

タイ 国
クワイヤイ上流水力開発計画
レコネッサンス調査報告書

昭和 48 年 11 月

海外技術協力事業団

JICA LIBRARY



1049972E13

国際協力事業団		
入 目	'84. 3. 21	122
		64.3
金録No.	01140	KE

は し が き

日本政府はタイ国政府の要請に基づき、同国の電源開発計画に対する協力の一環としてクワイヤイ上流水力発電開発計画調査を実施することとし、その実施を海外技術協力事業団に委託した。

当事業団は、同国における電力事業の経済的・社会的重要性を勘案の上電源開発株式会社新豊根建設所豊根工区長西田孜氏を団長とする5名の調査団を編成し、1973年2月より同国に派遣した。

調査団は1973年2月6日より23日まで同国において目下着工準備が進められているBan Chao Non 水力発電所の上流に位置するHuai Nam Chon計画及びHuai Khlong Ngu計画の両計画案について必要とされる水文、地形等の資料収集、現地踏査及び関連地域の調査を行なった。

本報告書は、調査団が帰国後、現地にて収集した資料及び現地踏査の結果をもとに電源開発株式会社の各分野の専門家の協力をえて解析、検討しレコネッサンス報告書としてとりまとめられたものである。

本報告書が同国の電源開発に寄与するとともに、同国と我国との経済及び技術交流に役立つならば、幸いと存ずる次第である。

終りに本調査の任に当られた調査団団員各位の労をねぎらうとともに、調査団の派遣にご協力頂いた関係機関各位に対し深く感謝の意を表するものである。

1973年10月

海外技術協力事業団

理事長 田付景一

伝 達 状

海外技術協力事業団

理事長 田 付 景 一 殿

ここに提出するのは、タイ国Quao Yai上流水力開発計画のレコネッサンス調査に関する報告書であります。

調査団は1973年2月6日より23日までの間、タイ国発電公社(Electricity Generating Authority of Thailand)の技師と協同して、本計画の現地踏査及び関連地域の調査を行ない、かつ水文・地形・地質・需要想定・投入計画資料のしゅう集ならびに同公社側技術者と、本計画に関する意見の交換を行ないました。

帰国後調査団は、現地でしゅう集した資料に基づいて、電源開発株式会社技術陣の協力を得て、本報告書を作成しました。

Quao Yai上流水力開発計画は、現在1974年初頭を目途に着工準備が進められているBan Chao Nen水力発電所(1期360 MW)の上流約90 kmに位置する600 MWのHuai Nam Chon計画(conventional type)と、同じく上流約40 kmに位置する1,000 MWのHuai Khlong Ngu計画(reversible type)の両計画案からなっています。

本報告書では、この両案について水文解析、適正な開発規模、投入計画等について概略の検討を加えましたが、両案とも有望であり、フィージビリティ調査を進める価値がある計画であることが判明しました。

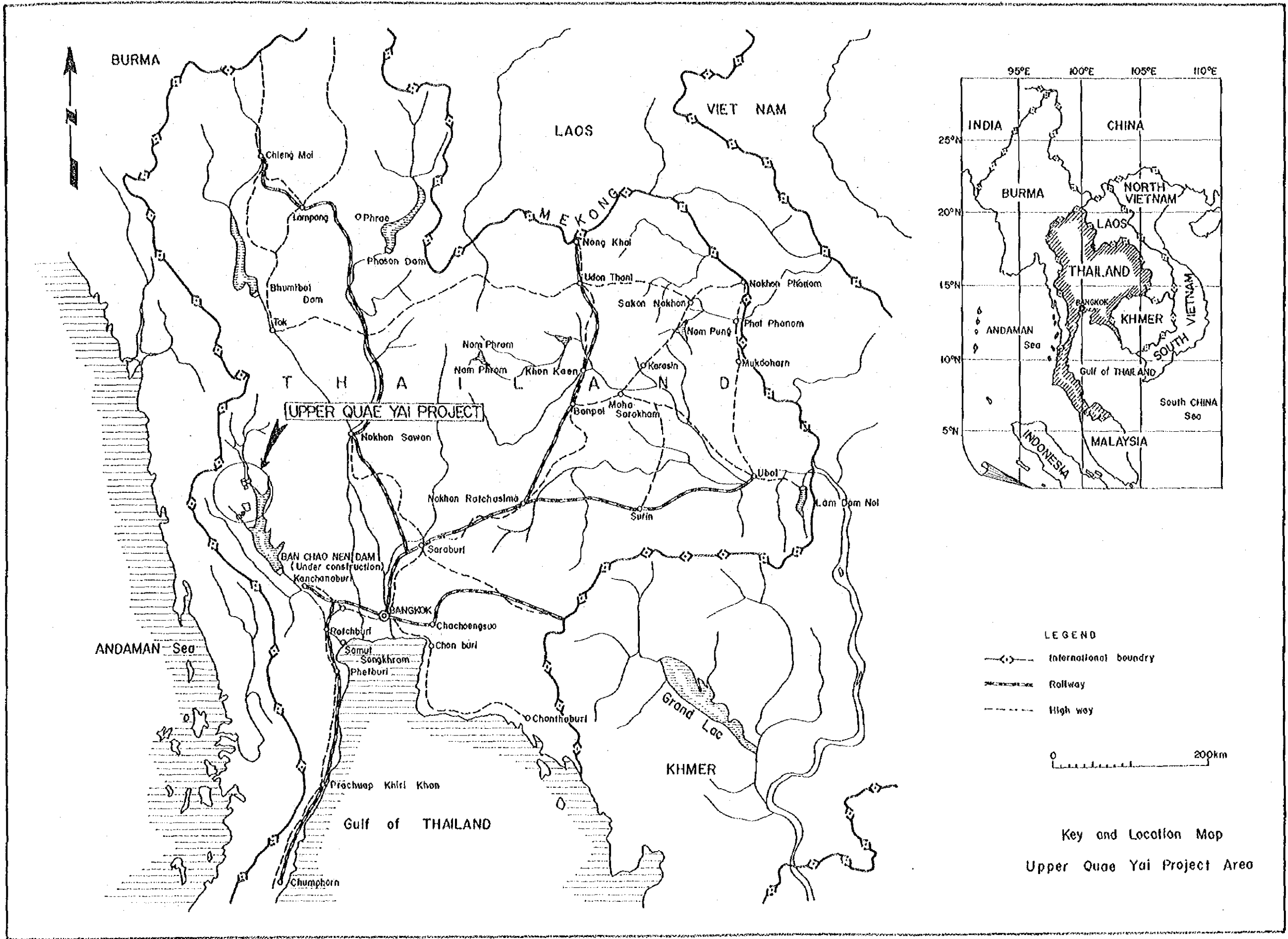
水力開発計画が実施に至るまでには長期間にわたる今後の詳細な調査、準備が必要であります。将来両計画が個々の特性に着目され、タイ国の電力供給に貢献する有力なProjectとして各々進展される事を期待するものであります。

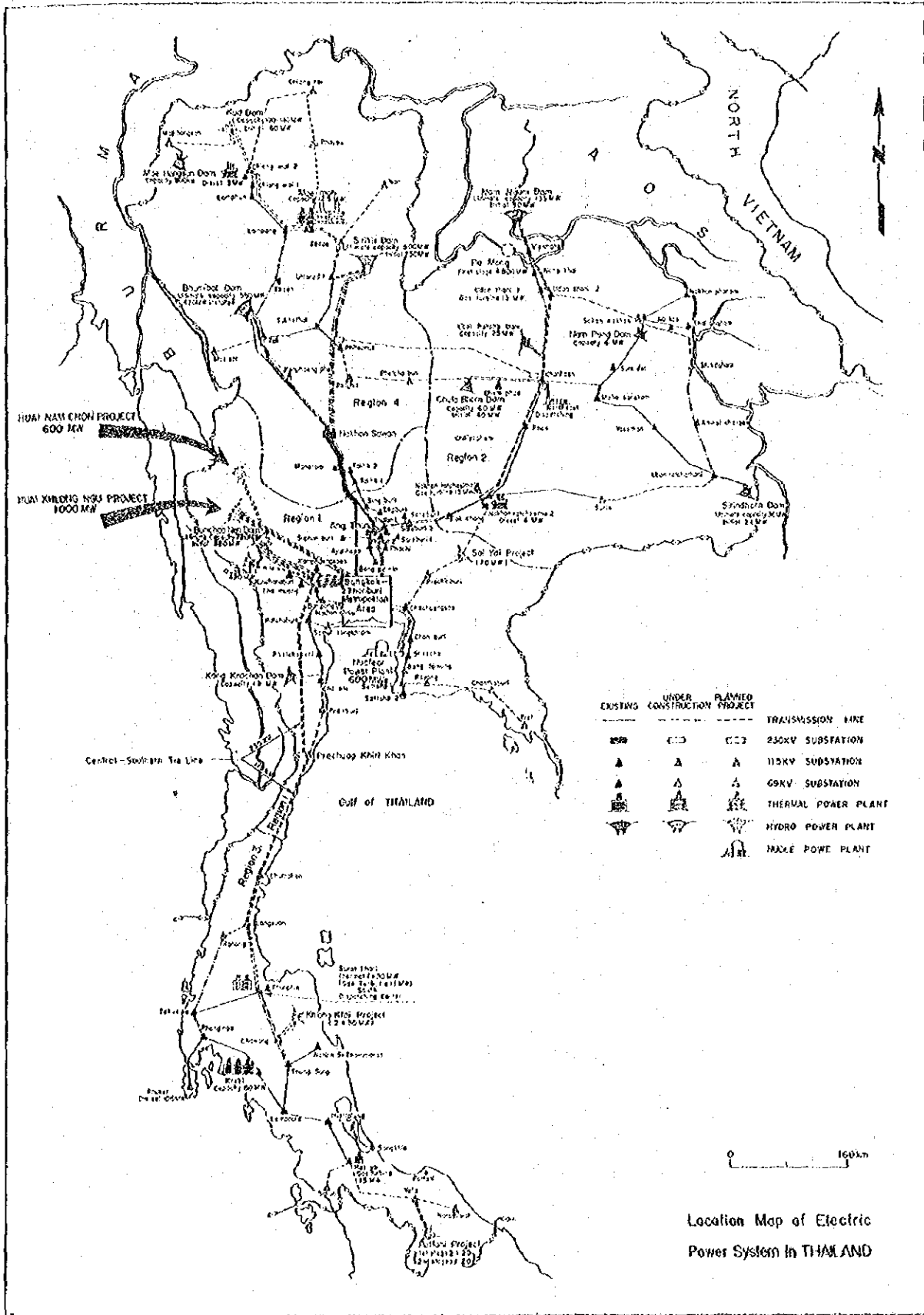
本報告書の提出に当り、この調査に多大の助力と協力を賜った方々に対して心からの感謝の意を表します。

1973年10月

Quao Yai上流水力開発計画調査団

団長 西 田 俊





EXISTING	UNDER CONSTRUCTION	PLANNED PROJECT	TRANSMISSION LINE
—	—	—	230KV SUBSTATION
▲	▲	▲	115KV SUBSTATION
▲	▲	▲	69KV SUBSTATION
■	■	■	THERMAL POWER PLANT
▽	▽	▽	HYDRO POWER PLANT
		▲	NATURAL GAS POWER PLANT

Location Map of Electric Power System in THAILAND

Unit and Conversion

mm	: Millimeter
cm	: Centimeter
m	: Meter
km	: Kilometer
sq. mm	: Square millimeter
sq. cm	: Square centimeter
sq. m	: Square meter
sq. km	: Square kilometer
ha	: Hectare
cu. m	: Cubic meter
mg	: Milligram
gr.	: Gram
kg	: Kilogram
ton	: Metric ton
m/sec.	: Meter per second
cu. m/sec.	: Cubic meter per second
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt hour
MW	: Megawatt
kV	: Kilovolt
kVA	: Kilovolt-Ampere
MWh	: Megawatt hour
MkWh	: Millions of kWh
rpm	: Revolutions per minute
Hz.	: Hertz (cycles per second)
EL	: Height above means sea level
°C	: Centigrade
p.p.m.	: Parts per million
%	: Percentage
1 ha	: 10,000 sq. m.
1 MW	: 1,000 kW

Definitions of Thai Terms

Rai	Unit of land area equal to 1,600 sq. m = 0.16 ha = 0.395 acre
Baht (฿)	Unit of currency equal to 100 Satang
Changwat	A political subdivision of the Kingdom of Thailand; the English equivalent is province.
Amphoe	A political subdivision of a province (Changwat); The English equivalent is district.
Ban	A village
Huai	A rivulet
Khlong	A stream
Khao	A mountain, a hill

目 次

第1章 序 論	1-1
A) 経 緯	1-1
B) 報告書の目的と範囲	1-1
C) 調査作業の内容	1-2
D) 基礎資料	1-2
E) 調査団の編成	1-2
第2章 要約および勧告	2-1
A) 一 般	2-1
B) 発電計画	2-1
C) 送電計画	2-2
D) 需要想定及び開発時期	2-2
E) 勧 告	2-3
第3章 計画の概要	3-1
A) Huai Khlong Ngu 計画	3-1
B) Huai Nam Chon 計画	3-1
第4章 開発計画	4-1
A) 計画立案の基本的条件	4-1
B) Huai Khlong Ngu 計画	4-4
① 位 置	4-4
② 地形・地質	4-7
③ 発電計画	4-13
① 開発規模	4-13
② 開発計画の検討	4-13
C) Huai Nam Chon 計画	4-19
① 位 置	4-19
② 水 文	4-19
③ 地形・地質	4-28
④ 発電計画	4-31
① ダム・サイトの選定	4-31
② 貯水池規模	4-31

㉑ 開発規模	4-40
㉒ ダム・タイプの比較	4-43
D) 送電計画	4-43
① Ban Chao Nen 第2期 360 MW送電計画との関連	4-47
② 送電計画と工事費	4-47
③ 送電電圧と送電容量	4-47
第5章 需要想定および投入時期の検討	5-1
A) 需要想定	5-1
① 電力需要の現状	5-1
② 経緯	5-1
B) マクロ想定	5-2
① マクロ想定のための基本の方策	5-2
② 想定結果	5-3
C) 投入時期の検討	5-5
D) 揚水発電所と揚水電力源資	5-6
Appendix	
A 基礎資料一覧表	A-A-1
B Ban Chao Nen 下流における揚水計画	A-B-1
C 今後行うべき調査工事	A-C-1

第 1 章 序 論

第 1 章 序 論

A) 経 緯

タイ国発電公社(以下EGATと称する)は、近年著しく高い割合で増加している電力需要に対処するため、数多くの電源開発計画を企図している。

Quao Yai 川はタイ国の西北部にあって流域面積約14,800 km²、年間流量は約6,000 × 10⁶ m³ に達するタイ国屈指の包蔵水力を有する大河川であり、早くからその開発の実現が待たれていた。

EGATではこのQuao Yai 川についてその開発の第1段階として下流部においてBan Chao Non 計画を立案し、鋭意準備を進めてきたが、ほぼ全ての準備が整い、1974年初頭よりその建設工事が開始される事となった。

Ban Chao Non 計画に続くものとして、EGATではQuao Yai 川の上流部における水資源の有効利用を目的として、Huai Khlong Ngu 計画案及びHuai Nam Chon 計画案の2案よりなるQuao Yai 上流水力開発計画を立案した。

1972年タイ国政府は、日本政府に対してQuao Yai 上流水力開発計画のペネトレーション調査の実施を要請した。この要請を受けて日本政府は、この調査の実施を海外技術協力事業団(以下OTGAと称する)に委託した。

OTGAは、電源開発株式会社(以下EPDCと称する)の西田孜技師を団長とし、他にもEPDC技師4名から成る計5名の調査団を編成して1973年2月現地へ派遣した。調査団の編成は、1-1の通りである。

B) 報告書の目的と範囲

本報告書の目的はQuao Yai 上流域に於いてEGATにより立案されていた次の2開発計画の諸案を検討し、最も有利な開発計画案を各々作成して、その計画の技術面・経済面について概略の検討を行なった上で、将来実施されるであろうフィジビリティ調査に必要な今後行なうべき調査及び検討事項を明らかにすることである。

① Huai Khlong Ngu 地点案

Ban Chao Non 地点の北方40 kmのQuao Yai 川支流に位置する計画であり、Ban Chao Non 貯水池を下池として揚水式発電所を建設せんとするもの。

② Huai Nam Chon 地点案

Ban Chao Non 地点の北方90 kmのQuao Yai 川本流に位置する計画であり、豊富な河水と広大な集水面積に着目して通常型(conventional type)発電所を建設せんとするもの。

本報告書の検討範囲は、上記2案の発電施設と、各発電所とBangkok 近辺に建設される変電所との間に計画される送変電施設である。

C) 調査作業の内容

① 現地調査

調査団は1973年2月6日から2月23日まで現地計画地域及び関連地域の調査及び必要な資料のしゅう集を行なうと共にEGAT本社において、本計画について、EGAT技師と意見の交換及び打合せを行なった。なお現地踏査の際Hua i Nam Chon 地点については異常な濁水のため、残念ながら予定ダム地点へ接近する事が出来なかったため、地形及び地質条件の調査はEGATより提供を受けた飛行機、ヘリコプターを利用した概略的踏査に限定せざるを得なかった。

② 国内作業

調査団は帰国後1973年3月30日より10月16日まで、現地でしゅう集された資料をもとづき、EPDCの協力を得て次の各事項について作業を行なって、本報告書を作成した。

- a) 開発計画案の検討
- b) 水文解析
- c) 地質条件の検討
- d) 需要・投入計画の策定
- e) 送電計画の検討

D) 基礎資料

水文資料、地形図、地質図、電力需給資料、工事費積算資料等、本計画の検討に必要な基礎資料はEGATより提供を受けたものである。

これら資料はAppendix-Aに添付した資料リストに示す通りである。

E) 調査団の編成

調査団は、次の人員にて編成された。

団長	西田 孜	電源開発株式会社新豊根建設所	豊根工区長
	(Nishida Tsutomu)		
団員	吉田 嵩	同 社	設 計 室
	(Yoshida Takashi)		
団員	花田 剛	同 社	火力部火力発電課
	(Hanada Tsuyoshi)		
団員	井上 次郎	同 社	設 計 室
	(Inoue Jiro)		
団員	乙村 紀夫	同 社	海外技術協力部
	(Otomura Norio)		

(団員の所属・ポストは1973年2月当時)

第2章 要約および勧告

第 2 章 要約および勧告

A) 一 般

EGAT が開発を企図しているQuac Yai上流水力開発計画について、EGAT より提供された基礎資料に基づいてQuac Yai上流地域の現地踏査および関連地域の調査と、帰国後東京で種々の検討を行なった結果、第3章以下において記述するように開発計画の基本構想、計画の経済性、ならびに適当と思われる投入時期等に関する概括的な見透しを得ることができた。

しかしながら、今回の開発計画を策定するに当っては、入手した基礎資料のみでは不充分であった。特に地質については、Huai Khlong Ngu計画 (reversible type) では、地表踏査の結果のみで、またHuai Nam Chon計画 (conventional type) では、異常湧水により予定ダム地点への接近が不可能であったため、主として空中写真による判読のみに頼らざるを得なかった。

しかし、この両計画に対する現段階の見透しでは、経済性にすぐれ、しかも将来有望な計画と考えられるので、今後第一段階でプレフィジビリティ調査を実施して計画の基本的な事項を再確認し、次に第二段階で詳細なフィジビリティ調査を実施すべく、これに必要な準備作業ならびに諸手続を推進することが望ましい。但しHuai Khlong Ngu計画については、他にも有望な揚水地点が考えられるので、プレ・フィジビリティ調査実施に先立ち、揚水地点相互の比較を行なうことが望ましい。

以下に両計画の概要を述べる。

B) 発 電 計 画

(1) Huai Khlong Ngu計画 (reversible type)

本計画は、Bangkok市の西北西約24.0 kmに位置し、現在工事中のBan Chao Non貯水池を下池として利用し、上池は掘込式で、全面をAsphaltでLinningした調整池を新設して、これにより、有効落差46.6 mを得、最大出力(1,000 MW(250 MW×4台)の揚水発電計画である。タイ国の電力需要は今後とも年間10%以上の増加が予想される。このために水力および火力の電源開発が緊急な問題としてとりあげられ、EGATではその一環として、大容量の火力および原子力発電所の設置を計画しているが、これら発電所の深夜余剰電力を利用したPeak供給力としての揚水発電所の開発が将来必要となるであろう。

Huai Khlong Ngu計画は、タイ国内ではまれにみる高落差地点であり、かつ既設貯水池を利用するためその経済性がすぐれ、有望な揚水発電所の一つとなる可能性が極めて大きい。

現時点での概算総工事費は、関連送電線建設費も含めて 4.310×10^8 B (KW 当り 4.310 B) であり、Benefit-Cost Ratio は 1.13 である。

(2) Huai Nam Chon 計画 (conventional type)

本計画は前記 Huai Khlong Ngu 地点の北方約 4.5 km に位置し、Quao Yai 河の本流で、現在工事中の Ban Chao Nen 貯水池終端 (満水位 180 m) 付近に位置する。

Quao Yai 河を横断して高さ 195 m のロックフィルダムを築造し、満水位 360 m、有効貯水量 2.680×10^9 m³ の貯水池によって河水をほぼ完全に調節し、最大出力 600 MW (150 MW \times 4 台)、年間可能発生電力量 1.158×10^9 kWh の発電を行なうのが Huai Nam Chon 計画の骨子である。

現時点での概算総工事費は、関連送電線建設費も含めて 3.874×10^8 B であり、Benefit-Cost Ratio は 1.20 である。

タイ国内で屈指の包蔵水力を有する Quao Yai 河開発の一環としての Huai Nam Chon 計画は、タイ国内で残り少ない大規模開発が可能な地点の一つとなる可能性が極めて大きく、その経済性もすぐれているので、下流の Ban Chao Nen 発電所に引き続いて開発されるならば、電力需給上に大きな役割りを果たす Project となるであろう。

C) 送電計画

両計画とも発生した電力は、需要の中心である Bangkok まで送電するものとし、投入時期、現在採用されている送電電圧等を考慮して次のとおり考えた。

Huai Khlong Ngu		Huai Nam Chon	
送電距離:	約 240 km	約 286 km	
送電電圧:	230 kV	230 kV	
回線数:	4 cct	Huai Nam Chon-Ban Chao Nen 2 cct Ban Chao Nen-Bangkok 3 cct	
サイクル:	50 Hz	50 Hz	
電線種別:	ACSR 610mm ² (1,272 MCM)	ACSR 610mm ² (1,272 MCM)	

なお Huai Nam Chon 計画では、Ban Chao Nen、Bangkok 間は、Ban Chao Nen 2 期計画 (360 MW) と共用するものと考えた。

D) 需要想定および開発時期

EGAT で採用しているタイ国の需要想定は、過去の実績からして、経済成長率が実質 6 ないし 7% 程度で想定されている。これによると、最大電力の年伸び率は 1971~1980 年平均で約 13.5%、1980~1990 年平均で約 8.5% であり、1972 年の 1,029 MW (実績) が 1980 年には 2,720 MW、1990 年には 6,180 MW の最大電力が予想され、電力量も 1972 年の 5.711×10^9 kWh (実績) が 1990 年に 3.6550×10^9 kWh に増加するものと予想される。

EGATではこの急増する電力需要に対処すべく、Ban Chao Nen計画を中心とする水力発電所をはじめ大容量の火力ならびに原子力発電所を1975年から1985年に投入する計画を立案しているが、この計画が予定通り実施されるならば、Huai Nam Chon計画(600 MW)は概ね1988年頃に、Huai Khlong Ngu計画(1,000 MW)は1994～1996年頃に運転を開始することが望ましい。

また両計画はBan Chao Nen貯水池を利用して資機材を搬入せざるを得ないため、Ban Chao Nen 1期計画(360 MW)の完成が1979年であることを考えると、工事施工上から最大限に運転開始を繰り上げたとしても、その投入時期は概ね1986～1987年頃になるであろう。

E) 勧告

(1) Huai Khlong Ngu 計画

前述のとおり、このProjectは有望な揚水発電計画であり、今後第一段階でプレ・フィジビリティスタディを実施し、次いでフィジビリティスタディを進める価値があるものと考えられる。しかしながら例えばAppendix-Bにも示すように図上検討によればBan Chao Nen地点の下流にも有望な揚水地点が考えられ、またタイ国内でも他に有望な揚水地点が存在するものと想像される。

先ずタイ国内全般にわたり図上検討で有望地点を選び、Huai Khlong Ngu計画と同程度のレコネッサンス調査を実施して全国的視点から揚水地点相互の比較を行ない、今後プレ・フィジビリティ調査を実施すべき揚水地点を選定することを勧告する。

(2) Huai Nam Chon 計画

前述のとおり、このProjectは、極めて有望な計画と考えられるのでフィジビリティ調査を実施することを勧告する。しかしながらこの計画は極めて大規模なものであり、開発時期までに時間もあるので、基本的な事項を再確認するために第一段階としてプレ・フィジビリティ調査を実施することが望ましい。

このプレ・フィジビリティ調査のためには次の項目実施を勧告する。

- ① ダム予定地点へ常時接近できるようにし、ベースキャンプを設置すること。
- ② 土木、地質の専門家によるダム予定地点の現地踏査を実施すること。
- ③ 水文、気象資料の整備を行ない、地形図および地質調査を行なうこと。

(Appendix-C参照)

第 3 章 計 画 の 概 要

第3章 計画の概要

A) Huai Khlong Ngu 計画

本計画は工事中の Ban Chao Nen 貯水池の右岸に南北に連なるカルスト台地とこれを刻んで流れる Quao Yai 河の支川 Huai Khlong Ngu 川との落差約 500 m を利用して揚水発電を行なう計画である。

即ち、Quao Yai 河と Huai Khlong Ngu 河の合流点より約 8 km 上流 Huai Khlong Ngu 川の左岸の標高 600 m ~ 700 m のカルスト台地に満水位 680 m、有効容量 6×10^6 m³ の全面を Asphalt で Lining した調整池を築造し、この調整池と建設中の Ban Chao Nen 貯水池とを導水路、水圧管路、発電所、放水路で結んで、この間で得られる有効落差 46.6 m を利用して最大使用水量 $25.8 \text{ m}^3/\text{s}$ により最大出力 1,000 MW ($250 \text{ MW} \times 4$ 台) の揚水発電を行なうものである。この揚水発電所の KW 当りの建設費は、送電線建設費を含んで $4,310 \text{ B}/\text{kw}$ であり、その経済性は、年間 1,000 時間の運転をした場合超過便益 (B)-(C) は $7.3 \times 10^6 \text{ B (With Tax)}$ 、Benefit-Cost Ratio (B)/(C) は 1.13 である。

計画の概要を Fig. 3-1, Table 3-1 に示す。

B) Huai Nam Chon 計画

本計画は Quao Yai 河の本流、Ban Chao Nen 貯水池のバックウォーターの終端附近 Huai Nam Chon 川の合流点の直上流に高さ 195 m のロックフィルダムを築造し満水位 360 m、利用水深 25 m、有効容量 $2,680 \times 10^6 \text{ m}^3$ の貯水池により Quao Yai 河の流入量の季節変化及び年変化を調整し、ダム直下流左岸に設ける地下式発電所により最大出力 600 MW ($150 \text{ MW} \times 4$ 台) 年間可能発生電力量 $1,158 \times 10^6 \text{ kwh}$ の発電を行なうものである。

この発電所の経済性は超過便益 (B)-(C) は $7.0 \times 10^6 \text{ B (With Tax)}$ 、Benefit-Cost Ratio (B)/(C) は 1.20 である。

計画の概要を Fig. 3-2, Table 3-2 に示す。

Table 3-1 General Description of Huai Klong Ngu Project

1. Upper Pond.	
Normal High Water Surface Level	680 m
Effective Storage Capacity	6.0 million cu. m.
Available Drawdown	30 m
2. Dam	
Type	Asphalt facing rockfill dam and concrete gravity dam
Elevation of Crest	685 m
Height	60 m
Length	600 m
Volume	2,600 thousand cu. m.
3. Lower Reservoir (Ban Chao Nen Reservoir)	
Normal High Water Surface Level	180 m
Effective Storage Capacity	4,550 million cu. m.
Available Drawdown	12 m
4. Intake (outlet for Pumping)	
Type	Morning Glory Type
Number	1
5. Headrace	
Type	Circular Pressure Tunnel
Number of Line	1
Inner Diameter	7.2 m
Total length	670 m
6. Surge-tank	
Type	Orifice Chamber Type
Number	1
Riser Inner Diameter	8 m

7. Penstock	
Type	Steel Lined Tunnel Type
Number of Lines	2 - 4
Total Length	2,660 m
Inner Diameter	5.5 m, 4.4 m, 2.9 m.
Vertical Angle	50 degree
8. Powerhouse	
Type	Underground Type
Dimension	H = 43m, W = 22m, L = 190m
9. Tailrace	
Type	Circular Pressure Tunnel
Number of Lines	4, 2
Length	620 m
Inner Diameter	3.9 m, 5.1 m
10. Outlet (Intake for Pumping)	
Type	Side Intake Type
Number	2
11. Power Generating	
Installed Capacity	1,000 MW
Unit Capacity	250 MW
Number of Units	4
Rated Head	466 m
Max. Discharge	258 cu. m/sec.
12. Transmission Line	
Voltage	230 kV
Number of Circuits	4 cct.
Length	240 km

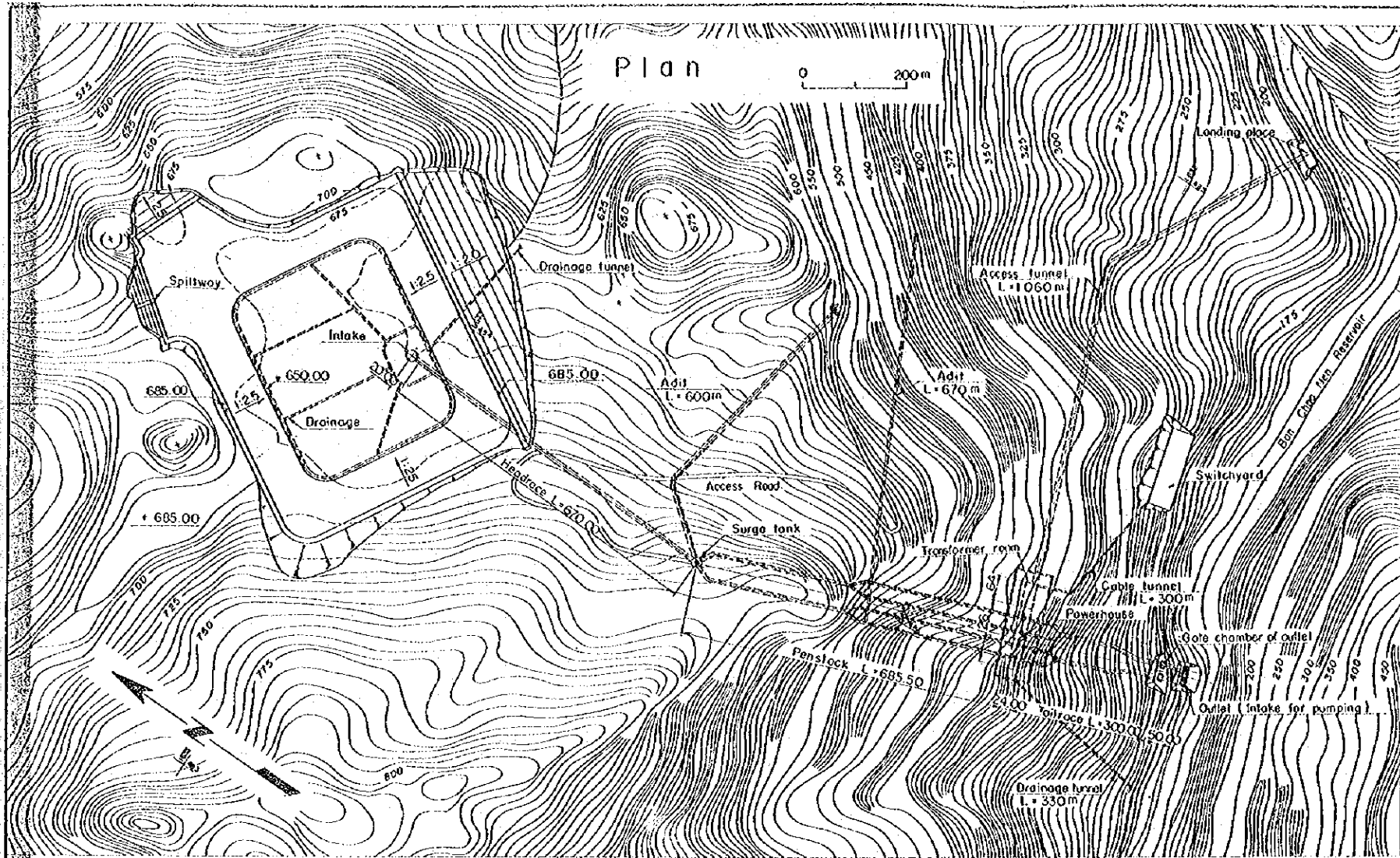
13. Construction Cost	
Preparation Works	62 million Baht
Civil Works	1,509 "
Hydraulic Equipment	312 "
Electrical Equipment	1,260 "
Engineering Fee	110 "
Interest during Construction	487 "
Sub-total	3,740 "
Transmission Line	570 "
Total	4,310 million Baht
14. Annual Energy Production	1,000 million kWh
	(1,000 hour operation per year)
15. Surplus Benefit	
Import Duty on Fuel included	73 million Baht
Import Duty on Fuel not included	89 million Baht
16. Benefit-Cost Ratio	
Import Duty on Fuel included	1.13
Import Duty on Fuel not included	1.15

Table 3-2 General Description of Huai Nam Chou Project

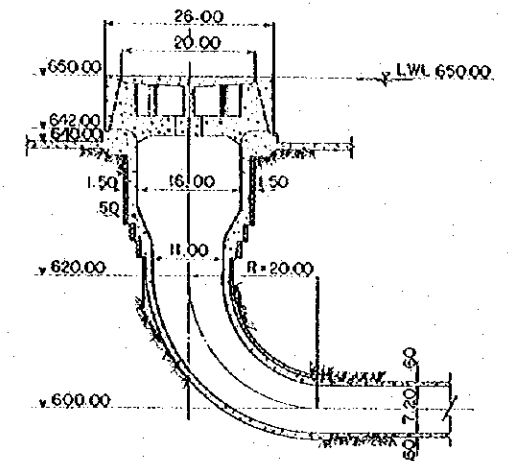
1. Catchment Area	5,100 sq. km.
2. Annual Inflow	3,000 million cu. m.
3. Reservoir	
Normal High Water Surface Level	360 m
Total Storage Capacity	5,380 million cu. m.
Effective Storage Capacity	2,680 million cu. m.
Available Drawdown	25 m
Maximum Water Surface	364 m
4. Dam	
Type	Rockfill with Center Impervious Core
Elevation of Crest	367 m
Height	195 m
Crest	485 m
Volume	15,300 thousand cu. m.
5. Spillway	
Type	Open Channel Chute Type
Capacity	3,000 cu. m./sec.
6. Intake	
Type	Side Intake Type
Number	1
7. Headrace	
Type	Circular Pressure Tunnel
Number of Lines	2
Total Length	420 m
Inner Diameter	78 m

8. Penstock	
Type	Steel Lined Tunnel
Number of Lines	4
Total Length	1,210 m
Inner Diameter	4.8, 4.1 m
9. Powerhouse	
Type	Underground Type
Dimension	H = 38 m, W = 20 m, L = 104 m
10. Tailrace	
Type	Circular Pressure Tunnel
Number of Lines	2
Length	600 m
Inner Diameter	7.8 m
11. Power Generating	
Installed Capacity	600 MW
Unit Capacity	150 MW
Number of Units	4
Rated Head	168.5 m
Max. Discharge	420 cu. m/sec.
12. Transmission Line	
Voltage	230 kV
Number of Circuits	2 cct. (PS. to Ban Chao Nen) 3 cct. (Ban Chao Nen to Bangkok)
Length	286 km

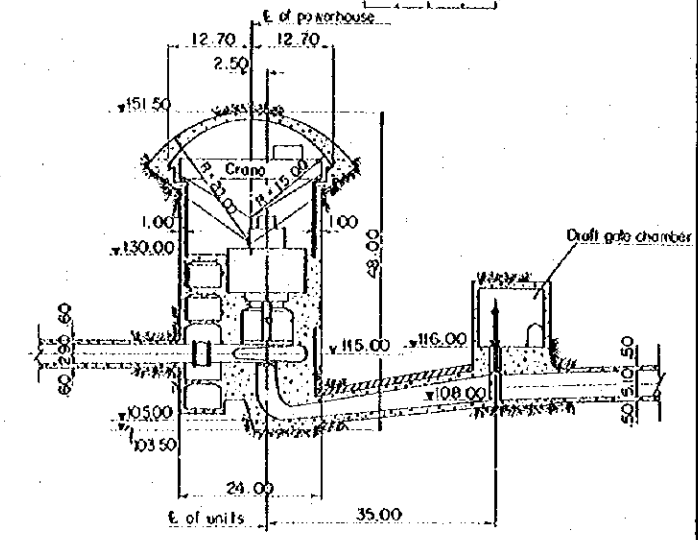
13. Construction Cost	
Preparation Works	144 million Baht
Civil Works	1,785 "
Hydraulic Equipment	211 "
Electrical Equipmout	770 "
Engineering Fee	100 "
Interest during Construction	540 "
Sub-total	3,550 "
Transmission Line	324 "
Total	3,874 million Baht
14. Annual Energy Production	1,158 million kWh
15. Unit Construction Cost	6,460 Baht per kW, 3.35 Baht per kWh
16. Surplus Benefit	
Import Duty on Fuel included	70 million Baht
Import Duty on Fuel not included	59 million Baht
17. Benefit-Cost Ratio	
Import Duty on Fuel included	1.20
Import Duty on Fuel not included	1.17



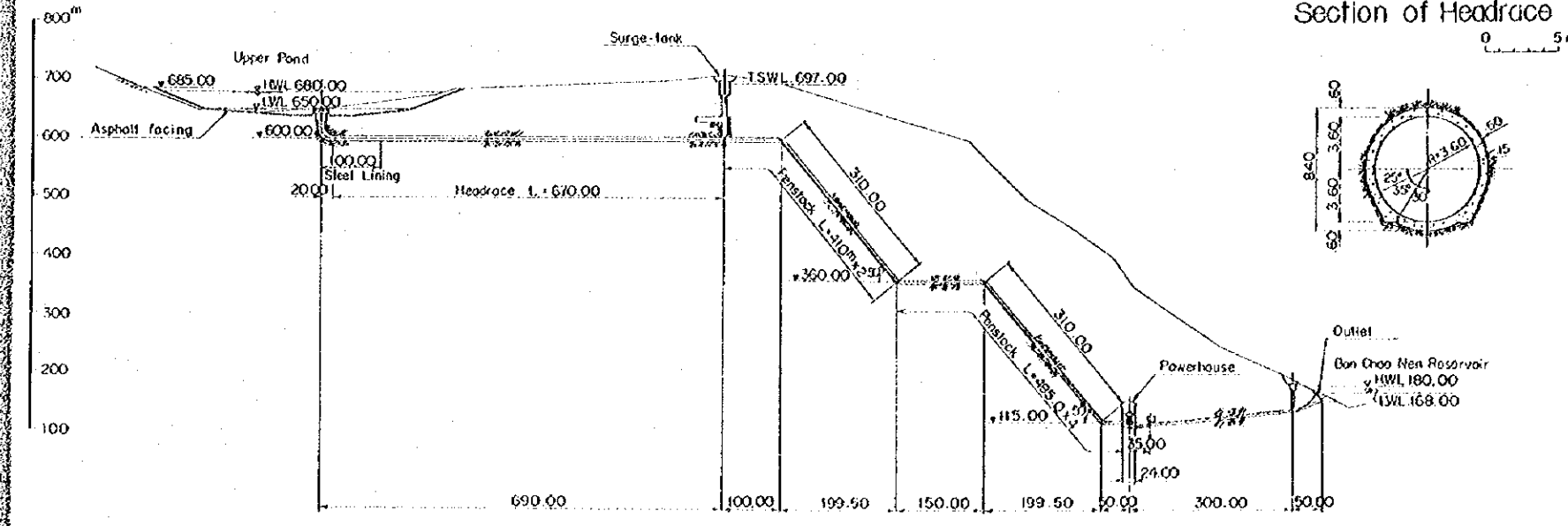
Section of Intake



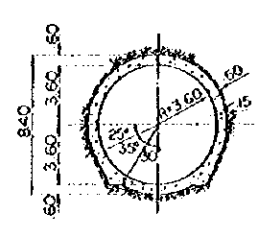
Section of Powerhouse



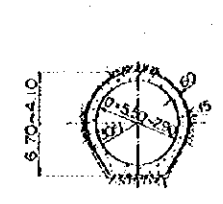
Profile of Waterway



Section of Headrace



Section of Penstock



Section of Tailrace

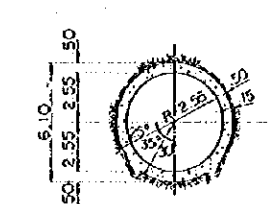


Fig. 3-1
General Plan of Huai
Khlong Ngu Project.

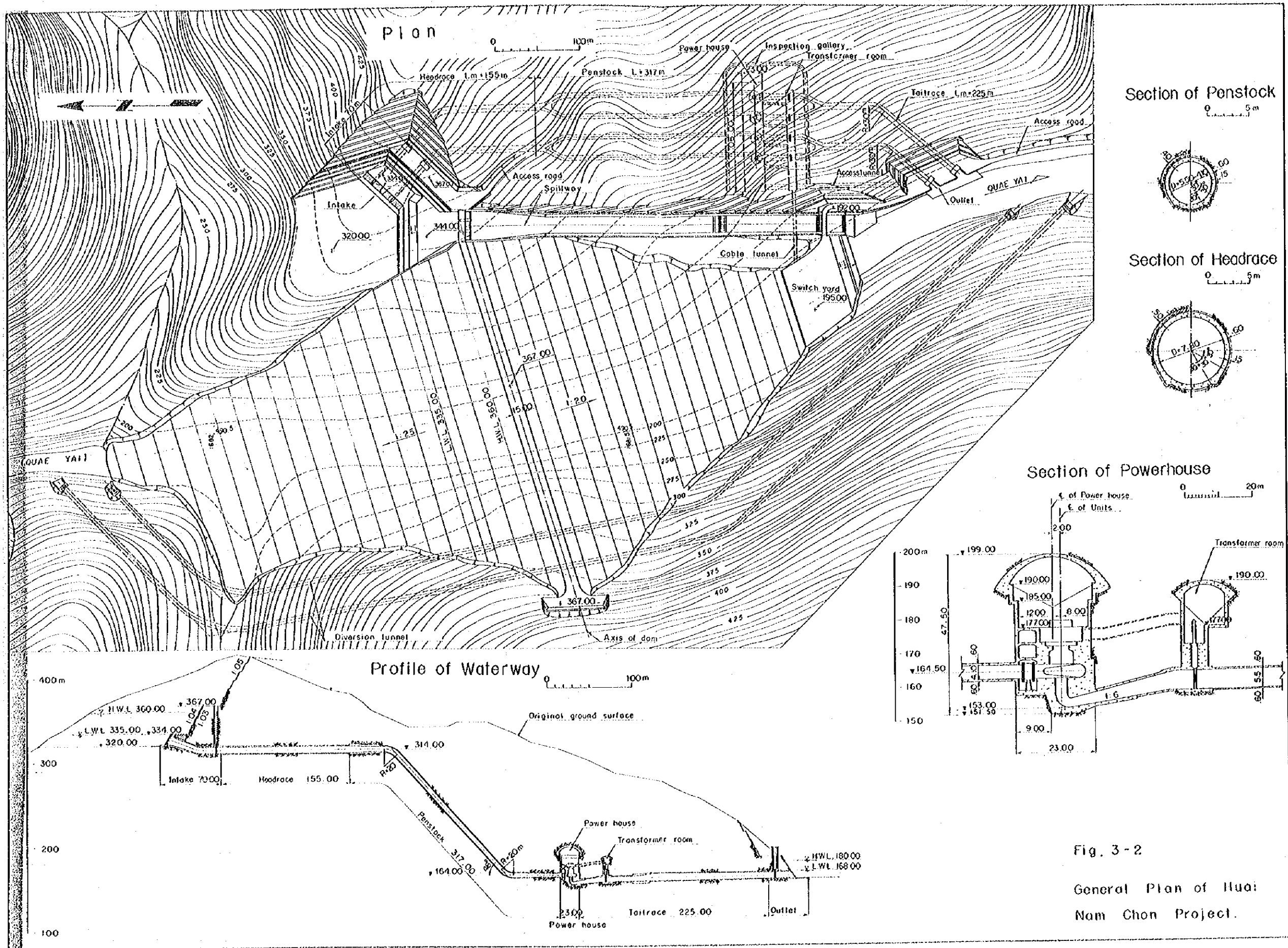


Fig. 3-2
General Plan of Hwai
Nam Chon Project.

第 4 章 開 発 計 画

第4章 開 発 計 画

A) 計画立案の基本的条件

開発計画の検討は下記の条件により行なった。

- ① Ban Chao Non計画の諸元はフィジビリティ・レポートに基づき次のとおりとした。しかしこれら諸元に変更があった場合は、当然本計画の再検討が必要である。

Ban Chao Non Reservoir

Normal High Water Surface Level	180 m
Available Drawdown	1.2 m
Effective Storage Capacity	4,550 million cu. m.

Power Generation

Maximum Discharge	732 cu. m/sec
Effective Head	114 m
Installed Capacity	720 MW { 1 st 360 MW 2 nd 360 MW }

- ② Huai Nam Chon計画の検討に用いる保証出力、年間可能発生電力量は第4章C-2で述べる方法により、Ban Chao Non Gaging Stationの20ヶ年の流量資料から換算した流量よりMass Curveを用いて算出した。
- ③ Huai Nam Chon計画の貯水池の有効容量、常時使用水量の決定はMass Curveにより行なった。
- ④ Huai Nam Chon計画の流域面積および貯水容量の計算は、それぞれDepartment of Royal Thai Survey発行の縮尺1/250,000及び1/50,000の地形図により行なった。
- ⑤ Huai Nam Chon計画の設備出力はPlant Factorを約21%（ピーク継続時間5時間）として想定した。保証出力は貯水池の最低水位時における出力とした。
- ⑥ 工事費は現時点で見積り開発時点までの物価上昇は見込まないものとした。

Huai Khlong Ngu計画については、EGATから提供された1/10,000の航空写真測量図により、又、Huai Nam Chon計画については1/5,000航空写真測量図により概略設計を行なって工事費を算出した。

尚、両計画ともBan Chao Non計画完成後開発されるものとして、資材及び機器の運搬は全てBan Chao Non貯水池を利用して行なうものとした。なお機器類には諸税を見込んで見積った。

- ⑦ 金利は7.5%とした。
- ⑧ 経済評価の年経費の計算に用いる均等化経費率は、それぞれの構造物に対してTable 4-1の値を用いた。

Huai Khlong Ngu計画の年経費は年間電力量に応じた揚水動力費を投資額に対する

年経費に加算した。

揚水動力費のkwh当りの単価は火力発電所の焚増し増分燃料費を揚水総合効率で除した下記の値を用いた。

Without Tax	0.149 B/kwh
With Tax	0.166 B/kwh

揚水発電所の年間運転時間は、第5章のEの項で述べるとおり1,000時間とした。

- ⑨ 両計画の経済評価は600MW×2 unitの重油燃焼式スチーム火力発電所の年経費の対比によって評価するものとした。

この場合、この火力発電所は需要の中心地であるBangkok周辺に建設されるものとした。なおこの基準火力発電所の単位容量は1985年までに開発される原子力およびスチーム火力 Unitの最大単機容量と同一のものであり、EGAT電力系統の系統規模および電力需要の伸びからみて妥当な規模であると考えられる。

この基準火力の主要な諸元および工事費はTable 4-2のとおりである。

水力発電所の便益は上記基準火力発電所のkw当りの年固定費にkw補正率1.15を乗じたものを単位kw便益としkwh便益は基準火力のkwh当りの可変費とした。

すなわち次のとおりである。

	Including import duty on fuel	Including import duty on fuel
(1) Benefit per kW	550 Baht	550 Baht
(2) Benefit per kwh	0.10 Baht	0.11 Baht

Table 4-1 Equalized Annual Cost Factor for the Projects

	<u>Generating Plant</u>	<u>Transmission Line</u>
Serviceable Year	50	40
Annual Interest Rate	7.5%	7.5%
Equalized Annual Cost Factor		
(1) Interest and Depreciation	7.71%	7.94%
(2) Operation and Maintenance	0.70	2.50
(3) Administration	0.30	0.30
Total	8.71	10.74

Table 4-2 Construction Cost and General Features of Alternative Thermal Power Plant

Installed Capacity	1,200 MW
Unit Capacity	600 MW
Number of Unit	2 units
Annual Capacity Factor	70%
Thermal Efficiency at Sending End	37.2%
Annual Energy Supply at Sending End	7,100 million kWh
Annual Fuel Consumption	1,664 million liters
Fuel Cost	0.40817 Baht/lit. (without taxes on fuel)
	0.45517 Baht/lit. (with taxes on fuel)
Serviceable Life	25 years
Construction Cost (taxes inclusive)	5,200 million Baht

B) Huai Khlong Ngu 計画

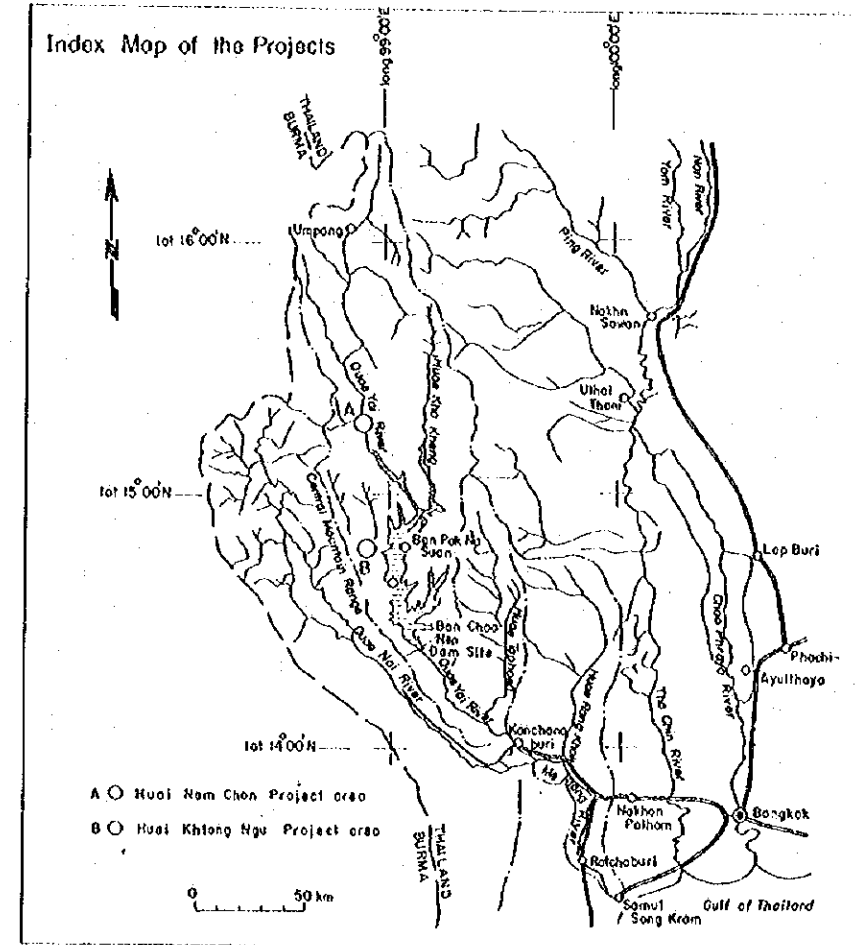
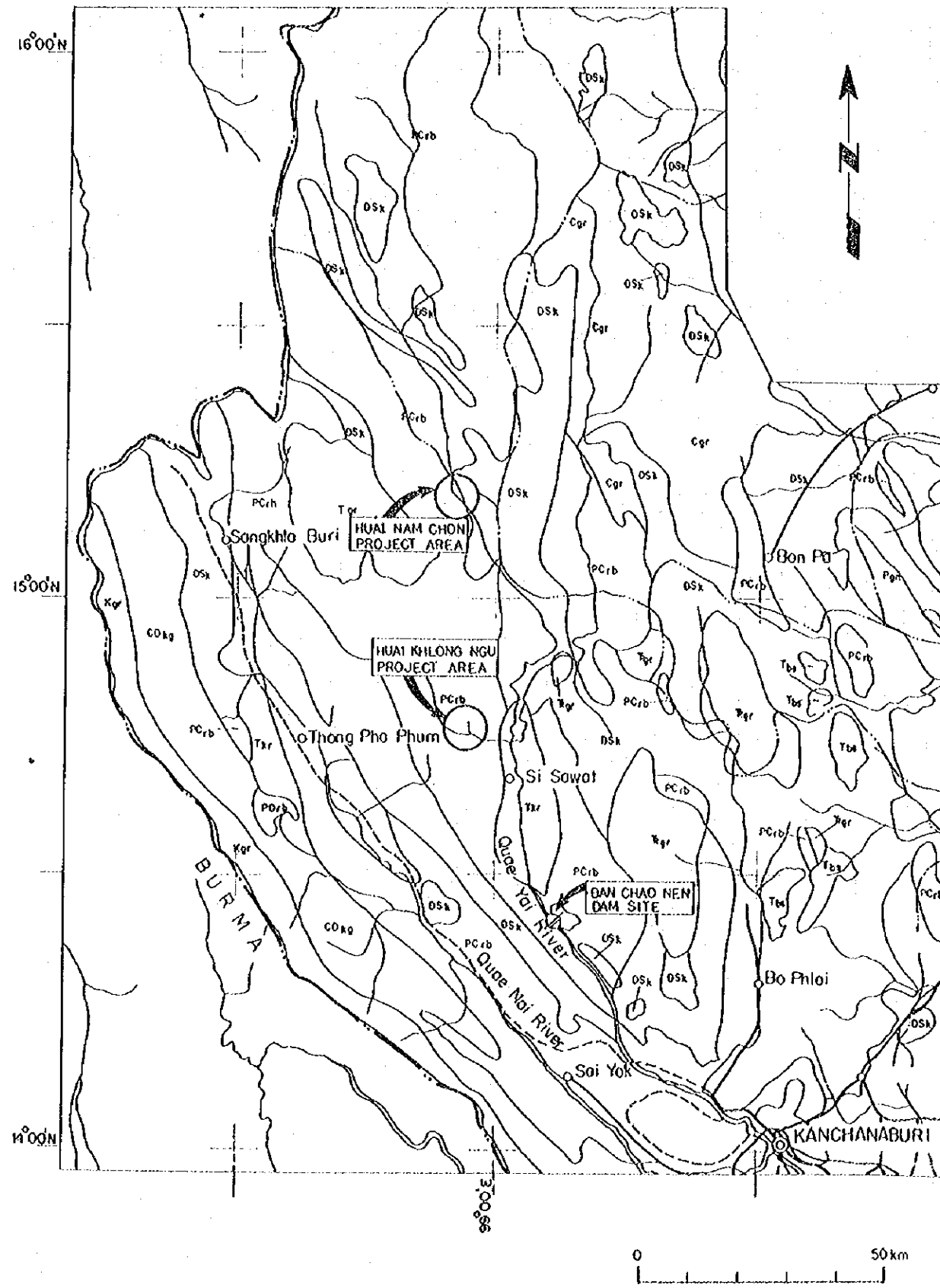
① 位 置

計画地点は、ほぼ北緯 $14^{\circ}47'$ 、東経 $98^{\circ}57'$ に位置する。(Fig. 4-1参照)

この地域は、タイ国北西山地の一部にあたり、首都Bangkokの西北西240 km、州都Kanchanaburiの北西約100 kmの距離に位置する。現地までの交通のうち、BangkokとKanchanaburi間は、鉄道、国道が利用でき、KanchanaburiからBan Chao Nenダム地点まではラテライト道路が通じるが、それより先の大部分は、Quao Yai河をボートで遡行する他はない。

Huai Khlong Ngu川は、建設中のBan Chao Nen貯水池の右岸高標高部に広がる石灰岩台地に源を發し、その流路を南南東から東流に転じた後、Ban Pak Na Suan (karstic plateau)とSi Sawatの間、Ban Chao Nenダム地点の上流約40 kmの地点でQuao Yai河本流に合流する。建設中のBan Chao Nen貯水池の計画満水位(EL180m)はこの支川に沿って、約10 km入り込んでいる。合流点より約8 km上流にはHuai Khlong Ngu川の左岸より注ぐ支谷Huai Khliti川があり、計画区域は、Huai Khlong Ngu川とHuai Khliti川の合流点北西岸、すなわち、Huai Khlong Ngu川中流左岸の一部を占めている。

Geologic Map of the Southern Part of Northwest Highlands.



Legend

Qol	Quaternary to Recent	Tbs	Basalt and its equivalent	Tertiary
Tkr	Krabi group	Kgr	Granite and granodiorite	Cretaceous
PCrb	Ratburi group	Rgr	do	Triassic
cDkg	Kaeng Krachan formation	Cgr	Granite	Carboniferous
Dsk	Kanchanaburi formation	pPgn	Gneiss and schist	Pre - Permian

Note :
 From Department of Mineral Resources,
 Ministry of National Development, Thailand
 (1969) GEOLOGICAL MAP OF THAILAND,
 Scale 1/1,000,000

Fig. 4 - 1
 Geologic Map of the
 Southern Part of Northwest
 Highlands

② 地形・地質 (Topography and Geology)

計画地域は、Quao Yai 河本流の西方約 10 km、建設中の Ban Ohae Nen 貯水池の右岸にあり、Huai Khiliti 川と Huai Khlong Ngu 川とにはさまれて北に向って開ける高原 (plateau) の西端と Huai Khlong Ngu 川にかけて位置する (Fig. 4-2 参照)。この高原の西側は Khao Khiliti 山 (標高 951 m) を主峰とする山体により Quao Yai 河をへだてられ、南西側の Huai Khlong Ngu 川には急斜面で臨む。この平坦地をめぐる斜面は急な傾斜の谷で刻食されている。計画地域の標高 600 m より高位部は、ゆるやかで広い高原ではあるが、この台地の各所にカルスト性の残丘 (butte) や、中あるいは小規模のシンクホール (sinkhole) が点在しているため、微地形にかなりの変化を与えている。上池はこの台地に計画されている。

この台地を刻み西流する Huai Khlong Ngu 川および台地の西縁をなす支谷 Huai Khiliti 川に面する谷壁は 35° ~ 55° の急斜面で、谷壁の各所には比高 100 m 以上傾斜 7° 以上の大規模の急崖が存在する。発電所は Huai Khlong Ngu 川に面する急斜面の地下に計画されている。

この地点の一般地質は " Quao Yai No.1 Project, Geological Investigation of Reservoir Area " によると高標高部によるカルスト (karstic) 性の Ratburi 石灰岩 (limestone) が、低標高部には頁岩質不純石灰岩 (shaly impure limestone)、頁岩 (shale) および、石灰質砂岩 (calcareous sandstone) の互層 (alternation) よりなる非カルスト (non karstic) 性のいわゆる Kanchanaburi 層 (formation) の部層 (member) が分布し、その境界はほぼ水平で標高 400 m 付近にあると記してある。今回の調査でも岩石の分布および地質構造 (geologic structure) についてはその正当さがおおむね確認された (Fig. 4-2 および 4-3 参照)。

そのため上部調整池は、カルスト性台地に設置されることになる。この高地は全体に薄い表土におおわれているが、崖錐堆積物 (talus deposit) は残丘の裾にもほとんど分布していないようである。現計画地点の北方約 2 km はなれた比較地点で実施した 2 坑のテストピットでは、厚さ 1 m 以下の表土 (topsoil) に覆れて巨礫 (boulder) を含む岩片化した風化石灰岩が 2 ~ 3 m の厚さで分布する。多くの場合、石灰岩地域では地表でも種々の形状の凹凸が見られ、表層堆積物 (overburden) に覆れた岩盤表面もかなり不規則な形状を示す。したがって、局部的には表層堆積物がかなり厚い部分のあることも考えられるので十分な調査が必要である。

基盤は Ratburi 石灰岩よりなる。この岩石は大小のシンクホールを形成しており、計画地点近傍にも直径 1.5 m 程度のものが存在している。また、この岩石は全体にかなり割れ目 (cracky) が多い。したがって、ダム基盤とその周辺および貯水区域よりダムの安定および貯水の経済性からみて無視できない程の漏水 (water leakage) が発生することが懸念されるので、適切な対策が必要である。しかしこの岩石は低いダ

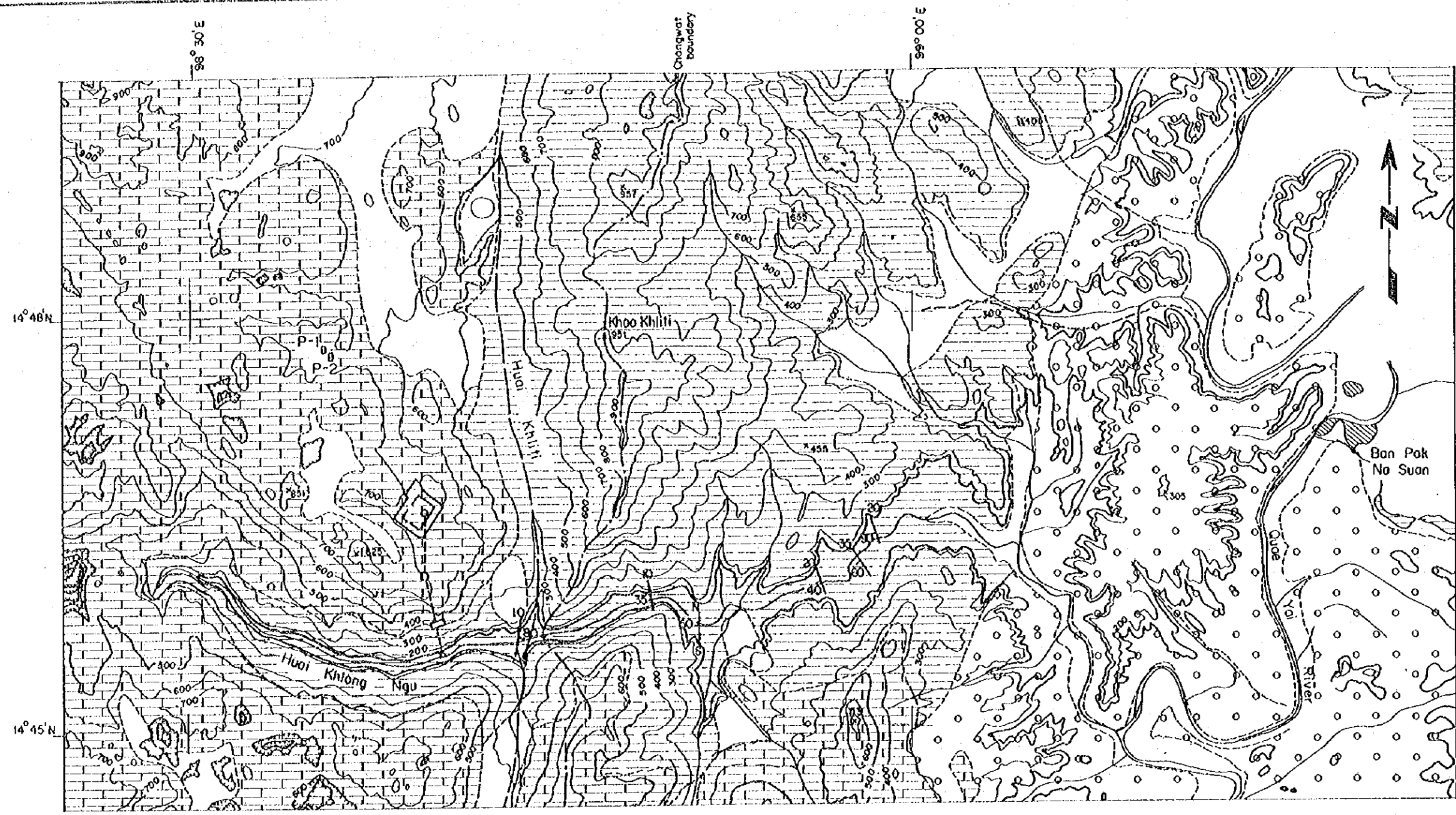
ム、あるいは、アスファルトやコンクリートの舗装 (pavement) の基礎としては十分な地耐力 (bearing capacity) を有しているものと考えられる。

地下発電所 (underground power house) が予定されている山体の斜面は河床 (river bed) (標高約 130 m) から標高 200 m 付近までは径 5 m またはそれ以上の主として巨礫 (block) よりなる崖錐堆積物 (talus deposit) が分布する。礫の多くは石灰岩である。標高約 400 m 以上の斜面には石灰岩の露出する急崖が連なっている。前述のとおり標高約 400 m 以下には、いわゆる、Kanchanaburi 層が分布する。この付近に分布する地層は " Geological Investigation of Reservoir Area, Quae Yai No.1 Project " では Formation B に分帯されている。Formation B の岩質 (rock type) は頁岩質石灰岩 (shaly limestone) 頁岩 (shale) および石灰質砂岩 (calcareous sandstone) の互層 (alternation) であり、一部には石灰岩や砂岩の薄い層を挟むことにより特徴づけられており、非カルスト (non karstic) 性である。Huai Khlong Ngu 川と Huai Khitti 川の合流点付近では石灰質頁岩 (calcareous shale) が露出しており、その走行と傾斜は、N10°W, 80°NE を示している。





発電所および水路トンネルの多くの部分は、この Formation B に位置する。この Formation B は観察した数々の露頭 (outcrop) では層理 (bedding) が発達し、褶曲作用 (folding) を受けており、塊状 (massive) な性状ではない。また建設中の Ban Chao Nen 貯水区域 (reservoir area) の調査の結果でも全体にかなり褶曲を蒙っていることが報ぜられている。そのため大きな断面のトンネルおよび地下発電所よりなる大規模地下構造物の建設については、十分な調査とその結果に適応した位置選定と設計が必要となる。したがって、計画の進捗に伴い、詳細な地質踏査 (geologic reconnaissance) をはじめ、ボーリング (core boring) および、調査坑 (test adit) などによる調査の他、必要に応じては地下構造物の設計に反映させるため岩盤の力学的特性の試験を行なうことが必要であろう。

築堤材料 (dam construction material) については、上部調整池は現在掘り込み式を計画しているが、この掘削ずり (muck) を使用することになる。これらは適当な方法で締め固める (compaction) ことにより、十分安定 (stable) な築堤 (embankment) を作ることができる材料であろう。






コンクリート骨材 (aggregate) については、天然骨材は期待できないので人工骨材を使用することになる。いわゆる Kanchanaburi 層に属する岩石よりも Ratburi 石灰岩の砕岩が良好な骨材となろうが、使用に際しては骨材試験を行なう必要がある。



Legend

-  Quaternary system. Topsoil, and terrace, flood plain, river bed and talus deposits.
-  Tertiary system. Gravel, sand, silt and lime- cemented sand-gravel layer; locally with thin lignite seam.
-  Ratturi limestone. Pure limestone; karst in some places.
-  So-called Konchonoburi series (Formation B). Alternation of shaly limestone, shale and calcareous sandstone; locally with thin impure limestone and sandstone bed.

* See the description in this report.

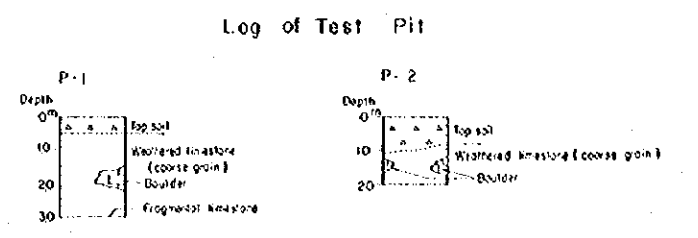
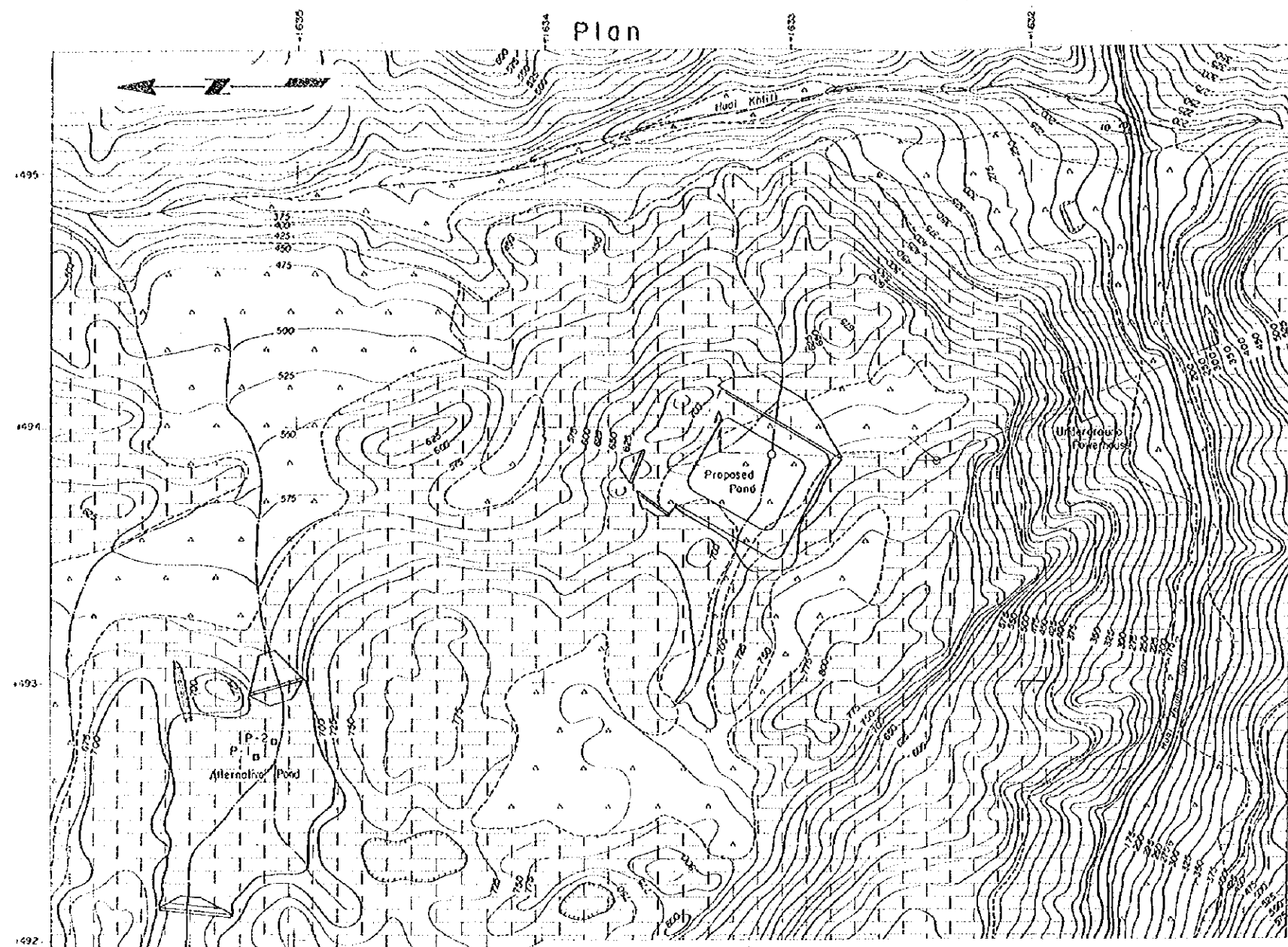
-  Strike and dip of beds
-  Assumed fault
-  Sinkhole
-  Test pit
-  High water surface of Ban choo Nen reservoir (EL.180 m)

Note:

This map is cited from the report of "Geological Investigation of Reservoir Area, Quoe Yoi NO1 Project", prepared for EGAT by EPDC in 1972. But, around this project area, some revisions are made by the collected data during present reconnaissance.



Fig. 4 - 2
Geologic Map of Huai Khlong Ngu Project Area and its Surroundings.



Note : These logs of test pits are provided by EGAT.

Legend

- Soils and debris
- Ratturi limestone (pure limestone)
- Formation D of so-called Kanchanaburi series (Alternation of shaly limestone, shaly and calcareous sandstone, locally with thin beds of limestone and sandstone.)
- Geologic boundary
- Strike and dip of bed
- Assumed fault
- Sinkhole
- Test pit and its name

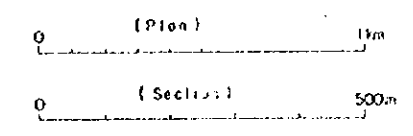
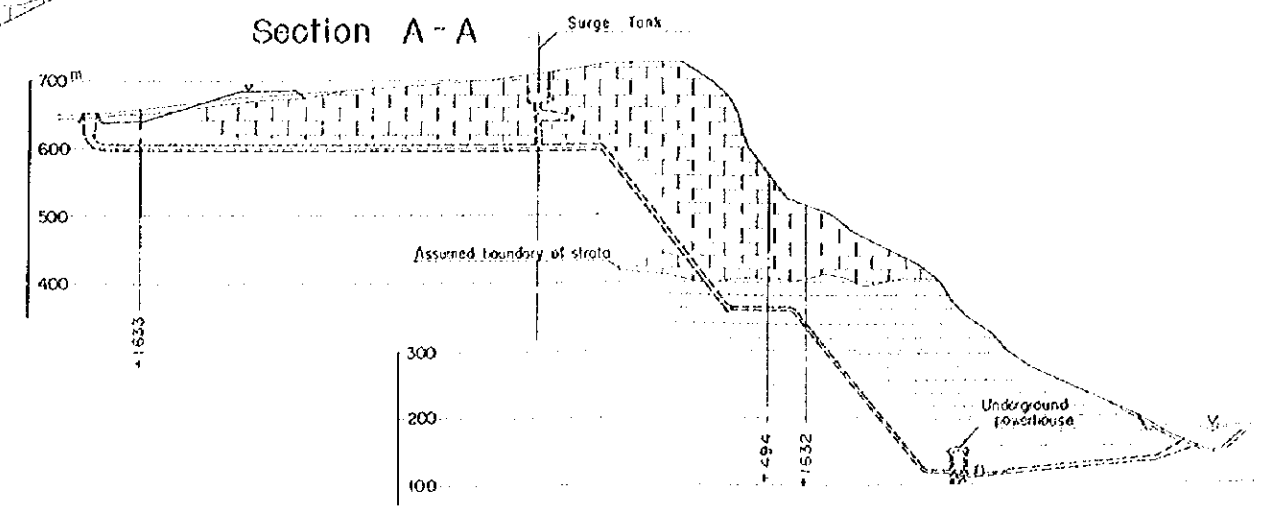


Fig. 4-3
Geologic Plan and Section
of Huoi Khiong Ngu Project
Area.

③ 発電計画

① 開発規模

Huai Khlong Ngu 地点は建設中の Ban Chao Non 貯水池を利用して大規模な揚水発電開発が経済的に可能な数少ない地点の一つである。

揚水発電所を計画するにあたって一般に技術的、又地形・地質的にゆりすぎり高落差、大容量の計画にするのが経済的である。

従って、本地点の開発規模としては投入時点における系統の規模、落差、揚程等を考慮して技術的に可能な範囲で下記のとおりとした。

開発規模	1,000 MW
ユニット容量	250 MW
台数	4台
水車形式	フランシス型可逆ポンプ水車

しかしながら、開発時点までは日時があるので今後数年間の需要の動向を解明し、火力や原子力発電所の開発テンポを考慮の上、池容量開発規模について詳細な検討が必要である。

② 開発計画の検討

本地点の上部調整池は EGAT において Fig 4-4 に示すような2ヶ地点が考えられていた。

したがって本地点の揚水発電計画は、それぞれの上部調整池と Ban Chao Non 貯水池の間で得られる約500mの落差を利用して揚水発電を行なう2案となるが、水槽以下放水口までの構造物は地形および Access 等を考慮して位置を選定し、これをそれぞれの上部調整池とを導水路で結んだ2つの計画案を比較検討した。(Fig 4-4 参照)

これらの計画案の検討は 1/10,000 地形図と現地踏査をもとに各構造物について次のように考えた。

上部調整池はカルスト台地上に作られる。このカルスト台地を形成する石灰岩には大小の Sinkhole の存在が予想され、又 Cracky であることから、単にダムアップないしは掘り込んだだけの調整池では漏水の発生が予想される。したがって調整池内全面をアスファルトでライニングした表面遮水型の調整池とした。調整池の計画にあたっては出来るかぎり掘削と盛土のバランスを考慮した。調整池の容量は最大出力換算で、現在の日負荷曲線からみたピーク時間に多少の余裕をもたせ、6時間とするものとし、利用水深は各々2.5mおよび3.0mとして検討した。

取水口は上部調整池が全面アスファルト遮水型であるので、Morning Glory Type とし、導水路は施工の容易性、経済性を勘案して内径7.2m、1条とした。

調圧水槽は制水口水室型とし、水圧管路は全て埋設管とし、作業性を考慮して傾斜

角 5° の斜坑とした。水圧管の条数は水槽直下流で2条に分岐し、水圧管路の中央部で4条に分岐させた。水圧管の鋼材は内圧が非常に大きくなるので超高張力鋼を使用することとした。

発電所は、ポンプ水車の水車中心がBan Chao Nen貯水池の低水位以下53mにもなるため地下発電所型式とした。主要変圧器も組立室に続いて地下に設置することとし開閉器機及び発電所の管理建物は地上におくこととした。

放水路延長は約400m程度であるので実績を参照の上、地下発電所に対する下地(Ban Chao Nen貯水池)の水圧の影響はさけられるものとしてサージチャンバーは設けないこととした。放水路の条数はドラフトゲート直下流より2条、すなわち放水路1条当り水車2台とした。

放水口は横型としBan Chao Nen貯水池の水面下での工事となるので特殊工事を考慮した。

以上の結果による設備概要、工事費および経済評価はTable 4-3のとおりである。これによると調整池の工事費が高むが、水路が短いためPlan-Aの方が、kw当りの建設費も経済性も良い結果となった。

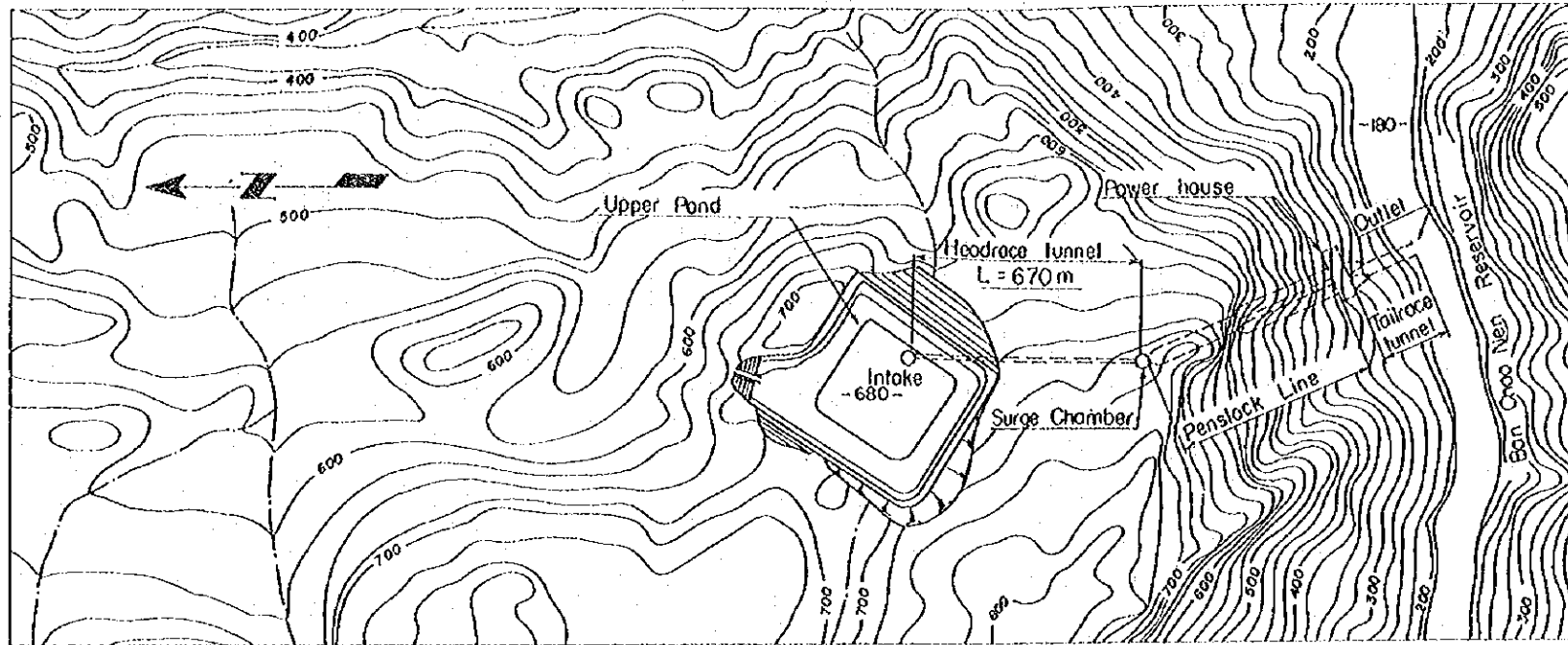
Table 4-3 Outline of Alternative Schemes
of Huai Klong Ngu Project

	Unit	Plan - A	Plan - B	Remarks
<u>Upper Pond</u>				
High Water Level	m	680	670	
Available Drawdown	m	30	25	
Effective Storage	10 ⁶ cu. m	6	7	6 hour operating per day
Dam Height	m	60	50	
Dam Volume	10 ⁸ cu. m	2,700	1,000	
<u>Lower Reservoir</u>				Ban Chao Nen Reservoir
High Water Level	m	180	180	
Available Drawdown	m	12	12	
<u>Headrace Tunnel</u>				
Number		1	1	
Length x Diameter	m	670 x 7.2	2,900 x 7.2	
<u>Penstock</u>				
Number		2 - 4	2 - 4	
Diameter	m	2.9 - 4.4 - 5.5	2.9 - 4.4 - 5.5	
Length	m	2,660	2,660	
<u>Tailrace Tunnel</u>				
Number		4 - 2	4 - 2	
Length x Diameter		620 x 3.9 - 5.1	620 x 3.9 - 5.1	

	Unit	Plan - A	Plan - B
<u>Power Generation</u>			
Installed Capacity	MW	1,000	1,000
Max. Discharge	cu. m/sec.	258	266
Effective Head	m	466	453
Unit Capacity	MW	250	250
<u>Transmission Line</u>			
Voltage	kV	230	230
Circuit	cct	4	4
Length	km	240	240
<u>Construction Cost</u>			
Generating Facilities	10^6 B	3,740	4,000
Transmission Line	10^6 B	570	570
Total	10^6 B	4,310	4,570
<u>Economic Justification *</u>			
Benefit (B)	10^6 B	626	626
Cost (C)	10^6 B	553	576
Surplus Benefit			
(B) - (C)	10^6 B	73	50
Benefit Cost Ratio		1.13	1.09

* 1,000 hour
operating per year

Plan - A



Plan - B

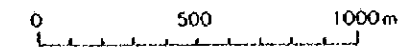
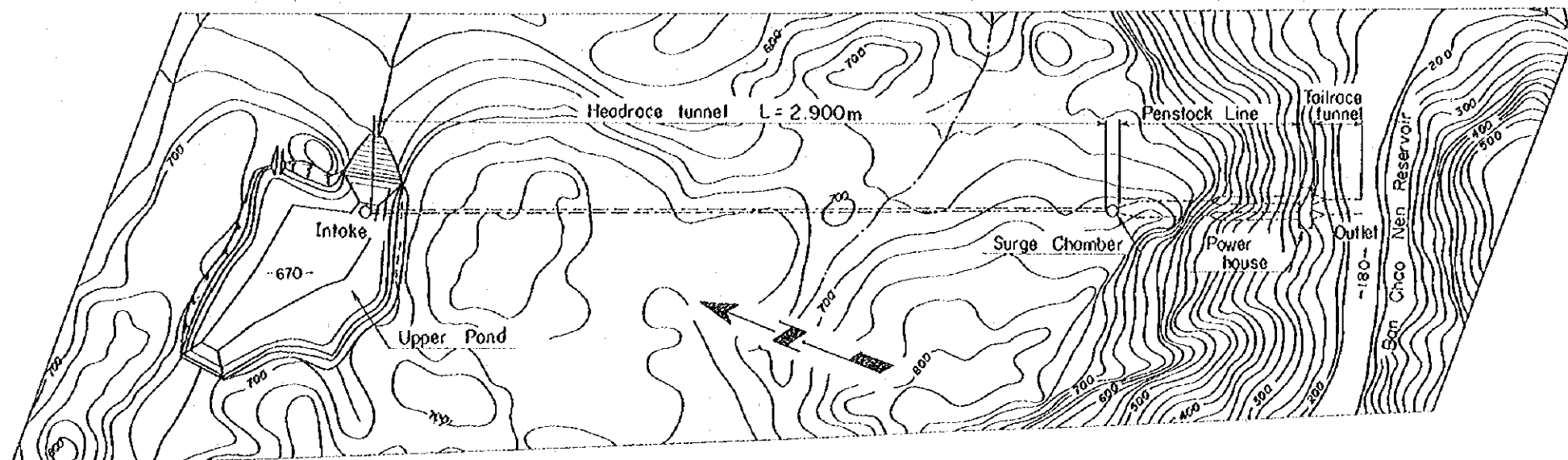


Fig. 4-4
General Layouts of Huai
Khlong Ngu Project and
its Alternative Scheme.

C) Hual Nam Chon 計画

① 位 置

この計画のダム地点は、Quao Yai河本流にあり、ほぼ北緯15°15'，東経98°55'に位置する（Fig. 4-1参照）。Ban Chao Nenダム地点の上流約90 kmすなわち建設中のBan Chao Nen貯水池背水端（back water）付近の位置にある。この地点は1970年および1971年に2回にわたりEGATおよびEPDCが協同してBan Chao Nen貯水池周辺の現地踏査を行ない、EPDCが、1972年2月に結果をとりまとめた報告書の調査区域にごく近接した北方地域である。

この地域には、本報告書で述べるダム軸（dam axis）の他、Quao Yai河本流に沿って6つの比較ダム軸が設定されているが、最下流の比較ダム軸と最上流のそれとの距離は約5.5 km，河床の標高差は約7 mである。

② 水 文

Quao Yai河流域およびその周辺にある測水所，および雨量観測所の位置はFig 4-5に示す通りである。

また，これらの観測所における流量および雨量の記録の存在する期間はTable 4-4に示す通りである。

Quao Yai河の河川流量のStudyについてはQuao Yai No.1 Hydroelectric ProjectのFeasibility ReportのBasic Study Volume 1において，Ban Chao Nen（Kang Rieng）Gaging Stationをもとにした比流量比（Specific runoff ratio）と流域面積を用いて，計画地点の流量を算出する方法が検討されている。

即ち，計画地点の流量は下記公式により計算される。

$$Q_x = Q_k \frac{A_x}{A_k} \alpha \dots\dots\dots(1)$$

ここに

Q_x : X地点（集水面積： A_x ）における流量

Q_k : Ban Chao Nen（Kang Rieng）測水所における流量

A_x : X地点における集水面積

A_k : Ban Chao Nen（Kang Rieng）地点における集水面積

$$= 10,800 \text{ km}^2$$

α : Fig 4-6 から得られる比流量比

地形図によるとHual Nam Chon dam siteの流域面積は5,100 km²である。

計画地点に近い測水所はHad Pana Gaging Station（C.A = 5,644 km²），Khao Chod Gaging Station（C.A = 5,530 km²）であり，観測期間はそれぞれ4

ヶ年および7ヶ年である。

Quao Yai 河における最も観測期間の長い測水所は、Ban Chao Nen (Kang Rieng) Gaging Station であり約20ヶ年の流量資料が得られる。

Quao Yai No.1 Feasibility Report (以下単に Feasibility Report と云う) 以降の流量資料を追加して Ban Chao Nen (Kang Rieng) Gaging Station と Khao Chod Gaging Station の比流量比を累加相関関係 (Fig 4-7) から求めると1.55であり、Feasibility Report における同一 Gaging Station の比流量比1.6 とほぼ同じ結果が得られた。

したがって、計画地点の流量の算定は公式(1)を用いて、求めることとした。

計画地点の流域面積及び Fig 4-6 から求めた比流量比を公式(1)に代入すると、Ban Chao Nen Gaging Station から計画地点の流量換算式は下記の通りである。

$$Q_x = Q_k \frac{A_x}{A_k} \alpha = 0.68 Q_k \dots \dots \dots (2)$$

ここに

Q_x : Huai Nam Chon 地点における流量

Q_k : Ban Chao Nen (Kang Rieng) 測水所における流量

A_x : Huai Nam Chon 地点における集水面積

$$= 5,100 \text{ km}^2$$

A_k : Ban Chao Nen (Kang Rieng) 測水所における集水面積

$$= 10,800 \text{ km}^2$$

α : Fig 4-6 から得られる $5,100 \text{ km}^2$ の比流量比

$$= 1.45$$

上記公式によって求めた計画地点の20ヶ年 (1952年4月~1972年3月) の月別平均流量は Table 4-5 の通りである。なおこの地点の年降雨量は、約1,000 mm 程度である。

計画地点の計画洪水量は Supplementary Report for Quao Yai No.1 Project Volume 1 に於いて Study された Ban Chao Nen Dam の計画洪水量 $7,500 \text{ m}^3/\text{s}$ より公式(2)の換算係数0.68を用いて求めた。これによると計画地点の計画洪水量は $5,100 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定される。Flood Hydrograph は Fig.4-8 のとおりとなる。

蒸発量は Feasibility Report と同様 Net evaporation loss を 500 mm/year とした。

Table 4-4 Rainfall, Runoff Gaging Stations and Existing Data.

Rainfall Observatory Station and Existing Data. (Daily and Monthly Record)

NO.	ANPHUR	NAME OF STATION	'50	'51	'52	'53	'54	'55	'56	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	'66	'67	'68	'69	'70	'71	'72
1	SANGKHLABURI	PILOP MINE																							
2	SANGKHLABURI	SANGKHLABURI																							
3	THONG PHAPHUM	THONG PHAPHUM																							
4	SAI YOK	WANG PO																							
5	UMPHANG	UMPHANG																							
6	SRI SAWAT	BAN NASUAN																							
7	SRI SAWAT	SRI SAWAT																							
8	SRI SAWAT	KANG RIENG																							
9	BO PHILOI	BO PHILOI																							
10	PANOM TUAN	PANOM TUAN																							
11	PANOM TUAN	KANCHANABURI																							
12	THA MUANG	THA MUANG																							
13	THA MAKHA	THA MAKHA																							
14	MUANG	LAM SOI LAM PAC																							
15	BANGKOK	BANGKOK																							

Runoff Gaging Station and Existing Data. (Daily Record)

NO.	NAME OF RIVER	NAME OF STATION	CATCHMENT AREA	'54	'55	'56	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	'66	'67	'68	'69	'70	'71	'72			
①	MAE NAM QUAE NOI HUAJ	MAE NAM NOI	6,500																						
②	MAE NAM QUAE NOI WANG PO		6,500																						
③	MAE NAM QUAE NOI LUM SUM		7,008																						
④	MAE NAM QUAE YAI KHAO CHOD (Main Stream)		5,530																						
⑤	MAE NAM QUAE YAI KHAO CHOD (Tributary)		2,350																						
⑥	MAE NAM QUAE YAI HAD PANA		5,644																						
⑦	MAE NAM QUAE YAI ONGKLA		8,320																						
⑧	MAE NAM QUAE YAI KANG RIENG		10,802																						
⑨	MAE NAM QUAE YAI KAO WANG MASUNG		11,963																						
⑩	HUAJ TA POEN	LAM TA PHERN																							
⑪	MAE NAM MAE KLONG	BAN THAM																							
⑫	MAE NAM MAE KLONG	BAN WANG KHASA																							

Table 4-5 Monthly Average Discharge at Huai Nam Chon Site
(Catchment Area: 5,100 sq. km)

Year	Unit: Cu.m./sec.												
	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Annual
'52-'53	18.5	19.6	42.0	89.5	150.8	133.7	337.1	137.3	50.6	34.2	33.3	27.2	52.8
'53-'54	24.0	36.5	70.4	188.1	600.7	329.9	255.4	208.8	92.7	58.3	42.8	32.9	161.7
'54-'55	26.4	47.5	73.5	103.5	153.8	235.4	232.4	77.2	46.5	25.6	21.2	16.5	88.3
'55-'56	19.9	22.5	36.7	72.7	79.0	217.5	144.9	93.0	40.9	26.5	13.2	14.6	65.6
'56-'57	20.4	54.9	52.0	83.8	161.5	237.1	214.2	80.0	47.7	35.2	23.3	16.7	85.6
'57-'58	15.4	11.1	43.4	82.6	224.8	278.1	338.5	82.1	41.4	28.4	20.2	15.0	98.4
'58-'59	15.8	19.7	44.7	63.7	135.1	303.2	185.1	70.1	38.0	25.6	27.4	14.2	78.6
'59-'60	14.5	20.8	38.3	57.9	146.5	221.8	370.6	75.9	39.6	26.0	19.4	12.9	87.0
'60-'61	12.1	18.0	21.1	25.7	148.3	118.7	210.0	60.6	47.5	24.5	18.2	13.6	59.9
'61-'62	11.6	32.6	66.6	239.0	499.8	514.1	271.8	111.5	58.9	39.0	27.9	21.7	157.7
'62-'63	19.4	24.2	46.1	111.4	224.9	425.2	242.8	75.6	41.8	27.0	18.4	14.7	106.0
'63-'64	10.7	8.7	25.8	134.7	200.3	321.2	464.2	143.1	59.9	37.0	25.6	18.5	120.6
'64-'65	19.2	44.4	43.4	84.8	150.5	267.8	369.8	115.8	61.2	37.6	28.7	28.3	104.3
'65-'66	22.0	33.2	121.3	189.6	205.3	156.5	182.7	73.0	39.3	29.4	25.1	17.5	90.5
'66-'67	16.9	28.9	54.0	107.2	160.8	272.7	148.2	64.8	42.1	29.1	20.9	15.6	80.1
'67-'68	16.9	25.7	39.9	62.1	229.3	225.7	208.5	69.1	40.1	27.7	22.2	18.2	82.1
'68-'69	15.7	32.2	28.4	67.5	211.3	159.6	113.1	45.0	27.2	21.0	14.5	10.7	62.2
'69-'70	9.3	7.0	48.9	100.6	323.2	315.5	177.8	94.8	41.5	28.5	20.8	15.9	98.7
'70-'71	14.0	20.5	33.5	82.5	167.0	197.4	193.7	104.6	63.5	31.3	20.5	15.8	79.6
'71-'72	19.8	25.8	72.0	176.7	162.6	171.8	120.9	70.2	35.5	25.8	19.1	14.9	76.3
Average	17.1	26.7	50.1	105.7	218.8	255.6	239.1	92.6	47.7	30.9	23.4	17.8	93.8

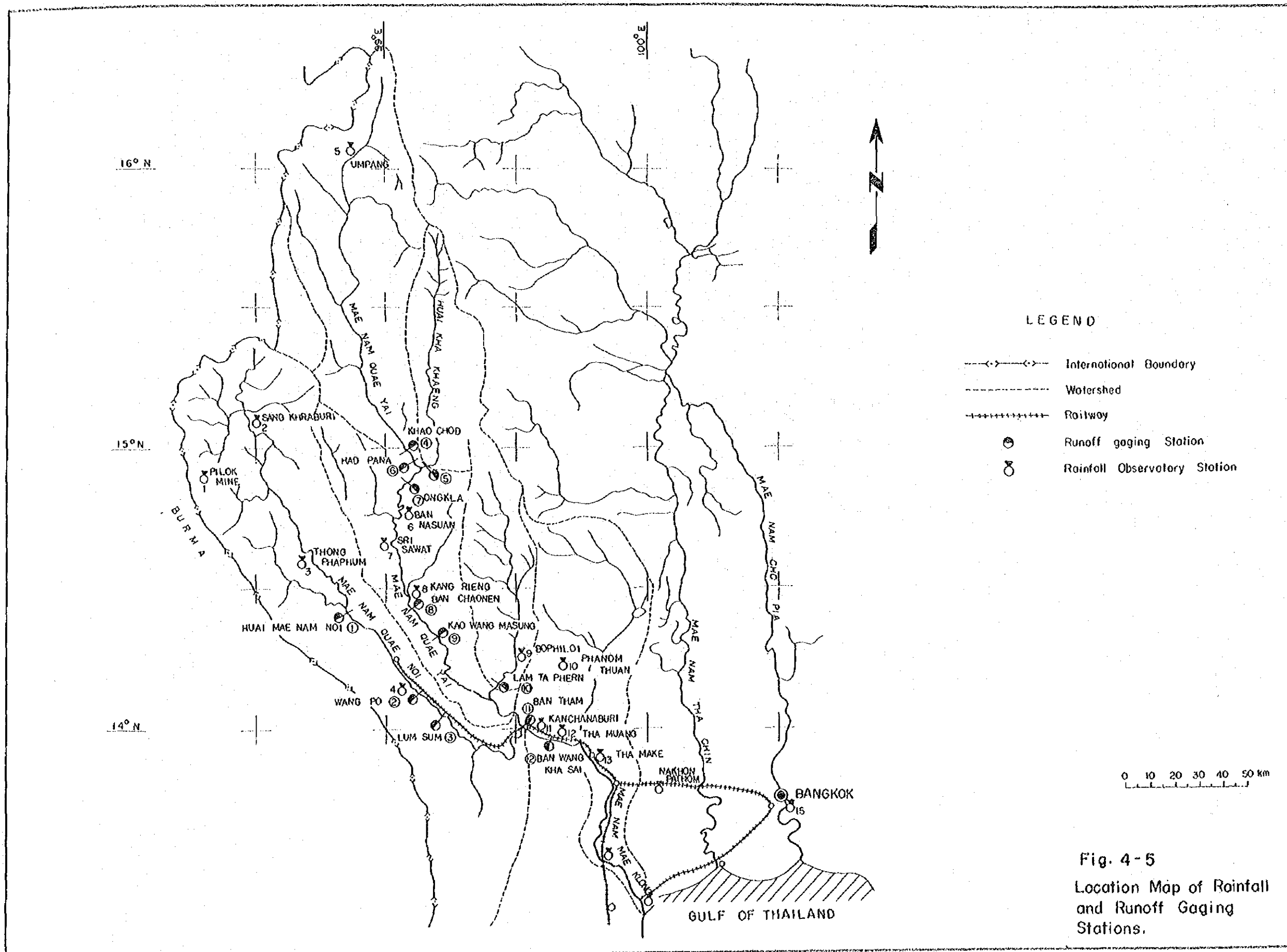


Fig. 4-5
Location Map of Rainfall
and Runoff Gaging
Stations.

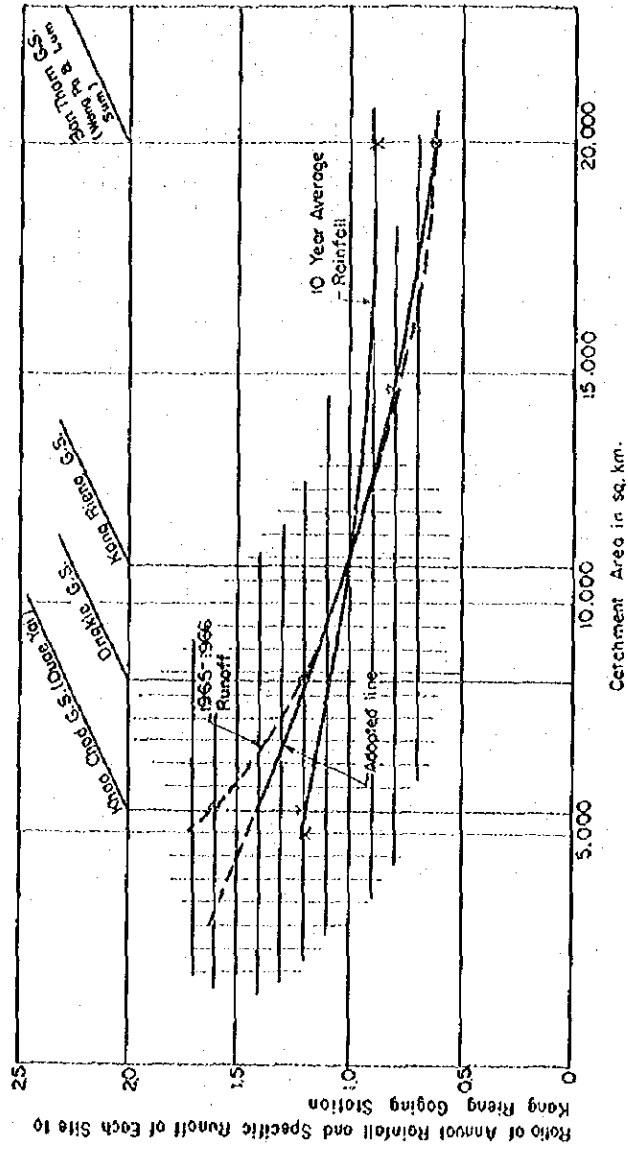


Fig. 4 - 6
 Ratio of Annual Rainfall
 and Specific Runoff of
 Each Site to Ban Chao Nen.

Fig. 4-7 Correlation of Specific Runoff between
Ban Chao Nen and Khao Chod.

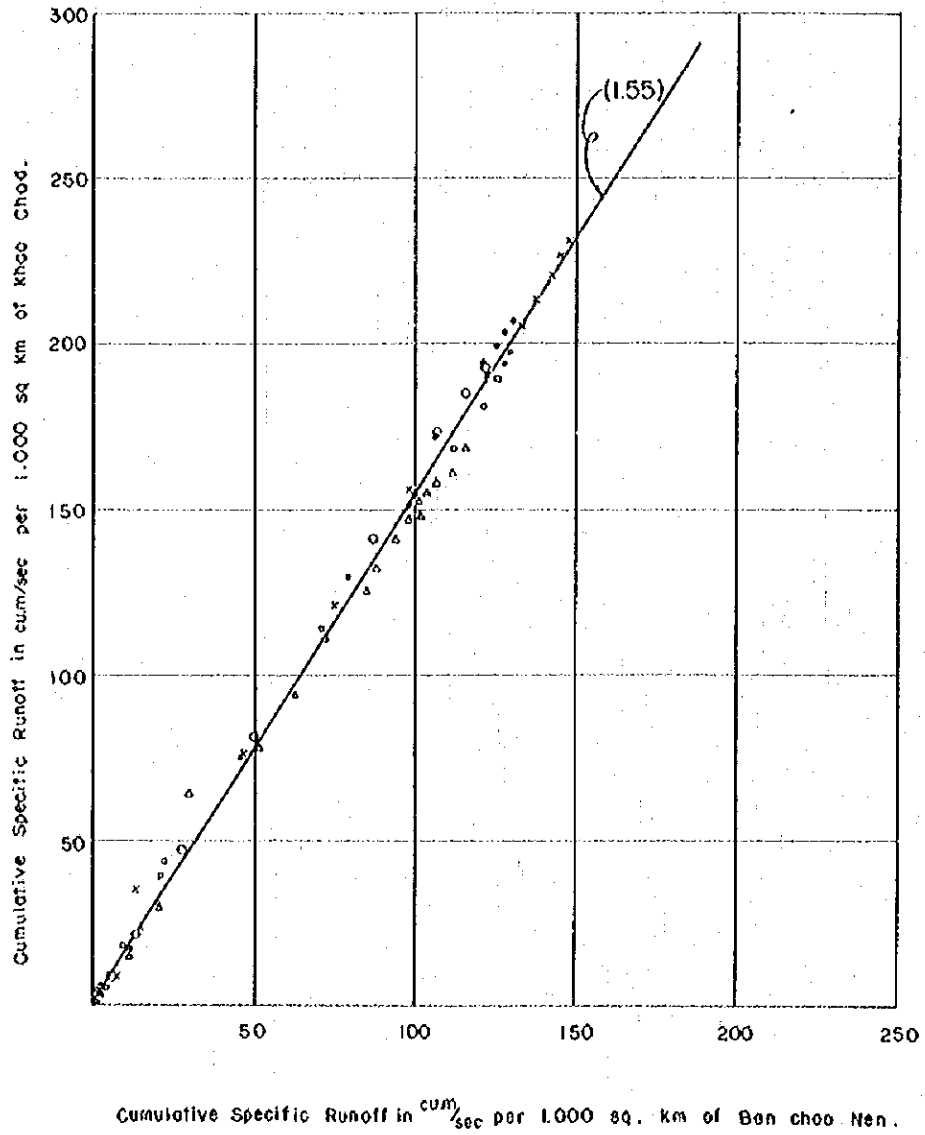
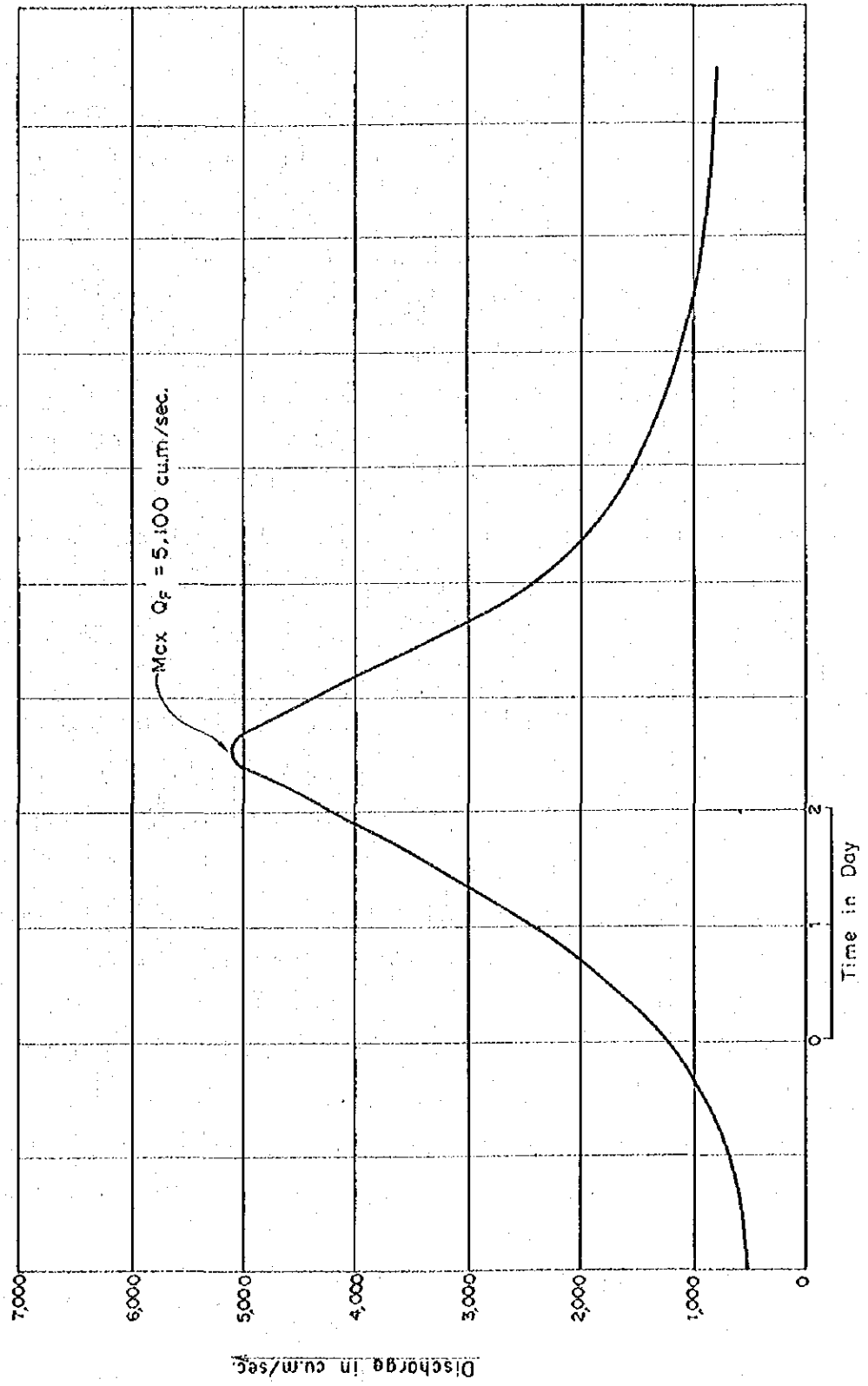


Fig. 4-8 Flood Hydrograph at Hwai Nam Chon Site



③ 地形・地質

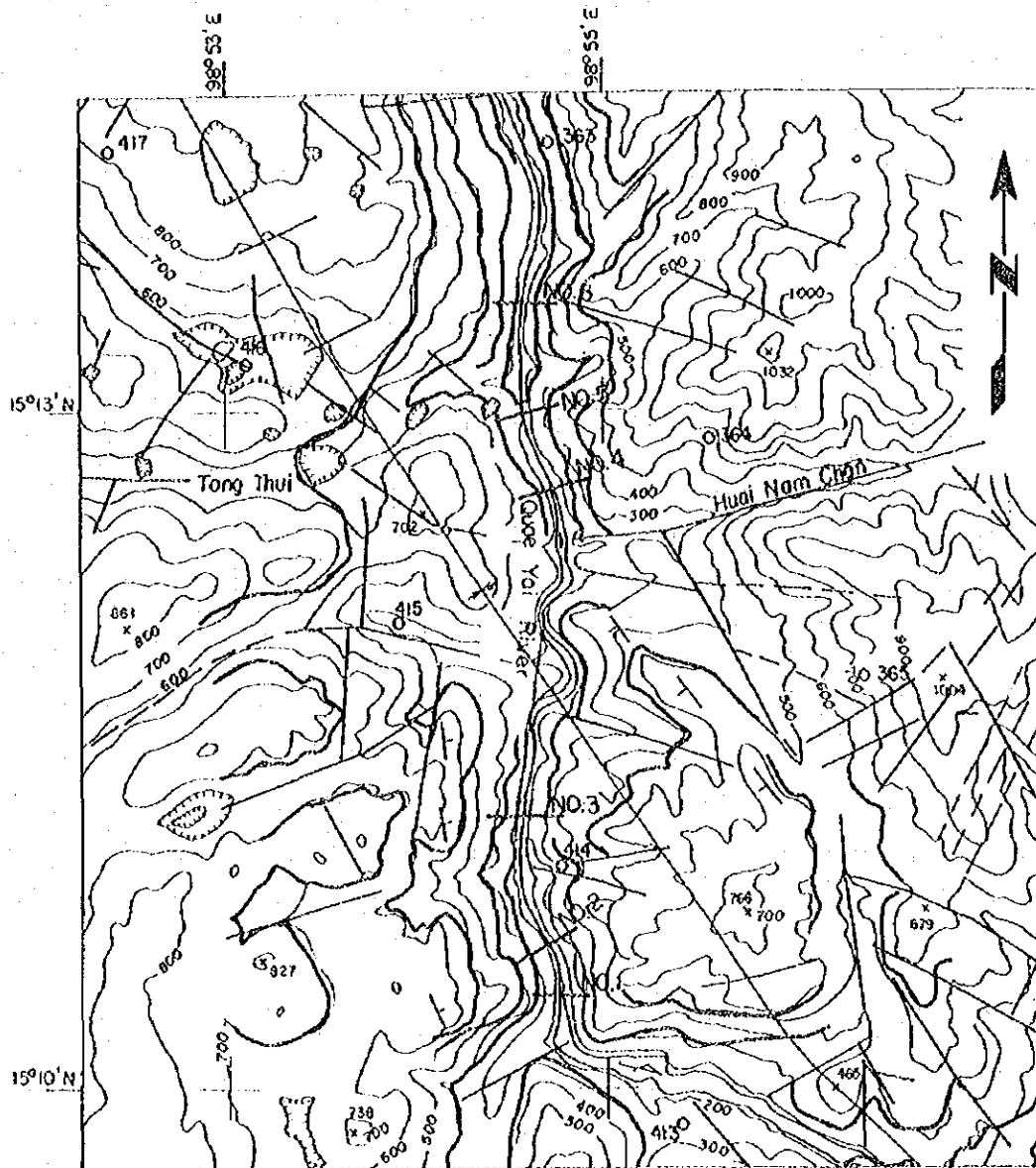
今回の調査は洪水期に行なわれたため、予定ダム地点No.1 下流約10 km の地点までしか達することができなかった。従って、以下に述べるこの地点の地形および地質の概要は、今回調査で実施したヘリコプターによる空中視察、空中写真判読、地形図を含む、EGATよりの提供資料およびColombo 計画専門家からの情報をとりまとめたもので、今後行なわれる調査の段階においては、現地地質調査の実施が必要である。

6つの比較ダム軸は、下流より上流に向ってNo.1 からNo.6と命名されているが、計画地点はNo.4とNo.5の中間地点にある。比較地点を含むこれら7地点の地形や地質はほぼ類似しており、その概要は次のとおりである。(Fig 4-9参照)









計画区域ではQuao Yai 河は多少蛇行(meander)しているがほぼ北から南へ流れ、河床標高は170~180 m、川幅は30~50 mである。河川勾配は平均的にはかなり緩かではあるが、各所に"rapid"と呼ばれる小瀑や瀬が存在している。河床付近には、氾濫原(floodplain)や段丘(terrace)などの平地部は存在せず、河道(river channel)の兩岸は谷壁(valley wall)がせまっている。これらの谷壁の平均傾斜は35°ないし55°であるが、各所に比高70 mないし150 m、傾斜70°またはそれ以上の規模の大きい急崖が連続している。


このように河谷の形状はけわしいが、右岸標高600 m以上の山岳部は緩傾斜の台地状の地形が広がる。1/50,000地形図の各所にシンクホール(sinkhole)が示されていることから、この広い緩斜面は、石灰岩質岩石(calcareous rock)よりなるカルスト台地(karstic plateau)と思われる。

この地域の地質構造(geologic structure)は、大きく見た場合、Burmeso-Malaya geotectonic movementに支配されており、全体としては、NW-SE方向すなわちQuao Yai 河とほぼ平行した方向の構造(structure)が顕著である。従って、Ban Chao Nen 貯水池背水端付近に位置する計画区域は、距離的にも近接しているので、巨視的には当然Ban Chao Nen 貯水区域と同様な地質が連続しているものとみなしうる。すなわち、計画区域の基盤岩類は、高標高部では、Ratburi 石灰岩(limestone)、低標高部では、いわゆるKanchanaburi 層(formation)の恐らくは、頁岩質石灰岩(shaly limestone)、頁岩(shale)、および、砂岩(sandstone)の互層(alternation)、あるいは砂岩(sandstone)、薄い石灰岩などよりなる累層(formation, Formation B)が分布しているものと推定される。両者の境界については確認してはいないが、地形的考察および空中写真(aerophotograph)の判読から境界はほぼ水平であり、低くとも標高約600 m以上の地帯には、Ratburi 石灰岩が分布しているように考えられる。しかしヘリコプターによる査察では、標高325ないし350 m付近に小規模な凹地が観察されたが、これらについては石灰岩など可溶性岩石が溶脱したものか、あるいは他の理由により形成されたものかは



Legend

-  Assumed boundary of rock facies
-  Assumed strike and dip of bed
-  Assumed axis of syncline
-  Linear feature
-  do (deducible image)
-  Lineation (joint system)
-  Sinkhole
-  Proposed or alternative dam axis and its name.

 Principal point of No. 417 photograph

Note :

The geologic features are interpreted by the view of stereoscope.

0  2 km

Fig. 4-9

Geological Interpretation Map of Aerial Photographs Covering Huai Nam Chon Project Area and its Surroundings.

明らかではない。Ratburi 石灰岩の下位に分布する Formation B は、前記報告書によると、多くの場所で、地層はかなりはげしい褶曲 (folding) を蒙っていると述べられているが、局部的にはそうでもない所もある。たとえば、Colombo 計画専門家 (expert) は、巡検の際、No.1 ダム軸の下流 1 km 付近では、砂岩質岩石 (arenaceous rock) が露出しており、岩石は新鮮 (fresh)、堅硬 (hard) でこの付近では、褶曲の程度は、さしてはげしくはないと依えている。

表層の堆積物 (overburden) は、概して薄い。しかし、急崖の裾部には、崩壊した岩屑 (debris) がかなり厚く堆積している部分もあり、崖錐堆積物 (talus deposit) は、全般に右岸に比べ左岸の方が厚いように思われる。

なお、計画区域については、EGAT 所有の 1/25,000 空中写真 (geologic interpretation of aerial photograph) の判読を行なった。その結果は、Fig 4-9 に示したが、その概要は次の通りである。1)、恐らくは、地層の境界を表わしていると考えられる線状模様が認められる。2)、線状模様の連続より判断すると、No.3 および No.4 ダム軸中間部で、Quae Yai 河を横切る NW-S E 方向の向斜軸 (sinctinal axis) の存在が推定される。3)、断層 (fault) と推定される各方向の特徴ある、リニアメント (lineament) が多数認められる。4)、計画区域下流左岸の高標高部は、他の地域とかなり異なる識別要素が認められ、この範囲は、花崗岩質岩石 (granitic rock) の貫入岩体 (intrusive rock) かとも思われる。

このように、ごく概括的な情報は得られたが、写真判読で観察し得た情報のみでは、岩種 (rock type) の相異や地質構造 (geologic structure) など地質現象 (geologic feature) のすべてを判定し得ない。従って、写真判読により得られた情報を活用するには、今後の現地踏査を含む地質調査が是非必要であり、一方、写真判読により得た情報は地質踏査の精度の向上に大きく貢献するであろう。

ダム地点の地質として、この地点には次のような問題がある。すなわち貯水の漏水経路となる恐れのあるカルスト性岩石 (karstic rock) の詳細な分布は明らかでなく、ダム地点から、下流域、更に貯水地域内にまでも拡がっている可能性は必ずしも否定できない。従って、まず広範囲の地質調査、およびその補助手段として今回実施した範囲を含む広範囲の空中写真の判読を行ない、カルストの分布位置とその溶食 (corrosion) の状態を調査する必要がある。次に Colombo 計画専門家の観察した個所では、岩盤はかなり良好なようであるが、計画区域周辺の地質は、概して、かなり褶曲を蒙っているように推定される。従ってダムおよび発電所の位置と形式の選定に先立って、十分な地質調査を行なわなければならない。

築堤材料 (dam construction material) については、河床堆積物 (river deposit) が薄いため、天然骨材は期待できないようである。またロックフィルダム (rockfill dam) を考えた場合、大量のコア材料 (core material) を得ること

は必ずしも容易ではないと、この地域の地形から推定される。この点についても、今後十分な調査が必要である。

④ 発電計画

① ダムサイトの選定

Huai Nam Chon地点のダムサイトはEGATにおいて、Fig 4-10に示す6ヶ地点の候補があげられている。

今回の現地調査は、現場踏査が不可能であったため、上記6ヶ地点よりダムサイトを決定するための十分な資料は入手されていない。

従って、今回はEGATより提供された1/5,000の地形図により図上でダムサイトの選定を行なって以下の開発規模の検討を行なうこととした。

EGATより提供された1/5,000の地形図は現地測量を行わず、1/25,000の航空写真より図化されたもので精度は高いものではない。

計画地域の河川勾配は極めてゆるいため、ダム式発電所により直接Ban Chao Nen貯水池に放流する開発方式が明らかに有利であるので、Ban Chao Nen貯水池の水位との関係において、ダムサイトが決定される要素が強い。

上記6ヶ地点のダムサイトの地質状態を判断する資料がほとんどないので、ダムサイトは今後現地踏査、地形測量、および地質調査を行ない、種々検討の上決定されるべきであろう。

今回の1/5,000地形図よりのダムサイトの選定にあたっては、ダム洪水吐および発電関係の構造物が地形上無理なく配置できるような地形であること、Ban Chao Nen貯水池のバックウォーターの影響を少なくして河流処理等工事の施工が容易になるよう出来るかぎり上流地点とする、左右両岸の小支流の影響がない地点であること等を考慮して左岸より流入している小支流Huai Nam Chon川の直上流のNo. 4～No.5地点のほぼ中間地点を選定した。

② 貯水池規模

Huai Nam Chon計画の有効容量は下流Ban Chao Nen計画との関連およびMass Curveより判断して次のケースが考えられる。

a) 流入量を季節調整する容量とした場合 (Fig. 4-11, Case - a)

$$V_e = 1,720 \times 10^6 \text{ m}^3$$

b) 6～8年間の調整をする容量とした場合 (Fig. 4-11, Case - b)

$$V_e = 2,680 \times 10^6 \text{ m}^3$$

c) Huai Nam Chon貯水池の流域の流出量に於てBan Chao Nen計画と同一の調整効果を得られる容量とした場合 (Fig. 4-11, Case - c)

$$V_e = 3,090 \times 10^6 \text{ m}^3$$

d) 20ヶ年(1952年4月~1972年3月)間の平均流量 $94 \text{ m}^3/\text{s}$ を Firm 流量として確保出来る容量とした場合 (Fig 4-11, Case - d)

$$V_e = 3,940 \times 10^9 \text{ m}^3$$

上記4ケースについて満水位と利用水深との関係を示すと, Fig 4-13の通りとなる。

フランス水車の落差変動率 $\left(\alpha = \frac{\text{最小落差 } H_{\min}}{\text{最大落差 } H_{\max}} \right)$ の限界は50%といわ

れている。

フランス水車で開発すると仮定すると Case - a の場合でも $\alpha = 50\%$ の限界点で, ダム高は150mとなり, Case - d の場合においては, ダム高は限界点で190m近くにもなる。

このことは本地点の貯水効率が良くない事を示している。したがって, 開発規模の検討は上記4ケースのうちから Case - a, Case - b の2ケースを選んで行なうことにした。

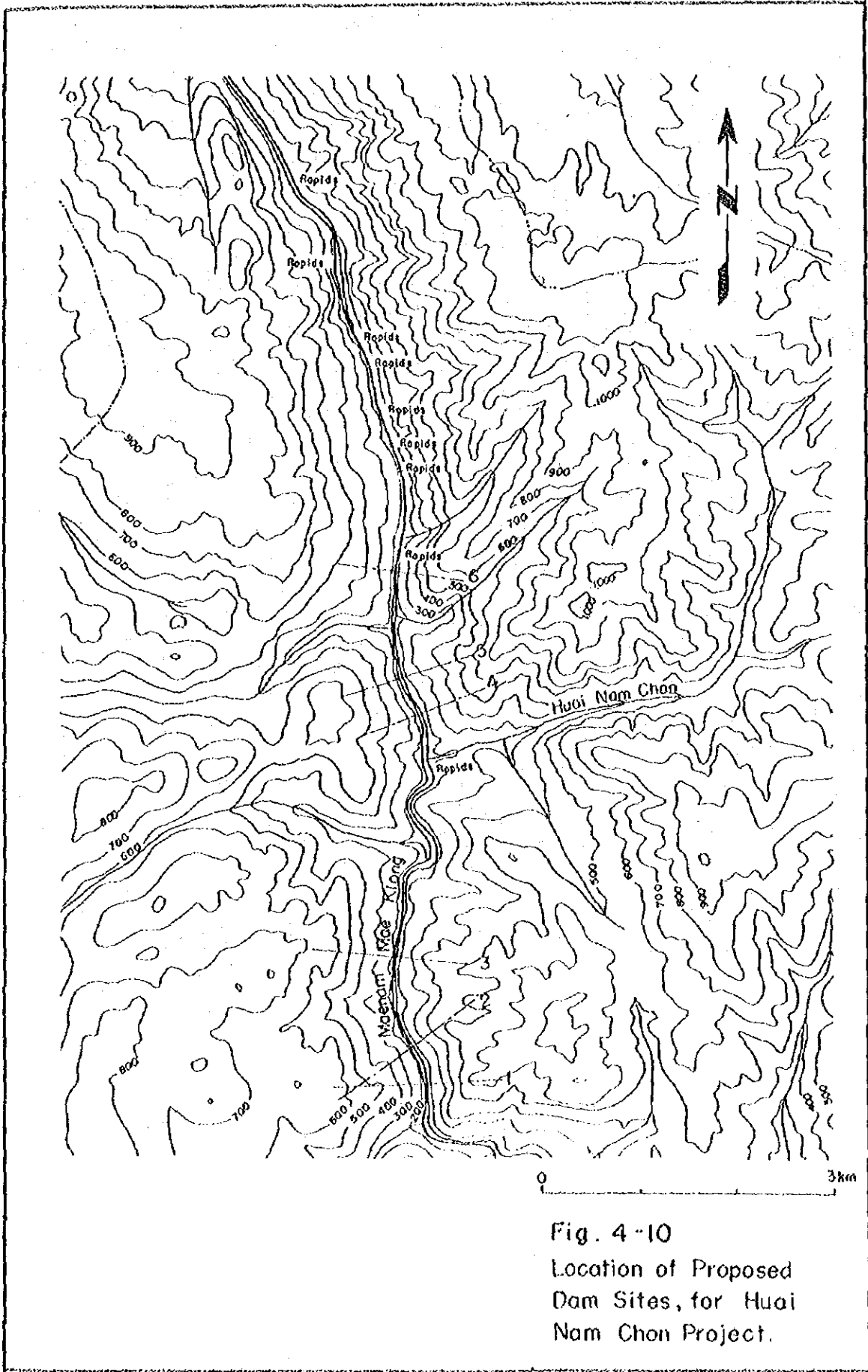
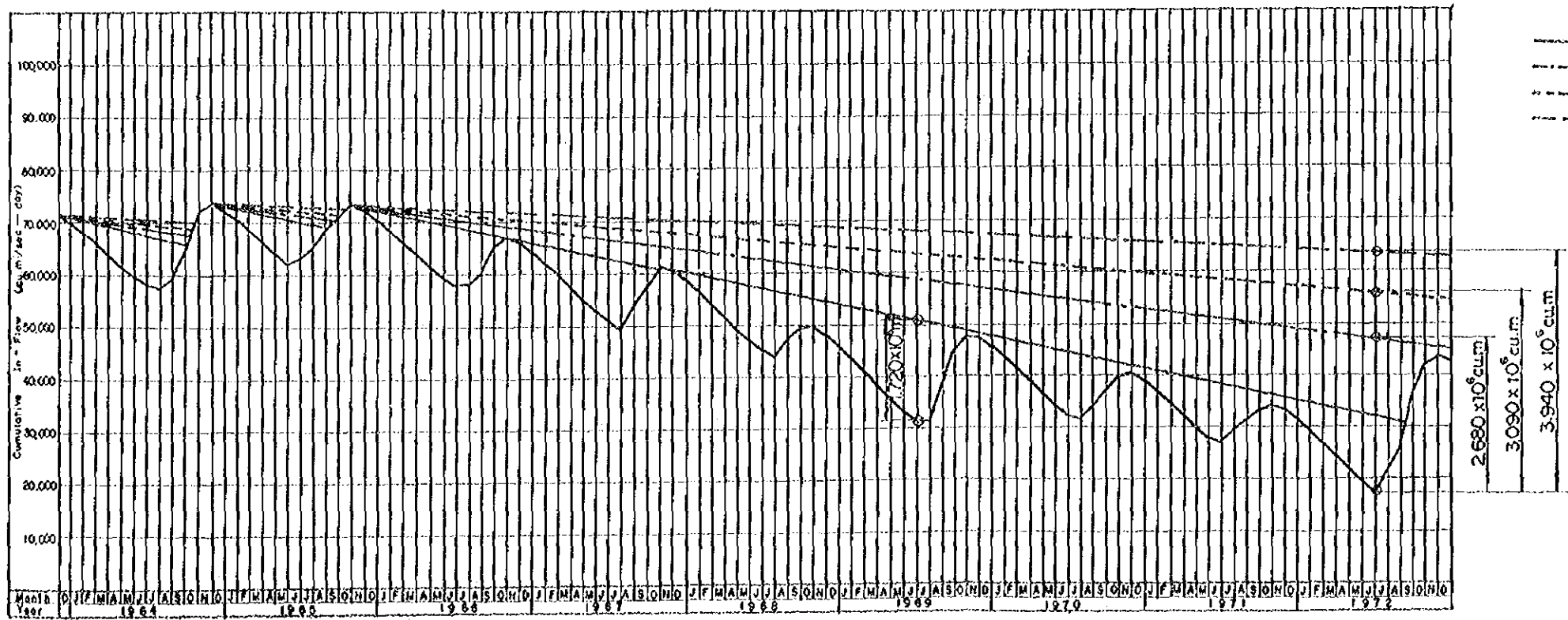
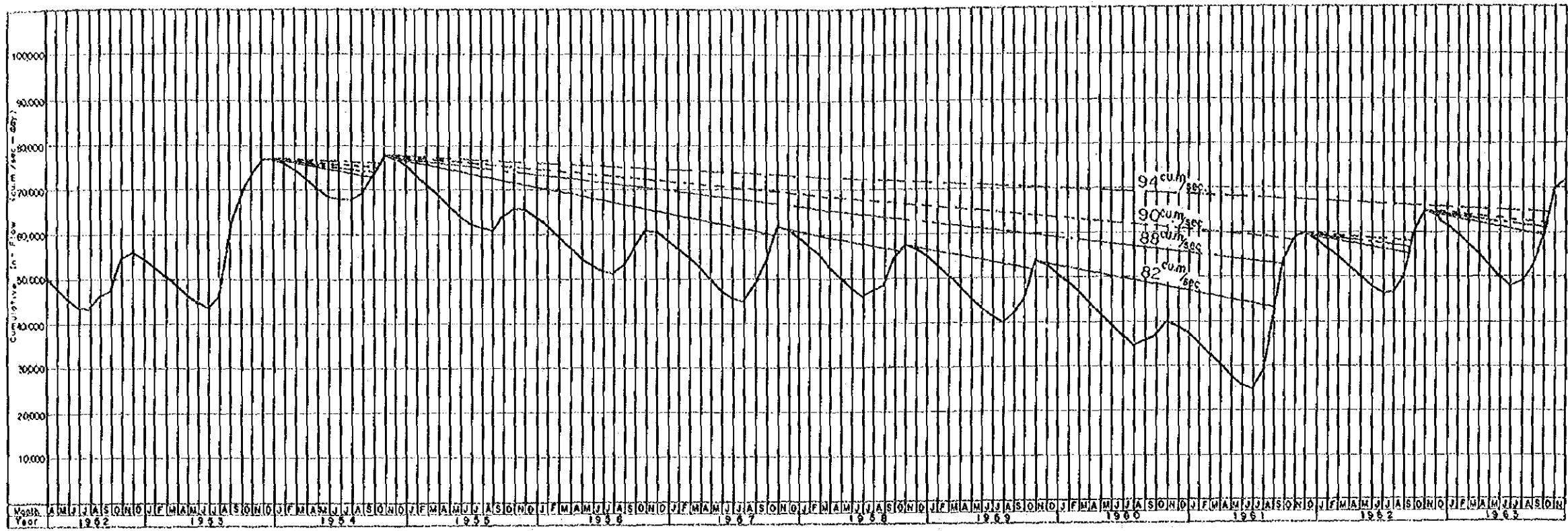


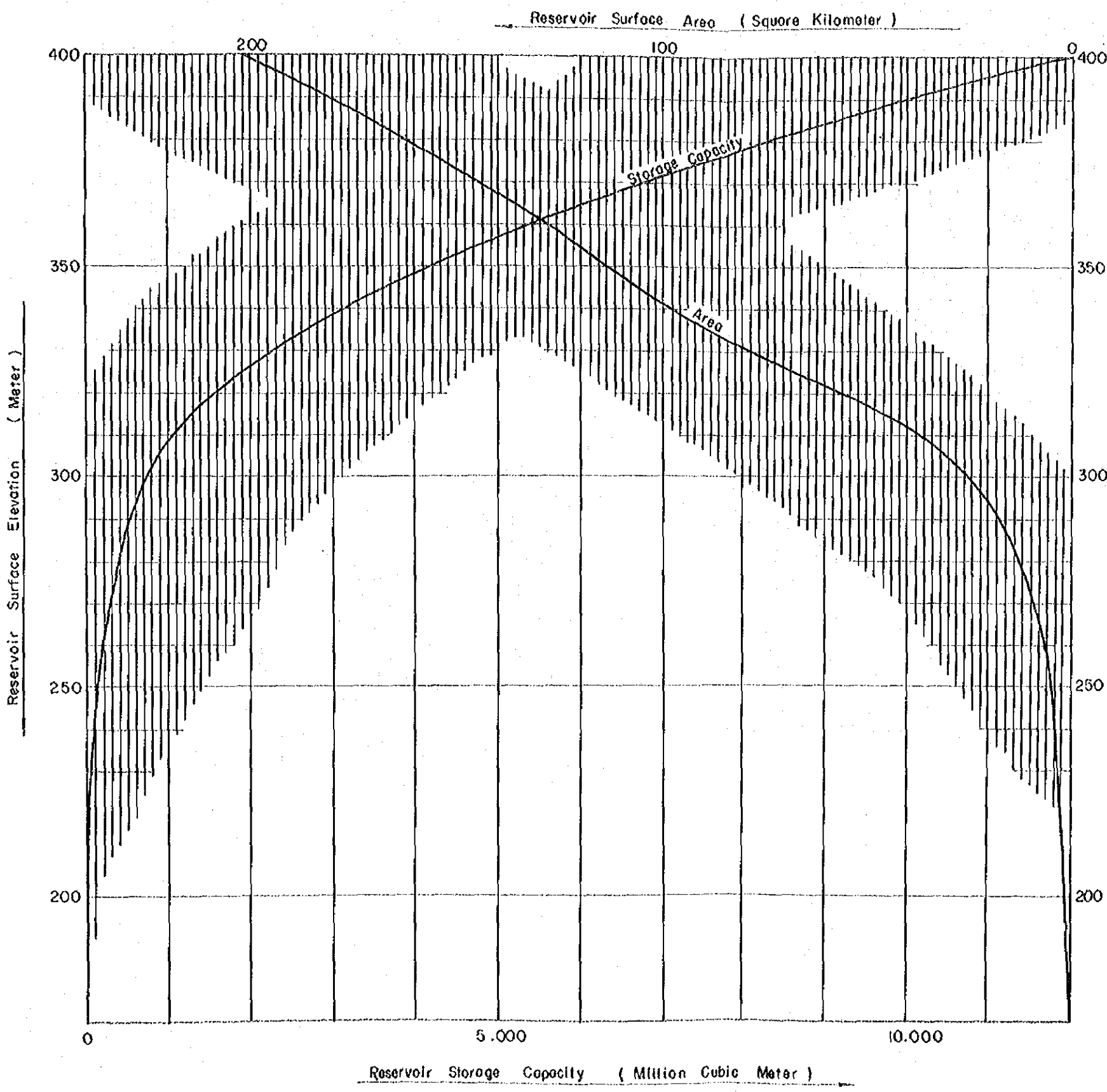
Fig. 4-10
 Location of Proposed
 Dam Sites, for Huai
 Nam Chon Project.



NOTE

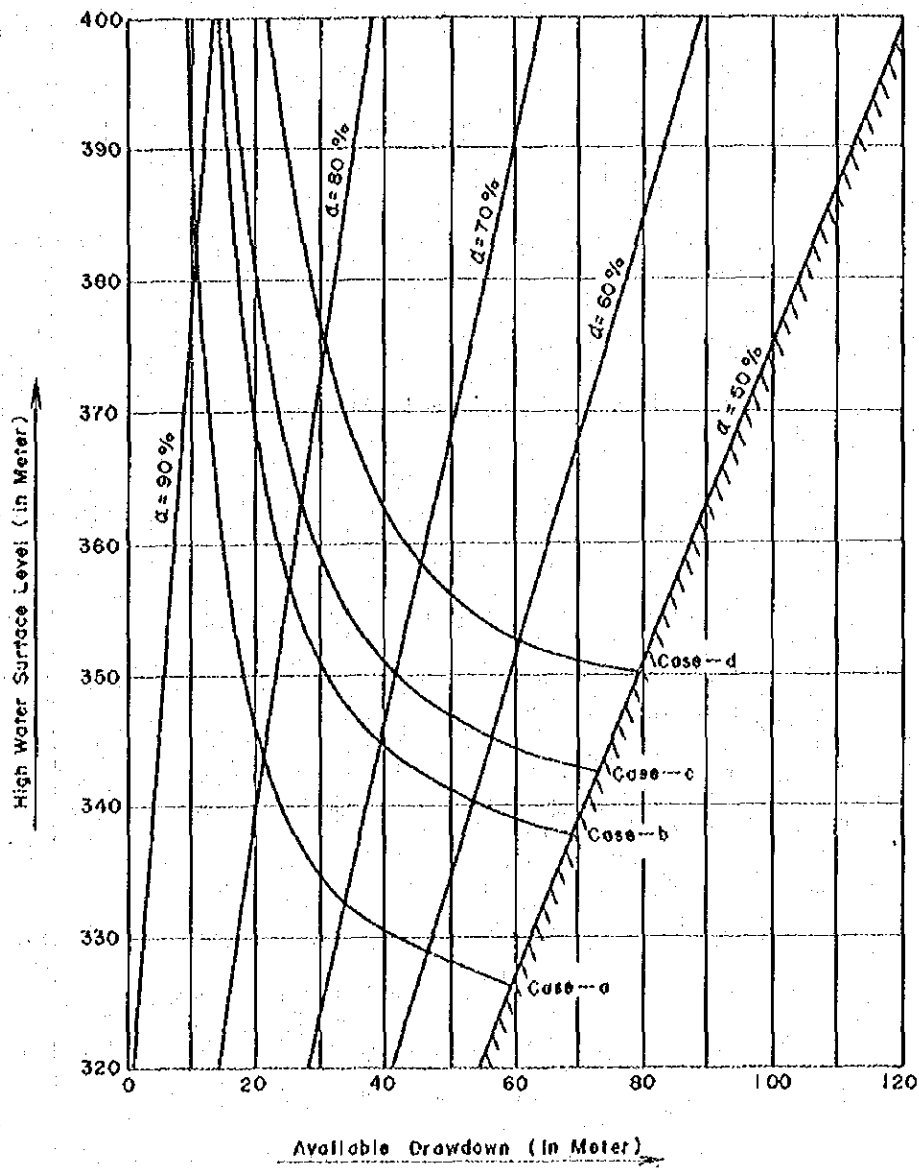
- Case - a
- - - - - Case - b
- · - · - Case - c
- · · · · Case - d

Fig. 4-11
Mass Curve at Huai
Nam Chon Site.



Elevation (m)	Area (sq. km)	Volume (10 ⁶ cu. m)
400	202.9	11,957.3
380	163.3	8,295.0
360	128.6	5,375.7
340	97.5	3,114.9
320	56.4	1,576.0
300	25.0	762.3
280	12.4	388.3
260	6.4	199.8
240	3.8	98.0
220	2.5	36.0
200	1.1	0

Fig. 4-12
Area Capacity Curve for
the Huai Nam Chon
Reservoir



$$d = \frac{\text{min Head}}{\text{max Head}}$$

Fig.4-13
 Relation between High Water
 Surface Level, Available
 Drawdown and Storage Capacity

㊦ 開発規模

開発規模の検討は、①で選定したダムサイトに於いて有効容量 $V_0 = 1,720 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Case - a) と $V_0 = 2,680 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Case - b) の2ケースについて、それぞれ満水位を変化させて行なった。

この検討における基本的方策は次のとおりである。

- ① 検討ケースはCase - aについて満水位330m, 340m, 350m, 360m, 370mの5ケース, Case - bについて満水位340m, 350m, 360m, 370m, 380mの5ケース合計10ケースとした。
- ② 規模検討のダム型式はロックフィルダムとした。
- ③ 現地踏査が不可能であったため、地質条件および築堤材料は問題がないものと推定した。
- ④ 発電所の機器の台数は全て4台とした。
- ⑤ Huai Nam Chon計画によるBan Chao Nen発電所の電力および電力量の増分はHuai Nam Chon貯水池の有効容量分だけBan Chao Nen貯水池の低水位が上げられるものとして、これに応じたBan Chao Nen発電所の増分電力および電力量を各ケースの便益に加えることとした。
- ⑥ Huai Nam Chon貯水池の死水は湛水に際し、下流のBan Chao Nen発電所の電力量の減少をきたすので各ケースにおける死水に応じたBan Chao Nen発電所の減少電力量を耐用年数間均等化して便益から減じることとした。
- ⑦ 送電線は送電容量の観点から発電所出力500MW以下の場合には230kV 2 cct, 500MW以上の場合は230kV 3 cctとした。

検討結果は、Table 4-6, Fig 4-14のとおりである。

Case - a 即ち有効容量 $1,720 \times 10^6 \text{ m}^3$ の場合、超過便益は満水位360mで最大値となりBenefit-Cost Ratioは満水位350mで最大値となる。Case - b 即ち有効容量 $2,680 \times 10^6 \text{ m}^3$ の場合には超過便益は満水位360mと370mの間で最大値となり、Benefit-Cost Ratioは満水位360mで最大値となる。

Benefit-Cost Ratioが最大のをCase - aとCase - bとで比較するとBenefit-Cost Ratioは同じ値であるが超過便益はCase - bの方が良い値を示している。

したがって、今回の検討ではCase - bの満水位360m, 最大出力600MWを最適規模とした。しかしながら、今後地形測量, 地質調査を行なって地形, 地質条件等を充分考慮に入れて詳細な検討を行なった上で、開発規模の決定がなされるべきであろう。

Table 4-6 Outline of Alternative Schemes of Huai Nam Chon Project

Item	Unit	Case a					Case b					
Effective Storage	10 ⁶ Cu.m	1,720										2,680
High Water Level	m	330	340	360	370	340	350	370	370	370	370	380
Available Drawdown	m	43	24	18	12	58	33	20	20	20	20	18
Height	m	167	177	187	207	177	187	207	207	207	207	217
Dam Crest Length	m	390	420	485	525	420	450	525	525	525	525	570
Volume	10 ⁸ Cu.m	10,000	11,300	13,000	18,200	11,300	13,000	18,200	18,200	18,200	18,200	21,700
Installed Capacity	MW	446	500	540	616	490	556	640	640	640	640	680
Annual Energy	10 ⁶ kWh	919	1,008	1,078	1,212	999	1,078	1,234	1,234	1,234	1,234	1,310
Power Increase at Ban Chao Nen P.P.	MW	30	30	30	30	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2
Energy Increase at Ban Chao Nen P.P.	10 ⁶ kWh	16.1	16.1	16.1	16.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
Energy Decrease at Ban Chao Nen P.P.	10 ⁶ kWh	11.5	31.2	53.6	113.3	9.7	32.1	60.1	91.8	91.8	91.8	125.1
Construction Cost	10 ⁶ ฿	3,222	3,386	3,586	4,071	3,440	3,660	4,149	4,149	4,149	4,149	4,419
Benefit (B)	10 ⁶ ฿	293	353	382	427	313	380	442	442	442	442	462
Cost (C)	10 ⁶ ฿	286	301	319	361	305	325	344	344	344	344	392
Surplus Benefit [(B)-(C)]	10 ⁶ ฿	7	52	63	66	8	55	70	74	74	74	70
Benefit Cost Ratio [(B)/(C)]		1.02	1.17	1.199	1.197	1.18	1.02	1.17	1.203	1.200	1.200	1.18

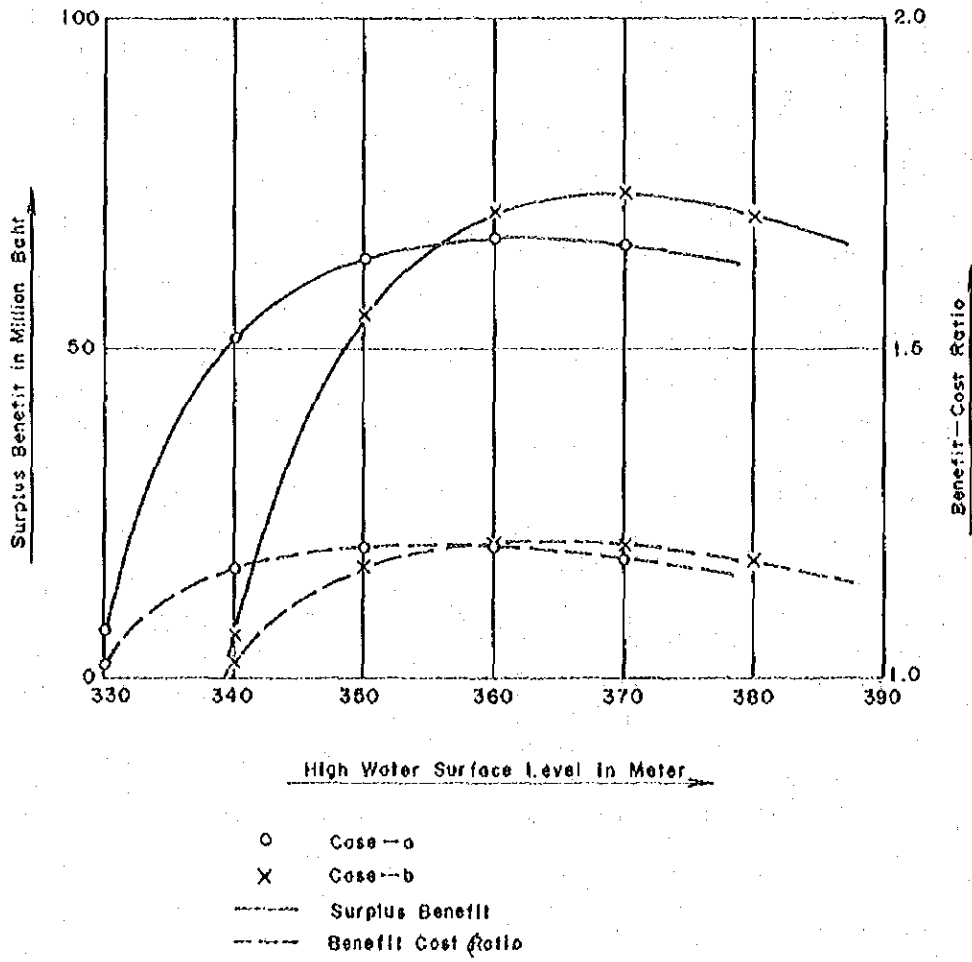


Fig. 4-14
 Surplus Benefit and Benefit-Cost
 Ratio of Alternative Schemes of
 Huai Nam Chon Project

⑩ ダムタイプの比較

上記により定めた開発規模、満水位360m、有効容量 $2,680 \times 10^9 \text{ m}^3$ 、最大出力600MWについてアーチダムとの比較を行なった。

アーチダムサイトはNo.5サイトの上流とし、Fig.4-15に示すように洪水吐を左岸に設け、アーチダム直下に地上式発電所を設ける計画案で比較した。その結果は下記の通りである。

Table 4-7 Comparison of Dam Type

Dam Type		Rock-fill	Arch
Dam Height	(m)	197	197
Crest Length	(m)	485	
Dam Volume	(10^9 m^3)	1,530.0	1,950
Construction Cost	(10^9 B)	3,874	4,399
Surplus Benefit	(10^9 B)	70	24
Benefit-Cost Ratio		1.20	1.06

Table 4-7に示すようにRock-fill Damの方が有利の結果となったが、今後ダム材料の調査、地質調査を行なって詳細な比較検討を行なった上で決定されるべきであろう。

今回は一応Rock-fill Dam案を採用することとした。

D) 送電計画

両Projectsの送電すべき電力は、第4章の開発計画で述べたとおりHuai Nam Chon計画による最大出力は600MWであり、Huai Khlong Ngu計画の最大出力は1,000MWである。

一般的にいつて送電すべき電力によって送電電圧の大体の範囲は決定されるが、決定するにあたっては次の事項について比較検討する必要がある。

- (1) 標準電圧であること
- (2) 経済的電圧であること
- (3) 既設系統との連系が合理的に行なえる電圧であること
- (4) 将来の電力潮流を考慮しても適当な電圧であること

タイ国の現在の最高電圧は230kVで、1回線当りの総延長距離は1970年現在1,633kmに達している。さらに現在建設中のSirikit (最終出力500MW)発電所、Ban Chao Non 発電所 (第1期360MW)が完成すれば、上記230kV送電線の距離は倍増する。1980年代の初めには原子力発電所の投入が計画されており、これの1基当りの容量は

600 MWである。すでに実施計画として送電電圧の決定をみているBan Chao Nen 送電計画を除いて1980年代以降の送電電圧については、タイ国全体の長期電源開発からみた標準電圧の検討がなされなければならない。しかしながら本レポートでは両プロジェクトに対しては次の送電電圧を対象とし、技術的、経済的な比較を行なった。

送電電圧	230 kV	(現在の最高電圧)
〃	380 kV	
〃	500 kV	

① Ban Chao Nen 第2期360MW送電計画との関連

EGATでは現在Ban Chao Nen Projectの第1期工事360MWの電力を送電するためBan Chao Nen Power StationよりRangsit変電所まで2回線196 km, 230 kV送電線の建設を予定し、さらに同発電所の第2期工事360MWが建設される時期にさらに1回線を追加建設することになっている。

第5章で述べる通り上記Ban Chao Nen第2期計画の開発投入時期は、1987年頃Huai Nam Chon地点の発電計画は1988年頃が適当と予想される。又、Huai Khlong Ngu発電計画は1994年に電力系統に投入することが適当であると考えられる。従って、送電計画は上記3発電所全般について技術的、経済的に検討を行なった。

② 送電計画と工事費

送電計画はTable 4-8に示す如く、3つの電力系統を対象とし比較検討した。この場合Ban Chao Nen第2期計画360MWとHuai Nam Chon600MW発電計画は、発電時期が僅か1年の違いであるのでこの2つの発電所の電力を送電するための送電線は同時に建設するものとした。一方Huai Khlong Ngu発電計画は上記2つのプロジェクトから5年遅れとなるであろう。

その結果Table 4-8に示す通り最も工事費の低廉なのは230 kV送電系統で送電電圧が高い程経済性が劣る結果となった。

③ 送電電圧と送電容量

Ban Chao Nen 720 MWとHuai Nam Chon 600 MW合計1,320 MWの電力を送電する場合、電力円線図によって検討した結果230 kV 4回線(既決定計画の2回線を含む)ではBan Chao Nen発電所とRangsit変電所間の電圧位相角を30°に限定した場合(一般的にいて定態安定度の限界とみなしてよい)1,330 MWであり、限度一杯の送電容量となる。したがって送電線路1回線の停止作業および雷撃等の送電線事故を考慮して、追加的に230 kV 3回線をBan Chao Nen 2期360 MWの工事に合せて建設するものとした。又、1994年頃にはHuai Khlong Ngu 1,000 MWの建設に合わせて230 kV 4回線240 kmを発電所とRangsit変電所又はその近辺間に建設する必要がある。(Fig.4-16参照)

なお、Table 4-8に示した電力系統は、それぞれ技術的に何んらの問題は生じない。

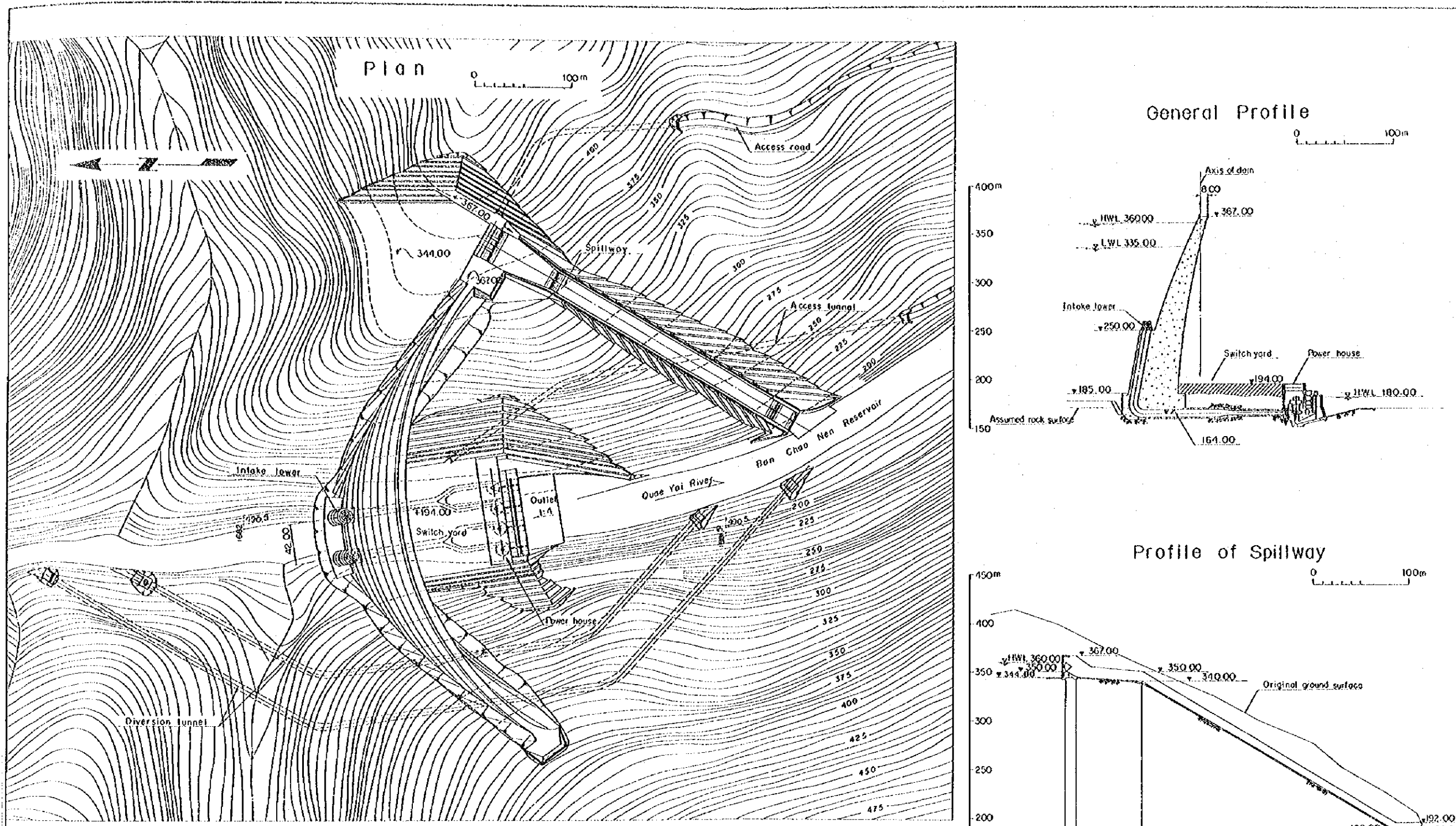


Fig. 4-15
 General Plan (Arch Type)
 of Huai Nam Chon Project

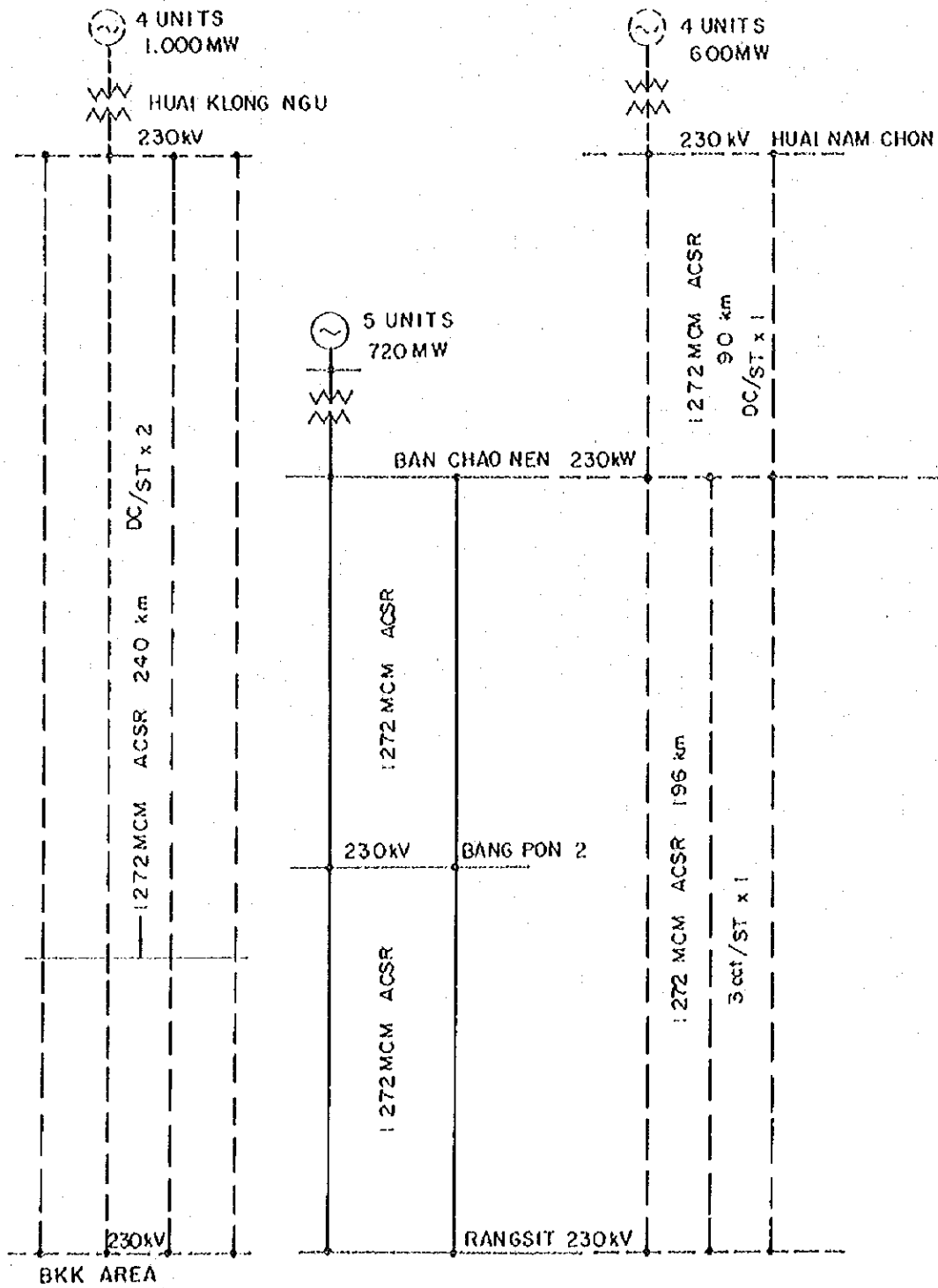
Table 4-8 Comparison of Transmission Line Schemes

Item	Unit	Case 1	Case 2	Case 3
Voltage	kV	230	380	500
Conductor		ACSR 610 mm ²	ACSR 410 mm ² x 2	ACSR 330 mm ² x 4
Transmission Capacity *	MVA	3.800	4.100	5.800
Outline of Power System				
Construction Cost	10 ⁶ β	1.020 (100%)	1.180 (115%)	1.700 (166%)

* Note 1

Transmission Capacity is Calculated Based on
The Safety Current of Conductor

Fig. 4-16 Transmission Line Diagram



第5章 需要想定および投入時期の検討

第5章 需要想定および投入時期の検討

A) 需要想定

① 電力需要の現状

タイ国の電力需要は1972年現在、発電端実績において最大電力1,029 MW、年間発電電力量で $5,711 \times 10^6$ kWhを記録した。1962年から1972年までの過去10年間の電力需要の伸びはkWで年率2.47%、kWhで年率27.6%であった。特にベトナム特需の影響を受け、タイ国経済が躍進した1964年から1969年までは電力需要の伸びもめざましく1965年には前年比40.6%と、驚くべき数値を示した。タイ国政府も、電源開発に力を入れ、1964年には、貯水池式大容量発電所としてBhumibol発電所が運開し、その後増設が行なわれ現在420 MW（最終出力560 MW）の出力となっている。さらに新鋭火力発電所としては1970年および1972年にSouth Bangkok PSにそれぞれ200 MW Unitの新設を行ない発電設備の増強を行なった結果1972年現在の総発電設備は、水力475 MW、火力916 MWを保有するに至った。

② 経緯

タイ国の過去における組織的な電力需要想定は、United States Operation Mission (USOM) より派遣されたStudy teamにより、1966年にまず実施されMoulton Reportと呼ばれる報告書を提出した。このUSOM teamは当時需要想定を行なうために必要十分なデータが無いため、その当時公にされた第2次社会経済開発計画(1967~1971)の経済指標をベースにして想定した。これは1966年まで続いたタイ国の経済ブームを反映したもので、1966年から1970年までの5年間は22%、1971年から1975年までの5年間は17%の年平均伸び率を想定した。1969年には再度USOM Study teamによりタイ国の電力需要想定の見直しが行なわれJones Reportと呼ばれる報告書が公開された。この報告書で用いられた需要想定の手法は、1966年以降タイ政府関係機関の手によって、相当な改善が行なわれた統計資料をもとにMEA、PEAおよびEGATの直接供給区域を4~7つの電力使用種別に分類し、各種別に需要家当りの消費電力量を想定し、タイ国全体の需要が想定された。この想定結果によれば、1969年から1973年までの伸びを年平均24%、1974年から1978年までを17.5%という非常に高い値が採用された。このような高い値が得られた直接の原因は、1969年までの過去数年間続いたタイ国の異常な経済ブームを直接反映した結果である。しかし、この報告書が提出された1969年以降は、Table 5-1にもみられる如く、GDPの成長率は8%から6%に低下し、政府の歳入成長率は8.9%から4.2%に低下し、電力需要の伸びもJones Reportの1971年の想定値と実績値との間に、447 MW、51%も予想値を下回った。

Table 5-1 第2次5ヶ年計画経済指標実績
(1967~1971)

項目	単位	1967~1969	1970~1971
国内総生産成長率(GDP)	%	8.0	6.0
国庫収支成長率	%	8.9	4.2
政府歳入成長率	%	13.5	3.8
政府歳出成長率	%	15.1	8.5
民間投資成長率	%	16.0	2.0
外貨準備成長率	10 ⁶ B	+8.48	-3.972

EGATは長期電力開発計画を作成するに当って毎年過去1年間の実績を過去の実績に組入れ過去の実績をベースにした需要想定を行なっている。

また、過去に行なわれたタイ国の電力需要想定と最大電力とその伸び率を報告書別に示すと、次の如くなる。

名称	単位 MW		
	1971年	1980年	伸び率
Jones Report Forecast	1,320	(7,000)	20.3%/年
Moulton's Projection "A"	1,180	4,150	15.0 "
Moulton's Projection "B"	1,110	3,110	12.1 "
EGAT Forecast	873	2,722	13.5 "

B) マクロ想定

タイ国の需要想定については、EGATにおいて既に作成されており本調査団はEGATとの打合せに基づきこの想定値をそのまま採用することとした。なお、本調査報告書に於いては、以下に述べるマクロ想定手法により、EGATの作成した電力需要想定について比較を行なってみた。

① マクロ想定のための基本の方策

(i) GDPとkWhとの相関

電力消費量(kWh)は、その国の経済活動を包括的に表示する指標であるGDPと非常によい相関関係にある事は良く知られた事実である。我々はこの関係を利用してマクロ的にタイ国の将来の電力需要の大勢に把握せんとするものである。

1969年における世界主要54ヶ国の1人当りのGDPと1人当りの発電量の関係をプロットするとFig 5-1の通りである。1969年に至るまでのタイ国の実績に基づく1人当りのGDP及び1人当りのkWhの関係はFig 5-1に見られる通り世界の平均カ

ープより下に位置している。1970年以降の両者の関係は、この世界平均カーブに漸近するものとしてFig 5-1上の破線で示すとおりに想定した。

(iii) 人口の伸び率

エコノミクス統計年鑑によると、1970年のタイ国の人口は3,438,0千人で1960年から1970年において平均3%の増加を示している。しかし、「第3次国家経済社会開発計画」によれば、1976年には人口増加率を2.5%に下げること为目标に家族計画を政策として取り上げている。これにより我々は、1990年までには年率は3%から年率2%まで漸減するものと想定した。この間の平均年率は2.6%となる。

(iii) GDPの伸び率

タイ国GDPの伸び率は、第1次6ヶ年計画(1961~1966)の実績値で8.1%、第2次5ヶ年計画(1966~1971)の実績見込み値で7.2%が記録されており、1971年より始まる第3次5ヶ年計画においては、7%の増加率が目標値として設定されている。これらの実績値及び目標値から考えて、本マクロ想定においては7%の成長率を設定する事が妥当と考えられたが、この他に更に高い成長率が実現される場合、あるいは少々伸び悩んだ場合を考慮して8%及び6%の伸び率を設定し、3つのGDPの値によりkWhの伸びを算出することとした。

② 想定結果

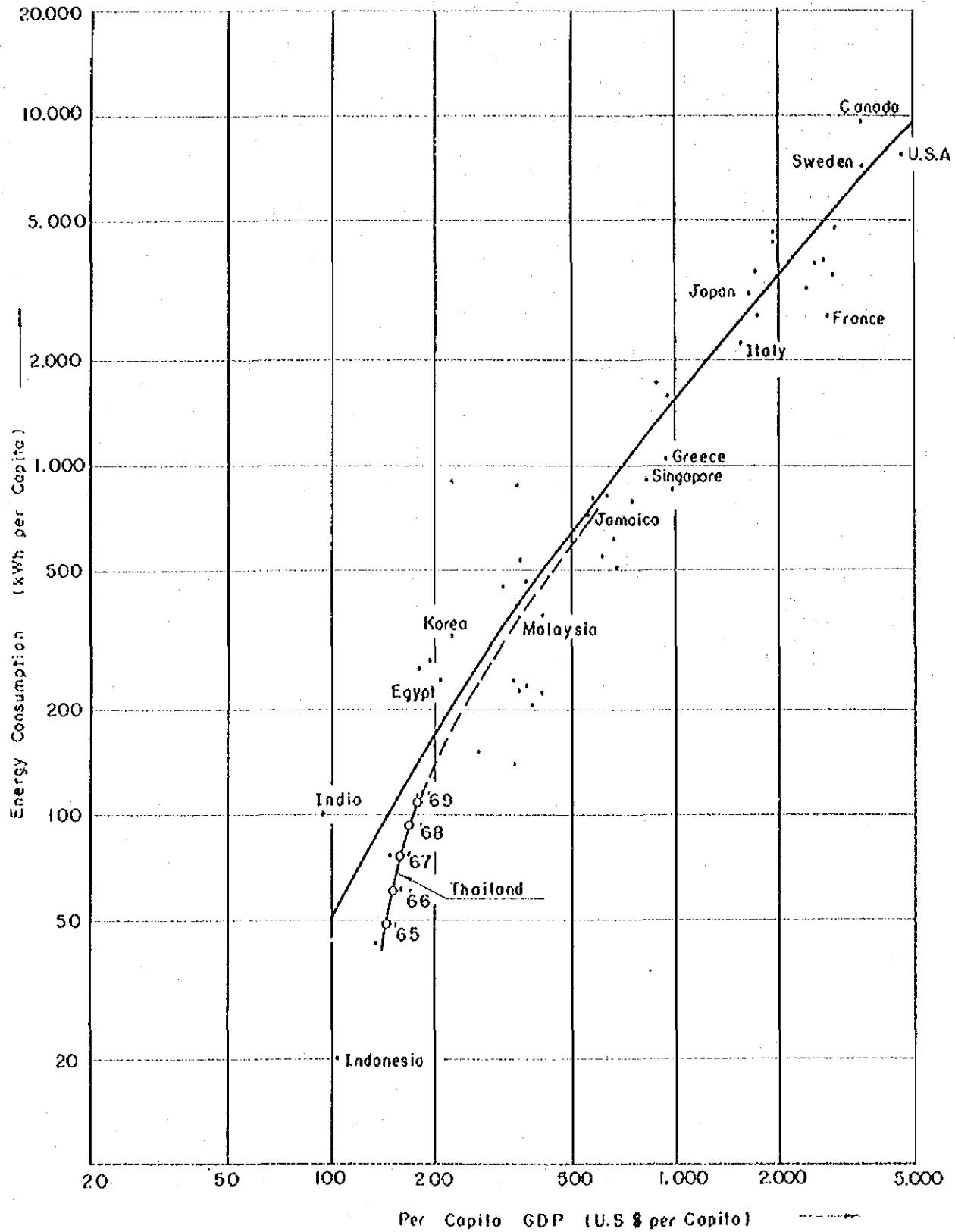
前記①の諸方策に基づき1980年、1985年、1990年のタイ国の総発電電力量、及び1970年から1980年および1990年間の10年間の平均増加率を求めると、Table 5-2の如くなる。

Table 5-2 Forecasted Energy Production

(in million kWh)

	Growth Rate of GDP(%)	1980	1985	1990
Case I	6	13,500	24,100	41,300
	--	(11.8%) ^{1/}		(11.7%) ^{2/}
Case II	7	16,310	29,900	55,300
	--	(13.9%) ^{1/}		(13.0%) ^{2/}
Case III	8	19,100	36,700	68,840
	--	(15.7%) ^{1/}		(13.8%) ^{2/}
EGAT Estimate	--	15,800	24,800	36,500
	--	(13.7%) ^{1/}		(8.7%) ^{2/}

Fig. 5-1 Per Capita GDP and Per Capita Energy Production
 Source: U.N. Year Book in 1970



Note 1/ Growth rate of Energy demand from
1970 up to 1980

2/ Growth rate of Energy demand from
1980 up to 1990

これによるとEGATの需要想定値はGDPの伸び率が6～7%程度のマクロ想定値と同程度のものであると云う事ができる。

C) 投入時期の検討

タイ国の発電設備の開発計画は、1973年～1985年まですでにEGATにてStudyされており、我々はこのEGATの計画が方針通りに開発されて行くものとして1985年以後に、今回調査したProjectを開発する方針のもとに検討を行なった。

1985年までに系統に投入される主要Projectは、水力ではSirikit No.1, No.2, No.3 (375 MW), Ban Chao Non 1st Stage (#1, #2, #3, 360 MW) Quae Noi No.1, No.2, No.3 (420 MW), 火力ではSouth BangkokのNo.3, No.4, No.5の各300 MW, New Mae Moh No.1, No.2の各75 MWであり、タイ国最初の原子力は1980年末に600 MW Unitが4年後にNo.2 (600 MW) Unitが運用予定となっている。発電設備の水力と火力(原子力, ガスタービン, ジーゼル含む)の比率で見ると、水力34～43%, 火力57～66%の比率となっている。可能供給電力量の方はFirm Energyで平均水力18%, 火力82%である。(Fig. 5-2, 5-3参照)

我々は、1985年以降の開発計画を作成するに当り、次の方針のもとに行なった。

- (1) kWについては、水力のDependable Peak Capacityを火力の設備出力を加えたものからその時点の最大ユニットを差引いたものをFirm CapacityとしこれがPeak GenerationとBalanceするようにした。
- (2) 所要発電電力量(年間)に対する供給電力量は水力発電所はFirm Energy, 火力(原子力)発電所は年利用率を初年度は90%, 次年度以降は80%として算出したものを使用した。
- (3) 対象とする発電所と設備は次の通り。

Name of Project	Installed Capacity	Dependable Capacity	Annual Firm Energy	Remarks
Ban Chao Non 2nd Stage	360MW	360MW	--	Pumping up 180 MW×2 Units
Huai Nam Chon	600	541	1,040×10 ⁹ KWH	150MW×4Units
Huai Khlong Ngu	1,000	1,000	--	250MW×4 Units
Thermal (Nuclear)	600	600	4,205×10 ⁹ KWH	初年度4,730 ×10 ⁹ KWH

以上により需要想定との関連でkW, kWh 両面からのみ、開発投入時期を検討した結果をFig 5-4及びTable 5-3, 5-4, 5-5に示す。

今回調査したProjectの開発投入時期は需給バランス上から検討した結果は、

- ① Huai Nam Chon Hydro Project 600MW 1988年頃
- ② Huai Khlong Ngu Pumping up Scheme 1st stage 500MW 1994年頃
Huai Khlong Ngu Pumping up Scheme 2nd stage 500MW 1996年頃
となった。

一方、Huai Nam Chon Hydro Project (600MW)については需給上からでなく建設工程から、開発投入時期を検討してみると現在EGATの開発計画においてBan Chao Nen 1st Stage (360MW)の完成が1979年末となっている。Huai Nam Chon Hydro ProjectはBan Chao Nenの上流に位置し、Ban Chao Nenが完成した後着工する事が工事施工上望ましいので、Ban Chao Nenが完成後直ちに施行開始するとして準備作業が1~2年、本工事が6年程度必要とされるから1986年~1987年ごろが完成時期となる。

D) 揚水発電所と揚水電力源資

揚水式発電所は豊水期あるいは深夜、休日などの軽負荷時の供給余力を利用してポンプで揚水、貯水し重負荷時に放水、発電する水力発電所で次の2種類がある。

- 1) 供給力不足のため、経済性を無視して需給均衡を維持するもの(マージン揚水発電, kW揚水発電)
- 2) 揚水発電による減分費用と揚水のための増分費用を比較し効果がある場合(経済揚水発電)

今後需要の増加にともない、系統容量が増大し火力(原子力)ユニット容量も600MWと大容量化しているが、一方ピーク用供給力の開発として水力資源の枯渇により、ピーク用供給力としての揚水発電所の開発が有力な素材となる。

しかし、揚水発電所は揚水用電力の確保が必要であるので、開発に先だち揚水源資につき長期にわたって把握しななければならない。

タイ国の現在のDaily Load Curveが将来とも基本的に変化しないものとして想定すると、揚水発電所の運転は次のようになると思われる。すなわち、①深夜の揚水可能時間が5~6時間であること、②ただし、将来タイ国の工業化が進んだ場合は負荷パターンが変化し点灯ピーク時間は現在より長くなる事が予想されるが、現状では4時間程度であること、等から揚水発電所の運転は平均的な年間運転時間としては、1,000時間程度が妥当であると推察される。

今回我々が調査したHuai Khlong Ngu Pumping up Schemeは出力1,000MWの大容量であるため、現在のEGATの開発計画と需給上から揚水源資は1987年で50

MW×5時間程度であるため、Ban Chao Non 2nd Stage の投入を考える 1987年以前に投入するのは不可能であるといえる。1985年以降、需給上必要とされる大容量の火力(原子力)を投入していた場合、Daily Load Curveより揚水源資の検討した結果 1987年550MW×5時間、1990年800MW×5時間、1992年1,000MW×5時間、1994年1,300MW×5時間、1996年1,500MW×5時間となった。

(Fig. 5-4 および 5-5 参照)

Table 5-3 Load Forecast and kW Balance

Unit : MW

Fiscal Year	Perk Generation (A)	Installed Capacity Existing (B)			Installed Capacity New Plant (C)			Total Installed Capacity (D)			Total Dependable Capacity (E)	Max Thermal Unit (F)	Firm Capacity (G)	Reserve Capacity (E)-(A) (H)		
		Hydro	Thermal	Gas & Diesel	Hydro	Thermal	Total	Hydro	Thermal	Gas & Diesel						
1972	1,029	475	710	206	1,391	--	--	--	475	710	206	1,391	1,352	200	1,152	323
1973	1,228	475	710	206	1,391	165	30	195	640	710	206	1,586	1,506	200	1,306	278
1974	1,421	475	710	206	1,391	269	300	569	909	1,040	206	1,989	1,889	300	1,589	568
1975	1,614	475	710	206	1,391	50	--	50	959	1,040	206	2,205	2,039	300	1,739	425
1976	1,840	475	710	206	1,391	12	300	312	971	1,340	206	2,517	2,349	300	2,049	509
1977	2,039	475	710	206	1,391	40	75	115	1,011	1,415	206	2,632	2,461	300	2,161	422
1978	2,265	475	710	206	1,391	--	375	375	1,011	1,790	206	3,007	2,836	300	2,536	571
1979	2,487	475	710	206	1,391	240	--	240	1,251	1,790	206	3,247	3,052	300	2,752	565
1980	2,722	475	710	206	1,391	180	--	180	1,431	1,790	206	3,427	3,211	300	2,911	489
1981	2,970	475	710	206	1,391	60	600	660	1,491	2,390	206	4,087	3,861	600	3,261	891
1982	3,240	475	710	206	1,391	420	--	420	1,911	2,390	206	4,507	4,206	600	3,606	966
1983	3,530	475	710	206	1,391	--	--	--	1,911	2,390	206	4,507	4,206	600	3,606	678
1984	3,890	475	710	206	1,391	--	600	600	1,911	2,990	206	5,107	4,805	600	4,205	955
1985	4,196	475	710	206	1,391	--	600	600	1,911	3,590	206	5,707	5,405	600	4,805	1,210
1986	4,535	475	710	206	1,391	--	--	--	1,911	3,590	206	5,707	5,405	600	4,805	870
1987	4,900	475	710	206	1,391	360	--	360	2,271	3,590	206	6,067	5,765	600	5,165	865
1988	5,295	475	710	206	1,391	--	600	600	2,271	4,190	206	6,667	6,365	600	5,765	1,070
1989	5,720	475	710	206	1,391	600	--	600	2,871	4,190	206	7,267	6,906	600	6,306	1,186
1990	6,180	475	710	206	1,391	--	600	600	1,871	4,790	206	7,867	7,506	600	6,906	1,326
1991	6,675	475	710	206	1,391	--	600	600	2,871	5,390	206	8,467	8,106	600	7,506	1,451
1992	7,210	475	710	206	1,391	--	--	--	2,871	5,390	206	8,467	8,106	600	7,506	896
1993	7,790	475	710	206	1,391	--	600	600	2,871	5,990	206	9,067	8,706	600	8,106	916
1994	8,415	475	710	206	1,391	500	600	1,100	3,371	6,590	206	10,167	9,806	600	9,206	1,391
1995	9,090	475	710	206	1,391	--	600	600	3,371	7,190	206	10,767	10,406	600	9,806	1,316
1996	9,820	475	710	206	1,391	500	600	1,100	3,871	7,790	206	11,867	11,506	600	10,906	1,686
1997	10,600	475	710	206	1,391	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Table 5-4 Load Forecast and Energy Balance

Unit: Million KWH

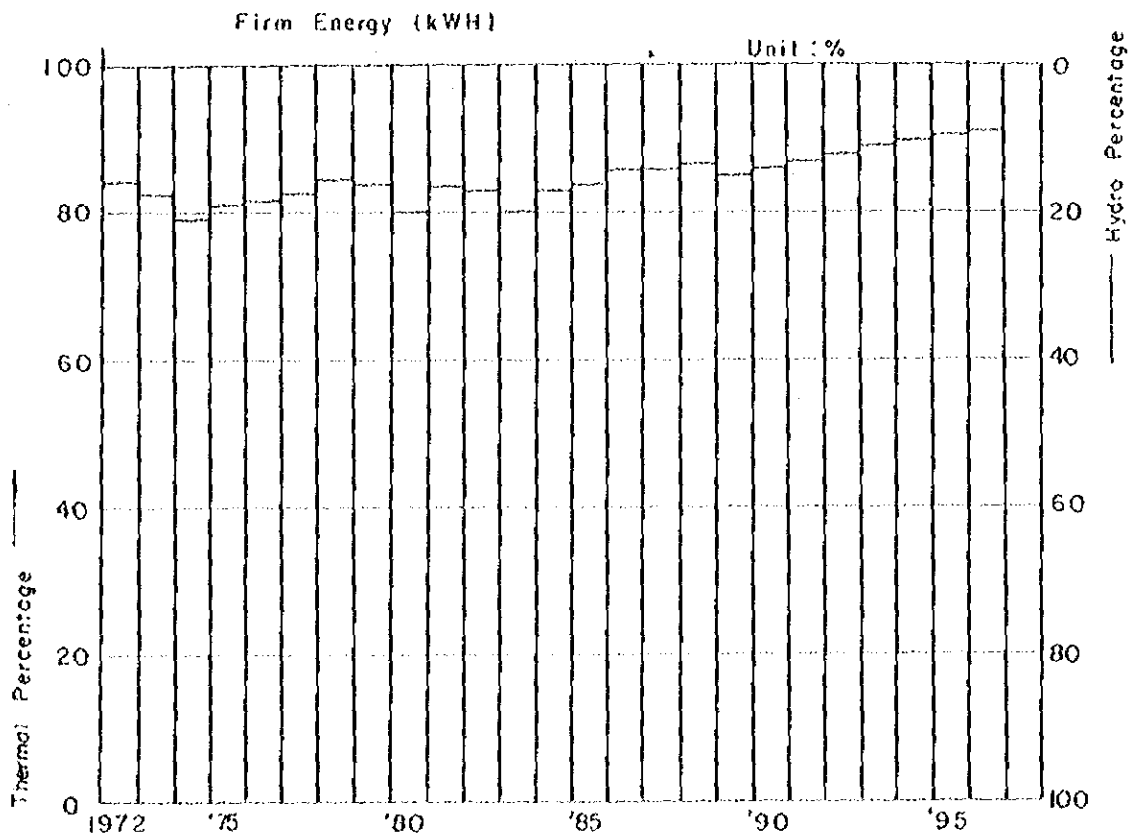
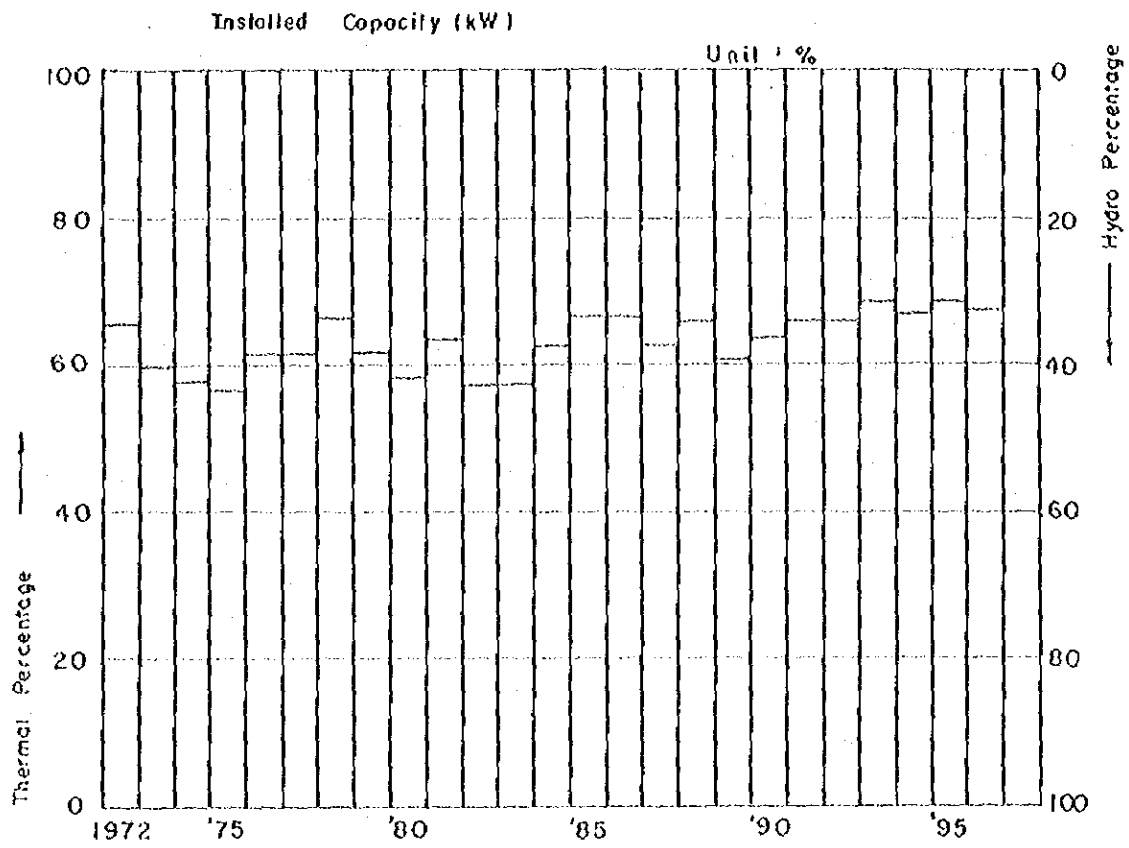
Fiscal Year	Energy Demand		Annual Load Factor %	Firm Energy		Generation		Average Energy		Reserve Energy from Firm	Reserve Energy from Average
	KWH x 10 ⁶	Increase %		Hydro	Thermal	Gas & Diesel	Total	Hydro	Total		
1972	5.711	--	63.4	994	4.965	361	6.320	1.703	7.029	609	1.318
1973	6.805	19.2	63.3	1,123	5,115	180	6.418	1.899	7.194	4,387	389
1974	8.051	18.2	64.6	1,704	6,372	180	8.256	2.812	9.364	215	1.323
1975	9.038	12.4	63.9	1,763	7,289	180	9.232	2.886	10.355	194	1.317
1976	10.466	15.8	64.9	2,129	9,259	180	11.569	3.253	12.692	1,102	2.226
1977	11.672	11.5	65.4	2,139	9,884	180	12.203	3.269	13.333	531	1.661
1978	13.007	11.4	65.5	2,249	12,179	180	14.608	3.445	15.804	1,601	2.797
1979	14.284	9.8	65.6	2,459	12,545	180	15.184	3.735	16.460	900	2.176
1980	15.842	10.9	66.5	3,099	12,545	180	15.824	4.619	17.344	418	1.502
1981	17.425	10.0	67.0	3,229	16,485	180	19.894	4.802	21.467	2,469	4.042
1982	19.080	9.5	67.2	3,469	15,750	180	20.399	5.130	22.060	1,319	2.980
1983	20.855	9.3	67.4	4,169	16,750	180	21.099	6.189	23.119	244	2.264
1984	22.730	9.0	67.4	4,169	20,288	180	24.637	6.189	26.657	1,907	3.927
1985	24.775	9.0	67.4	4,169	21,349	180	25.698	6.169	27.718	923	2.943
1986	26.800	8.0	67.5	4,169	25,160	180	29.509	6.169	31.529	2,709	4.729
1987	29.000	8.0	67.5	4,169	25,160	180	29.509	6.189	31.529	509	2.529
1988	31.300	8.0	67.5	4,169	27,525	180	31.874	6.189	33.894	574	2.594
1989	33.900	8.0	67.5	5,209	29,365	180	34,754	7,347	36,892	854	2.992
1990	36.550	8.0	67.5	5,209	31,730	180	37,119	7,347	39,257	569	2.707
1991	39.500	8.0	67.5	5,209	34,752	180	40,141	7,347	42,279	641	2.779
1992	42.650	8.0	67.5	5,209	37,780	180	43,169	7,347	45,307	519	2.657
1993	46.100	8.0	67.5	5,209	41,985	180	47,374	7,347	49,512	1,274	3.412
1994	49.800	8.0	67.5	5,209	45,518	180	50,907	7,347	53,045	1,107	3.245
1995	53.750	8.0	67.5	5,209	49,723	180	55,112	7,347	57,250	1,362	3.500
1996	58.100	8.0	67.5	5,209	53,930	180	59,319	7,347	61,457	1,219	3.357

Table 5-5 Tentative Development Plan

Unit : MW

Calendar Year	Month	Project Name	Installed Capacity			Dependable Capacity		
			Hydro	Thermal	Total	Hydro	Thermal	Total
1972	OCT.	CHULA BHOEN #1.#2	40		40	39		39
1973	NAR	SURAT THANI #1		30			30	
	SEP	SIRIKIT #1	125			85		
	NOV	SIRIKIT #2	125		280	85		200
1974	MAR	SIRIKIT #3	125			85		
	APR	SOUTH BANGKOK #3		300			300	
	MAY	KANG KRACHAN #1	19		444	13.3		398.3
1975	SEP	NAM NGUM SURPLUS	50			50		
	DEC	SOUTH BANGKOK #4		300	350		300	350
1976	MAR	SIRINDHORN #3	12			10		
	DEC	NEW MAE MOH #1		75	87		75	85
1977	SEP	PATTANI #1.#2	40			36.8		
	DEC	NEW MAE MOH #2		75	115		75	111.6
1978	JAN	SOUTH BANGKOK #5		300	300		300	300
1979	JUL	BAN CHAO NEN #1	120			108.3		
	SEP	BAN CHAO NEN #2	120			108.3		
	NOV	BAN CHAO NEN #3	120		360	108.3		324.9
1980	SEP	FUTURE HYDRO (R3)	60			50		
	DEC	NUCLEAR #1		600	660		600	650
1981	AUG	KUD PROJECT	60		60	50		50
1982	AUG	QUAE NOI #1.#2.#3	420		420	345		345
1984	JAN	NUCLEAR #2		600	600		600	600
1985	SEP	FUTURE THERMAL		600	600		600	600
1987	JUN	BAN CHAO NEN #4.#5	360		360	360		360
1988	APR	NEW THERMAL		600			600	
1988	OCT	HUAI NAM CHON #1.2.3.4	600		1,200	541		1,141
1990	APR	NEW THERMAL		600	600		600	600
1991	JUL	NEW THERMAL		600	600		600	600
1992	OCT	NEW THERMAL		600	600		600	600
1994	JAN	NEW THERMAL		600			600	
1994	JAN	HUAI KLONG NGU #1.#2	500		1,100	500		1,100
1995	JAN	NEW THERMAL		600	600		600	600
1996	JAN	NEW THERMAL		600			600	
1996	JAN	HUAI KLONG NGU #3.#4	500		1,100	500		1,100
		Total	3,396	7,080	10,476	3,074.8	7,080	10,154.8

Fig. 5-2 Transition of Thermal & Hydro Percentage of EGAT System



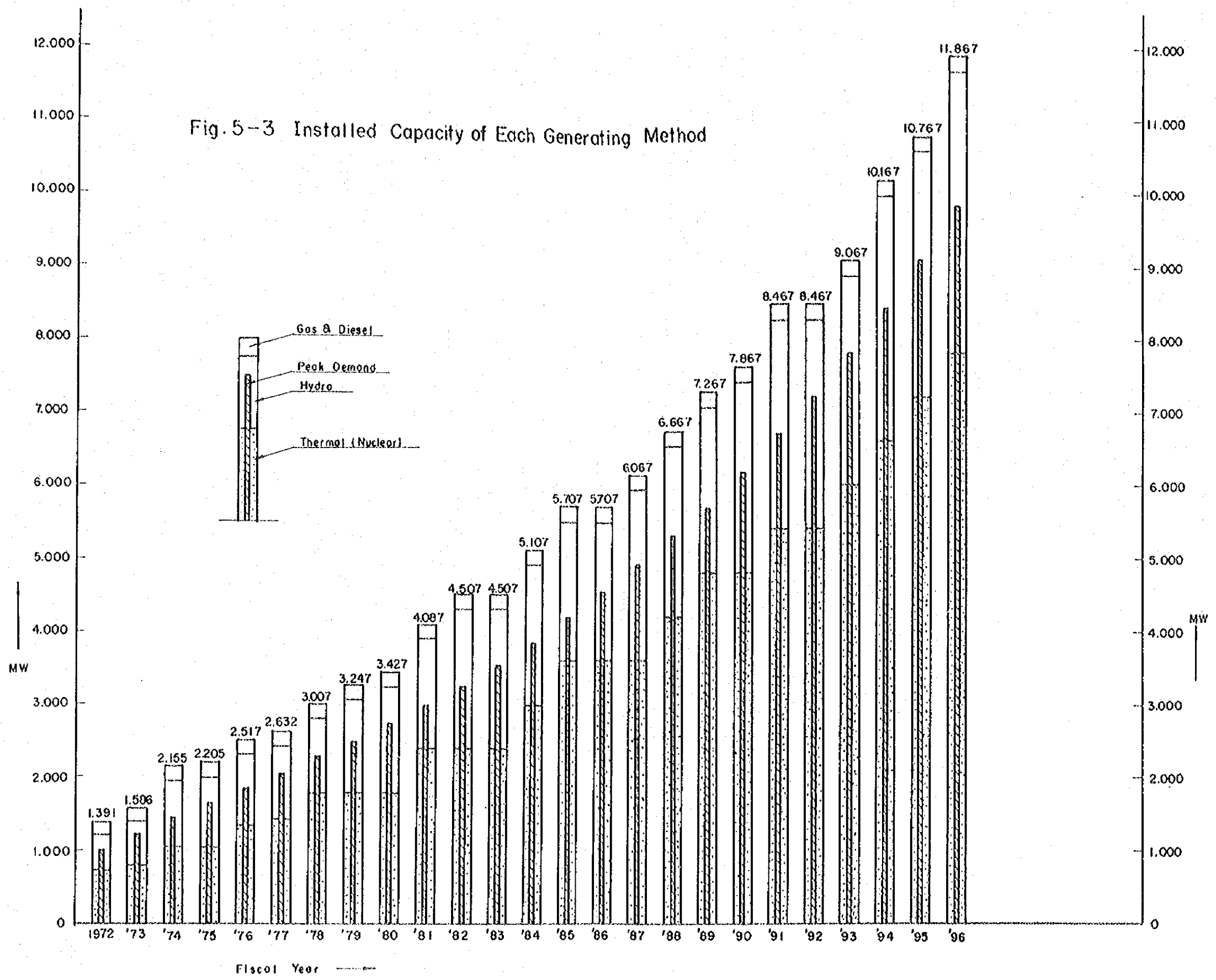


Fig. 5-4 Load Forecast and Development Plan

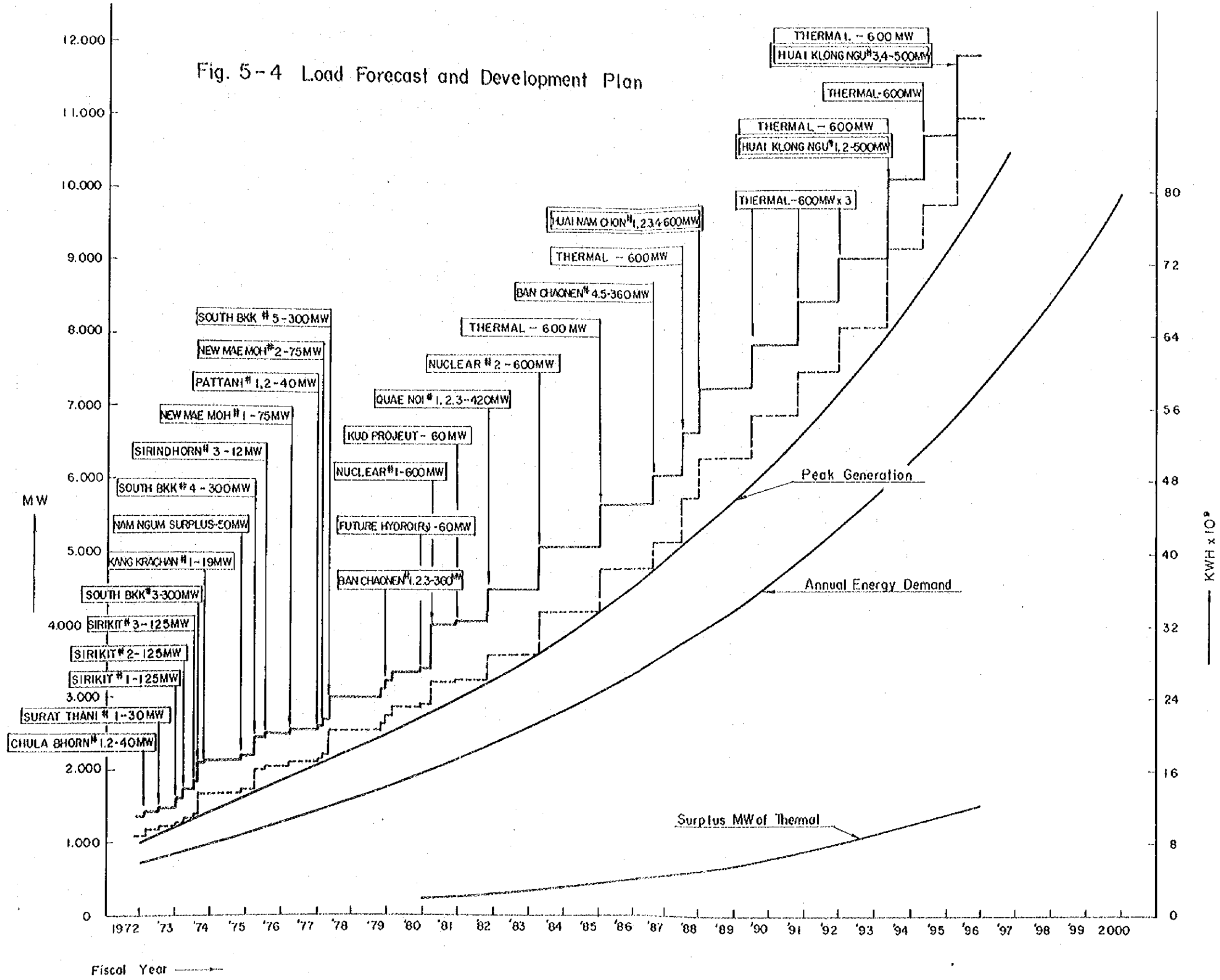
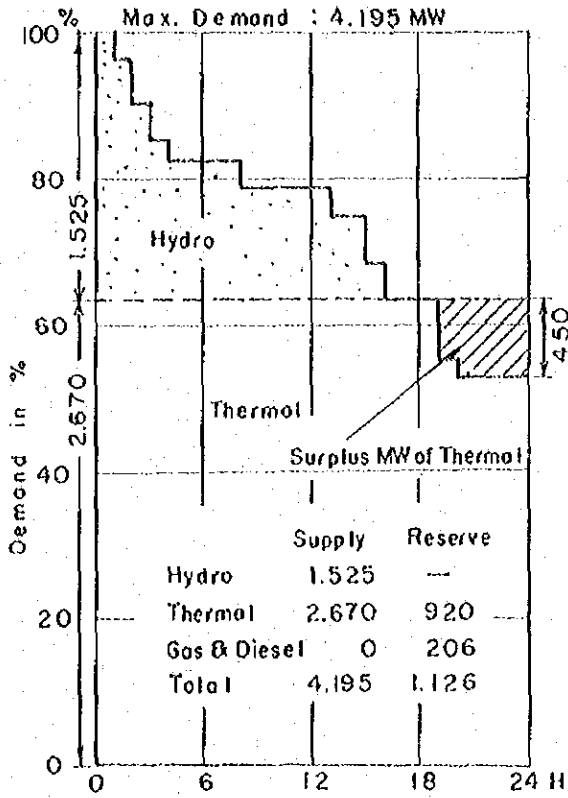
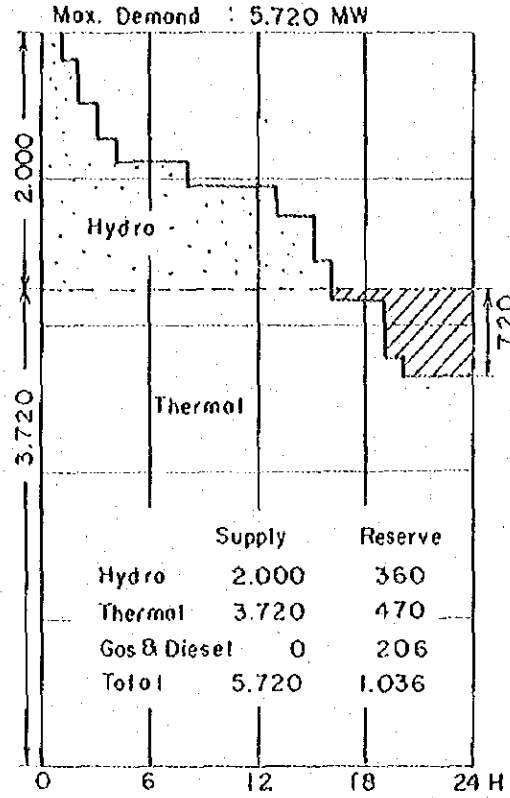


Fig 5-5 Supply and Demand Balance

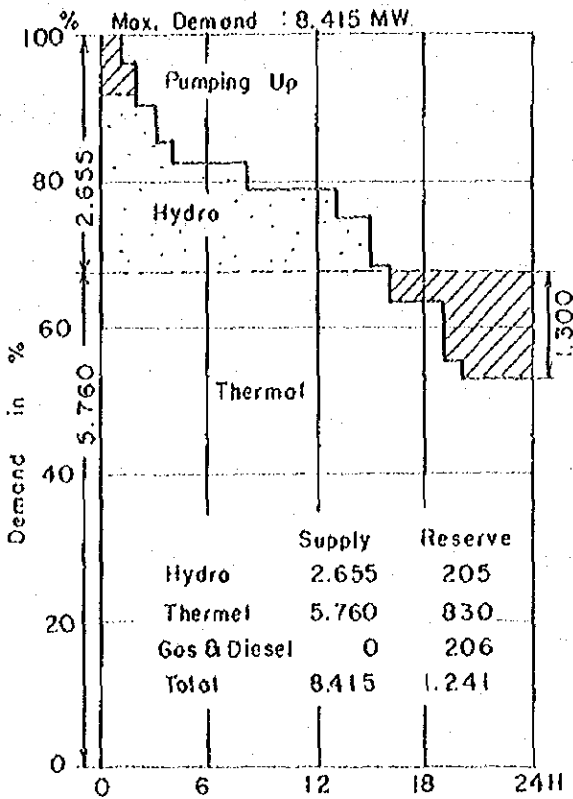
Year : 1985



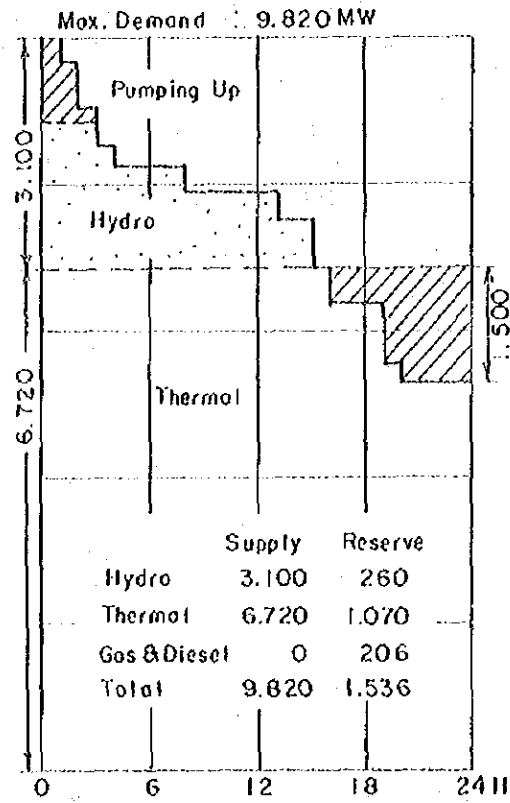
Year : 1989



Year : 1994



Year : 1996



附 錄

Appendix A

基礎資料一覽表

APPENDIX A
LIST OF BASIC DATA

I. Topographic Map

Scale of 1: 250,000	6 sheets	Sheet No. ND47-2, 3, 6, 7, 14, 15
Scale of 1: 50,000	15 sheets	Sheet No. 47P/CG-20, 24 DG-9, 13, 17, 21 DH-1, CH-4, 8, 12, 15, 16, 19, 20, 24
Scale of 1: 50,000	8 sheets	Sheet No. 47P/LH-4, 8, 12, 16, 19 20, 24 DH-1
Scale of 1: 50,000	1 sheet	Covering Ban Chao Nen, Huai Nam Chon and Huai Klong Ngu Projects area
Scale of 1: 10,000	2 sheets	Covering Huai Klong Ngu Project
Scale of 1: 10,000	2 sheets	Covering a part of Ban Chao Nen Reservoir
Scale of 1: 10,000	3 sheets	Covering downstream area of Ban Chao Nen Project
Scale of 1: 5,000	2 sheets	Covering Huai Nam Chon Project

II. Geological Map

Scale of 1: 1,000,000	1 sheet	Covering Projects area
Scale of 1: 50,000	1 sheet	Covering Huai Klong Ngu (Geologic Interpretation map aerial photograph)
1: 200,000	1 sheet	Covering Ban Chao Nen Project area

III. Hydrological Data

(a) Daily Water Level and Discharge Record

Huai Mao Nam Noi	(RID)	70 (Apr.)	72 (Dec.)
Wang Po	(RID)	69 (Apr.)	72 (Dec.)
Lum Sum	(RID)	70 (Apr.)	72 (Dec.)
Khao Chod (main)	(NEA)	70 (Apr.)	71 (Dec.)
Khao Chod (Tributary)	(NEA)	70 (Apr.)	71 (Dec.)
Ong Kha	(RID)	70 (Apr.)	72 (Dec.)
Kang Rieng	(RID)	70 (Apr.)	72 (Dec.)
Lam Ta Phern	(RID)	69 (Apr.)	71 (Mar.)
Bang Wang Khanai	(RID)	71 (Apr.)	72 (Dec.)
Ban Chao Nen	(EGAT)	70 (Apr.)	72 (Dec.)
Ban Phu Tey	(EGAT)	70 (Apr.)	72 (Dec.)
Had Pana	(EGAT)	69 (Oct.)	72 (Dec.)

(b) Daily Rainfall Record

Umphang	70 (Jan.)	72 (Oct.)
Ban Nasuan	70 (Jan.)	72 (Dec.)
Sri Sawat	70 (Jun.)	72 (Dec.)
Kanchanaburi	70 (Jan.)	72 (Sep.)
Bangkok	70 (Jan.)	72 (Dec.)

(c) Monthly Precipitation Record

Pilk Mine	70 (Apr.)	72 (Dec.)
Sangklaburi	70 (Jan.)	71 (Dec.)
Thong Phaphum	70 (Jan.)	72 (Dec.)
Umphang	70 (Jan.)	72 (Oct.)
Ban Nasuan	70 (Jan.)	72 (Dec.)
Sri Sawat	70 (Jun.)	72 (Dec.)
Bo Phloi	70 (Jan.)	71 (Dec.)
Panom Tuan	69 (Jan.)	72 (Aug.)
Kanchanaburi	70 (Jan.)	72 (Sep.)
Tha Muang	70 (Jan.)	72 (Dec.)
Tha Maka	70 (Jan.)	72 (Dec.)
Bangkok	70 (Jan.)	72 (Dec.)

(d) Daily Upper and Surface Wind Speed at Bangkok		
Surface Wind Speed	70 (Jan.)	72 (Dec.)
Upper Wind Speed (2, 000, 7, 000, 12, 000 ft.)	70 (Jan.)	72 (Dec.)
(e) Daily Maximum and Minimum Temperature		
Kanchanaburi	70 (Jan.)	72 (Sep.)
Bangkok	70 (Jan.)	72 (Dec.)
(f) Monthly Average Evaporation		
Bangkok (Class A Pan)	70 (Jan.)	72 (Dec.)
(g) Monthly Rainfall and Rainy Days		
Bangkok	70 (Jan.)	72 (Dec.)
Kanchanaburi	70 (Jan.)	72 (Sep.)
(h) Rating Curve (1971 - 1972) at Had Pana GS, & Ban Chao Nen G.S.		
(i) Water Level of Flood Discharge at Ban Chao Nen & Head Pana G.S.		

IV. Electrical Data

Energy Resources and Electric Power in Thailand

Third Five-Year Investment Program (1972 - 1976)

Annual Report of EGA'T 1970 and 1971

Details of Production Cost (Fiscal Year 1971)

Installation Schedule Analysis (1972 - 1985)

Summary Report, Quae Yai No. 1 Hydro Electric Project Transmission System Study

Power Flow Charts in 1985

Daily Load Curve (at January, September and December, 1972)

Monthly Generation Data of EGA'T (1972)

Single Line Diagram (R₁, R₂, R₃ and R₄)

Transmission Line Impedance Map (R₁, R₂ and R₃)

Electric Power System of Thailand

Appendix -- B

Ban Chao Nen 下流における揚水計画

Ban Chao Nen 下流における揚水計画

Ban Chao Nen 計画の逆調整池の右岸には、標高 500 m ~ 600 m のカルスト台地がせまっており、比較的短い距離で高落差が得られる地形となっている。

Ban Chao Nen 計画の逆調整池を利用して、このカルスト台地との落差を利用した揚水発電計画が当然考えられる。

調査団は、Fig B-1 に示す 3ヶ地点を選定して、1,000 MW の揚水発電計画を 1/50,000 地形図により概略検討を行なった。

この計画検討に当っては次の条件のもとに行なった。

(1) Ban Chao Nen 計画逆調整池の諸元は、

High Water Level	59.00 m
Low Water Level	56.50 m
Drawdown	3.5 m
Storage Capacity	$14,000 \times 10^3 \text{ m}^3$

であり、ダムサイトは Ban Wang Kula 地点で計画されている。この調整池の諸元の検討は、1/50,000 地形図で検討されたものであるため、確定したものではないが揚水発電所の下池の条件として満水位、および低水位はそれぞれ標高 59 m、および 56.50 m とした。したがって揚水発電に必要な容量は、Ban Wang Kula のダムサイトを下流に下げることによって確保が可能であるものとした。

(2) 池容量及び構造物の決定は Huai Khlong Ngu 計画と同一基準で行なった。

検討結果は Table B-1 に示すとおりであり、このうち経済的に有利な DA 案についての概略のレイアウトを示すと Fig B-2 のとおりである。

Huai Khlong Ngu 計画と比較すると、発電所建設費では Huai Khlong Ngu 計画の方が安い。送電線建設費まで含めるとほぼ同一の建設費となった。

したがって、Ban Chao Nen 貯水池近辺の揚水計画の地点選定は本計画も合せ、Ban Chao Nen 計画との関連も考慮に入れ今後の詳細な調査検討の上選定されなければならない。

Table B-1 Outline of Alternative Schemes

Description		Unit	DA	DB	DC
High Water Surface Level		m	560	590	440
Available Drawdown		m	30	30	30
Effective Storage		10 ⁶ Cu. m	5.6	5.3	7.3
Effective Head		m	469	496	355
Max. Discharge		Cu. m/Sec.	257	244	340
Installed Capacity		MW	1,000	1,000	1,000
Headrace Tunnel	Number	-	1	1	1
	Length	m	600	850	1,020
	Diameter	m	7.2	7.0	8.4
Tailrace Tunnel	Number	-	2-4	2-4	2-4
	Length	m	1,080	1,350	620
	Diameter	m	3.7-5.2	3.6-5.1	4.3-6.0
Construction Cost	Generating Facilities	10 ⁶ ¥	3,869	3,877	4,240
	Transmission Line	10 ⁶ ¥	480	480	480
	Total	10 ⁶ ¥	4,349	4,357	4,720
Surplus Benefit		10 ⁶ ¥	77	76	45
Benefit-cost Ratio			1.14	1.14	1.08

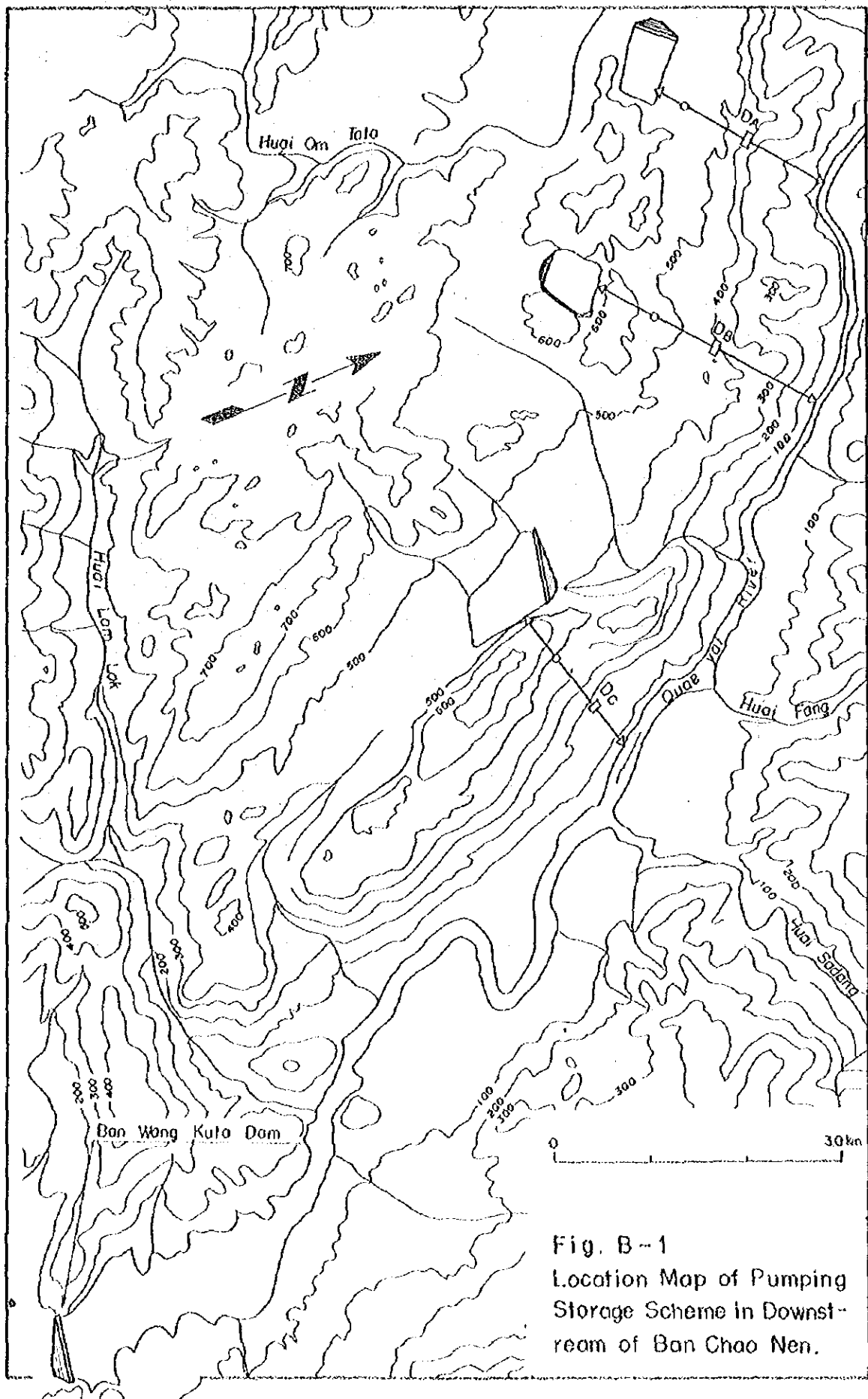
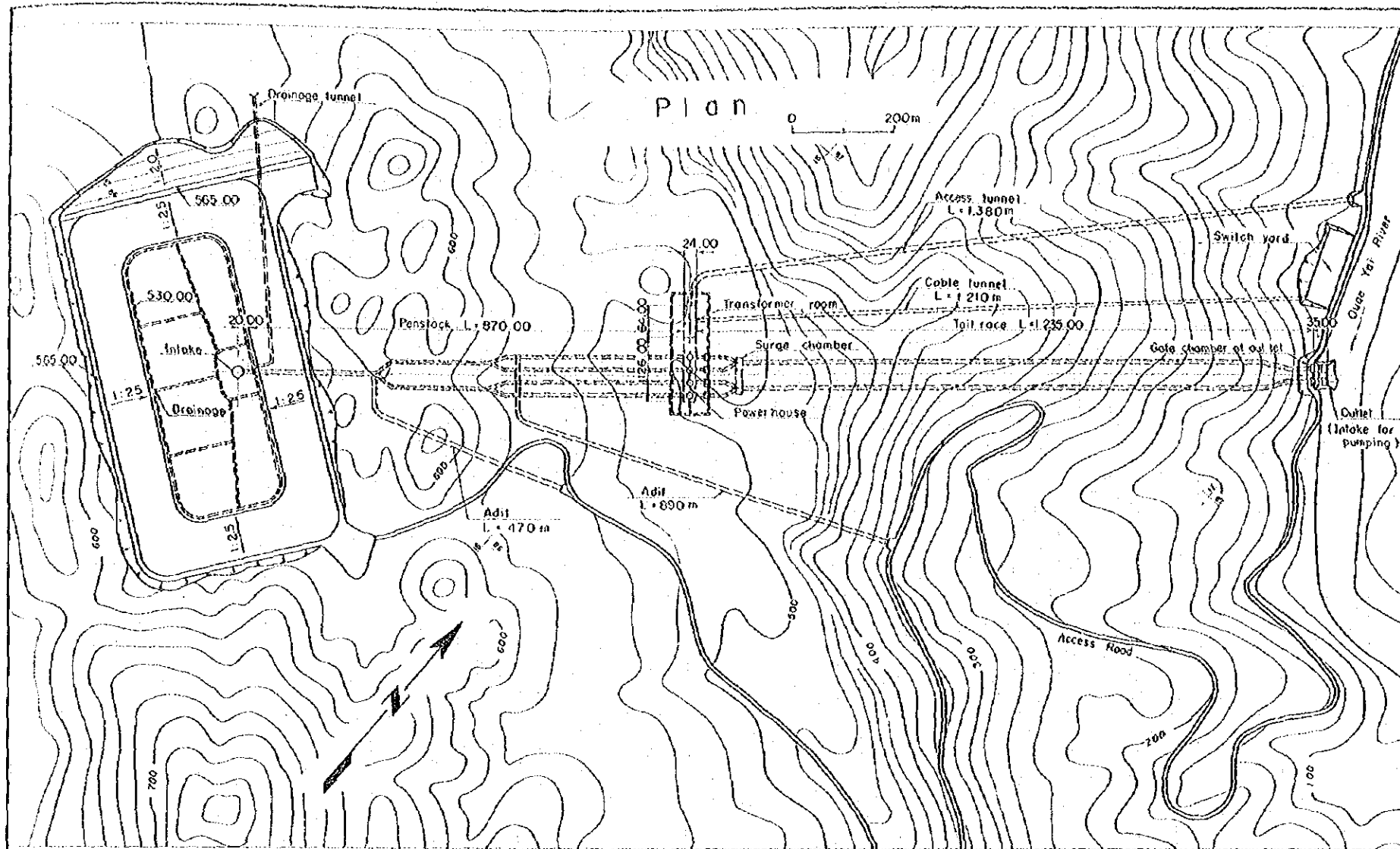
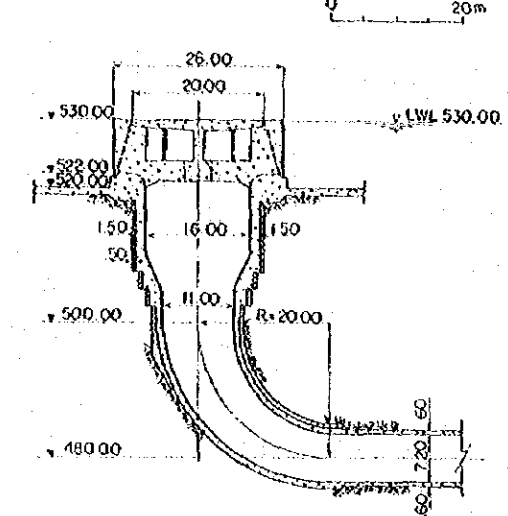


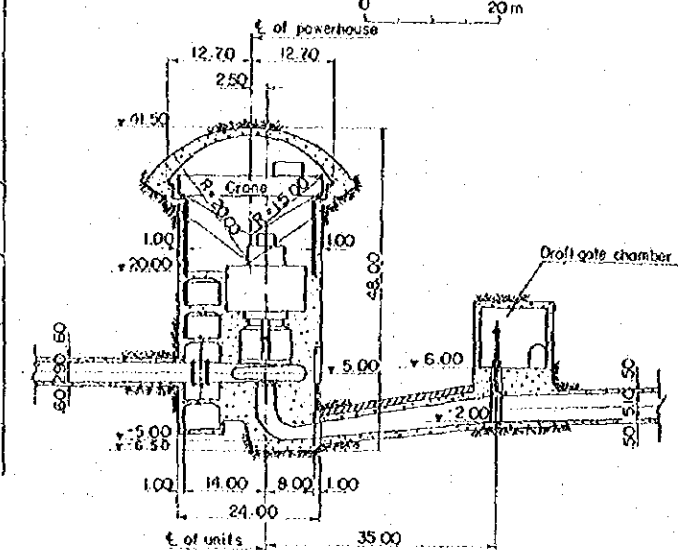
Fig. B-1
 Location Map of Pumping
 Storage Scheme in Downst-
 ream of Ban Chao Nen.



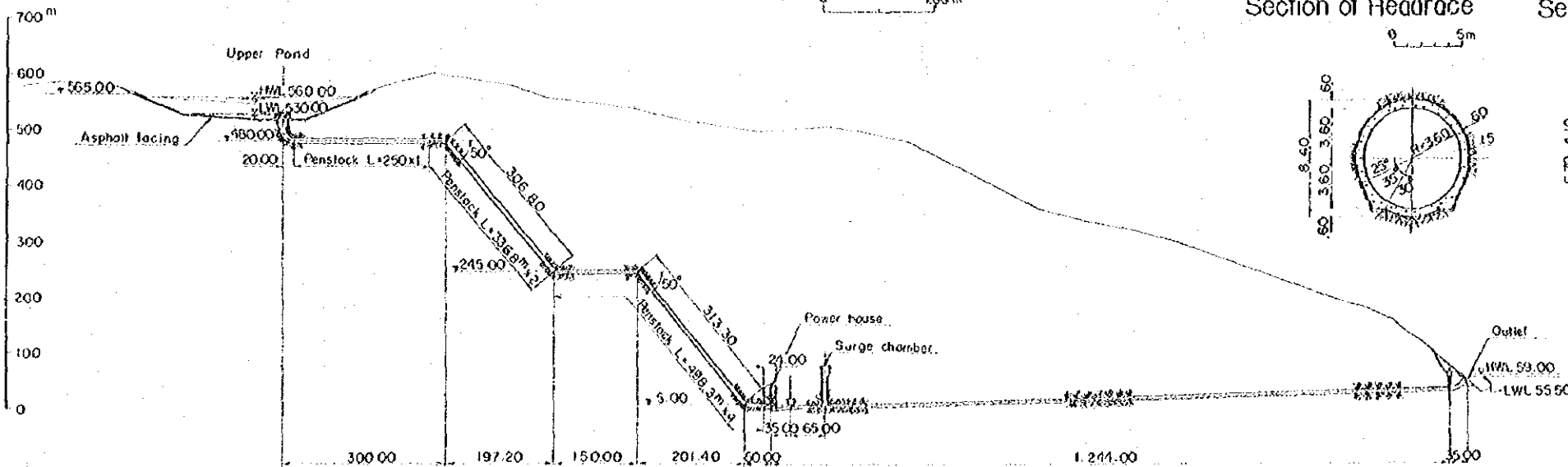
Section of Intake



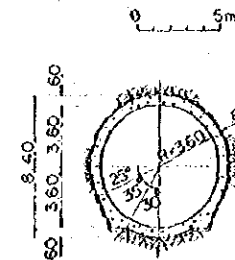
Section of Powerhouse



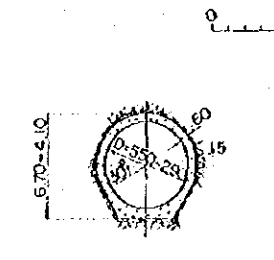
Profile of Waterway



Section of Headrace



Section of Penstock



Section of Tailrace

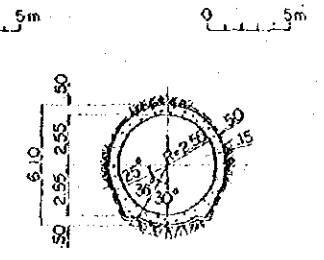


Fig. B-2
General Plan of Pumping
Storage Scheme in Downstream
of Ban Chao Nen

Appendix -- C

今後行なうべき調査工事

クワイヤイ上流水力開発計画の今後の検討は本文で述べたとおり、プレ・フィジビリティ調査、フィジビリティ調査の段階を経るのが望ましい。

Ban Chao Non 計画の完成後、引続いて開発されるべき Huai Nam Chon 計画の今後の調査工程をたててみると、Fig. C-1 のとおりである。

ここで述べる調査事項は、プレ・フィジビリティ調査に必要な調査事項にとどめた。

A) Huai Khlong Ngu 計画

揚水発電計画については、他にも計画が考えられるので、他計画との比較検討の上、当地点が選定されたならば下記の調査が必要となる。

1) 地形図の準備

a) 計画地域の縮尺 1/5,000 航空写真測量地形図の作成。

現在ある縮尺 1/10,000 地形図の範囲で現地測量によりチェックされたもの。等高線間隔は 5 m。

b) 構造物周辺の縮尺 1/2,000 地形図の作成。(代替案も含む)

上部調整池から放水口までの構造物がカバーできる範囲。等高線間隔は 2 m。

c) Huai Khlong Ngu 川の河川縦断。

Huai Khlong 谷の合流点から上流、流まで約 0.7 km。

2) 地質調査

a) 地表踏査による縮尺 1/5,000 地質図の作成

b) 構造物周辺の縮尺 1/2,000 地質図の作成

c) 上部調整池内(代替案も含む)の土被り調査。立坑 50 本、深さ 3~5 m。

d) 地下発電所のボーリング。長さ約 250 m, 1 本。

B) Huai Nam Chon 計画

1) 水文調査

本計画の基準測水所はダムサイトに最も近い Kao Chod, Had Pana 測水所と考えられる。これらの測水所の測水作業を慎重に継続して流量資料の整備を行なうとともに、洪水観測についても測水の精度を高めるために慎重に測水作業を行なう必要がある。

又、ダムサイト附近にも測水所を設置して、ダムサイトにおける流量を把握することが望ましい。

流域内に雨量観測所が少ないので、雨量観測所の数を増やして流域内の降雨分布を把握することが望ましい。

2) 地形図の整備

a) 洪水池内の縮尺 1/10,000 航空写真測量地形図の作成。

標高 400 m まで、ただしダムサイト付近は材料調査のため河床より兩岸 5 km まで

での範囲。等高線間隔 5 m。

b) 縮尺 1/2,000 地形図の作成

現在ある縮尺 1/5,000 地形図の範囲。

c) 河川縦断の作成

同上の範囲。Ban Chao Non 貯水池の水位の関係が把握出来ること。

d) ダムサイト候補地点の横断図の作成

縮尺 1/500。標高 400 m まで。

3) 地質調査

a) 地表踏査による貯水池内の縮尺 1/10,000 地質図の作成。特にカルストについては十分に観察記録する。

b) 貯水池を含む広範囲の航空写真判読。

c) 構造物周辺の縮尺 1/2,000 地質図の作成。

d) 弾性波探査

各ダムサイトについて約 4 km。

e) ボーリング

各ダムサイトにつき両岸各 3 本、河床 3 本、地下式の場合には発電所候補地点 1 本、長さ約 150 m。

f) 築堤材料および骨材の調査。

Fig. C-1 Schedule of Studies for Hui Nam Chon Project

Year	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88
Construction of Ben Choo Nen PS															
Field Investigation															
Pre - Feasibility study															
Feasibility Study															
Definit Study															
Construction of Hui Nam Chon PS															

