

5.3 発電・鋼構造施設

5.3.1 水車型式

本飛来峡計画では治水・舟運を優先して貯水地運用を行うため発電用常時満水位はEL. 24.00m, 低水位はEL. 20.00mと計画された。また下流の放水位は舟運用保証流量 $150\text{m}^3/\text{sec}$ の場合EL. 9.85m, 174MWフル運転時(流量 $2,028\text{m}^3/\text{sec}$)EL. 13.40mと算出された。従って最大落差は14.15m, 通常的全員荷時で10.60mであり, 洪水期には落差が3m以下となる日も生ずる。

上記落差の変動巾や水車効率の特性及び年間発生電力量の観点から考えて, 水車の定格有効落差は10.0mとして設計するのが最適と考えられる。この落差及び10年の毎日の流量記録から計算して最適な発電規模及び台数は, $43.5\text{MW} \times 4\text{台} = 174\text{MW}$ と算定された。

上記の落差及び出力に適する水車型式としては立軸カプラン型水車とバルブ型円筒水車が考えられるが, 以下にその両型式の水車・発電機及び発電所基礎及び建屋を含めた比較を述べるものとする。

(1) 水頭損失

立軸カプラン水車では入口から水平方向に流れる水流がケーシング内で円周方向から垂直方向に変わり, 水車ランナーを通過後ドラフトチューブ内で更に垂直方向から水平方向に向きを変える。そのため定格落差10mに対して $500\text{m}^3/\text{sec}$ 程度の流量では数十cmの損失水頭を生ずる。

一方バルブ型水車では水流は常に水車軸と平行に水平方向のみに流れ, 断面積は入口から水車ランナー部分まで次第に小さくなりそれからドラフトチューブで次第に大きくなるため, 流速変化による損失水頭はあるが極めて僅かである。

上記の損失水頭の差のために, バルブ型水車の方が定格出力時では1.8%程度効率が高くなる。しかもこれはバルブ型水車の径をカプラン型水車の径より10%程度小さくした場合であって, 径が同じ場合なら効率差はもっと大きくなる。また水車の使用水量が大きい場合ほどその差は大きくなるためバルブ型の方が有利となる。

(2) 寸法及び重量

上述のようにバルブ型水車はランナー径をカプラン水車の径より10%位小さくし流速を20%程度高く取っても水車効率がカプラン水車より若干高いので、水車の回転速度を15~20%高く取ることが出来る。そのため水車の重量はカプラン型の場合より約40%程度軽くすることができる。しかし発電機の重量は逆にバルブ型の方が約10%程度大きくなる。それでも水車・発電機を合わせた総重量はバルブ型の方が約20%程度小さく、製作は若干バルブ型の方が難しいにも拘らず、製作コストは若干バルブ型の方が低いか、或いはほとんど同じ程度となる。

(3) 基礎及び建屋

バルブ型の場合水車径が小さいこと、立軸カプラン水車のように水平にケーシングが無い場合、水車間の中心間隔が約30%短くできるので発電所基礎及び建屋の長さがそれだけ短くでき、土木・建築工事費が節約できる。本飛来峡発電所でも4台で原案の長さ176mを123mと53m短縮できる。また建屋の高さはバルブ型の方が低くできる。

またカプラン型水車の場合ケーシング入口の巾がバルブ型の場合よりも50%程度大きくなり立体的構造も複雑となるが、バルブ型の場合ケーシングの形状は矩形で単純であり、型枠・鉄筋・コンクリート工事が容易である(図5.4参照)。

(4) 点検・保守

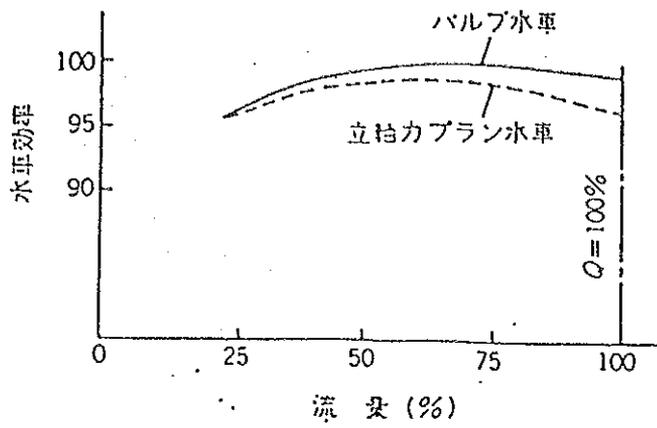
水車自身の点検・保守はバルブ型の場合発電機と無関係に容易にできるが、発電機の点検・保守はカプラン型の方が容易である。

(5) 設計・製作・据付

バルブ型水車は設計・製作・据付に高度な技術を要するが、カプラン型は比較的容易である。ただし据付に要する工期は、バルブ型は水車を発電機と併行して据付けられるのでカプラン型の場合より短縮できる。

(6) バルブ型の場合発電機をバルブ内に設置するために寸法が制約されるので、カプラン型の場合と較べるとハズミ車効果はかなり小さくなる。これは電力系統としての系統安定性が若干悪くなっていることを意味する。

(7) 水車中心線の標高は、バルブ型の方がカプラン型より低い位置に取る必要があるが、カプラン型の場合縦方向のドラフトチューブの下面はバルブ型基礎の下面より



実機水車効率の比較

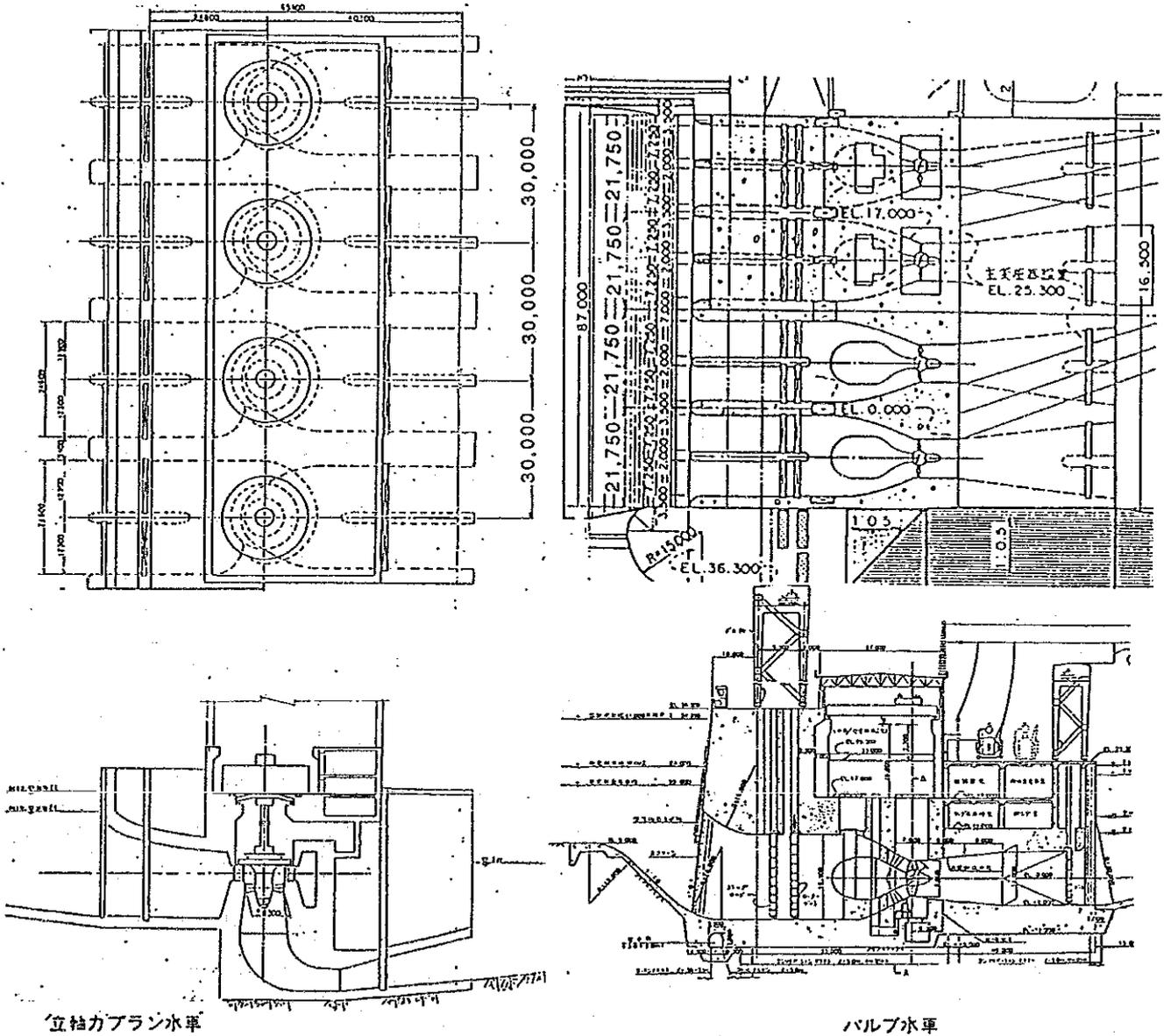


図 5.4 発電所建屋寸法の比較

かなり低くなるのが普通で基礎掘削量及びコンクリート量が多くなる。

以上の諸点を比較して考えると本飛来峡発電所の場合バルブ型円筒水車の利点の方が大きいのでこれを採用することが推奨される。

中国には本地点と同様な低落差・大容量の発電地点の開発が今後多数必要となると見られるので、将来ともこの技術近代化は国益に大きく貢献するものと思料される。従って調査団はバルブ型円筒水車で概略設計を行った。

5.3.2 発電施設

(1) 設計条件

発電施設は下記の設計条件により計画するものとする。

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| 貯水池，正常発電水位 | 24.0m |
| 最低発電水位 | 20.0m |
| 正常発電水位での最大流量 | 2,480m ³ /sec |
| 最低発電水位での最大流量 | 4,200m ³ /sec |
| 放水路，流量 150m ³ /sec 時の水位 | 9.85m |
| 流量 2,028m ³ /sec 時の水位 | 13.4m |
| 最低放水量 | 150m ³ /sec |
| 最大発電流量（4台合計） | 2,028m ³ /sec |
| 最大落差 | 14.1m |
| 定格有効落差 | 10.0m |
| 最低運転落差 | 3.0m |

(2) 水車発電機

上述の如く水車はバルブ型円筒水車とし、水車、発電機は水路内に水平に設置される。水車のランナー羽根は油圧により調整する方式であり、主軸は水平であるが水車の機能は本質的に立軸 Kaplan と変りはない。その水車発電機の主要定格事項は下記の通りである。

| | |
|------------|----------------------------|
| 発電所設備出力 | 4 × 43.5MW |
| 最大使用水量 | 4 × 507m ³ /sec |
| ランナー直径（範囲） | 8.0～7.6m |

| | |
|---------|-------------------|
| 回転数（範囲） | 75 ~ 78.9 r. p. m |
| 発電機出力 | 45.8 MVA（力率0.95） |
| 端子電圧 | 6.6 kV |

発電機は水路内設置で寸法が制限されるので、力率を高くとり、MVA出力は小さくとる。また皮相電力が必要な場合は受電端の進相コンデンサーの容量を大きめに選定する必要がある。ハズミ車効果が立軸カプランの50パーセント程度になる点注意が必要である。

バルブ型の場合水車と発電機の組立てを並行に進めることができるので据付け期間は立軸カプランに比較して短くなる。発電機固定子、回転子、水車ランナー、主変圧器等最大 100トンを超える重量物、大寸法の機器があるが、水路運搬が可能な限り分解せずに運送した方が据付期間の短縮及び機器信頼度向上の面から考えて良いと思われる。

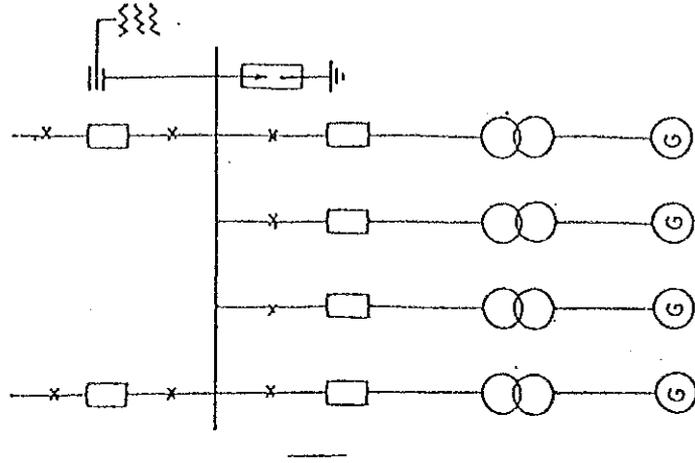
(3) 主回路方式

この発電所の発電機1台の出力は45.8MVAで220kVの送電電圧に対しては比較的小さいので、発電機1台につき変圧器1台とするよりも2台に1台とし、2次側を2重巻線とすることにより、主変圧器価格を節約することができる。又、220kV側に連絡遮断器を入れて220kV遮断器を1台節約することも可能である。結線方式については図5.5に示す3案の機器・材料のコストを比較した結果、第1案が他の第2案・第3案に較べて約10%高く、第2案と第3案のコスト差は僅かである。しかし、第2案と第3案を比較した場合、第3案は遮断器は節約できるが、避雷器及びCCPD（結合コンデンサー型電圧変成器）を追加する必要があるので差はほとんど無くなる。そのため運転の容易さから完全単母線の第2案を採用するのが良いと考えられる。

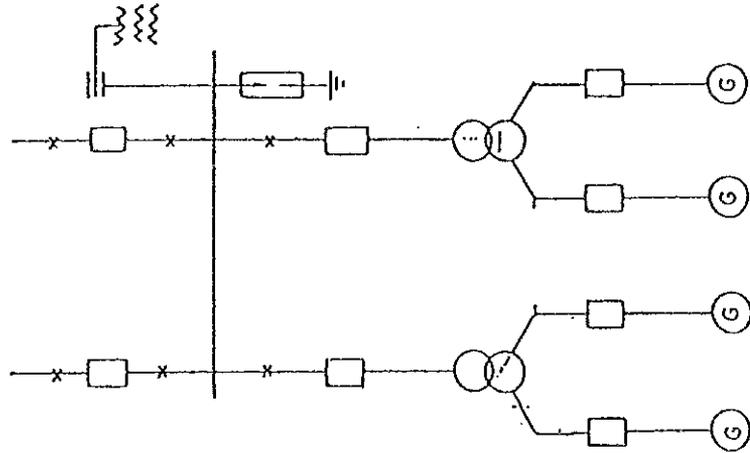
(4) 屋外変電所

屋外変電所は発電所の下流、左岸に配置するものとし、発電所との接続は左岸の2回線鉄塔を通して行なうものとする。屋外変電所からの引き出しは220kV送電線2回線とする。

第1案 変圧器2台，引出し用遮断器省略方式



第2案 変圧器2台，完全単母線方式



第3案 ユニット変圧器，完全単母線方式

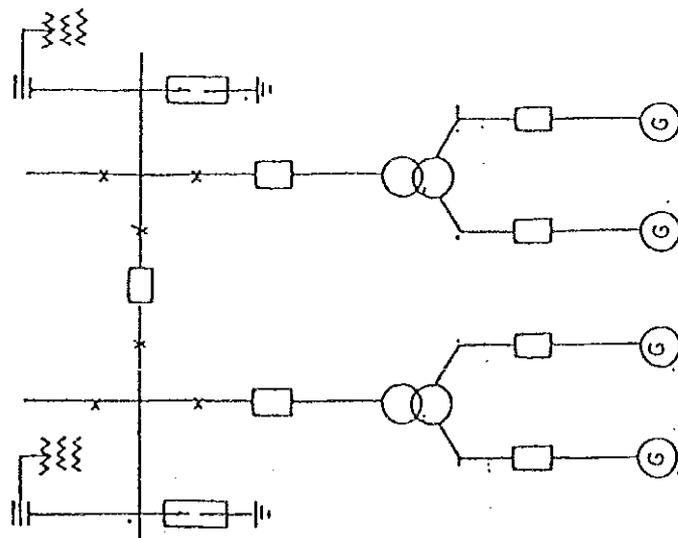


図5.5 主回路接続方式比較図

5.3.3 鋼構造施設

必要となる鋼構造施設は下記の通りである。

(1) 洪水吐ゲート

洪水吐ゲートはオリフィス型ラジアルゲートとし、寸法は幅14m、高さ20m、必要門数は16門である。ゲートは据付けが容易なように横主桁、3本脚式とした。トラニオンピンは洪水時の放水位より高いEL. 26mに設置することとした。巻上機はワイヤー式とし、背面吊り方式を採用した。

ゲートの前面には、ゲートの点検修理に使用するストップログを設置することとした。ストップログはゲート1門分とし、操作はガントリークレーンで行う。

(2) 発電所用ゲート

水車の点検修理用に取水口及び放水口に制水用ゲートを設けるものとする。取水口用ゲートは水車4台に対して3セットで良い。

取水口側の制水ゲートは開口部の幅が大きいので2分割構造とし、水車事故時の流水遮断の必要性も考慮に入れてローラーゲートとする。ゲートの寸法は1門当り、幅7.25m、高さ18.4mである。制水ゲートの前面にゲート点検修理用のスライドゲートを設置する。これら制水ゲート及び点検修理用にガントリークレーンを1台設置するものとする。浮遊物の流入を防ぐためにトラシュラックを設置し、移動式除塵機及びベルトコンベアで塵芥を除去する。

放水口ゲートは水圧バランスの状態で作るのでスライドゲートとし、ガントリークレーンを設置するものとする。水門の寸法は1門当り幅7.25m、高さ12.0mである。

(3) 閘門用ロックゲート

ロックゲートは上、下流側共に鋼製のマイターゲートとし、操作は油圧シリンダーによるものとする。上流側ゲートの天端高はEL. 24.5mとして、洪水時には前面にストップログを設置する（天端高は34.5m）。ストップログの移動用には電動走行クレーンを使用する。ロックゲートの点検用に下流側でストップログが必要な時は同じストップログを使用し、設置には横断橋上からトラッククレーンで行う。閘門内の注排水は、カルバート内に設置された油圧操作のティンターゲート4門（注水用2門、排水用2門）によって行うものとし、ゲートの上下流側に保守点検用ストップログを設置するものとする。

第6章 施工計画及び事業費積算

6.1 施工計画

6.1.1 基本方針

本プロジェクトの諸構造物の配置・工事数量の規模及び早期完成による経済性等を考慮し、中国側原案より約1年発電開始を早めることを検討した結果、若干の大型機械類の導入を計れば、無理なく約9ヵ月短縮可能であると判断された。

その主要なものは13.5t走行式ジブクレーン（75mブーム）、32tダンプトラック、5m²ロード、1.5m²×3台のバッチャープラント、パイプロハンマー等である。これ等諸機械の容量・所要台数を検討し、主として本工事の施工工程を短縮して、約9ヵ月発電開始を早める如く立案した。

6.1.2 施工計画立案の前提条件

(1) 資機材の輸送

計画現場は広州・韶関等よりの道路・橋梁の条件が劣っており、大量の資材・大きな重量物等の現場への運搬は主として左岸を走っている京広鉄道、または北江の舟運（50～100t／隻）に頼るのが良策と考えられる。幸い京広鉄道は既に複線化工事を開始しており、本飛来峡ダム着工までには完了するものと考えられる。その場合現場沿いの旧線路は引込線として利用できることから、本計画の輸送は主として鉄道に依ることとし、大重量物・大寸法のものは舟運によるものとする。

(2) 施工機械・設備

施工機械・設備については中国で調達可能なものは中国産のものを使用し、調達困難な一部大型機械・設備についてのみ外国産のものを考慮した。

(3) 工事用電力供給

工事用電力供給は、清遠県源潭区七星崗変電所より約30kmの送電線を設置し、現場左岸に仮設受電変電所6000KVAを設けるものとする。

(4) 骨材及び土質材料

- 1) 砂材料はダム直上流の夾州より採取し、洗浄の上使用する。
- 2) 粗骨材は、右岸導流工工事用には右岸の板塘原石山より、本工事用には左岸の大崗原石山より採取するものとする。

3) 土質材料は、第1期仮締切用には左岸大崗原[▲]原石山表土を用いるものとし、左岸のフィルダム用には左岸ダム上流横石より、更に右岸のフィルダム用には右岸Ⅱ-6地区より採取する。

4) 掘削土砂及び岩石の石屑は仮締切用盛土材料や転流工盛土材料としてできるだけ転用する計画とする。

(5) 年間稼働時間

年間稼働日数は降雨日数及び労働者の休日を考慮して、掘削・コンクリート工事は平均25日/月、盛土工事は22日/月とした。また1日の労働時間は原則として12時間/日2交代とし、実稼働時間は20時間/日としたが、工程の許す限り夜間作業は避けることとした。

(6) 土捨場

右岸はダム上流約1.5kmの夾州山裾の凹地を主要土捨場とし、左岸はダム上流約1.5kmの川沿いの用地を主要土捨場とする。

6.1.3 施工計画

(1) 転流工

1) 導流工開渠の掘削

既設堤防内掘削量約330万 m^3 、堤防外掘削量約100万 m^3 の土砂の掘削は、運搬距離と粘性土の多いことを考慮し、スクレーパー方式を採らず、5 m^3 のショベルとダンプトラックの組合せで施工するものとした。堤防外掘削の内、水面下の掘削はポンプ船(浚渫船)で陸上に圧送し、トラクターショベルとダンプトラックの組合せ施工とする。

2) 導流工開渠コンクリート施工

約8.9万 m^3 のコンクリートはクローラークレーンによるバケット打設を原則とするが、可能な個所は直接運搬現場打ちも考慮する。

3) 第1期仮締切工

第1期仮締切工の内上流締切盛土量は約62万 m^3 、下流締切は約57万 m^3 である。上・下流締切り長はそれぞれ約800m、1000mであり、北江転流までに右岸寄りに約200mの最終締切部を残し、両岸より予め盛立を先行させる。最初トードレーン部を先行させ、ランダム材をEL.13.0mまで盛立て、最終締切り時の作業用

地の確保とシートパイル打設を併せ行ない、10月末には河流を導流工開渠に切り替え、上流最終締切り部の開塞を行なう。最終締切は約10日程度である。最終締切時は計画流量として約 $900\text{m}^3/\text{s}$ 、最大流速 $3\text{m}/\text{s}$ 、最大落差約 1m 程度を考え、コンクリートブロック 15t と大塊石の投入により開口部の閉塞を進める。

締切部天端は当初濁水期流量に安全な水位よりEL. 13.0m まで盛立て、転流完了後、止水シートパイルの打込みに引続き設計高まで補強盛立を行う。

下流締切工については、上流締切工に準じ施工するが、最終締切り部はほぼ静水に近くなる。EL. 13.0m 以下の締切工完了に引続き締切内のポンプ排水を行ない、諸構造物の基礎掘削を開始する。

4) 第2期仮締切工

ダム・発電所・ロック等第1期仮締切り内工事の完了後、第1期締切堤総盛立量約 $119\text{万}\text{m}^3$ の約70% (約30%は流出と推定) を掘削撤去し、河流をコンクリート越流ダムへ転流する。引続き導流工開渠内の第2期締切りを開始する。上流締切盛立量は約 $34\text{万}\text{m}^3$ 、下流は約 $37\text{万}\text{m}^3$ である。上流締切りを第1期最終区間締切工に準じ約10日間でEL. 13.5m まで施工、引続きシートパイル止水工を施工後計画高まで盛立て、舟運閘門使用可能貯水位EL. 20m にて通航を開始する。この間約1～1.5ヶ月間舟運中止となる。

下流締切は、上流締切EL. 13.5m 完了に引続き盛立て施工し、下流締切施工高が下流水位以上となればポンプ排水を開始し、排水に引続き導流工開渠内フィルダム部基礎掘削を施工する。

(2) コンクリートダム及び洪水吐

1) 掘削

コンクリートダム越流部の堤体基礎掘削量は約 $149\text{万}\text{m}^3$ で約1年で完了させるものとする。下流エプロン部(水叩部)より下流の河床掘削量は約 $44\text{万}\text{m}^3$ で上記の堤体コンクリート打設部より約1年遅れで施工する。これ等掘削は 5m^3 のホイールローダーと 32t ダンプトラックの組合せで施工し、主として約 1.5km 上流の左岸土捨場に捨土する。一部流用可能な土砂は、仮置きしたり骨材集積場に運搬するものとする。

2) コンクリート打設

ダム及び洪水吐のコンクリートは約26万 m^3 である。左岸上流に設けたバッチャープラントより4.5 m^3 バケットに積込み、ダム上流側に敷設した軌道上を台車運搬し、13.5tの走行式ジブクレーンを用いて、1.5mのリフトでブロック毎に打設する。1リフト最大打設量は約1,000 m^3 で、夏季気温が高い時期にはコンクリート混合水に氷を混入して冷却するものとする。左岸側導流壁は発電所下流側の走行式ジブクレーンで打設し、右岸側導流壁はクローラークレーンによるバケット打設とする。

エプロンのコンクリート約4.6万 m^3 は、クローラークレーンによるバケット打設及び一部ダンプトラックによる直接打設による。

(3) 発電所

発電所基礎掘削量は約68万 m^3 で、この掘削はダム基礎掘削と同時に行い約1年で完了する。発電所基礎コンクリートは上・下流に設けた走行式ジブクレーン(13.5t)で4.5 m^3 のバケット打設を行う。下流閘門側の擁壁コンクリートは下流側ジブクレーンで打設する。発電所上・下流エプロン部は可能な範囲を走行式ジブクレーンで打設し、残りの部分はジブクレーン撤去後クローラークレーンによるバケット打設とし上流導流壁コンクリートと共に打設する。

発電所上部構造コンクリートは厚い部分及び走行式ジブクレーンの利用できる範囲はこれに依り、薄い壁・柱等にはコンクリートポンプを用いるものとする。

(4) 舟運用閘門

基礎掘削約39万 m^3 は、第1期仮締切後コンクリートダム・発電所と同様、約1年で掘削を完了するものとする。コンクリート打設は、閘門部および発電所取付道路に使用する川側壁を先行させ、山側に設ける走行式ジブクレーン(13.5t)にてバケット打設する。

(5) フィルダム

左岸の副ダムNo.3及び導流工より右岸のフィルダムは、第2期河川転流前に掘削・盛土を行うものとする。右岸導流工開渠とコンクリートダムの間のフィルダムは、ダムコンクリートの進捗と併行して施工する。左岸フィルダムはコンクリート運搬線が横切る必要や工事用道路が横切る為、第1次掘削は標高10mまで先に施工し、

コンクリート運搬線撤去後、第2次掘削及び盛土を行う。左岸側副ダムNo.1及びNo.2導流工開渠内のフィルダムは第2期締切後に掘削・盛土を行う。

フィルダム掘削・盛土土砂の運搬はダンプトラックに依り行い、盛土はブルドーザーでまき出した後、タンピングローラーで転圧する。

(6) 基礎処理工

コンクリートダム・発電所及びロック上流部にはコンソリデーショングラウト工を基礎掘削後施工する。また止水用カーテングラウトはコンクリートダム内に設ける監査廊内より実施する。フィルダム基礎の止水用カーテングラウトはコア部の基礎コンクリート打設後施工する。

コンソリデーショングラウト用の穿孔はパーカッション型ボーリング機にて施工し、カーテングラウト用はロータリー型ボーリング機で施工する。

6.1.4 工事工程

上記の施工計画に基づき、大部分の本工事の工程を約1年短縮し、発電開始を約9ヵ月早める工程を検討した結果、中国原案より若干大型の機械及び設備を必要とするが、この程度の規模のダム工事では通常使用されている容量のもので可能であることが判明した。

工程について検討した結果、転流工への河流の切替えが洪水期でなければならぬので、転流工の工事は短縮困難である。従って本工事の掘削・コンクリート打設期間を短縮するよう立案した。

工事工程表を表6.2に示す。またこれに必要な主要機械は表6.1に示す如くである。

表 6.1 主要機械一覧表

| 使用機械名 | 仕様 | 輸入 | 国内調達 | 計 | 備考 |
|--------------|----------------------|-----|------|-----|--------|
| ブルドーザー | 32 t | 5台 | | 5台 | |
| 〃 | 21 t | | 14台 | 14台 | |
| ダンプトラック | 32 t | 12台 | | 12台 | |
| 〃 | 20 t | | 17台 | 17台 | |
| 〃 | 11 t | | 36台 | 36台 | |
| ホイールローダーショベル | 5m ³ | 5台 | | 5台 | |
| ローディングショベル | 4m ³ | 3台 | | 3台 | |
| トラッククレーショベル | 2.2m ³ | | 5台 | 5台 | |
| クンピングローラー | 20 t | 2台 | | 2台 | |
| 振動ローラー | 8 t | 2台 | | 2台 | |
| 油圧ブレーカー | 800kg級 | 3台 | | 3台 | |
| バックホー | 0.6m ³ | | 3台 | 3台 | |
| クラムシエル | 2.0m ³ | | 3台 | 3台 | |
| クローラードリル | 10m ³ 級 | | 15台 | 15台 | |
| バッチャープラント | 4.5m ³ | 3基 | | 3基 | |
| コンクリート運搬車 | 120PS | 4台 | | 4台 | |
| 走行式ジブクレーン | 13.5 t | 4台 | | 4台 | ブーム75m |
| コンクリートポンプ車 | 30m ³ /h | | 1台 | 1台 | |
| 杭打機 | | 2台 | | 2台 | ハイロンマー |
| クローラークレーン | 35 t | | 3台 | 3台 | |
| 定置式コンプレッサ | 150kw | | 6台 | 6台 | |
| 骨材製造設備 | 右岸100t/h | | 1式 | 1式 | 砂は川砂 |
| | 左岸300t/h | | 1式 | 1式 | を使用 |
| トラックミキサー | 3.0m ³ | | 3台 | 3台 | |
| ポンプ浚渫船 | 120m ³ /h | | 3隻 | 3隻 | |
| ドレッヂャー船 | 120m ³ /h | | 2隻 | 2隻 | |
| グラブ浚渫船 | 100m ³ /h | | 2隻 | 2隻 | |

表6.2 飛來峡多目的ダム建設工事工程表

| 項目 | 単位 | 数量 | 第1年目 (1989年) | 第2年目 (1990年) | 第3年目 (1991年) | 第4年目 (1992年) | 第5年目 (1993年) | 第6年目 (1994年) | 第7年目 (1995年) | |
|---------|----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 建設 | 準備工事 | 式 | 1 | | | | | | | |
| | 掘削 | m ³ | 4,300,000 | | | | | | | |
| | コンクリート打設 | " | 89,000 | | 第1期転流 | | | 第2期転流 | | |
| | 第一期締切工事 | " | 1,197,000 | | | | | | | |
| | 第二期締切工事 | " | 714,000 | | | | | | | |
| | 第一期締切撤去 | " | 1,197,000 | | | | | | | |
| | ダム | コンクリート | m ³ | 1,925,000 | | | | | | |
| | | 基礎掘削 | m ³ | 25,000 | | | | | | |
| | | 基礎処理 | m ³ | 497,000 | | | | | | |
| | | コンクリート打設 | m ³ | 1,570,000 | | | | | | |
| 基礎掘削 | | m | 8,000 | | | | | | | |
| 基礎処理 | | m | 4,434,000 | | | | | | | |
| 盛立 | | t | 7,900 | | | | | | | |
| ゲート機器据付 | | m ³ | 680,000 | | | | | | 1号機発電開始 | |
| 基礎掘削 | | m | 16,000 | | | | | | 2号機発電開始 | |
| 基礎処理 | | m ³ | 276,000 | | | | | | 3号機発電開始 | |
| 発電所 | コンクリート打設 | m ³ | 1,000 | | | | | | 4号機発電開始 | |
| | 基礎掘削 | t | 3,200 | | | | | | | |
| | 基礎処理 | m ³ | 388,000 | | | | | | | |
| | 基礎掘削 | m | 6,000 | | | | | | | |
| | コンクリート打設 | m ³ | 281,000 | | | | | | | |
| | ゲート機器据付 | t | 1,000 | | | | | | | |
| | 盛立 | m ³ | 58,000 | | | | | | | |
| | コンクリート打設 | " | 1,000 | | | | | | | |
| | 変圧器据付 | 式 | 1 | | | | | | | |
| | 機電設備据付 | 式 | 1 | | | | | | | |
| 閘門 | 掘削 | m ³ | | | | | | | | |
| | コンクリート打設 | m ³ | | | | | | | | |
| | 基礎掘削 | m ³ | | | | | | | | |
| | 基礎処理 | m ³ | | | | | | | | |
| | コンクリート打設 | m ³ | | | | | | | | |
| | ゲート機器据付 | t | | | | | | | | |
| | 盛立 | m ³ | | | | | | | | |
| | コンクリート打設 | " | | | | | | | | |
| | 変圧器据付 | 式 | | | | | | | | |
| | 機電設備据付 | 式 | | | | | | | | |

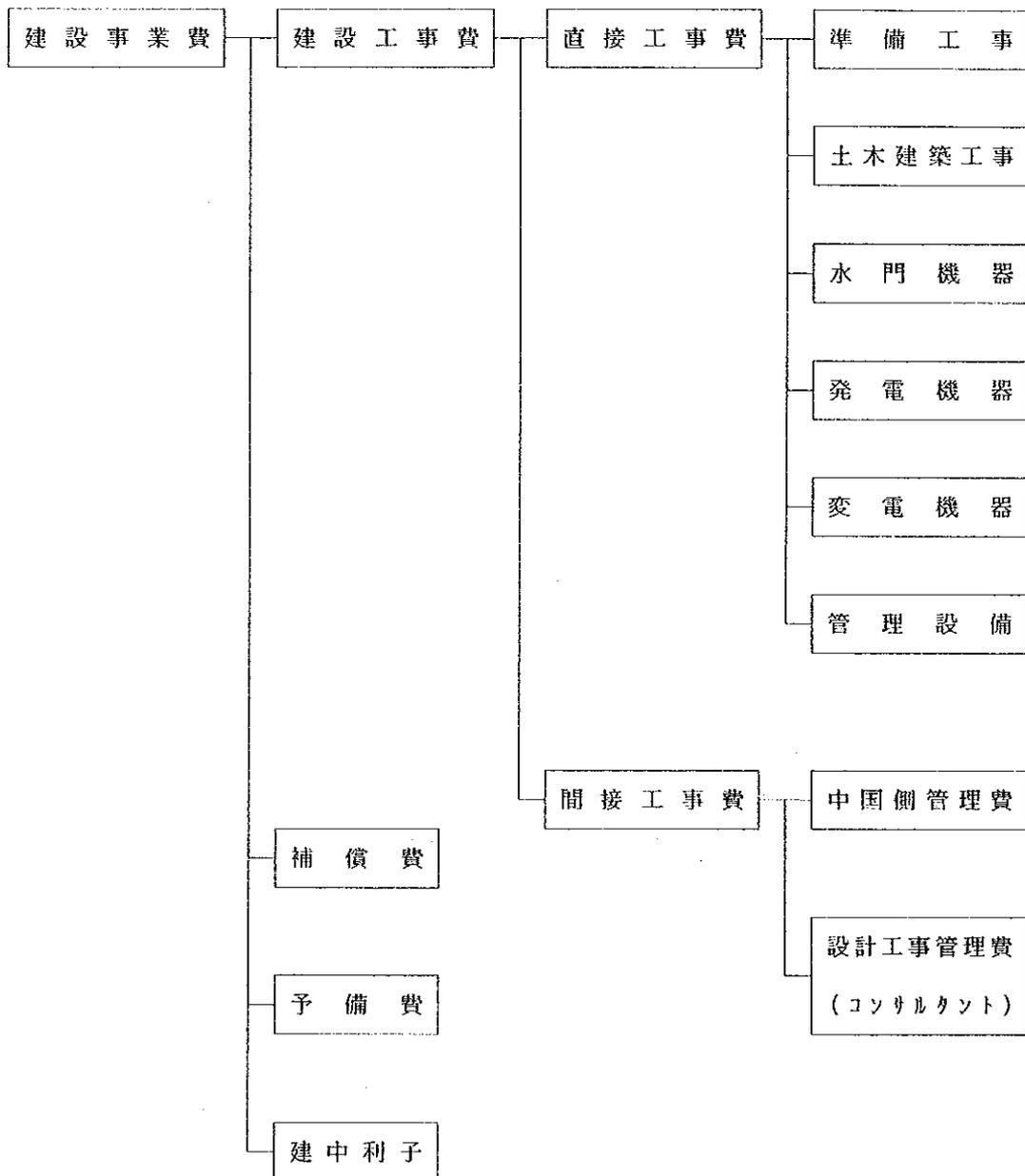
6.2 事業費積算

6.2.1 積算条件

建設事業費の科目分類は下図に示す如く、建設工事費、補償費、予備費および建設工事中利子に分類し、建設工事費は直接工事費と間接工事費に大別される。（着手及び現地報告書参照）

直接工事費は更に準備工事、土木建築工事、水門機器、発電機器、変電機器、管理設備に大分類される。

間接工事費は中国側管理費及び設計工事管理費（技術費）よりなる。



(1) 積算方法

中国内調達 of 建設機械、資材を使用した場合は中国側提供資料に基づき1986年の市場価格で積算し、輸入機械、資材については同年の日本価格を準用し積算した。

1) 直接工事費は数量に単価を乗じて算出した。

2) 間接工事費

・中国側管理費 —— 中国側提供の率及び算定値による。

・設計工事管理費 —— 建設工事費の5%を計上

3) 補償費

補償費は、移転補償費、及び防護工事について計上する。

4) 予備費

予備費は物理的予備費10%、価格予備費年率4%とする。

5) 建設中利子

建設中利子は内貨については無利子とし、外貨については3.00%とする。

6) 換算レート

換算レートは、1 US\$ = 160円 = 3.6元とする。 1元 = 44.5円

(2) 単 価

単価の精算は下記基準による。

1) 労務費 = 労務歩掛 × 労務単価

労務単価は全工種平均 4.3元/人・日 (基準2.86 + 手当1.44) とする。

労務歩掛は日本類似歩掛を用いる。

2) 材料費

主要材料につき中国側提供の単価および日本国内単価より検討する。

3) 機械費

中国にて調達可能と考えられるものは中国側提供損料を適用し、輸入機械類については日本よりの輸入基礎価格と中国機械損料率を準用し、算定する。

(3) 電気関係

国際的一部技術援助、提携により中国にて生産するときの各単価は、以下のようにした。

| | (内貨) | (外貨) | (内貨) |
|-----------|-----------|------|----------------------|
| 1) 水車 | 12,000元/t | } | + 技術援助25% + 輸送・据付13% |
| 2) 発電機 | 10,000元/t | | |
| 3) 天井クレーン | 7,000元/t | | |
| 4) 変圧器 | 20元/KVA | | |
| 5) 開閉器その他 | 9元/KVA | | |

(4) ゲート機器関係

中国にて生産するものとして各単価は下記の通りとした。

| | (内貨) | (内貨) | |
|---------------|----------|------|--------------|
| 1) ゲート | 3,100元/t | } | + 輸送・据付15.7% |
| 2) ガイド (埋設金物) | 3,000元/t | | |
| 3) クレーン巻上機 | 4,000元/t | | |

6.2.2 建設事業費

前記積算条件と概略設計工事数量にもとづき建設事業費を積算した結果は表6.4に示す如くで、年度別所要資金は表6.5に示す通りである。

表6.3 工事費(単位:元)

1986年時点価格
エスカレーション考慮しない

| 項 目 | 工事費(単位:千元) | | | 備 考 |
|--------------------------|------------|---------|---------|--|
| | 計 | 内 貨 | 外 貨 | |
| I. 建設工事費 | 568,700 | 300,750 | 267,950 | |
| 1. 直接工事費 | 525,600 | 283,950 | 241,650 | |
| (1) 準備工事 | 113,400 | 82,900 | 30,500 | |
| 導流工工事 | 63,700 | 33,200 | 30,500 | 輸入機械購入費を含む |
| 施工用仮道路 | 6,900 | 6,900 | - | |
| 施工用仮建物 | 11,900 | 11,900 | - | 66千m ² ×180元/m ² =11,900千元 |
| 施工用送配電線工事 | 2,500 | 2,500 | - | 配電線 1,125千元 変電所 660千元 その他 715千元 |
| 調査工事 | 7,500 | 7,500 | - | 中国提供 |
| その他仮設工事 | 20,900 | 20,900 | - | [(1)準備工事+(2)土木工事]×7% |
| (2) 土木工事 | 251,700 | 151,650 | 100,050 | |
| 1) 主体建設工事 | 207,600 | 107,550 | 100,050 | |
| ダム | 117,300 | 33,500 | 83,800 | |
| 発電所 | 55,400 | 44,000 | 11,400 | |
| 屋外開閉所 | 700 | 650 | 50 | |
| 閘門 | 34,200 | 29,400 | 4,800 | |
| 2) 運搬設備工事 | 3,500 | 3,500 | - | 中国提供 |
| 3) 技術整備 施工機械移転費 | 24,000 | 24,000 | - | [(1)準備工事+(2)土木工事]×7.5% 調査工事を除く |
| 4) 請負業者の現場・ 一般管理その他費用 | 14,400 | 14,400 | - | [(1)準備工事+(2)土木工事]×4.5% 調査工事を除く |
| 5) その他建設工事 | 2,200 | 2,200 | - | (1)主体建設+2)運搬整備]×1% |
| (3) 水門機器 | 45,500 | 33,500 | 12,000 | |
| 1) 機器製作費用 | 39,300 | 27,300 | 12,000 | |
| ゲート(門扉) | 21,500 | 27,300 | 12,000 | |
| ガイド(埋込金物) | 8,200 | | | |
| クレーン及び巻上機 | 9,600 | | | |
| 2) 輸送・据付費 | 6,200 | 6,200 | - | |
| (4) 発電機器 | 103,000 | 9,700 | 93,300 | |
| 1) 水車・発電機器 | 74,500 | - | 74,500 | |
| 2) 技術料 | 18,800 | - | 18,800 | |
| 3) 輸送据付 | 9,700 | 9,700 | - | |

表6.3つづき

| 項 目 | 工事費 (単位: 千元) | | | 備 考 |
|----------------|--------------|---------|---------|-----------|
| | 計 | 内 貨 | 外 貨 | |
| (5) 変電機器 | 7,000 | 1,200 | 5,800 | |
| 1) 変電機器 | 5,800 | - | 5,800 | |
| 2) 輸送据付 | 1,200 | 1,200 | - | |
| (6) 通信・管理設備 | 5,000 | 5,000 | - | |
| 2. 間接工事費 (管理費) | 43,100 | 16,800 | 26,300 | |
| 1) 中国側管理費 | 16,800 | 16,800 | - | |
| 建設管理費 | 2,400 | 2,400 | - | |
| 生産準備費 | 4,200 | 4,200 | - | |
| 設計及び水理実験 | 10,200 | 10,200 | - | |
| 2) 設計工事管理費 | 26,300 | - | 26,300 | |
| II. 補 償 費 | 157,990 | 157,990 | - | |
| (1) 補 償 費 | 119,440 | 119,440 | - | |
| (2) 防 護 工 事 | 38,550 | 38,550 | - | |
| III. 予 備 費 | 266,749 | 167,562 | 99,187 | |
| (1) 物理的予備費 | 72,669 | 45,874 | 26,795 | |
| (2) 価格予備費 | 194,080 | 121,688 | 72,392 | |
| IV. 建設中利子 | 81,017 | - | 81,017 | |
| 合 計 | 1,074,456 | 626,302 | 448,154 | 外貨比率41.7% |

表6.4 工事費 (単位: US\$)

1986年時点価格
エスカレーション考慮しない

| 項 目 | 工事費 (単位: 百万US\$) | | | 備 考 |
|------------------------|------------------|------|------|-----|
| | 計 | 内 貨 | 外 貨 | |
| I. 建設工事費 | 158.0 | 83.5 | 74.4 | |
| 1. 直接工事費 | 146.0 | 78.9 | 67.1 | |
| (1) 準備工事費 | 31.5 | 23.0 | 8.5 | |
| 導流工工事 | 17.7 | 9.2 | 8.5 | |
| 施工用仮道路 | 1.9 | 1.9 | - | |
| 施工用仮建物 | 3.3 | 3.3 | - | |
| 施工用送配電線工事 | 0.7 | 0.7 | - | |
| 調査工事 | 2.1 | 2.1 | - | |
| その他仮設工事 | 5.8 | 5.8 | - | |
| (2) 土木工事 | 69.9 | 42.1 | 27.8 | |
| 1) 主体建設工事 | 57.7 | 29.9 | 27.8 | |
| ダム | 32.6 | 9.3 | 23.3 | |
| 発電所 | 15.4 | 12.2 | 3.2 | |
| 屋外開閉所 | 0.2 | 0.2 | - | |
| 閘門 | 9.5 | 8.2 | 1.3 | |
| 2) 運搬設備工事 | 1.0 | 1.0 | - | |
| 3) 技術整備 施工機械移転費 | 6.7 | 6.7 | - | |
| 4) 請負業者の現場 一般管理・その他 | 4.0 | 4.0 | - | |
| 5) その他建設工事 | 0.6 | 0.6 | - | |
| (3) 水門機器 | 12.6 | 9.3 | 3.3 | |
| 1) 機械製作費 | 10.9 | 7.6 | 3.3 | |
| ゲート(門扉) | 6.0 | 7.6 | 3.3 | |
| 扉(埋込金物) | 2.3 | | | |
| クレーン及び巻上機 | 2.6 | | | |
| 2) 輸送・据付費 | 1.7 | 1.7 | - | |
| (4) 発電機器 | 28.6 | 2.7 | 25.9 | |
| 1) 水車・発電機器 | 20.7 | - | 20.7 | |
| 2) 技術料 | 5.2 | - | 5.2 | |
| 3) 輸送・据付 | 2.7 | 2.7 | 0 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

表6.4つづき

| 項 目 | 工事費 (単位:百万US\$) | | | 備 考 |
|----------------------|-----------------|-------|-------|-----------|
| | 計 | 内 貨 | 外 貨 | |
| (5) 変 電 機 器 | 1.9 | 0.3 | 1.6 | |
| 1) 変 電 機 器 | 1.6 | - | 1.6 | |
| 2) 輸 送 ・ 据 付 | 0.3 | 0.3 | - | |
| (6) 通 信 ・ 管 理 設 備 | 1.4 | 1.4 | - | |
| 2. 間 接 工 事 費 (管 理 費) | 12.0 | 4.7 | 7.3 | |
| 1) 中 国 側 管 理 費 | 4.7 | 4.7 | - | |
| 建 設 管 理 費 | 0.7 | 0.7 | - | |
| 生 産 準 備 費 | 1.2 | 1.2 | - | |
| 設 計 及 び 水 理 実 験 | 2.8 | 2.8 | - | |
| 2) 設 計 工 事 管 理 費 | 7.3 | - | 7.3 | |
| II. 補 償 費 | 43.9 | 43.9 | - | |
| (1) 補 償 費 | 33.2 | 33.2 | - | |
| (2) 防 護 工 事 | 10.7 | 10.7 | - | |
| III. 予 備 費 | 74.1 | 46.5 | 27.6 | |
| (1) 物 理 的 予 備 費 | 20.2 | 12.7 | 7.5 | |
| (2) 価 格 予 備 費 | 53.9 | 33.8 | 20.1 | |
| IV. 建 設 中 利 子 | 22.5 | - | 22.5 | |
| 合 計 | 298.5 | 174.0 | 124.5 | 外貨比率41.7% |

表 6.5 年度別所要資金

1986年単価

エスカレーターシヨンは考慮しない(単位:千元)

| 工 事 区 分 | 1988年 | 1989年 | 1990年 | 1991年 | 1992年 | 1993年 | 1994年 | 1995年 | 1996年 | 1997年 | 1998年 | 備 考 |
|------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|-----|
| 準備工事 (内貨) | 82,900 | 18,780 | 30,420 | 20,120 | | 850 | 10,910 | -5,680 | | | | |
| 準備工事 (外貨) | 30,500 | 4,900 | 22,580 | - | - | 3,000 | 20 | | | | | |
| 土木工事 (内貨) | 151,650 | 3,400 | 4,400 | 19,410 | 88,630 | 34,060 | 21,510 | -19,760 | | | | |
| 土木工事 (外貨) | 100,050 | 15,400 | 53,900 | 12,400 | 15,600 | 2,750 | | | | | | |
| 水門機器 (内貨) | 33,500 | | | | 4,000 | 29,500 | | | | | | |
| 水門機器 (外貨) | 12,000 | | | | 2,000 | 10,000 | | | | | | |
| 発電機器 (内貨) | 9,700 | | | | - | 4,800 | 4,900 | | | | | |
| 発電機器 (外貨) | 93,300 | | | | 15,000 | 74,300 | 4,000 | | | | | |
| 変電機器 (内貨) | 1,200 | | | | - | 600 | 600 | | | | | |
| 変電機器 (外貨) | 5,800 | | | | 900 | 4,900 | - | | | | | |
| 管理設備 (内貨) | 5,000 | | | | | 3,000 | 2,000 | | | | | |
| 管理設備 (外貨) | - | | | | | - | - | | | | | |
| 工事管理費 (内貨) | 16,800 | 10,200 | 300 | 400 | 1,200 | 800 | 1,900 | 1,800 | | | | |
| 工事管理費 (外貨) | 26,300 | 1,300 | 2,600 | 3,900 | 6,700 | 7,900 | 2,600 | 1,300 | | | | |
| 以上の計 (内貨) | 300,750 | 17,700 | 35,120 | 39,390 | 93,830 | 73,610 | 41,820 | -23,640 | | | | |
| 以上の計 (外貨) | 267,950 | 21,600 | 79,080 | 16,300 | 40,200 | 102,850 | 6,620 | 1,300 | | | | |
| 補償費 (内貨) | 157,990 | 11,944 | 12,850 | 84,209 | 12,850 | 56,137 | | | | | | |
| 補償費 (外貨) | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 予備費 (内貨) | 167,562 | 5,625 | 13,760 | 35,232 | 41,803 | 58,065 | 21,137 | -13,372 | | | | |
| 予備費 (外貨) | 99,187 | 0 | 22,684 | 5,515 | 15,752 | 46,028 | 3,346 | 735 | | | | |
| 以上の計 (内貨) | 626,302 | 35,269 | 61,730 | 139,371 | 148,483 | 187,812 | 62,957 | -37,012 | | | | |
| 以上の計 (外貨) | 367,137 | 0 | 101,764 | 21,815 | 55,952 | 148,878 | 9,966 | 2,035 | | | | |
| 建設中利子 (内貨) | | | | | | | | | | | | |
| 建設中利子 (外貨) | 81,017 | 0 | 3,855 | 4,509 | 6,188 | 10,654 | 10,953 | 11,014 | 11,014 | 11,014 | 11,014 | |
| 内 計 | 626,302 | 35,269 | 61,730 | 139,371 | 148,483 | 187,812 | 62,957 | -37,012 | | | | |
| 外 計 | 448,154 | 0 | 105,619 | 26,324 | 62,140 | 159,532 | 20,919 | 13,049 | 11,014 | 11,014 | 11,014 | |

第7章 経済・財務評価

7.1 概要

本章では飛来峡プロジェクトの健全性を経済面並びに財務面から分析した。経済評価では経済内部収益率（EIRR）により、財務評価では水利電力部を事業主体と想定し、財務内部収益率（FIRR）及び借入金返済能力によりプロジェクトの健全性を判断した。以下に、経済並びに財務評価の手法と評価結果を述べる。

7.2 経済評価

7.2.1 便益

飛来峡多目的ダムは i) 治水, ii) 舟運, iii) 発電の3つの機能を持つ。本節では本プロジェクトの実施により生じる3種類の便益を算定する。便益はすべて1986年価格水準で計算した。

(I) 治水便益

過去最大の洪水と見られる1915年洪水（再帰確率 約 200年）により広州市及び北江流域並びに三水合流点下流域をはじめとする農村部は大きな被害をこうむり総被害額は 32.92億元（1981年価格）にのぼった。治水被害記録は上記洪水に対するものが唯一のものであり、従って治水便益の算定はこれに基づいて行う。以下に治水便益算定的前提条件を述べる。

- a) 洪水被害は1915年洪水被害をもとに、1915年以降に完成した治水施設を勘案して算定する。洪水被害額は1981年水準の財務価格で算定されており、1986年水準の経済価格に換算する。
- b) 現在、建設中の北江大堤（設計洪水：100年再帰確率洪水）は1987年に完成の予定であり、100年以下の洪水に対しては広州市は本堤防により防御される。従って、100年以下の洪水に関する被害軽減便益は上記堤防に帰するものとし、本プロジェクトの広州市に関する便益は100年～300年洪水の防御便益とする。

c) 農村部に関する本プロジェクトの治水便益は既存堤防の治水能力及び飛来峡ダムの「三級制御運用」にもとづいて算定する。

d) 将来の洪水被害額は土地利用の高度化及び資産の増加により増大する。本プロジェクトを実施しない場合の被害額の伸び率を以下のように仮定する。

伸び率 (%/年)

| 期 間 | 広州市 | 農村部 | 備 考 |
|-----------|-------|-----|-------------|
| 1981-85 | 13.33 | 7.2 | 実績社会総生産値成長率 |
| 1986-2000 | 7.0 | 3.7 | 中国政府の公表した数字 |
| 2000-2045 | 5.0 | 3.0 | |

e) 本プロジェクトの治水便益（多年平均便益）は、プロジェクトを実施しない場合 (without project) の想定被害額と実施した場合 (with project) の被害額の差に等しいものとする。

本プロジェクトを実施しない場合の広州市の多年平均洪水被害額（1981年土地利用，1986年価格）を表7.1に，実施した場合の被害額を表7.2に示す。同じく全対象地区に対するものを表7.3及び表7.4に示す。1981年時点の土地利用における本プロジェクトの治水便益（1986年価格）は18,380千元/年となる。土地利用の高度化等を考慮した治水便益を表7.5に示す。

(2) 発電便益

飛来峡プロジェクトの発電による便益は，最も低廉な代替発電所の費用により見積る。本検討では20万Kw規模の石炭専焼火力発電施設を代替施設として採用した。

上記の代替施設にもとづき，Kw価値と Kwh価値を以下のように算定した。Kw価値算定にあたっては割引率を資本の機会費用と等しい10%とした。

a) Kw価値

| | |
|-------------------------|------------|
| 火力発電所建設単価 (元/Kw) | 2,000 |
| 耐用年数 (年) | 20 |
| 資本回収係数 (10%, 20年) | 0.1175 |
| 資本回収費 (元/Kw) | 235.0 |
| 修理費 (元/Kw) : 建設費の 1.6% | 32.0 |
| 人件費 (元/Kw) : 建設費の 0.18% | 3.6 |
| 一般管理費 : 建設費の 0.3% | 6.0 |
| その他 (元/Kw) : 建設費の 0.24% | 4.8 |
| 合 計 | 281.4 元/Kw |
| 補正係数 ¹⁾ | 1.195 |
| Kw価値 (元/Kw) | 336 |

b) Kwhの価値

| | |
|--|-------------|
| 修理費 (元/Kwh): (建設費の0.4%) ÷ 年間運転時間 (2,920hrs) | 0.003 |
| 燃料費 (元/Kwh) | 0.070 |
| 石炭価格 (元/t) | 151 |
| 使用量 (gr/Kwh) | 462 |
| 合計 | 0.073 元/Kwh |
| 補正係数 ² | 1.051 |
| kwh価値 (元/Kwh) | 0.077 |

備考: 1, 2
水力・火力の損失率

| | kw価値 (%) | | Kwh価値 (%) | |
|---------|----------|------|-----------|-----|
| | 水力 | 火力 | 水力 | 火力 |
| 送電損失 | — | — | — | — |
| 補修 | 0.4 | 10.0 | — | — |
| 事故による停止 | 0.5 | 2.5 | — | — |
| 所内電力 | 0.5 | 6.0 | 0.2 | 5.0 |

$$\text{Kw価値} : \frac{(1-0.0)(1-0.004)(1-0.005)(1-0.005)}{(1-0.0)(1-0.1)(1-0.025)(1-0.06)} = 1.195$$

$$\text{kwh価値} : \frac{1-0.002}{1-0.05} = 1.051$$

飛来峡発電所の設備容量は 174,000Kwであるが、過去10年間の流量データから計算すると年間90%保証尖頭出力は 114,500Kwであるので、Kw価値による年間の経済便益は、38,472千元/年となる。

飛来峡発電所の年間発生電力量は 627百万Kwhである。広州市をはじめとする需要地での電力需給の逼迫状況に鑑み、すべて一次電力価値とすると発電電力量便益は48,279千元/年となる。従って、Kw価値、Kwh価値を考慮した全発電便益は1986年価格で86,751千元/年となる。

(3) 舟運便益

飛来峡ダム及びロック築造の舟運への影響は以下の通りである。

まず下流の舟運に対しては、過去の記録から船舶の航行に支障をきたすような低水および高水は年間を通じ少なく、飛来峡ダムにより保証流量が放流されても下流の舟運に対する影響は、殆ど変化がなく、経済便益は殆ど無い。一方、上流に関しては、次のような影響が予想される。

1. 貯水池内の表面流速は殆ど0となるため遡上する船の航行速度が従来より速くなり、下江する船は遅くなる。

2. 貯水池内の水深が常に深く保たれているため蛇行して航行していた船が直線的に航行でき従来 115kmあった航行距離が 100km程度と短縮される。

上記の二点より1往復において航行時間が3.4時間短縮されると予想され、この航行時間の短縮により、人件費及び燃料費が節約される。

経済便益は、人件費については労働時間の短縮により年間0.034元/t、燃料費については1980年の燃料費に基づいて算定すると0.556元/tとなる。上記の和、0.59元が年間の経済便益である。1980年における貨物輸送実績は113万tで、中国側の計画では紀元2000年に248万t、2020年には480万tに達すると想定している。これは1980~2000年の20年で年率4.01%の伸び、それ以降3.36%の伸びであり、経済成長率から見て妥当と見られる。

平均積載率を65%として、本地点を通航する往復の船腹量を算出し、その重量トン当り0.59元の経済便益を算出すると表7.6に示す金額となる。ただし、現在と同じ50t~100t級の船のロック通過能力は年間最大700万tに制約されるので紀元2019年以降は700万tの船腹量で一定とした。

また、1996年実施予定の連江下流17kmの航道整備事業と2ヶ地点における舟運用ダムの建設が不要となりこの舟運用ダムの建設費(経済価格)を本プロジェクトによる節約コストとして舟運便益とすると23,324千円の便益が1996年に発生する。

(4) 全便益

評価期間中の治水、舟運及び発電便益を表7.6に示す。2000年時点における全便益は約162百万元に達する。

7.2.2 経済費用

経済費用は財務費用から移転費用を差し引いたものとし、1986年価格水準で算定した。移転費用は中国における税金、補助金等を考慮し財務費用の5%とする。経済費用は建設費、設備更新費、維持・管理費並びに逸失便益で構成される。このうち、逸失便益は貯水池内水没農地の逸失便益と付け替え道路、付け替え送電線の建設費より成る。水没地の逸失便益は1/300年確率洪水位までの逸失便益

とした。算定された経済費用のキャッシュ・フローを表7.6に示す。

7.2.3 経済評価

(1) 経済内部収益率

経済評価は7.2.1節及び7.2.2節で算定した便益及び経済費用にもとづいて行う。内部収益率（EIRR）は13.9%となり、本プロジェクトは経済的に健全であると判断される。

(2) 感度分析

次に、プロジェクトの前提条件等の変化が経済内部収益率（EIRR）に及ぼす影響の度合いを確かめるため、種々のケースについて感度分析を行った。

| ケース | EIRR (%) |
|-----------------------|----------|
| 基準ケース | 13.9 |
| ケース1 工事費 20%増加 | 12.3 |
| ケース2 工事費 20%減少 | 16.0 |
| ケース3 便益 20%減少 | 12.0 |
| ケース4 便益 20%増加 | 15.6 |
| ケース5 珠江水利委員会算定の鉄道影響費用 | 14.7 |
| ケース6 ケース1とケース3との組み合わせ | 10.6 |

上記の通り、建設費20%増かつ便益20%減の悪条件を仮定した場合でも、EIRRは10.6%と資本の機会費用を上回り、従って十分健全であると判断される。

7.3 財務評価

7.3.1 収入

本プロジェクトはi) 治水、ii) 舟運、iii) 発電の3目的を持つが、このうちプロジェクトの運営により収入を得られるのは舟運及び発電のみである。

(1) 電力収入

飛来峡発電所で発電された電力は送電網を通じて広州市を主とする広東省内需要地へ供給される。本プロジェクトの事業主体が得られる電力収入は以下の前提条件にもとづいて算定した。

- a) 飛来峡発電所における年間発生電力量は発電施設建設スケジュールにもとづき、初年度（1994年）は338,66wh 以後は627Gwhとする。販売量は発生電力量から送変電損失及び所内使用分の和、10%を差し引いたものとする。

- b) 将来の電力料金は現行料金 0.094元/Kwh(1985年時点, 1986年価格)及び上昇率にもとづき算定する。1986年以降の上昇率は過去のトレンドにもとづき, 2020年迄は4%/年とし, それ以降は上昇率を0とする。
- c) 電力販売総収入を発電側, 7, 送配電側, 3の比率で配分するものとし, 山元発電所の収入を算定した。

評価期間中の電力販売収入を表7.8に示す。

(2) ロック通過料金収入

飛来峽ダムのロック通過料金収入を以下の前提条件にもとづいて算定した。

- a) 中国国内の既存ロックの通過料金にもとづき飛来峽ロックの通過料金は0.15元/トンとする。
- b) 通過船腹量は7.2.1節(3)に述べた船腹量と同じである。将来船形の500t/隻までの大型化が実現すればこのロックの年間通船能力は約1,200万トンとなるが, その大型化のメリットは本プロジェクトとは別であるので考慮しないものとする。
- c) 総収入

本プロジェクト事業主体の総収入は表7.8の通り, 2000年時点の年間総収入は約67.2百万元に達する。

7.3.2 支出

支出はi)初期投資額(工事費), ii)設備更新費, iii)維持管理費である。このうち, 初期投資は直接工事費, 補償費及び技術管理費により成る。予備費については, 物理的予備費を初期投資額の10%とし, 物価予備費は価格上昇率を2020年迄は4%/年以降は0と仮定して計算した。工事費の内訳を表7.7, 支出のキャッシュ・フローを表7.8に示す。

7.3.3 財務評価

(1) FIRR

本プロジェクトの内部収益率(FIRR)は6.7%と算定された。この数字は必ずしも高いものではないが, 本プロジェクトの最優先目的である治水事業からの収入がまったくない事を考慮すると, 妥当な水準と考えられる。

(2) 借入れ金返済能力

所要資金のうち、内資分は政府資金により賄なわれる（無利子、無返済）ものとし、外資分は下記の条件で融資を受けるものと仮定した。

- ・ 融資額 333,761千元
- ・ 利子率 3.00% / 年
- ・ 返済期間 30年（支払猶予期間10年を含む）

表7.9に返済予定とともに、年間及び累積収支を示す。表の通り、累積収支は1995年には早くも黒字に転じ、本プロジェクトの返済能力には問題がない事を示している。

(3) 感度分析

次に、プロジェクトの前提条件等の変化がFIRR及び借入れ金返済能力に及ぼす影響を確かめるため、種々のケースについて感度分析を行った。

| ケース | F I R R (%) | 返済可能性 |
|-----------------------|---------------|-------|
| 基準ケース | 6.7 | 可 |
| ケース1 工事費 20%増加 | 5.5 | 可 |
| ケース2 工事費 20%減少 | 8.2 | 可 |
| ケース3 電力料金上昇率3%/年 | 5.2 | 可 |
| ケース4 ケース1とケース3との組み合わせ | 4.0 | 可 |

上記に通り、FIRRの水準は高くないものの、借入れ金の返済能力はケース1からケース4まですべてのケースについて保証される。

表 7.1 年平均洪水被害額（広州市，プロジェクトを実施しない場合）

| 超過確率 | ピーク流量 m ³ /S | 被害額 千元 | 生起確率 | 平均被害額 千元 | 年平均被害額 千元 |
|--------|----------------------------|-----------|--------|-------------|--------------|
| 0.0001 | 29,800 | 2,565,000 | | 2,565,000 | 2,320 |
| 0.001 | 25,000 | 2,565,000 | 0.0009 | 2,565,000 | 2,527 |
| 0.002 | 23,500 | 2,565,000 | 0.001 | 2,565,000 | 3,330 |
| 0.0033 | 22,400 | 2,565,000 | 0.0013 | 2,565,000 | 4,360 |
| 0.005 | 21,500 | 2,565,000 | 0.0017 | 1,283,000 | 6,420 |
| 0.01 | 19,900 | 0 | 0.005 | 0 | 0 |
| 0.02 | 18,300 | 0 | 0.01 | 0 | 0 |
| 0.05 | 16,100 | 0 | 0.03 | 0 | 0 |
| 0.1 | 14,300 | 0 | 0.05 | 0 | 0 |
| 0.2 | 12,300 | 0 | 0.1 | 0 | 0 |
| 1 | 9,800 | 0 | 0.8 | | |
| TOTAL | | | 0.9999 | | 18,990 |

注. 1986年価格

表 7.2 年平均洪水被害額（広州市，プロジェクトを実施する場合）

| 超過確率 | ピーク流量 m ³ /S | 被害額 千元 | 生起確率 | 平均被害額 千元 | 年平均被害額 千元 |
|--------|----------------------------|-----------|--------|-------------|--------------|
| 0.0001 | 27,100 | 2,565,000 | | 2,565,000 | 2,310 |
| 0.001 | 22,100 | 2,565,000 | 0.0009 | 2,565,000 | 2,570 |
| 0.002 | 19,000 | 2,565,000 | 0.001 | 1,283,000 | 1,670 |
| 0.0033 | 18,700 | 0 | 0.0013 | 0 | 0 |
| 0.005 | 18,600 | 0 | 0.0017 | 0 | 0 |
| 0.01 | 17,600 | 0 | 0.005 | 0 | 0 |
| 0.02 | 16,500 | 0 | 0.01 | 0 | 0 |
| 0.05 | 15,900 | 0 | 0.03 | 0 | 0 |
| 0.1 | 14,300 | 0 | 0.05 | 0 | 0 |
| 0.2 | 12,300 | 0 | 0.1 | 0 | 0 |
| 1 | 9,800 | 0 | 0.8 | | |
| TOTAL | | | 0.9999 | | 6,550 |

注. 1986年価格

表 7.3 年平均洪水被害額 (全対象地区, プロジェクトを実施しない場合)

| 超過確率 | ピーク流量 m ³ /S | 被害額 千元 | 生起確率 | 平均被害額 千元 | 年平均被害額 千元 |
|--------|----------------------------|-----------|--------|-------------|--------------|
| 0.0001 | 29,800 | 3,835,000 | | 3,835,000 | 3,450 |
| 0.001 | 25,000 | 3,835,000 | 0.0009 | 3,835,000 | 3,840 |
| 0.002 | 23,500 | 3,835,000 | 0.001 | 3,835,000 | 4,990 |
| 0.0033 | 22,400 | 3,835,000 | 0.0013 | 3,835,000 | 6,520 |
| 0.005 | 21,500 | 3,835,000 | 0.0017 | 2,028,000 | 10,140 |
| 0.01 | 19,900 | 221,000 | 0.005 | 164,000 | 1,640 |
| 0.02 | 18,300 | 107,000 | 0.01 | 54,000 | 1,620 |
| 0.05 | 16,100 | 0 | 0.03 | 0 | 0 |
| 0.1 | 14,300 | 0 | 0.05 | 0 | 0 |
| 0.2 | 12,300 | 0 | 0.1 | 0 | 0 |
| 1 | 9,800 | 0 | 0.8 | | |
| TOTAL | | | 0.9999 | | 24,910 |

注. 1986年価格

表 7.4 年平均洪水被害額 (全対象地区, プロジェクトを実施する場合)

| 超過確率 | ピーク流量 m ³ /S | 被害額 千元 | 生起確率 | 平均被害額 千元 | 年平均被害額 千元 |
|--------|----------------------------|-----------|--------|-------------|--------------|
| 0.0001 | 27,100 | 3,835,000 | | 3,835,000 | 3,450 |
| 0.001 | 22,100 | 3,835,000 | 0.0009 | 3,835,000 | 3,840 |
| 0.002 | 19,000 | 3,835,000 | 0.001 | 2,028,000 | 2,640 |
| 0.0033 | 18,700 | 220,000 | 0.0013 | 220,000 | 370 |
| 0.005 | 18,600 | 220,000 | 0.0017 | 164,000 | 820 |
| 0.01 | 17,600 | 108,000 | 0.005 | 108,000 | 1,080 |
| 0.02 | 16,500 | 108,000 | 0.01 | 54,000 | 1,620 |
| 0.05 | 15,900 | 0 | 0.03 | 0 | 0 |
| 0.1 | 14,300 | 0 | 0.05 | 0 | 0 |
| 0.2 | 12,300 | 0 | 0.1 | 0 | 0 |
| 1 | 9,800 | 0 | 0.8 | | |
| TOTAL | | | 0.9999 | | 6,530 |

注. 1986年価格

表 7.5 年度別治水經濟便益

單位：千元

| 年 | 廣州市 | 農村部 | 合計 |
|------|---------|--------|---------|
| 1996 | 45,740 | 12,091 | 57,831 |
| 1997 | 48,942 | 12,538 | 61,480 |
| 1998 | 2,368 | 13,002 | 65,370 |
| 1999 | 6,034 | 13,483 | 69,517 |
| 2000 | 59,956 | 13,982 | 73,938 |
| 2001 | 62,954 | 14,401 | 77,355 |
| 2002 | 66,102 | 14,833 | 80,935 |
| 2003 | 69,407 | 15,278 | 84,685 |
| 2004 | 72,877 | 15,736 | 88,613 |
| 2005 | 76,521 | 16,208 | 92,729 |
| 2006 | 80,347 | 16,694 | 97,041 |
| 2007 | 84,364 | 17,195 | 101,559 |
| 2008 | 88,582 | 17,711 | 106,293 |
| 2009 | 93,011 | 18,242 | 111,253 |
| 2010 | 97,662 | 18,789 | 116,451 |
| 2011 | 102,545 | 19,253 | 121,898 |
| 2012 | 107,672 | 19,934 | 127,606 |
| 2013 | 113,056 | 20,532 | 133,588 |
| 2014 | 118,709 | 21,148 | 139,857 |
| 2015 | 124,644 | 21,782 | 146,426 |
| 2016 | 130,876 | 22,435 | 153,311 |
| 2017 | 137,420 | 23,108 | 160,528 |
| 2018 | 144,291 | 23,801 | 168,092 |
| 2019 | 151,506 | 24,515 | 176,021 |
| 2020 | 159,081 | 25,250 | 184,331 |
| 2021 | 167,035 | 26,008 | 193,043 |
| 2022 | 175,387 | 26,788 | 202,175 |
| 2023 | 184,156 | 27,592 | 211,748 |
| 2024 | 193,364 | 28,420 | 221,784 |
| 2025 | 203,032 | 29,273 | 232,305 |
| 2026 | 213,184 | 30,151 | 243,335 |
| 2027 | 223,843 | 31,056 | 254,899 |
| 2028 | 235,035 | 31,988 | 267,023 |
| 2029 | 246,787 | 32,948 | 279,735 |
| 2030 | 259,126 | 33,936 | 293,062 |
| 2031 | 272,082 | 34,954 | 307,036 |
| 2032 | 285,686 | 36,003 | 321,689 |
| 2033 | 299,970 | 37,083 | 337,053 |
| 2034 | 314,969 | 38,195 | 353,164 |
| 2035 | 330,717 | 39,341 | 370,058 |
| 2036 | 347,253 | 40,521 | 387,774 |
| 2037 | 364,616 | 41,737 | 406,353 |
| 2038 | 382,847 | 42,989 | 425,836 |
| 2039 | 401,989 | 44,279 | 446,268 |
| 2040 | 422,088 | 45,607 | 467,695 |
| 2041 | 443,192 | 46,975 | 490,167 |
| 2042 | 465,352 | 48,384 | 513,736 |
| 2043 | 488,620 | 49,836 | 538,456 |

注. 1986年價格

表 7.6 経済費用及び便益表

単位：千元（1986年価格）

| 年 | 便 益 | | | | 費 用 | | | | |
|------|-----|---------|----------|---------|---------------|----------|----------|-----------|----------|
| | 電力 | 治水 | ロック | 合計 (B) | 工事費/更新費/維持管理費 | 逸失便益 | 合計 (C) | B - C | |
| 1986 | -2 | 0.0 | | 0.0 | 38420.0 *1 | | 38420.0 | -38420.0 | |
| 1987 | -1 | 0.0 | | 0.0 | 38420.0 *1 | | 38420.0 | -38420.0 | |
| 1988 | 0 | 0.0 | | 0.0 | 56917.0 *1 | 80130.0 | 137047.0 | -137047.0 | |
| 1989 | 1 | 0.0 | | 0.0 | 45959.0 | 2320.0 | 48279.0 | -48279.0 | |
| 1990 | 2 | 0.0 | | 0.0 | 119339.0 | 2320.0 | 121659.0 | -121659.0 | |
| 1991 | 3 | 0.0 | | 0.0 | 58760.0 | 2320.0 | 61080.0 | -61080.0 | |
| 1992 | 4 | 0.0 | | 0.0 | 150036.0 | 2320.0 | 152356.0 | -152356.0 | |
| 1993 | 5 | 0.0 | | 0.0 | 184401.0 | 2320.0 | 186721.0 | -186721.0 | |
| 1994 | 6 | 46980.0 | 51195.0 | 1170.0 | 99345.0 | 50620.0 | 2320.0 | 55620.0 | 43725.0 |
| 1995 | 7 | 86751.0 | 54408.0 | 1217.8 | 142376.8 | 2680.0 | 2320.0 | -18345.0 | 160721.8 |
| 1996 | 8 | 86751.0 | 57831.0 | 24591.9 | 169173.9 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 164173.9 |
| 1997 | 9 | 86751.0 | 61480.0 | 1319.8 | 149550.8 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 144550.8 |
| 1998 | 10 | 86751.0 | 65370.0 | 1374.1 | 153495.1 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 148495.1 |
| 1999 | 11 | 86751.0 | 69517.0 | 1430.2 | 157698.2 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 152698.2 |
| 2000 | 12 | 86751.0 | 73938.0 | 1488.6 | 162177.6 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 157177.6 |
| 2001 | 13 | 86751.0 | 77355.0 | 1549.3 | 165655.3 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 160655.3 |
| 2002 | 14 | 86751.0 | 80935.0 | 1613.1 | 169299.1 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 164299.1 |
| 2003 | 15 | 86751.0 | 84685.0 | 1679.1 | 173115.1 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 168115.1 |
| 2004 | 16 | 86751.0 | 88613.0 | 1748.2 | 177112.2 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 172112.2 |
| 2005 | 17 | 86751.0 | 92729.0 | 1819.6 | 181299.6 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 176299.6 |
| 2006 | 18 | 86751.0 | 97041.0 | 1893.9 | 185685.9 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 180685.9 |
| 2007 | 19 | 86751.0 | 101559.0 | 1971.8 | 190281.8 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 185281.8 |
| 2008 | 20 | 86751.0 | 106293.0 | 2052.6 | 195096.6 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 190096.6 |
| 2009 | 21 | 86751.0 | 111253.0 | 2137.0 | 200141.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 195141.0 |
| 2010 | 22 | 86751.0 | 116451.0 | 2224.9 | 205426.9 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 200426.9 |
| 2011 | 23 | 86751.0 | 121898.0 | 2316.3 | 210965.3 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 205965.3 |
| 2012 | 24 | 86751.0 | 127606.0 | 2411.3 | 216768.3 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 211768.3 |
| 2013 | 25 | 86751.0 | 133588.0 | 2510.5 | 222849.5 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 217849.5 |
| 2014 | 26 | 86751.0 | 139857.0 | 2613.1 | 229221.1 | 6650.0 | 2680.0 | 11650.0 | 217571.1 |
| 2015 | 27 | 86751.0 | 146426.0 | 2720.5 | 235897.5 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 230897.5 |
| 2016 | 28 | 86751.0 | 153311.0 | 2832.0 | 242894.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 237894.0 |
| 2017 | 29 | 86751.0 | 160528.0 | 2948.2 | 250227.2 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 245227.2 |
| 2018 | 30 | 86751.0 | 168092.0 | 3069.2 | 257912.2 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 252912.2 |
| 2019 | 31 | 86751.0 | 176021.0 | 3194.9 | 265966.9 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 260966.9 |
| 2020 | 32 | 86751.0 | 184331.0 | 3325.8 | 274407.8 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 269407.8 |
| 2021 | 33 | 86751.0 | 193043.0 | 3462.1 | 283256.1 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 278256.1 |
| 2022 | 34 | 86751.0 | 202175.0 | 3604.3 | 292530.3 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 287530.3 |
| 2023 | 35 | 86751.0 | 211748.0 | 3751.8 | 302250.8 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 297250.8 |
| 2024 | 36 | 86751.0 | 221784.0 | 3905.8 | 312440.8 | 123215.0 | 2680.0 | 128215.0 | 184225.8 |
| 2025 | 37 | 86751.0 | 232305.0 | 4065.7 | 323121.7 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 318121.7 |
| 2026 | 38 | 86751.0 | 243335.0 | 4130.0 | 334216.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 329216.0 |
| 2027 | 39 | 86751.0 | 254899.0 | 4130.0 | 345780.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 340780.0 |
| 2028 | 40 | 86751.0 | 267023.0 | 4130.0 | 357904.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 352904.0 |
| 2029 | 41 | 86751.0 | 279735.0 | 4130.0 | 370616.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 365616.0 |
| 2030 | 42 | 86751.0 | 293062.0 | 4130.0 | 383943.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 378943.0 |
| 2031 | 43 | 86751.0 | 307036.0 | 4130.0 | 397917.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 392917.0 |
| 2032 | 44 | 86751.0 | 321889.0 | 4130.0 | 412570.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 407570.0 |
| 2033 | 45 | 86751.0 | 337053.0 | 4130.0 | 427934.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 422934.0 |
| 2034 | 46 | 86751.0 | 353164.0 | 4130.0 | 444045.0 | 6650.0 | 2680.0 | 11650.0 | 432395.0 |
| 2035 | 47 | 86751.0 | 370058.0 | 4130.0 | 460939.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 455939.0 |
| 2036 | 48 | 86751.0 | 387774.0 | 4130.0 | 478655.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 473655.0 |
| 2037 | 49 | 86751.0 | 406353.0 | 4130.0 | 497234.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 492234.0 |
| 2038 | 50 | 86751.0 | 425836.0 | 4130.0 | 516717.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 511717.0 |
| 2039 | 51 | 86751.0 | 446268.0 | 4130.0 | 537149.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 532149.0 |
| 2040 | 52 | 86751.0 | 467695.0 | 4130.0 | 558576.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 553576.0 |
| 2041 | 53 | 86751.0 | 490167.0 | 4130.0 | 581048.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 576048.0 |
| 2042 | 54 | 86751.0 | 513736.0 | 4130.0 | 604617.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 599617.0 |
| 2043 | 55 | 86751.0 | 538456.0 | 4130.0 | 629337.0 | 2680.0 | 2320.0 | 5000.0 | 624337.0 |

注. * 1 : 鉄道影響費用を含む

表 7.7 工事費内訳 (財務)

単位：千元

| 項 目 | 合 計 | 内 貨 | 外 貨 |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 1. 工事費 | 568,700 | 300,750 | 267,950 |
| a. 直接工事費 | (525,600) | (283,950) | (241,650) |
| b. 間接費 | (43,100) | (16,800) | (26,300) |
| i) 中国側管理費 | (16,800) | (16,800) | (0) |
| ii) 設計・工事管理費 | (26,300) | (0) | (26,300) |
| 2. 補償費 | 157,990 | 157,990 | 0 |
| a. 水没補償費 | (119,440) | (119,440) | (0) |
| b. 輪じゅう工事費 | (38,550) | (38,550) | (0) |
| 3. 予備費 | 266,749 | 167,562 | 99,187 |
| a. 数量予備費 | (72,669) | (45,874) | (26,795) |
| b. 価格予備費 | (194,080) | (121,688) | (72,392) |
| 合 計 | 993,439 | 626,302 | 367,137 |

表 7.8 財務費用及び収入

単位：千元

| 年 | 収 入 | | | | 支 出 | | | |
|------|------|----------|--------|-----------|----------|----------|----------|--|
| | 電力収入 | ロック収入 | 合計 (R) | 工事費 / 更新費 | 維持、管理費 | 合計 (C) | (R - C) | |
| 1986 | -2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 1987 | -1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 1988 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 35269.0 | 14,210.0 | 35269.0 | |
| 1989 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 54419.0 | 0.0 | 54419.0 | |
| 1990 | 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 163494.0 | 16,536.0 | 163494.0 | |
| 1991 | 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 161186.0 | 85,932.0 | 161186.0 | |
| 1992 | 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 204435.0 | 17,885.0 | 204435.0 | |
| 1993 | 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 336690.0 | 81,260.0 | 336690.0 | |
| 1994 | 6 | 28573.7 | 198.3 | 28772.0 | 72923.0 | 3859.4 | 76782.4 | |
| 1995 | 7 | 55030.9 | 206.4 | 55237.3 | -34977.0 | 4013.7 | -30963.3 | |
| 1996 | 8 | 57232.1 | 214.9 | 57447.0 | | 4174.3 | 4174.3 | |
| 1997 | 9 | 59521.4 | 223.7 | 59745.1 | | 4341.3 | 4341.3 | |
| 1998 | 10 | 61902.3 | 232.9 | 62135.2 | | 4515.0 | 4515.0 | |
| 1999 | 11 | 64378.4 | 242.4 | 64620.8 | | 4695.6 | 4695.6 | |
| 2000 | 12 | 66953.5 | 252.3 | 67205.8 | | 4883.4 | 4883.4 | |
| 2001 | 13 | 69631.6 | 252.3 | 69883.9 | | 5078.7 | 5078.7 | |
| 2002 | 14 | 72416.9 | 252.3 | 72669.2 | | 5281.8 | 5281.8 | |
| 2003 | 15 | 75313.6 | 252.3 | 75565.9 | | 5493.1 | 5493.1 | |
| 2004 | 16 | 78328.1 | 252.3 | 78578.4 | | 5712.8 | 5712.8 | |
| 2005 | 17 | 81459.1 | 252.3 | 81711.4 | | 5941.3 | 5941.3 | |
| 2006 | 18 | 84717.5 | 252.3 | 84969.8 | | 6179.0 | 6179.0 | |
| 2007 | 19 | 88106.2 | 252.3 | 88358.5 | | 6426.2 | 6426.2 | |
| 2008 | 20 | 91630.4 | 252.3 | 91882.7 | | 6683.2 | 6683.2 | |
| 2009 | 21 | 95295.8 | 252.3 | 95547.9 | | 6950.5 | 6950.5 | |
| 2010 | 22 | 99107.4 | 252.3 | 99359.7 | | 7228.5 | 7228.5 | |
| 2011 | 23 | 103071.7 | 252.3 | 103324.0 | | 7517.8 | 7517.8 | |
| 2012 | 24 | 107194.6 | 252.3 | 107446.9 | | 7818.3 | 7818.3 | |
| 2013 | 25 | 111482.4 | 252.3 | 111734.7 | | 8131.0 | 8131.0 | |
| 2014 | 26 | 115941.7 | 252.3 | 116194.0 | 20990.9 | 8456.2 | 29447.1 | |
| 2015 | 27 | 120579.4 | 252.3 | 120831.7 | | 8794.4 | 8794.4 | |
| 2016 | 28 | 125402.6 | 252.3 | 125654.9 | | 9146.2 | 9146.2 | |
| 2017 | 29 | 130418.7 | 252.3 | 130671.0 | | 9512.0 | 9512.0 | |
| 2018 | 30 | 135635.4 | 252.3 | 135887.7 | | 9892.5 | 9892.5 | |
| 2019 | 31 | 141060.8 | 252.3 | 141313.1 | | 10288.2 | 10288.2 | |
| 2020 | 32 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2021 | 33 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2022 | 34 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2023 | 35 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2024 | 36 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | 492122.8 | 10699.7 | 502822.5 | |
| 2025 | 37 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2026 | 38 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2027 | 39 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2028 | 40 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2029 | 41 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2030 | 42 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2031 | 43 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2032 | 44 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2033 | 45 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2034 | 46 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | 28580.2 | 10699.7 | 37259.9 | |
| 2035 | 47 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2036 | 48 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2037 | 49 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2038 | 50 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2039 | 51 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2040 | 52 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2041 | 53 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2042 | 54 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |
| 2043 | 55 | 146703.2 | 252.3 | 146955.5 | | 10699.7 | 10699.7 | |

表 7.9 ローン返済計画

単位：千元

| 年 | 支払猶予期 開中利子 | 維持 管理費 | 更新費 | 元利 返済 | 収入 | 年収支 | 累積収支 |
|------|---------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 1989 | -802.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | -802.0 | -802.0 |
| 1990 | -3855.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | -3855.0 | -4657.0 |
| 1991 | -4509.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | -4509.0 | -9166.0 |
| 1992 | -6188.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | -6188.0 | -15354.0 |
| 1993 | -10654.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | -10654.0 | -26008.0 |
| 1994 | -10953.0 | -3859.4 | | 0.0 | 28772.0 | 13959.6 | -12048.4 |
| 1995 | -11014.0 | -4013.7 | | 0.0 | 55237.3 | 40209.6 | 28161.2 |
| 1996 | -11014.0 | -4174.3 | | 0.0 | 57447.0 | 42258.7 | 70419.9 |
| 1997 | -11014.0 | -4341.3 | | 0.0 | 59745.1 | 44389.8 | 114809.7 |
| 1998 | -11014.0 | -4515.0 | | 0.0 | 62135.2 | 46606.2 | 161415.9 |
| 1999 | | -4695.6 | -29371.0 | 64620.8 | 30554.2 | 191970.1 | |
| 2000 | | -4883.4 | -28820.3 | 67205.8 | 33502.1 | 225472.2 | |
| 2001 | | -5078.7 | -28269.6 | 69883.9 | 36535.6 | 262007.8 | |
| 2002 | | -5281.8 | -27718.9 | 72669.2 | 39668.5 | 301676.3 | |
| 2003 | | -5493.1 | -27168.2 | 75565.9 | 42904.6 | 344580.9 | |
| 2004 | | -5712.8 | -26617.5 | 78578.4 | 46248.1 | 390829.0 | |
| 2005 | | -5941.3 | -26066.8 | 81711.4 | 49703.3 | 440532.3 | |
| 2006 | | -6179.0 | -25516.1 | 84989.8 | 53274.7 | 493807.0 | |
| 2007 | | -6426.2 | -24965.4 | 88358.6 | 56968.9 | 550773.9 | |
| 2008 | | -6683.2 | -24414.6 | 91882.7 | 60784.9 | 611558.8 | |
| 2009 | | -6950.5 | -23863.9 | 95547.9 | 64733.5 | 676292.3 | |
| 2010 | | -7228.5 | -23313.2 | 99359.7 | 68818.0 | 745110.3 | |
| 2011 | | -7517.6 | -22762.5 | 103324.0 | 73043.9 | 818154.2 | |
| 2012 | | -7818.3 | -22211.8 | 107446.9 | 77416.8 | 895571.0 | |
| 2013 | | -8131.0 | -21661.1 | 111734.7 | 81942.6 | 977513.6 | |
| 2014 | | -8456.2 | -20990.9 | -21110.4 | 116194.0 | 65636.6 | 1043150.1 |
| 2015 | | -8794.4 | -20559.7 | 120831.7 | 91477.0 | 1134627.7 | |
| 2016 | | -9146.2 | -20009.0 | 125654.9 | 96499.7 | 1231127.4 | |
| 2017 | | -9512.0 | -19458.3 | 130671.0 | 101700.7 | 1332828.1 | |
| 2018 | | -9892.5 | -18907.6 | 135887.7 | 107087.6 | 1439915.7 | |

注．借入れ対象は工事費のうち外貨分。条件は年利率

3%，返済期間30年（返済猶予期間10年を含む）

第8章 飛来峽多目的ダム開発の総合評価

8.1 本開発計画の技術的健全性

飛来峽多目的ダムの目的とする治水・舟運・発電の機能はダムを若干高くすることにより所期の通り発揮できることが今回の調査によって確認された。洪水調節については、横石地点に於る1/50年確率洪水を下流清遠地点に於て1/20年確率洪水量に、同じく1/100年確率洪水を清遠地点に於て1/50年確率洪水量に、また1/300年確率洪水を下流石角基準点に於て1/100年確率洪水量に夫々軽減できることが立証された。

舟運については、乾期保証流量 150m³/sec を10箇年に17日を除いては確保できることが明らかとなった。また、若し必要であれば10箇年に71日を除き保証流量を 200m³/sec とすることも可能である。ただしその場合は年平均発生電力量が約 1.6% (約10百万Kwh)減少する。

発電については、年平均発生電力量627百万Kwhが得られ、年間平均 290日は 174MW を3時間或いはそれ以上供給できることが確かめられた。乾期の中の75日間は下流の舟運の安全のため水位上昇速度を1m/hr以下に制限するためフル発電できない日も生ずるが、75日間の平均で見れば1日当たり約 1.7時間はピーク電力を供給できる。

ダム・舟運用ロック・発電所等必要な諸構造物については、その基礎の地質等より判断して適切な基礎処理を行い且つ適切な施工を行えば構造的に十分安全であると判断された。また砂利・砂・岩石材料・土質材料等現場より夫々数km以内の地区で良好な材料が十分な量得られることも確認された。

8.2 本計画の経済的・財務的健全性

第7章に詳述した如く、本計画の便益は洪水調節及び発電によるものが極めて大きく船運の便益はそれに較べれば小さい。1994年の便益発生時より50年間の経済寿命を考慮すると、その経済的内部収益率は13.9%に達する。また電力は第3章に述べたように広東省では長期にわたって需要に不足する状態であるので、本飛来峽発電所での発生電力量は昼夜を問わず全部有効に消費されることとなる。また夜間ピーク時の電力を負担することができ、ピーク電力不足を一部緩和することにも貢献できる。特に最大消費地広州市までの送電距離が約70kmと短いことから送電ロスも少なく他の遠方の発電所より有

利である。

一方財務分析の結果はその内部収益率は6.7%と稍低いものの、外貨部分の償還計画に見る如く、年利3.00%、10年据置期間を含む30年償還の条件下では、電力収入で十分余裕のある返済が可能である。多目的ダムとして発電を含めた財務的效果は大きい。

8.3 間接便益

本計画の建設遂行及びその実現による間接的便益も以下の諸点に於て大きいものがあると考えられる。

(1) 効率的施工

本建設計画では若干の大型機械を用いて効率的施工を計画した。これは将来中国の中規模・大規模なプロジェクトにも応用できるものと考えられる。

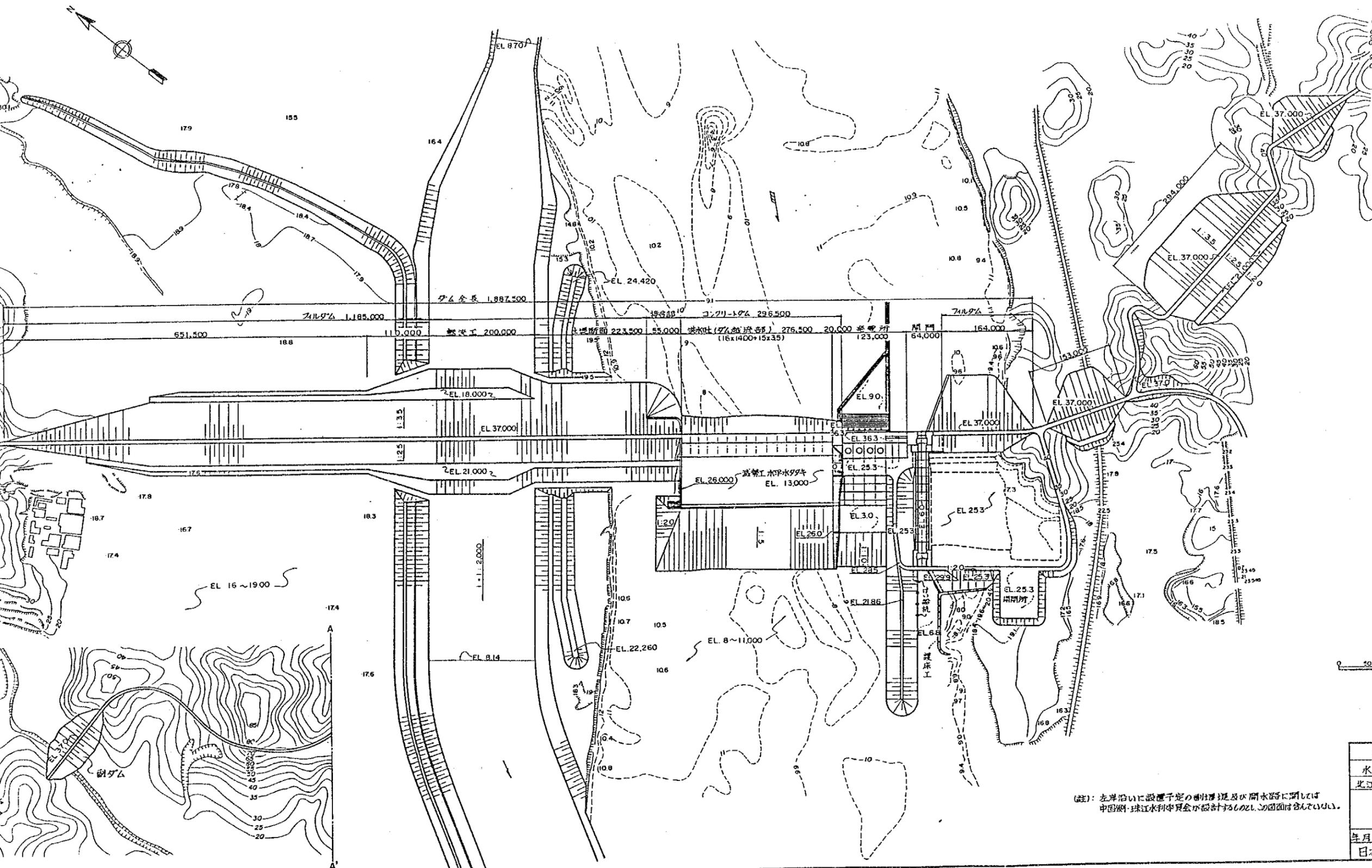
(2) 本プロジェクトにより、本計画地域周辺の労働力を吸収し、雇傭機会を約6年にわたって増加させることとなる。また本プロジェクトの施工を通じて多数の熟練労働者も養成され、それによって次の類似工事に就職する雇傭機会も増進することとなろう。また一時的ではあるが本プロジェクト工事は周辺地域の産業・経済に良い刺戟を与えるものと思われる。

(3) ダム完成後は山紫水明の観光地として、また一般人民のレクリエーションの地として庶民に潤いを与えることに大きく役立つことと思われる。

8.4 総合評価

上述の如く本計画は適切・良質な施工及び確実な工期を確保すれば所期の機能を発揮し、且つ直接的経済効果も多大である上に、技術向上やレクリエーションの場の提供の如く金銭では評価し得ない社会的好結果をもたらすものとして高く評価される。

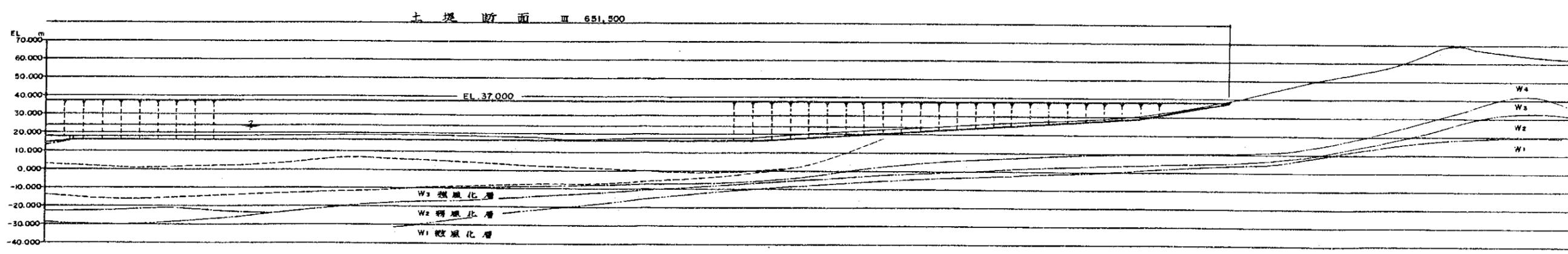
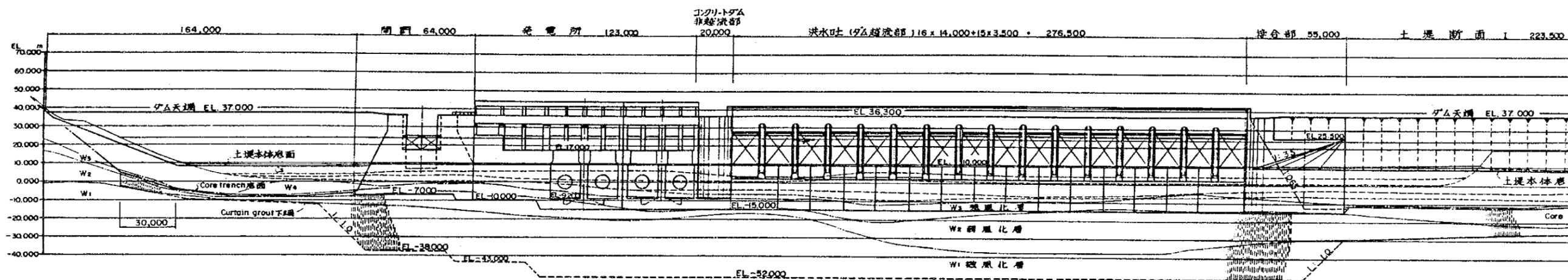
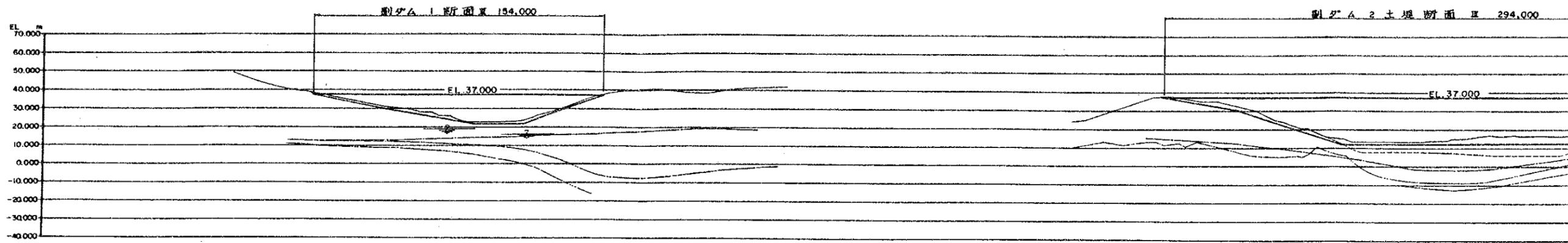
添 付 図 面

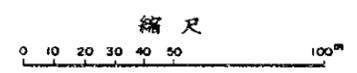
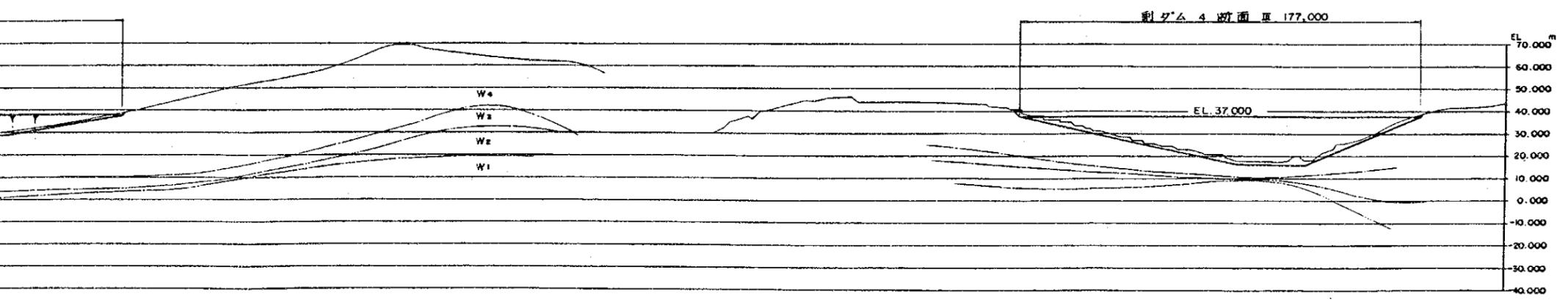
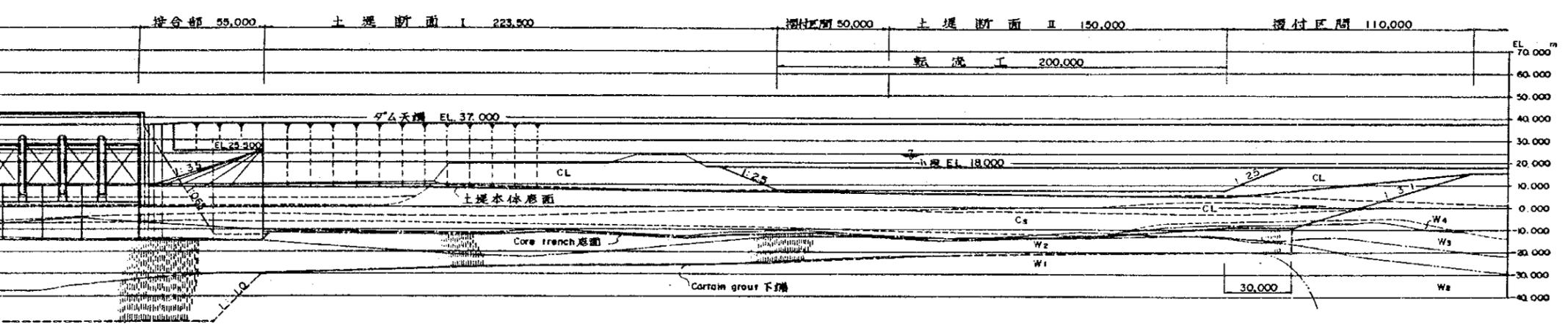
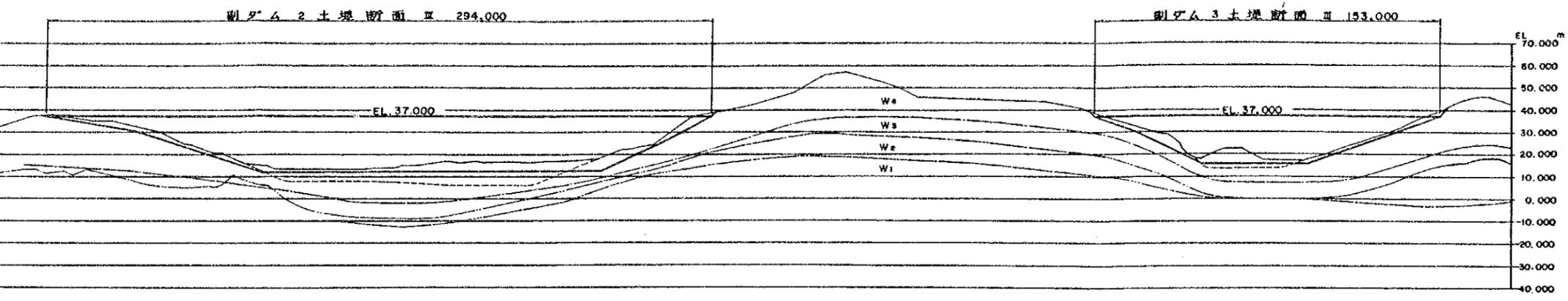


縮尺
0 50 100 150 200 250m

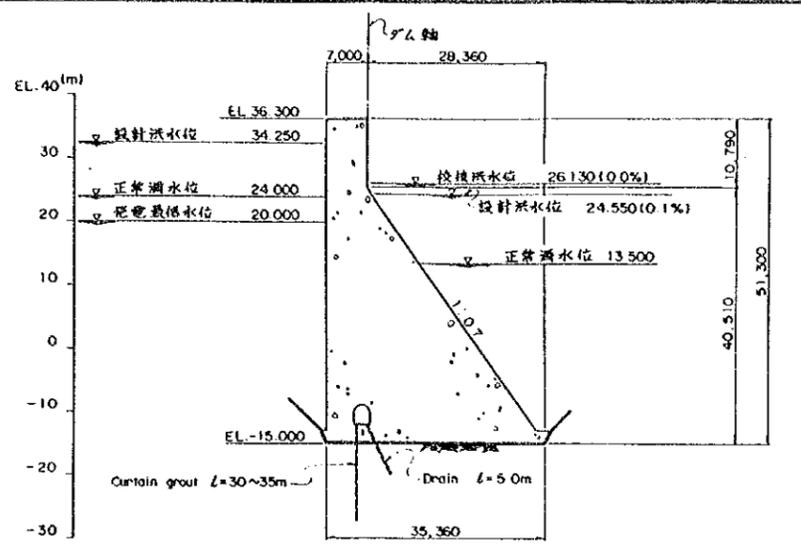
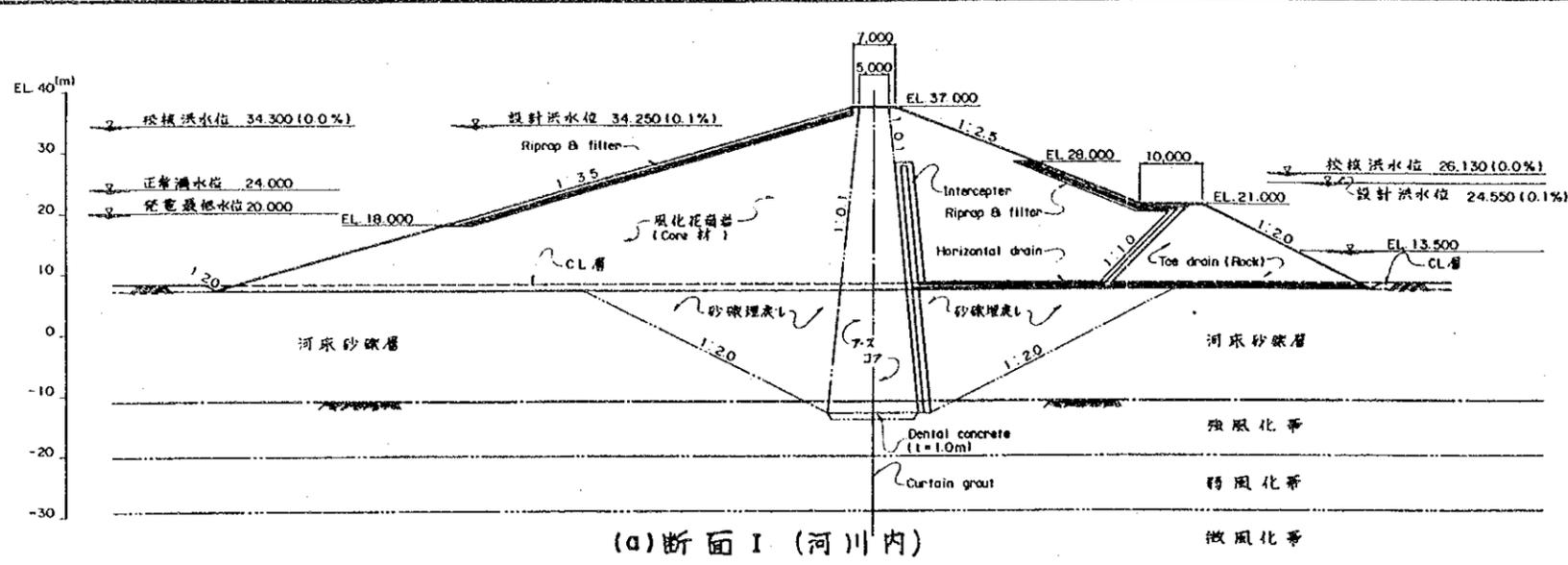
中華人民共和國
水電部珠江水利委員會
北江-龍來峽多目的水電設計事務所
一般平面圖
年月日 1987年10月 圖號 粵水電設字 1
日本國・國際協力事業團

(註)：左岸沿いに設置予定の副坝堤及び開水路に關しては
中國側・珠江水利委員會が設計するものとの圖面は含んでいない。

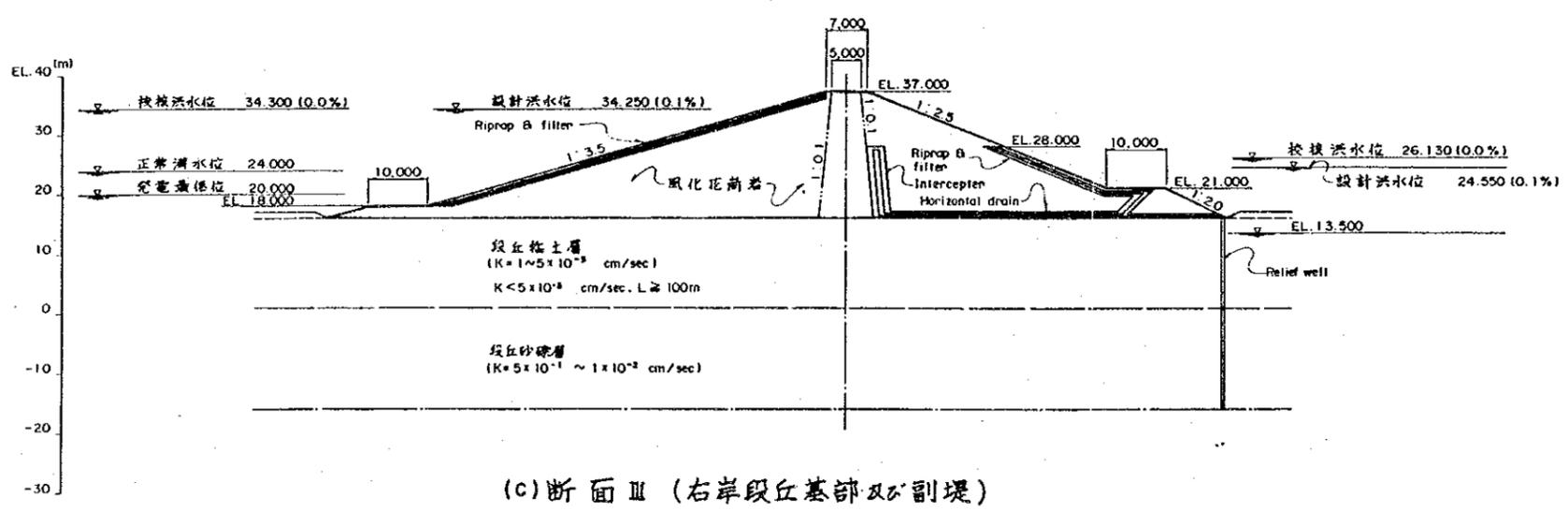
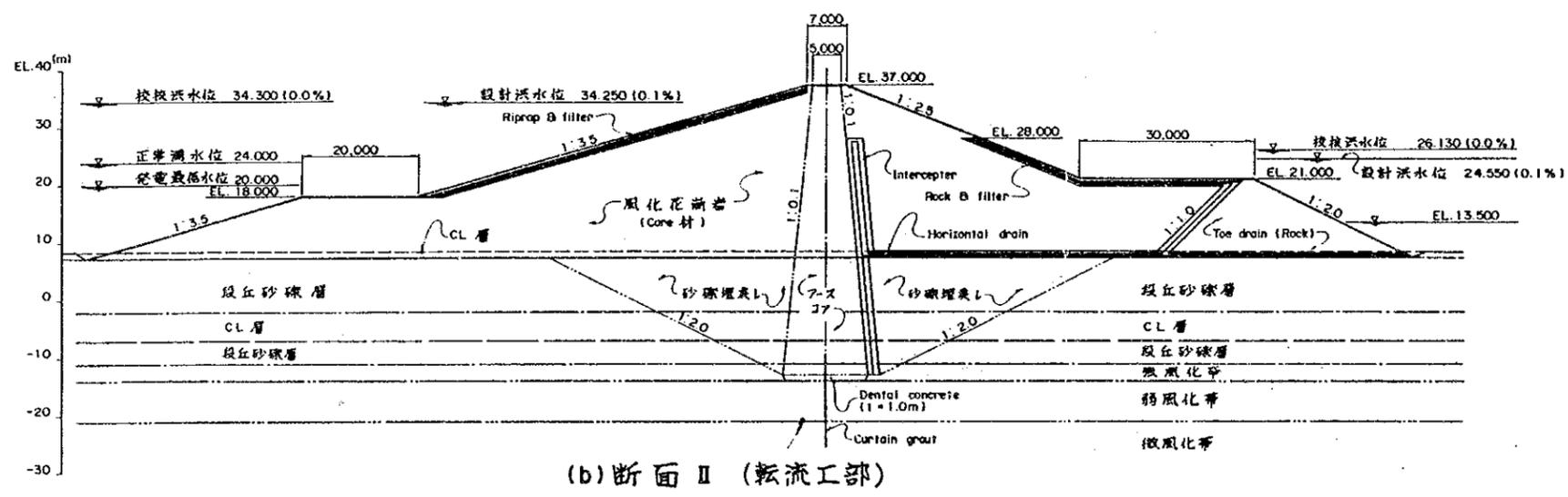




| |
|---------------------|
| 中華人民共和國 |
| 水電部·珠江水利委員會 |
| 北江·綠葉峽多目的公建設計調查 |
| ダム縦断面図 |
| 年月日 1987年10月 図面番号 2 |
| 日本国・国際協力事業団 |

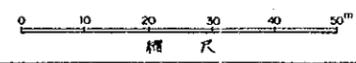


コンクリート重力式ダム標準断面図



土質定数

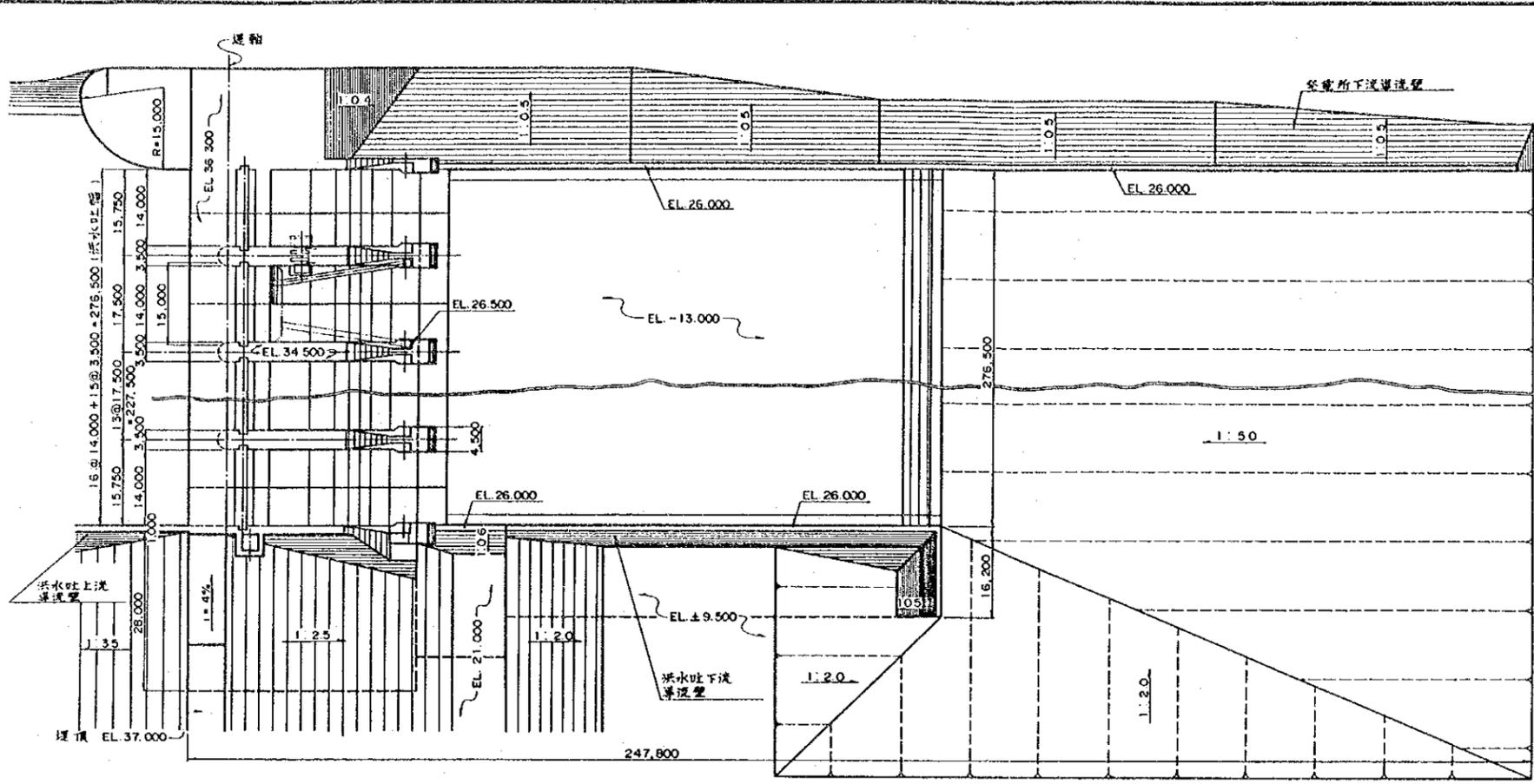
| 項目 | 基礎地盤 | | 盛土材 | | |
|---------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | 粗砂 (S細砂, 中砂) | 壤土粘土 | 風化花崗岩 | Filter | Riprap, Toe drain |
| 比重 GS | 2.65 | 2.69 | 2.64 | 2.65 | 2.67 |
| 含水比 W (%) | 23.0 | 26.0 | 17.0 | 10.0 | 4.0 |
| 乾燥密度 ρ_d (t/m ³) | 1.65 | 1.55 | 1.67 | 1.65 | 2.00 |
| 湿潤密度 ρ (t/m ³) | 2.03 | 1.95 | 1.95 | 1.80 | 2.08 |
| 飽和重量 ρ_{sat} (t/m ³) | 2.03 | 1.95 | 2.04 | 2.03 | 2.25 |
| 粘着力 Cui, Ccu (kg/cm ²) | 0 | 0.4 | 0.2 | 0 | 0 |
| 内部摩擦角 ϕ_{uu}, ϕ_{cu} (°) | 33° | (0.36) 19.8° | 25° | 33° | 43° |
| 粘着力 C' (kg/cm ²) | 0 | 0.1 | — | 0 | 0 |
| 内部摩擦角 ϕ' (°) | 33° | 30° | — | 33° | 43° |
| 透水係数 K (cm/sec) | 2.5×10^{-4} | 4×10^{-5} | 1×10^{-5} | 1×10^{-5} | Freedrain |



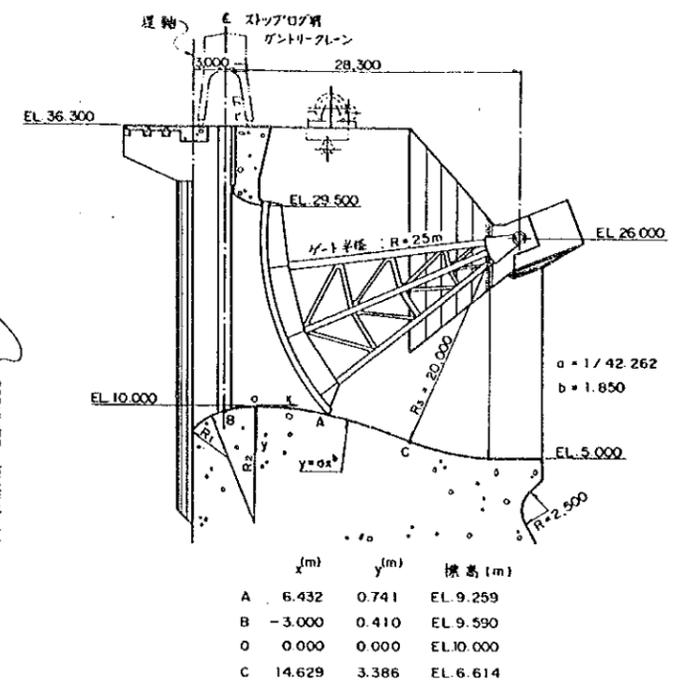
中華人民共和國
水電部・珠江水利委員會
北江廣東峽谷的ダム建設計画調査

ダム標準断面図

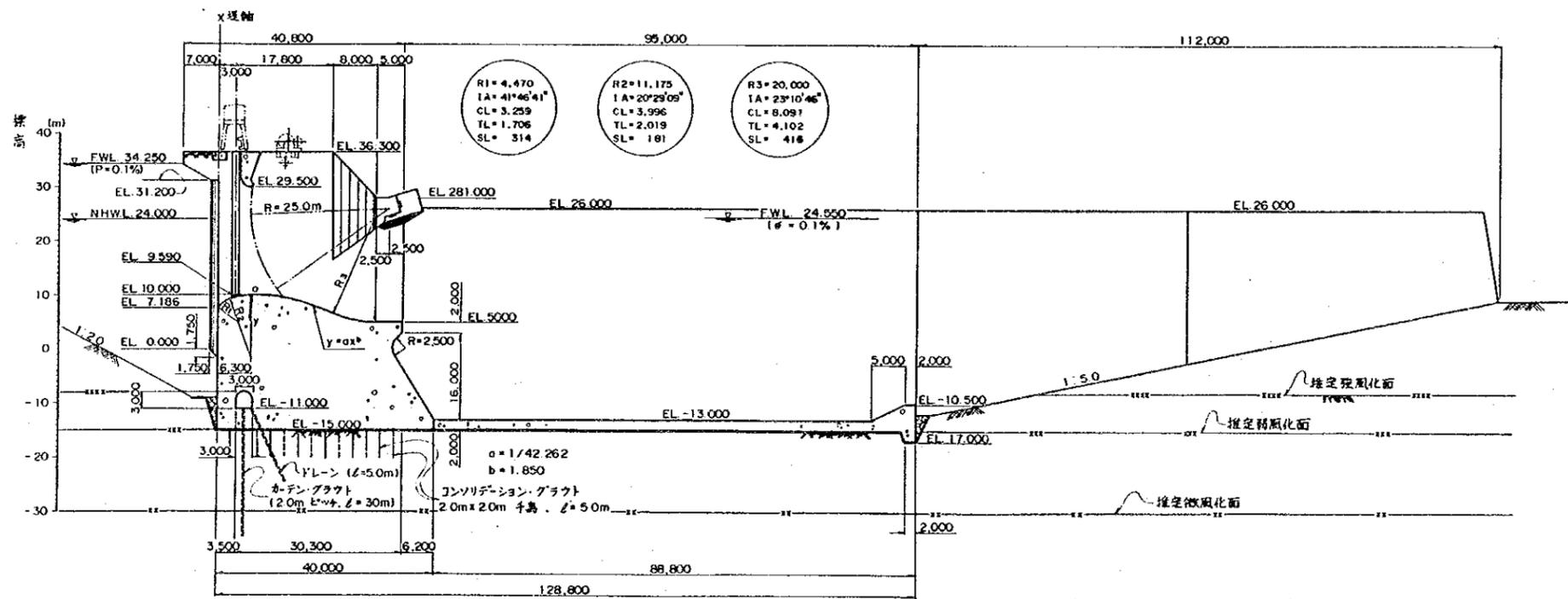
年月日 1987年10月 図面番号 3
日本国・国際協力事業団



洪水吐平面図 橋尺 A



堤頂詳細図 橋尺 B

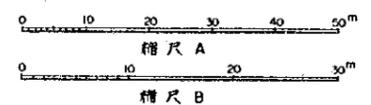


洪水吐縦断面図 橋尺 A

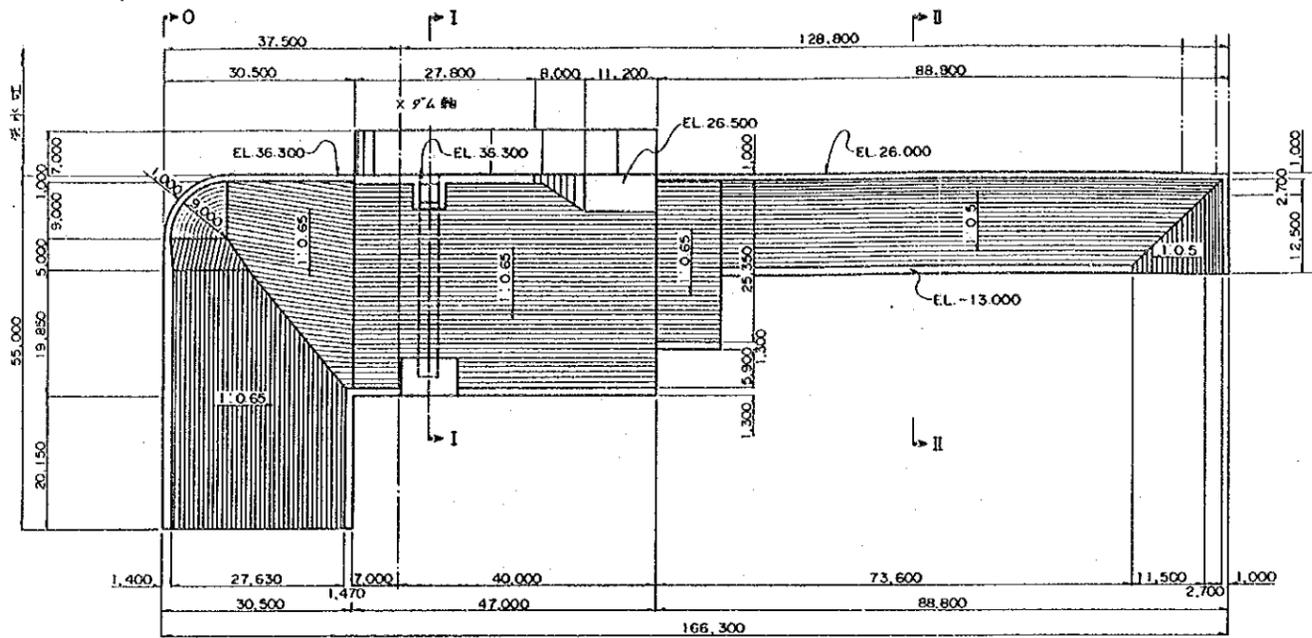
洪水吐諸元

| | |
|--------|-------------|
| ゲート型式 | ラゲルゲート |
| ゲート門数 | 16門 |
| ゲート巾 | 14.0m |
| ゲート高 | 20.241m |
| 遊壁下流標高 | EL. 29.500m |
| 放流堤頂 | EL. 10.000m |

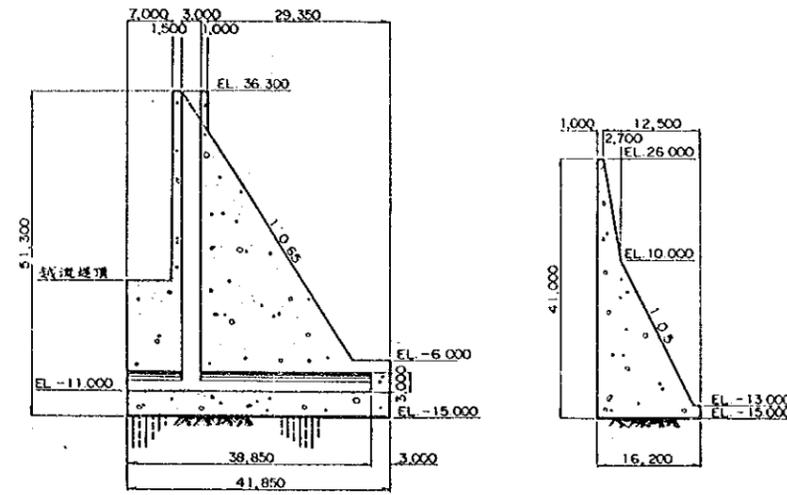
注記
 1) 洪水吐上・下流導流壁は、図面 NO.5 にその詳細を示す。



| | |
|---------------------|-----------------|
| 中華人民共和國 | |
| 水電部・珠江水利委員會 | |
| 北江・那東峽多目的ダム建設計画調査 | |
| コンクリート重力式ダム越流部(洪水吐) | |
| 平面図及び標準断面図 | |
| 年月日 | 1987年10月 図面番号 4 |
| 日本国・国際協力事業団 | |

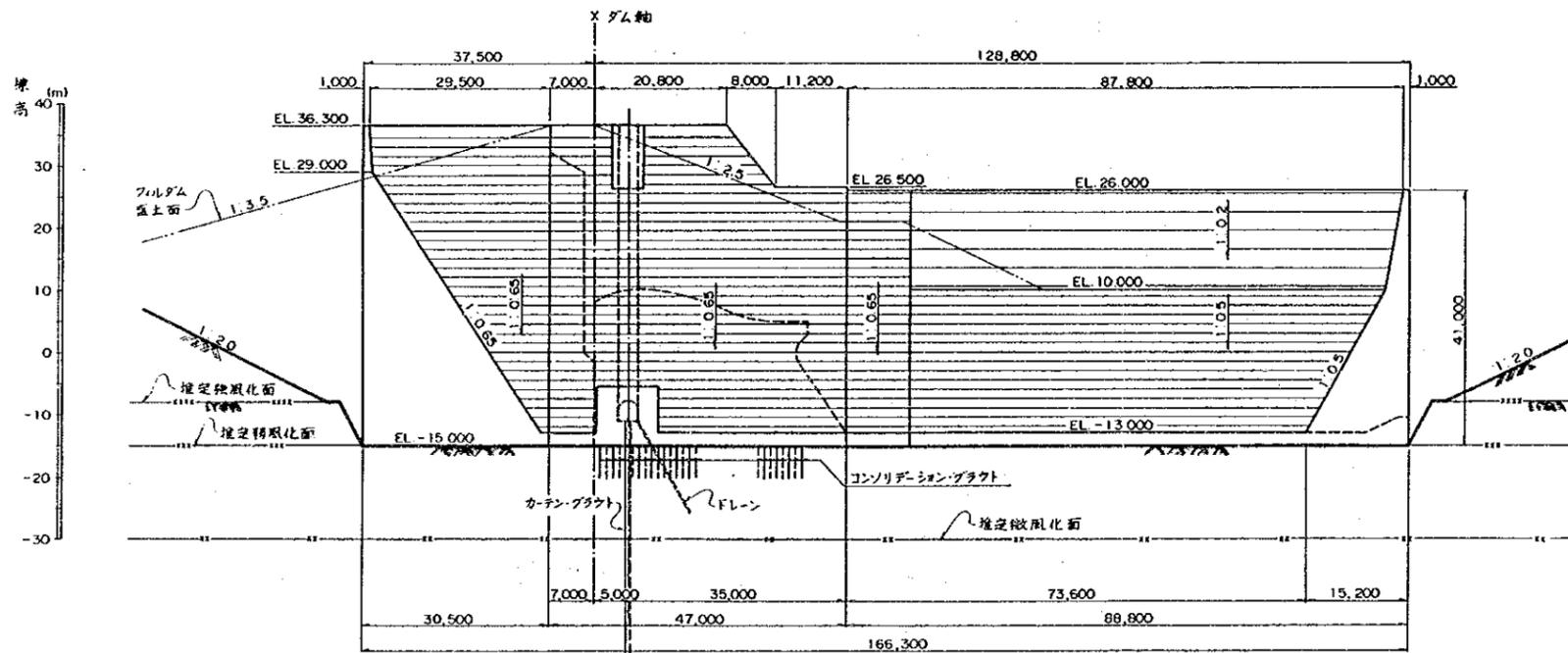


平面図

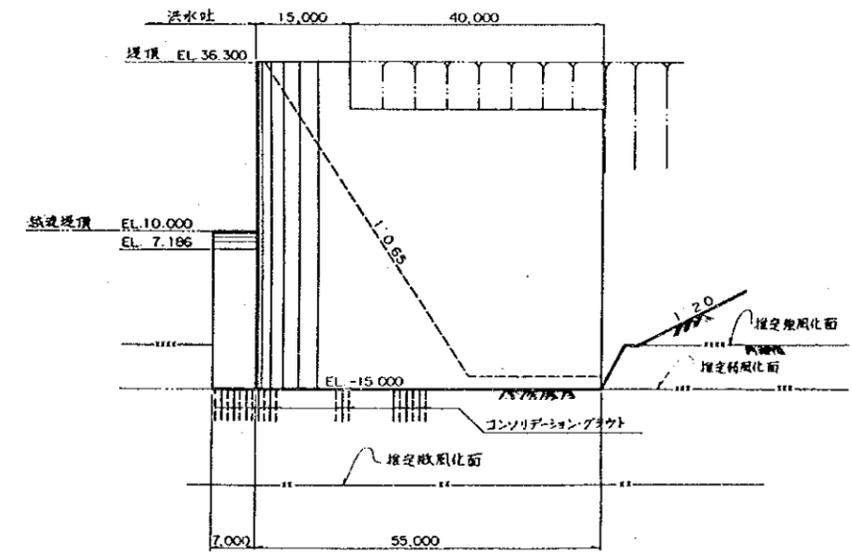


断面 I-I

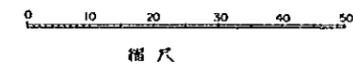
断面 II-II



側面図

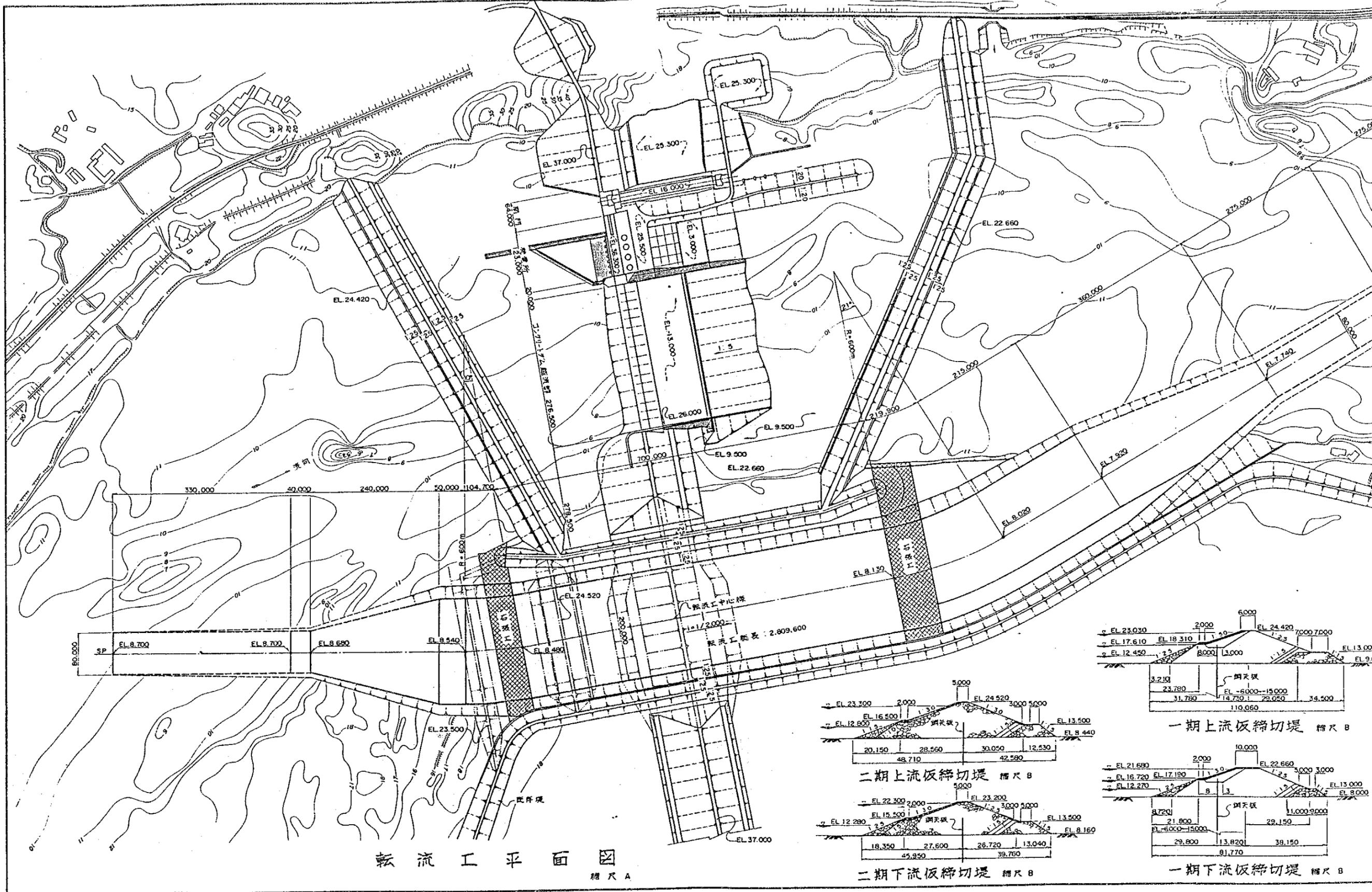


正面図(断面0-0)

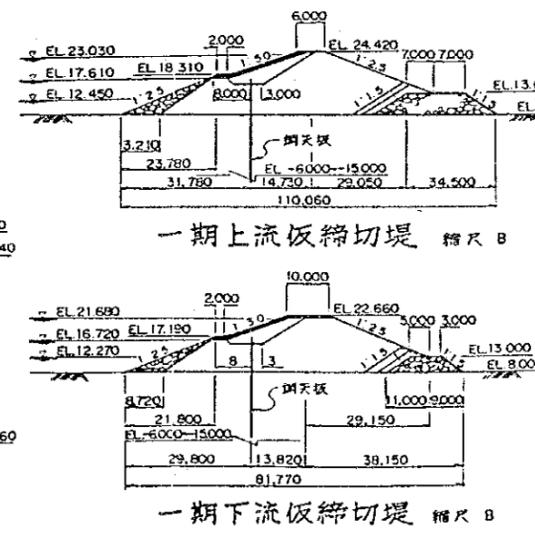
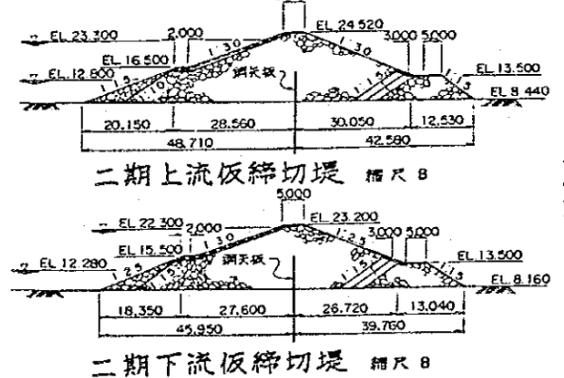


縮尺

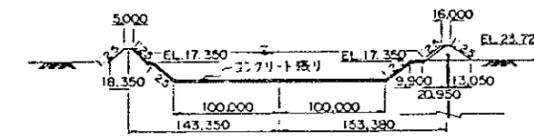
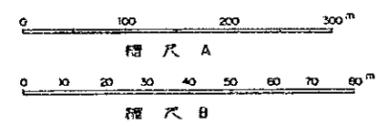
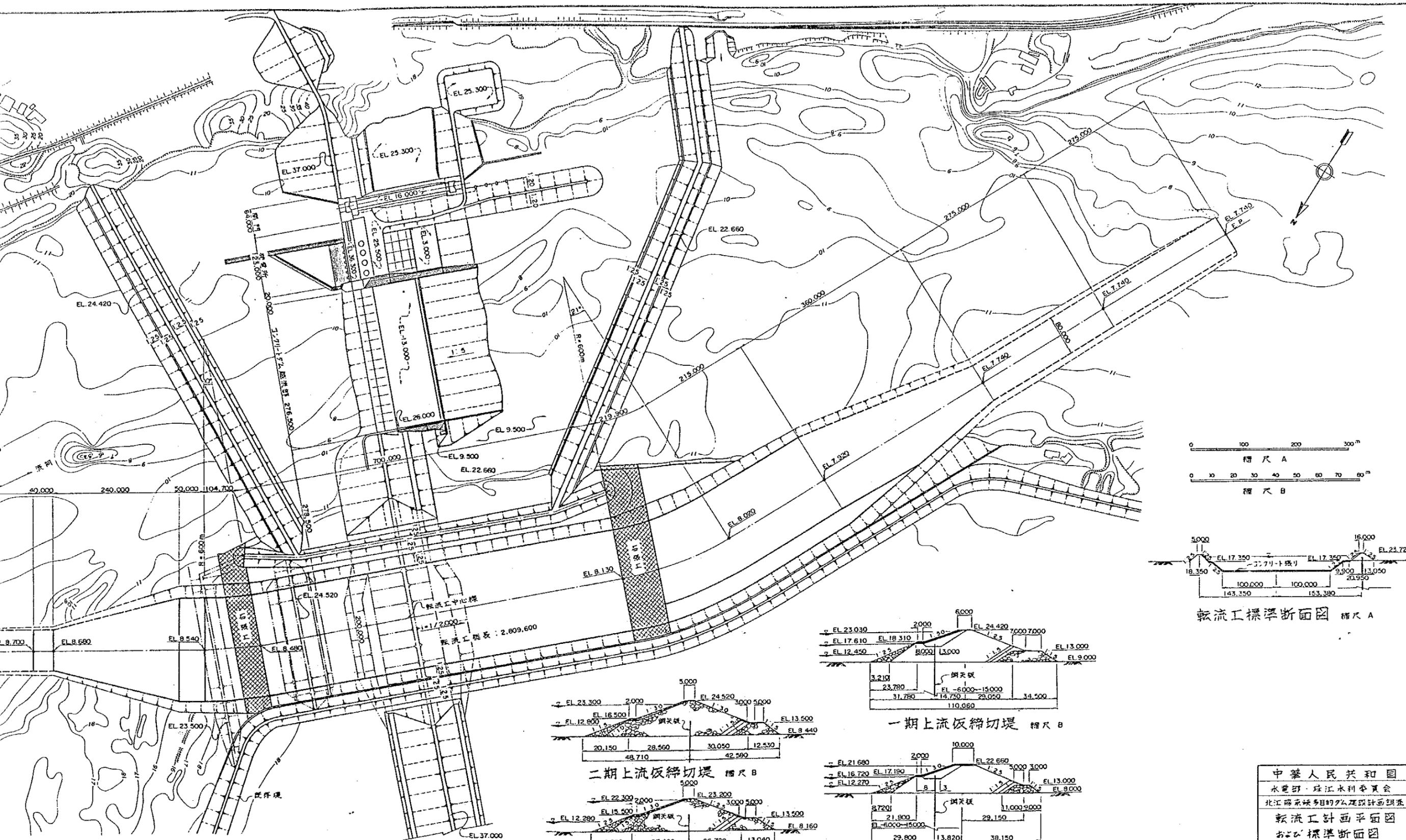
| | |
|---------------------|-----------------|
| 中華人民共和国 | |
| 水電部・珠江水利委員会 | |
| 北江・昭来峡多目的ダム建設計画調査 | |
| コンクリート重力式ダム越流部(洪水吐) | |
| 右岸側壁平面図及び縦断面図 | |
| 年月日 | 1987年10月 図面番号 5 |
| 日本国・国際協力事業団 | |



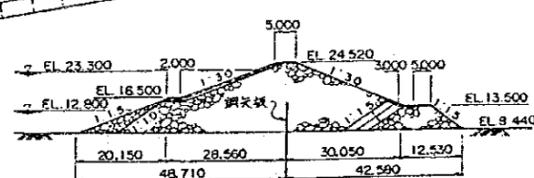
乾流工平面圖
縮尺 A



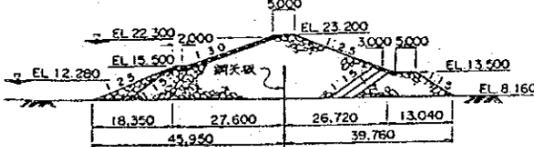
乾流工中心線
縮尺 1:2000
乾流工總長: 2,809.600



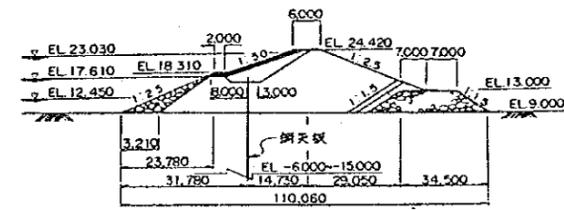
転流工標準断面図 横尺 A



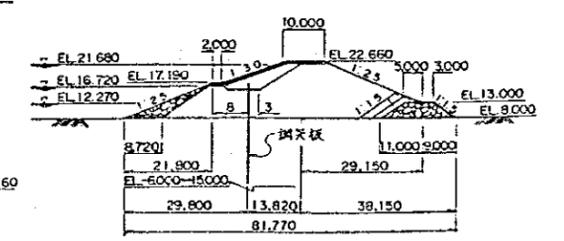
二期上流仮締切堤 横尺 B



二期下流仮締切堤 横尺 B



一期上流仮締切堤 横尺 B



一期下流仮締切堤 横尺 B

転流工平面図 横尺 A

中華人民共和國
 水電部・珠江水利委員會
 北江龍東堤防工程設計圖紙
 轉流工設計平面圖
 標準断面圖
 年月日 1987 年 11 月 圖號 粵 9
 日本國・國際協力事業團

JICA