

### 3.5 水道施設の現状

#### 3.5.1 地下水系施設

ルサカ市の地下水の安全揚水量は約110,000 m<sup>3</sup>/日といわれているが、これは現在の上下水道局の揚水量に等しい。しかし、近年の渇水により、この外にも個人、官庁、企業等の揚水ポンプが多数設置されたため、ルサカ市全体の揚水量は安全揚水量を上回っている。

上下水道局所有の揚水ポンプは図3.7に示すように市内全域に点在して49本あるが、稼働しているのは表3.16に示すように約30本である。1985年雨季の揚水量は表3.12に示すように115,000 m<sup>3</sup>/日であったが、乾期には地下水位の低下等により揚水量は108,000 m<sup>3</sup>/日に低下した。なお、2ヶ所の採石跡湧水(図3.7のNo.40と41)と5ヶ所の地下水(同図のNo.18~20と44、45)がルサカ浄水場配水池(同図のNo.44と45地点)を経由する外は、すべて配水池を経由せず、直接、配水管に注入されて全市内に給水されている。なお、揚水ポンプの運転管理は、Lusaka Water Works Sectionが行なっている。

#### 3.5.2 表流水系(カフエ系)施設

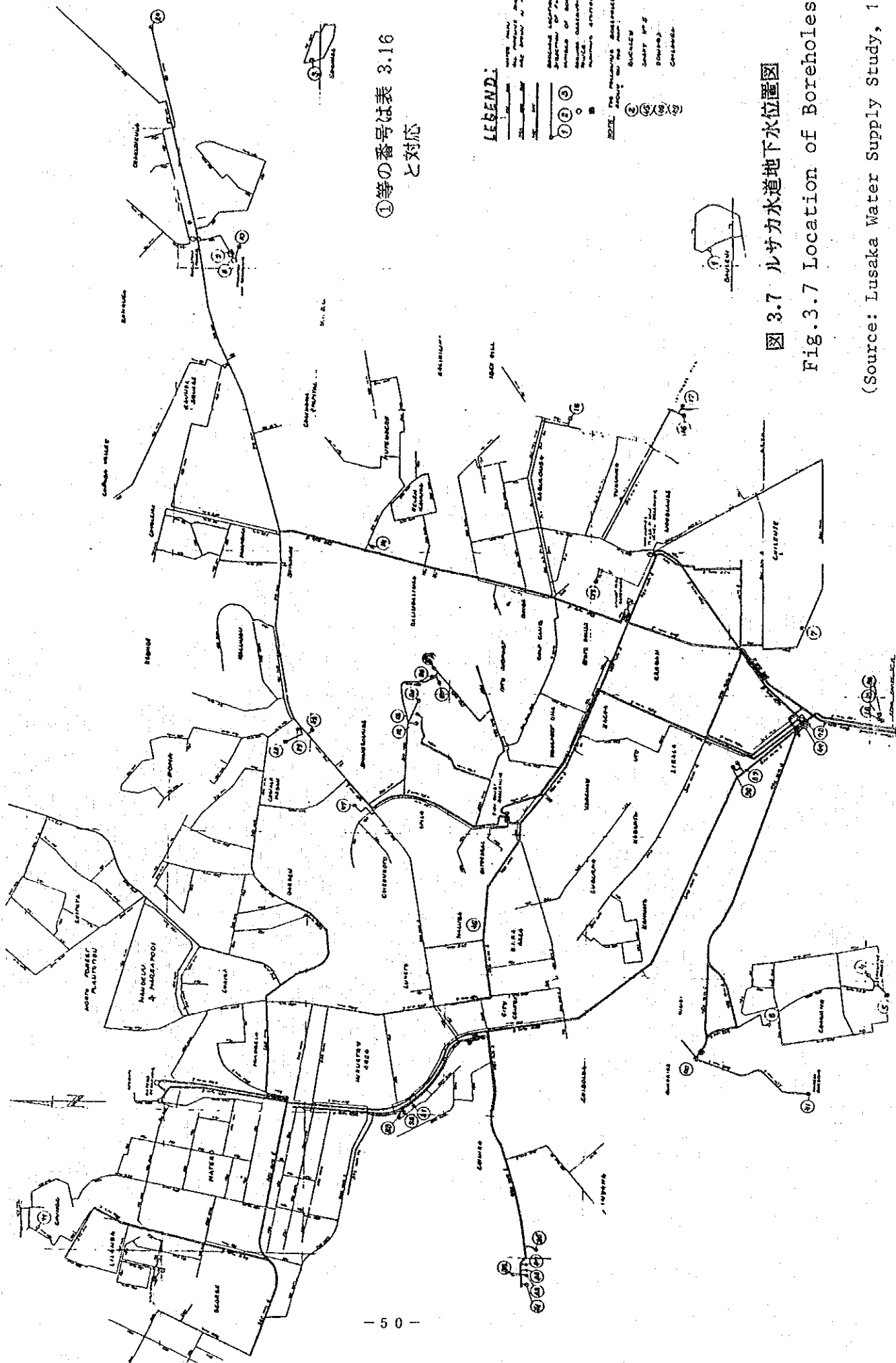
##### (1) 全体フロー

ルサカ市は海拔1,260~1,300 mの垂カルスト地形上にある。このため、雨水は地下に浸透し石灰岩のすき間に滞水し、市内に顕著な河川はない。このため、同市の表流水水源は図3.8に示すように市の南約50 Kmにあるカフエ川であり、同川とルサカ市の標高差は約300 m(図3.9参照)である。取水場近辺のカフエ川は、同川下流にあるダムの湛水域であり取水量は安定している。

カフエ系の処理フローを図3.10に、水位高低図を図3.11に示すが、原水は取水ポンプで増圧し、導水管を通じて1.7 Km離れたカフエ浄水場へ送水される。カフエ浄水場(図3.12参照)では、導水された処理水に硫酸バンドを注入、攪拌しフロック形成後、沈でん池(30池)で汚泥を排除する。

さらに、処理水は重力式急速ろ過池(20池)で微細なフロックを除去され、ろ過される。ろ過された水は、ろ過池後段で消石灰を注入しpH調整を行なうと共に塩素接触池で塩素を注入し、浄水の消毒を行なっている。

消毒後の浄水は、浄水池で一担貯留され、送水ポンプで26 Km離れたチランガ中継ポンプ場受水池へ送水される。チランガ中継ポンプ場内送水ポンプで更に増圧され24 Km離れたルサカ市のスチュアートパーク配水池へ送水される。



①等の番号は表 3.16  
と対応

図 3.7 ルサカ水道地下水位置図  
Fig.3.7 Location of Boreholes

(Source: Lusaka Water Supply Study, 1985)

表 3.16(1) 地下水概要  
Table.3.16(1) Ground Water Source

No	BOREHOLE IDENTITY	DATE OF COMMISSIONED	DEPTH OF B/H (m)	DIAMETER OF B/H (mm)	YIELD TEST (L/S)	CURRENT ABSTRACTION IN m <sup>3</sup> /h RECORDED IN 1985		WATER LEVEL	
						WET SEASON	DRY SEASON	WET SEASON	DRY SEASON
1	BAULENI	11/2/74	45.7	150	7.4	65	70	13.60	14.70
2	BUCKLEY	17/2/76	62.0	150	1.8	10	10	10.15*	12.00
3	CHAINDA	-	-	-	-	-	80	8.20*	15.00
4	CHAWAMA B/H No1	28/6/82	60.0	250	8.3	150	150	12.70	14.00
5	CHAWAMA B/H No2	-	-	-	-	55	160	8.85*	10.00
6	CHAWAMA B/H No3	6/2/76	61.0	300	6.6	-	-	3.95*	-
7	CHILENJE SOUTH	26/11/82	37.5	300	34.0	68	10	14.00	16.50
8	CHELSTON B/H No1	20/6/75	55.0	200	-	35	-	26.00*	-
9	CHELSTON B/H No2	12/7/75	61.0	200	6.25	35	35	26.00	31.00
10	CHELSTON B/H No3	-	-	-	-	80	50	-	31.00
11	CHUNGA	12/1/81	40.0	311	16.0	-	-	1.00*	-
12	INTER SCHOOL 6B	6/10/68	-	-	-	120	100	16.10	20.90
13	INTER SCHOOL 6D	18/10/82	60	300	50.0	200	190	15.05	19.80
14	KALINGALINGA 7C	-	-	-	-	-	-	-	-
15	LAKE ROAD	15/8/75	68.5	200	10.0	45	45	20.00	37.00
16	LEOPARD HILL I	-	-	-	-	220	240	16.15	25.00
17	LEOPARD HILL II	-	-	-	-	-	-	16.0*	-
18	LILAYI ROAD 1C I	28/3/75	67.0	200	6.6	65	-	16.75	-
19	LILAYI ROAD 1C II	-	-	-	-	60	-	-	-
20	LILAYI ROAD 1C III	-	-	-	-	110	-	16.75	-
21	LUMUMBA ROAD I 4A	30/9/82	65	300	50.0	140	100	15.20	25.90
22	LUMUMBA ROAD II 4B	-	-	-	-	150	100	16.10	29.20
23	LUMUMBA ROAD III 4C	-	-	-	-	-	60	6.70*	33.20
24	MOLO FARM	-	-	-	-	240	240	10.70	11.00
25	MASS MEDIA I	-	-	-	-	160	250	15.50	15.70
26	MASS MEDIA II	12/12/80	65.0	311	17.60	155	250	15.10	16.52
27	MASS MEDIA III	2/10/82	65.0	200	50.0	-	-	12.90*	-
28	MULUNGUSHI HALL 6H	15/5/79	68.2	200	6.6	-	120	26.10	30.80
29	MULUNGUSHI HALL 6A	-	41.0	-	18.9	-	-	8.20*	-
30	NATIONAL ASS MOTEL	-	-	-	45.0	-	-	7.0*	-

表 3.16(2) 地下水概要

Table 3.16(2) Ground Water Source

No.	BOREHOLE IDENTITY	DATE OF COMMISSIONED	DEPTH OF B/H (m)	DIAMETER OF B/H (mm)	YIELD TEST (L/S)	CURRENT ABSTRACTION IN m <sup>3</sup> /h RECORDED IN 1985		WATER LEVEL	
						WET SEASON	DRY SEASON	WET SEASON	DRY SEASON
31	OLD MUMBWA ROAD I	-	-	-	-	280	100	3.70*	34.00
32	OLD MUMBWA ROAD II	8/4/70	39.0	150	9.0	-	-	3.90*	-
33	OLD MUMBWA ROAD III	23/7/75	70.7	350	8.3	90	-	3.70	-
34	OLD MUMBWA ROAD IV	-	-	-	-	150	130	4.40	19.70
35	OLD MUMBWA ROAD V	2/3/70	39	150	6.67	95	95	-	-
36	OLD MUMBWA ROAD VI	-	-	-	-	320	320	4.75	19.40
37	OLD PUMPING STATION I	5/11/81	65.0	425	30.0	-	160	12.75*	20.00
38	OLD PUMPING STATION II	-	-	-	-	-	-	11.60*	-
39	PARKS NURSERY	-	-	-	-	-	36	39.10	44.90
40	GREYSTON QUARRY	-	-	-	?	?	300	-	-
41	NICHOLAS QUARRY	-	-	-	-	-	-	-	-
42	SHOW GROUND	-	83.0	-	119.44	-	110	16.10	33.60
43	WATER WORKS I	-	-	-	-	320	320	18.65	21.00
44	WATER WORKS II	-	-	-	-	110	-	18.10	-
45	SHAFT No 5	-	-	-	-	500	640	33.20	33.00
46	PARIRENYATWA	20/7/82	60.0	150	5.5	-	-	12.10*	-
47	NORTHMEAD	4/10/82	56.4	250	50	140	75	5.45	10.00
48	HOWARD	18/6/76	61.0	250	6.6	-	-	-	-
49	FREEDOM COMPOUND	-	-	-	-	20	-	-	-
						4791 m <sup>3</sup> /h	3505 m <sup>3</sup> /hour		
						11498 m <sup>3</sup> /day	108120 m <sup>3</sup> /day		

NOTE: \* Water level when pump not in operation

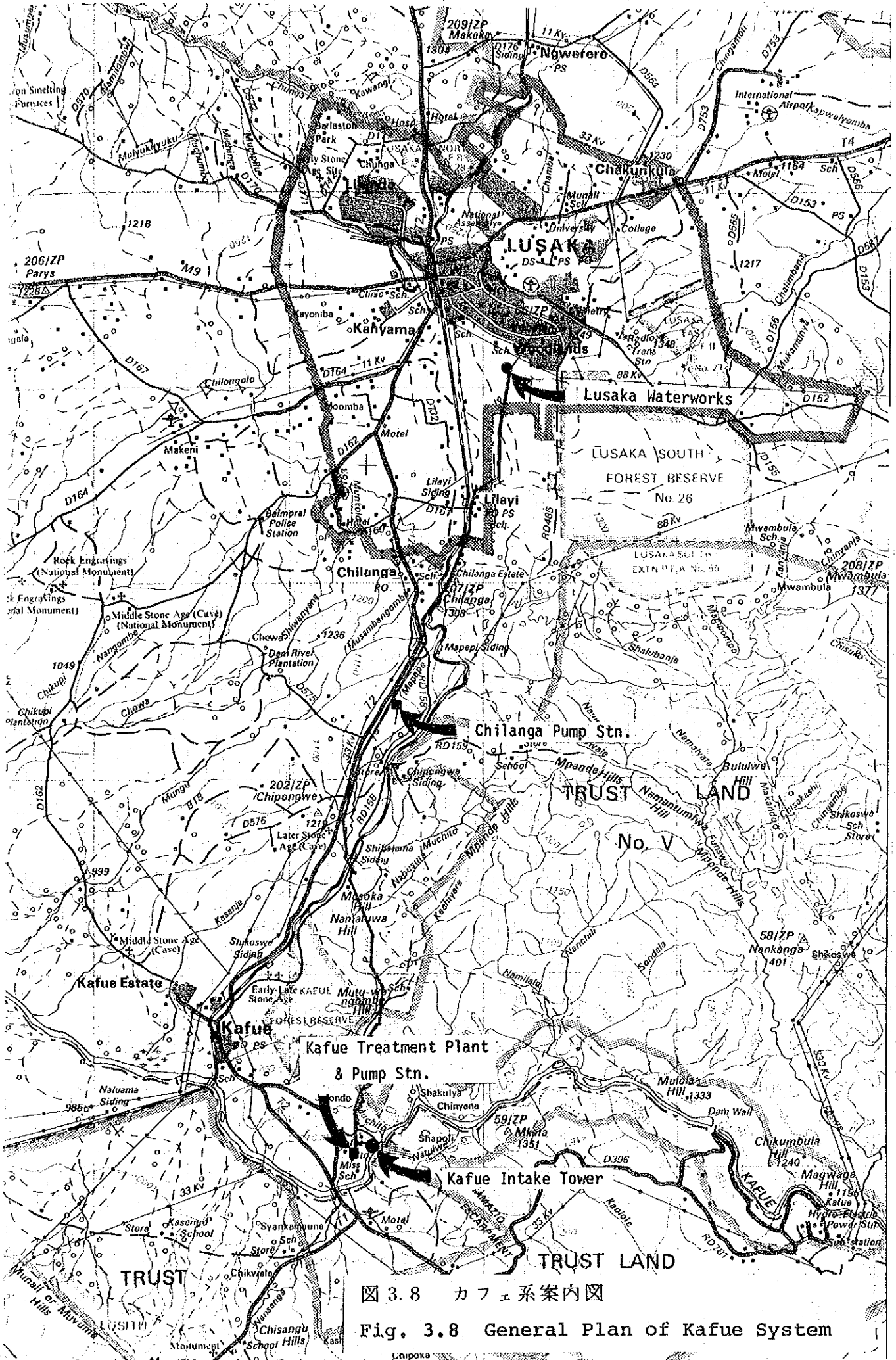


図 3.8 カフェ系案内図

Fig. 3.8 General Plan of Kafue System

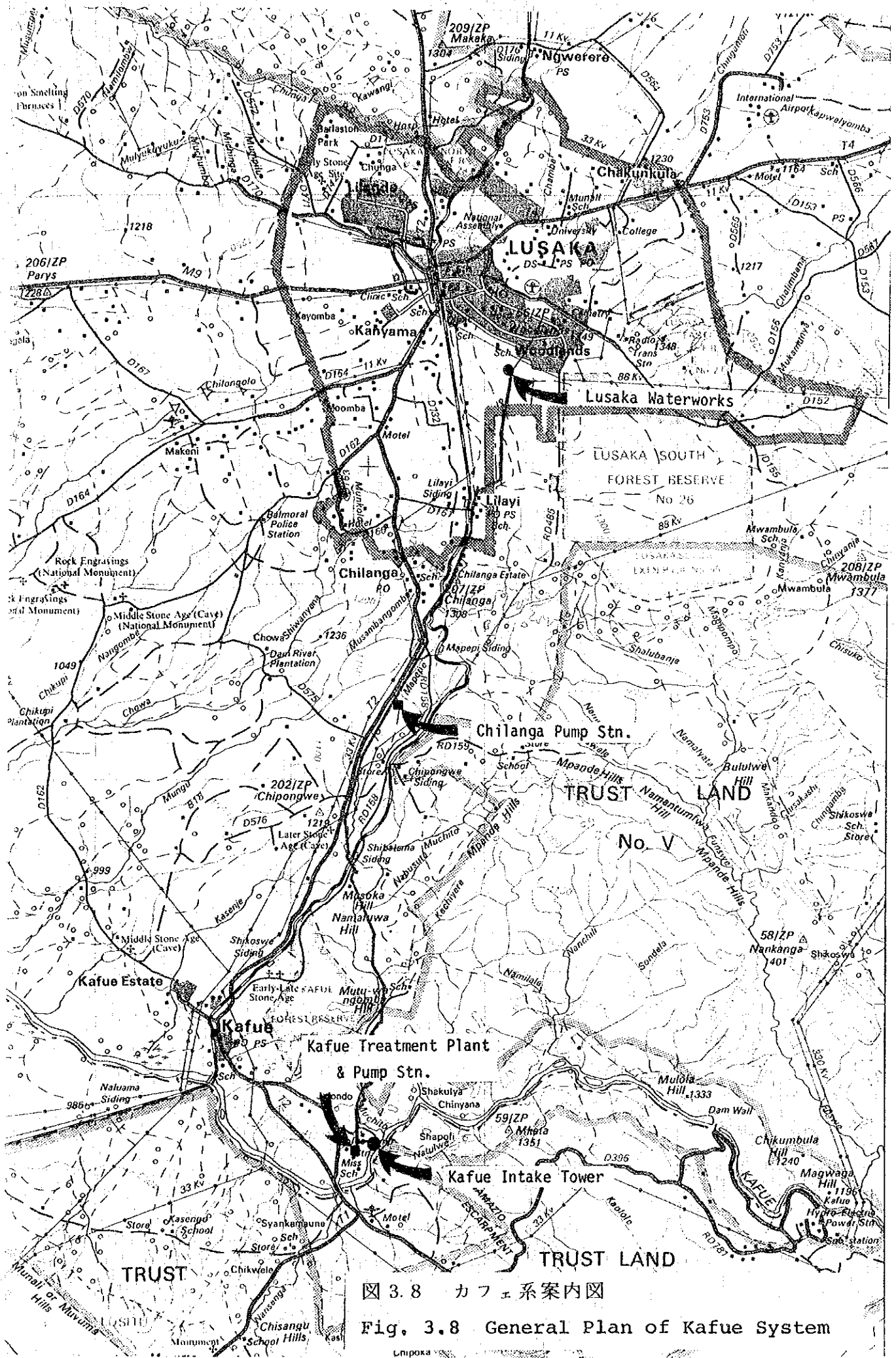


図 3.8 カフェ系案内図

Fig. 3.8 General Plan of Kafue System



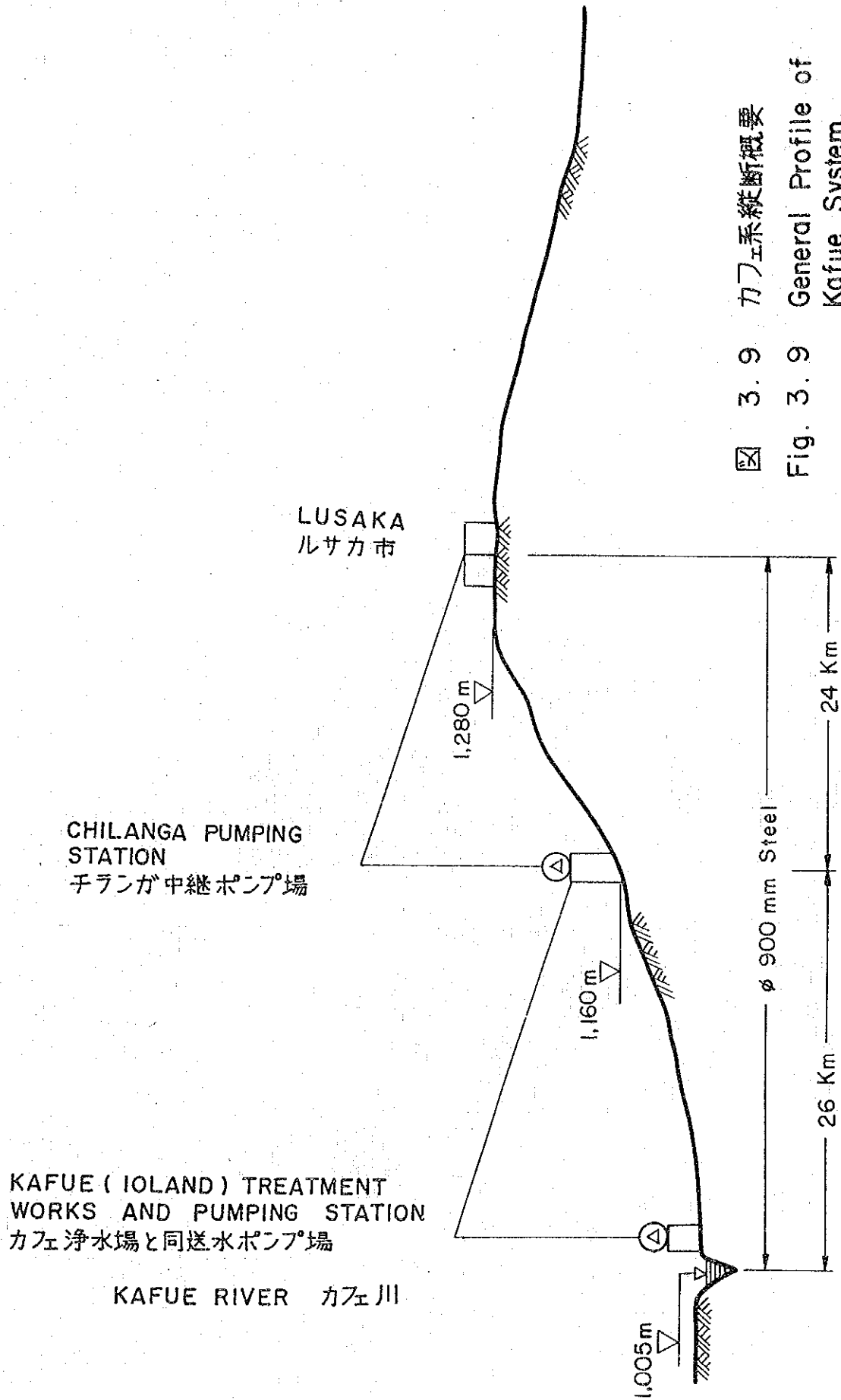


図 3.9 カフェ系縦断概要  
 Fig. 3.9 General Profile of Kafue System



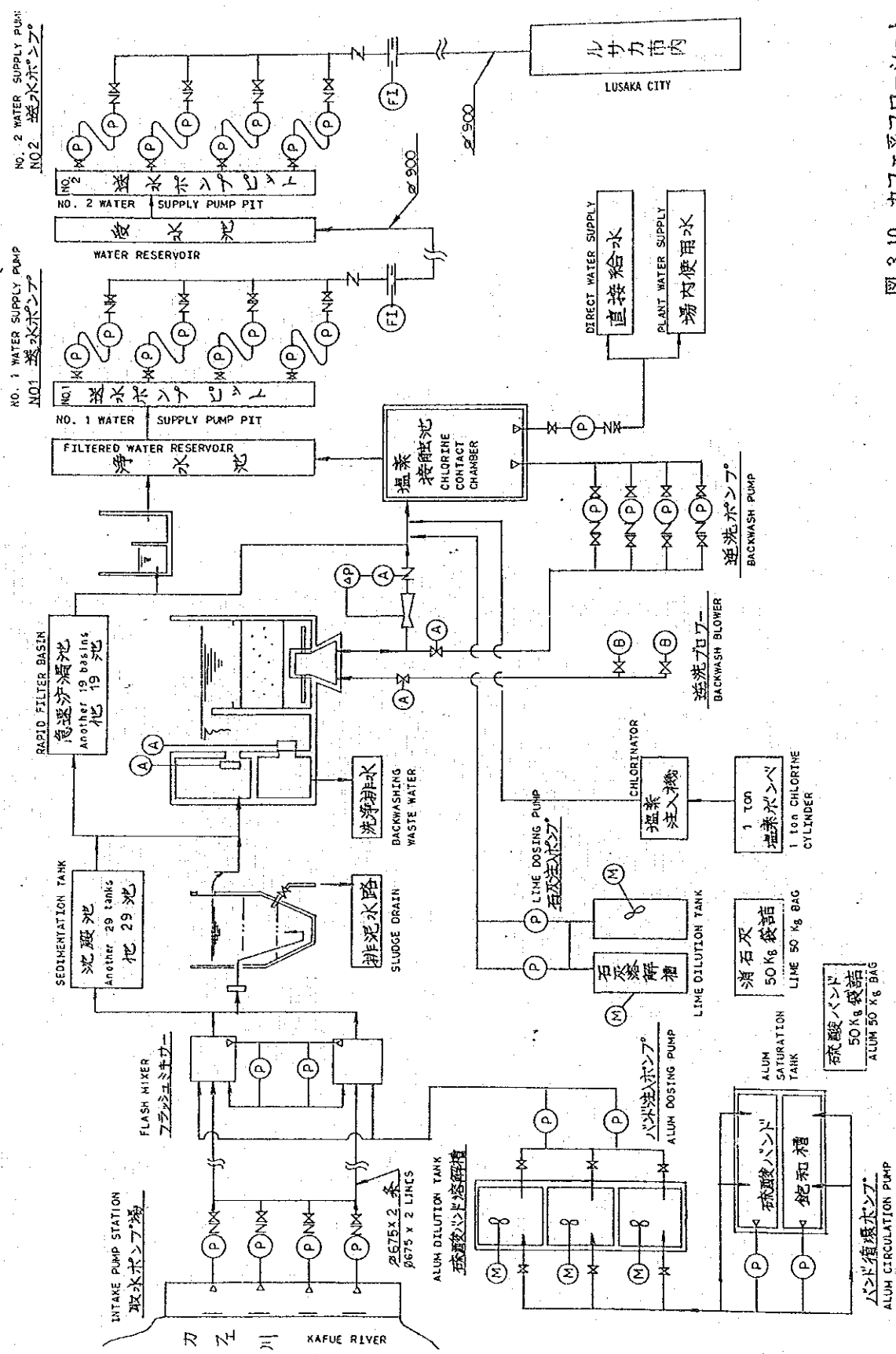
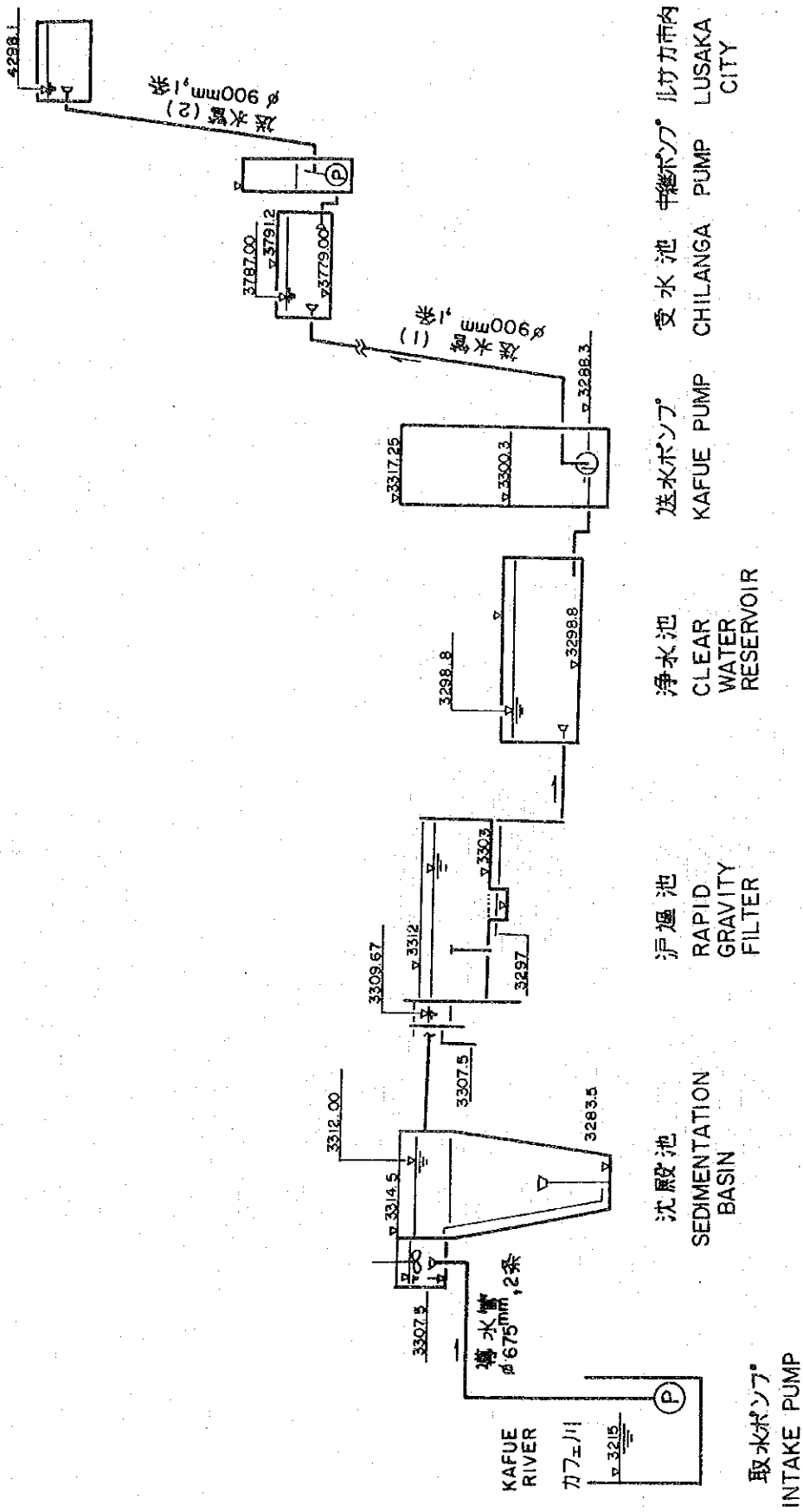


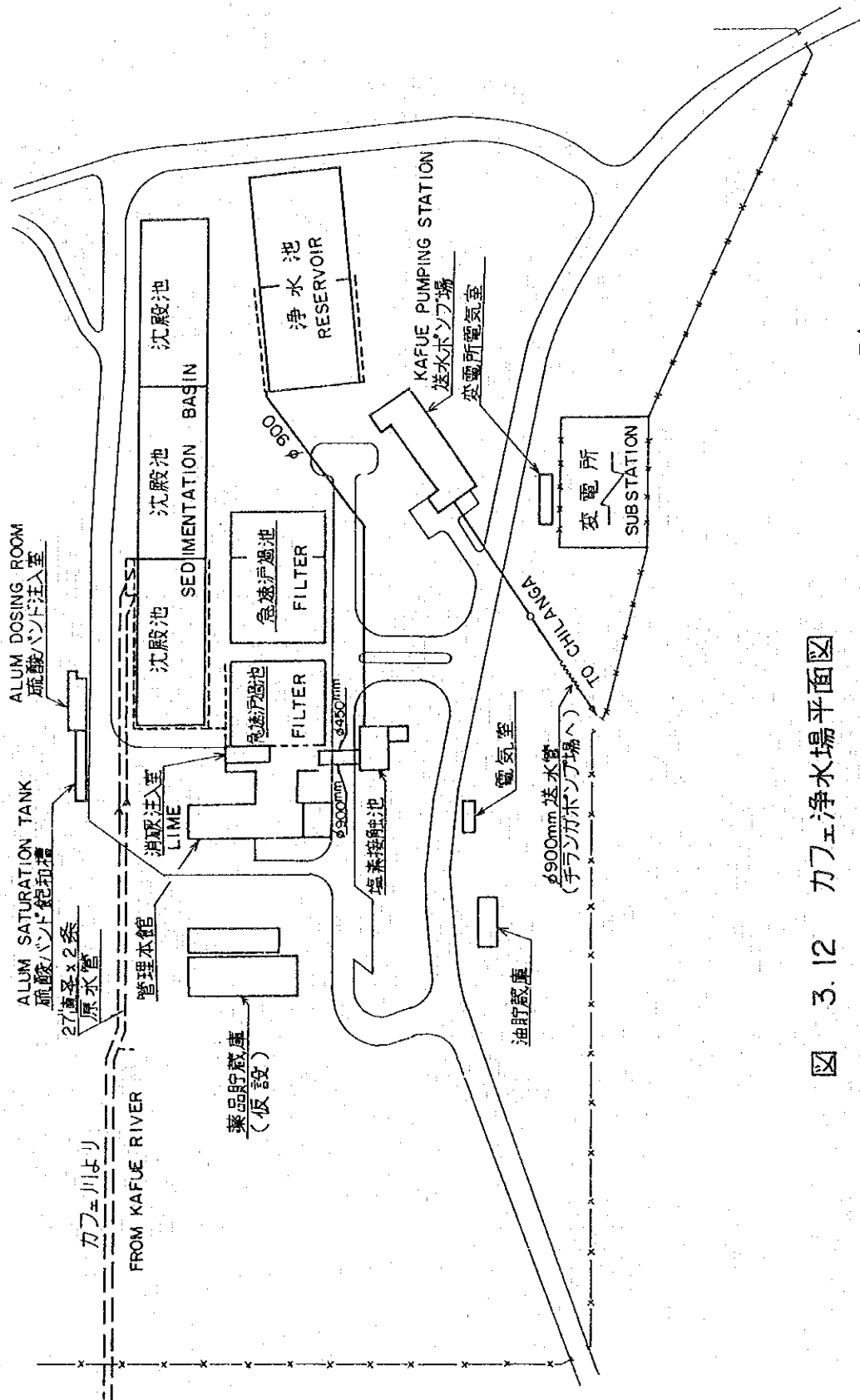
図 3.10 カフエ系フローシート  
Fig.3.10 Flow Sheet of Kafue System



{単位：フィート}  
{UNIT: FEET}

図 3.11 カフエ系水位高低図

Fig 3.11 Water Table of Kafue System



☒ 3.12 カフエ浄水場平面図

Fig. 3.12 General Plan of Kafue Treatment Plant

(2) 取水・導水施設

① 取水ポンプ

型式：立軸斜流ポンプ	
容量：1,560 m <sup>3</sup> /H	1,140 m <sup>3</sup> /H
揚程：44 m	44 m
電動機：240 kw	180 kw
台数：3台	1台 合計 4台

・取水ポンプの老朽化が進んでおり、故障が頻発している。

② スクリーン

型式：オートスクリーン

台数：2台

- ・粗目スクリーンが作動不良
- ・取水口にシルトが溜り、年1回ダイバーを雇って除去している。

③ 取水ゲート

台数：8門

- ・取水ゲートが作動不良

④ 導水管

φ675mm鋼管×2条

導水距離 L = 1,700 m

これらの状況に鑑み、西ドイツ国の援助によりポンプの据付工事が行なわれている。また、取水ゲート及び粗目スクリーンは作動不良であるが現状での交換は、困難であり、今後、新規取水ポンプ場築造の際に交換する事により、対応が可能である。

(3) 浄水施設

① 硫酸バンド注入設備

a. 飽和槽

槽寸法：9.6 m<sup>L</sup> × 3.0 m<sup>L</sup> × 3.0 m<sup>H</sup> (有効寸法)

材質：コンクリート製

槽容量：86 m<sup>3</sup>/槽 (172 m<sup>3</sup>/2槽)

槽数：2槽

- ・飽和槽の状況は酸におかされており、クラックの発生、コンクリートの剝離等がみられ、老朽化が進んでいる。

b. 溶解槽

槽寸法：3.0 m<sup>L</sup> × 1.8 m<sup>L</sup> × 1.5 m<sup>H</sup>（有効寸法）

材質：コンクリート製

槽数：3槽

槽容量：8 m<sup>3</sup>/槽（24 m<sup>3</sup>/3槽）

溶解バンド貯留量：6.8 m<sup>3</sup>/槽

・溶解槽も酸におかされて老朽化が進んでいる。

c. 溶解槽用攪拌機

型式：高速攪拌機

電動機：1.5 kW × 400 V

台数：3基

・溶解槽用攪拌機は故障しており使用できない。

d. 飽和槽循環ポンプ

型式：スクルー式

吐出量：9 m<sup>3</sup>/H

揚程：15 m

電動機：2.2 kW × 400 V

台数：2台

・循環ポンプ及び管弁類は老朽化が進んでおり、今後の使用にたえかねる。

e. 硫酸バンド注入ポンプ

型式：手動ストローク制御ダイヤフラムポンプ

吐出量：1.14 m<sup>3</sup>/H（19 litre/分）

電動機：0.75 kW × 400 V

台数：2台（内1台予備）

・注入ポンプ、及び管弁類は老朽化が進んでおり、今後の使用にたえかねる。

f. フラッシュミキサー

型式：横軸渦巻ポンプ

容量：636 litre/分

揚程：12 m

電動機：3.75 kW

台数：2台（内1台予備）

・硫酸バンド攪拌方式は、ポンプ循環方式であるが、ポンプが故障しており、現在使用できない。

② 沈でん池

型式：上向流式スラッジブランケット型

形状寸法：逆円錐型 9 m 角 × 8.7 m<sup>H</sup> ( コーン部 7.2 m<sup>H</sup> )

上昇流速：2.26 m / 時

池数：30 池

- ・沈でん池形状は、上向流式スラッジブランケットタイプであるが、スラッジゾーンから集泥する為のスラッジポケットが全て現存せず、現在は排泥パイプから排泥している。

③ 急速ろ過池

a. 急速ろ過池

構造：鉄筋コンクリート

池寸法：10.5 m × 4.5 m

ろ過面積：10.5 × 4.5 = 47.25 m<sup>2</sup> / 1 池

型式：重力式単層ろ過池

池数：20 池

洗浄方式：ろ過層の洗浄方式は空気洗浄と逆流洗浄を組合せた方式であり、空気洗浄により上昇気流の微振動により付着濁質をはく離し、比較的低速度の逆流洗浄でろ層から濁質を排出させるものである。

ろ層構成

層	ろ材	粒 径	ろ層高
支持層	砂利	φ 38mm ~ φ 50	75mm
		φ 12.5 ~ φ 38	75
		φ 6.35 ~ φ 12.5	100
		φ 3 ~ φ 10	100
		φ 2.5 ~ φ 6.35	150
ろ材	砂	graded sand media	600

- 建設以来一度もろ材の洗浄、スクリーニング、補充をしていない様子であり、ろ過ろ材の不整合（粒径の不ぞろい）とろ材の減少がみられる。
- 逆洗排水時に排水中濁度が、低濃度になるまで長時間必要とした。
- ろ過層でのマッドボールの形成がみられる。

b. ろ過流調節弁

型式：ベンチュリー付きエア-作動式自動調節弁（スルースバルブ）  
 口径：250mmφ  
 材質：FC  
 数量：20台

- ろ過流量調節弁（空気式自動弁）の空気シリンダーが不良、空気源が故障、操作系統が全て故障しており、手動で操作しているが操作が非常に困難である。

c. 集水枝管

型式：多孔管  
 寸法：80mmφ×2,100mm  
 材質：アスベスト管  
 数量：全体20池分

- ろ過層表面の不陸状態がみられる。

d. 他の自動弁

• 流入ゲート

型式：エア-作動式ゲート  
 形状：380mm  
 門数：20台

• 流出ゲート

型式：エア-作動式ゲート  
 形状：380mm  
 門数：20台

• 逆洗バルブ

型式：エア-作動式スルースバルブ  
 形状：380mm直径  
 台数：20台

• エア-洗浄バルブ

型 式：エア-作動式スルースバルブ

形 状：150mm直径

台 数：20台

- 上記のエア-作動式ゲート、バルブ等の空気シリンダーが不良であり、空気源及び、操作系統が全て故障し、手動操作をしているが操作は非常に困難である。

e. 洗浄用ブロワー

型 式：ルーツブロワー

要 項：29.5 m<sup>3</sup>/min × 4 m

電 動 機：30 kW、400 V、50 Hz、3相

数 量：2台（内 1台予備）

- 洗浄用ブロワーは老朽化しており、今後の使用にたえかねる。

f. 洗浄ポンプ

型 式：横軸渦巻ポンプ

口 径：吸込 250mmφ

吐出 200mmφ

要 項：8.0 m<sup>3</sup>/min × 1.4 m

電 動 機：30 kW、400 V、50 Hz、3相

数 量：4台

- 洗浄ポンプは老朽化しており、今後の使用にたえかねる。

④ 消石灰注入設備

当初計画の消石灰注入設備は、消石灰貯留槽（コンクリート製）、消石灰小出槽（鋼板製）及び定量フィダーを有し、Vortexタイプのミキサーにより注入する方式であったが、現状は、暫定的に鋼板製溶解タンク、石灰注入ポンプを設置し、運転している。

(4) 送水施設

① カフェ送水ポンプ場

型 式：横軸直列2段渦巻ポンプ

容 量：1,515 m<sup>3</sup>/時

揚 程：2.35 m

電 動 機：1,350 kW

台 数：4台



- 上記送水ポンプ場は4台中2台が稼働しているにすぎない。  
(現在の送水能力は84,000 m<sup>3</sup>/日に低下している)
- ポンプは直列2段ポンプであり、ポンプ廻り配管が複雑である。
- ポンプインペラには、キャビテーションによる腐蝕、損傷がみられる。よって、1台当りの能力低下が生じていると予測できる。
- ポンプ吐出弁弁体は、キャビテーションにより損傷し、過去3～4年に一度の割合で吐出弁を交換している。
- ポンプ用電動機は巻線型誘導同期電動機であり、始動用液体抵抗器励磁器を具備しており、維持管理を複雑にしていると共に励磁器の誤操作もあり、故障の原因となっている。
- ポンプ室ビットが狭く、電動機からの発熱を逃す為の換気装置がないことから、室内温度は40℃を越しており、維持管理上支障がある。

## ② 送水管

φ91.5mm鋼管×1条 L=5,100.0m

- かなりの漏水がみられる。

## ③ チランガ中継ポンプ場

型式：横軸直列2段渦巻ポンプ

揚程：23.5m

電動機：1,350kW

容量：1,515m<sup>3</sup>/時

台数：4台

- 上記ポンプ場は4台中1台が故障し、3台のみ稼働可能であり、予備機がない。  
(現在の送水能力は84,000 m<sup>3</sup>/日に低下している)
- ポンプは直列2段ポンプであり、ポンプ廻り配管が複雑である。
- ポンプインペラには、キャビテーションによる腐蝕、損傷がみられる。よって、1台当りの能力低下が生じていると予測できる。
- ポンプ吐出弁弁体は、キャビテーションにより損傷し、過去3～4年に一度の割合で吐出弁を交換している。
- ポンプ用電動機は巻線型誘導同期電動機であり、始動用液体抵抗器励磁器を具備しており、維持管理を複雑にしていると共に励磁器の誤操作もあり、故障の原因となっている。
- ポンプ室ビットが狭く、電動機からの発熱を逃す為の換気装置がないことから、室内温度は40℃を越しており、維持管理上支障がある。

(5) 電気設備

① 浄水場

a. 受変電設備

受電方式：常用－予備 2回線 架空引込

受電電源：3.3 kV、50 Hz

変圧器：5 MVA × 2基、3.3 kV / 3.3 kV 油入自冷式

高圧盤：変電所電気室に閉鎖盤を配置

b. 動力設備

配電方式：3.3 kV / 400 V、300 kVA × 2台の変圧器による場内低圧配電。ただし、取水場は3.3 kV × 2回線配電

動力制御盤：硫酸バンド注入盤、ろ過池洗浄ポンプ、洗浄フロア盤、消石灰注入盤、送水ポンプ電動機盤、送水ポンプ補機盤

- ・変圧器が1台故障しているため、負荷の増設が出来ない。

c. 監視、計装設備

監視盤配置：ろ過池操作室

監視項目：浄水池水位（フロート式）

送水流量（オリフィス式）

- ・ろ過池操作室に設置されている監視盤はすべて機能していない。
- ・浄水池水位計は動作していない。
- ・送水流量は差圧電送器が故障しているため、表示が不安定である。

② チランガ中継ポンプ場

a. 受変電設備

受電方式：常用－予備 2回線 架空引込

受電電源：3.3 kV、50 Hz

変圧器：5 MVA × 2基、3.3 kV / 3.3 kV 油入自冷式

高圧盤：変電所電気室に閉鎖盤を配置

- ・停電事故が多い。

b. 動力設備

配電方式：3.3 kV / 400 V、75 kVA の変圧器による場内低圧配電

動力制御盤：送水ポンプ補機盤

c. 監視、計装設備

監視盤配置：作業員詰所

監視項目：受水池水位（フロート式）

送水流量（オリフィス式）

- ・監視盤は機能していない。
- ・受水池水位計は動作していない。
- ・送水流量は、差圧電送器、指示計が故障しており、表示していない。

③ 送電線路

送電電圧：3.3 kV

送電回線：2回線

送電方式：架空式

送電線路：単線200sq、6条

- ・カフェ浄水場への架空送電線路は変電所近傍の硫酸工場のダスト等により絶縁不良を起し、しばしば停電事故を引き起こしている。

(6) 維持管理施設・車輛

① 無線通信施設

・ルサカ局：380～420 MHz、1.5 watts、2チャンネル  
アンテナ

・チランガ局：380～420 MHz、1.5 watts、水位、流量、信号搬送装置付  
アンテナ

・カフェ局：380～420 MHz、1.5 watts、水位、流量、信号受信装置付  
アンテナ マイクロホン

・カフェ浄水場とチランガ中継ポンプ場、チランガ中継ポンプ場とルサカ市内のルサカ浄水場間には無線通信設備があり、これを利用してポンプの運転制御を行っていたが、雷による外部サージが原因と考えられる機器破損により無線機が使用不能となっている。

（アンテナは使用可能）

・ポンプの運転制御を電話（公社線）連絡で行っているが、つながらないケースがしばしば生じている。

② 車 輛

・車輛台数：カフェ浄水場 1台

チランガ中継ポンプ場 1台

・車輛の台数が少なく、しかも現有車輛に故障が多い。

### 3.5.3 配水施設

配水施設の大半は1960年代に整備されたものである。現在、配水池は図3.13に示すように市内に点在しており稼働している池の総容量は表3.17に示すように合計134,000 m<sup>3</sup>/日である。この容量は、1985年の供給量195,000 m<sup>3</sup>/日の約70%であるが、日本の水道施設基準（昼夜間の需要を調整する水量で、1日平均給水量の30%前後）で判断すると十分な量である。

しかし、実際の配水状況は配水施設の系統が整備されていないため、地域により配水の安定度が異なる。創設当初は配水区が設定されており、各配水区の配水池容量と配水管容量は適正なものに設定されていた。しかし、需要が全市的に伸び、しかも市域の拡大により、需要量の分布と配水池・配水管容量の分布がずれてきた。このため、配水区境の仕切弁を開放し、水不足の生じている地区へ水の余裕ある地区から水をまわすようにした。全体の水需要が少ない間はこの方法で給水できたが、水需要の伸びがふえるにつれ配水管容量の不足が顕著なものになり現在に至っている。

市内の配水管布設状況を図3.14に示す。配水管布設延長は数百kmになると想定され、一般的には大口径管（直径600mm～200mm）は鋼管、小口径管（直径150mm～75mm）は石綿セメント管で布設されている。

### 3.6 要請の内容

ルサカ市上下水道局は、1985年“Lusaka Water Supply Background Report and General Development Strategy”と“Immediate Improvement Project、緊急改善計画”の2つの小冊子を発表した。それらには（3.4.2節参照）、新規施設の拡張と既存施設の改善が必要である事が説明されているが、両者を同時に実施することが困難なため、まず既存施設の改善を図ることが必要であることが述べられている。

しかし、既存施設の改善が必要な箇所は、表流水と地下水系の両者にまたがり、しかも取水から配水・給水施設に至るすべての施設にまたがっているため、ルサカ市上下水道局は既存施設の中でも、特に重要な表流水系（カフェ系）施設の改善に着手することとし、取水ポンプの改善については西ドイツ政府に援助を要請した。これに引き続き、ザンビア国政府は表流水系施設のカフェ浄水場、同ポンプ場とチランガ中継ポンプ場の改善について日本国政府に無償資金協力要請を行なった。

表 3.17 ルサカ市の上水道の配水池概要

配水池	容量 (m <sup>3</sup> )	高水位 (m)	備 考
Stuart Park	90,920	1,309	
Woodlands Tower	1,320	1,347	
Woodlands	4,550	1,322	
High Court	11,360	1,297	
Chelston Tower	230	1,270	
Chelston	115	1,229	
Chelston	(115)	1,229	Not Operating
Lumumba Road	9,090	1,285	
Lilanda	(230)	1,260	Not Operating
Matero	(9,090)	1,301	Not Operating
New Matero	11,000	1,295	
Lusaka Water Works	4,500	—	
Chawama Tower	180	1,307	not connect main distribution system
Chawama	450	1,283	
Total	133,715		

(注) 配水池は Tower 型式 (これは、地上 20 ~ 30 m に設けている) のものを除き、地上に設けられている。

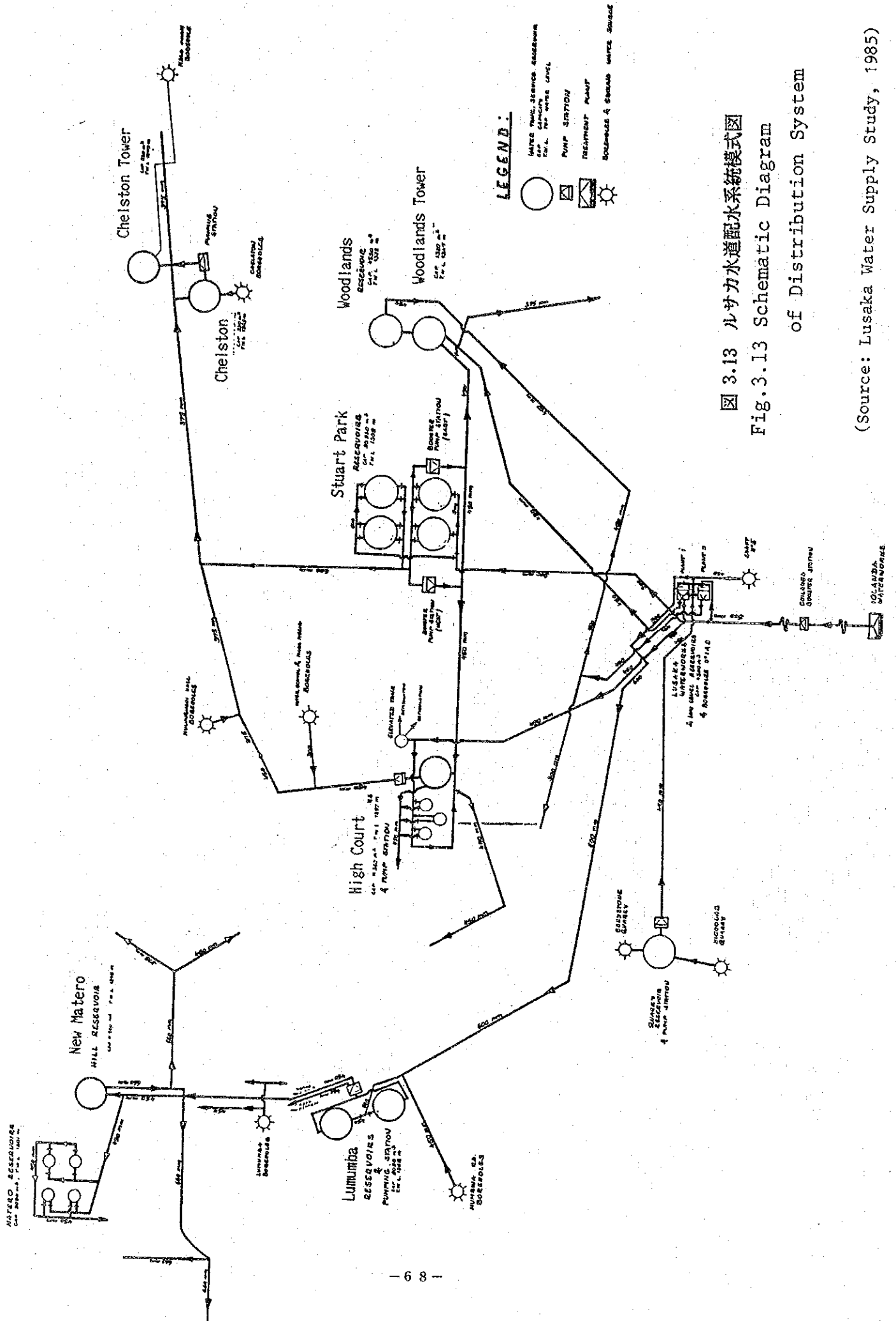
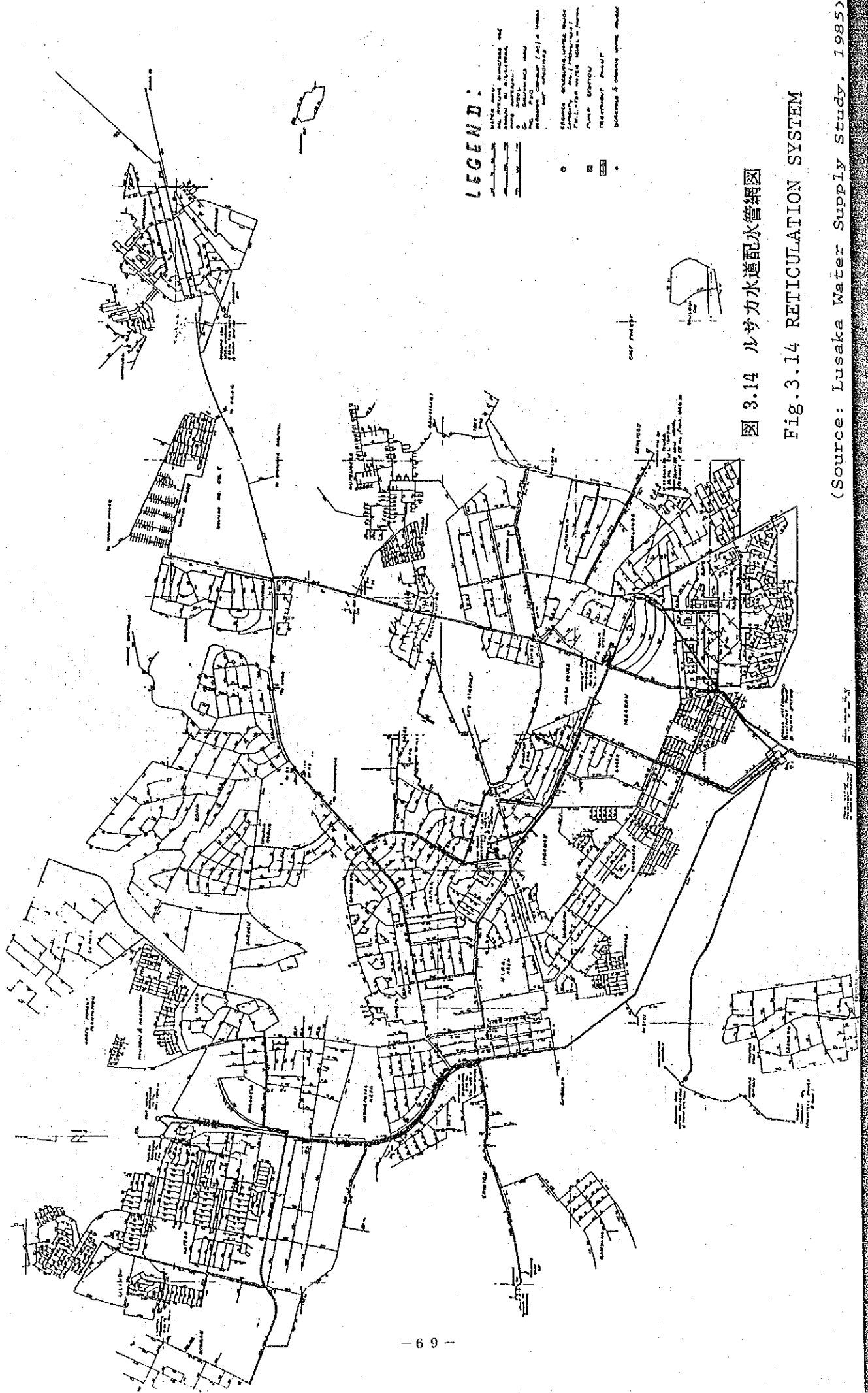


图 3.13 卢萨卡水道配水系统模式图  
 Fig. 3.13 Schematic Diagram of Distribution System

(Source: Lusaka Water Supply Study, 1985)



**LEGEND:**

- (Symbol: solid line) INTAKE, TRANSMISSION & DISTRIBUTION
- (Symbol: dashed line) TRANSMISSION
- (Symbol: dotted line) DISTRIBUTION
- (Symbol: circle) STORAGE
- (Symbol: rectangle) PUMP STATION
- (Symbol: square) RESERVOIR
- (Symbol: triangle) PUMP

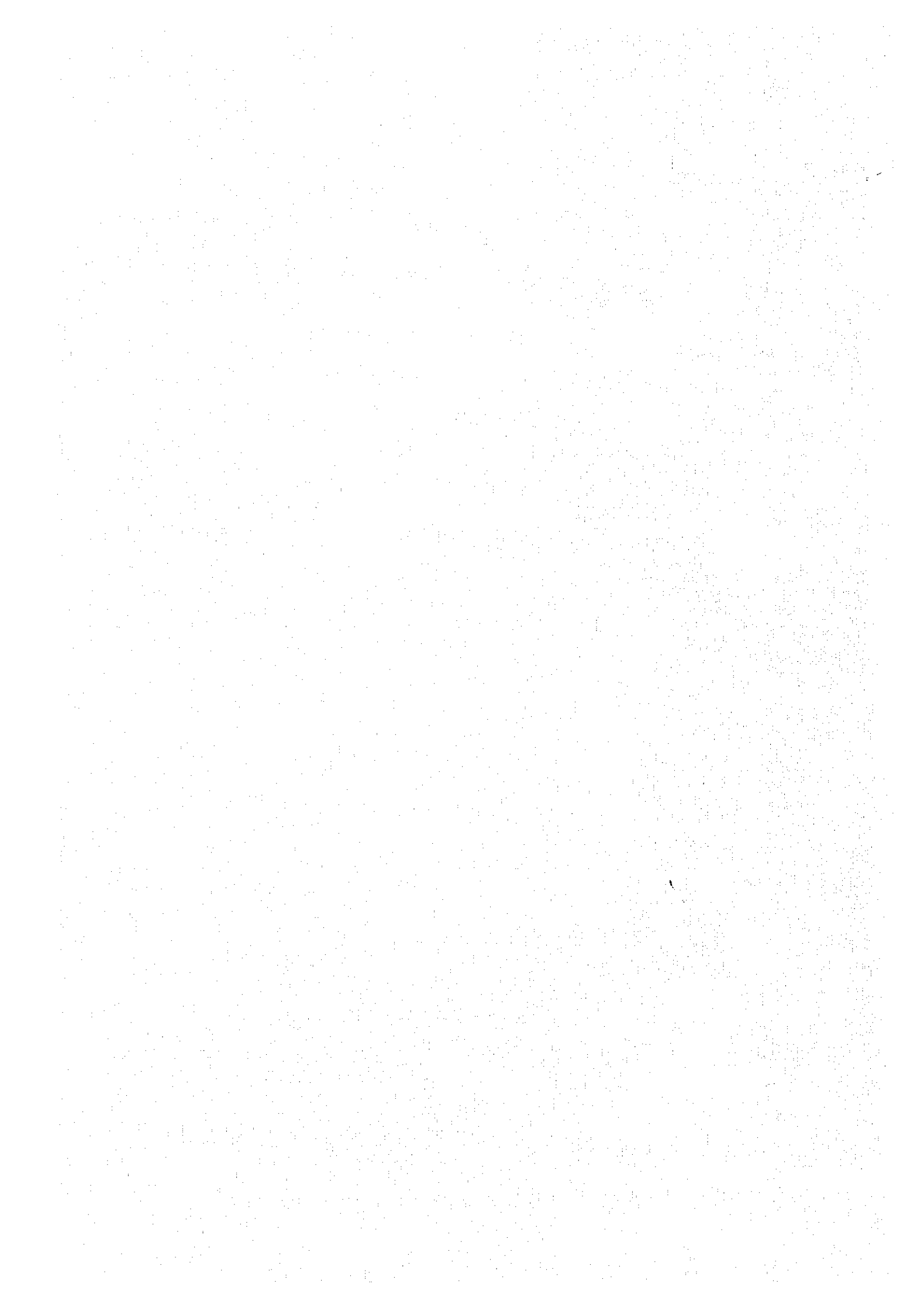
図 3.14 ルサカ水道配水管網図

Fig. 3.14 RETICULATION SYSTEM

(Source: Lusaka Water Supply Study, 1985)

## 第4章 計画の内容





## 第4章 計画の内容

### 4.1 計画の目的

本計画の目的は、老朽化し、故障の生じた結果84,000m<sup>3</sup>/日に機能低下している表流水系(カフェ系)の施設を、施設能力である110,000m<sup>3</sup>/日に復旧させ、乾期においても取水が確実なカフェ川より安定した水量をルサカ市民に供給することである。このために、カフェ浄水場、同送水ポンプ場、チランガ中継ポンプ場の改善に必要な機器を供与し据付けを行なう。なお、機器据付時において必要な操作管理技術指導を実施する。

### 4.2 基本事項の検討

#### 4.2.1 処理水量

改善により、ルサカ市上水道の供給能力は、地下水系施設110,000m<sup>3</sup>/日とあわせ220,000m<sup>3</sup>/日に復旧する。これにより、1985年の推定水不足水量78,000m<sup>3</sup>/日は52,000m<sup>3</sup>/日に緩和される。

#### 4.2.2 処理水質

カフェ川原水の水質は、取水地点がダムの湛水区間にあるため、年間を通じてほぼ一定である。平均的原水質は表4.1に示すように、濁度2度、色度25度、PH7.5程度であり、低濁度水ではあるが、やや色度成分がみられる。(表3.8参照)

目標処理水質は、原水質の特徴をふまえて、濁度と色度を処理水の指標として下表のようにまとめた。

表4.1 原水質と目標処理水質(平均)

種別 水質項目	カフェ川 水質	目標 処理水質	WHO飲料 水質基準	日本の飲料 水質基準
濁度(度)	2	1	5以下(*)	2以下
色度(度)	25	5	15以下	5以下

(注)\*消毒を考慮すると、濁度は1度以下が望ましいと提言している。

ルサカ市上下水道局が、1986年1月に実施したカフェ川水質のジャーテストの結果は図4.1に示すとおりである。図4.1によると、凝集剤(硫酸バンド)の最適注入率は3.0~4.0リットル/m<sup>3</sup>と判断され、上記目標水質を十分に達成できよう。

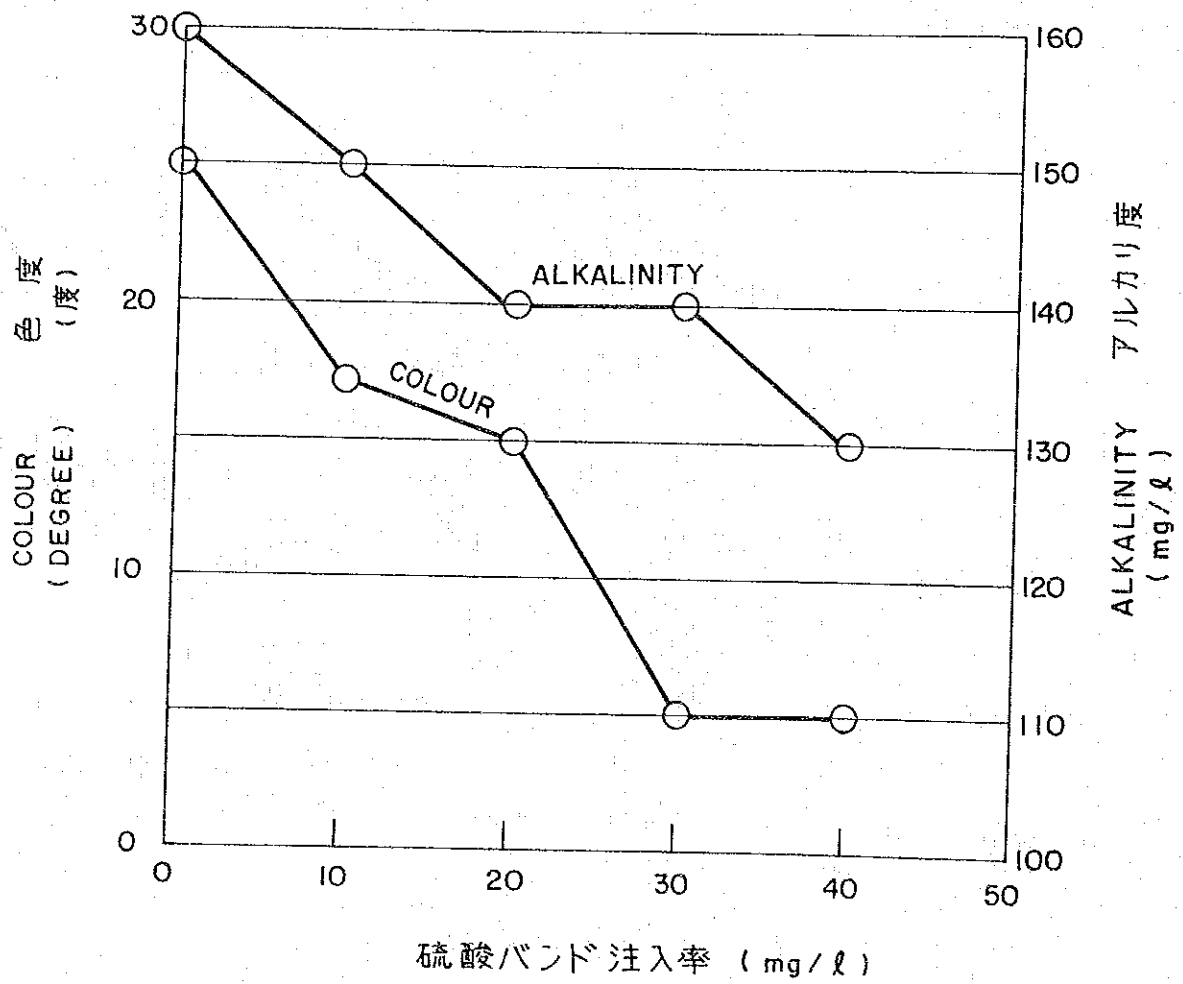
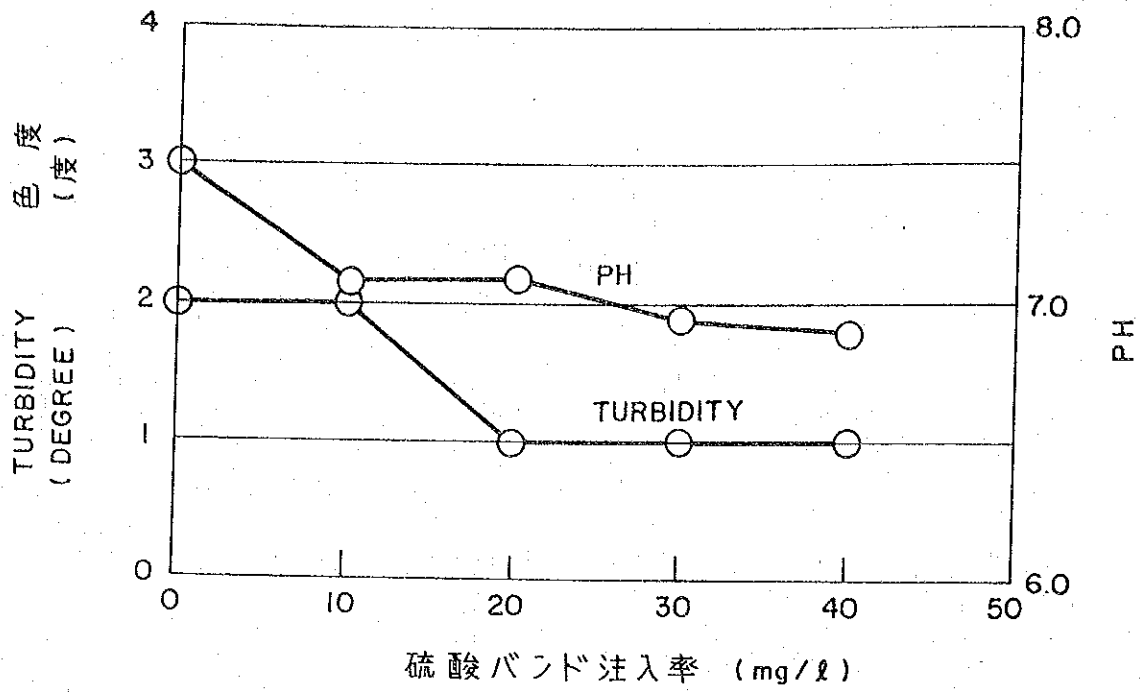


図 4.1 カフェ川原水ジャーテスト結果

(SOURCE:ルサカ市上下水道局)

Fig. 4.1 Jar Test Result of Raw Water

#### 4.2.3 処理フロー

改善後の処理フローは、図 4.2 に示すとおり、既設処理フローと同様、凝集沈でん・急速ろ過方法によるものとする。カフェ取水ポンプ場から導水した表流水をカフェ浄水場の着水井でフロック形成を行なうために硫酸バンドを注入し、フラッシュミキサーで攪拌混合する。フロック形成された濁質は、上向流式（スラッジブランケットタイプ）沈でん池で除去され、上澄水がろ過池に送られる。ろ過池では、沈でん池で除去しきれなかった微細な濁質をろ過する。ろ過後の処理水は、塩素接触池前段でPH調整のため消石灰を注入した後、消毒を目的として塩素注入を行なう。消毒後の処理水は、浄水池に貯留された後、場内の送水ポンプとチランガ中継ポンプによりルサカ市内に圧送する。

硫酸バンドは、固形バンド（50 Kg バッグ）で搬入され、バンド飽和槽で飽和溶解し、ポンプで循環した後、溶解槽へ送られる。溶解槽に貯留された硫酸バンド液は注入ポンプで着水位へ注入される。消石灰は粉体（50 Kg バッグ）で搬入され、溶解槽で攪拌混合され、注入ポンプでろ過池後段へ注入される。消毒用塩素は液体塩素（1 TON ポンベ）で搬入され、真空式注入機により、塩素接触池前段に注入される。

#### 4.2.4 浄水場水位

既存の浄水場施設に対し、110,000 m<sup>3</sup>/日 を流しうるかどうかを概略検討したところ、表 4.2、図 4.3 に示すように、着水井で 1.8 feet（0.55 m）の余裕があり 110,000 m<sup>3</sup>/日は処理できることが判明した。なお、ろ過池損失水頭 6.77 feet（2.06 m）の内、砂層、砂利層のろ過損失水頭は、1.76 m が見込めるため、ろ過池の運転には支障がない。また砂層、砂利層の内の過大な負圧を防ぐためにはろ過面上 1 m 以上の水深を必要とするが、この条件も満足している。

### 4.3 基本設計

#### 4.3.1 設計の基本方針

浄水施設、送水施設の老朽化による機能低下を回復させるに当たり、本計画の基本方針として下記事項を考慮する。

##### (1) 維持管理の簡便化

既存施設は自動化されているが、補修用機器の入手難、職員の能力欠如により維持管理が不可能になっている例が多い。このため、単純ではあるが操作の簡便化を図り適正な運転を行なえるようにする。具体的には次の事項を採用する。

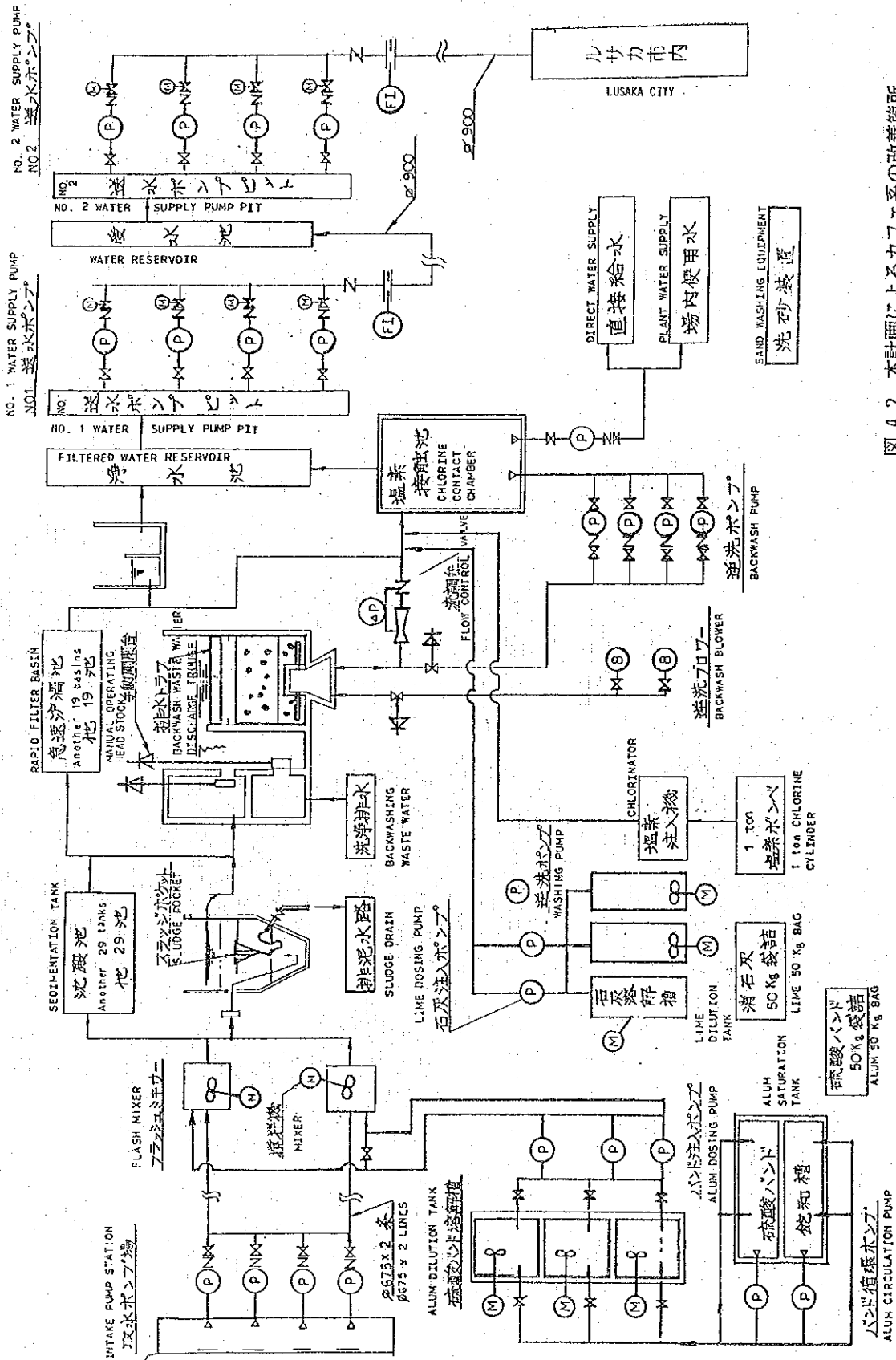


図 4.2 本計画によるカフエ系の改善箇所

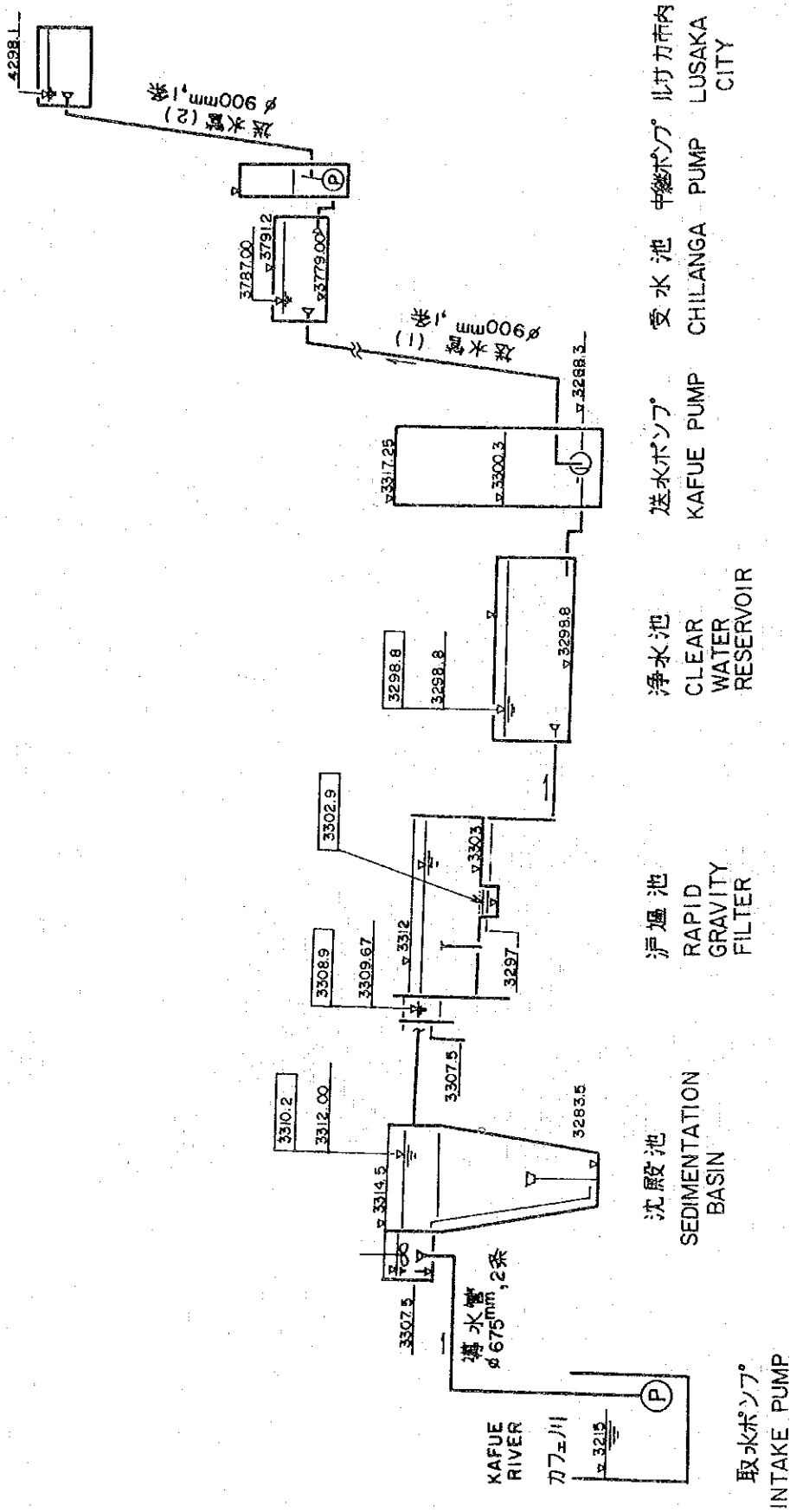
Fig. 4.2 Equipment of the Kafue System Improved by this Project

表 4.2 浄水場内水理計算結果

[単位：feet]

項 目	既計画	本 計 画		余裕値 (A)-(B)	備 考
	水位(A)	損失水頭	水位(B)		
浄水池	3,298.8	----	3,298.8	0.0	
連絡管(浄水池～ろ過池)		4.07	----	----	
ろ過池出口	3,303.0	----	3,302.9	0.1	$3,298.8 + 4.07 = 3,302.9$
ろ過池内		6.77	----	----	6.77ft.(2.06m) のうち余裕1.76ft
ろ過池入口	3,309.67	----	3,309.67	0.0	$3,302.9 + 6.77 = 3,309.67$
連絡渠(ろ過池～沈でん池)		0.23	----	----	
沈でん池	3,312.0	----	3,310.2	1.8	$3,309.67 + 0.23 = 3,309.9$
連絡渠(沈でん池～着水井)		0.22	----	----	
着水井	3,314.5 (着水井天端高)	----	3,312.22	2.3	$3,312 + 0.22 = 3,312.22$

(資料8参照)



(単位 : フィート)  
 (UNIT : FEET)  
 注) □内数値は 110,000 町日 時

図 4.3 カフエ系水位高低図 (本計画)  
 Fig 4.3 Water Table of Kafue System (This Project)

- a. 操作システムの簡素化、及び手動操作化
- b. 機械機構の簡素化、及びメンテナンスフリーな機器の採用
- c. 誤操作に伴なうプラント機器への損傷の少ない機器及びシステムの採用
- d. 維持管理に必要な機材の補充
- e. 機構の簡単な機械の採用

(2) 設備の堅牢化

- a. 設備機材の耐久性の向上、耐腐蝕性の向上面からの機材材質のグレードアップ
- b. 老朽化している機材の交換

(3) 改善内容

供給能力を110,000 m<sup>3</sup>/日に復旧させる事を目的とした改善内容は次の通りである。

① 浄水施設

- ・ 硫酸バンド注入設備
- ・ フラッシュミキサー
- ・ 沈でん池排泥設備
- ・ 急速ろ過池
- ・ 消石灰注入設備

② 送水施設

- ・ カフェ送水ポンプ場
- ・ チランガ中継ポンプ場

③ 電気施設

- ・ 受変電設備
- ・ 動力設備
- ・ 監視計装設備

④ 維持管理施設

- ・ 通信設備



- ・ 車 輦

なお、供与機器リスト一覧は 4.4 節に記す。

#### 4.3.2 浄水施設

現状の浄水施設は、計画能力として約 110,000 m<sup>3</sup>/日以上能力を有しているにもかかわらず、実能力は約 84,000 m<sup>3</sup>/日と、かなり低下している。その主な理由は、

- ・ 薬注設備の故障及び老朽化
- ・ 沈でん池の排泥装置がないことによる急速ろ過池の負荷増大
- ・ 急速ろ過池のろ材の減少、ろ材の不整合、ろ過池洗浄装置の作動不良

等であり、これらの項目をベースとして改善計画を考える。

##### (1) 硫酸バンド注入設備

急速ろ過方式は処理効率を高めるため、凝集剤等の薬品注入による前処理を原則としている。したがって、これらの機能低下は処理効率を低下させる重要な因子となるため、凝集剤、凝集設備機器等の根本的な改善を実施する。内容は次に示す。

- ・ バンド溶解槽の耐酸ライニングの新設と攪拌機の交換
- ・ 循環ポンプの交換
- ・ 注入ポンプの交換
- ・ フラッシュミキサーの新設
- ・ 管弁類の交換

##### 1) 計画諸元

- ・ 硫酸バンド搬入方式 : 50 Kg Bag (袋) 固形バンド
- ・ 注 入 率 : Max 60 mg / l ~ 30 mg / l
- ・ 処 理 水 量 : 110,000 m<sup>3</sup>/日(最大) ~ 約 36,000 m<sup>3</sup>/日(最少)
- ・ 硫酸バンド濃度 : 10 %
- ・ 薬品注入レンジ : 10 : 1
- ・ 硫酸バンド比重 : 1.05 (10%溶液)

(注) 最小 36,000 m<sup>3</sup>/日は、取水ポンプ 1 台運転時の水量である。

最大 110,000 m<sup>3</sup>/日は、取水ポンプ 3 台運転時の水量である。

## 2) 基本フローと薬注量

図 4.4 に硫酸バンド注入設備の基本フローを示す。なお、図中の実線部分は今回改善箇所を示す。

水 量	最大 110,000m <sup>3</sup> /日			最小 36,000m <sup>3</sup> /日		
	最大	平均	最小	最大	平均	最小
注 入 率 (mg/l)	60	40	30	60	40	30
硫酸バンド	10 wt % Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 18H <sub>2</sub> O					
全体注入量 (m <sup>3</sup> /日) (ℓ/分)	63 44	42 29	32 22	21 14	14 10	10 7
1系当り注入量 (m <sup>3</sup> /日) (ℓ/分)	32 22	21 15	16 11	10 7	7 5	5 4
バンド使用量 (Kg/日)	6,600	4,400	3,300	2,160	1,440	1,080

## 3) 溶解槽と攪拌機

溶解槽は老朽化が進んでいる事からコンクリートタンク内面に耐酸性ライニングを行なう。又、攪拌機電動機が故障しており攪拌羽根も酸におかされているので、耐酸性にすぐれた材質を有する攪拌機に交換する（モーター共）。尚、溶解槽の内、1槽を飽和槽のバックアップとして使用できる様に溶解タンク用バケットを設ける。

### ① 溶解槽の耐酸ライニング

材 質 : ステンレススチール  
ライニング面積 : 20 m<sup>2</sup> /槽 × 3 槽 = 60 m<sup>2</sup>

### ② 溶解槽用攪拌機

型 式 : 立軸プロペラ型  
材 質 : SUS 316 (インペラ、シャフト)  
電動機 : 1.5 kW × 400 v  
台 数 : 3 基

### ③ 溶解槽用バケット

型 式 : ストレーナー式  
寸 法 : 約 1.0 m 巾 × 1.0 m L × 1.5 m H  
材 質 : SUS 316  
台 数 : 1 台

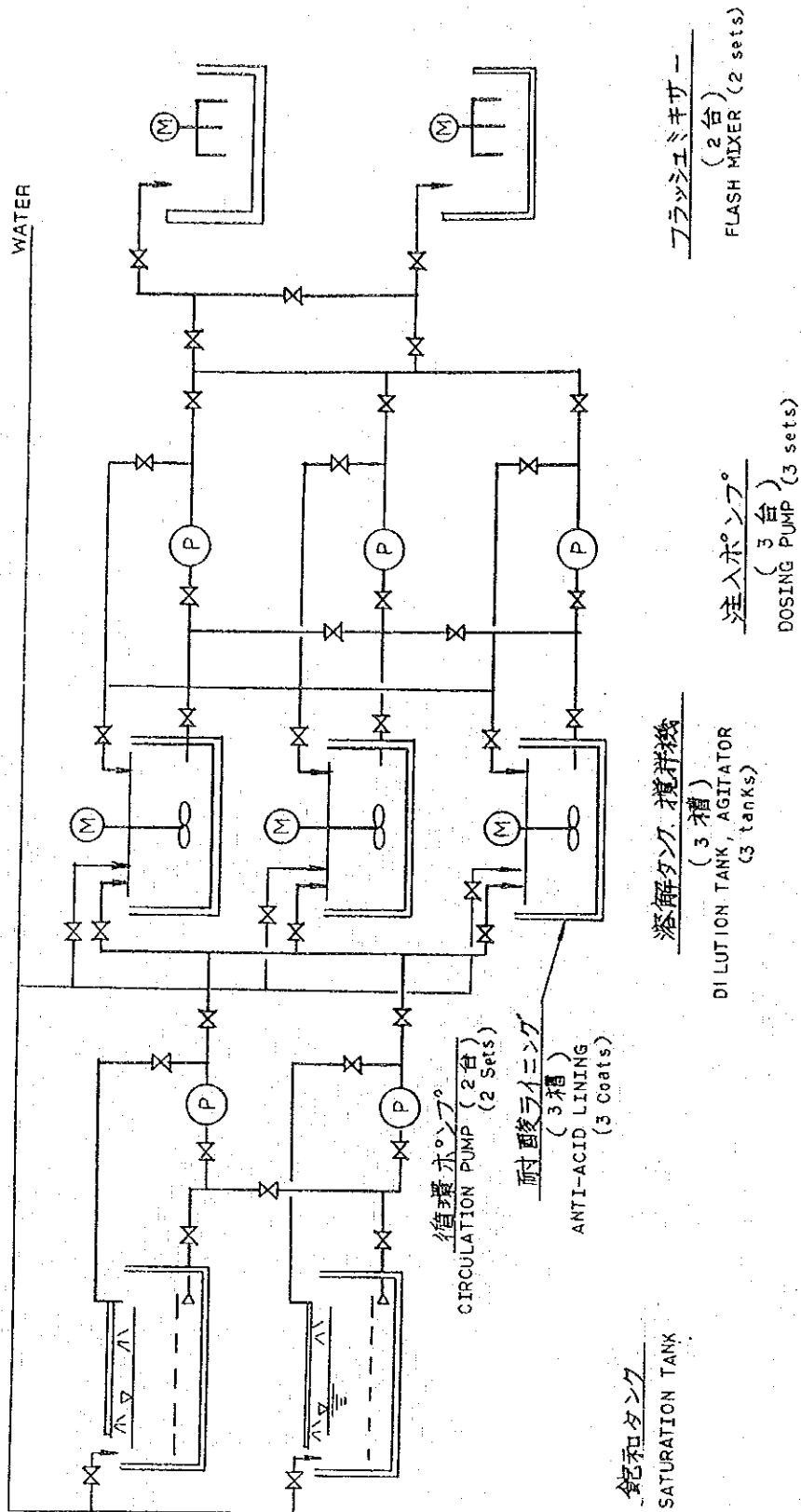


図 4.4 バンド注入設備基本フロー  
 Fig.4.4 Flow of Alum Feeding Equipment

#### 4) 硫酸バンド、循環ポンプ、注入ポンプ

硫酸バンド、循環ポンプ及び注入ポンプも老朽化が進んでおり、今後の使用にたえかねるために新規交換とする。循環ポンプは飽和槽への循環用と溶解槽へのバンド供給用として使用され、ポンプ型式は渦巻型ケミカルポンプとし、主要部材質はステンレス製として耐久性の向上を図る。

注入ポンプは定量型可変容量ポンプとし、注入点に対応した台数を設置する、薬品注入量の設定はポンプ本体内のプランジャのストロークを手動設定する事により行ない、注入量のレンジは約10:1とし、かつそれ以下の低量に対し注入可能とさせるために、実動ポンプ2台の内1台のみの注入運転ができるように考慮する。

##### ① 硫酸バンド循環ポンプ

型式	:	渦巻型ケミカルポンプ
口径	:	φ50×φ40
吐出量	:	9 m <sup>3</sup> / H
揚程	:	20 m
電動機	:	2.2 kW×400 v
材質	:	接液部 SUS 316
台数	:	2台
循環時間	:	ポンプ1台にて9.6時間/回

##### ② 硫酸バンド注入ポンプ

型式	:	手動ストローク制御ダイヤフラムポンプ
可変巾	:	10:1
吐出量	:	23リットル/分～2.3リットル/分
揚程	:	40 m
電動機	:	2.2 kW×400 v
材質	:	接液部 SUU 316
台数	:	3台(内1台予備)

#### 5) Flash Mixer (急速攪拌機)

既設の攪拌方法はポンプ循環方式であるがモーター、ポンプ共に故障し、現在使用できない状態ではない。このため、薬品の混合状態が悪くフロック形成が充分でないため、後に後く沈でん池処理水の濁度が高く、ろ過池の負荷が高くなっている。従って、フロ

ック形成を満足させるべく、硫酸バンドと処理水の混合を完全にすることがある。

混合方法としてはポンプ攪拌方式、攪拌機による攪拌、ラインミキサーによる攪拌方式とがあるが次の理由により攪拌機による攪拌方式とし、新しいものと交換する。

なお、表 4.3 に一般的な比較を示す。

- 他方式に比べ確実な攪拌混合が可能
- 流入水量の変動にも影響なく混合が可能
- 既設構造は攪拌機取付スペース攪拌タンクを有している

攪拌機は架台を含めて2基設置とし、主要部材質は耐触性を考慮してステンレス製とする。

#### ① フラッシュミキサー

型式	:	立軸懸垂式タービン翼形
インペラ径	:	φ 700 mm
周速	:	1.5 m / sec 以上
電動機	:	2.2 kW × 400 v
材質	:	ステンレススチール(シャフト、インペラ)
台数	:	2台

#### 6) 配管および弁

配管および弁は機器同様に老朽化しているため、新規交換とする。

##### ① 配管および弁類

飽和槽～循環ポンプ及び循環ポンプ～溶解槽

材質 PVC、VLP

口径 50φ～80φ 一式

溶解槽～注入ポンプ～注入点

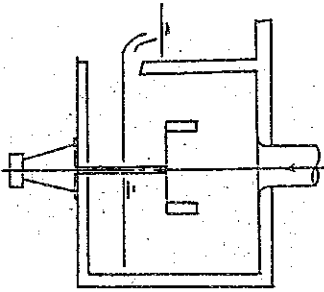
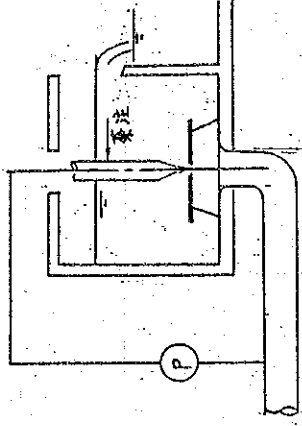
材質 PVC、VLP、SUS-TP

口径 50φ～80φ 一式

##### (2) 沈でん池

沈でん池は上向流式スラッジブランケットタイプであるが、現在スラッジ集泥装置がなく、適正な集排泥が行なわれていない。

表 4. 3. 凝集剤の混合方法

	(A) フラッシュミキサー	(B) ジェット水流方式
原 理	 <p>急速攪拌池の中心で鉛直軸の周りに数枚の羽根を有する回転翼を、周辺速度1.5m以上で回転させる方式</p>	 <p>低揚程ポンプで処理水量の約1/10を揚水し急速攪拌池（混和池）の中にノズルより噴出させ、このジェット水流により攪拌を行なう</p>
池内損失水頭 構 造 物	<p>ほとんどなし</p> <p>フラッシュミキサーは池上部に駆動部を設け、回転翼を付けた主軸を駆動部出力軸と連絡させる構造のため、構造は簡単。形状は方形水槽が多く、円形水槽の場合は阻流板が必要</p>	<p>同 左</p> <p>池内部の機器はバツフルプレート（阻流板）及び噴射ノズル（配管）のみのため、構造物の構造は簡単。但し、ポンプ室が必要。</p>

	(A) フラッシュミキサー	(B) ジェット水流方式
特徴	<p>1. 水量の変動に対し影響ない</p> <p>2. 実績多い 最も一般的</p>	<p>1. ポンプの揚水量が一定のため、水量が極端に低下した場合は、揚水量と処理水量のバランスがくずれぬ。</p> <p>2. 実績少ない</p>
維持管理	<p>駆動部減速機のオイル交換が必要(1年)</p> <p>年1回 池内の点検必要(ボルト増締め)</p> <p>駆動部は池外部に設置されており、又、池内部品は一般的にステンレス製のため管理は容易</p>	<p>ポンプの維持管理必要</p> <p>薬品はジェットノズル(水中部)内に注入するたためノズル内に炭酸カルシウム等の沈殿物が生じ、ノズルをつまらせる事がある。</p> <p>1年に1~2回ノズルの点検又は交換が必要。</p>
建設費	100%	105%
結論	<p>下記理由により、フラッシュミキサーとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 最も一般的で実績も多く信頼性が高い。</li> <li>・ 水量の変動に対し影響が無い。</li> <li>・ ジェット水流式はノズルのつまりが心配されるが、つまりの状態を外観から判断することが困難で池の水抜きを行ない点検する必要がある。</li> </ul>	

適正な集排泥を行なう為に、全ての沈でん池（30池）に対し次の改善を行なう。

- 耐食性に富む材料で構成されたスラッジポケットの新設
- スラッジポケット位置設定の為に装置とサポート（手動設定タイプ）
- スラッジ排出用のフレキシブルホースの設置と排出用バルブ、パイプの交換

#### 1) 計画諸元

型式	:	上向流式スラッジブランケット型
形状寸法	:	逆円錐型 9m角×8.7mH（コーン部7.2mH）
表面積	:	76.5㎡ / 池
池容積	:	約310㎡ / 池
上昇流速	:	110,000㎡ / 日 / (76.5㎡ × 30池) = 33.3 mm/分
滞流時間	:	310㎡ / 池 × 30池 / 110,000㎡ / 日 = 2.03時間

#### 2) スラッジポケット

型式	:	フレキシブルコーン型
寸法	:	φ2,400×2,100 mmH
材質	:	ナイロン強化塩化ビニール
数量	:	30基
附属品	:	手動式昇降装置 手動ウインチ 1式 昇降用ワイヤーロープ（ステンレススチール）

#### 3) 排泥装置

フレキシブルホース	:	φ40 塩化ビニール製
排泥弁	:	φ40 手動式エキセントリック弁
排泥管	:	SGPW 1式
数量	:	30組

#### (3) 急速ろ過池

ろ過池の機能はろ過層の状態、逆洗機能、ろ過速度等、各々が良好な状態で維持されて初めてろ過池として機能するものであり、1ヶ所でも不良な状態となれば、他の部分に負担がかかり、ろ過池全体の機能が低下していく。

この現象は、単一の要因に起因するものでなく複合作用の結果であり、その要因として



は下記が考えられ、共に改善する必要がある。

- ① ろ材の不整合と減少（ろ材の粒子の整合を計り、ろ層厚みを適正に復帰させる。）
- ② ろ過層表面の不陸状態
- ③ 逆洗洗浄時に、排水濁度が低濃度になるまで長時間必要
- ④ ろ過層でのマッドボールの形成
- ⑤ ろ過流量調節弁（空気作動式自動弁）の故障
- ⑥ 空気作動式自動弁の故障
- ⑦ 空洗ブロワ、逆洗ポンプの老朽化

1) 急速ろ過池の計画諸元

構造	:	鉄筋コンクリート製
池寸法	:	10.5 m × 4.5 m
ろ過面積	:	10.5 × 4.5 = 47.25 m <sup>2</sup> / 1池
池数	:	20池
ろ過速度	:	110,000 m <sup>3</sup> / 日 / (47.25 m <sup>2</sup> / 池 × 19池) = 123 m / 日 (1池休止時)
逆洗水速度	:	7.8 m <sup>3</sup> / 分 × 4台 / 47.25 m <sup>2</sup> = 0.66 m / 分
空洗速度	:	29.4 m <sup>3</sup> / 日 / 47.25 m <sup>2</sup> = 0.60 m / 分

ろ層構成（ろ層構成は下記を標準とする）

層	ろ材	粒 径	ろ層高
支持層	砂利	φ30 ~ φ50	75mm
		φ15 ~ φ30	75
		φ10 ~ φ15	100
		φ6 ~ φ10	100
		φ2.5 ~ φ6	150
ろ材	砂	φ0.45 ~ φ0.7	600

ろ材の有効径	:	0.6 mm
ろ材の均等係数	:	1.4 以下
ろ材の比重	:	2.55 ~ 2.65

## 2) ろ材の不整合の改善

ろ材の不整合の改善は、全池（20池）のろ材と支持材である砂利を池外へ排出し、クリーニング、粒径ごとのふるい分けをし、粒径の整合を計って再布設するものである。布設後の粒径と、ろ層高さは既設備と同様とし計画諸元のろ層構成に合わせる。なお、ろ材のクリーニング、ふるい分け用として下記設備を供与する。

### ① 洗砂装置

型 式	:	可搬式噴射式
洗砂能力	:	0.7 ~ 1.5 m <sup>3</sup> / h
洗浄水量	:	1.0 ~ 1.5 m <sup>3</sup> / h × 3 Kg / cm <sup>2</sup>
所要動力	:	用水ポンプ 0.3 m <sup>3</sup> / min × 40 m × 5.5 kW
基 数	:	1 基
他	:	ふるい分機 給砂機

### ② 砂利ふるい器

型 式	:	手動式ふるい
スクリーン目開	:	2.5 mm、6 mm、10 mm、15 mm、30 mm
ふるい寸法	:	600 mmW × 900 mmL
材 質	:	ふるい ; SUS 304
	:	枠 ; ラワン材
基 数	:	15 基
他	:	ビニールシート及び架台

## 3) 補充ろ過材

更にろ過池は建設後、約15年以上経過しており、15年間の間、ろ材の補充もされてなく、現在、相当量のろ材が減少していると考えられるのでろ材の補充を行なう必要がある。ろ材の減少量は一般的に5年間に5~10%流出し減少するといわれているので今回補充するろ材量は下記の計算による。

$$\begin{aligned}
& \text{ろ過面積} \times \text{ろ層高} \times \text{池数} \times \text{減少率} \\
& = 47.25\text{m}^2 \times 0.6\text{mH} \times 20\text{池} \times (1 - 0.95^3) \sim (1 - 0.90^3) \\
& = 81\text{m}^3 \sim 154\text{m}^3
\end{aligned}$$

よって、今計画における補充ろ材量は余裕をみこみ約150m<sup>3</sup>とする。

#### 4) 集水装置の点検と修理

集水装置の不良は、均一な洗浄ができなくなり、ろ過能力の低下を招くものである。ろ材の交換時に全池の集水装置の点検を行なうとともに、必要最小限の補修を行なうものとする。補修範囲は、現状では明確となっていないが、全体の約10%（約2池分）を修理対象として想定する。

型式	: 多孔管
寸法	: 80mmφ × 2,100mmL
材質	: SUS304 あるいはアスベスト管
数量	: 168本（全池分の10%）
他	: ゴムシール・リング 固定バンド サポート U-ボルト

#### 5) 排水トラフの新設

現在の状況からみて、ろ材洗浄時のスラッジがすみやかに、ろ過池外へ排出されていないと考えられる。その原因は、現状の排水はろ過池4辺の内1辺のオーバーフロー堰からの排水である事から、堰より離れた部分でのスラッジ排出が困難になっていると推測される。この現象を解決するために、逆洗排水は池面全体から均等に排水するのが望ましく、排水トラフを設置し、排水時およびろ過時におけるろ過池表面への均等排水、均等流入を図る。

トラフの1池当りの本数は、トラフの縁間隙を1.5m以下とする事が施設設計指針にある事および既設構造物のサイフォン装置部分をさけて、配置する事により5本とする。

（注：トラフ寸法決定は、資料9を参照）

寸法	:	350mmW×400mmD×4650mmL
材質	:	SS/タールエポキシ塗装
数量	:	5基/池×20池=100基 (間隔1.4m)
他		サポート 取付金具 補強材

#### 6) ろ過流量調節弁の改善

既設、流調弁はエアシリンダ故障の為、使用できる状態ではないので、新たに流調弁を設置する。新機種については、電気信号による制御方式をやめて、機械式作動による流調方式とする。一方、ろ過池の流量調節方式には(A)池内水位一定制御方式と(B)流出流量一定制御方式とがあるが次の理由から既存施設と同じ流出流量一定制御方式とする。(表4.4参照)

- ① 既設構造上、各ろ過池への流入水量は均等分配されていない。この様な状態での水位一定制御は、各池のろ過抵抗の相違により、ろ過速度が異なり個々の池の水質管理をする必要が生じ、維持管理上好ましくない。
- ② 一方、流出流量一定制御は、流入水量、ろ過抵抗に関係なくろ過速度を一定にでき、常時安定した水質が得られる。
- ③ 日本国内での実績は、殆どが流出流量一定制御である。

制御機構は、既設の状況から考えて、ベンチュリー流量計の差圧を利用した、機械作動式流調弁とする。流調弁は止水制を有しないので、さらに流出弁を新設する。

##### ① 流量調節弁

型式	:	ベンチュリー付き自動調節弁
口径	:	250mmφ
材質	:	FC
数量	:	20台
他		ろ過流調弁交換に伴う管類の交換

##### ② 流出弁

型式	:	手動開閉台付バタフライ弁
口径	:	250mmφ
材質	:	FC
数量	:	20台

表 4.4 ろ過流量調節方式の比較

	水位一定制御	流量一定制御
原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>ろ層にかかる圧力を一定にしてろ過を行なう方式であり、ろ層への圧力が一定であればろ層の閉そくに伴ってろ過流量が減少する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ろ過流量を一定に行なう方式であり、ろ層の閉そくに伴ってろ層にかかる圧力差を増し、ろ過流量の減少を抑制する</li> </ul>
時間経過に伴う流量変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>ろ過開始時はろ過量が非常に速くなり(ろ過速度が早くなる)水質管理上支障があるのでろ過速度の上限をおさえる必要がある</li> <li>ろ過はろ層閉そくに伴い所定のろ速に低下するまで持続する</li> <li>減衰ろ過方式として利用される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ろ過開始から終了までろ速(流量)は一定である</li> <li>所定のろ高になるまでろ過が持続可能である</li> </ul>
水質の変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>ろ速が変化するので水質は変化する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ろ過が一定であり水質も同質のものがえられる</li> </ul>
水質管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>ろ過池の休止や復帰に伴い(逆洗後の開始を含めて)ろ過速度が変動するので特に注意を要する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>容易である</li> </ul>
国内での実績	<ul style="list-style-type: none"> <li>少ない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般的に広く採用されている</li> </ul>

#### 7) 空気作動式自動弁の改善

既設設備は、ろ過池の自動運転を目的として空気作動式自動弁を設備しているが、全ての空気シリンダーが故障しており、現在は手動で弁の開閉を行なっている。

今回の改善案として、次の事項を考える。

- ろ過池の運転は手動操作によるものとする。

- 空気作動式 penstock と弁は、空気シリンダー、接続ロッドを撤去し、手動開閉台とロッドを設置する。( penstock, 弁本体は、既設を利用する )
- 操作は、ろ過池の状況を把握しながら行なえるようにバルブ開閉台をろ過池上部スラブに設置する。

以上の改善対象となる弁扉は下記のとおりである。

- Inlet Penstock 3 8 0mm square 2 0 sets
- Washout Penstock 3 8 0mm square 2 0 sets
- Upwash Valve 4 0 0mm $\phi$  2 0 sets
- Airinlet Valve 1 5 0mm 2 0 sets
- 他、バルブ交換に伴う piping の改造を行ない、かつ Airinlet Valve は既設のスルースバルブから、バタフライバルブに交換する。

#### 8) 空気洗浄ブロー、逆洗ポンプの改善

空気洗浄ブロー及び逆洗ポンプ共、老朽化しているので既設と同仕様のものに交換する。

##### ① 洗浄用ブロー

型式	:	ルーツブロー
要項	:	2 9.5 m <sup>3</sup> /min × 4 m × 8 5 0 rpm
電動機	:	3 0 KW, 4 0 0 V, 5 0 Hz, 3 相
数量	:	2 台 (内 1 台予備)

##### ② 洗浄ポンプ

型式	:	模型渦巻ポンプ
口径	:	吸込 2 5 0mm $\phi$ 吐出 2 0 0mm $\phi$
要項	:	8.0 m <sup>3</sup> /min × 1.4 m
電動機	:	3 0 KW, 4 0 0 V, 5 0 Hz, 3 相 全閉外扇屋外型
数量	:	4 台

#### (4) 消石灰注入設備

既設の消石灰注入設備は暫定的な装置であり、かつ老朽化の為、今後の使用に耐えられない状況である。したがって、今回消石灰注入設備一式を新規交換とする。内容は、次の

とおりである。

- 溶解槽の新規交換
- 同上用攪拌機の新規交換
- ダイアフラム型，可変定容量型，消石灰注入ポンプを設置。ただし、注入量設定は、手動設定とする
- 上記設備に関連する配管弁類の設置

1) 計画諸元

- 消石灰搬入方式 : 50 Kg Bag Powder
- 注入率 : Max 30 mg/l ~ 15 mg/l
- 処理水量 : 110,000 m<sup>3</sup>/日 ~ 約 36,000 m<sup>3</sup>/日
- 消石灰スラリー濃度 : 15 %
- 注入レンジ : 10 : 1
- 消石灰比重 : 1.13 (15 % 溶液)
- 消石灰純度 : 85 %

2) 基本フローと薬注量

図 4-5 に消石灰注入設備の基本フローを示し、下記に薬注量を示す。

水 量	最大 110,000m <sup>3</sup> /日			最小 36,000m <sup>3</sup> /日		
	最大	平均	最小	最大	平均	最小
注入率 (mg/l)	30	20	15	30	20	15
消石灰注入濃度	15% スラリー					
注入量 (m <sup>3</sup> /日) (分)	20 14	13 9	10 7	6 4	4 3	3 2
消石灰使用量(kg/日)	3,880	2,590	1,940	1,270	850	635

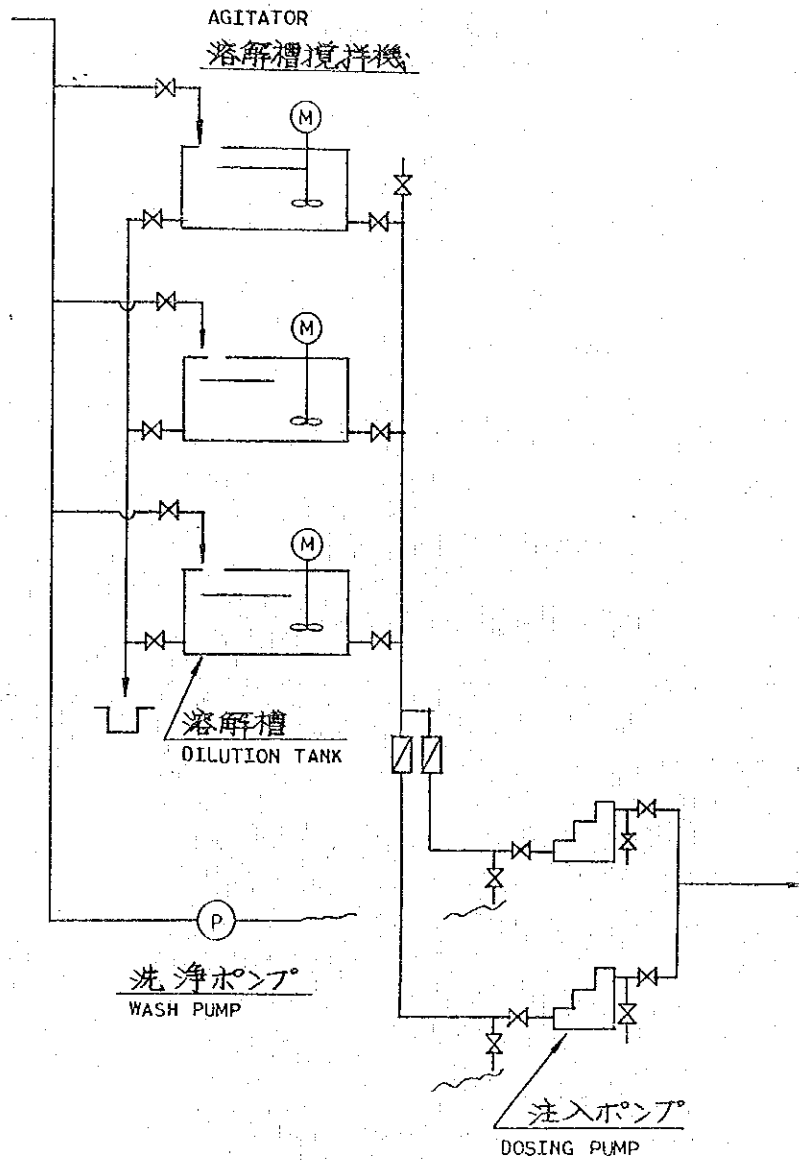


図 4.5 消石灰注入設備基本フロー

Fig.4.5 Flow of lime Feeding Equipment



### 3) 溶解槽

既設溶解槽は暫定的な槽であり老朽化の為に今後の使用にたえられない状況であり、新規のものと交換する。

槽 数 : 3 槽  
容 量 :  $4 \text{ m}^3 / 1 \text{ 槽 (有効)}$   
滞流時間 :  $4 \text{ m}^3 \times 24 \text{ H} \div 15 \text{ m}^3 / \text{日} = 6.4 \text{ 時間 / 槽 (平均注入時)}$   
材 質 : 鋼板製

### 4) 溶解槽攪拌機

既設の攪拌機は溶解槽同様暫定的なものであるため、溶解槽の新規交換に伴い、溶解槽容量に適合した攪拌機を設置する。

型 式 : プロペラ型  
材 質 : ステンレス製  
電 動 機 : 1.5 KW, 400 V, 50 Hz  
数 量 : 3 台

### 5) 注入ポンプ

既設注入ポンプは暫定的なポンプであり、かつ老朽化しており、今後の使用にたえられない事から、注入ポンプは新規交換とする。

型 式 : 手動ストローク制御ダイヤフラムポンプ  
可 変 巾 : 10 : 1  
要 項 :  $1.6 \text{ l} / \text{分} \sim 1.6 \text{ l} / \text{分} \times 40 \text{ m}$   
材 質 : 接液部 SUS304  
電 動 機 : 2.2 KW, 400 V, 50 Hz  
数 量 : 2 台 (内 1 台 予備)

### 6) 洗浄ポンプ

溶解槽, 注入ポンプ, 注入配管弁類等の内面に付着した石灰質を除去し、消石灰注入設備の機能を保持させるために洗浄ポンプを新設する。

型 式 : 片吸込渦巻ポンプ  
要 項 :  $0.2 \text{ m}^3 / \text{min} \times 20 \text{ m}$

口径 : 50mmφ  
 材質 : ケーシング FC  
           インペラ FC  
           シャフト SUS304  
 電動機 : 1.5KW, 50Hz  
 数量 : 1台

7) 管弁類

消石灰溶解タンク～注入ポンプ～注入点 SGPW 1式

4.3.3 送水施設

送水施設はカフェ浄水場の送水ポンプ場とチランガ中継ポンプ場の2ヶ所であり、各ポンプ場共、84,000m<sup>3</sup>/日に低下している送水能力を110,000m<sup>3</sup>/日(76.4m<sup>3</sup>/分)に復旧するものであり、それに伴って既存設備の改善を行なう。なお、送水管(公称径φ900mm)は現状の状態で利用する。

現状のポンプ場は下記の状況であり、これに対し改善を行なう。

	カフェ送水ポンプ場	チランガ中継ポンプ場
送水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ4台中2台のみ運転可能であるが、老朽化が進んでいる</li> <li>・インペラには、キャビテーションによる腐蝕損傷が生じている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ4台中稼働可能なポンプは3台であり、かつ老朽化が進んでいる</li> <li>・同左</li> </ul>
送水ポンプ用電動機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同期電動機使用の為に維持管理が困難であり誤操作の為に故障の原因となっている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同左</li> </ul>
送水ポンプ吐出弁	<ul style="list-style-type: none"> <li>・キャビテーションによる弁体の損傷がみられ過去3～4年に1度の割合で吐出弁を交換している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同左</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ室内の換気状態が非常に悪い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同左</li> </ul>

(1) 計画諸元

- 送水管 管ロス係数 :  $C = 120$
- 送水量 :  $110,000 \text{ m}^3/\text{日} = 76.4 \text{ m}^3/\text{分}$
- ポンプ送水量 :  $76.5 \text{ m}^3/\text{分}$
- 基本水位と揚程

	項目	カフェポンプ場	チランガポンプ場
	吸込水位	3298'8"	3789'
	吐出水位	3789'	4298'2"
全 揚 程	実揚程	490'5" 149.5m	509'2" 155.2"
	送水管損失	84.81m	84.17m
	ポンプ廻り損失	2.0m	2.0m
	ポンプ全揚程	236.3m →242m	241.37m →242m

(注) カフェポンプは236.3m、チランガポンプは241.37mとなり、全揚程に約5mの差が生じるが、各ポンプ場の機器の互換性を考慮して、両者共全揚程を242mとする。

(2) ポンプ

カフェ送水ポンプ場(No.1 High-lift pump station)のポンプ4台中実働台数は2台のみであり、チランガ中継ポンプ場(No.2 High-lift pump station)のポンプ4台中実働は3台であり、各々110,000 m<sup>3</sup>/日の送水能力を有していない。かつ、予備ポンプもなく、稼働中のポンプも老朽化が進んでいるのが現状である。更に、維持管理面から判断して、両ポンプ場のポンプ合計8台を、全て新しいポンプと交換する。

ポンプ容量は送水量110,000 m<sup>3</sup>/日に対し、実働ポンプ3台と予備ポンプ1台で計4台とし、1台当りの容量は、 $110,000 \text{ m}^3/\text{日} \div 3 \text{ 台} = 25.46 \text{ m}^3/\text{分}$

→ 2 5.5 m<sup>3</sup>/分とする。

既設ポンプ型式は、直列2段渦巻ポンプであるが、維持管理の容易さ、ポンプ廻り配管の簡易化を目的として多段渦巻ポンプとする。又、ポンプ用インペラ材質は耐久性を考慮して強度的にすぐれたステンレス鋳鋼製とする。この材質はキャビテーションによる腐蝕に対しても、既設のBC製よりも非常に優れている。

型式	:	横軸両吸込渦巻多段ポンプ
口径	:	φ 4 5 0 × 2 5 0 mm
吐出量	:	2 5.5 m <sup>3</sup> /分
全揚程	:	2 4.2 m
ポンプ効率	:	8 6 % 以上
主要部材質	:	インペラ……………ステンレス鋳鋼 シャフト……………ステンレス 本体……………鋳鋼製
台数	:	4 台(カフェ送水ポンプ) 4 台(チランガ中継ポンプ)

### (3) ポンプ用電動機

現状の問題点を解決する為に電動機型式は既設の誘導同期電動機に代えて開放防滴カゴ型誘導電動機を選定する。カゴ型電動機は始動用抵抗器や励磁器が不要であり、運転保守の簡素化になり、かつ非常に堅牢である(表 4.5 参照)。

カゴ型電動機の始動電流を軽減する為にリアクトル始動方式を採用するとともに、力率改善用コンデンサを設け、回路の力率を改善する。

型式	:	横軸開放防滴かご型
電圧	:	3,3 0 0 V
出力	:	1,3 5 0 KW
台数	:	4 台(カフェ送水ポンプ場) 4 台(チランガ中継ポンプ場) 合計 8 台

表 4.5 電 動 機 比 較 表

	かご型誘導電動機	巻線型誘導電動機
原 理	<ul style="list-style-type: none"> <li>1次巻線に多相交流電流を通して生ずる回転磁界が2次巻線を切って起電力を誘起し2次電流と回転磁界の間にトルクを生ずるものである。</li> </ul>	
回 転 子	<ul style="list-style-type: none"> <li>回転子は鉄心のみぞ中に導体バーを入れ両端を導体リングで短絡したもので、スリップリングはない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回転子は1次と同じく絶縁巻線を行なったものでスリップリングとブラシを通じて2次端子を出してある。</li> </ul>
特 性	<ul style="list-style-type: none"> <li>始動トルクは巻線型に比べ低い。</li> <li>直入起動時の始動電流は約600%と高い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>始動時に2次抵抗を増加することにより始動トルクを大きくとることが可能であり始動電流が低い。</li> <li>運転時にも2次抵抗の増減により速度制御が可能。</li> </ul>
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> <li>摩耗部がないため、ほぼメンテナンスフリーである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スリップリングに摩耗が生じ交換及び適宜に点検する必要がある。</li> <li>2次抵抗器の保守点検も必要であり、かご型に比べ維持管理面ではかなり劣る。</li> </ul>
構造 価 格	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造は簡単 価格は安価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造複雑 価格は高い</li> </ul>
一般的用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>速度制御を行なわない場合</li> <li>維持管理を容易にする必要がある場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>速度制御等を行なう場合</li> <li>始動電流を低くする必要がある場合</li> </ul>

#### (4) ポンプ吐出弁

現地調査結果により、ポンプのインペラとポンプ吐出弁にキャビテーションによる損傷が生じている。これは、ポンプ1台、2台運転時に吐出量が過大となっている事に起因しており、既設備では、これを防ぐ為に吐出弁を絞る事により対応している様であるが吐出弁型式が制御用弁でない為に十分な水量絞りが行なわれていないと判断される。

よって、当計画ではポンプ吐出弁としてポンプ1台運転時において、キャビテーションを生じさせないよう弁型式を選定する必要があり、制御性に優れたロート弁を採用する(表4.6参照)。

型式	:	電動式ロート弁
口径	:	φ400mm
出力	:	1.5KW×400V
台数	:	4台(カフェ送水ポンプ場) 4台(チランガ中継ポンプ場) 合計 8台
開閉時間	:	約110秒

#### (5) その他

- ・ ポンプピット内の換気改善策として、主ポンプモーター用冷却ファン出口側にダクトを通して屋外に排気し、室内の昇温を防止する。又、吸気は既設ギャラリーからの自然吸気とする。

換気ダクト : ポンプ用電動機～屋外, 鋼板製 1式

- ・ ポンプ室内 床排水ピットのドレン用として可搬式水中雑排水ポンプを設置する。

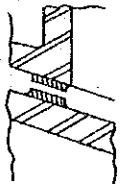
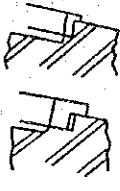
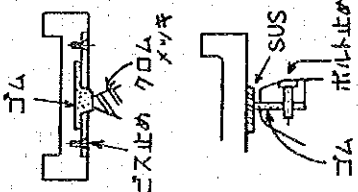
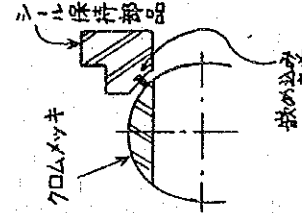
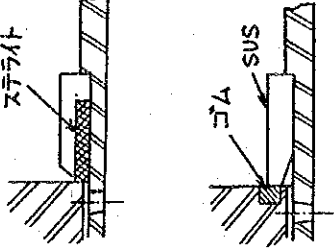
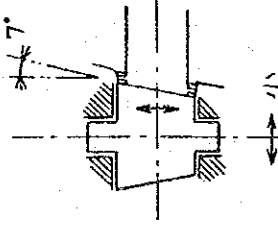
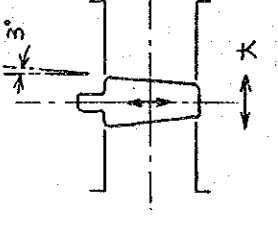
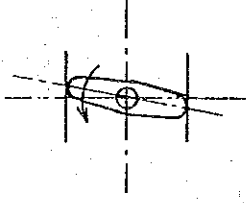
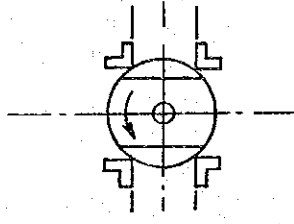
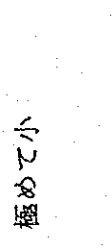
床排水ポンプ : φ5.0×0.1m<sup>3</sup>/分×1.0m×0.4KW 4台

- ・ 送水ポンプ、吐出弁の交換に伴うポンプ廻り管弁類を新設し(吐出ヘッダー管は既設を利用)、それに加えて送止弁も交換する。

- ・ 送水ポンプ逆止弁

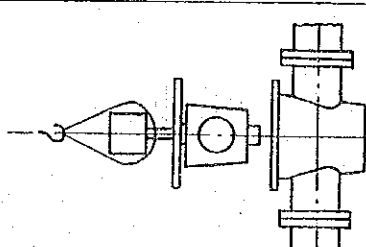
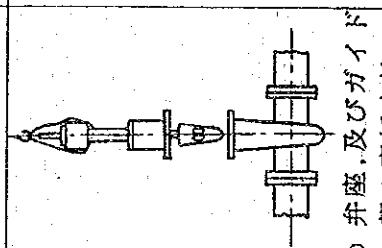
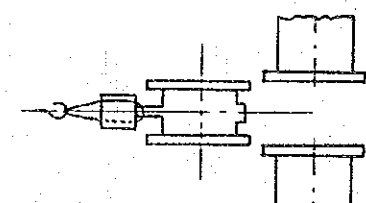
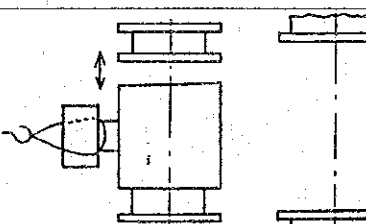
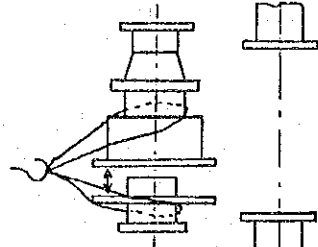
型式	:	急閉逆止弁
口径	:	φ450mm
台数	:	4台(カフェ送水ポンプ場)

表 4.6 吐出弁比較表

比較項目	ロートバルブ 溶接肉盛	スルスバルブ 打込み又は ネジ込み	バタフライバルブ	ボールバルブ	マルチジェットバルブ	解説
弁座の構造						肉盛溶接が固定方法として、最も確実である。 小口径ボールバルブはシール保持部品を使用せず、弾性弁座を直接胴体に嵌め込む。
弁座の摺動距離	 小	 大	 大	 著しく大	 極めて小	摺動距離が小のものほど、耐久性大。勿論材質にもよるが、メタルシートが良。
弁座の耐食性	強い	強い	クロムメッキ使用のものはやや弱い	シール保持部品使用…弱い 小口径弁…強い	強い	ボールバルブの大口径弁は、ガス、石油用が主用途のため、水用には材質に注意すべきである。
弁座の耐久性	大	中	小	小	中	

比較項目	ロートバルブ	スルースバルブ	バタフライバルブ	ボールバルブ	マルチジェットバルブ	解説
弁特性	0~80%の範囲で制御しやすい特性を持つ。	0~30%程度の範囲で制御し易いが、30%以上では開度変化に対して流量変化の割合が小さい。	制御に良好であるがロートバルブより劣る。	制御しやすい。	小開度の流量変化が大きく、逆に大開度の流量変化が小さい。	ロートバルブとボールバルブはイコールドセンテジ特性(ある開度に於ける流量を例えれば1%変化させようとするとその開度%の1%だけ開度を変化させればよい特性)(変化が微少な時のみ成り立つ)に近い。 最も流量制御に適當。
キャビテーション系数	1.5	4	2.7	1.5	0.6	弁開度約40%の点の実用上の初性キャビテーション系数
流量調節に適用の可否	最適	不適	適、但し、キャビテーションを発生しやすい	適、但し、閉閉頻度大な個所は不適	適、但し、必要最大流量によって他の弁より大口径弁を必要とする。	スルースバルブは一定開度に固定して、流量調節に使われる例はある。ボールバルブは一定開度に固定して長期間使用することは避けたい。
流体中のゴミ異物に対する抵抗力(全開)	大	中	中	大	小	ロートバルブ、ボールバルブは全開時管路と同一形状になるので異物が引掛かることがない。この利点のためロートバルブが下水用に使用される例もある。
同上(中間開度)	中	中	中	中	小	マルチジェットバルブはストレーナーと類似のため、小石等の混入するおそれのあるところでは使えない。



比較項目	ロートバルブ	スルースバルブ	バタフライバルブ	ボールバルブ	マルチジェットバルブ	解説
適用される最大圧力	口径 200φ...200kgf/cm <sup>2</sup> 2000φ...20kgf/cm <sup>2</sup>	高圧も可能であるが大口径では差圧のある状態で開閉するのは困難	高圧可能,但し,シールができずもれが大きい。	高圧に適當 200kgf/cm <sup>2</sup> 程度のものも多い。	約20kgf/cm <sup>2</sup>	
封水パッキンの耐久性	大	中	大	大	小	マルチジェットバルブでは、駆動軸の他に胴内部に大径のパッキンを持ち、動作時長距離、摺動するため摩擦が早い。
手動開閉時のハンドル回転数と、全閉時に加える力	40kgf-180REV	30kgf-7900REV	30kgf-90REV	40kgf-350REV	50kgf-330REV	600mm直径の手動ハンドルに加える力と、ハンドル回転数を800mm口径弁について、差圧10kgf/cm <sup>2</sup> の締切トルクを基準に概略計算したもの。 ○ 配管から取外す必要のある弁は遊動フランジの設置が不可欠であり、これの分解、調整も必要になる。 ○ バタフライバルブとボールバルブには、特殊品として、配管より外さずに点検できるものがある。
弁胴内部点検の必要個所と点検の難易	 ○ 軸摩擦点検 ○ 上図以外の分解不要 ○ 点検容易	 ○ 弁座,及びガイド部の摩擦点検 ○ 上図以外の分解 ○ 弁体の点検 ○ 点検容易 但し、横置の場合やや困難	 ○ 軸受摩擦点検 ○ 弁座点検 ○ 分解必要 ○ 点検はやや困難	 ○ 軸受,弁座,弁体の点検 ○ 分解必要 ○ 点検は非常に困難	 ○ 異物の咬み込み点検 ○ パッキンの摩擦点検 ○ 分解必要 ○ 点検困難	

比較項目	ロートバルブ	スル-スバルブ	バタフライバルブ	ボールバルブ	マルチジェットバルブ	解説
弁損失を概略同一とした場合の口径	250 mm (7.7 m/s)	300 mm (5.3 m/s)	400 mm (3 m/s)	250 mm (7.7 m/s)	700 mm (1.0 m/s)	口径400 mmのバタフライバルブの流速3 mを基準として概略同一弁損失の弁口径を選定した。( )内は流速。
全開時の損失エネルギー	0.9 kW	1.6 kW	7.9 kW	0.9 kW	78.5 kW	口径800 mm, 流速5 m/secとして計算。ロートバルブとバタフライバルブの差7 kWはkWH当り10円として、年間6.1万円となる。
用途	遮断弁、および流量制御弁として、上水道、農工業用水、石油、ガス等用途は広い。 下水道にも、遮断弁として使用される。	開閉頻度の少ない遮断弁として、多数使用されている。	遮断弁、流量制御弁として、ゴム弁座を持つ弁が多く使われる。手動式は軽型コンパクトで、複雑な配管のスペースの小さいところには最適。	大型の弁は主として、石油、ガス用に使用される。水用、化学薬品、計装用には小口径弁が使用されている。	異物を含まない水用の減圧弁として他形式の弁ではキャビテーションが起こって、振動、騒音が問題となる個所に使用される。	

比較項目	ロートバルブ	スルースバルブ	パタフライバルブ	ボールバルブ	マルチジェットバルブ	解説
<p>とめ</p> <p>ま</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 堅牢で耐久性にすぐれ、点検、部品交換も容易なため、自動制御用、流量制御弁に最適である。</li> <li>○ シール性能がすぐれていることと手動による開閉が簡単なこと、全開損失が少いこと、コンパクトなため、弁室が小さくできること等、配管途中に設置する遮断弁に、従来のスルースバルブに代わって使用して有益である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 圧力10kgf/cm<sup>2</sup>以下で、口径600mm以下の開閉頻度の少ない用途には、全開損失も少く、最適である。</li> <li>○ 高さ寸法が大きいため、手動が開閉に労力を要することが難点であるが、水圧バランス状態で開閉するところでは問題ない。この場合には、700mm以上10kgf/cm<sup>2</sup>以上にも使える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 差圧10kgf/cm<sup>2</sup>以下程度では完全シールが可能だが、異物座付きが、異物の噛み込み、相手弁座(普通クロムメッキ)の腐食等で、耐久性に限界がある。</li> <li>○ 最近、もれの少ないメタルシート付きが、開発されつつあるが、もれ量については未だ不安定である。</li> <li>○ 流量制御に適するが、キャビテーションによる振動、騒音を起し易いので注意を要する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ボール自体が胴体弁座と常に接触しているため、ボールの耐久性が完全であることとを要する。</li> <li>○ 水用には、耐食性材料の使用する小口径弁以外は不適当である。</li> <li>○ 弁座が弾性体であるのでシール性能が良く、高圧のガス用石油用には不可欠の弁である。</li> <li>○ 弁座の耐久性から開閉頻度の激しい用途には不向きである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 水圧エネルギーの減勢を目的とした弁で全開時弁損失は普通、問題とされなれない用途に使用される。</li> <li>○ 1台の弁でキャビテーションを最小として騒音を減圧する用途には最適である。</li> <li>○ 異物の多い流体は動作不良の原因となり、不向き</li> <li>○ 水槽内又は空中放流用には、ハウエルパンガンバーバルブやホロージェットバルブ等同種の弁がある。</li> </ul>	<p>各弁には、夫々、固有の特性があり、その適用に当たっては、使用目的に合致していること、耐久性、保守点検、信頼性、コスト(インシールド、ランニングコスト、附帯設備コスト)等を勘案して弁の選定を行うべきである。</p>

4台(チランガ中継ポンプ場)

合計 8台

・ 配管類

ポンプ吸込管 : SGP JIS10Kg フランジ 1式  
 ポンプ吐出管 : STPY JIS20Kg フランジ 1式  
 他, 小配管等 : SGPW 1式

(6) ウォーターハンマー対策用機器

カフェ, チランガ両ポンプ場の改善によりウォーターハンマーが生ずることが判明した。比較検討の結果、カフェ送水ポンプ場は、管路の既設空気弁と新設するフライホイールにより負圧を防止できるが、チランガ中継ポンプ場は、管路の既設空気弁に加えて、フライホイール, 及びワンウェイサージタンク(2ヶ所)を設けることが必要となった。なお、各装置仕様は次表に示す。

(ウォーターハンマー解析詳細は資料11に示す)

表 4.7 ウォーターハンマー(水撃圧)対策用機器の仕様

項目	単位	カフェ送水ポンプ場	チランガ中継ポンプ場	
フライホイール 万倍1-10GD <sup>2</sup> 型式	Kg・m <sup>2</sup>	1,000 カッパリング式	1,000 カッパリング式	
ワンウェイサージタンク (コンクリート製)			No. 1	No. 2
ポンプ場からの距離	(Km)		12.0112	13.5352
設置レベル	(m)		1,293.98	1,304.4
初期水位	(m)		1,295.86	1,306.86
寸法	(m)		3X3.5X3	7x7x4
分岐管口径	(mm)		250	400

#### 4.3.4 電気・計装施設

カフェ浄水場およびチランガポンプ場のポンプ施設改善に伴ない、以下の電気施設改善計画が必要となる。又、停電事故が頻発している浄水場への送電線路改善も含めるものとする。

##### (1) カフェ浄水場

###### 1) 受変電設備

- ① 33 / 3.3 KV 主変圧器 7.5 MVA × 2 台 (ZESCOにて据付工事を行なう)

現有の変圧器は5 MVA × 2 台となっているが、本計画により送水ポンプを変更するため、始動容量が増加する。又、西ドイツ国が進めている取水ポンプの容量増加にも対処する必要があり別添資料-13のとおり、7.5 MVA × 2 台に新規交換する。

- ② 3.3 KV 閉鎖配電盤..... 13 面

送水ポンプ始動方式の変更に伴い変圧器2次側の配電盤と送水ポンプ電動機盤から構成されているすべての盤を新規交換する。

- ③ 3.3 KV / 400 V 補機変圧器..... 300 KVA × 2 台

本計画で設備される浄水機器の電源として使用されるもので、既設変圧器は極めて老朽化しており2台の内1台は使用不能となっているため2台共新規交換する。

- ④ 400 V 低圧配電盤..... 6 面

浄水機器への低圧配電を行なうため新規交換する。

###### 2) 動力設備

- ① 動力制御盤(フラッシュミキサー用, 薬注用, ろ過池用, 送水ポンプ補機用).....  
..... 11 面

本計画で取り替えられる機械の制御用として設備する。

### 3) 監視，計装設備

- ① 浄水池水位計（フロート式）…………… 1台
- ② 送水流量計（オリフィス式）…………… 1台
- ③ 監視制御盤（自立型監視盤）…………… 1面

流量と水位を、最低限常時監視する必要があるが現状は機能していないため新規交換する。

### 4) 送電線路

浄水場の電源は、ZESCOのカフェ変電所より2回線架空方式により給電されている。変電所から約500mの区間にわたり肥料工場から排出される粉塵や煙霧のため硝子類の絶縁不良による停電事故が頻発している状態であり、本区間の架空線を地中ケーブルに交換する事により、安定した電源が確保できることから、本改善計画に含めるものとし、次のケーブル等を供与する。なお、施行はZESCOが行なう。

- ① 33KV 直接埋設用架橋ポリエチレンケーブル 250mmsq-3 core 1,200m
- ② ケーブルヘッド…………… 4組

## (2) チランガ中継ポンプ場

### 1) 受変電設備

- ① 3.3KV閉鎖配電盤…………… 12面  
送水ポンプ始動方式の変更に伴う新規交換
- ② 3.3KV / 400V変圧器…………… 75KVA×1台  
送水ポンプ補機用として本計画で新規交換される。

### 2) 動力設備

- ① 動力制御盤（送水ポンプ補機用）…………… 3面

### 3) 監視，計装設備

- ① 受水池水位計（フロート式）…………… 1台
- ② 送水流量計（オリフィス式）…………… 1台
- ③ 監視制御盤（自立型監視盤）…………… 1面

主に流量と水位を最低限常時監視する必要があるが、現状は機能していないため送水ポンプ室に新規交換する。

#### 4.3.5 維持管理施設

##### (1) 通信設備

現在、無線通信機器がカフェ浄水場、チランガ中継ポンプ場およびルサカ浄水場間に設備されているものの、1970年に設置されて以来短期間で使用不能となっている。主な理由としては、雷等の外部からのサージに対する保護装置の損傷によるものである。

本設備の機能としては、

- ① 機場間の通話連絡
- ② 送水ポンプ (No 1)、中継ポンプ (No 2) の運転用信号搬送………水位信号
- ③ 維持管理用信号搬送………水位、流量信号

であるが、現在機能していないため送水ポンプの運転制御は、信頼性の極めて低い一般電話を利用し、人を介して行なっているため、しばしば車を使用して各機場間の連絡を取り合っており、チランガポンプ場、配水池等でオーバーフローする等の問題を抱えている。

以上の問題を解決するための、最小限の機能である通話連絡に絞って改善するものとする。

通信方法 : 400 MHz 単信方式

機器構成 : 無線電話装置×3局 (カフェ浄水場、チランガ中継ポンプ場、ルサカ浄水場)

なお、アンテナは既設のものを利用する。

又、スペアパーツとして、各種プリント板、避雷機等を含むものとする。

##### (2) 車 輦

ルサカ市内の輸送手段は、車に限定されているが、殆んどが外国からの輸入に頼っており、水道事業所では現在2台が配置されているが、老朽化とスペアパーツ不足の為満足に使用出来ない水態である。浄水施設の維持管理に必要な車輛は次のとおりである。

• 薬品搬送、配管材料搬送用	2～4トントラック	2台
• 職員移送用、場外施設管理用	4輪駆動ワゴン	4台
• 小 運 搬 用	小型ピックアップ	4台
• 給 水 車		4台
• ク レ ー ン 車	2トン用	1台

これらの内、カフェ系施設の維持管理に限定すると、浄水場で使用する薬品の購入およ

び移動用、ならびに機械の運送用として3トントラック1台、送水管路点検および職員移送用として4輪駆動ワゴン2台が最低限必要であると考えられるため、下記仕様の車輛を供与するものとする。

① 3トントラック×1台

型 式 : 高床ダブルタイヤ、標準ボディ・木製  
最大積載量 : 3トン  
エンジン : 100馬力  
燃 料 : 軽 油

② 4輪駆動ワゴン×2台

型 式 : 7人乗ワゴン  
エンジン : 2,600 cc  
燃 料 : ガソリン

③ 上記用スペアパーツ各3年分

#### 4.4 供与機器リスト

以下に、前節で説明した供与内容の一覧を示す。



4.4.1 浄水施設

設 備	項 目	内 容	台 数
硫酸バンド 注入設備	溶解槽の耐酸ライニング	既設コンクリート槽内面をステンレス板でライニング加工	3
	溶解槽用攪拌機	既設を撤去し、立軸型攪拌機に取替える。	3
	溶解槽用バケット	ステンレス製目皿を新設	1
	硫酸バンド循環ポンプ	既設を撤去し、渦巻型ポンプに取り替える。	2
	硫酸バンド注入ポンプ	既設を撤去し、可変定量ポンプに取り替える。	3
	フラッシュミキサー	既設ミキサー用ポンプ及、管弁を撤去し攪拌機新設	2
	配管弁類	バンド飽和槽の引抜から混和池への注入管弁類を既設撤去し、新設 バンド溶解槽から混和池への注入管弁類を既設撤去し、新設	1式 1式
沈でん池 設備	スラッジポケット	耐蝕性のスラッジポケットを新設	30池分
	同上昇降装置	手動式昇降装置を新設	30池分
	排泥装置	スラッジ排出用パイプ弁等	30池分
急速ろ過池 設備	ろ材の整合	既設ろ材を撤去し、洗浄、ふるい分けを行ない再布設する。 尚、不足ろ材は追加補充とする。	20池分
	洗砂装置	維持管理用として新設	1式
	集水装置	集水装置の点検を行ない、不備な箇所は修理を行なう。	20池分
	排水トラフ	排水トラフ(1池当たり5本)を新設	20池分
	流調弁	既設流調弁とベンチュリを撤去し、機械作動式流調弁を新設する。	20池分
	空気作動式自動弁	既設のエア-作動式弁扉のエア-シリンダーを撤去し、手動開閉台を接続する。 (流入制水扉、排水制水扉) (洗浄水弁、空気逆洗弁)	20池分
	空気洗浄フロー逆洗ポンプ	既設撤去し、新設 同上	2 4
石灰注入 設備	石灰溶解槽	既設撤去し、新設	3
	溶解槽攪拌機	同上	3
	石灰注入ポンプ	同上	2
	洗浄ポンプ	新設	1
	管弁類	石灰溶解槽から注入点までの配管弁は既設を撤去し、新設する。	1式

#### 4.4.2 送水施設

設 備	項 目	内 容	台 数	
			カフェ 送水 ポンプ	チランガ 中継 ポンプ
送水ポンプ 設 備	送 水 ポ ン プ	既設直列2段ポンプを撤去し、新設ポンプとする。	4	4
	送水ポンプ用電動機	既設同期型モーターを撤去し、籠型モーターを新設する。	4	4
	ポンプ吐出弁	既設仕切弁を撤去し、電動ロート弁を新設する。	4	4
	換気ダクト	モーター排熱用ダクトの新設	4式	4式
	床排水ポンプ	可搬式床排水ポンプの新設	2	2
	送水ポンプ逆止弁	既設弁を撤去し、新設する。	4	4
	配管類	既設の送水ポンプ吸込管、吐出管を撤去し、新設配管とする。	4式	4式
ウォーターハンマー対策	フライホイールの設置	4式	4式	
	ワンウェイサージタンクの設置	—	2式	

#### 4.4.3 電気・計装施設

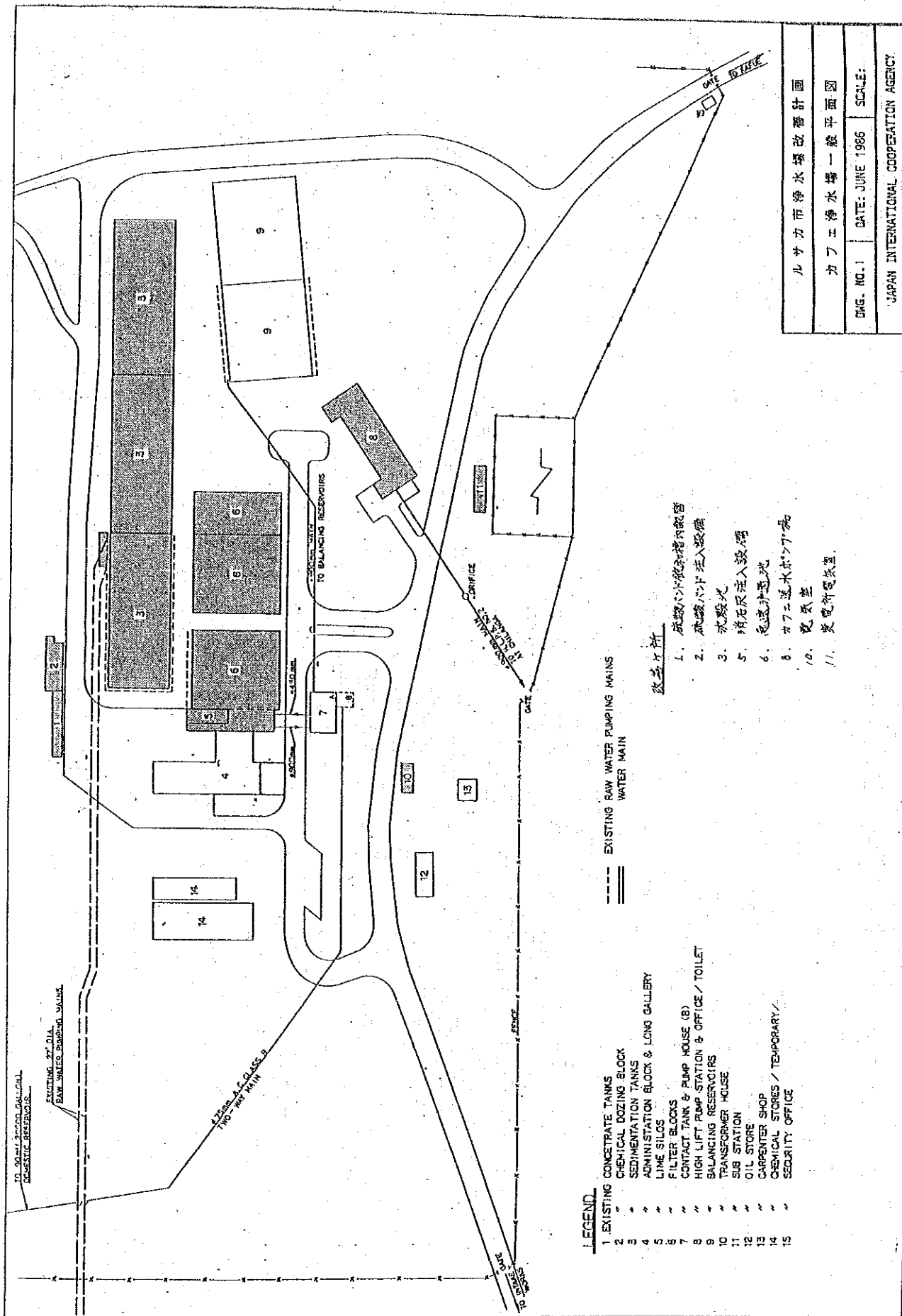
設 備	項 目	内 容	台 数	
			カフェ 送水 ポンプ	チランガ 中継 ポンプ
受変電設備	主 変 圧 器	既設5 MVAを撤去し、7.5 MVAを取り替え	2台	—
	3.3 KV 閉鎖配電盤			
	高圧引込盤	既設を撤去し、新設	2面	2面
	母線連絡盤	同 上	1面	1面
	主ポンプ盤	同 上	4面	4面
	リアクトル盤	ポンプ始動用として新設	4面	4面
	補器変圧器1次盤	既設を撤去し、新設	1面	1面
	取水ポンプフィーダ盤	同 上	1面	—
	補器変圧器	同 上	2台	1台
低圧配電盤	同 上	6面	—	
動力設備	送水ポンプ補機動力制御盤	既設を撤去し、新設	3面	3面
	フラッシュミキサー "	同 上	1面	—
	硫酸バンド系 "	同 上	3面	—
	石灰系 "	同 上	2面	—
	逆洗ポンプ "	同 上	2面	—
監視・計装 設 備	水 位 計	既設を撤去し、新設	1組	1組
	フロートスイッチ	同 上	2組	2組
	送水流量計	同 上	1組	1組
	監視制御盤	同 上	1面	1面

#### 4.4.4 維持管理施設

設 備	項 目	内 容	台 数
通信設備	無線電話装置	無線電話の供与 アンテナは既設利用とする。	3局
車 輛	トラック	3トン用	1台
	ワゴン車	7人乗り	2台

#### 4.5 基本設計図面

図面番号	図 面 名 称
1	カフェ浄水場一般平面図
2	浄水施設平面図
3	フラッシュミキサー平断面図
4	沈でん池平断面図
5	ろ過池平断面図
6	硫酸バンド設備フローシート、配置図
7	石灰設備フローシート、配置図
8	チランガ中継ポンプ場一般平面図
9	送水ポンプ平断面図
10	送水ポンプ断面図
11	カフェ浄水場、チランガ中継ポンプ場電源系統図
12	単線結線図 (1)
13	同 上 (2)
14	同 上 (3)
15	同 上 (4)
16	電気室平断面図

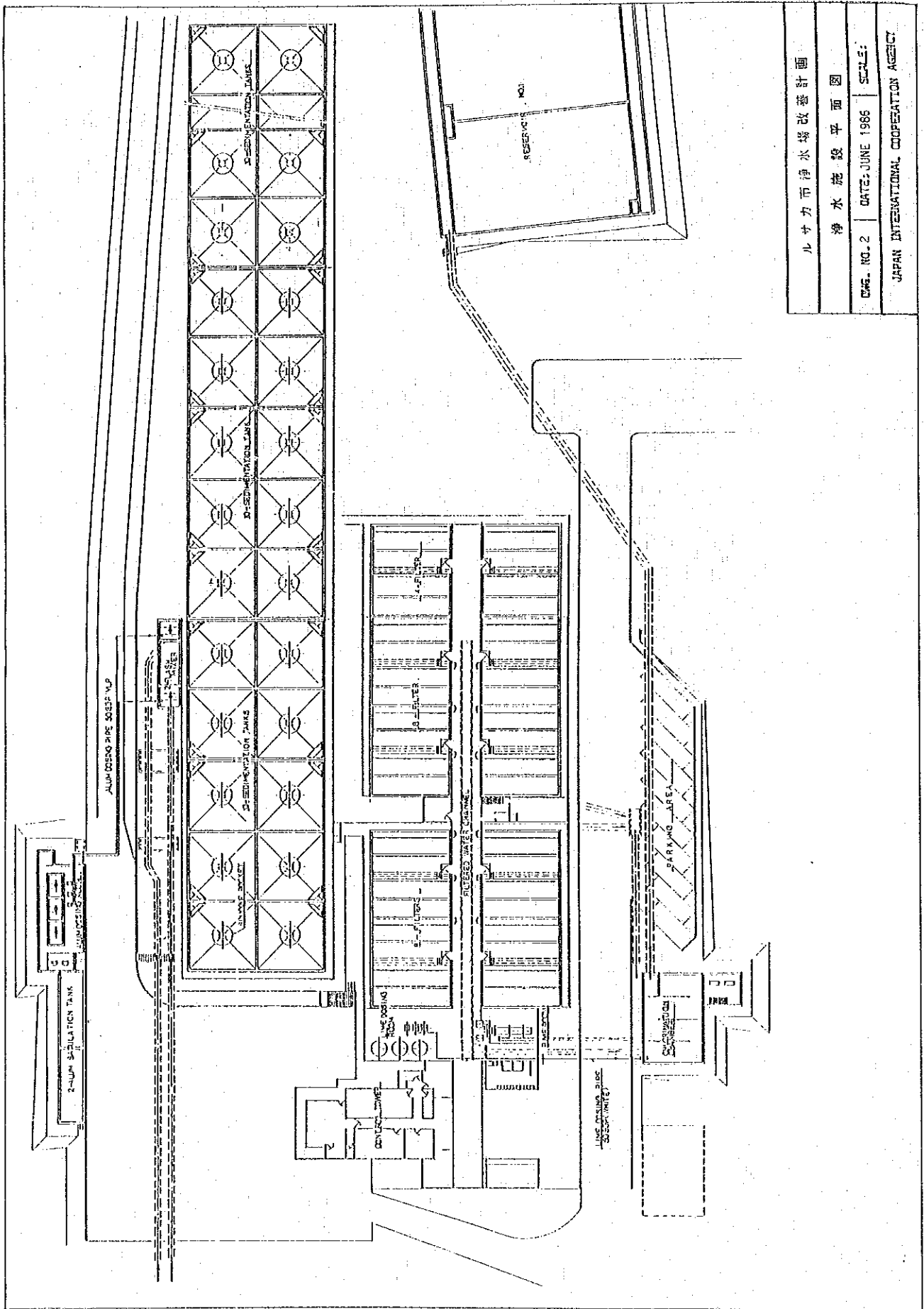


ルサカ市浄水場改善計画  
 カサキ市浄水場一般平面図  
 ENG. NO. 1    DATE: JUNE 1986    SCALE:  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

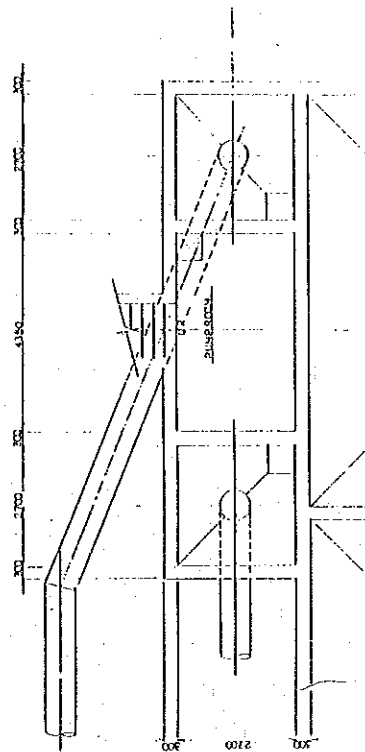
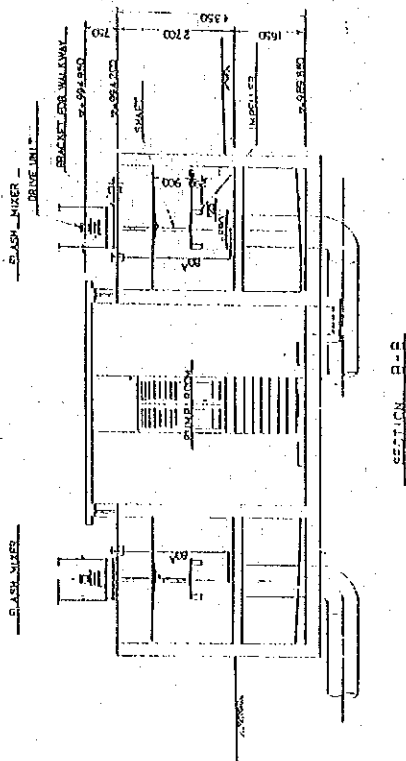
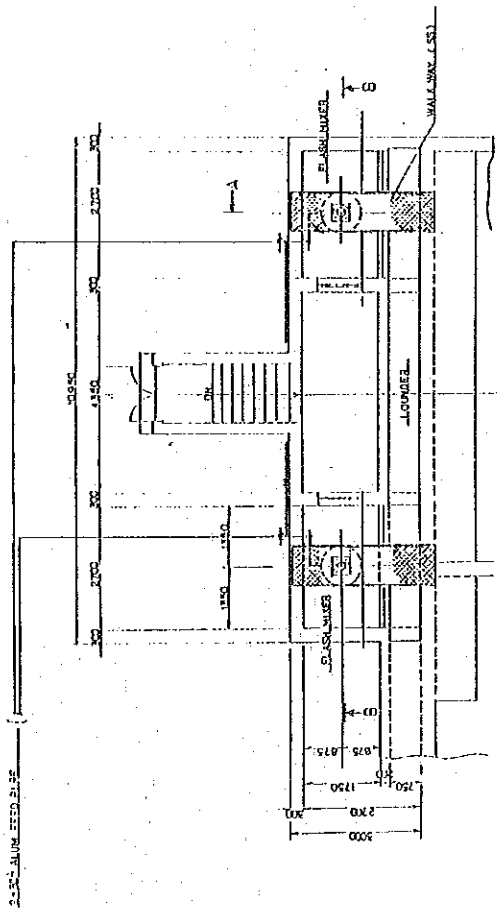
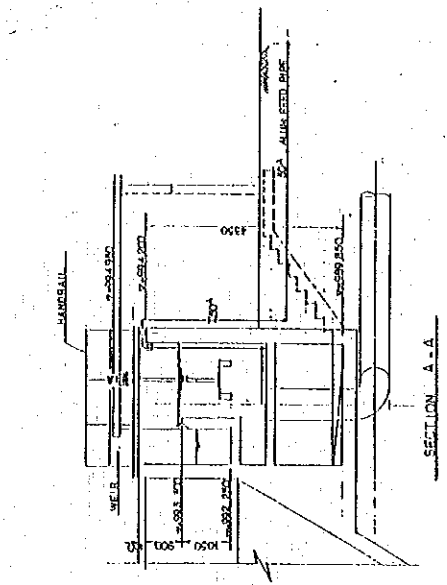
- LEGEND**
- 1. EXISTING CONCENTRATE TANKS
  - 2. " " CHEMICAL DOZING BLOCK
  - 3. " " SEDIMENTATION TANKS
  - 4. " " ADMINISTRATION BLOCK & LONG GALLERY
  - 5. " " LIME SILOS
  - 6. " " FILTER BLOCKS
  - 7. " " CONTACT TANK & PUMP HOUSE (B)
  - 8. " " HIGH LIFT PUMP STATION & OFFICE / TOILET
  - 9. " " BALANCING RESERVOIRS
  - 10. " " TRANSFORMER HOUSE
  - 11. " " SUB STATION
  - 12. " " OIL STORE
  - 13. " " CARPENTER SHOP
  - 14. " " CHEMICAL STORES / TEMPORARY
  - 15. " " SECURITY OFFICE

--- EXISTING RAW WATER PUMPING MAINS  
 === WATER MAIN

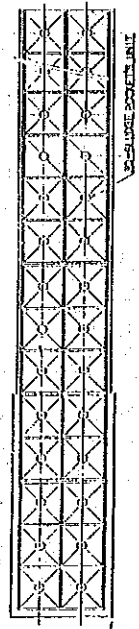
- 改善箇所
- 1. 成取ポンプ機内設備
  - 2. 成取ポンプ注入設備
  - 3. 沈殿池
  - 5. 硝石戻り注入設備
  - 6. 急流浄過池
  - 8. カサキ送水ポンプ機
  - 10. 電気室
  - 11. 変電所電気室



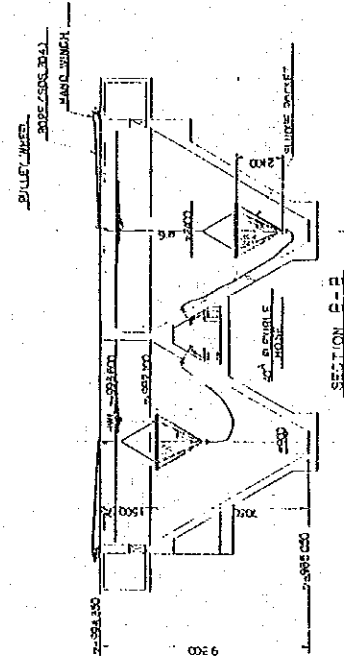
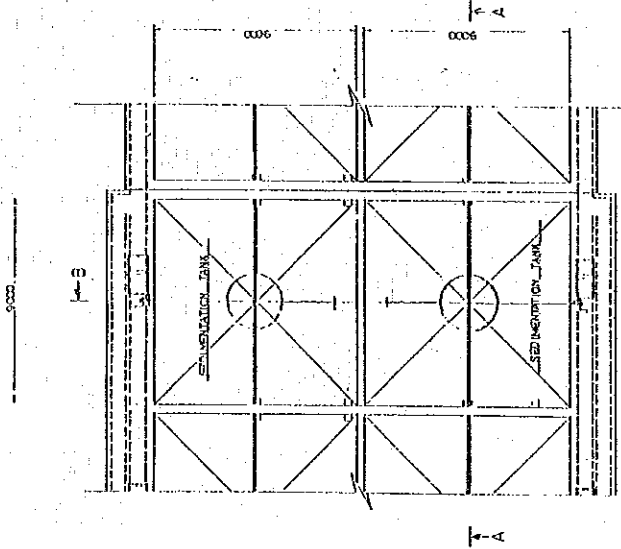
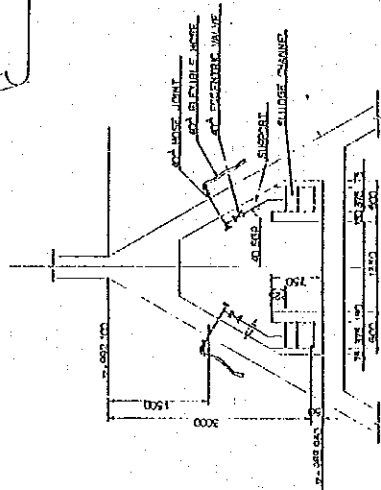
ルサカ力市浄水場改善計画		
浄水施設平面図		
DWG. NO. 2	DATE: JUNE 1986	SCALE:
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		



ルサカ市浄水場改善計画  
 フラッシュエキサー平断面図  
 DWG. NO. 3 DATE: JUNE 1986 SCALE:  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



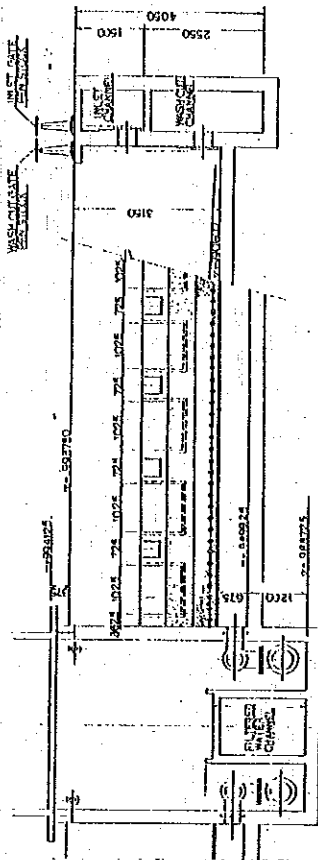
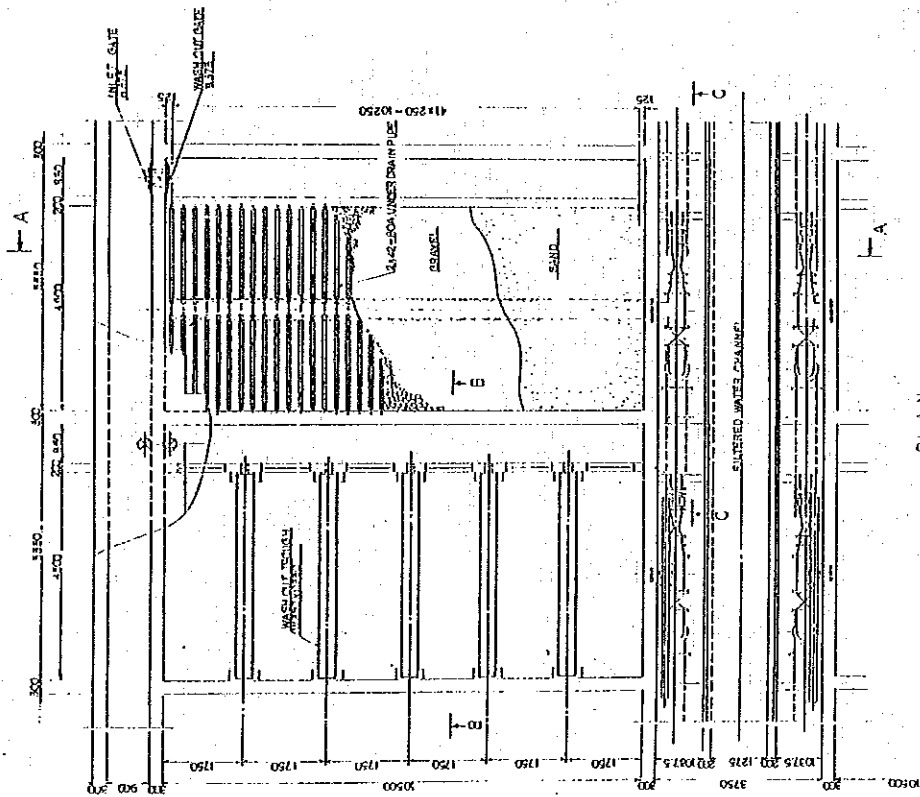
SEDIMENTATION TANK  
KEY PLAN  
SCALE: 1:500



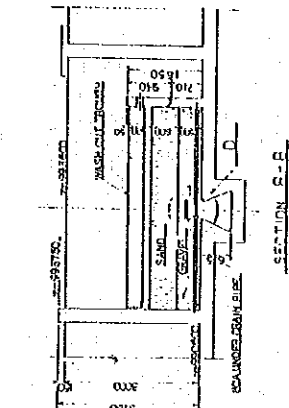
ルサカ市浄水場改善計画  
沈でん池平断面図

DMG. NO. 4 | DATE: JUNE 1986 | SCALE:

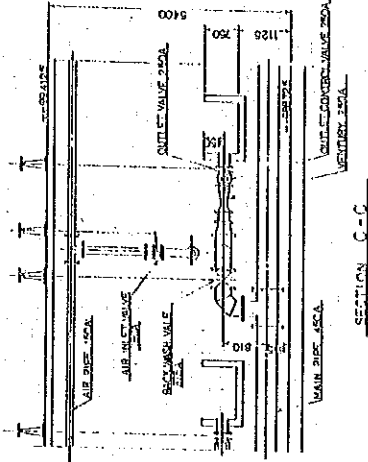
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



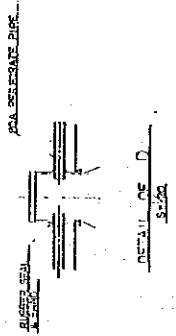
SECTION A-A



SECTION B-B



SECTION C-C

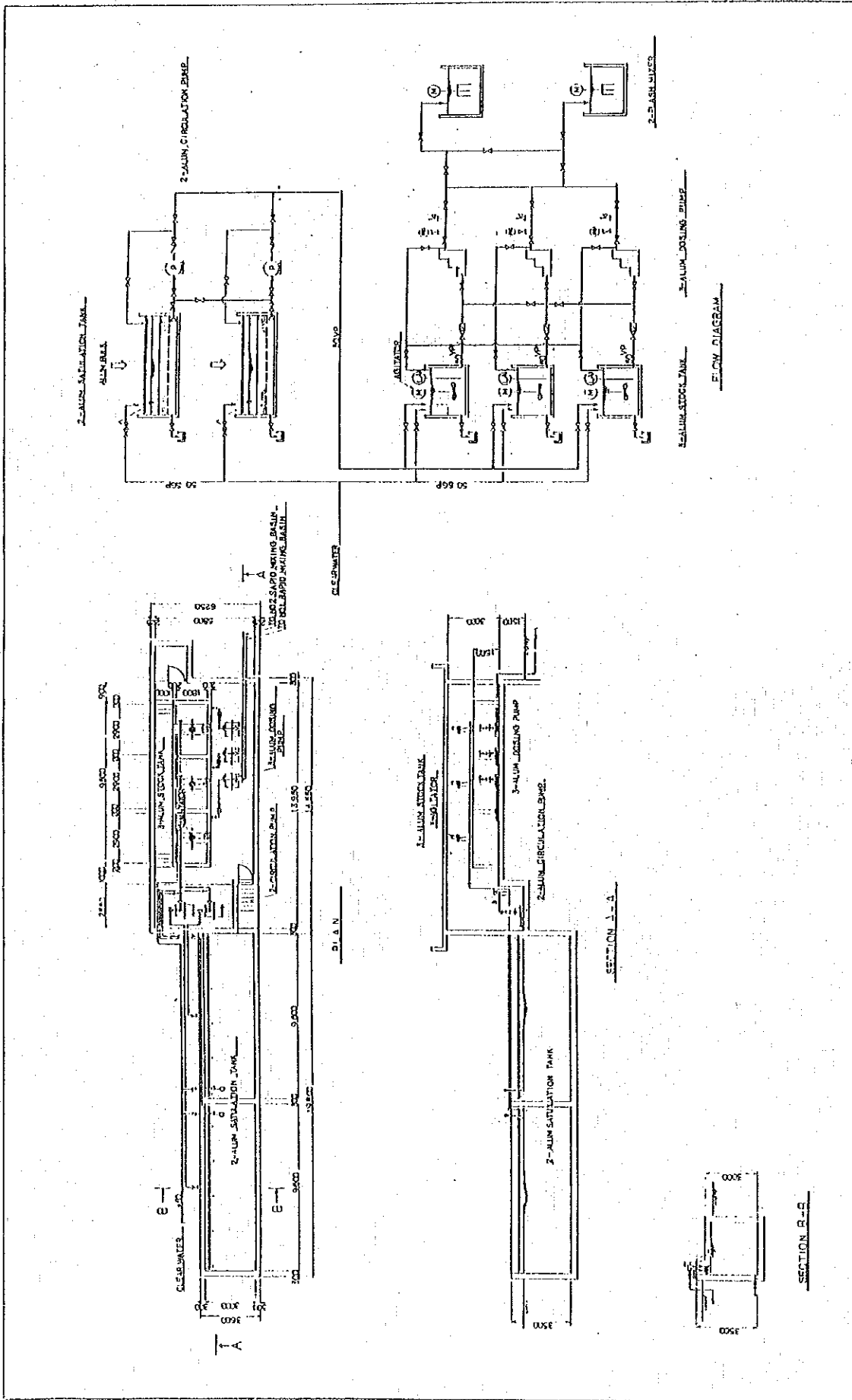


DETAIL OF D

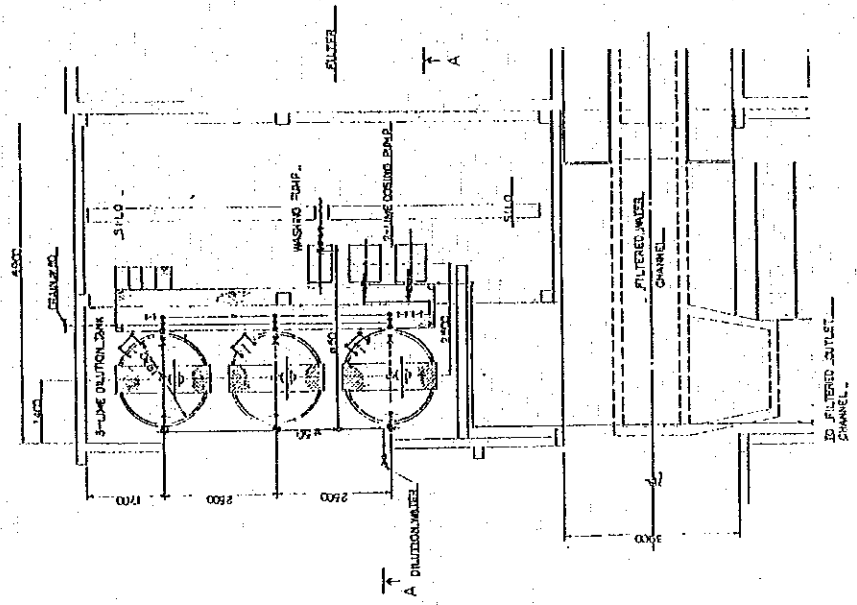
P L A N

ルオカ市浄水場改善計画	
ろ過池平面断面図	
DWG. NO. 5	DATE: JUNE 1986
SCALE:	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	

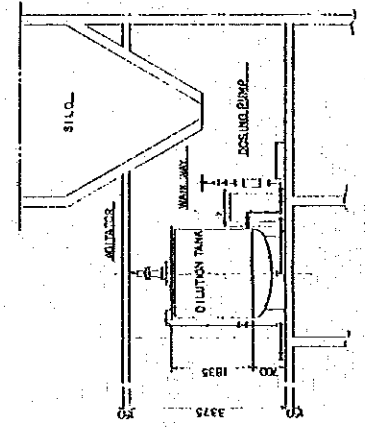




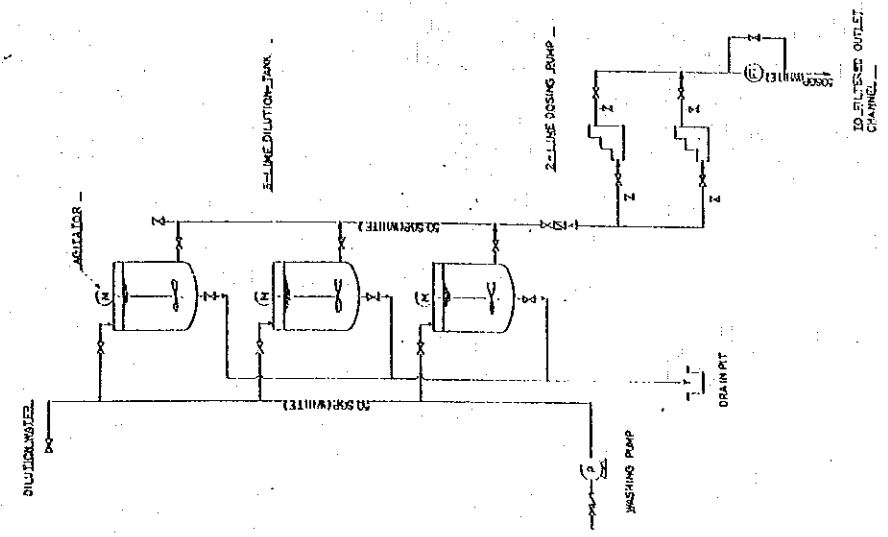
ルサカ市浄水場改善計画	
硫酸バンド設備フローシート、配管図	
DWG. NO. 6	DATE: JUNE 1966
SCALE:	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	



PLAN

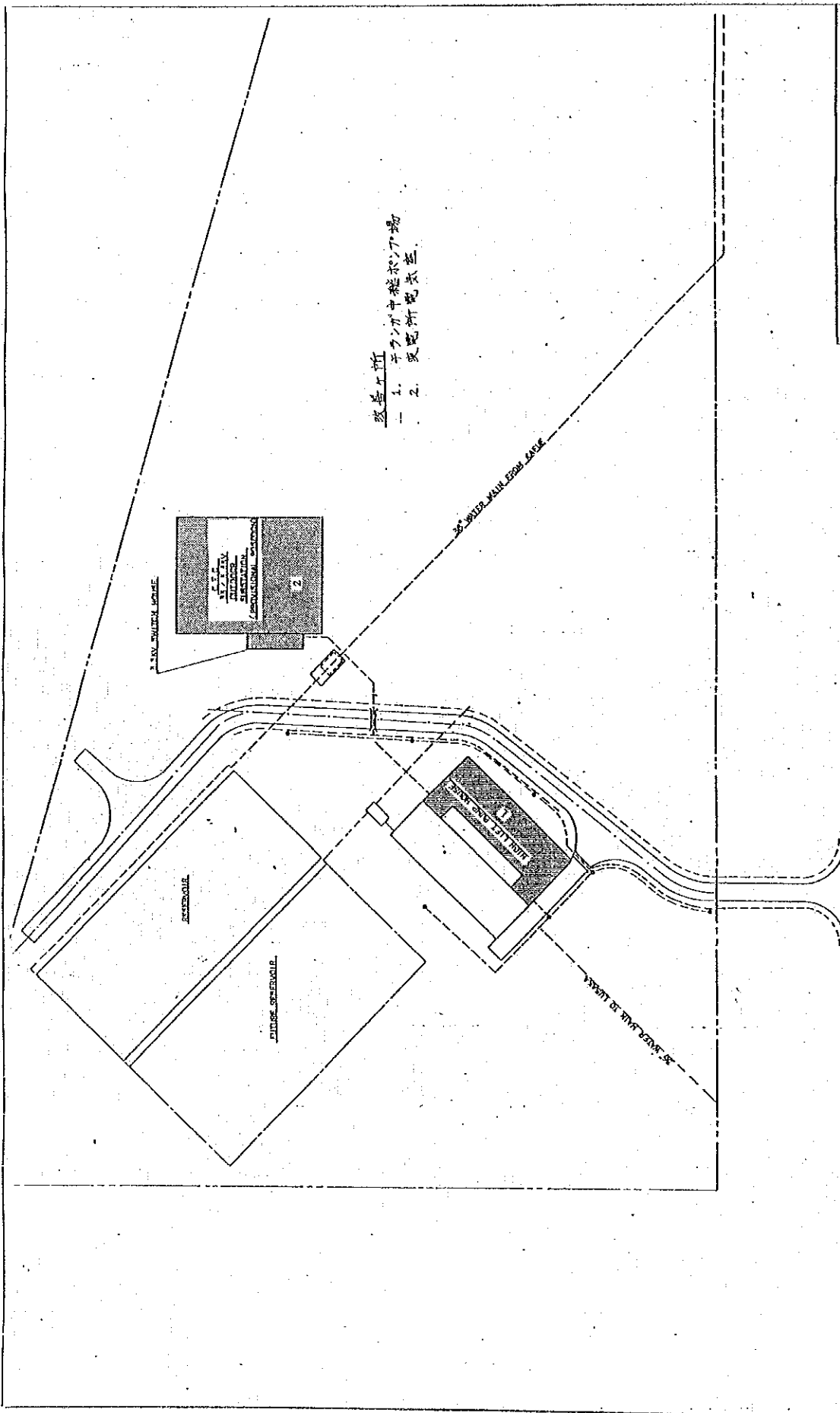


SECTION A-A



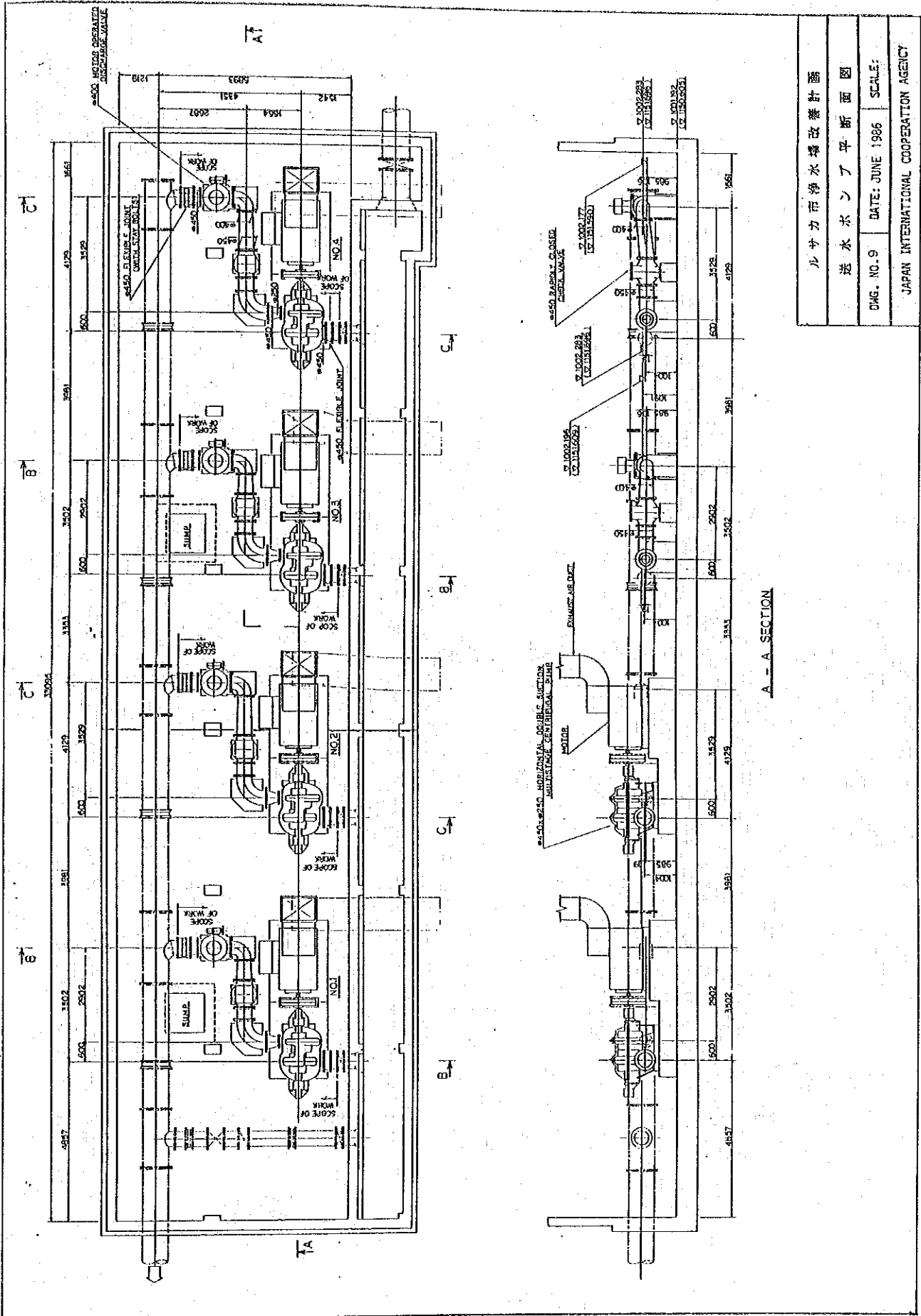
FLOW DIAGRAM

ルサカ市浄水場改善計画		
石灰設備フローシート、配置図		
DWG. NO. 7	DATE: JUNE 1986	SCALE:
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		



改善工種  
 1. プランツ中継ポンプ場  
 2. 変電所電気室

ルサカ市浄水場改善計画	
チランガ中継ポンプ場—改善平面図—	
DWG. NO. 6	DATE: JUNE 1986
SCALE:	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	



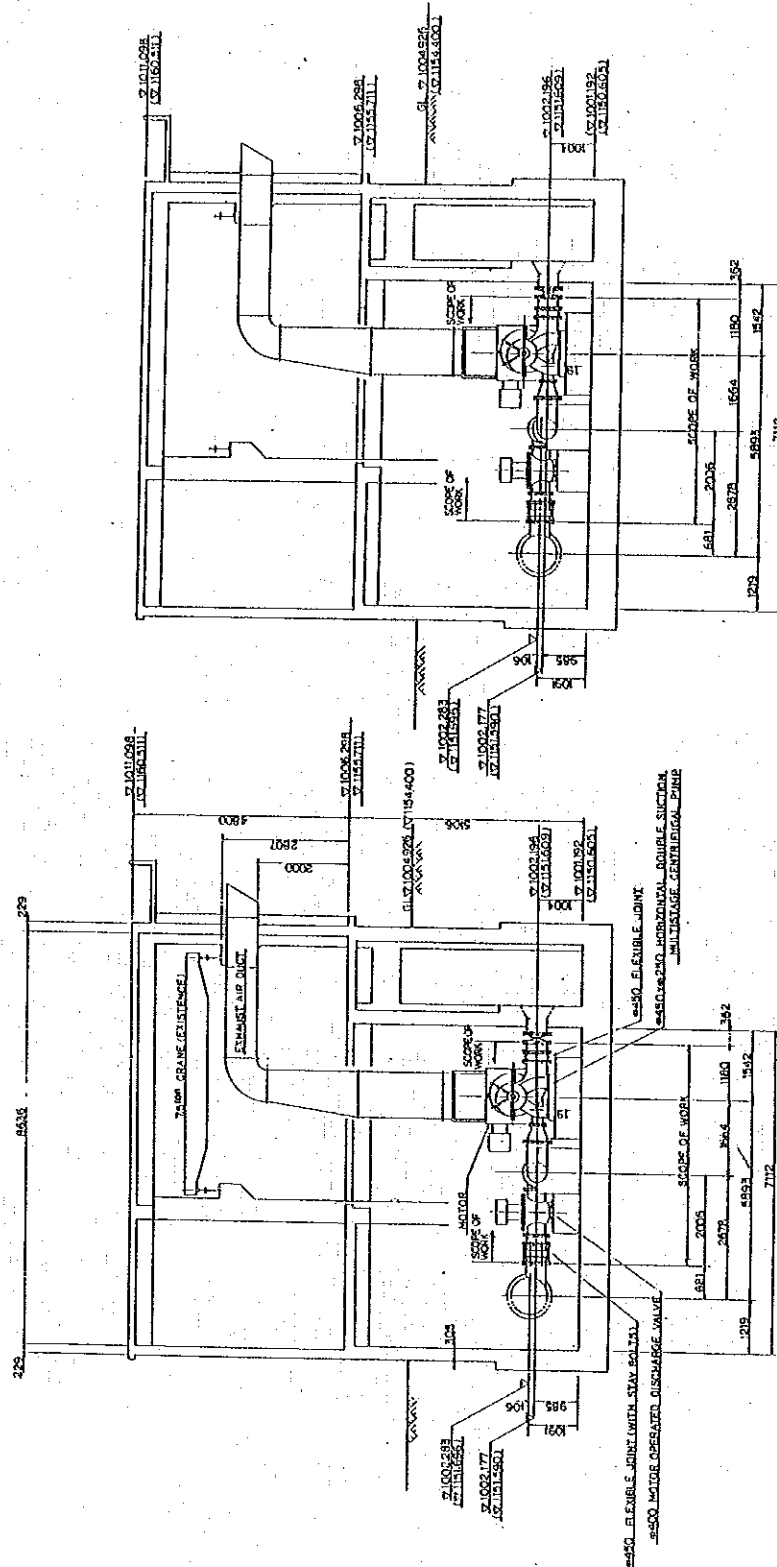
ルサカ市浄水機改善計画

送水ポンプ平断面図

DWG. NO. 9 DATE: JUNE 1986 SCALE:

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

A - A SECTION



**B - B SECTION**

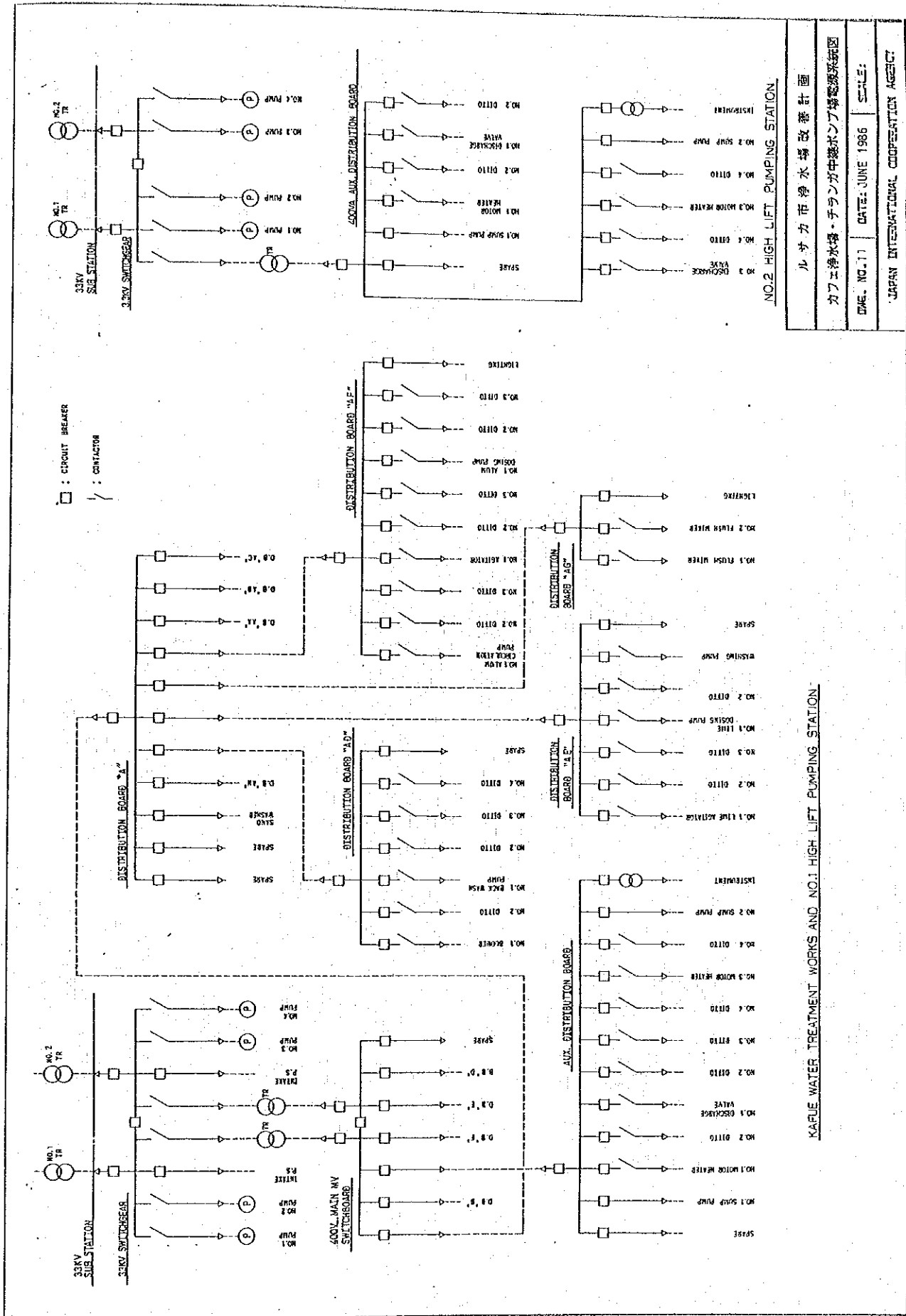
**C - C SECTION**

ルサカ市浄水場改善計画

送水ポンプ断面図

DMG. NG.10    DATE: JUNE 1986    SCALE:

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



KARUI WATER TREATMENT WORKS AND NO.1 HIGH LIFT PUMPING STATION

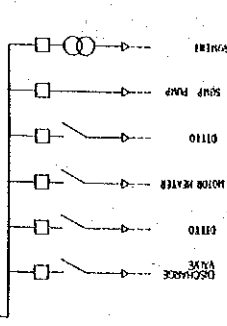
ルサカ市浄水場改善計画

カフエ浄水場・チランガ中継ポンプ場電源系統図

DATE: JUNE 1986 SCALE:

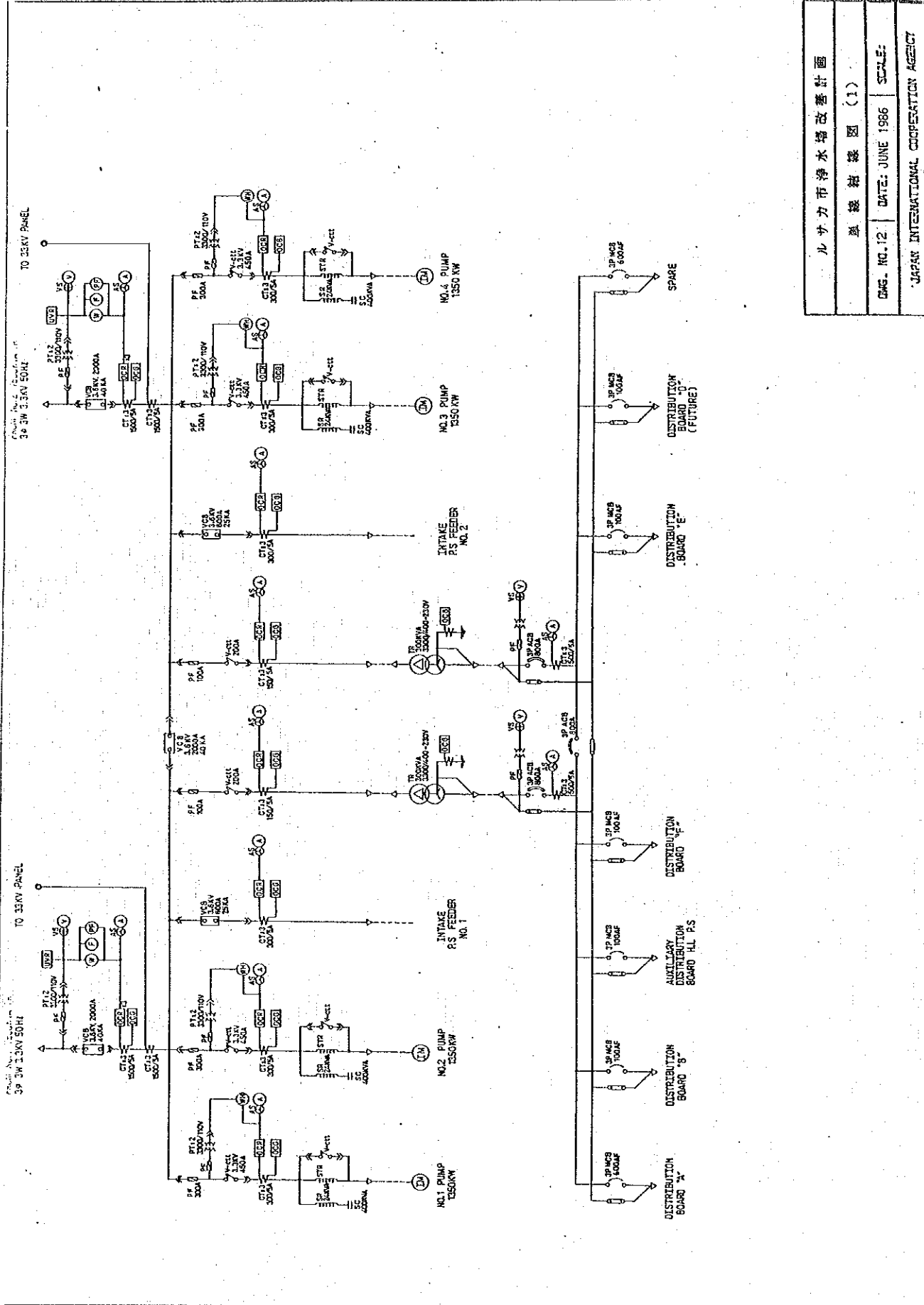
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

NO.2 HIGH LIFT PUMPING STATION

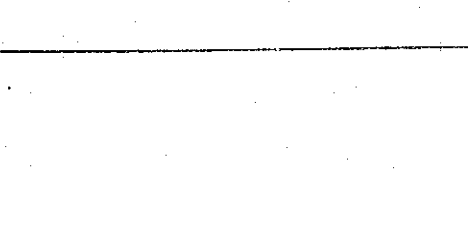
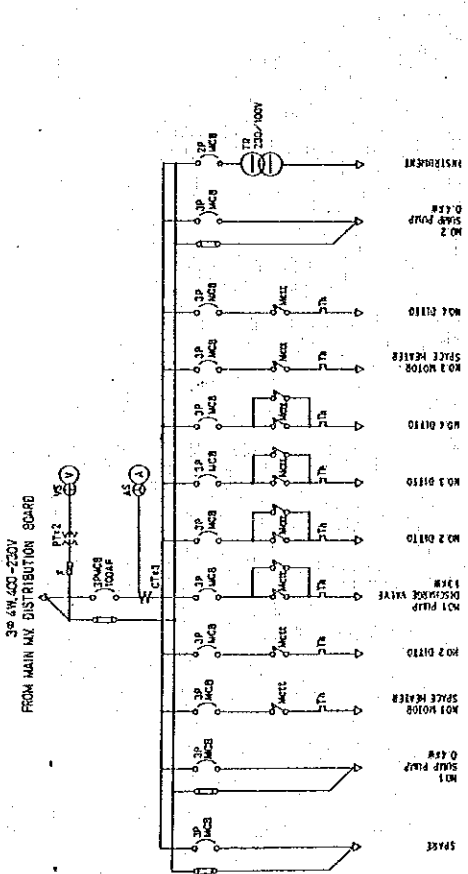
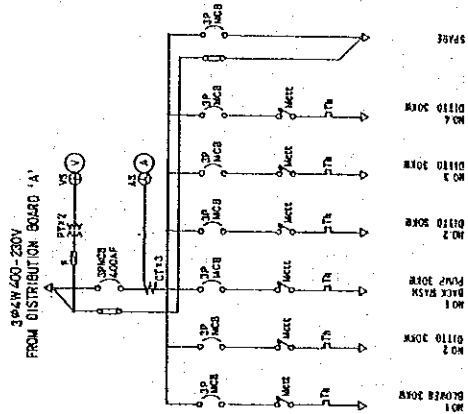


Small Area Distribution in  
3φ 3W 230V 50Hz

Small Area Distribution in  
3φ 3W 230V 50Hz



ルサカ市浄水場改善計画	
系統結線図 (1)	
ENG. NO. 12	DATE: JUNE 1966
SCALE:	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	



DISTRIBUTION BOARD 'A'

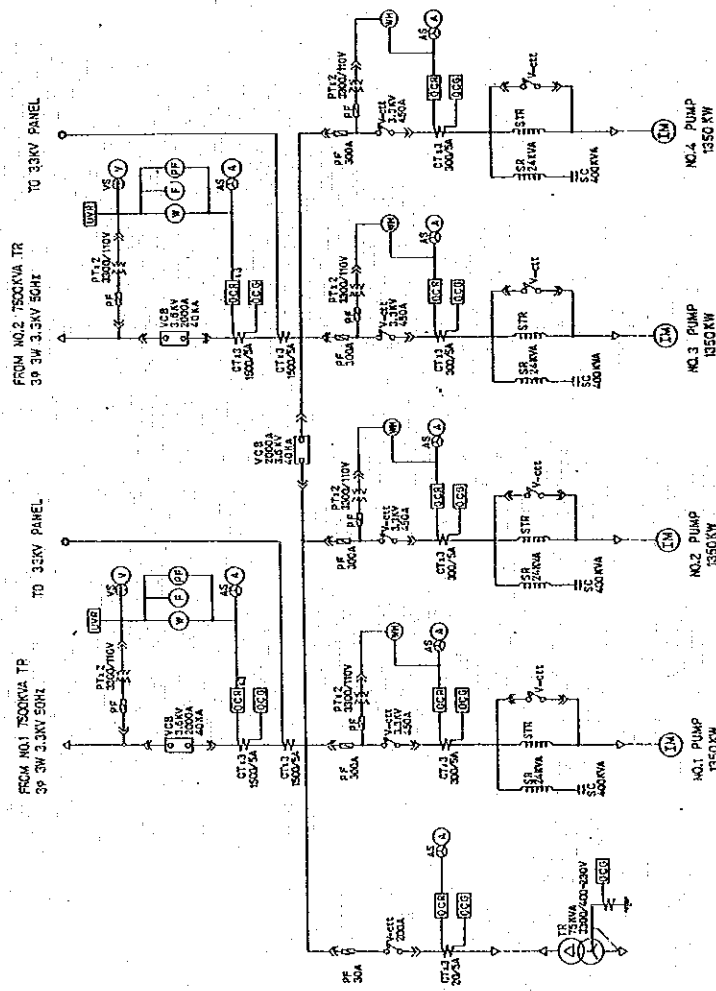
DISTRIBUTION BOARD 'A'

DISTRIBUTION BOARD 'A'

DISTRIBUTION BOARD 'A'

ルサカ市浄水場改善計画  
 原線図 (2)  
 図. NO. 13 DATE: JUNE 1986 SCALE:  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



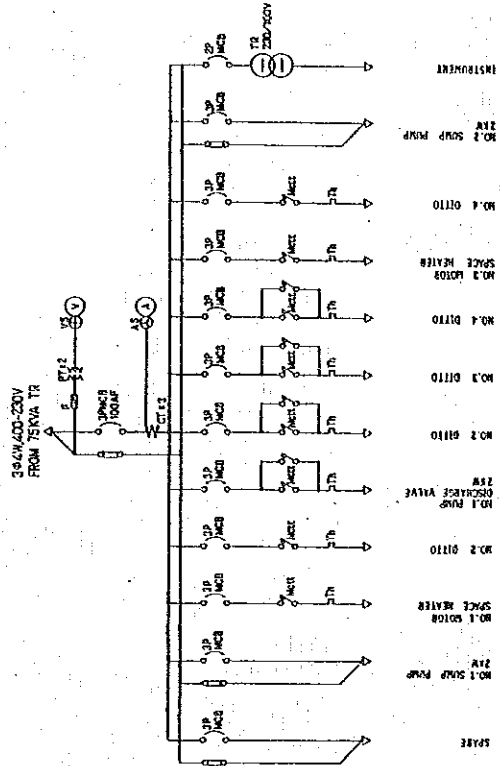


ルサカ市浄水場改善計画

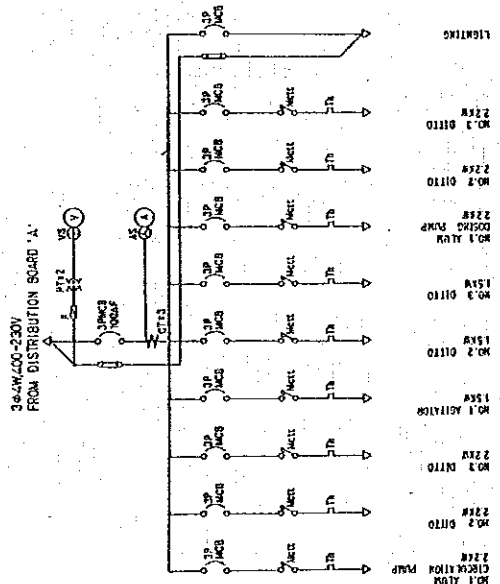
屋線結線図 (3)

FIG. NO. 14 DATE: JUNE 1986 SCALE:

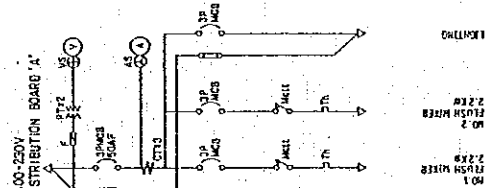
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



AUXILIARY DISTRIBUTION BOARD - NO.2 HIGH LIFT PIPING STATION



DISTRIBUTION BOARD 'A'



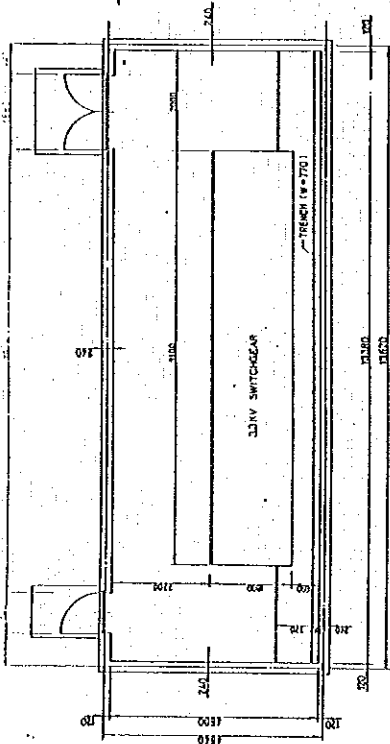
DISTRIBUTION BOARD 'AG'

ルサカ力市浄水場改善計画

単線接続図(4)

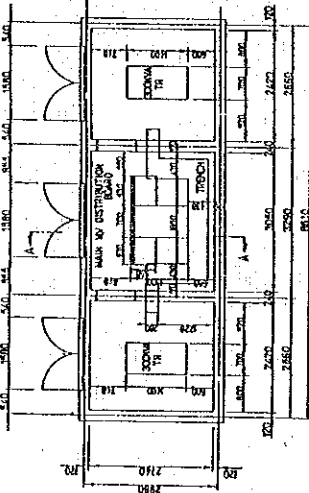
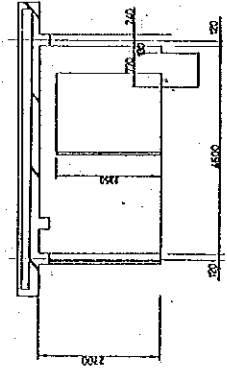
DWG. NO.15 DATE: JUNE 1986 SCALE:

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



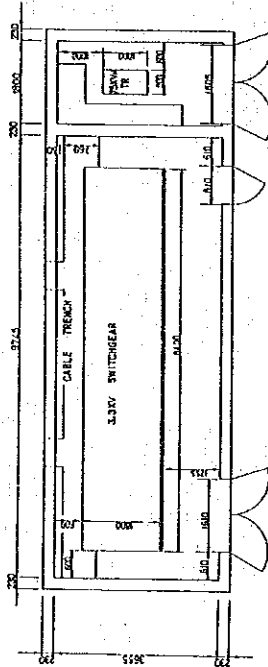
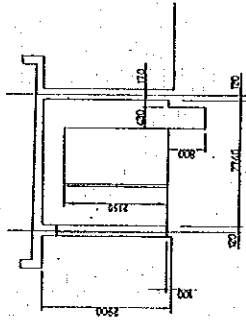
3.3KV SWITCH HOUSE KAFUJIE WATER TREATMENT WORKS

S=1/50



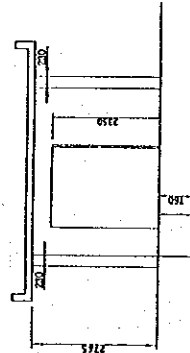
TRANSFORMER HOUSE KAFUJIE WATER TREATMENT WORKS

SECTION A-A (S=1/50)



3.3KV SWITCH HOUSE NO.2 HIGH LIFT PUMPING STATION

S=1/50



九サカ市浄水場改善計画

電気室平断面図

DWG. NO.16 DATE: JUNE 1966 SCALE:

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

## 4.6 概算事業費

### 4.6.1 工事範囲

本計画により建設される施設は、ザンビア側担当工事と日本側担当工事に分かれる。

#### (1) 日本側の工事範囲

日本側担当工事は次に述べる機械の供与、輸送、据付工事および試運転調整である。

- 1) 浄水設備
- 2) 送水ポンプ設備
- 3) 電気計装設備
- 4) 維持管理機器

#### (2) ザンビア側の工事範囲

日本より供与する機械の内、主変圧器、ケーブルはルサカ市から ZESCO に供与され、ZESCO が据付配線工事を行なう。また、ワンウェイ・サージタンク設置のための用地確保はザンビア側で行なう。

- 1) 浄水場用主変圧器
- 2) 送電線路用ケーブル
- 3) ワンウェイ・サージタンク用用地取得

### 4.6.2 概算事業費

#### (1) 日本側事業費

基本設計図から算出した工事数量と、現地調査をもとに作成された各種工事の材工単価を基に積算した。事業費の積算時点は 1986 年 3 月とし、外貨交換レートは 1 kwacha = 26.0 円とした。

主要資機材は日本から輸送するものとし、ザンビア国内での調達は、セメント、砂、骨材等加工性の少ないもの、および労務費に限定した。

以上から求められた概算事業費は約 17.6 億円である。

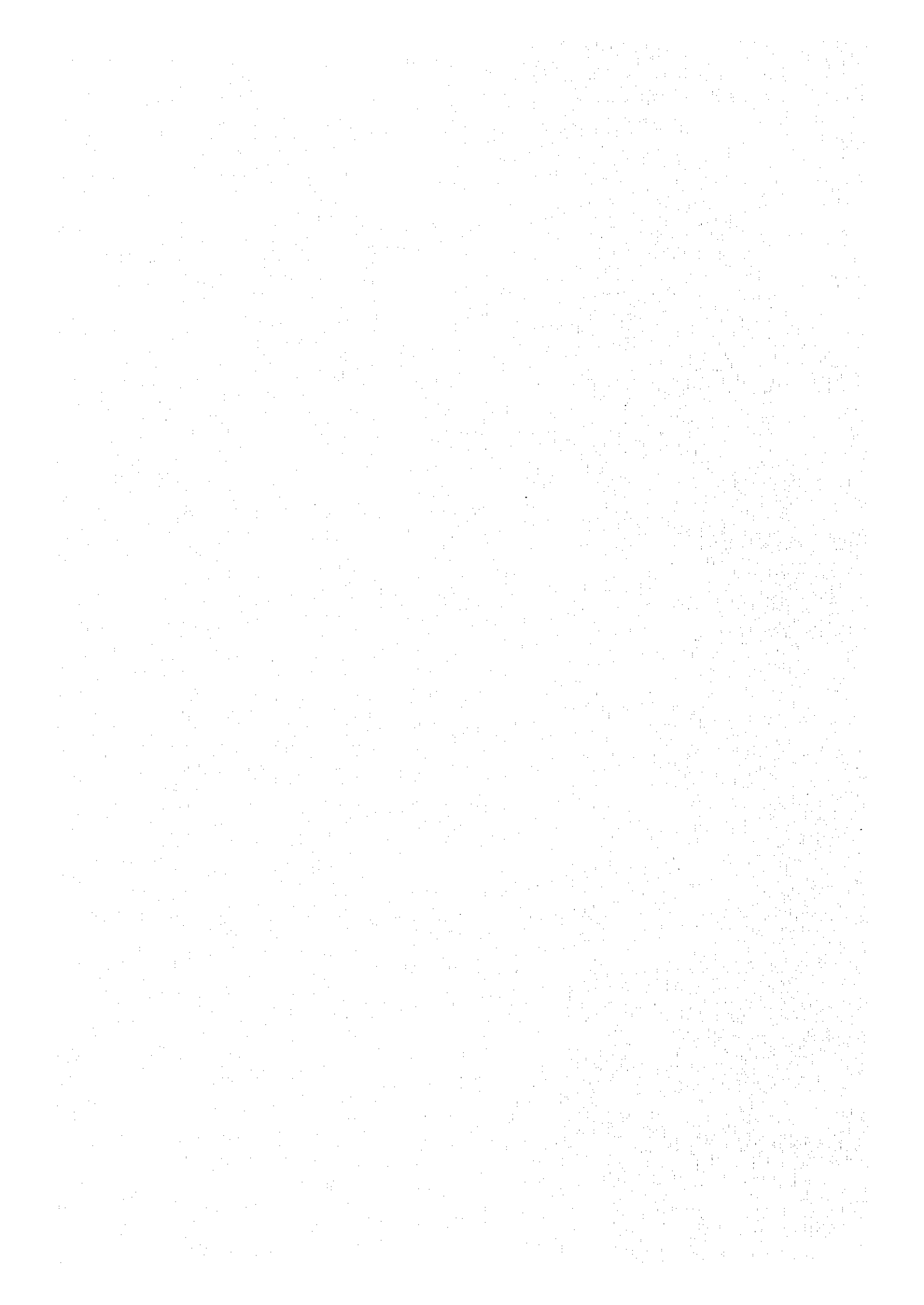
#### (2) ザンビア側事業費

- |               |               |
|---------------|---------------|
| 1) 変圧器撤去、据付工事 | 8,000 kwacha  |
| 2) 送電線撤去、布設工事 | 10,000 kwacha |

なお、この外にワンウェイ・サージタンクの用地取得費が必要である。



## 第5章 事業実施計画



## 第5章 事業実施計画

### 5.1 事業実施体制

本事業のザンビア国側担当機関としては「Ministry of Decentralization」の監督下にある「ルサカ市上下水道局」があたる。日本政府とザンビア政府との間に交換公文（E/N）が締結された後、日本のコンサルタントは、ザンビア政府との間に、コンサルタント契約を結び、コンサルタントが実施設計及び機器類の詳細仕様を作成する。これに基づきザンビア政府は、コンサルタントの支援のもとに日本国籍を有する業者を対象に入札を行ない、機器類調達及び据付工事を行なう業者を選定する。入札結果に基づき、日本の業者とザンビア政府の間に契約が結ばれ、機材調達および据付工事が着手される。日本の業者は、契約に基づき、機器類を現地に輸送し据付工事を行なう。この間コンサルタントは請負業者に対し工期、品質管理の指導を行ない工場検査等に立合う。工事完了後は所定の運転調整を行ない、異常の無いことを確認した後ザンビア側に引渡し本事業は終了する。

### 5.2 工事範囲

本計画により建設される施設は、ザンビア側担当工事と日本側担当工事に分かれる。

#### 5.2.1 日本側の工事範囲

日本側の負担するものは次に述べる機材の供与、輸送、据付工事および試運転調整である。

##### (1) 浄水設備

- 1) 硫酸バンド注入設備
- 2) 沈でん池設備
- 3) 急速ろ過池設備
- 4) 消石灰注入設備

##### (2) ポンプ設備

カフェ送水ポンプ4台およびチランガ中継ポンプ4台の合計8台並びにポンプ補機類、ワンウェイサージタンク



(3) 電機・計装設備

- 1) 浄水場用受変電設備機器
- 2) 浄水機器用動力制御盤
- 3) 送水ポンプ用動力制御盤
- 4) 中継ポンプ用動力制御盤
- 5) 浄水場用主変圧器および送電線路用ケーブル

(4) 維持管理機器

- 1) 無線通信機器
- 2) 車 輛

5.2.2 ザンビア側の工事範囲

(1) 電気設備

日本より供与する機械の内、次のものはルサカ市から、ZESCOに供与され、ZESCOが据付配線工事を行なう。

- 1) 浄水場用主変圧器
- 2) 送電線路用ケーブル

(2) サージタンク用地取得

(3) 一般事項

その他、一般事項として次のとおりである。

- 1) 本プロジェクトのため輸入される資機材に関し、ザンビアにおける通関及び免税手続が速やかに行なわれるよう措置する。
- 2) 本プロジェクトの資機材及び役務に関して、ザンビアにおける関税、内国税その他の財政課徴金を免除する。
- 3) バンク・アレジメント(B/A)とB/Aに基づくPayment Commissionの支払いを行なう。
- 4) 本プロジェクトの資機材及び役務を供与する日本国民に対し、その業務の遂行のため、ザンビア国への出入国ならびに同国に滞在するための必要な便宜を与える。