Rambewa | 9,757 | 2,739 | 3,162 | 214 | 459 | 357 | 446 | 1,691 | 689 |
| Sri Lanka | 100 | 31.8 | 14.6 | 4.4 | 20.8 | 6.6 | 3.1 | 9.5 | 9.2 |
| | | | 50.8 | | | 30.5 | | | |
| Anuradhapura Dist. | 100 | 22.5 | 27.7 | 3.8 | 14.1 | 7.0 | 3.3 | 15.7 | 5.9 |
| | | | 54.0 | | | 24.4 | | | |
| Study Area | 100 | 31.8 | 37.5 | 3.3 | 3.7 | 3.3 | 1.6 | 10.3 | 8.5 |
| Padaviya | 100 | 29.6 | 30.6 | 9.9 | 3.9 | 5.0 | 1.5 | 13.6 | 5.9 |
| Kebithigollewa | 100 | 32.2 | 34.3 | 2.8 | 2.9 | 2.7 | 0.5 | 5.3 | 19.4 |
| Horowpothana | 100 | 42.6 | 47.6 | 2.3 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 3.2 | 3.6 |
| Katahagasdigiliya | 100 | 32.3 | 42.4 | 1.7 | 4.5 | 3.3 | 0.7 | 11.9 | 3.2 |
| Medawachchiya | 100 | 27.2 | 34.6 | 3.2 | 5.2 | 4.6 | 1.7 | 9.6 | 13.7 |
| Rambewa | 100 | 28.1 | 32.4 | 2.2 | 4.7 | 3.7 | 4.6 | 17.3 | 7.1 |
| | | | 72.6 | | | 8.6 | | 10.3 | 8.5 |

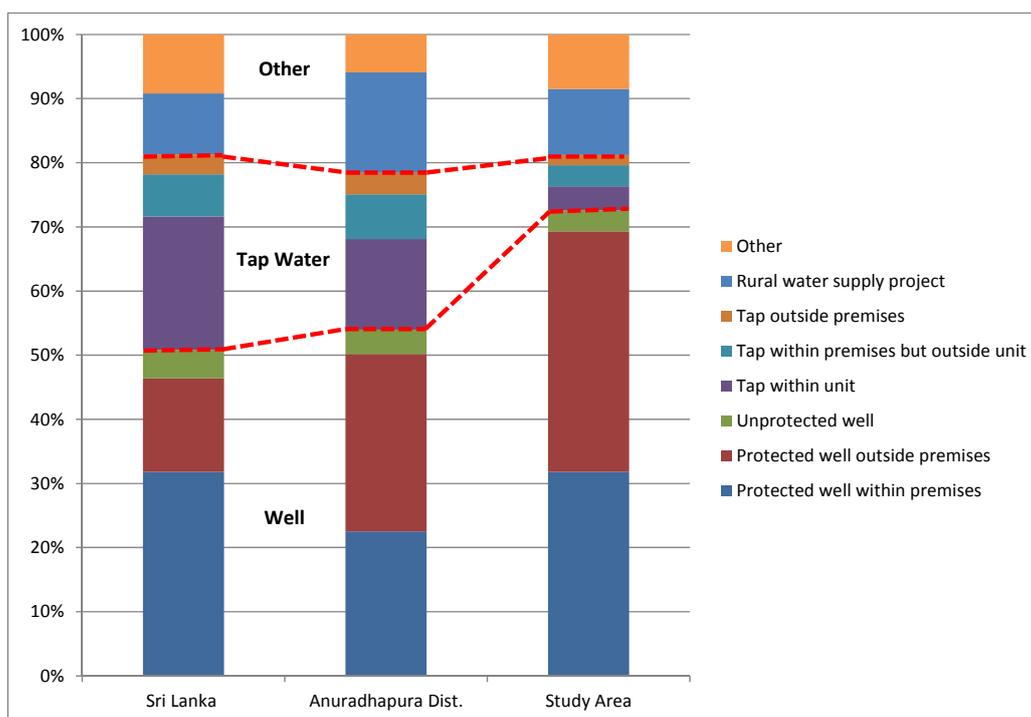


図 2.12 調査対象地域の主な飲料原水

プロジェクト・エリア内には一部の湧水が存在する。湧水は、水が地下から地表に流れる自然な状況で発生する。図 2.12 に示すように、プロジェクト・エリアでは、唯一 Kebithigollewa DSD に存在する。この湧水の水質は良質であり、地元の人々はこの水を好んで飲用している。



図 2.13 Kebithigollewa DSD の湧水

(2) 水源までの水汲み運搬距離

調査対象地域における水汲み運搬距離に関する資料はないので、ここでは県別データにより記述する。

表 2.15 アヌラダプラ県における水汲み運搬距離

| Sector and District | Distance | | | | | | |
|---------------------|------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| | Total (%) | Within premises (%) | Outside Premises (%) | Outside Premises | | | |
| | | | | ≤ 100 m (%) | 101 – 200 m (%) | 201 – 500 m (%) | > 500 m (%) |
| Sri Lanka | 100 | 76.3 | 23.7 | 16.0 | 3.3 | 3.1 | 1.3 |
| Urban | 100 | 88.9 | 11.1 | 8.9 | 0.7 | 0.9 | 0.6 |
| Rural | 100 | 75.0 | 25.0 | 16.4 | 3.7 | 3.5 | 1.4 |
| Estate | 100 | 62.0 | 38.0 | 31.1 | 3.7 | 3.1 | 0.1 |
| Anuradhapura | 100 | 58.0 | 42.0 | 18.3 | 7.8 | 9.5 | 6.4 |

Source: Department of Census and Statistics, "Household Income and Expenditure Survey -2009/10", August 2011

スリランカにおける飲料水源の分布は、全国平均が敷地内 76.3%、敷地外 23.7%であるのに対し、アヌラダプラ県のそれぞれ 58.0%、42.0%となっており、アヌラダプラ県では敷地外の比率が高いのが分かる。水汲み世帯の比率は全国で Jaffina に次いで高い。

敷地外の飲料水源までの距離が全国平均で 100 m 以内 16.0% (農村部 16.4%、以下同じ)、101-200 m 3.3% (3.7%)、201-500 m 3.1% (3.5%)、500 m 超 1.3% (1.4%) であるのに対し、アヌラダプラ県はそれぞれ、18.3%、7.8%、9.5%、6.4%で、全国平均よりも遠くまで水汲み作業を強いられている。水汲み運搬距離も世帯比率は 100 m 以内が全国で 3 番目、101-200 m が 2 番目、500 m 超が 2 番目に高く、全国的に見ても Jaffina とともに劣悪な状況にあると言っている。

なお、水道水使用の場合でも蛇口が屋内にあるのは 43.4%、敷地内 38.2%、敷地外 18.4% で、5 軒に 1 軒は敷地内に蛇口を持っていないことを示している。

(1) CBO の取水施設

地下水を使用した村落給水組織としては NWSDB、CBO 及び CWSSP が存在する。CBO (Community-Based Organization)、CWSSP (Community Water Supply and Sanitation Programme) はいずれもコミュニティが運営主体となって、前者は水道事業のみ、後者は水道事業と衛生施設を扱っている。ここでは水道事業に着目して、両者を合わせて CBO と呼ぶ。

CBO 取水施設は上記ダグウェルと深井戸の両者を併用している。図 2.13 に示すように、2 つの方法の割合は、それぞれ 57%と 43%である。

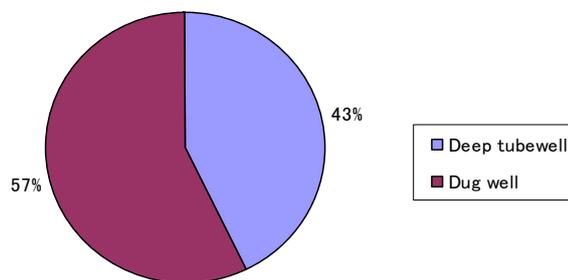


図 2.14 CBO の取水施設

(2) 既存 CBOs における使用水量

調査対象地域内には 50 の CBOs が管理する水道施設があるが、そのうち 46 CBOs における一人 1 日給水量は平均で 66Lpcd となっている。

(3) 既存 CBOs における水質

調査対象地域内の 45 CBOs における水質試験データによれば、フッ素濃度は、27 ヶ所で望ましい基準 (0.6 mg/L) を超えており、6 ヶ所で許容基準 (1.5 mg/L) を超え、最大値は 1.9 mg/L となっている。フッ素濃度が望ましい基準を超えている CBOs の給水人口は 29,460 人で基準未達の給水人口 8,205 人との人口比は 78.2 : 21.8 で 5 人のうち 4 人はフッ素症のリスクにさらされている。また許容基準を超えている給水人口は 4,435 人 (フッ素症のリスクにさらされている人口の約 15.1%) で、より高いフッ素症リスクにさらされていると言える。

また、硬度の水質試験データを有する 21 CBOs のうち、望ましい基準 (250mg/L) を超えるのは 18 CBOs で、フッ素濃度と並んで全般的に硬度濃度が高いのも、この地域の大きな特徴となっている。

表 2.16 CBOs 水道施設の水質

| S/N | DSD | Water Source | Water Quality | | | | | | | |
|----------------------------------|---|--------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|--------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| | | | Hardness (mg/L) | Iron (mg/L) | Fluoride (mg/L) | Odor | Color (Hazen Unit) | Turbidity (NTU) | pH | Conductivity (µS/cm) |
| 1 | Swashakthi CBO | S | - | - | 0.85 | None | Clear | 0.05 | 7.86 | 860 |
| 2 | Ikra CBO | D-1, S-1 | - | - | 0.83 | None | Clear | 0.06 | 7.72 | 950 |
| 3 | Arunalu CBO | S | - | - | 0.59 | fishy | Clear | 0.1 | 7.93 | 940 |
| 4 | Samagi CBO | D | - | - | 1.01 | None | Clear | 0 | 7.76 | 930 |
| 5 | Ekamuthu CBO Ekamuthu CBO-Kakukaliyawa | S | - | - | 0.32 1.19 | None - | Clear Clear | 0.08 0.03 | 7.74 7.77 | 700 880 |
| 6 | Rangiri CBO | D | - | - | 0.88 | None | Clear | 0.03 | 7.79 | 1,080 |
| 7 | Nildiyadahara CBO | S | 360/280 | - | 0.72 | - | Clear | 0.15 | 7.77 | 740 |
| 8 | Eksath CBO | S | 340 | - | 0.4/0.78 | - | - | - | - | - |
| 9 | Mahasen CBO | S | 80 | - | 0.39 | - | Clear | 0.08 | 7.6 | 730 |
| 10 | Dimuthu CBO | - | 312 | - | 0.57 | - | Clear | 0.12 | 7.91 | 610 |
| 11 | Pragathi CBO | - | 344 | - | 1.38 | - | Clear | 0.05 | 7.7 | 1,450 |
| 12 | Jayashakthi CBO | D | - | - | 1.9 | None | Clear | 0.06 | 7.76 | 1,570 |
| 13 | Samagi CBO | D | 332/270/330 | - | 1.08 | - | Clear | 0.07 | 7.8 | 1,000 |
| 14 | Samagi CBO | S | - | - | 0.5 | - | <5 | 0.02 | - | 590 |
| 15 | Ekamuthu CBO | D | - | - | 0.81 | - | <5 | 0.03 | - | 650 |
| 16 | Ran Arunalu CBO | D | 490/720/640 | 0.03/- | 1.55/1.1/0.36 | - | - | - | - | - |
| 17 | Isuru CBO | D | High | - | 0.98 | None | Clear | 0.05 | 7.84 | 1,060 |
| 18 | Randiya Dhahara CBO | - | - | - | 1.15 | None | Clear | 0.09 | 7.76 | 840 |
| 19 | Nelum CBO | S | - | - | 1.11 | None | Clear | 0.05 | 7.86 | 970 |
| 20 | Diriyamatha CBO Diriyamatha CBO | - | 250/261/284 | - | 0.83 0.69 | - - | Clear Clear | 0.1 0.12 | 7.75 7.79 | 700 870 |
| 21 | Gemunu CBO | - | - | - | 0.75 | - | <5 | 0.21 | - | 950 |
| 22 | Sisila Diyadahara CBO | - | - | - | 0.76 | None | Clear | 0.06 | 7.83 | 880 |
| 23 | Diriyamatha CBO | - | 373/342 | - | 0.86 | None | Clear | 0.1 | 7.64 | 1,220 |
| 24 | Ridi Nadi | - | - | - | 0.21 | None | Clear | 0.06 | 7.75 | 610 |
| 25 | Shakthi CBO | D | 324 | 3.3 | 0.1 | - | - | - | - | - |
| 26 | Al-Naja | D | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | CBO not formed | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | Parakum CBO | D | 108 | 0.14 | 1.04 | - | Clear | 0 | 7.76 | 740 |
| 29 | Suwasehana CBO | D | 1.13 | - | 1.13 | - | Clear | 0.07 | 7.76 | 740 |
| 30 | Suwasetha CBO | S | - | - | 0.96 | - | Clear | 0.04 | 7.63 | 740 |
| 31 | Vajira CBO | D | 262/204 | - | 1.5/1.54 | - | - | - | - | - |
| 32 | Pragathi CBO | D | - | - | 0.58 | None | Clear | 0.08 | 7.54 | 1,430 |
| 33 | Janasetha CBO | S | - | - | 1.37 | - | Clear | 0.01 | 7.85 | 670 |
| 34 | Sobasisila CBO | S | - | - | 0.67 | - | Clear | 0.02 | 7.64 | 810 |
| 35 | Randiya | S-2 | - | - | 0.31 | - | Clear | 0.14 | 7.76 | 760 |
| 36 | Nilmini | D | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 37 | Senath CBO | - | - | - | 1.9 | None | Clear | 0.02 | 7.75 | 1,240 |
| 38 | Eksath CBO | S | 296 | - | 1.62 | None | Clear | 0.02 | 7.78 | 860 |
| 39 | Praja Shakthi CBO | - | - | - | 0.42 | None | Clear | 0.01 | 7.85 | 520 |
| 40 | Apsara | S | - | - | 1.35 | - | Clear | 0.14 | 7.69 | 1,380 |
| 41 | Pinbindu CBO | R | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 42 | Sham Sham | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 43 | Ekamuthu CBO | Well-2 | 264 | - | 0.14 | - | Clear | 0.05 | 7.6 | 640 |
| 44 | Pradeepa | D | 448 | - | 0.82 | - | Clear | 0.01 | 7.8 | 1,150 |
| 45 | Upul CBO | D | 290 | - | 0.92 | - | Clear | 0 | 7.83 | 1,000 |
| 46 | Jalasavi | D | - | - | 1.58 | - | Clear | 0.02 | 7.74 | 1,330 |
| 47 | Tristar CBO | D | 300 | - | 0.001 | - | - | - | - | - |
| 48 | Alhidra CBO | D | 300 | - | 0.04 | - | - | - | - | - |
| 49 | Adhikwa CBO | D | 280 | - | 0.7 | - | - | - | - | - |
| 50 | Hansajala CBO | S | 442 | - | 1.8 | - | - | - | - | - |
| Sri Lanka Standard (Desirable) | | | 250 | 0.3 | 0.6 | - | 5 | 2 | 7.0-8.5 | 750 |
| Sri Lanka Standard (Permissible) | | | 600 | 1 | 1.5 | Unobjection | 30 | 8 | 6.5-9.0 | 3,500 |

S: Shallow Well, D: Deep Well, R: Rain Water Tank

The figure after hyphon (-) shows the number of wells.

300

Above the desirable limit

300

Above the permissible limit

(3) 給水時間

NWSDB RSC(N/C)は24の水道システムを有しているが、給水目標は24時間給水でこれはほぼ達成されており、給水時間に関してはNWSDBの中でも最も恵まれている。

一方、調査対象区域を見ると、調査された 46 CBOs のうち 43.5% の 20 CBOs において水源不足のため乾期には給水時間が著しく制限されることが報告されている。20 CBOs のうち、一日給水時間の内訳は 5 時間以下 10 ケ所、5～10 時間 6 ケ所、10～15 時間 4 ケ所となっており、年間を通じて最大給水時間を 8 時間に抑えている CBOs が 2 ケ所ある。最もひどいところの給水時間は 2 時間 (Ekamuthu) で、3 時間というのも 3 ケ所 (Dimuthu, Samagi, Suwasetha) ある。

したがって、24 時間給水を達成している NWSDB の給水区域に比べて、劣悪な給水条件を強いられているとすることができる

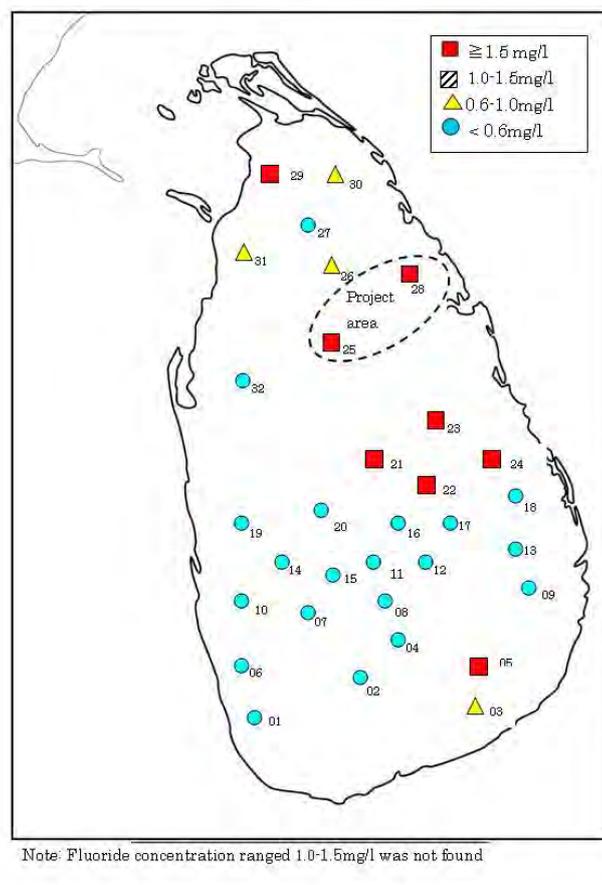
(5) 技術上の問題

既存 CBOs 水道施設は技術的な問題として、以下のような設計上、運転上の問題を抱えている。

| | |
|---------------------------------|---------|
| • 水タンク及びまたは深井戸ポンプに親メータが設置されていない | 31 CBOs |
| • タンク及びまたはパイプからの漏水 | 6 CBOs |
| • 操作バルブ（空気弁、ゲート弁、排水弁）が設置されていない | 14 CBOs |
| • パイプ口径が小さ過ぎて水圧が十分でない | 5 CBOs |
| • 塩素注入量が適正でない | 22 CBOs |
| • 供給電源が不安定 | 6 CBOs |
| • 顧客メータが見える場所にない | 1 CBO |
| • 深井戸ポンプの故障 | 1 CBO |
| • 乾季に水量が少ない | 19 CBOs |

(2) 「ス」国地下水におけるフッ素濃度分布

1987 年、全国レベル地下水調査が行われ、「ス」国における地下水中のフッ素濃度が明らかにされた。そのうち地下水の 2 つの主要なタイプである Ca-Cl 及び Ca-HCO₃ 型地下水の調査結果によるフッ化物濃度の分布を **図 2.15** に示す。図が示すとおり、高濃度のフッ素汚染が「ス」国内のいくつかの場所で発生しており、プロジェクト調査地域はそのひとつである。



Source: "The Hydrogeochemical Atlas of Sri Lanka - 1985", Department of Geology, University of Peradenia

図 2.15 ス国地下水におけるフッ素濃度分布

(3) NWSDB による過去の地下水検査結果

以下においてはフッ素濃度の水平および垂直（地下水深度）方向の分布を検討する。

水平分布については（図 2.16 参照）、調査地域である 6 DSDs 中 5 つが 0.6 mg/L を超え、更に Medawachchiya、Kahatagasdigilia と Horowpothana で 1.5 mg/L のフッ素濃度を超えていた。Kebithigollewa の調査地点は 0.6 mg/L 未満であったものの、ここでは 1 地点のみの調査であるため、同 DSD の水質評価にはより詳細なモニタリングが必要である。

垂直分布については（図 2.17 参照）、深い帯水層中の地下水が浅い帯水層に比べて高いフッ化物濃度を示す傾向がある。地下水は一般的に水溶性鉱物を含むが、通常は浅層地下水と比較して、深層地下水においてより高濃度となるため、フッ素濃度に関しても同様の傾向を示していると思われる。

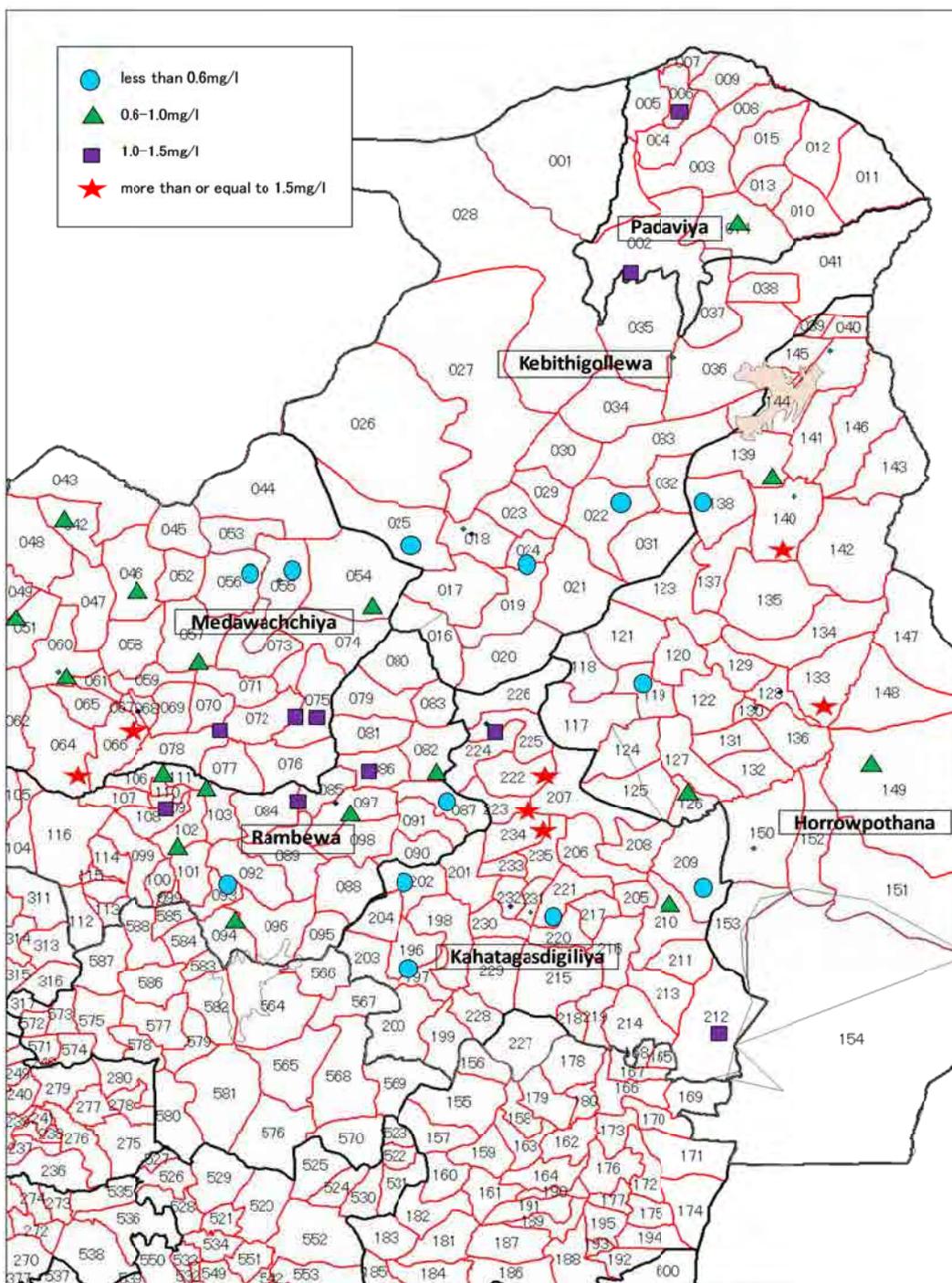


図 2.16 CBO 供給水のフッ素濃度 (水平分布)

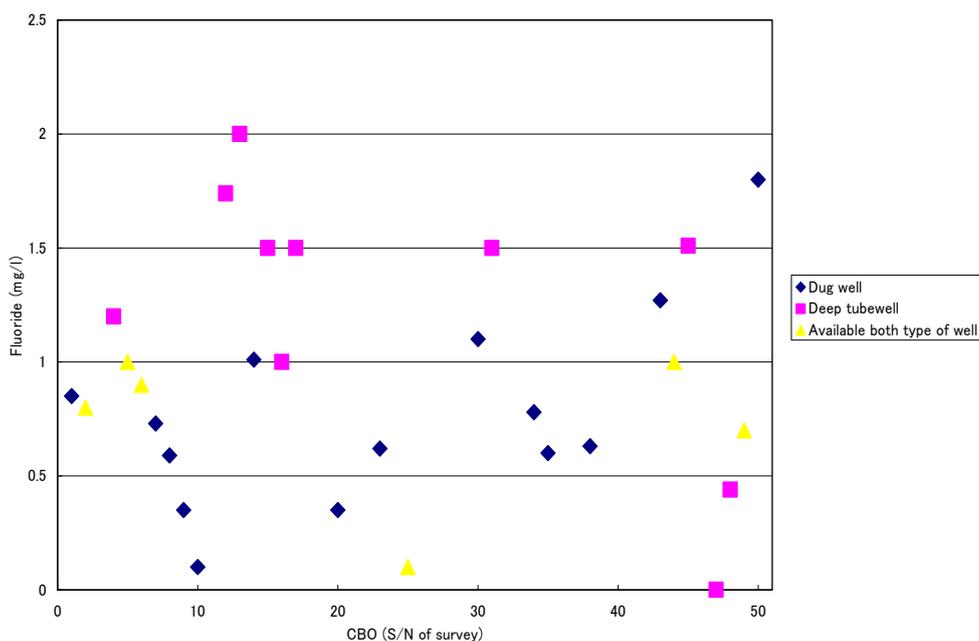


図 2.17 CBO 供給水のフッ素濃度（垂直分布）

(4) JICA 調査団による地下水検査結果

前節で述べた NWSDB の地下水データに基づき、JICA 調査団は 16 の地下水採水地点を選定した。選択された採水地点及びそれらのフッ素濃度を図 2.18 に示す。採水は 2012 年 7 月に実施した。また、採水状況の写真を図 2.19 に示す。

水質分析は、現地民間分析機関の SGS によってスリランカの飲料水標準 614:1983、APHA (American Public Health Association) 及び EPA (U.S. Environmental Protection Agency) など標準的な方法に基づいて実施された。試験結果を表 2.17 に示す。

地下水調査の結果、味、pH、電気伝導度、遊離残留塩素、アルカリ度、フッ素、溶解性物質および硬度が、飲料水基準を超える値を示した。特に遊離残留塩素の欠如及び高いレベルのフッ素濃度は最も深刻であり、当局の速やかな対応が必要である。

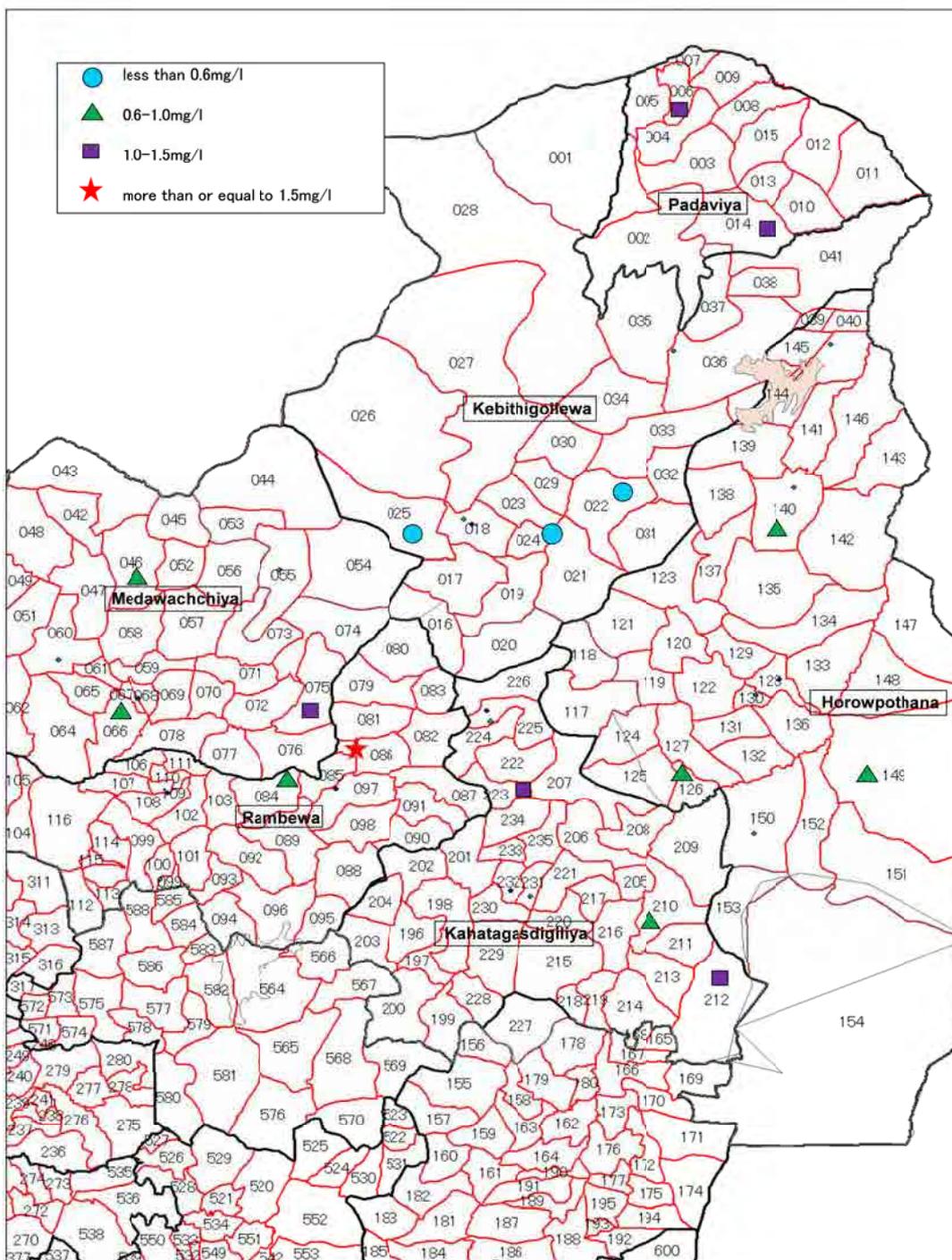


図 2.18 選択された地下水試料採取地点とフッ素濃度

表 2.17 地下水水質測定結果

| DSD | S/N of GND | Sampling station | Sampling point | Type of water source | Date | Odor | Colour | Turbidity | Taste | pH | Electrical C | Chloride | Free residual C | Free ammonia | Alkalinity | Albinoid ammonia | Nitrite | Nitrate | Fluoride | Phosphate | Total residue | Hardness | Ion | Arsenic | Cadmium | Sulphate |
|-----------------------------------|------------|-------------------|---|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|-------------|---------|--------------|----------|-----------------|--------------|------------|------------------|---------|---------|----------|-----------|---------------|----------|------|---------|---------|----------|
| | | | | | | | Hazen Unit | NTU | | - | µS/cm | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Rambewa | 84 | CBO | B | Deep tubewell | 12/07/10 | Unobject. | <2.5 | 1.1 | objectional | 7.2 | 952 | 121 | <0.01 | <0.01 | 340 | 0.02 | <0.01 | 0.64 | 0.92 | 0.4 | 584 | 329 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 42 |
| | 86 | CBO | B | Dugwell | 12/07/10 | Unobject. | <2.5 | 1.1 | objectional | 7.4 | 1430 | 204 | <0.01 | <0.01 | 468 | 0.03 | <0.01 | 1.2 | 1.5 | 0.39 | 971 | 630 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 42 |
| Madawachchiya | 46 | CBO | B | Dugwell | 12/07/10 | Unobject. | <2.5 | 1 | objectional | 7.2 | 689 | 34 | <0.01 | <0.01 | 357 | 0.02 | <0.01 | <0.05 | 0.73 | <0.15 | 444 | 265 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 17 |
| | 66 | CBO | A | Deep tubewell | 12/07/10 | Unobject. | <2.5 | 1 | Object. | 7.4 | 1571 | 237 | <0.01 | <0.01 | 468 | 0.03 | <0.01 | 0.37 | 0.98 | 0.54 | 943 | 489 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 49 |
| Kebithigollewa | 75 | CBO | B | Dugwell | 12/07/10 | Unobject. | <2.5 | 1 | Unobject. | 7.1 | 837 | 58 | <0.01 | <0.01 | 386 | <0.01 | <0.01 | 2.7 | 1.2 | 0.3 | 614 | 471 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 6.6 |
| | 22 | Private well | C | Dugwell | 12/07/11 | Unobject. | <2.5 | 0.9 | Unobject. | 6.7 | 473 | 49 | <0.01 | <0.01 | 160 | 0.01 | <0.01 | 2.1 | 0.22 | 0.47 | 385 | 203 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 13 |
| | 24 | CBO | A | Dugwell | 12/07/11 | Unobject. | <2.5 | 0.8 | Unobject. | 6.9 | 619 | 51 | <0.01 | <0.01 | 287 | 0.01 | <0.01 | <0.05 | 0.29 | 0.37 | 415 | 248 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 6 |
| Padaviya | 25 | Public well | C | Spring | 12/07/11 | Unobject. | <2.5 | 0.9 | Unobject. | 5.4 | 140 | 42 | <0.01 | <0.01 | 107 | <0.01 | <0.01 | 0.87 | 0.06 | 0.19 | 113 | 79 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 2.4 |
| | 6 | CBO | B | Deep tubewell | 12/06/29 | Unobject. | <2.5 | 0.3 | Unobject. | 7.3 | 681 | 47 | <0.01 | <0.01 | 328 | 0.02 | <0.01 | 0.14 | 1.1 | 0.69 | 453 | 269 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 19 |
| Kahatagasdigiliy | 14 | CBO | B | Dugwell | 12/06/29 | Unobject. | <2.5 | 0.3 | Unobject. | 7.2 | 750 | 43 | <0.01 | <0.01 | 340 | 0.02 | <0.01 | 1.1 | 1.2 | 0.86 | 542 | 290 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 25 |
| | 210 | CBO | B | Dugwell | 12/07/12 | Unobject. | <2.5 | 1.1 | Unobject. | 7.4 | 922 | 135 | <0.01 | <0.01 | 299 | <0.01 | <0.01 | | 0.62 | 0.81 | 598 | 286 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 9.3 |
| | 212 | CBO | B | Dugwell | 12/07/12 | Unobject. | <2.5 | 0.9 | Object. | 7.5 | 1347 | 169 | <0.01 | <0.01 | 492 | <0.01 | <0.01 | 1.9 | 1.4 | 0.54 | 898 | 621 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 42 |
| Horowpothana | 223 | CBO | B | Dugwell | 12/07/10 | Unobject. | <2.5 | 0.8 | Unobject. | 7.1 | 1140 | 135 | <0.01 | <0.01 | 414 | 0.05 | <0.01 | 0.48 | 1.1 | 0.76 | 713 | 88 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 25 |
| | 126 | CBO | B | Deep tubewell | 12/07/11 | Unobject. | <2.5 | 0.8 | Unobject. | 7.2 | 1149 | 138 | <0.01 | <0.01 | 439 | <0.01 | <0.01 | 0.09 | 0.92 | 0.61 | 753 | 555 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 18 |
| | 140 | CBO | B | Deep tubewell | 12/07/11 | Unobject. | <2.5 | 1 | Unobject. | 7.3 | 1444 | 194 | <0.01 | <0.01 | 468 | 0.01 | <0.01 | 0.15 | 0.74 | <0.15 | 1028 | 574 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 39 |
| | 149 | CBO | B | Deep tubewell | 12/07/11 | Unobject. | <2.5 | 1.2 | Unobject. | 7.4 | 928 | 109 | <0.01 | <0.01 | 312 | <0.01 | <0.01 | 0.36 | 0.95 | <0.15 | 646 | 314 | <0.1 | <0.02 | <0.005 | 39 |
| Sri Lanka Standards (Desireble) | | | | | | - | 5 | 2 | | 7.0-8.5 | 750 | 200 | | | 200 | | | | 0.6 | - | 500 | 250 | 0.3 | - | - | 200 |
| Sri Lanka Standards (Permissible) | | | | | | Unobject. | 30 | 8 | Unobject. | 6.5-9.0 | 3500 | 1200 | 0.2 | 0.06 | 400 | 0.15 | 0.01 | 10 | 1.5 | 2 | 2000 | 600 | 1 | 0.05 | 0.005 | 400 |
| | | Sampling point A: | Sampled before tubewell water enters the water tank | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Sampling point B: | Sampled at a tap close to the water tank | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Sampling point C: | Sampled directly from the well | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



図 2.19 CBO 高架水槽(左) 及び試料採取した Drain (右)

フッ素濃度と他のパラメータとの関係については、調査結果では pH、電気伝導度及び硬度との間である程度の関係を示している (図 2.20)。これらの濃度が低い結果を示した Kebithigollewa の湧水は、やはりフッ素濃度は低かった。

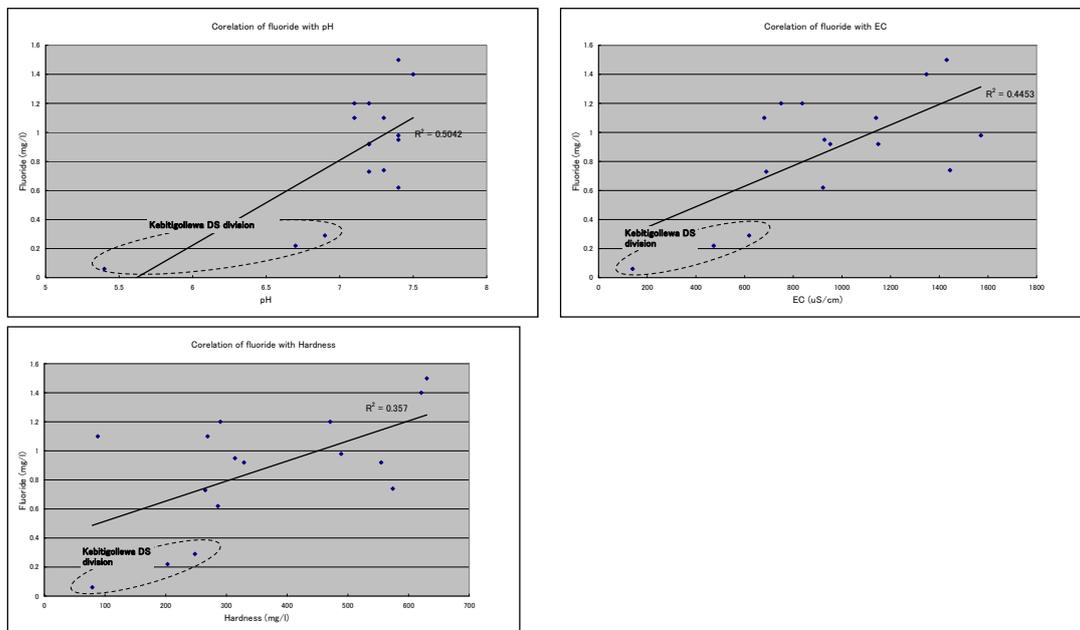


図 2.20 フッ素濃度と他のパラメータとの関係

2.5.2 歯牙フッ素症

歯牙フッ素症は、飲料水等のフッ素摂取により発生する問題として認識されている。2002-2003 年、National Oral Health Survey が WHO 協力の下に Ministry of Health and Nutrition によって実施された。この調査結果を基に各 DSD 地区の CFI (コミュニティフッ素症指数) を、JICA 調査チームにより算出した。なお、上記調査では 12 歳、15 歳、35 から 44 歳までの人々を対象に調査が行われたが、このうち歯牙フッ素症が顕著に発症する 12 歳の調査結果が用いられた。CFI 結果を図 2.21 及び図 2.22 に示す。これらが示すように明確な地域特性が示された。CFI はアヌラダプラが最も高く、マタレー、ハンバントータがこれに続いた。アヌラダプラは CFI として 1.41 を示した。CFI が 0.6 より大きい場合は公衆衛生上の

問題となるのがこれまでの研究から明らかとなっており、緊急的な対策がアヌラダプラ県で必要であることが判明した。この地域の CFI が高い原因の一つは、明らかに飲料水中の高濃度フッ素によるものであり、安全な飲料水の供給が緊急に必要とされている。

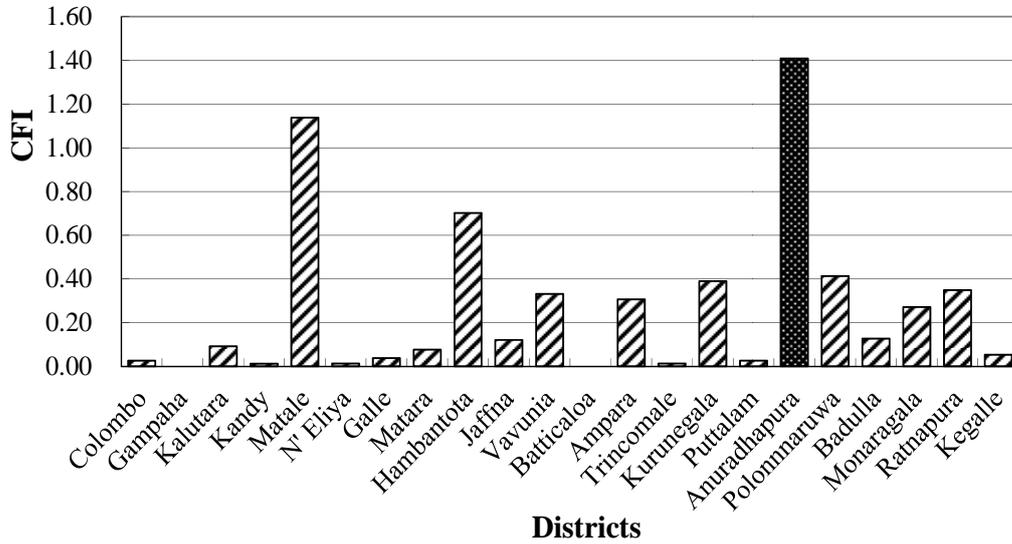


図2.21 県毎のCFI比較

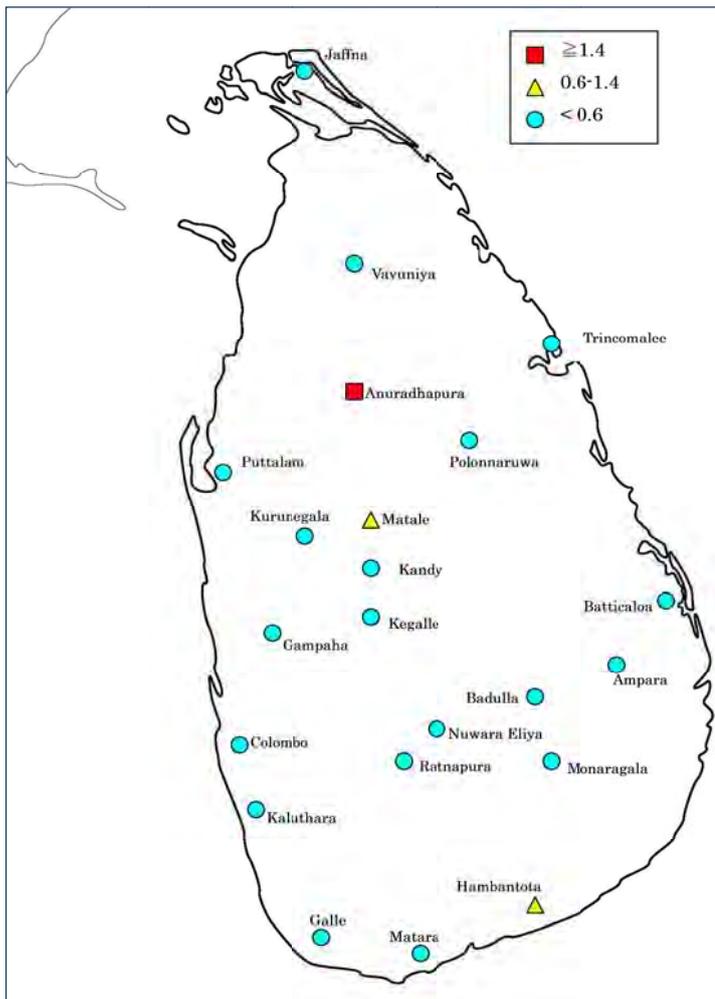


図2.22 県毎のCFI分布

2.5.3 慢性腎不全（CKD）

慢性腎臓病（CKD）は数ヶ月から数年間に及ぶ進行性腎機能喪失の病気である。近年では、CKD 症例の増加が特に北中部州で観察されている。

2010 年、CKD 患者に関する調査がペラデニア大学によって行われ、調査地域の一つである Medawachchiya は、成人（18 歳以上）人口のうち 3.7%、全人口の 5% の CKD 発症率と、「ス」国の他の地域と比較し高い発症率を示した（表 2.18）。

表 2.18 「ス」国内地域のCKD発症率

| Province | North Central | North Central | Uva | Central | Southern | Eastern |
|------------------------------|---------------|---------------|----------------|------------|-------------|---------|
| Region | Medawachchiya | Huruluwewa | Girandurukotte | Yatinuwara | Hambanthota | Ampara |
| Year surveyed | 2003 | 2001-2005 | 2006 | 2004 | 2008 | 2008 |
| Sample size | 4,107 | 233 | 1,345 | 253 | 4,023 | 3,232 |
| CKD prevalence >18 years (%) | 3.7 | 3.2 | 3.9 | 3.2 | 2.53 | 2.2 |
| Overall Population (%) | 5 | 0.2 | 4 | 3.2 | 3.49 | 3.15 |

Source: Chronic kidney diseases of uncertain etiology (CKDue) in Sri Lanka, 2010

2003 年以来、北中部州政府保健部（Provincial Department of Health Services）は北中部州における CKD 患者調査を実施している。この結果を基に CKD 発症率を計算した結果を図 2.23 に示す。この結果より、CKD 患者数の多いアヌラダプラ県においても、調査地域は特に CKD 発症率の高いことが確認された。

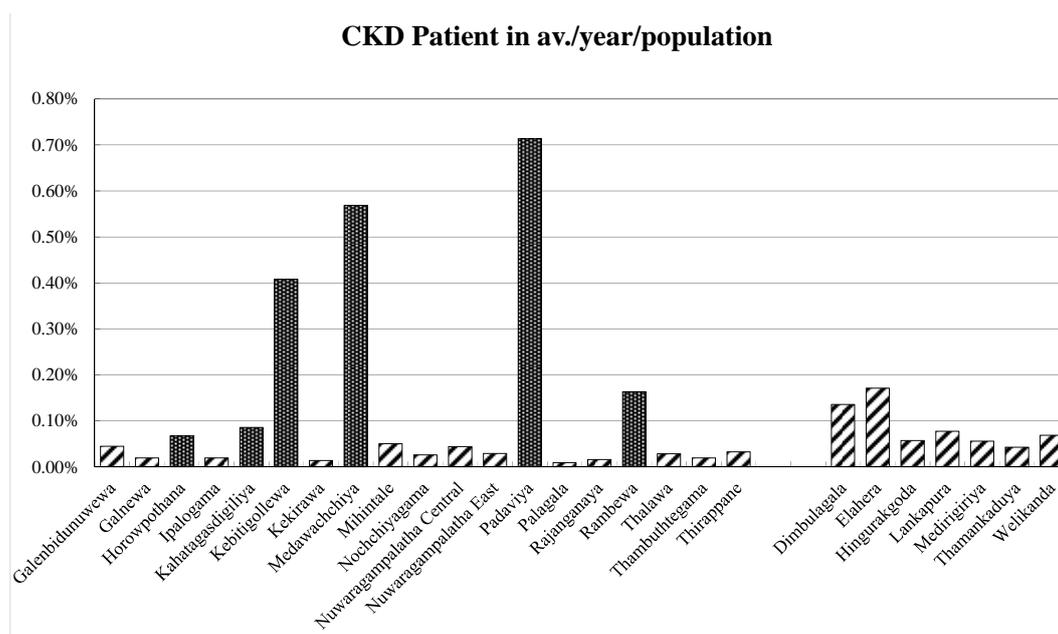


図2.23 北中部州におけるDSD毎のCKD発症率分布

2.5.4 プロジェクトの必要性

以上これまで述べてきたように、本事業の必要性は以下のように集約される。

調査対象地域の住民は、主たる飲料水源及び既存 CBOs 水道施設に関して以下の問題に直面している。

- センサス 2011 年によれば、住民の 75.4%は主たる飲料水源を地下水に依存しており、18.4%は NWSDB 及び CBOs が給水する水道水を使用している。しかし、そのような水道施設のほとんどが、二、三の例外の除き地下水を水源としている。
- 調査対象地域の住民は、水汲み運搬作業に従事する人の割合が他の県よりも高く、しかもその運搬距離は他の県よりも長い。
- 調査対象地域では 5 人中 4 人がフッ素症のリスクにさらされている。
- 46 CBOs における一人 1 日使用水量の平均は 66 Lpcd で、同地域で NWSDB が管理する水道事業が 85~107 Lpcd であるのに比べると少ない。住民は水道水とともに井戸水を併用していることをうかがわせる。
- 多くの既存 CBOs 水道施設は乾季に水量不足に見舞われ、24 時間給水が達成されていない。

次に水質の問題である。飲用水の水質は、直接住民の健康に関連している重要な課題である。そのため、現在の飲料水源である地下水質調査を実施したところ、高濃度のフッ素汚染が確認された。また、歯牙フッ素症の発症率がアヌラダプラ県は他の地区に比べて高いことも確認された。しかしながら、現在の地下水源からフッ素成分を除去して利用することは技術的及び経済的観点から現実的ではない。フッ素濃度が低い地表水源を利用した給水プロジェクトを早急に実施し、水源の転換を図ることが急務である。

また、アヌラダプラ県は CKD の発症率が高い地域として知られているが、そのアヌラダプラ県内においても、調査地域内の CKD 発症率が特に高いことが確認された。CKD の明確な原因は未だ特定されていないが、「ス」国ペラデニア大学と CKD の共同研究を行っている京都大学医学部の小泉教授は、少なくとも高いフッ素濃度の飲料水が CKD 患者の症状を更に悪化させる、と述べておられる。プロジェクト実施による表流水への転換実施が CKD 患者の健康悪化防止に大きく貢献できることは、非常に重要である。

第3章 調査対象地域の既存水道施設

3.1 アヌラダプラ県の水道事業

アヌラダプラ県の水道事業は NWSDB が維持管理を行っている 18 の水道事業（Water Supply Scheme）とコミュニティの住民組織（Community-Based Organization: CBO）が行っている水道事業に分類される。CBO が行っている WSS は ADB の第三次及び第四次プロジェクトによって建設されたものと、世界銀行援助の Community Water Supply and Sanitation Project (CWSSP) の下で建設されたものに分かれるが、以下においては ADB 及び CWSSP の水道事業を CBO として総称する。

アヌラダプラ県の水道事業は表 3.1 のようにまとめられている。

表 3.1 アヌラダプラ県の水道事業

| | |
|---|--------------------------|
| No of DS Divisions | 22 |
| No of GN Divisions | 694 |
| No of families | 171,060 |
| Population | 855,304 |
| Water Supply Schemes - NWSDB | 18 |
| No of service connections - NWSDB | 54,220 |
| Total No. of Beneficiaries - NWSDB | 325,320 |
| Total Land Area | 6,631.06 km ² |
| Piped water coverage - NWSDB | 37% |
| Rural Schemes Coverage - CBO | 19% |
| Total Piped Water Supply Coverage in the District | 56% |

Source: NWSDB RSC(N/C)

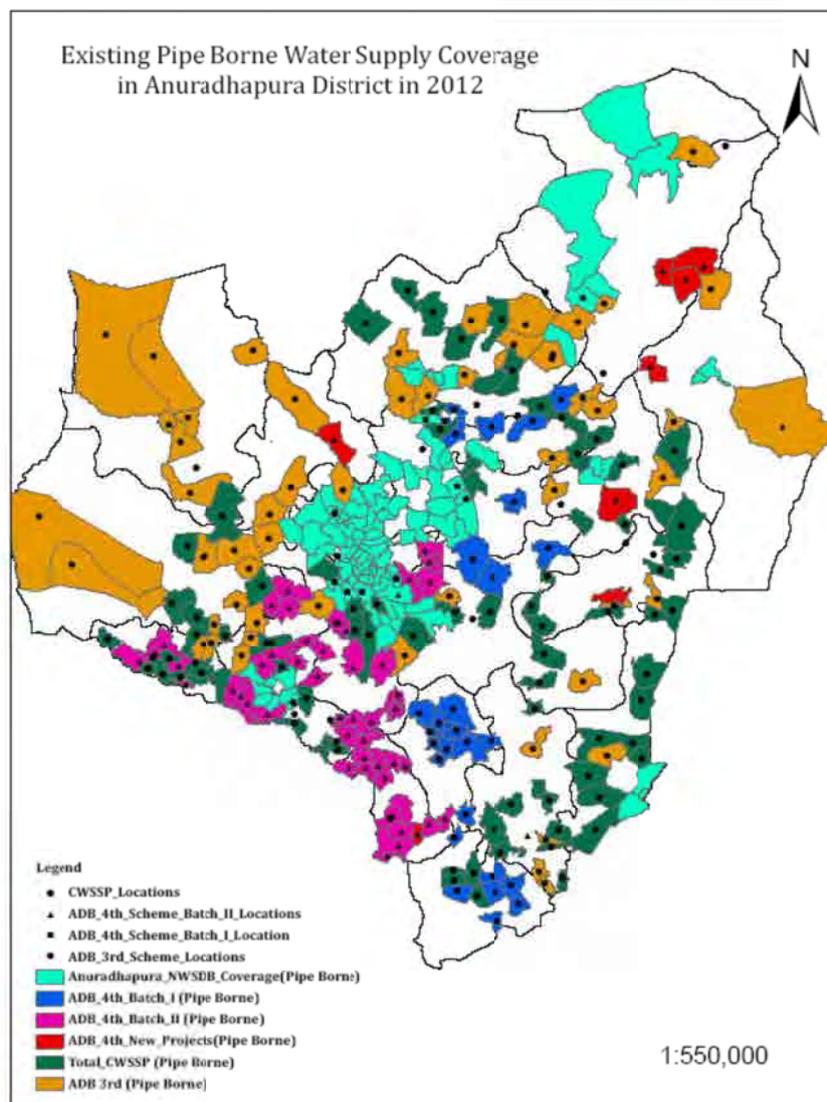
注) NWSDB の water supply scheme (WSS) は NWSDB の業務管理上のユニットで、必ずしも浄水場の給水区域を単位としている訳ではなく、大きな浄水場、プロジェクトはそれ自体が一つの WSS として扱われることもある。したがって、一つの給水システムで浄水と送配水の WSS が存在することもある。ここでは Water Supply Schemes はそれぞれ独立した給水システムの数を示している。

CBO は農村部において住民を組織して政府が資機材を用意して受益者である住民の参加（労力奉仕）によって配水管の敷設を行い、完成後はコミュニティの住民組織が管理者を定めて独立採算の下で維持管理を行っている。しかし、多くの CBO は、(1)給水量の不足、(2)水質の悪化、(3)コストの増大、(4) 技術専門知識の不足、(5) 社会的経営的問題、に直面している。

CBO その他関係機関等の要請を受けて、NWSDB は各県に農村水道ユニットを立ち上げて、以下の活動を行っている。

- CBOsの活動をしやすくするためにNWSDB方の改正
- 規則の制定
- 信用貸し開発基金の設立

- 水質試験施設の拡充
- 州レベルの調整会議によってセクター参加の調整の強化



注) NWSDB の水道事業は表 3.1 に示すように 18 給水システムあるが、本図にはすべてが表示されていない。

図 3.1 アヌラダプラ県における水道事業

3.2 アヌラダプラ県における NWSDB の既存水道施設

NWSDB RSC(N/C)が運営している水道事業は、24 施設ある。24 施設のうち、アヌダプラ県にある施設は 18 施設、ポロンナルワ県に 6 施設ある。また、アヌダプラ県にある施設のうち、5 施設 (Kebithigollewa、Kahatagasdigilia、Horowpothana、Medawachchiya、Padaviya) は調査対象地域にある。

これら施設のうち、大中規模水道施設は主に表流水水源を利用し、凝集沈殿・急速ろ過・消毒処理を行なっている。一方、小規模水道施設では、地下水水源を利用し、消毒処理の

みを行なっている。水道施設は、アヌダプラ市で 1972 年に整備され、2000 年代に東部・北部周辺地区に拡大されていった。中規模施設は、1980 年代、小規模施設は 1980 年代から 1990 年代に整備された。

水道施設、特に機械電気設備は、建設後 20～30 年で老朽化する。従って、1980 年代に建設された施設は、改修もしくは水需要の伸びにあわせ、拡張が必要になってきている。

NWSDB RSC(N/C)の水道施設は、停電や漏水補修のための作業時以外は、24 時間連続給水が行なわれている。

水質については、Medawachchiya、Padaviya、Kahatagasdigiliya、Horowpothana、Eppawala、Kerira 地区の地下水から高濃度のフッ素、硬度が検出されている。これら高濃度のフッ素、硬度は乾季の 6 月～9 月に発生している。

3.2.1 維持管理組織

(1) 運転部の構造

運転部の組織は職位を等級レベルに関連付ける傾向が強い。部は機能別ユニット、すなわち、(1) 運転管理 (O&M) ユニット、(2) 農村水道ユニット、(3) 業務ユニット、(4) 地域水質試験室、(5) O&M ワークショップに分かれている。O&M ユニットは水源～給水区域までシステム別に組織されている。運転部の総職員数を表 3.2 に示す。

表 3.2 運転課の総職員数

| Approved Posts | | | Additional Personnel (Outsourced) |
|----------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------|
| Approved Cadre | Filled up (Available) | Vacant Posts | |
| 391 | 315 | 76 | 31 |

この各ユニットの業務範囲、役割、責任を記述した公式の機能別チャートは存在しない。職員はユニット責任者の指示に従うことになっている。承認済み職位にはカテゴリ別職務内容記述書があるが、O&M ユニット職員は彼ら自身個々の職務内容記述書の存在に十分に気づいていない。

(2) 調査対象区域内水道スキーム組織

RSC の下に全部で 33 の水道スキームがあり、21 はアヌラダプラ県、12 はポロンナルワ県にある (注：、スキームは業務上のユニットで、小規模であれば取水～給水までをカバーするが、大規模になる浄水と配水は別のスキームになり、また新たなプロジェクトも一つのスキームになることがある)。各スキームの責任者は Officer-in-charge (OIC) で Cadre

のカテゴリ及びまたは技士補 (assistant engineer: EA) の肩書きを保有している。5つの小さいスキームは以下のように OIC 及びまたは EA が兼務している。

- Thuruwila の EA は Natchchiyaduwa WSS を兼務
- Padaviya の EA は Kebithigollewa WSS を兼務
- Horowpothana の EA は Kahatagasdigiliya WSS を兼務
- Kerikawa の EA は Mahakadalawa と Habarana を兼務

水道スキームをよく見ると、異なるタイプのスキーム、すなわち、単なる配水型または地下水取水型スキーム、浄水場型スキーム、取水・浄水・配水混合型のスキームが存在する。混合型スキームの運営は、取水・浄水・配水・請求・徴収・その他の顧客サービス・人材支援サービスと言った広範な公益企業活動を包含している。

(3) 調査対象区域内の O&M 要員のプロフィール

6つの調査対象地域の水道スキームで働く O&M 要員について、年齢、勤務状況、NWSDB における勤務年数、教育レベル、受けた研修に関して彼らのプロフィールを確認するために調査を行った。

1) 勤務状況

調査した 34 名のうち 64.71% は永年雇用、8.82% は臨時雇用状態にあり、一方、残りは状態を示さなかった。これは、労働者・ケアワーカー・検針員はスキーム/レベルで外部委託されているという事実と符合する。

2) 年齢

O&M 要員の平均年齢は 48.5 才、NWSDB での平均勤務年数は 24 年で、O&M 要員の大多数が RSC で彼らのキャリアを積んで経験を培ってきている。

3) 教育

約 65% は高校に行っておらず、3% は何らの公式教育を受けていないことから学歴の低いことが分かる。

理想的には、定期研修及び実施訓練は低レベルの教育しか受けていない及び業務がスキルに基礎を置く人にも利用可能でなければならない。しかし調査した WSS の O&M 要員にはそのようなケースはなかった。過去 5 年間に対象者 23 人は全部で 30 人・日の研修しか受けておらず、これは年間に従業員 1 人当たり 0.3 日間という低レベルの研修であったと言える。

4) O&M の実態

調査した WSS に標準運転マニュアルはなかった。しかし、関係 OICs/EAs は、視察した WSS の要員は経験と研修、及び自分達の指導と監督によって、WSS の設備を維持管理するに足る十分な知識を有していると述べている。

表 3.3 に O&M の記録/報告書のリスト及び報告頻度を示す。

表 3.3 O&M 報告書のタイプと頻度

| | NAME OF REPORT / RECORD | CONTENT | FREQUENCY | |
|-----|--|--|-----------|---------|
| | | | Daily | Monthly |
| 1. | Water Production Report | Volume of water produced per source | ✓ | |
| 2. | Water Quality Report | Results of tests on 12 parameters for physical and chemical qualities, and 3 parameters for bacteriological quality | | ✓ |
| 3. | Data Relating to Operational Aspect Report | Reports on 17 aspects – water production, major breakdowns, number of staff, chemical consumption, replacement of old or defective meters, total number of connections, disconnections, illegal connections, number and types of leaks in distribution and main lines and repairs or replacements made | | ✓ |
| 4. | Monthly Detail Report | Similar content as <i>Data Relating to Operational Aspect</i> in terms of production, metered connections and leak repair | | ✓ |
| 5. | Energy Conservation Report | Energy consumption and production per pumping station | | ✓ |
| 6. | Rainfall Report | Daily report on whether or not there is rainfall, its measurement in millimetres, time of occurrence and other observations | ✓ | |
| 7. | Operating Expense Report | Reports on total income from water sales less capital recovery costs, and total operating expenses from salary cost, utility cost chemical cost, repair and maintenance cost, establishment cost or office running cost security rent, finance charges and others, showing defective metre cost, new connection materials and extension cost | | ✓ |
| 8. | Billing and Collection Information Report | Reports on the particular billing period for a region/ area for all consumer categories and payment details | | ✓ |
| 9. | Defective Meter Report | Reports on number defective meters, including serial numbers, and meter reading | | ✓ |
| 10. | Details on New Water Connection | Name and address of new consumer, type and date of connection, meter number and reading | | ✓ |
| 11. | Consumer Complaint / Bill Adjustment | Contains nature and number of consumer complaints, and action taken | | ✓ |
| 12. | Attendance Sheet | Attendance of personnel assigned to the WSS | ✓ | ✓ |
| 13. | Employee Leaves | Leaves of personnel assigned to the WSS | | ✓ |
| 14. | Overtime Sheet | Overtime report of WSS workers | ✓ | ✓ |

すべての WSS が倉庫管理人の立場にいる訳ではないが、OIC は固定設備及び消耗品在庫を管理する業務を担っている。異なる支給品の型式及びスペアパーツの在庫をモニターし管理する報告書及び記録には、(1) 計画使用量に係る在庫報告書、(2) 保管記録簿、(3) 資材出庫ノート、(4) 資材移送ノート、がある。

3.2.2 技術

(1) 運転

水道施設は、OIC (施設長)に指揮される運転員、助手、水道メータ検針員、運転手、作業員等のチームにより、ポンプ設備・浄水場が運転されている。OIC は水道施設の運転・監視・維持管理に責任を持っている。現状、水道施設は概ね円滑に運転されている。

施設長は、毎月 RSC(N/C)の Operation Manager (O&M)に運転状況を報告する。報告事項は運転にかかわる全ての項目を網羅している。月例報告の内容は以下である。

- a. 生産水量 (m³/month)
- b. 施設停止時間 (hrs)
- c. 電力/薬品使用量
- d. 職員数
- e. 水道料金請求額
- f. 漏水
- g. 水道メータ故障 等

月例報告には、浄水場等から配水される水量を測定する流量計と各接続点の水道メータから得られた精度の高い無収水が算出されている。無収水率は10～35%である。大規模、老朽化した施設は30%以上という高い値を示し、小規模で、新しい施設は20%以下の値である。また、無収水に係わる漏水発生、盗水、水道メータ故障等も報告される。これらに着目することにより、無収水削減に取り組んでいる。

また、無収水とともに、支出や経費に係わる報告も行なわれている。

(2) 維持管理

維持管理業務は、主に配管の漏水補修と機械電気設備の補修がある。配管補修工事はOICのチームが漏水報告に従い、事後保全として行なわれる。機械電気設備は、RSCのワークショップが事後保全と予防保全を実施している。

1) 事後保全

下表に、主な補修作業と実施している組織を示す。機材と作業員の不足から、一部の補修はNWSDB本部中央補修工場が行い、また、民間企業に発注されている。

NWSDB本部中央補修工場、もしくは、民間企業の活用は補修業務が集中したり、特殊な作業が必要なときには、費用的に有利である。

表 3.4 NWSDB の補修体制

| 補修作業 | NWSDB 本部 | | 民間企業 (コロンボ) |
|--------------|----------|-------|----------------|
| | 中央 | 補修工場 | |
| 電動機焼損巻き替え | | ✓ | |
| ポンプ・オーバーホール | | | ✓ |
| 発電機・オーバーホール | | | ✓ |
| 自動運転装置 - PLC | ✓(プログラム) | ✓(設定) | ✓(特殊) |
| 自動運転装置 - 計器 | | | ✓ |
| 電気盤 | | ✓ | ✓(特殊) |
| その他 | | ✓ | |

NWSDB RSC(N/C)補修工場で行なわれた全ての作業は補修工場業務記録書に記載される。この記録書には水道事業所、作業内容、費用（材料・機械加工・人件費・輸送他および経費）が記述され、原価管理に使用されている。

2) 予防保全

機器が良好に運転でき、寿命を維持できるよう予防保全が実施されている。NWSDB RSC(N/C)補修工場は、原則として月一回、全ての水道施設の予防保全を実施しており、毎月 15 日程度要している。毎月末、翌月の予防保全の日程を決定し、事後保全の補修作業の発生を見ながら、予防保全を実施している。

| | |
|-------------------|--|
| 月例予防保全 チェックリスト | 渦巻きポンプ、井戸ポンプ、ブロア、コンプレッサ、発電機（およびそのモータ、電気盤を含む） |
|-------------------|--|

また、月例予防保全の他、浄水場・ポンプ場では運転員が日次点検を行なっている。点検は、外観、異音、振動、温度上昇、ボルト締り、圧力等の確認である。

| | |
|-----------------|---|
| 日次点検 チェックリスト | 渦巻きポンプ、井戸ポンプ、ブロア、コンプレッサ、発電機、モータ、汚泥掻寄機、攪拌機 |
|-----------------|---|

3.2.3 財務

(1) NWSDB RSC(N/C)

- このプロジェクト対象地域を担当している NWSDB RSC(N/C)の収支表をみると、過去 6 年間に毎年余剰を出している。したがって、同オフィスはキャッシュフローとしては財務的に自立可能である。しかし、支出は減価償却を含んでおらず、また財務費用（利息払い）などの営業外収支もみていない。これらは NWSDB 本体の事項となっており、NWSDB 全体の財務を分析する必要がある。

表 3.5 RSC(N/C)の収入と支出

(Unit: Rs.)

| Item | Year | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sales of water | | 211,529,041 | 228,146,633 | 248,423,362 | 404,774,818 | 438,335,713 | 481,521,169 |
| Other operating income | | 24,386,682 | 48,339,366 | 83,346,790 | 72,501,027 | 77,598,820 | 67,715,576 |
| Operating Income | | 276,485,999 | 235,915,723 | 331,770,152 | 477,275,845 | 515,934,533 | 549,236,745 |
| Direct operating expense | | 184,099,380 | 226,161,790 | 283,311,215 | 317,241,696 | 369,840,475 | 401,377,546 |
| Personnel cost | | 97,070,685 | 125,864,817 | 140,762,285 | 155,568,143 | 186,361,433 | 187,710,103 |
| Utility cost | | 41,276,082 | 47,198,858 | 77,254,487 | 66,683,530 | 78,007,992 | 89,072,286 |
| Chemical cost | | 16,478,972 | 19,083,357 | 25,471,952 | 29,157,320 | 26,791,869 | 27,156,443 |
| Repairs & maintenance | | 10,767,587 | 12,471,710 | 7,489,222 | 24,934,072 | 29,290,055 | 31,068,927 |
| Establishment expenses | | 6,941,355 | 8,693,522 | 11,138,275 | 14,387,781 | 15,586,225 | 17,658,668 |
| Rent, rates, taxes, etc. | | 11,564,699 | 12,849,526 | 21,194,994 | 26,510,850 | 33,802,901 | 48,711,119 |
| Other operating expenses | | 11,791,880 | 26,482,579 | 31,312,587 | 34,738,424 | 40,848,121 | 32,408,216 |
| Operating Expenditure | | 195,891,260 | 252,644,369 | 314,623,802 | 351,980,120 | 410,688,596 | 433,785,762 |
| Operating Surplus/ Deficit | | 40,024,463 | 23,841,630 | 17,146,350 | 125,295,725 | 105,245,937 | 115,450,983 |

Source: North Central Office, NWSDB

3.3 調査対象地域で NWSDB が管理する既存水道施設

調査対象地域には 56 の水道施設が存在し、このうち 50 ヶ所は CBOs が、残りの 6 ヶ所は NWSDB が管理/運営を行っている。ただし、NWSDB の Rambewa の水道施設は独立したものであるのではなく、Nuwarawewa 貯水池を水源とするアヌラダプラ北部及びミヒンタレ両水道の給水区域に組み込まれている。

表 3.6 に CBO と NWSDB の水道普及率を DSD 毎に示した。Rambewa と Medawachchiya DSD における普及率が高く (34.1%及び 30.9%)、それに対して Horowpothana (13.8%) と Kebithigollewa (16.6%) の DSD で普及率が低い。また、給水人口は CBO が全体の 66% を占め、NWSDB は 34% に過ぎない。地域全体の水道普及率は約 27% である。

表 3.6 既存施設と普及人口

| DSD | No. of Water Supply Schemes | | | Served Population | | | | Population (2012) |
|-----------------------|-----------------------------|------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|-------------------|
| | NWSDB | CBOs | Total | NWSDB | CBOs | Total | Coverage (%) | |
| Wahalkada | | | | | | | | |
| Padaviya | 1 | 3 | 4 | 2,191 | 4,675 | 6,866 | 28.5 | 24,130 |
| Kebithigollewa | 1 | 3 | 4 | 2,585 | 1,165 | 3,750 | 16.6 | 22,555 |
| Horowpothana | 1 | 7 | 8 | 705 | 4,005 | 4,710 | 13.8 | 34,044 |
| Kahatagasdigiliya | 1 | 13 | 14 | 3,656 | 8,760 | 12,416 | 32.1 | 38,688 |
| Sub-total | 4 | 26 | 30 | 9,137 | 18,605 | 27,742 | 23.2 | 119,417 |
| Mahakanadarawa | | | | | | | | |
| Medawachchiya | 1 | 13 | 14 | 4,630 | 9,905 | 14,535 | 30.9 | 47,100 |
| Rambewa | 1 | 11 | 12 | 2,139 | 10,160 | 12,299 | 34.1 | 36,024 |
| Sub-total | 2 | 24 | 26 | 6,769 | 20,065 | 26,834 | 32.3 | 83,124 |
| Total | 6 | 50 | 56 | 15,906 (7.8%) | 38,670 (19.1%) | 54,576 (26.9%) | 26.9 | 202,541 (100%) |

(5) NWSDB の施設

前述したように Rambewa は他の給水区域の一部になっていて Rambewa だけのデータを取り出すことが難しいため、ここでは残りの 5 ヶ所について記載する。表 3.7 に既存 5 施設の一般情報を記した。NWSDB の給水施設は CBO に比較して古く 1964 年~1989 年に供用を開始している。水源は CBO と同様に地下水源に頼っており、深井戸、浅井戸を水源としている。収集した水質データを表 3.8 に記載したが、高いフッ素濃度が確認された。

表 3.7 NWSDB 施設の一般情報

| Facility Name | Starting Year | Served Pop | System Capacity (m ³ /d) | Water source | | Storage | | Distribution Pipes | |
|-------------------|---------------|------------|-------------------------------------|--------------|-------|----------|----------|--------------------|------------|
| | | | | Type | nos. | Type | Capacity | Type | Lnegth (m) |
| Padavia | 1990 | 2,191 | 578 | Deep | 3 | Ground | 40m3 | PVC | 13,205 |
| Kebithigollewa | 1973 | 2,585 | 677 | Deep | 3 | Elevated | 225m3 | PVC | 35,832 |
| Horowpothana | 1979 | 705 | 137 | Deep | 1 | Elevated | 50m3 | PVC | 3,150 |
| Kahatagasdigiliya | 1982 | 3,656 | 893 | Deep | 1 | Elevated | 100m3 | PVC | 26,200 |
| Medawachchiya | 1965 | 4,630 | 1,062 | Deep/Shallow | 5 / 2 | Elevated | 135m3 x2 | PVC/AC/DI | 56,491 |

表 3.8 NWSDB 施設の水質

| Facility Name | Ph | Turbidity | Flourine |
|-------------------|------|-----------|----------|
| Padavia | 7.65 | 0.49 | 0.32 |
| Kebithigollewa | 7.01 | 1.29 | 0.11 |
| Horowpothana | 7.64 | 6.13 | 1.42 |
| Kahatagasdigiliya | 7.62 | 0.50 | 1.90 |
| Medawachchiya | 7.53 | 0.50 | 0.77 |

3.4 調査対象地域で CBO が管理する既存水道施設

3.4.1 一般

アヌラダプラ県北部浄水道整備地域では、ADB（3期、4期）で整備された CBO の他に世銀の援助で整備された CWSSP など小規模な給水組織が多く存在している（以下 CBO と呼称）。一方、NWSDB の運営する施設が対象地域に 6 か所存在している。

本既存施設調査では CBO の状況を中心に既存施設の状況を確認するとともに、問題点を抽出し、新規の水道システムの計画に反映させることを目的とした。

調査は実際の訪問によるインタビューを主体とし、以下の内容を含み 2012 年 5 月 25 日から 7 月末日までの間に実施した。

- 一般情報： CBO 名称、場所、設立年など
- 水道施設の詳細： 水源種別、貯水槽詳細、配水管網の詳細、運転状況など
- 運転維持補修の詳細： 電力、塩素消費量、施設の修理交換などの状況

- 水質データの収集と問題点
- 財務状況： 水道料金システムと収入源と金額、支出項目と金額など
- 新水道システムへの接続意志と希望料金
- その他システムの詳細資料の収集

表 3.9 に示すように、対象地域には 50 の CBO 施設が存在している。この他に小規模な供給施設が点在するが、これらは調査対象から除外した。

調査の結果、7 か所の CBO で施設が運転されていないか、運転が開始されていないかった。理由は、施設は完成しているが、CBO が公式に設立されておらず適切なマネジメントもなく使われている (3 ヶ所)、井戸ポンプの故障 (1 ヶ所)、水源が確保できない (1 ヶ所)、建設が完了していない (1 ヶ所)、プロジェクト自体が開始されていない (1 ヶ所) であった。

表 3.9 CBO 既存水道施設一覧

| S/N | Name of CBO | Location | | | Served Population |
|-----|-----------------------------|-------------------|---|--|-------------------|
| | | DSD | GND Served | Village | |
| 01 | Swashakthi CBO | Rambewa | Kendewa (97), Galkandagama (85) | Kendewa | 755 |
| 02 | Ikra CBO | Rambewa | Ikkirigollawa (102) | Ikkirigollawa | 3015 |
| 03 | Arunalu CBO | Rambewa | Sangilkandarawa (111) | Sangilkandarawa | 915 |
| 04 | Samagi CBO | Rambewa | Thalgahawewa (84) | Thalgahawewa | 660 |
| 05 | Ekamuthu CBO | Rambewa | Wahamalgollawa (109) | Wamalgollawe | 1220 |
| 06 | Rangiri CBO | Rambewa | Wewalkatiya (82) | Wewalkatiya | 590 |
| 07 | Nidiyadahara CBO | Rambewa | Maha Kandarawa yaya -01 (94) | Maha Kandarawa Yaya | 715 |
| 08 | Eksath CBO | Rambewa | Katukeliya (106) | Katukeliya | 575 |
| 09 | Mahasen CBO | Rambewa | Mahakandarayaya - 02 (93) | Weliwewa | 755 |
| 10 | Dimuthu CBO | Rambewa | Ihala Kolangaswewa (87) | Ihala Kolangaswewa | 325 |
| 11 | Pragithi CBO | Rambewa | Bala Honda Wewa(86), Ihala olangaswewa (87) | Bala Hondawewa | 635 |
| 12 | Jayashakthi CBO | Medawachchiya | Katuwela (66) | Katuwela | 1090 |
| 13 | Samagi CBO | Medawachchiya | Halambagaswewa (70) | Halambagaswewa, Palukandawewa | 935 |
| 14 | Samagi CBO | Medawachchiya | Ataweeragollewa (56) | Pahala Thammannagama, Kubukkollawa, Attaweeragollawa | 540 |
| 15 | Ekamuthu CBO | Medawachchiya | Hirulugama (54) | Hirulugama | 855 |
| 16 | Ran Arunalu CBO | Medawachchiya | Wiralmurippu (64) | Wiralmurippu, Kulikkada | 945 |
| 17 | Isuru CBO | Medawachchiya | Kadawathgama (60) | Kadawathgama | 895 |
| 18 | Randiya Dhahara | Medawachchiya | Unagaswewa (75) | Unagaswewa | 520 |
| 19 | Nelum CBO | Medawachchiya | Kirigalwewa (72) | Kirigalwewa | 680 |
| 20 | Diriyamatha CBO | Medawachchiya | Maha Kumbugollawa (46) | Maha Kumbugollawa, Kuda Halmillawa | 890 |
| 21 | Gemunu CBO | Medawachchiya | Maha Divulwewa (57) | Maha Divulwewa | 345 |
| 22 | Sisila Diyadahara CBO | Medawachchiya | Kidwarankulama (42) | Kidwarankulama | 935 |
| 23 | Diriyamatha CBO | Medawachchiya | Periyakulama (49), Yakkawewa (50) | Periyakulama | 675 |
| 24 | Ridi Nadi | Medawachchiya | Athakade (55) | Athakade | 600 |
| 25 | Shakthi CBO | Medawachchiya | Ayyatigewewa (24) | Ayyatigewewa | 1165 |
| 26 | Al-Naja | Kebitigollewa | Muslim Attaweerawewa (32) | Attaweerawewa (Paranagama, Aluthgama, Kurulugama) | N/A |
| 27 | CBO not formed & Scheme Not | Kebitigollewa | Gonumariyaya (25) | Gonumariyaya | - |
| 28 | Parakum CBO | Padaviya | Parakramapura(06), Buddhangala(05), Elikumbulagala (07) | Parakramapura Town | 2820 |
| 29 | Suwasehana CBO | Padaviya | 18 Kanuwa (02) | 18 Kanuwa, Deewara Gammanan, Isipathana gama | 945 |
| 30 | Suwasetha CBO | Padaviya | Bogahawewa (14) | Bogahawewa | 910 |
| 31 | Vajira CBO | Kahadagasdigiliya | Maha Kumbukwewa (222) | Maha Kumbukwewa | 665 |
| 32 | Pragathi CBO | Kahadagasdigiliya | Moragahawela (202) | Moragahawela | 640 |
| 33 | Janasetha CBO | Kahadagasdigiliya | Ratmalgahawewa(225), Paalishpothana(224), Kirigallawa (226) | Palispothana | 920 |
| 34 | Sobasisila CBO | Kahadagasdigiliya | Pandarella(210), Panwella (211) | Kokabe, Panderellawewa, Panwella, Thimbiriwewa | 875 |
| 35 | Randiya | Kahadagasdigiliya | Ranpathwila (196) | Rotapukuna | 1130 |
| 36 | Nilmimi | Kahadagasdigiliya | Kokmaduwa(201) | Kokmaduwa | 795 |
| 37 | Senath CBO | Kahadagasdigiliya | Gonamaruwewa (223) | Gonamaruwewa, Nelugolla Kade | 385 |
| 38 | Eksath CBO | Kahadagasdigiliya | Turukkuragama (234), Maha Kiri Ibbawa (233) | Aluthwattha, Galwala, Hijra Mawatha, Maha Kiri Ibbawa | 470 |
| 39 | Praja Shakthi CBO | Kahadagasdigiliya | Mahawewa (221) | Wirandagollawa, Mahawewa | 810 |
| 40 | Apsara | Kahadagasdigiliya | Meekumbukwewa (212) | Meeminawala, Aluthwewa, | 1480 |
| 41 | Pimbindu CBO | Kahadagasdigiliya | Ambagahawewa (213) | Rainwater supply implemented in 60 Households. No Piped Water Supply | |
| 42 | Sham Sham | Kahadagasdigiliya | Weligollawa (218), Kuncha Halmillawa (219) | Weligollawa, Kunchahalmillawa, Ihalamillawa | 210 |
| 43 | Ekamuthu CBO | Kahadagasdigiliya | Kumbukgollawa (209) | Kumbukgollawa | 380 |
| 44 | Pradeepa | Horowpothana | Wadigewewa (126) | Wadigewewa | 805 |
| 45 | Upul CBO | Horowpothana | Parangiwadiya (149) | Parangiwadiya | 905 |
| 46 | Jalawasi | Horowpothana | Kapugollewa (140) | Kapugollewa | 785 |
| 47 | Tristar CBO | Horowpothana | Agunuchchiya (119) | Parangiwadiya | 215 |
| 48 | Alhidra CBO | Horowpothana | Anolondawewa (138) | Alondawewa | 730 |
| 49 | Adhikwa CBO | Horowpothana | Weerasole (139) | Weerasole | - |
| 50 | Hansajala CBO | Horowpothana | Maradankadawala (133) | Maradankadawala | 565 |

下図に CBO の分布状況を示したが、対象地域に広く分布しているため送配水計画に当たっては注意を要することがわかる。

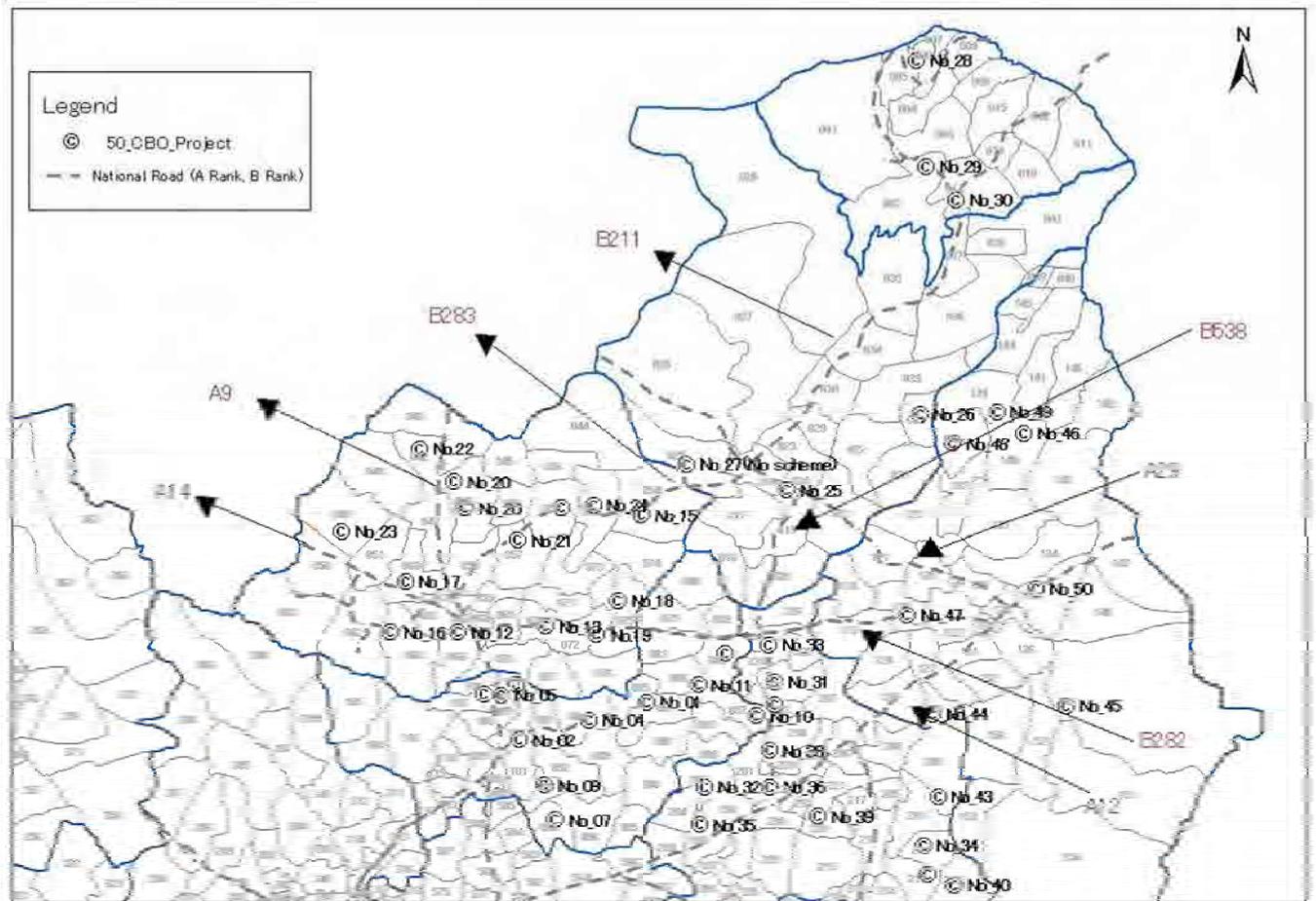


図 3.2 CBO の分布

CBO の施設は古いもので 2003 年から運転を開始しているが、多くのものは 2006 年から 2009 年の間に運転を開始しており、比較的新しい。そのことから多くの施設は良好な状況にあることがうかがえる。

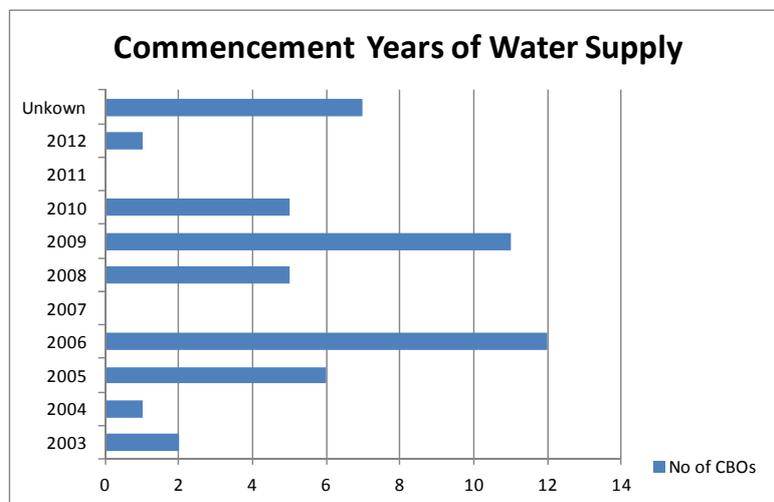


図 3.3 CBO の運営開始年

(2) CBO の原水

CBO の原水はすべて深井戸、浅井戸又はその両方に頼っている。CBO が多く抱えている問題点は以下の事項である。

- 硬度が高くフッ素濃度が高い。
- 乾季に水源が不足する。
- 電力の供給が安定していないため井戸ポンプの連続運転ができない。

(3) 水質 (2.5.1 節参照)

(4) CBO の施設構成 (表 3.10 及び表 3.11)

CBO の施設のほぼすべてが、井戸、高架水槽、送配水管によって構成され、総貯水容量は 2,805 m³、CBO 平均では 58 m³ となる。送配水管は総延長で 392 km に及び、径 32~225 mm の PVC 管である。これは CBO 平均では 8 km の延長に当たる。

表 3.10 高架水槽の容量

| | |
|----------------|----------------------|
| No. of CBOs | 48 |
| Total Capacity | 2,805 m ³ |
| Ave. | 58.5 m ³ |
| Max. | 22.5 m ³ |
| Min. | 20 m ³ |

表 3.11 配水管概要

| | |
|----------------|-----------|
| No. of CBOs | 48 |
| Total Length | 392,299 m |
| Ave. | 8,173 m |
| Per Connection | 51 m |

3.4.2 施設の運営維持補修

CBO 施設は 2~3 人のコミュニティから選任された主に教師、公務員、自営業者などによって運営されている。調査では、大半の CBO でメータの交換、漏水の補修が行われていることが判明したが、6 か所の CBO において配管、バルブの接続部分から漏水が確認、高架水槽よりの漏水は最低 1 か所から確認された。全般的には良好であるが、O&M に関する Capacity Building が必要という意見が多くあった。また、多くの CBO でマスター流量計が設置されていなかった。表 3.12 に維持運転の一般状況を示した。

表 3.12 維持運転の一般的状況

| S/N | Name of CBO | Organization | | Annual consumption | | Repair/ Replacement of Distribution Network ¹ | | | Repair / Replace/ Service / Clean. Well & other (times) ² | | |
|-----|-----------------------------|---|-----------------|--------------------|--------------|--|-----------------------------|--------------------------|--|------|------|
| | | Technical Staff | Non-Tech. Staff | Electric power kWh | chlorine: kg | Repair of Pipes /year | Replace of Pipes/year dia/m | Replace of meters / year | Pumps | Well | Tank |
| 01 | Swashakthi CBO | 1 | 1 | 5,220 | - | 1 | - | 7 | 2 | - | 3 |
| 02 | Ikra CBO | 4 | 2 | 38,964 | 360 | 7 | - | 47 | - | - | - |
| 03 | Arunalu CBO | 1 | 2 | 15,900 | 300 | 1 | - | 20 | 2 | 2 | 6 |
| 04 | Samagi CBO | 1 | 1 | 5,268 | 54 | 5 | - | 20 | - | - | 3 |
| 05 | Ekamuthu CBO | 1 | 1 | 14,208 | 90 | - | - | - | 1 | 1 | 1 |
| 06 | Rangiri CBO | 1 | - | 8,148 | 12 | 3 | - | - | - | - | - |
| 07 | Nildiayahara CBO | 3 | 1 | 7488 | - | 3 | 40/70 | - | - | - | - |
| 08 | Eksath CBO | 2 | - | 4,560 | - | 2 | 40/72 | - | - | - | - |
| 09 | Mahasen CBO | 2 | - | 10,860 | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Dimuthu CBO | 1 | 1 | 2,388 | - | 2 | - | - | - | - | - |
| 11 | Pragithi CBO | 1 | 1 | 3,780 | - | 2 | - | 2 | - | - | - |
| 12 | Jayashakthi CBO | 1 | 1 | 16,992 | 60 | 6 | - | 10 | 1 | 1 | 7 |
| 13 | Samagi CBO | 1 | 1 | 5,688 | 180 | 7 | - | 2 | 1 | 1 | 10 |
| 14 | Samagi CBO | 1 | - | 9,348 | - | 2 | - | 3 | - | - | - |
| 15 | Ekamuthu CBO | 1 | 1 | 8,712 | 90 | - | - | - | - | - | - |
| 16 | Ran Arunalu CBO | 1 | 1 | 5,664 | - | 5 | - | 7 | 3 | - | - |
| 17 | Isuru CBO | 1 | 1 | 13,008 | - | 3 | - | - | - | 1 | - |
| 18 | Randiya Dhahara CBO | 1 | 1 | Diesel 1572 L | - | 4 | - | - | 2 | 3 | 3 |
| 19 | Nelum CBO | 1 | 1 | 7,452 | - | 1 | - | - | - | - | - |
| 20 | Diriyamatha CBO | 2 | 1 | 12,852 | - | 13 | - | 50 | 1 | 4 | 3 |
| 21 | Gemunu CBO | 1 | - | 4,140 | - | 2 | - | - | - | 2 | 2 |
| 22 | Sisila Diyadahara CBO | 1 | 1 | 15,888 | - | 3 | - | 20 | 1 | 2 | 12 |
| 23 | Diriya Shakthi | 1 | 2 | Diesel 1608 L | - | 3 | - | 47 | - | 10 | 48 |
| 24 | Ridi Nadee | 1 | 1 | 6,180 | - | 1 | - | - | - | 1 | 6 |
| 25 | Shakthi CBO | 1 | 1 | 11,628 | 90 | 2 | 63/400 | 10 | - | - | - |
| 26 | Al-Naja | Not commitioned yet | | | | | | | | | |
| 27 | CBO not formed & Scheme Not | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | Parakum CBO | 1 | 1 | 14,376 | 216 | 5 | - | - | 1 | 1 | - |
| 29 | Suwasehana CBO | 1 | 1 | 8,244 | 3 | 11 | - | 2 | 1 | 1 | 12 |
| 30 | Suwasetha CBO | 1 | 1 | 14,352 | - | 2 | - | 25 | 1 | 1 | - |
| 31 | Vajira CBO | 1 | 1 | 4,812 | 96 | - | - | 4 | 1 | 1 | 20 |
| 32 | Pragathi CBO | 1 | 1 | 3,564 | 24 | - | - | - | 1 | 1 | 12 |
| 33 | Janasetha CBO | 1 | 1 | 8,904 | 72 | 3 | - | - | 1 | 5 | 20 |
| 34 | Sobasisila CBO | 1 | 1 | 9,600 | 90 | - | - | - | - | 6 | 15 |
| 35 | Randiya | 2 | - | 12,780 | 36 | - | - | - | 1 | - | - |
| 36 | Nilmini | 1 | - | 3,588 | 36 | - | - | - | - | - | - |
| 37 | Senath CBO | 1 | - | Diesel 1080 L | 6 | 3 | - | - | - | - | - |
| 38 | Eksath CBO | 1 | 1 | 6,384 | 144 | 3 | - | - | - | 1 | - |
| 39 | Praja Shakthi | 1 | 1 | 8,424 | - | - | - | - | - | 11 | 11 |
| 40 | Apsara | 1 | 1 | 7,860 | 12 | 3 | - | - | - | 3 | 10 |
| 41 | Pinibindu CBO | Rainwater supply implmented in 60 Households. No Piped Water Supply | | | | | | | | | |
| 42 | Sham Sham | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 43 | Ekamuthu CBO | 1 | - | Diesel 792 L | 7 | 2 | - | - | 1 | 5 | 10 |
| 44 | Pradeepa | 2 | 1 | 69,840 | 126 | - | 63/3 | - | 1 | - | - |
| 45 | Upul CBO | 1 | 1 | 5,820 | - | - | - | - | - | 1 | - |
| 46 | Jalasavi | 1 | 1 | 7,848 | - | 1 | - | - | 1 | 1 | - |
| 47 | Tristar CBO | Not handedover to CBO. O&M not started | | | | | | | | | |
| 48 | Alhidra CBO | O&M not started. Staff not recruited | | | | | | | | | |
| 49 | Adhikwa CBO | Not handedover to CBO. O&M not started | | | | | | | | | |
| 50 | Hansajala CBO | - | - | 7,968 | - | 3 | - | - | 1 | - | - |

漏水状況を多くのCBOで把握していなかったため、漏水調査を数か所のCBOで水道の使用の少ない夜間を実施した。その結果、漏水量は4.1~24.03パーセントの範囲であるとの結果を得た(表3.13)。

表 3.13 無収水・漏水試験結果

| CBO S/N | 給水対象 GND | GND No | DSD | NRW (%) | | |
|------------|---|-----------|--------------------|---------------|---------------|----------------|
| | | | | Field Test | Bulk Meter | Pump Detail |
| 1 | Kendewa | 97 | Rambewa | | 20.75 | |
| 3 | Sangilikandarawa | 111 | Rambewa | | 23.68 | |
| 8 | Thalgahawewa | 84 | Rambewa | | 18.44 | 16.9 |
| 9 | Mahakandarayaya 02 | 93 | Rambewa | 22.95 | | |
| | <i>Average for Rambewa DSD</i> | | | 22.95 | 20.96 | 16.9 |
| 12 | Katuwela | 66 | Madawachchiya | 30.14 | | |
| 13 | Halambagaswewa | 70 | Madawachchiya | 18.28 | 22 | 10.2 |
| 14 | Attaweeragollawa | 56 | Madawachchiya | | | 18.42 |
| 15 | Hirulugama | 54 | Madawachchiya | | | 11.67 |
| 16 | Wiralmurippu | 64 | Madawachchiya | | 10.7 | |
| 17 | Kadawathgama | 60 | Madawachchiya | | 8.39 | 16.74 |
| 19 | Kirigalwewa | 72 | Madawachchiya | 14.31 | | |
| 22 | Kidawarankulama | 42 | Madawachchiya | | | 46.32 |
| 23 | Periyakulama | 49 | Madawachchiya | 41.38 | | |
| 24 | Athakade | 55 | Madawachchiya | 16.03 | | |
| | <i>Average for Madawachchiya DSD</i> | | | 24.03 | 13.70 | 20.67 |
| 25 | Ayyatigewewa | 24 | Kebitigollawa | 17.97 | | |
| | <i>Average for Kebitigollawa DSD</i> | | | 17.97 | | |
| 29 | 18 Kanuwa | 2 | Padaviya | 16.98 | | 12.91 |
| | <i>Average for Padaviya DSD</i> | | | 16.98 | | 12.91 |
| 31 | Maha Kumbukwewa | 222 | Kahadagasdigilliya | | 29.53 | 24.89 |
| 32 | Moragahawewa | 202 | Kahatagasdigiliya | | 4.51 | 6.97 |
| 33 | Palispotana | 224 | Kahatagasdigiliya | | 29.4 | 26.92 |
| 34 | Pandaralla | 210 | Kahadagasdigilliya | | | 21.74 |
| 38 | Turrukkuragama | 234 | Kahadagasdigilliya | 2.75 | | |
| 39 | Mahawewa | 221 | Kahadagasdigilliya | 6.84 | | |
| 40 | Meekumbukwewa | 212 | Kahadagasdigilliya | 33.96 | | |
| 43 | Kumbukgollawa | 209 | Kahadagasdigilliya | 19.17 | | |
| | <i>Average for Kahadagasdigilliya DSD</i> | | | 15.68 | 16.95 | 18.54 |
| 44 | Wadigawewa | 126 | Horowpothana | | 4.63 | |
| 45 | Parangiyawadi | 149 | Horowpothana | | 3.58 | |
| 50 | Maradankadawala | 133 | Horowpothana | 23.74 | | |
| | <i>Average for Horowpothana DSD</i> | | | 23.74 | 4.10 | |

Bulk meter: 親メータの配水量と各戸使用水量の比較

Pump detail: 親メータが使えないまたは故障中のところで、ポンプ運転時間に基づく配水量と各戸使用水量の比較

Field Test: 上記二つの方法が使えないまたは調査が必要と考えられるところで、夜間における高架水槽水位低下量を測定することにより夜間流量を無収水量として計量

3.4.3 財務状況

(1)財務内容

43 CBOs 中 39 CBOs でキャッシュフローはプラスであった。支出内訳で平均 45%が人件費、37%が電気代でこの 2 項目で 82%を占めた。

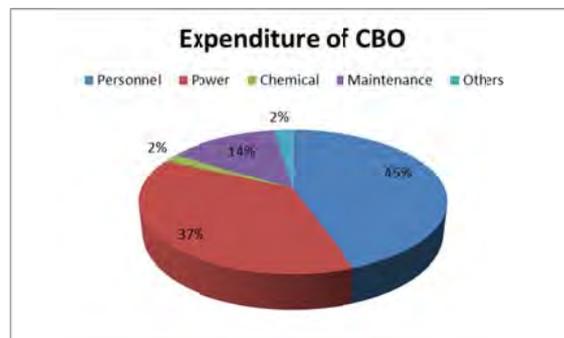


図 3.4 CBO の支出構成

(2)水道料金

CBO の水道料金体系はほとんどにおいて基本料金と従量料金の組み合わせであった。

使用水量が 10 m³ 未満の場合の従量料金は CBO の場合で、1 m³ 当たり Rs.10~20 の範囲がほとんどであった。これに比較して CWSSP の場合では従量料金は 1 m³ 当たり Rs.10~30 であった。

基本料金はすべての CBO で採用されており、月額で Rs.50~100 の範囲に分布していた。詳細は Annex に添付した。

NWSDB の料金体系は全国統一で、現在の水道料金は 2012 年 10 月に官報に告示されたものである。

3.4.4 既存水道施設調査のまとめ

(1) 既存施設の現状

本調査によって以下の事項が明らかになった。

- 当該の 6 DSDs の CBO 水道の普及率は、19%である、調査対象地域内給水人口の 70% を占めている。このため、健全なマネジメントの下で CBO のシステムを維持管理することは重要な課題である。
- 50 ヶ所の CBO の内 44 ヶ所の CBO が機能している。またほとんどの CBO は 2006 年以降に供用が開始されている。
- 原水の不足又は停電により、すべての CBO で時間給水を行っている。原水は地下水に頼っており、乾季の 8 月~10 月は地下水源が不足している。電力不足のため、継続的な給水が行われていない CBO がある。
- 複数の CBO において高い濃度のフッ素（最大 1.9 mg/L）と高い硬度（最大 720 mg/L）が報告された。

- CBO の施設は比較的新しく、修理の必要な漏水が確認されたのは 52 の高架水槽のうち 2 ヶ所であった。
- CBO の配水管網は PVC の Type600 が使用され、口径（外径）は 32 mm から 225 mm の範囲である。複数の CBO において配水管の口径が不足しており、圧力が不十分であることが確認された。
- マスター流量計が設置されていないため、供給量と無収水量が管理されていない。
- CBO は地域のコミュニティメンバーにより運営されている。
- だいたいにおいて塩素滅菌は適切に行われておらず、ほとんどの CBO は次亜塩素酸ソーダをたまにかあるいは全く使っていない。
- 調査を通じて建設当時の配水管網のスケッチが収集されたが、精度が低く、解析に適していない。情報の更新が実施されていない。

(2) 既存施設の問題点

調査によって、CBO の既存施設は概ね良好な状態であることが明確になったが、一方以下の技術的な問題点、マネジメント上の問題点が明らかになった。

➤ 技術的な問題点

- いくつかの仕切弁からの漏水
- 空気弁、仕切弁、ドレーンバルブなどの欠如
- 井戸ポンプの故障
- 不十分な塩素滅菌設備
- 顧客メータ管理におけ不適切な管理（ガラスのくもりによるメータが読みにくい等々）
- 電力供給不足による井戸ポンプの連続運転への支障
- 口径不足による配水システムにおける低水圧
- 配水池出口のマスターメータ未設置

➤ 技術以外の問題点

- 以前勤めていた職員からの資料の引き継ぎの欠如
- CBO 管理事務所の未整備
- 運転記録の記帳と保管の未整備
- O&M スタッフの教育不足
- 不確実な料金徴収システム（定期的な検針が行われていない）
- 維持管理に必要な人員不足
- 維持管理のキーパーソンに対するトレーニング、研修不足

表 3.14 CBOs が管理する水道の抱える問題

| S/ No. | CBO | GND | Problems | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------------------|--|-----------|---|---|---|---|---|---|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | Technical | | | | | | | Non Technical | | | | | | | | | |
| | | | A | B | C | D | E | F | G | H | I | a | b | c | d | e | | | |
| 1 | Swashakthi | Kendewa (97), Galkandagama (85) | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| 2 | Ikra | Ikkirigollawa (102) | X | X | X | | | | X | | | X | | | | | | | |
| 3 | Arunalu | Sanglikandarawa (111) | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| 4 | Samagi | Thalgahawewa (84) | | | | | | | | | | | X | | | X | X | X | |
| 5 | Ekamuthu | Wahamalagollawa (109) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Rangiri | Wewalkatiya (82) | | X | | | | X | | | | | | | X | | | | |
| 7 | Nildiyadahara | Maha Kandarawa yaya -01 (94) | X | | X | | | | | X | | X | | X | | | | | |
| 8 | Eksath | Katukeliya (106) | X | | X | | | X | | | | X | | X | | | | | |
| 9 | Mahasen | Mahakandarayaya - 02 (93) | X | | X | | | X | | | | X | | X | | | | | |
| 10 | Dimuthu | Ihala Kolangaswewa (87) | X | | X | | | X | | | | X | | X | | | | | |
| 11 | Pragithi | Bala Honda Wewa (86), Ihala Kolangaswewa (87) | X | | X | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 12 | Jayashakthi | Katuwela (66) | X | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| 13 | Samagi | Halambagaswewa (70) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Samagi | Ataweeragollewa (56) | X | | | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 15 | Ekamuthu | Hirulugama (54) | X | | | | X | | | | | | | X | | | | | |
| 16 | Ran Arulnal | Wiralmurippu (64) | X | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 17 | Isuru | Kadawathgama (60) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Randiya Dhahara | Unagaswewa (75) | X | | X | | | X | X | | | | | X | | | | | |
| 19 | Nelum | Kirigalwewa (72) | X | | | | | X | | | | X | | X | | | | | |
| 20 | Diriyamatha | Maha-Kumbagollawa (46) | X | | X | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 21 | Gemunu | Maha Divulwewa (57) | X | | | | X | X | | | | | | X | | | | | |
| 22 | Sisila Diyadahara | Kidawarankulama (42) | X | | X | | X | X | | | | | | X | | | | | |
| 23 | Diriyamatha | Periyakulama (49), Yakkawewa (50) | X | | X | | | X | X | | | X | | X | | | | | |
| 24 | Ridi Nadi | Athakade (55) | X | | | | | X | | | | X | | | | | | | |
| 25 | Shakthi | Ayyatigewewa (24) | X | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| 26 | Al-Naja | Muslim Attaweerawewa (32) | X | | | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 27 | No CBO | Gonumariyaya (25) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | Parakum | Parakramapura (06), Uddhangala (05), Elikumbulagala (07) | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Suwasehana | 18 Kanuwa (02) | X | | | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 30 | Suwasetha | Bogahawewa (14) | X | | | | | | | | | X | | X | | | | | |
| 31 | Vajira | Maha Kumbukwewa | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | Pragathi | Moragahawela (202) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | Janasetha | Ratmalgahawewa (225), Paalishpothana (224), Kirigallawa (226) | | | | | | | X | | | X | X | | | | | | |
| 34 | Sobasisila | Pandarella(210), Panwella (211) | X | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| 35 | Randiya | Ranpathwila (196) | X | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| 36 | Nilmini | Kokmaduwa (201) | X | | | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 37 | Senath | Gonamaruwewa (223) | X | | X | | | X | X | | | X | | X | | X | | | |
| 38 | Eksath | Tururukuragama (234), Maha Kiri Ibbawa (233) | X | | | | X | X | | | | X | | X | | | | | |
| 39 | Praja Shakthi | Mahawewa (221) | X | | | | | X | | | | X | | X | | | | | |
| 40 | Apsara | Meekumbukwewa (212) | X | X | | | | X | | | | X | | X | | | | | |
| 41 | Pinibindu | Ambagahawewa (213) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | Sham Sham | Weligollawa (218), Kuncha Halmillawa | X | | X | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 43 | Ekamuthu | Kumbukgollawa (209) | X | | | | X | X | X | | | X | | X | | | | | |
| 44 | Pradeepa | Wadigewewa (126) | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| 45 | Upul | Parangiwadiya (149) | | X | X | | | | | | | | | | | X | | | |
| 46 | Jalasavi | Kapugollewa (140) | | X | | | | | | | | | | | | X | X | | |
| 47 | Tristar | Agunuchchiya (119) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | Alhidra | Anolondawewa (138) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | Adhikwa | Weerasole (139) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | Hansajala | Maradankadawala (133) | | X | X | | | | | | | | | | | X | | | |

3.3.5 CBO への提言

上記の問題解決のため、財務的、組織的な局面から維持管理能力を活性化するため、以下に挙げる集中的なトレーニングが必要である。水道施設の管理、記録、財務、漏水探知、補修と取り換え、財務に関するスキルである。また、NWSDB は、現在 CBO マネジメントについて訓練しているが更なる強化を行う必要がある。

上記の問題を解決し、より効果的な CBO を構築するために以下の方策が推奨される。

CBO の施設と CBO のマネジメントスタッフに推奨する事項

- 水道施設マネジメントのための教育、トレーニングの受講（NRW、運転記録の整備、必要機材の調達法などを含む）
- 各 DSD の水道システムにおける情報の統一性が欠如しているため、将来的に NWSDB に対して GIS を導入し、より効率的な管理を実施することが求められる。
- プロジェクトで建設する送配水システムに新規接続するため、プロジェクトスコープの中でバルクメータの設置が求められる。
- これに加えて、配水池の出口のマスターメータの設置
- 配水システムの問題点を監視するため、不適切なパイプのサイズ、漏水発生箇所に対するリハビリや補修の実施
- 無収水率 30% 以下の CBO は安定給水の確保を図り、高い無収水率の CBO はより低い無収水率を達成することが求められる。
- 維持管理を改善するため、CBO の配水管網上の空気弁、ドレーン管理用バルブを監視するため、専門家の調査に伴うバルブ類の設置
- CBO の管理事務所、貯蔵施設が欠如しているため、効率的な維持管理のため、適切なスペースの確保