

ペルー共和国ワンサラ鉱山
関連施設整備計画調査
報告書

第二編

1984年2月

国際協力事業団

ペルー共和国ワンサラ鉱山
関連施設整備計画調査
報告書

第二編

1984年2月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 7. 23	709
登録No. 11803	66
	MPP

第 II 編 目 次

第 1 章	発 電 計 画	1 - 1
第 2 章	地 形 地 質	2 - 1
第 3 章	予 備 設 計	3 - 1
第 4 章	工 事 費 積 算 と 施 工 計 画	4 - 1

図 表 リ ス ト

Fig 1-1-1	流域一般図
Fig 1-2-1	ワジャンカにおける平均月別降雨量(1964~1976)
Fig 1-2-2	ワンサラにおける平均月別降雨量(1979~1982)
Fig 1-2-3	発電所地点における横断図
Fig 1-3-1	サンファン川流況曲線
Fig 1-4-1	ワンサラ水力計画一般図
Fig 1-4-2	水圧管路縦断図(A案)
Fig 1-4-3	水圧管路縦断図(B案)
Fig 1-4-4	水圧管路縦断図(C案)
Fig 1-4-5	ベルトン水車効率曲線(1台案)
Fig 1-4-6	ベルトン水車効率曲線(2台案)
Fig 2-1-1	ペルーの地形区分図
Fig 2-5-1	試掘1(段丘堆積物)
Fig 2-5-2	試掘2(氷河性堆積物)
Fig 2-5-3	試掘3(崖錐堆積物)
Fig 2-5-4	試掘4(氷河性堆積物)
Fig 2-5-5	試掘5(崖錐堆積物)
Fig 2-5-6	断層谷横断図
Fig 2-5-7	試掘Pb-1(崖錐堆積物)
Fig 2-5-8	試掘Pb-2(崖錐堆積物)
Fig 2-5-9	試掘Sb-1(段丘堆積物)
Fig 2-5-10	試掘Sc-1(崖錐堆積物)
Fig 2-6-1	ワンサラ水力計画地質平面, 縦断図
Fig 2-6-2	地質調査ボーリング, 試掘位置図
Fig 2-6-3	取水口, 沈砂池地質図
Fig 2-6-4	取水ダム地質横断図
Fig 2-6-5	水圧管路地質図(A案)
Fig 2-6-6	水圧管路地質図(B案)

Fig 2-6-7	水圧管路地質図 (C 案)
Fig 3-1-1	越流容量曲線
Fig 3-1-2	取水ダム断面 (上流側)
Fig 3-1-3	越流部縦断面図
Fig 3-3-1	開水路 タイプ I
Fig 3-3-2	開水路 タイプ II
Fig 3-3-3	開水路 タイプ III (カルバート)
Fig 3-3-4	トンネル タイプ I
Fig 3-3-5	トンネル タイプ II
Fig 3-5-1	水圧管路縦断面図
Fig 3-10-1	ワンサラ水力計画一般図
Fig 3-10-2	取水ダムおよび沈砂池平面図
Fig 3-10-3	取水ダム, 沈砂池縦断, 横断および標準断面
Fig 3-10-4	水路縦断および標準断面図
Fig 3-10-5	ヘッドタンク平面および標準断面図
Fig 3-10-6	余水路平面, 縦断および標準断面図
Fig 3-10-7	水圧管路平面および縦断面図
Fig 3-10-8	発電所一般平面図
Fig 3-10-9	発電所平面, 縦断および横断図
Fig 3-10-10	ワンサラ電力系統図 (於 1987)
Fig 3-10-11	発電所単線結線図
Fig 3-10-12	ワンサラ鉸山側変電所
Fig 3-10-13	送電線ルート図
Fig 3-10-14	コンクリート柱 (耐張)
Fig 3-10-15	コンクリート柱 (懸垂)
Fig 4-4-1	ワンサラ水力計画工事工程表
Table 1-3-1	サンファン川流量表
Table 1-3-1	サンファン川流況表 (1981)
Table 1-3-2	サンファン川流況表 (1982)

Table 1-3-3	サンファン川流況表(1983)
Table 1-3-4	サンファン川流況表(平均)
Table 1-4-1	各案主要諸元
Table 1-4-2	ワンサラ水力計画の各案工事費比較
Table 1-4-3	ワンサラ発電所可能発電電力量(A案)
Table 1-4-4	ワンサラ発電所可能発電電力量(B案)
Table 1-4-5	ワンサラ発電所可能発電電力量(C案)
Table 2-2-1	プロジェクトサイトにおける地層構成
Table 3-1-1	洪水吐からの越流量
Table 3-1-2	排砂ゲートからの放流量
Table 3-1-3	越流容量
Table 3-2-1	粒径別沈降速度
Table 3-3-1	粗度係数
Table 4-2-1	建設概要費

第1章 発電計画

1911

第 1 章 発 電 計 画

1.1	Rio San Juan 流域の地勢	1 - 1
1.2	水 文 資 料	1 - 3
1.2.1	測 量	1 - 3
1.2.2	雨 量	1 - 4
1.2.3	設 計 洪 水 量	1 - 12
1.3	流 況 曲 線	1 - 14
1.4	発 電 計 画	1 - 21
1.4.1	発 電 規 模	1 - 21
1.4.2	発電所地点の比較	1 - 21
1.4.3	水車、発電機の形式および台数	1 - 34

第1章 発 電 計 画

1.1 Rio San Juan 流域の地勢

Rio San Juan は、ペルー中央部 Los Andes の一つである標高 5,000 m を越える山々の連なる Cordillera Chanpi Janca 東斜面に位置する。これらの山々の氷冠を源とし溪谷沿いに北に流れ途中 Huallanca に於いて Rio Santa Rosa と合流し、北東に向きを変えて Rio Vizcara となり、La Union を経て Quivilla に於いて Rio Maranon を併せて Rio Amazonas の一源流となる。プロジェクトサイト一帯は、高原台地的山相と突こつたる急峻が混在し、地衣類と小さな灌木が生育し余り大きな保水能力はない様である。

Rio San Juan は、Arequipa 橋 (Pte. Arequipa) 付近において流れの様相を大きく変えている。Pte. Arequipa 上流一帯は、写真 1-1-1 のように兩岸に氾濫原の広い湿地帯を従え、勾配 1/100 前後のゆったりとした流れになっている反面、下流は Huallanca 町上流端 (Electro Peru 発電所直上流) までの平均河川勾配が 1/20 前後の急流になっており Huallanca 町に近づく程川幅が狭くなり、兩岸は急峻の度合いが大きくなっている。(写真 1-1-2)

一方、Huallanca 町に入ると流れは再び緩流となり下流数 km にわたって平均河川勾配は 1/50 前後である。(写真 1-1-3)

以上のことから、この地域は水力発電にとって理想的な地勢条件を備えている。また、必然的に、取水口は前記急流部の始点に、発電所はこの急流部をバイパスする位置に計画することになった。

写真 1-1-1 ダムサイトより上流を望む



写真 1-1-2 Rio San Juan急流部
Huallanca町直上流附近

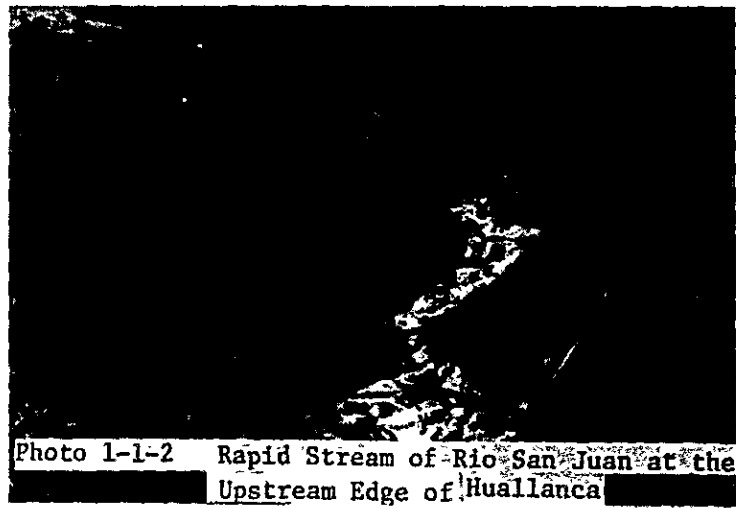


写真 1-1-3 Huallanca 町附近の Rio San Juan



1.2 水文資料

1.2.1 測 水

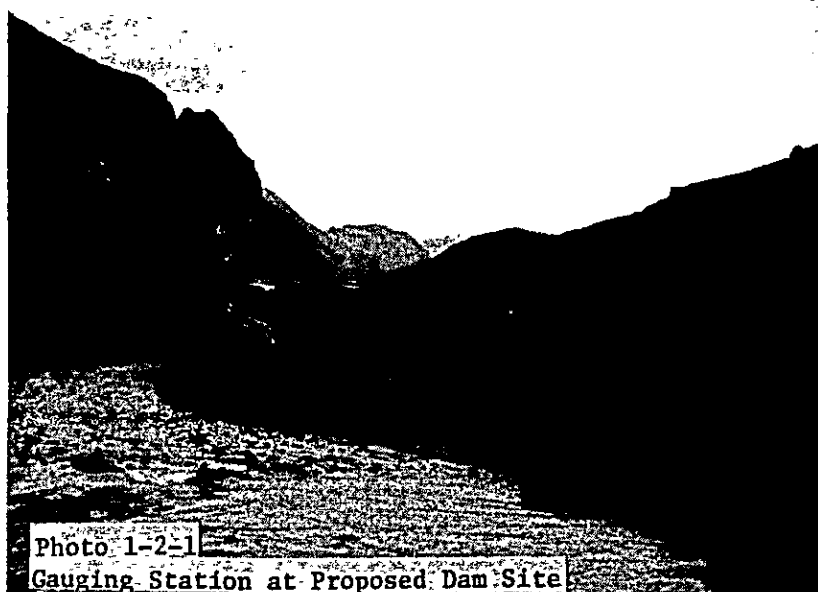
Rio San Juan 近辺での流量観測は、下記の地点で Santa Luisa 社が独自で行なっている他は皆無である。(写真 1-2-1)

地点(河川名)	観測開始年月	流域面積
Rio San Juan	1981年 1月	153.7 km ²
Q. Azul Mina	1981年 1月	35.8
Rio Viscarra	1981年 9月	380.9
Rio Torres	1979年 7月	89.3
Q. Chuspi	1979年 11月	18.2

いずれの地点も観測回数が週一回程度であり、年数も短いため完全なものとはなっていない。

本計画地点の流量資料としては、ダムサイトに最も近く、観測設備がしっかりして
いて測定そのものも信頼性があると思われる Rio San Juan のデータを用いるが、同地点
での観測記録は1981年、1982年、1983年(10月22日まで)の3ケ年の
みである。Andes 山系は雨期と乾期がかなりはっきりしていて乾期には雨量も30
mm/月～40mm月と非常に少なくなる。乾期の流量は雨量よりもむしろ氷河の融
水量に支配される傾向が強く、流量の変化は非常にゆるやかである。よって1週間程
の間隔で測水しても前後の流量データは信頼できると考えられる。データの欠落部分
を補完して作成した流量記録は表1-2-1～表1-2-3に示すとおりとなる。

写真1-2-1 ダムサイト直上流の測水地点



1.2.2 雨 量

降雨観測は、Huallanca に於いて、1964年～1976年、Huanzala に於いて
1979年～1982年に行なわれている。その記録を整理すると月別の雨量は図1-
2-1及び1-2-2に示すとおりになる。平均年間降雨量はHuallanca にて1,150mm,
Huanzala にて970mmで年間の降雨量としては極端に少ない地域ではないが、月別
では5月～9月の乾期の雨量がHuallanca にて40mm前後、Huanzala にて30mm前後であ
るよう大量取水は期待出来ない。

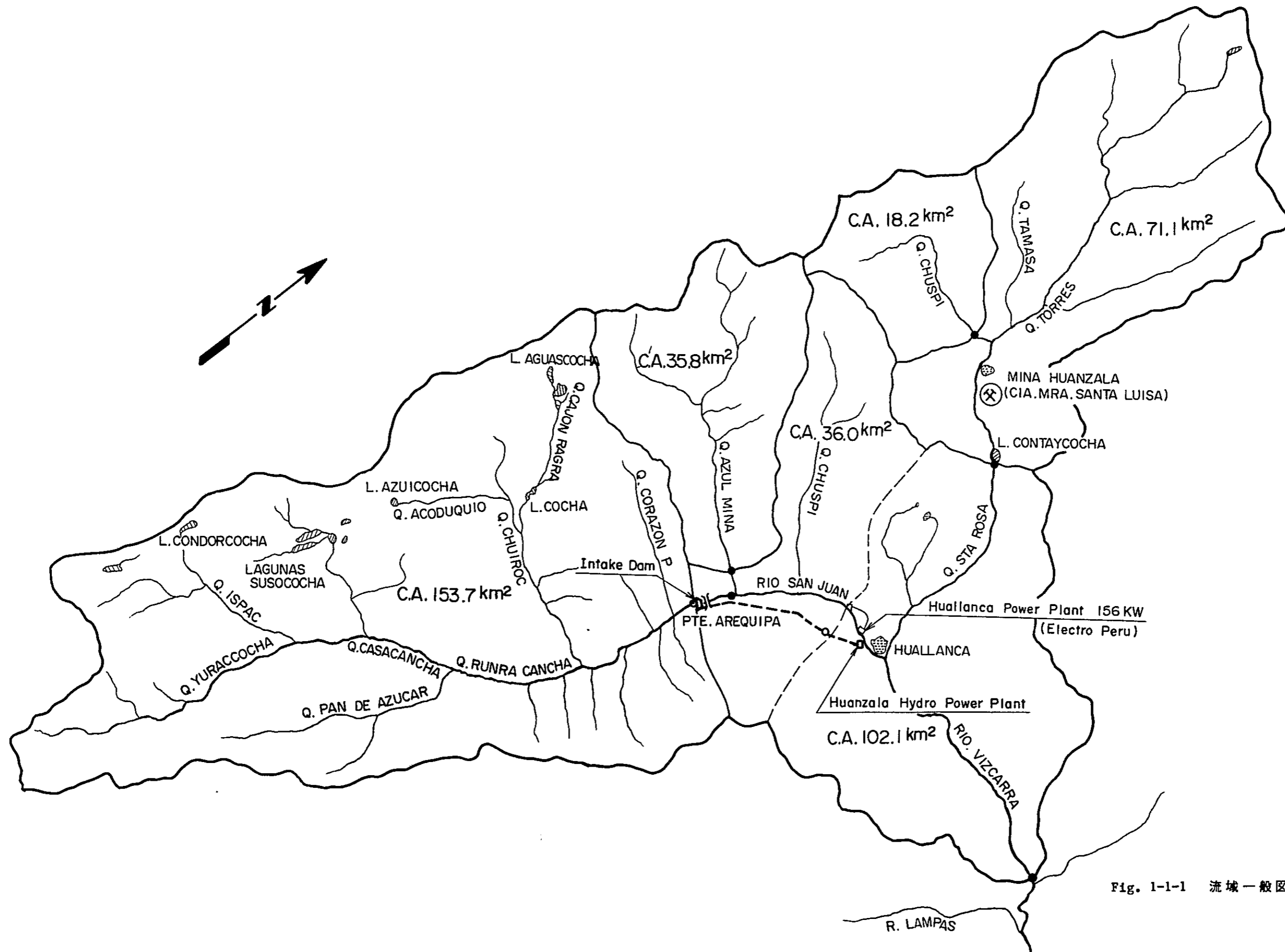


Fig. 1-1-1 流域一般图

.....

Fig. 1-2-1 ワジャンカにおける月別降雨量(1964-1976)

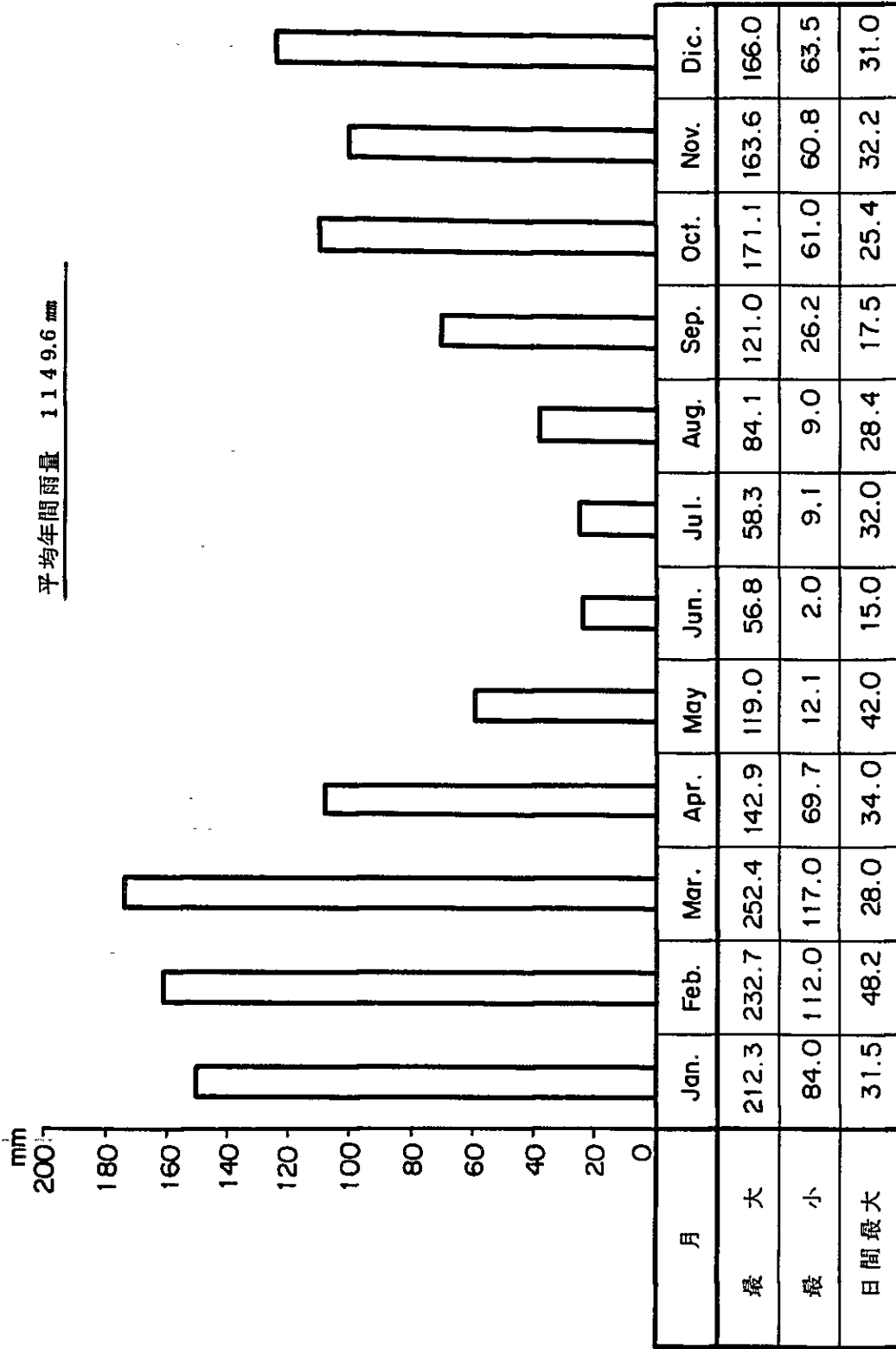


Fig. 1-2-2 ワジャンカにおける月別平均雨量(1979-1982) Huanzala)

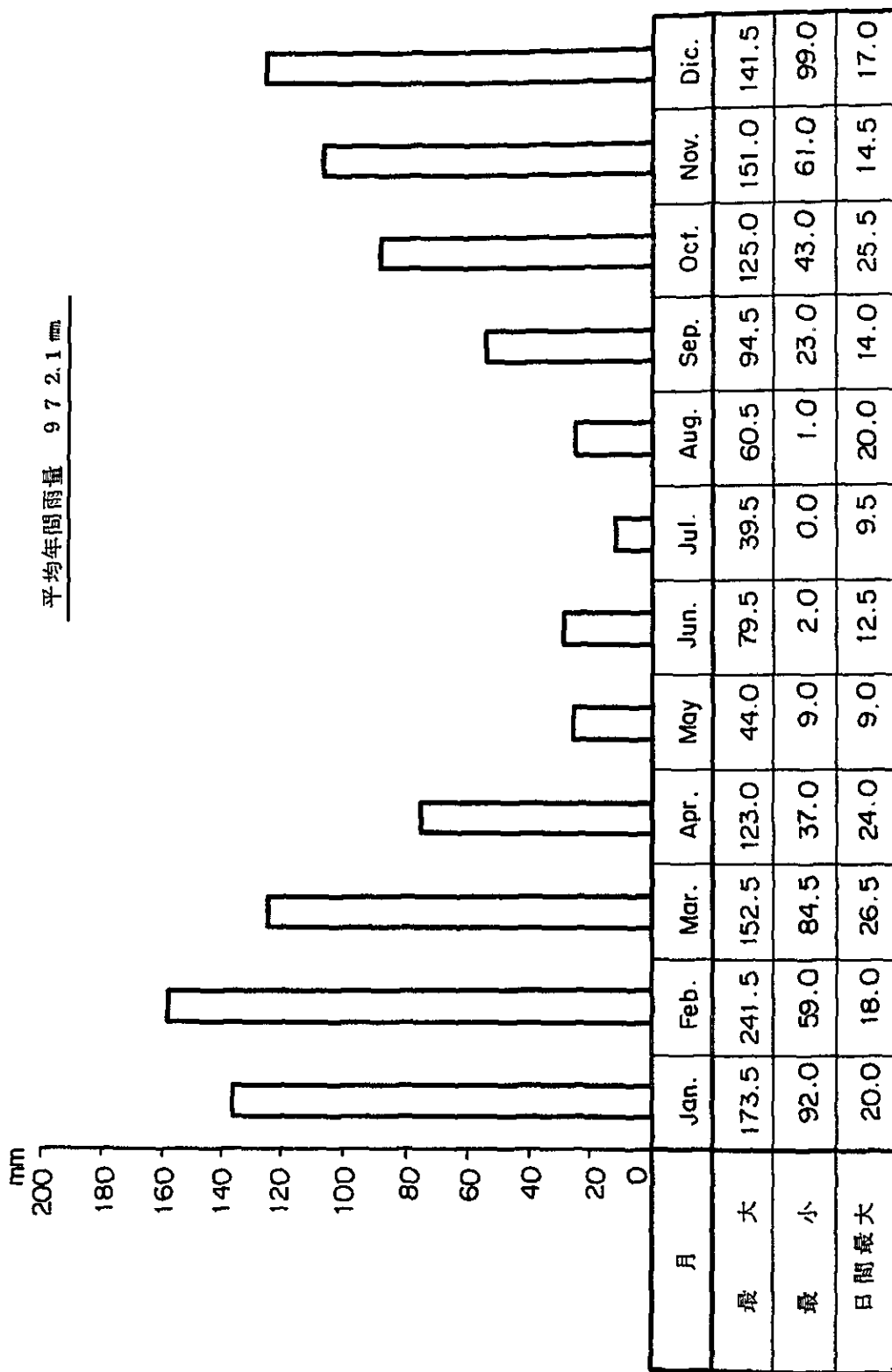


Table.1-2-1 サンファン川ダム地点における流出量(1981)

day	(m ³ /s)											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	2.30	10.83	10.92	4.71	3.62	2.49	1.10	0.95	0.79	1.92	7.75	12.39
2	2.30	10.83	9.87	4.67	3.58	2.45	1.01	0.94	0.76	1.92	7.53	12.08
3	3.06	10.83	8.81	4.63	3.54	4.42	0.91	0.93	0.74	1.97	7.31	11.77
4	3.81	10.83	7.76	4.60	3.51	2.38	0.95	0.92	0.71	2.02	7.09	11.47
5	4.57	10.82	6.70	4.56	3.47	2.34	0.99	0.92	0.76	2.07	6.86	11.16
6	5.33	10.82	5.65	4.52	3.43	2.31	1.03	0.91	0.82	2.12	6.64	10.85
7	6.09	11.21	5.61	4.49	3.40	2.27	1.07	0.90	0.87	2.16	6.42	10.54
8	6.84	11.59	5.58	4.45	3.36	2.23	1.11	1.08	0.93	2.21	6.20	10.23
9	7.60	11.98	5.54	4.41	3.32	2.20	1.15	1.26	0.98	2.26	5.98	9.93
10	7.32	12.37	5.50	4.38	3.29	2.16	1.19	1.44	1.04	2.31	5.76	9.62
11	7.04	12.76	5.47	4.34	3.25	2.13	1.15	1.62	1.09	2.24	7.85	9.31
12	6.76	13.14	5.43	4.31	3.22	2.09	1.11	1.80	1.14	2.18	9.94	9.20
13	6.47	13.53	5.40	4.27	3.18	2.05	1.07	1.98	1.19	2.11	12.03	9.09
14	6.19	13.49	5.36	4.23	3.14	2.02	1.03	2.16	1.24	2.04	11.26	8.98
15	5.91	13.46	5.32	4.20	3.11	1.98	0.99	2.18	1.29	1.98	10.50	8.86
16	5.63	13.42	5.29	4.16	3.07	1.94	0.95	2.20	1.34	1.91	9.73	8.75
17	5.21	13.39	5.25	4.12	3.03	1.91	0.91	2.22	1.39	2.45	8.96	8.64
18	4.79	13.35	5.21	4.09	3.00	1.87	0.92	2.24	1.44	2.98	8.19	8.53
19	4.37	13.32	5.18	4.05	2.96	1.83	0.94	2.26	1.50	3.52	7.42	8.19
20	3.95	13.28	5.14	4.01	2.92	1.80	0.95	2.28	1.55	4.06	6.66	7.85
21	3.53	13.24	5.10	3.98	2.89	1.76	0.97	2.30	1.61	4.60	7.65	7.50
22	3.11	13.21	5.07	3.94	2.85	1.73	0.98	2.10	1.67	5.13	8.65	7.16
23	2.69	13.17	5.03	3.90	2.82	1.69	1.00	1.90	1.72	5.67	9.64	6.82
24	3.85	13.14	5.00	3.87	2.78	1.65	1.01	1.70	1.78	6.03	10.64	6.48
25	5.02	13.10	4.96	3.83	2.74	1.62	1.00	1.50	1.83	6.39	11.63	6.13
26	6.18	13.07	4.92	3.80	2.71	1.58	0.99	1.30	1.89	6.75	12.63	5.79
27	7.35	13.03	4.89	3.76	2.67	1.48	0.99	1.10	1.90	7.11	13.62	5.45
28	8.51	11.98	4.85	3.72	2.63	1.39	0.98	0.90	1.90	7.47	13.31	5.11
29	9.68		4.81	3.69	2.60	1.29	0.97	0.87	1.91	7.83	13.00	4.76
30	10.84		4.78	3.65	2.56	1.20	0.96	0.85	1.91	8.19	12.70	4.42
31	10.84		4.74		2.52		0.96	0.82		7.97		4.08
Ave.	5.71	12.47	3.06	4.18	3.07	2.01	1.01	1.50	1.32	3.86	9.12	8.42

Table.1-2-2 サンファン川ダム地点における流出量(1982)

day	(m ³ /s)											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	3.93	9.94	3.98	6.35	6.07	1.56	0.98	0.93	1.16	2.46	5.11	3.51
2	3.78	9.70	3.94	6.47	5.52	1.55	0.97	0.94	1.18	2.55	4.77	3.38
3	3.63	9.47	3.90	6.59	4.96	1.53	0.96	0.95	1.21	2.63	4.44	3.45
4	3.48	9.24	3.87	6.71	4.40	1.52	0.95	0.96	1.20	2.72	4.10	3.53
5	3.32	9.00	3.83	6.84	3.84	1.51	0.93	0.97	1.20	2.80	3.76	3.60
6	3.17	8.77	3.80	6.96	3.29	1.49	0.92	0.98	1.19	2.89	3.42	3.68
7	3.02	8.53	3.76	7.08	2.73	1.48	0.91	0.98	1.18	2.97	3.09	3.75
8	2.87	8.30	3.73	7.20	2.62	1.47	0.90	0.98	1.17	3.00	2.75	3.83
9	2.99	8.07	3.69	7.32	2.51	1.46	0.89	0.98	1.17	3.03	2.42	3.90
10	3.11	7.83	3.66	7.44	2.39	1.44	0.88	0.98	1.16	3.06	3.72	3.98
11	3.24	7.60	3.62	7.16	2.28	1.43	0.87	0.97	1.15	3.09	5.02	4.05
12	3.36	7.37	3.59	6.87	2.17	1.38	0.86	0.97	1.16	3.12	6.32	4.13
13	3.48	7.13	4.80	6.59	2.06	1.33	0.85	0.97	1.18	3.15	7.61	4.20
14	3.60	6.90	6.01	6.30	1.94	1.28	0.84	0.96	1.19	3.18	8.91	4.11
15	3.73	6.66	7.22	6.02	1.83	1.23	0.84	0.95	1.20	3.21	10.21	4.02
16	4.22	6.43	8.43	5.73	1.81	1.18	0.83	0.94	1.22	3.24	11.51	3.93
17	4.70	6.20	9.64	5.45	1.79	1.17	0.83	0.93	1.23	3.27	10.78	3.85
18	5.19	5.96	10.85	5.18	1.77	1.15	0.82	0.92	1.24	3.30	10.04	3.76
19	5.68	5.73	12.06	4.91	1.74	1.14	0.82	0.91	1.26	3.33	9.31	3.67
20	6.16	5.49	11.57	4.65	1.72	1.12	0.81	0.90	1.27	3.36	8.57	3.58
21	6.65	5.26	11.09	4.38	1.70	1.11	0.82	0.92	1.28	3.39	7.84	3.49
22	7.13	5.03	10.60	4.11	1.69	1.09	0.83	0.94	1.29	3.42	7.11	3.42
23	7.62	4.79	10.12	3.84	1.67	1.08	0.84	0.96	1.30	3.45	6.37	3.31
24	8.12	4.56	9.63	4.24	1.66	1.06	0.85	0.98	1.31	3.78	5.64	3.22
25	8.63	4.32	9.15	4.64	1.65	1.05	0.86	0.99	1.32	4.12	4.90	3.14
26	9.13	4.09	8.66	5.04	1.64	1.03	0.87	1.01	1.51	4.45	4.17	3.05
27	9.63	4.05	8.17	5.43	1.62	1.02	0.88	1.03	1.70	4.78	4.04	2.96
28	10.14	4.02	7.69	5.83	1.61	1.01	0.89	1.05	1.89	5.11	3.91	2.87
29	10.64		7.20	6.23	1.60	1.00	0.90	1.08	2.08	5.45	3.78	3.08
30	10.41		6.72	6.63	1.59	0.99	0.91	1.10	2.27	5.78	3.64	3.28
31	10.17		6.23		1.57		0.92	1.13		5.44		3.49
Ave.	5.64	6.80	3.63	5.94	2.43	1.26	0.88	0.98	1.33	3.53	5.91	3.59

Table.1-2-3 サンファン川ダム地点における流出量(1983)

day	(m ³ /s)											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	3.69	4.49	6.36	4.13	4.11	1.78	2.50	1.20	1.11	1.09		
2	3.90	4.33	6.52	3.65	4.11	2.09	2.90	1.15	1.23	1.17		
3	4.10	4.18	6.68	3.65	3.70	1.83	2.90	1.10	1.34	1.24		
4	4.31	4.04	5.43	9.00	2.90	2.90	2.00	1.06	1.45	1.32		
5	4.51	3.90	8.75	2.62	2.90	4.10	2.30	1.00	1.56	1.39		
6	4.72	3.76	6.20	3.39	2.90	5.10	2.20	1.06	1.68	1.46		
7	4.92	3.63	10.00	10.26	4.30	3.90	3.30	1.10	1.79	1.54		
8	5.18	3.49	8.75	4.13	2.90	2.70	2.70	1.10	1.90	1.61		
9	5.43	3.35	6.20	5.43	2.09	3.30	2.09	1.10	2.02	1.68		
10	5.69	3.21	6.20	4.13	1.78	6.15	2.30	1.06	2.13	1.76		
11	5.95	3.38	8.75	3.65	1.78	4.93	2.00	1.06	2.24	1.83		
12	6.20	3.55	7.47	4.42	2.09	4.71	2.15	1.06	2.35	1.91		
13	6.46	3.72	7.21	6.20	1.78	4.11	2.10	1.03	2.47	1.98		
14	6.71	3.89	7.47	4.30	1.78	5.10	2.05	1.10	2.58	2.05		
15	6.97	4.06	5.43	2.30	1.78	6.15	2.01	1.03	2.44	2.13		
16	6.84	4.23	7.99	5.70	1.78	5.10	1.96	0.96	2.31	2.20		
17	6.70	4.40	10.52	8.00	1.78	4.71	1.91	0.96	2.17	2.28		
18	6.57	4.57	7.99	6.40	1.78	5.50	1.86	0.96	2.03	2.35		
19	6.43	4.74	8.75	5.90	1.90	4.41	1.82	1.06	1.90	2.42		
20	6.30	4.90	11.60	4.90	2.09	3.50	1.77	1.00	1.77	2.50		
21	6.16	5.06	10.52	4.90	2.50	3.50	1.72	1.03	1.63	2.57		
22	6.03	5.23	8.50	5.90	2.50	3.10	1.67	1.03	1.56	2.64		
23	5.88	5.39	10.52	2.90	2.09	2.50	1.63	1.03	1.49			
24	5.72	5.55	6.45	2.90	1.78	3.90	1.58	1.03	1.43			
25	5.57	5.71	3.39	5.90	1.78	3.50	1.53	1.03	1.36			
26	5.41	5.87	3.46	5.70	1.19	4.10	1.48	1.03	1.29			
27	5.26	6.03	3.52	4.50	1.78	3.70	1.43	1.00	1.22			
28	5.11	6.20	3.59	2.90	1.42	5.10	1.39	1.00	1.16			
29	4.95		3.65	2.30	1.23	4.41	1.34	1.00	1.09			
30	4.80		5.17	2.90	1.60	2.50	1.29	1.03	1.02			
31	4.64		5.68		1.60		1.24	1.00				
Ave.	5.52	4.46	4.10	4.77	2.25	3.95	1.97	1.04	1.72			

1.2.3 設計洪水量

図1-2-3は、1981年3月の洪水の痕跡から推定した発電所地点における洪水位である。この洪水によってHuallancaにかかっていたかなり歴史のある石積みの橋が流出しているので数十年に一度起る洪水であったと推定される。この洪水位と河川勾配からその時の洪水量を推定すると $80\text{ m}^3/\text{s}$ となり、ダム地点での換算値では $50\text{ m}^3/\text{s}$ となる。安全をみて、前記洪水量の2倍の設計洪水量を取り $100\text{ m}^3/\text{s}$ とする。なお $100\text{ m}^3/\text{s}$ はダム直下流のPte. Arequipa地点を流下できるぎりぎりの流量でもある。

(写真1-2-2, 1-2-3, 1-2-4)

写真1-2-2 San Juan 橋 (1981年3月, 洪水で流失)

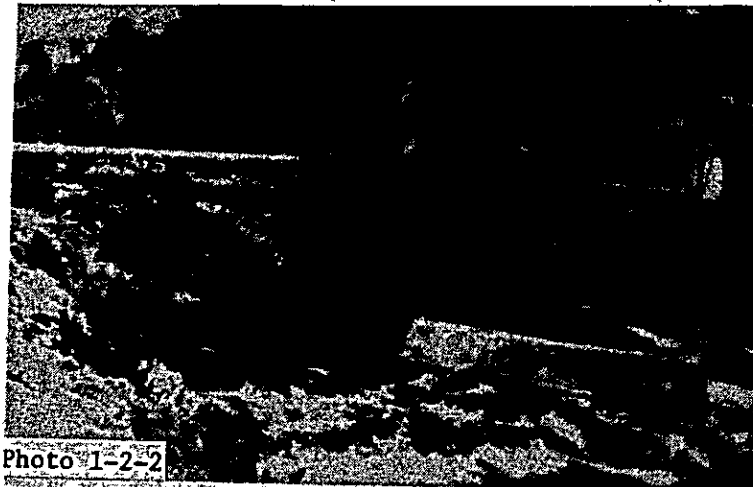


Photo 1-2-2
San Juan Bridge (washed away by flood in March 1981)

写真1-2-3 San Juan 橋附近 (現在, アバット工事中)



Photo 1-2-3 San Juan Bridge (under construction)

写真 1-2-4 発電所予定地における洪水痕跡 (1981年)

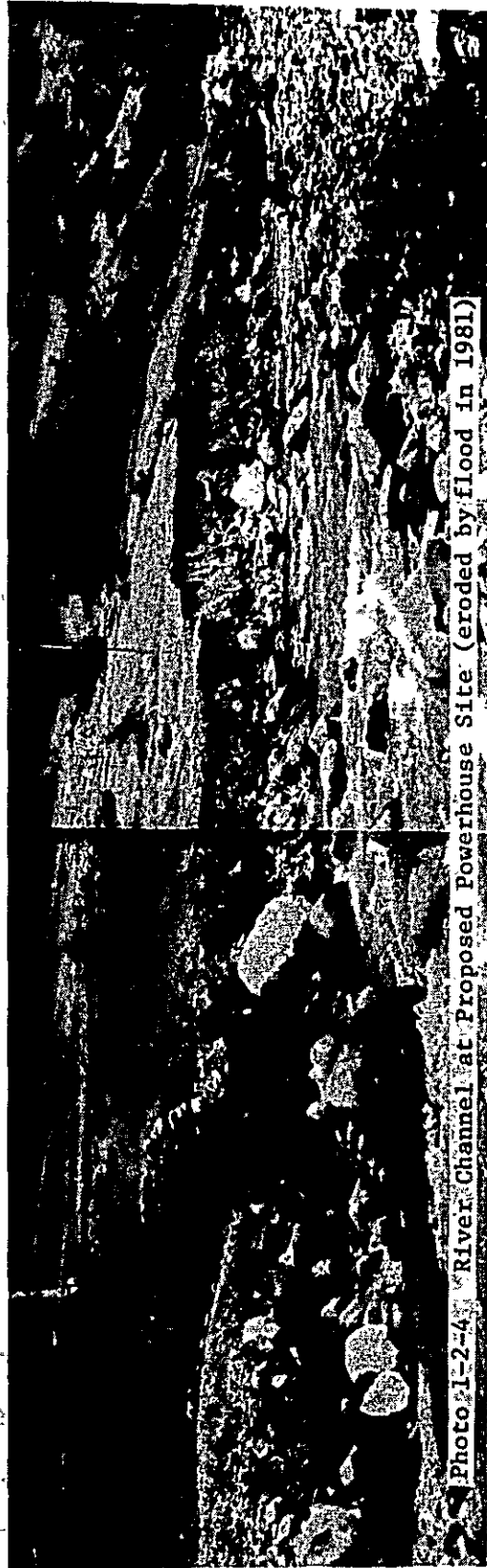
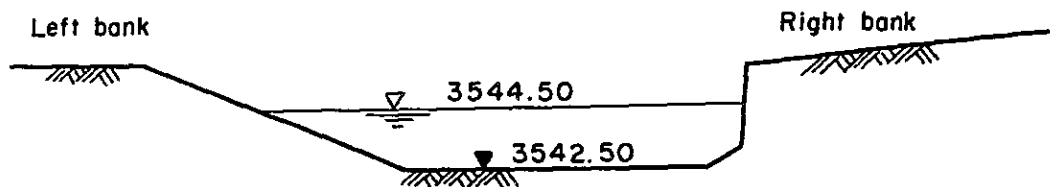


Photo 1-2-4 River Channel at Proposed Powerhouse Site (eroded by flood in 1981)

設計洪水量は以下の計算により求めた。

Fig 1-2-3 発電所地点における横断面 ($S = 1/200$)



マンニング公式：

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q = AV = 17.5 \text{ m}^2 \times 4.6 \text{ m/sec} = 81 \text{ m}^3/\text{sec}$$

ここで、

Q ; Discharge (m^3/sec)

A ; Sectional area of flow = 17.5 (m^2)

V ; Velocity of flow (m/sec)

N ; Coefficient of roughness = 0.05

R ; Hydraulic mean depth (m)

I ; Slope = 1/22

1.3 流況曲線

取水ダム地点の流域面積は 1 5 3.7 km^2 である。流量測定もダムサイトの直上流にあり、流域面積もほぼ同じであるから Rio San Juan の測水地点の記録が即ダムサイトの流況と見做すことが出来る。

同地点の流況を表 1-3-1 に流況曲線を図 1-3-1、表 1-3-2 ~ 1-3-4 に示す。これによると 1981年と1983年はほぼ傾向が似ているが、1982年は前者に比べて流量が極端に少ない。一方最渇水期30日間の流況は1981年では 0.71 ~ 0.97 m^3/s の間にあり、1982年は 0.81 ~ 0.92 m^3/s 、1983年は 0.96 ~ 1.10 m^3/s となっており各年の流量に大きな差はなく、流況も比較的安定している。水力発電所の最大使用水量 2.2 m^3/s が確保出来る日数は1981年が246日、1982年が224日、1983年が248日と若干差がある。

この流況曲線から発電所規模を決定する場合には不十分な資料では問題になるが、本プロジェクトの発電規模は需要想定をベースに決定され、しかも流況曲線からは、乾期のディーゼル発電設備のたき増し量を推定するのみであるので、これらの目的には現在利用可能な流量資料で充分と判断される。

よって今後の計算に用いる流況曲線としては、3ヶ年を平均した値を使用するものとする。

Table 1-3-1 サンファン川の流況表

(Unit : m^3/sec)

年	最大放流量	95日流量	185日流量	275日流量	355日流量	平均流量
1981	13.62	6.75	3.76	1.90	0.90	0.71
1982	12.06	5.11	3.29	1.20	0.85	0.81
1983	-	-	-	1.83	1.03	0.96
平均	12.54	5.93	3.53	1.64	0.93	0.83

Fig. 1-3-1 サンファン川流況曲線

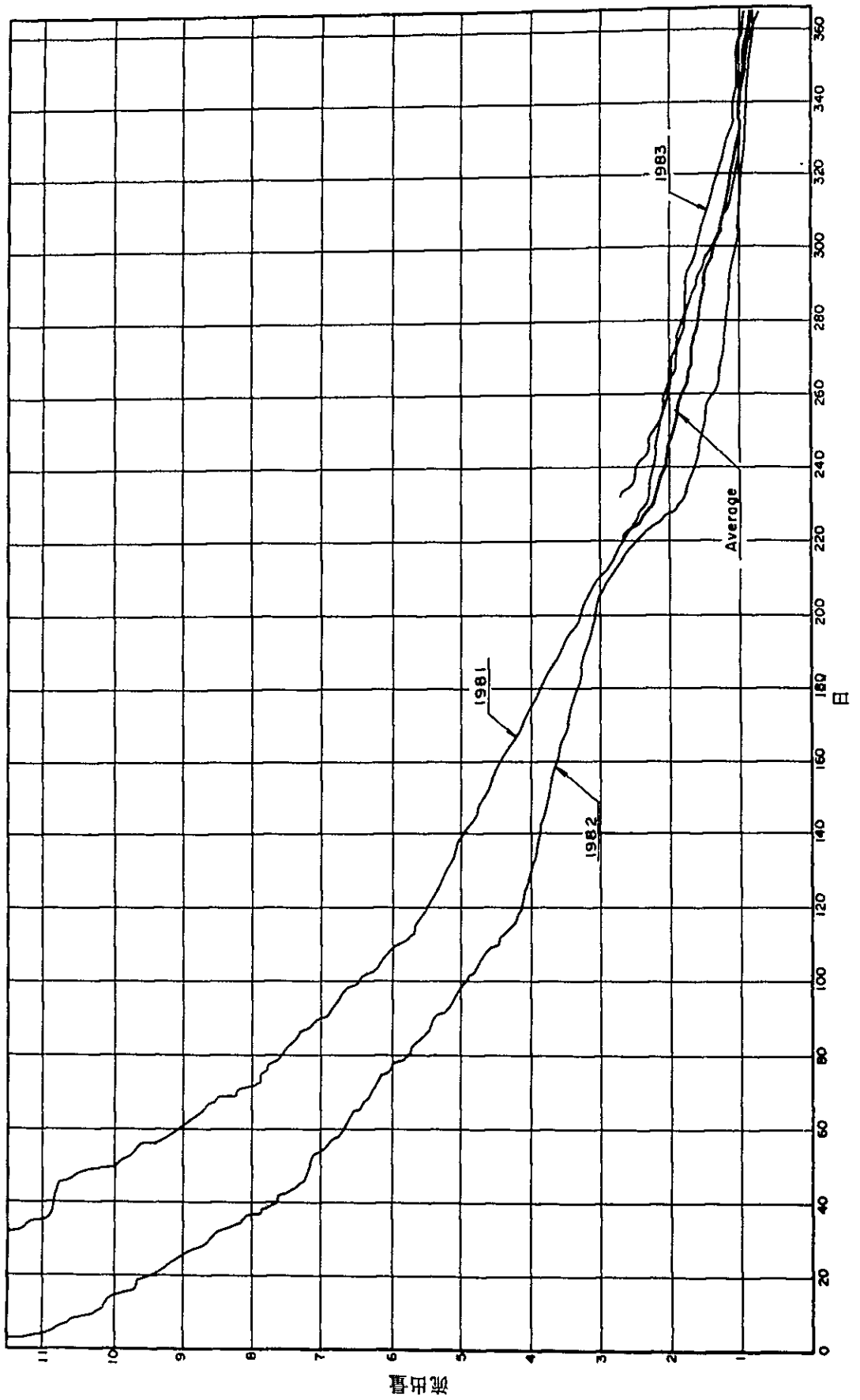


Table.1-3-1 サンファン川流況表(1981)

	(m ³ /s)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	13.62	13.53	13.49	13.46	13.42	13.39	13.35	13.32	13.31	13.28
10	13.24	13.21	13.17	13.14	13.14	13.10	13.07	13.03	13.00	12.76
20	12.70	12.63	12.39	12.37	12.08	12.03	11.98	11.98	11.77	11.63
30	11.59	11.47	11.26	11.21	11.16	10.92	10.85	10.84	10.84	10.83
40	10.83	10.83	10.83	10.82	10.82	10.64	10.54	10.50	10.23	9.94
50	9.93	9.87	9.73	9.68	9.64	9.62	9.31	9.20	9.09	8.98
60	8.96	8.86	8.81	8.75	8.65	8.64	8.53	8.51	8.19	8.19
70	8.19	7.97	7.85	7.85	7.83	7.76	7.75	7.65	7.60	7.53
80	7.50	7.47	7.42	7.35	7.32	7.31	7.16	7.11	7.09	7.04
90	6.86	6.84	6.82	6.76	6.75	6.70	6.66	6.64	6.48	6.47
100	6.42	6.39	6.20	6.19	6.18	6.13	6.09	6.03	5.98	5.91
110	5.79	5.76	5.67	5.65	5.63	5.61	5.58	5.54	5.50	5.47
120	5.45	5.43	5.40	5.36	5.33	5.32	5.29	5.25	5.21	5.21
130	5.18	5.14	5.13	5.11	5.10	5.07	5.03	5.02	5.00	4.96
140	4.92	4.89	4.85	4.81	4.79	4.78	4.76	4.74	4.71	4.67
150	4.63	4.60	4.60	4.57	4.56	4.52	4.49	4.45	4.42	4.42
160	4.41	4.38	4.37	4.34	4.31	4.27	4.23	4.20	4.16	4.12
170	4.09	4.08	4.06	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.90	3.87
180	3.85	3.83	3.81	3.80	3.76	3.72	3.69	3.65	3.62	3.58
190	3.54	3.53	3.52	3.51	3.47	3.43	3.40	3.36	3.32	3.29
200	3.25	3.22	3.18	3.14	3.11	3.11	3.07	3.06	3.03	3.00
210	2.98	2.96	2.92	2.89	2.85	2.82	2.78	2.74	2.71	2.69
220	2.67	2.63	2.60	2.56	2.52	2.49	2.45	2.45	2.38	2.34
230	2.31	2.31	2.30	2.30	2.30	2.28	2.27	2.26	2.26	2.24
240	2.24	2.23	2.22	2.21	2.20	2.20	2.18	2.18	2.16	2.16
250	2.16	2.13	2.12	2.11	2.10	2.09	2.07	2.05	2.04	2.02
260	2.02	1.98	1.98	1.98	1.97	1.94	1.92	1.92	1.91	1.91
270	1.91	1.91	1.90	1.90	1.90	1.89	1.87	1.83	1.83	1.80
280	1.80	1.78	1.76	1.73	1.72	1.70	1.69	1.67	1.65	1.62
290	1.62	1.61	1.58	1.55	1.50	1.50	1.48	1.44	1.44	1.39
300	1.39	1.34	1.30	1.29	1.29	1.26	1.24	1.20	1.19	1.19
310	1.15	1.15	1.14	1.11	1.11	1.10	1.10	1.09	1.08	1.07
320	1.07	1.04	1.03	1.03	1.01	1.01	1.00	1.00	0.99	0.99
330	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95
340	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92
350	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90	0.87	0.87	0.85	0.82	0.82
360	0.79	0.76	0.76	0.74	0.71					

max = 13.62 95day = 6.75 185day = 3.76
 275day = 1.90 355day = 0.90 min = 0.71

Table.1-3-2 サンファン川流況表(1982)

	(m ³ /s)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	12.06	11.57	11.51	11.09	10.85	10.78	10.64	10.60	10.41	10.21
10	10.17	10.14	10.12	10.04	9.94	9.70	9.64	9.63	9.63	9.47
20	9.31	9.24	9.15	9.13	9.00	8.91	8.77	8.66	8.63	8.57
30	8.53	8.43	8.30	8.17	8.12	8.07	7.84	7.83	7.69	7.62
40	7.61	7.60	7.44	7.37	7.32	7.22	7.20	7.20	7.16	7.13
50	7.13	7.11	7.08	6.96	6.90	6.87	6.84	6.72	6.71	6.66
60	6.65	6.63	6.59	6.59	6.47	6.43	6.37	6.35	6.32	6.30
70	6.23	6.23	6.20	6.16	6.07	6.02	6.01	5.96	5.83	5.78
80	5.73	5.73	5.68	5.64	5.52	5.49	5.45	5.45	5.44	5.43
90	5.26	5.19	5.18	5.11	5.11	5.04	5.03	5.02	4.96	4.91
100	4.90	4.80	4.79	4.78	4.77	4.70	4.65	4.64	4.56	4.45
110	4.44	4.40	4.38	4.32	4.24	4.22	4.20	4.17	4.13	4.12
120	4.11	4.11	4.10	4.09	4.05	4.05	4.04	4.02	4.02	3.98
130	3.98	3.94	3.93	3.93	3.91	3.90	3.90	3.87	3.85	3.84
140	3.84	3.83	3.83	3.80	3.78	3.78	3.78	3.76	3.76	3.76
150	3.75	3.73	3.73	3.72	3.69	3.68	3.67	3.66	3.64	3.63
160	3.62	3.60	3.60	3.59	3.58	3.53	3.51	3.49	3.49	3.48
170	3.48	3.45	3.45	3.42	3.42	3.42	3.39	3.38	3.36	3.36
180	3.33	3.32	3.31	3.30	3.29	3.28	3.27	3.24	3.24	3.22
190	3.21	3.18	3.17	3.15	3.14	3.12	3.11	3.09	3.09	3.08
200	3.06	3.05	3.03	3.02	3.00	2.99	2.97	2.96	2.89	2.87
210	2.87	2.80	2.75	2.73	2.72	2.63	2.62	2.55	2.51	2.46
220	2.42	2.39	2.28	2.27	2.17	2.08	2.06	1.94	1.89	1.83
230	1.81	1.79	1.77	1.74	1.72	1.70	1.70	1.69	1.67	1.66
240	1.65	1.64	1.62	1.61	1.60	1.59	1.57	1.56	1.55	1.53
250	1.52	1.51	1.51	1.49	1.48	1.47	1.46	1.44	1.43	1.38
260	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.28	1.27	1.26	1.24
270	1.23	1.23	1.22	1.21	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.18
280	1.18	1.18	1.18	1.17	1.17	1.17	1.16	1.16	1.16	1.15
290	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.09	1.08	1.08	1.06
300	1.05	1.05	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.99
310	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97
320	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94
330	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91
340	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.87
350	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83
360	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81					

max = 12.06 95day = 5.11 185day = 3.29
 275day = 1.20 355day = 0.85 min = 0.81

Table.1-3-3 サンファン川流況表(1983)

	(m ³ /s)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
10										
20										
30										
40										
50										
60										
70										
80										
90										
100										
110										
120										
130										
140										
150										
160										
170										
180										
190										
200										
210										
220					2.64	2.62	2.58	2.57	2.50	2.50
230	2.50	2.50	2.50	2.50	2.47	2.44	2.42	2.35	2.35	2.31
240	2.30	2.30	2.30	2.30	2.28	2.24	2.20	2.20	2.17	2.15
250	2.13	2.13	2.10	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	2.05
260	2.05	2.03	2.02	2.01	2.00	2.00	1.98	1.96	1.91	1.91
270	1.90	1.90	1.90	1.86	1.83	1.83	1.82	1.79	1.78	1.78
280	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78
290	1.77	1.77	1.76	1.72	1.68	1.68	1.67	1.63	1.63	1.61
300	1.60	1.60	1.58	1.56	1.56	1.54	1.53	1.49	1.48	1.46
310	1.45	1.43	1.43	1.42	1.39	1.39	1.36	1.34	1.34	1.32
320	1.29	1.29	1.24	1.24	1.23	1.23	1.22	1.20	1.19	1.17
330	1.16	1.15	1.11	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09
340	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.03	1.03	1.03	1.03
350	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.00	1.00	1.00	1.00
360	1.00	1.00	0.96	0.96	0.96					

max = 95day = 6.52 185day = 3.89
 275day = 1.83 355day = 1.03 min = 0.96

Table.1-3-4 サンファン川流況表(平均)

	(m ³ /s)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0										
10										
20										
30										
40										
50										
60										
70										
80										
90										
100										
110										
120										
130										
140										
150										
160										
170										
180										
190										
200										
210										
220		2.64	2.53	2.51	2.44	2.40	2.36	2.32	2.26	2.22
230	2.21	2.20	2.19	2.18	2.16	2.14	2.13	2.10	2.09	2.07
240	2.06	2.06	2.05	2.04	2.03	2.01	1.98	1.98	1.96	1.95
250	1.94	1.92	1.91	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86	1.85	1.82
260	1.80	1.78	1.77	1.76	1.75	1.74	1.73	1.72	1.69	1.69
270	1.68	1.68	1.67	1.66	1.64	1.64	1.63	1.60	1.60	1.59
280	1.59	1.58	1.57	1.56	1.56	1.55	1.54	1.54	1.53	1.52
290	1.51	1.51	1.49	1.46	1.43	1.43	1.41	1.38	1.38	1.35
300	1.35	1.33	1.30	1.29	1.29	1.27	1.26	1.23	1.22	1.21
310	1.19	1.19	1.18	1.17	1.16	1.16	1.15	1.13	1.13	1.12
320	1.11	1.10	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03
330	1.03	1.03	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98
340	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94
350	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.91	0.90	0.90	0.88	0.88
360	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83					

max = 95day = 6.13 185day = 3.65
 275day = 1.64 355day = 0.93 min = 0.83

1.4 発電計画

1.4.1 発電規模

通常の電力系統に組み入れられる発電所の場合には、一般に発電原価が最も安くなるように最大使用水量や設備出力を決めるケースが多い。一般的には最大使用水量は95日流量程度に選定される場合が多く、本発電所地点では約 $6.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ に相当する。

しかし、今回は系統に組み入れられない単独のワンサラ鉱山用の自家発電所であり、かつ水力が不足する場合には、既存ディーゼルを併用するという特殊事情があるので、この発電所の設備出力は、上記の原則にもとずかず供給範囲内の需要想定に基づき決定するものとした。即ち、建設しようとする発電所の出力は4200kWであり、これに合う最大使用水量は $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$ （230日流量相当）である。（第一編6-1節参照）

1.4.2 発電所地点の比較

(1) 一般

1.1節「Rio San Juan 流域の地勢」で述べたように取水施設地点としてはPte. Arequipaの直上流が最適であり、他に代替案は考えられない。（写真1-4-1）

発電所地点としてはA（上流案）、B（中流案）及びC（下流案）の三案について比較を行なったが各案についての特記事項は次の通りである。

A案： Santa Luisa社独自の調査により立案され、本プロジェクトの端緒となった案で、放水口を既設Electro Peru発電所の取水口の上流に計画し、既設発電所に全く影響を与えないことが主眼となっている。

B案： A案の代替案として立案された。発電所地点がHuallanca町の上流端に位置するので、Huallanca町から1981年の洪水で流失した護岸の復旧を要求されることも予想される。このような事情が潜在しているので、Santa Luisa社としては実現を困難視していた。又、放水口位置が既設Electro Peru発電所取水口より下流であるので、乾期の同発電所の運転に影響を与えることが懸念された。

C案：最も落差の大きい代替案として最小水量による稼働率の高い発電所案として取り上げられた。

但し、本案もB案と同様、乾期には既設 Electro Peru 発電所の運転に影響を与えることとなる。

現地調査により上記三案の他には有望な代替案はないことを確認した。現地調査では各案につき具体的に必要な構造物の位置を決定しつつ詳細な調査を実施した。調査の結果判明した各案の特徴について、次に述べる。(いずれの案も、取水地点については共通となるので、導水路以下の特徴について述べる。)

(2) A案(上流案)

導水路は開水路 3,000 m (㊦1 開水路 1,900 m, ㊦2 開水路 1,100 m)
水路トンネル 1,400 m (㊦1 トンネル 1,000 m, ㊦2 トンネル 400 m)
にて構成される。

㊦1 開水路は Pte Arequipa の右岸と、さらに下流 500 m の位置で既設の県道を横断するヶ所の他は全て開水路となる。Rio San Joan 左岸の急峻な山容と好対照をなす右岸の緩斜面に位置し、施工は非常に容易である。この地形を 1,900 m 下ると、急峻の度合いが少し増してきて、斜面には崖錐の巨礫が堆積している(写真 1-4-2)。これが㊦1 トンネルの前半となる。㊦1 トンネルの後半は地形がますます急峻となり、大きな尾根部を突切って総延長 1,000 m の㊦1 トンネルとなる。

(写真 1-4-3)

㊦2 開水路は上記の尾根と次の尾根との間に現われる比較的緩い斜面に位置するが、㊦1 開水路に比べ斜面は急で、延長 1,100 m のルートは小規模な崩落地や氷河性堆積物崩落地等を横断することになるので、㊦1 開水路に比べ施工の困難度は増す。延長 400 m の㊦2 トンネルは次の大きな尾根の中をヘッドタンク地点に至る。㊦1 トンネル、㊦2 トンネルとも珪岩と粘板岩の互層からなる堅硬な岩盤を切り抜いて施工され坑口や、谷地形の地表に近い部分を除きコンクリートの巻立は不要であろう。

写真 1-4-1 ダムサイト

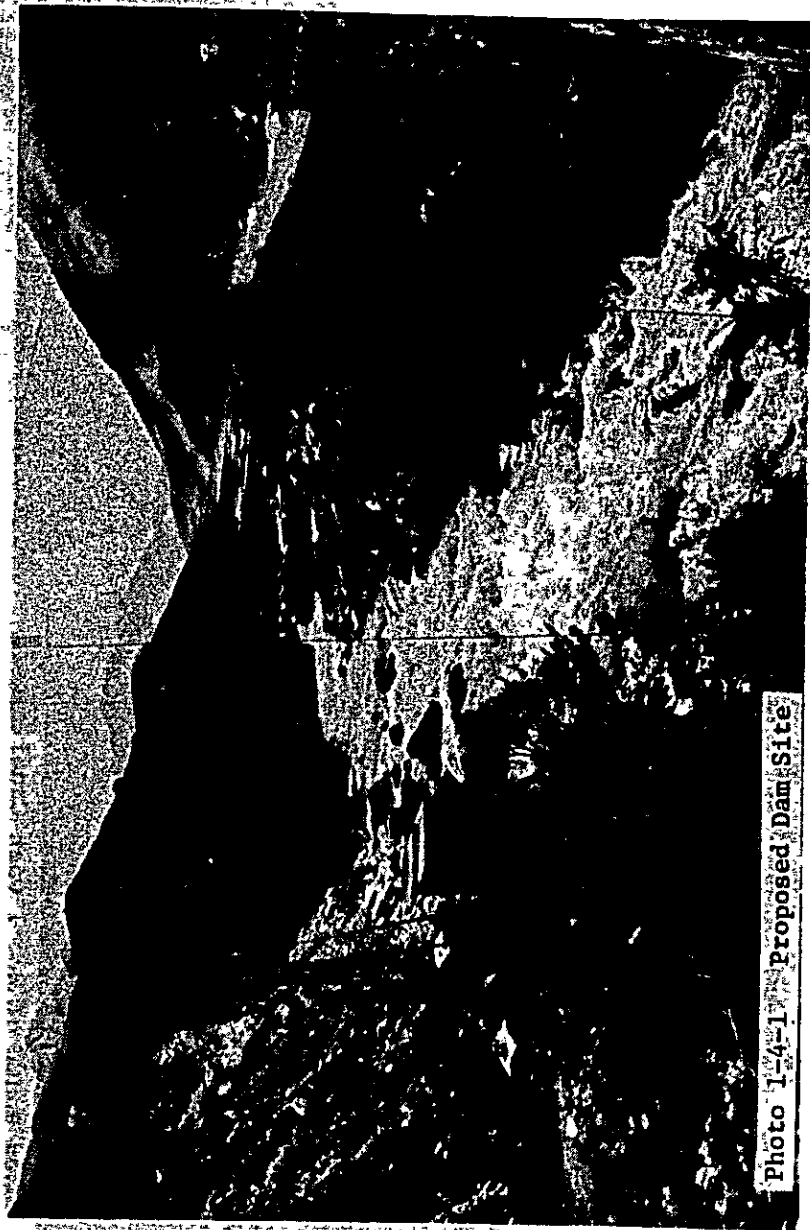


写真1-4-2 No.1開水路予定地点

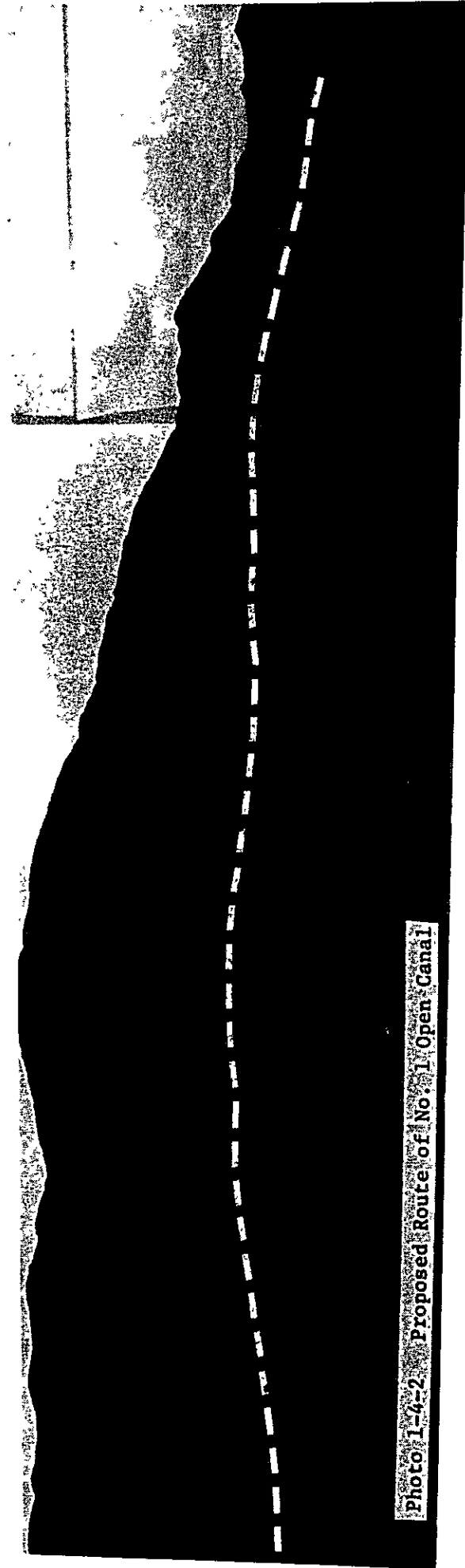
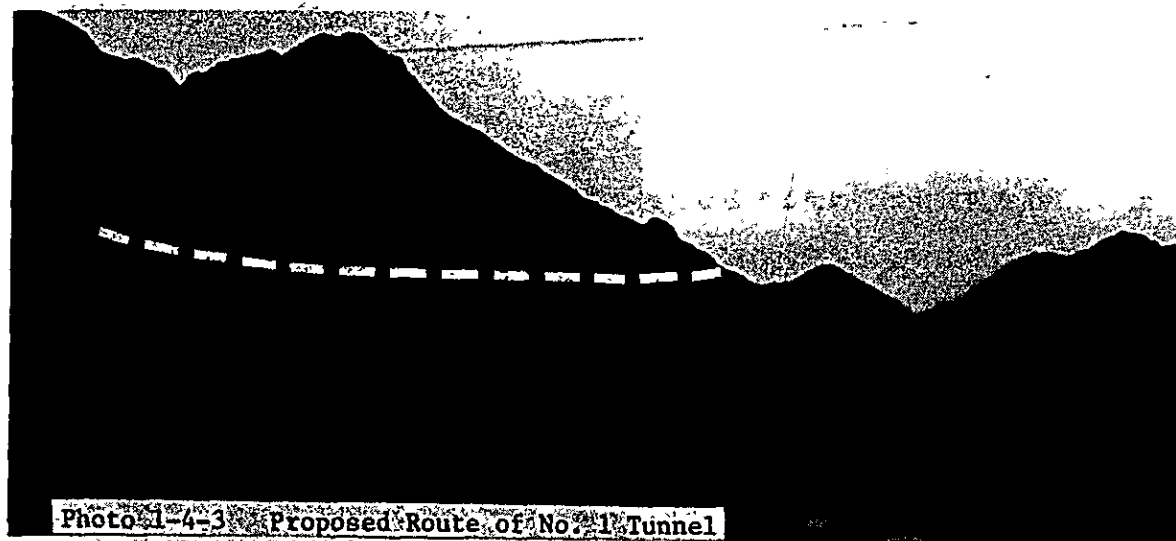


Photo 1-4-2 Proposed Route of No. 1 Open Canal



ヘッドタンクは、崖錐が堆積している緩い斜面に位置する。崖錐は比較的深いものと予想され、水槽の形式は背面にトンネル坑口を兼ねた高い擁壁を備え、容量は底面積を大きくすることで確保するものとする。

2・3「地質構造と崩壊地」で述べるように、ヘッドタンクの下流には標高 3,780 m 付近から対岸の Electro Peru 発電所取水口の上流 50 m 付近を通る断層がある。

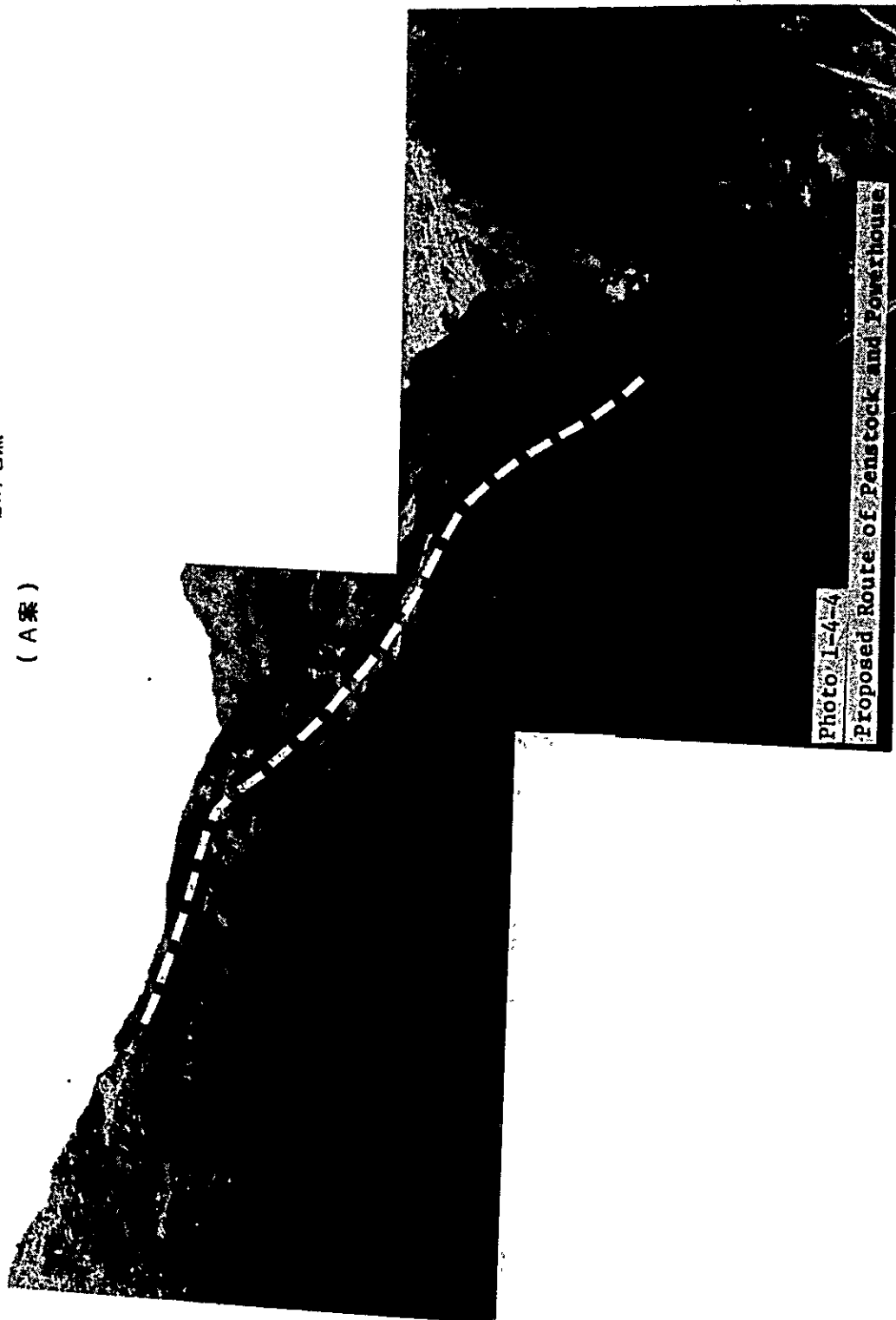
この断層は狭い谷地形を形成しており、断層を挟む両側の尾根は地形的に狭長ないわゆるヤセ尾根で風化が進行した珪岩と粘板岩の互層を層理面そのままに露出させている。

発電所を既設 Electro Peru 発電所取水口直上流に計画すれば水圧管路は上記断層地形の谷又は尾根に設けることになる。

又、この断層地形を避けようとすれば発電所を予定地点よりずっと上流に移すことになり落差が大巾に減少するので所期の発電計画を達成できない。

これらのことより、水圧管路はヘッドタンクから道路までは尾根に比べて比較的施工が容易な断層の谷地形の上に、道路を横断した後、発電所までは下流側の尾根に設けることとした。水圧管路が断層の上を走ることは問題が大きい上、工事施工面でも Cable Crane 等の特殊な仮設備が必要なことや尾

写真 1-4-4 水圧管路および発電所地点
(A案)



発電所は下部の基盤付近になる。

根部分の露岩の整形などに工事費が嵩む。(写真1-4-4)

発電所は水圧管路を横断する県道より約100m下った位置で既設Electro Peru 発電所取水口直上流の対岸に設置される。この地点は沢の終端部に当り、河川との接触部は洪水により崖錐が流失し、高さ7mの切り立った斜面を形成している。ここに発電所敷地を造成するためには大規模な土工と、土留擁壁及び護岸が必要となり、工事費は嵩む。発電所取付道路はB案発電所地点付近より取付けなければならない上、急峻な渓谷の山腹を切り開いて設置することになるため、この面からも工事費が嵩む。

(3) B案(中流案)

㊦1開水路、㊦1トンネル、㊦2開水路はA案と共通である。延長650mの㊦2トンネルはA案のヘッドタンク位置より次の大きな尾根の東側を貫ぬきB案のヘッドタンク地点に至る。

ヘッドタンクは勾配約30°の斜面の尾根に近い部分に位置する。斜面の中腹に設置するため広い敷地が確保できないことと、露岩の点在する尾根に近いので支持基盤は比較的浅いものと判断されること等の理由でヘッドタンクの形式は円筒形となる。

水圧管路の斜面は基盤が粘板岩、珪岩互層で層理の走向方向が斜面の傾斜方向と反対方向へ傾斜するいわゆる受け盤で、その上に崖錐と段丘堆積物が被っており、比較的安定した斜面といえる。堆積物は角礫又は円礫を混入し、支持力も十分期待でき、斜面の傾斜が上部から下部へ下る程緩くなっており、水圧管路として理想的な地形となっている。

中段の県道からヘッドタンクまで斜面の勾配が20°~30°と緩く工事用の取付道路が設置可能で施工性も他案に比べ最良である。(写真1-4-5)

発電所は既設Electro Peru 発電所の対岸に位置し、進入道路は既存の県道から容易に取付けることが出来る。但し、放水口が部落の上流端に位置するので住民への協調を考慮して洪水により流出した護岸の復旧費を工事費の一

写真 1-4-5 水圧管路
(B案)

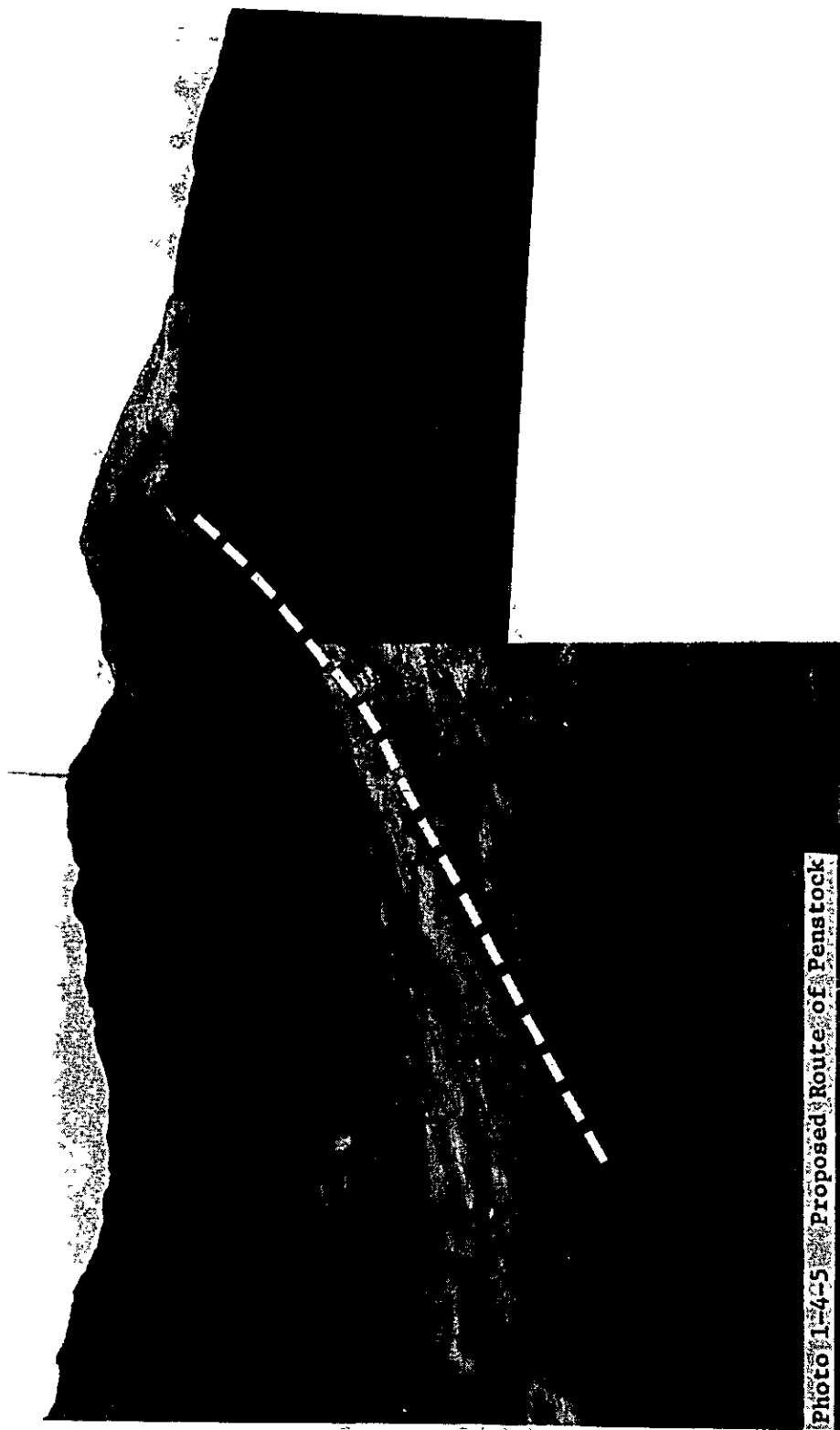


写真 1-4-6 発電所地点
(B案)

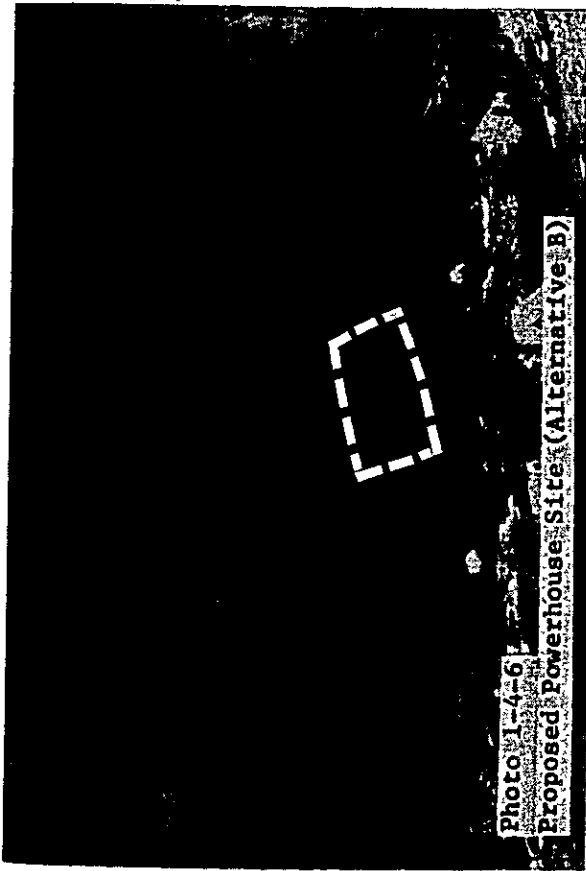


Photo 1-4-6
Proposed Powerhouse Site (Alternative B)

写真 1-4-7 Huallanca 町洪水被害状況
(下流仮橋から上流を望む)

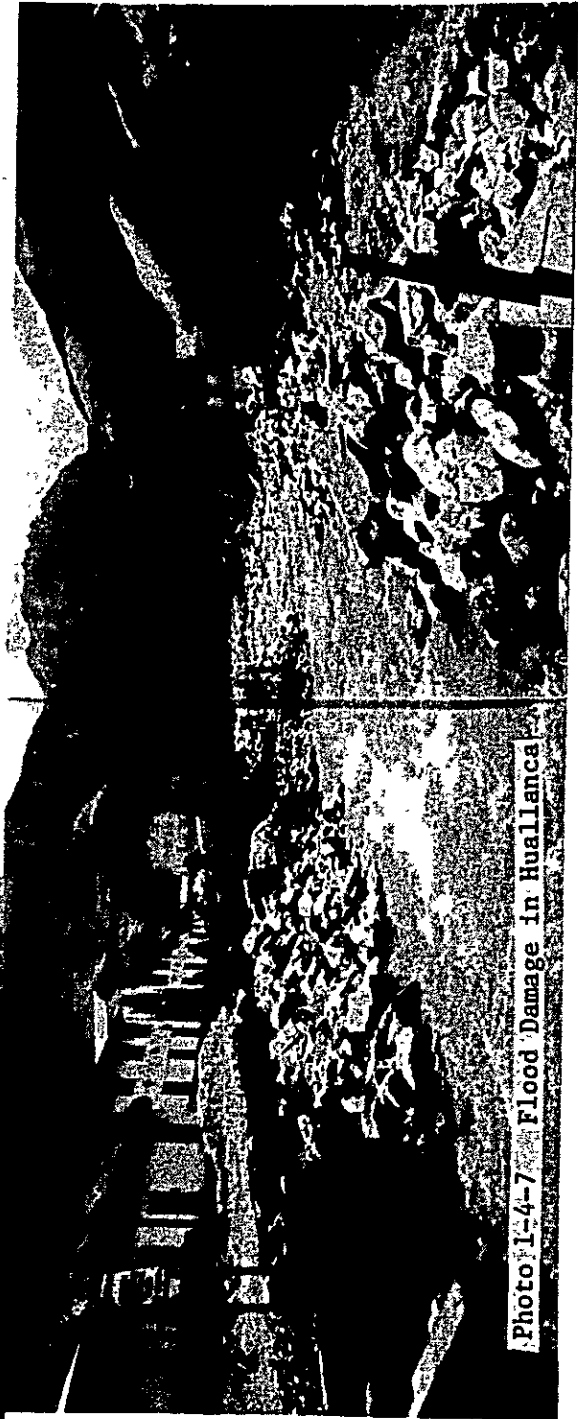


Photo 1-4-7 Flood Damage in Huallanca

部に計上する。(写真1-4-6, 1-4-7)

(4) C案(下流案)

延長900mの ϕ 2トンネルは、B案ヘッドタンクの尾根を貫ぬき、B案水圧管路の沢の上段で延長100mの ϕ 3開水路に接続する。 ϕ 3開水路はさらに次の尾根に突当り、 ϕ 3トンネルとなり、この尾根の東側斜面のヘッドタンク地点に至る。

ϕ 3トンネルも珪岩と粘板岩の互層の中を通過するがこの岩盤は他のいづれのトンネル位置に比べても最も堅固である。

ヘッドタンクは地形条件からB案と同形式のものが考えられるが支持基盤が流れ盤となっているので、 ϕ 3トンネルの内部に水路を拡巾して設置する案も検討する必要がある。

水圧管路の上部は延長約180mにわたり露出した珪岩の層理面の上に設置され、傾斜も40°程度と急である。このため、取付道路も設置不可能で、基礎工事、据付工事共工事費が嵩む。

下部は比較的傾斜は緩く、取付道路の設置も可能であるが、延長が長い上地形に起伏が多く、管路布設には大量の土工が必要となる上、標高3,900m付近の流れ盤の斜面崩壊による土石が管路を押し流す恐れがあり、対策が必要である。

又、下部のほぼ全線が牧場に利用され人家が点在しており用地取得や水圧鉄管布設後の牧場の利用等に困難な問題が予想される。水圧鉄管の延長は835mとなり各案中最も長い。(写真1-4-8)

発電所はHuallanca町の下流端の県道脇に位置しアプローチは容易であり、又、Huallanca町への影響もない。(写真1-4-9)

写真 1-4-8 水圧管路

(C案)

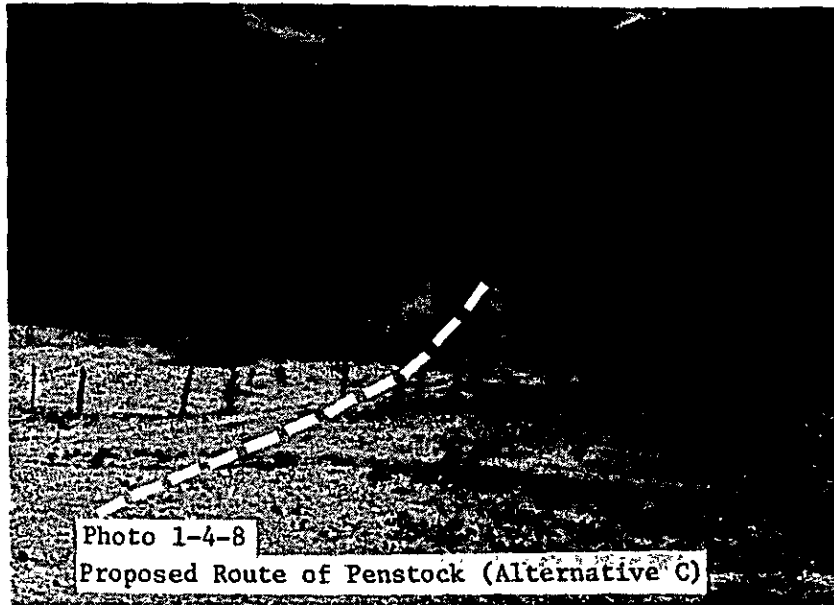
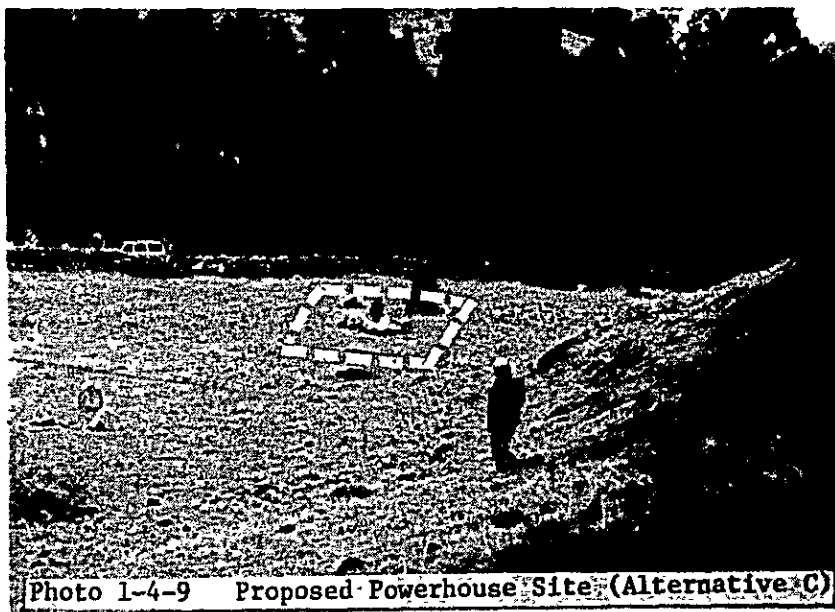


写真 1-4-9 発電所地点

(C案)



(5) 結 論

需要想定に基づく需給バランス上必要とされるワンサラ水力発電所出力は4,200KWである。依って、最大出力が4,200KWとなるように最大使用水量を選定し各案の諸元を比較してみると、表1-4-1のとおりとなる。

又、これらの諸元及び地形、地質的特徴を考慮して各案の工事費は表1-4-2のように積算された。

これらの検討から、各案の最大使用水量は夫々 $2.6\text{ m}^3/\text{sec}$ ・ $2.2\text{ m}^3/\text{sec}$ ・ $2.0\text{ m}^3/\text{sec}$ となり、導水路の断面積はいずれの案も変わらないので、 m 当りの工事単価に差はない。従って工事費の差は導水路の延長と、ヘッドタンク、水圧管路及び発電所の地形、地質的立地から定まる施工条件により左右される。A案は導水路長は短い水圧管路の土木工事費が大きいこと、発電所および発電所進入路とも地形が悪く割高となる。

C案は導水路、水圧管路共、他案より長いため最も大きい工事費となり、結局B案が最も少い工事費を示すこととなる。

三案の工事費の評価を便宜的に年間可能発生電力量(表1-4-3～表1-4-5)の単位電力量当りの単価で評価すると、A案107.8円/KWh, B案92.8円/KWh, C案102.6円/KWhとなる。

B案、C案は乾期のElectro Peru 発電所の運転に影響を与えるのでこの点の評価を加えなければならない。

1・3節で示した流況曲線からみて、Huanzala 発電所取水口の集水面積は 153.7 km^2 でその最濁水流量は $0.83\text{ m}^3/\text{sec}$ である。上記残流域(71.8 km^2)の最濁水流量を求めると $0.38\text{ m}^3/\text{sec}$ となる。

Electro Peru 発電所の最大使用水量は $0.7\text{ m}^3/\text{sec}$ (同出力156KW)であるから現在は乾期にも100%の能力を発揮できるが、Huanzala 発電所運転開始後は最大(最濁水時) $0.32\text{ m}^3/\text{sec}$ の水量が不足し発電が制限される。

流況曲線から計算すると制限を受ける期間は75日間でその間の損失電力量（現状、Electro Peru 発電所の運転は夜間のみであるが、本計算では可能発生電力量ベースで計算している。）は約78kWh/年となる。

B案、C案について年間可能発生電力量からElectro Peru 発電所損失電力量を減じてkWh当り建設費を再評価すればB案で93.0円/kWh、C案で102.8円/kWhとなり、B案の優位は動かない。

以上の諸検討にもとづき本計画におけるワンサラ水力発電所地点としてB案が選定された。

1.4.3 水車発電機の形式および台数

水車，発電機の形式，および台数は，下記の諸条件を考慮して決定した。

- (a) 水利条件；有効落差242m，最大使用水量 $2.2\text{ m}^3/\text{sec}$ ，最濁水時流量 $0.8\text{ m}^3/\text{sec}$
- (b) 発電形式；水路式
- (c) 開発の目的；Santa Luisa社の自家用発電所として開発するが，地域民生需要にも電力供給を行なう。
- (d) 電力系統；Huanzala 鉱山ディーゼル発電所と併列運転による単独電力系統
- (e) 電力系統内の地位；Huanzala 電力系統内の主力発電所として，系統の周波数調整，電圧調整を行なう。
- (f) 負荷状態；系統の想定最大電力（2006年）5600KW，想定最低電力（1987年，休日）850KW

(1) 水車形式

上記諸条件を考慮し，横軸1ランナー，2ノズル，ベルトン水車を採用した。

(2) 発電機形式

水車に直結される発電機は横軸三相交流同期発電機とし，保守簡易化のため，励磁方式をブラッシレス方式とした。

(3) 水車，発電機の台数

このケースで考えられる水車，発電機の台数は1台又は2台である。本計画では，横軸，1ランナー，2ノズル，ベルトン水車を採用したことに依り，1台案を採用した。その理由は下記の通り。

- (a) 2ノズル，ベルトン水車は50%～100%負荷では2ノズル運転，50%～20%負荷では1ノズル運転が可能で，従って効率の低下が少く，巾広い負荷変動に対応できる。

図1-4-5，図1-4-6参照。

- (b) 横軸1ランナー，2ノズル，ベルトン水車は，ランナー取替など大規模補修作業（1回／1～2年）も10時間～12時間で実施が可能である。
- (c) 1台案は2台案に比べ，水車，発電機，および周辺機器の価格が約20%安い。
- (d) 1台案は2台案より事故時など，多少信頼性に欠けるが，最近の統計では，このクラスの機器の事故比率が低く問題ない。

Table 1-4-1 各案主要諸元

項目	単位	A案	B案	C案
取水口水位	m	3,802.5	3,802.5	3,802.5
ペットタンク水位	"	3,796.5	3,796.5	3,794.5
水車中心標高	"	3,585.0	3,547.3	3,508.0
総落差	m	211.5	249.2	286.5
有効落差	m	206.0	242.0	273.0
最大使用水量	m ³ /s	2.6	2.2	2.0
出力	KW	4,200	4,200	4,200
年間可能発生電力量	KWh	30,941 × 10 ³	32,187 × 10 ³	33,828 × 10 ³

Table 1-4-2 ワンサラ水力計画の各案建設費比較

UNIT 10⁶ ¥

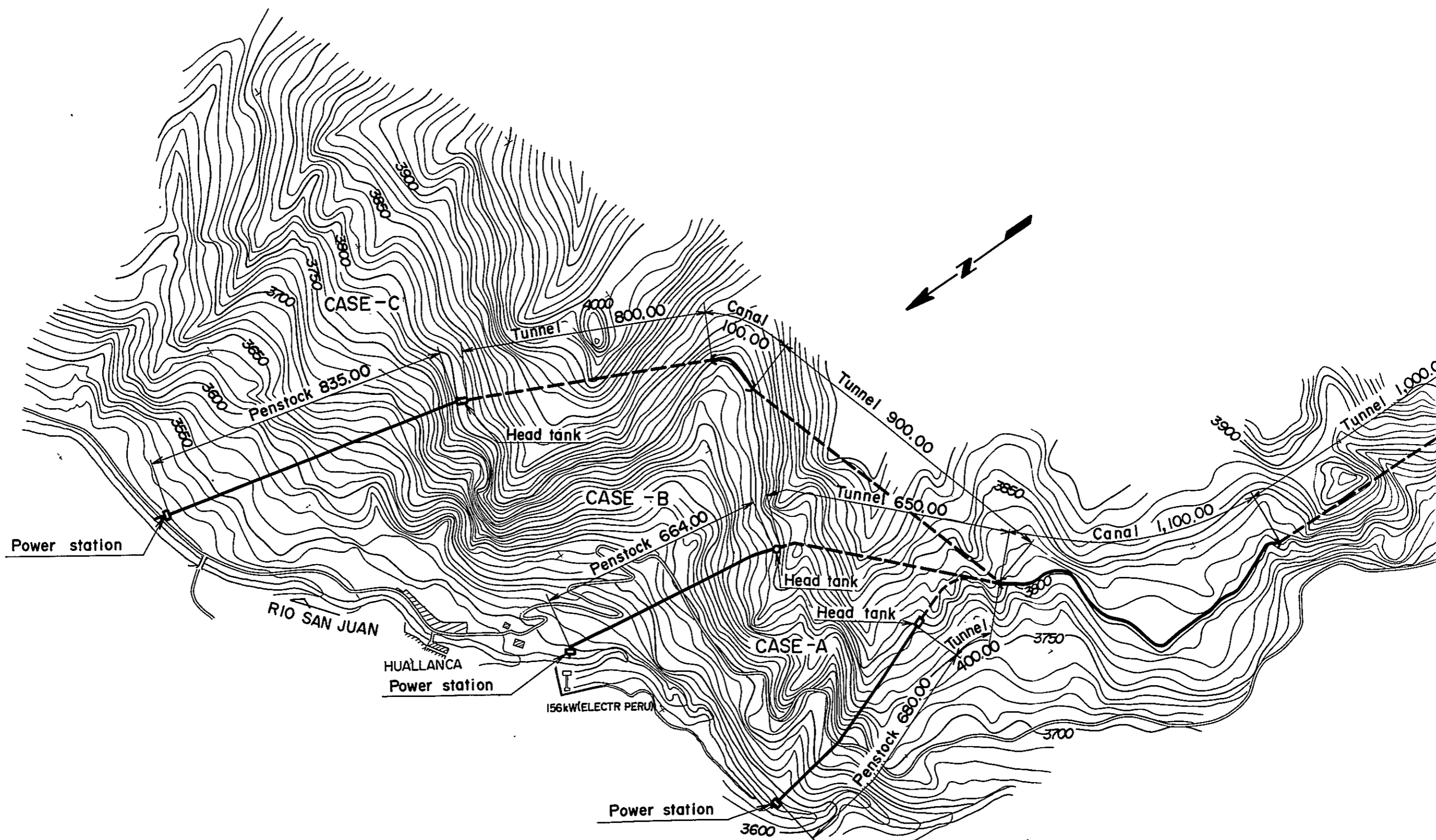
ITEM	A 案		B 案		C 案	
	Cost	Remarks	Cost	Remarks	Cost	Remarks
1. 土木工事						
(1) 取水ダム	133	Dam. Intake. Sand Basin	133	Dam. Intake. Sand Basin	133	Dam. Intake. Sand Basin
(2) 開水路	243	3,000m	243	3,000m	251	3,100m
(3) トンネル	345	1,400m	406	1,650m	664	2,700m
(4) ヘッドタンク	147	Head Tank 320 m ³ Spillway 530 m	119	Head Tank 280 m ³ Spillway 374 m	169	Head Tank 240 m ³ Spillway 670 m
(5) 水圧管路	521	Installation 680 m Cable Crane 900 m	239	Installation 664 m	394	Installation 835 m Cable Crane 250 m
(6) 発電所	216		116		96	
(7) 雑工事	120	Road 4000m	128	Road Protection Wall 1200m	108	Road 6500m
計	1725		1384		1815	
2. 電気工事						
(1) 電気機器	920	Pelton Turbine 4,450KW A.C. Generator 5200KVA. 1 unit	920	Pelton Turbine 4,450KW A.C. Generator 5200KVA. 1 unit	920	Pelton Turbine 4,450KW A.C. Generator 5200KVA. 1 unit
(2) 鉱山側変置所	66	Outdoor Substation 5200 KVA	66	Outdoor Substation 5200 KVA	66	Outdoor Substation 5200 KVA
(3) 送電線	99	33KV. 1cct. 12 km	96	33KV. 1cct. 10 km	99	33KV. 1cct. 12 km
計	1085		1082		1085	
3. その他						
(1) 補償	60		70		100	
(2) 技術費	280		280		280	
(3) 管理費	100		100		100	
(4) 予備費	86	Civil Cost x 5%	70	Civil Cost x 5%	90	Civil Cost x 5%
計	526		520		570	
合計	3336		2986		3470	

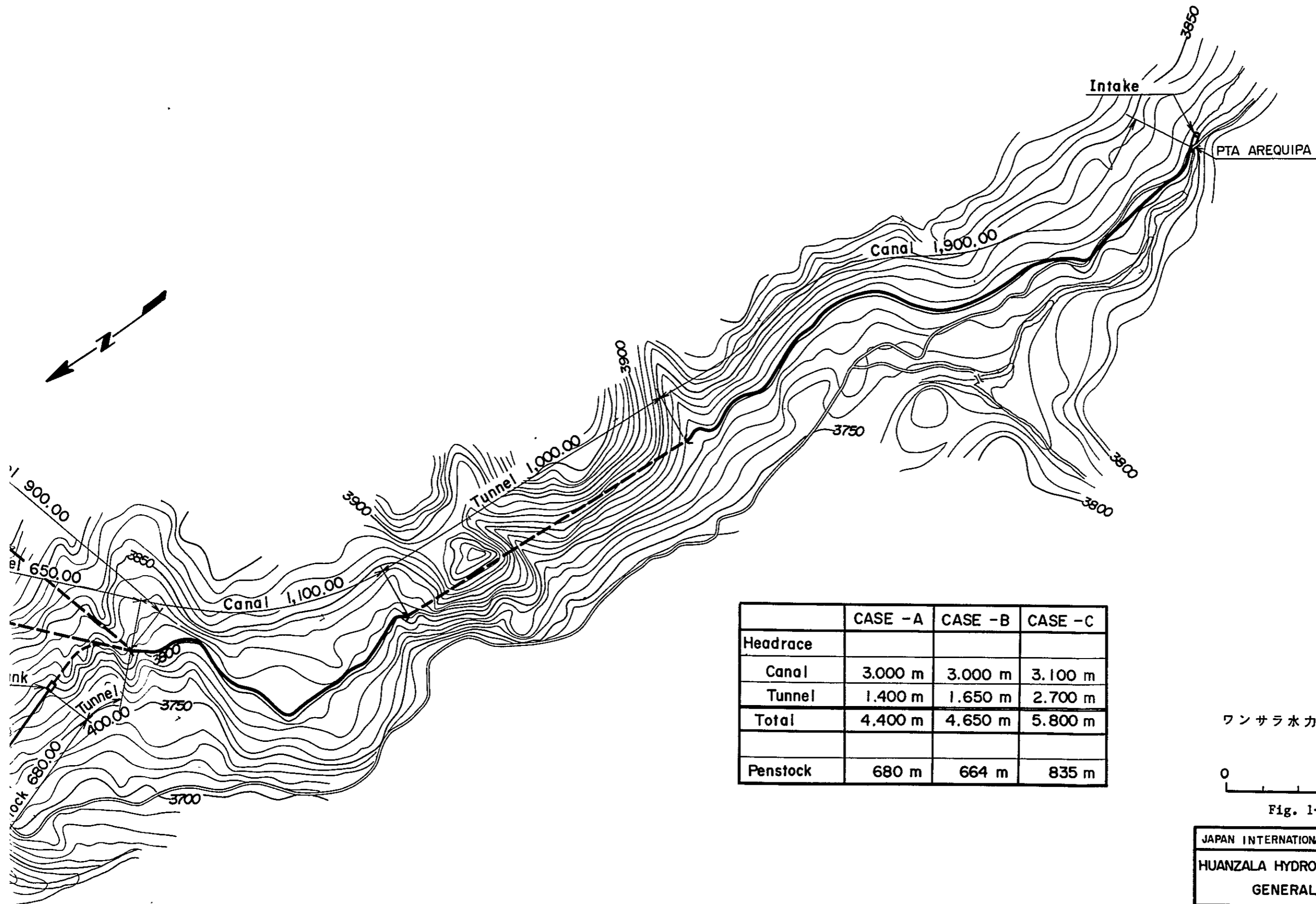
* Exchange rate 1 US\$ = 230 ¥

Table.1-4-4 ワンサラ発電所の可能発電電力量 (B案)

	(KWH)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
10	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
20	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
30	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
40	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
50	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
60	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
70	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
80	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
90	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
100	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
110	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
120	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
130	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
140	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
150	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
160	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
170	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
180	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
190	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
200	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
210	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
220	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429	101429
230	101429	101429	100968	100507	99584	98662	98201	96818	96357	95435
240	94974	94974	94513	94052	93591	92669	91286	91286	90364	89903
250	89442	88520	88059	87597	87136	86675	86214	85753	85292	83909
260	82987	82065	81604	81143	80682	80221	79760	79299	77916	77916
270	77455	77455	76994	76533	75610	75610	75149	73766	73766	73305
280	73305	72844	72383	71922	71922	71461	71000	71000	70539	70078
290	69617	69617	68695	67312	65929	65929	65007	63623	63623	62240
300	62240	61318	59935	59474	59474	58552	58091	56708	56247	55786
310	54864	54864	54403	53942	53481	53481	53020	52097	52097	51636
320	51175	50714	49792	49792	49331	49331	48870	48409	47948	47487
330	47487	47487	46565	46104	46104	46104	46104	45643	45643	45182
340	44721	44721	44721	44721	44721	44260	43799	43338	43338	43338
350	43338	42877	42877	42877	42877	41955	41494	41494	40571	40571
360	40110	39649	39188	38727	38266					

* TOTAL 32187000





	CASE - A	CASE - B	CASE - C
Headrace			
Canal	3.000 m	3.000 m	3.100 m
Tunnel	1.400 m	1.650 m	2.700 m
Total	4.400 m	4.650 m	5.800 m
Penstock	680 m	664 m	835 m

ワンサラ水力計画地域



Fig. 1-4-1

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
HUANZALA HYDRO-POWER PROJECT	
GENERAL PLAN	
EPDC International Ltd. TOKYO JAPAN	
D.R.;	SUBMITTED;
T.R.;	RECOMMENDED;
C.K.;	APPROVED;
- - -	

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
		REVISION	

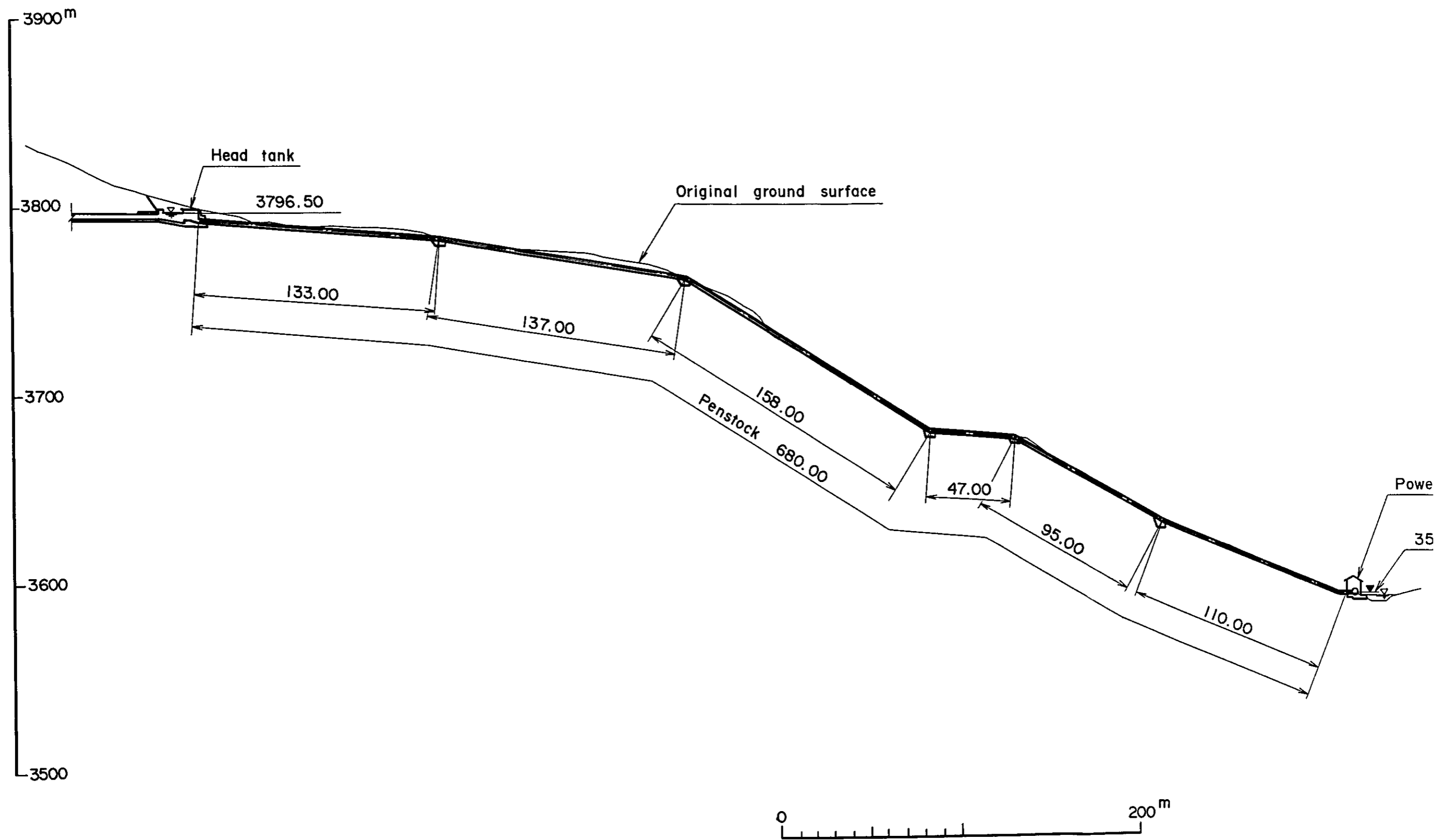


Fig. 1-4-2 水圧管路

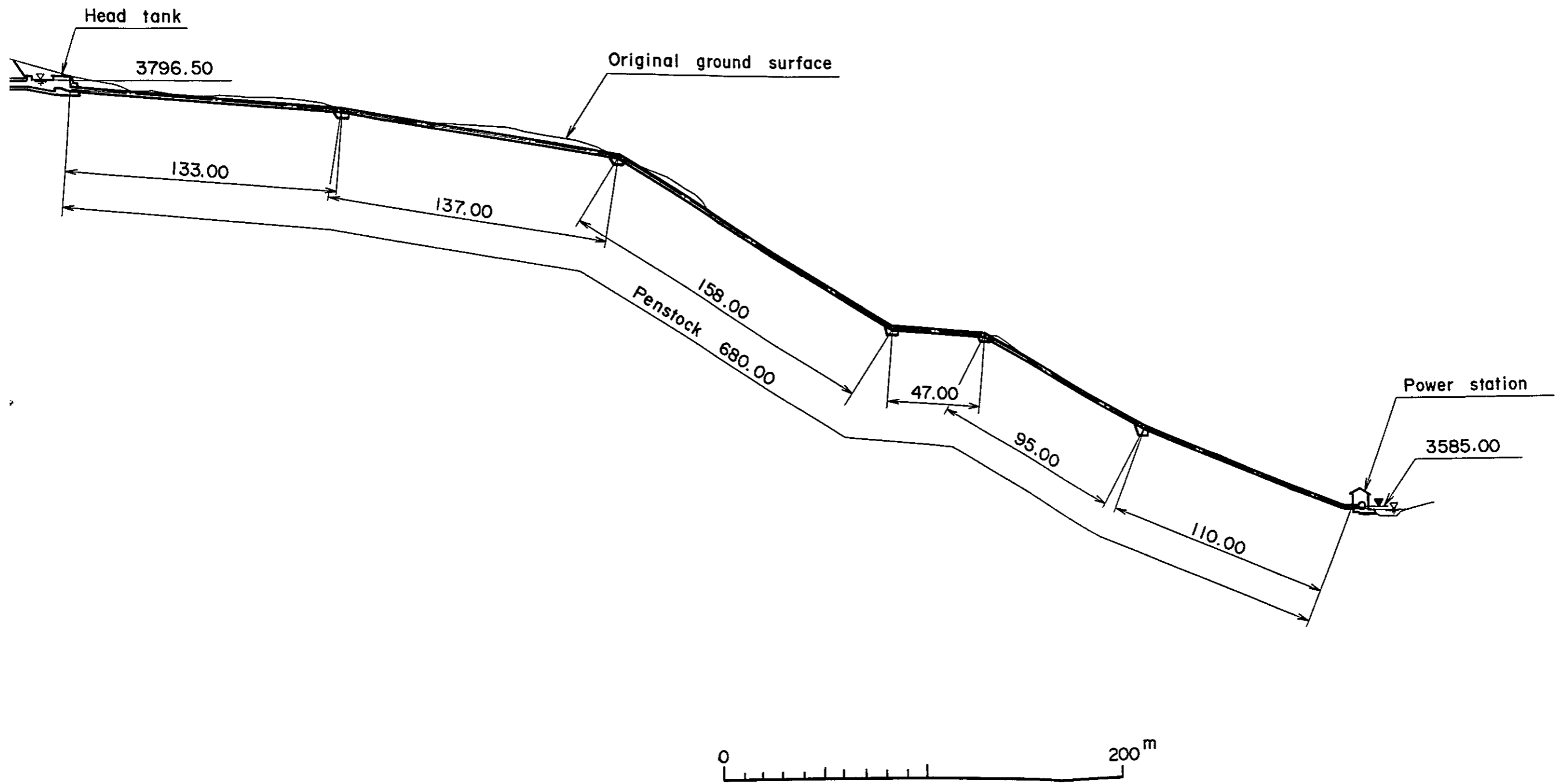


Fig. 1-4-2 水圧管路縦断 (A案)

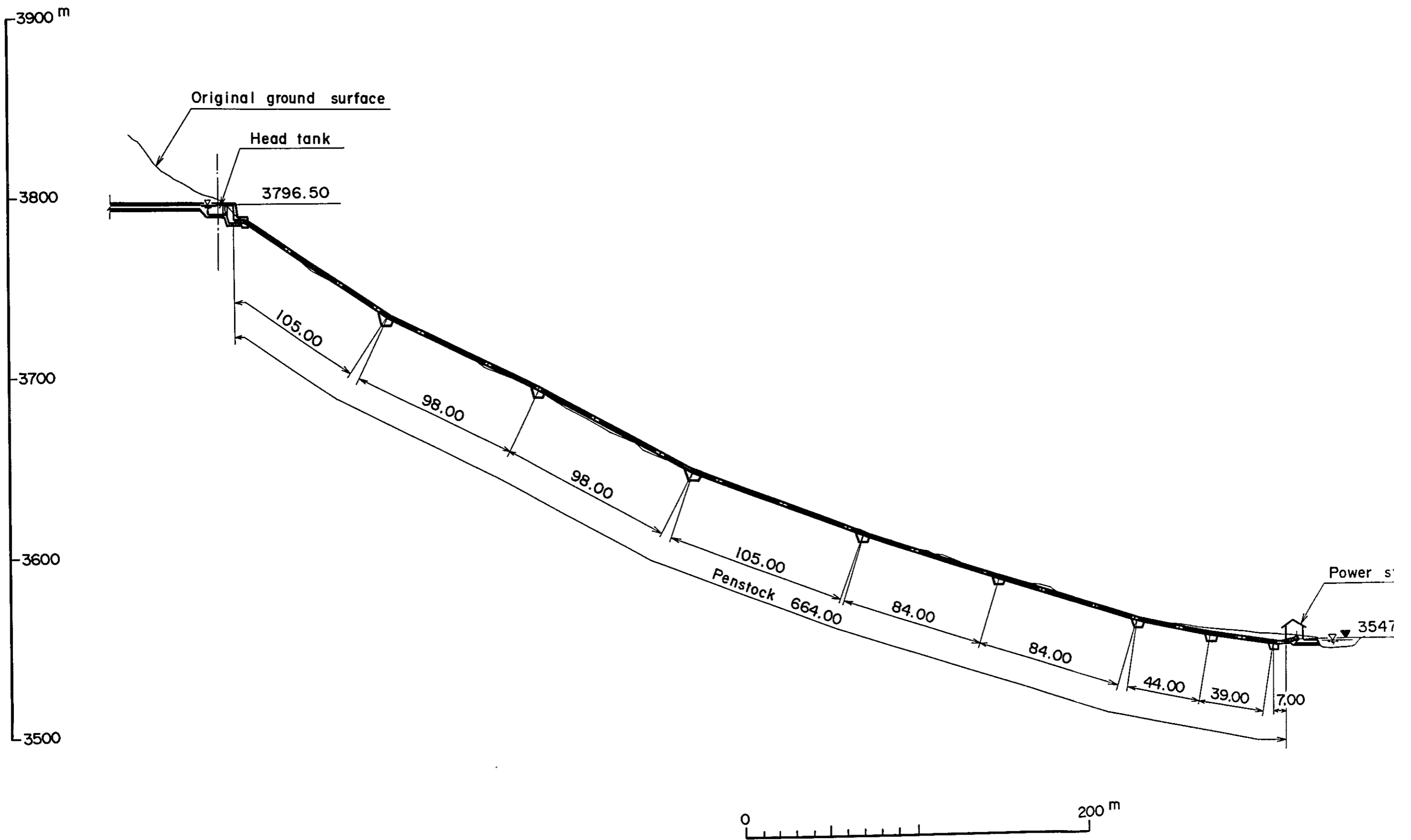


Fig. 1-4-3 水圧管

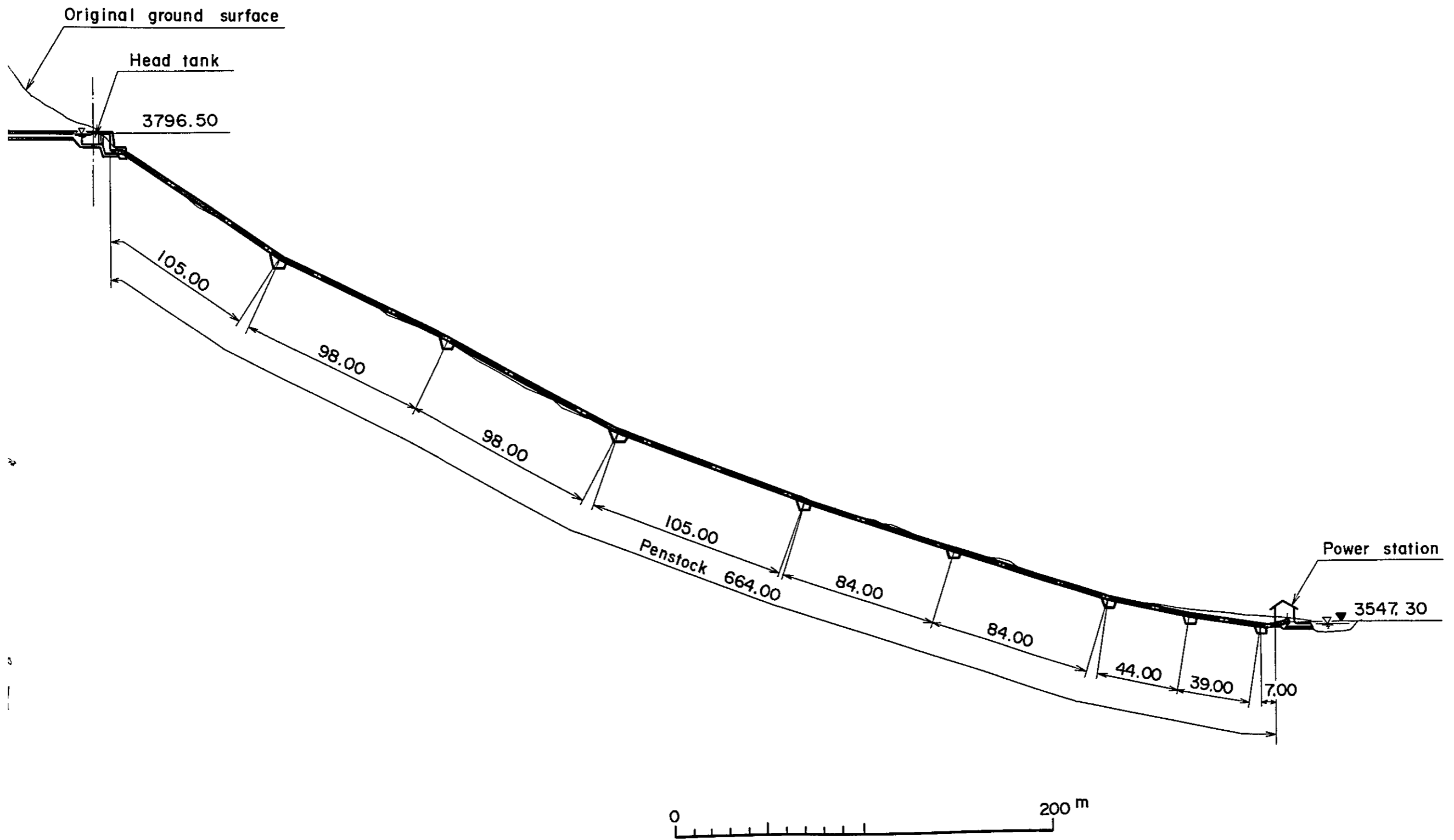
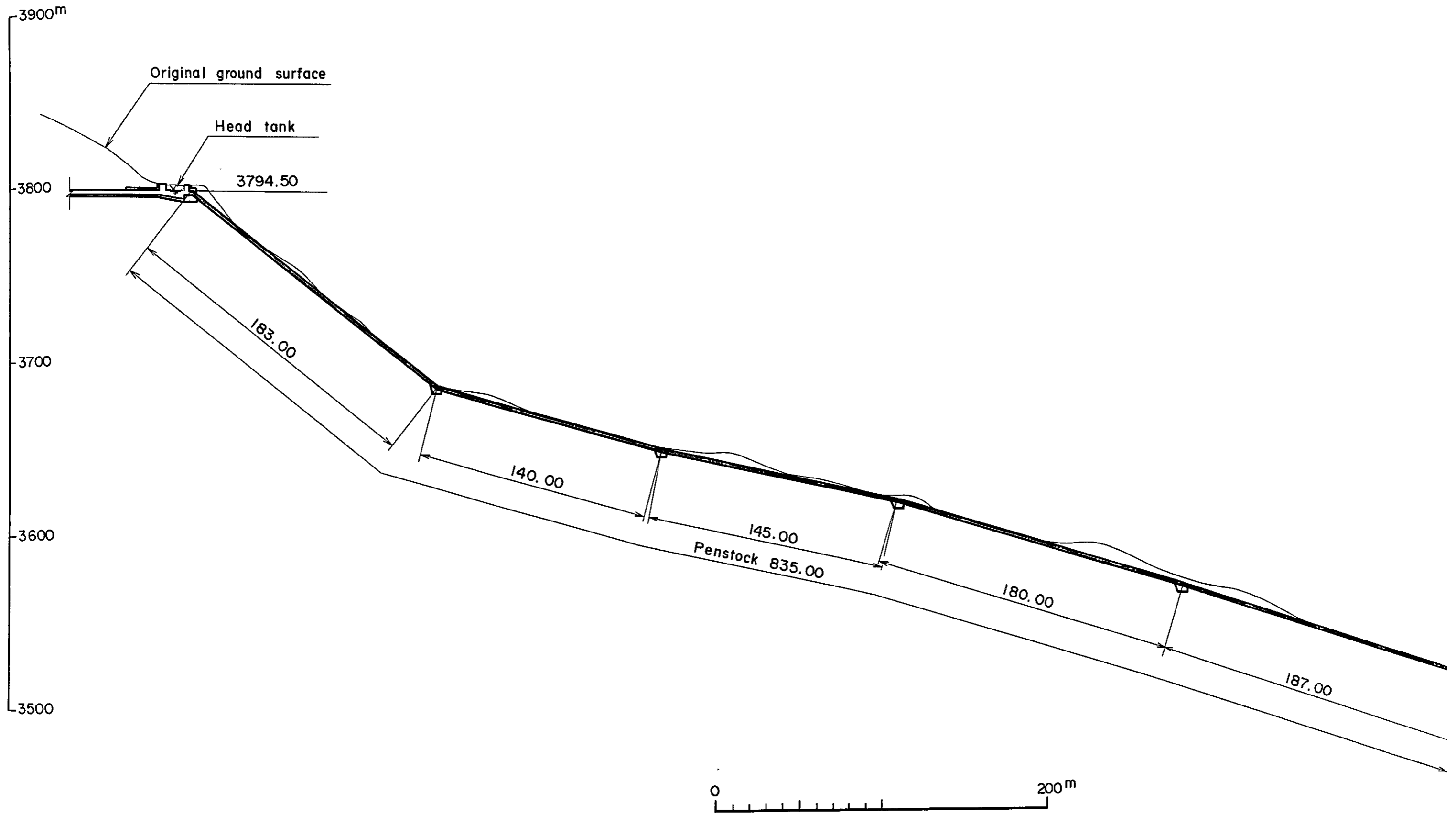


Fig. 1-4-3 水圧管路縦断



Fig

ground surface

Head tank

3794.50

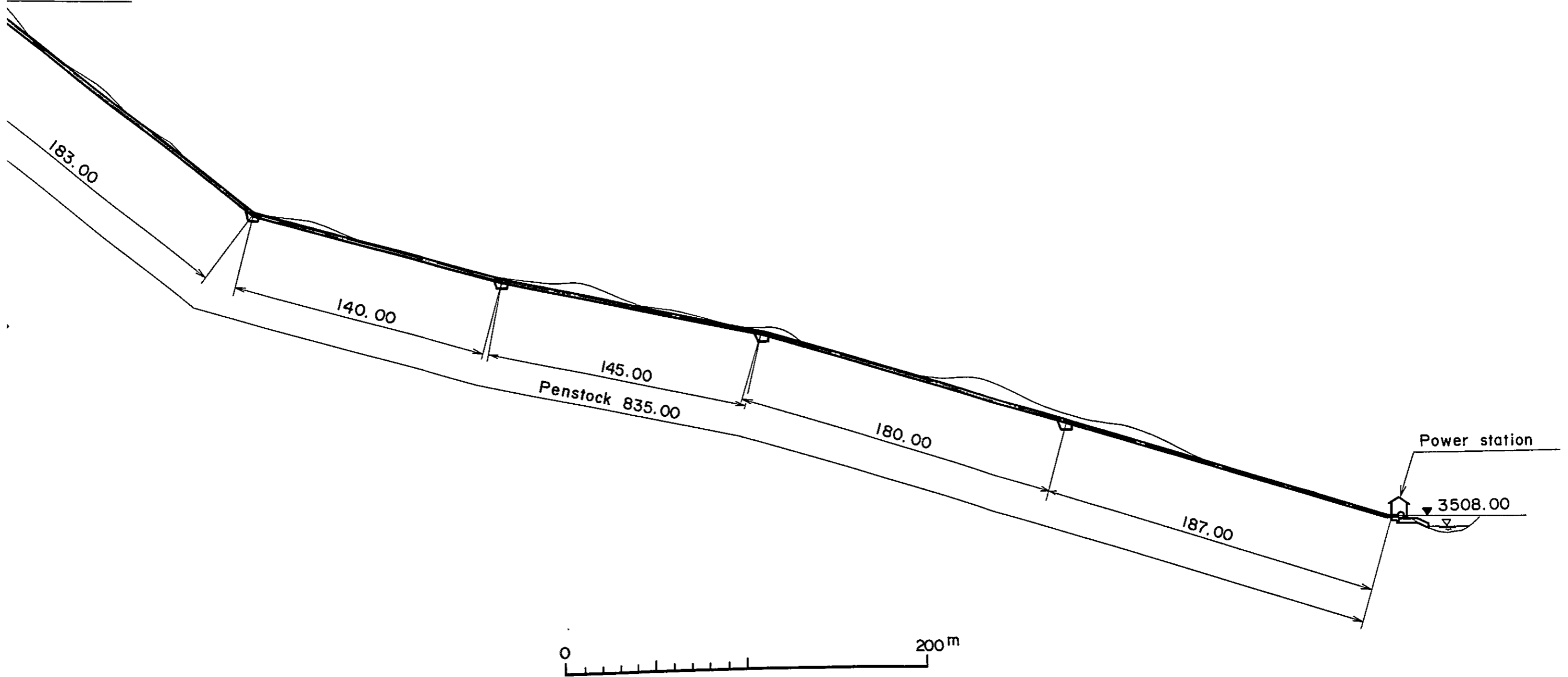


Fig. 1-4-4 水圧管路縦断 (C案)



Fig. 1-4-5 ベルトン水車効率曲線 (1 台案)

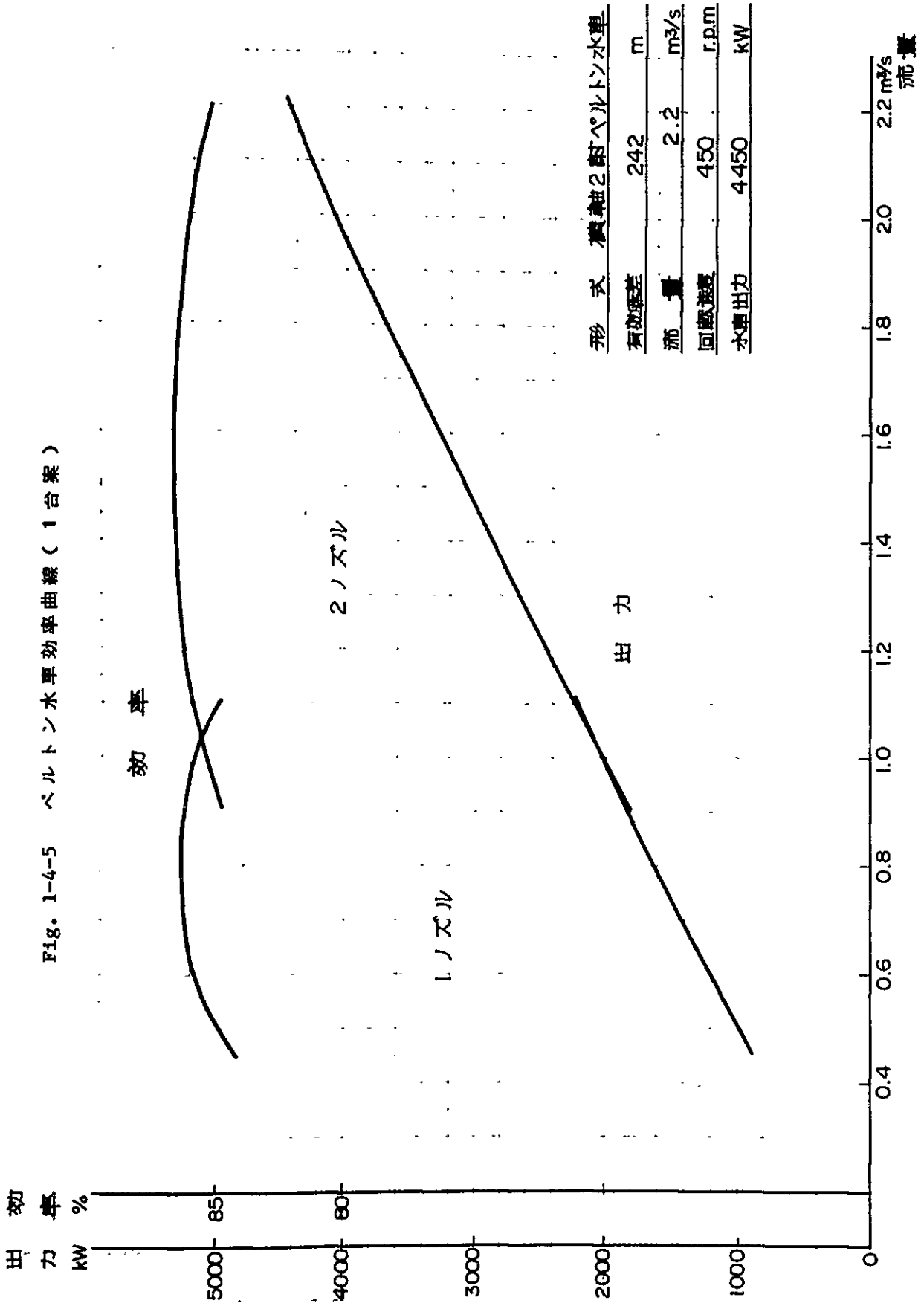
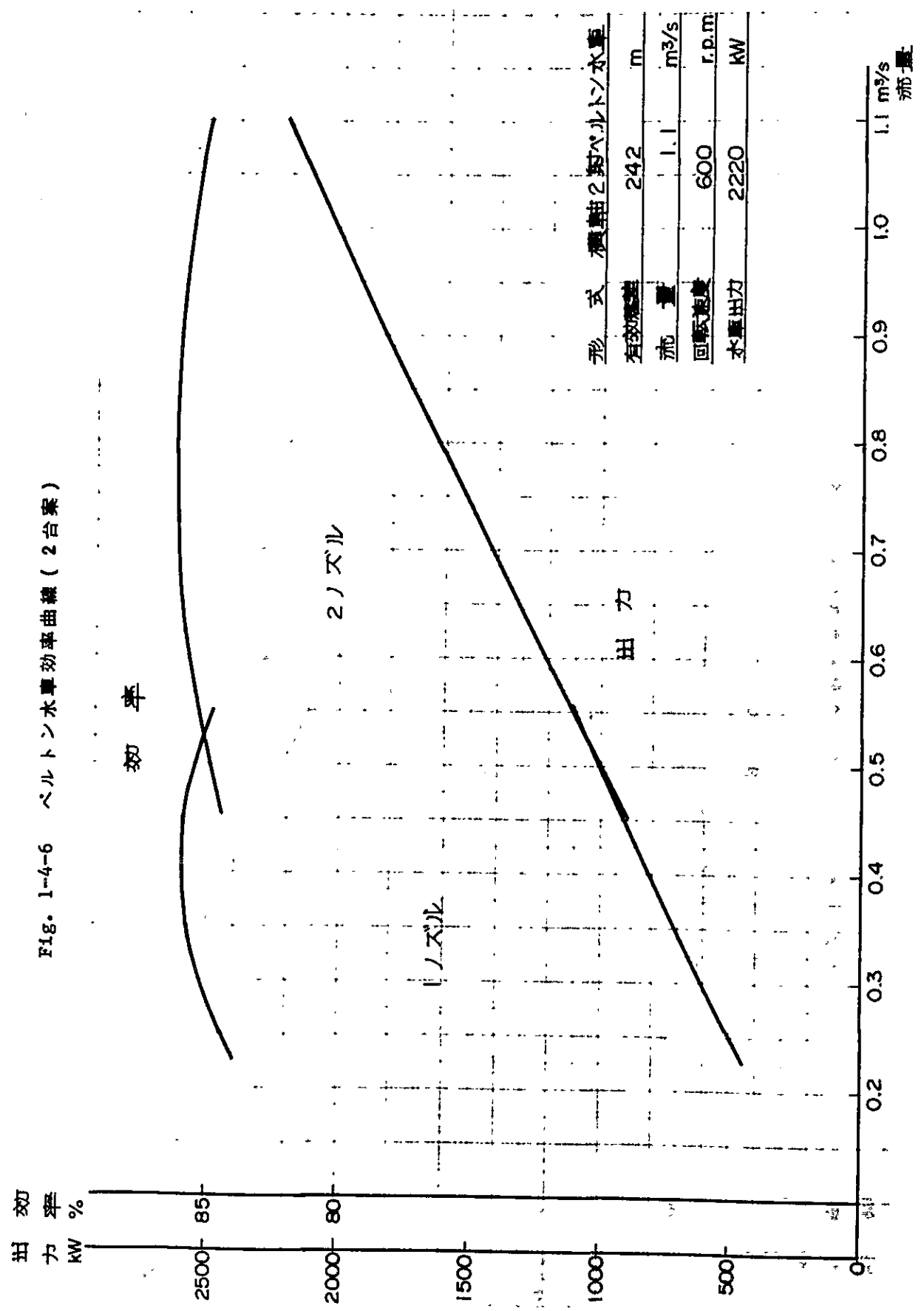


Fig. 1-4-6 ベルトン水車効率曲線 (2台案)



第 2 章 地形地質

1998年

第 2 章 地形地質

2.1	地形概要	2 - 1
2.2	地質概要	2 - 3
2.2.1	珪岩 (Ss)	2 - 3
2.2.2	粘板岩 (Sl)	2 - 4
2.2.3	珪岩・粘板岩互層 (A1)	2 - 5
2.2.4	氷河性堆積物 (Md)	2 - 7
2.2.5	段丘堆積物 (Te)	2 - 8
2.2.6	扇状地堆積物 (Fa)	2 - 9
2.2.7	崖錐 (Dt)	2 - 9
2.3	地質構造と崩壊地	2 - 9
2.4	岩盤分類	2 - 11
2.5	構造物地点の地質	2 - 12
2.5.1	取水口、沈砂池	2 - 12
2.5.2	導水路	2 - 13
2.5.3	ヘッドタンク	2 - 16
2.5.4	余水路	2 - 16
2.5.5	水圧管路	2 - 16
2.5.6	発電所	2 - 18
2.6	地質図	2 - 19

第 2 章 地 形 地 質

2.1 地形概要

アンデス山系は西部山脈 (Cordillera Occidental) , 東部山脈 (Cordillera Oriental) およびサブ・アンデス山脈 (Cordillera Sub-Andia) の三連の山岳地帯から構成されている。このうち西部山脈は中生代および第三紀の岩石によって構成され、アンデス山系の中でも最も高い山脈である。その中でも Huascarán はペルーの最高峰 (6,768 m) として通年雪をいただいている。

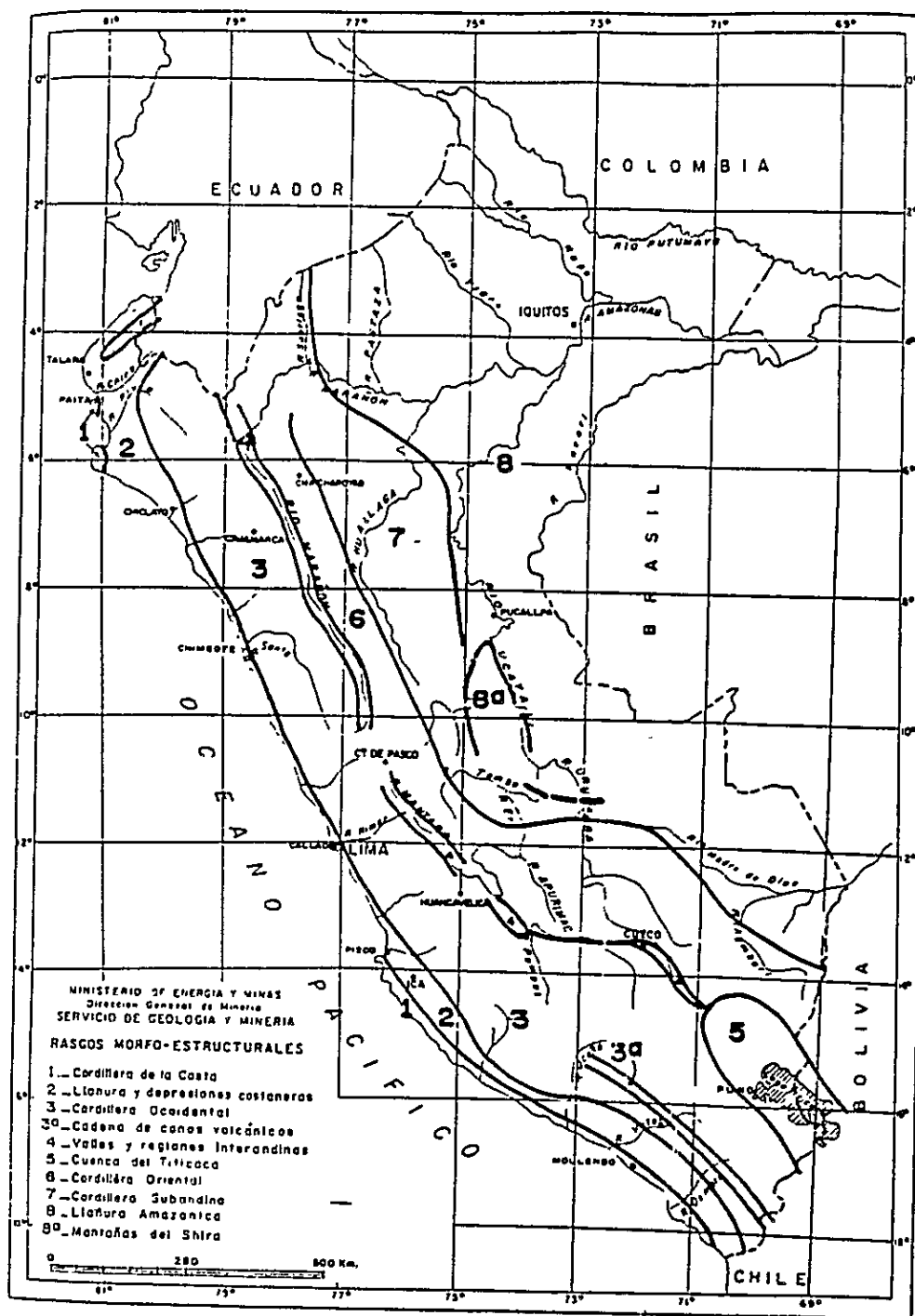
西部山脈はまた太平洋側と太西洋側の分水嶺としてそびえている。プロジェクトサイトは西部山脈に源を発する Rio San Juan 流域で標高は 3,500 m ~ 4,000 m 付近に位置する。Rio San Juan は北 ~ 北東方向に流れをとり、Huallanca 町で Rio Santa Rosa と合流して Rio Viscarra となり、Rio Marañon, Rio Amazonas を経て太西洋へ注ぐ。

Puente Arequipa 付近から上流での Rio San Juan は川幅も広く河床勾配もゆるやかであるが、下流側では急に川幅が狭ばまる。

Rio San Juan は地層の走向と直交するように流れをとるため兩岸は急峻な山容となっている。しかし、右岸側では氷河性堆積物や段丘堆積物が発達し、それらが緩斜面を形成して分布している。調査地域内の谷や尾根の方向は、よく地質構造を反映しており、南東 ~ 北西方向に形成されている。谷は褶曲構造の向斜軸、尾根は背斜軸とほぼ一致するように発達している。

Fig 2-1-1 ペルーの地形区分図

(ペルーの地質概要より)



(Geology of Peru)

2.2 地質概要

プロジェクトサイト周辺には下部白亜系Goyllarisquizga 層群の堆積岩類が分布する。白亜紀の岩石はペルーの全土に広く分布し、中生代の岩石の75%は白亜紀の岩石であると言われている。

Goyllarisquizga 層群は Chimu 累層, Santa 累層, Carhuaz 累層, Pariahuanca 累層, Pariatambo 累層に細分される。

これらの地層はアンデス造山運動に伴う激しい褶曲作用を受け褶曲構造を形成している。プロジェクトサイトに分布する地層は Chimu 累層に相当するもので珩岩・粘板岩およびそれらの互層で構成されている。

Chimu 累層は北西へ南東方向に帯状の分布を示し、Rio San Juan 流域では背斜・向斜を繰り返している。また調査地域には粘板岩・珩岩を被って未固結の氷河性堆積物・段丘堆積物・扇状地堆積物・崖錐が存在する。プロジェクトサイトを構成している地層を表2-2-1に示すと次の様である。

Table 2-2-1 プロジェクトサイトに於ける地層構成

時代	地層名	岩相	記事
新 生 代	第 四 紀	崖錐層	崖錐 角レキ・粘性土・砂質土で構成
		扇状地性堆積層	扇状地堆積物 30cm~1m大の円レキを主とする扇状地レキ層
		段丘堆積層	段丘堆積物 ・10~30cm大の円レキ ・砂質土・粘性土で構成
		氷河性堆積層	氷河性堆積物 珩岩の巨レキ(2m大)多し
中生代	白亜紀	Chimu 累層 珩岩 粘板岩 珩岩・粘板岩互層	北西~南東方向に帯状に分布する背斜・向斜構造を繰り返す

2.2.1 珩岩 (Ss)

№1水路トンネルおよび№1開水路周辺に分布する。

白色~乳白色の色調を呈し細~中粒の石英粒子で構成されている。N30°~40°Wの

走向を有し、傾斜は背斜・向斜構造を反映して $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 北東および南西に傾斜する。珪岩には $10\sim 60\text{ cm}$ の間隔で層理面に平行な層状の割れ目が形成されている。割れ目はハンマーの強打で剝離することができるがおおむね密着している。

岩片はハンマーの打診では軽い金属音を発し、強打で砕くことのできる硬さである。また珪岩には粘板岩が挟まれている。露頭での粘板岩は風化を受け細片化してハンマーで崩せる場合があるがAzulminaとRio San Juanの合流点付近には新鮮な粘板岩が露出しそれはハンマーの強打で砕くことのできる硬さである。(写真2-2-1)

写真2-2-1

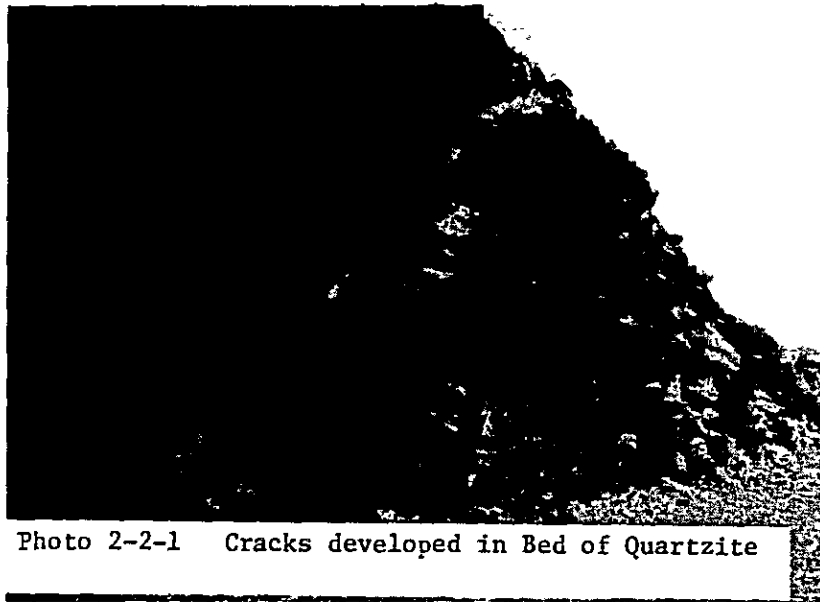


Photo 2-2-1 Cracks developed in Bed of Quartzite

珪岩：層理面に平行する割れ目が発達している。

2.2.2 粘板岩(S1)

N 30° Wの走向を有し $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 南西側に傾斜する。

色調は黒色を呈し、微粒砂岩と互層する場合がある。

地表での粘板岩は風化を受け細片化しているためハンマーが突きささり、また岩片はハンマーの打撃で容易に小岩片状に砕ける。珪岩と比較して相対的に軟質であるため侵食を受けやすく崖錐の緩斜面が発達している。(写真2-2-2)

写真 2-2-2

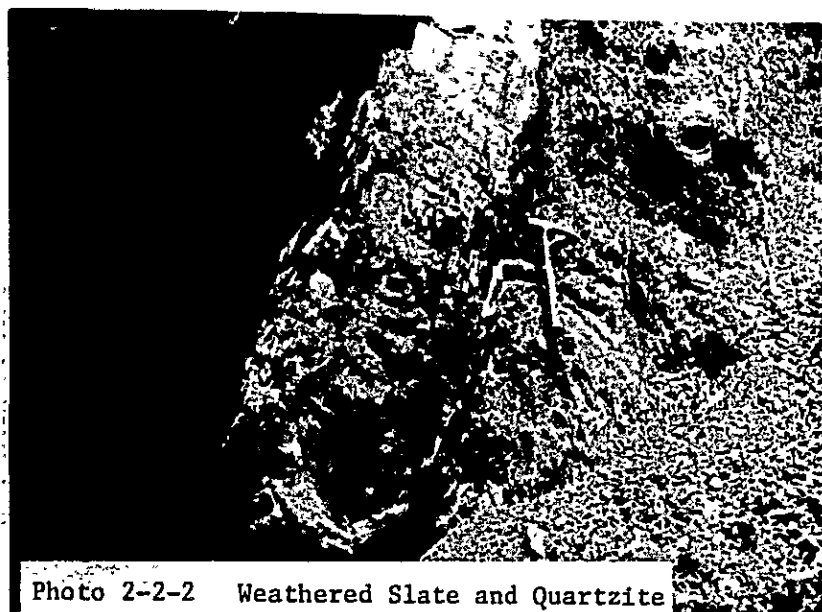


Photo 2-2-2 Weathered Slate and Quartzite

風化した粘板岩。珪岩は突出している。

2.2.3 珪岩・粘板岩互層(A1)

互層の単位を3つに区分して地質図に表現した。

(a) 互層1(A1₁)

断層に沿って南西側に分布する。地層の走向はN 25°~30°Wで50°~60°南西側に傾斜する。約1 mの厚さで互層するが時に3 m~4 m厚の珪岩を狭む場合がある。珪岩には層理面に平行な層状の割れ目が発達する。珪岩はハンマーの強打で砕くことができる。粘板岩はやや千枚岩質で層理面に平行な剝離しやすい割れ目が発達する。断層面に近接する粘板岩は風化を受けハンマーが容易に突きささる。また断層運動による地層の逆転が確認され断層沿いでの本層は乱されていることを暗示させる。(写真2-2-3(a))

(b) 互層2(A1₂)

30~50 cmの厚さで互層する。断層の北東側に分布し、地層の走向はN 25°~35°Wで傾斜は55°~70°南西に傾斜する。断層に近づくとつれて

傾斜が急になる傾向が見られる。

層理面は密着しているものの剥離しやすい。特に斜面の傾斜が地層面の傾斜と一致するようなところでは粘板岩や珪岩がブロックで層理面から離脱している様子がうかがえる。（写真2-2-3(b)）

写真2-2-3(a)

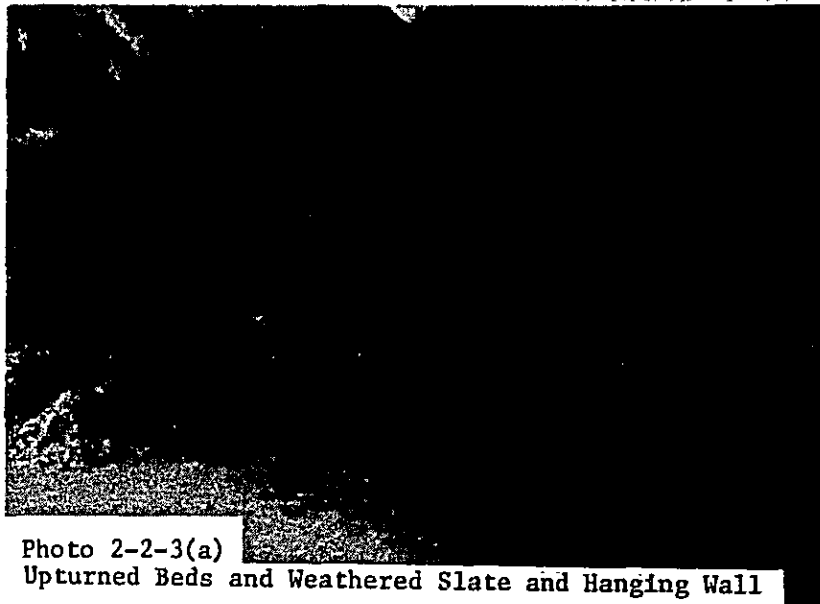


Photo 2-2-3(a)
Upturned Beds and Weathered Slate and Hanging Wall
断層上盤側の逆転層，粘板岩は風化してかなり劣化している。

写真2-2-3(b)

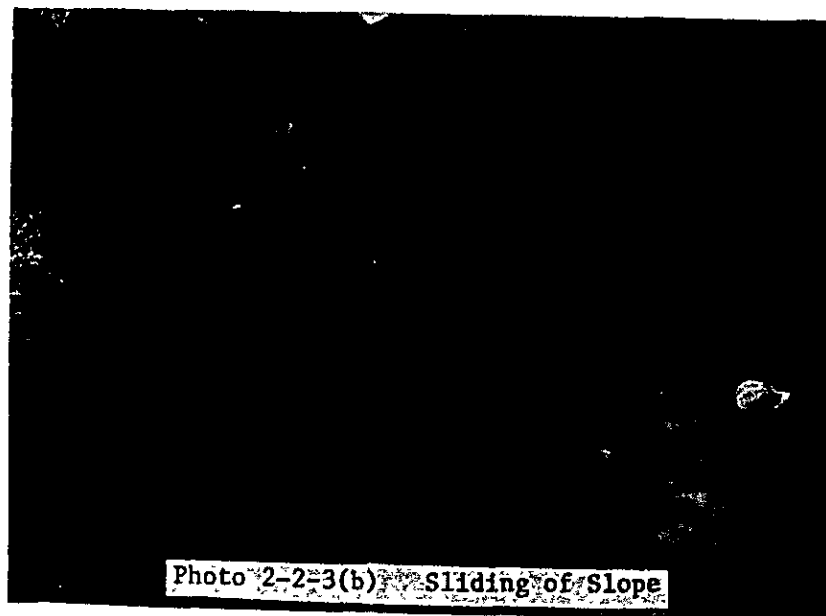


Photo 2-2-3(b) Sliding of Slope
層理面をすべり面として地層が離脱している。

(c) 互層 3 (A1₃)

Huallanca 集落の南側の山体を構成している。約 3 m ~ 4 m の厚さで互層する。

N 30° ~ 50°W の走向を有し、50° ~ 75° 南西あるいは北東に傾斜し、背斜・向斜を繰り返す。

珪岩には 30 cm ~ 90 cm の間隔で層理面に平行な層状の割れ目が見られ、岩片はハンマーの強打で砕くことができる。割れ目はおおむね密着している。粘板岩はやや千枚岩質で珪岩の薄層をレンズ状に狭む場合がある。珪岩と粘板岩は密着して強く結合している。(写真 2-2-3(c))

写真 2-2-3(c)

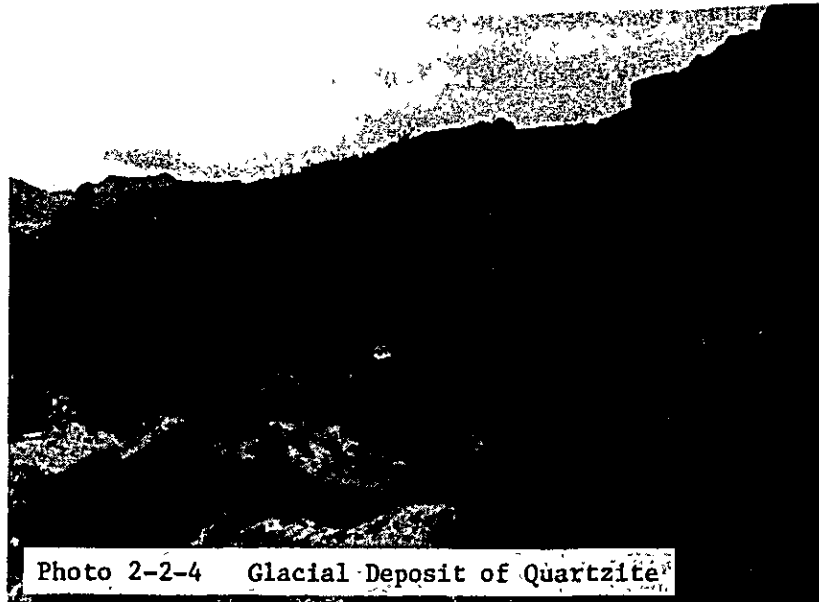


Photo 2-2-3(c) Alternating Beds of Slate and Quartzite

2.2.4 氷河性堆積物 (Md)

Azulmina との合流点から上流の右岸および №2 開水路付近に分布が見られる。いずれも珪岩の新鮮な巨レキ (2 ~ 3 m 大角レキ) を主体とし充填物は粘性土である。また、氷河が運搬してきた跡をとどめるように珪岩の巨レキが残丘状に点在する様子がうかがえる。(写真 2-2-4)

写真 2-2-4



氷河性堆積物：珪岩の巨レキ

2.2.5 段丘堆積物 (Te)

現河川に沿って分布が見られる。10cm~30cm大の新鮮な円礫で充填物は砂質土や粘性土である。また、B案の水圧管路付近では、斜面にへばりつくように標高3,700m付近まで段丘堆積物の分布が見られ、かつて、河川は現位置より高いところに存在したことを示している。(写真2-2-5)

写真 2-2-5



段丘堆積物

2.2.6 扇状地堆積物 (Fa)

30 cm大の円レキを主とするが、時に1 m大の巨レキも存在する。レキ種は珪岩を主体とする。本層が存在する谷は流量が多いため、洪水時に放出されたレキが堆積していったものと判断される。

2.2.7 崖 錐 (Dt)

粘板岩レキ・珪岩角レキを主体とし充填物は主として粘性土である。断層の南西側の粘板岩地域および1号開水路の通過する珪岩地域には崖錐が発達している。

粘板岩地域の崖錐は粘性土に富み粘板岩のレキも10 cm大のものが多いが、珪岩地域の場合は1 m大の新鮮な珪岩の角レキが多い。またC案の水圧鉄管路予定地付近も崖錐の分布が広く地表は畑や牧場に利用されている。(写真2-2-7)

写真 2-2-7

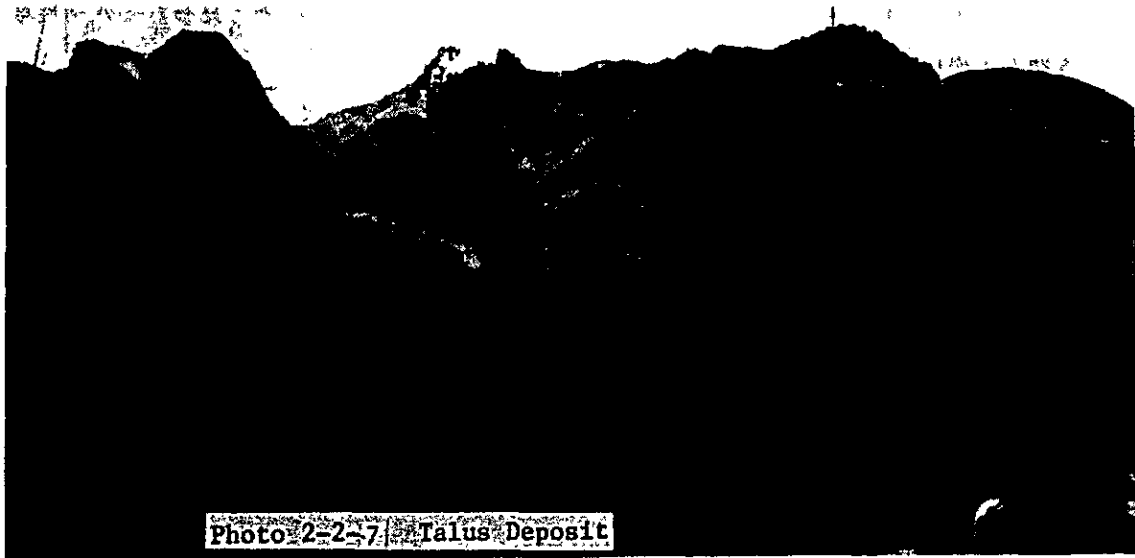


Photo 2-2-7 Talus Deposit

崖錐 (A案発電所附近)

2.3 地質構造と崩壊地

プロジェクトサイトには断層を境に上流側・下流側にそれぞれ4本の背斜軸・向斜軸が存在する。その軸部は北西～南東方向に延び、向斜軸の位置には谷地形、背斜軸には尾根地形があり褶曲構造が地形に反映している。軸部の間隔は近接するもので70 m～100 m、離れているもので1.3 km～1.5 kmである。№1水路トンネルの出口付近とC案の水槽付近では背斜軸と向斜軸が近接し、地層は急傾斜で折れ曲がっている。背斜軸と向斜軸の長さは不明である。軸面は垂直であると推定される。

断層はA案の水圧管路付近を北西～南東に褶曲軸の方向と平行するように存在する。断層面の走向はN35°W傾斜は70°南西側へ傾斜する。相対的に上盤側（上流側）が落ちており、A案のヘッドタンク付近では地形的にも段差が確認される。断層線上には断層谷が形成され、断層谷の左岸側（断層の上盤側）では地層が逆転し風化が進行している。ボーリング（PA-1）ではGL-10mまで風化した粘板岩を確認している。地層の逆転は対岸のRio San Juan 沿いにも見られ、そこでは断層上に小崩壊が存在している。断層運動に伴う破碎の程度は上盤側の方が下盤側より大きいと思われる。破碎帯の性状については不明であるが、粘板岩や珪岩はかなり劣化しているものと推定される。

プロジェクトサイトにみられる崩壊地については、地層の走向傾斜と斜面の走向傾斜が一致するような“流れ盤”[※]のところで地層が層理面から離脱して崩壊を起こしている地点が確認される。“流れ盤”の斜面は地形的にも不安定地形と言える。

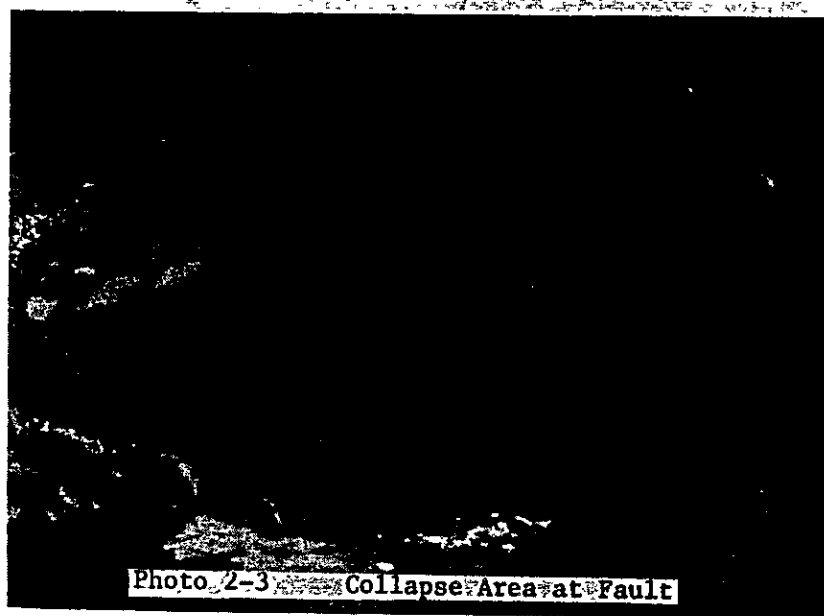
また、161 開水路始点付近の標高3,800m付近には少量の湧水が起因と見られる氷河性堆積物の小崩壊が存在する。

崩壊はいずれも小規模である。

（写真2-3）

※流れ盤：地層の傾斜が地表斜面に対して平行または、それに近い関係にあること。地すべりや崩壊などを起しやすい。

写真2-3



断層上の小崩壊

2.4 岩盤分類

岩盤を工学的あるいは力学的に分類する方法は、従来から多くの提案がなされてきたが自然の複雑な因子がからみあって単純に定量化することは困難である。従って統一されたものはなくいろいろな分類案が提案されている状態である。

岩盤調査の基本作業であるハンマーの打診と一軸圧縮強度の関係は表 2-4-1 のようである。

Table 2-4-1 岩石の硬軟による分類

	圧縮強度 (kg/cm^2)	ハンマ打診	所属する主要な岩石
特殊硬岩	1800以上	壊れない	堅硬ち密な火成岩, 硬砂岩, チャート, ホルンフェルス, 珪岩など
硬岩	1000~2000	壊れにくい	風化変質している大部分の火成岩, 中・古生層, 変成岩
中硬岩	500~1200	壊れる	など古第三紀の固結度のよいけつ岩, 砂岩, 角れき凝灰岩, 中生層の大部分, 火山岩の一部, 片岩の一部など
軟岩	600以下	容易に壊れる	第三~四紀の泥岩, 砂岩, れき岩, 凝灰岩など

この表にもとづけば調査地域の珪岩は $1000 \sim 2000 kg/cm^2$ の圧縮強度, 粘板岩は $500 \sim 1000 kg/cm^2$ と推定される。

次に日本土質工学会の岩盤分類にもとづけば珪岩は $H_1 - B$ に分類され, 粘板岩は, $H_2 - C$ で特に千枚岩質で異方性を考慮した場合は $H_6 - E$ に分類される。

(注) $H_1 - B$: 最大一軸圧縮強度が $1,000 kg/cm^2$ 以上。平均き裂間隔 $30 \sim 90 cm$

$H_2 - C$: 最大一軸圧縮強度が $500 \sim 1,000 kg/cm^2$ で, 平均的な一軸圧縮強度がその 50% 以上。平均き裂間隔 $10 \sim 30 cm$ で, き裂間充填物なし

$H_6 - E$: 異方性岩で最大一軸圧縮強度が $100 \sim 500 kg/cm^2$ 。平均き裂間隔 $10 cm$ 以下で, き裂間充填物あり。

調査地域における弾性波速度については珪岩は $4000 \sim 4500 m/sec$, 粘板岩では $3000 \sim 3500 m/sec$ と推定される。また珪岩・粘板岩互層は $3000 \sim 4000 m/sec$ と推定される。

2.5 構造物地点の地質

2.5.1 取水口・沈砂池

Rio San Juan の左岸側に存在する珪岩には層理面に平行な割れ目とそれに直交あるいは斜交する割れ目が発達している。珪岩は割れ目によってブロック化されている。

割れ目は開口きみで $N 70^{\circ}E / 78^{\circ}E \cdot N 45^{\circ}E / 42^{\circ}NW \cdot N 30^{\circ}W / 90^{\circ}$ の走向傾斜を有する割れ目が卓越している。珪岩はハンマーの強打で岩片を採取できる硬さである。

Rio San Juan の右岸側には氷河性堆積物や粘板岩が存在する。

粘板岩は侵食を受けており地表部での露出は、局部的である。ボーリングによれば粘板岩はかなり風化を受けており、粘土化している部分も存在する。また氷河性堆積物は新鮮な珪岩のレキを主体とする未固結堆積物である。したがって、右岸側での強風化粘板岩と未固結堆積物への対策が取水口や沈砂池を施工するにあたり必要となってくる。

図 2-6-3 に取水口付近の地質平面を、図 2-6-4 にダムサイトの地質断面を示す。

2.5.2 導水路

(1) 開水路

崖錐・段丘堆積物・氷河性堆積物が掘削の対象となる。いずれも未固結堆積物で緩斜面を形成して分布する。崖錐や氷河性堆積物にはいずれも新鮮で堅硬な珪岩の角レキ(1~2m大)が混入している。特に№2開水路では珪岩の巨礫が重なりあって密集している場合があるのでその除去が必要となる。充填物には粘性土分が多いので掘削法面は安定しやすい。全体に緩斜面を掘削するのでそれに伴う斜面の滑動も起り得ない。

なお、№2開水路始点付近には氷河性堆積物が小崩壊を起こしているので、開水路の横断には注意を要する。

開水路部でのテストピット結果を柱状図として以下に示す。

Fig 2-5-1

試掘1(段丘堆積物)

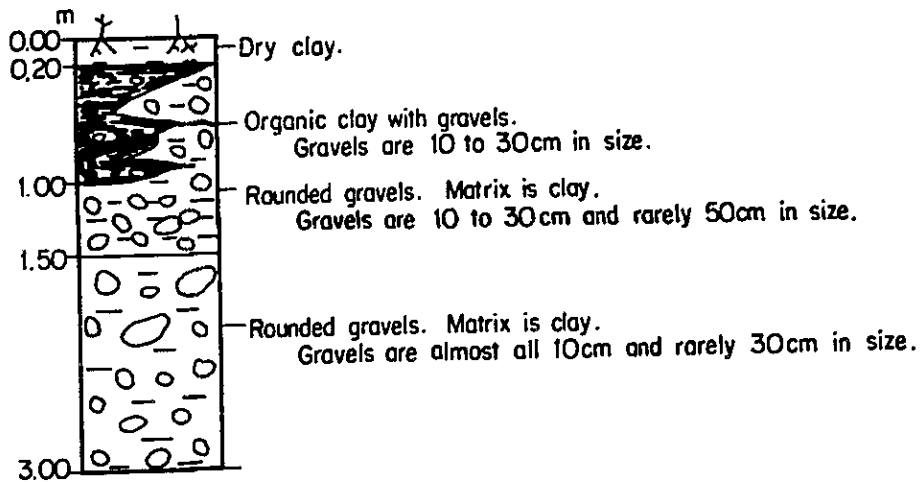
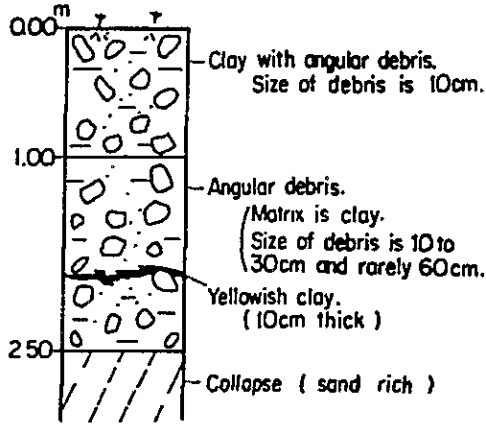


Fig. 2-5-2

試堀 2 (氷河性堆積物)



○ Kind of debris is quartzite.

Fig. 2-5-4

試堀 4 (氷河性堆積物)

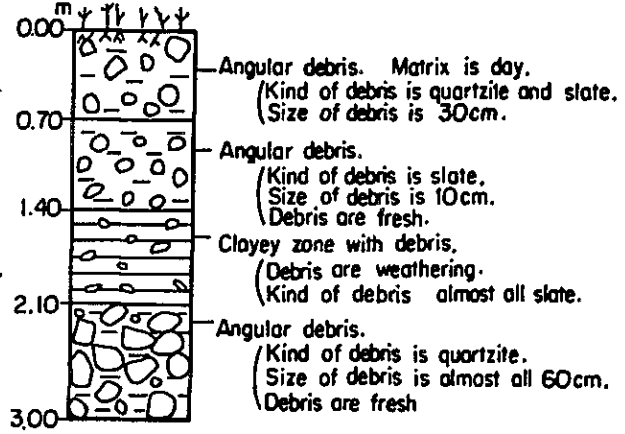
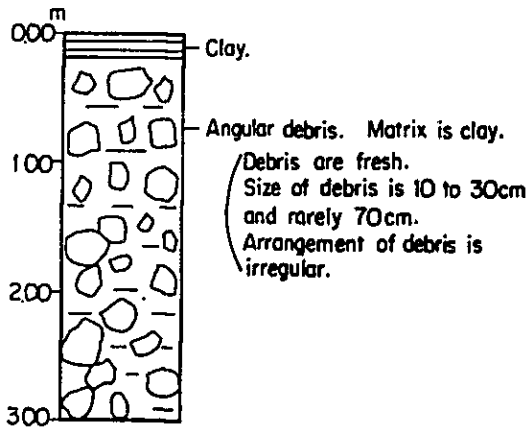


Fig. 2-5-3

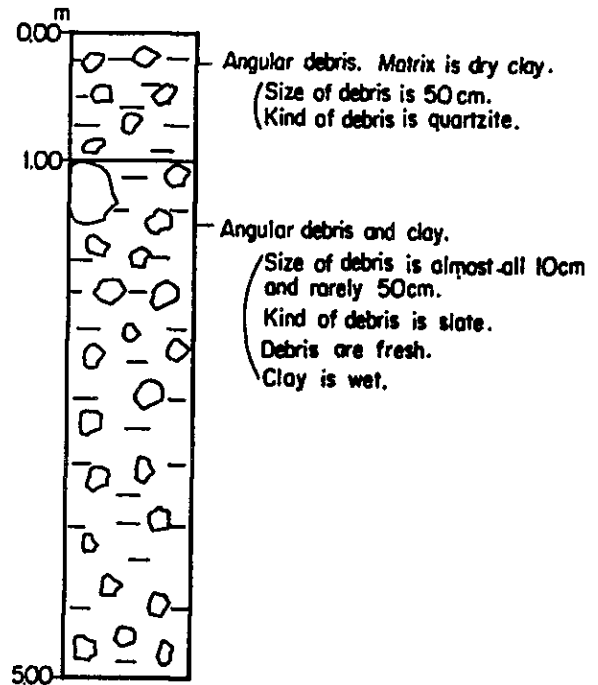
試堀 3 (崖錐堆積物)



○ Kind of debris is quartzite.

Fig. 2-5-5

試堀 5 (崖錐堆積物)



(2) 水路トンネル

(a) ㊦1トンネル

珩岩を主体とし、時に粘板岩を狭む。珩岩には層状の割れ目が発達している。そのためボーリング(T-1)でも棒状コアは採取されにくく、Rock Quality Designation値(RQD_割=10cm以上のコアの全長/掘進全長)は低い。

側壁は比較的安定で偏圧は作用しにくい。しかし向斜軸の位置にある粘板岩は褶曲運動による変形を受けているため岩が劣化している可能性があるため掘削時には注意を要する。

(b) ㊦2トンネル

A案(上流案):粘板岩および珩岩・粘板岩互層で構成される。両坑口は粘板岩の風化に伴う強度の低下が予想される。また、互層の地域ではトンネルの方向と地層の走向方向が鋭角で交わるため、東側の側壁に現われる地層は水路内へ傾斜する。そのため東側の側壁は流れ盤状となり地層が層理面からブロックで離脱しやすい状態となり、将来離脱したブロックが水路を堰止めることも起りかねない。

B案(中流案):粘板岩および珩岩・粘板岩互層が対象となる。地層の走向とはほぼ直行するので側壁は安定しやすく全体に偏圧は作用しにくい。しかし断層を横断する地域では断層の上盤側が下盤側に比べ破砕に伴う岩の劣化が進んでいると考えられるため湧水を伴う場合には注意を要する。また、断層周辺部はコンクリート巻き立てが必要となるかもしれない。

C案(下流案):珩岩・粘板岩互層で構成される。地層の走向方向と直交するように掘削するので側壁は安定しやすい。断層を横断する地域ではB案と同様の配慮が必要となる。

(c) ㊦3トンネル

C案(下流案):珩岩・粘板岩互層から構成される。地層の走向方向と頓角

度で交差するため側壁は比較的安定しやすい。また、背斜軸と向斜軸が近接するトンネル出口付近では地層が急傾斜で折れまがっているため粘板岩や珪岩に割れ目が多くなっている可能性がある。

2.5.3 ヘッドタンク

A案(上流案)：崖錐が堆積している地域である。崖錐は5地点の試掘の観察から粘性土で充填された粘板岩の角レキを主体とする。したがってヘッドタンクの基礎は珪岩・粘板岩互層に置く必要がある。

崖錐の厚さは不明であるが場合によっては掘削が深くなることも考えられる。

B案(中流案)：珪岩・粘板岩互層上に設置される。この互層はヘッドタンクが設置される斜面に対して逆傾斜であるため、ヘッドタンクを設置した場合、流れ盤斜面のような崩壊は起りにくく、設置面は安定している。

C案(下流案)：背斜の北東翼に位置し、地層の走向傾斜と斜面の走向傾斜が一致する流れ盤の斜面に位置する。地質は珪岩・粘板岩互層で構成されており掘削にあたっては巻き立ての必要はないと思われる。ヘッドタンクの出口付近は流れ盤斜面であるため地層の層すべりによる崩壊が発生するおそれがある。なお、3,900m地点には流れ盤による珪岩の崩壊が存在する。

2.5.4 余水路

B案(中流案)の余水路が予定されている谷には崖錐が存在する。そして谷の右岸側斜面の上方には崩壊地があり、そこから、かつて土砂が谷に供給されていたことを示している。したがって崖錐が厚く堆積していることが推定され、余水路の設置によって崖錐が滑動し構造物の破損をまねかないよう十分な注意が必要となる。

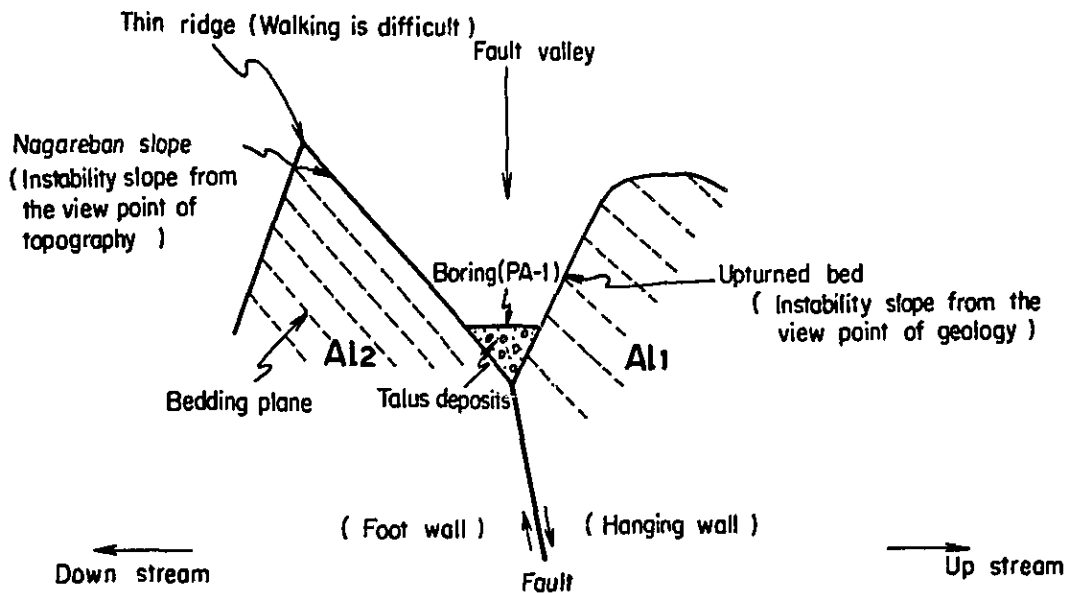
2.5.5 水圧管路

A案(上流案)：Fig 2-5-6の模式地形断面は水圧管路が設置されるヘッドタンクから道路付近までのものである。断層谷の下流側の斜面や尾根は流れ盤斜面及び歩行困難なヤセ尾根で構造物を設置するには不安定地形といえる。そのため断層谷の位置

が地形的には設置しやすい状況にある。断層谷は断層で劣化した岩が選択的に侵食されて形成された谷である。従って断層谷に存在する崖錐の下位にも劣化した岩の存在が予想され、ボーリング(PA-1)を実施した結果軟質できわめて脆弱な粘板岩の存在が認められた。またRio Juan左岸の断層上の粘板岩は細片化して小崩壊を起こしている。

劣化し、脆弱化した粘板岩は断層に沿って連続するものと考えられる。従って断層が存在する地域は地形的にも地質的にも不安定な状態にあり構造物の設置はさけるべきであろう。

Fig. 2-5-6 断層谷横断図



B案(中流案)：水圧管路を設置するには理想的な斜面である。基盤の粘板岩・珪岩互層は斜面の傾斜方向と反対方向へ傾斜する“受け盤”である。したがって基盤岩と斜面の関係を見れば比較的安定した斜面と言える。その基盤をおおって崖錐と段丘堆積物が存在しそこに水圧管路の基礎を置くことになる。崖錐は粘土分に富み10cm～30cm大の角レキを混入し、段丘堆積物は10cm大の円レキを多く混入しているので鉄管の基礎としては特に大きな問題はない。

次にB案で実施したテストビット結果を柱状図として示す。

※受け盤：地層の傾斜が地形の斜面に対して逆傾斜の関係にあること。
流れ盤の対語。

Fig. 2-5-7

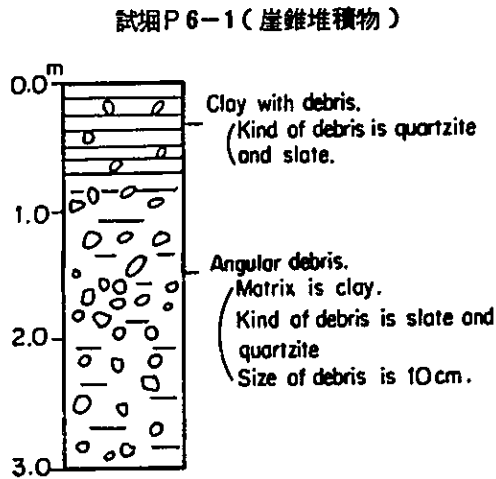
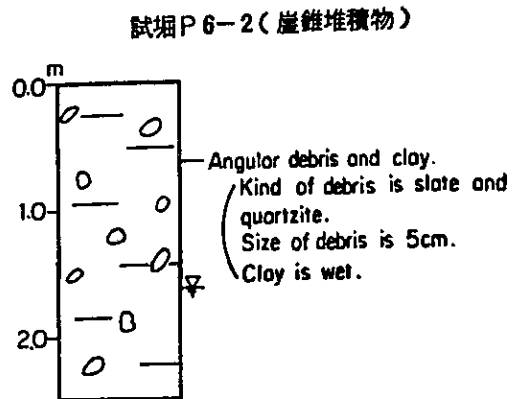


Fig. 2-5-8



C案(下流案)：背斜の北東翼斜面に位置し、水圧鉄管路の上部は珪岩の層理面がそのまま露出し地層の傾斜が斜面の傾斜と一致している。そのため水圧鉄管を設置する場合には流れ盤による斜面の崩壊には注意を要する。標高 3,900m 付近では流れ盤による珪岩の新しい崩壊が存在している。また鉄管路の大半は崖錐地帯を通過する。崖錐の厚さはボーリング(PA-1)によれば15m以上である。崖錐地帯は緩斜面で牧場に利用されているが、起伏があるため整地の必要が生ずる。

水圧鉄管路A・B・C案の地質断面図を図2-6-5、図2-6-6、図2-6-7に示す。

2.5.6 発電所

A案(上流案)：地形的には崖錐の厚く堆積している谷に位置する。ボーリング(SA-1)調査によれば粘性土に富む崖錐で厚さは15m以上である。粘性土は軟弱で発電所の支持地盤としては不適當である。また、崖錐が滑動を起こし、構造物に被害をおよぼす危険性がある。以上から発電所地点としてA案は不適當である。

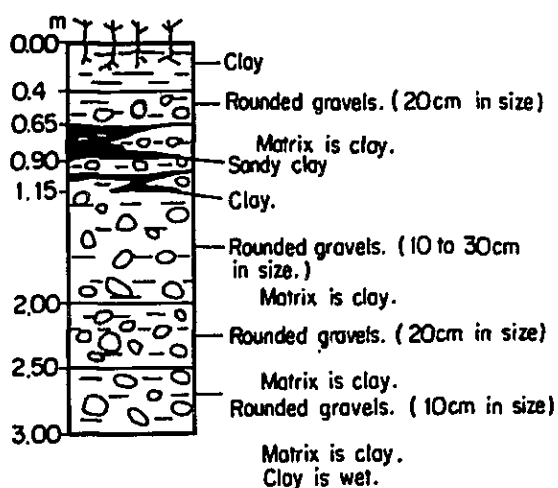
B(中流案)・C(下流案)案：地形的には河岸段丘上に位置する。テストビットによる観察はいずれの地点も新鮮な珪岩の円レキを多く混入している段丘堆積物である。ボーリング(SB-1・SC-1)によればこの段丘堆積物は10m~12mの厚さがある。

これらの段丘堆積物はいずれも発電所の支持地盤として問題はない。

発電所地点（B・C案）でのテストピット結果を柱状図として示す。

Fig. 2-5-9

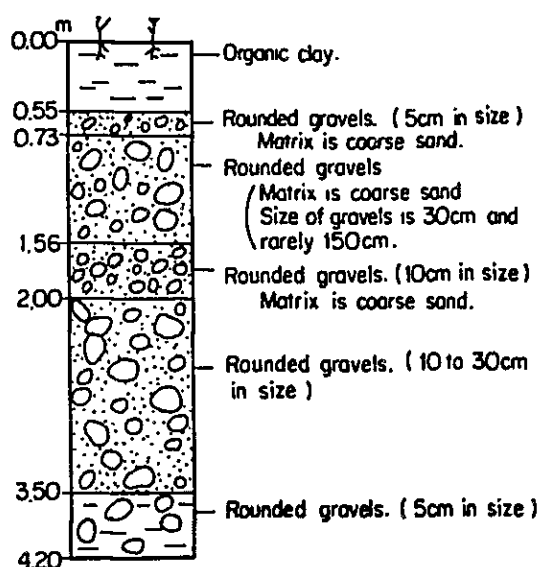
試堀Sb-1(段丘堆積物)



○ Kind of gravels is quartzite.

Fig. 2-5-10

試堀Sc-1(崖錐堆積物)



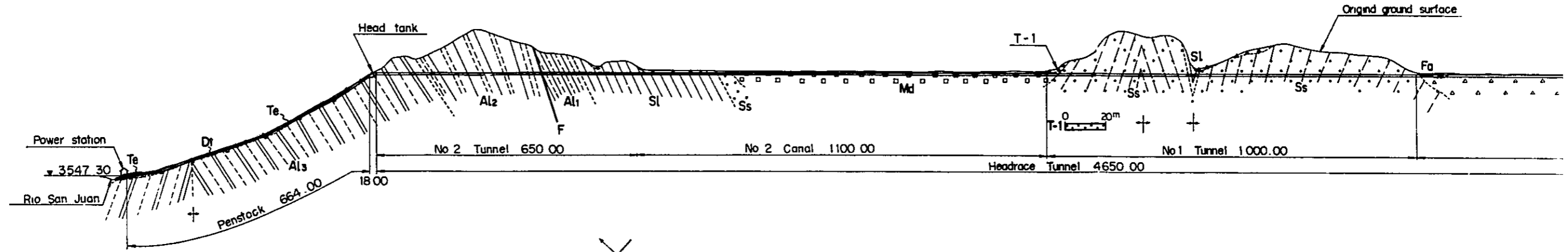
○ Kind of gravels is quartzite.

2.6 地質図

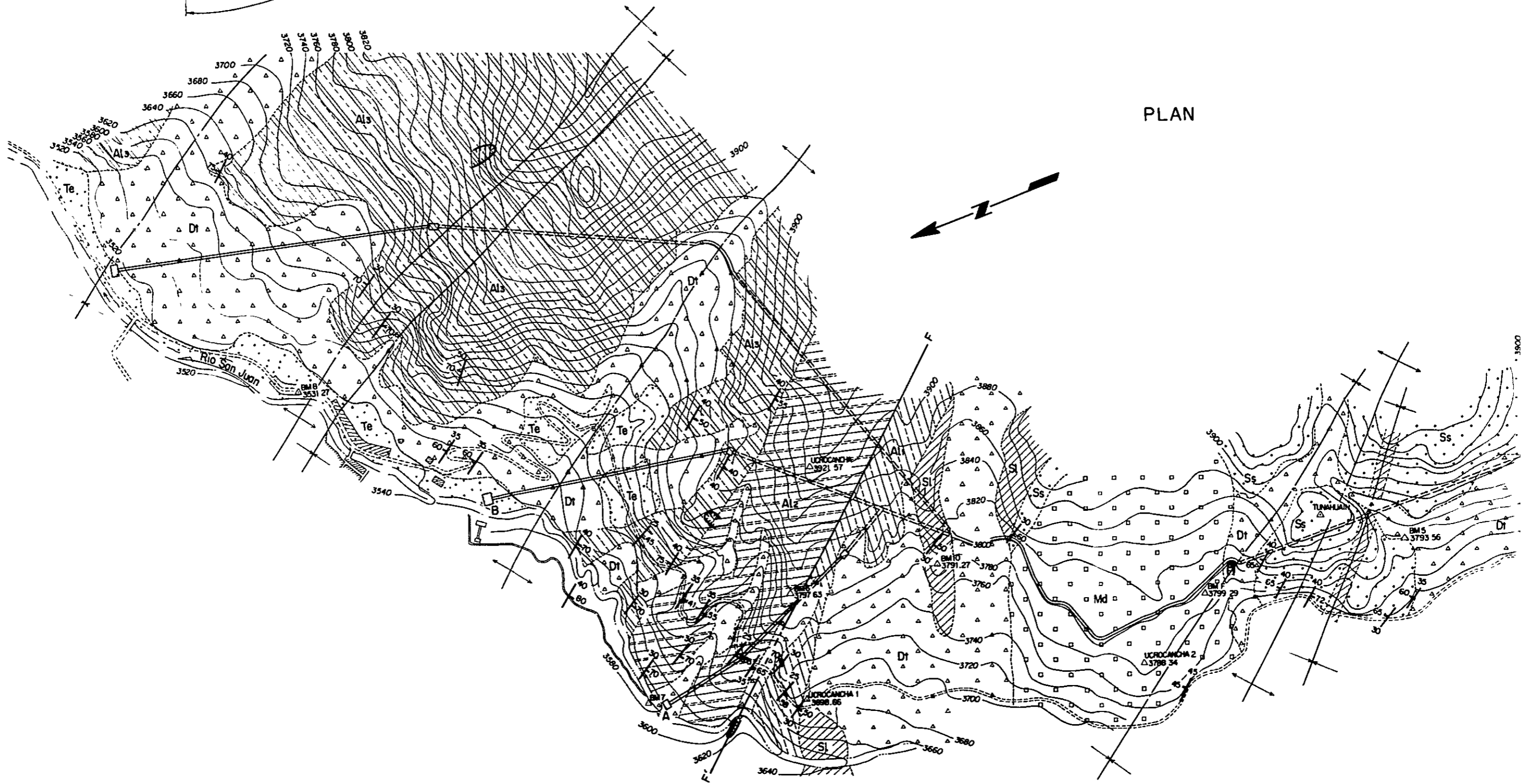
プロジェクトサイト及び構造物地点の地質図は夫々Fig. 2-6-1からFig 2-6-7に示されている。

4000m
3900
3800
3700
3600
3500

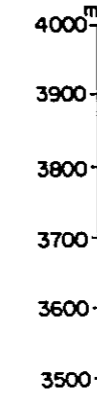
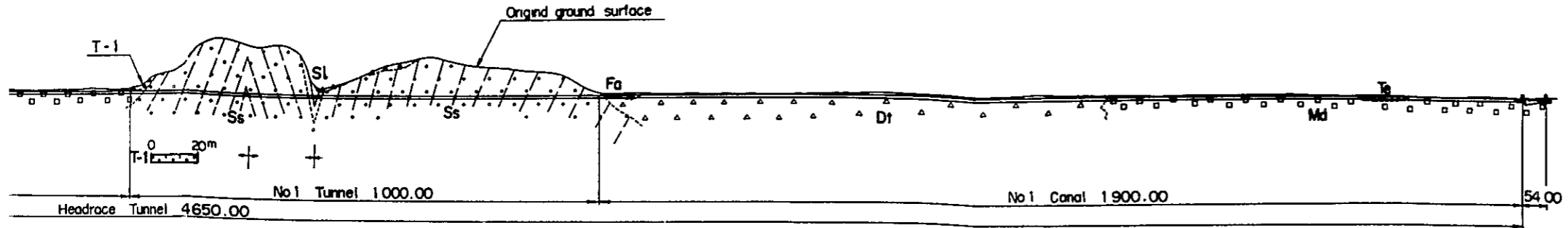
PROFILE



PLAN



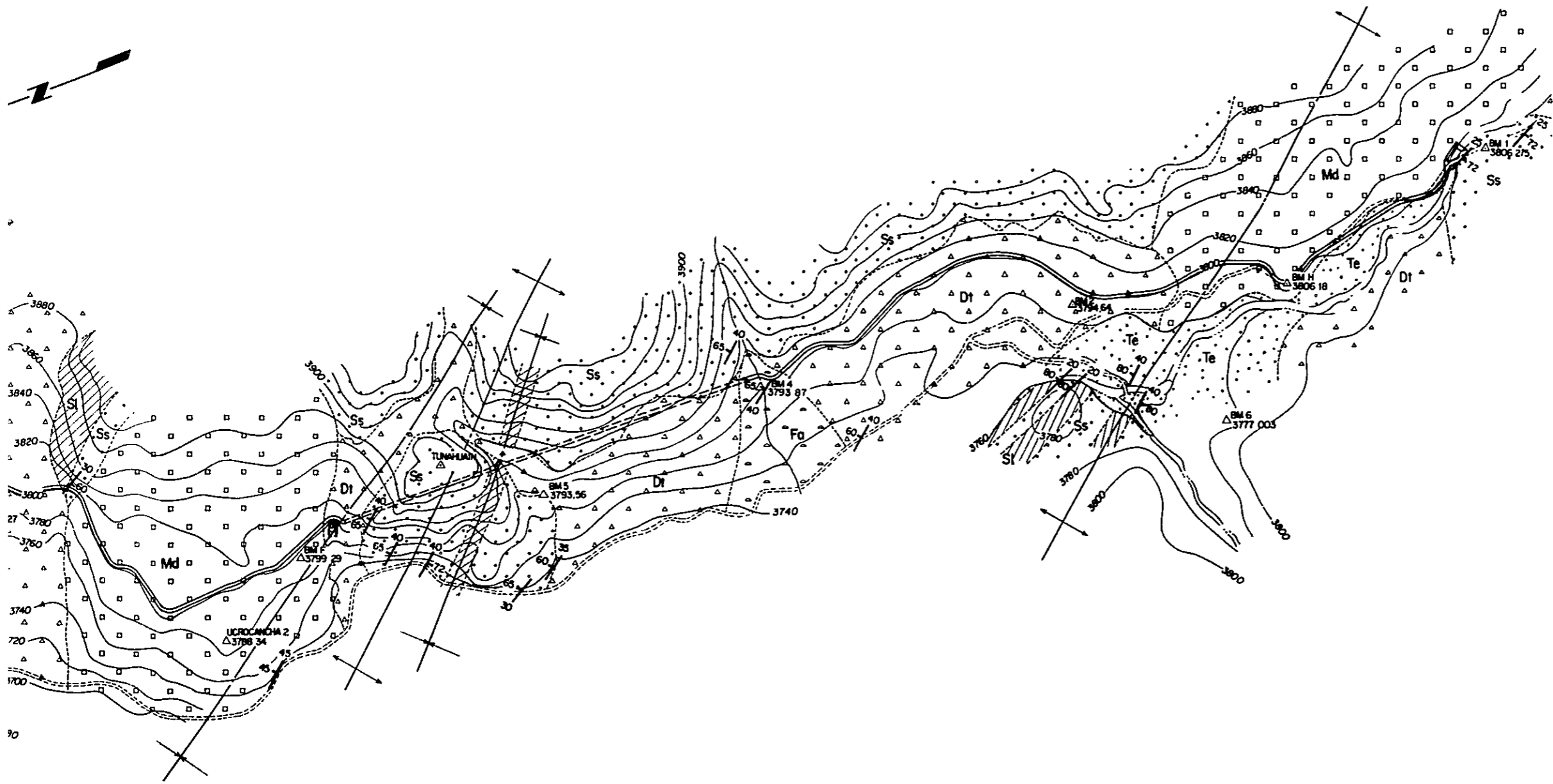
PROFILE



LEGEND

- Talus deposits
- Fan deposits
- Terrace deposits
- Glacial deposits
- Alternating beds of quartzite and slate (1)
- Alternating beds of quartzite and slate (2)
- Alternating beds of quartzite and slate (3)
- Slate
- Quartzite
- Fault
- Anticlinal axis
- Synclinal axis
- Strike-dip
- Upturn
- Collapse area

PLAN



ワンサラ水力計画地質平面・縦断面図



Fig. 2-6-1

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
HUANZALA HYDRO-POWER PROJECT	
GEOLOGY	
PLAN AND PROFILE	
EPDC International Ltd TOKYO JAPAN	
D.R.	SUBMITTED.
T.R.	RECOMMENDED.
C.R.	APPROVED.
- - -	DATE

