9.2 土木設備

9.2.1 一般

紅石揚水発電所は、白山ダム下流約 3kmの紅石貯水池右岸炸薬庫最上流部に築造したコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムによる上池と、既設紅石貯水池を利用した下池との間を地下式の水路および発電所で結ぶ、基準有効落差258m、最大使用水量552 m³/s、最大出力 120万kWの揚水式水力発電所である。

主要構造物は、上池ダム、取水口、導水路、導水路側調圧水槽、水圧管路、発電所、主要変圧器室、放水路、放水路側調圧水槽、放水口および開閉所であり、地形・地質・施工性等を総合的に検討した最も経済的なレイアウトとなっている。

計画一般平面を図 9.2-1に、主要構造物の諸元を表 9.2-1に示す。

表 9.2-1 主要構造物諸元

上池／下池	流域面積	km²	1.3/20.300	水路	導水路 1号/2号	内径	m	7.6
	満水位	EL.m	579/291			延長	m	1,067/1,012
	低水位	EL.m	540/289		導水路調圧水槽	内径	m	14.0
	利用水深	m	39/ 1			高さ	m	114.2
	総貯水容量	10^6 m³	11.3/179.5		水圧管路	内径	m	7.6～3.5
	有効貯水容量		10.5/ 30.4			延長	m	475
	死水容量		0.8/149.1		放水路調圧水槽	内径	m	D10、20X16
上池ダム	ダム形式	CFRD				延長	m	59 、20
	天端標高	EL.m	583		放水路 1号/2号	内径	m	6.0～8.4
	堤高	m	78			延長	m	995/1,017
	堤頂長	m	502	発電所	形式		地下式弾頭型	
	天端幅	m	8		幅		m	28.0
	堤体積	m³	2,200,000		高さ		m	57.0
	上・下流面勾配	1:1.5			長さ		m	153.0

※ CFRD⇒ コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム

9.2.2　上池ダム

(1)　地形・地質

ダムサイトは谷幅がやや狭まってV字谷をなし、その上流は谷幅が広がったなだらかな盆地地形を示すダムおよび貯水池建設には適した地形である。

中国側に委託して実施された地質調査によると、ダムサイトの基盤をなす花崗質片麻岩は、全体的に風化や変質を受けておらず、また断層運動やクリープによる弛みも少ない非常に堅硬な岩体である。風化は表層より深部に漸移的に少なくなり、一部を除いて深度 5～ 16m以深でははとんど風化を受けていない新鮮岩となる。

ただし、調整池内に左岸鞍部から右岸鞍部に連続する幅 15m程度の断層が推定される（地質調査報告書参照）。

(2)　ダム形式および諸元

ダム形式は、ダムサイトの地形を考慮すると、アーチ式コンクリートダムはダム高さ(80m程度）に比べて天端標高での谷幅が約500mと広く経済的になり得ず、ロックフィルダムかコンクリート重力ダムが建設可能である。

しかし、現地調査の結果、付近に適当な土質遮水材料が存在しないこと、また気温は厳寒期に氷点下30℃以下になり、貯水池表層に氷が張る可能性が大きく、耐久性はコンクリートの方がアスファルトより大きいことを考慮するとコンクリート表面遮水壁型の方が適している。

コンクリート重力ダムとコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムの経済比較を実施した結果、表 9.2-2に示すようにコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムの方が経済的であることが判明した。

表 9.2-2 上池ダム形式の経済比較

項　　目	単　価	コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム		コンクリート重力式ダム	
	(元)	数量 (㎥)	工事費 (元)	数量 (㎥)	工事費 (元)
土砂掘削	30	213,000	6,290,000	89,000	2,670,000
岩掘削	60	86,000	5,160,000	305,000	18,300,000
ロック盛立	60	2,146,000	128,760,000	——	
リップラップ盛立	70	44,000	3,080,000	——	
表面遮水壁	800	17,000	13,600,000	——	
ダムコンクリート	300	……		821,000	246,300,000
その他 (上計の 40%)		——	62,760,000	——	106,910,000
計			219,650,000		374,180,000

本ダムの法面勾配は、原石山の地質調査結果より推測したロック材の物性を用いた安定解析を実施し、上下流面ともに 1:1.5とした。なお、本解析では地震時の設計烈度（中国基準）は、委託で中国側が実施した地域安定性調査結果を参考に７度を採用している。

本ダムの満水位以上ダム天端までの余裕高さは、水文調査結果等から算出された洪水時貯留高さ、暴風時の波の這い上がり高さおよび結氷厚さ等を考慮し、４ｍとする。

洪水吐は、上池の流域面積が 1.3㎢と小さく、また中国基準の中型３等級ダム（総貯水容量 1～0.1 億㎥）が採用すべき 1,000年確率の設計洪水流量が37.4㎥/S、総洪水量が1.19万㎥と発電時最大使用水量(552㎥/S) 、上池貯水容量(1,050万㎥) に比べて非常に小さいので設置する必要はないと判断した。

上池ダム平面、上流面および標準断面を図 9.2-2および 9.2-3に、ダム体積および原石山掘削を考慮した貯水容量曲線を図 9.2-13 に示す。

(3) 基礎処理

地質調査結果では、ダム基盤全体としては 2～ 3ルジオン以下の良好な岩盤であるが、一部に10ルジオン以上の部分が存在することが判明している。

基礎処理は、基本的にはダム上流端に設置するトウスラブより、カーテングラウチング(1列、L=10～33m)およびコンソリデーショングラウチング(2列、L=10m)を実施する計画とした。

(4) 原石山

原石山は、貯水容量の確保および自然環境を考慮して、ダムサイト右岸直上流の上池内とする。原石山は、ダムサイトと同様に花崗質片麻岩が基岩であり、裾部の緩斜面に風化マサ土がやや厚く分布するが、それ以外の中腹～上部の山体では風化は浅く、ほぼ露頭表面からロック材に適した堅硬な岩盤が分布している。

上池ダムロック材の必要量 220万m³の全量をこの原石山より採取する。

(5) 左岸鞍部処理

左岸鞍部は、最低地表標高582mとダム天端標高より1m低く、更に風化が地表より約8m以深まで及んでいる。したがって、コンクリート重力式の遮水壁（最大高さ9m、延長86m)とカーテングラウチング(L=10m) を用いて遮水を行う計画とした。

左岸鞍部を通過すると推定される破砕部（幅 2～3m）およびクラッキーゾーン（幅13～12m)からなる幅 15m程度の断層については、25～35m 以深で透水係数が 1ルジオン以下となり、それ以浅では10ルジオン程度であるので、深さ40m 程度のカーテングラウチングで改良するものとした。

9.2.3 水路系

(1) 地形・地質

水路系が通過する岩体は、ダムサイトと同様に花崗質片麻岩であり、表層5m程度に風化の影響が見られるが、それ以深では良好な新鮮岩である。

水路系が確実にこの良好な岩体中を通過するように考慮した。

水路縦断面および標準断面を図 9.2-4に示す。

(2) 取水口

取水口は、水路ルートおよび上池ダム、原石山の位置を考慮し、上池ダム軸より約150m上流左岸尾根部に設置する。同尾根部は約20° の勾配を持ち、表層5m程度に風化の影響が見られるが、それ以深では良好な新鮮岩である。

取水口形式は、取水（発電）時の流入渦防止および放水（揚水）時の水流の均等化等に効果があり、近年、中国や日本の揚水発電所取水・放水口に多く採用されている「渦防止桁付き横型取水口」とした。

取水口の平面および断面を図 9.2-5に示す。

(3) 導水路

導水路は、取水口から調圧水槽に至る延長1,012mと1,067mの 2条からなる圧力トンネルである。

断面形状は円形とし、その内径は表 9.2-3に示すように導水路内流速を変化させた経済比較結果より、V=6.0m/s時の内径(D)=7.6mを採用した。コンクリート巻厚(t) は、トンネル経過地の地質を考慮し、t=7.60×0.08≒0.60(m) とした。

(4) 導水路調圧水槽

サージング計算検討結果より、導水路調圧水槽は本体部内径 14.0m、高さ114.2mの制水口型とした。構造物全体が経済的に良好な岩盤内に設置できる水路系のほぼ中間の尾根部に配置した。

なお、調圧水槽高さが地中に十分確保できることおよび減衰性が良く経済的であることより制水口型を採用した。

導水路調圧水槽の平面および断面を図 9.2-6に示す。

(5) 水圧管路

水圧管路は埋設式鋼管で、導水路調圧水槽より発電所に至る延長 475.31m× 2条からなる。水路勾配は施工性を考慮して51° とし、内径は導水路調圧水槽下では導水路

トンネルの内径と同じくD=7.6m、漸縮後、斜坑部でD=5.9m(v=10m/s)、下段水平部でそれぞれ 2条に分岐して、D=3.5mで水車に接続する。

水圧管路に作用する内圧は、水撃圧計算の結果より鉄管終点で最大約43kgf/cm²である。なお、水圧鉄管の板厚の検討においては、水圧管路経過地の岩盤が良好なので内圧の岩盤負担を考慮した。

掘削断面は、鉄管の据付・溶接作業に支障を与えない範囲でできるだけ小さくすることとし、鉄管と地山とのクリアランス（コンクリート詰込み）を60cmとした。

水圧管路縦断面および標準断面を図 9.2-7に示す。

(6) 放水路調圧水槽

放水路延長が約 1kmと長いので、揚水入力遮断時に発生する放水路内の振動性圧力上昇を緩和するために放水路調圧水槽を放水路合流管下流部に設置する。

放水路調圧水槽の設置位置は地山被りが200m以上あり、導水路調圧水槽と同様な立坑式で地表まで貫通させることは不経済となるために、上部に通気坑を設けた地下式の上部水室制水口型調圧水槽とした。

放水路調圧水槽の諸元は、本体部内径 10m、高さ 59mで、上部水室の幅20×16m 、高さ20m である。放水路調圧水槽の平面および断面を図 9.2-8に示す。

(7) 放水路

放水路は、調圧水槽から放水口に至る延長 995m と1,017mの 2条からなる圧力トンネルである。

断面形状は円形とし、その内径は表 9.2-3に示すように導水路内流速を変化させた経済比較結果より、V=5.0m/s時の内径(D)=8.4mを採用した。コンクリート巻厚(t) は、導水路と同様の考え方でt=0.70(m) とした。

(8) 放水口

放水口は、下記の理由により白山ダム下流約 2kmの既設紅石貯水池右岸に設置する。

- 中国側の強い要望で、放水路および放水口は鉄道に影響を与えないようトンネルで鉄道下を通過することとした。
- 発電時の放水および揚水時の取水がスムーズに行えるように紅石貯水池幅が極力広いところが望ましい。

放水口形式は、取水口と同様に「渦防止桁付き横型取水口」とした。

放水口の平面および断面を図 9.2-9に示す。

(9) ゲート等鋼構造物

水路系に設置される水圧鉄管を除く鋼構造物は、取水口のスクリーンとゲート、ドラフトゲート、放水口のスクリーンとゲートである。

表 9.2-3 水路系 内径経済比較

項目		単位	ケース1	ケース2	ケース3
導水路	延長	m	1,238		
	内径	m	8.40	7.60	7.10
	流速	m/s	5.0	6.0	7.0
水圧管路	延長	m	500		
	内径	m	8.40～3.50	7.60～3.50	7.10～3.50
放水路	延長	m	1,121		
	内径	m	9.40	8.40	7.60
	流速	m/s	4.0	5.0	6.0
上池ダム	ダム高	m	77.0	78.0	80.0
	満水位	EL.m	578.0	579.0	581.0
	低水位	EL.m	540.0		
	基準取水位	EL.m	565.0	566.0	567.0
	有効貯水容量	m^3	$9,774\times10^3$	$9,936\times10^3$	$10,206\times10^3$
下池ダム	基準放水位	EL.m	290.0		
最大使用水量		m^3/s	543.0	552.0	567.0
損失水頭		m	10.0	16.0	23.0
基準落差		m	275.0	276.0	277.0
基準有効落差		m	265.0	260.0	254.0
最大出力		MW	1,200		
工事費	導水路	千円	136,000	119,000	113,000
	水圧管路		118,000	112,000	107,000
	放水路		149,000	128,000	118,000
	上池ダム		193,000	202,000	225,000
	計		596,000	561,000	563,000

9.2.4 発電所

(1) 地形・地質

発電所は地下式で、導水路調圧水槽下流約400mの山体に位置し、その地山被りは約300mである。地下発電所空洞周辺の地質は、花崗質片麻岩を主体とした新鮮岩盤であり、大空洞建設にあたって問題はないと推測される。

(2) 発電所形状

発電所の断面形状は、上記のように地質状況が良好であるので、経済的でかつ力学的安定度が高い「弾頭型」を採用し、吹付コンクリート、ロックボルトおよびＰＳアンカーを永久支保とし、コンクリート覆工を行わないこととする。

地下発電所空洞の規模は高さ 57m、幅 28m、長さ153mで、最大出力30万kWの水車発電機を4台収納する。

発電所平面、断面を図 9.2-10 ～ 9.2-12 に示す。

(3) 周辺施設

地下発電所の 60m下流側に主要変圧器室およびドラフトゲート室兼用の地下空洞を設ける。この地下空洞の規模は高さ 28m、幅 18.5m、長さ140mで、上部が主要変圧器室、下部がドラフトゲート室である。

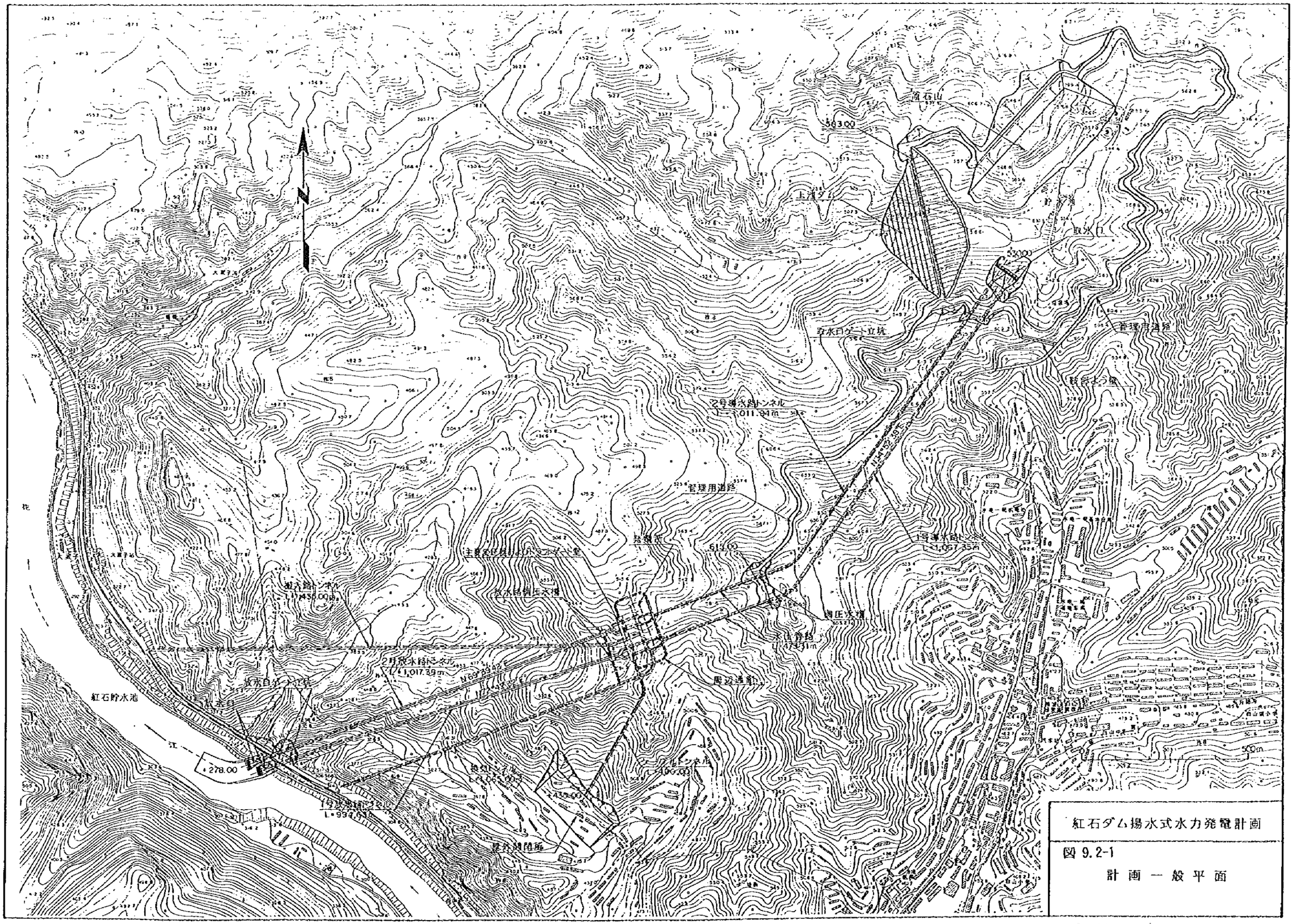
地下発電所の機能保持および施工上の理由から、以下の周辺トンネルを設ける。

搬入路トンネル（内径 7.5m×7.5m、縦断勾配 4.8%）は水車発電機等の搬入と運開後の主通路とすることを目的として、発電所組立室から放水口下流側の駅構内までを延長1,435mで結ぶものである。

換気トンネル（内径 4.5m×5.0m、縦断勾配 4.3%）は、発電所空洞掘削時には作業坑として用い、工事中および運開後は換気トンネルおよび通路とするものであり、発電所アーチ部から放水口下流の紅石貯水池右岸道路へ延長1,065mで連絡する。

ケーブルトンネル（内径 4.5m×5.0m、縦断勾配 3.8%）は、主要変圧器室と屋外開閉所とを結ぶ500kV電力ケーブル布設のためのトンネルであり、延長は490mである。なお、インクラインを設備し、屋外開閉所と地下発電所とを接続する人員用通路としての役割も果たす。

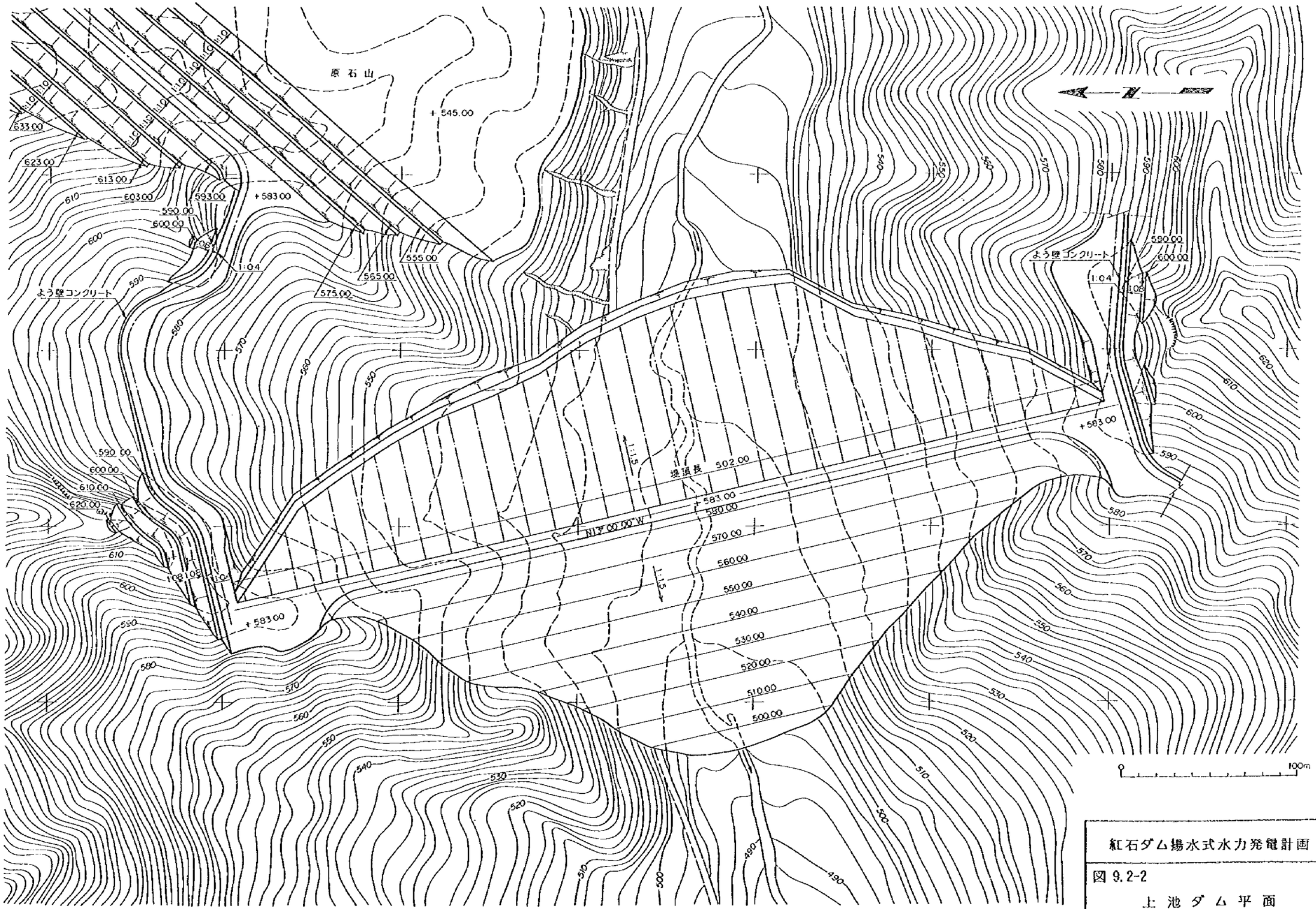
開閉所は従来型の気中絶縁型で、発電所下流地上部に設置するものとし、敷地寸法は101m×230mである。



紅石ダム揚水式水力発電計画

図 9.2-1

計画一般平面

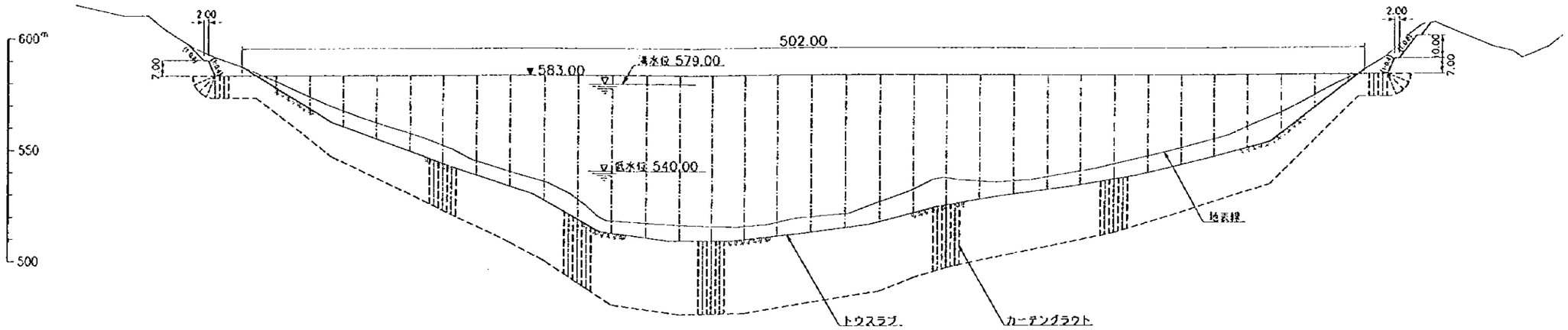


紅石ダム揚水式水力発電計画

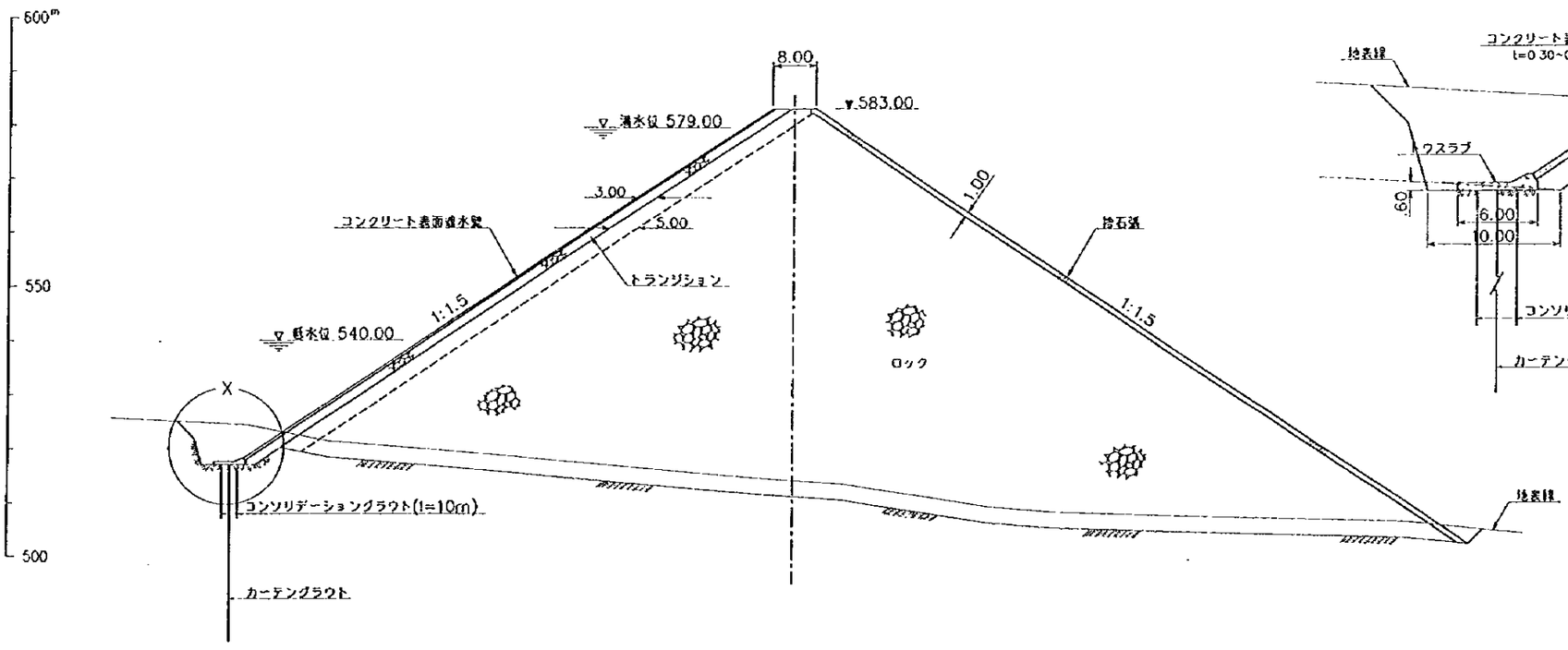
図 9.2-2

上 池 ダ ム 平 面

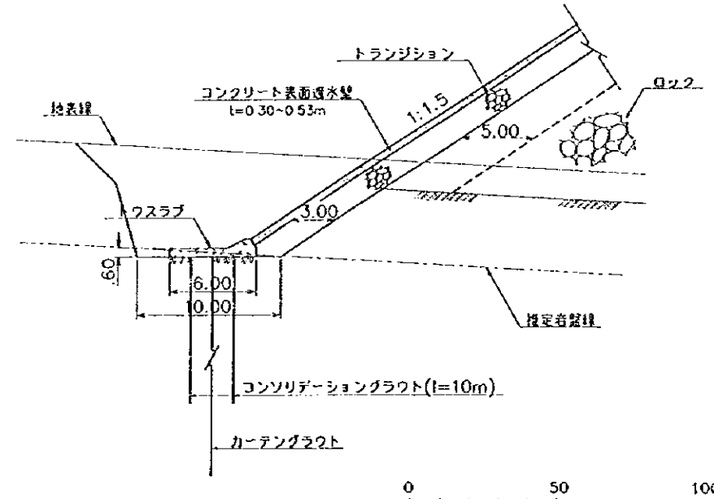
上 流 面



標 準 断 面



X 部 詳 細

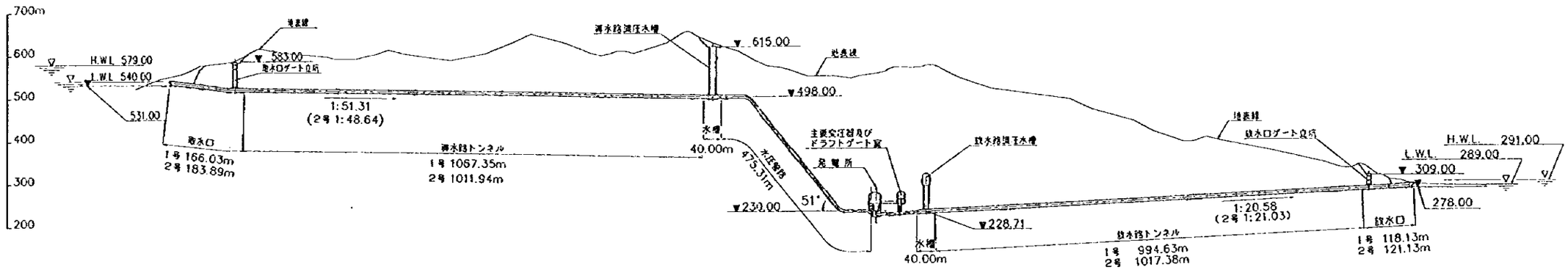


0 50 100m (上流面)
0 25 50m (標準断面)
0 10 20m (X部詳細)

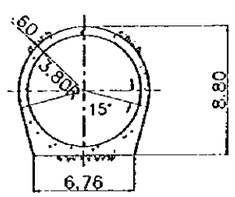
紅石ダム揚水式水力発電計画

図 9.2-3
上池ダム
上流面および標準断面

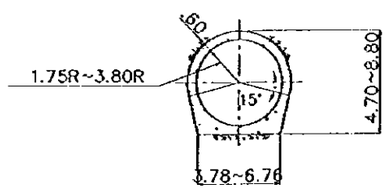
水路縦断面（1号）



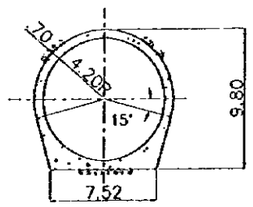
導水路標準断面

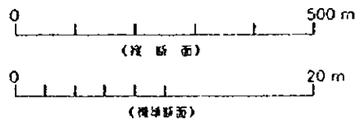


水圧管路標準断面



放水路標準断面

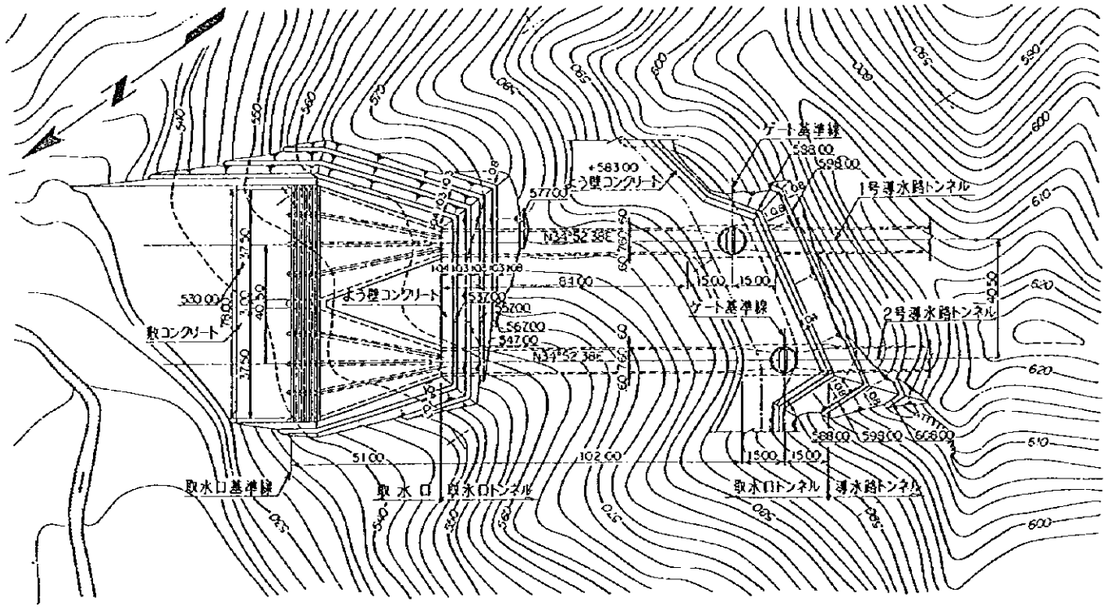




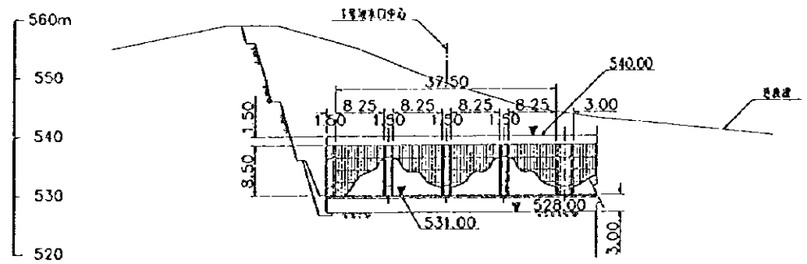
紅石ダム揚水式水力発電計画

図 9.2-4 水　路
縦断面および標準断面

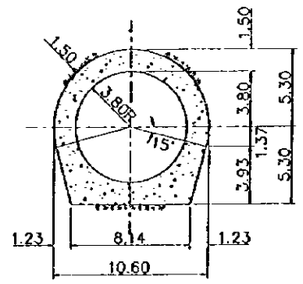
平　面



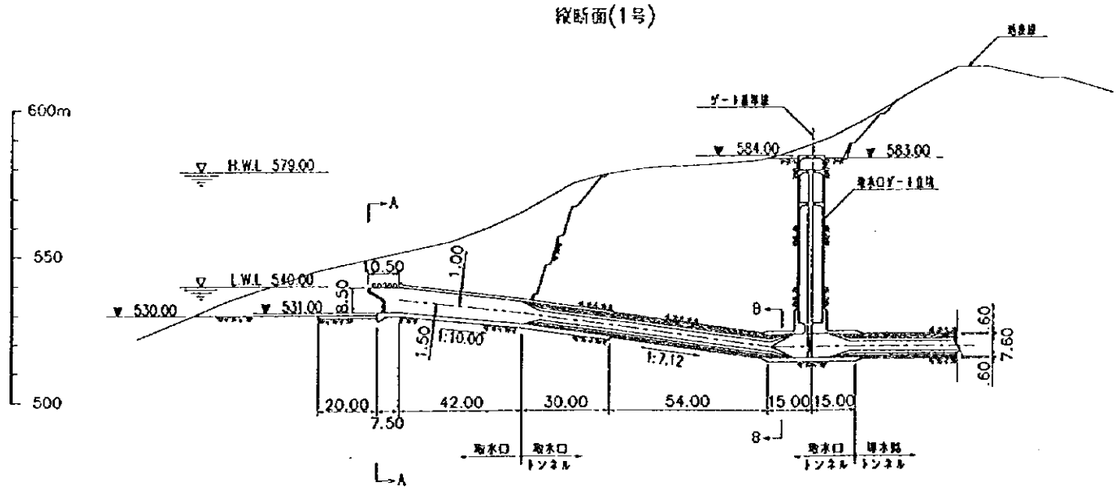
A−A 断面

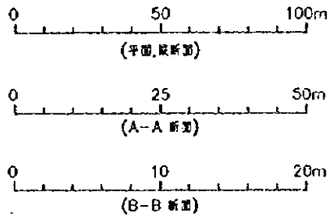


B−B断面



縦断面(1号)



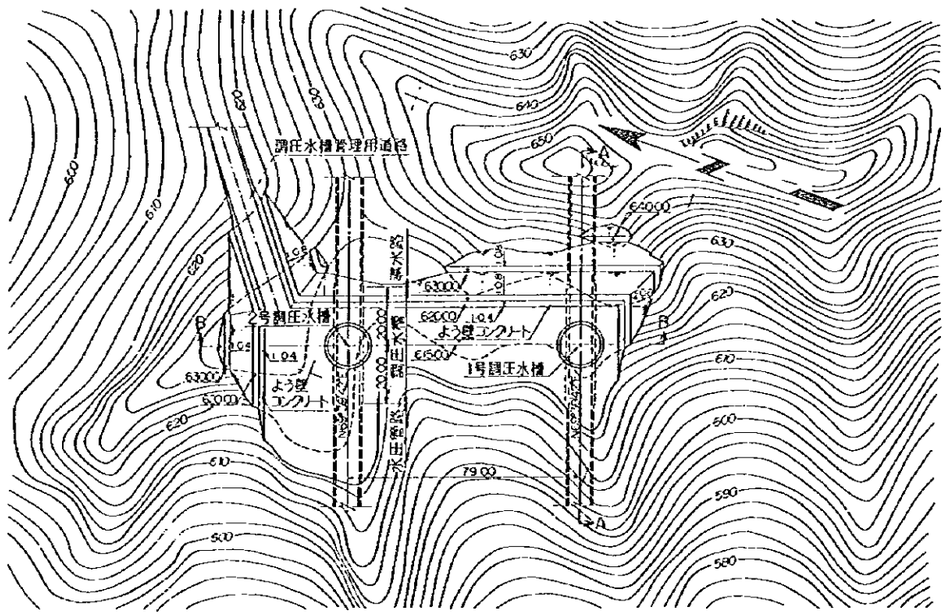


紅石ダム揚水式水力発電計画

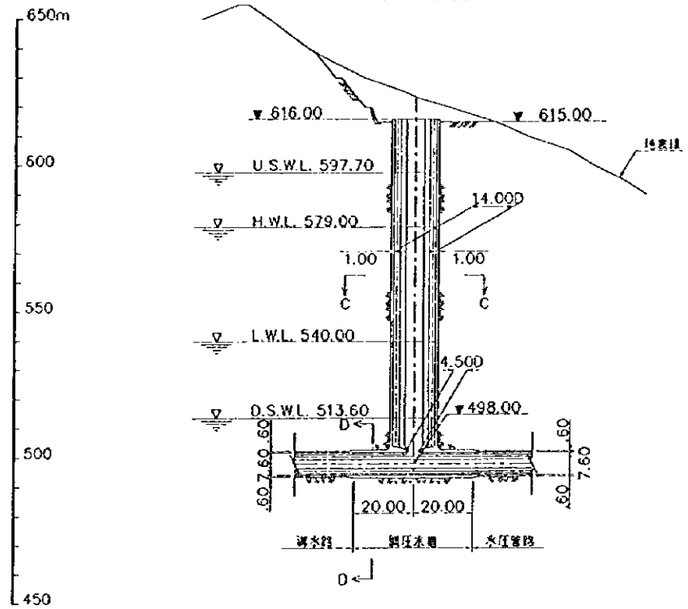
図 9.2-5

取水口　一般

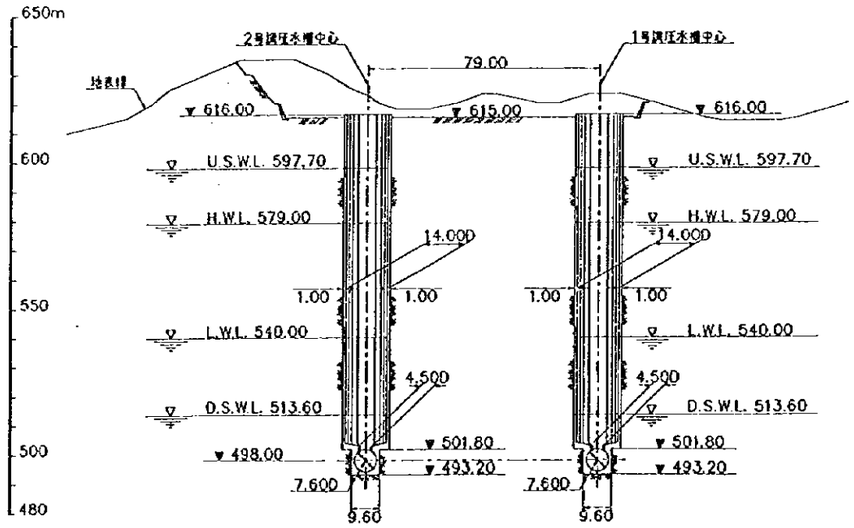
平　面



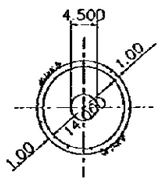
A－A断面



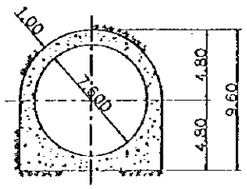
B－B断面

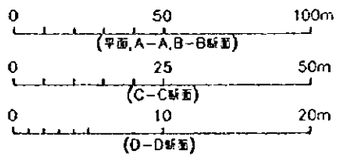


C－C断面



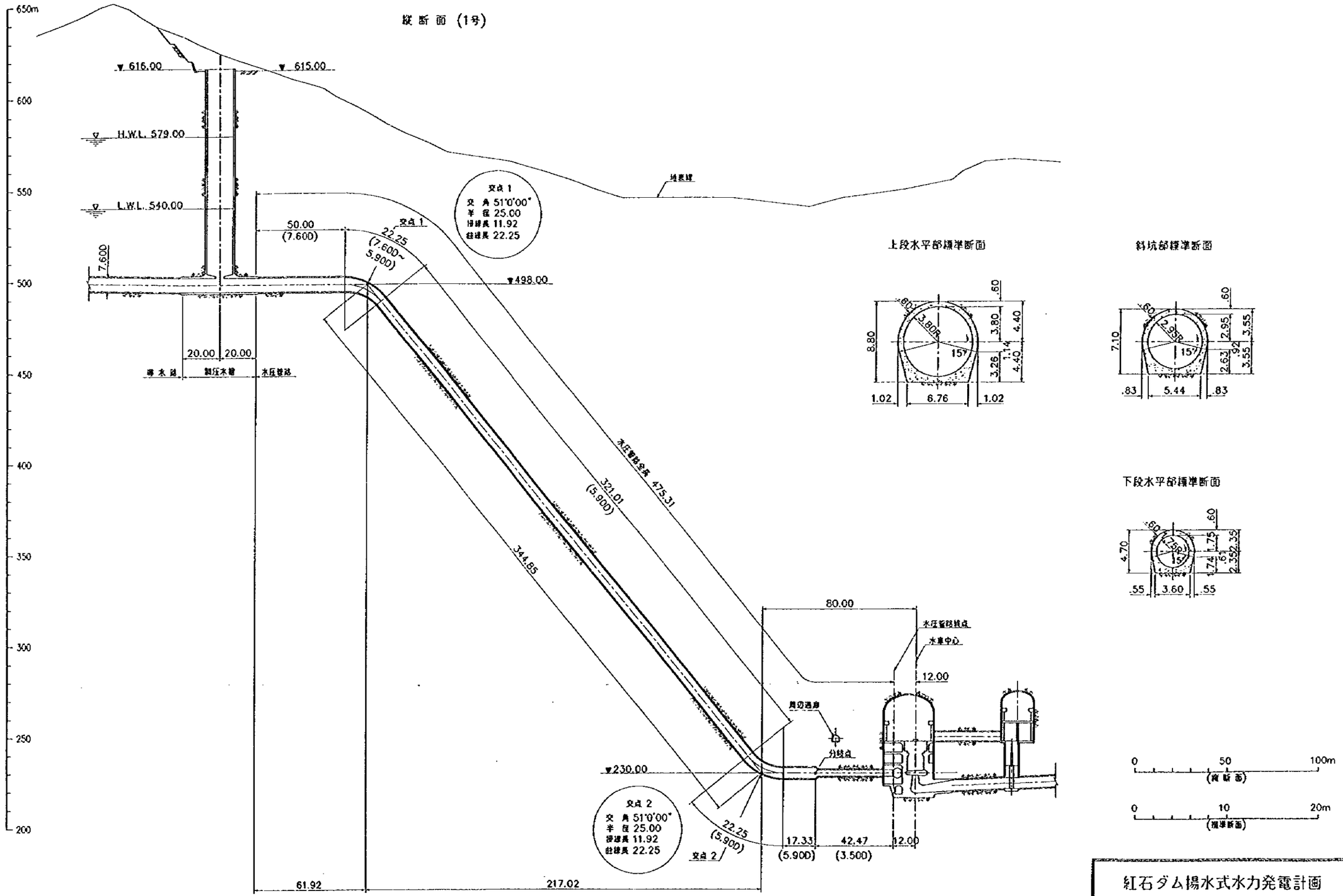
D－D断面





紅石ダム揚水式水力発電計画

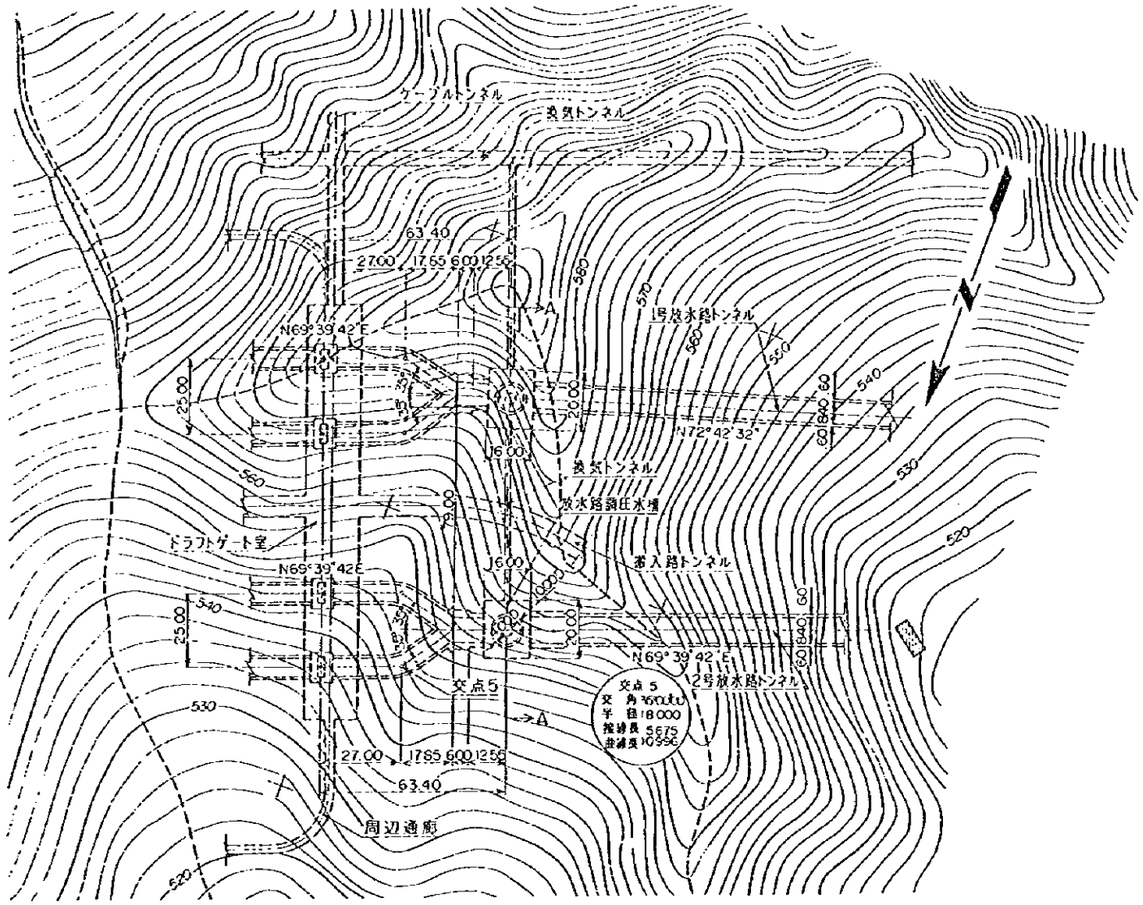
図 9.2-6
導水路調圧水槽
一般



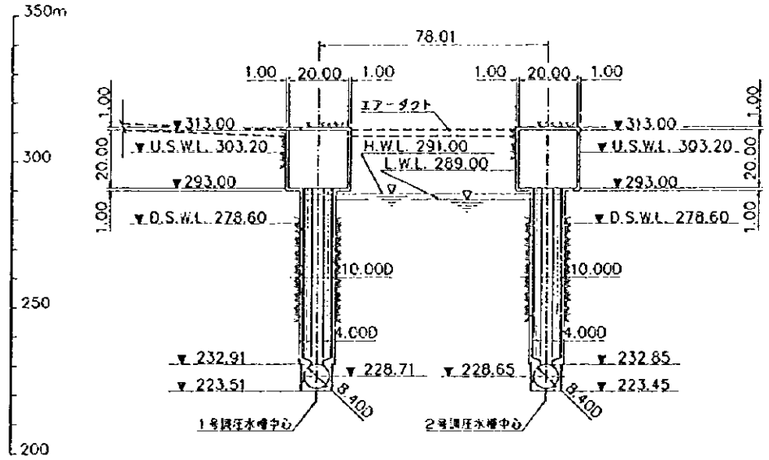
紅石ダム揚水式水力発電計画

図 9.2-7
水圧管路
縦断面および標準断面

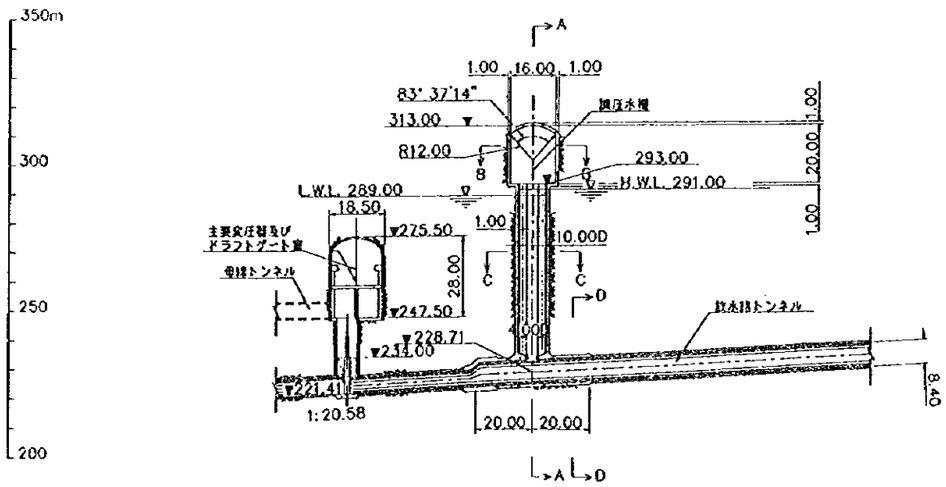
平　面



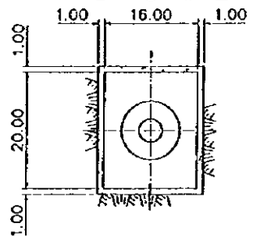
A－A 断 面



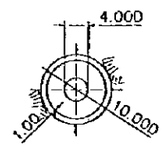
縦 断 面（1号）



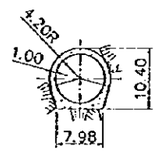
B－B 断 面



C－C 断 面



D－D 断 面



0　100m
（平面、縦断、A－A断面）

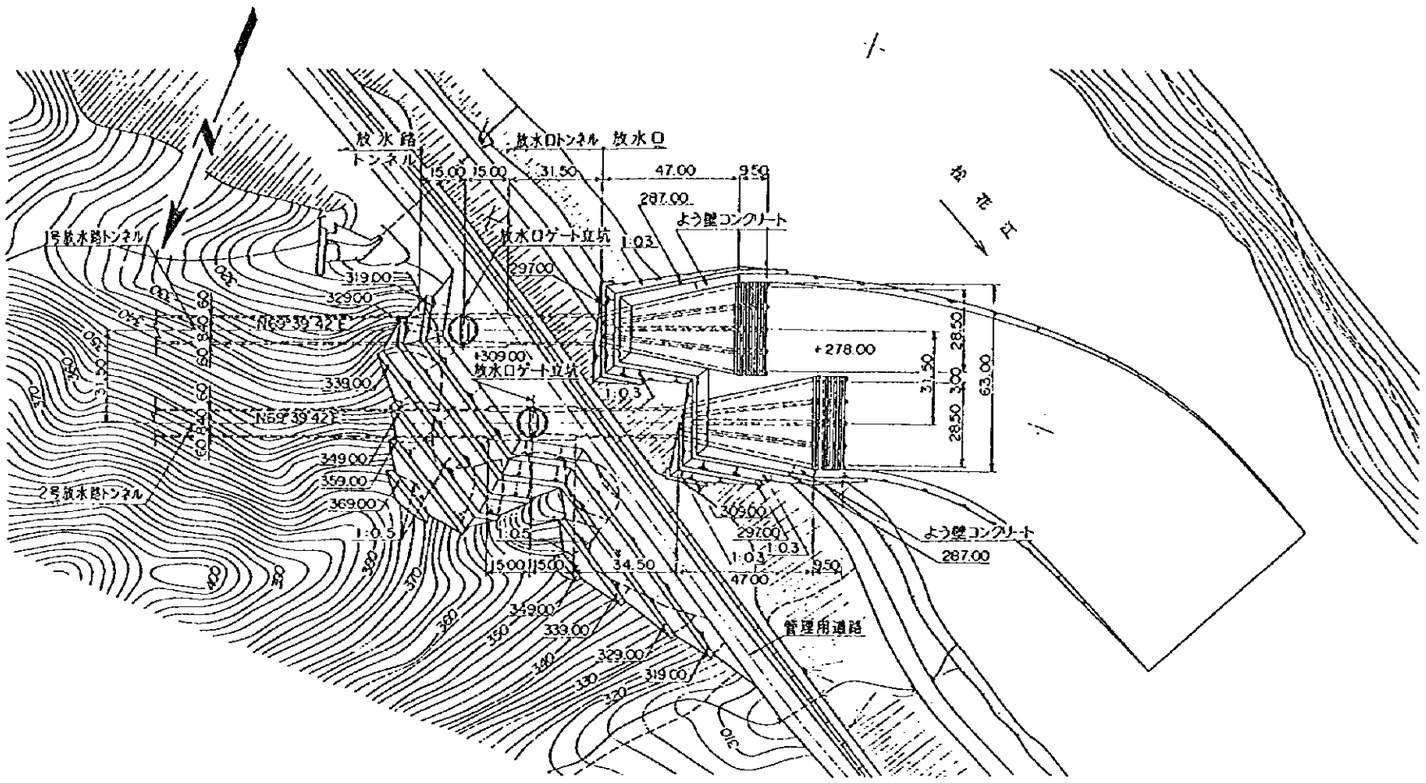
0　50m
（B－B断面、C－C断面、D－D断面）

紅石ダム揚水式水力発電計画

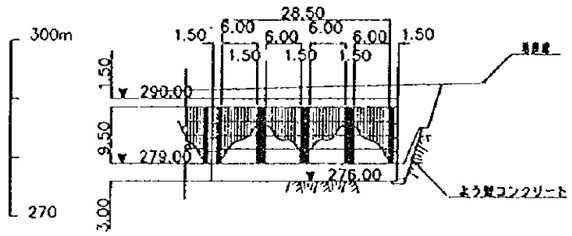
図 9.2-8

放水路調圧水槽　一般

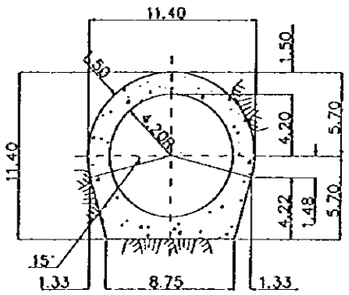
平　面



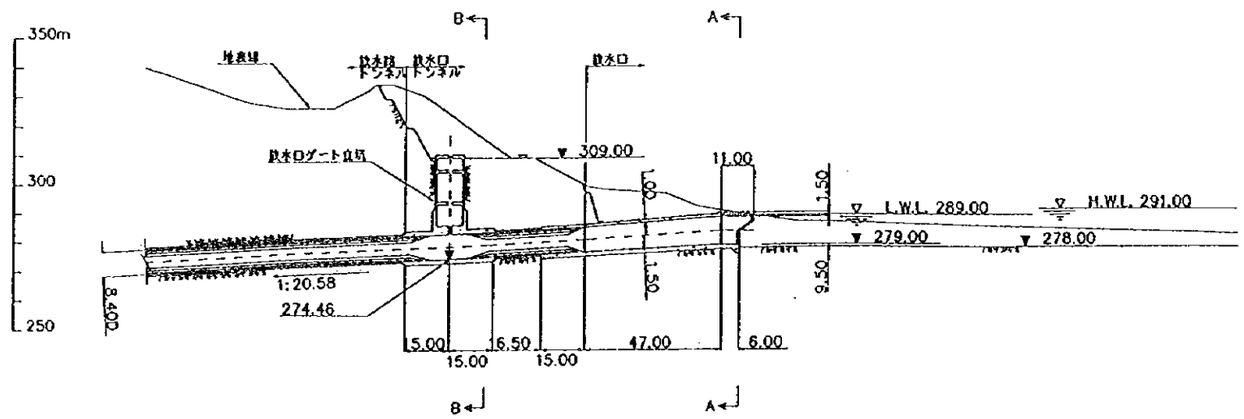
A−A 断面

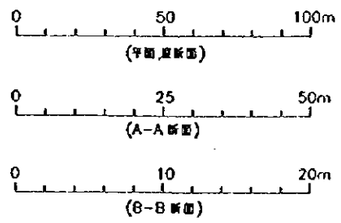


B−B 断面



縦 断 面（1号）

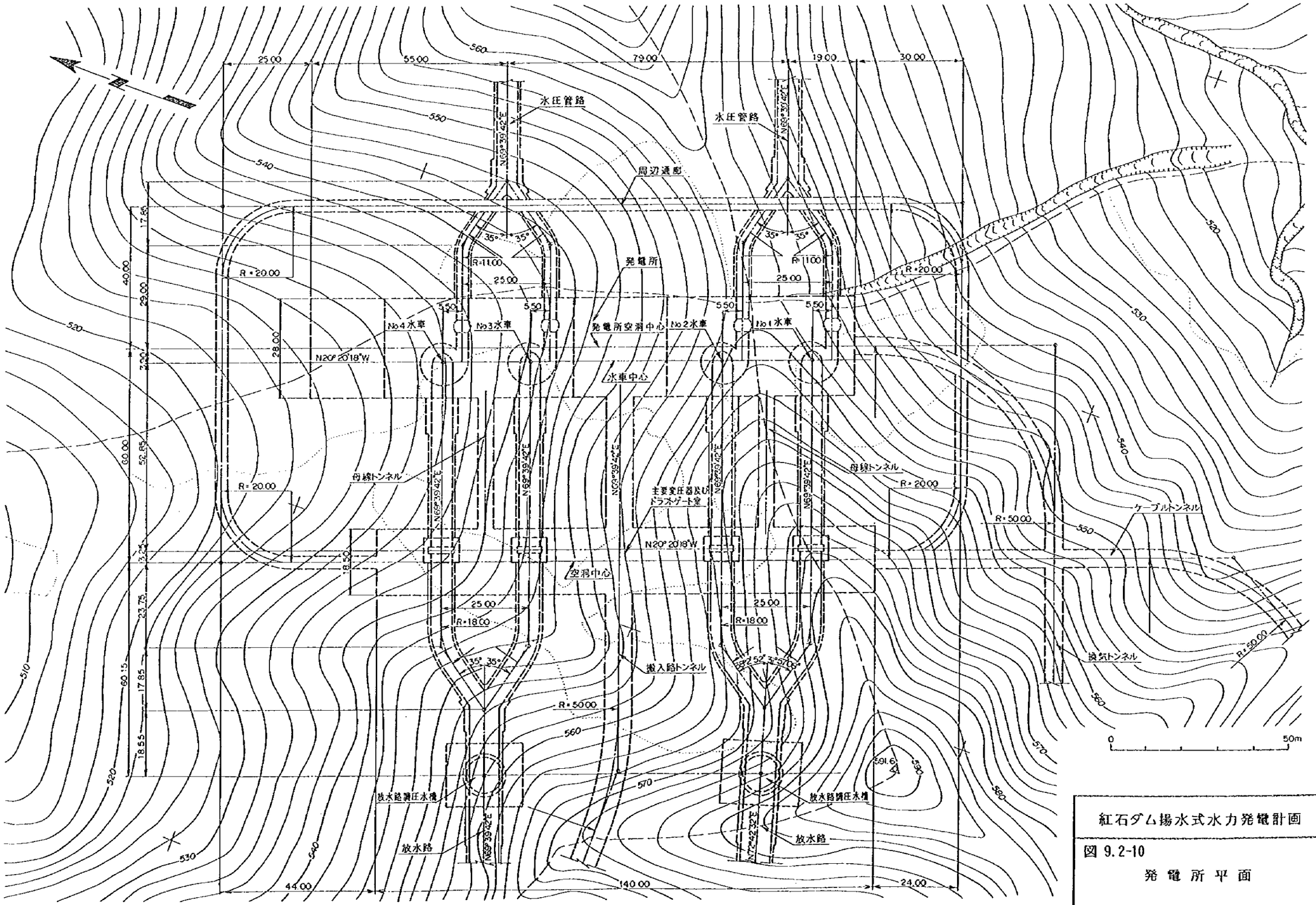




紅石ダム揚水式水力発電計画

図 9.2-9

放 水 口　一 般

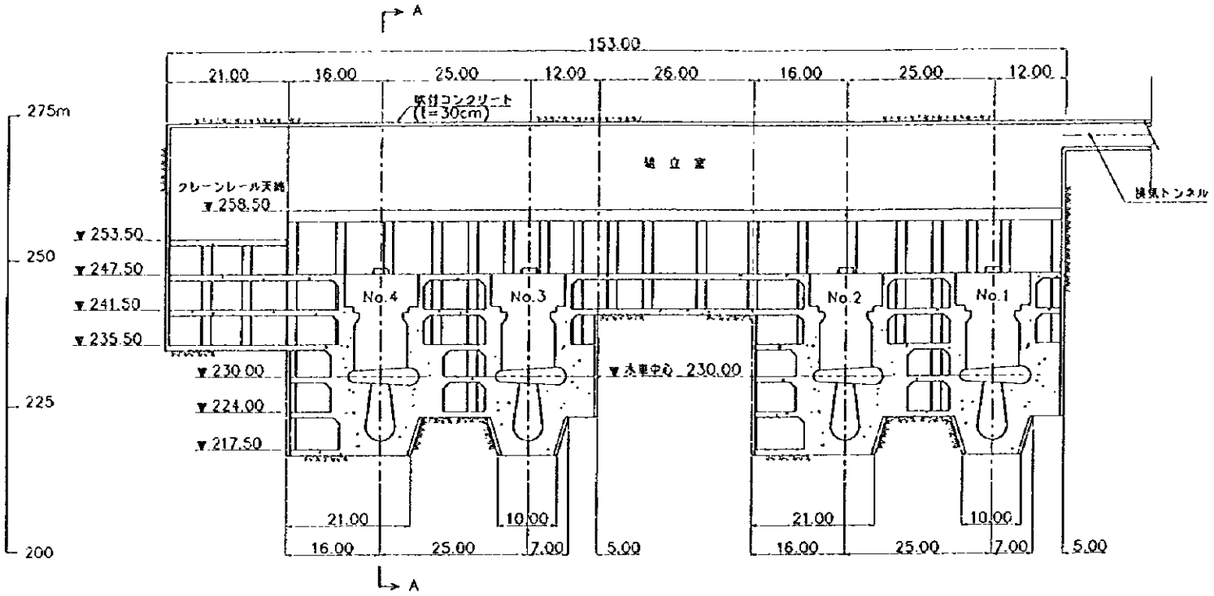


紅石ダム揚水式水力発電計画

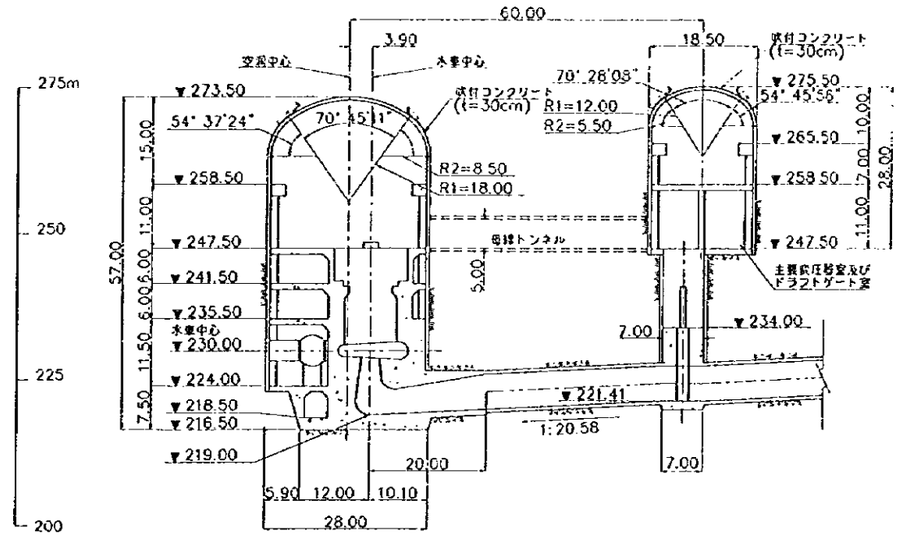
図 9.2-10

発 電 所 平 面

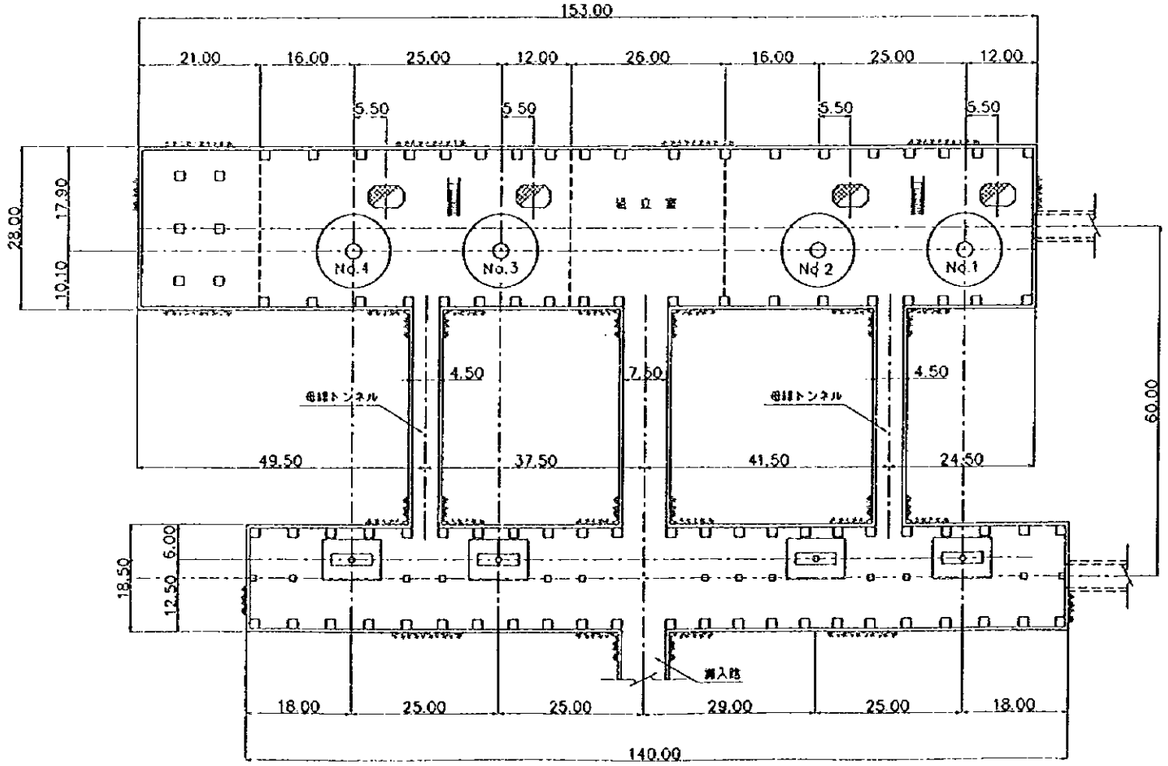
縦断面



A－A 断面



平　面 (EL. 247.50m)

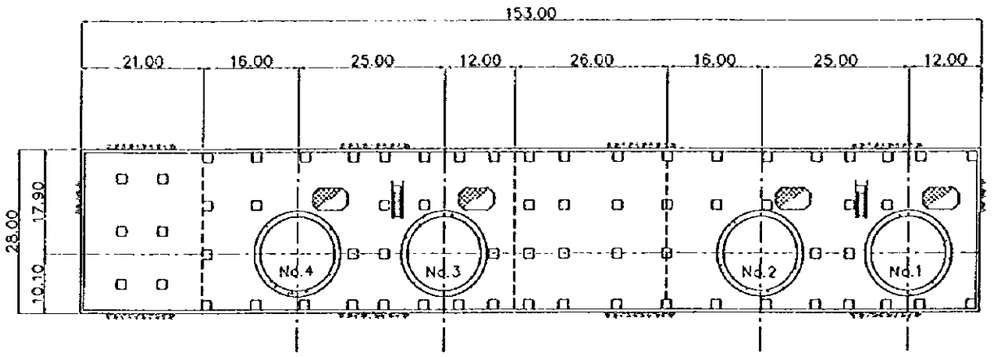


0　　50m

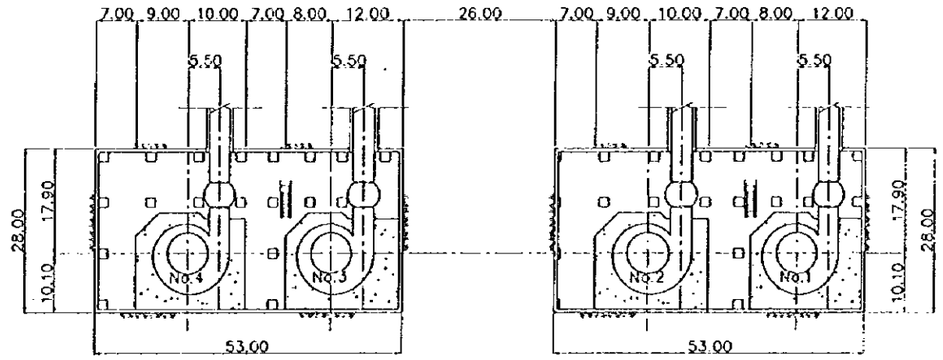
紅石ダム揚水式水力発電計画

図 9.2-11
発電所　縦断面、横断面および平面

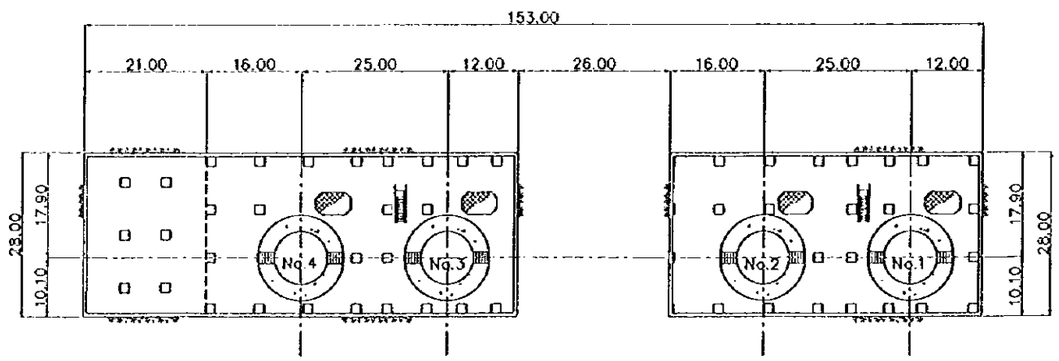
EL. 241.50



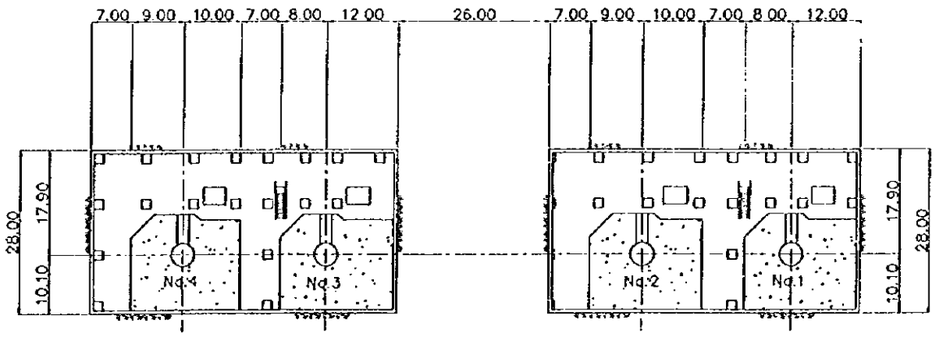
EL. 230.00



EL. 235.50



EL. 224.00



0 50m

紅石ダム揚水式水力発電計画

図 9.2-12
発電所　各階平面

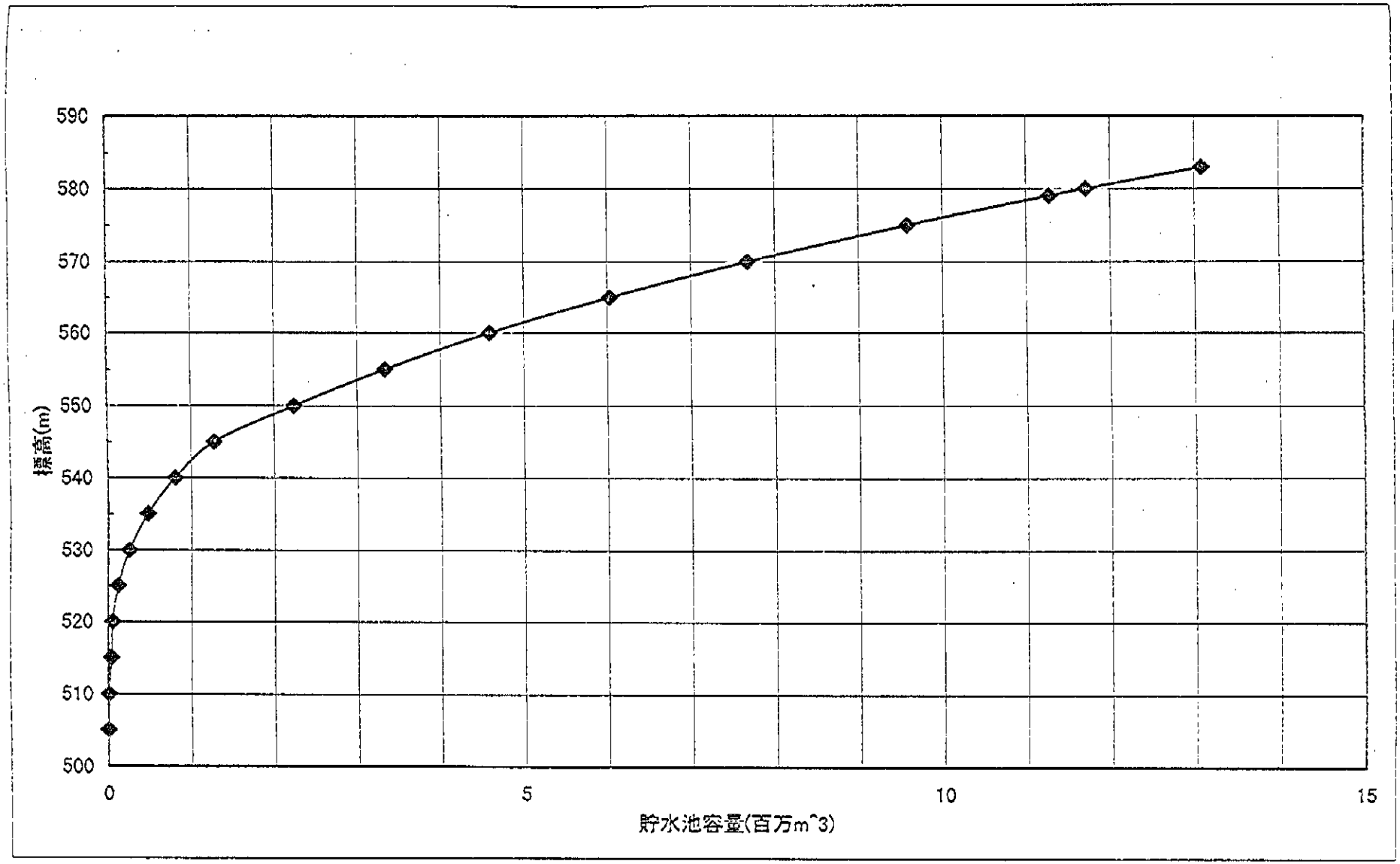


図 9.2-13　上池ダム貯水容量曲線

9.3. 電気設備

9.3.1 発電所

発電所は紅石貯水池の右岸側地下、貯水池最高水位（EL.291.0m）より約50m低い位置に設けられる。

地下発電所へのアクセスは貯水池右岸に沿って走る道路から分岐した長さ1,435mの搬入路トンネルによる。

発電所は主機室と変圧器室（ドラフトゲート室）の2室で構成され、各々の寸法は以下の通りである。

	長さ（m）	高さ（m）	幅　（m）
主　機　室	106.0	57.0	28.0
変圧器室	140.0	28.0	18.5

(1) 主機の基本仕様

主機の基本仕様は以下の通りである。

(a) ポンプ水車

型　式　　立軸フランシス可逆ポンプ水車

計画落差と水車出力から立軸フランシス可逆型を採用する。

台　数　　4

回転数　　300 rpm

回転数あるいは比速度を上げることは、一般に機械を小形化し、発電所建屋寸法を小さくでき経済的である。紅石揚水発電計画では、落差、出力規模から250rpmあるいは300rpmが考えられるが、300rpmの採用は技術的に何ら問題なく、経済的見地から300rpmを選定する。

両者の比較を下記に示す。

回転数　（rpm）	300	250
水車重量　（トン）	75	80
吸出し高さ　（m）	- 60	- 55
発電機回転子重量（トン）	600	630
発電所主機室　（m）	106(L)×28(W)×58(H)	110(L)×28(W)×58(H)

水車中心標高　　EL.230.0m

ポンプ水車の吸出し高さ（Hs）は、ポンプ運転時の水車のキャビテーション性能と水車負荷しゃ断時の放水路（吸出し管内）の水圧降下に伴う水柱分離現象の発生を防止するよう適正値を確保する必要がある。

キャビテーションの発生による影響は、効率の著しい低下、水車の表面壊食による寿命の短縮、振動・騒音の発生による運転上の障害。また、水柱分離による影響は、分離した水柱の再結合による瞬時的な異常水圧上昇による構造物および主機回転体へのダメージを与える恐れがある。

紅石揚水発電計画のHs選定は、キャビテーション性能を考慮する下式により求められる値に、計算機による水撃圧現象のシミュレーションの結果をもとに水柱分離現象を加味し、Hsを－60mとし、水車中心標高をEL.230mとした。

$$Hs = (Ha - Hv) - (\sigma p \times Hpmax) + hr \quad (m)$$

ここに、

Hs ：吸出し高さ（m）

Ha ：大気圧に相当する圧力水頭（m）

Hv ：水の飽和蒸気圧に相当する圧力水頭（m）

σp: キャビテーション係数

Hpmax ：最高揚程（m）

hr ：ランナ高さ（m）

発電運転

	有効落差（m）	流　量（m^3/s）	水車出力（MW）	比速度（m－kW）	回転数（rpm）
最　高	283.0	125.8	308.0	143.4	300
基　準	258.0	138.0	308.0	161.0	300
最　低	232.7	131.1	260.0	168.3	300

揚水運転

	全揚程 (m)	揚水量 (㎥/s)	ポンプ入力 (MW)	比速度 (m－㎥/s)	回転数 (rpm)
最　高	296.0	80.6	270.0	37.7	300
最　低	260.0	119.2	338.0	50.5	300

(b) 発電電動機

型　式　　三相交流同期発電電動機

台　数　　4

発電機出力　334,000 kVA

電動機出力　344,000 kW

電動機入力　350 ,000 kVA

電　圧　　18.0 kV

16.5kVの採用は可能であるが、既設白山発電所の発電機電圧と合わせて18.0kVを採用する。

周波数　　50 Hz

回転数　　300 rpm

極　数　　20

力　率　　0.9（遅れ）／0.97（進み）

(c) 変圧器

型　式　　屋内特別三相送油水冷式

バンク数　4

容　量　　350,000 kVA

電　圧　　18.0 / 500 kV

負荷時タップ電圧切替器付

(d) 主回路構成

単線結線図（図 9.2-14 、図 9.2-15 参照）に示される様に本計画の主回路は以下の機器により構成される。

① ポンプ水車・発電電動機

② 発電電動機並列用遮断器と相反転断路器

③　相分離母線（ＩＰＢ）

発電電動機と変圧器を接続する母線で主機室と変圧器室を結ぶ母線トンネル内に据え付けられる。

発電電動機と変圧器の結線方式には、発電電動機1台と変圧器1バンクを１つの単位とする単位方式と複数台の発電電動機（紅石発電所の場合は２台）

と変圧器1バンクを結ぶ複合方式がある。

紅石の発電電動機単機容量は、35万ｋＶＡと大きく複合結線とすると変圧器容量が非常に大きくなり、輸送に制約が生じる。また、変圧器の故障・保守停止時には2台の発電電動機が同時停止となり発電所運用上不利である。更に変圧器用しゃ断器の必要なしゃ断容量が大きくなる等を考慮して単位結線方式を採用した。

両者方式を採用した場合の変圧器の比較を次に示す。

結線方式	単位方式	複合方式
型　式	屋内特別三相送油水冷式	同　左
容　量　(MVA)	350	700
バンク数	4	2
総重量　（トン）	305	510
輸送重量（トン）	90	150
機器価格（%）	100	100

④　主要変圧器

⑤　電力ケーブル（500kV・ＸＬＰＥケーブル）

変圧器 500kV高圧側と屋外開閉所機器の接続のための電力ケーブルで全長490mの電力ケーブルトンネルを通って敷設される。（単芯３本、４回路）

⑥　屋外開閉設備（図 9.2-16 参照）

500kV気中絶縁型機器が設置される。

母線構成は母線接続用しゃ断器付二重母線で送電線１回線、⑤記載の電力ケーブル４回路が接続される。

(e) 揚水始動方式の選定

以下の理由により紅石揚水発電所には、サイリスタ始動方式と後備装置として同期始動方式を採用する。

サイリスタ始動装置は、主機4台に対して1台とする。

揚水始動方式には種々あるが、紅石揚水は35万ｋＶＡの大容量機が採用されるので以下の方式が考えられる。

① サイリスタ始動方式（ＳＦＣ）

大容量サイリスタ素子の実用化により、またデジタル制御技術の進歩によって現在では多くの大容量揚水発電所に標準的に採用されている。

静止型装置であるために信頼度が高く、その保守性が極めて容易である。

② 同期始動方式

大容量機で主機台数の多い発電所に採用されている。

停止した2台以上の発電々動機を電気回路的に接続しておき、そのうち1台を発電機として水車起動して、残った号機を同期電動機として始動する方式である。

始動用に使用する発電機の案内羽根を徐々に開いて加速し、それに接続された他の号機を同時に加速し定格回転速度になったとき系統に並列できるので、系統に与える動揺は非常に少ない等技術的にも優れている。また紅石発電所のような台数の多い場合は、経済的にも有利である。

サイリスタ始動を主方式として、その故障時の後備方式として採用されることが多い。

③ 直結電動機始動方式

発電電動機の頂部に直結された電動機によって始動する方式である。このため回転部全体の軸長が長くなり軸系振動、直結電動機の空転損失の増大等の問題および回転速度制御用液体抵抗器の保守上の問題があるため採用は少なくなりつつある。

(2) 地下発電所機器配置（図 9.2-17 、図 9.2-18 参照）

(a) 主機室

主機室には、ポンプ水車、発電電動機、補機類およびこれ等の制御装置が設置される。

ポンプ水車は、運転時のキャビテーションによる障害を防ぐため、下池となる紅石貯水池水位の最低水位（EL.289.0m）に対して約60m低い位置に据え付けられる。

主機室は、5床で構成され、天井部に走行クレーン2台が設置される。

◦第1床（組立床）

主機室の最上階であり、中央部に組立室が設けられ、4台の主機は組立室の両側に2台ずつ配置される。

主機および補機類は、天井クレーンを用いて組立室で組立てられ、所定の位置に据え付けられる。また、この床には各主機毎に発電電動機並列用遮断器、励磁変圧器等が配置される。

◦第2床（発電電動機床）

この階には、発電電動機、揚水サイリスタ始動装置（ＳＦＣ）、始動用遮断器、主回路用変成器・変流器キュービクル、発電電動機保護盤、発電電動機中性点キュービクル、電気制動用断路器、所内電源キュービクルおよび圧縮空気装置などが設置される。

◦第3床（ポンプ水車床）

この階には、ポンプ水車調速制御盤、圧油タンク、補機用制御盤などが設置される。

◦第4床（補機類床）

この階には、入口弁圧油装置、冷却水ストレーナなどの補機類が設置される。冷却水、圧油などの配管の多くがこの階に設けられる。

◦第5床（ポンプ床）

発電所内の最も低い床で冷却水給水ポンプ、所内排水ポンプなどが設置される。

(3) 変圧器室（ドラフトゲート室）の構成

変圧器室は、主機室の放水路側に主機室と並行に設けられ、変圧器4バンクが配置される。

変圧器配置の選定にあたっては、基本的な考え方である発電機と変圧器を接続する導体の節約、ロスの減少、電圧降下の減少等を考慮すると極力発電機に近づけて配置するのが有利である。紅石の発電電動機は35万ｋＶＡと大容量であり、発電機母線電流は約11,000Aと大きい。したがって発電機との接続は、各相をそれぞれ別個のアルミ・シース内に納める相分離母線（ＩＰＢ）を採用することとしており技術的、経済的見地から変圧器は地下発電所に近接して地下に配置することとした。

変圧器室は、中央部で主機室への搬入路と交叉し、一方の端には屋外開閉所への電力ケーブルトンネルが接続される。

主機室と変圧器室の間に発電電動機主回路母線（ＩＰＢ）を敷設するための２条のトンネルが設けられる。

変圧器室の天井部には走行クレーン１台が設置される。

(4) その他

地下発電所（変圧器室）と屋外開閉所間の電力ケーブル用トンネル内に、保守用運搬車（インクライン）が設置される。

9.3.2 屋外設備

(1) 開閉所

開閉所の位置は地上に設置される。

開閉所機器の絶縁型式には、現在まで最も多く採用されている方式でしゃ断器、他各機器が独立した状態で配置され、気中絶縁による気中絶縁型式と母線を含め、開閉機器全体を六フッ化硫黄ガス（SF6ガス）の入った容器に収容して絶縁するガス絶縁型(GIS) がある。

両者の比較を下記に示すが、ガス絶縁型は、気中型に比べ経済性に劣るが、開閉所の寸法を面積で約3分の1に縮小することができるとともに、外部が接地金属で覆われているため、接地・短絡事故から保護され信頼性、安全性が高く、更に大気汚損による影響を受けることなく、保守点検の簡素化を図る事ができ

る。また工場において組立、試験されたものが最小区分に分割輸送されて、現地据え付けられるので据え付け工期が短縮できる等の多くの利点が有り、調査団としては、GIS型を推奨したが、中国側の強い要請によって気中絶縁型を採用する事とした。

ガス絶縁型と気中絶縁型の比較

	ガス絶縁型	気中絶縁型
開閉所寸法　(m)	120(L)×60(W)	205(L)×100(W)
機器価格　(%)	100	70

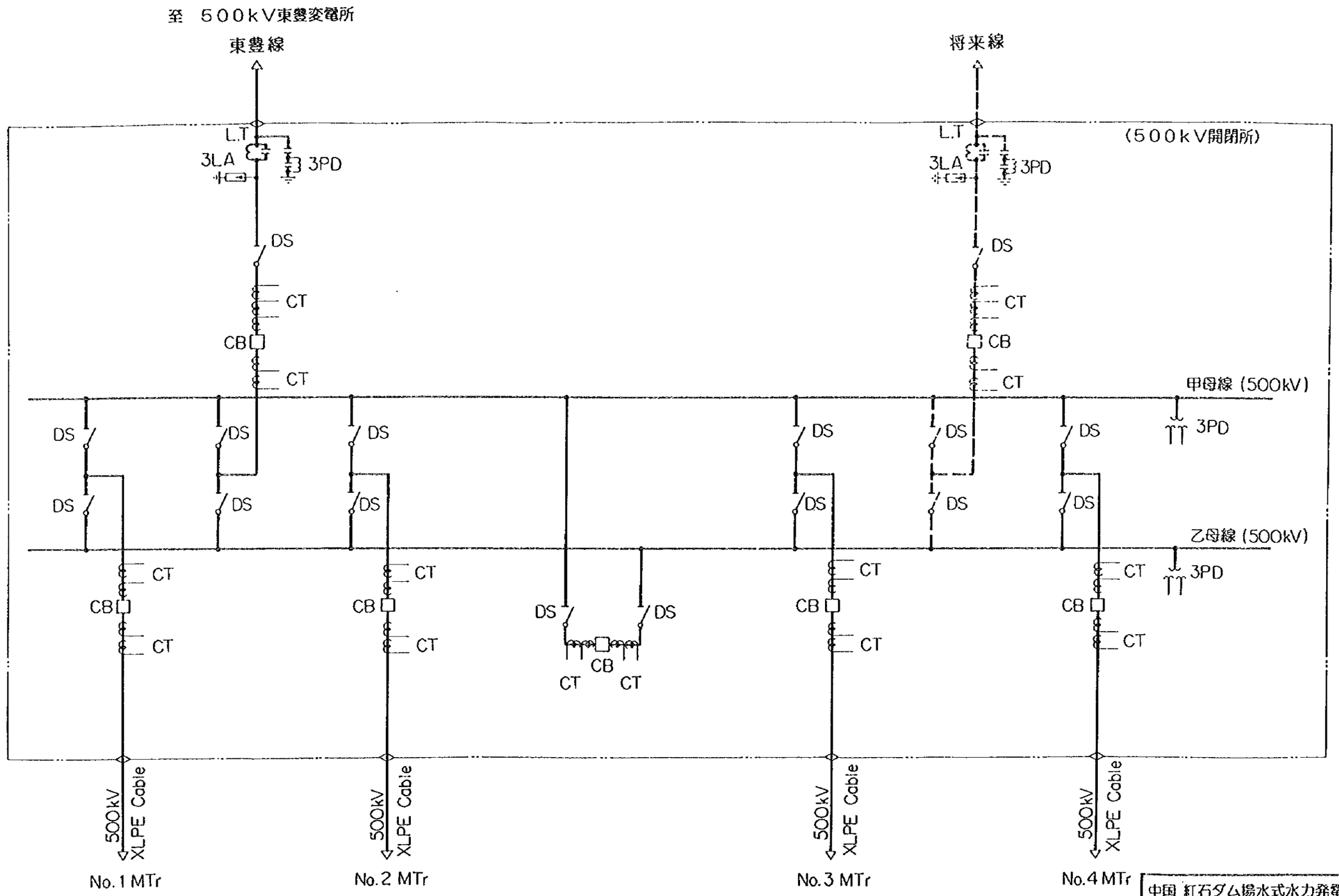
(2) 制御所建物

発電所保守・運転員の労働環境を重視して、運転制御所を屋外開閉所に近接して設ける。

制御所には、電算機、制御装置、送電線・開閉所保護盤等を設置するほか、日常巡視や突発事故への対応に必要な保守員を収容するものとする。

9.3.3 運転制御

紅石揚水発電所は、常時は樺甸市の運転制御所から遠方制御により運転される。しかし、発電所は樺甸市からの遠方制御ができない場合、(2) に記述の運転制御所から一人制御方式により運転できるものとする。更に地下発電所配電盤室からも運転できるものとする。



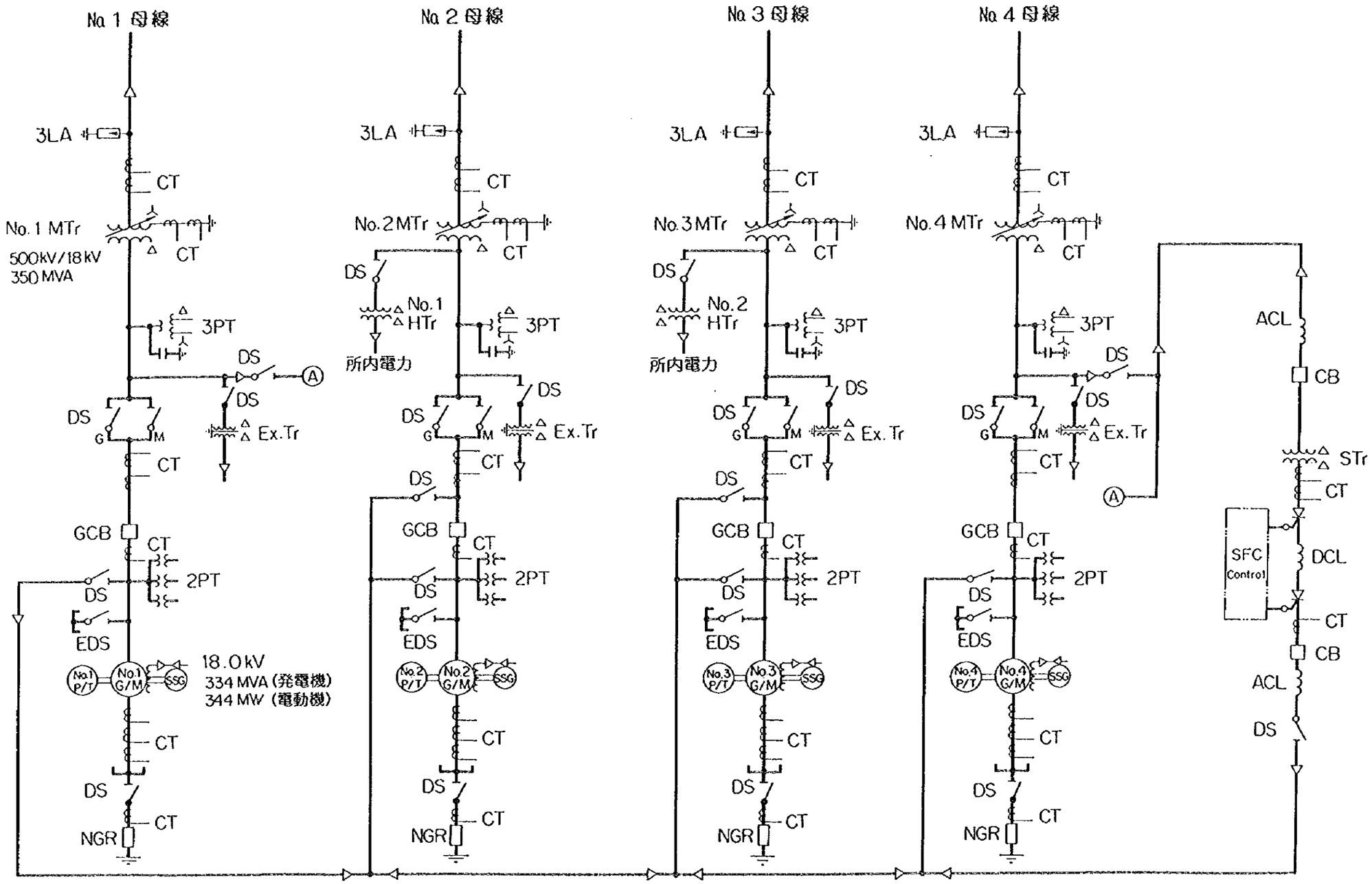
凡 例

CB：遮断器　PD：変成器　LT：濾波器
DS：断路器　CT：変流器　LA：避雷器

中国 紅石ダム揚水式水力発電所計画

図 9.2-14
主回路単線結線図
(その1)

年 月 日



凡 例

GCB：遮断器
DS ：断路器
EDS：電気制動用断路器
PT ：変成器
CT ：変流器
LA ：避雷器

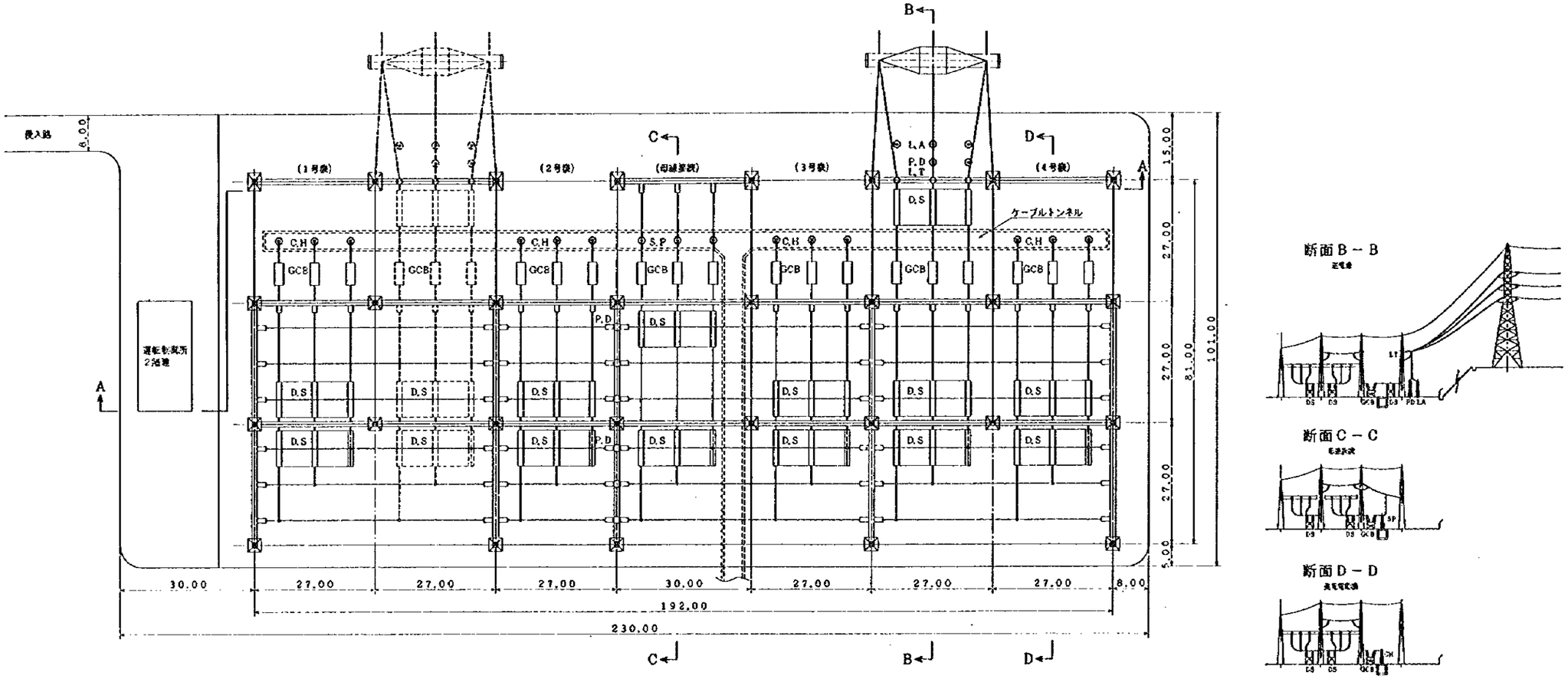
MTr ：主要変圧器
HTr ：所内用変圧器
Ex. Tr：励磁用変圧器
NGR：中性点抵抗器

SFC：始動制御装置
ACL：始動装置交流リアクトル
DCL：始動装置直流リアクトル
STr ：始動用変圧器

中国 紅石ダム揚水式水力発電所計画

図 9.2-15
主回路単線結線図
（その２）

年 月 日



凡例

GCB ： ＳＦ６しゃ断器（計器用変流器付）
D.S ： 断路器
L.A ： 避雷器
P.D ： 計器用変成器
L.T ： 濾波器（ブロッキングコイル）
C.H ： ケーブル接続箱
S.P ： 架線支持碍子柱

断面Ａ－Ａ

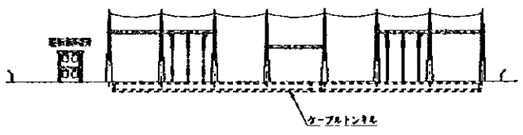
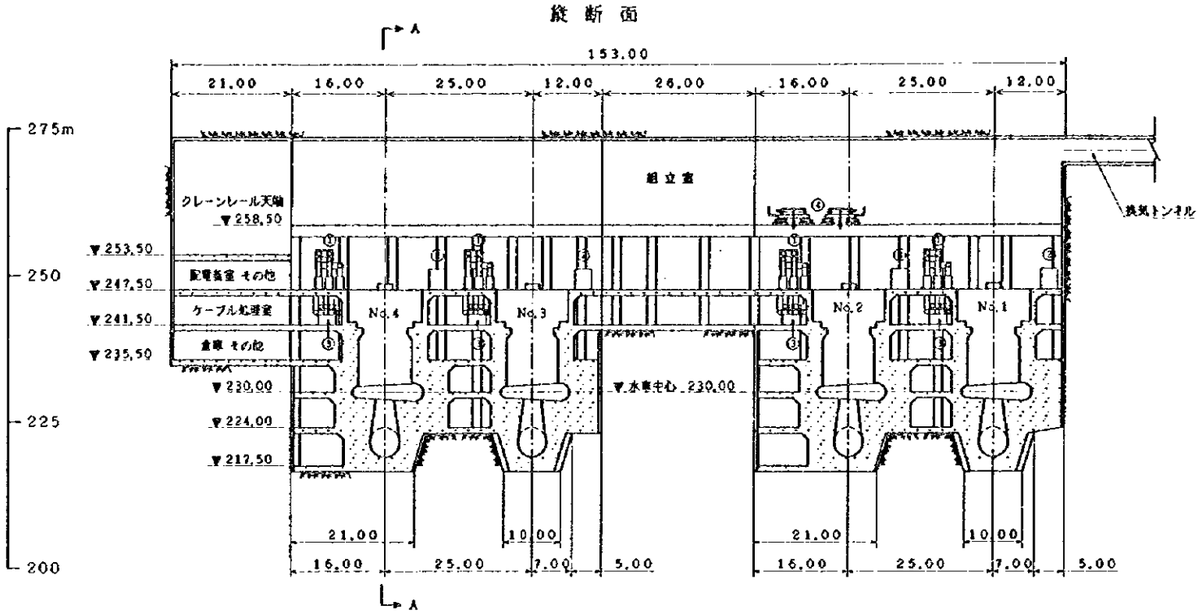


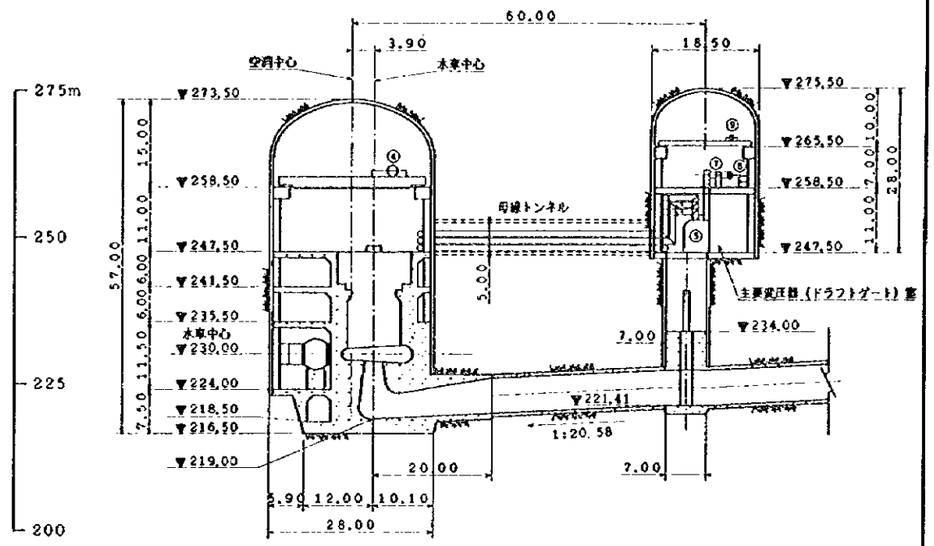
図 9.2-16

中国 紅石ダム揚水式水力発電計画
500kV開閉所 機器配置図
年 月 日

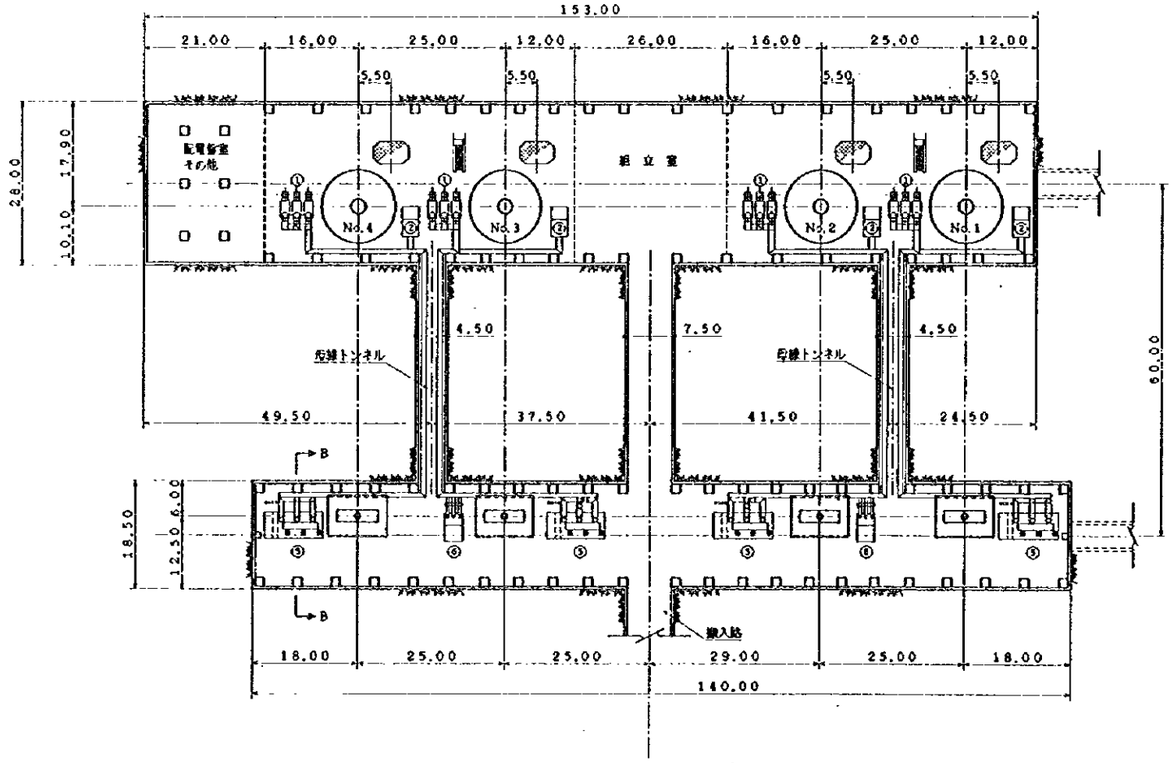
縦断面



A－A断面　B－B断面



平面（EL. 247.50m）



凡例

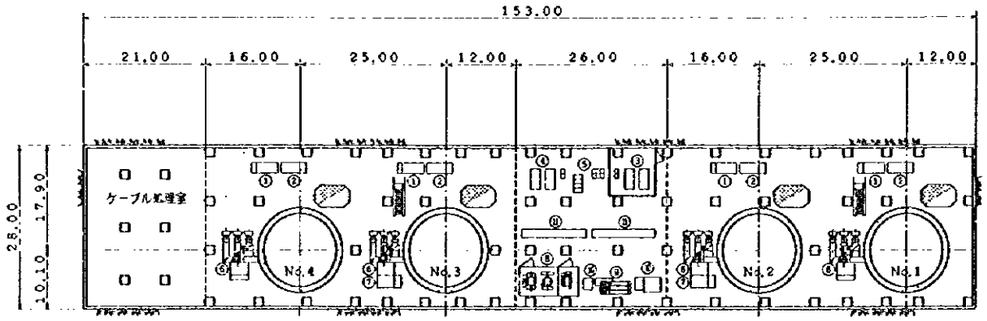
① 発電・電動並列用しゃ断器
② 起動変圧器・起動変圧器用変成器・断路器
③ 発電・電動用断路器
④ 組立天井クレーン
⑤ 主要変圧器
⑥ 所内変圧器・所内変圧器用断路器
⑦ GIS配電盤
⑧ 電力ケーブル
⑨ 変圧器室天井クレーン

0　50m

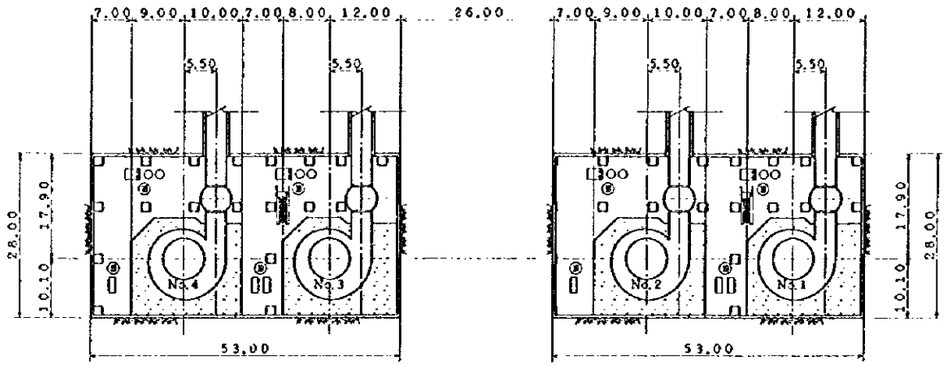
図 9.2-17

中国 紅石ダム揚水式水力発電計画
発電所 機器配置図（1）
年　月　日

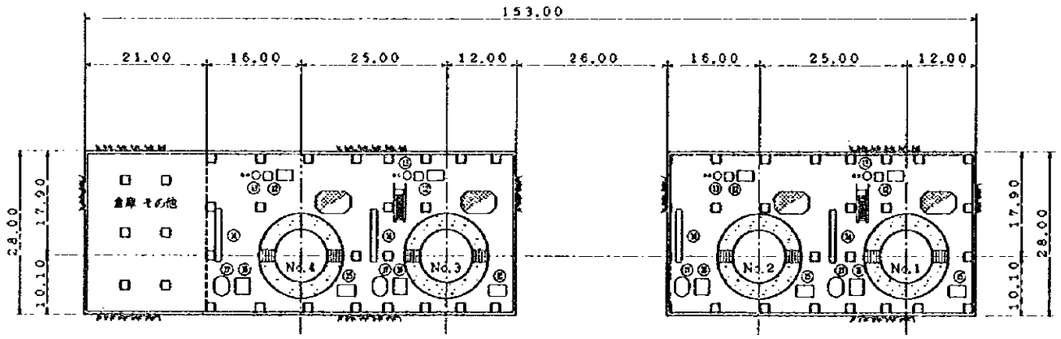
EL. 241. 50



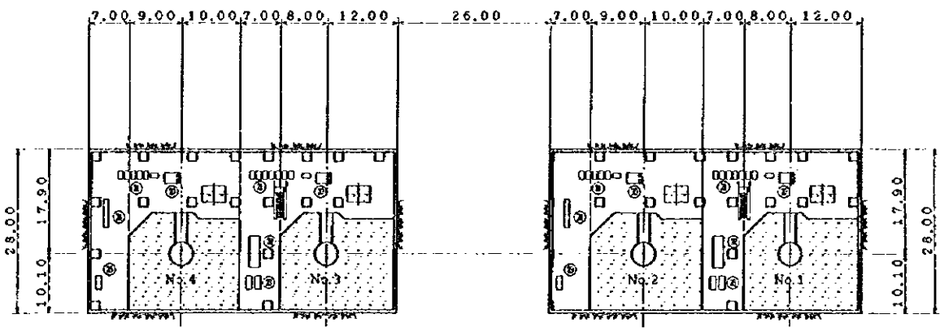
EL. 230. 00



EL. 235. 50



EL. 224. 00



凡例

① 発電々動機保護盤・制御盤
② 動作装置盤
③ 空気圧縮装置・制御盤
④ バッテリー充電装置
⑤ 揚水始動装置制御盤
⑥ 揚水始動用断路器
⑦ 揚水始動用断路器（接地）
⑧ 揚水始動装置（DC／ACリアクトル・始動用変圧器）
⑨ 揚水始動装置（ACリアクトル）
⑩ 揚水始動装置しゃ断器・断路器
⑪ 揚水始動装置インバータ／コンバータ
⑫ ポンプ水車回転機
⑬ 圧油／空気タンク
⑭ 補機制御盤
⑮ 油揚力装置（オイルリフター）
⑯ 熱交換器
⑰ 主圧縮空気タンク
⑱ 入口弁用圧油タンク／調速機用圧油タンク
⑲ 給水ストレーナー
⑳ 入口弁用圧油タンク
㉑ 給水ポンプ（主要変圧器用・始動装置用・補助装置用）
㉒ 水圧鉄管充水ポンプ装置
㉓ 主給水ポンプ装置
㉔ 排水ポンプ装置

0 50m

図 9.2-18

中国 紅石ダム揚水式水力発電計画

発電所 機器配置図（2）

年 月 日

第10章　施工計画および実施工程

第10章　施工計画および実施工程

頁

10.1　施工計画 …… 10－1

10.1.1　計画条件 …… 10－1

10.1.2　施工計画 …… 10－2

10.2　実施工程 …… 10－13

10.2.1　全体工程 …… 10－13

10.2.2　土木工事 …… 10－13

10.2.3　ポンプ水車・発動電動機関係 …… 10－19

10.2.4　送電設備関係 …… 10－19

第10章　添付図表

頁

図 10.1-1 施工計画平面図 ……10－11

表 10.2-1 全体工程（設計除く）……10－20
表 10.2-2 掘削（屋外）作業可能日数 ……10－21
表 10.2-3 盛立（ロック、トランジション）作業可能日数 ……10－21
表 10.2-4 盛立（フィルター）作業可能日数 ……10－22
表 10.2-5 コンクリート打設（屋外）作業可能日数 ……10－22

第10章　施工計画および実施工程

10.1　施工計画

10.1.1　計画条件

(1)　資機材の輸送

白山発電所の建設時に、煙筒山より資機材輸送のため鉄道の専用線が白山発電所まで敷設された。現在も樺甸市より白山発電所の通勤及び一般客用として4両の客車が蒸気機関車により牽引され、一日一往復している。従って、本計画では建設資機材の内、主要材料であるセメントは撫順、吉林、瀝青材は大慶、輸入資機材は大連港からの運搬が想定され、これらの材料の殆どは鉄道輸送に依るものとする。

(2)　施工機械・設備

中国国内で殆どの機械・設備を製作しているが、東北電業管理局との協議により中国製の施工機械・設備は輸入品より価格が高く、かつ国内需要の逼迫により入手困難とのことから、施工機械・設備は輸入製品を前提とした。

(3)　工事用電力

工事用電力は白山発電所より仮設受変電所で供給が可能。

(4)　骨材

トンネルのズリを最優先に使用する。不足の場合は、原石山の材質は骨材に十分適していると判断されており、これを用いる。

(5)　プラントヤード

貯水池周辺に適当な平場が無いことから、湛水池内の森林警察隊の事務所敷地跡に、骨材、コンクリート等のプラントヤードを設ける。また、地下発電所、放水路トンネル、放水口等のコンクリート用のプラントを搬入路トンネル坑口付近の組立ヤードに隣接した平場に設ける。

(6)　年間稼働時間

寒冷地のため、11月から3月迄の冬期の屋外作業は原則として中止し、トンネル、地下発電所掘削等の気象条件の影響を受けにくい作業は通年稼働とする。

(7)　土捨場

堤体基礎、原石山、取水口、調圧水槽からの掘削土／ズリの内、表土は極力仮置し、土捨場造成後、表土で被覆し緑化を図るものとする。これらの土捨場としては

ダムサイト下流の谷地、白山公路鞍部の白山鎮側の谷の上部（1ケ所）が考えられる。放水口、放水路トンネル、地下発電所等のズリについては放水口下流の紅石貯水池右岸側の低地に運搬・捨土する。

(8) 工事用道路

工事用道路として、白山鎮を通る既存の道路を利用する。

(9) 給水設備

白山鎮（水源：白山貯水池）及び紅石貯水池から給水を受ける。

(10) 通信施設

既存の電話線が湛水予定地を通っているが、新たに専用線を新設する。

(11) 建設事務所

中国側で検討する。

10.1.2 施工計画

(1) 概要

(a) 主要工事及び数量

紅石揚水発電計画の概要は、白山鎮の北約1.5kmの地点に上池を新設し、既設の紅石貯水池を下池として基準有効落差 258m、最大使用水量 552m³/sをもって最大出力 120万kWの発電を行うものである。

工程を検討する上で問題となるのは、2条の水路系トンネル、搬入路トンネル、換気トンネル等の付帯トンネル及び発電所、主要変圧器（ドラフトゲート）室、放水路調圧水槽等の地下構造物の施工である。これらの工事量は、トンネルの総延長で約9千m、主要構造物の掘削では、発電所約20万m³、主要変圧器室8万m³でこれらの地下工事を如何に効率良く行うかが重要となる。

一方、屋外における工事は堤体工、鞍部よう壁、取水口、放水口、開閉所等の工事であるが、堤体工が主体となる。ダムは、堤高 78m、堤頂長 502m、堤体積220万m³のコンクリート表面遮水壁型のロックフィルダムで、基礎掘削約30万m³、表面遮水壁コンクリート1万7千m³がその主な工事数量である。

(b) 全体計画

土木の本体工事に先立ち、補償、補償関連工事、工事用道路、準備工を行っておく。骨材及びコンクリートプラントは、森林警察隊の跡地に1ケ所（以下上部

プラントという）、搬入路トンネルの坑口付近の組立ヤードの一部を使用し１ケ所（以下、下部プラントという）、計２ケ所設ける。

堤体工は、基礎掘削完了後、貯水池右岸の原石山よりロック材を運搬、盛立し、上流面の表面遮水壁コンクリートの打設を行う。貯水池左岸の鞍部よう壁は、バックホウ等で掘削後、グラウチングを行い、置換コンクリートを打設する。

トンネルの掘削は、地質状況から判断して坑口等を除きNATMを併用した全断面掘削工法を採用する。導水路、放水路トンネル等水圧のかかる部分は、コンクリート巻立を行うが、搬入路トンネル、換気トンネル等水圧のかからない付帯トンネル及び発電所、主要変圧器室は主としてNATMによるコンクリート吹付とする。また、導水路トンネルは上口を取水口側とし、下口は向陽坡の北斜面より作業坑を入れ両方向から掘削することとした。この作業坑は、掘削完了後、導水路調圧水槽下部の内張管、水圧管路の鉄管の搬入路とし、作業終了後閉塞する。

立坑は取水口、放水口、導水路、放水路の調圧水槽、ドラフトゲート室にあるが、パイロット孔を穿孔後、ズリ出し導坑を掘削、下部のトンネル部にズリを落しながら切拡げ掘削、コンクリート巻立を行う。

(2) 準備工

準備工としては、仮設受変電所、通信設備、給水施設、骨材プラント、コンクリートプラント、河流処理、土捨場の排水工、建設事務所、建設要員宿舎、工事用道路、その他工事に必要な全設備を含む。

(a) 仮設受変電所

仮設受変電所を上部及び下部のプラントヤードに設け、原石山、作業坑を含むトンネル坑口、堤体、取水口、導水路調圧水槽、開閉所、放水口等に受電盤を配置する。

(b) 給水施設

仮設受変電所に同じ。

(c) 骨材及びコンクリートプラント

上部プラントは、主に堤体工、鞍部よう壁、取水口、導水路、水圧管路の工事に必要な骨材、砕石及びコンクリートを供給し、下部は搬入路トンネル、換気トンネル等の付帯トンネル及び発電所、主要変圧器（ドラフトゲート）室、放水路調圧水槽等の地下構造物、放水口等の骨材・コンクリートを供給する。

所要骨材量及びセメント量を概算すると次のような結果となる：

－細骨材：上部／5.5万㎥、下部／7.5万㎥、全体で約13万㎥

－粗骨材：上部／10万㎥、下部／12万㎥、全体で約22万㎥

－セメント：上部／4.0万トン、下部／5.3万トン、全体で約9.3万トン

従って、上部における骨材量は15.5万㎥、下部は19.5万㎥となる。ここで導水路トンネルの掘削量約15.5万㎥の内、上口分として5割とすると7.8万㎥となり、不足分は堤体の岩掘削（約9万㎥）及び取水口の岩掘削（約15万㎥）のズリを一部流用するか、下口のズリを運搬する。下部は、放水路トンネル（16万㎥）、地下発電所（20万㎥）、主要変圧器室及びドラフトゲート室（8万㎥）、搬入路トンネル（8万㎥）等の掘削ズリは十分ある。コンクリートプラントは骨材プラントに隣接して設ける。一日当たりの打設量は、上部、下部それぞれ400㎥程度であることから、1㎥強制練りミキサー付バッチャープラント（能力50㎥/h）を上部、下部に1基づつ設ける。

(d) 河流処理

ダムサイトの集水面積は1.3㎢と小さいので、転流工としての仮排水路トンネルは設けず、上流側に仮締切堤を設け、水中ポンプで下流側へ排水する。

仮締切堤は、貯水池を横断する白山公路の盛土部上流側に最大4m（路面より2m）程度の土のうを積み、これを一次締切とし、堤体基礎直上流に高さ8m（天端幅6m）のフィルタイプの二次締切堤を設ける。この2ケ所で容量は約4万㎥となり、10年確率の洪水量に相当する容量となるが、骨材プラントからの廃水もあり、水中ポンプで堤体直下流に常時排水しておくものとする。

(e) 土捨場

ダム下流部等の土捨場は、予めコルゲート管等土圧に耐える管路を流路に沿って設置し、排水対策を施しておく。

(3) 取付道路

貯水池及び原石山予定地の道路（白山公路）の付替、導水路調圧水槽への取付（管理用）道路、換気（ズリ出し）トンネルから搬入路トンネルまでの道路等はコンクリート舗装とする。

(4) 堤体工(基礎掘削、基礎処理、盛立材料・骨材採取、盛立、コンクリート遮水壁)

(a) 基礎掘削

堤体基礎掘削は、左右岸のアバット部と河床部に分けて施工する。左右岸のアバット部は下流側でEL.500m以上、上流側でEL.520m以上の天端までの部分の基礎掘削で、河流処理と関係なく施工を開始する。

河床部を除き、土砂掘削はブルで掘削押し落とし、トラクターショベルでダンプトラックに積込み、ダム下流部右岸側の土捨場に運搬する。

軟岩についてはリッパ掘削を行いブルで押し落としトラクターショベルでダンプトラックに積込み、運搬、捨土し、ブルで敷き均す。

基礎掘削量約30万m³の内、表土はダム周辺環境整備のため土捨場法面覆土用としてストックし、約1万5千m³の土砂は上流二次締切堤盛立用に、また比較的良質な岩については、盛立及び骨材の原石に流用する。残りは土捨場に運搬、捨土する。

トウスラブ部の掘削は、堤体の基礎掘削と同時に行い、コンクリート表面遮水壁の基礎となる重要箇所のため、風化岩をすべて取り除き、急激な勾配・平面線形変化を少なくするように行う。

(b) 基礎処理

トウスラブよりコンソリデーショングラウチング、カーテングラウチングを行う（トウスラブ打設後）。グラウチングに際しては、上載荷重が小さいため注入圧力に注意する。

(c) 盛立材料・骨材採取

表土及び風化岩はブルで除去し、原石は原則としてベンチカット方式により発破・採取する。原石山の両翼部はプラントヤード及び堤体基礎に近接しているので、原石は両翼から中央に向かって採取する。

- ロック材

  原石山及び堤体基礎掘削の一部を流用

- フィルター材・トランジション材

  原石山及び堤体基礎掘削の一部を流用、フィルタープラントで破砕したものを使用

- リップラップ材

  原石山より全量採取

(d) 盛立

• ロック（トランジション）

ロック材は、それぞれ11 t級のダンプトラックで運搬。盛立リフトは1.0m程度とし、32 t級ブルドーザで撒き出し、転圧は16 t 級振動ローラで転圧する。

• フィルター

フィルターの盛立はロックゾーンとほぼ同一標高を保ちながら水平となるよう撒き出す。撒き出し厚は40cmを標準とする。

• 堤頂工その他

アスコン舗装、パラペット工（鉄筋コンクリート）、その他計測機器等を設置する。

(e) コンクリート表面遮水壁

コンクリート表面遮水壁は、トウスラブ、メインスラブの２つの工種よりなる。

• トウスラブ

トウスラブはメインスラブの先端の堅岩上にアンカーバーで固定しダム盛立前に打設する。コンクリートはポンプ打設で施工。

• メインスラブ

遮水壁の載るフィルター部は法面転圧、降雨等により設計盛立線での仕上げが困難なことが多い。このため、施工に先立ち法面のグリット測量を行い、浸食部を処理する。その後、スリップフォーム走行用レールと側型枠取を法面に設置し、鉄筋搬入・組立てを行い、ダム天端に据えたホッパーにコンクリートを投入、ホッパーに連結した鉄製シュートでスリップフォームに供給する。コンクリートはトラックミキサーで搬入する。

(5) 鞍部よう壁

表土及びルーズな風化岩はブル及びバックホウで除去し、岩掘削は原則としてベンチカット方式により発破・撤去する。グラウチングに際しては、上載荷重を考慮して、コンクリートが数リフト打ち上がってからカーテングラウチングを行う。

(6) 取水口（取水口、取水口ゲート立坑）

(a) 取水口

• 土砂掘削は、ブルで掘削しトラクターショベルでダンプトラックに積込み運搬、捨土し、ブルで敷き均す。軟岩はリッパ掘削を行いブル押しし、トラク

ターショベルでダンプトラックに積込み、運搬、捨土し、ブルで敷き均す。表土はダム周辺環境整備のため、土捨場法面に盛土するため同じ土捨場にまとめ、残りの軟岩等は他の土捨場に運搬、捨土する。

- 取水口トンネル部延長119mは導水路トンネルの一部として掘削する。
- 導水路トンネル、取水口トンネル部の巻立後、取水口構造物、擁壁等を施工する。

(b) 取水口ゲート立坑

- 立坑掘削工事は施工性を考慮し、パイロット孔／ズリ出し孔（シュート孔）を先に穿孔し、これを利用して残りの断面を上部から人力にて施工する。
- 立坑上部の明り部分掘削後、パイロットホール（径250mm）を上部から穿孔、トンネル部に到達後、逆にリーミングホール（標準1,500mm）を地上に向かって施工し、これをずり出し孔（シュート孔）として残りの断面を上部から人力にて掘削・巻立を行う。
- 立坑部の巻立ては、連続してコンクリートを打設するスライディング工法により行う。この工法では鉄筋工事を型枠のスライド上昇に従って敏速に施工する。

(7) 導水路トンネル部（導水路トンネル、導水路調圧水槽）

(a) 導水路トンネル

- トンネルの諸元は、掘削径8.8m、断面積65m²、延長；1,067.35m、2号1,011.94mであるが、実際には取水口のトンネル部119m、調圧水槽下部のトンネル部40m、水圧管路上部の水平部50mも含めて施工する。従って、1号 1,276m、2号 1,221mの施工延長となる。
- 上流側（上口）には作業坑は設けず、取水口トンネル部坑口を上口のズリ出しに使用する。
- 取水口側より片押しで掘削した場合、ズリ出しの効率が悪くなり、工程に影響することから作業坑は、調圧水槽側（下口）に向陽坡地点より1本設ける。この作業坑は、水圧管路の掘削完了後、水圧鉄管の搬入にも使用する。作業坑の勾配は10%程度とし、車両による導水路トンネル下口、導水路調圧水槽のズリ搬出及び鉄管の搬入も考慮する。
- 掘削方式は地質が良好であること、延長が1,000m以上あることから、NATMに

よる全断面発破工法を標準工法とする。

- 下口側の土捨て場として、作業坑脇の谷地を使用し、土捨て完了後、敷き均して水圧鉄管の組立ヤードとする。
- 巻立完了後、モルタル注入を行う。
- 冬期における巻立用コンクリートは、寒中コンクリートとなるため、打設温度が所要の温度以下にならないよう、製造、運搬する。
- 作業坑は、所要の閉塞長をもって詰込コンクリートにより閉塞し、グラウチングを施工する。

(b) 導水路調圧水槽

- 調圧水槽は、直径16m（内径14m、巻厚1m）、掘削深度113.2mの円筒形立坑である。
- 掘削は、取水口ゲート立坑と同様、上部よりパイロットボーリングを行い導水路トンネルに達した所でリーミングアップし、ずり出し孔（シュート孔）を穿孔、これを利用して残りの断面を上部から人力にて施工する。
- 立坑部の詰込コンクリートは、吊足場（スカフォールド）により施工する。
- その他の施工法は取水口ゲート立坑に準ずる。

(8) 水圧管路

- 斜坑掘削は、初めに導坑を下から貫通し、これをズリ落とし坑として、上部から規定断面に切拡げる工法とする。
- 導坑掘削には、アリマッククライマ等を使用する。
- 切拡げ掘削はロータリー・ドリルジャンボ等の掘削機を使用し、そのレールは水圧鉄管据付用台車と共用する。
- 詰込みコンクリートの打設方法は、斜坑上部に設置したホッパーにパイプシュートを接続、トラックミキサーで運搬してきたコンクリートをこれより打設位置まで落下させる方法を採用。
- 水圧鉄管は、作業坑坑口付近に設けた現場仮工場において単位管を製作し台車に積み斜坑取付部まで運搬、斜坑内はインクラインで吊り下げる。

(9) 地下発電所、主要変圧器（ドラフトゲート）室

(a) 地下発電所

- 換気（ズリ出し）トンネルを発電所アーチ部に取り付ける。

- アーチ部は頂設導坑掘削後、切拡げ、以後順次、本体盤下げ、本体側壁の掘削を行う。
- ある程度盤下げが進んだ段階で、岩盤の肌落、割目の発達などの防止、安全施工を目途としコンクリート吹付けを行う。
- 必要に応じPSアンカー、ロックボルトで岩盤を補強する。
- 掘削は全断面タイヤ工法とする
- ズリ出しは、盤下げ掘削の状況により上部は換気（ズリ出し）トンネル、中部は搬入路トンネル、下部は放水路トンネルにより行う。

(b) 主要変圧器（ドラフトゲート）室

- 掘削方法は地下発電所とほぼ同様とする。
- ドラフトゲート室は、主要変圧器室の掘削完了後、床板よりにパイロットボーリングを行い、放水路トンネルに達した所でリーミングアップし、ズリ出し孔（シュート孔）を穿孔、これを利用して残りの断面を上部から人力にて施工する。

(10) 放水路トンネル、放水口等（放水路調圧水槽、放水路トンネル、放水口立坑、放水口）

(a) 放水路調圧水槽

- 放水路調圧水槽はライザー部約60m、上部水室部21m、全高約81mとなっている。掘削断面積は上部水室で約360㎡、ライザー部で約113㎡である。
- 導坑を下部から上部水室アーチ部クラウンまで切上がり掘削し、それをズリ抜き坑として上部水室アーチ部から順次切拡げ掘削を行う。
- 導坑断面は全断面の中央部を切上がり、換気（ズリ出し）トンネルより分岐したエアーダクトに上部水室アーチ部クラウンで接合する。

(b) 放水路トンネル

- トンネルの諸元は、掘削径 9.8m、延長；1号 994.63m、2号 1,017.38m断面積81㎡であるが、実際には調圧水槽下部のトンネル部40m、放水口のトンネル部61.5mも含めて施工する。従って、1号 1,096m、2号 1,119mの施工延長となる。
- 放水路トンネル坑口の標高が紅石貯水池の水位より低いこと、またトンネル延長が長く放水口と切り離して作業を進める必要があるため、坑口側に作業

坑を設け片押しにて施工する。

• 掘削方法等については、導水路トンネルと同様とする。

(c) 放水口立坑

• 放水口立坑は高さ約26m、掘削断面積約81㎡である。

• 掘削方法、コンクリート巻立等は取水口ゲート立坑と同様とする。

(d) 放水口

• 放水口は前面に仮締切を行い、放水口立坑完了後、施工する。仮締切には鋼管矢板、水中コンクリート等を使用し、止水に留意する。

• 鉄道との交差部は覆いを十分取ってあるが、岩盤を緩めないよう掘削する。

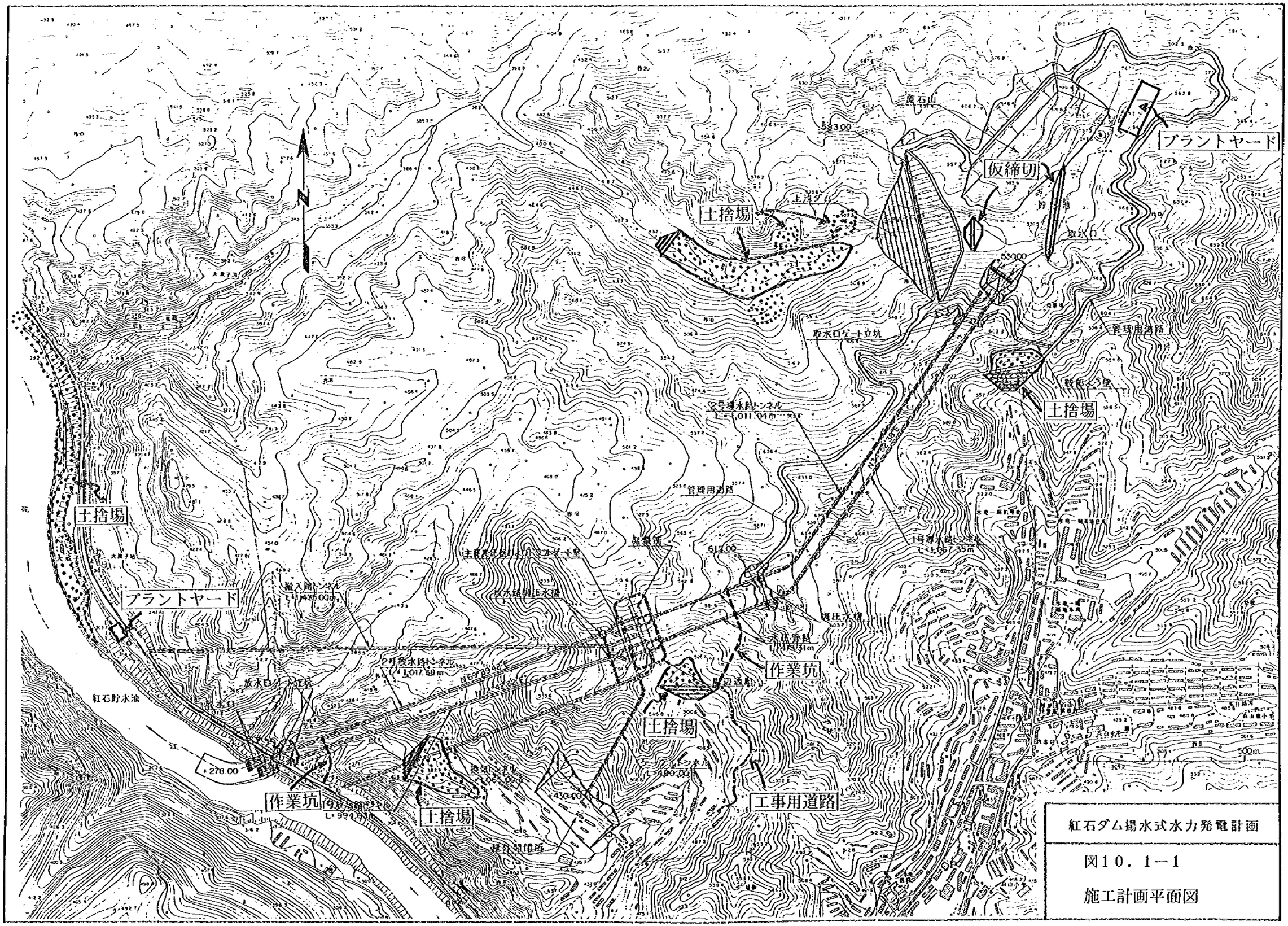
(11) その他のトンネル（ケーブルトンネル、搬入路トンネル、換気／ズリ搬出トンネル、周辺通廊）

その他のトンネルの延長は、ケーブルトンネル460m、搬入路トンネル1,435m、換気／ズリ搬出トンネル1,065m、周辺通廊約600mである。これらのトンネルについても、前述のように坑口等を除きNATMを併用した全断面掘削工法を採用する。また、ケーブルトンネルの勾配は10%程度で、他のトンネルよりも急勾配であることから、インクラインを設置する。

(12) 開閉所

開閉所は、取水口と同様の施工計画とする。また、土捨て場は開閉所の北西部約0.5kmの住宅地を外れた位置にある谷地を利用する。

土捨場、プラントヤード、作業坑仮締切等の位置を取りまとめ、施工計画平面図として図10.1-1に示す。



紅石ダム揚水式水力発電計画

図10．1－1

施工計画平面図

10.2 実施工程

10.2.1 全体工程

1999年、2000年の２年間を実施設計の期間とし、2001年は補償、付替工事（道路、送電線、電話線等）、工事（管理）用道路、各種プラント、建設事務所、作業員宿舎その他本体工事の準備工を行う。土木本体工事は2002年から2005年までの４年間、水車発電機の据付は2003年から2006年、送電線は2003年から2004年の２年間となる。運転開始は１－３号機が2005年に４号機は2006年となる。表10.2-1に設計を除く全体工程を示す。

10.2.2 土木工事

(1) 基本条件

(a) 施工可能日数：白山の気象資料から降雨あるいは気温による不稼働日数を拾い出し、祝祭日、日曜日、定期点検日等を考慮して求める。

(b) 気象資料：１９８６年～１９９４年の日平均気温と降水量を用いる。

(c) 不稼働日：次の条件を考慮して定める

－気温及び降雨制限：次表の基準値を超えた日の半日を休工日とする。

工　　種	降雨	気温	最高気温	最低気温	摘要
掘削	30mm以上	-5℃以下			
ロック盛立	20mm以上	-5℃以下			
トランジション	20mm以上	-5℃以下			
フィルター	2mm以上	2℃以下			
コンクリート	20mm以上		25℃以上	4℃以下	打設

－月間定期整備日：定期整備は祝祭日及び日曜日以外に行うものとする。なお、降雨制限、気温及びコンクリート打込温度制限による休工日とは重複しない。

－休祭日：休祭日（元旦1/1, 春節-3日間, メーデー5/1, 国慶節10/1, 2、計7日）及び日曜日は休工日とする。

－振替休日：休工日としてカウントしない。

－重複日数の考え方：休祭日、国慶節、春節等の休工日と降雨等による休工日が重複する場合、休祭日、国慶節、春節等の休工日を優先する。

(d) 工種別施工可能日数、作業時間

上記の条件に基づき、主要工事の施工可能日数を検討し、その結果を次に示す。

－掘削作業可能日数（表 10.2-2 参照）

屋外＝２１４．５日／年

作業期間：3月～１１月（9ケ月）

－盛立作業可能日数（表 10.2-3､4 参照）

ロック、トランジション＝２１２．５日／年、フィルター＝１６６日／年

作業期間（ロック、トランジション）：3月～１１月（9ケ月）

（フィルター）：4月～１０月（7ケ月）

－コンクリート打込作業可能日数（表 10.2-5 参照）

屋外＝１４２．５日／年

作業期間：4／１６～１０／１５（6ケ月間）

－トンネル／地下発電所等作業可能日数

取水口、放水口、これらのゲート立坑および導水路調圧水槽を除くトンネル、地下発電所等の作業は気象条件の影響がすくないため、工事は通年行うものとし、月平均作業日数は２５日とする。

－作業時間

工種別に作業時間を検討し、工事量の少ないもの、夜間作業では危険が伴うものについては、8時間作業とした。ここでは、基礎掘削の内、左右岸のアバット部の掘削、堤体工盛立のフィルター材、鞍部処理工の掘削をこれに該当するものとした。

(2) 実施工程

上記の施工計画条件に基づき、2005年の運転開始を目標に実施工程を検討したが、本体工事は2002年から、工事用道路等準備工、取付道路等は工程上2001年から着工しておく必要がある。また、補償及び補償工事については、湛水池や構造物予定地の家屋移転等の補償、送電線、電話線等の付替に関連した工事であるから、2001年に完了する。

(a) 本体工事

① 堤体工

堤体工は、2002年に基礎掘削、2003年に基礎処理及び盛立を、2004年にコンクリート表面遮水壁、法面保護工及び天端工等を実施する計画とする。

工程を検討する上で、主要工種の日又は月平均作業量は次に示す値とした。

- アバット部掘削：3.5万㎥／月
- 河床部掘削：4.5万㎥／月
- コンソリ：3,000m／月
- カーテン：2,500m／月
- 盛立：35万㎥／月
- 表面遮水壁コンクリート：175㎥／日

② 取水口（取水口、取水口ゲート立坑）

取水口は、導水路トンネルの上口の作業坑として使用し、同トンネル完了後、取水口トンネル区間の巻立、取水口本体コンクリート、擁壁コンクリートを施工する。取水口基礎、トンネル区間及びゲート立坑の掘削を2002年に完成させ、2003年にはトンネル区間の巻立、取水口本体コンクリート、擁壁コンクリートを打設する。

工程を検討する上で、主要工種の日平均作業量は次に示す値とした。

- 本体土石掘削：2,260㎥
- 本体岩掘削：3,500㎥
- 本体コンクリート：175㎥
- 導坑掘削：3.5m（立坑H=63mに対し）
- 立坑掘削：5m（同上）
- 巻立コンクリート：4m（同上）
- コンソリ：1,500m／月

③ 導水路トンネル（導水路トンネル、導水路調圧水槽）

<u>導水路トンネル</u>

2002年の早い時点で上口、下口の作業坑の掘削を開始し、本坑掘削完了後、巻立、モルタル注入、グラウト工（コンソリ）を行い、2003年に完了する。

工程を検討する上で、主要工種の平均日作業量は次に示す値とした。

- 作業坑掘削：4m
- トンネル掘削：5m
- 巻立コンクリート：5m
- コンソリ：1,500m／月

導水路調圧水槽

2001年に取付道路を完了させておき、翌2002年水槽上部及び立坑の掘削、巻立を実施、水槽下部の内張管については導水路トンネルとの関係から2003年に施工する。

工程を検討する上で、主要工種の平均日作業量は次に示す値とした。

- 土石掘削：2,260㎥
- 岩掘削：3,500㎥
- 導坑掘削：3.5m（立坑H=113mに対し）
- 立坑掘削：4m（同上）
- 巻立コンクリート：4m（同上）
- 詰込コンクリート：50㎥

④ 水圧管路

上部（導水路側）の水平部は前述の様に導水路トンネルと同時に施工する。また、下部（発電所側）の水平部は分岐により２条に分かれ管径が漸縮して発電所に入るが、この部分が工程上クリテイカルとなるため、放水路トンネル掘削完了後、発電所の掘削と並行して施工する。下部の水平部の掘削に続き、斜坑部の掘削を行う。

水圧鉄管は、最初に分岐管を据付ける。この分岐管の溶接が終了し、詰込みコンクリートの打設が終了して始めて斜坑部分の鉄管は上方へ、また下部トンネル部分の鉄管は発電所側へと順次据付ける。詰込みコンクリートの打設は、水圧鉄管の据付けに合わせ下方より順次行う。

以上を検討し、上部・下部の水平部及び斜坑の掘削、斜坑切拡げの一部は2003年に、斜坑切拡げ、鉄管据付、詰込コンクリートは2004年に完了する工程とした。

工程を検討する上で、主要工種の平均日作業量は次に示す値とした。

- 斜坑部導坑掘削：4m
- 斜坑切拡げ掘削：2.5m
- 鉄管据付：2m
- 詰込コンクリート：2m

⑤ 地下発電所、主要変圧器（ドラフトゲート）室

地下発電所

換気（ズリ出し）トンネルの掘削が2002年末に完了するため、発電所掘削は2003年より開始する。アーチ部の頂設導坑及びその切拡げ、本体盤下げ、本体側壁の掘削を2004年中頃にかけて実施する。

これとほぼ並行して、岩盤の肌落、割目の発達などの防止、安全施工のためコンクリート吹付けを行い、必要に応じPSアンカー、ロックボルトで岩盤を補強する。

また、構造用コンクリート、所内の内装工事は2004年後半から2005年前半にかけて行う工程とした。

工程を検討する上で、主要工種の平均日作業量は次に示す値とした。

- アーチ部掘削：300㎥
- 本体掘削：500㎥
- 構造用コンクリート：200㎥

主要変圧器室（ドラフトゲート）室

ケーブルトンネルの掘削が2002年中頃に完了することから、主要変圧器室のアーチ部掘削を開始する。主要変圧器室は地下発電所と同様の施工手順であるが、ドラフトゲート室もこれに引き続き作業を行う。2003年には主要変圧器室、ドラフトゲート室、母線トンネル及びドラフトトンネルの一部を、2004年中頃までには残りのドラフトトンネル及びゲート据付を完了する。

工程を検討する上で、主要工種の平均日作業量は次に示す値とした。

- アーチ部掘削：150㎥
- 本体掘削：500㎥
- 構造用コンクリート：200㎥

⑥ 放水路トンネル（放水路調圧水槽、放水路トンネル）

放水路調圧水槽

調圧水槽は、換気（ズリ出し）トンネルの掘削が2002年末に完了するため、2003年早々、連絡用の換気トンネルから着手し、上部水室、ライザー部（立坑H=57m）、内張管等をほぼ一年で完了する工程とした。

工程を検討する上で、主要工種の平均日作業量は次に示す値とした。

- 上部水室掘削：150㎥
- 導坑掘削：2m（立坑H=57mに対し）
- 立坑掘削：2.5m（同上）

放水路トンネル

放水路トンネルの延長は約1,100m（一条分のみ）で片押しで施工せざるを得ないため、2002年早々作業坑に着手、約１２ケ月で掘削を終え、2003年には巻立コンクリート及びモルタル注入の一部を、2004年にはグラウト工を施工する。

主要工種の平均日作業量は、導水路トンネルと同様の値とした。

⑦ 放水口（放水口立坑、放水口）

放水口立坑（高さ約26m）

放水口立坑は下部の放水路トンネル部分の掘削が終了した時点で着手し、2002年後半に立坑掘削、巻立を完了しておく。2003年に放水路トンネル掘削が完了するので、放水口工事のため2004年早々ゲートの据付を行う。

工程を検討する上で、主要工種の平均日作業量は次に示す値とした。

- 導坑掘削：2m（立坑H=26mに対し）
- 立坑掘削：2m（同上）
- 巻立コンクリート：2m（同上）

放水口

放水口立坑下部のトンネル部及びゲート据付完了後、2004年に放水口基礎掘削、本体コンクリート、擁壁コンクリート、河床掘削等を全て完了させる。

工程を検討する上で、主要工種の平均日作業量は次に示す値とした。

- 岩掘削：3,500㎥
- 河床掘削：1,000㎥
- 本体コンクリート：175㎥

・コンソリ：1,000m／月

⑧ 開閉所

掘削量が比較的多いため、2002年より着工し、2003年には法面の種子吹付を終え、機器基礎工事を開始し、2005年に機器据付を終了する。

工程を検討する上で、主要工種の日平均作業量は次に示す値とした。

・土石掘削：2,260㎥

・岩掘削：3,500㎥

・擁壁コンクリート：175㎥

10.2.3 ポンプ水車・発電電動機関係

土木工事用の仮設クレーンを使用して2003年10月より吸出管の据え付けを行う。その後、電気機器据え付け用の天井クレーンを用いて、2004年２月よりポンプ水車・発電電動機の組立・据え付けを行う。

据え付け完了後、上池を湛水して、有水試験を行い2005年７月に初号機を運転開始し2006年４月に全台運転開始する。

10.2.4 送電設備関係

送電設備は、発電機の試験に先立ち使用可能な状態にする必要がある。即ち、発電機の初号機が2005年の４月に無水試験を開始するが、遅くともこれまでに送電設備の試験を終え完成させなければならない。

一方、送電線ルート調査、設計及び準備工事等に相当の時日を要することから、建設本工事の開始時期はある程度制約を受けるものと思われる。また、冬季の気象条件も考慮する必要があり、このため送電線本工事期間を2003年２月の雪解け時期に開始し、およそ２年後の2004年12月に竣工試験を終了するものとして計画した。なお、本工事は線路長が155km にも及び、しかも長白山脈の中を通るルートであり、これを短期間に完成させるために工事区間を相当数に分割し、同時並行的に作業を進めることを前提に計画した。

表10.2-1　全体工程（設計除く）

工　種	数量	単位
I．放水路		
1．ダム湖岸～調圧水槽	4,250	m
2．搬入路～換気トンネル坑口	700	m
3．周辺緑化工	1	式
II．本体(仮設工等含む)，電機，送電線等		
1．掘削工		
a．掘削(土砂、岩)	301,900	m³
b．仮締切	1	式
c．型枠	2,189,100	m²
d．遮水壁コンクリート	16,630	m³
e．トラフラデコンクリート	2,330	m³
f．グラウト工(セメント、コンソリ)	16,080	m
g．法面保護工(種子吹付)	3,000	m²
h．天端工その他	1	式
2．機部よう壁	1	式
3．取水口		
a．本体	1	式
b．トンネル区間	119	m
c．取水口ゲート立坑	63	m
d．法面保護工	1	式
4．導水路トンネル		
a．上口	550	m
b．下口	614	m
c．モルタル注入	2,080	m³
d．コンソリ	12,460	m
5．導水路調圧水槽(立坑)	113	m
6．水圧管路	475	m
7．放水路調圧水槽		
a．本体(上部水槽、立坑)	1	式
b．換気トンネル	1	式
8．放水路トンネル(調圧水槽下部含む)		
9．放水口		
a．本体	1	式
b．放水口ゲート立坑	26	m
c．法面保護工(種子吹付)	9,600	m²
10．地下発電所		
a．掘削	201,900	m³
b．コンクリート、アンカー、ロックボルト	1	式
c．機器据付		
-水車吸出管	1	式
-ポンプ水車	1	式
-発電電動機	1	式
d．試験	1	式
e．運転開始	1	式
11．主要変圧器室/ドラフトゲート室		
a．掘削	80,900	m³
b．コンクリート、ロックボルト等	1	式
c．ドラフトトンネル	1	式
d．母線トンネル	74	m
12．搬入トンネル	1,435	m
13．換気(ズリ搬出)トンネル	1,065	m
14．ケーブルトンネル	490	m
15．周辺道路	1	式
16．開閉所		
a．本体	1	式
b．法面保護工	1	式
c．機器据付	1	式
17．送電電線設	1	式

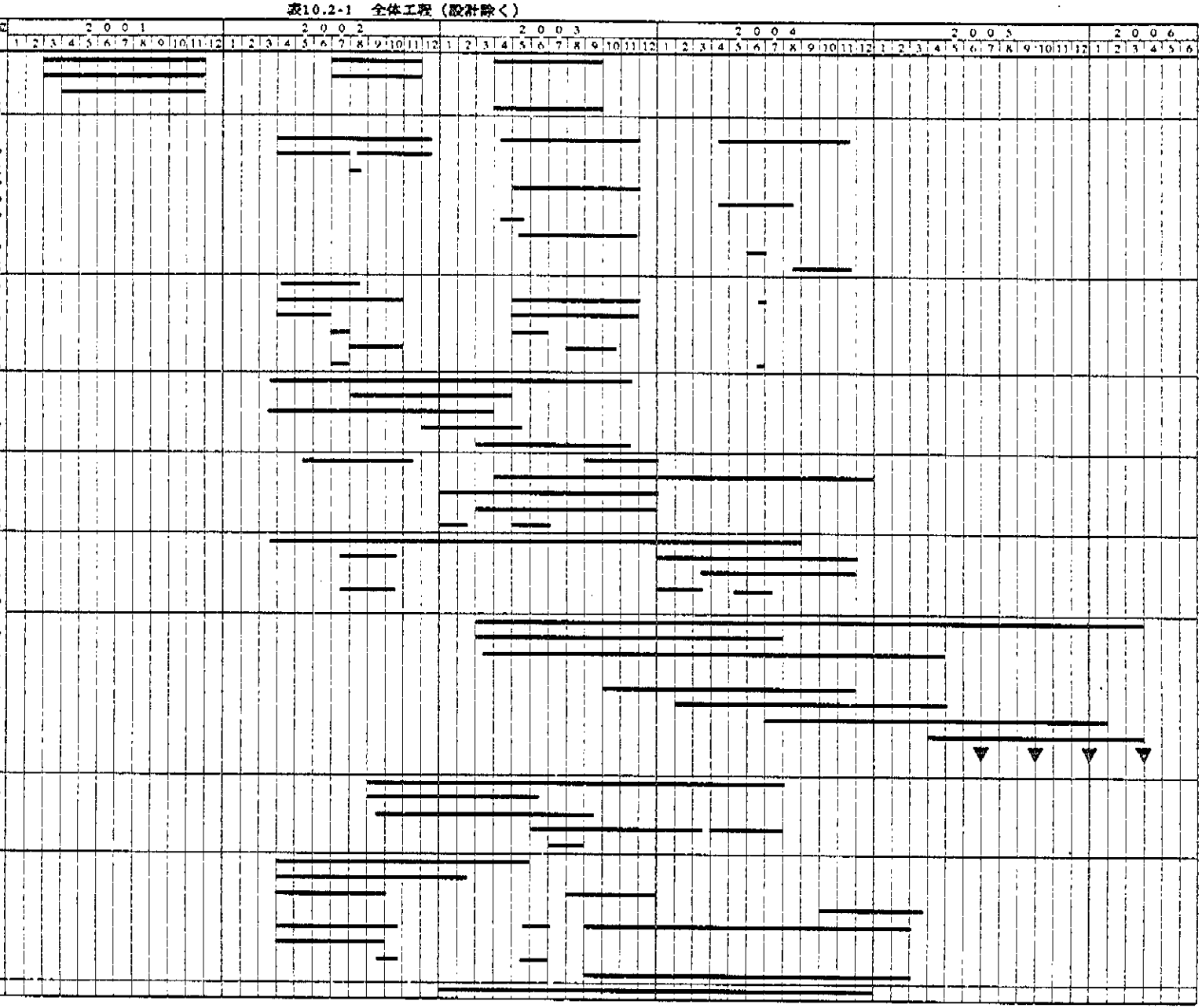


表10.2-2　掘削（屋外）作業可能日数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	摘要
1986	-	-	22.5	25.0	24.5	23.0	25.5	24.0	25.0	24.0	20.5	-	214.0	作業期間：3月～11月
1987	-	-	20.0	24.5	24.0	24.5	25.5	23.0	25.0	24.0	20.0	-	210.5	
1988	-	-	20.5	25.0	25.0	25.0	25.0	26.0	25.0	24.0	18.5	-	214.0	降雨制限：30mm
1989	-	-	23.5	24.0	25.0	24.5	24.0	25.5	24.5	24.0	21.5	-	216.5	気温制限：-5℃
1990	-	-	25.5	24.0	25.0	25.0	24.5	25.5	23.5	24.0	23.0	-	220.0	
1991	-	-	19.0	25.0	25.0	23.5	25.0	25.5	24.0	24.0	22.0	-	213.0	
1992	-	-	22.0	25.0	24.0	25.0	25.0	25.0	24.5	24.0	19.0	-	213.5	
1993	-	-	24.5	25.0	24.0	25.0	-	-	25.0	23.0	20.5	-	167.0	
1994	-	-	20.5	25.0	25.0	24.0	23.5	-	-	-	-	-	118.0	
合計	-	-	198.0	222.5	221.5	219.5	198.0	174.5	196.5	191.0	165.0	-	-	
平均	-	-	22.0	24.7	24.6	24.4	24.8	24.9	24.6	23.9	20.6	-	214.5	
可能日	-	-	22.0	24.5	24.5	24.5	25.0	25.0	24.5	24.0	20.5	-	214.5	

表10.2-3　盛立（ロック、トランジション）作業可能日数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	摘要
1986	-	-	22.5	25.0	24.0	23.0	25.0	23.0	24.5	24.0	20.5	-	211.5	作業期間：3月～11月
1987	-	-	20.0	24.5	23.5	24.5	25.0	23.0	25.0	24.0	20.0	-	209.5	
1988	-	-	20.5	25.0	25.0	24.5	24.0	25.0	24.5	24.0	18.5	-	211.0	降雨制限：20mm
1989	-	-	23.5	24.0	25.0	24.5	23.0	25.0	24.5	24.0	21.5	-	215.0	気温制限：-5℃
1990	-	-	25.5	24.0	25.0	25.0	23.5	25.5	23.5	24.0	23.0	-	219.0	
1991	-	-	19.0	25.0	25.0	23.0	24.0	25.5	24.0	24.0	22.0	-	211.5	
1992	-	-	22.0	25.0	23.5	24.5	25.0	25.0	24.0	24.0	19.0	-	212.0	
1993	-	-	24.5	25.0	24.0	25.0	-	-	25.0	23.0	20.5	-	167.0	
1994	-	-	20.5	25.0	24.5	23.5	22.5	-	-	-	-	-	116.0	
合計	-	-	198.0	222.5	219.5	217.5	192.0	172.0	195.0	191.0	165.0	-	-	
平均	-	-	22.0	24.7	24.4	24.2	24.0	24.6	24.4	23.9	20.6	-	212.8	
可能日	-	-	22.0	24.5	24.5	24.0	24.0	24.5	24.5	24.0	20.5	-	212.5	

表10.2-4　盛立（フィルター）作業可能日数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	摘要
1986	-	-	-	22.0	24.0	23.0	25.0	23.0	24.5	19.5	-	-	161.0	作業期間：４月～１０月
1987	-	-	-	20.5	23.5	24.5	25.0	23.0	24.5	21.0	-	-	162.0	
1988	-	-	-	19.5	25.0	24.5	24.0	25.0	24.5	22.5	-	-	165.0	降雨制限：２０mm
1989	-	-	-	23.0	25.0	24.5	23.0	25.0	24.5	23.0	-	-	168.0	気温制限：２℃
1990	-	-	-	22.5	25.0	25.0	23.5	25.5	23.5	22.5	-	-	167.5	
1991	-	-	-	24.5	25.0	23.0	24.0	25.5	24.0	24.0	-	-	170.0	
1992	-	-	-	24.5	23.5	24.5	25.0	25.0	24.0	23.0	-	-	169.5	
1993	-	-	-	21.5	24.0	25.0	-	-	25.0	21.0	-	-	116.5	
1994	-	-	-	24.5	24.5	23.5	22.5	-	-	-	-	-	95.0	
合計	-	-	-	202.5	219.5	217.5	192.0	172.0	194.5	176.5	-	-	-	
平均	-	-	-	22.5	24.4	24.2	24.0	24.6	24.3	22.1	-	-	166.1	
可能日	-	-	-	22.5	24.5	24.0	24.0	24.5	24.5	22.0	-	-	166.0	

表10.2-5　コンクリート打設（屋外）作業可能日数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	摘要
1986	-	-	-	11.0	23.5	23.0	25.0	23.0	24.5	10.0	-	-	140.0	作業期間：４月１６日
1987	-	-	-	11.0	23.5	24.5	25.0	23.0	25.0	10.5	-	-	142.5	～10月15日
1988	-	-	-	10.0	24.5	25.5	23.5	22.0	24.5	11.5	-	-	141.5	降雨制限：２０mm
1989	-	-	-	11.5	25.0	24.5	23.0	24.0	24.5	10.0	-	-	142.5	気温制限：冬期／４℃
1990	-	-	-	12.0	25.0	25.0	23.5	25.0	23.5	09.5	-	-	143.5	以下、夏期／２５℃以上
1991	-	-	-	11.0	25.0	23.0	24.0	25.0	24.0	09.5	-	-	141.5	
1992	-	-	-	11.5	23.5	24.5	24.5	25.0	24.0	10.5	-	-	143.5	
1993	-	-	-	12.0	24.0	25.0	-	-	25.0	10.5	-	-	96.5	
1994	-	-	-	12.5	24.5	23.5	19.0	-	-	-	-	-	79.5	
合計	-	-	-	102.5	218.5	218.5	187.5	167.0	195.0	82.0	-	-	-	
平均	-	-	-	11.4	24.3	24.3	23.4	23.9	24.4	10.3	-	-	142.0	
可能日	-	-	-	11.5	24.0	24.5	23.5	24.0	24.5	10.5	-	-	142.5	

第11章　事業費の算定

第11章　事業費の算定

頁

11.1　事業費の構成および積算方法 …… 11－1

11.1.1　事業費の構成 …… 11－1

11.1.2　積算条件 …… 11－2

11.2　事業費 …… 11－4

11.2.1　本体工事費 …… 11－4

11.2.2　予備費 …… 11－5

11.2.3　事業者経費 …… 11－6

11.2.4　建設中利子 …… 11－6

11.2.5　総事業費 …… 11－6

第11章　添付図表

頁

表 11.2-1 建設単価調査 ……11－7

表 11.2-2 工事単価 ……11－8

表 11.2-3 外貨・内貨配分比 ……11－9

表 11.2-4 土木工事費（準備工、取付道路、土木工事）……11－9

表 11.2-5 紅石揚水発電計画総事業費 ……11－10

第11章　事業費の算定

11.1　事業費の構成及び積算方法

11.1.1　事業費の構成

事業費は次に示す構成とし、内貨と外貨に分け年度別及び全体事業費を積算する。

(1) 本体工事費／土木及び水車・発電機

(a) 直接費

① 補償費

－湛水地、原石山、土捨場及び開閉所等構造物予定地点に住む人々の移転費用として、住居、土地、農地、樹木等の補償

－湛水予定地を横断する道路（白山公路）、送電線、電話線等の移設工事費

－上池ダム下流の人々の飲料水等工事により直接被害を受ける場合の補償

② 準備工事費

受変電設備、通信設備、給水施設、骨材プラント、コンクリートプラント、河流処理、土捨場の排水工、建設事務所、作業員宿舎その他

③ 取付道路工事費

④ 土木工事費

⑤ 水車・発電機費

(b) 間接費

① 中国側管理費

② 設計・施工管理費

(c) 関税

(2) 本体工事費／送電線

(a) 直接費

(b) 間接費

① 中国側管理費

② 設計・施工管理費

(d) 関税

(3) 予備費

(a) 物理的予備費

(b) 価格予備費

(4) 事業者経費

(a) 建設工事分経費

(b) 価格予備費分経費

(5) 建設中利子

11.1.2 積算条件

(1) 土木及びポンプ水車・発電電動機

(a) 本体工事費

① 直接費

－補償費

中国側の資料に基づいて現地調査・資料収集を行い評価する

－準備工事費

取付道路工事費と土木工事費の合計の１０％

－取付道路工事費

道路延長に単価を乗じて算出

－土木工事費

原則として工事数量に工事単価を乗じて算出

－ポンプ水車・発電電動機費

② 間接費

－中国側管理費

直接費の総額の５％

－設計・施工管理費

直接費の総額の８％

③ 関税

直接費の外貨分の１７％

(b) 予備費

① 物理的予備費

本体工事費の１０％

② 価格予備費

年率７％の複利で計算（内貨のみ）

(c) 事業者経費

本体工事費と予備費の合計の２％

(2) 送電設備費

(a) 本体工事費

① 直接費

② 間接費

－中国側管理費

直接費の総額の５％

－設計・施工管理費

直接費の総額の５％

③ 関税

直接費の外貨分の１７％

(b) 予備費

① 物理的予備費

本体工事費の１０％

② 価格予備費

年率７％の複利で計算（内貨のみ）

(c) 事業者経費

本体工事費と予備費の合計の２％

(3) 建設中利子

－外貨金利： 2．3％

－内貨金利：12．5％

(4) 換算レート

1元＝15円

11.2 事業費

11.2.1 本体工事費

(1) 土木工事単価

主要工種については、現地調査による建設単価、工事単価等の収集資料、中国側提供の資料及び既往調査資料等を総合的に評価し工事単価を設定した。現地における建設単価を表11.2-1に、工事単価を表11.2-2に、また外貨、内貨の配分比を表11.2-3に示す。

(2) 土木・本体工事費

工事数量に上記の工事単価を乗じて工事費を算出し、この結果をまとめ表11.2-4に示す。これより、鋼構造物を含めた本体土木工事の直接費は115,134万元（外貨：74,985万元、内貨：40,149万元）、取付道路工事の直接費は2,222万元（外貨：808万元、内貨：1,414 万元）、準備工事費は9,696 万元（外貨：5,744 万元、内貨：3,952 万元）となる。

(3) ポンプ水車・発電電動機費

ポンプ水車、発電電動機、補機、キュービクル、発電機主母線、主要変圧機、500KVXLPE ケーブル、屋外開閉機器（気中絶縁型）、天井走行クレーン等とその据付を含む直接費は180,000万元（全て外貨）となる。

(4) 送電設備工事費

紅石から東豊変電所までの送電線（500kV）、東豊変電所の引込み設備、東豊変電所高圧分路リアクトルの直接費は24,400万元（全て内貨）となる。

(5) 補償費

補償に係わる経費は、1,215万元とする。

(6) 直接費合計

土木・本体工事費、ポンプ水車・発電電動機費、送電設備工事費、補償費の合計は332,667 万元（外貨：261,537万元、内貨：71,131万元）となる。

(7) 間接費

(a) 中国側管理費

送電設備を除く直接費に対する中国側管理費は15,413万元、送電設備については1,220万元となり、合計で16,633万元となる。これらは全て内貨分として算定。

(b) 設計・施工管理費

送電設備を除く直接費に対する設計・施工管理費は24,661万元、送電設備については1,220万元、合計で25,881万元となる。これらは全て外貨分として算定。

(8) 関税

関税は内貨分として、44,461万元を計上。

11.2.2 予備費

(1) 物理的予備費

地形・地質その他現場調査に対する調査不足、予知されない技術上の問題、気象条件等にそなえるための費用を物理的予備費として計上した。

送電設備を除く物理的予備費は、39,280万元（外貨：28,620万元、内貨：10,661万元）、送電設備については2,684万元（外貨：122万元、内貨：2,562万元）となり、合計で37,518万元（外貨：28,742万元、内貨：8,776万元）となる。

(2) 価格予備費

原材料、機器、労力等の一般的な価格変動にそなえる費用を価格予備費として計上した。

送電設備を除く価格予備費は、61,995万元（内貨分のみ）、送電設備については

15,723万元（内貨分のみ）となり、合計で77,718万元（内貨分のみ）となる。

11.2.3 事業者経費

(1) 建設工事分経費

東北電業管理局本部の当事業にかかる経費で建設工事分と価格予備費分の２つの経費から構成される。

送電設備を除く建設工事分経費は、8,642万元（外貨：6,296万元、内貨：2,345万元）、送電設備については591万元（外貨：27万元、内貨：564万元）となり、合計で9,223万元（外貨：6,323万元、内貨：2,909万元）となる。

(2) 価格予備費分経費

送電設備を除く価格予備費分経費は、1,240万元（内貨分のみ）、送電設備については314万元（内貨分のみ）となり、合計で1,554万元（内貨分のみ）となる。

11.2.4 建設中利子

送電設備を除く建設中利子は、70,103万元（外貨：14,816万元、内貨：55,287万元）、送電設備については8,101万元（外貨：46万元、内貨：8,055万元）となり、合計で78,204万元（外貨：14,862万元、内貨：63,342万元）となる。

11.2.5 総事業費

以上、事業費の合計は、628,317万元（外貨：337,346万元、内貨：290,971万元）となる。これをまとめ表11.2-5に示す。

表11.2-1　建設単価調査

種別	項目（工種）	単位	単価	摘要
労務費	労務費	元／日	35	
建設材料	細骨材（砂）	元／m3	60	
	粗骨材	元／m3	60	
	セメント	元／トン	400	
	鉄筋	元／トン	3,400	
	木材（型枠用）	元／m3	1,400	
	鋼製型枠	元／kg	6	
	鋼材	元／トン	3,700~5,000	
	減水剤	元／トン		不明
	混和剤	元／トン		不明
	止水板	元／m		不明
	ベントナイト	元／トン		不明
	れき青材	元／m3	1,500	
	発破材	元／トン	4,000	
	ガソリン	元／トン	3,000	
	軽油（ディーゼル）	元／トン	2,800	
	潤滑油	元／トン		不明
建設工事	明掘削／土石 明掘削／軟岩 明掘削／硬岩	元／m3	40	土石、軟岩、硬岩平均
	暗掘削／軟岩 暗掘削／硬岩	元／m3	140~350	
	コンクリート/無筋 コンクリート/鉄筋	元／m3	440~800	
	巻立コンクリート	元／m3		不明
	土工／フィルター材	元／m3		不明
	土工／ロック材	元／m3	50	
	土工／土石	元／m3	40	
	れき青舗装	元／m2	100	
	矢板工	元／トン	10,000	

注）紅石地点における単価（１９９７年価格）

表11.2-2　工事単価

工種	単位	単価	単価 内訳	
		(元)	外貨 (元)	内貨 (元)
I. 掘削				
1. 明り掘削				
1) 土砂	m^3	26	16	10
2) 軟岩	m^3	58	35	23
3) 硬岩	m^3	61	37	24
4) 河床	m^3	90	55	35
2. 立坑掘削				
1) 土砂 (明り)	m^3	26	16	10
2) 軟岩 (明り)	m^3	58	35	23
3) 硬岩 (明り)	m^3	61	37	24
4) 硬岩 (内部)	m^3	130	80	50
3. トンネル掘削				
1) 導水路、放水路	m^3	265	160	105
2) 水圧管路 (水平部)	m^3	302	180	122
3) 水圧管路 (斜坑)	m^3	510	306	204
4. 地下掘削				
1) アーチ部	m^3	265	160	105
2) 本体	m^3	201	121	80
3) 上部水室	m^3	235	140	95
4) 水槽立坑	m^3	178	108	70
5. ロックボルト				
1) L=2m	本	1,200	1,080	120
2) L=3m	本	1,800	1,620	180
3) L=5m	本	3,000	2,700	300
6. PSアンカー(L=15m)	本	9,000	8,100	900
7. 水抜き孔				
1) L=10m	本	4,800	2,900	1,900
2) L=30m	本	14,400	8,700	5,700
II. 堤体工				
1. 盛立				
1) ロック材	m^3	60	36	24
2) トランジション	m^3	65	39	26
3) フィルター	m^3	65	39	26
4) リップラップ	m^3	70	42	28
2. コンクリート遮水壁				
1) コンクリート	m^3	827	414	413
2) 鉄筋	ton	6,600	5,280	1,320
3) カーテン	m	240	140	100
4) コンソリデーション	m	360	220	140
III. コンクリート				
1) 明りコンクリート	m^3	827	414	413
2) 巻立コンクリート	m^3	1,232	616	616
3) 詰込コンクリート	m^3	937	469	468
4) 地下発コンクリート	m^3	937	469	468
5) モルタル注入	m^3	1,500	900	600
6) コンソリ (トンネル)	m	480	290	190
7) 吹付コンクリート(t=10cm)	m^2	140	70	70
8) 吹付コンクリート(t=20cm)	m^2	280	140	140
9) 吹付コンクリート(t=30cm)	m^2	420	210	210
IV. その他				
1) 発電所建築	m^2	720	600	120
2) 種子吹付(法面保護)	m^2	90	15	75
3) 吹付コンクリート(法面保護)	m^2	600	120	480
VI. ゲート、鉄管等				
1) 取水口、放水口				
-スクリーン、空気管	ton	12,500	11,250	1,250
-ゲート	ton	17,000	15,300	1,700
2) 鉄管				
-水圧鉄管	ton	40,000	36,000	4,000
-内張管	ton	15,000	13,500	1,500
3) インクライン	一式	4,000,000	3,600,000	400,000
VII. 道路(コンクリート)	m	4,000	1,600	2,400

表11.2-3 外貨・内貨 配分比

工種	外貨 (%)	内貨 (%)
掘削、盛土	60	40
モルタル注入	60	40
コンクリート	50	50
吹付コンクリート	50	50
鉄筋	80	20
鋼材、ゲート、鉄管	90	10
ロックボルト	90	10
グラウト工	60	40
取付道路	40	60

表11.2-4 土木工事費(準備工、取付道路、土木工事)

工　種	工事費(万元)		
	外貨	内貨	計
A.土木工事費	74,985	40,149	115,134
A-1土木本体直接工事費	56,630	38,110	94,740
堤体工	11,037	7,412	18,449
鞍部遮水工	83	76	159
取水口	3,576	2,667	6,243
導水路トンネル	6,479	4,691	11,170
導水路調圧水槽	2,076	1,508	3,584
水圧管路	2,169	1,774	3,943
放水路調圧水槽	1,681	1,066	2,747
放水路トンネル(調圧水槽下部含む)	7,796	5,664	13,460
放水口	3,131	2,164	5,295
地下発電所	8,993	4,967	13,960
主要変圧器室／ドラフトゲート室	3,666	2,215	5,881
搬入トンネル	2,850	1,587	4,437
換気(ズリ搬出)トンネル	1,019	560	1,579
ケーブルトンネル	492	273	765
周辺通廊	344	192	536
開閉所	1,238	1,294	2,532
A-2鋼構造物直接工事費	18,355	2,039	20,394
取水口	664	74	738
導水路調圧水槽	459	51	510
水圧管路	13,500	1,500	15,000
放水路調圧水槽	432	48	480
放水口	348	39	387
主要変圧器室／ドラフトゲート室	2,233	248	2,481
ケーブルトンネル	360	40	400
その他	359	39	398
B.取付道路直接工事費	808	1,414	2,222
C.準備工((A-1+B)の10%)	5,744	3,952	9,696

注: 1)1997年価格
2)換算レート／1元＝15円
3)数値については四捨五入の関係で合計値が合わない箇所もある。

表11.2-5 紅石揚水発電計画　総事業費

費目		発電設備			送電設備			発電設備、送電設備　計		
		外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計
I.	本体工事費	286,198	106,605	392,803	1,220	25,620	26,840	287,418	132,225	419,643
1	直接費	261,537	46,731	308,267	0	24,400	24,400	261,537	71,131	332,667
	(1)補償費	0	1,215	1,215	-	-	-	0	1,215	1,215
	(2)準備工事費	5,744	3,952	9,696	-	-	-	5,744	3,952	9,696
	(3)取付道路	808	1,414	2,222	-	-	-	808	1,414	2,222
	(4)土木工事費	74,985	40,149	115,134	-	-	-	74,985	40,149	115,134
	(5)水車・発電機	180,000	0	180,000	-	-	-	180,000	0	180,000
	(6)送電設備	-	-	-	0	24,400	24,400	0	24,400	24,400
2	間接費	24,661	15,413	40,075	1,220	1,220	2,440	25,881	16,633	42,515
	(1)中国側管理費	0	15,413	15,413	0	1,220	1,220	0	16,633	16,633
	(2)設計・施工管理費	24,661	0	24,661	1,220	0	1,220	25,881	0	25,881
3	関税	0	44,461	44,461	0	0	0	0	44,461	44,461
II.	予備費	28,620	72,656	101,275	122	18,285	18,407	28,742	90,941	119,682
	(1)物理的予備費	28,620	10,661	39,280	122	2,562	2,684	28,742	13,223	41,964
	(2)価格予備費	0	61,995	61,995	0	15,723	15,723	0	77,718	77,718
III.	事業者経費	6,296	3,585	9,882	27	878	905	6,323	4,463	10,787
	(1)建設工事分経費	6,296	2,345	8,642	27	564	591	6,323	2,909	9,233
	(2)価格予備費分経費	0	1,240	1,240	0	314	314	0	1,554	1,554
IV.	小計	321,114	182,846	503,960	1,369	44,783	46,152	322,483	227,629	550,112
V.	建設中利子	14,816	55,287	70,103	46	8,055	8,101	14,862	63,342	78,204
VI.	合計	335,931	238,133	574,064	1,415	52,838	54,253	337,346	290,971	628,317

註）1. 単位：万元
2.1997年価格
3. 四捨五入の関係で縦横の合計が合わない箇所あり