

#### 4. ポンプ水車設備の機械特性に関する調査

##### 4.1 計画の関連地点特性の分析

本計画地点の連系系統内の電源設備のほとんどがベース対応の火力発電設備であること、本計画が高落差、大容量揚水発電計画であることから、本計画地点の特性としては華北電力網、とりわけ北京-天津-唐山系統（以下京津唐系統と呼ぶ）のピーク電源としての重要な役割を有することとなり、揚水機特有の様々な機能を期待されることとなる。また、高落差・大容量発電所であるため、これらの機能を満足に発揮するために具備すべき機能、性能について検討した。

##### 4.2 可逆式フランシスポンプ水車の技術動向

高揚程、大容量の設備である十三陵揚水の設計に反映させるため、可逆式フランシスポンプ水車の日本及び世界における実績を調査するとともに、それに関する水車の適用について技術動向をまとめた。

##### 4.3 予備設計仕様の策定

現地調査結果を通じ、中国側より入手したデータを整理、検討し、必要に応じこれらに対するコメントを加えた。

###### 4.3.1 ポンプ水車

ポンプ水車について定格諸元を検討し取りまとめたものを以下に示す。

###### (1) 定格諸元

###### 発電運転

	有効落差 (m)	流量 ( $m^3/s$ )	出力 (MW)	比速度 ( $m-kW$ )	回転速度 (rpm)
最高※	474.1 (477.1)	48.3 (48.0)	204.1 (204.1)	102.1 (101.3)	
基準※	430.0 (430.0)	54.1 (54.2)	204.1 (204.1)	115.4 (115.3)	500 (500)
最低※	417.4 (416.1)	53.0 (53.1)	192.9 (193.1)	116.4 (116.9)	

## 揚水運転

	全揚程 (m)	揚水量 (m <sup>3</sup> /s)	入力 (MW)	比速度 (m-m <sup>3</sup> /S)	回転速度 (rpm)
最高※	488.9 (490.5)	34.7 (37.4)	187.8 (197.8)	28.3 (29.3)	500 (500)
最低※	441.3 (438.4)	45.4 (45.1)	217.0 (211.9)	35.0 (35.0)	

吸出し高さ -56m (-56m)

注・( )内は中国データ

※ 最高有効落差 1台運転 最高全揚程 2台運転  
 基準 " 2台 " 最低 " 1台 "  
 最低 " 2台 "

### 4.3.2 発電機等

発電機、主回路方式、始動方式及び始動機器等についても同様に詳細な検討を行い、推奨値および留意点を取りまとめた。

これら機器に関するものの他に工事工程についても検討し、工程管理上のポイントについても取りまとめ推奨した。

### 4.4 まとめ

本計画について中国側で考えられていた基本諸元、基本仕様に沿って技術的検討を行った結果、概ね計画に問題がないと考えられるが、以下の項目について検討を深めることを勧告する。

- ① 機器の購入に当たり、国際入札を前提とした国際レベルでの規格等の適用を仕様とする(例えば、キャビテーション保証、振動に対する保証、効率、運転仕様等)。
- ② 商業運転開始後の運転信頼度を高めるため、ポンプ水車の実落差・実揚程試験を実施する。
- ③ 負荷遮断時の水圧鉄管側最大水圧値について計算した結果、690mをもって計画する事が必要であると考えられるので、現計画値670mの再検討を行う。
- ④ 揚水時のシステムの安定、過励碰の防止等のため、主変圧器には負荷時タップ切替

装置を付属させる。

- ⑤ 吸出し高さが高いことを考慮し、主軸封水装置給水用の加圧ポンプを設置する。
- ⑥ 据付工程の円滑な進捗を考慮すると、天井走行クレーンとして「200 t（主巻）、30 t（補巻）、5 t（オイスト）付」程度のものを2台設置することが好ましい。

なお、設置される機器が高落差大容量であり、未だ一般的機器となっていないことから、製作者の選択に当っては十分な経験と技術を有する者から選ぶこと、また据付に当たっては据付精度を確保するに十分な力量が要求されることを付言する。

## 5. 高落差大容量水圧鉄管に関する調査

### 5.1 概 要

本計画の水圧管路は2条からなり、総延長は約870m、管径は5.2～2.0mである。下部水平部に分岐管を設け、4条の枝管となって発電所に至る(図-5.1及び図-5.2参照)。水圧管路1条の最大流量は108.4m<sup>3</sup>/s、水車中心での最大設計水頭は690mとなり、高落差大容量の水圧管路となる。高内水圧が作用する下部水平部では、鉄管材料としてHT80クラスの高張力鋼の使用が計画されている。

水圧管路トンネル、鉄管及び分岐管等については、中国側で基本設計を完了しており、本調査ではこの基本設計について技術評価を実施した。また、中国でのHT80クラスの高張力鋼の鉄管管胴本体への使用実績は無いことから、高張力鋼の鋼材選定及び溶接施工等に関する留意事項を詳述することとした。

### 5.2 地質調査および基本設計に関する評価

水圧管路沿いの地質、岩盤条件については明確になっており、特に今後追加して調査、試験をすべき項目は無いが、水圧鉄管の詳細設計、発注に際しては水圧管路トンネルの掘削完了後あるいは掘削中に各点における地質状況の把握そして岩盤の変形係数等力学的定数を決定しなければならない。特に、岩盤の内圧負担を考慮する区間においては、岩盤の変形特性を充分把握しておくと共に、断層や破碎帯等の岩盤不良区間の正確な位置を調査し、最終的な岩盤の内圧負担率の決定及び鉄管板厚の設計に反映しなければならない。

地質調査により判明しているf<sub>2</sub>断層破碎帯(図-5.3参照)を水平トンネルで通過させる為に、水圧管路の縦断形状は傾斜角50°の長大な斜坑部と下部水平部とからなるよう設計されているが、斜坑の導坑掘削をアリマッククライマーにより掘削する計画を考慮すると、妥当な結論であると判断される。一方、トンネルの断面寸法については、鉄管と岩盤の間のクリアランスを50～60cmと設定しているが、鉄管のより確実に品質の高い溶接施工、溶接検査を要求するならば最低60cmのクリアランスを設けるよう推奨する。

### 5.3 設計水頭および使用鋼材

水圧管路内の設計水頭を決定する為に、本調査では新たに発電負荷遮断による水路内の水理過渡現象の数値計算を実施した。計算条件は、上部調整池水位を最高水位(EL. 566m)、下部調整池水位を最低水位(EL. 85m)、使用水量を出力400MW(200MW×2)時の流量として97.8m<sup>3</sup>/sを設定した。2台の水車の同時遮断により発生する水撃圧、サージング水頭に静水頭を加え、更に高周波水圧脈動等を含む余裕を考慮すると、水車中心での最大水頭は690mとなり、これを最大設計水頭として水圧管路各点での設計水頭を決定した。また、この設計水頭により鉄管板厚の計算を行った(図-5.4参照)。尚、板厚計算はすべて中国圧力鋼管設計規範に準拠して行うと共に、上部水平部から斜坑の全区間において現基本設計に基づき岩盤の内圧負担率を40%とした。その結果、中国製の鋼材16Mn鋼及び15MnV鋼については最大板厚は、それぞれ38mm、37mmとなった。また、下部水平区間で使用するHT80鋼については最大49mmとなった。分岐管の鋼材を含む鉄管材料の総重量は約6,300t、その内HT80鋼の総重量は約2,200tとなった。

鉄管に作用する外圧としては、詰込コンクリートの重量、地下浸透水圧、グラウト圧等が考えられるが、その最も大きい荷重条件について検討を行ったが、鉄管の板厚はすべて内水圧によって決定され、外圧に対して十分な安全率を有していることが判明した。また、基本設計で考慮している岩盤の内圧負担率40%についても現在得られている岩盤条件を配慮すると妥当であることも結論できる。

### 5.4 分岐管

基本設計では分岐管として図-5.5に示す内部補強型Y分岐の採用を決定しているが、当計画の大容量、高落差水圧管路を考慮すると妥当な選択であると言える。分岐管の設計も既になされているが、中国圧力鋼管設計規範に準拠して検討した結果、現設計は妥当であることが確認された。その結果によると、管胴の最大板厚は62mm、三日月形補強材(シクルプレート)の板厚は124mmである。但し、分岐管の一部で鋼材の許容応力を僅かに超過する箇所があるが、これについては今後の詳細設計段階で再検討をすることを勧告する。

尚、鉄管の管胴本体及び分岐管管胴、三日月形補強材等に使用する高張力鋼(HT80鋼)の許容応力については、中国圧力鋼管設計規範に準拠して求めたが、これは日本

で適用されている水門鉄管技術基準に規定されているHT80鋼の許容応力 $3,300\text{kgf/cm}^2$  ( $t \leq 50\text{mm}$ )と比較すると約10%程度低い。従って、どのようなHT80鋼を使用するかによって、許容応力を慎重に決定し、合理的な設計をすることによって鋼材の経済化を図るよう勧告する。

#### 5.5 高張力鋼材の選定

水圧鉄管の使用鋼材としては、中国製の16Mn(引張強さ $48 \sim 50\text{kgf/mm}^2$ )、15MnV( $50 \sim 56\text{kgf/mm}^2$ )及び外国からの輸入による引張強さ $80\text{kgf/mm}^2$ の高張力鋼(HT80鋼)を使用する計画になっている。HT80鋼についてはその特性が製鉄会社によってかなり異なる為、慎重に選択しなければならない。選択にあたっては、溶接性が良好であることは勿論、耐割れ性、靱性を考慮しなければならない。日本の製品としては、相当使用実績のあるJIS G3128に規定している調質鋼SHY70NSに特別品質規定を適用したSHY70NS-F(1991年からSHY685NS-Fと称する)が推奨され、従って、本計画で使用するHT80鋼としてはSHY70NS-Fあるいはこれと同等以上の品質を持つ材料を採用するよう推奨する。

また、分岐管の三日月形補強材として使用する鋼材については、その板厚方向に引張応力を受けることから、管胴本体用鋼材と同等の性能に加えて、耐ラメラティア性を持つ鋼材でなければならない。鋼材としては焼入れ、焼戻しの熱処理をした調質型の熱間圧延鋼板を推奨する。

#### 5.6 高張力鋼材の溶接および検査

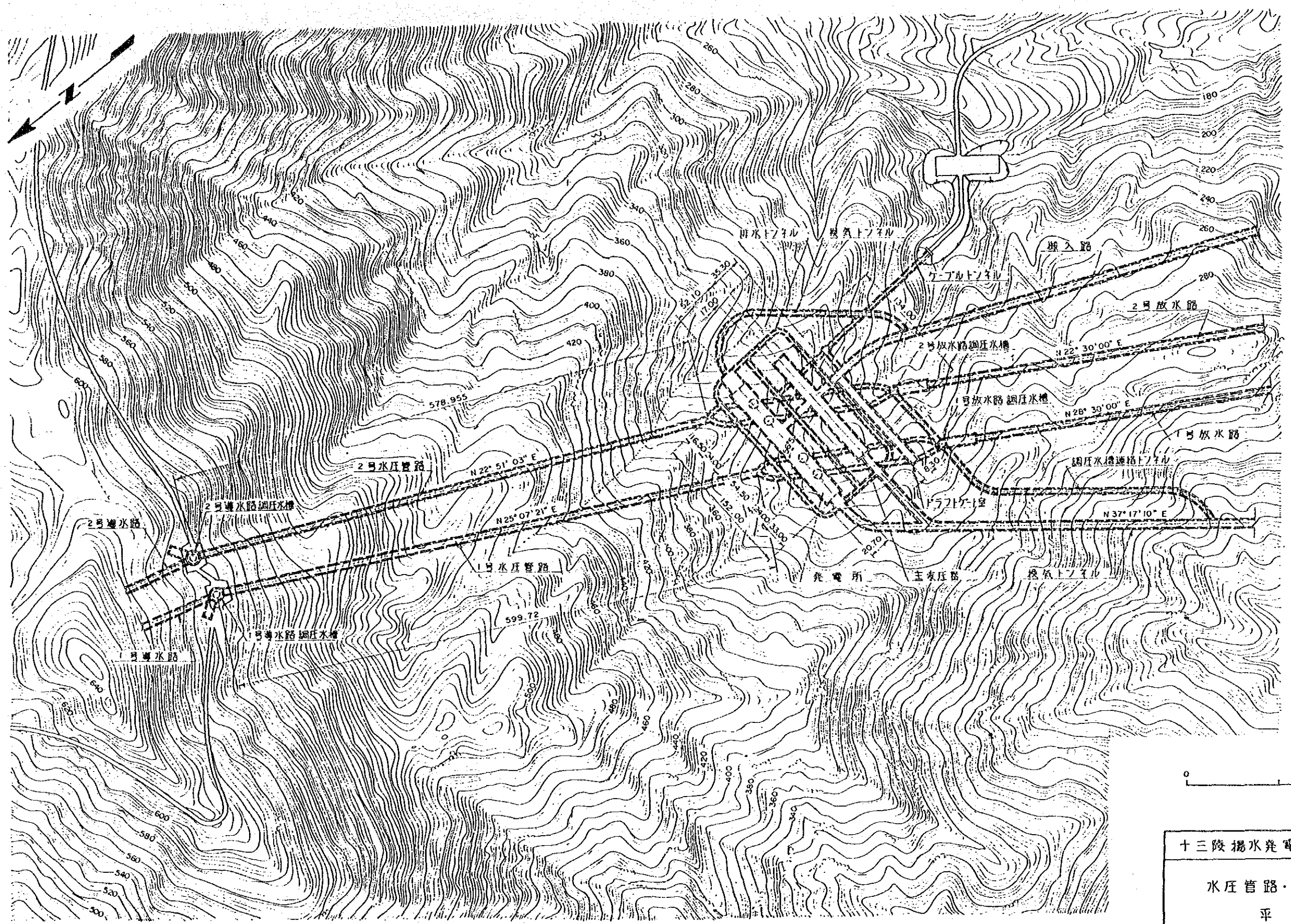
HT80鋼の溶接では溶接部の脆化や溶接割れの問題を引き起こし易いので、溶接方法、溶接材料、溶接条件等を十分に検討しなければならない。また、現場における溶接施工管理を厳重に行わなければならない。HT80鋼の溶接方法としては、被覆アーク溶接及びサブマージアーク溶接の採用を推奨する。溶接は両面溶接を行うこと、また表側の溶接を行った後、裏はつりを必ず実施することを推奨する。溶接材料としては、溶接割れの発生原因となる拡散性水素を減少させる為に低水素系溶接棒を用い、予熱、後熱を適切な温度に設定して、確実に実施することが必要である。一方、靱性確保のために溶接入熱量の管理を厳重に行い、入熱量は $45,000\text{Joule/cm}$ 以下としなければならない。一般に、厚板の溶接部および溶接継手が集中する様な部分については、溶接

後の溶接残留応力除去を目的として応力除去焼鈍を行う。しかし、高品質の靱性の優れたHT80鋼を使用し、また嚴重な熱の管理を行う場合には焼鈍をあえて行わないこともある。従って、使用するHT80鋼の品質、熱的特性を充分吟味した上で応力除去熱処理実施の是非、その方法等について決定することを勧告する。HT80鋼の溶接部の検査は特に嚴重に実施しなければならない。工場及び仮工場における突合せ継手は、100%放射線透過検査(RT)、分岐管及び現地突合せ継手は、100%超音波探傷検査(UT)及び抜き取り率15%以上のRTを実施することを推奨する。

## 5.7 まとめ

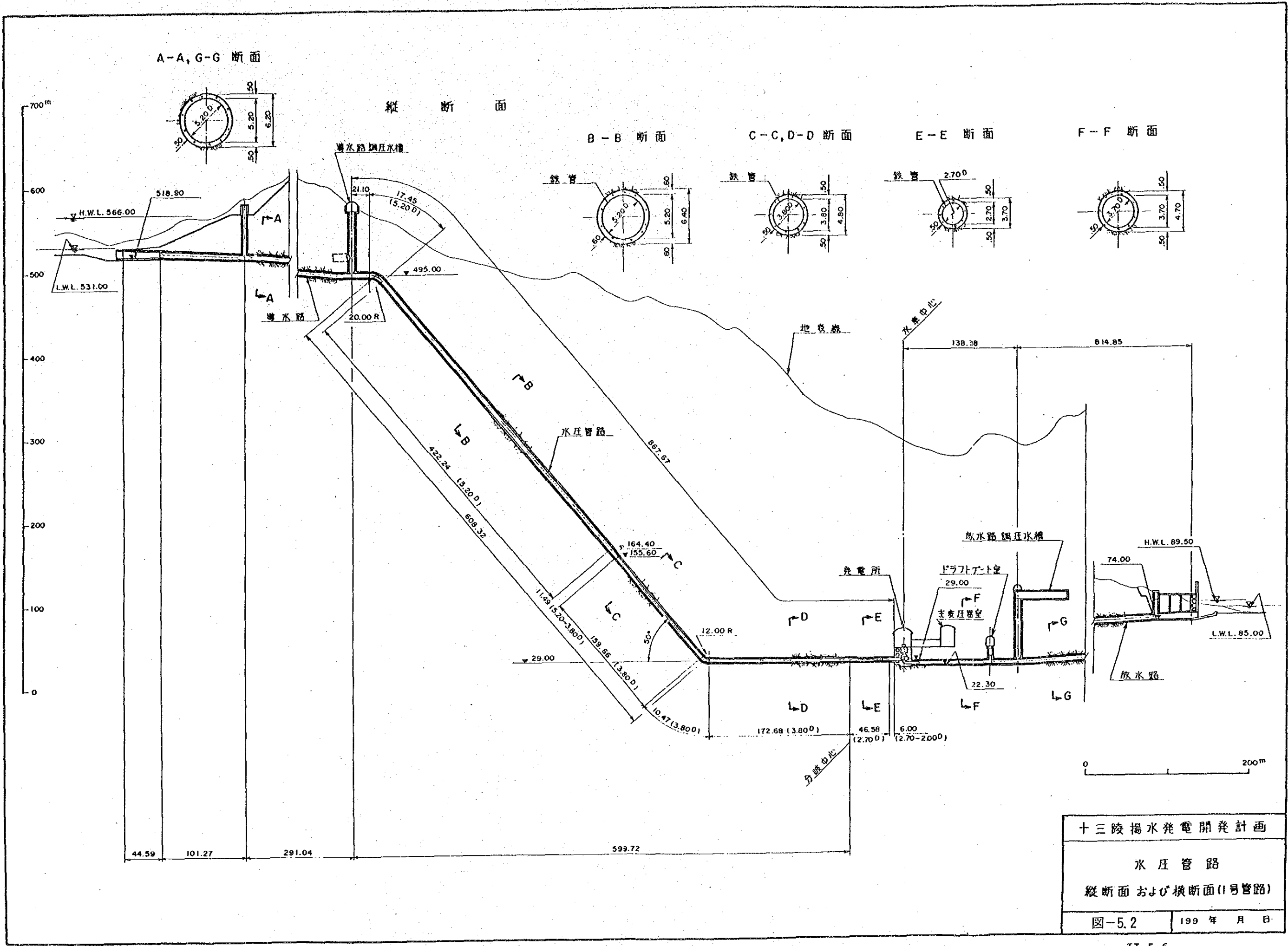
高張力鋼の水圧鉄管管胴本体への大々的な採用は中国国内では初めての経験である為、鋼材の外国からの輸入に合わせて、溶接施工、検査等に関する作業員の教育、指導、訓練を実績の豊富な外国の専門企業に依頼することを勧告する。

最後に本調査では、水圧鉄管の製作、掘付けに必要な技術仕様の重要項目についても提示し、今後の鉄管購入、施工管理等に関する仕様書作成の為の一助とした。

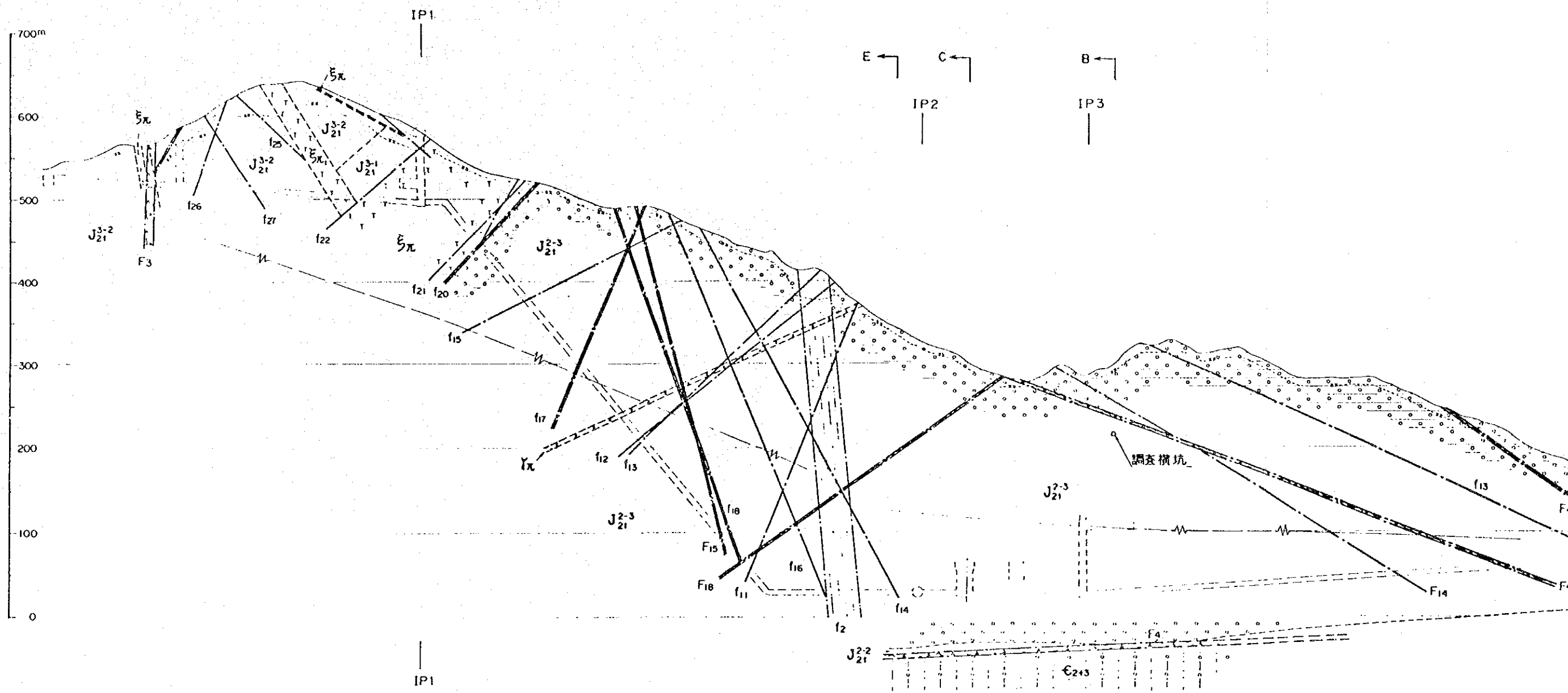


十三陵揚水発電開発計画	
水圧管路・発電所 平面	
図-5.1	199年 月 日



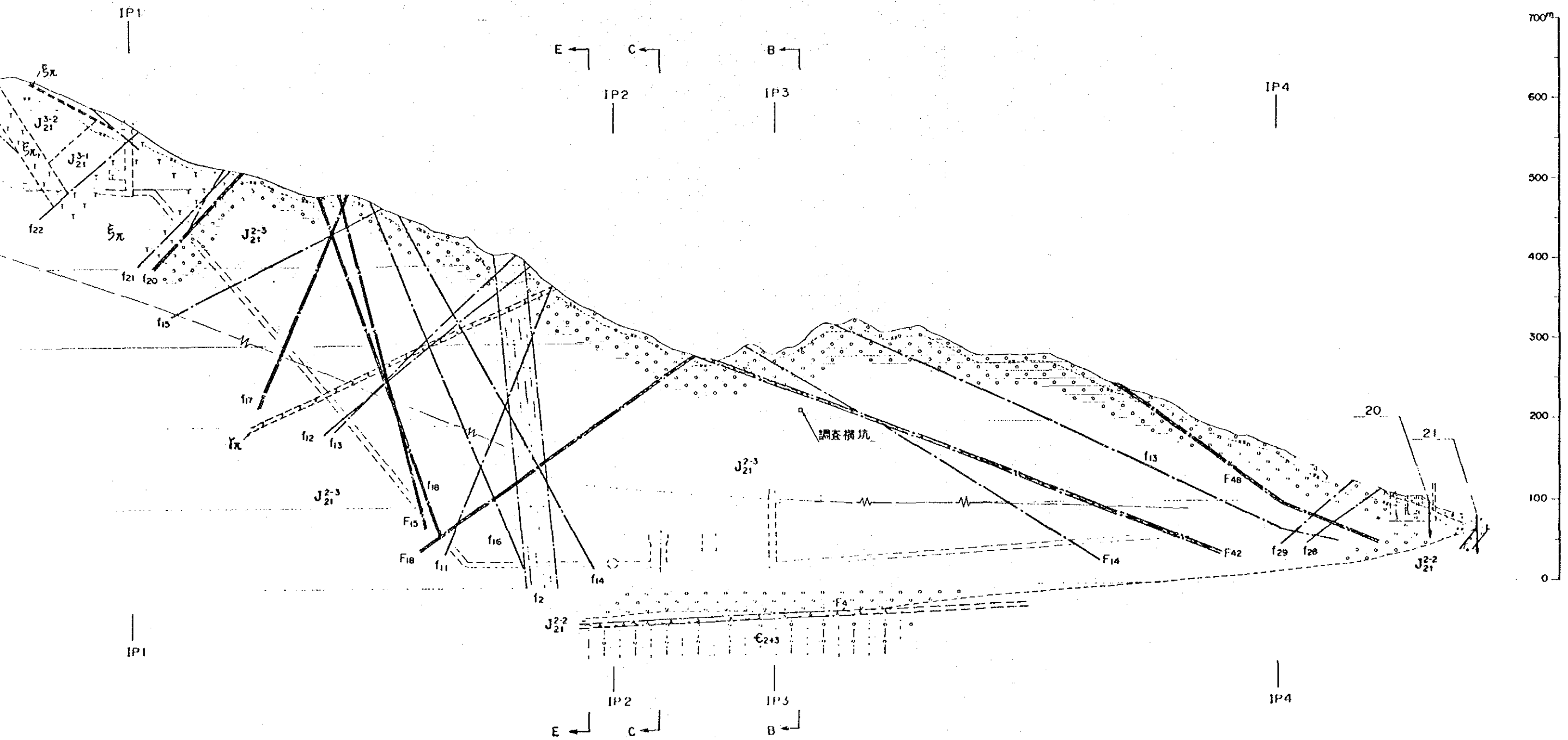


A-A 断面



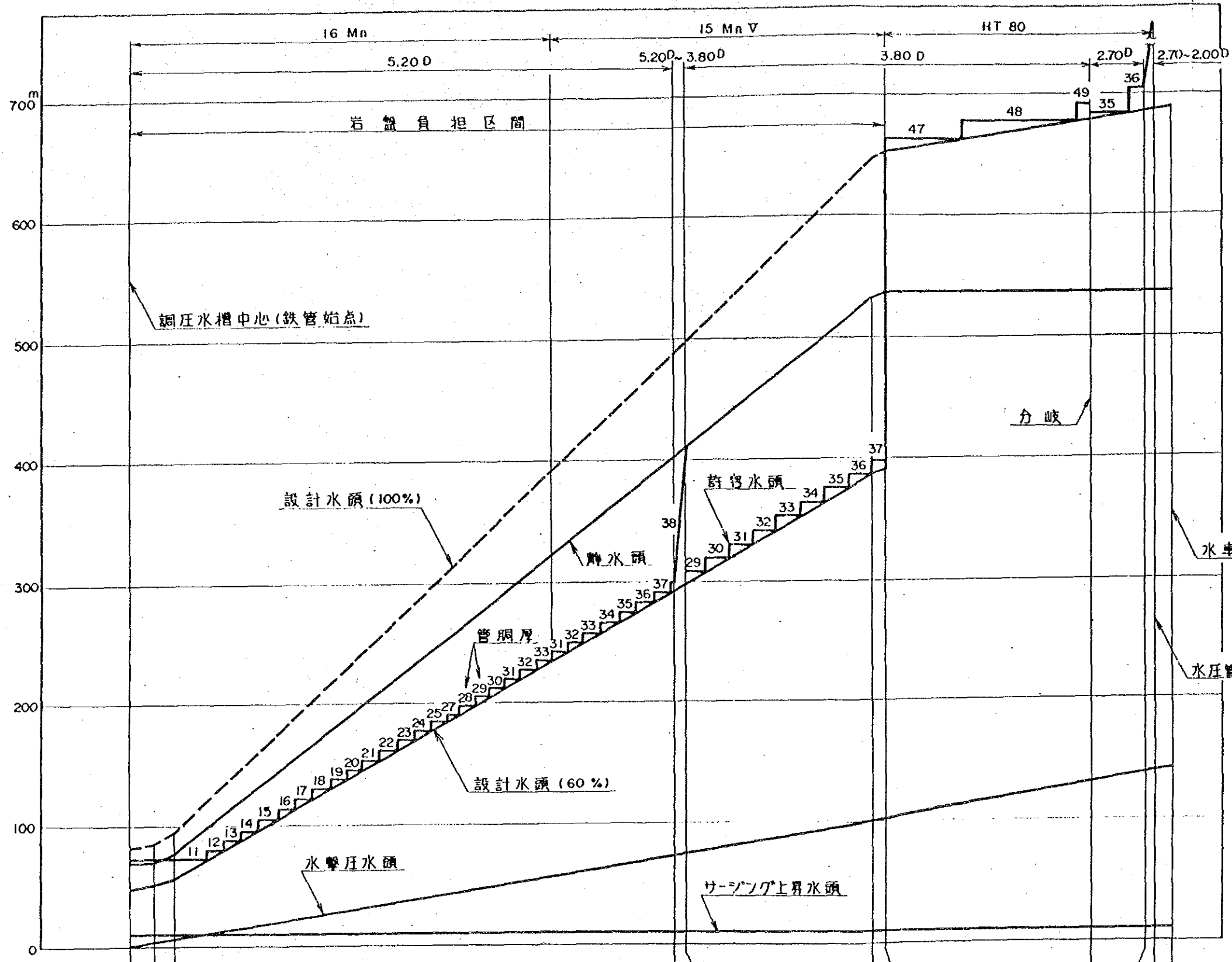
凡例	第四紀	$Q_4^{1+2+3+4}$ 沖・洪積砂礫	$J_{21}^{2-2}$ 安山岩	--- 地質境界	- - - 推定地下水位
	シムラ紀	$J_{21}^{3-2}$ 熔岩角礫岩, 安山岩	カシリア紀 $E_{2+3}$ 石灰岩 (觸状)	- - - 強風化帯下限	○ 調査ボーリング
		$J_{21}^{3-1}$ 安山岩質角礫岩	$f_x$ 輝綠玢岩	- - - 断層 (破砕幅2m未満)	○ 調査ボーリング (投影)
		$J_{21}^{2-3}$ 複成礫岩	$E_{5x}$ 正長斑岩	- - - 断層破砕帯 (破砕幅2m以上)	

A-A 断面



- |         |                    |                   |              |
|---------|--------------------|-------------------|--------------|
| 環砂礫     | $J_{21}^{2-2}$ 安山岩 | 地質境界              | — 推定地下水位     |
| 礫岩, 安山岩 | $E_{2+3}$ 石灰岩 (鱗状) | 強風化帯下限            | 調査ボーリング      |
| 質角礫岩    | $\gamma_x$ 輝綠玢岩    | 断層 (破碎幅 2m 未満)    | 調査ボーリング (投影) |
| 礫岩      | $E_x$ 正長斑岩         | 断層破碎帯 (破碎幅 2m 以上) |              |

十三陵揚水発電開発計画  
 1号水路地質縦断面  
 (A-A 断面)  
 図-5.3 年 月



使用水量 97.8 m<sup>3</sup>/s  
 最大静水頭 537.0 m  
 使用鋼材 16 Mn  
 15 MnV  
 HT 80

注：図中の管壁厚は2mmの  
 腐食マージンを含む。

設計水頭	48.9	50.9	56.9	291.9	298.3	387.1	390.7	679.1	686.6	687.6	690.0
累加距離	0.0	21.1	38.6	460.8	472.3	631.9	642.4	815.1	861.7	867.7	892.7
測点	0	BC1	EC1	2	3	BC2	EC2	4	5	6	7

十三陵揚水発電開発計画  
 水圧管路  
 設計水頭および管壁厚(1号管路)  
 図-5.4 199年 月 日

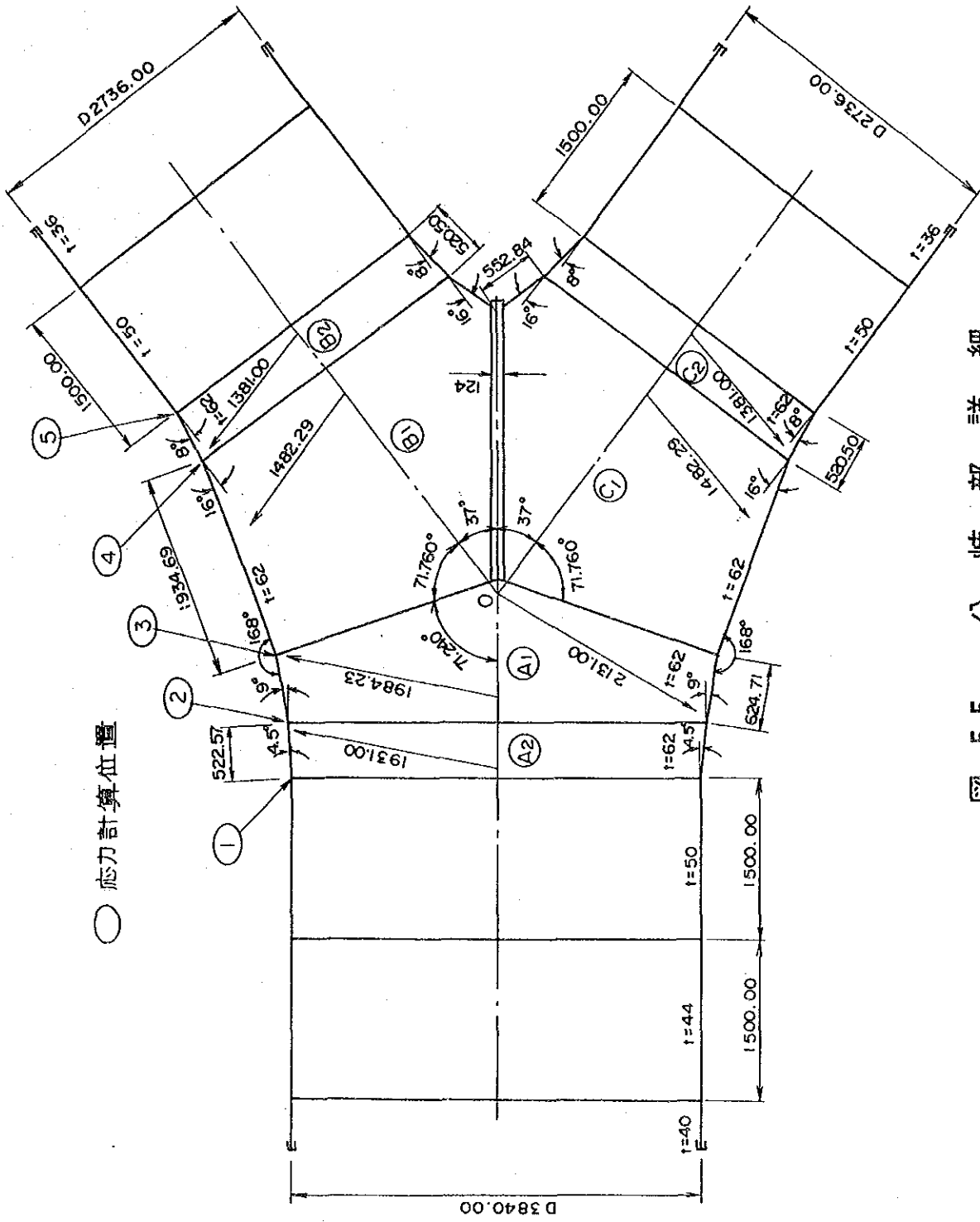


图-5.5 分岐部詳細

## 6. 上部池遮水壁および初期充水に関する調査

### 6.1 概 要

上部調整池は既に中国側で基本設計が終っている。水路の長さ、落差および上池としてのスペースを考えれば、地形上付近に適当な地点は見当らない。上部調整池の設計は必要な貯水容量を確保するために、主ダムと分水嶺付近の低い鞍部の副ダムの2つのダムを築造し、池底部を掘削整形する設計である。池部の地質は主に風化安山岩で、全体に透水性が高く、地下水位は極端に低い。このため、池底部および地山からの漏水防止を考慮し、池の地形に合わせて貯水池を全面アスファルト遮水壁で覆う構造としている。

### 6.2 地 質

上部調整池地点を構成する安山岩、溶岩角礫岩は、全体に亀裂が発達しており、深部まで大きな透水性を持っている。また上部調整池は上寺沢最上部に位置しているため、調整池東側は薄い鞍部となっており、南側の蛸山も計画満水位標高での山体の幅は250m程度である。従って調整池の保水性を確保するためにはダム基礎部のみならず、調整池全域にわたった遮水処理が必要であると考えられる。

主ダムの基礎岩盤は安山岩よりなる。表層堆積物及び全風化層の厚さは2m以下で、その下部の強風化層の厚さは5～10mである。強風化岩盤には、全般に亀裂が発達しているが、計画規模のロックフィルダムの基礎としては、十分な地耐力を持っているものと判断される。

また、ダム右岸を通りF<sub>9</sub>断層及びダム左岸天端付近を通るF<sub>104</sub>断層の破碎帯とその影響部については砂礫またはコンクリートによる置換等の基礎処理が必要になるものと考えられる。

### 6.3 構 造

#### (1) 池 形 状

上部調整池の形状は自然の地形を利用し、切り土、ダムの盛り土をバランスさせるように決められており、ほぼ直線のダム部を除いて、現地形に合わせた形状である。アスファルト遮水壁はアスファルトコンクリートの密度が重視され施工は機械施工が原則である。これは遮水壁人力施工は合材の温度低下をまねき、十分な水密

のある舗設が出来ないためである。

しかし現設計は主ダム取り付け部、貯水池終端部など曲率の小さい曲線部が多く、この部分のアスファルト遮水壁の機械施工が非常に難しいと思われ、機械施工の可否についての十分な検討が必要である。

池底面部は監査廊を最低部として取水口側へ緩い勾配で傾斜し、取水口付近で急勾配で下がる設計である。断面的には監査廊を最低部として、アスファルト斜面側から池中央部まで上り勾配となり、池中央部が高くなっている。しかし、池底部は取水口へ向かっての緩い勾配であれば、掘削の容易な平坦な設計で十分と思われる。

## (2) ダム (図-6.1, 図-6.2参照)

主ダムは地形上、下流下がりの高さ75mのロックフィルダムであり、盛り立て材料は池掘削で得られる風化安山岩を流用して使う事としている。ダムの基礎は主に安山岩で、表面は2mの厚さの崖錐および礫で覆われている。

アスファルト表面遮水壁型ダムで、遮水壁の施工に締め固め工法を採用する場合は上流側の勾配は安全管理、締め固め効果および遮水壁の品質管理を考慮して1:1.7が経験的な勾配の最急限度とされている。現設計では上流側の勾配を1:2としており、この点では問題はない。中国側で実施したダム堤体の設計は安定計算の断面の選定および計算方法などその手法は妥当なものであり、設計に関しての十分な調査、検討がなされている。

## (3) 断層処理

主ダム右岸付近に存在する断層は規模も大きいため、注意深い処理が必要である。ダム直下の断層処理については断層部分を厳選した砂礫で置き換え、薄い層で転圧する構造としている。断層の処理は断層を構成する地質構造にもよるが、コンクリートまたは砂礫で置き換えるのが最も安全な方法であり、中国側の考え方は基本的には妥当と考えられる。しかしながら、その構造が複雑であり、施工が困難と考えられ、出来るだけ施工のやり易い置き換え方法を選定する必要がある。

#### (4) 遮水壁の基盤

基本設計ではアスファルト遮水壁背面は、池の全面にわたって垂直厚さ50cmの排水砂礫層を設けることになっている。排水砂礫の機能としては、次の3つが考えられる。

- ① 変形に対する抵抗性の補強
- ② 排水機能
- ③ 凍上防止

上記のうち①上池は水圧変化が大きい(5時間に0~35m)ので、とくに水圧による不等沈下などによる歪みをできるだけ小さくすることが極めて重要である。

③については本地点が、冬季には気温が $-20^{\circ}\text{C}$ 以下となる寒冷地でもあることから凍上の可能性があるので、事前に現地で試験を実施して排水砂礫層の厚さを決定する必要がある。本地点と気象条件が類似している日本の沼原ダムは現地で実施した凍上試験の結果をもとに、斜面部排水砂礫層の厚さを60cmとしている。底面部は斜面部に比べて水面下にあることが多いので、砂礫層の厚さは現設計の50cmで十分と考えられる。

#### (5) 遮水壁の構造

上部調整池は全面をアスファルトコンクリートで覆う構造である。遮水壁の構造は2層構造であり、合計厚さ20.2cm(表面保護層0.2cm、密粒層10cm、粗粒層10cm)である。遮水壁の構造およびその厚さは、中間排水層のないタイプとしては標準的なものである。計算によると、設計層厚は計算層厚に対して、十分な余裕をもっており、遮水壁の厚さについては安全な設計と言える。

#### (6) 排水設備

設計ではアスファルトからの漏水、浸透水は遮水壁背面の砂礫層から堤体の下部に設ける監査廊内に導き堤体外に排水する構造としている。基本的にはこの考え方は妥当であるが、施工時に地山からの湧水がある場合には、基礎に排水トレンチを掘り、湧水量に応じたコンクリートまたは鋼管を埋設して、直接監査廊に導くことが必要である。



## (7) 監査廊

監査廊の平面的には斜面部との交点から池側約 20 ～ 50mに位置している。遮水壁の施工機械は斜面部と底面部では異なることから、監査廊の位置は交点に設置するほうが舗設はやりやすい。また、底面は取水口に向かって低くなる勾配であれば、底面からの漏水、または湧水があれば監査廊にこれらを集めることも出来るし、アスファルト舗設などの工事中の雨水の排水にも重要な排水設備である。

## 6.4 技術評価

### (1) 底部遮水壁について

貯水池内底部の遮水壁の必要性の有無は底部基礎岩盤の遮水性によって決まる。

上部調整池底部のボーリング、立て坑などの調査結果によると、池部全域が火山性の風化安山岩で覆われており、地下水位は標高460m付近で確認されている。

また、一般に安山岩はクラッキーで透水性は極めて大きい。一方、本調整池は流域も小さく、自己流域からの流入水は殆どない。揚水発電所の必要最小限の容量をもち、上池としてその機能を最大限に発揮するためには、その漏水対策として池内部の完全な遮水が不可欠である。

広範囲を遮水する方法としては、土質材によるブランケット、ゴムシートなど種々考えられるが、前者は付近に適当な土質材料が無いこと、後者は上部池の最大水圧が35m以上と比較的大きいこと等問題点もあり、アスファルトコンクリートまたはコンクリートによる遮水が多くの実績もあり最も確実な方法である。両者の選択は経済比較や工期の比較によって決定されるが、平坦な底面における施工速度はアスファルトが圧倒的に速く容易である。

### (2) 監査廊の必要性について

監査廊の目的は、一般にダム底部の基礎グラウトの施工、ダム完成後の漏水管理などのために設置される。本上部池は全面アスファルトコンクリートで覆われるため、その目的は排水砂礫層からの池底部へ導かれる湧水、遮水壁からの浸透水または漏水を砂礫層の中に貯めることなく速やかに堤体外へ排水することによってアスファルト遮水壁背面からの水圧を排除することを目的としている。

本上部池の基礎の地質は比較的透水性が高いが、雨水の流入、湧水などの流入水により将来的には岩盤の亀裂は目づまりを起こすことも充分考えられ、その完全な

排水機能は期待出来ない。従って、排水機能の確保そして遮水壁からの漏水など、異常を管理するためには監査廊の必要性は充分ある。

### (3) アスファルト遮水壁の予備的配合

中国側で実施した試験の結果に基づき、アスファルトは遼寧省産のものを使用すること、骨材は南口で得られる石灰岩を使用すること、そして遮水壁のアスファルト含有率は粗粒層4.73%、密粒層 8.0%とすることで計画されている。

密粒度コンクリートの配合については、骨材の最大粒径15mm、石粉使用量13.25%など、沼原の例などと比較してほぼ同程度であり、妥当なものと判断される。

しかし、石粉を含めた細骨材率 (S/A)は52%となるが、アスファルトコンクリートの空隙率が最も小さくなる S/Aは55~60%程度である。(但し、アスファルトの含有率は7~9%の範囲で配合を変化させて、水密性、安定性、可撓性、耐久性そして施工性の良い配合を選定する必要がある。)

粗粒度コンクリートは沼原のものと比較すると粗いが、排水機能も要求している(透水係数 $10^{-2}$ cm/s)ため、原配合でも充分機能するものと思われる。

### (4) 基本設計に関する妥当性の評価

池形状を含めて設計については十分に調査、検討されており、中国側で実施した基本設計は概ね妥当なものであるといえる。しかしながら、詳細設計および施工に当たっては以下に挙げた幾つかの項目に対して更に検討を加える必要がある。

- ・ 遮水壁曲面部、とくに曲率の小さい部分についての機械施工について。
- ・ 風化基礎岩盤の判定基準。
- ・ 断層処理方法の簡素化。
- ・ 現地凍上試験による斜面部アスファルト遮水壁基盤排水層の厚さの確認。
- ・ 監査廊位置。
- ・ アスファルト材料試験および配合試験。
- ・ アスファルトコンクリート供試体の暴露試験。
- ・ 遮水壁舗設試験。

上記各項目の中で、とくにアスファルト遮水壁の施工はその施工機械の選定と十分な経験を持つ施工業者を選択し、設計の思想が十分に施工に反映出来るような指導が必要である。

## 6.5 初期充水

### (1) 概要

十三陵揚水上部調整池は自己流域からの流入がないので、初期充水は下部調整池からのポンプによる揚水が必要である。上部調整池は全面アスファルト遮水壁に覆われており、水圧によるダム上流面の変形に遮水壁が十分追従し、堤体と遮水壁が一体となり水圧に抵抗しなければならない。このため、初期充水による水位上昇を可能なかぎりゆるやかにし、基盤とのなじみを良好にすることが大切である。ポンプによる充水は水位上昇を制御出来ることかつ、急激な水位上昇を避けることは十分可能である。

中国側でのこれまでの検討では初期充水は上部調整池などの工所用ポンプ（最大揚水量 $2.1\text{m}^3/\text{min}$  7段ポンプ）1台と発電所内に設置される充水ポンプ $4.6\text{m}^3/\text{min}$ 2台の両方を使用する計画である。

以下に、上記中国案について検討し、構造物の安全性、工事工程などについての技術的評価を行う。

### (2) 充水方法について

上部調整池に流入のない場合の初期充水は通常以下の手順で行われる。

項目	充水方法	備考
1. 下池必要水位	自然流入	必要容量が確保出来る水位
2. 放水路及びドラフト	〃	ドラフトゲート開
3. 下部鉄管	〃	充水ポンプのバイパスバルブ開、 下池水位とバランスするまで
4. 中、上部鉄管	充水専用ポンプ	水位が急上昇しない程度の充水速度を保つ
5. 導水路	〃	〃
6. 上池低水位	〃	充水ポンプ停止
7. 上池満水位	揚水主機	$1\text{m}/\text{日} \sim 1\text{m}/4\text{日}$

充水専用ポンプの容量は発電所の規模、工事工程などにより決められるが、一般に $20\text{m}^3/\text{min}$ 程度のものが採用される場合が多い。

### (3) 充水時間

前項で述べた手順で、 $2.1\text{m}^3/\text{min}$  1台、 $4.6\text{m}^3/\text{min}$  2台の充水ポンプで充水すると、十三陵上部調整池への充水は低水位に達するまでに13.5日間が必要である。

底水位に達してからはアスファルト遮水壁の安全性を確保するため中間水位まで $1\text{m}/\text{日}$ 、中間水位以上を $1\text{m}/2\text{日}$ とすると66日間で満水位に達することになる。

一方、主機の揚水可能最適揚程は

① 土木構造物に悪影響を与えないために絞り込み可能なガイドベーン開度は最適全揚程時の適正開度の $1/3$ 程度

② ポンプ効率低下及びガイドベーン絞り込みのための振動、騒音などの理由から最低揚程の85%程度とされている。従って、主機側から考えると、導水路水平部 (EL. 493m) まで充水されていれば機械的には主機揚水は可能である。

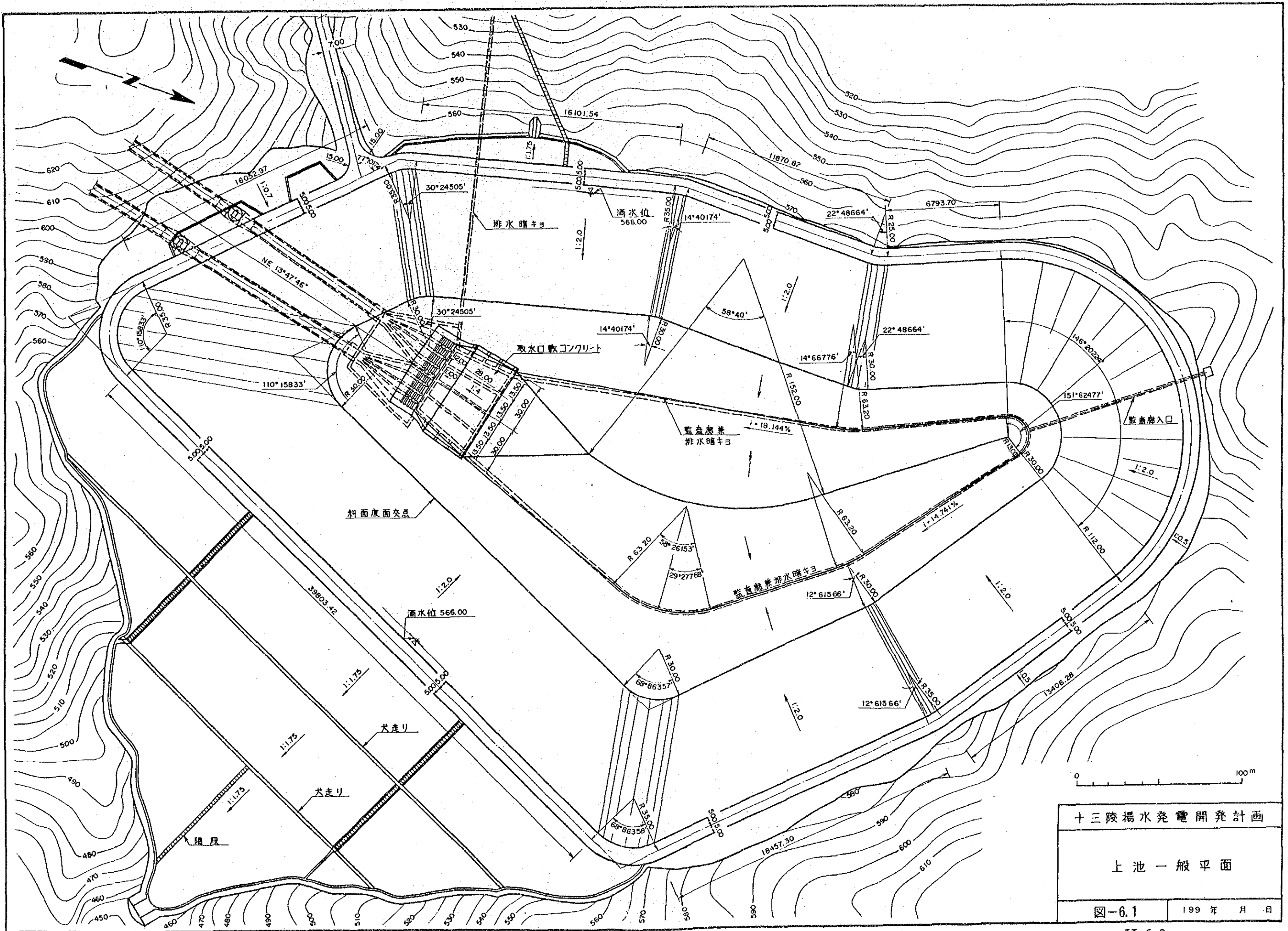
中国側では12月～3月は上部調整池の湖面が凍結するので、充水は10月～11月に実施し、3月から有水試験を考えているが、3台の充水ポンプと主機の組合せでこれまでに述べた手順で、10月1日に充水を開始出来れば11月末頃までに充水は可能と考えられる。

なお、発電所に設置される充水専用ポンプは将来他の地点への流用も考えてコンパクトで着脱可能な構造としておくことが得策である。

## 6.6 まとめ

上部調整池の計画および基本設計については、十分な調査と検討がなされており、前節までの技術評価に指摘した幾つかの、設計、施工に関する細部の問題点を除けば十分妥当な計画であるといえる。

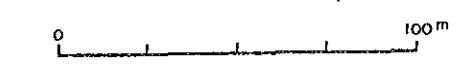
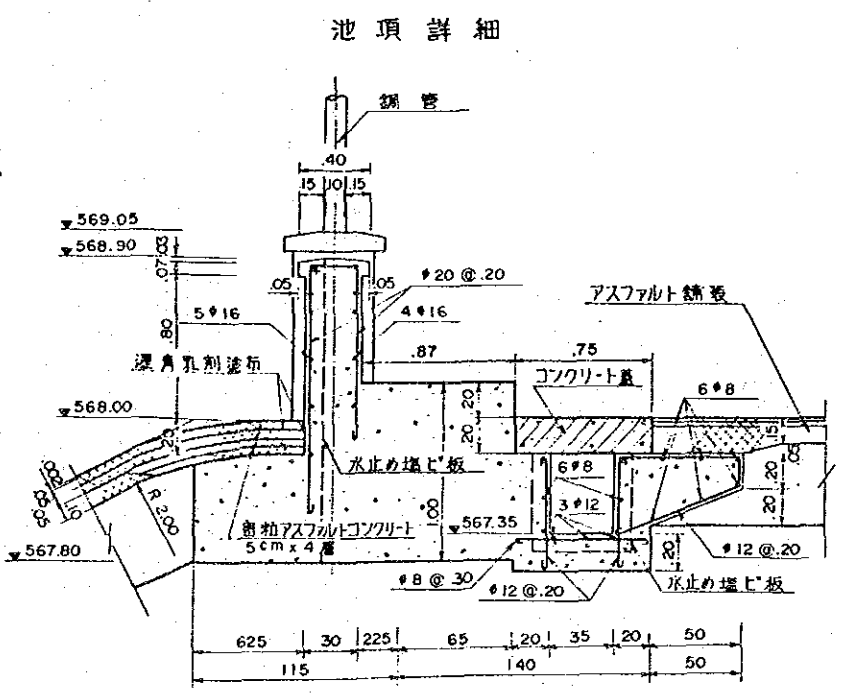
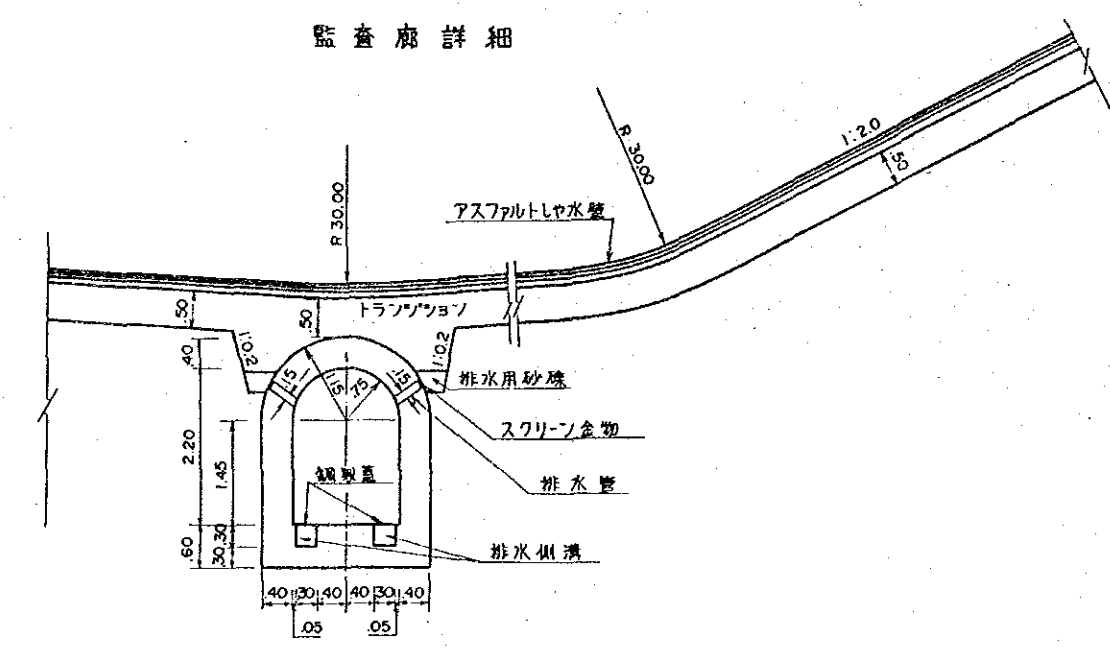
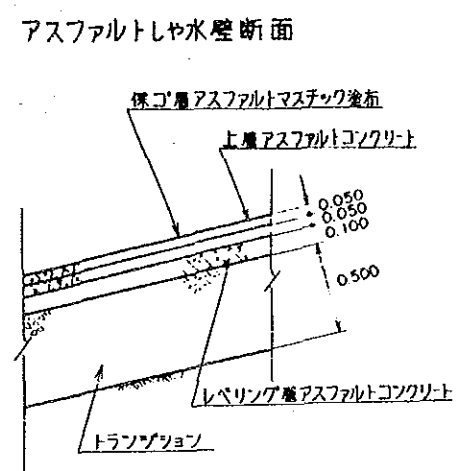
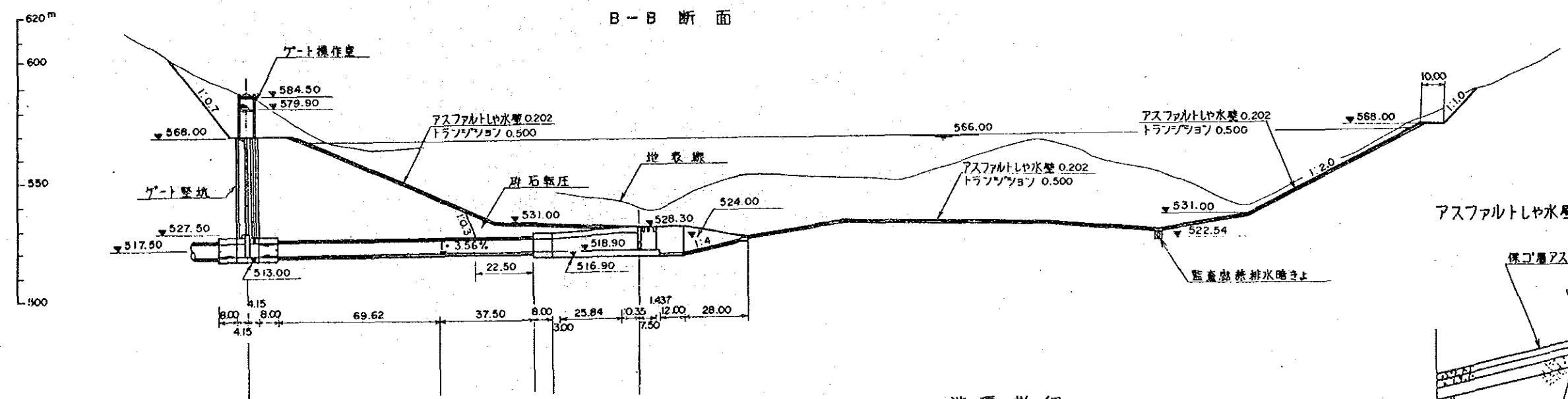
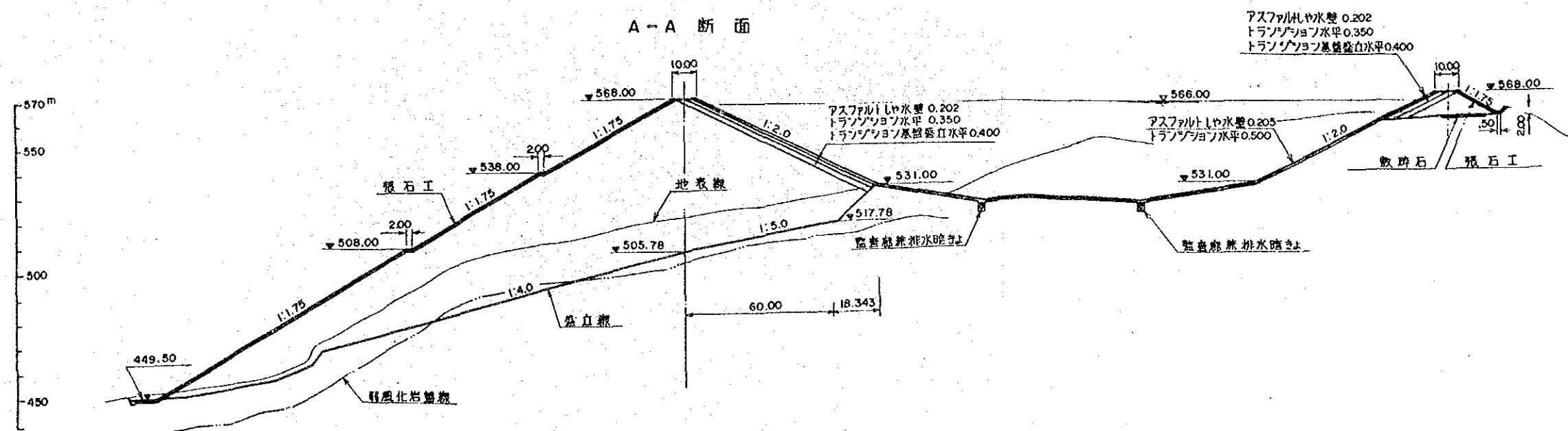
アスファルト表面遮水壁型ダムで特に注意すべき点は、遮水壁基盤の沈下とアスファルトの機械による舗設の良否にあり、これらの施工が悪いとアスファルト遮水壁が一体のものとして働かず、重大な漏水などの原因となることがある。従って、構造物の詳細設計に当たっては池曲面部の形状やコンクリート構造物との接合部など極力施工を考えた構造を選択し、建設の事前に現地における舗設施工を実施し、配合そして施工機械を決定する必要がある。



十三陵揚水発電開発計画

上池一般平面

図-6.1 199年 月 日



十三陵揚水発電開発計画  
上池断面および構造物標準  
図-6.2 199年 月 日

### III 章 經濟評估

## 1. 経済評価および財務分析

### 1.1 概要

本プロジェクトの経済評価、財務分析は既に実施されており、その結果経済、財務両面においてフィージブルであるという結論を得ている。しかし、その後の手当資金規模、税率の一部を見直した事、及び代替電源の設定方法、条件において一部不明な点もある事から、再度見直しを行い、検討を加えたものである。

### 1.2 経済評価

本調査における経済評価は、既レポートの一部見直しを行うとともに、クロスチェックの意味で代替電源を代えて検討することとする。

#### 1.2.1 既実施F/Sレポートについて

既F/Sレポートによれば経済評価の考え方は、十三陵揚水発電開発は、単に揚水発電所単独で設定するのではなく、十三陵揚水発電所とその揚水電源となる石炭火力を1組のものとし、その代替電源として、前者と同様の機能を持つ、火力発電所を設定している。

具体的には、十三陵揚水発電開発スキームとして、十三陵揚水発電所；800MW+Base型石炭火力；800MWを設定し、その代替電源としては、石炭火力発電所；1,600MW（Base分800MW, Peak分800MW）を設定している。

一方、通常揚水発電所の経済評価を行う場合には、揚水発電所の運用方法から代替発電所として、その運用が類似しているGas Turbine発電所が設定されることが多い。しかし、既F/S Reportが設定している代替石炭火力発電所の建設単価；1,050元/kWは、Gas Turbineの標準単価1,700~1,900元/kWと比較すれば安価である事を考慮すれば、妥当な一手法と考えられる。ただこの経済評価で想定している両スキームの細部に於いて、一部不整合が見られる事から見直しを行った。

#### 1.2.2 経済評価条件の見直し

##### (1) 十三陵揚水用火力発電所の利用率

他のプロジェクトで計画中の石炭発電所の利用率は、68.5%（等価定格出力運転時間；6,000）である。しかし、十三陵揚水用石炭火力は、定格出力付近の一定



運転が予想されるこのことから、標準的な石炭火力発電所より高い利用率を設定する事が可能である。停止率等に関する係数については、標準的な値を参考して本石炭発電所の設備利用率を想定した。

$$\text{想定設備利用率} = (1 - 0.11 - 0.05) \times 0.9 = 0.756 \approx 0.75$$

0.11 ; 計画停止率 (年間40日程度)

0.05 ; 事故率

0.9 ; 平均負荷率

## (2) 想定条件について

想定条件は以下のとおりである。

### (i) 十三陵揚水発電開発スキーム

- ・十三陵の年間運転時間 ; 1,500 時間 (既F/Sに同じ)
- ・十三陵の総合効率 ; 73.08% (既F/Sに同じ)
- ・十三陵火力の運転時間 ;  $8,760 \times 0.75 = 6,570$ 時間(他の新設火力計画6,000時間)
- ・石炭消費量 ; 0.32kg/kWh (既F/Sに同じ)
- ・石炭価格 ; 108.67元/ton (現行価格)
- ・運転維持コスト ; 十三陵揚水 1.5% (標準値)  
; 十三陵揚水用石炭火力 4.5% (標準値)
- ・所内率 ; 十三陵揚水は総合効率に含まれる  
; 十三陵用石炭火力 6% (既F/Sに同じ)

### (ii) 代替火力

- ・運転時間 ; (十三陵+十三陵用石炭火力) が発生する電力量と等価な電力量を発生する時間
- ・石炭消費量 ; 0.35kg/kWh
- ・石炭価格 ; 108.67元/ton
- ・運転維持コスト ; 4.5% (標準値)
- ・所内率 ; 7.5% (既F/Sに同じ)

### (3) 工事費

#### (i) 十三陵揚水発電開発スキーム

##### ・十三陵揚水発電所

本調査では、十三陵揚水発電所建設に要する全費用見積りについては、実施していない。これは既がF/S調査の中で既に積算しているためである。しかし、本調査の中で一部明らかになった外貨分については国際相場を基本にして概略の見直しを行い、工事費に反映させて経済評価に用いることとした。

以下その概略費用を記載する。

一 外貨分	531,250千元
一 内貨分	666,616千元
計	1,197,866千元

##### ・十三陵揚水用石炭火力発電所

建設単価については既F/Sで使用している価格を使用することとし、その値は850元/kWである。

#### (ii) 代替火力発電所

代替火力発電所については、現有の火力発電所より負荷調整能力を大幅に備えている事もあり、既F/Sレポートでは通常の発電所より高い1,050元/kWとしている事から、この値を使用することとした。

#### (iii) 耐用年数

耐用年数については、既F/Sに準拠して、水力土木設備、水力発電設備、火力設備に分類しそれぞれ、50年、30年、25年とした。なおこの値は一般的に用いられている値と相違ないものである。

### 1.2.3 経済評価の結果

1.2.2で見直した条件で経済評価を実施した。評価に際しては十三陵揚水発電開発スキームに要する建設費、運転維持費、燃料費の合計をプロジェクト評価の費用とし、代替電源に要する全費用を便益と仮定した。

評価方法としては、世界で広く採用されているもので行い、その手法としては各年の費用、便益を中国で用いられている社会的割引率10%で割り戻したそれぞれの

合計額の比である現在価値便益／現在価値費用が1を上まわる事を確認するB/C法の他に、費用便益の各現在価値の合計値を同じとする割引率を求める等価割引率法を用いることとする。

これを用いた計算結果は表-1.1に示すとおり、B/Cで1.02>1.00、EDR(EIRR)で11.7%>10%となり、これはいずれも評価基準を上廻ることから、フィージブルという結果となった。

#### 1.2.4 感度分析

##### (1) 外貨分変動に関する感度分析

外貨分増加に対する感度分析結果については以下のとおりである。

外貨分倍率	B/C	EDR(EIRR)
1.00	1.0219	11.730(%)
1.05	1.0140	11.086(%) 外貨分1.00=531,250 千元
1.10	1.0063	10.048(%)
1.14	1.0003	10.002(%)
1.15	0.9988	9.909(%)

このことから外貨分の増分については、15%付近が限界となることが判明した。

##### (2) 燃料費の価格変動に対する感度分析

燃料費の分析に関しては、代替電源の方が1 kWh当たりの燃料費が高く燃料単価が増加した分だけマージンが大きくなることになる。ただ燃料費が近接していることから、それほど影響は受けない。

#### 1.2.5 代替電源にGas-Turbineを用いた場合

一般的に揚水発電所の代替電源としては、電源構成内での役割(ピーク対応)とその運用方法が似かよっている事からGas-Turbineが用いられる。既F/Sの経済評価が妥当である事を補強することと、クロスチェックを行うために代替電源にGas-Turbineを用いて、経済評価を行った。

Gas-Turbineの条件は以下のとおりである。

工事単価	\$ 360/kW = 1.700元/kW
熱効率	30%
年間O&M費	建設費の2%
燃料単価	211元/ton
耐用年数	15年

この条件で試算してみると、 $B/C = 1.27$ 、 $EDR(EIRR) = 18.9\%$ となり前記の石炭火力よりかなり余裕のある結果となっている。計算結果は、表-1.2のとおりである。

### 1.3 財務分析

経済評価においてフィージブルという結果が得られた事から、財務面での健全さを確認するために財務分析を実施する。財務分析としては、財務的内務収益率と電気料金との関係を明らかにし、料金の限界値を求めるとともに、中国で既に設定されている電気料金において資金、返済計画、Cashflowを作成するとともに、収益率、Debt Service Ratio を求めて財務面での詳細な分析を行う。

#### 1.3.1 内部収益率

内部収益率を試算するに必要な条件は以下のとおりである。

##### (1) 財務分析を行なうに当たっての基本条件

- ・電気料金は既にF/Sで使用している料金とする。
- ・既F/Sと協調をとるために、分析期間は、計画で調達された対象機器の耐用年数とし運開後実質30年とする。

##### (2) その他税金、水利用料等

具体的には、

- ・電気料金 = 0.249元/kWh (ただしこの値は電力系統に供給する時の値であり、販売価格ではない)
- ・主要土木設備については、50年の耐用年数とする事からその数字を使用した。
- ・税金については、製品税の他、地方税を算入し、税率の合計は入手データから10.8%とした。また水利用費はF/Sレポートの値の500千元/1年を計上した。

以上の条件で内部収益率を試算すると表-1.3のとおり、財務的等価内部収益率E DR (F I R R)は、12%となり、その時のB/Cは1.137となっている、この事から現在設定している電気料金は費用の面からみて妥当と言える。又上記基本条件での電気料金の限界は0.215元/kWh付近であり、その感度分析は以下のとおりである。

電気料金	B/C	EDR (EIRR)
0.215	0.9953	0.0993
0.220	1.0159	0.1025
0.230	1.0568	0.1088
0.240	1.0973	0.1148
0.249 (F/S 現備)	1.1335	0.1202
0.260	1.1772	0.1265
0.300	1.3322	0.1479

### 1.3.2 資金返済計画

本計画に必要な資金を、既F/Sレポートの定める方針で返済計画を試算した。その基本条件は、以下のとおりである。

#### ・外貨分

- 返済期間 30年
- 金利 2.5%
- 特別措置 当初10年間利子のみ返済  
残り20年間（利子+元本）の均等払い

#### ・内貨分については

- 返済期間 10年
- 金利 9.36%
- 返済方法 （利子+元本）の均等払い

この方法で内貨、外貨毎の返済計画を試算した結果は表-1.4のとおりである。

### 1.3.3 損益計算書

0.249元/kWhの電気料金を収入源とした損益計算書については表-1.5のとおりであり、本格的返済が運用開始翌年からの各年の純利益は、順調に伸びており問題は無いと思われる。

### 1.3.4 Cashflow

Cash Inflow および Cash Outflow に分け試算した結果を表-1.6に示す。この試算結果によれば、累計バランスが負から正に逆転するのは運開後3年と比較的早期であり、健全といえる。

### 1.3.5 収益率

収益率の試算結果を表-1.7に示す。運開後5年目の収益率が既に14%と高い数字を示しているとともに、30年間の累計では30%という高い値となっていることから、健全な効率のよりプロジェクトと判断される。

### 1.3.6 Debt Service Ratio

Debt Service Ratioの試算結果を表-1.8に示す。25年目に於けるDebt Service Ratioは2.65倍、実質30年間のその値は、3.16倍と高く健全な値と判断できる。

## 1.4 まとめ

### 1.4.1 経済評価について

既F/Sレポートが選定した代替火力は利用率が約30%と極端に低く、十三陵揚水に要求されている発電電力の他に、更に便益を産み出す能力をもっている事から、電力系統全体から評価すれば違った評価となる可能性がある。しかし、十三陵揚水の運転時間で制約をかけた場合には、経済的見地から最もふさわしい代替電源と判断できる。この代替電源を用いた既F/Sレポートの経済評価は、運用面等、一部見直しの必要があるが、概ね正しいものと判断できる。この事から上記手法に則って、一部工事費の見直しを取り入れ経済評価を再度実施した結果、中国で要求される評価基準を満足しており、フィージブルであるという結論を得た。なお代替電源にガスタービンを用いてクロスチェックを行ったが、同じくフィージブルであると確認された事から経済評価は問題無しと判断できる。

### 1.4.2 財務分析

財務分析においては、最も基本となる内部収益率と電気料金とは充分整合性がとれており、特に問題はない。また、本調査で想定した資金の返済計画に沿って、損益計算書、Cash flow 利益率、Debt Service Ratio を作成し、詳細に分析した結果財務面は問題無いと判断される。

表-1.1 經濟評價基本ケース

Unit=10<sup>3</sup> Yuan

Scheme Srl. No.	The Scheme of Design System		The Scheme of alternate System		Differenc	Net Present Value	
	Capital Investment	Annual OP cost	Capital Investment	Annual OP cost		Design System	Alternate System
1	64379	0	0	0	-64379	58527	-58527
2	109789	0	0	0	-109789	90734	-90734
3	113000	0	0	0	-113000	84898	-84898
4	249523	336000	336000	336000	86477	170428	229493
5	519553	588000	588000	588000	68447	322602	365102
6	613741	504000	504000	504000	-109741	346441	284495
7	207881	10475	18900	46130	52970	135500	21382
8		10475	18900	46130	52970	135500	21382
9		41902	75600	184482	35406	108813	121330
10		41902	75600	184482	35406	108813	121330
11		41902	75600	184482	35406	108813	121330
12		41902	75600	184482	35406	108813	121330
13		41902	75600	184482	35406	108813	121330
14		41902	75600	184482	35406	108813	121330
15		41902	75600	184482	35406	108813	121330
16		41902	75600	184482	35406	108813	121330
17		41902	75600	184482	35406	108813	121330
18		41902	75600	184482	35406	108813	121330
19		41902	75600	184482	35406	108813	121330
20		41902	75600	184482	35406	108813	121330
21		41902	75600	184482	35406	108813	121330
22		41902	75600	184482	35406	108813	121330
23		41902	75600	184482	35406	108813	121330
24		41902	75600	184482	35406	108813	121330
25		41902	75600	184482	35406	108813	121330
26		41902	75600	184482	35406	108813	121330
27		41902	75600	184482	35406	108813	121330
28		41902	75600	184482	35406	108813	121330
29		41902	75600	184482	35406	108813	121330
30		41902	75600	184482	35406	108813	121330
31		41902	75600	184482	35406	108813	121330
32		41902	75600	184482	35406	108813	121330
33		41902	75600	184482	35406	108813	121330
34		41902	75600	184482	35406	108813	121330
35		41902	75600	184482	35406	108813	121330
36		41902	75600	184482	35406	108813	121330
37		41902	75600	184482	35406	108813	121330
38		41902	75600	184482	35406	108813	121330
39		41902	75600	184482	35406	108813	121330
40		41902	75600	184482	35406	108813	121330
41		41902	75600	184482	35406	108813	121330
42		41902	75600	184482	35406	108813	121330
43		41902	75600	184482	35406	108813	121330
44		41902	75600	184482	35406	108813	121330
45		41902	75600	184482	35406	108813	121330
46		41902	75600	184482	35406	108813	121330
47		41902	75600	184482	35406	108813	121330
48		41902	75600	184482	35406	108813	121330
49		41902	75600	184482	35406	108813	121330
50		41902	75600	184482	35406	108813	121330
51		41902	75600	184482	35406	108813	121330
52		41902	75600	184482	35406	108813	121330
53		41902	75600	184482	35406	108813	121330
54		41902	75600	184482	35406	108813	121330
55		41902	75600	184482	35406	108813	121330
56		41902	75600	184482	35406	108813	121330
57		41902	75600	184482	35406	108813	121330
Total							

B/C = 1.0218579 EDR = 0.1173405



# 表-1.2 經濟評價 (代替電源; Gas Turbine)

Unit=10<sup>3</sup> Yuan

Scheme Srl. No.	The Scheme of Design System		The Scheme of alternate System		Total	Differnc	Net Present Value	
	Capital Investment	Annual OP cost	Capital Investment	Annual OP cost			Design System	Alternate System
1	64379	0	0	0	64379	-64379	58527	-58527
2	109789	0	0	0	109789	-109789	90734	-90734
3	113000	0	0	0	113000	-113000	84898	-84898
4	147523	0	0	0	147523	-147523	100760	-100760
5	283314	339120	678240	6782	283314	58806	175916	210567
6	373979	339120	678240	6782	373979	304261	211192	382849
7	105981	123393	339120	6782	123393	238505	63577	185968
8	2825	15186	60746	27130	2825	93115	33611	43439
9	11302	60746	60746	27130	11302	21068	30555	8935
10	11302	60746	60746	27130	11302	93115	27777	35900
11	11302	60746	60746	27130	11302	21068	25252	32636
12	11302	60746	60746	27130	11302	93115	22957	29669
13	11302	60746	60746	27130	11302	21068	26972	6103
14	11302	60746	60746	27130	11302	93115	24530	5548
15	11302	60746	60746	27130	11302	21068	18972	5548
16	11302	60746	60746	27130	11302	93115	17248	5043
17	11302	60746	60746	27130	11302	21068	15680	4585
18	11302	60746	60746	27130	11302	93115	14254	4168
19	11302	60746	60746	27130	11302	21068	12958	3789
20	11302	60746	60746	27130	11302	93115	11780	3445
21	11302	60746	60746	27130	11302	21068	10709	3050
22	11302	60746	60746	27130	11302	93115	9736	2655
23	11302	60746	60746	27130	11302	21068	8851	2258
24	11302	60746	60746	27130	11302	93115	8046	1853
25	11302	60746	60746	27130	11302	21068	7215	1448
26	11302	60746	60746	27130	11302	93115	6650	1043
27	11302	60746	60746	27130	11302	21068	6045	638
28	11302	60746	60746	27130	11302	93115	5496	233
29	11302	60746	60746	27130	11302	21068	4996	-161
30	11302	60746	60746	27130	11302	93115	4542	-628
31	11302	60746	60746	27130	11302	21068	4129	-1098
32	11302	60746	60746	27130	11302	93115	3754	-1998
33	11302	60746	60746	27130	11302	21068	3412	-2907
34	11302	60746	60746	27130	11302	93115	3102	-3805
35	106250	60746	60746	27130	106250	253938	2820	-825
36	159375	60746	60746	27130	159375	6345	15381	9036
37	265625	60746	60746	27130	265625	7486	24953	17466
38	60746	60746	60746	27130	60746	94563	9930	2781
39	60746	60746	60746	27130	60746	1926	2489	563
40	60746	60746	60746	27130	60746	1751	2253	512
41	60746	60746	60746	27130	60746	1592	2057	465
42	60746	60746	60746	27130	60746	1447	1870	423
43	60746	60746	60746	27130	60746	1316	1700	385
44	60746	60746	60746	27130	60746	1196	1546	350
45	60746	60746	60746	27130	60746	1087	1405	318
46	60746	60746	60746	27130	60746	988	1277	289
47	60746	60746	60746	27130	60746	899	1161	263
48	60746	60746	60746	27130	60746	817	1056	239
49	60746	60746	60746	27130	60746	743	960	217
50	60746	60746	60746	27130	60746	675	873	197
51	60746	60746	60746	27130	60746	614	862	308
52	60746	60746	60746	27130	60746	558	5973	5416
53	60746	60746	60746	27130	60746	507	3043	2536
54	60746	60746	60746	27130	60746	461	135	135
55	60746	60746	60746	27130	60746	419	542	133
56	60746	60746	60746	27130	60746	381	493	111
57	-177083	567917	3052464	60746	-1050316	-706169	-459	-3087
Total	1552033	5172414	4521600	1363262	3315769	4028218	1168056	319360

B/C = 1.2734114 EDR = 0.1892541

表一1.3 財務評價 (基本評價)

Unit=10^3 Yuan

Srl. Nu.	After Comm.	Benefit (Tariff)	Investmt	Fuel Cost	O&M Cost	Tax	Water Rght	Total	B-C	Benefit	Cost	N.P.V	B-C
1		73953	64379	14275	2825	7987	500	64379	-64379	0	58527	0	-58527
2		295812	109789	60746	11302	31948	500	109789	-109789	0	90734	0	-90734
3		295812	113000	60746	11302	31948	500	113000	-113000	0	84898	0	-84898
4		295812	147523	60746	11302	31948	500	147523	-147523	0	100760	0	-100760
5		295812	281553	60746	11302	31948	500	281553	-281553	0	174822	0	-174822
6		295812	375741	60746	11302	31948	500	375741	-375741	0	212096	0	-212096
7		105881		14275	2825	7987	500	131469	-57516	37950	67464		-29515
8				60746	11302	31948	500	104495	191317	137998	48748		89251
9				60746	11302	31948	500	104495	191317	125453	44316		81137
10				60746	11302	31948	500	104495	191317	114048	40287		73761
11				60746	11302	31948	500	104495	191317	103680	36625		67055
12				60746	11302	31948	500	104495	191317	94255	33295		60959
13				60746	11302	31948	500	104495	191317	85686	30269		55418
14				60746	11302	31948	500	104495	191317	77897	27517		50380
15				60746	11302	31948	500	104495	191317	70815	25015		45800
16				60746	11302	31948	500	104495	191317	64377	22741		41636
17				60746	11302	31948	500	104495	191317	58525	20674		37851
18				60746	11302	31948	500	104495	191317	53204	18794		34410
19				60746	11302	31948	500	104495	191317	48368	17086		31282
20				60746	11302	31948	500	104495	191317	43971	15533		28438
21				60746	11302	31948	500	104495	191317	39973	14120		25853
22				60746	11302	31948	500	104495	191317	36339	12837		23503
23				60746	11302	31948	500	104495	191317	33036	11670		21366
24				60746	11302	31948	500	104495	191317	30032	10609		19424
25				60746	11302	31948	500	104495	191317	27302	9644		17658
26				60746	11302	31948	500	104495	191317	24820	8768		16053
27				60746	11302	31948	500	104495	191317	22564	7971		14593
28				60746	11302	31948	500	104495	191317	20513	7246		13267
29				60746	11302	31948	500	104495	191317	18648	6587		12061
30				60746	11302	31948	500	104495	191317	16953	5988		10964
31				60746	11302	31948	500	104495	191317	15411	5444		9967
32				60746	11302	31948	500	104495	191317	14010	4949		9061
33				60746	11302	31948	500	104495	191317	12737	4499		8237
34				60746	11302	31948	500	104495	191317	11579	4090		7489
35				60746	11302	31948	500	104495	191317	10526	3718		6808
36				60746	11302	31948	500	104495	191317	9569	3380		6189
37		221859	46470	8476	8476	23961	500	79407	142452	6525	2335		4189
Total		8652501	1197866	1775896	330579	934470	15000	4253811	4541142	1466765	1294059		172706

B/C = 1.1335 EDR = 0.120

Profit Ratio

表-1.4 資金返濟計圖 Unit=10<sup>3</sup> Yuan

Stl. Nu.	Repayment Schedule				Repayment Schedule (D/L)				Repayment Schedule (F/L)				Repayment Schedule (Total)			
	After. Comm.	Domestic L	Foreign L	I. D. C.	Interest	Principal	Total	Balance	Interest	Principal	Total	Balance	Interest	Principal	Total	Balance
1		64379	0	6028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		109789	0	12052	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		113000	0	22328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		94398	53125	32905	1328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5		122178	159375	41740	5313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		110116	255625	53176	11953	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7		52756	53125	63483	13281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8						62395	43129	105524	666616	13281	0	13281	531250	43129	118905	1197866
9					58358	47165	105524	623487	623487	13281	0	13281	531250	75577	118905	1154737
10					53944	51580	105524	576322	576322	13281	0	13281	531250	71640	118905	1107572
11					49116	56408	105524	524706	524706	13281	0	13281	531250	67225	118905	1053992
12					43836	61688	105524	468334	468334	13281	0	13281	531250	62397	118905	999584
13					38062	67462	105524	406646	406646	13281	0	13281	531250	57117	118905	937896
14					31748	73776	105524	339184	339184	13281	0	13281	531250	51343	118905	879434
15					24842	80682	105524	265408	265408	13281	20797	34078	510453	45029	139602	775861
16					17290	88214	105524	184795	184795	12728	21317	34078	489135	37603	101999	673862
17					9032	96492	105524	96492	96492	11682	21850	34078	462286	29519	139602	563779
18								0	0	11122	22396	34078	444890	20314	119882	444890
19										10548	22956	34078	423335	11122	22956	423335
20										9860	23530	34078	398405	10348	23530	398405
21										9357	24118	34078	374287	9357	24118	374287
22										8739	24721	34078	349566	9357	24721	349566
23										8106	25339	34078	324227	8739	25339	324227
24										7456	25972	34078	298254	8106	25972	298254
25										6791	26622	34078	271632	7456	26622	271632
26										6109	27287	34078	244345	6791	27287	244345
27										5409	27970	34078	216776	6109	27970	216776
28										4693	28669	34078	187707	5409	28669	187707
29										3958	29385	34078	158321	4693	29385	158321
30										3205	30120	34078	128201	3958	30120	128201
31										2433	30873	34078	97328	3205	30873	97328
32										1642	31645	34078	65683	2433	31645	65683
33										831	32436	34078	33247	1642	32436	33247
34											831	33247	0	831	33247	0
35																
36																
37																
Total		666616	531250	63483	13281	398623	666616	1055239	230001	531250	761251	618624	1197866	1816490		

表-1.5 損 益 計 算 書

Unit=10<sup>3</sup> Yuan

Srl. No.	Aftr Comm.	Revenue (Tariff)	Fuel Cost	Business Expenses O&M Cost	Depriectn	Tax	Water Right	Total	Business Profit	Financial Cost I.D.C.	Interest	Net Profit
1		73953	14275	2825	8188	7987	500	33776	40177	6026		-6026
2		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564	12052	75677	12052
3		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564	22328	71640	22328
4		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564	34233	67225	34233
5		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564	47053	62397	47053
6		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564	65129	57117	65129
7		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564	76764	51343	76764
8		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		45029	101447
9		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		29519	107221
10		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		37603	113535
11		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		20714	120960
12		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		22112	129045
13		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		11122	137850
14		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		10548	147442
15		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		9960	148016
16		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		9357	148604
17		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		8739	149207
18		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		8106	149825
19		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		7456	150458
20		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		6791	151108
21		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		6109	151773
22		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		5409	152455
23		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		4693	153155
24		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		3958	153871
25		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		3205	154606
26		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		2433	155359
27		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		1642	156131
28		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		831	156922
29		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		0	157733
30		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		0	158564
31		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		0	158564
32		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		0	158564
33		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		0	158564
34		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		0	158564
35		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		0	158564
36		295812	60746	11302	32753	31948	500	137248	158564		0	158564
37		221839	46470	8476	24565	23961	500	103972	118387			118387
		8874360	1822367	339055	982591	958431	15500	4117943	4756917	76764	618624	4061529
	Total											

Unit=10<sup>3</sup> Yuan

表—1.6 C a s h F l o w

Srl.No.	Aftcr Comm	Cash Inflow		Total	Constructn	Cash Outflow		Total	Balance	
		Investmnt	Net Profit			Deprectn	Principnl		Principnl	Annual
1		64379	-6026	58353	64379			64379	-6026	-6026
2		109789	-12052	97677	109789			109789	-12052	-18078
3		113000	-22328	90672	113000			113000	-22328	-40406
4		147523	-34233	113291	147523			147523	-34233	-74639
5		281553	-47053	234500	281553			281553	-47053	-121692
6		375741	-65129	310611	375741			375741	-65129	-186821
7		105881	-36587	77482	105881			105881	-28399	-215220
8			82887	115640		43129		43129	72512	-142708
9			86924	119677		47165		47165	72512	-70196
10			91339	124092		51580		51580	72512	2315
11			96167	128920		56408		56408	72512	74827
12			101447	134200		61688		61688	72512	147339
13			107221	139974		67462		67462	72512	219851
14			113535	146288		94573		94573	51715	271565
15			120960	153713		101999		101999	51715	323280
16			129045	161798		110083		110083	51715	374995
17			137850	170603		118888		118888	51715	426710
18			147442	180195		22956		22956	157239	583949
19			148016	180769		23530		23530	157239	741188
20			148604	181357		24118		24118	157239	898426
21			149207	181960		24721		24721	157239	1055665
22			149825	182578		25339		25339	157239	1212904
23			150458	183211		25972		25972	157239	1370143
24			151108	183861		26622		26622	157239	1527381
25			151773	184526		27287		27287	157239	1684620
26			152455	185208		27970		27970	157239	1841859
27			153155	185908		28669		28669	157239	1999098
28			153871	186624		29385		29385	157239	2156336
29			154606	187359		30120		30120	157239	2313575
30			155359	188112		30873		30873	157239	2470814
31			156131	188884		31645		31645	157239	2628053
32			156922	189675		32436		32436	157239	2785291
33			157733	190486		33247		33247	157239	2942530
34			158564	191317		0		0	191317	3133847
35			158564	191317		0		0	191317	3325164
36			158564	191317		0		0	191317	3516481
37			118387	24565		0		0	142952	3659432
Total		1197866	3874708	6055164	1197866	1197866	1197866	2395732	3659432	

表一 1.7 收益率  
Unit=10<sup>3</sup> Yuan

Srl.Nu.	Aftx Comm.	Operational Fixed Property		Balance Average	Balance Accumrate	Business Annual	Profit Accumrate	Profit Ratio (%)
		Balance Former	Balance End					
1		982591	8188	974402	978497	40177	40177	
2		974402	32753	941649	958026	158564	198741	
3		941649	32753	908896	925273	158564	357305	
4		908896	32753	876143	892520	158564	515869	
5		876143	32753	843390	859767	158564	674433	14.62
6		843390	32753	810637	827014	158564	832997	
7		810637	32753	777884	794261	158564	991561	
8		777884	32753	745131	761508	158564	1150124	
9		745131	32753	712378	728755	158564	1308688	
10		712378	32753	679625	696002	158564	1467252	
11		679625	32753	646872	663249	158564	1625816	17.42
12		646872	32753	614119	630496	158564	1784380	
13		614119	32753	581366	597743	158564	1942944	
14		581366	32753	548613	564990	158564	2101508	
15		548613	32753	515860	532237	158564	2260072	19.81
16		515860	32753	483107	499484	158564	2418636	
17		483107	32753	450354	466731	158564	2577199	
18		450354	32753	417601	433978	158564	2735763	
19		417601	32753	384848	401225	158564	2894327	
20		384848	32753	352095	368472	158564	3052891	22.48
21		352095	32753	319342	335719	158564	3211455	
22		319342	32753	286589	302965	158564	3370019	
23		286589	32753	253836	270212	158564	3528583	
24		253836	32753	221083	237459	158564	3687147	
25		221083	32753	188330	204706	158564	3845711	25.76
26		188330	32753	155577	171953	158564	4004275	
27		155577	32753	122824	139200	158564	4162838	
28		122824	32753	90071	106447	158564	4321402	
29		90071	32753	57318	73694	158564	4479966	
30		57318	32753	24565	40941	158564	4638530	30.00
31		24565	24565	0	12282	118387	4756917	30.74
Total		15967100	982591	14984509	15475804	4756917		

Unit=10<sup>3</sup> Yuan

表-1.8 Debt Service Ratio

Srl. Nu.	After Comm	Internal Capital Raising		Accumrate	Interest	Principal	Payment Total Annual	Debt Service Ratio
		Business Profit	Deprectn Annual					
1		40177	8188	48365	75677	43129	118805	
2		158564	32753	239682	71640	47165	118805	
3		158564	32753	430999	67225	51580	118805	
4		158564	32753	622316	62397	56408	118805	1.71
5		158564	32753	813633	57117	61688	118805	
6		158564	32753	1004950	51343	67452	118805	
7		158564	32753	1196267	45029	94573	139602	
8		158564	32753	1387584	37603	101999	139602	
9		158564	32753	1578901	29519	110888	139602	1.56
10		158564	32753	1770218	20714	118888	139602	
11		158564	32753	1961535	11122	22956	34078	
12		158564	32753	2152852	10548	23530	34078	
13		158564	32753	2344168	9960	24118	34078	
14		158564	32753	2535485	9357	24721	34078	
15		158564	32753	2726802	8739	25339	34078	1.94
16		158564	32753	2918119	8106	25972	34078	
17		158564	32753	3109436	7456	26622	34078	
18		158564	32753	3300753	6791	27287	34078	
19		158564	32753	3492070	6109	27970	34078	2.33
20		158564	32753	3683387	5409	28669	34078	
21		158564	32753	3874704	4693	29385	34078	
22		158564	32753	4066021	3958	30120	34078	
23		158564	32753	4257338	3205	30873	34078	
24		158564	32753	4448655	2433	31645	34078	2.65
25		158564	32753	4639971	1642	32436	34078	
26		158564	32753	4831288	831	33247	34078	
27		158564	32753	5022605	0	0	0	
28		158564	32753	5213922	0	0	0	
29		158564	32753	5405239	0	0	0	
30		158564	32753	5596556	0	0	0	3.08
31		118387	24565	5739508	0	0	0	3.16
37	Total	4756917	982591	5739508	618624	1197866	1816490	







JICA