

1980年7月

アムール川下流域洪水警報

事前調査報告書

1977年8月

国際協同開発機構

JICA LIBRARY



1058640[2]

ラオス セバンヒエン川流域洪水予警報

事前調査報告書

1975年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日	84. 3. 16	112
登録No.	00641	61.7
		EX

目 次

第1章 概 説	1
1-1 まえがき	1
1-2 調査団の構成および日程	1
1-3 調査所見	2
1-4 勸 告	3
1-5 調査関係者への謝辞	4
第2章 気象概況	6
第3章 現地調査および資料収集	13
3-1 現地調査	13
3-2 資料収集	27
第4章 Se Bang Hieng 川の現状	28
4-1 流域の概要	28
4-2 河川の概要	30
4-3 観測施設の現況およびデータの所在	34
4-4 洪水発生状況	39
4-5 Se Bang Hieng 川のダム適地について	50
4-6 Se Bang Hieng 川に関する参考資料	54
第5章 簡単な洪水解析	56
5-1 観測データに基づく洪水解析	56
5-2 背水計算（不等流計算）による洪水解析	63
第6章 洪水予警報システムに関する分析	71
6-1 洪水予警報施設の現状と過去の提案	71
6-1-1 洪水予警報施設の現状	71
6-1-2 ラオス政府が持っている観測施設設置計画案	74
6-1-3 台風委員会が提案している観測所配置案	74

6-2	洪水予警報システムに関する今回の分析	77
6-2-1	洪水予警報のTarget Area およびTarget Point	77
6-2-2	洪水の発生形態と情報の必要性	77
6-2-3	洪水予警報システムの検討手順素案	85

目 次 (表)

表 1 - 1	調査団の構成	1
表 1 - 2	調査日程表	2
表 2 - 1	気 圧	7
表 2 - 2	平均気温	8
表 2 - 3	湿 度	9
表 2 - 4	露点温度	9
表 2 - 5	蒸 発 量	10
表 2 - 6	日照時間	10
表 2 - 7	降 雨 量	11
表 2 - 8	降雨日数	11
表 3 - 1	水位観測所現況(視察分)(1)	18
表 3 - 2	" (2)	19
表 3 - 3	雨量観測所現況(視察およびデータ収集分)	20
表 3 - 4	OUTLINE OF CHAM PHONE PROVINCE	22
表 3 - 5 (1)	MUONG SONG KHONEの人口分布	23
表 4 - 1	主要河川の諸元	30
表 4 - 2	List of Rain Gauge Stations(Existing)	35
表 4 - 3	List of Water Stage Stations (Existing)	36
表 4 - 4	降雨データ(日雨量)入手状況	37
表 4 - 5	水位データ(日水量)入手状況	37
表 4 - 6	降雨データ(日雨量)入手状況	38
表 4 - 7	年最高水位・最大流量	39
表 4 - 8	Se Bang Hieng Dam 計画	51
表 5 - 1	Ban Keng Done 洪水時水位流量	62
表 6 - 1	観測施設の現状	71
表 6 - 2	洪水予警報システム検討手順概要	86
表 6 - 3	第Ⅰ期調査で必要とする機材	88
表 6 - 4	第Ⅱ期調査で必要とする機材	90
表 6 - 5	水理水文関係機材必要経費	91
表 6 - 6	電気通信関係機材必要経費	92

目 次 (図)

図 2 - 1	気温周年変化図	6
図 3 - 1	流域踏査距離標	15
図 3 - 2	流域踏査飛行計画	16
図 3 - 3	氾濫区域図	26
図 4 - 1	LOCATION MAP OF SE BANG HIENG RIVER BASIN	29
図 4 - 2	SE BANG HIENG 川の流域系統図	31
図 4 - 3	SE BANG HIENG 川の河川系統図	32
図 4 - 4	河道縦断面図	33
図 4 - 5	年最大流量超過確率	41
図 4 - 6	Ban Keng Done H ~ Q 図	41
図 4 - 7	TROPICAL STORM AND TYPHOON TRACKS -1964-	42
図 4 - 8	ISOHYETAL MAP (in, m/m) FOR STORM TILDA	43
図 4 - 9	TROPICAL STORM AND TYPHOON TRACKS -1968-	44
図 4 - 10	TROPICAL STORM AND TYPHOON TRACKS -1972-	47
図 4 - 11	ISOHYETAL MAP -1972-	48
図 4 - 12	TROPICAL STORM AND TYPHOON TRACKS -1974-	49
図 4 - 13	SE BANG HIENG 川ダム適地	53
図 5 - 1	BAN KENG DONE 洪水時流量 (1)	56
図 5 - 2	" (2)	56
図 5 - 3	" (3)	57
図 5 - 4	洪水時水位の比較 (1)	59
図 5 - 5	" (2)	60
図 5 - 6	" (3)	60
図 5 - 7	" (4)	61
図 5 - 8	BAN KENG DONE 時間水位記録	61
図 5 - 9	不等流計算検証例	66
図 5 - 10	不流端水位の影響 (1)	68
図 5 - 11	" (2)	68
図 5 - 12	" (3)	69
図 5 - 13	" (4)	69

図 5 - 14	不流端水位の影響 (5)	70
図 5 - 15	" (6)	70
図 6 - 1 - 1	観測施設位置 (現況 - 1974)	72
図 6 - 1 - 2	気象通信システム図	73
図 6 - 2	観測施設設置計画 (ラオス HY.NA 案)	75
図 6 - 3	台風委が提案した観測所位置図	76
図 6 - 4	観測システムの一例	80
図 6 - 5	氾濫区域等高線図	81
図 6 - 6	洪水到達所要時間	82
図 6 - 7	水理水文観測施設網素案	84
図 6 - 8	第 I 期観測施設網概念図	88
図 6 - 9	第 II 期観測施設網概念図	89

第1章 概 説

1-1 まえがき

Se Bang Hieng 川流域は Laos の南部に位置し、Laos 最大の広大な平原と多量の降雨などの自然の恵みを利用して穀物生産、畜産等が盛んに行われており、これら農業生産が Laos 全体で占める位置は極めて高いと言える。このため、Laos 政府にあっては Se Bang Hieng 川流域を主要都市 Savannakhet を中心に Laos 南部の開発の拠点にしたい意向のようである。

1-2 調査団の構成および日程

1975年1月26日から2月6日にかけて Laos に派遣された日本政府調査団は、河川工学、水文学、電気通信の各専門家3名で構成された。各専門家の担当業務および現職は、表1-1に示すとおりである。

表1-1 調査団の構成 1975.3.1現在

氏 名	担当業務	現 職
中 尾 一 典	調査団団長 河川工学専門家	建設省関東地方建設局 河川部河川調査官
藤 井 友 竝	水文学専門家	建設省関東地方建設局 利根川ダム統合管理事務所広域水管理課長
高 山 一 彦	電気通信専門家	建設省大臣官房会計課 電気通信室建設専門官

また、調査団は、Laos 滞在期間中、Laos 政府の協力を得て、表1-2の日程に従い、Se Bang Hieng 川流域の洪水予警報に関し、次のような調査を行った。

(1) 現地調査

調査団は、Se Bang Hieng 川流域下流部について現地踏査、簡単な測量、聞き込み調査などを行い、流域の特性、河道の状況、観測施設の現状、通信施設の現状、観測施設設置候補地点などを調査した。

(2) 資料収集

滞在期間中調査団は、下記資料の収集に努めた。

- 1) 気象、水文、水理に関する観測データ
- 2) 洪水発生時の気象状況
- 3) 洪水氾濫区域と同区域内の人口、資産、被害の程度
- 4) 行政区画と機構

5) 電気通信システムの現状

また、これらの資料に基づいて、発生し得る洪水形態、洪水伝播速度、洪水予報の可能な程度などに関する簡単な分析調査を行った。

表1-2 調査日程表

月 日	行 動 内 容
1月26日(日)	Vientiane に到着。
1月27日(月)	Laos の祭日。 調査団内部で日程、調査内容について討議。
1月28日(火)	気象局訪問。水理舟航局にて現地調査、資料収集の打合せ。
1月29日(水)	Se Bang Hieng 川の流域調査のため Savannakhet に向かう。Laos 軍方面軍司令官、Savannakhet 県知事、水理舟航事務所、農業事務所などを訪問。
1月30日(木)	Se Bang Hieng 川の流域調査に向かう。 Cham Pong 県副知事に会う。
1月31日(金)	Cham Pong 県知事訪問。流域調査続行。
2月 1日(土)	水理舟航事務所にて、資料収集
2月 2日(日)	現地調査を終了し Vientiane に帰る。
2月 3日(月)	水理舟航局訪問、公共事業省の大臣、次官を表敬訪問。大使に現地調査結果報告。
2月 4日(火)	気象局訪問、資料収集を行う。 Laos 側と予備討議を行う。
2月 5日(火)	Director General を交え、最終討議を行う。
2月 6日(木)	日本大使館、Laos 政府に挨拶の後、Vientiane を出発し、Bang Kok に向かう。

1-3 調査所見

Se Bang Hieng 川は河川そのものがまだ原始的な状態にあり、洪水予警報のための施設・機材も初歩的で不備な面が多く、洪水予警報システムを検討するための基礎的な水理水文データさえ十分でない状況である。実際に水位データが同時に存在するのは1969~1970年の2年間だけで、しかも Se Cham Phone 川の Done Hene と Se Bang Hieng 川の Keng Done の2地点にあるのみで、これらのデータに関して簡単な解析を行った限りでは、両地点の距離間隔が約120kmあるにもかかわらず、洪水の発生時間には、ほとんど顕著な差異は見られず、Se Bang Hieng 川下流部の洪水生起形態の複雑さの一端がうかがえる。特に Se Bang Hieng 川あるいは、Mekong 川からの背水の影響がかなり強く、地形的条件もあって、相当上流までこの影響が無視できないようである。さらに、本支川からの流出速度が従来考えられていたよりも早く、単に Se Cham Phone 川 Done Hene 観測所のデータのみによっては、効果的な洪水予警報を発することは不可能である。このように洪水発生形態が複雑な河川であるにもかかわらず、従来の観測施設はあまりにも貧弱であるため、現段階では電気通信システムを駆使した高度な

洪水予警報システムを組立てることが、不可能であることは勿論、簡単な洪水予警報システムさえ、十分効果的に配備することはできない状況にある。したがって、洪水予警報システムそのものよりは、それを検討するために必要な基礎データが収集できるような観測網を配備することが、当面の急務と考えられる。しかも、本流域には、ほとんど毎年のように洪水が発生しているため、観測体制さえ整備されれば短期間のうちに、基本的データの収集を図ることは極めて容易である。ただし、この場合、効果的な洪水予警報システムを組立てるには Se Bang Hieng 川のほとんど全域にわたって、適当な観測施設のネットワークを組まなければならないことが、検討の結果ほぼ明らかにされている。

また、将来電気通信施設を用いたより高度な洪水予警報システムを組立てる場合に、その基礎となる電源が Se Bang Hieng 川流域には、ほとんど整備されていない点も、大きな問題点である。

その他、水位計の零点高の絶対標高を知るための B.M. の整備も不十分で、水準測量一つにしても、今後大きな困難を伴うであろう。

1-4 勸告

- (1) Se Bang Hieng 川の洪水予警報システムの整備は、観測施設、電源・水準測量ベンチマークの不備などを考慮すると、長年月を要することを覚悟しなければならない。
- (2) 洪水予警報システムの組立てに先立って、システム検討のために必要な、基礎的な水理水文データの収集を図ること、また、そのために適当な観測施設を設置する必要がある。
- (3) 当面、Se Cham Phone 川、Se Sang Soi 川および Se Bang Hieng 川下流部の洪水時の挙動を知るために少なくとも、次の各地点に普通水位標を設置する必要がある。

Se Cham Phone 川	Done Hene, [*] Keng Kok, 補 2
Se San Soi 川	Muong Phalane, [*] Bung Xang
Se Bang Hieng 川	Lahanam, [*] Keng Done, 補 1
Mekong 川	Khemarat, [*] Savannakhet

ただし、* 印は既設。

- (4) 当面、(3) と同時は次の各地点に普通雨量観測所を設置すべきである。

Se Cham Phone 川流域	Done Heve の上流, Done Hene, [*] Keng Kok
Se San Soi 川流域	Muong Phalane, Bung Xang
Se Bang Hieng 川流域	Lahanam, [*] Savannakhet

ただし、* 印は既設である。

- (5) (3)(4) だけでは Se Bang Hieng 川上流からの影響を知り得ないが、この影響は無視し得ないので、Se Cham Phone 川合流点よりも上流においても、数カ所の水位・流量観測所、雨

量観測所が必要であり、整備を進めていく必要がある。

- (6) 雨量の時間強度が洪水の水位上昇に与える影響が大きいため、自記雨量計を最も維持しやすい場所に設置することが望ましい。候補地としては Savannakhet 観測所が有力である。
- (7) 各観測所から Savannakhet への通信方法の検討を行い、伝播実験を試みることを望ましい。
- (8) 水位観測所の水位標零点高の絶対標高を知るために水準測量が必要である。

1-5 調査関係者への謝辞

- (1) 調査の実施にあたって、次の方々に種々ご協力をいただいたので、ここに深甚なる謝意を表したい。

Laos Officers concerned participating in the Preliminary Survey on the Se Bang
Hieng River Basin Flood Forecasting Project

I. Ministere des Travaux Publies et des Trance Port

1. Pagna Pak Savann Directeur General

II. Service National de la Meteorologie

- ① Khamtanh Kanhalikham Directeur
- ② Khamphou Manthourath (32) Chef de Centre Technique
3. Khamthong Soukhathamavong Chef de Centre Prevision Generale
4. Singkeo Malaythong Chef de Bureau Hydrometeorale

III. Service National de l'Hydraulique et de la Navigation

1. Issara K. Sasorith Directeur
- ② Bouathong Phanthavady (35) Chef Div. des Etudes Techniques et de l'Hydrologie
3. Hom Ratsima Chef B. de l'Exploitation des Travaux et donnees Hydrologique

IV. Service Provincial de la Meteorologie (Savannakhet)

1. Khamsoy Suong Sombath Chef

V. Service Provincial de l'Hydraulique et de la Navigation (Savannakhet)

- ① Inthalongsine Sithimolada

VI. Travaux Publics et des Tranceport (Savannakhet)

1. Lyton Lyfoung Chef

(Remarks: ○印 Field Survey にも参加した)

- (2) Ministere des Travaux Publics et des Tranceport の大臣 Mr. Singkapo Sikhoteho-

unnamaly および次官 (Secrétarie d'Etat et Travaux Publics) Phagna Rihanngna Phithak におかれましては、貴重な時間を割いて、調査団に会見の栄を賜りましたことに
対し深く感謝致します。

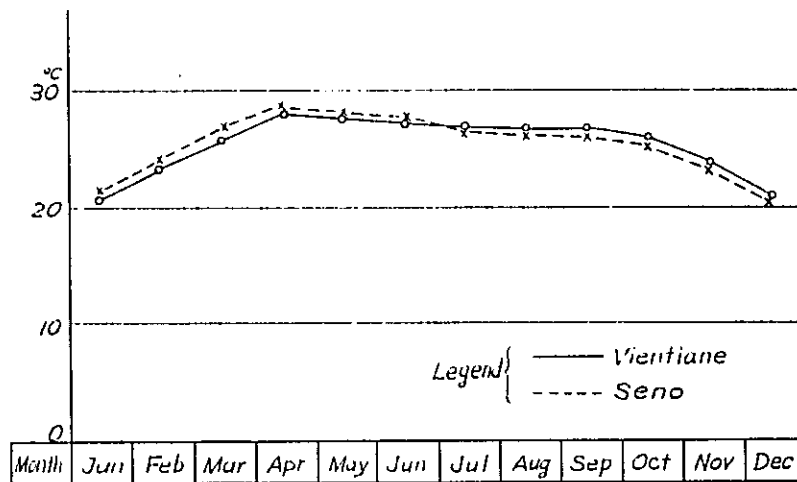
- (3) Savannakhet Province の Chaokhoeng (知事) である Phagna Boun Signavong および Cham Phone Province の Chaokhoeng である Mr. Thao Thane Maharaj におかれましては、
貴重な時間を割いて、現地の状況調査資料提供などの労を取っていただき、ここに深く感
謝致します。
- (4) 今回の調査にあたっては、国連台風委員会事務局 (Typhoon Committee Secretariat)
から浜守厚氏の参加を得、日程の調査、通訳をはじめ、種々の労を取っていただいたので、
ここに深く感謝の意を表します。

第2章 気象概況

2-1 一般気象

気候を概括すると、1年を大きく雨期と乾期に分けることができ、4月後半から10月前半くらいまでが雨期、その他の期間は乾期ということになる。年間平均気温は、25℃前後、月平均気温は20～29℃程度で、12月～1月が最も低く20℃前後、4～5月が高く28～29℃くらいになるようである。Vientiane と Seno (Se Bang Hieng 川流域外の西辺部に位置する) について、月平均気温の平均的年変化を示すと下図のようである。

図2-1 気温周年変化図



また、降雨は雨期には月平均200～400mm程度であり、降雨日数も月平均20日前後あるのに対し、乾期には降雨量が月平均10mm前後、降雨日数も2～3日であり、雨期と乾期の差が著しい。また、日照時間も降雨の影響を受けて、平均的にみて、雨期が5～6時間、乾期が9時間前後になっている。

ラオスの一般気象に関する平均的な数値を表2-6～表2-13に示した。

Table 2-1 - Atmospheric Pressure

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ANNEE
VIENTIANE	9946	9921	9900	9884	9870	9853	9847	9852	9872	9912	9931	9946	9894
LUANG-PRABANG	9807	9772	9756	9731	9717	9701	9701	9702	9750	9781	9800	9808	9750
SENO	9926	9897	9880	9864	9847	9833	9833	9834	9832	9886	9906	9923	9873
PAKSE	10012	9984	9975	9958	9949	9940	9937	9939	9947	9973	9994	10003	9969

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ANNEE
VIENTIANE	10140	10111	10089	10071	10056	10039	10034	10038	10059	10108	10122	10139	10084
LUANG-PRABANG	10102	10120	10100	10067	10056	10041	10045	10044	10071	10126	10147	10160	10095
SENO	10139	10110	10090	10072	10050	10041	10041	10040	10058	10097	10118	10138	10138
PAKSE	10119	10091	10081	10064	10055	10046	10044	10046	10053	10079	10100	10110	10074

Table 2-2 - Mean Atmospheric Temperature

STATIONS	MOIS												ANNEE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	205	230	257	280	287	286	275	275	275	261	235	208	256
LUANG PRABANG $\frac{T_n+T_x}{2}$													
T	187	214	245	268	273	273	264	262	259	246	219	187	241
VIENTIANE $\frac{T_n+T_x}{2}$													
T	213	238	264	283	281	279	275	273	271	261	242	216	258
T	206	232	259	278	275	273	270	268	267	257	236	209	252
SENO $\frac{T_n+T_x}{2}$													
T	210	243	272	289	286	280	273	273	289	256	240	215	259
T	209	237	270	282	277	273	263	265	261	251	234		253
PAKSE $\frac{T_n+T_x}{2}$													
T	244	268	288	298	287	277	271	270	269	266	259	243	270
T	239	263	283	293	281	271	265	264	271	258	251	236	264

Table 2-3 - Relative Humidity

STATIONS	MOIS												ANNEE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LUANG-PRABANG	84	76	72	74	81	85	88	88	87	85	84	85	82
VIENTIANE	76	74	71	73	82	85	86	87	87	82	79	78	80
SENO	75	71	69	70	80	84	85	87	87	81	76	76	79
PAKSE	68	65	63	67	79	84	87	87	87	82	77	71	76

Table 2-4 - Dew Point

STATIONS	MOIS												ANNEE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LUANG-PRABANG	13.9	15.6	18.3	21.1	23.5	24.5	23.9	23.8	23.2	20.6	18.1	15.3	20.2
VIENTIANE	14.9	17.2	19.7	21.6	23.8	24.4	24.2	24.4	24.2	21.7	18.8	16.2	20.9
SENO	13.0	17.6	20.1	21.7	23.6	24.0	23.9	24.0	23.4	21.2	18.6	16.4	20.6
PAKSE	15.5	18.1	20.1	20.1	21.4	23.3	23.9	24.2	24.1	24.4	20.4	18.6	21.3

Table 2-5 - Evaporation in Millimeters

STATIONS	MOIS												ANNEE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LUANG-PRABANG	1.8	2.7	3.5	3.5	2.7	2.0	1.6	1.4	1.6	1.7	1.7	1.6	2.1
VIENTIANE	2.9	3.5	4.0	4.0	2.6	2.0	1.8	1.6	1.7	2.1	2.4	2.6	2.6
SENO	4.4	5.2	6.1	5.6	3.6	2.9	2.5	2.2	2.0	3.1	3.6	4.0	3.8
PAKSE	4.4	5.5	6.0	5.3	3.5	2.3	1.9	1.7	1.7	2.4	3.4	3.9	3.5

Table 2-6 - Duration of Sunshine

STATIONS	MOIS												ANNEE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LUANG-PRABANG	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VIENTIANE	7.6	6.6	6.2	6.1	5.6	X	4.1	4.0	3.8	7.8	8.1	8.4	6.
SENO	9.2	8.1	7.2	6.9	7.7	6.3	5.6	5.0	4.6	7.7	9.2	8.5	7.
PAKSE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Table 2-7 - Rainfall

STATIONS	MOIS												ANNEE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
HAUTDUR TOTAL	13.8	17.1	29.8	101.0	157.2	180.0	231.9	281.5	170.9	73.1	27.4	12.8	18965
LUANG-PRABANG	7.0	16.1	3.7	95.2	260.4	294.0	265.5	36.5	326.4	95.0	18.2	1.5	17405
VIENTIAN	3.8	23.1	24.2	78.1	194.1	255.5	264.7	327.0	332.0	9.9	9.1	0.3	16048
SENO	1.5	8.0	25.3	61.8	208.1	325.3	395.9	465.8	380.6	108.7	22.8	2.6	20064
PAKSE													

Table 2-8 - Number of Rainy Days

STATIONS	MOIS												ANNEE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ROMBRE DE JOURS	4	3	5	8	14	17	18	21	14	6	2	2	114
LUANG-PRABANG	2	2	4	7	16	19	19	22	20	6	1	1	118
VIENTIANE	1	2	4	6	14	17	19	20	17	7	2	1	109
SENO	X	1	3	5	13	17	18	23	17	10	4	1	112
PAKSE													

2-2 大洪水を生起させる気象条件

Laos における洪水は大きく2つのタイプに分類されよう。すなわち、

- (1) Mekong 川の洪水 (seasonal floods)
- (2) 主要支川の Flash floods

である。

Mekong 川の洪水 (Seasonal floods) は8~9月の南西モンスーンの時期に Laos 北部および Mekong 川の中流部に発生する。この時期には強い雨が数日にわたって降り続いたり2~3日の豪雨があったりする。

Flash floods はおおむね南部の Se Ban Fay, Se Ban Hieng および Se Done 川流域に発生するが、これらは熱帯性低気圧や熱帯性の暴風雨が、流域上あるいは、その近くを通過する際にもたらす強い降雨によって引き起こされるものである。

強い降雨をもたらす、じょう乱の形態

一般に東南アジアの各地域に、強い雨をもたらす、じょう乱は次の5つのタイプに分類される。

- (1) 熱帯性サイクロン (Tropical Cyclones)
- (2) モンスーン性低気圧 (Monsoon depressions)
- (3) 準停滞帯あるいは動きが緩慢な前線、気圧の谷 Convergence Zone (熱帯的東帯)
- (4) 東部あるいは西部を移動する上層部の気圧の谷
- (5) 地域性の降雨

雨期は、南西モンスーンによって支配されるが、このモンスーンは5月の中旬から9月の下旬にわたって、強い降雨をしばしばもたらす湿度が高く、雲がたれこめている時期である。しかし、6月から7月にかけて anticyclonic circulation aloft の影響で、1~2週間にわたってひでりが続くことが、通常みられる。このひでりの後、雨はさらに頻繁になり、熱帯性暴風雨、台風などによって強い雨がもたらされる。特に Laos の中南部、南西モンスーンをさえぎる Annames 山脈の山岳部において強い雨があり、しばしば、かなりの洪水をもたらす。

洪水は、通常、熱帯性の暴風雨が発生したとき、または intertropical convergence zone がより活発な状態で通過したときに起っている。

第3章 現地調査及び資料収集

3-1 現地調査

Laos 滞在期間中、調査団は Laos 政府の協力を得て、Se Bang Hieng River Basin 下流部の現地視察調査、簡単な測量、聞き込み調査などを行い、流域の特性、河道の状況、観測施設の現状、通信施設の現状、観測施設設置候補地点などの視察を行った。

(1) 視察行程

現地調査は1月29日から2月2日の5日間にわたって実施した。行程の詳細は、次のとおりである。

- 1月29日(水) Royal Air Lao 国内線により現地調査に向かう。Vientiane 7時5分発 Savannakhet 8時15分着。Savannakhet Province の Chief を訪問し、地方の状況を聞く。Service Provincial de l'Hydraulique et de la Navigation 訪問、資料収集方要請。Service Provincial de la Agriculture 訪問、洪水被害区域、被害状況の資料収集を行う。Service Provincial de la Meteorologie の雨量観測施設および SSB 装置視察。Service Provincial de l'Hydraulique et de la Navigation の雨量観測施設視察。(以上、いずれも Savannakhet 市内)
- 1月30日(木) Se Bang Hieng 川の流域の調査に向かう。調査の行程は図3-1～図3-2に示したが、主たる視察地点は次のとおりである。
- Ban Keng Done 水位観測所
 - Se Bang Hieng 橋旧水位観測所
 - Lahanam 水位観測所候補地
 - Kengkok 水位観測所
- Cham Phone Province を訪問し、副知事に会って人口、洪水被害の状況などを聴取した。この日は Kengkok 泊り。
- 1月31日(金) Cham Phone Province の知事を訪問し、洪水被害状況、洪水対策の実態、Province が直面している問題などを聞く。この後、知事の要請で、かんがい用堤防の被害状況視察。観測施設は次の2カ所を視察した。
- Done Hene 水位観測所
 - Seno 気象観測所
- 2月1日(土) Service Provincial de l'Hydraulique et de la Navigation を訪問し、

水位資料 Keng Done の自記記録，洪水被害資料，行政区画資料などを入
手した。

2月2日(日) 現地調査を終了し Vientiane に向かう。Savannakhet 発9時，Vientiane
着10時10分。

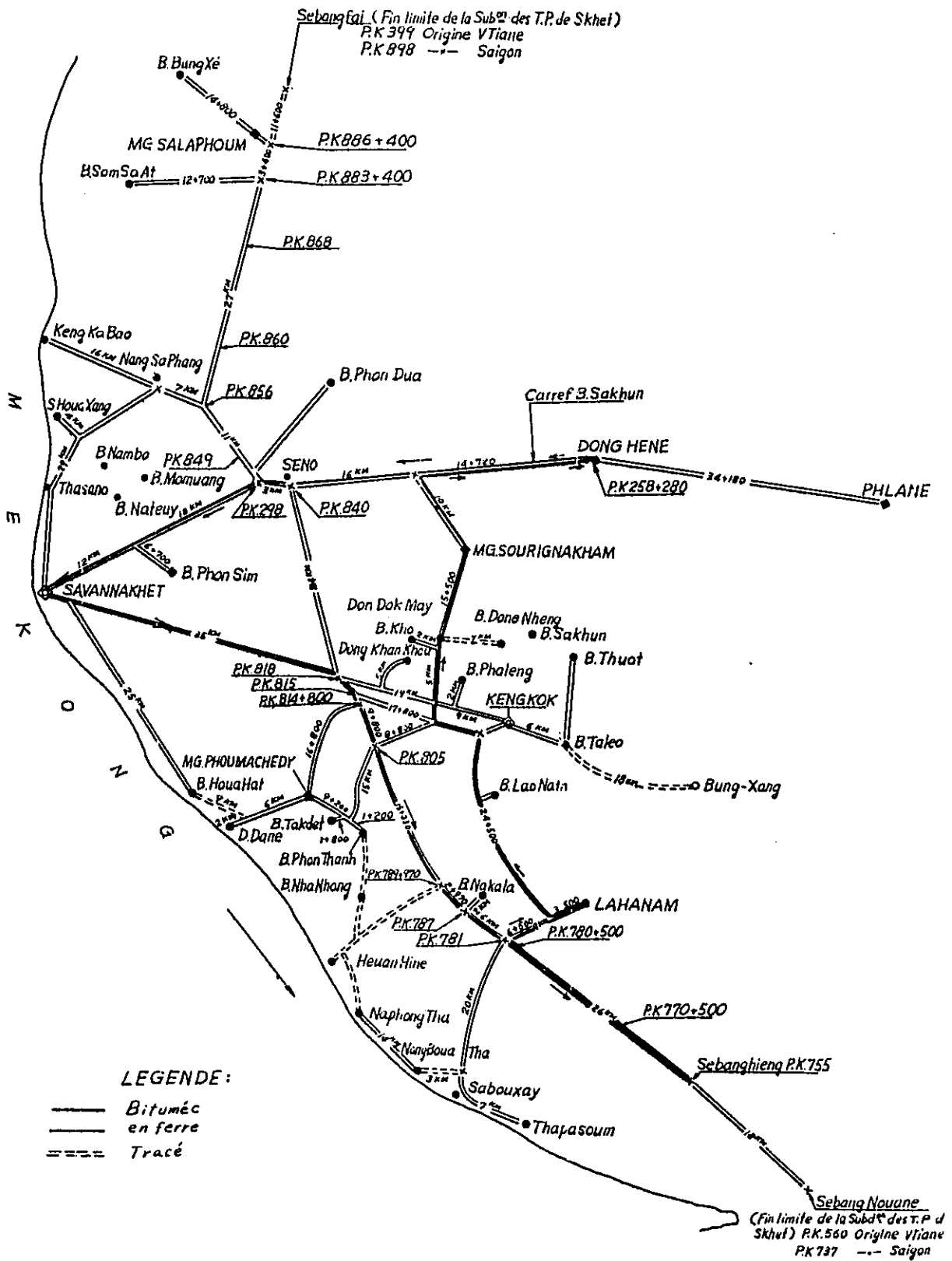


Fig. 3-1 - Route of Basin Reconnaissance

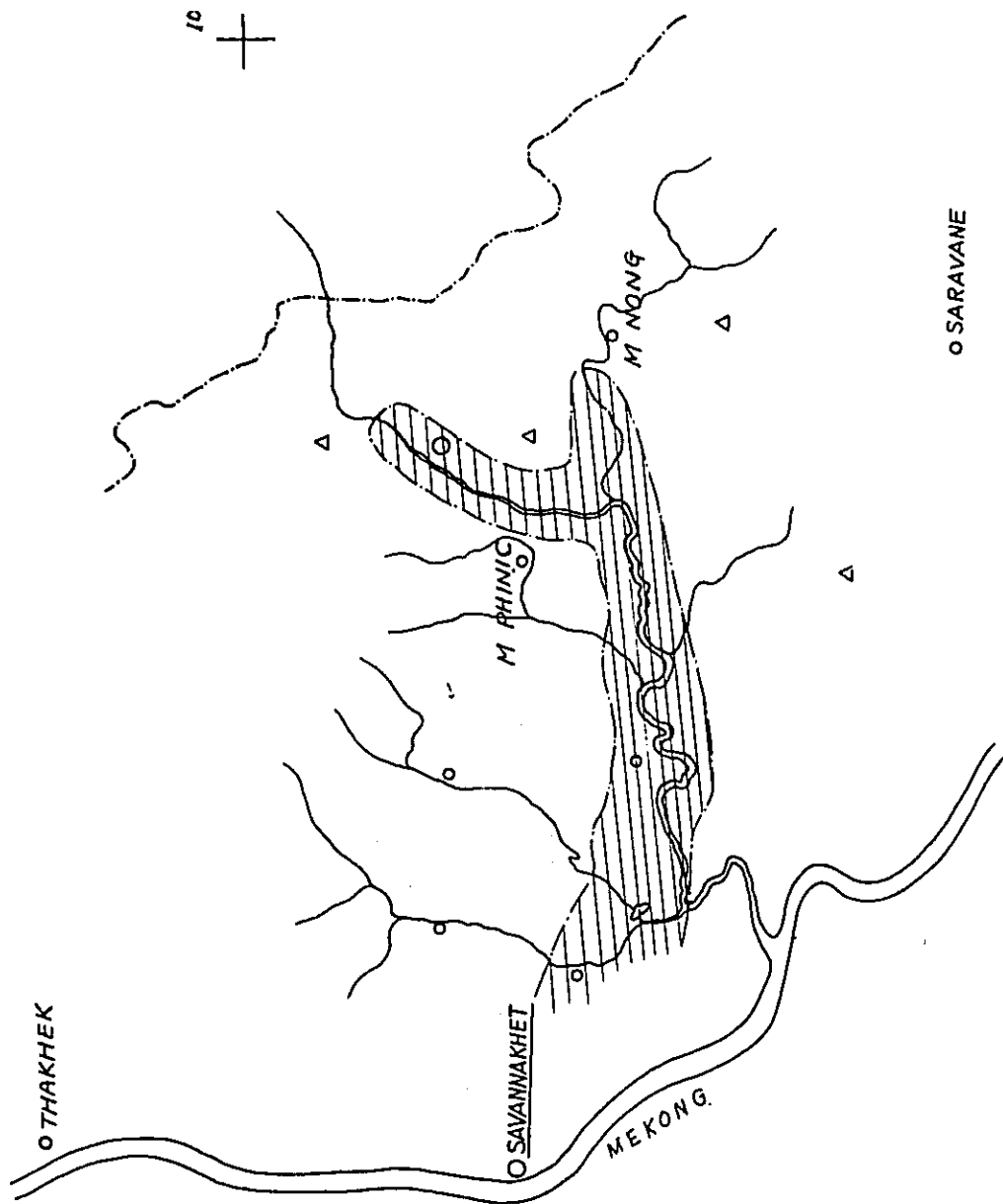


Fig. 3-2 - Flight Course for Basin Reconnaissance

(2) 交通手段

Laos 政府の協力で、車 2 台が便宜供与され、これによって全行程約 300km を完走した。

(3) 道路事情

Savannakhet → Keng Done → Se Bang Hieng Bridge → Kengkok → Done Hene → Seno の各道路はいずれも非舗装道路であるが、締め固めの状況は良く、凹凸も少ないため、60~80 km/h 程度のスピードでも、ほとんど危険はない。ただし、Kengkok-Done 間では、橋が洪水で流失した箇所が数カ所あり、雨期には不通になるケースが多いようである。Seno-Savannakhet 間は、国道 9 号線になっており Savannakhet 寄りで一部拡幅工事中である他は、完全に舗装されている。Savannakhet から Keng Done へは国道 11 号および 13 号によって行けるが、国道から Keng Done 水位観測所まで 2~3 km あり、この間が、極めて悪路であるため、Jeep 以外の進入は無理で、砂地であるため特に雨期には、車で近づくことは非常に困難と考えられる。

(4) 観測所現況

視察した水位観測所および雨量観測所の現況は、表 3-1~表 3-3 に示すとおりである。ただし、雨量観測所のうち、Kengkok と Done Hene については、現物を見ていない。

Table 3-1 - Existing State of Water Gauge Stations (Inspected-1)

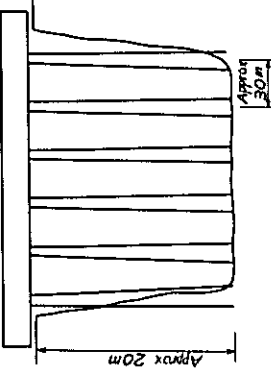
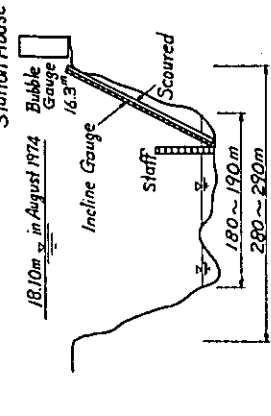
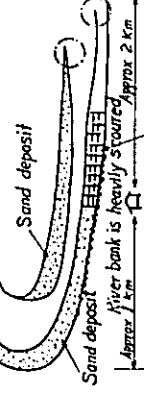
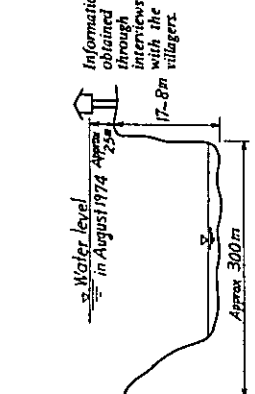
Name of Station	Ban Tang Gane (Se Bang Hieng Bridge)	Ban Keng Done	Lehanam (Proposed)
Name of River	Se Bang Hieng River	Se Bang Hieng River	Se Bang Hieng River
Observation Item	Water Stage	Water Stage	Water Stage
Equipment	Staff (Not installed at present)	Staff (Incline Gauge) Self-Recording (Bubble Gauge)	Staff
Range of Measurement	—	Staff 0 ~ 16.30 m Self 0 ~ approx. 18 m	—
Data Recording Period	1965 ~ 1970	1963 ~ 1974	—
Reference Line Elevation	EL 108.00 m	EL 121.290 m	—
Sketch			 <p>indicates the proposed site of water gauge installation. Either point is recommendable if a station house is made available.</p>
Remarks	<p>Water level rose to about 1 m above the natural levee during the flood in August 1974, but no damage was caused because houses were built in elevated places. On the left bank side, there is a cluster of about 500 houses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Bubble gauge (U.S. made) was installed by the Mekong Committee. ◦ Water level rose to 18.10 m (≈ 16.30 + 1.80) during the flood in August 1974, and caused the heaviest inundation in 130 years. ◦ Bang Keng Done is a village with 150 households and has a population of a little more than 1,000. ◦ The access road is sandy and in a very bad condition and permits passage of only jeeps. 	

Table 3-2 - Existing State of Water Gauge Stations (Inspected-2)	
Name of Station	Keng Kok
Name of River	Se Cham Phone River
Observation Item	Water Stage
Equipment	Staff
Range of Measurement	0 ~ 10 m
Data Recording Period	1969 ~ 1971 (Incomplete)
Reference Line Elevation	No levelling conducted yet.
Sketch	
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Bridge was destroyed two years ago during the war, and staff is not installed at present. ◦ The team was told that mines still remained uncleared in the neighbourhood.

Table 3-3 - Existing State of Rain Gauge Stations (Inspected and Covered by Data Collection)

Name of Station	Savannakhet	Savannakhet	Seno	Keng Kok	Done Hene
Competent Organization	Service Provincial de la Meteorologie	Service Provincial de l'Hydraulique et de la Navigation	Service National de la Meteorologie	Service National de la Meteorologie	Service National de la Meteorologie
Type	Ordinary	Ordinary	Ordinary	Ordinary	Ordinary
Dimension	12.5 cm	20 cm	20 cm		
Data Recording Period	1966 - 1974			1965 - 1974	1964 - 1970

(5) Cham Phone Province

Cham Phone Province は、6つの Muong, 54 の Tasseng, 474 (?) の Ban からなり、Kengkok (Cham Phone) に本庁を置いている。総面積は約 7,100 km², 人口は約 137 千人である。行政区域は、南部のごく一部を除いて、全部が Se Bang Hieng River Basin の中にあり、全流域の約 1/3 の Area を占めている。北部と東部の末端には 200~500m 程度の山岳部があるが、90% 以上の部分は、極めて平坦であり、標高 130~150m の緩い勾配を持った平原をなしている。

この Cham Phone Province は、Se Bang Hieng River 本川下流部と支川、Se Cham Phone, Se Sang Soi および Se Kumkam を擁し、これら河川沿岸の低地部は恰好の農耕地帯をなしている。主たる産物は勿論米であるが、牛 (Cow), 豚などの家畜も数多く見られる。また、農耕用に使用される水牛 (Buffalo) が至る所で見られる。Cham Phong Province の Rice Field は、甚だ不明確な数字ではあるが、Service Provincial de la Agriculture によれば 13,634 ha ということであった。また、1974 年 8 月の大出水ではこれを含めて 96,200 ha が水没し、6,817 家族が被害を受けたという話であった。

Cham Phone Province に関する諸項の概略を表 3 - 4 に示す。

Table 3-4 - Outline of Cham Phone Province

Muong	Major Town	Area km ²	Population		Number of Families	Number of Villages	Damage in 1974 Flood		Fig	Remarks
			Population	Year of Survey			Buffalo	Cow		
Cham Phong	Keng Kok	830	44,638	1973	6,591	100	19,232x0.80	7,704x0.80	4,805	
Souriya Kham	Lao Souriya	375	13,959	1971	2,275	45	2,234x0.30	2,040x0.30	-	
Song Khone	Lahanam	2,130	42,130	1973	6,174	129	15,547x0.55	17,202x0.51	2,671	
Phong	Phong	1,630	21,060	1972	2,988	91	5,817x0.85	3,812x0.85	1,350	
Phouvieng	Phouvieng	950	7,649	1970	894	45	-	-	-	
Phalane	Phalane	1,200	7,841	1973	2,139	64	-	-	-	
Total		7,115	137,277		21,061	474	Approx. 29,500	Approx. 19,476	8,826	

Table 3-5 - Population Distribution in Muong Song Khone

Unit : Person

Tasseng	Ban	Popu- lation	Tasseng	Ban	Popu- lation	Tasseng	Ban	Popu- lation
Lahanam	1	1,022	Phang Phine	7	202	Se Bang Hieng	4	485
	2	1,035		8	142		5	332
	3	535	Nong Batha	1	743		6	294
	4	138		2	571		7	270
	5	126		3	261		8	255
	6	75		4	227		9	166
	7	227		5	442		10	143
Lahakhou	1	922		6	270		11	58
	2	406		7	334		Se Bang Nuang	1
	3	371	8	274	2			381
	4	386	9	177	3			149
Paksong	1	1,131	10	209	4	295		
	Nong Khung	1	701	11	369	5		182
2		432	12	155	6	201		
3		136	13	103	7	224		
4		116	14	136	8	217		
5		195	Sabho Sai	1	521	9		104
6		216		2	382	10		140
Keng Done	1	1,011		3	431	11		135
	2	471		4	485	Ta Nung	1	431
	3	403		5	1,048		2	195
	4	129		6	234		3	303
	5	372		7	267		4	479
	6	251	Naha Phua	1	312		5	199
Song Khone	1	415		2	477		6	151
	2	370		3	636	Sangheh	1	337
	3	434		4	347		2	287
	4	414		5	1,064		3	230
	5	256		6	1,130		4	261
	6	348		7	452		5	239
	7	394		8	162		6	273
Nakharha	1	415	Phuai Khau	1	319		7	123
	2	693		2	390		8	119
	3	343		3	462		9	140
	4	143		4	531		10	71
	5	577		5	116	Muong Phong	1	279
	6	161		6	306		2	245
	7	205		7	218		3	123
Phang Phine	1	233		8	178		4	109
	2	557		9	120		5	138
	3	359		10	158		6	116
	4	449		11	235		7	374
	5	376	Se Bang Hieng	1	634		8	150
	6	256		2	410		9	192
		3		795	10		218	

(6) Cham Phone Province の Chief から聞いた話

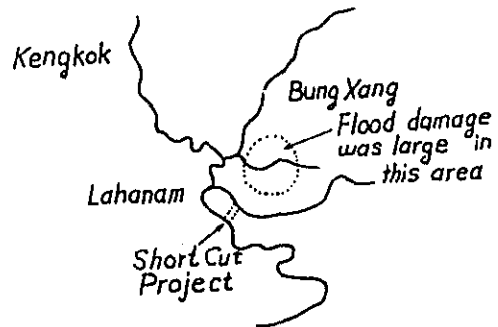
- 1) 1974年に大洪水があったが、これは、130年来の未曾有の洪水で、14~21 AUG 1974の7日間続いた。この洪水によって7,000戸以上、約39,000人が被災した。特に Muong Phong は家畜の拠点であるが、Donya Nong で大きな被害を受けた。

このような大きな洪水は、3年に1度くらいあり、被害が発生する原因として考えられるのは

- (i) Se Cham Phone River と Se Sang Soi River の Confluence
- (ii) meandering
- (iii) 低地であること

などである。

本流の Short Cut を軍の方で、計画していたが、技術的に困難(地質的問題らしい)があるのでやめた。



- 2) 一般に、洪水被害のあるところは、土地利用も高度化している。
- 3) 災害時には、災害対策本部(Committee)を結成する。
- 4) 最近、かんがいシステムによって、dry seasonにもriceを作り始めている。水さえあれば、dry seasonの方がrainy seasonよりよく出来る。
- 5) Cham Phone Province にあっては、Electricity と Water Supply が大きな問題である。(現在その施設はない) Electricity は Savannakhet から引いて来るとすると、6,000,000 Kip/km (150万円/km) くらいかかる。距離が約70kmであるから、Total では420,000,000 Kip (約1億円)を必要とする。

Tentative な Preliminary Power Plant Program を考えたことはあるが Paper Plan に過ぎない。

6) Cham Phone Province の Deputor Chief から聞いた話

i) 1974年8月洪水被害について

Damage Area of Rice Field	627 ha
平均単位収穫高	1.5~2.0 t/ha
単位価格(もみ値段)	138 Kip/kg
被害推定額	$627 \text{ ha} \times (1.5 \sim 2.0 \text{ t/ha}) \times 138 \times 10^3$ $\div 100 \sim 170$ 百万 Kip $\div 25 \sim 40$ 百万円

ii) 単位収穫高

- (i) 1期作目を天水でやると 1.5~2 t/ha
- (ii) 2期作目をRH8 (miracle rice) で、かつ人工かんがいを加えてやると
3~4 t/ha
- iii) 1戸当り平均水田面積 1.5~2 ha

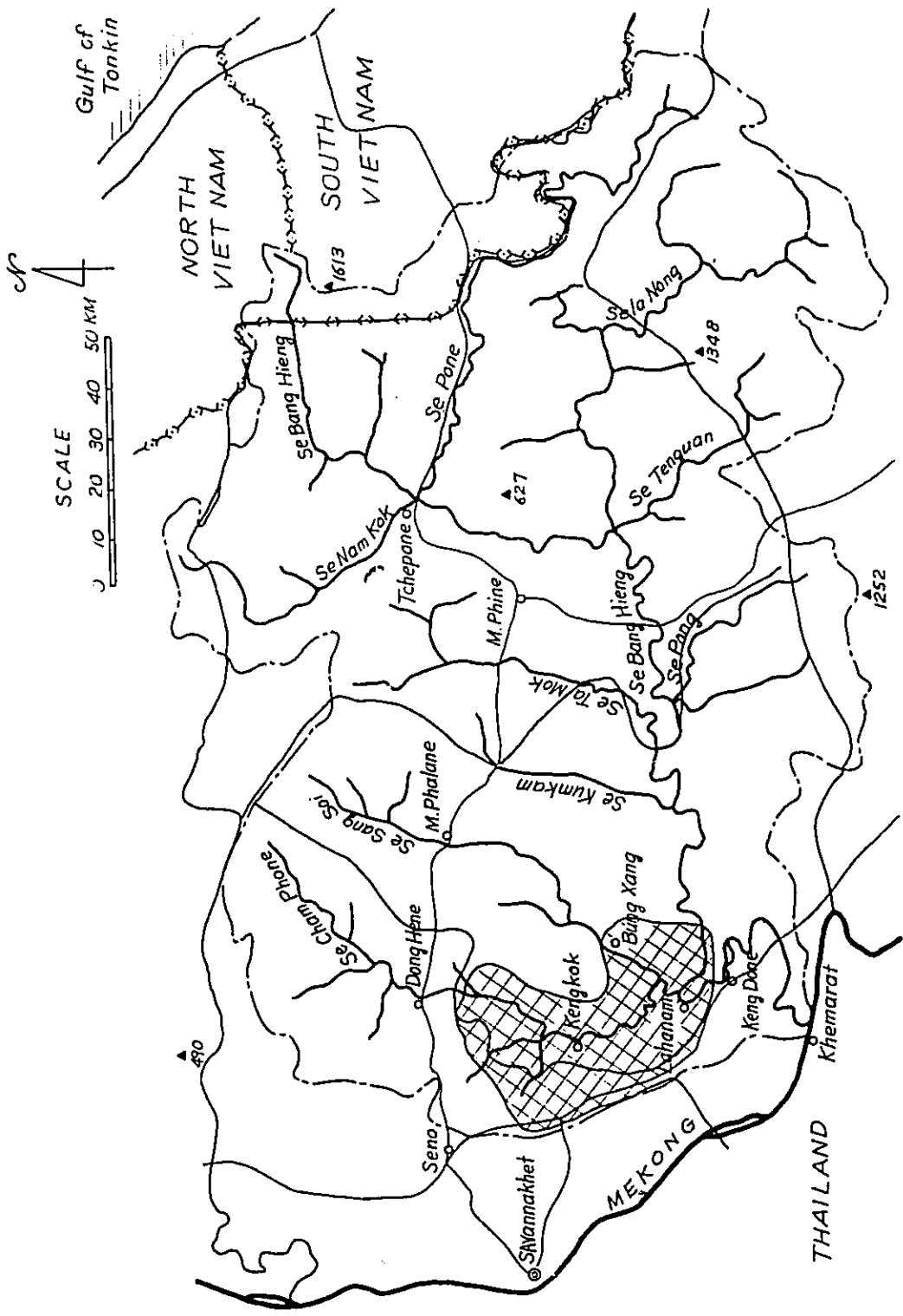


Fig. 3-3 - Flooded Area

List of Obtained Data

- I. Reports
1. Lower Mekong Hydrologic Yearbook 1966 Volume I
 2. Lower Mekong Hydrologic Yearbook 1966 Volume II
 3. Lower Mekong Hydrologic Yearbook 1967 Volume II
(Committee for Coordination of Investigations of the Lower Mekong Basin)
 4. Bulletin de Statistiques 1973 No. 2
 5. Bulletin de Statistiques 1974 No. 1
(Royaume du Laos
Ministere du Plan et de la Cooperation Service National de la Statistique)
 6. Mekong et ses Affluents - Bulletins Hydrologiques Savannakhet 1960 a 1971
(Ministere des Travaux Publics et des Transports Service National de l'Hydraulique et de la Navigation, Section Hydrologie)
- II. Drawings
1. Carte Generale du Laos (1/1, 250, 000)
 2. Cambodge - Laos - Vietnam (1/2, 000, 000)
 3. Vientiane (1/10, 000)
 4. Administrative Division of the Province
 5. Carte des Stations des Reseaux Hydrologiques de Savannakhet - Service Provincial (1/250, 000)
 6. Carte Geologique (1/2, 000, 000)
- III. Data
1. Meteorological Condition which caused large floods
 - (1) Characteristics of the Rainy Season
 - (2) Meteorological Condition of Each Flood
 - (a) 21 - 25 September, 1964
 - (b) 1968
 - (c) 1972
 - (d) 1974
 2. Daily Rainfall Data
 - 2-1. Done Hene 1964 - 70
 - 2-2. Keng Kok 1965 - 74
 - 2-3. Savannakhet 1966 - 74
 3. Daily Water Stage Data
 - 3-1. Done Hene 1969 - 71
 - 3-2. Keng Done 1963 - 74
 - 3-3. Tang Gane 1965 - 70

第4章 Se Bang Hieng川の現状

4-1 流域の概要

Se Bang 川流域は Laos の南部に位置し、すぐ北にある Se Bang Fai 川とともに Laos 最大の平野部を構成している。Se Bang Hieng 川は Laos、北 Viet Nam および南 Viet Nam の国境付近に端を発し、西方に向かって流下し、途中 9 大支川を含めて、多数の支川を葉脈状に流入させながら、最終的には南部の交通の要衝 Savannakhet から約 90 km 下流で Mekong 川に合流している。その流路延長は約 370 km、集水面積は約 19,600 km² であり、Mekong 川の大支川の一つになっているとともに、Laos 第 3 番目の河川である。流域の大部分は平坦または低い丘陵地をなし、海拔 130~200 m の高さであるが、流域東端部の国境に近い所では 800~1,000 m 級の山が連なっている。

Se Bang Hieng 川流域の年間降雨量は西部の平坦部で 1,000 mm 程度、東部の山岳部で 2,500~3,000 mm、平均すると 1,500 mm 程度である。降雨は主として南西モンスーン、台風、熱帯性低気圧などによってもたらされ、大部分は 4 月半ばから 10 月半ばの所謂雨期に降り、その他の所謂乾期には、ほとんど降らない。

Se Bang Hieng 川流域は、広大な平原と多量の降雨に恵まれているため、Laos 穀倉地帯の一つになっており、主産品である米の生産は国全体の 20% に達している。また牛の放牧、養豚、養鶏などの畜産業が、この流域の農業形態の重要な特徴をなしており、これら家畜の頭数は、それぞれが国全体の 1/4 近くないしはそれ以上に達している。

人口は全体的には稀薄であるが、Laos 全体の平均的人口密度に比較すれば 1.5 倍程度あり、特に Se Cham Phone 川流域、Se Sang Soi 川流域、Se Bang Hieng 川下流部には、Kengkok、Songkhone、Lahanam、Phalane、Done Hene などの人口集中地域を擁している。流域内の人口を明確に知ることはできないが、旧 Savannakhet Province がほとんど同じ範囲であるので、この Province の人口を参考にすると約 45 万人程度である。ただし、この数値から Savannakhet (約 6 万人) Seno の 2 大都市の人口を割引いて見なければならない。

また、Se Bang Hieng 川流域は、ほとんどが従来は Savannakhet Province に入っていたが、現在では、3 つの Province に分轄されて、それぞれ Savannakhet Province、Cham Phone Province および Tche phone (名称不明) Province となっている。

また、Se Bang Hieng 川流域内には 3 本の主要国道が走っており、一つは Seno から、ほとんど流域界に沿って南東に走り Pakse に向かっている国道 13 号線、次の一つは Savannakhet - Seno - Done Hene - M. Phalane - M. Phine - Tchepone を通ってほとんど流域を横切るよ

うにして走り，南 Viet Nam に向かう国道 9 号線，他の一つは Phine から南に走り Saravane
の方へ向かう国道 23 号線である。

流域の地質はほとんど全域が red soil sandstone である。

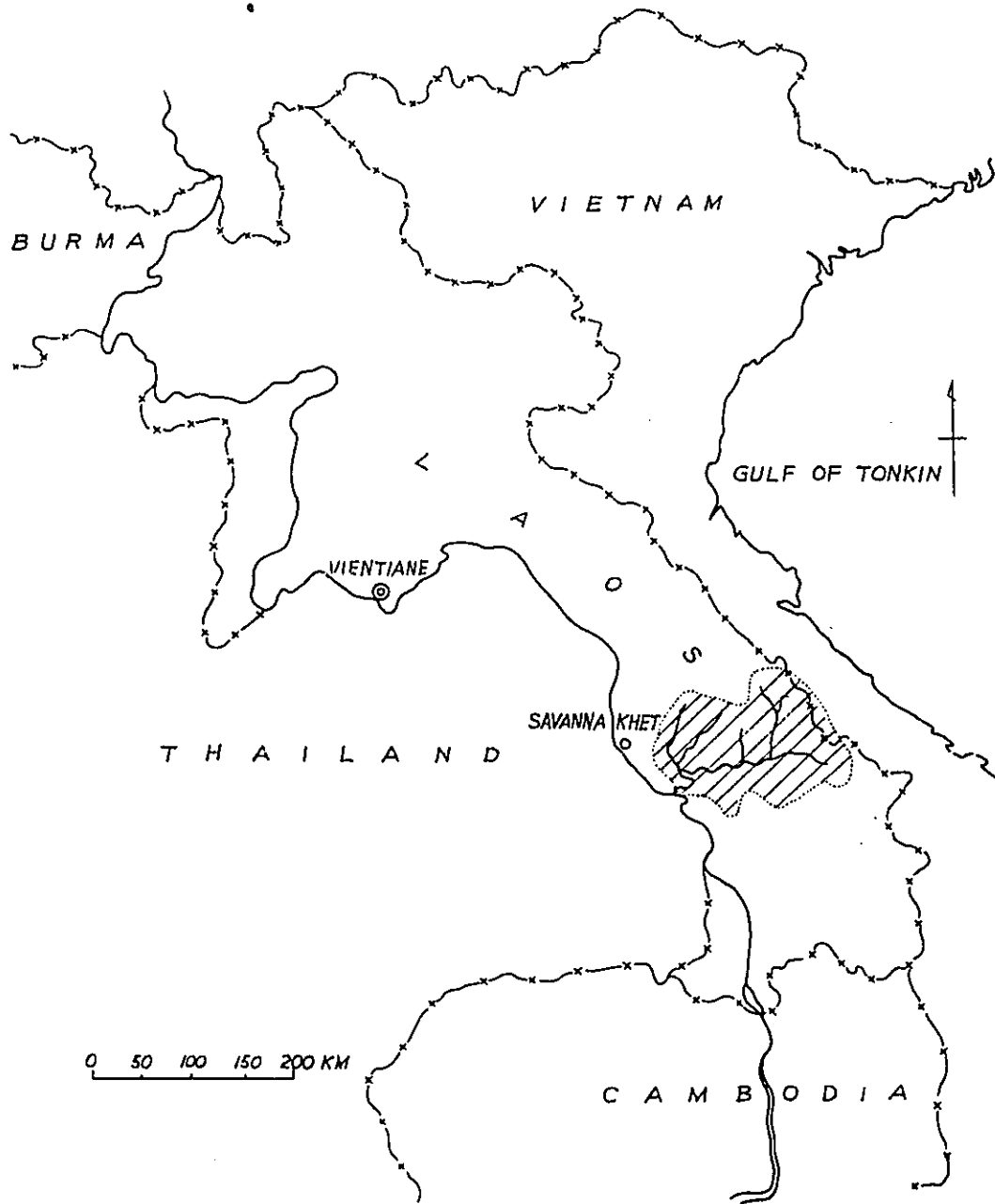


Fig. 4-1 - Location Map of Se Bang Hieng River Basin

4-2 河川の概要

Se Bang Hieng 川は、表 4-1 に示すように 9 つの大支川を有し、そのうち、5 支川は右岸側から、4 支川は左岸側から流入している。今回の調査では Se Bang Hieng 川の下流部と Se Cham Phone 川だけしか視察することができなかった（時間的制約よりも社会情勢のため）ので、正確なことは分らないが、視察した限りでは河川改修された箇所はなく、河道は全般に、台地をうがってできており単断面の堀割り状である。また、勾配のはとんどない平坦部を走っているため、全体に蛇行が激しく、現在も毎年の洪水によって洗掘、自然堤防の形成、堆砂などが繰返されている。ただ、現在の河道が既に 10~15m 程度の深さを持っていることと、勾配が非常に緩いことのために、主要河道が毎年変遷するほどではないようである。Se Bang Hieng 川本川の下流部の勾配は 1/5,000 程度、川巾は約 300m、深さは 15~20 m 程度である。また、Se Cham Phone 川は勾配 1/5,000 程度、川巾約 80 m、深さは 10m 程度である。

主要支川の合流点の位置、集水面積、流路延長を表 4-1 に示した。また、模式的な平面配置を図 4-2 に示した。

Table 4-1 - Basic Data of Main Tributaries

Name of River	Tributary	Distance from Confluence with Mekong	Catchment Area	Length	Remarks
		km	km ²	km	
Se Bang Hieng			19,600	370	Maximum length-Approx. 460 km inclusive of the Se Pone.
	Se Cham Phone	73	3,040	162	Joins the Se Bang Hieng on the right bank.
	Se Sang Soi	73	2,040	116	"
	Se Kum Kam	129	670	61	"
	Se Ta Mok	149	1,500	96	"
	Se Nam Kok	298	1,400	85	"
	Se Bang Hieng	298	1,250	72	"
	Se Pone (Se Saynon)	297	1,920	160	Joins the Se Bang Hieng on the left bank.
	Se La Nong	234	2,480	145	"
	Se Tenouan	234	880	60	"
	Se Pong	165	1,300	50	"
	Residual Basin		3,120		

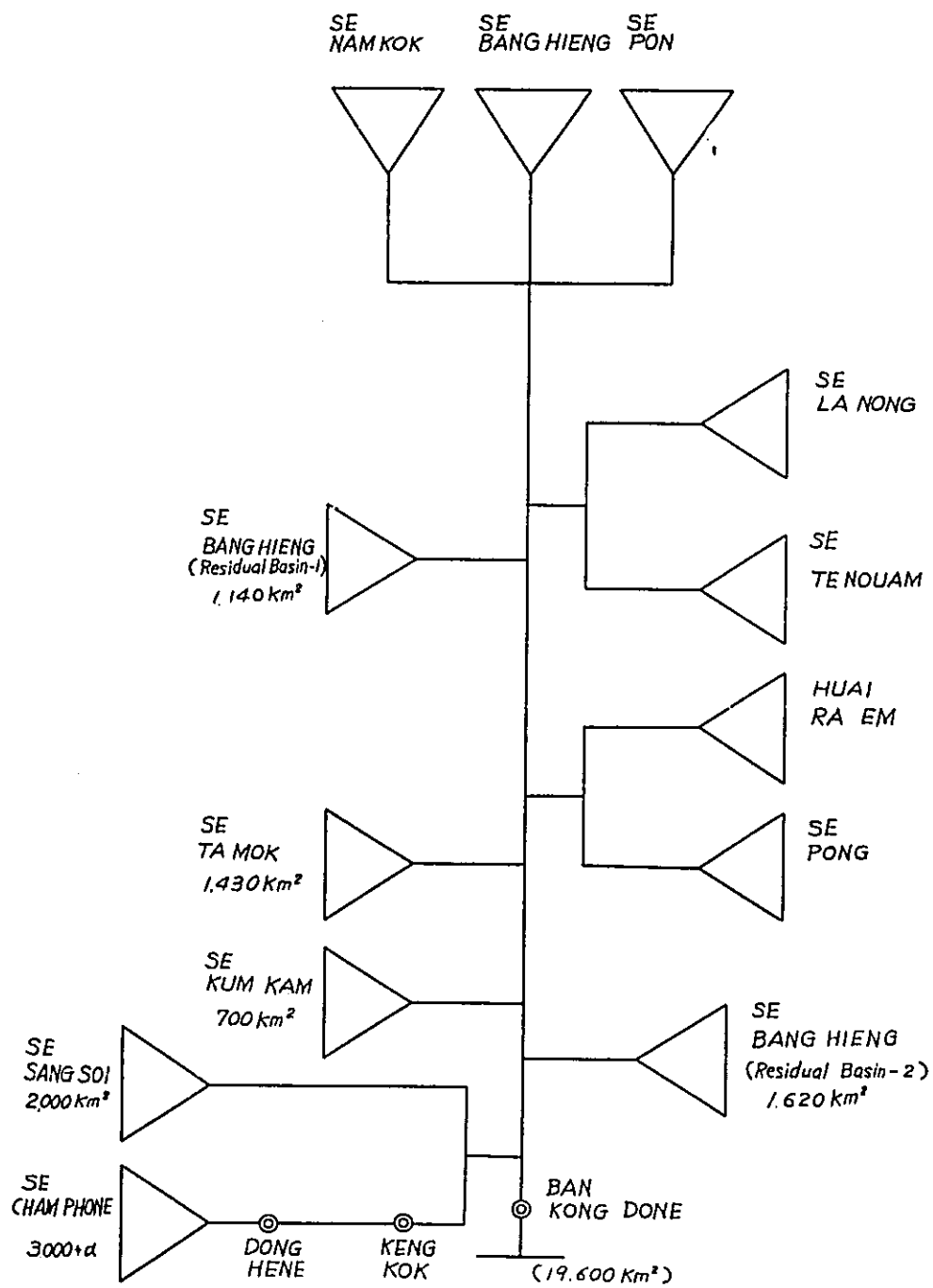


Fig. 4-2 - Basin Model of the Se Bang Hieng

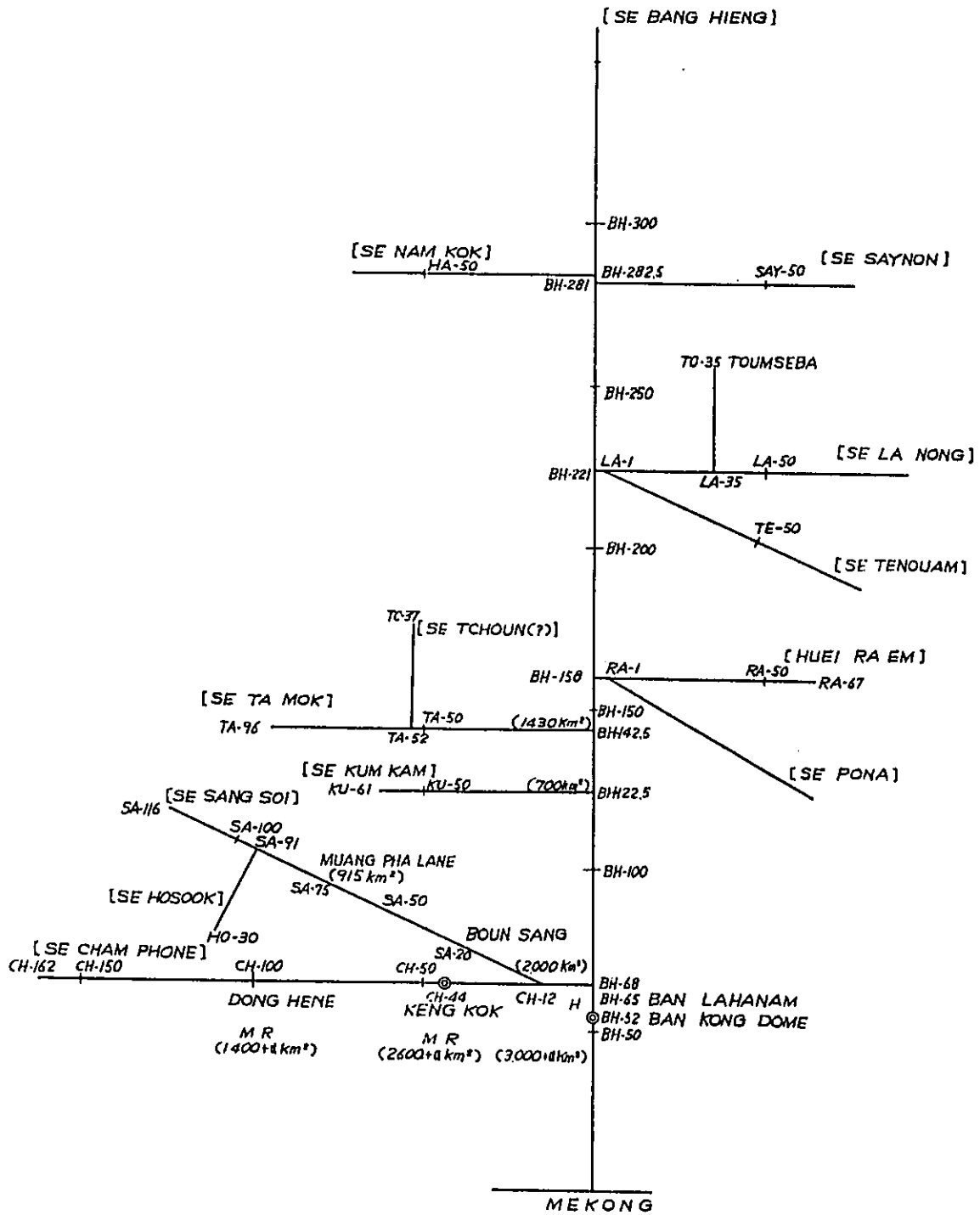


Fig. 4-3 - River Channel Model of the Se Bang Hieng

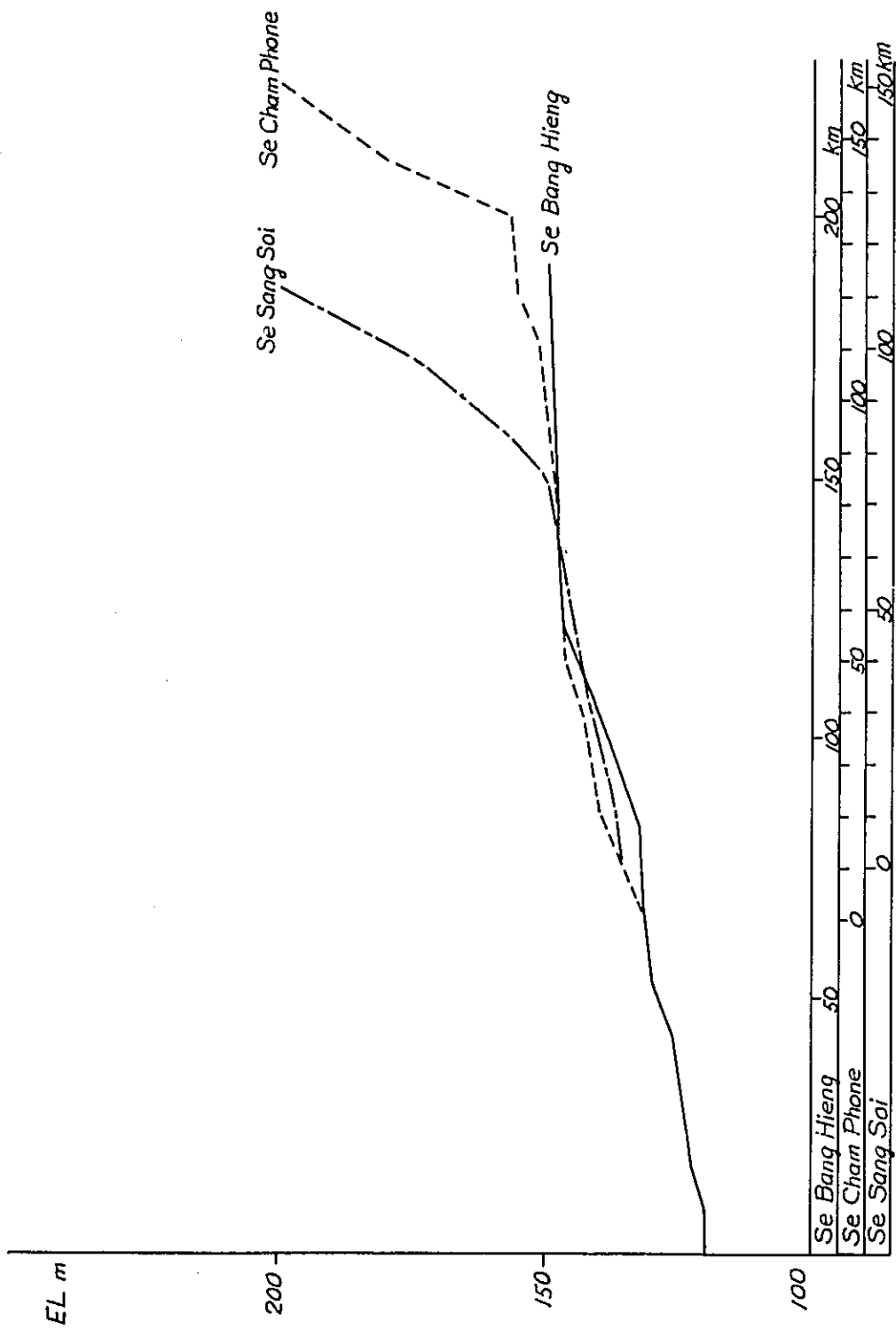


Fig. 4-4 - Profile of River Channel

4-3 観測施設の現況およびデータの所在

(1) 降雨観測所

現在、流域内において継続的に観測が行われているのは Kengkok 観測所しかないが、近年、比較的長期間、観測されている観測所 (Done Hene) および流域外ではあるが、近傍の観測所 (Seno, Savannakhet) について概要を示すと、表 4-2 に示すとおりである。ほとんどが気象局で管理されているが、Savannakhet には水理水運局所管の観測施設もある。

また、最近では Done Hene の他、Se Sang Soi 川の Bung Xang, Muong Phalane に雨量観測所を設置することが計画されている。

いずれも普通雨量計で、自記雨量計は現存、計画ともに今のところはない。

Mekong 委員会の記録によると、流域の近傍も含めて次のような観測所および古いデータがあり、今回の調査で、そのデータの一部を入手することができた。

No.	Name of Station	Location	Period Covered by Data
28	THAKHEK	Outside Basin	1929-32, 35-39, 42, 56, 61-64
29	TCHEPONE	Inside Basin	1923-25, 27, 30-32, 35-38, 56
30	SENO	Outside Basin	1949-64
31	Savannakhet	Outside Basin	1927-29, 31-40, 56
32	LOABAO	Outside Basin	1930-33, 36-39
33	MUONG PHINE	Inside Basin	1929-33, 35-39
34	KENG KOK	Inside Basin	1931, 35-39
35	Bantam Pril	Outside Basin	1938
36	SARAVANE	Outside Basin	1929-33, 35-39, 42, 64

Table 4-2 - List of Rain Gauge Stations (Existing)

No.	Name of Station	River Basin		Classification	Location	Managed by	Duration of Observation	Remarks
		Main	Tributary					
1	Dong Hene	Se Bang Hieng	Se Cham Phone	Ordinary	N16°00' E105°47'	MET	1963 ~ 70	
2	Keng KOK	"	"	"	N16°26' E105°12'	MET	1964 ~ 74	
3	Seno	Mekong	-	"	N16°40' E105°00'	MET	1942 ~ 44 1947 ~ 74	
4	Savannakhet	Mekong	-	"	N16°33' E104°45'	MET	1964 ~ 74	
5	Savannakhet	Mekong	-	"	?	HY·NA		

(2) 水位観測所

Se Bang Hieng 川本川約 52 km の地点に Mekong 委員会の手で設置された Ban Keng Done 水位観測所は、比較的長期にわたって観測され、現在も稼動しており、零点高も一応測量されている。それより下流にあって、Se Bang Hieng 川本川約 23 km に位置する Tang Gane 水位観測所は、現存しないが数年の記録が残っており、零点高も一応測量されている。本川にあるのは、この 2 つだけで、支川 Se Cham Phone 川では Dong Hene において、1969 ~ 71 年（ただし、71 年は不完全データ）のデータがあるが、現在、水位標はなく、Kengkok 観測所は 1974 年 11 月に設置され、流量観測も開始されたという話であるが、乾期にスタートしたばかりで、データはない。

Se Sang Soi 川には、Bung Xang に普通水位標があるが、これも 1974 年 12 月に設置されたばかりで流量観測もやっているという話であるが、データはない。

以上のように、Se Bang Hieng 川に関して、水位観測施設が存在するのは、Ban Keng Done、Kengkok および Bung Xang の 3 カ所であり、水位データが存在するのは、Tang Gane、Ban Keng Done および Dong Hene の 3 カ所である。

水理水連局では、この他に Se Bang Hieng 川の Lahanam、Ban Sa Nhek、Se Cham Phone 川の Dong Hene、Se Sang Soi 川の Muong Phalane にスタッフを設置する計画を持っている。また、Mekong 川との合流点では、タイ側に Khemarat 水位観測所の記録がある。

Table 4-3 - List of Water Stage Stations (Existing)

No.	Name of Station	Name of River		Classification	Duration of Observation	Managed by	Zero Point	Remarks
		Main	Tributary					
1	Dong Hene	Se Bang Hieng	Se Cham Phone	Staff	1969 - 1971	HY. NA	MSL. m No levelling conducted yet	destroyed by bombing in 1971
2	Keng Kok	"	"	Staff	no data	"	No levelling conducted yet	Operation Started in November 1974 for stage and discharge observation
3	Ban Keng Done	Mekong	Se Bang Hieng	Bubble Gauge Self-Recording	1960 - 74	"	121.29	19,400 km ²
4	Bung Xang	Se Bang Hieng	Se Sang Soi	Staff	no data	"	No levelling conducted yet	Operation Started in December 1974 for stage and discharge observation
5	Tang Gane	Mekong	Se Bang Hieng	Staff	1965 - 1970	"	108.00	Not in existence
*	Khemarat	Mekong	-	"	Staff 1961- bubble 1965-	(Thailand)	108.381	395,000 km ²

Table 4-4 - Availability of Daily Rainfall Data

Station \ Year	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
Dong Hene							○	⊕	○	⊕	⊕	⊕	○				
Keng Kok								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Senò			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Savannakhet (MET)								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Savannakhet (HY, NA)																	

Table 4-5 - Availability of Daily Stage Data

Station \ Year	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
Tang Gane								○	○	⊕	⊕	⊕	⊕	Operation suspended and not resumed yet			
Ban Keng Done			○	○	○	○	○	○	○	⊕	⊕	⊕	⊕	○	⊕	○	○
Keng Kok																	Operation started
Dong Hene													⊕	⊕	Destroyed and not reconstructed yet		
Bung Xang																	Operation started
Khemarat									○	○	○	○	○	○	○		

Note 1) ⊕ Data recorded at 7:00 hrs and 17:00 hrs available

○ Data recorded at 7:00 hrs available

Note 2) ⊕ Incomplete data

Table 4-6 - Availability of Daily Rainfall Data

At Mekong Committee

Station Year	Tchepone	Seno	Savanna- khet	Muong Phine	Keng Kok	Bantam -Pril	Saravane
1923	○						
24	○						
25	⊖						
26							
27	⊖		⊖				
28			⊖				
29			⊖	⊖			○
30	⊖		⊖	⊖			○
31	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
32	⊖	⊖	⊖	⊖			⊖
33		⊖	⊖	○			○
34		⊖	○				⊖
35	○	⊖	○	○	○		○
36	○	⊖	⊖	○	⊖		○
37	○	⊖	⊖	○	⊖		○
38	⊖	○	⊖	⊖	⊖	⊖	○
39		○	⊖	⊖	⊖		○
40		⊖	⊖				
41							
42							○
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49		⊖					
50		○					
51		○					
52		○					
53		○					
54		○					
55		⊖					
56	⊖	⊖	⊖				
57		⊖					
58		⊖					
59		○					
60		⊖					
61		○					
62		⊖					
63		○					
64		○					○

Note ⊖ : Incomplete Data

4-4 洪水発生状況

(1) 各年の洪水水位および洪水流量

表4-7は1960年から1974年の15年間について各年の最高水位および最大流量を見たものであるが、9月に最高を示しているものが圧倒的に多く、全体の2/3を占め、次いで8月、7月の順になっている。この間での最高は1974年8月の大出水であり、現地の話では130年来の大洪水であったといわれている。また、この間では1961、1964、1968、1972(8月がたまたま欠測であるが、雨から見て大きく、入手した資料の記述の中にも、かなりの被害があったことが記録されている)および1974年が大きく、大体3~4年毎に、大きい出水に見舞われているようである。

Ban Keng Done 付近では16.50mで、ほとんど天端まで水が来るので、これ以上の水位のときは、明らかに流域内への浸水を受けていることになる。

Table 4-7 - Annual Peak Water Level and Discharge

Year	Month	Day	Peak Water Level m	Peak Discharge m ³ /s	Remarks
1960	Aug	25	12.66	3,940	
1961	Sep	28	15.67	6,360	
1962	Sep	19	13.66	4,950	
1963	Aug	13	14.36	5,440	
1964	Sep	27	16.68	7,070	
1965	Sep	4	9.48	2,250	
1966	Sep	9	12.26	3,970	
1967	Sep	25	12.44	4,110	
1968	Sep	10	17.76	7,820	
1969	Sep	5	13.78	4,930	
1970	Sep	3	12.64	4,240	
1971	July	16	14.82	5,760	
1972			No observation		There were heavy rainfall in August
1973	Sep	4	10.46	2,790	
1974	Aug	20	18.62	8,500	

(2) 著名洪水時の気象条件

1) Storm Tilda - September 21-25, 1964

降雨の大半は22日から23日にかけての36時間に降っている。勿論、前後に多少の降雨はあるが、近傍観測所の降雨のマスカーブの形は、近似しているが主降雨は、明らかに西方に移動している。

(等雨量線図およびこれに関する説明は入手できたが、全般的な気象条件、被害状況などは不明) - 図4-7 および図4-8 参照。

2) 1968 Flood - 2-7 September 1968 -

9観測所において2~7 September に降った総降雨量のデータのみを入手することができたので参考までに掲げる。(図4-9 参照)

観測所名	総降雨量	観測所名	総降雨量
Kengkok	2240 mm	Phiafay	214 mm
Seno	217.1	Parsong	658.4
Savannakhet	180.5	Ubol	283
Kong Sedone	144.0	Kuntowm	89
Parse	385.0	-	-

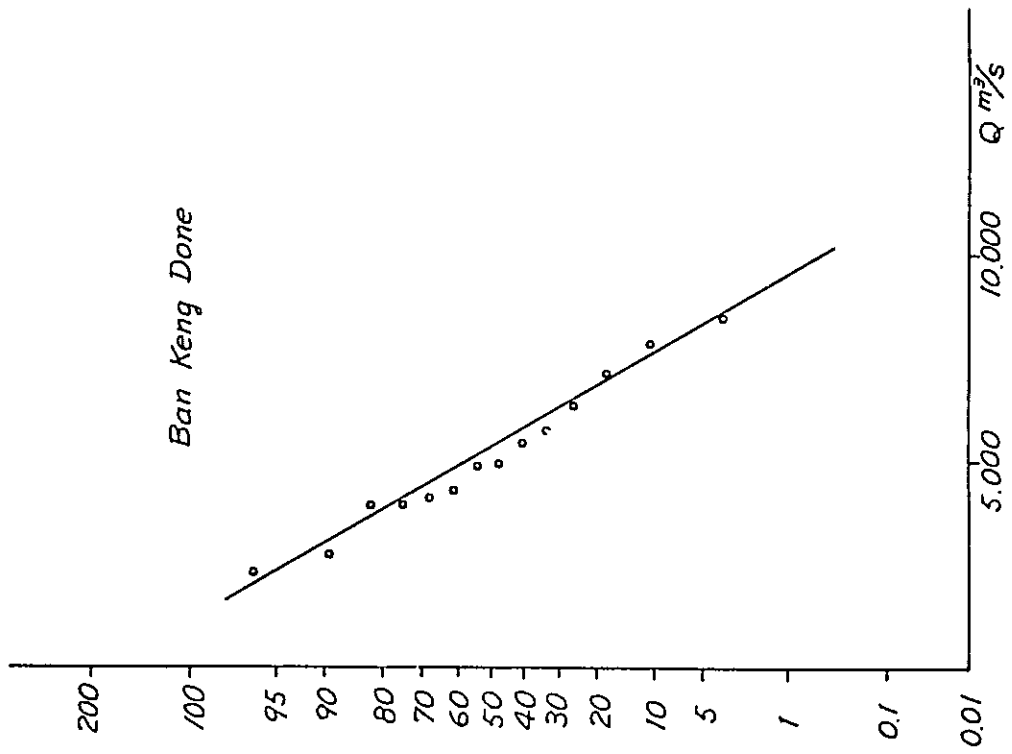


Fig. 4-5 - Exceedance Probability of Annual Peak Discharge, Bang Keng Done

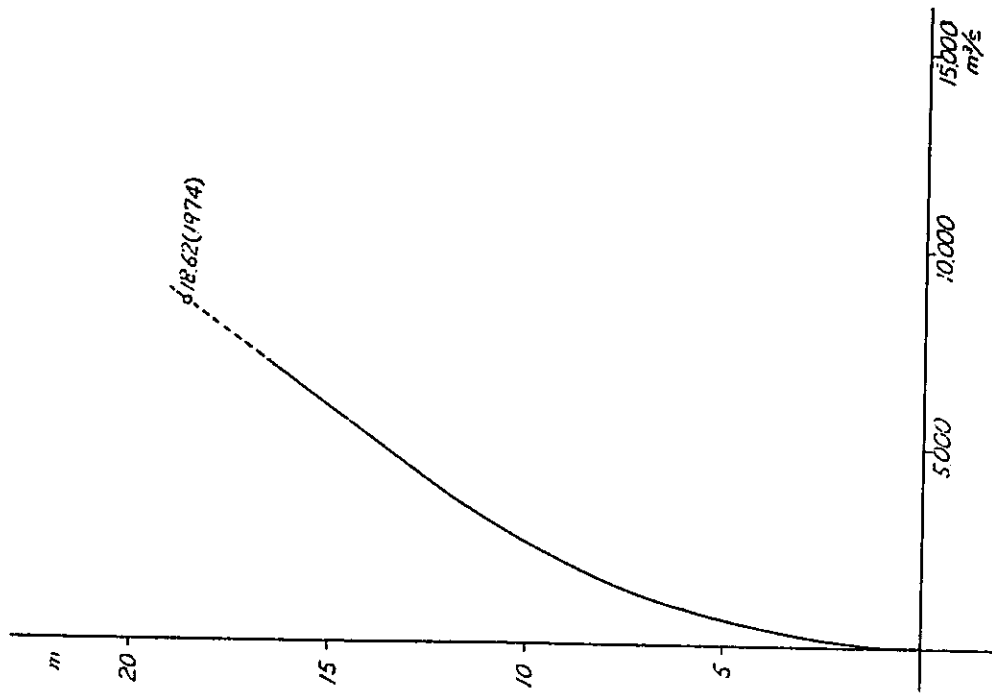


Fig. 4-6 - Stage-Discharge Curve at Ban Keng Done (Approximate)

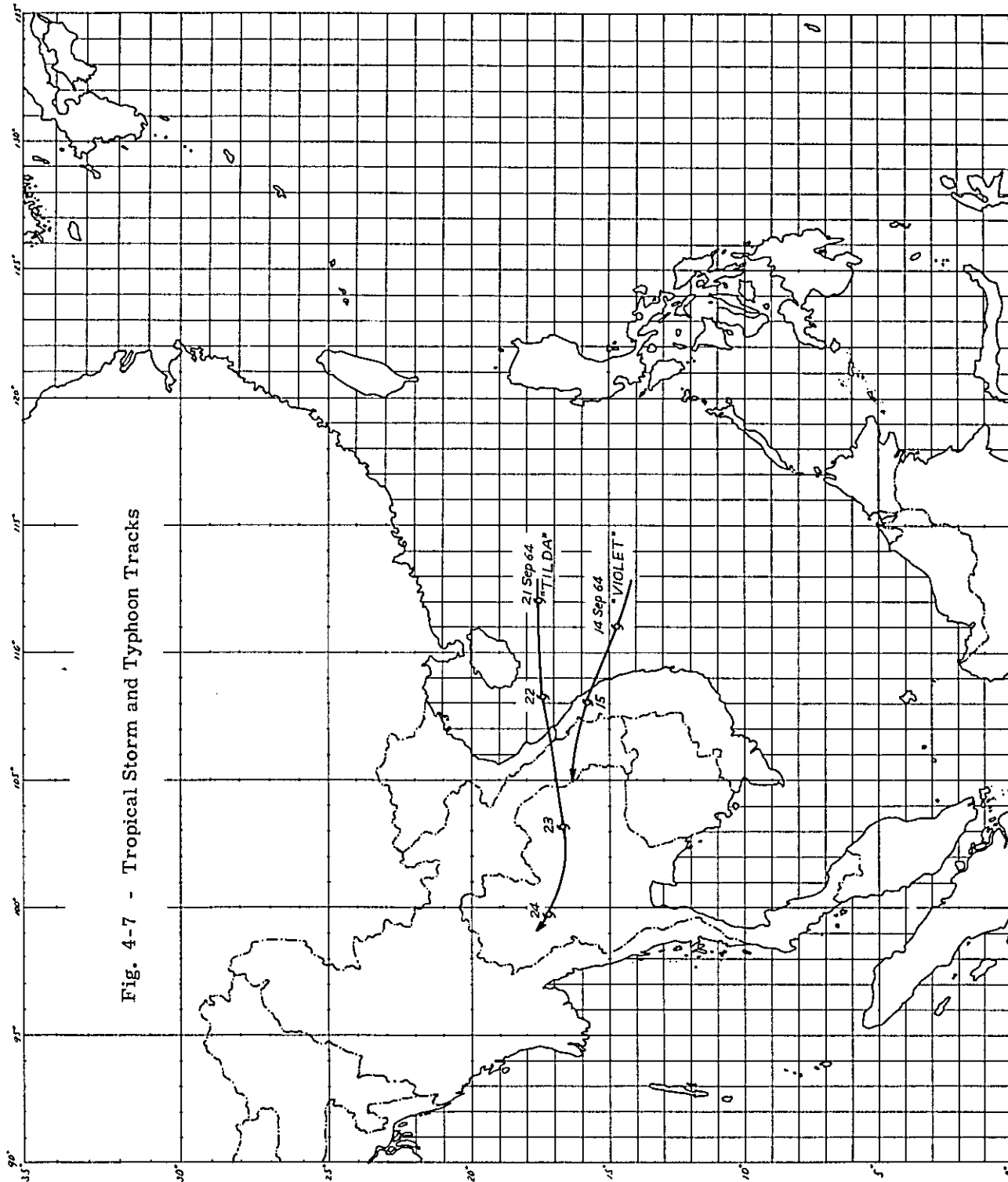
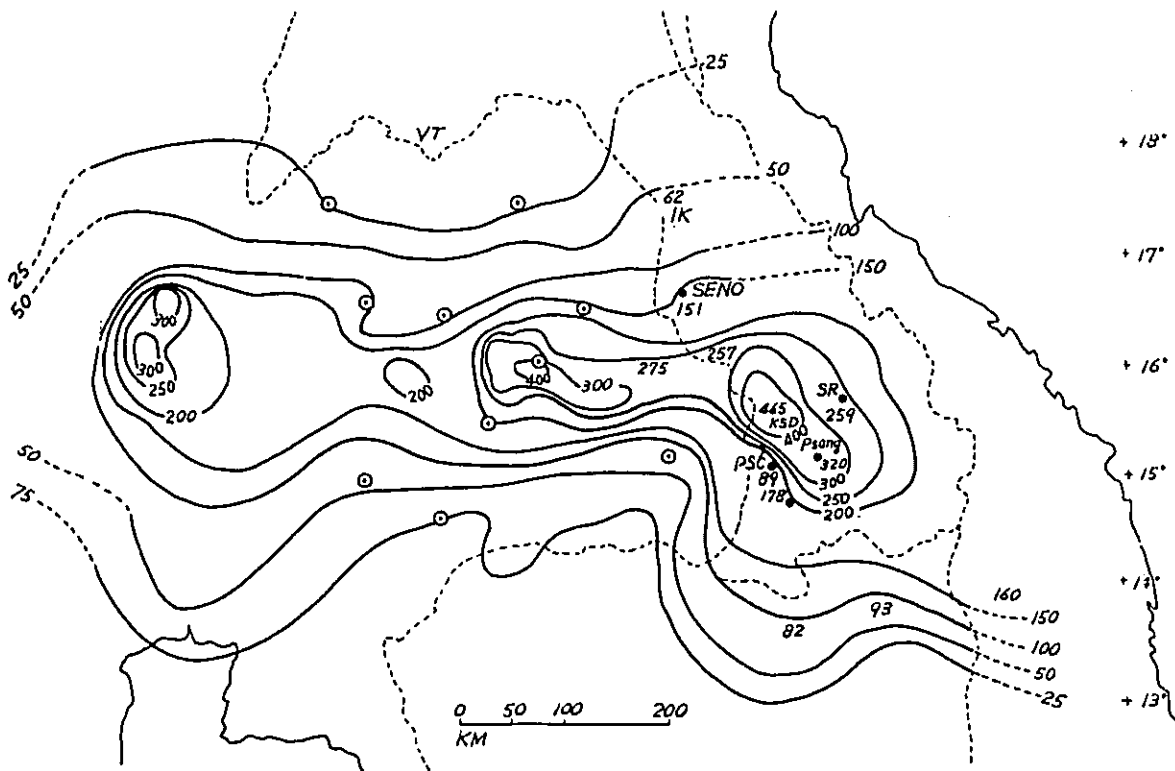


Fig. 4-7 - Tropical Storm and Typhoon Tracks



- ⊙ stations with hourly records.
- stations equipped with ordinary rain gauge.

Total rainfall during the period of 24-25 September 1964

Fig. 4-8 - Isohyetal Map for Storm "Tilda"

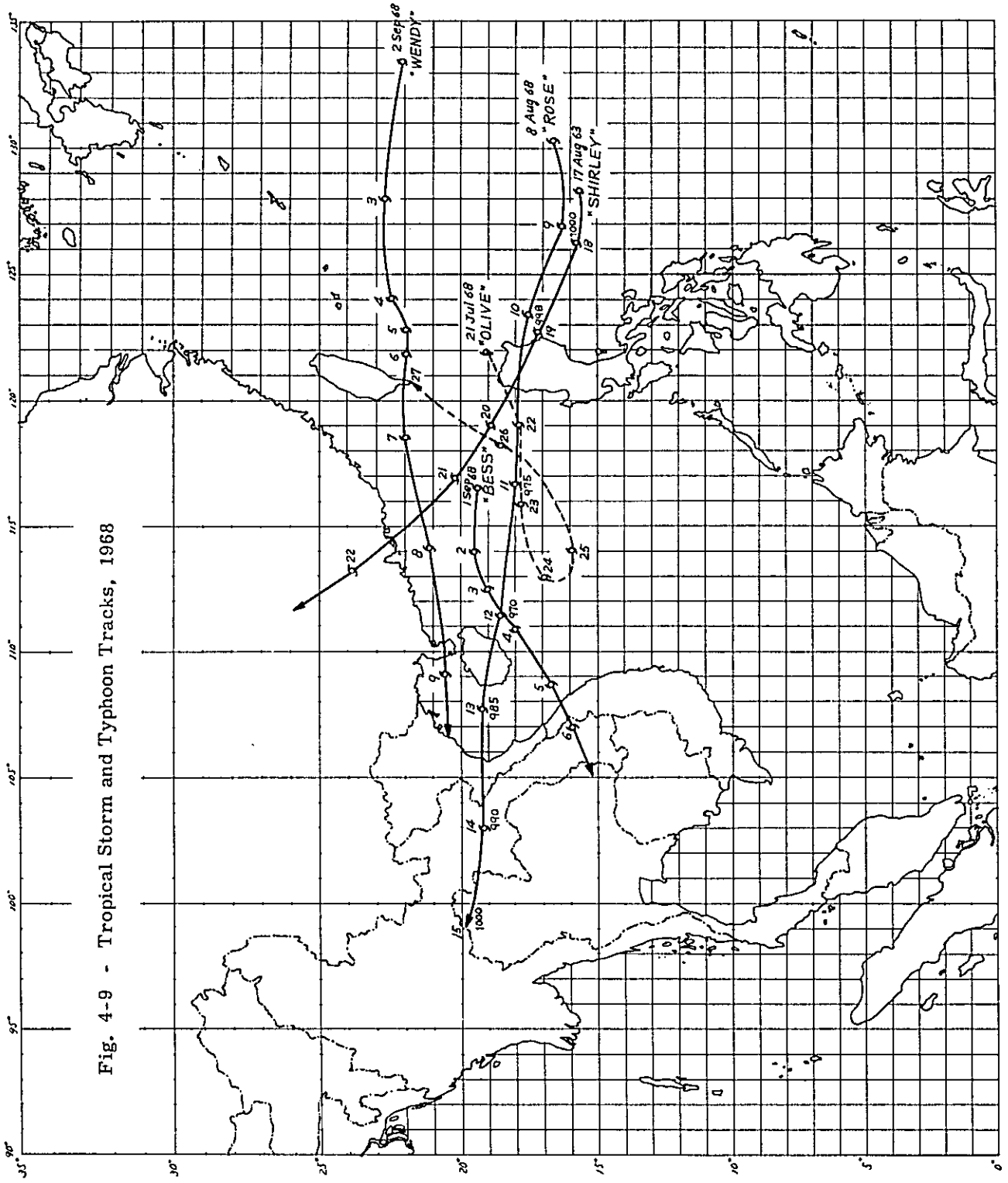


Fig. 4-9 - Tropical Storm and Typhoon Tracks, 1968

3) 1972 Flood in the South Laos

1972年7月の後半に北緯17度付近に発生した、南西モンスーンによってもたらされた豪雨は、Khammouane, Savannakhet, Cham PhoneおよびSedoneの各Provinceに壊滅的洪水をもたらした。

基本的な気象学的原因の解析結果は次のとおりである。6月2日、Paracel群島の南およそ100kmに発生した熱帯暴風雨mamieは、強度を増しながら北緯16度線に平行してVietnamの中央海岸に向かって移動し、6月5日Thakhekの西方で消滅した。6月3日夜半から4日にかけてPakseにおいて最大24時間雨量254mmを記録した。このため、暴風雨MamieはLaos南部の各州の土壌を時ならず、十分に浸潤させた。これによって南西モンスーンが極めて活発になる8月の水収支に大きな剰与が与えられた。

熱帯性暴風雨Susanは、後に台風に成長したが、Luzon島の北部で発生し、南支へ向かうコースをとった。7月16日から、暴風雨は上述のコースを辿ったが、南西モンスーンの風は強くなり、cyclonic circulationはTonkin湾に停滞したままであった。丁度その頃、Luzon島までのびるモンスーンの谷間が非常に活発になり、北緯17度付近に強い雨をもたらした。モンスーンの谷間は8月の前半にも依然として活発でKhammouane, Savannakhet, Cham Phoneの各Provinceに妨害するものなくして、豪雨をもたらした。

8月27日から29日にかけて台風Coraの通過によってもたらされた壊滅的降雨は3大ピークを有し、その中心はそれぞれNan NgunとNam Theuneの分水嶺および南LaosのBoloven平原にあった。

穀物被害

Savannakhet (Cham Phone)	3,500ha	affected	60% of
Khammouane (Thakhet)	725ha	"	80%

被災した道路と橋梁

Savannakhet	5,000,000 Kip	} 15,500,000 Kip (≒ US\$ 26,000)
Sedone	1,000,000 Kip	
Champasack	8,000,000 Kip	
Sithandone	1,500,000 Kip	

(当時の公称レートは、600K=1US\$である)

1972年7月～8月にLaos中北部で、日照りがみられ、農作物に被害があった。Vientiane, SayabouryおよびPaklayにおいて米作の収穫が明らかに平年以下に落ちこんだ。

4) 1974 Floods in Laos

1974年には、Laosにおいて3つの特異な気象現象が観測された。それらは、次のようなものである。

- (1) 1年の始めの大寒期の時期
- (2) 長期の乾燥期
- (3) 南Laosの各Provinceに重大な災害をもたらす原因となる強い雨の時期

そのうち、(3)について記すと次のようである。

8月15日から16日にかけてLaos中央部を熱帯性低気圧が通過した。これによって南西モンスーンが強く刺激され、南Laos特にCham Phone Provinceに強い雨を降らし、非常に重大な被害をもたらした。地方機関の調査によれば96,400haの水田が水没し、穀物の96%が損傷した。逃げ遅れた家族6,275、逃げ遅れた人37,370人に及び家屋は4日間にわたって水中にあった。また、約50,000人が間接的に、この出水の影響を受けた。また、約26,142頭のバッファロー、33,670頭の牛が餌を失った。住民の話ではこの出水は、1927年以来、最も大きいものであったということである。

8月13日から16日の累加雨量を参考までにかかげると次に示すようであった。

Seno	417mm
Savannakhet	337mm
Kengkok	180mm
Selabam	225mm
Pakse	240mm

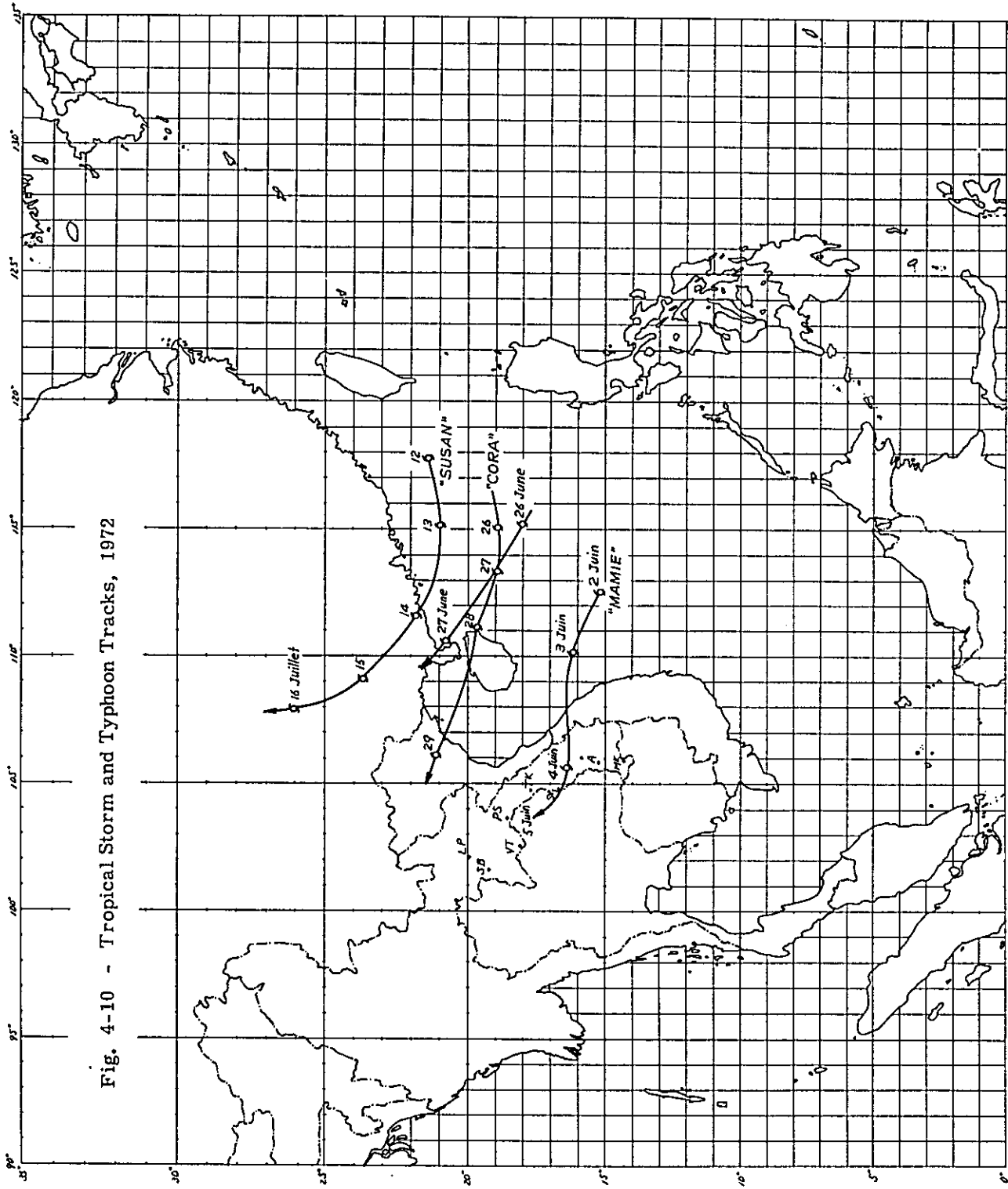


Fig. 4-10 - Tropical Storm and Typhoon Tracks, 1972

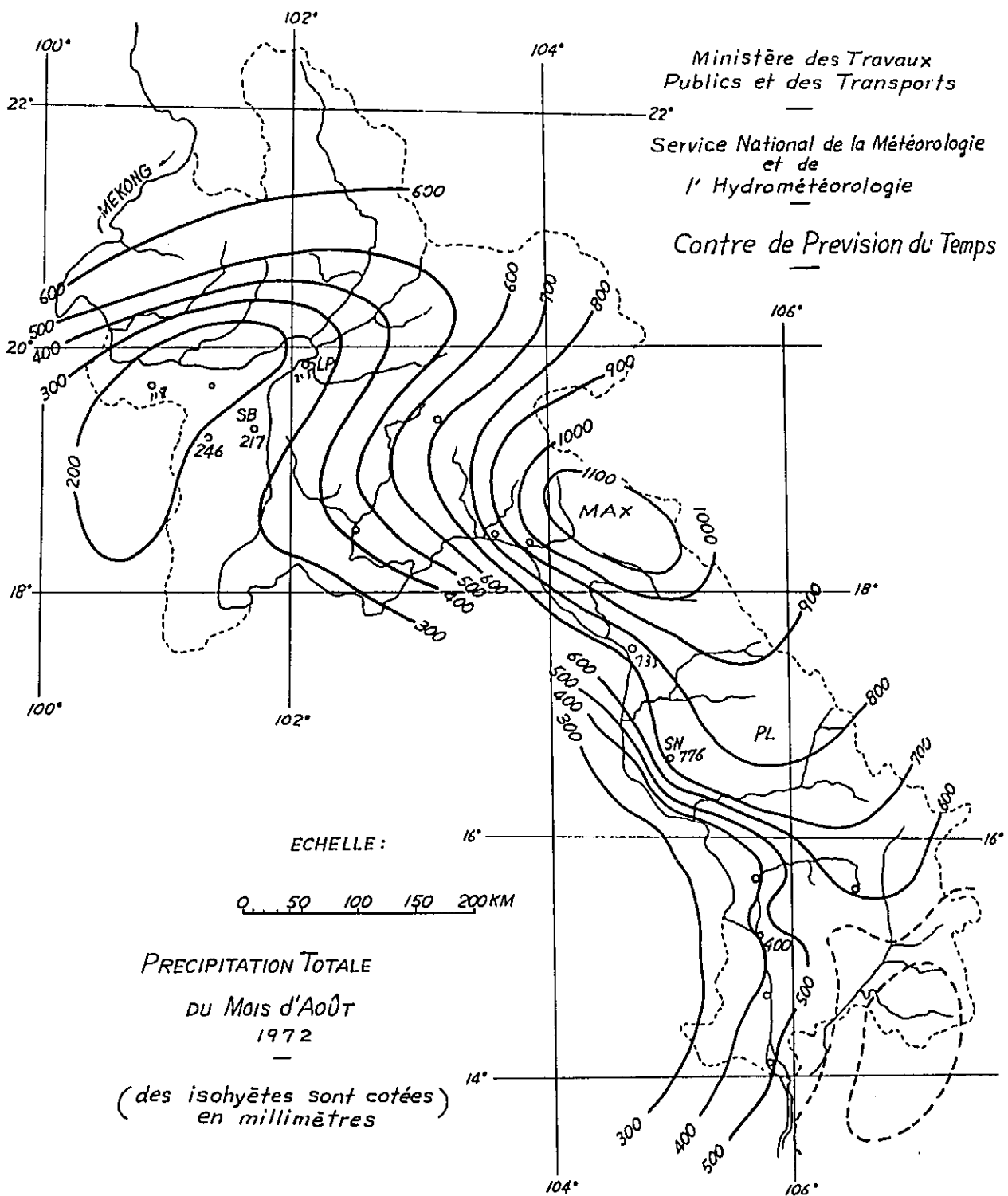


Fig. 4-11 - Isohyetal Map, 1972

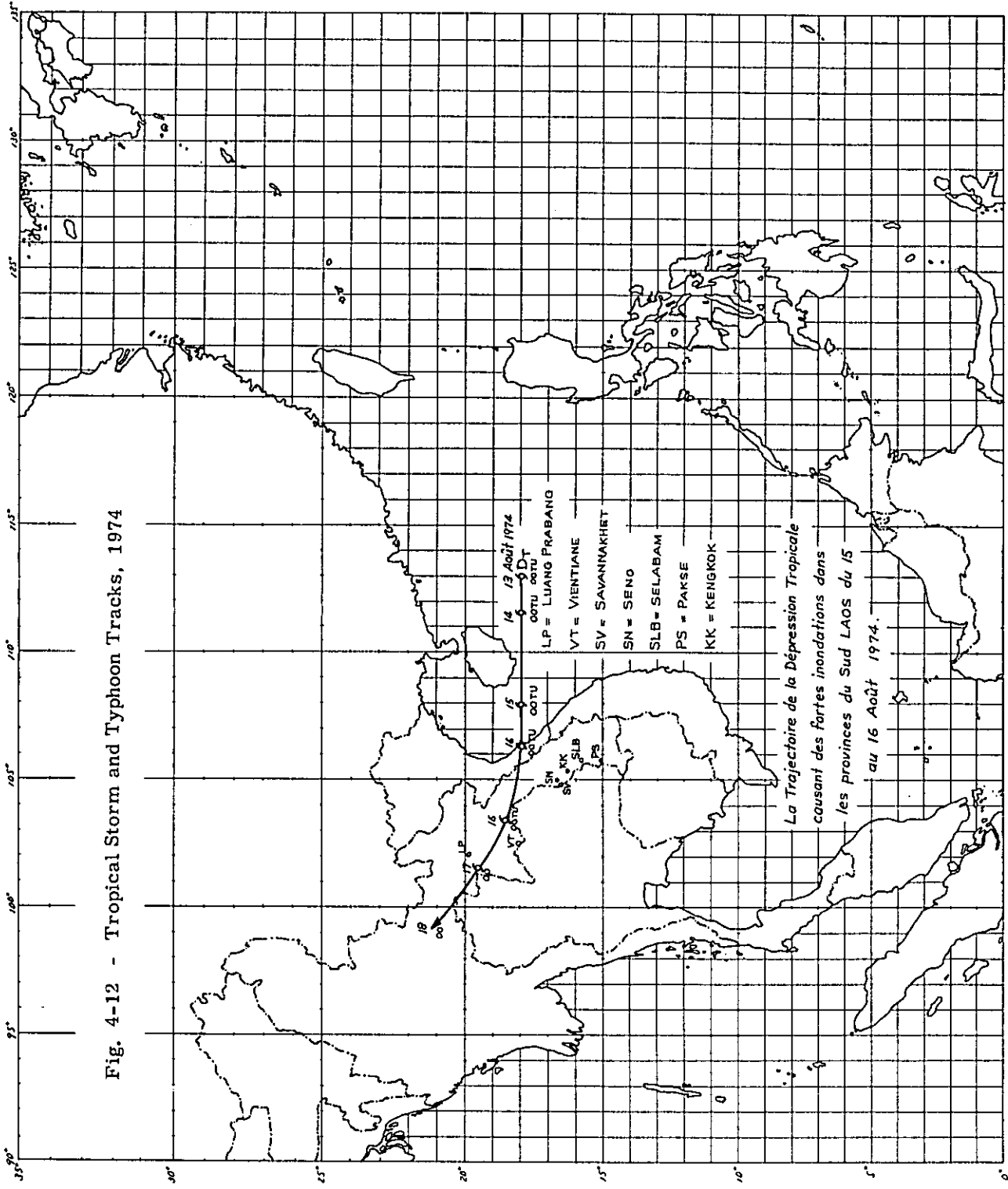


Fig. 4-12 - Tropical Storm and Typhoon Tracks, 1974

4-5 Se Bang Hieng 川のダム適地について

第1次踏査報告書に記載したように、Se Bang Hieng 本流の中流部に大規模貯水池開発の可能性がある。そのほか、その下流にもダムサイトとして恰好な地点が1カ所ある。その後検討の結果、計画において放水位その他に若干修正を加えたが支流貯水池計画としては、Nam Theun に匹敵する大規模のものであり、洪水調節、本流の乾季流量の補給には極めて重要な地点である。すなわち、この河の年間平均流量は、流域9,000km²のダムサイトで、222~300 m³/sec 程度と推定される。この貯水池の46億m³の有効貯水量により低水期6カ月は300m³/secに調節使用することができ、本流の乾季流量の補給に大いに役立つ。また乾季に多く、雨期に少なく貯水池流量を調整することは発電に有効であり、Mekong 河下流部に設けられる発電所の常時化に役立つ実に貴重な存在となるものである。北側の支流Se Cham Phone, Se San Soi 流域の約100,000haにわたる氾濫を軽減することにも役立つであろう。この計画の概要は表4-8にあげられる。

Table 4-8 - Se Bang Hieng Dam Programme

Item	Se Bang Hieng No. 1		Se Bang Hieng No. 2
	Catchment Area	Km ²	9,000
Annual Rainfall	mm	2,000 - 3,500	
Annual Average Discharge	10 ⁹ m ³	7 - 8	
Average Discharge	m ³ /sec	200 - 300	
Reservoir Plan			
Full Water Level	m	190	45
Ponding Area	Km ²	630	87
Effective Depth	m	8	1
Total Storage Capacity	10 ⁹ m ³	11.2	0.38
Effective Storage Capacity	"	4.8	0.10
Dam			
Height	m	53	25
Length	m	530	800
Power Generation Plan			
Type		Dam Type	Dam Type
Intake Level	m	190	145
Tail Water Level	m	145	125 ¹
Rated Head	m	41	20
Discharge for Firm Power	m ³ /sec	300 (Dry Season)	320 (Dry Season)
Installed Capacity	KW	120,000	60,000
Annual Generated Energy	10 ⁶ kwh	650	400

¹ This figure is based on the map (1/100,000) published by the and differs a little from the value measured by the Canadian team, but the difference is irrelevant to relative height.

本計画は道路や耕地の水没が多い上、落差をそれ程高くとれないため、電気を多量に出せないのがNam Theunに比して劣っている。しかし、支流Se Cham Phone, Se San Soi 流域における大規模な灌漑排水計画に対して治水上と灌漑用水の補給上に役立つ計画といえる。

Se Bang Hiengの支流Se Cham PhoneのKha Tha部落下流約2 kmの地点に満水位El. 151 m, 高さ約26 mのダムを築造し、利用水深を6 mにとれば、有効容量約2.3億 m^3 を得ることができる。

また、支流Se San SoiのBoun Sang部落上流2.5 kmの地点に満水位El. 147 m, 高さ約25 mのダムを築造し、利用水深を4 mにとれば、有効容量1.5億 m^3 を得ることができる。上記の両貯水池により、それぞれ自己の流域の洪水を完全に防止し、約60,000 haの耕地を新たに確保することができる。貯水された水は、その全量をもって、これら可耕地のうち約半分の32,000 haに対して、灌漑用水を供給することができる。残りの可耕地に対する灌漑用水は前記Se Bang Hieng 第2ダムの右岸より補給することによって容易に達することが可能となる。

(以上は「MEKONG河下流域主要支流踏査総合報告書 昭和36年9月日本政府メコン河踏査団」からの抜萃である)

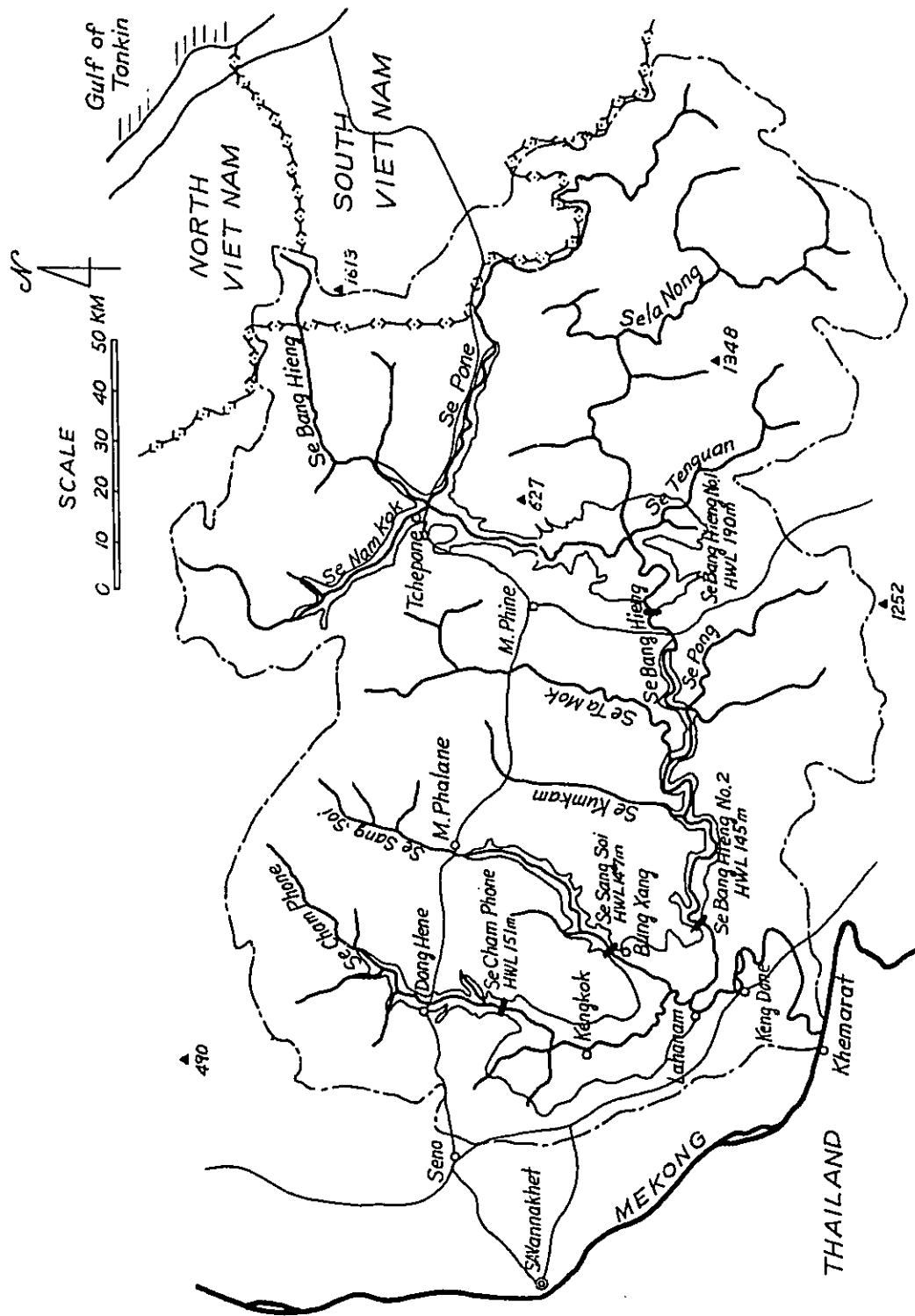


Fig. 4-13 - Dam Sites on Se Bang Hieng

4-6 Se Bang Hieng 川に関する参考資料

(1) Report

1) MEKONG 河下流域主要支流踏査総合報告書

昭和36年9月 日本政府メコン河踏査団

2) Report on Amplified Basin Plan

A Proposed Framework for the Development of Water and Related Resources
of the Low Mekong Basin Volume I, II 1970

3) Inventory of Promising Tributary Projects in the Lower Mekong Basin

Mekong Secretariat Bangkok December 1970

内容：Se Bang Hieng proposed water resources Development Project
(Dam Project)

XXI-1 ~ XXII-1 の前までの頁にある。

以上のうち2), 3) は Manila 台風委員会事務局にある。

4) Note on the Proposed Flood Forecasting and Warning System in the Se Bang

Hieng River Basin in Laos September 1974

Typhoon Committee Secretariat

(2) Data 類

1) Lower Mekong Hydrologic Yearbook

Committee for Coordination of Investigations of the Lower Mekong Basin
1960~1972 (製本化されているのは1972まで)

メコン委員会または Laos の Service National de l'Hydraulique et de la
Navigation に揃っている。

2) 水文資料

① Service National de la Meteorologie du Laos にて入手することができる。

② 同上局で「Resume Annuel du Temps an Laos - in French」を毎年印刷している。

3) 水理資料

① Service National de l'Hydraulique et de la Navigation にて入手することができる。

② Original は、大半が Service Provincial de l'Hydraulique et de la Navigation - Savannakhet にある。

③ Service National de l'Hydraulique et de la Navigation にて Mekong et ses
Affluents を印刷している。入手例としては、Savannakhet 1960-71 がある。

以上、1)、2)、3)に関して必要な情報は、今回の調査でおおむね系統的に収集されている。

(3) 地図類

1) 1/50万平面図は、次のところで入手できる。

Maphouse Co. Ltd. 〒150 東京都渋谷区宇田川15-1

渋谷パルコ5F (03)(464)6867

2) 1/100万、1/25万は、国土地理院、地図管理部地図資料課にある。

3) 1/10万はJICA資料室にある。

4) 1/200万、1/125万をVientianeの書店にて入手した。

5) 1/5万は、Vientiane政府側が持っていたが、枚数が多すぎるため、今回は入手しなかった。

6) 1/200万地質図を入手した。

第 5 章 簡単な洪水解析

5-1 観測データに基づく洪水解析

(1) 降雨と流出の関係

比較的長期間の流量記録がある Ban Keng Done の流量と Seno または Kengkok の雨量を対比してみると、1961~1974 年の比較的大きい洪水に対して図 5-1~図 5-3 のような様子を示す。これらの図から、ほとんどの洪水が主降雨終了後 2 日程度で、ピークないしは、ほとんどピーク流量になっていることを知ることができる。

また、降雨量とピーク流量との関係を単純な相関関係で示せるか否かやってみたが、Ban Keng Done での洪水発生形態が様々であって、その試みは失敗に終わった。

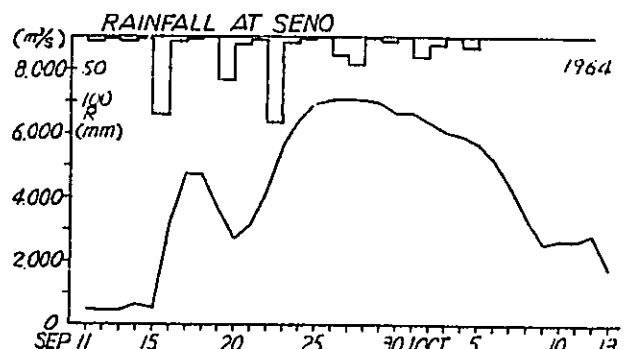
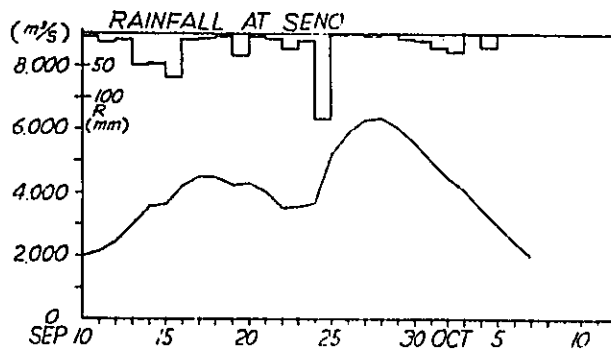
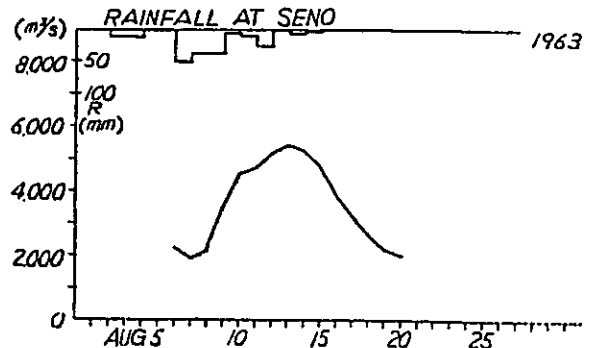
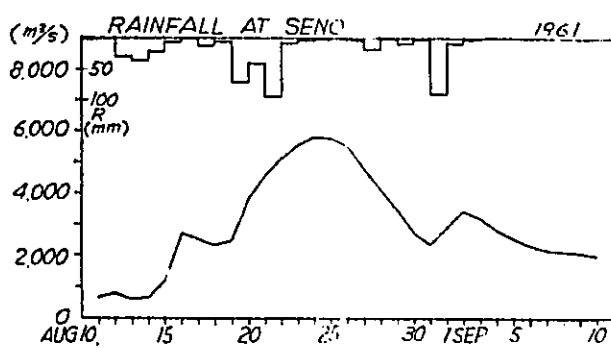


Fig. 5-1 - Flood Discharge at Ban Keng Done (1)

Fig. 5-2 - Flood Discharge at Ban Keng Done (2)

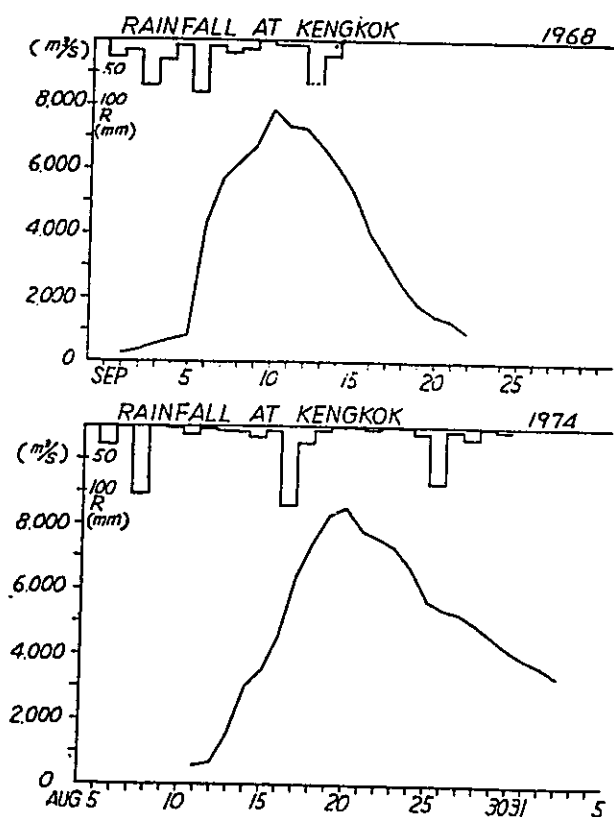


Fig. 5-3 - Flood Discharge at Ban Keng Done (3)

(2) 洪水時水位の比較

1969年と1970年については、支川 Se Cham Phong 川の Dong Hene と Se Bang Hieng 川の Keng Done において同時水位記録がとれているので、これらの水位記録を比較してみた。ただし、Dong Hene については、絶対標高が不明（測量されていない）なので、単に時間的關係をみるにとどまる。

比較した図は、図 5-4～図 5-7 に示されている。

これらの図から、いくつかの洪水を拾って検討してみる。

1969年7月の12日～18日にかけての洪水では、上流の Dong Hene より下流の Keng Done の方が先にピークに達しており、Kengkok で主降雨が記録されている最中にピークになっている。したがって、この図が正しいとすれば Keng Done の洪水は、Se Cham Phone 川からの流出に直接支配されているのではなく、他の要因によるものである。Khemarat の水位に比較しても Keng Done のピークの方が早く、結局 Se Bang Hieng 川自身の中上流部の洪水に支配されていると考えるのが妥当であろう。

同月の28日～31日頃にかけての洪水では、1.5日程度の差があるように見受けられるが、水位上昇の程度が全く異なり、Keng Doneの上昇度が大きい。このとき、Khemaratの水位もかなり上昇しているのでMekong川の背水の影響も考えられるが、Keng Doneでの洪水が上流からのものか、下流からのものか、これだけで判断するのは困難である。

1969年9月3日～10日頃の洪水では6日のDong Heneの記録に疑問が持たれるので、これを除くと0.5～1日程度の時差が見受けられるが、Dong Heneの水位上昇が低いことから考えて、Se Bang Hieng川上下流からの影響を強く受けているものと推察される。

1970年7月15日前後の洪水は比較的小さいが、時差は0.5～1日程度と見受けられる。

また、1970年8月においても0.5～1日程度の時差があるとみてもよさそうである。

以上のように、Dong HeneとKeng Doneの洪水ピーク発生時刻の間には、負の差を生ずることがあるとともに、正の差ではおおむね0.5～1日程度のものが多く、日単位の話ではなく、時間単位の話が要求されかねない状況にある。したがって、洪水予警報に対して、かなりきめ細かいシステムが必要になる可能性がある。

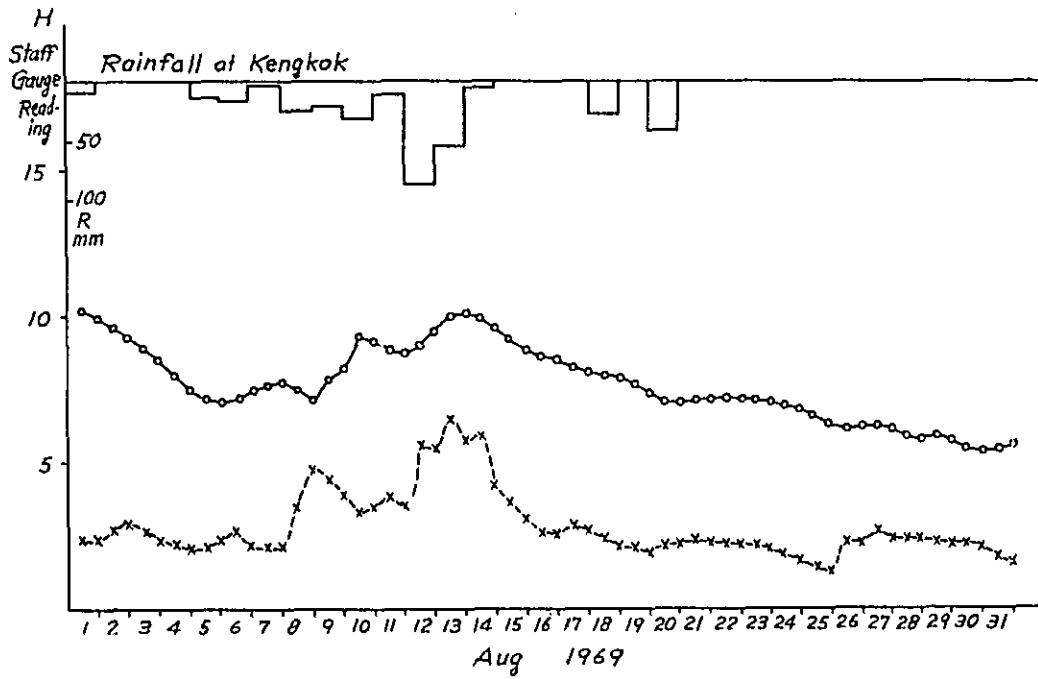
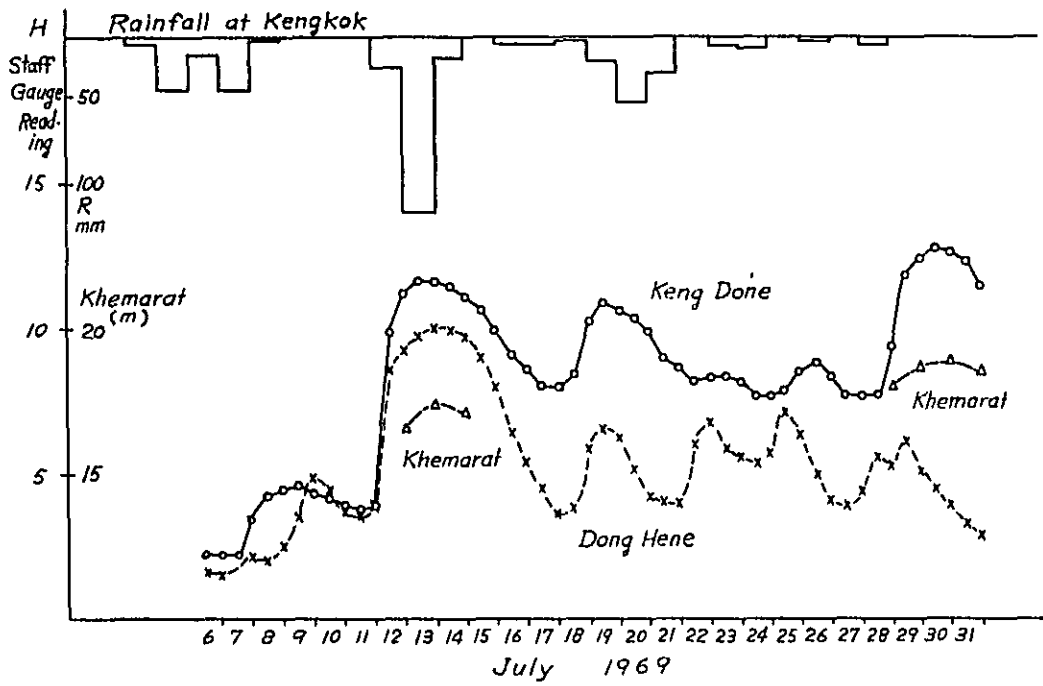


Fig. 5-4 - Comparison of Flood Level (1)

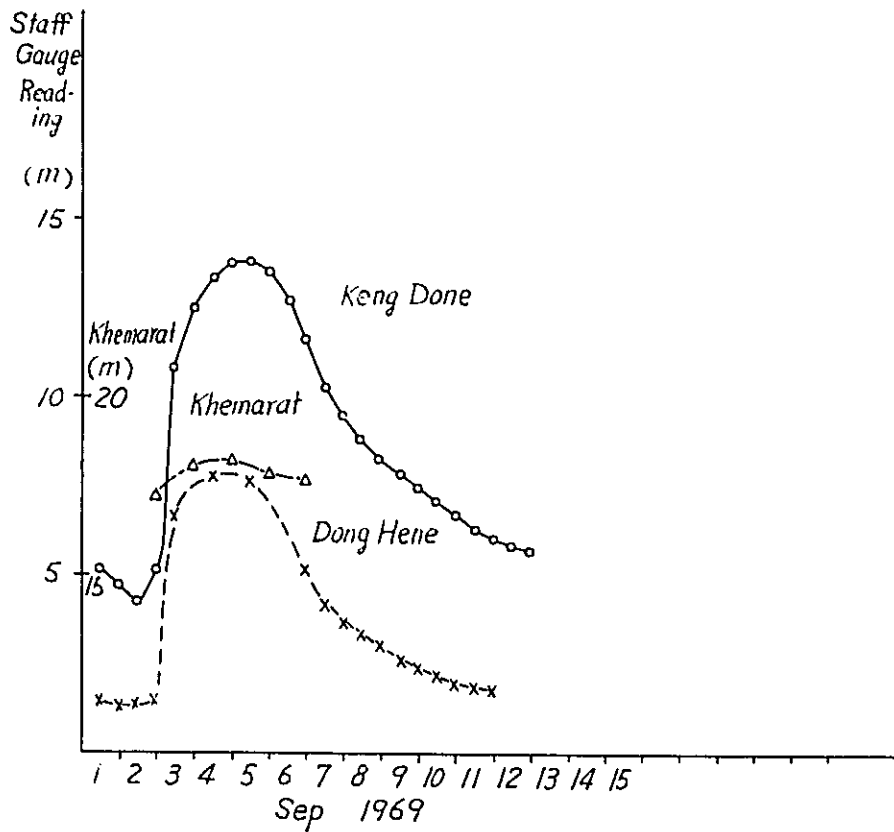


Fig. 5-5 - Comparison of Flood Level (2)

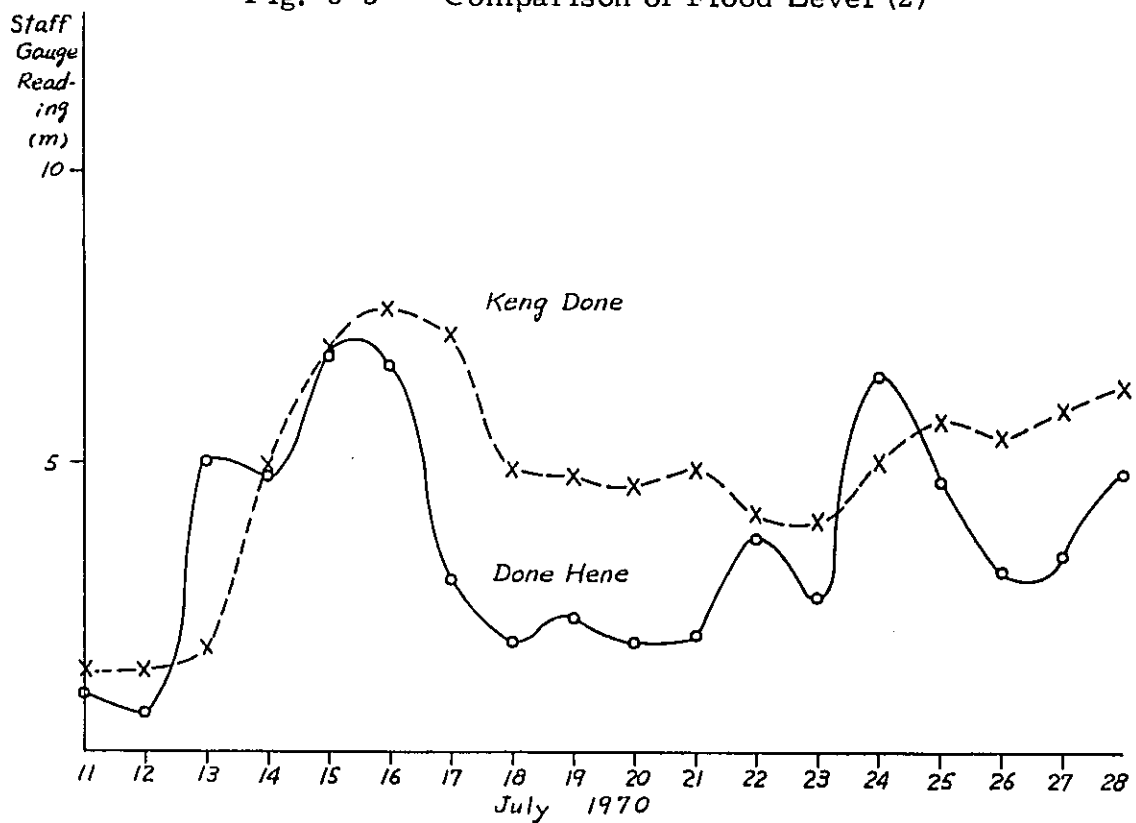


Fig. 5-6 - Comparison of Flood Level (3)

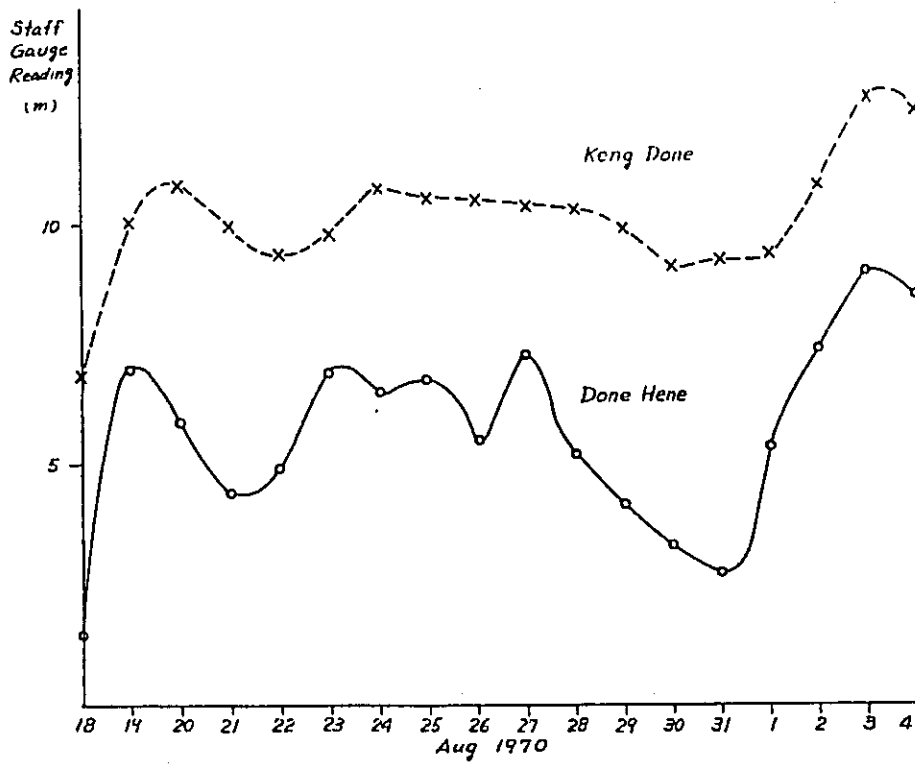


Fig. 5-7 - Comparison of Flood Level (4)

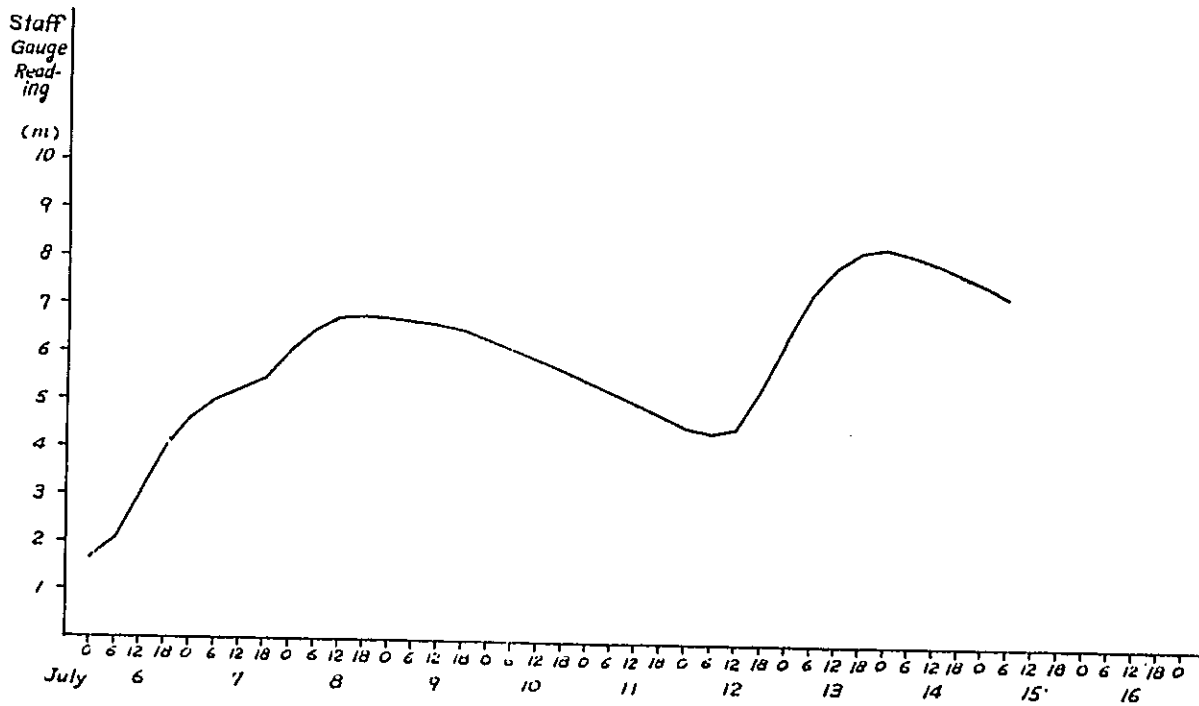


Fig. 5-8 - Hourly Stage Record at Ban Keng Done

Table 5-1 - Flood Level and Flood Discharge at Ban Keng Done

Year	Month	Day	Flood Level	Flood Discharge	Year	Month	Day	Flood Level	Flood Discharge
			m	m ³ /s				m	m ³ /s
1968	September	1	2.87	230	1974	August	11	4.87	600
		2	3.63	350			12	5.13	660
		3	4.60	550			13	7.92	1,550
		4	5.12	650			14	10.75	2,960
		5	5.67	800			15	11.67	3,490
		6	12.74	4,230			16	14.60	5,560
		7	14.68	5,620			17	15.61	6,300
		8	15.38	6,130			18	17.08	7,360
		9	16.08	6,630			19	18.28	8,220
		10	17.76	7,820			20	18.62	8,500
		11	17.02	7,310			21	17.67	7,770
		12	16.95	7,250			22	17.32	7,530
		13	16.18	6,700			23	17.00	7,300
		14	15.23	6,040			24	16.16	6,690
		15	14.18	5,260			25	14.72	5,650
		16	12.40	4,000			26	14.37	5,400
		17	11.22	3,210			27	14.22	5,300
		18	9.84	2,420			28	13.75	4,950
		19	8.60	1,810			29	13.29	4,600
		20	7.78	1,480			30	12.67	4,180
		21	7.30	1,310			31	12.30	3,900
		22	6.28	980			1	12.01	3,700
				2	11.42	3,340			

5-2 背水計算（不等流計算）による洪水解析

(1) 概要

Se Bang Hieng 川流域下流部に生ずることが予想される洪水発生形態として、次の5ケースが考えられる。

- ① Se Bang Hieng 川上流域からの降雨流出による洪水
- ② Se Cham Phong 川流域および Se Sang Soi 川流域の降雨に伴う流出による洪水
- ③ Se Bang Hieng 川の水位上昇が支川 Se Phong 川あるいは Se Sang Soi 川の流出に影響を与え背水現象を生ずることによって起る洪水
- ④ Mekong 川の水位上昇が Se Bang Hieng 川の流出に影響を与え背水現象を生ずることによって起る洪水
- ⑤ Mekong 川の水位上昇が Se Bang Hieng 川の水位上昇を引き起し、これによって、さらに支川の Se Cham Phong 川、Se Sang Soi 川の流出が影響を受けて生ずる洪水

これらのうち、①と②は一般にどこの流域でもある洪水であるが③④⑤は Se Bang Hieng 川およびその支川の河道の勾配が $1/5,000$ 程度で、非常に緩いために発生することが十分に予想されるものである。このように、勾配の緩い内陸部の河川にあっては合流していく河川の水位の影響を受けやすいので、不等流計算などによって、洪水流の挙動を知っておくことが必要である。

(2) 不等流計算を行うための条件

不等流計算を行って、洪水流の挙動を知るためには、次のような条件が与えられなければならない。

① 河道の断面特性

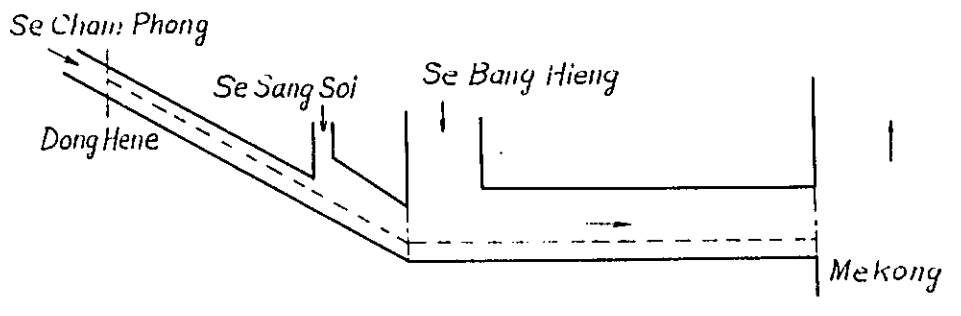
適当な間隔をもった各断面において、各水位（水深）毎に河積、河巾、潤辺、径深が必要である。

- ② 各断面で水位の絶対標高が不明の場合は河床勾配
- ③ 断面間距離
- ④ 河道の粗度係数
- ⑤ 下流端水位
- ⑥ 各断面間を流下する流量

これらのうち、①②③は現地測量を行うことによって得られ、また⑤⑥は現地観測を行うことによって得られる。これらの現地資料の他に、対象区間の上流端を含めて、数カ所において⑦水位観測資料（絶対標高が分かっているもの）があれば、④は Trial 計算によって推算することができる。

しかるに、Se Bang Hieng 川に関しては、その下流部において水位 2 カ所、流量 1 カ所、支川 Se Cham Phong 川中流に水深 1 カ所の他、これら 2 河川の 5 カ所において、距離計によって極く大雑把に測量された法線間距離らしきものがあるに過ぎず、全く基本的な資料さえ、仮定を置かざるを得ない状況である。したがって、今回の計算にあたっては以下に示すような仮定を置いているが、計算の結果は、あくまで参考程度に過ぎず、今後いたずらに計算するより基本的な測量、観測資料を収集することに努力を傾けるべきである。今回の計算を行うために、次のような仮定を置いた。

① 対象河道は Se Bang Hieng 川は Mekong 川合流点から Se Cham Phong 川合流点まで、支川は、Se Cham Phong 川のみとし、Se Bang Hieng 川合流点から Dong Hene までとする。その他の河道は資料がなく検証の方法がない。



② 河道形状

Se Bang Hieng 川は、Se Bang Hieng 橋、Keng Done、Lahanam での距離計による測量、目視などから、200m 巾の矩形断面とする。

Se Cham Phong 川のうち、Se Bang Hieng 川合流点から Se Sang Soi 川合流点間 12 km は視察していないので全く不明であるが、1/20 万地図、上下流の関係などから、100m 巾の矩形断面とする。

Se Cham Phong 川の Se Sang Soi 川合流点より上流は、Kengkok および Dong Hene の距離計による測量、目視などから、60~70m 巾と考えられるが、今回は 60m 巾の矩形断面とした。結果的にみて、やや狭すぎる仮定になっているようである。

③ 河床勾配

河道断面の絶対標高が不明であるので、河川沿いの単点標高を 1/10 万の平面図から拾い、その結果から対象区間は、おおむね 1/5,000 程度とみなされる。このため、一律 1/5,000 とする。

④ Mekong 川合流点の河床高

Khemarat 水位観測所の零点高が EL. 108.381m であるので、零点から平均河床まで若干差があることを考慮して EL. 108m とした。

⑤ 流量配分

流量記録は、Keng Done にあるのみで、各河道へ配分すべき流量は不明である。

ここでは、Keng Done のピーク流量を支配する面積を $10,000\text{km}^2$ 程度とみなし、面積配分した。その結果、Se Bang Hieng 川の流量を 1 とすると、Se Cham Phong 川 + Se Sang Soi 川の流量は 0.5、Se Pham Phong 川 0.3 となる。ただし、Se Cham Phong 川については、途中からの流入量があるので Dong Hene 上流の面積分に相当する 0.14 が Se Cham Phong 川下流端で 0.3 になるように漸増するとした。

(3) 検証計算

適当な観測記録が揃っていないので検証そのものが、十分にやれる状態ではないが、大雑把な目安を立てるために、(2)の仮定のもとに、1969年9月4～5日の洪水について検証してみた。

Keng Done での流量は約 $5,000\text{m}^3/\text{s}$ で、Khemarat、Keng Done および Dong Hene の 3カ所で水位が記録されている。

Dong Hene については、絶対標高が測量されていないので、河床勾配から押して推定した。計算の結果は、図 5-9 に不等流計算検証例として示されている。

これによると、Khemarat～Keng Done 間は、 $n = 0.032$ 程度と考えられるが Keng Done～Done Hene 間は粗度係数による差が十分に表現されていない。Khemarat～Done Hene を通して計算すると、 $n = 0.025$ になっている。

また、1969年7月14日の記録を参考までにプロットしてあるが、このときの流量が Keng Done において $3,300\text{m}^3/\text{s}$ 程度であることから、 n はおおむね 0.030 前後とみなせるであろう。さらに、水理公式集によると自然流路（人工の全くない流路）で大流路の場合大玉石や灌木のない規則的断面ならば、 $n = 0.025 \sim 0.06$ 程度とされている。

したがって、Se Bang Hieng 川および Se Cham Phong 川の粗度係数 n は、少し巾を持たせて、 $0.025 \sim 0.035$ 程度とみなしてよいであろう。

(4) 下流端水位の影響について

(3)の検証計算の結果、 $n = 0.025 \sim 0.035$ 程度となったが、ここでは結果的に多少低めの $n = 0.025$ として計算を進めた。仮定した条件は、(2)によっている。

下流端水位の影響をみるために、Mekong 川の水位 (HL) を 115 m、125 m および 135 m の 3 ケース設定し、Keng Done での流量を $6,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $8,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $10,000\text{m}^3/\text{s}$ の 3 ケース変化させて、不等流計算を行った結果、図 5-10～図 5-12 に示すようになった。

その結果、HL = 115 m では低下背水、HL = 125 m では、ほとんど等流、HL = 135 m ではせき上げ背水になっており、低下背水の影響は 60 km までの間に、ほとんど消滅するが、せき上げ背水の影響は、十分上流にまで及ぶことが判明した。

図 5-14～図 5-15 は粗度係数および勾配を変えて Se Bang Hieng 川のみ計算したもの

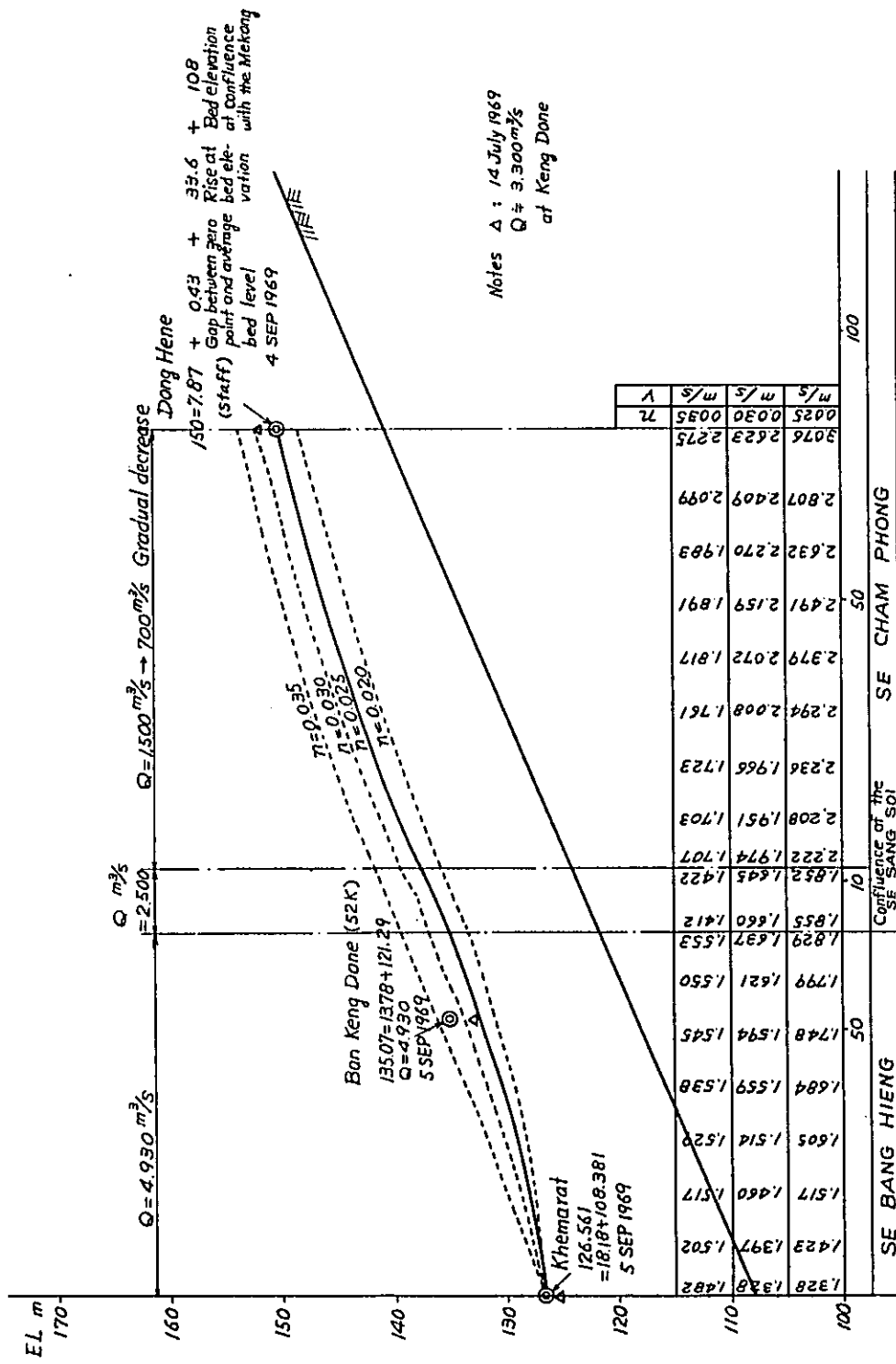


Fig. 5-9 - Example of Verification of Non-uniform Flow Calculation

であるが、これによっても上述の傾向は明白である。

これらの結果から、せき上げ背水の場合に、Mekong 川の水位上昇 10m に対して、Se Cham Phong 川合流点において、2～4 m の影響を受けており、Kengkok においても 1 m 程度の影響が残っていることがわかる。

これらは、勿論、汨濫しないことを前提にして計算されているので汨濫があった場合は、影響は緩和されるものと考えられるが、その場合でも、Mekong 川のせき上げの影響、Se Bang Hieng 川のせき上げの影響は汨濫域に対して無視し得ないものになっているとみなすべきであろう。

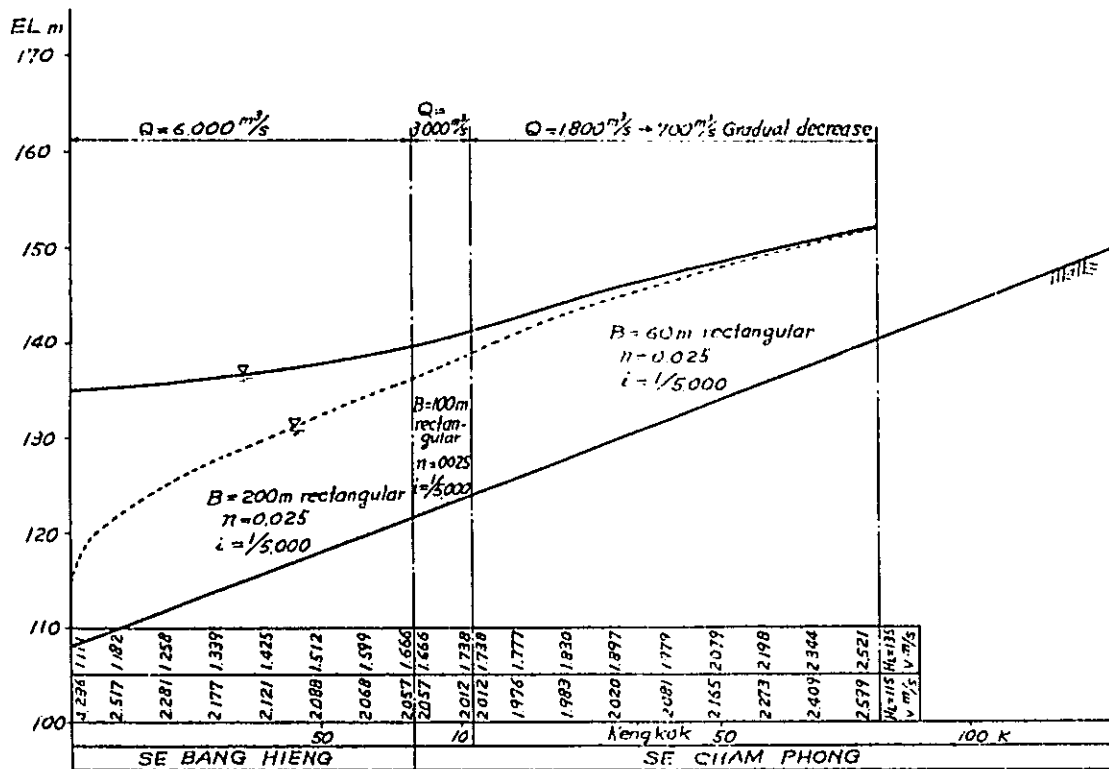


Fig. 5-10 - Influence of Downstream End Water Level (1)

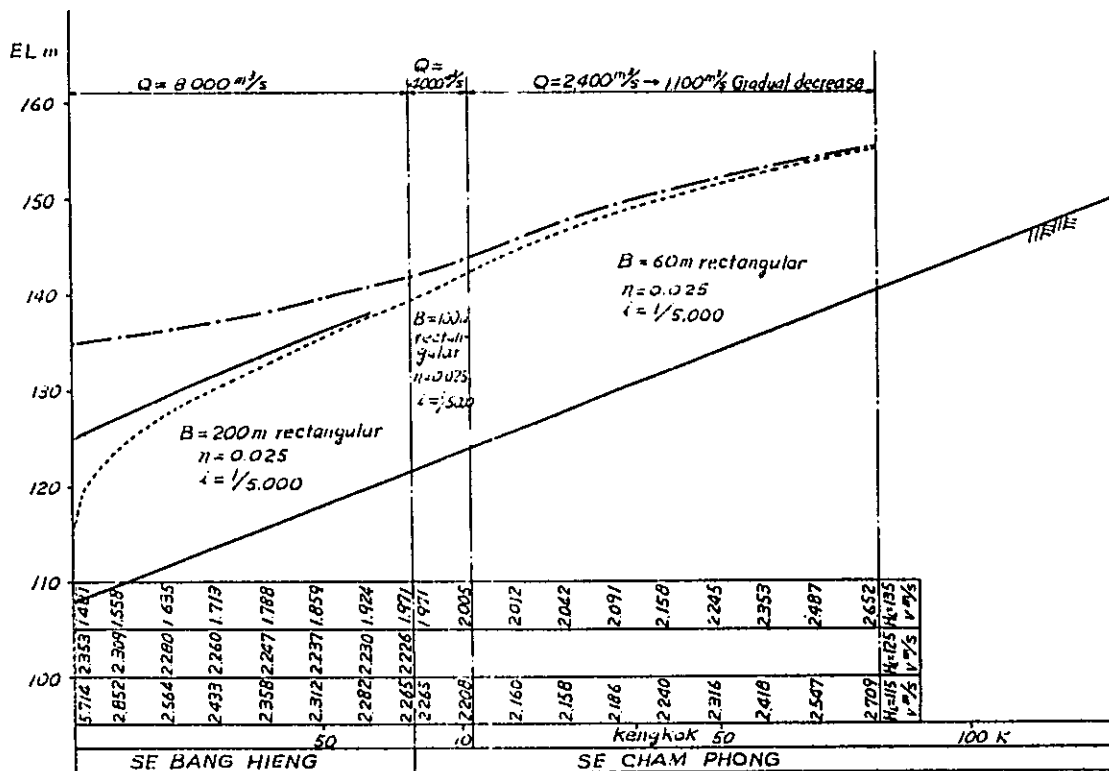


Fig. 5-11 - Influence of Downstream End Water Level (2)

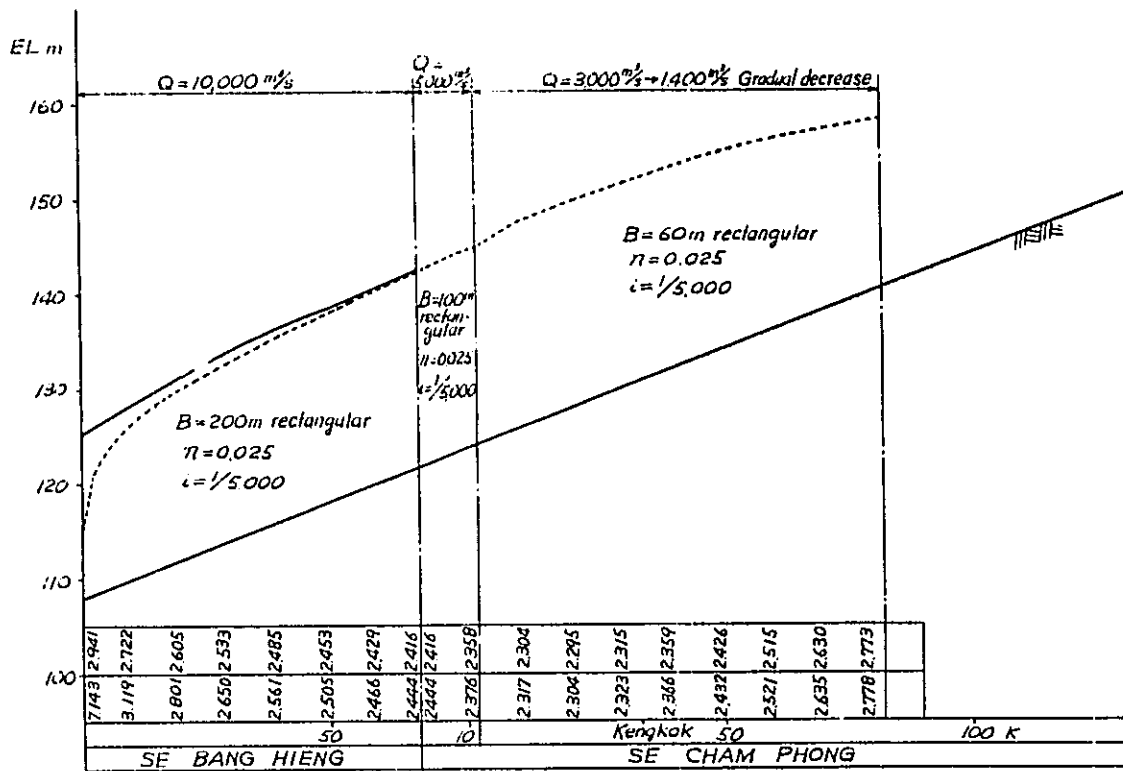


Fig. 5-12 - Influence of Downstream End Water Level (3)

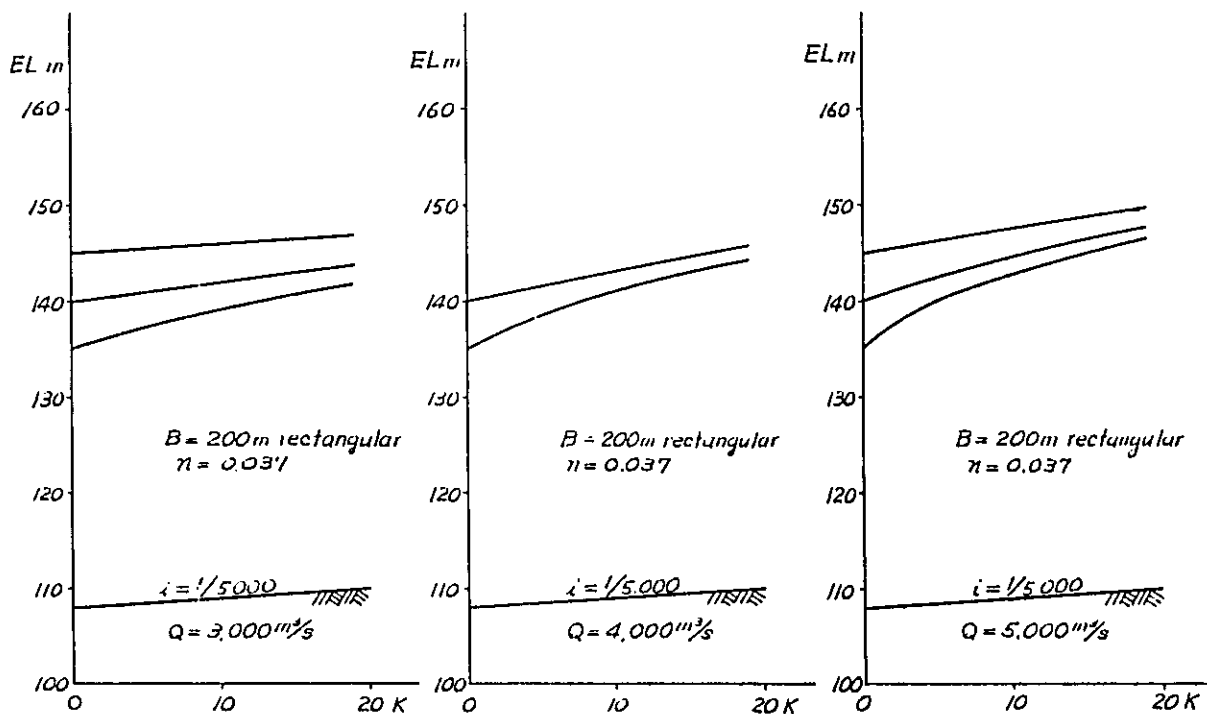


Fig. 5-13 - Influence of Downstream End Water Level (4)

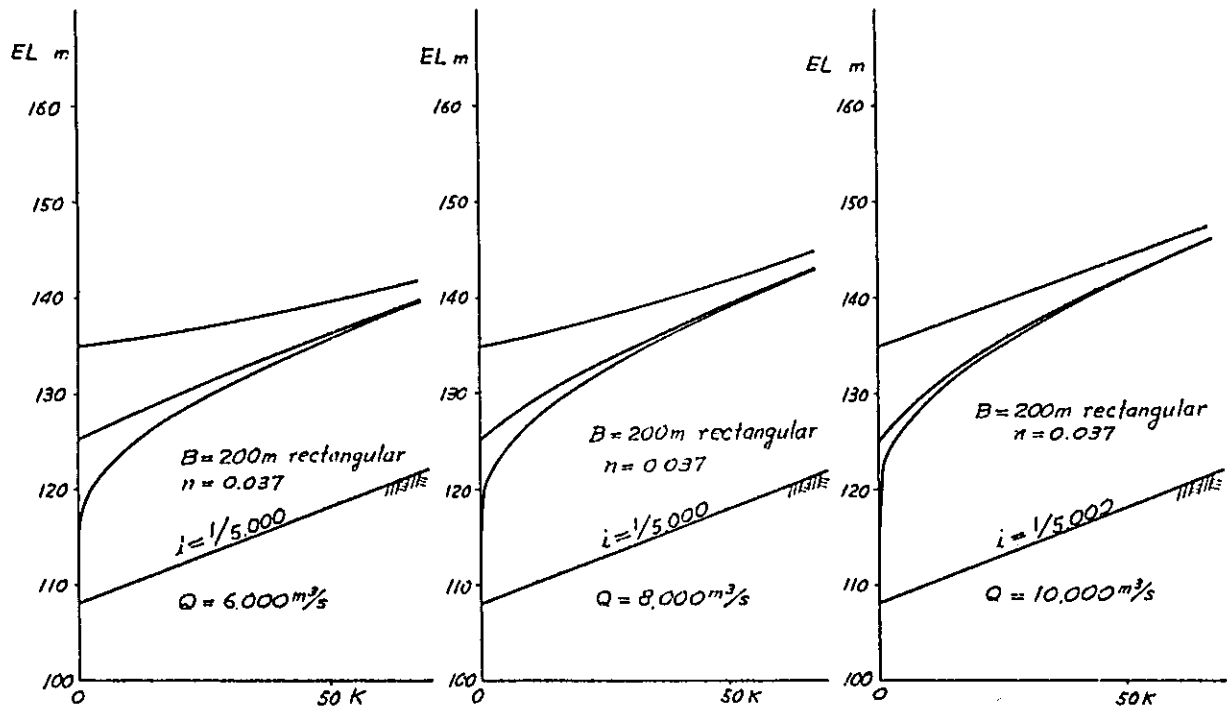


Fig. 5-14 - Influence of Downstream End Water Level (5)

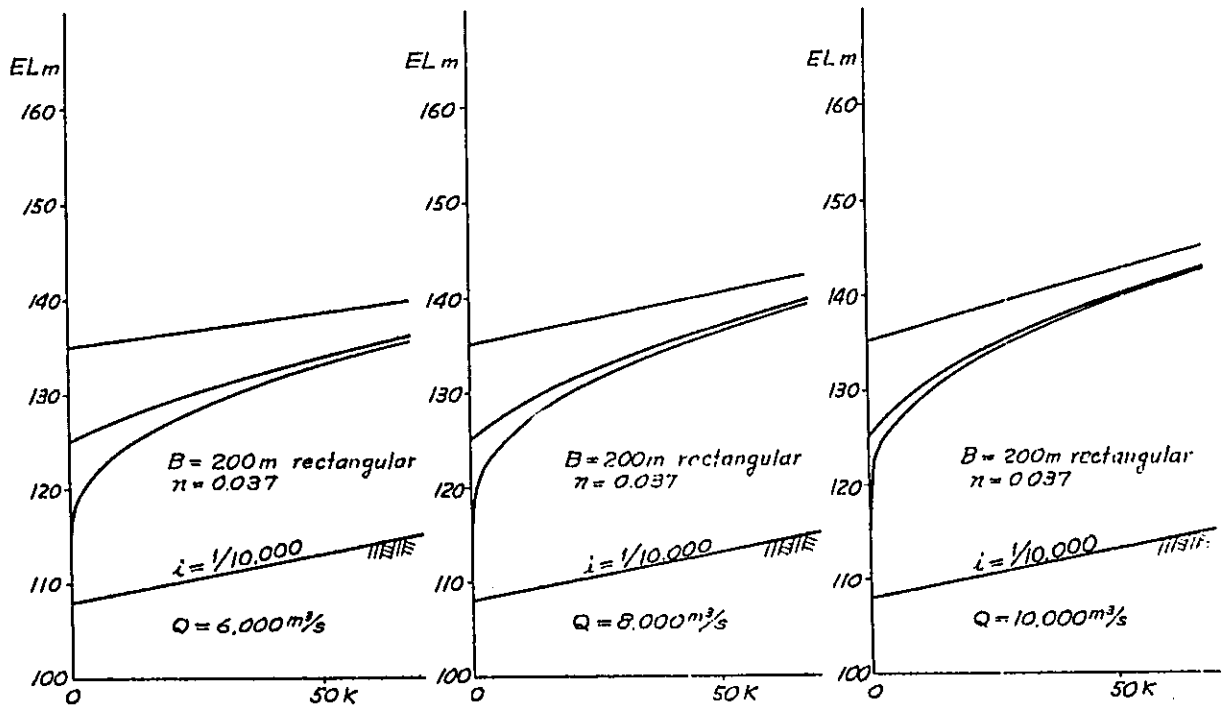


Fig. 5-15 - Influence of Downstream End Water Level (6)

第6章 洪水予警報システムに関する分析

6-1 洪水予警報施設の現状と過去の提案

6-1-1 洪水予警報施設の現状

(1) 観測施設の現状

Se Bang Hieng 川流域に関する観測施設の現状は次のとおりである。

Table 6-1 - Existing Condition of Observation Facilities

Station	River	Rain Gauge		Water Gauge		Discharge observation
		Ordinary Gauge	Recording Gauge	Ordinary Gauge	Recording Gauge	
Keng Kok	Se Cham Phong	○		○		○
Bung Xang	Se Sang Soi			○		○
Keng Done	Se Bang Hieng			○	○	○
Savannakhet	Mekong (Located outside the basin)	○		○	○	○
Khemarat	Mekong			Thai ○	Thai ○	
Seno	(Located outside the basin)	○				

Notes: In Savannakhet, an ordinary rain gauge is installed at both MET station and HY & NA station.

(2) 通信施設の現況

現在“水文および気象”の分野で使用されている通信施設の概略について述べる。

(i) Service National de la Meteorologie

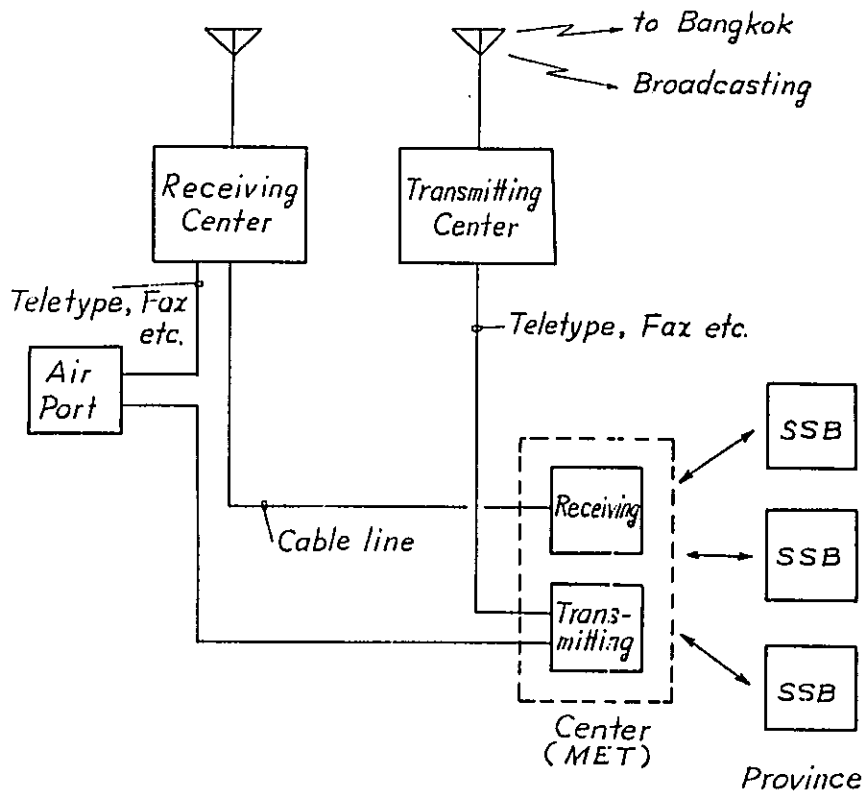
現有の Telecommunication System はすべて SSB Set (短波) で構成されている。

国際気象通信用として Bangkok との間に回線があり, Voice, Teletype, Faximile の通信が行われている。(Set は France NARDEUX 製 1 kW, と USSR SNEJ IVKA 製 1 kW) 国内気象通信網としては現在 Vientiane を中心として Houei Say, Luang Prahang, Sayaboury, Savannakhet, Pakse, Seno, Vangvieng, Paklay の各 Weather Station に USA ITT 製 150 W, France AME 製, SSB Set が設置されている。なお, 周波数は 2.3 MHz ~ 11 MHz 間が用いられている。現在, 気象庁の Telecommunication Division には Chief 以下 Engineer, Operator 等約 30 名で組織され, 技術, 機材, 送受信, メンテナンスの実務に従事し, その他 Airport, Receiving Center にも配置されている。通信施設の概略ブロック図を図 6-1-2 に示す。

(ii) Service National de l'Hydraulique et de la Navigation

通信施設としては現在極めて弱体で Vientiane, Luang Prabang, Savannakhet に SSB (RCA 製) がメコン委員会によって設置され, Puow Penk Bangkok 向けに定時通信を行っている。周波数は 3~9 MHz の 4 波を使用しているが, 現在 Vientiane の Set が故障中で通信不

図 6-1-2 気象通信 System 図



能であった。上述のように通信施設の整備状況はいまだ十分でなく、殊に調査対象である Se Bang Hieng 川流域については、大部分が電気の供給もなく、勿論有線電話施設も無いので、洪水予警報、災害対策には何らかの通信手段が必要で、今後の整備が待たれるところである。

6-1-2 ラオス政府が持っている観測施設設置計画案

Se Bang Hieng 川下流部、Se Cham Phong 川および Se Sang Soi 川の下流部の大氾濫原を中心とし、比較的狭い範囲でかつ社会情勢の許す範囲を考慮して、現状の他に、Dong Hene, M. Phalane に水位、流量、降雨の観測施設、Bung Xang に雨量計、Lahamam および Sa Nhek に水位・流量観測施設を置くこととしている。これらの計画は Savannakht にある。Service Provincial de l'Hydraulique et de la Navigation において検討されている。

観測施設の概略の位置を示すと、図 6-2 のようである。

6-1-3 台風委員会が提案している観測所配置案

図 6-3 に示すとおりである。

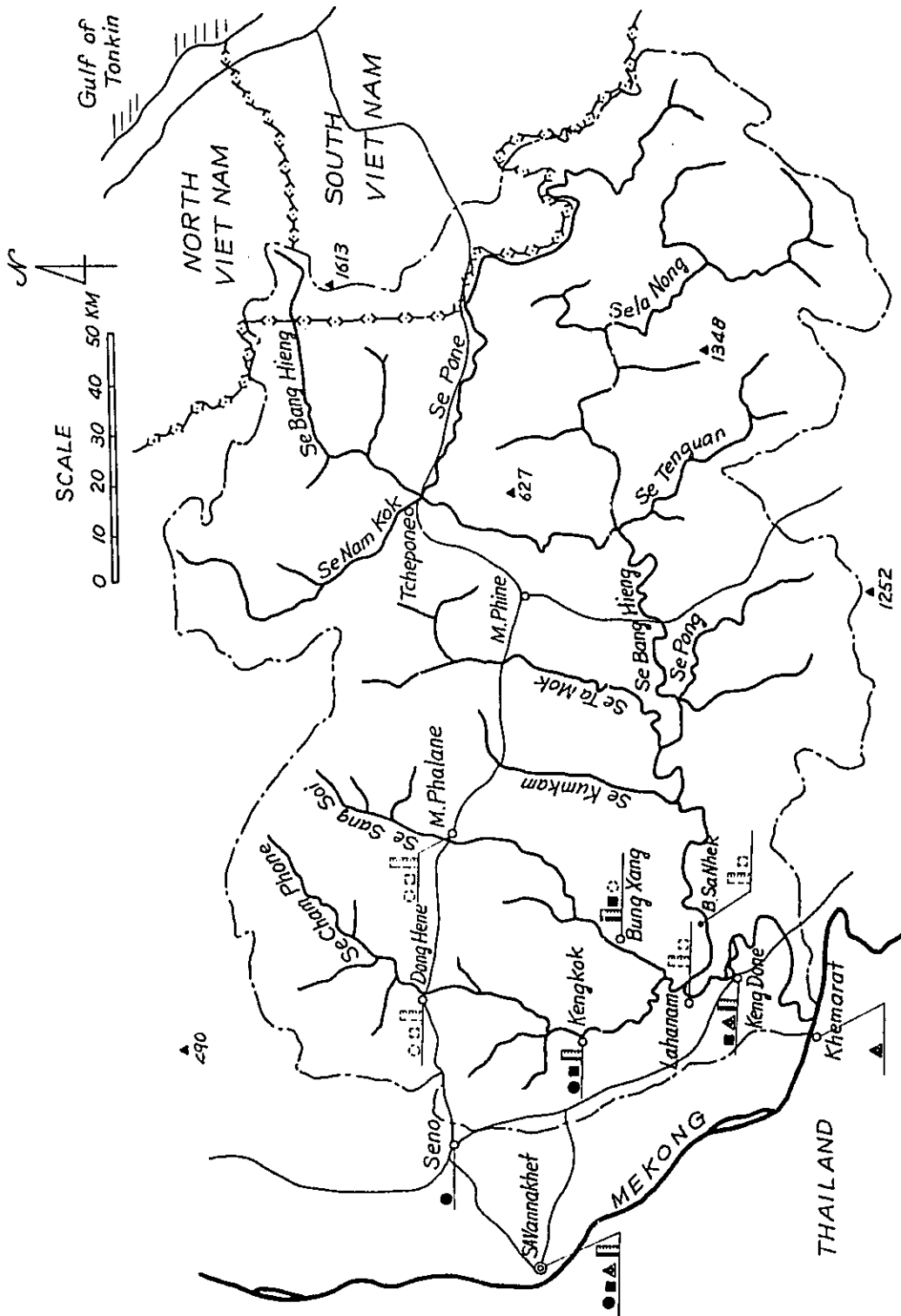


Fig. 6-2 - Observation Network Planned by Laotian Government (HY-NA)

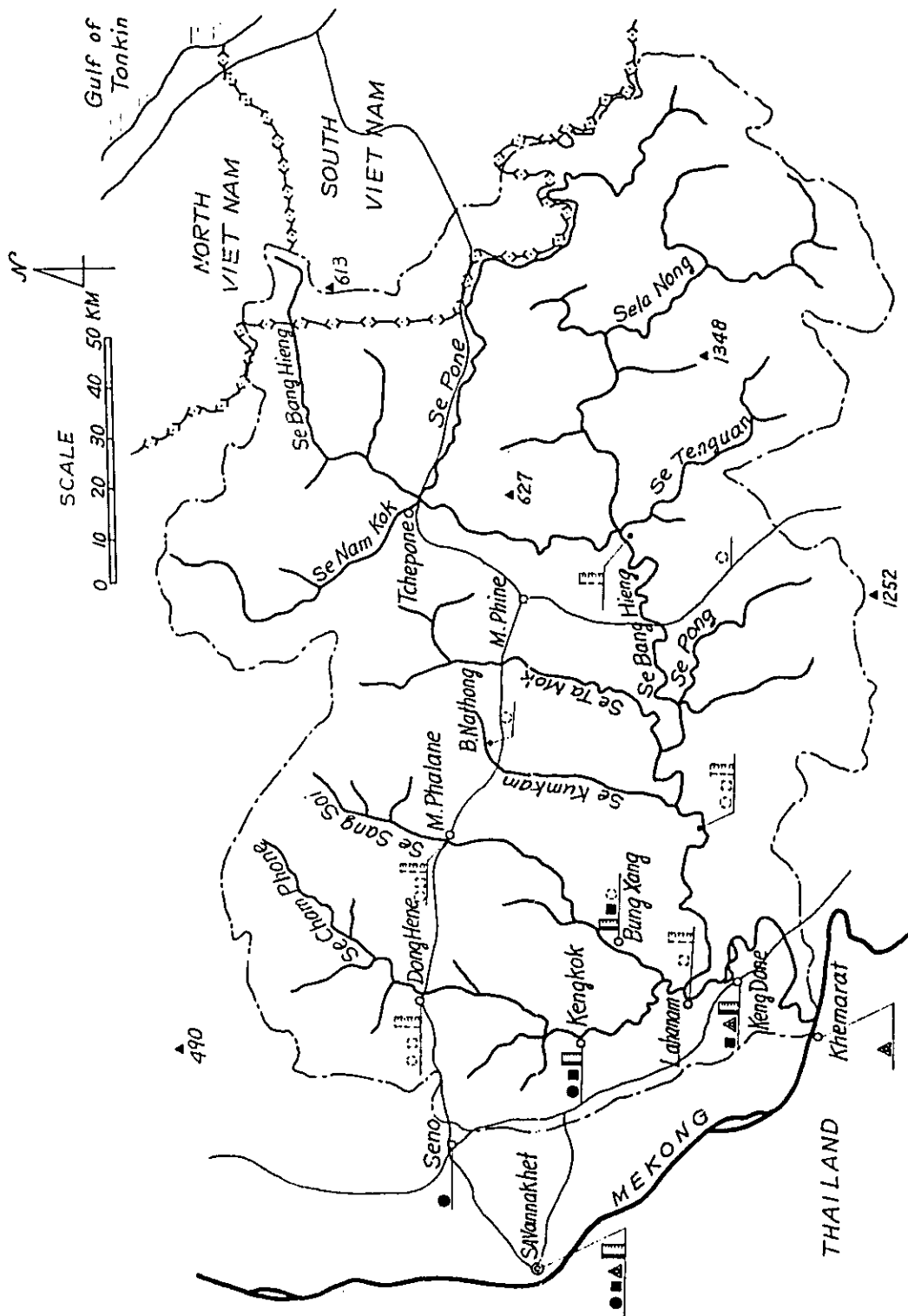


Fig. 6-3 - Observation Network Proposed by TCS

6-2 洪水予警報システムに関する今回の分析

6-2-1 洪水予警報の Target Area および Target Point

Se Bang Hieng 川流域の洪水予警報システムを検討するに際して最も基本となるのは、Target Area の選定であるが、この点に関して我々の知り得た情報は必ずしも十分ではない。

ここでは、我々が把握し得た情報の中で、唯一の、かつ当面最も重要と目される Se Bang Hieng 川下流部および支川 Se Cham Phong 川と支川 Se Sang Soi 川下流部の 1,000 km² に及ぶ大氾濫原を、当面の洪水予警報 Target Area として選定するのが、最も妥当と考えられる。この大氾濫原は、すべて Cham Phong Province 内に生じており、Cham Phone, Souriyakhan, Phong, Song Khone の 4 つの Muong にまたがっていて、Muong Souriyakhan を除いては、いずれも Muong の中心都市が、氾濫の被害を被っている状態である。

このようなことから、洪水予警報の主となる Target Point は Se Bang Hieng 川の Lahanam (Muong Song Khone の中心都市)、Se Cham Phong 川の Kengkok (Cham Phong Province の首府かつ Muong Cham Phong の中心都市) および Se Sang Soi 川の Bung Xang (Muong Phong の中心都市の近傍) の 3 地点が考えられるが、Se Bang Hieng 川および Se Cham Phone 川については、これらの Target Point の上流で既に氾濫を生じているから、それぞれの上流部の氾濫原内に補助的な Target Point を設けることが望ましいように見受けられる。今、このような補助的 Target Point を設けたとする場合、仮にこれらの名称を Se Bang Hieng 川および Se Cham Phong 川に対し、それぞれ補 1、補 2 としておく。

6-2-2 洪水の発生形態と情報の必要性

補 1、補 2 を含めて、5 地点の Target Point に対して、洪水予警報を発することを想定した場合、この地域一帯の河川は、人工的な堤防を持たない自然河川であるから、これら各 Target Point において、問題となる知るべき情報は、自然河川の Bank を越える水位と越え始める時間および越水の継続時間である。一方、これらの情報を得て住民がとり得る手段は、河川に対する水防活動ではなく、保存されている穀物類、畜類および住民自身の避難と洪水中および洪水後の生活不安への臨機の対応である。また、地方行政機関等の治安、防疫、救援等の体制を臨機に整えるための指針として、これらの情報が重要になるわけである。

ところで、いうまでもなく、越水をし始めてから、上述のような措置をとったのでは時機を失してしまうので、必要な情報は可能な限り、早い時期にかつ混乱を来たさないために、可能な限り正確に伝えられなければならない。

“早い時期”に伝える目的を果すためには、当然各 Target Point における予警報発令のために必要な情報を何らかの形で予測しなければならない。しかも予報の時期が早ければ早いほど正確度は低くなっていくわけで、要求される予報の時期と正確さによって予警報システムは、

様々に変化することになる。

さて、今5つのTarget Pointに対して、どのようなTypeの洪水が発生し得るかを検討してみよう。

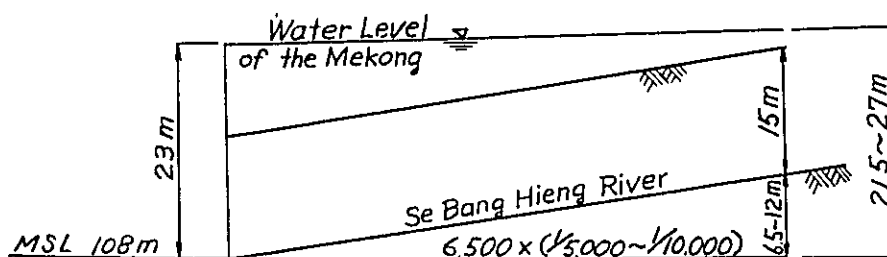
① Lahanam ;

- I) Se Bang Hieng 川中上流部の降雨による洪水
- II) Se Cham Phong 川およびSe Sang Soi 川の流出に起因する洪水
- III) Mekong 川の水位上昇によって背水の影響を受けて生ずる越水

これらのうち、I)、II)は常識的に理解しやすいが、III)については影響の程度が問題になるので、若干の検討を加えてみる。

Se Bang Hieng 川がMekong 川に合流する地点の近傍にMekong 川のKhemarat 水位観測所があり、この地点で、既往最高水位としてMSL 131.05m (1966年9月16日)が記録されている。これは、Mekong 川の水深にして約23mである。これに対してLahanam 付近の地盤標高は130~135m程度であるから、所によってはMekong 川からの逆流によって氾濫する可能性は十分にある。

また、次図に示すように、合流点の河床をKhemarat の水位観測所の零点高から推してMSL 108mとし、Se Bang Hieng 川の河深および河床勾配をそれぞれ15m、 $1/5,000 \sim 1/10,000$ と仮定すると、Mekong 川の水が水平に浸入した場合、Lahanam 付近で、越水する可能性があることが示される。



また、不等流計算の結果から、Mekong 川の水位がある程度高くしてSe Bang Hieng 川の等流水深程度で、かつSe Bang Hieng 川に洪水が発生している場合に、Mekong 川の水位が10m程度上昇するとLahanamにおいて2~3m程度背水の影響を受けるようである。Mekong 川の水位が低くて、低下背水で流下している状態ではMekong 川水位の上昇による影響は小さい。したがって、Mekong 川水位がある程度高く、水位上昇に伴って、せき上げ背水を生ずる場合には、Mekong 川の影響を十分に考慮する必要がある。

以上の観点からLahanam地点に対しては、上流からの洪水流出のみならず、Mekong 川の洪水状況も洪水予警報システムの中で十分に検討されなければならない。

② 補1 (Ban Sa Nhek) ;

- Ⅰ) Se Bang Hieng 川中上流部の降雨に起因する洪水
- Ⅱ) Se Cham Phong 川および Se Sang Soi 川の出水に伴なう背水の影響
- Ⅲ) Mekong 川の水位上昇に伴なう背水の影響

③ Kengkok および補 2 ;

- Ⅰ) Se Cham Phong 川流域の降雨に起因する洪水
- Ⅱ) Se Bang Hieng 川の出水に伴なう背水の影響
- Ⅲ) Se Sang Soi 川の出水に伴なう背水の影響
- Ⅳ) Mekong 川の水位上昇に伴なう背水の影響

④ Bung Xang ;

- Ⅰ) Se Sang Soi 川流域の降雨に起因する洪水
- Ⅱ) Se Bang Hieng 川の出水に伴なう背水の影響
- Ⅲ) Se Cham Phong 川の出水に伴なう背水の影響
- Ⅳ) Mekong 川の水位上昇に伴なう背水の影響

Kengkok, Bung Xang においては、地盤高が 135~140 m 程度であるから、Mekong 川洪水の逆流によって氾濫することは、ほとんどないと考えられるが、不等流計算の結果からみると、Kengkok において Se Cham Phong 川が洪水状態にあるとき、Mekong 川水位 10 m の変化に対して 0.5 ~ 1 m 程度の影響を受けている。Bung Xang については計算していないが、同程度の影響があるものと考えられる。したがって、Mekong 川と Se Bang Hieng 川の洪水が重複して発生した時には、これら 2 地点においても、Mekong 川の影響に注意する必要があるであろう。一方、Se Bang Hieng 川の水位変化の影響を同じく、不等流計算の結果からみると、Se Cham Phong 川の合流点で、2 ~ 3 m のせき上げがあると、Kengkok で 0.6 ~ 0.9 m 程度の影響を受けるようである。合流点付近と Kengkok 付近では地盤標高に、ほとんど差がないから、この影響はかなり大きいといえる。Bung Xang に対しても Kengkok と同程度の影響があるものと推察される。

以上の観点から、まず考えられる観測システムを次のように想定してみよう。

図 6-4 観測システムの一例

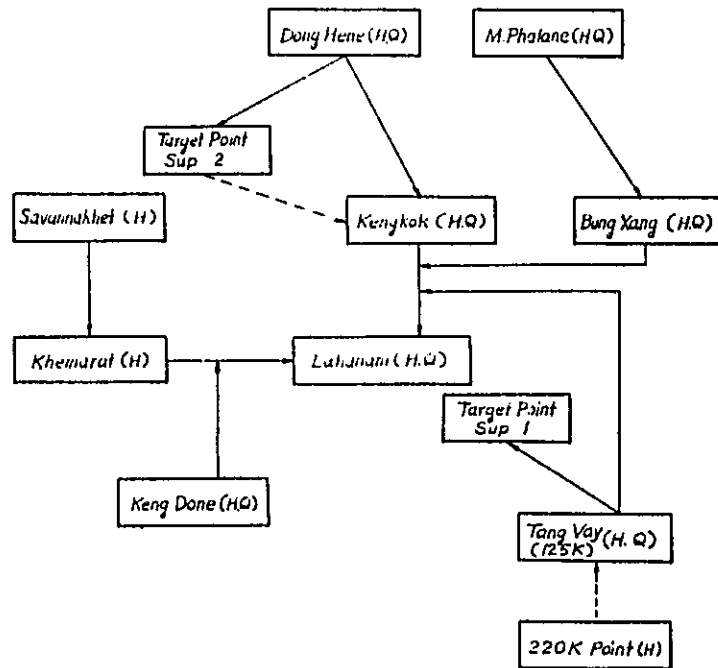


図 6-5 に示されるような観測システムを想定した場合にどの程度事前の予報が可能であるかを簡単にみてみよう。勿論、系統的に水理データがあるわけではなく、河道内の流速も不明であるので、正確なことはいえないが、不等流計算の結果を参考にして、大雑把に検討してみる。

洪水流の河道内流速を不等流計算の結果を参考にして Se Bang Hieng 川本川に対しては 1.5 ~ 2 m/s, 支川の Se Cham Phong 川および Se Sang Soi 川に関しては 1 ~ 1.5 m/s と仮定すると 1/20 万の地図上で計測した距離との関係から、観測点間の所要時間は、図 6-6 に示すようになる。

この図によって見るかぎりでは、Se Bang Hieng 川沿いの主要 Target Point である Lahnam に対して 125k 地点の Tang Vay の情報では半日程度、220k 地点の情報でも 1 日程度前の洪水予報しかできないことになる。また、Se Cham Phong 川、Se Sang Soi 川の洪水の場合でも、上流観測点である Dong Hene, M. Phalane の情報をもってしても、1 日程度の予報しかできないことになる。

また、Se Cham Phong 川の主要 Target Point である Kengkok, Se Sang Soi 川の主要 Target Point である Bung Xang に対しては、それぞれ上流の観測点である Dong Hene, M. Phalane の情報から予報できるのは、高々 0.6 ~ 0.7 日程度であるに過ぎない。したがって、当

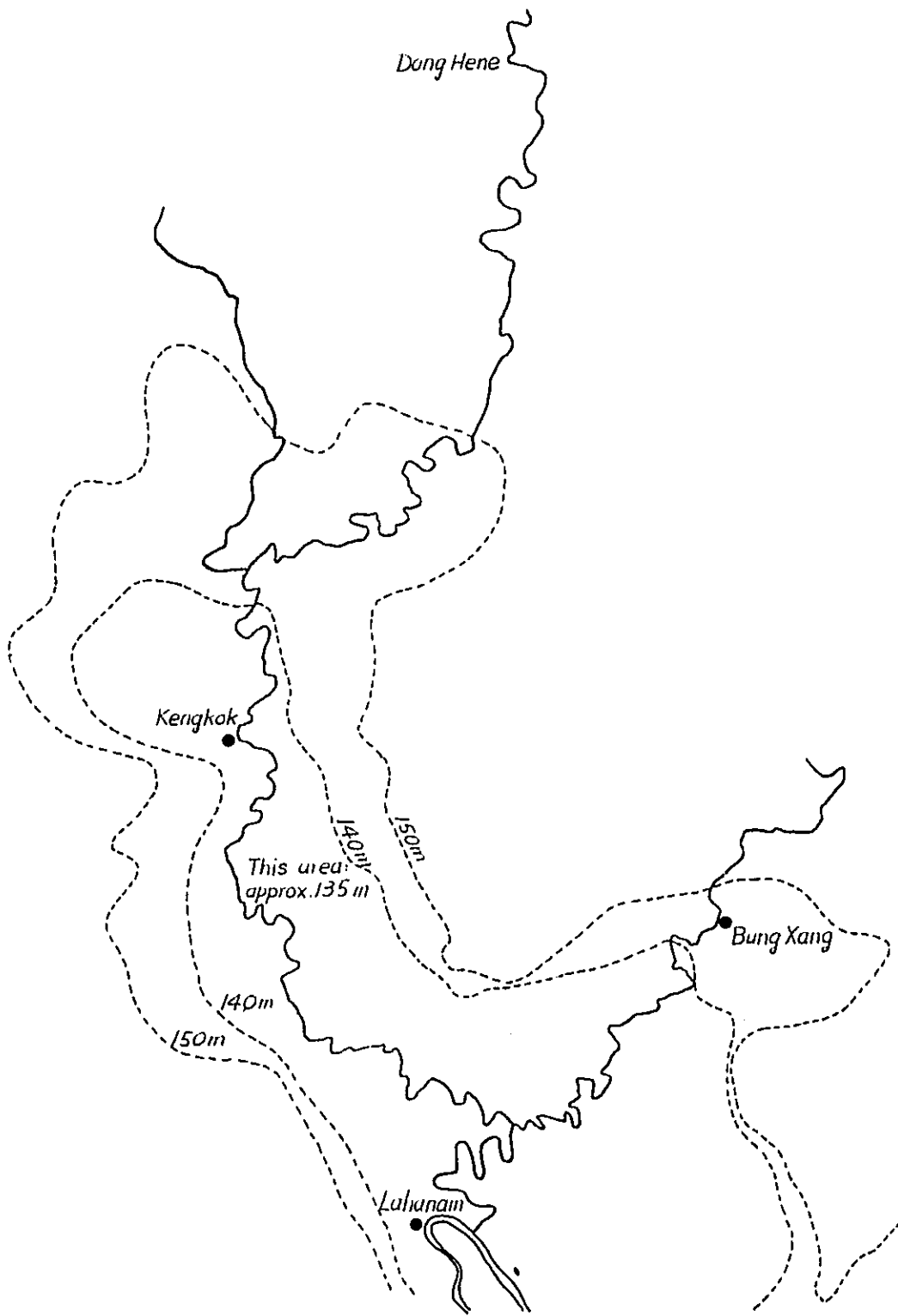
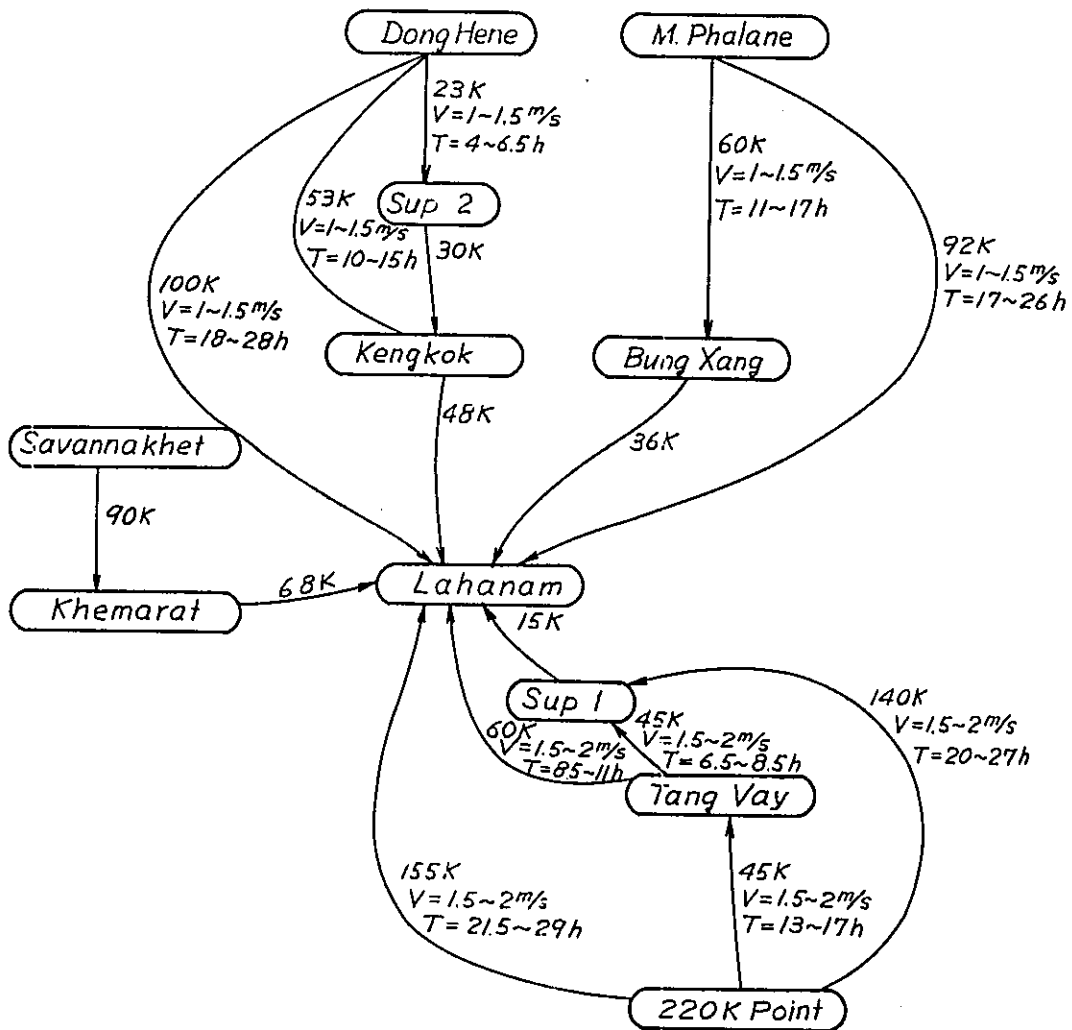


Fig. 6-5 - Contour Map Showing Flooded Area

然、Se Bang Hieng川の本川、支川とも、1日より先の予報を行うためには、更に上流に降雨観測施設が必要である。また、Se Cham Phong川、Se Sang Soi川についてはそれぞれの支川のTarget Pointに対して、1日程度の予報を出すのにも、上流の降雨観測施設が必要である。

以上のような観点から、Se Bang Hieng川全域の観測網について概略的に考えてみたいが、既設の観測施設が極めて稀薄であるとともに、人口の稀薄性をも十分考慮に入れると、数多くの観測施設を設置しても、ほとんど全く維持管理が不可能と考えられるので、観測施設は、可能な限り少なくする方向をとりたい。システムの主要部はSe Bang Hieng川のTang Vay下流と支川のSe Cham Phong川、Se Sang Soi川であるので、これらの地域については、降雨、水位のみならず流量情報まで入手できるようにすることが望ましい。Se Bang Hieng川の中上流部の検討に入ると、まず125k~220k間には、Se Kum Kam川、Se Ta Mok川およびSe

図6-6 洪水到達所要時間(概略値)



Phong 川の 3 本の支川が流入しており、これら 3 川の Se Bang Hieng 川への流入量を計算できるようにするためには、密度の高い観測網が要求され、この点に関しては将来さらに検討されなければならないが、ここでは、これら 3 川を一つのものにみなして、これらの流域の代表地点の降雨と Tang Vay 流量との関係を見出すことができることを期待して、1 カ所ずつの代表降雨観測点をセットしてみた。ただし、これら 3 カ所のうち M. Phine と M. Phovvieg は、それぞれの Muong の中心地であるが、Se Kum Kam 流域については、適当な部落名が見出せない。220k から上流については約 8,000km² の集水面積であるが、これを一まとめにして 220k 地点で流量を押さえ、上流域降雨と 220k 地点の流量との関連が見出せることを期待した観測網になっている。Tchepone あたりに水位観測所を設置することも考えられるが、その場合には Se La Nong 川の観測網をもう少し密にしないと意味が薄れる感じである。220k から上流の降雨観測は、Tchepone を除いて、人口が極めて稀薄であることと、Savannakhet から、あまりにも遠いために困難を極めることが予想される。このため、レーダーの設置可能性についても十分検討されるべきであろう。ここに示した雨量観測所候補地は、あくまでも、地図上で大きそうな村を捜してきたもので Tchepone 以外の地点での設置可能性、位置の妥当性などに関しては、全くの未知数である。Tchepone にあっては、従来、普通雨量計があって、記録も残されている。

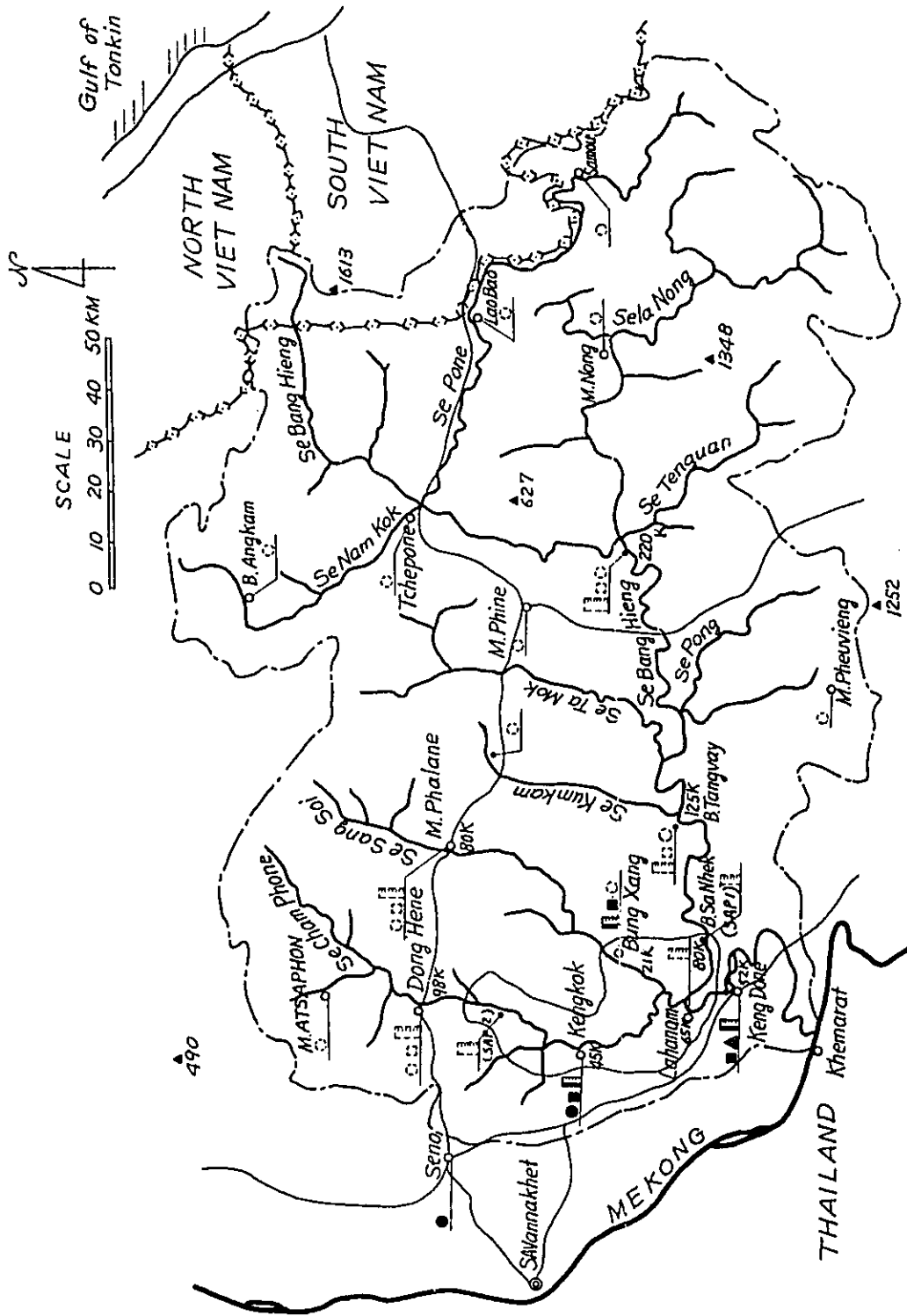


Fig. 6-7 - Proposed Network of Hydraulic and Hydrologic Observation

6-2-3 洪水予警報システムの検討手順素案

(1) 概要

洪水予警報システムの設計に際しては、検討の基本となる水理水文学上の基礎的データが必要な程度に存在することが前提となる。

しかしながら、Se Bang Hieng 川流域にあっては、系統的なデータは勿論なく、空間的にも時間的（経年的）にもデータ量が極めて稀薄であって、過去に数カ所で記録されている観測データがいくらかあるが、当抵、洪水予警報システムのための解析用として満足できるものではなく、現段階で、システム設計を行っても、机上プランを大きく脱することはできない。したがって、本流域の洪水予警報システムを設計するについては、水理水文観測施設を整備し、データの積重ねを図ることが先決かつ急務である。しかしながら、この場合、当然のことながら、洪水予警報の目的をよく理解し、この目的に沿った形での将来の観測施設網の想定に十分な努力を傾注し、必要かつ無駄の少ない観測網を組立てることが肝要である。ただ、今直ちに Se Hieng 川の全域に観測施設を配備することは、困難な状況にあり、このため Se Bang Hieng 川流域洪水予警報システムの整備は、これらの関連をよくふまえて、数期に分割して実施せざるを得ないものと推察される。また、実際に観測施設を設置するにあたっては、人口稀薄な地域が多いこと、電源がない地域がほとんどであることなど、基本的な要件が欠如しているため、これらを十分に考慮して、維持管理が容易な手段を工夫することが肝要である。

今の段階では、時間的な長さは明確にすることはできないが、調査および整備実施の段階（期別）はおおむね次のように構成することができよう。

① 第Ⅰ期

現時点でも、実施可能な部分と考えてもよいが、Se Bang Hieng 川下流部、Se Cham Pong 川、Se Sang Soi 川下流部に必要な観測施設（始めは簡単なもの）を設置するとともに、通信関係の伝播実験を行う。

② 第Ⅱ期

新しく観測されたデータを加えて、システム解析を行い、その結果によって恒久化すべき観測所が明確にできれば自記化を図っていく。また、Se Bang Hieng 川中流部 Tang Vay(125k)より下流、Se Sang Soi 川上流部などに、簡単な観測施設を設置するとともに通信関係の伝播実験を行う。

③ 第Ⅲ期

新しく観測されたデータを加えて、システム解析を行い、125k 地点より下流については支川を含めて恒久化すべき観測所を明確にし、自記化を図っていく。また、220 k より下流について支川を含めて、必要な地点に簡単な観測施設を設置する。

また、220 k より上流に関し雨量観測所設置の必要性、レーダー雨量計の可能性などに

ついて調査を進める。

④ 第Ⅳ期

220k地点より下流に関しては、支川を含めて、恒久化すべき観測所を明確にし、自記化を図っていく。また、第Ⅲ期の結果から220k地点より上流に、雨量観測所の設置の必要性が生ずれば踏査を行い、観測施設の設置計画を立案する。また、同時に通信関係の伝播実験を行う。レーダー雨量計の可能性があれば設置計画を立案する。

さらに、Se Bang Hieng川全域について支川を含めてテレメータ設置計画を立案し、洪水予警報センターの構想を固めていく。

Table 6-2 - Examination Procedure of Flood Forecasting System

		I	II	III	IV	V	VI	Remarks
Rainfall Gauge	Ordinary	○	○	○				
	Self-Recording		○	○	○			
Water Stage	Staff	○	○	○				
	Self-Recording		○	○	○			
Discharge Observation	Price Current Meter	○	○	○				
	Boat etc	○	○	○				
Hydrologic and Hydraulic Data Analysis			○	○	○	○	○	
Telecommunication Experiment		○	○	○	○			
Telemetry					•	○		
Radar				•	•	○		
Control Center					•	○	○	
Maintenance and Inspection							○	
Remarks		To be started whenever possible						
			Data Collection Period					

- Notes
- Investigation
 - Implementation preferable
 - Implementation

⑤ 第Ⅴ期

洪水予警報センターの設置，テレメータ，レーダーなどの据付，洪水予報方式の確立。

⑥ 第Ⅵ期

維持管理。

各期は，必ずしも1年単位のものではなく，期別によっては数年を必要とするものもあることはいうまでもない。

上述の各期を概念的に表にすると，表6-2のようである。

(2) 期別計画の素案

第Ⅰ期および第Ⅱ期について，さらに詳細に検討してみると，次のようなことが考えられる。勿論，これは素案でしかない。

① 第Ⅰ期

当面，Se Bang Hieng川下流部，Se Cham Phong川流域およびSe Sang Soi川下流部のみを対象とせざるを得ないが，Se Bang Hieng川流域全体について考えてみても，当面，洪水予警報のTarget Areaとみなされる地域は，上述の地域に限られる。

しかも，この地域は2～3年に1度の程度で洪水被害を被っており，広大な氾濫原を現出する地域であるので洪水予警報の必要性は十分にあるわけである。

したがって，Se Bang Hieng川の中上流部の調査が不可能な現段階であっても，まず，流域西端部について，洪水予警報システムの検討を進めていくことが望まれる。

この場合，手始めの調査は，システム検討のための水理水文データを収集することを目的とした観測所の位置選定設置計画および設置と通信関係の伝播実験である。各観測地点に関して詳細を示すと，図6-9および表6-3のようになる。

② 第Ⅱ期

第Ⅱ期は，第Ⅰ期で設置される観測施設によって記録されたデータを分析し，第Ⅰ期の対象区域の範囲内で恒久化を進めることが妥当とみなされる観測施設が明確にされれば，これらを自記化していくことが，最初の作業になろう。さらに，対象流域を拡張していくにあたっては，社会情勢の好転が大前提となるが，今ある程度上流部までの調査が可能とすれば，第Ⅰ期にならって，水理水文観測施設の設置，通信関係の伝播実験などのための調査を行うことが可能となろう。

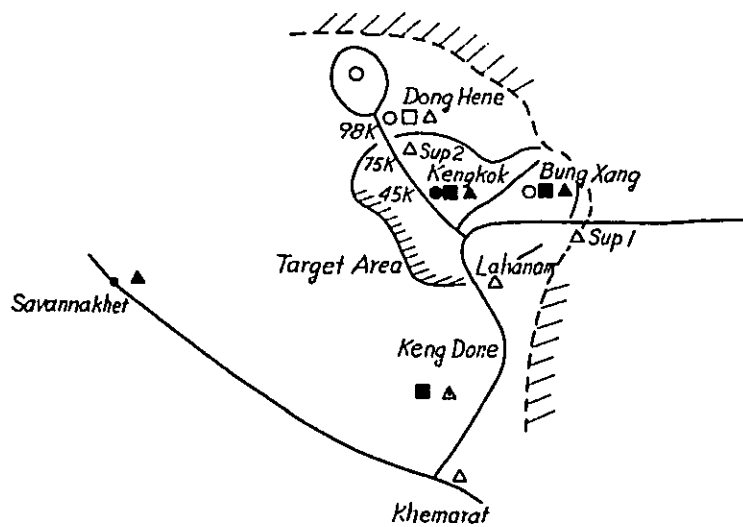


Fig. 6-8 - Conceptual Map Showing Observation Network in Stage I

Table 6-3 - Equipment Needed in Stage I Survey

Equipment Point	Hydraulic and Hydrologic Observation Equipment						Telecommunication Equipment			Remarks
	Rain Gauge (ordinary)	Rain Gauge (self-recording)	Water Gauge (Staff)	Water Gauge (self-recording)	Current Meter (on bridge)	Current Meter (*% bridge)	Fixed Type	Portable Type	Jeep	
Upstream point of Dong Hene	○									Survey shown at the left calls for the availability of the following: Jeep 2-3 Communication equipment Fixed 2 Mobile 2-3
Dong Hene	○		○	○		○		○	○	
Sup 2			○					○	○	
Kengkok	•		•	○	○		○			
Bung Xang	○		•	○		⊗		○	○	
Sup 1			○					○	○	
Lahanam	○		○	○		○	○			○ ---- New installation. ⊗ ---- To be implemented if possible. • ---- Already installed.
Keng Done			•	•		○		○	○	
Khemarat			○	○				○	○	
Savannakhet	•	○	•				Receiv- ing			

图 6 - 9 第 II 期观测设施网概念图

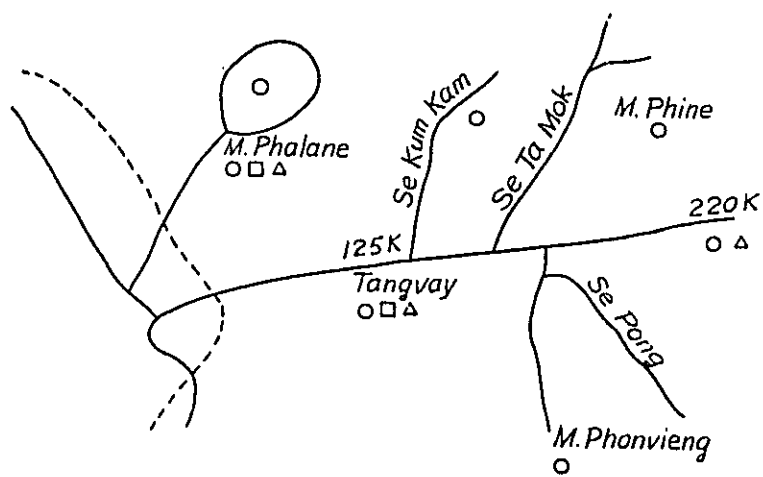


Table 6-4 - Equipment Required in Stage II Survey

Equipment Point	Hydraulic and Hydrologic Observation Equipment						Telecommunication Equipment			
	Rain Gauge (Ordinary)	Rain Gauge (Self-recording)	Water Gauge (Staff)	Water Gauge (Self-recording)	Current Meter (on bridge)	Current Meter (w/o bridge)	Fixed Type	Portable Type	Jeep	Remarks
Up stream of M. Phalane	○									
M. Phalane	○		○	○	⊙	⊙	○			
Tang Vay	○		○	○	⊙	⊙		○	○	
Up stream of Se Kurn Kam	○									
M. Phine	○							○	○	
M. Phouvieng	○									
220 K Point	○		○	○		⊙		○	○	
Remarks	<p>○ ---- New installation ⊙ ---- May be implemented it possible ⊙ ---- Existence of bridge unknown</p>									
	<p>Survey shown at the left calls for the availability of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Jeep 2 - 3 ○ Communication Equipment <ul style="list-style-type: none"> Fixed 2 Mobile 2 - 3 									

(3) 第1期調査で必要とする機材

第1期調査で必要とする機材については既に述べたところであるが、ここではこれらに要する費用について検討してみる。

まず、水理水文関係の機材に要する経費からみると次表のようになろう。

Table 6-5 - Cost of Hydraulic and Hydrologic Observation Equipment

(Unit: Thousand Yen)

Equipment	Specification	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Remarks
Ordinary rain gauge	Rain bucket - 20 cm gauging cylinder storage bottle	set	4	50	200	
Recording rain gauge	Tipping bucket type	set	1	800	800	
Staff gauge	Wooden	m	120	5	600	Tributary 10m x 1.5 Main stream 20m x 1.5
Current Meter	Direct Reading Type	set	2	300	600	One set each for tributary and main stream
Boat	Capacity - 5 passengers	set	2	300	600	One set each for tributary and main stream
Sub-total					2,800	
Recording Water Gauge		set	5	2,200	11,000	
Total					13,800	

Notes: Installation cost is not included.
Recording water gauge is not necessary for the second and subsequent surveys.

次に、電気通信関係および交通手段関係に要する費用は表6-6に示すようである。

以上、要約すると、第1回目の調査では、自記水位計の設置を除くと、観測用機材が約10,000千円、実験用機材が約1,200千円になる。

Table 6-6 - Cost of Telecommunication Equipment

Unit: Thousand Yen

Equipment	Specification	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount
Radio Communication Equipment	150MHZ 10W Type CRI-15	set	4	320	1,280
Battery	12V 32AH	set	4	16	64
Accumulator	18V 4A	set	4	30	120
Generator	Portable type 100V 800VA	set	4	110	440
Antenna	Yagi Antenna foldable, 150MHZ	set	4	75	300
Pole	10 m	set	4	110	440
Jeep	With cooler	set	2	2,000	4,000
Total					6,644

Notes: When conducting a propagation test, field strength meter (1 unit, 450 thousand yen), wattmeter (2 units, 320 thousand yen), slidanc (2 units, 20 thousand yen, and tester (2 units, 40 thousand yen) are required in addition to the equipment listed above. The total cost of these additional instrument is 1,210 thousand yen.

