

Table III-1-1 COMPARISON STUDY OF SMALL SCALE HYDROPOWER PROJECT

PROJECT	UNIT	J	F	F	K
		OPEN CHANNEL	TUNNEL	UPSTREAM	XE NAMNOY
INTAKE DAM					
Height	m	4.0	4.5	5.0	5.0
Crest Length	m	34.5	47.2	57.0	60.0
Crest Elevation	m	500.0	466.5	730.0	415.0
DESILTING BASIN					
Length	m	22.0	22.0	22.0	30.0
Width	m	6.7	8.0	6.7	9.0
Depth	m	3.5	3.5	3.5	3.5
HEADRACE CHANNEL					
Type		OPEN CHANNEL	TUNNEL	TUNNEL	TUNNEL
Length	m	1,300.0	361.5	2,146.7	1,079.9
Width	m	1.8	2.3	2.3	2.8
Height	m	1.4	2.5	2.5	3.0
HEAD TANK					
Length	m	26.0		26.0	30.0
Width	m	6.2		6.2	9.9
Height	m	5.5		5.5	5.5
PENSTOCK					
Length	m		437.7		
Diameter	cm		150.0		
Length	m	930.0	330.0	390.0	210.0
Diameter	cm	85.0	85.0	85.0	110.0
Length	m	930.0	330.0	390.0	210.0
Diameter	cm	115.0	110.0	120.0	140.0
CATCHMENT AREA	km ²	290.0	290.0	260.0	780.0
MEAN INFLOW	m ³ /s	9.16	9.16	8.22	24.73
95% INFLOW	m ³ /s	1.00	1.00	0.91	1.95
HEADTANK WATER LEVEL	m	496.8	466.0	727.0	413.0
TAIL WATER LEVEL	m	300.0	300.0	540.0	310.0
GROSS HEAD	m	196.8	166.0	187.0	103.0
EFFECTIVE HEAD	m	190.0	160.5	184.0	101.0
MAXIMUM DISCHARGE					
FIRST STAGE	m ³ /s	1.3	1.6	1.4	2.4
SECOND STAGE	m ³ /s	2.7	3.2	2.8	4.9
TOTAL		4.0	4.8	4.2	7.3
INSTALLED CAPACITY					
FIRST STAGE	MW	2.0	2.0	2.0	2.0
SECOND STAGE	MW	4.0	4.0	4.0	4.0
TOTAL	MW	6.0	6.0	6.0	6.0
ANNUAL ENERGY					
FIRST STAGE					
FIRM	GWh	13.03	11.00	11.31	17.41
MEAN	GWh	16.47	16.63	16.72	17.41
SECOND STAGE					
FIRM	GWh				2.17
MEAN	GWh	24.62	23.10	23.52	28.12
TOTAL					
FIRM	GWh	13.03	11.00	11.31	19.58
MEAN	GWh	41.09	39.73	40.24	45.53
PLANT FACTOR					
FIRST STAGE	%	94.01	94.92	95.43	99.37
SECOND STAGE	%	70.26	65.92	67.12	80.25
TOTAL	%	78.18	75.59	76.56	86.62
CONSTRUCTION COST					
FIRST STAGE	10 ³ US\$	14,776.8	13,095.5	17,038.2	16,585.4
SECOND STAGE	10 ³ US\$	12,005.7	10,876.9	10,629.9	12,995.8
TOTAL	10 ³ US\$	26,782.5	23,972.4	27,668.1	29,581.2
CONSTRUCTION COST/KWH					
FIRST STAGE	US\$/KWh	0.897	0.787	1.019	0.953
SECOND STAGE	US\$/KWh	0.488	0.471	0.452	0.462
TOTAL	US\$/KWh	0.652	0.603	0.688	0.650

Table III-1-2 COMPARISON STUDY OF PLAN E INTAKE DAM LOCATION

PROJECT	UNIT	E	E-U
		DOWNSTREAM	UPSTREAM
INTAKE DAM			
Height	m	4.5	4.0
Crest Length	m	47.2	45.5
Crest Elevation	m	466.5	470.0
DESILTING BASIN			
Length	m	22.0	22.0
Width	m	6.4	6.4
Depth	m	2.0	2.0
HEADRACE CHANNEL			
Type		TUNNEL	TUNNEL
Length	m	361.5	361.5
Width	m	2.3	2.3
Height	m	2.5	2.5
HEAD TANK			
Length	m		
Width	m		
Height	m		
PENSTOCK			
Length	m	437.7	598.0
Diameter	cm	150.0	150.0
Length	m	330.0	330.0
Diameter	cm	85.0	85.0
Length	m	330.0	330.0
Diameter	cm	110.0	100.0
CATCHMENT AREA			
MEAN INFLOW	km ²	290.0	290.0
95% INFLOW	m ³ /s	9.16	9.16
	m ³ /s	1.00	1.00
HEADTANK WATER LEVEL			
TAIL WATER LEVEL	m	466.0	469.5
GROSS HEAD	m	300.0	300.0
EFFECTIVE HEAD	m	166.0	169.5
MAXIMUM DISCHARGE			
FIRST STAGE	m ³ /s	1.6	1.6
SECOND STAGE	m ³ /s	3.2	3.1
TOTAL		4.8	4.7
INSTALLED CAPACITY			
FIRST STAGE	MW	2.0	2.0
SECOND STAGE	MW	4.0	4.0
TOTAL	MW	6.0	6.0
ANNUAL ENERGY			
FIRST STAGE			
FIRM	GWh	11.00	11.18
MEAN	GWh	16.63	16.89
SECOND STAGE			
FIRM	GWh	23.10	22.89
MEAN	GWh	23.10	22.89
TOTAL			
FIRM	GWh	11.00	11.18
MEAN	GWh	39.73	39.78
PLANT FACTOR			
FIRST STAGE	%	94.92	96.40
SECOND STAGE	%	65.92	65.33
TOTAL	%	75.59	75.68
CONSTRUCTION COST			
FIRST STAGE	10 ³ US\$	13,095.5	13,748.9
SECOND STAGE	10 ³ US\$	10,876.9	10,873.7
TOTAL	10 ³ US\$	23,972.4	24,622.6
CONSTRUCTION COST/KWh			
FIRST STAGE	US\$/KWh	0.787	0.814
SECOND STAGE	US\$/KWh	0.471	0.475
TOTAL	US\$/KWh	0.603	0.619

Fig. III-1-4 DURATION CURVE OF XE NAMNOY
(FOR PROJECT K)

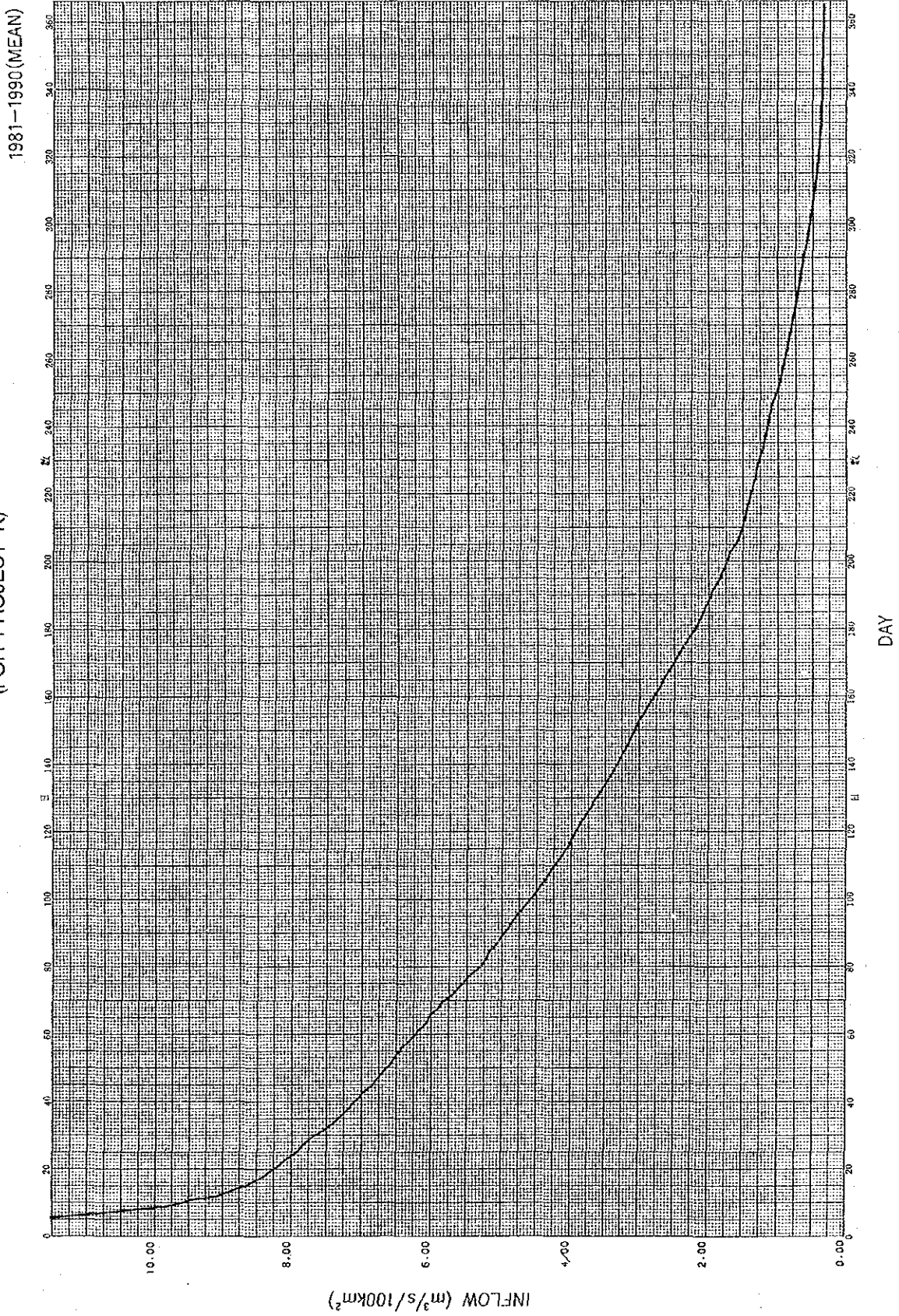


Table III-1-3 Project Feature of Finalized Plan

Catchment Area (km ²)	290
Mean Annual Inflow (MCM)	289

	<u>First Stage</u>	<u>Latter Stage</u>
<u>Intake Dam</u>		
Crest Length (m)	77	
Height (m)	8.6 (max)	
<u>Headrace Tunnel</u>		
Type	Pressure Tunnel	
Inner Diameter (m)	2.0	
Length (m)	342.25	
<u>Penstock</u>		
Type	Steel Pipe & F.R.P.	
Inner Diameter (m)	2.00 ~ 0.90 ~ 0.50 x 2	1.10 ~ 0.75 x 2
Length (m)	336.79	290.10
<u>Powerhouse</u>		
Type	Outdoor Type	
Width (m)	15.0	15.0
Length (m)	26.0	25.0
Turbine	H. Pelton x 2	H. Pelton x 2
<u>Power Generation Plan</u>		
Intake Water Level (m)	469.0 ~ 468.2	
Tail Water Level (m)	306.7	306.7
Gross Head (m)	162.3 ~ 161.5	
Effective Head (m)	159.1 ~ 158.3	#1,2 : 158.5 ~ 157.9 #3,4 : 158.0 ~ 157.2
Installed Capacity (kw)	2,000	6,000
Firm Capacity (kW)	1,400	1,400
Available Annual Energy (MWh)	16,613	40,299
Firm Energy (MWh)	12,235	12,235

2. 地形・地質

第Ⅲ章 2. 地形および地質

目 次

	頁
2.1 計画地域周辺の地形・地質概要	Ⅲ-2-1
2.1.1 地形概要	Ⅲ-2-1
2.1.2 地質概要	Ⅲ-2-2
2.2 地質調査概要	Ⅲ-2-3
2.2.1 既存資料	Ⅲ-2-3
2.2.2 地質調査工事	Ⅲ-2-3
2.3 計画地点の地質（Xe Katam トンネル案（E））	Ⅲ-2-6
2.3.1 取水ダム上流案（F-U）地点	Ⅲ-2-6
2.3.2 取水ダム下流案（F-D）地点	Ⅲ-2-7
2.3.3 導水路ルート	Ⅲ-2-9
2.3.4 水圧管路、発電所地点	Ⅲ-2-11
2.4 コンクリート用骨材	Ⅲ-2-13
2.4.1 試験数量および試験項目	Ⅲ-2-13
2.4.2 試験結果および考察	Ⅲ-2-13
2.5 地震	Ⅲ-2-31
2.5.1 ラオスの地質構造	Ⅲ-2-31
2.5.2 地震活動性	Ⅲ-2-32
2.5.3 地震危険度の推定と設計震度	Ⅲ-2-32
2.6 まとめ	Ⅲ-2-37

List of Figures

- Fig. III-2-1 Geological Map of Project Area
- Fig. III-2-2 Geological Plan and Profile of Plan E (Intake Dam, Headrace)
- Fig. III-2-3 Geological Plan and Profile of Plan E (Penstock, Powerhouse)
- Fig. III-2-4 Geological Plan and Profile of Plan E (Intake Dam)
- Fig. III-2-5 Geological Section of Plan E (Intake Dam)
- Fig. III-2-6 Location of Fine Aggregate (Sand)
- Fig. III-2-7 Grain-size Analysis (No. ①) : 1st Stage Crushing)
- Fig. III-2-8 Grain-size Analysis (No. ①) : 2nd Stage Crushing)
- Fig. III-2-9 Grain-size Analysis (No. ②)
- Fig. III-2-10 Result of Reduction in Alkalinity Test
- Fig. III-2-11 General Geological Structure of Southeast Asia
- Fig. III-2-12 Distribution of Major Tectonic Plates on the Earth and Plate Boundaries
- Fig. III-2-13 Epicenters of Earthquakes of Magnitude: $M \geq 4$ and Focal Depth: $H \leq 100$ km which Occurred during the Period from 1964 to 1982 in the World
- Fig. III-2-14 Seismicity around the Project Site during 1981 to 1988, and < 1000 km
- Fig. III-2-15 Seismic risk Map in and around Thailand Amax for Return Period $T_r = 200$ years

List of Tables

- Table III-2-1 List of Reference Data
- Table III-2-2 List of Geological Investigations
- Table III-2-3 Results of Seismic Prospecting along the Tunnel Route
- Table III-2-4 Results of Seismic Prospecting along the Penstock Route
- Table III-2-5 Quantity and Items of Laboratory Test for Concrete Aggregate
- Table III-2-6 Results of Laboratory Test for Concrete Aggregate
- Table III-2-7 Representative Earthquakes in the Vicinity of the Project Site

2. 地形および地質

本項では、1990年12月より1991年6月にわたる、3回の現地調査および既存資料によって得られた地質データを基に、Xe Katam川に計画されている主要構造物の設置候補地および建設材料採取候補地の地質的、水理地質的、土木地質的、および地震などの評価について述べている。

本プロジェクトに関する地質調査結果は、最適計画案である「Xe Katamトンネル案 (E)」について縮尺1/200～1/5000地形図に取りまとめられた。それ以外の「Xe Katam下流開水路案 (J)」、「Xe Katam 上流案 (F)」およびXe Namnoy川の「Xe Namnoy 本流案 (K)」については、縮尺1/5000地形図に取りまとめ、その地質調査結果は、添付資料 2 に収録した。

2.1 計画地域周辺の地形・地質概要

2.1.1 地形概要

取水ダムが計画されているXe Katam川は、その源流を標高1700m前後のBolaven高原東北部の山地や標高1300mのPaxsong町の東方に端を発し、その後標高1000m～800mの起伏の乏しい台地や、台地と山地の境界付近を南流や東流しながら流下し、河川勾配の急となる高原周辺部でXe Namnoy川と合流する長さ約40km、流域面積290km²の河川である。

Xe Katam川の源流域を除いた上中流部 (Xe Namnoy 川との合流点から10km地点より上流の区間) は、平均河床勾配が1/130で部分的に瀬の見られる緩やかな流れをなし、河谷浸食も進んでおらず両岸は丘陵となっている所が多い。他方、その下流部のXe Namnoy川との合流点までの10kmの区間は、山頂部が平坦な標高800前後の山地や後述する標高500m前後の平坦面を河谷浸食しながら南流から東流し、落差5m前後の滝や早瀬を随所に形成する平均河床勾配1/20の急流をなしている。特にXe Namnoy川との合流点から上流1 km地点前後にある落差100mと20mの2つの滝により、Xe Katam川の河床標高は一気に低下されている。その後、標高300m地点で東北方向に流下してきたXe Namnoy川とXe Katam川は合流する。

Xe Katam川との合流点付近から下流のXe Namnoy川は、平均河川勾配も1/100前後で流れも穏やかであるが、合流点から上流500m～1600m区間は最大落差70mの滝や早瀬の連続する急流を成している。この区間の平均河床勾配は1/8である。

また、Xe Katam川とXe Namnoy川の合流点から主に上流側には、標高800m前後の山地に囲まれた長さ2 km、幅1 kmの東西に細長い標高530~480mの東に緩く傾斜した平坦面が広がっている。前述したXe Katam川は、この平坦面内の北部側を浸食して流れ、Xe Namnoy川は南側の山地と平坦面の境界付近をXe Katam川以上に激しく河谷浸食を成して流れている。一方、平坦面の東端付近では、両河川が合流しており前述したXe Katam川の落差100mの滝を形成するような崖が所々見られる急斜面を成している。

計画地点は上述のXe Katam川とXe Namnoy川の合流付近であり、Xe Katam川の落差100mと20mの滝の直上流に取水ダムを、Xe Katam川右岸に広がる平坦面内および平坦面東端の斜面上に導水路トンネル、水圧管路を、そしてXe Namnoy川左岸に発電所を設ける計画である。

2.1.2 地 質

計画地域周辺の地質は、Fig. III-2-1に示すように、中生代の砂岩および鮮新世から更新世の玄武岩溶岩と、第四紀層の段丘堆積物、崖錐堆積物、河床堆積物よりなる。

砂岩は、Xe Katam川の左岸およびXe Namnoy川右岸の山地部、および標高410m以下のXe Namnoy川の河床部等に分布する。砂岩は石英や長石粒より構成され緻密で非常に堅硬な岩石である。これらの砂岩は層理構造が発達し、その地層面は多少うねっているものの、おおむね水平である。また連続性の乏しいNEN-SWS方向の節理が見られる。上位の玄武岩溶岩とは、不整合で接しており、その不整合面はXe Namnoy川とXe Katam川の合流付近で最も標高が低くなっている。

玄武岩溶岩は、下位の砂岩で構成された山地の谷部を埋めるように、Xe Namnoy川とXe Katam川に挟まれた標高500m前後の平坦面を構成する堆積物として主に分布する。一般に一枚の溶岩流の上部は、亀裂や気泡の多い多孔質部よりなり、その下部は気泡や亀裂の少ない緻密部より構成されることが多い。また、溶岩流の上位には玄武岩溶岩と漸移して主に角礫より構成される自破碎溶岩を挟在する場合がある。玄武岩溶岩が最も厚く堆積した地域は、確認された範囲では、Xe Namnoy川とXe Katam川の合流付近であり、そこでの厚さは140mを越える。

段丘堆積物は、Xe Namnoy川およびXe Katam川の主に右岸に狭い範囲で分布する。

崖錐堆積物は、砂岩と玄武岩溶岩の境界付近に厚く分布する傾向がありXe Namnoy川では、Xe Katam川との合流付近の左岸斜面、Xe Katam川では、左岸斜面沿いに分布が見られる。

河床堆積物は標高500m前後の平坦面を浸食して流れるXe Katam川の局部的に河川勾配の緩くなった部分や、Xe Namnoy川との合流点付近から下流側に広く分布する。いずれに分布する河床堆積物も玄武岩や砂岩の巨礫よりなり細粒分は乏しい。

2.2 地質調査概要

2.2.1 既存資料

本章をまとめるにあたって参考にした既存地質図、報告書および地震資料は、TableⅢ-2-1 に示す通りである。

2.2.2 地質調査工事

本プロジェクトの地質調査は、「Xe Katamトンネル案(E)」を中心として計画地域およびその周辺部を含むランドサット画像の判読と、空中写真判読、および主要構造物計画地点を対象として実施された地表地質踏査、ボーリング調査、弾性波探査などからなる。これらの調査は、JICA調査団およびラオス国のHECが協力して実施した。

調査方法、数量は以下の通りである。

- ・ランドサット画像判読

判読範囲：ポロベン高原およびその周辺を含む約10,000km²

ランドサット画像のスケール：1/500,000

- ・空中写真判読

判読範囲：計画地域を含む約 150km²

空中写真のスケール：1/30,000

- ・地表地質踏査

踏査範囲：計画地域内の主要な沢沿い、および構造物地点周辺

使用地形図：縮尺1/200 ~1/5000の地形図を使用。

・ボーリング調査

取水ダム地点、導水路ルート、水圧管路ルートおよび発電所地点等を対象に7
孔、計150mを実施。

・弾性波探査

探査位置：導水路トンネルおよび水圧管路ルートを対象に4測線、
計600m

・標準貫入試験

水圧管路ルートおよび発電所地点を対象に、5孔：計18点

・室内試験

コンクリート骨材試験：2カ所

上記の調査工事の実施位置、数量をTable III-2-2に示す。

Table III-2-1 List of Reference Data

Title	Remarks
1. Geological Map of Kampuchea, Laos and Viet.am, Scale 1/1,000,000	INTERGEO - 1988
2. Geological Map of The Bolaven Plateau, Scale 1/500,000	Vietnam - 1962
3. Xeset Hydropower Project Feasibility Study Report	Norconsult -1984
4. Xeset Hydropower Project Optimization Report	Norconsult -1985
5. Lower Mekong Hydrologic Yearbook	Interim Committee for Coordination of The Lower Mekong Basin -1981 ~1988
6. The Earthquake Data File	NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)

Table III-2-2 List of Geological Investigations

[Drilling Work and Permeability Test]

Hole No.	Site	Coordinate		Elevation(m)	Length (m)	Permeability Test (Times)
		N	E			
KI-1	Intake dam	1672, 214. 4	675, 500. 4	468. 0	15. 0	3
KI-2	Intake dam	1672, 192. 1	675, 669. 4	463. 9	15. 0	3
KT-1	Tunnel	1672, 150. 2	675, 716. 3	473. 3	30. 0	-
KT-2	Tunnel	1672, 243. 6	675, 974. 4	479. 6	30. 0	-
KP-1	Penstock	1672, 215. 1	676, 141. 5	361. 5	20. 0	-
KP-2	Powerhouse	1672, 170. 4	676, 253. 8	307. 3	20. 0	-
KP-3	Powerhouse	1672, 302. 4	676, 326. 6	308. 5	20. 0	-
Total 7 Holes					150. 0	6

[Seismic Prospecting]

Line No.	Site	Coordinate		Length (m)	Note
SL-1	Tunnel	N1672, 096. 4 E 675, 860. 4	N1672, 262. 6 E 675, 989. 4	210	
SL-2	Penstock	N1672, 258. 8 E 675, 999. 6	N1672, 212. 8 E 676, 124. 6	210	
SL-3	Penstock	N1672, 215. 8 E 676, 129. 0	N1672, 208. 6 E 676, 240. 4	105	
SL-4	Penstock	N1672, 211. 4 E 676, 202. 0	N1672, 170. 0 E 676, 254. 3	75	
Total 4 Seismic prospectings				600	

[Standard Penetration Test]

Hole No.	Site	Coordinate		Elevation(m)	Length (m)	Penetration Test (Times)
		N	E			
P-1	Penstock	1672, 215. 0	676, 147. 0	360. 0	2. 3	5
P-2	Penstock	1672, 198. 2	676, 205. 9	336. 5	2. 3	4
P-3	Penstock	1672, 185. 4	676, 234. 2	318. 7	2. 3	4
P-4	Powerhouse	1672, 169. 2	676, 255. 2	307. 3	2. 3	4
P-5	Powerhouse	1672, 199. 4	676, 273. 4	306. 2	0. 97	1
Total 5 Pittings					10. 17	18

[Laboratory Test]

Test	Quantity	Test Item
Concrete aggregate test	2 samples	Specific gravity, absorption test, grain-size analysis, abrasion loss test, etc

2.3 計画地点の地質(Xe Katam トンネル案(E))

Xe Katamトンネル案(E)の取水ダム地点は、上流案(E-U)と、下流案(E-D)の2案が比較検討された。

2.3.1 取水ダム上流案(E-U)地点

(1) 地形

取水ダムは、Xe Katam川とXe Namnoy川の合流点より、Xe Katam川の上流約0.9kmの地点にみられる落差約20mの小滝の上流約240mの地点に設けられる予定である。取水ダム地点の右岸斜面は、河床から6mの高さまで急崖をなし、その後一旦平坦になった後、更にそれより高位は傾斜約30°の斜面となる。

一方、左岸側は、傾斜約40°の斜面が河床より約20mの高さまで連続している。流路は、ダム軸の下流側で早瀬をなし、上流側は下流側に比較するとやや緩傾斜で流れも穏やかとなっている。また、河床幅はダム軸付近で約45mである。洪水痕跡は河床より2~3m程度の高さまで確認される。

(2) 地質

取水ダム地点の地質は Fig. III-2-2 に示す通り、主に玄武岩溶岩とそれに局部的に挟在される自破碎溶岩および、これらを部分的に覆う河床堆積物からなる。

ダム地点およびその周辺部では、河床部ならびに両岸斜面に基盤岩である玄武岩溶岩の露頭が各所に点在し、そのうち、右岸斜面裾部の一部に厚さ約3mの自破碎溶岩が挟在している。河床堆積物は、河床中央部から左岸河床部にかけて分布する。

玄武岩溶岩の岩質は、新鮮堅硬であるが、表層に亀裂が発達しており、また表面部は多孔質である。また、自破碎溶岩は風化を受けて黄灰色を呈し、玄武岩溶岩よりやや軟質である。この自破碎溶岩は、径3~5cmの玄武岩角礫部とそれらを埋めるマトリックス部よりなり、部分的に空隙も認められる。そのため、自破碎溶岩は溶岩より風化ならびに地下水の浸透に対する抵抗力が小さいので、岩盤としてはやや劣っていると推定される。

河床堆積物は地表部でみる限り、ほとんど大小の玄武岩礫のみからなり、砂、シルトなどの細粒物はほとんど認められない。この堆積物の厚さは、周辺の露岩

状況、地形条件などからみて最大でも2m程度と推定される。

取水ダム地点河床部の露頭上から削孔されたボーリングKI-1孔では、深度0～1.24m間、7.1～7.7m間、10.5～11.7m間にそれぞれ玄武岩溶岩中に挟在される自破碎溶岩が確認された。また、本孔で実施された透水テストによると、基盤岩のルジオン値は、1.1～7.5である。ボーリングKI-1孔の掘削中の孔内水位は、深度10mで孔口から0.3m、深度15mで孔口から11.3m下方を示した。これは本ダム地点においては、飽和地下水面は、現河川水面と一致しない可能性を示唆している。

(3) 土地質的評価

- ・取水ダム地点付近の兩岸斜面では、崩壊地、地切りは認められず、また表層堆積物も薄いと推定されるため、斜面の安定性については、問題はないと思われる。
- ・取水ダム地点付近の河床部中央付近には、河床堆積物が分布しているが、その厚さは周囲の露岩分布状況より判断して薄いと推定される。また、ダム基礎岩盤となる玄武岩溶岩、弱風化した自破碎溶岩共、堅硬であり、高さ数mの取水ダム基礎としては、十分な地耐力を有していると思われる。
- ・ボーリングKI-1孔の透水テストから得られた基礎岩盤のルジオン値1.1～7.5から判断して、基礎岩盤の透水性に関しては、通常の処理範囲にあると考えられるが、前述の孔内水位が深度10～15mの間で急激に低下することは留意すべきである。このボーリングKI-1孔に於ける孔内水位が、現河川水面より低い原因については、今後更に詳しく調査する必要がある。

2.3.2 取水ダム下流案（E-D）地点

(1) 地形

取水ダムは、Xe Katam川と Xe Namnoy川の合流点より、Xe Katam川の上流約0.9kmの地点にみられる落差約20mの小滝の上流80m地点（上流案の下流150m）に設けられる予定である。取水ダム地点の右岸斜面は傾斜約25°程度で一定しているが、河床より高さ12m(標高476m)付近に幅約10mの一段の段丘がみられる。段丘面は乾期でも湿潤部分があることが認められた。左岸側は傾斜約35°の

斜面が連続し、部分的に竹が密生している。河床幅は、ダム軸付近で45m程度であり、上下流とも大きな川幅の違いはない。また、ダム軸の上下流共、早瀬をなし、その河床勾配は、1/25程度である。

洪水痕跡は、河床より約2~3mの高さまで確認される。

(2) 地質

取水ダム地点付近の地質は、Fig. III-2-2、Fig. III-2-4 およびFig. III-2-5 に示す通り、玄武岩溶岩、強風化した玄武岩溶岩とそれらを部分的に覆う崖錐堆積物よりなる。

ダム軸付近の上下流の早瀬をなす区間に玄武岩溶岩が、ほぼ河床一面に露岩している。その玄武岩溶岩は、黒灰色を呈し、新鮮堅硬であるが、気孔が多く多孔質である。溶岩の表面には、溶岩の冷却に伴って形成されたと思われる亀裂が10~20cm間隔で亀甲状に見られるが、溶岩内部で亀裂面は密着していることが多い。

また、溶岩の流動に伴う流理構造が部分的に河川方向と平行あるいは斜交して見られる。

ダム軸付近の左岸斜面には、強風化した玄武岩溶岩が分布している。強風化した玄武岩溶岩は、赤褐色を呈し軟質化している。しかし、その強風化層の厚さは、近傍に比較的新鮮な玄武岩溶岩の露岩がみられることから薄いと推定される。また、右岸斜面には、径10~40cmの玄武岩礫より構成される崖錐堆積物が分布し、その厚さは周囲の地形状況より2m前後であると推定される。

取水ダム地点右岸河床部の露岩上から掘削したボーリングKI-2孔によれば、地表から深度13.4mまでは堅硬な岩盤が連続し、13.4m以深に自破碎溶岩が挟在されている。これらの岩盤の透水性は、上部で3.5ルジオン、下部で6.7ルジオンを示している。しかし、本孔の掘削中の孔内水位は、前述のボーリングKI-1孔と同様、掘削が進むにつれ低下した。即ち、掘削6mまでの削孔で、地下水位は1.0m、深度10mまでの削孔で地下水位は3.4m、深度15mまでの削孔で地下水位は、11.1mであった。

(3) 土木地質的評価

- ・取水ダム地点付近の両岸斜面は、崩壊地、地切りは認められず、また崖錐堆積物、玄武岩溶岩の強風化部も薄いと推定されるため、斜面の安定性について大きな問題はないと思われる。
- ・ダム地点には、新鮮堅硬な玄武岩溶岩が分布しており、高さ数mの取水ダム基礎としては、その地耐力は問題ないと思われる。
- ・取水ダム基礎岩盤の透水性に関しては、ボーリングKI-2孔の透水試験結果から判断して、通常の処理の範囲内にあると思われるが、前述の上流取水ダム地点の基礎岩盤部と同様、ボーリングKI-2孔の孔内水位が深度10から15mまでの間の掘削中に急激に低下した事実に着意すべきである。このボーリングKI-2孔に於ける孔内水位が、現河川水面より低い原因については、今後更に詳しく調査する必要がある。

2.3.3 導水路ルート

(1) 地形

上流案（E-U）および下流案（E-D）共、おのおの取水口より約250m間、100m間は開水路が計画されている。その下流は同一ルートであり約340mのトンネルが計画されている。

開水路区間はXe Katam川の右岸河床沿いに計画されており、その区間の河床勾配は1/40程度である。また、トンネルは、Xe Katam川とXe Namnoy川に挟まれた標高約480～490mの北東方向に延びた、幅30～100mの平坦な尾根筋の中に計画されている。

(2) 地質

開水路区間および、トンネル区間の地質は Fig. III-2-3 に示されるように玄武岩溶岩よりなると推定される。

開水路区間には、新鮮堅硬な玄武岩溶岩が分布する。トンネル沿いに分布する玄武岩溶岩は、北東に延びた尾根筋の末端付近より削孔したボーリングKT-2孔によれば、次のようになる。

地表からの深度

岩盤の状態

0 m ~ 1.7 m : ラテライト、赤色を呈する。粘土質からシルト質。

1.7 m ~ 11.5 m : 強風化玄武岩、おおむね茶灰色を呈する。

亀裂表面 および内部まで風化しており、軟質。

11.5 m ~ 23.0 m : 弱風化玄武岩、灰色を呈する。亀裂面は茶色に風化し、亀裂面に沿って分離し易い。

23.0 m ~ 30.0 m : 玄武岩、おおむね新鮮で堅硬。

また、導水路トンネル沿いの地表で実施された弾性波探査試験結果を要約すると Table III-2-3 の通りとなる。

Table III-2-3 Results of Seismic Prospecting along the Tunnel Route

Velocity Layer	Depth from Surface	Velocity of Primary Wave	Note
V 1	0 ~ 2.9 m	140 ~ 190m/sec	
V 2	1.3 ~ 6.5 m	420 ~ 1250m/sec	
V 3	under 5 m	1100 ~ 3700m/sec	

V 1 層は、ラテライト層に、V 2 層は強風化玄武岩におおむね対応する。

また、掘削終了後に測定(1991.3.24)した、KT-2 孔の地下水位は、孔口より 28.2m 下方(標高451.4m)にあり、ほぼ孔底深度に近い値であった。

トンネル予定地の入口および、出口には、亀裂面に沿って風化した玄武岩溶岩の露岩が見られる。

(3) 土质地質的評価

- ・トンネルルート沿いの地表から23m間の深さまでは、弱風化玄武岩および、一部に強風化玄武岩が出現すると予想される。風化玄武岩は、亀裂面に沿って分離し易いためトンネル掘削に際しては留意が必要である。
- ・トンネルルート沿いの岩盤は、ボーリング KT-2 孔で確認した岩盤状態から判定して、透水性が高く、乾期には地下水位はかなり低下(トンネル標高以下にまで低下すると推定される)する反面、雨季には滴水などを含む湿潤状態になる区間が多くなるものと推定される。

2.3.4 水圧管路、発電所地点

(1) 地 形

水圧管路は、比高差約170mのXe Namnoy川左岸斜面にみられる尾根筋に計画されている。発電所は、この尾根筋の末端のXe Namnoy川左岸に計画されている。

このXe Namnoy川左岸側の尾根の標高370m～480m間は、幅10～15m、傾斜40°～50°の、また標高310m～370m間は、傾斜20°～30°の斜面となっている。

また、標高310m～370m間の斜面は、下方ほど尾根幅が広くなり、Xe Namnoy川の河床近くで尾根筋は不明瞭となっている。

また、この尾根筋の標高310m～370m間の斜面両側には、雨期の出水時には、表流水をもつと思われる雨裂が幾筋も見られ、それらの一部のものは、尾根筋を斜めに横切っている。雨裂の一般的な形状は、深さ0.5～2m、幅0.5～1.5mで尾根の末端付近で最も深く崖錐堆積物を浸食している。

尾根の末端には、Xe Namnoy川によって形成された幅20m～30m、長さ150mの段丘面がみられる。その段丘面は標高約305mで、Xe Namnoyの河床標高より約3.5m高い位置に分布する。洪水痕跡はこの段丘崖の河床より約2mの高さまで確認される。発電所およびその付属構造物は、この段丘付近に計画されている。

なお、水圧管路ルートを通過地域には、崩壊地、地沁などは認められない。

(2) 地 質

水圧管路ルート、発電所地点およびそれらの周辺部の地質は、Fig. III-2-3に示されるように中生代の砂岩、鮮新世以後の玄武岩溶岩、崖錐堆積物、段丘堆積物より構成される。水圧管路ルートの標高370m以上の急斜面には、風化した玄武岩溶岩が分布し、それより下方の斜面には崖錐堆積物が分布する。

風化した玄武岩溶岩は、一部灰色の堅硬な新鮮部を残しているものの、亀裂面に沿って風化し、亀裂面に沿って割れやすい傾向がある。このような風化状況は、玄武岩溶岩の多孔質部において一層顕著であり、水圧管路ルート沿いでは、多孔質部と比較的新鮮な緻密部が、5～10m間隔で繰り返し分布している。

崖錐堆積物は、水圧管路ルート沿いでは標高370m以下の斜面に分布し、礫径10～40cmの玄武岩礫および砂岩礫と砂質の基質部より構成されている。崖錐堆積

物の厚さはボーリングKP-1孔によると13.9mである。また標準貫入試験結果によると、この崖錐堆積物の深度0～2.3mのN値は5～18、平均11である。また、水圧管路ルート沿いで実施された弾性波探査試験結果を要約すると以下のとおりであり、標高370～480m区間に分布する玄武岩溶岩は、深度2m前後までは亀裂に沿って風化が強いが、2m以深ではおおむね良好な玄武岩が分布すると推定される。

Table III-2-4 Results of Seismic Prospecting along the Penstock Route

Velocity Layer	Section of EL. 370 to 480 m		Section of EL. 310 to 370 m	
	Depth from Surface	Velocity of Primary Wave	Depth from Surface	Velocity of Primary Wave
V 1	0 ~ 2.3m	160 ~ 230 m/sec	0 ~ 2.4m	140 ~ 220 m/sec
V 2	1.9 ~ 8.0m	1000~1700m/sec	1.6 ~ 10m	710 ~ 1430m/sec
V 3	5m 以深	2200~3700m/sec	6m 以深	2800~3300m/sec

発電所地点には、段丘堆積物が分布している。段丘面上からのボーリングKP-2孔によると、段丘堆積物は深度4.7mまで径1cm～3cmの砂岩礫を約30%以上含む砂より主に構成されている。この段丘堆積物の標準貫入試験によるN値は8～50以上である。深度約4.7m以深は基盤岩の中生代の砂岩となっている。段丘堆積物の厚さは、上述のボーリングや、周囲の露岩状況より3.5～5m程度と推定される。

砂岩は、上述のボーリングや、発電所地点前面の河床部（標高301.5m）で確認される。砂岩は、灰色を呈し、石英、長石を主な構成鉱物とする新鮮堅硬な岩石である。これらの構成鉱物は、細粒部と中粒部が10cm間隔以上の互層をなし、その層理面はおおむね水平である。また、この砂岩には、走行N20°E・傾斜90°の節理が1～3m間隔に見られる。

(3) 土质地質的評価

- ・水圧管路ルートの標高370m以上の尾根筋の表面には、風化した玄武岩溶岩が、分布しているが、多少地盤を掘削することによって比較的新鮮な玄武岩溶岩が現れるため、水圧管路の基礎岩盤として問題は無いと思われる。

- ・水圧管路ルートの高標370m以下の緩斜面には、崖錐堆積物が6～14mの厚さで分布していると推定される。この崖錐堆積物は風化した隙混じり砂から砂礫よりなり、またそのN値の平均は11であり、支持台基礎としては注意が必要である。
- ・発電所背後斜面には、崖錐堆積物が分布しているが、地這や崩壊地は見られず、安定した斜面であり、問題はないと思われる。
- ・また、発電所地点には、厚さ3.5～5m前後の段丘堆積物が分布しており、そのN値は、8～50以上とばらついている。段丘堆積物の下位には堅硬な砂岩が分布しており、発電所基礎は、その砂岩とすることが望まれる。

2.4 コンクリート用骨材

2.4.1 試験数量および試験項目

コンクリート骨材の室内試験試料の採取位置を、Fig. III-2-1、およびFig. III-2-6に示す。また採取された試料の試験数量、試験項目を、Table III-2-5に示す。

Fig. III-2-1 および Fig. III-2-6 に示すように、試験用コンクリート骨材のうちの砕石材は、Xe Katam川下流の河床礫（玄武岩）より採取され、細骨材はPakse近郊のMekong河の堆積物（砂）より採取された。

なお、ここで述べる室内試験は、日本で実施された岩石薄片鑑定、アルカリ骨材反応試験を除いて、すべてラオス国の「Enterprise for Survey & Construction Material Laboratory」で実施された。

2.4.2 試験結果および考察

(1) 試験結果

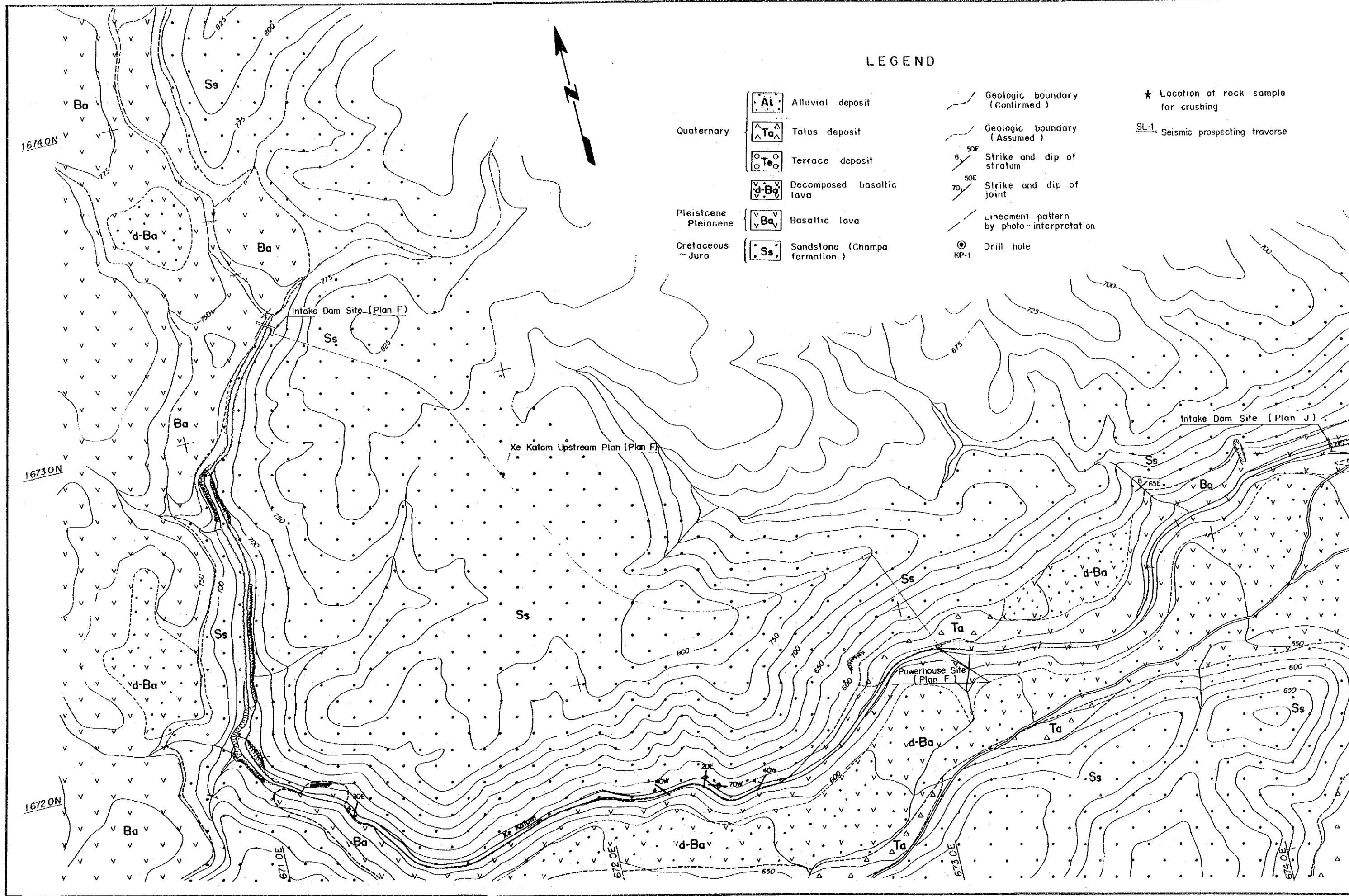
試験結果を Table III-2-6 および、Fig. III-2-7～Fig. III-2-10に示す。

試験結果の内、粒度分析結果をみると、Pakse近郊のMekong河より採取された砂(②)は、粒径0.3mm～0.6mmのものが約70%占める淘汰の良い砂であり、粒径に偏りがみられる。この粒度結果以外の砂および、河床礫（玄武岩①）の比重、吸水率、すりへり試験、有機物含有量試験などの結果は、アメリカの標準規格(ASTM)および、日本での標準規格(JIS)等と照らしあわせると、良好でありコンクリート骨材への適用は適当と判断される。

(2) 考 察

コンクリート骨材は、本計画地域内で、そのまま大量に使用可能な天然骨材は見当たらない。本地域には、基盤岩として玄武岩溶岩、および主に玄武岩溶岩よりなる河床礫が分布している。玄武岩溶岩よりなる河床礫は、比重、すりへり試験などの結果より、コンクリート骨材への適用は適当と判断される。従って河床礫あるいは基盤岩である玄武岩溶岩を砕石して、コンクリート骨材を得ることが良いと方法と考えられる。また、MeKong 河より採取された砂の粒度構成には偏りがあるが、砕石された玄武岩溶岩と粒度調整をすることによって細骨材用のコンクリート骨材に使用可能と判断される。

また、発電所予定地点前面のXe Namnoy川には、直径20~100cmの堅硬・緻密な砂岩や玄武岩溶岩よりなる河床礫が幅50m、長さ150mに渡って分布している。砂岩は、石英や長石粒子より構成され、新鮮・堅硬であるため、この河床礫をコンクリート骨材として使用することも可能と思われる。

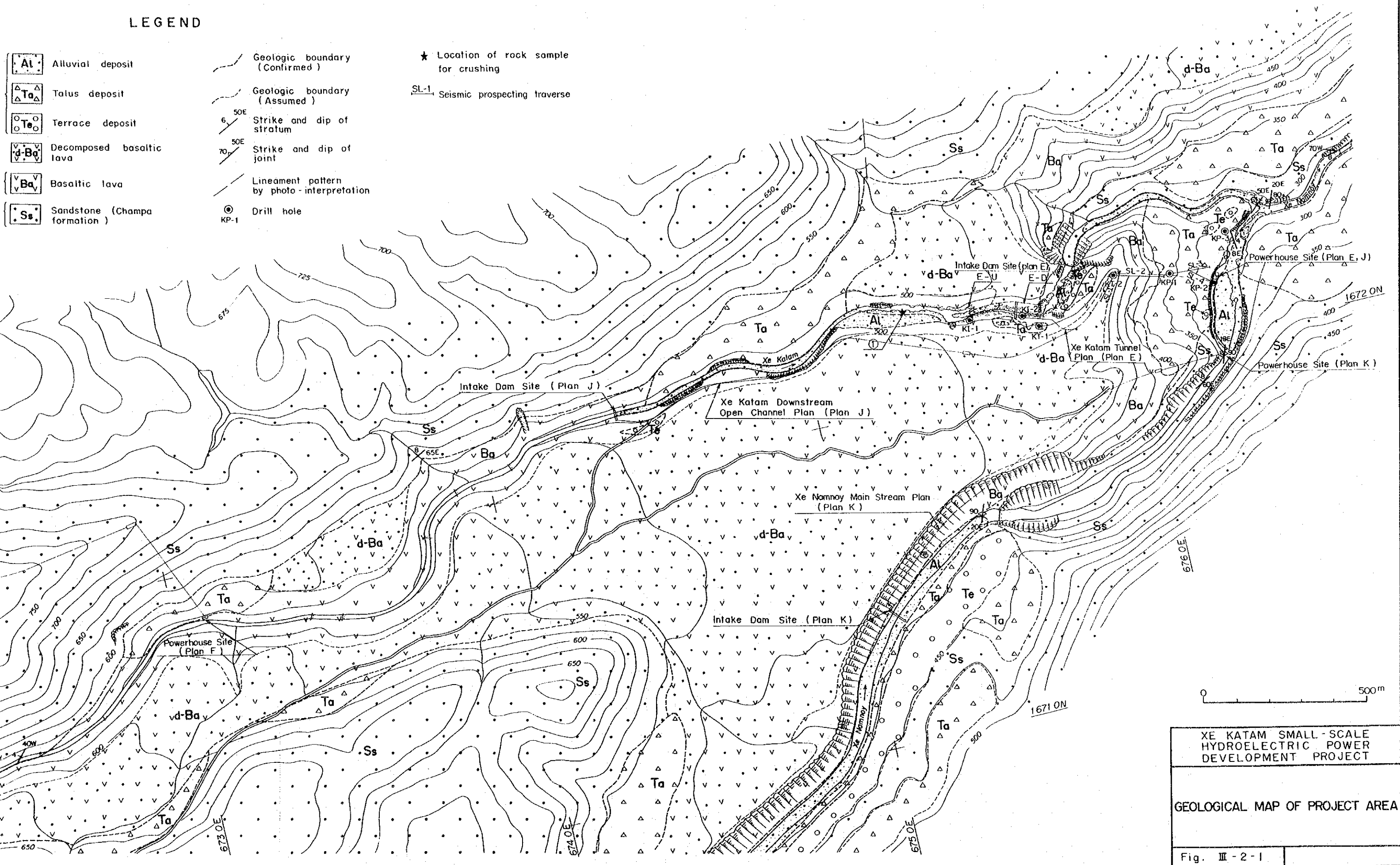


LEGEND

- | | | | |
|-------------------------|---|---|--|
| Quaternary | Ai Alluvial deposit | Geologic boundary (Confirmed) | ★ Location of rock sample for crushing |
| | Ta Talus deposit | Geologic boundary (Assumed) | SL-1, Seismic prospecting traverse |
| | Te Terrace deposit | Strike and dip of stratum | |
| | d-Ba Decomposed basaltic lava | Strike and dip of joint | |
| Pleistocene
Pliocene | Ba Basaltic lava | Lineament pattern by photo-interpretation | |
| Cretaceous
~ Jura | Ss Sandstone (Champa formation) | Drill hole KP-1 | |

LEGEND

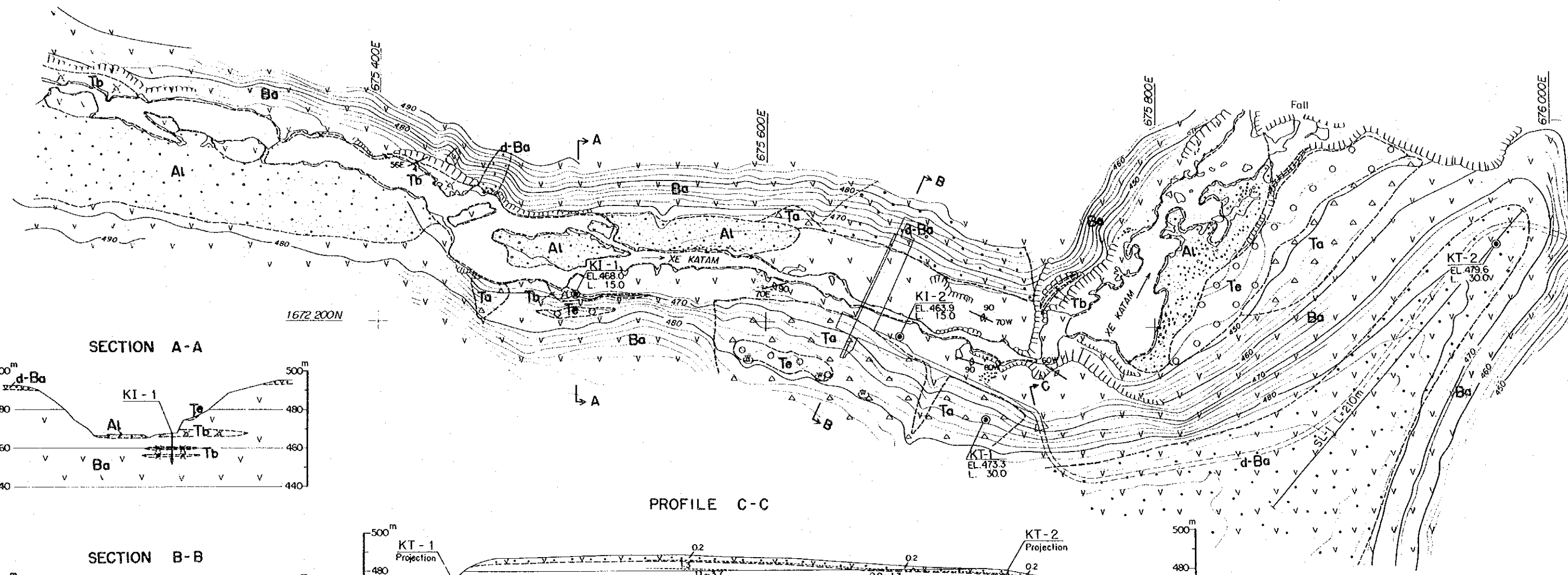
- Al Alluvial deposit
- Ta Talus deposit
- Te Terrace deposit
- d-Ba Decomposed basaltic lava
- Ba Basaltic lava
- Ss Sandstone (Champa formation)
- Geologic boundary (Confirmed)
- Geologic boundary (Assumed)
- Strike and dip of stratum
- Strike and dip of joint
- Lineament pattern by photo-interpretation
- Drill hole
- Location of rock sample for crushing
- Seismic prospecting traverse



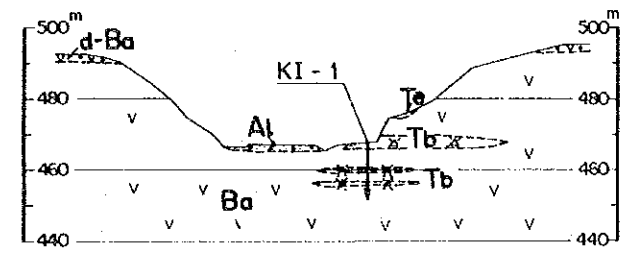
XE KATAM SMALL-SCALE
HYDROELECTRIC POWER
DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL MAP OF PROJECT AREA

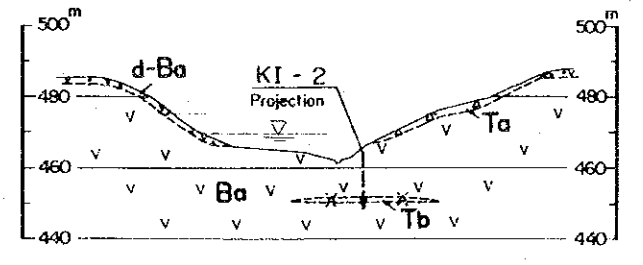
Fig. III - 2 - 1



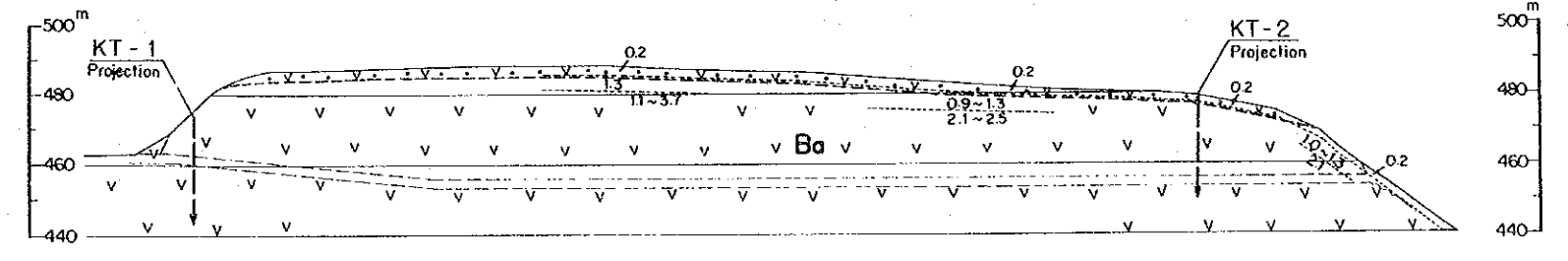
SECTION A-A



SECTION B-B



PROFILE C-C



KI-1
EL. 468.0m
L. 15.0m

Lg	ROD CL	Lu	W	H	C	WL (m)
0						
1		5.4	3	3	3	
2		2	3	3	3	
3		1.1	3	2	1	
4		2	3	2	1	
5		4.3	4	4	4	
6		2	2	2	2	
7		4	4	3	2	
8		7.5	4	4	3	
9		2	2	2	2	
10						
11						
12						
13						
14						
15						

KI-2
EL. 463.9m
L. 15.0m

Lg	ROD CL	Lu	W	H	C	WL (m)
0						
1						
2		3.5	3	3	3	
3		2	2	2	2	
4		5.5	3	3	3	
5		6.7	2	2	1	
6		3	3	2	1	
7		4	3	2	1	
8		5	4	3	2	
9		6	4	3	2	
10						
11						
12						
13						
14						
15						

KT-1
EL. 473.3m
L. 30.0m

Lg	ROD CL	Lu	W	H	C	WL (m)
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

KT-2
EL. 479.6m
L. 30.0m

Lg	ROD CL	Lu	W	H	C	WL (m)
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

Explanation of core-drill hole log

Log

ROD: & CL: Core losses (%)

Lugeon value

Core evaluation

Lg	ROD CL	Lu	W	H	C	WL (m)
0						
1		3.5	2	2	3	
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

Water level in drillhole during drilling

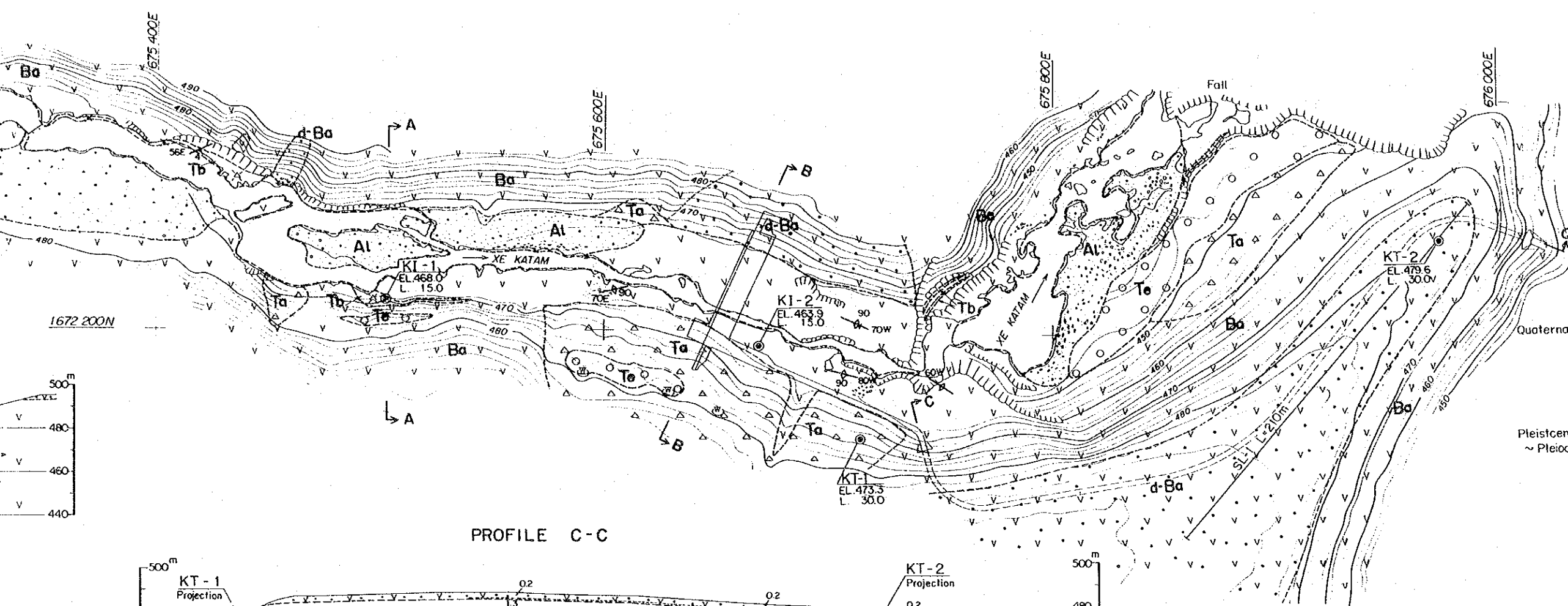
Ground water level

W: Weathering
1: Fresh
5: Decomposed

H: Hardness
1: Hard
5: Soft

C: Core length
1: Stick
5: Grain

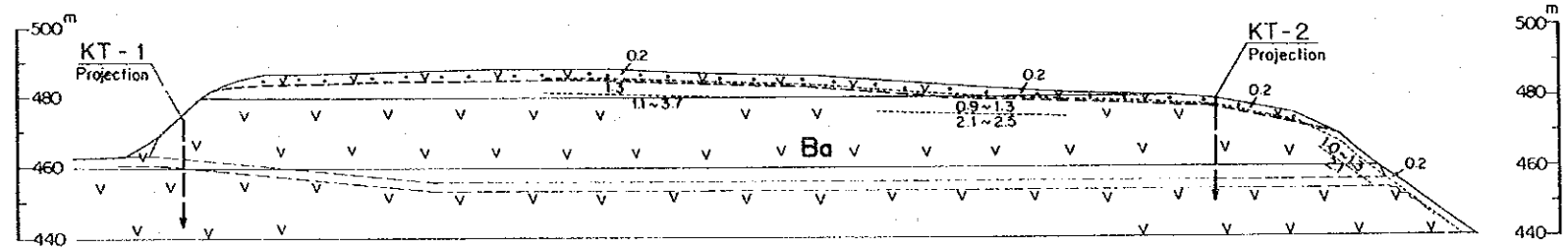
△ Talus deposit
○ Terrace deposit
V Decomposed basaltic lava
v Basaltic lava
X Autobrecciated lava



LEGEND

- Al Alluvial deposit
- Ta Talus deposit
- Te Terrace deposit
- d-Ba Decomposed basaltic lava
- Ba Basaltic lava
- Tb Autobrecciated lava
- Geologic boundary (Confirmed)
- Geologic boundary (Assumed)
- 60° Strike and dip of stratum
- 70° 60° Strike and dip of flow structure
- Spring
- KT-1 Drill hole (EL: Elevation in m, L: Length in m)
- SL-2 Seismic prospecting traverse (Length in m)
- 0.2, 1.3, 2.1, 2.3 Seismic primary wave velocity (in km/sec) and boundary

PROFILE C-C



KT - 1
EL. 473.3 m
L. 30.0 m

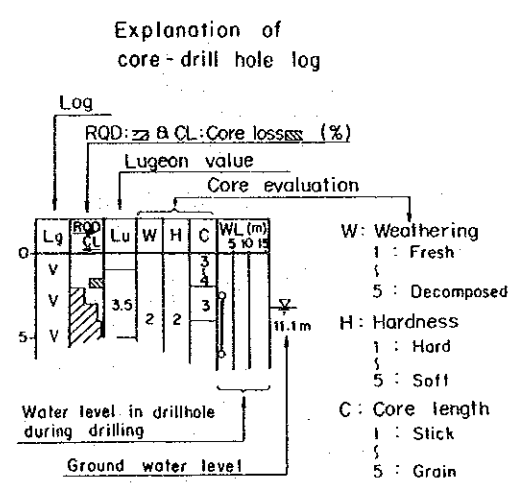
Lg	W	H	C	WL (m)
0	3	3	2	0
1	3	3	2	0
2	3	3	2	0
3	3	3	2	0
4	3	3	2	0
5	3	3	2	0
6	3	3	2	0
7	3	3	2	0
8	3	3	2	0
9	3	3	2	0
10	3	3	2	0
11	3	3	2	0
12	3	3	2	0
13	3	3	2	0
14	3	3	2	0
15	3	3	2	0
16	3	3	2	0
17	3	3	2	0
18	3	3	2	0
19	3	3	2	0
20	3	3	2	0
21	3	3	2	0
22	3	3	2	0
23	3	3	2	0
24	3	3	2	0
25	3	3	2	0
26	3	3	2	0
27	3	3	2	0
28	3	3	2	0
29	3	3	2	0
30	3	3	2	0

Water level: 6.5m

KT - 2
EL. 479.6 m
L. 30.0 m

Lg	W	H	C	WL (m)
0	5	5	5	0
1	5	5	5	0
2	5	5	5	0
3	5	5	5	0
4	5	5	5	0
5	5	5	5	0
6	5	5	5	0
7	5	5	5	0
8	5	5	5	0
9	5	5	5	0
10	5	5	5	0
11	5	5	5	0
12	5	5	5	0
13	5	5	5	0
14	5	5	5	0
15	5	5	5	0
16	5	5	5	0
17	5	5	5	0
18	5	5	5	0
19	5	5	5	0
20	5	5	5	0
21	5	5	5	0
22	5	5	5	0
23	5	5	5	0
24	5	5	5	0
25	5	5	5	0
26	5	5	5	0
27	5	5	5	0
28	5	5	5	0
29	5	5	5	0
30	5	5	5	0

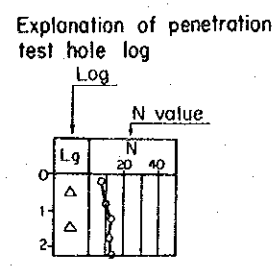
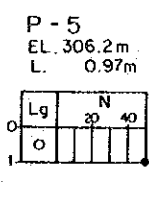
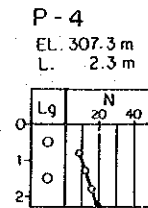
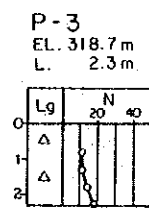
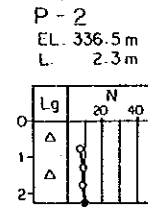
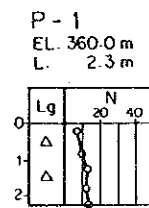
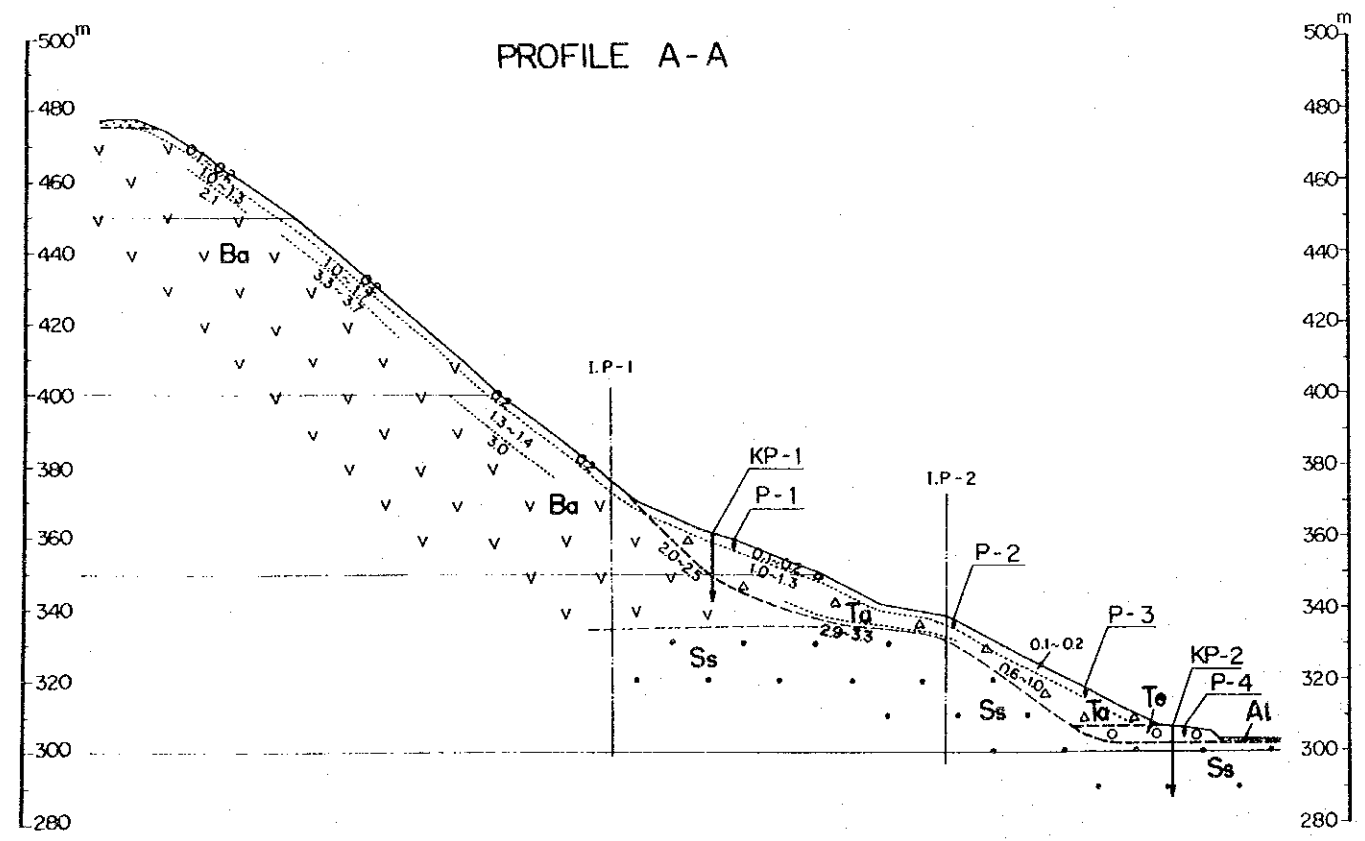
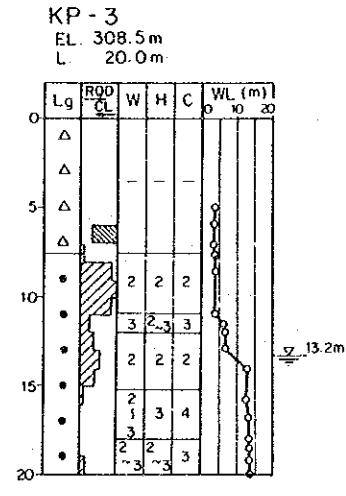
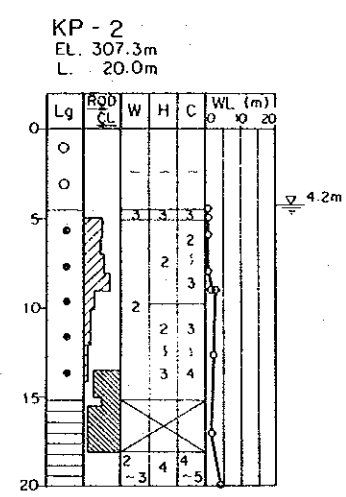
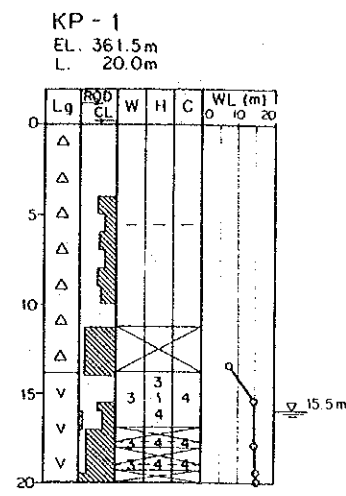
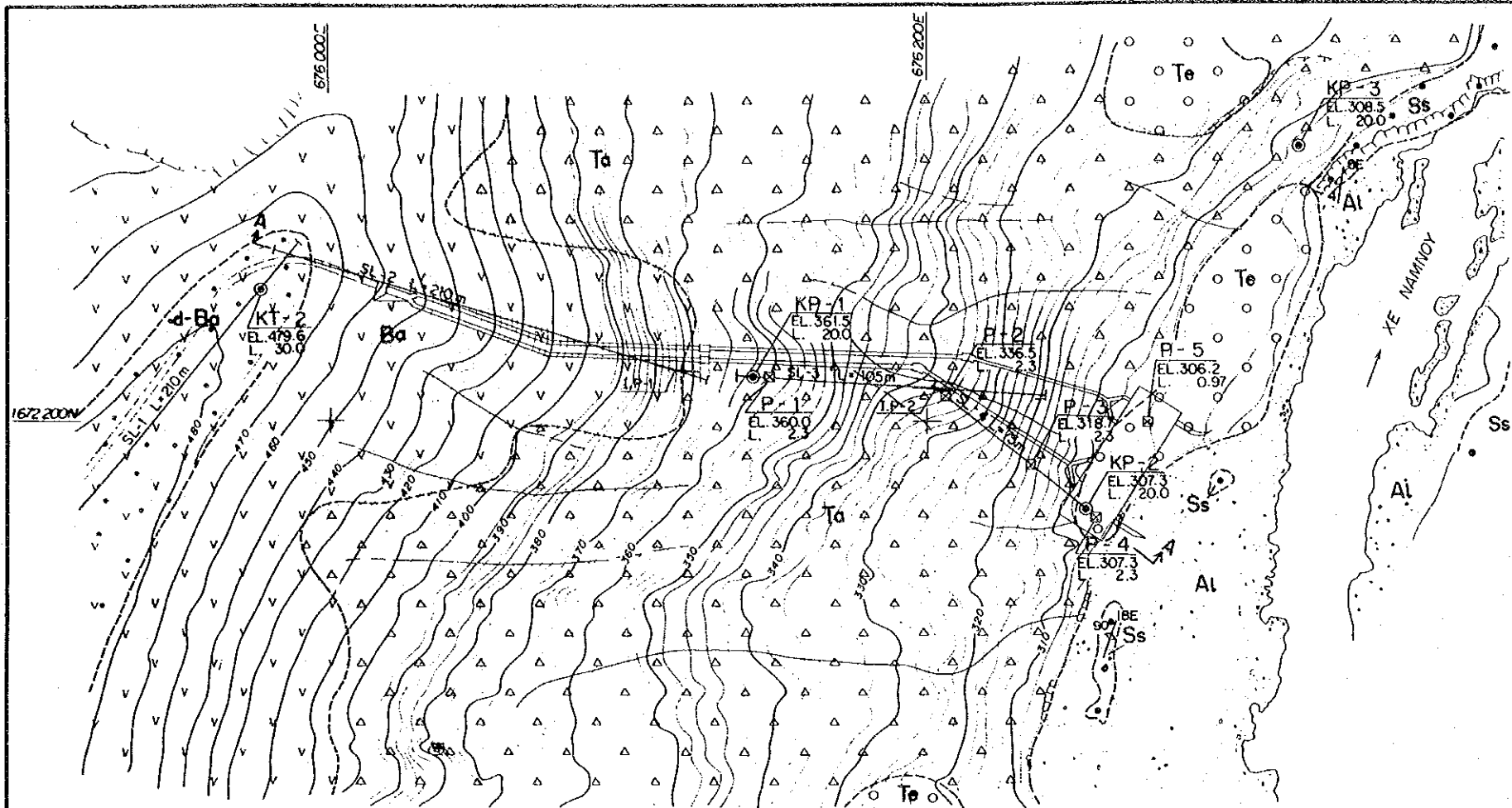
Water level: 28.2m



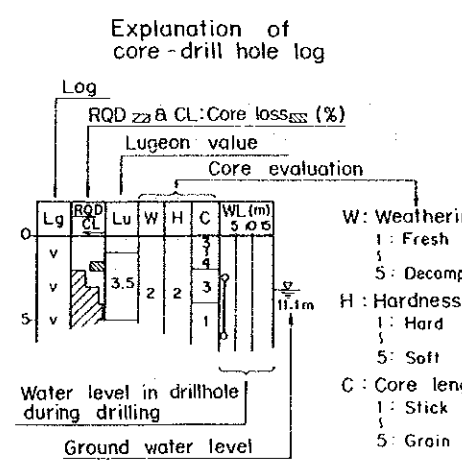
XE KATAM SMALL - SCALE HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL PLAN AND PROFILE OF PLAN E (INTAKE DAM, HEADRACE)

Fig. III-2-2

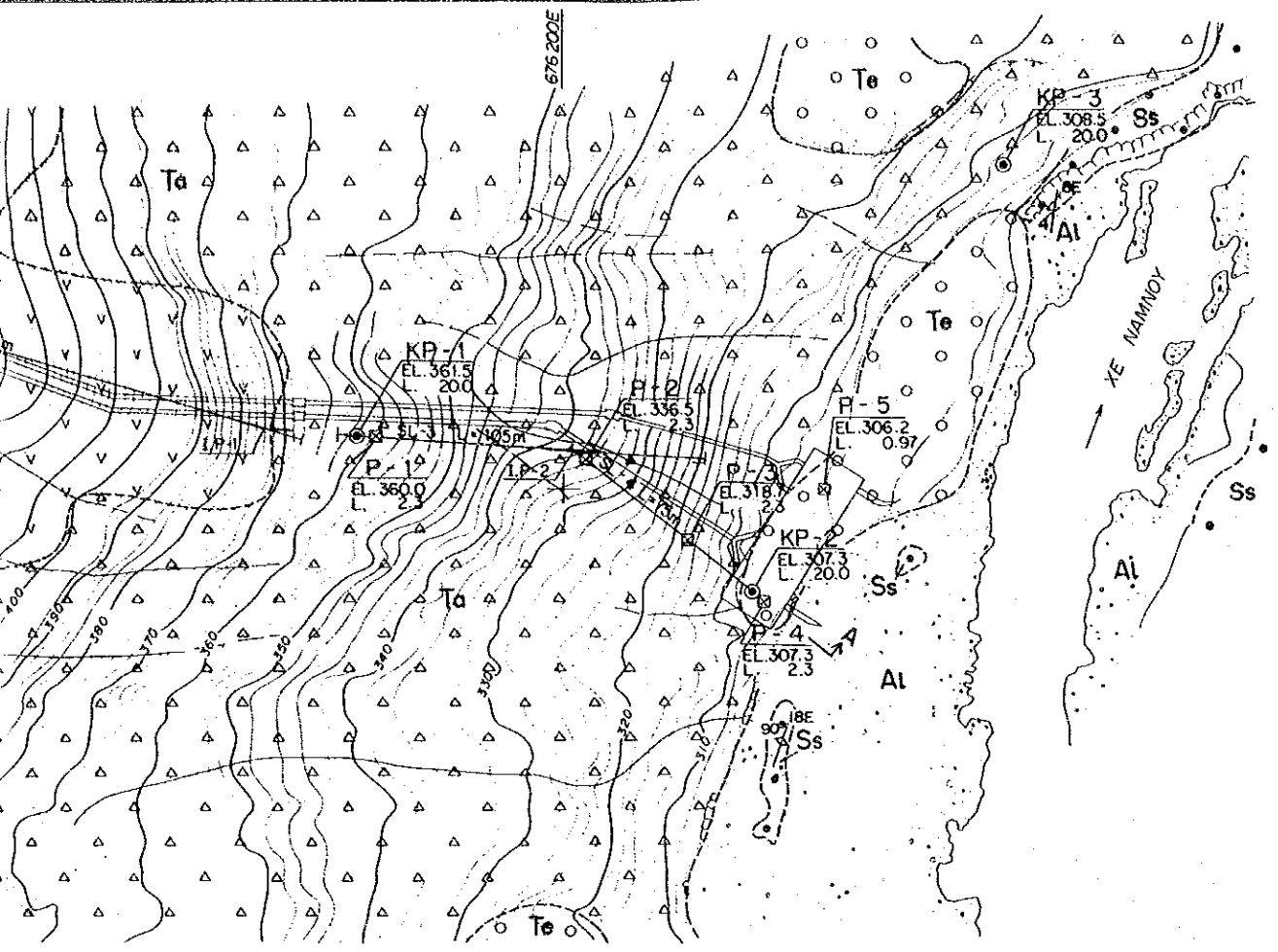


- Δ Talus deposit
- Terrace deposit



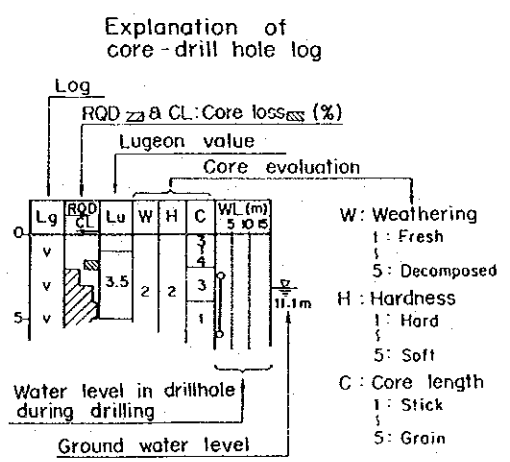
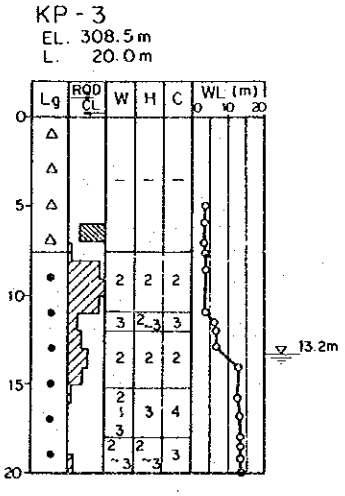
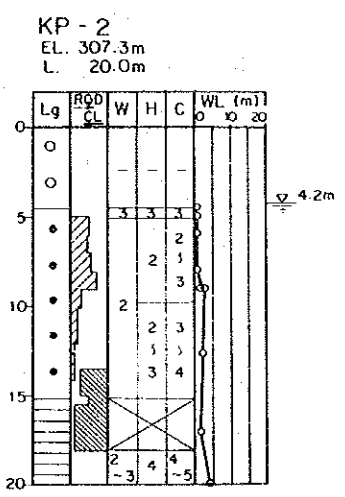
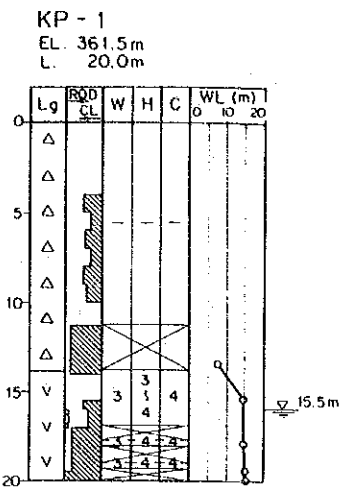
- Δ Talus deposit
- Terrace deposit
- v Basaltic lava
- Sandstone
- ▬ Mudstone

- Quaternary
- Pleistocene ~ Pleiocene
- Cretaceous ~ Jura

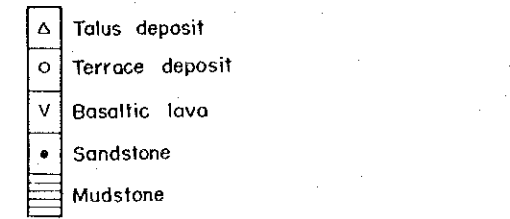
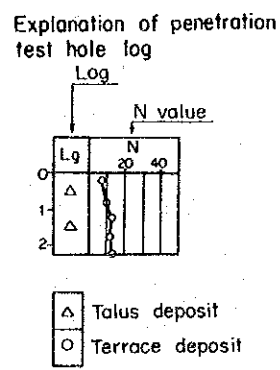
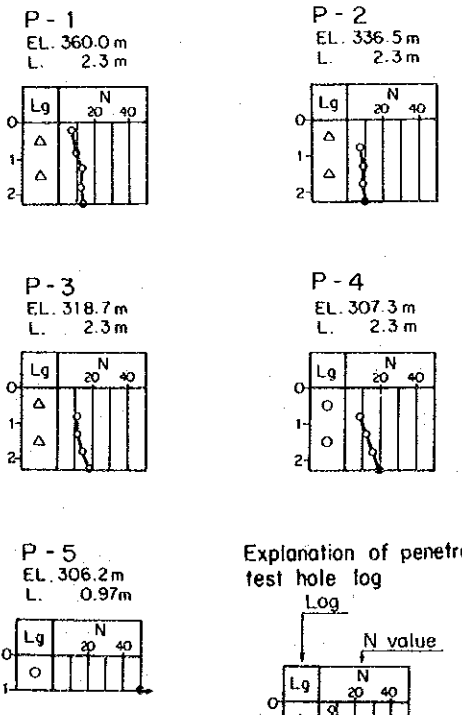
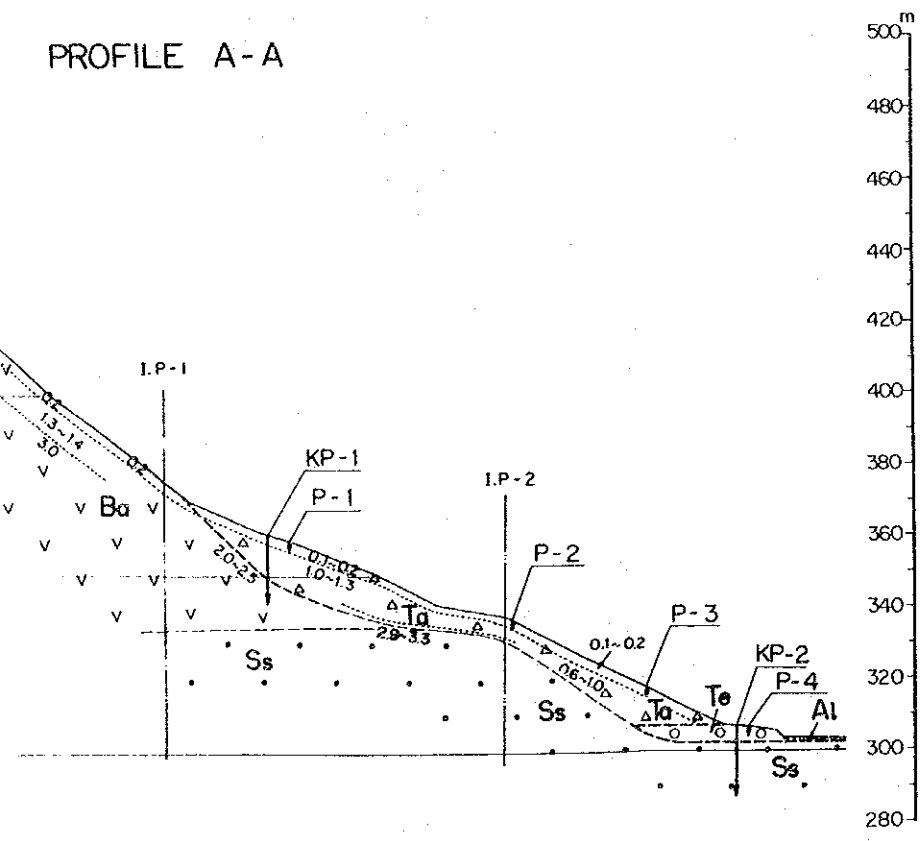


LEGEND

- Al Alluvial deposit
- Ta Talus deposit
- Te Terrace deposit
- Ba Decomposed basaltic lava
- Ba Basaltic lava
- Ss Sandstone (Champa formation)
- Geologic boundary (Confirmed)
- - - Geologic boundary (Assumed)
- 4 60W Strike and dip of stratum
- 70 60W Strike and dip of joint
- U Gully
- W Spring
- KP-1
EL
L Drill hole
(EL : Elevation in m)
(L : Length in m)
- SL-2 Seismic prospecting traverse
(Length in m)
- P-1
EL
L Standard penetration test hole
(EL : Elevation in m)
(L : Length in m)
- 0.2
10-13 Seismic primary wave velocity (in km/sec)
and boundary



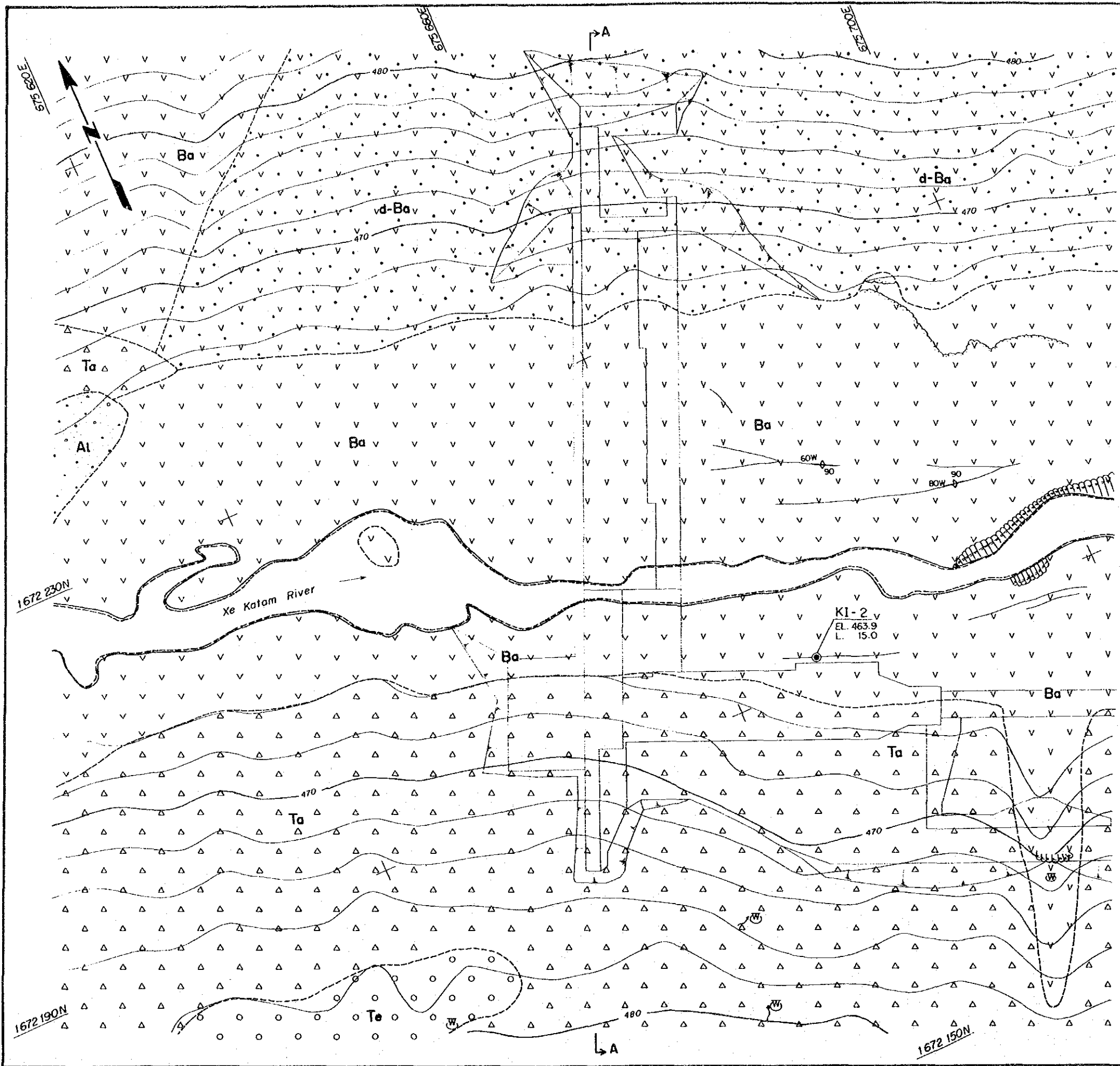
PROFILE A-A



XE KATAM SMALL - SCALE HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL PLAN AND PROFILE OF PLAN E (PENSTOCK, POWERHOUSE)

Fig. III - 2 - 3



LEGEND

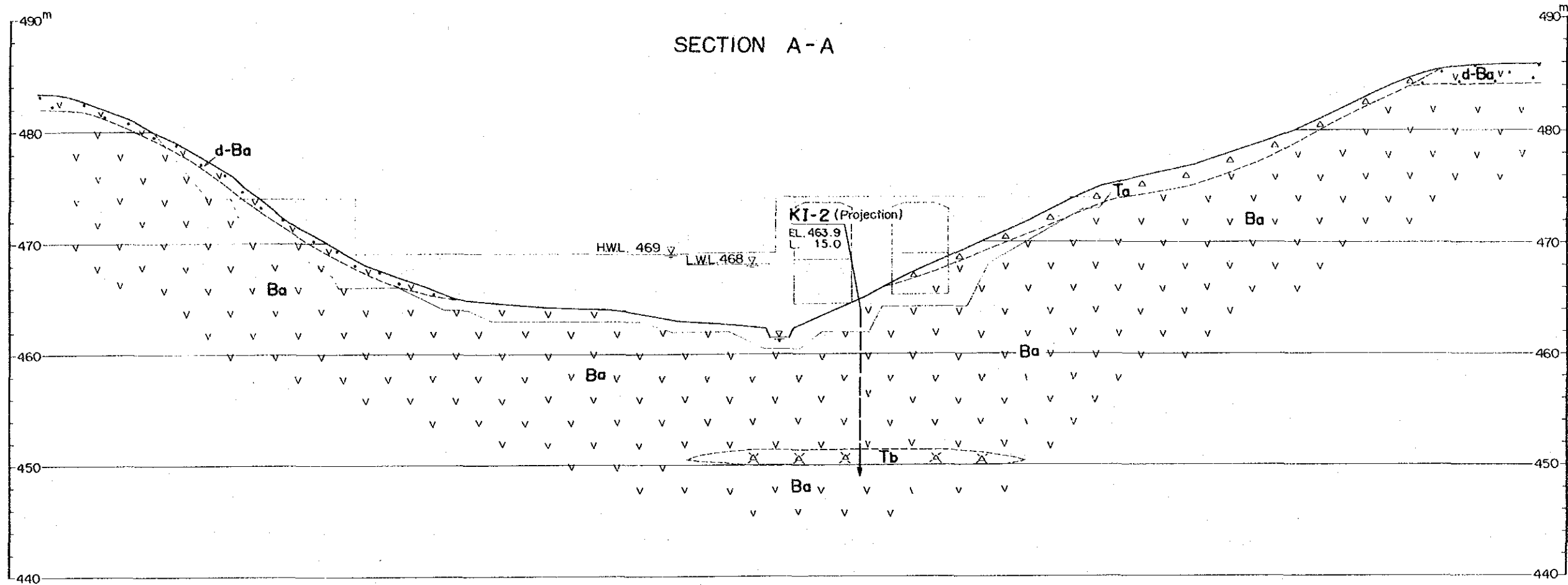
- Quaternary
 - Al Alluvial deposit
 - Ta Talus deposit
 - Te Terrace deposit
- Pleistocene
~ Pleiocene
 - d-Ba Decomposed basaltic lava
 - Ba Basaltic lava
- Geologic boundary (Confirmed)
- Geologic boundary (Assumed)
- Strike and dip of stratum (e.g., 60W)
- Strike and dip of flow structure (e.g., 70/60W)
- Outcrop
- Spring
- Drill hole (KI-2)
(EL.: Elevation in m)
(L.: Length in m)



XE KATAM SMALL - SCALE
HYDROELECTRIC POWER
DEVELOPMENT PROJECT

**GEOLOGICAL PLAN
OF
PLAN E
(INTAKE DAM)**

Fig. III-2-4



LEGEND

- Quaternary
 - △ **Ta** Talus deposit
- Pleistocene
 - ▽ **d-Ba** Decomposed basaltic lava
 - ▽ **Ba** Basaltic lava
- Pliocene
 - X **Tb** Autobrecciated lava
- Geologic boundary (Confirmed)
- Geologic boundary (Assumed)

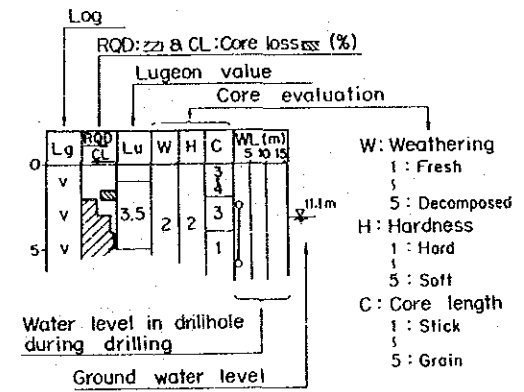
KI-2

EL. 463.9 m
L. 15.0 m

Lg	ROD CL	Lu	W	H	C	WL (m)
0					3	
					4	
		3.5			3	
			2	2	1	
5					1	
					2	
		5.5				
			3	3	2	
10					3	
			2	2	1	
		6.7				
			3	3	2	
15			4	3	3	

▽ 11.1m

Explanation of core-drill hole log



- W: Weathering
 - 1: Fresh
 - 5: Decomposed
- H: Hardness
 - 1: Hard
 - 5: Soft
- C: Core length
 - 1: Stick
 - 5: Grain



XE KATAM SMALL-SCALE
HYDROELECTRIC POWER
DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL SECTION
OF
PLAN E
(INTAKE DAM)

Fig. III-2-5

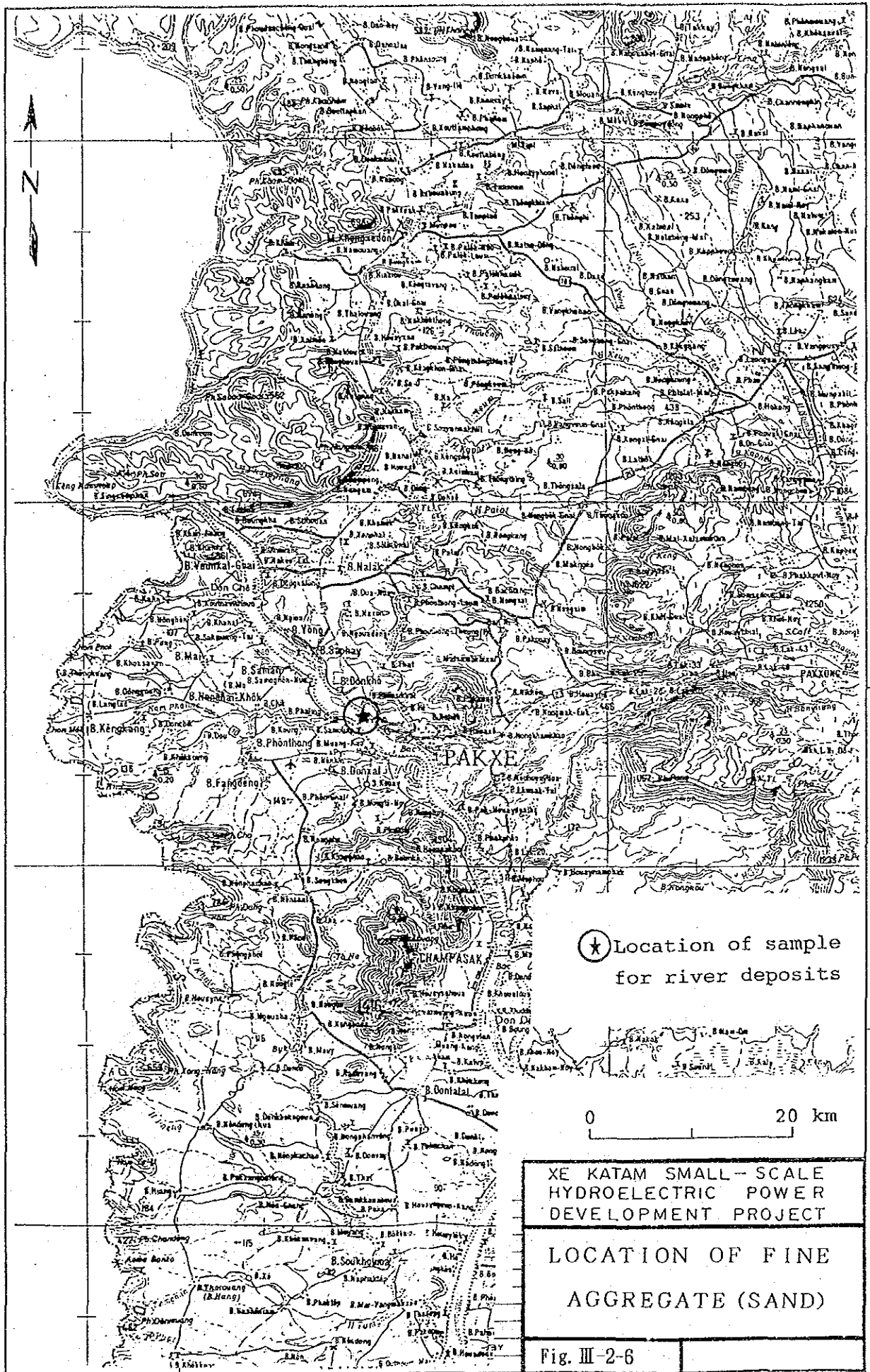


Table III-2-5 Quantity and Items of Laboratory Test for Concrete Aggregate

Sample No	Sampling location	Thin section	Specific gravity	Absorption	Unit weight	Grain-size analysis
① Basaltic lava	Lower Xe Katam River	1	1	—	2	2
② Sand	MeKong River (near Pakse)	—	1	1	1	1
Total		1	2	1	3	3

Sample	Organic impurities	Abration loss	Alkali-aggregate reaction	Flatness and slenderness test
① Basaltic Lava	1	1	1	1
② Sand	1	—	—	—
Total	2	1	1	1

Table III-2-6 Results of Laboratory Test for Concrete Aggregate

Sample No	Sampling location	Thin section	Specific gravity	Absorption (%)	Unit weight (kg/l)	Grain-size analysis
① Basaltic lava	Lower Xe Katam	Olivine basalt: Olivine plagioclase	2.96	—	1st. stage Loose :1.46 Rodded:1.48 2st. stage Loose :1.50 Rodded:1.68	} Show in Fig. III-2-7 ~ Fig. III-2-8
② Sand	Mekong River (near Pakse)	—	2.55	1.41	Loose :1.40 Rodded:1.52	} Show in Fig. III-2-9

Sample	Organic impurities	Abration loss (%)	Alkali-aggregate reaction	Flatness and slenderness test
① Basaltic lava	Organic Plate No 1	19.30	} Show in Fig. III-2-10	Flatness=1.28 ~ 1.57 slenderness=0.54 ~ 0.74
② Sand	Organic Plate No 2	—	—	—

Fig. III-2-7
 Grain-size Analysis (No. 1st Stage Crushing)

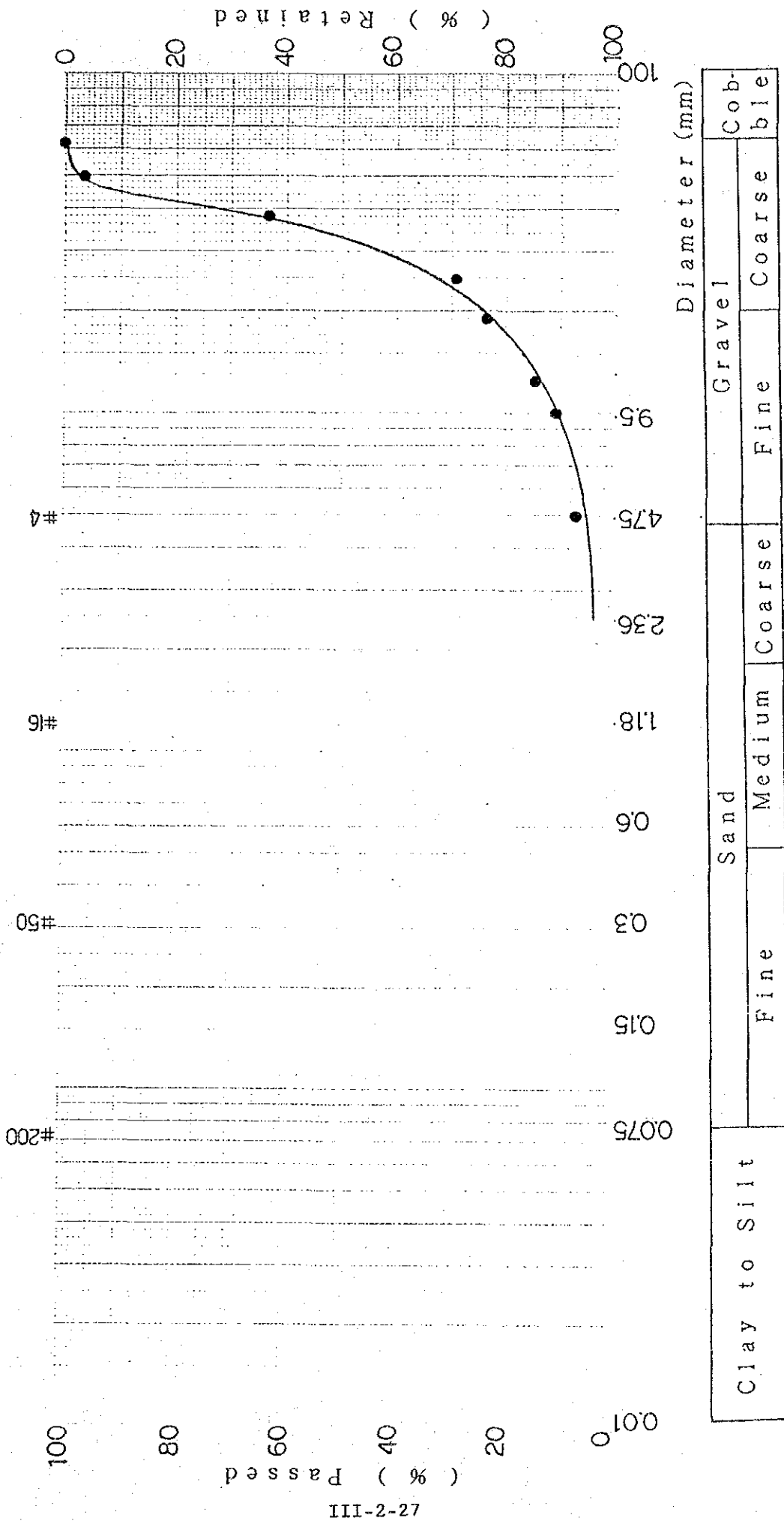


Fig. III-2-8
 Grain-size Analysis (No. 1: 2st Stage Crushing)

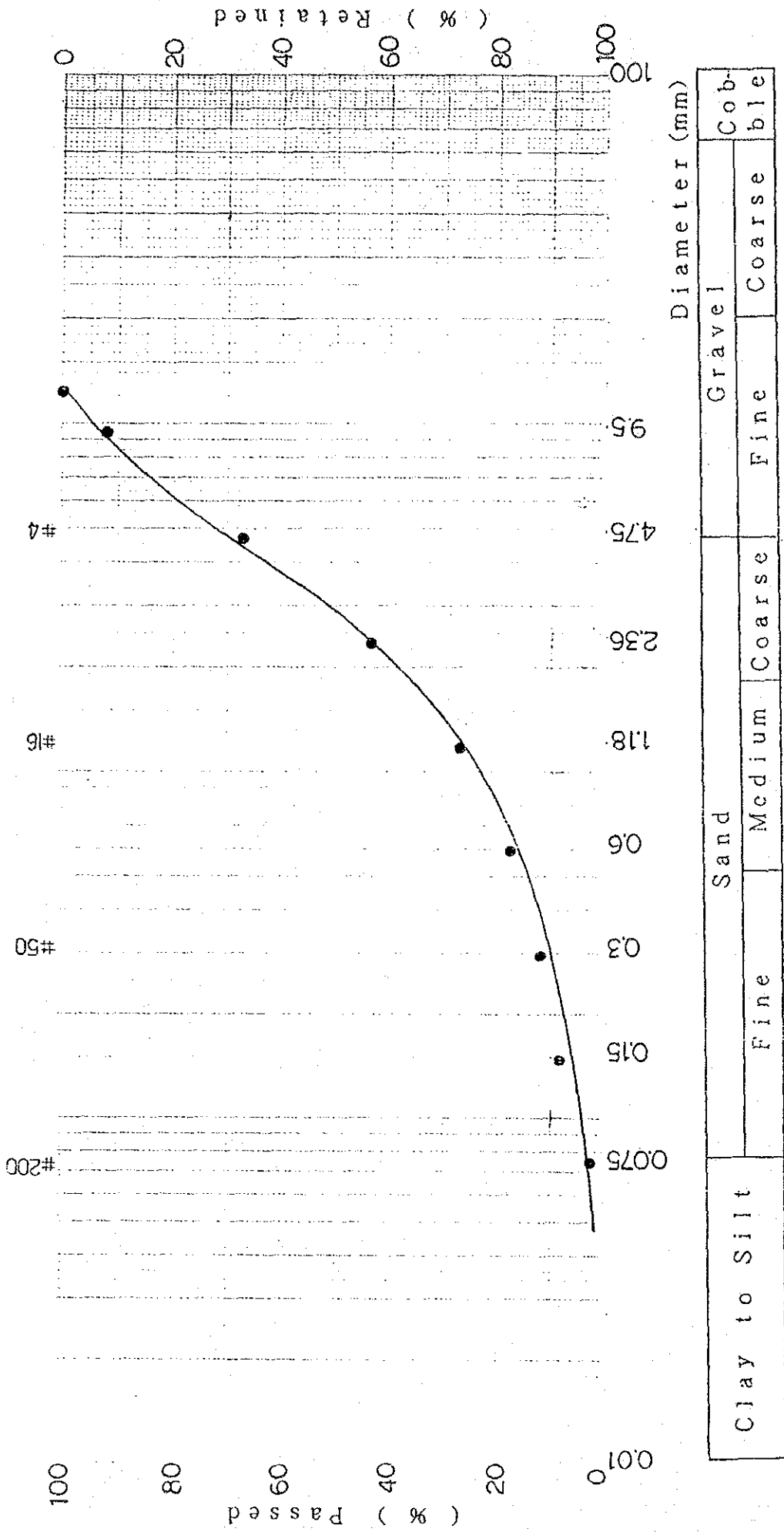
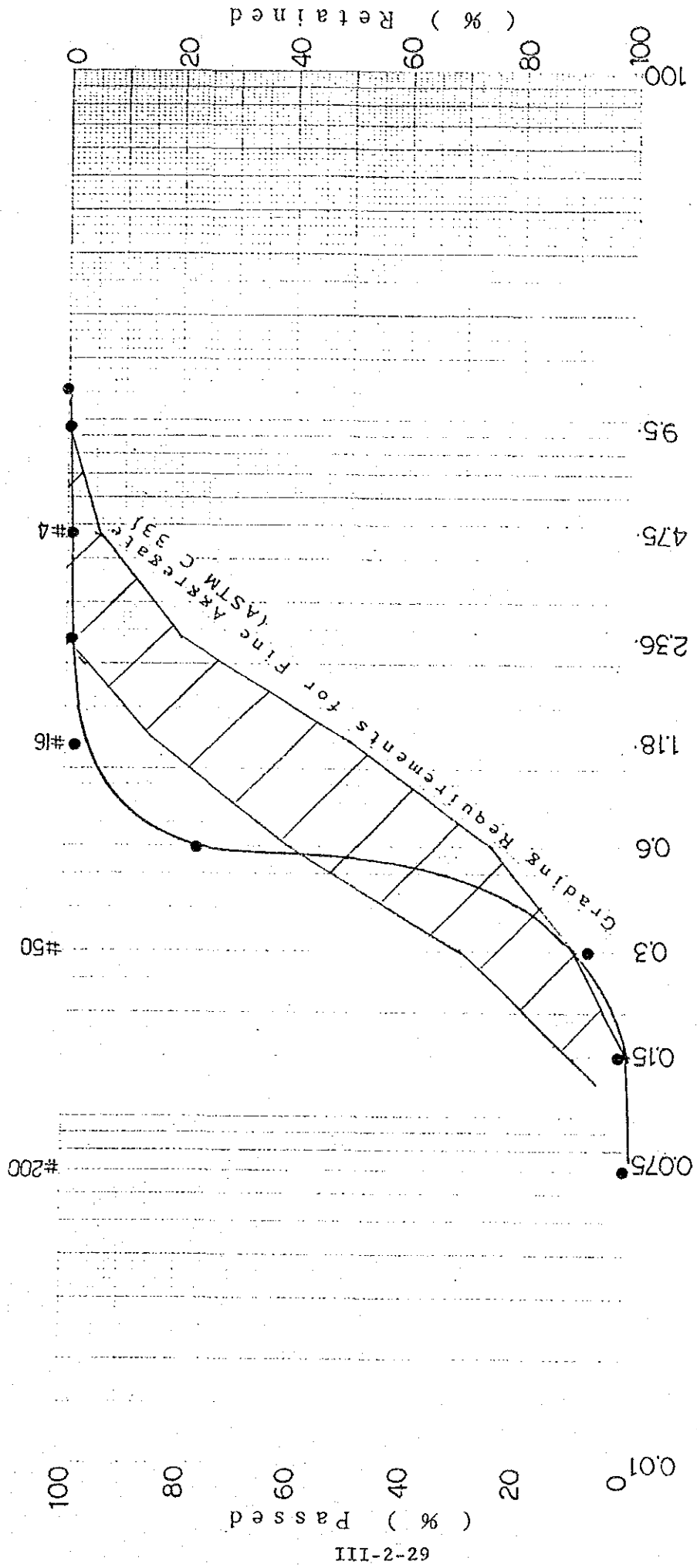


Fig. III-2-9
Grain-size Analysis (No. 2)



62-2-III

Diameter (mm)		
0.075	0.075	Clay to Silt
0.15	0.15	Fine
0.3	0.3	Medium
0.6	0.6	Coarse
1.18	1.18	Coarse
2.36	2.36	Coarse
4.75	4.75	Fine
9.5	9.5	Gravel
19	19	Coarse
37.5	37.5	Cobble

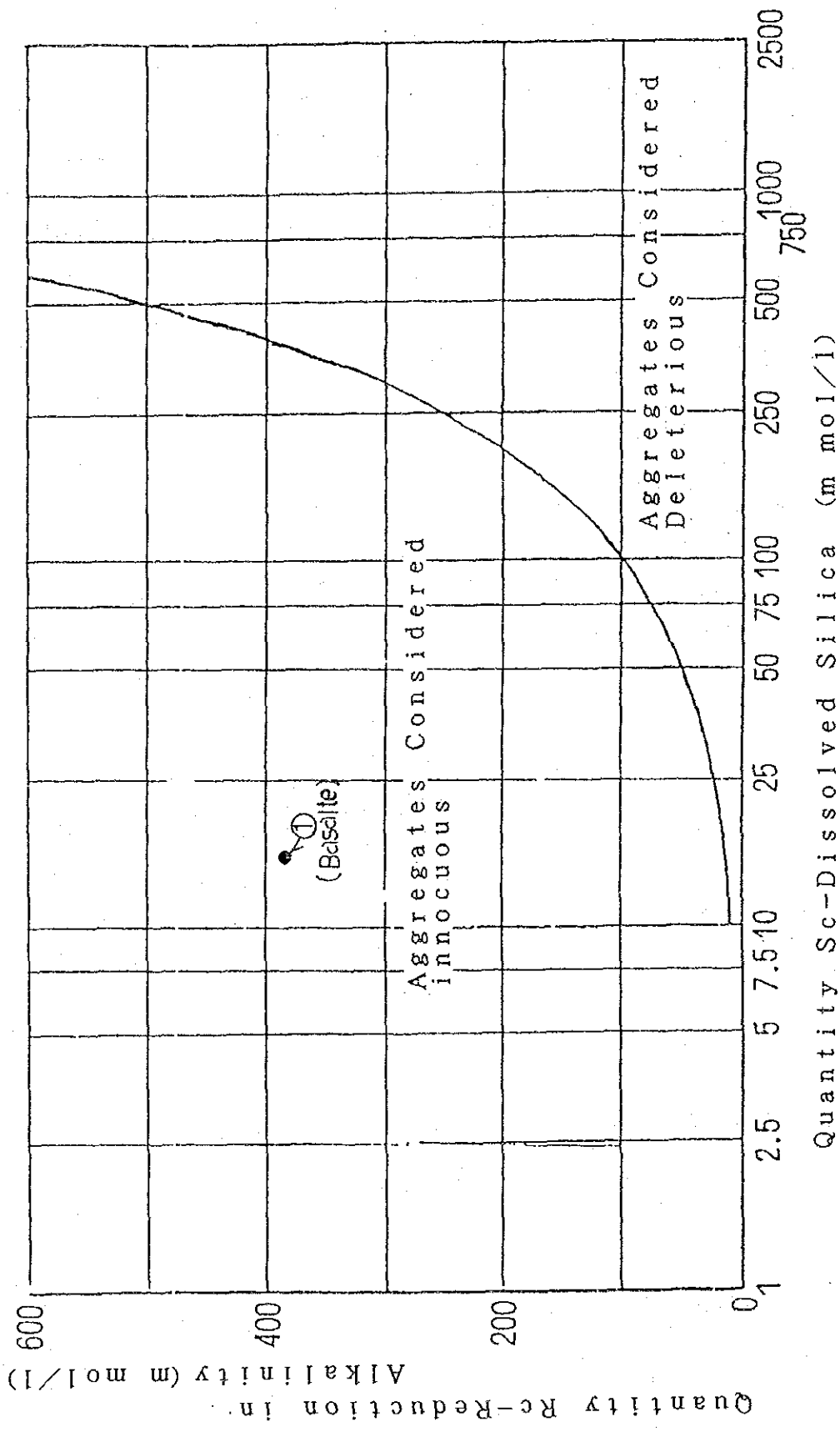


Fig. III-2-10 Result of Reduction in Alkalinity Test

2.5 地震

本項では、計画地域の地質構造、地震活動性、耐震設計に用いるべき設計震度の評価等について述べる。

2.5.1 ラオスの地質構造

(1) 地質構造

インドシナ半島は、古生代初期の変成岩類を最古とし、その回りに Fig. III-2-11 に示す3回の造山運動によって、その地質構造の骨格が形成された。最初の造山運動はヘルシニア造山運動であり、石炭期に活動した。計画地域はこのヘルシニア造山運動によって生じた陸域に属し、現在では主に計画地域東方のAnnam山脈にその当時形成された古い岩石をみることができる。ヘルシニア造山運動によって陸域化した地域周辺には、主に中生代の三畳期に活動したインドシナ造山運動によって生じた陸域が分布し、その後、さらにその回りに中生代の白亜紀から第四紀の間に活動したヒマラヤ造山運動によって生じた陸域が分布している。

インドシナ造山運動後、計画地域を含む Mekong 川に沿うラオスの西部地域は、一時浅海性の堆積物に覆われたが、その後大きな褶曲や変成作用を受けておらず、また活火山もない安定した地域といえる。

(2) 活構造

一方、プレートテクトニクス論から見るとインドシナ半島は、Fig. III-2-12 に示すようにユーラシアプレートに属し、その西方から南方をインドプレート、東方をフィリピン海プレートによって境されている。計画地点は、インドシナ半島を占めているユーラシアプレートのほぼ中央に位置し、インドプレートおよびフィリピン海プレートと各々1,000km以上の距離を成している。一般に地震多発地域はプレートとプレートの境界付近であることが多く、プレートテクトニクス論的には、基本的に地震発生が少ない地域と考えることができる。

以上のように、計画地点およびその周辺は、地質構造的にインドシニア造山運動以後大きな地殻変動を受けていない安定した陸域に属す。またプレートテクトニクス論的には、地震発生が少ない地域であると推定される。

2.5.2 地震活動性

1964年から1982年の間に発生したマグニチュード(M) 4以上の世界の地震分布をFig. III-2-13に示す。また、計画地点を中心とし、半径1000km以内の1981年から1988年に発生した地震分布をFig. III-2-14に示す。

Fig. III-2-13 および、Fig. III-2-14 より、計画地域は地震活動の低い地域の一つと判断される。

2.5.3 地震危険度の推定と設計震度

(1) 計画地点における最大加速度の推定

設計震度を決定するために、計画地点における地表面の最大加速度の予測評価を実施した。この予測評価に使用した地震資料は、Fig. III-2-14で示した地震の中から計画地域の半径1000km以内のM6以上のすべての地震、および半径500km以内のすべての地震とした。リストアップした地震をTable III-2-7に示す。

予測評価に使用した距離減衰式は、すでに提案されているものの中から下記の2つの式を用いた。

なお、式中の“A”は最大加速度(gal)、“M”は地震のマグニチュード、“R”は震源距離(km)を示す。

$$\text{Log } A = 2.674 + 0.278 M - 1.301 \text{ Log } (R+25) \quad \text{..... ①}$$

proposed by R. K. McGuire

$$\text{Log } A = 2.041 + 0.347 M - 1.6 \text{ Log } R \quad \text{..... ②}$$

proposed by L. Esteva and E. Rosenblueth

①式は、軟弱地盤から硬質岩盤までの地盤表面で記録された地震資料に基づき提案された式である。

②式は硬質地盤上のものを岩盤表面上に修正した式である。

上記の2つの距離減衰式による計算結果は、Table III-2-7に示す通りである。

Table III-2-7に示した計算結果では、計画地域で推定される地表面の最大加速度は最大で9.46galであった。

(2) 確率統計論的手法による地震危険度評価

任意の再来周期に対する最大加速度は、Gumbelの極値統計理論に基づき、第三漸近分布を適用して求めることができる。再来周期200年に対する最大加速度の予測コンターをFig. III-2-15に示す。ここで使用した地震資料は、NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 提供の地震データの中から、インドシナ半島全域を含む東経85°～125°、南緯5°～北緯35°の範囲に震源を有する1901年～1977年のデータを使用している。

Fig. III-2-15から計画地域は、再来周期200年に対する最大加速度が20gal以下の地域に属することが理解できる。

(3) 設計震度

地震動の最大加速度と設計震度の関係については、確立された理論はいまのところないが、地震動の最大加速度を設計震度に変換する方法として、以下の式が一般に良く適用されている。

$$\alpha_{\text{eff}} = R \times A_{\text{max}} / 980$$

α_{eff} : 有効設計震度

R : 低減係数(低減係数は、これまでの研究では0.5～0.65程度の値が用いられている。

歴史地震に基づく地震危険度評価の結果、本計画地点で想定される地震動の最大加速度は、せいぜい20galであると推定された。

設計震度は、この結果から推定すれば、

$$\alpha_{\text{eff}} = (0.5 \sim 0.65) \times 20 / 980 \approx 0.02$$

となる。

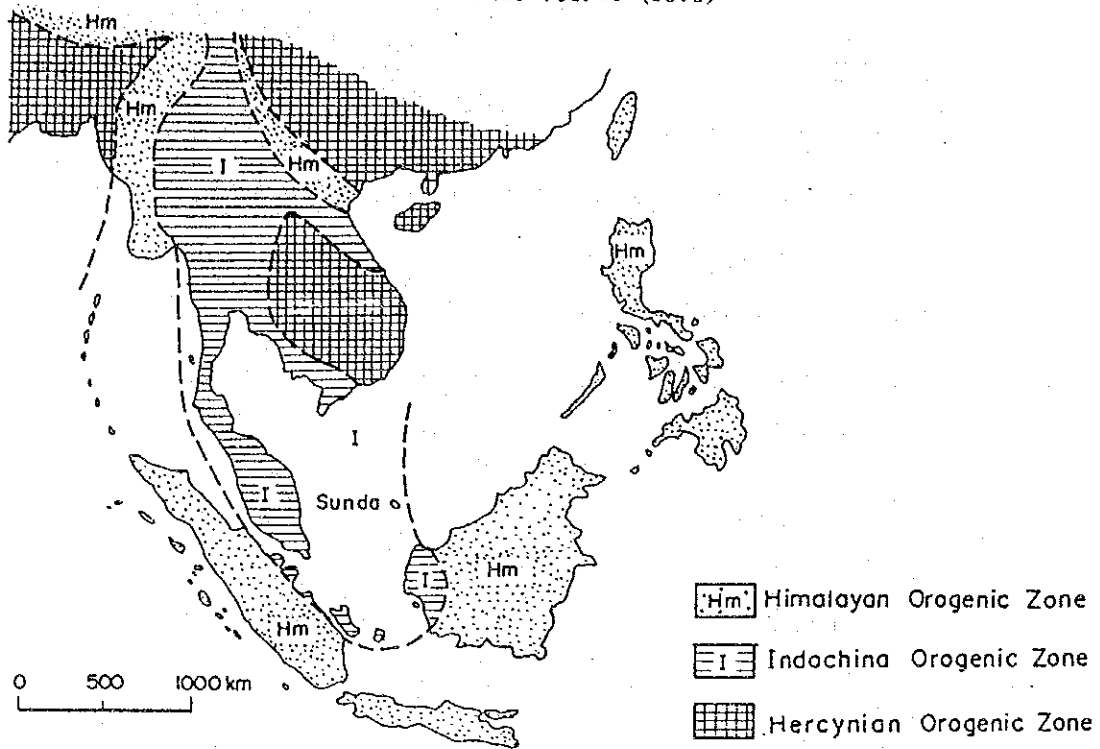


Fig. III-2-11 General Geological Structure of Southeast Asia

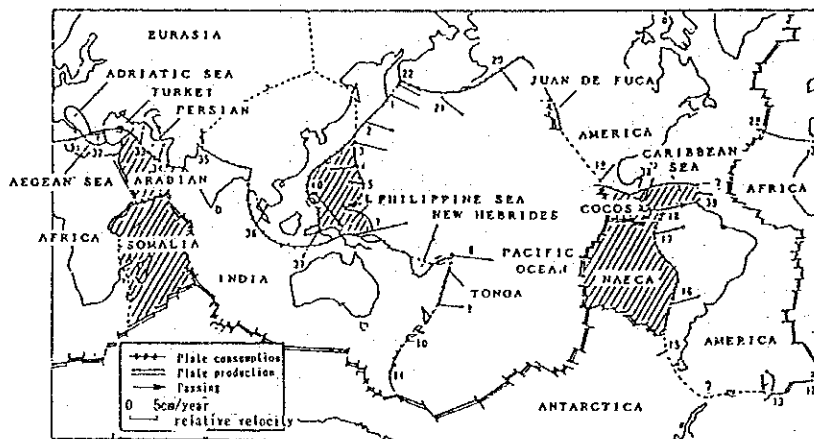


Fig. III-2-12 Distribution of Major Tectonic Plates on the Earth and Plate Boundaries

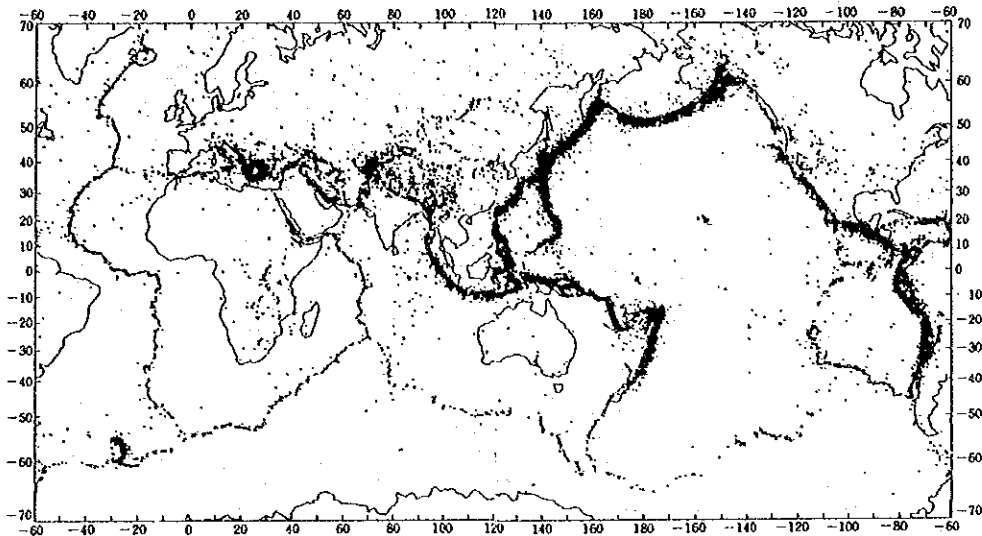


Fig. III-2-13 Epicenters of Earthquakes of Magnitude : $M \geq 4$ and Focal Depth : $H \leq 100$ km which Occurred during the Period from 1964 to 1982 in the World

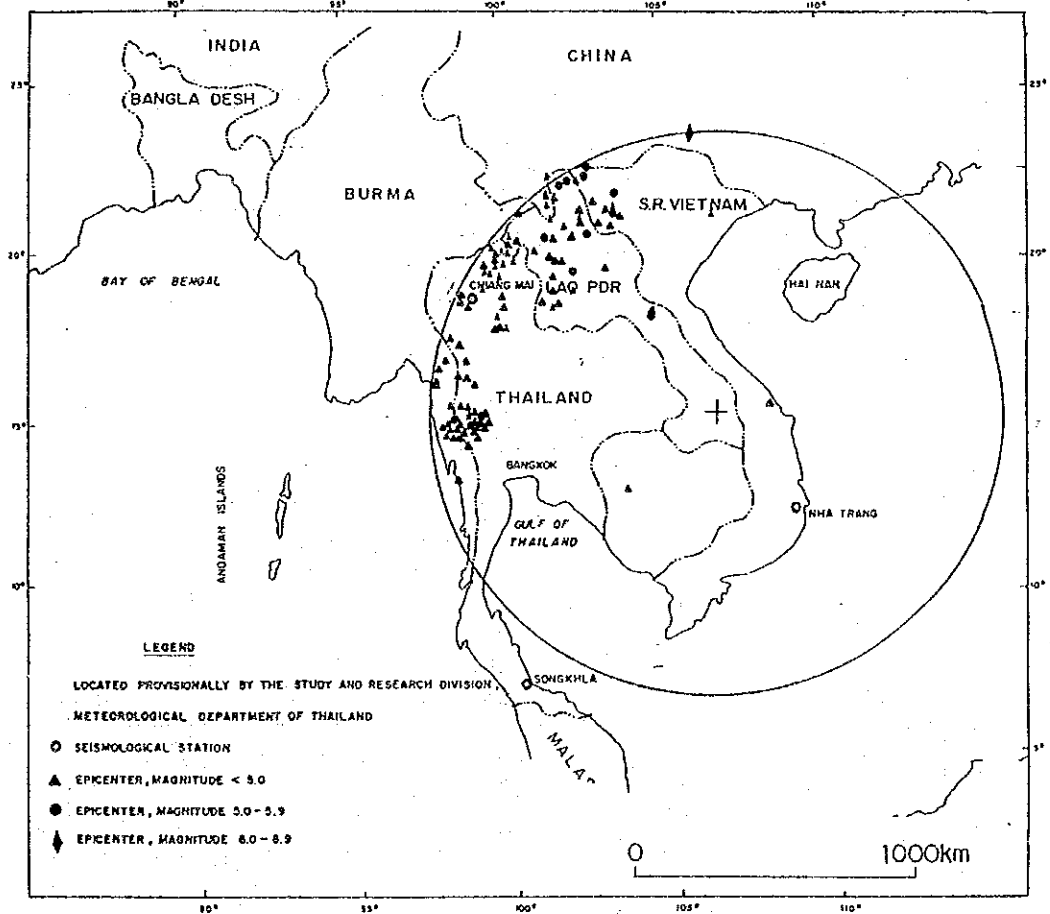


Fig. III-2-14 Seismicity Around the Project Site during 1981 - 1988, and $< 1,000$ km

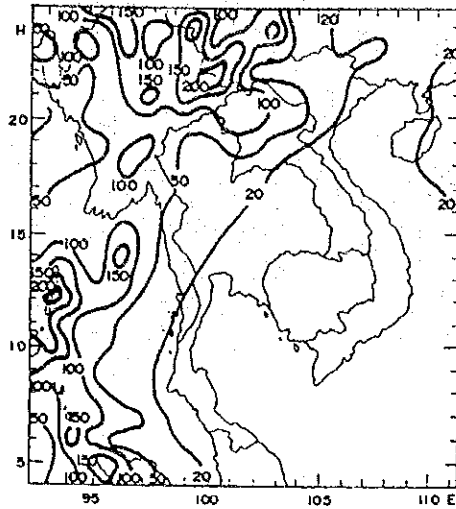


Fig. III-2-15 Seismic Risk Map in and around Thailand
 Amax for Return Period $T_r = 200$ Years.

— EPDC (1989) to be arranged
 NOAA data(1901-1987)—

Table III-2-7 Representative Earthquakes in the Vicinity of the Project Site

Date	Epicenter	Magnitude	Location and distance from site	Estimates of Maximum Acceleration at the Site(gal)	
				Equation ① (Mcguire)	Equation ② (Esteva and Rosenblueth)
1982 2. 18	18. 3N 104. 7E	4. 5	Lao PDR 440km	2. 85	0. 24
1982 10. 27	23. 5N 106. 0E	6. 2	China 1000km	3. 02	0. 25
1983 12. 15	13. 0N 103. 8E	4. 6	Kampuchea 400km	3. 41	0. 30
1984 3. 22	15. 5N 108. 2E	4. 9	Viet Nam 200km	9. 46	1. 15
1985 10. 18	18. 1N 104. 7E	5. 3	Lao PDR 400km	5. 35	0. 52

2.6 まとめ

第2節では、Xe Katamトンネル案(E)の土木地質状況およびコンクリート用骨材、地震についてとりまとめた結果を記述している。以下にその結果概要を記述する。

2.6.1 Xe Katamトンネル案(E)

- ・本案の取水ダムは、上流案(B-U)と下流案(B-D)の2案が検討されており、基盤岩として新鮮堅硬な玄武岩溶岩、自破碎溶岩が分布している。これらの計画地点では、玄武岩溶岩、自破碎溶岩の性状および透水性を把握するために各1孔ずつ15mの調査ボーリングが実施されている。

地表地質調査や調査ボーリングによると、上流案(B-U)、下流案(B-D)共に基盤岩の玄武岩溶岩中には、厚さ1m前後の自破碎溶岩が挟在されている。玄武岩溶岩および自破碎溶岩のルジオン値は1.1~7.5を示し、下位で透水性がやや高い。また、孔内水位は深度約10mまでの掘削で0.3m~3.4m、深度15mまでの掘削で約11mであり、深部で地下水位が低下した。

以上のように、各取水ダム地点の基礎岩盤は、高さ数mの取水ダムとしてその地耐力については問題はないと思われる。しかし、河床より削孔したボーリング孔の掘削深度と孔内水位の関係を見ると、深度10m以深で透水性の高いゾーン(自破碎溶岩の分布が主因と考えられる)があり、今後、透水性等について詳しく調査する必要があると思われる。

- ・導水路トンネルは、全長約340m、最大被りは約30mで、全区間玄武岩溶岩中を通過する。導水路トンネルの終端付近で実施された調査ボーリングによると、玄武岩溶岩は深度23m程度まで風化が進んでおり、導水路トンネルは、この風化した玄武岩溶岩の下位を通過すると推定されるが、被りが薄いため導水路トンネルの掘削には充分注意を要する。
- ・水圧管路ルートの上部約130m間の斜面には、風化した玄武岩溶岩が分布し、それより下部の約140m間の斜面には、崖錐堆積物が分布している。水圧管路ルートでは、崖錐堆積物の厚さとN値を調べるためにボーリング孔および、標準貫入試験が実施された。また玄武岩溶岩、崖錐堆積物の弾性波速度および、その厚さを推定するために弾性波探査が実施された。

玄武岩溶岩の弾性波速度(V_p)は、深度 2m 以深で 1km/sec以上であり、崖錐堆積物の V_p は深度1.6m以深で0.7km/sec以上であった。また、ボーリングや弾性波探査結果から判断すると、崖錐堆積物の厚さは6m~14mであると推定される。この崖錐堆積物の平均のN値は11である。

以上のように、水圧管路ルートの上部約130m間の斜面表層には、風化した玄武岩溶岩が分布しているが、多少地盤を掘削することによって比較的新鮮な岩盤が現れると推定される。一方、下部の約140m間の斜面には、N値が11程度の崖錐堆積物が薄い箇所でも6m前後で分布すると推定されるため、設計にはこれらの地質状況を充分反映する必要がある。

- ・発電所地点には、広く段丘堆積物が分布している。地表踏査およびボーリング孔等の結果によると、段丘堆積物の厚さは3.5~5m前後であり、N値は8~50以上であった。段丘堆積物の下位には堅硬な砂岩が分布しており、発電所は砂岩の上に岩着されることが望まれる。

2.6.2 コンクリート用骨材

地表踏査結果によると、コンクリート用骨材として、本計画地域内でそのまま大量に使用可能な天然骨材は見当たらない。そのため、計画地域の基盤岩として分布する玄武岩溶岩、および主に玄武岩溶岩よりなる河床礫 および、Pakse近郊のMekong河の砂を採取して、骨材に適用可能かの試験を実施した。

玄武岩溶岩、砂の比重、すりへり試験などの結果は、砂の粒度に偏りがある以外は良好であった。砂については、碎石された玄武岩溶岩と粒度調整をすることによって、玄武岩溶岩と同様使用可能であると判断される。

2.6.3 地震

計画地域は、地質構造的に安定した陸塊に属し、また実際に発生した地震も少ない地域である。

水平設計震度としては、様々な地震データの内、最も計画地域に影響を与えるものを採用して評価した。その結果、水平設計震度は0.02程度と評価すれば良いと推定される。

3. 気象及び水文

第Ⅲ章 3. 気象および水文

目 次

	頁
3.1 Xe Katam川流域の気象および水文の概要	Ⅲ-3-1
3.1.1 流域の概況	Ⅲ-3-1
3.1.2 流域の降水量	Ⅲ-3-1
3.1.3 河川流量	Ⅲ-3-2
3.1.4 一般気象	Ⅲ-3-3
3.2 ダムサイト流量の算定	Ⅲ-3-7
3.2.1 流量算定手順	Ⅲ-3-7
3.2.2 Xe Katam川での観測流量	Ⅲ-3-7
3.2.3 流出解析に用いる降雨量資料	Ⅲ-3-9
3.2.4 流出解析に用いる蒸発量資料	Ⅲ-3-12
3.2.5 Xe Katam川流域の流出モデル	Ⅲ-3-12
3.2.6 流量算定結果	Ⅲ-3-13
3.3 計画地点の洪水量算定	Ⅲ-3-14
3.3.1 確率洪水量の算定方法	Ⅲ-3-14
3.3.2 確率洪水量の算定	Ⅲ-3-14
3.4 計画地点の堆砂量算定	Ⅲ-3-19
3.4.1 Xe Katam川流域の堆砂成分供給源の概況	Ⅲ-3-19
3.4.2 Xe Katam川の掃流力	Ⅲ-3-20
3.4.3 堆砂成分流入量の推定	Ⅲ-3-20

List of Figures

Fig. III-3-1	XE KATAM PROJECT BASIN AND XE SET PROJECT BASIN
Fig. III-3-2	Area-Elevation Curve of Xe Katam Project Basin
Fig. III-3-3	Frequency of Surface Wind Direction at Nihon34 (1986)
Fig. III-3-4	Frequency of Surface Wind Direction at Paksong (1983-1987)
Fig. III-3-5	Rating Curve at Ban Nonghin Gauging Station
Fig. III-3-6	Sugawaras TANK MODEL applied to Xe Katam River Basin
Fig. III-3-7	Duration Curve of Calculated Discharge at Xe Katam Intake Site (1981-1990)
Fig. III-3-8	Frequency Analysis of the Annual Maximum Daily Rainfall Series at Nonghin Station
Fig. III-3-9	Covering Area of Existing Rainfall Stations in Bolaven Plateau
Fig. III-3-10	Area Average-Point Maximum Rainfall Ratio in Bolaven Plateau
Fig. III-3-11	River Flow Velocity Curve of Xe Katam River

List of Tables

Table III-3-1	Monthly Rainfall in Bolaven Plateau (1991)
Table III-3-2	Discharge Record at Xe Set Gauging Station
Table III-3-3	Monthly Temperature at Nihon34 and Pakse (1/2, 2/2)
Table III-3-4	Relative Humidity and Evaporation at Nihon34
Table III-3-5	Wind Velocity and Direction at Nihon34
Table III-3-6	Observed Discharge at Ban Nonghin G/S : 1991
Table III-3-7	Estimated Discharge at Xe Katam Damsite : 1991
Table III-3-8	Estimated Discharge at Xe Katam Intake Site (1981-1990)
Table III-3-9	Annual Maximum Daily Precipitation at Rainfall Stations in Bolaven Plateau
Table III-3-10	Maximum Daily Rainfall of each Rainfall Stations in Bolaven Plateau (during from Jan. to Jun. in 1991)

3. 気象および水文

3.1 Xe Katam川流域の気象および水文の概要

3.1.1 流域の概況

Xe Katam川はXe Namnoy川の主要支流の一つであり、その流域はBolaven高原の東南部に広がるXe Namnoy川流域の北西部分を占めている。その源流はBolaven高原の中央部に発し、南東に流下したのち、高原の東端でXe Namnoy川に合流する。

Xe Katam川の流域面積は約 300km²であり、上流域から中流域にかけては北部を除いてBolaven高原の中央部から続く比較的平坦な地形を成している。この平坦地域の植生はコーヒーや陸稲などの耕作地と草地または灌木林から成り、裸地のままとなっている部分は少ない。また、この地域の表土はラテライト化した細粒土であるが、その厚さは比較的薄いものと考えらる。これに対して、中上流域の北部および下流域は山岳地形を呈し、一部に焼畑耕作が行われる以外は、概ね広葉樹の原生林となっている。

Xe Katam川流域の範囲を Fig. III-3-1 に、標高と面積の関係を Fig. III-3-2 に示す。

また、Xe Katam川のXe Katam計画取水ダム地点での基本的諸元は以下に示す通りとなっている。

— 流域面積	290	km ²
— 河川延長	52	km
— 流域平均標高	1050	m

3.1.2 流域の降水量

第II章1.3項で述べたように、Xe Katam川流域内には既存の雨量観測所はなく、本調査の開始後に設置した2カ所の自記雨量計があるのみである。この観測所で得られた1991年の半年間のデータを同期間の近傍地点での観測データと比較した結果を Table III-3-1 に示す。観測の結果から、Xe Katam川流域の降雨量について以下の傾向が認められる。

- 1) 平均降雨量は流域の西部から東部へ向かって減少する。
- 2) 月雨量の相関は比較的高いが、降雨のピークには時間差があり、同時点での降雨範囲は比較的せまく、流域全体で強度の高い降雨が同時に発生する確率は小さいと考えられる。(Appendix-3 の日降雨量データ参照)

Mekong委員会の“LOWER MEKONG HYDROLOGIC YEARBOOK”に掲載されている等雨量曲線図によれば、Bolaven高原周辺地域の降雨分布の特性として、高原の中心部をピークにして周辺部に行くほど雨量が低減する傾向が見られ、上記 i) の傾向はこれと一致している。

年間の降雨量については、Xe Katam川流域内での長期間の観測データがないが、Xe Katam川流域の西側に位置するNonghin地点の観測データは1980年から1990年までの11か年間の平均降雨量で約2,800mmとなっている。Bolaven高原の降雨分布の傾向から見て、Xe Katam川流域の流域平均年間降雨量は2,800mmを下回っていると考えられ、Table III-3-1 に示した1991年の観測データ等の極限られた情報しかないものの、これによれば2,100mm程度と推定される。また、季節的な降雨量の変化については、1991年の観測データによる限り、Nonghin地点の降雨量に対して量的な差はあるもののその傾向はほぼ同じであると考えられる。

3.1.3 河川流量

第II章1.3項でも述べたように、Bolaven高原を流れる河川の流出特性として、流域の地形・地質等の影響で年間の降水量が多い割りに河川への流出量が少ない傾向が見られる。この点に関して、Bolaven高原北部を流域とするXe Set川の1985年と1986年の流量データ (Table III-3-2 に示す) を調べた結果について以下に述べる。

Xe Set川の流域はBolaven高原の中央部でXe Katam川の流域に隣接している。“LOWER MEKONG HYDROLOGIC YEARBOOK 1985-1986 VOLUME II”によれば、Xe Set川流域での降雨量は1985年と1986年の2年間の平均で年間2,900mm前後と推定される。これに対して、Table III-3-2 に示すようにXe Set川の同期間の年間総流出高は約1,350mmであり、年間の平均流出率は50%程度と算定される。

Xe Katam川の流域は、Xe Set川流域とほぼ同様の地形特性を有しているため、流出率も同様に50%前後の値になっていると想定される。

また、この地域の河川の流量はモンスーンによる降雨量の季節変化にともない雨期と乾期との間で大きな差がある。Table III-3-2によれば、Xe Set川では雨期にあたる5月から10月までの半年間の流量が年間流量の79%を占める。一方で最渇水月の3月の平均流量は、最豊水月の8月の平均流量の9%に過ぎない。また前述のように、3月の小雨期にはある程度の降雨がありこの時に一時的な流量の増加がみられるが、これは基底流量の増加をもたらすまでには至らない。このため、年間の最低流量は3月の終わりから本格的な雨期の始まる4月後半にかけての時期に発生する。

Xe Katam川については、十分な流量資料がないため流量の特性を断定することはできない。しかし、1991年の調査結果を用いて算定されるXe Katam川Ban Nonghin地点の流量(3.3.2項およびTable III-3-6参照)には、Xe Set川とほぼ同様の傾向が認められる。

3.1.4 一般気象

(1) 気温

Xe Katam川の上流域に隣接しているNikhon34気象観測所(標高1,150m)およびBolaven高原の西側に位置するPakse気象観測所(標高101m)の観測データを、Table III-3-3に示す。

Xe Katam川の上流域はBolaven高原中央部の標高の高い地域にあるため、高原周辺の低標高地域に比べかなり低い気温となる。最も気温の上がる4月から5月でも日平均気温で26度前後、最高気温で29度程度である。一方、最も気温が下がる12月から1月にかけては、日平均気温で10度前後、最低気温では3度前後となり、年によっては零度近くまで低下する。しかし、この時期でも最高気温は27度程度まで上がる。このように、最高気温は年間を通じてほぼ一定の値となっている。したがって、最低気温の下がる乾期は、日間の気温差が激しい。

Xe Katam計画のプロジェクトサイトは、標高500mから300mの範囲にある。Nikhon34観測所とPakse観測所のデータを比較すると、標高による気温差は、100mあたり約0.7度である。この値を当てはめると、季節による変動はあるも

の、Xe Katam計画地点の気温はXe Katam川上流域に対して5度から6度程度高いものと推定される。

Xe Katam発電所の電力供給先であるSekong地区およびAttapeu地区の標高は100mから150mである。これはBolaven高原西側のPakseとほぼ同じ標高であり、Sekong地区およびAttapeu地区の気温はPakseの気温とほぼ同程度であると推定される。

Xe Katam取水ダム地点（標高約460m）およびSekong/Attapeu地区での月平均気温、月最高気温、月最低気温の推定値を下に示す。

Xe Katam 取水ダム地点（標高460m）推定気温（℃）

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
平均気温	21	23	24	25	26	26	26	26	26	25	23	21	24
最高気温	32	33	33	34	33	33	32	32	33	32	32	32	34
最低気温	8	9	16	16	18	21	20	21	18	16	11	9	7

Sekong/Attapeu地点（標高100～150m）推定気温（℃）

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
平均気温	25	27	29	30	28	27	27	27	27	26	25	23	27
最高気温	34	36	38	38	36	34	33	33	34	34	33	33	38
最低気温	14	16	19	22	22	23	22	22	22	20	17	14	13

(2) 湿度および蒸発量

Bolaven高原内での相対湿度および蒸発量の観測は、Nikhon34観測所およびKM42観測所で実施されている。このうち、Xe Katam川の流域に近いNikhon34観測所での観測記録を Table III-3-4 に示す。

Nikhon34観測所のデータによれば、この地域の湿度は年間を通じて高い値となっている。月平均相対湿度は、最も乾燥する1月から2月でも70%程度であり、雨期ピークの8月前後には90%近くになる。また、最高相対湿度は年間を通じて95%前後の高い値となっている。これに対して最低相対湿度は、8月には80%近

い高い値であるが、1月、2月には50%以下に低下する。

蒸発量については、Nikhon34地点の観測値は乾期の最低湿度を反映した季節変化を示している。観測値によれば、雨期の30mm/月の蒸発量に対して、乾期には60mm/月から70mm/月となる。ただし、乾期には地表面が乾燥するために、実際の蒸発量は上記の値よりも小さくなる。

年間の蒸発量については、Nikhon34地点での観測値は530mmから650mmであり、Bolaven高原の西側にあるPakse地点での観測値の平均は約1,800mmに対して3分の1程度でしかない。これは、Nikhon34地点での蒸発量観測がClass-A-Panによらず、Pitcherによって観測されているためであると考えられる。Pakse地点での観測値をもとに標高差を考慮して推定すると、Nikhon34地点での年間蒸発量は1,000mmから1,200mmとなる。Nikhon34地点での蒸発量の観測値をClass-A-Panによる値に換算するとこの程度の値になるものと考えられる。

流域の実蒸発量は一般にClass-A-Panによる観測値の70%程度であり、これを勘案するとNikhon34地点で実際の蒸発量は年間800mm前後となる。Xe Katam川流域の平均標高1,050mはNikhon34地点の標高1,150mとそれほど差がないため、その流域平均実蒸発量は年間800mm程度と推定される。

(3) 風向・風速

Nikhon34観測所での風向と風速の観測値をTable III-3-5 およびFig. III-3-3 に示す。

Bolaven高原一帯で観測される風は、おおむねモンスーンによる気候性のものであり、乾期には北東モンスーンの影響を受け、特に11月から1月にかけては北の方向からの風が支配的となる。しかし、2月から4月にかけては風向は不安定となる。雨期の始まる5月からは南西モンスーンの影響をうける。この時期にNikhon34地点では、5月を除いて6月から8月まで西風が支配的となり、9月、10月には再び風向が不安定となる。

一方、Nikhon34地点の西約10kmに位置するPaksong地点ではFig. III-4-4 に示すように、6月から8月の期間には南西風が支配的となり、11月から1月の期間には東風が支配的となる。このようにNikhon34地点の風向との間に一定のずれが認められる。このことからこの地域の風向は、モンスーンの影響とともに、

Bolaven高原特有の地形に起因する複雑な影響を受けているものと考えられる。

風向は降雨量に影響を与える大きな要因の一つであるが、Table III-3-1 に示した降雨分布の傾向から判断すると、Xe Katam川中上流域での風向はNikhon34地点と同様な傾向にあると推定される。

Nikhon34地点での風速は、年間の平均で1 m/s程度、月平均では最大で2.8m/s、最低で0.6m/sとなっている。また日平均では最大で5.9m/sとなっている。

3.2 ダムサイト流量の算定

3.2.1 流量算定手順

第Ⅱ章1.3項ではXe Namnoy川流域内の各地点での流量を算定している。ここでは、本調査の開始後に得られた流量測定、水位観測の結果等の情報を詳細に検討し、本調査での最終的な計画策定の基礎となるXe Katam川の河川流量を算定する。なお、流量の算定にはタンクモデルによる流出解析法を用いることとした。以下に流量算定の手順を示す。

- 1) Xe Katam川での流量調査結果による調査期間内の河川流量の算定。
- 2) 流出解析に用いるXe Katam川の流域平均降雨量の検討。
- 3) 流出解析に用いるXe Katam川の流域平均蒸発量の検討。
- 4) Xe Katam川流域の降雨流出モデルの検討（タンクモデルパラメータの検討）。
- 5) 求められた降雨流出モデルによるXe Katam川の長期間の河川流量の算定。

なお、第Ⅱ章1.3項でも述べたように、Xe Katam川流域の流量の検討にはその本流のXe Kong川や、Xe Set計画の流量算定に用いられたXe Don川の流量資料を利用することも考えられた。しかしながら、これらのデータを調査した結果、Xe Kong川やXe Don川は流域の規模や地形状況が異なるために、Bolaven高原を流域とする河川と比較して流出特性に違いが認められた。

このため、このレポートではまずBolaven高原を流れるXe Set川の流量資料を基本として予備検討を行い、その後得られたデータを用いてさらに詳細に検討した上で、Xe Katam計画地点での1981年から1990年までの10ヶ年間の日流量を算定した。

3.2.2 Xe Katam川での観測流量

第Ⅱ章1.3項で述べたように、本調査の開始後Xe Katam川のBan Nonghin地点（流域面積171km²）において、流量測定と河川水位の観測が実施されている。また、1990年12月末から1991年7月までの期間に数回にわたってXe Katam計画の取水ダム地点付近（流域面積290km²前後）での流量測定を実施した。これらの調査の結果を用いてXe Katam川の1991年1月から6月までの河川流量を算定した。以下に算定の方法について述べる。

(1) Ban Nonghin地点流量の算定

Ban Nonghin地点での流量測定結果をもとに水位-流量曲線を作成した。これをFig. III-3-5に示す。図には2本の水位-流量曲線(A),(B)が示されているが、Xe Katam計画は流れ込み式の発電計画であることを考慮して、低水位部分(水位70cm以下)で相関の良い(曲線(B)の相関係数0.964に対し、曲線(A)の相関係数は0.982)曲線(A)を採用した。Ban Nonghing地点の流量は同地点での河川水位観測結果に曲線(A)を適用してTable III-3-6に示すように算定された。

(2) Xe Katam計画取水ダム地点流量の算定

まず、(1)で算定されたBan Nonghin地点の流量と取水ダム地点での流量観測値の関係を調べた。流量測定を実施した日の両地点の流量を下表に示す。

Site	[a] B. Nonghin	[b] Dam-site	[b]/[a]
Catchment	171km ²	290km ²	1.70
Date	River Discharge		
1990/12/28	1.8 m ³ /s	3.3 m ³ /s	1.83
1991/ 3/28	0.64 m ³ /s	0.79m ³ /s	1.23
1991/ 3/30	0.58 m ³ /s	0.75m ³ /s	1.29
1991/ 7/ 5	7.1 m ³ /s	13.3 m ³ /s	1.87

上の表によると、1990年12月と1991年7月の両地点の流量比は各々1.83、1.87で、流域面積比1.70に近くなっている。しかし、最渇水期に近い1991年3月末の流量比は、1.23~1.29で、上流のBan Nonghin 地点流量に対して取水ダム地点での流量はそれほど増加していない。この原因としては、3.1.2項で述べたXe Katam川流域における上流域と下流域の降雨量の差が考えられる。しかし、3月の両地点の比流量の差は降雨量の分布からだけでは説明できないほど大きいことから、地形や地質も要因になっていることが想定される。この現象が毎年発生するものかどうかは今後の調査を待つ必要があるが、ここでは流量調査の結果を重視し、以下の考え方でXe Katam 取水ダム地点の流量を算定した。

すなわち、上下流域の降雨量の差はBolaven高原の流域特性に起因して定常的に発生する現象であると仮定し、Ban Nonghin地点の流量をもとに渇水期における両地点の比流量の差を考慮して、下式により取水ダム地点の算定することとした。

$$Q(\text{Intake Site}) = 1.49 * (Q(\text{Nonghin}))^{1.87}$$

このようにして算定された1991年1月から6月までの取水ダム地点流量をTable III-3-7に示す。算定結果によれば、同期間内の最低流量は3月末および4月中旬の0.77m³/sである。

3.2.3 流出解析に用いる降雨量資料

(1) 降雨量資料の選定

本調査の開始後に得られたXe Katam川流域内の降雨量データと、第II章1.3項でのXe Namnoy川流域の流量算定に用いたNonghin地点の降雨量データとの相関を調べた。この結果を下に示す。

Month	Nonghin	Ban Xekatom	Ban Tongvay
Feb.	1.2	8.0	0.0
Mar.	120.1	112.5	66.0
Apr.	156.9	238.5	124.0
May	355.6	188.5	141.5
Jun.	326.4	280.0	343.5
相関係数	-	0.79	0.79

上の表に示された結果だけではデータの期間が短いため断定はできないが、1991年2月から6月までの降雨量について以下のことが推定される。

すなわち、Nonghin地点とXe Katam川流域内の降雨との間には、月による降雨量比率の変動はあるものの、降雨の発生傾向にはある程度の相関関係が認められる。また、第II章1.3項で述べたように、Bolaven高原内で長期間の連続した降雨量の観測が行われているのはKM42地点とNonghin地点だけである。このうちKM42地点はNonghin点のさらに西側に位置しXe Katam川流域から離れている上、

降雨量はNonghin地点よりもかなり多い。したがって、第II章での解析と同様に、Xe Katam川流域の流出解析にはNonghin地点の降雨量観測データを用いることとした。

(2) 降雨量の補正

a) Nonghin地点に対する総雨量の比率

1991年2月から6月までの観測データによる、Ban Xekatom地点、Ban Tongvay地点それぞれの降雨量のNonghin地点降雨量に対する比率を下に示す。

Site	Nonghin	[a] Ban Xekatom	[b] Ban Tongvay	[a] [b] Average
Total Rainfall (mm) (from Feb. to Jun.)	978	828	675	751
Ratio to Nonghin (%)	100	86	70	77

上の表によれば、Ban Xekatom地点の降雨量はNonghin地点の降雨量の86%となっている。また、Ban Tongvay地点ではNonghin地点の70%とさらに少なくなっている。これら3地点の位置は、西からNonghin、Ban Xekatom、Ban Tongvayの順となっており、3.1.2項に述べたように各地点の降雨量の傾向は、Bolaven高原の既存の降雨量データの傾向、すなわち、西から東へ向かって降雨量が減少する傾向と一致している。

b) Nonghin地点降雨量のXe Katam川流域平均降雨量への補正

ある地点での降雨量はあくまでその“点”での降雨量であり、その地域の平均降雨量を代表している訳ではない。また、Nonghin地点はXe Katam川の流域外にあり、Bolaven高原の降雨量分布の傾向からみてもXe Katam川流域の降雨量を代表しているとは言えない。したがって、Nonghin地点の降雨量でXe Katam川流域の平均降雨量を表現するためにはこれを補正する必要がある。この場合の補正係数の値は、上述したXe Katam川流域内での降雨量観測値とNonghin地点の観測値との関係によれば0.75前後と推定される。

一方、Xe Set川流域の1985年、86年のデータを調べると、同流域の年間流出高は“LOWER MEKONG HYDROLOGIC YEARBOOK 1985-1986”に示された等雨量曲線図から推定される年間降雨量約2,900mmから平均年間蒸発量を約800mmとして差し引いて2,100mm程度と算定される。これは、観測された平均年間流出高1,350mmを大きく上回っている。このことから、Bolaven高原地域では浸透による流出ロスがかなり大きく、蒸発量を含む有効雨量は実雨量に対して小さくなっているものと推定される。Xe Katam川流域についてもこの傾向が当てはまるものと考えられるため、年間の流域蒸発量を800mmとして、Xe Set川流域について作成した流出モデルをXe Katam川流域に適用して試算を行った。この結果、Nonghin地点雨量の補正係数を0.65とした場合に、1990年12月末から1991年6月末までのXe Katam川Ban Nonghin測水所での観測流量が最も良く再現できた。したがって、ここではNonghin地点の雨量に0.65を乗じた雨量をXe Katam川の流域平均有効雨量として流出解析を行うこととした。

なお、地点間の降雨量の関係は季節によって変化することが多い。正確にはこの変化に合わせて降雨量の補正係数を月毎に変える必要がある。しかしながら、Xe Katam川流域内での降雨量の観測期間が短かいために、Nonghin地点降雨量との相関関係の月毎の変化の傾向を検定することができない。したがって、この解析では年間を通じて一定の補正係数0.65を適用することとした。

以上に述べたXe Katam川流域の流量算定に関する考察の結果を、1985年～1986年および1981年～1990年の各期間について当てはめると以下のような

	1985~1986	1981~1990
[a] Nonghin 地点年間降雨量 (mm)	3230	2860
[b] 流域平均降雨量 (mm)	[a]*0.75 = 2420	2140
[c] 流域平均有効雨量 (mm)	[a]*0.65 = 2100	1860
[d] 流域平均蒸発量 (mm)	800	800
[e] 流域平均流出量 (mm)	[c]-[d] = 1300	1060
[f] 流域平均流出率 (%)	[e]/[b] = 54	50

3.2.4 流出解析に用いる蒸発量資料

(1) 蒸発量資料の選定

降雨量のデータと同様、蒸発量についてもXe Katam川流域内の観測データは利用できない。ここでは、Xe Katam川流域に隣接しているNikhon34地点のデータを用いることとする。

(2) 蒸発量の補正

3.1.4 項(2)で述べたように、Nikhon34観測所のデータはPitcherによる観測値であるため、予想される蒸発量よりもかなり小さな値となっている。ここでは降雨量と同様にNikhon34地点での観測値を補正することにより、Xe Katam川流域の平均蒸発量を表現することとした。

Nikhon34地点での実際の年間蒸発量は3.1.4(2)で述べたように約800mmと推定される。この値と観測値の平均560mmを比較して、補正係数を1.4とした。

なお、蒸発量についても、正確には補正係数を月毎に変化させる必要がある。しかしながら、Xe Katam川流域内での蒸発量観測記録がないためNikhon34地点の蒸発量との関係が不明である。また、蒸発量は降雨量ほど地点間の変化がなく、特別の場合を除いて一定の補正係数を用いても問題はない。したがって、この解析ではNikhon34地点での蒸発量観測値に対して、年間を通じて一定の補正係数1.4を適用することとした。

3.2.5 Xe Katam川流域の流出モデル

Xe Katam川流域の流出解析には、第II章1.3項でのXe Namnoy川流域の検討と同様に菅原のタンクモデル法を用いた。流出モデルには、土壤水分構造を含む直列4段型のモデルを適用した。土壤水分構造は、土壤の保水機能によって実現される乾期の継続的な基底流出を表現するものである。

タンクモデル法では、流域の流出構造を表す各タンクの浸透孔・流出孔の大きさの係数と、入力する降雨量および蒸発量のデータを月単位で調整する係数が基本的なパラメータとなっている。これらの値を調整することによって対象流域の降雨流出現象を表現する。この検討では、Table III-3-7に示した1990年12月末から1991年6月末までのXe Katam川取水ダム地点の流量を再現するようにタンクモデルのパ

ラメータを調整した。すなわち、Nonghin地点の降雨量を用いてタンクモデルで計算される流量のハイドログラフが、取水ダム地点でのハイドログラフにできるだけ一致するようにパラメータを調整して流出モデルを作成した。なお、ここではXe Katam計画が流れ込み式の発電計画であることを考慮して、特に渇水期の流量の一致を重視した。

この結果得られた流出モデルの構造と、浸透孔および流出孔の大きさのパラメータの値を Fig. III-3-6 に示す。

3.2.6 流量算定結果

上で求めた Fig. III-3-6 に示される流出モデルに、Nonghin地点の1980年から1990年の11年間の降雨量データを入力して、Xe Katam計画取水ダム地点の日流量を算定した。ここで、計算開始年の流量算定値は、流出モデルの各タンクの初期貯留高設定値に影響されて不安定になる。このため、1980年をはずし、1981年から1990年の10ヵ年の算定値を採用した。この結果、Xe Katam取水ダム地点の10ヵ年平均流況は以下のように推定される。

Duration(%)	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100	平均
流量 (m ³ /s)	17.3	12.9	9.7	6.5	4.2	2.9	1.9	1.2	1.1	1.0	9.8

算定された各年の月平均流量および1981年から1990年までの10ヵ年平均流況図を、それぞれ、Table III-3-8、Fig. III-3-7 に示す。日流量算定結果は Appendix-3 に収録した。

3.3 計画地点の洪水量算定

ここでは、Xe Katam計画の取水ダム地点（Xe Katam川）および発電所地点（Xe Namnoy 川）の確率洪水量を算定する。

3.3.1 確率洪水量の算定方法

Xe Namnoy川本流域およびXe Katam川流域とその周辺には、確率洪水量の算定に直接利用できるような長期間の流量観測データはない。ここでは、比較的長期間の観測が行われている流域外の降雨量データを用いて、以下に示す方法によって洪水量を算定することとする。

- 1) Bolaven 高原内の適当な降雨量観測所を代表降雨地点として選定する。
- 2) 選定された地点での確率降雨量を算定する。
- 3) 代表降雨地点の雨量と洪水量算定地点の流域平均雨量との関係を推定し、当該流域の流域平均確率降雨量を決定する。
- 4) 当該河川の流域特性から決定されるいくつかの係数と流域平均確率降雨量を用いて、Snyder-Linsleyの方法により当該地点の確率洪水量を算定する。
なお、ここではピーク洪水量だけを算定する。

3.3.2 確率洪水量の算定

(1) 代表雨量地点の選定

Bolaven高原内にある4カ所の既存雨量観測所の各年の最大日雨量のデータをTable III-3-9に示す。これらのうち、10年以上のデータが利用できるのはKM42地点とNonghin地点の2カ所である。ここでは、12年間のデータがあり、Xe Katam川流域にも比較的近いNonghin地点を代表雨量地点として選定することとする。

(2) 代表雨量地点の確率降雨量の算定

Table III-3-9に示されるNonghin地点の12カ年の年最大日降雨量データを用いて解析を行い、同地点の確率降雨量を算定した。なお、確率分布関数にはGumbel分布を適用した。この結果をFig. III-3-8および下表に示す。

確率年	Nonghin 地点確率降雨量 (mm/day)
5	154
10	174
20	192
50	216
100	233
200	251

また、新たに設置されたXe Namnoy川流域内5ヵ所の降雨量観測地点を含めて、1991年1月から6月までの期間に観測された各地点の最大日雨量を、同日の全地点の日雨量とともにTable III-3-10に示す。観測期間が短いためこれらのデータだけからでは判断できないが、少なくとも現時点までのデータからは、各地点の最大日降雨量は総雨量と異なり一定の傾向を示していない。すなわち、最大日降雨量は必ずしも高原の西側ほど大きいと言うことはできない。したがって、Nonghin地点の確率降雨量の値を、そのままXe Katam川流域での地点確率降雨量として用いることとした。

(3) 流域平均確率降雨量の推定

a) Xe Katam取水ダム地点流域 (Xe Katam川 290km²)

Bolaven高原内の4ヵ所の雨量観測所で代表されると想定される降雨域の範囲をFig. III-3-9に示す。この範囲の面積は、ほぼXe Katam取水ダム地点の流域面積290km²に相当する面積になっている。そこで、4観測所の平均降雨量が100mm以上の日について、その平均雨量と4ヵ所の中の最大降雨量(地点最大雨量)との関係を調べた。これをFig. III-3-10に示す。

図中に示される包絡線をみると、上の(2)で示したNonghin地点の確率降雨量154mm(5年確率)から251mm(200年確率)の範囲では、平均雨量の最大地点雨量に対する比率は0.8から0.7(包絡線A)、または0.76から0.55(包絡線B)となっている。ここでは、それぞれの包絡線の値を考慮して、Xe Katam取水ダム地点流域の流域平均確率降雨量をNonghin地点の確率降雨量の75%とした。(Nonghin地点確率降雨量の補正係数は0.75。)

b) Xe Katam発電所地点流域 (Xe Namnoy川本流784km²)

Xe Katam発電所地点でのXe Namnoy川の流域面積は784km²で、Xe Katam川の取水ダム地点流域面積290km²の2.7倍となっている。このため、流域平均雨量の最大地点雨量に対する比率は、Xe Katam取水ダム地点流域のそれよりも小さいものと推定される。しかしながら、現時点では800km²近い流域面積の降雨分布について定量的に判断する手段がないため、ここでは、Nonghin地点の確率降雨量の70%をXe Katam発電所地点流域の平均確率降雨量と仮定した。

(Nonghin地点確率降雨量の補正係数は0.70。)

(4) Snyder-Linsley法による確率洪水量の算定

a) 比ピーク洪水量

Snyder法を基本にLinsleyが改良した方法では、流量算定地点から河川上流端流域界までの本流沿いの河川長L (mile)、同じく流量算定地点から流域の図心に最も近い本流沿いの地点までの距離Lc (mile)、平均河川勾配S、およびCp、Ctを係数として、下式によって降雨量25.4mm(1インチ)当たりの比ピーク洪水量 (m³/s/km²) が求められる。

$$\text{遅れ時間} \quad t_p = C_t(L + L_c / S^{1/2})^{0.38} \quad (\text{hour})$$

$$\text{比ピーク洪水量} \quad q_p = 7.0 C_p / t_p \quad (\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2)$$

Ctは流域の地形によって0.35から1.2の範囲の値が採られるが、ここでは最も安全側の値として0.35を採用した。Cpは通常0.56から0.69の範囲の値が採られ、ここでは0.60とした。

上記の式および係数をXe Katam取水ダム地点、発電所地点のそれぞれに適用した結果、下に示す比ピーク洪水量が得られた。

項目	単位	取水ダム地点	発電所地点
		(Xe Katam川)	(Xe Namnoy川)
L	mile	32.5	35.7
Lc	mile	14.5	16.9
S	—	0.0154	0.0125
t p	hour	8.02	9.17
q p	m ³ /s/km ² /inch	0.52	0.46

b) 降雨継続時間

降雨継続時間 t_r (hour) については、下式で与えられる。

$$\text{降雨継続時間} \quad t_r = t_p / 5.5 \quad (\text{hour})$$

この式に遅れ時間 t_p を入れて計算される降雨継続時間は、取水ダム地点、発電所地点でそれぞれ1.46時間、1.67時間とかなり短い時間になる。これは C_t の値を安全側に採ったためであるが、1991年のXe Namnoy川流域内での自記雨量計の記録によれば、100mmを越す降雨が短時間に集中して降っている状況が見られる。年最大降雨が降る場合の継続時間は上記の時間よりは長いと考えられるが、現状では判断できるデータがないためNonghin地点の最大日降雨量をそのまま用い、降雨継続時間による補正は行わないこととした。

c) 損失雨量

Xe Set川の2年間の流量観測データの中で最大の、1986年6月の洪水時の流量、雨量のデータを利用して、このときの損失雨量を推定した。この洪水では、6月16日から24日までの9日間の推定累計雨量450mmに対して、同期間の流出量は128mmとなっており、損失雨量は下式によって算定される。

$$\text{損失雨量} = (450\text{mm} - 128\text{mm}) / 9 \text{ days} = 36\text{mm/day}$$

取水ダム地点流域、発電所地点流域ともにこの値を適用して、損失雨量を36mm/dayとした。

d) 確率洪水量

ここまでに求められた値を次式に適用して、取水ダム地点、発電所地点の確率洪水量を算定した。

$$\text{確率洪水量} = (P_p \times C_a - P_{\text{loss}}) / 25.4 \text{mm} \times q_p \times A$$

P_p : Nonghin地点確率降雨量 (mm/day)

C_a : 流域平均確率降雨量補正係数

P_{loss} : 損失雨量 (mm/day)

q_p : 降雨量25.4mm(1インチ)当たり比ピーク洪水量 (m³/s/km²)

A : 流域面積 (km²)

上式による算定結果を下表に示す。

確率年	洪水量 (m ³ /sec)	
	取水ダム地点 (Xe Katam 川 290 km ²)	発電所地点 (Xe Namnoy 川 784 km ²)
5	490	1,050
10	570	1,210
20	650	1,390
50	760	1,630
100	840	1,800
200	920	1,970

なお、Xe Set Hydropower Project Hydrology Design Memorandum(1985年2月、Norconsult)によれば、Xe Set計画地点(流域面積325km²)での100年確率洪水量は1,000m³/sと算定されており、下に示された値はこれとほぼ同等の値となっている。

3.4 計画地点の堆砂量算定

3.4.1 Xe Katam川流域の堆砂成分供給源の概況

3.1で述べたように、Xe Katam川の流域は上流域から中流域にかけては比較的平坦な地形が分布しており、その植生は主として草地と灌木林から成っている。裸地のままとなっているのは耕作地の一部、家屋の周辺、道路部分等だけでその面積は小さい。また、中上流域の北部と下流域に分布する山岳地域は、一部で焼畑耕作が行われる以外は概ね広葉樹の原生林となっている。また、空中写真判読や部分的な地表踏査の結果では、Xe Katam川流域内には斜面の崩壊はほとんど認められない。このように、浸食による流域内からの表土の流出や斜面崩壊による堆砂成分の供給量は比較的小さいものと推定される。

Xe Katam川では上記の状況を反映して、乾期はもちろん、雨期でも出水時以外には河流の濁りはほとんど認められず清流を保っている。雨期に入って流量が増加した1991年6月末に実施した現地踏査時にも、豪雨発生直後を除いては河川水の顕著な濁りは認められなかった。この時点での採水試料の水質検査結果でも、取水ダムの堆砂に影響するような濁度は検出されていない。

しかしながら、現地踏査期間中にたまたま発生した豪雨の直後には、土砂流入による若干の河水の濁りが観察された。現地踏査での観察でも、Xe Katam川下流部の河床沿いの一部に、量的には少ないものの、細粒分をほとんど含まないレキや岩塊の堆積が確認されている。このことから、強度の豪雨時には山地斜面で新たな崩壊が発生して土砂や砂レキが供給されたり、河床に堆積している大小様々な粒径の砂レキが移動して取水ダムに流入する可能性がないとは言えない。細粒分がほとんど確認されないのは、洪水時に流下する土砂やレキ、岩塊のうち、粗粒分の一部が河床に残り、細粒分は下流まで流されてしまうためであると推定される。

また、現地踏査での観察や水質試験結果から、Xe Katam川の方がXe Namnoy川に比較して少流量時の濁りの程度がやや大きいことが確認された。これは、Xe Namnoy川流域は人口が希薄なのに対して、Xe Katam川流域は人口も多く社会活動が活発なことに起因していると推定される。Xe Katam川流域では今後さらに活発な人的活動が広がることが予想され、この影響も無視できないものと考えられる。

3.4.2 Xe Katam川の掃流力

Xe Katam川の河川勾配は上中流部で平均1/130程度、下流部で平均1/20程度となっている。下流部での流量と流速の関係を Fig. III-3-11 に示す。この図から明かなように、洪水時には5 m/sを越える非常に速い流速となり、掃流力は大きなものとなる。掃流される砂レキの最大粒径は河床の状態によって異なるが、Xe Katam川は河床堆積物が少なく比較的滑らかな河床となっている区間が多いため、5 m/sを越えるような流速になるとかなり大粒径の岩塊でも流下するものと考えられる。このように、Xe Katam川はかなり大きな粒径のレキでも河床を移動させるポテンシャルを持っている。したがって、供給源さえあれば取水ダム地点に流入する砂レキの量はかなりの量になる可能性があると言える。ただし、少なくとも現状では規模の大きな砂レキの供給源は流域内に認められていないため、実際の流入量はそれほど多くないものと推定される。

3.4.3 堆砂成分流入量の推定

Xe Katam発電計画は、大規模な貯水池を持たない流れ込み式の発電計画であり、小規模な取水ダムによって河川水を取水する形になる。この場合、取水ダム上流の貯水容量は最渇水期を除いて河川水の流入量に対して極めて小さいため、河川水の貯留によって浮遊土砂が沈澱し大量に堆積することはない。しかし、粒径の大きな砂レキからなる掃流砂成分は取水ダムによって移動を阻害され、上流側に堆積することになる。そこで、Xe Katam計画の取水ダム地点に流入し堆積する土砂の量について、浮遊砂と掃粒砂とに分けて推定を行うこととした。

(1) 浮遊土砂量の推定

Xe Katam川で浮遊砂が観察されるのは出水時だけであるが、出水時の浮遊砂の観測は現在のところ実施されていないため、直接的な方法によって土砂・砂レキの流入量を推定することはできない。したがって、このレポートではXe Set計画の検討でも用いられた近傍のNamsai川でのデータを参考にして推定を行うこととした。Namsai川でのデータを以下に示す。

	流域面積	年間流量	浮遊土砂平均濃度	年間浮遊土砂流入量	比浮遊土砂量
	(km ²)	(m ³ × 10 ⁶)	(g/m ³)	(ton./year)	(ton./year/km ²)
Point 1	203	321	226	87,000	429
Point 2	223	344	226	93,000	417

Xe Katam川の中上流域は地形が比較的平坦であるため、Namsai川の比堆砂量をそのまま適用するとやや過大になると思われる。これを考慮してXe Katam川流域の比浮遊土砂量をNamsai川流域の値の約70%の300ton/year/km²と仮定すると、Xe Katam取水ダム地点(290km²)での土砂流入量は87,000ton./yearとなる。

粘土・シルト・砂混合物の平均堆積密度を1.0ton./m³と仮定して、この量がすべて沈殿するとすれば、約87,000m³/yearが取水ダム上流に堆積することになる。ただし前述のように、浮遊土砂の大部分は洪水とともに下流に流下し、取水ダム上流に大量に沈殿し堆積することはないと考えられる。

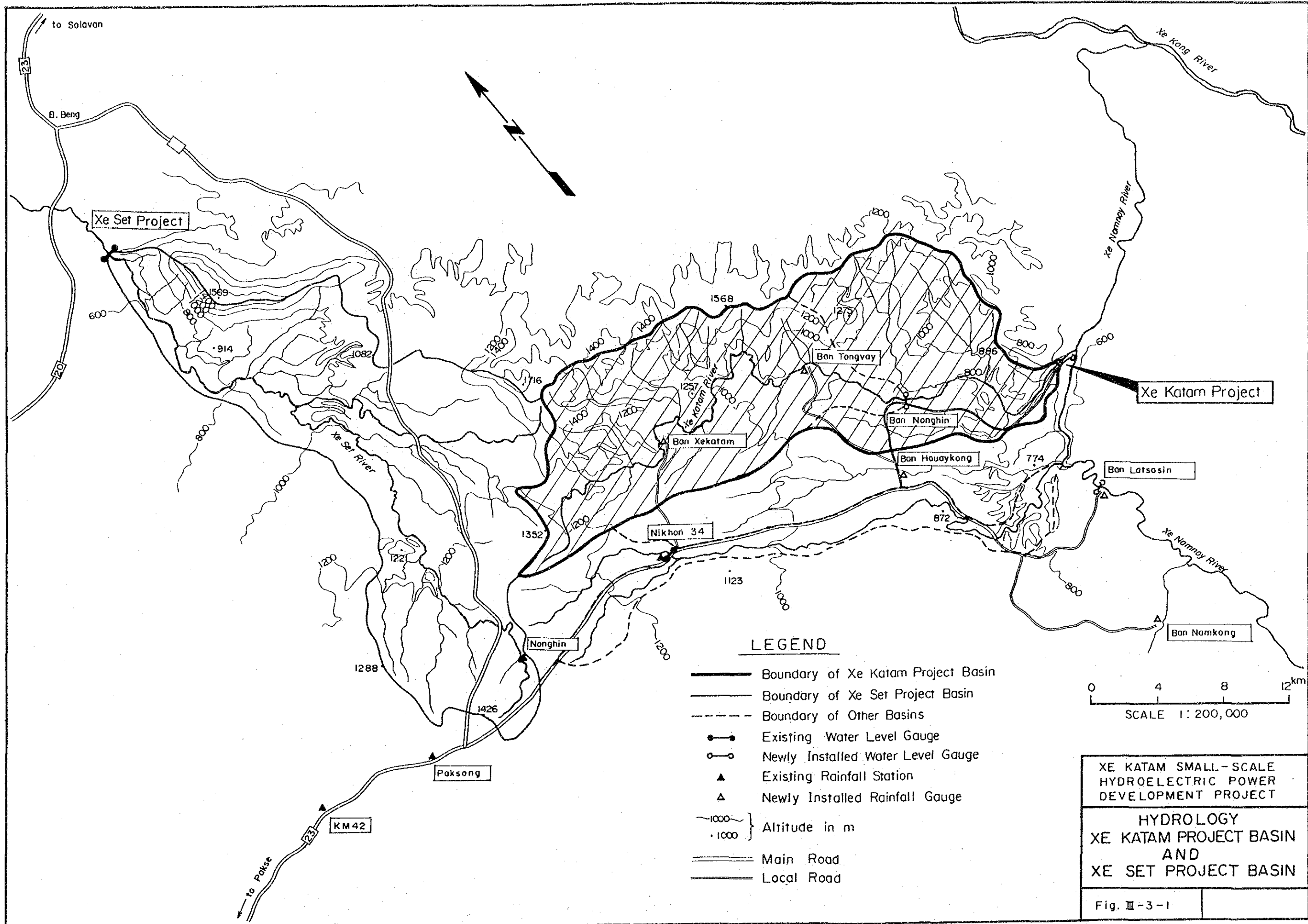
(2) 掃流砂量の推定

自然河川での掃流砂量の観測は事実上非常に難しく、定量的に正確な予測はできないものの、Xe Katam川下流部は掃流力が大きいことを考慮すると、取水ダム地点に流入する砂レキ、岩塊の量はその貯水容量に対して無視できない量である可能性が大きいと考えられる。

掃流砂成分が浮遊砂量の25%を越えることはほとんどないと言われており、ここではXe Katam川の掃流力が大きいことを考慮して、掃流砂量が浮遊土砂流入量87,000ton./yearの25%相当の量であると仮定すると、年間の掃流砂流入量は22,000ton./yearと算定される。砂レキの粒度分布にもよるが、平均堆積密度を1.7ton./m³とすると、流入量がすべて堆積するとしてその容量は約13,000m³/yearとなる。河床を移動する掃流砂が取水ダムによって流下を阻害されれば、かなりの割合が取水ダム上流に堆積することになる。したがって、10,000m³/yearを越す砂レキが流入した場合、取水ダムは2年から3年で満砂状態になってしまうことになる。

ここでの推定値はあくまで近傍の河川でのデータをもとに類推した参考値であり、上述したXe Katam川の流域の現状を考慮するとこの値を下回っていると考

えられる。しかしながら、将来この地域の人的活動が活発となり流域内の開発が進めば土砂供給源が増加する可能性も十分考えられ、この場合には取水ダムに流入する土砂量も増加することになる。したがって、取水ダムの設計にあたっては流入する砂レキや土砂の排出に十分配慮しておく必要があると考える。



LEGEND

- Boundary of Xe Katam Project Basin
- Boundary of Xe Set Project Basin
- - - Boundary of Other Basins
- Existing Water Level Gauge
- Newly Installed Water Level Gauge
- ▲ Existing Rainfall Station
- △ Newly Installed Rainfall Gauge
- 1000—
·1000· } Altitude in m
- ==== Main Road
- ==== Local Road

0 4 8 12 km
SCALE 1: 200,000

XE KATAM SMALL-SCALE
HYDROELECTRIC POWER
DEVELOPMENT PROJECT

HYDROLOGY
XE KATAM PROJECT BASIN
AND
XE SET PROJECT BASIN

Fig. III-3-1

Fig. III-3-2 Area - Elevation Curve of Xe Katam Project Basin

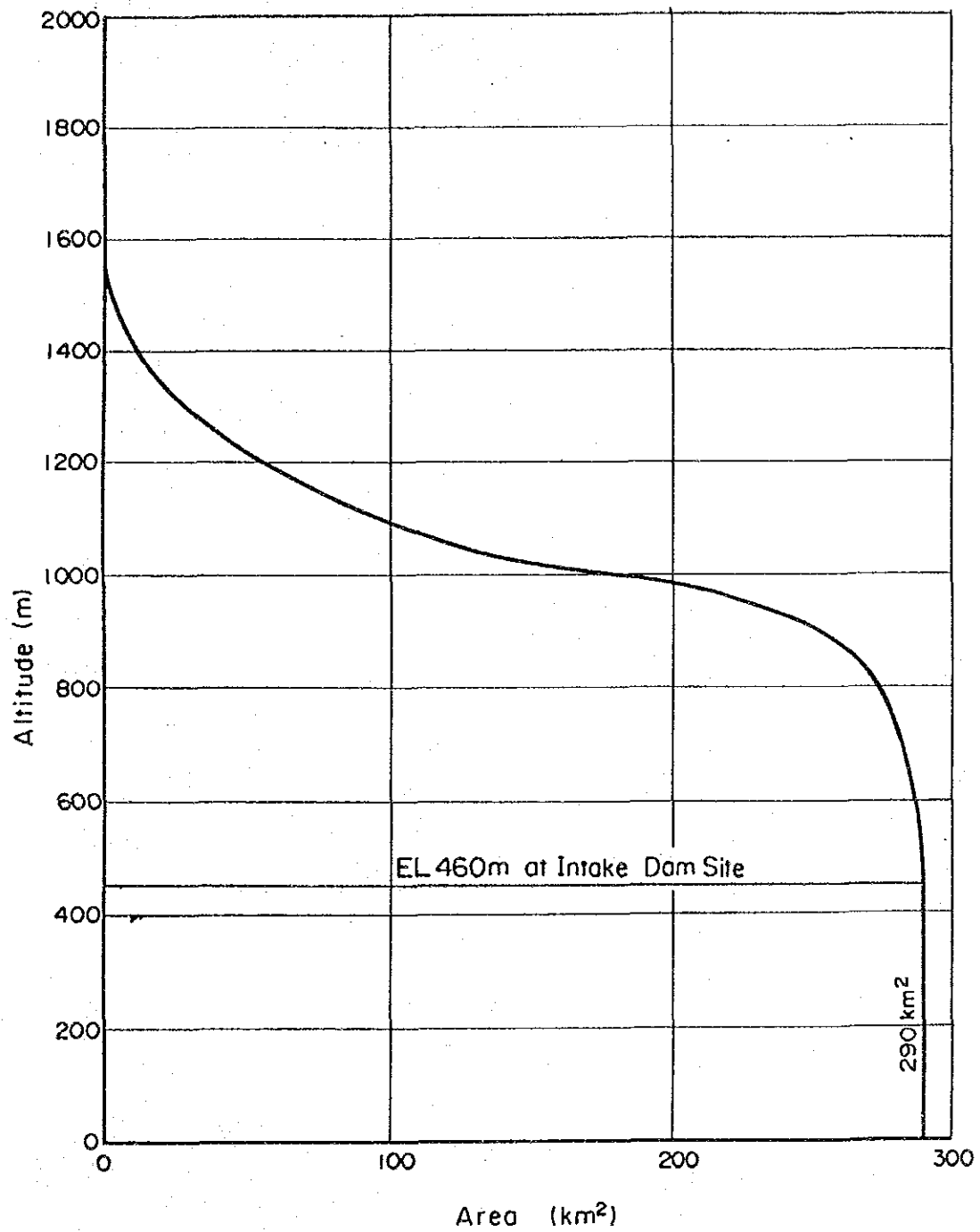
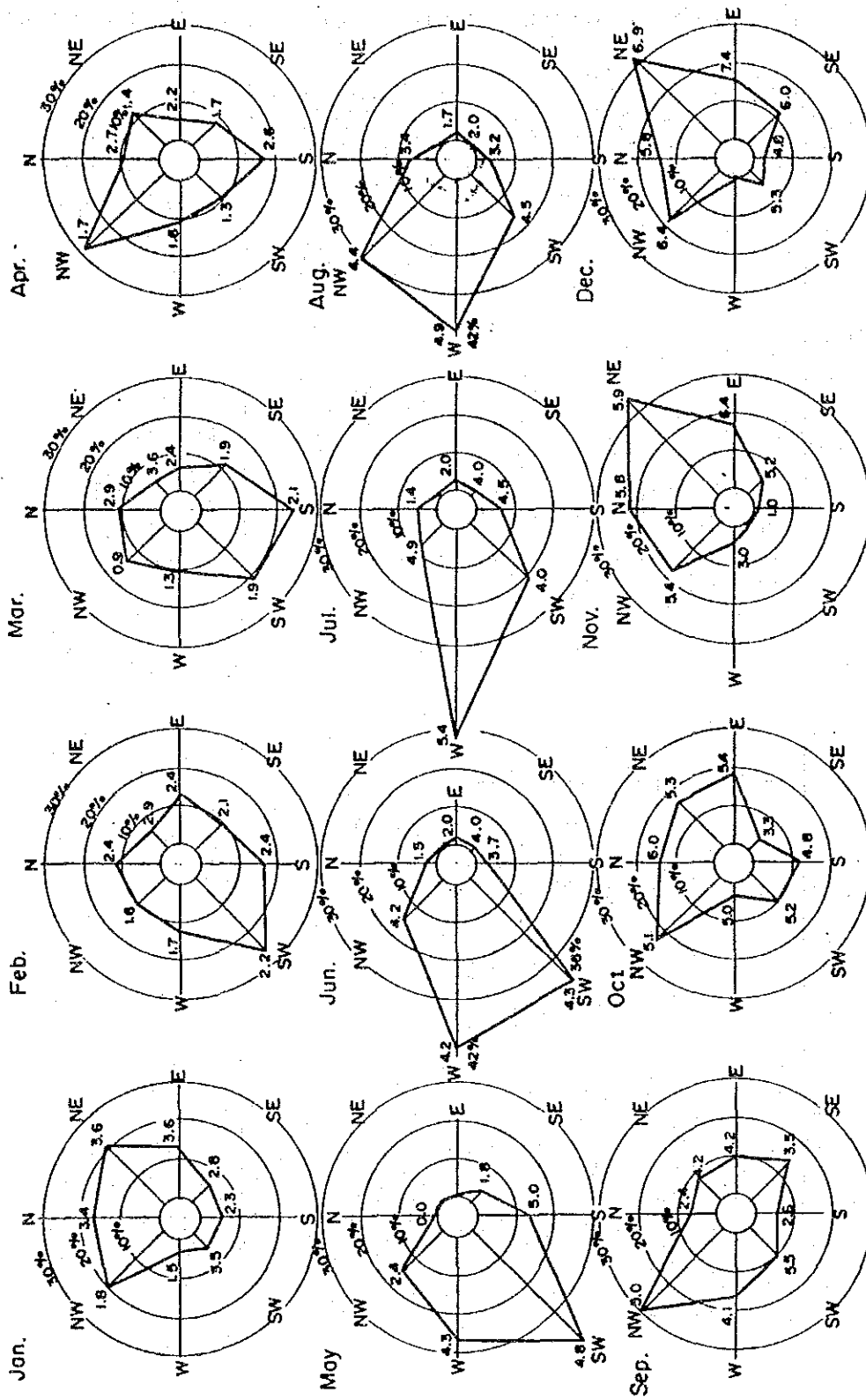
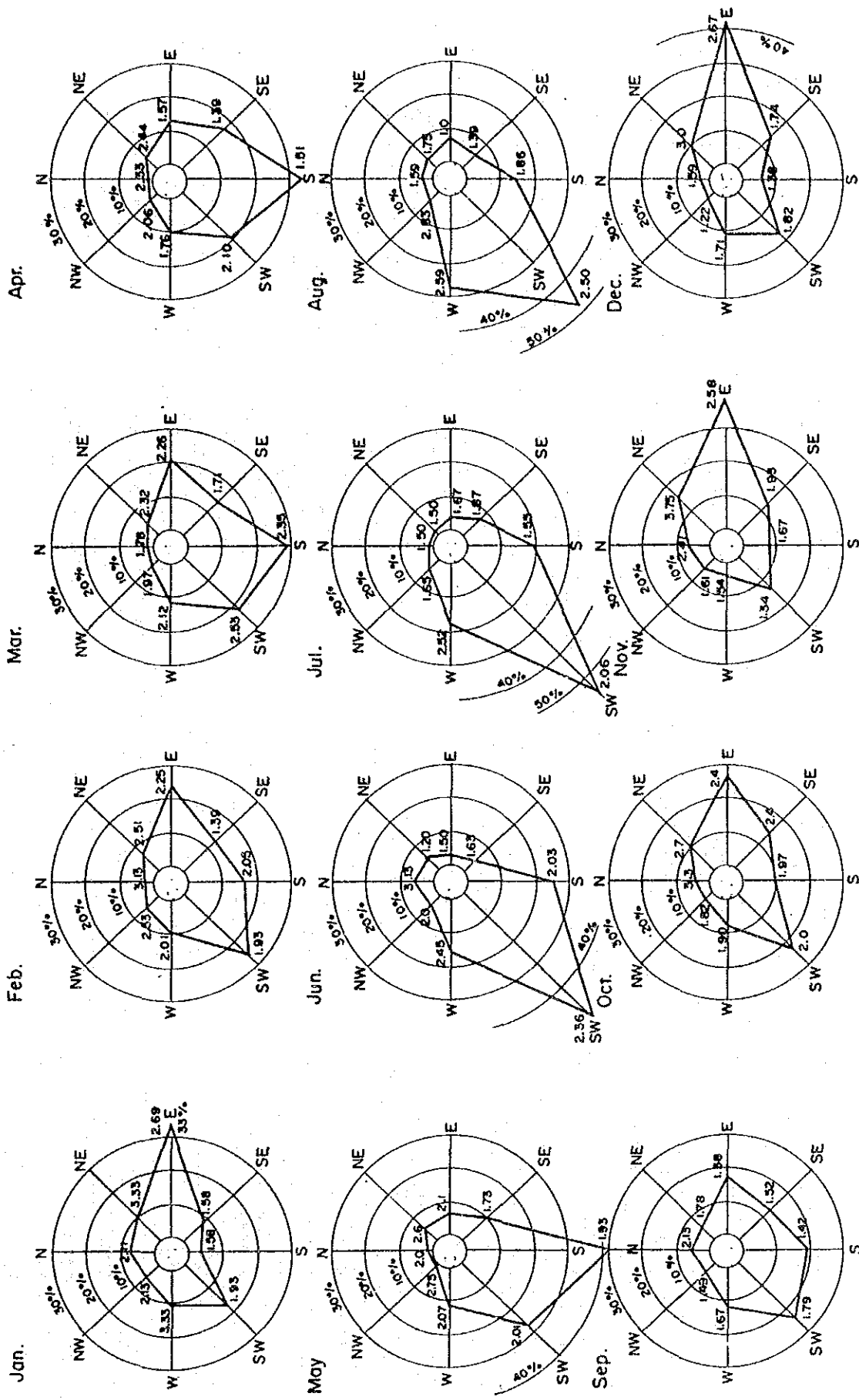


Fig. III-3-3 Frequency of Surface Wind Direction at Nikon 34 (1986)



* Figures in each diagram indicate monthly mean wind velocity of each direction.

Fig. III - 3 - 4 Frequency of Surface Wind Direction at Paksong (1983 - 1987)



* Figures in each diagram indicate monthly mean wind velocity of each direction.

Fig. III-3-5 Rating Curve at Ban Nonghin Gauging Station

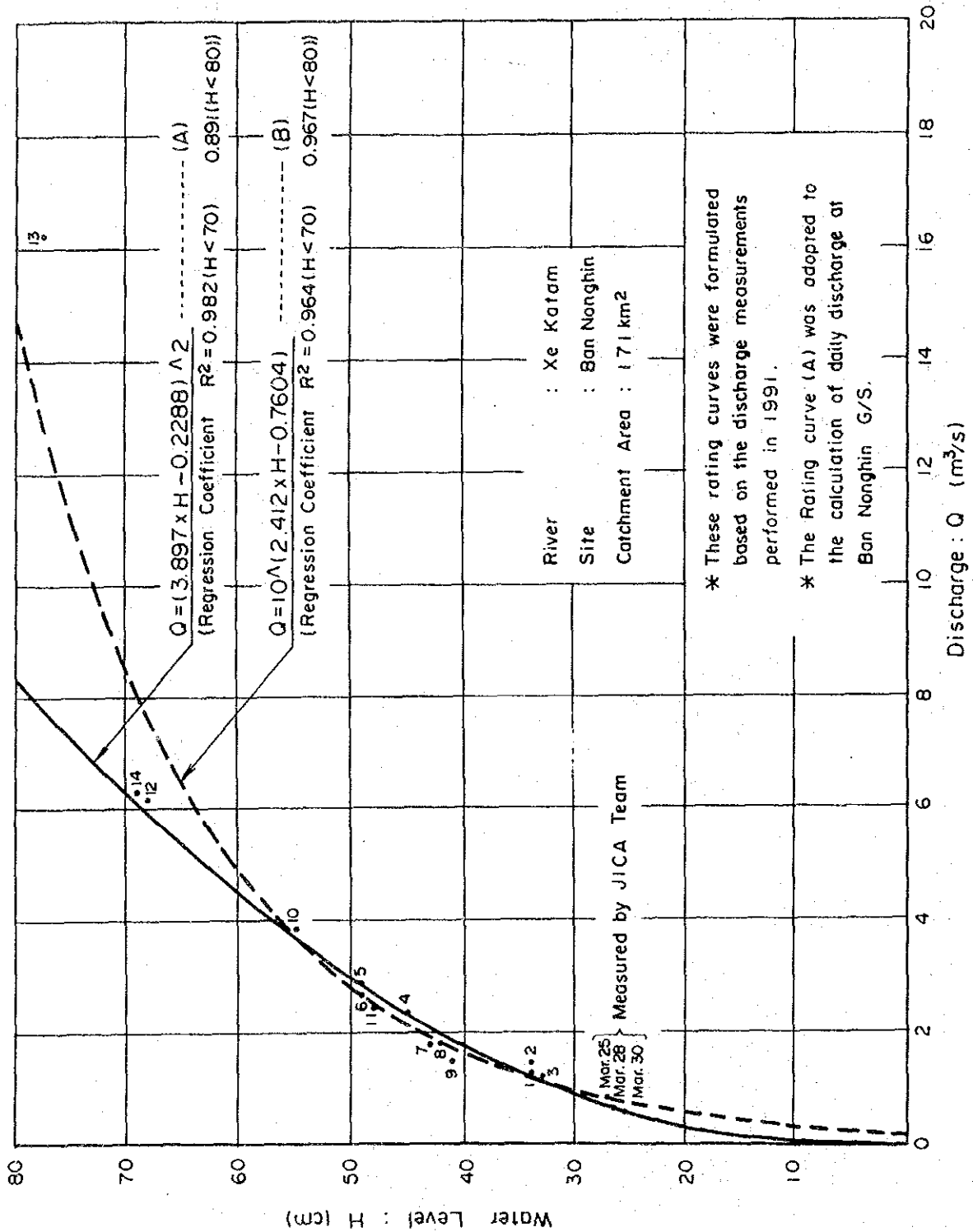


Fig. III-3-6 Sugawarás TANK MODEL applied to Xe Katam River Basin

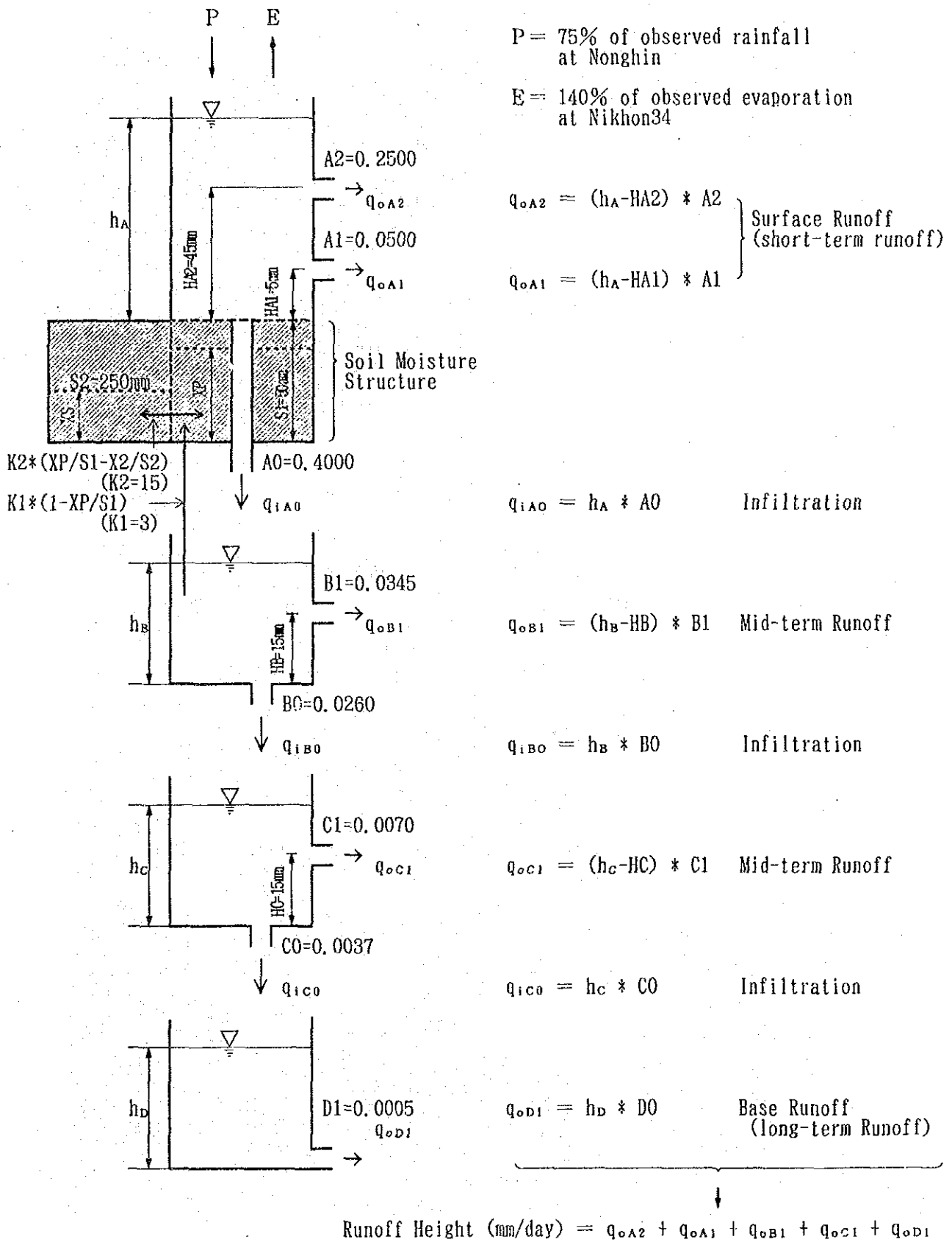


Fig. III-3-7 DURATION CURVE OF CALCULATED DISCHARGE AT XE KATAM INTAKE SITE

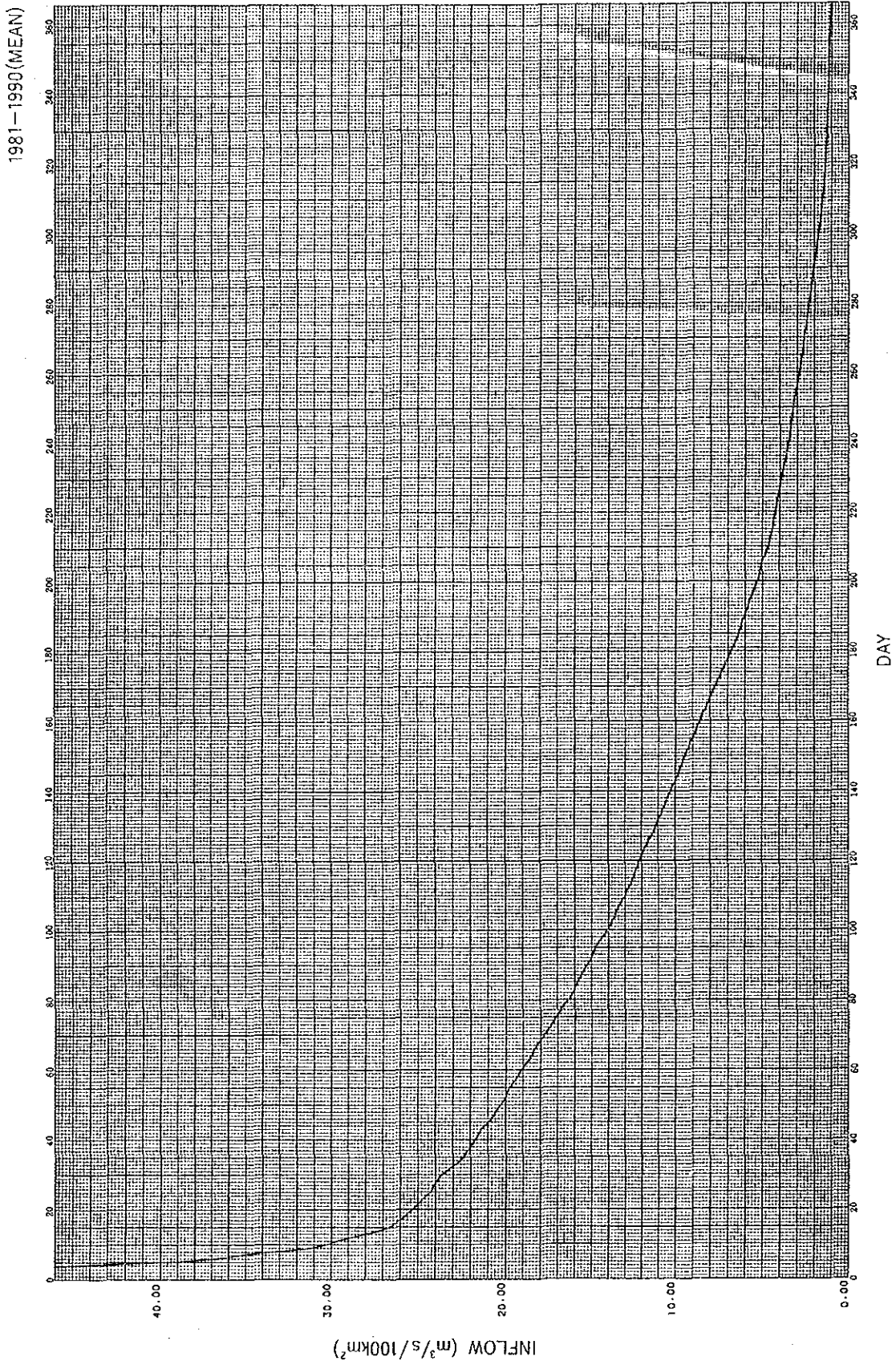


Fig. III-3-8 Frequency Analysis of the Annual Maximum Daily Rainfall Series at Nonghin Station

