

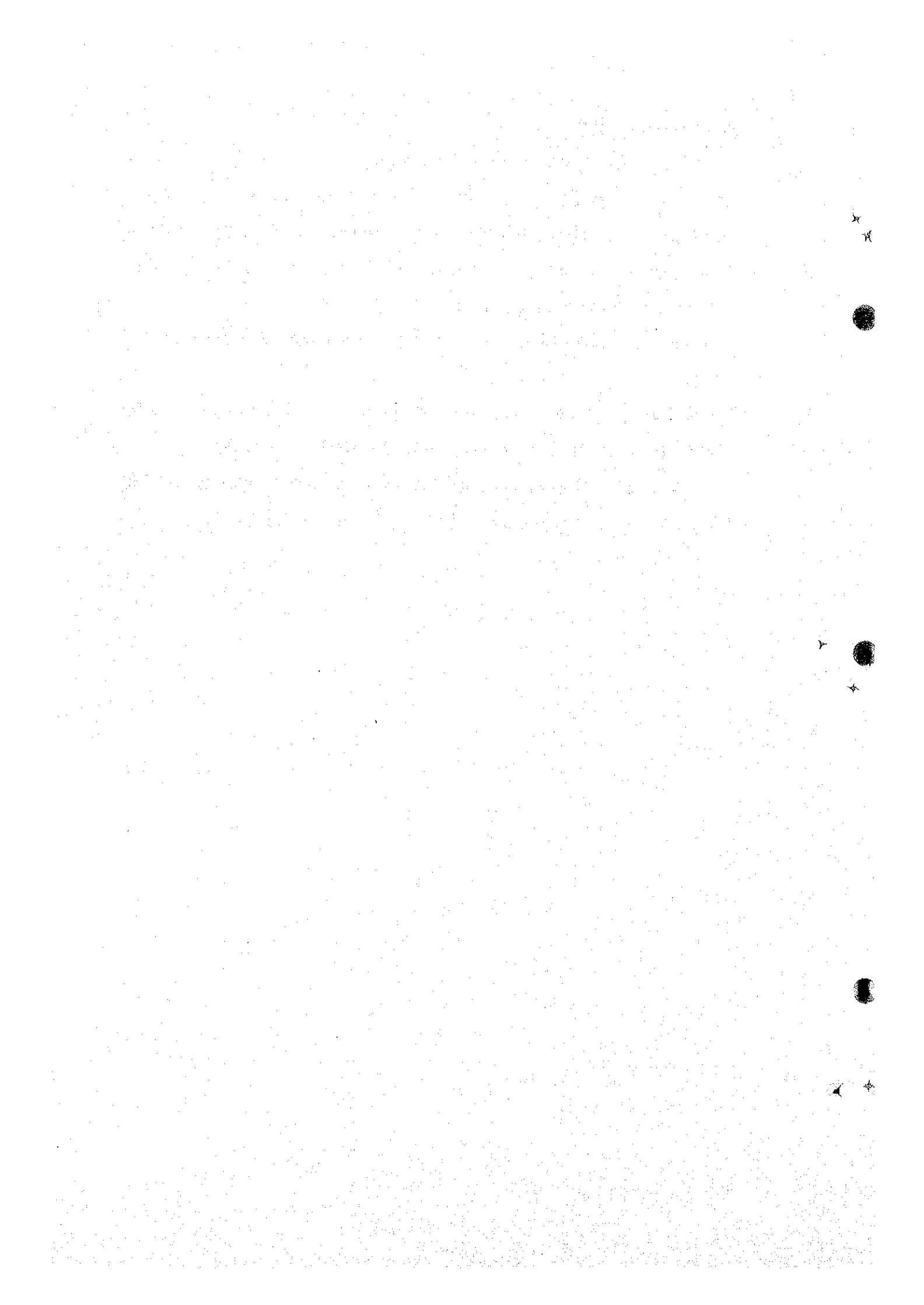
8.3.4 ボーリング結果

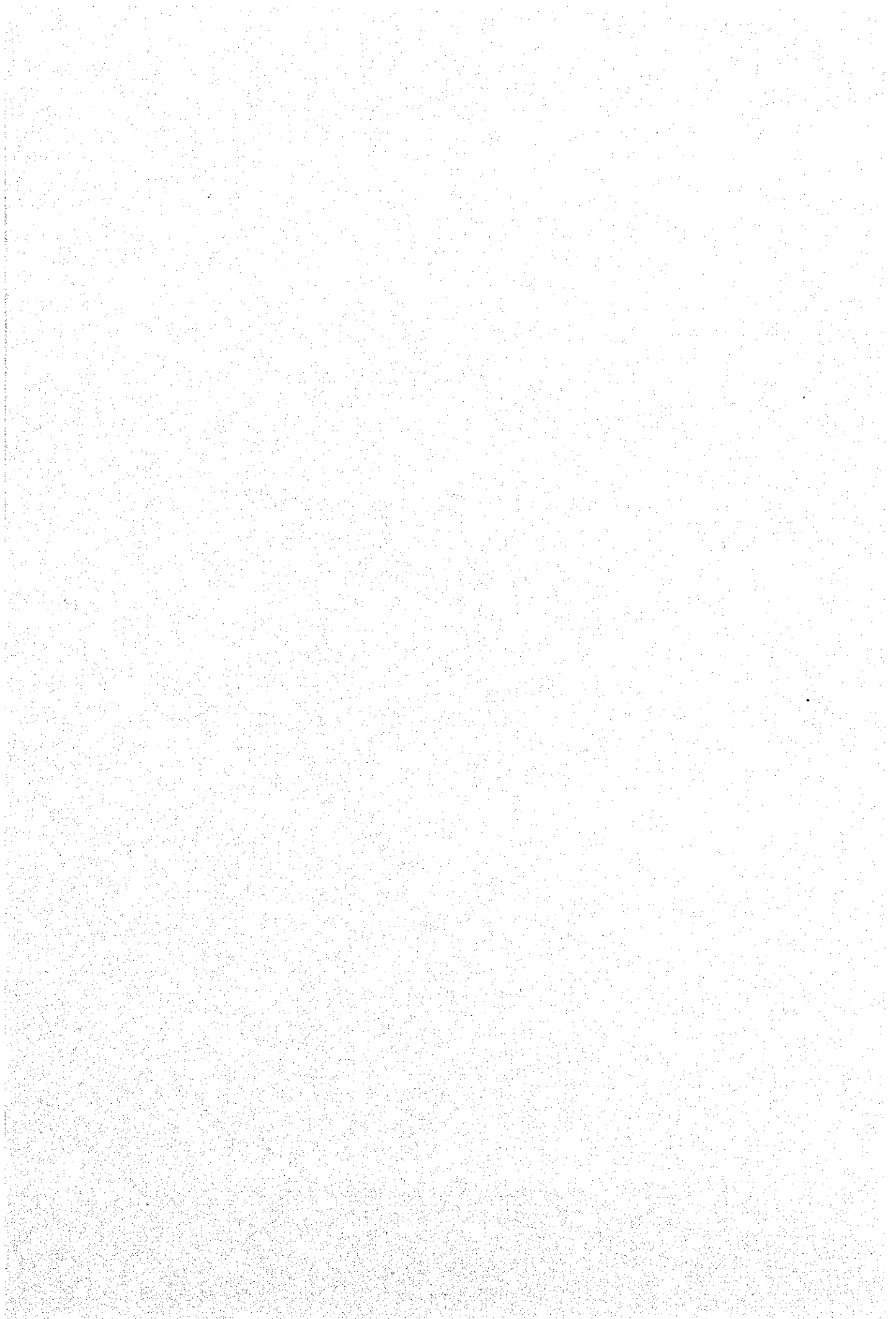
コアの採取率は、強風化岩の下限付近や玄武岩中の亀裂の多い部分等で低いものの、全体としては地質情報を十分に引き出し得る満足すべきものであった。透水試験は削孔と平行して実施した。試験区間の長さは5 mを原則としたが、孔内の状態により区間長を変えている場合もある。注入圧力は10kgf/cm²まで上げるのが望ましかったが、機材（パッカー）の関係でそれ以下となっている区間が多い。

孔内水位測定は削孔期間中、孔内水位を測定したもので触針式の水圧測定器を用いて実施した。

採取されたボーリングコアは5 m毎にコア箱に整理し、PakseのMIH事務所に運搬し保管されている。なお、コアの1部は岩石試験の供試体として用いる。

ボーリングおよび関連の記録は日報、柱状図、コア写真、孔内水位測定記録、透水試験記録等である。これらの記録は作業報告書としてHECより提出されている。





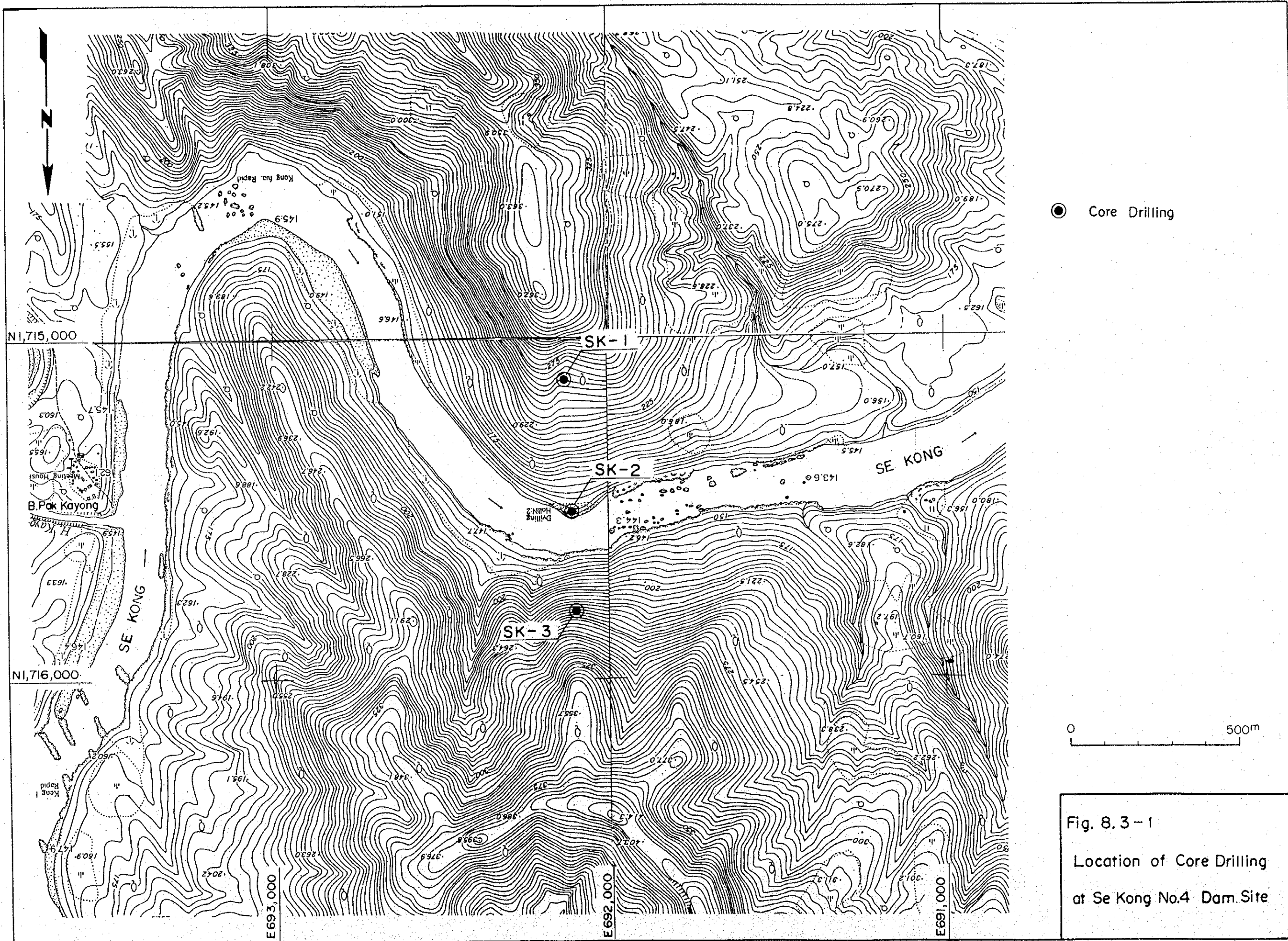
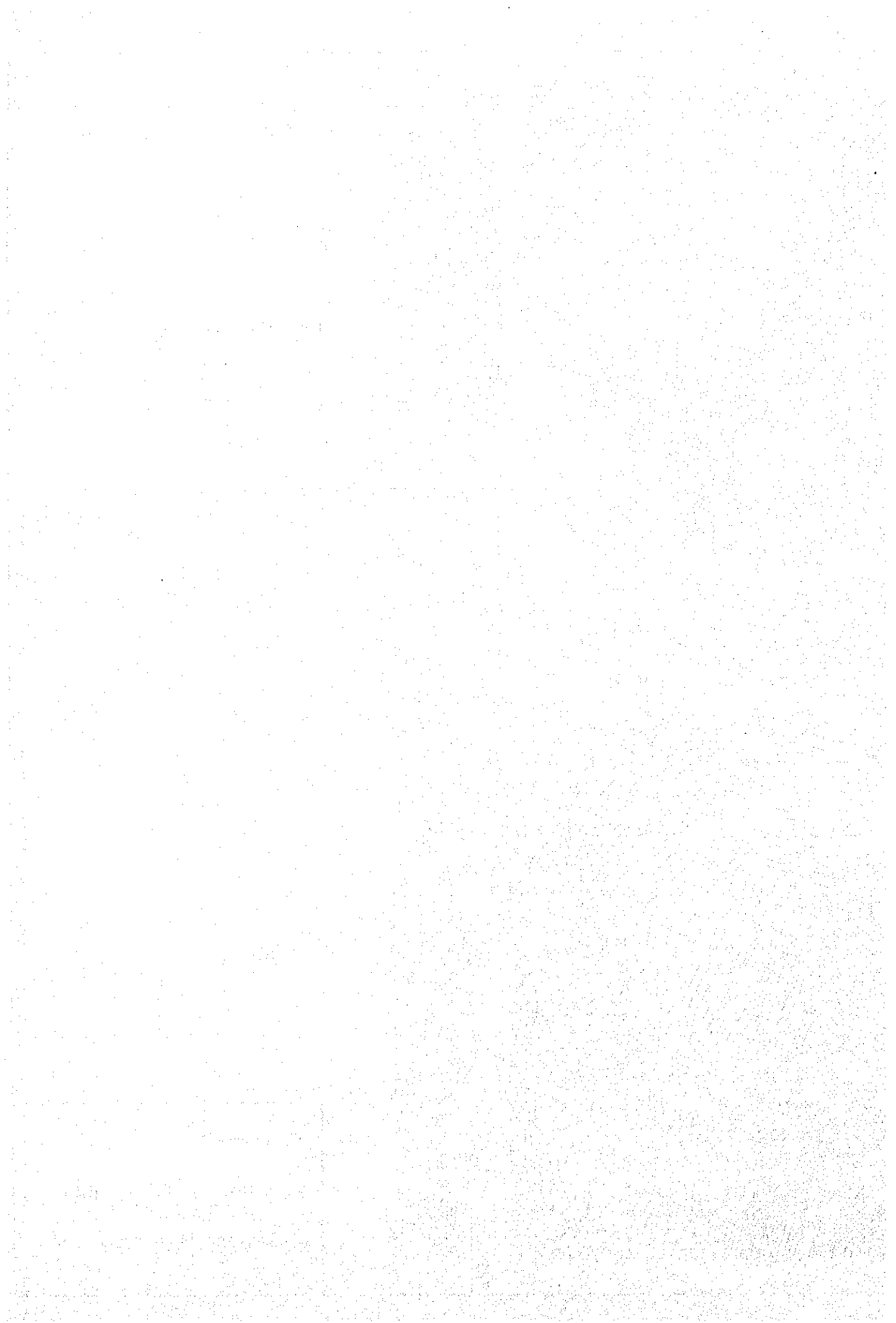


Fig. 8.3-1
 Location of Core Drilling
 at Se Kong No.4 Dam Site



[The page contains extremely faint and illegible text, likely due to low contrast or scanning quality. The text is distributed across the page but cannot be transcribed.]

4

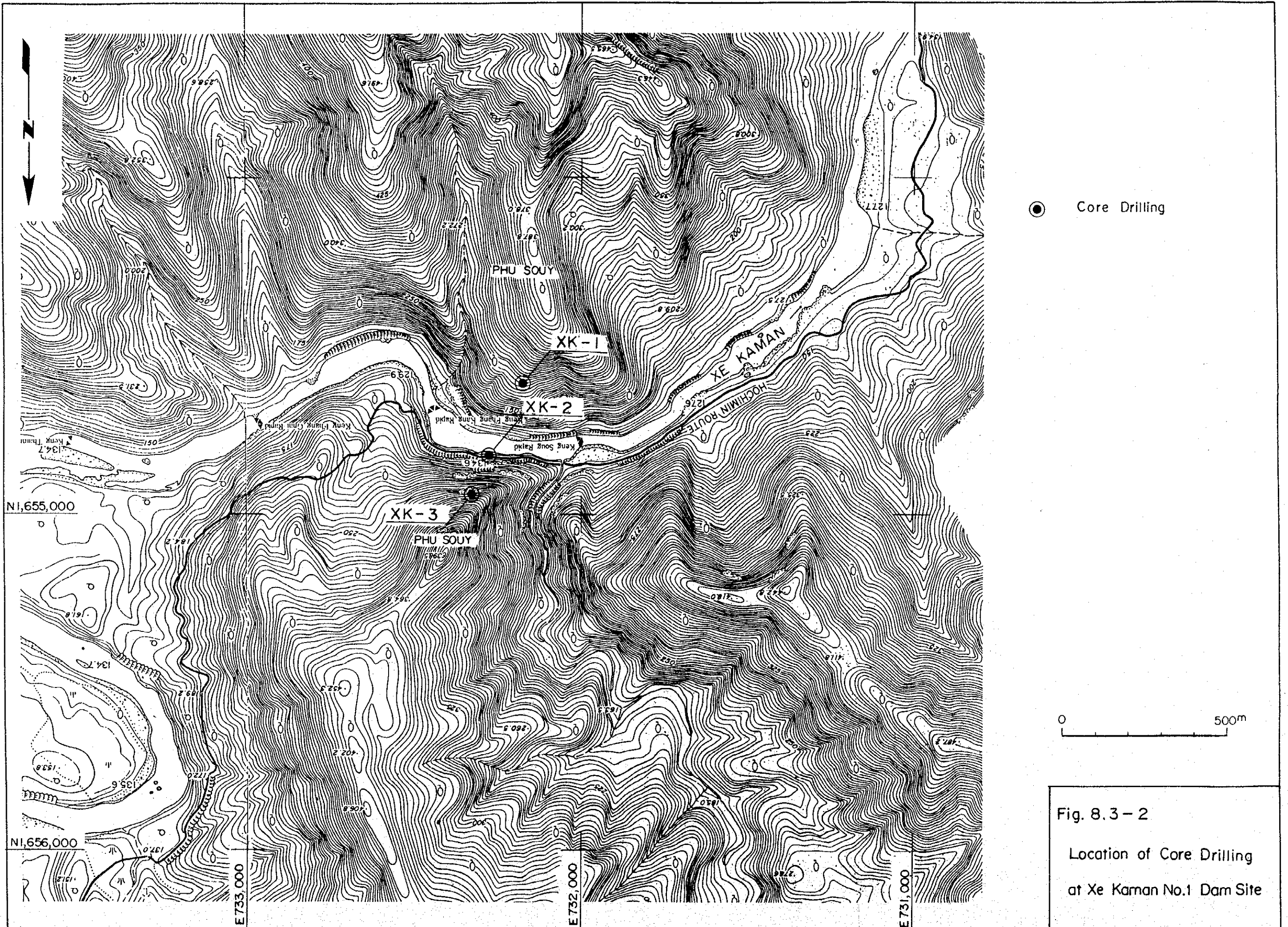
5

6

7

8

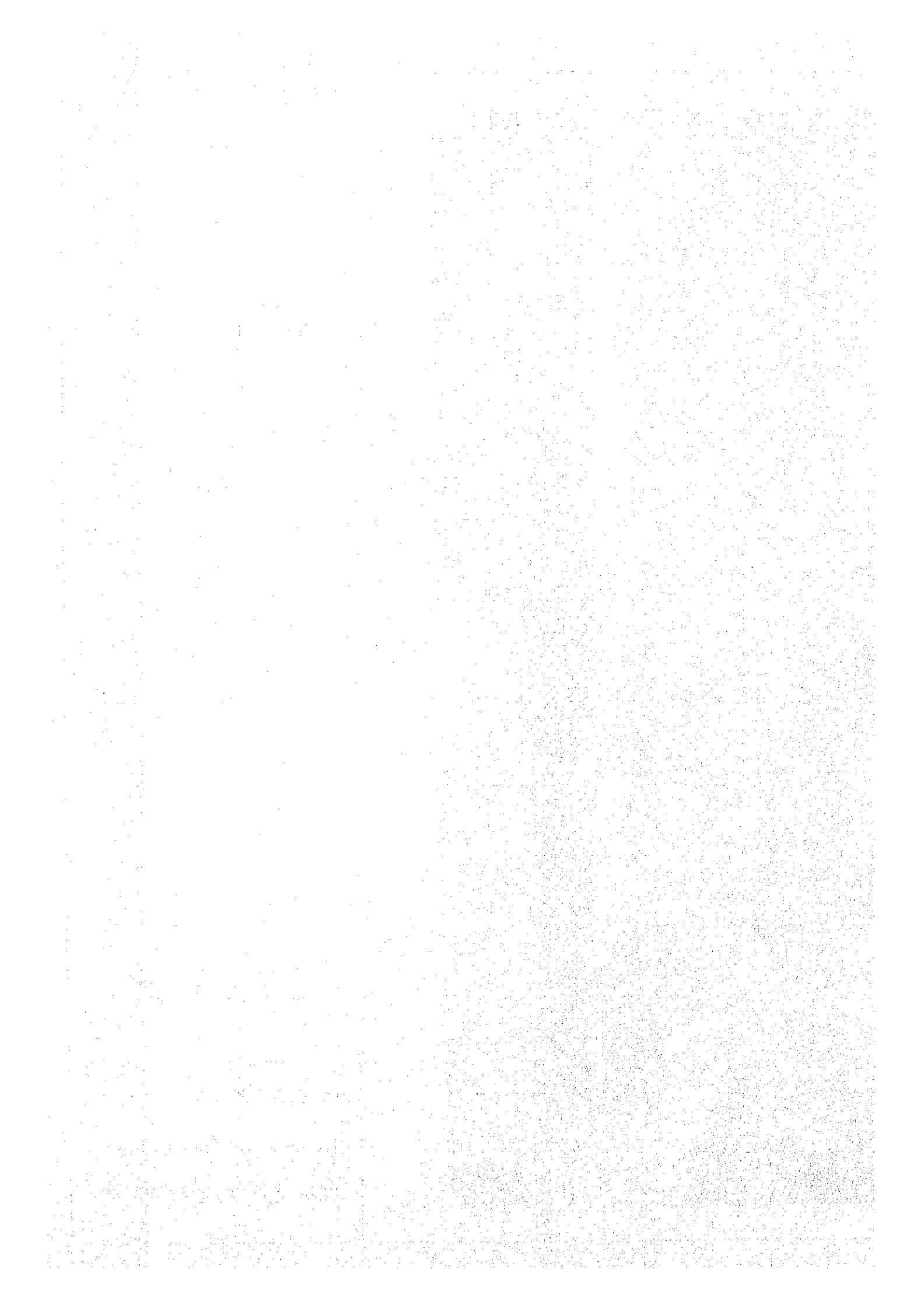
9

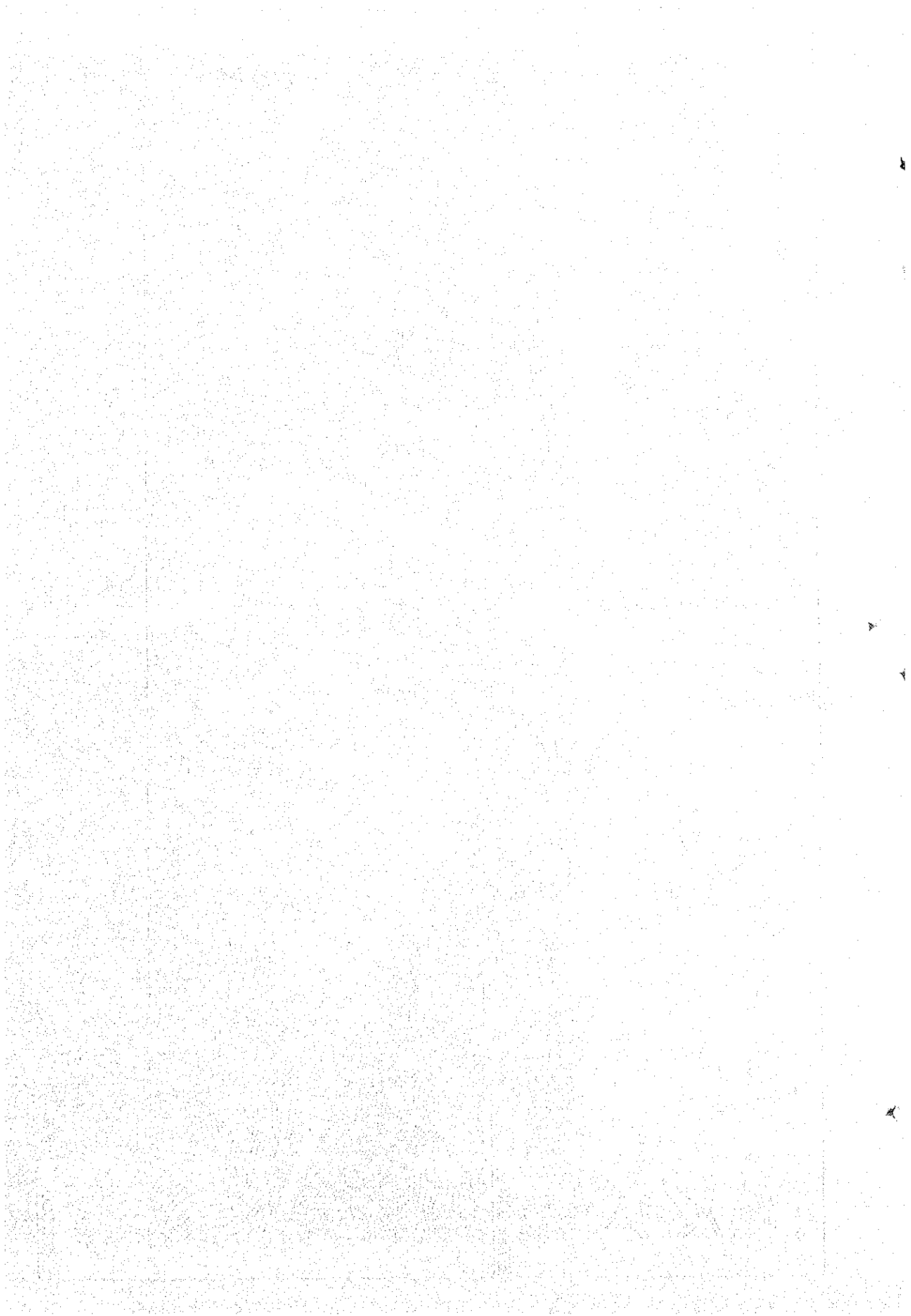


● Core Drilling

0 500m

Fig. 8.3-2
Location of Core Drilling
at Xe Kaman No.1 Dam Site





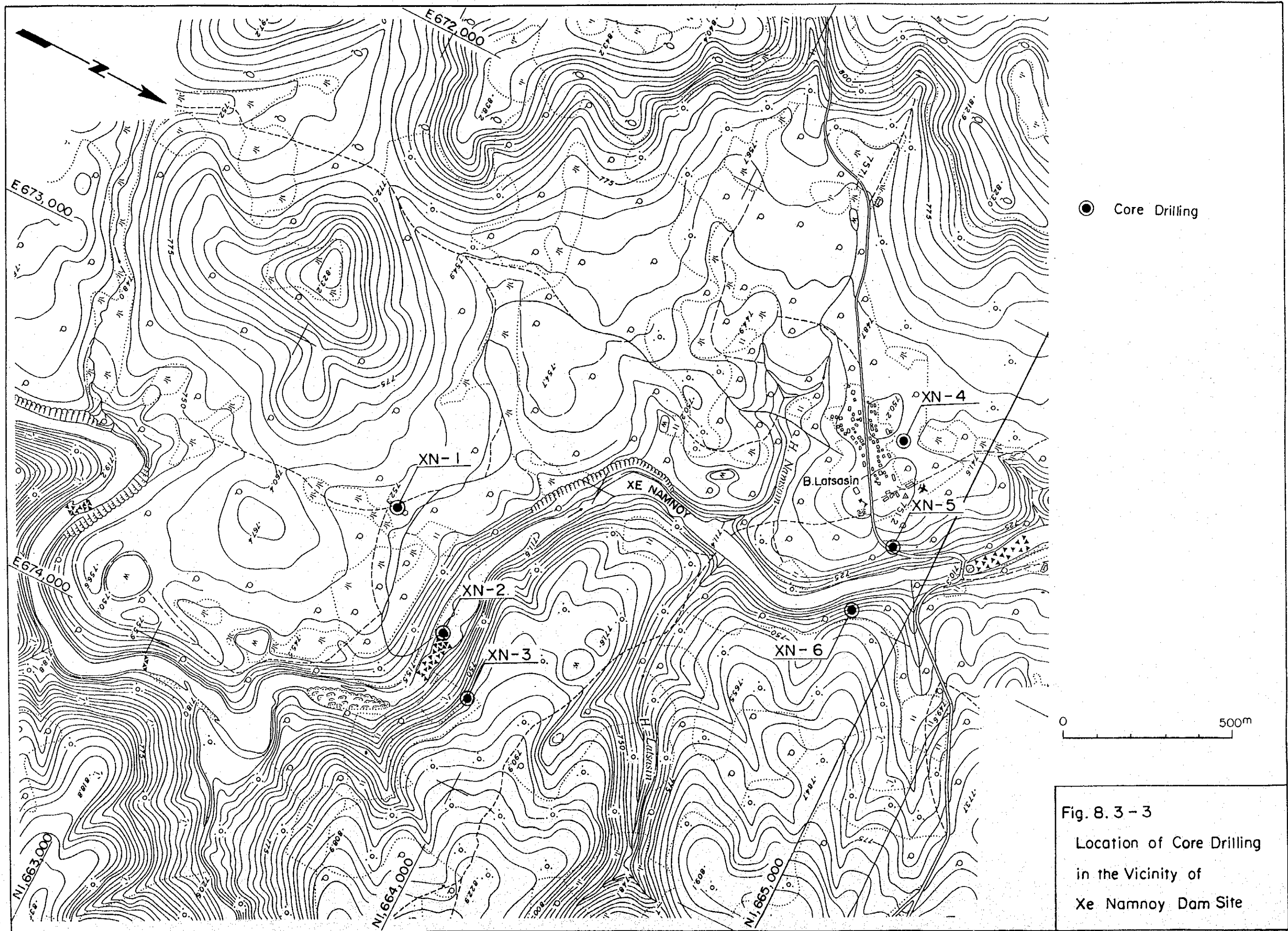
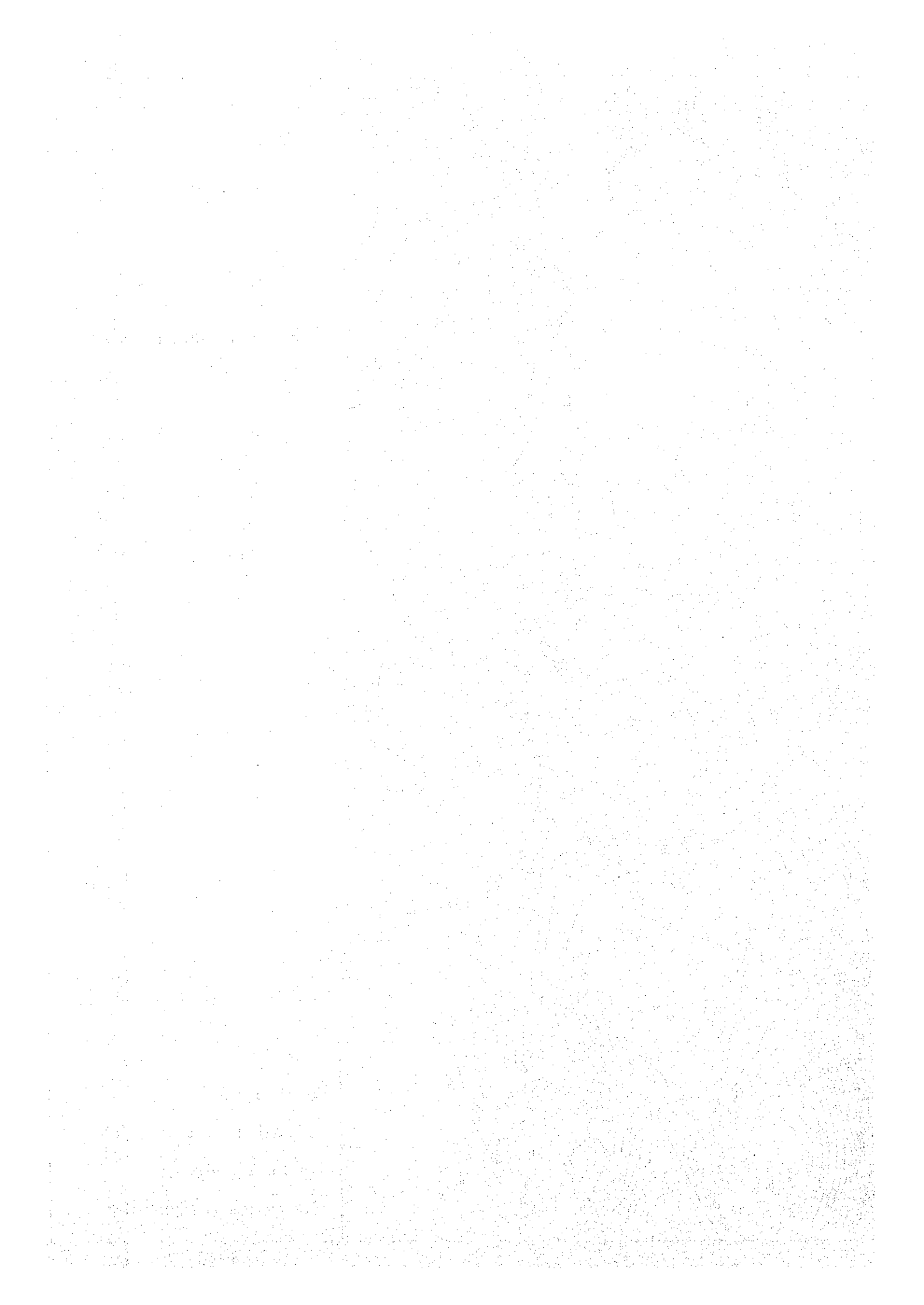


Fig. 8.3 - 3
 Location of Core Drilling
 in the Vicinity of
 Xe Namnoy Dam Site



[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is too light to be transcribed accurately.]

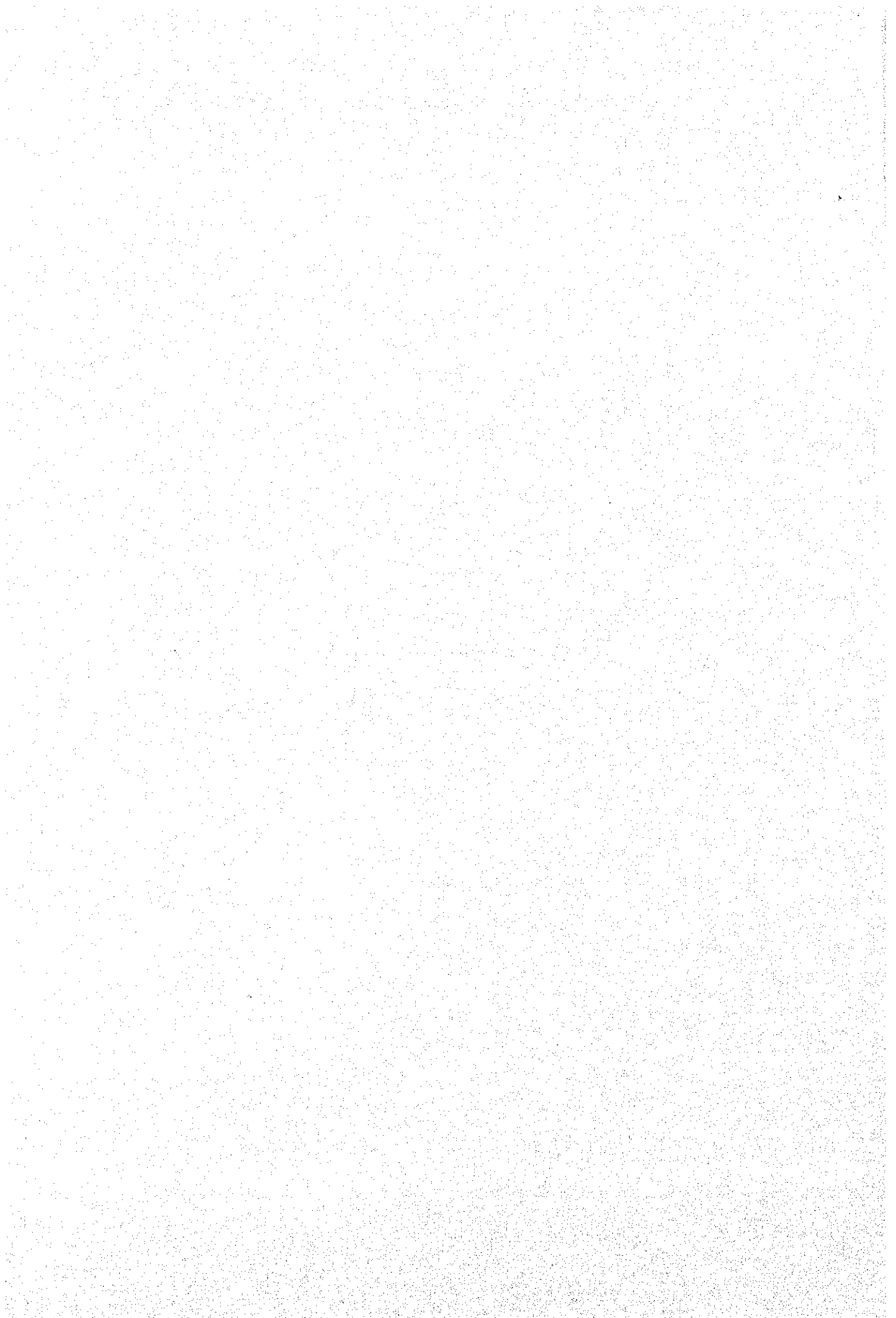
57

58

59

60

61



8.4 環境影響および補償の予備調査

8.4.1 概要

環境影響調査および補償調査は、第7章で選定されたSe Kong No.4, Xe Kaman No.1およびXe Namnoy Midstreamの3プロジェクトについて次のとおりラオス国内業者に委託して実施した。

- a) 委託先 HYDROPOWER ENGINEERING CONSULTANTS (Vientiane, LAO P. D. R.)
- b) 委託期間 1993年11月5日～1994年3月20日

8.4.2 調査方法

調査は既存資料の収集を主とし、必要に応じ地元住民や行政からの聞き取りを中心とした現地調査を交えて行われた。これらの調査結果に基づき、影響評価、影響軽減対策、今後の環境影響調査において必要と考えられる追加調査の内容、近傍の類似貯水池における環境影響事例の調査、補償調査等が引き続き行われた。

8.4.3 調査項目

現地調査の資料はH E Cによって“Report on Environmental Impact and Compensation”に報告されている。

a) 環境影響調査

社会環境

人口・コミュニケーション

産業・経済

土地利用

水域利用

社会資本・交通

保健状況等

景 観

文化財等

自然環境

地形・地質

水象・水質

動植物

大気・騒音・振動

b) 補償調査

水没移転に係わる概算補償費の算出

8.5. アクセス調査

8.5.1 利用可能な港および空港

ラオスは内陸国であり港がなく、輸入機材はすべてタイ国経由で搬入される。Se Kong川流域の水力発電所建設にはラオス南部の中心都市Pakse市が輸送基地となる。PakseはMekong河に面しており、タイ国からの陸路（国道10号線）がフェリーボートで連絡されている。現在、このフェリーボートの運搬容量は以下の通りである。

積載重量： 100t, 1艘

50t, 1艘

積載容量： トラック 6台または乗用車 12台

一方、Pakseには国内線の空港があり、Vientianeから定期便が毎日運行されている。また、Saravane市にはVientianeから週1便の国内線が運行されている。

8.5.2 既設道路

PakseからSe Kong川流域に通じる既設道路としては国道および地方道がある。国道は幅員が6m~10m、一部区間はアスファルト舗装されており路面状況は良好である。河川横断部には鋼橋（20t）が架設しており、大半は雨期の通行も可能である。但し、Sekong~Attapu~Pakse区間のR-16号線の大半は幅員が狭く（約6m）、路面は未舗装であり、橋梁もなく雨期の通行は極めて困難である。これらの国道は現在はADB資金により舗装工事および改修工事が進行している。地方道は全般に幅員が狭く（4m）、未舗装で路面状況が悪い。橋梁は殆ど無く、雨期の通行は極めて困難である。なを、JICA調査団が1993年に調査したSe Kong川流域およびその周辺の既設道路の主要な諸元はTable 8.5-1に示す通りである。また、Se Kong川流域および周辺の既設道路マップはFig. 8.5-1に示す通りである。

Table 8.5-1に示すようにPakseからSe Kong川の開発基地となるSekong町まで160km、Xe Kaman川の基地となるAttapu町までは北回りで240km、南回りで162km、Xe Namnoy川の基地となるB. Latsasinまで70kmである。

これらの既設道路のうち、国道の一部および地方道の大半は建設用機械、水車発電機等の重量物運搬時には道路線形の改修および木橋の補強が必要である。また、フェリーボート区間では特殊な運搬船（バージ）が必要である。

8.5.3 工専用道路

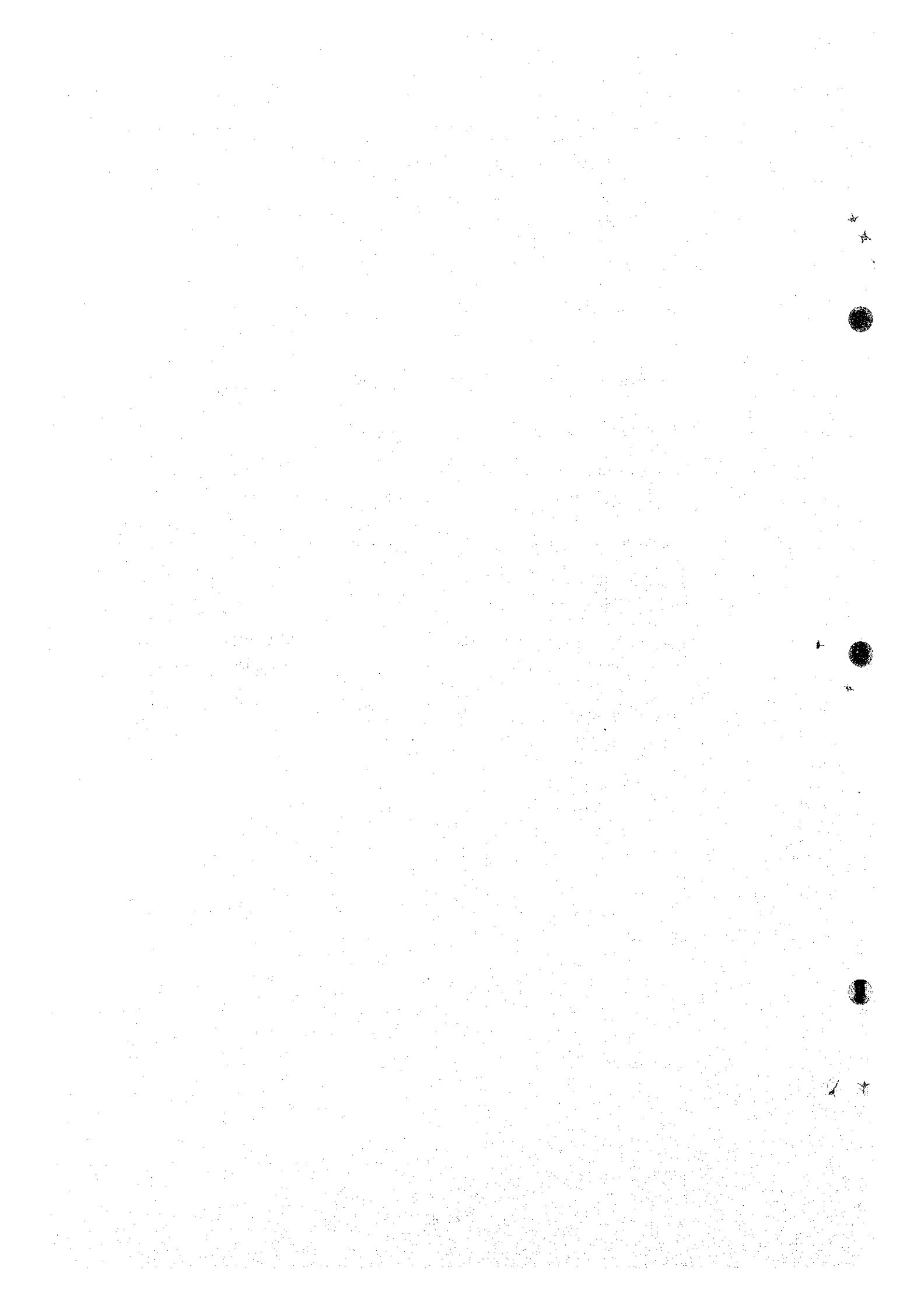
上記以外に開発計画地点までは道路がない。プレ・フィージビリティ調査ステージでは優良開発地点について、既設道路からダム計画地点迄の工専用道路を Table 8.5-2 に示す通り計画した。なを、既設道路の改修も計画した。

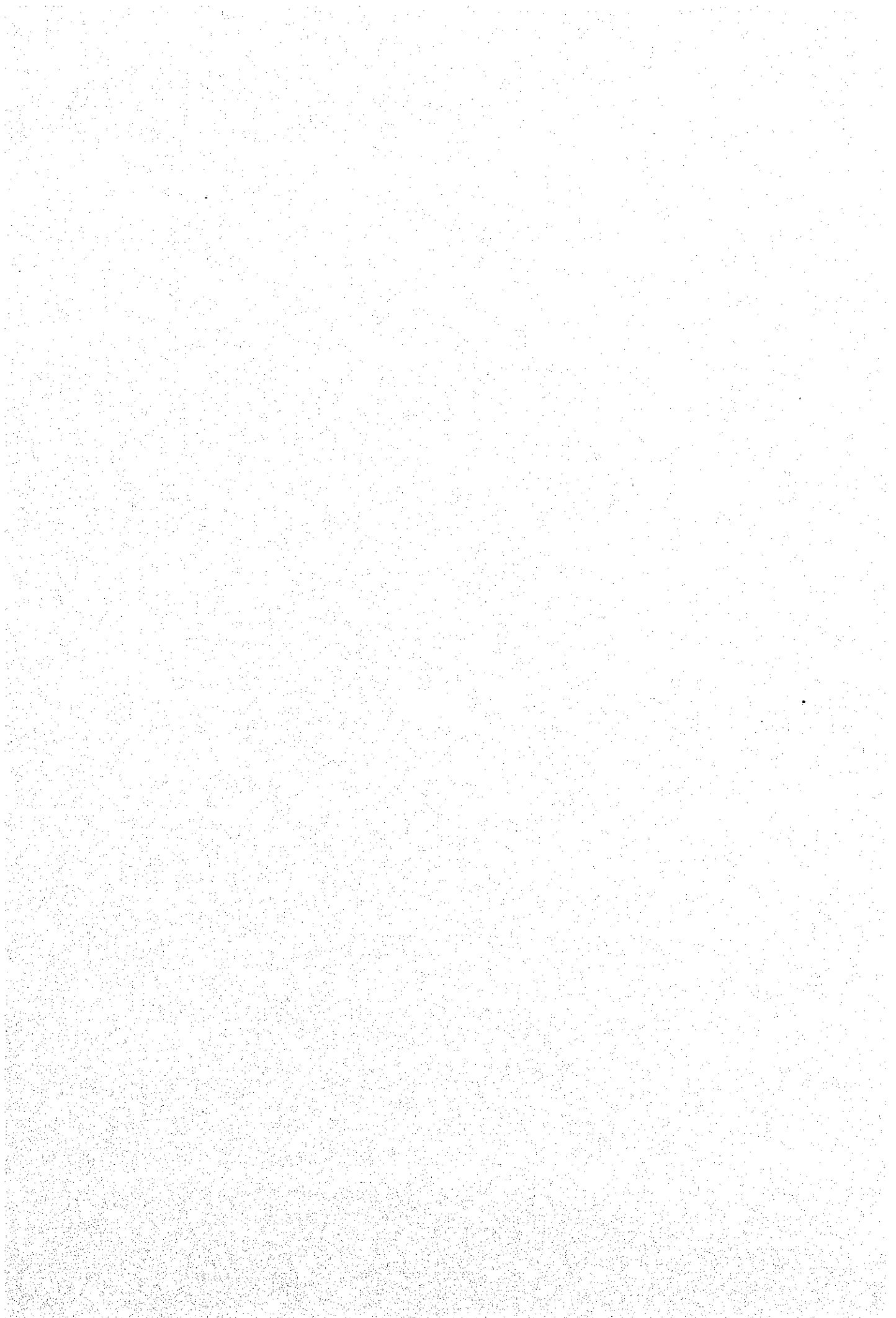
Table 8.5-1 Existing Roads

Route No.	Section	Distance	Width	Description
R-10	Thai border - Pakse	40 km	6-8 m	Tarred road Ferry boat (Mekong River) Steel bridges 20t, 15t (B=3 m, 4 m)
R-13	Vientiane - Pakse	700 km	8-10 m	Tarred, earthen road
	Pakse - B. Pathoumphen	45 km	6-8 m	Earthen road
R-16A	B. Thateng - B. Phon	40 km	6 m	Earthen road Wooden bridges 5t
	B. Phon - Sekong	7 km	6 m	Earthen road Wooden bridges 5t
	Sekong - Attapu	80 km	6 m	Earthen road Wooden bridges 10t No bridges at Xe Namnoy
R-16B	Attapu - B. Pathoumphen	120 km	6 m	Earthen road No bridge at Xe Pian Riv.
R-20	B. Houayhe - B. Beng	70 km	10 m	Tarred, earthen road Steel bridges 20t
R-23	Pakse - B. Houayhe	16 km	10 m	Tarred road
	B. Houayhe - Paksong	30 km	8 m	Earthen road
	Paksong - B. Thateng	-	6 m	Earthen road
	B. Thateng - B. Beng	20km	6-8 m	Earthen road Steel bridges 20t
	B. Beng - Saravane	-	10 m	Tarred road
Local roads	B. Phon - B. Nava Nua (Se Kong No. 4)	2 km	3 m	Earthen road Wooden bridges 5t
	Paksong - B. Latsasin (Xe Namnoy)	65 km	3-6 m	Earthen road Wooden bridges 5t
	Attapu - Xe Kaman (Xe Kaman No. 1)	54 km	3-6 m	Earthen road Ferry boat (Se Kong River) No bridges near site
Total distance from Pakse				
	Pakse - Sekong	153m		
	Pakse - Attapu (North route)	233m		
	Pakse - Attapu (South route)	165 km		
	Pakse - B. Latsasin (Xe Namnoy)	111 km		

Table 8.5-2 Plan of Construction Roads

Project	Distance	Width	Description
Se Kong No. 4			
New Construction	14 km	6 m	Earthen road Steel bridges
Improvement	14 km	6 m	
Xe Kaman No. 1			
New construction	22 km	6 m	Earthen road Steel bridges
Improvement	23 km	6 m	
Xe Namnoy Mid-stream includes Downstream			
New Construction	29 km	6 m	Earthen road Steel bridges
Improvement	34 km	6 m	





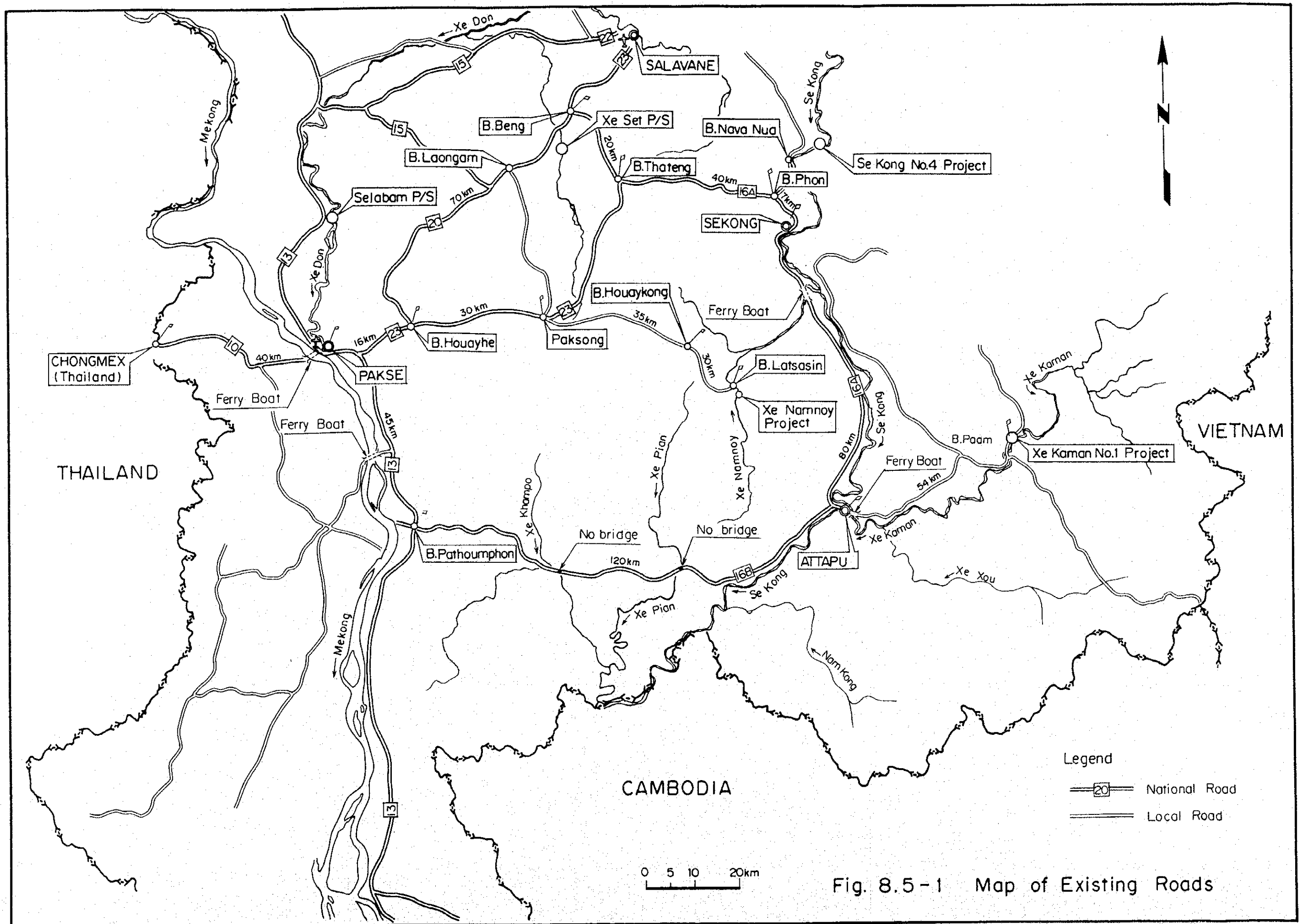


Fig. 8.5-1 Map of Existing Roads

第9章 気象および水文解析

第9章 気象および水文解析

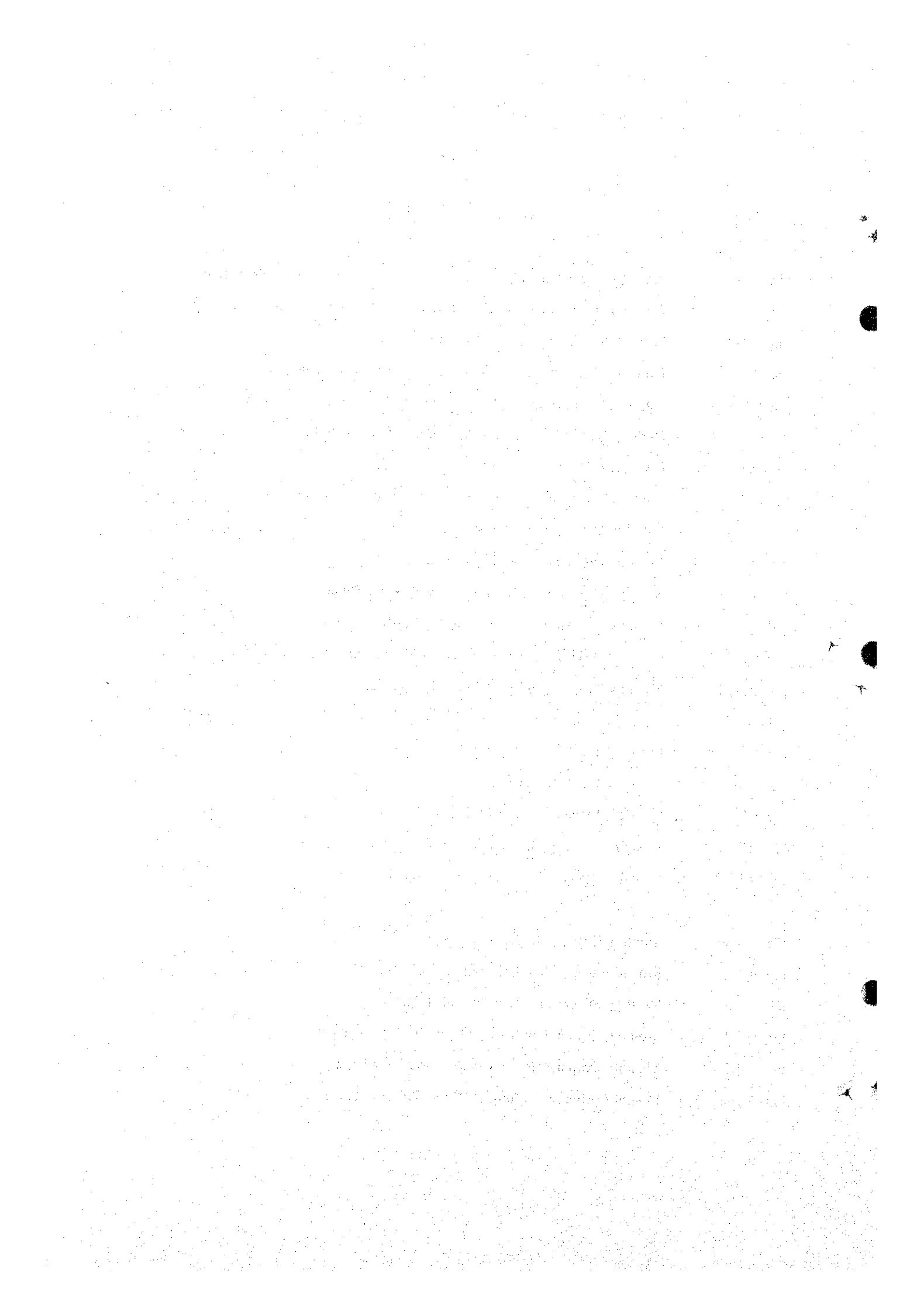
	頁
9.1 概要	9-1
9.2 月流量の推定	9-2
9.2.1 Se Kong No.4 の月流量	9-2
9.2.2 Se Kaman No.1 の月流量	9-5
9.2.3 Xe Namnoy 中流計画の月流量	9-8
9.2.4 Xe Namnoy 下流計画の月流量	9-12
9.2.5 Xe Pian 川分水地点の月流量	9-13
9.3 洪水量	9-15
9.3.1 推定方法	9-15
9.3.2 確率洪水量	9-15
9.4 蒸発量	9-18
9.4.1 実測蒸発記録	9-18
9.4.2 近傍観測所の観測値	9-18
9.4.3 各計画地点の月蒸発量	9-19
9.5 堆砂量	9-20

List of Tables

<u>Tables</u>	<u>Description</u>
Table 9.2-1	Discharge Measurement Record of Se Kong River at Sekong Town
Table 9.2-2	Discharge Measurement Record of Xe Kaman River at B. Hatsaykhao
Table 9.2-3	Discharge Measurement Record of Xe Namnoy River at B. Latsasin
Table 9.2-4	Discharge Measurement Record of Xe Katam River at B. Nonghin
Table 9.2-5	Monthly Discharge of Se Kong No. 4
Table 9.2-6	Monthly Discharge of Xe Kaman No. 1
Table 9.2-7	Monthly Discharge of Xe Namnoy Midstream Project
Table 9.2-8	Monthly Discharge of Xe Katam River at B. Nonghin
Table 9.2-9	Monthly Discharge between Xe Namnoy Midstream and Downstream Projects
Table 9.2-10	Monthly Discharge of Xe Pian Diversion Scheme
Table 9.4-1	Design Monthly Evaporation

List of Figures

<u>Figures</u>	<u>Description</u>
Fig. 9.2-1	River Cross Section of Se Kong River at Sekong Town Gauging Station
Fig. 9.2-2	River Cross Section of Xe Kaman River at B. Fangdeng Gauging Station
Fig. 9.2-3	Water Level Relation of Xe Kaman River
Fig. 9.2-4	Estimated Rating Curve of Se Kong River at Sekong Town
Fig. 9.2-5	Estimated Rating Curve of Xe Kaman at B. Fangdeng
Fig. 9.2-6	Observed Stage Discharge of Xe Namnoy River at B. Latsasin
Fig. 9.2-7	Estimated Rating Curve of Xe Namnoy at B. Latsasin
Fig. 9.2-8	Rating Curve of Xe Katam River at B. Nonghin G.S.
Fig. 9.2-9	Monthly Discharge of Se Kong No. 4
Fig. 9.2-10	Monthly Discharge of Xe Kaman No. 1
Fig. 9.2-11	Monthly Discharge of Xe Namnoy Midstream Project
Fig. 9.2-12	Monthly Discharge of Xe Katam River at B. Nonghin
Fig. 9.2-13	Monthly Discharge between Xe Namnoy Mid and Downstream Projects
Fig. 9.2-14	Monthly Discharge of Xe Pian Diversion Scheme
Fig. 9.3-1	Peak and Mean Discharge Relation
Fig. 9.3-2	Probable Flood of Se Kong No. 4
Fig. 9.3-3	Probable Flood of Xe Kaman No. 1
Fig. 9.3-4	Probable Flood of Xe Namnoy Midstream Project
Fig. 9.3-5	Probable Flood of Se Kong River at Attapu
Fig. 9.4-1	Monthly Evaporation Distribution at Pakse
Fig. 9.4-2	Monthly Evaporation Distribution at Nikhom 34
Fig. 9.4-3	Monthly Evaporation Distribution at Attapu
Fig. 9.4-4	Monthly Evaporation from 1993 to 1994 at Sekong Town
Fig. 9.4-5	Monthly Evaporation from 1993 to 1994 at Attapu
Fig. 9.4-6	Monthly Evaporation from 1993 to 1994 at B. Latsasin



第9章 気象および水文解析

9.1 概要

本章は、包蔵水力調査時に新設した観測施設を使って得た実測記録をベースに求めた3プロジェクト地点の月流量、洪水量等を報告するものである。

包蔵水力調査により、Se Kong No. 4, Xe Kaman No. 1, Xe Namnoyの3開発プロジェクト地点が7河川、15候補地点より選定された。6.3章で、この際の予備検討でベースとなった月流量、洪水量、蒸発量、貯水池堆砂量を報告している。この包蔵水力調査ステージでは、3開発プロジェクト地点の最寄りの水位観測所であるSekong町、B. Pangdeng、B. Latsasin で記録されていたそれぞれ5、2、3年間の日水位記録を利用することができなかった。流量測定がなされておらず、水位と河川流量の関係が不明であったためである。

その後、1993年10月にJICAから供与された流速計（2個）および資機材を使ってこれら3地点にMIHの手により流量観測所を設けた。洪水時にも河川流速が測定できるようにスチールケーブルを対岸に渡し、手巻きウインチにて流速計をリモートコントロールできるようにしたものである。B. Latsasinでは、川幅が比較的小さいので、ゴンドラを吊るし、観測者が直接ゴンドラより河川流速を測定できるようにした。

これら新設した流量観測所より月4回の測定記録がVientianeのMIHへ送られることになった。

本章の解析を始めるに当たり、1993年10月から1994年6月もしくは、7月までの流量測定結果が入手できた。これより推定された水位流量曲線にて、3水位観測地点の日流量を求めた。この日流量を基に、各プロジェクトの月流量、さらに確率洪水量を求めた。

また、3プロジェクトの流域内に、JICA供与の自記雨量計3個および大型蒸発計3個も設置され、これらから得た記録も今回の検討に使っている。

9.2 月流量の推定

プロジェクト近傍の観測地点の日流量を基に、この観測地点の月流量を求め、流域面積比を乗じることにより、各プロジェクトの月流量を求めた。しかし、こうして求めた月流量は10年に満たない。一般に、水力発電計画のベースとなる河川流量は10から20年の信頼のできるデータが必要であると言われる。このため、近接する他河川との流量の相関関係を求め、期間を10年に引き延ばした。

日水位記録は各地点で求められる水位流量曲線により日流量に換算されるが、流量測定を1993年10月、すなわち、昨年の雨期の終わりから始めたので、高水位における水位と流量の関係が確立されていない。このため、この高水位部の水位と流量の関係を、等流水深もしくは不等流計算により水面形を求め推定した。したがって、この水位と流量の関係は、実測資料が得られ次第、修正すべきである。

9.2.1 Se Kong No. 4の月流量

Sekong町は、Bolaven高原とAnnam山脈の間にある平野部に開けた町で、Se Kong No. 4プロジェクト・ダムサイトより約40km下流に位置する。この町のSe Kong川右岸に標尺が設置され、水位観測が1989年1月から始められている。Se Kong川本流にある水位観測所はSekong町とこの町の下流90km地点にあるAttapu町の2ヶ所である。この町の水位観測地点の流域面積は 6,200km²である。

(1) 実測データ

以下のSekong町の水位記録と流量測定記録を使って流量を求めた。

水位記録	: 1989年1月-1994年6月
内訳	1989. 1-11月 (11月不完全、12月欠測)
	1990. 1-12月 (10月不完全)
	1991. 1-12月 (完全)
	1992. 1-12月 (12月不完全)
	1993. 1-12月 (3,5,6,8 月不完全)
	1994. 1- 6月 (7月不完全)
計	約 64ヶ月、約 5.3ヶ年
測定WL範囲	0.88 - 14.48 m
平均WL	=2.3 m

流量測定記録 : 1993年11月6日-1994年6月29日
測定回数 30回
測定WL範囲 1.09 - 3.14

(2) 水位流量曲線の推定

流量観測は、Table 9.2-1 に示すように水位が 1mから3mの低水時にのみ行われており、雨期の高水位の記録は入手していない。

したがって、高水位の水位と流量の関係を以下の方法で推定し、Fig.9.2-4 の水位流量曲線を得た。

a) 流量測定記録の30点の内の29点より、最小自乗法により、低水部の水位流量曲線を直線として求めた。もう1点の記録は、やや高水位域で、流量が他の測点より大きいので、ここでは用いなかった。

b) 高水部の水位流量曲線は、河床勾配と粗度係数をパラメータとして以下の12ケースの等流水深を求め、最も実測値に近づくケースの等流水深を結ぶ曲線とした。

i) $i = 1/5,000$	ii) $i = 1/2,500$	iii) $i = 1/1,250$
$n = 0.04$	$n = 0.04$	$n = 0.04$
$= 0.05$	0.05	0.05
$= 0.06$	0.06	0.07
$= 0.07$	0.07	0.08

この時に使った河川断面を Fig.9.2-1 に示す。この河川断面は、1994年1月、MIHエンジニアにより測量されたものである。

c) この結果、河床勾配 $1/1,250$ 、粗度係数 0.07 のケースを選んだ。

d) ふたつの水位流量曲線は、交点の水位 1.69m で使い分ける。

(3) 月流量の算出

ふたつの水位流量曲線を使ってSekong町の日水位記録より日流量を求めた。

この結果、1989年6月から1994年6月のうち、1989年12月、1990年10、11月を除いた57ヶ月（約5年）のSekong町の月流量を得た。

(4) Sekong町月流量を10年間に延ばす

実測日水位記録より得られた約5年分の月流量を10年以上に引き延ばすため、近接する河川の月流量との相関関係を調べ、これを利用した。

a) Attapu町より延ばす

Attapu町の水位記録は1988年5月21日より始まり、1994年7月18日までのデータが収集されている。毎日記録されているが、1994年3月の1ヶ月は欠測している。

月流量でSekong町とAttapu町の関係を見ると、資料数 $N=56$ 個で相関係数 $r=0.91$ と良い相関を示す。

この関係にて、1988年後半と1989前半を中心に、Sekong町の16ヶ月の月流量を補完した。

b) Xe Done川B. Nanay地点の月流量より引き延ばす

B. NanayとSekong町の月流量の相関関係を共通期間である1988年6月から1989年12月で調べると、相関係数は $r=0.86$ となる。また、11月から4月までの渇水期で相関を見ると $r=0.95$ となる。

この両者の関係を使って、Sekong町の流量を引き延ばした。

この結果、1960年1月から1961年12月、1964年1月から1975年12月、1978年1月から1981年12月、1987年1月から1988年5月の計233ヶ月、約19年分の月流量を得た。

c) Xe Done川Souvannakhili地点の月流量より引き延ばす

1986年8月から同年12月までの5ヶ月をSouvannakhiliの月流量を使って補完した。この地点とSekong町の月流量の相関関係は、1988年6月から1993年12月の55ヶ月で調べた結果、相関係数は $r=0.80$ となった。また、同期間の乾期だけの流量で求めると $r=0.7$ となる。

以上より、Sekong町の月流量データは25年程になった。

(5) Se Kong No. 4 の月流量

後述するように、他の2プロジェクトは1984年8月から1994年7月の連続した10年間の月流量を求めている。よって、Se Kong No. 4の月流量も同様の期間とするため、1982年8月から1986年7月の2年間を次のように求めた。

- a) B. Fangdengの月流量より、後半の8年間と10年間、すなわち、1986年8月から1994年7月と1984年8月から1994年7月の平均値を求め、両者の比を算出する。
- b) Sekong町の月流量より、1986年8月から1994年7月の8年間の平均値を求める。
- c) B. Fangdenと同様の比率に成るよう、残り2年間の平均値を求める。
- d) この2年間の平均に最も近づくようSekong町の月流量2年分を1960から1981年の18年間の月流量より選ぶ。

この結果、1969年8月から1971年7月の2年間を選んだ。このSekong町の10年間の月流量に流域面積比を乗じSe Kong No. 4の月流量を得た。Table 9.2-5 と Fig. 9.2-9 に結果を示す。

9.2.2 Xe Kaman No. 1 の月流量

Se Kong川との合流地点にあるAttapu町より東方約10kmの位置にあるB. Fangdengは、Xe Kaman川右岸沿いに開かれた村で、ここにXe Kaman川唯一の水位観測所がある。日水位記録は、1991年11月からあり、水文気象局 (Department of Hydrology and Meteorology : DHM) のAttapu支局により現在も観測が続けられている。しかし、ここでは流量観測を行っていない。よって、この地点の水位と流量の関係を求めるため、1993年10月、B. Fangdengより約3 km上流にあるB. Hatsaykhaoに、JICAとMIHによりケーブルを使った流量測定施設を設けた。

なお、Xe Kaman No. 1 プロジェクトサイトは、B. Fangdengよりさらに東方へ50km Xe Kaman川を遡った山岳部にある。

(1) 実測データ

解析に用いたデータは、以下の通りである。

a) B. Hatsaykhao 日水位 1993.11 - 1994.5
流量測定 1993.10.1 - 1994.5.29
28回 $h = 0.36 - 1.72$ m (B. Fangdengの水位に換算済)
 $Q = 34 - 183$ m³/s

b) B. Fangdeng 日水位 1991.11 - 1994.5 (1992, 1993年の4月欠測)
 $h = 0.3 - 6.22$ m

(2) B. Fangdengの流域面積

1/100,000の地形図をベースに、Xe Kaman No.1 (3,800km²) より、B. Fangdengの流域面積 4,570km²を求めた。

(3) B. FangdengとB. Hatsaykhaoの水位の関係

B. Fangdengの水位記録は約 2.5年あるが流量測定記録はない。一方、1993年10月から流量測定を始めた新設観測所であるB. Hatsaykhaoの水位記録は Table 9.2-2 に示すように、まだ約半年と短い。両者の持っている記録（水位記録と流量記録）を繋ぐためには2地点の水位の関係を知る必要がある。

そこで、同日の水位の関係を求め、Fig. 9.2-3 を得た。この時の回帰直線で B. Hatsaykhaoの水位をB. Fangdengの水位に換算することにした。

(4) B. Fangdeng の水位流量曲線の推定

Sekong町の場合と同様、流量測定は乾期の低水時しか実施されておらず、B. Fangdengで記録されている最高水位 6.22mはもとより、1.8m以上の水位をカバーしていない。これ以上の水位と流量の関係をSekong町と同様に等流水深を算出して推定することにした。等流水深は、河川の勾配と粗度係数に支配されることから、これらをパラメータとし、下記の組み合わせより、実測された水位と流量の関係に最も近い値が得られる組み合わせを選んだ。計算で使用した河川横断面は、

1994年1月に測量したもので、Fig. 9.2-2 に示す。

i) $i = 1/4,974$	ii) $i = 1/2,500$	iii) $i = 1/1,250$	iv) $i = 1/1,000$
$n = 0.04$	$n = 0.03$	$n = 0.03$	$n = 0.04$
$= 0.03$	$= 0.04$	$= 0.04$	
$= 0.05$	$= 0.05$		

この結果、勾配 $i = 1/2,500$, $n = 0.03$ の場合が最も実測値に近かった。この組み合わせで求められる等流水深を水位に変換し、流量と水位の関係を求め、これらの点を結ぶ二次曲線を最小自乗法にて求めた。そして、これをB. Fangdengにおける水位流量曲線とした。Fig. 9.2-5 に、この水位流量曲線を示す。

(5) B. Fangdeng月流量を10年間に延ばす

a) Attapuより延ばす

前述のように推定した水位流量曲線を使って求めたB. Fangdengの約2.5年の月流量は、Attapuの月流量と良い相関を示す ($N=26$, $r=0.95$)。また、11月から4月の渇水期で別途相関をとり、渇水期はこれから得られる回帰直線で推定した。この時の相関係数は、資料数15で $r=0.90$ である。

これらの関係にてB. Fangdengの月流量をAttapuと同様の6.5年間に引き延ばし、1988年6月-1994年7月の流量を得た。

b) Kontumより延ばす

この引き延ばされた月流量をXe Kaman川と流域を接するSe San川支流のDak Bla川のKontum地点 (流域面積 3,060km²) の月流量と較べてみた。Kontumの月流量記録は、Table 6.3-6 に示されている。

1988年6月-1989年12月の共通期間19ヶ月でB. FangdengとKontumの月流量の相関を調べた結果、相関係数 $r=0.86$ を得た。この時の回帰直線にてB. Fangdengの月流量をKontumより求めた。

これにて約3.5年の流量が追加され、1984年8月-1994年7月の計10年間の月流量が得られた。

(6) Xe Kaman No 1 の月流量

B. Fangdeng地点の10年間の月流量より流域面積比を使って求めたXe Kaman No. 1 プロジェクトの月流量を Table 9.2-6 と Fig.9.2-10 に示す。

9.2.3 Xe Namnoy中流計画の月流量

B. Latsasinは、Xe Namnoy中流計画ダムサイトより2 km下流の左岸にある村である。ここには、1991年JICAにより設置された自記水位計がある。Xe Namnoy川の水位観測所は、ここだけである。MIHがこの観測所を管理し、現在も引き続き観測が行われている。

ここでは、渇水期には従来による流量測定が行われているが、ゴンドラ等の設備がないため豊水期には測定ができず、低水位の測定しか行われていない。したがって、1993年10月、JICAとMIHにより、水位計より約300m上流にゴンドラの付いたケープルウェイを設置し、洪水時でも流量測定が行えるようにした。

(1) 実測データ

本解析は以下の実測データを用いて行った。

B. Latsasin	日水位	1991.2 - 1994.7.14
		$h=0.45 - 5.12$
	流量測定	1991.5.17 - 1994.7.12
		65回, $h=0.47 - 4.36\text{m}$

(2) 流量測定結果の検討

B. Latsasinに設置されている水位計の下流約100mの所にHouay Katak Tok (Houay Ho)プロジェクトのための仮設橋が1993年末に架設された。その後、1994年7月末に現地を訪れたJICAメンバーによりそれが永久橋になっており、また、その付近の河川に土砂が押し出されていることが確認された。水位計より上流の河川断面に工事による影響はないとのことなので、河川の断面が小さくなった橋のある断面より水位が上昇し、その背水が上流に達しているものと考えられる。

B. Latsasinにおける流量測定は、1991年に始まり現在も継続中であり、そのうちの1994年7月12日までの記録が収集済みである。Table 9.2-3 に、この記録を示

す。水位と流量の関係をこの記録より求めるのであるが、この中のある期間の記録にはこれらの堰上げによる背水の影響が入っていると考えられる。

この影響を調べるため次の期間の記録を仕分けして水位と流量のグラフ Fig. 9.2-6 を作成した。

a) 期間1991年5月－1992年4月の流量測定記録

Xe Katam小水力プロジェクト (JICA) の時に測定された記録。

記録は、渇水期のものしかないが、Fig. 9.2-6 に示すように、良くまとまっており、背水の影響を受ける前の低水時の水位と流量の関係を明瞭に示している。

b) 期間1993年10月－1994年1月の流量測定記録

新設されたケーブルウェイで測定された記録。流量が数 m^3/s と小さい時、観測地点の河川断面が流量に較べて大きいため流速が数 cm/s と微小になり、流速計でこの値が正確に計測できず過大な流速を示していたという不具合が生じていたことがこの期間後判明した。また、記録の一部に背水の影響を受けたものがあると考えられる。

この測定記録は、Fig. 9.2-6 より明かなように他の期間の記録よりバラついている。これは、流速計の不具合に起因するものと、また、背水の影響を受けたものが混在しているためと考えられる。これらを明確に分けることは困難なので、水位流量曲線を作成する際、除外する事にした。

c) 期間1994年2月－1994年5月の流量測定記録

流量が小さい場合は、ケーブルウェイを使わず、十分な流速が得られるよう水流の小さくなったヶ所で測定するよう指示した後の記録。1991年5月－1992年4月の記録との比較より、堰上げ後の背水の影響を受けていると考えられる。

d) 期間1994年6月－1994年7月の流量測定記録

測定期間より、背水の影響が入っているものと考えられる。この期間の測定記録だけが水位 2.0m以上の記録 ($h=2.14 - 4.36\text{m}$, 7点) を持っている。よって、この流量測定記録より作成した水位流量曲線を背水の影響を受ける前の期間

の水位流量曲線として使おうと意図した。流量は小さく算出され安全側の流量を与えると考えたからである。しかし、この曲線と後述する低水用の水位流量曲線で求めた流量による年流出高は以下に示す様に、流域内のB. LatsasinとB. Namkongの観測所で記録された年雨量より大きくなった。

	1991	1992	1993	1994***
B. Latsasin 年流出高 [mm]	3,858	2,010	1,977	1,221
B. Latsasin 年雨量 [mm]	2,774	* 1,232	1,892	** 171
B. Namkong 年雨量 [mm]	3,449	** 537	2,197	1,006

* : 欠測あり ** : 欠測多し *** : 7月中旬までの記録

2 観測所の雨量観測値が流域の年平均降雨量をほぼ示すと考えると、流出高がこの値より大きくなるのは不合理である。よって、背水の影響を受ける前の流量をこの期間の記録により求めた水位流量曲線で推定するのは無理があると判断した。

また、1994年6月以後の水位が、橋と工事による土砂の流入により河川水位が堰上げられ1994年2月-1994年5月の流量測定結果が得られているとすれば、それ以前の水位流量曲線は上記計算値より大きい流量を与える曲線となる。よって、この期間の流量測定記録は使わず、他の方法で高水位時の水位と流量の関係を推定することにした。

同時に、1994年の雨期、すなわち、5月から7月中までの日水位記録も破棄することにした。もしこの期間の水位が堰上げられているとすれば、堰上げ以前の水位流量曲線で流量を求めると過大な値を与えることになるし、また、この期間の水位と流量の関係を推定する手段を持たないからである。

(3) B. Latsasinの水位流量曲線の推定

前述したように、水位流量曲線の推定に使える流量測定記録は、セカタムプロジェクトで取った26個 ($h=0.47 - 1.06\text{m}$) の記録と1994年2月から5月に測定した15個 ($h=0.73 - 1.78\text{m}$) の記録である。前者は、背水の影響を受ける前の低水用の水位流量曲線を求めるために使い、後者は、影響後の水位流量曲線を求めるために使用した。

背水の影響を受ける前の高水位用の水位と流量の関係は、今回新たに作成した1/1万の地形図より求めた河川断面を使って不等流計算を行い求めた。

こうして得た3本の水位流量曲線にて、1991年2月から1994年4月の3年3ヶ月の日流量を求めた。この水位流量曲線を Fig. 9.2-7 に示す。

(4) B. Latsasin月流量を10年間に延ばす

a) Xe Setより延ばす

B. Latsasinの3年3ヶ月の月流量のうち、期間1991年2月から1993年6月を、Xe Namnoy川と同様にボロベン高原に流域を持つXe Set川の月流量と比較すると、資料数 $N=29$ 個で相関係数 $r=0.98$ と、良い相関を示す。

Xe Setの月流量の観測値は、1985年1月～1986年12月、および、1989年1月～1991年1月の4年間ある。この記録を使ってB. Latsasinの月流量を引き延ばす前に、Xe Setの1987年、1988年の欠測をXe Done川B. Nanayの記録を使って補完することにした。両者の相関関係は、資料数 $N=24$ で相関係数 $r=0.73$ であるが、乾期は資料数 $N=9$ 個で相関係数 $r=0.87$ である。

この関係を使って、Xe Setの1985年1月～1991年1月の流量よりB. Latsasinの月流量を7年間引き延ばした。

b) B. Fangdengより延ばす

月流量を10年にするため残りの期間1984年8月から12月の5ヶ月、1994年5月から7月の3ヶ月をB. Fangdengとの相関関係を使って求めた。なお、両者の相関関係は、1991年2月から1994年4月の共通期間で求めると、資料数 $N=39$ 個で相関係数 $r=0.88$ である。

B. Fangdengは、B. Latsasinから直線距離で南東方向に40km離れており、また、Bolaven高原下に位置する。流出特性が異なると思われるが、短期間の補完ゆえ、全体に与える影響は小さいと考え、B. Fangdengの月流量を使った。

(5) Xe Namnoy中流計画の月流量

Xe Namnoy中流案の流域面積 531km²とB. Latsasinの流域面積 537km²の比率で中流案の月流量10年間を求め Table 9.2-7 と Fig. 9.2-11 に示す。

9.2.4 Xe Namnoy下流計画の月流量

Xe Namnoy下流案は単独プロジェクトではなく、中流案との複合プロジェクトとなる。したがって、下流案の取水可能量は中流案から流れ込む水と残流域からの取水量の合計となる。この残流域は、Xe Namnoy中流案の下流域、Xe Katam流域、および、Houay Katak Tokプロジェクト下流域から成る。よって、ここでは、残流域の月流量をXe Katam川の流域と既に求めたXe Namnoy川B. Latsasin地点の流量より求める。

(1) Xe Katam川の月流量

Xe Katam川は、1991年JICAのF/S対象となりこの時B. Nonghin (流域面積 171km²) に自記水位計が設置されるとともに流量測定が開始された。よって、流量測定記録は乾期雨期の通年あり、このデータにて水位流量曲線を作ることができた。Table 9.2-4 にこの記録を示す。

a) 実測データ

B. Nonghin	日水位	1991. 1. 24 - 1993. 9. 30
		1994. 1. 1 - 1994. 5. 31
		h = 0.20 - 1.51
	流量測定	1991. 5. 03 - 1993. 3. 21
		151回, h = 0.26 - 1.48m

b) B. Nonghinの水位流量曲線の推定

Fig. 9.2-8 にプロットしたように、151点のデータのうち7点を除く流量測定記録は、ほぼ一本の曲線に乗る。最小自乗法によりこの時の二次曲線を求めた。

この水位流量曲線にて約3年間の日水位を日流量に換算した。

c) B. Nonghin月流量を10年間に延ばす

i) Xe Setより延ばす

前述のように求めたB. Nonghinの2年8ヶ月の月流量のうち、期間1991年1

月から1993年6月で、Xe Set川月流量との相関を調べた。この結果、資料数 $N=29$ で相関係数 $r=0.98$ を得た。

Xe Setの月流量は、1985年1月-1986年12月、および、1989年1月-1991年1月の4年間の観測値があるが、Xe Namnay川の月流量を求めた時1987年、1988年を補完した。この1985年1月-1991年1月の流量よりB. Nonghinの月流量を6年間引き延ばした。

ii) B. Latsasinより延ばす

月流量を10年にするため残りの期間1984年8月から12月の4ヶ月、1993年10月から12月の3ヶ月および1994年6月から7月の2ヶ月をB. Latsasinとの相関関係を使って求めた。

両者の相関関係は、1991年1月から1994年5月の共通期間で求めると、資料数 $N=36$ 個で相関係数 $r=0.87$ である。また、乾期だけで比較すると、 $N=15$ で、 $r=0.93$ となる。

以上より求めたXe Katam川のB. Nonghin地点の月流量を Table 9.2-8, Fig. 9.2-12 に示す。

(2) Xe Namnoy下流計画残流域の月流量

残流域 721km^2 のうち、Xe Katam川 290km^2 (Xe Katam小水力発電計画取水口地点流域面積) をB. Nonghin地点 (流域面積 171km^2) の月流量より求め、残りの流域 431km^2 の流量をB. Latsasin地点のXe Namnoy川の月流量より求める。

この結果を Table 9.2-9 と Fig. 9.2-13 に示す。

9.2.5 Xe Pian 川分水地点の月流量

Xe Pian川には水位観測所がなく、したがって、流量資料はない。よって、流域を接するXe Katam川B. Nonghin地点の10年間の月流量をベースに分水地点の月流量を求めた。

(1) 流域面積

分水地点は、Xe Pian川の支流と本流に2ヶ所ある。それぞれの流域面積を1/

5万の地形図を使って、下記のように求めた。

分水地点	流域面積 [km ²]
Xe Pian 支流	28.1
Xe Pian 本流	195.3
合 計	223 km ²

(2) 月流量の推定

Xe Pian川の支流と本流の流量をXe Katam川B. Nonghin地点の10年間の月流量より流域面積比で求めた。

この結果を Table 9.2-10 と Fig. 9.2-14 に示す。

9.3 洪水量

9.3.1 設計洪水量

各水力開発計画の洪水吐の規模を決めるための設計洪水量は、既に第6章6.3で報告した。プレ・フィージビリティ調査ステージでは、包蔵水力調査ステージで求めたこのクリューガーカーブを使って推定した下記の結果を用いる。

Se Kong No.1	16,400 m ³ /sec
Xe Kaman No.1	14,300 m ³ /sec
Xe Namnoy Mid-stream	6,000 m ³ /sec
Xe Namnoy Downstream	9,000 m ³ /sec

9.3.2 確率洪水量

ここでは、9.2章で新たに求めた流量を基にして、仮排水路の規模決定に必要な確率洪水量を推定する。

Se Kong, Xe Kaman, Xe Namnoyの3河川における年最大流量の記録は、メコン委員会のYearbookに掲載されているAttapu市の3年間の記録以外ない。3河川で測定されているのは日水位で、しかも、Sekong町, B. Fangdeng (B. Hatsayk-hao), B. Latsasinの各観測所の記録はそれぞれ約5, 2, 3年間と観測期間は短い。したがって、以下の手順にて年最大流量を推定し、対数正規分布にて確率洪水量を求めた。

(1) 洪水時のピークと日流量の関係

Attapu, Savannakhili (Xe Done 川), B. Nanay (Xe Done 川), Kontum (Dac Bla川, Vietnam)の観測所の記録とメコン委員会のYearbook 1988, 1989, 1990年より得たラオス国内14ヶ地点の年最大流量と、同日の日流量より、洪水時のピーク流量と日流量の関係を調べた。

これをグラフにし、Fig. 9.3-1に示す。また、これらのデータを包絡する二次曲線を求め、この曲線にて両者の関係を現すことにした。

(2) 年最大流量の推定

Se Kong町, B. Fangdeng (B. Hatsaykhao), B. Latsasinの各観測所の年最大流量の記録はそれぞれ5, 2, 3年間とわずかである。この数を増やすため、Sekong町はAttapuより1年分、B. FangdengはSekong町より4年分、B. LatsasinはSekong町より3年分、それぞれの地点で観測された年最大流量を流域面積比にて補完した。

(3) 確率洪水の推定

各観測所の年最大流量を流域面積比を乗じて、各プロジェクトの年最大流量とする。これらに対数確率紙に落とし、対数正規分布にて、確率洪水を求めた。以下にその詳細について述べる。

下表と Fig. 9.3-2 から Fig. 9.3-4 に、各プロジェクトの確率洪水量を示す。また、Attapu市の6年間の実測流量記録より同様に求めた確率洪水量を Fig. 9.3-5 に示す。これら得られた100年確率洪水量を流域面積と比流量の関係で、6.3章の Fig. 6.3-6 にプロットすると、ECARFが求めた100年確率洪水を包絡する曲線と直線にほぼ一致する。また、観測された年最大流量より求めたAttapuの100年確率洪水量も、この包絡線に載る。よって、現在継続している流量観測により将来確率洪水量は変化するであろうが、記録の不足している現段階の推定値としては、最も信頼できる推定値であると考ええる。

a) Se Kong No.4 (流域面積 5,400km²)

本計画は、ダムをフィルタイプとしているので、仮排水路の設計洪水量を20年確率洪水量とする。この設計洪水量(20年確率洪水)は、下表より、5,400m³/sとする。

確率年 [年]	確率洪水量 [m ³ /s]	平方km当たり [m ³ /s/km ²]
5	3,524	0.65
10	4,454	0.82
20	5,404	1.00
50	6,718	1.24
100	7,767	1.44
200	8,870	1.64

b) Xe Kaman No.1 (流域面積 3,800km²)

本計画は、ダムを重力式コンクリートダムとしているので、仮排水路の設計洪水量を5年確率洪水量とする。したがって、次表よりこの設計洪水量を3,212m³/sとする。

確率年	確率洪水量	平方km当たり
[年]	[m ³ /s]	[m ³ /s/km ²]
5	3,212	0.85
10	3,917	1.03
20	4,615	1.21
50	5,550	1.46
100	6,276	1.65
200	7,023	1.85

c) Xe Namnoy中流計画 (流域面積 531km²)

仮排水路の設計洪水量 (20年確率洪水) を、下表より、950m³/sとする。

確率年	確率洪水量	平方km当たり
[年]	[m ³ /s]	[m ³ /s/km ²]
5	594	1.12
10	758	1.43
20	927	1.75
50	1,162	2.19
100	1,351	2.54
200	1,551	2.92

d) Xe Namnoy下流計画 (流域面積 1,451km²: H. Katak Tokを含む)

Xe Namnoy下流計画は、重力式コンクリートダムで計画しているので、仮排水路の設計洪水量は、5年確率洪水量とする。

前述した3ヶ所の100年確率洪水量が包絡線を描くように、5年確率洪水量もこれに平行な包絡線が描かれる。これを求めると下式となる。

$$q = 0.149A^{(1.8A^{-0.05} - 1)}$$

ここに、q : 5年確率の洪水比流量 [m³/s/km²]

A : 流域面積 [km²]

この式より、5年確率洪水量 1,350m³/sを得た。

9.4 蒸発量

3プロジェクトの年間蒸発量は包蔵水力調査ステージで推定し、第6章6.3.5で報告している。ここでは、短期間ではあるが3観測所に新設した大型蒸発計による記録があるので、これを使って月蒸発量を求める。

9.4.1 実測蒸発量記録

解析に用いたデータは、下記の通りである。

- a) Attapu 1989年 1月 - 11月 by Pitcher
 1990年 1月 - 1991年12月 by Pitcher
 1993年10月 - 1994年 5月 by Class A Pan
- b) Sekong町 1993年10月 - 1994年 6月 by Class A Pan
- c) B. Latsasin 1993年10月 - 1994年 6月 by Class A Pan

9.4.2 近傍観測所の観測値

6.3章より、PakseとNikhon 34における年間蒸発量に対する各月の蒸発量の比率を求め、Fig. 9.4-1, 2に示す。この図に、月平均相対湿度と月平均気温より算出した月蒸発量から求めた比率を同時に示した。また、Pitcherで観測された約3年間の日蒸発量をベースに作成したAttapuの同様の図を Fig. 9.4-3に示す。

Pakseの月蒸発量は、雨期の6月から9月の3ヶ月に最も小さく、雨期の終わり始める10月頃より蒸発量は増し、3月にピークを迎える。Nikhon 34の蒸発量の傾向もこれに似るが、ピークが2月にあり、Pakseに比べ増減が緩慢で最大と最小の差が小さくなっている。Attapuは、短期間の平均値のためか、実測値はややばらついている。しかし、計算値とともに3月にピークがあり、雨期の6月から9月の3ヶ月に最小部がくる傾向は他と同じである。2月、11月、12月の実測値の値が湿度と気温より求めた計算値に比べやや大きく、4月は逆に実測値の方が小さくなっている。計算値の傾向はPakseのそれに似ている。

9.4.3 各計画地点の月蒸発量

a) Se Kong No.4

Se Kong町に新設された蒸発計による観測は1993年10月より始まり、1994年6月までの約9ヶ月のデータが収集済みである。これを図に表すと Fig. 9.4-4 になる。

他の新設蒸発計の観測値も同様であるが、雨の降る日の多い時期の観測値に、信頼性に欠けるものが多い。蒸発量が負の値になったり、数十ミリになったりするからである。Fig. 9.4-4 はこれらの信頼性に欠ける4, 5, 6, 10月の値を除いている。この図より11, 12月の蒸発量は増加傾向を示し、3月以降にピークが来そうであることがうかがえる。この変化は近傍観測所における観測値のパターンの内、Pakseにて得られているものに似ている。よって、Pakseの月蒸発量の年蒸発量に対する比率でSe Kong No.4 プロジェクトの月蒸発量を求める。

b) Xe Kaman No.1

Attapuに新設され、6ヶ月にわたり観測されたClass A Panによる蒸発量はSe Kong町の観測値と同様に雨期の値に信頼性が欠ける。これらの値を除いた月蒸発量の変化を Fig. 9.4-5 に示す。わずか5ヶ月のデータで傾向を見るのは容易ではないが、11, 12月の蒸発量が1, 2月より大きいのは、Fig. 9.4-3 に示された同地点のPicheによる3年間の観測値に似ている。したがって、Xe Kaman No.1 プロジェクトの月蒸発量の年蒸発量に対する比率は、この3年間の実測蒸発量に基づき、推定する。

c) Xe Namnoy

B. Latsasinにおける観測は1993年10月中旬から始まり、データは1994年6月まで得られている。このうち、1994年6月は雨量のデータがないので蒸発量を求めることはできず、また、1993年10月および1994年3, 4, 5月は前述した理由により信頼性が落ちるため使用しなかった。この結果を図に示すと Fig. 9.4-6 になるが、傾向をみるにはデータが少なすぎる。よって、B. Latsasinと同様にBolavon高原にあるNikhon 34地点の月蒸発量を使って、Xe Namnoyプロジェクトの月蒸発量の年蒸発量に対する比率を求めることにした。その結果を Table 9.4-1 に示す。