

## 水 源

1. Gal Oya 計画
2. Senanayake Samudra 湖
3. Kondavattavan 貯水池
4. Amparai 貯水池
5. Kallarachel 堰
6. Sambuveli 堰
7. Kaliodai 堰



## 1. Gal Oya 計画

Gal Oya 計画は、1950年代初頭の Senanayake Samudra 湖と幾つかの貯水池の建設および一連の水路の建設による既存と新設貯水池群との有機的結合により、灌漑、水道、水力発電、そしてその結果、Gal Oya 川流域の洪水制御等を達成した。巨大な Senanayake Samudra 湖は、Gal Oya 川流域の主要水源であり、湖からの放流水は灌漑局 (Irrigation Department) によってコントロールされている。水力発電所では、灌漑用の放流量に応じて発電し、発電の役割を終えた放流水は LBMC (左岸水路)、RBMC (右岸水路)、Gal Oya 川の3ルートに分流する。

RBMC への放流水  $13 \text{ m}^3/\text{秒}$  は、水田やサトウキビ畑を潤し、Kuduvil Kulam 付近で Gal Oya 川に合流。LBMC への放流水  $42 \text{ m}^3/\text{秒}$  は、Aligalge, Himidurawa, Kondavattavan および Amparai の各貯水池で、順次貯留されながら流下する。Himidurawa 貯水池への流入水の内、 $25 \text{ m}^3/\text{秒}$  は Andellaoya 貯水池へ、 $6 \text{ m}^3/\text{秒}$  は Kondavattavan 貯水池へ流出する。Kondavattavan 貯水池への流入水の内、 $0.5 \text{ m}^3/\text{秒}$  は Amparai 貯水池へ、 $4.5 \text{ m}^3/\text{秒}$  は Moravil Aru 川へ流出する。Gal Oya 川への放流水  $4 \text{ m}^3/\text{秒}$  は、約 35 km 下流で Moravil Aru 川に合流した後、4つの支流に分れ Kallarachel 堰、Sambuveli 堰を通過しインド洋に注ぐ。

Gal Oya 川は、Dambagalla の西方の標高約 1,500 m の山地に端を発し、Inginiyagala を通り Kalmunai と Akkaraipattu の間の幾つかの水路を通過してインド洋へ達する。流域面積は約  $1,800 \text{ km}^2$  で、セイロン島の Dry Zone に位置している。Wet Zone と Dry Zone とは、年平均等降水量線  $1,905 \text{ mm}$  (75 inches) により区分される。

## 2. Senanayake Samudra 湖

Senanayake Samudra 湖は、1952年に Gal Oya 川上流 Inginiyagala にアメリカ合衆国の援助により建設された巨大な多目的 (灌漑・水道・水力発電) ダム湖である。湖の周辺はジャングルに囲まれ、象や多くの野生動物が生息する動物保護区として管理されている。集水面積  $995 \text{ km}^2$ 、湛水面積  $77.9 \text{ km}^2$ 、平均水深  $1.22 \text{ m}$ 、貯水量  $950 \text{ 万 m}^3$  である。平均年間集水量は  $873 \text{ 万 m}^3$  で、北東モンスーン期に  $687 \text{ 万 m}^3$ 、南西モンスーン期に  $186 \text{ 万 m}^3$  である。詳細データを表-B.1に示す。

各貯水池に關する諸元  
Table B.1 Hydrological Data on Tanks

ITEM	SENAYAKE SAMUDRA	ALIGAUZE TANK	HIMIDURAMA TANK	KONDAVATTIVAN TANK	AMPAPAI TANK
<u>Hydrology</u>					
1. Catchment area	995 km <sup>2</sup>	13 km <sup>2</sup>	13 km <sup>2</sup>	52 km <sup>2</sup>	17 km <sup>2</sup>
2. Rainfall N.E. (Sept. - Feb.)	1,524 mm	1,524 mm	1,524 mm	1,397 mm	1,397 mm
S.W. (Mar. - Aug.)	508 mm	483 mm	483 mm	432 mm	432 mm
3. Yield N.E. Monsoon	687,000,000 m <sup>3</sup>	6,000,000 m <sup>3</sup>	6,000,000 m <sup>3</sup>	18,000,000 m <sup>3</sup>	5,000,000 m <sup>3</sup>
S.W. Monsoon	186,000,000 m <sup>3</sup>	500,000 m <sup>3</sup>	500,000 m <sup>3</sup>	2,000,000 m <sup>3</sup>	900,000 m <sup>3</sup>
4. Flood run off					
Normal (C = 650)	1,668 m <sup>3</sup> /sec	61 m <sup>3</sup> /sec	61 m <sup>3</sup> /sec	173 m <sup>3</sup> /sec	75 m <sup>3</sup> /sec
Cyclonic (C = 1000)	2,455 m <sup>3</sup> /sec	95 m <sup>3</sup> /sec	95 m <sup>3</sup> /sec	268 m <sup>3</sup> /sec	117 m <sup>3</sup> /sec
<u>Dam</u>					
1. Burd top level	85.04 m M.S.L.	45.52 m M.S.L.	43.70 m M.S.L.	32.61 m M.S.L.	28.96 m M.S.L.
2. Length	1,097.28 m	1,066.80 m	1,524.00 m	1,371.60 m	57.91 m
3. Top width	9.14 m	9.14 m	5.49 m	1.83 m	2.44 m
<u>Storage Features</u>					
1. Full Supply Level	79.25 m M.S.L.	44.02 m M.S.L.	42.48 m M.S.L.	30.48 m M.S.L.	26.67 m M.S.L.
2. Area at F.S.L.	77.9 km <sup>2</sup>	1.1 km <sup>2</sup>	1.1 km <sup>2</sup>	3.6 km <sup>2</sup>	3.6 km <sup>2</sup>
3. Sill level of lowest sluice	45.72 m M.S.L.	41.60 m M.S.L.	39.56 m M.S.L.	24.69 m M.S.L.	22.68 m M.S.L.
4. Head of water	33.53 m	2.42 m	2.92 m	5.79 m	3.99 m
5. Gross capacity at F.S.L.	950,000,000 m <sup>3</sup>	2,700,000 m <sup>3</sup>	7,400,000 m <sup>3</sup>	11,300,000 m <sup>3</sup>	8,800,000 m <sup>3</sup>
6. Net capacity at F.S.L.	950,000,000 m <sup>3</sup>	2,100,000 m <sup>3</sup>	4,400,000 m <sup>3</sup>	11,300,000 m <sup>3</sup>	8,800,000 m <sup>3</sup>

Source : Irrigation Department

Note : F.S.L. is the abbreviation for Full Supply Level and M.S.L. is for Mean Sea Level.

### 3. Kondavattavan 貯水池

Kondavattavan貯水池は、Amparai 貯水池の上流2kmに位置し、Himidurawa貯水池からの流入水 $6\text{ m}^3/\text{秒}$ と集水面積 $5.2\text{ km}^2$ からの流入水が流入する。湛水面積 $3.6\text{ km}^2$ 、平均水深 $3.1\text{ m}$ 、貯水量 $11.3\text{ 万 m}^3$ である。平均年間集水量は $20\text{ 万 m}^3$ で、北東モンスーン期に $1.8\text{ 万 m}^3$ 、南西モンスーン期に $2\text{ 万 m}^3$ である。詳細データを表-B.1に示す。

Kondavattavan貯水池からMoravil Aru川への放流水 $4.5\text{ m}^3/\text{秒}$ は、Pallankatti Aru川を流下しKallarachel堰に達する。また、Amparai貯水池への放流水量は $0.5\text{ m}^3/\text{秒}$ である。貯水池の西端にはCombat Training Schoolが在り、 $9.1\text{ m}^3/\text{日}$ の原水を取水している。池の水は常時上流側から下流側へ流動しているため、富栄養化の進行の度合いはAmparai貯水池よりも低い。

### 4. Amparai 貯水池

Amparai貯水池は、Amparaiの西側の町界に位置し、北半分はジャングルに覆われ、多くの野生動物が生息している。表-B.1に示すように、集水面積は $1.7\text{ km}^2$ 、湛水面積 $3.6\text{ km}^2$ 、平均水深 $2.4\text{ m}$ 、貯水量 $8.8\text{ 万 m}^3$ である。平均年間集水量は $5.9\text{ 万 m}^3$ で、北東モンスーン期に $5.0\text{ 万 m}^3$ 、南西モンスーン期に $0.9\text{ 万 m}^3$ である。

Amparai貯水池は、Amparai浄水場の水源として水道専用の貯水池で、現在 $6,500\text{ m}^3/\text{日}$ が取水されている。Kondavattavan貯水池に比べ流入水量が少なく、蒸発量は流入量の平均 $60\%$ を占る。そのため、池の水が停滞し富栄養化がかなり進行し、浮草の一種であるサルビニアが水面を覆い、その死骸が池底に堆積して水質の悪化を招いている。

現在、Amparai D.D.C.は貯水池の水質改善策として、生活排水の流入を防ぐため貯水池周辺の民家30軒の立ち退き、水牛および人間の水浴の禁止等の処置を行なっている。が、目立った効果が上がっていない。そこで、Kondavattavan貯水池のゲートからの放流水の一部をAmparai貯水池を経由して放流すれば、池水の流動化により水質の一層の改善効果が期待できるであろう、と調査団は考えており、Amparai D.D.C.も同様に考慮中であった。

U.S.A.I.Dにより、サルビニアの除去も含んだ貯水池の水質改善調査が計画されている。

## 5. Kallarachel 堰

Kallarachel 堰は、Sammanthurai の高架槽の南 1.9 km に位置し、Kondavattavan 貯水池からの放流  $4.5 \text{ m}^3/\text{秒}$  が、Moravil Aru, Pallankatti Aru, Kurunalkangi Aru の各河川を流下してこの堰に達する。河川流量は年間を通じて安定しており、乾期の期間であった 3 月に調査団が実測した最小流量は  $1.5 \text{ m}^3/\text{秒}$  であった。堰は角落したタイプで 12 門のゲートを有し、寸法は  $2.13 \text{ m} \times 2.13 \text{ m}$  である。詳細データを表-B.2 に示す。

## 6. Sambuveli 堰

Sambuveli 堰は、Kombuanda Aru 川に沿って Kallarachel 堰の下流 3.8 km の地点で、Kalmunai と Sammanthurai の中間に位置する。Kallarachel 堰を流下した水は、Kombuanda Aru 川を下り、Sambuveli 堰に達する。流量は年間を通して安定しており、測定最小流量は  $1.0 \text{ m}^3/\text{秒}$  であった。

堰は角落タイプで 17 門のゲートを有し、寸法は  $1.22 \text{ m} \times 1.37 \text{ m}$  である。その他詳細データを表-B.2 に示す。

## 7. Kaliodai 堰

Kaliodai 堰は、Kaliodai Aru 川に沿って Kaliodai 橋の上流 2.2 km の地点で、Akkaraipattu と Karativu の中間に位置する。Senanayake Samudra 湖から RBMC と Gal Oya 川への放流水は、主に Veraiadi Aru 川を流下し Kaliodai 堰に達する。河川流量は、年間を通じて安定しており、代掻期中に実測した最小流量は  $0.3 \text{ m}^3/\text{秒}$  であった。

堰は、水門式で、4 門の低いゲートと 8 門の高いゲートを有している。詳細データを表-B.2 に示す。

各堰に関する諸元

Table B.2 HYDROLOGICAL DATA ON ANICUTS

ITEM	KALLARACHEL ANICUT	SUMBUVELI ANICUT	KALIODAI ANICUT
Sill level	2.53 m M.S.L.	0.23 m M.S.L.	3.38 m M.S.L.
Crest level	4.66 m M.S.L.	1.60 m M.S.L.	5.70 m M.S.L.
No. of gate	12	17	12 High: 8 { Low : 4
Size	2.13 m x 2.13 m	1.22 m x 1.37 m	{ High: 1.83 m x 1.62 m { Low : 2.13 m x 2.32 m
L.W.L.	2.53 m M.S.L.	0.23 m M.S.L.	3.38 m M.S.L.
H.H.W.L.	5.49 m M.S.L.	2.74 m M.S.L.	6.77 m M.S.L.
Measured flow rate by the Team	1.5 - 2.5 m <sup>3</sup> /sec	1.0 - 2.0 m <sup>3</sup> /sec	0.3 - 3.0 m <sup>3</sup> /sec
Structure	Sliding - timber weir type	Sliding - timber weir type	Sluice gate type

Source: Irrigation Department

Note : M.S.L. is the abbreviation for Mean Sea Level





## 水質および浄水処理方式の検討

1. はじめに
2. 要 約
3. 水質基準
4. 水質調査
  - 4.1 貯水池の水質
  - 4.2 表流水の水質
5. 浄水処理方式の検討
  - 5.1 水源が貯水池の場合
    - 5.1.1 現在および将来における問題点
    - 5.1.2 水処理実験
    - 5.1.3 浄水処理方式
  - 5.2 水源が表流水の場合
    - 5.2.1 水処理実験
    - 5.2.2 浄水処理方式
    - 5.2.3 薬品注入率
  - 5.3 既設浄水場
6. 原水の水質改善
  - 6.1 水質改善の必要性
  - 6.2 水質改善の方法



## 1. はじめに

本資料は、現地調査中の水質分析と水処理実験の結果をまとめ、あわせて将来の浄水処理方式と原水の水質改善について勧告を行なったものである。将来の予定水源は、Amparai 貯水池、Kondavattavan 貯水池および Kallarachel 堰、Sambuveli 堰、Kaliodai 堰での表流水の計 5ヶ所（図-1 参照）である。

各取水地点において原水を採水し、水質分析と水処理実験を行なった。予定五水源の内、Amparai 貯水池は水道用水源として利用されている。

当調査区域内において、2カ所の浄水場（Amparai 浄水場と Kalmunai 浄水場が稼働している）ので調査対象とした。また、Naipuddimunaiにも既設浄水場の水源である浅井戸があるが、揚水量も少なく将来廃止予定なので、今回の調査対象からはずした。

## 2. 要 約

- 1) NWSDB が現在採用している水質基準は妥当と考えられるが、将来、水道水の水質が改善された際には、各許容値を再考する必要がある。
- 2) Amparai 貯水池は富栄養化が進行しており、高濁度、臭気、pHが高い、色度等の問題が出ている。Kondavattavan 貯水池は、それ程でもない。
- 3) 各堰における表流水の水質は、貯水池の水質よりも良い。
- 4) 貯水池の原水の浄水処理には、2段ろ過法が適している。
- 5) 各堰での表流水の浄水処理には、通常の急速ろ過法が適している。
- 6) 将来、Amparai 貯水池の水質改善が必要となり、これについての調査が更に必要となるであろう。

## 3. 水 質 基 準

スリランカ政府によって定められた水質基準とWHOの水質基準を表-3.1に示す。スリランカの基準はWHOを基にしており、おおむね妥当なものである。

スリランカの水質基準に定めた濁度の許容値は、WHOのものより厳しく、貯水池を原水とする処理水は、ほとんどこれを満たしていない。従って、濁度については暫定的にWHOの基準を用い、この許容値に達する努力すべきである。鉄分についてはスリランカの基準よりもWHOの方が厳しい。これは、スリランカ国内の既存水源が鉄分を含み、その除去がほとんどなされていないことに帰因すると思われる。現用の許容値で当分の間は支障は出ないと思われるが、将来、水道の水質が全般的に向上し、鉄分の許容値を見直す必要が出て来るであろう。

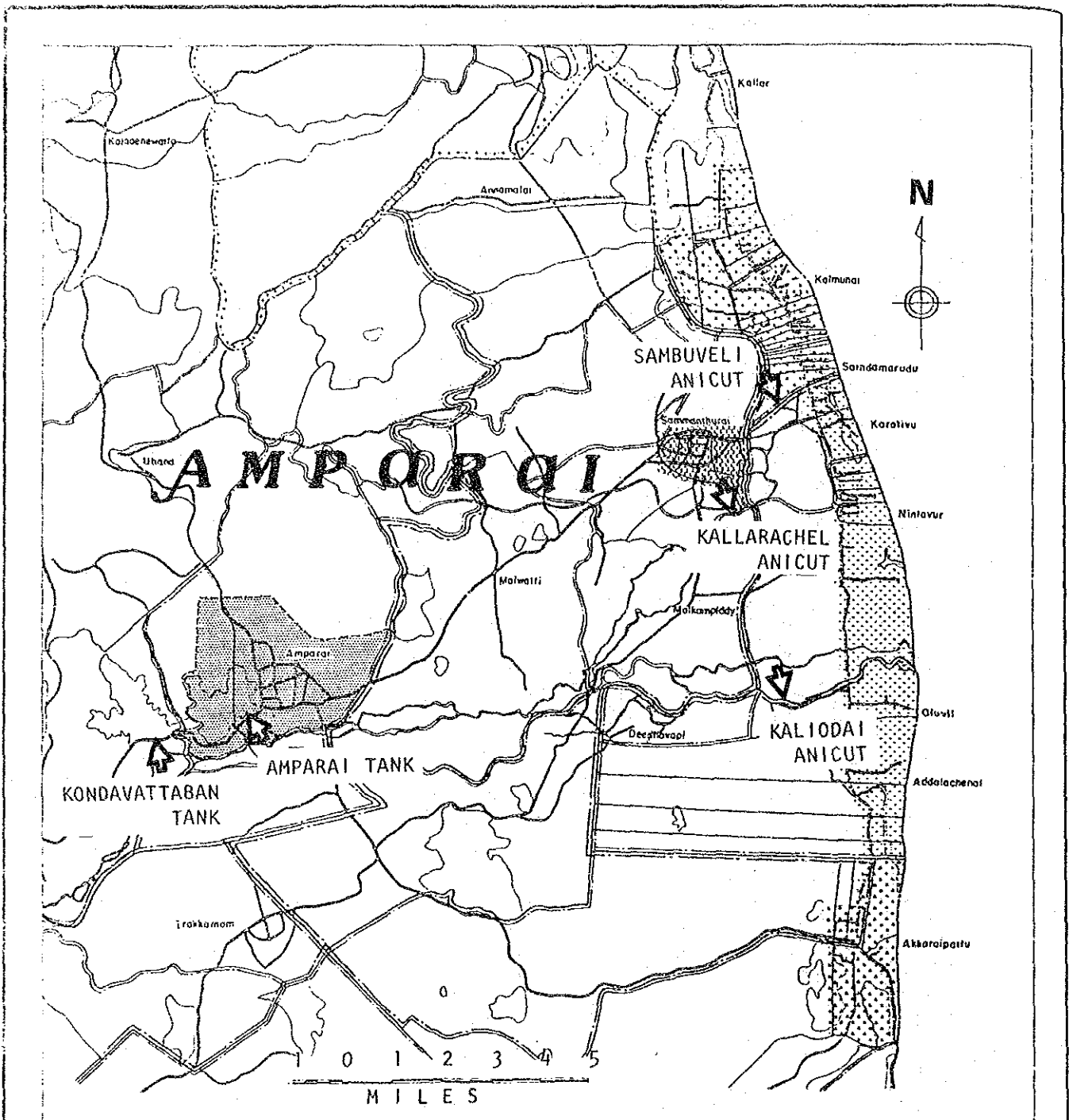


Fig.1 LOCATION MAP

REFERENCE

予定水源の位置図

Remark

++++ District Boundary

— O.R.O's Divison Boundary

— Grama Sevaka Division Boundary

— Municipal, Urban, Town & Village Council Limits



SAMPLING POINT

Study Area



KALMUNAI + SAINDAMARUDU



AMPARAI U.C.



AKKARAIPATTU T.C.



SAMMANTHURAI T.C.



Coastal area - KARATIVU + NINTAVUR

飲料水の水質基準  
Table 3.1 Drinking Water Standards

Substances	(Unit)	Sri Lanka NWSDB		WHO International Standards	
		(Highest desirable level)	(Maximum permissible level)	(Highest desirable level)	(Maximum permissible level)
<u>Chemical Substances</u>					
Total Solids	(mg/l)	500	1,500	500	1,500
Colour (platinum-cobalt)		5	50	5	50
Turbidity	(JTU)	2	10	5	25
Taste		unobjectionable		unobjectionable	
Odour		unobjectionable		unobjectionable	
Iron (Fe)	(mg/l)	0.3	1.0	0.1	1.0
Manganese (Mn)	(mg/l)	0.1	0.5	0.05	0.5
Copper (Cu)	(mg/l)	1.0	1.5	0.05	1.5
Zinc (Zn)	(mg/l)	5.0	15.0	5.0	15.0
Calcium (Ca)	(mg/l)	75	200	75	200
Magnesium (Mg)	(mg/l)	50	150	30	150
Sulphates (SO <sub>4</sub> )	(mg/l)	200	400	200	400
Chlorides (Cl)	(mg/l)	200	600	200	600
pH	-	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2
Total hardness	(mg/l)	100	500	100	500
<u>Toxic Substances</u>					
		(Upper limit of concentration)		(Upper limit of concentration)	
Lead (pb)	(mg/l)	0.05		0.1	
Arsenic (As)	(mg/l)	0.05		0.05	
Selenium (Se)	(mg/l)	0.01		0.01	
Chromium (hexavalent) (Cr <sup>+6</sup> )	(mg/l)	0.05		-	
Cyanide (CN)	(mg/l)	0.20		0.05	
Cadmium (Cd)	(mg/l)	0.01		0.01	
Barium (Ba)	(mg/l)	1.00		-	
Phenolic substances	(mg/l)	0.002	-	0.001	0.002
<u>Substances which may affect Health</u>					
Mercury (Hg)	(mg/l)	-		0.001	
Fluorides (F)	(mg/l)	1.5		0.6 - 1.7	
Nitrates (NO <sub>3</sub> )	(mg/l)	45		-	
<u>Chemical Indicators of Pollution</u>					
COD	(mg/l)	10		-	
BOD	(mg/l)	6		-	
Total Nitrogen exclusive of NO <sub>3</sub>	(mg/l)	1		-	
Ammonia	(mg/l)	0.5		-	
Carbon chloroform extract	(mg/l)	0.5		-	

Bacteriological Standards of NWSDB

Treated Water

- Throughout the year, 90% of samples should not contain any coliforms in 100 ml;
- No sample, throughout the year, should contain more than 10 coliforms in 100ml;
- Any two consecutive samples should not contain more than 10 coliforms in 100 ml.

## 4. 水質調査

### 4.1 貯水池の水質

本地区における予定水源は、本文で既述したように Amparai 貯水池と Kondavattavan 貯水池の2水源である。これらの水質分析結果は表-4.1.1に示したとおりであり、参考までに調査した上流側の3貯水池の水質分析結果を表-4.1.2に示した。また、NWSDBによる過去の水質分析データを表-4.1.3と表-4.1.4に示した。

#### 1) Amparai 貯水池

Amparai貯水池は、総貯水容量  $8.800,000\text{ m}^3$ 、湛水面積  $3.6\text{ km}^2$ 、流域面積  $17\text{ km}^2$ 、平均水深  $2.4\text{ m}$ （総貯水容量÷湛水面積）の水道専用貯水池である。水質の特徴を列挙すると次のとおりである。

- a) 濁度が高い。
- b) 溶存酸素が過飽和である。
- c) PHが高い。
- d) 水の色が緑黄色を示している。
- e) 透明度が低い。
- f) カビ臭がする。
- g) 鉄とアンモニア性窒素がやや高い。

この内、a)～f)は、貯水池の富栄養化により植物性プランクトンが大繁殖したためであり、f)のカビ臭は或る種の放線菌やプランクトン藻類（Phormidium他）によるものである。g)は、これらプランクトンおよび貯水池に繁殖したサルベニアが死んで底に沈んでし、これらが腐敗して溶存酸素を消費するため、底層または底泥は、無酸素状態になり、水中にこれらの物質（鉄、マンガン、アンモニア性窒素）が溶け出したものと推定される。このような原水を使用した場合には、幾つかの水処理上の問題点が生ずるが、これを列挙すると以下のとおりとなる。

- a) 硫酸ばんどの注入率を増加させる。
- b) フロックが軽いため沈でん効率が悪くなる。
- c) 沈でん池からキャリオーバーした植物性プランクトンによりろ過池が閉塞する。
- d) アンモニア性窒素の増加により塩素の注入率が増加する。

#### 2) Kondavattavan貯水池

Kondavattavan貯水池は、総貯水容量  $11,300,000\text{ m}^3$ 、湛水面積  $3.6\text{ km}^2$ 、流

予定水源（貯水池）の水質分析結果

Table 4.1.1 Water Quality Analysis For Tanks of Potential Water Sources

Items (Sampling Date)	Unit	Amparai Tank		Kondavattavan Tank			
		(2 Mar 1982)	(0.8 <sup>m</sup> )	(9 Mar 82)	(0.8 <sup>m</sup> )	(2 Mar 82)	(9Mar 82)
Water Depth Samples		0 <sup>m</sup>	0.8 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0.8 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
Water Temperature	C°	31.0	29.5	31.5	30.5	29.6	30.5
pH		7.6	7.4	8.8	8.6	8.6	8.8
Turbidity	Units	75	100	75	75	33	30
Colour	"	20	20	25	25	15	10
Alkalinity	mg/l	37	35	33	33	33	30
Potassium Permanganate Consumed	"	55.3	55.3	-	-	37.9	-
Nitrate Nitrogen	"	ND	ND	-	-	ND	-
Ammonia Nitrogen	"	0.16	0.16	0.10	0.10	0.10	0.07
Hardness	"	28	27	26	25	26	24
Chloride Ion	"	20	20	18	20	8	8
Phenols	"	ND	ND	-	-	ND	-
Iron	"	0.20	0.25	0.40 (0.10)	0.40 (0.10)	0.15	0.25 (0.10)
Manganese	"	0.02	0.02	0.04	0.05	0.02	0.04
Chromium	"	ND	ND	-	-	ND	-
Copper	"	ND	ND	-	-	ND	-
Coliform Group	Nos/ml	1	0	0	0	9	2
Total Colonies	"	25	37	243	504	62	150
Odour		musty	musty	musty	musty	musty	musty
Dissolved Oxygen	mg/l	8.2	6.8	9.0	8.8	7.0	7.0

Note: ND: Not detected  
( ): for Dissolved iron

上流側貯水池の水質分析結果

Table 4.1.2 Water Quality Analysis of Upstream Tanks

Items (Sampling Date)	Unit	Senanayake Samudra (2 Mar.1982)	Aligalga Tank (2 Mar.1982)	Himidurawa Tank (9 Mar.1982)
Water Temperature	C°	26.5	30.0	30.5
pH		6.8	7.4	7.6
Turbidity		10	10	20
Colour		5	5	5
Alkalinity	mg/l	38	33	31
Potassium Permanganate Consumed	"	12.0	10.1	-
Nitrate Nitrogen	"	ND	ND	-
Ammonia Nitrogen	"	0.08	0.16	0.05
Hardness	"	27	24	26
Chloride Ion	"	7	8	10
Phenols	"	ND	ND	-
Iron	"	0.50	0.20	0.25
Manganese	"	0.03	0.03	0.03
Chromium	"	ND	ND	-
Copper	"	ND	ND	-
Coliform Group	Nos/ml	0	0	0
Total Colonies	"	25	45	150
Dissolved Oxygen	mg/l	-	8.4	7.2

Note: ND: Not detected



貯水池の水質分析結果(その1)  
 Table 4.1.3. Data of Raw Water Quality of Amparai Tank

Items	1980												1981		
	Jan.	Feb.	May	June	July	Aug.	Oct.	Nov.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	July	Nov.	
Turbidity (JTU)	10	60	7.6	9.4	7.2	13.5	30	2.9	4.0	8.4	64	10	6.0	5.8	
pH	7.2	7.2	7.0	6.8	6.8	7.2	7.2	6.5	6.8	7.6	6.2	7.6	7.0	6.7	
Electric Conductivity	110	135	140	135	142	145	195	135	120	150	120	120	200	120	
Chloride Ion	40	14	24	22	22	19	28	18	20	24	12	20	36	18	
Alkalinity	40	48	52	32	56	53	65	52	39	58	40	54	56	54	
Dissolved Solids	74	90	91	86	89	91	-	89	80	99	69	78	135	79	
Nitrates	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	
Nitrites	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	
Free Ammonia	0.35	0.35	0.06	0.08	0.05	0.84	0.12	0.42	0.04	0.25	0.08	-	0.15	-	
Albuminoid Ammonia	1.05	0.55	0.18	0.15	0.18	0.76	0.36	0.64	0.15	0.50	0.15	-	0.20	0.40	
Iron	0.08	2.4	0.50	0.48	0.70	1.0	0.24	0.32	0.20	0.46	0.40	0.30	0.70	0.40	
Colour	15	45	10	15	15	75	28	8	10	25	30	5	10	20	

MT: Minute Trace

Source: NWSDB

Unit: in mg/l except turbidity and pH

貯水池の水質分析結果 (その2)

Table 4.1.4 Data of Raw Water Quality of Kondavattavan Tank

Items	1981							Max.	Min.	Aver.
	14May	25Jun	30Jul	12Aug	4Nov	23Nov				
Turbidity (JTU)	6.9	9.3	9.2	13.5	17.5	22	22	6.9	13.1	
pH	6.7	6.8	6.6	6.9	6.8	7.0	7.0	6.6	6.8	
Electric Conductivity	90	97	82	90	85	85	97	82	88	
Chloride Ion	8	8	9	9	10	9	10	8	9	
Alkalinity	54	31	41	48	42	45	54	31	44	
Hardness	32	34	32	33	29	32	34	29	32	
Dissolved Solids	59	61	51	58	56	55	61	51	57	
Nitrates	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	
Nitrates	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	
Free Ammonia	0.08	0.06	0.06	1.12	0.98	-	1.12	0.06	0.46	
Albuminoid Ammonia	0.18	0.30	0.15	1.58	1.70	-	1.70	0.15	0.78	
Iron	0.70	0.45	0.55	0.90	0.28	0	0.90	0	0.48	
Colour	12	12	10	45	70	55	70	10	34	

MT : Minute Trace

Source: NWSDB

Unit: in mg/l except turbidity and pH

域面積  $5.2 \text{ km}^2$ 、平均水深  $3.1 \text{ m}$  の灌漑用貯水池である。水質の特徴は、Amparai 貯水池と同じ傾向にあるが、富栄養化の程度は低く、濁度で比較すると  $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$  程度である。

### 3) その他の貯水池

Senanayake Samudra 湖は Amparai 地区の最上流水源で下流の灌漑用貯水池の源となっている。総貯水容量  $950,000,000 \text{ m}^3$ 、湛水面積  $77.9 \text{ km}^2$ 、流域面積  $995 \text{ km}^2$ 、平均水深  $1.22 \text{ m}$  の人口湖である。湖の周辺は、動物保護区 (Gal Oya) に指定されており、象を初めとする種々の野性動物が生息している。

湖の水質は、Amparai 貯水池、Kondavattavan 貯水池と比較してかなり良好であるが、それでも透明度は  $3 \sim 5 \text{ m}$ 、水の色はうすい緑黄色を示している。また、水自体はそれほど臭気を感じさせないが、ボートで湖内に入るとカビ臭を感じる。その他の項目では鉄が多く、今回調査した5カ所の貯水池の内では最も高い  $0.5 \text{ mg/l}$  を示した。また、

Aligalge 貯水池、Himidurawa 貯水池は、水質的には Senanayake Samudra 湖とほぼ同程度であった。

#### 4.2 表流水の水質

本地区における表流水の予定水源はKaliiodai堰、Kallarachel堰、Sambuveli堰の3カ所であり、これらの水質分析結果を表-4.2.1に示した。この結果をNWSDBの水質基準と比較して問題となる項目は、濁度、色度、有機物、鉄、大腸菌群であるが、これらを基準値以下にするには、前塩素処理+急速ろ過処理工程によれば問題なく除去可能である。

河川の濁度は降雨時に大きく上昇するが、調査期間中(乾期)に出会った夕方から夜にかけての降雨時の最大濁度値は45度あった。が、雨期における降雨時の河川の濁度はかなり上昇するものと考えられるので、薬品注入率の決定(後述)に際しては河川の最高濁度を1,000度と推定した。

濁度の経日変化

測定日	3月9日	3月21日	3月23日	3月24日	3月25日	3月26日
濁度(度)	25	25	25	41	38	43

その他の項目については、次の理由により、ほとんど問題がないものと推測される。

- a) シアン、フェノール類、六価クロムについては主に工場排水に起因するものであり、本地区にはこれらを扱う工場がないので河川がこれらにより汚染される心配はない。
- b) 硫酸イオンは、主に海水混入により影響を受けるものであるが、塩素イオンが10~15mg/lと少ないことから、海水混入はないものと判断される。従って、硫酸イオンが基準値を上回ることはない。
- c) 銅、亜鉛、鉛、ひ素、カドミニウム、セレン等の重金属類は、鉱山排水や工場排水に起因するものであり、これらのものが本地区にはないので河川がこれらにより汚染される心配はない。

一方、Kallarachel堰、Sambuveli堰は、その源がKondavattavan貯水池なので臭気の問題(カビ臭、藻臭)が懸念されるが、今回の調査ではほとんど感じられなかった。その理由は、河川の浄化作用(主に河床生物による分解)により除去されたものと推定される。

予定水源（堰）の水質分析結果

Table 4.2.1 Water Quality Analysis for Proposed Anicuts

Item	Unit	Kallarachel Anicut		Kaliodai Anicut		Sambuveli Anicut	
		(2 Mar 82)	(16Mar 82)	(2 Mar 82)	(16Mar 82)	(2 Mar 82)	(16Mar 82)
Water Temperature	C°	29	29	33	29	30	29
pH		7.2	7.8	7.4	7.2	7.4	7.4
Turbidity	Degree	25	20	25	25	45	25
Colour	"	10	10	10	20	15	10
Alkalinity	mg/l	52	51	45	48	60	47
Potassium perman- ganate Consumed	"	23.7	-	23.7	-	23.7	-
Nitrate Nitrogen	"	0.2	-	0.6	-	0.2	-
Ammonia Nitrogen	"	0.10	0.07	0.07	0.05	0.10	0.07
Hardness	"	38	40	34	33	43	36
Chloride Ion	"	13	15	11	12	14	12
Phenols	"	ND	-	ND	-	ND	-
Iron	"	0.85	0.40	1.50	0.60	1.50	0.30
Dissolved Iron	"	-	0.25	-	0.40	-	0.25
Manganese	"	0.03	0.08	0.04	0.04	0.03	0.04
Chromium	"	ND	-	ND	-	ND	-
Copper	"	ND	-	ND	-	ND	-
Coliform Group	Nos/ml	1	0	0	5	0	0
Total Colonies	"	175	806	54	207	154	103
Dissolved Oxygen	mg/l	5.4	6.6	6.2	6.0	6.0	5.0

Note: ND - Not detected

## 5. 浄水処理方式の検討

### 5.1 水源が貯水池の場合

#### 5.1.1 現在および将来における問題点

Amparai 貯水池の原水を用いて水処理実験を行なった。現地調査や水処理実験結果より、Amparai 貯水池を水源とした場合の浄水処理上の問題点、原因および対策について列挙すると下表のとおりである。

Amparai 貯水池の水処理上の問題点、原因および対策

問題点	原因	対策
i) 硫酸ばんどの注入率が高い	貯水池の富栄養化により、植物性プランクトンが多量に発生し、それらが光合成の炭素源として水中の炭酸をとるため pH 値が高くなる。それを硫酸ばんどによる凝集の最適 pH 値まで下げる分だけ硫酸ばんどが余分に必要となるため。	このような場合には、あらかじめ硫酸を加えて pH 値を低下させ、その後に硫酸ばんどを注入すれば良いのであるが、危険を伴う作業なので、ここでは不経済であるが、硫酸ばんどの注入率を増加させる方法がよい。
ii) フロックが軽くて沈降し難い	通常の河川等では、濁質の主成分は土砂で、比重は 2.5～2.6 程度あるが、富栄養化した貯水池では、植物性プランクトンが濁質の主成分であり、比重は 1.0 程度と軽くそのため沈降性が悪くなる。	①沈澱池の容量（滞留時間）を大きくとる。 ②一次ろ過池（粗ろ過）を設ける。
iii) 処理水に強いカビ臭がする	貯水池の富栄養化に伴って発生するある種の植物性プランクトン（Phormidium）や放線菌により、カビ臭が発生するためである。また、カビ臭は、塩素処理によりさらに強く臭う場合もある。	カビ臭の除去方法としては、オゾン処理、活性炭処理、かん速ろ過法等があるが、経済性、維持管理性の優れている緩速ろ過法が最適と考えられる。
iv) 塩素の注入率が高い	塩素は、有機物、アンモニア性窒素、その他の被酸化物により消費される。本貯水池は有機物、アンモニア性窒素を多く含んでいるのでその消費量が多くなる。	凝集沈でん・緩速ろ過法により処理すれば、注入率はかなり低下する。

#### 5.1.2 水処理実験

##### 1) Amparai 貯水池

本貯水池の原水を用いて水処理実験結果を表-5.1.1に示す。その結果、最適な薬品注入率は硫酸ばんどが 75 mg/l、塩素が 5.0 mg/l であった。また、エアレーション

による水処理実験を行なったが、その効果はほとんど期待できなかった。

## 2) Kondavattavan貯水池

本貯水池の原水による水処理実験結果を表-5.1.2に示す。その結果、本貯水池も Amparai 貯水池と同様の問題点が発生したがその程度は小さかった。これは、本貯水池の方が Amparai 貯水池よりも富栄養化の程度が小さいため、最適注入率は硫酸ばんどが  $50 \text{ mg/l}$ 、塩素が  $3.0 \text{ mg/l}$  と少ない。

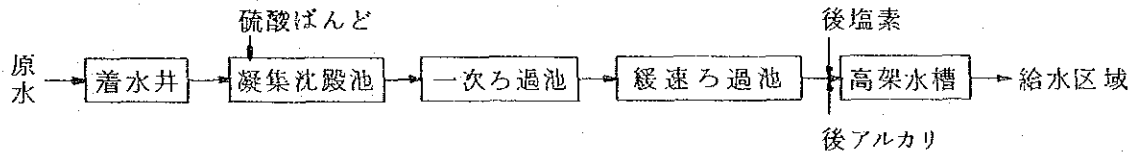
### 5.1.3. 浄水処理方式

#### 1) 処理工程の検討

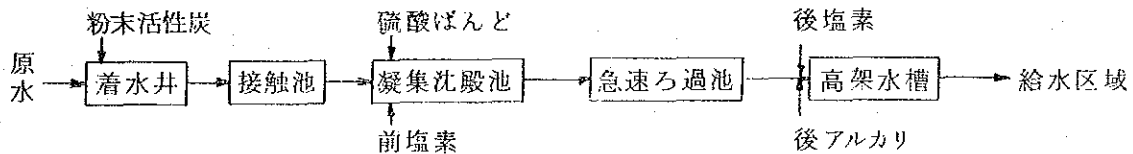
現在、Amparai 貯水池は富栄養化が進行しており、植物性プランクトンが多く、濁度が高くカビ臭が強い。また、浄水処理実験結果によるとフロックの沈降性が悪く残留フロックが多い。

このような原水を浄水処理する場合には、臭気除去および残留フロック除去を考慮した施設が必要であり、これらをおこなった浄水処理方式は、次の3通りが考えられる。

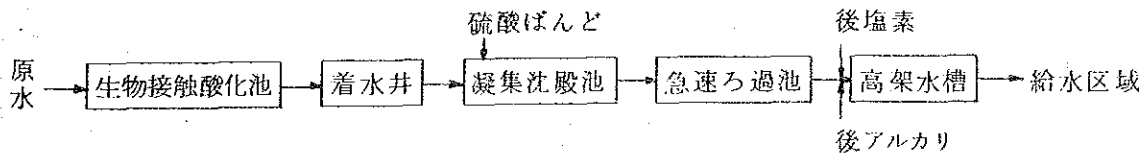
#### ① 二段ろ過方式による浄水処理



#### ② 活性炭吸着法による浄水処理



#### ③ 生物接触酸化方式による浄水処理



これら3通りの浄水処理方式についての説明を次に述べる。

水処理実験結果 (その1)

Table 5.1.1 Result of Coagulation Test on Raw Water of Amparai Tank

Item	Unit	Date of Test: 11 March 1982							Date of Test: 24 March 1982								
		Raw Water	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Raw Water	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7
Water Temperature	°C	30.5								28	29	29	29	29	29	29	29
Aluminium Sulfate Dosage	mg/l	0	50	50	75	75	75	40		50	50	50	75	75	75	75	75
Sodium Chlorite Dosage (Chlorine Dosage)	mg/l		30	0	30	0	50	30		0	0	0	0	0	0	0	4.8
Aeration Time	min		0	0	0	0	0	0		0	2L	5L	0	2L	5L	0	0
Rapid Mix Time	min		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Slow Mix Time	min		10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10	10	10
Coagulation			B	B	A	B	A	D		B	B	B	B	B	B	B	A
Precipitation			C	C	B	C	A	D		C	C	C	C	C	C	C	A
pH			6.6	6.4	5.8	5.8	5.8	-		6.0	6.0	6.0	6.0	5.8	5.8	5.8	5.8
Turbidity	unit	80	42	55	25	30	23	100		75	100	40	40	40	40	40	27
Color	unit	30	7	20	5	7	5	-		-	-	-	-	15	15	15	10
Alkalinity	mg/l	35	19	18	7	8	7	-		-	-	-	-	6	6	6	6
Potassium Permanganate Consumed	mg/l	53.1								-	-	-	-	-	-	-	-
Ammonia Nitrogen	mg/l	0.33	0.33	0.07	0.33	0.07	0.03	-		0.50	-	-	0.13	0.33	0.10	0.10	0.10
Iron	mg/l	0.40	0.10	0.30	0.10	0.15	0.05	-		0.50	-	-	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10
Dissolved Iron	mg/l	0.15	0.10	0.15	0.05	0.10	0.05	-		0.15	-	-	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Manganese	mg/l	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	-		0.06	-	-	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
Dissolved Manganese	mg/l									-	-	-	-	-	-	-	-
Coliform Group	No/ml	0	0	0	0	0	0	-		-	-	-	-	-	-	-	-
Total Colonies	"	720	0	102	0	151	0	-		-	-	-	-	-	-	-	-
Residual Chlorine	mg/l	0	(0.6)	-	(0.6)	-	(0.8)	-		(0.8)	(0.8)	(0.8)	(0.8)	(0.8)	(0.8)	(0.8)	(0.8)
Odour			Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty		Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty
Taste			-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-

A: Excellent  
 B: Good  
 C: Fair  
 D: Poor



水処理実験結果 (その2)

Table 5.1.2 Result of Coagulation Test on Raw Water of Kondavattavan Tank

Date of Test: 12 March 1982

Item	Unit	Raw Water	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Water Temperature	°C	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Aluminium Sulfate Dosage	mg/l		30	50	30	50	30
Sodium Chlorite Dosage	mg/l		30	30	0	0	50
(Chlorine Dosage)	mg/l		3	3	0	0	5
Aeration Time	min		-	-	-	-	-
Rapid Mix Time	min		1	1	1	1	1
Slow Mix Time	min		10	10	10	10	10
Coagulation			B	A	B	B	B
Precipitation			C	C	C	C	C
pH		8.8	7.0	6.2	6.2	6.2	6.8
Turbidity	unit	35	23	23	35	25	25
Color	unit	10	2	2	7	8	2
Alkalinity	mg/l	30	22	13	20	13	23
Potassium Permanganate Consumed	mg/l	-	-	-	-	-	-
Ammonia Nitrogen	mg/l	0.10	0.03	0.03	0.10	0.10	0.03
Iron	mg/l	0.25	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10
Dissolved Iron	mg/l	0.10	0.10	0.05	0.10	-	0.10
Manganese	mg/l	0.04	-	-	-	-	-
Dissolved Manganese	mg/l	-	-	-	-	-	-
Coliform Group	No/ml	2	-	-	-	-	-
Total Colonies	"	153	-	-	-	-	-
Residual Chlorine	mg/l	-	0.1(0.2)	0.2(0.3)	-	-	1.5(2.0)
Odour		Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty

Note: A: Excellent  
 B: Good  
 C: Fair  
 D: Poor

### i) 二段ろ過方式

浄水処理実験結果によると、Amparai 貯水池の原水は、富栄養化により植物性プランクトン、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、鉄、有機物量等が多くカビ臭が強い。

緩速ろ過法は、カビ臭除去に対して極めて有効であり、その上 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、鉄、有機物の処理にもすぐれているが、原水の濁度が植物性プランクトンにより75～100度と高く、このままでは緩速ろ過池へ流入させることはできない。そこで、緩速ろ過池の前段に粗ろ過池（一次ろ過池）を設け、ある程度（70%前後）の濁質（主に植物性プランクトン）を除去し、緩速ろ過池の負担を小さくする。さらに濁度が100度以上になった場合は、凝集沈殿処理を行ない一次ろ過池の負担を小さくする。

### ii) 粉末活性炭方式

本方式は、粉末活性炭を原水に直接注入し、接触池において15～60分接触させた後、凝集沈殿・急速ろ過法によりカビ臭の成分を処理する方式である。この処理では、カビ臭とある程度の有機物は処理できるが、鉄やアンモニア性窒素は除去できないので、前塩素による処理（酸化）が必要である。また、本方式は維持管理費が高くなり、特に活性炭の費用は非常に高額になる。

### iii) 生物接触酸化方式

本方式は、河川の浄化作用を応用したものである。この方式を用いた霞ヶ浦湖水処理実験結果によると、水温が10℃以上あれば臭気濃度が70～90%、アンモニア性窒素50～70%、過マンガン酸カリウム消費量が40%、藻類で65～83%除去され、本貯水池のように水温が常に30℃前後ある所では処理効果は更に大きくなるものと考えられる。

この方式によって処理した水に対して、凝集沈殿・急速ろ過を行なえば非常に良好な浄水が得れ、薬品注入率も減少する（約50%）。本方式は建設費が二段ろ過方式と比較してかなり安価であるが、まだ実験段階（一部実用化）であり、前述した二段ろ過方式よりも効果が劣り実績も乏しい。

## 2) 薬品注入率

前述した3方式について、現在のAmparai 貯水池の原水を対象とした薬品注入率の算出結果を表-5.1.3.に示す。

表-5.1.3 薬品注入率

(mg/l)

薬品名 \ 処理法	二段処理法	活性炭法	生物酸化法	急速ろ過法
前塩素	—	3 ~ 10 (5)	—	3 ~ 10 (5)
硫酸ばんど	75 ※ 注入月数4ヶ月	50 ~ 90 (75)	25 ~ 45 (35)	50 ~ 90 (75)
後アルカリ	12 ※ 注入月数4ヶ月	10 ~ 15 (12)	(5)	10 ~ 15 (12)
後塩素	1 ~ 3 (2)	0 ~ 2 (1)	0 ~ 2 (1)	0 ~ 2 (1)
粉末活性炭	—	0 ~ 100 (50)	—	—

(注)：( )※の数值は注入率の平均注入率

Amparai 貯水池の水質は、将来悪化することが予想されるので、1995年時点での薬品注入率を検討した。結果は表-5.1.4に示したとおりである。

表-5.1.4 1995年における薬品注入率

薬品名 \ 処理法	二段ろ過法	活性炭法	生物酸化法	急速ろ過法
前塩素	—	6	—	6
硫酸ばんど	85 (注入月数4ヶ月)	85	40	85
後アルカリ	15 (注入月数4ヶ月)	15	6	15
後塩素	2	1	1	1
粉末活性炭	—	55	—	—

### 3) 経済比較

前述した3方式(二段ろ過方式、活性炭吸着方式、生物接触酸化方式)の建設費、維持管理費、処理水質、維持管理性、安全性等について比較すると次のとおりとなる。

なお、比較のため急速ろ過法についても同時に検討した。

#### 1) 建設費、維持管理費

目標年次1995年の場合の建設費およびその時点の維持管理費の算出結果は表-5.1.5のとおりである。

表-5.1.5 建設費および維持管理費

処理法		二段ろ過法	活性炭法	生物酸化法	急速ろ過法
項目					
建設費	Rs	46,260,000	37,270,000	40,810,000	36,250,000
維持管理費	Rs/年	2,596,000	10,388,000	2,729,000	3,282,000
原水1m <sup>3</sup> の処理コスト	Rs/m <sup>3</sup>	1.21	4.82	1.27	1.52
現在価値法による総事業費	Rs	68,361,000	125,709,000	64,044,000	64,192,000

この結果によると、建設費が最も高いのは二段ろ過法であり、次いで生物接触酸化法である。これに対して最も安価なのは急速ろ過法で、最も高い二段ろ過法に比較して約22%安い。

一方、原水の処理コストについては、最も高いのは活性炭処理法の4.82 Rs/m<sup>3</sup>で、次いで急速ろ過法の1.52 Rs/m<sup>3</sup>であり、最も安価なのは二段ろ過方式の1.21 Rs/m<sup>3</sup>で、活性炭方式と比較して約1/4のコストである。

ii) 処理水質

処理水質について理化学、臭味、細菌類の3項目で比較すると、表-5.1.6に示したとおりである。理化学、細菌類は、どの方式でも同程度の処理水質になるものと推測されるが、臭味については急速ろ過法では全く処理することができず、かえって塩素注入により原水よりも強いカビ臭を発する恐れがある。

表-5.1.6 処理水の比較

項目	二段ろ過法	活性炭法	生物酸化法	急速ろ過法
理化学	◎	◎	◎	◎
臭 味	◎	◎	○	×
細菌数	◎	◎	◎	◎

(注) ◎ ○ △ ×  
良 ←————→ 悪

iii) 維持管理性

緩速ろ過法は微生物膜を用いて処理する方法であり、薬品を用いて処理する急速ろ過法に比較して、作業や管理に高度な技術を必要とせず、ろ過水の水質が安定し、味

も良い等の長所がある反面、広い用地が必要であり原水の水質（特に濁度）に制約がある等短所がある。また、砂の削り取り作業等に労力（人力）を必要とする難点がある。

しかし、スリランカにおいては、用地、労力（人力）は安価であり、原水水質（特に濁度）についても凝集沈殿池と一次ろ過池を設けることにより解決できるものと判断される。また、一次ろ過池を設けることにより、凝集沈殿処理水の濁度がある程度（30度以下）ならば、維持管理上大きな問題とはならず、処理水質も安定する。

一方、急速ろ過法は凝集沈殿処理効果の良否により、ろ過水水質、ろ過持続時間が大きく左右される。すなわち、沈殿処理水の水質（濁度）が高いとろ過持続時間が短くなり、一般（河川で生物が少ない水）には、沈殿処理水の濁度が5度以下ならば48時間、10度以下ならば24時間程度のろ過持続時間がある。本貯水池の場合、凝集沈殿処理水の濁度が20度以上あるので、前述した沈殿処理水の濁度とろ過持続時間との関係から推測すると12時間程度しかろ過できない。その上、植物性プランクトンも多いことから、ろ過持続時間さらに短くなるものと思われる。ろ過持続時間が短いと水の損失が多く維持管理上も諸々の問題が生じることが予想される。また、急速ろ過法の場合は原則として不連続点（ブレイク・ポイント）による前塩素処理が必要であり、塩素注入率決定に際してある程度高度な技術を要求される。活性炭処理法は、急速ろ過法に粉末活性炭を注入し臭気物質等を除去する方法であり、急速ろ過法と同程度以上の技術レベルが必要である。

生物接触酸化法は、生物膜の働きにより水質濃度の低下と安定化を行ない凝集沈殿・急速ろ過法により処理するものである。原水の濁度粒子が凝集しやすいものに変化するため凝集効果は良くなり、原水水質の変動もある程度小さくすることができ、前述した急速ろ過法や活性炭法に比較して維持管理はやさしいが、まだ実験段階（一部実用化）であり実績にも乏しい。

以上述べた維持管理上、安全性（弾力性）、浄水水質の安全性、実績について比較を表-5.1.7に示す。

表- 5. 1. 7 維持管理性等の比較

処理法 項目	二段ろ過法	活性炭法	急速ろ過法	生物酸化
維持管理性 (技術者レベルも含)	◎	▲	△	○
安全性	◎	△	△	○
浄水の水質の 安全性	◎	△	△	○
実績	○	○	◎	▲

(注) ◎ ○ △ ▲ ×  
 良 ←————→ 悪

#### 4) 総合判定

前節においては各処理方式の経済性、維持管理性、処理水質等を比較したが、ここでは各項目別に点数で評価し総合的に浄水処理方式の選定を行ってみたいと思う。表- 5. 1. 8はこの目的で作成した項目別採点表であるが、この結果によると建設費と実績の面でやや劣るが、その他の項目で優れている二段ろ過方式が最適な方法であると判断される。

表-5.1.8 総合判定

項目		処理法			
		二段ろ過法	活性炭法	生物酸化法	急速ろ過法
経済性	建設費	3	5	4	5
	維持管理費	5	1	5	4
処理水水質	理化学	5	5	5	5
	臭 味	5	5	4	1
	細菌類	5	5	5	5
維持管理性 (技術者のレベルも含め)		5	2	4	3
安全性 (弾力性)		5	3	4	3
浄水水質の安全性 (常に安定したものを供給できるか)		5	3	4	3
実績		4	4	1	5
合計		42	33	36	34
総合判定		◎	△	○	△

## 5.2 水源が表流水の場合

### 5.2.1 水処理実験

3カ所の予定取水地点（水源）での原水の水処理実験結果を表-5.2.2に示した。

その結果、Kaliodai 堰、Kallarachel 堰、Sambuveli 堰の水質は各々同程度の結果であった。

また、問題となる項目（濁度、色度、有機物、鉄、大腸菌群）についても、前塩素（16 mg/l）と凝集処理（硫酸ばんど 20 mg/l）と急速ろ過法により各々WHOの飲料水基準を満足させることが可能である。

一方、NWSDBが1981年11月12日、Kaliodai 堰、Kallarachel 堰において水処理実験を行なっているが、その結果を表-5.2.3と表-5.2.4に示した。

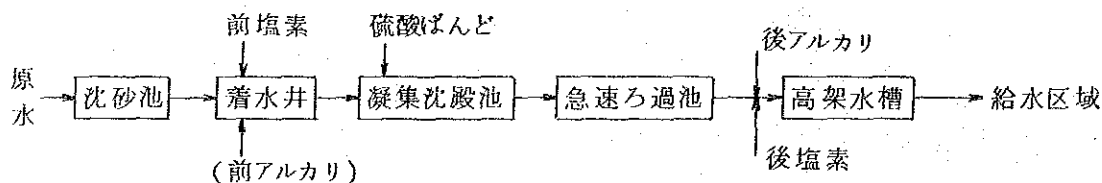
その結果、Kallarachel 堰では原水濁度98度の時の硫酸ばんどの最適注入率は45 mg/l、Kaliodai 堰では原水濁度60度の時の硫酸ばんどの最適注入率は40 mg/lとなっている。

このように原水濁度がある程度上昇しても、凝集剤の注入率を増加させれば、急速ろ過法では処理が可能であるが、さらに濁度が上昇し1,000度を越えた場合、沈でん池の機能が低下し処理不可能になるので、取水停止の処置が必要となる。

### 5.2.2 浄水処理方式

表流水の水質の特徴は、貯水池と比較して色度、有機物、NH<sub>4</sub>-Nプランクトン数等は低く臭気もほとんどない。しかし、濁度は通常はAmparai 貯水池の原水より低いが、降雨時にはかなりの濁度上昇が予想される（1,000度以上）。また、鉄分の濃度が高いことも特徴の一つである。

以上より、表流水を原水とする浄水処理方式について、急速ろ過法が最適と考えられる。そのフローを下記に示す。



(注) : ( ) は高濁度時



#### 1) 前塩素処理

水質試験結果（将来水質も含めて）や周辺環境を考慮すると、汚染の心配が若干あり、除鉄、除マンガン処理および衛生上の安全性を確保するため、前塩素処理は行なうべきであると判断される。なお、前塩素はブレイク・ポイント処理を原則とする。

#### 2) 前アルカリ

水質試験結果によると、アルカリ度は40～50 mg/l あるので、通常前アルカリは必要ないと考えられるが、高濁度時には硫酸ばんどの注入率（後述する）がかなり高くなるため、凝集補助を目的とした前アルカリの注入が必要と判断される。

#### 3) 後アルカリ

硫酸ばんどによりアルカリ剤が消費（硫酸ばんど1 mg/l に対して0.45 mg/l のアルカリ剤が消費される）され、pH 値も低下する。そこで、腐蝕防止のためのpHコントロールに後アルカリ注入が必要である。

#### 4) 後塩素処理

前塩素処理において、ブレイク・ポイントによる塩素処理を行なうので、後塩素の必要性は少ないが、安全性を考慮して本処理施設を設ける。

### 5.2.3 薬品注入率

浄水フロントによる薬品注入率の検討結果を表-5.2.1に、また、各々の説明を以下に述べる。

表-5.2.1 薬品注入率 (mg/l)

薬品名	硫酸ばんど	前アルカリ (Ca(OH) <sub>2</sub> )	前塩素	後アルカリ (Ca(OH) <sub>2</sub> )	後塩素
最高	100	10	5	35	1
平均	30	0	2	10	0.5

#### 1) 硫酸ばんどの注入率

硫酸ばんど注入率は原水濁度により決定される。今回の調査時における原水の平均濁度は25度、水処理実験に用いた試水の平均濁度は20度、その時の最適注入率は20 mg/l であった。

しかし、今回の調査期間は乾期中であったため、表流水の濁度はかなり低いと思われる。河川状況等から判断し、雨期も含めた年間平均濁度は50～100度、その時の注

水処理実験結果 (その1)

Table 5.2.2 Results of Water Treatment Test

Item	Unit	Kallarachel Anicut*1					Sambuveli Anicut*2					Kaliodai Anicut*3								
		Raw Water	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Raw Water	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Raw Water	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	
Water Temperature	°C	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	30	30	30	30	30	30	30
Aluminium Sulfate Dosage	mg/l	-	20	20	20	30	30	20	20	20	10	10	30	20	20	20	20	30	30	10
Sodium Chlorite Dosage	mg/l	-	16	32	0	16	16	16	0	16	16	16	16	32	16	0	16	16	16	16
(Chlorine Dosage)	mg/l	-	1.6	3.2	0	1.6	1.6	1.6	0	1.6	1.6	1.6	1.6	3.2	1.6	0	1.6	1.6	1.6	
Aeration Time	min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rapid Mix Time	min	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Slow Mix Time	min	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Coagulation		-	B	B	B	A	D	A	B	B	D	A	A	B	B	B	B	B	D	
Precipitation		-	B	B	B	A	D	B	B	B	D	B	B	C	C	C	C	C	D	
PH		7.2	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.6	7.0	7.0	7.0	7.0	6.8	7.2	
Turbidity	unit	25	5	5	10	5	20	5	10	10	20	5	5	20	5	5	10	5	21	
Color	unit	20	7	5	10	7	-	10	2	5	-	2	2	10	2	2	5	2	7	
Alkalinity	mg/l	48	40	38	38	33	-	47	38	39	-	36	48	51	48	48	48	41	46	
Potassium Permanganate Consumed	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ammonia Nitrogen	mg/l	0.05	0.05	0.02	0.02	0.03	0.02	-	0.07	0.02	0.05	-	-	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Iron	mg/l	0.60	0.10	0.15	0.20	0.15	-	0.30	0.10	0.10	-	0.10	0.10	0.40	0.10	0.10	0.15	0.10	0.30	
Dissolved Iron	mg/l	0.40	0.08	0.08	0.15	0.08	-	0.25	0.05	0.10	-	0.05	0.25	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	-	
Manganese	mg/l	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	-	0.04	0.05	0.05	-	0.03	0.08	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06	0.06	
Dissolved Manganese	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Coliform Group	no/ml	5	0	-	-	-	-	0	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	
Total Colonies	"	207	0	-	-	-	-	103	0	-	-	-	806	-	0	-	-	-	-	
Residual Chlorine	mg/l	-	0.1	2.0	-	0.4	-	-	0.3	-	-	0.4	-	1.7	0.4	-	0.4	0.4	0.4	
			(0.4)	(2.5)		(0.6)		(0.6)	(0.6)			(0.6)		(2.0)	(0.6)		(0.6)	(0.6)	(0.6)	
Odour								musty	slight	slight	slight	slight	slight	slight	slight	slight	slight	slight	slight	
								-ly	-ly	-ly	-ly	-ly	-ly	-ly	-ly	-ly	-ly	-ly	-ly	
								musty	musty	musty	musty	musty	musty	musty	musty	musty	musty	musty	musty	

Note: A: Excellent  
 B: Good  
 C: Fair  
 D: Poor

Date of Analysis:  
 \*1 18 March 1982  
 \*2 19 March 1982  
 \*3 17 March 1982

水処理実験結果 (その2)

Table 5.2.3 Coagulation Test of Kaliodai Anicut Water (By NWSDB)

Date of Test: 9 Nov. '81

Jar No.	Alum dose p.p.m.	Line dose p.p.m.	Dose p.p.m.	Result of Flocculation	Analysis of settled water				REMARKS
					Colour	Turbidity	pH	Alkalinity ppm.	
1	0	0	0	Raw water	140	60	7.4	63	
2	35	0	0	Minute amt of floc in suspension	15	9.8	6.9	57	
3	40	0	0	Floc settled in 6 min	5	3.4	6.8	55	
4	45	0	0	Floc settled in 5-1/2 min	5	2.6	6.7	53	
5	50	0	0	Floc settled in 6 min	5	3.1	6.6	52	
6	55	0	0	Floc settled in 6 min	5	4.8	6.5	51	
7	42	8	0	Floc settled in 5-1/2 min	5	2.2	6.9	55	
8	42	12	0	Floc settled in 6 min Good flocculation	5	1.8	7.0	56	
9	45	8	0	Floc settled in 5 min	5	1.1	6.8	54	
10	45	12	0	Floc settled in 5-1/2 min	5	1.9	6.9	56	
Best Dosage:--									
Alum & 45 p.p.m.									
Lime 8 p.p.m.									
Total Iron of settled water of Jar No.8 is 0.14 ppm.									

水処理実験結果 (その3)

Table 5.2.4 Coagulation Test of Kallarachel Anicut Water (By NWSDB)

Date of Test: 5 Dec. '81

Jar No.	Alum dose p.p.m.	Lime dose p.p.m.	Dose p.p.m.	Result of Flocculation	Analysis of settled water				REMARKS
					Colour	Turbidity	pH	Alkalinity ppm.	
1	0	0	0	Raw water	175	98	6.4	27	
2	35	0	0	Minute amt. of floc in suspension	10	12.4	5.6	19	
3	40	0	0	Floc settled in 5 min	5	7.1	5.7	18	
4	45	0	0	Floc settled in 4 min	5	2.4	5.6	17	
5	50	0	0	- do -	5	3.4	5.5	15	
6	42	8	0	Floc settled in 5 min	5	4.9	5.9	21	
7	42	12	0	- do -	5	5.3	6.0	22	
8	45	8	0	Good flocculation Floc settled in 4 min	5	1.9	5.8	20	
9	45	12	0	Floc settled in 4-1/2 min	5	2.7	5.9	21	

Best Dosage:-

Alum 45 ppm  
Lime 8 ppm

入率は30 mg/lと想定した。最高濁度は、河川状況、降雨状況により異なり、ここでは1,000度を処理対象最高濁度と設定し、その時の注入率を100 mg/lとした。なお、原水濁度が1,000度を越えた場合は、取水停止等の処置を必要とする。

#### 2) 前塩素の注入率

前塩素の注入率(ブレイク・ポイント)は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、有機物量、鉄、マンガン等の濃度により決定され、特に $\text{NH}_4\text{-N}$ はその量の10倍量の塩素が必要とされる。そこで、原水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を平均0.10 mg/l、最高0.40 mg/lと想定し、塩素の注入率を決定した。なお、残留塩素は1.0 mg/l残るようにした。

#### 3) 後アルカリの注入率

アルカリ度が40~50 mg/l、硫酸ばんどの注入率が平均30 mg/lと少ないため、残留アルカリ度は20 mg/l(管の腐食防止に必要な最低量)以上ある。

しかし、浄水のpH値が低下するので、pH値を7.0以上にコントロールするため平均10 mg/lを注入する。

#### 4) 後塩素の注入率

前塩素において、残留塩素を1.0 mg/l残るように注入するが、浄水処理工程の途中で塩素が消費されるので、平均0.5 mg/lを注入する必要がある。

### 5.3 既設浄水場の診断

本地区において、現在稼働している主な浄水場はAmparai 浄水場とKa Imunai 浄水場の2カ所であり、各々についての所見を以下に述べる。

#### 1) Amparai 浄水場

本浄水場の取水源はAmparai 貯水池であり、浄水処理方式は、前塩素・凝集沈でん処理を行ない給水している。本浄水場における水質試験結果を表-5.3.2に示した通りである。その結果によると、除濁処理および塩素処理が不完全であり、沈でん処理水の濁度、色度、アンモニア性窒素、大腸菌群、鉄、マンガン、有機物等の濃度が高い。

この原因としては、凝集剤注入率(硫酸ばんど22 mg/l)の不足、フロキュレーションの不足(実際にはこの工程がない)、塩素注入率(3 mg/l)と接触時間の不足等が考えられる。この改善策として、凝集剤の注入率を75 mg/l、前塩素の注入率を5 mg/lとし、フロキュレーションの工程を設ければ、ある程度の水質が期待できるものと判断される(WHOのゆるい基準)。

既設浄水場の最適注入率

Table 5.3.1 Recommended Dosage for Existing Plant

UNIT PROCESSES	CURRENT PRACTICE	RECOMMENDED
Coagulant dosage	22 mg/l	75 mg/l
Prechlorination rate	3 mg/l	5 mg/l
Rapid-mixing	none	To be provided
Flocculation*	none	To be provided

\* Installation of baffle walls (around-the-end type hydraulic flocculating facilities) is recommended.

2) Kalmunai 浄水場

本浄水場の取水源は地下水であり、浄水処理方式はエアレーション・緩速ろ過・後塩素処理を行ない給水している。本浄水場における水質試験結果を表-5.3.3に示した。

本浄水場の処理水は、ほとんどがWHOとNWSDBの基準を満足しており、水質的に問題はない。しかし、海水浸入による原水水質(塩素イオン290mg/l、硬度350mg/l)への影響には注意を要する(現状は、このために時間給水をよぎなくされている)。

Amparai 浄水場の処理水の水質分析結果  
 Table 5.3.2 Water Quality Analysis For Amparai W.S.S.

Item	Raw Water			Settled Water		Standpost (800m)	Standpost (2300m)	
	3 Mar 1982	10 Mar 1982	24 Mar 1982	3 Mar 1982	24 Mar 1982	3 Mar 1982	3 Mar 1982	
Water Temperature	°C	30.5	30.5	28.0	30.5	28.0	29.5	30.6
pH		7.4	7.0	7.4	7.4	6.8	7.2	7.2
Turbidity	degree	150	85	100	45	75	45	42
Colour	"	20	30	30	15	30	15	15
Alkalinity	mg/l	34	35	36	34	30	28	26
Potassium Per- manganate Consumed	"	79.0	53.1	-	44.2	-	41.1	47.4
Nitrate Nitrogen	"	ND	-	-	ND	-	ND	ND
Ammonia Nitrogen	"	0.27	0.33	0.50	0.23	0.50	-	-
Hardness	"	27	-	28	37	-	34	34
Chloride Ion	"	20	-	20	22	-	21	22
Phenols	"	ND	-	-	-	-	-	-
Iron	"	0.20	0.40 (0.15)	0.50 (0.15)	0.05	0.25 (0.15)	0.05	0.05
Manganese	"	0.02	0.04	0.06	0.02	0.09	0.02	0.02
Chromium	"	ND	-	-	-	-	-	-
Copper	"	ND	-	-	-	-	-	-
Coliform Group	Nos/mg	0	0	-	0	-	0	0
Total Colonies	"	229	720	-	72	-	6	6
Residual Chlorine	mg/l	-	-	-	0.2	-	0.1	0

Note: ND: not detected  
 ( ): for Sissiloved iron

Kalmunai 浄水場の処理水の水質分析結果

Table 5.3.3 Water Quality Analysis For Kalmunai W.S.S.

<u>Item</u>		<u>Raw Water</u>	<u>Finished Water</u>	<u>Standpost</u> (1600 m)
Date		8 Mar 1982	8 Mar 1982	8 Mar 1982
pH		7.8	8.0	8.0
Turbidity	degree	less than 10	less than 10	less than 10
Colour	"	3	2	3
Alkalinity	mg/l	90	70	72
Ammonia Nitrogen	"	0.67	0.05	0.05
Hardness	"	350	-	-
Chloride Ion	"	290	-	-
Iron	"	1.30	0.10	0.15
Manganese	"	0.15	0.09	0.04
Coliform Group	Nos/ml	0	0	0
Total Colonies	"	21	0	80
Residual Chlorine	mg/l	-	2.0	0.1



## 6. 水質改善

### 6.1 水質改善の必要性

Amparai 貯水池は、水源保全の立場から、人、家畜の貯水池内への立入禁止、および貯水池の周辺の民家の築造禁止等の処置がほどこされているが、富栄養化がかなり進行しており、水の色は緑かっ色を呈し、透明度は0.2～0.3 mと低くカビ臭が強い。その上、サルベニアと呼ばれる浮草が貯水池全面に繁茂している。

また、前項で検討した将来水質によると、2005年で有機物量を現わすCODが現況よりも30%、植物性プランクトンに量を現わすクロロフィル量が34%増加し、貯水池はさらに富栄養化が進むものと予想される。このような原水を水道水源として用いるには多くの問題点があり、水道の立場からなんらかの水質改善策が必要と考えられる。

### 6.2 水質改善の方法

本貯水池の水質改善方法としては、①硫酸銅等を用いた殺菌処理、②サルベニアの制御、③Kodavattavan 貯水池からの導水量を増加させ、Amparai 貯水池内の水の回転を早くする方法等が考えられる。各々の方法とその問題点等について以下に記述する。

#### 1) 硫酸銅を用いた殺菌処理

本法は貯水池全体に硫酸銅を散布し、硫酸銅の毒性を用いて植物性プランクトンを殺菌するものである。通常、硫酸銅の注入率は0.5～2.0 mg/l程度であり、本貯水池においても1.0 mg/l前後の適正注入率で、注入頻度は月1回程度必要であろう。

そこで、Amparai 貯水池における年間注入量を算出すると、年間106トン(8,800,000 m<sup>3</sup> × 1 g/m<sup>3</sup> × 10<sup>-6</sup> × 12回/年)もの硫酸銅が必要となり、かなりの薬品代(106 t/年 × 35,000 Rs/t = 3,710,000 Rs/年)がかかる。また、散布するのにボート(2隻)と人手(10人/回 × 12回 = 120人/年)も必要となる。

その他の問題点としては、魚類への影響(硫酸銅に対する魚類の致死濃度を表-6.2.1に示した)も考えられ、前述した経済性とも合わせ、本貯水池の水質改善方法としては得策でないと判断される。

表 6.2.1 硫酸銅に対する魚の致死濃度

魚 種	硫酸銅 (ppm)	魚 種	硫酸銅 (ppm)
マ ス	0.14	金 魚	0.50
コ イ	0.33	ス ズ キ	0.67
ヌメリゴイ科の一種	0.33	サンフィッシュ	1.35
ナ マ ズ	0.40	ブラックバス	2.00
カ ワ ウ ソ	0.40		

出典：上水道の生物学(1) 用水と廃水 Vol. 19, No. 10 昭和42年

(小島貞男)

## ii) サルビニアの制御

サルビニアは、熱帯アメリカ原産の水生シダで浮葉性の1年草であり、Amparai 貯水池およびKondavattavan 貯水池にも繁殖している。

サルビニアの制御方法としては、薬品による場合と人力による場合がある。薬品による場合は、前述した植物性プランクトンの除去よりも多くの薬品を用いるため経済的ではなく、人力による除去が最も良いと判断される。また取水地点に柵を設けてサルビニアとその死骸が、取水ポンプをへて浄水場に流入しないようにしておく必要がある。

## iii) Kondavattavan 貯水池からの導水量の増加

本方式は、Kondavattan貯水池からの導水量を現在の水量より増加させ、Amparai 貯水池内の水の回転を早くして水質を改善するものである。

現在、Kondavattavan 貯水池の水は、Amparai 貯水池へ平均  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $15,768,000 \text{ m}^3/\text{年}$ ) 導水され、残りの  $143,135,280 \text{ m}^3/\text{年}$  は Moravil Aru 川へ放流されている。この水量を全て Amparai 貯水池へ導水すれば、現在より水の回転が良くなり (回転率で現在  $3.45 \text{ 年}^{-1} \rightarrow 19.72 \text{ 年}^{-1}$ ) 水質の改善が期待できる。

しかし、この方法にも、Kondavattavan 貯水池～Amparai 貯水池間の農業用水の確保という問題はあるが、この分の水量のみを Kondavattavan 貯水池から放流することにより問題は解決できるものと判断され、最も有力な方法であると考えられる。

## 水道施設の概要

1. はじめに
2. 水理計算
  - 2.1 Amparai 地区水道施設
    - 1) 処理水量
    - 2) 取水施設
    - 3) 浄水施設
    - 4) 送水施設
    - 5) 配水施設
  - 2.2 Coastal 地区水道施設
    - 1) 処理水量
    - 2) 取水施設
    - 3) 浄水施設
    - 4) 送水施設
    - 5) 配水施設
3. 既設の Amparai 浄水場の改造



## 1. はじめに

資料-Dに、本文の7.3に既述した第1期計画水道施設の寸法を決定するための水理計算を添付する。

## 2. 水理計算

### 2.1 Amparai Area Water Supply Schemes

#### 1) Flow Rate

Max daily demand	5,300 m <sup>3</sup> /d=220.8 m <sup>3</sup> /hr=3.68 m <sup>3</sup> /min=61.1/sec
Intake/Treatment Flow rate	5,900 m <sup>3</sup> /d=245.8 m <sup>3</sup> /hr=4.10 m <sup>3</sup> /min=68.1/sec

#### 2) Intake Facilities

H.W.L.	: 26.67 m M.S.L.
L.W.L.	: 25.40 m M.S.L.

##### a. Intake Bay

Stop plank width	B=0.8 m x 8 = 6.4 m
Overflow depth	Francis Formula gives the overflow depth H as follows:

$$H = \left( \frac{Q}{1.84B} \right)^{2/3} = 0.47 \text{ m}$$

Overflow velocity	: $V_1 = Q/B \cdot H = 0.40 \text{ m/sec}$
Velocity in Intake Bay	: $V_2 = Q/S = 0.03 \text{ m/sec}$ (S: Section)

##### b. Raw Water Main

Friction loss of main

$$hf = 10.666 C^{-1.85} D^{-4.87} Q^{1.85} L$$

where : C=130	: Williams & Hazen coefficient
D=0.3 m	: Diameter
Q =0.07 m <sup>3</sup> /sec	: Intake flow rate
L=400 m	: Length

$$hf = 1.35 \text{ m}$$

Minor loss of main

$$h_m = (f_i + f_b + f_v + f_e) \times v^2 / 2g$$

where :  $f_i=0.5$  : Coefficient of influent loss

$f_b=0.56$  : Coefficient of bend loss

$f_v=6.00$  : Valve loss coefficient

$f_e=1.0$  : Coefficient of effluent loss

$$h_m = 0.41 \text{ m}$$

Loss of raw water main

From calculation made in the above subsections, total head loss of raw water main is obtained as follows:

$$h = h_f + h_m = 1.76 \text{ m}$$

### 3) Treatment Facilities

#### a. Mixing Well

Retention time (< 5 min)  $T = \frac{V}{Q} = 4.8 \text{ min}$

G-value  $G = \sqrt{\frac{\omega Q h_f}{V\mu}} = 182 \text{ sec}^{-1}$

GT-value  $G.T = 52,416$

where :  $\omega$  : Specific gravity of water

$Q$  : Inflow rate

$h_f$  : Total head loss

$V$  : Capacity of mixing well

$\mu$  : Viscosity of the fluid

Head loss

Weir 0.5 m

Baffling basin 1.0 m

#### b. Flocculation Basin

Retention time  $T = \frac{V}{Q} = 30.7 \text{ min}$

G-value  $G = \sqrt{\frac{\omega Q h_f}{V\mu}} = 32.4 \text{ sec}^{-1}$

Head loss 0.2 m

c. Sedimentation Basin

Retention time

$$T = \frac{V}{Q} = 4.1 \text{ hr}$$

Overflow rate

$$W_o = \frac{Q}{A} = 0.012 \text{ m/min (A: Surface area)}$$

Froude Number ( $\geq 10^{-5}$ )

$$Fr = \frac{v^2}{gR} = 4.3 \times 10^{-5}$$

(R : Hydraulic radius)

Weir load

$$\frac{Q}{m} = 245 \text{ m}^3/\text{d/m} \quad (m: \text{Length of weir})$$

Head loss

0.5 m

d. Rapid Sand Filter

Filtration rate

$$Q/A/T = 5.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$$

Surface jet pressure (m)

Fixed type 30 m

Surface jet amount (m<sup>3</sup>)

$$24 \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ m}^3/\text{min} \times 5 \text{ min} = 24 \text{ m}^3$$

Surface jet time (min)

5 min

Backwashing pressure

3.0 m

Backwashing amount (m<sup>3</sup>)

$$24 \text{ m}^2 \times 0.7 \text{ m}^3/\text{min} \times 5 \text{ min} = 84 \text{ m}^3$$

Backwashing time (min)

5 min

Head loss

1.2 m

e. Slow Sand Filter

Filtration rate

$$Q/A/T = 0.19 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$$

Head loss

1.0 m

f. Clear Water Reservoir

Retention time

6 hr

Head loss

3 m

4) Transmission Facilities

a. Flow Rate

(Daily max.) (Flow rate)

for existing service reservoir

$$2,700 \text{ m}^3/\text{d} \times 1.0 = 2,700 \text{ m}^3/\text{d}$$

for proposed elevated tower

$$2,600 \text{ m}^3/\text{d} \times 1.5 = 3,800 \text{ m}^3/\text{d}$$

Total

$$5,300 \text{ m}^3/\text{d} \quad 6,600 \text{ m}^3/\text{d}$$

b. Pipelines

The flow chart and results of hydraulic calculation are shown in Table D.1.

Abbreviations used in the results of calculation are as follows:

- (I) - (J) : Pipeline from Junction I to Junction J
- C : A Hazen-Willaims roughness coefficient
- D : Diameter (mm)
- Q : Discharge (m<sup>3</sup>/day)
- I : Hydraulic gradient (o/oo)
- V : Velocity (m/sec)
- L : Length of each pipeline (m)
- HL : Head loss of each pipeline (m)
- TH : Total head loss (m)
- HW : Dynamic head above sea level (m)
- GH : Ground height above sea level (m)
- H : Residual pressure (m)

c. Pump

Capacity of pump station : 6,600 m<sup>3</sup>/d = 458 m<sup>3</sup>/min  
= 0.0764 m<sup>3</sup>/sec

Pump head; static head : 42.5 m  
pipe loss : 7.5  
pipe loss around  
pump : 3.0  
Total head : 53.0 m

Number of Pumps : 3 set (including one stand-by)

Capacity of a pump : 2.3 m<sup>3</sup>/min

Specification of  
pump : 2.3 m<sup>3</sup>/min x 53 m x 37 kW  
volute pump (horizontal type)

5) Distribution Facilities

The flow chart and results of hydraulic calculation are shown in Table D.2.



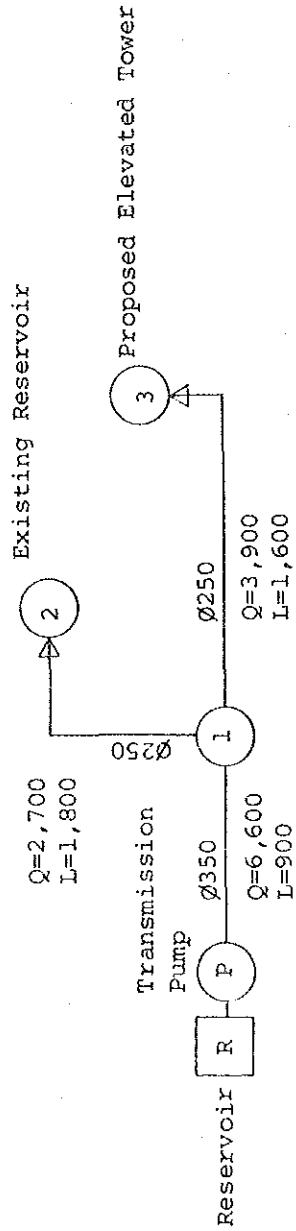
送水管の水力計算 (その1)

TABLE D.1 HYDRAULIC CALCULATION OF TRANSMISSION MAIN

Amparai Area													STAGE I	
I	J	C	D (mm)	Q (m <sup>3</sup> /d)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)		
	P													
P	1	130	Ø350	6,600	1.87	900	1.7	1.7	0.79	77.5	-	-		
1	2	130	Ø250	2,700	1.84	1,800	3.3	5.0	0.64	72.5	-	-		
2	3	130	Ø250	3,900	3.63	1,600	5.8	7.5	0.92	70.0	40.0	30.0		

Q, q : m<sup>3</sup>/d  
L : m

FLOW CHART



配水管の水力計算 (その1)

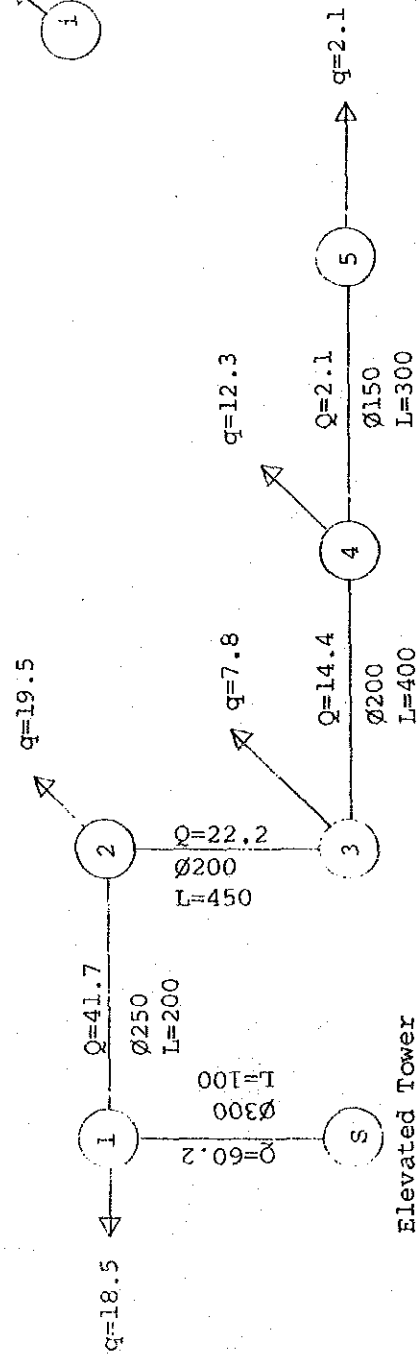
TABLE D.2 HYDRAULIC CALCULATION OF DISTRIBUTION MAIN

Amparai Area										STAGE I		
I	J	C	D (mm)	Q (l/s)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)
S	S	130	Ø300	60.2	2.55	100	0.3	0	0.85	65.5	40.0	25.5
1	2	"	Ø250	41.7	3.14	200	0.6	0.9	0.85	64.6	36.0	28.6
2	3	"	Ø200	22.2	2.90	450	1.3	2.2	0.71	63.3	30.0	33.3
3	4	"	Ø200	14.4	1.31	400	0.5	2.7	0.46	62.8	29.0	33.8
4	5	"	Ø150	2.1	0.15	300	0.1	2.8	0.12	62.7	28.0	34.7

FLOW CHART

Q, q : l/s  
L : m

i : Discharge point



## 2.2 Coastal Area Water Supply Scheme

### 1) Flow Rate

Max daily demand	22,100 m <sup>3</sup> /d=920.8 m <sup>3</sup> /hr=15.35 m <sup>3</sup> /min=256 l/sec
Intake/Treatment Flow rate	24,300 m <sup>3</sup> /d=1,012.5 m <sup>3</sup> /hr=16.88 m <sup>3</sup> /min =281 l/sec

### 2) Intake Facilities

H.W.L. : 3.0 m M.S.L.

L.W.L. : 0.5 m M.S.L.

#### a. Intake Bay

Velocity in intake bay  $V=Q/S=0.04$  m/sec

#### b. Raw Water Main

Friction loss of main

$$hf = 10.666 C^{-1.85} D^{-4.87} Q^{1.85} L$$

where : C=130 : Williams & Hazen coefficient

D=0.5 m : Diameter

Q=0.28 m<sup>3</sup>/sec : Intake flow rate

L=850 m : Length

$$hf = 3.09 \text{ m}$$

Minor loss of main

$$hm = (fi + fb + fv + fe) \times V^2/2g$$

where : fi=0.5 : Coefficient of influent loss

fb=0.37 : Coefficient of bend loss

fv=6.00 : Valve loss coefficient

fe=1.0 : Coefficient of effluent loss

$$hm = 0.57 \text{ m}$$

Loss of raw water main

From calculations made in the above subsections, total head loss of raw water main is obtained as follows:

$$h = h_f + h_m = 3.66 \text{ m}$$

### 3) Treatment Facilities

#### a. Mixing Well

Retention time

$$T = \frac{V}{Q} = 3.5 \text{ min}$$

G-value

$$G = \sqrt{\frac{\omega Q h_f}{V\mu}} = 214 \text{ sec}^{-1}$$

G.T-value

$$G.T = 44,864$$

Head loss

Weir

$$0.5 \text{ m}$$

Baffling basin

$$1.0 \text{ m}$$

#### b. Flocculation Basin

Retention time

$$T = \frac{V}{Q} = 32 \text{ min}$$

G-Value

$$G = \sqrt{\frac{\omega Q h_f}{V\mu}} = 31.8 \text{ sec}^{-1}$$

Head loss

$$0.2 \text{ m}$$

#### c. Sedimentation Basin

Retention time

$$T = \frac{V}{Q} = 3.2 \text{ hr}$$

Overflow rate

$$W_o = \frac{A}{Q} = 0.016 \text{ m/min}$$

Froude number

$$F_v = \frac{v^2}{gR} = 3.3 \times 10^{-4}$$

Weir load

$$\frac{Q}{m} = 337 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$$

Head loss

$$0.5 \text{ m}$$

d. Rapid Sand Filter

Filtration rate	$Q/A/T = 5.2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$
Surface jet pressure (m)	Fixed type 30 m
Surface jet amount ( $\text{m}^3$ )	$65 \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ m}^3/\text{min} \times 5 \text{ min} = 65 \text{ m}^3$
Surface jet time (min)	5 min
Backwashing pressure (m)	3.0 m
Backwashing amount ( $\text{m}^3$ )	$65 \text{ m}^2 \times 0.7 \text{ m}^3/\text{min} \times 5 \text{ min} = 228 \text{ m}^3$
Backwashing time (min)	5 min
Head loss	1.2 m

e. Clear Water Reservoir

Retention	6 hr
Head loss	3 m

4) Transmission Facilities

a. Pump for Sammanthurai

Flow rate	: 2,500 $\text{m}^3/\text{d}$ (Max. daily demand x 1.0).
Capacity of pump station	: 2,500 $\text{m}^3/\text{d} = 1.74 \text{ m}^3/\text{min} = 0.029 \text{ m}^3/\text{sec}$
Pump head; Statical head	: 35.9 m
Pipe loss	: 3.8 m
Pipe loss around pump	: 2.3 m
Total head	: 42.0 m
Number of pump	: 2 set (including one stand-by)
Capacity of pump	: 1.7 $\text{m}^3/\text{min}$
Specification of pump	: 1.7 $\text{m}^3/\text{min} \times 42 \text{ m} \times 18.5 \text{ kW}$

b. Pump for Coastal

Flow rate	
for Karavahu-North and Nintavur	
Max. daily demand x 1.5	
for Reservoir in booster pump station	
Max. daily demand x 1.0	
Total	25,750 $\text{m}^3/\text{day}$

Capacity of pump station :  $25,750 \text{ m}^3/\text{d} = 17.88 \text{ m}^3/\text{min}$   
 $= 0.298 \text{ m}^3/\text{sec}$

Pump head;                      Statical head                      : 35.0 m  
   Pipe loss                                      : 17.7 m  
   Pipe loss around pump                      : 2.3 m  
   Total head                                      : 55.0 m

Number of pump : 5 sets (including 2 stand-by)

Capacity of a pump :  $6.0 \text{ m}^3/\text{min}$

Specification of pump :  $6.0 \text{ m}^3/\text{min} \times 55 \text{ m} \times 90 \text{ kW}$

c. Booster Pump

Flow rate :  $10,950 \text{ m}^3/\text{day}$  (Max. daily demand  $\times 1.5$ )

Capacity of pump station :  $10,950 \text{ m}^3/\text{d} = 7.60 \text{ m}^3/\text{min}$   
 $= 0.127 \text{ m}^3/\text{sec}$

Pump head;                      Statical head                      : 27.0 m  
   Pipe loss                                      : 15.7 m  
   Pipe loss around pump                      : 2.3 m  
   Total head                                      : 45.0 m

Number of pump : 3 sets (including one stand-by)

Capacity of a pump :  $3.8 \text{ m}^3/\text{min}$

Specification of pump :  $3.8 \text{ m}^3/\text{min} \times 45 \text{ m} \times 50 \text{ kW}$

d. Pipelines

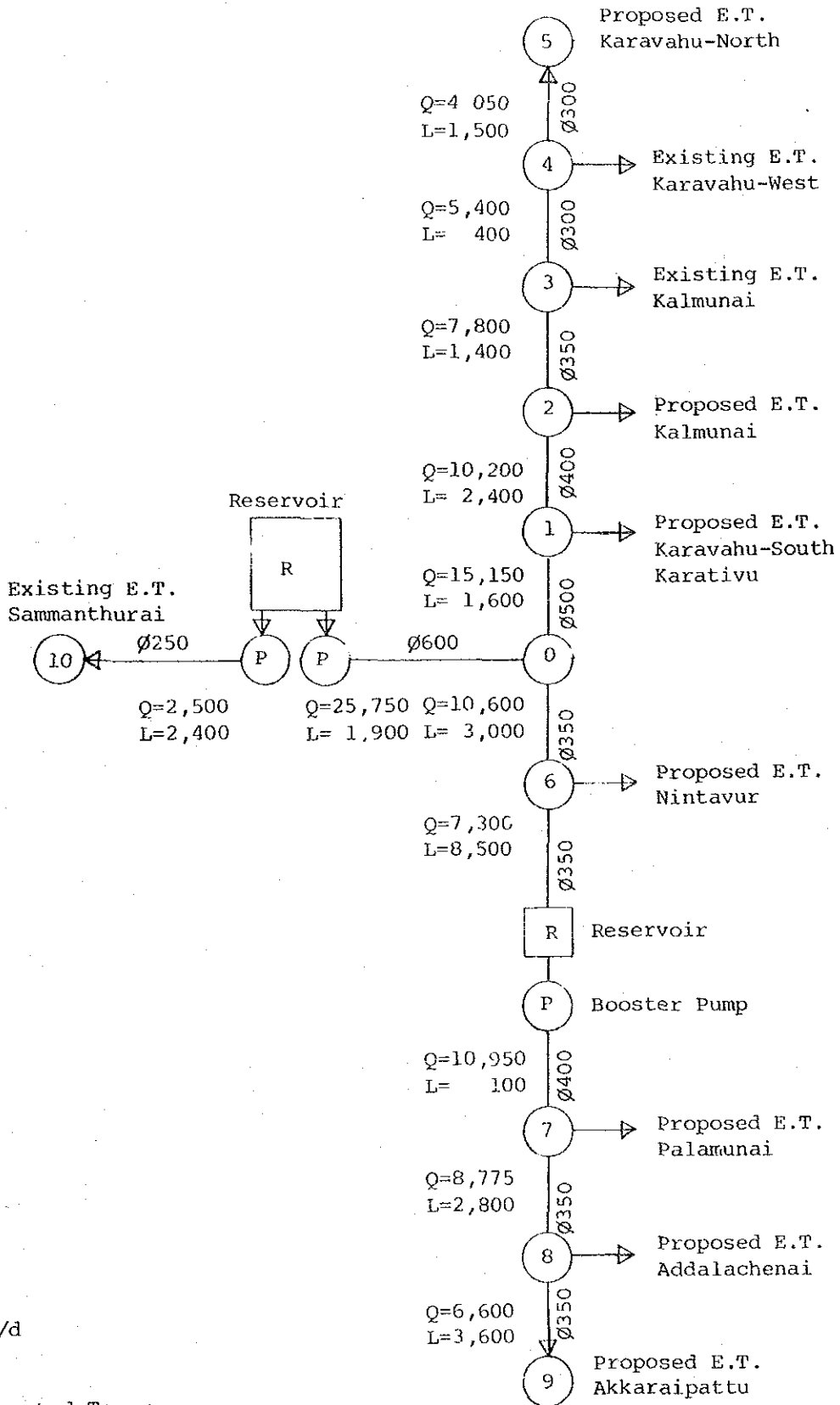
The flow chart and results of hydraulic calculation are shown in Fig.D.1 and Table D.3 respectively.

5) Distribution Facilities

The flow chart and results of hydraulic calculation are shown in Table D.4 to Table D.9.

送水管のフローチャート

Fig. D.1 FLOW CHART OF TRANSMISSION MAIN  
COASTAL AREA STAGE I



Q :  $\text{m}^3/\text{d}$

L : m

E.T.: Elevated Tower

送水管の水理計算 (その2)

TABLE D.3 HYDRAULIC CALCULATION OF TRANSMISSION MAIN

COASTAL AREA											STAGE I	
I	J	C	D (mm)	Q (m <sup>3</sup> /d)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)
	F							0		53.7	-	-
P	0	130	Ø600	25,750	1.68	1,800	3.0	3.0	1.05	50.7	7.0	43.7
0	1	"	Ø500	15,150	1.53	1,600	2.4	5.4	0.89	48.3	7.0	41.3
1	2	"	Ø400	10,200	2.18	2,400	5.2	10.6	0.94	43.1	7.0	36.1
2	3	"	Ø350	7,800	2.54	1,400	3.6	14.2	0.94	39.5	7.0	32.5
3	4	"	Ø300	5,400	2.73	400	1.1	15.3	0.88	38.4	7.0	31.4
4	5	"	Ø300	4,050	1.61	1,500	2.4	17.7	0.66	36.0	6.0	30.0
0	6	130	Ø350	10,600	4.49	3,000	13.5	16.5	1.28	37.2	7.0	30.2
6	R	"	Ø350	7,300	2.25	8,500	19.1	35.6	0.88	18.1	8.0	10.1
	P		-					0		55.7	-	-
P	7	130	Ø400	10,950	2.49	100	0.2	0.2	1.01	55.5	8.0	47.5
7	8	"	Ø350	8,775	3.16	2,800	8.8	9.0	1.06	46.7	9.0	37.7
8	9	"	Ø350	6,600	1.87	3,600	6.7	15.7	0.79	40.0	10.0	30.0
	P									40.7	-	-
P	10	130	Ø250	2,500	1.60	2,400	3.8	3.8	0.59	36.9	18.6	18.3



配水管の水理計算 (その2)

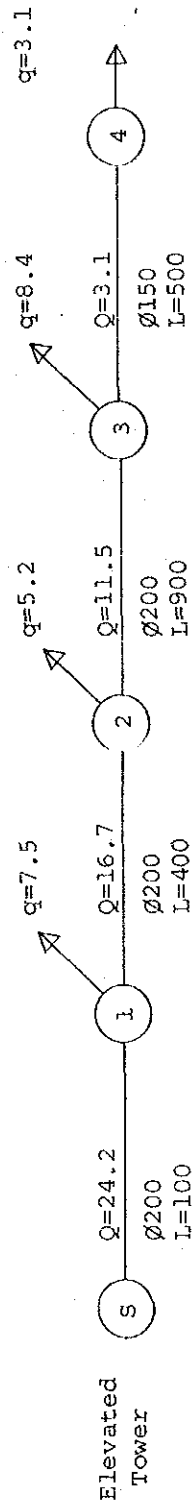
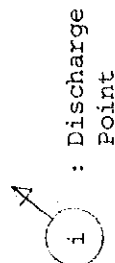
TABLE D.4 HYDRAULIC CALCULATION OF DISTRIBUTION MAIN

Sammanthurai Area

STAGE I

I	J	C	D (mm)	Q (l/s)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)
S	S											
S	1	130	Ø200	24.2	2.73	100	0.3	0.3	0.88	33.5	18.0	15.5
1	2	"	Ø200	16.7	1.71	400	0.7	1.0	0.53	32.8	15.0	17.8
2	3	"	Ø200	11.5	0.86	900	0.8	1.8	0.37	32.0	12.0	20.0
3	4	"	Ø150	3.1	0.31	500	0.2	2.0	0.18	31.8	11.0	20.8

FLOW CHART



配水管の水力計算 (その3)

TABLE D.5 HYDRAULIC CALCULATION OF DISTRIBUTION MAIN

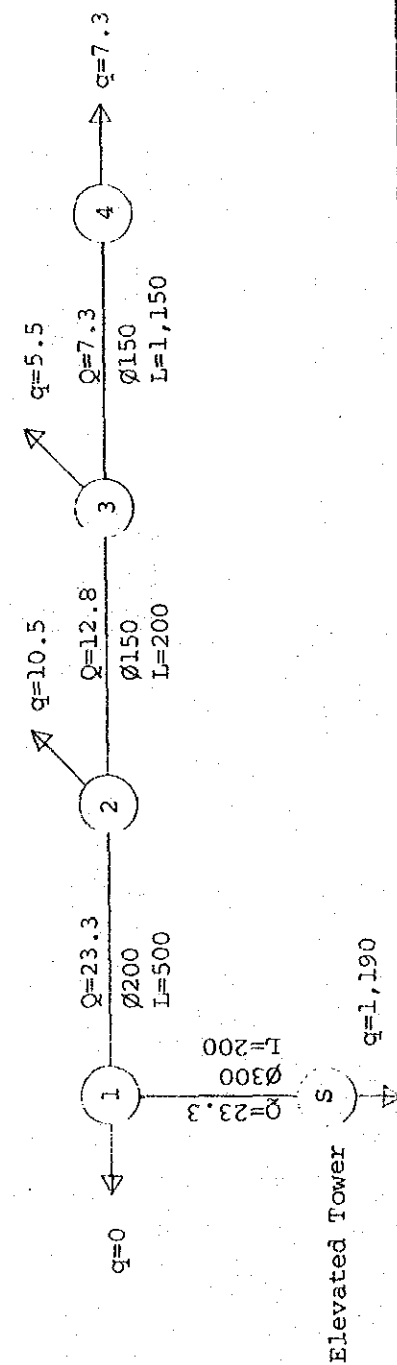
Kalmunai Area

STAGE I

I	J	C	D (mm)	Q (l/s)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)
S	130		Ø300	23.3	0.44	200	0.1	0.1	0.32	32.5	7.0	25.5
1	"	"	Ø200	23.3	3.16	500	1.6	1.7	0.74	32.4	7.0	25.4
2	"	"	Ø150	12.8	4.23	200	0.8	2.5	0.72	30.8	7.0	23.8
3	"	"	Ø150	7.3	1.51	1,150	1.7	4.2	0.41	30.0	7.0	23.0
										28.3	4.0	24.3

FLOW CHART

Q, q : l/s  
L : m  
i : Discharge Point



配水管の水力計算 (その4)

TABLE D.6 HYDRAULIC CALCULATION OF DISTRIBUTION MAIN

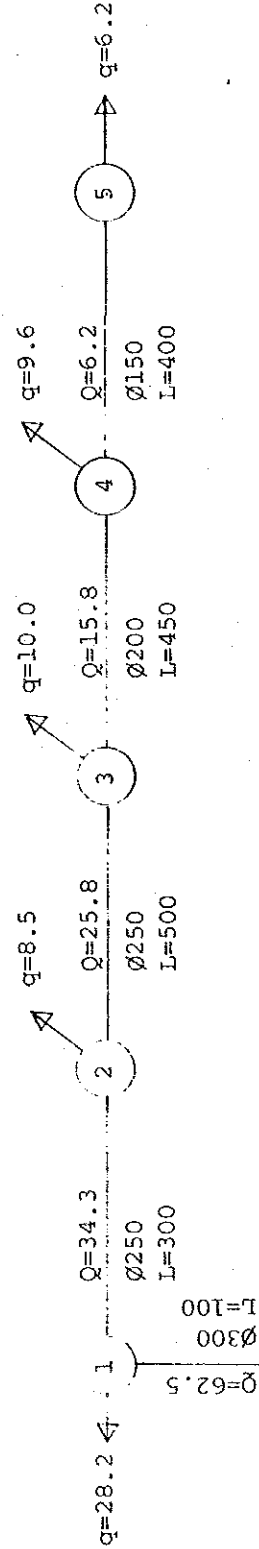
Karavahu-North Area

STAGE I

I	J	C	D (mm)	Q (l/s)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)
S	S										6.0	25.5
S	1	130	Ø300	62.5	2.73	100	0.3	0.3	0.88	31.2	6.0	25.2
	2	"	Ø250	34.3	2.19	300	0.7	1.0	0.70	30.5	5.0	25.5
	3	"	Ø200	25.8	3.83	500	1.9	2.9	0.82	28.6	2.0	26.6
	4	"	Ø200	15.8	1.54	450	0.7	3.6	0.50	27.9	2.0	25.9
	5	"	Ø150	6.2	1.11	400	0.4	4.0	0.35	27.5	2.0	25.5

FLOW CHART

Q, q : l/s  
L : m  
i : Discharge Point



Elevated Tower

配水管の水力計算 (その5)

TABLE D.7 HYDRAULIC CALCULATION OF DISTRIBUTION MAIN

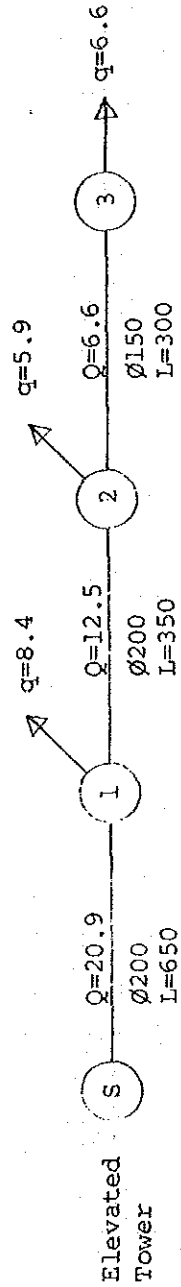
Karavahu-West Area

STAGE I												
I	J	C	D (mm)	Q (l/s)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)
	S									22.0	7.0	15.0
S	1	130	Ø200	20.9	2.59	650	1.7	1.7	0.66	20.3	7.0	13.3
1	2	"	Ø200	12.5	1.00	350	0.4	2.1	0.40	19.9	7.0	12.9
2	3	"	Ø150	6.6	1.25	300	0.4	2.5	0.37	19.5	7.0	12.5

FLOW CHART

Q, q : l/s  
L : m

i : Discharge Point



配水管の水力計算 (その6)  
 TABLE D.8 HYDRAULIC CALCULATION OF DISTRIBUTION MAIN

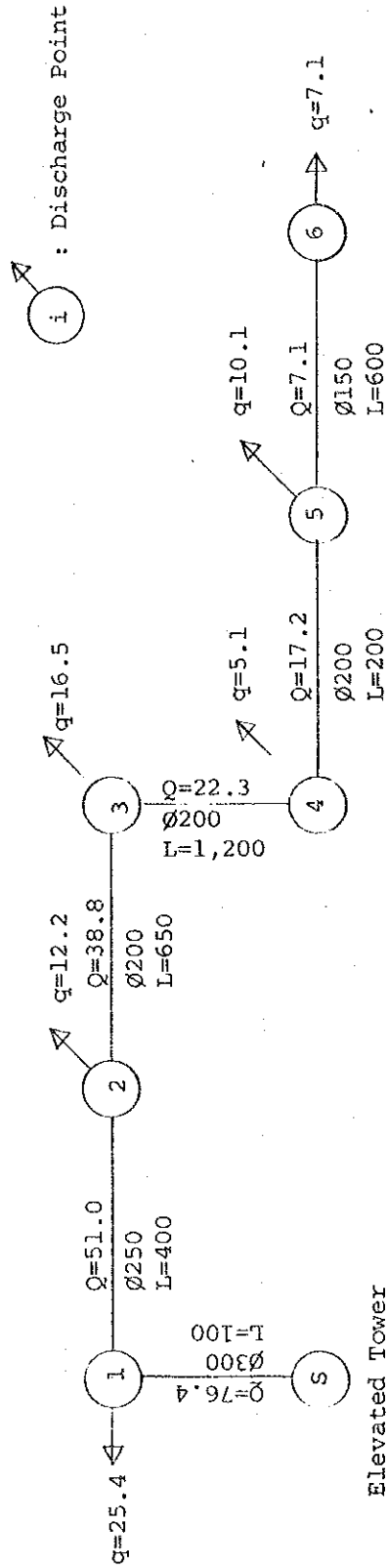
Karavahu-South, Karativu Area

STAGE I

I	J	C	D (mm)	Q (l/s)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)
	S									32.5	7.0	25.5
S	1	130	Ø300	76.4	3.96	100	0.4	0.4	1.09	32.1	7.0	25.1
1	2	"	Ø250	51.0	4.56	400	1.8	2.2	1.04	30.3	7.0	23.3
2	3	"	Ø250	38.8	2.74	650	1.8	4.0	0.79	28.5	7.0	21.5
3	4	"	Ø200	22.3	2.93	1,200	3.5	7.5	0.71	25.0	6.0	19.0
4	5	"	Ø200	17.2	1.80	200	0.4	7.9	0.55	24.6	5.0	19.6
5	6	"	Ø150	7.1	1.44	600	0.9	8.8	0.40	23.7	4.0	19.7

FLOW CHART

Q, q : l/s  
 L : m



配水管の水力計算 (その7)

TABLE D.9 HYDRAULIC CALCULATION OF DISTRIBUTION MAIN

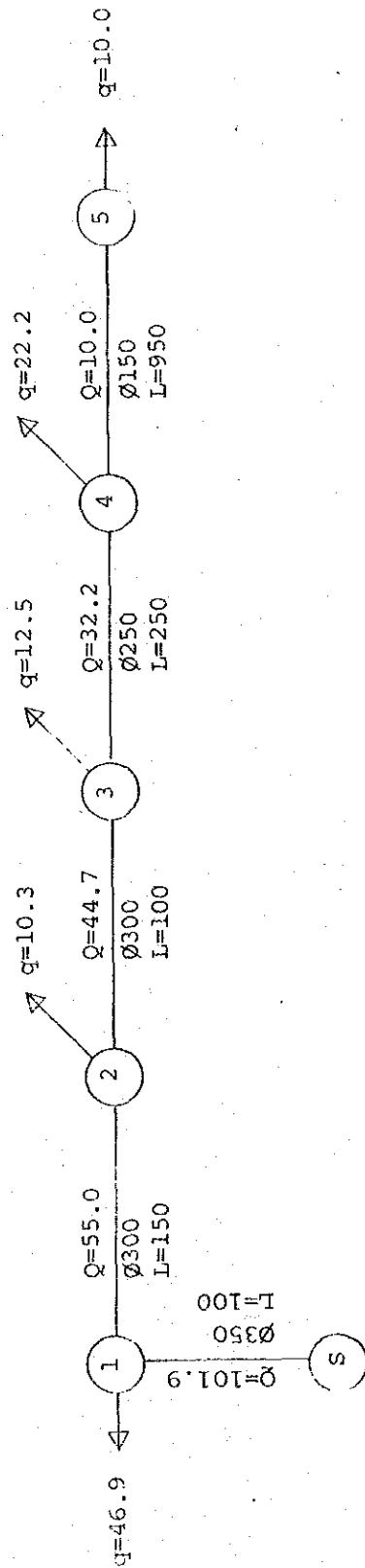
Akkaraipattu Area

STAGE I

I	J	C	D (mm)	Q (l/s)	I (%)	L (m)	HL (m)	TH (m)	V (m/s)	HW (m)	GH (m)	H (m)
S	S									35.5	10.0	25.5
1	130		Ø350	101.9	3.18	100	0.3	0.3	1.06	35.2	10.0	25.2
2	"		Ø300	55.0	2.15	150	0.3	0.6	0.78	34.9	9.0	25.9
3	"		Ø300	44.7	1.47	100	0.1	0.7	0.63	34.8	9.0	25.8
4	"		Ø250	32.2	1.94	250	0.5	1.2	0.66	34.3	8.0	26.3
5	"		Ø150	10.0	2.69	950	2.6	3.8	0.57	31.7	7.0	24.7

FLOW CHART

Q, q : l/s  
L : m  
i ; Discharge Point



Elevated Tower

### 3. 既設 Amparai 浄水場の改造

凝集沈でん効果を上げるため、既存の沈でん池内に導流壁を設けることにより凝集かく拌プロセスを備えるべきである。改造の概略を図-D.2 に改造の仕様を下記に示す。

#### Training Wall

Material	: Brick
Total length	: 30 meters
Height of wall	: 3.3 meters

#### Baffle Wall

Material	: Brick
----------	---------

#### Overflow Wall

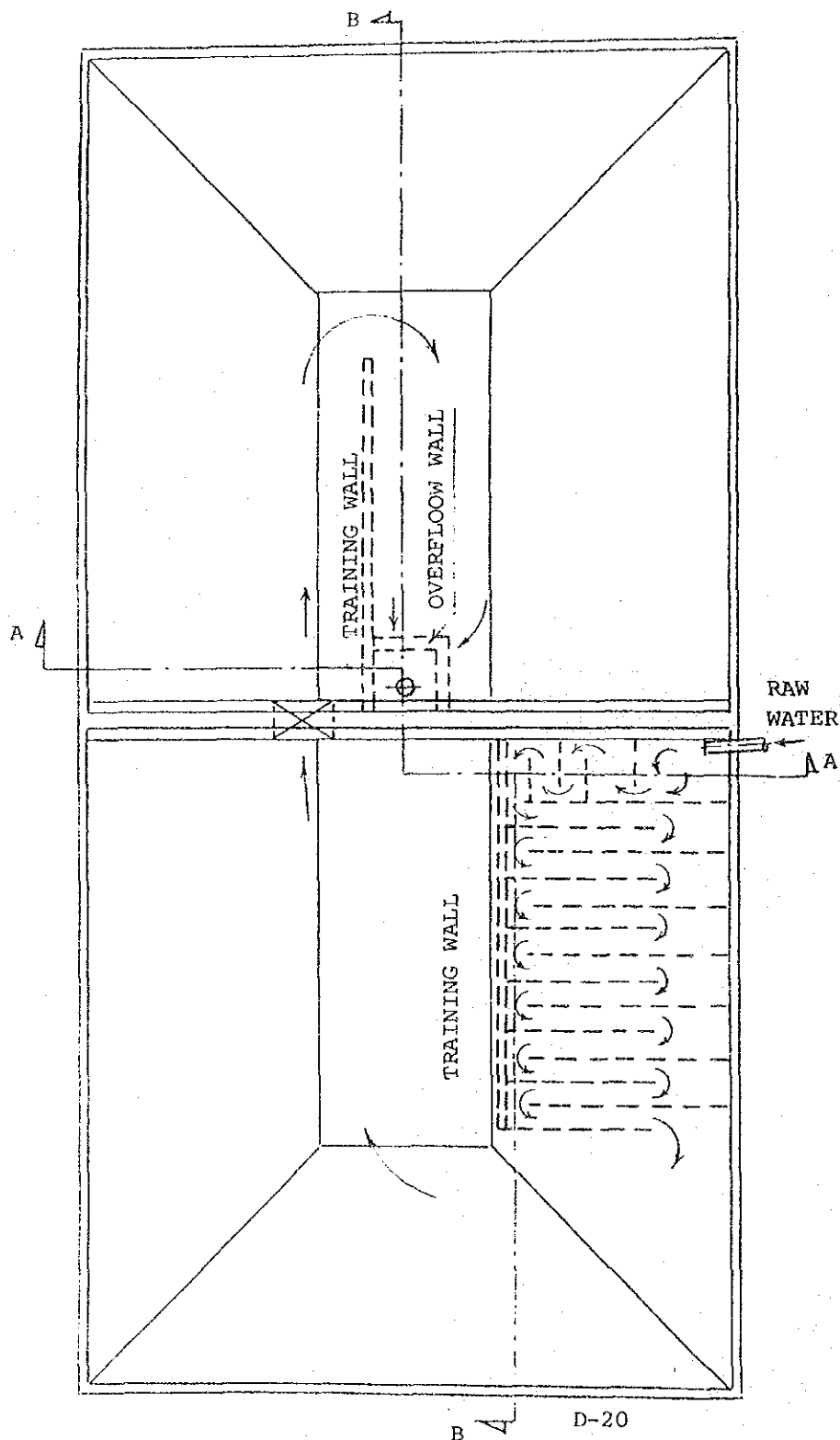
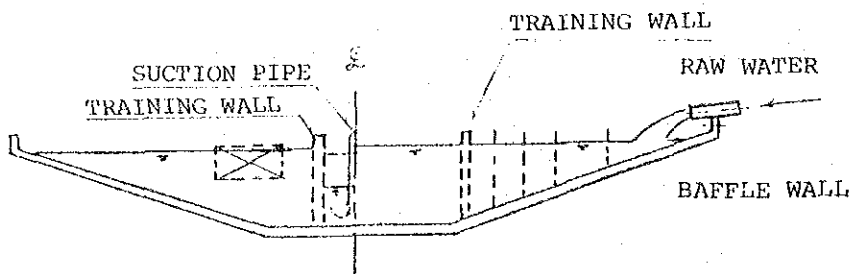
Material	: Brick
Height of top	: Height of H.W.L.

#### Chemical Solution Tank

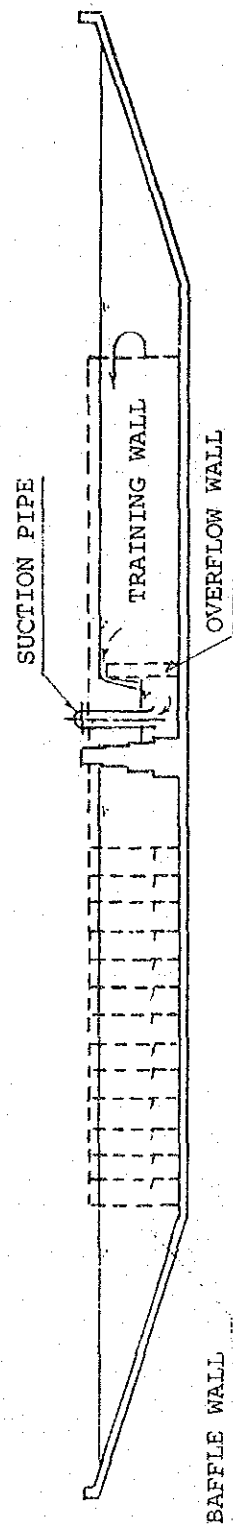
Materials	: Reinforced concrete
Capacity	: 3.5 m <sup>3</sup> for alum 0.7 m <sup>3</sup> for slaked lime Batch type (one day capacity)
Dosage method	: Gravity flow

既設 Amparai 浄水場の改造  
 Fig D-2 REMODELLING OF EXISTING AMPARAI TREATMENT PLANT

Section A-A



Section B-B





## 事業費積算

## 1. はじめに

## 2. 建設単価

表一 E. 1	工賃および資材単価
図一 E. 1	着水井および混和池の建設単価
図一 E. 2	凝集沈でん池の建設単価
図一 E. 3	急速ろ過池の建設単価
図一 E. 4	緩速ろ過池の建設単価
図一 E. 5	浄水池の建設単価
図一 E. 6	薬品注入設備の建設単価
図一 E. 7	配管資材および布設工単価

## 3. 代替案の事業費積算

表一 E. 2	事業費積算 ( 代替案 A )
表一 E. 3	” ( ” B )
表一 E. 4	” ( ” C )
表一 E. 5	” ( ” D )
表一 E. 6	” ( ” E )
表一 E. 7	” ( ” F )
表一 E. 8	” ( ” G )

#### 4. 現在価値計算

表一 E. 9	現在価値計算 ( 代替案 A	8 % )
表一 E.10	"	( " 12 % )
表一 E.11	"	( 代替案 B 8 % )
表一 E.12	"	( " 12 % )
表一 E.13	"	( 代替案 C 8 % )
表一 E.14	"	( " 12 % )
表一 E.15	"	( 代替案 D 8 % )
表一 E.16	"	( " 12 % )

#### 5. 事業費積算内訳

表一 E.17	第 1 期計画事業費内訳
表一 E.18	第 2 期計画事業費内訳
表一 E.19	第 1 期計画送・配水管工事費内訳

## 1. はじめに

資料－Eには、1981年12月現在における、人件費、建設資材費、各種の建設単価、配管布設単価等の工事費積算に関するデータが添付されている。さらに、代替案の事業費積算および現在価値計算、Amparai 地区および Coastal 地区水道施設の各々の事業費積算等の内訳を添付する。

## 2. Unit Price

Table E-1 UNIT PRICE OF LABOUR AND MATERIALS as of Dec. 1981

<u>Items</u>	<u>Description</u>	<u>Unit</u>	<u>Price</u>	
<u>Daily Wages for Labourer</u>				
1. Unskilled worker			Rs 25.-	
2. Skilled worker			" 50.-	
3. Foreman			" 60.-	
4. Carpenter			" 50.-	
5. Brick			" 35.-	
6. Masonry			" 35.-	
7. Driver			" 25.-	
<u>Unit Price of Materials for Civil Works</u>				
1. Portland cement	Domestics, 50 kg	bag	Rs 74.-	
2. Aggregate	gravel	m <sup>3</sup>	" 260.-	
	broken stone	"	" 200.-	
	sand	"	" 60.-	
3. Reinforcement	round bar	kg	" 9.-	
	deformed bar	"	" 9.-	
4. Timber for scaffolding		m <sup>3</sup>	" 3,000.-	
5. Plank/board		"	" 3,000.-	
<u>Unit Price for Pipe Materials</u>				
1. PVC pipe	50 mm	in dia domestics	m	Rs 45.-
	75 mm		"	" 82.-
	100 mm		"	" 115.-
	150 mm		"	" 220.-
	200 mm		"	" 425.-
2. Cast iron pipe	250 mm		"	" 615.-
	300 mm	in CIF Colombo	"	" 950.-
	350 mm		"	" 1,211.-
	400 mm		"	" 1,381.-
	450 mm		"	" 1,655.-
	500 mm		"	" 1,951.-
	600 mm		"	" 2,615.-

<u>Items</u>	<u>Description</u>	<u>Unit</u>	<u>Price</u>
<u>Civil Works</u>			
1. Concrete	cement/aggregate		
inclusive of mixing,	ratio	m <sup>3</sup>	RS 1,500.-
placing, vibrating	1 : 2 : 4	"	1,100.-
and curing	1 : 3 : 6	"	
2. Forming work/shuttering		m <sup>2</sup>	120.-
3. Mortar plastering	1 : 3	"	30.-
including mixing and			
plastering			
4. Dewatering	by pumps	day	240.-
5. Excavation		m <sup>3</sup>	} 180.-
6. Backfilling		"	
7. Disposal of excess soil	within 4 km	"	
8. Building such as pumping house		m <sup>2</sup>	1,500.-
9. Restoration costs for		"	200.-
pavement (for road crossing)		"	
10. Allotment costs of power		LS	0.35-0.45/kW
receiving (500 to 1,000 kW)			

NOTE:

- \* CIVIL WORKS INCLUDE: EARTH WORKS, FOUNDATION, REINFORCED CONCRETE, SCAFFOLDING AND SO ON.
- \* EQUIPMENT AND MATERIALS INCLUDE VALVES AND GATES, PIPES AND FITTINGS.

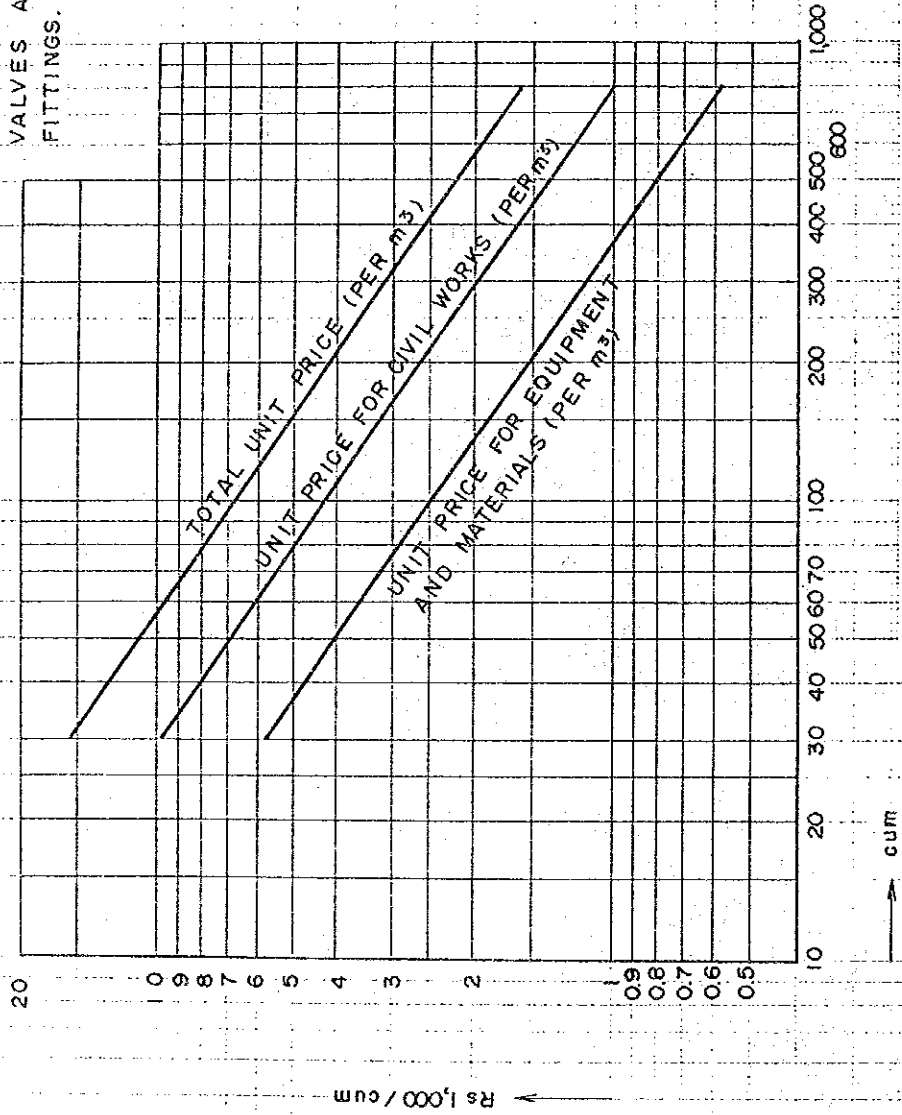


Fig E-1 UNIT PRICE FOR RECEIVING AND MIXING WELL (AS OF DEC 1981)

NOTE:

- \* CIVIL WORKS INCLUDE EARTH WORKS, FOUNDATION, REINFORCED CONCRETE, SCAFFOLDING AND SO ON.
- \* EQUIPMENT AND MATERIALS INCLUDE VALVES AND GATES, PIPES AND FITTINGS, AND EXPANSION JOINTS.

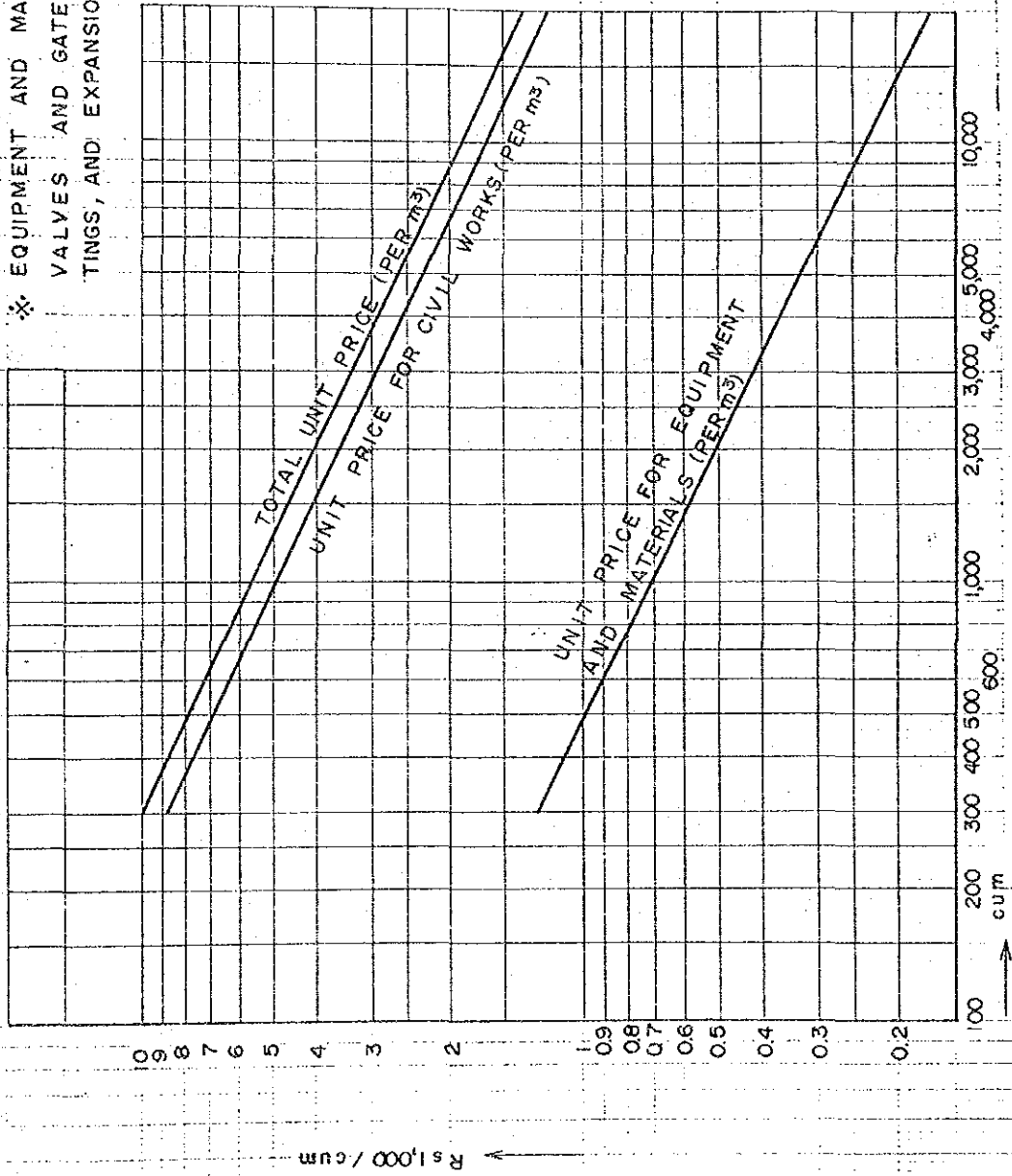


Fig E-2 UNIT PRICE FOR FLOCCULATION AND SEDIMENTATION BASIN (AS OF DEC 1981)

NOTE:  
 \* CIVIL WORKS INCLUDE EARTH WORKS, FOUNDATION, REINFORCED CONCRETE, SCAFFOLDING AND SO ON.  
 \* EQUIPMENT AND MATERIALS INCLUDE VALVES AND GATES, PIPES AND FITTINGS AND EXPANSION JOINTS, SURFACE WASH EQUIPMENT, UNDERDRAIN SYSTEM.

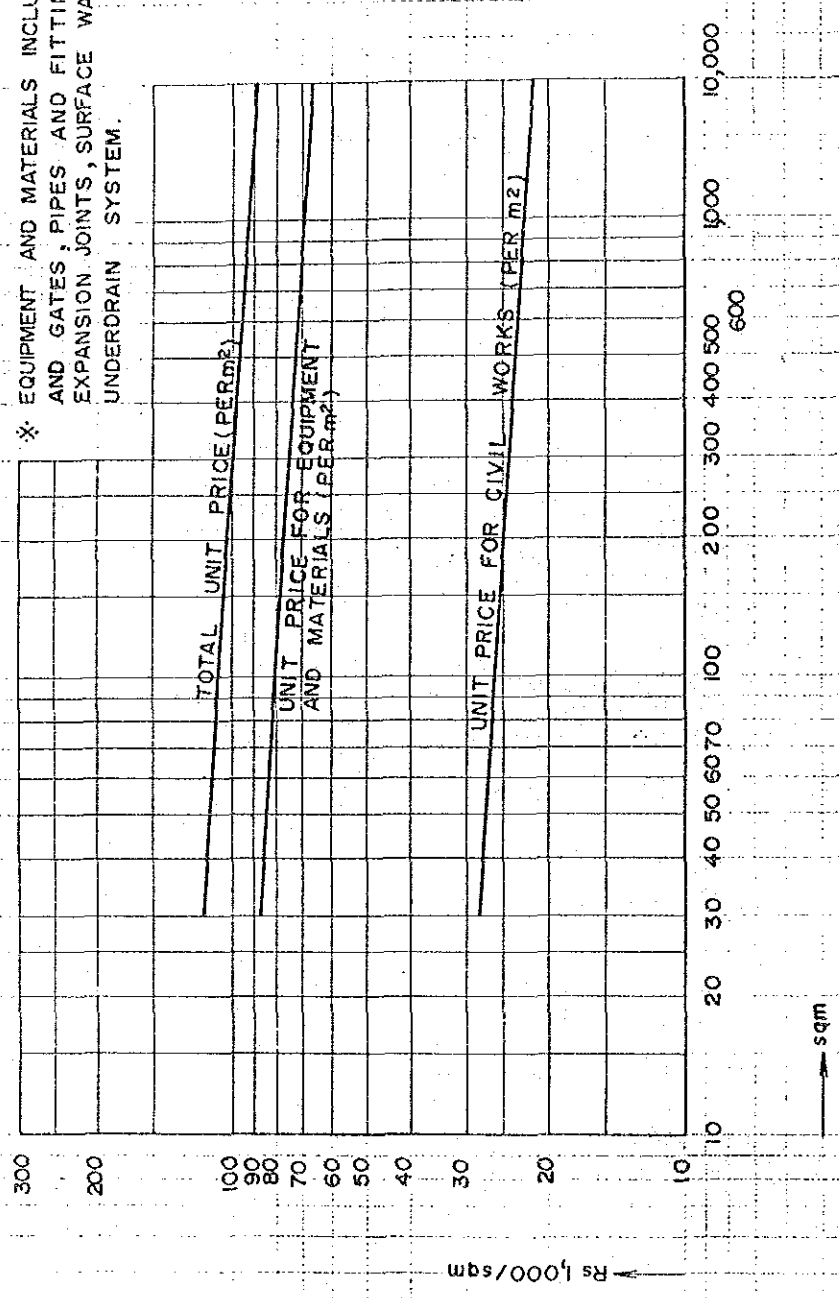


Fig E-3 UNIT PRICE FOR RAPID SAND FILTER (AS OF DEC 1981)



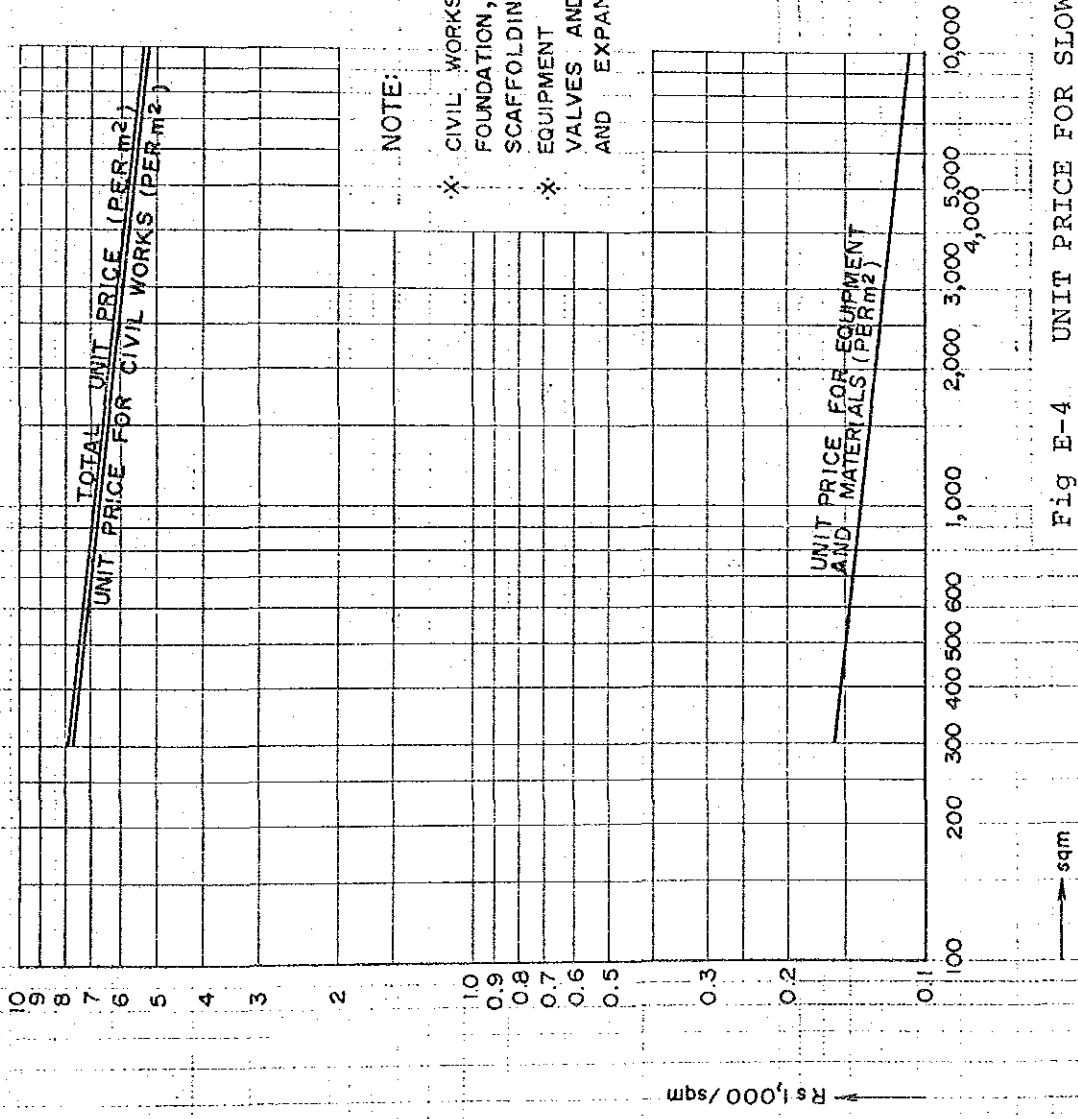


Fig E-4 UNIT PRICE FOR SLOW SAND FILTER  
(AS OF DEC 1981)

NOTE:  
 \* CIVIL WORKS INCLUDE EARTH WORKS  
 FOUNDATION, REINFORCED CONCRETE,  
 SCAFFOLDING AND SO ON.

\* EQUIPMENT AND MATERIALS INCLUDE  
 VALVES AND GATES, PIPES AND FITTINGS  
 AND EXPANSION JOINTS.

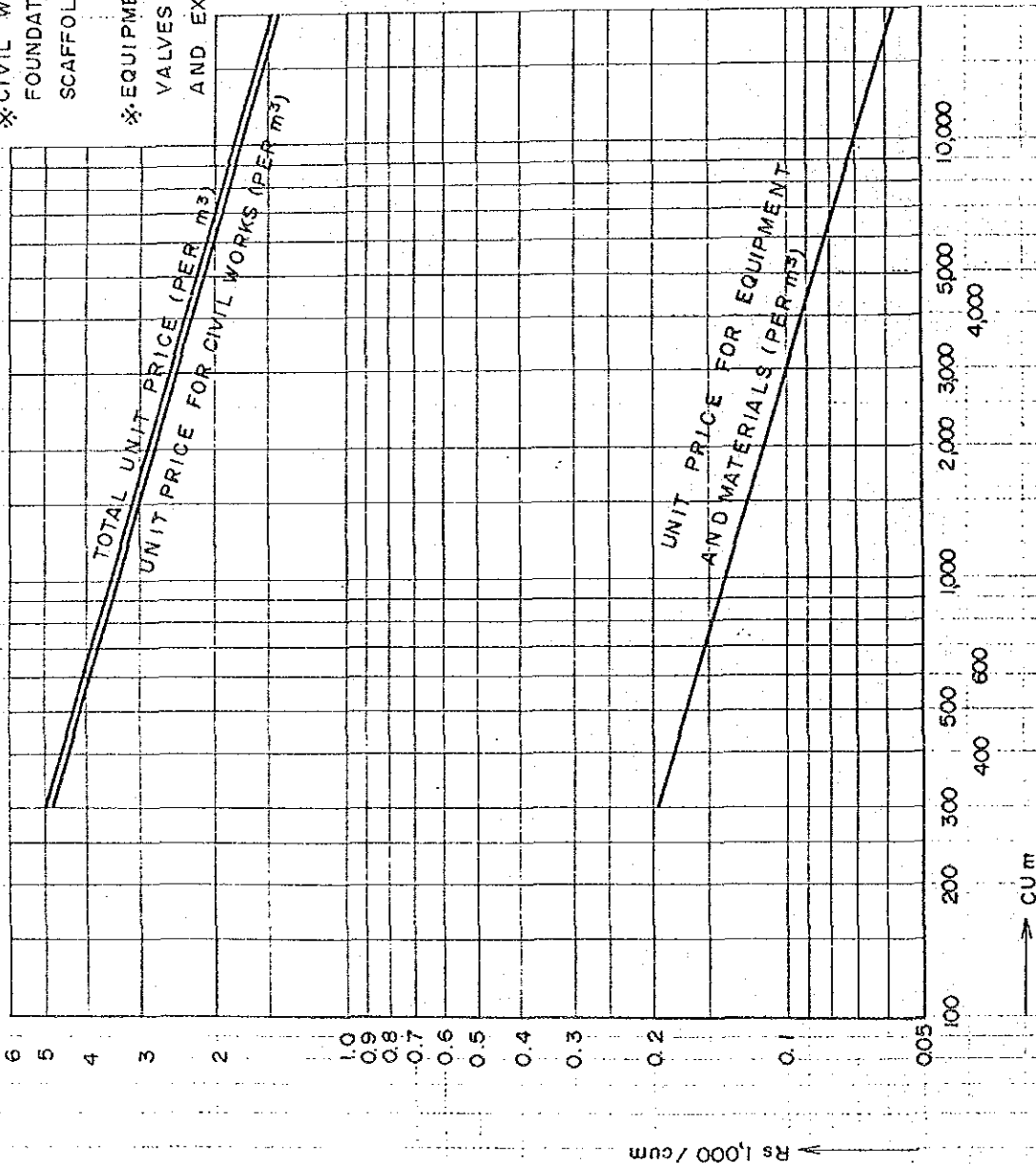


Fig E-5 UNIT PRICE FOR CLEAR WATER RESERVOIR  
 (AS OF DEC 1981)

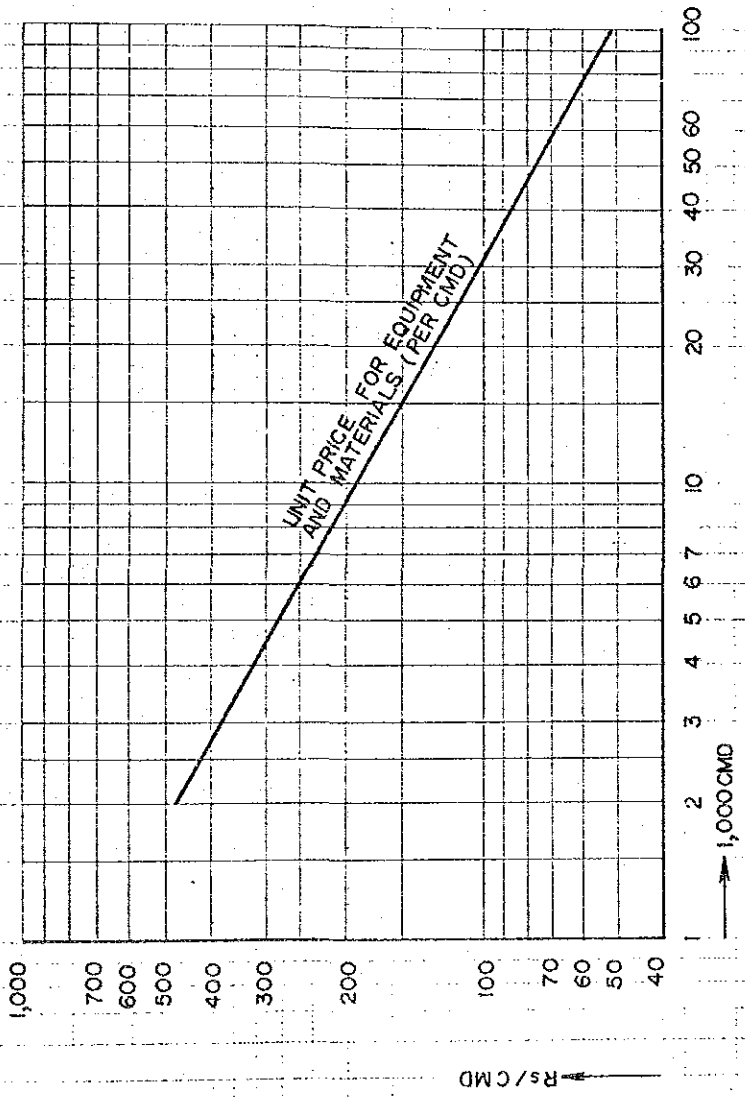


Fig E-6 UNIT PRICE FOR CHEMICAL FEEDING FACILITIES (AS OF DEC 1981)

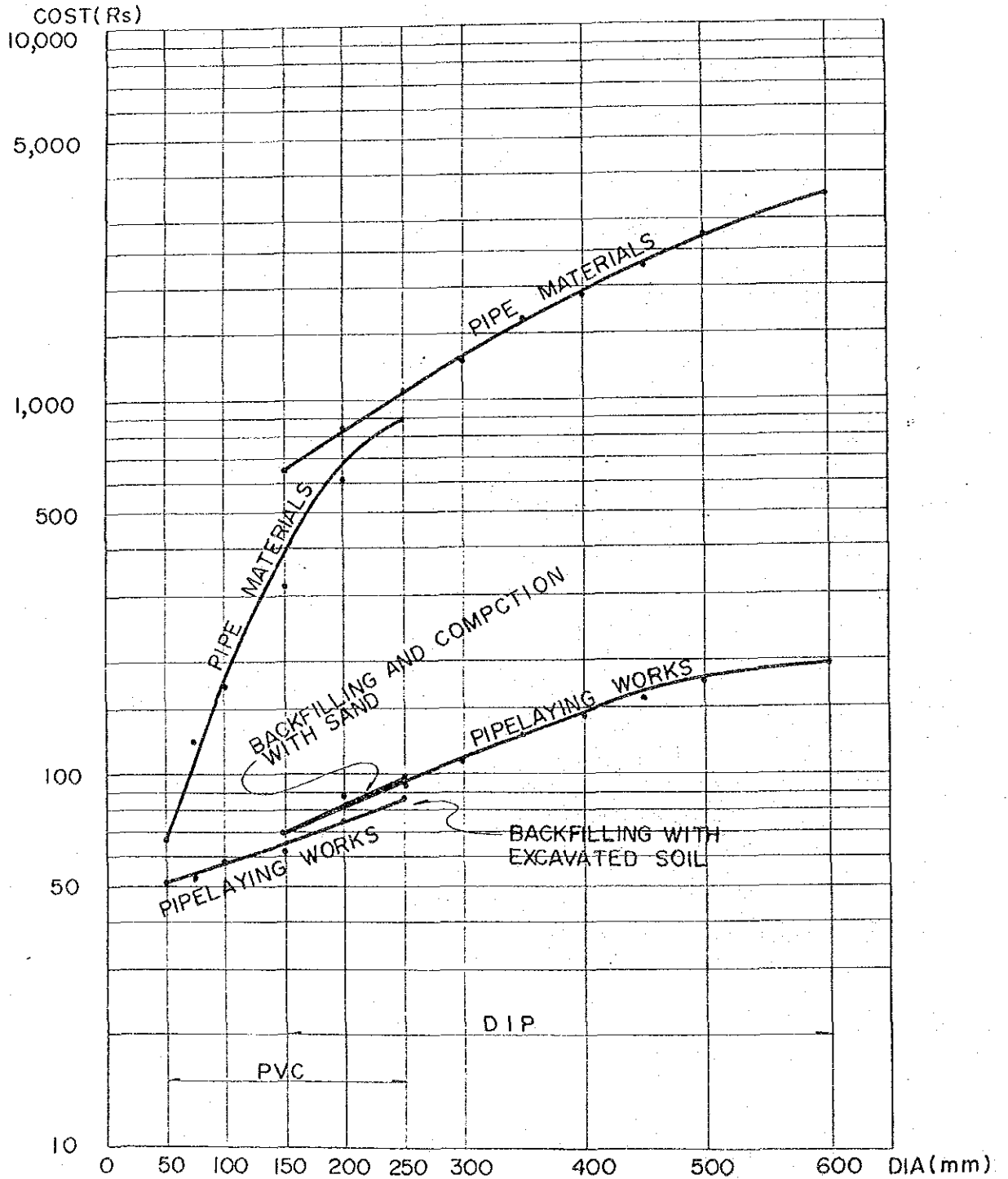
NOTE:

- ALUM : SOLUTION TANK AND STORAGE TANK WITH MIXERS  
FEEDING PUMP AND OTHERS
- LIME : STORAGE HOPPER, SOLUTION TANK AND MIXER  
FEEDING PUMP AND OTHERS
- CHLORINE: CHLORINATOR AND ACCESSORIES, CHLORINE  
CONTAINERS, LEAKAGE CHLORINE GAS DETECTOR  
AND OTHERS

Fig E-7

# UNIT PRICE OF PIPE MATERIALS AND PIPELAYING WORKS

PIPE MATERIALS : PIPES, FITTINGS, VALVES AND JOINTING MATERIALS  
 PIPELAYING WORKS : EXCAVATION, BACKFILLING, PIPELAYING, CARRYING PIPE MATERIALS, OVERHEAD AND ESPECIALLY ANCHORAGE CONCRETE WORK FOR PVC



### 3. Cost Estimates for Alternative Schemes

Table E-2 COST ESTIMATES

FOR ALTERNATIVE-A

Unit: Rs 1,000

PROGRAMME DESCRIPTION	STAGE - I		STAGE - II		TOTAL	
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C
A. Intake Facilities	3,330	840	1,950	270	5,280	1,110
B. Treatment Facilities	11,310	18,720	7,190	21,780	18,500	40,500
C. Transmission Facilities	6,480	960	6,480	930	12,960	1,890
D. Distribution Facilities	6,170	2,630	3,630	3,420	9,800	6,050
E. Materials (Cement, Reinforcement)	6,340	-6,340	7,680	-7,680	14,020	-14,020
F. Land Acquisition Cost	-	-	-	-	-	-
G. Engineering Cost	-	-	-	-	-	-
Sub-Total	33,630	16,810	26,930	18,720	60,560	35,530
H. Duties and Taxes	-	10,000	-	6,800	-	16,800
Sub-Total	33,630	26,810	26,930	25,520	60,560	52,330
I. Physical Contingency	3,360	2,680	2,690	2,550	6,050	5,230
J. Price Contingency	3,010	6,510	2,380	5,930	5,390	12,440
Total	40,000	36,000	32,000	34,000	72,000	70,000
Total Costs	76,000		66,000		142,000	

Table E-3 COST ESTIMATESFOR ALTERNATIVE-B

Unit: Rs 1,000

PROGRAMME DESCRIPTION	STAGE - I		STAGE - II		TOTAL	
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C
A. Intake Facilities	9,260	1,540	7,880	970	17,140	2,510
B. Treatment Facilities	11,310	18,720	7,190	21,780	18,500	40,500
C. Transmission Facilities	6,480	960	6,480	930	12,960	1,890
D. Distribution Facilities	6,170	2,630	3,630	3,420	9,800	6,050
E. Materials (Cement, Reinforcement)	6,340	-6,340	7,680	-7,680	14,020	-14,020
F. Land Acquisition Cost	-	-	-	-	-	-
G. Engineering Cost	-	-	-	-	-	-
Sub-Total	39,560	17,510	32,860	19,420	72,420	36,930
H. Duties and Taxes	-	11,480	-	8,280	-	19,760
Sub-Total	39,560	28,990	32,860	27,700	72,420	56,690
I. Physical Contingency	3,960	2,900	3,290	2,770	7,250	5,670
J. Price Contingency	3,480	6,110	2,850	6,530	6,330	12,640
Total	47,000	38,000	39,000	37,000	86,000	75,000
Total Costs	85,000		76,000		161,000	

Table E-4 COST ESTIMATESFOR ALTERNATIVE-C

Unit: RS 1,000

PROGRAMME DESCRIPTION	STAGE - I		STAGE - II		TOTAL	
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C
A. Intake Facilities	6,290	1,450	6,290	500	12,580	1,950
B. Treatment Facilities	31,480	30,950	26,180	27,480	57,660	58,430
C. Transmission Facilities	60,920	7,820	58,410	7,360	119,330	15,180
D. Distribution Facilities	31,360	20,650	27,770	22,500	59,130	43,150
E. Materials (Cement, Reinforcement)	13,370	-13,370	13,610	-13,610	26,980	-26,980
F. Land Acquisition Cost	-	60	-	-	-	60
G. Engineering Cost	55,000	2,500	44,000	4,000	99,000	6,500
Sub-Total	198,420	50,060	176,260	48,230	374,680	98,290
H. Duties and Taxes	-	36,660	-	33,540	-	70,200
Sub-Total	198,420	86,720	176,260	81,770	374,680	168,490
I. Physical Contingency	19,830	8,670	17,630	8,180	37,470	16,850
J. Price Contingency	15,740	17,610	14,110	18,050	29,850	35,660
Total	234,000	113,000	208,000	108,000	442,000	221,000
Total Costs	347,000		316,000		663,000	

Table E-5 COST ESTIMATESFOR ALTERNATIVE-D

Unit: Rs 1,000

PROGRAMME DESCRIPTION	STAGE - I		STAGE - II		TOTAL	
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C
A. Intake Facilities	6,380	1,750	6,380	520	12,760	2,270
B. Treatment Facilities	36,410	42,300	28,710	35,720	65,120	78,020
C. Transmission Facilities	50,730	6,750	48,660	6,350	99,390	13,100
D. Distribution Facilities	30,340	15,250	26,640	16,510	56,980	31,760
E. Materials (Cement Reinforcement)	14,430	-14,430	13,310	-13,310	27,740	-27,740
F. Land Acquisition Cost	-	60	-	-	-	60
G. Engineering Cost	55,000	2,500	44,000	4,000	99,000	6,500
Sub-Total	193,290	89,580	167,700	81,060	360,990	170,640
H. Duties and Taxes	-	35,400	-	31,270	-	66,670
Sub-Total	193,290	89,580	167,700	81,060	360,990	170,640
I. Physical Contingency	19,330	8,960	16,770	8,110	36,100	17,070
J. Price Contingency	15,380	19,460	13,630	17,830	28,910	37,290
Total	288,000	118,000	198,000	107,000	426,000	225,000
Total Costs	346,000		305,000		651,000	



Table E-6 COST ESTIMATESFOR ALTERNATIVE-E

Unit: Rs 1,000

PROGRAMME DESCRIPTION	STAGE - I		STAGE - II		TOTAL	
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C
A. Intake Facilities	6,780	2,070	6,780	660	13,560	2,730
B. Treatment Facilities	41,480	52,590	30,370	42,410	71,850	95,000
C. Transmission Facilities	50,540	6,750	48,470	6,320	99,010	13,070
D. Distribution Facilities	30,340	15,250	26,640	16,510	56,980	31,760
E. Materials (Cement, Reinforcement)	17,500	-17,500	15,340	-15,340	32,840	-32,840
F. Land Acquisition Cost	-	60	-	-	-	60
G. Engineering Cost	55,000	2,500	44,000	4,000	99,000	6,500
Sub-Total	201,640	61,720	171,600	54,560	373,240	116,280
H. Duties and Taxes	-	38,030	-	32,450	-	70,480
Sub-Total	201,640	99,750	171,600	87,010	373,240	186,760
I. Physical Contingency	20,160	9,980	17,160	8,700	37,320	18,680
H. Price Contingency	16,200	21,270	13,240	19,290	29,440	40,560
Total	238,000	131,000	202,000	115,000	440,000	246,000
Total Costs	269,000		317,000		686,000	

Table E-7 COST ESTIMATESFOR ALTERNATIVE-F

Unit: Rs 1,000

PROGRAMME DESCRIPTION	STAGE - I		STAGE - II		TOTAL	
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C
A. Intake Facilities	5,570	1,160	5,570	470	11,140	1,630
B. Treatment Facilities	23,180	26,850	18,310	22,720	41,790	50,270
C. Transmission Facilities	50,540	6,790	49,270	6,540	99,810	13,330
D. Distribution Facilities	30,960	18,510	10,530	10,810	41,490	29,320
E. Materials (Cement, Reinforcement)	11,320	-11,320	8,330	-8,330	19,650	-19,650
F. Land Acquisiting Cost	-	60	-	-	-	60
G. Engineering Cost	55,000	5,000	44,000	4,000	99,000	9,000
Sub-total	176,570	46,750	136,010	36,210	312,580	82,960
H. Duties and Taxes	-	29,620	-	25,120	-	54,740
Sub-total	176,570	76,370	136,010	61,330	312,580	137,700
I. Physical Contingency	17,660	7,640	13,600	6,130	31,260	13,770
J. Price Contingency	13,770	17,990	10,390	13,540	24,610	31,530
Total	208,000	102,000	160,000	81,000	368,000	183,000
Total Costs	310,000		241,000		551,000	

Table E-8 COST ESTIMATESFOR ALTERNATIVE-G

Unit: Rs 1,000

PROGRAMME DESCRIPTION	STAGE - I		STAGE - II		TOTAL	
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C
A. Intake Facilities	4,900	1,550	4,900	500	9,800	2,050
B. Treatment Facilities	28,220	35,200	21,010	28,880	49,230	64,080
C. Transmission Facilities	44,890	5,840	42,800	5,630	87,690	11,470
D. Distribution Facilities	30,340	15,250	9,840	7,180	40,180	22,430
E. Materials (Cement, Reinforcement)	13,050	-13,050	10,730	-10,730	23,780	-23,780
F. Land Acquisiting Cost	-	60	-	-	-	60
G. Engineering Cost	55,000	5,000	44,000	4,000	99,000	9,000
Sub-total	176,400	49,850	133,280	35,460	309,680	85,310
H. Duties and Taxes	-	29,950	-	24,440	-	54,390
Sub-total	176,400	179,800	133,280	59,900	309,680	139,700
I. Physical Contingency	17,640	7,980	13,330	5,990	30,970	13,970
J. Price Contingency	12,960	19,220	9,390	13,110	22,350	32,330
Total	207,000	107,000	156,000	79,000	363,000	186,000
Total Costs	314,000		235,000		549,000	

4. Present Worth Calculation

Table E-9 PRESENT WORTH CALCULATION ALTERNATIVE-A

YEAR	DISCOUNT FACTOR	CONSTRUCTION COST NET	PRESENT WORTH	PERSONNEL OPERATION	OPERATION AND MAINTENANCE COSTS	TOTAL	PRESENT WORTH	DISCOUNT RATE 8.00 %	
1983	1.0000	0	0	0	0	0	0		
1984	0.9259	8,800	8,148	0	0	0	0		
1985	0.8573	56,100	48,097	0	0	0	0		
1986	0.7938	11,100	8,812	900	227	1,127	875		
1987	0.7350	0	0	1,790	467	2,257	1,659		
1988	0.6806	0	0	1,790	499	2,289	1,558		
1989	0.6302	0	0	1,790	528	2,318	1,461		
1990	0.5835	0	0	1,790	551	2,341	1,366		
1991	0.5403	0	0	1,790	573	2,383	1,287		
1992	0.5002	0	0	1,890	627	2,517	1,259		
1993	0.4632	0	0	1,890	663	2,553	1,183		
1994	0.4289	7,700	3,302	1,890	699	2,589	1,110		
1995	0.3971	48,700	19,339	1,890	745	2,635	1,046		
1996	0.3677	9,600	3,530	1,890	868	2,758	1,014		
1997	0.3405	0	0	1,990	960	2,950	1,004		
1998	0.3152	0	0	1,990	1,062	3,052	962		
1999	0.2919	0	0	1,990	1,168	3,158	922		
2000	0.2703	0	0	1,990	1,285	3,275	885		
2001	0.2502	0	0	1,990	1,408	3,398	850		
2002	0.2317	0	0	1,990	1,542	3,532	818		
2003	0.2145	0	0	1,990	1,688	3,678	789		
2004	0.1987	0	0	1,990	1,843	3,833	761		
2005	0.1839	0	0	1,990	2,008	3,998	735		
2006	0.1703	0	0	1,990	2,008	3,998	681		
2007	0.1577	0	0	1,990	2,008	3,998	630		
SUB TOTAL		142,900	91,228	41,190	23,447	64,637	22,875		
TOTAL									114,103

Table E-10 PRESENT WORTH CALCULATION ALTERNATIVE-A

DISCOUNT RATE 12.00 %

YEAR	DISCOUNT FACTOR	CONSTRUCTION COST NET	CONSTRUCTION COST PRESENT WORTH	PERSONNEL OPERATION	OPERATION AND MAINTENANCE COSTS OPERATION	TOTAL	PRESENT WORTH
1983	1.0000	0	0	0	0	0	0
1984	0.8929	8,800	7,857	0	0	0	0
1985	0.7972	56,100	44,723	0	0	0	0
1986	0.7118	11,100	7,901	900	227	1,127	802
1987	0.6355	0	0	1,790	467	2,257	1,434
1988	0.5674	0	0	1,790	499	2,289	1,279
1989	0.5066	0	0	1,790	528	2,318	1,174
1990	0.4523	0	0	1,790	551	2,341	1,059
1991	0.4039	0	0	1,790	573	2,383	962
1992	0.3606	0	0	1,890	627	2,517	908
1993	0.3220	0	0	1,890	663	2,553	822
1994	0.2875	7,700	2,214	1,890	699	2,589	744
1995	0.2567	48,700	12,500	1,890	745	2,635	676
1996	0.2292	9,600	2,200	1,890	868	2,758	632
1997	0.2046	0	0	1,990	960	2,950	604
1998	0.1827	0	0	1,990	1,062	3,052	558
1999	0.1631	0	0	1,990	1,168	3,158	515
2000	0.1456	0	0	1,990	1,285	3,275	477
2001	0.1300	0	0	1,990	1,408	3,398	442
2002	0.1161	0	0	1,990	1,542	3,532	410
2003	0.1037	0	0	1,990	1,689	3,678	381
2004	0.0926	0	0	1,990	1,843	3,833	355
2005	0.0826	0	0	1,990	2,009	3,998	330
2006	0.0738	0	0	1,990	2,008	3,998	295
2007	0.0659	0	0	1,990	2,008	3,998	263
SUB TOTAL		142,000	77,395	41,190	23,447	64,637	15,142
TOTAL							92,537

Table E-11 PRESENT WORTH CALCULATION ALTERNATIVE-B

DISCOUNT RATE 8.00 %

YEAR	DISCOUNT FACTOR	CONSTRUCTION COST		PERSONNEL OPERATION	OPERATION AND MAINTENANCE COSTS		PRESENT WORTH
		NET	PRESENT WORTH		TOTAL	PRESENT WORTH	
1983	1.0000	0	0	0	0	0	0
1984	0.9259	9,900	9,167	0	0	0	0
1985	0.8573	62,700	53,755	0	0	0	0
1986	0.7938	12,400	9,844	900	173	1,073	852
1987	0.7350	0	0	1,790	306	2,096	1,541
1988	0.6806	0	0	1,790	327	2,117	1,441
1989	0.6302	0	0	1,790	346	2,136	1,346
1990	0.5835	0	0	1,790	366	2,156	1,258
1991	0.5403	0	0	1,790	388	2,178	1,177
1992	0.5002	0	0	1,890	411	2,301	1,151
1993	0.4632	0	0	1,890	435	2,325	1,077
1994	0.4289	8,900	3,817	1,890	457	2,347	1,007
1995	0.3971	56,100	22,278	1,890	491	2,381	948
1996	0.3677	11,000	4,045	1,890	594	2,474	910
1997	0.3405	0	0	1,990	645	2,635	897
1998	0.3152	0	0	1,990	712	2,702	852
1999	0.2919	0	0	1,990	782	2,772	809
2000	0.2703	0	0	1,990	862	2,852	771
2001	0.2502	0	0	1,990	944	2,934	734
2002	0.2317	0	0	1,990	1,036	3,026	701
2003	0.2145	0	0	1,990	1,135	3,125	670
2004	0.1987	0	0	1,990	1,240	3,230	642
2005	0.1839	0	0	1,990	1,354	3,344	615
2006	0.1703	0	0	1,990	1,354	3,344	570
2007	0.1577	0	0	1,990	1,354	3,344	527
SUB TOTAL		161,000	102,906	41,190	15,702	56,892	20,494
TOTAL							123,400

Table E-12 PRESENT WORTH CALCULATION ALTERNATIVE-B

DISCOUNT RATE 12.00 %

YEAR	DISCOUNT FACTOR	CONSTRUCTION COST		OPERATION AND MAINTENANCE COSTS		PRESENT WORTH
		NET	PRESENT WORTH	PERSONNEL OPERATION	TOTAL	
1983	1.0000	0	0	0	0	0
1984	0.8929	9,900	8,839	0	0	0
1985	0.7972	62,700	49,994	0	0	0
1986	0.7118	12,400	8,826	900	1,073	764
1987	0.6355	0	0	1,790	2,095	1,532
1988	0.5674	0	0	1,790	2,117	1,201
1989	0.5066	0	0	1,790	2,136	1,082
1990	0.4523	0	0	1,790	2,156	1,975
1991	0.4039	0	0	1,790	2,179	880
1992	0.3606	0	0	1,890	2,301	830
1993	0.3220	0	0	1,890	2,325	742
1994	0.2875	8,900	2,559	1,890	2,347	675
1995	0.2567	56,100	14,399	1,890	2,381	611
1996	0.2292	11,000	2,521	1,890	2,474	567
1997	0.2046	0	0	1,990	2,635	539
1998	0.1827	0	0	1,990	2,702	494
1999	0.1631	0	0	1,990	2,772	452
2000	0.1456	0	0	1,990	2,852	415
2001	0.1300	0	0	1,990	2,934	382
2002	0.1161	0	0	1,990	3,026	351
2003	0.1037	0	0	1,990	3,125	324
2004	0.0926	0	0	1,990	3,230	299
2005	0.0826	0	0	1,990	3,344	276
2006	0.0738	0	0	1,990	3,344	247
2007	0.0659	0	0	1,990	3,344	220
SUB TOTAL		161,000	87,128	41,190	56,892	13,665
TOTAL				15,702		100,793

Table E-13 PRESENT WORTH CALCULATION ALTERNATIVE-C

DISCOUNT RATE 8.00 %

YEAR	DISCOUNT FACTOR	CONSTRUCTION COST NET	CONSTRUCTION COST PRESENT WORTH	PERSONNEL OPERATION	OPERATION AND MAINTENANCE COSTS		PRESENT WORTH
					PERSONNEL OPERATION	TOTAL	
1983	1.0000	34,000	34,000	0	0	0	0
1984	0.9259	31,900	29,537	0	0	0	0
1985	0.8573	236,600	202,846	0	0	0	0
1986	0.7938	44,500	35,326	1,490	620	2,110	1,675
1987	0.7350	0	0	2,970	1,301	4,271	3,139
1988	0.6806	0	0	2,970	1,398	4,368	2,973
1989	0.6302	0	0	2,970	1,501	4,471	2,817
1990	0.5835	0	0	2,970	1,615	4,585	2,675
1991	0.5403	0	0	2,970	1,735	4,705	2,542
1992	0.5002	0	0	3,080	1,865	4,945	2,474
1993	0.4632	31,000	14,359	3,080	2,008	5,088	2,357
1994	0.4289	29,100	12,480	3,080	2,161	5,241	2,248
1995	0.3971	215,500	85,578	3,080	2,359	5,439	2,160
1996	0.3677	40,400	14,855	3,080	2,614	5,694	2,094
1997	0.3405	0	0	3,190	2,785	5,975	2,034
1998	0.3152	0	0	3,190	2,966	6,156	1,941
1999	0.2919	0	0	3,190	3,160	6,350	1,854
2000	0.2703	0	0	3,190	3,375	6,565	1,774
2001	0.2502	0	0	3,190	3,595	6,785	1,698
2002	0.2317	0	0	3,190	3,835	7,025	1,628
2003	0.2145	0	0	3,190	4,092	7,282	1,562
2004	0.1987	0	0	3,190	4,369	7,559	1,502
2005	0.1839	0	0	3,300	4,665	7,965	1,465
2006	0.1703	0	0	3,300	4,665	7,965	1,357
2007	0.1577	0	0	3,300	4,665	7,965	1,256
SUB TOTAL		663,000	428,981	67,160	61,349	128,509	45,225
TOTAL							474,206



Table E-14 PRESENT WORTH CALCULATION ALTERNATIVE-C

DISCOUNT RATE 12.00 %

YEAR	DISCOUNT FACTOR	CONSTRUCTION COST NET	CONSTRUCTION COST PRESENT WORTH	PERSONNEL OPERATION	OPERATION AND MAINTENANCE COSTS OPERATION	TOTAL	PRESENT WORTH
1983	1.0000	34,000	34,000	0	0	0	0
1984	0.8929	31,900	28,482	0	0	0	0
1985	0.7972	236,600	188,616	0	0	0	0
1986	0.7118	44,500	31,674	1,490	620	2,110	1,502
1987	0.6355	0	0	2,970	1,301	4,271	2,714
1988	0.5674	0	0	2,970	1,398	4,368	2,479
1989	0.5066	0	0	2,970	1,501	4,471	2,265
1990	0.4523	0	0	2,970	1,615	4,585	2,074
1991	0.4039	0	0	2,970	1,735	4,705	1,900
1992	0.3606	0	0	3,080	1,865	4,945	1,783
1993	0.3220	31,000	9,981	3,080	2,008	5,088	1,638
1994	0.2875	29,100	8,366	3,080	2,161	5,241	1,507
1995	0.2567	215,500	55,313	3,080	2,359	5,439	1,396
1996	0.2292	40,400	9,259	3,080	2,614	5,694	1,305
1997	0.2046	0	0	3,190	2,785	5,975	1,223
1998	0.1827	0	0	3,190	2,966	6,156	1,135
1999	0.1631	0	0	3,190	3,160	6,350	1,036
2000	0.1456	0	0	3,190	3,375	6,565	956
2001	0.1300	0	0	3,190	3,595	6,785	882
2002	0.1161	0	0	3,190	3,835	7,025	816
2003	0.1037	0	0	3,190	4,092	7,282	755
2004	0.0926	0	0	3,190	4,369	7,559	700
2005	0.0826	0	0	3,300	4,665	7,965	658
2006	0.0738	0	0	3,300	4,665	7,965	588
2007	0.0659	0	0	3,300	4,665	7,965	525
SUB TOTAL		663,000	365,691	67,160	61,349	128,509	29,827
TOTAL							395,518

Table E-15 PRESENT WORTH CALCULATION ALTERNATIVE-D

DISCOUNT RATE 8.00 %

YEAR	DISCOUNT FACTOR	CONSTRUCTION COST NET	CONSTRUCTION COST PRESENT WORTH	PERSONNEL OPERATION	OPERATION AND MAINTENANCE COSTS TOTAL	PRESENT WORTH
1983	1.0000	33,900	33,900	0	0	0
1984	0.9259	31,800	29,444	0	0	0
1985	0.8573	236,000	202,532	0	0	0
1986	0.7938	44,300	35,167	2,000	2,624	2,083
1987	0.7350	0	0	4,000	5,311	3,904
1988	0.6806	0	0	4,000	5,407	3,680
1989	0.6302	0	0	4,000	5,512	3,473
1990	0.5835	0	0	4,000	5,627	3,283
1991	0.5403	0	0	4,000	5,746	3,104
1992	0.5002	0	0	4,150	6,029	3,016
1993	0.4632	29,900	13,849	4,150	6,173	2,857
1994	0.4289	28,100	12,052	4,150	6,327	2,714
1995	0.3971	208,000	82,600	4,150	6,523	2,594
1996	0.3677	39,000	14,340	4,150	6,783	2,494
1997	0.3405	0	0	4,300	7,101	2,418
1998	0.3152	0	0	4,300	7,285	2,297
1999	0.2919	0	0	4,300	7,481	2,184
2000	0.2703	0	0	4,300	7,696	2,080
2001	0.2502	0	0	4,300	7,920	1,982
2002	0.2317	0	0	4,300	8,160	1,891
2003	0.2145	0	0	4,300	8,419	1,806
2004	0.1987	0	0	4,300	8,698	1,728
2005	0.1839	0	0	4,440	9,137	1,681
2006	0.1703	0	0	4,440	9,137	1,556
2007	0.1577	0	0	4,440	9,137	1,441
SUB TOTAL		651,000	423,684	90,470	152,233	54,264
TOTAL						477,948

Table E-16 PRESENT WORTH CALCULATION ALTERNATIVE-D

DISCOUNT RATE 12.00 %

YEAR	DISCOUNT FACTOR	CONSTRUCTION COST		OPERATION AND MAINTENANCE COSTS		DISCOUNT RATE	PRESENT WORTH
		NET	PRESENT WORTH	PERSONNEL OPERATION	TOTAL		
1983	1.0000	33,900	33,900	0	0	0	0
1984	0.8929	31,800	28,393	0	0	0	0
1985	0.7972	235,000	188,138	0	0	0	0
1986	0.7118	44,300	31,532	2,000	624	2,624	1,868
1987	0.6355	0	0	4,000	1,311	5,311	3,375
1988	0.5674	0	0	4,000	1,407	5,407	3,068
1989	0.5066	0	0	4,000	1,512	5,512	2,793
1990	0.4523	0	0	4,000	1,627	5,627	2,545
1991	0.4039	0	0	4,000	1,746	5,746	2,321
1992	0.3606	0	0	4,150	1,879	6,029	2,174
1993	0.3220	29,900	9,627	4,150	2,023	6,173	1,988
1994	0.2875	28,100	8,078	4,150	2,177	6,327	1,819
1995	0.2567	208,000	53,388	4,150	2,373	6,523	1,674
1996	0.2292	39,000	8,938	4,150	2,633	6,783	1,554
1997	0.2046	0	0	4,300	2,801	7,101	1,453
1998	0.1827	0	0	4,300	2,985	7,285	1,331
1999	0.1631	0	0	4,300	3,181	7,481	1,220
2000	0.1456	0	0	4,300	3,396	7,696	1,121
2001	0.1300	0	0	4,300	3,620	7,920	1,030
2002	0.1161	0	0	4,300	3,860	8,160	947
2003	0.1037	0	0	4,300	4,119	8,419	873
2004	0.0926	0	0	4,300	4,398	8,698	805
2005	0.0826	0	0	4,440	4,697	9,137	755
2006	0.0738	0	0	4,440	4,997	9,437	674
2007	0.0659	0	0	4,440	4,697	9,137	602
SUB TOTAL		651,000	361,994	90,470	61,763	152,233	35,990
TOTAL							397,984

5. Breakdown of Cost Estimates

Table E-17 Breakdown of Project Cost Estimates for Stage I Program

Unit: Rs 1,000

Items (Intake/Treatment Flow Rate)	Amparai Area (5,300m <sup>3</sup> /d)			Coastal Area (22,100m <sup>3</sup> /d)			Total (27,400m <sup>3</sup> /d)		
	F/C	L/C	Total	F/C	L/C	Total	F/C	L/C	Total
<b>A. INTAKE FACILITIES</b>									
1. Intake bay	-	420	420	-	720	720	-	1,140	1,140
2. Raw water pump	2,760	320	3,080	3,810	430	4,240	6,570	750	7,320
3. Raw water main	570	100	670	2,480	300	2,780	3,050	400	3,450
Sub-Total (A)	3,330	840	4,170	6,290	1,450	7,740	9,620	2,290	11,940
<b>B. TREATMENT FACILITIES</b>									
1. Receiving and mixing well	200	350	550	240	410	650	440	760	1,200
2. Flocculation and Sedimentation basin	940	6,610	7,550	1,410	11,970	13,380	2,350	18,580	20,930
3. Rapid sand filter	5,900	1,920	7,820	20,050	6,380	26,430	25,950	8,300	34,250
4. Slow sand filter	80	3,870	3,950	-	-	-	80	3,870	3,950
5. Clear water reservoir	160	3,970	4,130	350	8,550	8,900	510	12,520	13,030
6. Administration building	1,380	1,650	3,030	2,000	2,390	4,390	3,380	4,040	7,420
7. Chemical feeding facility	1,530	80	1,610	2,770	150	2,920	4,300	230	4,530
8. Piping work in plant premises	1,120	270	1,390	4,660	1,100	5,760	5,780	1,370	7,150
Sub-Total (B)	11,310	18,720	30,030	31,480	30,950	62,430	42,790	49,670	92,460
<b>C. TRANSMISSION FACILITIES</b>									
1. Pump house	-	80	80	-	360	360	-	440	440
2. Transmission pump	1,860	190	2,050	8,940	890	9,830	10,800	1,080	11,810
3. Transmission main	4,620	690	5,310	51,980	6,570	58,550	56,600	7,260	63,860
Sub-Total (C)	6,480	960	7,440	60,920	7,820	68,740	67,400	8,780	76,180
<b>D. DISTRIBUTION FACILITIES</b>									
1. Elevated tower	180	950	1,130	1,830	9,660	11,490	2,010	10,610	12,620
2. Distribution pipe	4,540	1,320	5,860	26,220	10,430	36,650	30,760	11,750	42,510
3. Service water meter	470	-	470	3,310	-	3,310	3,780	-	3,780
4. Stand post	-	30	30	-	560	560	-	590	590
5. Rehabilitation	980	330	1,310	-	-	-	980	330	1,310
Sub-Total (D)	6,170	2,630	8,800	31,360	20,550	52,010	37,530	23,280	60,810
<b>E. MATERIALS (cement, reinforcement bar) (E)</b>									
	6,340	-6,340	0	12,870	-12,870	0	19,210	-12,910	0
TOTAL (A+B+C+D+E)	33,630	16,810	50,440	142,920	48,000	190,920	176,550	64,810	241,360
<b>F. LAND ACQUISITION COST</b>									
	-	-	-	-	60	60	-	60	60
<b>G. ENGINEERING COST</b>									
	-	-	-	55,000	2,500	57,500	55,000	2,500	57,500
<b>H. DUTIES AND TAXES</b>									
	-	-	10,000	-	36,660	36,660	-	46,660	46,660
<b>I. PHYSICAL CONTINGENCY</b>									
	3,430	2,680	6,110	19,730	8,730	28,460	23,160	11,410	34,570
<b>J. PRICE CONTINGENCY</b>									
	2,940	6,510	9,450	15,350	18,050	33,400	18,290	24,560	42,850
TOTAL	40,000	36,000	76,000	233,000	114,000	347,000	273,000	150,000	423,000

Note: ( m<sup>3</sup>/d) shows Max. daily demand.

Table E-18 Breakdown of Project Cost Estimates for Stage II Program

Items (Intake/Treatment Flow Rates)	Amparai Area (4,300m <sup>3</sup> /d)			Coastal Area (22,200m <sup>3</sup> /d)			Total (26,500m <sup>3</sup> /d)		
	F/C	L/C	Total	F/C	L/C	Total	F/C	L/C	Total
	Unit: Rs 1,000								
<b>A. INTAKE FACILITIES</b>									
1. Intake bay	-	170	1,550	-	200	4,010	-	370	5,560
2. Raw water pump	1,380	570	670	3,810	300	2,780	5,190	400	3,450
3. Raw water main	1,950	270	2,220	6,290	500	6,790	8,240	770	9,010
Sub-Total (A)									
<b>B. TREATMENT FACILITIES</b>									
1. Receiving and mixing well	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Flocculation and Sedimentation basin	940	6,610	7,550	1,410	11,970	13,380	2,350	18,580	20,930
3. Rapid sand filter	3,570	1,160	4,730	16,960	5,470	22,430	20,530	6,630	27,160
4. Slow sand filter	240	10,320	10,560	-	-	-	240	10,320	10,560
5. Clear water reservoir	140	3,400	3,540	360	8,780	9,140	500	12,180	12,680
6. Administration building	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Chemical feeding facility	1,390	70	1,460	2,780	150	2,930	4,170	220	4,390
8. Pipelaying work in plant premises	910	220	1,130	4,670	1,110	5,780	5,580	1,320	6,910
Sub-Total (B)	7,190	21,780	28,970	26,180	27,480	53,660	33,370	49,260	82,630
<b>C. TRANSMISSION FACILITIES</b>									
1. Pump house	-	50	50	-	150	150	-	200	200
2. Transmission pump	1,860	190	2,050	6,430	640	7,070	8,290	830	9,120
3. Transmission main	4,620	690	5,310	51,980	6,570	58,550	56,600	7,260	63,860
Sub-Total (C)	6,480	930	7,410	58,410	7,360	65,770	64,890	8,290	73,180
<b>D. DISTRIBUTION FACILITIES</b>									
1. Elevated tower	460	2,420	2,880	2,770	14,600	17,370	3,230	17,020	20,250
2. Distribution pipe	2,440	970	3,410	19,560	7,630	27,190	22,000	8,600	30,600
3. Service water meter	730	-	730	5,440	-	5,440	6,170	-	6,170
4. Stand post	-	30	30	-	270	270	-	300	300
5. Rehabilitation	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sub-Total (D)	3,630	3,420	7,050	27,770	22,500	50,270	31,400	25,920	57,320
<b>E. MATERIALS (cement, reinforcement bar) (E)</b>									
	7,680	-7,680	-	13,110	-13,110	-	20,790	-20,790	-
Total (A+B+C+D+E)	26,930	18,720	45,650	131,760	44,730	176,490	158,690	63,450	222,140
<b>F. LAND ACQUISITION COST</b>									
<b>G. ENGINEERING COST</b>									
<b>H. DUTIES AND TAXES</b>									
<b>I. PHYSICAL CONTINGENCY</b>									
<b>J. PRICE CONTINGENCY</b>									
TOTAL	32,000	34,000	66,000	207,000	108,000	315,000	239,000	142,000	381,000

Note: ( m<sup>3</sup>/d) shows Max. daily demand to be increased in Stage-II.

Table E-19 Breakdown of Cost Estimates for Transmission and Distribution Pipes for Stage I Program

(Unit: Rs 1,000)

Items	Amparai Area			Coastal Area			Total		
	F/C	L/C	Total	F/C	L/C	Total	F/C	L/C	Total
<b>1. Transmission Main</b>									
DIP ø600	-	-	-	6,380	680	7,060	6,380	680	7,060
DIP ø500	-	-	-	4,230	510	4,740	4,230	510	4,740
DIP ø400	-	-	-	4,690	610	5,300	4,690	610	5,300
DIP ø350	1,480	190	1,670	31,670	4,010	35,680	33,150	4,200	37,350
DIP ø300	-	-	-	2,450	340	2,790	2,450	340	2,790
PVC ø250	3,140	500	3,640	2,310	370	2,680	5,450	870	6,320
PVC ø200	-	-	-	250	50	300	250	50	300
Sub-Total	4,620	690	5,310	51,980	6,570	58,550	56,600	7,260	63,860
<b>2. Distribution Pipe</b>									
DIP ø350	-	-	-	160	20	180	160	20	180
DIP ø300	130	20	150	770	110	880	900	130	1,030
PVC ø250	180	30	210	1,570	250	1,820	1,750	280	2,030
PVC ø200	1,790	340	2,130	5,550	1,070	6,620	7,340	1,410	8,750
PVC ø150	1,850	550	2,400	7,720	2,320	10,040	9,570	2,870	12,440
PVC ø100	140	60	200	2,390	980	3,370	2,530	1,040	3,570
PVC ø 75	180	90	270	3,370	1,700	5,070	3,550	1,790	5,340
PVC ø 50	270	230	500	4,690	3,980	8,670	4,960	4,210	9,170
Sub-Total	4,540	1,320	5,860	26,220	10,430	36,650	30,760	11,750	42,510
<b>3. Duties and Taxes</b>									
	-	780	780	-	13,920	13,920	-	14,700	14,700
Total	9,160	2,790	11,950	78,200	30,920	109,120	87,360	33,710	121,070

## 関 連 機 関 と 財 政

1. 財務データ
  - 1.1 財務計画の仮定条件
  - 1.2 財務計画（ケース1とケース2）
  - 1.3 裏付け資料
2. 水道および衛生部門の組織
3. 職務の責任
4. 学歴および経験
5. 外国援助の状況





## 1. 財務データ

### 1.1 財務計画の仮定条件

財政計画は下記の仮定条件に基づいて行なった。

- ① 有収水量は、送水量に有収水量の率を乗じたものである。水量は、10%の漏水と20%の無収水量を含む。
- ② 歳入は、使用水量および給水栓設置費により徴収される。使用者は、給水栓を設置する際に必要なメーター、パイプ、その他の資材の料金を支払わねばならない。
- ③ 水道料金は、水の製造原価によって決められ、又、維持管理費、減価償却および配水施設工事費のローンの一部に対する利息の償還を最小にするよう決められる。
- ④ 管理費は、年間送水量の増加に比例して、施設の維持管理に必要なレベルとする。
- ⑤ 配水施設の減価償却の定率法の計算において、耐用年数は40年、減価償却率は2.5%を採用している。

### 1.2 財務計画（ケース1とケース2）

事業費を全額有償資金とした場合（ケース1）の財務計画を行なった。この場合、水道料金を水道使用者の支払い能力を越えた6～8ルピー/ $m^3$ に上げなければならない。従ってNWSD Bが健全な水道事業を営むためには、多くの無償資金が必要である。

事業費の内の外貨分を有償資金、内貨分を無償資金とした場合（ケース2）の財務計画を行なった。ケース1と比較して、4～6ルピー/ $m^3$ の少し低い料金で管理費および減価償却と利子の支払いを満たすことができる。水道料金は未だ使用者の支払い能力をかなり越えているので、NWSD Bが健全経営をするためには、さらに多くの無償資金が必要である。

損益計算 (ケース1)

Table F-1 Projected Income Statement (Case 1)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
											(Unit: Rs 1,000)
Water Production (1,000m <sup>3</sup> )	4,201	4,519	4,863	5,233	5,658	6,060	6,523	7,022	7,560	8,140	8,709
Water Sold (1,000m <sup>3</sup> )	1,470*	3,163	3,404	3,663	3,960	4,242	4,566	4,915	5,292	5,698	6,096
Sales to Production †	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Average Water Rate Rs/m <sup>3</sup>	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	8.00	8.00	8.00	8.00
<b>OPERATING REVENUE</b>											
Water Sales	8,820	18,978	20,424	21,978	23,760	33,936	36,528	39,320	42,336	45,584	48,768
Charges for New Connection	10,478	11,440	12,480	13,572	14,664	15,834	17,082	18,486	19,942	20,228	23,062
Total	19,298	30,418	32,904	35,550	38,424	49,770	53,610	57,806	62,278	65,812	71,830
<b>OPERATING EXPENSES</b>											
Personnel Cost	1,210	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	2,479	2,479	2,479	2,479	2,479
Electricity and Fuel	467	749	796	847	904	959	1,021	1,086	1,157	1,233	1,233
Chemicals	449	966	1,037	1,115	1,203	1,286	1,382	1,483	1,593	1,710	1,710
Maintenance	937	1,909	1,909	1,909	1,909	1,909	1,958	1,958	1,958	1,958	1,958
Overhead	387	727	727	727	727	727	793	793	793	793	793
Cost of New Connections	11,409	12,400	13,470	14,590	15,708	16,905	18,178	19,608	21,083	21,391	24,249
Total	14,859	19,025	20,213	21,462	22,725	24,060	25,811	27,405	29,063	29,564	32,422
Income Before Depreciation and Interest (Deficit)	4,439	11,393	12,691	14,088	15,699	25,710	27,799	30,401	33,215	36,248	39,408
Depreciation	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575
Interest	10,867	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	11,621	11,562	11,361	10,835
Net Income (Deficit)	(17,023)	(10,814)	(9,516)	(8,119)	(6,508)	3,503	5,592	8,205	11,078	14,312	17,998

\* Water sold in 1986 is expected half of the water production.

資金計画 (ケース1)

Table F-2 Projected Cash Flow Statement (Case 1)

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<b>SOURCES OF CASH</b>														
Internal Cash Generation														
Income Before Depreciation and Interest (Deficit)			4,439	4,439	11,393	12,691	14,088	15,699	25,710	27,799	30,401	33,215	36,248	39,408
Total			4,439	4,439	11,393	12,691	14,088	15,699	25,710	27,799	30,401	33,215	36,248	39,408
Loans from National Govt.	33,230	38,990	296,580	54,200										
Total	33,230	38,990	296,580	58,639	11,393	12,691	14,088	15,699	25,710	27,799	30,401	33,215	36,248	39,408
<b>APPLICATION OF FUNDS</b>														
Capital Expenditure														
- Foreign portion	31,780	8,240	203,490	29,490										
- Local portion	1,450	30,750	93,090	24,710										
Dept Amortization														
- Interest	457	1,450	6,064	10,887	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	11,562	11,361	10,835
- Principal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,662	3,612	18,442	21,152
Total Debt Service	457	1,450	6,064	10,887	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	13,293	15,174	29,803	31,987
Total Application	33,687	40,440	302,644	65,087	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	11,632	13,283	15,174	29,803	31,987
Cash Surplus (or deficit) for year	(457)	(1,450)	(6,064)	(6,448)	(236)	1,059	2,456	4,067	14,078	16,167	17,118	18,041	6,445	7,421
Cash at beginning of year end of year	(457)	(457)	(1,907)	(7,971)	(14,419)	(14,655)	(13,596)	(11,148)	(7,081)	6,997	23,164	40,282	58,323	64,768
		(1,907)	(7,971)	(14,419)	(14,655)	(13,596)	(11,148)	(7,081)	6,997	23,164	40,282	58,323	64,768	72,189

報 益 計 算 ( ケ ー ス 2 )  
Table F-3 Projected Income Statement (Case 2)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Water Production (1,000m <sup>3</sup> )	4,201	4,519	4,863	5,233	5,658	6,060	6,523	7,022	7,560	8,140	8,709
Water Sold (1,000m <sup>3</sup> )	1,470*	3,163	3,404	3,663	3,960	4,242	4,566	4,915	5,292	5,698	6,096
Sales to Production %	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Average Water Rate Rs/m <sup>3</sup>	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
<u>OPERATING REVENUE</u>											
Water Sales	5,880	12,652	13,616	14,652	15,840	25,452	27,396	29,490	31,752	34,188	36,576
Charges for New Connection	10,478	11,440	12,480	13,572	14,664	15,834	17,082	18,486	19,942	20,228	23,062
Total	16,358	24,092	26,096	28,224	30,504	41,286	44,478	47,976	51,694	54,416	59,638
<u>OPERATING EXPENSES</u>											
Personnel Cost	1,210	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	2,479	2,479	2,479	2,479	2,479
Electricity and Fuel	467	749	796	847	904	959	1,021	1,086	1,157	1,233	1,233
Chemicals	449	966	1,037	1,115	1,203	1,286	1,382	1,483	1,593	1,710	1,710
Maintenance	937	1,909	1,909	1,909	1,909	1,909	1,958	1,958	1,958	1,958	1,958
Overhead	387	727	727	727	727	727	793	793	793	793	793
Cost of New Connections	11,409	12,400	13,470	14,590	15,708	16,905	18,178	19,606	21,083	21,391	24,249
Total	14,859	19,025	20,213	21,462	22,725	24,060	25,811	27,405	29,063	29,564	32,422
Income Before Depreciation and Interest (Deficit)	1,499	5,067	5,883	6,762	7,779	17,226	18,667	20,571	22,631	24,852	27,216
Depreciation	6,825	6,825	6,825	6,825	6,825	6,825	6,825	6,825	6,825	6,825	6,825
Interest	7,102	7,508	7,508	7,508	7,508	7,508	7,508	7,508	7,450	7,325	6,980
Net Income (Deficit)	(12,428)	(9,266)	(8,450)	(7,571)	(6,554)	2,893	4,334	6,238	8,356	10,702	13,411

\* water sold in 1986 is expected half of the water production.

資金計画 (ケース2)

Table F-4 Projected Cash Flow Statement (Case 2)

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<u>SOURCES OF CASH</u>														
Internal Cash Generation														
Income Before Depreciation and Interest (Deficit)				1,499	5,067	5,883	6,762	7,779	17,226	18,667	20,571	22,631	24,852	27,216
Total				1,499	5,067	5,883	6,762	7,779	17,226	18,667	20,571	22,631	24,852	27,216
Loans from National Govt.	31,780	8,240	203,490	29,490										
National Government Grant	1,450	30,750	93,090	24,710										
Total	33,230	38,990	296,580	55,699	5,067	5,883	6,762	7,779	17,226	18,667	20,571	22,631	24,852	27,216
<u>APPLICATION OF FUNDS</u>														
Capital Expenditure														
- Foreign portion	31,780	8,240	203,490	29,490										
- Local portion	1,450	30,750	93,090	24,710										
Dept Amortization														
- Interest	437	987	3,898	7,102	7,508	7,508	7,508	7,508	7,508	7,508	7,497	7,450	7,325	6,980
- Principal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,590	2,002	12,176	13,650
Total Debt Service	437	987	3,898	7,102	7,508	7,508	7,508	7,508	7,508	7,508	9,087	9,452	19,501	20,630
Total Application	33,667	39,977	300,478	61,302	7,508	7,508	7,508	7,508	7,508	7,506	9,087	9,452	19,501	20,630
Cash Surplus (or deficit) for year	(437)	(987)	(3,898)	(5,603)	(2,441)	(1,625)	(746)	271	9,718	11,159	11,484	13,179	5,351	6,586
Cash at beginning of year end of year	(437)	(437)	(1,424)	(5,322)	(10,925)	(13,342)	(14,967)	(15,713)	(15,442)	(5,724)	(5,435)	16,919	30,998	35,449
			(1,424)	(5,322)	(10,925)	(13,342)	(14,967)	(15,713)	(15,442)	(5,724)	16,919	30,098	35,449	42,035

裏付け資料

1.3 Supporting Data

製造原価計算および平均水道料金

Table F-5 Projection of Production Cost, and Average Water Rate

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Accounted-for Water (1,000m <sup>3</sup> )	1,470	3,163	3,404	3,663	3,960	4,242	4,566	4,915	5,292	5,698	6,096
<u>Cost</u>											
Personnel Cost	1,210	2,274	2,274	2,274	2,274	2,274	2,479	2,479	2,479	2,479	2,479
Electricity and Fuels	467	749	796	847	904	959	1,021	1,086	1,157	1,233	1,233
Chemicals	449	966	1,037	1,115	1,203	1,286	1,382	1,483	1,593	1,710	1,710
Maintenance	937	1,909	1,909	1,909	1,909	1,909	1,958	1,958	1,958	1,958	1,958
Overhead	387	727	727	727	727	793	793	793	793	793	793
Cost of New Connections	11,409	12,400	13,470	14,590	15,708	16,905	18,178	19,606	21,083	21,391	24,249
Total I	14,859	19,025	20,213	21,462	22,725	24,060	25,811	27,405	29,063	29,564	32,422
Non Operation Cost											
Depreciation	454	454	454	454	454	454	454	454	454	454	454
Interest	498	498	498	498	498	498	498	498	498	492	468
Total II	952	952	952	952	952	952	952	952	952	946	922
Total III	15,811	19,977	21,165	22,414	23,677	25,012	26,763	28,357	30,015	30,510	33,344
<u>Less</u>											
Charges for New Connections	10,478	11,440	12,480	13,572	14,664	15,834	17,082	18,486	19,942	20,228	23,062
Sales Cost	5,333	8,537	8,685	8,842	9,013	9,178	9,681	9,871	10,073	10,282	10,282
Average Water Rate Rs/m <sup>3</sup>	3.62	2.70	2.55	2.41	2.28	2.16	2.12	2.01	1.90	1.80	1.69

Case 1 : Full loan

LOAN REPAYMENT SCHEDULE

YEAR	DISBURSEMENT	PRINCIPAL REPAYMENT	PRINCIPAL	INTEREST REPAYMENT	TOTAL REPAYMENT
1983	33,230	0	33,230	0	0
1983	0	0	33,230	457	457
1984	38,990	0	72,220	457	457
1984	0	0	72,220	993	993
1985	296,580	0	368,800	993	993
1985	0	0	368,800	5,071	5,071
1986	54,200	0	423,000	5,071	5,071
1986	0	0	423,000	5,816	5,816
1987	0	0	423,000	5,816	5,816
1987	0	0	423,000	5,816	5,816
1988	0	0	423,000	5,816	5,816
1988	0	0	423,000	5,816	5,816
1989	0	0	423,000	5,816	5,816
1989	0	0	423,000	5,816	5,816
1990	0	0	423,000	5,816	5,816
1990	0	0	423,000	5,816	5,816
1991	0	0	423,000	5,816	5,816
1991	0	0	423,000	5,816	5,816
1992	0	0	423,000	5,816	5,816
1992	0	0	423,000	5,816	5,816
1993	0	831	422,169	5,816	6,647
1993	0	831	421,338	5,805	6,636
1994	0	1,806	419,532	5,793	7,599
1994	0	1,806	417,726	5,782	7,575
1995	0	9,221	408,505	5,744	14,965
1995	0	9,221	399,284	5,617	14,838
1996	0	10,576	388,708	5,490	16,066
1996	0	10,576	378,132	5,345	15,921
1997	0	10,576	367,556	5,199	15,775
1997	0	10,576	356,980	5,054	15,630
1998	0	10,576	346,404	4,908	15,484
1998	0	10,576	335,828	4,763	15,339
1999	0	10,576	325,252	4,618	15,194
1999	0	10,576	314,676	4,472	15,049
2000	0	10,576	304,100	4,327	14,903
2000	0	10,576	293,524	4,181	14,757
2001	0	10,576	282,948	4,036	14,612
2001	0	10,576	272,372	3,891	14,467
2002	0	10,576	261,796	3,745	14,321
2002	0	10,576	251,220	3,600	14,176
2003	0	10,576	240,644	3,454	14,030
2003	0	10,576	230,068	3,309	13,885
2004	0	10,576	219,492	3,163	13,739
2004	0	10,576	208,916	3,018	13,594
2005	0	10,576	198,340	2,873	13,449
2005	0	10,576	187,764	2,727	13,303
2006	0	10,576	177,188	2,582	13,158
2006	0	10,576	166,612	2,436	13,012
2007	0	10,576	156,036	2,291	12,867
2007	0	10,576	145,460	2,145	12,721
2008	0	10,576	134,884	2,000	12,576
2008	0	10,576	124,308	1,855	12,431
2009	0	10,576	113,732	1,709	12,285
2009	0	10,576	103,156	1,564	12,140
2010	0	10,576	92,580	1,418	11,994
2010	0	10,576	82,004	1,273	11,849
2011	0	10,576	71,428	1,128	11,704
2011	0	10,576	60,852	982	11,558
2012	0	10,576	50,276	837	11,413
2012	0	10,566	39,700	691	11,267
2013	0	9,745	29,965	546	10,291
2013	0	9,735	20,230	412	10,147
2014	0	8,770	11,460	278	9,048
2014	0	8,750	2,710	158	8,908
2015	0	1,355	1,355	37	1,392
2015	0	1,355	0	19	1,374
TOTAL	423,000	423,000		229,731	652,731

Case 2 : Loan for the cost of foreign portion  
 Grant for the cost of local portion

LOAN REPAYMENT SCHEDULE

YEAR	DISBURSEMENT	PRINCIPAL REPAYMENT	PRINCIPAL	INTEREST REPAYMENT	TOTAL REPAYMENT
1983	31,780	0	31,780	0	0
1983	0	0	31,780	437	437
1984	8,240	0	40,020	437	437
1984	0	0	40,020	550	550
1985	203,490	0	243,510	550	550
1985	0	0	243,510	3,348	3,348
1986	29,490	0	273,000	3,348	3,348
1986	0	0	273,000	3,754	3,754
1987	0	0	273,000	3,754	3,754
1987	0	0	273,000	3,754	3,754
1988	0	0	273,000	3,754	3,754
1988	0	0	273,000	3,754	3,754
1989	0	0	273,000	3,754	3,754
1989	0	0	273,000	3,754	3,754
1990	0	0	273,000	3,754	3,754
1990	0	0	273,000	3,754	3,754
1991	0	0	273,000	3,754	3,754
1991	0	0	273,000	3,754	3,754
1992	0	0	273,000	3,754	3,754
1992	0	0	273,000	3,754	3,754
1993	0	795	272,205	3,754	4,549
1993	0	795	271,410	3,743	4,538
1994	0	1,001	270,409	3,732	4,733
1994	0	1,001	269,408	3,718	4,719
1995	0	6,088	263,320	3,704	9,792
1995	0	6,088	257,232	3,621	9,709
1996	0	6,825	250,407	3,537	10,362
1996	0	6,825	243,582	3,443	10,268
1997	0	6,825	236,757	3,349	10,174
1997	0	6,825	229,932	3,255	10,080
1998	0	6,825	223,107	3,162	9,987
1998	0	6,825	216,282	3,068	9,893
1999	0	6,825	209,457	2,974	9,799
1999	0	6,825	202,632	2,880	9,705
2000	0	6,825	195,807	2,786	9,611
2000	0	6,825	188,982	2,692	9,517
2001	0	6,825	182,157	2,599	9,424
2001	0	6,825	175,332	2,505	9,330
2002	0	6,825	168,507	2,411	9,236
2002	0	6,825	161,682	2,317	9,142
2003	0	6,825	154,857	2,223	9,048
2003	0	6,825	148,032	2,129	8,954
2004	0	6,825	141,207	2,035	8,860
2004	0	6,825	134,382	1,942	8,767
2005	0	6,825	127,557	1,848	8,673
2005	0	6,825	120,732	1,754	8,579
2006	0	6,825	113,907	1,660	8,485
2006	0	6,825	107,082	1,566	8,391
2007	0	6,825	100,257	1,472	8,297
2007	0	6,825	93,432	1,379	8,204
2008	0	6,825	86,607	1,285	8,110
2008	0	6,825	79,782	1,191	8,016
2009	0	6,825	72,957	1,097	7,922
2009	0	6,825	66,132	1,003	7,828
2010	0	6,825	59,307	909	7,734
2010	0	6,825	52,482	815	7,640
2011	0	6,825	45,657	722	7,547
2011	0	6,825	38,832	628	7,453
2012	0	6,825	32,007	534	7,359
2012	0	6,805	25,202	440	7,245
2013	0	6,030	19,172	347	6,377
2013	0	6,030	13,142	264	6,294
2014	0	5,824	7,318	181	6,005
2014	0	5,834	1,484	101	5,935
2015	0	737	747	20	757
2015	0	747	0	10	757
TOTAL	273,000	273,000		148,273	421,273



Case 3 : Loan for half of distribution cost of foreign portion  
 Grant for the remaining cost of foreign and local portion

LOAN REPAYMENT SCHEDULE

YEAR	DISBURSEMENT	PRINCIPAL REPAYMENT	PRINCIPAL	INTEREST REPAYMENT	TOTAL REPAYMENT
1985	18,140	0	18,140	0	0
1985	0	0	18,140	249	249
1986	0	0	18,140	249	249
1986	0	0	18,140	249	249
1987	0	0	18,140	249	249
1987	0	0	18,140	249	249
1988	0	0	18,140	249	249
1988	0	0	18,140	249	249
1989	0	0	18,140	249	249
1989	0	0	18,140	249	249
1990	0	0	18,140	249	249
1990	0	0	18,140	249	249
1991	0	0	18,140	249	249
1991	0	0	18,140	249	249
1992	0	0	18,140	249	249
1992	0	0	18,140	249	249
1993	0	0	18,140	249	249
1993	0	0	18,140	249	249
1994	0	0	18,140	249	249
1994	0	0	18,140	249	249
1995	0	454	17,686	249	703
1995	0	454	17,232	243	697
1996	0	454	16,778	237	691
1996	0	454	16,324	231	685
1997	0	454	15,870	224	678
1997	0	454	15,416	218	672
1998	0	454	14,962	212	666
1998	0	454	14,509	206	660
1999	0	454	14,054	199	653
1999	0	454	13,600	193	647
2000	0	454	13,146	187	641
2000	0	454	12,692	181	635
2001	0	454	12,238	175	629
2001	0	454	11,784	168	622
2002	0	454	11,330	162	616
2002	0	454	10,876	156	610
2003	0	454	10,422	150	604
2003	0	454	9,968	143	597
2004	0	454	9,514	137	591
2004	0	454	9,060	131	585
2005	0	454	8,606	125	579
2005	0	454	8,152	118	572
2006	0	454	7,698	112	566
2006	0	454	7,244	106	560
2007	0	454	6,790	100	554
2007	0	454	6,336	93	547
2008	0	454	5,882	87	541
2008	0	454	5,428	81	535
2009	0	454	4,974	75	529
2009	0	454	4,520	68	522
2010	0	454	4,066	62	516
2010	0	454	3,612	56	510
2011	0	454	3,158	50	504
2011	0	454	2,704	43	497
2012	0	454	2,250	37	491
2012	0	454	1,796	31	485
2013	0	454	1,342	25	479
2013	0	454	888	18	472
2014	0	454	434	12	466
2014	0	434	0	0	440
TOTAL	18,140	13,140		9,347	27,987

2. 水道および衛生部門の組織

INSTITUTIONS IN THE WATER SUPPLY AND SANITATION SECTORS

<u>Institution</u>	<u>Function</u>	<u>Ministry Responsible</u>
National Water Supply and Drainage Board	<p>According to the National Water Supply and Drainage Board Law, No. 2, of 1974, the Board is required:</p> <p>To develop, operate, and control an efficient, coordinated water supply and to distribute water for public, domestic, or industrial purposes.</p> <p>To develop, operate, and control an efficient, coordinated sewerage system.</p> <p>To take over and carry on any water supply or sewerage undertaking of any local authority which may be transferred to the Board.</p> <p>To sell water in bulk to any local authority or other organization.</p> <p>To carry out investigations, conduct research, and provide training in connection with water supply and sewerage services.</p> <p>To enter into joint schemes with any approved organization for the development and maintenance of water supply and sewerage services.</p>	<p>Ministry of Local Government, Housing and Construction</p>
Department of Local Government	<p>Assists local authorities in the development, financing, operation, and maintenance of water supply and sanitation services.</p>	<p>Ministry of Local Government, housing and</p>

<u>Institution</u>	<u>Function</u>	<u>Ministry Responsible</u>
Local Authorities: Municipal Councils Urban Councils Town Councils Village Councils	Initiates development of new water supply and sanitation schemes and the improvement of existing.	(Same)
Department of Buildings: Division of Public Health Engineering	Designs and constructs water supply schemes as required for hospitals and Government offices.	(Same)
Local Loans and Development Fund	Grants loans to local authorities for construction of water supply schemes.	(Same)
Common Amenities Board	Designs, constructs, maintains, and finance communal water supply and sanitation facilities in Government-owned housing compounds in urban areas.	(Same)
Department of Public Health Services: Office Environmental and	Responsible for preventive medical care and Environmental health measures. Assists in the development of non-piped sanitation facilities in both urban and rural areas. Monitors water quality of both piped and non-piped water supplies.	Ministry of Health
Water Resources Board	Conducts groundwater investigations and promotes exploitation of groundwater. Advises Minister on the control, regulation, and development of groundwater basins.	Ministry of Lands and Land Development

<u>Institution</u>	<u>Function</u>	<u>Ministry Responsible</u>
Sri Lanka State Plantation Corporation	Responsible for development, operation, and control of water supply and sanitation schemes on plantations under its jurisdiction.	Ministry of State Plantation
Janatha Estates Development Board	Responsible for development, operation, and control of water supply and sanitation schemes on estates under its jurisdiction.	Ministry of Janatha Estates Development
Mahaweli Development Board	Responsible for development of water supply and sanitation schemes in Mahaweli area.	Ministry of Mahaweli Development
Greater Colombo Economic Commission	Responsible for development of water supply and sewerage schemes in Free Trade Zone.	(None)

## 職 務 の 責 任

### 3. Functional Responsibility

The functional responsibilities are summarized below:

#### Regional Level

- Engineering :
- Supervises technical operation of water schemes within Region's boundary.
  - Maintains data and statistics on water production, water quality and Chemical dosage.
  - Performs chemical and bacteriological analysis.
  - Maintains grounds and equipment.
- Construction
- Monitors construction program of the scheme.
  - Attains progress of construction.
- Administration/  
Secretary :
- Implements personnel policies and procedures.
  - Handles personnel training and development.
  - Prepare long term financial plans .
  - Recommends a realistic annual expenditure program for operation, maintenance, and capital expenditures.
  - Maintains construction cost records and generate construction cost reports .
  - Maintains personnel medical cares and transportation.

#### Scheme Level

- Technical :
- Operates the treatment plants, and insures production of potable water.
  - Delivers potable water to every type of customer.
  - Maintains water transmission and distribution, facilities, including service connections.
  - Installs approved water connections, implement closing and reconnection orders.

- Maintains shops and mobile equipment and stores,
- Conducts site survey for construction and controls and supervises construction of projects,

Finance :

- Maintain books of accounts and other financial records,
- Prepares water bills,
- Prepares regular disbursements/collection reports,
- Conducts customer service,
- Handles procurement of materials, supplies and equipment,
- Maintains vehicles and trucks,

学 歴 お よ び 経 験

4. Educational Qualifications and Experience of Staff

Educational qualifications and experience required for the staff are summarized below:

Job Title	Qualification	Experience
Regional Manager	University degree in civil or sanitary engineering	Five years' experience in managing water utility operation
Asst. Regional Manager	- do -	Three years' experience in managing water utility operation
ENGINEERING DIV.		
Division Head	University degree in Civil/sanitary engineering	Three years' experience in water works operation
Design Engineer	Collage degree in civil engineering	- do -
Electrical Foremen	High School/degree in electric engineering	Two years' experience in water works operation
Electrician	High School degree in electric engineering	- do -
Mechanical Foremen	High School degree in mechanical engineering	- do -
Mechanician	- do -	- do -
Laboratory Chief	University degree in chemistry	Three years' experience in water works operation
Laboratory Asst.	High School degree in chemistry	Two years' experience in water works operation
CONSTRUCTION DIV.		
Division Head	High School degree in civil engineering	Three years' experience in water work operation
Monitoring Officer	- do -	

ADMINISTRATION DIV.

Financial Officer	University degree in business management	Five years' experience in finance work
Personnel Officer	High School degree in administration	Three years experience in administration
Administration Officer	- do -	- do -

AMPARAI WATER SCHEME

Manager	University degree in civil/sanitary engineering	Three years' experience in water works operation
---------	---	--

Technical Section Section Head	High School degree in civil sanitary engineering	Two years' experience in water works operation
-----------------------------------	--	--

Finance/Administration  
Section

Accounting Officer	High School degree in business administration	Two years' experience in finance work
Billing Officer	High School degree in administration	Two years' experience in administration

Construction Section

Head	High School degree in civil engineering	Two years' experience in construction
------	---	---------------------------------------



外国援助の状況

5. The Present Ongoing Scheme with Finance of External Sources

External Finance for Water Supply Scheme

	<u>Name of Scheme</u>	<u>Assistance</u>	<u>Project Cost</u>
Grant	1. Matara - Dickwella	England	£ 3.0 million
	2. Katugasteta - Kurunegala	West Germany	D.M. 1,162,713
	3. Mannar	Netherland	DFI 2 million
	4. Polonnaruwa & Matale	Danish	D.K. 75 million
	5. Minuwangoda, Polgella, Amparai, Diyatalawa & Haputale	Sweden	Rs 10.30 million
	6. Harispattuwa & Nilambe	Finland	Allocated F.M. 45.7 million Provided for 1981 F.M. 4.31 million
	7. UNICEF Project for Rural Water Supply Scheme	UNICEF	Phase I US\$ 1,150,000 Phase II US\$ 3,084,000
	8. Rehabilitation of W.S.S.	Netherland	D.G. 4,500,000
Loan	1. Jaffna Peninsula	U.S.A.	US\$ 8 million Grant US\$ 2 m Loan US\$ 6 m
	2. Trincomalee	France	F.F. 519,555,585
	3. Kandy - Improvement of existing plant	France	F.F. 1.5 million
	4. South West Coastal Area Project I	I.D.A. & C.I.D.A.	US\$ 9.2 million C\$ 5.0 million
	5. - Do - Project II	E.E.C.	US\$ 7.0 million

