

モーリシアス国

ポートルイス市水供給計画調査

主 報 告 書

JICA LIBRARY



1076412(4)

19726

平成元年6月

国際協力事業団



マイクロ
フィルム作成

序文

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

当事業団は、1988年4月から7月まで、及び同年10月から12月までの二度に渡り、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。

本報告書が本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ひいては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。

1989年6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調査の最終報告書を提出致します。本報告書はポートルイス市に於ける上水・工業用水の逼迫を解決するというモーリシャス政府の開発目標に寄与すべく作成されました。

報告書は3分冊より成り、第1冊は主報告書で、目標年を2030年においたポートルイス市水供給の種々代替案の比較検討と、選定された最適案のフィージビリティ調査よりなります。第2分冊は水文及び地質調査をまとめたもので、第3分冊はダム建設材料及び計画案の比較検討に充てられ、それぞれ主報告書に述べられている分析・検討の基礎資料となっております。

本調査の成果がモーリシャス国の水資源開発のために、また同国の社会経済発展と福祉のために活用されるならば、これに優る幸いはないと存する次第であります。

1989年6月

モーリシャス国
ポートルイス市水供給計画調査団

団長 藤田 師三

要 約

概 要

1. モーリシャス島は面積1,860 km²を有し、インド洋上のマダガスカル島より東方900 kmに位置する火山島である。人口は約100万人であり、その42%が首都のポートルイス市とその近郊の衛星都市に集中している。また、ポートルイス市はモーリシャスの商工業の中心として、重要な役割を果たしている。
2. ポートルイス市の都市用水と工業用水はグランドリバーノースウェスト（GRNW）水系を水源としている。主な上水道施設はミュニシパルダイクと呼ばれる取水堰から、導水管によりパイにある浄水場に送られ、そこから各方面へ配水するシステムである。
3. 上述の既存上水道システムには下記の問題がある。
 - (i) 水道管の老朽化のため、漏水により40～45%の損失がある。
 - (ii) GRNW水系は水量に季節的な変動がある一方、システムに貯水機能がないため、安定した水量を確保できない。そのため、ポートルイス市は毎年7月から11月の乾期に水不足が生じている。
 - (iii) 浄水能力も不足しているため高濁度の処理ができない。そのため洪水期にもしばしば給水をストップしなければならない。
4. このような背景の下にモーリシャス政府は、季節的な水量の変動に対する水の有効利用とポートルイス市への安定した水供給を可能にするため、本調査の援助を日本政府へ依頼した。
5. この要請に基づき、日本政府は同国のポートルイス市水供給計画に関するフィージ

ビリティ調査を行うこととし、同国の協力の下に国際協力事業団がこれを実施することとなった。

6. フィージビリティ調査はフェーズⅠとフェーズⅡの2つに分けて実施された。

フェーズⅠは不足水量を供給するために必要な開発水量を算定し、各代替案の中から最適開発地点の選定を行なった。

フェーズⅡは選定された最適開発地点における水供給計画を策定し、そのフィージビリティ調査を実施した。

7. この最終報告書は上述のフェーズⅠ、フェーズⅡで実施された調査、検討及びその結論と勧告を報告するものである。

計画地域の概況

社会経済

8. モーリシャス国はモーリシャス島、ロドリゲス島等の諸島よりなり、モーリシャス島は、全国面積2,040 km²の91%に相当する1,860 km²を占めている。

モーリシャスは5つの自治都市と98の地方村落より成っている。首都はポートルイスで5つの自治都市の一つである。全体人口は1,000,432人であり、1973年から1983年の人口調査統計によれば、年間人口増加率は1.43%である。1988年には1.1百万人と推定している。

1987年のGDPは180億2千万ルピーであり、国民一人当りGDPは18,600ルピーである。製造業は全体の25.1%を占め最大となっている。それに次ぐ農業、畜産、林業、漁業の比率は全体の13.8%である。

9. ポートルイス市は42.7㎢の面積を有するモーリシャスの首都で、モーリシャス島の北西部、GRNWの河口の北東部に位置する。

1983年の人口調査によれば、ポートルイス市の人口は133,702人であり、都市部全体の33.2%、モーリシャス全体の13.8%を占めている。そのうち49.5%に相当する66,132人は男性である。人口密度は3,131人/㎢であり、モーリシャス平均の6倍に相当する高い人口密度である。ポートルイス市には29,187の世帯があり、一世帯の平均家族数は4.58人である。1983年～1985年の人口増加率は0.97%であり、モーリシャス全体の人口増加率0.91%より少し高い程度である。

ポートルイス行政区内の労働人口は61,387人であり、そのうち46,240人が男性、15,147人が女性であり、行政区内居住者は28,930人の47.1%、通勤者は32,457人の52.9%である。居住者の内5,805人は行政区外で働いているため、ポートルイス居住者の労働人口は34,735人と推定される。

既存上水道施設の現況

10. ポートルイス市の上水道システムは取水施設のミュニシパルダイク、パイの浄水施設、それに続く配水施設から成り、幹線の管径は150mmから800mmである。

主な水供給源はGRNWにあるミュニシパルダイクである。

1926年に初めてパイ浄水場の緩速濾過池が建設され、1960年と1980年に濾過能力の増強のための工事が行なわれた。現在の濾過面積は10,062㎡であり、配水池10ヶ所の全体容量は61,000㎡である。現在の給水区域は約3,900haである。

現況システムの問題点

- (i) 季節的な流量変動により、年間を通じて安定した給水ができない。
- (ii) 給配水設備が古く、漏水が40～45%にのぼる。
- (iii) 現状の緩速濾過池では洪水時の濁水を浄化できないため洪水時には運転を中止している。

水需要予測

11. 水需要予測は下記の事項に基づいて算定した。

- (i) 2010年と2030年の人口予測をそれぞれ162,494人、176,838人とした。
- (ii) 水需要量は漏水量を考慮して下記の通りに増加するとした。

年	水 需 要 量
1988	62.040m ³ /day (0.718m ³ /s)
1990	60.250 " (0.697 ")
2000	71.210 " (0.824 ")
2010	78.569 " (0.909 ")
2030	82.490 " (0.954 ")

注：上記の水需要量は現在実施されている漏水対策により、漏水量が1988年の46%から1990年35%、2000年30%、2010年30%、2030年25%に減少すると仮定している。

12. 上述の水需要量は水源での河川維持流量0.05m³/sおよび浄水施設でのロス5%を含んでいない。したがって、水源での水需要量は以下のごとく算定される。

年	必要供給量
1988	0.80m ³ /s
1990	0.78m ³ /s
2000	0.92m ³ /s
2010	1.00m ³ /s
2030	1.05m ³ /s

水収支

13. 将来の需要と供給の水収支計算を上記の水需要予測結果および河川流量資料に基づいて行なった。各年毎の不足水量は河川流量資料に基づくシミュレーションを通して下記のごとく算定された。

年	不足水量 (m ³ /s)	必要貯水容量 (MCM)
1988	0.063 (5.443m ³ /日)	1.99
1990	0.060 (5.184m ³ /日)	1.89
2000	0.124 (10.714m ³ /日)	3.91
2010	0.170 (14.688m ³ /日)	5.36
2030	0.199 (17.194m ³ /日)	6.28

注：上記の不足水量と必要貯水容量は既往最渇水年であった1983年の流量記録に基づいている。

気象、水文

14. モーリシャスの季節は11月から 3月までが夏で 4月から10月までが冬となっている。年間降雨量の65%から75%は夏期に降る。また、最も乾燥する期間は10月で降雨量は年間降雨量の2.5 %から3.6 %である。降雨は一般に 1月から 2月の間に最大となる。GRNWの年間流量は84百万m³である。降雨量のほとんどは集中豪雨のため有効利用されないまま海へ流出している状態である。
15. 水文観測所の記録によれば、年間降雨量は2,300 mmから2,550 mmである。GRNWの確率降雨量は下記に示す通りである。

再起期間 (年)	確率降雨量 (mm)		
	1 日	2 日	3 日
10,000	1,168	1,799	1,999
1,000	935	1,381	1,551
200	711	1,114	1,260
100	701	1,003	1,140
50	630	901	1,021
20	536	765	864
10	463	661	751
5	387	551	632
2	272	398	470

16. 各支川にある水文観測所の低水流量は以下の通りである。

単位 : m^3/s

観測所	支川名	信 頼 度			
		平均	80 %	90 %	95 %
W03	プレインウィルアム	0.48	0.170	0.137	0.120
W04	テレルージュ	0.48	0.102	0.087	0.077
W05	カスカデ	0.73	0.247	0.182	0.157
W08	プロフォンデ	0.32	0.136	0.109	0.091
W10	モカ	0.69	0.230	0.171	0.145

選定したTROダムサイトは流域面積が54.9km²で、テレルージュ川とプレインウィルアム川との合流点のすぐ上流に位置し、テレルージュ、プレインウィルアムとカスカデ川の3支川の流量を受ける。

TROダムサイトと残流域の低水流量解析結果は以下の通りである。

単位：m³/s

流 域	平均	信 頼 度		
		80%	90%	95%
TROダムサイト	1.56	0.66	0.58	0.51
残 流 域	1.23	0.31	0.20	0.15

17. 洪水解析により求められた再現期間毎の確率洪水量は下記の通りである。

確 率 洪 水 量

再現期間 (年)	確率洪水量 (m ³ /s)
10	455
20	536
100	718
200	796
10,000	1,596

18. TROダムサイトにおける年間平均土砂生産量は3,949 m³、流域の剥離深さで0.07 mm/年と推定される。

19. モーリシャス島は第三紀の中新世の終りから鮮新世の初めに起きた火山活動により楕状火山として形成された。計画地域の大部分は溶岩、玄武岩性の火山岩類によって覆われている。モーリシャス島の基底部は約6.8 百万年～7.8 百万年前の連続した火山活動により楕状火山として形成され、表層部は約 0.2 百万年～3.5 百万年前の噴火溶岩により形成された。旧期火山岩類は玄武岩質溶岩と集塊岩からなり、一般に北

～北東へ5度という小さい角度で傾斜している。新期火山岩類は多孔質であることで特徴づけられる。溶岩層においては火山礫岩が3～10mの層厚で挟在する。

20. 選定したダム地点の地形は非対称な逆三角形地形を成している。右岸側は急勾配で左岸側は緩勾配となっている。両岸共に新期の溶岩類の累層が見られる。河床に沿った両岸低部には新期溶岩に覆われた古期溶岩の露頭が連続的に見られる。
21. ダム地点のボーリング調査によって以下の事が判明した。
- (1) 地表からの深さとは無関係に不規則に風化が進んでいる。
 - (2) 基礎岩盤の透水性は透水係数が 10^{-4} cm/sから 10^{-6} cm/sと比較的低い範囲にある。
基礎処理は通常のセメントグラウチングで可能である。
 - (3) 左岸には崖錐堆積物が比較的厚く分布しこれら堆積物に覆われた新期火山岩類はその表層部でかなり風化が進んでいる。ロックフィルダムのコアの基礎としてはこの崖錐堆積物や新期溶岩の緻しい風化部を除去する必要がある。そのため、左岸アバットのカットオフトレンチの掘削は10～15m、右岸アバットのカットオフトレンチの掘削は平均5m程度を想定する。
 - (4) ボーリングのコア回収率はきわめて良好であり、ほとんど100%であった。
ボーリング孔において地下水位面に異常は認められなかった。これらの結果より調査地区には孔隙や空隙はないと判断される。
22. ダムサイトで実施された弾性波探査によると、ダムサイトには断層や地質的不連続面は認められない。
23. ダムサイトや貯水池において、その水密性を詳細に調査し、その検討を行なった。調査結果を総合的に判断するとそれらは十分な水密性を有すると判断される。

24. ダムサイトから約 1kmのところにある岩山を原石山として選定した。この原石山の調査によるとその岩石はダムのロック材として十分な質と量を有する。コンクリート骨材はこの原石を砕石して生産されるが、これはコンクリート骨材としても十分な質と量を有する。
25. ダムサイト上流右岸側の粘性土の分布する地区が、数ヶ所の候補地から土取場として選定された。この粘性土はロックフィルダムのコア材としての規格を十分に満足し、量的にも充分である。

基本計画

最適開発地点の選定

26. 最適開発地点の選定は数々の代替案の比較検討を通じて決定された。ダムサイトは多数在ったが最終的に次の6地点が選ばれ比較検討された。

- (i) G 1 (ボカジ — ギビ)
- (ii) MO4 (バプティステ)
- (iii) TRO
- (iv) NWO
- (v) TR9
- (vi) CA2

27. 上記の代替地点について測量、地質、物探調査が行なわれ、その結果に基づき概略施設設計を行ない、費用比較及び技術的・社会的総合評価によって最適地点としてTRO地点を選定した。

28. 比較検討の評価結果は下記に示す通りである。

G1計画は過去の調査では最も見込みのある計画の一つとされているが、悪い地質条件のため建設費が高く不適合と判断した。NWO計画および小規模計画（TR9及びCA2地点）の段階的建設案はTROやMO4計画と比較すると割高となる。これらの計画を技術的やその他の観点から考慮しても優位性はなく、最適開発地点としては不適である。最適地点としてMO4およびTRO計画案が残ったが、両計画は費用面では同等となった。MO4計画は住宅および砂糖きび畑が貯水池の中に水没するため、社会問題となる恐れがある。また貯水池は広くて浅いものとなるため富栄養化ともなう水質の悪化が予測される。一方、TRO計画には上述した社会問題はなく、また水質悪化の度合いもMO4計画より低いといえる。以上より、TRO開発計画案を最適開発案として選定した。

設 計

29. 計画の目的は最小費用で必要水量を確保することにある。したがって水道専用ダムを前提に施設設計を行った。

必要な施設、構造物は以下の通りである。

- (i) ダムとそれに付帯する洪水吐、仮排水路トンネル、取水口、放水路
- (ii) 導水施設
- (iii) 浄水施設

30. 貯水池は総貯水容量6.7百万 m^3 、有効貯水容量6.3百万 m^3 で、堆砂による死水容量は100年間で0.3百万 m^3 と推定している。HWLとLWLはそれぞれE1.189.0m、E1.139.0mである。また、ダムは波浪、異常洪水およびダムタイプによる余裕を考慮して設計洪水位E1.192mから3mの余裕高をとった。ダムタイプは経済性、技術的観点よりセンターコア型ロックフィルダムと決定した。ダム勾配は安定解析結果に基づいて上流 1:2.5、下流 1:2.0とした。

崖錐堆積物と岩屑堆積物がサイトを覆って分布している。さらに、新しい溶岩がこれら堆積物の下に存在している。この溶岩は表層部で風化が激しいため、コア部の基礎部分としては取り除く必要がある。したがって、カットオフトレンチの掘削は左岸で10~15m、右岸で5m位を想定した。

31. 洪水吐はダム左岸に位置し、ダムと洪水吐の建設費の検討により越流長は80mとした。洪水吐は安全性を重視し、ゲート無し横越流式とした。

32. 転流方法は仮排水路トンネルにより行ない、設計基準の20年確率洪水540 m³/sにより、仮排水路トンネルと仮締切ダムの設計を行なった。

上流仮締切ダムの堤頂標高はE1.149m、仮排水路トンネルは内径6.4 mとした。

33. 取水口はダム左岸側に位置し、仮排水トンネルへ接合し、工事終了後、仮排水トンネルを水供給用放水路として利用する。取水口は5つのゲートを有し、貯水池の水質状態に合わせて選択取水が可能となる構造である。

河川放水路設備も緊急時の放流のため仮排水トンネルを利用して設置されている。設備はコンクリート取水塔、鋼管およびホロージェットバルブから成る。

34. 導水管設備に関しては既存導水管は施設の有効利用という観点から、今後も継続使用することとするが、2030年の水需要に対し管径800mm、長さ2,100 mの導水管の追加布設が必要である。新規導水管は既存導水管と平行して、ミュニシパルダイクよりパイ浄水場まで敷設する計画である。

35. 浄水施設も60,000m³/dayの浄化能力を有する既存プラントの継続利用を考えている。初期の開発費用を少なくするため、水の需要に合わせて徐々に能力を拡張することとし、1994年の終りに30,000m³/day、2005年に10,000m³/dayの追加工事を行う計画とした。

原水の水質から判断すると、浄水方法としては急速砂濾過システムの採用が有効で

ある。

施工計画

36. 工事計画を概略設計に基づいて作成した。LOT 1（仮排水トンネル）の契約締結から全作業完了まで46ヶ月必要である。上記の工事期間に加えて、事前の補足調査、詳細設計、入札及び契約締結等に14ヶ月必要である。補足調査及び詳細設計を1990年1月に開始し、本体及び付帯設備工事を1994年末に完了とする。

37. プロジェクトは次の様な国際競争入札と現地契約のもとで行なわれるものとする。

国際競争入札

- LOT 1. 仮排水トンネル工事
- LOT 2. ダム及び付帯構造物の工事
- LOT 3. 導水施設および浄水施設工事

現地契約

- LOT 1. 政府側施設の準備作業
- LOT 2. 工事にかかわる付替道路の建設と付帯作業

建設工事の効率的な着手のために、国際競争入札の仮排水トンネルの建設は別途契約として1991年5月から開始する。

費用の積算

38. 建設費用の総額は、以下の様に69.7百万米ドル（954.4百万ルピー）であり、外貨分が48.3百万米ドル（660.4百万米ドル）で、内貨分が21.4百万米ドル（294百万ルピー）と積算される。

単位：10⁶ ルピー

項 目	外 貨	内 貨	合 計
A. ダムおよび関連構造物			
－直接費用	472.4	199.7	672.1
－補償費	－	0.2	0.2
－エンジニアリングサービスと監理	47.2	25.0	72.2
－予備費	52.0	22.5	74.5
小 計	571.6	247.4	819.0
(US\$10 ⁶)	(\$41.8)	(\$18.0)	(\$59.8)
B. 導水施設および浄水施設			
－直接費	73.5	37.6	111.2
－エンジニアリングサービスと監理	7.3	4.7	12.0
－予備費	8.0	4.2	12.2
小 計	88.0	46.6	135.4
(US\$10 ⁶)	(\$ 6.5)	(\$ 3.4)	(\$ 9.9)
合 計	660.4	294.0	954.4
(US\$10 ⁶)	(\$48.3)	(\$21.4)	(\$69.7)

39. 建設費の支出計画は以下の様である。

単位：10⁶ ルピー

年	外 貨	内 貨	合 計
1989/90	17.3	8.9	26.2
1990/91	21.0	28.6	49.6
1991/92	93.0	60.2	153.2
1992/93	150.8	43.7	194.5
1993/94	314.3	123.0	437.3
1994/95	64.0	29.6	93.6
合 計	660.4	294.0	954.4
(US\$10 ⁶)	(\$48.3)	(\$21.4)	(\$69.7)

40. 建設期間中の物価上昇予備費、利息を含むプロジェクトの投資総額は88.2百万米ドル（1,208.7百万ルピー）であり、外貨分59.5百万米ドル（815.4百万ルピー）、内貨分28.7百万米ドル（393.3百万ルピー）である。

単位：10⁶ルピー

項 目	外 貨	内 貨	合 計
A. ダムおよび付帯構造物			
-建設費用	571.6	247.4	819.0
-物価上昇予備費	85.6	82.2	167.8
-建中金利	52.6	-	52.6
小 計	<u>709.8</u>	<u>329.6</u>	<u>1,039.4</u>
B. 導水および浄水施設			
-建設費用	88.8	46.6	135.4
-物価上昇予備費	12.7	17.1	29.8
-建中金利	4.1	-	4.1
小 計	<u>15.6</u>	<u>63.7</u>	<u>169.3</u>
総投資額	815.4	393.3	1,208.7
(US\$10 ⁶)	(\$59.5)	(\$28.7)	(\$88.2)

注) 利息は年率2.9%とした。

経済評価

41. 経済コスト及び便益に基づき経済的内部収益率 (EIRR) を算定することによってプロジェクトの経済評価が行われている。経済コストは検討された変換係数 (財務コストと経済コストとの比率、0.82) に基いて $Rs.901,480 \times 10^8$ と算定されている。経済便益は、一般生活用水供給によるものと公共・政府関係等非生活用水供給によるものとにわけて算定されており、それぞれ次の様に算定された。

(i) 生活用水供給による便益

単位：Rs.1000 /年

年	1990年	2000年	2010年	2030年
経済便益	776.5	2,442.8	11,152.2	15,972.4

(ii) 非生活用水供給による便益

単位：Rs.1000 /年

年	1990年	2000年	2010年	2030年
経済便益	9,551	30,935	155,602	241,245

42. 経済的内部収益率 (EIRR) は水供給プロジェクトとしては十分に高い 8.7%と算定されており、経済的に妥当であると評価される。

上記の算定された経済便益の中には、数量化出来ないさまざまな間接的便益は含まれておらず、これを考慮すれば経済的妥当性は十分であると評価される。

財務評価

43. 財務評価はFIRRと借款返済能力の観点から実施した。プロジェクトの歳入は水供給量と水道料金の家庭・家庭以外・政府機関等のカテゴリー別の増加・増収分に基づいて算出した。水道料金は消費者物価指数の過去の年平均上昇率に基づき、年率7.2%で上昇するものとし、3年毎に改定されるものとした。

44. 算定されたFIRRの数值は6.8%であり、水供給プロジェクトとしては比較的高く、財務的に妥当と考えられる。

45. 借款の返済能力を下記の条件のもとで評価した。

工事費用の内貨分

政府によって資金提供されるか、CWAが自身の資金によって行なう（内部留保、減価償却他）。

工事費用の外貨分

次の様な条件の借款により資金提供される。

- 返済期間 30年
- 支払い猶予期間 6年
- 利 率 2.90 %

上記の条件では年間収支は13年目に黒字に、累積収支は返済最終年に黒字に転換し、借款返済能力がある事が分った。しかしながら、赤字が長期間にわたる事に鑑み、年間収支の黒字転換までの間、無利子融資等の政府援助が実施される事が望ましい。

46. 本プロジェクト実施による衛生的な水の供給により、衛生環境が改善され、水系の伝染病や疾病が減少する。これにより住民の健康状態の改善、死亡率の低下が期待され、公衆衛生関連支出の削減が期待される。
47. 用水の安定供給により、ポートルイスにおける製造業、商業の発展が予測できるとともに、乗数効果により地域産業全体の振興が期待される。又、工事期間中は、工事用資機材、労働力を地元から調達する事により、産業振興、雇用機会の増大が期待される。
48. 水道料金は消費者物価指数（CPI）にスライドして3年ごとに改定されるものと設定した。家計収入もCPIにはほぼ連動して増加するものとすれば、現在の水道料金支出の家計収入に占める比率（約2%）は将来とも維持される事になる。

環 境

49. モーリシャス島では近年都市人口が増加し、製造工業も発達してきている。しかしながら、下水処理施設の建設は他の先進工業国に較べ立ち遅れている。

モーリシャスにおける水質汚染の最大の問題は、工場廃液による河川及び近海での漁業への被害である。工業廃棄物処理施設が不十分なことおよび都市下水道の不備のため、海や河川等を含む公共水域の汚染は年とともに深刻な問題となっている。

本プロジェクトによる環境への影響の主要なものはダムの建設に伴うものである。

ダムの建設に伴う湛水により次の事項が環境への影響として考えられる。

- a) 物質的資源、 b) 生態学的資源、 c) 人的利用、 d) 生活価値

しかしながら、貯水池内に人家や農地が存在しないことや湛水が既存の灌漑設備に影響を与えないことなどを考慮すると、プロジェクトによる深刻な影響はないと評価される。なお、建設工事による自然環境の悪化は最小限にとどめる必要がある。

50. モーリシャスの河川と既存の貯水池や湖水の水質試験の結果によると、ダムの湛水により、特に浅い貯水池での富栄養化が考えられる。将来の水質保全対策および浄水処理法を検討するために、水質調査を行なった。

河川水質調査の結果、過マンガン酸カリウム消費量が年間を通じて顕著に変化するが、処理に困難をきたすほどではない。他の項目はあまり年間変化がない。ただし、濁度は、降雨時には顕著に増大する。それらを考慮すると、浄水方式は急速濾過方式とし、前塩素およびアルカリ処理を必要とする。

結論と提言

51. フィージビリティ調査によってこのプロジェクトは技術的、経済的及び財政的に妥当であると判断した。

ポートルイスにおける毎年の供給不足を緊急に解決するため、プロジェクトは早い

機会に着手することが望ましい。プロジェクトの着手に当り、詳細設計、入札図書類の準備、入札及び契約等が必要である。これらを実施するために必要な手続きをできるだけ速やかに始めることが強く望まれる。

プロジェクトの諸元

(1) 貯水池

流域面積	55 km ²
年間降雨量	2,400 mm
総貯水容量	6.7 × 10 ⁶ m ³
有効貯水容量	6.3 × 10 ⁶ m ³
計画洪水位	El.192 m
計画満水位	El.189 m
計画低水位	El.139 m
貯水池面積	30 ha
平均流量	1.8 m ³ /s
計画洪水流量	950 m ³ /s
(対象洪水)	(1.2×200 years)
異常洪水	1,596 m ³ /s
(対象洪水)	(PMF)

(2) ダム

型式	ロックフィル
堤頂標高	El.195m
堤高	75 m
堤頂長	230 m
堤体積	1,485 × 10 ³ m ³

(3) 洪水吐

型式	横越流式
越流堰標高	EL.189m
越流堰長	80 m
計画洪水流量	950 m ³ /s

(4) 転流工

型 式

トンネル式

計画洪水流量

540 m³/s

(対象洪水)

(20 years)

計画流出量

500 m³/s

トンネル数

1

径

6.4 m

長 さ

375 m

ゲ ー ト

ローラーゲート

(5) 取水口

型 式

選択取水

流 量

1 m³/s

ゲート数

5

寸 法

800 mm×800 mm

ゲート型式

スルースゲート

(6) 導水施設

計画流量

660 Q /s

管路数

1

径

800 mm

長 さ

2.100 m

(7) 浄水施設

型 式

急速ろ過

容 量

30.000m³/s

目 次

要 約

第1章 総説

1. 1 計画の背景	1- 1
1. 2 調査の目的	1- 3
1. 3 関連調査	1- 3
1. 4 調査団の編成	1- 3
1. 5 計画地域の概要	1- 4

第2章 計画地域の状況

2. 1 社会経済	2- 1
2.1.1 モーリシャス国の経済	2- 1
2.1.2 ポートルイス市の経済	2- 4
2.1.3 社会・経済データ	2- 6
2.1.4 プロジェクト経済	2- 6
2. 2 既存の給水施設	2-10
2.2.1 概 要	2-10
2.2.2 水 源	2-10
2.2.3 浄水施設	2-10
2.2.4 配水施設	2-10
2.2.5 問 題 点	2-11
2. 3 水需要予測	2-11
2.3.1 人口予測	2-11
2.3.2 水需要予測	2-12

2. 4	気象・水文	2-15
2.4.1	概 要	2-15
2.4.2	降 雨	2-15
2.4.3	流 量	2-18
2.4.4	水収支および必要貯水容量	2-21
2.4.5	洪水解析	2-22
2.4.6	堆 砂 量	2-25
2. 5	地 質	2-26
2.5.1	概 要	2-26
2.5.2	地形及び地質	2-27
2.5.3	ダム基礎	2-28
2.5.4	地質工学的検討	2-30
2.5.5	ダムサイト及びダム貯水池の水密性	2-31
2. 6	工事用材料	2-31
2.6.1	概 要	2-31
2.6.2	工事用材料の採取地点	2-32
2.6.3	室内試験	2-33
2.6.4	結論及び提言	2-35

第3章 計 画

3. 1	水収支及び必要貯水量	3- 1
3.1.1	概 要	3- 1
3.1.2	水需要量及び不足水量	3- 1
3.1.3	必要貯水容量の決定	3- 2
3. 2	代替案の比較検討	3- 3
3.2.1	ダムサイト候補地と計画代案の選定	3- 3
3.2.2	計画代案の予備設計と見積り及びそれらの比較	3- 4
3.2.3	最適案の選定	3- 6

3. 3	施設設計	3- 7
3.3.1	ダムおよび関連施設	3- 7
3.3.2	導水施設	3-12
3.3.3	浄水施設	3-18
3. 4	建設計画	3-21
3.4.1	実施計画	3-21
3.4.2	施工計画	3-21
3.4.3	計画実施体制	3-23
3.4.4	維持・管理計画	3-24
3. 5	工事費用の積算	3-26

第4章 財務分析およびその他の評価

4. 1	経済分析	4- 1
4.1.1	概 要	4- 1
4.1.2	建設費および維持管理費	4- 1
4.1.3	経済便益	4- 2
4.1.4	プロジェクトの経済的および社会的妥当性	4- 4
4. 2	財務評価	4- 4
4.2.1	概 要	4- 4
4.2.2	建設費および維持管理費	4- 4
4.2.3	収 入	4- 5
4.2.4	財務的健全性	4- 6
4. 3	その他の評価	4- 8

第5章 環境評価

5. 1	概 要	5- 1
5. 2	モーリシャスにおける水質汚染の現状	5- 1
5.2.1	現 状	5- 1

5.2.2	政府による対策	5-3
5.3	水質汚濁防止に関する現在の法規	5-3
5.4	分野別環境	5-4
5.4.1	林業及び野生動物	5-4
5.4.2	淡水魚	5-4
5.4.3	貯水池の水質	5-5
5.4.4	レクリエーション	5-5
5.4.5	移住	5-6
5.5	水質	5-7
5.5.1	概要	5-7
5.5.2	水質分析	5-7
5.5.3	結論	5-10
5.5.4	処理施設計画	5-11
5.6	環境影響評価	5-11
5.6.1	概要	5-11
5.6.2	環境影響評価	5-11
5.6.3	予想される環境への影響	5-12
5.6.4	環境への影響に対する対策	5-14
第6章	結論と提言	6-1
第7章	詳細設計段階における作業内容	
7.1	詳細設計の対象	7-1
7.2	作業内容	7-1

表

番 号	題	項
1.1	調査団の構成	1-5
2.1.1	モーリシャス国の人口 (1983年調査)	2-37
2.1.2	モーリシャス島の人口推移	2-38
2.1.3	ポートルイス地区の人口	2-39
2.1.4	モーリシャス国の地域別、性別人口	2-40
2.1.5	モーリシャス島の15才以上の就業人口	2-41
2.1.6	業種別就業者数の推移 (1980-1987)	2-42
2.1.7	輸出加工区の業種別就業者数	2-43
2.1.8	業種別国民総生産	2-44
2.1.9	輸入品目及び輸出品目	2-45
2.1.10	国際収支	2-46
2.1.11	消費者物価指数	2-47
2.1.12	モーリシャスルピーの為替変動	2-48
2.1.13	平均世帯の家計支出	2-49
2.1.14	国家経常収支	2-50
2.1.15	国家資本収支	2-51
2.1.16	CWA企業会計	2-52
2.2.1	既設送・配水管	2-53
2.2.2	既存の配水池	2-54
2.2.3	ポートルイス水供給システム	2-55
2.3.1	ポートルイス市の人口及び出生・死亡率	2-56
2.3.2	これまでの調査によるポートルイス市の人口予測	2-57
2.3.3	ポートルイス市の将来人口予測	2-58

番 号	題	項
2.3.4	ポートルイス水供給システムの水消費記録	2-59
2.3.5	ポートルイス水供給システムの収入記録	2-60
2.3.6	1988年半年間の月間水消費量	2-61
2.3.7	1人1日当り給水量(1985-1988)	2-62
2.3.8	生活用水需要予測	2-63
2.3.9	ポートルイス市における給水源別人口	2-64
2.3.10	商業用水需要予測	2-65
2.3.11	非生活用水需要予測	2-66
2.3.12	水需要予測(低位予測)	2-67
2.3.13	水需要予測(中位及び高位予測)	2-68
2.4.1	確率降雨量	2-69
2.4.2	年間流出率	2-70
2.4.3	残流域流量算出係数	2-71
2.4.4	水収支(1966-1986年平均、漏水を考慮した場合)	2-72
2.4.5	利水安全度	2-73
2.4.6	本計画なしの場合の水供給量	2-74
2.6.1	土質材料特性	2-75
2.6.2	コンクリート骨材の要約	2-76
2.6.3	ロック材の試験結果	2-76
2.6.4	フィル材の設計値	2-77
3.2.1	ダム開発代替案の緒元	3-30
3.2.2(1)	ギビダムの建設費(ロックフィルダム、有効貯水容量6MCM)	3-31
3.2.2(2)	ボカジ堰の建設費	3-32
3.2.3	バプティスタダムの建設費(アースフィルダム、効貯水容量6MCM)	3-33
3.2.4	TROダムの建設費(ロックフィルダム、有効貯水容量6MCM)	3-34
3.2.5	TROダムの建設費(重力ダム、有効貯水容量6MCM)	3-35

番 号	題	項
3.2.6	NW Oダムの建設費（ロックフィルダム、有効貯水容量6MCM）	… 3-36
3.2.7	NW Oダムの建設費（アースフィルダム、有効貯水容量6MCM）	… 3-37
3.2.8	TR 9ダムの建設費（アースフィルダム、有効貯水容量2.3MCM）	… 3-38
3.2.9	TR 9ダムの建設費（アースフィルダム、有効貯水容量4MCM）	… 3-39
3.2.10	CA 2ダムの建設費（アースフィルダム、有効貯水容量1.2MCM）	… 3-40
3.2.11	開発代替案のキャッシュフロー及び現在価値	… 3-41
3.3.1	設計規準	… 3-42
3.3.2	ボトルリス水供給システムの水消費量	… 3-43
3.3.3	薬品注入率	… 3-44
3.3.4	浄水場諸元 (1/2)	… 3-45
3.3.4	浄水場諸元 (2/2)	… 3-46
3.4.1(1)	ボトルリス市水供給プロジェクト実施計画 (1/2)	… 3-47
3.4.1(2)	ボトルリス市水供給プロジェクト実施計画 (2/2)	… 3-48
3.5.1	テレルージュダムおよび付帯設備の建設費	… 3-49
3.5.2	導水管設布設費	… 3-50
3.5.3	導水施設建設費 (1)	… 3-51
3.5.4	導水施設建設費 (2)	… 3-52
3.5.5	導水施設建設費 (3)	… 3-53
3.5.6	浄水施設建設費 (30,000m ³ /日)	… 3-54
3.5.7	建設費支出予定表	… 3-55
3.5.8	各施設毎の建設費用	… 3-56
4.1.1	給水便益（非生活用水および政府施設用）	… 4-9
4.1.2	経済分析	… 4-10
4.1.3	経済感度分析（費用15%増加）	… 4-11
4.1.4	経済感度分析（便益15%減少）	… 4-12
4.1.5	経済感度分析（費用15%増加、便益15%減少）	… 4-13

番 号	題	項
4.2.1	財務分析	4-14
4.2.2	財務感度分析（費用15%増加）	4-15
4.2.3	財務感度分析（収入15%減少）	4-16
4.2.4	財務感度分析（費用15%増加、収入15%減少）	4-17
4.2.5	ローン返済可能性分析(CASE I)	4-18
4.2.6	ローン返済可能性分析(CASE II)	4-19
5.1	環境関連法規	5-16
5.2	水質分析結果（乾季）	5-17
5.3	富栄養化分類	5-18
5.4	貯水池の生化学分析結果	5-19
5.5	水質分析結果（雨季）	5-20



番 号	題	項
1.1	調査地域位置図	1-6
2.2.1	既存水供給施設配置図	2-78
2.3.1	将来人口予測	2-79
2.3.2	過去の調査による人口予測	2-80
2.3.3	水需要予測	2-81
2.3.4	水需要及び供給計画	2-82
2.4.1	水文観測所位置図及び等雨量線図	2-83
2.4.2	気象観測所位置図及び等蒸発量線図	2-84
2.4.3	面積雨量低減曲線	2-85
2.4.4	GRNW水系模式図及び既存導水管位置図	2-86
2.4.5	残流域流量と観測所流量の関係	2-87
2.4.6	既往最渇水年流量による水収支	2-88
2.4.7	水需要量と必要貯水容量の関係	2-89
2.4.8	年必要貯水量の頻度解析	2-90
2.4.9	流出係数	2-91
2.4.10(1)	洪水ハイドログラフ検定(1/2)	2-92
2.4.10(2)	洪水ハイドログラフ検定(2/2)	2-93
2.4.11	実績累積降雨量	2-94
2.4.12	確率洪水量	2-95
2.4.13	浮流砂量	2-96
2.5.1	地質調査位置図-I	2-97
2.5.2	地質調査位置図-II及び築堤材料位置図	2-98
2.5.3	TROダムサイト地質図	2-99
2.5.4	TRO貯水池地質図	2-100

番 号	題	頁
2.5.5	TROダム軸の地質断面図	2-101
2.5.6	地質柱状図, TRO-(1)(1/2)	2-102
2.5.6	地質柱状図, TRO-(1)(2/2)	2-103
2.5.7	地質柱状図, TRO-(2)(1/2)	2-104
2.5.7	地質柱状図, TRO-(2)(2/2)	2-105
2.5.8	地質柱状図, TRO-(3)(1/2)	2-106
2.5.8	地質柱状図, TRO-(3)(2/2)	2-107
2.5.9	地質柱状図, TRO-(5)(1/2)	2-108
2.5.9	地質柱状図, TRO-(5)(2/2)	2-109
2.5.10	地質柱状図, TRO-(6)(1/3)	2-110
2.5.10	地質柱状図, TRO-(6)(2/3)	2-111
2.5.10	地質柱状図, TRO-(6)(3/3)	2-112
2.5.11	地質柱状図, TRO-(7)	2-113
2.5.12	地質柱状図, TRO-1	2-114
2.5.13	地質柱状図, TRO-3	2-115
3.1.1	利水安全度及び建設費の関係	3-57
3.1.2	年必要貯水量の頻度解析	3-58
3.2.1	ポテンシャルダムサイト位置図	3-59
3.2.2	貯水容量とダム建設費	3-60
3.3.1	ダム及び付帯構造物平面図	3-61
3.3.2	ダム縦断面図及び横断面図	3-62
3.3.3	洪水吐、平面、縦断、横断図	3-63
3.3.4	転流工及び放流水路、縦断、横断図	3-64
3.3.5	取水口、平面、縦断、横断図	3-65
3.3.6	貯水池図	3-66
3.3.7(1)	安定解析(満水時)	3-67

番 号	題	頁
3.3.7(2)	安定解析 (水位急低下時)	3-68
3.3.8	導水施設位置図	3-69
3.3.9	導水管動水勾配図	3-70
3.3.10(1)	導水管平面図 (1)	3-71
3.3.10(2)	導水管平面図 (2)	3-72
3.3.10(3)	導水管平面図 (3)	3-73
3.3.11	ミュニシパルダイク取水施設	3-74
3.3.12	ミュニシパルダイク取水口	3-75
3.3.13(1)	導水管断面図 (1)	3-76
3.3.13(2)	導水管断面図 (2)	3-77
3.3.13(3)	導水管断面図 (3)	3-78
3.3.13(4)	導水管断面図 (4)	3-79
3.3.13(5)	導水管断面図 (5)	3-80
3.3.13(6)	導水管断面図 (6)	3-81
3.3.13(7)	導水管断面図 (7)	3-82
3.3.13(8)	導水管断面図 (8)	3-83
3.3.13(9)	導水管断面図 (9)	3-84
3.3.13(10)	導水管断面図 (10)	3-85
3.3.13(11)	導水管断面図 (11)	3-86
3.3.14	導水管縦断図 (パイ浄水場付近)	3-87
3.3.15	浄水プロセス	3-88
3.3.16	浄水場平面図	3-89
3.3.17	パイ浄水場水理流れ図	3-90
3.3.18	既存及び新規給水地区	3-91
3.4.1	ポートルイス市水供給実施計画図	3-92
3.4.2	ポートルイス市水供給施工計画図	3-93
3.4.3	建設材料及び施設位置図	3-94

番 号	題	頁
3.4.4	建設材料配分図	3-95
3.4.5	プロジェクト実施組織図	3-96
3.4.6	維持管理組織図	3-97
3.4.7	維持管理運用図	3-98
7.1	ダムサイト地質調査位置図	7-6
7.2	ダムサイト試掘横坑	7-7

第1章 総 説

1. 1 計画の背景

モーリシャス島は1,860 km²の面積を持つ火山島であり、インド洋のマダガスカル島の東約900 kmに位置している。モーリシャスの人口は約百万人でそのうち42%がポートルイス市やその近郊に集中している。ポートルイス市は単にモーリシャスの首都としてだけでなく同国の政治・商工業の拠点としても重要な役割を演じている。

ポートルイス市における市営の水供給や工業用水の供給は、グランドリバーノースウェスト川（GRNW）流域の水源を用いてエネルギー・内政通信省の中央水道局（CWA）によって実施されている。主要な給水施設はミュニシパルダイクとよばれる取水堰とパイ浄水場および一連の配水施設である。給水開始以来、これらはポートルイスの水需要をまかなうよう徐々に拡張されてきている。

しかしながら水道管の老朽化が激しく、同管からの漏水による水の損失は処理水の40から45%に達すると推計されている。さらに給水に関して、ポートルイス市への人口集中による水需要のきわだった増加というような問題がある。また、システムに貯水機能がなく季節的変動に応じることが出来ない。従って上記で述べた漏水や雨水の季節変動は毎年7月から11月までの乾季に深刻な水不足を引き起こす。

これまでに、1970年代に水不足事態解消を意図して、計画ダムサイトの各種調査が行なわれてきた。調査は物理探査による予備調査からフィージビリティ調査に及んだが、選出されたダムサイトは以下の通りである。

地 点	調査実施機関	調 査 方 法
バプティステ	GOM-FAO	電 気 探 査
ハーミタージ	GOM-FAO	同 上
コートドワール	GOM-FAO	同 上
ソレツェ	CEB-CEBTP	ボーリング
バプティステギビ	CWA	ボーリング、透水試験
ボカジーギビ	CWA	同 上
バガテレ	CWA	机 上 調 査

上記リストのうち以下の三つの地点が相対的に適したダムサイトであると CWA は判断し、フィージビリティ調査を行なった。

ソ レ ツ ェ 計 画 (1970)

バプティステージビ計画 (1973)

ボカジーギビ計画 (1979)

しかし、どの計画もまだ実現されていない。漏水問題に関しては、漏水減少計画が、二年以内に損失を30%に軽減するため、英国の協力により進行中である。

このような状況下で、モーリシャス政府は利用可能な水の季節的変動に対処するため、また、ポートルイスへの給水を安定化する計画に対する調査のため、日本政府に技術協力を要請した。

モーリシャス政府の要請に応じ、日本政府はポートルイス給水計画についてのフィージビリティ調査を実施することを決め、日本政府の技術協力実施機関である J I C A (国際協力事業団) がモーリシャスの当局と協力してフィージビリティ調査を実施することを取り決めた。

1987年10月、J I C A はフィージビリティ調査に関する T O R についてモーリシャス政府と協議し、その S / W は1988年1月に J I C A とモーリシャス政府の間で相互に同意し調印した。

S / W の合意に引き続き、J I C A は1988年4月の初めからフィージビリティ調査のため調査団を派遣した。それ以来、J I C A の調査団はモーリシャス政府と密接に協力しながら研究、調査を実施してきた。

調査はフェーズ I とフェーズ II から成る。フェーズ I はいろいろな代替計画を含む包括的調査を通じて最適計画を策定することを目的とした。フェーズ II 調査では選定された計画のより詳細な現地調査とそのフィージビリティ調査を実施した。

この報告書はフェーズ I, フェーズ II を通じて実施した上記調査・検討の結果を報告するものである。

1. 2 調査の目的

上記「1. 1 計画の背景」の状況を考慮し、本調査の目的を以下のように設定している。すなわち、2010年までの中期及び2030年までの長期のポートルイス市の水需要をまかなうよう、GRNW流域の水源の利用による給水システムの最適かつ経済的な計画を立案するものである。

1. 3 関連調査

このプロジェクトに関連する主な調査は以下のとおりである。

- (1) 予備的調査からフィージビリティ調査まで実施され、可能な貯水池サイトを選定した過去の調査報告書。
ソレツェ、バプティステージビそしてボカジーギビの三つの計画は上記既存の調査による主なものである。
- (2) CWAにより現在進行中のポートルイスの水源に関するマスタープラン調査
- (3) CWAにより現在進行中のポートルイス市給水システムの漏水防止計画。

本調査では、代替案の策定において、既存の調査報告書を参考にした。

ポートルイス市における水源開発のマスタープラン調査は現在進行中であるが、本調査ではそのマスタープラン調査に含まれている項目、すなわち水需要とその将来計画、基準、水源代替案等の基礎項目について整合性を図っている。

漏水防止計画も現在進行中である。これは水道システムにおける漏水率減少計画であり、本調査ではその目標やプログラムを十分に考慮している。

1. 4 調査団の編成

本調査は表1. 1に示したような組織で実施されてきた。即ち、JICA調査団、MEWRPS/CWA、および日本の作業管理委員会という三者から編成されている。

各種分野の専門家から成るJICA調査団はMEWRPS/CWAのカウンタ

ーパートと共にプロジェクトの調査を実施してきた。日本政府職員から成る日本側作業管理委員会は J I C A 調査団により作成された技術報告書について適切な助言を与える役割を果たしている。

1. 5 計画地域の概要

計画地域は配水区域 (24.7km²) および図1.1 に示した計画水源の G R N W 地域 (115.3 km²) から成る。

モーリシャス島は 1,860km²の面積を持つ火山島であり、インド洋のマダガスカル島の東約900 kmに位置している。モーリシャスは南緯19度59分から20度39分、東経57度18分から57度47分の間位置している。

モーリシャスの人口は約 100万人で、そのうち42%はポートルイス市とモーリシャスの北西地域の近郊に集中している。ポートルイスは首都としての政治活動のみならず、商業、工業の拠点としても重要な役割を果たしている。

計画地域は海洋性気候に属し、11月から 4月までの雨期と 5月から10月までの乾期に特長づけられている。ポートルイスの平均気温は乾期の 8月の摂氏22度から雨期の 2月の摂氏28度にわたる。

降雨は南東方向からの貿易風によって生じている。年間降水量は海岸地域の約 1,000 mmから山岳部での約3,000 mmにおよんでいるが、G R N W 流域中間部での年間降水量は約2,500 mmと推計される。年間降水量の70%は雨季に集中している。サイクロンが、計画地域の気候やモーリシャス島全体に影響を与えている。

ポートルイス市は22km²の面積を持ち、東部、南部は標高 300-800 mの山々に囲まれている。G R N Wは115.3 km²の流域面積を有し、標高 300-500 mのウィリアム台地を源流とし、中流では大規模なV字谷を流れている。本川の G R N Wは、延長距離 7km、50分の1の河床勾配でインド洋にそそいでいる。

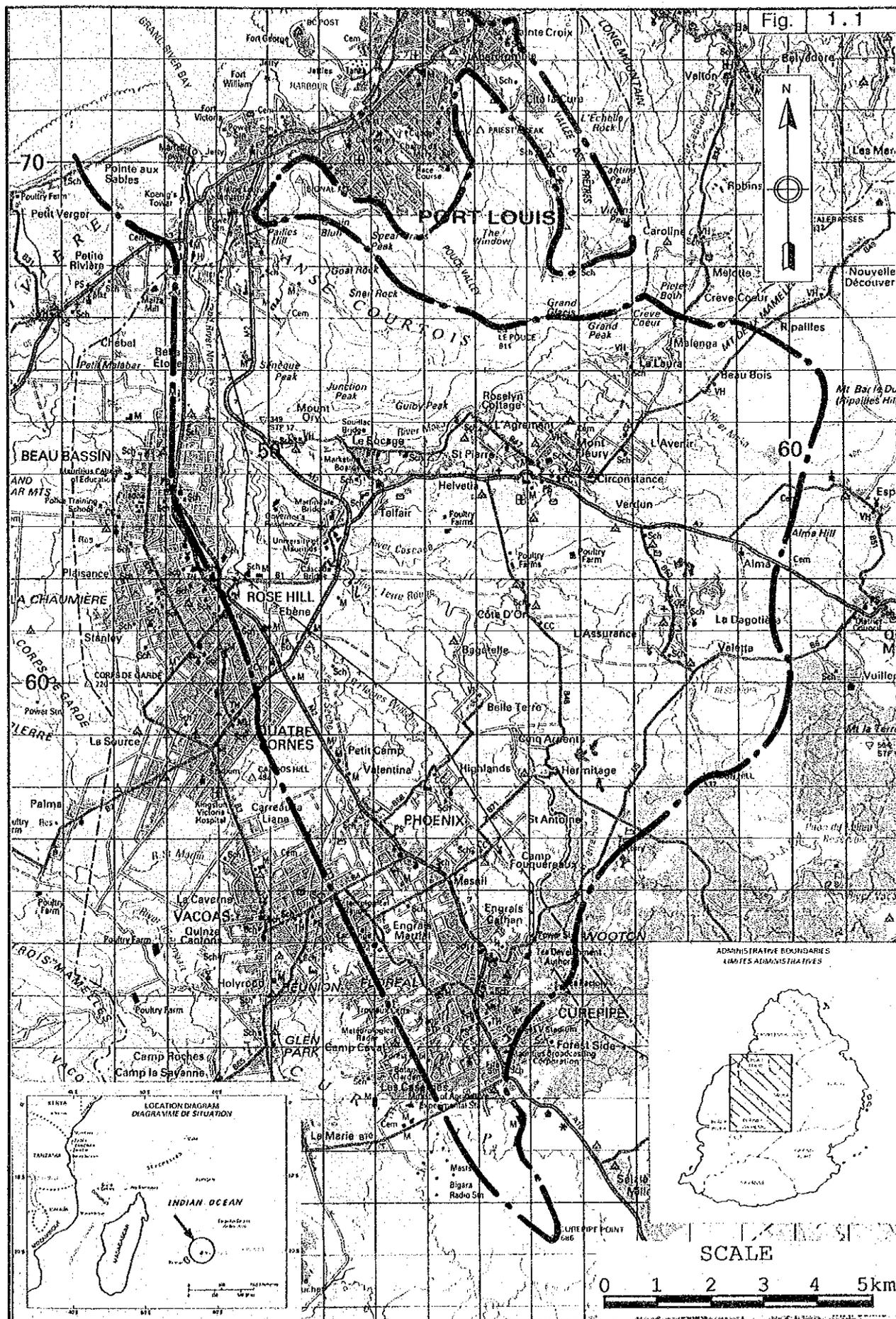
モーリシャス島は第三紀における初期の鮮新世あるいは中新世の後期の火山活動によって形成された盾形火山である。従って、計画地域のほとんどは溶岩や玄武岩などの火山層におおわれている。

附表·附图

表 1.1 調査団の構成

<u>MEWFRS/CWA</u>	<u>JICA STUDY TEAM</u>	<u>ADVISORY COMMITTEE</u>
Mr. R. Kishnah (Chairman)	Mr. N. Fujita (Team Leader/Water Resources Planner)	Mr. T. Usami (Chairman) Kanagawa Water Supply Authority
Mr. D. Soobrah (General Manager)	Mr. S. Sasaki (Co-team leader/Water Supply Planner)	Mr. I. Yokota (Member) Water Resources Development
Mr. E. Seenyen (Deputy General Manager)	Mr. M. Yako (Geologist)	Public Cooperation
Mr. R. Mungra (Chief Engineer)	Mr. M. Kuwabara (Hydrologist)	Mr. K. Umeda (Member)
Mr. N. Luchmaya (Economist)	Mr. T. Hirota (Geotechnical/Boring Expert)	Ministry of Health and Welfare
Mr. V. Proag (Executive Engineer)	Mr. S. Shimoda (Topo. Surveyor)	<u>JICA COORDINATOR</u>
Mr. H. Joseph (Chief Finance Officer)	Mr. G. Kimura (Environmentalist)	
Mr. G. Rogbeer (Head of Commercial Service)	Mr. H. Yamazaki (Water Transmission Planner)	Mr. H. Takama Social Development Cooperation
Mr. Ramrekha (Head of Hydrological Section)	Mr. Y. Oyama (Structural Engineer)	Department
Mr. Kauppaymuthoo (Chief Surveyor/Water Right Administrator)	Mr. M. Akagawa (Economist)	Mr. T. Iwata Social Development Cooperation
Mr. Mowlabacus (Hydrological Officer)		Department
Mr. H. Durup (Hydrological Officer)		
Mr. N. Dookhony (Economist)		
Mr. K. Mandhub (Assistant Surveyor)		
Mr. R. Doobory (Surveyor)		
Mr. Y. Rughoobur (Geologist)		

Fig. 1.1



調査地域位置図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 PORT LOUIS WATER SUPPLY PROJECT
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

第2章 計画地域の状況

2.1 社会経済

2.1.1 モーリシャス国の経済

(a) 行政組織

モーリシャス国はモーリシャス島・ロドリゲス島・アガレガ島・セントブランndon島の島々から成る。全面積は2,040.0km²で、モーリシャス島は1,864.8 km²で全面積の91.4%、ロドリゲス島は104.0km²で5.4%をしめる。モーリシャス島は五つの市と98の町村から成る。モーリシャスの首都であるポートルイスは五つの市のうちの一つであり、同国の北西部に位置している。

(b) 人口

1983年に行われた先の国勢調査によると、全国人口は100万432人で、男性は49.8%、女性は50.2%である。モーリシャス島の人口は96万6,863人で全国人口の96.6%であり、ロドリゲスの人口は3万3,082人で全体の3.3%である。人口密度は、モーリシャス島で535/km²である。

1972年-1983年の期間に、モーリシャス島の人口は年平均1.43%の割合で伸びている。モーリシャス島では、島の人口のうち40万3,251人、41.7%が都市部あるいは五つの市に住んでおり、残りは農村部に住んでいる。統計に基づくと、モーリシャスの全人口は1988年には約110万人と推計されている。

(c) GDP

1987年の国内総生産(GDP)は要素費用表示でおよそ18,020百万ルピーであった。国民総生産(GNP)は、17,500百万ルピーであった。一人当りの国内総生産は約18,600ルピーであると推計された。製造部門の付加価値は4,530百万ルピー、GDPの25.1%で全部門中で最大であった。農業、狩猟、林業、漁業がそれに続き2,495百万ルピーでGDPの13.8%であった。卸売

り、小売り業、レストラン、ホテル部門や金融、保険、不動産、商業部門がそれぞれGDPの13.4%、13.5%と続いていた。要素費用表示でのモーリシァスのGDPは1981年-1987年の間に年平均12.8%と著しく成長した。製造業部門は年平均22.0%であらゆる部門のうちでもっとも急速に成長し、同じ期間に15.7%から25.1%とそのシェアを伸ばしている。製造部門の付加価値である輸出加工区（EPZ）は約54%となり、製糖産業をしのいでGDPに最も貢献している。

(d) 労働力と就業

1987年3月には、24万5,381人が民間企業と行政機関に就業しており、そのうち男性は16万1,807人で全体の65.9%、女性は8万3,574人で34.1%であった。全体のうち5万4,857人、22.4%が中央あるいは地方行政機関で就業している。民間部門では、製造業が9万3,311人、民間部門全体の中で49.0%で最も高い。農漁業部門が4万6,381人、24.3%とこれに続いている。EPZでは、7万6,819人で民間部門全体の40.3%が就業し、就業に関しては最も大規模な単一産業である。製糖産業がこれに続き、4万974人が就業している。

1983年の調査結果に基づく1986年の失業率は経済企画・開発省によると、13.8%と推定されている。しかし非公式部門の存在、また行政によって供給された失業利益を導入した結果を考慮すると、実際の失業率の数字は現在よりかなり低くなるであろう。モーリシァスの全体の労働力、つまり活動していない人を除いた15歳以上の者は39万9,200人で男性27万5,000人、女性12万4,200人と推計されていた。

(e) 貿易と国際収支

輸出は1980年-1986年の間に年平均18.1%と近年来、着実に増加しつつあり、1986年にはFOB価格で9,062百万ルピーに達した。最大の単一輸出産業はモーリシァス輸出加工区（EPZM）で4,950.5百万ルピーの輸出額を

達成した。これは全体の54.6%であった。製糖産業がこれに続き全体の39.2%であった。輸入は同じ期間に安定した増加を記録した。しかしながら、年平均の増加率は11.8%とかなり低く、1986年のC I F価格で9,199.0百万ルピーであった。製品や機械の輸入は6,146.5百万ルピーと最も大きく全輸入量の66.8%であった。食糧、家畜、飲料がこれに続き1,215.9百万ルピーで全体の13.2%であった。鉱物燃料は三番目で706.6百万ルピー、全体の7.7%であった。

急速に成長した輸出及び相対的に緩やかな輸入の伸びに伴い、貿易赤字は1980年の1,380百万ルピーと比較して1986年には137百万ルピーの赤字と着実に減ってきている。1986年には、国際収支は1,288百万ルピーの黒字を記録した。1986年末に外貨準備は1,983百万ルピーであった。

(f) 国家収入支出

モーリシャス政府による見積りによると、全国家歳入は1986/87の会計年度で5,494百万ルピーであり、その内、間接税は3,541百万ルピーで全体の64.5%、直接税は759百万ルピーで全体の13.8%であった。全支出は1,164百万ルピーの資本支出や129百万ルピーの純貸付、4,625百万ルピーの経常支出を含む5,918百万ルピーであった。全体の予算赤字は424百万、市場価格ベースのGDPの2.2%で1982/83会計年度の9.5%からかなり改善された。DSR（デット サービス レシオ）製品輸出やサービスの額に対する割合としての公的対外債務であるが、これは限界水準とみなされている20%よりかなり低く、1986年には7.3%であった。

(g) 通貨と価格

国際収支状態や外貨保有高が良好であることから、モーリシャスの通貨であるルピーは、ここ数年、他の外国通貨に対して安定的な交換比率を保ち続けている。1987年6月のルピーの交換比率は1 USドル当り12.652ルピー（買値）と13.158ルピー（売値）であり、日本通貨の100円当り8.793ルピー

(買値)と8.99ルピー(売値)であった。

消費者物価指数(CPI)は1980年代の初めはかなり不安定であったが、その後安定を保っている。1985年から1986年までのCPIの年変化は1.8%で1986年から1987年までは1.2%であった。

(h) 世帯当りの所得と支出

1986/87年の家計調査によると、1986/87年度の一ヶ月当りの所得平均は3,496ルピーで、1980年/81年の場合より58.0%高い。同期間のインフレ率の47.5%を考慮すると、所得は実勢で約10%改善された。3,000ルピーを上回る月所得の世帯は1980/81年の21%に対し、1986/87年は全世帯の42%以上となり、所得分配における確実な改善を表している。

世帯支出の41.9%は食糧・飲料にあてられているが、これは1980/81年のときより2.5%低くなっている。支出項目の中では教育、その他サービスが1980/81年に比べて82.4%以上の増加で最も高い伸びを示した。一方、世帯支出全体の平均は同期間に33.3%増加した。

2.1.2 ポートルイス市の経済

(a) 行政組織

ポートルイス市は42.7km²の面積を持つモーリシャスの首都である。ポートルイスはモーリシャス島の北西部で、GRNWの河口の北東に位置している。行政的にポートルイスはモーリシャス島の都市部にある五つの市のうちの一つの市であり、同時にポートルイス市自身一つの郡も構成している。ポートルイス市は六つの区と19の地区から成っている。

(b) 人口と就業

1983年の国勢調査によると、ポートルイス市の人口は13万3,702人を数え、モーリシャス島の人口の13.8%、都市人口の33.2%となっている。全人口のうち6万6,132人、49.5%が男性である。人口密度はモーリシャス島の人口

密度よりも約6倍ほど高く、1戸当り3,131人と推計されている。世帯数は2万9,187で平均の世帯規模は4.58人である。1983年の国勢調査結果に基づく中央統計局による人口推計によるとポートルイスの人口は1983年-85年のあいだに年平均0.97%増加し、モーリシャス島の0.91%よりわずかに高く、同国全体のそれとまったく等しい。

1983年の国勢調査によると、6万1,387人がポートルイス地区で就業しており、そのうち4万6,240人が男性で1万5,147人が女性であった。全体のうち、2万8,930人、47.1%がポートルイス地区居住者で、残り3万2,457人、52.9%は外部からの通勤者であった。ポートルイス居住者のうち5,805人はポートルイス地区以外で働いている。従って、ポートルイス地区在住者の就業者数全体は3万4,735人と推計される。

(c) ポートルイス地区における水不足の発生

1965-83年の期間におけるGRNWの流量記録によると、月毎の流量は7月から12月初めの期間は河川流量が小さい。降雨及び流量は一般にサイクロンの到来する1月~2月の期間に大きくなる。ポートルイス市給水システムの水源は主にGRNWの流れに頼っており、毎年のように大きな水不足に悩まされている。先の旱魃は厳しく1987年8月から始まり1988年の2月まで長引いた。このため、ポートルイス市の全市民及び経済活動がかなりの影響を受けた。1988年の1月~2月は、水道が一日わずか4時間しか給水されず、住民に重大な不便をもたらし、市の経済を混乱させた。

旱魃に対処するため、CWAは種々の対策をとってきた。緊急時においては、最大一日当り5,000 m³の水をマレオバコアシステムのプチ・リビエールの貯水池からポートルイスに応援供給している。CWAは工場側に対して1月から8月の期間にフル操業し、旱魃や継続的な断水が通常起こる残りの時期には、生産量を下げるように助言している。水圧が低い地域での深刻な水不足を軽減するため、CWAは旱魃期には給水車で給水の不足を補っている。

上記の対策は水不足による被害の一定程度の軽減には有効だが、水不足の解消には水源を拡大・確保するという抜本的対策が不可欠である。

2.1.3 社会・経済データ

1983年調査時のモーリシャスの人口を表2.1.1に示す。1846年から1983年までの調査によるモーリシャス島の人口と年平均増加率を表2.1.2に示す。ポートルイス市の人口を表2.1.3に区ごとに示す。また、中央統計局の1983年調査に基づいて推計された1983、1984、1985年の各年末におけるモーリシャスの人口を表2.1.4に示した。

1986年の15歳以上の職業別および性別のモーリシャスの人口を表2.1.5に示す。1980年3月から1987年3月までの期間の主要な産業別大規模事業所の就業状況を表2.1.6に示す。モーリシャス輸出加工区（EPZM）での就業は表2.1.7に示した。

産業別の現在の要素費用表示の国内総生産（GDP）と国民総生産（GNP）は表2.1.8に示す。1985年から1987年6月までの期間の主要商品群の輸出入は表2.1.9に示す。1981年—1986年の国際収支は表2.1.10に示す。

1980年から1987年にかけての消費者物価指数は表2.1.11に示す。ポンド、円、USドルに対するモーリシャスルピーの外国為替比率は表2.1.12に示されている。1980/81年から1986/87年度までの平均世帯における支出は平均世帯所得と共に表2.1.13に示す。モーリシャス政府の経常支出と資本支出はそれぞれ表2.1.14と表2.1.15に示す。

2.1.4 プロジェクト経済

(1) 水道料金

(a) 現在の水道料金

水道料金は1988年5月16日に改定され現在に至っている。

水道料金は次の水利用別に規定されている。

(1) 家庭用

- (ii) 野菜、花の栽培及び牧畜業者
- (iii) 政府省庁、その付属機関及び大臣から承認された宗教団体
- (iv) 公共水栓
- (v) 船舶給水
- (vi) 給水栓
- (vii) 家庭外の他の利用者
- (viii) その他の分類

一部を除き、水道料金は基本料金と使用量に応じて算出され徴収されるシステムとなっている。料金は基本的に累進的である。過去の実績に基づいて決められた水道料金は、1987年では1立方メートル当たり平均で3.29ルピーであった。

(b) 過去の水道料金の改定

水道料金の改定は、水供給の費用を回収し、CWAの経済的経営を維持するために、1973年7月以降以下の様に8回行なわれた。

- (i) 1974年11月1日
- (ii) 1979年7月1日
- (iii) 1980年7月1日
- (iv) 1981年12月1日
- (v) 1983年1月1日
- (vi) 1984年1月1日
- (vii) 1984年10月1日
- (viii) 1988年5月16日

(2) CWAの財務状態

(a) 財務政策

CWAに関するすべての借款契約はCWAに対して以下の項目に見合うだけの十分な歳入を作り出すことを条件付けている。

- (i) 運営費
- (ii) 減価償却費
- (iii) 減価償却費引当金を越えない範囲での利子返済及び長期負債の償還
- (iv) 妥当な範囲での、将来の施設拡張のための剰余金

(b) 財務状態

CWAの“1985年/1986年の財務状況の要約”によると、以下に示す様に、歳入から運営費、減価償却費、利子支払い他を差し引いた純収入は8.3百万ルピーと初めて黒字となった(表2.1.16参照)。

単位：百万ルピー

収入	184.5
支出	173.5
前年度補正その他	2.7
剰余金	8.3

飲料水供給からの歳入のうちでは、“家庭用”が最も多く62%である。それに続いて“政府関係”が22%であり、“非家庭用水”が16%である。

灌漑用水給水による歳入はきわめて小さく飲料水供給による歳入の約1.4%である。

飲料水給水施設の再評価後の実質移動資産に対する利益はプラス6.34%であり、灌漑施設のそれは-8.24%である。全体の利益はプラス5.26%である。

(3) 水使用のための家計支出

CWAによって作成された1987年の水の販売資料によると、CWA水供給施設の利用人数は合計で13万2,883人でその年間消費量は56,504千m³であった。その時のCWAの年間の歳入は185.8百万ルピーであった。1人当りの平均収入は69.7ルピー/月であった。

英国のthe Economist Intelligence Unitから出されているモーリシャスと

3つの隣国のCountry Report (No. 2 1988) によると、1986/1987年会計年度の平均的家庭の収入と出費はそれぞれ月額3,496 ルピー、2,764 ルピーである。

平均的家庭の収入及び支出における水道料金支出はそれぞれ2.0 %、2.5 % であり、これらの値は妥当な範囲にあると思われる。

(4) ポートルイス給水網の平均収入

将来の水販売による収入は、平均水道料金もしくは、現在の水道料金が施行された1988年 5月16日以降のポートルイス給水網で供給された一立米当りの収入に基づいて今回の調査のために算出された。

水道料金の改定による平均歳入の将来の増加は、主に以下の考慮に基づいて推量される。

- (i) 物価上昇率 (消費者物価指数等)
- (ii) プロジェクトの実施のためにCWAへ融資された借款の償還
- (iii) 未払い借款の償還
- (iv) 固定資産の減価償却
- (v) 水供給施設の拡張と質的向上
- (vi) 利用者の水道料金の支払い能力

料金の改定は 3～ 5年おきに必要になるものと思われる。

(5) 資本の機会費用

1987年 6月のモーリシャスにおける主要な利子及び割引率は以下の様である。

貸付	単位：%/年
モーリシャス銀行	
再割引率	10.25
商業銀行	10.25 - 16.50
財務証券 (割引率)	9.0

預 金

貯 金	8.0 - 8.5
定期預金	8.25 - 11.25

2. 2 既存の給水施設

2.2.1 概 要

現在、ポートルイスの主要な水道施設はミュニパルダイク取水堰、パイ浄水場、配水本管、配水池から成っている。上記既存施設の配置概要を図2.2.1、表2.2.1、表2.2.2 に示す。

2.2.2 水 源

現在の主水源はグランドリバーノースウエスト川であるが、緊急臨時用として以下の2水源を有している。

- (1) モンテベロからの原水を運ぶモンテベロパイ導水管
- (2) ピエレフォンからプチ川貯水池を通りパイまで浄水を運ぶコロマンデルパイ送水管

2.2.3 浄水施設

パイ浄水場に1926年に緩速ろ化池が初めて建設され、それ以降1960年に容量を拡張し、さらに最近では1981年に拡張工事を行った。

全体の濾過面積は、1981年以来10,062㎡に拡張されている。

2.2.4 配水施設

配水地区の他に合計61,000㎡の容量の10カ所の配水池がある。表2.2.2 および図2.2.1 参照。

送配水本管について、表2.2.1 に示した。既存の配水システムはポートルイス (4,270 ha) の市面積の91%の3,900ha をカバーしている。表2.2.3 参照。

2.2.5 問題点

既存給水施設の主要な問題点は以下のとおりである。

－施設の劣化：

ポートルイス給水システムは100年以上の古い歴史をもつもので、いくつかの施設は老朽化してきている。特に管類は著しく劣化しており、大量の漏水損失を生じさせている。

－原水貯留量の不足：

原水の貯留施設がない。つまり、川の流れが乾期でかなり少ない時、処理される原水は量的に十分ではなく、24時間給水が達成されない。

－処理施設：

現在の処理工程は低濁度の原水に適用される緩速ろ過法である。そのため降雨時の高濁度時には処理作業を中止する事態となっている。

2.3 水需要予測

2.3.1 人口予測

(1) 概要

本調査で立案した人口予測（2010年および2030年）は、1983年の住宅及び国勢調査と1985年の人口統計に基づいて行ったものである。この人口予測では、ポートルイス市が居住人口に制限をする（飽和人口）という仮定にもとづいている。

本調査では、低位の人口予測を水需要予測に適用している。高位と中位の推計は、将来の家庭用水需要変化の目安として用意した。低位予測の場合、ロジスティック・カーブによる飽和人口成長法を用いたが、これは1973年の英国のODAのマスタープラン調査や国家開発計画（1977年）で用いられた方法と一致している。予測の中で、ポートルイスの飽和人口は20万人と仮定した。

先の1983年国勢調査では-0.02%という調査期間で人口減少を表している。

一方、1975-85年のポートルイスの統計では1.3 ~ 1.8 %という自然増を示している。表2.3.1 参照。以上の事実を考慮して、高位と中位の予測は25年以上の期間にわたって、それぞれ1.4 %と1.2 %という年平均増加率を用いている。1983年の調査結果と1985年人口統計の要約を表2.3.2 と図2.3.2 に示す。表2.3.3 と図2.3.1 には1985年現在および、1990、1995、2000、2010、2030年の将来人口の予測結果を示す。

2.3.2 水需要予測

(1) 概要

現行のCWAの水道料金体系は用途別に3種類に分類されている。すなわち、1)家庭用、2)工業用・営業用・公共用・船舶給水等の非家庭用水、3)政府機関用である。将来需要予測についても、これと同様に用途別に推計を行なった。ポートルイス水道のこれまでの実績は表 2.3.4に、また、上記3種類の用途別有収量(1981/82年~1986/87年)の記録を表 2.3.5に掲げた。表 2.3.6には、1988年の最近の月毎の家庭用水量と全使用水量を示してある。

(2) 家庭用水

ポートルイスシステムの現状の水使用の原単位(一人一日あたり給水量)を解析して表 2.3.7に示した。1985年および1986年の原単位はそれぞれ 239、226 Q /人/日となっているが、この数値は先進国なみであり、かなり高い数値である。一方、1987年および1988(前半6ヵ月)の平均値は、それぞれ 178、180 Q /人/日であった。

本計画では、将来の家庭用水原単位は、他の先進国の実績を考慮にいれて、1988年の180 Q /人/日をもとにして、年ごとに漸増し、2010年に 200 Q /人/日、それ以降2030年まで同レベルを保つものと計画した。

上記の原単位を用いて、将来人口(表 2.3.3参照)に対し、家庭用水需要量を求めた。給水普及率は、現状の92%から、2000年には 100%に到達するものとした。その結果を表 2.3.8に掲げたが、家庭用水需要量は1988年の 23,184 m^3 /日から2030年には35,368 m^3 /日に増加する。

(3) 非家庭用水

非家庭用水は、商業用・工業用・学校および病院用からなっている。以下にそれぞれの予測水量を示す。

商業用

商業用水は業務従事者すなわち通勤者の数と密接に係わっている。1987年3月の就労・賃金調査書（隔年刊）によればポートルイス市の就業人口すなわち通勤者数は1988年で約9万人～9.5万人（公務員を含む）と推定されている。公務員数は4万人なので、それ以外の通勤者は5万人～5.5万人と推定される。就労者数の増加について、1977年の全国開発計画では、ポートルイスでは、物理的にみて、就労者の飽和人口は最大11万人と見積られている。したがって、ここでは2030年に11万人に達するものとして計画した。一人一日あたり水量については、通勤時間が日中に限られていることから家庭用水の50%と設定した。

商業用水量については表2.3.10に集計したが、1988年の4,480m³/日から2030年には9,900m³/日に増加する。

工業用

1985～1988年の記録からみると、工業用水は1985年の平均水量が1,300m³/日だったものが、1986年からは4,000～5,000m³/日と急増している。この増加は主に繊維工業の染色工程の増加に起因している。1988年に工業用水量が2,000m³/日ほどに落ちたが、これは水源不足による給水制限のためである。将来水量の予測のための資料が不足しているので、工業用水使用量は従業者の数と正の相関関係にあるものとし、従業者数をもとにして将来予測を行なった。これまでの実績によれば、工業用水量は従業員一人あたり220g/日の原単位を適用することができる。工場就労者は最大5万人（飽和）と見積もられるので、2030年には約11,000m³/日になると予測される。

学校および病院用

現在の生徒・学生数と原単位（50ℓ /日）から将来の学校用水量を次のように予測した。

項目	1987/88年	1990年	2000年	2010年	2030年
生徒・学生数	30,000人	30,000人	35,000人	40,000人	50,000人
学校用水量	1,500 ℓ/日	1,500 ℓ/日	1,750 ℓ/日	2,000 ℓ/日	2,500 ℓ/日

病院用水については、整備計画と原単位の増加を考慮して次のように将来推計した。

項目	1987/88年	1990年	2000年	2010年	2030年
病床数	450/500	600	800	1,000	1,000
原単位(ℓ/床/日)	400	400	400	400	450
病院用水量(ℓ/日)	200	240	320	400	450

上記の非家庭用水（営業用・工業用・学校および病院用）量を表2.3.11に集計した。

(4) 政府機関用水

政府機関の用水量は1988年の平均で 2,000～ 2,500ℓ/日であった。この用水量は将来もあまり変化する性格のものではないので、2,500ℓ/日が将来も継続するものとした。

(5) 将来水量のまとめ

低位予測（妥当予測）

これまで、現在および将来の用途別需要予測を行ってきた。これを表2.3.12に示す。これらの予測は低位であり最も妥当な予測と考えられている。表にみられるように、全水量は2030年に82,490ℓ/日に達する。特徴的

なのは2030年までの45年間を通じて、家庭用水量の増加率が年間0.6%ほどと比較的低いことである。これに対し、非家庭用水量は年間2.4%の伸びを示している。

中位および高位予測

水需要予測量のへ変化の度合いを知るために、中位および高位予測をも行なってみた。これを表2.3.13に示したが、これはポートルイスの人口の各種予測に対応させたものである（前章 2.3.1参照）。この表では、2030年では中位予測で97,520m³/日、高位予測で103,290m³/日となっている。

図 2.3.3にこれらの需要量予測を示した。また、図 2.3.4に最も適当と推測される水需要予測を水供給計画と対比して示してある。

2.4 気象・水文

2.4.1 概要

グランドリバーノースウェスト（GRNW）はミュニシパルダイクにおいて流域面積113.21km²の島内で最大級の川の1つである。調査地域は標高300 m以上の台地とGRNWの河川侵食によって形成された溪谷から成る。

1年は11月から3月までの夏と4月から10月までの冬の2つの季節に分けられる。最も乾燥している月は10月であり、年間降雨量の2.5～3.6%程度である。最も雨の多い時期は1月から2月であり、サイクロンもしくは熱帯性の前線によってもたらされる。GRNW川の流量は季節変動が大きく、平均年間総流量は88 MCM である。河川水は暴風雨の間に集中しているため殆んど利用されず海へ流出している。

2.4.2 降雨

調査地域には4つの気象観測所と56の雨量観測所がCWA、気象関係省庁、砂糖栽培業者により設置されている。これらのデータは気象サービスにより収集、

整理されている。

アルマ、レドゥイそれにバコアの気象観測所においては約100年の長期にわたり観測が継続されている。雨量観測所及び気象観測所の位置を図2.4.1 および図2.4.2 に示す。

a) 雨量データ

降雨の特性及び流域内降雨量を決定するため、20の観測所から不完全なデータも含めデータ収集を行った。図2.4.1 にGRNW川流域の等雨量線図を示す。雨量観測所の観測域は1観測所あたり平均約5 km^2 である。この観測網の密度は流域の降雨量を算出するには十分である。

b) 流域雨量

前述の様に雨量観測所は十分な密度をもって分布しているので、流域雨量の算出にはティーセン法を採用した。年間降雨量は標高が高くなるとともに増加している。この傾向はサイクロン等の暴風雨においても認められる。このティーセン網は、この様な地形による降雨分布特性を十分に反映している。図2.4.1 にそのティーセン網を示す。

5ヶ所(W03、W04、W05、W08そしてW10)の水位観測所における年間の降雨量は平均で2,300 ~ 2,550 mmである。五つの主要な支川であるブレインウィリアム川、テレルージュ川、カスカデ川、プロフォンデ川それにモカ川の流域雨量はこの順序で小さくなっている。

c) 地点雨量と面積雨量の関係

面積雨量を豪雨時の等雨量線図から求めた。図2.4.3 に示すように地点雨量と面積雨量の関係は面積に応じて変化するが、大きなサイクロンの場合は面積低減係数は比較的均一な値を示している。これはサイクロンの降雨域がモーリシャス島より大きいためである。夏期のシャワーは局地的な擾乱により突発的に起きるが、このような場合の面積雨量は変化しやすい。図2.4.3 にフレッチ

ヤ-式、ホートン式による関係を同時に示す。Gervals サイクロン（1975年2月5～7日）は上記2式によるよりも比較的広域で均等な降雨をもたらした。

d) 確率降雨

年最大降雨は一般に12月から翌年の2月にかけて起きる。確率降雨は20観測所のデータを用いてガンベル、ピアソンIII、岩井式より算出した。結果を表2.4.1に示す。設計洪水量には安全のため各式の最大値を採用した。以下にGRNWの確率雨量を示す。

確率降雨量 (mm)			
再起期間 (年)	1日	2日	3日
10,000	1,168	1,799	1,999
1,000	935	1,381	1,551
200	771	1,114	1,260
100	701	1,003	1,140
50	630	901	1,021
20	536	765	864
10	463	661	751
5	387	551	632
2	272	398	470

e) 確率最大降雨量(PMP)

PMP算出にはサイクロン修正法、統計手法を用いた。結果は以下のとおりで、10,000年確率降雨量がPMPより大きいため、設計では10,000年確率降雨量をPMPとした。

サイクロン修正法	統計手法(I)	(II)	10,000-year
1,021 mm	1,081 mm	1,039 mm	1,168 mm

f) その他の気象データ

－蒸発量

蒸発量はレドゥイ、バコア、ベレリブの3気象観測所でA型蒸発計を用いて記録されている。年平均蒸発量は1,694mmである。日最大蒸発量は1月の5.9mm/日、日最小蒸発量は6月の3.2mm/日である。貯水池からの蒸発量は観測データの70%とした。

－露点

露点データについてもPMP算出のため収集されている。

－風速

風速データはポンプレムース観測所で記録されている。1876年から1975年までのサイクロンの時の強風データを収集し、計画波浪高の算定のため用いた。

2.4.3 流量

a) 流量データ

流量データは図2.4.1に示すように、GRNW川流域内の6地点で観測されている。そのうち、5観測所は上、中流域の支川に位置し、1観測所はGRNW川のミュニシパルダイクに位置する。これらの観測所はCWAの水文課によって維持管理、観測されている。ミュニシパルダイクに位置する観測所W13は上流でほとんど取水され、水位が観測範囲以下となって観測不可能となっている。流量資料は1964年以来、“Hydrological Year Book”として出版されている。

b) 水位－流量曲線

各観測所の水位－流量曲線は低水位用のため、高水位に適用するため不等流計算によって水位－流量曲線を引伸ばした。

c) 河川水の取水の現況

GRNW川流域の河川水の取水施設は35か所あり、総取水量はミュニシパルダイクからの取水および還流水を除いても $1\text{m}^3/\text{s}$ に達する。CWAは自記記録計を取水路に設置して取水の状況を監視し、取水量の直接観測を行っている。

d) 低水流量

各観測所の流量を以下に示す。

観測所	平均	信頼度		
		80%	90%	95%
W03 フレインクイリアム	0.48	0.170	0.137	0.120
W04 テレルージュ	0.48	0.102	0.087	0.077
W05 カスカデ	0.73	0.247	0.182	0.157
W08 プロフォンデ	0.32	0.136	0.109	0.091
W10 モカ	0.69	0.230	0.171	0.145

表2.4.2 に各観測所における年平均流出率を示す。各支川の年平均流出率は上述の河川水の取水の影響のため、かなりのバラツキを示している。

e) 残流域の流量

原水の取水口であるミュニシパルダイクと各観測所間の残流域は 24km^2 で、ミュニシパルダイクでの全流域面積の21% を占める。残流域からの流量を算定するため、各観測所および下流地点での流量観測を行った。表2.4.3 および図2.4.5 に結果を示す（観測地点の記号は図2.4.4 参照）。

本調査に先立って実施された水文調査によれば、GRNW河道に沿った、特にソレツェ地区に於いて河床よりの漏水があるとされていた。今回、現地直接流量観測に基づく水収支をミュニシパルダイク地点で評価したところそのような事実

は認められず、逆に増加が認められた。河道沿いには、多量の河床堆積物が存在し、したがって、部分的には河川表流水の一部が伏流することはあるものの基岩が露出する地点たとえばミュニシバルダイクでは流量が地表に表われる。

テレルージュ川に流れ込み式の水力発電所があり一時的に河川水を貯留し、満水になったところで発電用放流を行なっている。この操作により、GRNWの流量は周期的な変動を起している。このためミュニシバルダイクの流量から人為的な影響を取除くため、発電の周期に対応する期間の連続した流量観測が行なわれた。

1989年11月1日の直接流量観測によれば、5支川からの流入は各水位観測所の総和で570 Q/sであった。これらの水位観測所とミュニシバルダイクとの間での取水量は総量で275 Q/s、したがって295 Q/s (570 - 275) が残量となっている。一方ミュニシバルダイクでの流量は549 Q/sであり、これは水位観測所とミュニシバルダイクの間で254 Q/s (549 - 295) の増加があったことを示している。

1/Nov. 1988								
W03	W04	W05	W08	W10	計(1)	(2)	W13(3)	
					(a)	(b)	(c)	(c)-((a)-(b))
79.2	130.4	176.3	114.5	69.6	570.0	275.0	549.1	+254.1

(1) : 5ヶ所の水位観測所での (AM 9:00~PM 1:00) までの平均流量

(2) : W019、W026、W002、W003、W006 の総和

(3) AM10:30~PM 5:30までの平均流量

この結果は、一見すると河道沿に流量が減少しているかのように見えるが、水位観測所とミュニシバルダイク間の取水を考慮すれば、ミュニシバルダイクでの総流入量は5水位観測地点流量総和よりも多い。ダムからの放流は乾期に行われるから、今回の結果により河床からの流量のLossがTROダムの有効貯水量や放流量に影響を与えることはないことが明らかとなった。

2.4.4 水収支及び必要貯水容量

a) 概要

貯水池運用シミュレーションを用いて必要貯水容量を決定した。また、貯水容量と利水安全度の関係を検討した。河川の模式図および水供給施設位置図を図2.4.4に示す。

b) 必要貯水容量

最終目標年及び中間年における不足水量を算定するためミュニシパルダイクをバランス点として水収支計算を行った。基準渇水年として既往渇水年の1983年を採用した。基準渇水年における年平均流量は $1.5\text{m}^3/\text{s}$ 、10日平均最小流量は $0.34\text{m}^3/\text{s}$ である。水収支結果を図2.4.6及び以下に示す。

年	水 需 要 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)(MCM/年)		不 足 水 量 (MCM/年)
1990	60.250	22.8	1.8
2000	71.210	26.0	3.7
2010	78.569	28.7	5.2
2030	82.490	30.1	6.1

図2.4.7に各水需要に対する必要貯水容量を示す。基準渇水年は既往最渇水年の1983水文年とした。必要貯水容量は各目標年の水需要量に未収入水量、浄水場での損失水量および河川維持用水を考慮して算出した。現在の水需要量 $62,000\text{m}^3/\text{s}$ についても1983年の基準渇水年に対して1.3MCMの貯水容量が必要となる。表2.4.4に最終目標年2030年の水需要量に対し、過去20年間の水文資料を用いた貯水池運用シミュレーション結果を示す。

c) 利水安全度

各貯水容量と利水安全度の関係を検討した。節水率は以下の式より仮定し、
 渇水時は一定節水率とした。

$$C = (Q - (S - S_0)) / (N / 86400 / 1000000) / Q$$

ここに、C : 節水率

S : 貯水量 (MCM)

S₀ : 必要貯水量 (MCM)

N : 節水日数

Q : 取水量 (m³/sec)

表2.4.5 に最終目標年2030年の水需要量に対する利水安全度の関係を示した。

d) 現状施設の水供給能力

本計画による利水便益を算出するため、各目標年の水需要量に対する現状施設の水供給量を求めた。現状施設の水供給量は1983年の基準渇水年に対する量と22年間の平均値を求めた。表2.4.6 および以下に結果を示す。

Hydrological condition	1988	1990	2000	2010	2030
1983	0.737	0.720	0.796	0.830	0.851
22-year average	0.784	0.766	0.887	0.952	0.990

2.4.5 洪水解析

a) 有効雨量

有効雨量を求めるため過去の洪水記録から図2.4.9 に示す21の洪水とそれに

対応する流域降雨を抽出した。これらを解析した結果、以下のような関係式を得た。

$$Re = 0.170 * R \quad (\text{累加雨量} < 250\text{mm})$$

$$Re = 0.625 * R \quad (\text{同} > 250\text{mm})$$

where, R : 時間雨量 (mm/時)

Re : 有効雨量 (mm/時)

b) 貯留関数法

洪水解析は貯留関数法を適用し、過去の洪水記録に対して検定を行った。貯留関数式に含まれる定数k, p は過去の4洪水記録に対する検定によって決定した。対応する流域降雨波形は、洪水時の地点雨量と面積雨量はほぼ同等の関係にあるので、パコア観測所の降雨波形を採用した。

c) 定数k, p の決定

過去の4洪水記録から得られた定数k, p を以下に示す。

ケース	k	p	観測所	流域面積 (km ²)
A-1	25.6	0.415	W03	29.7
A-2	41.1	0.415	W04	17.6
A-3	32.7	0.415	W05	8.3
B	24.5	0.415	W13	113.2

W04 およびW05 観測所のk 値は、流域がさとうきび畑でまた河床勾配が緩やかなため、比較的大きい。W03 の流域は都市化が進んでいること、またW13 は河床勾配が急なためk 値が小さくなっている。4洪水記録の検定結果を図2.4.10(1) および(2) に示す。

d) 計画洪水量

ダム地点での計画洪水量算出のため、流域特性の似ているケースBの定数k.pを採用した。計画降雨波形は1日計画雨量から作成した。また、3日連続降雨を想定し、1日、2日、3日計画雨量の差分に対してそれぞれ1日計画降雨波形を作成した。各日の計画雨量は以下のように算定した。

$$P_{3rd} = P_{1-day}$$

$$P_{2nd} = P_{2-day} \times 2 - P_{3rd}$$

$$P_{1st} = P_{3-day} \times 3 - P_{2nd} - P_{3rd}$$

ここに、 P_{nth} : 第n日の日雨量

P_{n-day} : n日確率雨量

流域降雨量は、ダム地点の流域面積が54.9km²であるから、図2.4.3の関係より地点雨量に面積低減係数0.85を乗じて求めた。

e) 計画降雨波形

計画降雨波形として図2.4.10のパコア観測所の記録から、降雨量および降雨強度の大きい、1975年2月6日の24時間降雨波形を採用した。各時間雨量の配分率を以下に記す。

時 間	パーセント	時 間	パーセント
1	0.52	13	5.70
2	3.52	14	12.11
3	0.58	15	13.42
4	1.26	16	6.58
5	0.93	17	0.82
6	1.62	18	0.47
7	2.74	19	0.08
8	6.85	20	0.14
9	6.30	21	2.16
10	10.96	22	1.53
11	9.04	23	1.51
12	10.96	24	0.44

以下に確率降雨量を示す。

再起確率年	(mm)		
	第 1 日	第 2 日	第 3 日
10	77	168	393
20	84	195	455
100	116	257	596
200	125	291	656
10000	171	536	993

f) 計画洪水量

計画降雨波形から得られた尖頭洪水量および洪水波形を図2.4.12に示す。以下に尖頭洪水量を示す。

確率尖頭洪水量	
再起確率年	尖頭洪水量 (m ³ /s)
10	455
20	536
100	718
200	796
10000	1233

2.4.6 堆砂量

a) 堆砂量データ

流送土砂量に関するデータは十分ではないが、3観測所で観測が行われている。浮流砂量と流量の関係式は以下のとおりである。

$$Q_s = q_s \times (1/r) \times 10^{-6} \times Q_{TRO},$$

$$Q_{TRO} = q_{TRO} \times \text{Area}$$

ここに、 Q_{TRO} : ダム地点での日平均流量 (m^3/sec),

Q_s : 日平均浮流砂量 (m^3/sec),

Area : 流域面積 (54.9km^2)

r : 砂の乾燥密度 (g/cm^3).

砂の乾燥密度を $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ と仮定して上式は以下のようなになる。

$$Q_s = 10.54 \times 10^{-6} \times Q_{TRO}$$

$$\text{or, } TQ_s = Q_s \times Q_{TRO}$$

$$= 0.9107 \times Q_{TRO}^2$$

ここに、 TQ_s : 日平均浮流砂量 (m^3)

b) 推定堆砂量

図2.4.12に上式による累積浮流砂量を示す。浮流砂による年平均堆砂量は $3,949 \text{ m}^3$ である。掃流砂量はミュニシパルダイクでの堆砂量実績から求めた。掃流砂による年平均堆砂量はGRNW川の各河川は安定河床を成しているため 140 m^3 と少ない。ウォッシュロードの捕捉率は70%と仮定した。以上より流送土砂量による年平均総堆砂量は $2,904 \text{ m}^3$ 、100年間の総堆砂量は 0.29MCM とした。

2.5 地質

2.5.1 概要

地質調査は、G1 (ギビ), MO4 (バプティステ), TRO, NWO, TR9そしてCA2の想定されるすべてのサイトについてこれ等を比較検討すべく行なった。その比較検討の結果選定されたTROサイトについては、より詳細な調査を実施した。地質調査の内容及びその結果の詳細はAPPENDIX-Bに

述べる。

ここにおいては比較検討の結果選ばれ、より詳細な調査を実施したTROサイトについて述べる。TROサイトにおいては、比較検討のための調査数量も合わせると全体で現場透水試験を含むコアボーリング総延長870 m (計8本) それに弾性波探査測線延長1.370 m (計7測線) を行なった。調査位置図を図2.5.1 と、図2.5.2 に示す。TROダムサイト及び貯水池内の地質図は図2.5.3 と図2.5.4 に示す。地質調査の結果をもとに作成したTROダムサイトの地質断面図は図2.5.5 に示す。また、地質柱状図は図2.5.6 から図2.5.13に示す。その他調査結果の詳細は、APPENDIX-Bを参照されたい。

2.5.2 地形及び地質

主な河川は上流及び中流域においては主に東西方向に流れ、下流においては、北流してGRNW河口に流出する。河川は上流・中流域では、頻りに蛇行しながら流れ、下流域においては、新期火山岩類からなるゆるやかな傾斜の台地を開析し、深い溪谷を形成している。調査地域は北および東方を旧期火山岩類からなる高い山嶺により囲まれている。東の分水嶺は放射状に多くの川が流れを発する高地である。

TROダムサイトはGRNWの河口より約6 km上流に位置する。GRNWはTROダムサイトの直下流であるテレルージュ川とブレインウィリアム川の合流点を始点とする。

ダムサイトは以下の2つの合流点の間の直線状に流れる部分に位置する。その合流点とは1つはテレルージュ川とブレインウィリアム川の合流点であり、もう1つはテレルージュ川とプロフォンデ川の合流点である。

計画されているダムは130 mの標高差(河岸標高250 m, 河床標高120 m)の深い溪谷を盛土して堤体を作るものである。ダムサイト河床付近には連続して旧期火山岩類の露頭がみられ、河岸斜面にはそれらを被覆して分布する新期火山岩類がみられる。ダムサイトは、右岸側は急傾斜で、左岸はゆるやかな斜面である非対象の斜面地形を示す。右岸斜面においては数層の新期火山岩類の

溶岩がみられる。

原石山はダムサイトの南約1 kmにある山嶺に位置する。この山嶺は周囲の傾斜のゆるやかな台地より際立ってそびえる。

2.5.3 ダム基礎

ダム基礎岩盤の上部は多孔質玄武岩質溶岩と粗粒質でやや多孔質な溶岩よりなる。これら溶岩の気孔は、一般に新鮮であり、気孔は空隙のままであるが、比較的深部においては気孔が白色の凝灰質の物質で充填されている部分もある。

ダム基礎の底部は旧期火山岩類の沸石の結晶で気孔が充填された多孔質玄武岩溶岩よりなる。

風化は一般的に粗粒の溶岩より多孔質玄武岩溶岩の方において発達している。また、風化は地表からの深度にかかわらず不規則に発達している。

ボーリングコアの採取率は一部を除きほとんど100 %である。強風化部分において、最大長1 m以内の区間でコアが採取できなかったところが一部ではあるがあった。コアが採取できなかった部分は、強風化部分と一致しており、溶岩中のトンネルや孔隙とは考えられない。コアが採取できなかった主な理由はボーリング中に強風化部分をボーリング循環水とともに流失したためと思われる。これらコアを採取できなかった区間の透水係数は 10^{-4} ~ 10^{-5} のオーダーである。この透水試験の結果も、コアが採取できなかった区間は、孔隙の発達した部分とは一致しないことを示す。旧期火山岩類のRODは比較的良好であるが、新期火山岩類では0 ~100 %とその割合は広い範囲にわたっている。これらの結果は旧期火山岩類において柱状のコアが採取され、新期火山岩類の風化部においてはしばしば短柱状や破碎状のコアが採取されていることを意味する。

TROダムサイトのボーリングコアは、旧期火山岩類ではCM~CH級で新期火山岩類ではCL~CM級である。ここにおいて採用した岩級分類は、ダム基礎岩盤としての強度の大小を岩石の強度とその風化の状況によって6段階に分類したものである。CL~CH級の岩盤は計画されるロックフィルダムの基

礎として十分な強度を有すると思われる。

ボーリングコアの一軸圧縮強度は $72.4 \text{ kg/cm}^2 \sim 1,275 \text{ kg/cm}^2$ を示す。多孔質溶岩のコアサンプルは比較的低い値を示した。その単位体積重量は採取されたコアの中で最も低い $2,015 \text{ kg/m}^3$ を示した。その他のコアサンプルは一軸圧縮強度は 334 kg/cm^2 以上、単位体積重量は $2,464 \text{ kg/m}^3$ 以上を示した。これら得られた値は計画されるダムの強度としては充分である。

屈折法の弾性波探査は、ダムサイトにおいてダム軸に平行もしくは直交する測線を設定して実施された。この弾性波探査の主な目的は、P波速度層断面図を作成するためである。風化の状況や地質的な不連続性をこの速度層断面図から読み取れる。弾性波探査は各々のボーリング孔より得られたデータと関連した補助的な地質データを与えてくれる。

ダム基礎岩盤において確認されたP波速度は新期火山岩類においては $2.0 \sim 2.3 \text{ km/sec}$ もしくは $2.5 \sim 3.0 \text{ km/sec}$ である。旧期火山岩類においては $4.0 \sim 4.3 \text{ km/sec}$ と高いP波速度が測定されている。これら測定の結果得られたP波速度はダム基礎岩盤としては一般的な値である。

仮に基礎岩盤に空隙が発達している場合低速度のP波が得られる。弾性波探査及びボーリングによる調査の結果、左岸側斜面においてやや厚い層厚の崖堆積物がみとめられる。これらの層厚は $10 \sim 15 \text{ m}$ に及ぶ。

低速度帯は1つの測線においてのみ認められた。この低速度帯は小規模な断層又は地層が乱されたゾーンもしくは局部的に風化が発達した部分であろう。

ルジオンテストは原則として 6 m 毎にシングルパッカー方式で実施した。

TROダムサイトの基礎岩盤において測定された透水係数は $0.1 \sim 68$ ルジオン ($1.3 \times 10^{-6} \sim 9.6 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$)であり、一般には $5 \sim 20$ ルジオン (10^{-4} の小さい方から 10^{-5} のオーダー)である。この確認された透水係数は計画されるロックフィルダムの基礎岩盤としては充分に不浸透性であると言える。

ルジオンテストにおける注入圧力と注入量(試験区間からの逸水量)の関係はP-Q曲線として示す。この曲線において明瞭な折点が見られる場合、その点における注入厚を限界圧力と呼ぶ。この限界圧力は基礎岩盤の耐えうる最大

の水頭を示す。P-Q曲線において限界圧力が不明瞭であり、この場合は、その試験区間のダム基礎岩盤は風化した部分も含め水密性が高いと思われる。

今回の調査においてボーリングは、ダム軸及び鞍部の地質及び水密性を調べることを主な目的として実施した。ダム軸の周辺に計画される主要構造物である余水吐、仮排水路トンネルや取水構造物等の地質は、ダム軸周辺の地質が複雑でなくダム軸のボーリング結果より容易に推察できるためあえて各構造物地点ではボーリングは実施せず、これらの調査数量はこのプロジェクトにおいてより重要と思われる鞍部の地質・水密性確認のための調査にまわした。ダムサイトの地質は、河床は旧期火山岩類であり、その河床標高より上の斜面は旧期火山岩類を被覆して分布する走向が北もしくは北西に5～10°傾斜した新期の火山岩類である。

2.5.4 地質工学的検討

TROダムサイトの基礎岩盤は、しばしば深部において風化が進んだところも見られるが、比較的良好であり、透水性も比較的低い。基礎処理は通常のグラウチングで充分であろう。

新期火山岩類は計画されるロックフィルダムの建設に対しては、特に問題はないであろうが、追加グラウトが必要な場合に備てグラウチングのためのギャラリーが必要となる。

左岸アバットには、比較的厚い崖錐堆積物の層が見られ、その下位にある新期火山岩類の一部は強度に風化されている。これら崖錐堆積物や強風化の新期火山岩類はロックフィルダムの不透水性コア材の基礎としては除去されるべきであり、そのため左岸アバットのカットオフトレンチの掘削深は10～15m程度と想定する。他方、右岸斜面には層厚0～5mの崖錐堆積物が分布する。そのため、右岸のカットオフトレンチの平均掘削深は約5m程度とする。

ボーリング孔における地下水位は調査期間中継続して観測した。地下水面は貯水池内において地下水供給源と想定される地点よりダム軸へ向って徐々に低くなっている。これらの地域では地下水面の分布に異常は認められず、空洞や空隙の発達しているところはないと思われる。

2.5.5 ダムサイト及びダム貯水池の水密性

既存の調査報告書、特にTROダムサイトから約1.0 km下流に計画されたソレツェダムサイトの報告書（UPDATING OF MASTER PLAN FOR WATER RESOURCES SOREZE PROJECT JUNE 1988）では、そのダム軸において溶岩トンネルのためもしくは溶岩トンネルがない場合でも高透水性のために多量の漏水の可能性のあることが指摘されている。

このため、APPENDIX-Bに示す様に詳細な調査を実施した。その結果、多量の漏水を起こすような溶岩トンネルはダムサイト及び湛水池内には存在しない可能性が高いと結論された。また、調査の結果、ダムサイト及び湛水池は十分な水密性を有すると判断された。

一方、いくつかの地域では溶岩トンネルの存在の有無は主に現場踏査の際目視によって判断した。現地踏査は溶岩トンネルの存在を示すいかなる兆候も見落さないように実施したが、厚い植生や断崖のために補足できなかった可能性もあり依然十分であるとは言えない。

これらを鑑み、次の詳細設計の段階においてはより詳しい確認のため新しくアクセスを設ける等して極めて細かな野外踏査を実施すべきであろう。また、ダムサイトの両岸においては試掘横坑の掘削によってダムサイトにおける溶岩トンネルの存在を確認することが望まれる。

2. 6 工事用材料

2.6.1 概 要

工事用材料について以下の調査を行った。

- (1) ロックフィルダム用の適当な盛土材やコンクリート用骨材の採取場所を選定する。
- (2) それらの採取可能量を推定する。
- (3) それら工事材料の品質を評価する。

ダム本体及び関連構造物のための工事用材料の必要量は以下の様である。

(A) 盛土材料

1) コア	238,000 m ³
2) フィルター	101,000 m ³
3) ロック	1,146,000 m ³

(B) コンクリート用骨材

1) 細骨材	15,000 m ³
2) 粗骨材	20,000 m ³

工事用材料調査の結果は以下に述べる。

2.6.2 工事用材料の採取地点

(1) 概要

前述の材料の必要量を考慮して、計画されるダムサイトの周囲において盛土材料及びコンクリート骨材の材料調査を実施した。調査地域は図2.6.1に示す。

(2) 土取場

S-3, 5, 7, 8, 9及び10土取場としての可能性を踏査、テストピット及び室内試験によって調査した。

各土取場の位置及び採取可能な材料は以下の様である。

(a) 土取場 S-3

計画されるダムサイトの東0.8 kmに位置する。材料はシルト質粘土より成り、その色は黒茶～赤褐色を示す。

(b) 土取場 S-5

計画されるダムサイトの南東1.2 kmに位置する。材料は岩石混りの粘性土より成り、その色は黒茶から赤褐色を示す。

(c) 土取場 S-7

計画されるダムサイトの南1 kmに位置する。材料は粘性土よりなり、その色は黒茶から赤褐色を示す。

(d) 土取場 S-8

計画されるダムサイトの南1.7 kmに位置する。材料は土取場 S-7 と全んど同様なものより成る。

(e) 土取場 S-9

計画されるダムの南東2.6 kmに位置する。材料は粘性土よりなり、その色は黒茶である。

(f) 土取場 S-10

計画されるダムの南東3 kmに位置する。材料は粘性土より成り、その色は黒茶である。

以上述べた材料は風化軟質化した玄武岩や集塊岩を起源とする残積土より成り、これら土取場において利用できる材料は地表より平均 3 ~ 4 mの深さまでであると推定される。

(3) 原石山

計画されるダムサイトの周辺では自然の砂礫は入手できないのでフィルター材やコンクリート骨材はダムサイトの北1 kmに位置する原石山においてマッシュな玄武岩を砕石して生産する必要がある。ロックフィルダムのための骨材はこの原石山より採取可能であり、その可能採取量も十分である。骨材の性質は Q-(1) と Q-(2) の2カ所 (図2.6.1 参照) のボーリング及びそのコアの室内試験により確認された。原石山における岩は新鮮かつ堅硬である。ボーリング柱状図は APPENDIX B: 地質に示す。

2.6.3 室内試験

将来土取場及び原石山として可能性のあるサイトで得られたすべての供試体は1988年10月から1989年1月の間に UNIVERSITY OF MAURITIUS SCHOOL OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY の研究室において試験を実施した。

(1) 試験方法

室内試験は原則として ASTM に則り前述の試験室で実施された。

(2) 試験結果

コア材及び骨材の試験結果は表2.6.1 - 表2.6.3 及びAPPENDIX-Cの図C. 2 - 図C. 6 にその要約を述べる。

(a) コア材

表2.6.1 に示す様にすべての土取場から得られた土質材料は、その中のいくらかの供試体を除き塑性指数 (13%以上) や不浸透性 ($K < 5 \times 10^{-5}$ cm/sec) などのコア材の基準を満たし、ロックフィルダムのコア材として基本的に適している。

コア材の試験結果の概要は以下の様である。

比重	: 2.8 - 2.9	* (2.9)
塑性指数	: 13 - 17 %	* (16%)
自然含水比	: 37 - 50 %	* (41%)
最適含水量	: 29 - 36 %	* (32%)
最大乾燥密度	: 1.3 - 1.5 tf/m ³	* (1.4tf/m ³)
粘着力		
(総応力)	: 0.8 - 1.4 kgf/cm ²	* (1.1 kgf/cm ²)
(有効応力)	: 0.4 kgf/cm ²	* (0.4 kgf/cm ²)
内部摩擦係数		
(合計)	: 7 - 22 度	* (13度)
(有効応力)	: 31 - 33 度	* (32度)
透水係数	: 1×10^{-5} - 5×10^{-7} cm/sec	
		* (1×10^{-5} - 1×10^{-7} cm/sec)

* () : S-3 及び S-5 におけるサンプルの試験結果を示す。

試験結果の詳細はAPPENDIX-Cの表2.6.1 及び図C. 2 - 図C. 5 に示す。

(b) フィルター及びコンクリート骨材

現地骨材販売業者より4種類の砂礫を購入した。比重、吸水率、単位体積重量、粒度分類、ロサンゼルス試験によるすりへり試験等が前

述の試験所において実施された。それらの結果は表2.6.2 とAPPENDIX -Cの図C. 2 -図C. 5 に示す。

(c) 骨材

前述の原石山において実施したボーリングQ-(1) で得られたコアを供試体として室内試験を実施した。試験結果は表2.6.3 に要約した。

これらの結果によると原石山においては堅硬緻密な玄武岩溶岩からは硬質な岩石を集塊岩層からは比較的硬質な岩石を得ることができると思われる。

2.6.4 結論及び提言

(1) フィル材

現地調査及び室内試験結果に基づいてコア材、フィルター材、シェル材、コンクリート骨材等工事材料の品質、可能採取量及び有効利用法などを調べた。その結論及びそれに基づく提案を以下に述べる。

(a) コア材

コア材として適当な材料は土取場S-3, 5, 7, 8, 9及び10において十分に採取可能である。六カ所の土取場のうちS-3とS-5は、ダムサイトに近接していて質的にも適当なコア材が必要以上に採取可能であり土取場として最も適していると思われる。

すべての土取場において自然含水比は最適含水比のほぼ3-15%湿润側にある。それ故、材料は高乾燥密度、高いせん断強度、難透水性や十分なトラフィカビリティ等のコア材として適当な諸性質を得るために乾燥させる必要がある。

残積土の含水率を低下させるためには、深いトレンチを掘削する等により残積土への地下水の浸透を防がねばならない。

コア材の盛土作業は適当な含水比を保つために乾期に施工することが望まれる。

(b) フィルター材

現地骨材販売業者から得られた砂礫は前述の試験室で試験された。その結果はAPPENDIX-Cの表2.6.2 及び図C. 6 示す。これら砂礫はフィルター材やコンクリート骨材として利用される。しかしながら、これら業者による供給量では不十分と判断される。そのためすべてのフィルター材やコンクリート骨材は原石山における砕石によって確保すべきと思われる。

適正な品質のフィルター材やコンクリート骨材は、原石山において確保される新鮮で堅硬緻密な玄武岩より得られよう。

(c) 骨 材

室内試験により単位体積重量、比重、吸水率、一軸圧縮強度を求めた。これらの試験結果は表2.6.3 に示す。

この表によると、ボーリングQ-(1) のコアサンプルは一部を除き、圧縮強度、比重及び単位体積重量は比較的大きくロックフィルダムのシェルゾーンの骨材として適していることを示している。

(2) コンクリート骨材

前述したように、すべてのコンクリート骨材は原石山における砕石として確保できる。室内試験結果より判断すると、適正な細骨材及び粗骨材は原石の砕石の過程において得られると思われる。原石山においては多量の骨材が採取可能であり、そのうち高品質のもののみコンクリート骨材として利用すべきであろう。

(3) フィル材の設計値

フィル材の設計値は工事用材料の調査に基づき設定されよう。それらは表2.6.4 に示す。