

第4章 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 ha、総人口は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、地下水中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両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。

計画給水量は図 4.1 に示す手順で算定する。

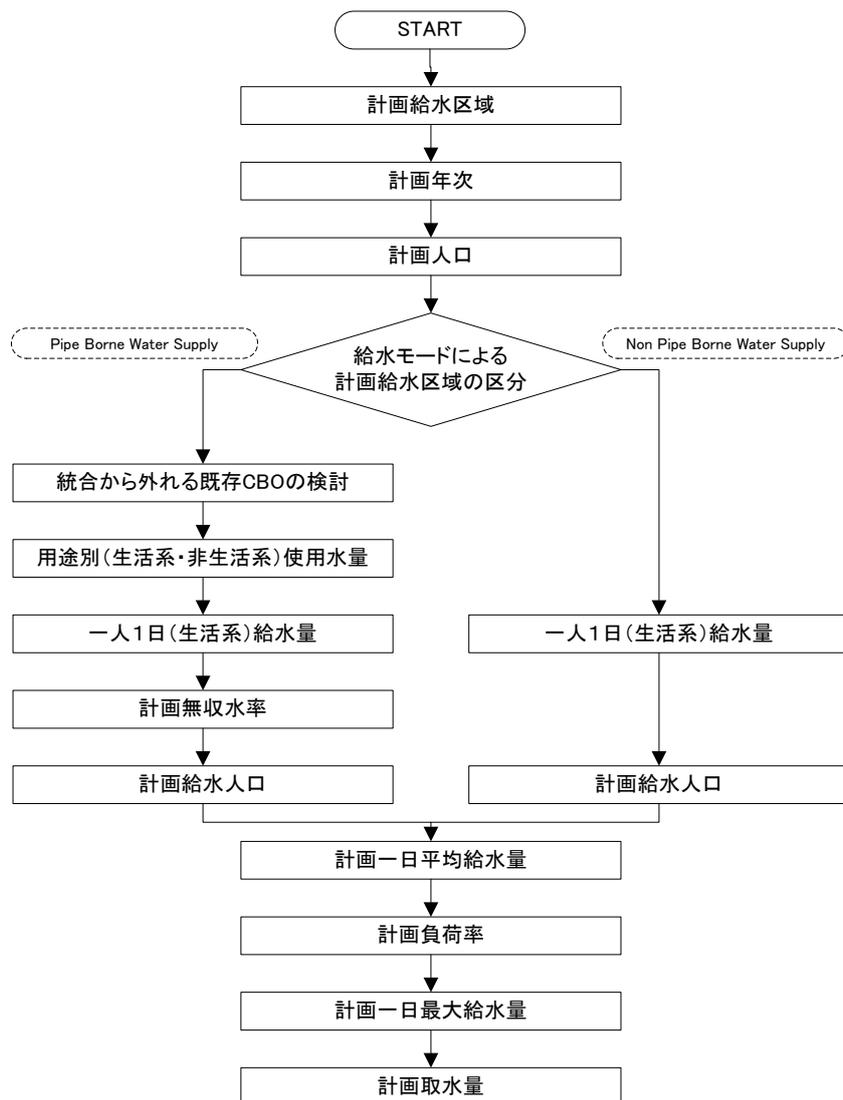


図 4.1 計画給水量算定の手順

4.2 計画給水量算定

4.2.1 計画給水区域

計画給水区域は前述したように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) とする。

4.2.2 計画年次

NWSDB 作成の”Anuradhapura North Integrated Water Supply”に係る Pre-Feasibility Report (2011 年 12 月) は計画年次を 2034 年に設定している。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(参考:日本の水道施設設計指針は15年~20年を標準としている)。したがって、計画目標年次を2034年とすることは妥当であり、段階施工の中間目標年度として2024年を設定する。

4.2.3 計画人口

アヌラダプラ県の全国総人口に対する比率は、1963年の2.6%から1971年3.1%、1981年4.0%と着実に増大してきたが、2001年は4.0%、2011年は4.2%のほぼ横ばいになっている。

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

	1953	1963	1971	1981	2001	2012
Population						
Sri Lanka	8,097.9	10,582.0	12,689.9	14,846.8	18,797.3	20,277.6
Urban	1,239.1	2,016.3	2,848.1	3,192.7	-	-
Rural	6,858.7	8,565.8	9,841.8	11,654.3	-	-
Anuradhapura	229.3	279.8	388.8	587.9	745.7	855.6
(% to Sri Lanka)	(2.8%)	(2.6%)	(3.1%)	(4.0%)	(4.0%)	(4.2%)
Urban	18.4	32.9	38.8	41.4	53.2	-
Rural	210.9	246.9	349.9	546.5	692.5	-
Annual Average Growth Rate						
Sri Lanka	2.8	2.7	2.3	1.6	1.16	0.71
Urban	2.8	5.0	4.4	1.1	-	-
Rural	2.8	2.2	1.8	1.7	-	-
Anuradhapura	7.4	2.0	4.2	4.2	1.25	1.33
Urban	5.9	6.0	2.1	0.7	1.26	-
Rural	7.5	1.6	4.5	4.6	1.19	-

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

Source: "Population of Sri Lanka by District – Preliminary Report (Provisional) - I", Department of Census and Statistics, April 20, 2012

アヌラダプラ県の都市部については、年間平均人口伸び率は1960年代2.1%、1970年代0.7%と全国平均(都市部)の4.4%、1.1%をそれぞれ大きく下回り、1981年~2001年は1.26%で、全国平均(全体)の1.16%を0.1ポイント上回っている。

これに対し、農村部の年間平均人口伸び率は1960年代4.5%、1970年代4.6%と全国平均(農村部)の1.8%、1.7%をそれぞれ大きく上回り、1981年~2001年は1.19%で、全国平均(全体)の1.16%をやや上回っている。

農村部の人口は前述の高い人口伸び率によって1963年の246,900人から2001年692,500人と母体人口は既に2.8倍と大きくなっている。また、国全体のセンサス間における年間平均人口伸び率は1953年の2.8%から、1963年2.7%、1971年2.3%、1981年1.6%、2001年1.16%、2012年0.71%と着実に低下してきている。

調査対象地域は全域農村部に分類されるが、今後は農業振興政策がとられても 1963 年～1981 年のような高い伸び率は期待できないと考えられる。そこで GND を地域の状況に応じて以下の 4 つのタイプに分類し、幹線道路を有する GND の周辺部に 1981 年～2001 年の年間平均人口伸び率 1.2% を適用し、幹線道路を有する GND にはその 0.3% 増しの 1.5%、その他の GND には 0.3% 減の 0.9% を適用する。DSD の中心地とその周辺地区は多くが主要道路の交差点近くに位置して今後も大きく発展する可能性が高いと判断されるため、幹線道路沿い GND よりもさらに 0.3% 高い 1.8% とした。

幹線道路を有する GND	1.5%
幹線道路を有する GND の周辺部	1.2%
その他の GND	0.9%
DSD の中心地とその周辺地区	1.8%

前述したように計画人口は 2001 年の GND 別人口をベースに人口伸び率を設定して予測する(センサス 2011 年の結果は計画時点では DSD レベルまでしか公表されていないため参考に止める)。

表 4.2 調査対象地域人口予測

	Census	Estimated Population			Annual Average Growth Rate (%)		
	2001	2012	2024	2034	2012/2001	2024/2012	2034/2012
Padaviya	21,146	24,403	28,583	32,655	1.31	1.33	1.33
Kebithigollewa	19,457	23,007	27,661	32,276	1.54	1.55	1.55
Horoupothana	29,642	34,374	40,462	46,412	1.36	1.37	1.37
Kahatagasdiggilla	33,572	39,096	46,234	53,219	1.39	1.41	1.41
Sub-total	103,817	120,880	142,940	164,562	1.39	1.41	1.41
Medawachchiya	40,469	47,533	56,688	65,677	1.47	1.48	1.48
Rambewa	31,604	36,325	42,355	48,207	1.27	1.29	1.29
Sub-total	72,073	83,858	99,043	113,884	1.39	1.40	1.40
Total	175,890	204,738	241,983	278,446	1.39	1.40	1.41

4.2.4 給水モードによる計画給水区域の区分

調査対象地域は人口が広く薄く分布しており、最も人口密度が高いのは Medawachchiya West (Medawachchiya GND 67) の 15.4 人/ha で、これに Medawachchiya East (Medawachchiya GND 67) の 6.6 人/ha、Elikimbulagala (Padaviya GND 7) の 5.6 人/ha、Pandukabhayapura (Rambewa GND 115) の 5.6 人/ha が続いているが、GND 総数の 87.7% は人口密度が 2 人/ha 以下となっている (図 4.2)。実際、幹線道路沿いにおいてすら人家が存在しないあるいはまばらにしか存在しないという区間がしばしば見られる。したがって、道路網に合わせて水道配水管網を整備するという考えでは対費用効果は極めて悪いものにならざるを得ない。

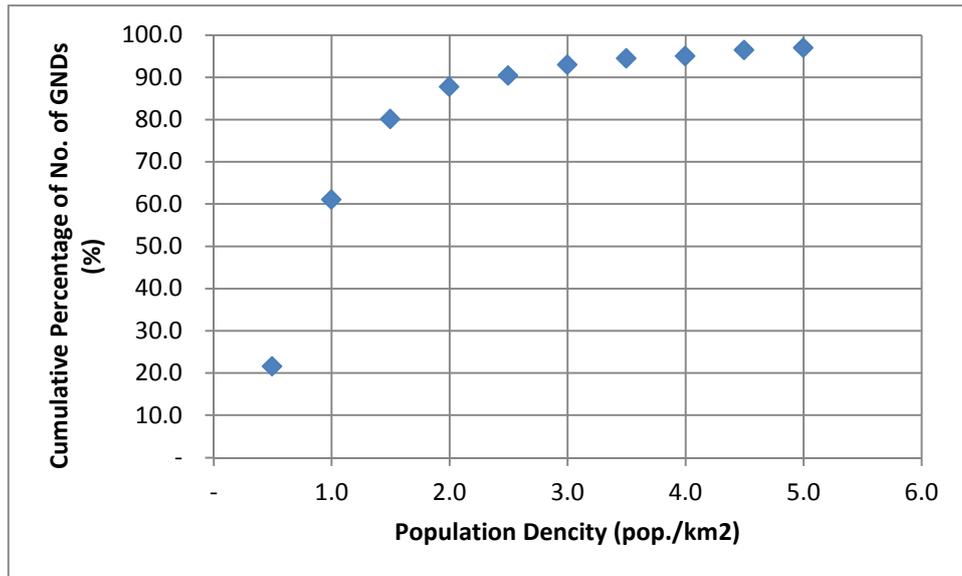


図 4.2 調査対象地域における人口密度の分布（2001 年）

以下の四つの要素を使って、水道配水管網整備に関する GND の区分を検討するものとする。

- 1) 図 4.3 は NWSDB、ADB-3rd、ADB-4th 及び CWSSP の水道システムが存在する GND の分布を示したものである。
- 2) 図 4.4 は、提案される水道システムを構成する浄水場、ポンプ場、配水池が立地する GND とその周辺 GND 及び送水幹線が通る GND を示しており、施設建設にあたって地域住民の期待も高く、配水管整備の配慮が必要とされる。
- 3) 図 4.5 は、各 DSD の中心地とそれを取り囲む GND を示したもので、Urban Centre として今後発展が大いに予想される。
- 4) 図 4.6 は、調査対象区域内を主要幹線が通る GND を示している。ここでいう幹線とは以下のものをいう。幹線沿いの GND は 3) に述べる Urban Centre に次いで発展のポテンシャルは高いと想定される。

国道 A クラス：A9、A12、A14、A20

国道 B クラス：B282、B283、B211、B538

これらの四つの要素を重要性という意味から優先順位付けすれば以下のようなになる。

本プロジェクトの目的の一つに既存の水道システムを統合することが挙げられているので、既存水道システムの有無が最優先される。新しい水道システムの建設に当たって地域住民の協力が不可欠であり、施設建設によって給水への住民の期待が高まることが予想されるためこれに応えるためにも、次に優先されるべきである。次いで地域の発展性を考えると各 DSD の中心地を核とする地域（Urban Centre）が高く、これに幹線道路沿いが次ぐと考えられる。

要素の優先順位

- a) 既存水道システム
- b) 提案される水道システム
- c) Urban Centre
- d) 主要幹線

オプション 1 (図 4.7) : すべての要素を対象

既存水道システム + 提案される水道システム + Urban Centre + 主要幹線

オプション 2 (図 4.8) : 主要幹線を除く他の要素

既存水道システム + 提案される水道システム + Urban Centre

オプション 3 (図 4.8 に同じ) :

既存水道システム + 提案される水道システム

これらの要素の重ね合わせから外れる区域は遠隔地 (Isolated Area) として Piped Water Supply System によらない給水方法を検討することになる。

オプション 2 とオプション 3 は同じ結果になっている。これは Urban Centre のカバーする区域は他の 3 つの要素のどれかに既に含まれていることを意味する。

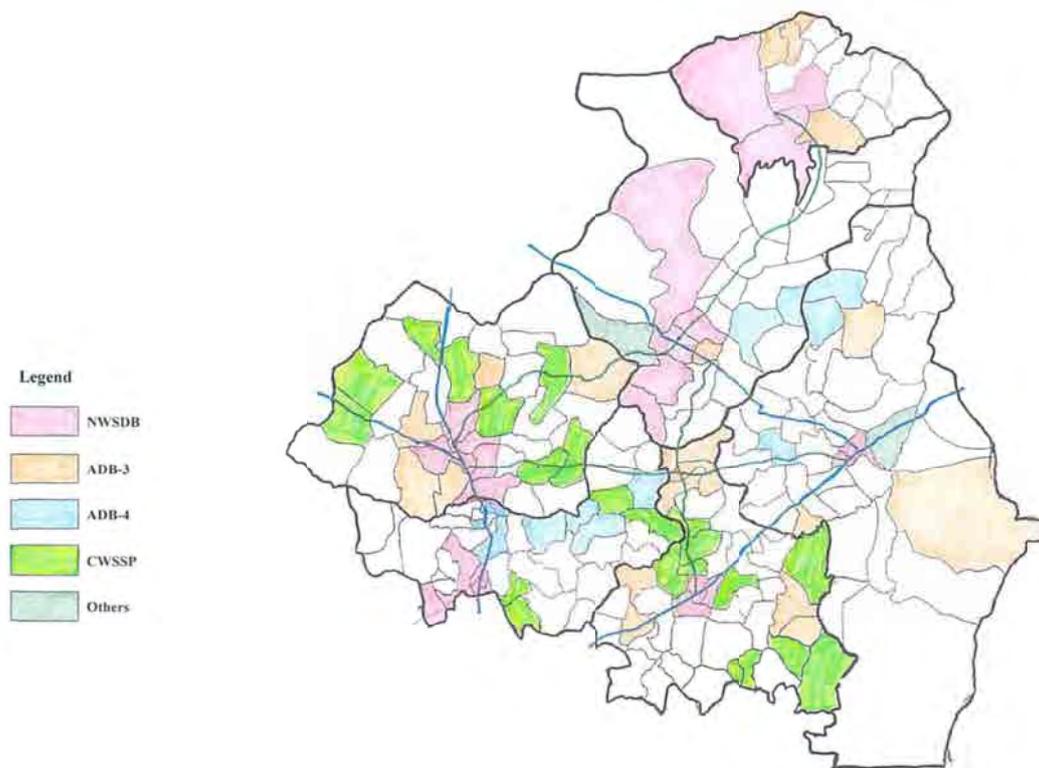


図 4.3 既存水道システム関連

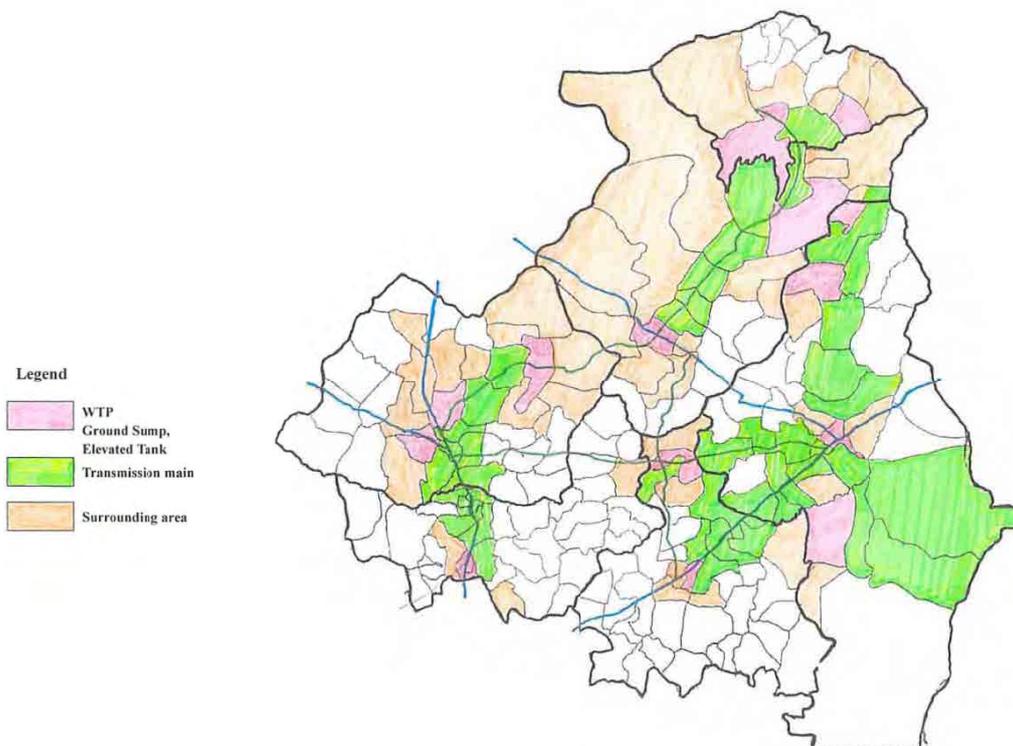


図 4.4 提案水道システム関連

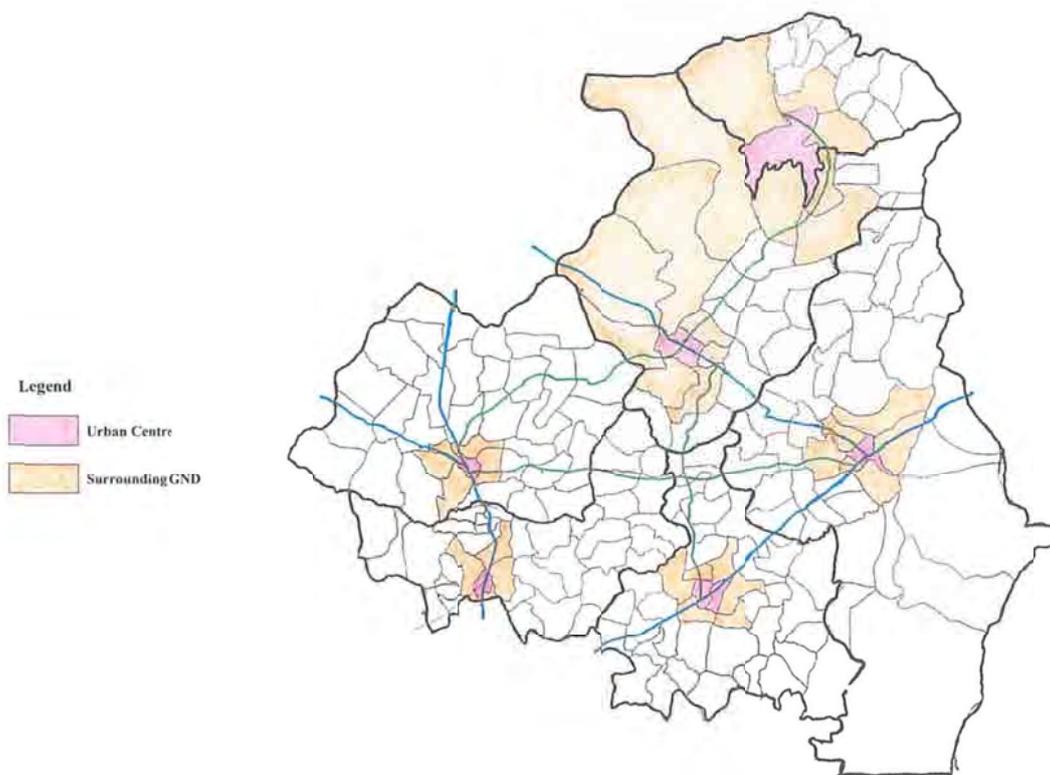


図 4.5 Urban Centre 関連

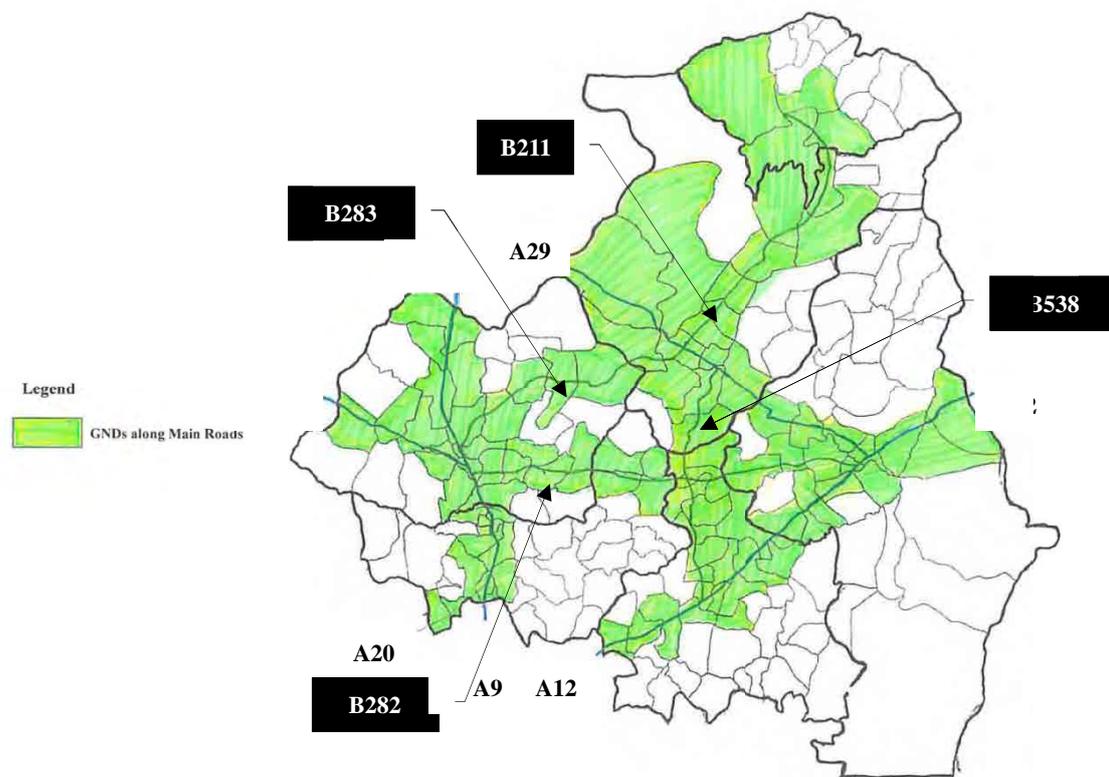


図 4.6 主要道路関連

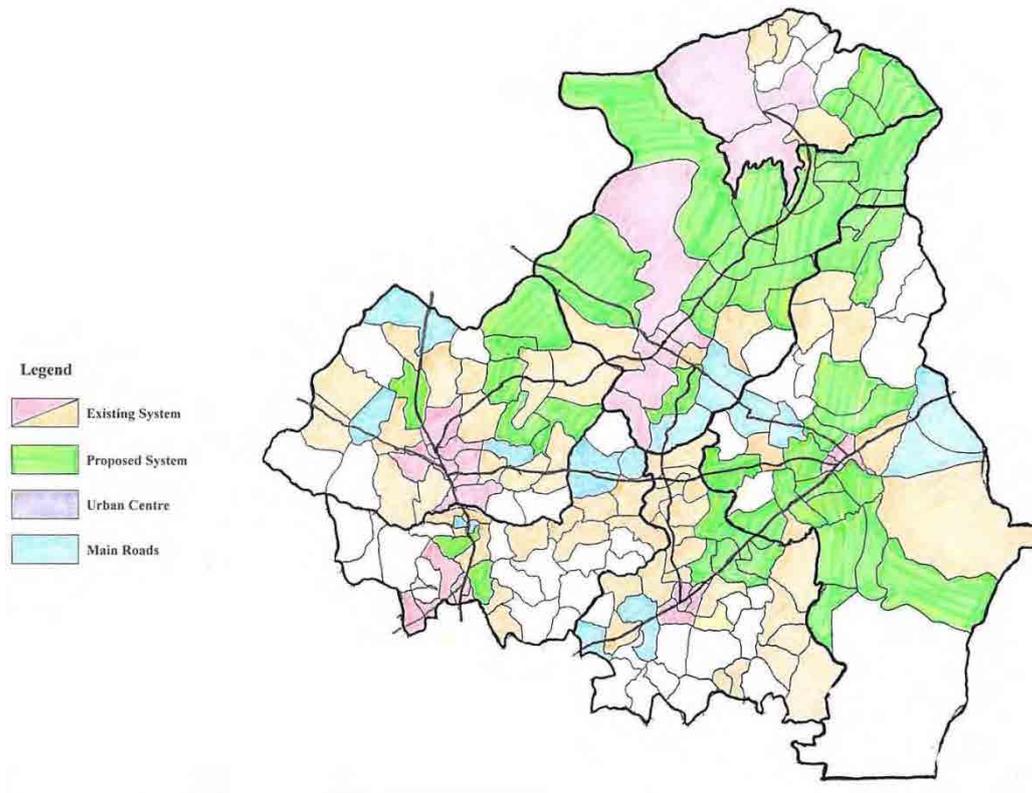


図 4.7 オプション 1 (No. of Isolated Areas: 47 GNDs)

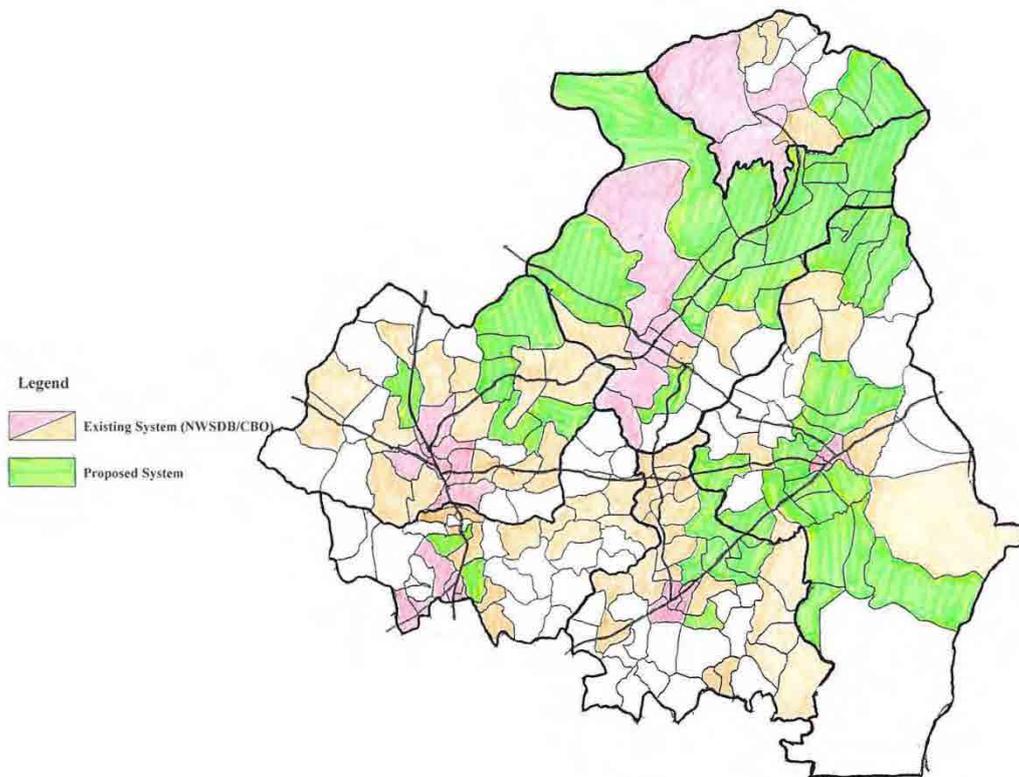


図 4.8 オプション 2&3 (No. of Isolated Areas: 61 GNDs)

これら各オプションの比較（詳細）を**表 4.3**に示す。

表 4.3 各オプションの比較

オプション (要素の組合せ)	計画人口 (人)	遠隔地扱いの GND 数	計画最大給水量 (m ³ /day)	
			Wahakanadarawa	Wahalkada
1: All	278,446	47	17,900	27,400
2: a)+b)+c)	278,446	61	16,500	25,800
3: a)+b)	278,446	61	16,500	25,800

遠隔地扱いの GND 数の最も少ないオプション 1 を採用するものとする。

4.2.5 統合から外れる既存 CBO の検討

1) フッ素濃度に問題がない

表 4.4によれば既存の 50 CBOs 中水質試験が行われたことのあるのは 33 CBOs で、このうち 5 CBOs がフッ素濃度はスリランカ飲料水基準の 0.6 mg/L を下回っている。これらの施設の運転管理状況は**表 4.4**に示す通りで、いくつかの問題を抱えている。

表 4.4 フッ素濃度に問題がない CBOs

S/N	Name of CBO	Supply Service hours/day	Fluoride (mg/L)	Extent of Satisfaction		Major Problem, if any	Connected to ANIWSS?
				Quantity	Quality		
09	Mahasen CBO	24/6	0.39 / 0.3	Tolerable	Satisfy	Limited water Aug. - Oct.	Yes
10	Dimuthu CBO	24/3	0.1	Tolerable	Satisfy	Limited water Aug. - Oct.	Yes
20	Diriyamatha CBO	24	0.28 / 0.44 / 0.32	Satisfy	Satisfy		No
25	Shakthi CBO	24	0.1	Tolerable	Problem		Yes
47	Tristar CBO	24	0.001	Satisfy	Satisfy		No

Source: Prepared by the Study Team based on "Existing CBO Water Supply Scheme Survey"

- 水質に問題 1 CBO (25)
- 例年 8 月～10 月に水不足 2 CBOs (09,10)

この結果、水量・水質ともに問題がないのは、5 CBOs 中 2 CBOs (20, 47)に止まる。

2) 新しい送水管ルートから距離的に遠い

一方、新しい送水管ルートから遠く離れている CBOs としては**表 4.5**に示すように 11 CBOs が挙げられる。これらの CBOs も置かれている状況は、以下に述べるように問題を抱えているものが多い。

表 4.5 新しい送水管ルートから遠い CBOs

S/N	Name of CBO	Supply Service hours/day	Fluoride (mg/L)	Extent of Satisfaction		Major Problem, if any	Connected to ANIWSS?
				Quantity	Quality		
01	Swashakthi CBO	24/5	0.85	Shortage	Satisfy	4hrs. Supply in dry period	Yes
07	Nildiyadahara CBO	24/5	0.72 / 0.47 / 1.0	Tolerable	Problem	Limited water Aug. - Oct.	Yes
09	Mahasen CBO	24/6	0.39 / 0.3	Tolerable	Satisfy	Limited water Aug. - Oct.	Yes
11	Pragathi CBO	24	1.1	Satisfy	Satisfy		Yes
26	Al-Naja	-	-	-	-	Not yet commissioned	No
34	Sobasisila CBO	24/4	0.78	Tolerable	Satisfy	4hrs. Supply in dry period	Yes
41	Pinibindu CBO					Rainwater Supply	Yes
42	Sham Sham	24		Poor	Poor		Yes
43	Ekamuthu CBO	24/2	1.27	Shortage	Satisfy		Yes
45	Upul CBO	24	1.51	Satisfy	Problem	High Flouride	Yes
46	Jalasavi	24		Satisfy	Problem	High Flouride 1.58 mg/L	Yes

Source: Prepared by the Study Team based on "Existing CBO Water Supply Scheme Survey"

- フッ素濃度が高い 7 CBOs (01, 07, 11, 34, 43, 45, 46)
- 例年 8 月～10 月に水不足 3 CBOs (07, 09, 43)
- 乾期の給水制限 2 CBOs (01, 34)
- 通水を開始していない 1 CBO (26)
- 雨水給水 1 CBO (41)
- 水量・水質ともに劣悪 1 CBO (42)

“26 Al Nija”については供用を開始していないため情報がないとも言えるが、当該給水区域はフッ素濃度が飲料水基準以下の区域に挟まれており、隣接する既存 CBO にも大きな問題は報告されていないので、除外しても問題ないと考えられる。

したがって、以下の 3 つの CBOs については統合の対象としないものとする。

- 20. Diriyamatha CBO (Maha Kumbugollawa [46])
- 47. Tristar CBO (Agunuchchiya [119])
- 26. Al-Naja (Muslim Attaweerawewa [32])

4.2.6 用途別（生活系・非生活系）使用水量

NWSDB 管轄のアヌラダプラ県の 19 水道システムにおける 2012 年 3 月の使用水量内訳を全接続数に占める接続数の比率によって小規模 (5%以下)、中規模 (5%～10%)、大規模 (10%超) の三つのグループ分けてそれぞれの使用水量内訳を比較したものが表 4.6 で、Rambewa を除く調査対象地域 5 DSDs の中心部を給水区域とする NWSDB の水道システムは (Rambewa は Anuradhapura North 及び Mihintale WSS に含まれる) すべて小規模に分類される。

表 4.6 アヌラダプラ県における使用水量内訳 (NWSDB)

(a) 実数

Category	Large-scale (.>10%)		Middle-scale (5%~10%)		Small-scale (≤5%)		Overall	
	Conn.	Cons.	Conn.	Cons.	Conn.	Cons.	Conn.	Cons.
	(nos.)	(m3/mo.)	(nos.)	(m3/mo.)	(nos.)	(m3/mo.)	(nos.)	(m3/mo.)
Domestic	20,343	324,026	19,658	267,402	9,514	121,363	49,515	712,791
Schools	32	13,585	57	5,006	31	3,993	120	22,584
Govt. institution	196	31,088	155	6,423	121	10,270	472	47,781
Army	24	51,831	9	13,463	10	1,977	43	67,271
Police	9	2,916	17	2,122	14	2,764	40	7,802
Hospitals	16	25,128	25	3,318	22	5,580	63	34,026
Commercial/Industrial	2,079	50,691	1,010	13,648	938	16,290	4,027	80,629
Religious	97	5,481	119	46,709	54	3,154	270	55,344
Others	110	2,532	135	8,388	56	701	301	11,621
Total	22,906	507,278	21,185	366,479	10,760	166,092	54,851	1,039,849

(b) 比率

Category	Large-scale (.>10%)		Middle-scale (5%~10%)		Small-scale (≤5%)		Overall	
	Conn.	Cons.	Conn.	Cons.	Conn.	Cons.	Conn.	Cons.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Domestic	88.8	63.9	92.8	73.0	88.4	73.1	90.3	68.5
Schools	0.1	2.7	0.3	1.4	0.3	2.4	0.2	2.2
Govt. institution	0.9	6.1	0.7	1.8	1.1	6.2	0.9	4.6
Army	0.1	10.2	0.0	3.7	0.1	1.2	0.1	6.5
Police	0.0	0.6	0.1	0.6	0.1	1.7	0.1	0.8
Hospitals	0.1	5.0	0.1	0.9	0.2	3.4	0.1	3.3
Commercial/Industrial	9.0	10.0	4.8	3.7	8.7	9.8	7.3	7.7
Religious	0.4	1.1	0.5	12.7	0.5	1.9	0.5	5.3
Others	0.5	0.5	0.6	2.3	0.5	0.4	0.5	1.0
Total	99.9	100.1	99.9	100.1	99.9	100.1	100.0	99.9

Source: NWSDB

Note:

- 1) "Domestic" means the summation of "Domestic", "Board quarters", "Govt. Quarters" and "Domestic Samurdhi".
- 2) "Commercial/Industrial" means the summation of "Commercial Institution", "Tourist/Guest", "Industrial/Construction" and "Other Commercial and Private".
- 3) "Others" means the summation of "Tenaman Garden", "Stand Post", "Garden Taps" and "NWSDB premises".
- 4) The percentage of "Domestic Samurdhi" is 0.1% in the number of connections and 0.1% in monthly consumption.
- 5) Stand post counts 65 units with a total consumption of 376 m3/month.

各システムに含まれる水道施設は以下の通り。

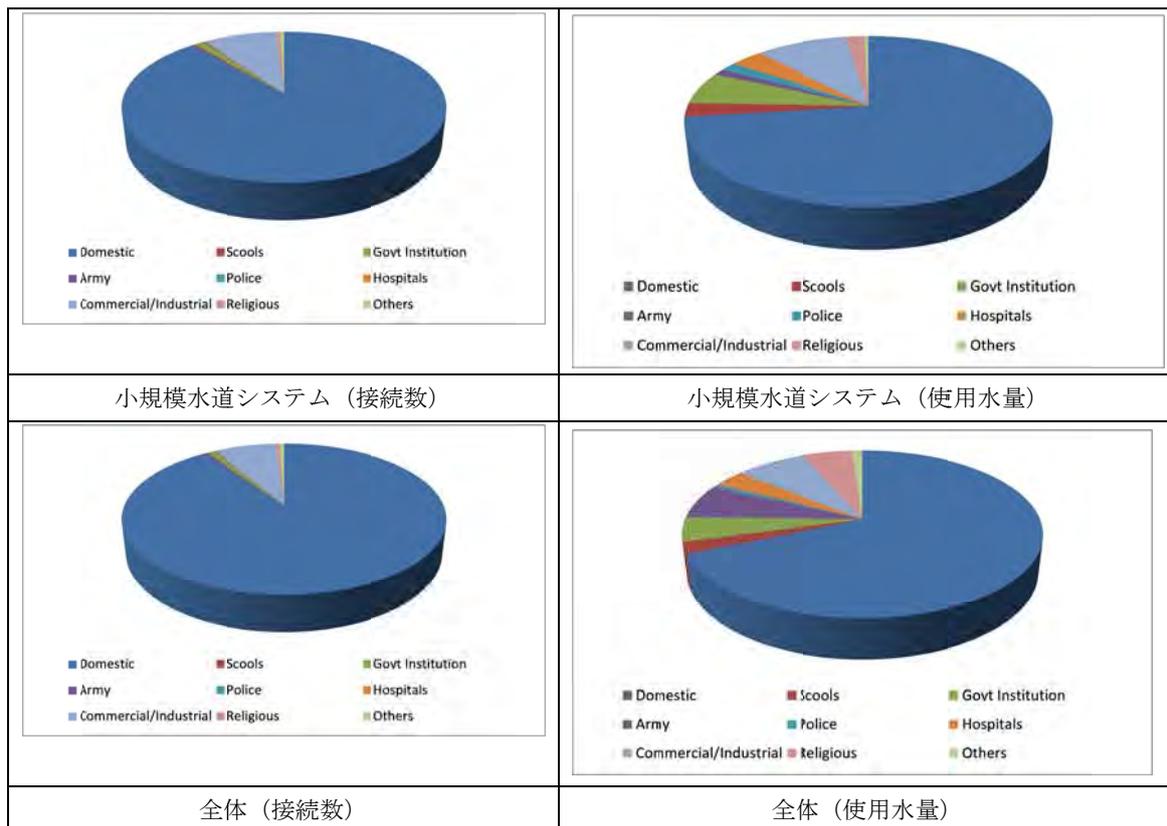
大規模システム : Anuradhapura, Anuradhapura North, Anuradhapura East

中規模システム : Kekirawa, Ipalogama, Sacret City, Tambuttegama, Galnawa, Talawa

小規模システム : Eppawala, Habarana, Horowpothana, Kahatagasdigilia, Kebithigollewa,
Maradankadawala, Medawachchiya, Mihintale, Padaviya Village,
Nachchaduwa

小規模システムでは図 4.9 に示すように、生活用接続数は全接続数の約 90%を占めるが、使用水量内訳では生活用は全体の 75%にとどまり、商工業用が 10%、公共・その他が 15%という構成に成っている。全体では、基地及び宗教関連の使用水量比率が高くなり、生活用水比率は小規模よりも 5%低い。

このため非生活用水分として生活用水量の 35%相当分を生活用水量に上乗せする。



Source: 表 4.6 より調査団作成

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

4.2.7 一人 1 日（生活系）使用水量

(1) 水道給水（Pipe Borne Water Supply）

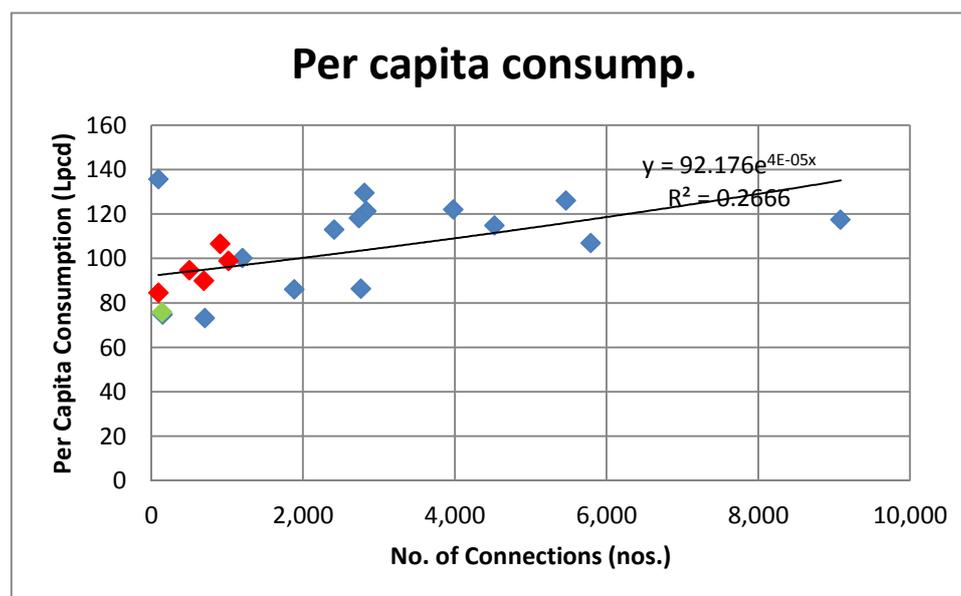
2001 年のセンサスデータに基づいて各エリアを構成する GND の人口と居住家屋数より各水道システムの接続当たり人口を求めて、接続数と一人 1 日使用水量との関係を図示したものが表 4.7、図 4.10 である。

全体として接続数が多いほど一人 1 日使用水量大きくなる傾向が見られるもののその相関性は必ずしも強いとは言えない。

表 4.7 接続数と一人1日使用水量の関係

Area No.	Location	Consumption	Connection	Consumption	Family Size
		(m3/mo.)	(nos.)	(Lpcd)	(pers./HU)
1	Anuradhapura	160,833	9,085	117	5.03
27	Anuradhapura North	79,363	5,794	107	4.27
30	Anu-East	83,830	5,464	126	4.06
18	Sacret City	66,526	4,524	115	4.27
28	Thalawa	55,658	3,983	122	3.82
13	Ipalogama	38,382	2,836	121	3.72
25	Galnawa	38,595	2,809	129	3.54
10	Kekirawa	30,782	2,766	86	4.30
21	Thambuthtega	37,459	2,740	118	3.86
14	Mihinthale	35,215	2,413	113	4.31
29	Nachchaduwa	21,318	1,884	86	4.38
11	Maradankadawala	14,436	1,202	100	4.00
12	Medawachchiya	13,005	1,017	99	4.31
8	Kahatagasdigiliya	11,890	907	107	4.10
5	Habarana	8,464	705	73	5.47
9	Kebithigollewe	8,567	693	90	4.58
15	Padaviya Village	5,863	502	95	4.11
III	Mahakanadaeawa Yaya 02-93	1,170	151	75	3.46
II	Mahakanadarawa Yaya 01-94	1,182	142	76	3.66
4	Eppawala	1,617	96	136	4.14
7	Horowpothana	988	95	85	4.10

Source: NWSDB データに基づき調査団作成



Source: 調査団作成

Note: Red and green marks show NWSDB and DBO systems, respectively, in the study area.

図 4.10 接続数と一人1日使用水量の関係

既存 CBO 水道施設調査結果によれば、46 CBOs における 2012 年 2 月～4 月の 3 ヶ月間（この期間は雨期にあたり乾期における水不足の影響はない）の一人 1 日使用水量の頻度分布は図 4.11 のように表され、平均一人 1 日使用水量は 66 Lpcd であった。これに対して調査対象地域にある 5 つの NWSDB のそれは表 4.7 に示すように 85～107 Lpcd の範囲にある。CBO と NWSDB の既存水道施設の一人 1 日使用水量に明らかに差異が見られるが、これは NWSDB 水道システムは調査対象地域の中では最も発展した中心部を給水区域とするため、一人 1 日使用水量はその他の地区（CBO 給水区域）よりも一般に高くなると考えられる。また、既存 CBO 水道施設調査における平均一人 1 日使用水量の低さは以下の三つの可能性を示唆している。

- 既存 CBO 水道施設に対する不信（水質、水量、運転時間等）
- 水道水と他の水源（主として井戸水）の用途による使い分け
- 住民の CBO 水道料金に対する支払能力

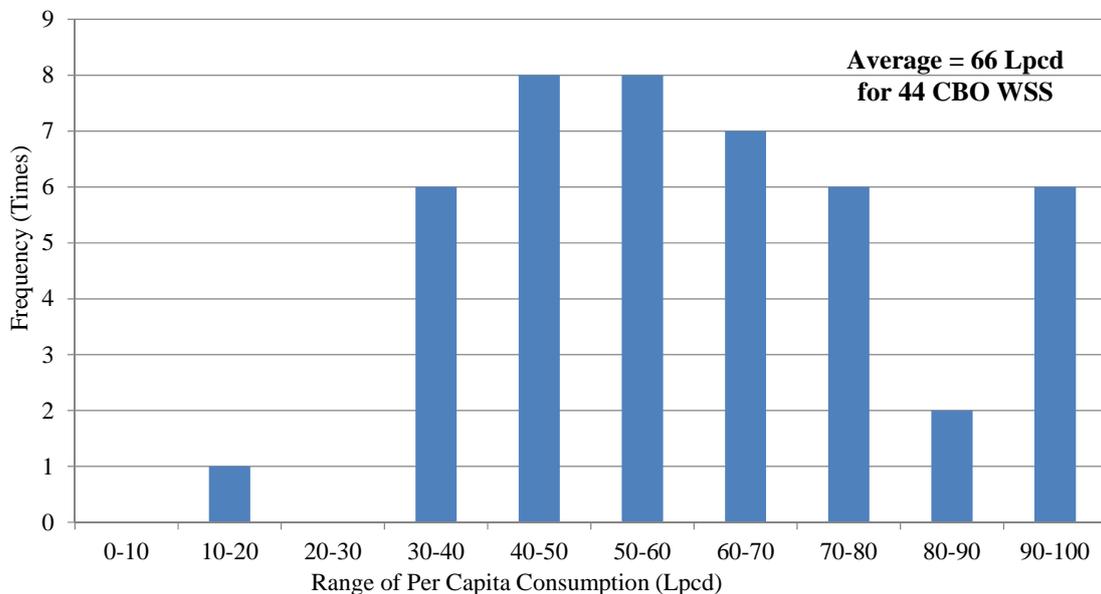


図 4.11 既存 CBO 水道施設における一人 1 日使用水量の出現頻度分布

このため調査対象地域の一人 1 日使用水量を 2012 年において 80 Lpcd に設定し、一人 1 日使用水量は毎年 0.5 Lpcd 増加すると仮定する（したがって、2024 年には 86 Lpcd、2034 年には 91 Lpcd となる。）。

(2) 給水車給水 (Non Pipe Borne Water Supply)

なお、後述する Piped Water Supply System によらない地区については、農村水道施設ガイドラインに「飲料及び調理に必要な一人 1 日使用水量は 5～6 Lpcd である。」と述べられていることから、これを切り上げて一人 1 日使用水量を 10 Lpcd に固定し、経年増加は考慮しないものとする

4.2.8 計画無収水率（NRW）

NWSDB における 2009 年の平均無収水率はコロンボ首都圏で 53.05%と高い値を示しているが、全国平均では 31.07%と発展途上国としては比較的良い値を示している。とくに調査対象地域を抱える RSC(N/C)は表 4.8 に示されるように 19.80%と、NWSDB の中でも North-Western（13.8%）、Northern（16.4%）に次いで良い。

表 4.8 無収水率

(%)

	2005	2006	2007	2008	2009
CMC	51.25	51.83	53.19	53.96	53.05
Island wide	33.83	34.37	33.09	32.13	31.07
RSC (North Central)				19.80	

Source: NWSDB, "Annual Report 2009"

本プロジェクトでは既存水道システムへの配水についてはできるだけ既存施設を使うものの、送水管及びその他の配水管についてはほとんどが新設となるため、現状の無収水率 20%は確保できると仮定する。

4.2.9 計画給水人口

(1) パイプによる給水（Pipe Borne Water Supply）

計画給水区域において NWSDB が運営する 5 つの WSS の 2001 年～2012 年給水栓数の推移の状況を図 4.12 に示す。

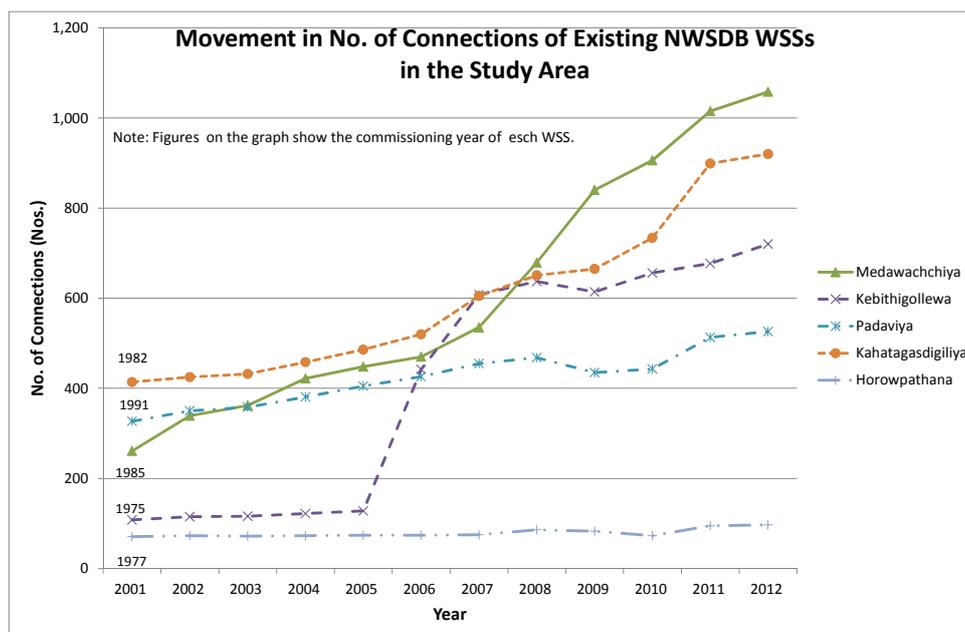


図 4.12 計画給水区域における NWSDB が運営する WSS の給水栓数の推移

図 4.12 に示される通水開始年を考えると、計画対象区域内においても過去における給水栓数の伸びは遅々たるものであったことが分かる。Kebithigollewa WSS が 2006 年に 314 個という大きな伸びを示しているが、通水開始年～2001 年の年間平均接続数は Medawachchiya 16.3 個、Kebithigollewa 10.8 個、Padaviy 32.7 個、Kahatagasdigiliya 21.8 個、Horowpothana 3.0 個となっている。水道に大きな期待を持っている人たちは早く接続したいと願うため、給水栓の伸びは通水を開始してから二、三年がピークでそれが一段落すると後は緩やかに推移するのが一般的である。

既存水道施設のある区域においては現在の普及率が 2034 年に 100%になるように直線的に推移するものとし、既存水道施設のない区域においては後になるほど伸び率が大きくなるように想定した。

(2) パイプによらない給水 (Pipe Borne Water Supply)

遠隔地における給水は、住民が受水して運搬するのにできるだけ便利な位置に貯水タンクを配置して給水車により定期的に補給するものとする。普及率は 100%を見込む。

4.2.10 計画負荷率

調査対象地域に置いて NWSDB が運営する 5 つの水道スキームにおける月間給水量の変動を表 4.9 に示す。これによれば、月間平均給水量に対する月間最大給水量の比率は 1.18～1.23 の範囲にあり、平均で 1.15 倍となっている。通常、日間変動は月間変動よりも大きいことから計画一日平均給水量に対する計画一日最大給水量の比率を示す計画負荷率は 1.20 とする。

4.2.11 計画一日平均給水量、計画一日最大給水量、計画取水量

これまでの検討結果に基づく計画給水量算出根拠のまとめを表 4.10 に、年次別計画一日平均給水量、計画一日最大給水量及び計画取水量を表 4.11 に示す。計画取水量（取水施設及び浄水場の施設能力）は上記計画 1 日最大給水量に浄水場内で使用する水量として 5%増した水量とする。

図 4.13 にパイプ水道給水区域と給水車給水区域を示す

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)

	Padaviya Village				Horowpothana				Kahatagosdigliya				Kebithigollewe				Medawachchiya				Total			
	Conn.	Cons.	Per Conn.		Conn.	Cons.	Per Conn.		Conn.	Cons.	Per Conn.		Conn.	Cons.	Per Conn.		Conn.	Cons.	Per Conn.		Conn.	Cons.	Per Conn.	
	(nos.)	(m3/mo.)	(m3/mo.)	(%)	(nos.)	(m3/mo.)	(m3/mo.)	(%)	(nos.)	(m3/mo.)	(m3/mo.)	(%)	(nos.)	(m3/mo.)	(m3/mo.)	(%)	(nos.)	(m3/mo.)	(m3/mo.)	(%)	(nos.)	(m3/mo.)	(m3/mo.)	(%)
Jan.	577	9,230	16.0	0.86	158	2,885	18.3	0.91	948	13,399	14.1	0.93	822	9,764	11.9	0.80	1,186	17,212	14.5	0.89	3,691	52,490	14.2	0.88
Feb.	577	10,291	17.8	1.06	159	2,430	15.3	0.84	955	13,222	13.8	1.01	823	9,971	12.1	0.91	1,188	15,736	13.2	0.90	3,702	51,650	14.0	0.96
Mar.	577	9,413	16.3	0.88	161	2,487	15.4	0.77	975	13,216	13.6	0.90	825	9,855	11.9	0.80	1,188	19,301	16.2	1.00	3,726	54,272	14.6	0.90
Apr.	578	10,431	18.0	1.00	163	3,223	19.8	1.02	983	14,621	14.9	1.02	825	12,615	15.3	1.07	1,188	16,104	13.6	0.87	3,737	56,994	15.3	0.98
May	578	11,136	19.3	1.04	163	3,049	18.7	0.93	1,005	12,941	12.9	0.85	828	12,398	15.0	1.01	1,202	20,846	17.3	1.07	3,776	60,370	16.0	0.99
Jun.	578	12,786	22.1	1.23	165	3,350	20.3	1.05	1,017	15,413	15.2	1.04	830	14,050	16.9	1.18	1,204	19,610	16.3	1.04	3,794	65,209	17.2	1.10
Jul.	578	11,383	19.7	1.06	165	3,351	20.3	1.01	1,017	18,902	18.6	1.23	831	13,607	16.4	1.11	1,204	23,180	19.3	1.19	3,795	70,423	18.6	1.15
Aug.	582	11,462	19.7	1.06	168	3,689	22.0	1.10	1,032	15,481	15.0	0.99	835	13,231	15.8	1.07	1,209	21,864	18.1	1.11	3,826	65,727	17.2	1.06
Sep.	582	11,153	19.2	1.07	168	3,907	23.3	1.20	1,049	17,222	16.4	1.12	846	13,842	16.4	1.15	1,214	21,065	17.4	1.11	3,859	67,189	17.4	1.11
Oct.	584	11,300	19.3	1.04	168	3,657	21.8	1.09	1,060	17,304	16.3	1.08	848	12,579	14.8	1.00	1,233	19,689	16.0	0.99	3,893	64,529	16.6	1.03
Nov.	584	9,698	16.6	0.92	168	3,364	20.0	1.03	1,076	14,367	13.4	0.92	848	11,761	13.9	0.97	1,234	18,619	15.1	0.96	3,910	57,809	14.8	0.95
Dec.	590	8,982	15.2	0.82	170	3,412	20.1	1.00	1,084	14,053	13.0	0.86	851	11,185	13.1	0.89	1,256	17,283	13.8	0.85	3,951	54,915	13.9	0.86
Ave.	580	349		0.601	165	107		0.647	1,017	495		0.487	834	398		0.477	1,209	633		0.524	3,805	1,982		0.521

表 4.10 計画給水量 (2034 年) 算出根拠

計画水量	適用施設名	単位	マハナダラワ系(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	(Lpcd)	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					18,200			28,200
		(m ³ /day)			18,800			28,800

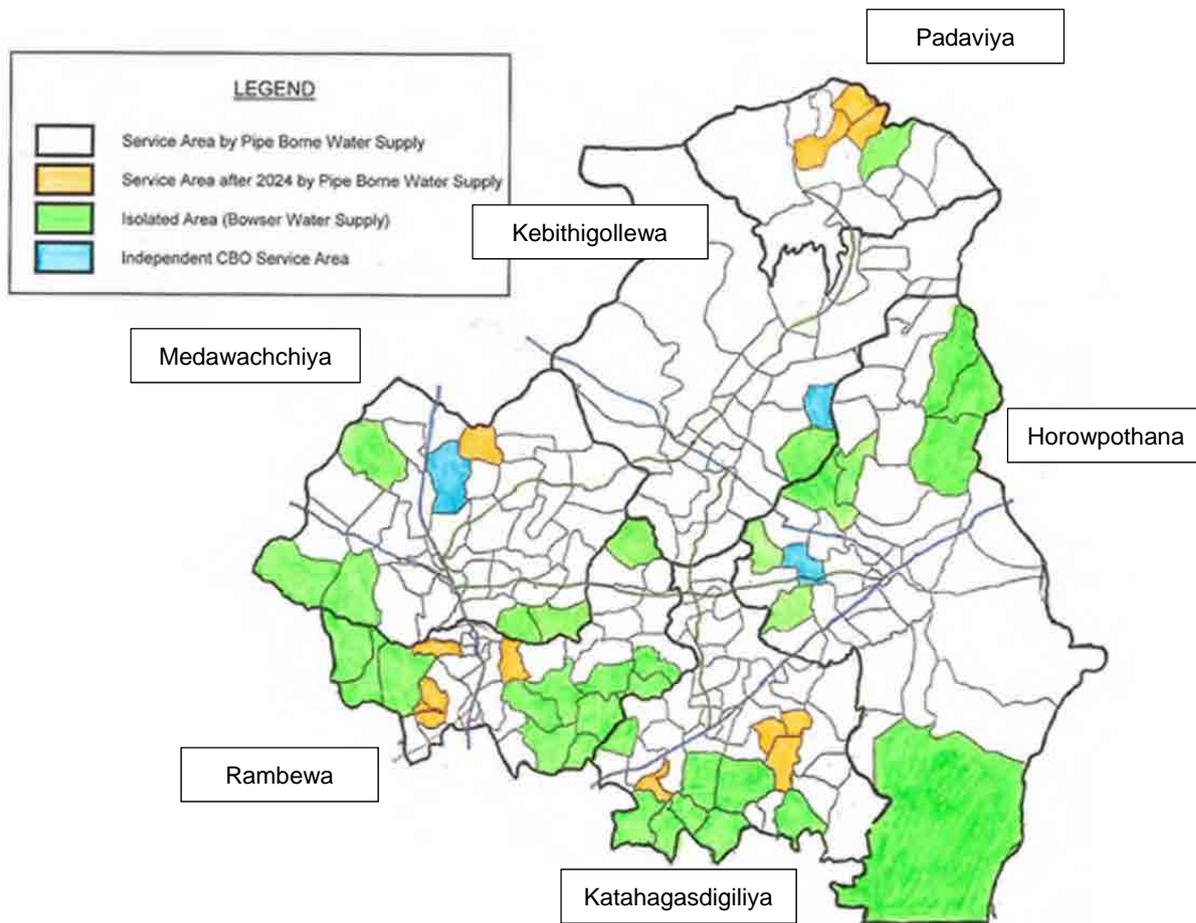


図 4.13 パイプ水道給水区域と給水車給水区域

表 4.11 年次別計画給水量

Mahakanadarawa System (Encl. Independent CBO)

		2012 ^{*3}	2014 ^{*3}	2016 ^{*3}	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 Kumbukgollewa ^{*1}	Population	1,430	1,473	1,518	1,564	1,611	1,660	1,710	1,761	1,815	1,870	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)^{*2}		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 ^{*3}	2014 ^{*3}	2016 ^{*3}	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 - Kurulugana ^{*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 - Kurulugana ^{*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 - Kurulugana ^{*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	80.7	87.1	93.6	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)^{*2}		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

*1 GND excluded from integration

*2 Served population increases as the number of connections increases.

*3 The served population for both pipe borne and non pipe borne water supply before 2018 when the new water supply systems will enter into operation shows the potential figure.

*4 Some GNDs will shift from bowser service area to pipe borne water supply service area in Stage-2 (2025-2034)

4.2.12 浄水場計画浄水能力

浄水場の計画浄水能力（計画一日最大給水量）を表 4.12 に示す。

表 4.12 浄水場の計画一日最大給水量

	Stage-1 (2024)	Stage-2 (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。

本地域の平均年降雨量は、アヌラダプラで約1,200 mm、ワハルカダで約1,400 mmである。30年の年間降雨量を検討したが、特に降雨が減少している傾向はない。

本プロジェクトの対象となるマハカナダラワ、ワハルカダ貯水池の流域には小溜池や水田が多く、流域から両貯水池への流出を規制する条件となっている。各貯水池の諸元は以下に示すとおりである。

表 4.13 貯水池諸元

貯水池	マハカナダラワ	ワハルカダ
流域面積(km ²)	334	83
直接流入が想定される流域面積(km ²)	83	47
湖水面積(km ²)	9	2.1

4.3.2 水質調査

安全な飲料水供給のため、水源水質調査が実施された。また季節変動を確認するため、月1回のモニタリングが継続的に実施された。

(1) 試料採取地点

対象水源は、Mahakandarawa Wewa 及びワハルカダ Wewa である。当初候補として検討されていた Yan Oya も調査対象として含まれた。各々の採水地点は以下のとおり。

表 4.14 試料採取地点及び GPS コード

Sampling Site	GPS Coordinates
a. Mahakandawara Irrigation canal	8.39253, 80.53843
b. Mahakandawara Irrigation canal connection	8.38967, 80.53348
c. Mahakandawara Deepest point	8.38062, 80.54088
d. Wahalkada Irrigation canal	8.73882, 80.85230
e. Wahalkada Irrigation canal connection	8.73838, 80.85268
f. Wahalkada Deepest point	8.73750, 80.85218
g. Yan Oya	8.75373, 80.87997

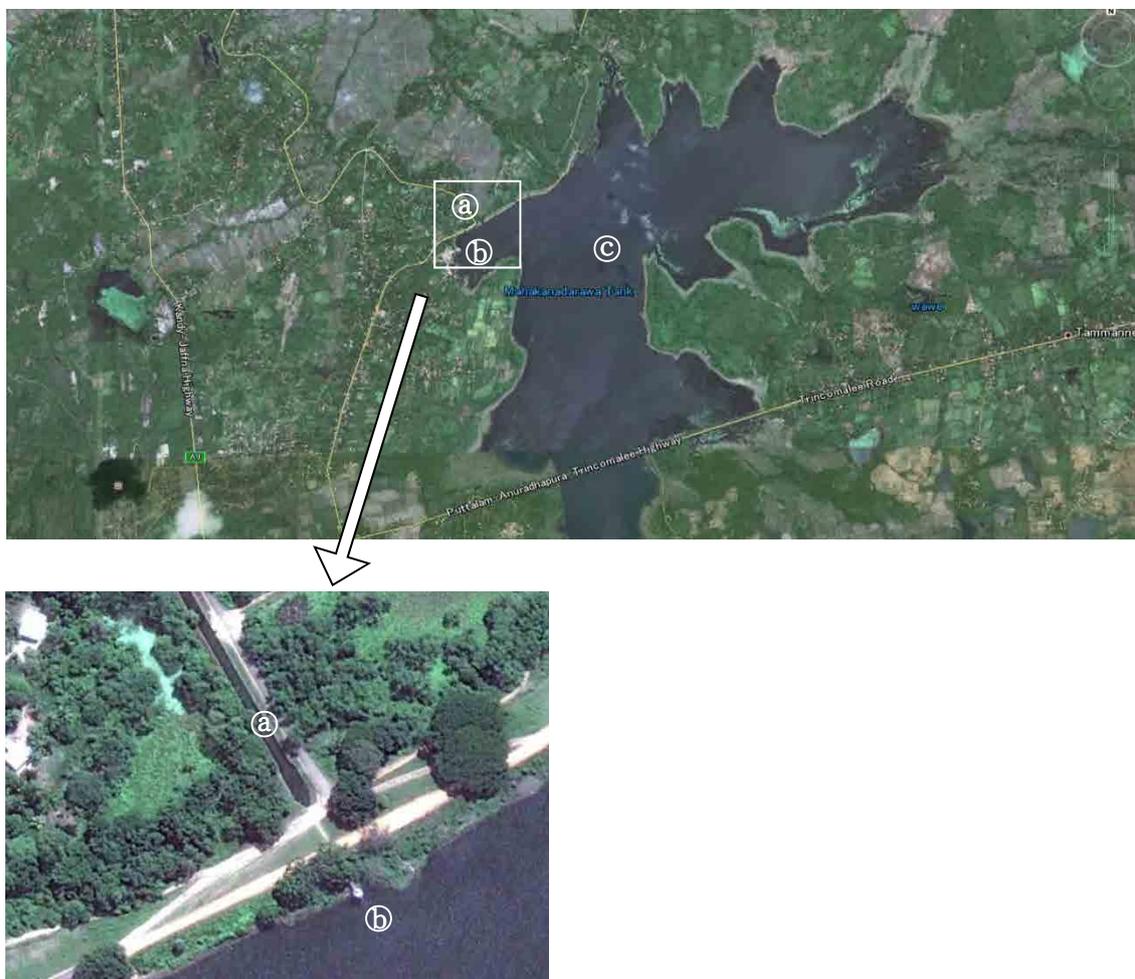


図 4.14 採水地点 (マハカナダラワ Wewa)



図 4.15 採水地点 (ワハルカタ Wewa)

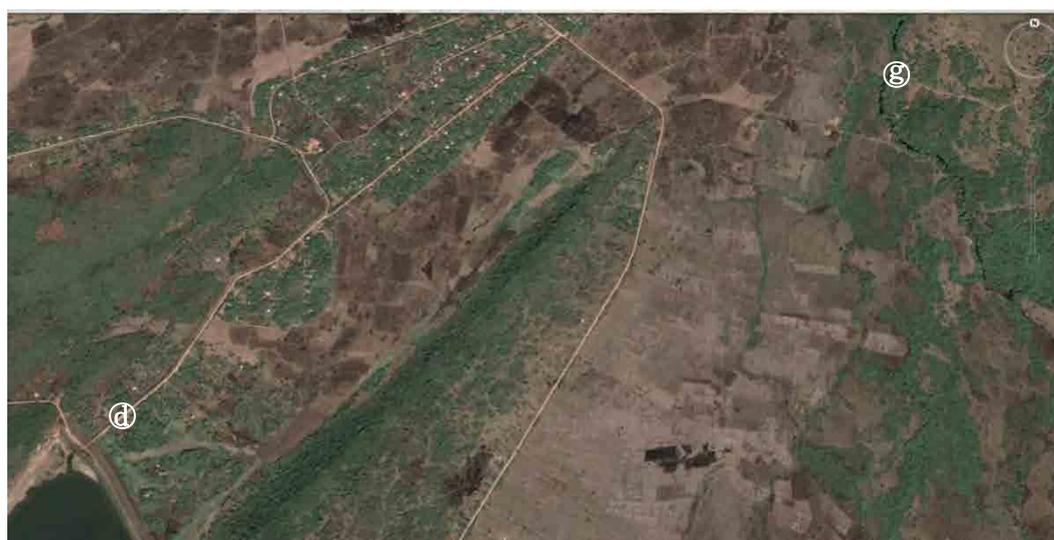


図 4.16 試料採取地点 (Yan Oya Reservoir Water)

(2) 調査結果

水質分析は再委託先である SGS が、ス国基準及び APHA や EPA 法に基づき行った。結果を表 4.15 に示す。

まず第一に、マハカナダラワ及びワハルカダの両対象水源において、湖の富栄養化が進行していると言える。高濃度のアンモニア系水質項目がこれを示している。また高い色度及びクロフィル濃度は、植物プランクトン増殖に起因するものと思われる。しかしながら、両水源とも周囲の生活人口は決して高いものではなく、このような富栄養化の主原因は生活排水ではないと思われる。一つの推論としては、周囲の水田や畑での肥料過多、が考えられる。肥料過多による植物プランクトン増殖は、水質の臭いや味、色度に影響を与えるため、肥料の使用量を抑制する何らかの方策が必要と思われる。

次に季節変動である。調査地域は雨季・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。これらのうち最も注意を要するのがフッ素であり、乾季のフッ素濃度を十分に監視することが重要であった。図 4.17 に各水源フッ素濃度の季節変動を示す。



図 4.17 各水源フッ素濃度の季節変動

図 4.17 が示すとおり、乾季となる 5 月から 9 月にかけて、いずれの水源候補もフッ素濃度は上昇している。特に Yan Oya 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 7 月に各々 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」国飲用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。

表 4.15 水源候補水質調査結果

Water source	Sampling station	Date	Odor	Colour Hazen Unit	Turbidity NTU	Taste	pH	EC µS/cm	Chloride mg/L	Free residual Cl mg/L	Free ammonia mg/L	Alkalinity mg/L	Absorbed ammonia mg/L	Nitrite mg/L	Nitrate mg/L	Fluoride mg/L	Phosphate mg/L	Total residue mg/L	Hardness mg/L	Ion mg/L	Sulphate mg/L	Anionic detergent mg/L	Phenol compound mg/L	COD mg/L	O&G mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Zn mg/L	Al mg/L	Total plate count CFU/mL	E. coli MPN/100mL	Total coliform MPN/100mL	Chlorophyll a mg/L			
Mahakanadarawa Wewa	inlet	11/12/20	Object	5	4	Object	6.7	344	51	<0.04	<0.04	86	<0.04	<0.01	0.26	0.09	<0.05	166	96	0.1	2	<0.1	<0.002	14	<1	16	14	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	3.2x10 ⁴	13	79				
	outlet	11/12/20	Object	5	4	Object	6.5	343	51	<0.04	<0.04	88	<0.04	<0.01	0.11	0.08	0.05	164	92	0.1	2	<0.1	<0.002	17	<1	16	13	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	2.0x10 ⁴	5	8				
	Deepest	11/12/21	Object	5	3.8	Object	6.7	343	51	<0.04	<0.04	87	<0.04	<0.01	0.07	0.11	<0.05	176	96	0.1	2	<0.1	<0.002	20	<1	16	14	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	1.7x10 ⁴	ND	23				
	inlet	12/01/21	Unobject	7.5	3.7	Unobject	7.8	348	52	<0.04	<0.04	83	0.05	<0.01	0.09	0.10	0.22	132	95	0.2	1.4	<0.1	<0.002	<5	<1	18	12	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	34	ND	8				
	outlet	12/01/21	Unobject	10	3.5	Unobject	7.9	355	53	<0.04	0.22	94	0.35	<0.01	0.07	0.12	0.16	172	98	0.1	1	<0.1	<0.002	<5	<1	18	13	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	64	ND	9				
	Deepest	12/01/21	Unobject	7.5	2.9	Unobject	7.7	370	52	<0.04	0.22	97	0.28	<0.01	0.07	0.14	0.23	170	96	0.3	1.4	<0.1	<0.002	<5	<1	17	13	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	40	ND	8				
	inlet	12/02/14	Unobject	5	2.7	Unobject	7.6	411	61	0.14	0.04	107	0.36	<0.01	<0.05	0.17	0.06	228	104	0.2	1.4	<0.1	<0.002	21	<1	18	9.0	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	4.9x10 ⁴	13	130				
	outlet	12/02/14	Unobject	5	3.7	Unobject	7.7	415	54	<0.04	0.22	107	0.33	0.01	<0.05	0.33	0.09	235	105	0.2	3.4	<0.1	<0.002	16	<1	30	9.7	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	2.0x10 ⁴	13	79				
	Deepest	12/02/14	Unobject	5	6.8	Unobject	7.7	417	60	0.1	0.15	96	0.22	<0.01	<0.05	0.30	0.06	234	109	0.3	1.5	<0.1	<0.002	20	<1	22	9.2	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	9.5x10 ⁴	2	79				
	inlet	12/03/19	Unobject	ND	3.9	Unobject	7.6	471	76	<0.04	0.05	112	0.27	0.05	0.41	0.18	<0.05	279	94	0.48	4	<0.1	<0.002	42	<1	21	10.0	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	3.0x10 ⁴	ND	2				
	outlet	12/03/19	Unobject	ND	3	Unobject	7.9	462	79	<0.04	0.07	120	0.28	0.01	0.38	0.17	<0.05	250	100	<0.1	4.2	<0.1	<0.002	14	<1	22	11.0	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	5.8x10 ⁴	ND	240				
	Deepest	12/03/19	Unobject	ND	3	Unobject	7.8	470	79	<0.04	0.05	65	0.23	<0.01	0.23	0.17	<0.05	263	96	<0.1	5.4	<0.1	<0.002	10	<1	22	10	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	2.3x10 ⁴	ND	5				
	inlet	12/05/02	Unobject	5	5.1	Unobject	8.2	464	74	<0.04	0.39	139	0.81	<0.01	0.12	0.43	0.1	277	149	0.2	2.1	<0.1	<0.002	14	<1	24	22.0	<0.02	0.11	0.04	0.1	2.8x10 ⁴	ND	33				
	outlet	12/05/02	Unobject	5	4.3	Unobject	7.4	223	80	<0.04	0.3	139	0.82	<0.01	0.21	0.38	0.06	208	144	<0.1	1.5	<0.1	<0.002	20	<1	24	21.0	0.38	0.16	0.09	<0.08	2.8x10 ⁴	8	49				
	Deepest	12/05/02	Unobject	5	3.4	Unobject	7.7	251	79	<0.04	0.38	134	0.84	<0.01	0.18	0.37	<0.05	264	144	0.1	1.8	<0.1	<0.002	22	<1	24	21	<0.02	0.12	0.02	<0.08	1.6x10 ⁴	ND	13				
	IC Conn. S.	12/05/22	Unobject	5	6.8	Unobject	8.2	512	86	<0.04	0.34	130	0.49	<0.01	0.16	0.34	0.14	339	142	0.2	3.8	<0.1	<0.002	14	<1	24	21	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	1.6x10 ⁴	23	23	0.0022			
	IC Conn. B.	12/05/22	Unobject	5	7.5	Object	8	512	85	0.16	1.25	0.66	<0.01	0.15	0.38	0.12	332	144	0.3	2																		
	Deepest	12/05/22	Unobject	5	8.8	Object	7.4	509	86	<0.04	0.34	0.57	<0.01	0.3	0.37	0.1	361	146	0.1	1.6																		
	IC Conn. S.	12/06/28	Unobject	7.5	15	Object	8.6	576	95	<0.04	1.00	0.14	<0.01	0.19	0.43	0.54	375	151	0.6	12																		
	IC Conn. B.	12/06/28	Unobject	10	15	Object	8.5	580	77	0.02	1.10	0.12	<0.02	0.45	0.38	0.6	288	119	0.2	13																		
	Deepest	12/06/28	Unobject	10	16	Object	8.9	585	92	<0.04	0.15	<0.01	0.21	0.45	0.92	359	158	0.5	9																			
	IC Conn. S.	12/07/26	Unobject	10	12	Object	8.5	620	105	<0.01	1.52	0.26	<0.01	0.54	0.52	0.21	400	161	0.6	1.6																		
	IC Conn. B.	12/07/26	Unobject	10	11	Object	8.2	624	103	0.02	1.70	0.22	<0.01	0.13	0.51	<0.21	404	163	<0.1	1.9																		
	Deepest	12/07/26	Unobject	10	13	Object	8.4	625	104	0.02	0.94	0.33	<0.01	0.56	0.51	<0.21	399	159	0.8	2.4																		
	IC Conn. S.	12/09/26	Unobject	10	18	Object	8.4	736	142	0.02	0.53	1.62	2.7	<0.01	0.3	0.45	0.32	456	173	0.6	23																	
	IC Conn. B.	12/09/26	Unobject	10	18	Object	8.3	746	140	0.05	1.62	2.3	<0.01	0.57	0.46	0.3	457	179	0.6	21																		
	Deepest	12/09/26	Unobject	10	20	Object	8.7	738	144	0.05	0.35	1.64	2.5	<0.01	0.27	0.47	0.31	480	173	0.6	22																	
	IC Conn. S.	12/10/16	Unobject	10	15	Object	7.9	711	131	0.01	1.12	1.55	1.6	<0.01	0.27	0.47	0.21	420	196	0.4	8.9																	
IC Conn. B.	12/10/16	Unobject	10	27	Object	7.3	719	133	0.13	1.52	1.6	<0.01	0.24	0.46	0.25	436	186	1	12																			
Deepest	12/10/16	Unobject	10	20	Object	7.6	685	123	0.14	1.84	1.8	<0.01	0.21	0.44	0.22	369	183	0.5	11																			
Wahaikada Wewa	inlet	11/12/21	Object	ND	4.9	Object	7.8	204	11	<0.04	<0.04	85	<0.04	<0.01	0.1	0.06	<0.05	84	69	0.1	2	<0.1	<0.002	13	<1	16	7	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	46	ND	5				
	outlet	11/12/21	Object	ND	3.6	Object	6.9	198	12	<0.04	<0.04	85	<0.04	<0.01	0.09	0.06	<0.05	82	71	0.2	3	<0.1	<0.002	12	<1	16	8	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	79	ND	5				
	Deepest	11/12/21	Object	2.5	2.7	Object	7.2	202	12	<0.04	<0.04	85	<0.04	<0.01	0.09	0.08	<0.05	90	78	0.2	2	<0.1	0.0002	15	<1	16	9	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	58	ND	23				
	inlet	12/01/12	Unobject	10	4.7	Unobject	8.7	200	12	<0.04	0.28	90	0.42	<0.01	0.1	0.07	0.14	86	70	0.2	1.4	<0.1	<0.002	<5	<1	15	8	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	1.9x10 ⁴	5	27				
	outlet	12/01/12	Unobject	10	4.5	Object	8.5	203	12	<0.04	0.35	83	0.63	<0.01	0.08	0.07	0.15	70	68	0.2	1.5	<0.1	<0.002	<5	<1	15	7	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	1.1x10 ⁴	5	34				
	Deepest	12/01/12	Unobject	10	4.3	Unobject	8.5	201	12	<0.04	0.39	86	0.53	<0.01	0.1	0.08	0.2	110	70	0.2	1.4	<0.1	<0.002	<5	<1	16	7	<0.02	<0.03	<0.01	<0.08	93	ND	17				
	inlet	12/02/15	Unobject	5	4.6	Unobject	8.0	218	12	<0.04	0.83	79	0.37	<0.01	0.26	0.11	0.1	136	77	<0.1	1.4	<0.1	<0.002															

表 4.15 水源候補水質調査結果 (続き)

Water source	Sampling station	Date	Arsenic	Cadmium	Cyanide	Lead	Mercury	Selenium	Total chromium
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Mahakanadarawa Wewa	inlet	11/12/20	<0.01	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.01	<0.02
	outlet	11/12/20	<0.01	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.01	<0.02
	Deepest	11/12/21	<0.01	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.01	<0.02
	inlet	12/01/11	<0.02	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	outlet	12/01/21	<0.02	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Deepest	12/01/21	<0.02	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	inlet	12/02/14	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.03
	outlet	12/02/14	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.03
	Deepest	12/02/14	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.03
	inlet	12/03/19	<0.01	<0.005	<0.06	<0.03	<0.0005	<0.005	<0.02
	outlet	12/03/19	<0.01	<0.005	<0.06	<0.03	<0.0005	<0.005	<0.02
	Deepest	12/03/19	<0.01	<0.005	<0.06	<0.03	<0.0005	<0.005	<0.02
	inlet	12/05/02	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	outlet	12/05/02	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Deepest	12/05/02	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	IC Conn. S.	12/05/22	<0.01	<0.005	<0.06	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01
	IC Conn. B.	12/05/22	<0.01	<0.005	<0.06	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01
	Deepest	12/05/22	<0.01	<0.005	<0.06	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01
	IC Conn. S.	12/06/28	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	IC Conn. B.	12/06/28	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Deepest	12/06/28	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	IC Conn. S.	12/07/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	IC Conn. B.	12/07/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	Deepest	12/07/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	IC Conn. S.	12/09/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	IC Conn. B.	12/09/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	Deepest	12/09/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	IC Conn. S.	12/10/16	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
IC Conn. B.	12/10/16	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01	
Deepest	12/10/16	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01	
Wahalkada Wewa	inlet	11/12/21	<0.01	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.01	<0.02
	outlet	11/12/21	<0.01	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.01	<0.02
	Deepest	11/12/21	<0.01	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.01	<0.02
	inlet	12/01/12	<0.02	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	outlet	12/01/12	<0.02	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Deepest	12/01/12	<0.02	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	inlet	12/02/15	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.03
	outlet	12/02/15	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.03
	Deepest	12/02/15	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.03
	inlet	12/03/20	<0.01	<0.005	<0.06	<0.03	<0.0005	<0.005	<0.02
	outlet	12/03/20	<0.01	<0.005	<0.06	<0.03	<0.0005	<0.005	<0.02
	Deepest	12/03/20	<0.01	<0.005	<0.06	<0.03	<0.0005	<0.005	<0.02
	inlet	12/05/03	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	outlet	12/05/03	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Deepest	12/05/03	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	IC Conn. S.	12/05/22	<0.01	<0.005	<0.06	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01
	IC Conn. B.	12/05/22	<0.01	<0.005	<0.06	<0.01	<0.0005	<0.01	0.01
	Deepest	12/05/22	<0.01	<0.005	<0.06	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01
	IC Conn. S.	12/06/29	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Irrigation C.	12/06/29	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Deepest	12/06/29	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	IC Conn. S.	12/07/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	Irrigation C.	12/07/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	Deepest	12/07/26	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	IC Conn. S.	12/09/25	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	IC Conn. B.	12/09/25	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	Deepest	12/09/25	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	IC Conn. S.	12/10/17	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
IC Conn. B.	12/10/17	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01	
Deepest	12/10/17	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01	
Yan Oya	Stream	12/01/12	<0.02	<0.005	<0.03	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Stream	12/02/14	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.03
	Stream	12/03/20	<0.01	<0.005	<0.06	<0.03	<0.0005	<0.005	<0.02
	Stream	12/05/02	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Stream	12/05/23	<0.01	<0.005	<0.06	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01
	Stream	12/06/29	<0.02	<0.005	<0.06	<0.03	<0.001	<0.005	<0.02
	Stream	12/07/27	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
	Stream	12/09/25	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01
Stream	12/10/17	<0.02	<0.005	<0.03	<0.04	<0.001	<0.01	<0.01	
Sri Lanka Standards (Desireble)			-	-	-	-	-	-	-
Sri Lanka Standards (Permissible)			0.05	0.005	0.05	0.05	<0.001	0.01	0.05

表 4.15 水源候補水質調査結果 (続き)

Water source	Sampling station	Date	alpha - HCH	beta - HCH	gamma - HCH	delta - HCH	ALDRIN	DIELDRIN	HEPTACHLO EPOXIDE	HEPTACHLOR EPOXIDE	ENDRN	ENDRN ALDEHYDE	ENDOSULFA N1	ENDOSULFA N1	ENDOSULFA SULFATE	o,p' DDT	p,p' DDT	o,p' DDD	p,p' DDD	
			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	mg/L	mg/L	mg/L
Mahakanadarawa Wewa	inlet	11/12/20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	outlet	11/12/20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Deepest point	11/12/21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	inlet	12/01/11	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	outlet	12/01/21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Deepest point	12/01/21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	inlet	12/02/14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	outlet	12/02/14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Deepest point	12/02/14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	inlet	12/03/19	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	outlet	12/03/19	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Deepest point	12/03/19	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	inlet	12/05/2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	outlet	12/05/2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Deepest point	12/05/2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Wahalkada Wewa	inlet	11/12/21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
outlet		11/12/21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Deepest point		11/12/21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
inlet		12/01/12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
outlet		12/01/12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Deepest point		12/01/12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
inlet		12/02/15	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
outlet		12/02/15	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Deepest point		12/02/15	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
inlet		12/03/20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
outlet		12/03/20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Deepest point		12/03/20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
inlet		12/05/3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
outlet		12/05/3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Deepest point		12/05/3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Yan Oya		Stream	12/01/12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Stream	12/02/14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Stream	12/03/20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Stream	12/05/2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

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。

灌漑用水量はマハカナダラワ地区で年間 22.2 MCM、ワハルカダ地区で年間 10.9 MCM と概算される。また、2009 年～2011 年の 1 月 1 日付け貯水量と年間灌漑用水量は以下のとおりである。

表 4.16 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

両貯水池の諸元は以下のとおりである。

表 4.17 貯水池の諸元

項目	Mahakanadarawa	Wahalkada
Full Supply Level (FSL)	311 ft	155 ft
Gross Storage for FSL	36,250 Acft	43,000 Acft
Dead Storage	2,000 Acft	2,025 Acft
High Flood Level	315 ft	156 ft
Top level	320 ft	162 ft
Top Width	18 ft	20 ft
Max. Height	19 ft	40 ft
取水	取水塔 2 箇所	取水塔 1 箇所
用水路	2 系統、乾期は LB 用水路利用	1 系統

注) 1 Acft = 1.234 m³

両貯水池ともに、径年型の貯水池であり、降雨量の変動により貯水量が大きく変動する。流域に小溜池及び水田等の灌漑地区を含んでおり、この条件が流出に影響を持つ。2001 年～2011 年の月別降雨量と貯水量の変動を以下に示す。マハカナダラワ貯水池ではこの間に 4 度満水位となっているが、ワハルカダ貯水池では 1 度だけである。

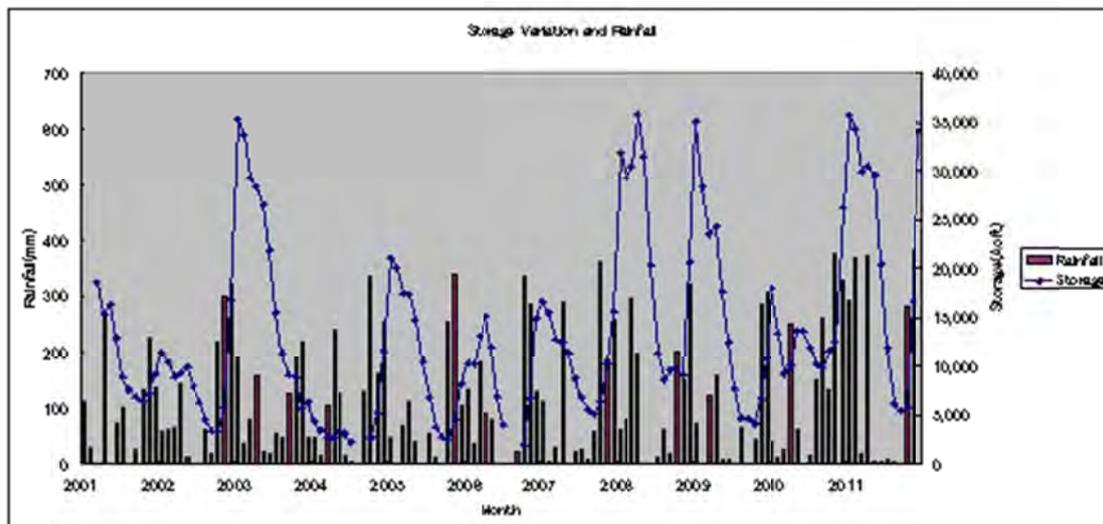


図 4.18 月別降雨及び貯水量（マハカナダラワ貯水池）

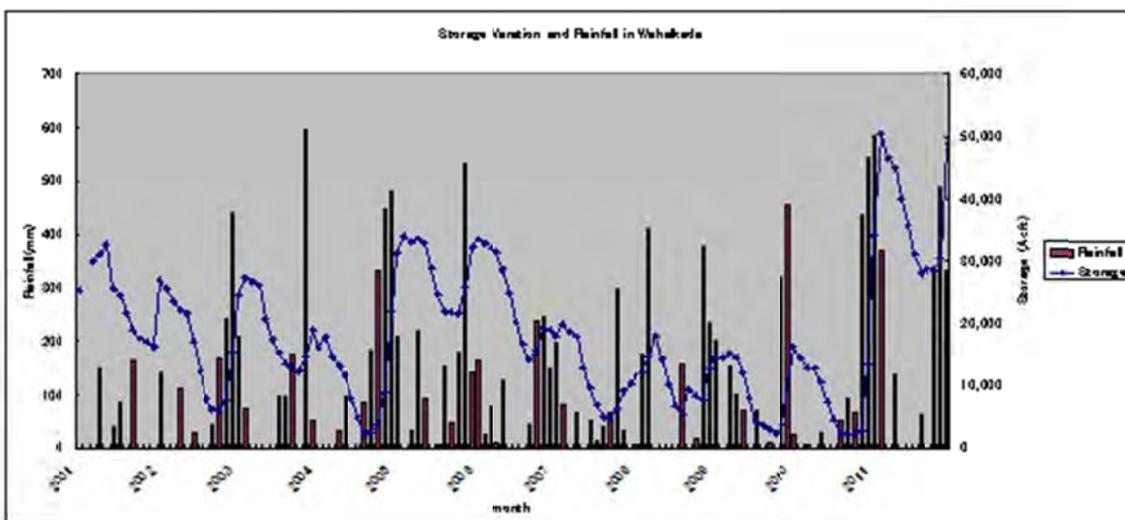


図 4.19 月別降雨及び貯水量（ワハルカダ貯水池：2001-2011）

両貯水池の取水施設は Yala 期及び Maha 期の灌漑開始前に、灌漑局と農民組織代表者との協議が持たれ、その年の作物、灌漑期間、灌漑用水量が決定され、取水開始時には、灌漑局、県担当者、農民組織代表者の立会いで取水ゲートが開かれる。取水ゲートはオペレーターにより開口率を設定して運用される。

4.3.4 貯水池からの水源利用の可能性

検討した両貯水池の概略水収支、上水道利用量、灌漑利用量を以下に示す。

表 4.18 概略水収支による貯水量

	Mahakanadarawa	Wahalkada
平均降雨量 (mm/year)	1,240 ^{*1}	1,440 ^{*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	23.90
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:

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

表 4.19 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、年間灌漑用水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 (40MCM は満水位時用水量に相当)
- 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 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。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

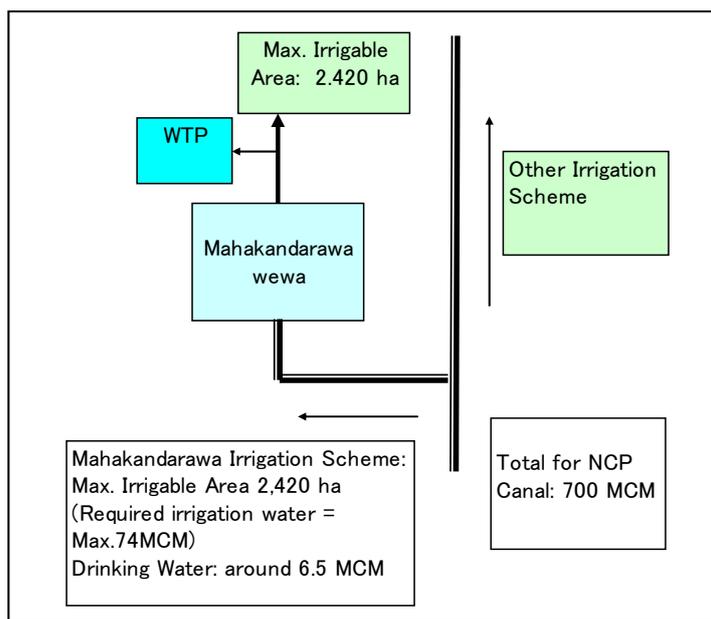


図 4.20 NCP 灌漑用水路プロジェクトからの送水イメージ

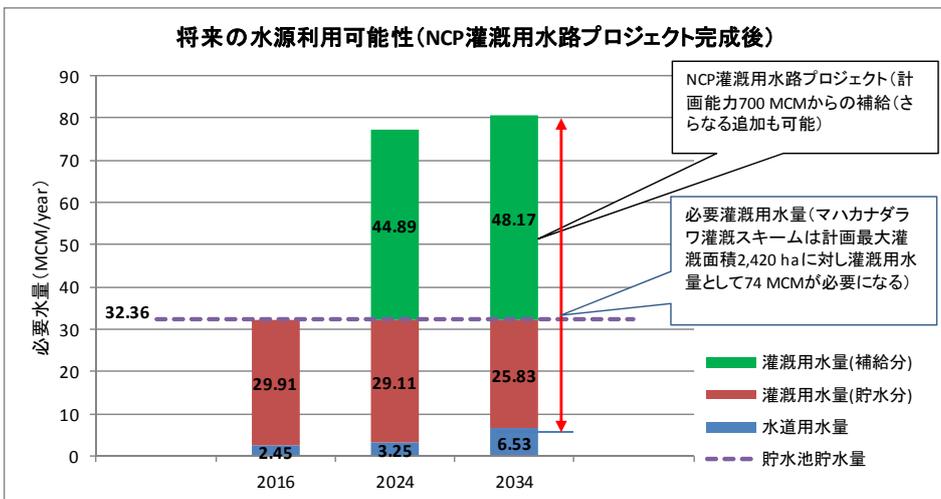
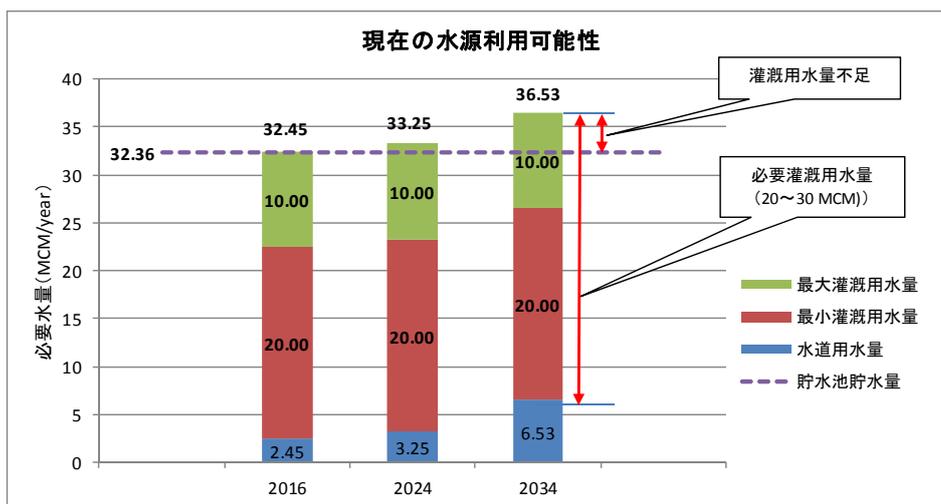


図 4.21 マハカナダラワ貯水池水源利用可能性

貯水池の貯水量は約 32.36 MCM で、**図 4.20** 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、毎年の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。

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。このヤン・オヤ貯水池プロジェクトからの供給量は**図 4.22** 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

新聞報道によれば 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

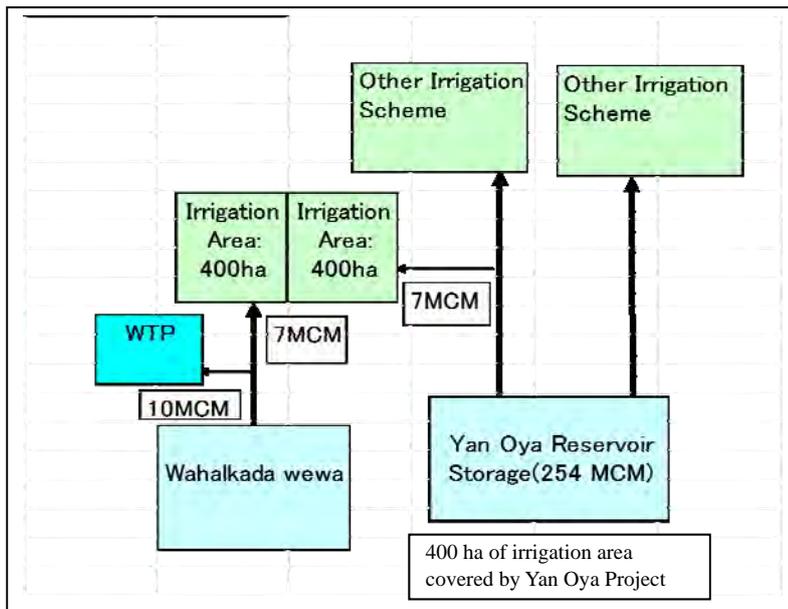


図 4.22 ヤン・オヤ貯水池プロジェクトからの送水イメージ

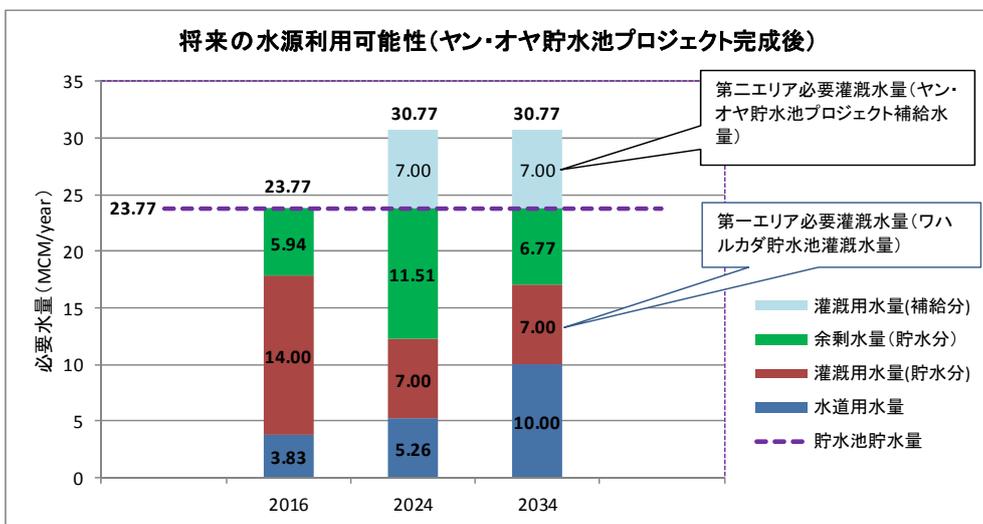
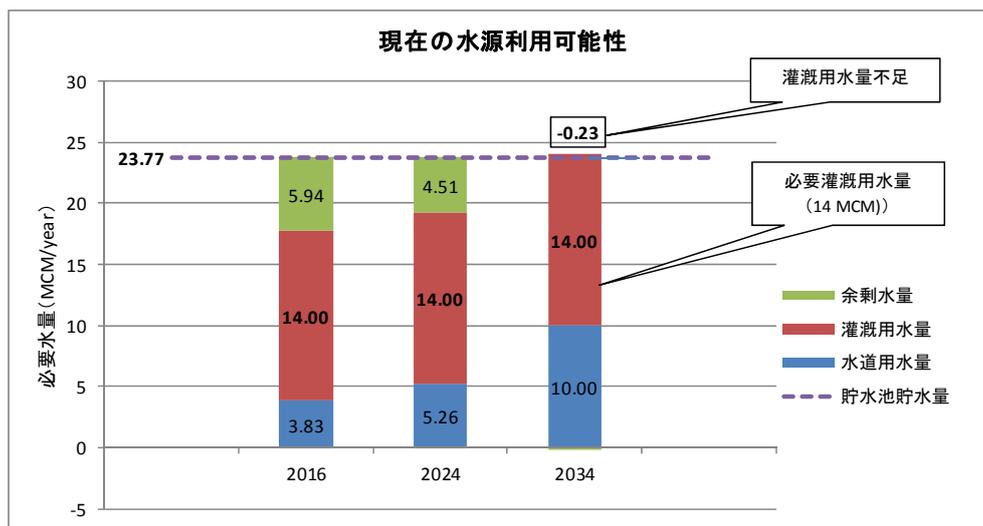


図 4.23 ワハルカダ貯水池水源利用可能性

4.3.7 NCP Canal 開発プロジェクト

1960年代に「ス」国政府は、灌漑用水量を確保し、仕事の機会を増大し、電力不足を最小化するという目的の下で、北中部州、北部州、東部州の北部乾燥地帯で土地を持たない人々に余剰の土地を与え、水不足に対して灌漑スキームを興して、食糧自給を達成するためにマワウエリ開発プログラム (Mahaweli Development Program: MDP) を推進した。NCP プロジェクトはマハウエリプロジェクトで残る最後の貯水池建設による水資源開発である。概要を以下に示す。

貯水池：モロガハカンダ貯水池 (521 MCM)

カルガンガ貯水池 (144 MCM)

サブ・プロジェクト：

- a) Randenigala- kalu Ganga Transfer Canal Complex
- b) Kainga Nuwara - Angamedilla-Minneriya tank Pumping Complex
- c) NWP Diversion Canal
- d) Pali Aru, Parangi Aru twin Tank Complex
- e) NCP Canal from end of Upper Elahera Canal to Chemmadu Kulam Tank
- f) Integrated development of NCP target area
- g) Other relevant projects

うち、サブ・プロジェクトの e) がマハカナダラワ灌漑地区を含む方面への灌漑水路、f) が既存及び新規地区への灌漑及び上水利用である。

本計画の Pre-F/S である“Pre Feasibility Study for NCP Canal Project, Water Resources Development Plan for NCP & NWP (NCP Canal), 2002 by Mahaweli Authority of Sri Lanka”によると、本プロジェクトは以下のステージに分かれて実施される。

ステージ 0： Pre-F/S のアップデート、各コンポーネントの詳細設計

2012 年～2014 年

ステージ 1： Randenigala-Kalu Ganga Transfer Complex- Stage1 2014 年～2016 年

ステージ 2： Randenigala-Kalu Ganga Transfer Complex- Stage2

ステージ 3： Randenigala-Kalu Ganga Transfer Complex- Stage3

マハカナダラワ灌漑地区への水供給はステージ 1 に含まれており、2016 年には工事終了が予定されており、2017 年には新水源による配水が開始される予定である。

上述のように NCP 及び NP の主要 15 市に対して全開発量のうち 70 MCM が配水されることとなっており、マハカナダラワ地区の 2034 年上水道計画水量を十分に補給可能と判断される。

(1) 予定水源の水質

マハカナダラワに水を提供することを計画している NCP 運河プロジェクトでは、2つの主要な水資源開発を予定している。一つは、Moragahakanda 貯水池であり、他は Kalu Ganga 貯水池である。両貯水池からマハカナダラワへの水の流れを図 4.24 に示す。

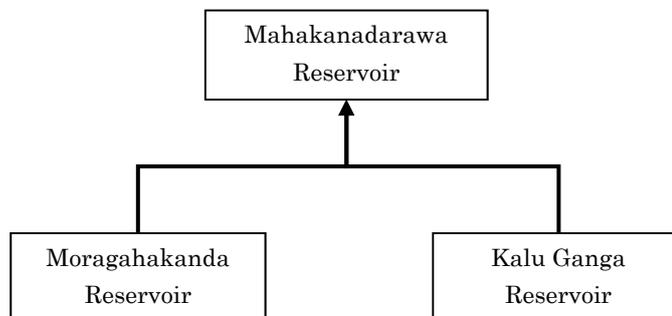


図 4.24 両貯水池からマハカナダラワへの水の流れ

NCP の運河プロジェクトからマハカナダラワへ大幅な導水が計画されているため、両貯水池の水質調査を実施した。サンプリングは JICA 調査団が、水質分析はスリランカの飲料水基準や APHA、EPA 法等の方法に基づき SGS (PVT) が実施した（水質分析の詳細は 2.5.2 参照）。Moragahakanda Biodiversity Study Report によると、この地域の乾季は 1 月から 2 月まで及び 6 月から 9 月までである。したがって、サンプリングは水質が最も悪化すると予想される 9 月に、各々両水源の下流で行われた。サンプリング位置を図 4.25 に、水質の結果を表 4.20 に示す。水質結果ではいくつかの項目で「ス」国飲用水質基準を超えるものもあったが、浄水処理で対応できる範囲であり、特に問題は見あたらなかった。

表 4.20 Moragahakanda 及び Kalu Ganga 貯水池の水質

Sampling location	Type of water source	Date	Odor	Colour	Turbidity	Taste	pH	Electrical C	Chloride	Free ammonia	Alkalinity
			Unobjec.	Hazen Unit	NTU	-	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	
Moragahakanda	River	12/09/20	Unobjec.	7.5	19	Objec.	7.6	310	7	0.05	65
Kalu Ganga	River	12/09/20	Unobjec.	5	1.1	Objec.	7.5	118	6	<0.05	144
Sri Lanka Standards (Desireble)			-	5	2		7.0-8.5	750	200		200
Sri Lanka Standards (Permissible)			Unobjec.	30	8	Unobjec.	6.5-9.0	3500	1200	0.06	400

Sampling location	Type of water source	Date	Albminoid ammonia	Nitrite	Nitrate	Fluoride	Phosphat e	Total residue	Hardness	Iron	Sulphate
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/l	mg/L	mg/L	mg/L
Moragahakanda	River	12/09/20	0.06	0.07	0.85	0.08	0.31	215	78	<0.1	14
Kalu Ganga	River	12/09/20	<0.01	<0.01	<0.05	0.11	<0.2	82	153	<0.1	13
Sri Lanka Standards (Desireble)						0.6	-	500	250	0.3	200
Sri Lanka Standards (Permissible)			0.15	0.01	10	1.5	2	2000	600	1	400

Objec.: Objectionale, Unobjec.: Unobjectionable

結論として、NCP の運河プロジェクトによる両水源からの導水は、マハカナダラワに大きな影響を与えることはないと思われる。

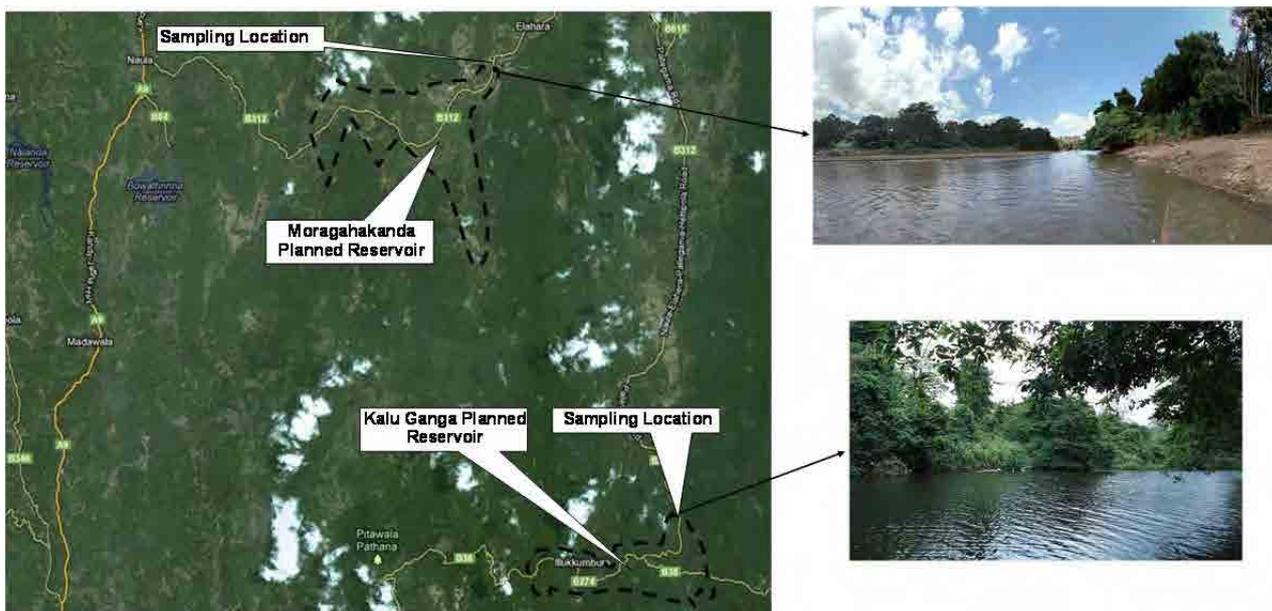


図 4.25 Moragahakanda 及び Kalu Ganga の水源予定地と水質サンプリング地点

4.3.8 Yan Oya Reservoir 開発プロジェクト

本プロジェクトの内容は下記に示すとおりであり、ワハルカダ貯水池の東を北上する Yan Oya 川に貯水池を設けて水資源開発を行うプロジェクトである。

貯水池位置：	ワハルカダ貯水池東、Pangurugaswewa 村落
貯水量：	254 MCM (205,000 Acft)
灌漑面積：	4,780 ha
RB 幹線水路用水量：	6 m ³ /sec
LB 幹線水路用水量	6 m ³ /sec
用水路：	
1 次 LB	20.3 km
1 次 RB	15.0 km
2 次用水路：	40 km

本プロジェクトでは、ワハルカダ灌漑地区の約 50%、400 ha への灌漑が含まれており、これにより、ワハルカダ貯水池からの水道用水の取水は 2034 年の計画水量でも問題はないと判断される。

4.3.9 気候変動対策

(1) 地球温暖化とスリランカ

災害削減のための地球ファシリティ（Global Facility for Disaster Reduction: GFDRR）及び世界銀行環境部チームが作成した「スリランカにおける気候リスクとコントリー・プロ

フィールへの適応性 (Climate Risk and Adaptation Country Profile, Sri Lanka)」によれば、以下のように述べられている。

- 年間平均気温は約1.0°Cほど上昇すると予測されている。平均降水量は4%ほど変化し、歴史的記録と比較して、降雨に量及び空間的分布に変化を伴いながら、ほとんどすべてのモデル（地球気候モデル等）で減少を示している。
- 将来降水量予測は島国に対する気候循環モデルの下では信頼性は劣る（フィードバックや上昇気流といった降水量動力学を動かす局地プロセスの把握ができていない部分的に粗い空間的解答であるため）。しかし、明らかなことは、スリランカをおおう気候変動と極端な出来事は今後増加するであろう。

スリランカをおおう洪水と旱魃の危険インパクトについては以下のようにまとめられている。

1974~2004年の歴史的記録によれば、洪水と干ばつが増大している。5~9月の南西モンスーンが西部州及び南西部州の深刻な洪水の原因となり、12~2月の北東モンスーンが東部州、北部州、北中部州の洪水の原因となっている。一方で、島のかなりの部分は2~4月に干ばつに見舞われ、5~6月の通常の雨季に派生的な干ばつがあるときは、干ばつは9月まで延びる。過去30年間に洪水被害は一千万人以上に及び、一方、渇水は六百万人以上に及んでいる。

(2) アヌラダプラ県における気候変動の影響

アヌラダプラ県では、昨年につきYala期の旱魃は2年連続であり、発電、農業及び水道での被害が新聞等でも指摘されている。“The Sunday Time”7月8日版によると、Yala期に当たる5月~6月の降雨量が少なく、特に最悪な地域として、アヌラダプラ県及びポロンナルワ県があげられている。アヌラダプラ県の降雨量は、2010年の65 mmに対して、2011年には9 mm、2012年には0.2 mmとなっており、この2ヶ月はほぼ降雨が無い状態である。

この結果、貯水池の水量が低下しており、発電、水道、灌漑への影響が出ている。また、本プロジェクトはアヌラダプラ県北部の地方都市・村落を対象としているが、水道施設の整備されていない村落では多くの浅井戸を利用しており、この旱魃によって水位が低下して利用困難となっている。

(3) 気候変動対策

1) 村落給水の整備

本プロジェクトは、アヌラダプラ県北部を対象とし、2012年における人口は約20万人、2034年の計画人口は約28万人と想定されている。このうち、2012年現在でNWSDBからの給水を受けているのは25~30%の5~6万人である。

残りの人口は、上述のように浅井戸を利用している場合が多く、旱魃による井戸の水位低下により給水状況が著しく悪化する。

本プロジェクトでは、地下水源の水質問題を理由として、表流水であるマハカナダラワ及びワハルカダ貯水池を水源として浄水場で処理された安全な水を広域送水によってこれらの地域に給水するものである。これにより対象地域の浅井戸利用者は気候変動によって発生する旱魃によって引き起こされる給水問題を回避することに貢献することとなる。

2) 水資源の適切な管理

本プロジェクトでは、既存施設であるマハカナダラワ及びワハルカダ貯水池の水源を利用する。利用に当たっては、将来的にはヤンオヤ及びNCPプロジェクトによる水源量の増加が期待されるが、いずれにしても両貯水池の貯水量を灌漑用水と分配する必要がある。分配にあたっては、特に渇水年については水道公社と灌漑局で水の配分が検討される予定であり、本プロジェクトを通じて両貯水池を含めた水資源の管理がより厳密に行われることが期待される。

第5章 水道施設計画

5.1 取水工

5.1.1 取水方法の選定

取水方法は、貯水池内に建設する取水塔、フローティング方式、貯水池内堤防にレールを敷設して取水ポンプを移動させる方式、用水路からの取水を検討した。

貯水池の管理主体である灌漑局で協議された結果、以下の理由から灌漑用水路からの取水方式を選定することとなった。

- 以前、灌漑省で実施された取水塔工事で貯水池堤体に被害を与えた経験があるため、堤防、堤内に対する直接的な工事は許可できない。
- 堤防、堤内に対する工事はEIAの対象となり、期間を要する。
- 堤防、堤内での取水施設は、現在の灌漑取水量以上に過大に取水されるイメージがあるため、特に貯水池漁業関係者及び環境団体を不必要に刺激する可能性がある。

以上から、取水地点は、貯水池HWLから100m以上の距離を確保するとともに、取水ポンプ施設用の土地を確保できる地点をNWSDB、灌漑局とも調整、選定した。

灌漑局の既存取水塔、灌漑用水路から取水するにあたって、以下の配慮が必要となる。

(a) 施設の老朽化

灌漑・水資源開発省では「貯水池の安全及び水資源計画プロジェクト」を進めており、緊急的に改修が必要な老朽化ダム32か所をリストアップしている。本プロジェクトで水源地として利用するマハカナダラワ貯水池及びワハルカダ貯水池はここでは対象となっていない。ただし、マハカナダラワ貯水池が完成後50年、ワハルカダ貯水池で40年が経過しており、特に取水塔や取水ゲート等コンクリート施設や機械設備については老朽化が進んでいる。

これらの施設は一旦故障、破損した場合には修理が長引くと考えられるため、リスク対応として仮設用の取水設備を常備する必要がある。

(b) 計測及び流量調整

水源となる両貯水池からは既存の取水塔を通して取水することとなる。灌漑水路へは、取水塔のスルースゲートの開度を調整することにより、流出口と貯水池水位との高低差で放流量が決められる。

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。

- マハカナダラワ貯水池： 6,700 m³/day (2016 年)、 18,800 m³/day (2034 年)
- ワハルカダ貯水池： 10,500 m³/day (2016 年)、 28,800 m³/day (2034 年)

また、特に異常な渇水期については、灌漑局、NWSDB、県助役、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。

この場合、プロジェクト開始から灌漑用水路の流量を計測、記録しておく必要がある。ただし、灌漑用水量に比較すると、水道用の水量は下記のように少量であり、灌漑用水路にある既存のパーシャルフリュームでは計測下限値を下回るため、新たに流量計測装置を設置し、記録する体制が必要である。また、取水塔側の流量制御は灌漑局が実施するため、灌漑用水路流量を灌漑局側のオペレーターと共有する。

流量制御については、既述のように灌漑流量に比べて水道用水量は小さく、灌漑期は両目的の流量を同時に流し、そのうち水道用水量の必要分だけを取水することとなる。しかし、非灌漑期については過小な流量を放流せねばならず、取水塔のゲートでは精度を確保することは困難である。

この観点から、用水路からの取水方法としては以下の 3 案が考えられた。

- a) ケース 1： 底樋の流出口にコンクリートボックスを設置し、灌漑用水路側及び浄水場へ管路及び流量制御弁をつけて、流量制御精度を高める。しかし、この場合は施設位置が堤防から 100 m 以内となり、サンクチュアリゾーン内になってしまうため、実施は困難である。
- b) ケース 2： 現在の取水予定地点下流側に堰(ゲート付)を設け、灌漑期にはゲート全開とする。非灌漑期にはゲートを締切り、水路の貯水量をバッファー分として調整する。
- c) ケース 3： 放水量を水道用水量より少し多めとし、余った分は灌漑用水路に返送する。また、既述の計測値をオペレーターに連絡することにより、放水量の精度を高める。

本調査ではケース 3 を採用する。ただし、貯水池の運営主体は灌漑局であり、計測、記録及び流量制御の件は NWSDB と灌漑局で詳細を協議しながら進める必要があるため、詳細設計の段階で既存施設の制御状況の詳細を検討しながら最終的な設計を決定することとする。

5.1.2 設計方針

(1) 基本条件

- 1) 取水施設の位置は貯水池の HWL から 100 m 以上離れた位置とする。
- 2) 灌漑対象地区末端までの配水条件を変えないために、水道用水量取水地点までの設計送水量は、灌漑用設計用水量および水道用水量とする。
- 3) マハカナダラワ貯水池には RB 用水路、LB 用水路と 2 系統の用水路が存在する。灌漑局から入手した貯水池内地形図の状況からは LB 側の既存灌漑用水用取水塔の取水位置が深く乾季にも十分に取水できる深さを確保できるので有利であると判断されるため、LB 側から取水を行うこととする。また、現在、LB 用水路は乾期には使用していないため、取水工工事実施にあたっては LB の選定が適当と判断される。
- 4) 灌漑用水量は、その年の貯水池水量、作物のマーケティングの状況等により農民組織代表と灌漑局が協議を行い全体の用水量を決定すると共に、降雨の状況により調整が行われ、取水塔ゲートで流量調整が行われる。このため、本取水工はこの灌漑用水の運用を踏まえて、以下の運用が必要となる。
 - 非灌漑期間： 水道用水量
 - 灌漑期間： 水道用水量+灌漑用水量
- 5) 灌漑水路内に調整ゲートを設置することも考えられたが、可能な限り、既存用水路への影響を少なくすると共に、運転及び維持管理が簡易な施設設計とすることから、取水地点で段落ち部を設けて非灌漑期（水道用水量だけ取水の場合）に下流側へ余分な水が流れないこととした。

5.1.3 取水施設の概要

(1) マハカナダラワ地区

取水地点の諸元は以下のとおりである。

灌漑用水設計水量：	3.4 m ³ /sec
水道用取水量：	0.22 m ³ /sec (18,800 m ³ /day : 2034 年計画量)
灌漑期間送水量：	0.62~3.62 m ³ /sec
既存用水路幅：	3.5 m
既存用水路高さ：	2.2 m
灌漑用水量最大水深：	1.45 m
水道用水量送水時の水深：	0.22 m
用水路段落ち部の高さ：	0.30 m
灌漑用水量及び上水道用水量送水時の最大水深：	1.51 m

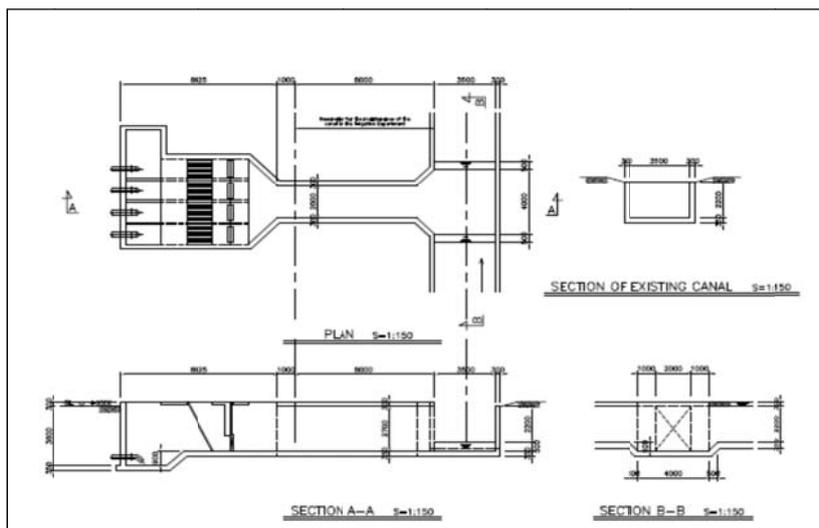


図 5.1 マハカナダラワ貯水池取水工の概要

(2) ワハルカダ地区

- 灌漑用水設計水量： 2.0 m³/sec
- 水道用取水量： 0.34 m³/sec (18,800 m³/day : 2034 年計画量)
- 灌漑期間送水量： 0.7~2.34 m³/sec
- 取水地点既存用水路幅： 4.5 m
- 既存用水路高さ： 2.1 m
- 灌漑用水量最大水深： 0.91 m
- 水道用水量送水時の水深： 0.32 m
- 用水路段落ち部の高さ： 0.40 m
- 灌漑用水量及び上水道用水量送水時の最大水深： 1.00 m

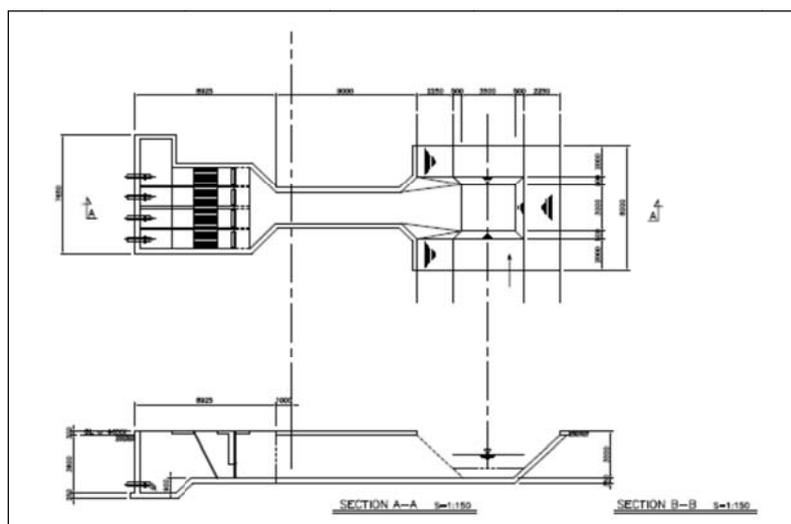


図 5.2 ワハルカダ貯水池取水工の概要

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。

(1) NWSDB 設計基準

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年を設定することは妥当である。

(2) NWSDB の農村地域水道ガイドライン

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。調査対象地域においては水源となっている井戸水に含まれる高フッ素濃度問題もあって NWSDB の管理する水道へ期待は大きいと言えるがそれを過大評価することは危険である。

1) 調査区域内における NWSDB が管理する水道事業の普及率

4.2.9 節でも詳しく述べたように、計画対象区域内においても過去における給水栓数の伸びは遅々たるものであった。水道に大きな期待を持っている人たちは早く接続したいと願うため、給水栓の伸びは通水を開始してから二、三年がピークでそれが一段落すると後は緩やかに推移するのが一般的である。

2) 農村部における代替水源

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。このため、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が、普及率が思ったほど伸びないことはこれまでもしばしば経験されている。

また、センサス2001によれば住民の約1/4は便所を使用していない、アヌラダプラ県の中では貧困層の比率が高いことにも留意すべきである。

3) 用途による水源の選択的使用

水道に接続しても二つの水源を用途によって使い分ける可能性が高い。すなわち普及率が上がっても使用水量は伸びないという事態が起こり得る。既存46CBOs水道施設における平均1人一日使用水量は66Lpcdで一般的に低い。これは用途による水源の選択的使用の可能性を示唆している。したがって普及率だけにとらわれるのではなく、使用水量の実態を注視すべきである。

センサス 2011 年の主たる飲料水源調査結果によれば、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) となっている。
(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の人口普及率は約 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。)

4) 人口普及率の限界

調査対象区域の 194 GNDs のうち 60.8%の人口密度が 100 人/km²以下となっている。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図 5.3 に示されるように道路に沿って 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。

$$100 \text{ 人/km}^2 = 1 \text{ 人/ha} = 4 \text{ 人/4 ha} = 1 \text{ 戸/4 ha}$$

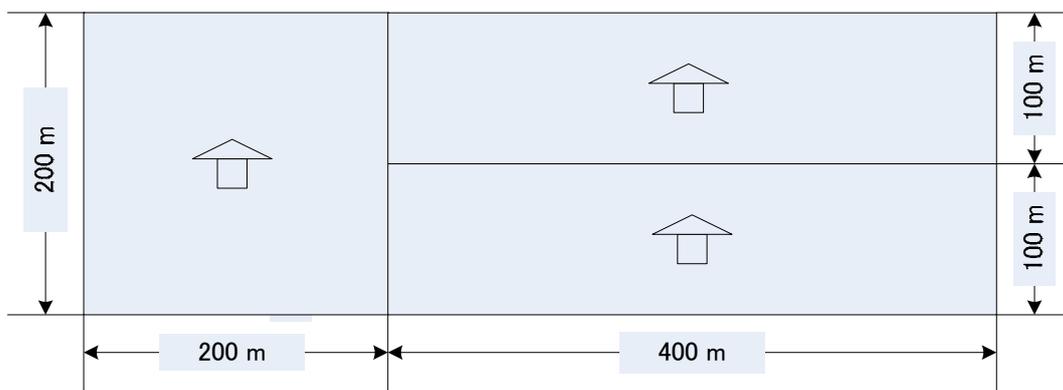


図 5.3 住居の分布イメージ

(3) 一括施工による無駄

浄水場施設を段階的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。給水量は既存 NWSDB 及び CBO 水道施設の接続によりある程度は確保されるが、その後は新規接続数と一人 1 日使用水量の伸びに依存することになる。しかし、上述したような理由から給水量が一気に計画水量に達することはあり得ず、一括施工された施設の遊休化は避けられない。この結果、以下のような状況が生じる。

- 機械電気設備の耐用年数は通常 10~15 年であるが、一括施工された時点から耐用年数がカウントされるため、耐用年数を無駄に食いつぶすことになる。
- 一度設置した機器は給水量が少ないからといって使用しないわけには行かず、ローテーションを組んで運転する必要があるため、運転操作が煩雑になる一方、休止したときにはそのまま放置していると劣化が加速されるため、機器の清掃も必要になり作業量がいたずらに増大する。
- 機器の一括施工により交換時期が集中するため財務的に大きな負担が生じる。

(4) EIRR の悪化

一括施工の場合、資機材を一度に購入する数量が増えるため単価を下げる事が可能で、また、全体工期の短縮が図れるので経費を削減することができ、全体として工事費は圧縮される。しかし、初期投資額は増大し、かつ、機械電気設備は一部の設備の設置時期を早めるために更新も早まる。そこで、浄水場等の建設費は一括発注により 10%削減されると仮定して FIRR を計算する。表 5.1 に示されるように、一括発注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。

表 5.1 一括発注と段階施工における FIRR の比較

(1) Stage Construction					(2) Full Construction (10% Reduction)				
Year	Investment	Revenues	Expenditures	Cash flow	Year	Investment	Revenues	Expenditures	Cash flow
2012	0.0			0	2012	0.0			0
2013	82.2			-82.2	2013	81.8			-81.8
2014	437.5			-437.5	2014	437.2			-437.2
2015	1,093.1			-1,093	2015	1,126.9			-1,127
2016	3,508.7			-3,509	2016	3,645.1			-3,645
2017	3,641.5			-3,642	2017	3,777.9			-3,778
2018	960.1	56	34	-938.1	2018	994.0	56	34	-972
2019	14.9	78	46	17.1	2019	14.6	78	46	17.4
2020		82	48	34	2020		82	48	34
2021		86	49	37	2021		86	49	37
2022		90	51	39	2022		90	51	39
2023		94	53	41	2023		94	53	41
2024	786.5	98	54	-742.5	2024		98	54	44
2025		108	66	42	2025		108	66	42
2026		117	71	46	2026		117	71	46
2027		127	76	51	2027		127	76	51
2028		137	80	57	2028		137	80	57
2029		147	85	62	2029		147	85	62
2030		157	90	67	2030		157	90	67
2031		167	95	72	2031		167	95	72
2032		177	100	77	2032		177	100	77
2033		187	104	83	2033	786.5	187	104	-703.5
2034		197	109	88	2034		197	109	88
2035		207	114	93	2035		207	114	93
2036		217	119	98	2036		217	119	98
2037		227	124	103	2037		227	124	103
2038		237	128	109	2038		237	128	109
2039	-4,674	247	133	4,788	2039	-4,950	247	133	5,064
FIRR				-2.65%	FIRR				-2.69%

(5) 灌漑プロジェクトの進展

計画では、新しい水道施設が完成する頃にマハカナダラワ及びワハルカダ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が完成するとされている。しかし、これらの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。また、経済状況そのほかの理由で工事の遅延が起こり得ることも考慮すべきである。農民組合は計画されている灌漑プロジェクトが完成しなければ Phase-1 の計画給水量を上回る取水量を認めることはないと考えられるため、すべての施設を一挙に建設することはこの面からもリスクが高い。

5.2.2 浄水方法の選定

(1) 既存浄水場

1) 浄水能力と水源

計画給水区域のあるアヌラダプラ県の県都であるアヌラダプラ市には、急速ろ過方式の既存浄水場が3ヶ所あり、水源も本プロジェクトと同様に灌漑用貯水池の水を使用している。これらの浄水場の容量と水源を表5.2に示す。

表 5.2 既存浄水場

浄水場名	容量(m ³ /d)	水源
ニュータウン	13,500	ヌワラ貯水池
サクレッドシティ	4,500	ティッサ貯水池
ツウルウィラ	21,000	ツウルウィラ貯水池

2) 原水水質

3ヶ所の既存浄水場の原水水質は類似しており、濁度、色度は雨季の始まりに伴い若干上昇をしているが、年間を通してそれほど変化をしていない。pHは比較的高く平均はおよそ8で、最高値は8.5となっている。

3) 水道水中の臭気

水道水は5月には給水区域の一部で土臭があったが、他の地域では臭気はなかった。臭気があったのはツウルウィラ 浄水場の給水区域であったがその後、水源である貯水池の水位の低下に伴い他の浄水場からの給水区域でも臭気の発生がみられた。

(2) 浄水方法の選定

1) 原水水質

本プロジェクトの水源であるワハルカダ、マハカナダラワ貯水池の水質を表5.3、表5.4に示す。

表 5.3 水源水質（ワハルカダ貯水池）

	採水日	水温 (°C)	溶存酸素 ¹⁾ (mg/L)	pH	濁度 (度)	色度 (度)	臭い
表層水	17/05/2012	30.1	8.3	8.89	12.4	26.5	無
低層水	同上	30.0	7.2	-	-	-	同上

1) 水温30度の飽和用存酸素は7.63 mg/Lである。

2) 計測機器は濁度、色度：(株) 共立理化学研究所製を使用。色度は濁度を除去せずに計測をしており、真色度とは異なる)・・・以下5.2節は同様

表 5.4 水源水質（マハカナダラワ貯水池）

	採水日	水温 (°C)	溶存酸素 ¹⁾ (mg/L)	pH	濁度 (度)	色度 (度)	臭い
表層水	15/05/2012	29.4	7.2	8.46	7.3	22.5	無
低層水	同上	29.3	6.2	8.36	10.9	31	同上

2012年7月4日：ワハルカダ貯水池の原水は若干土臭有り。

2012年7月8日：マハカナダラワ貯水池の原水は臭気無し。

2012年7月17日：ツウルウィラ貯水池の原水は強い土臭有り。

2012年7月25日：ワハルカダ貯水池の原水は臭気無し。

2012年7月28日：ワハルカダ貯水池の原水は臭気無し。

2) ジャーテスト(凝集試験)

マハカナダラワ貯水池の表層水を使いジャーテストを行った。その結果を表 5.5 と図 5.4 に示す。硫酸バンドの注入量を 40 mg/L 以上にすると大きなフロックが形成される。60 mg/L の注入で実際の運転は十分と思われる。ワハルカダ貯水池もマハカナダラワ貯水池と同様な水質であることから、硫酸バンドの注入量も同様と考える。

表 5.5 ジャーテスト結果

項目	原水	硫酸バンド注入量 (mg/L)					
		20	30	60	80	100	120
pH	8.46	7.83	7.44	7.37	7.13	6.93	6.80
濁度 (度)	7.3	4.9	2.6	1.3	0.5	0.1	0.0
色度 (度)	22.5	16.0	9.5	7.0	4.5	3.0	2.0

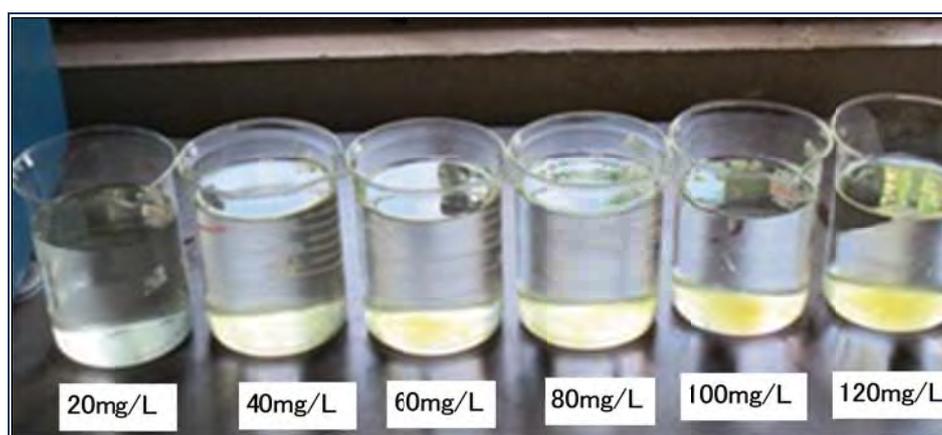


図 5.4 ジャーテスト結果

3) フッ素除去

凝集によりどの程度のフッ素が除去できるか計測するために、フッ素(1.03 mg/L)を含む井戸水を使用し、それにシルトを加え凝集試験を行った。その結果硫酸バンド 20~120 mg/L の注入で 15~22%のフッ素が除去され、硫酸バンドの注入量が高くなるほど除去率も高くなる傾向にあった。

4) パイロットプラント

本プロジェクトにおいて緩速ろ過方式の適用の可能性を検証するためにパイロットプラントによる実験を行った。パイロットプラントのフローと詳細を図 5.5 と表 5.6 に示す。緩速ろ過池の前段に、粗ろ過を設置し、高い濁度に対応できるようにしている。

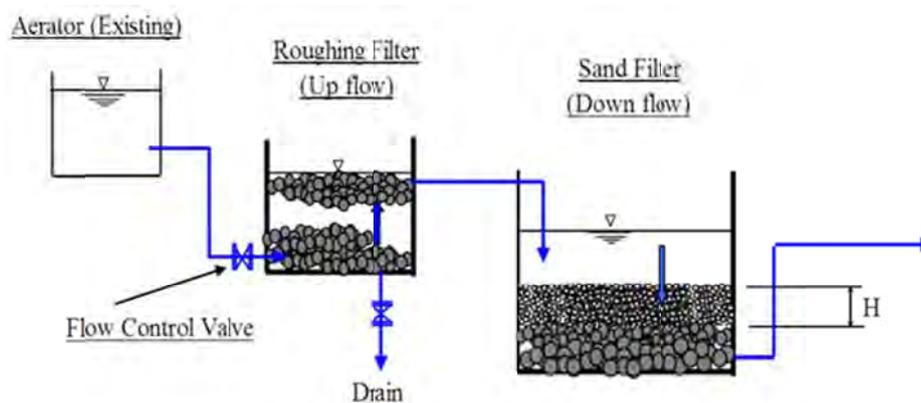


図 5.5 パイロットプラントフロー

表 5.6 パイロットプラント詳細

No.1	No.2	No.3
ろ過速度 (下降流)		
7 - 10m/日	5m/日	5m/日
ろ層厚(H)		
15cm	10cm	10cm
ろ材の大きさ		
		
運転開始日		
7月3日	7月6日	7月24日
*No2 ろ過槽の原水は当初粗ろ過水を使用せず原水を使用していたが、ろ過抵抗が高くなった後は粗ろ過水に変更した。		

5) パイロットプラントの結果

a. No1, 2, 3 ろ過槽の処理水比較

No1, 2, 3 ろ過槽の処理水の濁度と色度を図 5.6 に示す。処理水水質は運転開始後 3～4 週間 (No3 は 1 週間) は徐々に良くなっているが、その後は平衡状態となり、それ以降は水源水質の悪化に伴い処理水も悪くなっている。ろ過槽毎の処理水水質は大差がなかった。

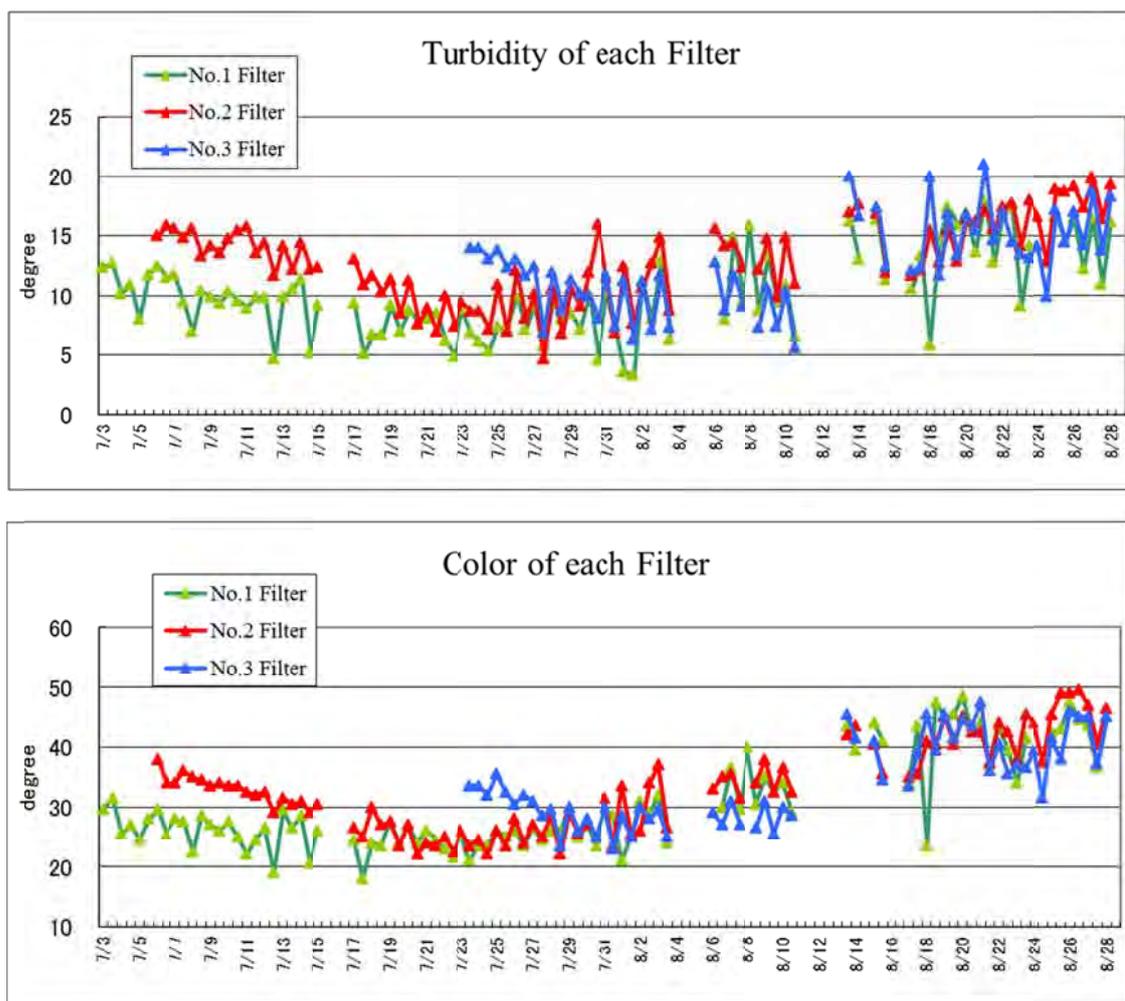


図 5.6 各ろ過槽の処理水比較

b. 原水と処理水水質

表 5.7 に原水の濁度、色度とろ過槽の処理水質を示す。原水中の濁度と色度が高いので、処理水水質もその影響を受けているものと考えられる。濁度と色度の除去率は原水に対してそれぞれ 50～60%、30～40%であった。

表 5.7 原水と処理水水質

	No1 ろ過槽	No2 ろ過槽	No3 ろ過槽
運転期間	7月3日~8月28日 (57日間)	7月6日~8月28日 (54日間)	7月24日~8月28日 (36日間)
原水			
平均濁度 (度)	26.5	26.8	30.2
平均色度 (度)	49.1	49.9	56.1
粗ろ過水			
平均濁度 (度)	17.5	17.7	20.1
平均色度 (度)	39.5	40.2	45.2
原水に対する粗ろ過水の除去率			
平均濁度 (%)	34	34	33
平均色度 (%)	20	19	19
ろ過水			
平均濁度 (度)	10.3	12.9	12.6
平均色度 (度)	30.6	33.1	34.1
原水に対するろ過水の除去率			
平均濁度 (%)	61	52	58
平均色度 (%)	38	34	39
粗ろ過水に対するろ過水の除去率			
平均濁度 (%)	41	27	37
平均色度 (%)	23	18	25

c. 色度比較

パイロットプラントの処理水は、急速ろ過法で処理をしているサクレッドシティ浄水場、ツウルウィラ 浄水場の処理水と比較すると、黄緑色に着色していた。本プロジェクトの水源の1つであるワハルカダ貯水池とサクレッドシティ浄水池の水源であるティッサ 貯水池を比較すると、同様に黄緑色に着色をしている。このためワハルカダ貯水池を原水とし、緩速ろ過で浄水をした場合も同様に黄緑色に着色すると推測され、この色の除去は難しいと考える。また、濁度の除去率がツウルウィラ浄水場と比較しても劣っている。一方、サクレッドシティ浄水場の処理水の濁度も高いが、この浄水場は施設が古く処理がうまく行われていないとともに、ろ過砂の汚染が進みパイロットプラント運転終了直後にろ過砂の交換を始めたような状況であった。

6) 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。

実験期間中は、想定よりも高い濁度が原水に含まれていたため、緩速ろ過の運転には厳しい状況であった。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。

実験に使用した原水は乾季で汚濁傾向にあったが、取水を計画しているマハカナダラワ貯水池、ワハルカダ貯水池についても、水道原水として取水を開始すると灌漑用の取水と合わせて水位がより低下し、底泥を巻き上げ、実験に使用した水源と同様な状況となることが予測される。

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、フェーズ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 設計仕様

浄水場施設の設計仕様は表 5.8 のとおりである。

表 5.8 設計仕様

名称	項目	仕様
着水井/分配井	滞留時間	1.5 分以上
フロキュレータ	滞留時間	20~40 分
	G 値	10 - 75/s
	GT 値	23,000 to 210,000
沈殿池(傾斜板式)	傾斜板の負荷	7 - 14mm/分
	上向流速	< 80 mm/分
急速ろ過池	ろ過速度	< 200m/日(1 池未稼働の時)
活性炭ろ過池	空筒速度	SV=5 - 10 /時
浄水池	滞留時間	1 時間
逆洗水リサイクル槽	容量	> 逆洗水 2 池分
濃縮槽	滞留時間	24 - 48 時間
	汚泥負荷	10 - 20 kg/m ² /日
天日乾燥床	汚泥負荷	40 - 80 kg/m ²

参考： 水道施設設計指針（日本水道協会）

Integrated Design of Water Treatment Facilities, Susumu Kawamura, 1991

5.2.4 マハカナダラワ浄水場

(1) 位置図

マハカナダラワ 浄水場の位置図を図 5.7 に示す。



図 5.7 マハカナダラワ浄水場位置図

(2) 浄水場フローシート

マハカナダラワ浄水場のフローシートを図 5.8 に示す。

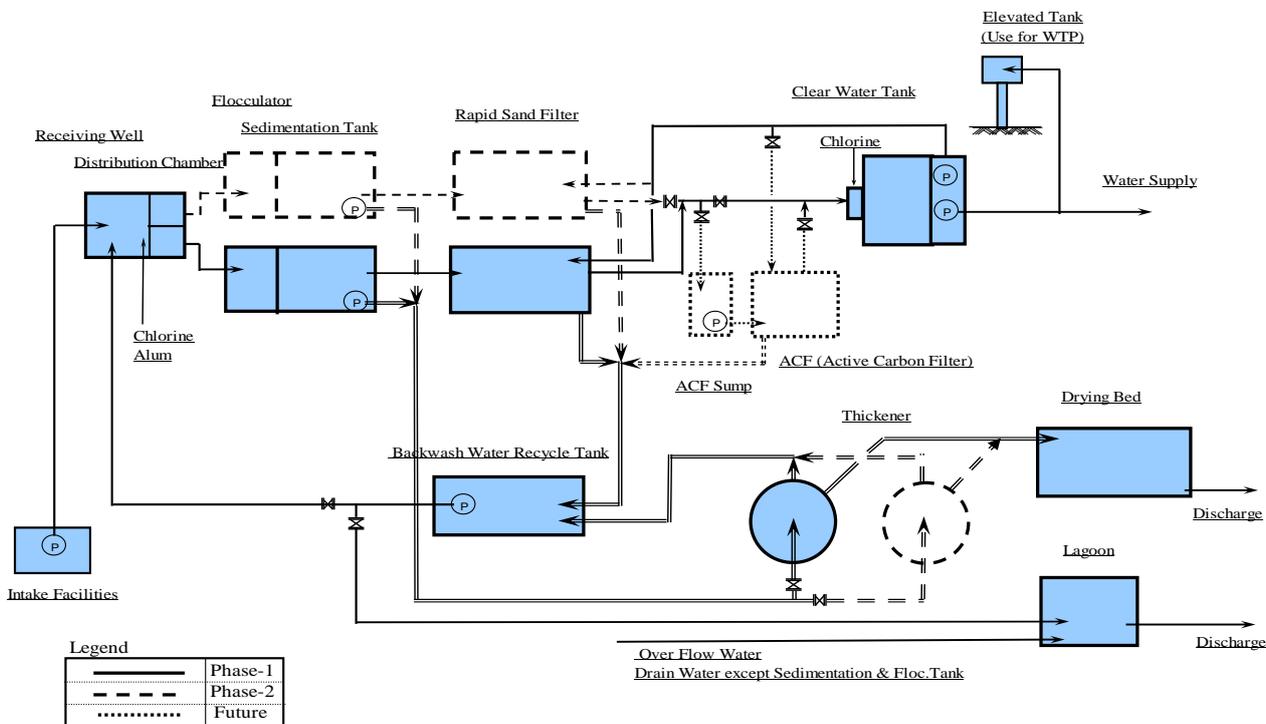


図 5.8 マハカナダラワ浄水場フローシート

(3) 配置図

マハカナダラワ浄水場の配置図を図 5.9 に示す。

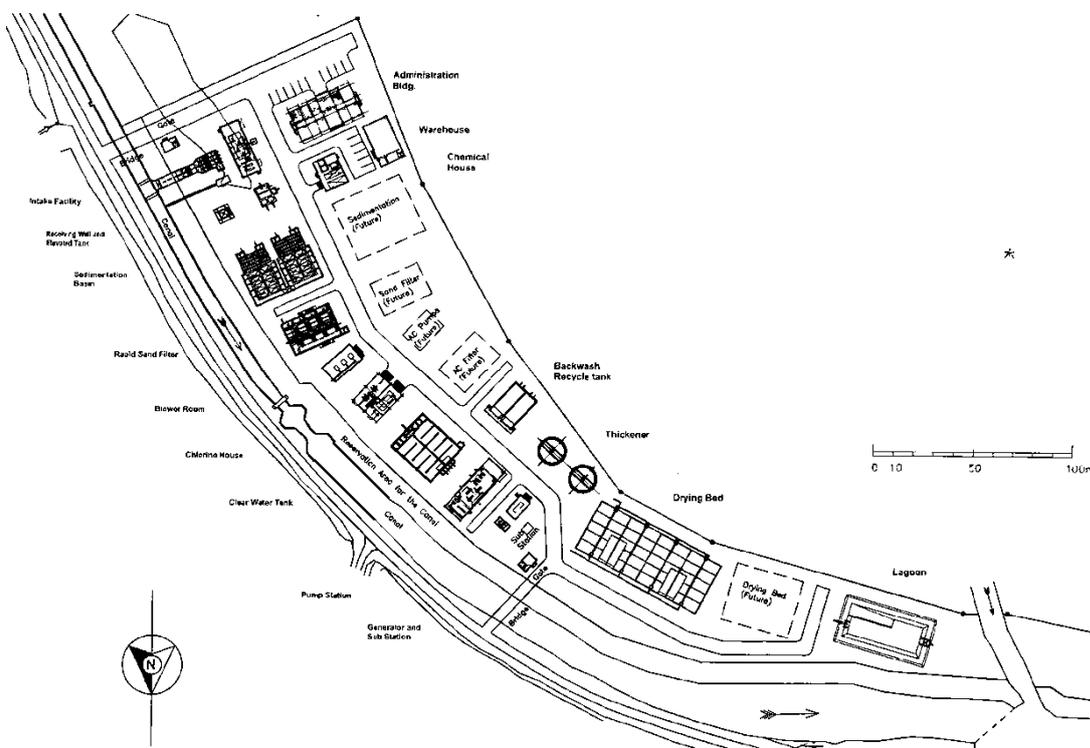


図 5.9 マハカナダラワ浄水場施設配置図

(4) 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 5.9 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 5.9 マハカナダラワ浄水場計画浄水能力

計画水量	ステージ-1 (2024 年)	ステージ-2 (2034 年)	備考
水利権 (m ³ /d)	—*	18,800	
日平均需要量 (m ³ /d)	7,154	14,414	水需要予測より引用
日最大需要量 (m ³ /d)	8,600	17,300	日平均 x 1.2
浄水場生産能力(m ³ /d)	8,900	17,900	浄水場容量 x 0.95
浄水場容量 (m ³ /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。

原水はマハカナダラワ貯水池の灌漑用水路から取水され、着水井に送られる。硫酸バンドと塩素が加えられた後、分配槽によって複数のブロック形成池に均等に流入する。ブロック形成池の入り口には均等流入させるように堰と流量コントロールバルブを設ける。ブロック形成池は上下迂流式で、処理した水は沈殿池に送られる。沈殿池は傾斜板式でスラッジを沈降させた後、急速ろ過池でろ過し、ろ過水を浄水池で貯留する。浄水池流入部に塩素注入設備/混合設備を設け、後塩素注入できるようにする。

フェーズ1の施設を運転中、水道水中に強い臭気が長期間感じられる場合、活性炭ろ過池の導入が考えられる。この場合、急速砂ろ過池のろ過水を活性炭ろ過ポンプ井に導き、ポンプで活性炭ろ過池に送水をする。ろ過した水は急速砂ろ過池の出側の配管に自然流下で流入させ浄水池に送水する。浄水池から、送水ポンプで給水区域に送水をする。

急速ろ過池も活性炭ろ過池も空気洗浄と逆洗により洗浄をする。洗浄水は逆洗水リサイクル池へ流入し、ポンプで着水井に送水をして再利用する。

表 5.10 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 27.0m 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。

沈殿池で沈殿したスラッジは池底のピットに溜まり、定期的にバルブを開き排泥を行い、ポンプで濃縮槽へ送る。濃縮槽でさらに水とスラッジを分離しスラッジは天日乾燥床へ、分離した水は逆洗水リサイクル池へ自然流下で流入し再利用する。天日乾燥床で乾燥したスラッジは場外に搬出をする。ラグーンは各施設のオーバーフロー水、排水を受け入れるとともに、逆洗水リサイクル池の水も緊急時に受け入れるようにする。マハカナダラワ浄水場の施設概要は以下のとおりである。

5.2.5 ワハルカダ浄水場

(1) 位置図

ワハルカダ 浄水場の位置図を図 5.10 に示す。



図 5.10 ワハルカダ浄水場位置図

(2) 浄水場フローシート

ワハルカダ浄水場のフローシートを図 5.11 に示す。

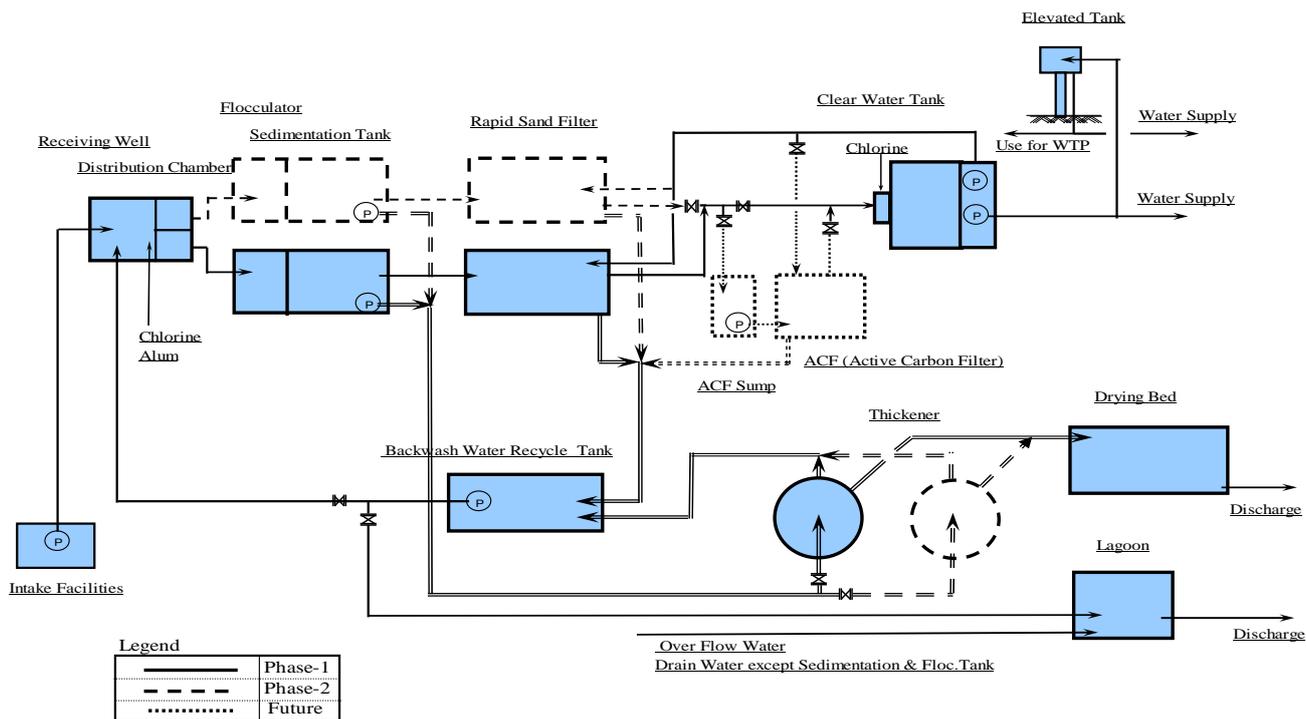


図 5.11 ワハルカダ浄水場フローシート

(3) 配置図 (図 5.12)

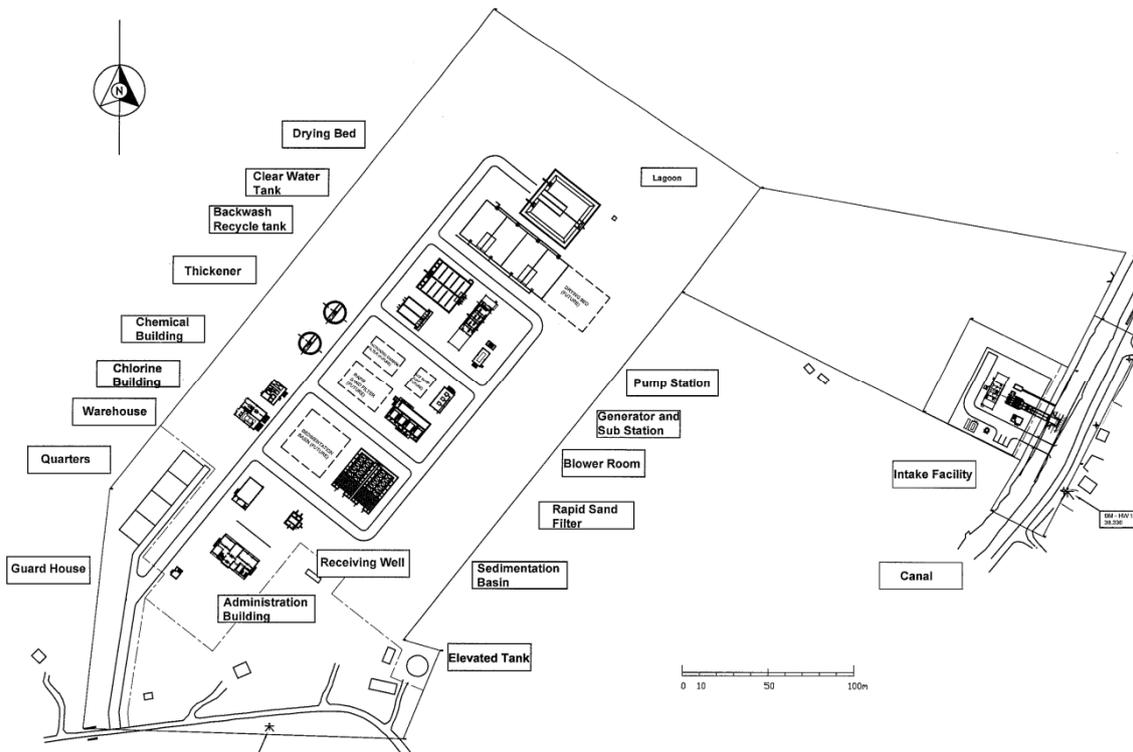


図 5.12 ワハルカダ浄水場施設配置図

(4) ワハルカダ浄水場の概要

ワハルカダ浄水場の水利権水量、需要量および浄水場能力等を表 5.11 に示す。

表 5.11 ワハルカダ浄水場計画浄水能力

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)	10,500-28,800	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。

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 14,400 m³/d、ステージ-2 (2034年) に 14,400 m³/d の計 28,800 m³/day の施設を計画するものとする。

表 5.12 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 25.0m 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。

浄水フローはマハカナダラワ浄水場と同様であるが、場内に高架水槽を設置し、浄水の一部を貯留して、近隣の村落へ供給するものとする。
ワハルカダ浄水場の施設概要は次のとおりである。

5.3 送配水システム

5.3.1 プロジェクト区域

プロジェクト区域は 6 つの DSD (Padaviya, Kebithigollewa, Medawachchiya, Rambewa, Horowpothana 及び Kahatagasdigilia) から構成されており、区域面積は約 2,863 km² と非常に広大な地域である。6 つの DSD はさらに 194 の行政地区 (GND) に区分される。一方、同区域における 2012 年の人口は約 204,700 人であり、人口密度はヘクタールあたり 1 人以下と低い。

プロジェクト区域に図 5.13 に示す如くルート A (4 ルート) と B (7 ルート) の主要道路が配置されており、上記主要道路の交点は地域発展の中心となるコア地区となっている。それらのコア地区には複数の GND が含まれており、Bogahawewa (Padaviya DSD)、Kebithigollewa (Kebithigollewa DSD)、Medawachchiya (Medawachchiya DSD)、Rambewa (Rambewa DSD)、Horowpothana (Horowpothana DSD) 及び Kahatagasdigiliya (Kahatagasdigiliya DSD) などが数えられる。

上記コアエリアの周辺には主要道路沿い及び内陸部に村落が点在している。プロジェクト区域は森林地帯、水田、多数の人造湖 (タンクと呼ばれている)、荒地が広がっており、水田やタンクの近傍に上記村落が多くみられる。したがって、これら村落地域における道路網の配置には限られたものがある。

プロジェクト地域の地形は広大な面積からみると比較的平坦であるが、その地盤高は +30~150m と変化している。また、ローカル地区の地形も必ずしも平坦ではなく、変化に富んでいることが見受けられる。

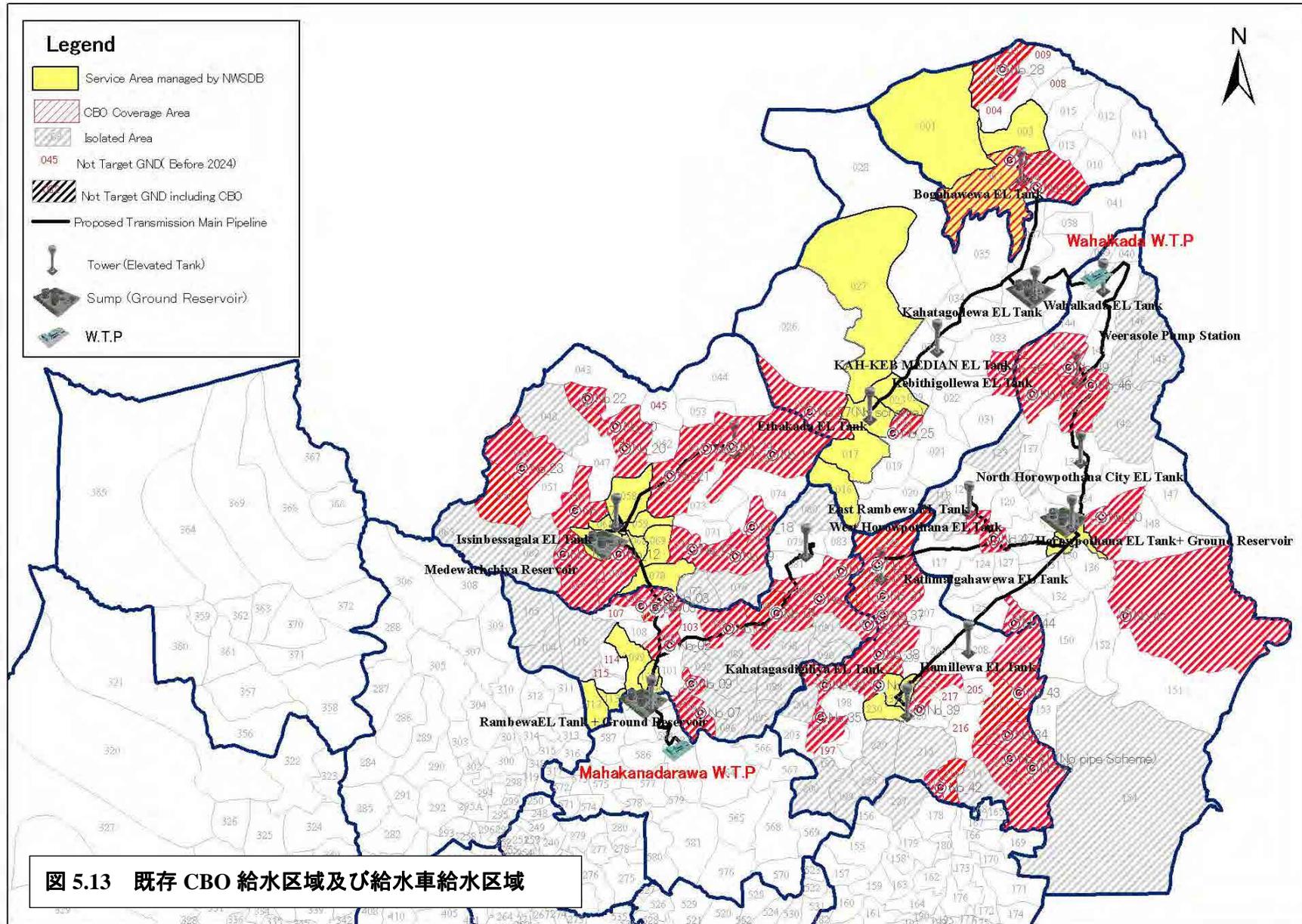


図 5.13 既存 CBO 給水区域及び給水車給水区域

5.3.2 送配水システムの計画

(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 50 の GND にはコミュニティ水道 (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 4.2.5 に述べる如く、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 4.2.4 に述べた如く給水車による給水にとどめる。図 5.14 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。

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 (マハカナダラワ貯水池) 及び北部 (ワハルカダ貯水池) に選定され、各湖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、またワハルカダ貯水池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 と 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系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。

新給水区域への配水のため、マハカナダラワ 4 ケ所及びワハルカダ系 11 ケ所、計 15 ケ所に高架水槽の建設が計画される。送水幹線ルート及び高架水槽により配水される給水区域を図 5.14 に、各高架水槽の受け持つ給水区域を表 5.13 に示す。

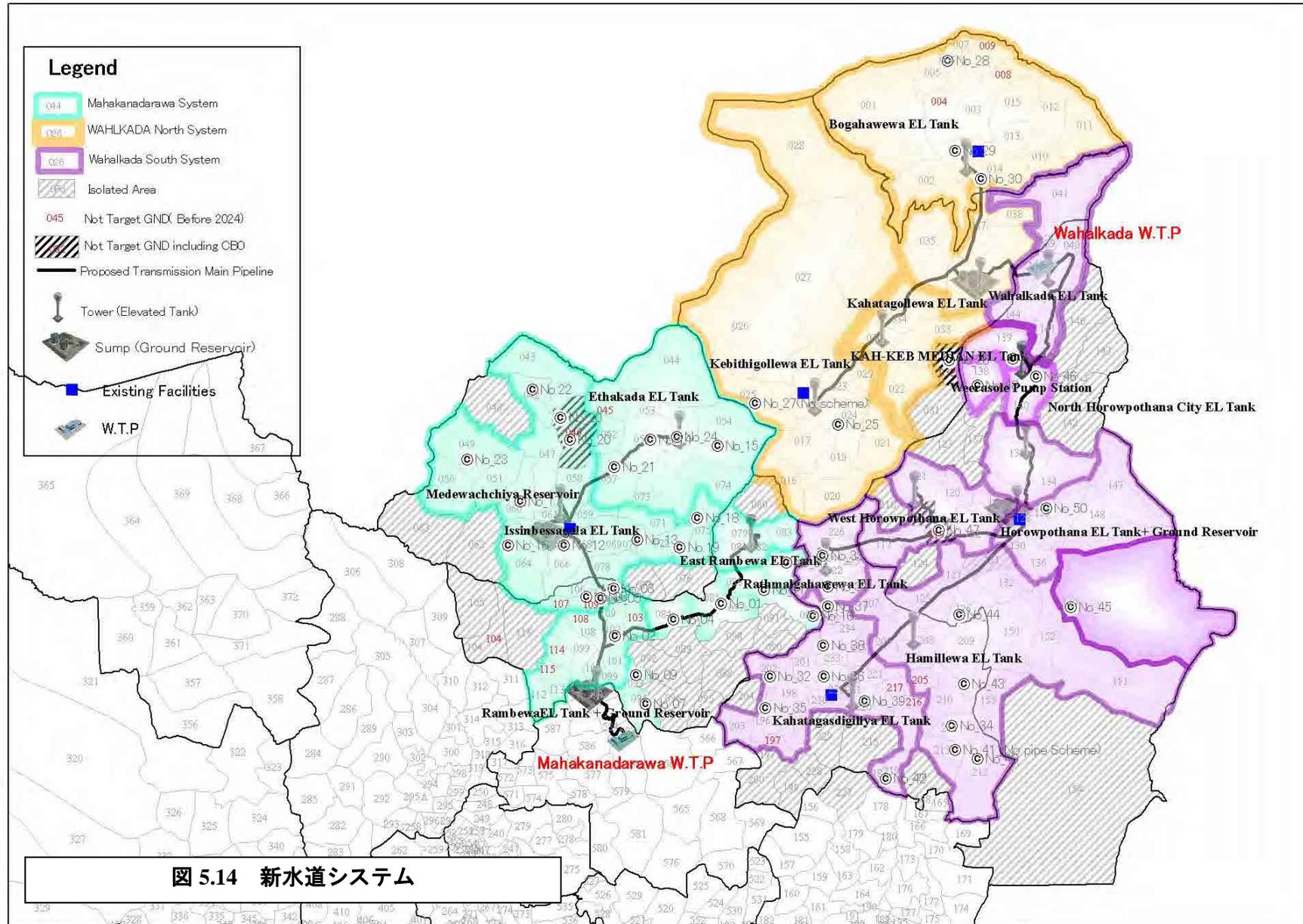


表 5.13 高架水槽と給水区域

送水システム	高架水槽	給水区域(ha)
マハカナダラワ系	I-1 ET (Rambewa)	6,387
	I-2 ET (Issinbassagala)	22,333
	I-3 ET (Ethakada)	13,269
	I-4 ET (East Rambewa)	2,590
ワハルカダ系	II-1 ET (Wahalkada)	8,545
	II-2 ET (Kahatagollewa)	7,979
	II-3 ET (Bogahawewa)	24,252
	II-4 ET (KAH-KEB Median)	6,839
	II-5 ET (Kebithigollewa)	37,952
	II-6 ET (North Horowpothana)	4,408
	II-7 ET (Horowpothana)	8,522
	II-8 ET (West Horowpothana)	5,782
	II-9 ET (Rathmalgahawewa)	5,751
	II-10 ET (Hamillewa)	26,695
	II-11 ET (Kahatagasdigiliya)	12,244

送水幹線からの距離が大きい、また地盤の高い位置にある一部の既存コミュニティ水道施設への用水供給のため増圧ポンプが必要となることがある。これらへの用水供給には増圧ポンプを布設することとして計画する。

(2) 配水システム

配水システムは上記高架水槽から CBO と新規 GND へ分配される配水幹線 (Distribution Main) 及び各 CBO と新規 GND 内の配水を受け持つ配水管システム (Distribution Sub-system) からなる。

コミュニティ水道による配水施設の維持管理は従来通り各コミュニティが行い、新設の給水区域への給配水の建設及び維持管理は NWSDB により直接行われることとする。また、CBO における水需要の増加に伴う周辺への拡張は NWSDB により行うこととする。NWSDB システムによる現在の給水区域は水需要の増加に伴い現施設容量に合わせ徐々に縮小されることとなるが、縮小後の給水区域への配水は新設の配水システムにより代替えられることとなる。

5.3.3 設計基準

(1) 管種の選定

送配水に使用される管種はそれら材質の特質、管の布設場所の条件及び経済性を考慮して選定される。管種選定における管材料の価格は主要な条件の一つとなる。これらの条件を考慮し、以下の管種の使用が推奨される。

送水幹線：	送水システムの幹線という重要度、管内面の滑かさによる損失水頭が小さいこと、比較的low価格であることの利点を重視し PE が推奨される。布設に当たっては管底下から管頂上（10cm 以上）にわたって砂または良質土により埋め戻し、十分なつき固めが必要
送水枝管・配水本管：	上記と同様 PE が推奨される
配水枝・小管：	載荷重の少ない村落部での布設と大きな布設延長に対し経済性を重視し uPVC が推奨される
特殊な管布設	主要道路、河川・水路等の横断部（水管橋・布越し等）での配管には管の布設方法にもよるが DIP または SP が推奨される

(2) 送水管システムの水理的条件（主要施設の地盤高）

浄水場～コアエリアおよびコアエリア間の送水システム主要施設建設位置の標高は地盤高地形測量および路線測量より表 5.14 に示す通り。

表 5.14 送水管主要施設の地盤高

送水システム	送水ポンプ場および高架水槽	地盤高
マハカナダラワ系	WTPI (マハカナダラワ浄水場)	+ 91.0
	ポンプ場 I-1 PS / 高架水槽 I-1 ET (Rambewa)	+ 99.5
	ポンプ場 I-2 PS (Medawachchiya)	+ 100.0
	高架水槽 I-2 ET (Issinbassagala)	+ 113.0
	高架水槽 I-3 ET (Ethakada)	+ 121.0
	高架水槽 I-4 ET (East Rambewa)	+ 112.0
ワハルカダ系	WTP II (Wahalkada 浄水場)	+ 50
	高架水槽 II-1 ET (Wahalkada)	+ 61
	ポンプ場 II-1 PS / 高架水槽 II-2 ET (Kahatagollewa)	+ 68
	高架水槽 II-3 ET (Bogahawewa)	+ 66
	高架水槽 II-4 ET (KAH-KEB Median)	+94.5
	ポンプ場 II-2 PS / 高架水槽 II-5 ET (Kebithigollewa)	+ 122.0
	ポンプ場 II-3 PS (Weerasole)	+ 57.0
	高架水槽 II-6 ET (North Horowpothana)	+ 86.0
	ポンプ場 II-4 PS / 高架水槽 II-7 (Horowpothana)	+ 73.5
	高架水槽 II-8 ET (West Horowpothana)	+ 116.0
	高架水槽 II-9 ET (Rathmalgahawewa)	+ 122.0
	高架水槽 II-10 (Hamillewa)	+ 101.7
	ポンプ場 II-6 PS / 高架水槽 II-11 ET (Kahatagasdigiliya)	+ 146.0

5.3.4 マハカナダラワ系

マハカナダラワ系は図 5.15 に示すように以下の 4 つの送水区間から成る。

表 5.15 マハカナダラワ系送水管システム

区間	路線	口径(mm)	延長(km)	
1	マハカナダラワ浄水場～Rambewa サービスセンター	ローカル道路	450	7.1
2	Rambewa サービスセンター～Medawachchiya ポンプ場	ルート A9	450 / 400	15.8
3	Medawachchiya ポンプ場～Issinbassagala 高架水槽	ルート A9/A14 バイパス	350	3.1
4	Medawachchiya ポンプ場～Ethakada 高架水槽	ルート B211	300 / 250	14.4

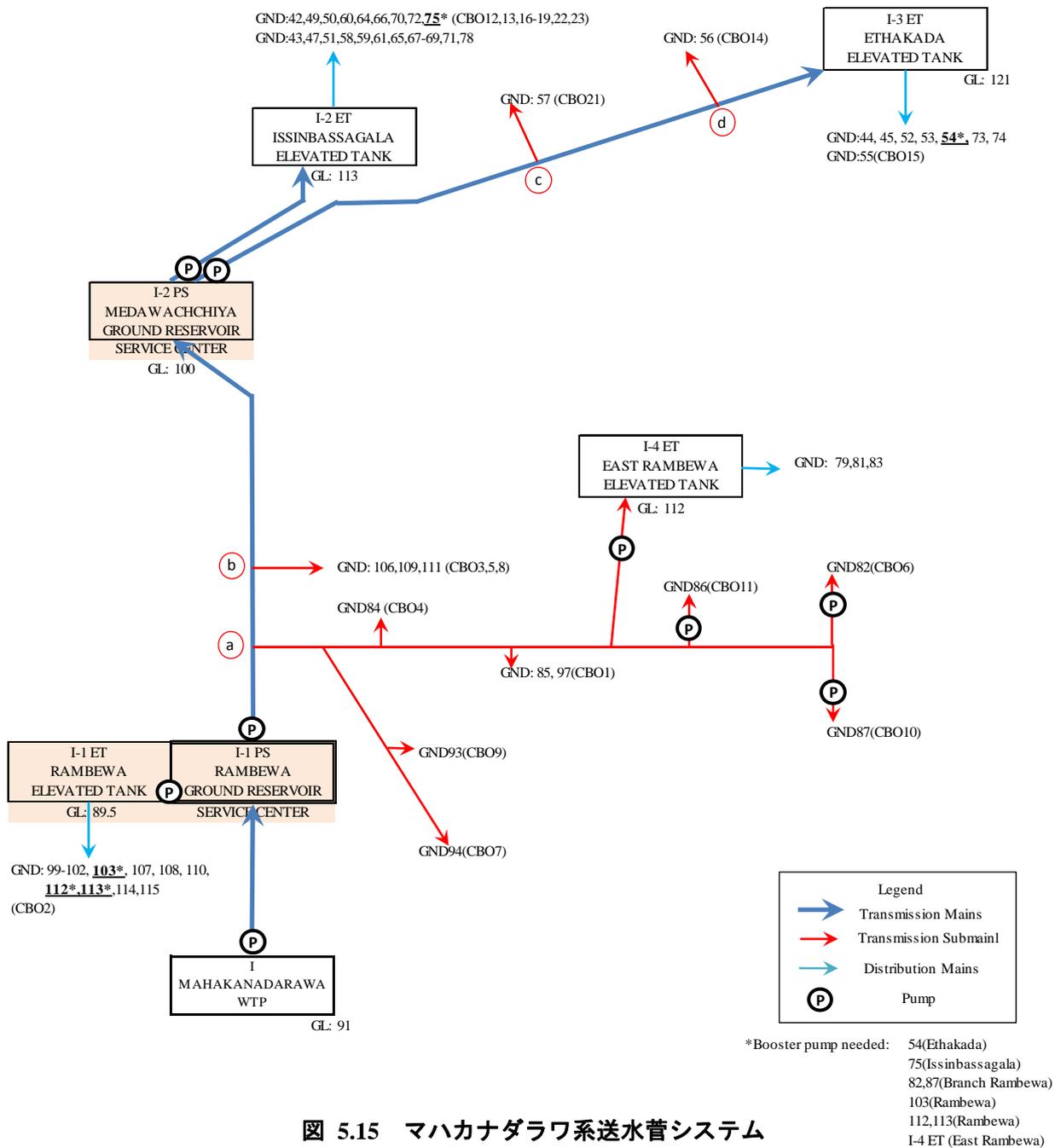


図 5.15 マハカナダラワ系送水管システム

5.3.5 ワハルカダ系

ワハルカダ系 IIは北部地区及び南部地区の送水を分担するシステム IIA と IIB からなり、
 図 5.16 に示すようにそれぞれ以下の3つの送水区間から成る。

表 5.16 ワハルカダ系送水管システム

区間	路線	口径(mm)	延長(km)
ワハルカダ系 IIA			
1	Wahalkada 浄水場～Kahatagollewa ポンプ場	ローカル道路	400
2	Kahatagollewa ポンプ場～Bogahawewa 高架水槽	ルート B211	350
3	Kahatagollewa ポンプ場～Kebithigollewa サービスセンター	ルート B211	350
ワハルカダ系 IIB			
1	Wahalkada 浄水場～Weerasole ポンプ場 Weerasole ポンプ場～Horowpothana サービスセンター	ローカル道路 ローカル道路	450 450
2	Horowpothana サービスセンター～Kahatagasdigiya サービスセンター	ルート A12	450
3	Horowpothana サービスセンター～Rathmalgahawewa 高架水槽	ルート B282	300

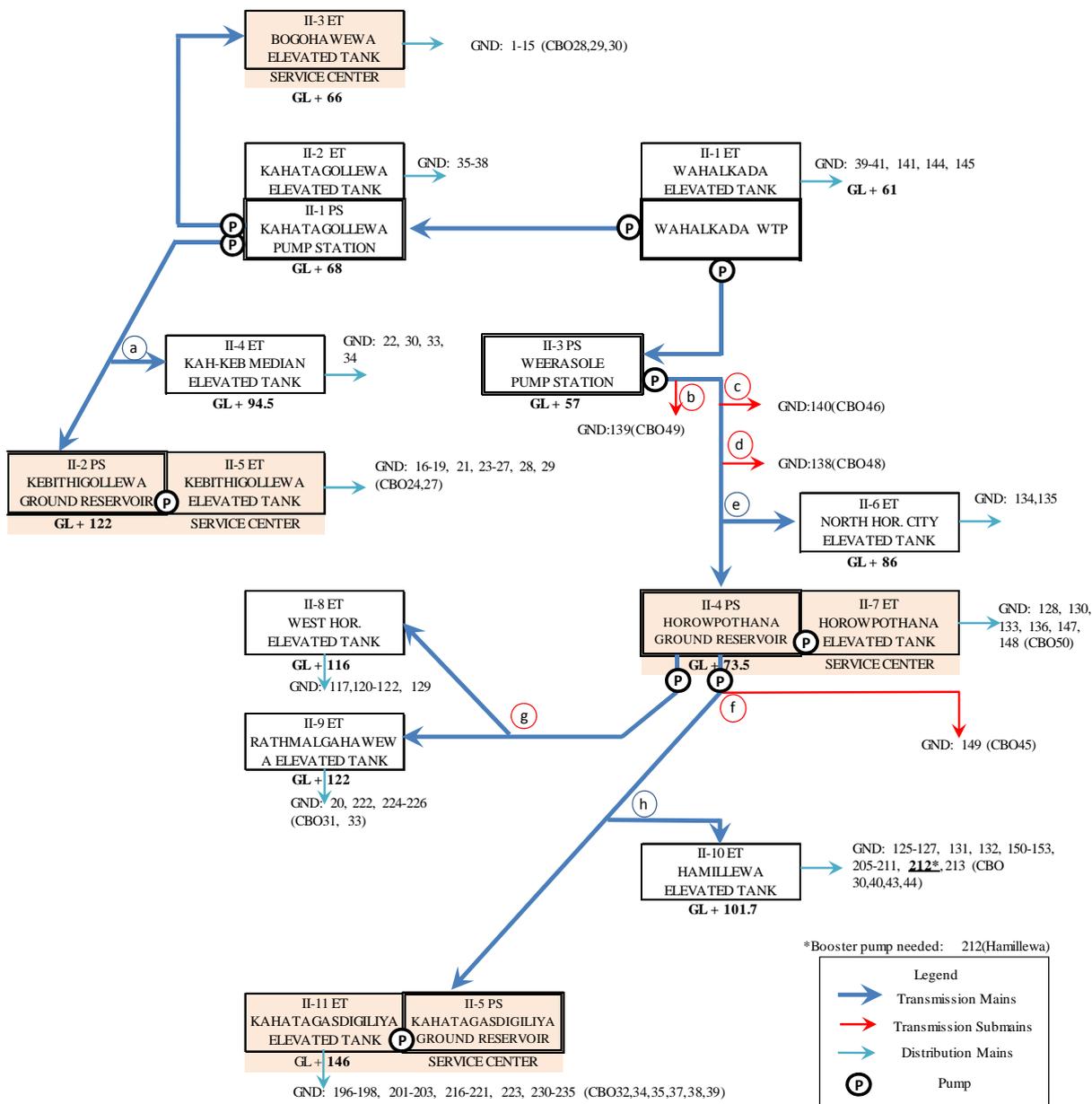


図 5.16 ワハルカダ系送水管システム

5.3.6 配水システム

前述した如く配水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。このシステムの模式図を図 5.17 に示す。

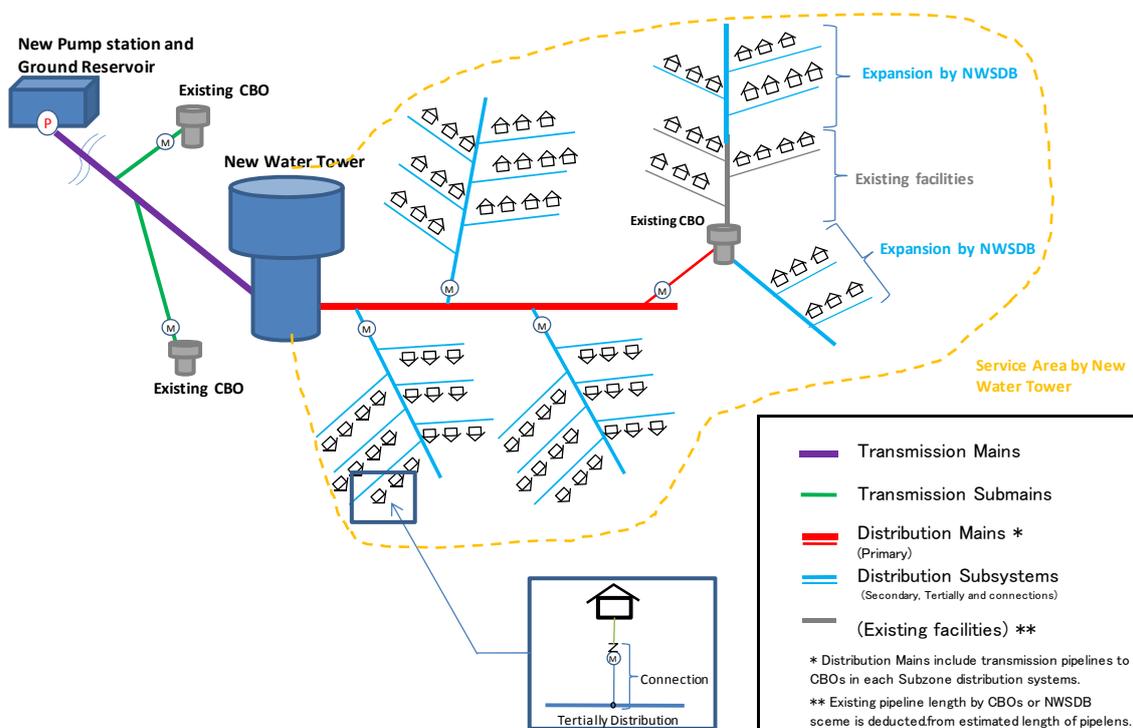


図 5.17 配水管システム模式図

1) 配水本管 (Distribution Main)

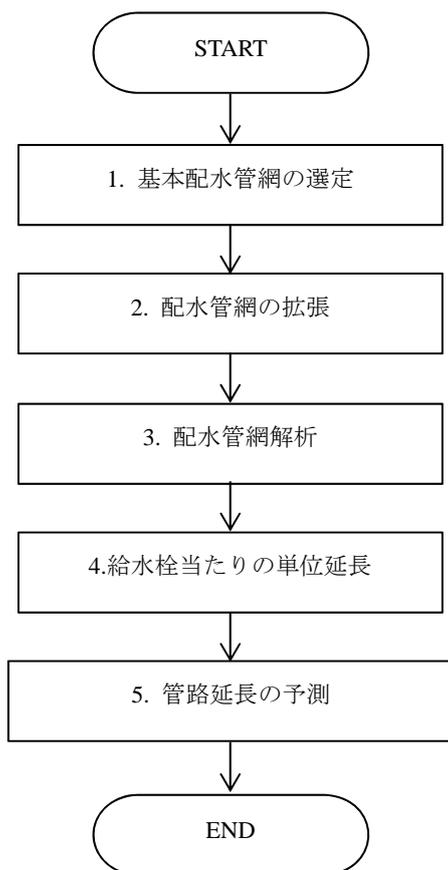
配水本管の計画は Google Map に基づき行われた。すなわち、各 GND 内の村落位置を Google Map から求め、その地盤高及び高架水槽からの距離を用い水理計算により配水本管の口径を設定したものである。

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ることとし、以下に方法によった。

- ① 既存 CBO システムより以下の 3 つの規模
 - a) 小規模、中規模、大規模の基本配水管網を選定：
 - b) 小規模：100 m³/day、中規模：150 m³/day、大規模：300 m³/day。
- ② 将来の配水管網の規模を 2034 年における日平均需要に基づき、小規模：150 m³/day、中規模：300 m³/day、大規模：600 m³/day とし、上記基本管網をそれぞれ

- のシステム規模に応じ基本管網モデルを拡大してプロト・タイプの管網モデルとする。
- ③ 管網の拡大は放出点水量及び放出点管の延長を基本モデルとプロト・タイプの規模に比例して作成。このモデルを用いて管網計算を行い口径毎の管布設延長を求める。
 - ④ 上記管布設延長から給水栓あたりの単位延長も求める。
 - ⑤ 口径毎の単位布設延長を用い、GND 毎の各年の給水栓数より必要な管延長を求める。



プロジェクト（フェーズ I）における各 GND の配管延長は配水枝管（100 mm 以上）を 2034 年の必要延長、配水小管（75 mm、50 mm）は 2024 年の必要延長から求めることとし、プロジェクトコストの算定に用いた。

図 5.18 配水管システム延長計算手順

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 5.17 に送配水管の延長、表 5.18 及び表 5.19 に各ポンプ場・高架水槽施設の概要を示す。

表 5.17 送配水管施設

Items/ Length of Pipelines (km)	Nominal Diameter (mm)										Total
	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	
I. Mahakanadarawa System											
1) Transmission Mains	-	-	-	-	-	7.6	7.5	3.3	13.1	10.8	42.3
2) Transmission Sub-mains	-	-	23.0	5.9	21.6	0.3	-	-	-	-	50.8
3) Distribution Mains	-	-	7.0	55.5	41.2	26.1	4.3	5.6	1.7	-	141.4
4)-1 Distribution Sub-System (NWSDB scheme)	95.9	53.1	71.6	36.8	5.0	-	-	-	-	-	262.4
4)-2 Distribution Sub-System (Existing CBO scheme)	36.0	30.9	22.7	11.0	2.6	-	-	-	-	-	103.2
Subtotal*	131.9	84.0	124.3	109.2	70.4	34.0	11.8	8.9	14.8	10.8	600.1
II. Wahalkada System											
1) Transmission Mains	-	-	-	-	-	-	20.2	33.7	20.8	42.6	117.3
2) Transmission Sub-mains	-	-	18.6	0.1	5.0	0.6	-	-	-	-	24.3
3) Distribution Mains	-	-	46.0	138.0	72.9	43.7	11.7	9.8	4.6	-	326.7
4)-1 Distribution Sub-System (NWSDB scheme)	141.0	63.4	142.6	36.0	7.7	-	-	-	-	-	390.7
4)-2 Distribution Sub-System (Existing CBO scheme)	42.0	42.1	43.2	23.5	4.5	-	-	-	-	-	155.3
Subtotal*	183.0	105.5	250.4	197.6	90.1	44.3	31.9	43.5	25.4	42.6	1014.3
Total	314.9	189.5	374.7	306.8	160.5	78.3	43.7	52.4	40.2	53.4	1614.4

Note ¹⁾: length of transmission main in the above table includes additional 5% of estimated length that will be allowed when latent site conditions are considered.

²⁾: lengths of transmission sub-main and distribution main in the above table include additional 10% of estimated length that will be allowed since the estimate is based on Google map which is considered as not accurate enough.

³⁾: length of distribution sub-system in the above table includes additional 10% of estimated length that will be allowed since the estimate is based on the plot type design based on network model which is considered not accurate enough

^{1) - 3)}: HDPE, ⁴⁾⁻¹⁻²⁾: PVC

* Subtotal of each items:

1) Transmission Mains: **159.6 km**, 2) Transmission Sub-mains: **75.1km**, 3) Distribution Mains: **468.1km**

4) Distribution Sub-System (NWSDB scheme): **653.1km**, (Existing CBO scheme): **258.5km**

表 5.18 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 (100m3)
Mahakanadarawa	Rambewa	1,250m3	1,500m3	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
	Medawachchiya		1,000m3	✓	✓*2 *3	✓	✓	✓	✓	✓	
	Issinbassagala	2,000m3				✓				✓	
	Ethakada	750m3				✓				✓	
	East Rambewa	250m3				✓				✓	
	Mahakanadarawa ~Rambewa										✓✓
Wahalkada South	Wahalkada	500m3				✓				✓	
	Kahatagollewa	250m3	1,000m3	✓		✓	✓			✓	
	Bogahawewa	2,000m3			✓	✓			✓	✓	
	KAH-KEB Median	250m3				✓				✓	
	Kebithigollewa	750m3	500m3	✓	✓*3	✓	✓	✓	✓	✓	
Wahalkada North	Weerasole		1,500m3	✓		✓	✓			✓	
	North Horowpothana	250m3				✓				✓	✓
	Horowpothana	500m3	1,000m3	✓	✓*3	✓	✓	✓	✓	✓	
	West Horowpothana	750m3				✓				✓	
	Rathmalgahawewa	500m3				✓				✓	
	Hamilawa	1,250m3				✓				✓	
	Kahatagasdigillya	1,500m3	500m3	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Total		15	7	7	6	17	7	3	6	17	3

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

*2 Satalite Office is to be included

*2 OIC Office should be replaced to Area Engineers Office

表 5.19 ポンプ場および高架水槽施設

DS Division	Land Location	Facilities to be constructed
Rambewa	Rambewa *	Elevated Tank (1,250m3) Ground Reservoir (1,500m3) Pump house / power control unit Generator Operational complex — Zonal lab Operational complex — OIC Sub-office with SCADA monitor Operational complex — Customer Counter Operational complex — Room for crews Chlorinator building Staff Quarters Caretaker/Operator Quarters Guard House Parking/Bowser Station
	East Rambewa	Elevated Tank (250m3) Chlorinator building Caretaker/Operator Qts
	Surge Tank A	One Way Surge Tank (100m3)
	Surge Tank B	One Way Surge Tank (100m3)
Medawachchiya	Medawachchiya *	Ground Reservoir (1,000m3) Pump house / power control unit

DS Division	Land Location	Facilities to be constructed
		Generator Operational complex — Zonal lab Operational complex — Area Eng. office with SCADA monitor Operational complex — Customer Counter Operational complex — Room for crews Chlorinator building Workshop Staff Quarters Caretaker/Operator Quarters Guard House Parking/Bowser Station
	Issinbassagala	Elevated Tank (2,000m3) Chlorinator building Caretaker/Operator Qts
	Ethakada	Elevated Tank (750m3) Chlorinator building Caretaker/Operator Qts
Horowpothana	Wahalkada	Elevated Tank
	Weerasole	Ground Reservoir (1,500m3) Chlorinator building Generator Caretaker/Operator Qts Parking/Bowser Station
	Horowpothana *	Elevated Tank (500m3) Ground Reservoir (1,000m3) Pump house / power control unit Generator Operational complex — Zonal lab Operational complex — Customer Counter Operational complex — Room for crews Chlorinator building Workshop Staff Quarters Caretaker/Operator Quarters Guard House Parking/Bowser Station
	North Horowpothana City	Elevated Tank (250m3) Chlorinator building Caretaker/Operator Qts One Way Surge Tank Parking/Bowser Station
	West Horowpothana	Elevated Tank (750m3) Chlorinator building (100m2) x1 Caretaker/Operator Qts (100m2) x1
	Hamillewa	Elevated Tank (1,250m3) Chlorinator building

DS Division	Land Location	Facilities to be constructed
		Caretaker/Operator Qts
Kahatagasdigiliya	Kahatagasdigiliya *	Elevated Tank (1,500m ³) Ground Reservoir (500m ³) Pump house / power control unit Generator OIC Sub-office with SCADA monitor / Customer Counter Operational complex — Zonal lab Operational complex — OIC Sub-office with SCADA monitor Operational complex — Customer Counter Operational complex — Room for crews Chlorinator building Staff Quarters Caretaker/Operator Quarters Guard House Parking/Bowser Station
	Rathmalgahawewa	Elevated Tank (500m ³) Chlorinator building Caretaker/Operator Qts
Kebithigollewa	Kebithigollewa *	Elevated Tank (750m ³) Ground Reservoir (500m ³) Pump house / power control unit Generator Operational complex — Zonal lab Operational complex — Area Eng. office with SCADA monitor Operational complex — Customer Counter Operational complex — Room for crews Workshop Chlorinator building Staff Quarters Caretaker/Operator Quarters Guard House Parking/Bowser Station
	KEB-KAH Median	Elevated Tank (250m ³) Chlorinator building Caretaker/Operator Quarters
	Kahatagollewa	Ground Reservoir (250m ³) Elevated Tank Chlorinator building Caretaker/Operator Quarters
Padaviya	Bogahawewa *	Elevated Tank (2,000m ³) Operational complex — Zonal lab Operational complex — OIC Sub-office with SCADA monitor Operational complex — Customer Counter Operational complex — Room for crews Chlorinator building

DS Division	Land Location	Facilities to be constructed
		Staff Quarters Caretaker/Operator Quarters Guard House Parking/Bowser Station

* Service Center

5.4 機械設備

5.4.1 ポンプ場の設計基準

NWSD 発行の下記基準に従う。

- (1) Design Manual D5, Mechanical, Electrical and Instrumentation Aspects of Water Supply Design March 1989
- (2) Procurement of Supply and Install Mechanical & Electrical Equipment and Accessories for Water Supply Scheme
- (3) NWSDB/SBD/S&I/Water Pump: Specifications for Horizontal Shaft Driven Double Suction Pumping Sets and Accessories
- (4) NWSDB/SBD/S&I/Water Pump: Specifications for End Suction Vertical Delivery Back Pull out Centrifugal Pumping Sets and Accessories

5.4.2 ポンプ場の計画

ポンプ場の設計は下記を重点事項として計画する。

- (1) 消費動力の低減
- (2) 操作、維持管理の容易性
- (3) 取水ピットの砂堆積対策
- (4) 送水配管の水撃対策

5.4.3 取水設備

灌漑用水路からの取水には砂/シルトが含まれ、ポンプピット内に堆積することが予想される。そのため排砂用水中ポンプにより、定期的に溜まったシルト/砂を汲み上げて沈砂池へ送り沈殿させ、上澄み水を灌漑水路へ戻す設備を計画する。

5.4.4 ポンプ

- (1) ポンプ運転方式
 - 1) 取水ポンプの運転方式

運転開始から 2034 年までの大きな水量変化に対応し、効率よく運転させるため回転制御(VVVF)を採用する。運転は浄水場の管理棟から需要水量に合わせて手動操作で行う。

- 2) 15kW 以上の送水ポンプは消費動力を低減させるため回転制御を採用する。運転は送り先の水位による手動操作とする。
- 3) 11kW 以下の送水ポンプは消費動力低減効果が少ないことからポンプ台数制御方式を採用する。運転は送り先の水位による手動操作とする。

(2) ポンプ設置台数

回転数制御方式を採用したことから、ポンプ台数を少なくしても経済的な運転ができることからポンプ台数は 1 台、予備機 1 台で計 2 台とする。ただし、取水ポンプは高い水量制御が求められることから 2 台、予備機 1 台で計 3 台とする。それぞれ将来需要に対応すべく追加 1 台分の設置スペースを確保する。

(3) ポンプ形式と材質

維持管理の容易性、高効率を優先し横軸ポンプを採用する。そのため、ポンプ室の水没リスクを避けるため水槽とポンプ場を分離する。

ポンプ材質は塩素による腐食を考慮し、羽根車、主軸、スリーブをステンレス製とする。

5.4.5 電動機

(1) 電動機の仕様

NWSDB の基準に従い、400V 全閉外扇式カゴ型三相誘導電動機を採用する。

5.4.6 ポンプの選定

(1) ポンプ送水模式図

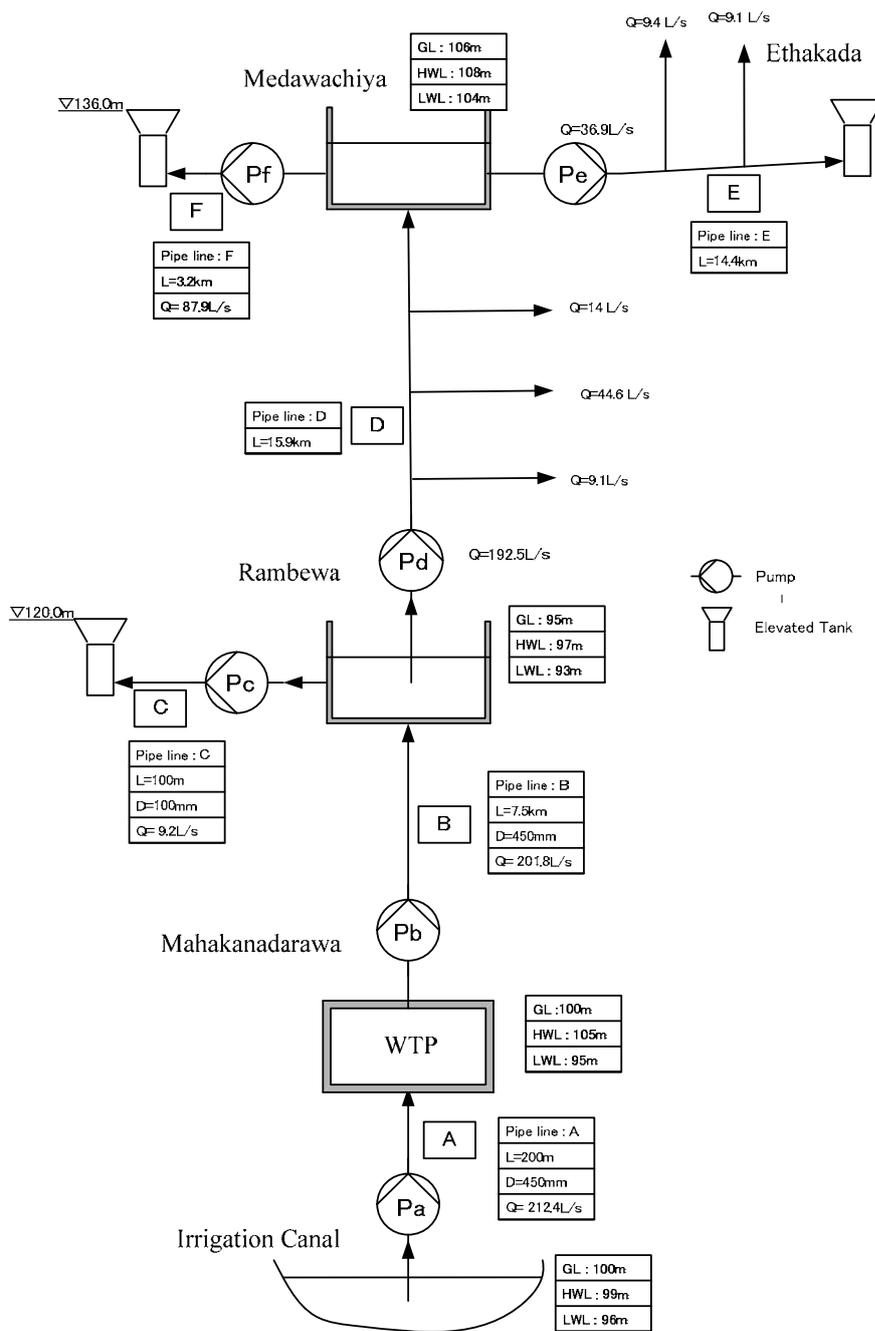


図 5.19 マハカナダラワ送水フロー

WAHALKADA -1

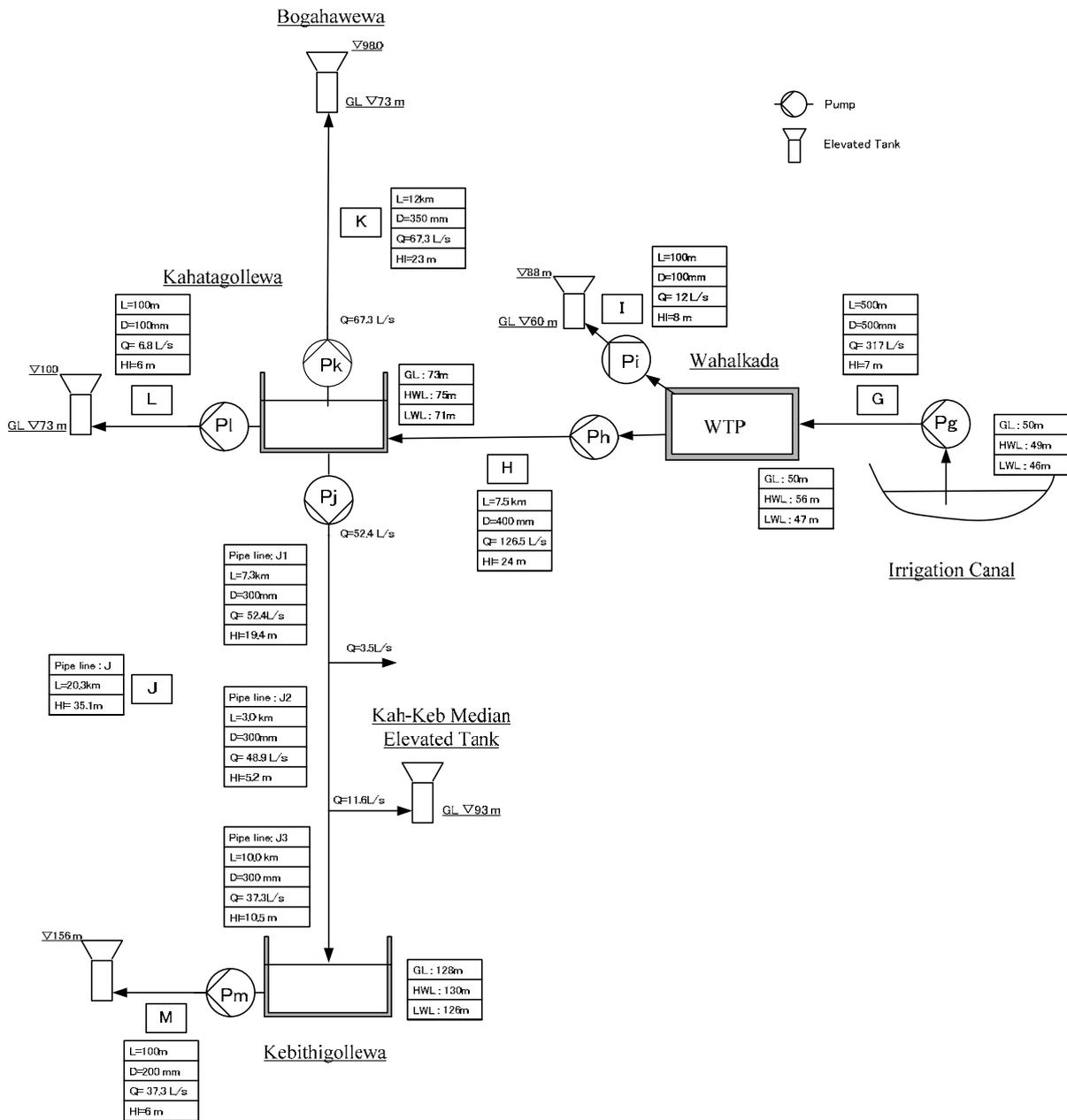


図 5.20 ワハルカダー1 地区送水フロー

WAHALKADA -2

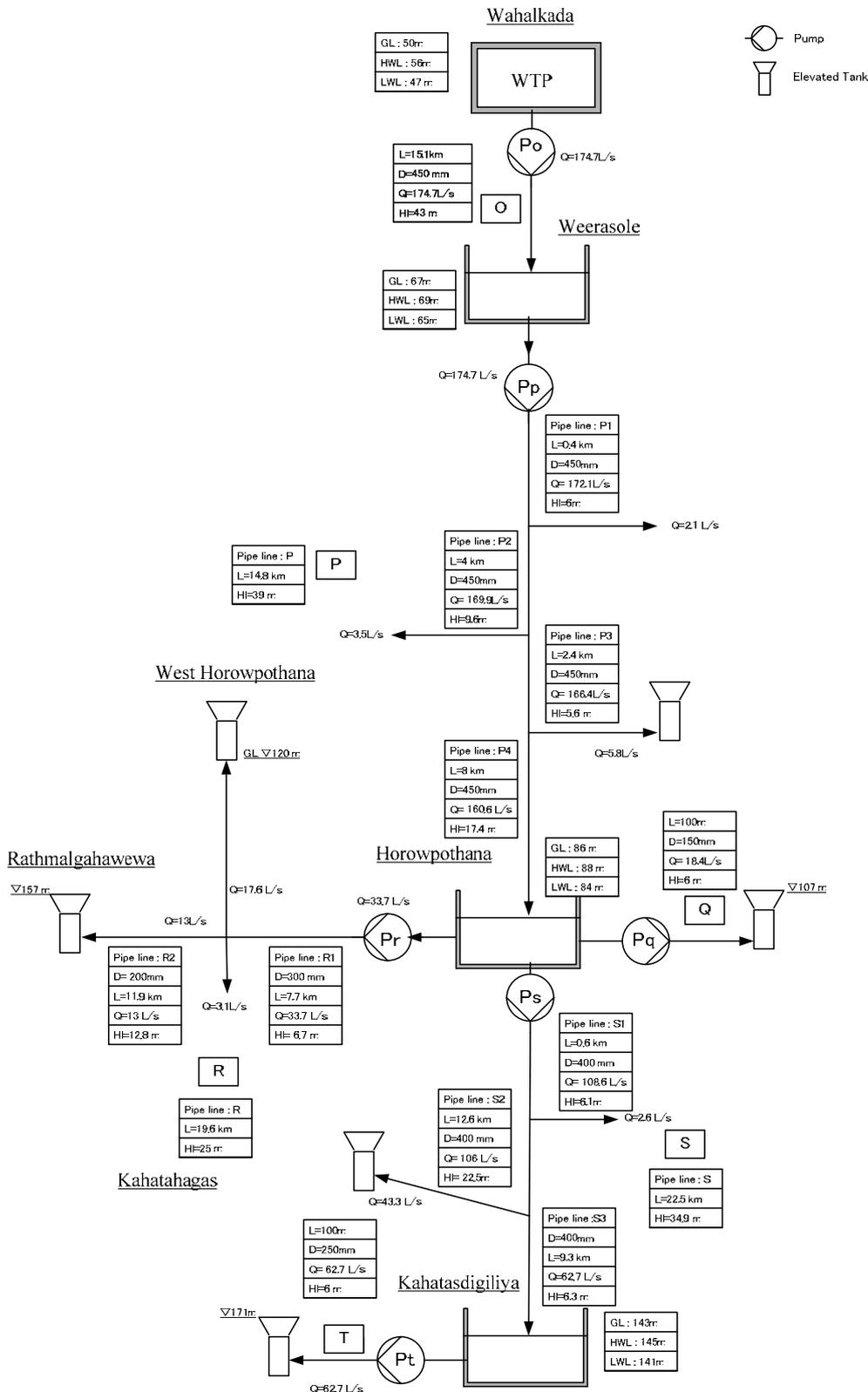


図 5.21 ワハルカダー2 地区送水フロー

(2) ポンプの全揚程計算

(3) ポンプ仕様

表 5.20 マハカナダラワ地区のポンプ仕様

項目		単位	Pa	Pb	Pc	Pd	Pe	Pf
ポンプ形式			DV	DV	MC	DV	MC	ES
口径	D	mm	200	200	100	200	100	150
台数 (予備機 1 台を含む)			3	2	2	2	2	2
水量	Q	m ³ /min	4.25	6.05	0.90	5.15	1.11	2.64
全揚程	H	m	16	30	37	60	91	48
回転速度	N	min ⁻¹	1475	1475	1475	1475	1475	1475
電動機出力		kW	15	45	11	90	30	37

DV: 両吸込ポンプ

MC: 多段渦巻ポンプ

ES: 片吸込渦巻ポンプ

表 5.21 ワハルカダー1地区のポンプ仕様

項目		Unit	Pg	Ph	Pi	Pj	Pk	Pl	Pm
ポンプ形式			DV	DV	MC	MC	ES	MC	ES
口径	D	mm	250	200	65	125	125	65	125
台数 (予備機 1 台を含む)			3	2	2	2	2	2	2
水量	Q	m ³ /min	6.34	3.80	0.36	1.57	2.02	0.20	1.12
全揚程	H	m	18	52	49	95	50	35	36
回転速度	N	min ⁻¹	1475	1475	1475	1475	1475	1475	1475
電動機出力		kW	30	55	5.5	45	30	3.7	15

表 5.22 ワハルカダー2地区のポンプ仕様

項目		Unit	Pg	Ph	Pi	Pj	Pk	Pl
ポンプ形式			DV	DV	MC	MC	MC	ES
口径	D	mm	250	250	80	100	150	125
台数 (予備機 1 台を含む)			2	2	2	2	2	2
水量	Q	m ³ /min	5.24	5.24	0.55	1.01	3.26	1.88
全揚程	H	m	66	62	29	98	96	36
回転速度	N	min ⁻¹	1475	1475	1475	1475	1475	1475
電動機出力		kW	90	90	5.5	30	75	22

(4) 予備品

“NWSDN/SBD/S&I/Water Pump” に従う。

5.4.7 その他の設備

下記の設備を設置する。

- (1) ポンプ場維持管理用全手動式天井走行クレーン
- (2) 送水流量調整弁
- (3) ポンプ吸込弁、吐出弁
- (4) 鋼管
- (5) ポンプ室内排水ポンプ

5.4.8 水撃対策

(1) 水撃対策の比較

表 5.23 対策方式の比較

対策方式	特 徴
ワンウェイサージタンク	簡易な方法であるが、ポンプ場から離れた送水管路に設置されることから維持管理に難がある。
サージベッセル	山越え送水配管にはその効果を発揮できない。また、システムには多くの付属品や計装品が必要となり維持管理に難がある。 ブラダ型を採用する場合は必要とする大きさ、圧力、タンク内ガス量に適合した製品を見つけることに難がある。
フライホイール	廉価で維持管理が簡単であり、信頼性が高い。サージベッセルと同じ効果性能を持つ。
空気弁	負圧発生時、配管内に空気を入れて危険負圧を解消させる簡易な方法であるが、再起動時に配管内残留空気によってエアハンマー発生リスクがある。

上表より、廉価で信頼性が高いフライホイール装置を採用する。山越え配管で対策が出来ない場合にはワンウェイサージタンクと併用し対策する。

(2) 水撃解析する配管

水槽から高架水槽への送水配管は高架水槽水位を地表より 20～25 m 高くするため、危険負圧発生の危険は少ない。したがって、対象の配管はポンプ場から配水槽への送水配管を対象とする。

(3) 解析結果

表 5.24 マハカナダラワ地区配管の解析結果とその対策

配管番号	始点	送水先	配管長 (km)	口径 (mm)	流量 (L/s)	結果と対策
B	浄水場	ランバーワ	7.5	450	202	危険負圧発生 ワンウェイサージタンク 1 基とフライホイール GD ² 50 kgm ² で対策
D	ランバーワ	メダワチャ	15.9	450, 400	172	危険負圧発生 フライホイール GD ² 100 kgm ² で対策

計算結果は APPENDIX に添付

表 5.25 ワハルカダ地区-1 配管の解析結果とその対策

配管番号	始点	送水先	配管長 (km)	口径 (mm)	流量 (L/s)	結果と対策
H	浄水場	カハタゴレワ	7.5	450	127	危険負圧発生 フライホイール GD ² 150 kgm ² で対策
J	カハタゴレワ	ケビチゴレワ	20.3	450, 400	52.4	危険負圧の発生なし

表 5.26 ワハルカダ地区-2 配管の解析結果とその対策

配管番号	始点	送水先	配管長 (km)	口径 (mm)	流量 (L/s)	結果と対策
O	浄水場	ウィラソーレ	15.1	450	175	危険負圧発生 フライホイール GD ² 150kgm ² で対策
P	ウィラソーレ	ホロボタナ	14.8	450	175	危険負圧発生 ワンウェイサージタンク 1 基とフライホイール GD ² 150 kgm ² で対策
S	ホロボタナ	カハタスディ ギリヤ	22.5	400	109	危険負圧発生 フライホイール GD ² 100 kgm ² で対策

(4) 採用した対策

採用した対策方式を以下に示す。

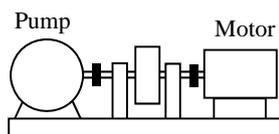


図 5.22 フライホイール装置

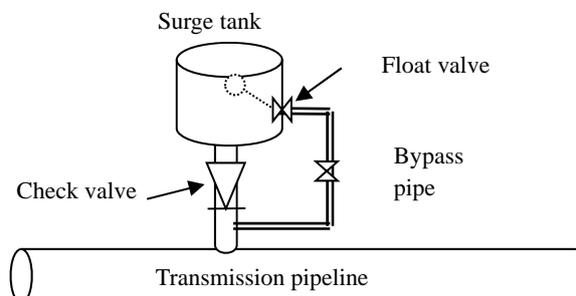


図 5.23 ワンウェイ式サージタンク

5.5 電気計装設備

5.5.1 電力供給

(1) 受電設備

スリランカでは、発電・送電・配電のすべてを Ceylon Electricity Board (CEB) が行っている。Anuradhapura の North Central 地域は、grid-station が建設されておらず、Anuradhapura の変電所から、33kV の配電線で電力の供給が行われている。

CEB の水道関連施設への給電は、以下のカテゴリーに分類されることになる。

Category I-1 : 低圧 (400/230V) 受電で 42 kVA までの施設

この場合、引き込みは低圧で行われる。

Category I-2 : 42 kVA 以上の施設で低圧 (400/230 V) 受電する施設

この場合、需要者側の負担で屋外用の変圧器が設置される。施設容量の上限値は 2 MVA となる。

Category I-3 : 11 kV で受電する (即ち、受電設備を需要者側が建設し、取引用 WHM が 11 kV に設置される) 施設

通常、1 MVA 以上の需要者に適用され、受電容量の制限はなくなる。ただし、North Central 地域は、33 kV 配電となっており、0.2 Rs./kWh の電力料金は安価になるものの、特別高圧施設を需要者側が建設することになるため、高圧電動機を使用する施設以外での適用は難しい。

この他、高架水槽や GND への送水ポンプ場は主要となる負荷に限られており、需要電力も小さいため、GP-1 (General Purpose) のカテゴリーに該当することになる。その他の浄水場や Sump Pump Station 等はすべて Category I-2 によるものとなる。Category I-2 の場合、水道施設の用地内に油入変圧器が需要者側の負担で CEB が建設し、取引用計器盤を収納する建屋は、CEB の標準図に準じて需要者側の負担で、需要者側が建設する必要が生じる。

なお、Category I-2 において、異なった CEB 側の grid-station からの 2 回線受電は、これまで適用された例が無く、CEB へのヒアリング結果から、今回の受電設備計画では、1 回線受電方式のみの選択肢しかない。

また、電力料金体系において、力率改善による電力料金の割引は設定されていないものの、デマンド料金 (基本料金) が kVA にて決定されるため、力率の改善を行った分基本料金が安くなることになる。このため、本計画では、目標力率を 95%以上とする。

なお、引込み線の負担金は必要距離の 1/2 を需要者側が負担することになり、33kV 配電線の 1 km 当たりの建設費は 2012 年価格で 2.4 MRp であり、年々この金額は増加傾向となっている。

(2) 電源の信頼性

電源の信頼性については、CEB に調査を行ったが回答は得られなかった。一方で、2006 年に ADB による「地方電力ネットワーク戦略」のレポートが報告されており、この中で、North Central 地域の電力ピーク時に電圧降下が生じる地域や、時間帯別の電圧変動の調査結果が示されている。この中で、計画地域において午前 4 時から午前 7 時には 7%、午後 7 時から午後 9 時には約 4% の電圧降下が生じている。電圧降下は負荷に対し過電流を生じさせる危険性があり、このため NWSDB の標準仕様書では Voltage Monitor による保護を行う規定が記載されている。この保護装置により MCCB がトリップする可能性があり、本報告書では非常用発電の燃料タンク容量を 24 時間としている。

(3) 電力需要及び料金

想定される電力料金は、Appendix 5.5(b)に示す。

(4) 変圧器容量の算定

Appendix 5.5(d)に各施設の変圧器容量計算結果を示す。

変圧器容量の計算式についても Appendix に示す。

なお、Elevated Tank は低圧受電が想定されているため、除外する。

5.5.2 自家発電設備

計画地域における電源の信頼性は低く、停電実績が比較的多く、NWSDB からの要請もあるため、非常用自家発電設備を計画する。

Central Environmental Authority による Obtaining Environmental Recommendation from the Central Environmental Authority for the Water Purification Plant at Wahalkada Proposed by the National Water Supply and Drainage Board によれば、騒音規制値は敷地境界で、夜間 45 dB 以下となっている。このため、自家発電設備は屋内設置型を原則とする。

自家発電設備の機種は、最も一般的なディーゼルエンジン発電装置で計画する。

自家発電設備の稼働時間は、24 時間の運転が継続可能なように燃料タンクを計画する。なお、燃料タンクは屋外設置を原則とする。

なお、高架水槽のみの施設には、自家発電設備の設置は行わない。高架水槽の水位等の計装設備や SCADA 用の GPRS 通信装置は、UPS により約 1 時間の電源のバックアップを行う。

発電機容量は **Appendix 5.5 (e), (f)** に示すとおりである。

5.5.3 負荷設備

モータの起動装置等については、NWSDB のウェブサイトに掲載されている Water Pump に関する仕様書 (Specifications for Horizontal Shaft Driven Double Suction Pumping Sets and Accessories) に比較的細かな記載がある。

したがって、本計画はこの仕様書を反映するものとする。

(1) Motor Control Centre (MCC)

MCC は、原則として、以下の構成とする。

- a) Panel enclosures
- b) Busbars with MCCB's (Distribution section)
- c) Supply incoming section
- d) Small power distribution section
- e) Motor starting sections
- f) Automatic controllers & indicators
- g) Cabling

上記において、enclosures は厚さ 1.5 mm 以上の鋼板を使用し、IP55 の保護が要求されており、内部に設置される MCCB の操作高さは 2,000 mm 以下とされている。

Incoming section は、原則として以下の構成が要求されている。

- a) 地絡保護付の 4 Pole MCCB
- b) 各相の切替スイッチ付電流計
- c) 力率計
- d) 中性点と各相電圧および各相間電圧の切替スイッチ付電圧計
- e) 電圧モニター (欠相保護、相電圧のアンバランス、不足および過電圧、逆相、電圧モニター用パイロットランプ付)
- f) サージアレスタ
- g) 盤内電源用 30 A、4P の MCCB

Motor Starting section は、BS587 (Specification. Motor starters and controllers) 相当の仕様が要求され、電磁接触器は BS775 (Specification for contactors. A.C. contactors for voltages above 1 kV and up to and including 12 kV) および BS5424 (Specification for controlgear for voltages up to

and including 1000 V a.c. and 1200 V d.c. Additional requirements for contactors subject to certification) 相当の仕様が要求されている。なお、Auto-transformer 方式の起動装置では、加熱保護装置を設ける必要がある。

Automatic Controllers に要求される仕様は、低水位による自動 OFF である。

その他、MCCB や電磁接触器に対し、IEC 規格の準拠が求められている。

5.5.4 計装設備

今回のプロジェクトで使用する計装機器は、流量計、水位計、圧力計の量的計器類と浄水場における水質計器類の質的計器類となる。水質計器としては、原水では濁度、pH、水温、塩素イオン、色度、電導度、アルカリ度、ろ過池出口における塩素イオン、送水における濁度、残留塩素などの水質計測が必要であるが、水質計測については、自動計測計器を設置しても耐用年数が短く、故障時の対応も困難が予想されることから、管理棟水質試験室までのサンプリング水は供給するが、手分析を基本として設計を進める。

また、スリランカでは比較的、雷が多いため、発信器側と受信計器側のそれぞれにサージアRESTAを設ける。

流量計代表的な種類としては、電磁流量計、挿入式電磁流量計、ベンチュリー（オリフィス）+差圧伝送器、超音波式流量計がある。この中で、挿入式電磁流量計や超音波式流量計は、既存圧送管等に後施工する場合に不断水工法が採用可能なことから、利便性や価格面で優位となるが、精度が±2%程度と良くなく、据付方により精度が非常に悪くなるケースがあるため、採用は見合わせる。また、電磁流量計は高価であり、故障時の対応が難しい。

一方、差圧伝送器を使用する方式では、計測部分で圧力損失が生じるが、Dall Tube タイプの流量計のように、ベンチュリーよりも圧力損失を軽減したものもある。さらに、故障時には差圧発信器を交換することで対応が可能となる。

これらのことから、流量計としては差圧発信器を使用した Dall Tube 式流量計を採用する方向で、計画を進める。

水位計は、圧力式（差圧式）水位計、投込式水位計、フロート式水位計、静電容量式水位計、超音波式水位計などがある。精度は圧力式水位計が高く、比較的価格も安価である。このため、据付条件的に支障が無ければ、原則として、圧力式（差圧式）水位計を選定する。なお、外部にドライエリアが無く、上部からの計測が必要な場合は、可動部が無く、据付精度があまり問題とならない投げ込み式水位計を採用する。

5.5.5 監視制御設備

(1) 中央監視システム

中央監視システムは、本国でも多く採用されている SCADA を導入する。

今回の水道システムは、大きく Makahandarawa 系統とワハルカダ系統に分かれ、それぞれ浄水場が計画されているため、系統ごとの浄水場に送配水を含めた SCADA を計画する。中央の構成は、サーバの機能を有した LCD 監視装置 2 台と 2 台のプリンタ（帳票用とアナウンスメント用）の構成とし、LCD 監視装置は相互バックアップの機能を有するものとする。

(2) 遠方監視制御システム

遠方監視用の通信方式としては、UHF 帯を使用した無線通信、電話回線（ADSL）とインターネット技術を使用した VPN による通信方式、GSM ネットワークの packet 通信を利用した GPRS 方式などが、これまでのテレメータと比較し、安価な通信を実現できることから、近年、多く使われるようになってきている。

近年、GPRS は、利用するための価格が安く、世界各地で適用されている例が多く、Anuradhapura の既存高架水槽でも使用されていることから、今回の計画においても GPRS による遠方監視を採用する。なお、キャンディのプロジェクトで実績のある現地のサプライヤーに連絡を取り、今回の対象地域での通信も問題ないことを確認した。

なお、NWSDB の Specification for Water Pumping Sets and Accessories では、GPRS を利用した自動制御は行わないことになっている。このため、Ground Reservoir には、監視用エンジニアが常駐し、Elevated Tank の水位を監視してポンプの運転操作を行うことになる。

このことから、Ground Reservoir には、Elevated Tank の水位監視用 LCD 装置を設置する。LCD 監視装置には異常時に携帯電話への発信機能またはメール機能を設け、オペレータに異常発信を行うものとする。

(3) 送配水システムのコントロールについて

送配水は、浄水池から配水池、配水池から高架水槽へ数台のポンプを運転し、送水することが基本的な運転となる。

(4) 浄水池（配水池）から配水池

浄水池（配水池）から配水池への送水は、全体計画において、4 台（内 1 台予備）のポンプで行われる。

通常は、送り先の水位信号は、先に述べた GPRS によるパケット通信により、送り先の PLC から送水元の PLC に伝送され、水位の状況により、オペレータがポンプの台数を選択し、運転をおこなう。

GPRS 等通信障害の場合は、HHWL のオーバーフロー水位に設定されたフロートバルブにより、受水側の流入を止める。送水ポンプは運転を続けることになるため、高架水槽と同様、流量計による無送水と圧力スイッチにより無送水検知を行い、ポンプを停止させる。

なお、送水側の LWL にて、送水ポンプはインターロック OFF とする。

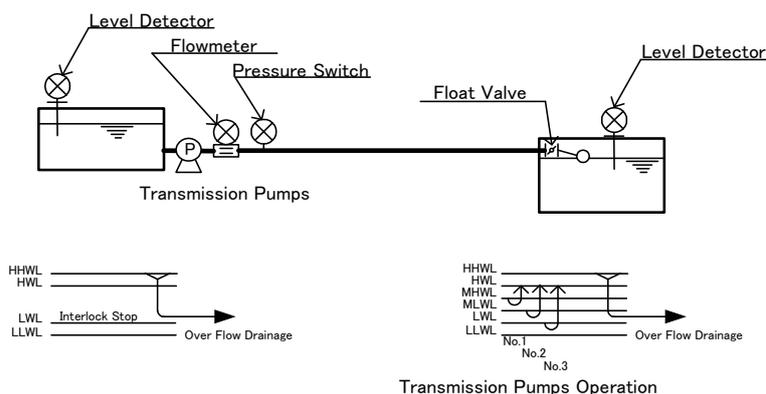


図 5.24 浄水池（配水池）－配水池間の送水ポンプ運転説明図

5.6 遠隔地の水道施設

本水道事業は、既存小規模水道施設を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。

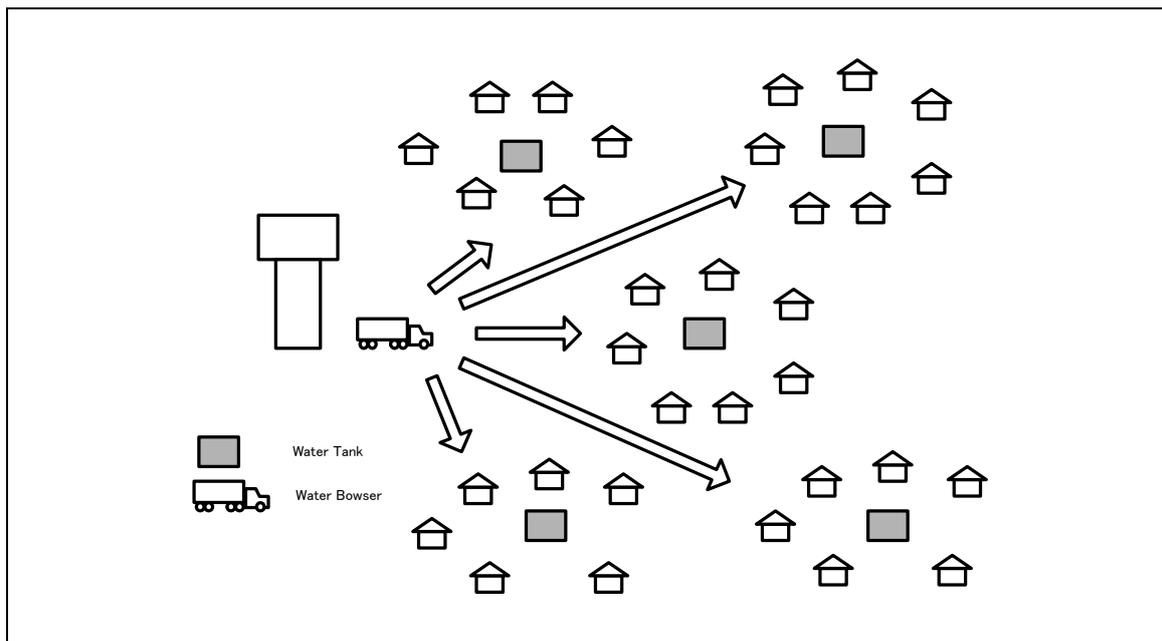


図 5.25 遠隔地給水施設

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。給水タンク、給水車の数量は、下記の方法で算出した。

給水人口 x 10 Lpcd = 水需要

水需要 / 5 m³ = 給水タンク数

給水タンク数 / 6 ヶ所/日 = 給水車数

計算例：Madewachchiya Station から給水する 45 - Paranhalmillewa 地区

(45 - Paranhalmillewa)

1,582 x 10 Lpcd = 15,820 Lpd = 15.8 m³/d => 16 m³/d

16 m³ / 5 m³ = 3.3 => 給水タンク 4 基

(Madewachchiya Station)

15 tanks / 6 locations/day = 2.5 => 給水車 3 台

この計算結果、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。

5.7 戦略計画（段階的整備計画）

5.7.1 優先順位付けと段階的整備

水道施設の整備には、多額に初期融資と長期の建設期間が必要となる。一般的に、このような事業は、優先順位に従い、段階的な建設の実施により、実行可能な事業となる。

事業の優先順位は、金融・投資機関が投資を決定する際に、重要となってくる。通常、各種事業は、いくつかのコンポーネントから構成されており、投資効果の高いコンポーネントから実施される。

5.7.2 プロジェクト構成

水道施設は、1) 取水場、2) 浄水場、3) 送水ポンプ場、4) 配水池/高架水槽、5) 配水管網から構成されている。新規水道事業においては、1) 取水場から5) 配水管網まで一貫して整備することにより、効果が発現するため、これらの「施設ごとの整備」は適用できない。

5.7.3 段階整備案

適用可能な段階的整備案としては、「水需要増加段階整備」と「地域別段階整備」がある。

表 5.27 段階整備案の比較

項目	水需要増加段階整備	地域別段階整備
ステージ (浄水量)	1. Water demand on 2024 マハカナダラワ 9,400 m ³ /d ワハルカダ 14,400 m ³ /d	1. マハカナダラワ マハカナダラワ 18,800 m ³ /d
	2. Water demand on 2034 マハカナダラワ 9,400 m ³ /d ワハルカダ 14,400 m ³ /d	2. Waharukada – I ワハルカダ 16,500 m ³ /d
		3. Waharukada – II ワハルカダ 13,500 m ³ /d
費用 (概算)	Stage 1 – 70 % Stage 2 – 30 %	Stage 1 – 40 % Stage 2 – 35 % Stage 3 – 25 %
長所	第一段階から対象地域全域に効果を発現できる。	初期投資が抑えられる。
短所	初期投資が大きくなる。	初期に限られた地域しか効果が発現しない。

調査対象の住民は、井戸・CBO 給水で水質の悪い水を利用せざるを得ない状況である。今事業においては、「水需要増加段階整備」を適用し、初期より多くの住民に安全で良質な飲料水を提供することが望ましい。

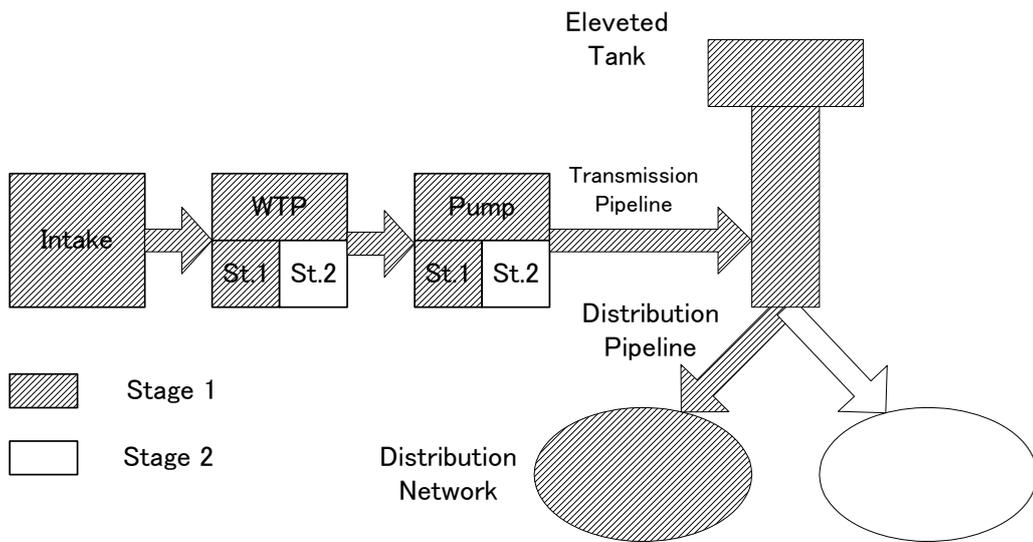


図 5.26 水需要増加段階整備

第6章 水道システムの経営と維持管理

本章では本プロジェクトの実施による恩恵を受ける RSC(N/C)の組織及び運営状況に着目して、組織としての NWSDB の背景を略述し、現行の組織構造を精査する。RSC(N/C)の能力を評価し、組織的な技能を強化し、新しい水道施設を運営及び運転管理する個人及び職員の能力を高める能力開発プログラムを提案する。またプロジェクト実施に関わる組織を評価し、プロジェクト実施の際に生じるかも知れない経営上・財務上・技術上の問題を緩和するためにこれらの組織の中で役割と責任の分担を定義・記述・描写する。

現行の O&M 組織を精査した後に、完成後に施設の健全な運転管理を確保し、技術的問題を解決するだけでなく、顧客満足度を最高レベルに持って行く迅速な対応能力を身につけるための O&M 組織の強化策を提案する。

最後に、本節では CBO を含めて、RSC(N/C)の給水区域に給水を展開するモードについて検討する。接続意思・接続条件・用水供給を受ける CBO 水道施設の技術的適合性に基づく CBO の分類を含む戦略とアプローチを提案する。さらに料金構造及び料金が異なる CBO の料金体系を調査する。これらの料金体系の調査を通じて、CBO に新しい配水施設への接続を促す意識改革キャンペーンを開始するので CBO 別月間平均家庭水道料金を RSC(N/C)に知らせる。

6.1 プロジェクト実施組織

6.1.1 全国上下水道公社

- プロジェクトの実施機関は NWSDB で、NWSDB は全国人口の 40%に安全な菅による直接給水を行っている中央集権型の上下水道のための公益企業である。
- NWSDB は機能的に、(1) 政策・企画、(2) 水道事業、(3) 下水道事業、(4) 法人サービス、(5) 人事・管理、(6) 業務、(7)財務、(8) 内部監査、より構成されている。
- 全国を 11 地域に分けて地域支援センター (Regional Support Centre: RSC) を組織し、実務に当たっている。これらの機能的・地理的組織の特徴は、最小の運営単位を water supply scheme (WSS)として、これが RSC の組織構造に行き渡っており、RSCs には現在 312 の WSS がある。
- 2011 年の NWSDB 正規職員数は 10,119 名で、246 の職種と 15 の等級に分かれている。2012 年 7 月現在の実際の職員数は 9,193 名である。

6.1.2 NWSDB RSC(N/C)

現在の RSC(N/C)の正規職員総数は、2011 年に RSC(N/C)が承認した 441 名と 2012 年にマネジメント・サービス局が承認した O&M 職員 44 名の計 485 名から構成されている。

プロジェクトの完成に伴い職員は 63 名の増員となり、新しい水道施設の運営及び運転管理にあたることになる。新しい職員の雇用は正式な承認プロセスを経るべきで、プロジェクト完成予想期日の少なくとも 1 年前に開始することが助言される。Rambewa、マハカナダラワ及びワハルカダの 3 つの新しい作業班の新設と計画対象区域の既存の 3 つの作業班 (Kahatagasdigiya、kebithigollewa、Medawachchiya) の拡充に加えて、さらに 2 つの新しい組織、すなわち、O&M エリアオフィスと研修室/センターの新設が提案される。

6.1.3 プロジェクト実施時の配置

プロジェクト実施体制は表 6.1 に示すように、執行機関、実施機関、プロジェクトマネジメント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 MWSD 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、プロジェクトを技術面・財務面をモニタリングすることにある。
- プロジェクト管理ユニット (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) にベースを置くことになる。この組織の役割は、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コンサルタントが行うサービス全般に反映させることにある。
- 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、PMU の PD が共同議長となる。主要関係機関と認められるのは、環境庁 (Central Environment Authority: CEA)、灌漑局 (Irrigation Department)、野生生物保護局 (Department of Wildlife Conservation)、保健局 (Department of Health Services)、考古学局 (Department of Archaeology)、森林局 (Department of Forestry)、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) 及び計画対象区域に含まれる 6 つの DSD の CBO (Community-Based Organisations) 代表者である。

表 6.1 プロジェクト組織の役割と責任

Project Organization	Institution	Main Role	Responsibility
Project Executing Agency	Ministry of Water Supply and Drainage	Oversight	General
			Procurement
			Disbursement
Project Implementation Agency	National Water Supply and Drainage Board	Technical Supervision and Monitoring	Procurement
			Disbursement
			Monitoring
Project Management Unit (PMU)	NWSDB	Project Management, Field Supervision and Coordination	General
	NWSDB RSC (N/C)	Coordination through PCC	Project Management Coordination of Implementation Issues
Project Coordination Committee (PCC)	Key Stakeholders	Coordination	Coordination of Implementation Issues

6.1.4 実施組織の能力開発

研修と開発—スタッフ研修計画の立案・開発・実施は NWSDB 本部の人材開発・研修オフィスに集中化されている。このユニットは組織内参加者のみならず外部機関に対して技術、非技術及びコンピューターコースを実施している。また、職員を大学卒、大学院卒、学位保持者及びその他の短期コースに分類して国内の外部研修プログラム並びに、重要職員は海外研修に派遣している。2012 年、NWSDB は約 154 の研修コースに延べ 15,000 研修時間を投入している。

研修は、RSC からの参加者が移動時間及び宿泊施設を節約し、あるいはその他の職員をカバーして研修便益を最大化するためだけでなく、RSC スタッフが実際の研修ニーズにもっと効果的に取り組むためにも、プログラムを地域化することが助言される。このためには RSC(N/C)の組織能力を高めて、自身のスタッフ、隣接する RSC スタッフ及び外部機関の人達に自身の研修プログラムを立案・開発・実施できるようにならなければならない。このためには、2018 年までに地域研修ユニット／センターを組織し、そこで研修を実施するために 7 名の職員を配置する北中部研修計画の立案を伴う。

スタッフの能力強化に関して、以下の能力開発活動及び投入が助言される。

表 6.2 提案される能力開発活動及び投入

	Activities	Outputs
1.	Conceptualize, develop and conduct the in-country technical and non-technical training courses	<ul style="list-style-type: none"> • Conduct of four technical training courses: <ul style="list-style-type: none"> ○ Project Management ○ Water Treatment Plant O&M ○ Water Distribution System O&M ○ Water Quality Monitoring • Conduct of three non technical training courses: <ul style="list-style-type: none"> ○ Human Resources Management (focus on Training and Development) ○ Public Information, Education and Communication ○ Trainers Training
2.	Develop the five-year Training and Development Plan for the NC RSC, which will require the completion of a Training Needs Assessment as baseline information	<ul style="list-style-type: none"> • Training Needs Assessment Report • Five-Year Training and Development Plan
3.	Develop course modules and training materials for the seven training courses	<ul style="list-style-type: none"> • Course modules and training materials for the four technical training courses • Course modules and training materials for the three non-technical training courses
4.	Develop the WTP Operation and Maintenance Manual, the O&M Water Distribution System Operation and Maintenance Manual, and the Water Quality Monitoring Manual subsequent to the conduct of the three training courses under the same topic/area	<ul style="list-style-type: none"> • WTP Operation and Maintenance Manual • O&M Water Distribution System Operation and Maintenance Manual • Water Quality Monitoring Procedural Manual
5.	Design and conduct an overseas training programme for NWSDB Head Office and NWSDB NC RSC top management	<ul style="list-style-type: none"> • Conduct of Overseas Training on Water Utility Best Practices

6.2 維持管理組織

図 6.1 に提案される維持管理組織とその支援体制を示す。

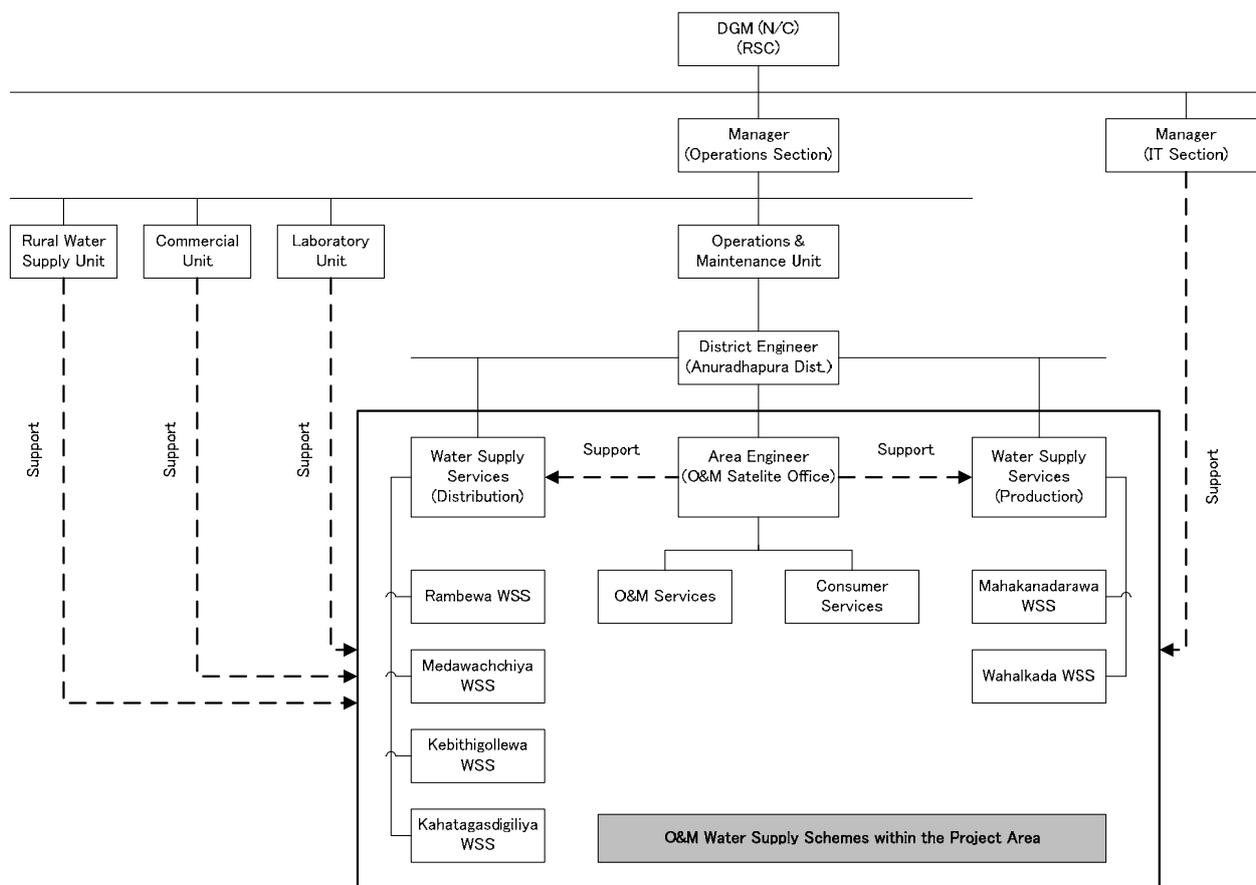


図 6.1 建設完了後の維持管理体制と支援体制

建設完了後の所要維持管理職員数を表 6.3 示す

表 6.3 建設完了後の維持管理職員数

	Saterite Office (Medawachchiya)	WTP		Service Centre (Transmission / Distribution)			
		Mahakanadarawa	Wahalkada	Rambewa	Medawachchiya	Kebithigollewa (Padaviya)	Kahatagasdigiliya (Horowpothana)
Area Engineer	1						
Electrical Engineer	1						
Mechanical Engineer	1						
Engineer Assistant (WTP)		1	1				
Engineer Assistant (O&M)				1	1 (1)	1 (1)	1 (1)
Engineer Assistant (Mnechanical)	1						
Engineer Assistant (Electrical)	1						
Consumer Relation Assistant	1						
Plant Technitian		3	3				
Pump Operator Mechanic		1	1	1	4 (3)	7 (6)	3 (1)
Electrician	2	1	1				
Mechanics	2						
Lab Attendant		1	1				
Meter Reader					1 (1)		
Pipefitter		1		2	2 (1)	3 (1)	3 (1)
Driver	1				1	1	1
Caretaker		1	1	1	2	3	4
Labourer	2	1	2	1	3 (1)	9 (4)	6 (4)
Total	13	10	10	6	14 (6)	24 (16)	18 (9)

Bold number shows the Officer-in-Charge (OIC).
The figures in parenthesis show the number of present staff.

6.2.1 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。

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

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。

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

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慮して、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。
- 管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。

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

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。

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

水道スキーム、O&M 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

6.3.1 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。

6.3.2 計画対象区域における CBO 水道施設

プロジェクト対象から外れる CBOs は 4.2.5 節で述べたように 3 ヶ所あり、それら以外の 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、36 CBOs（72%）が技術上の問題もなく接続可能、6 CBOs（12%）は接続可能であるが技術上の改良が必要、5 CBOs（10%）もまた接続可能であるが組織上の改善が必要、3 CBOs（6%）は前述したように除外される。NWSDB RSC(N/C)が問題に取り組むべき行動を本調査で提案している。

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 42 CBOs（84%）は接続したい、1 CBO（2%）は接続したくない、1 CBO（2%）は分からない、1 CBO（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。

6.3.3 CBO 水道施設に対する給水

前述の流れで、用水供給との接続に関して CBOs は表 6.5 に示すように分類される。

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

CBO	CATEGORY 1	CATEGORY 2	CATEGORY 3	CATEGORY 4	CATEGORY 5
	Willing to connect, Unconditional, Suitable for bulk supply	Willing to connect, Unconditional, 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

CBOs は受益者である家庭を会員としており、彼らの参加と協議が成功への重要要素になっていることに留意しなければならない。このプロセスを通じて、様々な利害関係者が、管理を分担し、それらに影響をあたえる開発イニシアティブ及び資源について決定を行っている。従って、NWSDB RSC(N/C)は以下の戦略を通じて水道サービスを提供しなければならない。

- 新システムへの接続を促進し、さらに既存 CBOs を通じて用水供給する。
- CBOs との取り決めにもよるが、既存 CBO 施設の買収または引継ぎを通じて、拡大した市街地または新たな人口集中地区に必要な配水管を敷設して、直接配水する。
- 配水システムが届かない遠隔地または飛び地には給水車で給水する。

表 6.5 給水サービス方法

DISTRIBUTION METHOD	By Existing CBO	By Direct Distribution			By Water Tankers
OVERVIEW	Bulk supply to CBO by RSC	Turnover of CBO facilities to NC RSC	Takeover of CBO facilities by NC RSC	By NWSDB NC RSC	By NWSDB NC RSC
DESCRIPTION	CBO keeps its current organisational characteristics	CBO voluntarily turns over facilities for management by RSC	RSC employs compulsory takeover of CBO facilities	RSC expands its existing urban service area(s)	Isolated household clusters not part of CBO or RSC
DISTRIBUTION FACILITIES	<ul style="list-style-type: none"> • CBO to connect to RSC using bulk meter • CBO to provide rehabilitation to minor/damaged facilities • CBO to expand own distribution network 	<ul style="list-style-type: none"> • RSC to provide rehabilitation to minor/damaged facilities • RSC to expand distribution network 	<ul style="list-style-type: none"> • RSC to provide rehabilitation to minor/damaged facilities • RSC to expand distribution network 	RSC to construct new distribution network(s)	Constructing distribution pipelines is not economically feasible

MANAGEMENT AUTHORITY	• CBO retains management authority	• Management authority is RSC	• Management authority is RSC	• Management authority is RSC	• Management authority is RSC
O&M RESPONSIBILITY	• CBO retains responsibility for O&M	• Responsibility for O&M to be decided between CBO and NC RSC	• Responsibility for O&M to be decided between CBO and NC RSC	• RSC retains responsibility for O&M	• RSC retains responsibility for O&M
TARIFF COLLECTION	• CBO retains responsibility for tariff collection	• Responsibility for tariff collection to be decided between CBO and NC RSC	• Responsibility for tariff collection to be decided between CBO and NC RSC	• RSC retains responsibility for tariff collection	• RSC is responsible for setting water charges

6.4 水道料金

CBO の水道料金は、CBO 自身及び CBO プロジェクト提案者の援助を得て決められた。通常システムは、(i)取替費用、(ii)将来のリハビリテーション費用、(iii)建設的投資額、(iv)スタッフの給料を含む O&M 費用、を含む。すべての水道料金システムは、最低所要出席者数または会員の 2/3 の出席を得て、CBO の総会で提案され承認される。

家庭用料金はプロジェクト地域にある 50 CBOs 中 44 CBOs で採用されており、一方、非家庭用料金は 25 CBOs でしか使われていない。加えて、水道料金はスキーム毎に異なる。基本料金は毎月各使用者に課せられ、CBOs の大多数 (52%) は Rs.50~59 の範囲にある。

従量料金は現状調査結果によれば、ADB 支援プロジェクトが一般に低く 15~20 Rs./m³ の範囲にあり、一方、CWSSP プロジェクトは高く 21~27 Rs./m³ の範囲にある。

料金構造もまた CBO で異なる。すべての CBO が 1 戸当たり基本料金を徴収しているが、料金構造はブロック別逦増性一律料金となっている。従量料金は使用水量が増えるほど高くなる。平均月間使用水量を 18 m³ として、以下の式を使って 50 CBOs の家庭標準料金比較を行った。

$$\text{水道料金} = \text{基本料金} + \text{従量料金} + \text{税金}$$

標準家庭の水道料金は、18 CBOs (36%) で Rs. 300~399、13 CBOs (26%) で Rs. 4000~499 の範囲にある。これは CBO 利用者が支払う平均水道料金が 346 Rs./月であると結論づけている経済社会調査の結果とほぼ一致する。一方、NWSDB RSC(NC)の利用者が支払う平均金額は Rs.400 であった。

表 6.6 CBO 家庭における月額水道料金分析

Sample Monthly Water Bill (in LKR)	200-299	300-399	400-499	500-599	600-699	No data
No. of CBOs	9	18	13	3	1	6
%	18	36	26	6	2	12

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 416%) 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。

6.5 費用負担

送水幹線・準幹線の CBO 管理の既存高架水槽への接続はプロジェクトの中で行われ、これに関して CBO の費用負担はない。

新しい給水区域については配水本管及び管網の敷設工事はプロジェクトの中で行われる。NWSDB は小口径 (100mm 未満) 配水管については地域住民の要望に基づいて、資材を提供して NWSDB の監督の下で地域住民の労力奉仕を通じて敷設することを計画しており、これにより住民の接続意欲も高まることが期待されている。新規接続の場合には、配水管から分岐してメータまでの給水管工事は NWSDB が行い、メータ出口側から給水栓までの工事は使用者の責任となっている。給水管工事費は見積に基づくが 1ヶ所あたり Rs.4,000 ~ Rs.20,000 の範囲にあり、舗装部分があるときの取り壊し・復旧費用は申請者の負担で関係機関に前もって申請者が支払を行うことが要求されている。

第7章 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マハカナダラワ 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こととなった。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。ワハルカダについては、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、マハカナダラワ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 スコーピング

スコーピング結果を表7.1に示す。

表 7.1 スコーピング結果

	項目	評価	理由
中 汚染対策 (工事)	大気	B(-)	工事車両の走行に伴い、排気ガス、粉塵量が増加する。
	水質	B(-)	工事に伴い濁水が発生する可能性がある。
	廃棄物	B(-)	工事により残土、廃棄物が発生する。
	騒音・振動	B(-)	工事中の重機の稼働とトラックの走行により、騒音振動が増加する。
	地盤沈下	D(0)	地下水低下を伴う大規模な掘削は実施されない。
汚染対策 (操業中)	大気	B(-)	塩素貯蔵施設・塩素注入施設からの漏えいの可能性がある。
	水質	B(-)	施設稼働中に発生する排水により環境が汚染される可能性がある。 貯水池の水質は利用水量が変わらないことと、施設が貯水池下流に位置することから、影響は限定的である。
	廃棄物	B(-)	処理汚泥の適切な処理が為されない場合、環境を汚染する可能性がある。
	騒音・振動	B(-)	施設稼働中に騒音・振動が発生する。
	地盤沈下	D(0)	地下水利用は行わないので、操業中の地盤沈下の恐れはない。
生態系	保護区	B(-)	サイトは保護区内ではないが、保護区の近隣に建設される。
	生態系 (工事中)	B(-)	浄水場予定地、導水管付近の樹木の伐採により、動物生息域が縮小される。工事車両および重機が発生する騒音・振動による動物生息環境が悪化する可能性がある。
	生態系 (操業中)	B(-)	ポンプ場等からの騒音・振動による動物生息環境が悪化する可能性がある。 地下水からの取水はなく、原罪感街に利用している水量より大きく利用量が増加しないため、地下水涵養へ与える影響は限定的である。
社会環境	住民移転	B(-)	浄水場建設予定地に不法占拠住民が住んでおり、移転が必要。
	生活・生計	B(-)	灌漑用水を水道原水に転用するため、灌漑用水利用者（農民）の利益が減る可能性がある。 CBOがWBから供給を受けるようになることにより水道料金が上昇する可能性がある。
	文化遺産	C	対象地域に遺跡、文化財は存在しないと考古学局からのクリアランスが出ている。新たに追加される建設予定地について考古学局からの追加承認が必要。
	景観	D(0)	景観を損なうような大規模構造物は建設されない。
	少数民族・先住民	D(0)	先住民は対象地に存在しない。
	労働環境	C	労働環境の遵守について配慮が必要。
他 その	工事の影響	B(-)	労働者の流入による社会環境へ影響が発生する可能性がある。 工事に道路渋滞等が発生する可能性がある。
	モニタリング	B(-)	モニタリング計画の策定が必要。

* Evaluation A (---or---): medium scale or large scale effect is expected

B (-): effect is low

C : effect is unclear

D(0) : no effect or improving direction

7.5 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 7.2 にまとめる。

表 7.2 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	● 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	● 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	● 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	● 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	● 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。 ● 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。 	軽微	建設業者	PMU
	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枳で処分する。 	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 	軽微	建設業者	PMU

項目		緩和措置	影響	担当	監督
		いては管轄 DS のルールに従って処分する。			
	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。 ● 警備員を配置する。 	軽微	建設業者	PMU
	生活の阻害	<ul style="list-style-type: none"> ● 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槽で処分する。 	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

7.6 環境チェックリスト

JICA 環境チェックリストによる評価結果を表 7.3 に示す。

表 7.3 環境チェックリスト

環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
(1)EIA および環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIA レポート)等は作成済みか。 (b) EIA レポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIA レポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N/A (b) N/A (c) N/A (d) ongoing	(a) (b) (c) プロジェクトの実施内容の見直し (浄水場および取水地点の変更) により、環境影響を受けやすい地域から外れたため、EIA/IEE は不要となった。 (d) 以下の許認可を関連する官庁から取得済みである。 ・CEA からの Environmental Recommendation (EIA/IEE を不要とするプロジェクトに対して出される) ・森林局からのクリアランス ・考古学局からのクリアランス (新規に提案された 5 箇所の高架水槽と貯水施設の設置場所のうち 3 箇所がまだ残っている) ・マハカナダラワの新浄水場施設位置の現在の地権者である灌漑局からのクリアランス
(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) Y (b) Y	(a) 一時反対運動が発生したが、NWSDB は 8 月 7 日、9 月 8 日に現地説明会を開催し、さらに 9 月 23 日にステークホルダー会議を開催して、プロジェクトの内容および影響について詳しい説明を行い理解を得た。 (b) 取水方法は灌漑局からの要請により変更された。取水量は MOU で合意済みであるが、異常渇水時にはステークホルダーの協議により取水量を決定することになった。
(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は (検討の際、環境・社会に係る項目も含めて) 検討されているか。	(a) Y	(a) プロジェクトサイト、取水方法、および浄水方法について見直し、比較を行った上で、環境および社会的インパクトが少ない方法を選択した。
(1)大気質	(a) 消毒用塩素の貯蔵設備、注入設備からの塩素による大気汚染はあるか。 (b) 作業環境における塩素は当該国の労働安全基準等と整合するか。	(a) N (b) N	(a) 塩素ガスの漏洩対策として、中和施設を設置する。ガス漏れ警報装置と連動し、自動的に作動するため、漏洩による大気汚染の可能性は極めて低い。 (b) スリランカ国では塩素ガスについての独自の労働安全基準は存在しないが、通常、米国労働局の許容暴露レベルを参照している。この

			<p>濃度レベルは十分達成可能である。</p> <table border="1" data-bbox="1391 304 1854 443"> <thead> <tr> <th colspan="4">Occupational Safety and Health Guideline for Chlorine</th> </tr> <tr> <th></th> <th>ppm</th> <th>mg/m3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Permissible exposure limit</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>US dept of Labor</td> </tr> <tr> <td>Advisable limit</td> <td>0.5</td> <td>1.5</td> <td>NIOSH</td> </tr> <tr> <td>Evaluation standard</td> <td>0.5</td> <td>1.5</td> <td>Japan</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1296 470 2013 970"> <thead> <tr> <th colspan="5">Ambient Air Quality</th> </tr> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">Pollutant</th> <th rowspan="2">Averaging Time*</th> <th colspan="2">Maximum Permissible Level</th> <th rowspan="2">Method of measurement</th> </tr> <tr> <th>µgm-3</th> <th>ppm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td rowspan="2">Particulate Matter - Aerodynamic diameter is less than 10 µm in size (PM₁₀)</td> <td>Annual</td> <td>50</td> <td>—</td> <td rowspan="2">Hi-volume sampling and Gravimetric or Beta Attenuation</td> </tr> <tr> <td>24 hrs.</td> <td>100</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td rowspan="2">Particulate Matter - Aerodynamic diameter is less than 2.5 µm in size (PM_{2.5})</td> <td>Annual</td> <td>25</td> <td>—</td> <td rowspan="2">Hi-volume sampling and Gravimetric or Beta Attenuation</td> </tr> <tr> <td>24 hrs.</td> <td>50</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3</td> <td rowspan="3">Nitrogen Dioxide (NO₂)</td> <td>24 hrs.</td> <td>100</td> <td>0.05</td> <td rowspan="3">Colorimetric using saltzman Method or equivalent Gas phase chemiluminescence</td> </tr> <tr> <td>8 hrs.</td> <td>150</td> <td>0.08</td> </tr> <tr> <td>1hr.</td> <td>250</td> <td>0.13</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">4</td> <td rowspan="3">Sulphur Dioxide (SO₂)</td> <td>24 hrs.</td> <td>80</td> <td>0.03</td> <td rowspan="3">Pararosaniline Method or equivalent Pulse Fluorescent</td> </tr> <tr> <td>8 hrs.</td> <td>120</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td>1hrs.</td> <td>200</td> <td>0.08</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Ozone (O₃)</td> <td>1 hr.</td> <td>200</td> <td>0.1</td> <td>Chemiluminescence Method or equivalent Ultraviolet photometric</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">6</td> <td rowspan="3">Carbon Monoxide (CO)</td> <td>8 hrs.</td> <td>10,000</td> <td>9</td> <td rowspan="3">Non-Dispersive Infrared Spectroscopy*</td> </tr> <tr> <td>1 hr.</td> <td>30,000</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>Anytime</td> <td>58,000</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>	Occupational Safety and Health Guideline for Chlorine					ppm	mg/m3		Permissible exposure limit	1	3	US dept of Labor	Advisable limit	0.5	1.5	NIOSH	Evaluation standard	0.5	1.5	Japan	Ambient Air Quality						Pollutant	Averaging Time*	Maximum Permissible Level		Method of measurement	µgm-3	ppm	1	Particulate Matter - Aerodynamic diameter is less than 10 µm in size (PM ₁₀)	Annual	50	—	Hi-volume sampling and Gravimetric or Beta Attenuation	24 hrs.	100	—	2	Particulate Matter - Aerodynamic diameter is less than 2.5 µm in size (PM _{2.5})	Annual	25	—	Hi-volume sampling and Gravimetric or Beta Attenuation	24 hrs.	50	—	3	Nitrogen Dioxide (NO ₂)	24 hrs.	100	0.05	Colorimetric using saltzman Method or equivalent Gas phase chemiluminescence	8 hrs.	150	0.08	1hr.	250	0.13	4	Sulphur Dioxide (SO ₂)	24 hrs.	80	0.03	Pararosaniline Method or equivalent Pulse Fluorescent	8 hrs.	120	0.05	1hrs.	200	0.08	5	Ozone (O ₃)	1 hr.	200	0.1	Chemiluminescence Method or equivalent Ultraviolet photometric	6	Carbon Monoxide (CO)	8 hrs.	10,000	9	Non-Dispersive Infrared Spectroscopy*	1 hr.	30,000	26	Anytime	58,000	50
Occupational Safety and Health Guideline for Chlorine																																																																																																
	ppm	mg/m3																																																																																														
Permissible exposure limit	1	3	US dept of Labor																																																																																													
Advisable limit	0.5	1.5	NIOSH																																																																																													
Evaluation standard	0.5	1.5	Japan																																																																																													
Ambient Air Quality																																																																																																
	Pollutant	Averaging Time*	Maximum Permissible Level		Method of measurement																																																																																											
			µgm-3	ppm																																																																																												
1	Particulate Matter - Aerodynamic diameter is less than 10 µm in size (PM ₁₀)	Annual	50	—	Hi-volume sampling and Gravimetric or Beta Attenuation																																																																																											
		24 hrs.	100	—																																																																																												
2	Particulate Matter - Aerodynamic diameter is less than 2.5 µm in size (PM _{2.5})	Annual	25	—	Hi-volume sampling and Gravimetric or Beta Attenuation																																																																																											
		24 hrs.	50	—																																																																																												
3	Nitrogen Dioxide (NO ₂)	24 hrs.	100	0.05	Colorimetric using saltzman Method or equivalent Gas phase chemiluminescence																																																																																											
		8 hrs.	150	0.08																																																																																												
		1hr.	250	0.13																																																																																												
4	Sulphur Dioxide (SO ₂)	24 hrs.	80	0.03	Pararosaniline Method or equivalent Pulse Fluorescent																																																																																											
		8 hrs.	120	0.05																																																																																												
		1hrs.	200	0.08																																																																																												
5	Ozone (O ₃)	1 hr.	200	0.1	Chemiluminescence Method or equivalent Ultraviolet photometric																																																																																											
6	Carbon Monoxide (CO)	8 hrs.	10,000	9	Non-Dispersive Infrared Spectroscopy*																																																																																											
		1 hr.	30,000	26																																																																																												
		Anytime	58,000	50																																																																																												
(2)水質	(a) 施設稼働に伴って発生する排水のSS、BOD、COD、pH等の項目は当該国の排水基準等と整合するか。	(a) Y	(a) 工事中に濁水が発生する可能性はあるが、濁水は集められて沈殿池で固液分離される。職員の生活排水は浄化槽で処理され、上澄みは浸透マスで地下浸透される。施設運転で発生する逆洗排水は、排水池に導入され、排水基準を満足する水質となった上で排出される。																																																																																													

			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Tolerable limit of discharge to inland surface water</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>Parameter</th> <th>Unit type of limit</th> <th>Tolerance Limit values</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Total suspended solids</td> <td>mg/l, max.</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Particle size of the total suspended solids</td> <td>µm, less than</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>pH at ambient temperature</td> <td>-</td> <td>6.0 - 8.5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Biochemical oxygen demand (BOD₅ 5 days at 20°C or BOD₃ 3 days at 27°C)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Temperature of discharge</td> <td>°C, max.</td> <td>Shall no exceed 400°C in any section of the stream within 15 m down stream from the effluent outlet.</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Oils and greases</td> <td>mg/l, max.</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Phenolic compounds (as</td> <td>mg/2, max.</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Chemical oxygen demand (COD)</td> <td>mg/3, max.</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Colour</td> <td>Wavelength Range 436 nm (Yellow range) 525nm (Red range) 620nm (Blue range)</td> <td>Maximum spectral absorption coefficient 7m⁻¹ 5m⁻¹ 3m⁻¹</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Dissolved phosphates (as P)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Total Kjeldahl nitrogen (as N)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Ammoniacal nitrogen (as N)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Cyanide (as CN)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>Total residual chlorine</td> <td>mg/l, max.</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>Flourides (as F)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>Sulphide (as S)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>Arsenic (as As)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>Cadmium (as Cd)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>Chromium, total (as Cr)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Chromium, Hexavalent (as Cr6+)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>Copper (as Cu)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>Iron (as Fe)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>Lead (as Pb)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>Mercury (as Hg)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.0005</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>Nickel (as Ni)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>Selenium (as Se)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>Zinc (as Zn)</td> <td>mg/l, max.</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>Pesticides</td> <td>mg/l, max.</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>Detergents/surfactants</td> <td>mg/l, max.</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>Faecal Coliform</td> <td>MPN/100 ml, max</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>Radio Active Material :</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>(a) Alpha emitters</td> <td>micro curie/ml,</td> <td>10⁻⁸</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(b) beta emitters</td> <td>max micro</td> <td>10⁻⁷</td> </tr> </tbody> </table>	Tolerable limit of discharge to inland surface water				No	Parameter	Unit type of limit	Tolerance Limit values	1	Total suspended solids	mg/l, max.	50	2	Particle size of the total suspended solids	µm, less than	50	3	pH at ambient temperature	-	6.0 - 8.5	4	Biochemical oxygen demand (BOD ₅ 5 days at 20°C or BOD ₃ 3 days at 27°C)	mg/l, max.	30	5	Temperature of discharge	°C, max.	Shall no exceed 400°C in any section of the stream within 15 m down stream from the effluent outlet.	6	Oils and greases	mg/l, max.	10	7	Phenolic compounds (as	mg/2, max.	1	8	Chemical oxygen demand (COD)	mg/3, max.	250	9	Colour	Wavelength Range 436 nm (Yellow range) 525nm (Red range) 620nm (Blue range)	Maximum spectral absorption coefficient 7m ⁻¹ 5m ⁻¹ 3m ⁻¹	10	Dissolved phosphates (as P)	mg/l, max.	5	11	Total Kjeldahl nitrogen (as N)	mg/l, max.	150	12	Ammoniacal nitrogen (as N)	mg/l, max.	50	13	Cyanide (as CN)	mg/l, max.	0.2	14	Total residual chlorine	mg/l, max.	1	15	Flourides (as F)	mg/l, max.	2	16	Sulphide (as S)	mg/l, max.	2	17	Arsenic (as As)	mg/l, max.	0.2	18	Cadmium (as Cd)	mg/l, max.	0.1	19	Chromium, total (as Cr)	mg/l, max.	0.5	20	Chromium, Hexavalent (as Cr6+)	mg/l, max.	0.1	21	Copper (as Cu)	mg/l, max.	3	22	Iron (as Fe)	mg/l, max.	3	23	Lead (as Pb)	mg/l, max.	0.1	24	Mercury (as Hg)	mg/l, max.	0.0005	25	Nickel (as Ni)	mg/l, max.	3	26	Selenium (as Se)	mg/l, max.	0.05	27	Zinc (as Zn)	mg/l, max.	2	28	Pesticides	mg/l, max.	0.005	29	Detergents/surfactants	mg/l, max.	5	30	Faecal Coliform	MPN/100 ml, max	40	31	Radio Active Material :				(a) Alpha emitters	micro curie/ml,	10 ⁻⁸		(b) beta emitters	max micro	10 ⁻⁷
Tolerable limit of discharge to inland surface water																																																																																																																																															
No	Parameter	Unit type of limit	Tolerance Limit values																																																																																																																																												
1	Total suspended solids	mg/l, max.	50																																																																																																																																												
2	Particle size of the total suspended solids	µm, less than	50																																																																																																																																												
3	pH at ambient temperature	-	6.0 - 8.5																																																																																																																																												
4	Biochemical oxygen demand (BOD ₅ 5 days at 20°C or BOD ₃ 3 days at 27°C)	mg/l, max.	30																																																																																																																																												
5	Temperature of discharge	°C, max.	Shall no exceed 400°C in any section of the stream within 15 m down stream from the effluent outlet.																																																																																																																																												
6	Oils and greases	mg/l, max.	10																																																																																																																																												
7	Phenolic compounds (as	mg/2, max.	1																																																																																																																																												
8	Chemical oxygen demand (COD)	mg/3, max.	250																																																																																																																																												
9	Colour	Wavelength Range 436 nm (Yellow range) 525nm (Red range) 620nm (Blue range)	Maximum spectral absorption coefficient 7m ⁻¹ 5m ⁻¹ 3m ⁻¹																																																																																																																																												
10	Dissolved phosphates (as P)	mg/l, max.	5																																																																																																																																												
11	Total Kjeldahl nitrogen (as N)	mg/l, max.	150																																																																																																																																												
12	Ammoniacal nitrogen (as N)	mg/l, max.	50																																																																																																																																												
13	Cyanide (as CN)	mg/l, max.	0.2																																																																																																																																												
14	Total residual chlorine	mg/l, max.	1																																																																																																																																												
15	Flourides (as F)	mg/l, max.	2																																																																																																																																												
16	Sulphide (as S)	mg/l, max.	2																																																																																																																																												
17	Arsenic (as As)	mg/l, max.	0.2																																																																																																																																												
18	Cadmium (as Cd)	mg/l, max.	0.1																																																																																																																																												
19	Chromium, total (as Cr)	mg/l, max.	0.5																																																																																																																																												
20	Chromium, Hexavalent (as Cr6+)	mg/l, max.	0.1																																																																																																																																												
21	Copper (as Cu)	mg/l, max.	3																																																																																																																																												
22	Iron (as Fe)	mg/l, max.	3																																																																																																																																												
23	Lead (as Pb)	mg/l, max.	0.1																																																																																																																																												
24	Mercury (as Hg)	mg/l, max.	0.0005																																																																																																																																												
25	Nickel (as Ni)	mg/l, max.	3																																																																																																																																												
26	Selenium (as Se)	mg/l, max.	0.05																																																																																																																																												
27	Zinc (as Zn)	mg/l, max.	2																																																																																																																																												
28	Pesticides	mg/l, max.	0.005																																																																																																																																												
29	Detergents/surfactants	mg/l, max.	5																																																																																																																																												
30	Faecal Coliform	MPN/100 ml, max	40																																																																																																																																												
31	Radio Active Material :																																																																																																																																														
	(a) Alpha emitters	micro curie/ml,	10 ⁻⁸																																																																																																																																												
	(b) beta emitters	max micro	10 ⁻⁷																																																																																																																																												
(3)廃棄物	(a) 施設稼働に伴って発生する汚泥等の廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) Y	(a)沈殿池で収集された汚泥はシックナーで濃縮され、その後スラッジラグーンに運ばれる。天日乾燥されたスラッジは適切な処分地に移送され処分される。																																																																																																																																												
(4)騒音・振動	(a) ポンプ施設等からの騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) Y	(a) 主たる騒音・振動源はポンプと発電機である。低騒音・低振動タイプの選択と施設の配置、適切な建屋による防音効果の向上により下記の基準は満足できる。																																																																																																																																												

			<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Maximum permissible Noise Levels at Boundaries of the land in which the source of noise is located in Laeq, T, for construction activities</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Laeq, T</th> <th></th> </tr> <tr> <td>Daytime</td> <td>75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nighttime</td> <td>50</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <th colspan="3">Maximum permissible Noise Levels at Boundaries in LAeq, T, for industrial activities</th> </tr> <tr> <th>Aria</th> <th>Day time</th> <th>Night time</th> </tr> <tr> <td>Rural Residential Area</td> <td>55</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Urban Residential Area</td> <td>60</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Noise Sensitive Area</td> <td>50</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Mixed Residential</td> <td>63</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Commercial Areas</td> <td>65</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Industrial Area</td> <td>70</td> <td>60</td> </tr> <tr> <th colspan="3">Japanese Environmental Standard</th> </tr> <tr> <td>A (residential area)</td> <td>55</td> <td>45</td> </tr> </table>	Maximum permissible Noise Levels at Boundaries of the land in which the source of noise is located in Laeq, T, for construction activities				Laeq, T		Daytime	75		Nighttime	50		Maximum permissible Noise Levels at Boundaries in LAeq, T, for industrial activities			Aria	Day time	Night time	Rural Residential Area	55	45	Urban Residential Area	60	50	Noise Sensitive Area	50	45	Mixed Residential	63	55	Commercial Areas	65	55	Industrial Area	70	60	Japanese Environmental Standard			A (residential area)	55	45
Maximum permissible Noise Levels at Boundaries of the land in which the source of noise is located in Laeq, T, for construction activities																																													
	Laeq, T																																												
Daytime	75																																												
Nighttime	50																																												
Maximum permissible Noise Levels at Boundaries in LAeq, T, for industrial activities																																													
Aria	Day time	Night time																																											
Rural Residential Area	55	45																																											
Urban Residential Area	60	50																																											
Noise Sensitive Area	50	45																																											
Mixed Residential	63	55																																											
Commercial Areas	65	55																																											
Industrial Area	70	60																																											
Japanese Environmental Standard																																													
A (residential area)	55	45																																											
(5)地盤沈下	(a) 大量の地下水汲み上げを行う場合、地盤沈下が生じる恐れがあるか。	(a) N	(a) 本プロジェクトでは地下水のくみ上げは行わない。																																										
(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) N	(a)本プロジェクトのサイトは、保護区の地域外にある。																																										
(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) プロジェクトによる取水（地表水、地下水）が、河川等の水域環境に影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) 本プロジェクトのサイトは一部森林地域にあるが、特段保護が必要な森林ではない。 (b) 動植物調査は現在実施中であるが、これまでの調査では特に重要な生物は発見されていない。 (c)特に生態系に大きな影響を与えるとは考えられない。 (d)本プロジェクトでは取水は灌漑用水路から行われるため、水環境に対する影響は限定的である。さらに、灌漑用水路からの取水を実行するため、用水路には常時水が流れることになるため、水環境は以前より改善される。																																										
(3)水象	(a) プロジェクトによる取水（地下水、地表水）が地表水、地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a) N	(a)現在灌漑用水として利用されている水の一部を水道水源として利用するため、影響は無視できる。																																										
(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。(b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y (e) Y (f) N/A	(a)マハカナダラワ浄水場予定地内に一件の違法住民が居住している。NWSDB はスリランカ国の非自発的住民移転政策および JICA ガイドラインに則った RAP を準備する。 (b)NWSDB は、違法住民に、プロジェクトの必要性和土地利用の変更内容について説明を行った。 (c) 再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復は担保される。																																										

	<p>(d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。</p> <p>(e) 補償方針は文書で策定されているか。</p> <p>(f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。</p> <p>(g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。</p> <p>(h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。</p> <p>(i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。</p> <p>(j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。</p>	<p>(g) Y</p> <p>(h) Y</p> <p>(i) Y</p> <p>(j) Y</p>	<p>(d)補償金の支払いは移転前に行われる。</p> <p>(e)スリランカ国では非自発的住民移転政策が2001年に議会で承認され、全ての公共事業はこれに則って住民移転が行われる。JICAガイドラインとの乖離は僅かである。</p> <p>(f)移転対象住民は一組の夫婦のみで、民族的には多数派であるシンハラ人に属している。新しい土地は親族の居住地の近くで検討中である。彼らは特に社会的弱者とは考えられない。</p> <p>(g)NWSDBは同意書を居住者から取得する予定である。</p> <p>(h)NWSDBが移転のコストを全額負担する。移転にかかる費用は、地方評価官によって見積が行われる。Divisional SecretariatとNWSDBが協力して移転対象住民への対応を行う。</p> <p>(i)モニタリングプランはRAPに記載される。</p> <p>(j)DSが苦情に対する最初のコンタクト先となり、問題が解決しなかった場合にはDSがNWSDBとの協議の場を設定し解決に努める。</p>
(2)生活・生計	<p>(a) プロジェクトにより住民の生活に対し悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。</p> <p>(b) プロジェクトによる取水（地表水、地下水）が、既存の水利用、水域利用に影響を及ぼすか。</p>	<p>(a) Y</p> <p>(b) N</p>	<p>(a)現時点では、農民は水源の容量が不十分だと感じているが、現在平行して実施または計画されている他の灌漑向上プロジェクトの実施により、周辺地区への灌漑用水の給水が大幅に改善する見込みで、対象地区の水需要を十分満足できる。</p> <p>(b)貯水池周辺の住民は貯水池の水を生活用水に利用しているが、(a)と同じ理由で、水利用に大きな影響は発生しない。</p>
(3)文化遺産	<p>(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。</p>	<p>(a) N</p>	<p>(a)プロジェクトサイトは考古学的保全地区にはない。一方、工事中に遺物が発見されたケースに対する対処方針は必要である。</p>
(4)景 観	<p>(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。</p>	<p>(a) N</p>	<p>(a)全ての構造物は大きなものではなく、景観に対する影響は無視できる。</p>
(5)少数民族、先住民族	<p>(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。</p> <p>(b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。</p>	<p>(a) N/A</p> <p>(b) N/A</p>	<p>(a)(b)対象地には先住民族は存在しない。またプロジェクトによって影響を受ける少数民族も存在しない。</p>
(6)労働環境	<p>(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。</p> <p>(b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されて</p>	<p>(a) N</p> <p>(b) Y</p> <p>(c) Y</p> <p>(d) Y</p>	<p>(a)MWSDBはスリランカ国の労働法令に従う。</p> <p>(b)契約条件は'Standard Bidding Document Procurement of Works' または 'Conditions of Contract'に則って作成され、労働環境および有害物質の管理等は確保される。</p>

	<p>いるか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。</p>		<p>(c) プロジェクト関係者へのソフト面の対応は契約書類に明記され、実施される。 (d) 地域住民やプロジェクト関係者の安全確保に関する条項は契約書類に明記され、実施される。</p>
<p>(1) 工事中の影響</p>	<p>(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。(b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。(c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。(d) 工事による道路渋滞は発生するか、また影響に対する緩和策が用意されるか。</p>	<p>(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y</p>	<p>(a) 工事請負業者は契約書に従って、環境社会条件の保全について適切な手段を実施する。・騒音振動はよくメンテナンスされた登録車両・機械の適切な使用により低減される。夜間作業は回避される。必要に応じて、騒音振動低減のために遮音壁などの対策材を活用する。・濁水は分離して沈殿槽に導入され処理される。必要があれば凝集剤を使用する。・廃棄物は業者によって管理される。分別収集を行い可能な限りリサイクルに努める。一次保管場所を定め、処分方法については DS の指導に従う。・粉塵は散水やカバーの使用によって発生を抑制する。・排気ガスは適切な保守が行われる登録された車両や機械の使用により管理可能である。 (b) 環境保全と緩和のための手段が取られ、影響は低減される。 (c) プロジェクト対象地内の居住者は少なく、移転対象となるのは一軒のみである。この対象者については RAP が作成され十分な配慮が尽くされる。 (d) 工事による交通渋滞等の影響を直接受けると考えられる住民には前もって工事実施内容を知らせ、工事計画を公表する。</p>
<p>(2) モニタリング</p>	<p>(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。</p>	<p>(a) Y (b) refer the plan (c) Y (d) Y</p>	<p>(a)(b)(c) プロジェクトはモニタリングプランを作成、実施する。モニタリング計画は下記に示す。 (d) 本プロジェクトは環境保全ライセンスの取得を求められており、規定の様式による報告が義務付けられている。ライセンスは一定期間での更新の必要がある。</p>

Monitoring Plan		Monitoring parameters	Procedure	Frequency	Implemented and reported by	Report to
Designing stage						
Procurement	Suitability of specification	Checking the specification to meet the proposed	1 time	NWSDB	PMCU	
Waste	Waste management procedure	Checking dumping plan and obtaining agreement with	1 time	NWSDB	PMCU	
Resettlement	Progress of resettlement plan	Checklist of resettlement plan	1 time	NWSDB	PMCU	
Ecological environment	Clearing land procedure	Checking the plan of clearing and obtaining	1 time	NWSDB	PMCU	
	Rare species	Checking the plan of transplant and recovery of	1 time	NWSDB	PMCU	
Social impact caused by laborer of construction	Awareness raising program	Training plan of laborer	1 time	NWSDB	PMCU	
Construction stage						
Air quality	Vehicle maintenance condition	Check the registered vehicles and its	Once a month	Contractor	PMCU	
	Dust	Observation at the site	Once a month	Contractor	PMCU	
	Chlorine gas emission	Check and calibrate the gas leak detector	Once a month	Contractor	PMCU	
Water quality	Discharge water quality	Measurement of turbidity	Everyday during soil work	Contractor	PMCU	
Noise	Working time of construction	Working record	Once a week	Contractor	PMCU	
	Noise at boundary	Measurement of noise at the boundary of the site	Once a month both in daytime and night time	Contractor	PMCU	
Ecological environment	Violation to ecosystem, such as cutting tree, hunting, killing taking plants	Patrol of construction site	Once a week	Contractor	PMCU	
Waste	Construction waste	Condition of segregation Past record of recycling	Every 3 months	Contractor	PMCU	
	Domestic waste	Observation of temporarily dumping yard	Every 3 months	Contractor	PMCU	
Operation stage						
Air quality	Chlorine gas leakage	Measurement of gas concentration and check and	Once a week	NWSDB RSC	NWSDB	
Raw water quality	Parameters listed in drinking water quality	Chemical analysis by laboratory	Once a month	NWSDB RSC	NWSDB	
Distributing water quality	Parameters listed in drinking water quality	Chemical analysis by laboratory	Once a month	NWSDB RSC	NWSDB	
Discharge water quality	Parameters listed in discharge water quality	Chemical analysis by laboratory	Every 3 months	NWSDB RSC	NWSDB	
Occupational safety	Chlorine gas leakage	Measurement of gas concentration	Checking the daily record	NWSDB RSC	NWSDB	
Noise	Noise at the boundary	Measurement of noise	Every 3 months	NWSDB RSC	NWSDB	
Waste	Sludge	Observation of the drying bed	Every 4 months	NWSDB RSC	NWSDB	
		Checking the record of sludge disposal				

			<p>住民移転にかかるモニタリング計画は以下のとおりである。</p> <table border="1" data-bbox="1317 284 1962 507"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Progress</th> <th rowspan="2">Planned Total</th> <th rowspan="2">Unit</th> <th colspan="3">Progress in Quantity</th> <th colspan="2">Progress in %</th> <th rowspan="2">Expected Date of Completion</th> <th rowspan="2">Responsible Organization</th> </tr> <tr> <th>During the Quarter</th> <th>Till the Last Quarter</th> <th>Up to the Quarter</th> <th>Till the Last Quarter</th> <th>Up to the Quarter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preparation of RAP</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Approval of RAP</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Finalization of PAPs List</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Progress of Compensation Payment</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Progress of Land Acquisition (All Lots)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lot 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lot 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Progress of Relocation of People</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1375 523 1868 746"> <thead> <tr> <th colspan="5">Preparation of resettlement site</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>Explanation of the site (e.g. Area, etc.)</th> <th>Status (Completed (date) / not complete)</th> <th>Details (e.g. Site selection, identification of candidate sites, discussion with PAPs, Development of the site, etc.)</th> <th>Expected Date of Completion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1375 667 1771 746"> <thead> <tr> <th colspan="4">Public Consultation</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>Date</th> <th>Place</th> <th>Contents of the consultation / main comments and answers</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Progress	Planned Total	Unit	Progress in Quantity			Progress in %		Expected Date of Completion	Responsible Organization	During the Quarter	Till the Last Quarter	Up to the Quarter	Till the Last Quarter	Up to the Quarter	Preparation of RAP									Approval of RAP									Finalization of PAPs List									Progress of Compensation Payment									Progress of Land Acquisition (All Lots)									Lot 1									Lot 2									Progress of Relocation of People									Preparation of resettlement site					No	Explanation of the site (e.g. Area, etc.)	Status (Completed (date) / not complete)	Details (e.g. Site selection, identification of candidate sites, discussion with PAPs, Development of the site, etc.)	Expected Date of Completion	1					2					3					4					Public Consultation				No	Date	Place	Contents of the consultation / main comments and answers	1				2			
Progress	Planned Total	Unit	Progress in Quantity				Progress in %		Expected Date of Completion	Responsible Organization																																																																																																																														
			During the Quarter	Till the Last Quarter	Up to the Quarter	Till the Last Quarter	Up to the Quarter																																																																																																																																	
Preparation of RAP																																																																																																																																								
Approval of RAP																																																																																																																																								
Finalization of PAPs List																																																																																																																																								
Progress of Compensation Payment																																																																																																																																								
Progress of Land Acquisition (All Lots)																																																																																																																																								
Lot 1																																																																																																																																								
Lot 2																																																																																																																																								
Progress of Relocation of People																																																																																																																																								
Preparation of resettlement site																																																																																																																																								
No	Explanation of the site (e.g. Area, etc.)	Status (Completed (date) / not complete)	Details (e.g. Site selection, identification of candidate sites, discussion with PAPs, Development of the site, etc.)	Expected Date of Completion																																																																																																																																				
1																																																																																																																																								
2																																																																																																																																								
3																																																																																																																																								
4																																																																																																																																								
Public Consultation																																																																																																																																								
No	Date	Place	Contents of the consultation / main comments and answers																																																																																																																																					
1																																																																																																																																								
2																																																																																																																																								
他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合は、ダム、河川に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。	(a) N/A	(a)本プロジェクトはダムや水路の建設はなく、既存の灌漑用施設を活用する。したがって、ダムや河川にかかるチェックリストに抵触する項目はない。																																																																																																																																					
環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a) N/A	本プロジェクトは比較的小規模な生活水準の向上のための水道給水プロジェクトで、越境や地球規模の環境問題は発生しない。																																																																																																																																					

注1) 表中『当該国の基準』については、国際的に認められた基準と比較して著しい乖離がある場合には、必要に応じ対応策を検討する。当該国において現在規制が確立されていない項目については、当該国以外（日本における経験も含めて）の適切な基準との比較により検討を行う。

注2) 環境チェックリストはあくまでも標準的な環境チェック項目を示したものであり、事業および地域の特性によっては、項目の削除または追加を行う必要がある。

第8章 財務・経済分析

8.1 概要

- この財務・経済分析の章は当水道プロジェクトが財務的に可能か、そして経済的に便益が十分あるかを検討する。
- 前者の財務的可能性はプロジェクトの財務的内部利益率 (FIRR) で算定される。事業主体の NWSDB が公共であることから、利益追求の必要がないため、FIRR は借入金の利率よりも大きければよい。
- プロジェクトの FIRR が評価基準に達せず、あまりに低い場合でも、それは必ずしもプロジェクトを断念することにはならない。次に経済的費用・便益分析の手法がある。
- プロジェクトが事業主体によって財務的に実施不可能だとしても、住民等の健康や福祉の改善に必要であるならば、政府予算や国際機関の資金によって支援されることがあり得る。この水道プロジェクトでは、支払意志額 (WTP) で表される利用者の満足や健康改善 (医療費用の削減) 等の便益が金額として推定できる。
- 便益を明確にし、推定するためにはプロジェクト地域の社会経済的な状況を調査する必要がある。統計データに加え、プロジェクト対象地域についての特別な調査が行われた。普通、プロジェクト事業の収入は料金に関係し、料金支払は対象地域利用者の経済的状況、即ち支払可能性、あるいは支払意志に依存する。したがって、対象地域の社会経済状況が最初に概略説明され、同時にプロジェクトの便益推定や支払可能な、あるいは支払意志のある料金も調査された。
- 次に FIRR によってプロジェクトの可能性が分析される。
- その後、プロジェクトの有効性を検討するため EIRR によって経済分析が行われる。
- 更に、財務経済分析の不確実性やリスクを推定するため、感度分析が行われる。

8.2 プロジェクト対象地域の社会経済条件 (料金と経済状況)

- 計画区域の一般社会経済状況は第7章の「環境社会状況配慮」に要約されているので、ここでは CBO と関連する NWSDB の料金について説明し、さらに支払意志額や関連する事項について便益の説明等の中で後述する。
- プロジェクト完了後に新しい水道利用者は2つのグループに分けられる。一つは NWSDB の水道の直接利用者である。もう一つは CBO の利用者グループで、NWSDB の水は CBO の系統を通じて、供給される。
- NWSDB 直結利用者は第3章3.3で示された料金表に基づき、支払うことになる。プロジェクト地域の潜在的な利用者のほとんどは家庭で、消費された水の量 (m³) に

応じた家庭料金とその料金を単位水量 (m^3) 当たりにした単価が計算できる。

- 現在の CBO 利用者は各 CBO が独自に財務状況に応じて決めた料金を払っている。CBO 調査結果によれば、単位水量当たりの平均料金単価は月当たりの水売上額 (Rs.) を月消費量 (m^3) で割って求められる。
- このプロジェクトが完了すると、NWSDB が水を供給する。CBO に未接続な多くの潜在的利用者は CBO の供給水の水質を心配しており、NWSDB の水を望んでいるので、多分 CBO は自分のところの水資源は用いず、NWSDB の水だけを使うようになるであろう。その場合は NWSDB の CBO 向けバルク料金が適用される。
- CBO の月当たり消費量と CBO 向け NWSDB 料金を用いて、各 CBO の NWSDB 支払料金が計算でき、それを月消費水量で割って、単価が得られる。
- CBO 調査は月 18m^3 の消費量を想定した CBO のモデル料金を質問しており、その回答を 18m^3 で割れば、モデル単価も得られる。
- CBO の水売上単価 (m^3 当たり) はある種の平均料金である。それらは 4.7 から 44.5 までの幅があり、平均は 19.6 Rs./m^3 である。NWSDB の 2011 年全国平均料金は 38.7 Rs./m^3 ($13,320\text{MRs./} 344.3 \text{ Mm}^3$) で、CBO の平均料金の方が NWSDB の全国平均単価よりも安い。
- ただし、いくつかの CBO 平均料金単価は NWSDB のよりも高い。
- (18m^3 /月の) モデル単価はほとんど水売上高/ m^3 (7CBO を除き) より安い。
- もし NWSDB の CBO 向け (旧: 2012 年 10 月より前) バルク料金が現在の CBO の消費量に適用された場合の新水道源費用単価は 19.3 から 24.6 の幅で、平均 21.4 Rs./m^3 である。
- したがって、いくつかの CBO の現在の平均料金単価は NWSDB の CBO 向け単価より高いが、ほとんどの CBO の単価は NWSDB 単価より平均値がそれぞれ、19.6 と 21.4 であることから分かるように安い。
- さらに CBO 調査は NWSDB のバルク水供給の望ましい提案 (支払意志) 価格を質問しており、CBO の回答は 20 から 30Rs./m^3 の幅となっているが、最も多いのは 25Rs./m^3 である。したがって、回答した CBO は NWSDB の旧バルク料金に満足することになるが、2012 年 10 月からの値上がりにより状況は変わった。
- CBO は NWSDB の水を使うことになろうが、NWSDB に料金を支払わねばならなくなり、CBO の支出が増加することになる。現在の化学物質費、維持費の半分が残ると想定し、水購入単価、人件費単価、半分の化学物質費と維持費の単価を合計して、CBO の原価を求める事ができる。その結果、いくつかの (5) CBO の推定原価は現在の CBO の料金単価より安いが、ほとんどの CBO 原価は高くなる事が推定された。平均は 19.6 から 28.7Rs./m^3 への増加、即ち約 1.5 倍の増加となる。
- 2012 年 10 月からの値上げにより、NWSDB のバルク料金は従量単価が 1.5 倍、サービス料金は 1.1 倍になり、CBO が支払う平均単価は 29.7 Rs./m^3 となり、CBO の希望単価 25Rs./m^3 を超える。

- 現実には、CBO の料金値上げは構成員会議で議論、決定される。一人の CBO 代表者はインタビューに答え、料金値上げは最小限に留めるようにするので、それほど大きくはならないであろうと言っている。

8.3 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年にステージ2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。その代わりに、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）減少に比べて、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度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。

今回対象地域は CKD の罹病率が異常に高い地区を含み、しかもその原因は飲料水の可能性がないとは言えない状況にあり、NWSDB の処理による飲料水を住民が待ち望んでいる。便益としては CKD の原因が不明であるため、その治療費用を含まない場合を標準として経済分析を行っている。ただし、含む場合は参考としている。いずれにしても、安全な水を

求める住民の意向を考慮するなら、Willingness-to-Pay として、利用者が支払える金額を便益とみるのが妥当と考えられた。

また、計画対象地域は渇水期に十分な水を得る事が困難であり、その点からも、NWSDB による安定供給が住民の大きな希望であり、そのため Willingness-to-Pay が妥当と考えられた。

8.5 維持管理の持続性及び水道経営のあり方

マハカナダラワにおいても、ワハルカダにおいても、維持管理費に対して収入は多く、投資額さえなければ、十分経営していくことが可能である。投資額（費用）が大きいため、FIRR はマイナスとなっているが、営業収支ではプラスとなり（ただし、ここではキャッシュフローをみているので、減価償却費用は除外しているが）、営業は可能である。実際には計画区域が rural area であるために、政府が投資額の 8 割を負担するので、NWSDB 自体は 2 割の投資額の負担となり、この場合はマハカナダラワでは FIRR が 0.71%、ワハルカダでは 2.0% となり、プラスとなる。ただし、2 割の投資額でも借金の場合はこの FIRR くらいの利子でないと払えないことになる。ただ、維持管理費分以上の収入を挙げられることは確かである。

本来の水道経営のあり方としては、収入で費用（投資費用も含む）をまかなうべきで、FIRR でいえば投資を借金で全額賄うとした場合の利子率と FIRR が等しければ、それで元利償還が可能となるということである。民間企業（水道事業を民間が行う）の場合は投資してもローンの利払い及び元金償還で利益が相殺されて何も残らないのでは、投資する意味がないので、より高い IRR を求めるが、NWSDB は公共であるから、基本それでも（利子率と FIRR が等しければ）よいと考えられる。しかし、FIRR がマイナスで、これでは事業体としてはやっていけない。少なくとも借金で投資した場合の利子率くらいの FIRR を確保する収入、即ち料金を確保しなければ、独立事業体としてはやっていけないことになる。しかし、料金の値上げは政府によって抑えられているので、できないとすると、政府の補助金でやっていくしかない。

これからの方向としては、スリランカの per capita GDP あるいは平均所得も上がってけば、利用者も水道料金も払えるようになるはずで、あるいは適正な料金を利用者も払うべきで、政府は料金を低く抑えるような政策を取るべきではなくなっていくであろう。もちろん、NWSDB としては維持管理費を抑える努力を最大限行う必要はある。

一方、政府は適切であるなら、料金値上げを認めるべきで、少なくともインフレ分（消費者物価指数 CPI の値上がり分）くらいは毎年認めるべきである。ただ、CPI- α として α を NWSDB の生産性向上の努力目標として政府がある程度見積もって、NWSDB に指示する、あるいは NWSDB と交渉することも考えられる。

そもそも報告書における財務分析（経済分析も）は実質（ネット）で行っているので、名目（グロス）、即ち実際の収支ではインフレ分を加えないとネットと同じ予測とならない。つまり、収入、即ち料金にもインフレ分を加味しないと、実際のコスト（インフレによる増加を含む）に対して減ることになるからである。

第9章 運用・効果指標

提案プロジェクトの進捗状況及び効果を把握するための運用・効果指標を表 9.1、表 9.2 のように定める。

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。

調査対象地域においてはすでに NWSDB が Rambewa を除く 5 つの DSD の中心部において水道事業を行っているのに加えて、多数のコミュニティ基礎の既存小規模水道スキームによる給水が行われている。ここでは新設される統合浄水場とその給水区域における運用状況を示すために現況はゼロとなる。

- 給水人口はセンサス 2011 年の GND 別人口と居住戸数（2012 年 10 月 1 日現在未公表）より求められる 1 戸当たり平均人口を用いて給水人口を算出する。区域内人口もセンサス 2011 年の GND 別人口に基づく。この計算には CBO の給水人口は含めないものとする。
- 参考として CBO の給水人口を算出する。CBO に対しては用水供給となり CBO の接続戸数を NWSDB では把握できないため、毎年各 CBO から申告してもらうものとし、Bulk Water Supply のカテゴリの給水量と関連付けて計算する。
- 一日最大給水量、一日平均給水量の計算には、浄水場内使用水量は含めない。
- CBO によって高い無収水率を示しているものがある。しかし、CBO に用水供給を行う場合にはこれらの CBO の実態は切り離され、しかも送配水管のほとんどが新設となるため、無収水率の目標値としては RSC(N/C)の実績値に近い 20%とする。
- 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。

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。

- 給水区域は水道給水区域と給水車給水区域に分けられる。水道給水区域は一般の生活用水としての多目的な水の使用が可能であるのに対し、給水車給水区域はポリタンク等による水の運搬を伴うため用途は主に飲料水及び調理用水に限定される。安全な水へのアクセス普及率は水道給水区域と給水車給水区域を合わせた総給水人口と総区域内人口より求められる。
- 給水車給水区域における実際の利用人口の把握は困難を伴うと予想される。当面は住民集会等におけるアンケート等を通じて推計するものとし、その精度を高める方策を見いだすことが助言される。
- 調査対象地域においては住民の94%（センサス2001年）は別の水源（主に井戸）を有しており、1人一日平均給水量が予想を下回るときは、住民が水道水と井戸水を用途によって使い分けていることを示す。このため、浄水場施設の拡張は水道普及率ではなく、実際の一日平均給水量の伸びを見て判断するのがよい。
- フッ素症リスク率
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 9.1 フッ素症リスク率

マハカナダラワ系

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)	$(92,073 - 62,142) / 92,073 \times 100 = 32.5\%$	

ワハルカダ系

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 9.2 水道運用指標

マハカナダラワ系

区分	指標名	指標計算方法	目標値				目的
			現在	2020	2024		
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 = (年間の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	80	96		
		施設利用率(平均) = (一日平均給水量) / (施設能力) × 100	0	67	80		
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		* ¹ 飲料水フッ素基準は 24 CBOs 中 19 CBOs で遵守されていない
基本	無収率	無収率 = (無収水量) / (給水量) × 100	—* ²	20%	20%		* ² NWSDB RSC(N/C)の実績値 19.8% (2008)

Source: Prepared by the Study Team

表 9.2 水道運用指標（続き）

ワハルカダ系

区分	指標名	指標計算方法	目標値				目的
			現在	2020	2024		
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	82	97		
		施設利用率(平均) = (一日平均給水量) / (施設能力) × 100	0	68	81		
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		* ¹ 飲料水フッ素基準は 20 CBOs 中 13 CBOs で遵守されていない
基本	無収率	無収率 = (無収水量) / (給水量) × 100	—* ²	25%	20%		* ² NWSDB RSC(N/C)の実績値 19.8% (2008)

Source: Prepared by the Study Team

表 9.3 水道効果指標

マハカナダラワ系

区分	指標名	指標計算方法	目 標 値				目 的
			現在 (2012)	2020	2024		
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%		地下水（井戸）から表流水（水道）への水源切替によりフッ素症及びCKD発症リスク回避の状況
		(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	-*	32%	28%		* 24CBOでのフッ素症リスク率は84.4%
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)	96 Lpcd	101 Lpcd	103 Lpcd		地下水（井戸）から表流水（水道）への水源切替状況
		1人一日平均給水量 = (一日平均給水量) / (給水人口)	80 Lpcd	84 Lpcd	86 Lpcd		

Source: Prepared by the Study Team

表 9.3 水道効果指標（続き）

ワハルカダ系

区分	指標名	指標計算方法	目 標 値				目 的
			現在 (2012)	2020	2024		
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	28%	59%	65%		地下水（井戸）から表流水（水道）への水源切替によりフッ素症及びCKD発症リスク回避の状況
		(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	27%	67%	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	-*	33%	28%		* 20CBOでのフッ素症リスク率は67.3%
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)	96 Lpcd	101 Lpcd	103 Lpcd		地下水（井戸）から表流水（水道）への水源切替状況
		1人一日平均給水量 = (一日平均給水量) / (給水人口)	80 Lpcd	84 Lpcd	86 Lpcd		

Source: Prepared by the Study Team

第10章 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。これらの灌漑プロジェクトはいずれも現時点では2017年完成が予定されており、本プロジェクトの完成時には運用を開始していることが想定されている。しかし、これらの灌漑プロジェクトはまだ着工されておらず、工事の遅れ、中断が起こる可能性はなしとしない。第4章の水源の利用可能性の検討でも明らかにしたように、とくにマハカナダラワ貯水池において水需給は厳しい状況に置かれており、貯水池の水を灌漑に使っている農民組合が、灌漑プロジェクトの完成を待たずにすんなり水道サイドの取水を認めるか予断を許さない状況にある。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。一方、ヤン・オヤ川のそれは7月に1.2mg/Lを記録し、日本のフッ素濃度飲料水基準の0.8mg/Lを上回っている。ヤン・オヤ川の水は飲料水源としては使われないので問題はないが、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、マハカナダラワ及びワハルカダ両貯水池流域内で農薬が頻繁に使われていると貯水池に農薬が濃縮された流入水が流入することになる。2011年11月~2012年5月の殺虫剤残留物質 (pesticide residue)、ヒ素・カドミウム・シアン化物・鉛・水銀・セレンウム・クロミウムの毒性化学物質 (toxic chemical requirements) に係る水質試験結果では異常値は検出されていないが、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は現在飲料水源に使っている井戸水のフッ素濃度が高いために歯牙フッ素症の発生をまねいており、かつこの地域で多発している慢性腎臓病の原因物質の一つではないかという疑いももたれている。このため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が切望されている。本統合水道プロジェクトに対する住民の期待は大きく、接続意欲は強いと考えられるが、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、以下のような背景を考えるとそれに過度に評価することは危険である。

- 計画対象地域はアヌラダプラ県の中でも貧困層の占める割合が高い。
- 住民の大半は別に水源を保有しており、接続するかどうかは住民次第である。
- 水道に接続しても水道水と地下水を用途に応じて選択的に使用する可能性がある。
- 計画対象地域内で NWSDB の運営する水道事業においてもこれまで給水栓数の伸びは決して高くはなかった。
- 計画対象区域が広大過ぎるため 100%普及を達成するには長い時間がかかる。

住民の啓蒙キャンペーンを通じてどこまでこれらの問題を克服できるかに係っていると見える。その際に、普及率だけでなく給水量の伸びにも着目すべきである。

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

高架水槽、取水場等一部の施設予定地の地質調査は、幾つかの理由により調査期間中に実施できなかった。そのような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は上記サイトにも適用可能であるという仮定して予備設計を行っていることに留意されたい。

(2) 配水管工事の数量

計画対象区域は集落が広大な地域に散らばっているため、配水システムについては測量は行っておらずかつ設計も行っていない。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ことに留意されたい。