5）本プロジェクトに必要とされるザンビア国内法による申請、承認書等一切の行為を行なう。

6）本プロジェクト完成後、施設の運転・保守に必要な予算の確保をする。

(4) 道路整備

幹線道路から建設サイトまでの道路整備

(5) 設備関係

1）電　力：建設期間中の仮設電力の引込み及び敷地迄の電力線の引込みと変電設備。

2）電　話：建設期間中の仮設電話の設置、及び本設ＭＤＦまでの外線の引込み。

5.3 施工計画

表5.1に示すスケジュール表のとおり、工事期間は２1.5ケ月が必要となる。各々の施工計画および施工上の注意事項は次に述べるとおりである。

(1) 準 備 工

工事事務所、倉庫の建設、機器類の仮置場確保等の準備工は、機器の現場到着迄に全て完了させる必要がある。

(2) ポンプ設備工事

カフュ浄水場内の送水ポンプ（４台）、およびチランガ中継ポンプ（４台）の計８台のポンプを据替えるものである。ポンプの設計、製作、輸送に１0.5ケ月を要する。据付工事は6.5ケ月である。

現在のルサカ市内の給水状況から考えると、長時間の断水は許可されない為、新設ポンプを１台づつ切替え、断水時間が極力短くする方式を考慮するものとする。

(3) 浄水施設工事

急速攪拌機、ろ過池機械、薬注機器の設計、製作、輸送に9.5ケ月、据付工事は４ケ月である。沈でん池、ろ過池共１池単位で独立している為、工事による全面的な施設停止の必要はない。

(4) 電気設備、その他

電気設備の設計、製作、輸送に9.5ケ月を要し、据付工事は４ケ月である。長時間の停電を避けるため仮設電源を確保する等詳細な施工計画を立て工事を行なう。

5.4 資機材調達計画

(1) 日本からの調達

－浄水機械
－ポンプ、モーター、配管材料、電気機器などのポンプ設備
－変圧器、制御盤、ケーブル、配線材料などの電気設備

日本から調達する資機材は、タンザニアのダレサラーム港で荷揚げされている。港は35,000トン級の船舶の停泊が可能であり、バースは8ケ所である。ダレサラームからルサカ間は陸上輸送となる。

(2) ザンビア国内における調達

－細骨材、砂
－木　　材
－ガソリン、軽油

5.5 実施設計及び施工管理

コンサルタントは、E/N締結後速やかに実施設計及び、入札書類の作成を行ない、その後、ザンビア政府を援助して入札業務を行ない、日本の業者を選定する。実施設計及び施工管理の業務内容は次のとおりである。

(1) 実施設計の内容

1) 実施設計
基本設計調査に基づき工事実施のための実施設計を行なう。

2) 入札書類の作成
入札に必要な書類を作成する。

(2) 施工管理

1) 入札業務および契約の補助
機器類供与および据付け工事のための入札業務をザンビア政府の委託を受けて代行し、業者契約が速やかに行なわれる様助言、援助する。

2）調達機器類の管理

供与される機器類の請負業者との設計打合せ、工場製作、検査立合などを詳細に行なう。

3）施行管理

現場での工事が始まる時点で現地入りし、ルサカ市のスタッフ、請負業者の現場代理人などと打合せ、協議を行なう。

工事中は現場視察、各種検査立合いを行ない、請負業者に対し適切な指示を与える。

4）最終検査

ザンビア国政府に引渡す前に最後の検査を行なう。

5.6 実施スケジュール

本事業の実施には、表5.1に示すように第1回目の交換公文（E/N）署名後27.5ケ月を要する。その内訳は、E/N締結後、コンサルタント契約までに0.5ケ月間、実施設計及び入札書類の作成に4.5ケ月、入札業務に1.0ケ月間、機器類調達及び海上ならびに内陸輸送に15.0ケ月間、据付け工事及び試運転調整に6.5ケ月間である。

5.7 管理運営計画

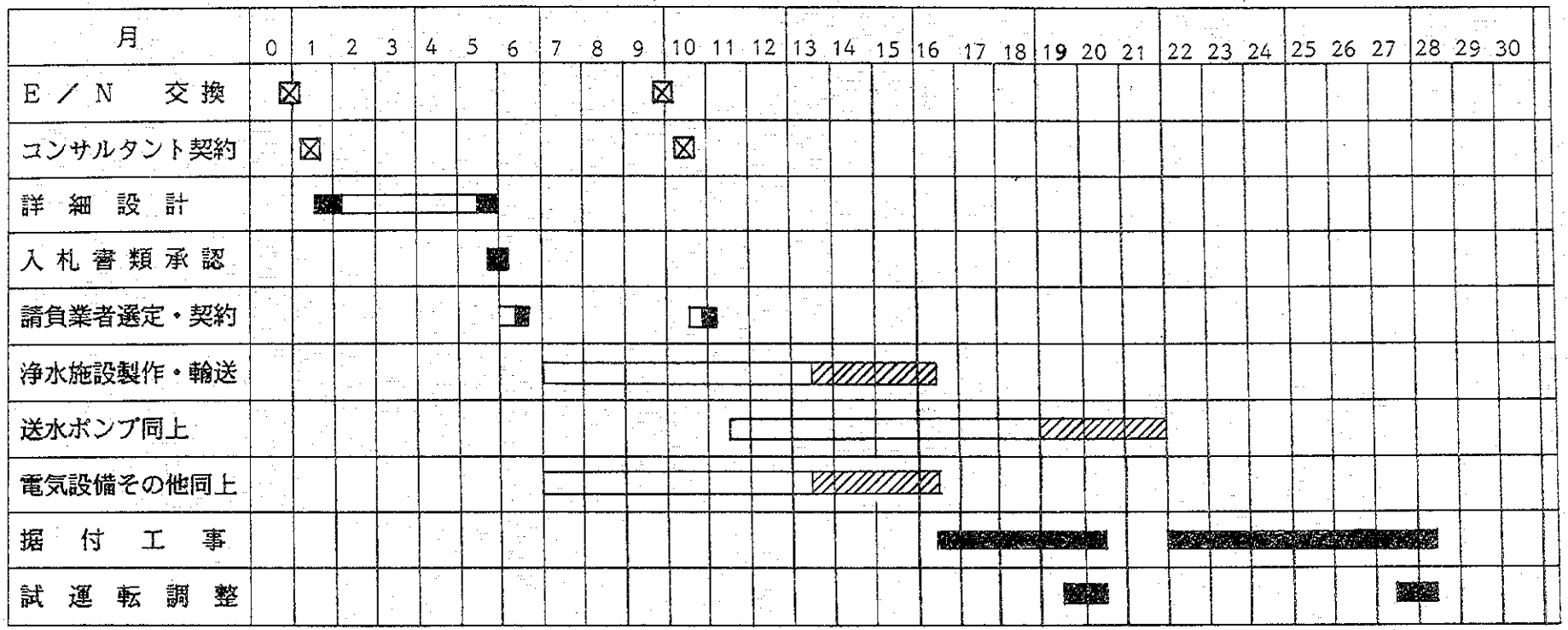
5.7.1 維持管理組織

ルサカ市上下水道局が管理運営の主体となる。現在の職員数は、表3.1に示したとおり839名でその組織は、8課に分かれており、Sewerage Section を除く7課が上水道業務に関わっている。本計画に関係するカフェ系の管理運営は、カフェ浄水場課で行なっている。同課の組織は図3.3に示すとおりであり、総定員は129名に対し、Assistant Superintendent, Forman 等の中・下級管理層を中心として16名の欠員が生じているが、本計画は、現有施設の機能回復であるため、実施に際し組織の大きな変更、人員増は必要ないと思われる。又、運転操作面では、既存施設に半自動の設備があったが、本計画では手動操作方式を採用しており、誤操作を招く恐れはない。しかしながら操作員は新設された機器等の機能を十分把握し、維持管理する必要がある。

5.7.2 維持管理費用

施設完成後のカフェ系施設の維持管理費について検討する。ただし本項では、本計画によって新増設される施設の運転に要する経費についてのみ算出する。

表 5.1　実施スケジュール
Table 5.1　Implementation Schedule



LEGEND

日　本

輸　送

ザンビア

(1) 人 件 費

5.7.1で述べた様に運転、管理要員の増員は考慮しない、したがって人員の増加はないが、賃金上昇分を見込むものとする。

(2) 電 力 費

送水ポンプおよび沈澱池設備に伴なう電力費の増加があり次の電力負荷が増える。

1) フラッシュミキサー 2.2kW×2台 年間使用電力量 4.4kW×24 hr×365＝38,544kWH

2) 硫酸バンド撹拌機 1.5kW×3台 〃 4.5kW×24 hr×365＝39,420kWH

3) 石 灰 撹 拌 機 1.5kW×3台 〃 4.5kW×24 hr×365＝39,420kWH

4) 送 水 ポ ン プ 1,350kW×2台（増加台数のみ）

2,700kW×24 hr×365＝23,652,000kWH

5) 年間増加電力量 23,769,384kWH

電力料金単価（1985年）は 1.4 Ngwee/kWH であるので、

年間増加電力料金は、1.4×23,769,384＝332,800 Kwacha となる。これに年10%の料金値上げを見込むと1985年の増加電力料金は、

$332,800 \times (1+0.1)^3 = 442,957$ Kwacha となる。

(3) 薬 品 費

本計画による水量の増加は110,000m^3/日－84,000m^3/日＝26,000m^3/日 であるので、年間増加薬品費は、下記のようになる。単価は1985年現在の価格とする。

1) 硫酸バンド

26,000m^3/日×40 mg/l×365日＝380 t

3,300 Kwacha/t×380 t＝1,254,000 Kwacha

2) 消 石 灰

26,000m^3/日×20 mg/l×100/85（純度）×365日＝224 t

1,500 Kwacha/t×224 t＝336,000 Kwacha

3) 塩 素

26,000m^3/日×3 mg/l×365日＝29 t

15,000 Kwacha/t×29 t＝435,000 Kwacha

4) 年間増加薬品費用

1)＋2)＋3)＝2,025,000 Kwacha

これに、年１０％の物価上昇を見込むと１９８８年の年間増加薬品費用は
2,025,000×(1+0.1)^3=2,695,275Kwachaとなる。

以上のべた様に本計画による維持管理費の増加分としては電力費および薬品費の3,138,232Kwacha(邦貨約8,200万円)だけであり水単価の上昇は殆んど無いと言える。又、本計画が実施され通水が開始されるのは１９８８年頃と想定し、１９８８年の収支バランスを比較すると次表のとおり本計画の実施により料金収入が増加し、経営は改善される。

表5.2　水道事業収支計算予想(１９８８年)

(単位: kwacha)

項目		1985年決算	1988年度推定
収入	水道料金	10,040,228	17,727,128
収支	人件費	2,697,417	4,569,424
	電力薬品費	5,370,846	8,509,078
	事務費	755,834	1,280,382
	償還費	765,000	765,000
	計	9,589,087	15,123,884
損益		+ 451,141 (+ 11,729千円)	+ 2,603,244 (+67,684千円)

(注) 1 Kwacha＝２６円

注１：人件費、事務費は１９８６年度に４０％、以後年１０％の上昇とした。

注２：１９８８年水道料金算出は表3.4の新料金表により次の通り行なった。

分類1と分類4が全体の使用量の７５％を占めている。従って、分類1の１００m^3未満と分類4の４０m^3未満のm^3当り単価の平均値とした。

分類１(14.00Kwacha+(0.95Kwacha/m^3×84m^3))÷１００m^3

＝93.8Kwacha÷１００m^3

＝0.94Kwacha/m^3

分類４（１３.００Kwacha＋（０.７０Kwacha／m^3×２０m^3））÷４０m^3

＝２７.０Kwacha÷４０m^3

＝０.６８Kwacha／m^3

平均料金０.８１Kwacha／m^3

本計画における１９８８年度増加水道料金

２６,０００m^3／日×３６５日×０.８１Kwacha／m^3

＝７,６８６,９００Kwacha

１９８８年度水道料金

１９８５年同上＋１９８８年増加同上

＝１７,７２７,１２８Kwacha

第6章　事業評価

第6章　事業評価

ルカサ水道事業遂行の最大の難点は、管理要員のレベルと維持管理資金の不足である。このため、せっかくの施設が充分機能を果すことができず、しばしば断水を余儀なくされてきた。このため、ルサカ市上下水道局は、次に示すような改善策をとってきた。

(1) 管理層の不足に対処するため、西ドイツ政府派遣の6名の専門家を、局長を始めとする要職にすえ事業経営の健全化に当らせ、また専門家は在任期間中にルサカ市の管理職候補者に研修を行なっている。

(2) 資金の不足は国家経済の不況によるものと、ルサカ市役所の料金徴収効率の悪さの2つの面から生じている。前者はともかく、後者についても前記の専門家が改善を図っている。例えば、メーターを修繕して適正料金を徴収する、財務課を強化して料金徴収もれを防ぐ、不払者に対しては断水措置を講ずる策等である。

上記の経営面に対する改善策が軌道にのり始めてきた結果、上下水道局は施設面に対する対策、すなわち需要水量に対応する供給水量の確保を図る段階に至った。このため、まず既存施設の改善を図り、同施設を有効に活用することが肝要であり、カフェ系統の改善につき、1985年、日本政府に無償資金協力の要請をした。今回の計画が採択されたのは、過去の改善の実績等が評価されたものとされている。

以下に本計画の効果と妥当性について述べる。

6.1　効　果

(1) 直接効果

本計画の実施により、カフェ系の供給量は現在84,000m^3／日から30％増加し、110,000m^3／日となる。この結果、地下水系を含めたルサカ市全体の供給量194,000m^3／日は220,000m^3／日に回復する。しかも、カフェ系の水源は、渇水期に取水量の減少する恐れのある地下水系とは異なり、水量豊富なカフェ川であるため、給水区域、給水人口の増加はないものの、渇水期でも安定した供給が可能になり、1985年の不足水量78,000m^3／日は、52,000m^3／日に縮小する。さらに、カフェ系の水処理が充分に行なわれるため、供給の水質が向上する。

(2) 間接効果

料金徴収効率の悪い原因の一つとして、しばしば断水があったため、使用者の上下水道局

に対する不信感があったが、供給が安定すれば同局に対する信頼感がめばえ、料金徴収の向上が期待できる。また、本計画が実施され、給水事情が安定することによりルサカ市内の水不足は緩和され、社会、経済面や市民の保健衛生面で大きく寄与する事が期待出来る。

6.2 妥当性

(1) 技術面

既存施設、特に浄水場内の施設は自動化されていたが、職員が対応できず充分な維持管理ができなかったことと、必要な修理部品を構入できなかったため等の理由により、自動化操置が無用の長物と化していた。しかし、本計画では、施設を手動化できるようにし、操作員が簡易に操作できるようにした。なお、この操作に習熟した後、将来経済性等をも加味して自動化を図ることも考えられる。

(2) 財政面

維持管理・運営費の増加の大半は電力費および薬品費である。電力費の増加は１５～２０％であるが、５章で述べたとおり料金徴収が確実に行なわれれば、供給量の増加により料金収入が大幅に増加するため、維持管理費・運営費が増加しても、１９８８年時点で約２６０万Kwacha（邦貨約6,７００万円）の黒字となるため充分吸収できる。

(3) 管理・運営面

本計画により改善される設備は、既存設備に比べ維持管理の容易なものとしている外、現在上下水道局の進めている研修計画により職員の管理・運営能力の向上が期待できる。このため、施設の維持管理は、本計画の試運転調整期間中に施工業者が行なう運転の指導によって十分対応可能である。なお、本計画は既存施設の改善であるため、欠員は補充する必要はあるが職員定数は現状で充分であり、増加させる必要はない。

第7章　結論と提言

第7章　結論と提言

7.1　結　　論

ルサカ市水道は恒常的な水不足に直面している。これを解消するためには、水道施設の拡張を図る必要があるが、財政面等の制約を受け、早急に着手することは難しい。しかも、既存の水道施設は、資金不足、職員の質不足等により充分な維持管理ができなかったため、充分その機能を発揮していない。このため、まず既存施設の改善を図り機能を回復して、当面の水不足の解消、緩和に役立てることがなによりも肝要である。

既存施設は、取水、導水、浄水、送水、配水、給水施設等からなり、水源もカフェ川と49ケ所の地下水井戸と多岐にわたり、しかも各々老朽化し、機能が低下しているため、全施設の改善を図る必要がある。この中で、本計画は、乾期でも取水の安定している表流水系（カフェ系）の浄水、送水施設の改善を図るものである。本計画の実施により、現在日常的に発生しているルサカ市の水不足状態は緩和し、また清澄な飲料水の供給が可能となり、公衆衛生向上に大きく寄与することはもとより、市民の生活安定、経済活動の発展にも大きな役割を果たす。また同市の水不足の状況は深刻であり、この改善は緊急を要するものである。このため、無償資金協力により本計画に協力することは有意義かつ妥当であると判断される。

7.2　提　　言

本計画で改善されるカフェ系の水道施設を効率的に管理運営し、長期にわたって、本計画による整備の効果を発揮させるためには、特に以下の事項について充分な配慮が必要である。

(1)　維持管理

水道施設の維持管理は安定した水量と水質を確保する上で非常に重要であり、適切な維持管理を行なうためには組織の整備・充実、欠員の補充はもとより、料金の増収を図り充分な維持管理費を確保することが重要である。幸い、ルサカ市上下水道局は組織の整備・充実を図り、料金徴収効率の改善を図っているが、これを更におし進め、料金徴集体制を確立することが望ましい。

(2)　技術研修

本施設完成時に充分な運転・管理技術の指導が行なわれるが、良好な維持管理を行なうためには、運転・管理技術者の養成及び総体的技術のレベルアップを図る必要がある。幸い、この面でもルサカ市上下水道局は西ドイツ政府の技術協力により同局職員が技術研修を受けて

いるが、これと並行して、本計画で改善される施設につき運転方式、機器管理技術等のレベルアップのため、職員を研修することが望まれる。

(3) 配水運用計画

水道施設のなかでも、配水施設は複雑であり実態の把握は困難であるが、配水施設（特に配水管）は需要者との接点である。取水、浄水、送水された水が、適正に運用、配水されてはじめて水供給は満足される。このため、配水施設も他施設と同様、修繕、拡張の必要はある（ハード対策）ものの、既存施設を適正に運用する（ソフト対策）だけでも配水効果はあがる。一例としては、水不足の激しくない地区への配水を抑え、激しい地区へ廻すことが考えられる。このためには、現在の配水状況（配水水量、同水圧、同方向等）を把握するとともに、人口・商・工業の配置を把握し需要量の分布を把握する必要がある。前者の基礎データは流量計の故障、後者については計量器の故障が多く信頼性に欠ける。このため、流量計、計量器等をただちに配置し、配水状況を充分に把握する必要がある。

(4) 緊急改善計画の全面実施

本計画は緊急改善計画の根幹をなすものであるが、本計画を実施後、更に他の既存施設の改善を図るべきである。すなわち、緊急改善計画の残された各項目を実施することによって、ルサカ市水道は安全で清潔な水を、安定して市民に供給することができる。各項目の改善項目を再掲すると次のとおりである。

1) 導水管の取り替え
2) 配水池の修理と配水ポンプの取り替え
3) 流量測定装置の取り替え及び設置
4) 給水本管の取り替え
5) 給水施設と大口需要家（空港、軍隊、大学病院等）の敷地内配管の取り替え
6) 揚水ポンプ（深井戸）の取り替え
7) 仕切弁、配水管の増設
8) Workshop の建設と整備

これらのうち配水施設の漏水防止は特に重要であり、これにより新たな水源開発や浄水施設の拡張を行なうことなく、使用者のもとに届く水量を増加させる事ができる。

(5) 長期整備計画の策定

緊急改善計画の実施により水不足は緩和されるが、依然水不足状態は続くため、早急に施設の拡張を図る必要がある。施設の拡張は、ルサカ市の将来２０年後を目標とする長期計画に基づいて実施されるべきであり、その策定を急ぐ必要がある。その前提として将来の需要水量を予測するため、早急に水道メーターを普及させ、現況の水需要量と需要構造（需要水量の把握、配水流量、配水方向等）を明らかにする事が必要である。

資　料　編

資 料 編

1. Minutes of Discussion

2. 調査団員構成

3. 面会者リスト

4. 調査日程

5. 収集資料リスト

6. ザンビア国主要指標

7. 水質データ

8. カフェ浄水場内水理計算

9. 急速ろ過池トラフ計算書

10. 送水ポンプ計算書

11. ウォーターハンマー解析

12. 吐出弁の口径選定

13. 変圧器容量計算

資料－1

MINUTES OF DISCUSSION

ON

THE IMPROVEMENT PROJECT OF LUSAKA CITY TREATMENT PLANT

IN

THE REPUBLIC OF ZAMBIA

In response to the request of the Government of the Republic of Zambia, the Government of Japan decided to conduct a Basic Design study on the Improvement Project of Lusaka City Treatment Plant and entrusted the study to the Japan International Cooperation Agency (JICA). JICA sent to Zambia the study team headed by Mr. Mikio Nakamura, Deputy Director of First Basic Design Study Division, Grant Aid Planning and Survey Department, JICA from March 9th to 31st 1986.

The team had a series of discussions on the Project with the officials concerned of the Government of the Republic of Zambia headed by Mr. Silumelume Mubukwanu, Permanent Secretary Ministry of Decentralisation and conducted a field survey in Lusaka area.

As a result of the study, both parties agreed to recommend to their respective Governments that the major points of understanding reached between them, attached herewith, should be examined towards the realization of the Project.

March 20th, 1986

Mikio NAKAMURA
Leader
Japanese Study Team

Silumelume MUBUKWANU
Permanent Secretary
Ministry of Decentralization

ATTACHMENT

1. The objective of the Project is to rehabilitate the treatment plant of Kafue Water Supply System in order to ensure the water supply from the System to the people of Lusaka City, as in Annex I.

2. The Japanese Survey Team will convey the Government of Japan the desire of the Government of the Republic of Zambia that the former takes measures to cooperate in implementing the project and bears the cost of the items requested by the latter shown in Annex. 1 within the scope of Japanese economic cooperation programme in grant form.

3. The Government of the Republic of Zambia will take necessary measures listed in Annex II under the condition that the grant aid assistance by the Government of Japan is extended to the Project.

4. Both parties confirmed that the Survey Team explained Japan's grant aid programme and the Zambia side has understood it.

ANNEX 1

THE FOLLOWING ITEMS ARE REQUESTED BY THE GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ZAMBIA AS GRANT AID ASSISTANCE

1. Rehabilitation/Upgrading the high lift stations at Kafue and Chilanga.

2. Rehabilitation/Upgrading of the existing treatment facilities at Kafue.

3. Rehabilitation of telecommunication system between Kafue - Chilanga - Lusaka Water Works.

4. Vehicle(s) for between Kafue, Chilanga and Lusaka Waterworks.

Annex II

Following arrangements are requested to be undertaken by the Government of the Republic of Zambia.

No.	Items	To be covered by Recipient Side	To be covered by Grant Aid
1.	To secure a lot of land when needed	o	
2.	To clear, level and reclame the site when needed	o	
3.	To construct the gate and fence in and around the site when needed	o	
4.	To construct the road for the construction when needed		
	1) Within the site		o
	2) Outside the site	o	
5.	To provide facilities for distribution of electricity and other incidental facilities		
	1) Electricity		
	a. The distributing line to the site	o	
	b. The drop wiring and internal wiring within the site		o
	c. The main circuit breaker and transformer		o
	2) Telephone System		
	a. The telephone trank line to the main distribution frame/panel (MDF) of the building	o	
	b. The MDF and the extension after the frame/ panel		o
6.	To bear the following commissions to the Japanese foreign exchange bank for the banking services based upon the B/A		
	1) Advising commission of A/P	o	
	2) Payment commission	o	
7.	To ensure unloading and customs clearance at port of disembarkation in recipient country		
	1) Marine (Air) transportation of the products from Japan to the recipient country		o
	2) Tax exemption and custom clearance of the products at the port of disembarkation	o	

3)	Internal transportation from the port of disembarkation to the project site	o
8.	To accord Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and the services under the verified contract such facilities as may be necessary for their entry into recipient country and stay therein for the performance of their work	o
9.	To maintain and use properly and effectively that the facilities constructed and equipment purchased under the Grant	o
10.	To bear all the expenses other than those to be borne by the Grant, necessary for construction of the facilities as well as for the transportation and the installation of the equipment	o

資料－２　　調査団員構成

担当業務	氏　　名	役　　職
総　　括	中　村　三樹男	国際協力事業団 無償資金協力部 基本設計第一課課長代理
水 道 計 画	樋　口　英　雄	東京都衛生局環境衛生部 環境衛生課水道技術担当主査
水道計画／ 業務主任技術者	百　瀬　和　文	（株）東京設計事務所 海外技術本部技術課長
機械・電気 計　画	鈴　木　　孝	（株）東京設計事務所 技術部技術課長

資料－３　　面会者リスト

１．ザンビア国関係者

(1) 国家開発計画委員会（ＮＣＤＰ）

Mr. Casunga	日本担当官

(2) 地方分散省 (Ministry of Decentralization)

Mr. S.K. Mubukwanu	Permanent Secretary
Mr. J.K. Bahal	Assistant Secretary (Local Government Finance)
Mr. A.K. Kaweza	Principal Local Government Auditor (Loans And Investments)

(3) 農業・水開発省

Mr. Kayombo	Director (Water Affairs Department)

(4) ルサカ市 (Lusaka Urban District Concil)

Mr. N.J. Mapala	District Executive Secretary
Mr. T.D. Nsenje	Administrative Section
Mr. F.A. Din	Legal Secretary
Mr. M. Sinikolongo	Development Section
Mr. I. Khan	Deputy City Engineering Department
Mr. J.E. Hendrich	Director, Water and Sewerage Department
Mr. Elwin Pahlke	Director, Development and Planning Section
Mr. A.S. Marwood	Assistant Director, Water Services Section
Mr. L. Kashinga	Technical Superintendent, Kafue Water Works
Mr. B.C. Salati	Assistant Technical Superintendent, Kafue Water Wroks

Mr. T.A. Ngoma	Administration Superintendent, Kafue Water Works
Mr. Kachana	Senior Engineer Assistant Chilanga High Lift Station
Mr. Sindandumuna	Foreman, Chilanga High Lift Station
Mr. Bhowmick	Lusaka Water Works

(5) ザンビア電力供給会社（ＺＥＳＣＯ）

Mr. E.A. Moyo	Planning Engineer, Headquarter
Mr. Moffat C. Mulenga	Kafue District Engineer

(6) Nicholas O'Dwyer & Partners (Consulting Engineers)

Mr. Thomas Niall McDermott	Project Manager
Mr. Andrew G. Flanagan	Project Manager

２．日本国関係者

(1) 日本国大使館

太田　正利	大使
石田　恭平	二等書記官
北村　幸夫	二等書記官

(2) 国際協力事業団

山口　廣治	青年海外協力隊事務所ザンビア駐在員

資料－4　　調査日程

月日	曜日	場　所	調 査 内 容
3/11	火	大 使 館	1. 表敬訪問 2. 調査日程、調査事項等打合せ
3/12	水	ルサカ市役所	1. Inception Report の説明 ・調査目的 ・調査内容 ・調査日程 ・無償資金協力制度 2. 資料収集依頼 (Questionnaire) 3. ルサカ水道および要請事項のヒアリング
		地方分権省	同　上
		統 計 局	1. 統計資料収集
		政府出版局	1. 統計資料収集
		青年海外協力隊	1. 表敬訪問
		事 務 所	2. 建設状況調査 3. 隊員分布調査
3/13	木	Kafue 浄水場 Chilanga ポンプ場	1. 施設の現状把握 2. 要請事項の現場確認
3/14	金	ルサカ市役所	1. 要請事項に関する質疑応答
		Nicholas O'Dwyer	1. Kafue 浄水場，Chilanga ポンプ場の資料収集依頼
		Lusaka 浄水場 Stuart Park 配水池 Lumumba 道路配水管	1. 施設の現状把握
3/15	土	ホ テ ル	1. 資料整理

月日	曜日	場　所	調 査 内 容
3/16	日	ホ テ ル	1. 資料整理
3/17	月	Nicholas O'Dwyer	1. Kafue 浄水場, Chilanga ポンプ場の資料収集 2. Lusaka Water Study Report の内容
		Water Affairs Department	1. Inception Report の説明
		ホ テ ル	1. 調査結果の中間報告 2. Minutes of Discussion の内部協議
3/18	火	ル サ カ 市	1. 資料収集 2. Lusaka Water Management Study の内容 3. Minutes of Discussion の討議
		Nicholas O'Dwyer	1. Lusaka Groundwater Study の内容
		統 計 局	1. 統計資料収集
		獣医科大学 (無償資金協力案件)	1. 現場視察
3/19	水	ルサカ市	1. 資料収集 2. Minutes of Discussion の原案作成
		Water Affairs Department	1. Minutes of Discussion の原案作成
		大 使 館	1. Minutes of Discussion の原案提示
		地方分権省	1. 同 上
3/20	木	地方分権省	1. Minutes of Discussion のサイン
		測 量 局	1. 地図入手

月日	曜日	場　所	調 査 内 容
3/21	金	Kafue 浄水場 Chilanga ポンプ場 ＺＥＳＣＯ Kafue 事務所	1. 現場再確認 1. 送配電線および変電所の現場視察 2. 上記施設の改修計画・方法について質疑
3/22	土	市　内	1. 配水池の現場視察 2. High Cost Housing, Low Cost Housing の配水施設・配水状況調査
3/23	日	ホ　テ　ル	1. 資料整理
3/24	月	ルサカ市役所	1. 建設価格調査
3/25	火	ＺＥＳＣＯ本社 ルサカ市役所	1. 機器および機材使用に関する質疑 2. 電力料金等調査 1. ＺＥＳＣＯとの質疑に関する協議
3/26	水	Kafue 浄水場 Chilanga ポンプ場	1. 水質検査 2. 電気室等寸法の実測
3/27	木	ルサカ市役所 ＺＥＳＣＯ 他	1. 資料収集 1. 仕様等受領 日本大使館，青年協力隊，地方分権省，大蔵省，Water Affairs 等挨拶
3/28	金	ホ　テ　ル	資料整理および帰国準備

資料－５　　収集資料リスト

１．国の一般情報データ

- Monthly Digest of Statistics
- Annual Report for the year ended　1980
- Country Profile Zambia　1984
- Migration Statistics
- Economic Indecies
- 地　図

２．水道事情データ

- Zambia Water Wastage Study (African Development Bank)　1977
- International Drinking Water Supply and Sanitation Decade　1981 ～ 1990
- Lusaka Groundwater Scheme Pre-Appraisal Report　1979
- Manegement Advice for the Establishment of the Agreed Water & Sewerage Department　1980 ～ 1981
- Project Indentification Report　1985
- Emergency Measures
- 配水管網図
- 各種カタログ

３．既存施設に関するデータ

- Tender Document (Conditions of Contract, Specification, B/Q)
- As Built Drawings (Civil, Archtect, Mechanical, Electrical)
- 水質分析データ

４．積算関連資料

- Analysis of Rates for Items of Sanitary & Water Supply Works
- Price List (Ministry of Works and Supply)

５．各種料金

- 水道料金
- 電力料金

6．その他

・ＺＥＳＣＯ変圧器仕様書

資料－6　ザンビア国の主要指標

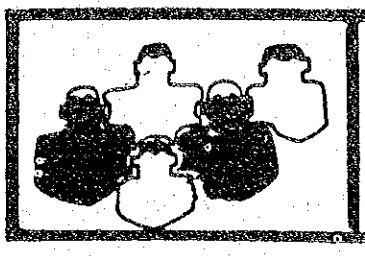
TABLE I—SELECTED INDICATORS
(ANNUAL AND QUARTERLY FIGURES)

	Unit	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1984 Quarter III	1984 Quarter IV	1985 Quarter I
1 Population (Mid-year est)	million	5.20	5.36	5.52	5.68	5.87	6.05	6.22	6.42	...	...	...
2. Gross Domestic Product												
At current purchasers' values ...	K.million	1,986.4	2,250.7	2,660.4	3,063.6	3,485.4	3,595.3	4,181.2	4,733.3	...	...	...
At 1977 purchasers' values‡ ...	K'million	1,986.4	1,997.8	1,937.0	1,995.8	2,118·5	2,059.3	2,018.2	1,992.1	...	...	...
At 1977 purchaser's values ...	K'million	1,986.4	1,983.4	2,068.8	2,010.7	1,982 0	1,773.1	1,821.0	1,814.7	...	...	...
3. Per Capita Gross Domestic Product												
At current prices	Kwacha	382.0	419.9	482.0	539.4	596.8	594.3	672.2	737.3	..	..	..
At 1977 prices	Kwacha	382.0	372.0	350.9	351.4	362.8	340.4	324.6	310 3	..	..	..
At 1977 prices (Adjusted for terms of trade)	Kwacha	382.0	370.0	374.8	354.0	339.4	292.9	292.8	282.7	..	..	..
4. National Income												
At current market prices	K'million	1,607.4	1,809.8	2,124.3	2,495.9	3,004.1	2,870.3	3,508.3	3,910.3	...	...	...
At 1977 market prices (unadjusted)	K'million	1,607.4	1,616.9	1,575.5	1,671.2	1,856.6	1,778.2	1,773.2	1 770.1	...	...	...
At 1977 market Prices (adjusted)	K'million	1,607.4	1,512.5	1,707.3	1,686.1	1,719.7	1,492.0	1,595.5	1,592.7			
5. Per Capita National Income												
At current prices	Kwacha	309.1	337.6	384 8	439.4	514.4	474.4	564.0	609.1	...	...	..
At 1977 prices‡ ...	Kwacha	309.1	301.7	285.4	294.2	3 17.9	293.9	285.1	275.7	...	...	..
At 1970 prices	Kwacha	309.1	282.2	309.3	296.8	294.5	246.5	253.3	249.1	...	...	..
6. Gross National Product												
At current prices	K'million	1,898.3	2,109.4	2,431.8	2,835.0	3,387.5	3,276.1	3,935.0	4,358.0	.	..	..
At constant 1977 prices												
At constant 1977 prices (Unadjusted)	K'million	1,898.3	1,830.5	1,788.6	1,879.1	2 078.2	1,981.5	1,945.0	1,915.7	..	..	..
At constant 1977 prices (adjusted)	K'million	1,898.3	1,866.1	1,920.4	1,894.0	1,941 3	1,695.3	1,747.2	1,738.3	..	..	..
7. Copper production, exports, price												
Production	'000 tonnes	659.8	655.6	584·5	610.2	560.6	584.8	576.1	523.3	143.6	129.7	131.5
Exports	'000 tonnes	666.6	589.4	651·1	621.7	551.8	606.6	550.6	530.4	142.0	138.7	..
LME Cash and Settlement Price per ton	Kwacha	1,01.6	1,090	1,573	1,719	1,514	1,374	1,985	2,500	2,478	2,733	32.45
8. Index of Production												
Mineral Production	1973=100	96.2	95.4	86.1	89.2	82.0	86.0	84.4	77.0	83.3	75.2	78.8
Manufacturing	1973=100	98.5	102.6	96.2	99.2	104.9	100.1	94.5	94.9	99.6	93.7	107.8
Electricity	1973=100	265.0	240.7	268.4	280.7	293.8	323.5	308.5	293.5	299.9	275.4	294.3
9. External Trade												
Exports	K'million	708.0	686.8	1,090.0	1,023.3	936.5	950.5	1,047.5	1,188.1	332.2	316.3	..
Imports	K'million	530.0	492.6	593.7	876.7	924.4	930.0	893.3	1,107.9	313.6	316.9	..
10. Prices												
Index Numbers of Consumer Prices												
High Income	1975=100	134.8	152.6	169.8	189.4	209.1	236.6	278.6	336.8	342.0	359.3	390.3
Low Income	1975=100	142.3	165.6	181.6	202.9	231.3	260.2	311.2	373.5	378.2	399.5	449.7
Index Numbers of Wholesale Price												
Including Copper	1966=100	211.6	246.4	306.2	334.3	352.1	375.5	465.8	596.2	612.9	646.0	710.8
Excluding Copper	1966=100	276.9	333.7	398.6	439.2	487.5	541.9	653.3	830.6	861.4	897.0	967.7
11. Employment and Earnings												
Number of employees as on 31st December												
Zambian	'000	344	343	351	359	355	350	348	351	...	...	...
Non-Zambian	'000	26	23	23	20	19	17	16	14	...	...	...
Total	'000	370	367	374	379	373	368	364	365	...	...	...
Average annual earnings												
Zambian	Kwacha	1,566	1,740	1,657	2,301	2,392	2,556	2,647	..	...	..	...
Non-Zambian	Kwacha	7,006	6,897	6,122	8,715	8,111	8,258	8,071	..	...	..	...
12. Government Finance												
Receipts	K'million	638	686	856	1,174	1,220	1,191	1208	1,084	220	352	..
Payments	K'million	821	815	956	1,658	1,389	1,643	1337	..	329	..	..
13 Money Supply	K'million	418	420	531	535	599	727	827	872	929	872	858

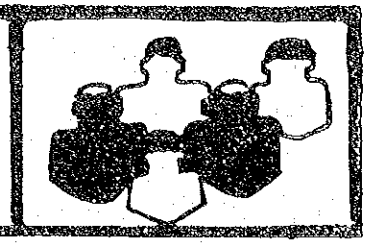
Note: Figures on Employment and Earnings for 1981 to 1984 are for the Quarter ending June.
1980 population figure is from the 1980 Census.
‡unadjusted for changes in terms of trade.

[Source: Monthly Digest of Statistics, August/September, 1985]

以下の資料は、表示してあるものを除き、Selected Socio-Economic Indicators,1984, Central Statistical Office, Zambia の抜粋である。



DEMOGRAPHIC
人 口 動 態

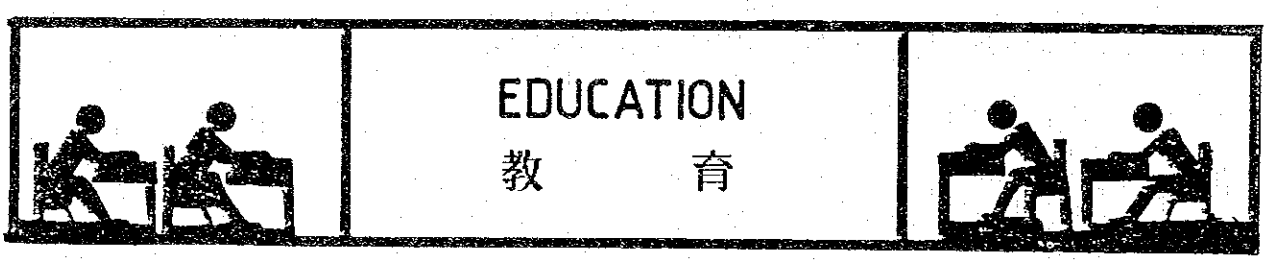


		1969	1980
1.1	Population enumerated (million)	4.06	5.68
1.2	Projected population (million)	1984	1989
		6.44	7.53
		1969	1979-84
1.3	Crude birth rate (per 1,000 population)	47.7	48
1.4	Crude death rate (per 1,000 population)	19.7	17
		1963-69	1969-80
1.5	Growth rate (%)	2.5	3.1
		1969	1980
1.6	Sex ratio (males per 100 females)	96.0	96.0
1.7	Total fertility rate (average number of children born to a woman)	6.9	-
1.8	Gross reproduction rate (average number of female births to a woman)	3.4	-
			1979-84
1.9	Life expectancy at birth, total	43.4	48.3
	males	41.8	46.7
	females	45.0	50.0
			1980
1.10	Infant mortality rate (per 1,000 live births)	141	-
1.11	Child population (0-14) (%)	46.3	46.3
1.12	Dependency ratio (per 100 population)	94.3	94.3
1.13	Child dependency ratio (per 100 population)	90.0	90.0
1.14	Population density (persons per sq. km)	5.4	7.5

			1980
1.15	Urban population (%)	29.4	43.0
1.16	Population in large urban areas (> 50,000 inhabitants) (%)	27.6	33.5
1.17	Rural population (%)	70.6	57.0

		1963-69	1969-80
1.18	Growth rate urban population (%)	8.9	6.7
1.19	Growth rate rural population (%)	0.5	1.1

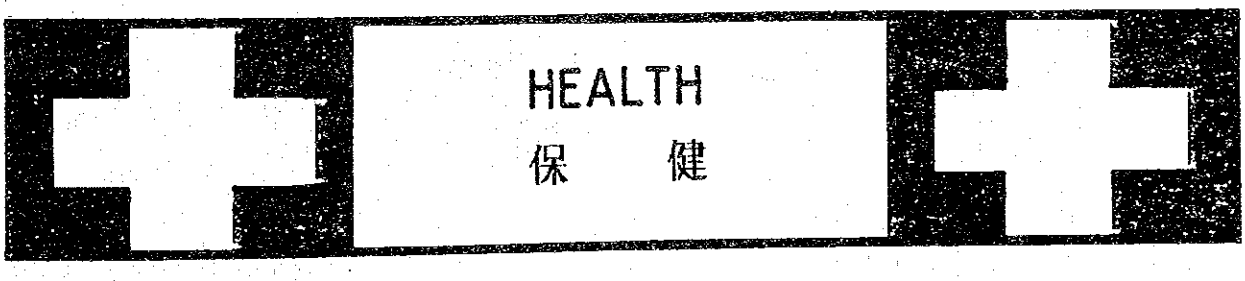
		1969	1980
1.20	Average household size total	4.6	-
1.21	Female headed households (%)	23.8	-



		1969	1980
2.1	Population with no schooling (%)		
	Total	52	-
	Males	39	-
	Females	65	-

	Primary Schools	1971	1980
2.2	Number of primary school pupils ('000')	730	1,042
	% females	44.9	46.8
2.3	% of school age children (7-14) enrolled in primary schools		
	Total	79.4	83.7
	Males	86.8	88.3
	Females	71.9	79.0
2.4	% of 7 years old enrolled in Grade 1	N.A.	95.4

		1971	1980
2.5	Progression rate from Grade 4 to Grade 5 (%)	72	86
2.6	Progression rate from Grade 7 to Form I (%)	23	20
2.7	Pupil/teacher ratio in primary schools	49.6	49.2
	Secondary Schools		
2.8	Number of secondary school pupils ('000')	56	95
2.9	% females of total enrolment in secondary schools	33.0	35.1
2.10	% of population 15-19 enrolled in secondary schools	12.3	15.9
2.11	Progression rate from Form III to Form IV (%)	N.A.	49.1
2.12	Pupil/teacher ratio in secondary schools	21.7	22.0
	Teachers		
2.13	% trained teachers in primary schools	85.1	87.1
2.14	% trained teachers in secondary schools	83.3	95.5
2.15	% Zambian teachers in primary schools	94.1	98.7
2.16	% Zambian teachers in secondary schools	13.0	58.1



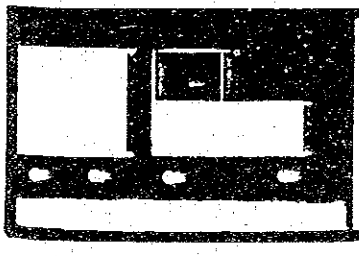
			1972	1980
	Access to Health Facilities			
3.1	Population within 12 km of a health unit	Total %	75	85
		Rural %	N.A.	73

		1972	1980
3.2	Population within 12 km of a health centre	N.A.	68
3.3	Population within 30 km of a hospital	N.A.	59
	Health Facilities		1981
3.4	Number of hospitals	76	81
3.5	Beds and cots in hospitals	12,870	15,326
3.6	Hospital beds per 1,000 population	2.9	2.6
3.7	Number of health centres/clinics	595	758
	% in rural areas	74	75
3.8	Beds and cots in health centres/ clinics	4,530	5,931
3.9	Total beds and cots per 1,000 population	3.9	3.6
	Rural	N.A.	1.7
	Urban	N.A.	5.8
	Health Personnel		
3.10	Number of doctors	N.A.	821
3.11	Doctors per 100,000 population	N.A.	14.0
3.12	Number of nurses	N.A.	5131
3.13	Nurses per 100,000 Population	N.A.	87.4
3.14	Number of health workers per 1,000 population	N.A.	1.4
	Nutrition	1967-72	
3.15	Per Capita Calorie Consumption (recommended levels in brackets)		
	Urban	2,047 (2,060)	
	Wage earners in small townships	1,955 (2,030)	
	Rural subsistence farmers	1,357 (2,030)	
	Wage earners in rural areas	1,720 (2,030)	

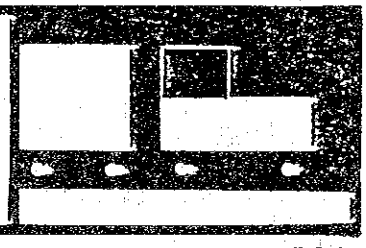
		1970-71
3.16	Percentage malnourished children (0-4 years)	
	below 80% weight-for-age standard	55
	below 90% weight-for-height standard	58

HOUSING AND ENVIRONMENT 住宅及び上下水道

		1969	1980
4.1	Average number of persons per room	2.6	-
4.2	% of dwellings with durable		
	roofs	27.2	-
	walls	46.9	-
4.3	% of dwellings with electricity	12.4	-
4.4	% of households using wood, coal or charcoal as cooking fuel	84.2	-
4.5	Water supply		
	Piped water (%)	27.6	-
	Well/borehole (%)	34.6	-
	River or stream (%)	32.3	-
	Other (%)	5.5	-
4.6	Water disposal method		
	Flush, aqua, pit, bucket (%)	50.1	-
	None (%)	49.9	-



INFRASTRUCTURE 社会基盤施設



		1977	1981
5.1	Total number of telephones ('000')	56	61
5.2	Telephones per 10,000 population	107	104
5.3	Total number of post offices/postal agencies	254	344

		1977	1981
5.4	Population per post office/postal agencies ('000')	20	17
5.5	Total number of vehicles ('000')	149	124
5.6	Number of vehicles per 10,000 population	286	211

		1978	1982
5.7	Road network ('000 km)		
	of which	36	37
	% bitumen	14.7	15.1
	% gravel	21.5	23.5

		1977	1981
5.8	Railway passenger - kilometres per capita	57	63

		1978	1981
5.9	Electricity production (mill. Kw)	7,883	9,793

EMPLOYMENT
雇　　用

		1975	1981	1982
6.1	Labour force ('000')	1,479	1,824	1,880
6.2	Number of persons employed by the formal sector ('000')	393	374	368
6.3	Formal sector employment as percent of total labour force	27	21	20

		1975	1979	1980
6.4	% females of total formal sector employment	6.3	7.7	7.6

		1975	1979	1980
6.5	Sectoral distribution of formal sector employment			
	agriculture (%)	9.2	9.7	9.6
	mining and quarrying (%)	16.5	16.2	16.2
	manufacturing (%)	11.3	12.8	13.2
	community, social and personal services (%)	24.8	28.4	29.0

		1977	1979	1980
6.6	Average annual earnings of Zambians employed in the formal sector (Kwacha) 2nd quarter	1,657	2,000	2,194
	Agriculture	647	878	995
	Mining and quarrying	2,344	2,636	2,935
	Manufacturing	1,624	1,890	2,082
	Personal services	1,660	2,016	2,145

		1978	1981	1982
	National Income			
7.1	Gross Domestic Product (GDP)			
	at current prices (K'million)	2,240	3,449	3,564
	at 1970 prices (K'million)	1,484	1,484	1,454
7.2	Per Capita GDP			
	at current prices (K)	418	588	589
	at 1970 prices (K)	277	253	240

		1978/79	1981/82
7.3	Growth rate GDP (%)	-7.7	-2.0

		1978	1981	1982
7.4	Sectoral contribution to GDP agricultural sector			
	K'million	169.2	180.0	159.0
	%	11.4	12.1	10.9

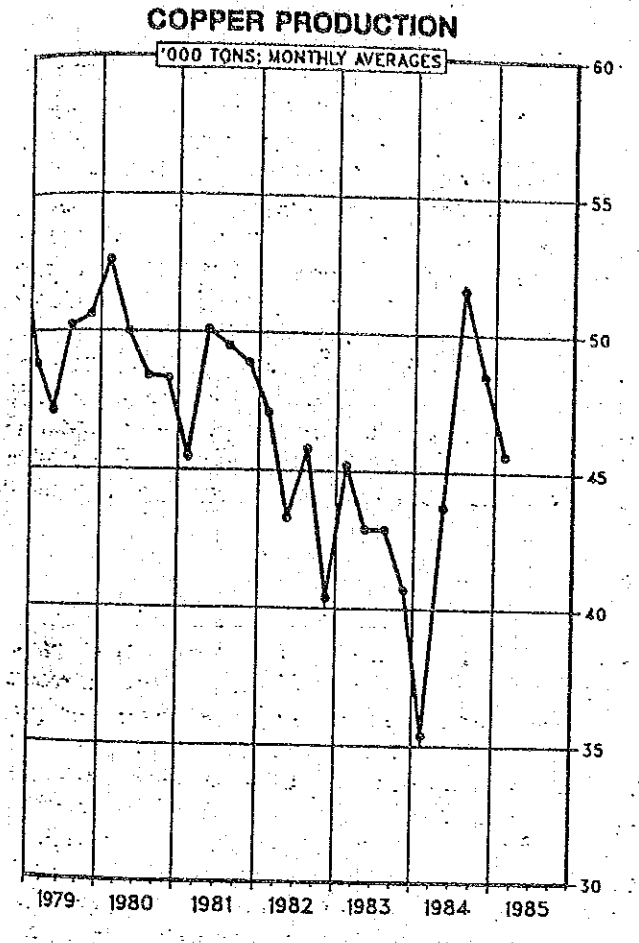
		1978	1981	1982
	mining and quarrying			
	K'million	494.1	433.3	433.4
	%	33.3	29.2	29.8
	manufacturing			
	K'million	159.6	180.0	173.0
	%	10.8	12.1	11.9
7.5	National Income			
	at current prices (K'million)	1,809	2,917	2,881
	at 1970 prices (K'million)	1,326	1,368	1,328
7.6	Per Capita National Income			
	at current prices (K)	338	497	477
	at 1970 prices (K)	248	233	219
7.7	Gross fixed capita formation			
	at current prices (K'million)	437	610	618
	at 1970 prices (K'million)	164	150	132

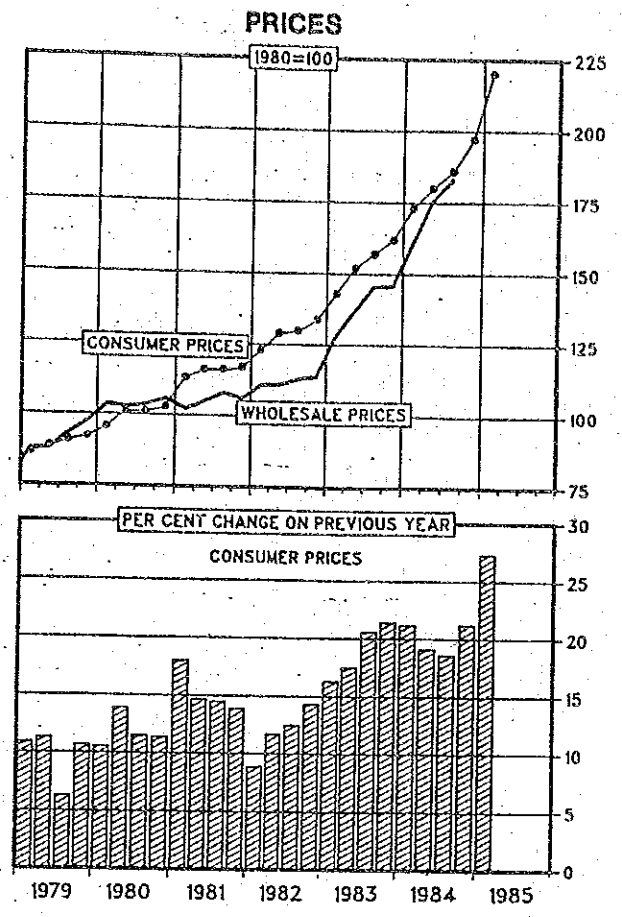
	Income Distribution	1974/75
7.8	Percentage of total income accruing to:	
	0-19% of the population	3
	20-39% of the population	6
	40-59% of the population	11
	Urban	
	0-19% of the population	6
	20-39% of the population	9
	40-59% of the population	12
	Rural	
	0-19% of the population	4
	20-39% of the population	8
	40-59% of the population	15

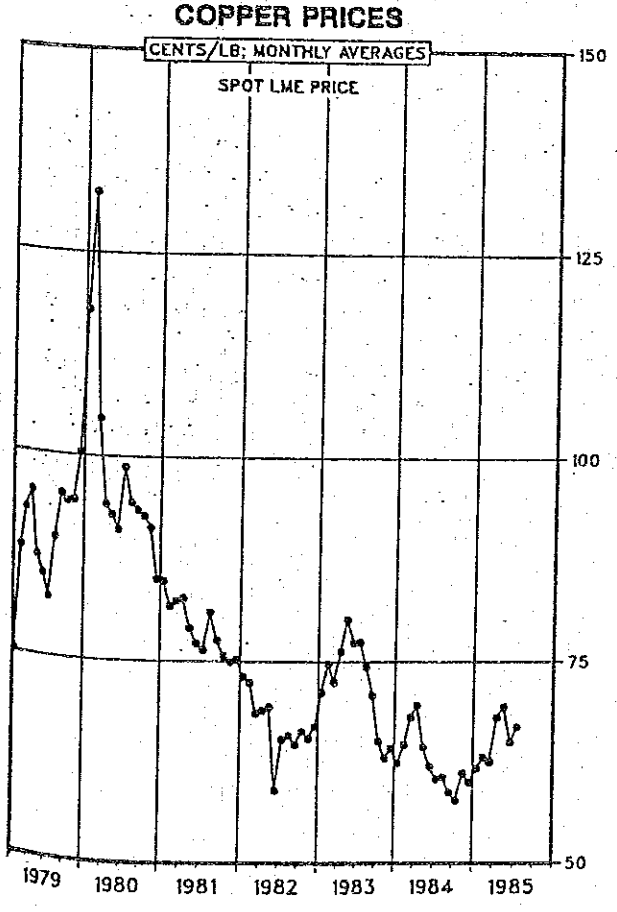
			1976
7.9	Average annual income per capita (K)	136	193
	Urban	255	354
	Squatter	170	238
	Low income	186	270
	High income	1,054	1,433
	Rural	74	

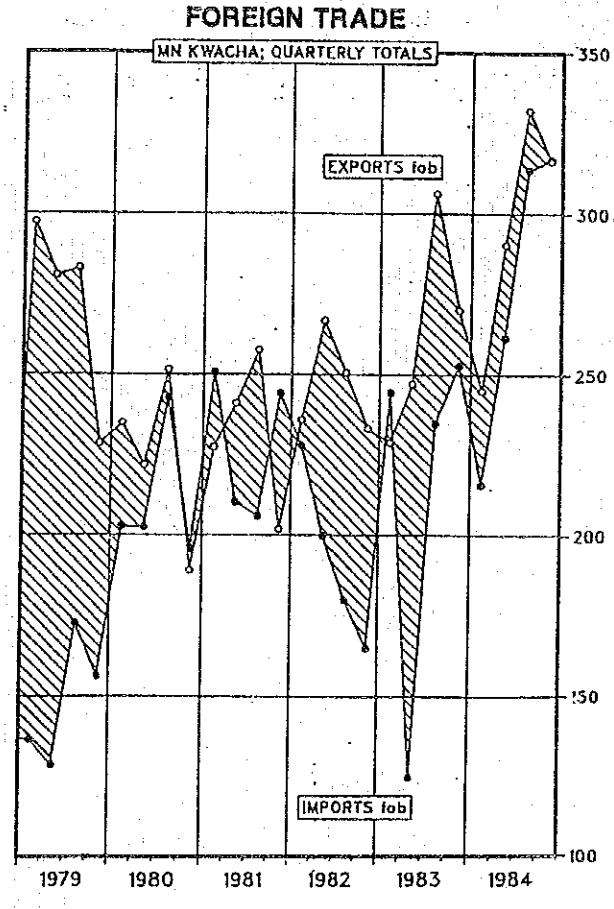
	Inflation	1978	1981	1982
7.10	Increase in the index of consumer prices (%)	15.8	13.6	12.6
7.11	Index of consumer prices (1975 = 100)	163.9	228.5	257.2
	Government Revenue and Expenditure			
7.12	Total Government revenue (K'million)	584.3	852.1	878.7
7.13	Total Government expenditure (K'million)	815.4	1,388.6	1,643.2
	current	647.1	1,230.5	1,323.0
	capital	168.3	158.1	320.2
7.14	% Government expenditure			
	health, total	6.5	5.6	7.2
	current	7.6	5.9	6.5
	capital	2.0	3.2	3.7
	education, total	13.6	11.0	13.0
	current	15.4	11.9	14.9
	capital	4.7	2.6	4.6
	Money and Banking			
7.15	International reserves (net) (K'million)	236.8	383.2	192.4
7.16	Currency in circulation (K'million)	154.8	224.2	242.7
7.17	Private deposits (Demand, Savings and Time Deposits)	567.3	843.1	1,159.5
7.18	Government deposits (with Bank of Zambia) (K'million)	7.5	-462.6	-944.4
7.19	Commercial bank loans and advances	301.6	699.8	747.7
	Consumption/Investments (Current Prices)			
7.20	Government final consumption (K'million)	575	1,054	1,072
7.21	Private final consumption (K'million)	1,203	2,166	2,254

Economic Trends in Zambia [Source: Economic Review, 1985, EIU]

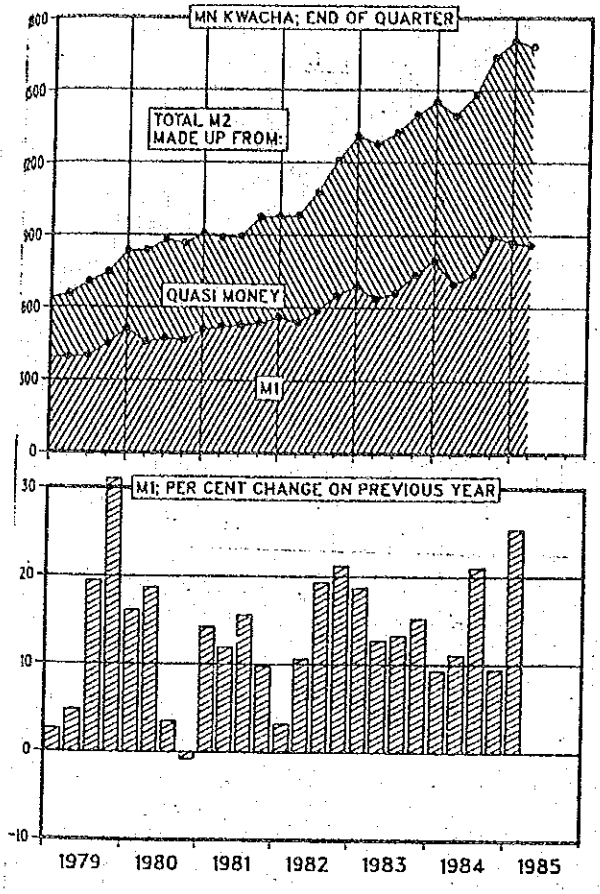




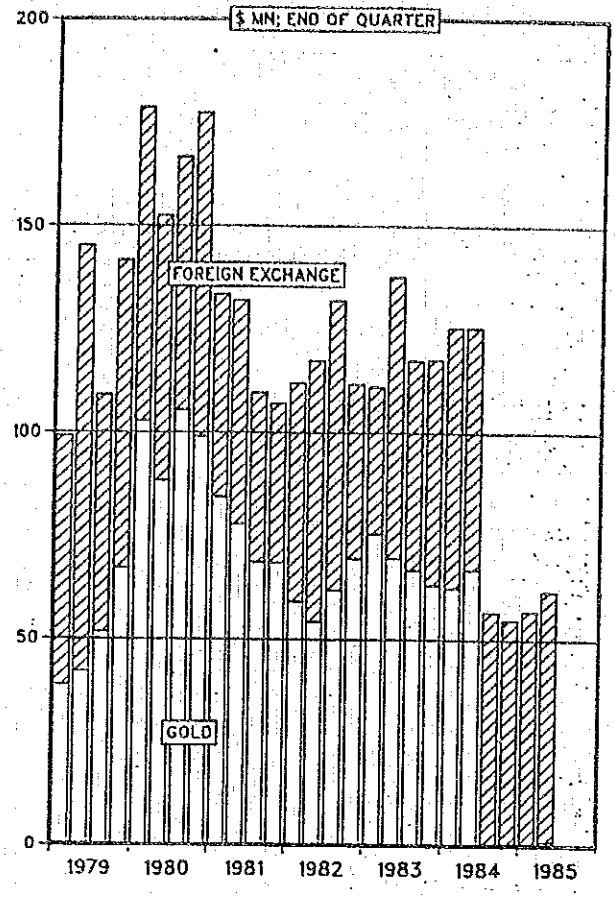




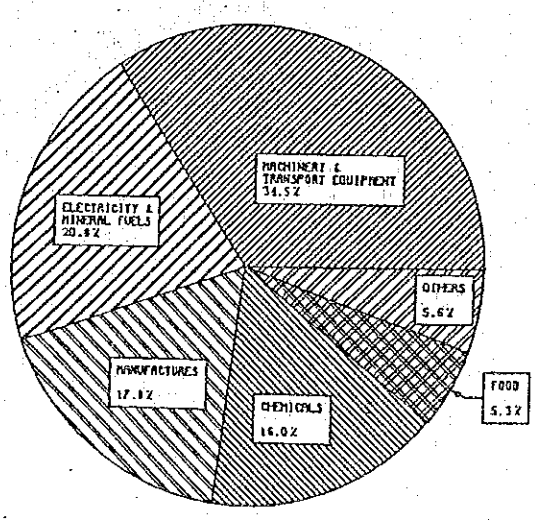
MONEY SUPPLY



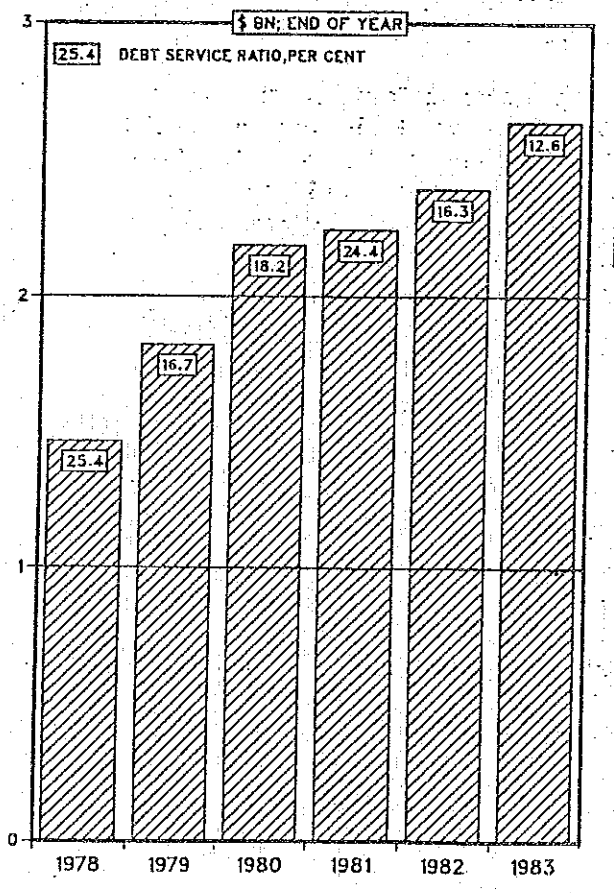
RESERVES



ZAMBIAN IMPORTS: 1982



DISBURSED PUBLIC FOREIGN DEBT



[Source: Economic Review, 1985, EIU]

	Balance of Payments	1977	1980	1981
7.30	Overall balance of payments (K'million)	-224.3	-214.0	-341.4
7.31	Inflow of private capital (net) (K'million)	27.9	-67.7	91.7
7.32	Current account balance (K'million)	-208.1	-490.3	-656.7

		1975	1978
8.1	Arable land (million ha)	N.A.	42
8.2	Arable land per agricultural population (ha)	N.A.	13.8
8.3	Number of traditional households engaged in farming ('000')	614	626
8.4	Number of commercial farmers	1,530	1,580

		1975/76	1976/77	1977/78
8.5	Loans released to farmers by financial institutions (K'million)	41	51	63
	Credit per farmer (K'000)	2.2	2.7	2.4

		1975	1981	1982
8.6	Marketed production of selected crops			
	Sugarcane ('000 tonnes)	768	893	1,010
	Maize ('000 tonnes)	559	693	510
	Wheat ('000 tonnes)	0.9	11	13
	Rice ('000 tonnes)	1.0	2.7	2.9
	Sunflower ('000 tonnes)	8.2	19	21
	Seed cotton ('000 tonnes)	2.6	17	13
	Cotton lint ('000 tonnes)	0.9	6.3	4.9
	Tobacco ('000 tonnes)	7.0	3.0	2.6

		1975	1980	1981
8.7	Percentage contribution of traditional farmers in marketed maize	60	60	46
8.8	Imports			
	of maize ('000 tonnes)	0.04	43	81
	of wheat ('000 tonnes)	157	35	79
	of rice ('000 tonnes)	3.9	4.6	2.4
8.9	Production of meat and milk (commercial sector)			
	Cattle ('000 heads)	72	92	100
	Pigs ('000 heads)	55	48	38
	Poultry ('000 tonnes)	11	18	12
	Milk ('million litres)	12	9	11

		1975	1978	1979
8.10	Production of major fisheries ('000 tonnes)	41	43	50

		1975	1981	1982
8.11	Percentage share of commercial and subsistence agricultural sector to GDP			
	Commercial sector			
	at current prices	4.0	6.0	5.3
	at 1970 prices	3.9	4.8	4.1
	Subsistence sector			
	at current prices	9.1	9.8	8.3
	at 1970 prices	7.0	7.3	6.9

WATER ANALYSES OF UNTREATED WATER FROM KAFUE RIVER AT IOLANDA INTAKE (1974 - 1976)

資料7　水質データ

Characteristic	9-1-74	15-2-74	20-3-74	17-4-74	15-5-74	12-6-74	18-9-74	9-10-74	6-11-74	4-12-74	8-1-75	12-2-75	6-3-75	7-5-75	11-6-75	10-9-75	8-10-75	5-11-75	5-12-75	11-2-76
Appearance	Dirty Brown	Greenish Brown	Greenish Brown	Brownish Green	Greenish	Greenish	Brownish	Greenish	Greenish	Greenish Brown	Brownish	Brownish	Brownish	Greenish	Greenish	Brownish	Greenish	Brownish	Greenish	
Odour	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Musty	Earthy	Musty	Earthy	Earthy	Earthy	Earthy	Earthy	Earthy	Earthy
Turbidity	8	3	7	4	2	2	3	2.4	4	6	5	4	6	4	8	3	3	3	4	6
Color °Hazen	30	50	40	40	20	8	15	15	15	35	20	35	25	15	15	10	12	10	10	25
PH	7.4	7.2	7.2	7.2	7.0	7.1	7.5	7.5	7.6	7.7	-	7.4	7.3	7.6	7.3	7.7	7.8	7.7	7.7	7.7
Total Dissolved Solids	93	153	141	136	99	122	115	167	191	224	194	87	152	136	129	166	130	133	152	160
Electrical Conductivity (micro mhos/cm)	240	160	150	135	110	110	190	200	210	240	230	180	170	110	110	160	190	220	240	220
Alkalinity as $CaCO_3$	116	74	80	82	74	80	106	120	130	120	94	86	88	80	80	100	105	124	132	112
Hardness as $CaCO_3$																				
Carbonate			80		64	80	106	104	0	120					0					
Non-Carbonate	8	6		6			0	0	130	10	6	0	8	0	-	0	-	-	0	10
Total	124	80	80	88	64	80	104	104	120	130	100	80	80	64	64	92	108	110	130	122
Calcium	106	64	64	68	64	65	94	100	120	126	80	64	60	60	52	86	90	104	88	89
Magnesium	18	16	16	20	0	15	10	4	0	4	20	16	20	-	12	6	18	6	42	33
Sodium Na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potassium K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloride Cl	12	4	6	2	4	4	4	4	6	4	16	6	6	6	4	4	4	6	8	6
Sulphate SO_4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrate N	0.06	0.08	0.01	0.10	0.06	0.08	0.1	0.08	0.10	0.08	0.08	0.14	0.10	0.06	0.06	0.01	0.02	0.04	0.03	0.05
Nitrite N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	-	-	0
Free Ammonia N	0.44	0.18	0.02	0.03	0.10	0.03	0.30	0.24	0.02	0.20	0.08	0.28	0.28	0.04	0.02	0.50	0.54	0.64	0.20	0.76
Albuminoid Ammonia N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxygen absorbed	35	1.6	1.5	5.1	3.7	2.9	6.8	9.0	3.9	5.4	4.1	4.1	2.2	2.5	4.0	4.6	2.8	3.6	4.0	4.0
Silica SiO_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phosphate PO_4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganese Mn Total	0	0	-	0	-	0	0	0	-	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
Free Chlorine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suspended Solids	10	-	-	-	-	-	-	-	3.0	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
BOD (5 days)	20	5.6	5.6	1.3	0.5	0.8	1.25	0.7	1.3	1.7	-	1.5	1.7	0.9	0.3	2.0	0.9	0.8	1.7	1.8
Temperature	26	26	27	28	25	23	24	27	27	27	28	25	25	26	26	26	27	30	28	28.5
Dissolved Oxygen	2.8	1.8	0.1	1.1	1.0	1.5	2.7	2.7	2.0	2.7	2.6	1.5	1.5	1.2	2.5	6.5	7.7	7.0	10.0	7.3
Saturation	40	25.7	1.4	15.7	14.5	21.5	38.5	38.5	28.9	39.1	37.7	21.7	21.7	17.1	35.7	92.8	110.0	101.4	146.0	105.8

in mg/l except where shown otherwise.

[Source: Zambia Water Wastage Study, 1977]

WATER ANALYSES OF TREATED WATER
AT OUTLET OF STEWART PARK SERVICE RESERVOIR
(1974 - 1976)

Characteristic	10-1-74	17-2-74	14-3-74	17-4-74	16-5-74	13-6-74	17-9-74	10-10-74	7-11-74	5-12-74	9-1-75	13-2-75	5-3-75	13-5-75	12-6-75	11-9-75	10-10-75	6-11-75	8-12-75	12-2-76
Appearance	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Bright	Clear	Greenish	Clear	Clear	Clear	Clear	Bright.					
Odour	None	None	None	None	None	None	Chlorinous	Chlorinous	None		None			None	None	None				None
Turbidity	Clear	Clear	1.0	1	0.0	Clear	None	Clear	Clear	1.2	Nil	Nil	None	Nil	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear
Color °Hazen	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
PH	7.0	6.9	7.1	7.0	7.0	7.0	6.6	6.6	7.1	7.2		6.9	6.9	7.0	6.8	7.0	7.2	7.0	7.5	7.6
Total Dissolved Solids	124	188	191	111	102	124	149	189	215	348	244	123	165	117	134	128	106	161	229	188
Electrical Conductivity (micro mhos/cm)	280	180	180	160	140	120	230	240	250	260	260	200	185	175	120	180	200	230	250	240
Alkalinity as $CaCO_3$	84	50	66	68	70	80	48	60	114	120	100	62	70	62	54	70	92	94	114	110
Hardness as $CaCO_3$																				
Carbonate			66		70	76	48	60	114						16					
Non-Carbonate	50	46	40	28	10	4	64	60	28	20	10	48	14	14		26	8	26	22	10
Total	134	96	106	96	80	76	112	120	142	140	110	110	84	76	70	96	100	120	136	120
Calcium	118	80	76	78	70	64	84	106	104	90	88	100	60	64	60	82	88	90	92	84
Magnesium	16	16	30	18	10	12	28	14	38	50	22	10	24	12	10	14	12	30	44	36
Sokium Na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potassium K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloride Cl	16	16	8.0	6.0	6	6	40	36	8	6	12	4	8.0	4	6	6	8	10	10	10.0
Sulphate SO_4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrate N	0.12	0.04	0.0	0.01	0.00	0.0	0.08	0.05	0.09	0.14	0.09	0.1	0.06	0.04	0.04	0.01	0.04	0.04	0.02	0.05
Nitrite N	0.00	0.00	0.0	0.00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Nil	0.0	-		0.0	Nil		0.0
Free Ammonia N	0.08	0.02	0.01	0.01	0.02	0.0	0.06	0.01	0.04	0.2	0.56	0.31	0.02	0.02	0.01	0.1	0.04	0.52	.04	0.14
Aluminoid Ammonia N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxygen Absorbed (4 Hrs, 27°C)	1.0	1.5	0.75	2.2	1.2	1.3	0.25	0.15	2.0	1.4	1.7	1.4	1.9	3.5	0.8	0.7	1.8	1.5	1.2	2.4
Silica SiO_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phosphate PO_4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Iron Fe Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganese Mn Total	0.00	-	-	0.00	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Free Chlorine	Nil	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace	0.7	1.2	Trace	Nil	Trace	Nil	Trace	Nil	Nil	Trace	Nil	Nil	Trace	Nil

Units in mg/l except where shown otherwise.

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

	SOURCE	DATE SAMPLED	COLIFORM ORGANISMS/100ML	95% CONFIDENCE LIMIT		CONFIRMED E. COLI	TOTAL BACTERIAL COUNT	REMARKS
				LOWER LIMIT	UPPER LIMIT			
1	CHELSTON	24/12/85	3	< 0.5	9	+	-	UNSATISFACTORY
2	NORTHMEAD	24/12/85	1	< 0.5	4	+	-	UNSATISFACTORY
3	KALAMBO ROAD WORKSHOP	24/12/85	Nil	-	-	-	-	SATISFACTORY
4	CHUNGA	24/12/85	Nil	-	-	-	-	SATISFACTORY
5	CHAWAMA	24/12/85	Nil	-	-	-	-	SATISFACTORY
6	WATER DISTRIBUTION RESERVOIR	24/12/85	Nil	-	-	-	-	"
7	KAFUE TREATMENT PLANT	27/12/85	Nil	-	-	-	-	"
8	CHILANGA PUMPING STATION	27/12/85	6	1	15	+	+	UNSATISFACTORY

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

	SOURCE	DATE SAMPLED	COLIFORM ORGANISMS/100ML	95% CONFIDENCE LIMIT		CONFIRMED E COLi	TOTAL BACTERIAL COUNT	REMARKS
				LOWER LIMIT	UPPER LIMIT			
1.	Intercontinental	2/01/86	18+	5	55	+		Unsatisfactory
2.	Chelston	2/01/86	18+	5	55	+		Unsatisfactory possible source reservoir
3.	Northmead	2/01/86	18+	5	55	+		Unsatisfactory
4.	Matero Police	2/01/86	6	1	15	+		Unsatisfactory
5.	Kalambo Road Workshop	2/01/86	Nil	0	0	-		Satisfactory
6.	Woodlands	2/01/86	Nil	0	0	-		Satisfactory
7.	Rhodes Park	2/01/86	Nil	0	0	-		Satisfactory
8.	Chilanga Pumping Station	4/01/86	9	2	21	+		Unsatisfactory
9.	Kafue Laboratory	4/01/86	2	< 0.5	6	-		Satisfactory

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

SOURCE	DATE SAMPLED	COLIFORM ORGANISM/100ML	95% CONFIDENCE LIMIT		CONFIRMED E. COLi	TOTAL BACTERIAL COUNT	REMARKS
			LOWER LIMITS	UPPER LIMITS			
CIVIC CENTRE	12/02/86	Nil	0	0	-	NO	Satisfactory
RIDGEWAY (OUTSIDE TAP)	12/02/86	3	0.6	9	+	2	Unsatisfactory
RIDGEWAY (INSIDE TAP)	12/02/86	18+	5	55	+	2	Unsetisfactory Gross pullution
NORTHMEAD PRIMARY SCHOOL	12/02/86	Nil	0	0	-	0	Satisfactory
MATERO POLICE STATION	12/02/86	"	0	0	-	0	"
LUMUMBA ROAD RESERVOIR	12/02/86	Nil	0	0	-	0	"
CHAWAMA RESERVOIR	12/02/86	"	0	0	-	0	"

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

SOURCE	DATE SAMPLED	COLIFORM ORGANISM/100ML	95% CONFIDENCE LIMIT		CONFIRMED E. COLi	TOTAL BACTERIAL COUNT	REMARKS
			LOWER LIMITS	UPPER LIMITS			
CIVIC CENTRE	26/02/86	0	-	-	-	NO	Satisfactory
WATER DISTRIBUTION	"	0	-	-	-	NO	Satisfactory
STUART PARK	"	0	-	-	-	NO	Satisfactory
KALINDALINDA	"	18+	3	55	+	NO	Unsatisfactory
CHELSTON	"	3	0.2	9	-	NO	Unsatisfactory
LUMUMBA ROAD	"	6	1	15	+	NO	Unsatisfactory
CHAWAMA	"	9	2	21	-	NO	Unsatisfactory
CHILENJE	"	0	-	-	-	NO	Satisfactory

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

SOURCE	DATE SAMPLED	COLIFORM ORGANISM/100ML	95% CONFIDENCE LIMIT		CONFIRMED E. COLi	TOTAL BACTERIAL COUNT	REMARKS
			LOWER LIMITS	UPPER LIMITS			
CIVIC CENTRE	5/03/86	0	-	-	-	NO	Satisfactory
DISTRIBUTION	"	0	-	-	-	NO	Satisfactory
WOODLANDS	"	16	4	40	+	NO	Unsatisfactory
KALINGALINGA	"	18+	5	55	+	NO	Unsatisfactory
CHELSTON	"	16	4	40	+	NO	Unsatisfactory
CHUNGA	"	6	1	13	-	NO	Unsatisfactory
MATERO POLICE STATION	"	3	< 0.6	9	-	NO	Unsatisfactory
LUSAKA ROAD	"	0	-	-	-	NO	Satisfactory
CHAWAMA	"	4	< 0.6	11	-	NO	Unsatisfactory
CHILENGA PUMPING STATION	7/8/86	3	< 0.6	9	-	NO	Unsatisfactory

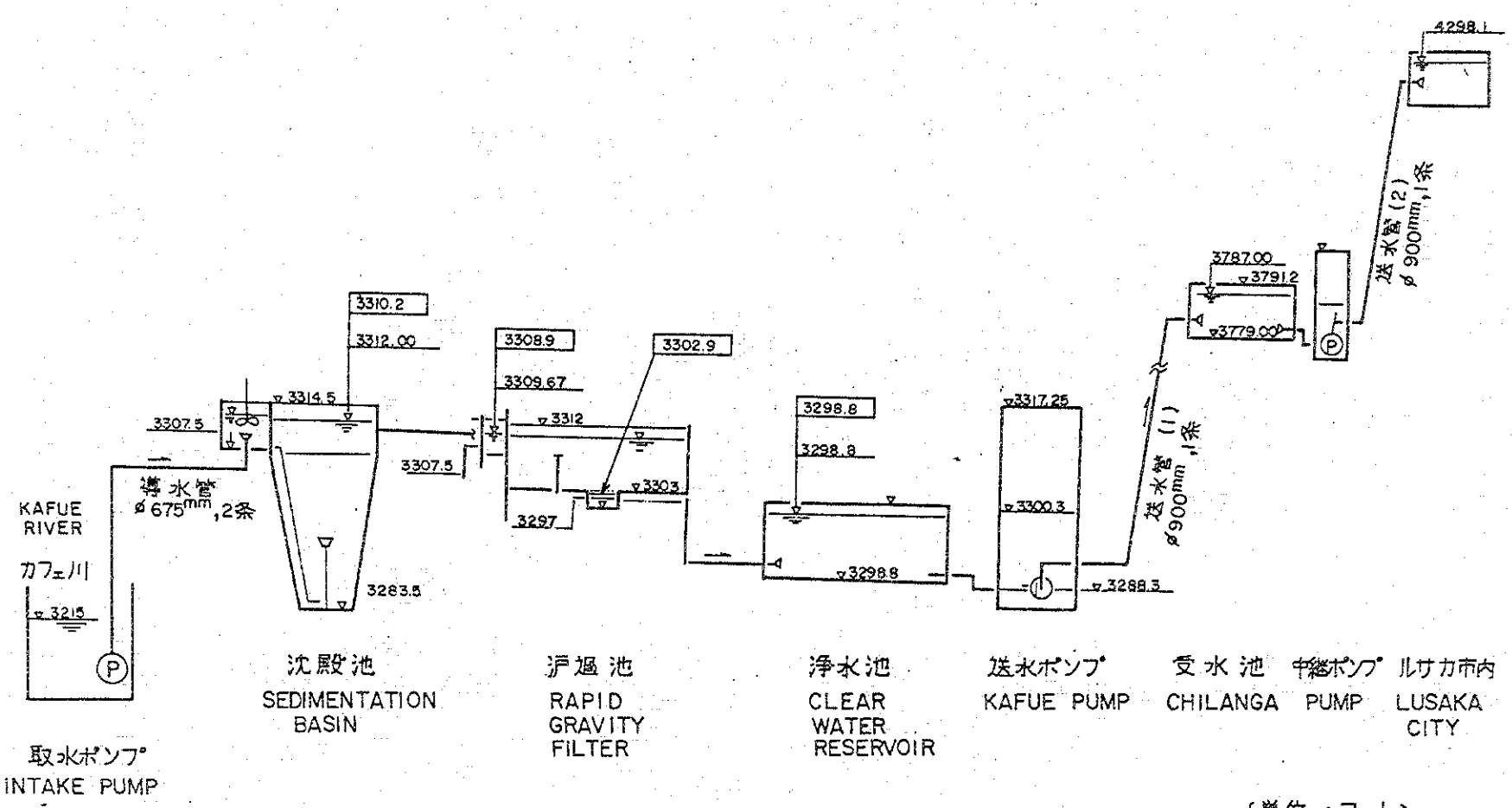
資料－８　カフェ浄水場内水理計算

既存の浄水場施設に対し、110,000m³/日を流しうるかどうかを概略検討したところ、表8.1，図 8.1 に示すように、　着水井で 1.8 feet (0.55m)の余裕があり、　また、　ろ過池損失水位 6.77 feet (2.06 m) の内、砂層，砂利層の損失水位として 1.76 m が見込まれるため、何等支障はないことが判明した。

表 8.1　浄 水 場 内 水 理 計 算 結 果

[単位１フィート]

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



〔単位 ：フィート〕
〔UNIT：FEET〕
注）□ 内数値は
110,000㎥/日 時

図 8.1 カフェ系水位高低図(本計画)

Fig 8.1 Water Table of Kafue System (This Project)

(1)浄水池～ろ過池出口　損失水頭　H_1＝ 流入損失（h_1）+流入損失（h_2）
+曲がり損失（h_3）+摩擦損失（h_4）

ϕ 900 mm , l ＝ 460ft. ＝ 140 m

Q＝110,000m³/日 ＝ 1.2731 m³/sec

$$V = Q/A = 1.2731/\frac{\pi}{4}(0.9)^2 = 2.0 \text{ m/sec}$$

① 流入損失　$h_1 = f_e \frac{V^2}{2g} = 0.5 \times \frac{(2.0)^2}{2 \times 9.8} = 0.10$ (m)

② 流出損失　$h_2 = f_o \frac{V^2}{2g} = 1.0 \times \frac{(2.0)^2}{2 \times 9.8} = 0.20$ (m)

③ 曲がり損失　$h3 = f_{b1} f_{b2} \frac{V^2}{2g}$

45° ～ 2ケ所　　90° ～ 2ケ所　　$f_{b1} f_{b2}$ ：45° 曲管 0.15, 90° 曲管 0.20

$$h_3 = (0.15 \times 2 + 0.20 \times 2) \frac{(2.0)^2}{2 \times 9.8} = 0.14(\text{m})$$

④ 摩擦損失　$h_4 = 10.294 n^2 D^{16/3} Q^2 L$ （マニング式）

n ＝ 0.014　D ＝ 0.9　Q ＝ 1.2731　L ＝ 140m

h_4＝ 0.80m

⑥ 損失水頭合計

H ＝ 0.10 + 0.20 + 0.14 + 0.80

＝ 1.24 m

＝ 4.07 ft.

(2) ろ過損失　H_2＝ 流入損失(h_1) + 砂層損失(h_2) + 砂利層損失(h_3)
+ 集水損失(h_4) + 流出損失(h_5) + その他損失(h_6)

Q＝110,000m³/日 ÷ 20池 ＝ 5,500m³/日 ＝ 0.0637 m³/sec/池

① 流入損失（h_1）

$V = 0.0637 \div 0.14 = 0.455$ m/sec

$$h_1 = (0.5 + 1.0)\frac{(0.455)^2}{2g} = 0.02\text{m}$$

ただし、0.5:流入部，1.0:流出部

② 砂層損失 （h_2）

清浄砂層における損失 （Fair-Hatch 式）

$$h_2' = 0.178\ L \cdot \frac{\upsilon}{g} \cdot \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{1}{\xi^4} \cdot \frac{24\mu}{\rho} \cdot \Sigma \frac{P_1}{D_1^2}$$

L：ろ材厚さ 0.6m　　υ：ろ過速度 m/sec，　α/β：係数 5.5

ξ：ろ材の空隙率 0.35　　μ：水の粘性 10^{-3}kg/m・sec

ρ：水の比重量 10^3 kg/m^3　　D_1：砂粒径 m

P_1：D_1 の砂粒径の全体に対する割合

通常 $\Sigma \frac{P_1}{D_1^2} = 1.5 \times 10^6$ 程度となる。

$$h_2' = 0.178 \times 0.6 \times \frac{120}{86{,}400} \times \frac{1}{9.8} \times 5.5 \times \frac{1}{0.35^4} \times \frac{24 \times 10^{-3}}{10^3}$$
$$\times 1.5 \times 10^6$$
$$= 0.2\text{m}$$

閉鎖の進んだ砂層におけるろ過損失水頭をろ過に対する余裕値として 1.56m 程度見込む。

$h_2 = 0.2 + 1.56 = 1.76$m

③ 砂利層損失（h_3）　$h_3 = 0.1$m

（砂利層における閉塞を考慮している。）

④ 集水損失（h_4）　$h_4 = \frac{1}{2g}\left(\frac{100}{0.6} \times \frac{120}{86{,}400}\right)^2 = 0.003\text{m}$

100:1% 開口比
0.6:流量係数

⑤ 流出損失（h_5）　$\phi 375$, $V = 0.0637/(0.375^2 \frac{\pi}{4}) = 0.577$m/sec

$$h_5 = (0.5 + 1.0) \times \frac{(0.577)^2}{2g} = 0.03\text{m}$$

ただし、0.5: 流出部 , 1.0: 流入部

⑥ その他 ベンチュリー, バルブ等による損失

$h_6 = 0.14m$

⑦ 損失水頭合計

$H_2 = 0.02 + 1.76 + 0.1 + 0.01 + 0.03 + 0.14$

$= 2.06m$ (日本の場合 1～2m で運転している)

$= 6.77$ ft.

(3) ろ過池～沈でん池

開きょ (巾 3ft. = 0.91m , 深さ 2.17ft. = 0.66m , l = 490ft. = 150m)

$H_3 = (N^2 \times V^2 \times L) \div (R^{4/3})$

$= (0.015^2 \times 0.71^2 \times 150) \div (0.337^{4/3})$

$= 0.07$ m

$= 0.23$ ft.

ただし、

N : 粗度係数 (コンクリート 0.015)

V : 流 速 (1.2731 ÷ 3) ÷ (0.66 X 0.91) = 0.71

R : 径 深 (A/S = 0.66 X 0.91 ÷ (0.66 X 2 + 0.91) = 0.337)

S : 潤 辺 (= 0.66 X 2 + 0.91 = 1.78)

A : 断面積 (= 0.66 X 0.91 = 0.60)

(4) 沈でん池～着水井

開きょ (巾 3ft. = 0.91m , 深さ 2.17ft. = 0.66m , l = 330ft. = 100m)

$H_4 = (N^2 \times V^2 \times L) \div (R^{4/3})$

$= (0.015^2 \times 0.71^2 \times 100) \div (0.337^{4/3})$

$= 0.068$ m

$= 0.22$ ft.

資料－９　　急速ろ過池排水トラフ計算書

(1)　排水トラフの越流水深

せきからの越流量 （Q） ＝ $1.838BH^{3/2}$ で与えられる。

$$越流水深 = \left(\frac{Q}{1.838B}\right)^{2/3}$$

$$= \left(\frac{0.52}{1.838 \times 4.5 \times 5 \times 2}\right)^{2/3}$$

$$= 0.034\ m$$

ここで、

Q：逆洗水量　$47.25\ m^2 \times 0.66\ m/min$

$= 31.185\ m^3/min$

$= 0.52\ m^3/sec$

B：トラフ長さ：　4.5 m × 5 本／池 × 2

H：越流水深（m）

(2) 排水トラフの検討

トラフ断面　　^{W} 0.35 × ^{D} 0.4 とする。

トラフ数　　5本／池

トラフ1本当り水量

$$Qo = \frac{0.52}{5} = 0.104 \ m^2/sec$$

下流端限界水深 h_{co} を中川公式により求める。

$$h_{co} = \left(\frac{\alpha Q_o^{\ 2}}{g B^2} \right)^{1/3}$$

$\alpha = 1.1$ とする。

$Q_o = 0.104 \ m^3/sec$

$B = 0.35m$ より

$$h_{co} = \left(\frac{1.1 \times (0.104)^2}{9.8 \times (0.365)^2} \right)^{1/3}$$

$$= 0.215 \ m$$

下流端水深を自由落下とすれば、

上流端水深 $h_o = \sqrt{3} \ h_{co}$ であるから

$$h_o = \sqrt{3} \times 0.215$$

$$= 0.372 \ m < 0.40 \ m$$

よってトラフは 350 ^{W} × 400 ^{H} で充分である。

資料－１０　　送水ポンプ計算書

ポンプ仕様を決定する為に既設パイプラインの管ロス係数を確認した上で決定する。

1．既設パイプラインの管ロス係数

既計画の配水管縦断図を基にし、かつ Hizen-Williams Formula により管ロス係数を逆算した結果を a．に示す。

これによると管ロス係数 "C" は 120 ～ 125 程度である。

Hazen-Williams Formulaは以下による。

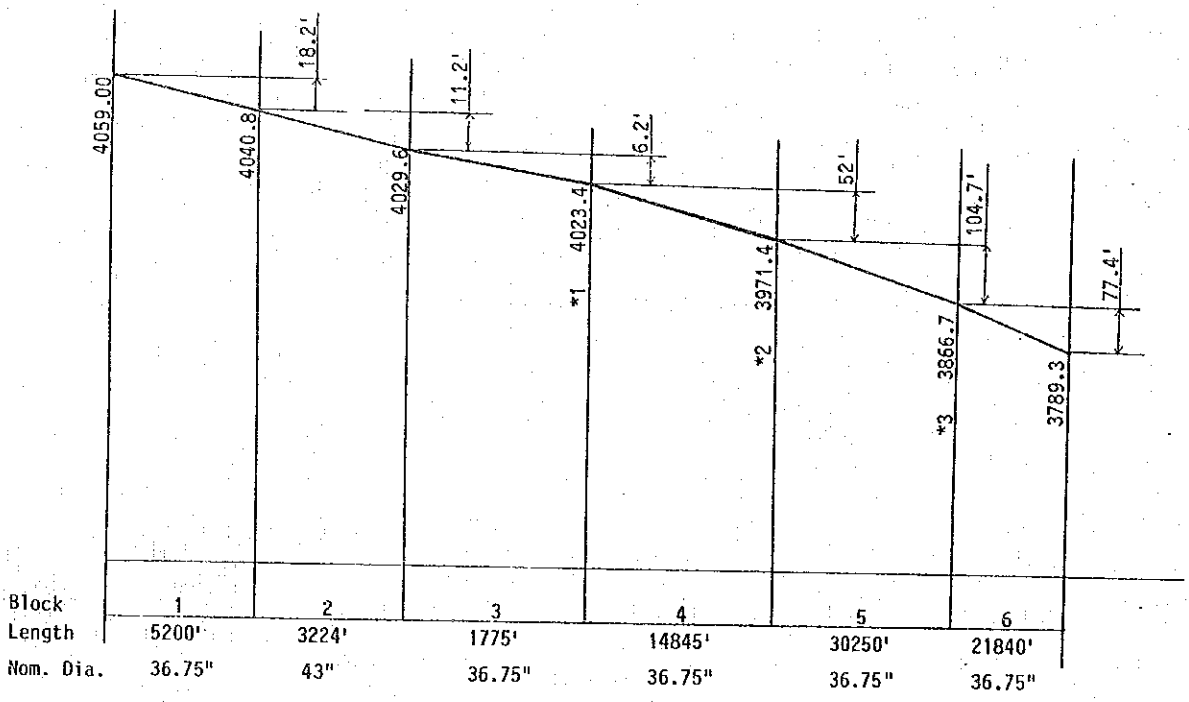
$$C = \{10.66 \times l \div hf \div d^{4.87}\} \quad \times Q$$

ここで　　l　＝ pipe length in m
hf　＝ friction loss in m
d　＝ pipe inner diameter
Q　＝ Capacity in m^3/sec

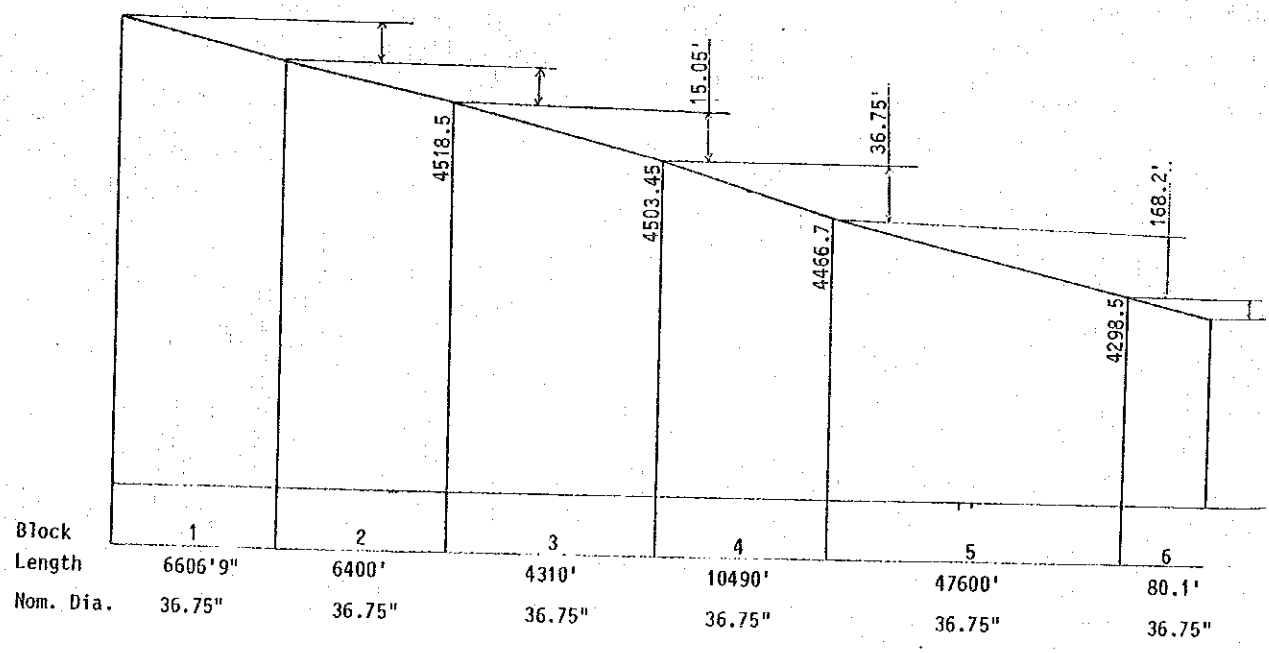
a. 各種計算資料

i) 既計画パイプ動水位（Pipeline profile より転記）
（送水流量 Q=16,680IGPM=109.203m³/日とする）

No.1 PS ～ No.2 PS



No.2 PS ～ Terminal Resrvoir



ii) 既パイプラインの管ロス係数

No.1 P.S ～ No.2 P.S

Q = 16,680^{IGPM}
= 16,680 × 0.0045465/60 m^3/sec
= 1.2640 m^3/sec

Block	l	hf	d	c
1	1,584.96	(18.21) 5.547	0.908	124
2	982.68	(11.21) 3.414	1.0636	82
3	540.99	(63.21) 1.890	0.908	124
4	4,524.76	(52.0) 15.850	0.9112	123
5	9,220.20	(104.71) 31.913	0.9144	122
6	6,656.83	(77.41) 23.592	0.9176	120

No.2 P.S ～ Terminal Reservoir

Q = 1.2640 m^3/s

Block	l	hf	d	c
3	1,313.7	(15.051) 4.587	0.9112	123
4	3,197.4	(36.751) 11.201	0.9144	122
5	14,508.5	(168.21) 51.267	0.9176	120

2. 計画における管ロス係数と送水管損失

日本の水道施設基準によれば、 "C" 値は屈曲損失等を別途に計算する時に直線部の "C" 値は 130 にすることができ、 また、屈曲損失を含める場合には "C" 値は 110 としている。

しかし、既設配管の計画値が約 C = 120 ～ 125 である事から当計画では屈曲損失を含めて C = 120 で計画する。

送水管損失は、下記の Hazen-Williams Formula により求められ、
計算結果は 表2-1に示す。

$$Hf = 10.666 \times (Q \div C)^{1.85} \times (1 \div d^{4.87}) \times l$$

その結果は

No.1 High-lift pump　　$H_f = 84.81$ m

No.2 High-lift pump　　$H_f = 84.17$ m

表2-1　新計画管ロス計算の結果　（ C = 120 とする）

Q = 76.5 m³/分 = 1.275 m³/sec

ブロック	No.1 P.S ～ No.2 P.S			No.2 P.S ～ Terminal Reservair		
	d	e	hf	d	e	hf
1	0.908	1,584.96	6.037	0.908	2,013.7	7.671
2	1.0636	982.68	1.732	0.9112	1,950.7	7.304
3	0.908	540.99	2.061	0.9112	1,313.7	4.919
4	0.9112	4,524.76	16.943	0.9144	3,197.4	11.769
5	0.9144	9,220.2	33.940	0.9176	14,508.5	52.506
6	0.9176	6,656.83	24.091	0.9176	24.4	0.027
合計	Hf = Σ hf = 84.805			Hf = Σ hf = 84.169		

3. ポンプ全揚程

No.1, No.2 High lift pump の全揚程は下記となる。

	No.1 High lift pump	No.2 High lift pump
水位条件		
吸込水位	3,298.8'	3,789'
吐出水位	3,789'	4,298.2'
実　揚　程	149.5 m (490.5 feet)	155.2 m (509.2 m)
送水管損失	84.81	84.17
ポンプ廻り損失	2.0 m	2.0 m
全　揚　程	236.3 m	241.37 m

No.1 high lift pump は 236.3 m, No.2 は 241.37 m となり全揚程に約 5 m の差が生じるが No.1, No.2 各 Pump Station の機器の互換性を考慮して各 Pomp Station 共、全揚程を 242 m とする。

4. 電動機出力

電動機出力 ＝ (0.163 x 25.5m³/分 x 242m x 1.15) ÷ 0.86
＝ 1,345 → 1,350KW とする。

Q = ポンプ吐出量 ： 22.5m³/分
H = ポンプ全揚程 ： 242m
η = ポンプ効率 ： 86%

資料－１１

ウォーターハンマー解析

送水ポンプ場の改善に当り、既設送水管路でのポンプ停止時における水撃作用の検討を行い、安全な維持管理が行なえるように計画する。

１．基本条件

		カフェ送水ポンプ場	チランガ送水ポンプ場
送水ポンプ			
台数	台	4	4
運転台数	〃	3	3
吐出量	m3／分	22.5	22.5
全揚程	m	242	242
回転数	rpm	1,490	1,490
ポンプ効率	%	86	86
GD 2	Kg ・m2	160	160
電 動 機			
出 力	KW	1,350	1,350
型 式		かご型	かご型
電 圧	V	3,000	3,000
周波数	Hz	50	50
極 数	P	4	4
GD 2	Kg ・m2	57	57
逆 止 弁			
口 径	mmφ	450	450
型 式		急閉逆止弁	急閉逆止弁

		カフェ送水ポンプ場	チランガ送水ポンプ場
管　　路			
管　種		鋼管	鋼管
損失係数		C＝ 120	C＝ 120
定数K／E		0.01	0.01
		（K：水の体積弾性率… 2.07 ×10　kg／m2）	
		（E：管財の縦弾性係数… 2.1×10　kg／m2）	
他の条件		表　11.1　に示す	表　11.4　に示す
		11.2	11.5
		11.3	11.6
運転状態での諸条件			
送水量		76.5m　3／分＝ 1.275m　3／s	76.5m　3／分＝ 1.275m　3／s
吸込水位	m	1005.47	1154.88
吐出水位	m	1154.89	1310.09
実揚程	m	149.42	155.21
管路側室	m	84.8	84.26
ポンプ廻り損失水頭	m	7.81	2.53

Table 11.1 (1)
表　11.1 (1)

（カフェ送水ポンプ場）

NODE	Chainage (10^3ft.)	Chainage (m)	Trench Invent Level(ft)	Trench Invent Level(m)
1	0	0	3289.5	1002.6
2	10	304.8	3225.5	992.3
3	44	1341.12	3257.18	992.79
4	52	1585	3254.5	992
5	74+24	2262.8	3290.0	1002.79
6	83+24	2537.2	3320.0	1011.94
7	84+24	2568	3320.3	1012
8	92+24	2811.5	3336.62	1017.00
9	101+33.9 , 0+65	3108.6	3378.0	1029.614
10	101+33.9 , 4+70	3232.07	3397.89	1035.677
11	101+33.9 , 30	4003.2	3356	1022.909
12	101+33.9 , 42	4369	3362	1024.738
13	101+33.9 , 45	4460.5	3370	1027.176
14	101+33.9 , 48	4551.9	3374	1028.395
15	101+33.9 , 55+28	4773.7	3372	1027.786
16	101+33.9 , 67	5131.0	3372	1027.786
17	101+33.9 , 86	5710.1	3382	1030.834
18	101+33.9 , 102	6197.8	3458	1053.998
19	101+33.9 , 120	6746.4	3417.07	1041.523
20	101+33.9 , 140	7356.0	3498.81	1066.468
21	101+33.9, 149+10	7633.38	3464.70	1056.04
22	101+33.9 , 163	8057.05	3494.50	1065.124
23	101+33.9 , 176	8453.3	3451.45	1052.002

Table 11.1 (2)
表　11.1 (2)

NODE	Chainage (10^3ft)	Chainage (m)	Trench Invent Level(ft)	Trench Invent level (m)
24	101+33.9, 194	9001.9	3510	1069.848
25	218	9733.5	3526.84	1074.981
26	240	10404	3545.33	1080.617
27	258	10952.7	3561.83	1085.646
28	270	11318.4	3551.08	1082.369
29	292	11989	3497.20	1065.947
30	314+97.4	12689.2	3510.85	1070.107
31	332	13208.2	3486.43	1062.664
32	346	13634.9	3506.48	1068.775
33	374	14488.3	3531.54	1076.413
34	402	15341.8	3532	1076.554
35	417	15799	3555.13	1083.604
36	446	16682.9	3566.55	1087.084
37	451+60	16853.58	3564.42	1086.435
38	503+50	18435.5	3610.00	1100.328
39	533	19334.7	3602.03	1097.899
40	557	20066.2	3620.28	1103.461
41	584	20889.1	3676.04	1120.457
42	594	21194	3697.98	1127.144
43	606	21560	3681.12	1122.005
44	624	22108.5	3710.86	1131.07
45	643	22687.5	3721.00	1134.161
46	658	23144.7	3733.83	1138.071
47	670	23510.42	3784.45	1153.5

Table 11.2
表　11.2

（カフェ送水ポンプ場）

Pipe No.	Node No.	口　径 di (mm)	管　厚 t (mm)	a (m/s)	距　離 l (m)	損失水頭 loss(m)	備　考
1	1 → 2	908.05	12.7	1088.1	304.8	1.16	
2	2 → 3	〃	〃	〃	1036.32	3.95	
3	3 → 4	〃	〃	〃	243.88	0.93	
4	4 → 5	1063.63	14.3	1079.1	677.8	1.19	
5	5 → 6	〃	〃	〃	274.4	0.54	
5	6 → 7	〃	〃	〃	30.8	0	1＝0とする。 7をなしとする。
6	7 → 8	908.05	12.7	1088.1	243.5	0.93	
7	8 → 9	〃	〃	〃	297.1	1.13	
8	9 → 10	911.23	11.11	1056.2	123.47	0.46	
9	10 → 11	〃	〃	〃	771.13	2.88	
10	11 → 12	〃	〃	〃	365.8	1.37	
11	12 → 13	〃	〃	〃	91.5	0.34	
12	13 → 14	〃	〃	〃	91.4	0.34	
13	14 → 15	〃	〃	〃	221.8	0.83	
14	15 → 16	〃	〃	〃	357.3	1.33	
15	16 → 17	〃	〃	〃	579.1	2.19	17 をなしとする。
15	17 → 18	〃	〃	〃	487.7	1.82	
16	18 → 19	〃	〃	〃	548.6	2.05	
17	19 → 20	〃	〃	〃	609.6	2.28	
18	20 → 21	〃	〃	〃	277.38	1.04	
19	21 → 22	914.40	9.53	1018.0	423.67	1.56	
20	22 → 23	〃	〃	〃	396.25	1.45	
21	23 → 24	〃	〃	〃	548.60	2.02	
22	24 → 25	〃	〃	〃	731.6	2.69	

Table 11.3
表　11.3

No.	Pipe Node	di (mm)	t (mm)	a (m／s)	l (m)	loss(m)	備　考
23	25 → 26	914.40	9.53	1018.0	670.5	2.47	
24	26 → 27	↓	↓	↓	548.7	2.02	
25	27 → 28	↓	↓	↓	365.7	1.35	
26	28 → 29	↓	↓	↓	670.6	2.47	29 をなしとする
26	29 → 30	↓	↓	↓	700.2	2.57	29 をなしとする
27	30 → 31	↓	↓	↓	519.0	1.91	
28	31 → 32	↓	↓	↓	426.7	1.57	
29	32 → 33	↓	↓	↓	853.4	3.15	
30	33 → 34	↓	↓	↓	853.5	3.15	
31	34 → 35	↓	↓	↓	457.2	1.68	35 をなしとする
31	35 → 36	↓	↓	↓	883.9	3.25	35 をなしとする
32	36 → 37	↓	↓	↓	170.68	0.63	
33	37 → 38	917.6	7.94	970.6	1581.92	5.73	
34	38 → 39	↓	↓	↓	899.2	3.26	
35	39 → 40	↓	↓	↓	731.5	2.65	
36	40 → 41	↓	↓	↓	822.9	2.98	41 をなしとする
36	41 → 42	↓	↓	↓	304.9	1.10	41 をなしとする
37	42 → 43	↓	↓	↓	366.0	1.32	
38	43 → 44	↓	↓	↓	548.5	1.98	
39	44 → 45	↓	↓	↓	579.0	2.10	45 をなしとする
39	45 → 46	↓	↓	↓	457.2	1.65	45 をなしとする
40	46 → 47	↓	↓	↓	365.72	1.32	

Table 11.4 (1)
表　11.4 (1)

NODE	Chainage (10^3ft)	Chainage (m)	Trench Invent Level(ft)	Trench Invent level (m)
1	672-206 9	0	3776.42	1151.05
2	678	245.9	3805	1159.76
3	698	855.5	3785.28	1153.75
4	704	1038.38	3769.56	1148.96
5	718	1465.1	3794.36	1156.52
6	736	2013.7	3880.5	1182.776
7	752	2501.4	3876	1181.405
8	766	2928.1	3904	1189.9
9	777	3263.4	3955	1205.48
10	800	3964.46	3979.60	1212.98
11	803+50	4071.1	3983.50	1214.171
12	820	4574.1	3921.58	1195.3
13	829+40	4860.6	3947.85	1203.305
14	843+10	5278.15	3989.50	1216.00
15	846+60	5384.8	4039.00	1231.087
16	858	5732.3	4023.72	1226.43
17	870	6098.1	4036.62	1230.362
18	877+50	6326.7	4075.50	1242.212
19	904/1	7134.4	4078.0	1242.974
20	914/1	7339.2	4138	1261.3
21	916/1	7500.1	4139	1261.567
22	926/1	7804.9	4096	1248.461
23	934/1	8048.8	4106	1251.509

Table 11.4 (2)
表　11.4 (2)

NODE	Chainage (10^3ft)	Chainage （m）	Trench Invent Level(ft)	Trench Invent level (m)
24	948／1	8475.5	4127.0	1257.91
25	976／1	9328.9	4151.0	1265.225
26	996／1	9938.5	4164	1269.187
27	1024／1	10792.0	4190	1277.112
28	1040／1	11279.7	4208	1282.598
29	1064／1	12011.2	4238	1291.742
30	1086／1	12681.7	4248	1294.79
31	1106／1	13291.3	4265	1299.972
32	1114／1	13535.2	4272	1302.106
33	1168	15181.1	4234.71	1290.740
34	1192	15912.6	4218.68	1285.853
35	1194	15973.6	4217.34	1285.4
36	1218	16705.1	4218.82	1285.896
37	1244	17497.6	4212.11	1283.851
38	1280	18594.9	4212.89	1284.089
39	1306	19387.3	4209.61	1283.089
40	1328	20057.9	4213	1284.122
41	1348	20667.5	4207.25	1282.37
42	1366	21216.1	4213	1284.122
43	1390	21947.7	4227	1288.39
44	1400	22252.5	4244	1293.6
45	1410	22557.3	4273	1302.4
46	1420	22862.1	4280	1304.5
47	1424+80.1	23008.4	4280	1304.5

Table 11.5
表　11.5

（カフェ中継ポンプ場）

No.	Pipe Node	di (mm)	t (mm)	a (m／s)	l (m)	loss(m)	備　考
1	1 → 2	908.05	12.7	1088.1	245.9	0.94	
2	2 → 3	〃	〃	〃	609.6	2.32	
3	3 → 4	〃	〃	〃	182.88	2.32	
3	4 → 5	〃	〃	〃	426.72		
4	5 → 6	〃	〃	〃	548.6	2.09	
5	6 → 7	911.23	11.12	1056.2	487.7	1.83	
6	7 → 8	〃	〃	〃	426.7	2.85	
6	8 → 9	〃	〃	〃	335.3		
7	9 → 10	〃	〃	〃	701.06	3.03	
7	10 → 11	〃	〃	〃	106.64		
8	11 → 12	〃	〃	〃	503	2.95	
8	12 → 13	〃	〃	〃	286.5		
9	13 → 14	〃	〃	〃	417.55	1.56	
10	14 → 15	914.40	9.53	1018.0	106.65	0.39	
11	15 → 16	〃	〃	〃	347.5	1.27	
12	16 → 17	〃	〃	〃	365.8	1.35	
13	17 → 18	〃	〃	〃	228.6	0.84	
14	18 → 19	〃	〃	〃	807.7	2.99	
15	19 → 20	〃	〃	〃	204.8	1.35	
15	20 → 21	〃	〃	〃	160.9		
16	21 → 22	〃	〃	〃	304.8	1.12	
17	22 → 23	〃	〃	〃	243.9	0.89	
18	23 → 24	〃	〃	〃	426.7	1.57	
19	24 → 25	917.6	7.94	970.6	853.4	3.09	

Table 11.6
表　11.6

（チランガ中継ポンプ場）

No.	Pipe Node	di (mm)	t (mm)	a (m/s)	l (m)	loss(m)	備　考
20	25 → 26	917.6	7.94	970.6	609.6	2.21	
21	26 → 27	〃	〃	〃	853.5	3.09	
22	27 → 28	〃	〃	〃	487.7	1.76	
23	28 → 29	〃	〃	〃	731.5	2.65	
24	29 → 30	〃	〃	〃	670.5	2.42	
25	30 → 31	〃	〃	〃	609.6	2.21	
26	31 → 32	〃	〃	〃	243.9	0.88	
27	32 → 33	〃	〃	〃	1645.9	5.98	
28	33 → 34	〃	〃	〃	731.5	2.64	
29	34 → 35	〃	〃	〃	61.0	2.86	
29	35 → 36	〃	〃	〃	731.5		
30	36 → 37	〃	〃	〃	792.5	2.86	
31	37 → 38	〃	〃	〃	1097.3	3.98	
32	38 → 39	〃	〃	〃	792.4	2.86	
33	39 → 40	〃	〃	〃	670.6	2.43	
34	40 → 41	〃	〃	〃	609.6	2.21	
35	41 → 42	〃	〃	〃	548.6	1.98	
36	42 → 43	〃	〃	〃	731.6	2.64	
37	43 → 44	〃	〃	〃	304.8	3.85	
37	44 → 45	〃	〃	〃	304.8		
37	45 → 46	〃	〃	〃	304.8		
37	46 → 47	〃	〃	〃	146.3		

2．水撃対策用機器の仕様

	カフェ送水ポンプ場	チランガ送水ポンプ場
バイパスパイプ	（既設）	（既設）
設置場所	ポンプ場ポンプ室	
初期水位　m	1005.47	1154.88
タンク担当口径　m	30	30
管口径　mm	450	450
流出損失係数　m／（m3／s）2	6,526	6,526
フライホイール		
フライホイール　Kg・m2 GD 2	1,000	1,000
型　式	カップリング式フライホイール	カップリング式フライホイール
空　気　弁	（既設）	（既設）
型　式	5″吸排気弁	5″吸排気弁
設置レベル	表 11.1 に示す	表 11.4 に示す
個　数	同　上	同　上
流入損失係数　m／（3s）2	130（想定値）	130（想定値）
流出損失係数　〃	6.4（〃）	6.4（〃）

			No．1	No．2
ワンウエイ				
サージタンク				
設置位置	（ポンプ場からの距離）	（Km）	12.0112	13.5352
設置レベル	（地上高さ）	（m）	1293.98	1304.4
初期水位		（m）	1295.86	1306.86
形　状		（m）	3× 3.5×3m	7× 7×4m
分岐管口径		（mm）	250	400
流出損失係数			88.9	14.53

3．水撃対策検討案と結果

各ポンプ場での検討案と結果は、下記の通りである。

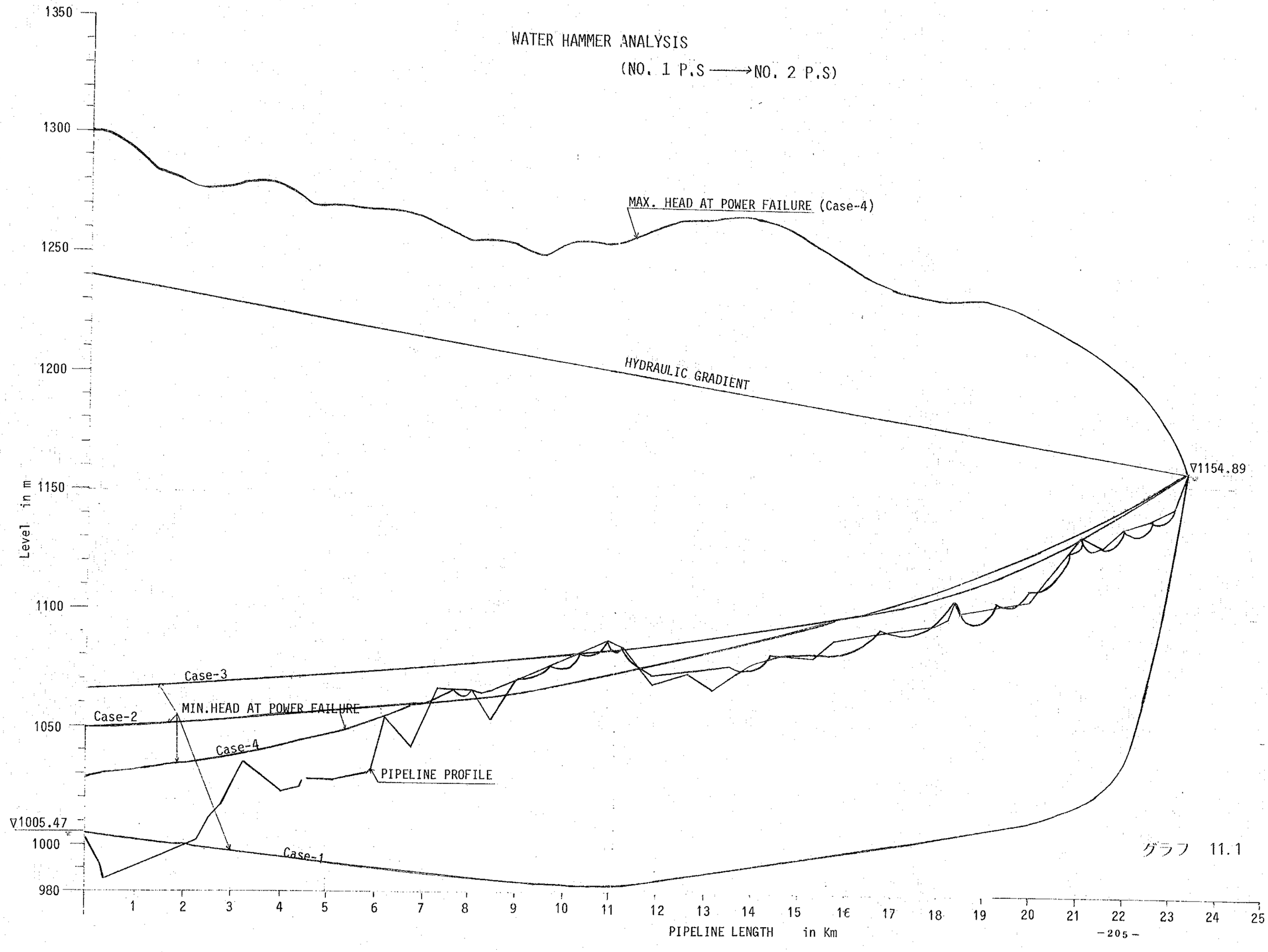
カフェ送水ポンプ場～チランガ送水ポンプ場

case / Counter-meture	1	2	3	4
既設 Bypass-pipe 水位 1,005.47 パイプφ 450	○	○		○
既設 Air Valve 5 double orifice type Air Valve				○
Fly wheel		○ GD 2= 5,000Kg-m2		○ GD 2= 1,000Kg-m2 （フライホイール カップリング）
Air chamber			○ 容量 30m 3 基数 2基 場所 ポンプ場	
One- Way Surge tanr				
評 価	全体に10m 以上の負圧を発生する。 不 可	負圧が10m 以上であり、かつ物理的な不可能なフライホイールである。 不 可	負圧を6mに押えることが可能であるが設備費スペース、維持管理面で難かしい。 不採用	負圧を7m以内に押えることが可能である。 Air Valveの動作不良にならぬ様に管理することで採用する。

尚 検討結果は グラフ11-1 に示す

WATER HAMMER ANALYSIS

(NO. 1 P.S ⟶ NO. 2 P.S)



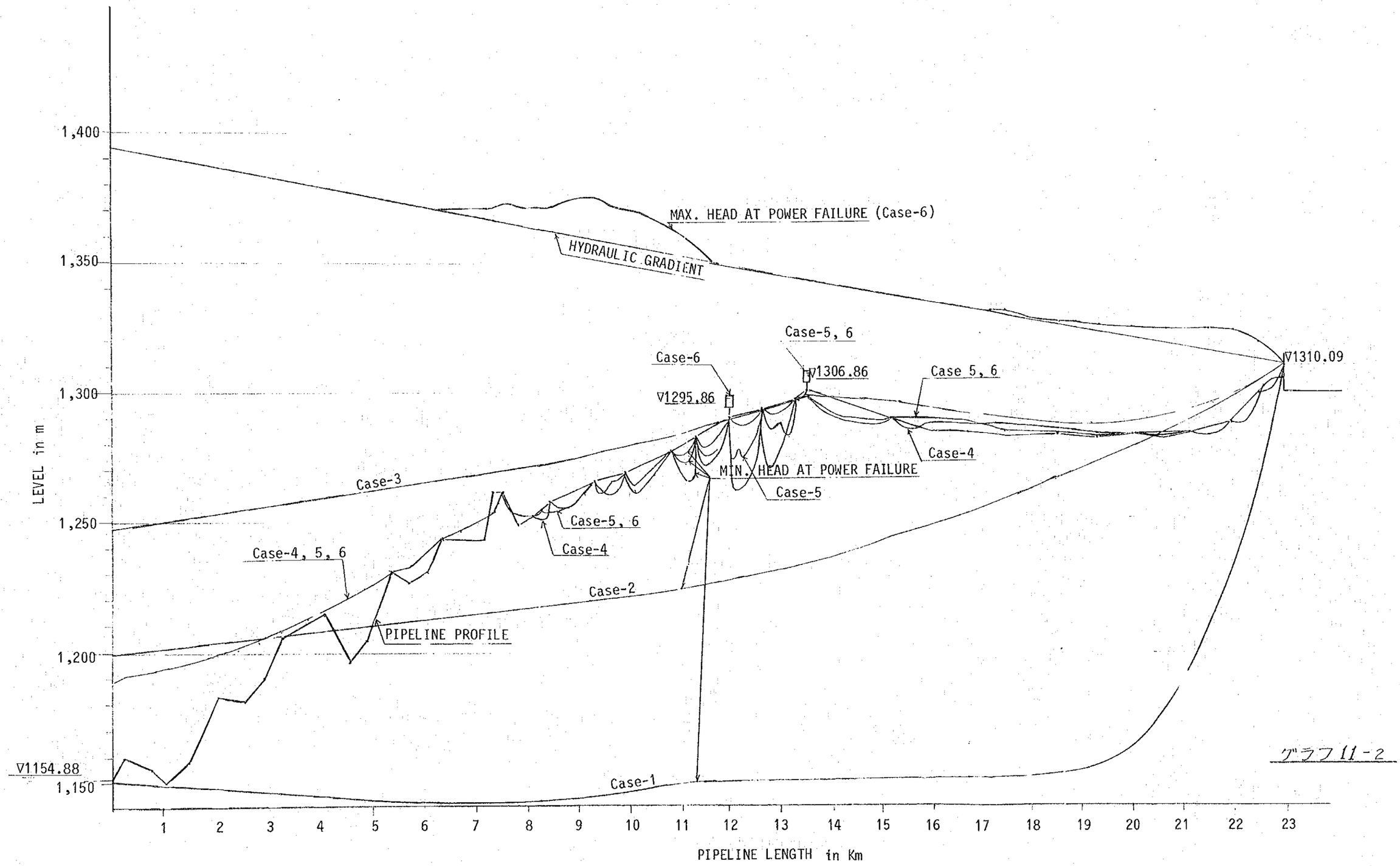
グラフ 11.1

チランガ送水ポンプ場～スチュアートパーク受水槽

case / counter -meture	1	2	3	4	5	6
既設 Bypass-pipe 水位 1,154.88 パイプφ 450	○	○		○	○	○
既設 Air Valve 5 double orifice type air valve		○	○ ポンプ場より13.5Kmの Air Valveのみ有効に動作するとする。	○	○	○
Fly Wheel		GD 2= 5,000Kg m2		GD 2= 1,000Kgm2 (フライホイール カップリング)	GD 2= 1,000Kgm2 (→)	GD 2= 1,000Kgm2 (→)
Air Chamber			○ 容量 30m 3 基数 3基 場所 ポンプ場			
One- Way Surge Tanr						
評 価	全体に10m 以上の負圧を発生する。 不 可	ポンプ場から 5km～22kmの間に負圧が生じる。このGD 2でも物理的に不可能なフライホイールである。 不 可	負圧を7mに押えることが可能であるが設備資スペース維持管理面で難かしい。 夫婆要	広範囲に10m 以上の負圧力が発生する。 不 可	ポンプ場から13km付近に10m の負圧が発生する。 不 可	負圧を7m以内に押えることが可能である。 Air Valveの動作不良にならぬ様に管理することで採用する。

尚、検討結果はグラフ 11.2 に示す。

WATER HAMMER ANALYSIS (NO.`2 P/S ⟶ Terminal Resrvoir)



グラフ 11-2

資料－１２　　吐出弁の口径選定

（１）流速からの選定

一般に最大流速Ｖmax ＝6m ／s 以下で口径を選定する。最大流量は２台運転時１００%開度とすると性能曲線より　Qmax ＝３１．０m　3／分である。　但しRequired ＮＰＳＨが大きいので吸込水位の高い時に適用する、その場合の最小口径は、

$$(\pi/4)\,d2\times v\times 60=Q$$

$$d=\{(4\times Q)\div(\pi\times v\times 60)\}\cdot 0.5\text{乗}$$

$$=0.331\text{mm}\text{である。}$$

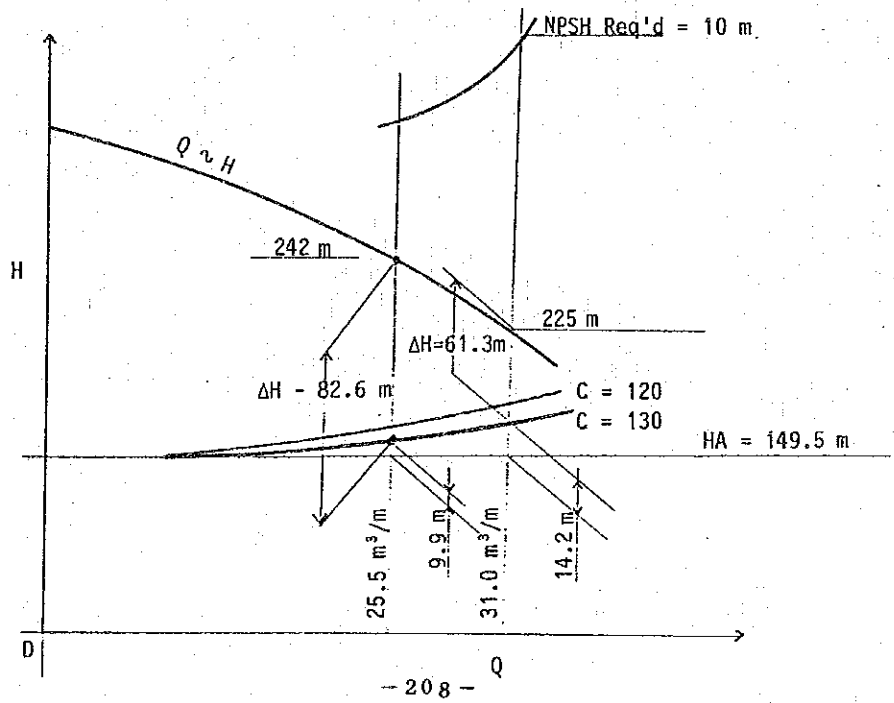
d	mm	３５０	４００	４５０
v	m／s	５．３７	４．１１	３．２５

ポンプとロート弁の間に設置される逆止弁の最大流速は４m ／s であるのでφ４５０を採用し、ロート弁は設置スペースからφ４００を採用する。

（２）ポンプ運転範囲からの検討

管路のロス係数Ｃ＝１２０として検討するが、条件として悪い場合を想定してＣ＝１３０においても検討する。

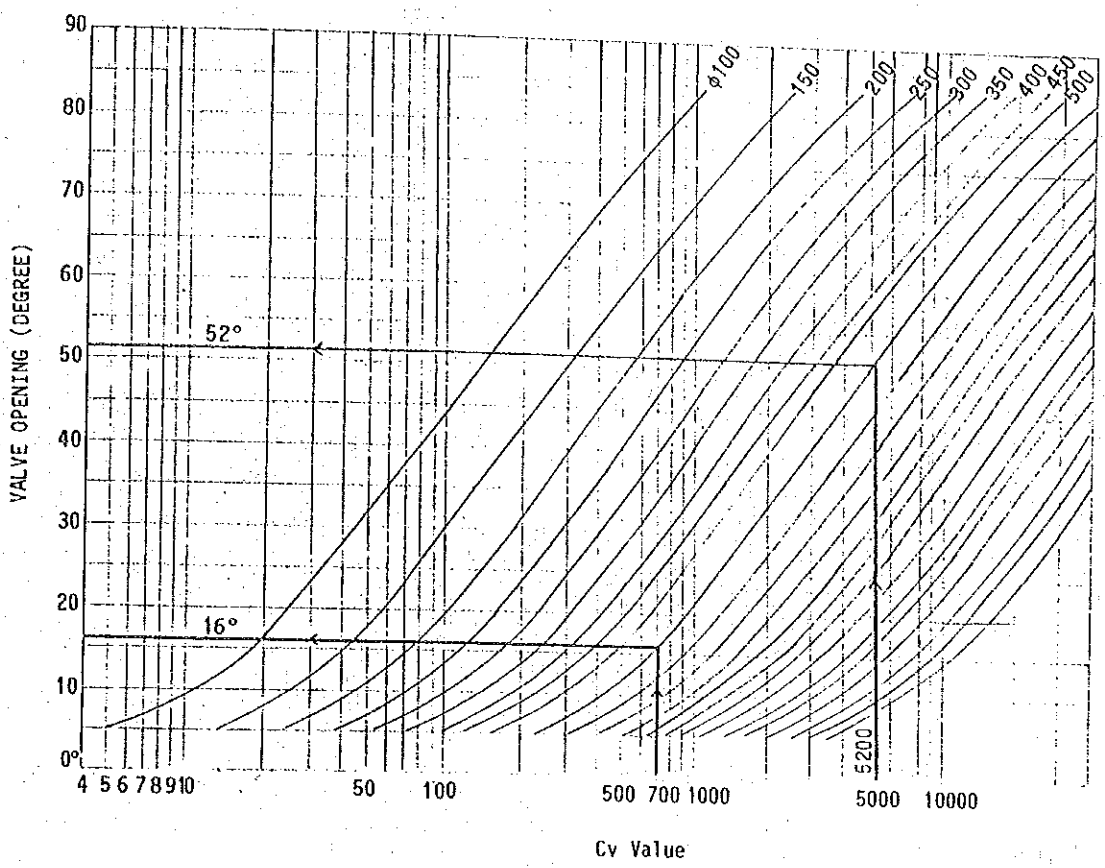
Ｃ－１３０，２台運転点は約６９m　3／m ／２台であるが１台当り３４．５m3／m はpump　total　headとＮＰＳＨ　Required から送水不可能である。吸込水位の高い時でも１台当り３１．０m　3／m である。



ここで選定されているφ４００ロート弁で開度及びキャビテーションの安全を確認する。

	設　計　点 （C＝ 120）	過大流量点 （C＝ 130）
１台の送水量Qm3／m	25.5	31.0
減圧量△Hm	82.6	61.3
弁の一次圧P1m	242	225
弁の二次圧P2m	149.5＋ 9.9＝ 159.4	149.5＋14.2＝ 163.7
CV＝ 1.17 ×Q×60	622.9	879
開度°（全開＝ 100%）	27	35
キャピテーション係数KAV （10＋P 2）／△H	2.05	2.83
限界キャピテーション係数Kreg	1.05	1.2
判定（KAV＞Kreg ）	安全	安全

（注）　図 12.1 にCv －バルブ開度
　　バルブ開度－キャビテーション係数
　　の関係図を示す
　　図 12.2 にシステムカーブを示す


VALVE OPENING (DEGREE)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0°
52°
16°
φ100
150
200
250
300
350
400
450
500
5200
4 5 6 7 8 9 10
50
100
500 700 1000
5000
10000
Cv Value

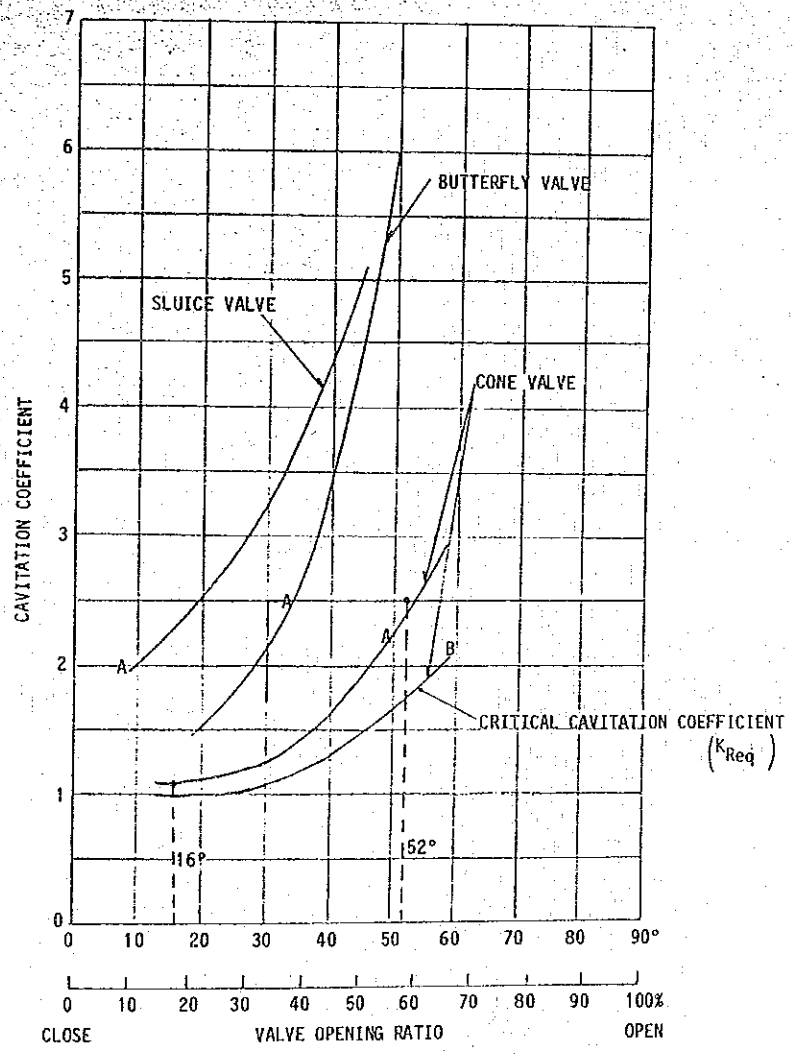

CAVITATION COEFFICIENT
7
6
5
4
3
2
1
0
BUTTERFLY VALVE
SLUICE VALVE
CONE VALVE
A
A
A
B
CRITICAL CAVITATION COEFFICIENT
(K_{Req})
16°
52°
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90°
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%
CLOSE
VALVE OPENING RATIO
OPEN

図 12 - 1

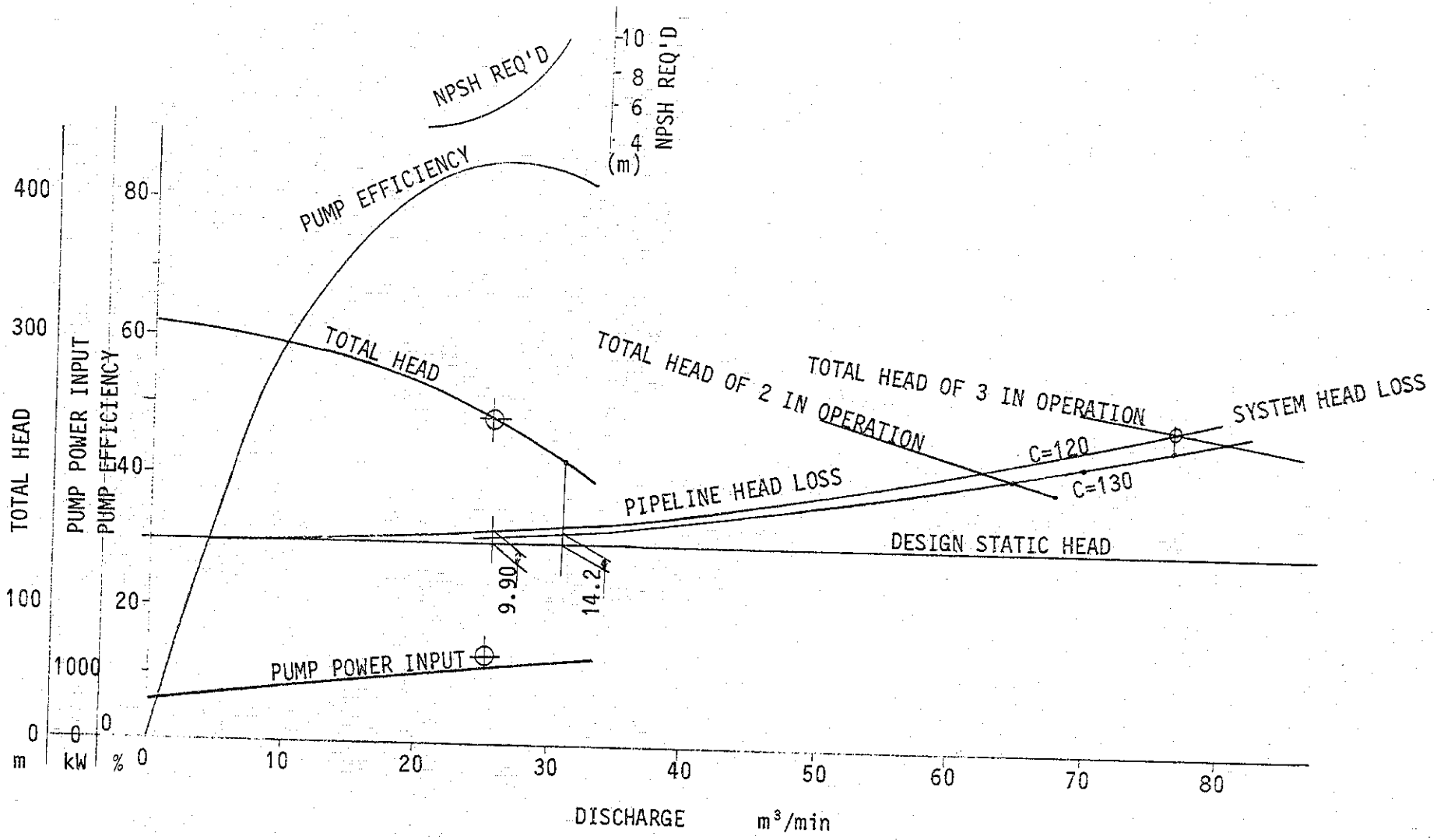

NPSH REQ'D
PUMP EFFICIENCY
TOTAL HEAD
TOTAL HEAD OF 2 IN OPERATION
TOTAL HEAD OF 3 IN OPERATION
SYSTEM HEAD LOSS
C=120
C=130
PIPELINE HEAD LOSS
DESIGN STATIC HEAD
9.90
14.2
PUMP POWER INPUT
TOTAL HEAD
PUMP POWER INPUT
PUMP EFFICIENCY
NPSH REQ'D
(m)
m
kW
%
DISCHARGE m³/min

図 12.- 2

資料－１３

３３／３．３ＫＶ変圧器容量計算書

１．計算条件

１）　変圧器は２バンク設置し、常時１台運転、残り１台は予備とする。

２）　負荷の種類・台数は下記とする。

a．送水ポンプ　1,350KW　４台（但し、１台は予備）

電動機特性（概略値）

全負荷時効率　95%

全負荷時力率　95%（コンデンサ改善後）

始動時力率　0.3

始動電流　全負荷電流の６倍

b．300KVA 変圧器　２台

c．Intake Pump 315KW ４台

電動機特性（概略値）

全負荷時効率　93%

全負荷時力率　86%

３）　1,350KW 電動機はリアクトル始動（65% タップ）とする。

２．　計　　算

総容量 T(KVA) を求める

$$T = \{ 1,350 / (0.95 \times 0.95)\} \times 3 + 300 \times 2 + \{ 315 / (0.93 \times 0.86)\} \times 4$$

$$= 4,487.5 + 600 + 1,575.4$$

$$= 6,663$$

10% の余裕を見込むものとし、

$$T = 6,663 \times 1.1 = 7,329 \text{ KVA}$$

従った変圧器容量は 7.5 MVA とする。

3．　電圧降下の検討

変圧器2次端子における電圧降下Eは次式にて求められる。

$$E = 1/T \{ R (Sb \cos\theta b \times Sm \cos\theta m) + (Sb \sin\theta b \times Sm \sin\theta m)\}$$

ここで、

E	：	電圧降下率（%）
T	：	変圧器容量
R	：	変圧器パーセント抵抗
X	：	変圧器パーセントリアクタンス
Sb	：	ベース負荷容量（KVA）
Sm	：	始動容量（KVA）
cos θb	：	ベース負荷力率
cos θm	：	始動負荷力率

1）　変圧器のパーセントインピーダンスは 7.5% とし、パーセント抵抗，パーセントリアクタンスをそれぞれ、

R ＝ 1.47

X ＝ 7.35

とする。

2）　ベース負荷容量 Sb 及び始動容量 Sm

Sb＝ { 1,350 / (0.95 × 0.95)}× 2
　　＋ { 315 / (0.93 × 0.86)}× 4
　＝ 5,147 KVA

Sm＝ { 1,350 / (0.95 × 0.95)}× 6 × 0.65
　＝ 5,834 KVA

3）　ベース負荷力率 $\cos\theta b = 0.8$, $\cos\theta m = 0.3 \times 0.65 = 0.195$

とする。

以上より、電圧降下率Eを求める。

E ＝ 1 / 7,500 { 1.47 (5,147 × 0.8 ＋ 5,834 ×0.195)
　　＋ 7.35 (5,147 × 0.6 ＋ 5,834 ×0.98)}
　＝ 9.67 %

通常 10% 以下の始動時電圧降下は問題ない。

従って、変圧器容量 7.5 MVA を選定する。