

モーリシャス国

ポートルイス市水供給計画調査  
(実施設計)

ファイナル・レポート (2)

主報告書

LOT- III : 導入管及び浄水場

平成4年3月

国際協力事業団

モーリシアス国

ポートルイス市水供給計画調査  
(実施設計)

ファイナル・レポート (2)

主報告書

LOT- III : 導入管及び浄水場

JICA LIBRARY



1097640(5)

23710

平成4年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

23710

## 序 文

日本国政府は、モーリシャス国政府の要請に基づき、同国のポートルイス市水供給計画にかかる開発調査を行う事を決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1990年5月から11月及び1991年1月に、日本工営株式会社 藤田師三を団長とし、同社及び株式会社日水コンから構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、モーリシャス国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終わりに、本件調査にご協力とご支援をいただいた両国の関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1992年 3月

国際協力事業団  
総裁 柳谷 謙介



## 伝達状

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介 殿

ポートルイス市水供給計画（実施設計）の Lot-III 工事に対する最終報告書（2）を提出致します。

本実施設計は3区分の工事、すなわち、Lot-I は仮排水トンネルおよび準備工事、Lot-II はダムおよび付属設備工事、そして Lot-III は導水管および浄水場の拡張工事に分割して実施されております。

報告書は9分冊より成り、要約、設計報告書（2分冊、英文および和文）、入札書類（4分冊）、コスト見積書および資料集に分冊されております。要約には実施設計の概要を、また設計報告書には詳細設計の内容について報告しています。入札書類は入札指示書、契約条件、契約書、各種保証書等のフォームをまとめた Vol. I、一般および技術仕様書の Vol. II、入札フォーム、工種別数量内訳書フォームの Vol. III および入札用設計図面の Vol. IV の構成で作成しております。コスト見積書には Lot-III に含まれる各作業項目についての単価分析およびコスト積算結果を掲載しており、また資料集として詳細設計計算書および数量計算書を取りまとめております。

本件調査にご協力とご支援をいただいた貴事業団、作業監理委員会、外務省、厚生省、在マダガスカル日本大使館、並びにモーリシャス国政府関係各位に対し、心より感謝の意を表します。

また、本報告書がポートルイス市の水道整備に寄与するとともに、同国の社会・経済の発展および福祉の向上に役立つことを願うものであります。

1992年3月

モーリシャス国  
ポートルイス市水供給計画（実施設計）

団長 藤田 師三



和文主報告書  
目次

	頁
1. はじめに	
1.1 プロジェクトの背景	1
1.2 水道に関連する他の報告書	1
2. 第一次プロジェクトの内容	
2.1 既存水道システム	2
2.2 水需要と計画水量	4
2.3 水源及び原水水質	5
2.3.1 水源	5
2.3.2 原水水質	6
2.4 第一次プロジェクトの概要	9
3. 導水管	
3.1 管路路線	13
3.2 選定管種	13
3.3 水理設計	13
3.4 構造設計	14
3.4.1 パイプの布設	14
3.4.2 河川横断	14
4. 浄水施設	
4.1 浄水場の配置	15
4.2 設計基準	15
4.2.1 設計処理水量	15
4.2.2 浄水施設	16
4.2.3 薬品注入設備	17
4.2.4 電気設備	18
4.2.5 建築構造物	19
4.3 浄水施設の水理設計及び諸元の決定	19
4.3.1 着水井	19
4.3.2 急速混和井	20
4.3.3 フロック形成池	20
4.3.4 薬品沈でん池	21
4.3.5 急速ろ過池	21
4.3.6 洗浄排水池及び沈でん排泥池	23
4.3.7 流量計測及び制御	23





4.4	浄水施設の構造設計	25
4.4.1	設計基準	25
4.4.2	構造計算	26
4.5	薬品注入設備	27
4.5.1	設計基本構想	27
4.5.2	凝集剤（硫酸ばんど）注入設備	28
4.5.3	アルカリ剤（消石灰）注入設備	31
4.5.4	塩素注入設備	34
4.6	建築構造物	39
4.6.1	概要	39
4.6.2	建築工事	39
4.6.3	付帯設備	41
4.7	電気設備	41
4.7.1	受電及び配電設備	41
4.7.2	発電設備	43
4.7.3	計装設備	46

5. 実施計画

5.1	財務計画	49
5.1.1	事業費	49
5.1.2	年間運転・維持費	50
5.1.3	財務分析	51
5.2	実施計画	52
5.2.1	建設計画	52
5.2.2	工程計画	55

- 付録1 : 水質分析資料  
付録2 : 図面集  
付録3 : 水理計算  
付録4 : 実施計画図表



## 1. はじめに

### 1.1 プロジェクトの背景

ポートルイス市の水道は1790年に確立され、その後、市の発展に応じた水需要の増加に合わせて3度の拡張事業を経て現在に至っている。

原水は GRNW 川 (GRAND RIVER NORTH WEST) から、60,000 m<sup>3</sup>/日の処理能力を持つ浄水場へ自然流下で導水されている。浄水は8ヶ所の配水池へ送水され、ここから需要者へ配水されている。

市の人口増及び産業の発展は年々、水需要を増加させている。さらに、乾期(冬季)には毎年、原水不足が生じ一年を通じて一定の配水量を確保できないでいる。モーリシャス政府は、この状態を改善するために、また、将来2030年までの水需要増に対処するために、原水の安定供給をめざしたダム建設と既設浄水場の拡張を計画した。

JICA (国際協力事業団) は、1988年及び1989年にモーリシャス政府の要請に応じ、ポートルイス市水供給計画についてのフィージビリティ調査を実施した。

フィージビリティ調査に引き続き、1990年から1992年にかけて JICA は実施設計を行い 1990年10月には基本設計報告書(BASIC DESIGN REPORT)を作成、提出した。本報告書(FINAL DESIGN REPORT)は最終主報告書として導水および浄水施設の実施設計に関連する水理及び構造設計等の技術的事項が述べられている。

### 1.2 水道に関連する他の報告書

- 1) Master Plan Study for Water Resources for Port Louis,
- 2) Updating of Master Plan for Water Resources,
- 3) Leakage Control Project in the Port Louis City Water Supply System, and
- 4) Operation, Maintenance and Organization of the Water Treatment Works of the Central Water Authority, Follow-Up Report.



## 2. 第一次プロジェクトの内容

### 2.1 既存水道システム

ポートルイス市の水道は、パイ浄水場(Pailles Treatment Works)から8ヶ所の配水池を経由し給水されている。原水はGRNW川のミュニシパルダイク(Municipal Dyke)堰から取水され、18"、19"及び27"の3本の導水管によりパイ浄水場へ導水されている。また、渇水期には、プロフォンデ(Profonde)川で取水しモンテベロ(Montebello)パイプラインで導水している農業用水の暫定的な補給を受けているが、本ポートルイス市水供給事業の完了後は原水の補給は終了される。

パイ浄水場は緩速ろ過方式で1925年に最初のろ過池が建設され、1960年と1981年に拡張がおこなわれた。現在の浄水処理能力は日量60,000 m<sup>3</sup>であり、12池の緩速ろ過池、塩素殺菌設備、浄水池兼配水池及び複数の工作棟から成っている。浄・配水池は1981年の拡張時に建設され、この時、原水及び送配水流量計も整備された。

ろ過水は塩素殺菌後、自然流下で浄・配水池へ入り、ここからポートルイス市の各配水池へ送水、また直接配水されている。ろ過水の一部は浄水池へ入る前に分岐されて高台にあるアンセコート(Anse Courtois)配水池へポンプにより送水されている。

既存水道設備の概要は次の通り。

#### 1) 取水堰

取水堰標高 + 76.177 m

#### 2) 導水管

铸铁管 19" 布設延長 2,100 m (1925年以前布設)

铸铁管 18" 布設延長 2,100 m (1925年以前布設)

鉄筋コンクリート管 27" 布設延長 2,100 m (1960年代布設)

#### 3) 浄水施設

##### (1) 緩速ろ過池

(旧) F系 No.1 - No.2: 929 + 903 = 1,832 m<sup>2</sup>

F系 No.3 - No.4: 686 + 686 = 1,372 m<sup>2</sup>

F系 No.5 - No.6: 603 + 601 = 1,204 m<sup>2</sup>

(新) E系 No.1 - No.6: 945 x 6 = 5,670 m<sup>2</sup>

全ろ過面積 10,078 m<sup>2</sup>



E系： イギリス政府の援助により建設  
F系： フランス政府の援助により建設

(2) 浄水池（配水池をも兼ねる）

池数： 2池  
容量： 20,900 m<sup>3</sup>（8.4時間の滞留時間）  
高水位： + 65.943 m

(3) 塩素殺菌設備

圧力式塩素注入機 2台、1 t 容器 13本

(4) 流量計

— ムニシパルダイク  
導水システム : 管径 450 mm、475 mm 及び  
675 mm、オリフィスタ  
イブ

— モンテベロ  
導水システム : 管径 300 mm、オリフィス  
タイプ

— アンセコート  
送水システム : 管径 300 mm、オリフィス  
タイプ

— 配水システム : 管径 600 mm、400 mm、パ  
ルセーションタイプ

(5) 工作棟

3棟、（簡易塩素注入機、ポンプ・パイプ類、機器類の  
修理）





## (6) 配水池

配水池名	容量 (m <sup>3</sup> )	高水位 (m)
a) Plain Lauzun reservoir	7,000	+ 53.0
b) Priest Peak reservoir	6,600	+ 76.0
c) Upper Monneron reservoir	2,000	+ 85.0
d) Labourdonnais reservoir	2,725	+ 54.0
e) Lower Monneron reservoir	6,135	+ 54.0
f) Diego Garcia reservoir	3,615	+ 46.0
g) Anse Courtois reservoir	4,000	+ 117.0

## 2.2 水需要と計画水量

西暦 2030 年までの用途別水需要予測は次の通りである。

単位：m<sup>3</sup>/日

分類	1988	1990	2000	2010	2030
家庭用水	23,190	24,320	29,090	32,500	35,370
商業用水	4,480	5,600	8,100	9,000	9,900
工業用水	2,320	5,000	6,560	8,600	11,150
学校用水	1,500	1,500	1,750	2,000	2,500
病院用水	200	240	320	400	450
政府機関用水	1,800	2,500	2,500	2,500	2,500
一日平均使用水量	33,490	39,160	48,320	55,000	61,870
無効水量 (無効率)	28,530 (46%)	21,090 (35%)	20,710 (30%)	23,570 (30%)	20,620 (25%)
一日平均給水量	62,020	60,250	69,030	78,570	82,490
一日最大給水量	74,450	72,300	82,900	94,300	99,000

$$\text{一日最大給水量} = \text{一日平均給水量} \times 1.2$$

フィージビィティー調査で算定された水需要予測を基に、計画一日最大給水量は



2005年（第一次）を目標年度として 90,000 m<sup>3</sup>/日、2030年（第二次）を目標年度として 100,000 m<sup>3</sup>/日と計画された。従って、第二次において 10,000 m<sup>3</sup>/日の拡張を行う。

計画浄水量は、上記拡張計画一日最大給水量に5%の作業用水を見込むと下表の通りとなる。

		第一次	第二次
計画一日最大給水量	既存施設	60,000 m <sup>3</sup> /日	60,000 m <sup>3</sup> /日
	新設	30,000 m <sup>3</sup> /日	40,000 m <sup>3</sup> /日
	計	90,000 m <sup>3</sup> /日	100,000 m <sup>3</sup> /日
計画浄水量	既存施設	60,000 m <sup>3</sup> /日	60,000 m <sup>3</sup> /日
	新設	31,500 m <sup>3</sup> /日	42,000 m <sup>3</sup> /日
	計	91,500 m <sup>3</sup> /日	102,000 m <sup>3</sup> /日

## 2.3 水源及び原水水質

### 2.3.1 水源

パイ浄水場の水源であるGRNWは5支川から成っている。それらは、

- テレルージュ (Terra Rouge River)
- カスカデ (Cascade River)
- プロフォンデ (Profonde River)
- モカ (Moka River)
- プレインウィルアム (Plains Wilhelms River)

安定した水供給を可能にするための水道専用ダムは、テレルージュ川とプロフォンデ川の合流点に建設することが計画された。河川流量の少ない乾期にはダムより原水の放流が行われ、モカ川とプレインウィルアム川の水量と合わせてミュニシパルダイクで取水される。ダム及び貯水池の概要は次の通りである。

#### (1) ダム

- タイプ : ロックフィル



- 堤高 : 84 m
- 堤頂長 : 250 m
- 堤頂標高 : + 196 m
- 堤体積 : 1.548 million m<sup>3</sup>
- 余水吐き : 横越流式、越流堰長 92 m

## (2) 貯水池

- 流域面積 : 54.9 km<sup>2</sup>
- 年間流域降雨量 : 2,400 mm
- 総貯水容量 : 6.7 million m<sup>3</sup>
- 有効貯水容量 : 6.3 million m<sup>3</sup>
- 有効水深 : 50 m
- パイ浄水場での  
計画最大取水量 : 60,000 m<sup>3</sup>/日 (既存)  
42,000 m<sup>3</sup>/日 (新設)  
102,000 m<sup>3</sup>/日 (合計)

## 2.3.2 原水水質

### 1) 原水水質の特徴

原水水質の主な特徴を以下に述べる、また水質試験結果は付録 1 に示した。

#### (1) 濁度、pH、色度及びアルカリ度

原水水質の顕著な特徴としては乾期は低濁度、低色度であるが、雨期においては、しばしば高濁度、高色度を呈することである。

10 FTU 以下の低濁度は乾期を通じて見られ、また pH は比較的高い値を示す。この乾期における安定した低濁度の傾向は将来とも継続するものと予想される。

雨期においては強雨時そして強雨後、度々、濁度及び色度の増加が見られた。過去の水質資料によると濁度は 80 FTU まで増加している。水質データ数が限られており、これ以上の濁度となることも多いと思われる。一方、pH やアルカリ度は降雨により希釈され低い値を示している。

さらに、付録 - 1 の表 2.3.2 に示す様に、色度については通常の降



雨によっても 70 度を越える場合がある。

雨期における高濁度及び高色度の傾向は、将来も継続することが予想される。

(2) アンモニア性窒素、及び亜硝酸性、硝酸性窒素

原水のアンモニア性窒素濃度は低い。

硝酸性、亜硝酸性窒素濃度も低く、WHO 飲料水ガイドライン値の 10 mg/l より低い。

(3) 鉄、マンガン

鉄、マンガン濃度とも WHO 飲料水ガイドライン値の 0.3 mg/l 以内である。

(4) 有機物

有機汚染の指標となる生物化学的酸素要求量 (BOD) 及び過マンガン酸カリウム消費量は、1988 年 12 月 23 日にサンプリングされた例以外は低い値を示した。

(5) 重金属類、有毒物

WHO 飲料水ガイドライン値を越える重金属、有毒物は検出されていない。

(6) 農薬

GRNW の流域は広大な砂糖きび畑が広がっている。モーリシャスでは通常、砂糖きびの生産に農薬が用いられているので原水の農薬濃度を分析した。その結果、有機リンは検出されなかった。

(7) 大腸菌群、糞便性大腸菌

大腸菌群は全てのサンプルから検出された、また糞便性大腸菌はいくつかのサンプルから検出された。人の排泄物による汚染は度々起こり得るので適切な処理が必要である。





## 2) 処理目標

WHO 飲料水ガイドラインに適應した浄水を得るために、浄水処理により除去あるいは減少させるべき原水の汚染物質は次の通りである。

### (1) 低濁度の除去 (10 FTU 以下)

乾期の原水濁度は将来とも現状と同様低く、10 FTU 以下の一定した値であろうと予測される。ジャーテストの結果によると、このような低濁度を通常の薬品沈でん、急速ろ過方式で処理すると 25 mg/l 以上の硫酸ばんどを必要とするが、実験室でのろ紙を使ったベンチスケールテストでは、少ない注入率の硫酸ばんどで、より低濁度のろ過水が得られた。この結果は、安定した低濁度の期間中は直接ろ過方式の採用が考えられることを示している。この場合、ろ過水濁度 2 FTU 以下を得るために必要な硫酸ばんどの注入率は 8 mg/l であった。

### (2) 中程度及び高濁度の除去 (10 FTU 以上)

短期間ではあるが雨期には中程度の濁度あるいは高濁度を呈する。こうした原水に対するジャーテストの結果では、pH値 7.0 程度の凝集で良いフロックが出来、濁質が効果的に除去できることが判った。前述した様に、雨期ではpH値及びアルカリ度は降雨により希釈されて低い値を示すので、良い凝集の条件として前アルカリの注入が必要となる。

### (3) 色度の除去

色度は降雨時と降雨後、上昇する傾向にある。ジャーテストの結果、pH値 6.0 以下の凝集沈でんによって効果的に減少できることが判った。

### (4) その他の項目

WHO 飲料水ガイドラインに照らし、その基準を越える原水水質項目として大腸菌及び糞便性大腸菌があげられる。しかし、これらは通常の急速ろ過法と塩素殺菌処理の組み合わせにより、あるいは緩速ろ過法で充分除去出来る範囲にある。

現在は、鉄、マンガン及びアンモニア性窒素の各濃度は低い。これ



らが将来、貯水池の富栄養化のために原水中で増加するとしても、適切な塩素処理の急速ろ過法で減少させることが出来る。将来、原水中に散発的に流出するかもしれない藻類は、前塩素処理に続く凝集、沈んでん処理である程度の除去が期待出来る。

重金属や農薬の有毒類は原水中で検出されていないので、特別な処理は必要とされないが、将来は、これら有毒物質類の定期的な分析を CWA (CENTRAL WATER AUTHORITY) の試験所が実行することが提言される。

## 2.4 第一次プロジェクトの概要

第一次プロジェクトで建設される水道施設は取水施設を含む導水管、及び急速ろ過システムによる給水能力 30,000 m<sup>3</sup>/日の浄水施設である。

導水管及び浄水施設の主な図面 A2-1 から A2-22 は付録 2 に添付されている。

### 1) 導水管

新設される導水管は既設の導水管と併せて 2030 年の水需要に見合う設計とされている。

- 設計導水量	: 最大 55,000 m <sup>3</sup> /日 (2030 年) (既設管、47,000 m <sup>3</sup> /日)
- 管種	: ダクタイル鋳鉄管 (DIP)
- 管径	: 800 mm
- 延長	: 2,100 m

### 2) 浄水施設

(1) 着水井	
設計水量	: 55,000 m <sup>3</sup> /日
池数	: 1 池
形状寸法	: 矩形 5.00L x 4.75B x 2.80D (m)

(2) 急速混和井	
設計水量	: 42,000 m <sup>3</sup> /日
池数	: 1 池
タイプ	: 堰落下式



- 形状寸法 : 矩形  
5.70L x 3.20B x 4.65D (m)
- (3) フロック形成池  
設計水量 : 31,500 m<sup>3</sup>/日  
池数 : 3池  
タイプ : 上下う流式  
形状寸法 : 矩形  
一段目水路 9.60L x 0.80B x 2.89D (m)  
二段目水路 9.60L x 1.00B x 2.72D (m)  
三段目水路 9.60L x 1.40B x 2.67D (m)
- (4) 薬品沈でん池  
設計水量 : 31,500 m<sup>3</sup>/日  
池数 : 3池  
タイプ : 横流式  
形状寸法 : 矩形  
30.40L x 9.60B x 3.00D (m)  
排泥方法 : 定期的な人力排泥
- (5) 急速ろ過池  
設計水量 : 31,500 m<sup>3</sup>/日  
池数 : 6池  
タイプ : 定速ろ過  
(カスケード流入、自然平衡形)  
形状寸法 : 矩形  
9.60L x 3.90B (m)  
逆洗方法 : 空気洗浄と併用  
逆洗用高架タンク : 有効容量 150 m<sup>3</sup>、1池
- (6) 洗浄排水池及び排泥池  
設計水量 : 42,000 m<sup>3</sup>/日  
池数 : 4池  
形状寸法 : 矩形  
25.00L x 8.00B x 2.00D (m)

### 3) 薬品注入設備

- (1) 硫酸ばんど注入設備



- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 溶解タンク                       | : 2.50L x 2.50B x 3.00D (m)、2 槽  |
| かくはん機                       | : 立て形、2.2 kW、2 台   |
| 注入ポンプ                       | : チューブポンプ、14 l/min x<br>0.55 kW x 3 台  |
| (2) 消石灰注入設備                 |  |
| 溶解タンク                       | : 1.50L x 1.50B x 3.00D (m)、2 槽  |
| かくはん機                       | : 立て形、1.5 kW、2 台   |
| 注入ポンプ                       | : チューブポンプ、15 l/min x<br>0.55 kW x 2 台  |
| 消石灰インジェクタ                   |  |
| 給水用加圧ポンプ                    | : 横型遠心渦巻ポンプ、150 l/min<br>x 2.2 kW x 2 台  |
| (3) 塩素注入設備                  |  |
| 塩素注入機                       | : 真空湿式型、6 kg/hr x 2 台<br>5 kg/hr x 1 台<br>(既存、7 kg/hr x 2 台)                       |
| 塩素給水加圧ポンプ                   | : 横軸遠心渦巻ポンプ、180 l/min<br>x 47 m x 3.7 kW x 2 台及び<br>80 l/min x 30 m x 1.5 kW x 1 台 |
| ポンベ計重機                      | : ロードセル形、2,000 kg ひょう量   |
| ポンベ搬入ホイスト                   | : 手動ギアードトロリー付きチェイ<br>ンホイスト、3 トン x 1 台  |
| 4) その他の機械設備                 |  |
| (1) 空気洗浄用ブロワー               | : ルーツ型、31.8 m <sup>3</sup> /min x 4,000<br>mmAq. x 30 kW x 2 台                     |
| (2) 場内給水ポンプ (ろ過池～高架水槽)      | : 横軸遠心渦巻ポンプ、1.2 m <sup>3</sup> /min<br>x 18 m x 7.5 kW x 2 台                       |
| (3) 圧力洗浄ポンプ (フロック形成・沈でん池清掃) | : 横軸遠心渦巻ポンプ、1.0 m <sup>3</sup> /min<br>x 30 m x 7.5 kW x 2 台                       |
| 5) 電気設備                     |  |





- (1) 受電及び配電 : 低圧盤  
動力盤  
補助リレー盤  
現地操作盤  
予備電源設備 150 kVA
- (2) 操作及び監視システム : 原水流量計  
ろ過水流量計  
浄配水池水位計  
電極式水位検出器  
中央監視盤  
場内通信連絡システム  
水質試験設備

6) 建築構造物

- (1) 管理棟 : 2階建 x 10 x 24 m = 480 m<sup>2</sup>、  
電気室、水質試験室、自家発電機  
室、中央管理室、事務室及び会議  
室等
- (2) 薬注棟 : 3階建 x 10 x 16 m = 480 m<sup>2</sup>、  
薬品溶解タンク室、薬品貯蔵室、  
薬品投入溶解作業スペース、高架  
水槽
- (3) 塩素注入棟 : 既存塩素棟の改造及び拡張、  
平屋、183 m<sup>2</sup>
- (4) 工作棟 : 平屋、460 m<sup>2</sup>、簡易塩素注入機、  
計装機器、発電機等の修理、事務  
室及び倉庫



### 3. 導水管

#### 3.1 管路路線

導水管ルート図 A2.2 及び縦断図 A2.3 は付録 2 に添付されている。

新設導水管は 3 本の既設導水管（18”、19” 鑄鉄管及び 27” 鉄筋コンクリート管）と並列して布設される。また、取水から距離 180 m と 940 m の 2 地点で伏せ越しによる河川横断がある。

この導水管ルートの試掘結果では、取水地点から 2 番目の河川横断地点付近までは岩石混じり土であり、特にこの区間では落石から管路を防護しなければならない。

#### 3.2 選定管種

導水管の管種は下に示す仕様のダクタイル鑄鉄管が選定された。

- 規格 : BS 4772 - 1988, ISO 2531 - 1980 及び JIS G 5526 - 1982、JIS G 5527 - 1982 または同等と認められたもの
- 内面ライニング : セメントモルタルライニング
- 外面塗装 : コールタール塗装
- 形状 : 呼び径 800 mm、有効管長 5.5 m
- 接合法 : プッシュインタイプ（タイトン形）

#### 3.3 水理設計

取水堰での取水位を + 76.20 m、浄水場の着水位を + 70.80 m とした。また、設計導水量は 55,000 m<sup>3</sup>/日（637 l/秒）である。摩擦による損失水頭はコールブルックホワイト式により算定した。この場合、絶対粗度 k はモルタルライニングとして 0.15 mm と仮定した。

$$h = f \times L/D \times V^2/2g$$
$$1/(f)^{0.5} = 1.74 - 2 \log \{2k/D + 18.7/Re(f)^{0.5}\}$$

- ここで、 f : 摩擦損失係数、0.0143  
L : 管路延長、2,145 m



D	: 管の内径、0.8 m
V	: 流速、1.66 m/sec
g	: 重力の加速度、9.8 m/sec <sup>2</sup>
k	: 絶対粗度、0.15 mm
Re	: レイノルズ数、 $Re = VD/\mu = 1,314,210$
$\mu$	: 動粘性係数、 $1.01 \times 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /sec、20 度
h	: 水位差、76.20 - 70.80 = 5.40 m
Q	: 流量、0.834 m <sup>3</sup> /sec = 72,000 m <sup>3</sup> /d

上記公式により、流下能力は 72,000 m<sup>3</sup>/d と計算され、管径 800 mm は計画最大水量 55,000 m<sup>3</sup>/d を導水するのに充分である。

所要の導水量は、パイ浄水場の着水井の直前でバルブにより制御される。

呼び径 75 mm の急排型空気弁が 5ヶ所、また 150 mm の排水弁が 1ヶ所布設される。

### 3.4 構造設計

#### 3.4.1 パイプの布設

トレンチ内に布設された導水管は掘削土の選別土により埋め戻しされる。

岩石混じり土で深い掘削が難しい所や落石防止のために、導水管は全長に渡ってコンクリートにより巻き立てられるか、または管頂より 50 cm まで切り込み碎石により埋め戻される。

#### 3.4.2 河川横断

2ヶ所の河川横断がある。安価な点において伏せ越しとする。河床から管巻き立てコンクリートの天端まで、洪水による流出防止のため最低 1.0 m を確保した。

河川横断距離は下記の通り。

- 河川横断 No. 1 : L = 86 m、取水より 134.0 m から 220.0 m の地点
- 河川横断 No. 2 : L = 127 m、取水より 874.9 m から 1,001.4 m の地点



## 4. 浄水施設

### 4.1 浄水場の配置

パイ浄水場の一般配置図は付録2の図面 A2.5 に示されている。

口径 800 mm の新設導水管より原水を受水する新設着水井は、原水を新設急速ろ過系と既設緩速ろ過系とに分水するために既存着水井 No.1 の近くに建設される。

新設急速ろ過系の各施設は、既設緩速ろ過池群と既設浄水池間の空き地に建設され、既設ろ過池と平行に配置される。

既設ろ過池廻りの標高は約 +68.4 m であり、新設急速ろ過系の現地盤は東から西へ約 4 m の標高差がある。従って、各施設は急速混和井、フロック形成・沈でん池及び急速ろ過池の自然流下順で東から西へ自然の地形に沿って配置されている。

薬注棟は薬注管布設延長や維持管理面を考慮し、急速混和井の近くに配置された。また、管理棟の位置は出来るだけ浄水場全体の見通しの利く場所とした。

既存の場内管理道路は浄水池近くの入り口から急速ろ過系施設への進入道路として利用する。

### 4.2 設計基準

#### 4.2.1 設計処理水量

新設急速ろ過系の計画一日最大給水量は、第一次 30,000 m<sup>3</sup>/日、第二次で 40,000 m<sup>3</sup>/日と計画された。従って、第二次において 10,000 m<sup>3</sup>/日の拡張を行う。計画浄水量は、上記計画一日最大給水量に 5% の作業用水を見込んだ水量とする。各施設の設計水量は以下の通り。

着水井	: 55,000 m <sup>3</sup> /日 (637 l/秒)
急速混和井	: 42,000 m <sup>3</sup> /日 (486 l/秒)
フロック形成・沈でん池	: 31,500 m <sup>3</sup> /日 (365 l/秒)
急速ろ過池	: 31,500 m <sup>3</sup> /日 (365 l/秒)
薬品注入設備	: 42,000 m <sup>3</sup> /日 (486 l/秒)
洗浄排水池及び排泥池	: 42,000 m <sup>3</sup> /日 (486 l/秒)
高架水槽 (薬注棟の3階)	: 42,000 m <sup>3</sup> /日 (486 l/秒)





管理棟及び薬注棟 : 42,000 m<sup>3</sup>/日 (486 l/秒)

#### 4.2.2 浄水施設

各施設の設計基準は下記の通りである。

- 1) 着水井
  - (1) 池数 : 1 池
  - (2) 滞留時間 : 2 分
  - (3) 付帯設備 : 流量計、コントロールバルブ、オーバーフロー堰
  
- 2) 急速混和井
  - (1) 池数 : 1 池
  - (2) 混和法 : 堰落下式
  - (3) 落下高 : 約 65 cm
  - (4) 付帯設備 : 流量計、コントロールバルブ、薬注管
  
- 3) フロック形成池
  - (1) 池数 : 3 池
  - (2) 方法 : 上下う流式
  - (3) かくはん強度 (G 値) : 80 ~ 20 / 秒 (テーバードフロッキングレーション)
  - (4) 滞留時間 : 20 分 (1,200 秒)
  - (5) G t 値 : 23,000 ~ 210,000
  
- 4) 薬品沈でん池
  - (1) 池数 : 3 池
  - (2) タイプ : 横流式
  - (3) 表面負荷率 : 1.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/時 (25 mm/分)
  - (4) 池内平均流速 : 40 cm/分以下
  - (5) 沈でん水取り出し堰負荷 : 350 m<sup>3</sup>/m日
  - (6) 排泥 : 定期的な人力排泥
  
- 5) 急速ろ過池
  - (1) 池数 : 6 池
  - (2) タイプ : 定速ろ過  
(カスケード流入、自然平衡形)
  - (3) ろ過速度 : 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/時 (144 m/日)



- (4) 最大許容ろ過水頭 : 1.2 m
- (5) 空気洗浄速度 : 最大 0.85 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/分
- (6) 逆洗水速度 : 0.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/分
- (7) ろ過砂 : 有効径 1.0 mm、均等係数 1.5 以下
- (8) 砂層厚 : 1,100 mm
- (9) 支持砂利 : 100 mm 厚
- (10) 下部集水装置 : ストレーナー (ノズル形)
- (11) 逆洗タンク : 有効容量 150 m<sup>3</sup>

6) 洗浄排水池及び排泥池

- (1) 池数 : 4 池
- (2) 容量 : 洗浄排水池 2 池、排泥池 2 池、  
400 m<sup>3</sup>/池、洗浄排水池は一日当たり 4 池のろ過池洗浄排水を受け入れる、また、排泥池は年一度、4 池ある沈でん池の排泥を受け入れる

4.2.3 薬品注入設備

1) 硫酸ばんど

- (1) 硫酸ばんど : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> として濃度 17 ~ 18 %
- (2) 注入率 : 最大 100 mg/l  
最小 6 mg/l  
平均 30 mg/l
- (3) 溶解濃度 : 10 %
- (4) 注入機 : 計量ポンプ、3 台
- (5) 注入点 : 急速混和井あるいは沈でん水流出部 (直接ろ過方式の場合)
- (6) 貯蔵期間 : 3 カ月分

2) アルカリ剤

- (1) 消石灰 : Ca(OH)<sub>2</sub> として濃度約 80 %
- (2) 前アルカリと後アルカリの注入率 : 最大 50 mg/l  
最小 0 mg/l  
平均 10 mg/l
- (3) 溶解濃度 : 10 %
- (4) 注入機 : 計量ポンプ 2 台及びインジェクタ



- (5) 注入点 : 用加压ポンプ 2 台  
: 前アルカリは急速混和井、後アルカリはろ過水流出堰
- (6) 貯蔵期間 : 3 カ月分

### 3) 塩素

- (1) 塩素 : 液体塩素
- (2) 注入率  
前塩素 : 最大 3.0 mg/l  
最小 0.5 mg/l  
平均 1.0 mg/l  
後塩素 : 最大 2.0 mg/l  
最小 0.5 mg/l  
平均 1.0 mg/l
- (3) 塩素注入機 : 真空湿式型 3 台及び塩素給水加压ポンプ 3 台
- (4) 注入点  
前塩素 : 急速混和井  
後塩素 : ろ過水流出堰
- (5) ポンベ計重機 : 2 台
- (6) 貯蔵期間 : 2.5 カ月分
- (7) 安全対策機器 : 漏洩ガス検知器、漏洩ポンベ水没用ピット、ガスマスク

## 4.2.4 電気設備

### 1) 計装

- (1) 流量計測機器  
差圧式、低圧力損失型
- (2) 水位計測機器  
差圧式及び電極棒式レベルスイッチ
- (3) 監視操作盤  
閉鎖自立型グラフィック式

### 2) 予備電源設備

- (1) 発電機台数 : 1 台
- (2) タイプ : ディーゼルエンジン原動機
- (3) 容量 : 発電機出力 150 kVA 及び 215 PS  
エンジン



#### 4.2.5 建築構造物

- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| 1) 管理棟                 | : 電気室、予備電源設備室、中央管理室、水質試験室、事務室等   |
| 2) 薬注棟                 | : 薬品溶解タンク・注入ポンプ、薬品貯蔵、作業スペース、高架水槽 |
| 3) 塩素注入棟<br>(既存塩素棟の改造) | : 塩素注入機、加圧ポンプ、塩素ポンベ室             |
| 4) 工作棟                 | : ポンプ/エンジン/パイプ類、小型塩素注入機、計装機器等の修理 |

#### 4.3 浄水施設の水利設計及び諸元の決定

パイ浄水場の水位高低図は付録2の図面A2.6に、また以下に各施設の水位の一覧を示す。

施設名	水位	
	HWL	LWL
(1) 着水井	+ 70.80	-
(2) 急速混和井	+ 70.40	-
(3) 薬品沈でん池	+ 69.36	+ 66.36
(4) 急速ろ過池	+ 68.70	+ 67.50
(5) 浄・配水池	+ 65.94	+ 61.49
(6) 高架水槽	+ 78.55	+ 77.10

パイ浄水場の水利計算は付録3を参照。

##### 4.3.1 着水井

着水井の容量は、形状寸法 5.0m L x 4.75m B x 2.80m D として 66.5 m<sup>3</sup> となっている。その結果、滞留時間は 55,000 m<sup>3</sup>/日の流入量で 1.74 分となる。

原水の既設緩速ろ過系への分水量は次の様に推定される。

- |                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1) ケース1 (将来、既設 27" 管のみ使用する場合) |                           |
| - 計画配水量 (2030 年)              | 100,000 m <sup>3</sup> /日 |





- 27" 管の原水導水能力	32,400 m <sup>3</sup> /日
- 既設緩速ろ過浄水能力	60,000 m <sup>3</sup> /日
- 既設緩速ろ過系への分水量	27,600 m <sup>3</sup> /日
- 新設急速ろ過系の計画浄水量	42,000 m <sup>3</sup> /日
- 新設導水管の必要最大導水量	69,600 m <sup>3</sup> /日

1) ケース 2 (将来、既設管 3 本とも使用する場合)

- 計画配水量 (2030 年)	100,000 m <sup>3</sup> /日
- 3 本の原水導水能力	47,000 m <sup>3</sup> /日
- 既設緩速ろ過浄水能力	60,000 m <sup>3</sup> /日
- 既設緩速ろ過系への分水量	13,000 m <sup>3</sup> /日
- 新設急速ろ過系の計画浄水量	42,000 m <sup>3</sup> /日
- 新設導水管の必要導水量	55,000 m <sup>3</sup> /日

3 本の既設導水管の内、100 年以上にわたって使用されることになる 2 本の鑄鉄管は 2030 年には使用されないものとし、27" 鉄筋コンクリート管のみの使用として、原水の既設緩速ろ過系への分水量を 27,600 m<sup>3</sup>/日、分水連絡管は 700 mm の口径で設計した。

#### 4.3.2 急速混和井

急速混和井での各薬品の注入は、硫酸ばんどは堰落下部で、前アルカリは硫酸ばんどの前、また前塩素は原水流入直後にディフューザーにより注入される。

急速混和井は越流堰より流入部 (前段部) と流出部 (後段部) とに分かれる。流入部の寸法は 4.90m L x 3.20m B x 4.65m D、また流出部は 3.20m L x 1.20m B x 1.00m D であり、流入部の容量は 73.0 m<sup>3</sup>、滞留時間は計画浄水量 42,000 m<sup>3</sup>/日で 2.50 分となる。

越流堰幅は 3.20 m である。2030 年目標の計画浄水量 42,000 m<sup>3</sup>/日に対して、約 65 cm、また 2005 年目標の計画浄水量 31,500 m<sup>3</sup>/日に対して、約 62 cm の堰自由落下により硫酸ばんどの混和を行う。越流水深は 31,500 m<sup>3</sup>/日において、16 cm、42,000 m<sup>3</sup>/日において、19 cm と計算された。流出水位は + 69.74 m となった。

#### 4.3.3 フロック形成池

フロック形成池は幅 80 cm、100 cm 及び 140 cm の上下う流の水路に区分されている。上下う流水路の全延長は 57.6 m、容量は 155.35 m<sup>3</sup> で滞留時間は計画浄水量 1 池当たり 10,500 m<sup>3</sup>/日に対して 21.30 分となる。かくはん強度 G 値はテ



ーバードフロッキュレーションをめざし、一段目水路で 80 /秒、二段目水路、52 /秒、及び三段目水路は 20 /秒と設計された。

G t 値は 60,983 で良好なフロック形成の条件である 23,000 ~ 210,000 の範囲である。

フロック形成池流出部は、水流の乱れを防ぎ沈でん池への均一な流入を図るために阻流壁及び整流壁を設ける。整流壁の孔の径は 100 mm で開孔率は約 7 % である。

#### 4.3.4 薬品沈でん池

横流式薬品沈でん池の沈降面積は、計画浄水量 1 池当たり 10,500 m<sup>3</sup>/日に対して表面負荷率 1.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/時 (36 m/日) とすると 292 m<sup>2</sup>/池となる。図面にあるように沈でん池の寸法は 9.60m B x 30.40m L x 3.00m D (有効水深) で池内平均流速は設計基準値の 40 cm/分以下の 25 cm/分と計算された。堆泥容量として約 296 m<sup>3</sup> が見込まれている。底版は約 3.5 % の縦断勾配がついている。沈でん水の均等な取り出しのために整流壁を設ける。整流壁の孔径は 100 mm で開孔率は約 6 % である。

沈でん排泥は年に一度、人力により作業が行われ排泥池へ排出される。作業を容易にするため圧力水洗浄設備を設ける。

沈でん水は整流壁を通過後、オリフィス式のトラフにより取り出される。取り出しトラフは次の通りである。

ー 負荷	:	292 m <sup>3</sup> /m/日 < 350 m <sup>3</sup> /m/日
ー 本数	:	1 池当たり 6 本
ー 形状寸法		
形状	:	矩形
幅	:	上部 300 mm、下部 250 mm
高さ	:	350 mm
長さ	:	3.23 m
ー トラフ下流端水深	:	90 mm
ー オリフィス	:	30 mm 径、140 mm 間隔

#### 4.3.5 急速ろ過池

急速ろ過池はカスケード流入、自然平衡形の定速ろ過法を採用した。ろ層は砂単独とし、逆洗は空気洗浄併用とした。逆洗水は薬注棟の最上階にある水槽より供



給される。

### 1) ろ過池

第一次プロジェクトで建設されるろ過池は6池、また第二次で2池が拡張される。各ろ過池の寸法は 3.90m B x 9.60m L (37.4 m<sup>2</sup>) とした。設計ろ過速度は 5.8 m/時、逆洗時 7.0 m/時となる。

ろ過池への沈んでん水流入は、各ろ過池の流入部に設けられた堰によりカスケードされ均等に流入する。ろ層の損失水頭が高水位に達すると各ろ過池内の水位計により、管理棟、中央管理室内の監視盤のアラームが鳴り、監視員はろ過を停止する指示を出す。

### 2) ろ層

ろ層及び支持層については次の通りである。

#### (1) ろ層

- ろ層	:	砂
- 層厚	:	1,100 mm
- 有効径	:	1.0 mm
- 均等係数	:	1.5 以下

#### (2) 支持層

- 材料	:	砂利
- 有効径	:	2.38 mm ~ 4.76 mm
- 層厚	:	100 mm

### 3) 逆流洗浄及び空気洗浄

#### (1) 逆流洗浄速度

空気洗浄と併用する場合の逆洗速度は、0.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/分とする。一回の逆洗水量は約 90 m<sup>3</sup> (0.3 m/分 x 37.4 m<sup>2</sup> x 8 分) となる。逆洗水は 150 m<sup>3</sup> 容量の高架水槽より供給される。

#### (2) 空気洗浄

空気量は基準と照らし、最大 0.85 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/分とする。下部集水装置は水と空気を、ろ層全体に均等な分散を図るため、ストレーナのノズル方式を採用した。



#### 4) 直接ろ過法

原水水質の項で述べた様に、乾期において 10 FTU 以下の低濁度の原水は運転操作上の選択肢として、フロック形成池、沈でん池を経由せずに直接ろ過方式で運転できる。この場合、原水はバイパス水路により沈でん水流出渠まで流され、ここで堰落ちによる水流を利用して硫酸ばんどと混和され、ろ過池へ流入する。

##### 4.3.6 洗浄排水池及び沈でん排泥池

洗浄排水池 2 池は、ろ過池洗浄排水を受け入れ、また排泥池 2 池は沈でん池の排泥を受け入れる。

洗浄排水池の容量は 1 池当たり  $400 \text{ m}^3$  で、一日当たり 4 池分のろ過池洗浄排水 ( $37.4 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{分} \times 8 \text{ 分} \times 4 \text{ 池} = 360 \text{ m}^3$ ) を受け入れ、一日毎、交互に使用する。排水は角落としを取り外すことにより量を調整し、排水管で河川放流する。

沈でん排泥は、沈でん池から排水管により排泥池まで流され、洗浄排水池と同じ操作により上澄水は河川放流し、沈降したスラッジは出来る限り含水率を下げ排出することとした。

##### 4.3.7 流量計測及び制御

流量計は監視及び制御が必要とされる管路に布設される。流量は管理棟、中央管理室内の監視盤に表示される。流量制御バルブは現地で手動操作する。

#### 1) 原水流量

##### (1) 新設導水管系総流量計

総流量計は新設着水井流入直前に布設される。導水管は 2030 年の将来水需要に基づき計画されているので各時期の需要水量に合わせて制御される。総流量は既設緩速ろ過系への分水量も含む。

流入水量はコントロールバルブにより制御されるが、最小水量時はキャピテーションを防止するために締切用バルブと併せ二段階で制御することができる。

浄水場への総流入量は、新設導水管と既設の 3 導水管の流量を合計して指示される。





(2) 新設急速ろ過系原水流量計

新設系原水流量計は流量制御のため、急速混和井の直前に設置され、中央管理室で監視される。

(3) 既設系への原水分水量

既設系で必要とされる原水は新設着水井から分水される。分水水量は演算器により新設導水管系総流量と新設急速ろ過系原水流量との差を計算し指示される。

2) ろ過流量

(1) 新設系

新設急速ろ過系からのろ過水量を計量するために、流量計は既設のろ過水管 900 mm に合流する手前に設置される。

(2) 既設系

既設ろ過流量計は二ヶ所ある、一つはE系とF系ろ過池の合計流量、もう一つはF系ろ過流量計である。

既存のE系とF系ろ過池の合計流量計はオリフスタイプであり、新設系ろ過水量もこの管路を流下することになるが、極力損失水頭を少なくするために低損失水頭タイプの流量計と布設替えする。

既設の総ろ過水量から新設及びF系ろ過水量を差し引くことでE系ろ過水量を表示記録することになるが、このために演算器を新設する。

3) 逆流洗浄及び空気洗浄速度

逆流洗浄及び空気洗浄速度の流量計は、効果的な洗浄を行うために必要とされる。これらは流量が設定された後の操作は少ないので現場指示計のみ設置する。

4) 送・配水流量

送水用と配水用の2基の送配水流量計は浄水池流出管に設置されている。また、既設ポンプ室内にアンセコート配水池への送水流量計が1基ある。これらの流量の合計値は管理棟中央管理室で指示される。



#### 4.4 浄水施設の構造設計

##### 4.4.1 設計基準

沈でん池、ろ過池等の浄水施設の構造計算は、以下に述べる主な設計基準によった。

##### 1) 死荷重

鉄筋コンクリート	:	2,500 kg/m <sup>3</sup>
コンクリート	:	2,300 kg/m <sup>3</sup>
締め固めた土	:	1,800 kg/m <sup>3</sup>
水	:	1,000 kg/m <sup>3</sup>

##### 2) 活荷重

場 所	最小活荷重
床版（一般）	300 kg/m <sup>3</sup>
床版（管、弁、ポンプ等機器類荷重のあるもの）	500 kg/m <sup>3</sup>
構造物廻り地表面の群集荷重	1,000 kg/m <sup>3</sup>

##### 3) 地震力

浄水施設に作用する地震力は次の様に水平力を考慮した。

水平力	:	$H = K \times W$
地震係数	:	$K = 0.05$
荷重	:	$W$ （死荷重 + 活荷重）

##### 4) 地震時動水圧

地震時動水圧は、ハウスナー（Housner）の近似式を用いた。

$$p = 3^{1/2} K W H \{ y/H - 1/2(y/H)^2 \} \tanh(3^2 l/H)$$

ここで、

p	:	地震時動水圧 (t/m <sup>2</sup> )
K	:	水平震度
W	:	水の単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> )



- y : 表面からの深さ (m)
- H : 全水深 (m)
- l : 長方形水槽の長さの 1/2 (m)

#### 5) 土圧

構造物に土圧が作用する場合、静止土圧係数 0.5 で計算した。

#### 6) 許容応力

##### 鉄筋の引張応力

- 長期荷重 : 1,600 kg/cm<sup>2</sup>
- 短期荷重 : 2,400 kg/cm<sup>2</sup>

##### コンクリートの圧縮応力

- 長期荷重 : 70 kg/cm<sup>2</sup>
- 短期荷重 : 105 kg/cm<sup>2</sup>

##### コンクリートのせん断応力

- 長期荷重 : 4.25 kg/cm<sup>2</sup>
- 短期荷重 : 6.38 kg/cm<sup>2</sup>

#### 7) 鉄筋のかぶり

- 底版の下端筋 : 10 cm
- 底版の上端筋及び壁 : 7 cm
- その他の床版 : 5 cm

#### 4.4.2 構造計算

着水井、急速混和井、フロック形成・沈でん池、急速ろ過池及び洗浄排水・排泥池の構造計算は電算機により変位法で解析した。

種類の荷重の組み合わせにより、架構解析を行い、最大応力で部材を算定した。

#### 1) 長期荷重

- (1) 死荷重 + 土圧
- (2) 死荷重 + 土圧 + 水圧
- (3) 死荷重 + 水圧



## 2) 短期荷重

- (1) 死荷重 + 土圧 + 地震力
- (2) 死荷重 + 土圧 + 水圧 + 地震時動水圧 + 地震力

各施設の構造計算は資料集 (DATA BOOK) に掲載されている。

## 4.5 薬品注入設備

### 4.5.1 設計基本構想

新設急速ろ過系統で使用される硫酸ばんど、消石灰及び液体塩素の各薬品注入設備は、原水水質資料及びジャーテストの結果を基に計画した。

#### 1) 薬品選定

##### (1) 薬品選定上の留意事項

- モーリシャスで容易に購入できる
- 国内の他の浄水場で現在使用されている
- 価格
- ジャーテストの結果、その効果を実証されること

##### (2) 薬品の入手

現在、国内の他の浄水場で使われている薬品は、

- 凝集剤 : 固形硫酸アルミニウム、50 kg/袋、韓国からの輸入
- 凝集補助剤 : 消石灰、25 kg/袋、現地産
- 殺菌剤 : 液体塩素、インドから輸入、50 kg、100 kg 及び1,000 kg ボンベ入り

##### (3) 使用薬品

- 凝集剤として固形硫酸ばんど : 50 kg/袋 (17 % 濃度)
- 凝集補助剤として消石灰 : 25 kg/袋
- 殺菌剤として液体塩素 : 1,000 kg ボンベ

#### 2) 薬品注入設備の設計

##### (1) 設備





既設パイ浄水場は現在、塩素のみ使用されているので、新設急速ろ過系統で使用される硫酸ばんどと消石灰の適用にあたっては、他の急速ろ過系浄水場であるピトンミリエ及びニコリエの両浄水場を参考にして設計した。

注入設備は原水水質の変動に対応するため、注入の正確性や注入率の調節性が要求される。

#### (2) 運転及び維持管理

運転及び維持管理にあたっては、次の要因が設計に考慮された。

- － 設備操作の容易さ
- － 設備の操作や制御をより効率的に実施するために、新設塩素注入設備を既設設備と統合する
- － 他の急速ろ過系浄水場における現状を基に、十分な作業及び貯蔵場所を確保する

### 3) 注入設備

原水の濁度が中程度あるいは高濁度の時期は、濁質除去のため前アルカリ処理に、また後アルカリ処理は、凝集沈でんによる色度除去の結果、低pHとなるためpH調整用に消石灰の注入を行う。

前塩素処理は将来、限られた期間、原水中に流出するかもしれない藻類の除去や、アンモニア、鉄・マンガンの酸化除去を目的とする。

硫酸ばんどと消石灰注入設備は新設薬注棟に置かれる。新設塩素注入設備は既設塩素棟を改造して既存設備と統合する。

#### (1) 硫酸ばんど及び消石灰注入設備

硫酸ばんど及び消石灰の溶解はそれぞれかくはん機のある溶解タンクで行い、薬品計量ポンプで注入する。石灰乳は給水用加圧ポンプにより希釈し注入点へ移送する。

#### (2) 塩素注入設備

真空圧力により塩素ガスと圧力水を混合した塩素水で注入する。容器内塩素の残存量を監視するために計重機を設置する。

### 4.5.2 硫酸ばんど注入設備

#### 1) 設計条件



- (1) 計画浄水量
- 第一次 : 最小流量  $Q = 4,500 \text{ m}^3/\text{日}$   
                   : 最大流量  $Q = 31,500 \text{ m}^3/\text{日}$
  - 第二次 : 最大流量  $Q = 42,000 \text{ m}^3/\text{日}$

(2) 注入率

薬品注入率はジャーテストの結果を基に決定し、以下に示す注入率で設備の設計を行った。

運転方式	注入率 (mg/l)		
	最大	最小	平均
- 雨期、 通常の沈でん・ろ過法	100	10	30
- 乾期、 直接ろ過法	9	6	8

(3) 注入点

硫酸ばんどの注入点は通常の沈でん・ろ過法の場合は急速混和井で、また直接ろ過法による運転の場合はろ過池流入前の沈でん水流出渠とする。

2) 注入設備の設計

(1) 注入量の計算

注入量は運転方式毎に次の式で計算した。

$$V = Q \times R_s \times 100 / C \times 1 / r \times 10^{-6}$$

- ここで、
- V : 注入量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )
  - Q : 計画浄水量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )
  - $R_s$  : 注入率 ( $\text{mg}/\text{l}$ )
  - C : 溶解濃度 (10%)
  - r : 溶解液の比重 (1.05)



通常の沈でん・ろ過法による注入量（雨期）

Q	最大（100 mg/l）		平均（30 mg/l）		最小（10 mg/l）	
	m <sup>3</sup> /日	l/分	m <sup>3</sup> /日	l/分	m <sup>3</sup> /日	l/分
（第一次）						
4,500 m <sup>3</sup> /日	4.29	2.98	1.29	0.90	0.43	0.30
31,500 m <sup>3</sup> /日	30.00	20.83	9.00	6.25	3.00	2.08
（第二次）						
42,000 m <sup>3</sup> /日	40.00	27.78	12.00	8.33	4.00	22.78

直接ろ過法による注入量（乾期）

Q	最大（9 mg/l）		平均（8 mg/l）		最小（6 mg/l）	
	m <sup>3</sup> /日	l/分	m <sup>3</sup> /日	l/分	m <sup>3</sup> /日	l/分
（第一次）						
4,500 m <sup>3</sup> /日	0.39	0.27	0.34	0.24	0.26	0.18
31,500 m <sup>3</sup> /日	2.70	1.87	2.40	1.67	1.80	1.25
（第二次）						
42,000 m <sup>3</sup> /日	3.60	2.50	3.20	2.22	2.40	1.67

(2) 注入ポンプ

薬品注入ポンプの計量範囲は上記注入量より次の様に決定した。

- 雨期 : 0.30 ~ 27.78 l/分
- 乾期 : 0.18 ~ 2.50 l/分

吐出量 14 l/分、制御範囲 50 : 1 のチューブポンプを3台（内1台予備）使用する。常時は1台運転で、高濁度時は2台運転とする。

(3) 溶解貯蔵タンク

(a) 溶解貯蔵タンク

二つのタンクを交互に使用する。1タンク当たりの容量は第二次計画浄水量（42,000 m<sup>3</sup>/日）の一日分の注入量すなわち平均注入率 30 mg/l の 10 % 溶解量に相当する 12 m<sup>3</sup> とする。タンクの寸法は次の通り。

$$2.5L \times 2.5B \times 3.0H (m)$$



(内法寸法、有効水深 2.0 m)

(b) 溶解する硫酸ばんどの量

$$V_m = 12 \text{ m}^3 \times 10 \% / 100 \% = 1.2 \text{ t} = 24 \text{ 袋 (50 kg/袋)}$$

(4) かくはん機

固形ばんどの溶解及び溶解後の析出を防ぐため、かくはん機を設置する。仕様は次の通り。

- タイプ : 立て型低速型、ギア減速式
- モーター : 2.2 kW x 50 Hz x 400 V
- 数量 : 2 組

(5) 硫酸ばんど貯蔵スペース

第二次計画浄水量 42,000 m<sup>3</sup>/日、平均注入率 30 mg/l の注入量の3カ月分とする。

- 貯蔵量 : 12 m<sup>3</sup> x 10 % 溶液 x 90 日  
= 108,000 kg = 2,160 袋 (50 kg/袋)
- スペース : 積載高を約 2.0 m として、  
6 m x 10 m = 60 m<sup>2</sup> 程度のスペースが必要

#### 4.5.3 消石灰注入設備

##### 1) 設計条件

(1) 計画浄水量

前述の硫酸ばんど注入設備と同様。

(2) 注入率

原水水質及びジャーテストの結果、原水の濁度が中程度あるいは高濁度の時期は、前アルカリが、また色度が高い時は後アルカリの注入が必要とされる。濁質除去のため前アルカリ注入時は、後アルカリ注入は行われない。一方、色度除去後の低pH時は後アルカリ注入を行い、前アルカリ処理を行わない。

実際の運転では、その時の原水に応じてジャーテストにより注入率が決定されるが、本設計では前アルカリ及び後アルカリ共、最大注入率を 50 mg/l、平均注入率を 10 mg/l として設計する。





前アルカリ及び後アルカリの注入率を下表に示す。

運転方式	注入率 (mg/l)		
	最大	平均	最小
- 雨期、 通常の沈でん・ろ過法	50	10	0
- 乾期、 直接ろ過法	0	0	0

### (3) 薬品

アルカリ剤としてソーダ灰、カセイソーダ等数種あるが、次の理由により、本計画では消石灰とする。

- (a) 自国で生産され安価である、
- (b) 既設他浄水場で実績があり、取扱いに慣れている、
- (c) 適切な管理により長期保存に耐えられる。

### (4) 注入システム

バッチ貯留、チューブポンプによる手動注入法とする。

### (5) 注入点

前アルカリの注入点は急速混和井で、凝集剤注入の前、後アルカリはろ過水流出堰後とする。

## 2) 注入設備の設計

### (1) 注入量の計算

注入量は次の式で計算した。

$$V1 = Q \times Rs \times 100 / C \times 10^{-6}$$

ここで、V1 : 注入量 (m<sup>3</sup>/日)  
 Q : 計画浄水量 (m<sup>3</sup>/日)  
 Rs : 注入率 (mg/l)  
 C : 溶解濃度 (10%)



消石灰注入量 (V1)

Q	最大 (50 mg/l)		平均 (10 mg/l)		最小 (0 mg/l)	
	m <sup>3</sup> /日	l/分	m <sup>3</sup> /日	l/分	m <sup>3</sup> /日	l/分
(第一次)						
4,500 m <sup>3</sup> /日	2.25	1.56	0.45	0.31	0	0
31,500 m <sup>3</sup> /日	15.75	10.94	3.15	2.19	0	0
(第二次)						
42,000 m <sup>3</sup> /日	21.00	14.58	4.20	2.92	0	0

(2) 注入ポンプ

最小、最大注入量は上記表よりそれぞれ 0.31 l/分、14.58 l/分と計算された。吐出量 15 l/分、制御範囲 50 : 1 のチューブポンプを2台 (内1台予備) 使用する。

(3) 溶解貯蔵タンク

(a) 溶解貯蔵タンク

二つのタンクを交互に使用する。1タンク当たりの容量は第二次計画浄水量の一日当たりの注入量に相当する、すなわち平均注入率 10 mg/l の 10% 溶解量 4.2 m<sup>3</sup> とする。タンクの寸法は次の通り。

$$1.5L \times 1.5B \times 3.0H \text{ (m)}$$

(内法寸法、有効水深 2.0 m)

(b) 溶解する消石灰の量

$$V_m = 4.2 \text{ m}^3 \times 10\% / 100\% = 420 \text{ kg} = 17 \text{ 袋 (25 kg/袋)}$$

(4) かくはん機

消石灰の混和及び不溶解スラリーの沈降を防ぐため、かくはん機を設置する。仕様は次の通り。

- タイプ : 立て型低速型、ギア減速式
- モーター : 1.5 kW x 50 Hz x 400 V
- 数量 : 2組

(5) 消石灰貯蔵スペース

第二次計画浄水量 42,000 m<sup>3</sup>/日、平均注入率 10 mg/l の注入量



の3カ月分とする。

- 貯蔵量 :  $4.2 \text{ m}^3 \times 10 \% \text{ 溶液} \times 90 \text{ 日}$   
= 37,800 kg = 1,512 袋 (25 kg/袋)
- スペース : 積載高を 2.0 m として、  
 $6 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} = 21 \text{ m}^2$  程度のスペースが必要。

(6) 手動チェーンホイスト

薬品搬入、運搬のため薬注棟1階及び2階に手動チェーンホイストを設ける。

- 形式 : 走行ギアドトロリー付きチェーンホイスト
- 容量 : 1.0 トン
- 揚程、数量 : 1階 4 m x 1 台、2階 6 m x 1 台

4.5.4 塩素注入設備

新設塩素注入設備は既設塩素棟内の設備と統合する。既設塩素棟を塩素注入機室、給水加圧ポンプ室及びポンベ室の3部屋に仕切る、またポンベ室を拡張する改造を行う。

1) 既設塩素注入システム

(1) 概要

- 処理水量 :  $60,000 \text{ m}^3 / \text{日}$
- 薬品 : 液体塩素、1 トンポンベ
- 注入率 : 1 mg/l (2.5 kg/時)
- 注入点 : 浄水管 ( $\phi 900 \text{ mm}$ )
- 注入機 : キャビネット自立型、7 kg/時、  
2 台 (内 1 台予備)
- 注入方式 : 湿式圧力注入
- 給水ポンプ :  $\phi 32 \text{ mm} \times 1.1 \text{ kW} \times 1 \text{ kg/cm}^2$   
 $\times 1 \text{ 台}$ 、 $\phi 32 \text{ mm} \times 0.63 \text{ kW} \times$   
 $1 \text{ kg/cm}^2 \times 1 \text{ 台}$ 、内 1 台予備

(2) 運転状況

- (a) 給水は浄水管より取り出し、給水ポンプで注入機へ給水、塩素ガスと混合し、塩素水として給水取り出し点より下流の浄水管へ圧入している。



- (b) 塩素ポンベは注入機と銅管及びガス管で直結されている。漏洩検知器等の保安、安全設備は設置されていない。
- (c) ポンベの搬入は人力によりトラックより降ろされ、ローリングして運ばれ、手動のチェーンホイストにより据え付けられる。ポンベ計重機は無い。
- (d) 運転管理は24時間3交代でおこなわれている。

## 2) 設備拡張の条件

既設緩速ろ過系及び新設急速ろ過系の2つの塩素注入設備の運転にあたって、次の条件を設計に考慮した。

- 殺菌剤として塩素ガスを使用する
- 塩素ガスに対する保安、安全設備を設置する
- 塩素注入機と給水加压ポンプは別部屋とする
- ポンベ計重機を設置する

## 3) 注入方法の選定

### 1) 塩素殺菌

国内の浄水場及び既設パイ浄水場が殺菌剤として塩素ガスを使用しており、本計画でも塩素ガスを使用する。

### 2) 注入方法

インジェクタにより塩素ガスを吸引し水と混合溶解した塩素水を注入する真空式とする。その主な理由は、

- 注入機を負圧にすることにより、注入機内でのガス漏れの発生が起こらない、
- インジェクタ負圧発生後の2次圧まで注入範囲がひろがり、高所、遠方及び圧力管への注入が可能となる。

## 4) 注入設備の設計

### (1) 設計条件





- (a) 処理水量
- 既設 : 60,000 m<sup>3</sup>/日
  - 新設 : (第一次)  
 最小 4,500 m<sup>3</sup>/日  
 最大 31,500 m<sup>3</sup>/日  
 (第二次)  
 最大 42,000 m<sup>3</sup>/日

- (b) 注入点
- 既設 : ろ過池と浄水池間の既設浄水管  
 φ 900 mm
  - 新設  
 前塩素 : 急速混和井  
 後塩素 : ろ過水流出堰後

(c) 注入率  
 前塩素及び後塩素の注入率は原水水質やパイ浄水場の現状等を考慮しつつ、処理水が適切な残留塩素を維持できる注入率とした。

注入率 (mg/l)

	最大	平均	最小
- 前塩素	3.0	1.0	0.5
- 後塩素	2.0	1.0	0.5

(2) 注入量

(a) 注入量の計算

$$V = Q \times R_s \times 1/24 \times 10^{-3}$$

- ここで、V : 注入量 (m<sup>3</sup>/時)  
 Q : 計画浄水量 (m<sup>3</sup>/日)  
 R<sub>s</sub> : 注入率 (mg/l)

(b) 注入量



上記式により次の様に計算された。

注入量単位：kg/時

処理量	前塩素			後塩素		
	最大 (3mg/l)	平均 (1mg/l)	最小 (0.5mg/l)	最大 (2mg/l)	平均 (1mg/l)	最小 (0.5mg/l)
(第一次)						
最小 4,500 m <sup>3</sup> /日	0.56	0.19	0.09	0.38	0.19	0.09
最大 31,500 m <sup>3</sup> /日	3.94	1.31	0.66	2.63	1.31	0.66
(第二次)						
最大 42,000 m <sup>3</sup> /日	5.25	1.75	0.88	3.50	1.75	0.88
(既設)						
最大 60,000 m <sup>3</sup> /日	0	0	0	5.00	2.50	1.25

(c) 塩素注入機

最大、最小注入量は次の様に決定された。

- 前塩素： 5.25～0.66 kg/時、最小 0.09 kg/時
- 後塩素： 3.50～0.66 kg/時、最小 0.09 kg/時
- 既設： 5.00～1.25 kg/時

従って塩素注入機は

- 前塩素用： 6 kg/時 x 2 台、1 台常用、1 台は前・後塩素用共通予備
- 後塩素用： 5 kg/時 x 1 台
- 既設用： 7 kg/時 x 2 台、1 台常用、1 台予備

(3) 給水加圧ポンプ

インジェクタで負圧を発生させるため給水加圧ポンプを必要とする。塩素水はインジェクタ通過後の残圧により注入点まで移送される。給水加圧ポンプの仕様を以下に示す。

- 給水加圧ポンプ（前塩素用）

- 吐出量： 180 l/分 x 3.7 kW x 2 台  
(1 台常用、1 台予備)
- 揚程： 47 m
- 供給源： 高架水槽



- 給水加圧ポンプ（後塩素用）
  - 吐出量 : 80 l/分 x 1.5 kW x 1 台
  - 揚程 : 30 m
  - 供給源 : 高架水槽
- 既存設備 : 既設ポンプ 2 台

(4) 塩素ポンペ

(a) 現況

液化塩素容器は 1 トンポンペを使用している。注入量 2.5 kg/時でポンペの取り替えは 15 日毎に行われている。

(b) ポンペの貯蔵

液化塩素はインドから輸入し、注文後 4 カ月間で到着する。ちなみに塩素ポンペ室で 10 本を保有し、平均注入量で保有日数を計算すると 2.5 カ月間となる。

- 日消費量

- 前塩素 : 1.31 kg/時 x 24 時間 = 31.4 kg/日

- 後塩素 : 1.31 kg/時 x 24 時間 = 31.4 kg/日

- 既設 : 2.50 kg/時 x 24 時間 = 60.0 kg/日

計 : 122.8 kg/日

- 保有日数 : 10,000 kg / 122.8 kg = 81.4 日  
= 2.5 カ月

(c) ポンペ貯蔵スペース

貯蔵スペースは 10 本のポンペが収納できる様改造する。室内には 3 トン吊り手動チェーンホイストを 2 条（1 条は既設改造）設ける。ポンペ室の面積は次の通り。

$$(3.8 \text{ m} \times 2 \text{ 列}) \times 7.55 \text{ mL} = 57.4 \text{ m}^2$$

(d) ポンペ計重機

容器内塩素の残存量を監視するために 2 組の計重機を設置する。

(e) 塩素ガス漏洩対策

保安設備及び用具として次の物を設置する。

- 漏洩ポンペ水没中和用ピット
- 強制排気ファン
- 酸素ポンペ付き呼吸器



## 4.6 建築構造物

### 4.6.1 概要

第一次プロジェクトにより築造される建築物を次に示す。

- (1) 管理棟 : 施設運転状況を監視操作する中央管理室、事務室等
- (2) 薬注棟 : 硫酸ばんど、消石灰の貯蔵、溶解、注入及び高架水槽
- (3) 塩素注入棟 : 既存塩素棟へ統合、塩素注入機室、加圧給水ポンプ室、塩素ポンベ室
- (4) 工作棟 : 小型塩素注入器、計装機器、エンジン、ポンプ類の修理組立

### 4.6.2 建築工事

#### 1) 管理棟

管理棟は総床面積 480 m<sup>2</sup>、2階建て、その平面配置、立面図を付録2の図面 A2.17 に示す。

1階及び2階には次に示す各部屋を配置する。

- 1階 : 電気室、予備電源設備室、水質試験室、ホール、シャワー室及びトイレ
- 2階 : 中央管理室、管理事務室、会議室、場長室他

管理棟は新設、既設ろ過系全体を見通せる南向きに配置した。種類の機器類の状態についての情報を集中して監視するために監視操作盤を中央管理室に設置する。また、2階部分の正面に訪問者を案内できるバルコニーを造った。

水質試験室は1階の正面部に配置した。試験台、試験器具、薬品収納戸棚等の試験設備を備える。

建築材料は維持管理面及び経済性を考慮して決めた。主な資材として、鉄筋コンクリート、コンクリートブロック壁、木・鉄製ドア、アルミサッシ、ロックウール・石綿セメント板天井及びビニル床タイル・テラゾタイル等があげられる。





各部屋に必要な机、椅子等の家具類を備える。

## 2) 薬注棟

薬注棟は総床面積 480 m<sup>2</sup>、3階建て、その平面配置、立面図を付録2の図面 A2.16 に示す。

各階には次に示す各部屋を配置する。

- 1階 : 薬品貯蔵、薬品溶解タンク、薬品注入ポンプ
- 2階 : 薬品貯蔵、薬品溶解作業スペース、ロッカー室
- 3階 : 場内給水及び逆洗用水水槽

硫酸ばんどと消石灰の溶解貯留タンクは並列し、タンクの投入口は2階にあり溶解作業を容易にしている。薬品の貯蔵はそれぞれ3カ月分を確保し、また薬品運搬の移動をできるかぎり少なくした。

1階、2階は薬品貯蔵、溶解作業による塵埃やにおいの排出のために高所に排気ファンを設ける。

1階、2階の薬品貯蔵、溶解作業部分の床仕上げはセメントモルタル金ゴテ仕上げ、壁内面はセメントモルタルプラスターとした。

薬品搬入、運搬のため薬注棟1階及び2階に手動チェーンホイストを設ける。

## 3) 塩素注入棟

既設塩素棟は新設及び既設の各塩素注入機、給水加圧ポンプ及び塩素ポンペを配置するため改造を行う。

塩素ガス漏洩に対する保安設備/用具として塩素注入機室と塩素ポンベ室の低所に強制排気ファンを設置する。また塩素ポンベ室内に漏洩ポンベ水没中和用ピットを建設する。さらに防毒マスクを注入機室に配備する。

液化塩素の消費を監視するために、塩素ポンベ計重機を設置し、その数値は中央管理室の監視盤に表示される。



#### 4) 工作棟

工作棟は総床面積 460 m<sup>2</sup>、平屋建で主に発電機・ポンプ、計装機器類及び簡易塩素注入機の修理、組立のための3部屋から成る。

使用される建築資材は管理棟、薬注棟とほとんど同様である。

#### 4.6.3 建築付帯設備

##### 1) 給水設備

飲料水、シャワー、トイレ等の各建物で使用される生活用水は薬注棟の高架水槽より給水される。高架水槽からの流出量は薬品溶解用に分岐する手前で流量計により計測される。

##### 2) 衛生設備

管理棟及び工作棟のトイレがある建物はそれぞれ浄化槽が設置されており、排水はポンプにより既設の排水ますへ放出される。

水質試験室や薬品注入施設からの排水は排泥池へ排出される。

#### 4.7 電気設備

##### 4.7.1 受電及び配電設備

##### 1) 設計概念

電気設備の設計範囲は 400/230 V、3φ4W、1回線を受電する以降となる。

電気設備は十分な監視体制のもとに、運転管理が安全で信頼度の高いものとするために、以下の設計概念により計画した。

##### (1) 屋内形、キュービクル式

各負荷への電気主回路、制御回路器具は分散設置せず、管理棟電気室内に置かれるキュービクル内に一括収納される。

##### (2) 保護装置



各負荷への配線用しゃ断器は過負荷、短絡保護リレーを適切に使用し、制御回路電源は主回路電源から絶縁して使用する。

### (3) 予備電源設備

事故停電や工事、保守等の計画停電に対応するため、予備電源装置を設置する。予備電源装置は浄水処理及び送配水に必要な最小の容量とする。

### (4) 中央監視盤

配電設備等、電気主回路は閉回路で運用し、日常の操作は無い。従って、監視盤を管理棟、中央管理室内に設置し、常時監視員により監視する。

### (5) 通信手段

各現場と中央管理室間の連絡は相互通話式のインターホンと拡声装置により行う。

## 2) 需要電力算定

浄水場の既設及び増設負荷設備容量を算定すると下表のごとくなる。

	設備負荷	運転負荷
既設	89 kW <sup>(1)</sup>	87 kW
増設	278 kW	127 kW
計	367 kW	214 kW

注<sup>(1)</sup>：アンセコート送水ポンプ（75 kW）を含む。

上記は最大使用電力値であり、契約電力はロードファクターを 0.7 と推定して試算する。

$$\text{契約電力} : 214 \text{ kW} \times 0.7 = 150 \text{ kW}$$

## 3) 受変電設備

### (1) 既存設備

既存受変電設備は CEB (CENTRAL ELECTRICITY BOARD) より 20 kV 及び 400 V 各 1 回線を別個に受電している。



- 20 kV 受変電設備は柱上に主変圧器 (22 kV/400-230 V) と変圧器 1 次、2 次回路保護用カットアウトヒューズと共に設置されている。これは市内低圧配電システムとして採用されている方式である。
- 400 V 受電はアンセコート配水池への送水ポンプ (75 kW) 用として 20 kV 受電と別場所に引き込んでいる。

## (2) 新設設備

新設急速ろ過系設備等への電源供給のため既設受変電設備の拡張と一部変更が必要となる。しかし受変電設備より低圧配電盤までの 3 相 4 線式、400/230 V ケーブルを含めて CEB の施工となるため本計画からは除外する。

### 4.7.2 発電設備

#### 1) 発電設備の必要性

浄水場の停電により、殺菌等の処理が行われない未処理水が配水されることになる。この場合、緊急に原水の流入や各処理工程を中止し未処理水が流出しないようにする必要があるが、実際の運転ではこういった対応は不可能である。この理由により、自家発電設備を計画、設計する。

発電装置の容量は一部の負荷の運転に制約を加え最小限となるよう配慮する。以下に運転に制約を加えた場合の発電機容量を試算する。

対象負荷設備	所要電力
- アンセコート配水池への送水	75 kW
- 高架水槽への揚水	8 kW
- 薬品注入	18 kW
- 照明点灯	18 kW
計	119 kW

非常用自家発電設備はアンセコート配水池への送水ポンプ容量を含み 113 kW の容量で設計する。

なお既設の発電装置 25 kW (34.7 kVA) は他の用途に転用できる。





## 2) 発電機出力の計算

発電機出力は電動機の起動方式を基準にして以降の算式より計算する。

- (1) 定常運転に必要な容量

$$Pg1 = (Po \times A) / (E1 \times PF1)$$

- (2) 起動時の許容電圧降下から必要とする容量

$$Pg2 = Pm \times B \times C \times X'd \times (1 - dE) / dE$$

- (3) 最大容量の電動機を最後に起動するために必要とする容量

$$Pg3 = \{ (Po \times A / E1 - Pm / Em) + Pm \times B \times C \times PFs \} / (Rg \times PFg)$$

ここで、Pg1～Pg3：	発電機所要容量	KVA
Po	：総対象負荷容量	119 KW
E1	：対象負荷の総合効率	0.8
PF1	： " の " 力率	0.8
Pm	：最大容量の電動機容量	75 KW
Em	： " の " 効率	0.915
PFs	： " の " 始動力率	0.4
A	：需要率	0.8
B	：最大容量機の 1 KW 当たりの 始動 KVA	7.8
C	：始動方式による係数	
	－スターデルタ	Cs=0.67
	－リアクタ (65% タップ)	Cs=0.65
	－始動補償機 (65% タップ)	Cs=0.42
X'd	：直軸過渡リアクタンス	0.25
PFg	：発電機力率	0.8
dE	：許容電圧降下率	0.25
Rg	：発電機の瞬時過負荷耐量	1.5



試算の結果を下に示す。

始動方式	Pg1	Pg2	Pg3
スターデルタ式	149 KVA	294 KVA	162 KVA
リアクトル式	149 KVA	285 KVA	158 KVA
始動補償式	149 KVA	158 KVA	113 KVA

計算結果より始動補償式の 158 KVA が最小容量となり、この値に最も近い標準容量の 150 KVA を採用する。

### 3) ディーゼル機関出力の計算

ディーゼル機関出力も発電機と同様に電動機の始動方式を基準にして計算する。

- (1) 定常運転に必要な容量

$$Pe1 = Pg \times PFg \times 1.36 / Eg$$

- (2) 最大容量の電動機を最後に始動するために必要とする容量

$$Pe2 = Pg3 \times PFg \times 1.36 / (Eg \times Re)$$

- (3) 負荷投入率より求まる容量

$$Pe3 = Pm \times B \times C \times PFs \times 1.36 / (Eg \times K)$$

ここで、Pg: 発電機出力 158 KVA  
 Eg: " 効率 0.83  
 Re: 原動機の瞬時過負荷耐量 1.1  
 K: 許容負荷投入率 0.75



計算結果を下に示す。

始動方式	Pe1	Pe2	Pe3
スターデルタ式	207 PS	180 PS	343 PS
リアクトル式	207 PS	175 PS	332 PS
始動補償式	207 PS	107 PS	215 PS

ディーゼル機関の出力は 215 PS 以上を採用する。

#### 4.7.3 計装設備

種類の計装機器を次に示す。

##### (1) 原水流量計

(a)	新設導水管系流量計	FI	1 基
(b)	既設導水管系流量計	FI	3 基
(c)	総導水流量演算器 (新設+既設流量)	FI, Q, R	1 基
(d)	新設急速ろ過系原水流量計	FI, Q, R	1 基
(e)	既設緩速ろ過系原水流量演算器 (新設導水管系流量-新設 急速ろ過系流量)	FI, R	1 基

##### (2) ろ過流量計

(a)	総ろ過流量計 (布設替え)	FI, Q, R	1 基
(b)	既設 F 系ろ過流量計	FI, Q	1 基
(c)	既設 E 系ろ過流量演算器 (総ろ過水量-新設急速ろ過系ろ 過水量-F系ろ過水量)	FI, Q	1 基
(d)	新設急速ろ過系ろ過流量計	FI, Q, R	1 基

##### (3) その他の流量計

(a)	既設送配水流量計	FI, Q, R	2 基
(b)	既設アンセコード送水流量計	FI, Q, R	1 基



(c)	送配水総流量演算器	FI, Q, R	1 基
(d)	逆流洗浄流量計 *	FI	1 基
(e)	空気洗浄流量計 *	FI	1 基
(f)	場内給水流量計 *	FQ	1 基

(4) 水位計

(a)	浄水池水位	LI, R, A	2 基
(b)	着水井水位	LA	1 基
(c)	急速ろ過池水位	LA	6 基
(d)	ろ過池流出堰後水位	LA	1 基
(e)	高架水槽水位	LA	2 基
(f)	薬品溶解タンク水位	LI, A	4 基

(5) 塩素ガス漏洩アラーム 3 基

(6) 塩素ポンペ計重機 WI, A 2 基

ここで、F : 流量  
L : 水位  
W : 重量  
I : 指示計  
Q : 積算計  
R : 記録計  
A : 警報

上記計装設備は \* 印を除き、管理棟、中央管理室の監視盤により監視される。  
\* 印は現場指示計のみ。

1) 原水流量計

新設される原水及びろ過水流量計は次の理由によりアニューバータイプとした。

- 取水と着水井間及び着水井と浄配水池間の高低差が限られており低損失水頭タイプの流量計が要求される。
- 薬品注入のため原水流量測定精度は高いことが求められる。

既設導水管はオリフィスタイプの流量計が使用されており、積算計及び





記録計が設置されている。これらの情報は中央管理室、監視盤に集められる。

## 2) 緩速ろ過系ろ過流量計

既設緩速ろ過系及び新設急速ろ過系の総ろ過流量計は損失水頭を少なくするためにアンューバータイプ流量計とするため、既設のろ過水管 900 mm に布設されているオリフィスタイプの流量計の布設替えを行う。

F系ろ過池はオリフィスタイプ流量計が既に布設されている。

E系ろ過水量を指示記録するために監視盤に演算器を設置する（総ろ過水量からF系ろ過水量及び急速ろ過系ろ過水量を差し引く）。

## 3) 急速ろ過系ろ過流量計

アンューバータイプ流量計とする。

## 4) 浄水池水位計

処理水は浄・配水池から自然流下で市内の配水池へ送水される水量と市の北西部へ直接配水される水量がある。送配水量は水需要により変動するので、次の事柄を把握するために水位計を設置し監視する。

- 池からのオーバーフロー防止
- 水位の上昇下降の傾向と速さ
- 保安水量の確保

水位計は差圧式とし既設のゲージに取り付ける。監視盤には水位指示計、記録計及び低水位と高水位を知らせるアラームを設置する。



## 5. 実施計画

### 5.1 財務計画

#### 5.1.1 事業費

第一次プロジェクトにおける建設工事は次の3項目に大別される。

- (1) 一般項目 : 発注者事務所及び請負者事務所の建設、及び履行保証証券、「工事物」保険及び第三者責任保証等の補償額
- (2) 導水管工事 : 取水工事、及び河川横断及びトンネル横断工事を含む導水管布設工事
- (3) 浄水場工事 : 着水井、凝集・沈でん池、ろ過池、洗浄排水及び排泥池、場内配管、場内整備及び建築構造物等の工事、及び機械電気設備工事

工事費はそれぞれの項目記述の単価による数量明細書を基に見積もった。使用する単価は様々な建設資材及び機器類の現在の市場価格を調査して算定した。工事費見積書は別添とした。

総事業費は1991年1月時点の価格で169.8百万モーリシャスルピー（MRs.）となった。この額は予備費および価格上昇を見込んでいる。

事業費を下表に示す。



第一次プロジェクトにおける導水管及び浄水場の事業費

単位：千 MRs.

項目	外貨	内貨	計
1. 一般項目	2,701	4,456	7,157
2. 導水管	18,887	5,289	24,176
3. 浄水場	71,616	27,289	98,905
小計	93,204	37,034	130,238
4. エンジニアリングサービス 及び事務費	9,320	4,870	14,190
5. 予備費	5,126	2,095	7,221
6. 価格上昇分	9,350	8,801	18,151
小計	23,796	15,766	39,562
計	117,000	52,800	169,800

5.1.2 年間運転・維持費

年経費は主に施設の運転・管理に従事する CWA スタッフの person 費、薬品費及び電力費から成る。最大浄水量 31,500 m<sup>3</sup>/日の年間運転・維持管理費用は次のように算定された。



単位：千 MRs.

内訳	単位	数量	単価	計
(a) 人件費 (44人 x 12月)	M/M	528	3.90 <sup>(1)</sup>	2,059
(b) 薬品費				
－ 硫酸ばんど	ト	174	8.70 <sup>(2)</sup>	1,514
－ 消石灰	ト	38	3.00 <sup>(2)</sup>	114
－ 液化塩素	ト	45 <sup>(4)</sup>	14.50 <sup>(2)</sup>	653
小計				2,281
(c) 電力費				
－ 基本電力料	kW	1,440	0.065 <sup>(3)</sup>	94
－ 使用電力料	kWh	314,300	0.00145 <sup>(3)</sup>	456
小計				550
運転経費計				4,890
(d) 施設維持費	1式 (機器価格の1%)			155
運転・維持費合計				5,045

注) (1) : 1989年平均給与の10%増とした。

(2) : 1990年6月単価の10%増とした。

(3) : 1990年単価の10%増とした。

(4) : 既設緩速ろ過系を含む。

運転・維持管理費用は5.045百万モーリシャスルピー (MRs.) /年となった。薬品費及び電力量は年々の給水量によって変わってくる。年毎の運転・維持管理費用を付録4、表5.1に示す。

### 5.1.3 財務分析

第一次プロジェクトの財政面は拡張される水量とその投資額に関する財務諸表を作成して評価することができる。実際には細部に亘る財政計算書を作成して検討することになるが此処では単に投資額に対する料金設定をもって見込みをつけることにする。財務諸表は国際融資機関を対象に次の条件で作成した。

#### (1) 外貨に対するローン条件

- － 返済期間 20年
- － 据置期間 6年





— 年利 7.93 %

- (2) 内貨に対する投資額はモーリシャス政府から無利息で融資される。
- (3) 財務諸表計算期間は建設工事開始後4年度目の供用開始から30年間とする。
- (4) 投資額の支出計画は以下に示す表のとおりとした。

単位：千 MRs.

会計年度	ローン (外貨)	モーリシャス 政府(内貨)	計
1年度	42,600	23,400	66,000
2年度	53,700	21,200	74,900
3年度	20,700	8,200	28,900
計	117,000	52,800	169,800

財務諸表を付録4、表5.2に示す。収入は表5.3に示すように有収水量を基にして水道料金を6ルピー/m<sup>3</sup>として算定した。

財政黒字は運転開始後15年後以降発生する。

## 5.2 実施計画

### 5.2.1 建設計画

#### 1) 工事方法

##### (1) 取水場への進入道路

取水場への進入道路は、ダム建設の準備工事(Lot - 1)で建設される。進入道路は車線幅4.0m(0.5mの路肩として全幅員5.0m)で設計され、河川横断のため2箇所の潜水橋が設置される。

##### (2) 取水場

既設取水口の取り壊しのために鋼矢板による仮締切を行う。コンクリートはバックホーに架装された大型ブレーカーにより取り壊す。



取水口内管およびゲートの据え付け完了後、コンクリートで復旧する。

(3) 導水管

- 管径及び管種 : 800 mm、ダクタイル鋳鉄管 (DIP)
- 延長 : 2,100 m

導水管の掘削溝はバケット容量 0.6 m<sup>3</sup> バックホーで掘削する。導水管は布設後、コンクリートあるいは切り込み砕石により巻き立てられるので掘削土や岩は埋め戻し土を除き直接現場で処分する。

布設される直管や異形管の材料は保管場所からトラックで運ばれる。材料の積み降ろしはトラッククレーンにより行う。管の据え付けはトラッククレーンにより行うが、管防護コンクリート巻き立てを考えて管の両端にコンクリート枕木を置くことになろう。

(4) 河川横断

- 管径及び管種 : 800 mm、ダクタイル鋳鉄管 (DIP)
- 延長 : 2箇所 of 河川横断、それぞれ 88 m 及び 127 m

工事は乾期に実施し、施工中、河川表流水は土のうによる仮締切を行い、ビニル管で下流へ放流する。

河床は大型ブレーカーにより岩掘削を行い、選別土により埋め戻される。河川伏せ越し部はコンクリートで巻き立て、河床からコンクリート天端までは最小 1 m の被りは掘削岩で埋め戻す。

(5) 浄水施設

- 着水井 : 1 池
- 急速混和井 : 1 池
- フロック形成池・沈でん池 : 3 池
- 急速ろ過池 : 6 池
- 洗淨排水池 : 2 池
- 排泥池 : 2 池

拡張される浄水施設の場所は3段階の整地高となる。浄水施設、薬注棟及び管理棟廻りは標高 + 68.00 m、洗淨排水池廻り + 66.00 m



及び排泥池廻りを + 65.00 m とした。整地工事は当初ブルドーザーによりそれぞれの高さに整地し、各構造物の掘削はバックホーで行う。掘削が深い場合は岩掘削となるかもしれないが、その場合は大型ブレーカーにより掘削する。

埋め戻し土は浄水場近隣の指定場所へ仮置きし、余剰土は土捨て場へ運搬、処分する。

各構造物の底版まで掘削完了後、鉄筋の組立の容易さ等のため均しコンクリートを打つ。浄水施設の打設コンクリート量は約 4,900m<sup>3</sup> であり一日当たりの最大打設可能量を 200 m<sup>3</sup> と推定するとコンクリートプラントの設置の必要は無く、生コンを使用する設計とした。

(6) 建築工事

- 管理棟 : 480 m<sup>2</sup>、2階建て
- 薬注棟 : 480 m<sup>2</sup>、3階建て
- 塩素注入棟 : 183 m<sup>2</sup>、平屋
- 工作棟 : 460 m<sup>2</sup>、平屋

各建物内の機器類は建物本体工事完了後据え付けられる。従って建築工事の期間はこれら機器類の据え付け、調整期間を見込んで設定される。

建物内の機器類への配電は壁、床への露出配線とする。配線管以外に給排水管が建物内に布設されるので必要に応じて開口部が作られることになる。

2) 建設機械の配備計画

導水管及び浄水場建設に関わる建設機械の配備計画を付録4、図5.1に示す。建設期間中供給予定の機械は次の通りである。

機械	仕様	数量	使用期間(月)
<b>導水管工事</b>			
- バックホー (ブレーカー架装)	バケット容量 0.6 m <sup>3</sup>	1	18
- バックホー	バケット容量 0.6 m <sup>3</sup>	1	20
- 大型ブレーカー	1,300 kg	2	20



-	ハンドブレーカー	20 kg	3	20
-	トラッククレーン	16 トン	1	3
-	トラッククレーン	4.9 トン	1	18
-	ダンプトラック	8 トン	1	18
-	トラック	8 トン	2	3

#### 浄水場工事

-	ブルドーザー	21 トン	1	3
-	バックホー	バケット容量 0.6 m <sup>3</sup>	2	4
-	大型ブレーカー	1,300 kg	2	4
-	ハンドブレーカー	20 kg	3	4
-	トラッククレーン	16 トン	1	15
-	トラッククレーン	4.9 トン	1	2
-	ダンプトラック	11 トン	1	5
-	トラック	8 トン	1	13

#### 5.2.2 工程計画

取水、導水管及び浄水施設の建設期間は着工指令の発行から2年間で予定している。工事完了後2カ月の運転試験期間を見込む。各工事、製造及び据え付けに要する予定期間を下表に示す。

項目	期間
- 準備工事	3 カ月
- 管材料製造、 輸送	9 カ月
- 機器類の 製造、輸送	12 カ月
- 管布設工事	24 カ月
- 土木工事及び 建築工事	21 カ月
- 機器類の 据え付け	6 カ月
- 試験運転	2 カ月





各項目の工程計画を付録4、図5.1に示す。



付録1

水質分析資料



表 2.3.1 原水の濁度、pH及びアルカリ度

	Turbidity FTU	pH	Alkalinity CaCO <sub>3</sub> mg/l
<u>Wet Season</u>			
09/02/91	4	7.9	36
08/02/91	10	7.4	30
07/02/91	19	7.0	28
04/02/91	1	7.7	58
31/01/91	5	8.1	54
28/01/91	4	8.0	56
24/01/91	3	8.1	58
16/01/91	3	8.1	52
04/12/90	8	7.6	36
01/02/80	4	6.8	-
24/01/80	21	7.5	-
18/01/80	8	7.6	-
17/01/80	12	7.3	-
10/01/80	21	7.8	-
23/12/79	32	7.2	-
07/12/79	80	7.2	-
<u>Dry Season</u>			
06/10/90	<1	7.5	50
21/09/90	1	7.5	50
14/09/90	<1	7.9	46
25/08/90	3	8.1	48
21/08/90	2	8.1	48
16/08/90	3	8.1	49
13/08/90	2	8.0	50
11/08/90	1	8.0	53
06/08/90	3	8.0	51
03/08/90	2	8.0	47
02/08/90	2	8.1	49
01/08/90	2	8.1	50
31/07/90	2	8.0	50
27/07/90	1	8.1	50
26/07/90	2	8.1	49
25/07/90	2	8.1	48
21/07/90	4	8.0	48
19/07/90	2	8.1	55
18/07/90	2	7.8	48
17/07/90	1	8.0	53
16/07/90	5	8.0	42



表 2.3.2 原水の色度

	Municipal Dyke	Moka River	Profonde River	Cascade River	Terre Rouge River	Plaines Wilhems River	Analyzed by
07/02/91	>70	>70	>70	>70	>70	5	CWA Labo
28/01/91	10	-	-	-	-	-	CWA Labo
24/01/91	10	-	-	-	-	-	CWA Labo
25/08/91	5	6	5	5	11	6	CWA Labo
31/07/90	5	5	5	5	5	5	CWA Labo
20/07/90	5	5	5	5	5	5	CWA Labo
23/12/88	8	7	5	7	7	5	JICA Team
24/07/88	-	<5	<5	<5	<5	-	JICA Team

Units are Hazen Unit (True Colour).

表 2.3.3 原水のアンモニア、亜硝酸性及び硝酸性窒素

	Municipal Dyke	Moka River	Profonde River	Cascade River	Terre Rouge River	Plaines Wilhems River	Analyzed by
<u>Ammonia-Nitrogen</u>							
18/01/91	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02	<0.01	JICA Team
16/08/90	ND	0.02	ND	ND	0.01	0.03	JICA Team
31/07/90	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	JICA Team
20/07/90	0.03	0.01	0.02	<0.01	0.01	0.04	JICA Team
23/12/88	ND	ND	0.01	ND	0.01	0.05	JICA Team
24/07/88	-	0.04	0.10	0.10	0.06	-	JICA Team
16/06/88	0.05	-	-	-	-	-	
<u>Nitrite-Nitrogen</u>							
20/07/90	-	0.005	-	-	-	-	JICA Team
16/06/88	ND	-	-	-	-	-	Severn Trent
<u>Nitrate-Nitrogen</u>							
18/01/91	0.6	0.1	0.9	0.6	0.7	0.5	JICA Team
16/08/90	1.5	1.5	2.4	1.2	2.0	0.8	JICA Team
31/07/90	1.5	2.0	2.5	1.4	2.3	1.0	JICA Team
20/07/90	1.5	2.0	1.4	2.3	1.0	1.5	JICA Team
23/12/88	1.33	1.98	1.64	1.56	0.99	0.52	JICA Team
24/07/88	-	2.25	1.57	1.91	1.57	-	JICA Team
16/06/88	2.2	-	-	-	-	-	Severn Trent
<u>Total Nitrogen</u>							
25/08/90	2.3	2.2	2.9	2.0	2.1	1.4	JICA Team
23/12/88	2.1	2.2	2.0	1.9	1.1	0.9	JICA Team
24/07/88	-	2.3	3.4	2.1	1.7	-	JICA Team

Units are mg/l.





表 2.3.4 原水の鉄及びマンガン

	Municipal Dyke	Moka River	Profonde River	Cascade River	Terre Rouge River	Plaines Wilhems River	Analyzed by
<u>Iron</u>							
18/01/91	0.06	0.15	0.12	0.08	0.09	0.04	JICA Team
25/08/90	0.09	-	-	-	-	-	JICA Team
16/08/90	0.03	0.11	0.07	0.02	0.01	0.02	JICA Team
31/07/90	0.05	0.08	0.10	0.06	0.02	0.03	JICA Team
20/07/90	0.04	0.08	0.11	0.07	0.01	0.03	JICA Team
23/12/88	0.37	0.22	0.08	0.33	0.28	0.01	JICA Team
24/07/88	-	0.06	0.06	0.08	0.15	-	JICA Team
18/06/88	0.08	-	-	-	-	-	Severn Trent
<u>Manganese</u>							
25/08/90	ND	-	-	-	-	-	JICA Team
20/07/90	<0.1	0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1	JICA Team
23/12/88	0.011	0.001	0.003	0.003	ND	0.001	JICA Team
24/07/88	-	0.01	0.01	0.01	0.02	-	JICA Team
18/06/88	ND	-	-	-	-	-	Severn Trent

Units are mg/l.

表 2.3.5 原水中の有機物

	Municipal Dyke	Moka River	Profonde River	Cascade River	Terre Rouge River	Plaines Wilhems River	Analyzed by
<u>BOD</u>							
04/02/91	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	JICA Team
23/12/88	0.8	0.2	0.5	0.8	0.9	1.5	JICA Team
24/07/88	-	0.2	0.3	0.5	1.0	-	JICA Team
18/06/88	ND	-	-	-	-	-	Severn Trent
<u>COD</u>							
18/06/88	<10	-	-	-	-	-	Severn Trent
<u>Potassium Permanganate Consumption</u>							
23/12/88	13.3	11.9	11.2	11.1	9.4	10.4	JICA Team
24/07/88	-	1.2	1.4	1.1	3.0	-	JICA Team

Units are mg/l.



表 2.3.6 原水中の重金属及び有毒物質

Location	Sample Date	Cyanide	Mercury	Copper	Lead	Chromium	Arsenic	Cadmium
Municipal Dyke	25/08/90	ND	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND
Municipal Dyke	18/06/88	-	-	ND	ND	ND	-	ND
WHO Standards		0.1	0.001	1.0	0.05	0.05	0.05	0.005
Japanese Standards		ND	ND	1.0	0.1	0.05	0.05	0.01

ND means "none detected". Units are mg/l.

Samples on 25/08/90 and 18/06/88 were analyzed by JICA Team and Severn Trent, respectively.

表 2.3.7 原水中の農薬

Location	Sample Date	Organo-Phosphorus	Organo-Chlorine	Analyzed by
Municipal Dyke	25/08/90	ND	-	JICA
Municipal Dyke	18/06/88	ND	11	CWA
WHO Standards		individual limit for each pesticide		
EEC Standard		Total less than 500		
Japanese Standards		ND		

ND means "none detected". Units are ng/l.

表 2.3.8 原水中の大腸菌群、糞便性大腸菌群

	Municipal Dyke	Moka River	Profonde River	Cascade River	Terre Rouge River	Plaines Wilhems River	Analyzed by
<u>Coliforms</u>							
04/12/90	14	-	-	-	-	-	CWA Labo
06/11/90	>180	-	-	-	-	-	CWA Labo
21/09/90	1	-	-	-	-	-	CWA Labo
23/08/90	300	800	-	-	-	ND	JICA Team
16/08/90	>180	>180	90	>180	>180	>180	CWA Labo
<u>Faecal Coliforms</u>							
04/12/90	ND	-	-	-	-	-	CWA Labo
06/11/90	>180	-	-	-	-	-	CWA Labo
21/09/90	ND	-	-	-	-	-	CWA Labo
16/08/90	9	4	18	ND	9	90	CWA Labo

Units are number/100 ml

