

タイ王国

ナムユアム川水力発電統合開発計画

調査報告書

要約版

1989年12月

国際協力事業団

鉦計資

CR 5

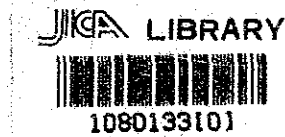
89 - 208

タイ王国

ナムユアム川水力発電統合開発計画

調査報告書

要約版

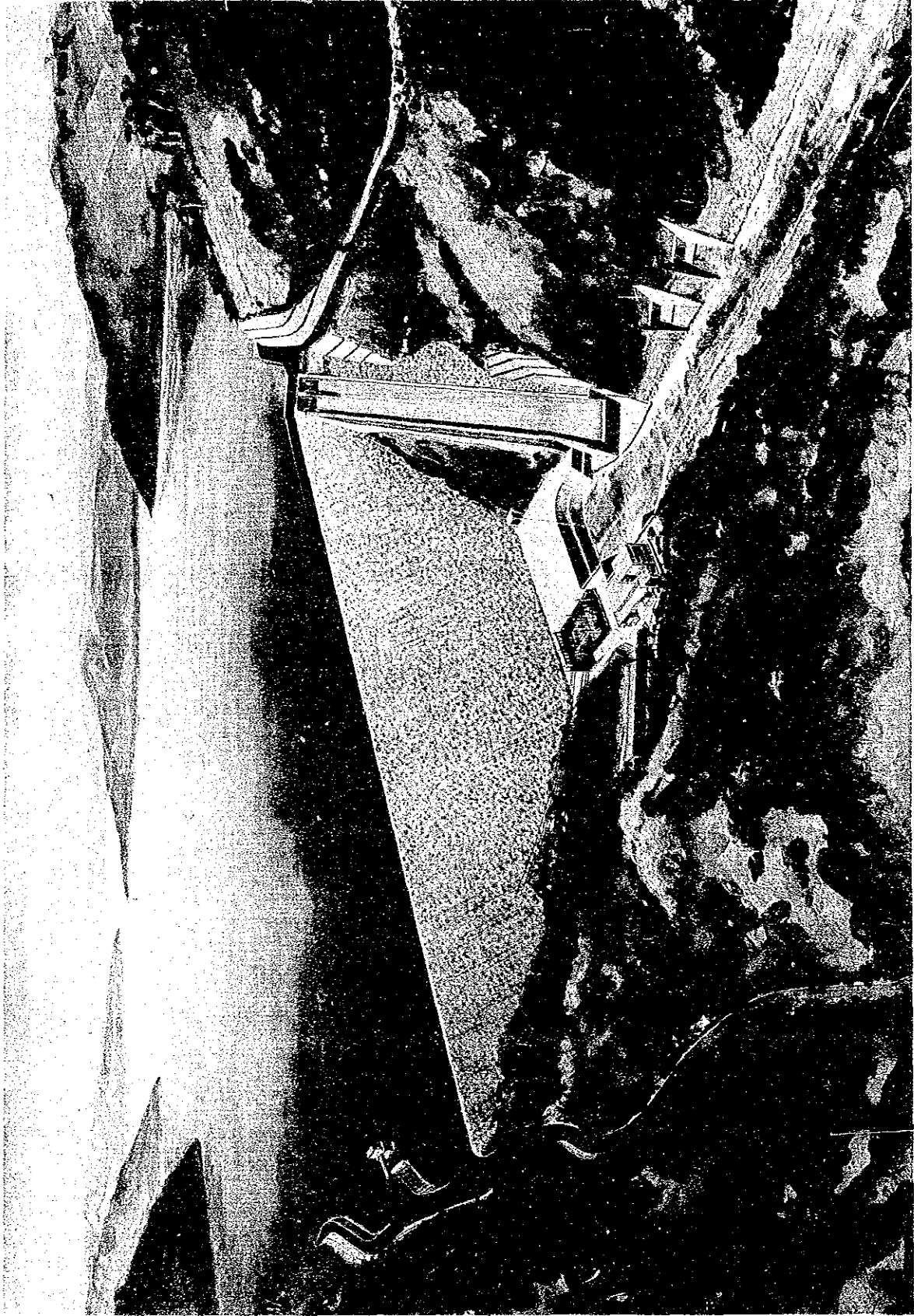


1989年12月

国際協力事業団

国際協力事業団

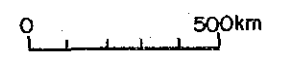
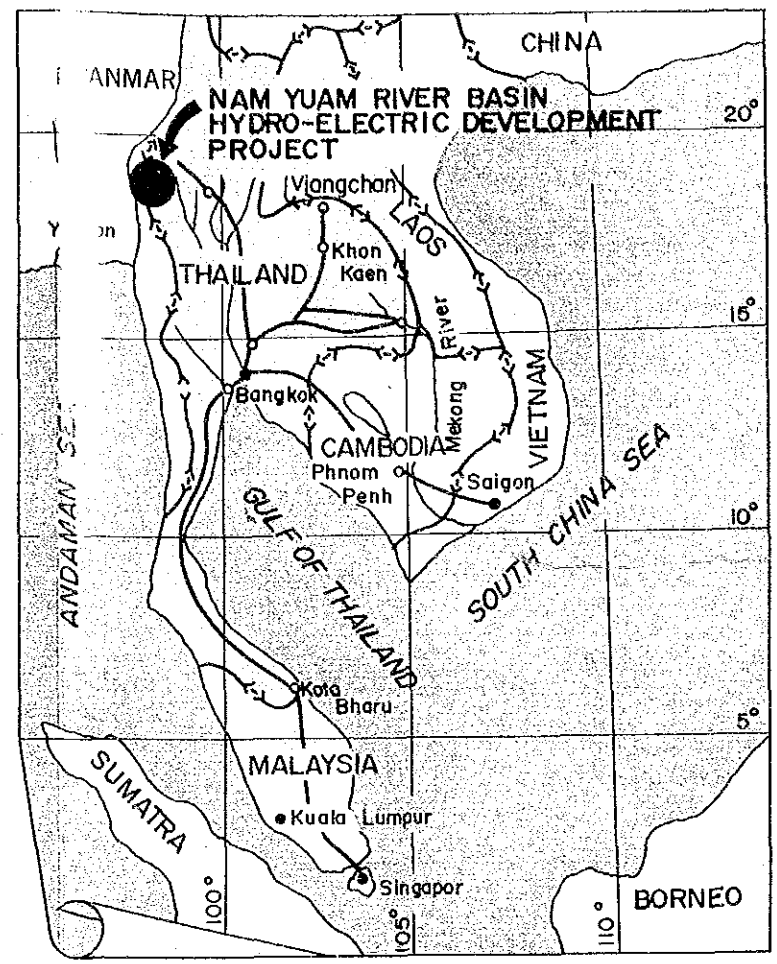
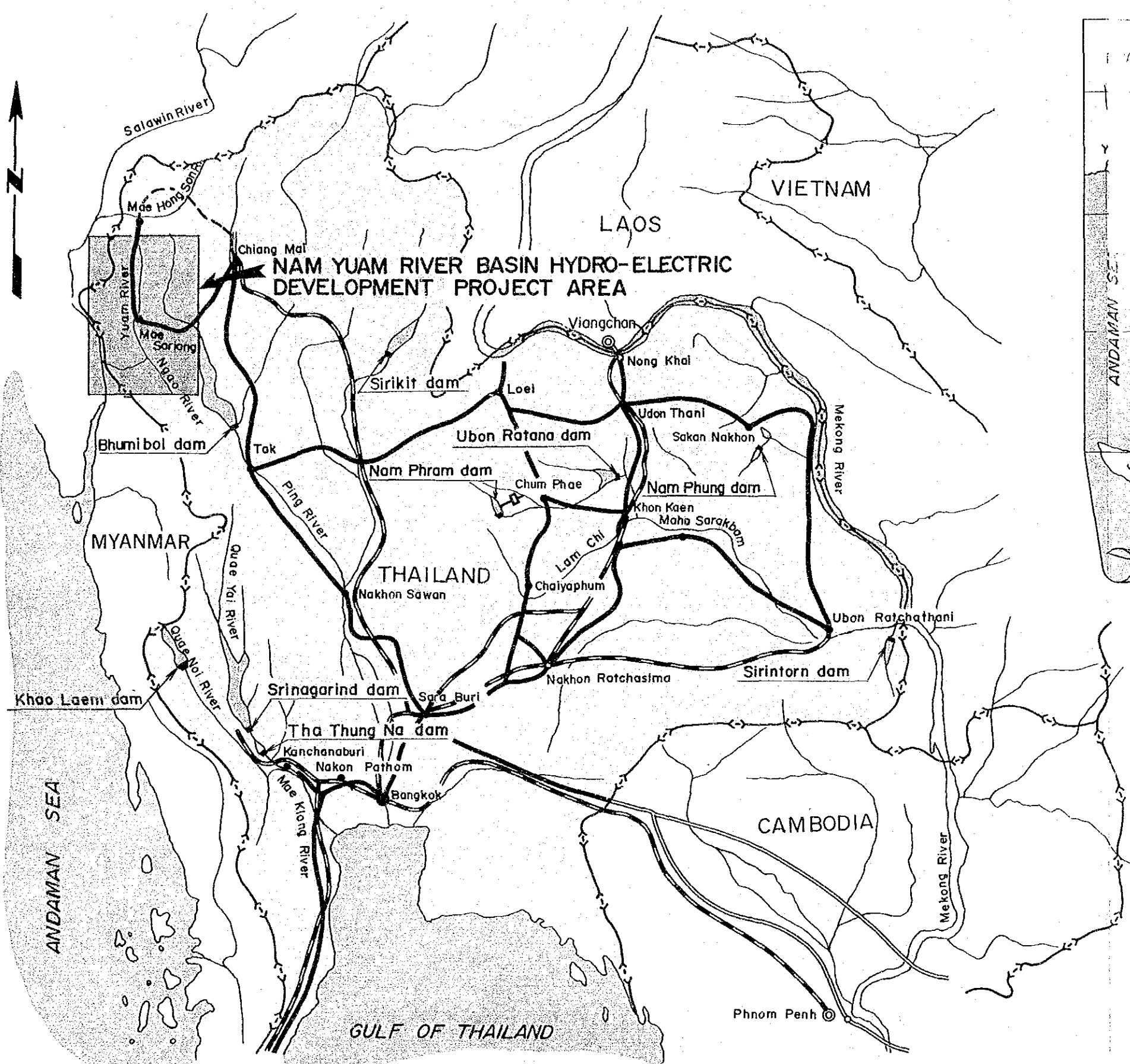
20677



NAM NGAO PROJECT



MAE LAMA LUANG PROJECT



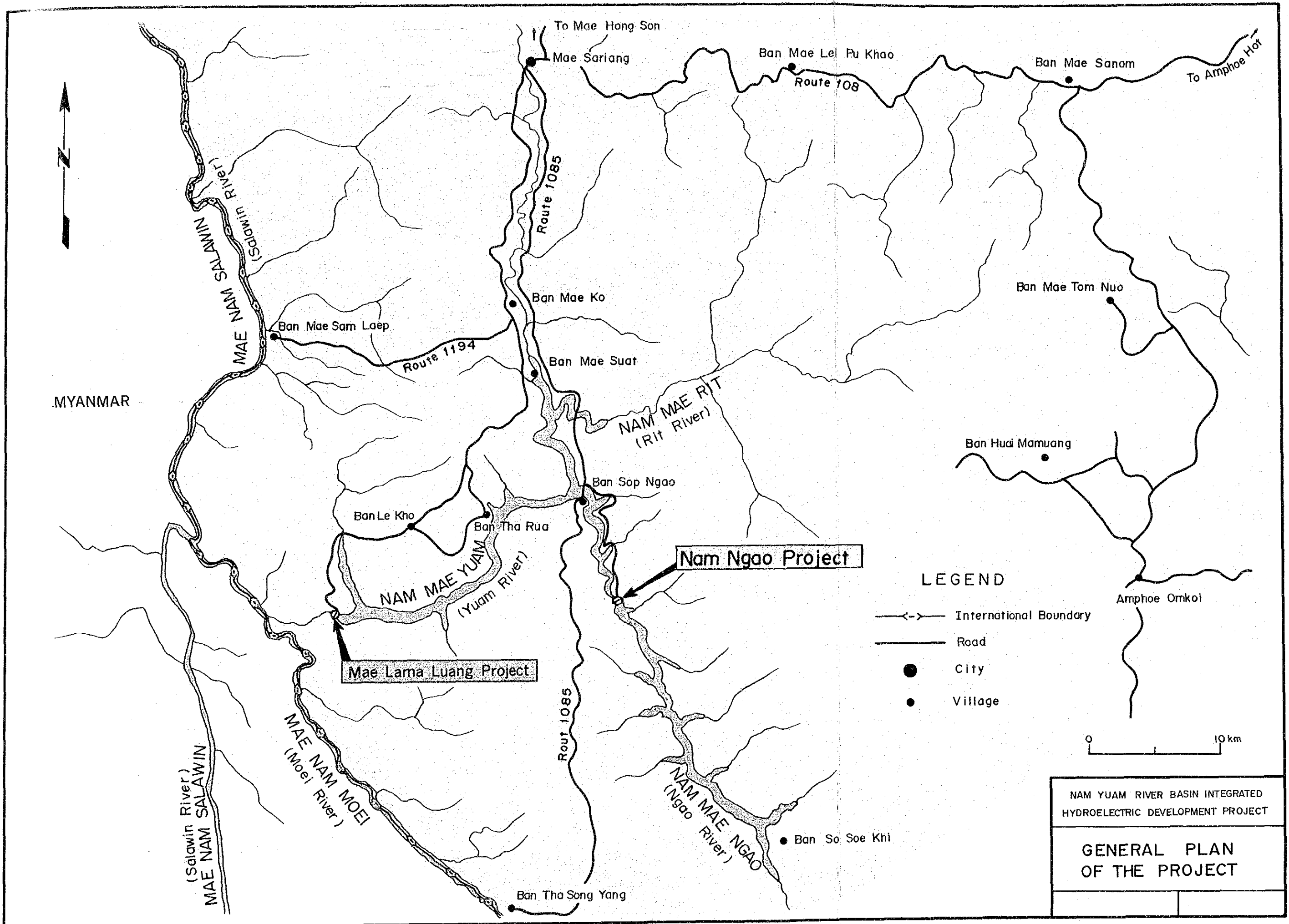
LEGEND

- International boundary
- Rail way
- Main road

0 100 200km

NAM YUAM RIVER BASIN INTEGRATED
HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT

KEY AND LOCATION MAP



NAM YUAM RIVER BASIN INTEGRATED
HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT

**GENERAL PLAN
OF THE PROJECT**



Nam Ngao Dam Site
View from downstream



Mae Lama Luang Dam Site
View from upstream

目 次

1. 序 論	1
2. 結 論 と 勧 告	7
3. 電力需要想定および電源開発計画	11
4. 水 文	13
5. 地質、建設材料及び地震	18
6. 開 発 計 画	31
7. 送電計画及び系統解析	39
8. 予 備 設 計	43
9. 工事計画及び工事費	63
10. 経済評価及び財務分析	73
11. 環 境 影 響 評 価	89

UNITS AND GLOSSARIES

(1) Units

mm	:	Millimeter
cm	:	Centimeter
m	:	Meter
km	:	Kilometer
cm ²	:	Square centimeter
m ²	:	Square meter
km ²	:	Square kilometer
m ³	:	Cubic meter
MCM	:	Million cubic meter (for development planning)
kg	:	Kilogram
t	:	Metric ton
m ³ /s	:	Cubic meter per second
kW	:	Kilowatt
kWh	:	Kilowatt hour
MW	:	Megawatt
GWh	:	Gigawatt hour
kV	:	Kilovolt
kVA	:	Kilovolt-Ampere
MVA	:	Megavolt-Ampere
MCM	:	Thousands of circular mils (for transmission line)
rpm	:	Revolutions per minutes
Hz	:	Hertz (cycles per second)
El.	:	Elevation
°C	:	Degree in centigrade
mb	:	Millibar
%	:	Percentage
Lu	:	Lugeon value (rate of water loss from a drillhole)
ℓ	:	Liter
1 MW	:	1,000 kW
1 GWh	:	1,000,000 kWh
1 barrel	:	159 ℓ
1 rai	:	1,600 m ²
gal	:	cm/sec ² (acceleration of earthquake motion)
kine	:	cm/sec

(2) Glossaries

(i) Terms

NHWL	:	Normal High Water Level
LWL	:	Low Water Level
TWL	:	Tail Water Level
US\$:	U.S. dollar
฿	:	Baht
M฿	:	Million Baht
hrs	:	Hours
yr	:	Year
ea.	:	Each
Max.	:	Maximum
Min.	:	Minimum
cct	:	Circuit
a.c.	:	Alternative current
ACSR	:	Aluminum Conductor Steel Reinforced
ASTM	:	American Standard for Testing and Materials
CA	:	Catchment Area
FY	:	Fiscal Year
GDP	:	Gross Domestic Product
M _b	:	Body Wave Magnitude
M _s	:	Surface Wave Magnitude
IRR	:	Internal Rate of Return
EDR	:	Equalizing Discount Rate
PAX	:	Private Automatic Exchanger
PMF	:	Probable Maximum Flood
PMP	:	Probable Maximum Precipitation
UHF	:	Ultra High Frequency
VHF	:	Very High Frequency
B-C	:	Net Present Value of Surplus Benefit
B/C	:	Benefit Cost Ratio

(ii) Agencies

AIT	:	Asian Institute of Technology
EGAT	:	Electricity Generating Authority of Thailand
EPDC	:	Electric Power Development Co., Ltd.
JICA	:	Japan International Cooperation Agency
Lao PDR	:	Lao People Democratic Republic
MEA	:	Metropolitan Electricity Authority
NEA	:	National Energy Administration
NEPO	:	National Energy Policy Office
NESDB	:	National Economic and Social Development Board
NIDA	:	National Institute of Development Administration
OPEC	:	Organization of Petroleum Exporting Countries
PEA	:	Provincial Electricity Authority
RID	:	Royal Irrigation Department
TDRI	:	Thailand Development Research Institute
IBRD	:	International Bank for Reconstruction and Development

List of Tables

Table 1-1	General Project Description of Nam Yuam River Basin Integrated Hydroelectric Development Project
Table 4-1	Monthly Inflow at Nam Ngao Dam Site
Table 4-2	Monthly Inflow at Mae Lama Luang Dam Site
Table 6-1	Sequence of Projects Implementation
Table 6-2	Finalized Development Plan (Integrated Development)
Table 6-3	Monthly List of Power (Nam Ngao Project: Integrated Development)
Table 6-4	Monthly List of Energy (Nam Ngao Project: Integrated Development)
Table 6-5	Monthly List of Power (Mae Lama Luang Project: Integrated Development)
Table 6-6	Monthly List of Energy (Mae Lama Luang Project: Integrated Development)
Table 9-1	Project Cost of Integrated Development Plan
Table 9-2	Annual Expenditure Schedule of Project Cost (Nam Ngao Project)
Table 9-3	Annual Expenditure Schedule of Project Cost (Mae Lama Luang Project)
Table 9-4	Economic Cost of Integrated Development Plan
Table 10-1	Economic Criteria and Basic Cost of Thermal Power Plants
Table 10-2	Benefit Flow and Cost Flow of the Adopted Development Plan

- Table 10-3 Benefit Flow and Cost Flow of Sensitivity Analysis
(Nam Ngao Project suspension)
- Table 10-4 Cost Flow and Flow of Revenue of Adopted
Development Plan
- Table 10-5 Repayment Schedule of Debt
- Table 10-6 Statement of Profit and Loss
- Table 10-7 Cash Flow
- Table 10-8 Calculation of Debt Service Ratio

List of Figures

- Fig. 4-1 Location Map of Observatory and Runoff Gauging Stations
- Fig. 5-1 Geology Nam Ngao Dam Site Plan
- Fig. 5-2 Geology Nam Ngao Dam Site Profile
- Fig. 5-3 Geology Mae Lama Luang Dam Site Plan
- Fig. 5-4 Geology Mae Lama Luang Dam Site Profile
- Fig. 7-1 Transmission Route
- Fig. 9-1 Construction Schedule of Nam Ngao Project
- Fig. 9-2 Construction Schedule of Mae Lama Luang Project
- Fig. 10-1 Relation between Annuitized Cost and Capacity Factor of Alternating Thermal Power Plants
- Fig. 10-2 Sensitivity Analysis - Construction Cost
- Fig. 10-3 Sensitivity Analysis - Fuel Prices

List of Drawings

- DWG. 1 Nam Ngao Project
 General Plan
 (Concrete Facing Type - Adopted Plan)
- DWG. 2 Nam Ngao Project
 Section of Dam
 (Concrete Facing Type - Adopted Plan)
- DWG. 3 Nam Ngao Project
 Spillway
- DWG. 4 Nam Ngao Project
 Waterway
- DWG. 5 Mae Lama Luang Project
 General Plan
 (Clay Core Type - Adopted Plan)
- DWG. 6 Mae Lama Luang Project
 Section of Dam
 (Clay Core Type - Adopted Plan)
- DWG. 7 Mae Lama Luang Project
 Spillway
- DWG. 8 Mae Lama Luang Project
 Waterway

1. 序 論

(1) 計画の背景

タイ国の経済成長率は1988年において11%を記録したが、これはアジアの発展途上国の中でも卓越した成長率を示すものであり、特に工業部門での成長が顕著である。

タイ国の発電設備出力は、1988年時点で7,771MWである。電源構成は水力2,256MW（構成比率29%）、火力5,515MW（71%）となっている。

1984年から1988年の過去5ヶ年間のEGATの電力需要の年伸び率の平均は、電力11.1%および電力量10.9%であり、1988年における伸び率はそれぞれ15.0%および13.5%であった。

将来の電力需要の年間増加率の推移は、1992年において電力9.9%及び電力量10.5%から1997年の6.8%及び7.2%へと漸減していくものと想定されている。需要は、1992年以降では年間約800MW及び約5,200GWhずつ増加するものと想定されており、これに対応した電源を毎年開発していく必要がある。

タイ国政府は、自国のエネルギー安定のためには、国産エネルギー資源、すなわち、天然ガス、リグナイト、水力等を利用した石油代替エネルギーを開発し、可能な限り石油の輸入を抑制するという政策を有している。このような背景の中で、タイにおける主要な水力開発としては、Pin川におけるBhumibolダム（535MW）、Nan川のSirikitダム（375MW）、Quae Yai川のSrinagarindダム（540MW）及びQuae Noi川のKhao Laemダム（300MW）、Khleng Saeng川のRajjaprabhaダム（240MW）等の大規模開発が実施されてきた。

これらの開発の結果、残された大規模な水力開発地点は主として国境沿いのMekong河及びSalawin河のような国際河川の流域に限定されてきつつある。しかしながら、Mekong河計画は複雑な国際問題を含んでおり、この開発が実現するには大きな困難が予想される。

このような状況から近年、Salawin川の流域、特にその支流であるYuam川流域に強い関心が寄せられ、ここ数年間にわたり、開発に必要な調査が実施されてきた。

1984年には、Mae Lama Luang（メラマ ルアン）計画のフェージビリティ・スタディが実施された。その後、1987年に実施されたYuam川上流域のマスタープラン・スタディでMae Lama Luang計画の上流に位置する有望プロジェクトであるNam Ngao

(ナム スガオ) 計画が発掘された。この両プロジェクトは、お互いに影響しあう事、および河川の有効利用を計るにはそれぞれを単独で計画するよりも統合した計画にする方がより効果的である事から、その統合開発計画が1987年日本政府に要請された。

(2) 計画の概要

Nam Yuam川水力発電統合開発計画は、Nam Ngao計画および Mae Lama Luang 計画から構成されており、Nam Ngao計画はYuam川の支流Ngao川に、Mae Lama Luang計画はYuam川下流部に位置する。

両計画の概要を以下に示し、計画諸元を Table 1-1に示す。

Nam Ngao (ナム スガオ) 計画

本計画は、Yuam川およびNgao川の合流点から約15kmの上流に位置している。本計画は当地点にダム高 123m、ダム体積 5.38百万 m^3 のロックフィルダムを築造し、総貯水容量 925百万 m^3 、有効貯水容量 329百万 m^3 の貯水池を設け、発電使用水量 170 m^3/sec を、ダム直上流右岸側の取水口から取水し、延長 204mの導水路、延長 525mの水圧鉄管路を経てダム直下に設ける発電所に導水し、2台の水車・発電機により最大出力 140MW、年間発生電力量318GWhの発電を行う計画である。

Mae Lama Luang (メラマ ルアン) 計画

本計画は、統合開発計画の中心となる計画である。

Salawin川に流入するMoei川とYuam川の合流点から約6kmの上流に、ダム高 119m、ダム体積3.82百万 m^3 のロックフィルダムを築造し、総貯水容量 486百万 m^3 、有効貯水容量 252百万 m^3 の貯水池を設け、発電使用水量 330 m^3/sec をダム直上流、右岸側に設ける取水口から取水し、延長 142mの導水路、337mの水圧鉄管路を経てダム直下に設ける発電所に導水し、3台の水車・発電機により最大出力 240MW、年間発生電力量617GWhの発電を行う計画である。

Table 1-1 計画概要表

		Nam Ngao計画		Mae Lama Luang計画	
1. 計画位置		Yuam 川支流 Ngao 川		Yuam 川	
2. 目的		水力発電		水力発電	
3. 流域面積	km ²	835		6,030	
流域資料	年	28		28	
年間流入量	MCM	1,366		2,948	
最大洪水記録	m ³ /s	770		1,180	
設計洪水量	"	2,100		5,200	
4. 貯水池満水位	m	270		165 (出水期 163)	
低水位	"	255		146	
総貯水容量	MCM	925		486	
有効貯水容量	"	329		252	
貯水面積	km ²	24.2		19.2	
5. 仮排水路トンネル内径	m	7.0		9.0	
延長	"	1号	702	1号	818
		2号	658	2号	675
設計通水量	m ³ /s	940		1,780	
6. ダム型式		コンクリート表面しゃ水壁型 ロックフィルダム		中央土質しゃ水壁型ロックフ ィルダム	
高さ	m	123		119	
天端標高	"	273.5		168	
堤頂長	"	655		355	
ダム体積	10 ³ m ³	5,380		3,820	
上流側法面勾配	—	1:1.4		1:2.0	
下流側法面勾配	—	1:1.4		1:1.8	
7. 洪水吐型式		ラジアルゲート、シュート式		ラジアルゲート、シュート式	
設計洪水量	m ³ /s	2,100		5,200	
ゲート数	門	2		4	
ゲート寸法	m	幅 13.5 × 高さ 14.0		幅 12.0 × 高さ 15.0	

		Nam Ngao計画		Mae Lama Luang計画	
8.	取水口式 型標高 敷標高 ゲート数	m 門	傾斜型、横取り式 234.5 1	傾斜型、横取り式 120.5 1	
9.	導水路トンネル 型式 条数 内径 延長	条 m m	コンクリート巻立、圧力式 1 7.4 204	コンクリート巻立、圧力式 1 8.6 142	
10.	水圧管 条数 内径 延長 最大流量	条 m m m ³ /s	1~2 7.4~3.9 525 170	1~3 8.6~4.5 337 330	
11.	発電所式 型式 寸法 放水ゲート	m 門	半地下式 幅36.0×長さ58.0×高さ35.5 2(ローラーゲート)	半地下式 幅39.0×長さ83.0×高さ38.0 2(ローラーゲート)	
12.	水車式 台数 総落差 基準放水位置 総落差 基準有効落差 使用水量 基準出力 回転速度	台 m " " " " m ³ /s MW rpm	立軸フランシス水車 2 107.1 264.0 162.9 101.1 96.1 85.0 72 231	立軸フランシス水車 3 98.0 157.0 67.0 90.0 85.0 110.0 83 200	
13.	発電機式 台数 出力 電圧 周波数 回転速度	台 MVA kV Hz rpm	三相交流同期発電機 2 78 0.9(遅れ) 13.8 50 231	三相交流同期発電機 3 90 0.9(遅れ) 13.8 50 200	

		Nam Ngao計画	Mae Lama Luang計画
14. 主要変圧器 型式 台数 出力 電圧	台 MVA kV	屋外三相変圧器 2 78 115/13.8	屋外三相変圧器 3 90 230/13.8
15. 屋外開閉所 型式 電圧 サキット数	kV 回線	在来型 115 2	SF6GIS型 230 2
16. 送電線 位置 電圧 回線数	kV 回線	発電所およびMae Sariang 中間変電所間 115 2	発電所およびChiang Mai 3 変電所間 230 2
17. Mae Sariang 中間変電所 位置 型式 回線数 電圧	回線 kV	Mae Sariang 在来型 230KV×4回線 230, 115	—
18. 発電能力 設備出力 年間発生電力量 設備利用率	MW GWh %	140 301 ¹⁾ (318) ²⁾ 合計 25.9	240 583 ¹⁾ (617) ²⁾ 合計 884 ¹⁾ (935) ²⁾ 29.4
19. プロジェクトコスト ³⁾	M₪ (MUS\$)	6,470 (249) 合計 14,820 (570)	8,350 (321)
20. エコノミックコスト	M₪ (MUS\$)	4,028 (155) 合計 9,131 (351)	5,103 (196)
21. 経済性	M₪		950
B-C	—		1.13
B/C	—		14.02
EDR	%		13.39
FIRR	%		

		Nam Ngao計画	Mae Lama Luang計画
22. 建設期間	年	5	5
23. 運転開始		1997	1997

注 1) Chiang Mai 3変電所入口

2) 送電線入口

3) 物価上昇の予備費、建設中利子を含む。

2. 結論と勧告

Nam Yuam川水力発電統合開発計画は、Nam Ngao計画およびMae Lama Luang計画から構成されている。Nam Ngao計画はYuam川の支流Ngao川に、Mae Lama Luang計画はYuam川下流部にそれぞれ位置する。このフィージビリティ調査の結果、両計画は技術的、経済的および環境の観点から十分フィージブルであるとの結論を得た。その結論の概要と、これに基づく勧告を以下に記載した。

(1) 結論

- (a) タイ国の電力需要は、急激な工業化により1988年に年率15%の伸びを示した。今後、1989年から2001年までに年率約8%で伸びていくと予想される。従って、1988年のピーク需要 5,444MWが2001年には15,112MWになり、毎年約 800MWの新しい設備が必要となる。
- (b) 現在、タイ北部のピーク需要に対応した電源はほとんど無く、今後のタイ北部の工業化に伴い質の高い電力を供給するためには、負荷に追従可能な水力発電所をこの地域 (Region 4) で開発する必要がある。上記に述べた需要増に対処する電源の一部として、かつタイ北部のピーク負荷に対応する電源として、Nam Ngao計画およびMae Lama Luang計画は極めて有力である。なお、計画地域に近い Mae Sariang 地区は、EGATの送電線網に連系されていない単独系統であるが両計画を投入することにより、この地域はEGATの系統に連結され安定した電力が得られる。
- (c) Yuam川流域を最も有効に開発利用する観点から、各々の発電所を単独に開発 (Ngao計画 140MW、Mae Lama Luang計画 160MW、計 300MW) するよりは、統合して開発する方が有利である。この場合、最適な開発規模はNam Ngao計画 140MW、Mae Lama Luang計画 240MW、合計 380MWである。その年間発電電力量は、それぞれ 318GWh、617GWh、合計 935GWh である。
- (d) 両プロジェクトの運転開始は、上述した需要の伸びに対してできるだけ早期が望ましく、1993年に建設を開始し1997年に運転を開始することが妥当である。
なお、両プロジェクトの同時開発が困難な場合には、Mae Lama Luang計画を先

行開発することが妥当である。

その理由は「Chiang Mai 3変電所までの延長約 200kmの送電線の建設費用および計画の経済性を考慮した場合、Mae Lama Luang計画がNam Ngao計画に比較し、はるかに優れている」からである。言いかえれば、Nam Ngao計画がエネルギー情勢の急変などから開発が大幅に遅れたとしても、先行開発されるMae Lama Luang計画の経済性に影響を与えることはない。

(e) 両プロジェクトの輸入税、建設中利子および1997年までの物価上昇の費用を含めたプロジェクトコストは、Nam Ngao計画 6,470百万Baht(249百万US\$)、Mae Lama Luang計画 8,350百万Baht(321百万US\$) 合計 14,820 百万Baht(570百万US\$) である。Nam Ngao計画の工事費にはMae Sariang 中間変電所およびNam Ngao 発電所から中間変電所までの送電線建設費用、Mae Lama Luang計画の工事費には MaeLama Luang 発電所からChiang Mai 3変電所までの送電線建設費用を含む。

(f) 水力発電所と代替火力の発電所出口での経済費用の比較によって得られた統合開発計画の超過便益 (B-C) の現在価値 (割引率12%)、便益費用比較 (B/C) および等価割引率 (EDR) はそれぞれ 950百万Baht、1.13および 14.02% である。以上の経済評価から、統合開発計画は経済的にフィージブルである。

財務分析の結果、FIRR及びデット・サービス・レシオは各々 13.39%及び2.43であり、本プロジェクトは収益の面からみて健全であると結論できる。

(g) Nam NgaoダムおよびMae Lama Luangダムの型式は、地形、地質、建設材料、地震、工事費等を考慮に入れてフィルダムを採用し、Nam Ngaoダムにはコンクリート表面しゃ水壁型ロックフィルダム、Mae Lama Luangダムには、中央土質しゃ水壁型ロックフィルダムを採用した。

地質は両ダムサイトとも中生代から古生代の堆積岩類から構成されている。これらの地質は、全体的に十分な耐荷性と低い透水性を有しており、ダム基礎として問題はない。透水性の高い所が部分的に見られるが、適切な基礎処理によって改良可能である。上記に述べたとおり、両計画ともプロジェクトの実現に支障をきたすような問題はなく、技術的にフィージブルである。

(h) Mae Lama Luang貯水池の上流端付近には、三つの部落が存在する。これに対しては水没家屋が極力少なくなるよう配慮して満水位165mが決められ、出水期には、貯水池の制限水位を163mとして、上流部落の洪水被害を抑えるよう配慮してある。

(i) Mae Lama Luang貯水池によって影響を受ける前記三村落の農家約 500戸が移転する可能性もあることを仮定して、Sop Moei 地区内で Yuan 川の左岸の丘陵地に候補地域を選定している。

(j) 本計画区域は、National Reserve Forest 内に位置している。本計画の流域内には降雨量の差により混生落葉樹林、熱帯雨林及びフクバガキ林等が分布し、野生動物、は虫類、鳥類、魚類が散見される。貯水池による環境変化に対しては、妥当な額の環境対策費を工事費に計上してあり、環境影響の緩和を考慮してある。

以上、フィージビリティ調査段階における環境調査の結果、プロジェクトの実現に支障をきたす環境上の大きな問題はないことが判明した。

(2) 勧 告

(a) Yuan川およびNgao川の有効利用の観点からMae Lama Luang計画およびNam Ngao計画は、統合開発計画として開発されるべきである。

(b) 両計画の開発時期は、増大する電力需要およびタイ北部地域のピーク需要に対応するため、1997年に電力系統に投入されるべきである。このためには、できる限り早期に必要な追加調査および詳細設計が実施されるべきである。

(c) 詳細設計を開始するまでに、以下の事項を調査又は検討することを勧告する。

- ダムの詳細設計および貯水池保水性の観点からMae Lama Luangダムサイトではダム右岸部、Nam Ngaoサイトではダム及び構造物基礎部と両岸の尾根部について詳細調査を実施すること。
- 建設材料の賦存量把握のための調査ならびに、しゃ水壁材料の質の向上のための試験を実施すること。
- 計画地域周辺のMoei-Uthai thani断層に関する現地調査、計画ダムサイトにおける地震観測および周辺の地震記録の収集をすること。
- 水質、市場向け樹木、漁業、観光資源、入植候補地域等に関する詳細な環境調査を実施すること。
- 国際入札を前提にした工事費の比較から、Nam Ngaoダムの型式は中央土質しゃ水型ロックフィルダムではなく、コンクリート表面しゃ水壁型ロックフィルダムが選定されている。タイ国内の施工業者の技術能力およびタイ政府の政策等を考慮して、ダム型式を最終決定すること。

3. 電力需要想定および電源開発計画

3.1 電力需要想定

タイ国に於ける電力の需要想定は、NEA, EGAT, MEA, PEAおよび NESDBの代表によって構成される Load Forecast Working Group For Power Tariff Study Sub-Committeeによって策定された精度の高いものである。

JICA調査団はこの需要想定に対して1979~1988年の時系列データを用い、GDP/人口と電力需要の回帰分析を行い独自のマクロ手法による需要想定を行った。

調査団が行った電力需要予測とEGATの予測と比較すると以下のように要約される。

電力需要予測 (MW)

年 度	EGAT (MW) (1)	JICA (MW) (2)	{(2)-(1)} / (1) (%)
1988	5,444.0	5,444.0	
1991	7,440.0	7,408.7	-0.4
1993	8,867.0	9,014.4	1.7
1995	10,304.0	10,786.8	4.7
1998	12,596.0	13,315.4	5.7
2001	15,112.0	15,914.1	5.3
年 平 均	8.2%/Year	8.6%/Year	

電力量需要予測 (GWh)

年 度	EGAT (GWh) (1)	JICA (GWh) (2)	{(2)-(1)} / (1) (%)
1988	31,996.94	31,996.94	
1991	45,062.0	44,256.0	-1.8
1993	54,240.0	54,172.1	-0.1
1995	63,924.0	65,211.4	2.0
1998	79,170.0	81,224.8	2.6
2001	96,373.0	97,953.2	1.6
年 平 均	8.9%/Year	9.0%/Year	

3.2 電源開発計画

E G A Tが有する発電設備出力は、1988年7月現在水力 2,250MW、火力（汽力） 3,608MW、コンバインドサイクル 772MW、ガスタービン 265MW、合計 6,894MWである。

E G A Tの電源開発計画が予定通り実施された場合、中期的電力需給状況は、1995年以降供給力が不足し、目標値である予備率15%を下廻る状況となる。特に1996年5月以降は、予備率が10%を下廻り、電源開発計画の見直しが必要となる。

一方、Nam Yuam川水力発電統合開発計画は、タイ国の電力系統の中で従来式水力プロジェクトであり、基本的にピーク負荷対応設備として活用が期待されるものである。

従ってできるだけ早期に開発を進める必要があるが、詳細設計・建設工事期間を考慮すると1997年8月に運開させることが最も早い運開時期である。

Nam Ngao発電所 140MWとMae Lama Luang発電所 240MW、合計 380MWを1997年8月に投入した場合、1997年以降の供給予備力は目標値である15%を確保できないものの、10%を確保することが可能となり、その開発意義は大きいと判断される。

Fig. 3-1 にNam Yuam川水力発電統合開発計画を入れた電源開発計画を示す。

4. 水 文

(1) 流域の水文特性

Yuam川はタイ国の北西部 Mae Hong Song県の最北部にその源流を發し、途中多くの支流と合流してMoei川に注ぐ流路延長約 180km、流域面積約 6,000km²の河川である。

Yuam川流域一帯は典型的な熱帯モンスーン気候帯に属し、雨期（5～10月）と乾期（11～4月）に明確に区分される。流域での平均年間雨量は約 1,300mmであるが、その90%が雨期に集中している。また気温は平均27℃、湿度は平均90%と高い値を示している。

本流域内には現在5ヶ所の測水所が存在するが、計画対象地域のほぼ全域をカバーする Ban Tha Rua測水所の記録によれば同地点での年間総流入量は約28億m³、平均流量は89.6m³/secである。流入量の半分以上は、全流域面積の1/6以下を占めるにすぎない支流Ngao川流域からの流出によって賄われており、流域内の比流量は地域によって大きな差がみられる。Fig. 4-1に流域内の気象観測所及び測水所の配置を示す。

(2) 低水解析

Nam Ngao計画およびMae Lama Luang計画地点に最も近い測水所は、それぞれ Ban Tha Rua 測水所、Ban Mae Ngao測水所である。両地点の流量資料の観測期間は18年および2年半であり、ともに計画策定という観点からは不十分である。そこで、他の測水所の流量資料および降雨量資料から両地点の流量資料の拡張を行った。流量資料からの拡張には相関分析手法が、また降雨量資料からの拡張にはタンクモデル手法を使用した。

この方法で算出されたNam NgaoおよびMae Lama Luangダムサイトでの年間流入量は、1,366百万m³および 2,948百万m³である。Table 4-1及び Table 4-2に各ダムサイトにおける流入量を示す。

(3) 洪水解析

本スタディにおける洪水解析は、タイ国内の既往洪水ならびに PMF値の包絡線に基づく経験的手法、当該流域内の洪水の実測記録に基づく確率論的手法、および可能最大降水量に基づく PMF手法の3手法によって検討した。

各解析結果をクロスチェックした後、PMF手法によって求められた値が妥当かつ3手法による値を代表しているものと判断され、同手法によるNam NgaoおよびMae Lama Luang両地点の解析値 $2,100\text{m}^3/\text{sec}$ および $5,200\text{m}^3/\text{sec}$ をそれぞれの洪水吐の設計洪水量として採用した。

(4) 堆 砂

堆砂量の解析はSop Han、Tha Song Yang および Ban Tha Rua各測水所の浮遊砂量資料を用いて行われ、その結果Ngao川およびYuam川の比堆砂量を $205\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ と算出した。この値に基づくNam NgaoおよびMae Lama Luang両地点の100年累積総堆砂量はそれぞれ $1,600\text{万m}^3$ および $9,400\text{万m}^3$ と算出した。

(5) ダム決壊解析

フィルダムの決壊は、決壊規模、決壊時間等に依存し、Mae Lama Luangダムでは $4\sim 20\text{万m}^3/\text{sec}$ の洪水が、Nam Ngaoダムでは $7\sim 26\text{万m}^3/\text{sec}$ の洪水が発生する。Nam Ngaoダムの決壊による洪水波はYuam、Ngao川合流点上流約35km地点 (Ban Huai Sai) 付近まで影響を及ぼす一方、洪水波は合流点下流へも伝播し、Mae Lama Luangダムを越流し、Mae Lama Luangダムを決壊せしめる。

(6) 流出予測システム

Yuam川流域の流出予測システムは、Nam Ngao 及び Mae Lama Luang 発電所の効率的運用、洪水発生 of 早期検知等を目的として設置されるもので、テレメータ監視計測システム、ダム洪水吐ゲート集中制御システム及び洪水警報システムより構成される。

本システムの概算費用は280百万Bahtオーダーである。

Table 4-1 Monthly Inflow at Nam Ngao Dam Site

(unit: m³/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL	
													(x 10 ⁶ m ³)	(x 10 ⁶ m ³)
1959	6.90	5.49	4.42	2.77	2.42	22.98	36.44	113.69	123.69	44.37	20.73	13.10	1,067.21	
1960	6.61	5.56	4.16	2.42	25.33	30.34	50.57	158.89	120.02	123.33	53.28	33.93	1,526.92	
1961	21.71	13.79	8.71	7.18	7.18	36.38	72.20	117.47	184.32	69.62	32.56	29.13	1,581.60	
1962	18.65	11.30	8.84	7.16	34.14	35.57	81.06	102.61	104.40	151.12	38.84	26.13	1,641.17	
1963	16.66	10.53	8.58	6.31	4.12	45.81	76.92	87.42	98.06	115.46	61.16	27.08	1,473.86	
1964	19.17	11.09	8.19	6.68	11.29	11.72	127.70	87.95	134.90	108.47	32.53	24.39	1,546.44	
1965	15.48	9.89	8.24	6.50	4.63	27.76	40.25	107.10	83.70	75.04	60.21	23.57	1,220.44	
1966	16.75	10.05	7.67	5.79	10.13	40.34	76.04	171.57	105.64	33.62	24.08	16.08	1,368.97	
1967	11.15	8.84	7.15	5.16	7.62	8.41	48.50	145.34	138.12	82.22	32.98	24.39	1,374.19	
1968	15.73	10.30	7.93	5.45	10.98	51.04	52.21	116.54	80.39	52.75	24.08	18.28	1,178.01	
1969	13.05	8.96	5.57	5.20	12.97	48.79	76.42	341.05	199.70	93.76	54.41	35.26	2,368.60	
1970	23.48	16.47	11.33	10.84	19.12	31.25	77.12	115.97	124.00	63.98	34.44	23.45	1,455.39	
1971	15.35	10.37	7.61	5.04	10.63	40.72	170.15	187.40	132.45	66.41	36.14	21.36	1,863.59	
1972	14.41	9.96	7.70	7.52	6.58	16.53	111.99	158.50	103.78	65.51	44.53	30.68	1,530.66	
1973	19.04	12.00	9.91	6.71	13.59	33.26	61.69	107.38	120.45	84.80	43.93	27.69	1,426.79	
1974	15.00	10.03	6.31	6.23	13.11	38.24	70.44	119.97	102.18	56.64	34.63	17.91	1,243.12	
1975	16.02	10.77	9.37	6.25	10.67	36.74	75.31	85.83	102.18	74.58	35.85	19.59	1,275.61	
1976	15.00	10.67	7.19	4.94	12.02	27.19	64.33	120.05	89.66	71.69	39.00	20.30	1,275.33	
1977	26.51	11.33	8.12	6.81	7.95	12.94	35.20	85.89	132.07	44.82	30.30	17.01	1,103.46	
1978	11.64	9.33	6.44	4.64	9.61	58.62	58.62	112.17	77.27	53.28	20.95	12.51	1,021.89	
1979	7.17	6.04	4.30	3.48	4.43	6.63	28.01	134.77	58.61	52.72	23.26	13.07	907.80	
1980	8.46	6.16	5.36	4.44	14.37	20.24	45.26	67.95	154.28	94.27	42.30	25.05	1,287.24	
1981	15.47	8.14	5.65	4.79	6.09	30.62	75.49	135.66	72.66	55.29	37.01	22.55	1,442.66	
1982	13.98	8.98	6.10	5.18	12.35	60.02	100.87	228.90	135.11	79.61	35.16	19.28	1,867.02	
1983	12.16	7.33	4.85	3.37	3.51	11.54	12.11	47.91	60.31	60.68	35.73	18.03	731.29	
1984	11.22	7.29	5.47	4.65	5.43	64.42	69.65	135.81	89.48	52.07	26.15	15.79	1,288.32	
1985	11.09	8.27	6.18	5.20	8.26	62.45	97.56	126.37	105.97	56.01	27.07	23.59	1,447.46	
1986	16.16	11.71	8.53	6.63	8.24	27.71	68.13	73.82	49.99	25.43	16.55	10.99	855.79	
Average	14.79	9.67	7.14	5.62	10.60	31.76	70.01	128.36	109.39	71.69	35.99	21.79	1,366.09	

Table 4-2 Monthly Inflow at Mae Lama Luang Dam Site

MONTHLY LIST OF DAILY TOTAL RUNOFF AT < BAH4 > G.S (UNIT:10**6)													
YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
1959	41.04	20.02	24.47	16.08	17.39	109.26	180.15	603.95	677.60	265.92	118.42	78.99	2162.08
1960	42.89	30.92	23.15	13.90	130.56	140.14	260.70	923.37	659.40	690.57	293.05	198.50	3408.10
1961	123.52	74.61	53.01	30.73	41.69	177.67	393.39	646.00	1040.05	407.40	194.07	160.78	3367.73
1962	110.62	65.23	54.10	40.20	107.59	176.53	434.32	580.91	575.64	823.71	221.71	152.33	3422.97
1963	100.02	60.20	51.64	37.01	30.08	227.49	430.29	510.90	574.92	667.04	346.15	169.28	3205.03
1964	116.75	69.90	54.13	40.22	70.56	62.45	722.49	515.01	050.44	623.76	207.70	153.19	3476.68
1965	102.00	63.94	56.11	41.00	35.99	137.07	215.44	611.13	467.56	481.54	354.89	151.65	2720.01
1966	105.03	62.56	51.64	37.67	72.96	218.70	451.60	1033.40	626.03	225.52	148.64	107.95	3141.88
1967	70.32	49.28	43.01	32.17	56.58	66.79	254.98	805.66	451.98	183.97	134.90	134.90	2904.63
1968	80.22	55.10	46.35	36.25	74.16	251.54	202.59	630.21	443.71	343.54	148.63	109.08	2528.27
1969	76.02	49.03	37.14	33.33	76.40	238.12	385.01	1743.63	1030.80	492.50	293.24	177.16	4652.46
1970	130.75	83.67	65.56	62.15	136.22	104.09	399.09	685.30	706.01	401.75	205.23	154.47	3215.11
1971	95.95	60.59	51.02	35.24	81.02	224.04	899.31	1000.33	720.91	391.33	202.09	132.73	3895.36
1972	80.07	59.92	48.62	47.30	46.54	95.00	545.62	822.82	523.17	353.60	254.51	167.16	3092.20
1973	108.21	63.10	56.38	30.87	86.89	170.17	366.74	733.97	777.89	498.00	235.20	153.38	3288.95
1974	94.05	59.57	43.02	39.23	85.46	192.14	351.02	630.44	468.27	318.43	221.29	114.42	2618.13
1975	104.08	60.86	54.62	36.61	68.27	189.06	387.50	567.64	739.06	505.59	228.95	139.16	3083.00
1976	96.94	64.60	47.20	33.17	73.11	134.42	316.78	612.43	505.65	427.31	222.10	135.75	2669.53
1977	145.39	61.16	48.50	44.43	55.58	77.50	198.68	476.08	785.04	322.34	196.66	124.09	2535.92
1978	89.58	50.97	44.73	32.68	62.14	61.76	373.29	603.34	571.97	393.61	161.44	95.71	2629.24
1979	66.46	44.45	32.23	28.20	51.36	62.37	166.34	676.24	322.38	305.33	127.60	78.90	1961.87
1980	51.60	35.79	32.13	27.20	93.40	136.36	263.63	402.77	885.52	518.75	224.80	146.87	2818.80
1981	80.68	44.20	35.97	30.03	41.49	154.01	382.14	729.72	405.80	302.66	202.54	129.53	2548.77
1982	80.67	48.02	37.17	34.84	73.02	302.72	485.51	1116.34	737.13	483.79	202.40	120.99	3723.39
1983	77.89	45.51	33.77	24.31	27.70	66.83	75.37	255.62	317.81	330.72	196.04	109.79	1561.36
1984	67.95	43.16	32.34	31.05	35.07	300.61	340.79	678.83	553.00	300.67	170.39	103.76	2745.60
1985	65.79	41.87	32.97	26.32	62.09	245.35	418.96	578.07	670.44	555.68	318.03	199.27	3214.85
1986	108.72	60.91	54.40	49.12	63.44	123.25	333.23	425.05	307.10	181.54	132.00	93.09	1940.66
TOTAL	2539.69	1555.17	1245.44	988.30	1938.47	4535.53	10325.95	19477.35	17764.97	12144.66	6013.50	3821.70	83550.73
MEAN	90.70	55.54	44.40	35.30	69.23	161.90	368.70	702.76	634.46	433.74	214.77	136.49	2940.24
MAX	145.39	83.67	65.56	62.15	107.59	308.61	899.31	1743.63	1040.05	823.71	354.89	199.27	4652.46
MIN	41.04	20.02	23.15	13.90	17.39	61.76	75.37	255.62	307.10	181.54	118.42	78.90	1561.36

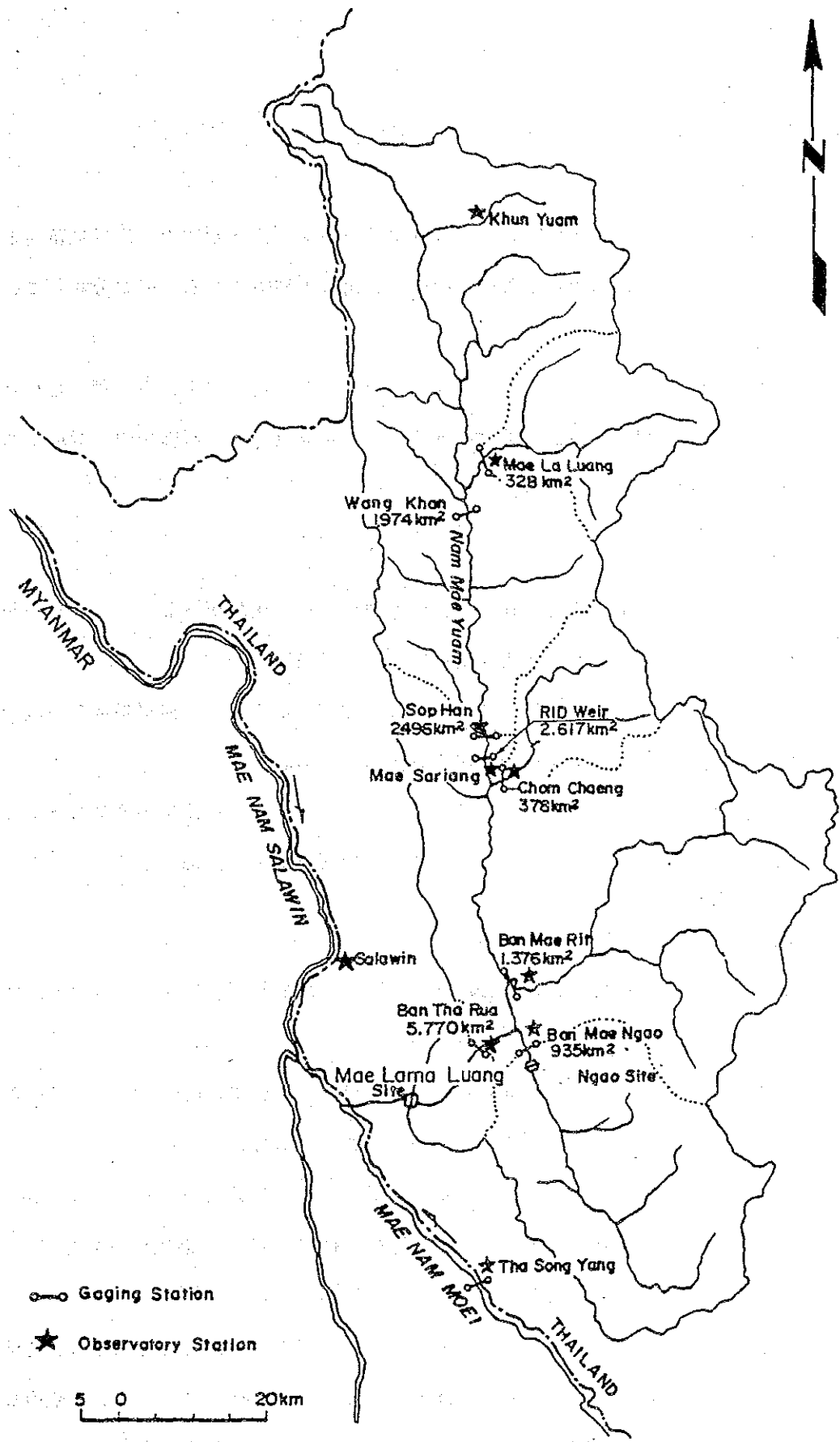


Fig. 4-1 Location Map of Observatory and Runoff Gauging Stations

5. 地質、建設材料及び地震

5.1 地 質

(1) Nam Ngao計画

(a) 貯水池

貯水池地域は中～古生層およびこれを覆う第四紀の段丘堆積物、崖錐堆積物よりなる。中～古生層は堅硬な砂岩、砂岩と頁岩の互層および石灰岩が分布している。

石灰岩はダムサイト上流右岸の Mae Lui沢沿いや、Ngao川上流右岸側一帯にみられる。第四紀層は、Ngao川沿いの低位部に段丘堆積物が、斜面中腹や沢の下部に崖錐堆積物が分布している。

(b) ダムサイトの地質

ダムサイトの地質は主に砂岩と頁岩の互層および石灰岩からなる。これらの基盤岩を覆って段丘堆積物、現河床堆積物、崖錐堆積物が分布している。

砂岩と頁岩の互層は、ダムサイト右岸の高標高部からその上流尾根部の石灰岩の分布域を除くダムサイト全般に広く分布している。

石灰岩は、ダムサイト右岸の高標高部から Mae Lui沢に続く尾根部に分布している。Fig. 5-1及び Fig. 5-2にダムサイトの地質平面及び断面を示す。

(c) 評 価

調査の結果、Nam Ngao貯水池およびダムサイトに対して、以下のような土木地質的評価がなされる。

— 貯水池内の斜面では、滑落崖や崩壊などは認められず、斜面は安定している。

Nam Ngao貯水池内において漏水の恐れのある地形は、ダム左岸アバットメントより南西方向に約 550m連続するやせ尾根部と、部分的に石灰岩からなる右岸アバットメント部である。左右岸の尾根部については、基礎処理によってしゃ水性を確保する事が可能である。

— ダムサイトに分布する岩石は計画されているダムの基礎として十分な耐荷性を有している。ただし、左岸高標高部の風化帯や河床部などにみられる断層などについては処理が必要である。透水試験の結果から判断すると、風化部を除いた砂岩と頁岩の部分については低い透水性 (0～5 Lu) を示している。

(2) Mae Lama Luang計画

(a) 貯水池

貯水池地域は古～中生層、第三紀層、沖積層および、古～中生層に貫入する花崗岩、玄武岩よりなる。

古～中生層は全体として堅硬な珪岩、片岩、砂岩・頁岩互層、頁岩、石灰質頁岩、石灰質砂岩、石灰岩よりなる。

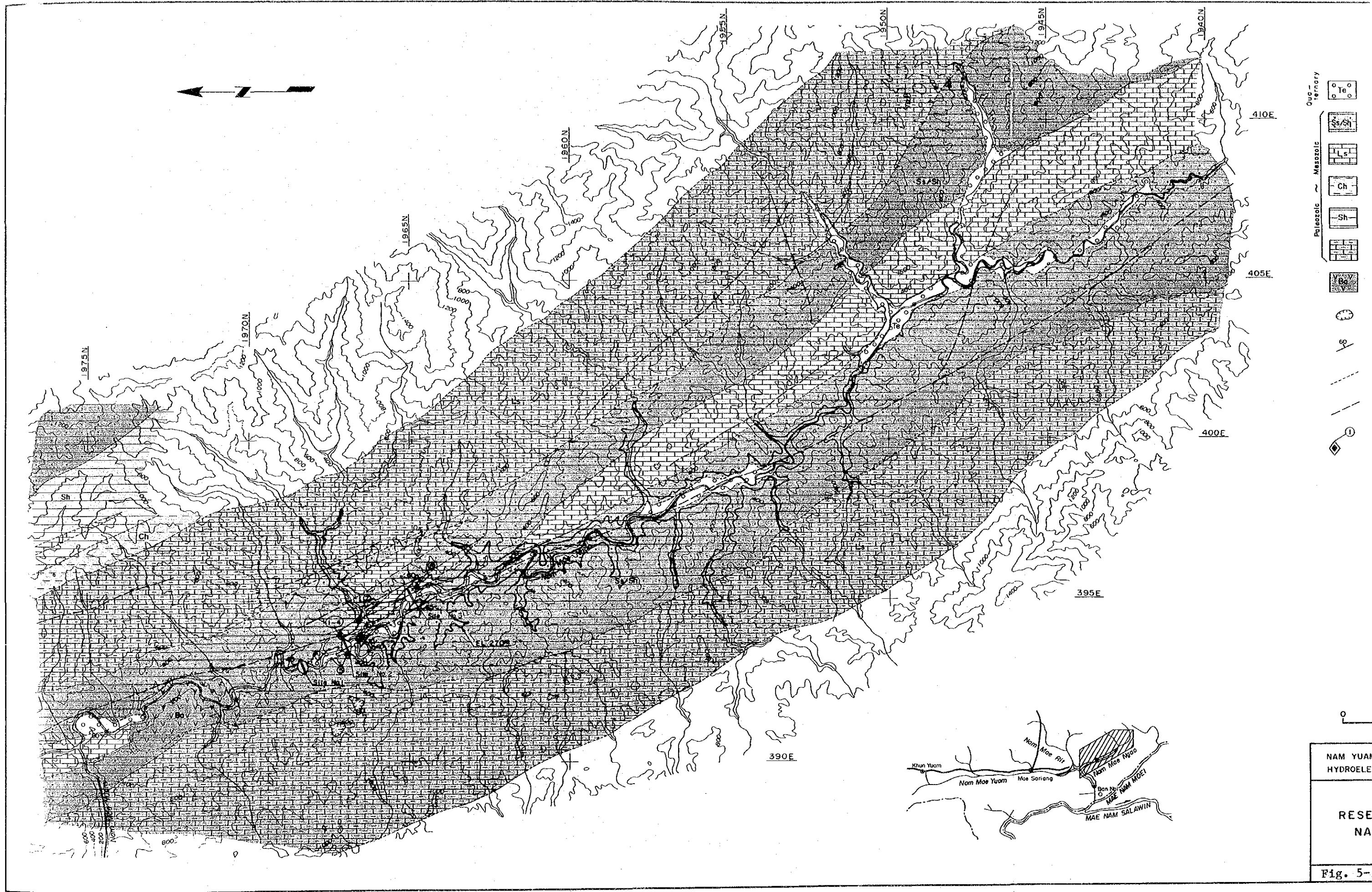
(b) ダムサイトの地質

ダムサイトに分布する基盤の堆積岩類は主に2つに区分される。ひとつは石英片岩および珪岩、一部石灰質片岩からなる非石灰質岩石、他のひとつは石灰岩、石灰質砂岩および一部砂岩を挟在する石灰質岩石でなる。ダム右岸アバットメントは下部に石英片岩や石灰質片岩が分布するものの、上部に向かい石灰質砂岩や石灰岩へと漸移する。Fig. 5-3および Fig. 5-4にダムサイトの地質平面及び断面を示す。

(3) 評 価

調査の結果、Mae Lama Luang貯水池およびダムサイトに対して以下のような土木地質的評価がなされる。

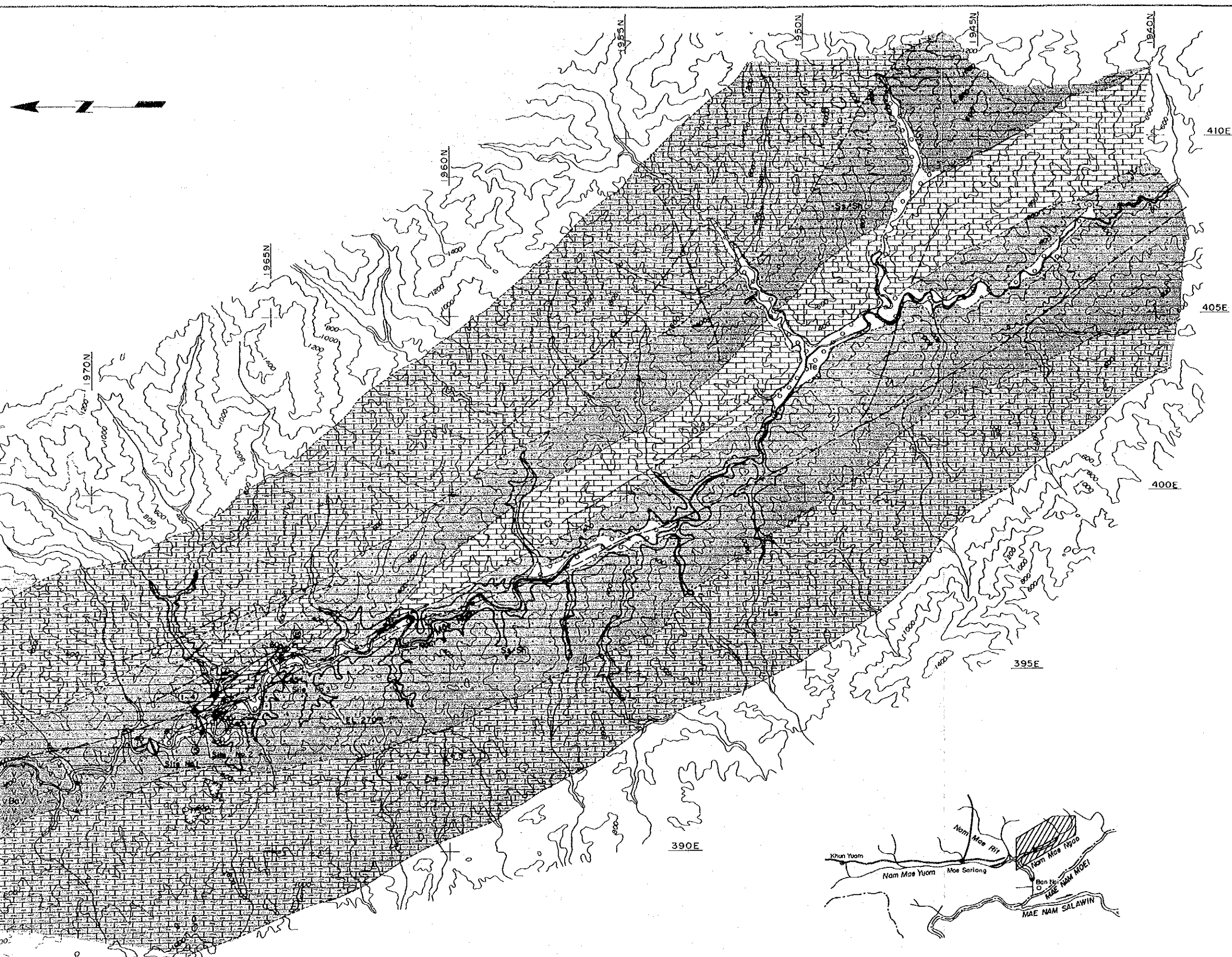
- 貯水池区域には、漏水の恐れのある地形は認められず、斜面は安定している。
- ダムサイトに分布する岩石は新鮮、塊状、堅硬であり、計画されているダムの基礎として十分な耐荷性を有している。表層の風化部および右岸高位部の石灰岩分布域を除いたダム基礎部は、3 Lu以下の低い透水性を示しており、十分なしゃ水性を有している。フィルダムしゃ水ゾーンの基礎における基盤岩の風化部については、掘削除去が必要となる。ダム右岸部のしゃ水性を確保するために地下水位が満水位標高と同一標高になる所まで、あるいはほぼ5 Lu以下の低透水部が分布する所まで改良する必要が考えられ、グラウチングによって基礎処理が可能である。



NAM YUEN
HYDROELECTRIC

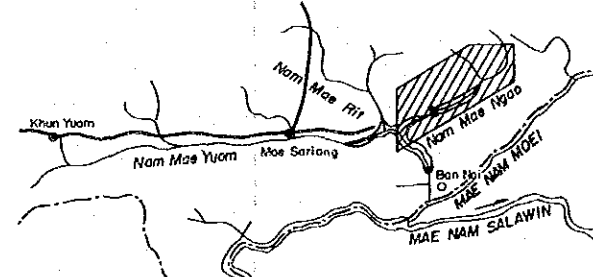
RESEARCH
AREA

Fig. 5-



LEGEND

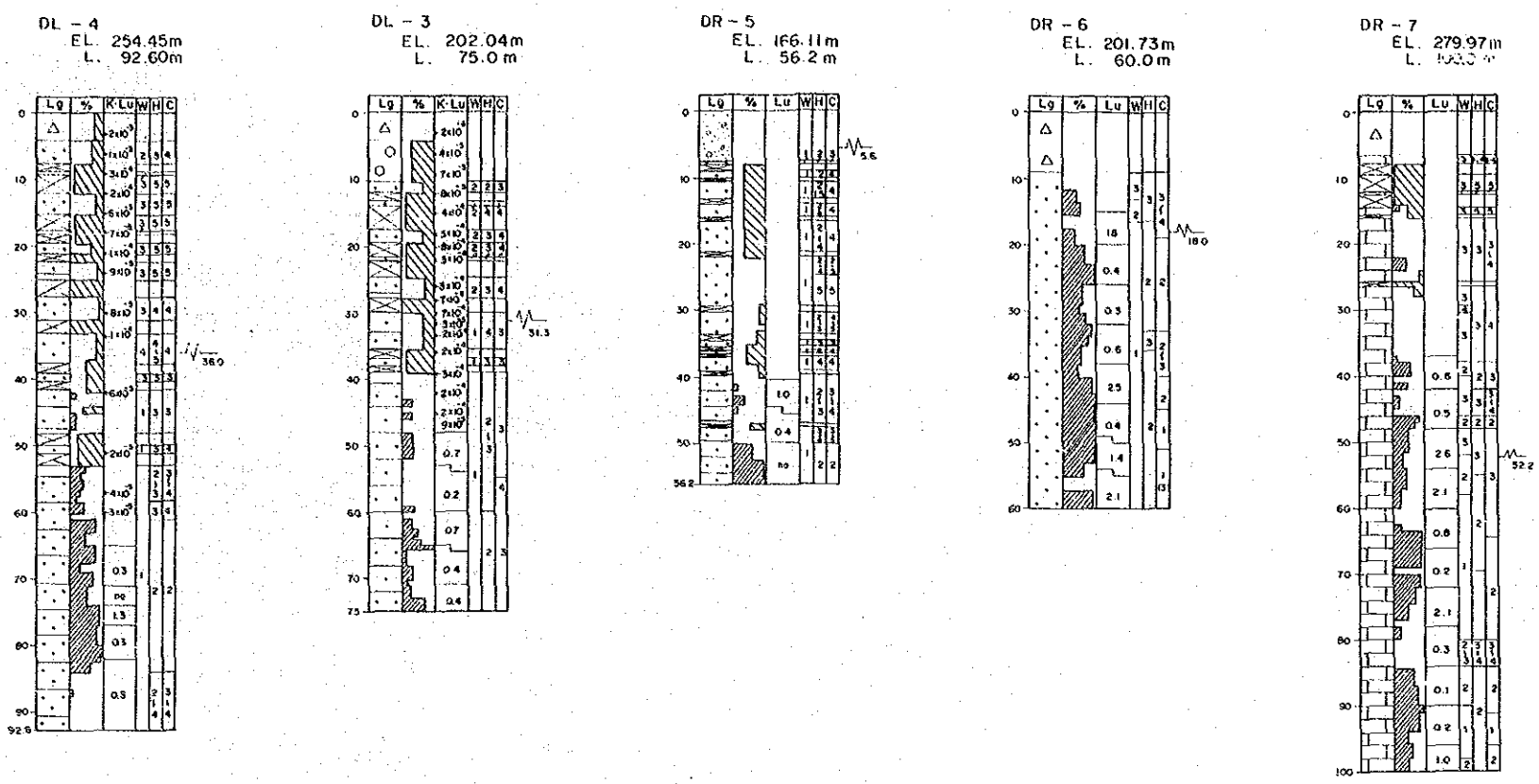
Quaternary	Te	Terrace deposit
Mesozoic	[Pattern]	Alternation of sandstone and shale
	[Pattern]	Limestone
	[Pattern]	Chert
	[Pattern]	Shale
Paleozoic	[Pattern]	Argillaceous limestone
	[Pattern]	Basalt
	[Symbol]	Sink hole
	[Symbol]	Strike and dip of strata
	[Symbol]	Geologic boundary
	[Symbol]	Aerophoto lineament
	[Symbol]	Locality for chemical analysis of rock samples



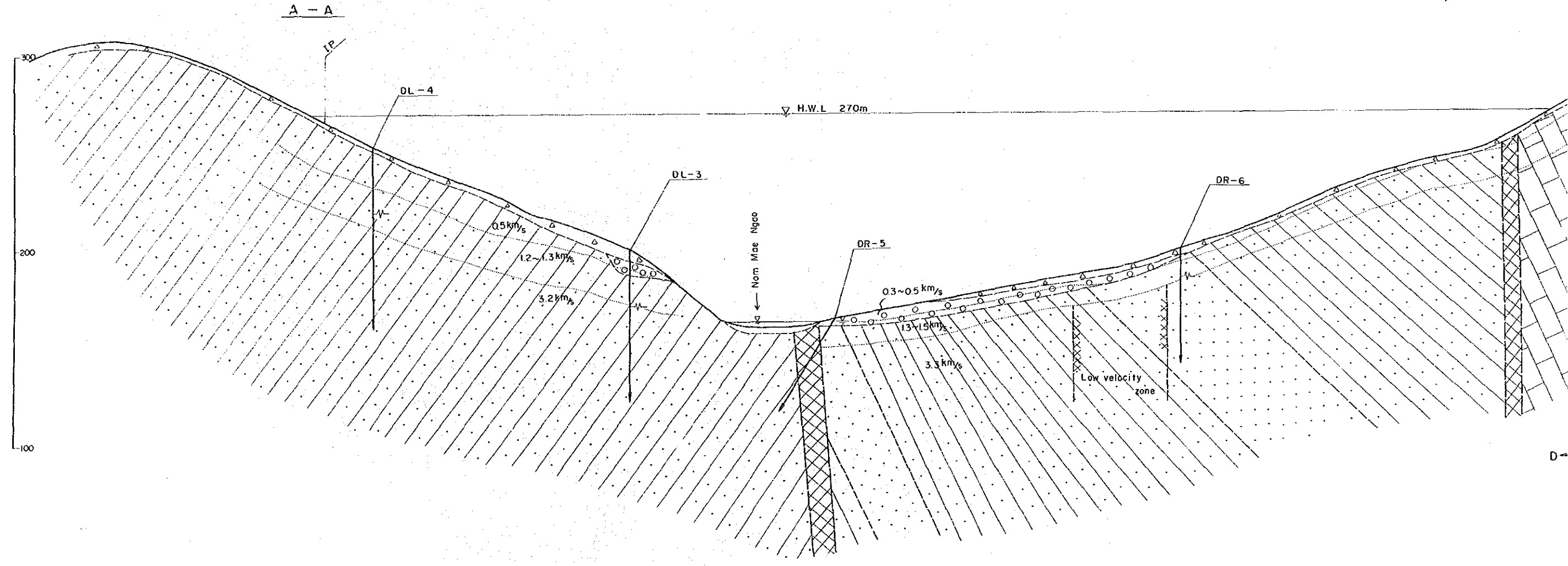
NAM YUAM RIVER BASIN INTEGRATED HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT

**GEOLOGY
RESERVOIR AREA OF
NAM NGAO DAM
PLAN**

Fig. 5-1



- (For Profile)
- Detritus, Topsoil, soil and rock fragments
 - River deposit
 - Terrace deposit
 - Limestone
 - Sandstone
 - Alternation of sand and shale
 - Geologic boundary
 - Fault, Sheared zone
 - Seismic velocity zone
 - Drill hole
 - Drill hole (project)

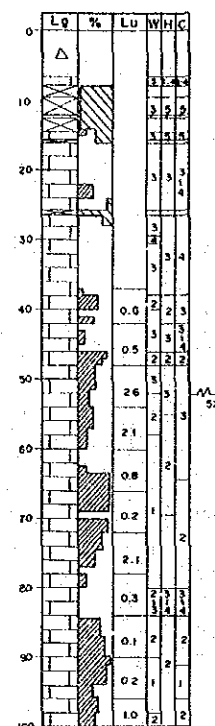
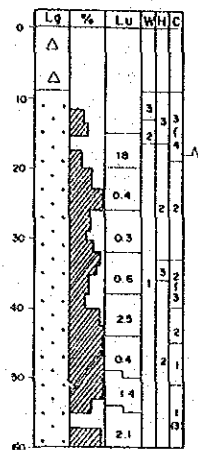
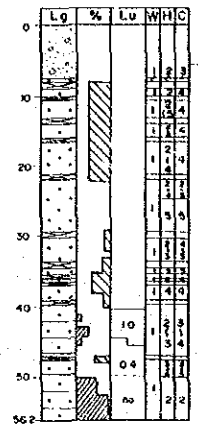
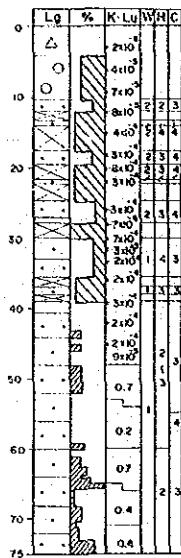


DL-3
EL. 202.04m
L. 75.0m

DR-5
EL. 166.11m
L. 56.2m

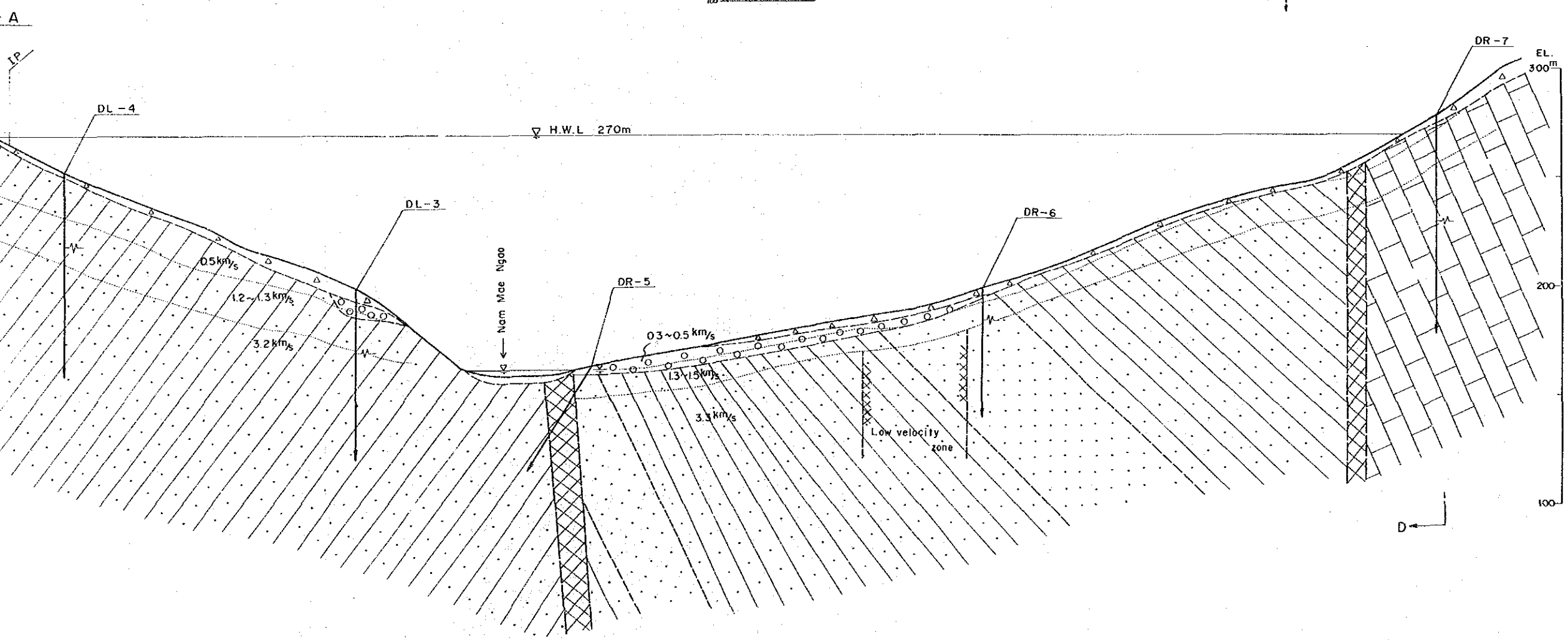
DR-6
EL. 201.73m
L. 60.0m

DR-7
EL. 279.97m
L. 60.0m



LEGEND

- (For Profile)
- Detritus, Topsoil, Thick residual soil and rock fragments
 - River deposit
 - Terrace deposit
 - Limestone
 - Sandstone
 - Alternation of sandstone and shale
 - Geologic boundary
 - Fault, Sheared zone
 - Seismic velocity and its boundary
 - Drill hole
 - Drill hole (projection)
- (For Core log)
- Geologic column
- Lugeon value or Permeability coefficient
- Core evaluation
- W : Weathering
1 : Fresh
5 : Decomposed
H : Hardness
1 : Hard
5 : Soft
C : Core cutting
1 : Stick
5 : Grain
- No test
Core loss (%)
RQD (%)
- Groundwater table (measured on Feb.24/89)
- Detritus deposits
 - River deposit
 - Terrace deposit
 - Limestone
 - Sandstone
 - Alternation of sandstone and shale
 - Core loss

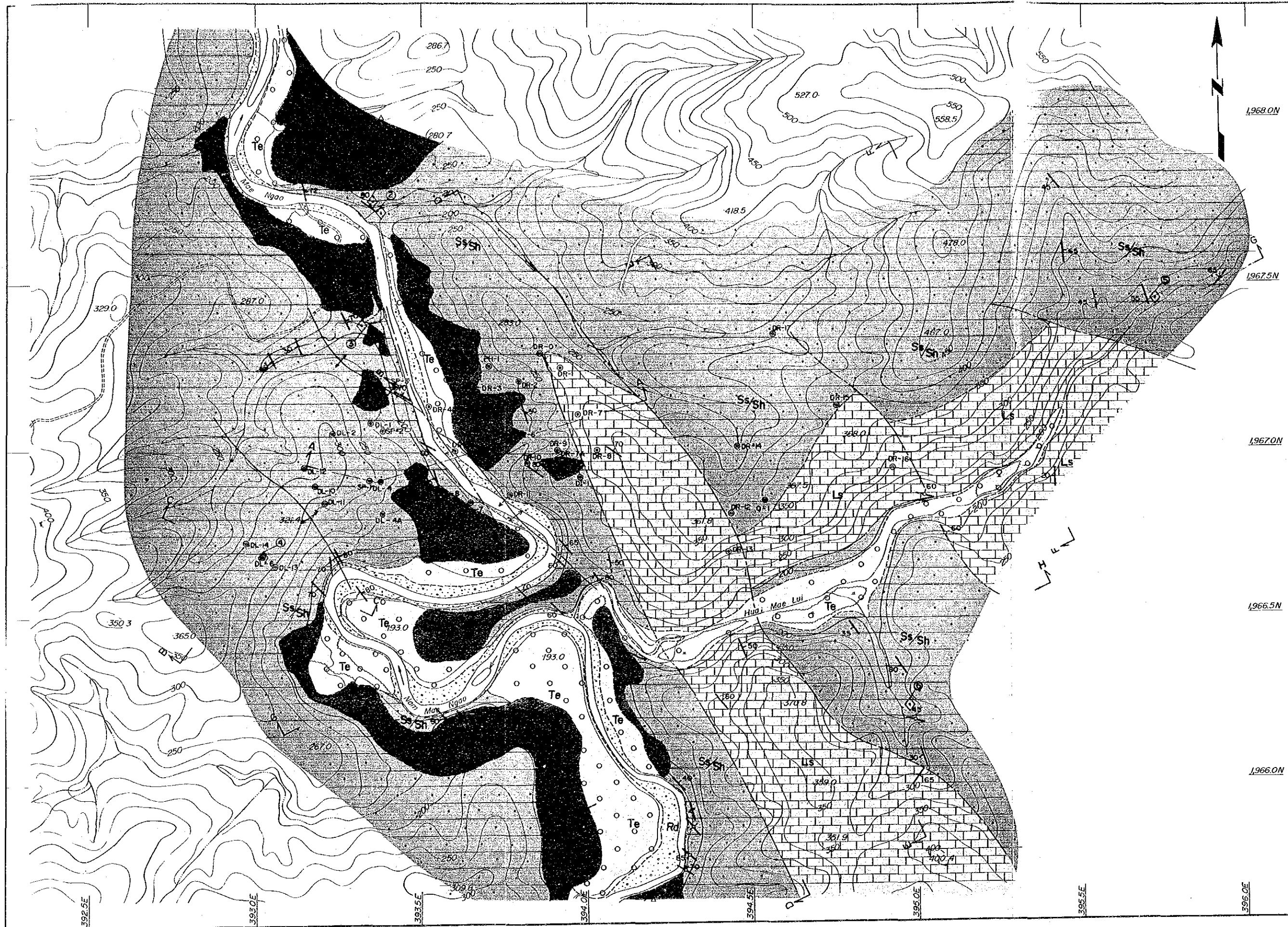


0 100m

NAM YUAM RIVER BASIN INTEGRATED
HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT

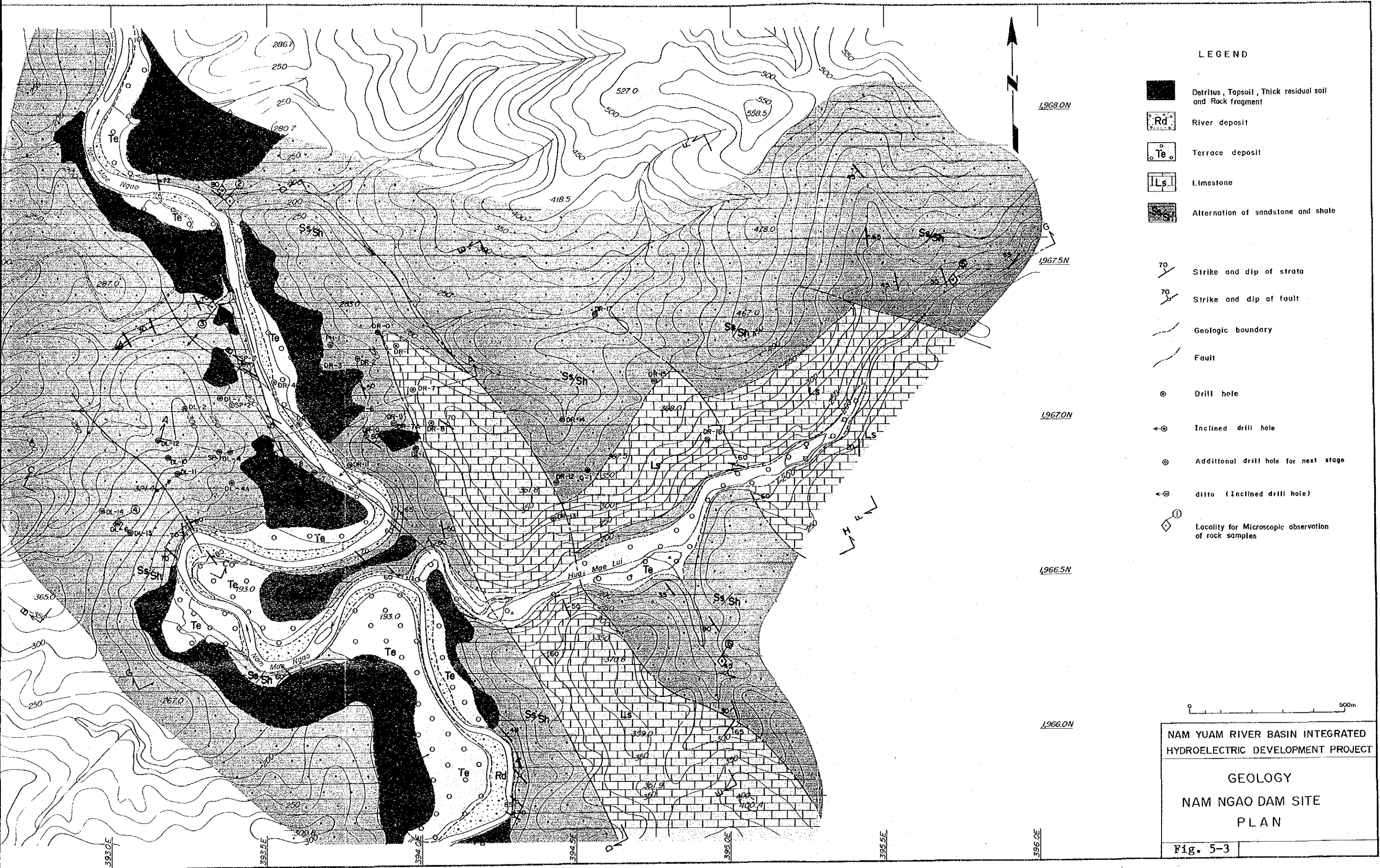
GEOLOGY
NAM NGAO DAM SITE
PROFILE

Fig. 5-2



- LE
- Detrit and f
- Rd
- Te
- Ls
- Alter
- 70
- 70
- Geol
- Fault
- Drill
- Incli
- Add
- ditto
- Loco of ro

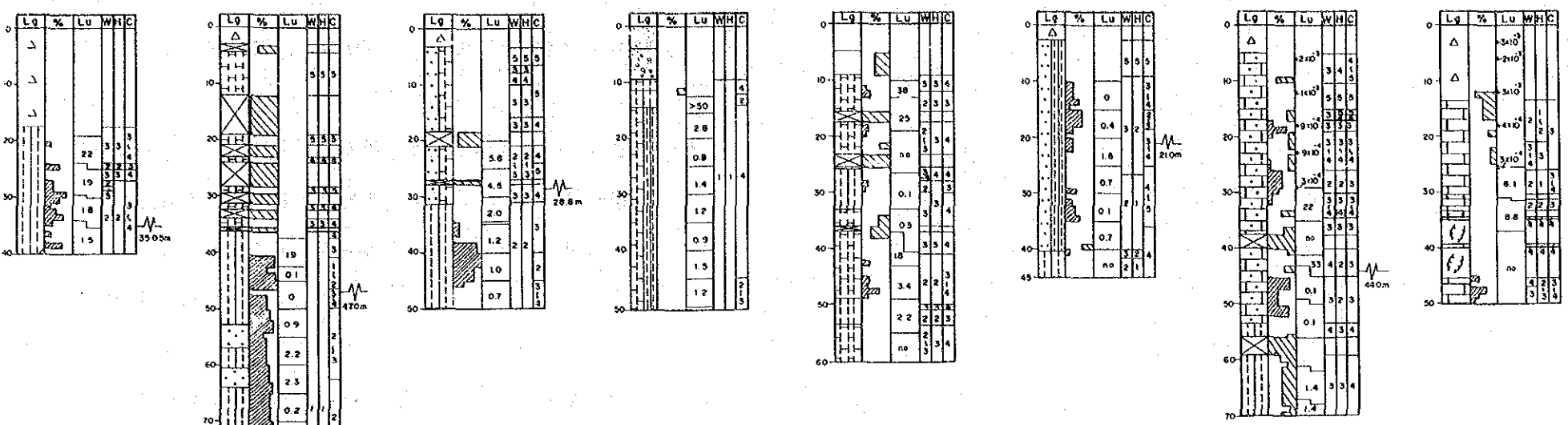
NAM YUA
HYDROEL
NAM
Fig.



LEGEND

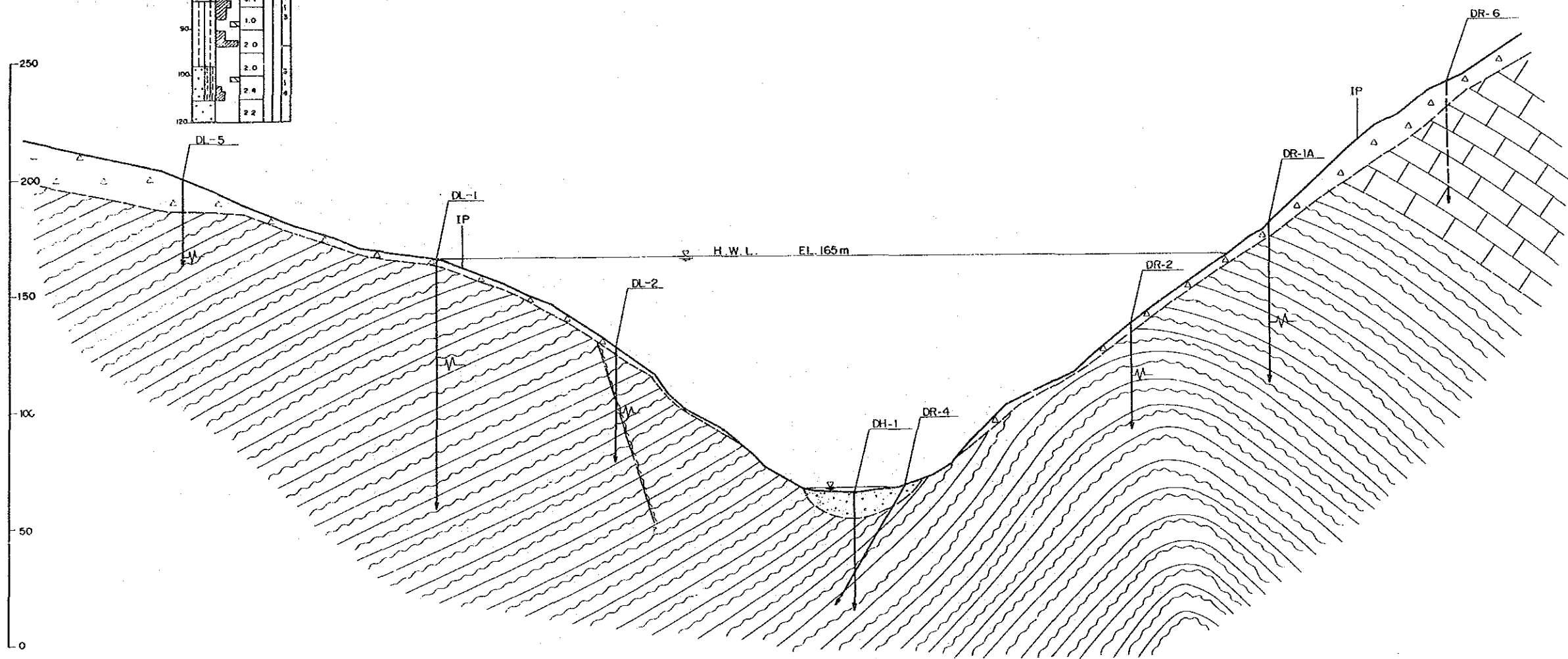
- Detritus, Topsoil, Thick residual soil and Rock fragment
- River deposit
- Terrace deposit
- Limestone
- Alternation of sandstone and shale
- Strike and dip of strata
- Strike and dip of fault
- Geologic boundary
- Fault
- Drill hole
- Inclined drill hole
- Additional drill hole for next stage
- ditto (Inclined drill hole)
- Locality for Microscopic observation of rock samples

DL - 5 EL. 201.93m L. 40.00m
 DL - 1 EL. 166.49m L. 110.00m
 DL - 2 EL. 126.76m L. 50.00m
 DH - 1 EL. 61.93m L. 50.60m
 DR - 4 EL. 65.88m L. 60.00m
 DR - 2 EL. 133.36m L. 45.00m
 DR - 1A EL. 174.27m L. 70.00m
 DR - 6 EL. 236.59m L. 50.00m



LEGEND

- (For Profiles)
- Detritus, Topsoil, Thick residual soil and rock fragments
 - River deposit
 - Limestone
 - Quartzite, Quartz schist, Calcareous schist and Sandy limestone
 - Geologic boundary
 - Fault (Assumed)
 - Drill hole
 - Drill hole (projection)
- (For Core Log)
- Geologic column
 - Lugeo Core log
 - No test Core loss (RQD) (%)
- Groundwater table (measured on Feb. 2)
- Detritus deposit
 - River deposit
 - Limestone
 - Sandy limestone
 - Sandstone
 - Quartzite, Quartz schist, Calcareous schist
 - Cavity
 - Core loss



NAM YU
HYDROE

MAE

Fig.

DL - 1
EL. 166.49m
L. 110.00m

DL - 2
EL. 126.76m
L. 50.00m

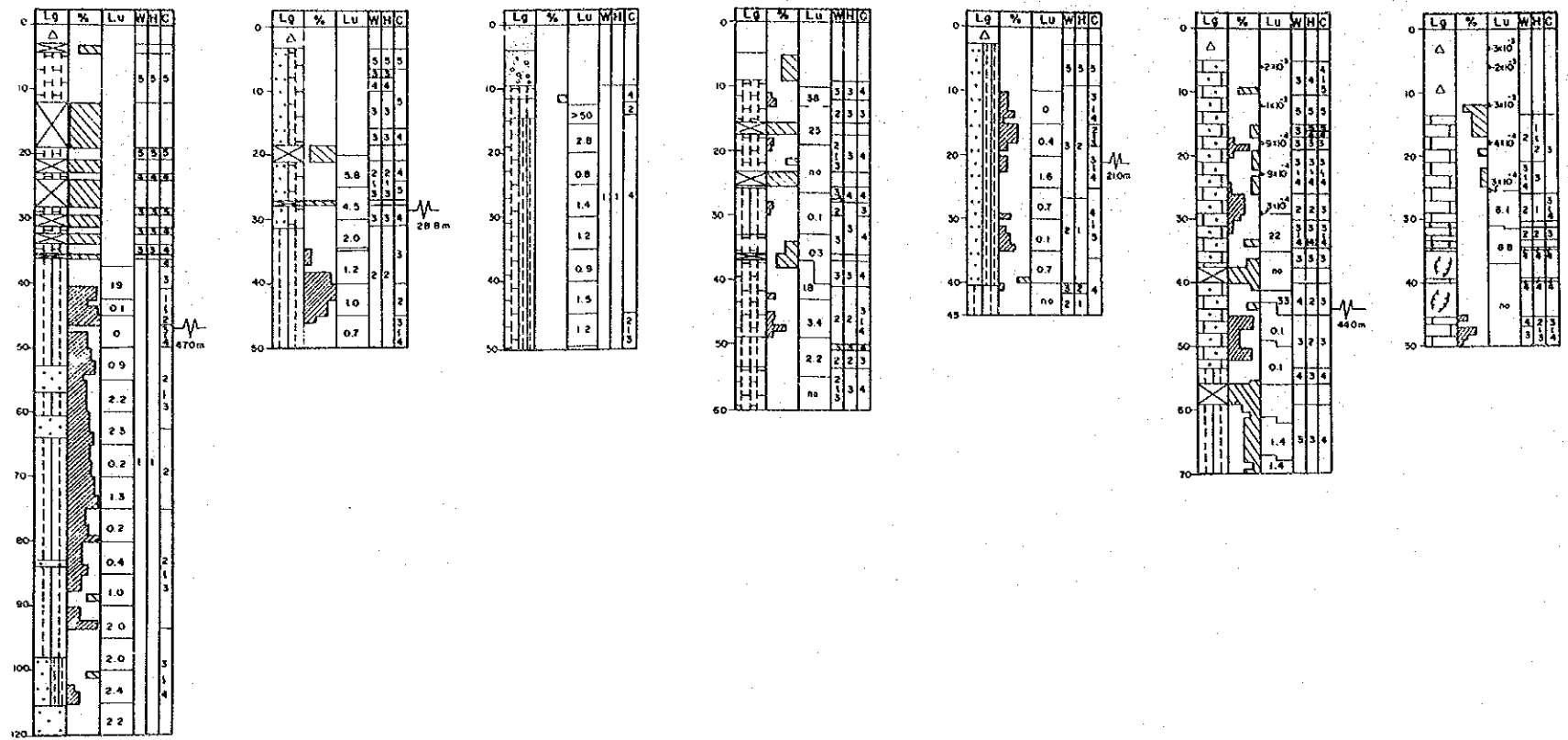
DH - 1
EL. 61.93m
L. 50.60m

DR - 4
EL. 65.88m
L. 60.00m

DR - 2
EL. 133.36m
L. 45.00m

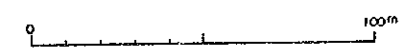
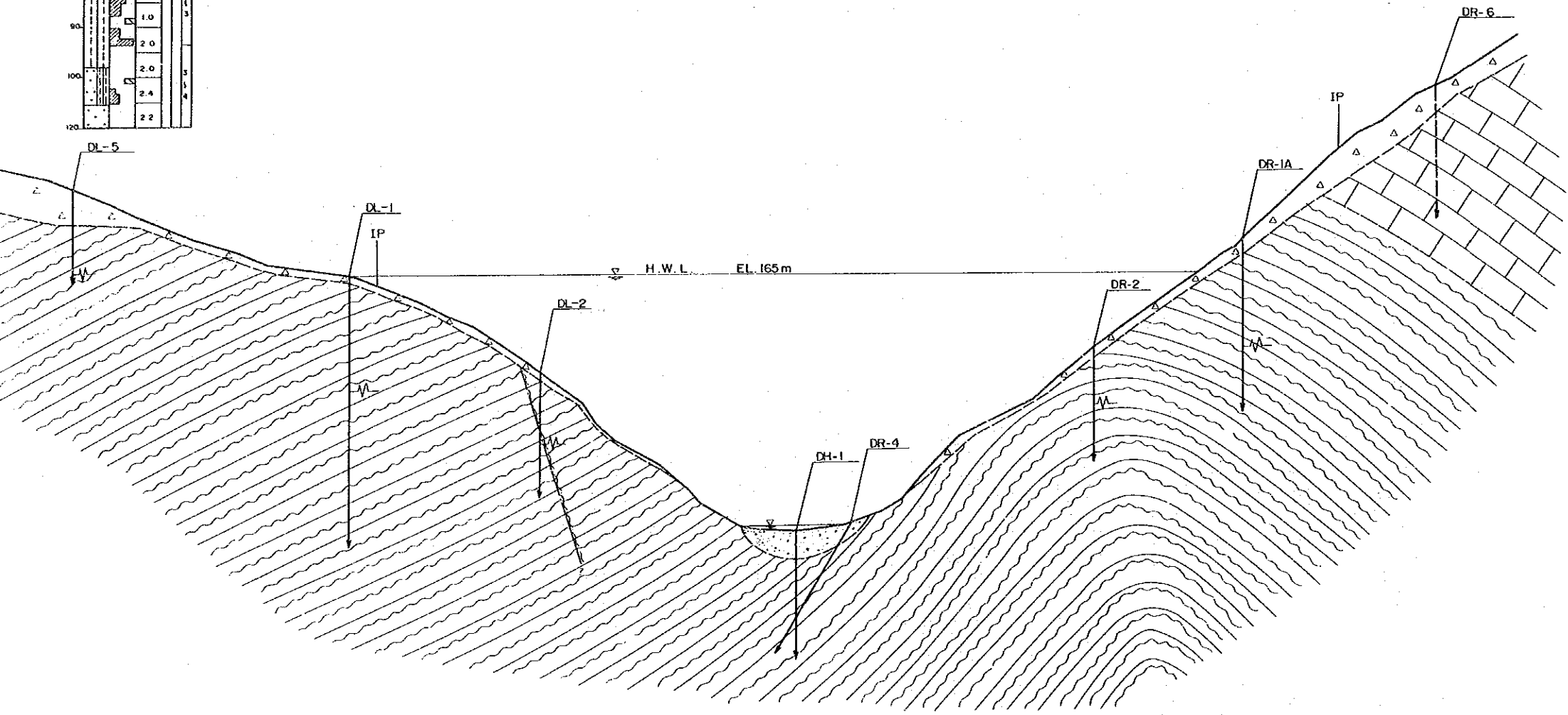
DR - 1A
EL. 174.27m
L. 70.00m

DR - 6
EL. 236.59m
L. 50.00m



LEGEND

- (For Profile)
- △ △ Detritus, Topsoil, Thick residual soil and rock fragments
 - ▨ River deposit
 - ▩ Limestone
 - ▧ Quartzite, Quartz schist, Calcareous schist and Sandy limestone
 - Geologic boundary
 - - - Fault (Assumed)
 - DR-1 Drill hole
 - DL-1 Drill hole (projection)
- (For Core log)
- Geologic column
- Lugeon value or Permeability coefficient
- Core evaluation
- W : Weathering
F : Fresh
5 : Decomposed
H : Hardness
1 : Hard
5 : Soft
C : Core cutting
1 : Stick
5 : Grain
- No test
Core loss (%)
RQD (%)
- Groundwater table (measured on Feb. 21'89)
- △ Detritus deposits
 - ▨ River deposit
 - ▩ Limestone
 - ▧ Sandy limestone
 - ▧ Sandstone
 - ▧ Quartzite, Quartz schist
 - ▧ Calcareous schist
 - ▧ Cavity
 - ▧ Core loss



NAM YUAM RIVER BASIN INTEGRATED
HYDROELECTRIC DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGY

MAE LAMA LUANG DAM SITE
PROFILE

Fig. 5-4

5.2 建設材料

(1) Nam Ngaoダム

Nam Ngaoダムの型式はコンクリート表面しゃ水壁型ロックフィルダムが選択されている。

ロック材料及びコンクリート骨材採取候補地点として Mae Lui沢右岸の尾根を選定した。この地点は石灰岩と砂岩・頁岩の互層から成り、地表地質踏査結果によれば、ロック材料あるいはコンクリート骨材として概ね良好と判断される。なお、コンクリート骨材としては、ダムサイト付近及びNgao川とYuam川の合流点付近に分布する河床堆積物の利用も可能である。

トランジション材料としては、上述の原石山から得られる細粒のロック材料や、ダムその他構造物の掘削ズリの利用が考えられる。また立坑調査の結果、ダムサイト上流の河床堆積物も賦存量は少ないがトランジション材料として利用可能である。

(2) Mae Lama Luangダム

Mae Lama Luangダムの型式は中央土質しゃ水壁型ロックフィルダムが選択されている。

土質しゃ水壁材料の採取地として4地区を対象に地表踏査、立坑、トレンチ、ボーリング調査及び諸試験を行った。その結果、石灰岩や片岩を母岩とする崖錐堆積物が分布しているダムサイト下流約1.3 kmの左岸地区が、質・量ともに充分に満足しているので採取地として選定した。

フィルター材料の採取地としては、Yuam川とMoei川の合流点上流のSop Moei村周辺の河床堆積物が使用可能である。

ロック材料及びコンクリート骨材の原石山候補地としては、2地点を対象に諸試験を行った。その結果、砂質石灰岩、珪岩、石英片岩等の堅硬・塊状な岩石が分布しているダムサイト右岸上流1.0 kmの地区が質・量ともに充分満足しているので採取地として選定した。

5.3 地 震

計画地点は、タイ国西方、ヒマラヤ造山帯とインドネシア弧に沿う海洋サブダクション帯の中間域に位置する。この地域は、インドプレートとユーラシアプレートとの衝突・相互作用の影響を大きく受けており、北西-南東方向の構造線が多く分布する。計画地点近傍には、有名なMoei Uthai Thani断層が分布しているが、この断層は、1本の連続した断層ではなく、多数の断層の複合断層として構成されていると考えられる。タイ国は、北部では若干の地震活動が見られるが、全体としては、安定した地震の少ない地域であり、ミャンマー、インド、ネパール、インドネシア、中国、日本等の周辺諸国と比較すると、著しく地震活動度の低い国であると判断される。タイ国では、1900年以降、マグニチュード6.0以上の地震は発生していない。なお、計画地域近傍では、1975年2月17日にマグニチュード5.6（Mae Lama Luangダムサイトからの震源距離20km）の地震が発生している。Mae Lama Luangダムサイトから半径1000km以内で発生した地震を評価対象として、NOAA地震データを用いて実施したGumbelの極値統計理論に基づく地震危険度解析の結果、計画地点で想定される地震動の最大加速度は125galと評価された。そして地震設計に用いるべき設計震度としては、想定地震のマグニチュード、震源距離および地震動の周波数特性を考慮することにより、0.10が工学的に妥当であるとの結論を得た。

6. 開 発 計 画

(1) ダムサイトの選定

第一段階（調査段階）において、Nam Ngao計画およびMae Lama Luang計画のそれぞれ3ヶ所のダムサイトについて、地形、地質および経済性の観点から比較検討が行われた。

その結果、Nam Ngao計画についてはサイトNo.2が、Mae Lama Luang計画についてはサイトNo.5が選定された。

(2) 最適開発規模の検討および決定

第一段階において、満水位、有効容量および最大使用水量に関する最適開発規模の検討が、上記で選定されたダムサイトについて行われた。

Nam Ngao単独開発計画、Mae Lama Luang単独開発計画および両者の統合開発計画の多数の代替案について、地形、地質および経済性の観点から比較検討が行われた。

Nam Ngao貯水池の満水位 270mは、地形および地質条件から決定され、Mae Lama Luang 貯水池の満水位 165mは、貯水池上流端に位置する村落におよぼす問題を考慮して決定された。その他の開発規模は、主に経済性の観点から決定された。

第一段階において選択された開発規模は、第二段階（フィージビリティ設計段階）において、最新の資料を用いてさらに詳細に検討され、次表に示す最適開発規模が決定された。

項 目	単 独 開 発	
	Nam Ngao	Mae Lama Luang
満 水 位 (m)	270	165
有 効 容 量 (MCM)	329	277
最 大 使 用 水 量 (m ³ /s)	170	220
設 備 出 力 (MW)	140	160

項 目	統 合 開 発	
	Nam Ngao	Mae Lama Luang
満 水 位 (m)	270	165
有 効 容 量 (MCM)	329	252
最 大 使 用 水 量 (m ³ /s)	170	330
設 備 出 力 (MW)	140	240

(3) 開発順序の検討

上記の開発規模について、その開発順序の検討が行われた。検討結果は、以下および Table 6-1に示す通りである。

- ・ 計画の経済性および河川の有効活用の観点から、統合開発計画は単独開発計画より優れている。
- ・ 経済性の観点から、両計画の同時開発が最適である。
- ・ 二段階開発（第一段階：Mae Lama Luang計画、第二段階：Nam Ngao計画）が改善の開発計画である。これは、長大な送電線の建設費が、Mae Lama Luang計画の経済性に対してよりも、Nam Ngao計画の経済性に対してより大きな影響を及ぼすためである。

上記の検討結果より判断して、統合開発計画の同時開発（Table 6-1, Case-C）を最適開発計画として採用する。

(5) 採用された計画案

採用された計画案は、Table 6-2に示す諸元の同時開発案である。そのときの出力および電力量を Table 6-3, 6-4, 6-5および 6-6に示す。

Table 6-1 Sequence of Projects' Implementation

Item	Case-A	Case-B	Case-C
Individual Development and Simultaneous Implementation of Integrated Development	Nam Ngao Individual (140 MW)	Mae Lama Luang Individual (160 MW)	Mae Lama Luang (240 MW) Nam Ngao (140 MW)
B - C (M\$)	-465	749	950
EDR (%)	9.96	14.95	14.02

Item		Case-D	Case-E	Case-F
Two Stages' Implementation of Integrated Development	1st stage	Mae Lama Luang (240 MW)	Mae Lama Luang (160 MW)	Nam Ngao (140 MW)
	2nd stage	Nam Ngao (140 MW)	Mae Lama Luang (80 MW) Nam Ngao (140 MW)	Mae Lama Luang (240 MW)
B - C (M\$)		755	726	340
EDR (%)		13.91	13.93	12.86

Note : Discount Rate 12%

Table 6-2 Finalized Development Plan
(Integrated Development)

Item	Individual Development	
	Nam Ngao	Mae Lama Luang
Total Storage Capacity (MCM)	925	486
Effective Storage Capacity (MCM)	329	252
Normal High Water Level (m)	270	165
Available Drawdown (m)	15	19
Normal Intake Water Level (m)	264	157
Tail Water Level (m)	162.9	67
Normal Effective Head (m)	96.1	85
95% Firm Discharge (m ³ /s)	24.7	49.7
Maximum Power Discharge (m ³ /s)	170	330
Installed Capacity (MW)	140	240
Firm Capacity (MW)	122.4	380 207.6
Annual Energy Production (GWh)*	300.7	330.0 583.4
Annual Capacity Factor (%)**	25.9	884.1 29.4
Economic Cost (M\$)***	4,028	28.1 5,103
		9,131

* At the entrance of Chiang Mai 3 Substation.

** At the generating end.

*** Including Transmission Line and Communication System.
Without IDC and Import Duty.

Table 6-3 Monthly List of Power

(Nam Ngao Project: Integrated Development)

(Unit : MW)

	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >
1959	129.5	129.5	129.5	129.5	113.6	113.5	115.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1960	129.5	129.5	129.5	129.5	120.5	116.5	118.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1961	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	117.4	127.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1962	129.5	129.5	129.5	126.0	122.2	119.9	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1963	129.5	129.5	129.5	126.0	126.6	117.9	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1964	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	116.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1965	129.5	129.5	129.5	126.0	126.7	115.7	116.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1966	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	117.9	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1967	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	122.0	117.3	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1968	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	119.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1969	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	119.2	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1970	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	116.6	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1971	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	118.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1972	129.5	129.5	129.5	126.0	126.9	116.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1973	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	116.9	127.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1974	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	117.6	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1975	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	117.4	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1976	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	116.1	126.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1977	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	116.0	115.3	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1978	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	116.0	118.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1979	129.5	129.5	129.5	129.5	126.4	92.3	114.2	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1980	129.5	129.5	129.5	126.2	121.0	116.0	116.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1981	129.5	129.5	129.5	126.0	126.8	116.3	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1982	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	120.8	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1983	129.5	129.5	129.5	126.0	126.5	119.5	59.4	117.2	129.5	129.5	129.5	129.5
1984	129.5	129.5	129.5	129.5	125.9	119.7	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1985	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	121.2	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
1986	129.5	129.5	129.5	126.0	120.9	116.1	126.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
TOTAL	3626.0	3626.0	3626.0	3542.5	3418.7	3268.1	3443.3	3613.7	3626.0	3626.0	3626.0	3626.0
AVE	129.5	129.5	129.5	126.5	122.1	116.7	123.0	129.1	129.5	129.5	129.5	129.5
MAX	129.5	129.5	129.5	129.5	126.9	122.0	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5	129.5
MIN	129.5	129.5	129.5	126.0	113.6	92.3	59.4	117.2	129.5	129.5	129.5	129.5

Table 6-4 Monthly List of Energy
(Nam Ngao Project: Integrated Development)

(Unit : MWh)

	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	< TOTAL >
1959	14765.	13336.	14765.	14288.	12957.	12520.	13291.	14765.	60171.	27747.	14789.	15141.	228534.
1960	14945.	13812.	14765.	14280.	21713.	22527.	13531.	38670.	72624.	77115.	31972.	26274.	362236.
1961	25487.	17079.	17073.	16311.	13836.	22647.	14765.	30921.	95256.	43532.	19537.	25234.	342476.
1962	21689.	16548.	17150.	16301.	24054.	22971.	14765.	32534.	63177.	94497.	23509.	23403.	370397.
1963	20488.	16137.	16997.	15830.	14437.	22711.	14765.	19551.	59240.	72196.	34704.	23982.	333136.
1964	21999.	16650.	16774.	16036.	16119.	14482.	14765.	42043.	81631.	67824.	19521.	22343.	350185.
1965	19700.	15794.	16804.	15933.	14446.	21560.	13336.	14765.	34526.	46921.	36132.	21842.	271037.
1966	20547.	15879.	16671.	15541.	15479.	22710.	14765.	68581.	63923.	21019.	14016.	16903.	306721.
1967	17178.	15233.	16168.	15192.	14083.	13461.	13434.	27376.	83502.	51410.	19789.	22341.	309249.
1968	19931.	16209.	16621.	15354.	15947.	22919.	14765.	26756.	46644.	32984.	14020.	18331.	263277.
1969	18318.	15294.	15251.	15215.	17051.	22876.	14765.	98431.	95256.	50628.	32654.	26296.	430035.
1970	25967.	20778.	18600.	18333.	20468.	22547.	14765.	29987.	78035.	40004.	20666.	21770.	328918.
1971	19701.	16051.	16438.	15125.	15753.	22725.	35054.	98431.	80149.	41524.	21690.	20494.	403135.
1972	19136.	16023.	16485.	16498.	14460.	16780.	14765.	75717.	62801.	40962.	26723.	26178.	346542.
1973	21919.	16920.	17773.	16049.	17398.	22587.	14478.	16507.	72807.	23026.	26362.	24357.	320264.
1974	19490.	15870.	15682.	15786.	17129.	22678.	14765.	32457.	49683.	35417.	20780.	18395.	277931.
1975	20102.	16262.	17460.	15795.	15774.	22649.	14765.	14951.	60687.	46634.	21515.	19414.	286007.
1976	19409.	16415.	16193.	15072.	16523.	22460.	14369.	22108.	54254.	44820.	23404.	19850.	284974.
1977	25868.	17128.	16735.	16105.	14263.	15117.	13274.	14765.	46584.	28029.	18182.	17844.	243893.
1978	17471.	15492.	15753.	14905.	15187.	13383.	13547.	14765.	45771.	33315.	14789.	14997.	229376.
1979	14786.	13336.	14765.	14288.	14406.	10181.	13192.	14765.	23441.	32967.	14812.	15176.	202017.
1980	15245.	14046.	15091.	14612.	17842.	18932.	13992.	14765.	54714.	58947.	25304.	22745.	205915.
1981	19773.	14860.	15294.	14993.	14459.	22501.	14765.	39935.	43968.	34575.	22210.	21221.	278554.
1982	10878.	15309.	15557.	15203.	16710.	23095.	14765.	98421.	81756.	49778.	21102.	19225.	309799.
1983	17787.	14422.	14832.	14208.	16420.	13183.	6777.	13425.	14288.	14765.	14392.	14765.	167273.
1984	14765.	13812.	14765.	14288.	14352.	22950.	14765.	54053.	54148.	32559.	15695.	17100.	283252.
1985	17142.	14925.	15605.	15218.	14443.	23141.	14765.	68982.	64124.	35024.	22344.	21856.	327469.
1986	20106.	16768.	16980.	16000.	14424.	22478.	14423.	14765.	14709.	15353.	14673.	14875.	195642.
T O T A L	542829.	441190.	452846.	432976.	448146.	558794.	413568.	1053189.	1662820.	1231576.	608665.	572433.	8419033.
A V E	19387.	15757.	16173.	15463.	16005.	19957.	14770.	37614.	59386.	45985.	21738.	20444.	300680.
M A X	25967.	20778.	18600.	18333.	24054.	23141.	35054.	98431.	95256.	94497.	36704.	26296.	430035.
M I N	14765.	13336.	14765.	14208.	12957.	10181.	6777.	13425.	14288.	14765.	14392.	14765.	167273.

Table 6-5 Monthly List of Power
(Mae Lama Luang Project: Integrated Development)
(Unit : MW)

	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >
1959	222.0	222.0	222.0	210.4	175.3	178.3	186.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1960	222.0	222.0	213.7	203.8	192.6	199.3	193.5	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1961	222.0	222.0	222.0	222.0	210.8	201.0	201.9	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1962	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	205.2	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1963	222.0	222.0	222.0	222.0	210.2	200.3	206.4	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1964	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	202.9	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1965	222.0	222.0	222.0	222.0	210.9	201.2	193.5	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1966	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	204.6	212.6	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1967	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	193.5	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1968	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	205.6	197.7	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1969	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	204.2	200.2	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1970	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	200.7	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1971	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	205.4	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1972	222.0	222.0	222.0	222.0	211.6	202.4	209.9	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1973	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	202.2	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1974	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	194.1	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1975	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	199.2	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1976	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	193.5	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1977	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	193.5	219.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1978	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	202.8	204.2	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1979	222.0	222.0	222.0	220.7	211.1	200.1	190.2	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1980	222.0	222.0	217.7	205.0	198.0	199.1	193.5	215.9	222.0	222.0	222.0	222.0
1981	222.0	222.0	222.0	222.0	211.1	201.5	198.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1982	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	210.2	216.7	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1983	222.0	222.0	222.0	221.3	208.1	192.7	123.9	198.2	222.0	222.0	222.0	222.0
1984	222.0	222.0	222.0	219.0	206.3	199.9	196.3	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1985	222.0	222.0	222.0	221.4	211.7	203.2	193.5	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
1986	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	203.2	193.5	216.7	222.0	222.0	222.0	222.0
TOTAL	6216.0	6216.0	6203.4	6163.5	5856.2	5643.5	5537.8	6177.8	6216.0	6216.0	6216.0	6216.0
AVE	222.0	222.0	221.6	220.1	209.2	201.6	197.8	220.6	222.0	222.0	222.0	222.0
MAX	222.0	222.0	222.0	222.0	212.4	210.2	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
MIN	222.0	222.0	213.7	203.8	175.3	178.3	123.9	198.2	222.0	222.0	222.0	222.0

Table 6-6 Monthly List of Energy
(Mae Lama Luang Project: Integrated Development)

(Unit : MWh)

	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	< TOTAL >
1959	27962.	24578.	25898.	23836.	19984.	19675.	23958.	30561.	129876.	55865.	27067.	27808.	437067.
1960	27236.	24411.	24897.	22403.	23186.	31467.	37544.	89208.	138526.	145073.	54296.	51056.	669462.
1961	43944.	32670.	30150.	26809.	24667.	37152.	44819.	59816.	163296.	85587.	53080.	46516.	628505.
1962	39419.	30723.	30385.	27090.	45467.	39598.	45310.	59703.	120929.	168739.	30957.	42994.	609314.
1963	37180.	29601.	29876.	26480.	24616.	40877.	45494.	44182.	120778.	140130.	65417.	46624.	651335.
1964	40714.	31692.	30376.	27094.	28106.	23253.	51156.	96993.	163296.	131039.	35995.	43170.	702891.
1965	37599.	30457.	30775.	27413.	24667.	33362.	34448.	35317.	84187.	101161.	67273.	42849.	549507.
1966	38239.	30170.	29876.	26604.	28557.	43770.	46420.	155500.	131515.	47376.	27251.	29335.	634622.
1967	30907.	27417.	28137.	25550.	25503.	23778.	37496.	54312.	163296.	94951.	30932.	39262.	581540.
1968	34688.	28639.	28811.	26334.	28776.	43910.	44170.	46883.	9215.	72170.	27251.	29745.	504593.
1969	32111.	27364.	26957.	25774.	29209.	43703.	44564.	168739.	163296.	103463.	54167.	50006.	769354.
1970	44861.	35886.	32677.	31299.	40331.	42987.	44627.	65823.	148318.	84399.	35451.	43453.	650113.
1971	36320.	29761.	29750.	26139.	30203.	43884.	85334.	168739.	151448.	82210.	34785.	38797.	757570.
1972	34825.	29415.	29267.	28467.	24732.	27659.	46024.	130721.	109907.	74300.	45930.	46170.	627415.
1973	38909.	30298.	30828.	26835.	31148.	39529.	44866.	70188.	163296.	104620.	41843.	43219.	665578.
1974	36089.	29551.	28140.	26904.	30681.	41160.	43626.	47704.	98374.	66895.	38667.	34875.	523153.
1975	38206.	29817.	30476.	26402.	27681.	41459.	44401.	43006.	154286.	106213.	40495.	40173.	623414.
1976	36530.	30610.	28982.	25742.	28580.	35915.	40009.	35214.	106227.	89769.	39039.	39642.	536937.
1977	46238.	30393.	29242.	27901.	25316.	25799.	33080.	25509.	129551.	67717.	33630.	36946.	511923.
1978	34976.	29427.	28405.	25649.	24538.	23244.	45158.	59047.	119304.	82490.	28211.	30830.	533558.
1979	30156.	25922.	26729.	24626.	24689.	23039.	28774.	33597.	62364.	64142.	27086.	27845.	398970.
1980	27333.	24672.	25207.	23414.	23633.	32142.	40526.	25070.	139787.	100978.	39413.	41825.	552198.
1981	34786.	26778.	26801.	25068.	24689.	38023.	44217.	69761.	85250.	63582.	34880.	38111.	509945.
1982	33093.	27155.	26962.	24063.	28713.	44576.	47031.	168739.	154854.	101634.	34851.	36281.	729953.
1983	32507.	26636.	26766.	24667.	24451.	22446.	14130.	23652.	24702.	36831.	27419.	30401.	314889.
1984	28178.	25808.	26630.	24496.	24304.	43075.	43966.	66070.	116173.	79970.	28043.	32593.	540105.
1985	29951.	25881.	26753.	24673.	25579.	39643.	43193.	63192.	140845.	116736.	59436.	53046.	648727.
1986	39018.	31407.	30430.	28800.	26780.	33650.	41987.	25130.	40647.	37728.	27276.	20302.	391317.
T O T A L	991976.	807296.	800263.	732609.	770985.	976561.	1188211.	1963928.	3417334.	2513860.	1078541.	1092039.	16333940.
A V E	35428.	28832.	28581.	26165.	27535.	34878.	42436.	70140.	122055.	69784.	38519.	39001.	583355.
M A X	46238.	35886.	32677.	31299.	45467.	44576.	85534.	168739.	163296.	168739.	67273.	53046.	769354.
M I N	27236.	24411.	24897.	22483.	19984.	19675.	14130.	23652.	24702.	36831.	27067.	27808.	314889.