

奥多々良木発電所計画について

関西電力(株)建設部長 大野大 明

1. まえがき

奥多々良木発電所は先ごろ完成した喜撰山発電所(淀川水系 出力 466MW)に続く関西電力2番目の揚水発電所として計画したもので、将来、日本海岸に建設を期待している大容量火力または原子力発電所と阪神播磨など瀬戸内ロードセンターとの中間部に系統として投入する大容量揚水発電所であり、図-1に示す様に近畿地方の西部に所在するため、従来西部揚水地点と呼んでいた地点である。

当発電所は、兵庫県中央部の播但高原を南下して瀬戸内海に注ぐ市川水系黒川と北流して日本海に注ぐ円山川水系多々良木川の最上流部が青倉山(811m)を分水嶺として東西に接する地域の落差を利用し、上下両貯水池とその間を結ぶ約3kmの水路によって約390mの落差を得て100万KWの揚水発電を行うものである。

当地点は地形、地質とも条件に恵まれ、水路延長に比して高落差が得られる上に、揚水電源となる大容量発電所群からも、需要地である阪神地区、播磨地区からも至近距離にあるので電力系統上からも極めて有利な地点である。

当発電所の計画の概要を表-1、図-2、図-3に示す。

当発電所は昭和46年春着工し、第1号機昭和49年7月運転開始、引き続き2、3、4号機を逐次運転する予定であり、全工事の完成は昭和53年春頃である。

工事は電力需要、資金、系統構成等の面から2期に分ち第1期2×252MW、第2期2×252MWとする。

工事費は第1期、ダム、水路の一部等第2期工事の先行投資を含めて約290億円、第2期100億円計390億円、KW当り工事費は約3.8万円であ

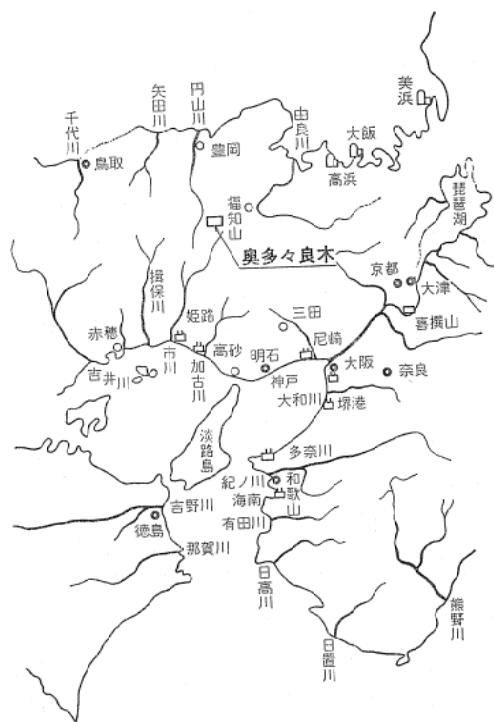


図-1 発電所位置図

る。

2. 揚水式発電

2.1 揚水発電の意義

揚水式発電は発電所の上下に貯水池を設け火力、原子力等の余剰電力を利用してオフピーク時に下池から揚水した水を、ピーク時に上池から落として発電する。言い換えればオフピーク時の電気エネルギーを位置のエネルギーに転換貯溜し、ピーク時に再度電気エネルギーに変換するもので、本質的にはエネルギーの generator ではなく converter として働くものである。このエネルギーの型の変換によって失われるエネルギー量の割合すなわち効率が他のピーク供給方法の効率と比較されて、その経済性が判断される。

表-1 計画概要表

		上部調整池	下部調整池			発電時(最大)	揚水時(最大)	
水系及び河川名		市川水系市川	円山川水系 多々良木川	使用水量(揚水量)		308m ³ /s	246m ³ /s	
流域面積		5.2km ²	13.4km ²	有効落差(全揚程)		391.2m	373.5m	
満水位		615m	230m	発電力(揚水電力)		1,020MW	1,036MW	
利用水深		25m	29m	等価継続発電時間		15h		
有効貯水容量		18,500,000m ³	18,500,000m ³					
		上 部		下 部				
ダム	型式	傾斜しや水壁ロックフィルダム		表面アスファルトしや水壁 ロックフィルダム		水圧 管路	型式	円型, 内張式 2 5.90m~2.65m 678.58m
	高さ	99m		65m			条数	
ム	頂長	328m		288m		ドラフト トンネル	内径	6.00m
	頂幅	11m		10m			延長	
ム	法面勾配	上流側	下流側	上流側	下流側	発電 所	型式	地下式 47.6m 152.0m 20.0m
	堤体積	1:2.5	1:1.8	1:1.8	1:1.7		高さ	
取水口	型式	側方取(放)水型		側方放(取)水型		ポンプ 水車	数量	立軸フランシス型 ポンプ水車 4 260,000kW
	呑口断面	高さ 幅 10.0m×16.6m		高さ 幅 10.0m×16.6m			型式	
導水路	延長	73.00m		69.50m		発電 機	容量	268,000kVA
	型式	円形圧力式		円形圧力式			台数	
導水路	条数	2		2				
	水路断面	内径 5.9m		内径 5.9m				
導水路	延長	563.4m		2,434.0m				
	型式	水室式		水室式				
サイ タ ン ク	個数	2		4				
	ライザー	内径	高さ	内径	高さ			
ク	上部水室	8.00m	83.05m	8.00m	82.00m			
	下部水室	高さ 幅 長さ		高さ 幅 長さ				
		8.00m 8.00m 60.00m		11.00m 10.00m 35.00m				
				高さ 幅 長さ				
				8.00m 8.00m 60.35m				

わが国では従来、水力を主体に電源開発が行われて来たが近年の火力発電技術の著しい進歩により機器の大型化、高能率化が進み、一方燃料油の価格も低下しており火力発電の経済性が非常に向上したことから、火力を主体とする火主水従の電源開発が進められ、供給力に占める火力の割合は現在関西電力の場合約72%に達している。

また原子力発電の技術もすでに実用化の段階に入り将来の供給力の相当量を分担することになっている。

これらの状況を表-2に示す。

しかしながら、火力、原子力が高能率の経済性を発揮するためには、起動停止を極力さけ

表-2 関西電力の発電設備容量

	43年度未設備		53年度未設備	
水力	2,269MW	28%	3,179MW	13%
火力	5,978	72	14,506	60
原子力	—		4,144	17
揚水	—		2,284	10
計	8,247MW	100%	24,113MW	100%

て、一定負荷で長時間運転することが望ましく、需要のベースを負担するのに適しており、水力は逆に急速な起動、停止が容易で負荷の変動に追従出来るのでピーク供給力に適している。

これらの特性を生かして負荷に対する電源構

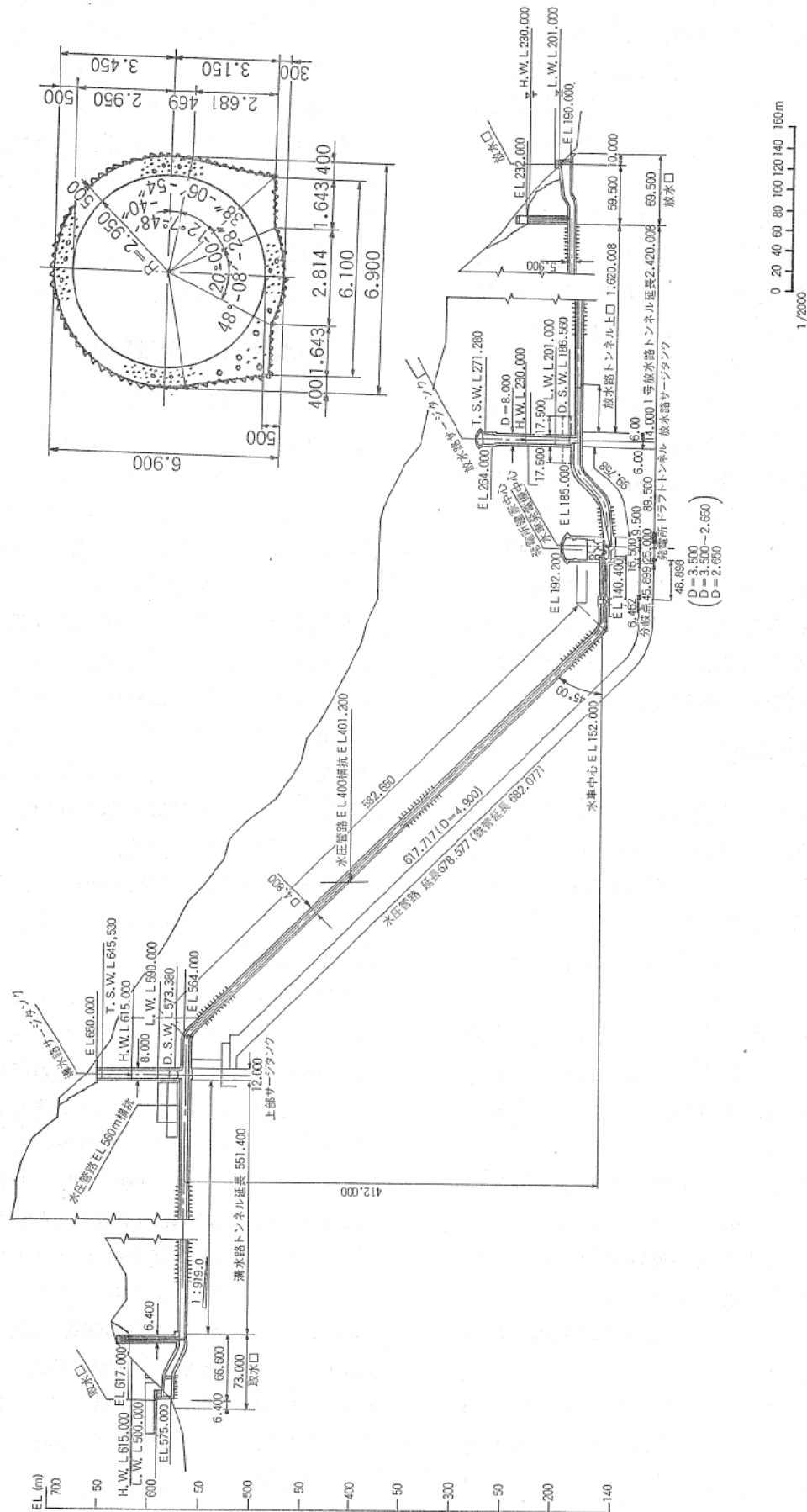


図-3 水路縦断面図

成が考えられ、ピーク供給力としての水力は、大容量の貯水池式発電所の建設とそれとともなう下流各発電所の効率的運転による供給力の増加を中心に開発が進められ、こうした見地から黒部川、木曾川、庄川水系の一貫開発をはかってきた。

しかし最近では、このような大貯水池に適する有利な地点は次第に少なくなり、今後さらに増大するピーク需要を水力だけでまかなうのは非常に困難となりピーク供給力を何によるべきかが問題となってきた。

他方、ベース負荷を担う火力は、ますますウエイトを高めさらに将来高能率運転を必要とする原子力発電がベース負荷供給力として加わることを考えると、いかにして負荷の減少する土曜日、日曜日、および週日の深夜の余剰電力を消化して、設備利用率を向上させるかが問題となってくる。こうして、このオフピーク電力を利用してピーク電力を確保することのできる揚水式発電が脚光をあびるにいたった。

2.2 揚水発電の特徴

揚水発電がピーク供給力としてもつ利点は

- (1) 事故時とか需要の急変などの負荷変動に対し、高い追従性をもち供給力の確保に役立つ
- (2) ベース供給力となっている火力、原子力の利用率を向上させその熱効率を向上させることが出来る
- (3) 1地点で比較的大容量の出力が開発できる
- (4) 今後、高落差可逆大容量ポンプタービンの開発により経済性がさらに高まるものと期待される
- (5) 開発地点が多く（海水揚水も考えられる）建設単価も、従来の水力に比べて非常に安く、将来は火力より安いKWあたり3万円程度まで下がるものと期待される。

などがあげられ、今後の水力開発の主体となると考えられる。

揚水式発電の経済性については、揚水発電の総合効率は70%程度と見られ、揚水のための新鋭火力のたき増し熱効率を40%とすれば、熱効率28%の旧式火力なみのものとなる。しかし、

建設単価が安いこと、今後も建設費の低下が期待できること、ピーク供給力としてのすぐれた特性をもつこと、公害問題のないこと、オフピーク時のロード開発となるので全発電設備の総合的効率向上に役立つことからみて、揚水発電の経済性は高く、しかも長期的に見て原子力発電が供給力の相当部分を占めること（昭和53年度末で17%）を考えあわせれば、その経済性、必要性は一層高まるものと考えられる。

2.3 揚水発電所の建設計画

当社における最適電源構成をシミュレーション法によって検討した結果によれば、揚水開発は増分需要の18%が望ましいとされている。さらに将来、原子力発電の開発量が増加し、増分需要の60~70%以上になれば、揚水の最適開発量は増加して20~22%程度となる。

したがって当社の45年度電力長期計画では、今後10年間に約410万KWの揚水を開発する予定で、これは当社全設備の約17%に相当する。

現在、全国（電力会社、電源開発、公営電気）で1530MW（15地点）の揚水発電所があるが53年までの10年間に約9,000MW（16地点）の建設が計画されている。これは、この間の水力発電開発量11,500MWの80%に達し、揚水発電が、今後の水力発電開発の主体となることを示している。

揚水発電所の歴史は非常に古く Austria では1928年に Achental (85.9 MW) ドイツでは Köpchenwerk (132MW) が1930年に運転をしているが、火力、原子力等の余剰を利用する大型地点の開発は比較的歴史が新しく Luxemburg の Vianden (900 MW, 1964) 米国の Taum Sauk (408 MW, 1963) 等が著名であり、引続き大型の地点が建設または計画されている。出力の大きいものとしては Austria の Tumut (3×500MW, 1500MW) Canada の St. Joachim (3×400MW, 1200MW) 英国 Loch Sloy (4×300MW, 1200MW) 米国 Ludington (6×312MW, 1872MW) Cornwall (8×250MW, 2000MW) などが著名である。

欧米および我国の代表的揚水発電所で出力の

表-3 代表的な揚水発電所の実例 (Water Power 誌 March, 1970より)

国名	発電所名	基数 型式	発電時		揚水時			竣工年
			水頭 m	容量MW	水頭 m	出力MW	流量 m ³ /s	
オーストリア	Kaprun-Linberg	2FS	364	115	385	125.2	33.2	56
	Lüner See	6PS	875	233	972	222	32	57
	Zemm	4FS	672	230	736	236	36	71
	Breitenau	4RT	—	350	130	416	304	計画
オーストラリア	Tumut 3	3F	151	1500	156	540	300	74
ベルギー	Coo Trois Ponts I	3RT	269	432	259	390	142.5	71
ブラジル	Primavera	4RT	127	494	110	500	100	〃
カナダ	St. Joachim	3RT	355	1200	370	1125	288	〃
東ドイツ	Hohenwarte II	8FS	305	320	300	320	95.2	65
	Niederwartha	6FS	143	129	148	120	72	60
フランス	Rance(tidal)	24	11	240	6	240	225	67
	Revin	4RT	245	660	245	620	240	74/75
イタリア	Providenza	2FS	255	152	287	142	49	51
	Lago Delio	8PS	732	1016	743	720	952	71/72
	Chiotas-Piastra	4PS	990	540	1066	520	46	74
	Piani di Ruscio	FS	560	480	580	400	—	75
日本	畑 薙	3RT	101.7	151.8	103.4	147.5	150	62
	城 山	4RT	153	260	186.2	260	88.2	64
	池 原	4RT	120.5	380	132	380	351	64
	安 曇	4RT	134.9	436	138	365.6	360	69
	喜 撰 山	2RT	220	480	230	480	220	70
	沼 原	3RT	478	732	528	780	150	73
ルクセンブルク	Vianden	9FS	278	900	280	700	190	64
	Robiei	4RT	410	160	395	150	45	68
	Hongrin	4PS	878	240	848	240	24.3	76
英国	Ffestiniog	4FS	310.5	360	304	73.5	545	63
	Cruachan	4RT	362	400	367	112	108.6	66
	Loch Sloy	4RT	267	1200	—	—	—	計画
	Taum Sauk	2RT	263	408	263	358	125	63
アメリカ	Muddy Run	8RT	125	800	125	800	555	67
	San Luis	8RT	99	424	99	424	422	68
	Ludington	6RT	110	1872	110	1820	1486	73
	Blenheim-Gilboa	4RT	348	1000	348	1200	292	74
	Castaic	6RT	324	1200	324	1250	319	77
	Cornwall	8RT	354	2000	354	2000	510	計画
	Säcklingen	4FS	400	360	410	280	64	67
西ドイツ	Hornberg	4FS	625	970	625	1000	144	76
	Waldeck II	—	—	440	—	476	—	75

P:ペルトン, F:フランシス, S:分離型, RT:可逆水車

大きいものを表-3に示しておく。

3. 設計, 計画の概要

3.1 地質概要

この地域は, 花崗岩を基盤として新生代に噴

出した塩基性, 中性, 酸性のいろいろの火山岩が広い面積を占めている丹後但馬地帯と中生代の中頃から第三紀の初期にかけて進入した花崗岩の上に上部古生層, 三疊紀層などが大小の塊として浮んでいる丹波地帯, 舞鶴地帯との境目

附近に当たっている。したがって、計画地点附近に出現する岩石は上部古生層の千枚岩質粘板岩、砂岩、石灰岩、時代未詳の花崗岩、これらに接している輝緑岩質岩石、貫入または噴出した斑れい岩ないし閃緑岩、安山岩、ひん岩、変質安山岩および流紋岩等が入りまざっており地質的にはかなり複雑である。

上部ダム附近一帯を構成する岩石は、古生層の粘板岩、チャート、これに接する凝灰質岩石（流紋岩、石英粗面岩質凝灰岩、凝灰角礫岩）およびこれに貫入した石英斑岩、花崗斑岩等で、古生層の風化した部分を除いて一般に新鮮かつ堅硬である。

下部ダム附近も多々良木川の谷部の凝灰質岩石と、この谷をはさみ南北に存在する流紋岩で代表される。

上下部共現河床には新生代の堆積層が存在し、特に下部ダム附近のそれは8—12m位の厚さをもっている。

地下発電所予定地も石英粗面岩質凝灰岩、流紋岩が主体であり、石英斑岩、輝緑岩等の岩脈が見られる。

地上踏査、ボーリング、試掘坑等の結果この計画地内には著しい断層、破砕帯などは見られない。

3.2 発電所出力規模決定の考え方

揚水発電所の貯水池の容量は、地形、地質等土木技術上の制約を受けることは勿論であるが、系統全体として原子力、火力、一般水力と組み合わせて、負荷を時間帯に分けて考えた場合、どの部分を負担するのが最も経済的であるかによって決まるものである。

関西電力の場合に、電源構成を検討した結果、揚水開発量は増分需要の18%を目標として開発すること、貯水池容量は各地点平均して9時間（1日当り等価発電継続時間6.7時間）程度とすることになっている。

すなわち揚水開発比率と揚水必要池容量とは負荷継続曲線の形の関係で直線にはならず揚水開発量が全系統の5%から18%くらいまでは直線的に変化するが、18%から大きくなると必要

貯水池容量は急に大きくなり8～9時間のところに1つの変曲点がある。また、当地点の様に池容量を大きくして負荷時間を大にしてもKW当りの工事費が、それほど大にならない地点もあるし、また容量を大にすると急激に建設費の大きくなる地点もある。

これらの条件に各種電源の燃料費を加味して、計算を行った結果が、投入比率18%、池容量9時間ということであり、当地点は、他揚水予定地点の特性を考え、比較的長い負荷時間を取り、さらに単機出力の製作限度（現状では250 MW級）をも考慮して最大出力を決定した。

3.3 土木構造物の設計

3.3.1 上部ダム

ボーリング、試掘坑等詳細な地質調査の結果、ダム型式はロックフィルが最も合理的であると判断したが、その理由は附近にロック材として適当な堅硬な凝灰岩地区が広く存在すること、また相対的に考えればコンクリートダムに必要な適当な骨材が附近に得られなかったことなどである。

ダムは地形、経済性、力学的特性、施工性、工事期間などを考慮した結果図-4の如く半傾斜土質遮水型ロックフィルダムとした。コアをやや下流に向かって傾斜させたのは下流ロック部の主応力の方向を少しでも下向きにすることによりコアの水平変位を軽減しようとしたこと、ダム軸をややアーチ型にしたのはコア部のクラック防止がそれぞれその目的である。

のり面勾配は上、下流それぞれ1 : 2.5, 1 : 1.8であり、堤体積はコア約30万 m^3 、フィルタ材約33万 m^3 、ロック材約275万 m^3 、合計338万 m^3 である。

遮水用コア材は、ダムサイト上流約2 kmにある古生層の粘板岩とチャートの入りまざった層で風化の進んだ地区から、ロック材とフィルタ材とは、ダム上流約1 kmにある新鮮堅硬な、凝灰岩質石英粗面岩地区から、それぞれ運搬して使用する。

これらの盛立材料は目下現地および当社総合

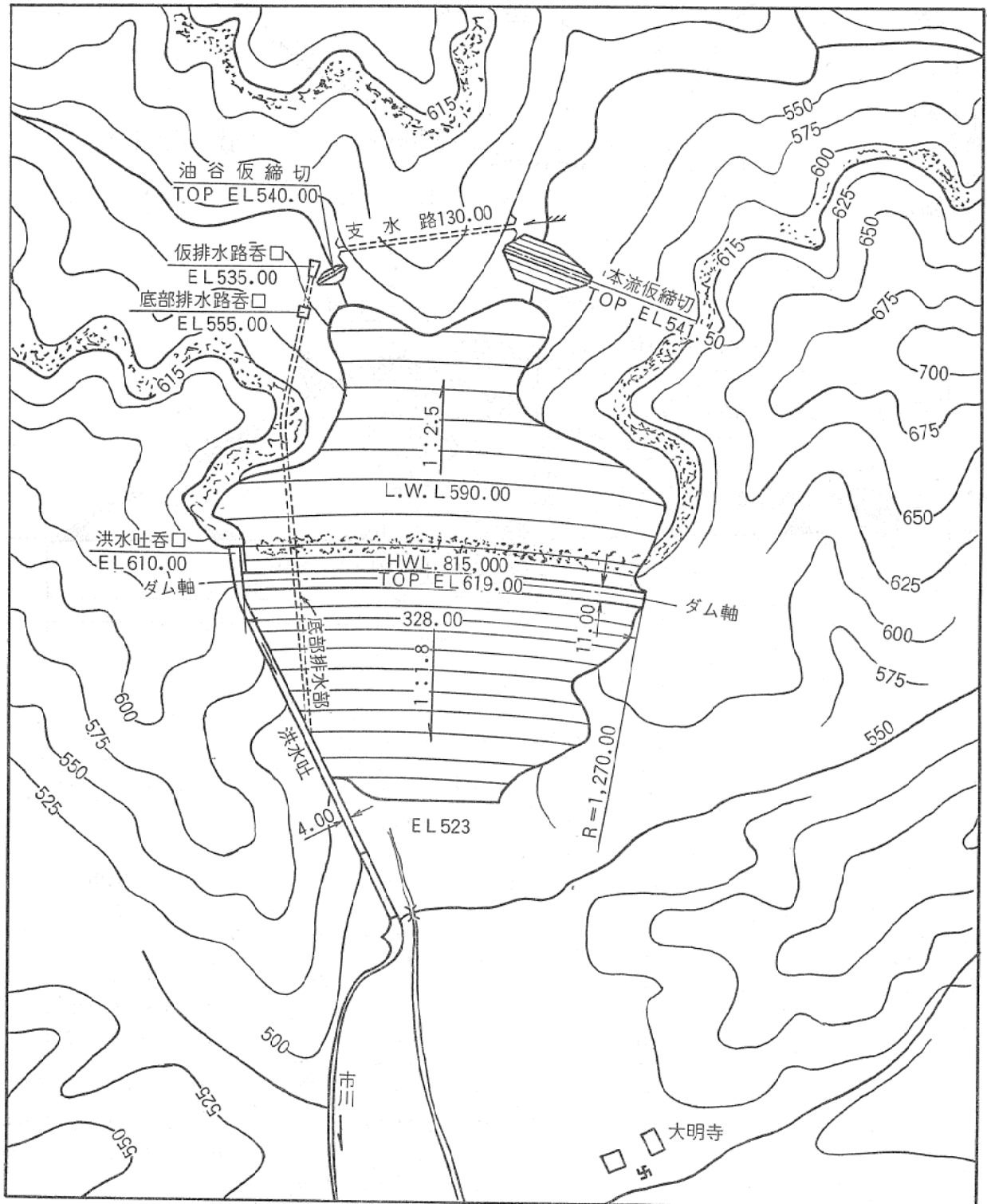
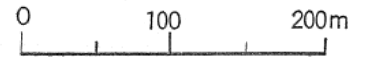


図4-1 上部ダム平面図

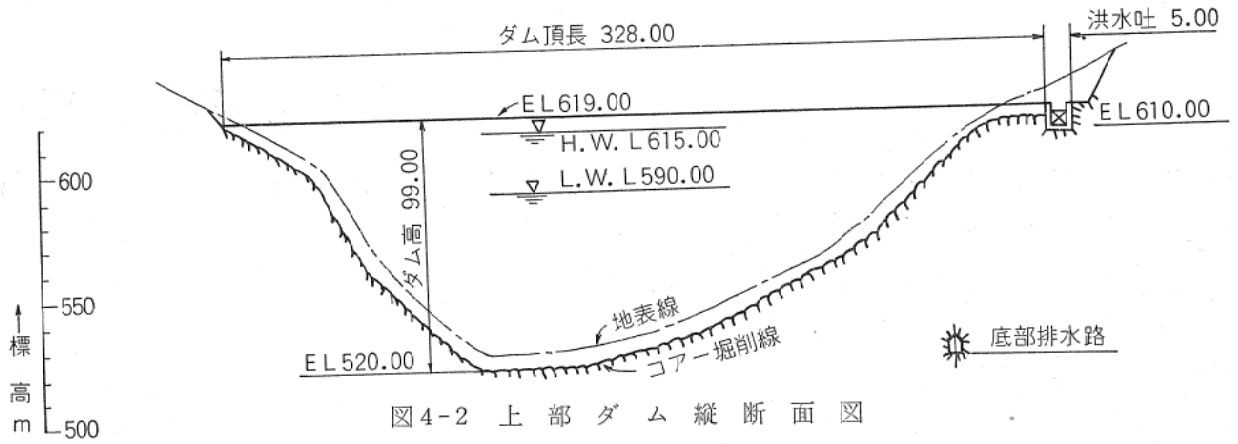


図4-2 上部ダム縦断面図

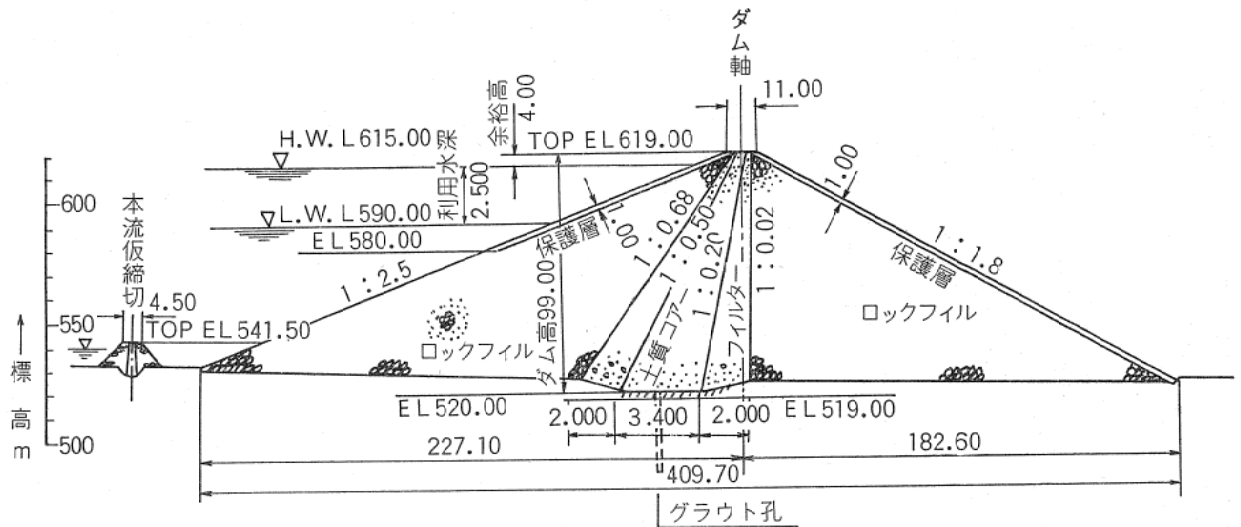


図4-3 上部ダム標準横断面図

表-4 ダム材料の物性と安全率

項		目	単位	上部ダム		下部ダム	
物理的性質	単位重量	コア	t/m ³	2.07	—	—	—
		ロックフィル	"	2.04	—	—	—
		河床堆積物	"	1.92	—	—	1.97
		河床堆積物	"	—	—	—	1.75
内部摩擦角	コア	度	度	30 (tan φ=0.577)	—	—	—
		"	"	35 (" =0.700)	—	—	—
		"	"	38 (" =0.781)	—	—	40 (tan φ=0.839)
		"	"	—	—	—	37 (" =0.754)
安全率	上流側	満水位	常時	1.94	1.14 (k=0.12)	上流側は下流側より勾配が緩いので計算は省略	
		水降下	地震時	1.69	1.05 (")		
		竣工時	常時	1.95	1.43 (k=0.06)		
	下流側	満水位	常時	1.41	1.08 (k=0.12)	1.43	1.05 (k=0.12)
		竣工時	地震時	1.41	1.23 (k=0.06)	1.43	1.10 (k=0.06)
	底面滑動			常時	3.43	2.00	6.52

技術研究所等で実施しつつある物性試験の結果に基づき、品質管理基準、施工基準を定めて施工するが、現在の設計値は表-4 のとおりである。

3.3.2 下部ダム

ダムサイトは幅の広いU字型をなしており、山腹部は表土層は薄く、わずかの掘削で堅硬な岩石に達するが河床部は河幅約 200m にわたって平均厚12mの河床堆積物で被われている。

ダム基盤は白亜紀～古第三紀の堅硬な凝灰質岩石であることは上部ダムと同様であるが、コア材として適当な風化材が十分に得られなかつたので図-5 に示すように我が国ではまだ実例の少ない表面アスファルトフェーシングロックファイル型式が最も合理的、経済的であると判断した。

上流のり面勾配は盛立材料の安定性の外に、アスファルト遮水層の施工性をも考慮して1:1.8 とし、下流のり面は材料の安定性から1:1.7 とした。設計に使用した各種物性は表-4 のとおりである。

河床堆積物は凝灰質石英粗面岩から成る第四紀砂礫層で、オープンカット、つぼ掘り、ポーリング等による地質調査によれば、最大粒径40～50cm 程度で、粒度も適当に交り乾燥密度2.0程度がよく緊まったものであることを確認している。これらの堆積物を完全に除去して新しい材料と置き換えることは、ロックファイルダムとしては無意味であり不経済でもあるので、遮水壁基礎部のみ河床堆積物を除去し、他の大部分はそのままとしその上にロック材を盛立てることを考え、堆積層の強度、圧密などに関する現地試験を実施している。

河床堆積物の弾性係数を 300 kg/cm^2 と極わめて低く評価しダムの二次元弾性解折を F. E. M. によって解いた結果では取除いた場合と比較してダムにおよぼす変形性は殆ど大差のないことが判明している。

遮水壁の構造は図-6 の如く厚さ 35 cm で、中央に排水層を有する上下水密層と下部のマカダム層の 5 層から成る。ダム周辺の着岩部には

鉄筋コンクリートの監査廊を設け、遮水壁の水密層からの漏水を排出すると共に、岩盤処理のためのグラウチングをも行う。監査廊という名称は異状漏水があれば、ここで検出することが出来ることによる。

監査廊コンクリートと接するアスファルト板の部分は灌水後の水圧がかかると、フィル材の緊め固め程度（施工の良否）によっては、かなり大きい変形を生じ最悪の場合には曲げ応力によってアスファルト板が折れ漏水を惹起することもあり得るので、この部分の設計については、今後更に検討を加え、最も合理的な構造とする予定である。

堤体積はロック材 144万 m^3 、トランジション 5万 m^3 、計 149万 m^3 、アスファルト遮水壁表面積は約3.2万 m^2 である。

3.3.3 導水路、水圧管路、放水路、サージタンク

水車—電動発電機—ポンプの組み合わせである主要機械は単機容量としての製作限界もあって $4 \times 255 \text{ MW}$ と決定されたが、これと組み合わせる導水路、鉄管路、放水路は水圧鉄管の設計限界、導水路の施工限界、総合的経済性を考慮して、導水路 2、鉄管路 2、主機 4（4ドラフト）放水路 2 と条数を決定した。

導水路、放水路、サージタンク等の設計について表-1 に数値を示してあるので詳述は避けることとするが、導水路、放水路への作用水圧はそれぞれ、 8.2 kg/cm^2 、 9.2 kg/cm^2 で一般の発電用水路と比較するとかなり高い値であり、鉄筋コンクリート管の設計は作用内圧、岩盤の弾性係数等によって掘削終了時に改めて再検討し決定される。

水圧鉄管の厚さは、作用水圧、管の内径、使用鋼材の抗張強度、溶接効率によって決まるが、岩盤の強度の大小および鉄管とコンクリートの間の空隙の大きさによってある程度周辺の岩盤に水圧を分担させることが出来る。当発電所においては、極めて高水圧で（最大 61 kg/cm^2 ）あって、普通鋼（SM-41）では厚さが大きくなりすぎるので SM-50、SM-58、HT-80 の高張力鋼を組み合わせ、さらに部分的には一部水圧

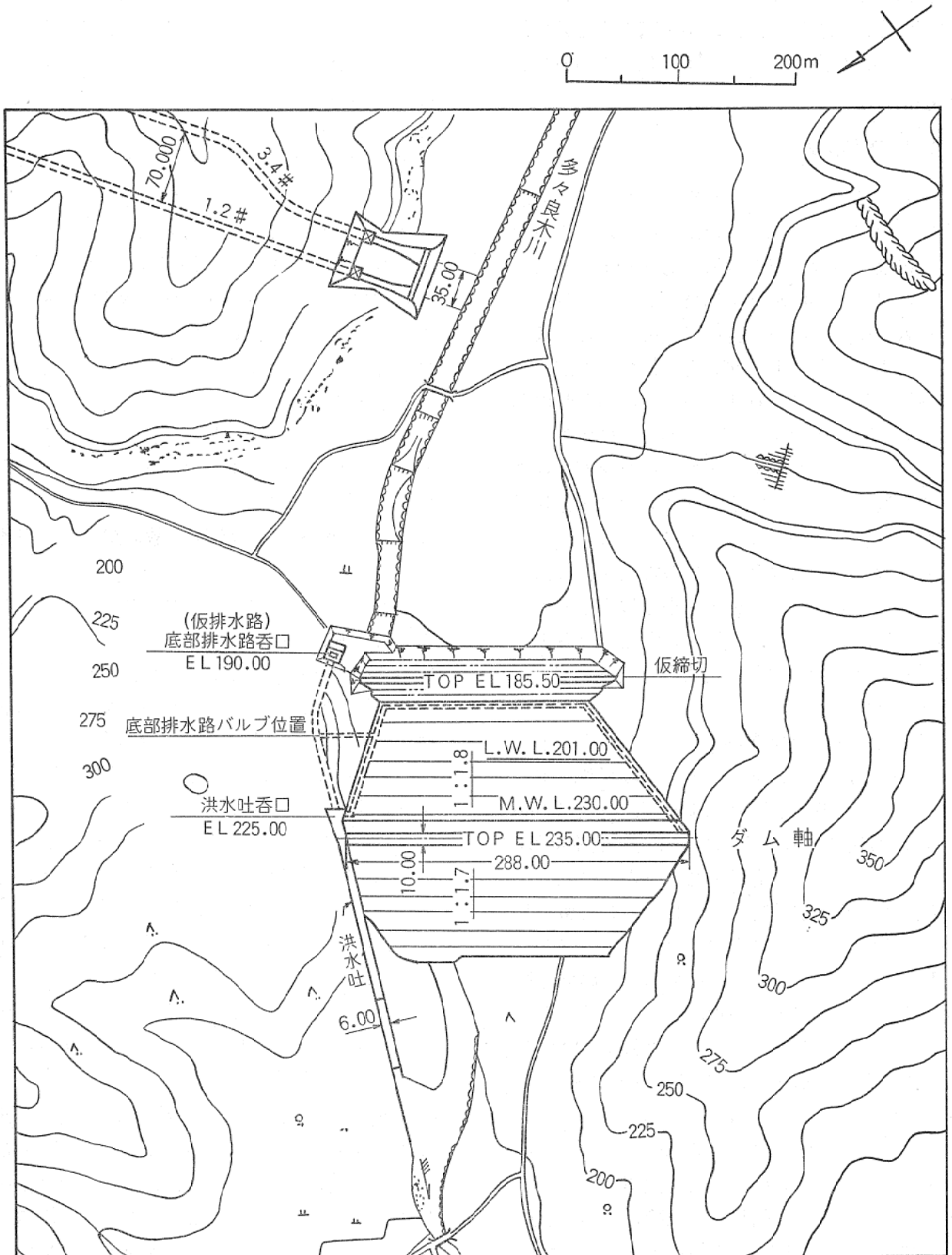


図5-1 下部ダム平面図

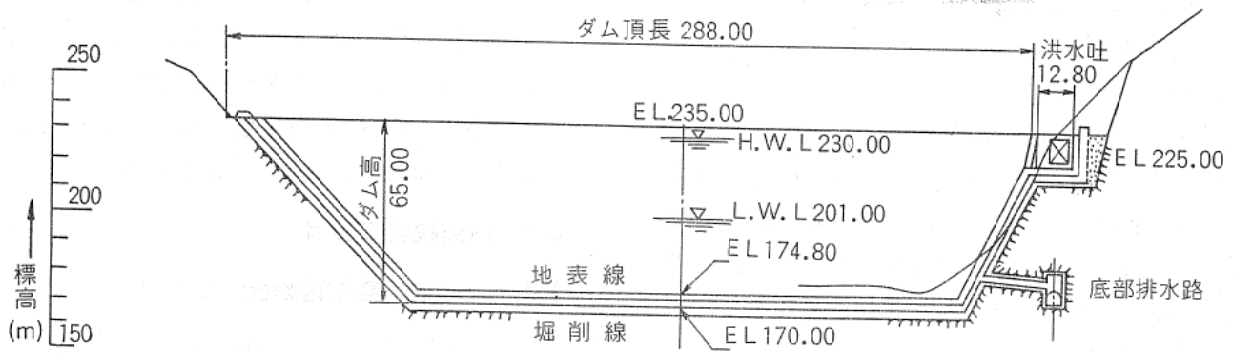


図5-2 下部ダム縦断面図

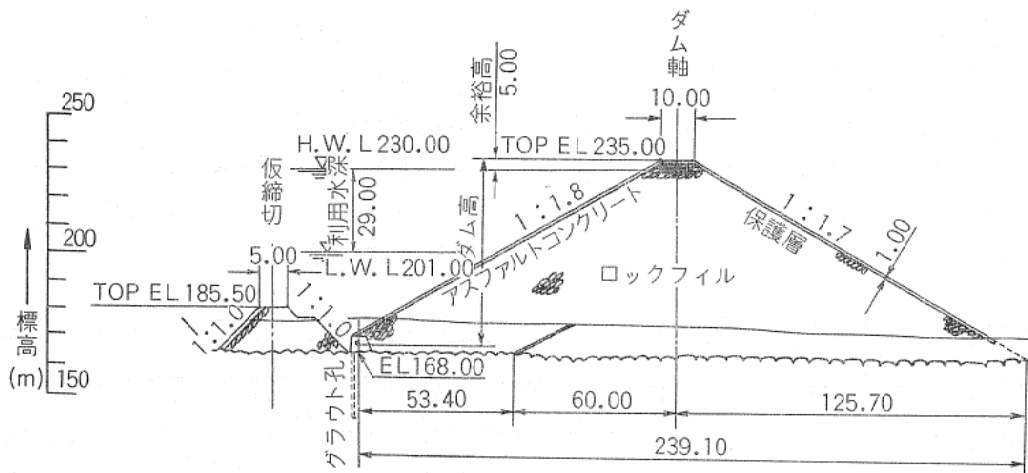


図5-3 下部ダム標準横断面図

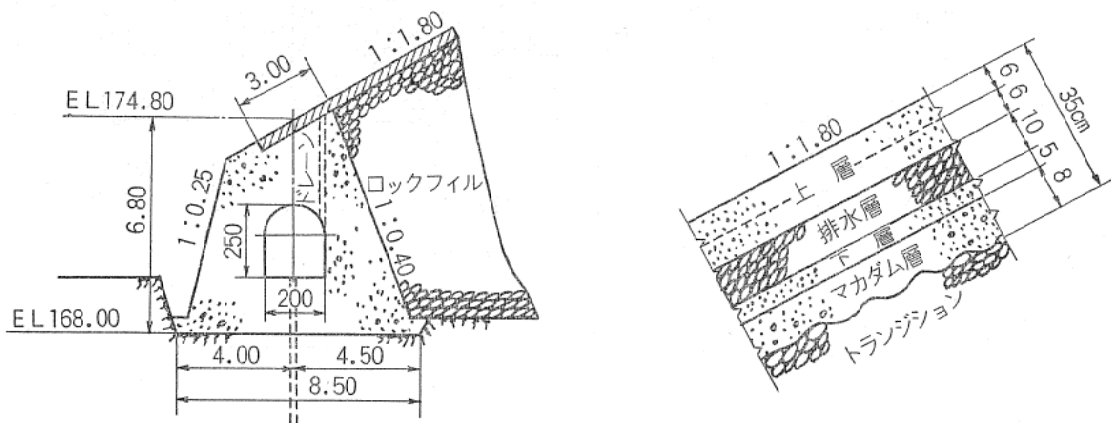


図-6 下部ダム遮水壁および監査廊

を岩盤に負担せしめる設計としても板厚は HT-80 で37mm 余になる。HT-80 のこのような厚板を 図-3 の様な傾斜部のトンネル内で溶接することは、溶接技術と同時に工程確保の面からも問題があるが、ほぼ確信を持つことが出来た。なおスチフナー等附属物の溶接、溶接環境の改善

等について今後も研究を進める必要がある。

3.3.4 地下発電所

発電所は全地下式でその構造寸法の大要を 図-7 に示す。発電所の中には主要機械、附属機器、変圧器を収納し 500 kV の超高压ケーブル

ルによって地上開閉所に導く。

発電所の大きさは高さ44.10m、長さ157m、幅25mという巨大なもので、この様な大空洞を地下に安全に掘削するためには、地質条件の良いことは勿論であるが、黒部川第四、読書第二、新黒部川第二、喜撰山等の地下発電所の実施で得られた経験を有効に利用することが必要である。参考に我が国で実施された地下発電所の大きさを表-5に示す。

地下発電所への発電機等機械器具の搬入は、幅6.8m、高さ6.1mの機器搬入路により、主要変圧器からのケーブルは、幅3.4m、高さ2.6mのケーブルトンネルによって開閉所に導く。これらのトンネルは約60万㎡の発電所関係の掘削ずりを坑外に運び出す工事中の掘削路となることは勿論である。

地下発電所施工の成否は主として、これらの

永久トンネルを如何に有効に利用して効率良くずり搬出を行うかによるもので、高性能の掘削機械もずり出しトンネルの計画が完全でないといふ工事全体としての効率は悪くなり、工程も長くなるし最終的には不経済設計となる。

3.4 電気機器の設計

3.4.1 水車—発電電動機—ポンプ

系統上必要とされる100万kWを当地点に設置するための単機容量と台数との組み合わせは

- ① 4@250 MW
- ② 6@170 MW
- ③ 8@130 MW

の3案が考えられた。これらの各案について経済性を総合的に比較すると表-6に示すように①は②に比して5%、③に比して8%のスケールメリットがある。一方単機容量が増大するにつれて機械は大型化し、輸送条件は悪化する

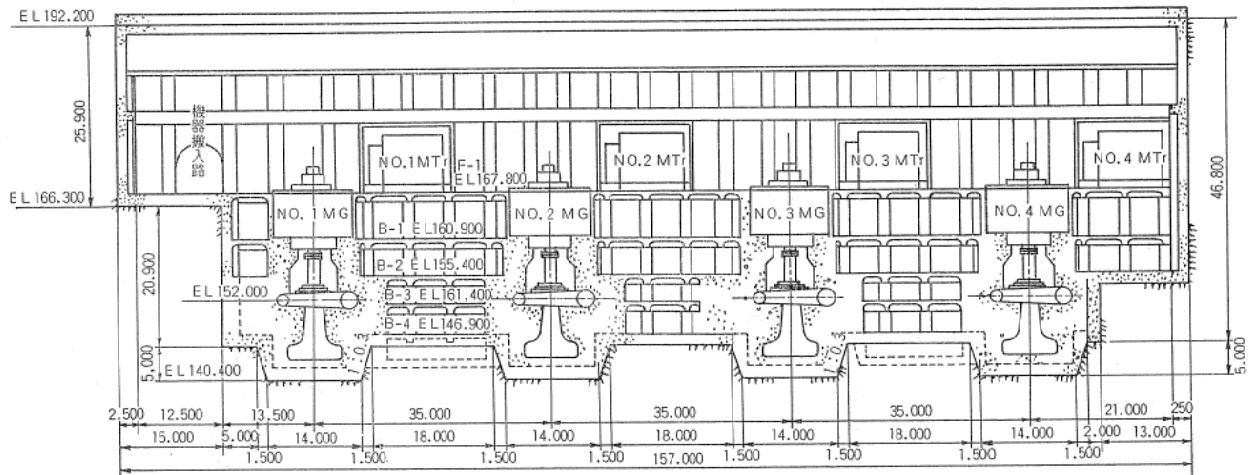


図-7-1 発電所縦断面図

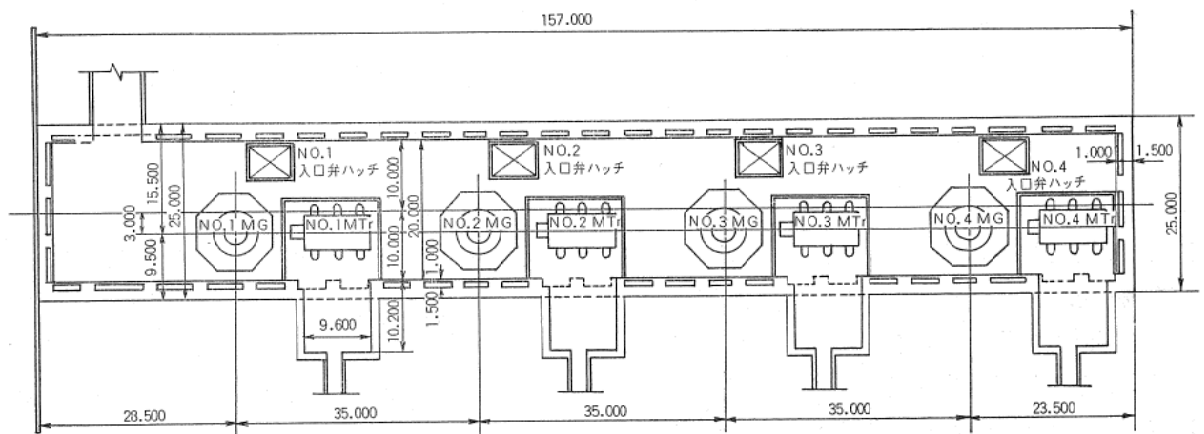


図-7-2 Fl-1 6 7. 8 0 0

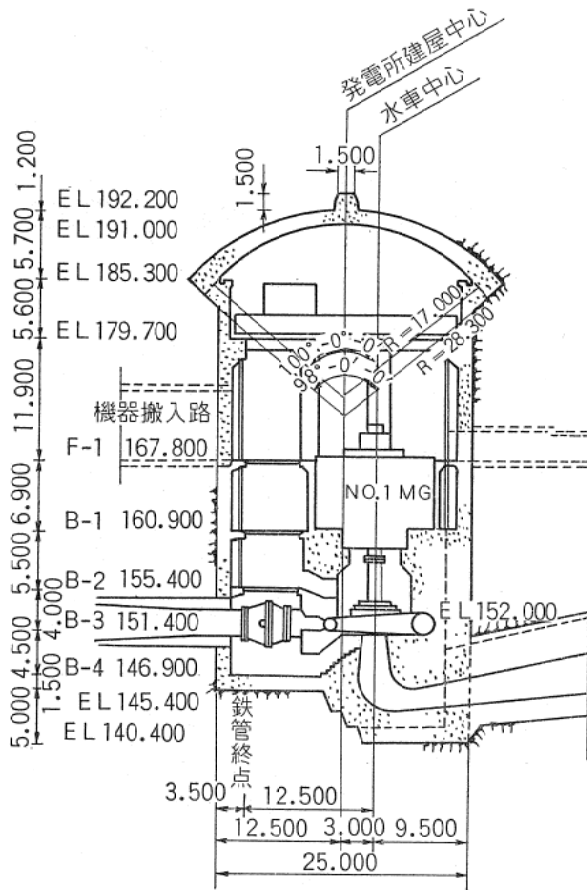


図-7-3 発電所横断面図

が、サイトまでの道路、橋梁を調査した結果250MWまでなら、ランナーを2分割することにより若干の橋梁の補強によって、輸送可能であることが判明したので④案をとることとした。

④案による 水車—発電電動機—ポンプの諸元を表-7に示す。

系統負荷の増大傾向から、発電所出力を考えると揚水発電所の場合には、運転時間を変えれば貯水池容量一定のまま、発電所出力を増加することが出来る。当発電所の場合4×250 MW案は、月曜日～土曜日8～9時間発電、10～11時間揚水、日曜日揚水のみで水位回復というパターンであるが、5～6 @250MW、1250～1500 MWに増大する案と、単機容量を300 MWとし4 @300 MW、1200 MWの出力にする案が考えられた。水路系の形式から偶数が望ましく1500 MWでは運転時間が短かすぎ、結局1,200 MW案について検討を加えることとした。

現在の技術で、十分な信頼度ある発電電動機の製作限界から本発電所に採用できる単機容量は、ランナーを輸送時の重量を制限するために分割すれば300 MWまで増大する可能性があるので① ポンプ比速度の低下によるポンプ水車効率の低下、② ケーシング板厚の増大による超高張力鋼の溶接技術開発等の問題が解決すれば、この4 @300 MW案を採用することもあり得る。

3.4.2 500 kV 機器の採用

当発電所は将来、日本海側に設置を期待され

表-5 代表的地下発電所の大きさ

発電所名	河川名	所 属	発電所出力 KW	高 さ m	長 さ m	幅 m	岩石名
御母衣	庄川	電 発	2×107,500	38.50	78.00	22.50	花崗岩
黒四	黒部川	関 西	3×86,000	34.58	119.00	22.00	〃
喜撰山	淀川	〃	2×233,000	44.00	60.40	25.65	砂岩スレート 頁岩等
城山	相模川	神奈川県	2×125,000	34.64	133.00	19.60	粘板岩
長野	九頭竜川	電 発	2×110,000	31.00	70.20	20.30	礫岩, 砂岩
沼原*	那珂川	〃	3×225,000	42.00	90.50	22.00	花崗岩
新豊根*	天竜川	〃	5×225,000	47.00	140.50	22.40	花崗岩
大平**	球磨川	九 州	2×250,000	42.05	94.40	22.80	砂岩, スレート, チャート
奥多々良木**	円山川	関 西	4×255,000	44.10	157.00	25.00	流紋岩 石英粗面岩

* 工 事 中

** 計 画

表-6 発電所出力100万kW時の単機容量, 台数, 経済比較

比較案	A	B	C
	250MW×4台	170MW×6台	130MW×8台
水路			
主回路			
単機容量×台数	255MW×4台	168MW×6台	126MW×8台
使用水量	77m ³ /s×4台	51.4m ³ /s×6台	38.5m ³ /s×8台
電気工事費	100%	100.4%	103.9%
総工事費	100%	105.1%	107.8%

ている大容量の火力または原子力発電所と系統を組み合わせて瀬戸内の需要地へ送電する構想で、送電線電圧は500kVが考えられており、当社で初めての50万ヴォルト発電所として設計することとした。

このため、地下発電所に設置する主要機器と開閉所間の主回路接続方式については種々検討した結果、表-8に示すとおり500kVの主要変圧器は地下に設置し、開閉所まで約1000mの距離を500kVケーブルで接続する案が最も良いことが判明し、また500kVケーブルの開発も可能であるので、この案に決定した。

4. むすび

本工事に必要な官庁手続はすべて終り、目下地元関係団体との公共補償、個人補償の話し合いを続けていますが、近く全面的に妥決する見とおしであります。

この工事の工程を支配するのは、ダムと地下発電所であって、従来のこの種工事の実例から

表-7 ポンプ水車発電々動機諸元

		水車運転	ポンプ運転
落差揚程	最高(m)	391.2	373.5
	最低(m)		
水量	最大(m ³ /s)	77	61.5
出力, 軸入力(kW)		260,000	268,000
回転速度(rpm)		360	360
発電々動機	出力	268,000kVA	268,000kW
	電圧(kV)	16.5	16.5
	力率(%)	95	100

判断してかなりきびしい工程であると予想しております。

大型プロジェクト特に自然が相手である水力工事の場合には、異状気象、地質の急変等事前の調査で察知出来ないこともあり、いろいろ困難に遭遇すると思いますが関係者一同、最大の努力を払って工期内に完成し、我が国産業発展のため尽したいと考えております。

表-8 主回路接続方式比較

比較案	A 500KVケーブル引出案	B 500/275KV単巻変圧機設置案	C 16.5KV相分離母線引出案
レイアウト			
電気工事費	100%	109.3%	150.6%
土木工事費	100%	91.0%	12.0%
総工事費	100%	107.8%	138.9%

ここに、奥多々良木発電所計画について紹介するに当り、改めて諸官庁、公共団体、大学、研究機関等および地元の関係の方々に深く感謝すると共に、今後の御協力をお願いする次第で

あります。

また、この稿を発表する機会を与えていただいた 大阪大学工学部 前田幸雄教授 に謝意を表します。