

フィリピン共和国

リオチバ・ニッケル鉱山関連施設
整備計画実施調査報告書
(カンダワガ水力開発)

第 2 編

昭和 60 年 8 月

国際協力事業団

鉱計画

85-172(2/2)

フィリピン共和国

リオチバ・ニッケル鉱山関連施設
整備計画実施調査報告書
(カンダワガ水力開発)

第 2 編

JICA LIBRARY

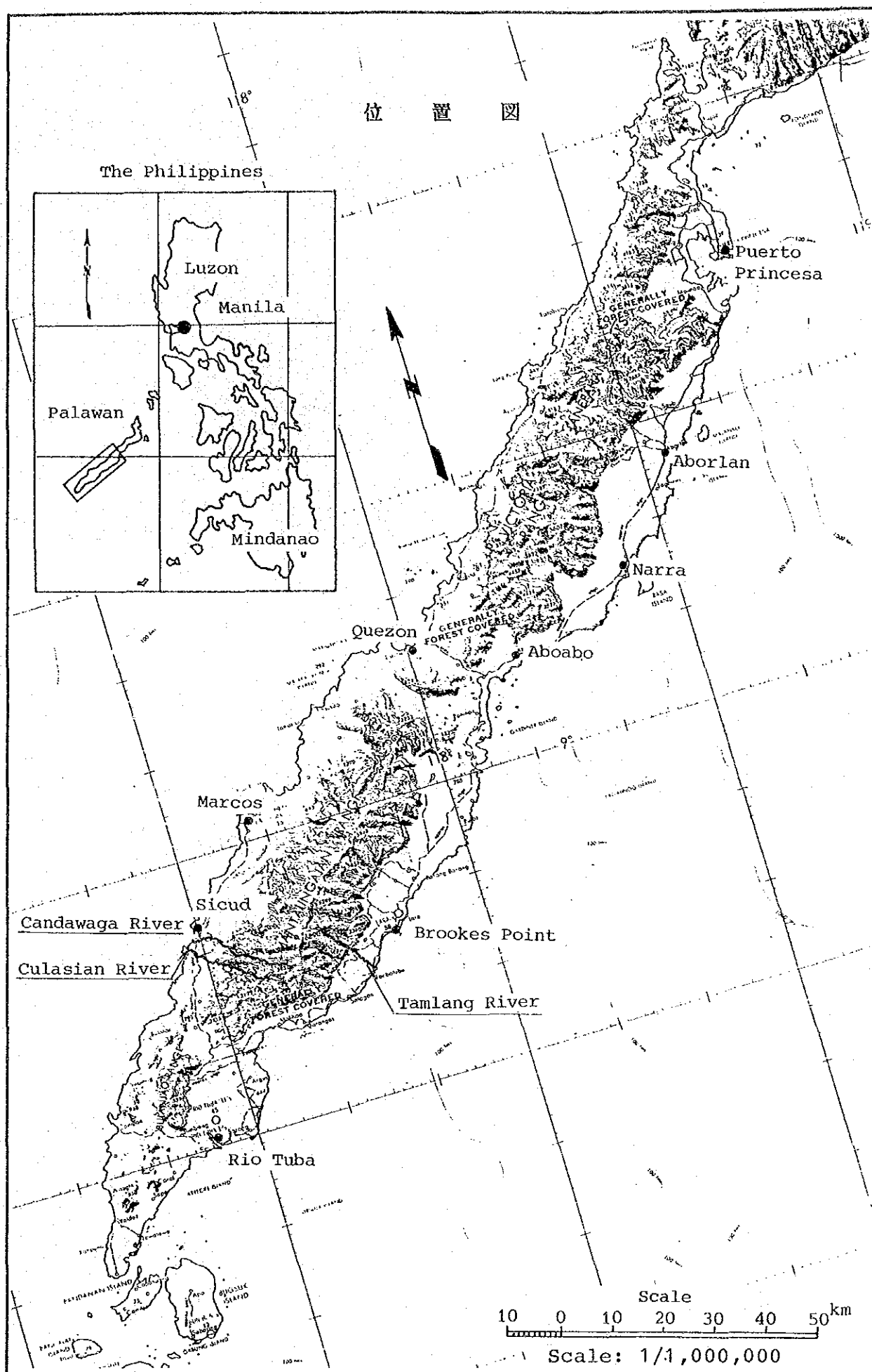


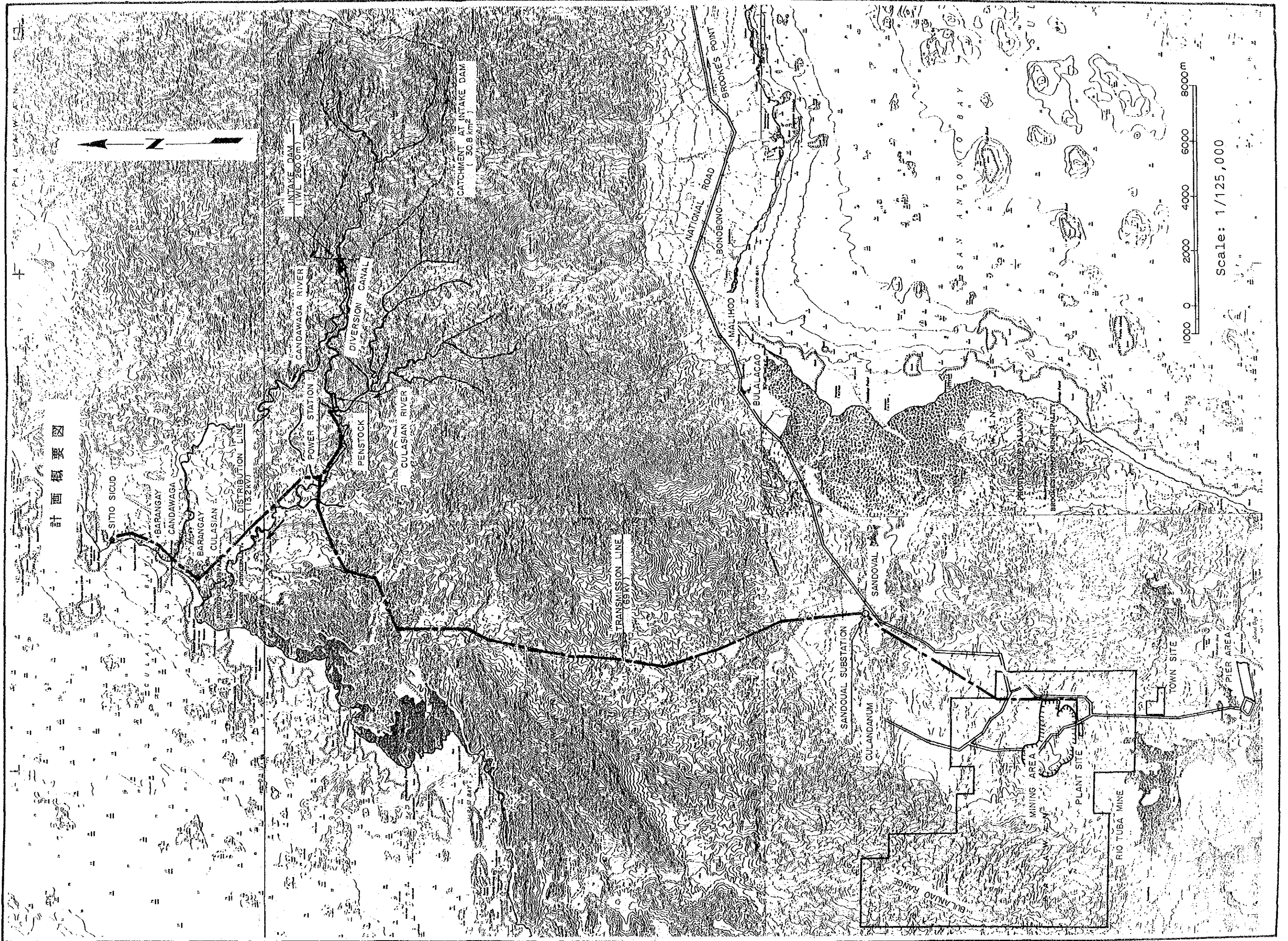
1030448[3]

昭和 60 年 8 月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 9. 20	118
登録No. 11958	64.3
	MPP





第 II 編

位	置 図	i
計	画 概 要 図	ii

目	次	ページ
第 1 章	地形・地質	1
1.1	地形	1
1.2	一般地質	2
1.3	地質調査	4
1.4	取水地点の地質	5
1.5	水路路線の地質	5
1.6	ベンストック路線・発電所の地質	6
1.7	岩石試験結果	8
1.8	河床砂礫粒度調査	8
第 2 章	気象・水文	10
2.1	気象・水文データ	10
2.2	気象	10
2.3	降雨量	11
2.4	Candawaga 川流量	12
2.4.1	一般	12
2.4.2	長期日流量の推定	13
2.4.3	洪水	17
2.5	Candawaga 川下流域に及ぼす影響	17
2.6	水質	19

第3章 基本設計	20
3.1 土木構造物	20
3.2 電気設備	26

第4章 施工計画	31
4.1 一般	31
4.2 施工計画	31
4.3 建設資機材	33
4.4 工事用電力	38
4.5 輸送計画	38

付 表

表 2-1 1983-84 月別降雨量・降雨日数比較	T-1
2-2 1975-84 " (Pier Area)	T-2
2-3 CANDAWAGA 川 月別流量シミュレーション	T-3

付 図

図 1-1 一般地質図	F-1
1-2 CANDAWAGA 川取水地点地質図	F-2
1-3 CULASIAN 発電所付近地形図	F-3
1-4 CULASIAN 発電所ペンストック位置地質断面図	F-4
1-5 CANDAWAGA 発電所(代替案)ペンストック位置地質断面図	F-5
1-6 河床材料粒径加積曲線	F-6
2-1 気象水文観測地点	F-7
2-2 水文観測期間	F-8
2-3 フィリピン気象区分(コロナス方式)	F-9

2-4	Pier Area-S.Bulanjao	旬降雨量相関		F-10
2-5	CANDAWAGA 川	1975-85 想定平均流況曲線		F-11
2-6	“	下流かんがい可能地域		F-12
3-1	水車	種別選定図		F-13
3-2	水車	効率曲線図		F-14
3-3	発電機	“		F-14

添付資料Ⅰ．設計図面集

添付資料Ⅱ．基本設計計算書

添付資料Ⅲ．ボーリング柱状図

第Ⅰ編

第1章

地 形 ・ 地 質

第1章 地形・地質

1.1 地形

調査地のあるパラワン島はNE-SW 方向に細長い形状を呈し、その中央よりやや東側に脊梁山脈が走っている。この脊梁山脈はMantalingajan 山系と呼ばれ、同山系の主峰であるMantalingajan 山(2,086m)は本島の最高峰である。

調査地周辺の水系は前述のMantalingajan 山系にその源を発し、分水嶺の東側ではほぼ南東方向に流下してSulu海に注ぎ、西側では北西方向に流下して南シナ海に注いでいる。これらの水系は脊梁から海までの距離が短いため、その流路がかなり短く、前回調査のTamlang 川（脊梁山脈東側）では全長約17km、今回の調査地の Candawaga川およびCulasian川ではそれぞれ29km、27km程度にすぎない。またこれらの河川は山岳部における勾配がかなり急なため、大きな支流の合流はほとんど見られず、流域面積も小さいものとなっている。

一方、調査地周辺の地形は脊梁山脈東側では海岸平野と山岳地が直接接しているのに対し、西側では海岸平野から標高30~100m程度の丘陵地を経て山岳地に入る。これらの違いはこの地域の地質状況や地質構造を反映しているものと考えられる。調査地の Candawaga川およびCulasian川の河口付近の平野は三角洲性の低地と考えられ、両河川による堆積物で構成されているものと推定される。また丘陵地は残丘状の高まりが頻繁に見られ、入りくんだ等高線となっている。

山岳地は上述の水系により深く開折されV字谷をなし、かつ大小支流により樹枝状に開折され、モザイク状の等高線が形成されている。Candawaga 川は全長29kmのうち山岳部を貫流するのが約21kmで、標高100m以下での河川勾配は1/80より緩く、160m付近では1/40程度の勾配となっているが、上流区間では更に急勾配になる。Culusian川は全長21kmのうち約14kmが山岳地を流れるが河川勾配はCandawaga 川より全体に緩く、標高 70m付近の河川勾配は1/120 程度、標高120mでも1/60の勾配である。

当地域は石灰岩の分布地域にも当たっているため、マールと呼ばれる凹地が所々確認さ

れているが、規模の大きなものとしてはCandawaga 川北東約 2km付近が挙げられる。

植生は熱帯雨林が主体となっているが、山岳地の急斜面では岩盤が露出し、疎林または草地となっていることが多い。

1.2 一般地質

Candawaga 川およびCulasian川流域を含む調査地域周辺の地質層序を下に示す。この層序は、“フィリピン国の地質と鉱物資源” 第1巻：地質編 (1982)、Table E II-5を基に編集した。

調査地域周辺 地質層序

地 質 時 代	層 序	岩 石
第四紀	沖積層	砂・礫・粘性土
早中新世～後漸新世	Ransang 石灰岩	石灰岩
第三紀始新世	Pandian 累 層	砂岩、頁岩を伴う塊状の砂岩
第三紀晩新世	Panas 累 層	石灰岩層を挟む砂岩・頁岩
弥生代第三紀	Irahauan変火山岩位	玄武岩質熔岩類（殆ど枕状熔岩と凝灰角礫岩）

調査地は、1,500m～2,000m級の脊梁山地と、西側にづく800m～300mの前山が配列し、その山脚部に標高100m以下の沖積低平地が広がる。地区全体の地質は図 1-1 の全体地質平面図に示すとおりこれらの地形に応じた分布となっている。

(1) 地質分類

i) Irahauan変火山岩位 (Irahauan Metavolcanics)

この地層は、当地域の基盤を成すもので、脊梁山地及びCandawaga 川の中流域に地窓状に分布する。脊梁山地は、主に新生代第三紀以前に貫入した超塩基性岩類が分布し、急峻な地形を形作っている。この貫入岩位の東西両翼には、変質火山岩類が帯状に分布する。

本層は、海底火山活動によって形成されたもので、玄武岩質熔岩類（殆ど枕状熔岩と凝灰角礫岩）から成り、変質作用を受け、変質火山岩類と呼ばれる複合岩体である。この層は中生代三疊紀末から白亜紀中期に堆積したとされている。

ii) Panas 累層 (Panas Formation)

発電計画調査域を最も広く覆って分布する地層で、砂岩、頁岩層から構成され、その互層率によって様々な層相を示している。数枚の石灰岩層を挟むが、砂質～泥質の層相を示し、堆積性起源の石灰岩である。堆積性石灰岩は、表流水～雨水の地下浸透に伴う溶蝕を受け、大小の鍾乳洞がみられる。

河床部における本層は、緻密、堅硬であるが、山頂部～斜面上部は、熱帯特有の高温、多雨の気候を反映して原位置風化作用が進行して厚いラテライト層を形成している。この地層は第三紀の暁新世に堆積したと考えられている。下位層とは、一部断層～不整合関係にある。

iii) Pandian 累層 (Pandian Formation)

この地層は、調査区域内には分布せず、Candawaga 川の河口の北方10kmの海岸沿いに東北東～西南西方向に伸びて分布する。泥岩（頁岩）を伴う塊状の砂岩から成り、下位層とは、不整合関係にある。この層は、第三紀始新世に堆積した地層である。

iv) Ransang 石灰岩 (Ransang Limestone)

本層は、調査区域の北側にややまとまった岩体 (2km × 5km) として分布し、標高200 m ~ 400mの山地に分布し、石灰岩地帯に特有な溶蝕地形 (Gap Hill) を示している。早中新世〜後期漸新世に形成したものと考えられている。

v) 第四紀

第四紀を構成する地層は、海岸平野の氾濫原を構成する沖積層であり、砂・礫・粘性土から成る未固結堆積層である。

これらの分類の他に、谷沿いの斜面下部〜山脚部を局部的に覆って崖錐性堆積物が分布する。

(2) 地質構造

地質構造は、Palawan 島の伸びの方向に支配的で、NE-SW 方向性が一般的である。特に発電計画対象区域に広く分布する Panas Formation は、同方向の複背斜構造を示し、やや複雑な地質構造を示している。

地質図に表現できる断層は Candawaga 川と Culasian 川の中流部に各 1ヶ所認めたと、その走向は、NW-SE 方向で、地質構造とはほぼ直交する関係にある。

1.3 地質調査

発電計画の図上検討・現地調査に基づいて決定した取水ダム・水路・鉄管路・発電所の概略地質状況を把握する目的で試錐調査を含む地質調査を実施した。ボーリング柱状図は付属資料Ⅲに示すとおりである。

試錐調査は、Culasian 発電所地点と比較案 Candawaga 発電所地点の 2ヶ所、5 孔、延100 m を実施した。取水地点では、次に示した理由によって試錐調査を実施しなかった。

i) 本計画では、流れ込み方式の発電を計画している。従って、取水地点において地質条件によって支配される漏水について、設計上厳しく考慮する必要がないと判断したこと。

ii) Candawaga 川の取水地点の河床標高約255m付近を中心に、上下流約 80m間に、硬質頁岩が露出しており、堤高15m 程度の取水ダム築造には大きな問題はないと判断され

たこと。

iii) 予定した取水地点への試錐機等機材搬入が困難であったこと。(山脚部から約 7～8km 上流で、この間全く道路がない。)

iv) 本命のCulasian発電所の比較地点として下流のかんがい用水の取水の関係から Candawaga 発電所の重要性が増し、同発電所及び鉄管路の地質調査のためのボーリングを必要としたこと。

v) 調査期間が限定されていたこと。

1.4 取水地点の地質

Candawaga川取水地点EL.255m 付近の地形・地質概査図を図 1-2 に示した。取水ダムは、左岸側にPanas 累層の硬質頁岩の露岩する図面中央部に計画される。発電計画において取水位標高260m、堤高13m 程度、堤長 50mの規模の取水ダムが計画されている。両アバット部は新鮮な硬質頁岩よりなり、現河床には主に玄武岩～砂岩の巨礫～砂に至る各種サイズの上流から運ばれて堆積した未固結砂礫層が層厚 4～5mで分布する。

実施設計に際しては、この砂礫層の層厚をチェックする必要がある。両アバット部及び砂礫層の基盤である硬質頁岩は、本計画における堤高 13m程の取水ダム基礎としての岩盤強度及び透水性に関して全く問題のない地層である。

1.5 水路路線の地質

発電計画における水路は、大部分開渠として計画されている。取水ダムからCulasian発電所に至る開削水路は、Candawaga 川の左岸沿いEL.260m 付近に計画され、その延長は、7,400mである。Candawaga 川流域からCulasian川流域への分水は、分水嶺の北側斜面を通る約300mのトンネルによる。トンネル出口からはヘッドタンク、ペンストックを経てCulasian川右岸EL.63mの発電所に至る。

開削水路の基盤層の大部分はPanas 累層の硬質な砂岩及び頁岩であるが、上流側にはIrahauan変火山岩位の玄武岩及び同質の凝灰角礫岩が分布する。これらの地層は現河床か

らの比高が小さい区間では殆ど新鮮な岩盤であるが、屋根部または高標高部では、元位置風化によるラテライトとなり軟質な風化帯を伴っている。Culasian分水トンネル出口付近の標高260m鞍部から下流側がこのような風化帯である。当発電計画における水路開削には、地質分布から次のような問題点が考えられる。

i) 硬岩地帯

一般に硬質新鮮岩は河床に近い所で急崖をなして分布することが多く、水路敷を確保するためには、長大な掘削を生ずる場合が考えられる。地質構造によっては、掘削斜面に対して流れ盤構造を呈する場合には、斜面崩壊の危険がある。

基盤のPanas 累層の地質構造は北東—南西方向の軸を持つ複背斜構造を持ち、地形面と地質構造の一致する場合には流れ盤構造となり上記の危険性が発生する。特に長大な掘削の予想される区間では、実施設計時にはルート沿いの地質調査により地質構造の把握が必要である。

ii) 強風化帯～崖錐層

風化によって固結度の低下したラテライト帯及び未固結崖錐層の区間においても、斜面における掘削には十分注意しなければならない。実施設計時にはルート沿いの調査によってその分布を把握して設計に反映する必要がある。

1.6 ペンストック路線・発電所の地質

(1) Culasian発電所

この発電計画地点においては、3孔の試錐を実施した。鉄管路はCulasian川の右岸に計画され、基盤を構成する地層は、Panas 累層の頁岩・砂岩層である。鉄管路の予定斜面は河床部標高約 63mから190m迄は比較的単一な平均傾斜25°の安定した斜面を成している。

表層は、一部（BH-3の下部）を除いて層厚約2m程の崖錐層の礫混り粘性土である。基盤岩は、砂岩及び頁岩より成り、周辺の基盤の構造は N20°E/23E を示し、鉄管路では、山側に見掛上約20°傾斜している。基盤岩の表層部は、3m～7m間の強風化帯

(岩盤区分 :CL) が斜面に沿って分布している。健岩部での一軸圧縮強度は、砂岩：約800kg/cm以上の値を示すが、頁岩は試験した供試体が潜在するキレツ沿いに破壊したため、代表値は不明である。孔内地下水位は乾季に測定したこともあり、全般に低く、強風化岩下位の健岩内に形成されている。

発電所は、河床と鉄管路の斜面の落合部に建設される。従ってこの断面上では、強風化した頁岩 (CL岩盤) を開削して建屋を建設することになる。鉄管路の支持台基礎及び発電所構造物の基礎として、CMクラスの比較的風化の弱い地層を対象とすると掘削は 6~9m必要となる。本計画における構造物規模であればCL岩盤でも強度的に問題ないが、実施設計時に詳細地質調査を行ない安全性を確認することが必要である。

この調査断面の上部標高205m~220m間には平坦な面があり、古い段丘面又は古い地すべり跡が詳細測量の結果明らかとなった (図 1-3 参照)。従って、当初の鉄管路計画線は地形的にみて北側に移動することとした。

ボーリング結果に基づく想定地質断面図は図 1-4 に示すとおりである。

(2) Candawaga 発電所 (代替案)

Candawaga 川代替発電所地点では 2孔の試錐調査を実施した。鉄管路はCandawaga 川河床標高約100m地点の右岸に計画している。基盤を構成する地層は、Culasianの基盤層同様 Panas累層に属する頁岩、砂岩層である。計画斜面下部には新鮮な砂岩が露出し、斜面は崖錐層によって覆われている。

斜面の平均傾斜は河床標高 100m ~210m間は約30°程であるが、標高120m付近には巨礫の転石を含む崖錐層が最大層厚約 10mがあり、局部的に急崖となっている。この部分を除いた崖錐層は3m前後の層厚で地表を覆っている。基盤岩の表層部は薄い強風化帯 (1m以下) で、殆ど健岩から構成される。健岩部砂岩の一軸圧縮強度は約1,000kg / cmを示し、Culasian川の健岩同様、鉄管路基礎として問題のない地層である。孔内地下水位は、殆ど着岩線と一致する形態を示して分布する。

発電所建屋の用地は現 Candawaga川が右岸側に迫り地形的に制約を受けるため、山脚下部を掘削して求めなければならない。山脚部の上位にはBH・4 を最大層厚とする

崖錐層があり、基礎掘削に際しては、崖錐層のすべりに対して考慮する必要がある。

ボーリング結果に基づく想定地質断面図は図 1-5 に示すとおりである。

1.7 岩石試験結果

調査地域の分布する岩石の物理特性を把握する目的で、ボーリングコアを用いて室内岩石試験を行った。その結果は次に示すとおりである。

ボーリングNo.	試料採取深度 m ~ m	密 度	超 音 波 速 度	
			V _D km/sec	V _S km/sec
1	9.70 ~ 10.00	2.533	3.88	2.25
2	7.14 ~ 7.35	2.613	3.21	1.75
3	10.08 ~ 10.30	2.641	2.29	1.39
4	13.20 ~ 13.40	2.636	3.06	1.59
5	13.36 ~ 13.61	2.488	4.10	2.03

動粘性係数 $\times 10^5$ kg/cm ²	ポアソン比	単軸圧縮強度 kg/cm ²	弾性係数 kg/cm ²	岩石分類
3.25	0.25	1,388.7	2.79×10^5	砂 岩
2.15	0.29	792.7	1.66 "	"
1.25	0.21	72.6	—	頁 岩
1.78	0.32	11.7	9.63×10^3	"
2.79	0.34	993.2	2.32×10^5	砂 岩

1.8 河床砂礫粒度調査

建設用コンクリート骨材として山岳地と平野部の境に分布する扇状地性の砂礫層を対象に粒度試験を行った。砂礫層は、山岳地の谷沿いにも分布するが規模が小さく、又供給源

に近い理由から巨礫～100mm以上の径のものが多く、粗骨材として用いるにも破碎工程が必要となり、経済性でないと判断して対象としないことにした。

試験試料は、Candawaga 川沿い 2地点、Culasian川沿い 1地点計3 地点で、各地点総量約 100 kgを用い篩別試験を行った。その結果は、図 1-6 粒径加積曲線に示した。

その結果、5mm 以下の砂がいずれも19～24%程度、5mm以上の礫径分が75～80%を示していることがわかった。従って、細骨材(5mm以下の砂) 及び粗骨材(5mm以上) は、対象区域内の扇状地性砂礫を篩別することによって生産可能と考えられる。

礫種は、供給元である後背地の地質を直接反映して分布している。即ち、Candawaga 川側では砂岩に玄武岩を混入しているに反して、Culasian川側では玄武岩の礫を含まない。性質は緻密・堅硬な岩質で、骨材としての強度を十分持っていると判断された。

第2章

気 象 ・ 水 文

第2章 気象・水文

2.1 気象・水文データ

フィリピン気象庁(PAGASA)によるパラワン島での一般気象観測は県都 Puerto Princesa の一地点だけで行われている。Puerto Princesa における観測データは長期間に亘って得られており、また、信頼性も高いと考えられるが、距離的に遠いことから計画地点に適用するには無理がある。

PAGASAによる Puerto Princesa以西の日降雨量観測は Brooke's Point で1956年以降実施されている。また、Rio Tuba鉱山では独自に気象・日降雨量および河川水位観測を行なっている。計画対象河川であるCandawaga 川の日水位及び流域内日降雨量観測は1984年 6月よりRio Tuba社により実施されている。

計画地区周辺の気象・水文観測地点を図 2-1 に示す。各観測地点におけるデータ観測の期間は図 2-2 に示す。Rio Tuba鉱山内 Pier AreaおよびGuintalunan 両地点では、10年以上の日降雨量データが得られている。

2.2 気象

フィリピンの気象は卓越風に大きく影響されている。卓越風は年間大きく、12月～1月の北東モンスーンと4月の貿易風および7月～9月の南西モンスーンに分けられる。コロナス氏によるフィリピン全土の気象図を図 2-3 に示す。これによると計画地域の位置するパラワン島西海岸沿いはType I に属し、“明瞭な雨季・乾季があり、乾季は11月から4月、残りが雨季”という区分に入っている。

Rio Tuba鉱山での観測によると、年平均気温は27.4℃、月別変化は少なく月平均最高値は4月の28.9℃、最低値は8月の26.4℃となっている。湿度は年平均75.3%で、7月に最高値81.7%、3月に最低値67.1%とこれも変化が少ない。風は前述のモンスーンの影響を受けて年間11月～5月は北～北東、6月～12月は南西～南東風が卓越している。

主な気象数値は次のとおりである。

Rio Tuba鉱山の気象

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
気温 (°C)	27.0	27.2	28.9	29.7	28.9	26.7	26.4	26.7	27.2	26.8	26.9	26.9	27.4
湿度 (%)	70.7	68.5	67.1	67.7	75.1	80.9	81.7	79.4	78.4	79.0	78.8	76.6	75.3
蒸発量 (mm/日)	4.74	5.76	6.21	6.41	5.18	3.31	2.17	2.90	2.95	1.98	3.90	2.65	4.01

注： 気温、湿度は1978-82 平均値、蒸発量は1983-84 平均値

出所： Rio Tuba社によるRio Tuba鉱山の観測結果より、集計

2.3 降雨量

(1) 年降雨量

既出図 2-1 に見られるとおり地区周辺の降雨量観測は島の東側に集中しており、計画地区の位置する西海岸においてはデータが少ない。現地での聴取りおよび Provincial Profile of Palawan によると、雨季をもたらす南西モンスーンの影響で島の西側は東側と比べ相対的に降雨量が多いといわれる。Culion、Cuyo、Coron、Linapacan 等西側では 2,900mm 程度の年平均降雨量があるのに対し、東側 Puerto Princesa、Brooke's Point では 1,700mm 程度しかない。しかしながら、パラワン島南部の西側についてはデータが殆どないことから東西の降雨量の明確な相関は得られてない。

計画地点周辺の主要観測地点における年平均降雨量は次のとおりである。S. Bulanjao の降雨量が他とくらべて大きいのは、標高が高いことによるものと思われる。

年 平 均 降 雨 量

	標 高	年平均 降雨量(mm)	年平均 降雨日数	算 出 期 間
Brooke's Point PAGASA	EL. 10m	1,559 1,984	95 98	1975.1.1 - 1984.12.31 1983.1.1 - 1984.12.31
Pier Area Rio Tuba	EL. 0m	1,635 2,075	132 150	1975.1.1 - 1984.12.31 1983.1.1 - 1984.12.31
Guintalunan Rio Tuba	EL. 63m	1,737 1,871	147 153	1975.1.1 - 1984.12.31 1983.1.1 - 1984.12.31
S. Bulanjao, Rio Tuba	EL. 610m	3,794	161	1983.1.1 - 1984.12.31

(2) 月別降雨量

1983年、84年のBrooke's Point、Pier Area、Southern Bulanjao およびGuintalunan 4 地点の月別降雨量を表 2-1 に示す。また、Pier Area の1975年から84年まで10年間の月別降雨量を表 2-2 に示す。これらの表によると年によるバラツキはあるものの6月から12月までに降雨が集中する傾向がみられ、この時期には平均的に年間降雨の65%が観測されている。

2.4 Candawaga川流量

2.4.1 一般

(1) 河川状況

計画対象河川である Candawaga川は Palawan島の脊梁山脈であるMantalingahan 山系の標高2,000m付近に源を発し、略々北西方向に流下して全長約29kmで南シナ海に注ぐ。全長29kmのうち山岳部を急流河川状に流下する距離が21kmで勾配が1/40以上、標高100m付近からやや緩やかになり1/80程度以下の勾配となる。

流域は全体を熱帯原生雨林で覆われ、一部山岳部の急斜面には岩盤が露出している。植生状況から見ると流域の保水能力は高いと考えられるが、流域全体が急峻な山岳からなることおよび降雨はシャワー性のものが多いことから立上がり鋭く減水が早い流出

が支配的であろう。このような状況から、年間流出率は極めて高いと考えられる。

(2) 水位・流量観測

Candawaga 川の日水位観測は、河床標高100m付近の流域面積42.9km²地点でRio Tuba社により1984年 6月から実施されている。しかしながら観測期間が短いこと、水位に対応する流量観測回数が少ないこと等からこの水位観測結果に基づいた流出解析は無理である。

調査団が現地調査時に Candawaga川で実施した流量観測結果を下に示す。観測を実施した1985年 4月は先行した降雨も少ないことから、この時期の流量は今乾季の渇水量とみなすことができる。即ち、1984-85年のCandawaga 渇水期の流量は 3.3m³/sec/100km²前後と推定される。

Candawaga 川流量観測結果

月 日	地		点	
	Cross-Line		Gage Site	
	m ³ /s	m ³ /s/100km ²	m ³ /s	m ³ /s/100km ²
3 月30日	1.269	3.33		
4 月 1日			1.376	3.21
2日	1.336	3.51	1.563	3.64
7日	2.693	7.07		
8日	1.266	3.32		
9日			1.330	3.10
10日	1.272	3.34		

(注) Cross line : 標高 125m、流域面積 38.1 km²

Gage site : 標高 100m、流域面積 42.9 km²

2.4.2 長期日流量の推定

(1) 一般

水力開発計画検討には一般に最低10年間の流量資料が必要であるが、Candawaga川での長期間に亘る流量データは無い。従って長期流量は何からの方法で推定せざるを得ない。一般には 2年間程度の実測流量資料があればこれを基に近傍河川データや降雨記録

との相関からシミュレーションして想定流量を算出することができる。

しかしながら前述のとおり、Candawaga 川での実測水位観測は期間が短く、かつ対応する流量観測も 7ヶ月で 3回と回数が少ないことからシミュレーションに十分なデータでは無い。幸い、昨年実施したTamlang 川開発計画では、Candawaga川流域の近傍で類似した流域状況を持つ Tamlang川でタンクモデル法により流出解析を実施していることから、本計画では Candawaga川を Tamlang川と同じ構造の流域と仮定してタンクモデル法により長期日流量を推定した。

(2) 流域降雨量

一般に地形標高が上昇するに従って降雨量が増加するといわれる。計画対象河川である Candawaga川はパラワン島最高峰の Mantalingajan山に源を発した急峻な地形から成る山岳河川である。このことから標高を加味した流域雨量の推定は流出解析上重要な要素である。

Rio Tuba鉦山では鉦山西側のBulanjao山地の標高610m地点で日降雨量観測を行っており、既出年平均降雨量に見るとおり、標高増加による降雨量増加は明確である。図 2-4 にRio Tuba鉦山内Pier Area (EL.0m)およびSouthern Bulanjao (EL.610m)の旬雨量の相関関係を示す。これより標高100m毎の降雨量増加率を推定すると10%となり、フィリピン国内における他地区の例からも妥当な数字である。

この結果を基に、Candawaga 川流域降雨量は標高100m毎に10%降雨量が増加するとしてPier Area の日降雨量を基に求めることとする。但し、雨期には常時雲の中にある標高1,600m以上については標高による降雨量の増加は見込まないことにした。その結果Candawaga 川取水ダム地点（流域面積 :30.8km²）の流域平均日降雨量割増率は下に示すとおりPier Area に対して2.463 と想定された。

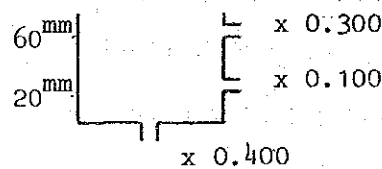
標 高 (EL.m)	平均標高 (EL.m)	流域面積 (km ²)	流域面積 比率 (%)	標高別 割増率	重み付き 割増率
2000m以上	2000	0.02	0.06	4.18	0.003
1800-2000	1900	0.42	1.36	4.18	0.057
1600-1800	1700	1.32	4.29	4.18	0.179
1400-1600	1500	2.33	7.56	4.18	0.316
1200-1400	1300	2.67	8.67	3.45	0.299
1000-1200	1100	3.60	11.69	2.85	0.333
800-1000	900	5.62	18.25	2.36	0.431
600- 800	700	7.35	23.87	1.95	0.465
400- 600	500	6.12	19.87	1.61	0.320
255- 400	328	1.35	4.38	1.37	0.060
		30.80	100.00		2.463

1975年から1984年10年間について、Pier Area の日降雨量に基づきこの割増率を用いて流域日雨量を推定した。

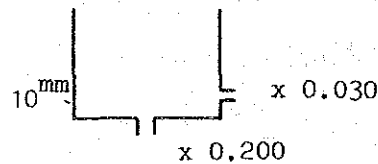
(3) タンクモデル法による日流量の推定。

Candawaga 流域のタンク構造は次のとおりとする。

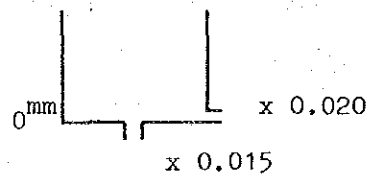
第1段 (表面流出)



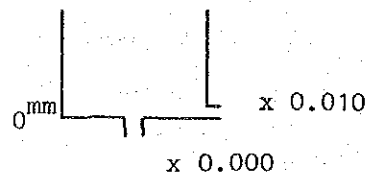
第2段 (中間流出)



第3段 (基底流出)



第4段 (基底流出)



蒸発散量は、長期間のデータを有するBrooke's Pointの値を用い次のとおりと仮定した。

日蒸発散量						mm/day
1,2月	3,4月	5,6月	7,8月	9,10月	11,12月	
4.09	5.64	4.37	3.38	3.13	3.19	

流量推定は流域面積30.8km²の取水ダム地点とした。1975-84年10年間について日単位で流量をシミュレーションした結果、年別流出諸元は次のとおりとなった。

Candawaga 川取水地点流出諸元

年	降雨量 (mm)	降雨量 (MCM)	総流出量 (MCM)	流出率	平均流量 (m ³ /s)	最小流量 (m ³ /s)
1975	5276.9	162.5290	143.1360	0.880	4.538	1.036
1976	2876.7	88.6045	88.1388	0.944	2.787	0.456
1977	4118.1	126.8380	108.9350	0.858	3.454	0.310
1978	3152.6	97.1008	76.2085	0.784	2.416	0.307
1979	4444.4	136.8890	113.7880	0.831	3.608	0.466
1980	3594.7	110.7180	92.9854	0.839	2.940	0.498
1981	4254.8	131.0480	102.0160	0.778	3.234	0.430
1982	2332.4	71.8394	65.1860	0.907	2.067	0.401
1983	4481.3	138.0270	102.5710	0.743	3.252	0.064
1984	5735.0	176.6380	148.0750	0.838	4.682	1.142
平均	4026.7	124.0230	104.1040	0.845	3.298	0.511

1984-85年乾季の最渇水量は1985年 4月 7日で 1.1m³/sとなり、現地調査で1985年 4月に得られた1984-85渇水比流量 3.3m³/s/100km²に基づく流量 $3.3 \times 30.8 / 100 = 1.0$ m³/sには近い値となった。上に示した年間流出率から見ても妥当なシミュレーション結果と考えられる。

以上のとおり想定された日流量に基づく月別平均流量を表 2-3 に、流況曲線は図 2-5 に示す。これによると10年平均のCandawaga 川流況は次のとおりとなる。

1975-84 平均Candawaga 川取水地点流況 単位 : m³/s

最大	35 日	豊水量 (95日)	平水量 (185日)	低水量 (275日)	渇水量 (355日)	最小	平均
33.25	6.05	3.87	2.50	1.23	0.57	0.51	3.29

2.4.3 洪水

取水ダム設計に必要な洪水量を推定する。地区近傍には洪水量或いは時間雨量のデータが無い、フィリピンの類似他地区での観測結果を基に次のとおり合理式で算出する。

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot R \cdot A$$

ここに Q : 最大洪水量 (m^3/s)

f : 流出係数 (0.75)

R : 洪水到達時間内の雨量強度 (mm/hr)

A : 流域面積 (30.8km^2)

洪水到達時間は、流路延長を10kmとし、次式より1時間とする。

$$t = 0.21 \cdot L^{0.7}$$

ここに t : 洪水到達時間 (hr)

L : 流路延長 (km)

洪水到達時間内の雨量強度はPAGASAによりフィリピン類似他地区の例により100年確率値として95mm/hrを採用する。

以上計算の結果取水ダム地点100年確立洪水量は $610\text{m}^3/\text{s}$ となる。

2.5 Candawaga川下流域に及ぼす影響

(1) 現況河川利用状況

パラワン島南部西海岸沿いは道路も整備されていない開発の遅れた地域であるが、海沿い平地には耕作地が存在する。Candawaga川下流域Barangay Candawagaは耕作が比較的進んでおり、その一部はCandawaga川に設置された木製取水口よりかんがいされている。

Candawaga流域内低平地部の現況水田面積は現地での聴取り、1/50,000地形図を基に約200ha弱と推定される。一方、パラワン島全体に亘るPalawan Integrated Area Development Project (PIADP) 下でCandawaga川流域内に新規200haのCommunal

Irrigation Project (CIP: 村落共同かんがいプロジェクト) の開発が可能であるとされている。これらより、Candawaga 川流域内のかんがい開発ポテンシャルは約 400ha と想定される。

(2) 発電が与える影響

図 2-6 に水力開発と Candawaga 川下流域の関係図を示す。本水力開発計画においては、Candawaga 川で取水した水を Culasian 川へ分水し発電する計画が最も経済性が高いと判断された。この分水方式を採用すると Candawaga 川計画取水ダム地点より下流域の流量は現況より減少することになる。

Candawaga 川下流域の主な水利用は前述のとおりかんがい用水と考えられ、かんがい開発ポテンシャル 400ha について水力発電取水ダムより下流の残流域の流量が充分かをここで検討する。

- 10日ピークかんがい単位用水量 : $1.0 \ell / s / ha$
- かんがい面積 : 400ha
- 10日ピークかんがい用水量 : $0.4 m^3 / s$
- 計画基準 : 10 年確率渇水流量
- ピーク発生時期 : 6 月 3 旬
- かんがい取水地点流域面積 (残流域) : $16.9 km^2$
- Pier Area に対するかんがい取水流域雨量割増し率 : 1.291
- かんがい取水地点10年確率渇水量 (残流域流量) : $0.43 m^3 / s$

以上のとおり、かんがい用水ピーク量 $0.4 m^3 / s$ に対し、残流域の10年確率渇水量は $0.43 m^3 / s$ であることから発電計画は下流のかんがい取水に影響を与えない。但し、実施設計時には Candawaga 川下流周辺の将来計画を含め詳細な検討が必要である。

2.6 水質

Candawaga 川流水の水質は下記のとおりであり発電機器を対象にした基準値内に入っているので問題ない。

項 目	単 位	測 定 値	基 準 値
濁 度	FTU	5.3	< 10
PH (25℃)		8.2	6.5-8.5
全硬度	ppm	99	< 200
蒸発残留物	"	53	< 500
塩素イオン(Cl^-)	"	16	< 200
硫酸イオン(SO_4^{2-})	"	137.5	< 150
シリカ (SiO_2)	"	45	< 50
全 鉄 (Fe)	"	0.48	< 0.5

第3章

基 本 設 計

第3章 基本設計

3.1 土木構造物

設計図面は付属資料Ⅰに、基本設計計算書は付属資料Ⅱに示すとおりである。設計の際に基本的に考慮した事項は次のとおりである。

(1) 取水ダム

取水ダムは Candawaga川の河口から上流約16km（うち平野部 6km）の河床標高256m付近、川幅約 20m前後の比較的狭い地点に選定した。この地点の左岸は標高約260m以上に頁岩の比較的堅硬な露頭が高さ 15m前後に約50度の傾斜面を呈し、それ以高は徐々に傾斜を緩くし、河床部から 30mでは30度前後の斜面となっている。右岸は河床から 20m前後は12度前後の緩い砂礫層からなり、これ以高も35度前後の比較的緩い斜面が、高さで 20m以上続いている。この斜面の岩盤線は3m前後と推定される。

河床部は幅 20m前後で、その河流幅は平時は 6~7mであり50cm以上の円礫と 2m³前後の転石が多くみられる。河床部の堆積層厚は左右岸の地形、河川勾配等から5m前後である。付近の河川勾配は1/35前後と比較的急な溪流をなしている。

ダムサイト右岸の上流約200mの小沢状地形と、下流約130mの同様沢地形とをダムサイトから奥行約100m地点を円弧状に結ぶ線は、現地踏査では確認出来なかったが、断層地形を呈している。しかし、下流側小沢状地点付近では、特に伏流水の湧出等の現象も見られてない。上流小沢状地形が河床と接する標高は261m以上であり、取水ダムの常時取水水位は260mであることから、断層であると仮定しても、これに加わる水圧はわずかなものであるので取水ダム機能への影響はほとんどないものと考えられる。また、このことから完成後のダムへの安全に支障を与えるものではない。

ダムは河床より下部の砂礫部を良質な岩盤線までコンクリートに置換え、越流頂260mまでの高さは9.5m、非越流頂までの高さは13.5m 堤長51m の重力式コンクリートダムとした。越流部は幅 40.0mで 610m³/sの計画洪水量が流下出来る、ゲートのない自然越流型とする。ダム底部前面には止水効果を上げるため、基礎岩盤を掘り込みカットオフを

設けることとする。ダムサイト上流の河川勾配が急であるので一般には大量の砂流が考えられるが、Candawaga 川流域の流出土砂は比較的安定しており、将来上流域に自然破壊的開発がなされない限り安定し続くものと推測され、頻繁に取水機能を妨げる土砂流出はないものと考えられるので特別大きな土砂吐は設けない。また、堤体および土砂吐の越流部表面の石張りによる補強も特に考慮していない。

ダム本体コンクリート内部にはダムサイト上下流に於いて玉石の採取が可能であるのでコンクリート量の節約のため、玉石を混入することとする。

ダム基礎は頁岩の基礎が得られると推測されるが、ダム掘削の結果良好な基礎が得られた場合は、ダム高が低く水圧が小さいため基礎岩盤へのグラウトは行なわず、カットオフによる止水効果に期待する。ダムエプロン底部の標高は下流河床敷より3.5m前後と低く越流時にはプール化し、ウォータークッションが期待されるので特に玉石等を敷詰めることはなく、エプロン下流部端の洗掘防止のためのカットオフを設けることとした。また、エプロン下流河床は越流量をスムーズに流下させるためエプロン端下流の90m区間を幅15mで河床低下することとした。ダム設計洪水量 $610\text{ m}^3/\text{s}$ を越流幅40mで流下させる時の越流水深は3.5mとなるので設計洪水位を標高263.5mとし、非越流部の高さはこれより0.5mの余裕を見込んで標高264.0mとした。

ダムの安定計算を行なった結果、転倒、滑動、地盤支持力のいずれも安定条件を満足している。

(2) 取水口

取水口は左岸取水ダム前面の直角方向に隣接して設け、最大 $3.85\text{ m}^3/\text{s}$ を取水導水し、170m下流の沈砂池に導水する。

呑口の大きさは、土砂流入を極力防止するため、呑口流速を 0.5 m/s にとり、流入幅を4.4mとして、前面にはスクリーンを設けた。また、出水時の取水ダム水位上昇に伴う余分な水の流入することを押えるためのスクリーン上部にはカーテンウォールを設ける。スクリーン後方には維持管理のため幅1.5m高さ1.7mの制水ゲートを装備する。出水時の流出土砂が取水口前面に直接堆砂しないためと、併せダム排砂ゲートからの排砂も容易

に行なわせるため取水口と排砂ゲート前面に溺堤を設ける。取水口直下流の開渠川側導流壁は余裕高を低く押え、取水口から不測の水が流入した場合ダム側に溢水させる構造とする。

(3) 沈砂池

水路に流入した浮遊土砂は水路に沈澱して流積を狭め、一部は水圧管、水車に侵入してこれらを損耗させる。これらを防ぐために取水施設になるべく近い位置に沈砂池を設けるのが一般的である。本取水口付近は急峻な地形が続いているため、沈砂池を隣接させることは工事費を増大させ経済的でない。したがって取水口下流170mの比較的緩斜面に設けることとした。この位置は取水ダム、取水口とやや隔った場所に位置するため狭い場所での工事の錯綜がさけられる。

取水ダムには貯水容量を持たないので、ここでの土砂沈降効果が期待されない。このため沈砂池の平均流速は0.3m/sにとり、断面は計算値をもとに有効幅7.8m、有効長さ22.5m、有効深さ1.65mとし、導水路とのアプローチは短い区間で急変させると接近流速が大きくなり沈澱槽の微粒砂を下流に引きこむので、これを防ぐため、沈澱槽と導水路との間に流速緩和区間を12mとり漸変させることとした。

沈澱槽下流端には沈澱した土砂を除くため1.0m×1.5mの排砂ゲートを装備し、川側導流壁には最大使用水量3.85m³/s以上の余水を越水させる長さ19mの横越流余水吐を設けた。沈砂池の終端部には導水路の維持管理のため1.5×2.0mの制水ゲートを装備する。

(4) 導水路

導水路はCandawaga川左岸の山腹に沿ってカルバートを含む開水路7,400mと、Candawaga川水系からCulasian川水系へ分水嶺を通過する水路トンネル300m、計7,700mで水路勾配1/1000の無圧水路である。

水路経過地の地質は、開水路については崖錐堆積物と基盤が玄武岩、石炭岩、頁岩、砂岩および互層を、トンネル区間については砂岩、頁岩を主体とした地層を通過する。経過地の途中には一部粘土化した強風化岩地区が存在するが、全体的には地滑り、崩壊地もみられなく安定した地形を呈し、表土が多少でもある所はほとんど樹木で覆われて

いる。

水路ルートを選定は 1/5万を 1/1万に引伸した地形図をもとに現地踏査し実測した 1/2 千により行なったが、開水路であるため、詳細設計時には路線測量を行ない正確なルートと延長を決める必要がある。

開水路のルートは地形に沿って設定することとなる。水路盤は山腹斜面部をダムに至るコネクション道路と併設通過するため極力、幅の小さい断面とすることが経済的に有利となる。開渠部は幅6.0mの掘削盤とし開渠の占める幅を2.2m、道路については工事中の重機械および資機材の輸送を考慮して4.0mとした。なお、開渠の通水断面は幅1.5m高さ1.95m で、導流壁厚さ22cmの鉄筋コンクリート矩形断面とし、水路の底盤は使用中のコネクション道路の有効幅を狭めないため道路盤と同一高さとした。

水路が沢を横断する箇所はコネクション道路から離し、水路盤を徐々に地表面から下げ、カルバート断面に変え沢を横断することとし、沢を直接横断する部分は伏越とした。カルバート、伏越の通水断面は幅1.5m、高さ1.9mとし、カルバートの壁厚は25cmの鉄筋コンクリートとした。

トンネル部は最大使用水量が $3.85\text{ m}^3/\text{S}$ と少ないため、掘削、コンクリート断面とも施工可能な最小断面とし、設計掘削断面は高さ2.5m、幅2.0m、コンクリートの設計巻厚は20cmの上部半円部矩形断面とした。尚、岩盤良好な部分も無巻立の場合、粗度係数値の上昇に伴う断面拡大を伴うことから300m全区間を巻立てる事とした。

(5) ヘッドタンクおよび余水路

ヘッドタンクは発電所の負荷変動に伴う水圧管流量と導水路流量との差を調整すると共に、流水中の土砂をここで最終的に沈澱除去し、水圧管路および水車に障害を与えないようにするものである。

本ヘッドタンクは地形特性を生かし、水路トンネル下流出口から水圧管呑口までの間に設置する。すなわち、ヘッドタンクの上流端となる水路トンネル下流出口には余水路に使用できる恰好の小沢があるので、これを利用することによって余水路とヘッドタンク工事費の低減化を図る。これには余水吐と水圧管路との間の231mをタンク化すること

とし、とくに発電所が全負荷急遮断を行なった場合、水圧管路を伝った衝撃波はタンクに段波となって、余水吐上流まで到達する。この段波を極力低く抑え導水路トンネルおよび上流開水路に与える影響を少なくするため幅5m、有効水深2m、長さ231mのヘッドタンクとする。タンク容量は負荷急増時に短時間に水量を水圧管路に補給できる容量として最大使用水量の2～3分間程度であるが、充分余裕のある容量とした。水圧管路呑口直前の取水庭にスクリーンと制水ゲートを、排砂吐には排砂ゲートを装備する。

余水路はヘッドタンクで越流した余水を安全に河川に放流させるものである。本、発電所は豊水期には負荷調整運転を行なうので頻繁に余水吐からの越水があると思われる。

余水吐は前述の小沢に横越流堰を設けて沢に流下させる。越流水の流下により沢が洗掘を引起す箇所には護岸擁壁および床固工等を施す。なお詳細設計時には、その位置、形状および延長について精査検討する必要がある。

(6) 水圧管路

水圧管路は管路左手上流約80mから230mの標高215m前後には1haに及ぶ平坦地形があり、古い段丘面または古い地滑り跡が詳細測量の結果、明らかとなった。今回の調査ではその成因を考察する事が出来なかったため、水圧管路および下部発電所の安全を勘案して、当初計画を下流に約120m移したルートとした。

地表踏査と試錐調査の結果、基盤を構成する地層は頁岩、砂岩であることが確認され、水圧管路および発電所の地層は当初ルートとはほぼ同一地質と類推できる。

管路のルートはヘッドタンクから西にのびる約7度前後の緩い尾根斜面を240m下がり、これよりS65°Wにルートを変えCulasian川が南から西に約100度流路を変える折点の直上流右岸発電所に向け16度から60度の緩急斜面を下り延長552mの管路は発電所直前で2條に分岐し制止弁を経て水車に至る。

管路の地表から基盤までの深さは、上部緩斜面では3～4m、下部緩斜面で1～2m、また30度以上の斜面は1m未満と推定される。

管路に用いる管材は上部呑口から下流420mまではφ1.65mからφ1.35mのFRPM管を使用し、管内損失水頭の低減を計り、これより下部は設計水圧と管路の製作加工上から鋼

管に変える事とする。FRPM管路区間は土砂埋設し風化と管路の安定を勾ることとし、また埋設土の安定には播種工またはソイルセメント等で法面保護を図る。

(7) 発電所

発電所位置は前節で述べた如く Culasian 川が西に曲流する折点直上流右岸の河床標高約63m に位置する。この位置の河床は粒径が30cm以下の砂礫層でなり、その深さは河岸で 2～3m、河心では 4～5mと推定される。河岸から上部山腹斜面は55～65度の急斜面となり高低差で 25mの間は、表土がほとんどない露頭を呈している。この地形から掘削量の低減を図るため発電所川側壁は洪水時の河流に対し支障が起らないことと、基礎岩盤の深くならない程度に川側に寄せることとした。放水口は河流方向にドラフトを曲げて高水時の発電に支障のないようにした。水車は横軸フランシス 2機を採用したので単床で床面の構造も単純化し、発電機室は幅10m、長さ22m、高さ8mとし、配電盤および管理室を上流側の 2階に設けることとした。水車発電機軸は放水位63m の上、わずか0.8mの標高63.8m 盤に設けるので、放水路のCulasian川の高水時に発電機に浸水が起らないよう周囲は厚さ1mの止水壁とした。

屋外開閉所は川と斜面との間が狭いため発電所上流に隣接して、設けることとし、川側は護岸擁壁と盛土からなる敷地とした。

(8) 今後の課題

- i) 今回の基本設計に用いた測量座標および標高は地形図作成の際、計画地点近傍に基準となる三角点および水準点がなかったため座標は独立座標で、また標高は既存 1/5万図に近似した標高を仮に設定して測量してあるため、詳細設計に際しては座標、標高とも再測する必要がある。
- ii) 導水路は全亘長の大部が山腹に設ける開渠であるところから精密な路線測量を行なって水路の線型、型式、位置、延長等を決定する必要がある。
- iii) 水圧管路左手段丘地形の成因を精査の上、明らかにし、水圧管路のルートとしての適否を明確にした上、水圧管路のルートおよび発電所位置の決定を行う必要がある。
- iv) ヘッドタンクの余水路流路護岸および床固工の位置、型式、延長について精査の

必要がある。

3.2 電気設備

(1) 水車

本計画は、有効落差185.1m、最大使用水量3.85m³/sの流れ込み式の水力発電所を建設するものである。水をできるだけ有効に利用して発生電力量を増す必要があるので、水車を2台として、水車の全停時間をできるだけ少なくすることにした。図3-1は小水力用として設定された水車選定図である。この図からは、フランシス水車でもペルトン水車でも良いことになるが、次の理由により、横軸フランシス水車（軽負荷型）を選定する。

- i) 上記条件下ではペルトン水車はフランシス水車より約20%割高となる。
- ii) 最小使用水量の0.48m³/sは、水車1台当りの最大使用水量1.925 m³/sの25%に相当するが、軽負荷型フランシス水車で十分に対応できる。
- iii) 発生電力量において、本計画では、両者の間にほとんど差がなかった。

水車効率曲線を図3-2に示す。水車の主要諸元は次のとおりである。

形 式 横軸フランシス水車（軽負荷型）

台 数 2台

有効落差 185.1 m

最大使用水量 3.85m³/s

定格出力 3,110kW

定格回転数 1200rpm

特有速度 98.1m-kW

(2) 発電機

発電機が並列される系統は、この水力発電所によって周波数および電圧の調整を行なう必要がある。よって、横軸三相交流同期発電機を採用する。冷却方式は風冷式とする。現在のRio Tuba鉱山の実際の負荷力率は0.85程度であるが、新設の精鉱設備は力率改善

の努力が行なわれるものとして、定格力率は 0.9 とする。励磁方式は、ブラッシス方式としてメンテナンスフリー化を目指す。発電機の効率曲線を図 3-3 に示す。発電機的主要諸元は次のとおりである。

形 式	横軸三相交流同期発電機
台 数	2 台
定格出力	3,320kVA
定格電圧	4.16kV
定格力率	0.91
定格周波数	60Hz
定格回転速度	1200rpm
励磁方式	ブラッシレス方式（交流励磁機および半導体整流器）

(3) 主要変圧器（発電諸地点及び Rio Tuba の鉱山地点）

主要変圧器は、屋外用三相油入自冷形とし、一次は三角結線、二次は星形結線とし、中性点直線接地とする。一次側は発電機電圧に、二次側は送電圧に合せる。変圧器の概要は次のとおりである。

形 式	屋外用三相油入自冷変圧器
台 数	2 台
定格容量	6,600kVA
定格電圧	4.16/ 69 $\pm$ 5%kV
定格周波数	60Hz

(4) PALECO 連系用変圧器

PALECO 連系用変圧器は、屋外用三相油入自冷形とし、一次および二次とも星形結線とする。主要諸元は次のとおりである。

形 式	屋外用三相油入自冷変圧器
台 数	1 台
定格容量	2,200kVA

定格電圧 69±5%kV/34.5kV

定格周波数 60Hz

(5) 開閉機器

しゃ断器は、4.16kV側、34.5kV側および69kV側ともに真空しゃ断器を採用し、メンテナンスフリー化を計る。4.16kVは屋内形メタルクラッドとし、34.5kVおよび69kVは屋外にコンベンショナルタイプとして設置する。なお、開閉機器および碍子類は塩害を考慮して設計する。

(6) 制御方式

制御方式は、水力発電所および変電所とも一人制御方式とし、配電盤において、主要な制御を行う。

発電所においては、調速機により負荷および周波数の制御を行なう。水車発電機の運転停止操作が極めて少ないことが予想されるので、通常は運転員の手をほとんど要しないよう配慮する。

(7) 送電線

1) 設計条件

この地方の気象は乾期(1～5月)と雨期(6～12月)がはっきりしており、年間降雨量は、年平均約2,000mmである。気温は、年平均27.4℃で、最高気温は37.4℃、最低温度は20.9℃である。湿度は、平均75.3%である最大風速は、約24m/s程度であり、1968年11月に台風があったが、直撃の台風は何10年に1回あるかないかという地域である。一方、年間雷雨日数(IKL)はデータがなく不明であるが、5月の雨期の入りぎわに約7日位あること、Cebu島の記録が35日であることから30日程度と推定する。また地震については、20年以上経験したことがないとのことである。

従って、送電線の設計条件として、下記の値を用いる。

最高温度 40℃

平均温度 30℃

最低温度 10℃

平均湿度 84 %

最大風速 40m/s

地震係数（水平） 0.2G

2) 電圧の選定

フィリピンでは、送電電圧として34.5kV以上が用いられている。34.5kVおよび69kVの二種類の電圧について、変電所を含めた送電線建設費および20年間の保守費、送電損失を検討して、経済的であった69kVを採用する。

3) 電線

電線の種類は、フィリピン送電線で一般に用いられている ACSR (鋼心アルミより線) とする。送電線は海岸から比較的に近い所もあるので腐食に対する信頼性から、より線鋼心を使うことにする。

電線サイズは、送電容量、電圧降下が 5%以下であること、また、送電損失が電力および電力量ともに 5%以下になるように選定する。従って、電線サイズは110.8MCM (56.14mm^2) とする。

4) 碍子

碍子は、250mm 懸垂碍子を使用し、送電線ルートは、海岸から10km以内が多いので、塩害を考慮して 5個とする。

5) 架空地線

この地方の IKLは30日程度と推定されるので架空地線 1条を設備する。架空地線は AWG 2 (33.62mm^2) の垂鉛鍍鋼より線を使用し、しゃ辺角は 45° 以内とした。

6) 支持物

平均径間を 75mとし、支持物は木柱とした。木柱は、フィリピンでは69kV以下の送電電圧では一般的に用いられ、138kVの送電電圧でも用いられることがある。アピトンという堅い木に防腐処理して用いる。

(8) 通信設備

水力発電所とRio Tuba鉱山の連絡用として、電力線搬送通信を用いる。無線通信も考

えられるが、状態によっては不安定なこともあるので、補助的手段に用いることとする。

PALECOとの間の連絡は無線とする。

第4章

施 工 計 画

第4章 施工計画

4.1 一般

発電設備は取水ダム、導水路を含む土木工事が主要工事である。計画地点の大部分は概ね地形急峻な渓谷部に位置し、南シナ海に面する近傍Culasian地区の集落から計画地点迄には車の通れる既存道路は全く存在しない。このため、全体工事工程のうち発電所地点迄のアクセス道路および取水ダム地点に到るまでのコネクション道路（大部分が導水路盤兼用）の建設と取水ダムの施工をいかに早急に行なうかが全体工事工程を左右するキーポイントである。

これらの工事情形を重視し、全長約20kmのアクセス道路およびコネクション道路の施工は取水ダム地点まで先進パイロット道路を最優先に開削し、パイロットの後方には順次開削用重機械を送り込み、切羽を増してコネクション道路を完成させる。この工法を採ることによって全体工事工程は28ヶ月で収めることができる。

4.2 施工計画

(1) 取水ダム工事

取水ダム工事は導水路盤を兼ねた取水ダムへのコネクション道路が概ね開通した後に実施する。河床堆積砂礫は厚い所で約5m前後と推定される。河床掘削は流心部を河流方向に重機を用いて幅5m以上、深さ2m程度に開削し、河床低下を計る。これに前後してダム左右岸のアバット側の掘削を完了させこの部分のコンクリートを立上げ、右岸アバット側の標高256.5mに水廻し開渠を上下流側開渠と並行工事して設ける。続いてダム上下流に仮締切を設け幅4m深さ3mの水廻し開渠に河流を切替え、河床部の掘削およびコンクリートを施工する。

水廻し開渠のコンクリートによる閉塞は河床部堤体コンクリートの立上り後左岸排砂ゲート部に河流を切替して行う。なお、上、下流仮締切の材料は最寄りの河床砂礫および粘土質材料を用いブランケット工法の仮締切とする。

ダムのコンクリートは発電所下流約2.5kmの骨材プラントで計量したセメント、粗細骨材をトラックミキサー車3台で運搬し、コンクリートポンプ等を用いて打設する。コンクリートは日平均50m³で通算約5ヵ月を要し、5,000 m³を打設する。

(2) 導水路工事

導水路の明り部水路盤は取水ダム施工のためのコネクション道路として使用するため全体工事工程の中でも特に重要である。この施工は前述のとおり、先進パイロットを鋭意開削させ、仕上げ施工には全区間を3区間に切羽を分け重機械を投入して約12ヶ月で終了する。

トンネル部300mは工程的には余裕があるため、片側施工を下流側より行ない、昼間作業で約4ヶ月で貫通させる。トンネルの掘削機械は削孔にはレグドリルを最大3台を使用し、ずり出しにはロッカーショベルRS-55級(0.17 m³)、バッテリーカー4t級、グランビートロ2m³3輛を用いる。トンネルコンクリートは水路の設計上から全区間を巻立ることとしているので型枠はスチールホームを用いることとし、トンネル貫通後上流側から巻立ることとする。

開水路コンクリートの打設は直線水路部用スチールホームと各種曲率半径用のホームを造り能率よい施工を行う。コンクリートの打設にはトラックミキサー車で運搬し、トンネル巻立にはコンクリートポンプを用いる。開渠コンクリートその他についてはベルトコンベアー等を用いることとする。

(3) その他水路構造物および発電所

取水ダム、導水路以外の水路構造物および発電所の工事は最終取水ダム工事期間中には完了する。

工事用機械のうち土工用機械は主として導水路明り工事に用いたものをダム、取水口、沈砂池工事に、またアクセス道路および導水路盤へのコネクション道路工事に用いたものをヘッドタンク、水圧管路および発電所工事に流用する。コンクリート用設備および機器は各工事間で共用する。

(4) コンクリート骨材

発電所建設に必要なコンクリート量は仮設備、変電所基礎等、早期に施工するものや、遠隔地のものを除き約28,000 m^3 である。これに使用する粗細骨材量は約33,000 m^3 となる。このコンクリート用骨材の調達地点としては取水ダム上流地点、発電所上流地点の河床およびトンネルずりの流用などがサイト近傍の地点として考えられるが、いずれも必要全体量からは纏まった数量が期待出来ないことと、これに伴う採取、選別用の機械および設備の分散と移設のための時間と移設経費等から不経済である。

このため、発電所地点下流約 2.5kmに広がる扇状地の河川堆積層から採取することとした。この層は巨礫も極く少なく数ヘクタールにおよぶ広範囲なものであり、質量共に十分なもので、全体の粒度分布からは採取材料も破碎することなく、篩分と水洗のみで粗細骨材が得られるため発電設備工事全量のコンクリート骨材はこの地点から全量を賄うこととする。

なお、この骨材採取地には骨材選別設備のほか、ストックパイル、セメントサイロおよびコンクリート用計量設備を設けトラックミキサー車で運搬途中にミキシングしながらサイトにコンクリートを供給する。

4.3 建設資機材

土木工事に使用する主な建設機械および資材は次のとおりである。

(1) アクセス道路およびコネクション道路工事

機 械 名	仕 様	数 量	備 考
クローラードリル	空気消費量 10 m^3/min	2台	掘削用
レグドリル	" 3 m^3/min	6"	"
ピックハンマー	" 1 m^3/min	6"	"
ブルドーザー	20t 級	2"	"
ドーザーショベル	0.7 m^3	2"	"
バックホー	0.7 m^3	2"	"
ダンプトラック	11t	2"	運搬用
コンプレッサー	10.5 m^3/min	2"	掘削用

(2) 導水路工事

機 械 名	仕 様	数 量	備 考
クローラードリル	空気消費量 10m ³ /min	3台	掘削用
レッグドリル	" 3m ³ /min	9"	"
ピックハンマー	" 1m ³ /min	12"	"
ブルドーザー	20t 級	3"	"
ドーザーショベル	0.7m ³	2"	"
バックホー	0.7m ³	3"	"
ダンプトラック	11t	2"	運搬用
コンプレッサー	10.5m ³ /min	3"	トンネル用
ロッカーショベル	0.17 m ³	1"	"
バッテリーカー	4t	1"	"
グランビートロ	2m ³	3"	"
トラックミキサー	4.5m ³	3"	コンクリート用
コンクリートポンプ	55m ³ /H	1"	"
バイブレーター	棒状 0.5PS	3"	"
ベルトコンベヤー	ポータブル B=5m L=5m	3"	"
水中ポンプ	φ4 "	2"	共用
"	φ3 "	4"	"
多段タービンポンプ	φ3 " He=190m	1式	"
発 電 機	125kVA	1台	"
"	35~40kVA	1"	"
コントラフーン	10kV	2"	トンネル用

(3) 取水ダム工事

機 械 名	仕 様	数 量	備 考
クローラードリル	空気消費量 10m ³ /min	3台	掘削用
レグドリル	" 3m ³ /min	3"	"
ピックハンマー	" 1m ³ /min	5"	"
ブルドーザー	20t 級	1"	"
ドーザーショベル	0.7m ³	1"	"
バックホー	0.7m ³	1"	"
ダンプトラック	11t	2"	運搬用
コンプレッサー	10.5m ³ /min	1"	共用
トラックミキサー	4.5m ³	3"	コンクリート用
コンクリートポンプ	55m ³ /H	1"	"
バイブレーター	棒状 0.5PS	3"	"
"	高周波	3"	"
ベルトコンベヤー	ポータブル B=5m L=5m	3"	共用
水中ポンプ	φ8 "	3"	"
"	φ6 "	3"	"
"	φ4 "	3"	"
"	φ3 "	5"	"
発 電 機	125kVA	1"	"
"	85kVA	1"	"
"	65kVA	1"	"
ボーリングマシン	L = 40~150m	1式	ボーリング、 グラウト用
グラウトミキサー	200 ℓ	1台	"
グラウトポンプ	50~ 120 ℓ/min	1式	"

(4) 骨材プラント

機 械 名	仕 様	数 量	備 考
ブルドーザー	11t 級	1台	原材料採取
ドーザーショベル	0.7m ³	1"	"
バックホー	0.7m ³	1"	"
ダンプトラック	11t	2"	"
篩分プラント	60t/H	1式	粗細骨材
ポンプ	φ6 "	1台	骨材水洗用
"	φ4 "	2"	"
骨材ビン	50~20mm、100 m ³	1式	
"	20~ 5mm、 50 m ³	1"	
"	砂 80 m ³	1"	
セメントサイロ	200t	1基	
計 量 器	15t(セメント、砂、中小骨材)	1"	コンクリート計量用
発 電 機	75 kVA	1台	ポンプ、ベルコン、 照明用
コンプレッサー	3.5 m ³ /min	1"	計量器用

(5) 主要資材

資 材 名	仕 様	数 量	備 考
セメント	普通ポルトランド	7,800t	
鉄 筋	異形筋	1,320t	
ゲ ー ト	B 1.0 ～3.5m	8門	排砂ゲート2 門を含む
FRPM 管	D = 1.65～1.35m	430m	水圧管路用
鉄 管	D = 1.35～0.62m	122m	〃
水車、発電機	3,000kW	2台	横軸フランス水車、 配開装置を含む
主要変圧器	7,500kVA	2 "	
送変電設備	69kV×38km	1式	受電側 2変電所を含む

4.4 工事用電力

工事用電力は既設電力系統が建設サイト近傍地域に存在しないことから総てディーゼル発電機によって賄うこととする。また、給気に対してもポータブルコンプレッサーによることとした。

発電所建設に必要な発電設備は次のとおり。

設備および地点	容 量	備 考
事業者側仮設備	125kVA × 1台	事務所、宿舍他
請負人側仮設備	125kVA × 2台	事務所、宿舍、修理工場他
取水ダム	125kVA × 1台	排水ポンプ用
	85kVA × 1台	〃
	65kVA × 1台	〃
導水路、 トンネル	125kVA × 1台	トンネル掘削用水ポンプ、 トンネル用照明他
	35kVA × 1台	明り部排水用他
水圧管路	75kVA × 1台	水圧管溶接用、キャリアー動力用他
発電所	75kVA × 1台	排水ポンプ、屋内工事用照明他
骨材採取場	75kVA × 1台	骨材水洗用水ポンプ、選別機用

4.5 輸送計画

Candawaga 川水力開発計画地域の近傍には既存の道路および資機材を陸揚げ出来る埠頭または栈橋設備は皆無である。

この現況から当該建設工事、特に発電設備工事資機材のサイトへの輸送は近接の海岸に仮設栈橋とそこからアクセス道路およびコネクション道路を設けて対処することが工程、経済上からも可能である。

サイト近接の海岸は一般に浅くサンゴ礁が点在するこめ、大型船舶は海岸線を近づけな

い。このため海岸部には吃水の浅い数 10t級の船が接岸できる栈橋（長さ約50m）を設けて、人員輸送、セメント、鉄筋、型枠などの資機材を陸揚げすることとし、重機械類および発電用機器、特に主要変圧器は大型船で沖合数kmまで運搬し、これよりフィリピン特有の拂下げ上陸用舟艇に積換えて海岸に接岸陸揚げする。

栈橋設置および重量物陸上げ地点はCulasian川河口右岸から北側 1km付近までが割合に水深があり適している。これより発電所までのアクセス道路は平坦な原野または耕地を約 7km、山間部を約2.5km の計 9.5kmに有効幅員4.5mの砂利道を設ける。発電所地点と取水ダムを結ぶ輸送路はコネクション道路と開水路盤沿に設ける有効幅4.5 ～4.0mの砂利道を 9.2km に亘り設ける。これら全長約20kmに近い道路工事は 5工区に分け工事着工後12ヵ月で開通させる。

建設工事に於ける最大重量物の主要変圧器は分割重量 19t荷姿寸法は巾4.5m、奥行 5.0m、高さ5.5mである。なお、送変電線工事の資機材はパラワン島東海岸の南部に位置するリオ・チバ鉱山の既存、鉱石積出し埠頭を利用し、陸上げし、既存の幅員 5～10m 道路を利用し、1次変電所の位置するSandovalまで車輛輸送する。これより、発電所までの約 27kmの送電線機材は水牛機またはドーザーショベル等に積載して丘陵地を運搬する。

付 表

1983-84 月別降雨量・降雨日数比較

1983										1984									
B.P.		Pier		S. Bulauijao		Guintalunan		B.P.		Pier		S. Bulauijao		Guintalunan		B.P.		Pier	
Rf.	No.	Rf.	No.	Rf.	No.	Rf.	No.	Rf.	No.	Rf.	No.	Rf.	No.	Rf.	No.	Rf.	No.	Rf.	No.
Jan	91	4	25	95	3	43	6	173	6	179	14	285	15	150	12	N.D.	N.D.		
Feb	10	1	9	35	2	21	2	33	3	26	3	33	6	15	2	N.D.	N.D.		
Mar	0	0	7	1	1	0	0	38	5	22	4	99	8	52	7	N.D.	N.D.		
Apr	8	1	0	6	1	0	0	102	7	82	6	214	9	59	6	N.D.	N.D.		
May	0	0	0	0	0	0	0	91	7	198	15	220	14	115	15	N.D.	N.D.		
Jun	311	10	218	406	11	205	12	431	18	275	19	481	18	217	20	265	18		
Jul	294	13	281	780	18	267	21	111	8	139	13	250	18	135	14	417	17		
Aug	135	10	309	386	19	267	23	180	16	181	15	247	11	195	17	277	13		
Sep	244	11	245	391	28	161	19	165	11	216	20	549	19	221	17	N.D.	N.D.		
Oct	249	11	304	544	19	219	20	249	16	685	29	228	23	712	28	980	27		
Nov	332	13	226	608	23	209	21	N.D.	N.D.	100	7	143	6	53	10	134	13		
Dec	412	8	201	182	13	135	16	211	9	226	17	410	12	295	18	289	18		
Year	2,084	82	1,824	3,431	137	1,526	140	(1,784)	(106)	2,325	162	4,156	159	2,215	166				

Note: 1. Rf : Rainfall (mm)

2. No. : No. of Rainy Days

3. Yearly rainfall and rainydays' Number of B.P. are not include November's values.

4. N.D. : No Data

1975-84 月別降雨量 (Pier Area)

Unit: mm

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1975	62	34	25.5	41	59.5	243.5	183	257.5	297.5	369.5	163	406.5	2142.5
76	0	0	0	0	1	173.5	174.5	123	285.5	107.5	193	111.5	1169.5
77	66	30.5	14	0	30.3	219	299	237.5	555.5	99.5	100.7	18.5	1670.5
78	26.5	3.5	0	3	85	30	37.5	180	301	378.5	173.5	61.5	1280
79	4	0	0.5	59	67.5	189.5	487.5	107.5	133.5	592.5	102	61	1804.5
80	10	35.5	11.5	31.5	94	332	325	186.5	107	151	89.5	91	1464.5
81	211	15.5	0	17.5	29.5	244	182.5	224.5	229	104.5	243	221.5	1722.5
82	0	10.5	3	28	123	233	123.5	151.5	26.5	170	62	16	947
83	25	8.5	7	0	0	218	281	309	244.5	304	225.5	201	1823.5
84	178.5	25.5	21.5	81.5	197.5	274.5	139	181	215.5	684.5	100	225.5	2324.5

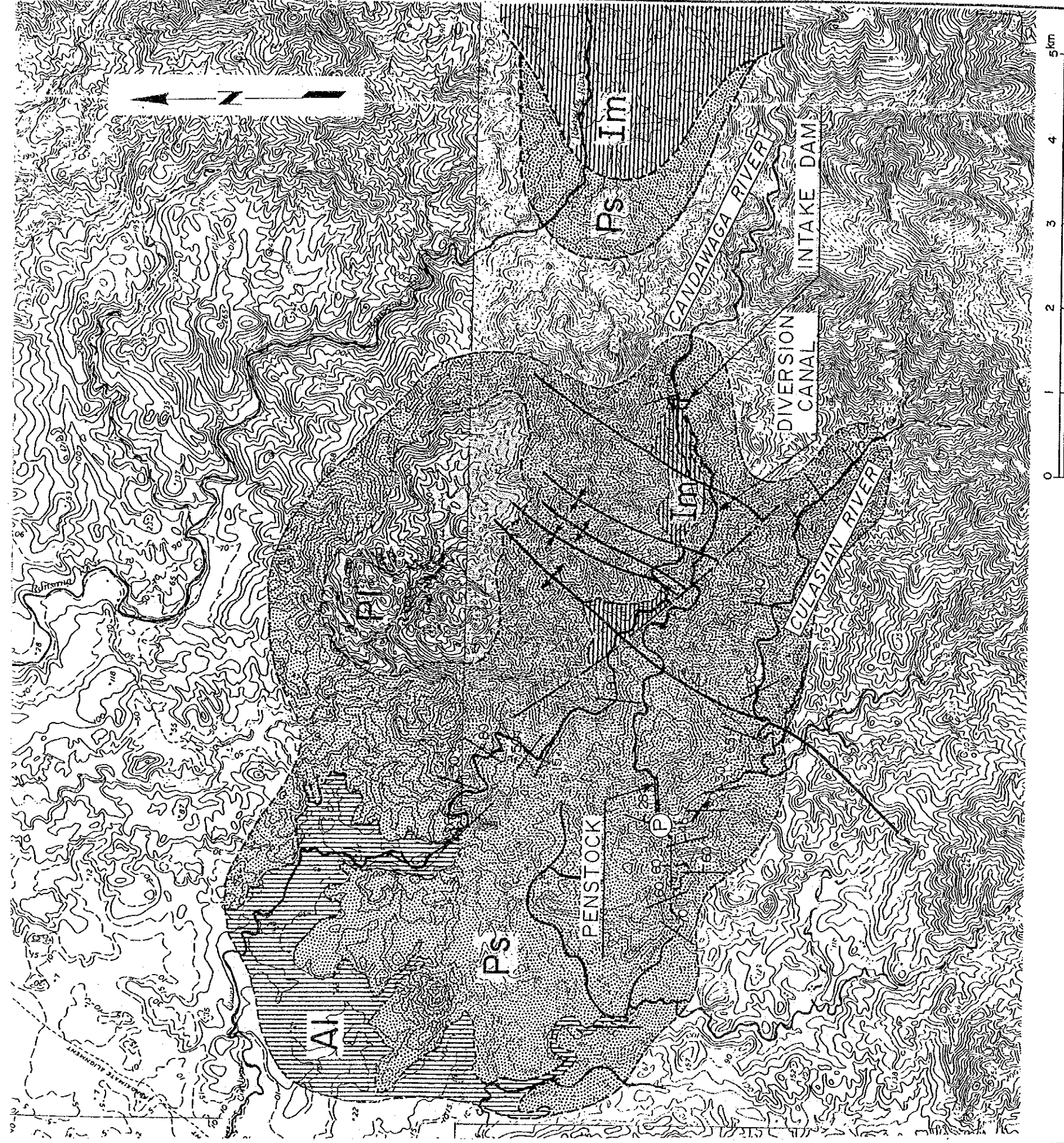
CANDAWAGA 川 月別流量シミュレーション

Unit : mm

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual Average
1975	5.26	3.23	2.22	1.58	1.24	3.63	3.49	6.02	6.27	8.16	5.44	7.68	4.53
76	4.41	2.25	1.31	0.85	0.58	2.00	3.37	2.60	5.60	3.13	3.70	3.60	2.78
77	2.30	1.53	0.99	0.56	0.50	2.36	5.13	4.83	11.77	5.31	3.65	2.41	3.45
78	1.50	0.93	0.62	0.41	0.80	0.63	0.53	2.01	5.00	7.67	5.57	3.18	2.41
79	1.75	1.00	0.65	0.90	0.81	1.89	8.13	4.90	3.13	11.37	5.00	3.35	3.60
80	1.98	1.51	0.91	0.77	1.52	3.76	7.18	4.92	3.67	3.60	2.67	2.62	2.94
81	4.32	2.04	1.11	0.66	0.52	2.49	3.32	5.26	4.62	3.33	4.48	6.48	3.23
82	2.39	1.37	0.84	0.68	1.63	3.29	3.16	3.07	1.99	3.00	1.97	1.29	2.06
83	0.86	0.51	0.32	0.20	0.11	2.08	5.00	6.17	4.53	7.09	5.59	6.21	3.25
84	4.36	3.08	1.76	1.94	3.00	4.76	3.71	4.44	4.53	11.91	5.92	6.58	4.68
(85)	(4.95)	(2.71)	(1.67)	(4.21)									
75-84	2.91	1.75	1.07	0.86	1.07	2.69	4.30	4.42	5.11	6.46	4.40	4.34	3.29

Note : C.A = 30.8km²

付 図



Scale : 1 / 50,000

LEGEND

GEOLOGICAL AGE	FORMATION	LITHOLOGY
QUATERNARY	ALLUVIUM (AI)	CLAY, SAND, GRAVEL
EARLY MIOCENE OR LATE OIGOCENE	RANSANG LIMESTONE (RI)	LIMESTONE
EARLY EOCENE	PANDIAN FORMATION (Pd)	MASSIVE SANDSTONE WITH INTERBEDDED MUDSTONE AND SHALE
PALEOCENE	FOVWATION (Ps)	INTERBEDDED SANDSTONE AND SHALE WITH LIMESTONE
PRE-TERTIARY	IRAHUAN - METAVOLCANICS (Im)	BASALTIC COMPLEX PYROCLASTICS AND LAVA (ALMOST PILLOW TYPE)

- STRIKE AND INCLINATION OF STRATUM.
- STRIKE AND INCLINATION OF FAULT
- INFERRED GEOLOGICAL BORDER LINE
- ANTICLINE STRUCTURE
- SYNCLINE STRUCTURE

CANDAWAGA 川取水地点地質図

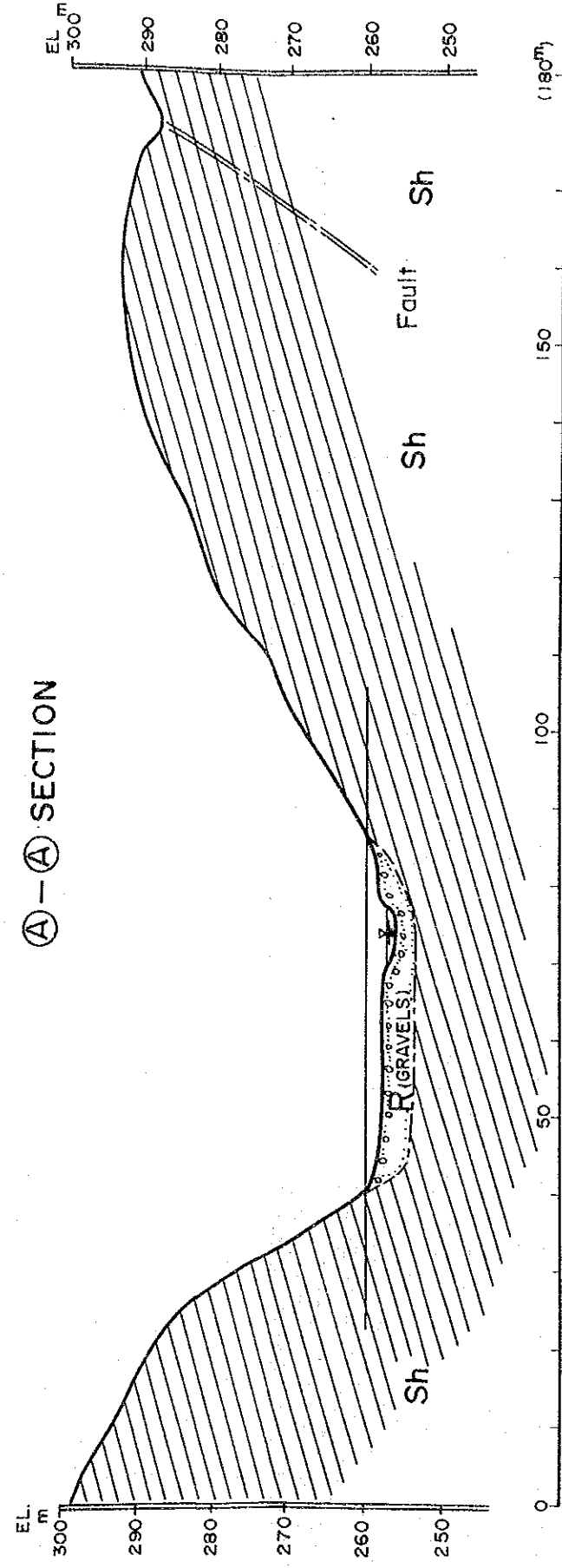
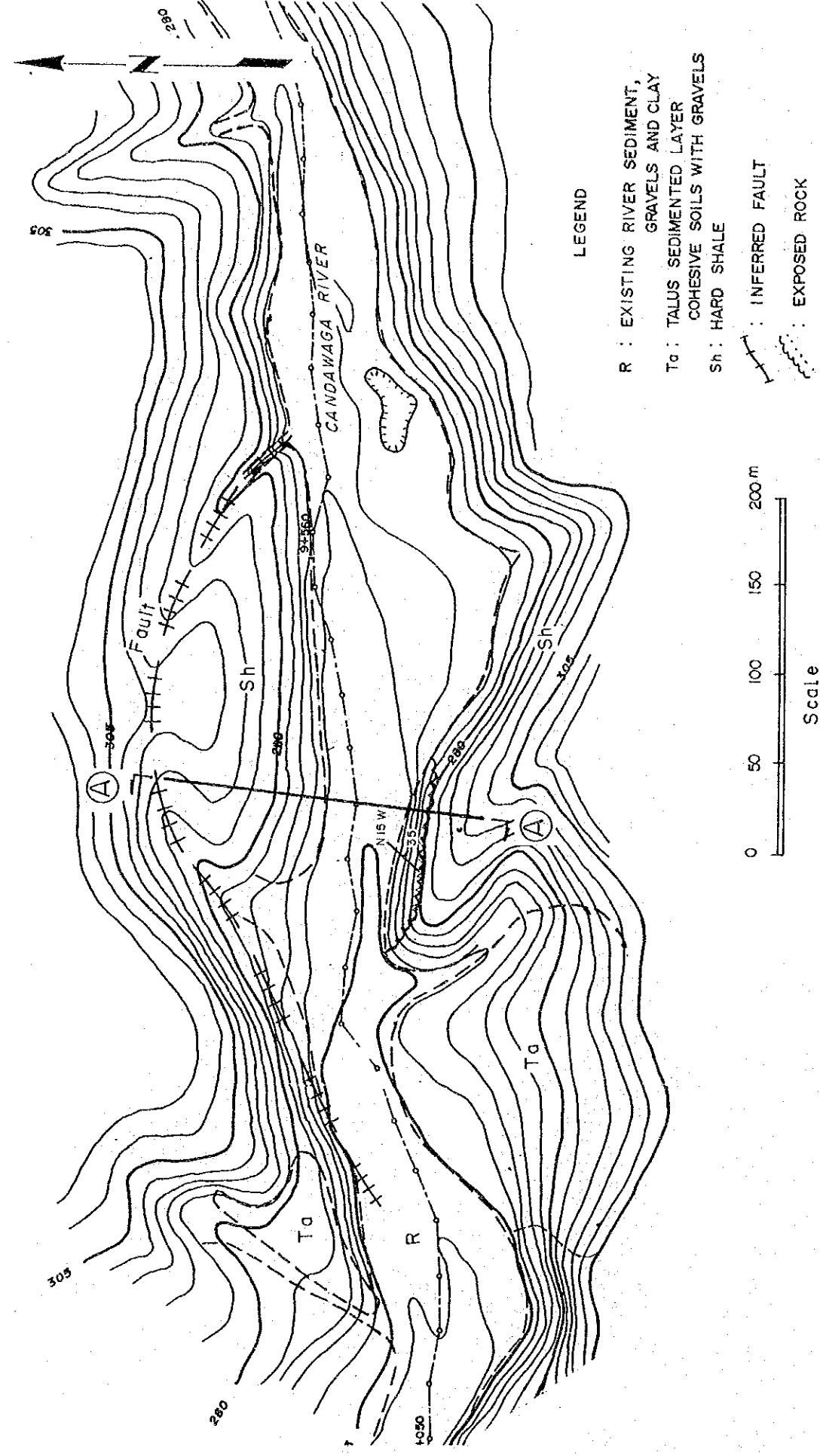
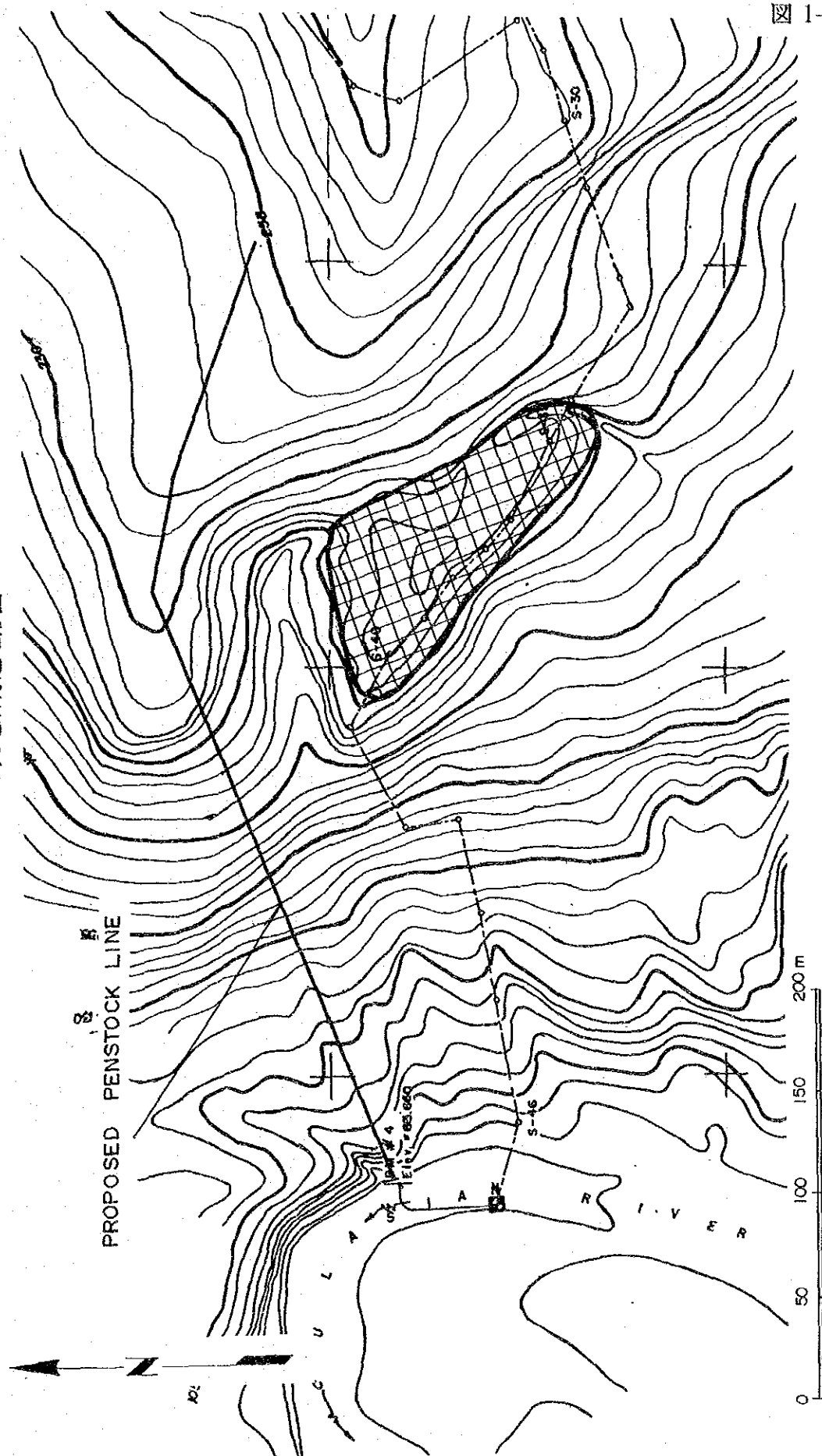


图 1-3

CULASIAN 發電所附近地形圖



CULASIAN 発電所ペンストック位置地質断面図

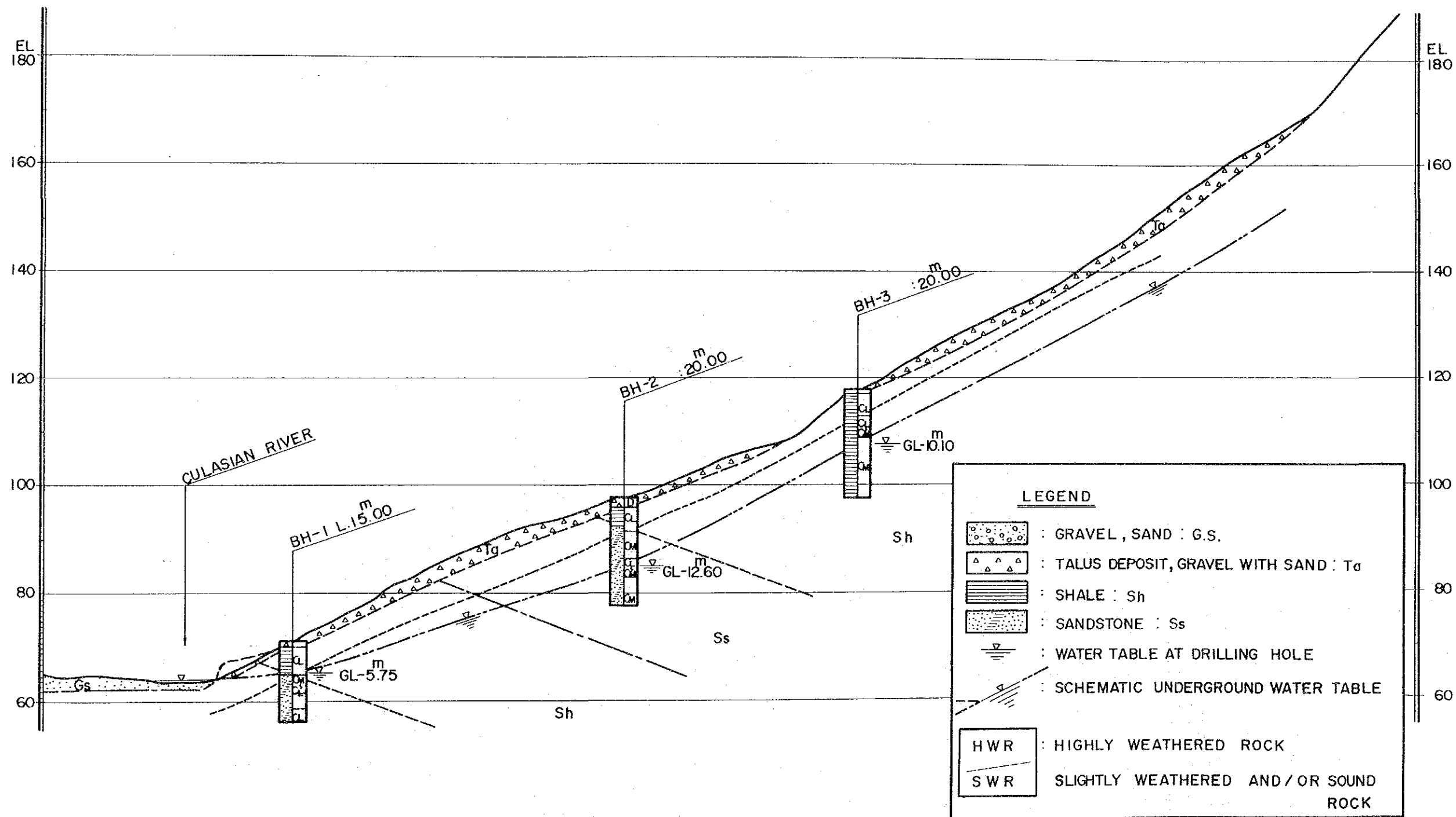
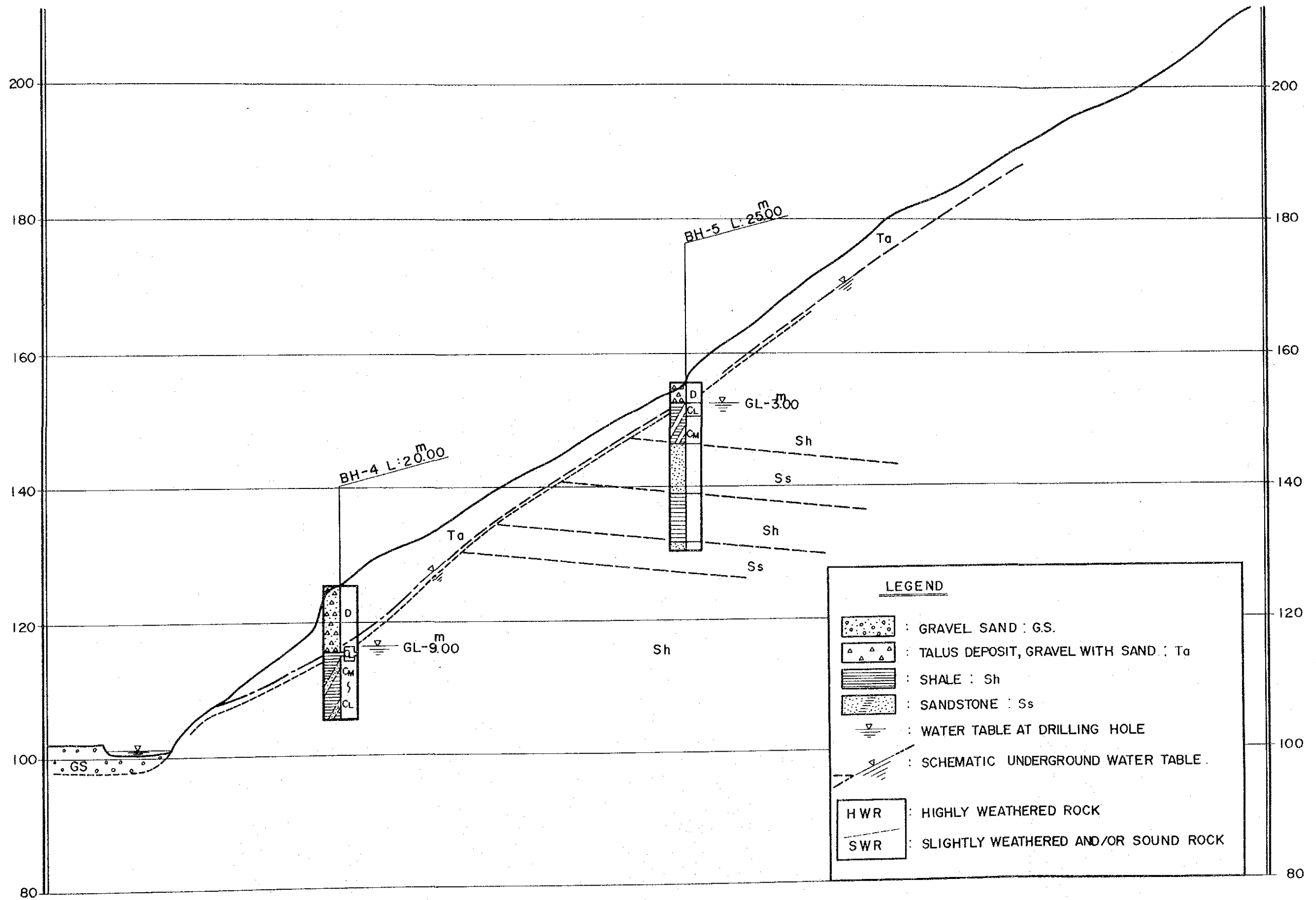
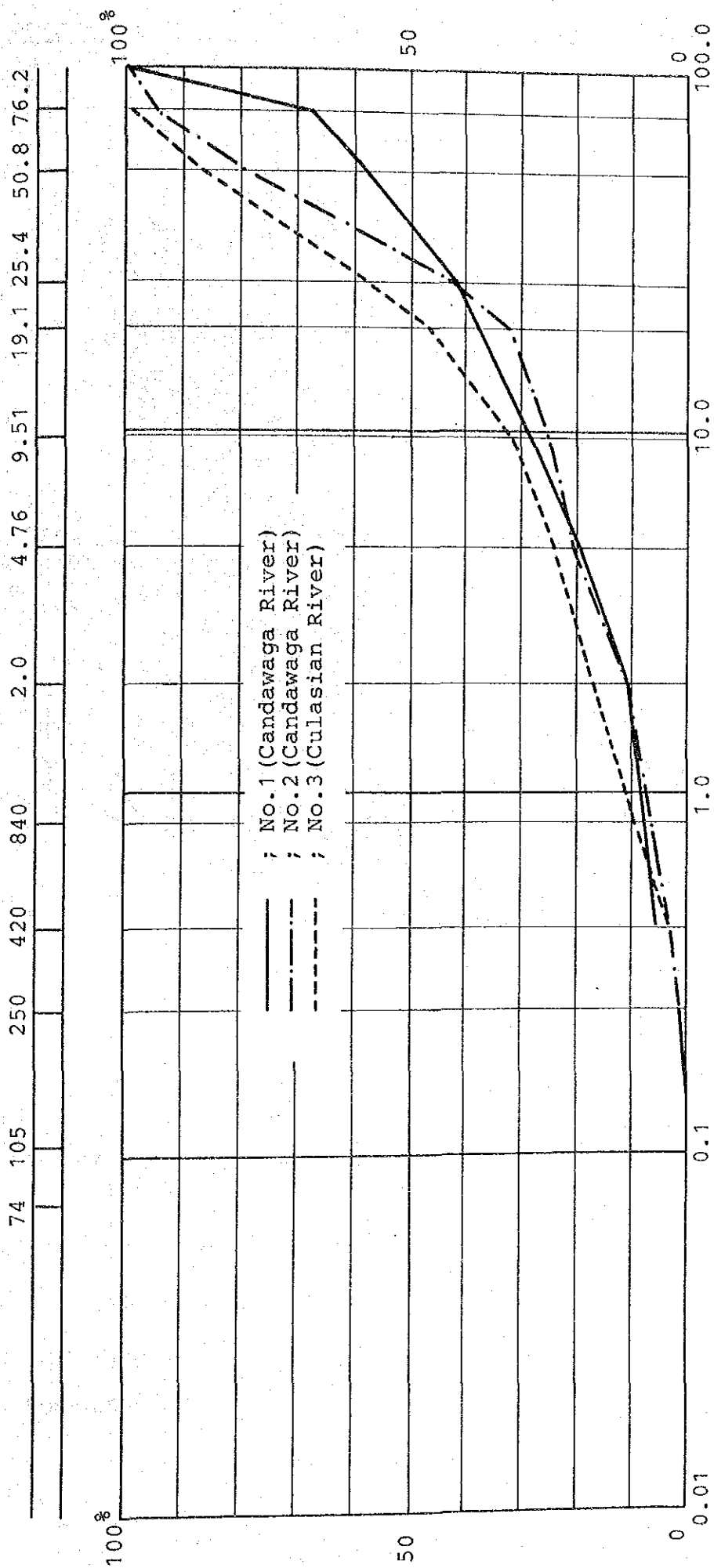


図 1-5

CANDAWAGA 発電所 (代替案) ペンストック位置地質断面図



河床材料粒径加積曲線



Clay, Silt	Sand			Gravel		Cobble
	Fine	Medium	Coarse	Fine	Coarse	

图 2-1

气象水文观测地点

