

資料 1 調査団員指名、所属

No.	氏名	所属	担当
1	岩堀 春雄	JICA 国際協力総合研修所	総括
2	吉本 国春	地域振興整備公団	技術参与
3	森島 彰	環境事業団	技術参与
4	濱岡 伯士	JICA 無償資金協力調査部調査第一課	計画管理
5	百瀬 正敏	日本上下水道設計株式会社	業務主任/運営・維持管理計画
6	佐野 博文	日本上下水道設計株式会社	下水道施設・設備計画
7	中 登史紀	日本工営株式会社	積算/調達計画
8	上野 修作	日本上下水道設計株式会社	積算/調達計画

資料 2 調査日程（現地調査）

No.	月日	曜	調査日程		
			官団員	コンサルタント団員	
			岩堀, 森島, 吉本, 濱岡	百瀬, 佐野	中
1	7/14	月	成田－シンガポール		
2	7/15	火	シンガポール－ヨハネスブルグ－ハラレ 大使館、事務所表敬		
3	7/16	水	協議		
4	7/17	木	協議		
5	7/18	金	サイト調査		
6	7/19	土	サイト調査／団内打合		
7	7/20	日	資料整理		
8	7/21	月	サイト調査		
9	7/22	火	サイト調査		
10	7/23	水	大使館、事務所報告		
			ハラレ－	サイト調査	
11	7/24	木	-アムステルダム-	サイト調査	
12	7/25	金	-成田	サイト調査	
13	7/26	土		サイト調査	
14	7/27	日		サイト調査	ハラレ－ヨハネスブルグ
15	7/28	月		サイト調査	サイト調査
16	7/29	火		サイト調査	サイト調査
17	7/30	水		サイト調査	サイト調査
18	7/31	木		ハラレ－ヨハネスブルグ	サイト調査
19	8/1	金		サイト調査	
20	8/2	土		ヨハネスブルグ－香港	
21	8/3	日		香港－成田	

資料 3 相手国関係者リスト

No.	所属機関・氏名	現職
地方自治、地方及び都市開発省		
1	ムバンハンガ	開発、計画協力部 部長
2	ムタミリ	開発、計画協力部 副部長
3	ムスンガ	開発、計画協力部 事務官補佐
4	ムガベ	開発、計画協力部 管理者
チトンギザ市		
5	チローザ	シティクラーク
6	コーソラ	エンジニアサービス部 部長
7	ンベラ	

資料 4 当該国の社会・経済事情

国名	ジンバブエ共和国
	Republic of Zimbabwe

一般指標					
政体	議会民主制	*1	首都	ハラレ	*1
元首	Executive President Robert G.MUGABE	*1	主要都市名	ブワブ、クワレ、ムレ	*1
独立年月日	1980年4月18日	*1	経済活動可人口	5,000千人 (1994年)	*5
人種(部族)構成	77カ人(ショ族、ンデベレ族、白人)98%	*4	義務教育年数	8年間 (1996年)	*7
			初等教育就学率	-%	*5
言語・公用語	英語、ショ語、ンデベレ語	*1	初等教育終了率	94.0% (1990年)	*5
宗教	シクリック(キリスト教)地域信仰)50%	*1	識字率	84.0% (1993年)	*5
国連加盟	1980年8月	*2	人口密度	28.8人/km ² (1995年)	*4
世銀・IMF加盟	1980年9月	*3	人口増加率	1.78% (1995年)	*4
			平均寿命	平均41.35男39.73女43.01	*4
			5歳児未満死亡率	81/1000 (1994年)	*5
面積	390.58千km ²	*4	加1-供給量	1,989.0cal/日/人 (1992年)	*5
人口	11,140千人(1995年)	*4			

経済指標					
通貨単位	ジンバブエドル	*1	貿易量	(1994年)	*8
為替レート(1US\$)	1US\$=10.9649 (1月)	*6	輸出	1,885.0百万ドル	*8
会計年度	7月~6月	*1	輸入	2,241.0百万ドル	*8
国家予算	(1991年)	*6	輸入加1-率	2.8% (1994年)	*9
歳入	1,902.20百万ドル	*6	主要輸出品目	農産物、工業製品、金、710カ-A	*4
歳出	2,164.00百万ドル	*6	主要輸入品目	機械、輸送機器、化学製品、燃料	*4
国際収支	225.9百万ドル (1993年)	*6	日本への輸出	179.0百万ドル (1995年)	*10
ODA受取額	561.00百万ドル (1994年)	*8	日本からの輸入	121.0百万ドル (1995年)	*10
国内総生産(GDP)	5,432.00百万ドル (1994年)	*8			
一人当たりGNP	500.0ドル (1994年)	*8	外貨準備総額	535.6百万ドル (1997年)	*6
GDP産業別構成	農業 15.0% (1994年)	*8	対外債務残高	609.0百万ドル (1994年)	*9
	鉱工業 36.0% (1994年)		対外債務返済率	26.9% (1994年)	*9
	サービス業 48.0% (1994年)		インフレ率	36.2% (1993年)	*5
産業別雇用	農業 68.0% (1990年)	*5			
	鉱工業 8.0% (1990年)		国家開発計画	第2次国家開発5ヶ年計画	*11
	サービス業 24.0% (1990年)			1990年~1995年	*12
経済成長率	1.1% (1994年)	*8			

気象 (1961年~1990年) 場所: Harare (標高 1473m)													
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均/計
最高気温	26.0	26.0	26.0	26.0	23.0	21.0	21.0	23.0	26.0	28.0	27.0	26.0	24.9℃
最低気温	16.0	16.0	14.0	13.0	9.0	7.0	7.0	8.0	12.0	14.0	16.0	16.0	12.3℃
平均気温	20.4	20.0	19.6	18.1	15.5	13.1	13.1	15.2	18.6	20.6	20.7	20.3	17.9℃
降水量	196.0	178.0	117.0	28.0	13.0	3.0	0.0	3.0	5.0	28.0	97.0	163.0	831.0mm
雨期/乾期	雨	雨	雨			乾	乾	乾	乾			雨	

*1 CIA World Fact book (1993)

*2 States Member of the United Nations

*3 World Bank Fax (1994)

*4 CIA World Fact Book (1996-1997)

*5 Human Development Report (1996)

*6 International Financial Statistics

*7 Statistical Yearbook 1996

*8 World Development Report (1996)

*9 World Debt Tables (1996)

*10 世界の国一覽(外務省外務報道官編集)(1996)

*11 最新世界各国要覽

*12 理科年表 1997(丸善)

国名	ジンバブエ共和国
	Republic of Zimbabwe

*13

項目	年度	1990	1991	1992	1994
技術協力		2,382.47	2,515.30	2,699.97	3,087.67
無償資金協力		1,989.63	2,050.70	2,194.95	2,456.48
有償資金協力		5,676.39	7,364.47	5,852.05	4,352.21
総額		10,048.49	11,930.47	10,746.97	9,896.36

*14

項目	年度	1990	1991	1992	1994
技術協力		3.77	4.24	6.81	8.66
無償資金協力		27.25	38.04	16.11	16.63
有償資金協力		11.98	7.57	5.28	0.37
総額		43.00	49.85	28.20	25.66

*13

	贈与 (1)		有償資金協力 (2)	政府開発援助 (ODA) (1)+(2)=(3)	その他政府資金 及び民間資金 (4)	経済協力総額 (3)+(4)
		技術協力				
二国間援助 (主要供与国)	422.20	168.70	113.10	535.30	13.60	548.90
1. アメリカ	51.10	40.00	40.00	91.10	0.00	91.10
2. イギリス	77.70	15.90	-2.10	75.60	4.70	80.30
3. ノルウェー	64.60	51.60	0.00	64.60	0.00	64.60
4. ドイツ	31.40	22.70	27.20	58.60	-2.50	56.10
多国間援助 (主要援助機関)	104.40	22.60	158.20	262.60	244.80	507.40
1. INF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2. IDA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
その他	0.00	0.00	-2.20	-2.20	0.00	-2.20
合計	526.60	191.30	269.10	795.70	258.40	1,054.10

*15

技術	関係省庁・機関→大蔵・経済計画・開発庁
無償	関係省庁・機関→大蔵・経済計画・開発庁
協力隊	関係省庁・機関→大蔵・経済計画・開発庁

*13 Geographical Distribution of Financial Flows of Developing Countries (1996)

*14 Japan's Official Development Assistance Annual Report (1995)

*15 国別協力情報 (JICA)

資料5 その他のデータ

資料5.1 水質基準

Second Schedule (Section 3)

PRESCRIBED STANDARD OF EFFLUENT WASTEWATER

1. The water shall not contain any color or have any odor or taste capable of causing pollution.
2. The Water shall not contain any radioactive substances capable of causing pollution.
3. The pH of the Water shall be, where discharged or disposed of-
 - (a) in a Zone I catchment area, between 6.0 and 7.5;
 - (b) in a Zone II catchment area, between 6.0 and 9.0.
4. The temperature of the Water at the point of discharge shall not exceed-
 - (a) in a Zone I catchment area, 25°C;
 - (b) in a Zone II catchment area, 35°C.
5. The water shall dissolved oxygen to the extent of at least, where discharge or disposed of-
 - (a) in a Zone I catchment area, 75 per centum saturation,
 - (b) in a Zone II catchment area, 60 per centum saturation.
6. The chemical oxygen demand of the water, after applying chloride correction, shall not exceed, where discharged or disposed of-
 - (a) in a Zone I catchment area, 30 milligrams per liter,
 - (b) in a Zone II catchment area, 60 milligrams per liter.
7. The oxygen absorbed by the water shall not exceed, where discharged or disposed of-
 - (a) in a Zone I catchment area, 5 milligrams per liter,
 - (b) in a Zone II catchment area, 10 milligrams per liter.
8. The total undissolved solids content of the water at the point of discharge shall not be greater than-
 - (a) in a Zone I catchment area 10 milligrams per liter,
 - (b) in a Zone II catchment area, 25 milligrams per liter.
9. The total dissolved solids content of the water at the point of discharge shall not-
 - (a) in a Zone I catchment area, increase the total dissolved solids content to the receiving water by more than 100 per milligrams per liter,
 - (b) in a Zone II catchment area, exceed 500 milligrams per liter.
10. The water shall not contain soap, oil or grease in quantities greater than, where discharged or disposed of-
 - (a) in a Zone I catchment area, nil,
 - (b) in a Zone II catchment area, 2.5 milligrams per liter.
11. The maximum permissible concentrations of chemical consistence permissible in the water is
discharged or disposed of in a Zone I or II catchment area shall specified in the following table.

The water shall not contain any detectable quantities of pesticide, herbicide or insecticide, nor shall it contain any other substances not referred to elsewhere in these standards, in concentrations, which are poisonous or injurious to human, animal, vegetable or aquatic life.

**MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATIONS OF CERTAIN
CHEMICALS CONSTITUENTS**

Constituent	Maximum concentration in milligrams per liter	
	Zone I Catchment area	Zone II catchment area
Ammonia free (as N).....	0.5	0.5
Arsenic (as As).....	0.05	0.05
Barium (as Ba)	0.1	0.5
Boron (as B)	0.5	0.5
Sodium (as Cd)	0.01	0.01
Chlorine (as Cl)	50	100
Chlorine residual (as free chlorine) ...	Nil	0.1
Chromium (as Cr)	0.05	0.05
Copper (as Cu)	0.02	0.5
Cyanides and related compounds (as Cn)	0.02	0.5
Detergents (as manoxol - OT)	0.2	0.2
Fluoride (as F)	1.0	1.0
Iron (as Fe)	0.3	0.3
Lead (as Pb)	0.05	0.05
Manganese (as Mn)	0.1	0.1
Mercury (as Hg)	0.5	0.5
Nickel (as Ni)	0.3	0.3
Oxygen total (as N)	10.0	10.0
Phenolic compounds (as phenol)	0.01	0.1
Phosphates total (as p)	1.0	1.0
Sulphate (as SO)	50	200
Sulphides as (S)	0.05	0.2
Zinc (as Zn)	0.3	1.0
Total heavy metals	1.0	2.0

資料 5.2 容量計算

1. 設計諸元

(1) 基本諸元

名称：ゼンゲザ下水処理場

位置：チトンギザ市

計画地盤高：+1,408.2～1,402.5M

周囲の土地利用：畑耕作，荒地

下水排除方法：分流式

下水処理方式：生物学的栄養塩除去法（BNR法）

汚泥処理方式：初沈汚泥－重力濃縮⇒無加温消化⇒天日乾燥

終沈汚泥－重力濃縮⇒天日乾燥

汚泥処分方式：農地還元

放流先及び水位：ニヤツメ川支川，H.W.L.+1,394.5M

計画目標年次：2000年

最低月平均気温：14℃

(2) 計画下水量 (m³/日)

	合計	既設系列	BNR系列	
			下水量	計画対象施設
乾期・日平均 (Q ₁)	41,500	21,500	20,000	水処理及び汚泥処理 に関わる施設一式
乾期・日最大 (Q ₂)	62,250	42,250		
雨期・日最大 (Q ₃)	124,500	104,500		
計画時間最大 (Q ₄)			32,000	沈砂池～流量調整池ま での施設と導水渠

(3) 計画水質 (mg/L)

項目	原水質	沈砂池 流入水質	最初沈殿池		二次処理施設		総合 除去率
			除去率	流出水質	除去率	放流水質	
BOD (mg/L)	700	620	35	403	93	30	95.7
COD (mg/L)	1,350	1,200	35	780	92	60	95.6
S S (mg/L)	550	490	50	245	90	25	95.5
T-N (mg/L)	115	102	20	82	88	10	91.3
T-P (mg/L)	12.4	11.0	30	7.7	87	1.0	91.9

(4) 汚泥含水率 (%)

	生汚泥	濃縮汚泥	消化汚泥	乾燥汚泥
最初沈殿池汚泥	96.5	95.0	94.0	60.0
最終沈殿池汚泥	99.2	96.0	-	60.0

(5) 発生汚泥量

1) 最初沈殿池汚泥

	生汚泥	濃縮汚泥	消化汚泥	乾燥汚泥
SS量(kg/日)	20,000x(490-245) x 1/1,000 =4,900kg/日	4,900kg/日	4,900 x (1-0.7x0.50) =3,185kg/日	3,185kg/日
汚泥体積(m ³ /日)	4,900 x 1/1,000 x 100/(100-96.5) =140m ³ /日	4,900 x 1/1,000 x 100/(100-95) =98m ³ /日	3,185 x 1/1,000 x 100/(100-94) =53.1 m ³ /日	3,185 x 1/1,000 x 100/(100-60) =8.0 m ³ /日
脱離液量(m ³ /日)		140-98 =42m ³ /日	98-53.1 =44.9 m ³ /日	-

2) 最終沈殿池汚泥

余剰汚泥発生量の計算式を以下に示す。

$$W_{Sl} = (a \times S_{CS} + b \times S_{SS} - c \times \theta \times X_A) \times Q$$

ここで、

Q	: 流入下水量	(= 20,000 m ³ /day)
a	: 溶解性 BOD の汚泥転換率	(= 0.5 gMLSS/gBOD)
b	: S S の汚泥転換率	(= 0.95 gMLSS/gSS)
c	: 汚泥の自己分解係数	(= 0.03 1/d)
S _{CS}	: 流入水溶解性 BOD 濃度	(= 403 x 50% = 202 mg/L)
S _{SS}	: 流入水 SS 濃度	(= 245 mg/L)
X _A	: MLSS 濃度	(= 4,500 mg/L)
θ	: 好気タンク滞留時間	(= 12,000m ³ / 20,000m ³ /day = 0.6 day)

従って、余剰汚泥発生量は以下のとおりである。

$$W_{Sl} = (0.5 \times 202 + 0.95 \times 245 - 0.03 \times 0.6 \times 4,500) \times 20,000$$

$$= 252.8 \times 20,000 = 5,056\text{kg/日}$$

一方、消石灰投入による余剰汚泥の増加量は次の通りである。

①投入消石灰中の不純物

消石灰製品中の不純物含有率は 3.8%なので、

$$3,485 \text{ kg/日} \times 0.038 = 132\text{kg/日}$$

②消石灰中のカルシウム化合物による増分

消石灰中のカルシウムイオンは、反応タンク中の遊離炭酸と化合して沈殿する。

ここでは、投入されたカルシウムの 80%が化合して炭酸カルシウムと重炭酸カルシウム

が生成するものとし、このうち炭酸カルシウムが沈殿するものとする。

$$2,509 \text{ kg/日} \times (40/56) \times 80\% = 1,434 \text{ kg/日}$$

$$\text{CaCO}_3 = 1,434 \text{ kg/日} \times 50\% \times (100/40) = 1,793 \text{ kg/日}$$

③石灰注入による余剰汚泥の増加量

$$W_{S2} = \text{①} + \text{②} = 132 + 1,793 = 1,925 \text{ kg/日}$$

余剰汚泥量は以下のとおり。

$$W_s = W_{S1} + W_{S2} = 5,056 + 1,925 = 6,981 \text{ kg/日} = 6.981 \text{ ton/日}$$

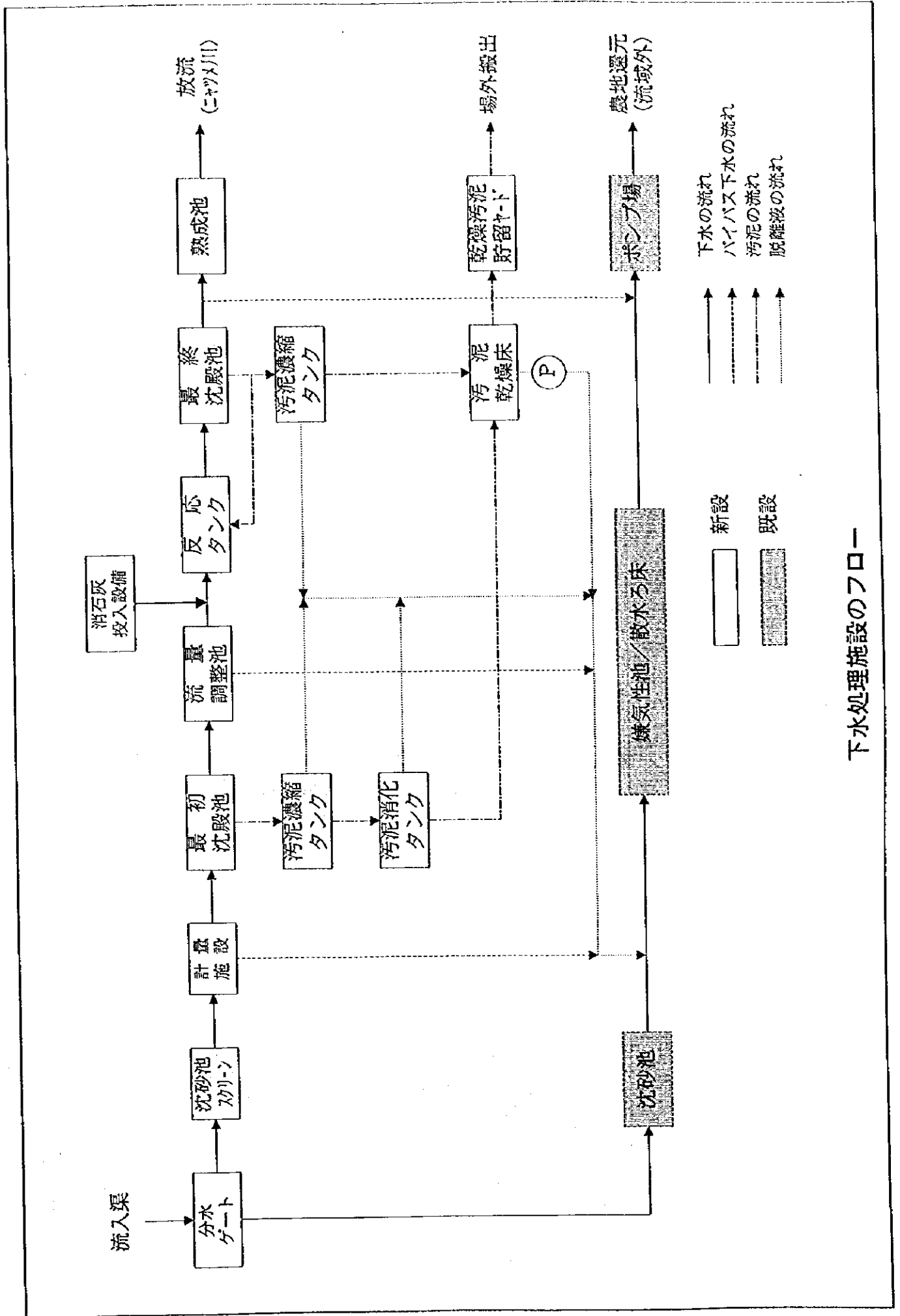
なお、通常のBNR法における余剰汚泥の性状は、反応タンク内滞留時間が約29時間と長く、また約14時間の好氣的酸化を受けているため、沈降性が悪く、その汚泥濃度は4,000～6,000mg/L程度と考えられる。

しかし、本ケースにおいては消石灰を投入するため中和塩の生成反応、凝集効果等により、余剰汚泥の沈降性・濃縮性は向上する。その結果、余剰汚泥濃度は6,000～10,000mg/Lとかなり高い値が期待できるため、平均的に8,000mg/Lを採用する。

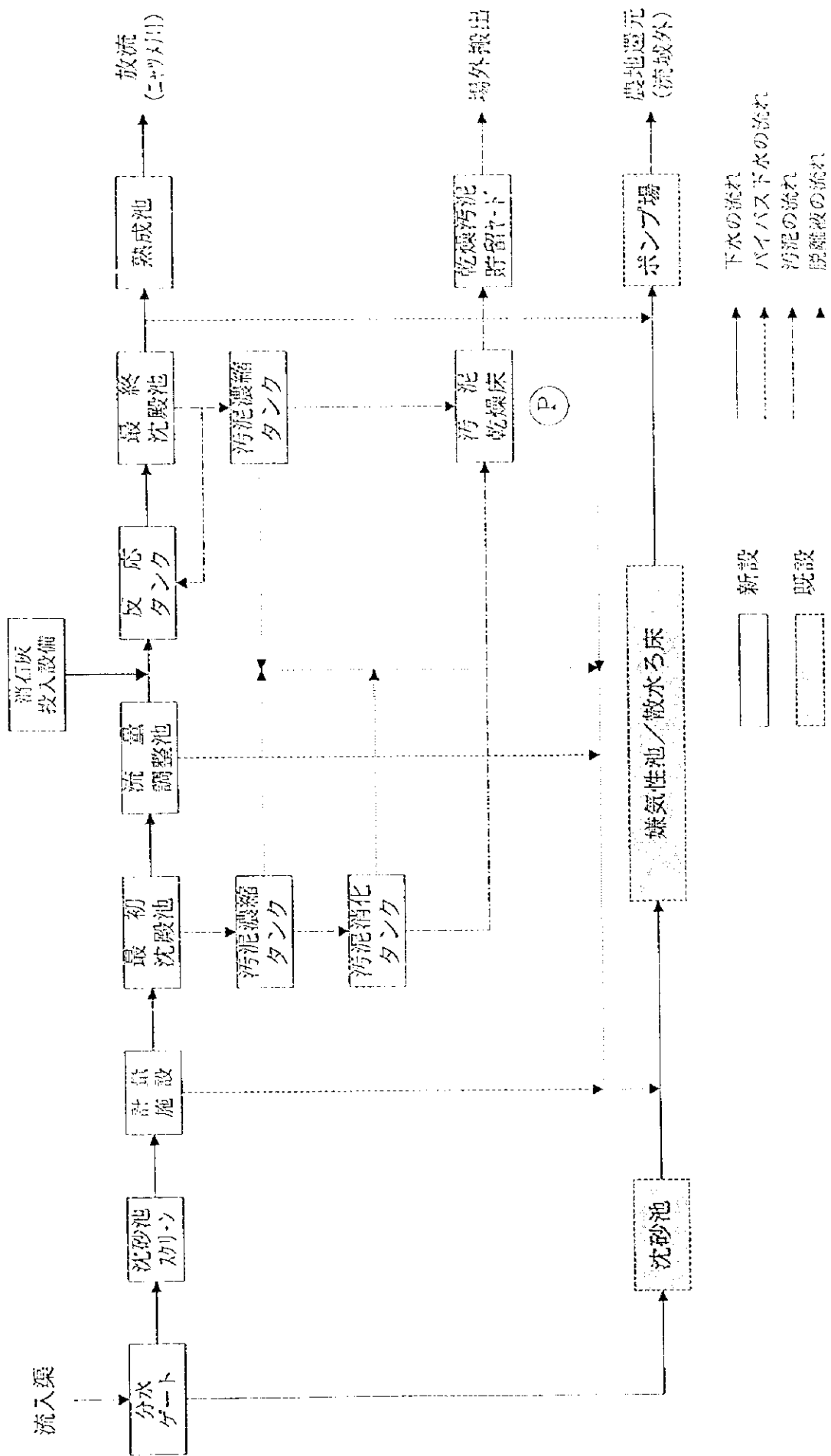
	余剰汚泥	濃縮汚泥	消化汚泥	乾燥汚泥
SS量(kg/日)	6,981kg/日	6,981kg/日	—	6,981kg/日
汚泥体積(m ³ /日)	$6,981 \times 1/1,000$ $\times 100/(100-99.2)$ =873m ³ /日	$6,981 \times 1/1,000$ $\times 100/(100-96)$ =175m ³ /日	—	$6,981 \times 1/1,000$ $\times 100/(100-60)$ =17.5m ³ /日
脱離液量(m ³ /日)	—	873-175 =698m ³ /日	—	—

2. 処理フローシート

次ページに新設系列と既設施設を併せた処理フローシートを示す。



下水処理施設のフロー



下水処理施設のフロー

3. 容量計算

(1) 水処理施設

項 目		計 算 式
1.分水設備		BNR 系列に日間 20,000 m ³ の汚水を分水する。
形 式		オリフィスゲート方式
流量制御方法		ベンチュリーフリューム測定流量を演算し、ゲート開度を自動制御する。
構造寸法		電動：幅 0.6m×高 0.8m
2.沈砂池		
形 式		並行流式
計画下水量	Q ₄	32,000m ³ /日=0.370m ³ /秒
水路数	N	2 水路
有効水深	H	0.5m
水面積負荷	WL	1,800m ³ /m ² /日
所用水面積	A ₁	32,000÷1,800=17.8m ²
平均流速	V	0.3m/秒
所用流水断面積	A ₂	0.370÷0.3=1.23m ²
所用水路幅	W	(1.23/2)÷0.5=1.23m → 1.4m
所用水路長	L	(17.8/2)÷1.4=6.36m → 6.5m
構造寸法		1.4m ^W ×6.3m ^L ×0.5m ^H ×2 水路
チェック		
水面積負荷	WL	32,000÷(1.4×6.5×2)=1758 < 1,800m ³ /m ² /日
平均流速	V	0.370÷(1.4×0.5×2)=0.264 < 0.3m/秒
スクリーン		手掻き式粗目スクリーン：目幅 40mm 手掻き式細目スクリーン：目幅 14mm
3.計量設備		
形 式		ベンチュリーフリューム
計画下水量	Q ₄	32,000 m ³ /日=0.370 m ³ /秒
4.最初沈殿池		
形 式		円形放射流式
計画下水量	Q ₁	20,000m ³ /日
水面積負荷	WL	1.2 m ³ /m ² /時=28.8m ³ /m ² /日
所要水面積	A	20,000÷28.8=694 m ²
池 数	N	2 池
所要タンク直径	D	((694/2)/0.785) ^{0.5} =21.0m

項 目		計 算 式
有効水深	H	3.2m
構造寸法		21.0m ^D ×3.2m ^H ×2 池
チェック		
水面積負荷	WL	20,000÷(21.0 ² ÷4×3.14×2)=28.9m ³ /m ² /日
滞留時間	T	(21.0 ² ÷4×3.14×3.2×2) ÷(20,000/24)=2.7 時間
5.流量調整池		
形 式		矩形タンク
流量調整方法		オリフィスゲート流出によるインライン方式
負荷変動比		分水設備通過後の流入下水の時間最大比は 1.6 倍である。 これを流量調整池で 1.2 倍以下に調整する。
所用容量	V	4,000 m ³ (別紙計算書より)
池 数	N	1 池
構造寸法		40.0m ^W ×40.0m ^L ×2.9m ^H ×1 池
6.消石灰投入設備		
必要汚濁量		流入窒素濃度 82mg/L 流入汚濁度 180mg/L 反応タンク末端の汚濁度 -72mg/L (計算値) 同 上 40mg/L (目標値) 設計水量+返送汚濁量 40,000m ³ /日 必要汚濁量 : (40-(-72)) x 40,000 = 4,480kg/日 (CaCO ₃) 必要消石灰量(CaO) : 4,480 x (56/100) = 2,509 kg/日 消石灰製品量 : 2,509 / 0.72 = 3,485 kg/日 (純度 72%) 投入スラリー濃度を 5%として 69.7m ³ /日=2.90m ³ /時
消石灰投入量		
貯留施設		貯留日数 10 日 サイロ型
7.BNR 反応槽		
計画下水量	Q ₁	20,000 m ³ /日
形式		円形迂流タンク
計画水質		BOD ₅ 403 mg/L
(反応タンク流入)		溶解性 BOD ₅ 201 mg/L (BOD ₅ の 50%)
		SS 245 mg/L
		T-N 82 mg/L
		T-P 7.7 mg/L
設計水温	T	14℃

項	目	計	算	式
MLSS		タンク内 MLSS	4,500 mg/L	
返送汚泥比	Rr	返送汚泥濃度	9,000 mg/L	
循環比	R	$9,000 \times Rr / (Rr+1) = 4,500$	$Rr = 1.0$	
		$R = \alpha \cdot C_{TN,in} / C_{NOX,A} - 1 = 0.7 \times 82 / 10 - 1 = 4.0$		
		α : 流入 T-N が硝化反応に係わる窒素の比	0.7	
		$C_{TN,in}$: 反応タンク流入 T-N 濃度	82 mg/L	
		$C_{NOX,A}$: 最終沈殿池流出 NO _r -N 濃度	10 mg/L	
汚泥返送量		$Q_1 \times Rr = 20,000 \times 1.0 = 20,000$	m ³ /日	
循環水量		$Q_1 \times R = 20,000 \times 4.0 = 80,000$	m ³ /日	
A-SRT	θ_{XA}	$\theta_{XA} = \delta \times 20.6 \exp(-0.0627 \times T)$		
		$= 1.2 \times 20.6 \exp(-0.0627 \times 14) = 10.3$	日	
		δ : 好気タンクにおいて完全硝化とし、流入水の時間変動を見込む:	1.2	
		T: 設計水温	14 °C	
嫌気タンク容量	V_{AN}	$V_{AN} = Q_1 \cdot t_{AN} / 24 = 20,000 \cdot (1 \sim 2) / 24 = 833 \sim 1,666$	$\approx 1,500$	m ³
		t_{AN} : 嫌気タンクの滞留時間	1~2 時間	
無酸素タンク容量	V_{DN}	$V_{DN} = S_{CS} \cdot Q_1 / L_{BOD/X} \cdot X - V_A$		
		$= 403 \cdot 20,000 / 0.08 \cdot 4,500 - 12,000 = 10,389$	$\approx 10,500$	m ³
		$L_{BOD/X}$: BOD-SS 負荷	0.08 kgBOD / kgMLSS / 日	
好気タンク容量	V_A	$V_A = Q_1 \cdot (\theta_{XA} \cdot (a \cdot S_{CS} + b \cdot S_{SS})) / ((1 + c \cdot \theta_{XA}) \cdot X)$		
		$= 20000 \cdot (10.3 \cdot (0.5 \cdot 201 + 0.95 \cdot 245)) / ((1 + 0.03 \cdot 10.3) \cdot 4500)$		
		$= 11,654$	$\approx 12,000$	m ³
		θ_{XA} : A-SRT	10.3 日	
		a : 溶解性 BOD の汚泥転換率	0.5 gMLSS/gBOD	
		b : SS の汚泥転換率	0.95 gMLSS/gSS	
		c : 汚泥の自己分解係数	0.03 1/d	
		S_{CS} : 流入水溶解性 BOD 濃度	201 mg/L	
		S_{SS} : 流入水 SS 濃度	245 mg/L	
		X: MLSS	4,500 mg/L	
構造寸法		ドーナツ型		
嫌気タンク		内径 18.1 ~ 4.7 x 6.4m ^H	$= 1,578$	m ³ > 1,500m ³
無酸素タンク		内径 50.1 ~ 18.9 x 6.4m ^H	$= 10,983$	m ³ > 10,500m ³
好気タンク		内径 84.9~72.9 ~ 50.9 x 4.45m ^H	$= 13,391$	m ³ > 12,000m ³

項 目	計 算 式
必要空気量 BOD 酸化	$D_B = ((C_{BOD,in} - C_{BOD,eff}) \cdot Q_{in} \cdot 10^{-3} - L_{NOX,DN} - L_{NOX,A}) \times 2.0) \times 0.45$ $= ((403-30) \times 20,000 \times 10^{-3} - 1,150) \times 2.0) \times 4.5$ $= 2,322 \text{ kgO}_2/\text{日}$ <p> $C_{BOD,in}$: 流入 BOD 濃度 403 mg/L $C_{BOD,eff}$: 処理水 BOD 濃度 30 mg/L Q_{in}: 流入水量 20,000 m³/日 $L_{NOX,DN}$: 無酸素汚泥の NO_T-N 負荷量 1,150 kg/日 $L_{NOX,A}$: 無酸素汚泥の NO_T-N 流出量 0 kg/日 2.0: 単位 NO_T-N 当脱窒に必要な BOD (kgBOD/kgNO_T-N) 0.45: 単位 BOD 当除去に必要な酸素量 (kgO₂/kgBOD) </p>
硝化	$D_N = \alpha \cdot C_{TN,in} \cdot Q_{in} \times 10^{-3} \times 4.57$ $= 0.7 \times 82 \times 20,000 \times 10^{-3} \times 4.57$ $= 5,246 \text{ kgO}_2/\text{日}$ <p> α: $C_{TN,in}$ に対し硝化される窒素の比 0.7 $C_{TN,in}$: 流入水 T-N 濃度 82 mg/L 4.57: 単位 NH₄-N の硝化に必要な酸素量 (kgO₂/kgNH₄-N) </p>
内生呼吸	$D_E = X \cdot V_A \times 0.12$ $= 4.5 \times 12,000 \times 0.12 = 6,480 \text{ kgO}_2/\text{日}$ <p> X: MLSS 4.5 g/L V_A: 好気槽容量 12,000 m³ </p>
DO 維持	$D_O = C_{O,A} \times (Q_{in} + Q_r + Q_c) \times 10^{-3}$ $= 1.5 \times (20,000 + 20,000 + 80,000) \times 10^{-3} = 180 \text{ kgO}_2/\text{日}$ <p> $C_{O,A}$: 好気槽末端の DO 1.5 mg/L Q_{in}: 流入水量 20,000 m³/日 Q_r: 返送汚泥量 20,000 m³/日 Q_c: 循環水量 80,000 m³/日 </p>
必要酸素量	$D_B + D_N + D_E + D_O = 2,322 + 5,426 + 6,480 + 180 = 14,228 \text{ kgO}_2/\text{日}$
攪拌及び曝気装置 嫌気槽攪拌装置	嫌気槽容量: 1,500 m ³ 攪拌容量 m ³ 当たり動力: 5 W/m ³ 攪拌機台数: 4 台 1 台当たり所要出力: $1,500 \times 5 \times 10^{-3} / 4 = 1.9 \rightarrow 3.0$ 機器仕様: 縦軸型水中ミキサー: 3.0 kW x 4 台

項 目	計 算 式
無酸素槽攪拌装置	無酸素槽容量： 10,500 m ³ 攪拌容量 m3 当たり動力： 5 W/m ³ 攪拌機台数： 4 台 1 台当たり所要出力：10,500 x 5 x 10 ⁻³ / 4 = 13.1 -> 15.0 機器仕様：縦軸型水中ミキサー： 15.0 kW x 4 台
好気槽曝気装置	AOR 必要酸素量： 14,228 kgO ₂ /日 酸素供給量： $SOR = AOR \times C_{sw} / (1.024^{T_2-T_1} \cdot \alpha (\beta \cdot C_s \cdot \gamma - C_A)) \times (760/P)$ $= (14,228 \times 8.84 \times 1.05) /$ $(1.024^{14-20} \times 0.93 \times (0.97 \times 9.97 \times 1.05 - 1.5)) \times (760/640)$ $= 132,064 / 0.807 \times 8.654 \times 760/640$ $= 22,456 \text{ kgO}_2/\text{日}$ SOR：標準状態における酸素必要量(kgO ₂ /日) C _{sw} ：T ₁ ℃での飽和溶存酸素濃度 8.84 mg/L (20℃) C _s ：T ₂ ℃での飽和溶存酸素濃度 9.97 mg/L(14℃) C _A ：混合液の DO 1.5 mg/L P：処理場における大気圧 640mmAg (標高 1,405.3m) α：K _{La} の補正係数 0.93 β：酸素飽和温度の補正係数 0.97 γ：散気水深の補正(H _A ->1.0) $1/2 \times ((10.33+H_A)/10.33+1)=1.05$ 1.024：水温補正係数 酸素移動動力効率：1.8 kg/kWh 所要動力：22,456 / (1.8 x 24) = 520 kW 機器台数：12 台 機器配置計画：全所要動力に対して、40%(4 台), 25%(3 台), 20%(3 台), 10%(2 台) とする 所要出力：機械効率 (ξ = 0.60) と余裕 (α = 0.20)を見込む I7V-ﾀ 1: (520 x 0.40 / 4) x (1/0.60) x (1+0.20) = 104 ≒ 110 kW I7V-ﾀ 2: (520 x 0.25 / 3) x (1/0.60) x (1+0.20) = 86 ≒ 90 kW I7V-ﾀ 3: (520 x 0.20 / 3) x (1/0.60) x (1+0.20) = 69 ≒ 75 kW I7V-ﾀ 4: (520 x 0.10 / 2) x (1/0.60) x (1+0.20) = 52 ≒ 55 kW 機器仕様： I7V-ﾀ 1: 110 kW x 4 台 I7V-ﾀ 2: 90 kW x 3 台 I7V-ﾀ 3: 75 kW x 3 台 I7V-ﾀ 4: 55 kW x 2 台

項 目		計 算 式
8.最終沈殿池		
形 式		円形放射流式
計画下水量	Q_1	$20,000\text{m}^3/\text{日}$
水面積負荷	WL	$12\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$
所要水面積	A	$20,000 \div 12 = 1,667\text{m}^2$
池 数	N	4 池
所用タンク直径	D	$((1,667/4)/0.785)^{0.5} = 23.0\text{m}$
有効水深	H	3.5m
構造寸法		$23.0\text{m}^D \times 3.5\text{m}^H \times 4$ 池
チェック		
水面積負荷	WL	$20,000 \div (23.0^2 \div 4 \times 3.14 \times 4) = 12.0\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$
滞留時間	T	$(23.0^2 \div 4 \times 3.14 \times 3.5 \times 4) \div (20,000/24) = 6.98$ 時間
9.熟成池		
計画下水量	Q_1	$20,000\text{m}^3/\text{日}$
形 式		マルチセル形式素掘り池
滞留時間	T	3.0 日
所用容量	V	$20,000 \times 3.0 = 60,000\text{m}^3$
池数	N	4 池
有効水深	H	1.5m
1 池当り水面積	A	$60,000 \div (4 \times 1.5) = 10,000\text{m}^2$
10.放流渠		
計画下水量	Q_1	$20,000\text{m}^3/\text{日}$
形 式		階段式開渠
構造寸法		$1.0\text{m}^W \times 15\text{m}^L$

(2) 汚泥処理施設

項 目	計 算 式
1.汚泥濃縮タンク A (初沈汚泥用)	
形 式	スカムスキマー付き円形シックナー (汚泥掻寄機付き)
投入汚泥量	S 4,900kg/日, 140m ³ /日 (含水率 96.5%)
固形物負荷	SL 90kg/m ² /日
所要タンク面積	A 4,900÷90=54.4m ²
タンク数	N 2 槽
所要タンク直径	D (54.4/2/0.785) ^{0.5} =5.9 → 6.0m
有効水深	H 4.0m
構造寸法	6.0m ^D ×4.0m ^H ×2 槽
チェック	
固形物負荷	SL 4,900÷(6.0 ² ÷4×3.14×2)=86.7kg/m ² /日
滞留時間	T (6.0 ² ÷4×3.14×4.0×2)÷(140/24)=38.8 時間
2.汚泥濃縮タンク B (余剰汚泥用)	
形 式	スカムスキマー付き円形シックナー (汚泥掻寄機付き)
投入汚泥量	S 6,981kg/日, 873m ³ /日 (含水率 99.2%)
固形物負荷	SL 70kg/m ² /日
所要タンク面積	A 6,981÷70=99.7m ²
タンク数	N 2 槽
所要タンク直径	D (99.7/2/0.785) ^{0.5} =8.0 → 8.0m
有効水深	H 4.0m
構造寸法	8.0m ^D ×4.0m ^H ×2 槽
チェック	
固形物負荷	SL 6,981÷(8.0 ² ÷4×3.14×2)=69.5kg/m ² /日
滞留時間	T (8.0 ² ÷4×3.14×4.0×2)÷(873/24)=11.1 時間
3.汚泥消化タンク (初沈汚泥用)	
形 式	
投入汚泥量	S 嫌気性無加温消化 (汚泥循環攪拌方式)
消化日数	T 4,900kg/日, 98m ³ /日 (含水率 95%)
所要タンク容量	V 60 日
タンク数	N 98×60=5,880m ²
側 深	H 2 槽

項 目		計 算 式
所要タンク面積	A	10.0m
所要タンク直径	D	$5,880 \div (2 \times 10) = 294\text{m}^2/\text{槽}$
構造寸法		$(294/0.785)^{0.5} = 19.4 \rightarrow 20.0\text{m}$
消化後の汚泥量		$20.0\text{m}^D \times 10.0\text{m}^H \times 2 \text{ 槽}$
有機分含有率		
消化効率		70%
消化汚泥量	S	50%
チェック		$4,900 \times (1 - 0.7 \times 0.5) = 3,185\text{kg/日}, 53\text{m}^3/\text{日}$ (含水率 94%)
滞留日数	T	$(20.0^2 \div 4 \times 3.14 \times 10.0 \times 2) \div 98 = 64.1 \text{ 日}$
4.汚泥乾燥床		
形 式		天日乾燥床
投入汚泥量	S	濃縮汚泥 : $6,981\text{kg/日}, 175\text{m}^3/\text{日}$ (含水率 96%) 消化汚泥 : $3,185\text{kg/日}, 53\text{m}^3/\text{日}$ (含水率 94%) 計 : $10,166\text{kg/日}, 228\text{m}^3/\text{日}$ (含水率 95.5%)
乾燥日数	T	2週間 (14日)
所要堆積容量	V	$228 \times 14 = 3,192\text{m}^3$
汚泥堆積厚	H	20cm
所要床面積	A	$3,192 \div 0.20 = 15,960\text{m}^2$
構造寸法		$15.0\text{m}^W \times 20.0\text{m}^L \times 56 \text{ 床 } (16,800\text{m}^2)$
チェック		
乾燥日数	T	$(15.0 \times 20.0 \times 0.2 \times 56) \div 228 = 14.7 \text{ 日}$
5.乾燥汚泥貯留施設		
形 式		屋根付き貯留施設
乾燥汚泥量	S	$8.0 + 17.5 = 25.5\text{m}^3/\text{日}$
貯留日数	T	60日以上
必要貯留容量	V	$25.5 \times 60 = 1,530\text{m}^3$
棟数	N	2棟
貯留高さ	H	2m
貯留幅	W	12m
貯留長さ	L	$1,530 \div (2 \times 2 \times 12) = 31.9\text{m}$
構造寸法		$12.0\text{m}^W \times 36.0\text{m}^L \times 2.0\text{m}^H \times 2 \text{ 棟}$
チェック		
乾燥日数	T	$(12.0 \times 36.0 \times 2.0 \times 2) \div 25.5 = 67.8 \text{ 日}$

資料 5.3 水理計算

下流側施設 上流側施設	接続施設	仕様・形状	計画水量 (m ³ /日)	設置数	設計対象水量 (m ³ /秒)	損失水頭	下流側水位 上流側水位
熟成池 ～ 最終沈殿池流出部	連絡管1	φ600 L=150m	25,200	1	0.292	$h_f = 0.339$ $h_i = 0.027$ $h_o = 0.054$ $\Sigma h = 0.420$	+1401.000 ～ +1401.420
	連絡管2	φ450 L=77m	25,200	2	0.146	$h_f = 0.215$ $h_i = 0.023$ $h_o = 0.045$ $\Sigma h = 0.283$	+1401.420 ～ +1401.710
	連絡管3	φ300 L=34m	25,200	4	0.073	$h_f = 0.192$ $h_i = 0.027$ $h_o = 0.054$ $\Sigma h = 0.273$	+1401.710 ～ +1401.990
最終沈殿池流出部 ～ 終沈流出トラフ	トラフ	B=0.30m	25,200	4	0.073	$h_{cl} = 0.182$ $h = h_{cl} \times 3^{1/2}$ $= 0.315$	+1401.990 ～ +1402.310
終沈流出トラフ ～ 最終沈殿池池内	ウェアプレート		25,200	578×4	1.281×10^{-4}	$h = (q/1.42)^{2/5}$ $= 0.024$	+1401.310 ～ +1401.380
最終沈殿池池内 ～ 好気タンク	連絡管1	φ300 L=12m	25,200	4	0.073	$h_f = 0.068$ $h_i = 0.027$ $h_o = 0.054$ $\Sigma h = 0.149$	+1401.380 ～ +1402.530
	連絡管2	φ600 L=45m	25,200	1	0.292	$h_f = 0.102$ $h_i = 0.027$ $h_o = 0.054$ $\Sigma h = 0.183$	+1402.530 ～ +1402.720
好気タンク ～ 無酸素タンク	越流堰	B=2.00m	25,200	1	0.292	$h = (q/1.84B)^{2/3}$ $= 0.185$	+1402.720 ～ +1402.940
嫌気タンク ～ 流量調整池	連絡管	φ600 L=48m	25,200	1	0.292	$h_f = 0.108$ $h_i = 0.027$ $h_o = 0.054$ $\Sigma h = 0.189$	+1402.940 ～ +1403.130
流量調整池 ～ 最初沈殿池流出部	連絡管1	φ700 L=4.5m	32,000	1	0.370	$h_f = 0.007$ $h_i = 0.024$ $h_o = 0.047$ $\Sigma h = 0.078$	+1406.000 ～ +1406.080
	連絡管2	φ500 L=10.5m	32,000	2	0.185	$h_f = 0.025$ $h_i = 0.023$ $h_o = 0.045$ $\Sigma h = 0.093$	+1406.080 ～ +1406.180
最初沈殿池流出部 ～ 初沈流出トラフ	トラフ	B=1.50m	32,000	2	0.185	$h_{cl} = 0.116$ $h = h_{cl} \times 3^{1/2}$ $= 0.201$	+1406.180 ～ +1406.400
初沈流出トラフ ～ 最初沈殿池池内	ウェアプレート		32,000	528×2	3.507×10^{-4}	$h = (q/1.42)^{2/5}$ $= 0.036$	+1406.400 ～ +1406.440

資料 5.4 流入下水の負荷変動対策

1. 流入下水の特性

チトンギザ処理場流入下水の水量と水質の24時間測定結果を表-1に示し、水量と水質(COD)の流入変動比を図-1~2に示す。

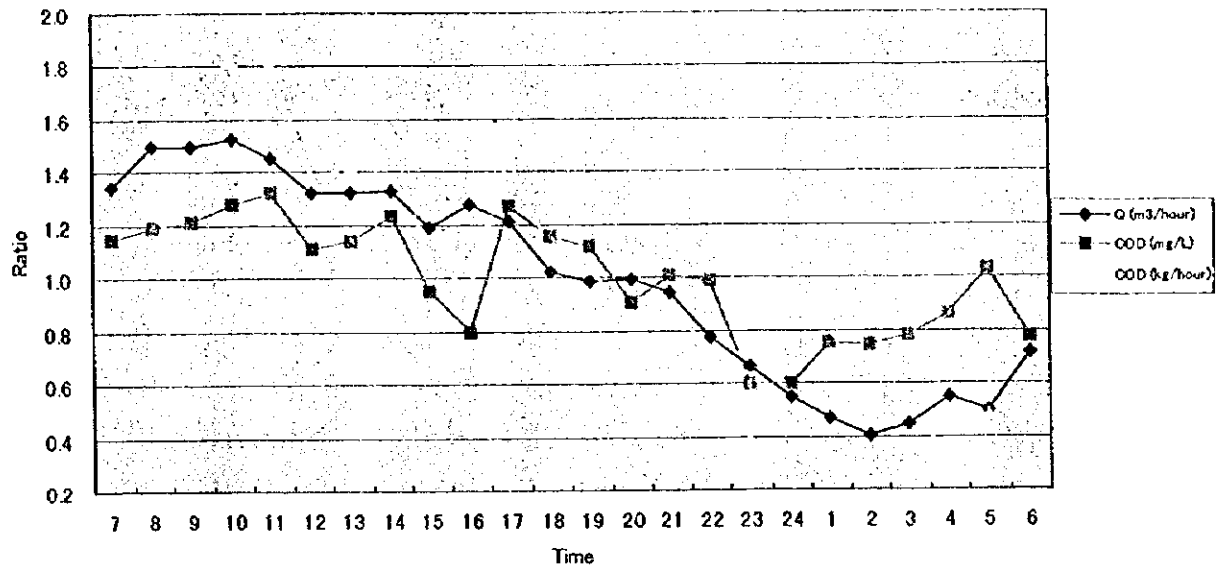


図-1 流量とCODの変動比

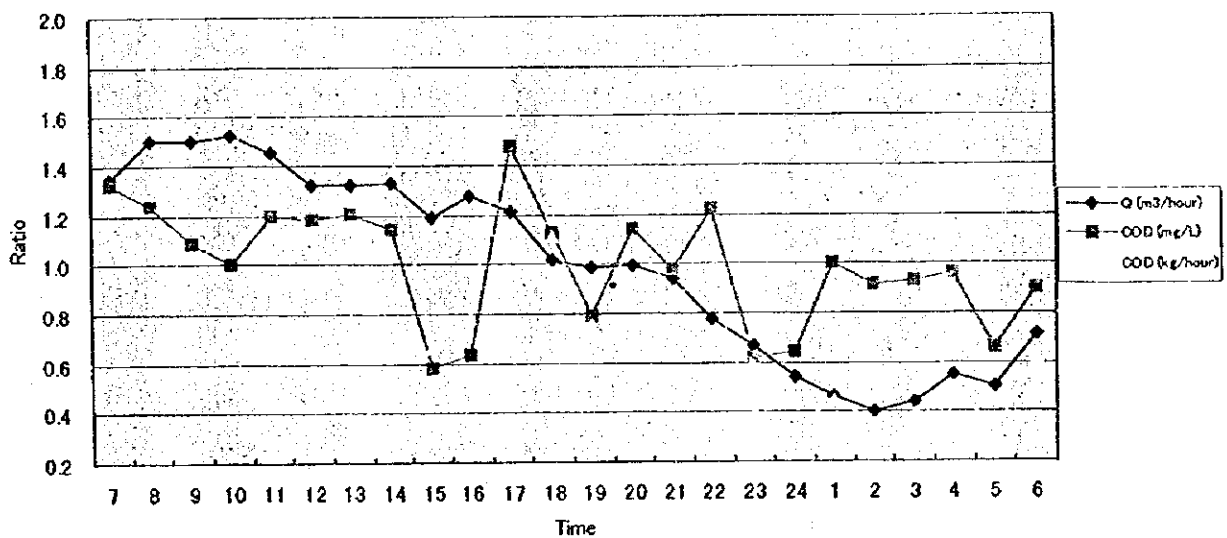


図-2 流量とフィルターろ過後CODの変動比

上記結果をまとめて、以下に示す。

項目	流量	水質 (COD)		水質 (Filtered COD)	
	変動比	水質(mg/L)	変動比	水質(mg/L)	変動比
最大値	1.5	1,620	1.3	570	1.5
平均値	1.0	1,350	1.0	405	1.0
最小値	0.4	760	0.6	230	0.6

チトンギザ処理場流入下水の特性

- ①水量の変動は午前 8～10 時の間に最大値 (=1.5) を示し、午前 1～3 時の間に最小 (=0.4) を示すという、単一ピークパターンである。
- ②流入 COD 値が非常に高い。
- ③水量と COD の経時変化パターンは類似しているが、COD の変動幅は水量の変動幅に比して小さい。
- ④フィルターろ過後の COD (溶解性 COD : 難分解性 COD) の経時変化は COD の変動パターンに追従しているとも見受けられるが、バラツキが大きい。
- ⑤一方、水質負荷 (水量×水質) の変動パターンはフィルターろ過あり・なしともに比較的似ており、その変動幅は双方とも 0.3～1.8 で、あらゆる要素の中で最も大きい。

2. 負荷変動対策の基本方針

(1) 設計上の留意事項

チトンギザ処理場の新設系列 (BNR 法処理施設) の設計を行うに当たっては、下記の事項に留意する必要がある。

1) 施設設計に関する事項

- ①計画下水量 41,750m³/日を既設系列 (散水ろ床法処理施設) に 21,750m³/day、新設系列 (BNR 法処理施設) に 20,000m³/day の分配を行う。
- ②既設系列の処理水は灌漑用水として全量を再利用する。この処理水質は多少悪くても問題はない。
- ③新設系列が丘陵地に位置するという地形条件を生かして、その水位関係は流入から放流に到るまで全てを自然流下とする。
その結果、最初沈殿池～バイオリクター間の水位差は最大 4m とできる。

2) 流入下水の特性に関する事項

- ①放流水質：COD=60mg/L をクリアするために、平均流入水質を 1200 mg/L 程度に抑さえ込む必要がある。(総合除去率=95%と仮定する)
- ②流入下水の負荷変動比が大きい(水量変動=1.5、水質負荷変動=1.8)ため、これを調整して、バイオリアクターへの流入変動比を最大 1.2 程度に制御する。

(2) 負荷変動対策の方法

下記の 2 段階の方策によって、負荷変動を抑制する。

STEP 1：分水施設の設置

- ・ 既設系と新設系への汚水分配を行うための施設である。
- ・ 新設系への流入水量は発生下水量の如何に関わらず、常時 20,000m³/day とし、残量は既設系へ流入させることを目標とする。
- ・ 本施設で、新設系に流入する汚濁負荷総量を可能な限り削減する。

STEP 2：流量調整池の設置

- ・ 分水施設では日間の流入下水総量と汚濁負荷総量を制限できるが、時間毎の量と質の変動は緩和できないため、最初沈殿池とバイオリアクターの中間に流量調整池を設置する。
- ・ 本施設でこの時間毎の変動を吸収し、バイオリアクターへ質・量ともにできるだけ安定した原水(汚水)を送り込む。
- ・ 最初沈殿池の後段に流量調整池を配置する理由は、沈殿物を先に除去して、流量調整池設備の簡素化を図るためである。

3. 分水施設の検討

(1) 分水施設の形式

次の 4 方式が考えられる。

系列/機能	1 案	2 案	3 案	4 案
新設系/ 流入量を調整	固定ゲート または固定堰	施設なし	固定堰	オリフィスゲート 開度調整する
既設系/ 残余量を分水	固定ゲート または固定堰	固定堰 オーバーフロー	可動堰	固定ゲート または固定堰

(2) 各方式の比較検討

各方式における調整後下水量(流出下水量)と流出 COD 負荷の経時変化を図-3~4 に示す。

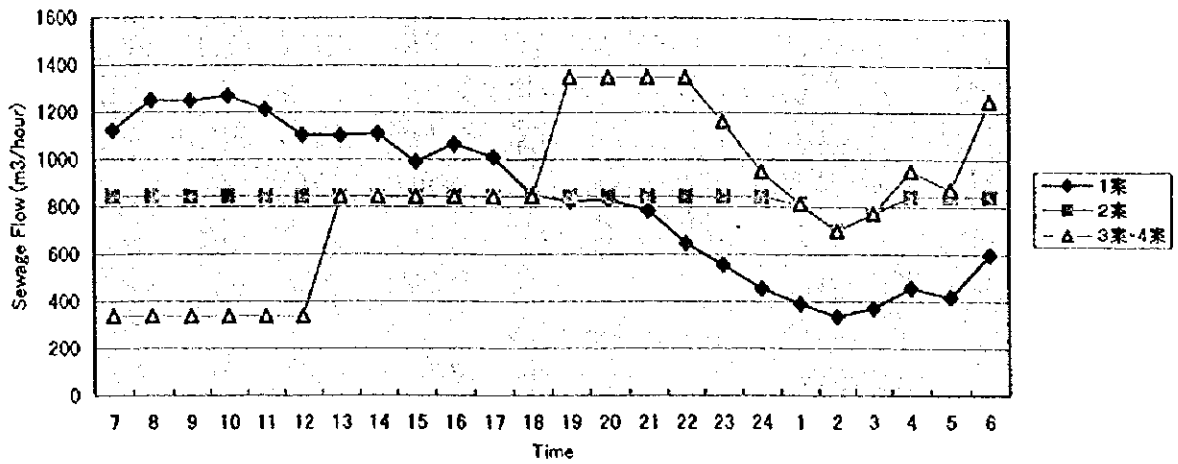


図-3 分水方式別の流出下水道量

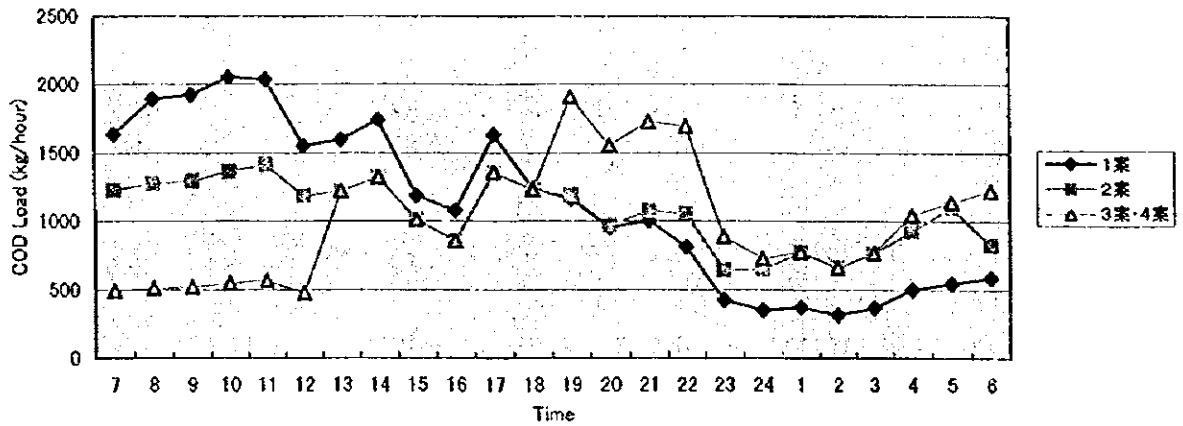


図-4 分水方式別の流出 COD 負荷量

以下の表は各案の長所短所を比較したものである。

評価項目		1 案	2 案	3 案	4 案
流量変動抑制効果	日間変動	×	○	○	○
	時間変動	×	○	×	×
水質負荷削減効果	平均 COD	1350mg/L	1270mg/L	1210mg/L	1210mg/L
	評価	×	△	○	○
操作性		○	○	△	△

総合評価

- ・ 流出下水総量の制限
- ・ 流出汚濁負荷総量の削減

上記の2点を同時に満足できる3案あるいは4案を採用する。

以下に3案と4案の比較を示すが、本計画では優位案と判断される4案のオリフィスゲート方式を採用する。

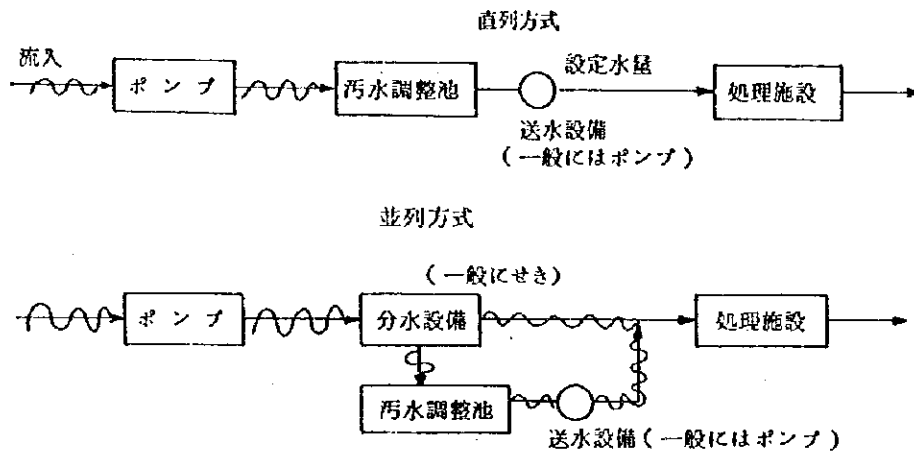
	堰式 (3案)	オリフィスゲート式 (4案)
略図		
流量測定法	超音波式、フロート式、圧力式のいずれか	同左
システムの確実性	確実である 制御系統の距離が短い	確実であるが、ベンチュリリユームまでの距離が長いため、左記よりやや劣る
BNR 流入量の測定	BNR 系の固定堰流量を演算 パーシャルリユームは省略可	初沈流入手前のベンチュリリユーム測定流量を演算
堆積汚泥等	堰手前に沈殿汚泥の堆積が懸念される。	スカムの堆積が懸念されるが、小流量時に流出するため、問題はない。また、オリフィスゲートの噛み込みも懸念されるが、日常点検で対処可能である。
水位関係	既設の沈砂池水位を基準として、堰の自由落下高さを確保すると、流入渠の暫くの区間が背水の影響を受ける。	特に問題はない
総合評価	やや劣る	優位である

4. 流量調整池の検討

(1) 流量調整方式

流量調整池の調整方式にはポンプを使って定量送水する方法と、オリフィスゲートを用いて調整池流出量の制御を行う方法の2通りがある。

さらに、ポンプを使う方法には調整池の組み込み方により、直列方式（インライン方式）と並列方式（サイドライン方式）の2通りがある。



直列方式と並列方式の比較を下表に示す。

表4-2 直列方式と並列方式の比較

項目 \ 形式	直列方式	並列方式
質の均等化	流入下水の全量が調整池を通り、かくはん混合されるので、ピーク濃度が低下し、質の均等化がある程度期待出来る。	一定流入を超える量だけが調整池に流入するので、質の均等化はあまり期待出来ない。
流量調整の難易	調整池引抜きポンプを制御することで、流量の均一化が容易に行える。	分水量や返水量、返水時間などを制御することが必要となり、流量の均一化がやや難しい。
調整池の容量および改造の難易	調整池の容量が大きくなり易い。主フロー内に施設を追加するため工事がやや難しい。また、主ポンプの揚程アップ、電気設備容量増など既存設備の改造が伴う場合がある。	調整池の容量は直列方式より少なくすむ。施設の追加工事の影響を稼働中の施設に及ぼすことが少なく、容易に調整池を導入出来る。

オリフィスゲートによる調整方式は、調整池の配置から見ると図-5の直列方式に類似するが、ポンプ送水方式と比較した機能面での特徴を以下に示す。

項目	優	>	劣
質の均等化	：ポンプ送水直列式>オリフィスゲート式>ポンプ送水並列式		
流量調整の難易	：オリフィスゲート式=ポンプ送水直列式>ポンプ送水並列式		
調整池の容量	：オリフィスゲート式=ポンプ送水並列式>ポンプ送水直列式		

また、機器費や電気代などの経済性、維持管理の面について比較すると、当然、送水設備の不要なオリフィスゲート方式が優位である。

本計画では恵まれた地形条件により、ポンプを一切用いないオリフィスゲート方式の適用が可能なため、これを採用するものである。

(2) 流量調整池規模の最適化方法

流量調整池の負荷変動抑制の効果は、調整池容量に比例して増大する。

しかし、経済的あるいは配置上の制約により調整池の規模をむやみに大きくすることはできない。

ここでは、適正規模を定めるための手法と条件の設定について説明する。

- ①流量調整池への流入水の変動パターンは、沈砂池手前のオリフィスゲートで流入水量の制御を行った後の、階段状パターンを適用する。(図-3~4の4案のパターン)
- ②調整池の必要容量を決定する主要素は、オリフィスのサイズ・調整池の平面積(水位~容量の関係図)および調整池水深である。
- ③上記条件を順次、変化させて逐次計算法(10分ピッチ)によりシュミレーションを行う。
- ④結果の評価基準は、調整池の容量と負荷変動の抑制効果の関連性、つまり、経済的効率である。

(3) 流量調整池規模の最適化

図-6に調整池容量と負荷変動の抑制効果(ピークファクターの大小)の関係を示す。負荷は流入下水量とCOD負荷とについて示してある。

図-6の結果から、 $4,000\text{m}^3 \sim 5,000\text{m}^3$ の範囲に変曲点があり、 $5,000\text{m}^3$ 以上では規模増大の効果が小さくなる傾向が伺える。

従って、最も投資効率がよい流量調整池の容量は $4,000\text{m}^3$ 前後であると考えられる。

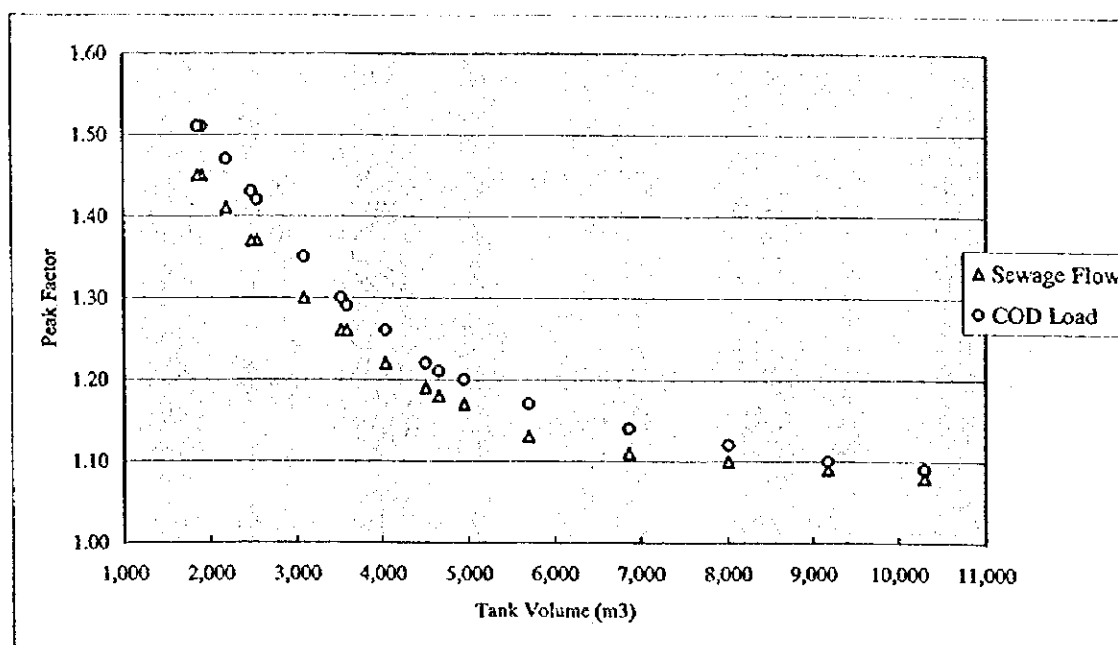


図-6 調整池容量と負荷変動の抑制効果の関係

(4) 採用案の概要

以下は流量調整池容量が 4,000m³前後についてのシュミレーション結果の概要を示したものである。

容量(m ³)	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000
池底面積(m ²)	950	1,200	1,500	1,750	2,000
初ノズサイズ	250 x 250	250 x 250	250 x 250	250 x 250	250 x 250
H.W.L. (M)	3.15	2.91	2.70	2.57	2.48
L.W.L. (M)	0.51	0.67	0.85	0.97	1.08
流量変動比	1.31	1.26	1.22	1.19	1.17
水質変動比	1.36	1.30	1.26	1.22	1.20

上表の結果より、容量が 4,000m³のケースを最適案と判断し、これを採用する。

採用案の時間毎の負荷変動パターンを図-7に示す。

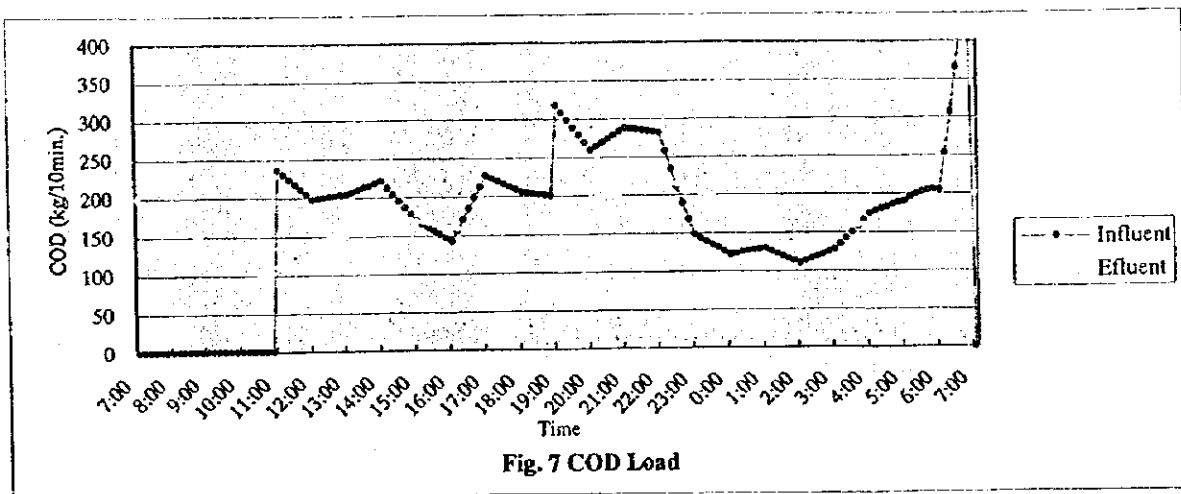
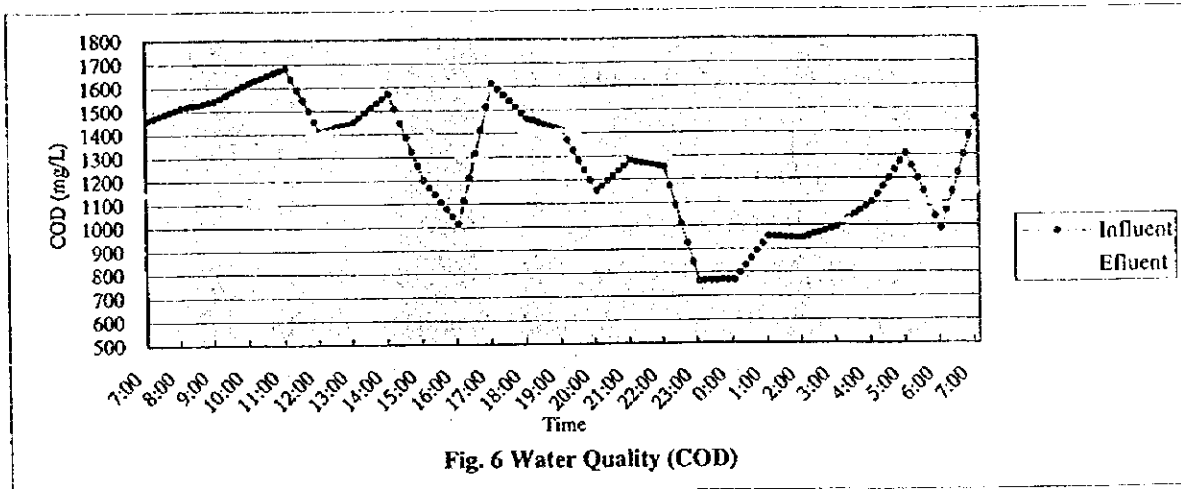
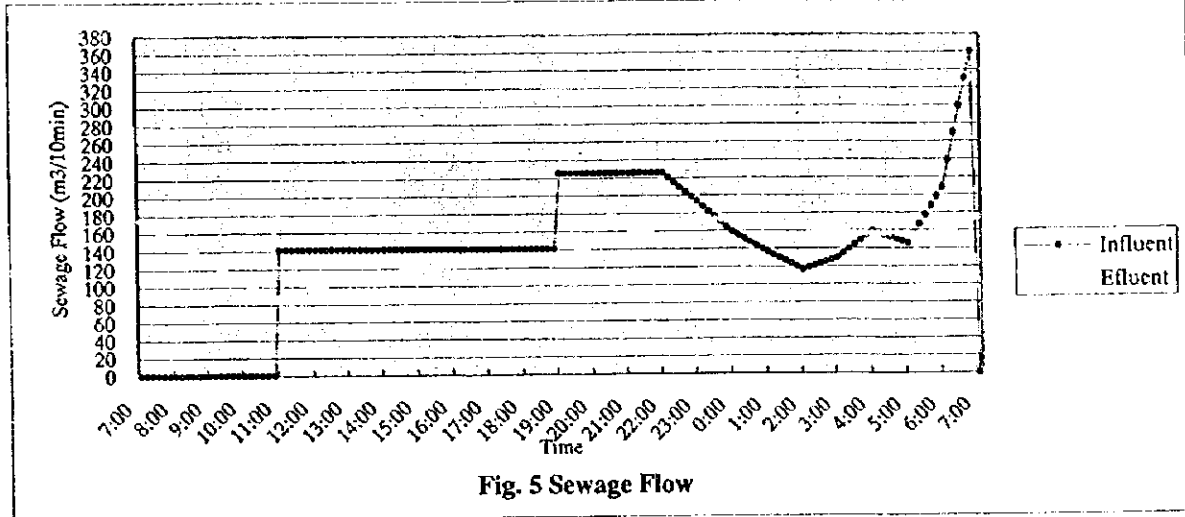
Equalization Tank Calculation

Design Condition

- Equalization Tank Bottom Area : 1,400 m²
 - Orifice Width : 0.25 m
 Height : 0.25 m
 Coefficiency : 0.62

Calculation Result

High Water Level : 2.87 m
 Tank Volume : 4,016 m³
 Peak Factor (Sewage Flow) : 1.26
 Peak Factor (COD Load) : 1.27
 Effluent Mean COD : 1,207 mg/L



資料 5.5 アルカリ度の検討

(1) 反応タンクへの流入全窒素濃度 ($C_{TN,in}$)

計画下水水質を以下に示す。

項目	原水質	沈砂池 流入水質	最初沈殿池		二次処理施設	
			除去率	流出水質	除去率	放流水質
BOD (mg/L)	700	620	35	403	93	30
COD (mg/L)	1,350	1,200	35	780	92	60
S S (mg/L)	550	490	50	245	90	25
T-N (mg/L)	115	102	20	82	88	10
T-P (mg/L)	12.4	11.0	30	7.7	87	1.0

よって、反応タンクへの流入全窒素濃度は最初沈殿池の流出水質である 82.0mg/L である。

(2) 反応タンク内のアルカリ度

反応タンク内のアルカリ度は、硝化は全て好気タンクで行われ、また、好気タンクでの脱窒がないという条件のもとに次式で示される。

$$C_{ALK,A} = C_{ALK,in} \cdot 7.14 \alpha \cdot C_{TN,in} + 3.57(\alpha \cdot \beta) \cdot C_{TN,in} + 3.57(\alpha \cdot C_{TN,in} - C_{NOx,eff}) \cdot (Q_r / (Q_{in} + Q_r))$$

ここで、 $C_{ALK,A}$: 好気タンク末端における活性汚泥混合液のアルカリ度 (mg/L)

$C_{ALK,in}$: 流入下水のアルカリ度 (= 180 mg/L)

$C_{TN,in}$: 反応タンク内流入水の全窒素濃度 (= 82 mg/L)

$C_{NOx,eff}$: 流出 NOx-N 濃度 (= 10 mg/L)

Q_r : 設計水量 (= 20,000 m³/日)

Q_{in} : 返送汚泥量 (= 20,000 m³/日)

α : $C_{TN,in}$ のうち硝化される窒素の割合 (= 90%とする)

β : 流入水 NH₄-N の C_{TN} に対する割合 (40/115 = 35%)

7.14 : 1mg/L の硝化反応において消費されるアルカリ度 (mg/L)

3.57 : 1mg/L の脱窒反応において生成されるのアルカリ度 (mg/L)

よって、

$$C_{ALK,A} = 180 - 7.14 \times 0.9 \times 82 + 3.57 \times (0.9 - 0.35) \times 82 + 3.57 \times (0.9 \times 82 - 10) \times (20,000 / (20,000 + 20,000)) = -72.0 \text{ mg/L}$$

(3) 必要アルカリ度

pHは硝化速度に大きな影響を及ぼし、硝化タンク末端のpHが6.0以下になると硝化速度は極端に低下するので、これをpHは6.0以上、アルカリ度は40mg/L以上とする必要がある。

従って、アルカリ度の不足分は下記の通りである。

$$C_{ALK,L} = 40 - (-72) = 112 \text{ mg/L}$$

但し、上記は設計水量と返送汚泥量の合計量に対する濃度である。

(4) 消石灰注入率

炭酸カルシウム (CaCO₃) の分子量は 100、消石灰 (CaO) の分子量は 56 である。

よって、アルカリ度を 1mg/L 上昇させるために必要な消石灰 (CaO) 必要量は

$1 \div (100/56) = 0.56 \text{ mg/L}$ である。

従って、添加が必要なアルカリ度分に対する消石灰注入率は

$112 \times 0.56 = 62.7 \text{ mg/L}$ である。

(5) 消石灰注入量

設計水量 20,000 m³/日、返送汚泥量 20,000 m³/日、合計水量 40,000 m³/日なので、

$62.7 \text{ mg/L} \times 40,000 \text{ m}^3/\text{日} = 2,509 \text{ kg/日}$ の消石灰 (CaO 換算) 注入が必要。

ジンバブエ国の消石灰製品 (パウダー) の品質を以下に示す。

カルシウム含有率 (CaO 換算)	72.0%	不純物計 3.8%
マグネシウム含有率 (MgO 換算)	1.2%	
マンガン含有率 (Mn ₂ O ₃ 換算)	1.0%	
鉄含有率 (Fe ₂ O ₃ 換算)	0.5%	
アルミニウム含有率 (Al ₂ O ₃ 換算)	0.3%	
珪素含有率 (SiO ₂ 換算)	0.8%	
二酸化炭素含有率 (CO ₂)	1.0%	
水分	23.2%	

よって、製品状態の消石灰注入量は以下の通りである。

$2,509 \text{ kg/日} \times (100\%/72.0\%) = 3,485 \text{ kg/日}$

(6) 年間消石灰費用

消石灰パウダーの現地価格は 1ton 当たり Z\$1,783.0 (¥18.85/kg) である。

消石灰の使用量は $3,485 \text{ kg/日} = 1,272 \text{ ton/年}$ である。

従って、年間の消石灰費用は $1,272 \text{ ton} \times \text{Z\$}1,783.0/\text{ton} = \text{Z\$}2,268,000$ (約 2,400 万円/年) である。

(7) 消石灰スラリー

消石灰の溶解度は 20℃ で、水 100g に対して消石灰 0.16g である。

消石灰は水温が低くなるほど溶解度が高まるという性質がある。

従って、20℃ の水を用いて飽和溶液を作るには、

$2,509 \text{ kg/日} \times (100\text{g}/0.16\text{g}) = 1,568,125 \text{ L} = 1,568 \text{ m}^3/\text{日}$ という大量の水が必要である。

よって、消石灰をスラリー状にして反応タンクに注入することとする。

スラリー濃度を 5% (消石灰製品ベース) とすると、

$3,485 \text{ kg/日} \div 0.05 = 69,700 \text{ L} = 70 \text{ m}^3/\text{日}$ の水が必要である。

この水は処理水 (熟成池よりポンプアップ) を用いる。

(8) 消石灰投入点

消石灰の投入点として、最初沈殿池の手前と、反応タンクへ投入する2通りが考えられる。以下に上記2点の利害得失を比較する。

項目	最初沈殿池手前	反応タンク投入	
沈殿物の問題	沈殿物、特に不純物由来のものは最初沈殿池で除去され、嫌気、無酸素タンクにおける沈殿物の堆積の問題はない。	好気タンクは水深が浅く、攪拌強度も強いため沈殿が生じる心配はない。 一方、返送汚泥及び硝化循環液の形態で相当量の消石灰由来物が、嫌気、無酸素タンクに戻され、これにより多少の沈殿物の発生が予想されるが、各タンクには攪拌機が設置されているため、沈殿物の堆積量は深刻なレベルまでは達しない。	○ △
混合の均一性	好気タンクに到るまでに、最初沈殿池～流量調整池～嫌気タンク～無酸素タンクと4つの施設を経て、滞留時間も約22時間を経過しているため、十分に混合されている。	好気タンクの入り口から出口までの滞留時間は約14時間あり、かつ、タンクの全部分を強烈に攪拌しているため、全く問題はない。	○ ○
消石灰の保有するアルカリ度のロス	上記のように、消石灰投入後、好気タンク入り口に到るまでに、約22時間を経過する。 この間に、消石灰溶液中のカルシウムは下水中の種々の物質と反応して化合物(塩)を生成し、相当量のアルカリ度が消失してしまう。また、最初沈殿池からの汚泥除去によっても一部のアルカリ度は消失する。	消石灰を必要施設に直接投入するため、全アルカリ度を有効に利用することができる。	× ○

上記の結果より、消石灰スラリーを反応タンク入り口(流量調整池の流出部分)に投入して、アルカリ度回収効率を高めるものとする。

(9) 消石灰による余剰汚泥の増加量

①消石灰中の不純物による増分

注入消石灰製品の不純物含有率は3.8%なので、(前出、消石灰成分表参照)

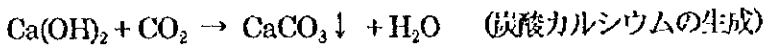
$3,485 \text{ kg/日} \times 0.038 = 132 \text{ kg/日}$ の不純物が余剰汚泥の増加分となる。

②消石灰中のカルシウム化合物による増分

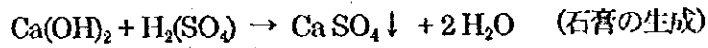
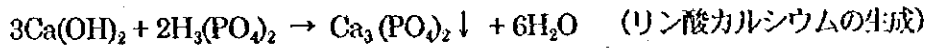
消石灰溶液中のカルシウムは下水中の種々の物質と反応して化合物(塩)を生成する。

これらの多くは沈殿性物質であり、余剰汚泥の増加に寄与する。

その代表的なものは汚水中の遊離炭酸との中和反応であり、詳細は以下の通りである。



生物反応タンクでの有機物の酸化反応の結果、汚水中には十分な二酸化炭素が溶解しており、上記反応が優先となる。その他の生成化合物は以下の通りである。



以上による汚泥増加量を、以下の仮定に基づいて算出する。

- ・投入カルシウム量の80%が化合物生成に寄与する。

$$2,509 \text{ kg/日} \times (40/56) \times 80\% = 1,434 \text{ kg/日}$$

- ・生成物は炭酸カルシウムと重炭酸カルシウムで代表し、その比率を50%づつとする。
- ・よって、沈殿物となる炭酸カルシウムの生成量は以下の通りである。

$$\text{CaCO}_3 = 1,434 \text{ kg/日} \times 50\% \times (100/40) = 1,793 \text{ kg/日}$$

③消石灰注入による余剰汚泥の増加量

$$\text{①} + \text{②} = 132 + 1,793 = 1,925 \text{ kg 日}$$

資料 5.6 消毒方法の検討

日本では、放流水の大腸菌群数が 3000 個/mL 以下と定められており、主に塩素消毒が行われているが、現在、「ジ」国では大腸菌群等の規制はなく、一般に消毒は行われていない。しかし、開発調査において将来の水質規制の強化にも対応すべく、将来計画として熟成池の設置が提言された。今回の B/D においては、大腸菌群等の規制をも先取りした計画とし、この熟成池も建設する。なお、消毒方法として熟成池が選択された理由は、各種消毒方法を比較した表に示されるように、薬品、設備が不要なことである。

表-1 各種消毒方法の比較

方法	長所	短所	備考
熟成池	<ul style="list-style-type: none"> 薬品・設備が全くなく、維持管理が最も容易である。 有機物等の除去も見込める 	<ul style="list-style-type: none"> 広い敷地を必要とする。(滞留時間 3~9 日) 	採用
塩素消毒	<ul style="list-style-type: none"> 入手が容易な薬品と、補機が少ない設備であり、維持管理が比較的容易である。 注入量によっては、残留効果も見込める。 	<ul style="list-style-type: none"> トリハロメタン等の副次生成物がある。 	
紫外線消毒	<ul style="list-style-type: none"> 比較的単純な設備である。 残留性がないため、水棲生物への影響が小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> 定期的に紫外線ランプの交換が必要。 常時、電力を使用する。 	
オゾン消毒	<ul style="list-style-type: none"> オゾン注入量によっては、色・においの除去が可能である。 残留性がないため、水棲生物への影響が小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> オゾン発生装置は補機が多く複雑である。 電力使用量が大きい。 有機物と反応するため、原水水質によっては多くの注入を要する。 	

設計諸元

熟成池の設計諸元は、Z マニュアルに記載されている。これによると、1.2m 以上の水深を保ちつつなるべく浅く設置することとし、また、4 つの直列の池（滞留時間それぞれ 10,5,5,5 日 計 25 日）の設置が推奨されている。しかし、高度処理である BNR 法の後段に設置する本計画では、この適用を受けないものと判断し、「開発途上国における都市排水・汚水処理技術適用指針」に基づき設計する。

原水水質（BNR 法による処理水の大腸菌群数）と目標水質の仮定の下に、滞留時間を次のように設定した。

- ①処理場流入水質を一般的な $1.0 \times 10^6 \sim 10^7$ 個/mL とし、最終沈殿池流出水は安全を見込み、 1.0×10^6 個/mL と仮定した（BNR 法の除去率 90%）。また目標水質を、日本の基準である 3000 個/mL とした。

②上記の条件で滞留時間を次式によって算出すると、2.9 日を得られた。本指針では、滞留時間を 3～10 日としており、この範囲の最小である 3 日を採用した。

$$\frac{N_r}{N_0} = \frac{1}{(K \cdot R_1 + 1)^n}$$

N_r : R 日後の細菌の個体数 : 3×10^3 個/mL

N_0 : 流入水中の細菌の個体数 : 1×10^6 個/mL

K : 死滅定数 (d^{-1}) $K_{20} \times 1.07^{(T-20)}$

K_{20} : : 2.0

T : 最低水温 : 12°C ,

n : ポンドの池数 : 4 池

有効水深 : $H=1.0\sim 1.5\text{m}$: 1.5m

資料 5-7 嫌気性池改造計画

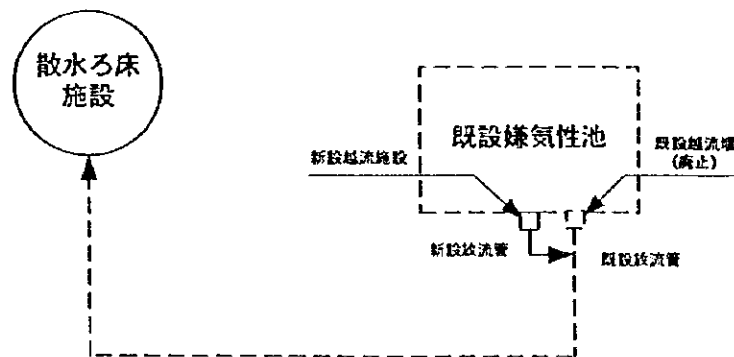
1. 目的

新設処理場の建設に伴い、既設水処理施設への夜間流入水については全て新設系へ送水する計画となる。夜間の既設水処理施設への送水停止に伴い、既設散水ろ床施設が無給水状態となるため、せっかく形成された生物膜が乾燥し剥離、流出してしまう恐れがある。

本改造は一定水量を送水する事により、生物膜へ有機物の供給を行い、生物膜の保護を目的とするものである。

2. 改造計画の概要

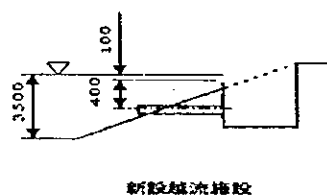
本計画では、既設散水ろ床施設への送水を既設嫌気性池の流出水を利用する。基本フローは次のとおりである。



上図に示すように、既設嫌気性池の越流部と、既設放流管への接続管が計画対象範囲となる。

3. 越流堰の構造について

新設する流出部の構造はオリフィス構造とし、通常時は、越流堰とオリフィスによる流出とし、送水停止後はオリフィスのみからの流出とする。流出状態を次図に示す。



(1) 流出水量の検討

1) 設計諸元

- ① 既設散水ろ床施設送水停止時間 8 時間
- ② 既設嫌気性池設計計画水量 $5,000 \text{ m}^3/\text{日} = 208.3 \text{ m}^3/\text{時}$
- ③ 越流堰幅 $B = 1.0 \text{ m}$
- ④ オリフィス口径 $\phi 150 \text{ mm}$

2) 越流堰部通常時における計算

通常時における既設嫌気性池からの流出は、堰からの越流とオリフィスからの流出となる。オリフィスの水深を 50 cm とすると、オリフィス出口における流速、及び流出量は次のとおりである。

$$v = c \cdot \sqrt{2gH} = 0.6 \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 0.5} = 1.878 \text{ m/s}$$

$$A = 0.01767 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.0332 = 119.52 \text{ m}^3/\text{h}$$

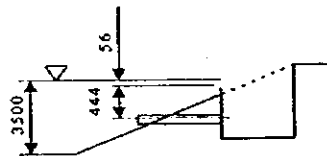
通常時の越流量は $208.3 \text{ m}^3/\text{時}$ である事から、越流させる流量は、

$$208.3 - 119.52 = 88.78 \text{ m}^3/\text{時}$$

となる。したがって、越流水深 H は、

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 \cdot B} \right)^{2/3} = 0.056 \text{ m}$$

となり、流出部の水位関係は次図のようになる。



新設越流施設

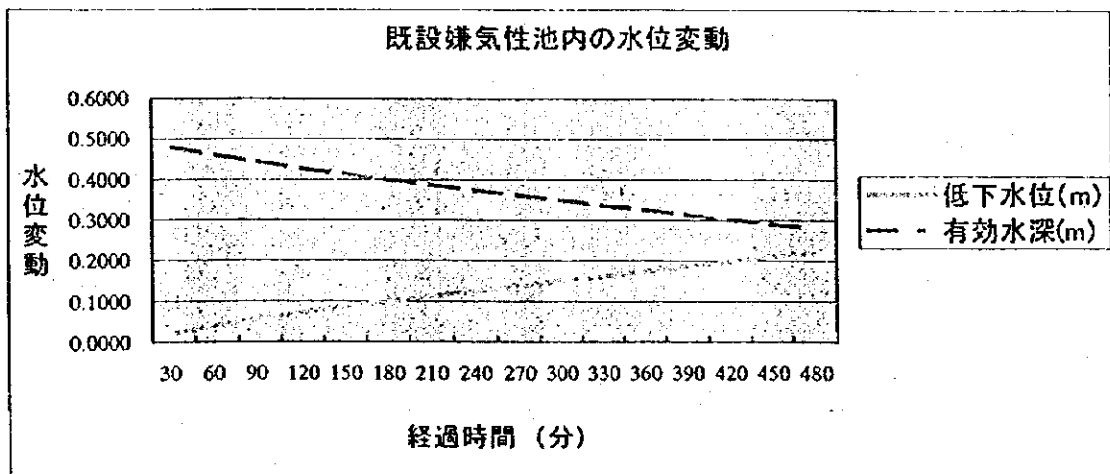
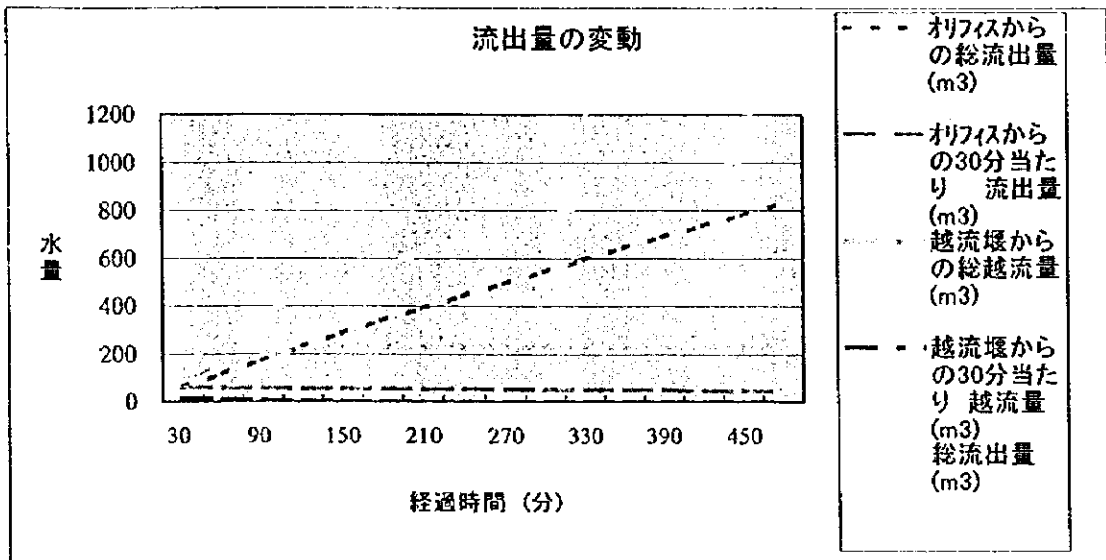
3) 通水停止時における水位低下計算

夜間の送水停止に伴い、既設嫌気性池では、処理水の流出による水位低下が生じる。この水位低下により既設散水ろ床へ十分な送水が可能であるかの検討を行う。

まず、送水停止までは有効水深は確保されているが、水位低下開始後は、一定時間経過後堰部からの越流が停止し、オリフィスのみからの流出となる。

有効水深を確保した状態での嫌気性池の水面積を $139 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ とし、水位低下及び流出量を経過時間で計算したものを次に示す。

経過時間 (分)	オフィスからの 総流出量 (m3)	オフィスからの 30分当たり 流出量(m3)	越流堰から の総越流量 (m3)	越流堰から の30分当たり 越流量(m3)	総流出量 (m3)	低下水位 (m)	有効水深 (m)
30	58.970340	58.970340	90.752119	12.937934	149.72246	0.0215	0.4785
60	116.724983	57.754643	152.843435	8.645708	269.56842	0.0404	0.4596
90	173.374388	56.649405	192.717994	5.339774	366.09238	0.0573	0.4427
120	229.006902	55.634514	215.640065	2.839641	444.64897	0.0726	0.4274
150	283.697785	54.688883	226.136439	1.065213	509.83422	0.0868	0.4132
180	337.492970	53.795185	228.556400	0.053121	566.04937	0.1000	0.4000
210	390.415281	52.922312	228.556400	0.000000	618.97168	0.1130	0.3870
240	442.467225	52.051944	228.556400	0.000000	671.02363	0.1257	0.3743
270	493.646784	51.179558	228.556400	0.000000	722.20318	0.1382	0.3618
300	543.951826	50.305042	228.556400	0.000000	772.50823	0.1506	0.3494
330	593.381327	49.429501	228.556400	0.000000	821.93773	0.1628	0.3372
360	641.931761	48.550434	228.556400	0.000000	870.48816	0.1747	0.3253
390	689.603115	47.671354	228.556400	0.000000	918.15952	0.1865	0.3135
420	736.394135	46.791020	228.556400	0.000000	964.95054	0.1981	0.3019
450	782.300905	45.906770	228.556400	0.000000	1010.85730	0.2095	0.2905
480	827.323227	45.022322	228.556400	0.000000	1055.87963	0.2207	0.2793



計算結果からみると、送水停止後約 3 時間で越流堰からの越流が停止し、オリフィスからのみ流出となる。また、送水停止時間内における嫌気性池からの総流出量は $1,055\text{m}^3$ であり、この放流に伴う最終水位低下は 0.22m である。

低下水位からは、既設散水ろ床施設への送水が停止する心配は無い。また、送水量は時間当たり 132m^3 で通常時の約 60% を確保できるため、生物膜の保護という面では満足出来ると思われる。

資料 5.8 構造物設計基準

構造物の設計は、原則として「ジ」国で使用されている英国基準（BS）に準拠するものとし、これと同等な米国の基準（ACI, AISC）や日本の基準（JIS）の採用も可能である。

本基本設計に関連する「ジ」国内使用基準を以下に列記する。

- CAS A33 : Methods of sampling and testing of mineral aggregates, sand and fillers
- CAS A34 : Aggregates for concrete
- CAS A44 : Methods of testing soils for civil engineering purposes Part 1 : Preparation, classification and density of soils
- CAS A46 : Portland cement
- CAS 170 : The structural use of concrete
- BS 1881 : Methods of testing concrete
- BS 3148 : Test for water for making concrete
- BS 4449 : Hot rolled steel bars for the reinforcement of concrete
- BS 4461 : Cold worked steel bars for the reinforcement of concrete
- BS 4462 : Bending dimensions and scheduling of bars for the reinforcement of concrete
- BS 4482 : Hard drawn mild steel wire for the reinforcement of concrete
- BS 4483 : Steel fabric for the reinforcement of concrete
- SABS CKS 158 : Proposed specification for welded fabric

(1) 荷重条件

1) 死荷重：建設材料の自重として、以下の条件を満足すること。

建設材料	荷重 (kg/m ³)
無筋コンクリート	2,300
鉄筋コンクリート	2,400
締め固めた土	1,800
水	1,000
鉄骨	7,850
壁用レンガ材	1,800
壁用コンクリートブロック	1,500
木材	1,000

2) 活荷重

対象施設	荷重 (kg/m ²)
屋根 (傾斜)	50
屋根 (平坦)	150
オフィス床	300
オフィス階段	500
階段 (屋根接続)	400

3) 土圧

地下壁に対する側方土圧は、地表面の活荷重を $1,000 \text{ kg/m}^2$ とし、側面載荷重係数を土の性状により 0.3 から 0.5 の範囲として算定する。

4) 温度の影響

温度変化 $\pm 15^\circ\text{C}$ の範囲内で、コンクリート及び鋼材の温度線膨張係数は $0.000012/^\circ\text{C}$ とする。

5) 地震荷重

「ジ」国では地震力は考慮しない。

(2) コンクリート

項目	水密性を要する施設	一般施設
基準圧縮強度	250 kg/m^2	210 kg/m^2
直接圧縮応力度	77 kg/m^2	-
曲げ圧縮応力度	100 kg/m^2	85 kg/m^2
せん断応力度	9 kg/m^2	8 kg/m^2
直接引張応力度(円形タンク)	15 kg/m^2	-

(3) 鉄筋の許容応力度：D12以上の鉄筋はSD295A,Bを用い、強度は下記基準を満たすものとする。

項目	水密性を要する施設	一般施設
基準引張り強度	$2,500 \text{ kg/m}^2$	$2,500 \text{ kg/m}^2$
許容引張応力度(水と接する)	$1,250 \text{ kg/m}^2$	-
許容引張応力度(水と接しない)	$1,500 \text{ kg/m}^2$	$1,500 \text{ kg/m}^2$
許容圧縮応力度	$1,200 \text{ kg/m}^2$	$1,200 \text{ kg/m}^2$
最小異形鉄筋率	0.3 - 0.4%	0.2%

(4) 鉄骨材料の許容応力度：ASTMA36, TIS 116 同等品以上とし、強度は下記基準を満たすものとする。

極限引張応力度	$4,100 \text{ kg/m}^2$
降伏応力度	$2,400 \text{ kg/m}^2$

(5) 鉄筋の被り

土に接する部分	5.0 cm
梁	3.0 cm
スラブ	2.0 cm
柱	4.0 cm
水に接する壁	5.0 cm
一般の壁	3.0 cm

(6) 鉄筋の継手長

「ジ」国では一般的に $50D$ としている。

計装・制御計画 (電気設備)

計器名称	個数 (式)	仕	検	測定 流体	設置場所	監視内容	制御方式		記録	積算	表示		警報		備	考
							手動	自動			監視室	現場	監視室	現場		
1 主流量計	1	超音波水位計		汚水	ベンチュリリユーム	原水の流入水量測定	○	○	○	○	○	○	○	○	PLC付	
2 最初沈殿池分流量計	2	レベルスイッチ		汚水	最初沈殿池分流槽	初沈汚泥ポンプの起動停止	○				○	○	○	○		
3 初沈汚泥ポンプ流量計	2	電磁流量計		汚泥	初沈汚泥ポンプ配管	初沈汚泥の流量監視と積算	○	○	○	○	○	○	○	○		
4 流量調整池水位計	1	レベルスイッチ		汚水	流量調整池	ミキサの起動停止	○	○	○	○	○	○	○	○		
5 BNR流入流量計	1	電磁流量計		汚水	流量調整池流出パイプ	BNRへの流入水量測定	○	○	○	○	○	○	○	○		
6 BNRエアレータ水位計	1	レベルスイッチ		汚水	BNR好気ゾーン	エアレータの停止	○	○	○	○	○	○	○	○	起動用タイマ付	
7 BNRDO計	1	電極式		汚水	BNR好気ゾーン	好気ゾーンのDO監視	○	○	○	○	○	○	○	○		
8 BNRpH計	1	電極式		汚水	BNR好気ゾーン終点	好気ゾーンのpH監視	○	○	○	○	○	○	○	○		
9 余剰汚泥ポンプレベル水位計	1	レベルスイッチ		汚泥	余剰汚泥ポンプヒット	余剰汚泥ポンプの起動停止	○	○	○	○	○	○	○	○		
10 余剰汚泥ポンプ流量計	2	電磁流量計		汚泥	余剰汚泥ポンプ配管	余剰汚泥の流量監視と積算	○	○	○	○	○	○	○	○		
11 汚泥濃縮槽A汚泥ポンプ流量計	2	電磁流量計		汚泥	汚泥濃縮槽A汚泥ポンプ配管	汚泥濃縮槽A引抜汚泥の流量監視と積算	○	○	○	○	○	○	○	○		
12 汚泥濃縮槽A水位計	2	レベルスイッチ		汚泥	汚泥濃縮槽A	汚泥濃縮槽A汚泥ポンプの起動停止	○	○	○	○	○	○	○	○		
13 消化タンク汚泥ポンプ流量計	2	電磁流量計		汚泥	消化タンク汚泥ポンプ配管	消化タンク引抜汚泥の流量監視と積算	○	○	○	○	○	○	○	○		
14 消化タンク水位計	2	レベルスイッチ		汚泥	消化タンク	消化タンク引抜汚泥ポンプの起動停止	○	○	○	○	○	○	○	○		
15 汚泥濃縮槽B汚泥ポンプ流量計	2	電磁流量計		汚泥	汚泥濃縮槽B汚泥ポンプ配管	汚泥濃縮槽B引抜汚泥の流量監視と積算	○	○	○	○	○	○	○	○		
16 汚泥濃縮槽B水位計	2	レベルスイッチ		汚泥	汚泥濃縮槽B	汚泥濃縮槽B汚泥ポンプの起動停止	○	○	○	○	○	○	○	○		
17 浸出水ポンプレベル水位計	1	レベルスイッチ		汚泥	浸出水ポンプヒット	浸出水ポンプの起動停止	○	○	○	○	○	○	○	○		
18 消石灰サイロH、Lレベル計	1	電極式		固体	消石灰サイロ	消石灰貯留レベル(H、L)	○	○	○	○	○	○	○	○		
19 消石灰溶解タンク水位計	1	フロート式水位計		スラリー	消石灰溶解タンク	アルカリ希釈ポンプの起動停止	○	○	○	○	○	○	○	○		
20 アルカリ希釈ポンプ流量計	1	電磁流量計		汚水	アルカリ希釈ポンプ配管	アルカリ希釈ポンプの流量積算	○	○	○	○	○	○	○	○		
21																
22																
23																
24																
25																

資料 5-10 維持管理費の内訳

1) 管渠施設

管渠施設は、管路の検査、清掃及び更新に関する費用と、ポンプ場の維持管理費用で構成される。これらの費用は、開発調査で検討されており、その内容は以下のものである。但し、1997年価格による。

a) 管路検査

管路の検査には特別の機械設備は不要なため、人件費のみ計上した。

リーダー :	1人 x 43,200Z\$/年	= 43,200 Z\$
作業員 :	2人 x 14,400Z\$/年	= 28,800 Z\$
合計 :		<u>72,000 Z\$</u>

b) 管渠清掃

管渠清掃には、人件費と移動用車両の燃料費が必要であり、燃料費は人件費の10%として算出した。

リーダー :	1人 x 4組 x 43,200Z\$/年	= 172,800 Z\$
主任 :	1人 x 4組 x 28,800Z\$/年	= 115,200 Z\$
作業員 :	4人 x 4組 x 14,400Z\$/年	= 230,400 Z\$
燃料費 :	(人件費 518,400) x 10%	51,800 Z\$
合計 :		<u>570,200 Z\$</u>

c) 管渠改修

管渠改修は、程度に応じて補修と更新に分類し、それぞれの比率を1:1とした。更新費用は新設と同等とみなし、費用関数により算出した。また補修費用は、更新の1/2とした。

延長 : 更新	幹線	10,230m x 1/2	= 5,115 m
	枝線	90,720m x 1/2	= 45,360 m
補修	幹線	10,230m x 1/2	= 5,115 m
	枝線	90,720m x 1/2	= 45,360 m
単価 : 更新	幹線 450mm :	1,100 x 1.2	= 1,320 Z\$/m
	枝線 150mm :	250 x 1.2	= 300 Z\$/m
補修	幹線 450mm :	1,320Z\$/m x 1/2	= 660 Z\$/m
	枝線 450mm :	300Z\$/m x 1/2	= 150 Z\$/m
金額 : 更新	幹線	5,115 m x 1,320 Z\$/m	= 6,751,800 Z\$
	枝線	45,360 m x 300 Z\$/m	= 13,608,000 Z\$
補修	幹線	5,115 m x 660 Z\$/m	= 3,375,900 Z\$
	枝線	45,360 m x 150 Z\$/m	= 6,804,000 Z\$
合計			30,540,000 Z\$
		1年当たり	<u>3,054,000 Z\$/年</u>
人件費	2人 x 43,200 Z\$/年	=	<u>86,400 Z\$/年</u>
年経費計			<u>3,140,400 Z\$/年</u>

2) ポンプ場

ポンプ場の維持管理費は、電力費、補修費、人件費で算出した。ポンプ能力は時間最大水量に対応しているため、運転時間は(日平均水量)/(時間最大水量) = 1/2 として12時間/日として算定した。

a) セントメリー No.1

電力費	25kW x 2台 x 12hr/日 x 365日 x 0.622\$/kWh	= 135,800 Z\$/年
補修費	135,800 x 0.2	= 27,200 Z\$/年
人件費	3人 x 14,400 Z\$/年	= 43,200 Z\$/年
合計		<u>206,200 Z\$/年</u>

b) セントメリー No.2

電力費	5kW x 1台 x 12hr/日 x 365日 x 0.622\$/kWh	= 13,600 Z\$/年
補修費	13,600 x 0.2	= 2,700 Z\$/年
人件費	3人 x 14,400 Z\$/年	= 43,200 Z\$/年
合計		<u>59,500 Z\$/年</u>

c) ティルコール

電力費	18kW x 2台 x 12hr/日 x 365日 x 0.622\$/kWh	= 97,800 Z\$/年
補修費	97,800 x 0.2	= 19,600 Z\$/年
人件費	3人 x 14,400 Z\$/年	= 43,200 Z\$/年
合計		<u>160,600 Z\$/年</u>

d) 新設セントメリー

電力費	50kW x 2台 x 12hr/日 x 365日 x 0.622\$/kWh	= 271,600 Z\$/年
補修費	157,700 x 0.2	= 54,300 Z\$/年
人件費	3人 x 14,400 Z\$/年	= 43,200 Z\$/年
合計		<u>369,100 Z\$/年</u>

表1 下水管渠・ポンプ場維持管理費 (1997年価格)

項目	金額 (Z\$/年)			備考
	新規	既設	計	
管渠	検査	0	72,000	72,000
	清掃	0	570,200	570,200
	更新	3,140,400	0	3,140,400
	小計	3,140,400	642,200	3,782,600
ポンプ場	セントメリー-No.1	0	206,200	206,200
	セントメリー-No.2	0	59,500	59,500
	ティルコール	0	160,600	160,600
	新設セントメリー	369,100	0	369,100
	小計	369,100	426,300	795,400
合計	3,509,500	1,068,500	4,578,000	

2) 処理施設

人件費 : 必要な配置人員に基づく人件費を見込む。(表3)

電力費 : 機器の出力と台数、運転時間と負荷率によって算出した。(表4)

$$(\text{電力費}) = (\text{出力}) \times (\text{台数}) \times (\text{運転時間}) \times (\text{負荷率}) \times (\text{単価})$$

BNR系の負荷率は、流入ゲート100%、これ以外を80%とした。

補修費 : 機器費の約3%(2,80,000,000 x 0.03)を見込む

薬品 : 消石灰費用とし、1日消費量と単価によって求める。(表5)

汚泥処理 : バックホウ積込とダンプトラック運搬に必要な燃料費を計上した。(表6)

水質試験 : 薬品・器具購入費の10%(2,300,000 x 0.1 = 230,000)を見込む

その他 : 事務費等として労務費の20%を見込む。

表2 下水処理場維持管理費 (1997年価格)

項目	金額 (x1000Z\$/年)			備考
	新設	既設	計	
人件費	1,166.4	957.6	2,124.0	
電力費	7,229.0	1,428.0	8,657.0	
補修費	800.0	285.6	1,085.6	
薬品	2,264.2	0.0	2,264.2	
汚泥処理	86.5	71.1	157.6	
水質試験	30.0	0.0	30.0	
その他	233.3	191.5	424.8	
合計	11,809.4	2,933.8	14,743.2	

表3 人件費 (1997年価格)

名称	単価 (Z\$/人・年)	新規		既設		計	
		人数 (人)	金額 (Z\$/年)	人数 (人)	金額 (Z\$/年)	人数 (人)	金額 (Z\$/年)
下水処理							
監理者	57,600	0	0	1	57,600	1	57,600
現場監督	43,200	1	43,200	1	43,200	2	86,400
現場監督補助	36,000	1	36,000	2	72,000	3	108,000
操作員	28,800	22	633,600	15	432,000	37	1,065,600
運転手	21,600	1	21,600	3	64,800	4	86,400
労務者	14,400	7	100,800	19	273,600	26	374,400
事務員	14,400	0	0	1	14,400	1	14,400
小計	-	32	835,200	42	957,600	74	1,792,800
水質試験等							
上級水質試験技師	43,000	1	43,000	0	0	1	43,000
水質試験技師	36,000	2	72,000	0	0	2	72,000
タピスト	29,000	1	29,000	0	0	1	29,000
排水検査技師	43,000	1	43,000	0	0	1	43,000
排水検査技師補佐	36,000	3	108,000	0	0	3	108,000
機械工	36,000	1	36,000	0	0	1	36,000
小計	-	9	331,000	0	0	9	331,000
合計	-	41	1,166,200	42	957,600	83	2,123,800

表4 電力消費量及び電力費 (1997年価格)

施設	項目	新設				既設			
		kW	個	時間	kWh	kW	個	時間	kWh
流入水路	流量調整ゲート	0.75	1	2	1.5				
沈砂池・スクリーン	コンプレッサー					18	2	2	72
	サンドポンプ	3.7	2	3	17.8				
最初沈殿池	汚泥掻寄機	1.5	2	24	57.6				
	汚泥ポンプ	22	3	24	1,267.2				
汚水調整池	攪拌機	11	4	24	844.8				
反応タンク	散気装置	110	4	24	8,448.0				
	散気装置	90	3	24	5,184.0				
	散気装置	75	3	24	4,320.0				
	散気装置	55	2	24	2,112.0				
	攪拌機	15	4	24	1,152.0				
	攪拌機	3	4	24	230.4				
	循環ポンプ	15	3	24	864.0				
	アルカリ貯留設備	7.5	1	24	144.0				
	アルカリ添加設備	0.8	2	24	30.7				
最終沈殿池	汚泥掻寄機	1.5	4	24	115.2				
	返送汚泥ポンプ	45.045	2	24	1,729.7				
	余剰汚泥ポンプ	7.5	2	24	288.0				
汚泥濃縮タンク (初沈汚泥)	汚泥掻寄機	0.4	2	24	15.4				
	汚泥ポンプ	7.5	3	24	432.0				
汚泥消化タンク	循環ポンプ	22	6	24	2,534.4				
	汚泥ポンプ	11	3	24	633.6				
汚泥濃縮タンク (終沈汚泥)	汚泥掻寄機	0.4	2	24	15.4				
	汚泥ポンプ	11	3	24	633.6				
上澄水ポンプ	ポンプ	11	3	24	633.6				
その他	排水ポンプ	4.4	2		0.0				
	排水ポンプ	4.4	1		0.0				
放流ポンプ場(旧)	灌漑用					185	2	0	0
	循環用					55	1	0	0
放流ポンプ場(新)	灌漑用					150	2	12	3,600
	循環用					200	1	12	2,400
その他					240				240
計 (kWh/日)					31,943				6,312
計 (x1000kWh/年)					11,659				2,304
単価 (Z\$/kWh)					0.62				0.62
金額 (x1000Z\$/年)					7,229				1,428

表5 薬品費用 (新設 1997年価格)

項目	必要量		単価 (Z\$/t)	金額 (Z\$/年)
	(t/日)	(t/年)		
消石灰	3.49	1,272	1,780	2,264,200

表6 汚泥処理に係る燃料費 (1997年価格)

項目	新設				既設			
	汚泥量 (m3/年)	燃料 (l/m3)	単価 (Z\$/l)	金額 (Z\$/年)	汚泥量 (m3/年)	燃料 (l/m3)	単価 (Z\$/l)	金額 (Z\$/年)
燃料費								
バックホウ	10,220	0.470	4.03	19,400	8,400	0.470	4.03	15,900
ダンプトラック	10,220	1.630	4.03	67,100	8,400	1.630	4.03	55,200
計				86,500				71,100

3) 総括表

本プロジェクトの建設目標年度 2000 年において、「チ」市下水道事業の維持管理対象となる既設、新設を含む下水管渠システム及び処理施設に係る維持管理費を以下のように算出した。なお、費用は 1997 年現況単価により算定し、2000 年には年間 20%~25%のインフレを考慮した。総括表を表 7 に示す。

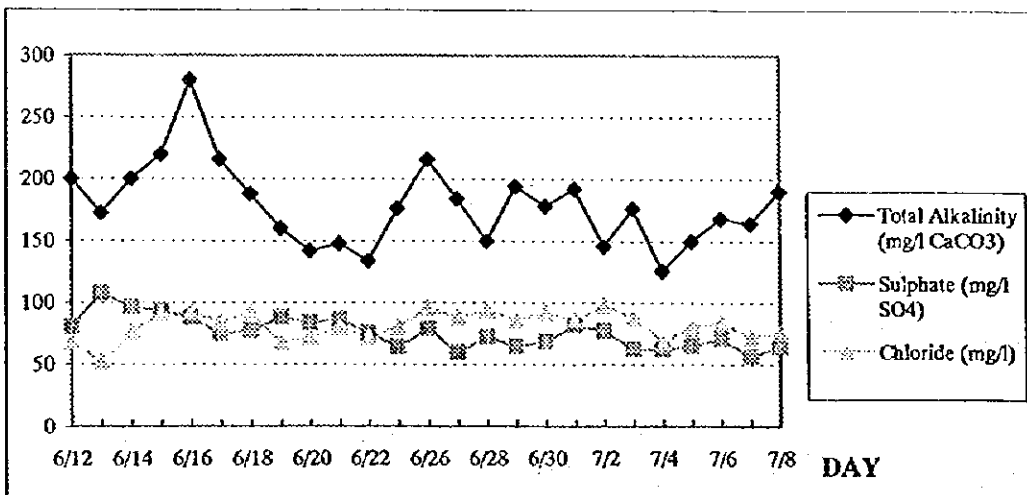
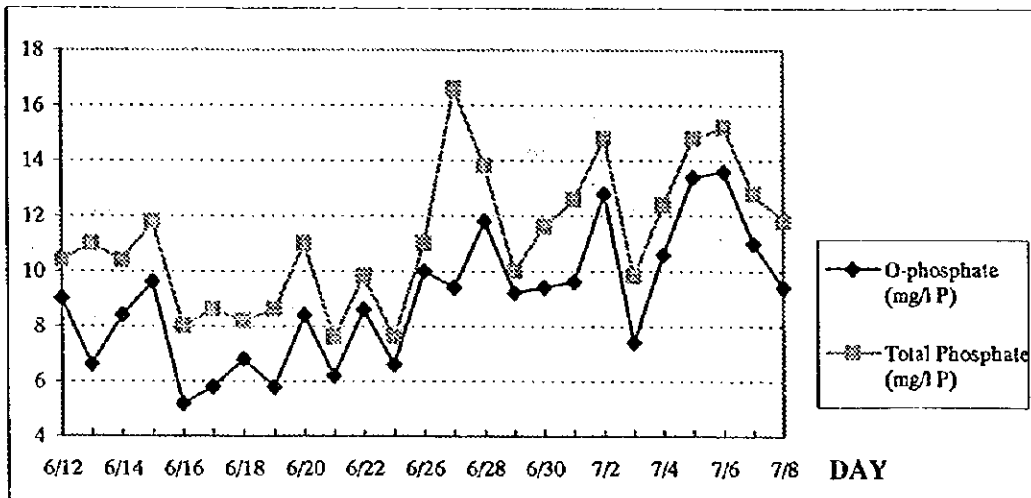
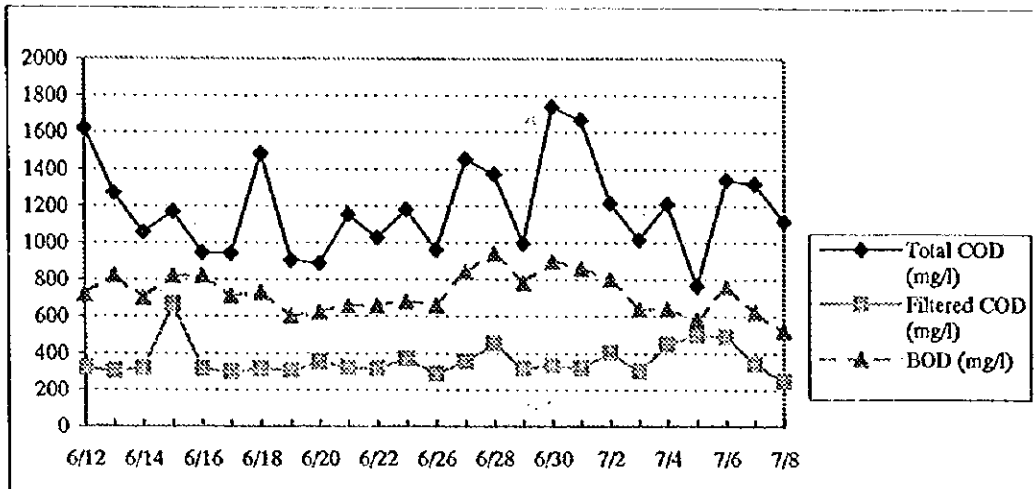
表7 維持管理費総括表 百万 Z\$

実質/名目	項目	1997	1998	1999	2000	備考
実質価格 (1997年 価格)	管渠・ポンプ場	1.07	1.07	1.07	4.58	
	処理場	2.93	2.93	2.93	14.74	
	計	4.00	4.00	4.00	19.32	
名目価格	比率	1	1.2	1.5	1.88	
	名目価格	4.00	4.80	6.00	36.32	

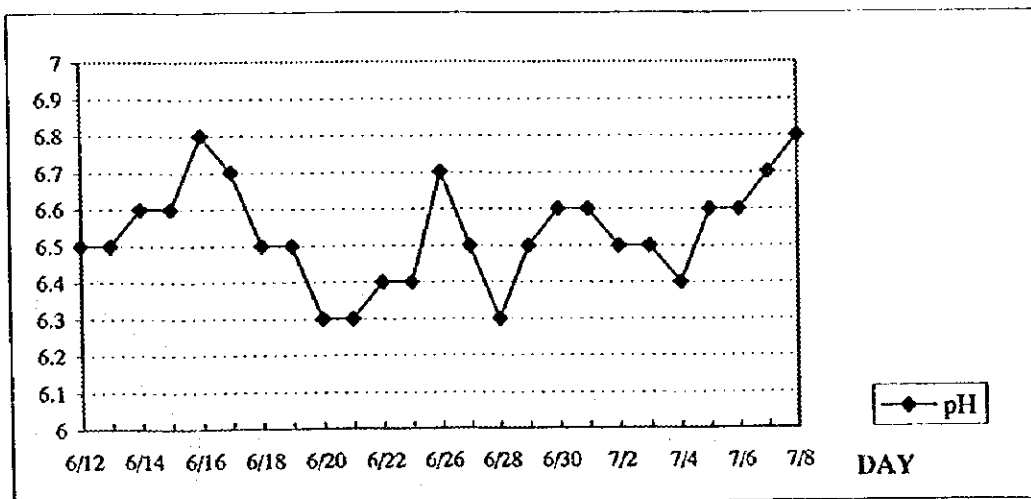
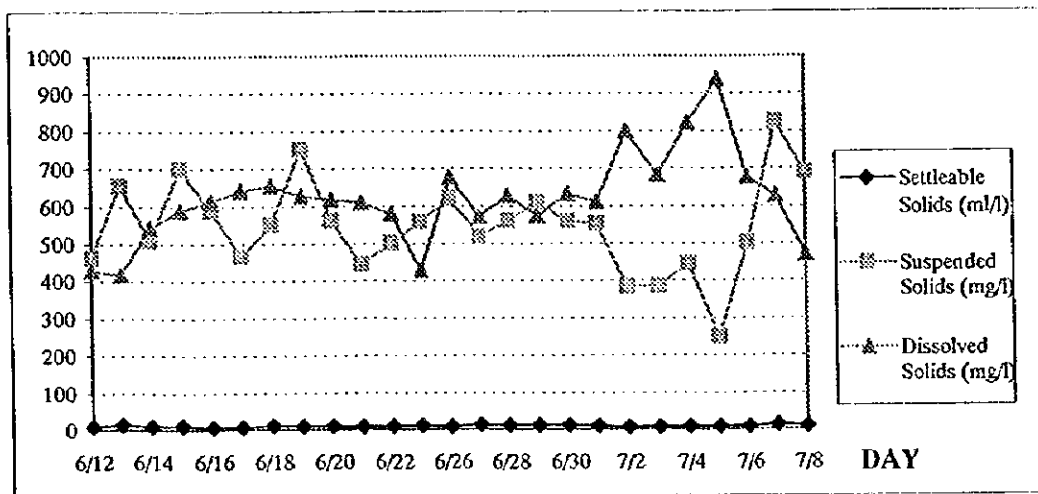
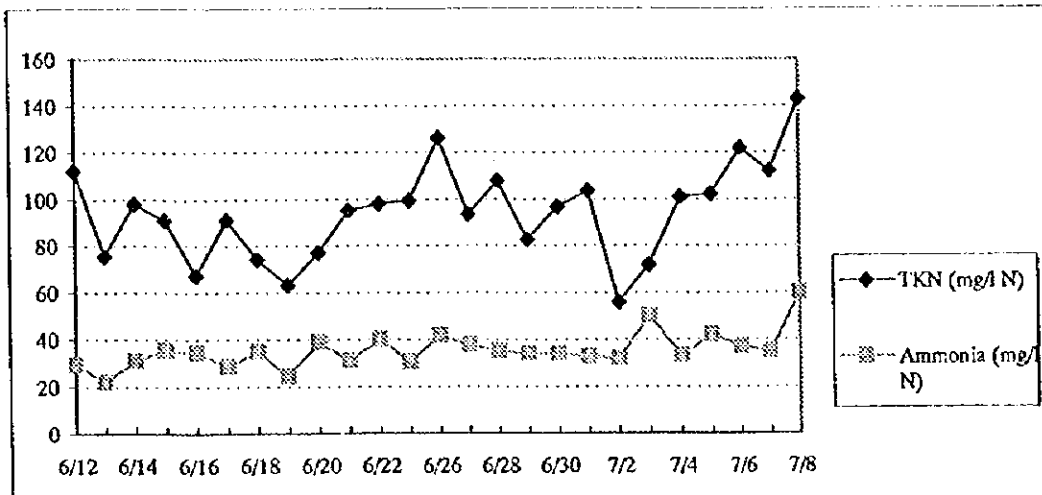
注) 新設分は2000年に計上

インフレは、1998年までは20%、1999年以降は25%とした。

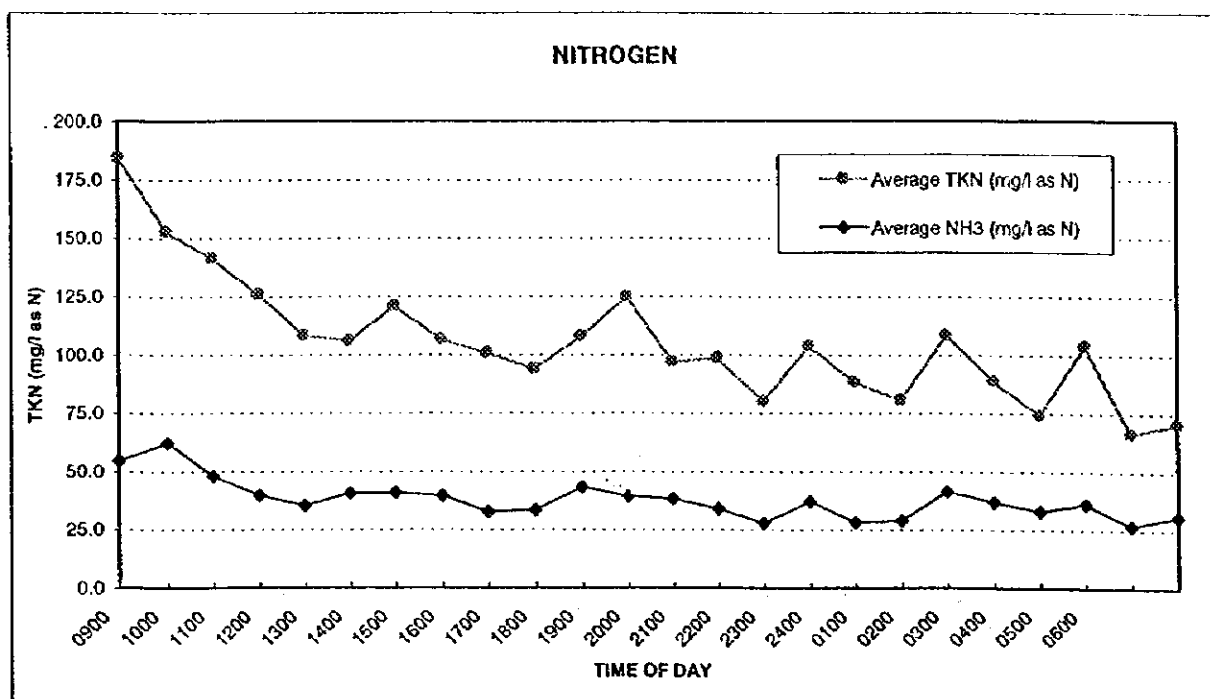
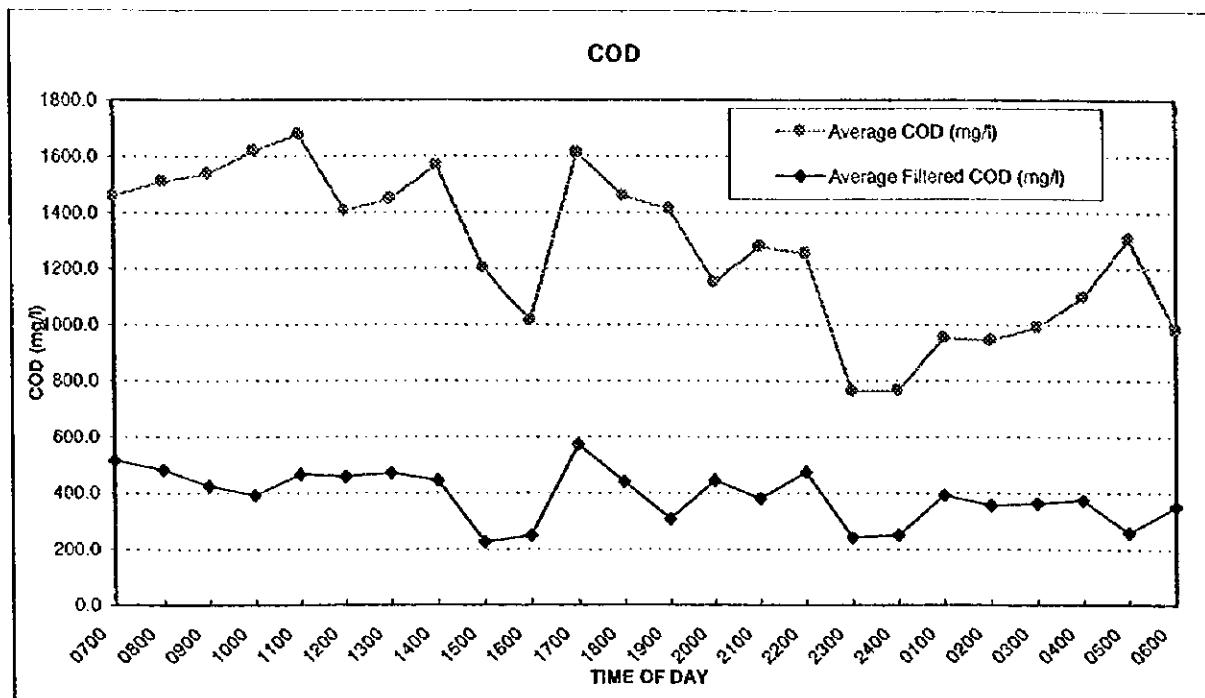
資料 5-11 水質調査結果



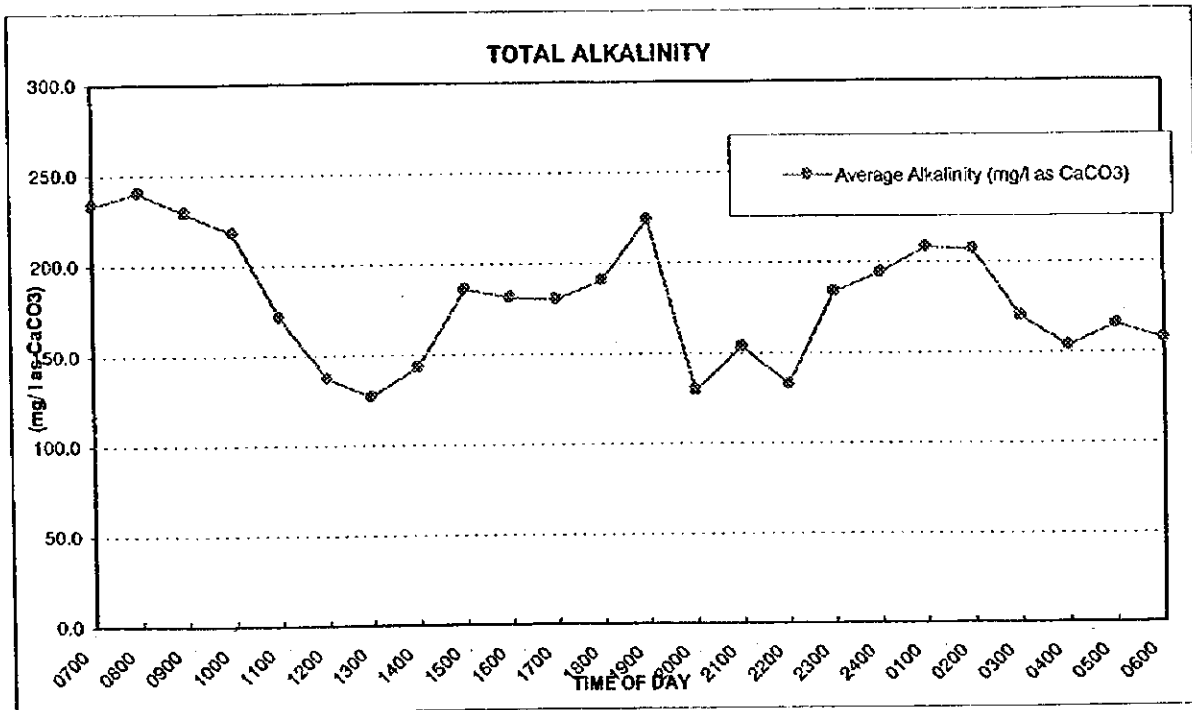
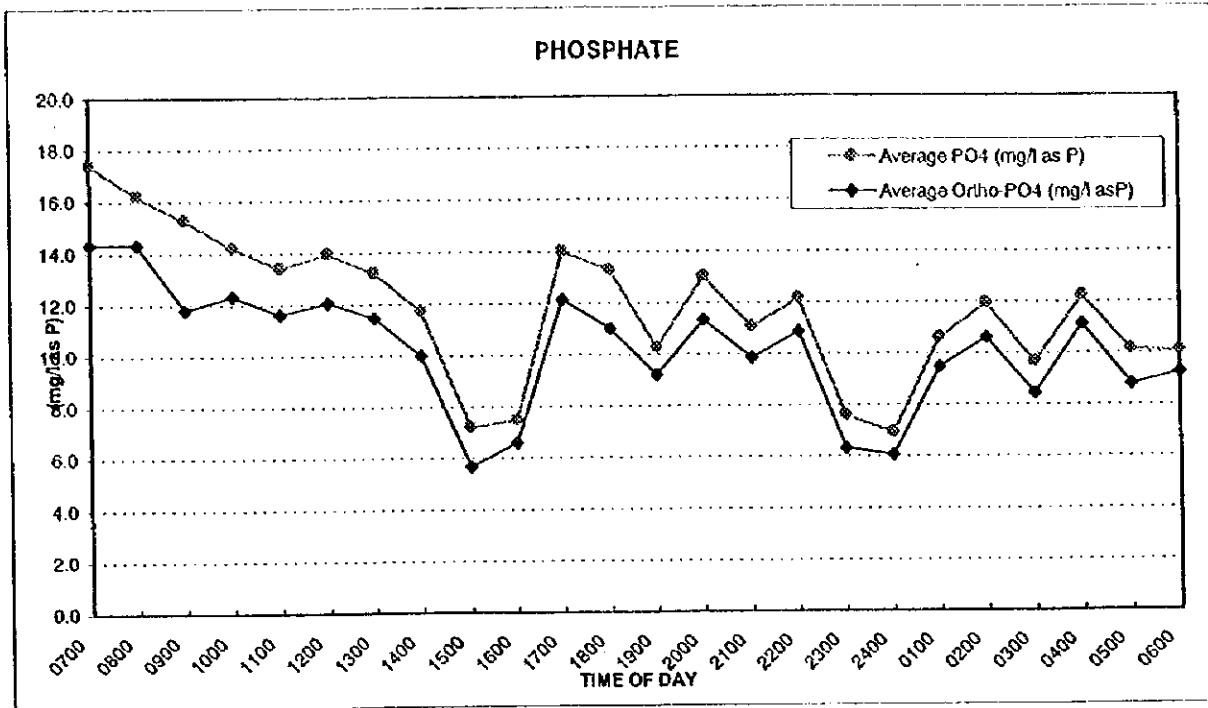
ゼンゲザ処理場流入水質 (コンボジット 1/2)



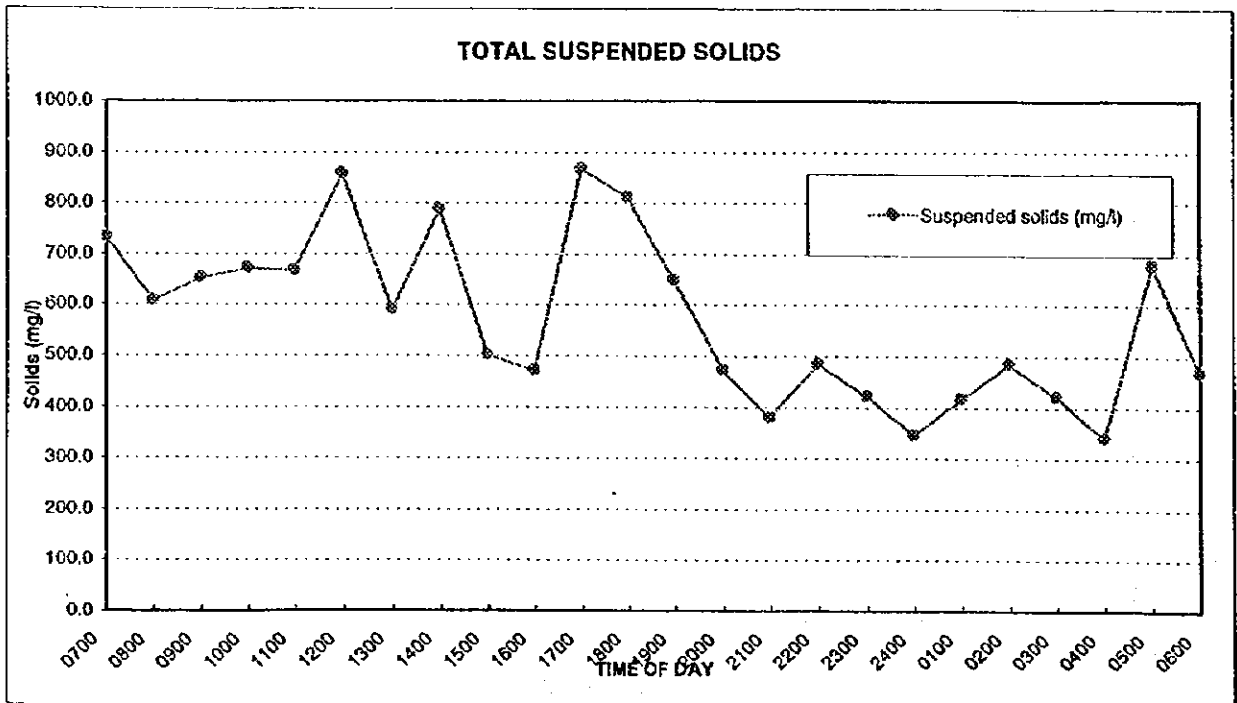
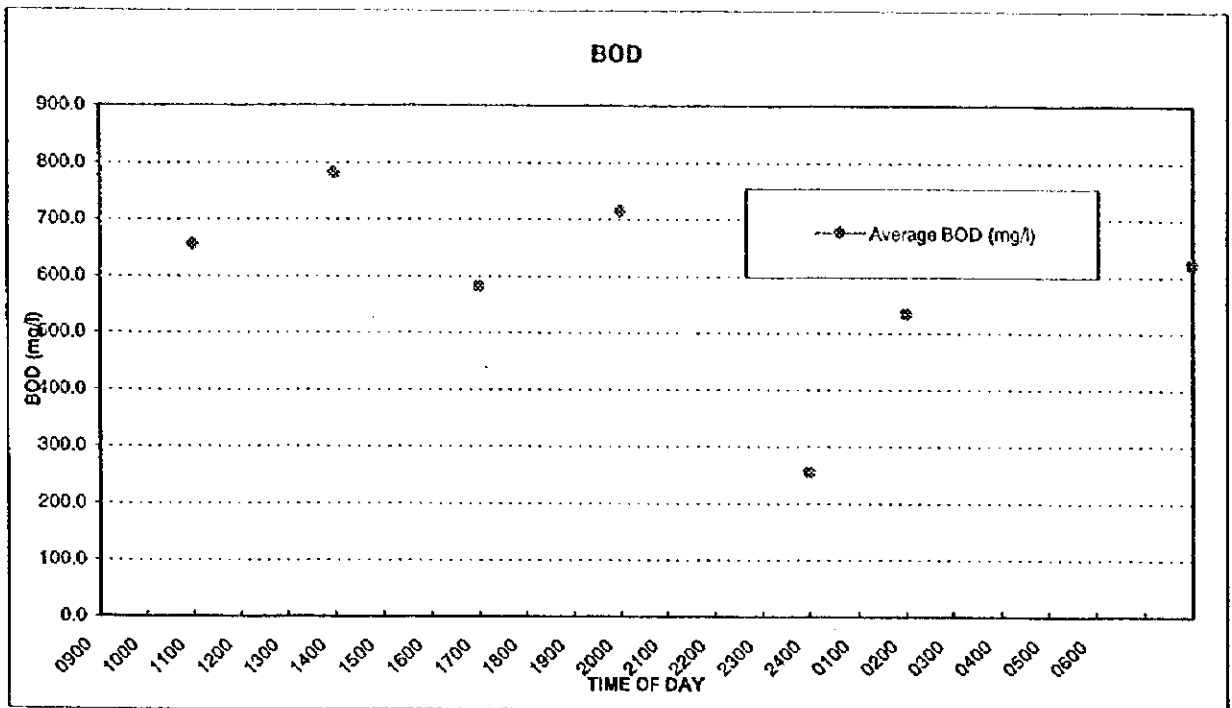
ゼンゲザ処理場流入水質 (コンポジット 2/2)



ゼンゲザ処理場流入水質(時間変動 1/3)



ゼンゲザ処理場流入水質(時間変動 2/3)



ゼンゲザ処理場流入水質 (時間変動 3/3)

セリガサダ製薬工場入水質調査(24時間調査)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Average
1978 June	0790	0800	0810	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	0100	0200	0300	0400	0500	0600	Average
残留 COD	164.5	167.0	177.5	177.5	164.5	164.4	111.2	107.1	103.0	111.2	107.1	103.0	111.2	107.1	103.0	111.2	107.1	103.0	111.2	107.1	103.0	111.2	107.1	103.0	111.2
ケルチン	38.5	35.3	40.6	44.5	34.7	34.3	35.5	35.5	34.3	35.5	35.5	34.3	35.5	35.5	34.3	35.5	35.5	34.3	35.5	35.5	34.3	35.5	35.5	34.3	35.5
ケルチン	20.2	18.2	17.5	14.1	18.7	17.1	14.6	14.5	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
ケルチン	6.2	7.0	5.3	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9
ケルチン	18.4	16.3	15.7	13.4	15.4	13.7	13.5	11.8	6.2	7.0	13.8	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
ケルチン	22.1	25.8	25.3	18.6	16.0	16.5	16.0	14.2	9.6	9.6	17.1	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
ケルチン	28.0	30.1	28.9	24.9	23.0	23.9	23.9	20.6	14.4	14.4	28.0	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4
ケルチン	6.0	6.3	6.4	6.7	6.5	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
ケルチン	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
ケルチン	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
ケルチン	16.0	15.0	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3
ケルチン	609.2	668.8	705.4	719.1	710.3	607.2	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3	608.3
ケルチン	763.1	808.3	785.5	807.6	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0	878.0
ケルチン	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3	955.3
1978 July	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	0100	0200	0300	0400	0500	0600	Average
残留 COD	1254.0	1252.2	1203.2	1031.0	1022.8	1179.8	1540.2	1421.6	1334.6	1221.5	1072.6	958.8	878.7	865.5	879.4	865.5	879.4	865.5	879.4	865.5	879.4	865.5	879.4	865.5	879.4
ケルチン	288.1	431.3	419.2	385.0	358.8	312.8	348.2	292.6	305.6	307.8	675.6	278.4	225.0	221.5	192.6	152.8	148.7	154.5	159.4	164.8	169.3	169.3	169.3	169.3	169.3
ケルチン	159.0	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6
ケルチン	58.0	70.0	34.0	45.0	31.0	52.0	48.0	41.0	44.0	40.0	60.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
ケルチン	10.2	11.4	10.4	8.6	8.6	6.0	5.8	5.0	4.2	5.4	3.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
ケルチン	380.0	302.0	330.0	300.0	220.0	210.0	170.0	180.0	200.0	150.0	68.0	172.0	194.0	198.0	198.0	180.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0
ケルチン	74	75	77	71	70	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
ケルチン	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0
ケルチン	104.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0
ケルチン	17.0	24.0	15.2	20.4	18.0	20.2	18.6	15.0	10.4	15.0	31.0	13.2	10.4	10.4	9.4	10.2	12.8	3.0	7.4	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
ケルチン	744.0	710.0	785.0	1108.0	908.0	1359.0	837.0	794.0	688.0	519.0	553.0	591.0	544.0	558.0	508.0	685.0	587.0	533.0	508.0	508.0	508.0	508.0	508.0	508.0	508.0
ケルチン	691.2	742.4	830.4	797.6	978.8	768.4	818.0	798.8	666.0	626.0	926.0	791.6	731.2	834.4	765.6	966.4	938.4	853.2	808.8	808.8	808.8	808.8	808.8	808.8	808.8
ケルチン	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0	900.0
1978 July	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	0100	0200	0300	0400	0500	0600	Average
残留 COD	1837.0	1388.2	1388.4	1562.0	1467.6	1263.0	1814.3	1523.8	1411.2	1228.0	1045.8	959.4	878.7	865.5	879.4	865.5	879.4	865.5	879.4	865.5	879.4	865.5	879.4	865.5	879.4
ケルチン	466.5	453.2	368.0	458.4	288.0	357.4	603.4	723.2	151.8	105.4	733.0	731.8	603.2	388.8	367.2	376.2	384.4	384.4	384.4	384.4	384.4	384.4	384.4	384.4	384.4
ケルチン	170.1	129.9	146.2	122.4	112.1	102.6	120.3	112.2	71.1	76.1	21.6	15.1	55.4	66.8	56.7	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4
ケルチン	67.5	71.8	63.0	47.7	45.0	36.9	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
ケルチン	18.4	16.2	16.9	14.6	14.4	18.0	16.2	4.5	4.0	3.1	10.9	12.8	9.4	11.0	9.4	8.6	9.2	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
ケルチン	22.7	18.4	24.1	31.6	19.1	16.2	22.0	19.6	6.3	5.2	16.2	21.8	14.0	11.2	10.6	11.2	10.6	11.2	10.6	11.2	10.6	11.2	10.6	11.2	10.6
ケルチン	156.6	163.6	167.4	153.0	108.4	41.4	37.8	63.0	131.4	145.8	236.0	335.2	201.8	151.2	147.8	103.2	140.4	144.0	158.8	90.0	82.8	82.8	82.8	82.8	82.8
ケルチン	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
ケルチン	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2
ケルチン	152.2	97.4	103.0	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4
ケルチン	11.7	8.3	3.6	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
ケルチン	685.8	513.9	453.6	475.9	395.2	455.3	386.9	841.3	274.5	248.4	1470.0	983.7	683.1	488.9	529.2	532.8	429.3	367.2	347.6	361.6	645.3	404.1	657.6	606.6	557.3
ケルチン	652.3	740.3	660.0	838.4	769.3	723.8	1037.4	999.3	691.6	992.4	936.7	1121.1	698.8	801.4	700.2	733.7	716.4	761.9	689.0	402.5	416.9	648.0	648.0	648.0	648.0
ケルチン	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0
1978 July	0700	0800	0900	1000	1100	12																			

資料 5-12 マニャメ川上流域水質汚濁対策調査の概要

1.水質汚濁防止計画

1) 計画対象区域：5都市（ハラレ市、チトンギザ町、ノートン町、ルワ村及びエプワース村）及び7農村地区、流域面積 3,900km²

2) 人口予測（2つのシナリオを設定）

単位：人

シナリオ	現況	2000	2005	2015
シナリオ1	1,957,877	2,289,505	2,145,768	4,035,097
シナリオ2	1,957,877	2,319,790	2,707,119	3,575,878

3) 水質環境基準及び各都市が将来に互って下水道事業の拡張を実施した場合の水質の将来水質予測結果

河川の水質環境基準を、マニャメ川本川上流 BOD 3mg/l、下流 BOD 5mg/l に設定した。「チ」市南部を流れるニャツメ川の本川合流前では、「チ」市の下水道整備・拡張が必要に応じて実施されれば、将来に互り水質環境基準達成可能である。一方、チペロ湖流入前のマニャメ川においては、下水道による対策が鋭意進められたとしても現況より水質悪化が予測され、水質環境基準値上限値を保持するのが精一杯である。

下水道整備・拡張が将来に互って実施されれば、セケ・ハラバダム及びマニャメ湖の水質は、TN、TP、CODとも現況から将来に互ってほとんど変わらない。しかし、チペロ湖の水質は、今回の予測精度を考慮すると将来も現況程度であるが、数値上ある程度の悪化が予測されている。

4) 汚濁負荷量削減対策

- ・既存下水道システムの改修と拡張
- ・浄水場における汚水処理
- ・湖・ダム底の沈殿汚泥の除去及び水生植物の増殖と水系外除去
- ・人口・工業・畜産（家畜）の流域外への再配置
- ・対策見直しのための戦略的地点における水質・流量モニタリング

5) 下水道基本計画

施設建設内容は表 2.5 のとおりである。

施設建設内容

下水道システム	下水管渠			下水処理			建設費	
	口径 (mm)	延長 (km)	ポンプ 場数	必要能力拡張 (m ³ /day)		処理方法	(百万 Z\$)	
				2005	2015		2005	2015
クブ・ロ-	500-1,350	35.6	1	94,100	124,900	BNR	1,004.62	283.10
	400-1,200	35.6	1	38,700	70,200	BNR	661.32	287.18
74v	800-1,200	34.7	1	176,100	237,700	BNR	1,456.06	478.51
	800-1,200	34.7	1	133,300	205,900	BNR	1,196.52	551.28
マ・ル・ロ-				0	2,800	WSP	0	84.27
				0	600	WSP	0	50.35
ダ・ニ・ブルック *				2,400	6,800	WSP	44.84	84.27
				2,900	6,200	WSP	51.78	68.12
ハル南部	700-1,800	20.5	1	63,600	92,100	BNR	843.89	356.35
	600-1,350	20.5	1	47,100	47,400	BNR	664.33	151.42
ハル東部	900-1,350	12.0		6,300	37,600	BNR	156.18	332.62
	900-1,350	12.0		6,300	37,600	BNR	156.18	322.62
小計	500-1,800	102.8	3	342,500	501,900		3,505.59	1,609.31
	400-1,350	102.8	3	228,300	367,900		2,680.13	1,430.97
ゼンガザ	450-1,000	35.2	3	18,300	49,800	BNR	239.96	423.03
	500-1,200	35.2	3	37,700	87,300	BNR	404.89	551.48
ノ・ト	300-1,100	26.3	2	9,000	37,900	TF	186.20	438.71
	250-900	26.3	2	4,200	23,100	TF	139.56	336.59
ル	200-1,000	22.8	4	7,900	13,100	WSP	298.21	101.75
	150-600	22.8	4	0	400	WSP	131.58	31.07
合計	200-1,800	187.1	12	337,700	602,700		4,229.96	2,572.80
	150-1,350	187.1	12	270,200	478,700		3,356.16	2,350.11

注：上段-シナリオ1 下段-シナリオ2

BNR 生物学的栄養塩除去法、WSP 酸化池、TF 散水濾床法、

*; 現在ハラレ市において、BNR 処理法での F/S が策定中である。

関連下水道事業の総維持管理費用 単位:百万 Z\$/年

シナリオ	2005年	2015年
シナリオ1	78.67	114.87
シナリオ2	62.00	97.04

6) 組織・法律に係る対策（構築あるいは強化対策）

- ・マニャメ川上流域オーソリティーの設立
- ・水質汚濁防止会議の設置
- ・水関連法及び規則の見直しと設定
- ・モニタリングーフィードバックシステムの構築

7) プロジェクト実施スケジュール

代替案 1（シナリオ 1 及び 2 とも共通）

第一フェーズ (現況～2000年)	第二フェーズ (2001年～2005年)	第三フェーズ (2006年～2015年)
短期開発	中期開発	長期開発
下水管渠	下水管渠	下水管渠
ハラレ(4事業体) ノートン ルワ チトンギザ	ハラレ(4事業体) ノートン ルワ チトンギザ	ハラレ(6事業体) ノートン ルワ チトンギザ
下水処理施設	下水処理施設	下水処理施設
BNR 法 チトンギザ	BNR ハラレ(4事業体) チトンギザ WSP ハラレ ルワ	BNR ハラレ(4事業体) チトンギザ WSP ハラレ ルワ TF ノートン

代替案 2 として、代替案 1 の第 3 フェーズを 2015 年以降に実施すべく延期することが提案された。

2. 緊急プロジェクトに係るフィージビリティ・スタディー

1) 計画対象区域：チトンギザ町、対象面積 42 km²、現況人口 400,000 人

2) 2000 年における設計基本事項：計画人口 489,000 人、下水量 41,500m³/日

3) 下水集水システム

改修計画：既設3ポンプ場（セントメアリーズ No.1、No.2及びティルコール）

拡張計画：自然流下主要幹線（AC管、口径525mm及び4,280m）、中継ポンプ場及び圧送管（AC管、口径300mm及び2,600m）

4) 下水及び汚泥処理・処分

既存施設の改善として、対象となるのは既設のゼンゲザ下水処理場、処理水送水ポンプ設備及びティルコール前処理施設である。新規処理施設については、下表のとおりである。

ゼンゲザ下水処理場の主要拡張施設

処理施設	処理施設
流入下水分配槽	嫌気性消化タンク
スクリーン&沈砂池	汚泥乾燥床
最初沈殿池	汚泥ストックヤード
BNRリアクター	水質試験室
最終沈殿池	場内配管
処理水放流施設	電気棟
汚泥濃縮タンク	

5) 施設の建設及び維持管理費用

・施設建設費

施設建設費

項目	外貨 (Z\$)	内貨 (Z\$)	合計	
			(Z\$)	(US\$)
I 直接工事費	105,040,937	78,140,785	183,181,722	17,445,878
II 土地取得費	0	0	0	0
III. 事務費	0	4,000,000	4,000,000	380,952
IV. エンジニアリング費	14,013,402	2,472,953	16,486,355	1,570,129
計(I, II, III, & IV)	119,054,339	84,613,738	203,668,077	19,386,960
V. 物理的予備費	11,905,434	8,461,374	20,366,808	1,939,696
計(I, II, III, IV & V)	130,959,773	93,075,112	224,034,885	21,336,656
VI. インフレ予備費	7,688,000	51,588,000	59,276,000	5,645,333
合計	138,647,773	144,883,112	283,310,885	26,981,989

注) 外貨部分；輸入資機材、内貨部分；現地生産資機材及び労働力
直接工事費；建設工事に係る全費用

- ・施設維持管理費
- 下水管渠 : Z\$ 3,646,000/年
- 下水処理場 : Z\$ 9,069,000/年

6) 組織及び法的対策（構築されるべき組織）

- ・プロジェクト調整委員会（PCC）
- ・プロジェクト管理オフィス（PMO）

7) プロジェクト実行計画

- 第1ステージ：組織・法律・財務手配のための行動プログラム実施
- 第2ステージ：施設の実施設計
- 第3ステージ：施設建設

3.プロジェクト評価

プロジェクトの実施により水域の水環境改善及び水源への水補填上の貢献が期待できる。また、汚泥の再利用、維持管理組織強化、雇用機会の発現も可能となる。しかし、施設の維持管理費用は同市によって補うことが可能と思われる。一方、施設建設費のための財源確保が困難である。

資料 5-13 本プロジェクト実施による事業効果

(1) 湖の富栄養化防止対策への貢献

ゼンゲザ処理場からの将来排出負荷量は、以下のとおり3つの汚濁指標とも本事業の効果が期待される結果となっている。特に窒素の大幅な削減は、湖の富栄養化抑制因子が窒素であることから効果的である。COD, TN, TPに係る排出負荷量を現況と将来について図5.1、5.2及び5.3に示す。

1) ゼンゲザ処理場排出負荷量の河川への影響(処理水を河川放流していた時点と将来;2000年改善)

・ゼンゲザ下水処理場下流のニヤツメ川 RR2(表5.1参照)

下水処理水放流時には、ニヤツメ川全域汚濁負荷量(COD, TN, TP)の50%以上が同処理場から排出されていた。本事業後(2000年)には、20%前後に減少する。特にTNは同町の人口増加にもかかわらず、約1/3となる(64%→22%)。

・マニヤメ川のチベロ湖流入前 R2

現況(処理水放流時)における対象流域全体に占める割合は、40%~60%(COD, TN, TP)であり、同流域にはハラレ市の負荷量の大半が流入していることから、いかにゼンゲザ処理水による負荷量のウェイトが大きいかを示すものである。本事業が実施されると、2000年には全流域負荷量比が10%前後に減少する。特にTNの貢献度は現況の1/4程度(57%→13%)となることが予想される。

2) ゼンゲザ処理場排出負荷量のチベロ湖への影響 L2

現況におけるゼンゲザ処理水による汚濁負荷量の貢献は、対象流域内からの全流入汚濁負荷量の20~40%(COD, TN, TP)であるが、本事業実施後2000年には2~4%と約1/10に減少する。

表1 ニヤツメ川(R₂)、マニヤメ川(C_{R2})及びチベロ湖(C_{L2})におけるゼンゲザ下水処理場排出負荷量の各流域負荷量に対する割合

項目	ゼンゲザ処理場排出負荷			ニヤツメ川(R ₂)			マニヤメ川(C _{R2})			チベロ湖(C _{L2})			
	流入負荷	排出負荷	流出負荷	セガサ分	総負荷量	セガサ%	セガサ分	総負荷量	セガサ%	セガサ分	総負荷量	セガサ%	
現況	COD	38,874	19,656	9,828	9,828	19,119	50%	9,828	26,120	38%	9,828	41,711	24%
	TN	4874	4,332	2,166	2,166	3,339	64%	2,166	3,807	57%	2,166	5,745	38%
	TP	53	26	13	13	29	48%	13	35	48%	13	67	20%
2000年	COD	44,611	5,941	1,502	1,502	10,655	14%	1,502	31,944	5%	1,502	71,335	2%
	TN	5,121	2,739	347	347	1,582	22%	347	2,635	13%	347	3,889	9%
	TP	530	318	49	49	135	23%	49	402	12%	49	1,270	4%
2015年	COD	88,831	11,830	2,930	2,930	12,211	24%	2,930	37,022	8%	2,930	83,589	3%
	TN	7,199	3,850	485	485	1,725	28%	485	3,591	13%	485	10,955	4%
	TP	95	518	79	79	25	33%	79	540	14%	79	1,578	5%

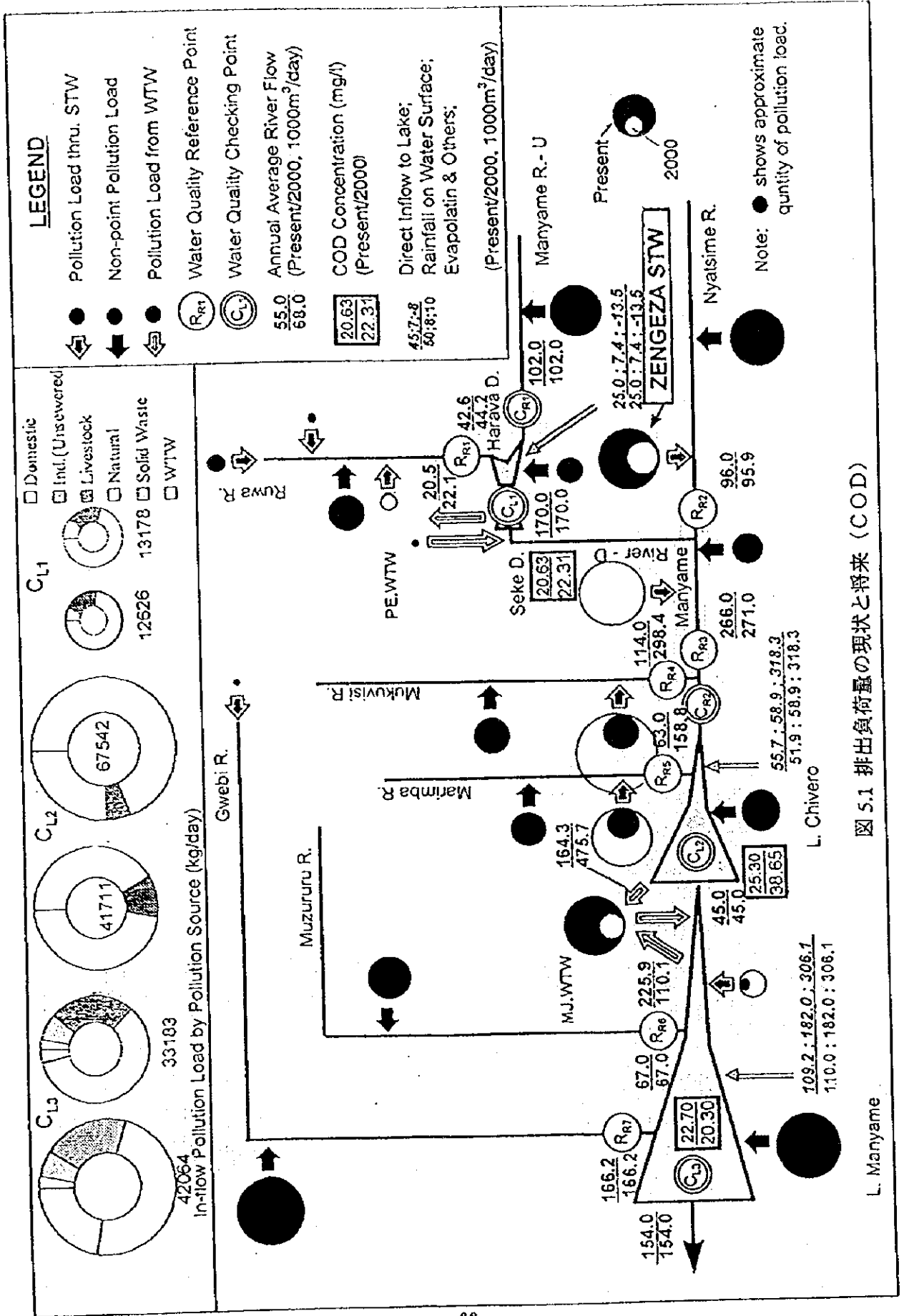


図 5.1 排出負荷量の現状と将来 (COD)

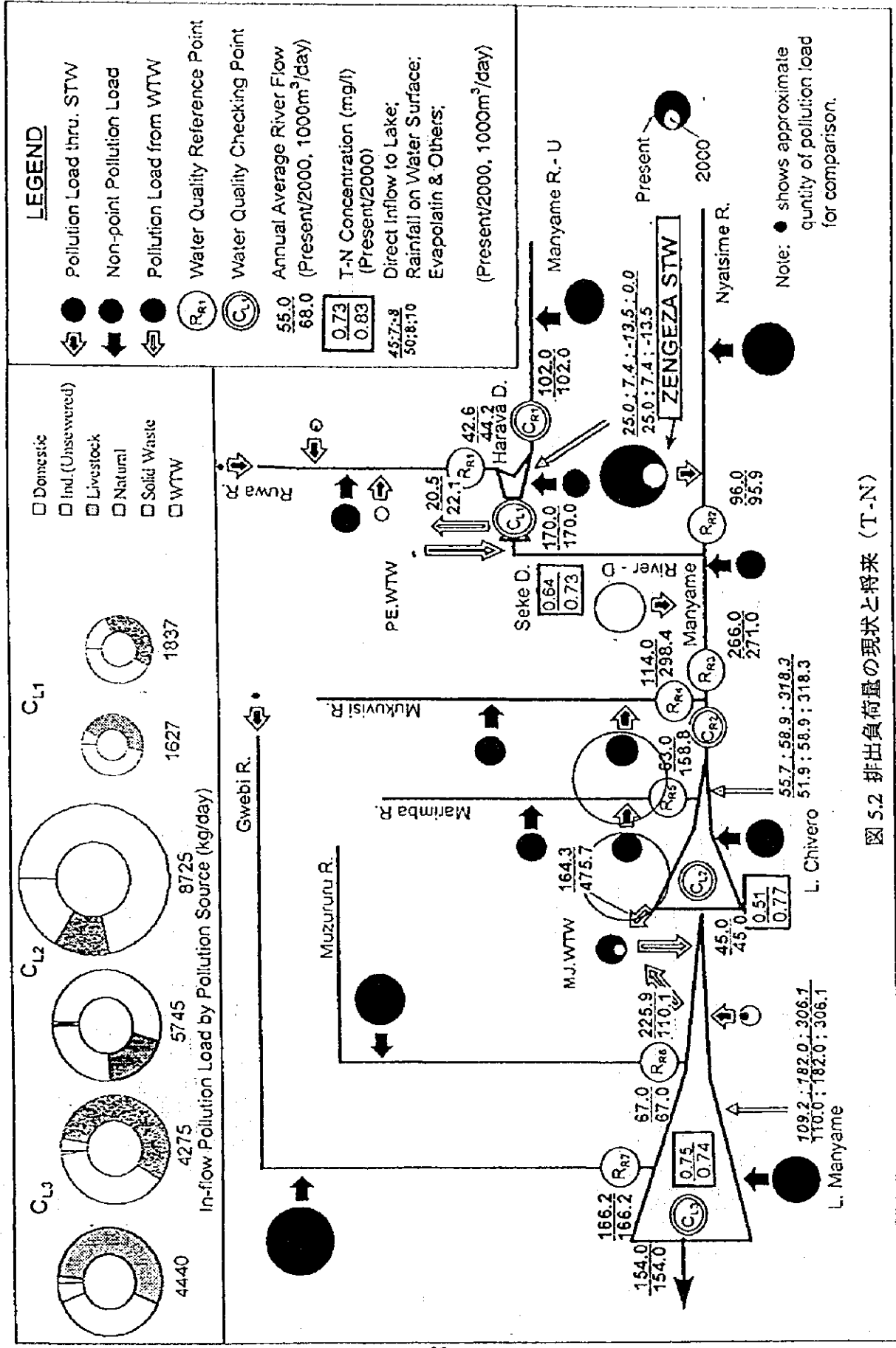


図 5.2 排出負荷量の現状と将来 (T-N)

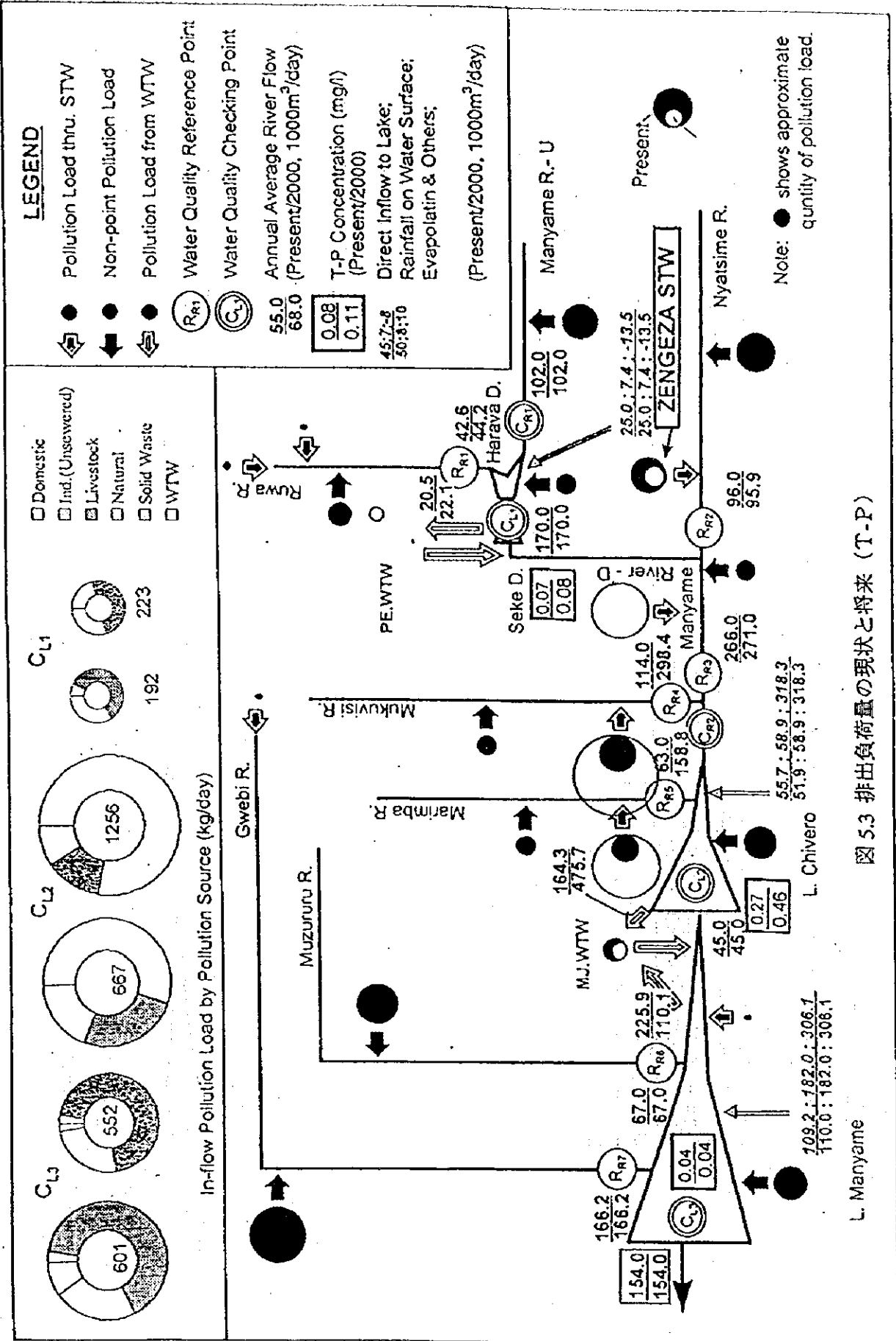


図 5.3 排出負荷量の現状と将来 (T-P)

(2)放流河川に対する水環境保全（水理上）と水道水源補填

水資源逼迫対応として、過去において下水処理水が全水道取水量の約 25%相当を賅ったこともあり、各市町村とも下水処理水の水源への還元を流域内の居住者として深く認識し、対応に苦慮している状況である。表 5.2、表 5.3 に河川流量、BNR 処理後の下水処理水放流量（現況と 2000 年予想）を示し、以下にその概要を取りまとめた。

- 乾期、河川流量に占めるゼンゲザ処理場放流水の割合
 ゼンゲザ処理場下流のニヤツメ川：自流に対して約 60%
 チベロ湖流入前のマニャメ川：自流に対して約 10%

- 現在及び 2000 年における下水処理場放流量
- 現在、ハラレ市の 2 処理場から 46,800m³/日が BNR 処理後放流されているに止まっており、残りの処理水は農地での再利用、あるいは最終処分されている。

表 2 河川流量(2000 年)に占めるゼンゲザ下水処理場処理水の割合

河川	乾期平均水量			適 要
	流量*	処理水量	処理水比率	
ニヤツメ川	52,200m ³ /日	20,000m ³ /日	40%	自流量に対して約 60%
マニャメ川	335,300m ³ /日	20,000m ³ /日	6%	自流量に対して約 7%
河川	年平均			適 要
	流量*	処理水量	処理水比率	
ニヤツメ川	95,500m ³ /日	20,000m ³ /日	21%	自流量に対し約 26%
マニャメ川	569,400m ³ /日	20,000m ³ /日	4%	自流量に対し約 4%

注) *ゼンゲザ下水処理水量含む。

表 5.3 現在及び 2000 年における下水処理場放流量

下水処理場		現 在	2000 年	備 考	
S T P 放 流 量	ハラレ市	クロボロ処理場	16,800m ³ /日	76,800m ³ /日	増量 60,000m ³ /日
		フィル処理場	30,000m ³ /日	102,000m ³ /日	増量 72,000m ³ /日
		ハラサウス処理場	-	(8,000)m ³ /日	
		ハライースト処理場	-	(5,500)m ³ /日	
	ゼンゲザ市	ゼンゲザ処理場	-	20,000m ³ /日	増量 20,000m ³ /日
合 計		46,800m ³ /日	198,800m ³ /日	増量 152,000m ³ /日	

注) クロボロ：計画・設計済み、フィル処理場：建設中

ハラレサウス、イースト：計画中

放流量合計はハラレサウス、イーストを除く。

2000 年における予想水需要量 650,000m³/日の約 30%を下水処理水が占め、

下水処理水の 10%がゼンゲザ処理場放流量で補填される。

「ジ」国政府が大幅な水需要の増大に対して採算がとれなくても、他の流域から導水を図らねばならない状況に追い込まれていることから、ゼンゲザ処理水 20,000m³/日は意義のあるものである。そして、栄養塩除去に主眼を置き、処理水の河川放流を図る本事業の実施は、【チ】市が将来に向けて増加する下水水量に対して下水処理施設の拡張を図る上で前例として影響を与えることになり、放流水の増加を助長することになる。

資料 6 参考資料リスト

収集資料

(1) 労働関係法規集

- Labour Relations Act, Chapter 28:01, Revised Edition 1996 (労働基準法)
- Labour Relations Act 1985(労働基準法)
- Labour Relations (General) Regulations, 1985, Statutory Instrument 368 of 1985, ACT 16/85 (労働基準法 (一般))
- Labour Relations (Employment Agencies) Regulations, 1985, Statutory Instrument 370 of 1985, ACT 16/85 (労働基準法 (雇用局))
- Collective Bargaining Agreement: Construction Industry, Statutory Instrument 199 of 1988, ACT 16/85 (労使交渉協定規約)
- Labour Relations (Labour Relations Tribunal) Regulations, 1985, Statutory Instrument 369 of 1985, ACT 16/85 (労働基準法 (労働法廷))
- Commercial Undertaking of Zimbabwe Employment Regulations, 1983, Statutory Instrument 571 of 1983, CAP.267 (雇用規定 (商業))
- Minimum Wages (Specification of Minimum Wages) Notice, 1985, Statutory Instrument 186 of 1985, ACT4/80 (最低賃金法)
- National Social Security Authority (Accident Prevention and Workers' Compensation Scheme) Notice, 1990, Statutory Instrument 68 of 1990, ACT12/89 (社会保障制度 (労働災害規定))
- Collective Bargaining Agreement: Construction Industry(Pension Fund), Statutory Instrument 239 of 1992, ACT16/85
- Collective Bargaining Agreement: Construction Industry, Site Occupational Health and Safety, Statutory Instrument 223 of 1993, ACT16/85
- Collective Bargaining Agreement: Construction Industry, Statutory Instrument 82 of 1994, ACT 16/85
- Collective Bargaining Agreement: Construction Industry, Statutory Instrument 73 of 1996, ACT 16/85

(2) 建築/その他関係法規集

- Housing and Building Act, Chapter 22:07, Revised Edition 1996
- System of Measurement of Building Work in Zimbabwe, Third Edition 1st May, 1985
(建築物積算算定規定)

JICA