

4-2 計画内容の検討

4-2-1 計画の妥当性・必要性

グレーター・カトマンズの水道は、慢性的な給水量不足と給水水質の障害に悩まされている。特に、鉄、マンガン、アンモニア性窒素を多量に含み、無処理のまま給水されている地下水が関係する50%以上に及ぶ給水区域では、その水系疾病の発生率が1,000人当たり6.8~34.3人と非常に高く（ちなみに、給水水質の良いシャイブー・システムの給水区域の水系疾病発生率は1,000人当たり4.7人である）、公衆衛生状態は悪化し、住民の生活の安定が脅かされている。

従って、この給水量不足と給水水質の水質障害の改善を目的として水道施設整備を行うことは、ネパール国政府の国家開発計画の中で国民の生活水準の向上を図るための重要な施策である社会基盤整備にとって最も緊急性が高いものである。

このグレーター・カトマンズの水道施設整備に協力効果の高い我が国の無償資金協力による緊急な対応が望まれる。

4-2-2 関連計画との競合・重複

(1) 15YCDP

15 Year Comprehensive Development Programme (15YCDP) は世銀/UNDPの協力によって実施された「Service Improvements in Kathmandu, Lalitpur and Bhaktapur and Management Support to WSSC - 1990」調査に基づいて1990年に策定された。これは、1991年を初年度として3次の5カ年計画より成っている。15YCDPの概要と実施スケジュールは表-4.2.1、図-4.2.1に示すとおりである。

15YCDPの第1次5カ年計画（1991~1995年）として、以下の2プロジェクトが進行中である。

- 1) Urban Water Supply and Sanitation Rehabilitation Project
(1991~1995年) (UWSSRP)
- 2) Greater Kathmandu Water Supply Project
(1991~1992年) (メラムチ計画)

1) UWSSRP

UWSSRPは世銀とUNDPの援助によって実施されており、その詳細設計と施工監理をドイツのコンサルタント (German Water Engineering - GWE) が行うこととなっている。このプロジェクトに対して、世銀が6,000万ドル、UNDPが600万ドルの融資をすでに決定している。その内容は以下のとおりである。

- a) 既存井戸の改善。
- b) 配水システムの改善。
- c) 水道メーターの改善と設置。
- d) 表流水源の改善。
- e) 既存浄水場の改善。
- f) 表流水と地下水の併用。
- g) 地下水水質改善のための浄水場建設（マハンカルチュール、バンスバリ）。
- h) 配水システム整備。
- i) 漏水防止。

2) メラムチ計画

メラムチ計画は同じく世銀とUNDPの援助によってオーストラリアのコンサルタント (Snowy Mountains Engineering Corporation Ltd. - SMEC) がF/S調査を実施している。盆地外導水に係るこの計画は、1991年に着工し1998年には完成の予定で、1999年から給水が可能となる予定である。

現在、下記の施設について、JICA水道整備計画で提案されている8プロジェクトのうち、本計画（ステージ1）だけを実施した場合と、3ステージ全てが実施された場合の2条件を考慮して調査・計画を行うことになっている。

- a) 取水設備 (2.6m³/s)。
- b) 導水トンネル (内径2.5m, 延長27km, 通水能力10m³/s)。
- c) 流量調節用貯水池 (18百万m³)。
- d) 浄水施設 (2.6m³/s)。
- e) 送水施設 (2.5m³/s)。
- f) 配水施設 (2.5m³/s)。

以上の水道施設の建設費は、1億5580万ドルと見積られている。但し、これには e), f) の送水・配水施設の建設費は含まれていない。

表-4.2.1 15YCDPの概要

Description of Components	Cost in NRs million					Local (%)
	Foreign	Local	Tax	Land	Total	
Kathmandu						
K 1 Management and technical assistance	184.71	72.99	0.00	0.00	257.70	28.32
K 2 Melamchi design	57.00	37.15	0.00	0.00	94.15	39.46
K 3 Rehabilitation of groundwater sources	80.93	8.08	0.62	0.00	89.63	9.01
K 4 Distribution system rehabilitation	220.41	56.21	1.97	0.00	278.59	20.18
K 5 Meter rehabilitation and supply	30.99	1.51	0.30	0.00	32.80	4.60
K 6 Surface sources new and rehabilitation	95.80	30.57	0.69	0.00	127.06	24.06
K 7 Sewerage rehabilitation	74.61	31.81	0.04	0.00	106.46	29.88
K 8 Rehabilitation of treatment works	39.98	6.35	0.23	0.00	46.56	13.64
K 9 Conjunctive use	325.68	58.44	2.27	0.00	386.39	15.12
K 10 New water treatment works Phase 1 & 2	458.89	94.57	2.38	15.06	570.90	16.57
K 11 Leakage control and meters Phase 1 & 2	129.02	57.57	0.31	0.00	186.90	30.80
K 12 New distribution Phase 1	61.15	14.18	0.58	0.00	75.91	18.68
K 13 Sewerage extension Phase 1 & 2	196.05	84.02	0.00	0.00	280.07	30.00
K 14 Central facilities, plant & vehicles	186.28	16.45	1.50	0.00	204.23	8.05
K 15 Training Phase 1	19.60	8.40	0.00	0.00	28.00	30.00
K 16 Consumer education Phase 1	19.60	8.40	0.00	0.00	28.00	30.00
K 17 Technical assistance Phase 2	60.21	23.79	0.00	0.00	84.00	28.32
K 18 Melamchi construction	3,912.17	427.44	2.80	21.00	4,363.41	9.80
K 19 Melamchi supervision	280.98	111.02	0.00	0.00	392.00	28.32
K 20 Distribution system rehab. Phase 2	587.69	166.40	5.00	0.00	759.09	21.92
K 21 Meter supply & connections Phase 1 & 2	131.32	12.48	1.31	0.00	145.11	8.60
K 22 New trunk mains & distribution Phase 2	348.07	75.48	2.37	5.36	431.28	17.50
K 23 Training Phase 2	19.60	8.40	0.00	0.00	28.00	30.00
K 24 Consumer education Phase 2	19.60	8.40	0.00	0.00	28.00	30.00
K 25 Sewage treatment Phase 3	24.43	10.47	0.00	69.30	104.20	10.05
K 26 Sewerage extension Phase 3	314.86	134.94	0.00	0.00	449.80	30.00
K 27 New distribution Phase 3	419.63	148.93	3.83	0.00	572.39	26.02
K 28 Training Phase 3	19.60	8.40	0.00	0.00	28.00	30.00
K 29 Consumer education Phase 3	19.60	8.40	0.00	0.00	28.00	30.00
Out of Valley towns						
OV 1 Water supply rehabilitation	120.86	39.62	0.95	0.00	161.43	24.54
OV 2 Water supply Phase 1	1,116.65	426.71	6.14	16.63	1,566.13	27.25
OV 3 Water supply Phase 2	1,724.08	405.84	12.80	46.28	2,189.00	18.54
OV 4 Water supply Phase 3	2,267.19	485.68	17.31	50.76	2,820.94	17.22
OV 5 Sanitation/Sewerage Phase 1	27.24	11.67	0.00	0.00	38.91	29.99
OV 6 Sanitation/Sewerage Phase 2	81.62	35.11	0.00	0.00	116.73	30.08
OV 7 Sanitation/Sewerage Phase 3	849.39	364.02	0.84	266.51	1,480.76	24.58
Total	14,525.49	3,499.90	64.24	490.90	18,580.53	18.84

図-4.2.1 15YCDPの実施スケジュール

Financial Years		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Calendar Years		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ref	Components																
	Kathmandu																
K 1	Management and technical assistance																
K 2	Melanchi design																
K 3	Rehabilitation of groundwater sources																
K 4	Distribution system rehabilitation																
K 5	Meter rehabilitation and supply																
K 6	Surface sources new and rehabilitation																
K 7	Sewerage rehabilitation																
K 8	Rehabilitation of treatment works																
K 9	Conjunctive use																
K 10	New water treatment works Phase 1 & 2																
K 11	Leakage control and meters Phase 1 & 2																
K 12	New distribution Phase 1																
K 13	Sewerage extension Phase 1 & 2																
K 14	Central facilities, plant & vehicles																
K 15	Training Phase 1																
K 16	Consumer education Phase 1																
K 17	Technical assistance Phase 2																
K 18	Melanchi construction																
K 19	Melanchi supervision																
K 20	Distribution system rehab, Phase 2																
K 21	Meter supply & connections Phase 1 & 2																
K 22	New trunk mains & distribution Phase 2																
K 23	Training Phase 2																
K 24	Consumer education Phase 2																
K 25	Sewerage treatment Phase 3																
K 26	Sewerage extension Phase 3																
K 27	New distribution Phase 3																
K 28	Training Phase 3																
K 29	Consumer education Phase 3																
	Out of Valley towns																
OV 1	Water supply rehabilitation																
OV 2	Water supply Phase 1																
OV 3	Water supply Phase 2																
OV 4	Water supply Phase 3																
OV 5	Sanitation/Sewerage Phase 1																
OV 6	Sanitation/Sewerage Phase 2																
OV 7	Sanitation/Sewerage Phase 3																

(2) JICA水道整備計画

上記の15YCDPでは、メラムチ計画による給水は1999年から可能となる計画であるが、解決すべき種々の問題が残されており、その目標の達成が危惧されている。かかる状況下、2001年を目標年次とし、既存水源と盆地内で開発可能な表流水を水源とする水道整備計画の策定のため、JICAマスタープラン調査が実施された。この調査の結果、JICA水道整備計画として以下の3つのステージから成る8プロジェクトが提案された。

1) ステージ1

既存地下水源に係り、地下水の水質改善と共に、この地下水と併用する表流水源の開発を含む計画で、水質・水量の両面から最も緊急性の高い計画である。

(マハンカルチュール、バンスバリ・プロジェクト)

2) ステージ2

既存浄水場の改善とそれに係る水道整備計画である。

(バラジュール、ランバガール、スングリジャル、シャイプー・プロジェクト)

3) ステージ3

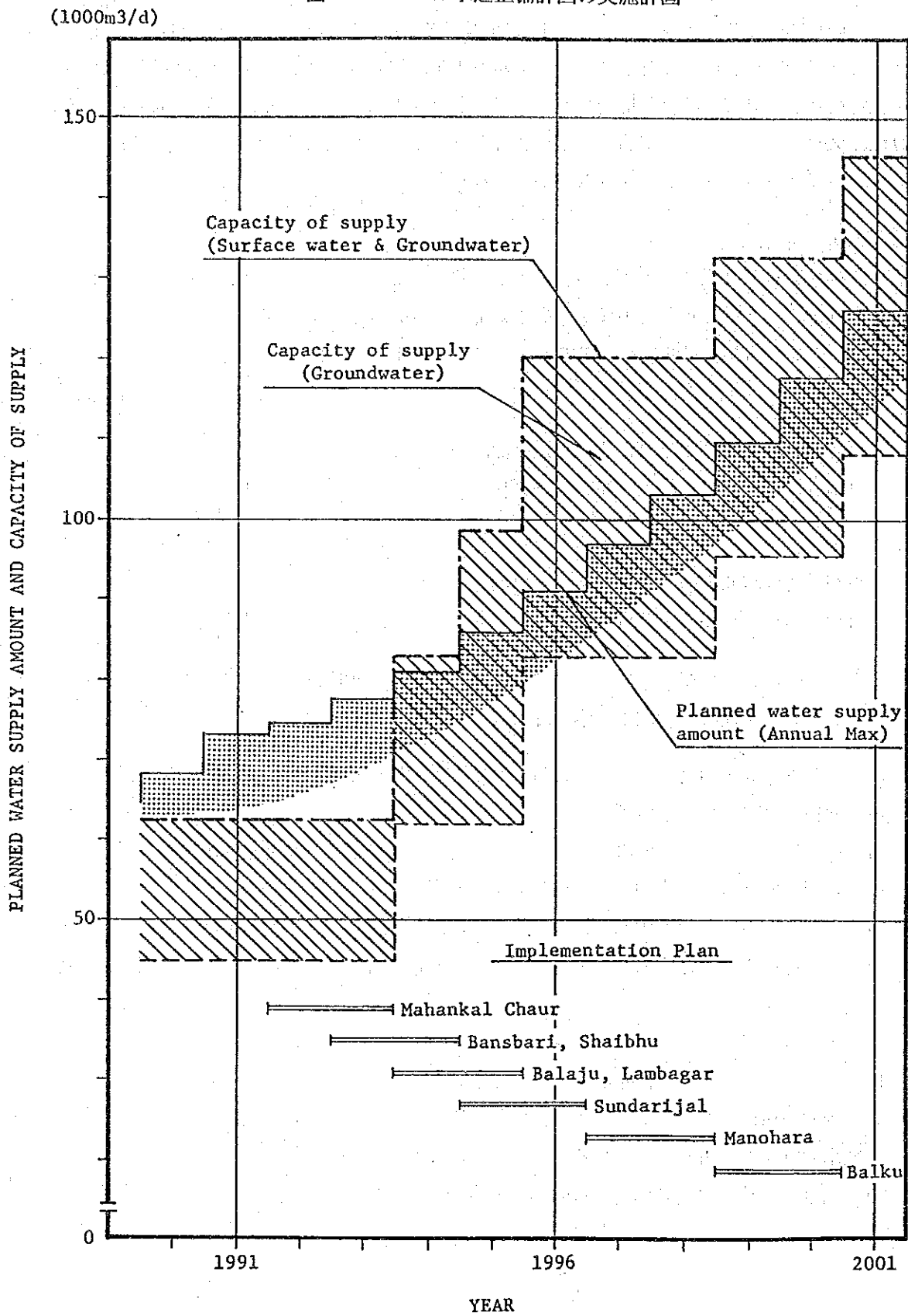
新規表流水源開発による新システムに係る計画である。

(マノハラ、バルク・プロジェクト)

JICA水道整備計画の概要を付属資料-5に示す。また、実施計画は図-4.2.2に示すとおりである。このJICA水道整備計画の基本概念は次のとおりである。

- a) メラムチ計画の実現が予想される2001年を計画目標年次とする。
- b) 水需要に対応する水資源開発と水質改善を目的とする。
- c) 既存地下水は地下水源の保護と恒久的利用のために適正揚水量を揚水する。
- d) 水源は既存水源と盆地内で開発可能な表流水源とする。
- e) 有限な地下水源と渇水期に取水可能水量に制限のある表流水を併用活用する。
- f) 主水源は表流水とするが、表流水の取水可能水量に制限のある渇水期に有限である地下水を活用する。
- g) 地下水はアンモニア性窒素、鉄、マンガン除去処理を行う。
- h) 老朽化している既存浄水場を再建して水質の改善を図る。
- i) 配水区域のコンパクト化により配水圧の均等化を図り、配水管内流速の変化を少なくし、給水水質への影響を少なくすると共に、断水や漏水を少なくする。
- j) 給水量と給水水質の両面からの効果と経済性について比較検討して実施計画を策定する。

図-4.2.2 JICA水道整備計画の実施計画



(3) 15YCDPとJICA水道整備計画の関係

15YCDPの内、JICA水道整備計画と目標年次が競合する第1次、第2次5カ年計画は以下の項目でJICA水道整備計画と重複している。

1) 新規表流水源の開発及び既存水源の復旧	616
2) 既存浄水場の復旧	969
3) 表流水と地下水の併用	11,959
4) 新浄水場の建設(第1期)	10,040
5) 新配水システムの建設(第1期)	2,711
6) 新配水システムの建設(第2期)	27,110
計	53,405

注) 上記の数字はJICA水道整備計画と重複している建設費(単位:千ドル)

一方、JICA水道整備計画において、浄水施設(水源開発を含む)と配水施設の整備計画とに分けた場合の建設費は次のようになる。

	浄水施設	配水施設	計
1) マハンカルチュール	13,970	—	13,970
2) バンスバリ	10,850	980	11,830
3) シャイブー	1,860	2,020	3,880
4) パラジュー	4,150	—	4,150
5) ランバガール	6,080	1,980	8,060
6) スングリジャル	5,980	4,580	10,560
7) マノハラ	6,020	4,360	10,380
8) バルク	5,720	2,810	8,530
合計(千ドル)	54,630	16,730	71,360

上記のようにUWSSRPと本計画の基になっているJICA水道整備計画は、メラムチ計画の実現が予定されている2001年を目標年次とする水道整備目標において競合・重複している。

従って、UWSSRPとの整備分担やスケジュールを明確にして、その実施のテンポを早め、浄水施設整備を主とした本計画と給配水施設整備を主としたUWSSRPとの整合により、水道整備の効果を部分的であってもできるだけ早く顕示できるように両計画の調整が必要である。

また、NWSCは3億6000万ドルと見積られている15YCDPにて計画されている盆地内上下水道整備計画全体に要する資金の調達に苦慮しており、限られた資金を活用してグレーター・カトマンズの水道事業に最大限の効果をもたらすため、これら重複している項目の調整と共に、日本の無償資金協力の一層の拡大を期待している。

(4) UWSSRPとJICA水道整備計画との調整

メラムチ計画の実現が期待されている。2001年を計画目標年次とする水道整備は(3)でも述べたように競合・重複するUWSSRPとJICA水道整備計画との調整のもとに、次のような内容を持ったものでなければならない。

1) 需要水量に対応できる盆地内水源の開発・整備

- a) 既存井戸の改善・整備。
- b) 既存表流水源の改善・整備。
- c) 既存表流水源の拡張・整備。
- d) 既存地下水と併用する表流水源の開発。
- e) 新規表流水源の開発。

1989年の水需要 62,800m³/日に対して、2001年の水需要は126,200m³/日と予想されている。長期水道計画においても地下水を重要な水源とし、適正な地下水管理により恒久的に利用することを前提とすれば、現在の表流水、地下水を合わせた水源能力は54,800m³/日(給水量相当)しかなく、2001年までに71,400m³/日(給水量相当)の水源の拡張・開発が必要となる。

盆地内の表流水源は概して、豊水期には十分な水量を確保できるが、渇水期は取水可能水量が少なくなり、各給水システムの給水可能水量と需要水量に過不足を生じることになる。この過不足を調整するためには、貯水池を設けて豊水期の表流水を貯留して補完する、各システムの配水区域間で送水量調整をする等の十分な検討を行うことにより水道施設全体として最も経済的な水源を開発する必要がある。

2) 既存水源と新規水源の浄水施設建設整備

- a) 既存スングリジャル浄水場の再建。
- b) 既存バラジュー浄水場の再建。
- c) 既存シャイブー配水場の改善。
- d) 既存地下水の水質改善。
- e) 既存地下水と新規表流水を併用する浄水場の建設。
- f) 新規表流水源のための浄水場の建設。

a)、b)の浄水場は、1960年代に建設されたもので、すでに30年近くを経過し、その機能は麻痺寸前で復旧不可能な状態にあり、早急な再建により正常な浄水処理を行うことが必要である。

c)は滅菌設備などの改善が必要である。

d)については、アンモニア性窒素、鉄、マンガンの含有量が多い北部井戸群からの地下水の除アンモニア性窒素、除鉄・マンガン処理が必要である。

e)については、地下水と表流水の処理比が月毎に変動するので、その変動に追従できる能力を持った施設を検討する。

f)については、月毎に変動する水量・水質に対応できる施設を検討する。

3) 既存配水施設・給水装置の改善・整備

配水施設は1896年の水道開設以来、需要水量の増加や配水区域の拡大に伴って無計画に増設されてきた。このため、配水施設の老朽化や配水システムと需要分布がバランスしていないために配水区域内での水圧の不均一を生じており、漏水や出水不良の原因となっている。また、施設の老朽化と共に腐食性が高く、鉄、マンガン及びアンモニア性窒素を多量に含む給水水質のため、配水管内は腐食したり閉塞したりしている。

一方、給水装置も同様で、老朽化して機能を果たしていないもの、漏水が激しいもの、水道メーターが設置されていないもの等があり、漏水及び浪費水量増大の原因となっており、水道事業経営の悪化の要因ともなっている。

以上のような状況から、既存の配水施設、給水施設は次のような改善・整備が必要である。

- a) 既存配水管のクリーニング及び取り替え。
- b) 配水管、給水装置の漏水防止。
- c) 給水装置の整備、特に水道メーターの完備。
- d) 以下に述べる配水システムに対応した配水管網の整備。

4) 増加する需要水量とその需要分布に対応できる配水システムの整備

1989年の給水量は 62,800m³/日であり、2001年にはこの約2倍の126,200m³/日になると予想される。従って、現在の配水システムでは増加する需要水量を均等に配水することは不可能となる。即ち、同じ配水地域に2倍の水量を配水した場合、その配水区域の水圧の不均一は3.6倍に拡大し、漏水、出水不良、さらに老朽化した配水管や給水装置の破裂等の事故の発生につながる。

従って、少なくとも1989年と同じ給水状態（水圧バランス）を維持する配水システムにするには、その配水区域を1/3.6に分割する必要がある。この配水区域のコンパクト化は、配水水圧のより一層の均一化と共に、配水管内流速の変化を少なくすることになり、不均等な給水と給水水質の悪化を防止することになる。

5) 送水システムと配水管網の分離

現在は送水システムと配水システムが分離されていないため、配水水圧の不均一や管内流速の変動が大きく漏水や出水不良、さらには水質に係る障害を起こす原因となっている。従って、上記4)の配水システムのコンパクト化と同時に、その配水区域への送水システムと当該配水管網との分離が必要である。

また、より一層の配水水圧の均等化や管内流速変動を少なくするために、配水区域の固定化が望まれる。このためには、各配水区域への送水量を調整するための適当な送水連絡システムを計画する必要がある。

6) 長期水道整備計画の1段階としての整合性

2001年までの水道整備は、長期水道整備計画の最初の1段階であり、長期水道計画の重要な柱である。限られた資金によって1991年から2001年の水道整備に最大限の効果をもたらすためには、上記の内容について競合・重複している15YCDP、特にUWSSRPとJICA水道整備計画との基本概念を調整し、且つその分担についても明確にして実施計画に整合性を持たせる必要がある。

UWSSRPは上記基本概念に基づいて、次の項目について世銀/UNDPの6,600万ドルの融資により、すでに実施過程にある。

- 1) 既存水源の改善・整備。
- 2) 既存配水施設・給水装置の改善・整備。
- 3) 配水地域のコンパクト化を目指した配水池を含む配水システムの整備。

ネパール国政府は、上記の項目以外の既存水源と新規水源の浄水施設整備による水質改善と新規水源の開発について、我が国の無償資金協力による実施を強く望んでいる。この要望の内、本計画で、地下水の水質改善、既存地下水と併用する表流水源の開発とその浄水施設の建設を検討しているが、JICA水道整備計画で提案されている残りのプロジェクト（そのうちUWSSRPと重複している配水システムの整備を除く既存浄水施設の改善、新規水源の開発とその浄水施設の建設）についても我が国の無償資金協力による実施を強く期待している。

(5) 長期水道整備計画策定への提言

メラムチ計画は2001年以降の30年という長期の水道整備を目指すものであり、その投資額も莫大となることから少なくとも下記の点について十分な調整・検討が必要である。

- 1) 水需要予測。
- 2) メラムチ計画実現までの水道整備計画の位置づけ。
- 3) 既存配水施設との整合性。

1) 水需要予測

a) 人口予測

これまでの人口予測は、10年毎に行われる国勢調査の人口データを基に、自然増や社会的要因による増加を加味して推測する方法が取られてきた。これは、これまでのように比較的短期間の計画においてはやむを得ないが、30年以上の長期計画においてはグレーター・カトマンズの物理的、経済的潜在能力から飽和人口を推計し、それを基にロジスティック曲線式を用いて推定する方法が適切である。以下に物理的潜在能力からみた飽和人口を推定してみる。

グレーター・カトマンズ及びその周辺部を含めた給水可能区域の総面積は約151km²であり、その内訳は次のとおりである。

ー 環状道路内部 (グレーター・カトマンズ市街地)	43.2km ²
ー 環状道路外接部 (外側1km)	27.5km ²
ー 上記以外の平坦部	80.3km ²
	151.0km ²

JICAマスタープラン調査時の人口予測によれば、1991年のグレーター・カトマンズの人口は48.6万人である。グレーター・カトマンズの境界は、ほぼリング・ロードと一致していることから、上記リング・ロード内部の面積43.2km²を用いてグレーター・カトマンズ市街地の人口密度を求めると11,250人/km²となる。

グレーター・カトマンズの市街地は現在でもかなり過密な状態にあり、これ以上の人口集中は難しい状況にある。さらに、ネパールでは建築材料として主にレンガが使用されており住宅の高層化は難しい。しかし、ある程度の住宅の中層化・集合化を図れば、現在の約1.3倍の14,500人/km²の人口密度となりうる可能性はある。

リング・ロード外接部 (外側1km) については、現在ほとんど農地 (主に水田) として利用されているが、都市の拡張により将来的には現在の市街地部と同程度 (11,000人/km²) の人口密度に達するものと考えられる。また、それ以外の平坦部については、平坦部でも比較的起伏に富み宅地化するのが難しい地域もかなりあることから、将来の人口密度は現在の市街地の半分程度 (5,000人/km²) が上限であると考えられる。

以上より、グレーター・カトマンズ及びその周辺部を含む給水可能区域の飽和人口を推定すると次のようになる。

ー 環状道路内部	43.2km ² × 14,500人/km ² =	626,400人
ー 環状道路外接部 (外側1km)	27.5km ² × 11,000人/km ² =	302,500人
ー 上記以外の平坦部	80.3km ² × 5,000人/km ² =	<u>401,500人</u>
	計	1,330,400人

これより、給水可能区域内の飽和人口は約135万人と推定され、同区域の平均人口密度は約9,000人/km²となる。この人口密度は給水可能区域全体がほぼ現在の市街地の人口密度の約80%に達することを意味し、これ以上の人口増加は物理的に不可能であると考えられる。

一方、社会・経済的な要因に基づく人口予測を行うことは非常に難しいが、135万人の人口を支えるためには社会基盤の整備に莫大な投資が必要となる。また、都市化に伴って農地が宅地化されるため、現在の農業労働人口及び人口増加に伴う労働人口増を吸収するための産業基盤の整備、産業の誘致等が必要となる。従って、カトマンズの首都としての重要性と共に、その社会・経済及び地理的条件等を十分に考慮して、これら都市基盤整備とそれに対する投資の妥当性を検討しておく必要がある。また、これに基づいて将来人口を含む適正な都市の規模を検討する必要がある。

飽和人口を135万人として、ロジスティック曲線式を用いて将来人口を予測すると以下のようになる。ここで、定数a及びbは1961、71、81年の国勢調査によるグレーター・カトマンズの人口及びJICAマスタープラン調査で推定されている1991年、2001年の各10年毎の人口から最小二乗法を用いて算定した。

$$y = \frac{k}{1 + e^{a-bx}}$$

y : 基準年(1981年) からx後の人口

x : 基準年からの経過年数

k : 飽和人口 (135万人)

a, b : 定数

$$a = 1.04608, \quad b = 0.05362$$

(単位：千人)

	2001年	2006年	2011年	2016年	2021年	2026年	2031年
将来人口	684	774	860	940	1,013	1,076	1,130

b) 水需要

水需要は一般に生活水準の向上に伴って増加するが、その上限は現在の先進各国の水準である 200 l/日/人程度であると考えられる。水需要の伸びは社会・経済的な要因、ライフ・スタイルの変化による影響が大きく、長期間の予測は難しい。従って、ここではJICAマスタープラン調査で検討されている原単位の伸び（生活水準の向上による伸び率2.5%/年と水洗トイレの普及による伸び0.37 l/年）から将来の原単位を推定すると以下ようになる。

(単位：l/日/人)

	2001年	2006年	2011年	2016年	2021年	2026年	2031年
原単位	120.7	138.6	158.6	181.4	200.0	200.0	200.0

以上の将来人口と原単位から漏水率25%として水需要を推定すると以下ようになる。

(単位：千m³/日)

	2001年	2006年	2011年	2016年	2021年	2026年	2031年
水需要	110	143	182	227	270	287	301

(単位：千m³/日)

	2001年	2006年	2011年	2016年	2021年	2026年	2031年
新規水需要	19.2 0	52.2 16.8	91.2 55.8	136.2 100.8	179.2 143.8	196.2 160.8	210.2 174.8

注) 上段はJICA水道整備計画の内、2プロジェクトが実施された場合。
下段は8プロジェクト全てが実施された場合。

この水需要はこれまでのメラムチ計画策定のための需要予測と大幅に異なり、新規の水需要は2031年でもJICA水道整備計画の2プロジェクトが実施された場合210千m³/日、8プロジェクト全てが実施された場合175千m³/日となる。飽和人口135万人に対しても、新規水需要は234千m³/日と予測される。

このように、これまでのメラムチ計画策定のための水需要量と大幅に異なることは、長期水道計画策定の根本的な見直しにつながるものであり、慎重な検討が必要である。

2) メラムチ計画実現までの水道整備計画の位置づけ

メラムチ計画実現の目標年次である2001年までには、15YCDPの第1次5カ年計画、第2次5カ年計画及び本計画を含むJICA水道整備計画の実施が検討されている。限られた資金を活用してグレーター・カトマンズの長期水道計画に最大限の効果をもたらすためには、メラムチ計画においてその実現後も2001年までの上記水道整備計画で建設される施設を十分に活用し、それまでの投資との重複を極力さけた計画とする必要がある。

長期水道整備計画の目標の内、水量の確保については、JICA水道整備計画で計画されている盆地内での水源拡張により、本計画（マハンカルチュール及びバンスバリ・プロジェクト）の完成する1995年には給水能力 85,700m³/日となる。さらに、残りの6プロジェクトが実施された場合には給水能力126,200m³/日となる計画である。メラムチ計画実現後の2001年以降についても上記の施設を恒久的に活用すれば、盆地外からの必要導水量は次のようになる。

(単位：千m³/日)

	2001年	2006年	2011年	2016年	2021年	2026年	2031年
必要導水量	19.8 0	53.8 17.3	93.9 57.5	140.3 103.8	184.6 148.1	202.1 165.6	216.5 180.0

注) 上段はJICA水道整備計画の内、2プロジェクトが実施された場合。
下段は8プロジェクト全てが実施された場合。

メラムチ計画では第1段階として27kmのトンネルとメラムチ取水施設を建設して、メラムチ川よりまず 2.6m³/s、その後の水需要の伸びに応じてさらにトンネルと取水施設の建設を行って、同河川の支川であるヤングリ川、ラーク川より順次導水する計画となっている。

メラムチ計画の策定にあたって、2001年までに建設される施設を有効に利用する計画とすれば、メラムチ計画の目標年次2031年の水需要は、第1段階のメラムチ川からの導水(224.6千m³/日)のみでなお余裕があり、2051年の水需要にも対応できることになる。これより、次段階で計画されているヤングリ川、ラーク川からの導水による水道施設建設の時期を遅らせることができると共に、第1段階のメラムチ川からの導水による水道施設建設のうちその浄水施設、送水・配水施設について、新規の水需要に応じて段階的に実施することで効率的投資が可能になる。

また、ヤングリ川、ラーク川による水源拡張は最も早い時期でも今後約40年後となることから、第2段階の計画については、適切な時期に人口、原単位の伸びなど水需要を見直してこれらの計画の妥当性、必要性を再検討すべきである。

3) 既存配水施設との整合性

15YCDPの第1次、第2次5カ年計画でグレーター・カトマンズの配水システムは2001年までの水需要に対応したシステムとして整備されることになっている。しかし、メラムチ計画の第1段階であるメラムチ川からの導水による水道施設の完成により、その給水能力は2001年の能力の約2.6倍に達することになり、2001年までの配水システムではこれらの水量を配水できなくなる。即ち、水量が2.6倍になれば、同じ配水システムでその水量を配水するためには約5.8倍の水圧が必要となり、既存配水池からの自然流下による配水システムでは対応できなくなる。また、増圧ポンプによる加圧給水を行った場合には、漏水量の増加や古い配水管の破裂等の事故の発生につながる。従って、メラムチ計画完成後の配水システムとしては次のような計画を検討する必要がある。

- a) 既存配水管を大口径のものと取り替えるか、配水量増加分に対応した配水管を増設する。
- b) 配水区域を水需要分布に応じて適切な大きさに分割する。メラムチ計画の新設浄水場からの処理水を各配水区域の新設あるいは既存配水池に送水して、そこから既存配水管を利用して配水する。

a)はグレーター・カトマンズの配水区域のほぼ全域に亘る配水管工事が必要となり、長期の工事期間が必要となると共に、2001年までに整備される配水システムの大幅な変更となることから工事費も高くなる。一方、b)は2001年までに整備される配水システムを有効に利用する計画である。新設される配水地の建設用地を確保する必要があるが、工事は比較的容易であり、配水区域内の水圧均一化を図ることができる。

従って、メラムチ計画完成後の配水システムとしてはb)の対策に基づいて計画されることが望まれる。

4-2-3 水道施設計画

(1) 計画目標年次

本計画は、JICA水道整備計画で提案されている8プロジェクトの内、ステージ1の2プロジェクトである。グレーター・カトマンズの2001年までの水道整備計画としては、本計画の他に、JICA水道整備計画のステージ2、ステージ3及び15YCDPの第1次5カ年計画（1991～1995年）、第2次5カ年計画（1996～2001年）があり、今後、これらの計画を実施する場合には競合している項目についての十分な調整が必要となるが、本計画は計画目標年次2001年のJICA水道整備計画の一過程という認識に立って本計画の目標年次は1995年とする。

(2) 水量計画

1) 計画給水量

1989年の最大給水量は62,800m³/日であった。この内、地下水は22,500m³/日で35.8%を占めている。JICAマスタープラン調査により、恒久的に既存地下水源を利用するためには、地下水の揚水可能水量を15,600m³/日に制限すべきであると提言されている。これは、給水量ベースでは14,500m³/日となる。従って、1989年の給水状況においても、この提言どおりに地下水揚水量を制限すると、給水能力は54,800m³/日となり、すでに約8,000m³/日の不足を生じることになる。今後、新たな水源開発が行なわれなければ、本計画の完成目標である1995年では30,900m³/日、2001年には71,400m³/日の給水量の不足を生じることになる。

本計画では、2001年の水需給に考慮を払いながら、少なくとも1995年の水需要(85,700m³/日)に対応できることを目標とする。

本計画の計画給水量は、JICA水道整備計画の計画給水量に基づいて、需要分布、各配水システムの状況及び水源能力を考慮して決定する。1995年及び2001年の各給水システムの需要水量及び計画給水量は各々表-4.2.2、表-4.2.3に示すとおりである。これより、本計画の計画給水量はマハンカルチュール・プロジェクトで26,500m³/日、バンスバリ・プロジェクトは22,100m³/日となる。

表-4.2.2 各システムの需要水量と計画給水量 (1995年)

システム	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
(単位: m ³ /日)												
1. スンダリジャール												
a) 需要水量	13,400	13,900	15,200	16,300	17,000	17,500	17,600	17,500	17,200	16,300	14,800	13,600
b) 給水量	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	17,600	17,600	17,500	17,200	16,300	14,800	13,600
c) 過不足量	4,600	4,100	2,800	1,700	1,000	100	0	0	0	0	0	0
2. マハンカルチュール												
a) 需要水量	18,700	19,500	21,300	22,800	23,800	24,400	24,600	24,500	24,000	22,700	20,700	19,100
b) 給水量	19,100	14,900	15,400	19,400	22,000	24,100	24,600	24,500	24,000	22,700	20,700	20,200
一表流水	19,100	14,900	8,200	8,200	8,200	12,400	24,600	24,500	24,000	22,700	20,700	20,200
一地下水	0	0	7,200	11,200	13,800	11,700	0	0	0	0	0	0
c) 過不足量	400	-4,600	-5,900	-3,400	-1,800	-300	0	0	0	0	0	1,100
3. バンスバリ												
a) 需要水量	15,500	16,200	17,700	18,900	19,700	20,300	20,400	20,300	19,900	18,800	17,100	15,800
b) 給水量	5,300	11,900	17,700	18,900	19,700	20,300	20,400	20,300	19,900	18,800	17,100	14,700
一表流水	5,300	5,300	5,300	5,300	5,300	5,300	20,400	20,300	19,900	18,800	17,100	14,700
一地下水	0	6,600	12,400	13,600	14,400	15,000	0	0	0	0	0	0
c) 過不足量	-10,200	-4,300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,100
4. バラジュー												
a) 需要水量	6,400	6,700	7,300	7,800	8,100	8,300	8,400	8,400	8,200	7,800	7,100	6,500
b) 給水量	8,100	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,200	7,800	7,100	6,500
c) 過不足量	1,700	1,700	1,100	600	300	100	0	0	0	0	0	0
5. シャイプー												
a) 需要水量	11,200	11,600	12,700	13,600	14,200	14,600	14,700	14,700	14,300	13,600	12,400	11,400
b) 給水量	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700	14,300	13,600	12,400	11,400
c) 過不足量	3,500	3,100	2,000	1,100	500	100	0	0	0	0	0	0
需要水量計	65,200	67,900	74,200	79,400	82,800	85,100	85,700	85,400	83,600	79,200	72,100	66,400
給水量計	65,200	67,900	74,200	79,400	82,800	85,100	85,700	85,400	83,600	79,200	72,100	66,400
不足水量計	-10,200	-8,900	-5,900	-3,400	-1,800	-300	0	0	0	0	0	-1,100
余剰水量計	10,200	8,900	5,900	3,400	1,800	300	0	0	0	0	0	1,100

表-4.2.3 各システムの需要水量と計画給水量 (2001年)

(単位: m³/日)

システム	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1. スンダリジャル												
a) 需要水量	13,400	13,900	15,200	16,300	17,000	17,500	17,600	17,500	17,200	16,300	14,800	13,600
b) 給水量	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	17,600	17,600	17,600	17,600	17,600	14,800	13,600
c) 過不足量	4,600	4,100	2,800	1,700	1,000	100	0	100	400	1,300	0	0
2. マハンカルテュール												
a) 需要水量	18,700	18,500	21,200	22,800	23,800	24,400	24,600	24,500	23,900	22,700	20,700	19,100
b) 給水量	19,100	14,900	20,800	22,800	26,500	25,400	24,600	24,600	24,600	22,700	20,700	20,200
-表流水	19,100	14,900	8,200	8,200	8,200	12,400	24,600	24,600	24,600	22,700	20,700	20,200
-地下水	0	0	12,600	14,600	18,300	13,000	0	0	0	0	0	0
c) 過不足量	400	-4,600	-400	0	2,700	1,000	0	100	700	0	0	1,100
3. バンスバリ												
a) 需要水量	15,500	16,200	17,700	18,900	19,700	20,300	20,400	20,300	19,900	18,800	17,200	15,800
b) 給水量	5,300	10,100	17,700	21,400	22,100	21,700	20,400	20,400	20,400	18,800	17,200	14,700
-表流水	5,300	5,300	5,300	5,300	5,300	5,300	20,400	20,400	20,400	18,800	17,200	14,700
-地下水	0	4,800	12,400	16,100	16,800	16,400	0	0	0	0	0	0
c) 過不足量	-10,200	-6,100	0	2,500	2,400	1,400	0	100	500	0	0	-1,100
4. バラジュ-ランバガール												
a) 需要水量	13,700	14,300	15,600	16,700	17,400	17,800	18,000	17,900	17,500	16,600	15,100	14,000
b) 給水量	13,700	14,200	13,400	12,600	11,700	15,100	18,000	17,500	17,400	16,600	15,100	14,000
-表流水	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400
-地下水	0	0	0	0	0	0	600	100	0	0	0	0
ランバガール	5,300	5,800	5,000	4,200	3,300	6,700	9,000	9,000	9,000	8,200	6,700	5,600
c) 過不足量	0	-100	-2,200	-4,100	-5,700	-2,800	0	-400	-100	0	0	0
5. シャイブ-												
a) 需要水量	15,500	16,200	17,700	18,900	19,800	20,300	20,400	20,300	19,900	18,800	17,200	15,800
b) 給水量	17,500	17,500	17,500	20,400	20,400	20,400	20,400	20,400	17,800	17,500	17,200	15,800
-表流水	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,200	15,800
-地下水	0	0	0	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	300	0	0	0
c) 過不足量	2,000	1,300	-200	1,500	600	100	0	100	-2,100	-1,300	0	0
6. マノハラ												
a) 需要水量	9,600	9,900	10,900	11,700	12,200	12,500	12,600	12,600	12,300	11,700	10,600	9,800
b) 給水量	10,500	12,600	10,900	10,900	11,700	12,600	12,600	12,600	12,600	11,700	10,600	9,800
c) 過不足量	900	2,700	0	-800	-500	100	0	0	300	0	0	0
7. バルク												
a) 需要水量	9,600	9,900	10,900	11,700	12,200	12,500	12,600	12,600	12,300	11,700	10,600	9,800
b) 給水量	10,500	12,600	10,900	10,900	11,700	12,600	12,600	12,600	12,600	11,700	10,600	9,800
c) 過不足量	900	2,700	0	-800	-500	100	0	0	300	0	0	0
需要水量計	96,000	99,900	109,200	117,000	122,100	125,400	126,200	125,700	123,000	116,600	106,200	97,900
給水量計	96,000	99,900	109,200	117,000	122,100	125,400	126,200	125,700	123,000	116,600	106,200	97,900
不足水量計	-10,200	-10,800	-3,000	-5,700	-6,700	-2,800	0	-400	-2,200	-1,300	0	-1,100
余剰水量計	10,200	10,800	3,000	5,700	6,700	2,800	0	400	2,200	1,300	0	1,100

2) 水源計画

a) 概説

1973年のマスタープランでは、増加していく水需要に応ずる水資源は1996年までは盆地南部の湧水と盆地北部の地下水の開発、1997年以降は盆地外からの利水によって対応することになっていた。すでに盆地南部の湧水と盆地北部の地下水の開発は1987年に完了した。

盆地内に建設された37本の井戸の地下水揚水能力は 40,000m³/日を目標とするものであったが、JICAマスタープラン調査によって「カトマンス盆地内の地下水は湖成堆積層の被圧地下水で、殆んど涵養されないため、その絶対量が制約されている。この地下水を恒久的な水源として利用するためには揚水量を15,600m³/日に制限すべきである」と提言されている。

また、1997年以降の盆地外表流水の導水計画は、現在、世銀の援助によってF/S調査が実施（1990～1992年）されているが、現状では工程的にもその資金調達の上でもその実現は遅れる見込みである。このような状況から、15YCDPにおけるUWSSRPでは 1) 既存井戸の改善・整備、2) 既存表流水源の改良・改善、3) バグマティ川の雨期に取水可能な表流水と新たに建設する6本の井戸の地下水を併用活用することによって 32,000m³/日の水源を開発することが計画されている。

このUWSSRPの水源計画は、盆地外表流水源の導水計画の実現までの応急的な改善整備計画である。即ち、盆地外表流水源の導水計画が実現した時には盆地内の既存水源を放棄し、盆地外表流水のみに依存する。特に、地下水については既存井戸の改善や新規の6本の井戸によって盆地外導水計画が実現するまでに揚水しきることになる。今後の揚水管理によっては、盆地外導水計画実現以前に地下水は枯渇することも考えられる。

一方、JICA水道整備計画では、既存地下水及び既存表流水源の恒久的利用、盆地内表流水の開発を前提とした以下のような水源計画となっている。

- i) 既存地下水はJICAマスタープラン調査の提言にもとづいて年間揚水を日量で15,600m³以内に制限し、長期水道計画の中で重要な役割を分担する。
- ii) 既存表流水源の取水施設、浄水施設は改善し、長期水道計画においてもその役割を分担する。
- iii) 盆地内表流水源の開発はJICAマスタープラン調査の中で盆地内のすべての河川についてその開発可能水量が検討されている。いずれの河川についても、概して流量は雨期に集中し乾期にはその取水可能水量は制約を受ける。従って、有限な資源である地下水と渇水期に取水可能水量の制約を受ける表流水源とを併用活用することで必要給水量を確保する。

メラムチ計画を柱とする長期水道計画においても重要な役割を分担することになる目標年次2001年までの水道整備に係る水源計画は、上記UWSSRPとJICA水道整備計画の十分な調整の上に立って、以下のような基本的な考え方に基づいて立案する必要がある。

- イ) 既存地下水源はUWSSRPの改善計画によって揚水能力を45,400m³/日以上確保する。但し、この既存地下水源は流量変動の大きい表流水源の渇水期の補完用としてのみ活用する。即ち、年間平均揚水量を15,600m³/日以内に制限して恒久的な水源とする。
- ロ) 既存表流水源（バラジャー、スングリジャル、シャイプー・システムの表流水源）はその取水・浄水施設を改善、再建して長期水道計画の重要な水源とする。
- ハ) 既存地下水源と併用活用する表流水源（マハンカルチュール、バンスバリ・システムの表流水源）及び渇水期にも取水可能な表流水源（マノハラ、バルク・システムの表流水源）を開発する。

上記の基本方針に基づいて本計画の水源計画を以下に検討する。

b) 地下水源

本計画では既存地下水源は表流水の不足する乾期の補完水源として利用することになる。本計画の対象となるマハンカルチュール・システムのゴカルナ井戸群（5井）、マノハラ井戸群（6井）及びドビコラ井戸群（8井）とバンスバリ・システムのバンスバリ井戸群（8井）の計27井の現状と恒久的利用の可能性について検討する。

収集した既存資料及び今回現地で実施した各井戸の揚水量及び地下水位の測定結果等を表-4.2.4に示す。

イ) 揚水量

今回の揚水量の測定は、ポンプ吐出管に付設された水車式の流量計及びJICAマスタープラン調査でNWSCに供与された超音波流量計を使用して測定した。水車式の流量計は壊れていたり、回転不良のものが多かったが、その割には超音波流量計の測定値より12%程度大きな値を示した。

これまでの測定値は水車式流量計によるものであり、実際より大きい値であると推測される。このことを考慮しても現在の揚水量はポンプ定格流量に対して、バンスバリ井戸群で44～76%（平均53%）、ゴカルナ井戸群 26～67%（平均40%）、マノハラ井戸群 39～54%（平均45%）、ドビコラ井戸群24～54%（平均35%）に減少している。これは、次のような原因によるものと考えられる。

- 井戸施工時の検層が不十分で、スクリーンの位置不適合による揚水可能水量の不足。
- スクリーン部分のフィルター材の施工不適合による集水機能の低下。
- 急激な水位低下によるポンプ適正吸込み水位の不足。
- 地下水位の低下に伴う揚程増加によるポンプ揚水量の減少。
- 送水管路の複雑な配管及び腐食等による通水機能の低下に伴う送水管ロスの増加。

既存ポンプの性能、送水管路系統からみて数値的にはこのような大きな揚水量の減少は考え難いが、上記の原因が複雑にからみあって、このような減少が発生しているものと思われる。

表-4.2.4 地下水揚水量及び水位測定結果

井戸名	計 画			現 況			
	揚水量 (m ³ /min)	静水位 (GL-m)	動水位 (GL-m)	揚水量*1 (m ³ /min)	揚水量*2 (m ³ /min)	静水位 (GL-m)	動水位*3 (GL-m)
バンスバリ井戸群							
BB0	1.479	48.30	68.00	1.200	1.090		
BB2	1.264	32.40	64.40	—	0.957		41.20
BB3	3.055	1.40	14.90	2.400	1.718		31.60
BB4	3.055	0.60	9.60	2.200	1.258		30.90
BB5	3.055	1.80	9.60	2.300	1.489	29.30*3	
BB6	3.055	2.00	19.00	2.300	1.634		38.00
BB7	3.472	+2.00	6.10	2.000	1.599		27.60
BB8	3.055	6.00	7.00	運転休止中		32.60*3	
ドビコラ井戸群							
DK3	1.521	1.00	20.70	0.376	0.415		
DK4	1.521	5.80	12.60	0.806	0.441		
DK5	1.521	29.60	34.40	—	0.819	45.00*3	
DK6	0.799	2.00	16.00	0.570	0.188		19.70
ゴカルナ井戸群							
GK1	2.014	8.60	21.60	1.900	1.350		
GK2	2.014	6.10	27.20	—	0.541		39.60
GK3	2.014	10.00	32.60	1.200	0.523		55.60
GK4	2.014	11.30	44.40	運転休止中		17.40	
GK5	1.521	20.40	37.30	運転休止中		30.70	
マノハラ井戸群							
MH2	2.812	17.50	32.60	2.000	1.277	43.70*3	50.30
MH3	2.812	14.40	29.60	2.300	1.193		
MH4	2.812	5.00	17.60	2.600	1.519		
MH5	2.812	1.25	10.27	運転休止中		24.75	
MH6	2.812	+1.20	7.70	運転休止中			
MH7	2.812	2.40	12.00	1.400	1.100	28.40*3	
合 計	53.301			19.212			

注) *1: 各井戸に設置されている水車式流量計による揚水量

*2: 超音波流量計による測定値

*3: 1989年2月の観測値 (JICAマスタープラン調査時)

ロ) 地下水位

ゴカルナ、マノハラ、ドビコラ、バンスバリの各井戸群の地下水位の推移を表-4.2.5に示す。今回の現地調査では水位測定用の挿入管の管理状況が悪く、ポンプ稼働時の井戸の水位測定は不可能であったので、故障と保守点検のためにポンプが取り外された井戸で地下水位の測定を行った。

少ないデータでは断定はできないものの、水位低下の減少傾向がうかがえる。これは何らかの原因によるポンプ揚水能力の低下に伴い、適正揚水量に近づいた状態でポンプ運転が行なわれ、結果的に適正地下水管理が行なわれたものと思われる。

表-4.2.5 各井戸群の地下水位の推移

(単位: GL-m)

	BB5	DK1	DK5	GK4	GK5	MH5	MH6
1984年 5月	1.75	29.38					
1985年 2月 5月			29.60	11.30	20.40	1.25	+1.20
1988年 2月 3月					25.20 23.92		
1989年 2月 3月 11月	17.77 17.71 29.29	42.24 42.35 42.15	45.00		27.30 31.28		7.86
1990年 4月		42.20					
1991年 3月				17.40	30.70	24.75	

ドビコラ井戸群のDK5井戸で揚水中の動水位、揚水停止による水位の回復状況及び揚水再開による水位降下の状況を比較する目的で調査を行なった。DK5の水位測定が不可能なのでDK5から約100m離れているDK1の水位を測定した。その結果を表-4.2.6に示す。

このように1時間程度の揚水停止では僅か2cm程度の水位回復しか認められなかった。また、揚水再開後1時間半経過しても水位の低下はなかった。DK1の水位は表-4.2.5にも示すとおり1989年からはほとんど水位低下は認められず、安定した状態である。

表-4.2.6 DK5井戸のポンプ運転時と停止時のDK1井戸の水位測定結果

ポンプ揚水時 (K5, Q=1,200 l/分)		ポンプ停止時 (DK5, Q= 0 l/分)		ポンプ揚水時 (DK5, Q=1,200 l/分)	
時 刻	水位* (GL-m)	時 刻	水位* (GL-m)	時 刻	水位* (GL-m)
13 : 30	41.72	14 : 30	41.83	15 : 30	41.80
35	41.73	31	41.82	31	41.80
40	41.74	32	41.82	32	41.80
45	41.76	33	41.82	33	41.80
50	41.77	34	41.82	34	41.80
55	41.79	35	41.82	35	41.80
14 : 00	41.80	36	41.82	36	41.80
05	41.80	37	41.82	37	41.80
10	41.81	38	41.82	38	41.80
15	41.82	39	41.82	39	41.80
20	41.73	40	41.82	40	41.80
25	41.73	42	41.82	42	41.80
30	41.73	44	41.82	44	41.80
		46	41.82	46	41.80
		48	41.82	48	41.80
		50	41.82	50	41.80
		55	41.82	55	41.80
		15 : 00	41.81	16 : 00	41.80
		05	41.80	05	41.80
		10	41.80	10	41.80
		15	41.80	15	41.80
		20	41.80	20	41.80
		25	41.80	25	41.80
		30	41.80	30	41.80
				40	41.80
				50	41.80
				17 : 00	41.80

注) *: DK1井戸の水位
DK5とDK1の間の距離は約100m。

ハ) 揚水計画

1991年の井戸の運転状況は24時間運転で、その年間平均揚水量はマハンカルチュール・システムでドビコラ井戸群 2,680m³/日、モノハラ井戸群 7,330m³/日、ゴカルナ井戸群 3,470m³/日の計 13,480m³/日、バンスバリ・システムでバンスバリ井戸群の12,460m³/日である。この揚水量で地下水位は比較的安定してきており、揚水能力の低下に伴って結果的に適正揚水量に近づいた地下水の揚水が行わなれていると思われる。従って、JICAマスタープラン調査で提言されているバンスバリ井戸群6,900m³/日、ゴカルナ、モノハラ及びドビコラ井戸群6,100m³/日の適正揚水量は、地下水の恒久的利用にとって安全度が高いことを示している。

本計画の日最大取水量、日最大揚水量、年平均日揚水量は以下のとおりであるが、年平均日揚水量はJICAマスタープラン調査の適正揚水量を下回っており、地下水の適正管理を行なうことにより地下水の恒久的利用は可能であると思われる。

(単位: m³/日)

計画システム	日最大取水量	日最大揚水量	年平均日揚水量	適正揚水量
バンスバリ	17,600	20,400	6,740	6,900
マハンカルチュール	19,100	22,200	5,980	6,100
合計	36,700	42,600	12,720	13,000

1991年の日最大揚水量はマハンカルチュール・システムで 13,480m³/日、バンスバリ・システムで 12,460m³/日にすぎない。従って本計画に必要な日最大揚水量を確保するためには既存井戸の改善が必要である。

2) 既存井戸改善計画への提言

地下水取水施設(井戸、ポンプ、送水管)の機能改善及び増強のための計画・施工監理は、15YCDPの第1次5カ年計画の中で、ドイツのコンサルタント(GWE)が行うことになっている。地下水は本計画の重要な水源であり、日本側施設が恒久的に効果を発揮していくためには、適正な地下水管理が行われる必要があり、本計画を十分に反映した改善計画がなされるように次のような提言を行うものである。

- 井戸の仕上がりは、その機能を制するものであり、十分な井戸建設能力を有する業者がこれを担当する計画とする。
- 既存地下水の主要滞水層は涵養があまり期待できない地層にあり、今後とも地下水位は徐々にではあるが、低下することが予想される。既存井戸の構造は、ポンプ設置深さで深い井戸ケーシングが細くなっており、地下水位低下に対応してポンプを下げる事ができない構造となっている。改善計画ではある程度の水位低下に対応可能な井戸の構造としておくことが望ましい。井戸の構造上不可能な場合は、ポンプ仕様によって対応できるように配慮することが望ましい。
- 本計画では乾期の3~4カ月間に集中的に揚水する計画であるので、日最大揚水量を揚水可能な容量のポンプを設置する。但し、余り余裕度の高い能力のポンプはさけた方がよく、その余裕度は20%以内が望ましい。各井戸のポンプ揚水能力は、その井戸の特性に応じて下記に示す各井戸群毎の揚水能力を目安として決定する。

マハンカルチュール・プロジェクト

ゴカルナ井戸群	5.2 m ³ /分
マノハラ //	10.0 m ³ /分
ドビコラ //	<u>3.0 m³/分</u>
計	18.2 m ³ /分

バンスバリ・プロジェクト

バンスバリ井戸群

17.0 m³/分

以上の目安に基づいて考えられる井戸改善案は表-4.2.7のとおりである。

- 地下水管理のためには揚水量、地下水位の測定は重要項目である。従って、耐久性があり簡易な測定器具を備えた施設を計画する。
- 井戸の洗浄を行なう設備を計画し、定期的に洗浄を行なう。

表-4.2.7 井戸改善案（提案）

	揚水量 (m ³ /分)	揚程 (m)	改善費 (千円)
マハンカルチュール・プロジェクト			
DK 2	0.75	50	930
DK 3	0.75	50	930
DK 5	1.5	50	1,040
GK 1	2.0	40	1,150
GK 2	1.0	40	1,040
GK 3	1.0	40	1,040
GK 4	0.6	60	930
GK 5	0.6	60	930
MH 2	2.0	60	1,270
MH 3	2.0	60	1,270
MH 4	2.4	50	1,270
MH 5	1.8	50	1,150
MH 7	1.8	70	1,270
小 計	18.2		14,220
バンスバリ・プロジェクト			
BB 0	1.5	70	1,270
BB 1	2.0	80	5,600
BB 2	1.5	50	1,270
BB 3	2.0	100	1,500
BB 4	2.0	100	1,500
BB 5	2.0	100	1,500
BB 6	2.0	100	1,500
BB 7	2.0	100	1,500
BB 8	2.0	100	1,500
小 計	17.0		17,140
合 計	35.2		31,360

c) 表流水源

本計画では表流水の不足する乾期に既存地下水を補完用として使用するが、この乾期にもできるだけ有限である地下水の負担を少なくするために表流水源の開発が必要である。

イ) マハンカルチュール・プロジェクト

本プロジェクトに係る開発の可能性のある表流水源は地理的及び流量の面からドビ川及びバグマティ川である。この2河川について表流水源の開発の可能性について検討する。

ー ドビ川

ドビ川の水収支モデルは図-4.2.3に示すとおりである。また、JICA水道整備計画の計画取水地点(W202)における月別開発可能水量を表-4.2.8に示す。また、利水安全度80%とする取水可能水量は表-4.2.9のようになる。今回の現地調査における3月の流量観測の結果も同地点の3月の取水可能水量 $0.05\text{m}^3/\text{日}$ とほぼ同じ $0.057\text{m}^3/\text{s}$ であった。しかし、この取水地点上流には水田が広がり、将来農薬・肥料等による汚染が考えられることや、この取水地点はリング・ロードに近く、取水環境が悪いなどの条件で不相当と考えられる。取水地点を上流に求めたとしても、灌漑用水のために取水可能水量が制限され、乾期にはほとんど取水できなくなる。また、取水ポンプの受電も周囲に配電線路がないため、既存幹線道路配電線からの分岐が必要であるが、配電距離があり、建設のための用地取得および建設に費用がかさむことになる。

ー バグマティ川

バグマティ川の水収支モデルは図-4.2.3のとおりである。W301、W302地点での月別開発可能水量を表-4.2.8に示す。また、利水安全度を80%とする取水可能水量は表-4.2.9のようになる。この水収支解析において使用したW301地点の取水量はスンドリジャル発電所の用水である。これは、スンドリジャル発電所の設計仕様(表-4.2.10)によれば最大出力時が $0.765\text{m}^3/\text{s}$ 、渇水期が $0.38\text{m}^3/\text{s}$ となっており、この取水権は保証されている。

発電機1台運転時及び2台運転時の発電用水量は流量観測の結果、各々 $0.3\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.56\text{m}^3/\text{s}$ であった。発電パターンは朝5時間、夜4時間の計9時間が2台運転、それ以外は1台運転であり、通常のパターンでの日平均発電用水量は $0.4\text{m}^3/\text{s}$ となる。従って、渇水期にはバグマティ川から新規に取水することはできないが、発電用水の設計渇水流量 $0.38\text{m}^3/\text{s}$ は渇水時にも取水することができる。この流量に10%の余裕を見込むと、 $29,500\text{m}^3/\text{日}$ ($0.38\text{m}^3/\text{s} \times 86,400 \times 0.9 = 29,500\text{m}^3/\text{日}$) が取水可能水量となる。既存のスンドリジャル浄水場の取水量として $20,600\text{m}^3/\text{日}$ とスンドリジャル浄水場付近の約40戸の生活用水として $400\text{m}^3/\text{日}$ が必要であるため、新浄水場の水源としては $8,500\text{m}^3/\text{日}$ が可能である。

上記の検討の結果、本プロジェクトの表流水源はスンドリジャル発電所の発電放流水(新規)とバグマティ川(スンドリジャル浄水場上流約200mの地点)の河川水を併用する。

図-4.2.3 水収支モデル

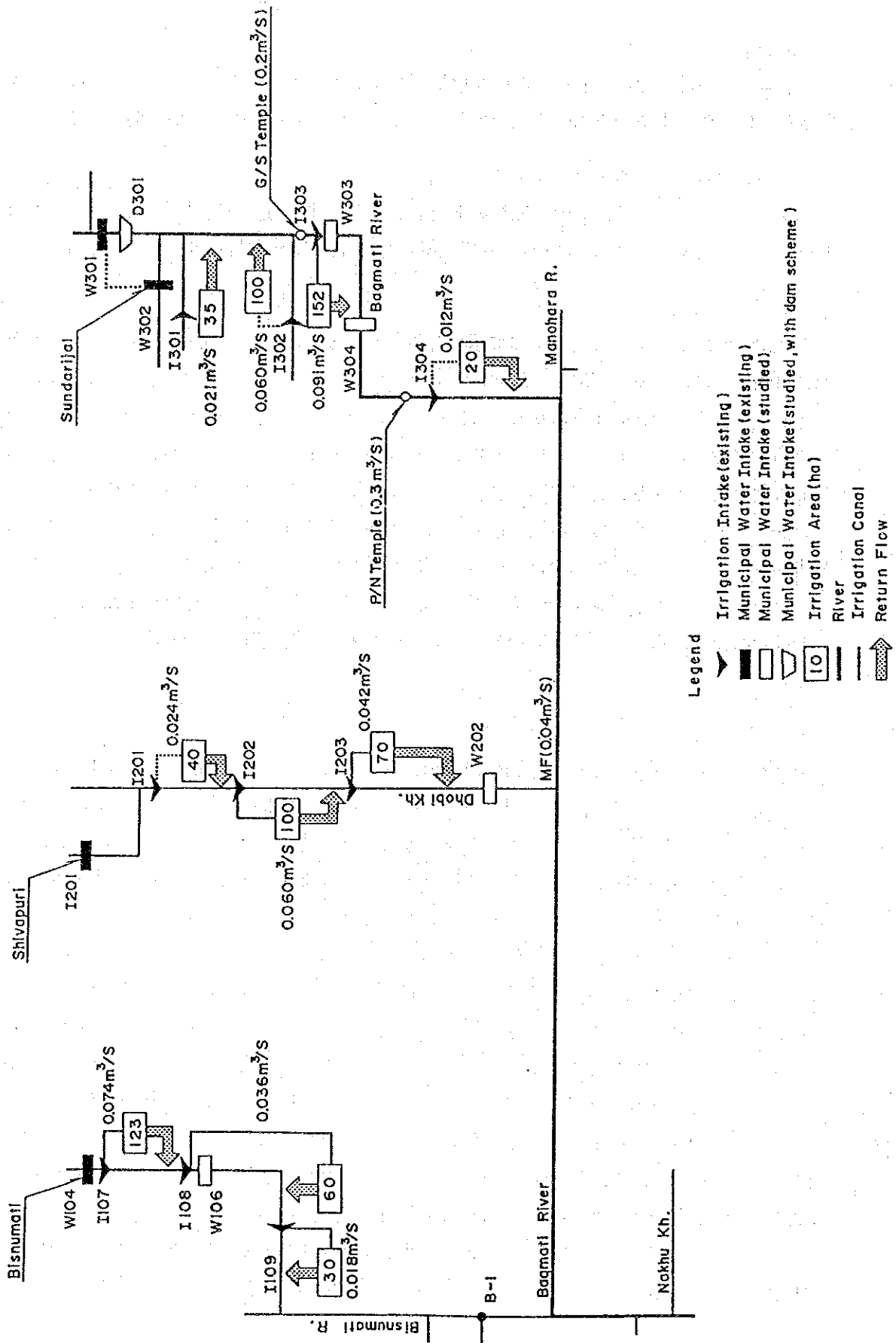


表- 4.2.8 月別開発可能水量

(単位: m³/s)

水収支 地点*	期待率 (%)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
ドビ川													
W202	50	0.11	0.08	0.07	0.06	0.07	0.29	1.58	2.23	1.44	0.46	0.28	0.15
	55	0.11	0.08	0.06	0.06	0.06	0.24	1.46	2.09	1.36	0.42	0.26	0.14
	60	0.10	0.07	0.06	0.06	0.06	0.20	1.37	1.99	1.26	0.38	0.24	0.13
	65	0.10	0.07	0.60	0.06	0.06	0.16	1.25	1.90	1.19	0.34	0.23	0.13
	70	0.09	0.06	0.06	0.05	0.05	0.11	1.16	1.81	1.08	0.30	0.20	0.12
	75	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.09	1.09	1.65	1.00	0.28	0.18	0.11
	80	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.07	0.99	1.52	0.92	0.25	0.17	0.09
	85	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.06	0.86	1.40	0.82	0.22	0.14	0.09
	90	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.70	1.19	0.68	0.19	0.13	0.08
	95	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.48	1.10	0.48	0.16	0.11	0.08
	100	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.40	0.65	0.24	0.12	0.09	0.06
バグマティ川													
W301	50	0.24	0.18	0.08	0.07	0.11	1.06	4.31	6.05	3.97	1.47	0.69	0.37
	55	0.24	0.17	0.06	0.05	0.09	0.89	4.07	5.64	3.75	1.34	0.63	0.35
	60	0.22	0.15	0.05	0.02	0.06	0.72	3.77	5.39	3.56	1.25	0.59	0.33
	65	0.20	0.12	0.03	0.01	0.04	0.57	3.47	5.15	3.23	1.17	0.54	0.31
	70	0.18	0.11	0.03	0.00	0.01	0.35	3.17	4.85	3.11	1.02	0.48	0.26
	75	0.16	0.09	0.00	0.00	0.00	0.17	3.04	4.48	2.91	0.97	0.44	0.22
	80	0.13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.05	2.74	4.25	2.61	0.87	0.39	0.20
	85	0.13	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	2.52	3.90	2.39	0.76	0.33	0.18
	90	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	2.12	3.38	2.07	0.65	0.29	0.16
	95	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	3.06	1.60	0.57	0.24	0.13
	100	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	0.87	0.40	0.16	0.09
ヒスヌマティ川													
W106	50	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07	0.73	1.05	0.65	0.16	0.12	0.05
	55	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.67	0.98	0.62	0.14	0.11	0.04
	60	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.62	0.92	0.57	0.11	0.10	0.04
	65	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.57	0.89	0.53	0.10	0.09	0.04
	70	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.83	0.48	0.08	0.08	0.03
	75	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.76	0.42	0.07	0.07	0.03
	80	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.68	0.38	0.06	0.06	0.03
	85	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.63	0.33	0.05	0.05	0.02
	90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.53	0.27	0.04	0.04	0.02
	95	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.47	0.15	0.02	0.03	0.02
	100	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.05	0.01	0.02	0.01

注) 水収支地点は図-4.2.3参照

表-4.2.9 月別取水可能水量

(単位: m³/s)

水収支 地 点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
ドビ川												
W202	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.07	0.99	1.52	0.92	0.25	0.17	0.09
バグマティ川												
W301	0.13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.05	2.74	4.25	2.61	0.87	0.39	0.20
ピスマティ川												
W106	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.68	0.38	0.06	0.06	0.03

注) 利水安全度80%、水収支地点は図-4.2.3参照

表-4.2.10 スタリジャル発電所主要設計諸元

項 目	内 容
1. 最大出力時流量	0.765 m ³ /s
2. 発電能力	640 KW (340 KW×2台)
3. 有効水頭	212 m
4. 圧力管管径	450 mm
5. 圧力管延長	674 m
6. 濁水期河川流量	
シャルマティ川	90 l/s
バグマティ川	90 l/s
ナグマティ川	200 l/s
7. ダム貯水容量	1.428 m ³ (流れ込み式)
8. 水路延長	
シャルマティ川	1,000 m
ナグマティ川	450 m
バグマティ川	直接ダムに流入
9. 建設年次	1935 年

ロ) バンスバリ・プロジェクト

本プロジェクトに係る開発の可能性のある表流水源はビスヌマティ川及びビスヌマティとシバプリの既存2湧泉である。

ー ビスヌマティ川

ビスヌマティ川の水収支モデルは図-4.2.3のとおりである。JICA水道整備計画の計画取水地点(W106)での1991年3月の流量は $0.01\text{m}^3/\text{s}$ にすぎなかった。3月以降降雨は期待できるが流域(3.7km^2)が小さく、且つ灌漑用水量は $0.074\text{m}^3/\text{s}$ とかなり多い。同地点での月別開発可能水量は表-4.2.8に示すとおりである。利水安全度を80%とすると月別取水可能水量は表-4.2.9のようになる。これより、計画取水量を取水できるのは7～9月の3カ月間のみで、10、11月には $0.06\text{m}^3/\text{s}$ 程度取水できるが、それ以外の7カ月間は取水できない。その上、取水ポンプの受電も周囲に配電線路がないため、電源確保にもドビ川と同様に問題がある。従って、本河川は水道水源として適当ではない。

ー 既存ビスヌマティ及びシバプリア取水源

1991年3月の調査の結果既存ビスヌマティ及びシバプリア取水源(湧泉)の流入量は、各々 $0.33\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.67\text{m}^3/\text{s}$ であり、その全量が水道用水として取水されていた。1991年3月の状態は、既往の雨量データから判断すれば非常な渇水と考えられるが、さらに30%の安全率を見込んで渇水期の流量とすれば、同湧泉の渇水期流量は $6,100\text{m}^3/\text{日}$ となる。これら取水点の流量から導水管路沿線住民の生活用水($530\text{m}^3/\text{日}$)を差し引いた $5,500\text{m}^3/\text{日}$ を乾期の取水可能水量とすることができる。なお、導水管路沿線の住民の生活用水は次のとおりである。

メーター付給水栓(稼働)	$152\text{戸} \times 7.65\text{人/戸} \times 125\text{ l/人/日}$	$= 145.4\text{m}^3/\text{日}$
〃 (故障)	$44\text{戸} \times 7.65\text{人/戸} \times 125 \times 1.10\text{ l/人/日}$	$= 46.3\text{m}^3/\text{日}$
メーターなし給水栓	$43\text{戸} \times 7.65\text{人/戸} \times 125 \times 1.77\text{ l/人/日}$	$= 72.8\text{m}^3/\text{日}$
	計	$264.5\text{m}^3/\text{日}$

有効率0.5として $264.5\text{m}^3/\text{日} \div 0.5 = 530\text{m}^3/\text{日}$

上記検討の結果、本プロジェクトの表流水源は既存ビスヌマティ及びシバプリア取水源の拡張整備によって確保する。

(3) 水質計画

1) 水質改善目標

1973年のマスタープランに基づいて1996年までの水需要に応えるべく良好な水道水源を求めて、盆地南部の湧水及び北部の地下水の開発が行なわれた。南部の湧水は、石灰台地の湧水で非常に良好であったが、北部滞水層で開発された4井戸群の37本の井戸から生産される地下水は前章 3-4-2に示すように鉄、マンガン及びアンモニア性窒素を多量に含有し且つpH値が低く腐食性が高い。

現在、この地下水が無処理で給水されており、鉄、マンガンによる直接的な着色障害や配水管内の鉄、アンモニア性窒素による二次障害を生じている。即ち、滅菌のために注入される塩素がこれらの物質によって消費されてしまうことにより、配水管内でバクテリアの増殖が促進され、且つそれが死滅して濁質障害や赤水障害、さらには生物の流出障害を生じたり、病原菌等に対する対抗力がない状況となっている。また、表流水についても1960年代に建設された浄水場はすでに30年近くを経過し、その浄水機能は麻痺寸前で、原水が高濃度の鉄を含有する雨期には給水水質は悪く、地下水と同様に水質に係る障害が生じている。

水道の目的は、安全で清潔な水を広く住民に供給して公衆衛生の向上と生活環境の改善に寄与することである。このためには、水源汚染の防止、浄水施設における適正な水質管理、さらには、配水管や給水装置において内的・外的汚染の防止が必要である。これら給水水質の管理を中心とした運転管理が適正に行われないと水道施設の目的を失うだけでなく、かえって水系伝染病や疾病の媒介の役割をもたらす結果となる。

従って、水道本来の目的を達成するためには、次のような水質改善が必要である。

- a) 直接的には、鉄・マンガンの除去、大腸菌・一般細菌等の殺菌、配水管内における滅菌能力の確保等である。
- b) 間接的には、鉄・アンモニア性窒素等による配水管内の二次障害の予防、給水水質の腐食性の改善による配水管の腐食障害の予防等である。

本計画の水源である表流水及び地下水については、以上のような水質改善目標に立って水質改善計画を立案する必要がある。

2) 水質改善計画

地下水はJICA水道整備計画において、最大給水能力は 38,600m³/日で計画給水量の30.6%、年間給水量の10.3%に相当し、渇水期における表流水源の補完用として重要な水源である。

現在、無処理のまま給水され種々の水質障害を発生させている地下水の特に鉄、マンガン及びアンモニア性窒素を対象とした水質改善が必要である。

除鉄（溶存鉄）処理は、溶存酸素または塩素による酸化後、凝集沈澱、マンガン砂ろ過する方法が一般的である。鉄は酸化され易く（酸化還元電位 $E_0=0.2V$ ）また、鉄 1mg/l に対し

て塩素0.63mg/lが対応する。除マンガン処理は、遊離塩素の存在のもとに（通常 0.6～1.0 mg/l）マンガン砂ろ過する方法が一般的である。なお、マンガン1 mg/lに対して塩素1.29mg/lが対応する。マンガンは酸化されにくく、酸化還元電位は $E_0=0.6V$ である。

共存するアンモニア性窒素は、除鉄または除マンガンに使用される塩素と反応して（鉄>アンモニア性窒素>マンガン）クロラミンを生じ、ブレイク・ポイント (BP) 以上の塩素を注入しないと遊離塩素が残留しない。従って、除マンガン処理のために遊離塩素を残留させるためには少なくともブレイク・ポイント ($BP=7.73N+0.45$: N =アンモニア性窒素の濃度) まで塩素を注入する必要がある。アンモニア性窒素は、溶存酸素では直接酸化されず、溶存酸素の存在のもとで増殖した硝化細菌による硝化が行われる。これがアンモニア性窒素の生物処理機構である。この生物処理ではマンガンは酸化されないが、鉄は容易に酸化される。

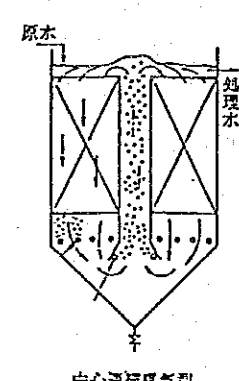
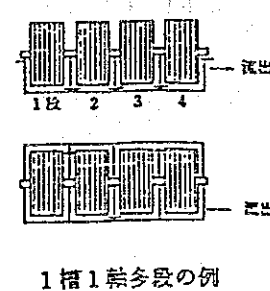
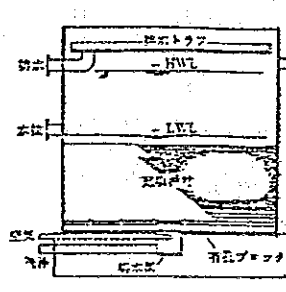
アンモニア性窒素の処理方法としては下記のものがある。

- a) アンモニア・ストリッピング法。
- b) イオン交換法。
- c) ゼオライト処理法。
- d) 結合塩素処理法。
- e) 生物処理法。

a)、b)、c)の処理法は高価でかつ再生などの維持管理が難しく水道の水処理法としては適切でない。d)は操作管理に高度な技術を要する上に多量の塩素が必要となり、処理費も高く、かつ有機物質が存在した場合は有害なトリハロメタン等の発生の恐れがある。e)は生物ろ過法、回転円盤法、ハニコーム・チューブ法などがある。これらは生物膜を付着させる材質、付着した生物膜と原水の接触方法及び空気の供給方法の違いがある。この3方法についての比較検討結果を表-4.2.11に示す。これらの方法の内、効率、経済性や維持管理の容易さの点で生物ろ過法が最も優れている。

以上のユニット・プロセスを考慮しながら、地下水の水質改善について付属資料-6に示す7案について検討した。この水質改善案の検討の結果、前述の水質改善目標を達成するためには、アンモニア性窒素を結合塩素処理または生物ろ過処理で除去した後、凝集沈澱、マンガン砂ろ過する方法が必要となる。また、経済性、処理効率、さらに処理操作及び維持管理の容易さ等の点で、生物ろ過による処理法が適切である。

表-4.2.11 生物処理方式比較表

	ハニコーム方式	回転円板方式	生物接触ろ過方式
処理方式	処理水槽中に蜂の巣状の筒の集合体(ハニコーム)を置き、その中に付着した生物膜と接触するように水を循環させて硝化する。 循環の動力は、空気の吹き込みにより行う。	処理水槽内に約40%が水没するように設置した円板の列をゆっくり回転させ、付着した生物膜と接触させて硝化する。	処理槽内に粒状のろ材を充填し、下降流で原水を流過させ、ろ材表面に付着した生物膜と接触させて硝化する。 常時上向空気吹き込みを底部より行い、生物膜の活性化を図る。
設備の構成	処理水槽 ハニコーム 循環用空気吹き込み装置 洗浄用空気装置	処理水槽 回転円板 駆動装置上屋	処理水槽 ろ材 支持材 集水装置 空気吹き込み装置 補給水ポンプ
容量	滞流時間2時間程度	滞流時間2時間程度	ろ速 120 m/日程度
所要面積	0.015 ~ 0.020 m ² /(m ² /日)	0.020 ~ 0.030 m ² /(m ² /日)	0.010 m ² /(m ² /日)程度
処理水槽深さ	5 ~ 7 m	3 ~ 4 m	4 ~ 5 m
損失水頭	ほとんどなし	ほとんどなし	ほとんどなし 充填ろ材によって変わる
曝気設備	水を循環させるために必要	必要なし	生物膜の活性化のために 気液比 2 : 1 で必要
洗浄設備	目詰まりのおそれのある場合必要	必要なし	適当な間隔で必要
排泥設備	必要となる場合が多い	必要となる場合が多い	必要なし
建設費 (19,100m ³ /d)	4.05百万ドル	3.05百万ドル	2.21百万ドル
維持管理費 (19,100m ³ /d)	3.54百万ドル	4.72百万ドル	1.24百万ドル
構造図	 <p>中心送風環状型</p>	 <p>1槽1転多段の例</p>	 <p>生物接触ろ過装置</p>

(4) 浄水施設計画

1) 浄水施設

本計画は既存地下水源と新規開発可能な表流水源との併用によるものである。従って、それらの水質及び水量的な特性の上に立った最適な施設計画が必要である。ここでは、上記の水源条件や水質改善案を踏まえて、マハンカルチュール及び、バンスバリ・プロジェクトについて各々表-4.2.12、表-4.2.13に示すような6案の浄水施設計画案について長期水道整備計画の展望に立って検討した。なお、各6案について、塩素酸化・滅菌剤として生成次亜塩素酸ソーダまたはさらし粉を使用する2ケースがあり、全部で12ケースについて検討した。

各施設計画案について施設建設費及び運転・管理費を比較した。その結果を表4.2.14に示す。検討にあたって、地下水の原水水質はマハンカルチュール・プロジェクトでは、鉄 4.0 mg/l、アンモニア性窒素 1.7mg/l、マンガン 0.16mg/l、pH 6.5 (各々 加重平均値) とし、バンスバリ・プロジェクトでは、鉄 2.2mg/l、アンモニア性窒素 2.2mg/l、マンガン 0.05 mg/l、pH 6.2 (各々 加重平均値) とした。また、表流水の原水水質の平均値は豊水期が濁度30度、渇水期は10度とした。滅菌のための有効塩素の注入率は地下水 1.5mg/l、表流水は豊水期 2.5mg/l、渇水期 1.5mg/lとした。なお、各施設計画案の地下水揚水量 (日平均) は次のとおりとなる。

(単位: m³/日)

	1994~2001年	2002年~	備 考
マハンカルチュール			
第1案	5,240	5,980	年平均日量
第2案	5,160	5,890	
第3案	5,240	0	
第4案	5,160	0	
第5案	26,270	0	
第6案	25,880	0	
バンスバリ			
第1案	6,540	5,740	
第2案	6,430	6,430	
第3案	6,540	0	
第4案	6,430	0	
第5案	18,670	0	
第6案	18,350	0	

1～4案の揚水量は適正揚水量以内で恒久的に地下水を水源とすることができる。しかし、5、6案の揚水量は、マハンカルチュール・プロジェクトで適正揚水量の4.3倍、バンスバリ・プロジェクトで2.7倍となる。5、6案のような過剰揚水は地下水の早期枯渇を招き、2001年以前に揚水不能となり、それに替わる49,800m³/日に及ぶ新規水源が必要となる。

以上のような最適性の検討の結果、マハンカルチュール、バンスバリの両プロジェクトとも第1案が最適である。

表-4.2.12 マハンカルチュール・プロジェクト浄水施設計画案

案	2001年まで	2001年以降
第1案		
第2案		
第3案		
第4案		
第5案		
第6案		

注) 表中の数字は施設能力、単位: m³/日。



: 2001年以降に新たに建設する必要がある施設、



: 浄水施設

表-4.2.13 バンスバリ・プロジェクト浄水施設計画案

案	2001年まで	2001年以降
第1案		
第2案		
第3案		
第4案		
第5案		
第6案		

注) 表中の数字は施設能力、単位： $\text{m}^3/\text{日}$ 。

: 2001年以降に新たに建設する必要がある施設、
 : 浄水施設

表-4.2.14 各浄水施設計画案の建設費及び維持管理費

マハンカルチュール・プロジェクト

計 画 案		建 設 費 (百万ドル)			ランニングコスト (百万ルピー/年)		ランニングコスト+建設償還費 (百万ルピー/年)	
		～2001	2002～	計	～2001	2002～	～2001	2002～
第1案	次 亜	15.1	0	15.1	8.59	8.59	25.39	25.39
	さらし粉	14.4	0	14.4	9.87	9.87	25.88	25.88
第2案	次 亜	14.9	0	14.9	10.79	10.79	27.38	27.38
	さらし粉	13.0	0	13.0	16.43	16.43	30.94	30.94
第3案	次 亜	15.1	19.1	34.2	8.59	7.39	25.39	45.49
	さらし粉	14.4	19.1	33.5	9.87	8.78	25.88	46.02
第4案	次 亜	14.9	19.1	34.0	10.79	7.65	27.38	45.53
	さらし粉	13.0	19.1	32.1	16.43	8.97	30.94	44.70
第5案	次 亜	10.0	27.4	37.4	13.18	6.93	24.38	48.53
	さらし粉	9.3	26.5	35.8	15.68	8.15	25.98	47.98
第6案	次 亜	14.4	27.4	41.8	19.42	6.99	35.49	53.52
	さらし粉	8.1	26.5	34.6	49.27	8.20	58.25	43.71

バンスバリ・プロジェクト

計 画 案		建 設 費 (百万ドル)			ランニングコスト (百万ルピー/年)		ランニングコスト+建設償還費 (百万ルピー/年)	
		～2001	2002～	計	～2001	2002～	～2001	2002～
第1案	次 亜	11.0	0	11.0	7.55	7.52	19.77	19.77
	さらし粉	10.3	0	10.3	8.40	8.40	19.83	19.83
第2案	次 亜	10.4	0	10.4	8.14	8.14	19.74	19.74
	さらし粉	8.7	0	8.7	17.06	17.04	26.70	26.70
第3案	次 亜	11.0	16.6	27.5	7.52	6.21	19.73	36.86
	さらし粉	10.3	16.5	26.8	8.40	7.08	19.83	36.88
第4案	次 亜	10.4	16.6	27.0	8.14	6.42	19.74	36.46
	さらし粉	8.7	16.5	25.2	17.06	7.23	26.74	35.25
第5案	次 亜	8.5	23.0	31.5	12.09	5.79	21.54	40.80
	さらし粉	7.8	22.4	30.2	15.65	6.66	24.36	40.27
第6案	次 亜	12.1	23.0	35.1	16.49	5.98	30.01	45.07
	さらし粉	7.0	22.4	29.4	40.41	7.06	48.16	39.71

2) 凝集処理

本計画の浄水場で使用する凝集剤としては以下のものが考えられる。

- a) インド製固形硫酸ばん土
- b) 日本製顆粒PAC (Poly Aluminum Chloride)
- c) インド製塩化第二鉄

	インド製固形ばん土 (有効Al ₂ O ₃ 15%)	日本製顆粒PAC (有効Al ₂ O ₃ 30%)	インド製塩化第二鉄 (有効FeCl ₂ 39%)
単 価	14,500 ルピー/トン	318,000円/トン	90,000 ルピー/トン
年間使用量	マハカチユール 168.9トン ハンスバリ 136.5トン	マハカチユール 29.2トン ハンスバリ 23.6トン	マハカチユール 22.9トン ハンスバリ 18.0トン
問題点等	<ul style="list-style-type: none"> ・溶解し難く、小さくクラッシュする必要がある。 ・溶解濃度が一定とならず、その都度注入率を決定する必要がある。 ・原水のpH値が低く、腐食性が高い上に、ばん土の注入はよりpH値を低下させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・入手のための外貨手当が不安。 ・注入管理が容易で運転管理費も安い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・注入すると強い酸性を示し、取扱いに注意を要する。 ・pH調整のために水酸化カルシウムを注入する必要がある、凝集処理に技術を要する。 ・処理水に鉄が残留する可能性がある。
年間経費	22,141千円	16,790千円	18,405千円

注) 1ルピー = 5円

本計画の目的が達成されるか否かの要因は、浄水場が正常に運転され、その機能が発揮されるか否かにかかっている。中でも、凝集剤の適切な注入管理は最も重要なポイントである。従って、その入手は不安があるが注入管理が確実・容易で、且つその性能においても優れている日本製顆粒PACが使用されることが望ましく、本計画では顆粒PACを使用することで計画する。

なお、インド製固形ばん土の使用の場合は、人手によって小さくクラッシュしてから溶解し、不純物や溶解しないものを分離し、溶液のみにてジャーテストを行って最適注入率を決定し、最適注入操作を行うことが必要である。

3) 滅菌処理

安全で衛生的な水の供給という水道の使命を果たす上で、凝集剤の注入管理と共に重要な滅菌処理について塩素ガス、さらし粉、顆粒次亜塩素酸ソーダ及び生成次亜塩素酸ソーダ（生成次亜）の操作性、維持管理、経済性等について検討した。

	塩素ガス	さらし粉	顆粒次亜	生成次亜
調達先	インドからポンベで輸入	インド製	日本製	自家製
有効塩素量 (%)	100	15	30	1
単 価	26千円 [*] /ト	10千円 [*] /ト	194千円/ト	7.2円 [*] /Cl ₂ kg
有効Cl ₂ 当り単価 (円/ト)	130,000	333,300	647,300	3,600
設備償還費 (0.75%, 20年)	0.15	0.02	0.02	0.43
運転・管理費	0.33	1.67	1.62	0.44 - 塩電 0.01 - 更新 0.43
計 (円/ト/日)	0.48	1.69	1.64	0.87
問題点等	危険物で取扱に注意が必要 運転・管理費が安い。	溶解しにくく溶解濃度が一定しない。 溶解作業に手がかかり、注入操作も高度なものとなる	溶解作業・注入操作とも容易であるが、外貨の手当が難しい。	注入操作も容易で運転・管理費も安い。 しかし、7～9年に一度の電極部の更新のための外貨手当に心配がある。

これらの検討の結果、本計画では生成次亜で計画することが望ましいが、カトマンズ水道にとっては初めての経験であり2浄水場のうちマハンカルチュール浄水場については生成次亜をバンスバリ浄水場については、さらし粉を使用する計画とする。

4) 排水処理

浄水場から発生する排水及び汚泥は生物ろ過池洗浄排水、沈澱池汚泥及び急速ろ過池洗浄排水である。これらの発生量は次のとおりである。

	マハンカルチュール	バンスバリ
排水量		
生物ろ過洗浄排水	414m ³ /日	378m ³ /日
沈澱池汚泥	234	176
急速ろ過池洗浄排水	1,075	936
計	1,723	1,490
汚泥量	0.8DS-t/日	0.66DS-t/日
排水濁度	464度	443度

これらの排水を処理する方式は、大別して希釈放流、天日乾燥及び加圧脱水が考えられる。各々の方式の概要は以下のとおりである。

	希釈放流	天日乾燥	加圧脱水
処理方法	沈澱汚泥をろ過洗浄排水によって希釈（希釈後濁度500度）して排水路あるいは下水路に放流する。	沈澱汚泥を濃縮槽で濃縮後、含水率70%まで天日乾燥したケーキを処分する。	沈澱汚泥を濃縮槽で濃縮後、長時間加圧脱水機で含水率60%のケーキにして処分する。
処理能力	—	70kg/m ² /年 (含水率70%)	6kg/m ² /日 (含水率60%)
施設・ 用地面積	排水管 VU管 φ200mm×350m VU管 φ200mm×150m	天日乾燥床 1,050m ² /池×5池 (1池予備) 1,150m ² /日×4池 (1池予備) 用地面積 11,820m ²	脱水機(付帯設備含む) 脱水面積 67.5m ² ×2機 60.0m ² ×2機 用地面積 400m ²
建設費・ 用地費 (百万円-)	建設費 1.16 用地費 - 計 1.16	建設費 1.76 用地費 16.70 計 18.46	建設費 76.12 用地費 0.48 計 76.60

浄水場から発生するこれらの排水、汚泥は汚染物質の含有はなく、希釈放流による処理方式でも周辺の環境に与える影響は小さいものと考えられる。従って、本計画の排水処理は最寄りの排水路への希釈放流方式とする。

5) 浄水場電源

ネパール電力庁(Nepal Electricity Authority - NEA)との協議及び現地調査の結果、浄水場電源の確保に係る現状と問題点は次のとおりである。

a) マハンカルチュール浄水場配電線路

マハンカルチュール既存配水場(500KVA)には現在ニューチョバル変電所より電力が供給されている。この配電線路には多くの施設(負荷)があり、配電線路容量以上の負荷が接続されている。このため、過負荷による事故、機器劣化による事故、気象条件(雷害等)による事故等によって停電が頻発し、安定した電力が得られず需要家からの苦情も非常に多く、問題の配電線路となっている。

従って、本計画の浄水場受電は下記の方法が考えられる。

イ) 既存配電線路の容量アップを図る。

ロ) 既存変電所内予備回線を充当させ、新しく配電線路を敷設する。

イ)は現状では非常に難しく、ロ)の方法によって計画する。

b) バンスバリ浄水場配電線路

バンスバリ既存配水場(75KVA)には現在マハラジガンジ変電所からの配電線路により電力が供給されている。この配電線路の接続負荷は少なく、配電線路容量も比較的余裕がある状況にある。本計画の浄水場電力供給は既存配電線より受電する。但し、電力の安定性を考えるとマハンカルチュールと同様に機器劣化、雷害等の事故による停電が発生しているので電力供給の信頼性を高めるためには何等かの対応が必要である。

6) 非常用電源

本計画に係る既存配電線路の電力事情は上記のとおりであり、本計画の浄水施設に安定した電力を確保することは非常に困難な状況にある。配電線路の各種事故の発生による長時間停電は施設の機能を停止させることになるが、浄水場の施設にはその機能を低下させないために最低限運転を保持しなければならない次のような設備がある。

a) 生物ろ過設備(アルカリ剤注入設備、ブローア装置)

b) 凝集剤注入設備

c) アルカリ剤注入設備

d) 次亜塩素酸ソーダ生成・注入設備

従って、停電時にこれらの設備を稼働させるための非常用電源が必要となる。停電時の電源確保の対応としては、2回線受電方式、非常用予備電源、それに無停電電源装置が考えられる。2回線受電方式は、NEAの現状を考えると余りに経済的負担が大きく実現が困難である。非常用予備発電装置は、ディーゼル発電装置とガスタービン発電装置がある。ガスター

ビン発電装置はディーゼル発電装置より多くの利点を持っており使用比率は上がっているが、技術的に維持管理が困難であると共に、価格がディーゼル発電装置に較べて割高である。無停電電源装置は、瞬時の停電も許されない最重要負荷（コンピュータ等）に用いられる。価格が非常に高く維持管理が大変で、本浄水場には不適である。

以上のことを踏まえて、本計画の浄水場非常用電源としては、汎用性、維持管理面、価格面により、ディーゼル発電装置を採用する。ディーゼル発電装置の概略仕様を下記に示す。

- イ) 用途： 非常電源用
- ロ) 設置条件： 気温 -0℃～30℃、高度 1500 m 以下
- ハ) 設置場所： 屋内
- ニ) 出力： 300 KVA
- ホ) 電圧： 400 V
- ヘ) 冷却方式： ラジエーター冷却方式
- ト) 燃料： 重油あるいは軽油

4-2-4 実施運営計画の検討

本計画の実施機関はネパール水道公社 (NWSC) である。NWSCは住宅・都市計画省の監督下にあるが、制度上は政府組織から独立した機関であり、その管轄する水道事業は水道収入により運営されることになっている。しかしながら、現在ネパール国の水道料金は低い水準におかれており、且つ料金徴収システムが不完全であることより、十分な水道収入が得られず、水道事業は毎年赤字会計となっており、NWSCは大きな累積赤字を抱えている (表-4.2.15参照)。

このため、NWSCは世銀の勧告により、水道料金値上げを前提として配水システムの改善・整備、水道メーターの完全設置、料金徴収システムの整備及び運営管理要員のトレーニングを主要内容とするプロジェクト (UWSSRP) を推進中である。

表-4.2.15 NWSCの収入・支出状況

(単位：ルピー)

項 目	1988年	1989年
1. Income		
Revenue	24,288,802.10	26,968,203.64
Other income	9,616,101.28	11,510,046.16
Total	33,904,903.38	38,478,249.80
2. Expenditure		
Central expenses	7,108,652.34	8,709,302.10
Administrative expenses	9,461,953.69	30,757,158.41
Consumer's act expenses	2,510,146.72	-
Production expenses	3,539,980.67	13,017,665.71
Production tube well expenses	11,034,127.41	-
Distribution expenses	7,536,706.43	2,141,350.99
Sewerage maintenance expenses	742,142.53	-
Store sale	529,185.00	-
Interest expenditure	3,438,567.16	3,623,371.41
Depreciation expenditure	10,585,901.00	11,101,254.06
Provision for doubtful debts	-111,423.55	446,994.90
Total	56,375,939.40	69,796,097.58
3. Balance (1-2)	-22,471,036.02	-31,317,847.78
4. Loss up to last financial year	-103,215,569.97	-125,686,605.99
5. Loss taken to balance sheet (3+4)	-125,686,605.99	-157,004,453.77

4-2-5 技術協力の必要性の検討

グレーター・カトマンズの既存浄水施設は、バラジュー浄水場(設計施設能力 10,900m³/日)、マハラジガンジ浄水場(設計施設能力 2,400m³/日)及びスندگانリタル浄水場(設計施設能力 19,600m³/日)の3浄水場である。これらは全て1960年代の英国式の凝集沈澱・急速ろ過方式である。また、これら浄水場の他に、5配水池には滅菌設備がある。

本計画の浄水施設は、マハンカルチュール浄水場(最大施設能力 27,300m³/日)、バンスバリ浄水場(最大施設能力 22,400m³/日)である。これらの浄水場はアンモニア性窒素を除去するための生物ろ過設備、地下水と表流水を併用処理する凝集沈澱、急速ろ過または除鉄ろ過設備及び滅菌設備から構成されている。

本計画の凝集沈澱、急速ろ過施設は既存のものに較べて簡潔で操作も容易なものであり、維持管理要員の確保以外は余り問題とはならない。しかし、生物ろ過設備及び滅菌設備に使用する次亜塩素酸ソーダ生成装置については、カトマンズの水道にとっては初めてのものである。

このような浄水施設を効率的に管理・運営し、長期に亘って本計画の効果を発揮させるためには、本施設完成時に、十分な運営・管理技術の指導が行われるのは当然であるが、日本人専門家の派遣等による施設運営管理技術者の養成及びその総体的レベルアップのための技術協力が必要である。

国際協力事業団が実施している研修コース等を活用した総合的技術者の養成・研修システムの活用も必要であるが、派遣専門家が現地で本計画施設に基づいて適正技術の移転を行うことも必要である。

4-2-6 協力実施の基本方針

本計画の実施については、以上の検討により、その効果、現実性、ネパール国政府の実施能力等が確認されたこと、本計画の効果が無償資金協力の制度に合致していることから、我が国の無償資金協力で実施されることが妥当であると判断される。従って、我が国の無償資金協力を前提として、以下において計画の概要を検討し、基本設計を実施することとする。但し、計画の内容については、前述の世銀/UNDPの計画との関係や施設計画の検討によって、要請の一部を変更し、より適切なものとする。

4-3 計画の概要

本計画は、目標年次2001年のJICA水道整備計画の内、即効性・緊急性の高い水質改善に係るステージ1及びステージ2の実施についてネパール国政府が我が国に無償資金協力を要請してきたのに対して、我が国が最も緊急性が高く、最優先すべきと判断したステージ1の地下水の水質改善に係る2プロジェクトをその内容とする。

4-3-1 マハンカルチュール・プロジェクト

本プロジェクトは、渇水期に取水量に制限のある表流水と有限な資源である地下水とを併用活用して最大給水能力26,500m³/日の給水施設を整備するものである。この表流水源は、新規に開発するもので、スングリジャル発電所の放流水（渇水期）、またはバグマティ川からの直接取水（豊水期）による。地下水源は、ゴカルナ、ドピコラ及びマノハラ井戸群の既存井戸からの揚水による。

地下水は、高濃度のアンモニア性窒素を除去するための生物ろ過設備(19,100m³/日)によって前処理した後、表流水と共に新設の浄水場(処理能力27,300m³/日)によって処理する。処理水は既存配水池(容量9,000m³)に圧送してカトマンズ市南部、東部に給水する。

- 1) スングリジャル取水施設(25,400m³/日)建設。
- 2) 導水管布設(スングリジャル取水場・流量調節池～浄水場)。
- 3) マハンカルチュール浄水場(27,300m³/日)建設。
 - 生物ろ過池(19,100m³/日)
 - 凝集剤溶解注入設備
 - アルカリ剤溶解注入設備(苛性ソーダ、消石灰)
 - 凝集沈澱池
 - 急速ろ過池
 - 滅菌・酸化設備
 - 浄水池
 - 送水設備
 - 電気・計装設備

4-3-2 バンスバリ・プロジェクト

本プロジェクトは、渇水期に取水量に制限のある表流水と有限な資源である地下水とを併用活用して最大給水能力 22,100m³/日の給水施設を整備するものである。地下水源は既存のバンスバリ井戸群の井戸から揚水する。表流水源は既存のビスヌマティ及びシバプリー取水場を拡張整備して取水する。

地下水は、アンモニア性窒素を除去するために生物ろ過施設によって前処理した後、表流水と共に新設の浄水場 (22,800m³/日) によって処理する。処理水の内、6,800m³/日は既存のバンスバリ配水池へ圧送し、自然流下でカトマンズ市北部に給水する。残り14,900m³/日はマハラジガンジ配水池へ自然流下で送り、カトマンズ市中部に給水する。

- 1) 既存ビスヌマティ、シバプリー取水場拡張整備 (21,000m³/日)。
- 2) 導水管布設 (既存ビスヌマティ、シバプリー取水場～浄水場)。
- 3) バンスバリ浄水場 (22,800m³/日) 建設。

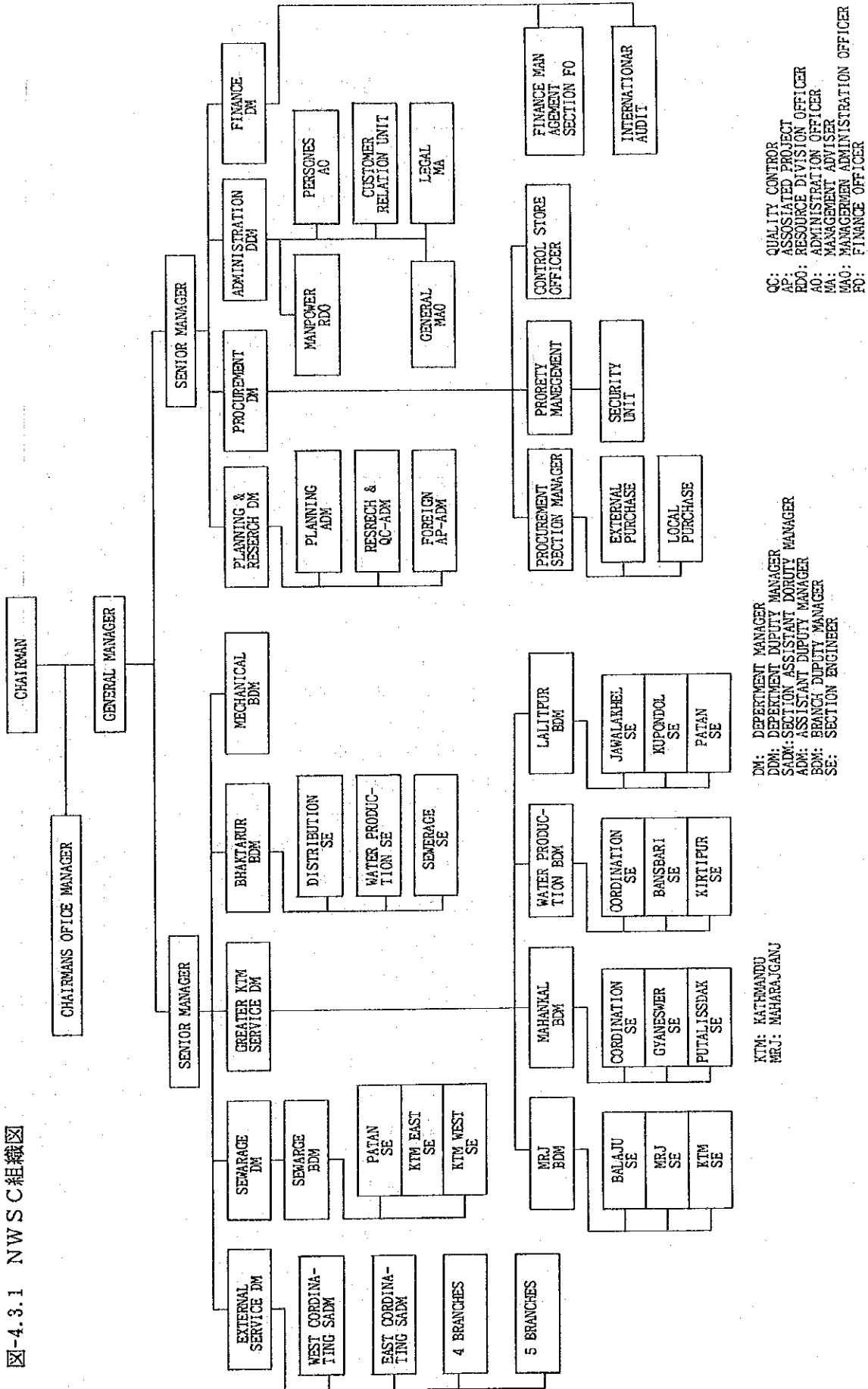
- 生物ろ過池 (17,600m³/日)
- 凝集剤注入設備
- アルカリ剤溶解注入設備 (苛性ソーダ、消石灰)
- 凝集沈澱池
- 急速ろ過池
- 滅菌・酸化設備
- 浄水池
- 送水設備
- 電気・計装設備

4-3-3 実施機関と運営体制

本計画の実施機関はNSWCであり、MHPPの監督指導のもとに水道事業の運営管理を行っている。NSWCの組織及び職員数は図-4.3.1及び表-4.3.1のとおりである。

本計画の運営を直接担当する部局は、グレーター・カトマンズ給水局 (Greater Kathmandu Service Department) であり、その下部組織がマハンカルチュール及びバンスバリ・プロジェクトを分担して運営する。本計画は既存の給水システムの機能を補完する施設を既存施設に隣接して建設するものであり、その施設の運営は既存の組織に所要の要員を補充してあたることになる。本計画の運営管理に必要な維持管理組織、要員数は次項4-3-4の維持管理計画のとおりである。

☑-4.3.1 NWS C組織図



DM: DEPARTMENT MANAGER
 DDM: DEPARTMENT DEPUTY MANAGER
 SADM: SECTION ASSISTANT DEPUTY MANAGER
 ADM: ASSISTANT DEPUTY MANAGER
 BDM: BRANCH DEPUTY MANAGER
 SE: SECTION ENGINEER

KTM: KATHMANDU
 MRJ: MAHARAJGANJ

QC: QUALITY CONTROL
 AP: ASSOCIATED PROJECT
 RDO: RESOURCE DIVISION OFFICER
 AO: ADMINISTRATION OFFICER
 MA: MANAGEMENT ADVISER
 MAG: MANAGER/ADMINISTRATION OFFICER
 FO: FINANCE OFFICER

表-4.3.1 NWSCの職員数

Central		Towns	
General Manager	1	Manager	1
Senior Manager	2	Deputy Manager	5
Manager	7	Assistant Manager	8
Deputy Manager	2	Engineer	33
Assistant Manager	4	Assistant Engineer	19
Engineer	10	Sub-total	66
Senior Chemist	2	Overseer	44
Sub-total	28	Asst. Plant Superintendent	2
Overseer	9	Chief Inspector	1
Draftsmen	3	Draftsman	3
Chemist	4	Chemist	2
Lab Technical	4	Supervisor	5
Pump Operator/Mechanic	16	Senior Meter Reader	7
Senior Mechanic	5	Plumber	210
Sub-total	41	Mechanic	30
Account Officer	2	Inspector	55
Section Officer	7	Plant Operator	20
Assistant Officer (Adm)	42	Helper	305
Junior Assistant (Adm)	69	Meter Reader	50
Sub-total	120	Sub-total	734
Driver	5	Assistant Officer (A/c)	10
Security Guard	4	Senior Assistant (A/c)	72
Helper	4	Senior Assistant (Adm)	130
Guard	6	Assistant (Adm)	425
Sweeper	9	Typist	15
Peon	30	Driver	20
Watchmen	42	Watchman/Codie	831
Coolie	3	Sub-total	1,503
Sub-total	103	Total	2,303
Total	292	Grand Total	2,592

4-3-4 維持管理計画

(1) 現況の維持管理組織

NWSCの組織については図-4.3.1に示すとおりである。この内、本計画に係るグレーター・カトマンズ給水局の維持管理組織と管理要員の現状を図-4.3.2に示す。

(2) 維持管理の内容

本計画に係る給水システムが効果的に運営されるために必要な操作管理と維持管理の内容は、以下のとおりである。

1) 操作管理項目

- a) 表流水取水管理。
- b) 井戸揚水管理。
- c) 浄水量管理（地下水・表流水併用処理管理）。

生物ろ過池

- 空気量管理

各ろ過池の空気弁を操作し、散気状態が均等になるよう調整する。

- アルカリ剤注入管理

注入ポンプの注入量を増減させ原水のpH値が7.2～7.6程度に調整する。

- 洗浄

ろ過水頭の上昇を管理する。所定の位置に到達すると原水弁、排水扉を操作して逆流洗浄を行う。逆流は水、空気併用とする。

凝集管理

- 凝集剤注入

水量・水質変化に応じて注入ポンプの注入量を増減させ、適正な凝集剤を注入する。

- アルカリ剤注入

フロック形成状況を確認しながら、アルカリ剤注入量を増減させる。

凝集沈澱池

- 池数管理

豊水期・渇水期毎の処理水量の変化に応じて連絡扉を開閉し、池数を増減させる。

- フロック形成

フロックの形成状況を確認し、薬注量の調整をする。

- 排泥

排泥弁を操作し、一定期間毎に沈澱汚泥の排泥を行う。

急速ろ過池

- 池数管理
豊水期・渇水期毎の処理水量の変化に応じて連絡扉を開閉し池数を増減させる。
- 地下水用酸化剤注入
除鉄酸化用として塩素剤を注入する。流入する鉄・マンガンの量に応じて塩素剤注入量を増減させる。
- 洗浄
ろ過池水位上昇を確認する。所定の水位に到達した場合又は一定期間ろ過時間が経過した場合、原水弁、排水扉、表洗弁を操作しろ過池の洗浄をする。洗浄は表洗、逆洗併用とする。
- 滅菌剤注入
急速ろ過処理水に対して、所定濃度の残留塩素が検出されるまで塩素剤を注入する。

浄水池・送水ポンプ

- 浄水池水位管理
浄水池は生物ろ過池、急速ろ過池の洗浄水を確保する目的があり、一定水位以下にならないよう調整する。
- 送水ポンプ運転
配水池水位に連動して自動運転させる。

凝集剤・生物ろ過用アルカリ剤・アルカリ剤・さらし粉

- 溶解
水を張った溶解槽に薬剤を投入し、所定の濃度になるよう攪拌、溶解させる。
- 貯留
薬剤の消費量に応じて適時、溶解貯留する。

次亜酸素酸ソーダ生成

- 生成装置
日常の巡回点検項目にあげられる項目としては、次のとおりである。
 - ア. 塩水ポンプ、希釈水ポンプ、希釈水槽、集合配管ユニット、各配管、並びに次亜貯蔵槽および注入ポンプからの液漏れの点検。
 - イ. 塩溶解貯槽の塩量のチェック。
 - ウ. 塩水量、希釈水量のチェック。
 - エ. 直流電流値、直流電圧値のチェック。
 - オ. モーター及び電源制御盤の異音、異臭のチェック。
 - カ. 軟水装置の再生用の塩量のチェック。

電気設備

- 流量計

d) 配水施設

- 水位管理
- 配水管理

2) 維持管理項目

各設備毎の日常点検項目として次の項目があげられる。

スダリジャル流量調整池

井戸

- 水位測定
- 井戸ポンプ：電流値、電圧値
- 流量計
- 水圧計

生物ろ過池

- プロアー：騒音、振動、注油状態、ベルトの張り具合
- アルカリ剤注入装置：電流値、電圧値、吐出圧、定圧槽液位、配管からの液漏れ
- 洗浄用バルブ類：液漏れ、作動具合

凝集

- 凝集剤注入装置：電流値、電圧値、吐出圧、定圧槽液位、配管からの液漏れ
- アルカリ剤注入装置：電流値、電圧値、吐出圧、配管からの液漏れ

凝集沈澱池

- フロック形成：フロック形成状態、フロックの堆積状況
- 排泥弁類：定期的な排泥、弁、配管からの液漏れ

急速ろ過池

- 酸化剤注入装置：電流値、電圧値、吐出圧、定圧槽液位
- 洗浄用バルブ類：液漏れ
- 滅菌剤注入装置：電流値、電圧値、吐出圧、配管からの液漏れ

浄水池・送水ポンプ

- 送水ポンプ：異常音、振動、注油状態、電流値、電圧値
- 水位計：指針の作動状態

凝集剤・生物ろ過用アルカリ剤・アルカリ剤・さらし粉溶解貯留

- 溶解攪拌機：異常音、振動、注油状態、電流値、電圧値、タンク配管液漏れ
- 移送攪拌ポンプ：異常音、振動、注油状態、吐出圧、電流値、電圧値

次亜塩素酸ソーダ生成装置

- 電解槽の酸洗浄を運転に応じて適切な間隔で実施する。(1500時間をめどに)
- 面積式流量計(飽和塩水量)のガラス管、フロートを必要に応じて清掃する。(3~4カ月程度に1度)
- 必要に応じて次亜の有効塩素濃度をチェックする。

電気設備

- 短絡、過電流、落雷、絶縁不良による事故を防ぐため、日常十分な点検を行い不都合個所の交換修理補充をすみやかに行う。

自家発電設備

- 潤滑油の確認、補給と交換、冷却水の確認及び補給、燃料の確認、蓄電池の確認、蒸留水の補給、定期的な運転確認、周波数・電圧・電流の確認

水質計器

- pH計：0点調整(随時)、定期的スパン調整(約3カ月毎)
- 濁度計：0点調整(随時)、定期的スパン調整及びサンプル系洗浄(約3カ月毎)
- 残塩計：0点調整(随時)、定期的スパン調整(約3カ月毎)

流量計

- 指針の作動状態、接合部からの液漏れ

配水施設

- 水位計：指針の作動状態
- 配水ポンプ：異常音、振動、電流値、電圧値
- 弁類：接合部からの液漏れ

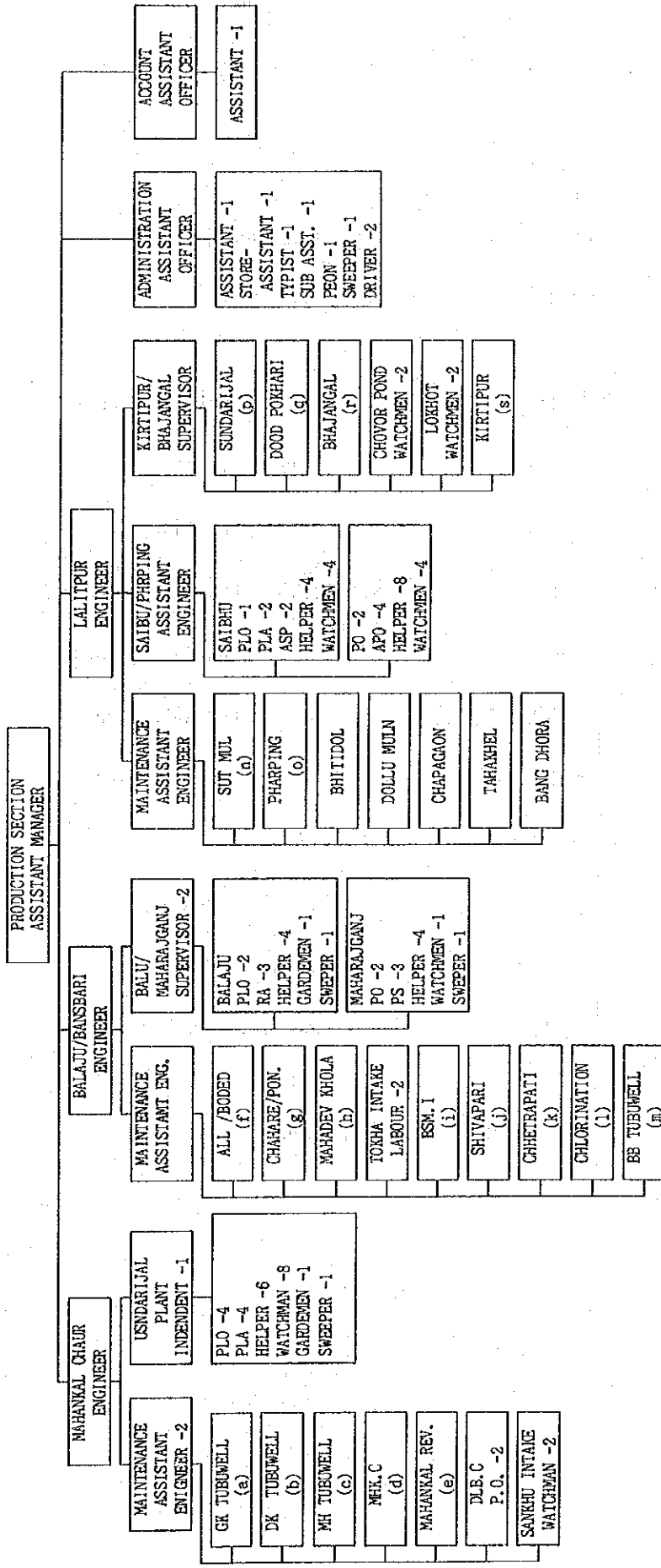
(3) 本計画の維持管理組織

上記の維持管理の内容が適正に行われるためには、図-4.3.3に示す維持管理組織とその管理要員が妥当であると考えられる。

給水施設が効果的に運営されるためには、この組織が整備されることは勿論のこと、それを構成する要員の適正配置も重要である。維持管理に従事する要員は、それぞれの分野で経験のある技術者が望ましい。しかし、現状では、経験ある技術者は限られており、技術者の不足のために、適正な維持管理が難しくなる恐れがある。従って、維持管理に従事する技術者の養成が急務である。

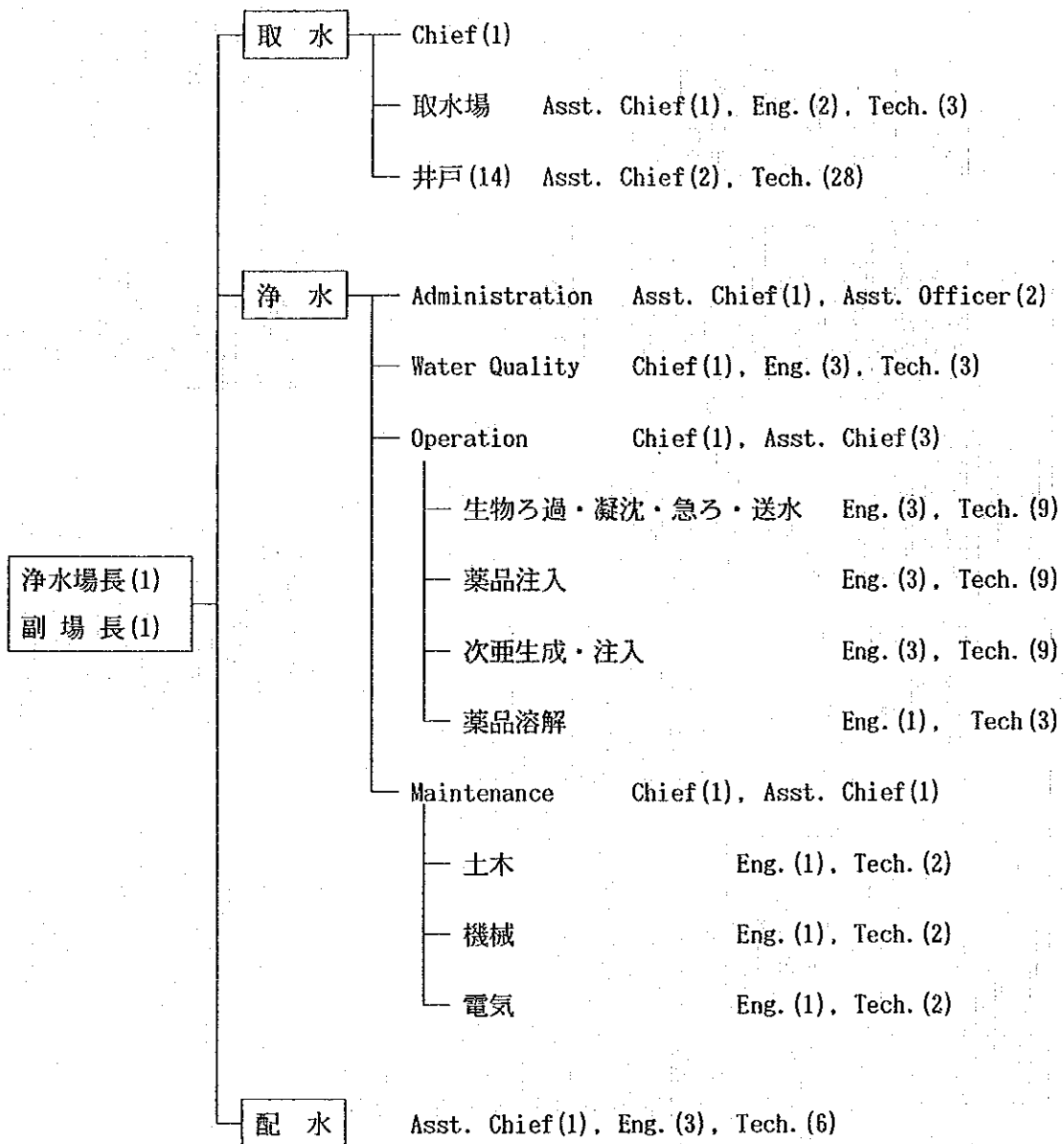
なお、この管理要員はマハンカルチュール・プロジェクト 111人、バンスバリ・プロジェクト93人の計204人である。本計画の受益人口は285,000人であるので、受益人口1,000人に対する要員数は0.72人の割合となる。日本における本計画と同規模の水道事業では、住民1,000人に対して要員1人程度の割合となっている。

図-4.3.2 NWS Cグレート・カトマンズ給水局組織図



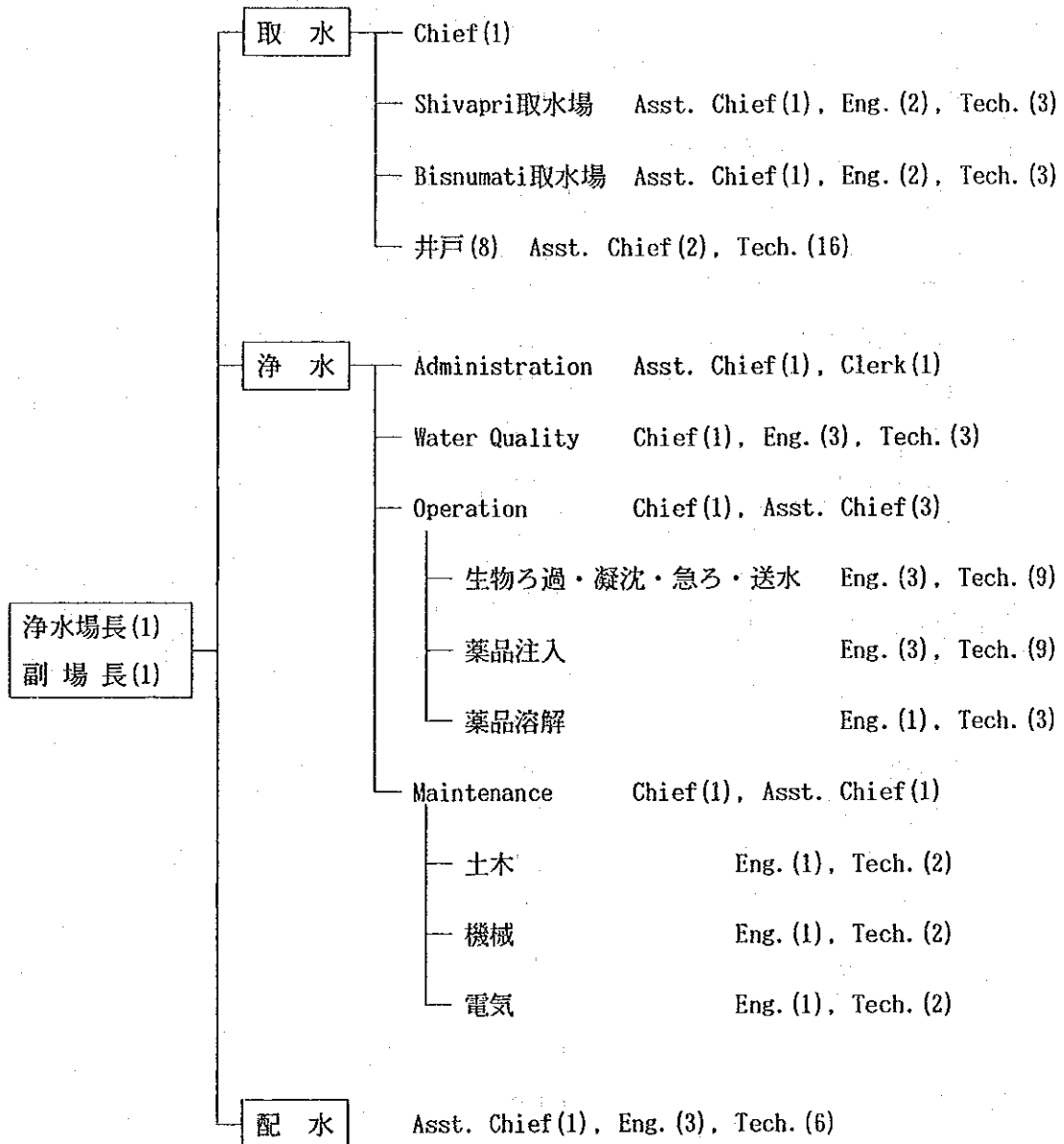
- JP: JUNIOR PLUMBER
 PO: PUMP OPERATOR
 PLO: PLANT OPERATOR
 PLA: PLANT ATTENDANT
 APO: ASSISTANT PUMP OPERATOR
 MEK.C: MAHANKAL CHLORINATION
 D.B.C: DILLIMAZON CHLORINATION
 ESM. I: BISONMATI INTAKE
- (a) JP -2
 LAVOR -4
 PO -2
 HELPER -10
 ABO -10
 (b) PO -1
 APO -8
 HELPER -8
 (c) PO -2
 APO -12
 HELPER -12
 (d) PO -1
 APO -1
- (e) SUPERVISOR -1
 PLA -3
 HELPER -3
 WATCHMAN -4
 LINEMAN -4
 (f) SUPERVISOR -1
 SENIOR PLUMBER -1
 JUNIOR PLUMBER -3
 LABOUR -6
 LINEMAN -4
 WATCHMAN -10
 (g) JUNIOR PLUMBER -2
 LABOUR -4
 WATCHMAN -4
- (h) SUPERVISOR -1
 PUMP OPERATOR -1
 ASSISTANT OPERATOR -2
 HELPER -4
 JUNIOR PLUMBER -2
 LABOUR -2
 (i) LINEMAN -1
 JUNIOR PLUMBER -1
 (j) LINEMAN -1
 JUNIOR PLUMBER -3
 LABOUR -3
 (k) ASSISTANT PUMP OPERATOR -2
- (l) PUMP OPERATOR -1
 ASSISTANT OPERATOR -2
 HELPER -2
 WATCHMAN -4
 (m) PUMP OPERATOR -2
 ASSISTANT OPERATOR -10
 HELPER -10
 (n) SENIOR PLUMBER -1
 JUNIOR PLUMBER -3
 LINEMAN -2
 LABOUR -6
 WATCHMAN -4
 (o) LABOUR -2
- (p) PLANT OPERATOR -1
 PLANT ATTENDANT -2
 ASSISTANT ATTENDANT -2
 HELPER -4
 (q) LINEMAN -2
 WATCHMAN -2
 (r) ASSISTANT PUMP OPERATOR -2
 HELPER -2
 WATCHMAN -2
 JUNIOR PLUMBER -1
 LABOUR -2
 (s) JUNIOR PLUMBER -1
 LABOUR -2
 WATCHMAN -4

図-4.3.3 (1/2) 本計画の維持管理組織 (マハンカルチュール・プロジェクト)



注) () : 必要要員数
 Asst. : Assistant
 Eng. : Engineer
 Tech. : Technician

図-4.3.3 (2/2) 本計画の維持管理組織 (バンスバリ・プロジェクト)



注) (): 必要要員数
 Asst. : Assistant
 Eng. : Engineer
 Tech. : Technician

(4) 維持管理費

上記の維持管理計画に基づいて年間維持管理費用を概算すると、次のようになる。

1) 1995年の維持管理費

a) Central expense	3,758 千ルピー/年
b) 浄水費用 (マハンカルチュール)	
- 人件費	2,479
- 事務費	124
- 燃料費	36
- 機器点検整備費	690
- 浄水薬品費	2,386
- 電力費	1,316
- 機器更新費	653
- 施設維持費	303
小計	7,988
c) 浄水費用 (バンスバリ)	
- 人件費	2,227
- 事務費	111
- 燃料費	60
- 機器点検整備費	484
- 浄水薬品費	2,098
- 電力費	1,849
- 機器更新費	537
- 施設維持費	193
小計	7,559
d) 配水費	1,689
e) 料金徴収費	1,243
合計	22,237

2) 2001年の維持管理費

a) Central expense	3,758 千ルピー/年
b) 浄水費用 (マハンカルチュール)	
- 人件費	2,479
- 事務費	124
- 燃料費	36
- 機器点検整備費	690
- 浄水薬品費	2,641
- 電力費	1,479
- 機器更新費	687
- 施設維持費	303
小 計	8,439
c) 浄水費用 (ハンスバリ)	
- 人件費	2,227
- 事務費	111
- 燃料費	60
- 機器点検整備費	484
- 浄水薬品費	2,165
- 電力費	1,926
- 機器更新費	547
- 施設維持費	193
小 計	7,713
d) 配水費	1,689
e) 料金徴収費	1,243
合 計	22,842

4-3-5 運営管理計画

本計画の運営管理はNWSCのグレートカトマンス給水局が行う。その運営管理は主として料金収入によって行う。

本計画の最大給水能力は、マハンカルチュール・プロジェクト 26,500m³/日、バンスバリ・プロジェクト 22,100m³/日で、この2システムによる給水量は次のとおりである。

	1995年			2001年		
	マハンカルチュール	バンスバリ	計	マハンカルチュール	バンスバリ	計
年間給水量 (千m ³)	7,667	6,243	13,910	8,136	6,405	13,541
平均給水量 (千m ³ /日)	21.0	17.1	38.1	22.3	17.5	39.8
使用水量 (千m ³)	5,597	4,557	10,154	6,102	4,804	10,906

1989年の給水量、使用水量および料金収入実績(表-4.3.2)では各戸給水の給水量当たり単価は0.42ルピー/m³で、有収率は35%である。

この有収率を左右する要因は漏水率、メーターの整備状況、料金徴収システムの整備と要員のトレーニング、需要者の啓蒙等である。NWSCは、これらを主要内容とするUWSSRPを推進中であり、今後有収率は大幅に改善されることになる。この内、漏水率の改善とメーターの整備による有収率の改善は約20%で有収率は55%となる。また、料金は永く1.2ルピー/m³で据え置かれてきたが、1990年に2.5ルピー/m³に値上げされ、近く4ルピー/m³に値上げされる。

従って、本計画に係る料金収入は次のようになる。

(単位: 百万ルピー/年)

	1995年	2001年
料金収入	31,446	32,638
各戸給水	30,138	31,634
共同水栓	1,308	1,004

一方、本計画のランニングコストは1995年が年間22.2百万ルピー、2001年は年間22.8百万ルピーである(前項4-3-4参照)。年間償還費は、ネパール国政府負担分が0.69百万ルピー、日本政府負担分は29.87百万ルピーである。

従って、本計画の年間運営管理費用(ランニングコスト+償還費)は52.1百万ルピーとなるが、日本政府負担分の償還費を除けば年間運営管理費は22.9百万ルピーとなり、料金収入で運営管理費用を賄うことができる。

また、前述の有収率の改善にも係る世銀/UNDPの援助で推進中のUWSSRP（改善整備費 307.8百万ルピー、表-4.3.3参照）の年間償還費11.3百万ルピーについても有収率が60%に改善されれば水道事業の収支がバランスする。

表-4.3.2 1989年の給水量、使用水量及び料金収入実績

1989年7月使用水量

	最大使用水量 (m ³ /日)	平均使用水量 (m ³ /日)	年間使用水量 (m ³)
各戸給水	43,821	39,514	14,422,610
共同水栓	688	620	226,300

1989年給水量

	最大給水量 (m ³ /日)	平均給水量 (m ³ /日)	年間給水量 (m ³)
各戸給水	61,792	55,719	20,337,435
共同給水	983	886	323,390

料金収入

		7月実績 (ルピー/月)	年 間 (百万ルピー/年)	給水量当り 単 価 (ルピー/m ³)	有効水量当り 単 価 (ルピー/m ³)
料 金 収 入		945,325	10.23		
内 訳	各戸給水	790,325	8.55	0.42	0.6
	(メーターあり)	(660,325)			
	(メーターなし)	(130,000)			
	共同水栓	155,000	1.68	5.2	7.4

表-4.3.3 UWSSRPに要する年間費用

井戸改善、配水管整備、メーターの改善・整備、漏水防止、配水システム整備に関する費用（マハンカルチュール及びバンスバリ・システムに係る費用）は次のとおりである。

項 目	費 用 (百万ルピー)	摘 要
井戸改善	31.4	表-4.2.7
配水管整備	107.3	表-4.2.1 (K4) 278.59×0.385 (本計画の係る比率)
メーター改善・整備	12.6	表-4.2.1 (K5) 32.80×0.385 (//)
漏水防止	72.0	表-4.2.1 (K11) 186.91×0.385 (//)
配水システム整備	84.6	JICA水道整備計画 (4-2-2項参照) バンスバリ 0.980×30.09 スグリヅャル 4.580×30.09×0.4 (本計画の係る比率)
計	307.8	

上記と同じ償還とすると、UWSSRPに要するマハンカルチュール、バンスバリ・システムの分担する年間費用は11.3百万ルピーである。

第5章 基本設計

第5章 基本設計

5-1 設計方針

本計画は、直面する給水量不足や水質障害を解決すると共に、長期水道整備計画においても重要な役割を分担するものである。従って、本計画の設計に当たってはそのことを十分に配慮したものとする。即ち、給水能力の増加や水質改善の機能を十分に持った施設とすると共に、その施設が長期に亘ってその機能を果たし、長期水道整備計画において機能的にも経済性においても重要な柱となる施設とする方針である。

(1) 水源

本計画の水源は既存地下水と新規開発表流水である。

地下水は有限であることを勘案し、JICAマスタープラン調査で提言されている年間適正揚水量の範囲内で渇水期の表流水源の補完用として既存の井戸から取水する。

表流水は渇水期の農業用水との取水の競合、将来の農薬・家庭雑排水による汚染及び電力事情、運転・管理の容易さ等を勘案し、上流部にあつて自然流下可能な既存水源を拡張して取水するものとする。

(2) 浄水処理

地下水は鉄、マンガン及びアンモニア性窒素を多量に含有し、水道として必要な滅菌効果を著しく低下させているので、生物ろ過施設による前処理と凝集沈澱、除鉄ろ過処理を行う。

表流水は維持管理の容易な凝集沈澱、急速ろ過処理を行う。

(3) 浄水プラント機器・電気設備及び凝集剤・滅菌剤

浄水プラント機器・電気設備は本計画施設の効率的・長期的機能維持を図るため、耐久性に富み、性能のすぐれている日本製を設置する。

凝集剤は日本製顆粒PACを使用する。

滅菌剤は安全性、取扱い及びコストの面から生成次亜塩素酸ソーダを使用することを基本とし、生成装置を日本で調達して設置するが、維持管理の状況をみるため最低限にとどめ、さらし粉を補完的に併用する。

(4) 建設事情

ネパール国では熟練労働者が不足しているので、施設の構造をできるだけ単純化し、現地労働力の活用を図るものとする。

また、レンガは現地調達が大量且つ容易に可能であるので、構造材として利用を図るものとする。

5-2 設計条件の検討

(1) 施設能力

1) 取水量

表流水	計画給水量×1.03
地下水	計画給水量×1.045~1.07

2) 処理水量

生物ろ過	計画給水量×1.045~1.07
その他浄水施設	計画給水量×1.03

(2) 生物ろ過池

原水中に含まれるアンモニア性窒素を好気性微生物の硝化作用を利用して除去するユニットプロセスである。生物処理槽に微生物を効率良く繁殖させる目的で接触ろ材（軽石）を充填し、外部より散気用空気を圧入する。

池数	10池
ろ過速度	120m/日（標準時） 133m/日（最大時）
吸込空気量	処理水量の2倍
ろ層	軽石（粒径8~12mm、層厚1.3m）
支持層	粒径10~20mm、層厚0.3m
集水装置	空洗用集水装置
有効水頭	約1.1m
逆洗	（水） 1.0m ³ /m ² /分 （空気） 0.8m ³ /m ² /分

(3) 薬品沈澱池

1) 混和池

このプロセスは、凝集剤が水中で加水分解し重合反応を起す速度が非常に早いことを考慮して、急速に混和し小さい水酸化アルミニウム・コロイドを数多く生じさせ、これを均一に拡散し、水中に分散している濁質コロイドを反応させる必要がある。しかし、非常に複雑な粒子の界面電気化学的反応プロセスとも考えられ、あまり強く攪拌するとせん断力の強さにより、一度生成した酸化アルミニウム・コロイドの電気化学的結合が破壊され、次のプロセスのフロキューレーションにおける良好なフロックの形成を阻害する。

混和の指標として仕事量、もしくはせん断力の程度を表わすG値（平均速度勾配値）、GT値がある。G値、GT値の目標は原水水質や処理水量によって異なるが、一般にG値=200~300sec⁻¹、GT値=12,000~15,000とする。

G 値	300~400sec ⁻¹
G T 値	12,000~30,000
滞留時間	1分程度

2) フロック形成池

急速ろ過方式の浄水システムにあって、凝集プロセスは最も重要なプロセスであり、混和プロセスで生じた微小フロックを重く、かつ硬い均質なフロックに熟成させる必要がある。良好なフロック形成のためには、G 値が高速帯で $G=70\sim 80\text{sec}^{-1}$ 、中速帯で $G=40\sim 50\text{sec}^{-1}$ 、低速帯で $G=15\sim 20\text{sec}^{-1}$ 前後となるよう漸減させるのが適当である。

上下迂流式

滞留時間	30分
G 値	上流側 70sec ⁻¹ 下流側 15sec ⁻¹

3) 沈澱池

薬品注入、混和、フロック形成の段階を経て大きく重く成長したフロックの大部分を沈澱分離作用によって沈降分離し、後続の急速ろ過池へ負担を軽減する。表流水と地下水を並行して処理するので、これが可能な設備とする。

横流式凝集沈澱池

滞留時間	3時間 (表流水) 1時間 (地下水)
池内流速	15~40cm/分
排泥ホッパー	池面積のうち上流側1/3 にフロックの80%が堆積するものとする。ここにホッパーを設置し適当な間隔で排泥を行なう。

(4) 急速ろ過池

表流水と地下水を並行処理する。表流水については沈澱池を通過した微少フロックを一定速度以下でろ過することにより、ろ材表面で付着・捕捉して除去し、最終処理水を得るプロセスである。また、地下水については塩素によって酸化し、マンガン砂によるろ過によって除鉄、除マンガン処理を行なう。

ろ過速度	最大 150m/日 (表流水) 最大 300m/日 (地下水)
逆洗	0.6m ³ /m ² /分 × 6分
表洗	0.2m ³ /m ² /分 × 4分、固定式

砂層	有効径 0.6mm、均等係数 1.6以下 層厚 0.6m
砂利層	2～4mm、4～6mm、6～10mm、10～20mm、 各層厚 50mm
集水装置	自己洗浄型有孔ブロック
有効ろ過水頭	0.9m

(5) 浄水池

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

設備容量	1 時間分
ポンプ吸水井兼用	

(6) 凝集剤注入設備

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

凝集剤	PAC (ポリ塩化アルミニウム)、有効 Al_2O_3 30% PACを Al_2O_3 5%溶液に希釈溶解し注入する。
注入率	$P = 8.7 + 2.2\sqrt{T}$ (T:濁度)
平均注入率	(5%溶液) 20.7mg/l、(30% PAC) 3.5mg/l
最大注入率	(//) 40.0mg/l、(//) 6.6mg/l
貯槽	最大注入量の1日分

(7) 生物ろ過用アルカリ剤注入設備

硝化菌の増殖促進のために苛性ソーダを注入し、pH値を7.2～7.6に調整する。

アルカリ剤	苛性ソーダ 苛性ソーダ10%に溶解し、注入する。
平均注入率	10%溶液、100mg/l
貯槽	最大注入量の1日分

(8) アルカリ剤注入設備

本計画の対象表流水は概してpH値、アルカリ度が低い。特に豊水期にはその傾向が顕著になる。従って、凝集効果を高めるためにアルカリ剤を注入する。

アルカリ剤	消石灰 消石灰を20%溶液に溶解して注入する。
注入率	18mg/1 (豊水期) 4mg/1 (渇水期)
貯槽	最大注入量の1日分

(9) 滅菌剤注入設備

地下水中に含まれるマンガンの酸化処理用及び急速ろ過処理水に対して滅菌用として塩素剤を注入する。

地下水	
最大	3.6mg/1 (有効塩素)
平均	1.8mg/1 (")
表流水 (雨期)	
最大	5.0mg/1 (")
平均	2.5mg/1 (")
表流水 (乾期)	
最大	3.0mg/1 (")
平均	1.5mg/1 (")

(生成・次亜塩素酸ソーダ)

滅菌剤	1.2%生成次亜塩素酸ソーダ溶液
次亜塩素酸ソーダ生成装置	
軟水装置、塩溶解槽	

(さらし粉)

滅菌剤	さらし粉 (有効塩素15%)
溶解槽	2槽 (溶解用攪拌機付)
移送ポンプ、定量注入装置	
貯槽	最大注入量の1日分

(10) 水槽構造

上記浄水施設は複数の池で構成される水槽構造物である。水槽内の水深は3～5mもあり、連続給水を行う必要上から、一方の水槽が満水で他方の水槽が空虚となる状況が生じ、隔壁には大きな水圧が作用する。また、温度差や不等沈下による亀裂からの漏水を極力防止する必要がある。水槽の構造材は鉄筋コンクリートとし、構造設計に当たっては大きな耐圧性と高い水密性の構造とするため、コンクリートの十分な品質管理と良質な鉄筋を日本から調達することを前提として、日本の鉄筋コンクリート構造物設計基準により検討を行うものとする。即ち、各材質の許容応力度は次のとおりである。

コンクリート圧縮応力度	$\sigma_{ca} =$	80.0kg/cm ²
鉄筋引張応力度	$\sigma_{sa} =$	1,800.0kg/cm ²
コンクリートせん断応力度	$\tau_a =$	4.25kg/cm ²

(11) 基礎

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

浄水場計画地点の基礎地盤の支持力は、今回の現地調査で実施した簡易地耐力試験によれば、マハンカルチュールで4～8t/m²、バンスバリで6～15t/m²である。一方、構造物荷重は5～10t/m²程度である。

本計画において、マハンカルチュールでは浄水場全構造物の基礎地盤支持力が不足するため、全て杭基礎とする。また、バンスバリでは生物ろ過施設のみ地盤支持力が不足するため杭基礎とし、他の施設の構造部は直接基礎として計画する。

なお、構造物底面下1～2m程度の地層に十分な支持力が得られれば良質土砂による置換工法も検討対象となる。

最終的な基礎工法（杭基礎、置換基礎）及び杭長の決定には実施設計時の詳細な調査が必要である。

本計画で使用する基礎杭は、現場で作製する角型鉄筋コンクリート杭（350mm×350mm）とし、ディーゼルハンマーで打設する。

5-3 基本計画

5-3-1 マハンカルチュール・プロジェクト

(1) 概説

新規に開発する表流水源と既存地下水源の併用によって最大給水能力 26,500m³/日の浄水施設（新規表流水源の取水・導水施設を含む）をマハンカルチュール既存配水場に建設し、既存のマハンカルチュール配水池（容量9,000m³）からカトマンズ市東部・南部配水区域に給水する。

現状のマハンカルチュール・システムは、スダリジャル浄水場から送水される処理水と、ゴカルナ、マノハラ、ドビコラの3井戸群からの地下水が、マハンカルチュール配水場で混合されてカトマンズ市内に給水されている。

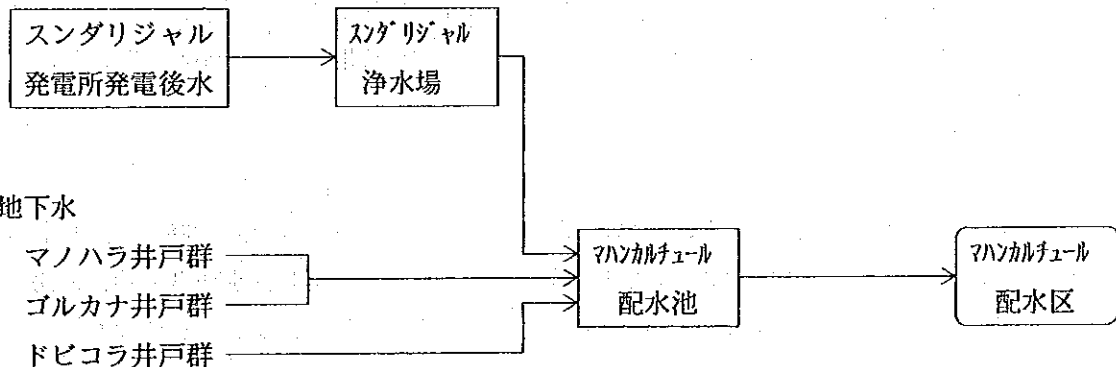
本計画では、スダリジャル浄水場をマハンカルチュール・システムから分離（これを新しくスダリジャル・システムとして、このシステムの配水は現在のマハンカルチュール配水池ではなく、新たに市内に設置する配水池を経由して給水される。）して、上記井戸群の地下水と、これと併用する新規開発表流水を水源とするシステムを本計画の給水システムとする。

既存給水システムの給水量は、1989年 8,427m³/日、1991年 11,620m³/日であったが、本計画の実施により、最大給水能力は26,500m³/日となる。

本給水システムに係る現状及び計画実施後の給水系統図は次のとおりである。

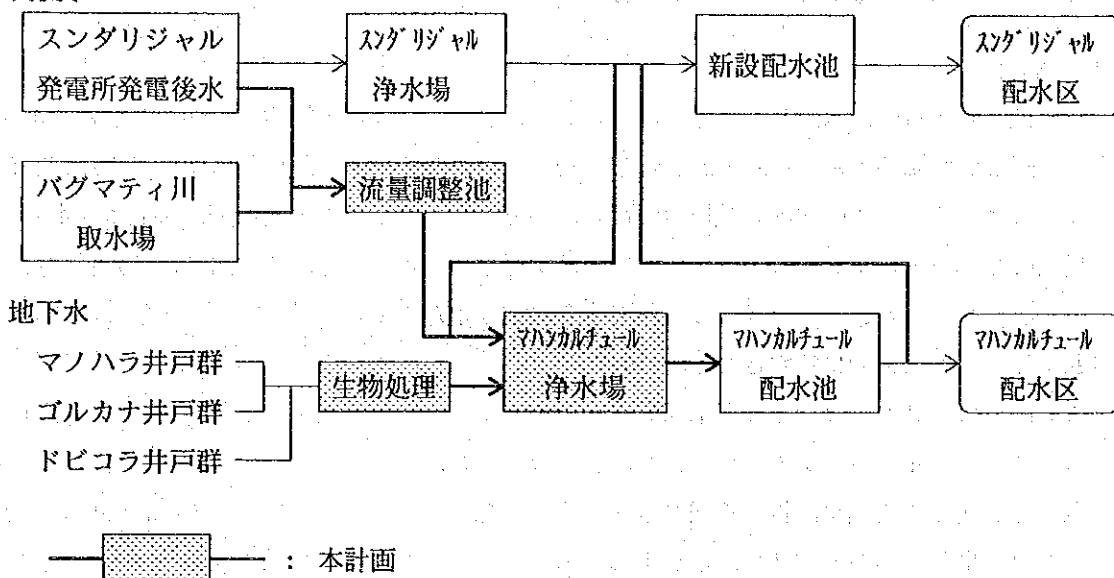
現 状

表流水



計画実施後

表流水



(2) 取水施設

1) 新規開発表流水

下記の3取水法を有機的に組み合わせて必要水量を取水する。

- スンダリジャル発電所の発電放流水の内、スンダリジャル浄水場用の取水量 $20,600\text{m}^3/\text{日}$ を超過する流量を取水する。
- スンダリジャル発電所の圧力管 ($\phi 450\text{mm}$) から減圧分岐して取水する。
- スンダリジャル浄水場の上流約200mのバグマティ川から取水管 $\phi 500\text{mm}$ にて $25,400\text{m}^3/\text{日}$ を取水する。

2) 既存地下水

マノハラ井戸群 (5井)、ゴカルナ井戸群 (5井) 及び、ドビコラ井戸群 (4井) から最大取水量 $19,100\text{m}^3/\text{日}$ (年間平均 $5,150\text{m}^3/\text{日}$) を取水する。1991年3月現在3井戸群の揚水量は $13,480\text{m}^3/\text{日}$ であるが、導水管路沿線の住民の生活用水や漏水による損失でマハンカルチュール配水池に流入している水量は配水池の管理データの分析によれば $11,620\text{m}^3/\text{日}$ と推定される。従って、UWSSRPで予定されている井戸改善計画の早急な実施によって、最大揚水能力 $22,200\text{m}^3/\text{日}$ の確保が望まれる。

(3) 導水施設

1) 地下水源からの導水施設

既設管を利用する（基本設計図 M-1参照）

2) 表流水源からの導水施設

流量調節池： スンダリジャル浄水場内に4,600m³の調節池を建設する。

調節容量は、既存調節池10,000m³を合わせれば、既存のスンダリジャル浄水場を含めた取水量 29,100m³/日の12時間分である。但し、将来JICA水道整備計画ステージ2でスンダリジャル浄水場の改善計画が実施された場合、既存調整池の内、5,000m³がなくなるので調整池は9,600m³となり、約8時間分となる。

導水管： 延長 9,130m（流量調整池からマハンカルチュール浄水場の着水井まで）
口径 500mm
材質 VM管、DCIP
空気弁 11カ所
排水口 9カ所

(4) 浄水施設

浄水施設は、地下水と表流水の併用処理を行う。月別の各ユニット・プロセスの処理水量は表-5.3.1のとおりである。各ユニットプロセスの処理能力はこれらの処理水量を満足するものでなければならない。生物ろ過施設は 19,100m³/日で、凝集沈澱、急速ろ過施設は次の3ケースの併用処理が可能な施設能力とする。

(単位：m³/日)

	ケース1 (5月)	ケース2 (6月)	ケース3 (9月)
地下水	18,800	13,400	0
表流水	8,500	12,800	25,400

表-5.3.1 ユニットプロセスの月別処理水量 (マハンカルチュール浄水場)

(単位: m³/日)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
地下水	生物ろ過	-	-	13,400	15,400	19,100	13,800	-	-	-	-	-
	凝集沈澱	-	-	13,000	15,000	18,800	13,400	-	-	-	-	-
	除鉄ろ過	-	-	13,000	15,000	18,800	13,400	-	-	-	-	-
表流水	凝集沈澱	19,700	15,400	8,500	8,500	12,800	25,400	25,400	25,400	23,400	16,300	15,200
	急速ろ過	19,700	15,400	8,500	8,500	12,800	25,400	25,400	25,400	23,400	16,300	15,200

1) 生物ろ過池

- a) 処理能力 19,100m³/日
- b) 池数 10池
- c) 1池ろ過面積 15.9m² (2.46m×6.46m)
- d) ろ過速度 標準時 120m/日
(1池洗浄時 133m/日)
- e) ろ過層 軽石 (粒径8~12mm、層厚 1.3m)
- f) 支持層 砂利 (粒径10~30mm、層厚 0.3m)
- g) 集水装置 空洗用集水装置
- h) 原水分配装置 幅0.9m四角堰、φ300mmソフトシール弁
- i) 排水装置 排水トラフ 300mm×300mm×2,700mm×4本/池
排水扉 □450mm
- j) 洗浄 浄水扉 □500mm
逆洗速度 1.0m³/m²/分
// 時間 8分
空洗速度 0.8m³/m²/分
// 時間 6分
- k) 補給水装置 補給水ポンプ (急速ろ過池と兼用)
- l) エアープロー装置 処理水量/空気比=1/2
ブローア 13.2m³/分×6mAg×30KW×3台 (空洗併用)

2) 着水井・混和池

- a) 池数 2池
- b) 1池容量 53m³ (幅2.5m×深さ5.6m×長さ3.8m)
- c) 滞留時間 約3分
- d) 混和方式 重力攪拌式

3) フロック形成池

上記3ケースの併用処理に対して容量を検討する。

	地下水	表流水	計
ケース1	$\frac{18,800}{24 \times 2} = 392$	$\frac{8,500}{24 \times 2} = 117$	569m ³
ケース2	$\frac{13,400}{24 \times 2} = 279$	$\frac{12,800}{24 \times 2} = 267$	546m ³
ケース3	$\frac{0}{24 \times 2} = 0$	$\frac{25,400}{24 \times 2} = 529$	529m ³

よって48m³×12池とする。

- a) 1池容量 48m³ (幅1.0m×有効深2.95m×有効長さ8.1m×2条)
 b) 池数 12池
 c) 滞留時間 30分
 d) フロキュレーション方式 上下迂流式
 下部屈曲部 5カ所、上部越流部 4カ所
 G値 15~66sec⁻¹
 全損失水頭 260mm

4) 沈でん池

上記3ケースの併用処理に対する容量を検討する。

	地下水	表流水	計
ケース1	$\frac{18,800}{24} = 748$	$\frac{8,500}{24/3} = 1,063$	1,847m ³
ケース2	$\frac{13,400}{24} = 559$	$\frac{12,800}{24/3} = 1,600$	2,159m ³
ケース3	$\frac{0}{24} = 0$	$\frac{25,400}{24/3} = 3,175$	3,175m ³

- a) 1池容量 815m³ (幅7.0m×深さ2.8m×長さ41.6m)
 b) 同池数 2池
 c) 1池容量 534m³ (幅4.6m×深さ2.8m×長さ41.6m)
 d) 同池数 3池
 e) 滞留時間 (表流水) 3時間、(地下水) 2時間50分
 f) 池内流速 (表流水) 23cm/分、(地下水) 24.4cm/分
 g) 排泥装置 排水ピット 容量 3.86m³、ピット数 60
 排泥弁 20個 (3ピットを1排水弁φ300mmで排泥する。)

5) 急速ろ過池、除鉄ろ過池

上記3ケースの併用処理に対するろ過面積を決定する。

	地下水	表流水
ケース1	$\frac{18,800}{300} = 62.7\text{m}^2$	$\frac{8,500}{150} = 56.7\text{m}^2$
ケース2	$\frac{13,400}{300} = 44.7\text{m}^2$	$\frac{12,800}{150} = 85.4\text{m}^2$
ケース3	$\frac{0}{300} = 0\text{m}^2$	$\frac{25,400}{150} = 169.4\text{m}^2$

- a) 1池ろ過面積 18.8m^2
- b) 池数 10池
- c) ろ過速度(最大) (地下水) 244m/日、(表流水) 150m/日
 // (標準) (地下水) 195m/日、(表流水) 135m/日
- d) ろ過層 砂(有効径 0.6mm、均等係数 1.8以下)
 層厚 0.6m
- e) 支持層 砂利(2~20mm)
 層厚 0.2m
- f) 下部集水装置 自己洗浄型レオポルドブロック
- g) 原水分配装置 幅 0.9m四角堰、 $\phi 350\text{mm}$ ソフトシール弁
- h) 排水装置 排水トラフ $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 2,900\text{mm} \times 4$ 本/池
 排水扉 $\square 450\text{mm}$
- i) 逆洗 逆洗速度 $0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{分} \times 8$ 分
 逆洗水量 $18.8\text{m}^2/\text{池} \times 0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{分} = 11.3\text{m}^3/\text{分}$
 $11.3\text{m}^3/\text{分} \times 8\text{分} = 90.4\text{m}^3$
 補給水量 最大 $3.8\text{m}^3/\text{分}$
 補給水ポンプ $4.0\text{m}^3/\text{分} \times 7\text{m} \times 7.5\text{KW} \times 2$ 台
 $4.0\text{m}^3/\text{分} \times 25\text{m} \times 30\text{KW} \times 1$ 台(表洗ポンプ兼用)
 補給水管 $\phi 200 \sim \phi 300\text{mm}$
- j) 表洗 表洗速度 $0.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{分} \times 5$ 分
 表洗弁 $\phi 200\text{mm}$ ソフトシール弁
 表洗ポンプ $4.0\text{m}^3/\text{分} \times 25\text{m} \times 30\text{KW} \times 2$ 台
 固定式表洗装置
 表洗管 $\phi 250\text{mm}$
- k) 浄水装置 浄水扉 $\square 450\text{mm}$
- l) ろ過調整堰 幅1.5m四角堰 $\times 10$ 個

6) 浄水池 (送水ポンプ井兼用)

- a) 池数 2池
- b) 1池容量 560m³
- c) 滞留時間 1時間
- d) 流入扉 □450mm×2基
- e) 流出扉 □450mm×2基

7) 送水施設

- a) 送水ポンプ 6.7m³/分×7m×11kw×4台
- b) 送水管 φ500mm×70m、φ400mm×20m

8) 凝集剤溶解注入設備

- a) 凝集剤 ポリ塩化アルミニウム (PAC)
有効Al₂O₃ 30%

有効Al₂O₃ 30%のPACをAl₂O₃ 5%溶液に溶解・希釈して注入する。Al₂O₃ 5%溶液の注入率は次のとおり。

$$\text{注入率 } P = 8.7 + 2.2\sqrt{T} \quad (T: \text{原水濁度})$$

- b) 溶解槽 0.4m³×2槽 (反転式攪拌機付)
- c) 平均注入率 表流水 (豊水期) 22.2mg/l (5%溶液)、3.7mg/l (30%PAC)
// (渇水期) 15.6mg/l (//)、2.6mg/l (//)
地下水 15.6mg/l (//)、2.6mg/l (//)
最大注入率 40.0mg/l (5%溶液)、6.7mg/l (30%PAC)
- d) 貯槽 1m³×2槽
- e) 移送ポンプ 30 l/分×2台
- f) 定量注入装置 2式 (定量注入弁、注入ポンプ、定量槽)

9) アルカリ剤溶解注入設備 (生物ろ過用)

- a) アルカリ剤 固形苛性ソーダ
(固形苛性ソーダを10%溶液に溶解して注入する)
- b) 平均注入率 20%
(生物ろ過水のpH値を7.2~7.6程度に調整する)
- c) 溶解槽 0.4m³×2槽 (反転式攪拌機付)
- d) 移送ポンプ 30 l/分×2台
- e) 貯槽 2m³×2槽
- f) 定量注入装置 1式 (定量注入弁、注入ポンプ、定量槽)

10) アルカリ剤溶解注入設備（表流水用）

- a) アルカリ剤 水酸化カルシウム
- b) 平均注入率 豊水期 $16/0.8=20\text{mg/l}$ (CaCO_3 として)
 渇水期 $4/0.8=5\text{mg/l}$ (//)
 (水酸化カルシウム Ca(OH)_2 を CaCO_3 換算で20%溶液に溶解して注入する)
- c) 溶解槽 $0.4\text{m}^3 \times 2$ 槽 (反転式攪拌機付)
- d) 移送ポンプ スラッジポンプ、30 l/分 $\times 2$ 台
- e) 貯槽 $1.3\text{m}^3 \times 2$ 槽
- f) 定量注入装置 1式 (定量注入弁、注入ポンプ、定量槽)

11) 滅菌・酸化設備

次亜塩素酸ソーダ生成装置により生成した生成次亜塩素酸ソーダ溶液（有効塩素1.2%）を注入する。

- a) 注入点 地下水酸化用として除鉄ろ過池前及び着水井
 滅菌用として急速ろ過池調整堰前
- b) 平均注入率 酸化用 地下水 1.8mg/l
 滅菌用 表流水（豊水期）2.5mg/l
 // （渇水期）1.5mg/l
- c) 最大注入率 5mg/l

12) 次亜塩素酸ソーダ生成注入装置

原塩を塩溶解貯槽、飽和塩水槽にて30%程度の飽和塩水を生成する。一方、自動軟水装置にて軟水処理された希釈水を希釈水槽に貯留する。30%飽和塩水、希釈水はそれぞれ塩水ポンプ、希釈水ポンプにより集合配管ユニットを経由し、塩分濃度約3%に混合希釈して塩水電解次亜塩素酸ソーダ生成装置（電解槽）に供給する。3%塩水が電解槽を通過する間に電気分解され、有効塩素濃度1.2%の次亜が生成される。生成された次亜は、次亜液貯槽に貯留され次亜注入ポンプにより各注入点へ定量注入する。

- a) 生成能力 130有効塩素kg/日
- b) 設備機器仕様 表-5.3.2参照

表-5.3.2(1/3) 次亜塩素酸ソーダ生成注入設備仕様

設 備 名	項 目	内 容
次亜生成設備	塩溶解貯槽、 飽和塩水槽	型 式 RC製 (内面エポマリン3回塗り) 寸 法 W 3400 × L 4100 × H 1600 容 量 12.6 m ³ (飽和塩水槽部含む) 数 量 1槽 付 属 品 各ノズル 1式 上面カバー (ビニールシート) 1式 レベルスイッチ (4点式) 1式
	塩水ポンプ	型 式 ダイヤフラム式容量ポンプ 最大吐出量 70.8 l/時 材 質 ポンプヘッド ; PVC ダイヤフラムシート ; PTFE ボールバルブ ; セラミック 電 動 機 0.2 KW × 200 V × 50 Hz 数 量 2台 (内1台予備) 付 属 品 安全弁 (設定 3.0 Kgf/cm ²) 2台 背圧弁 (設定 2.5 Kgf/cm ²) 2台 エアーチャンバー 2台 圧力計 2台 塩水検流計 (透明PVC) 2台
	自動軟水装置	型 式 全自動イオン交換方式 樹 脂 量 100 l 通 水 量 6 m ³ /時 数 量 1台
	希釈水槽	型 式 角型 容 量 180 l (有効容量) 材 質 PVC (外面保温) 寸 法 W 490 × D 491 × H 907 数 量 1槽 付 属 品 各ノズル 1式 加温用ヒーター (3 KW) 1台 温度検出器 1台 ボールタップ 1個
	希釈水ポンプ	型 式 片吸込渦巻ポンプ (ナイロンコーティング) 能 力 40 l/分 × 20 m 材 質 ケーシング ; FC20+ナイロン インペラ ; SUS304 電 動 機 0.75 Kw × 200 V × 50 Hz 数 量 2台 (内1台予備) 付 属 品 安全弁 (設定 2.0 Kgf/cm ²) 1台 圧力計 1台

表-5.3.2(2/3) 次亜塩素酸ソーダ生成注入設備仕様

設 備 名	項 目	内 容
次亜生成設備	塩水電解次亜塩素酸ソーダ生成装置 (電解槽)	型 式 無隔膜式塩水電解方式 生 成 量 130 kg-Cl ₂ /日 使 用 塩 原塩 有 効 濃 度 1% 電 流 整 流 器 サイリスタ定電流方式 交 流 入 力 200 V × 50 Hz 寸 法 W 1400 × D 1540 × H 2000 数 量 1台 主 要 部 材 質 架台 ; SS41, SUS304 陽 極 ; 特殊金属被覆チタン (ルテニウムコーティング) 陰 極 ; チタン 冷 却 板 ; PVC カバ ー ; SS41 付 属 品 酸洗い装置 1組 塩濃度屈折計 1個 電解槽締付工具 1組
	排気ファン	型 式 耐蝕性シロッコファン 能 力 5 Nkm ³ /分 × 40 mmAq 材 質 ケーシング ; PVC インペラ ; FRPP 電 機 機 0.4 Kw × 400 V × 50 Hz 数 量 2台 (内1台予備) 付 属 品 手動式ダンパー (PCV) 2台
次亜液注入設備	次亜塩素酸ナトリウム貯蔵槽	型 式 密閉式円筒型 容 量 6.5 m ³ 材 質 鉄筋コンクリート造 (内面塩ビライニング) 数 量 2槽 付 属 品 各ノズル 1式 マンホール 1個 レベルスイッチ (5点式) 1式 直視液位計 1台 エアー抜き 1個 梯子 1式
	注入設備	型 式 ダイアフラムポンプ 吐 出 量 30 ~ 80 l/時 (地下水用) 8 ~ 30 l/時 (表流水用) 30 ~ 120 l/時 (表流水用) 材 質 接液部耐薬液性のもの 電 機 機 0.2 Kw × 200 V × 50 Hz 数 量 各2台 付 属 品 背圧弁・安全弁・エアーチャンバー 1式 共通ベッド 1式
	配管・弁類	管種・弁種 水道用硬質塩化ビニール管 (VP)、ボール弁 (PVC) 他 口 径 50 A ~ 15 A 数 量 1式

表-5.3.2(3/3) 次亜塩素酸ソーダ生成注入設備仕様

設 備 名		項 目	内 容
電気・計装設備	電源制御盤	型 式 入 力 出 力 整 流 方 式 制 御 方 式 寸 法 数 量	屋内式自立形 AC 200 V × 30 φ × 50 Hz DC 220 V × 270 A 3相全波 サイリスタ定電流 W 1100 × D 1100 × H 2100 1面
	生成次亜注入 現場制御盤	型 式 寸 法 数 量 収 納 機 器	屋内式自立形 W 900 × D 500 × H 2000 1面 操作スイッチ 他 1式

13) 予備用さらし粉溶解注入設備

有効塩素量15%のさらし粉を5%溶液に溶解して注入する。

- a) 溶解槽 0.4m³×2槽 (反転式攪拌機付)
- b) 移送ポンプ 30 l/分×1台
- c) 貯槽 0.65m³×2槽
- d) 定量注入装置 2式 (定量注入弁、注入ポンプ、定量槽)

14) 排水排泥池

- a) 池数 2池
- b) 1池容量 256m³
- c) 排水排泥ポンプ 2m³/分×12m×11KW×3台
- d) 排水管 VU管、φ200mm×350m

15) 電気設備

a) 電力配電及び引込設備

ネパール電力庁 (NEA) のニューチョバル変電所よりマハンカルチュール浄水場までの
架空配電線路と構内引き込み地点より浄水場電気室へ地中埋設にて電力供給を行う。

受電 3相3線 11KV 50Hz

架空線支持方式 単腕方式

架空配電線距離 3.5km

地中埋設距離 15m

b) 受変電設備

一次電圧 3相4線 11KV 50Hz

二次電圧 3相4線 400V-230V 50Hz

変圧器 600KVA (11KV/400V-200V) × 1台

配電盤形式 屋内閉鎖形配電盤

c) 自家発電機設備

発電機 3相4線 (400V/230V) ディーゼル発電機

出力 300KVA × 1台

冷却方式 ラジエータ冷却

燃料 重油又は軽油

運転 停電時手動運転

d) 幹線設備

電気室低圧配電盤二次側より動力制御盤、分電盤の各一次側電源供給のための配管配線
を行う。

e) 動力設備

動力制御盤二次側より浄水場各動力機器に至る電源を供給するための配管配線工事及び動力制御盤等の取付けを行う。

配電電圧 3相3線 400V

動力負荷 表-5.3.3参照

f) 電灯コンセント設備

浄水場建屋内一般照明とコンセントに電源を供給するための分電盤二次側より、各機器に至る配管配線と各機器の取付けを行う。なお、場内の保安用外灯取付けも併せて行う。

配電電圧 3相4線 230V

単相2線 230V

g) 計装設備

浄水場に設置された各計測器の取付けおよび配管配線を行う。

水質計器 濁度計 原水用2台、浄水用1台

pH計 原水用2台、浄水用1台

残留塩素計 1台

流量計 φ500mm 1台

φ450mm 2台

φ400mm 1台

φ300mm 1台

表-5.3.3 マハンカルチュール浄水場動力負荷一覧表

負 荷 名 称	容 量 (KW)	実 装 (台)	予 備 (台)	将 来 (台)	設備容量 (KW)	摘 要
生物ろ過池						
ブ ロ ウ ー	30.0	2	1	0	60.0	
急速ろ過池						
表 洗 ポ ン プ	30.0	1	2	0	30.0	
補 給 水 ポ ン プ	7.5	2	0	0	15.0	
送 水 ポ ン プ	11.0	3	1	0	33.0	
凝集剤溶解注入設備						
溶 解 攪 拌 機	2.2	2	0	0	4.4	
移 送 ポ ン プ	0.4	1	1	0	0.4	
注 入 ポ ン プ (表)	0.2	3	2	0	0.6	
注 入 ポ ン プ (地)	0.2	2	1	0	0.4	
消石灰乳液注入設備						
溶 解 攪 拌 機	2.2	2	0	0	4.4	
移 送 ポ ン プ	3.7	1	1	0	3.7	
攪 拌 機	0.4	2	0	0	0.8	
注 入 ポ ン プ	0.2	4	0	0	0.8	
苛性ソーダ溶解注入設備						
溶 解 攪 拌 機	2.2	2	0	0	4.4	
移 送 ポ ン プ	0.4	1	1	0	0.4	
注 入 ポ ン プ	0.2	2	1	0	0.4	
次亜生成注入設備						
飽和塩水ポンプ	0.4	1	1	1	0.8	
希釈水ポンプ	0.4	1	1	1	0.8	
次 亜 生 成	36.5	1	0	1	36.5	
〃 (予備)	24.3	0	0	0	0	
注 入 ポ ン プ	0.4	4	0	0	1.6	
さらし粉溶解注入設備						
溶 解 攪 拌 機	2.2	2	0	0	4.4	
移 送 ポ ン プ	0.4	1	1	0	0.4	
注 入 ポ ン プ	0.2	4	1	0	0.8	
排水排泥ポンプ	11.0	2	1	0	22.0	
計					226.0	

5-3-2 バンスバリ・プロジェクト

(1) 概説

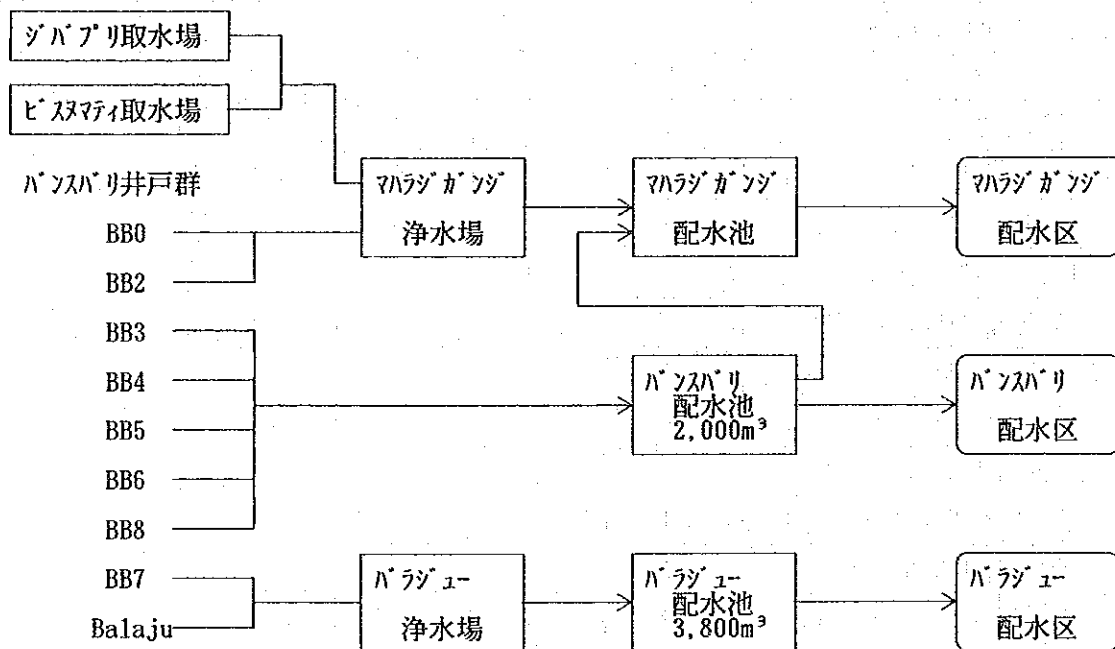
拡張整備する既存表流水源と既存地下水源との併用によって最大給水量 22,100m³/日の浄水施設（既存表流水源の取水施設の拡張・整備及び導水施設を含む）をバンスバリ既存配水場に建設し、処理水のうち6,800m³/日を既存バンスバリ配水池（容量2,000m³）からカトマンズ市北部配水区域に自然流下で給水し、残りの 15,300m³/日はマハラジガンジ配水場に送水して、カトマンズ市中部配水区域に給水する。

本給水システムの給水量は、1989年 11,344m³/日、1991年 10,692m³/日であったが、本計画の実施により最大給水能力は22,100m³/日となる。

本給水システムに係る現状及び計画実施後の給水系統図は次のとおりである。

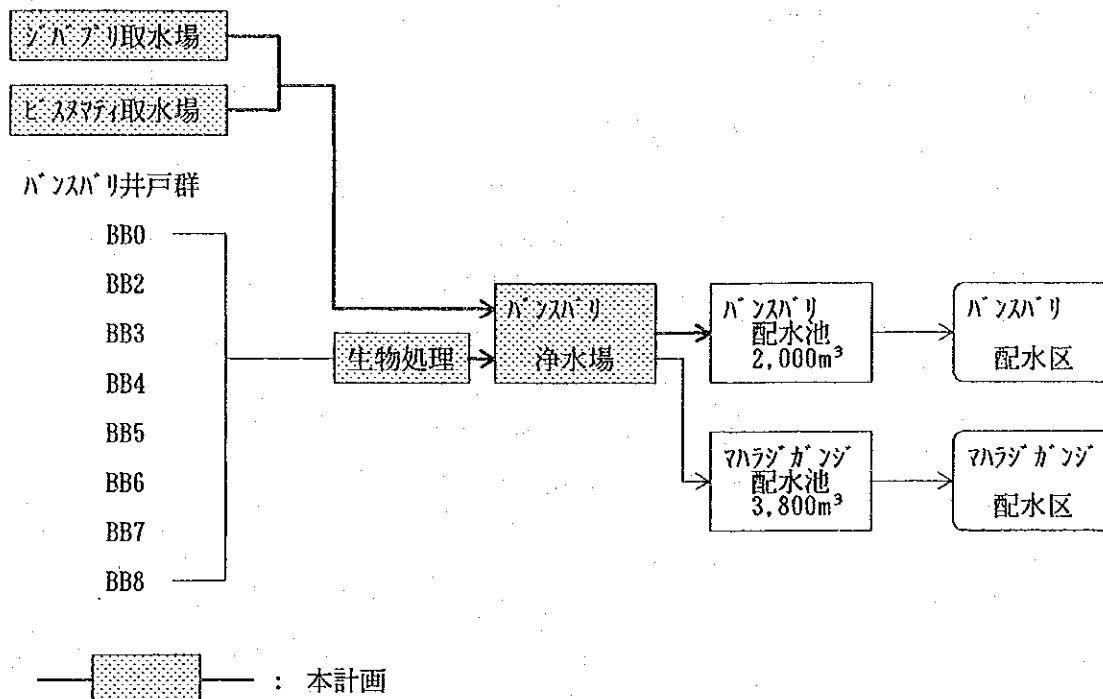
現 状

表流水



計画実施後

表流水



(2) 取水施設

1) シバプuri取水場

既存シバプuri取水場を拡張・整備して豊水期14,000m³/日、渇水期 3,700m³/日を取水できるものとする。

2) 既存ビスヌマティ取水場の拡張・整備

既存ビスヌマティ取水場を拡張・整備して豊水期7,000m³/日、渇水期1,800m³/日を取水できるものとする。

3) 既存地下水源

バンズバリ井戸群（8井）から最大取水量17,600m³/日（年間平均5,810m³/日）を取水する。1991年3月現在のこの井戸群の揚水量は16,480m³/日であるが、導水管路沿線の住民の生活用水や漏水による損失でバンズバリ配水場に流入している水量は配水池の管理データの分析によれば 14,200m³/日と推定される。従って、UWSSRPで予定されている井戸改善計画の早急な実施によって最大揚水能力20,400m³/日の確保が望まれる。

(3) 導水施設

1) 地下水源からの導水施設

既設管を利用する（基本設計図 B-1参照）。

2) 表流水源からの導水施設

a) シバプリー取水場～ブダニルカクタ

導水管	導水量	14,000m ³ /日
	延長	2,019m
	高低差	218m (EL 1,651m ~ EL 1,433m)
	口径	φ 250mm
	材質	VP管
	水圧制御弁	φ 250mm× 3台
	空気弁	5カ所

b) ビスマティ取水場～ブダニルカクタ

導水管	導水量	7,000m ³ /日
	延長	1,433m
	高低差	55m (EL 1,488m ~ EL 1,433m)
	口径	φ 200mm
	材質	VP管
	水圧制御弁	φ 200mm× 1台
	空気弁	4カ所
	排水口	1カ所

c) ブダニルカクタ～バンスバリ浄水場

導水管	導水量	21,000m ³ /日
	延長	3,826m
	高低差	70m (EL 1,433m ~ EL 1,363m)
	口径	φ 350mm
	材質	VP管
	水圧制御弁	φ 350mm× 1台
	空気弁	3カ所
	排水口	2カ所

(4) 浄水施設

浄水施設は、地下水と表流水の併用処理を行う。月別の各ユニット・プロセスの処理能力は表-5.3.4のとおりである。各ユニットプロセスの処理能力はこれらの処理水量を満足するものでなければならない。生物ろ過施設は 17,600m³/日で、凝集沈澱、急速ろ過施設は次の2ケースの併用処理が可能な施設能力とする。

(単位：m³/日)

	ケース1 (6月)	ケース2 (7月)
地下水	17,300	0
表流水	5,500	21,000

1) 生物ろ過池

- a) 処理能力 17,600m³/日
- b) 池数 10池
- c) 1池ろ過面積 14.7m² (2.46m×5.98m)
- d) ろ過速度 標準時 120m/日
(1池洗浄時 133m/日)
- e) ろ過層 軽石(粒径8~12mm、層厚 1.3m)
- f) 支持層 砂利(粒径10~30mm、層厚 0.3m)
- g) 集水装置 空洗用集水装置
- h) 原水分配装置 幅 0.9m四角堰、φ300mmソフトシール弁
- i) 排水装置 排水トラフ 300mm×300mm×2,700mm×4本/池
排水扉 □450mm
- j) 洗浄 浄水扉 □500mm
逆洗速度 1.0m³/m²/分
// 時間 8分
空洗速度 0.8m³/m²/分
// 時間 6分
- k) 補給水装置 補給水ポンプ(急速ろ過池と兼用)
- l) エアブロー装置 処理水量/空気比 = 1/2
ブローア 13.2m³/分×6mAg×30KW×3台(空洗併用)

表-5.3.4 コニットプロセスの月別処理水量 (パンスバリ浄水場)

(単位: m³/日)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
地下水	生物ろ過	-	5,200	12,200	17,000	17,600	17,300	-	-	-	-	-
	凝集沈澱	-	5,000	12,800	16,600	17,300	16,900	-	-	-	-	-
	除鉄ろ過	-	5,000	12,800	16,600	17,300	16,900	-	-	-	-	-
表流水	凝集沈澱	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	21,000	21,000	21,000	19,400	17,700	15,200
	急速ろ過	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	21,000	21,000	21,000	19,400	17,700	15,200

2) 着水井・混和池

- a) 池数 2池
- b) 1池容量 53m^3
- c) 滞留時間 約3.6分
- d) 混和方式 動力攪拌式

3) フロック形成池

上記2ケースの併用処理に対して容量を検討する。

	地下水	表流水	計
ケース1	$\frac{17,300}{24 \times 2} = 360$	$\frac{5,500}{24 \times 2} = 115$	475m^3
ケース2	$\frac{0}{24 \times 2} = 0$	$\frac{21,000}{24 \times 2} = 438$	438m^3

よって $117\text{m}^3 \times 4$ 池とする。

- a) 1池容量 117m^3 (幅 $1.15\text{m} \times$ 有効深 $3.15\text{m} \times$ 有効長さ $8.1\text{m} \times 4$ 条)
- b) 池数 4池
- c) 滞留時間 30分
- d) フロキュレーション方式 上下迂流式
下部屈曲部 5カ所、上部越流部 4カ所
G値 $15 \sim 66\text{sec}^{-1}$
全損失水頭 260mm

4) 沈でん池

上記2ケースの併用処理に対する容量を検討する。

	地下水	表流水	計
ケース1	$\frac{17,300}{24} = 721$	$\frac{5,500}{24/3} = 688$	$1,409\text{m}^3$
ケース2	$\frac{0}{24} = 0$	$\frac{21,000}{24/3} = 2,625$	$2,625\text{m}^3$

- a) 1池容量 660m^3 (幅 $5.2\text{m} \times$ 深さ $3.0\text{m} \times$ 長さ 42.3m)
- b) 池数 4池
- c) 滞留時間 (表流水) 3時間、(地下水) 1時間52分
- d) 池内流速 (表流水) 23.4cm/分 、(地下水) 37.6cm/分

- j) 表洗 表洗速度 $0.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{分} \times 5\text{分}$
 表洗弁 $\phi 250\text{mm}$ ソフトシール弁
 表洗ポンプ $4\text{m}^3/\text{分} \times 25\text{m} \times 30\text{KW} \times 2\text{台}$
 固定式表洗装置
 表洗管 $\phi 250\text{mm}$
- k) 浄水装置 浄水扉 $\square 450\text{mm}$
- l) ろ過調整堰 幅 1.5m 四角堰 $\times 9\text{個}$
- 6) 浄水池 (送水ポンプ井兼用)
- a) 池数 2池
 b) 1池容量 465m^3
 c) 滞留時間 1時間
 d) 流入扉 $\square 400\text{mm} \times 2\text{基}$
 e) 流出扉 $\square 400\text{mm} \times 2\text{基}$
- 7) 送水施設 (バンスバリ配水池へ)
- a) 送水ポンプ $2.7\text{m}^3/\text{分} \times 7\text{m} \times 5.5\text{kw} \times 3\text{台}$ (内1台予備)
 b) 送水管 $\phi 300\text{mm} \times 80\text{m}$
- 8) 凝集剤溶解注入設備
- a) 凝集剤 ポリ塩化アルミニウム (PAC)
 有効 Al_2O_3 30%

有効 Al_2O_3 30%のPACを Al_2O_3 5%溶液に溶解・希釈して注入する。 Al_2O_3 5%溶液の注入率は次のとおり。

$$\text{注入率 } P = 8.7 + 2.2\sqrt{T} \quad (T: \text{原水濁度})$$

- b) 溶解槽 $0.4\text{m}^3 \times 2\text{槽}$ (反転式攪拌機付)
- c) 平均注入率 表流水 (豊水期) $22.2\text{mg}/1$ (5%溶液)、 $3.7\text{mg}/1$ (30%PAC)
 // (渇水期) $15.6\text{mg}/1$ (//)、 $2.6\text{mg}/1$ (//)
 地下水 $15.6\text{mg}/1$ (//)、 $2.6\text{mg}/1$ (//)
- 最大注入率 $40.0\text{mg}/1$ (5%溶液)、 $6.7\text{mg}/1$ (30%PAC)
- d) 貯槽 $1\text{m}^3 \times 2\text{槽}$
- e) 移送ポンプ $30\text{ l}/\text{分} \times 2\text{台}$
- f) 定量注入装置 2式 (定量注入弁、注入ポンプ、定量槽)

9) アルカリ剤溶解注入設備 (生物ろ過用)

- a) アルカリ剤 固形苛性ソーダ
(固形苛性ソーダを10%溶液に溶解して注入する)
- b) 平均注入率 20ppm
(生物ろ過水のpH値を7.2~7.6程度に調整する)
- c) 溶解槽 $0.4\text{m}^3 \times 2$ 槽 (反転式攪拌機付)
- d) 移送ポンプ 30 l/分 $\times 2$ 台
- e) 貯槽 $1.5\text{m}^3 \times 2$ 槽
- f) 定量注入装置 1式 (定量注入弁、注入ポンプ、定量槽)

10) アルカリ剤溶解注入設備 (表流水用)

- a) アルカリ剤 水酸化カルシウム
- b) 平均注入率 豊水期 $16/0.8=20\text{mg/l}$ (CaCO_3 として)
渇水期 $4/0.8=5\text{mg/l}$ (//)
(水酸化カルシウム Ca(OH)_2 を CaCO_3 換算で20%溶液に溶解して注入する)
- c) 溶解槽 $0.4\text{m}^3 \times 2$ 槽 (反転式攪拌機付)
- d) 移送ポンプ スラッジポンプ、30 l/分 $\times 2$ 台
- e) 貯槽 $1\text{m}^3 \times 2$ 槽
- f) 定量注入装置 1式 (定量注入弁、注入ポンプ、定量槽)

11) 滅菌・酸化設備

マハンカルチュール浄水場の次亜塩素酸ソーダ生成装置により生成した余剰の生成次亜塩素酸ソーダを輸送して貯槽に貯蔵し注入する。

- a) 注入点 地下水酸化用として除鉄ろ過池前及び着水井
滅菌用として急速ろ過池調整堰前
- b) 平均注入率 酸化用 地下水 1.8mg/l
滅菌用 表流水 (豊水期) 2.5mg/l
// (渇水期) 1.5mg/l
- c) 最大注入率 5mg/l
- d) 貯槽 鉄筋コンクリート造 (内面塩ビ張り)、 $5.3\text{m}^3 \times 2$ 槽

予備用滅菌・酸化設備

- a) 滅菌剤 さらし粉
 (有効塩素15%のさらし粉を5%溶液に溶解して注入する)
- b) 平均注入率 表流水(豊水期) 2.5mg/l
 " (渇水期) 1.5mg/l
 地下水 2.1mg/l
- c) 溶解槽 0.4m³×2槽(反転攪拌機付)
- d) 移送ポンプ 30 l/分×2台
- e) 貯槽 1 m³×2槽
- f) 定量注入装置 2式(定量注入弁、注入ポンプ、定量槽)

12) 排水排泥池

- a) 池数 2池
- b) 1池容量 256m³
- c) 排水排泥ポンプ 2 m³/分×12m×11KW×3台
- d) 排水管 VU管、φ200mm×150m

13) 電気設備

a) 電力配電及び引込設備

靴工場内のネパール電力庁(NEA) 既存配電線路より本浄水場内の浄水場電気室へ地中埋設にて電力供給を行う。

受 電 3相3線 11KV 50Hz

地中埋設距離 300m

b) 受変電設備

一次電圧 3相4線 11KV 50Hz

二次電圧 3相4線 400V-230V 50Hz

変 圧 器 500KVA (11KV/400V-200V) × 1台

配電盤形式 屋内閉鎖形配電盤

c) 自家発電機設備

発 電 機 3相4線 (400V/230V) ディーゼル発電機

出 力 300KVA × 1台

冷却方式 ラジエータ冷却

燃 料 重油又は軽油

運 転 停電時手動運転

d) 幹線設備

電気室低圧配電盤二次側より動力制御盤、分電盤の各一次側電源供給のための配管配線を行う。

e) 動力設備

動力制御盤二次側より浄水場各動力機器に至る電源を供給するための配管配線工事および動力制御盤等の取付けを行う。

配電電圧 3相3線 400V

動力負荷 表-5.3.5参照

f) 電灯コンセント設備

浄水場建屋内一般照明とコンセントに電源を供給するための分電盤二次側より、各機器に至る配管配線と各機器の取付けを行う。なお、場内の保安用外灯取付けも併せて行う。

配電電圧 3相4線 230V

単相2線 230V

g) 計装設備

浄水場に設置された各計測器の取付けおよび配管配線を行う。

水質計器 濁度計 原水用2台、浄水用1台

pH計 原水用2台、浄水用1台

残留塩素計 1台

流量計 ϕ 500mm 2台

ϕ 450mm 2台

ϕ 400mm 1台

表-5.3.5 バンスバリ浄水場動力負荷一覧表

負 荷 名 称	容 量 (KW)	実 装 (台)	予 備 (台)	将 来 (台)	設備容量 (KW)	摘 要
生物ろ過池						
ブ ロ ヱ ー	30.0	2	1	0	60.0	
急速ろ過池						
表 洗 ポ ン プ	30.0	1	2	0	30.0	
補 給 水 ポ ン プ	7.5	2	0	0	15.0	
送 水 ポ ン プ	5.5	2	1	0	11.0	
凝集剤溶解注入設備						
溶 解 攪 拌 機	2.2	2	0	0	4.4	
移 送 ポ ン プ	0.4	1	1	0	0.4	
注 入 ポ ン プ (表)	0.2	2	1	0	0.4	
注 入 ポ ン プ (地)	0.2	1	1	0	0.2	
消石灰乳液注入設備						
溶 解 攪 拌 機	2.2	2	0	0	4.4	
移 送 ポ ン プ	3.7	1	1	0	3.7	
攪 拌 機	0.4	2	0	0	0.8	
注 入 ポ ン プ	0.2	4	0	0	0.8	
苛性ソーダ溶解注入設備						
溶 解 攪 拌 機	2.2	2	0	0	4.4	
移 送 ポ ン プ	0.4	1	1	0	0.4	
注 入 ポ ン プ	0.2	2	1	0	0.4	
次亜生成注入設備						
飽和塩水ポンプ	0.4	0	0	2	0	
希釈水ポンプ	0.4	0	0	2	0	
次 亜 生 成	17.0	0	0	2	0	
注 入 ポ ン プ	0.4	2	0	0	0.8	
さらし粉溶解注入設備						
溶 解 攪 拌 機	2.2	2	0	0	4.4	
移 送 ポ ン プ	0.4	1	1	0	0.4	
注 入 ポ ン プ	0.2	4	1	0	0.8	
排水排泥ポンプ	11.0	2	1	0	22.0	
計					164.7	

