5.1 概　要

Yuam川はタイ国の北西部、Mae Hong Son県に位置し、その源流は、Mae Hong Son県の最北部、標高約 1,000mの山間部に発する。Yuam川本流は、途中多くの支流と合流しながら南下し、Mae Hong Son県の中心都市のひとつMae Sariang を経由して、その約 40 km南方の地点で主要な支流河川のひとつNgao川と合流する。その後 Yuam 川は進路をほぼ直角に変えて西進し、ミャンマー連邦（旧ビルマ）との国境を流れる Moei 川に合流し、さらにはSalawin 川に合流して Andaman海に至る。本流の流路延長は約180 km、総流域面積は約6,000 km²に及ぶ。

本計画の流域一帯は典型的な熱帯モンスーン気候帯に属し、年間の気候はモンスーン（季節風）の影響をきわめて強く受けている。すなわち、Bengal湾から吹き込む南西からの季節風が強まる５月から10月までは、流域に多量の雨が降って雨期を形成し、また、その逆に大陸からの北東の季節風の強まる11月から４月までは、降雨がほとんどなく、乾期となる。流域の平均年間総降雨量は約 1,300 mm である。

気温は年間を通じて高く、平均で 27 ℃前後である。特に雨期直前の４月は日最高気温が 40 ℃近くにも達する。また乾期の12、１月は年間で最も気温の低い時で、日最低気温は 10 ℃前後まで下がる。

湿度も年間を通じて高く、流域中流部の平野部で相対湿度約 85 %、南部山間地では 90 %以上である。乾期末の３、４月は年間で最も湿度の低い時期で 60 %前後に下がる時もあるが、それを除く他の期間はほぼ一定の湿度である。

平均年間蒸発量は Class A Panの測定値で 1,300 mm 前後を示し、流域中流部あるいは北部で大きく、南部では小さくなっている。蒸発量は乾期末３、４月で最大となる。

5.2 気象観測所および測水所

Yuam川流域内にはＥＧＡＴをはじめとしてNational Energy Administration（ＮＥＡ）、Meteorology Department（ＭＤ）、Royal Irrigation Department（ＲＩＤ）などの機関によって多くの気象観測所、測水所が設置されて、降雨量、相対湿度、蒸発量などの気象データおよび流量、浮遊砂量などが測定されている。しかしながら、これらの観測所はほとんどが Yuam 川本流流域内に設置されており、Ngao川流域には1984年にＥＧＡＴによって設置、観測が開始された Ban Mae Ngao 観測所が存在するのみである。各観測所の位置を Table５－１およびFig.５－１に示す。

5.2.1 気 象 観 測 所

流域内に存在する気象観測所は、ＮＥＡが５ヵ所、ＭＤが１ヵ所、ＥＧＡＴが３ヵ所の計９ヵ所であり、各観測所での測定項目は以下のとおりである。ただし、このうちの Chom Chaeng観測所は1985年末に閉鎖されており、現在観測が続けられているものは８ヵ所である。

観測所	降雨量 (Daily)	気 温 (Daily Max.,Min.)	相対湿度 (Daily)	蒸発量 (Daily)
NEA Khun Yuam	○			
NEA Mae La Luang	○			○
NEA Sop Han	○	○	○	○
NEA Chom Chaeng	○ 1)			
NEA Ban Tha Rua	○	○	○	○
MD Mae Sariang	○			
EGAT Wang Khan	○	○ 2)	○ 3)	○ 3)
EGAT Ban Mae Rit	○	○	○	○
EGAT Ban Mae Ngao	○	○	○	○

1) 85.12月末 closed
2) 86.12月末 closed
3) 86.11月末 closed

ＮＥＡによって管理されている観測所は、そのほとんどが1960年代後半から70年代はじめに設置され、10年から20年近くにわたって各種のデータが記録されている。一方、ＥＧＡＴの３観測所はいずれも1983～84年の間に観測が開始されたものであり、測定期間は数年に満たない。各観測所における観測期間を、測定項目別にFig. 5－2 (1)～(5)に示す。

日降雨量は上記８ヵ所の観測所で測定が行われているが、Sop Han 、Chom Chaeng 、Mae Sariang の各観測所は互いに近傍に位置し、実質的には１ヵ所と見なせるものである。対象プロジェクトの流域面積（約 6,000㎢）および降雨の局地性から考えると、降雨量の観測記録は量的に必ずしも充分とはいえない。このなかでは Mae Sariangの観測記録が最も長く、1950年から観測が行われている。他の観測記録は20年程度、あるいはそれ以下である

一方、Yuam川流域の北側に隣接する Pai川流域との分水嶺付近には、ＮＥＡによって Khun Yuam観測所が設置されており、ここでは1952年以降、30数年間にわたって日降雨量が観測されている。本観測所は観測期間が長く、また Yuam 川最上流域に位置していることから上流域の降雨特性を把握する上でもきわめて有用であると判断されたので、今回の解析にはその観測記録も使用された。

相対湿度および気温は Sop Han、Ban Tha Rua 、Ban Mae Rit およびBan Mae Ngao の４地点で日データが観測されており、相対湿度は Sop Hanの20年間が、気温は Ban Tha Rua の14年間が最長の記録である。

また蒸発量は、上記４地点と Mae La Luang の５ヵ所で観測されており、Sop Han の17年間の記録が最長である。

気象データとしては以上の観測項目の他、Mae Sariang 、Mae Hon Son で風速の月平均値が1951年以降、また Salawinでも同じく風速が日データで約４年間記録されている。

なお、ＥＧＡＴの Ban Mae Rit観測所では1988年の６月以降、雨期における露点温度の変化を検証にするために、気温と相対湿度の時間データの測定が行われている。

5.2.2 測 水 所

現在、Yuam川流域内ではＮＥＡにより Sop Hanと Ban Tha Ruaの２ヵ所（この他に Chom Chaeng 測水所があったが、1983年末に閉鎖されている）、またＥＧＡＴにより Wang Khan 、Ban Mae Rit 、Ban Mae Ngaoの３ヵ所の計５ヵ所で日流量が測定されて

いる。ただし、ＥＧＡＴの３測水所は1983～84年にかけて開設されたものであり、いずれも観測期間が短い。一方、Sop Han は19年間、Ban Tha Rua は18年間の流量記録を有しており、長期の流量解析に使用できるデータは実質的にこの２ヵ所のものである。

以上５ヵ所の測水所のうち Sop Han、Ban Tha Rua および Wang Khanは Yuam 川本流筋に位置している。Sop Han は本流中流域 Mae Sariangの数km上流に位置し、 Ban Tha Rua は下流域、Mae Lama Luangダム計画地点の約20km上流に位置している。また Wang Khan は Sop Hanから約 30 km上流に位置している。Ban Mae Rit およびBan Mae Ngaoは、それぞれ Rit川、Ngao川の本流との合流点直上流に位置しており、その測定流量はほぼそれぞれの支流の全流量を代表している。

これらの各測水所では日流量の他、洪水期には時間流量の測定が行われており（ただし 6:00 ～ 18:00の間のみ、夜間は欠測）、また流量と同時に浮遊砂量も測定されている。各測水所における観測期間をFig. 5－2 (6)～(7) に示す。

なお、Sop Han 測水所の直下流にはＲＩＤによってかんがい用の取水ぜきが設けられており、1976年から３m³/secを上限とするかんがい取水が行われている。

Table 5 — 1 Location of Runoff Gauging Stations

Station	River	Administrator	Location Longitude (E)	Location Latitude (N)	Catchment Area (km^2)
Mae La Luang	Nam Mae La Luang	NEA			328
Sop Han	Nam Mae Yuam	NEA	97° - 56.1'	18° - 12.2'	2,496
Cham Chaeng	Nam Mae Sariang	NEA	97° - 58.0'	18° - 9.8'	378
Ban Tha Rua	Nam Mae Yuam	NEA	97° - 54.8'	17° - 50.0'	5,770
Wang Khan	Nam Mae Yuam	EGAT	97° - 58.2'	18° - 23.3'	1,974
Ban Mae Rit	Nam Mae Rit	EGAT	97° - 57.8'	17° - 53.5'	1,376
Ban Mae Ngao	Nam Mae Ngao	EGAT	97° - 58.2'	17° - 51.3'	935
RID Irrigation Weir	Nam Mae Yuam	RID	97° - 56.1'	18° - 21.9'	2,617

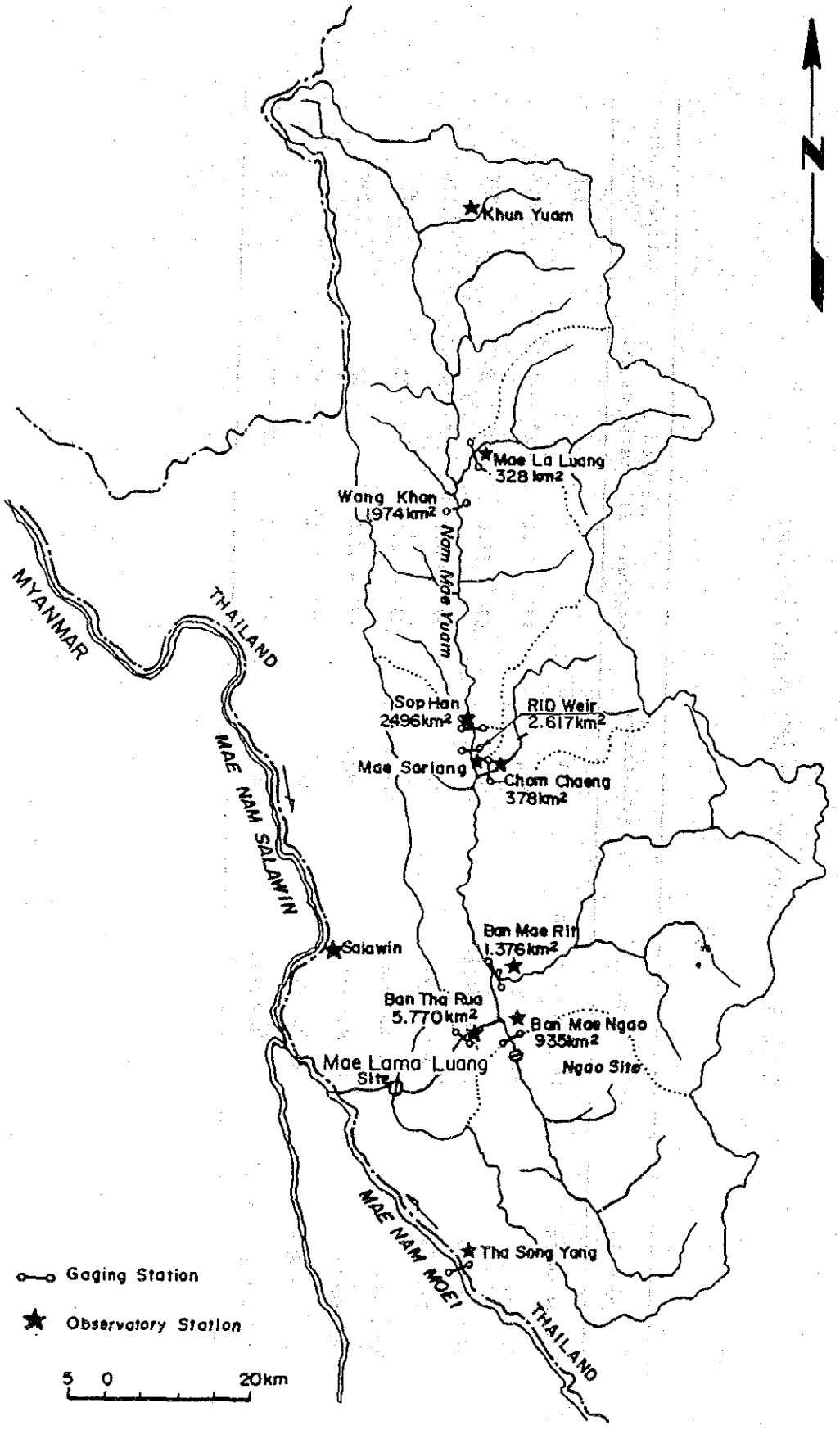


Fig. 5 – 1 Location Map of Observatory and Runoff Gauging Stations

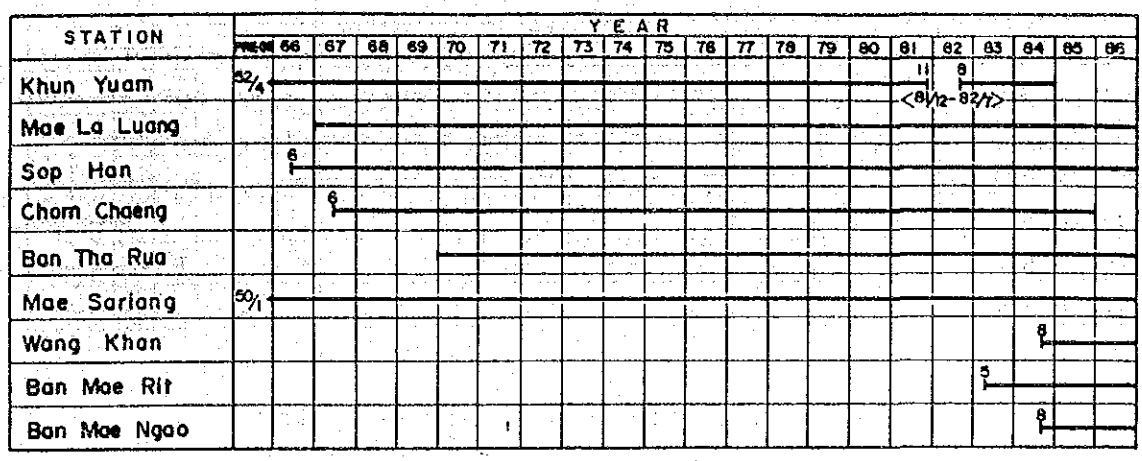


Fig. 5 – 2(1) Measurement Period of Daily Precipitation

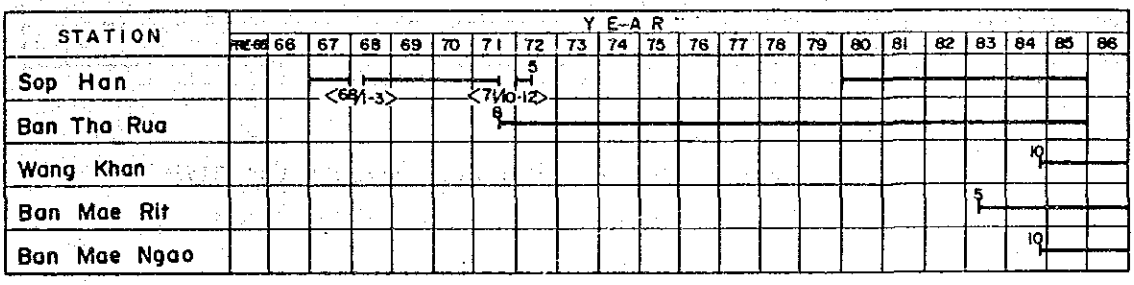


Fig. 5 – 2(2) Measurement Period of Daily Temperature (Max. and Min.)

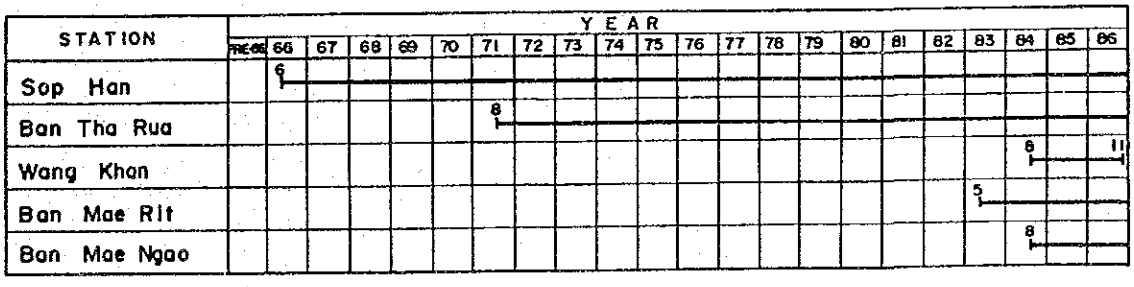


Fig. 5 – 2(3) Measurement Period of Daily Relative Humidity

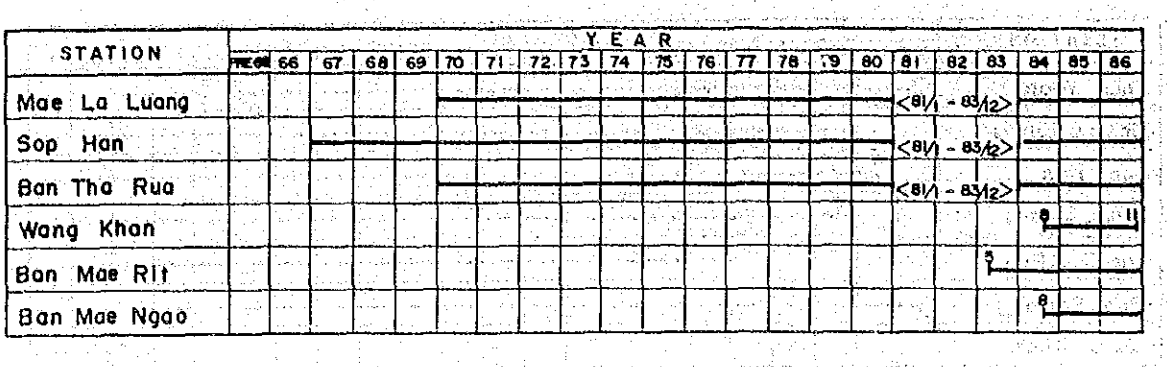


Fig. 5 – 2(4) Measurement Period of Daily Evaporation

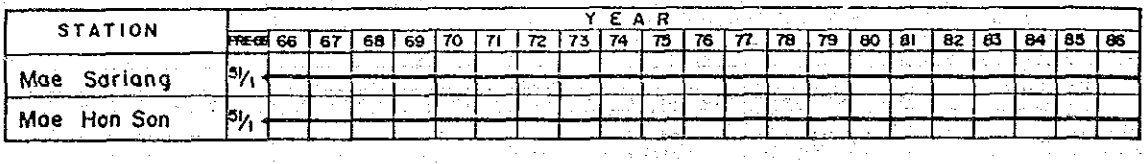


Fig. 5 – 2(5) Measurement Period of Wind Movement (Monthly)

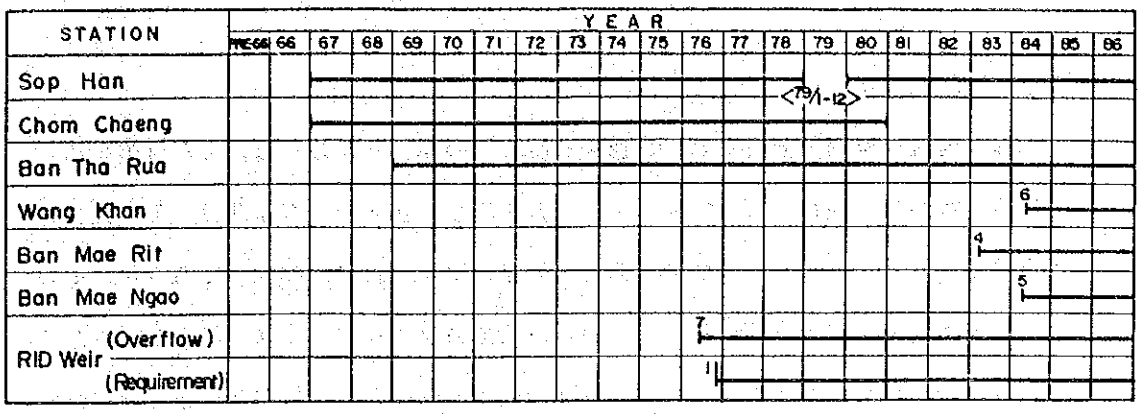


Fig. 5 – 2(6) Measurement Period of Daily Runoff

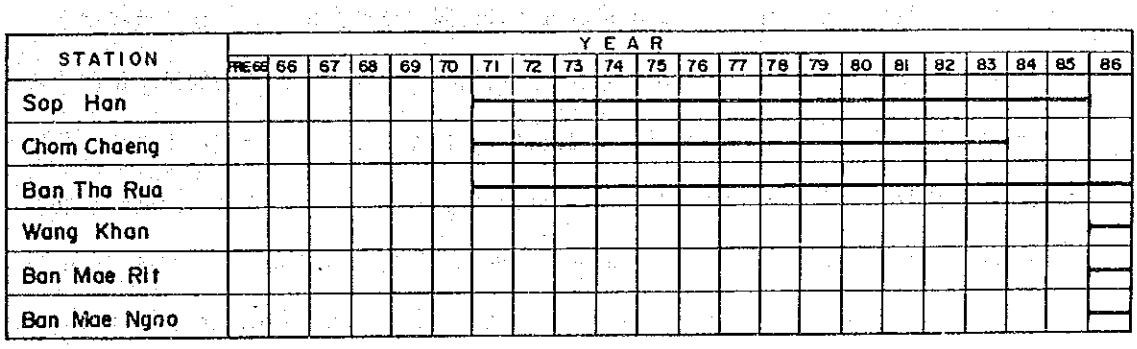


Fig. 5 – 2(7) Measurement Period of Daily Suspended Sedimemt

5.3 流域の水文特性

5.3.1 降雨量

Yuam川流域の降雨は熱帯季節風の影響を受け、雨期、乾期のきわだった対照を示している。雨期は一般に5月頃に始まって10月後半まで続き、一方乾期は、その後11月から翌年の4月まで続く。流域の年間総降雨量は平年で約 1,300 mm であるが、その約 90 %が雨期の6ヵ月間に集中している。乾期には残り約 10 %の降雨があるが、通常数日の間に集中して降るために、乾期の間は無降雨の日が数週間、あるいは数ヵ月連続することも珍しくない。乾期に発生する降雨は、強い日射によって引き起こされる局地的なものと考えられる。各観測所における月別平均降雨パターンを Table 5－2およびFig. 5－3に、また観測期間中の降雨実績をFig. 5－4に示す。

本流域に対しては、雨期には Bengal 湾からの南西の季節風が支配的である。このため南北に長い流路を有する Yuam 川流域では、同じ流域内でありながら地点によってかなり大きな降雨特性の違いがみられる。流域内の南部で、かつ山間地に位置する Ban Tha Rua では、平均年間降雨量は 1,600 mm に達する反面、流域の中央部に位置し、かつ比較的平坦な地形上にある Mae Sariang、Sop Han などでは 1,100～1,200 mmの降雨しか見られない。また、上流分水嶺付近に位置する Khun Yuamでは 1,300mm程度の降雨量が記録されている。逆に、Ban Tha Rua のさらに南側に位置する Moei 川流域の Tha Song Yang観測所では約 2,000 mm に達しており、Sop Han 等と比べて倍近い降雨が記録されている。以上の降雨特性を表わしている一例として、1984年の本流域周辺における等降雨量線図をFig. 5－5に示す。

なお、これまでに観測された日降雨量で最大のものは、Mae Sariang で1980年5月23日に記録された 131.0 mm である。

観測所	平均年間降雨量(mm)	対象期間
Ban Tha Rua	1,600	1970－86
Mae Sariang	1,229	1950－84
Sop Han	1,197	1967－86
Khun Yuam	1,345	1959－84
Tha Song Yang	1,981	1967－86

5.3.2 気　温

比較的長期にわたって観測されている Sop Hanおよび Ban Tha Ruaの記録からすれば、本地域における日最高、最低気温の年平均値はそれぞれ約 33 ℃、約 20 ℃である。

日最低気温は、乾期なかば2月で最低となり、13℃前後である。日によっては 10 ℃以下となる場合もあり、1974年1月に Ban Tha Ruaでは6℃を記録している。その後、雨期に近づくとともに上昇し、雨期の間はほぼ一定の 23 ℃前後である。

一方、日最高気温は雨期開始直前の4月で最高となり 38 ℃程度に達する。日によっては 40 ℃を超える事もあり、記録上での最高値は Sop Hanで1981年4月に観測された 44.5 ℃である。雨期の開始とともに下がり始め、8月には約 30 ℃まで下がり、その後再び10月頃まで少し上昇する。乾期に入るとまた下がり 30 ℃前後となる。

日最低と日最高気温との差は乾期後半の3月に最大となり、 21 ℃前後の差となる。雨期に入るとともに差は縮まり、7月あるいは8月には7～8℃となる。

各観測所における日最高、日最低気温の月別変化を Table5－3およびFig. 5－6に示す。

5.3.3 相 対 湿 度

Sop Han および Ban Tha Ruaでの観測記録からみると、本流域での相対湿度は年平均で 90 %程度の高い値を示している。

Sop Han では 86 %、Ban Tha Rua では 93 %の年平均湿度を示しており、山間部に位置する Ban Tha Ruaでの値が7%以上高くなっている。これは年間降雨量の差に加え、山間部と平野部という地形の違いも影響を与えているものと思われる。

各観測所における相対湿度の月別変化をTable 5－4およびFig. 5－7に示す。

5.3.4 蒸 発 量

本流域における年間総蒸発量はSop Han で約 1,310 mm 、Ban Tha Rua で約 1,250 mmとなっている。経年変化は気温と類似の傾向を示し、雨期直前4月に最大の蒸発量を示す。その後8月まで下がり続け、9、10月で一旦大きくなり、乾期には再び下がる。年最大となる4月には、日蒸発量は 6.0 mm 程度となる。

各観測所における蒸発量の月別変化を Table5－5およびFig. 5－8に示す。なお各観測所での測定記録はいずれも Class A Panによって測定されたものである。

5.3.5 河川流量

流域内で現在測定を行っている測水所は、5.2.2項に記したとおり5ヵ所であり、このうち比較的長期にわたる観測記録が存在するのは、NEAの Sop Hanおよび Ban Tha Rua の2地点である。

計画対象地域のほぼ全域をカバーする Ban Tha Rua測水所での1969～86年、18年間の流量資料によれば、本流域の平均年間総流量は、RID取水ぜきでの取水量を加算、補正した値で約 $2,825\times10^6$ m³、平均流量は 89.6 m³/secである。Table 5－6およびFig. 5－9に Ban Tha Rua地点での各月平均流量を示す。なお、Ban Tha Rua 測水所で観測された日最大流量は、1969年8月2日の 1,020m³/secである。

Yuam川流域の流況は、5.3.1 項で述べた降雨特性の影響を受け、各支流域によってかなり差がみられる。本流中上流を代表する Sop Hanと、Ngao川流域を代表する Ban Mae Ngaoの値を、Ban Mae Ngaoの記録が存在する1985～86年の2年間について比較すると、流域面積がはるかに大きい Sop Hanでの流量は Ban Mae Ngao での流量の 60%以下である。また Ban Tha Rua地点での流量の半分以上は、全流域面積の1/6 以下を占めるに過ぎない Ngao 川流域の流出によって賄われている。比流量で比較した場合には、その差はさらに開き、Sop Han がカバーする流域、すなわち本流中上流域の比流量は、Ngao川流域のそれに比して1/5 程度である。

測水所	流域面積 (km²)	平均流量 (m³/sec) 1985	1986	2年平均比流量 (ℓ/sec/km²)
Sop Han	2,496	29.5	17.7	9.5
Ban Mae Ngao	935	51.4	30.4	43.7
Ban Tha Rua	5,770	99.1	60.5	13.8

Table 5 – 2 Monthly list of Average Daily Precipitation

(unit: mm)

Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual Total	Annual Average
Khun Yuam ('59 - '81)	0.28	0.06	0.15	1.46	5.96	5.31	7.66	9.28	8.77	3.56	1.05	0.54	1,349.9	3.70
Mae La Luang ('67 - '86)	0.40	0.06	0.16	1.53	6.13	6.17	7.15	9.45	7.20	3.62	1.35	0.52	1,339.3	3.67
Sop Han ('67 - '86)	0.36	0.11	0.19	1.02	5.16	5.99	6.79	7.13	7.09	3.71	0.78	0.31	1,166.3	3.20
Ban Tha Rua ('70 - '86)	0.50	0.08	0.19	1.43	6.88	10.97	9.68	10.89	6.55	3.65	1.13	0.34	1,600.2	4.38
Mae Sariang ('50 - '86)	0.35	0.16	0.27	1.33	5.40	6.39	6.36	7.97	7.03	3.85	0.68	0.37	1,229.1	3.37

Table 5 – 3 Monthly list of Average Daily Temperature (Max. and Min.)

(unit: degree Celcius)

Station		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual Average
Sap Han ('68 - '72, '80, '85)	(Min.)	14.44	13.56	17.39	22.65	24.00	23.41	23.19	22.91	23.08	22.56	20.02	16.18	20.3
	(Max.)	30.65	34.19	37.33	38.30	36.05	31.12	30.30	30.17	31.66	32.35	31.62	29.99	32.8
Ban Tha Rua ('71 - '85)	(Min.)	13.54	13.97	16.66	20.86	22.65	22.91	22.59	22.70	22.79	21.82	19.22	15.48	19.6
	(Max.)	30.39	35.65	39.02	39.67	36.63	32.84	32.52	31.57	33.44	34.22	32.87	31.14	34.1

Table 5 — 4 Monthly list of Average Daily Relative Humidity

(unit: %)

Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual Average
Sap Han ('66 - '86)	88.70	88.11	84.64	78.61	81.28	85.16	87.06	87.60	87.29	87.46	87.88	88.72	86.04
Ban Tha Rua ('71 - '86)	93.56	94.86	94.10	89.17	91.40	93.73	93.89	94.71	93.95	93.78	93.04	93.63	93.31

Table 5 — 5 Monthly list of Average Daily Evaporation

(unit: mm)

Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual Total	Annual Average
Sop Han ('70 - '86)	2.73	4.14	5.64	6.54	4.95	3.21	2.75	2.60	3.28	3.23	2.86	2.58	1,310.5	3.59
Ban Tha Rua ('70 - '86)	2.74	3.37	4.99	6.17	4.46	2.87	2.52	2.31	2.82	3.27	2.80	2.70	1,250.4	3.43

Table 5 — 6 Monthly list of Average Daily Runoff at Ban Tha Rua Gauging Station (1969-86)

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL (x 10^6 m^3)
1969	28.53	20.95	15.05	14.01	27.91	89.17	139.81	625.23	382.50	178.19	109.70	70.98	4,501.84
1970	48.09	34.65	25.20	24.65	49.25	69.23	145.13	247.13	262.60	145.77	77.21	55.73	3,126.46
1971	35.65	25.52	20.01	14.71	29.82	83.98	323.55	359.68	268.10	142.05	76.05	47.96	3,777.38
1972	33.12	24.06	19.15	19.19	17.21	36.34	197.19	310.55	195.10	128.60	95.40	60.26	3,009.07
1973	40.03	26.55	21.92	16.05	31.63	64.09	133.28	264.52	289.13	180.16	88.30	55.34	3,197.12
1974	35.26	25.12	17.15	16.18	31.12	72.20	127.66	227.53	174.83	116.01	83.14	41.42	2,555.23
1975	38.84	25.63	21.29	15.22	24.98	71.36	140.70	205.09	274.80	182.87	85.96	50.25	3,000.05
1976	36.01	26.26	18.64	13.95	26.70	50.89	115.43	221.10	188.63	154.91	83.43	49.04	2,604.55
1977	53.32	25.75	19.10	18.10	20.44	30.06	73.24	172.38	291.77	117.40	74.04	44.87	2,476.56
1978	33.38	24.88	17.76	13.77	22.79	24.07	135.62	246.43	213.11	142.87	61.04	34.73	2,565.85
1979	25.12	19.14	13.29	12.11	18.94	24.30	61.69	243.89	120.97	111.32	48.55	28.73	1,927.26
1980	19.84	15.23	13.26	11.74	33.95	51.61	96.44	146.19	328.87	187.57	84.43	53.01	2,747.46
1981	33.06	19.83	14.63	12.79	15.41	58.13	138.79	263.00	151.77	110.37	76.21	46.82	2,488.86
1982	30.19	20.55	15.06	14.56	26.96	113.02	175.71	401.12	274.09	175.08	76.16	43.76	3,612.83
1983	29.20	19.56	13.84	10.68	10.48	25.94	29.19	93.62	119.29	120.40	73.82	39.76	1,544.02
1984	25.65	18.04	13.33	13.16	13.11	115.20	124.01	244.82	206.11	138.24	64.34	37.61	2,677.33
1985	24.88	18.12	13.56	11.42	22.77	91.85	151.94	208.82	249.47	200.77	118.85	71.73	3,126.21
1986	40.22	28.81	21.21	19.83	23.25	46.77	121.31	154.15	115.34	67.10	50.47	33.80	1,906.96
Average	33.91	23.26	17.41	15.12	24.82	62.12	135.04	257.51	228.14	144.43	79.28	48.10	2,824.72

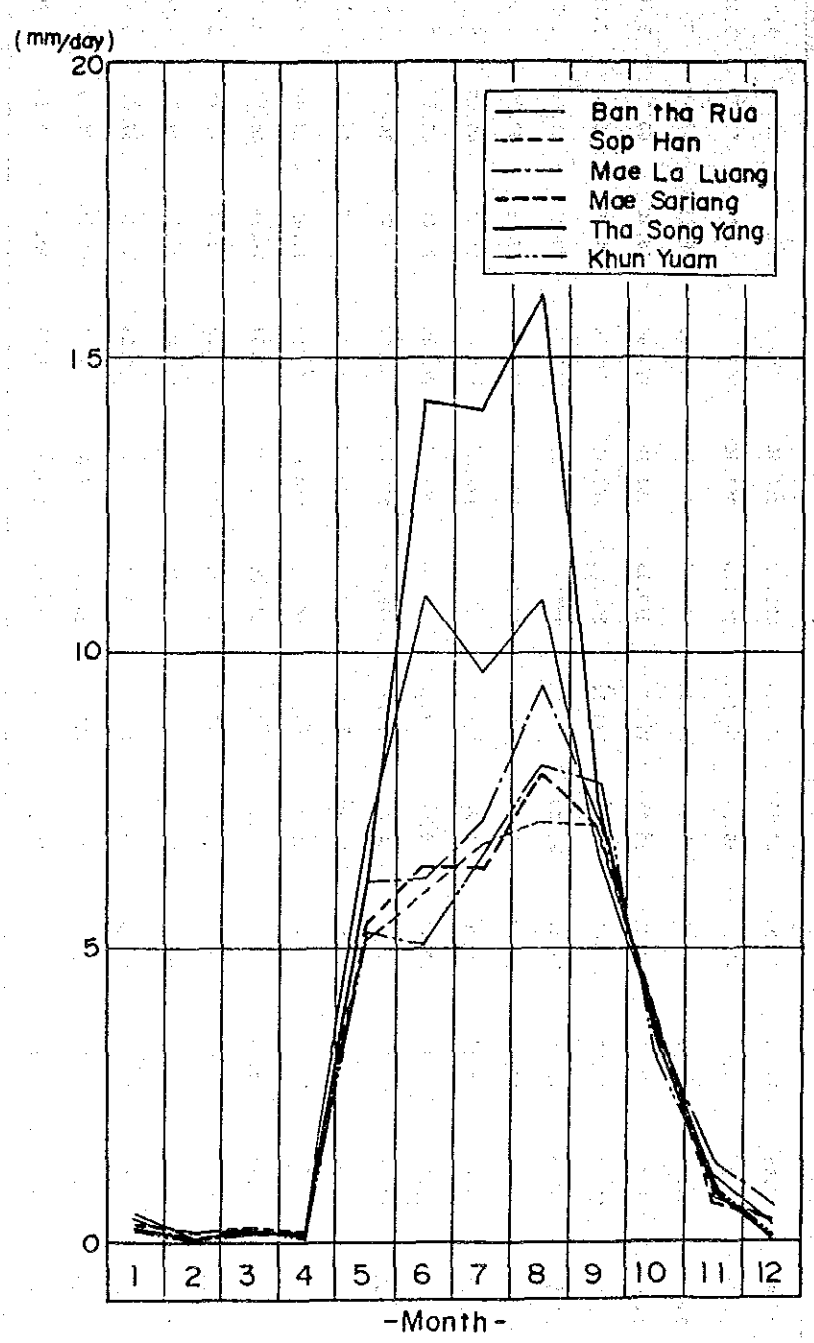


Fig. 5 – 3 Average Precipitation in Each Month

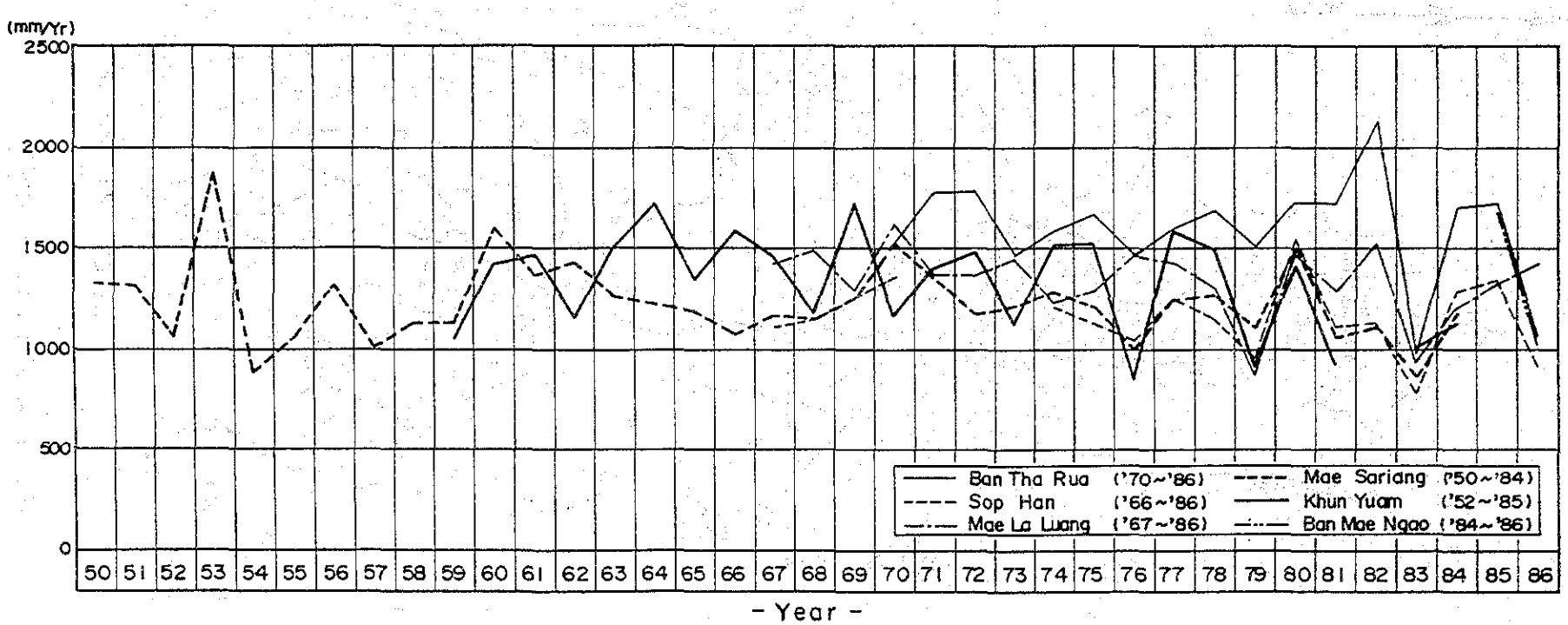


Fig. 5 — 4 Transition of Actual Annual Precipitation

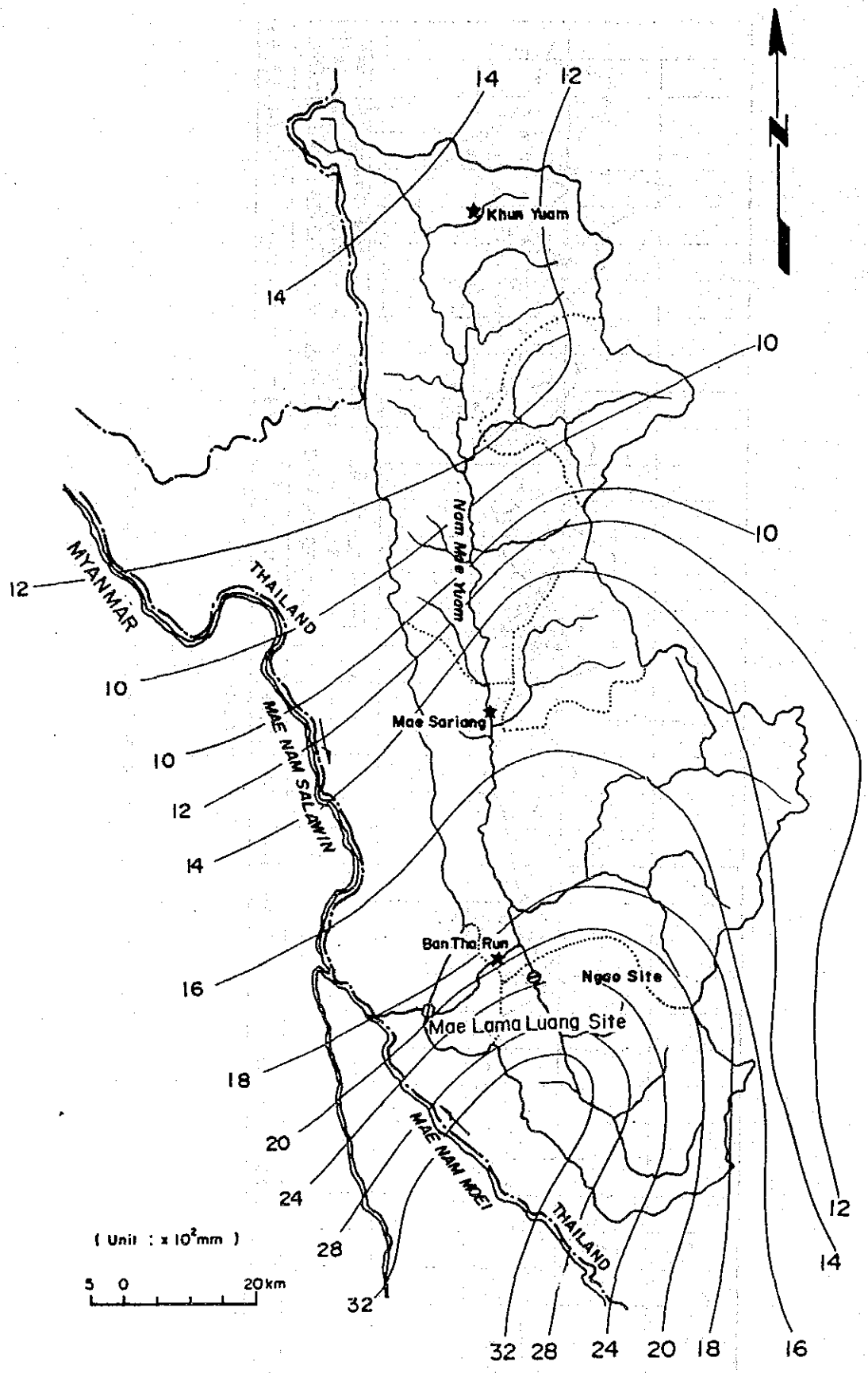


Fig. 5 — 5 Isohyetal Map of the Basin (1984)

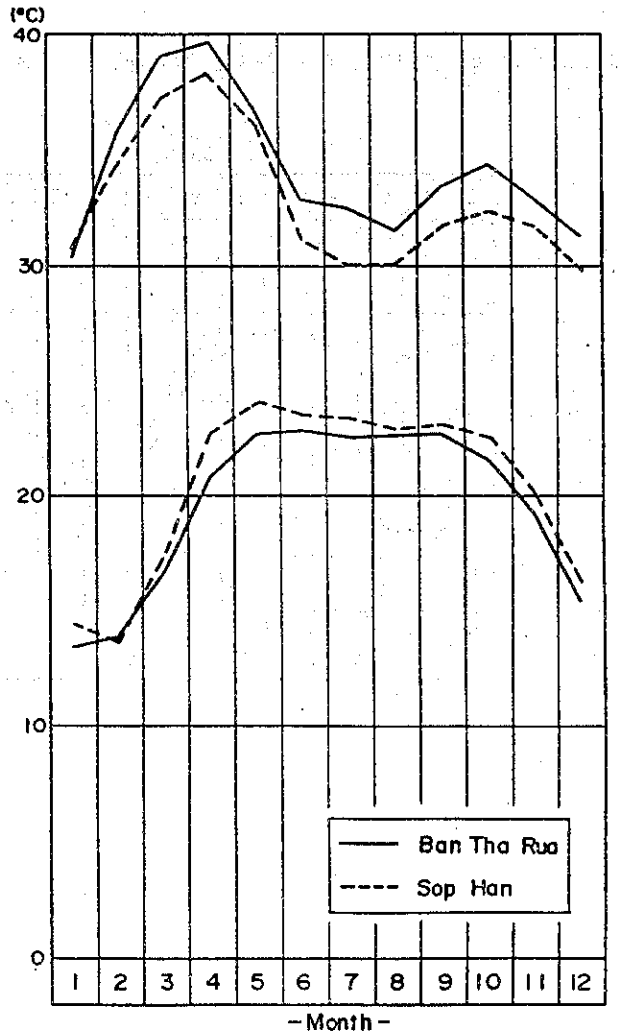


Fig. 5 – 6 Average Temperature (Max. and Min.) in Each Month

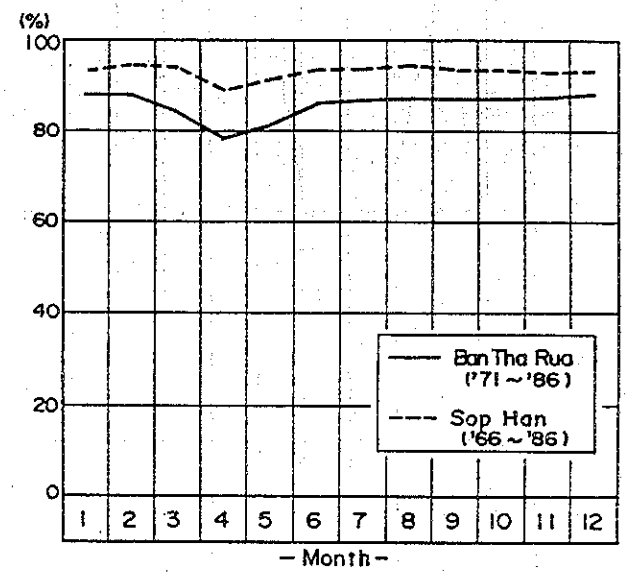


Fig. 5 – 7 Average Relative Humidity in Each Month

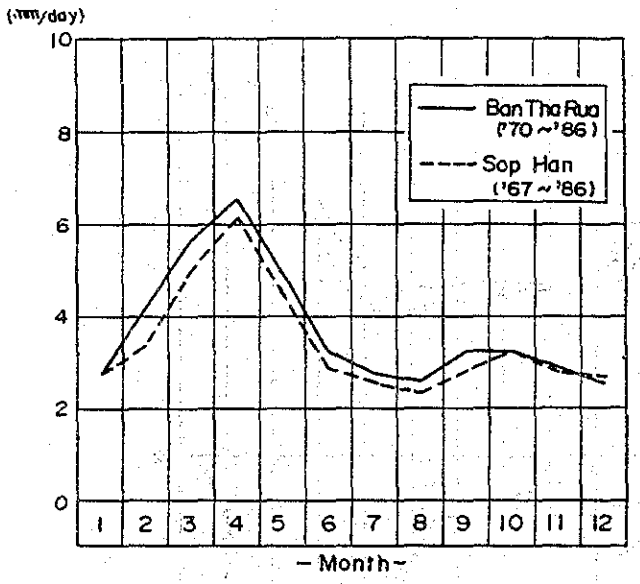


Fig. 5 − 8 Average Evaporation in Each Month

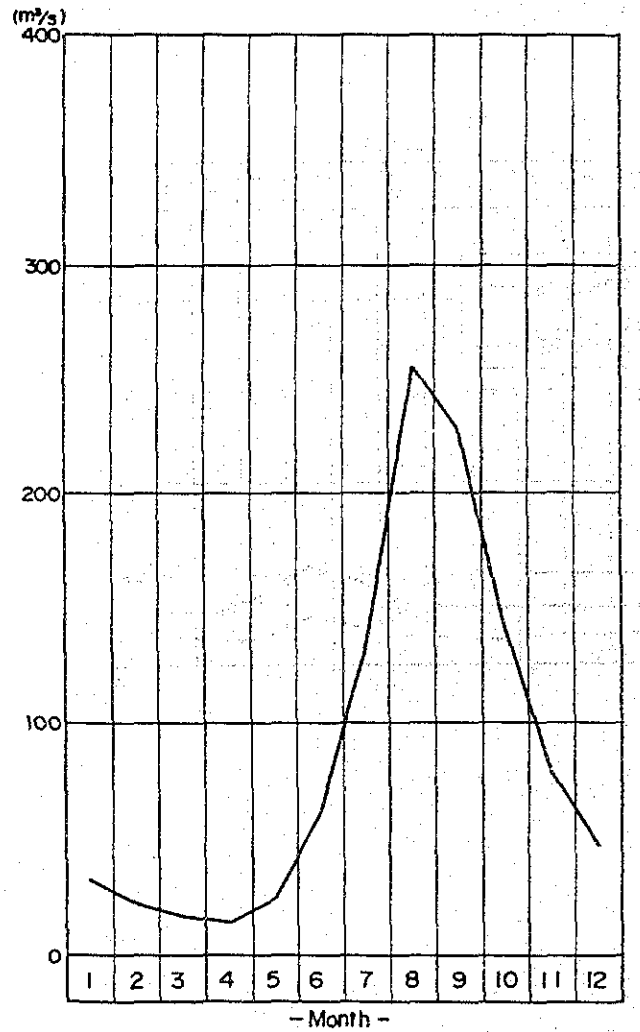


Fig. 5 − 9 Average Runoff in Each Month at Ban Tha Rua Gauging Station

5.4 低水解析

5.4.1 解析手法

プロジェクトの計画および経済性評価に大きな影響を及ぼす流量資料は、少なくとも30年程度、できればプロジェクトのサービスライフと同等程度の期間（水力発電所の場合、一般には50年）にわたって存在することが望ましい。

本スタディで検討される Mae Lama Luang 、Nam Ngaoの両プロジェクトに最も近い測水所は、それぞれ Ban Tha Rua、Ban Mae Ngaoであるが、両地点の流量資料は、Ban Tha Rua では1969年１月～1986年12月の18年間、Ban Mae Ngaoでは1984年５月～1986年12月の約２年半にわたって存在するのみである。したがって適切な手法により、流量資料を拡張する必要がある。

ある地点における流量資料を発生させる手段は、大きく分けて２通りの方法がある。ひとつは他の地点の流量資料から導くものであり、もうひとつの方法は降雨量から推定する方法である。本スタディでは、資料の存在期間、解析手法の認知性・信頼性、対象流域の気象特性等を勘案して、以下の手法により流量資料の拡張を行った。

(A) 他測水所の流量資料との相関分析による手法

対象測水所の流量資料と流域内の他の測水所の流量資料との間で相関分析を行い、最適な回帰モデルを算定する。この回帰モデルにより、当該測水所地点における流量を算定する手法である。この手法は主として Ban Mae Ngao 測水所における流量資料の発生に適用された。

(B) Tank Modelによる流量の発生

Tank Modelは流出解析の一手法であり、現在、世界で広くその有効性が認められている。本手法は、降雨による浸透、貯留、流出等の現象を、流出孔を有する複数のタンクによって説明しようとする手法であり、降雨量を入力することによって流出量を算定することができる（Tank Modelの原理、および解析の詳細等についてはAppendixを参照）。本手法は Ban Tha Ruaおよび Sop Han地点における流量資料の発生に適用された。

Ban Tha Rua 、Ban Mae Ngao両測水所地点における流量資料は、最終的に1959～86年の28年間にわたって日量ベースで用意され、Mae Lama Luangダム計画地点に対しては Ban Tha Rua測水所、Nam Ngaoダム計画地点に対しては Ban Mae Ngao 測水所の資料から、それぞれの流域面積比によって算出された。

5.4.2　資料の選定と検証

(1)　資料の選定

解析に先だち、使用されるデータの選定とその均質性の検討が行われた。今回の解析では、日流量の他に日雨量および日蒸発量の各データが使用され、以下に示すこれらの資料は、いずれも観測期間の長さと流域における代表性によって選定された。

流量資料は Ban Tha Rua測水所、 Ban Mae Ngao 測水所の他、Sop Han 測水所とＲＩＤの取水ぜきでの取水データが利用された。取水データは Ban Tha Rua測水所での自然流量を求める上で必要であり、また Sop Hanの流量資料は Ban Tha Ruaの資料とともに、Ban Mae Ngao測水所での流量を推定するために使用された。

資　料	観測所	対象期間
Daily runoff	Ban Tha Rua	1969 - 1986
	Sop Han	1969 - 1986*)
	Irrigation Weir of RID	1976 - 1986
	Ban Mae Ngao	1984 - 1986
Daily precipitation	Mae Sariang	1959 - 1981
	Khun Yuam	1959 - 1981
Daily evaporation	Ban Tha Rua	1970 - 1986**)
	Sop Han	1967 - 1986**)

*) 1979年　欠測
**) 1981～83年欠測

降雨量および蒸発量のデータは、Ban Tha Rua および Sop Han両地点での流量資料を拡張するための Tank Model による解析の際、使用された。

(2)　Ban Tha Rua 測水所の流量資料の補正

Ban Tha Rua測水所で観測されている1976年以降の流量資料は、本流中流部のＲＩＤ取水ぜきでの取水量が控除されたものであり、低水解析に使用するためには、

自然流量に戻す必要がある。そこで取水が開始された1976年以降については、Ban Tha Rua での観測流量に取水量を加え、これを Ban Tha Ruaでの自然流量として使用した。本章では以下、特に注記しない限り、Ban Tha Rua 測水所の流量資料とはこの補正データを意味する。

(3) Sop Han 測水所の流量資料の補塡

Sop Han 測水所では1967年以降、日流量データが測定されており、Ban Tha Rua 測水所と並んで流域内では最も長期にわたる観測を続けている。ただし、1979年は欠測となっているため、低水解析に使用するためには、この欠測期間のデータを補塡する必要があった。

同じ本流筋の直下流にはＲＩＤの取水ぜきが設けられており、ここでは取水量と越流量が測定されている。これから取水ぜきでの流入量を算出し、1977～78年および1980～85年の計８年間の Sop Han測水所，およびＲＩＤ取水ぜき地点の日流量資料による相関分析を行った。

その結果、両者間の相関係数は 0.958で良好な相関性が確認された。同時に以下に示す回帰式が求められ、これにより1979年の Sop Han地点での流量資料が補塡された。なお、Ｘの係数 1.05 は両地点の流域面積比とほぼ同じ値であり、実際の現象をよく説明し得るものである。両地点の流量資料によるスカッターグラム、および回帰線をFig. 5 －10に示す。

$$Y = 1.05\ X - 1.68$$

ここに、Y ＝ Sop Han 測水所の流量

X ＝ RID 取水ぜき地点の流量

(4) 流量資料の均質性の検証

以上の操作によって得られた Ban Tha Rua、Sop Han 両測水所の流量資料は、Double Mass Curve によって、その均質性が検討された。その結果、両者のDouble Mass Curveは良好な直線性を示し、当該資料の均質性が確認された。Fig. 5 －11に Double Mass Curve の結果を示す。

(5) 降雨量資料の均質性の検証

－ 移動平均及びダブルマスカーブ手法

Mae Sariang 及びKhun Yuam 観測所の降雨量資料の均質性の検証を行うために、両観測所と同等の観測期間を有するMae Hong Son観測所の降雨量資料を使用した。

Figs.5-12 (1)～ 5-12 (3)に各観測所の降雨量の経年変化、5年移動平均及び年平均降雨量を示す。

Figs.5-13 (1)～ 5-13 (2)にダブルマスカーブを示す。Mae Hong Son 及び Mae Sariang 観測所のダブルマスカーブでは、両観測所のデータに線形関係がみられるが、Mae Sariang 及びKhun Yuam 観測所のダブルマスカーブでは1958～1959年において不連続性がある。Khun Yuam 観測所の6年間（1953～1958）の年平均降雨量はその後の28年間（1959～1986）の年平均降雨量よりかなり少なく、また、Mae Hong SonまたはMae Sariang 観測所の6年間（1953～1958）の年平均降雨量よりもかなり少ない。

従って、Khun Yuam 観測所の1953～1958年の降雨量資料は信頼性に欠けると判断された。

－ 平均及び分散の比較

Khun Yuam 観測所の降雨量資料（1959～1968；このデータを使用してTank Model により流量資料を作成）の信頼性をチェックするために、平均値と分散に関する検定を行った。

下表にKhun Yuam 観測所の年間降雨量（1959～1986年）を示す。この降雨量資料を2分割（1959～68, 1969～1986、但し1982年を除く）して検定を行った。

Annual Precipitations at Khun Yuam

(mm)

Year	Precipitation	Year	Precipitation	Year	Precipitation
1959	1,045	1969	1,732	1979	921
60	1,412	70	1,166	80	1,424
61	1,467	71	1,402	81	939
62	1,159	72	1,482	82	－
63	1,509	73	1,122	83	1,097
64	1,742	74	1,511	84	1,119
65	1,329	75	1,512	85	1,755
66	1,595	76	874	86	1,022
67	1,447	77	1,600	87	
68	1,190	78	1,486	88	

各資料の平均及び分散は下記の通りである。

1959 − 1968 ： 平均 1,390 mm、標準偏差 212.4 mm

1969 − 1986 ： 平均 1,304 mm、標準偏差 287.6 mm

Fisher の F−テストにより、以下に示すように分散の検定を行った。

$$Fcal = \left(\frac{N_1 S_1^2}{N_1 - 1}\right) / \left(\frac{N_2 S_2^2}{N_2 - 1}\right)$$

$$= \frac{17 \times (287.6)^2}{17 - 1} / \frac{10 \times (212.4)^2}{10 - 1}$$

$$= 1.75$$

計算値 Fcal は、有意水準レベル$\alpha = 5$ %に対するFcr と比較される。自由度 V_1 (= $N_1 - 1$ = 16) 、V_2 (= $N_2 - 1$ = 9) 、α = 5 %に対するFcr は3.00である。この値は Fcal(= 1.75) より大きいので２つの分散値の違いは有意でない。

平均値の検定は Student's t−テストにより行った。

$$Sd^2 = \frac{S_1^2(N_1 - 1) + S_2^2(N_2 - 1)}{N_1 + N_2 - 2} \times \frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2}$$

$$= 10.984$$

$$t_{cal} = \frac{1}{Sd} / \overline{P_1} - \overline{P_2} /$$

$$= \frac{1}{104.8} (1,390 - 1,304)$$

$$= 0.82$$

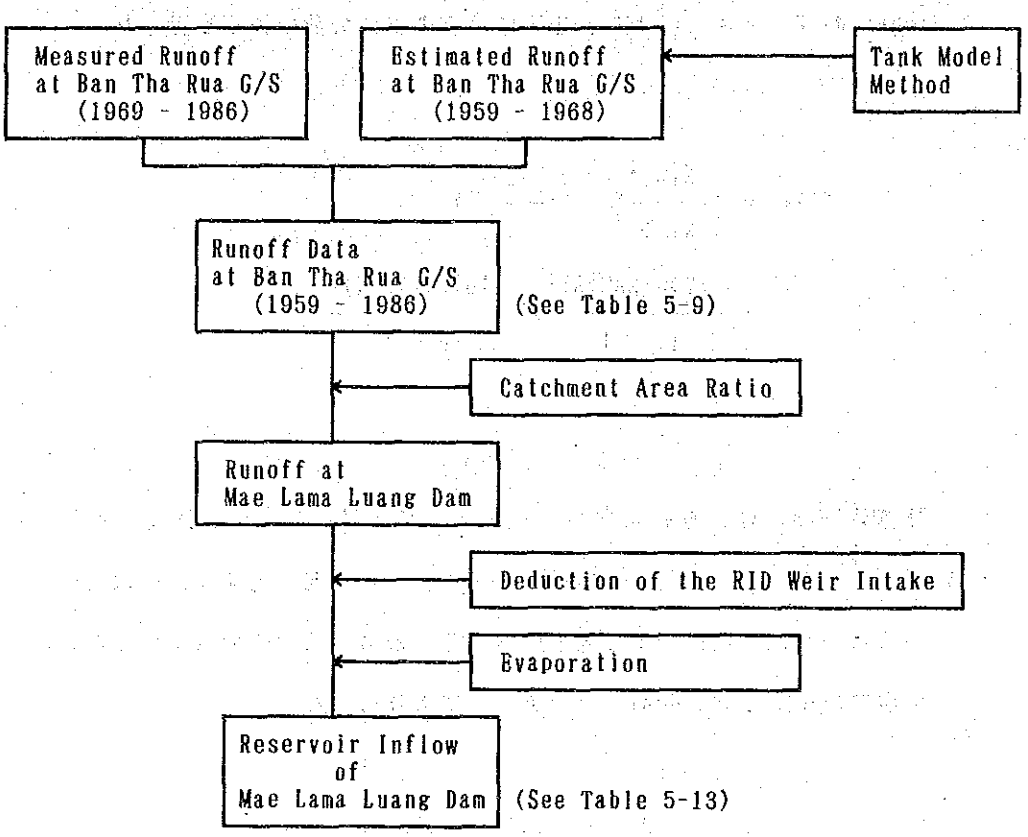
有意水準レベル$\alpha = 5$ %、自由度V = $(N_1 - 1) + (N_2 - 1) = 25$に対して t crは、2.06である。計算値 t cal(= 0.82) は t crより小さいので２つの平均値の差は有意ではない。

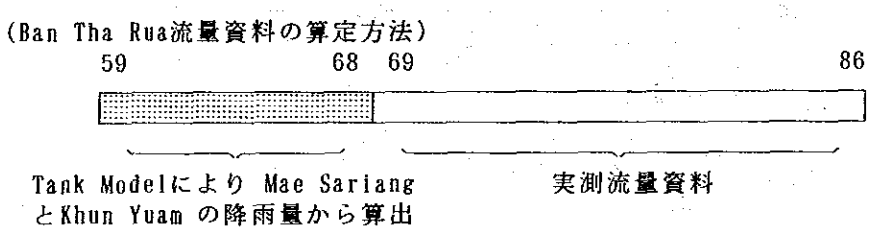
従って、２つの検定結果より、２種類の資料（期間1959〜1968及び1969〜1986）は同じ母集団より抽出されたデータであると結論できる。

5.4.3 ダム地点流入量の算定

(1) Mae Lama Luangダム

ダム地点の流入量は下記に示す手順により算定した。





本スタディで使用されたTank Model（下表参照）は、第1段のタンクに土壌水分構造を有する直列4段モデルであり、本モデルはYuam川流域のように長い乾期を有する地域の流出解析に最も適したものと評価されている。

タンクモデルの概要

Site	Calibration Period	Runoff and Precipitation Data for Calibration
Ban Tha Rua G/S	1969 - 1981	Runoff: Daily runoff at Ban Tha Rua G/S Precipitation: Daily precipitation at Khun Yuam St. (x 0.3) Mae Sariang St. (x 0.7)

解析に当っては、まず流量資料と降雨量資料が共に存在する1969～81年の13年間を対象としてモデルの最適化が行われ、以下の条件を満足する各種のパラメーターを設定した。

・年間総流量の実測値と推定値の誤差の累計絶対値は０、もしくは無視し得る値とする。

・各月流量の実測値（QA）と推定値（QE）の誤差は±20%以内とする。

$$|(QA)-(QE)|/(QA) \leqq 0.20$$

タンクモデルの信頼性を検定するために、最適モデルによる推定値と実測値の比較（1983～1986年）を行った。その結果を下表に示す。

実測流量と推定流量との比較（$10^6 m^3$）

Year	Ban Tha Rua G/S		
	A	B	C
	Observed runoff	Estimated runoff	Error (%) ((B-A)/A) X100
1983	1,544.0	1,702.0	10.2
1984	2,677.3	2,386.6	-10.9
1985	3,126.2	3,190.4	2.1
1986	1,907.0	1,481.6	-22.3

推定値の観測値に対する誤差は、±30%の範囲であり、この誤差範囲は、キャリブレーション期間（1969～1981）における観測値と推定値の誤差と同レベルである。

従って、このBan Tha Rua 測水所地点のタンクモデルは充分信頼性があると判断し、今後のスタディに適用することとした。

最適モデルが求められた後、同モデルによって1959～68年の10年間の日流量が計算され、実測値と合わせて28年間（1959～1986年）の流量資料が用意された。使用されたモデルの概要と主要な係数をFig. 5 －14に示す。また、キャリブレーション期間における Ban Tha Ruaの実測流量と計算流量を Table 5 － 7 およびFig. 5 －15に、最終的に用意された28年間の流量資料をTable 5 － 9 に示す。

Mae Lama Luangダム計画地点の流量資料は、Ban Tha Rua の流量から両者間の流域面積比によって計画地点の自然流量を算出し、さらにＲＩＤかんがい取水ぜきでの取水量及びダム築造後の蒸発散量を考慮して求められた。

$$Q_{YI} = Q_{BTR} \times \frac{C_{YI}}{C_{BTR}} - Q_{IR} - E$$

ここに、Q_{YI} ＝ Mae Lama Luangダム地点流量

Q_{BTR} ＝ Ban Tha Rua 流量

Q_{IR} ＝ RID 取水ぜき平均取水量

C_{YI} ＝ ダム地点流域面積

EGATサイトNo.4 ： 6,029 km²

EGATサイトNo.5 ： 6,030 km²

NBA サイト ： 5,920 km²

C_{BTR} ＝ Ban Tha Rua 流域面積： 5,770 km²

E ＝ ダム築造後の蒸発散量

－ ＲＩＤかんがい用取水ぜきにおける取水量の控除

ＲＩＤ取水ぜきの月平均取水量（1976～1986年の平均）をMae Lama Luangダム地点流入量から控除する。月平均取水量はTable 5－12に示す。

－ 蒸発散量

Mae Lama Luangダム地点の流域内の水収支計算を行うことにより、Mae Lama Luang ダム築造後の蒸発散量が流入量に及ぼす影響を調べた。

水収支は一般に下記の式で表わされる。

$$P = R + E \pm \Delta S$$

ここに、 P ： 降 雨 量

R ： 流 出 量

E ： 実蒸発散量

△S ： 貯留誤差 (*)

(*) 長時間にわたって水収支計算を行えば、△Ｓは無視できる。

流域内の水収支計算は、1972～1980年の期間で月降雨量（Khun Yuam, Mae Lama Luang, Mae Sariang, Ban Tha Rua)と月流出量（Mae Lama Luangダム地点）を用いて行った。流域平均降雨量は、上記４観測所のデータを用いてThiessen法により求めた。実蒸発散量は上式の水収支計算より推定し、Mae Lama Luang貯水池からの月蒸発量は Pan係数 0.7を蒸発量の観測値に乗ずることにより求めた。
計算結果を次表に示す。

雨期（５～９月）の間は実蒸発散量は湖面蒸発量より大きく、年間蒸発散量は45mm（ダム地点流入量の約0.05%に相当）で、ダム築造後は流入ポテンシャルがわずかに増加することになるが無視できうる値であると判断した。

ダム築造後の蒸発散量

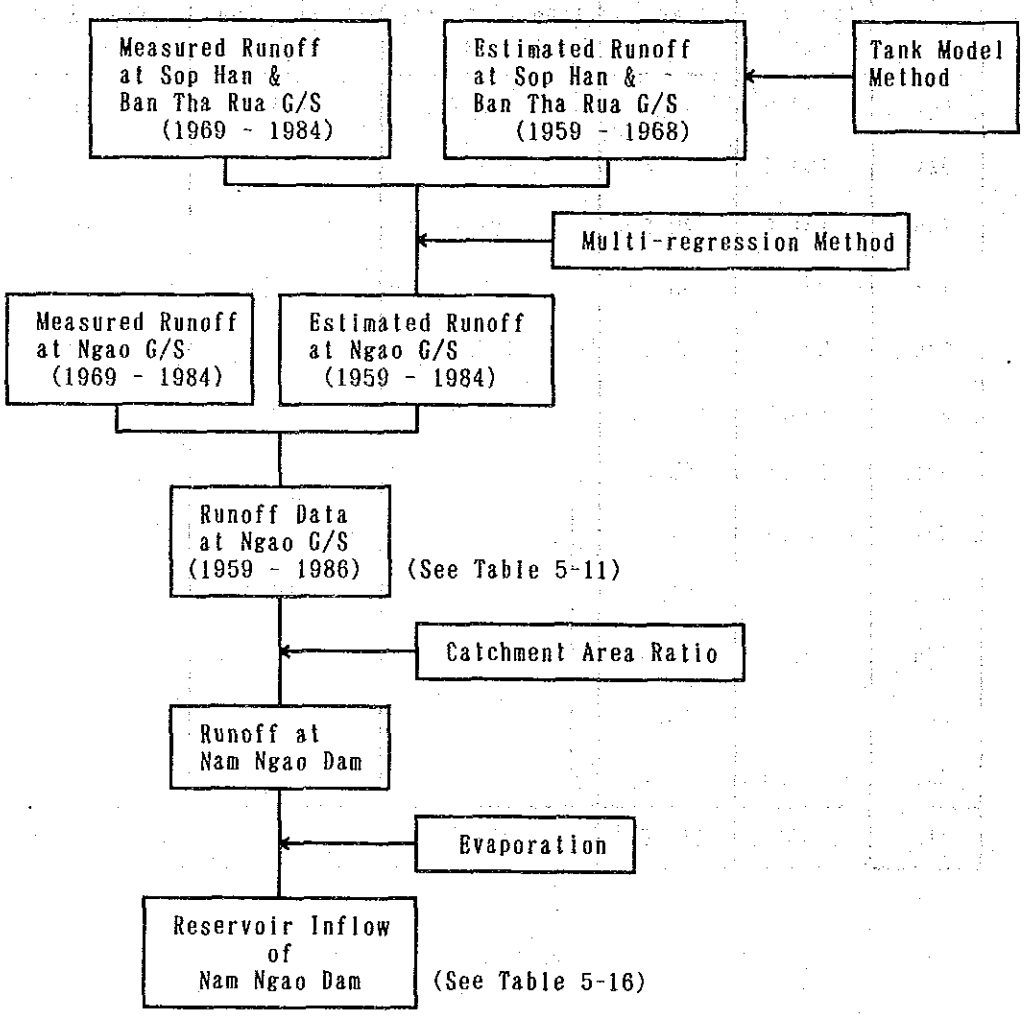
Month	A Precipitation (mm)	B Runoff (mm)	C Actual Evapotranspiration (A-B, mm)	D Free-water Evaporation (mm)	E Evaporation after Reservoir (C-D, mm)
Apr.	40.0	7.3	32.7	126.9	-94.2
May.	194.5	11.8	182.7	95.2	87.5
Jun.	191.3	22.6	168.7	64.5	104.2
Jul.	242.9	55.8	187.1	40.9	146.2
Aug.	297.5	105.1	192.4	64.6	127.8
Sep.	230.3	110.7	119.6	59.4	60.2
Oct.	115.5	68.2			
Nov.	32.1	37.5			
Dec.	15.6	21.5	32.3	419.0	-386.7
Jan.	23.5	16.3			
Feb.	2.5	10.4			
Mar.	5.4	8.4			
Total	1,391.1	475.6	915.5	870.5	45.0

以上により求められたMae Lama Luangダム各計画地点での月別流量を Table 5 − 13および Table 5 − 14に示す。

解析結果によれば、サイトNo. 5 地点における平均年間流入量は、1959〜86年の平均で2,948 ×10⁶ m³、またその平均流量は 93.5 m³/secと算出された。なおサイトNo. 4 の流量は、同地点がNo. 5 地点のすぐ近傍に位置しており、両者の流域面積の違いは無視できる値（五万分の一地形図で約 1 km²）であったため、サイトNo. 5 地点の流量と同一の値を採用した。

(2) Nam Ngaoダム

Nam Ngaoダム計画地点の流量資料算出のためには、Ban Mae Ngao測水所の流量資料が使用されたが、実測データは1984年 5 月〜1986年12月の32ヶ月と短いので、以下の手法によって資料の拡張が行われた。



－ 相関分析による最適回帰式の設定

ある地点の流量を推定するには、同じ流域内近傍の測水資料から推定する方法が最も信頼性が高いとされている。Ban Mae Ngao測水所の下流数kmの本流筋にはBan Tha Rua 測水所が存在し、既に述べたとおり、同測水所では18年間の資料が用意されている。そこで、まずこれを利用して Ban Mae Ngao 測水所の資料を拡張すべく1984年5月～86年12月の実測資料により、相関分析を行った。

一方 Ngao 川は Yuam 川の一支流にすぎず、その流域面積は全流域の1/6 以下を占めるにすぎない。全河川流量の約 50 %が Ngao 川から流出するとはいえ、Ban Tha Rua との単相関分析では充分な説明がなされないことが懸念された。そこで、Ban Tha Rua と同じく18年間の実測流量を有する Sop Hanの記録も利用することとし、2地点の資料を考慮した重相関分析を併せて試みた。

解析の結果得られた相関係数は、Ban Tha Rua による単相関が 0.883、Ban Tha Rua および Sop Hanを使用した重相関では 0.919であった。この結果から、本スタディではBan Tha Rua 、Sop Han 両測水所の資料を使用した重相関分析の結果を採用することとし、以下の回帰式が求められた。

$$Y = 0.7722\ X_1 - 0.6422\ X_2 - 2.0660$$

ここに、Y ＝ Bae Mae Ngao測水所の流量

X_1 ＝ Ban Tha Rua 測水所の流量

X_2 ＝ Sop Han 測水所の流量

－ Tank Modelによる Sop Han測水所の流量資料の拡張

Ban Mae Ngaoの流量資料をさらに拡張するために、Tank Modelにより Sop Hanの流量資料の拡張が行われた。解析の方法および条件等は 5.4.3項で述べた Ban Tha Rua のケースと同様であり、1967～81年の資料によって Modelの最適化が図られた後、1959～66年の流量資料が求められた。

Sop Han 測水所地点のタンクモデルの概要と、タンクモデルの信頼性の検定結果を下表に示す。

タンクモデルの概要

Site	Calibaration Period	Runoff and Precipitaiton Data for Calibaration
Sop Han G/S	1967 - 1981	Runoff: Daily runoff at Sop Han G/S Precipitation: Daily precipitation at Khun Yuam St. (x 0.5) Mae Sariang St. (x 0.5)

実測流量と観測流量との比較 ($10^6 m^3$)

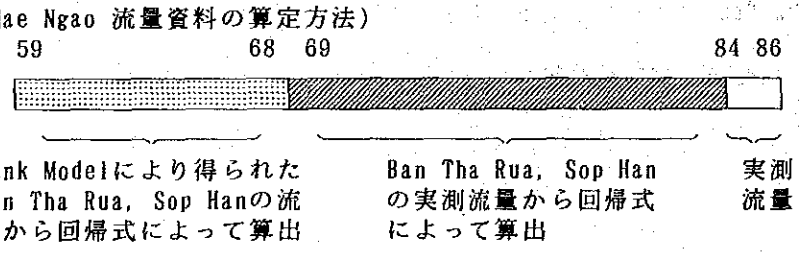
Year	Sop Han G/S		
	A	B	C
	Observed runoff	Estimated runoff	Error (%) ((B-A)/A) X100
1983	359.7	311.9	-13.3
1984	615.8	453.3	-26.4
1985	930.3	819.2	-11.9
1986	684.1	557.4	-18.5

キャリブレーション期間における Sop Hanの実績流量と計算流量を Table 5 − 8 およびFig. 5 −16に示す。

− Mae Ngaoダム計画地点の流量算定

Tank Modelにより Ban Tha Rua (1959〜1968年) 、Sop Han(1959〜1966年) 両測水所の流量資料が求められ、両地点の1959〜84年の資料、および重相関分析によって得られた回帰式によって、同期間の Ban Mae Ngao 地点の日流量が算出された。Sop Han および Ban Mae Ngao 地点における月別流量を、それぞれ Table 5 −10、 Table 5 −11に示す。

(Ban Mae Ngao 流量資料の算定方法)



Nam Ngaoダム計画地点の流量資料は、Ban Mae Ngao地点の流量から両者間の流域面積比によって、以下の式により求められた。

$$Q_{N1} = Q_{BMN} \times \frac{C_{N1}}{C_{BMN}} - E$$

ここに、Q_{N1} ＝ Nam Ngaoダム地点流量

Q_{BMN} ＝ Ban Mae Ngao流量

C_{N1} ＝ Nam Ngaoダム地点流域面積

サイトNo.1： 848 km²

サイトNo.2： 835 km²

サイトNo.3： 756 km²

C_{BMN} ＝ Ban Mae Ngao流域面積： 935 km²

E ＝ ダム築造後の蒸発散量（negligible）

解析結果によれば、Nam Ngaoダムサイト No.2 地点における平均年間流入量は1959～86年の28年平均で 1,366× 10^6m³、またその平均流量は43.3 m³/secと算出された。Nam Ngaoダム各計画地点での月別流量をTable 5－15～17に示す。

Table 5 – 7 Comparison of Observed and Estimated Runoff at Ban Tha Rua Gauging Station (1969-81)

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL ($\times 10^6$ m^3)
						- OBSERVED -							
1969	28.53	20.93	15.05	14.00	27.91	89.17	139.81	625.23	382.50	178.19	109.70	70.98	4,501.79
1970	48.09	34.65	25.19	24.64	49.25	69.23	145.12	247.13	262.59	145.77	77.21	55.73	3,126.40
1971	35.65	25.51	20.00	14.71	29.82	83.97	323.54	359.68	268.10	142.05	76.05	47.97	3,777.35
1972	33.12	24.04	19.14	19.20	17.21	36.33	197.19	310.55	195.10	128.60	95.41	60.26	3,009.00
1973	40.03	26.53	21.90	16.06	31.62	64.09	133.27	264.52	289.13	180.16	88.30	55.34	3,197.05
1974	35.26	25.11	17.17	16.20	31.12	72.21	127.66	227.53	174.83	116.01	83.14	41.42	2,555.38
1975	38.84	25.61	21.29	15.23	24.98	71.36	140.70	205.10	274.80	182.88	85.96	50.26	3,000.07
1976	36.01	26.25	18.65	13.96	26.70	50.89	115.43	221.09	188.64	154.91	83.43	49.04	2,604.60
1977	53.32	25.75	19.10	18.10	20.44	30.05	73.24	172.39	291.77	117.41	74.04	44.87	2,476.54
1978	33.38	24.89	17.76	13.77	22.79	24.07	135.62	246.43	213.11	142.86	61.04	34.73	2,565.87
1979	25.11	19.13	13.30	12.10	18.94	24.30	61.69	243.89	120.97	111.32	48.55	28.73	1,927.19
1980	19.86	15.22	13.27	11.74	33.96	51.60	96.44	146.19	328.86	187.57	84.43	53.01	2,747.51
1981	33.05	19.84	14.64	12.80	15.41	58.12	138.78	263.00	151.77	110.37	76.23	46.81	2,488.90
Average	35.40	24.11	18.19	15.58	26.93	55.80	140.65	271.75	241.71	146.01	80.27	49.17	2,921.36
						- ESTIMATED -							
1969	26.75	20.10	16.79	12.86	20.07	73.41	117.08	355.57	325.79	176.31	89.83	55.58	3,406.97
1970	37.71	25.79	20.77	16.21	67.82	90.23	85.00	205.91	341.31	226.53	87.34	63.22	3,342.88
1971	43.99	30.30	26.18	20.50	26.98	63.19	298.72	278.36	300.91	134.09	68.59	48.95	3,544.06
1972	33.43	26.18	21.92	17.87	14.02	22.48	71.85	268.65	190.42	185.32	121.39	73.90	2,765.25
1973	45.69	31.31	22.88	18.23	43.31	61.60	80.08	253.22	278.96	154.17	62.39	43.77	2,889.97
1974	29.04	22.73	18.75	14.34	22.19	72.98	138.52	262.11	254.34	159.35	104.13	56.90	3,050.17
1975	52.89	34.05	24.54	20.09	19.50	69.96	136.33	257.85	264.91	146.22	69.65	49.87	3,023.54
1976	35.04	26.01	21.77	17.30	14.23	24.85	76.73	165.51	140.34	106.90	56.41	36.07	1,906.40
1977	39.52	21.51	18.04	18.72	14.96	20.48	81.95	180.64	311.99	181.26	76.75	55.70	2,693.49
1978	46.69	31.18	23.05	18.73	17.36	29.47	242.20	221.55	301.19	212.28	78.14	54.27	3,372.92
1979	36.84	26.07	21.91	17.14	17.98	58.69	86.23	190.98	175.30	150.41	54.87	37.87	2,308.47
1980	24.81	19.88	16.02	13.19	75.25	115.61	148.30	170.20	387.73	222.12	84.38	62.56	3,533.84
1981	44.52	30.72	23.57	18.94	14.59	52.19	104.79	188.91	146.96	103.57	58.69	39.36	2,182.62
Average	38.22	26.60	21.24	17.24	28.33	57.93	128.29	230.73	263.09	166.04	77.89	52.16	2,924.66

Table 5 – 8 Comparison of Observed and Estimated Runoff at Sop Han Gauging Station (1969-81)

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL (x 10^6 m^3)
						- OBSERVED -							
1967	7.14	5.04	3.59	3.06	6.88	11.28	17.19	49.26	92.61	37.53	17.28	9.07	684.16
1968	6.35	4.27	3.58	4.25	8.09	13.64	25.84	52.55	43.02	45.35	18.11	9.67	621.09
1969	6.12	4.73	3.99	3.47	5.56	11.99	20.75	105.18	78.70	33.68	25.26	15.12	830.92
1970	9.92	7.03	5.36	5.60	18.83	20.14	25.50	72.47	75.87	49.16	23.56	18.56	876.60
1971	10.11	7.39	6.00	4.54	11.77	20.22	63.94	74.47	67.32	40.73	19.28	13.48	897.11
1972	8.91	6.46	4.89	5.25	4.66	8.82	23.26	69.63	35.22	27.17	26.42	11.05	612.99
1973	8.61	5.72	4.15	3.14	8.65	10.86	39.09	106.99	111.89	51.51	19.48	10.72	1,005.93
1974	10.28	7.54	5.06	4.11	8.92	11.30	17.52	43.45	50.80	28.47	29.89	12.12	604.33
1975	12.54	6.83	4.39	3.00	6.27	12.97	23.69	77.74	127.64	72.38	30.94	19.14	1,047.90
1976	11.12	7.70	5.21	3.85	5.86	6.61	14.42	36.08	52.57	45.97	22.60	16.53	603.35
1977	10.52	5.98	4.09	5.26	5.91	8.02	17.76	40.87	94.59	50.65	27.22	17.58	759.39
1978	14.03	8.50	5.53	4.18	5.65	7.07	47.09	78.32	101.70	64.54	28.91	14.02	1,002.05
1979	12.53	7.76	4.23	4.33	10.35	12.54	17.31	36.06	30.63	30.04	10.83	6.28	482.82
1980	4.34	3.16	2.35	2.25	9.90	19.52	26.32	42.69	97.58	43.33	17.97	12.72	743.27
1981	6.98	4.89	3.38	2.80	3.49	8.76	21.22	55.98	40.76	24.48	17.95	10.11	530.47
Average	9.30	6.20	4.39	3.94	8.05	12.25	26.73	62.78	73.39	43.00	22.38	13.08	753.49
						- ESTIMATED -							
1967	6.51	4.51	3.13	2.40	3.10	3.25	22.14	64.75	92.18	48.33	22.85	12.95	754.73
1968	9.43	6.90	4.24	2.85	3.57	18.33	20.90	57.34	45.97	31.56	15.22	9.21	595.72
1969	6.99	4.79	3.13	2.37	5.00	11.17	37.22	112.51	93.33	51.76	28.46	15.57	984.27
1970	11.32	8.60	5.70	3.55	16.23	13.75	15.21	47.14	83.12	50.15	23.31	15.13	772.44
1971	10.48	8.16	6.09	4.08	5.13	10.26	83.25	76.97	78.16	39.20	19.56	13.01	937.34
1972	10.37	7.74	5.15	4.20	3.52	4.34	13.94	76.82	51.56	48.55	43.06	22.62	771.45
1973	12.80	9.50	6.77	4.47	13.36	7.35	15.11	74.47	75.36	38.22	17.26	10.93	753.46
1974	8.42	6.06	4.38	3.56	4.69	12.66	25.01	61.70	85.96	45.24	34.05	17.48	814.83
1975	13.61	10.08	7.36	4.69	4.66	9.51	28.94	87.10	82.20	47.23	23.67	14.41	880.16
1976	11.13	8.62	6.16	4.52	3.88	4.12	11.58	31.74	33.63	28.19	14.74	8.37	440.01
1977	9.23	5.64	3.94	3.80	3.33	3.20	14.39	48.47	93.00	54.33	25.62	16.18	740.67
1978	11.97	9.25	6.65	4.34	3.58	5.51	70.45	57.19	93.33	53.00	25.38	14.78	938.50
1979	11.43	8.77	5.90	4.24	4.51	7.96	14.61	43.49	41.05	35.46	14.40	8.97	529.67
1980	6.76	4.84	3.66	3.04	18.65	28.86	35.09	42.79	103.35	51.15	25.04	15.71	893.11
1981	11.45	8.97	6.10	3.82	3.07	8.47	15.98	47.05	34.89	23.60	14.59	8.48	491.77
Average	10.13	7.50	5.22	3.73	6.42	9.92	28.26	61.97	72.47	43.07	23.15	13.59	753.21

Table 5 — 9 Monthly List of Adopted Runoff Data at Ban Tha Rua Gauging Station

MONTHLY LIST OF DAILY TOTAL RUNOFF AT < BAN > G.S (UNIT:10**6)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
1959	42.95	31.34	28.17	19.80	18.20	107.84	178.44	584.07	653.47	260.47	117.06	77.02	2118.84
1960	44.72	33.49	26.92	17.79	126.50	137.38	255.59	889.71	636.06	666.80	284.92	191.39	3311.27
1961	121.87	75.17	55.48	41.47	41.46	173.30	382.49	625.07	1007.94	395.85	189.45	162.94	3272.50
1962	109.53	66.18	56.60	42.88	181.07	172.21	421.65	562.02	555.90	794.21	215.90	147.20	3325.36
1963	99.39	61.38	54.18	39.83	30.36	220.97	417.79	495.03	555.22	644.29	334.97	163.42	3116.82
1964	115.40	70.79	56.56	42.89	69.08	63.04	697.40	498.96	826.52	602.88	202.57	148.03	3394.11
1965	101.29	64.95	58.46	44.49	36.01	135.21	212.21	590.93	452.49	466.79	343.33	146.56	2652.71
1966	104.18	63.63	54.18	40.45	71.40	212.56	438.26	995.08	604.12	221.80	145.97	104.74	3056.39
1967	70.97	50.93	45.92	35.19	55.71	67.20	250.04	728.59	776.01	438.50	179.78	130.53	2829.37
1968	88.10	56.70	49.12	39.10	72.53	243.98	286.03	616.85	429.67	334.74	145.96	106.59	2469.37
1969	76.42	50.68	40.31	36.31	74.75	231.14	374.47	1674.60	991.44	477.27	284.34	190.11	4501.84
1970	128.80	83.83	67.50	63.88	131.92	179.44	388.70	661.91	680.66	390.44	200.12	149.26	3126.46
1971	95.49	61.74	53.59	38.13	79.86	217.67	866.59	963.36	694.91	380.47	197.12	128.45	3777.38
1972	88.72	60.28	51.29	49.75	46.10	94.19	528.15	831.77	505.70	344.44	247.28	161.40	3009.07
1973	107.22	64.22	58.71	41.60	84.72	166.12	356.98	708.48	749.43	482.54	228.88	148.21	3197.12
1974	94.44	60.77	45.93	41.95	83.34	187.14	341.94	609.41	453.17	310.71	215.49	110.93	2555.23
1975	104.03	62.00	57.03	39.44	66.90	184.97	376.85	549.32	712.28	489.80	222.82	134.60	3000.05
1976	96.44	65.79	49.93	36.15	71.52	131.92	309.17	592.19	488.94	414.90	216.26	131.34	2604.55
1977	142.80	62.29	51.17	46.92	54.75	77.91	196.17	461.72	756.28	314.46	191.92	120.18	2476.56
1978	89.40	60.20	47.57	35.68	61.03	62.38	363.25	660.04	552.39	382.65	158.23	93.03	2565.85
1979	67.27	46.30	35.61	31.39	50.72	62.97	165.23	653.24	313.57	298.17	125.85	76.95	1927.26
1980	53.13	38.15	35.50	30.44	90.94	133.77	258.32	391.56	852.42	502.40	218.85	141.98	2747.46
1981	88.54	47.98	39.18	33.14	41.27	150.66	371.72	704.42	393.39	295.62	197.55	125.39	2488.86
1982	80.87	49.72	40.33	37.75	72.21	292.95	470.63	1074.36	710.43	468.95	197.42	117.21	3612.83
1983	78.22	47.32	37.08	27.67	28.07	67.24	78.18	250.76	309.19	322.47	191.33	106.50	1544.02
1984	68.70	45.20	35.71	34.12	35.12	298.59	332.15	655.72	534.24	370.27	166.78	100.73	2677.33
1985	66.63	43.84	36.32	29.60	60.99	238.06	406.95	559.30	646.62	537.73	308.06	192.12	3126.21
1986	107.72	69.71	56.81	51.41	62.27	121.23	324.92	412.88	298.95	179.73	130.82	90.52	1906.96
TOTAL	2533.24	1594.58	1325.15	1069.24	1898.81	4432.06	10050.29	19001.35	17141.41	11789.36	5859.00	3697.32	80391.79
MEAN	90.47	56.95	47.33	38.19	67.81	158.29	358.94	678.62	612.19	421.05	209.25	132.05	2871.14
MAX	142.80	83.83	67.50	63.88	181.07	298.59	866.59	1674.60	1007.94	794.21	343.33	192.12	4501.84
MIN	42.95	31.34	26.92	17.79	18.20	62.38	78.18	250.76	298.95	179.73	117.06	76.95	1544.02

Table 5 −10 Monthly List of Adopted Runoff Data at Sop Han Gauging Station

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL (x 10^6 m^3)
1959	2.78	1.78	0.90	0.53	0.21	3.51	8.16	43.76	64.61	28.77	11.42	6.28	455.24
1960	4.03	2.12	0.84	0.28	5.72	3.48	15.92	93.26	63.46	61.70	27.50	17.98	785.04
1961	10.09	7.68	4.90	2.26	1.68	8.54	31.47	54.38	112.68	41.59	22.21	14.40	820.74
1962	10.24	7.84	5.14	2.89	13.28	9.47	32.46	53.83	55.91	66.72	22.72	13.03	776.31
1963	9.47	6.95	4.58	3.06	2.34	12.77	38.06	52.18	66.67	65.96	35.46	18.18	833.54
1964	11.81	9.21	6.24	3.74	6.10	3.69	66.92	52.91	120.14	60.77	27.95	16.41	1,018.52
1965	12.32	9.73	6.95	4.75	3.83	7.05	15.70	58.13	47.14	61.92	40.75	17.22	753.52
1966	11.31	8.84	6.15	4.24	9.09	18.66	48.20	115.41	74.68	31.29	18.12	12.71	948.47
1967	7.13	5.04	3.59	3.06	6.88	11.28	17.19	49.26	92.61	37.53	17.28	9.06	684.10
1968	6.34	4.28	3.58	4.25	8.09	13.63	25.84	52.55	43.02	45.35	18.11	9.66	621.06
1969	6.12	4.73	3.99	3.47	5.56	11.99	20.75	105.18	78.69	33.68	25.26	15.12	830.91
1970	9.92	7.03	5.36	5.60	18.83	20.14	25.51	72.47	75.87	49.15	23.56	18.56	876.59
1971	10.11	7.40	6.00	4.54	11.78	20.22	63.94	74.48	67.32	40.73	19.28	13.47	897.15
1972	8.91	6.47	4.90	5.25	4.66	8.82	23.26	69.63	35.22	27.17	26.42	11.05	613.07
1973	8.60	5.72	4.15	3.14	8.65	10.86	39.09	106.99	111.89	51.51	19.48	10.72	1,005.91
1974	10.28	7.54	5.06	4.12	8.92	11.30	17.52	43.45	50.80	28.47	29.89	12.12	604.35
1975	12.54	6.83	4.39	3.00	6.27	12.97	23.69	77.75	127.64	72.38	30.94	19.15	1,047.89
1976	11.12	7.71	5.20	3.85	5.86	6.61	14.42	36.08	52.57	45.97	22.60	16.53	603.37
1977	10.52	5.97	4.10	5.27	5.91	8.02	17.76	40.87	94.59	50.65	27.22	17.58	759.42
1978	14.02	8.50	5.53	4.18	5.65	7.08	47.08	78.32	101.69	64.54	28.90	14.02	1,002.03
1979	12.53	7.77	4.23	4.33	10.35	12.54	17.32	36.06	30.63	30.04	10.83	6.29	482.88
1980	4.35	3.17	2.35	2.25	9.90	19.52	26.32	42.69	97.58	43.34	17.97	12.72	743.31
1981	6.98	4.88	3.39	2.80	3.49	8.76	21.22	55.98	40.76	24.48	17.95	10.11	530.53
1982	6.36	4.23	3.08	4.13	5.56	19.22	18.50	48.74	69.42	54.86	21.12	12.38	705.79
1983	8.41	6.01	3.89	2.91	2.45	5.84	8.49	18.52	25.77	26.72	17.49	10.06	359.70
1984	6.06	4.36	2.24	3.48	3.45	15.95	26.55	52.15	51.18	41.16	16.82	9.62	615.79
1985	6.50	4.79	2.98	3.10	6.73	20.48	44.90	54.85	83.63	72.97	33.39	18.03	930.34
1986	7.13	5.04	3.59	3.06	6.88	11.28	17.19	49.26	92.61	37.53	17.28	9.06	684.10
Average	8.79	6.13	4.19	3.48	6.72	11.56	27.62	60.33	72.46	46.32	23.14	13.27	749.63

Table 5 – 11 Monthly List of Adopted Runoff Data from Ban Mae Ngao Gauging Station

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL (x 10^6 m^3)
1959	7.73	6.14	4.95	3.11	2.71	25.73	40.80	127.31	138.50	49.69	23.21	14.67	1,172.62
1960	7.40	6.22	4.65	2.71	28.36	33.97	56.62	177.92	134.39	138.10	59.66	37.99	1,821.76
1961	24.31	15.44	9.75	8.04	8.04	40.73	80.85	131.54	206.39	77.96	36.45	32.62	1,771.02
1962	20.89	12.65	9.90	8.02	38.23	39.83	90.77	114.90	116.91	169.22	43.49	29.26	1,837.72
1963	18.65	11.79	9.60	7.07	4.61	51.30	86.14	97.89	109.81	129.29	68.49	30.32	1,650.37
1964	21.47	12.42	9.17	7.48	12.64	13.13	142.99	98.49	151.05	121.46	36.42	27.31	1,731.65
1965	17.33	11.08	9.23	7.28	5.18	31.08	45.07	119.93	93.73	84.02	67.42	26.39	1,366.60
1966	18.76	11.25	8.59	6.48	11.35	45.17	85.15	192.11	118.29	37.64	26.96	18.01	1,532.92
1967	12.49	9.90	8.01	5.78	8.53	9.41	54.31	162.74	154.67	92.06	36.93	27.31	1,538.76
1968	17.61	11.53	8.88	6.10	12.29	57.15	58.46	130.50	90.01	59.07	26.97	20.47	1,319.09
1969	14.61	10.03	6.24	5.82	14.52	54.63	85.57	381.90	223.62	104.99	60.93	39.48	2,652.27
1970	26.29	18.45	12.69	12.14	21.41	34.99	86.36	129.86	138.85	71.64	38.56	26.26	1,629.69
1971	17.19	11.61	8.53	5.64	11.90	45.59	190.53	209.85	148.31	74.36	40.47	23.91	2,086.55
1972	16.13	11.16	8.62	8.42	7.37	18.51	125.40	177.48	116.21	73.35	49.86	34.35	1,713.97
1973	21.32	13.43	11.10	7.51	15.22	37.24	69.08	120.24	134.88	94.96	49.19	31.01	1,597.66
1974	16.79	11.23	7.07	6.98	14.68	42.82	78.88	134.34	91.57	63.42	38.77	20.06	1,392.00
1975	17.93	12.06	10.49	7.00	11.94	41.14	84.33	96.11	114.41	83.51	40.14	21.93	1,428.38
1976	16.79	11.95	8.05	5.53	13.46	30.44	72.03	134.43	100.40	80.28	43.67	22.73	1,428.07
1977	29.68	12.69	9.10	7.62	8.90	14.49	39.42	96.18	147.89	50.19	33.93	19.05	1,235.61
1978	13.03	10.44	7.21	5.19	10.76	10.77	65.64	125.60	86.53	59.66	23.46	14.01	1,144.27
1979	8.03	6.76	4.82	3.90	4.96	7.42	31.36	150.91	65.63	59.04	26.04	14.64	1,016.52
1980	9.47	6.90	6.00	4.97	16.10	22.66	50.68	76.09	172.76	105.56	47.36	28.05	1,441.40
1981	17.32	9.12	6.32	5.37	6.82	34.28	84.53	151.91	81.36	61.92	41.44	25.25	1,391.48
1982	15.65	10.06	6.83	5.80	13.83	67.21	112.94	256.31	151.29	89.14	39.38	21.58	2,090.61
1983	13.62	8.20	5.43	3.78	3.93	12.92	13.56	53.65	67.53	67.72	40.01	20.19	818.87
1984	12.57	8.16	6.12	5.21	6.08	72.13	77.99	152.07	100.20	58.31	29.29	17.68	1,442.61
1985	12.42	9.26	6.92	5.82	9.25	69.93	109.24	141.50	118.66	62.72	41.51	26.42	1,620.81
1986	18.09	13.11	9.57	7.43	9.22	31.03	76.28	82.66	55.98	28.47	18.54	12.31	958.27
Average	16.56	10.82	7.99	6.29	11.87	35.56	78.39	143.73	122.49	80.28	40.31	24.40	1,529.70

Table 5 −12 Monthly Intakes of RID Weir

MONTHLY LIST OF DAILY TOTAL RUNOFF AT < SHUSI > (UNIT:10**6)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
1959	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1960	3.85	4.08	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.38
1961	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1962	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1963	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1964	3.85	4.08	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.38
1965	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1966	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1967	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1968	3.85	4.08	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.38
1969	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1970	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1971	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1972	3.85	4.08	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.38
1973	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1974	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1975	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1976	3.85	4.08	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.38
1977	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1978	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1979	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1980	3.85	4.08	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.38
1981	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1982	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1983	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1984	3.85	4.08	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.38
1985	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
1986	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24
TOTAL	107.69	111.26	139.42	129.11	45.90	96.24	177.21	180.21	148.85	175.94	109.52	42.22	1463.57
MEAN	3.85	3.97	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.27
MAX	3.85	4.08	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.38
MIN	3.85	3.94	4.98	4.61	1.64	3.44	6.33	6.44	5.32	6.28	3.91	1.51	52.24

Table 5 —13 Monthly List of Adopted Runoff Data from Proposed Nam Yuam Damsite (EGAT site No. 4 and No. 5)

MONTHLY LIST OF DAILY TOTAL RUNOFF AT < BAN4 > G.S (UNIT:10**6)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
1959	41.04	28.82	24.47	16.08	17.39	109.26	180.15	603.95	677.60	265.92	118.42	78.99	2162.08
1960	42.89	30.92	23.15	13.98	130.56	140.14	260.78	923.37	659.40	690.57	293.85	198.50	3408.10
1961	123.52	74.61	53.01	38.73	41.69	177.67	393.39	646.80	1048.05	407.40	194.07	168.78	3367.73
1962	110.62	65.23	54.18	40.20	187.59	176.53	434.32	580.91	575.64	823.71	221.71	152.33	3422.97
1963	100.02	60.20	54.64	37.01	30.08	227.49	430.29	510.90	574.92	667.04	346.15	169.28	3205.03
1964	116.75	69.90	54.13	40.22	70.56	62.45	722.49	515.01	858.44	623.76	207.78	153.19	3494.68
1965	102.00	63.94	56.11	41.88	35.99	137.87	215.44	611.13	467.56	481.54	354.89	151.65	2720.01
1966	105.03	62.56	51.64	37.67	72.98	218.70	451.68	1033.48	626.03	225.52	148.64	107.95	3141.88
1967	70.32	49.28	43.01	32.17	56.58	66.79	254.98	754.98	805.66	451.98	183.97	134.90	2904.63
1968	88.22	55.18	46.35	36.25	74.16	251.54	292.59	638.21	443.71	343.54	148.63	109.88	2528.27
1969	76.02	49.03	37.14	33.33	76.48	238.12	385.01	1743.63	1030.80	492.50	293.24	197.16	4652.46
1970	130.75	83.67	65.56	62.15	136.22	184.09	399.89	685.30	706.01	401.75	205.23	154.47	3215.11
1971	95.95	60.59	51.02	35.24	81.82	224.04	899.31	1000.33	720.91	391.33	202.09	132.73	3895.36
1972	88.87	58.92	48.62	47.38	46.54	95.00	545.62	862.82	523.17	353.68	254.51	167.16	3092.28
1973	108.21	63.18	56.38	38.87	86.89	170.17	366.74	733.97	777.89	498.00	235.28	153.38	3288.95
1974	94.85	59.57	43.02	39.23	85.46	192.14	351.02	630.44	468.27	318.43	221.29	114.42	2618.13
1975	104.88	60.86	54.62	36.61	68.27	189.86	387.50	567.64	739.06	505.59	228.95	139.16	3083.00
1976	96.94	64.68	47.20	33.17	73.11	134.42	316.78	612.43	505.65	427.31	222.10	135.75	2669.53
1977	145.39	61.16	48.50	44.43	55.58	77.98	198.68	476.08	785.04	322.34	196.66	124.09	2535.92
1978	89.58	58.97	44.73	32.68	62.14	61.76	373.29	683.34	571.97	393.61	161.44	95.71	2629.24
1979	66.46	44.45	32.23	28.20	51.36	62.37	166.34	676.24	322.38	305.33	127.60	78.90	1961.87
1980	51.68	35.79	32.13	27.20	93.40	136.36	263.63	402.77	885.52	518.75	224.80	146.87	2818.88
1981	88.68	46.20	35.97	30.03	41.49	154.01	382.14	729.72	405.80	302.66	202.54	129.53	2548.77
1982	80.67	48.02	37.17	34.84	73.82	302.72	485.51	1116.34	737.13	483.79	202.40	120.99	3723.39
1983	77.89	45.51	33.77	24.31	27.70	66.83	75.37	255.62	317.81	330.72	196.04	109.79	1561.36
1984	67.95	43.16	32.34	31.05	35.07	308.61	340.79	678.83	553.00	380.67	170.39	103.76	2745.60
1985	65.79	41.87	32.97	26.32	62.09	245.35	418.96	578.07	670.44	555.68	318.03	199.27	3214.85
1986	108.72	68.91	54.40	49.12	63.44	123.25	333.23	425.05	307.10	181.54	132.80	93.09	1940.66
TOTAL	2539.69	1555.17	1245.44	988.30	1938.47	4535.53	10325.95	19677.35	17764.97	12144.66	6013.50	3821.70	82550.73
MEAN	90.70	55.54	44.48	35.30	69.23	161.98	368.78	702.76	634.46	433.74	214.77	136.49	2948.24
MAX	145.39	83.67	65.56	62.15	187.59	308.61	899.31	1743.63	1048.05	823.71	354.89	199.27	4652.46
MIN	41.04	28.82	23.15	13.98	17.39	61.76	75.37	255.62	307.10	181.54	118.42	78.90	1561.36

Table 5 — 14 Monthly List of Adopted Runoff Data from Proposed Nam Yuam Damsite (NEA site)

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL ($\times 10^6$ m^3)
1959	16.45	13.29	10.79	7.84	6.97	42.69	68.35	223.74	258.66	99.78	46.33	29.50	2,173.92
1960	17.13	13.71	10.31	7.04	48.46	54.38	97.91	340.82	251.77	255.43	112.78	73.31	3,397.35
1961	46.69	31.88	21.25	16.42	15.88	68.60	146.52	239.44	398.98	151.64	74.99	62.42	3,357.57
1962	41.96	28.07	21.68	16.97	69.36	68.17	161.52	215.29	220.04	304.23	85.46	56.39	3,411.81
1963	38.07	26.03	20.75	15.77	11.63	87.47	160.04	189.63	219.77	246.80	132.59	62.60	3,197.85
1964	44.21	28.99	21.67	16.98	26.46	24.95	267.15	191.13	327.16	230.94	80.18	56.70	3,482.35
1965	38.80	27.55	22.39	17.61	13.79	53.52	81.29	226.37	179.11	178.81	135.90	56.14	2,721.67
1966	39.91	26.99	20.75	16.01	27.35	84.14	167.88	381.18	239.13	84.97	57.78	40.12	3,135.85
1967	27.18	21.60	17.59	13.93	21.34	26.60	95.78	279.10	307.17	167.97	71.16	50.00	2,902.92
1968	33.75	23.22	18.82	15.48	27.78	96.57	109.57	236.29	170.08	128.23	57.78	40.83	2,533.57
1969	29.27	21.49	15.44	14.37	28.64	91.49	143.44	641.48	392.44	182.83	112.55	72.82	4,618.87
1970	49.34	35.55	25.86	25.29	50.53	71.03	148.90	253.55	269.43	149.56	79.21	57.17	3,207.74
1971	36.58	26.18	20.53	15.09	30.59	86.16	331.96	369.03	275.07	145.74	78.03	49.20	3,875.58
1972	33.98	24.68	19.65	19.69	17.66	37.28	202.32	318.62	200.17	131.94	97.88	61.82	3,087.29
1973	41.07	27.24	22.49	16.47	32.45	65.76	136.75	271.39	296.65	184.84	90.60	56.77	3,280.23
1974	36.18	25.77	17.59	16.60	31.93	74.08	130.98	233.44	179.38	119.02	85.30	42.49	2,621.65
1975	39.85	26.29	21.85	15.61	25.63	73.22	144.36	210.43	281.94	187.62	88.20	51.56	3,078.04
1976	36.94	26.94	19.13	14.31	27.40	52.22	118.43	226.84	193.54	158.93	85.16	49.63	2,669.28
1977	54.12	25.43	18.87	18.04	20.55	30.07	72.93	174.97	298.12	118.77	74.35	45.64	2,506.49
1978	33.18	24.14	16.26	12.03	22.50	23.98	137.16	250.60	216.64	144.62	60.48	35.56	2,583.90
1979	25.57	19.64	13.64	12.43	19.43	23.87	60.23	247.35	120.77	111.10	47.49	28.92	1,933.65
1980	18.47	13.69	11.26	9.36	33.72	52.92	97.20	147.59	335.92	190.13	84.80	53.95	2,765.61
1981	32.34	18.65	13.08	11.33	15.42	58.12	139.32	267.19	153.35	110.57	76.85	47.35	2,496.55
1982	29.28	19.70	13.93	13.13	26.93	114.89	177.43	409.10	278.56	177.07	76.66	44.03	3,651.22
1983	28.35	18.17	12.12	9.34	9.97	24.60	27.52	93.62	120.16	120.84	74.41	40.22	1,527.23
1984	24.89	16.28	11.18	11.50	13.08	116.59	125.38	248.59	209.42	139.28	64.47	37.79	2,690.23
1985	24.04	17.09	11.67	9.67	22.95	92.45	153.66	212.14	254.65	203.74	120.51	73.43	3,157.68
1986	39.67	27.94	20.33	18.93	23.47	46.57	122.29	155.77	116.52	67.19	50.67	34.20	1,910.56
Average	34.19	23.44	17.53	14.54	25.78	62.23	136.65	259.10	241.59	160.45	82.23	50.38	2,927.74

Table 5 – 15 Monthly List of Adopted Runoff Data at Proposed Nam Ngao Damsite (No. 1 site)

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL ($\times 10^6$ m^3)
1959	7.01	5.57	4.49	2.82	2.46	23.33	37.01	115.46	125.62	45.06	21.05	13.30	1,063.51
1960	6.71	5.64	4.22	2.46	25.72	30.81	51.35	161.37	121.88	125.25	54.11	34.46	1,652.25
1961	22.05	14.00	8.84	7.29	7.29	36.94	73.33	119.30	187.19	70.70	33.06	29.58	1,606.23
1962	18.95	11.48	8.98	7.28	34.67	36.12	82.33	104.21	106.03	153.48	39.45	26.53	1,666.73
1963	16.92	10.69	8.71	6.41	4.18	46.52	78.12	88.78	99.59	117.26	62.11	27.50	1,496.80
1964	19.47	11.27	8.32	6.79	11.46	11.90	129.69	89.32	137.00	110.16	33.04	24.77	1,570.52
1965	15.72	10.04	8.37	6.60	4.70	28.19	40.87	108.77	85.01	76.21	61.15	23.93	1,239.44
1966	17.02	10.21	7.79	5.88	10.29	40.97	77.22	174.24	107.28	34.14	24.46	16.33	1,390.29
1967	11.33	8.98	7.26	5.24	7.74	8.54	49.26	147.60	140.27	83.50	33.49	24.77	1,395.58
1968	15.98	10.46	8.05	5.53	11.15	51.84	53.02	118.36	81.64	53.57	24.46	18.56	1,196.35
1969	13.25	9.09	5.66	5.28	13.17	49.55	77.61	346.36	202.81	95.22	55.26	35.81	2,405.48
1970	23.84	16.73	11.51	11.01	19.42	31.74	78.32	117.77	125.93	64.97	34.97	23.82	1,478.05
1971	15.59	10.53	7.73	5.11	10.79	41.35	172.80	190.32	134.51	67.44	36.71	21.69	1,892.40
1972	14.63	10.12	7.82	7.64	6.68	16.79	113.73	160.97	105.40	66.53	45.22	31.16	1,554.49
1973	19.33	12.18	10.16	6.81	13.80	33.78	62.65	109.06	122.33	86.12	44.61	28.12	1,449.00
1974	15.23	10.19	6.41	6.33	13.31	38.83	71.54	121.84	83.05	57.52	35.17	18.19	1,262.48
1975	16.26	10.93	9.52	6.35	10.83	37.31	76.48	87.17	103.77	75.74	36.41	19.89	1,295.47
1976	15.23	10.84	7.30	5.02	12.20	27.61	65.33	121.92	91.05	72.81	39.61	20.62	1,295.19
1977	26.92	11.51	8.25	6.91	8.07	13.14	35.75	87.23	134.13	45.52	30.77	17.28	1,120.64
1978	11.82	9.47	6.54	4.71	9.76	9.77	59.53	113.91	78.47	54.11	21.27	12.71	1,037.80
1979	7.28	6.13	4.37	3.54	4.50	6.73	28.44	136.86	59.52	53.54	23.62	13.28	921.93
1980	8.59	6.25	5.44	4.51	14.60	20.56	45.96	69.01	156.68	95.74	42.96	25.44	1,307.28
1981	15.71	8.27	5.73	4.87	6.18	31.09	76.66	137.78	73.79	56.15	37.59	22.90	1,262.01
1982	14.20	9.12	6.20	5.26	12.54	60.96	102.44	232.46	137.21	80.85	35.71	19.58	1,896.09
1983	12.35	7.44	4.93	3.43	3.56	11.72	12.30	48.66	61.24	61.42	36.29	18.31	742.68
1984	11.40	7.40	5.55	4.72	5.52	65.42	70.73	137.92	90.88	52.88	26.56	16.04	1,308.37
1985	11.26	8.39	6.28	5.28	8.39	63.42	99.07	128.34	107.62	56.88	37.64	23.96	1,470.00
1986	16.41	11.89	8.68	6.74	8.36	28.14	69.19	74.97	50.77	25.82	16.81	11.16	869.11
Average	15.02	9.82	7.25	5.71	10.76	32.25	71.10	130.36	111.10	72.81	36.56	22.13	1,387.36

Table 5-16 Monthly List of Adopted Runoff Data at Proposed Nam Ngao Damsite (No. 2 site)

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL ($\times 10^6$ m^3)
1959	6.90	5.49	4.42	2.77	2.42	22.98	36.44	113.69	123.69	44.37	20.73	13.10	1,047.21
1960	6.61	5.56	4.16	2.42	25.33	30.34	50.57	158.89	120.02	123.33	53.28	33.93	1,626.92
1961	21.71	13.79	8.71	7.18	7.18	36.38	72.20	117.47	184.32	69.62	32.56	29.13	1,581.60
1962	18.65	11.30	8.84	7.16	34.14	35.57	81.06	102.61	104.40	151.12	38.84	26.13	1,641.17
1963	16.66	10.53	8.58	6.31	4.12	45.81	76.92	87.42	98.06	115.46	61.16	27.08	1,473.86
1964	19.17	11.09	8.19	6.68	11.29	11.72	127.70	87.95	134.90	108.47	32.53	24.39	1,546.44
1965	15.48	9.89	8.24	6.50	4.63	27.76	40.25	107.10	83.70	75.04	60.21	23.57	1,220.44
1966	16.75	10.05	7.67	5.79	10.13	40.34	76.04	171.57	105.64	33.62	24.08	16.08	1,368.97
1967	11.15	8.84	7.15	5.16	7.62	8.41	48.50	145.34	138.12	82.22	32.98	24.39	1,374.19
1968	15.73	10.30	7.93	5.45	10.98	51.04	52.21	116.54	80.39	52.75	24.08	18.28	1,178.01
1969	13.05	8.96	5.57	5.20	12.97	48.79	76.42	341.05	199.70	93.76	54.41	35.26	2,368.60
1970	23.48	16.47	11.33	10.84	19.12	31.25	77.12	115.97	124.00	63.98	34.44	23.45	1,455.39
1971	15.35	10.37	7.61	5.04	10.63	40.72	170.15	187.40	132.45	66.41	36.14	21.36	1,863.39
1972	14.41	9.96	7.70	7.52	6.58	16.53	111.99	158.50	103.78	65.51	44.53	30.68	1,530.66
1973	19.04	12.00	9.91	6.71	13.59	33.26	61.69	107.38	120.45	84.80	43.93	27.69	1,426.79
1974	15.00	10.03	6.31	6.23	13.11	38.24	70.44	119.97	81.77	56.64	34.63	17.91	1,243.12
1975	16.02	10.77	9.37	6.25	10.67	36.74	75.31	85.83	102.18	74.58	35.85	19.59	1,275.61
1976	15.00	10.67	7.19	4.94	12.02	27.19	64.33	120.05	89.66	71.69	39.00	20.30	1,275.33
1977	26.51	11.33	8.12	6.81	7.95	12.94	35.20	85.89	132.07	44.82	30.30	17.01	1,103.46
1978	11.64	9.33	6.44	4.64	9.61	9.62	58.62	112.17	77.27	53.28	20.95	12.51	1,021.89
1979	7.17	6.04	4.30	3.48	4.43	6.63	28.01	134.77	58.61	52.72	23.26	13.07	907.80
1980	8.46	6.16	5.36	4.44	14.37	20.24	45.26	67.95	154.28	94.27	42.30	25.05	1,287.24
1981	15.47	8.14	5.65	4.79	6.09	30.62	75.49	135.66	72.66	55.29	37.01	22.55	1,242.66
1982	13.98	8.98	6.10	5.18	12.35	60.02	100.87	228.90	135.11	79.61	35.16	19.28	1,867.02
1983	12.16	7.33	4.85	3.37	3.51	11.54	12.11	47.91	60.31	60.48	35.73	18.03	731.29
1984	11.22	7.29	5.47	4.65	5.43	64.42	69.65	135.81	89.48	52.07	26.15	15.79	1,288.32
1985	11.09	8.27	6.18	5.20	8.26	62.45	97.56	126.37	105.97	56.01	37.07	23.59	1,447.46
1986	16.16	11.71	8.55	6.63	8.24	27.71	68.13	73.82	49.99	25.43	16.55	10.99	855.79
Average	14.79	9.67	7.14	5.62	10.60	31.76	70.01	128.36	109.39	71.69	35.99	21.79	1,366.09

Table 5 – 17 Monthly List of Adopted Runoff Data at Proposed Nam Ngao Damsite (No. 3 site)

(unit: m^3/sec.)

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	TOTAL (x 10^6 m^3)
1959	6.25	4.97	4.00	2.51	2.19	20.80	32.99	102.94	111.99	40.18	18.77	11.86	948.13
1960	5.99	5.03	3.76	2.19	22.93	27.47	45.78	143.86	108.66	111.66	48.24	30.72	1,473.00
1961	19.66	12.48	7.88	6.50	6.50	32.93	65.37	106.36	166.88	63.03	29.48	26.37	1,431.97
1962	16.89	10.23	8.00	6.49	30.91	32.20	73.40	92.90	94.53	136.83	35.17	23.66	1,485.90
1963	15.08	9.53	7.76	5.71	3.73	41.48	69.65	79.15	88.79	104.54	55.38	24.51	1,334.42
1964	17.36	10.04	7.42	6.05	10.22	10.61	115.62	79.63	122.14	98.21	29.45	22.08	1,400.13
1965	14.02	8.96	7.46	5.88	4.19	25.13	36.44	96.97	75.78	67.94	54.51	21.34	1,104.97
1966	15.17	9.10	6.95	5.24	9.18	36.52	68.85	155.33	95.64	30.43	21.80	14.56	1,239.45
1967	10.10	8.00	6.47	4.67	6.90	7.61	43.92	131.59	125.06	74.44	29.86	22.08	1,244.18
1968	14.24	9.32	7.18	4.93	9.94	46.21	47.27	105.52	72.78	47.76	21.81	16.55	1,066.56
1969	11.81	8.11	5.05	4.71	11.74	44.17	69.19	308.79	180.81	84.89	49.27	31.92	2,144.51
1970	21.26	14.92	10.26	9.81	17.31	28.29	69.82	105.00	112.27	57.92	31.18	21.23	1,317.69
1971	13.90	9.39	6.89	4.56	9.62	36.87	154.05	169.67	119.92	60.12	32.72	19.34	1,687.09
1972	13.04	9.02	6.97	6.81	5.96	14.97	101.39	143.51	93.96	59.31	40.32	27.78	1,385.84
1973	17.24	10.86	8.97	6.07	12.31	30.11	55.85	97.22	109.05	76.78	39.77	25.07	1,291.80
1974	13.58	9.08	5.72	5.64	11.87	34.62	63.78	108.62	74.04	51.28	31.35	16.22	1,125.51
1975	14.50	9.75	8.48	5.66	9.66	33.26	68.19	77.71	92.51	67.52	32.46	17.73	1,154.93
1976	13.58	9.66	6.51	4.47	10.88	24.61	58.24	108.69	81.18	64.91	35.31	18.38	1,154.67
1977	24.00	10.26	7.36	6.16	7.19	11.71	31.87	77.76	119.58	40.58	27.43	15.40	999.06
1978	10.54	8.44	5.83	4.20	8.70	8.71	53.07	101.55	69.96	48.24	18.96	11.33	925.21
1979	6.49	5.47	3.89	3.15	4.01	6.00	25.36	122.02	53.06	47.73	21.06	11.84	821.91
1980	7.66	5.58	4.85	4.02	13.01	18.33	40.98	61.53	139.68	85.35	38.30	22.68	1,165.46
1981	14.00	7.37	5.11	4.34	5.51	27.72	68.35	122.83	65.79	50.06	33.51	20.42	1,125.09
1982	12.66	8.13	5.52	4.69	11.18	54.35	91.32	207.24	122.32	72.08	31.84	17.45	1,690.38
1983	11.01	6.63	4.39	3.05	3.17	10.44	10.96	43.38	54.60	54.76	32.35	16.32	662.11
1984	10.16	6.60	4.95	4.21	4.92	58.32	63.06	122.96	81.02	47.14	23.68	14.30	1,166.43
1985	10.04	7.48	5.60	4.71	7.48	56.54	88.33	114.41	95.94	50.71	33.56	21.36	1,310.51
1986	14.63	10.60	7.74	6.01	7.46	25.09	61.68	66.83	45.26	23.02	14.99	9.95	774.82
Average	13.39	8.75	6.46	5.09	9.60	28.75	63.38	116.21	99.04	64.91	32.59	19.73	1,236.85

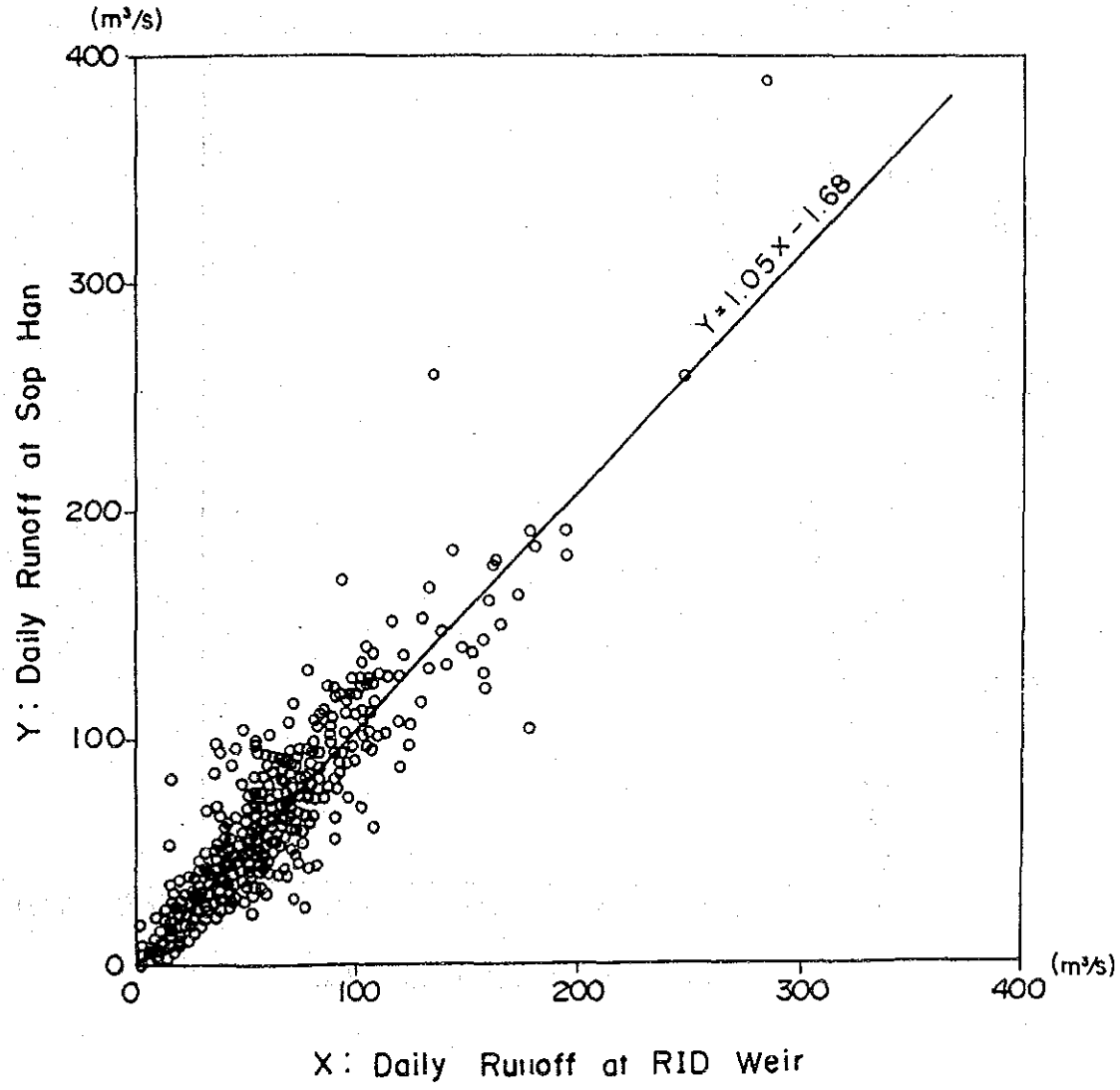


Fig. 5 −10 Scattergram and Regression Line
(with daily runoff at Sop Han and RID Weir)

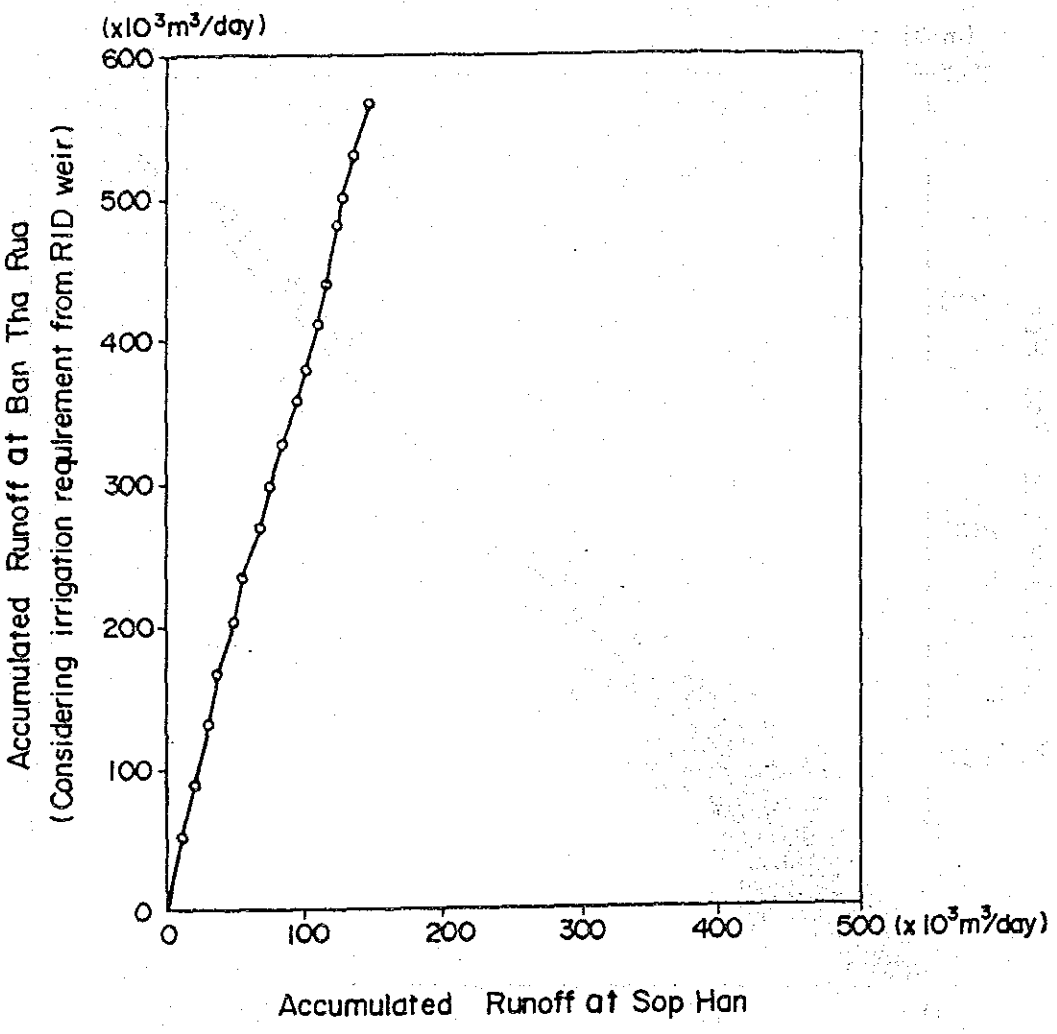


Fig. 5 – 11 Double Mass Curve
(with annual runoff at Sop Han and Ban Tha Rua)

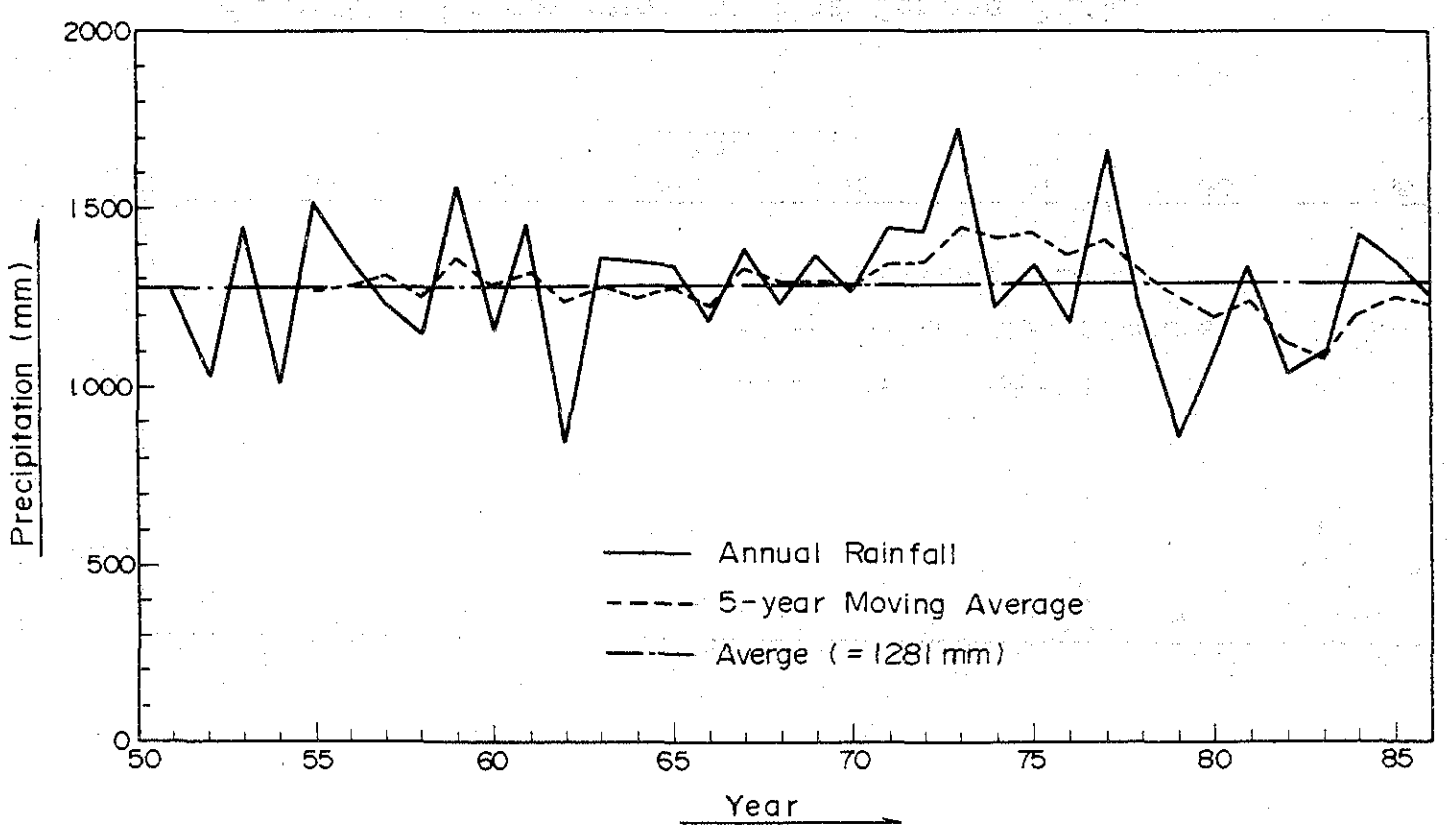


Fig.5-12(1) Precipitation at Mae Hong Son Station

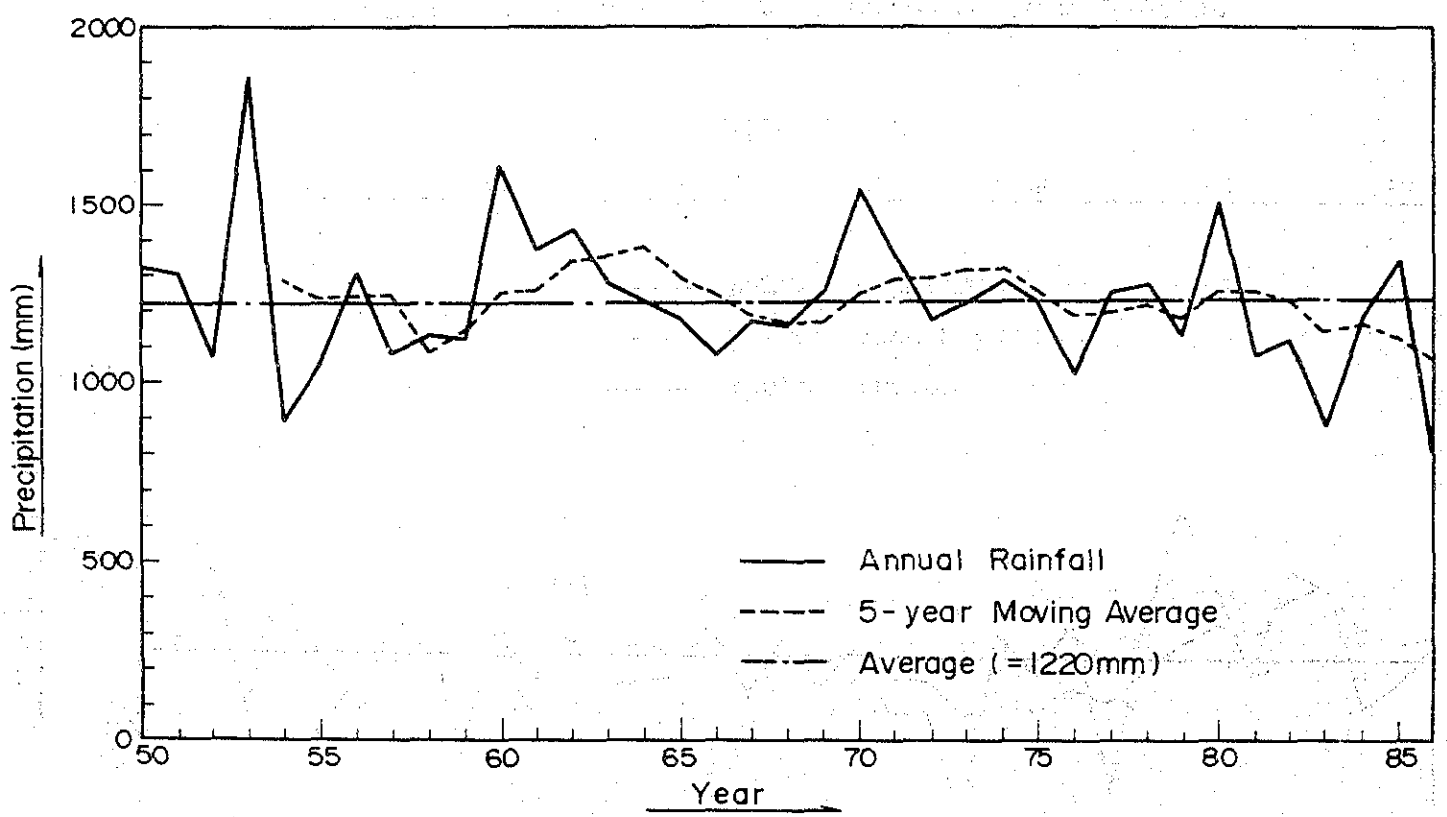


Fig.5-12(2) Precipitation at Mae Sariang Station

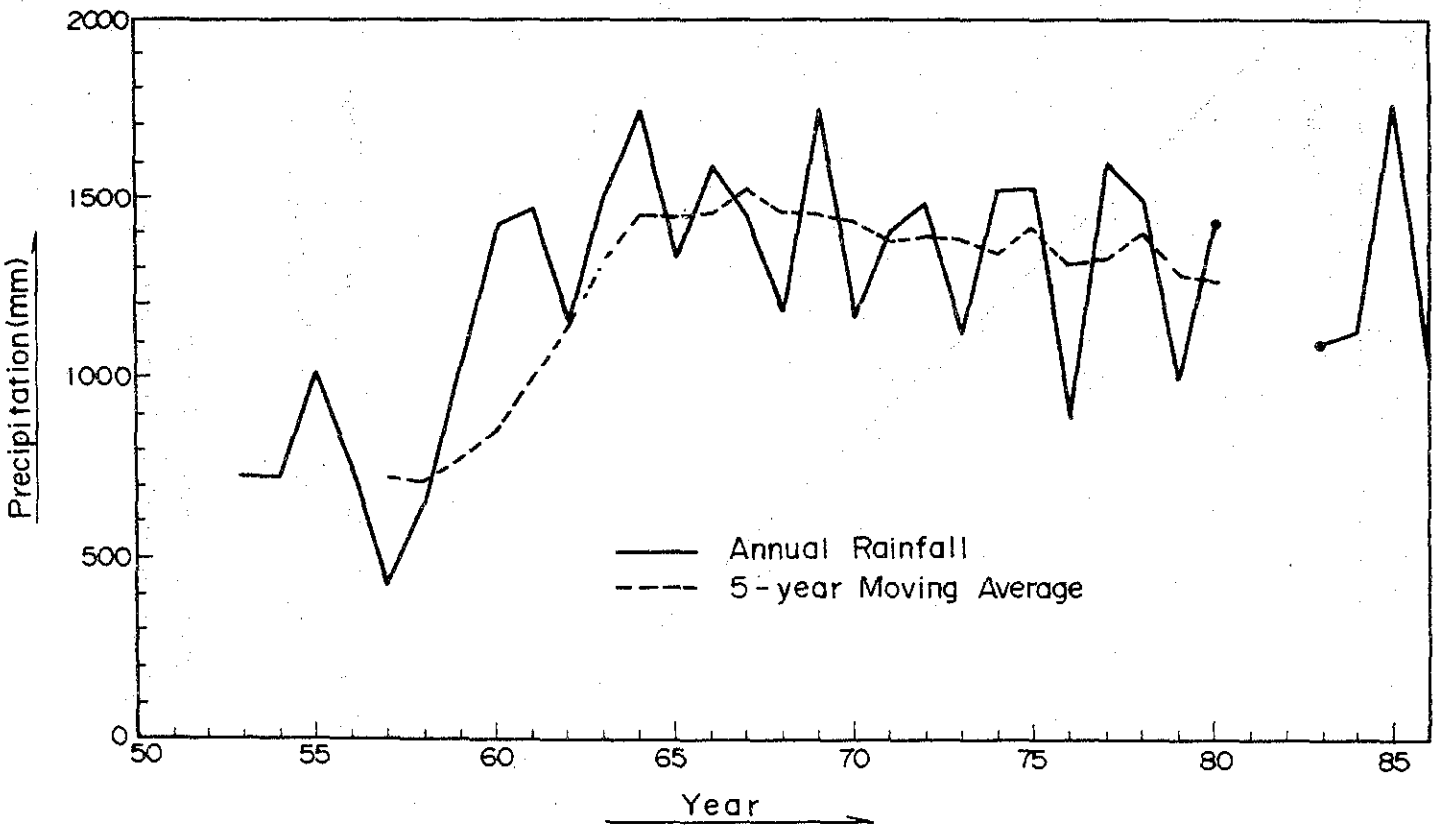


Fig.5-12(3) Precipitation at Khun Yuam Station

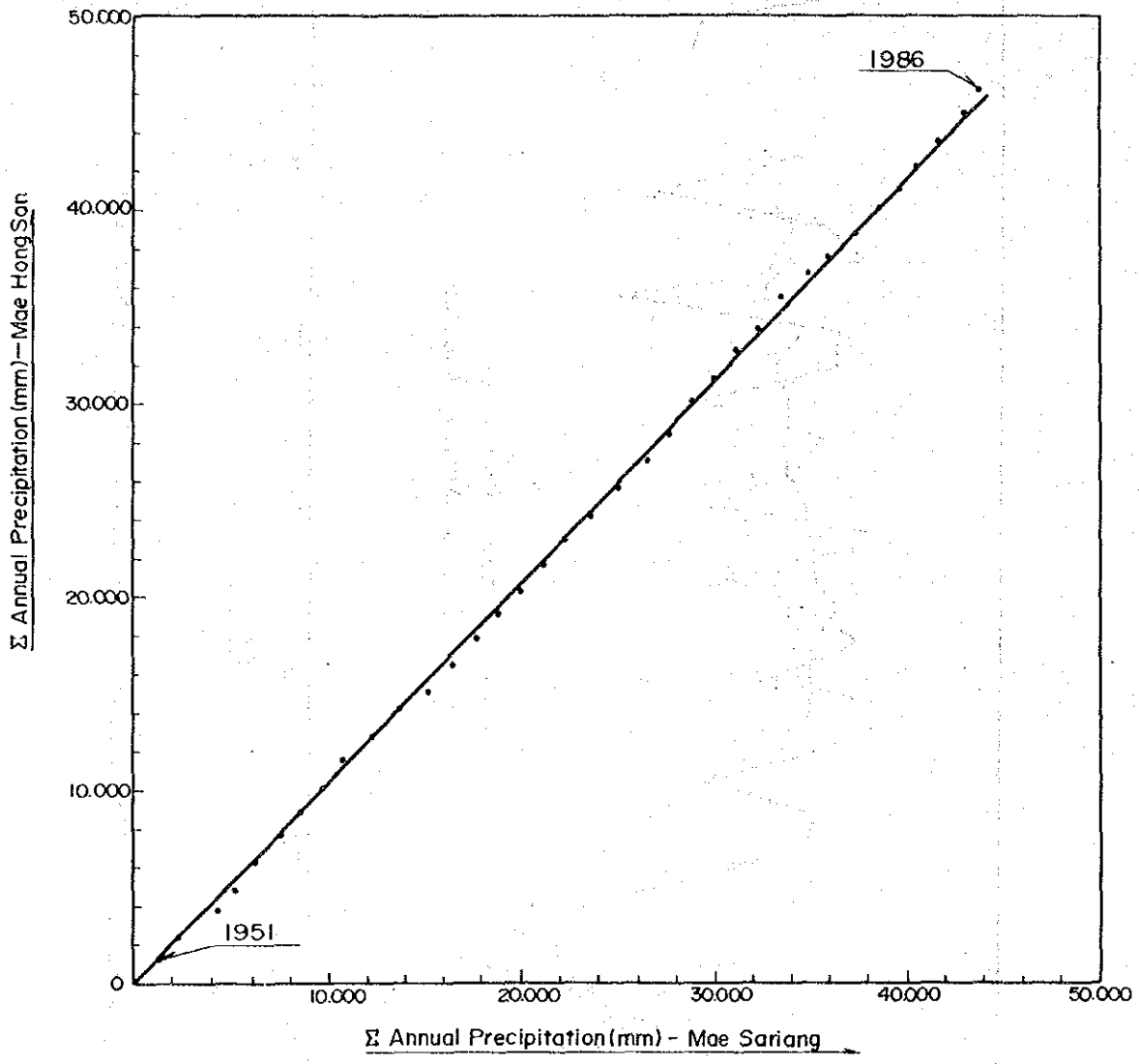


Fig.5-13(1) Double Mass Curve
(Mae Hong Son - Mae Sariang)

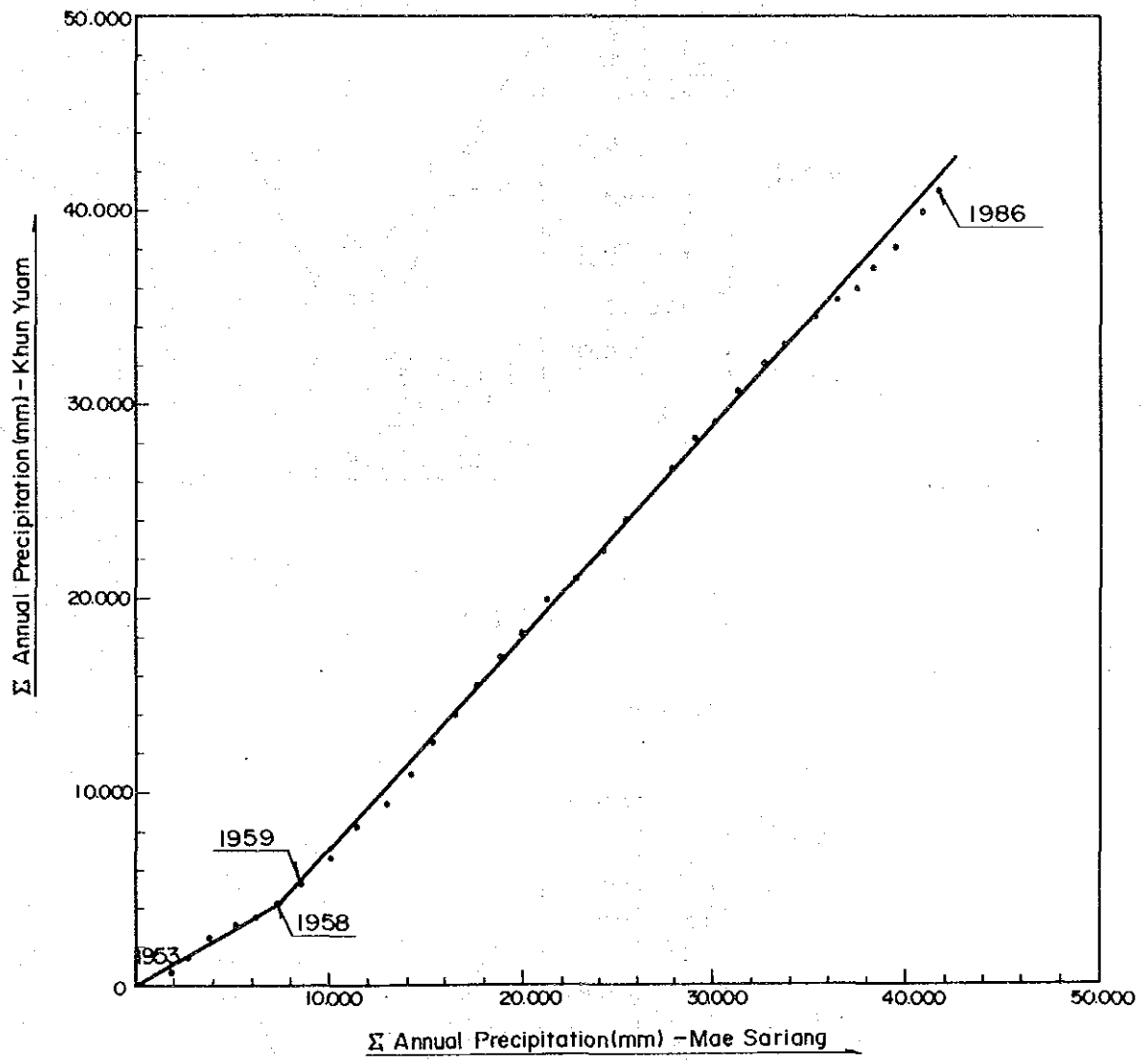
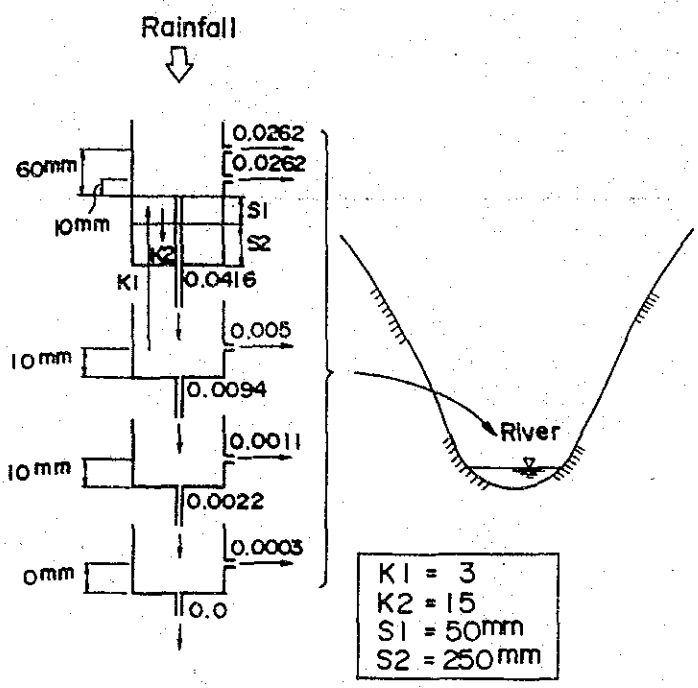


Fig.5-13(2) Double Mass Curve
(Khun Yuam - Mae Sariang)

for Ban Tha Rua



for Sop Han

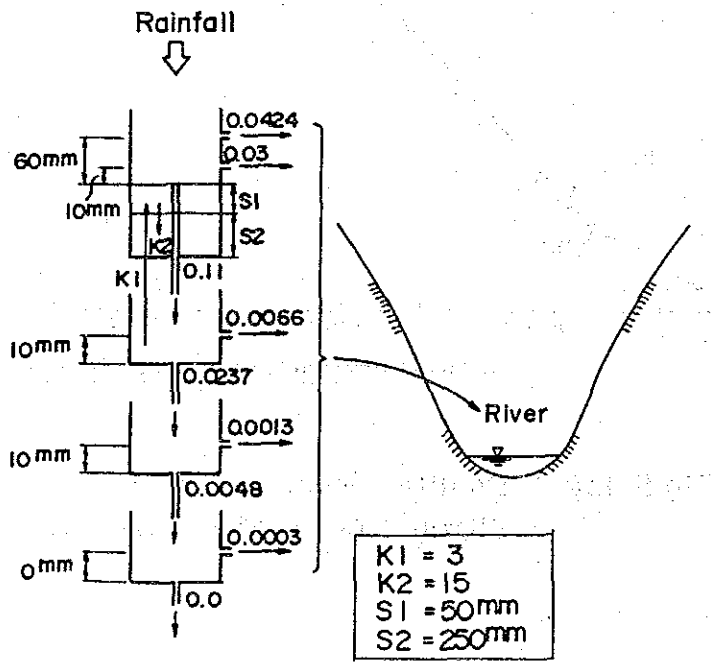


Fig. 5 – 14 Adopted Tank Model and Coefficients

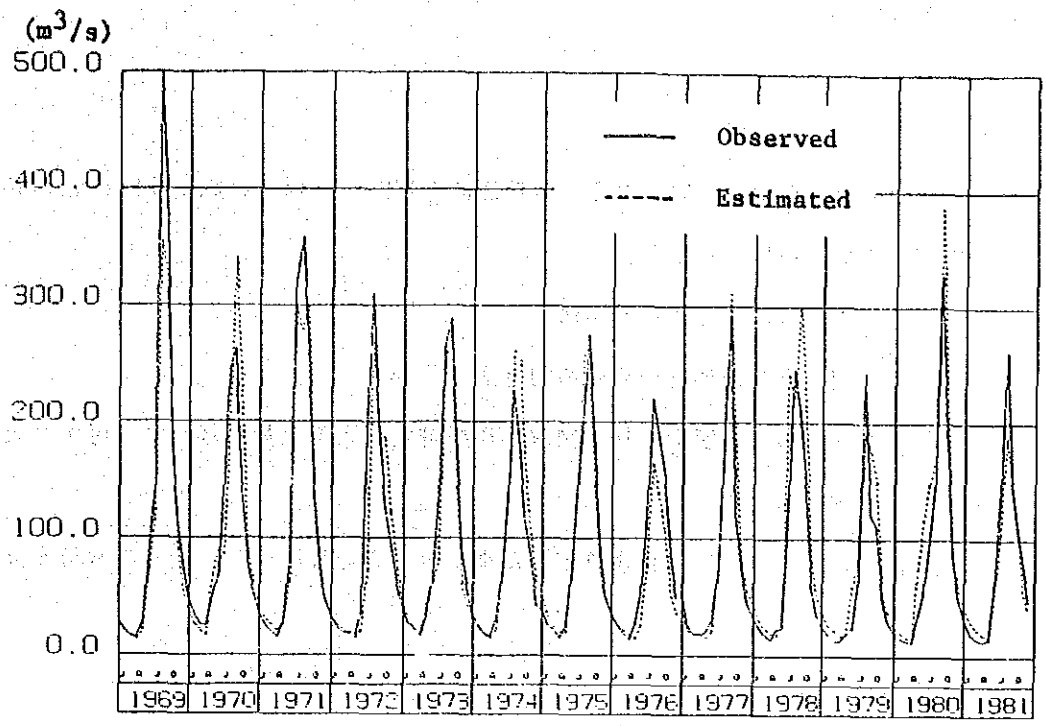


Fig. 5 −15 Observed and Estimated Runoff at Ban Tha Rua Gauging Station

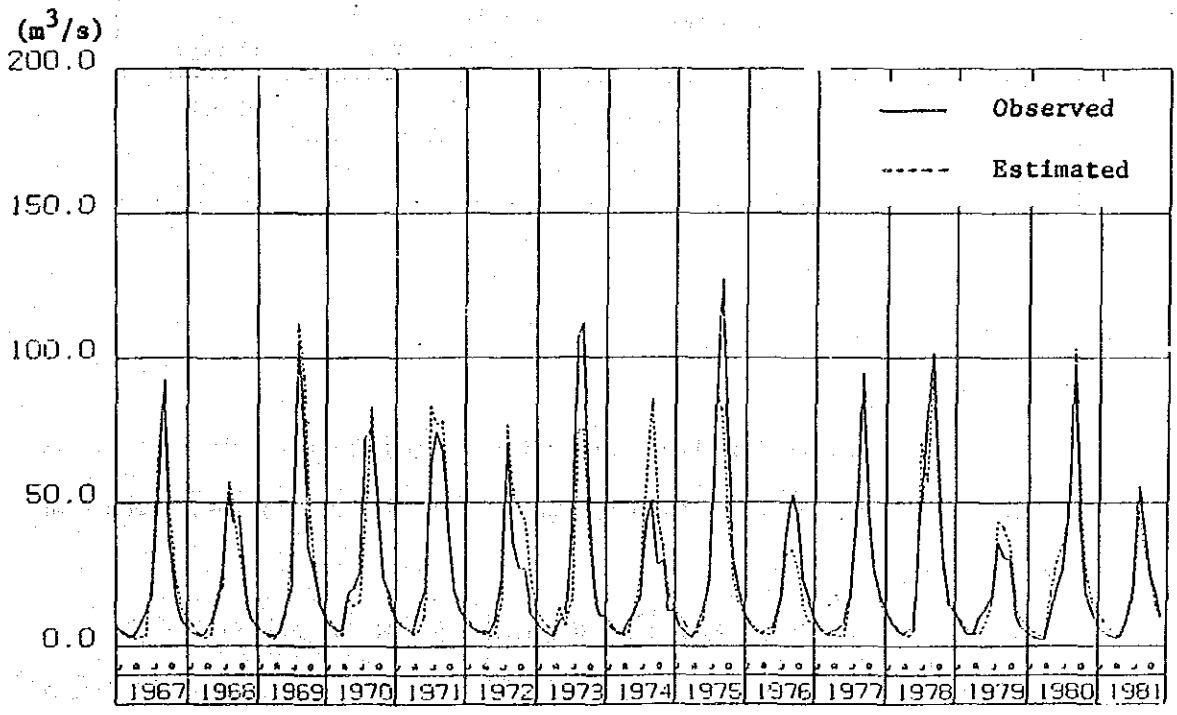


Fig. 5 −16 Observed and Estimated Runoff at Sop Han Gauging Station

5.5 洪水解析

5.5.1 解析手法

この洪水解析では、以下の3つの手法によりMae Lama Luang及びNam Ngaoダム地点における洪水規模を定めた。

—— 包絡線に基づく経験的手法

—— 実測洪水記録に基づく確率的手法

—— タンクモデル解析、単位図解析及び可能最大降水量に基づいて可能最大洪水量を求める手法。

最後に、上記の3手法により定めた洪水規模を分析評価し、設計洪水量を算出した。

5.5.2 経験的手法

Fig. 5－17は、タイ国での既往最大洪水及びＰＭＦ値（Probable Maximum Flood, 可能最大洪水）の包絡線を示す。ＰＭＦ値の包絡線を用いて、以下に示す値が得られる。

PMF Estimates Using Envelope Curve

	Drainage Area (km²)	Specific Yield (m³/sec/km²)	Q (m³/sec)
Mae Lama Luang dam	6,030	1.1	6,900
Nam Ngao dam	835	2.4	2,000

5.5.3 確率論的手法

(1) 洪水記録

Ban Tha Rua 測水所（Mae Lama Luangダム地点より上流20km）、及びBan Mae Ngao測水所（Nam Ngaoダム地点より下流15km）は各々1968年及び1984年より観測が始められている。

これら2つの測水所の年最大尖頭流量をTable 5－18、及び5－19に示す。これらの記録によれば、洪水は主に8月に発生している。Ban Tha Rua 測水所の既往最大流量は1969年8月1日に記録された 1,180m³／sec 、 Ban Mae Ngao 測水所では1971年8月30日の 770m³／sec （推定値）である。

(2) 頻度解析

Table 5－18及び5－19の記録を用いてMae Lama Luangダム及びNam Ngaoダム地点の年最大洪水量を推定し、頻度解析を行った。

分布関数としては、Gumbel分布及び対数正規分布を適用した。

頻度解析の結果求められる各再帰年に対する確率洪水量をTable 5－20及び5－21に示す。また各洪水記録に適用した対数正規分布曲線（理論値）の95%信頼幅をFig. 5－18、及び5－19に示す。

5.5.4 可能最大洪水（ＰＭＦ）

(1) 基本方針

各ダム地点における可能最大洪水（ＰＭＦ）は以下に示す手順により求められた。

① 全流域を5つの小流域に分割する（Fig. 5－20参照）。

② 各小流域の洪水時の流出特性をタンクモデル法またはSnyder法により求める。

③ 各小流域における可能最大降水量（ＰＭＰ）を求める。

④ 各小流域のＰＭＰを②で求めたタンクモデルまたは単位図に適用してＰＭＦを算出する。

(2) 洪水時の流出特性

次表に各小流域における流出特性パラメータの算定手法を示す。

小流域No.1、3、4に対しては、タンクモデルのパラメータは洪水期に関連の観測所で測定された降水量及び流量をシミュレーションすることにより得られる。

小流域No.2及び5に対しては、縮尺25万分の1の地形図に基づきSnyder法により単位図を求める。

Fig. 5－21及び5－22に小流域No.1、3、4のタンクモデル及び小流域No.2、5の単位図を示す。詳細は Appendix を参照のこと。

Methods of Estimation of Basin Parameters

No. of sub-basin	Drainage Area (km^2)	Estimating Method	Data Used for Estimation	
			Precipitation	River Discharge
1	2,496	Tank Model	Khun Yuam St. (daily)* Mae La Luang St. (daily)* Sop Han St. (daily)*	Sop Han St. (hourly)
2	378	Snyder's Synthetic Unit Hydrograph	---	---
3	1,376	Tank Model	Mae Suat St. (daily)*	Mae Suat St. (hourly)
4	935	Tank Model	Ngao St. (hourly)	Ngao St. (hourly)
5	845	Snyder's Synthetic Unit Hydrograph	---	---
Total	6,030			

Note *: In order to perform flood simulation, hourly precipitation patterns are prepared from daily precipitation by applying the hourly pattern at Salawin St. to each station.

(3) 可能最大降水量

5月から10月の雨期においてYuam川流域で観測された既存の雨量記録を精査した結果、1980年5月22日～24日の3日連続の Stormが最大降水量を生じせしめることが判明した。従ってＰＭＰはこの Stormに基づいて算定することとした。下表に上記 Storm期間中の降水量観測記録を示す。

Storm Rainfall Recorded at Stations

(unit : mm)

Name / Date	Khun Yuam	Mae La Luang	Sop Han	Chom Chaeng	Mae Sariang	Ban Tha Rua
May 22nd	8.0	10.5	19.0	24.0	18.0	16.5
May 23rd	70.5	85.5	125.4	80.7	131.0	124.3
May 24th	7.0	56.2	65.1	70.3	68.4	63.0
Total	85.5	152.2	209.5	175.0	217.4	203.8

Storm 期間中の水分量及び地形障害を補正して Stormを最大化するために、最大化率（＝1.48）が求められた。最大化率の算定手法は Appendix を参照のこと。

これより下表に示す3日連続のＰＭＰ値を算出した。

Daily PMP Values at Stations

(unit : mm)

Name / Day	Khun Yuam	Mae La Luang	Sop Han	Chom Chaeng	Mae Sariang	Ban Tha Rua
1	11.8	15.5	28.1	35.5	26.6	24.4
2	104.3	126.5	185.6	119.4	193.9	184.0
3	10.4	83.2	96.3	104.0	101.2	93.2
Total	126.5	225.2	310.0	258.9	321.7	301.6

下記の表に示すＰＭＰの有効値を単位図またはタンクモデルに適用することにより、各流域のＰＭＦのハイドログラフを求めた。

Net PMP Depths for Sub-basins

No. of Sub-basin	Net PMP Depth
1	Tank Model : $PMP_1 = (P_{KY}, P_{ML}, (P_{SH}+P_{CC}+P_{MS})/3)$
2	Unit Hydrograph : $PMP_2 = ((P_{SH}+P_{CC}+P_{MS})/3) * (1-\alpha)$
3	Tank Model : $PMP_3 = \frac{1}{2} (P_{BT}+(P_{SH}+P_{CC}+P_{MS})/3)$
4	Tank Model : $PMP_4 = P_{BT}$
5	Unit Hydrograph : $PMP_5 = \frac{1}{2} (P_{BT}+(P_{SH}+P_{CC}+P_{MS})/3) * (1-\alpha)$

注）

1) PMP_i ＝小流域No.ｉのＰＭＰ値

P_{KY} ＝Khun Yuam 観測所のＰＭＰ

P_{ML} ＝Mae La Luang 〃

P_{SH} ＝Sop Han 〃

P_{CC} ＝Chom Chaeng 〃

P_{MS} ＝Mae Sariang 〃

P_{BT} ＝Ban Tha Rua 〃

2) Yuam川中流域のＰＭＰ値については、Sop Han, Chom Chaeng, Mae Sariangの３観測所が隣接しているため、これらのＰＭＰ（P_{SH}, P_{CC}, P_{MS}）の平均値とした。

3) α＝雨量損失率（＝0.20）

タンクモデルに対するＰＭＰ値の損失率は、洪水シミュレーションのパラメータの１つであり、既にモデル中に組み込まれている。

ＰＭＰ Storm期間中の最大降水量発生日（第２日）の時間分布パターンは、Ngao観測所の時間雨量記録を参考にして、６時間毎に25%、50%、15%、10%とした。なお第１日と第３日の時間分布は一様（25%，25%，25%，25%）とした。

(4) 可能最大洪水量

— Mae Lama Luangダム

Mae Lama Luangダム地点の可能最大洪水量は5つの小流域のＰＭＦハイドログラフを重ね合せ、さらに基底流量を加えることにより求められる。その結果Fig. 5－23に示すようにダム地点の可能最大洪水量は、5,200 m³／sec である。

なお基底流量については、ＰＭＰ stormの3日前に先行洪水（1969年8月1日、既往最大洪水）が発生するとして、その減水曲線より求めた。

— Nam Ngaoダム

Nam Ngaoダム地点の可能最大洪水量の算定にあたっては流域内の雨量観測所のPMP 値の中で最大の値(Mae SariangにおけるPMP値)321.7mmがNgao川流域に起きるものと仮定し、PMF ハイドログラフを求め、さらに基底流量を加えてNgao測水所地点の可能最大洪水量を算出し、さらに流域面積比による換算をしてNam Ngaoダム地点の可能最大洪水量を求めた。その結果Fig. 5－24に示すように、Nam Ngaoダム地点の可能最大洪水量は 2,100m³／sec である。なお先行洪水は1981年8月30日の既往最大洪水とした。

5.5.5 設計洪水量

各洪水解析結果を以下の表に示す。確率論的手法によるアプローチは、サンプル数が少ない（観測期間が短い）場合には、100年、1,000年、10,000年等の再帰年に相当する確率洪水量の値は信頼性に欠けるので、これら確率洪水量は或る信頼幅（例えば95%信頼幅）でもって評価するのが妥当である。

両ダム地点のＰＭＦ(5,200m³／sec 及び 2,100m³／sec) は、10,000年確率洪水の95%信頼幅の範囲内に有り、かつＰＭＦ包絡線より得られる値とほぼ同規模である。従って、このＰＭＦ値を今後のスタディに採用する。

Summary of Flood Analysis (*unit : m³／sec*)

Method	Mae Lama Luang Dam	Nam Ngao Dam
PMF envelope curve	6,900	2,000
Statistic analysis (return period:10,000-year)	3,118 (2,200～5,200)*	1,615 (1,400～2,100)*
Probable maximum flood	5,200	2,100

* 95% confidence limits

Table 5 – 18 Annual Flood Peaks at Ban Tha Rua

Year	Date of Occurrence		Peak Flood (m³/sec.)
1968	August	15	820
1969	August	1	1,180
1970	August	20	810
1971	August	30	1,130
1972	August	26	770
1973	August	29	650
1974	August	13	780
1975	August	30	480
1976	October	22	530
1977	September	8	540
1978	August	15	640
1979	August	15	430
1980	September	8	1,070
1981	August	12	700
1982	July	31	730
1983	October	16	240
1985	September	12	480
1986	July	12	280

Note : Flood peak in 1984 is not available.

Table 5－19 Annual Flood Peaks at Ban Mae Ngao

Year	Date of Occurrence		Peak Flood (m³/sec.)
1968	August	14	(230)
1969	August	1	(700)
1970	August	20	(700)
1971	August	30	(770)
1972	August	26	(480)
1973	August	29	(270)
1974	August	13	(500)
1975	September	19	(220)
1976	August	11	(220)
1977	September	6	(310)
1978	August	15	(420)
1979	August	15	(280)
1980	September	9	(470)
1981	August	12	(510)
1982	July	31	(520)
1983	August	24	(500)
1984	August	16	460
1985	August	29	350
1986	August	13	190
1987	August	26	440

Note : ( ) values are estimated from the generated daily discharges.

Table 5－20 Results of Frequency Analysis at Nam Yuam Dam

Return Period (year)	Flood Peak (m³/sec.)		
	Gumbel	Lognormal	Average
5	969	944	957
10	1,160	1,144	1,152
20	1,343	1,339	1,341
50	1,581	1,600	1,591
100	1,759	1,802	1,781
1,000	2,346	2,512	2,429
10,000	2,933	3,303	3,118

Table 5－21 Results of Frequency Analysis at Nam Ngao Dam

Return Period (year)	Flood Peak (m³/sec.)		
	Gumbel	Lognormal	Average
5	519	500	510
10	622	601	612
20	721	698	710
50	848	828	838
100	944	927	936
1,000	1,260	1,274	1,267
10,000	1,575	1,655	1,615

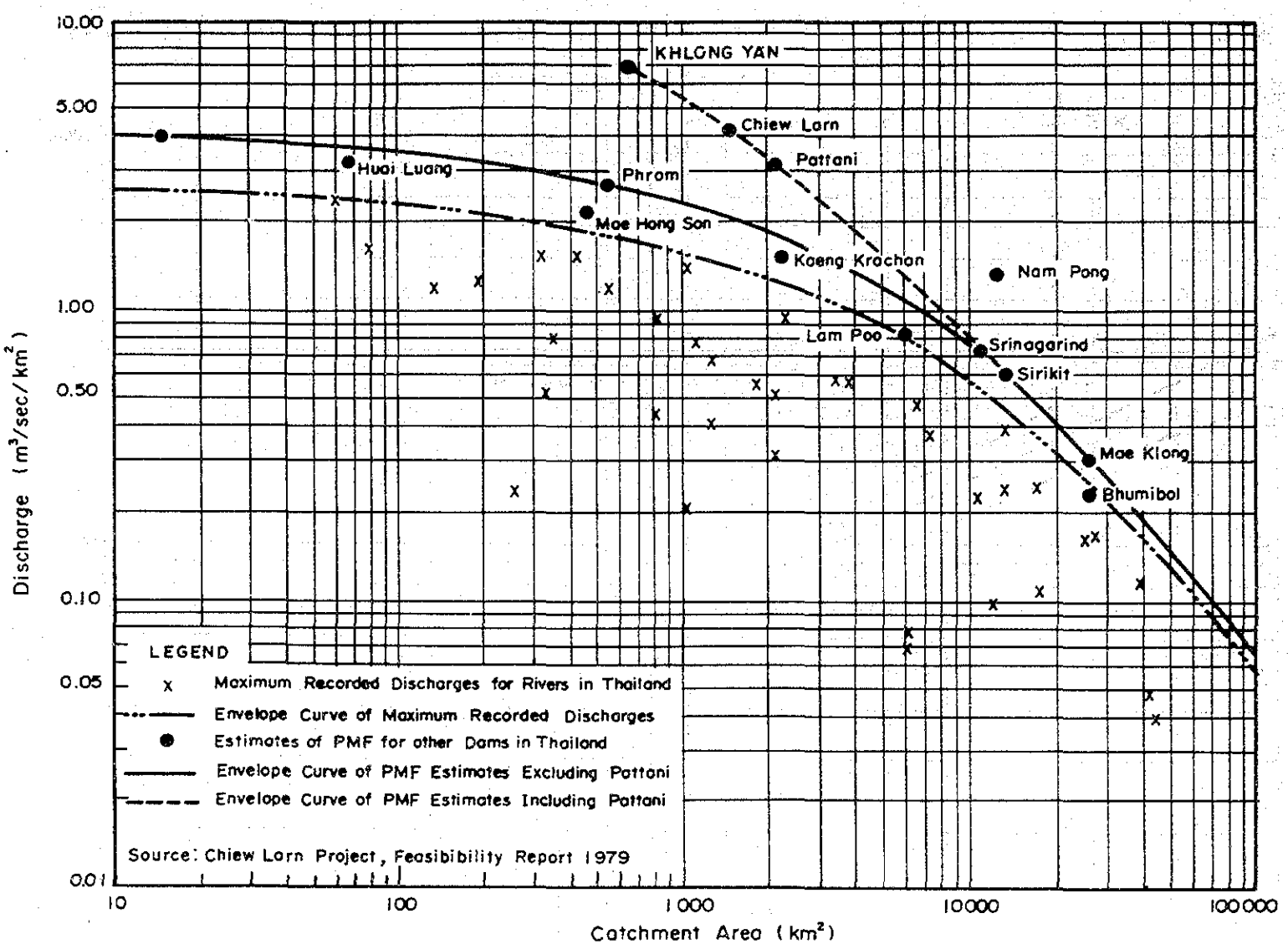


Fig.5-17 Comparison of Peak Flow from Flood Hydrographs of Various Projects

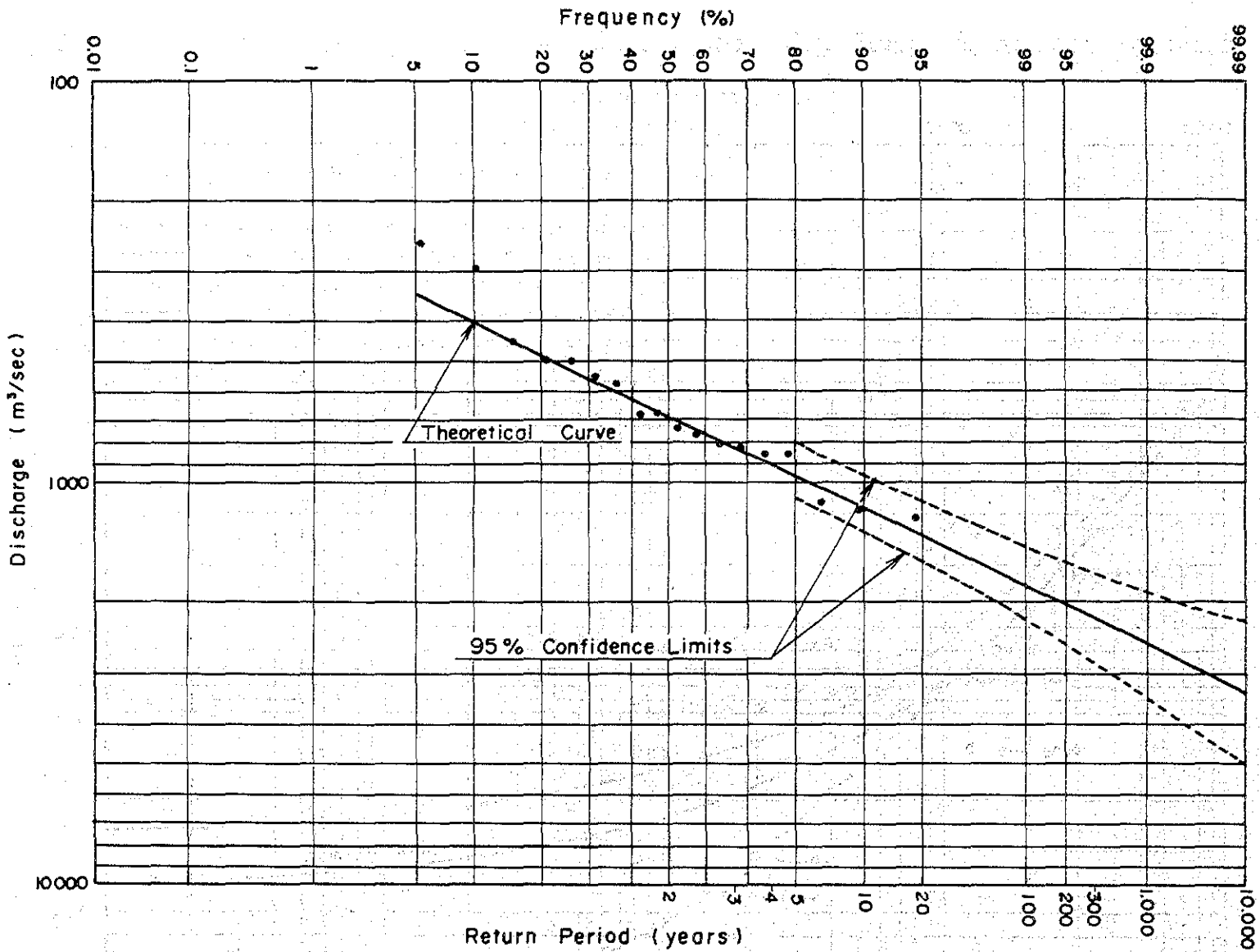


Fig.5 – 18 Reliability of the Results of Frequency Analysis at Nam Yuam Dam

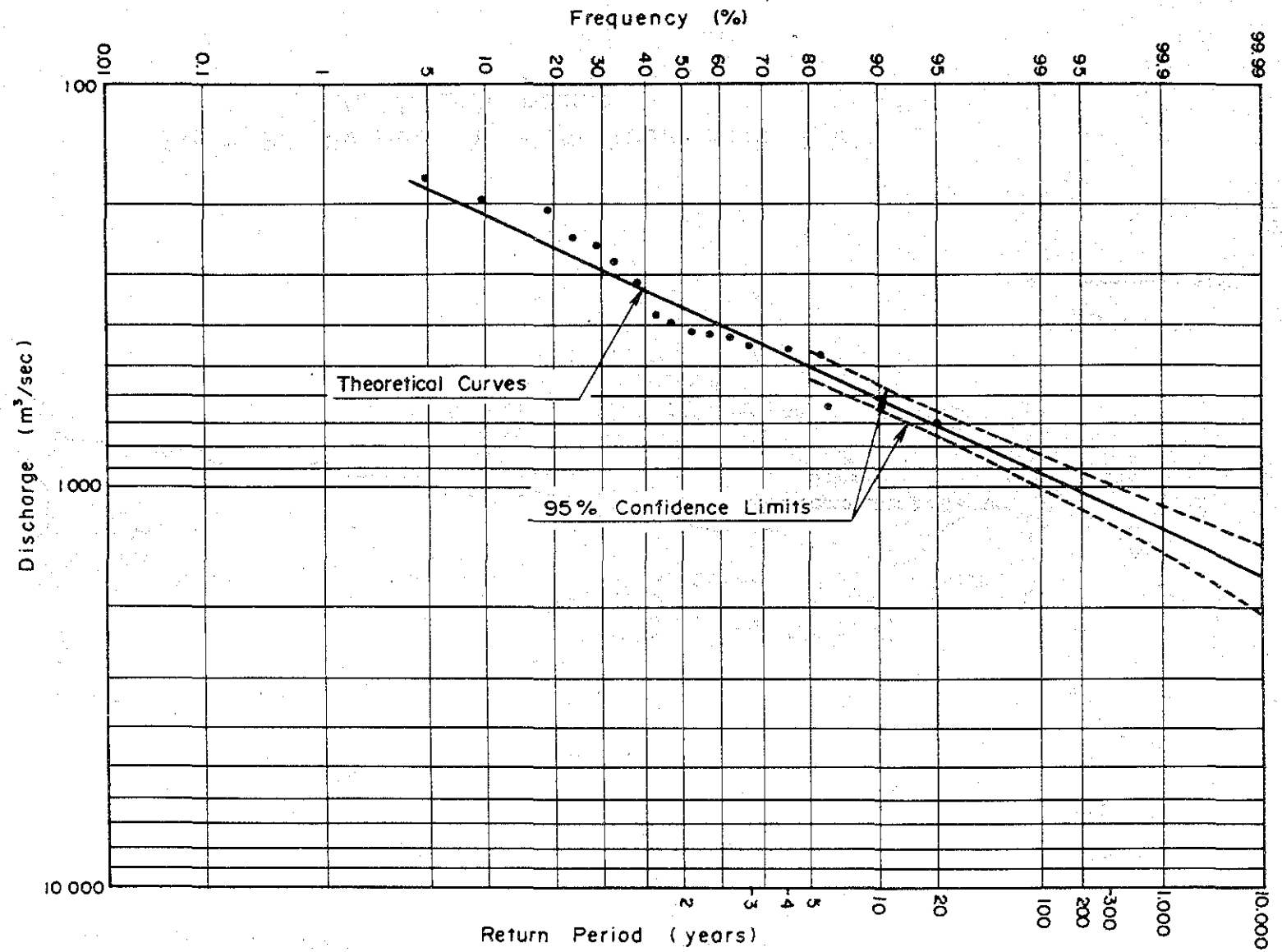


Fig.5-19 Reliability of the Results of Frequency Analysis at Mae Ngao Dam

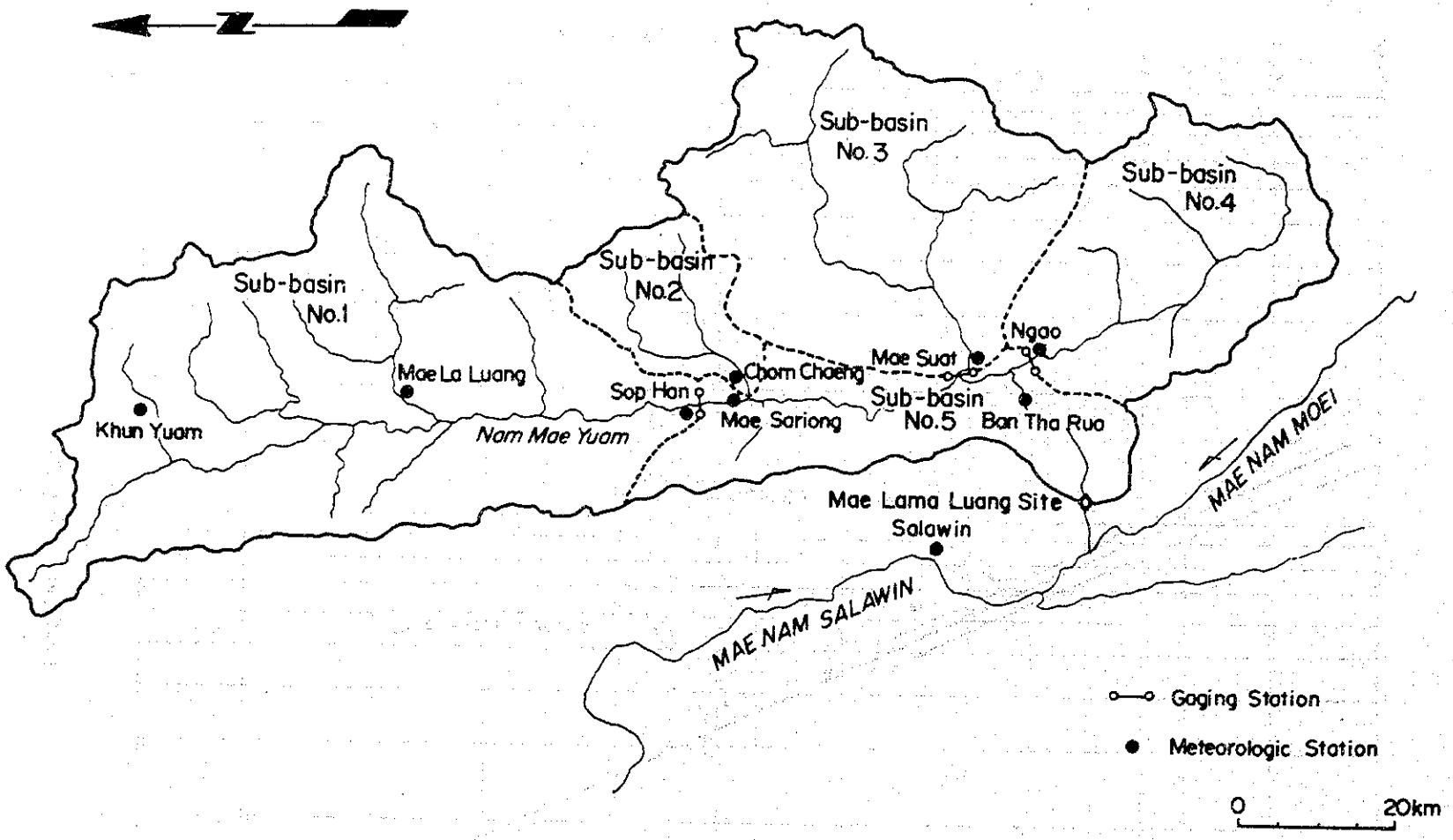


Fig.5-20 Division of Nam Yuam River Basin into 5 Sub-basins

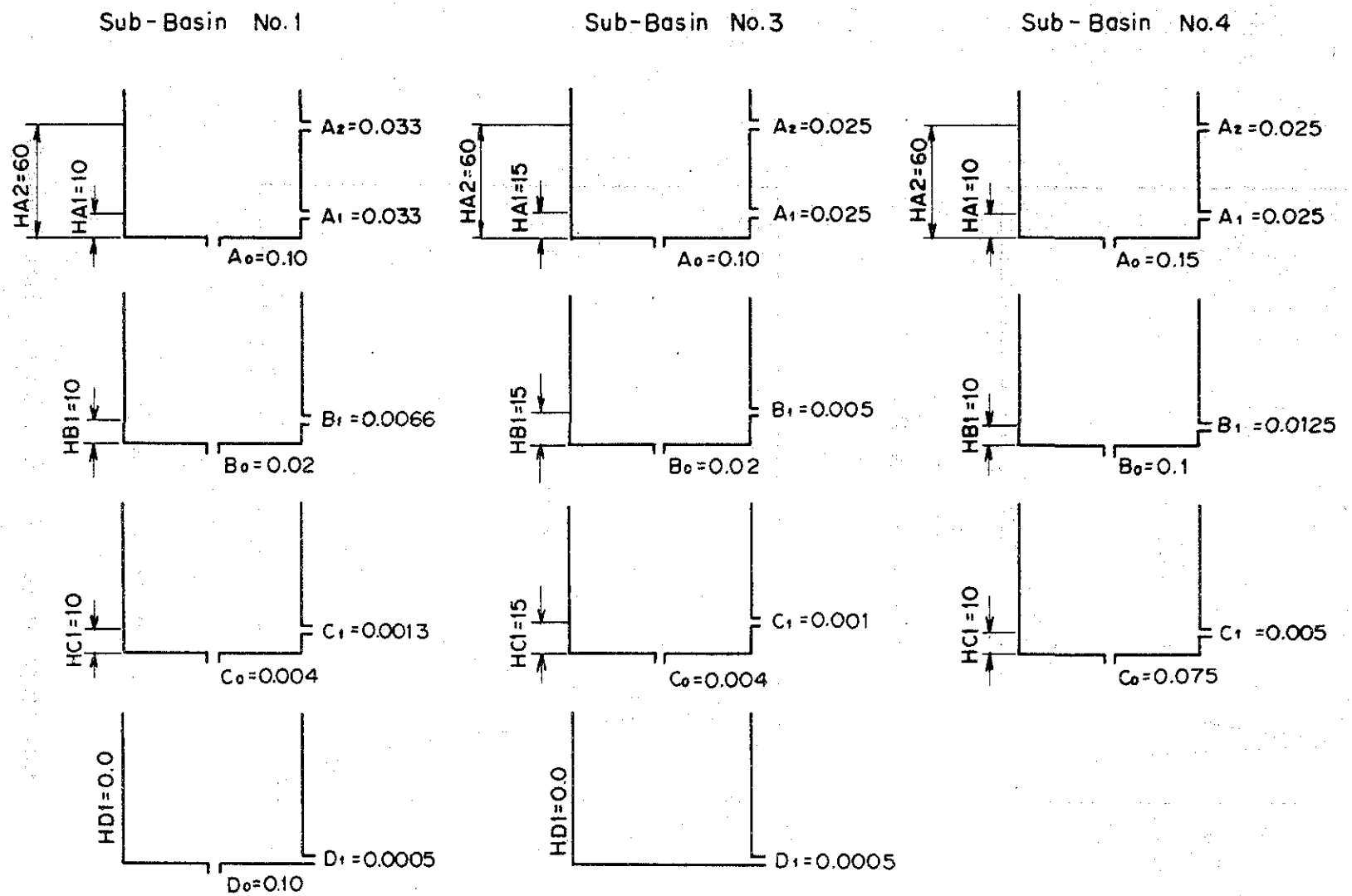
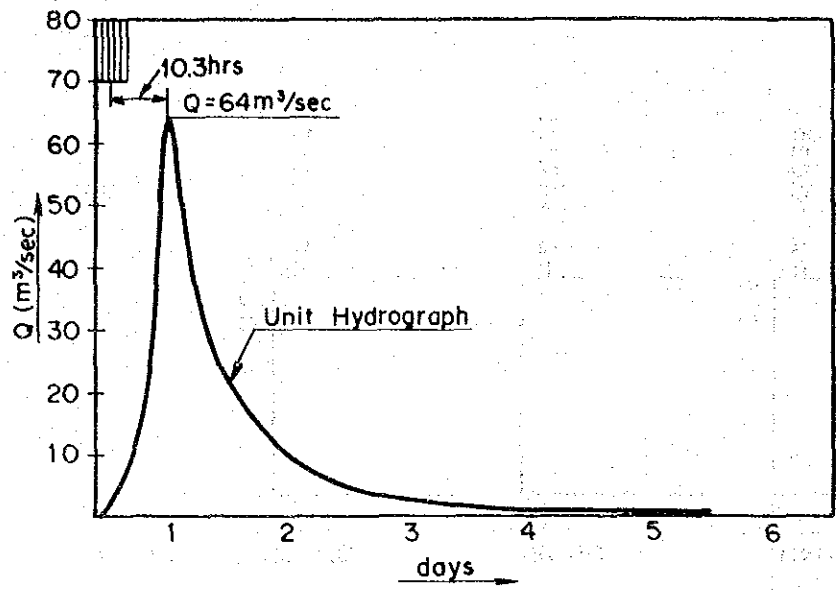
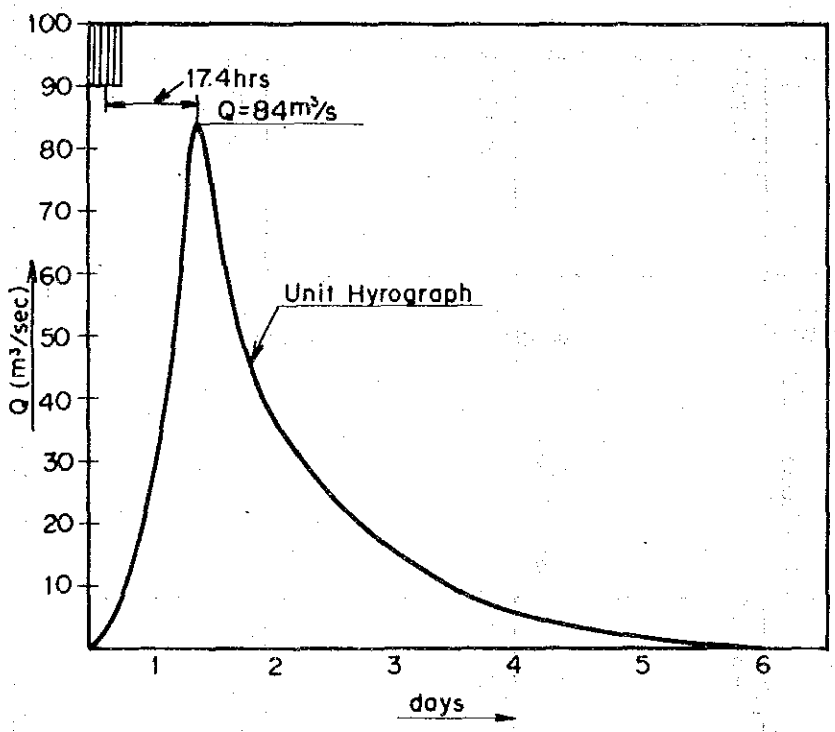


Fig.5-21 Configuration of Tanks for Sub-Basin Nos. 1, 3 and 4



Sub - Basin No. 2



Sub - Basin No. 5

Fig. 5-22 Unit Hydrographs for Sub-basins Nos. 2 and 5 (Snyder's Method)

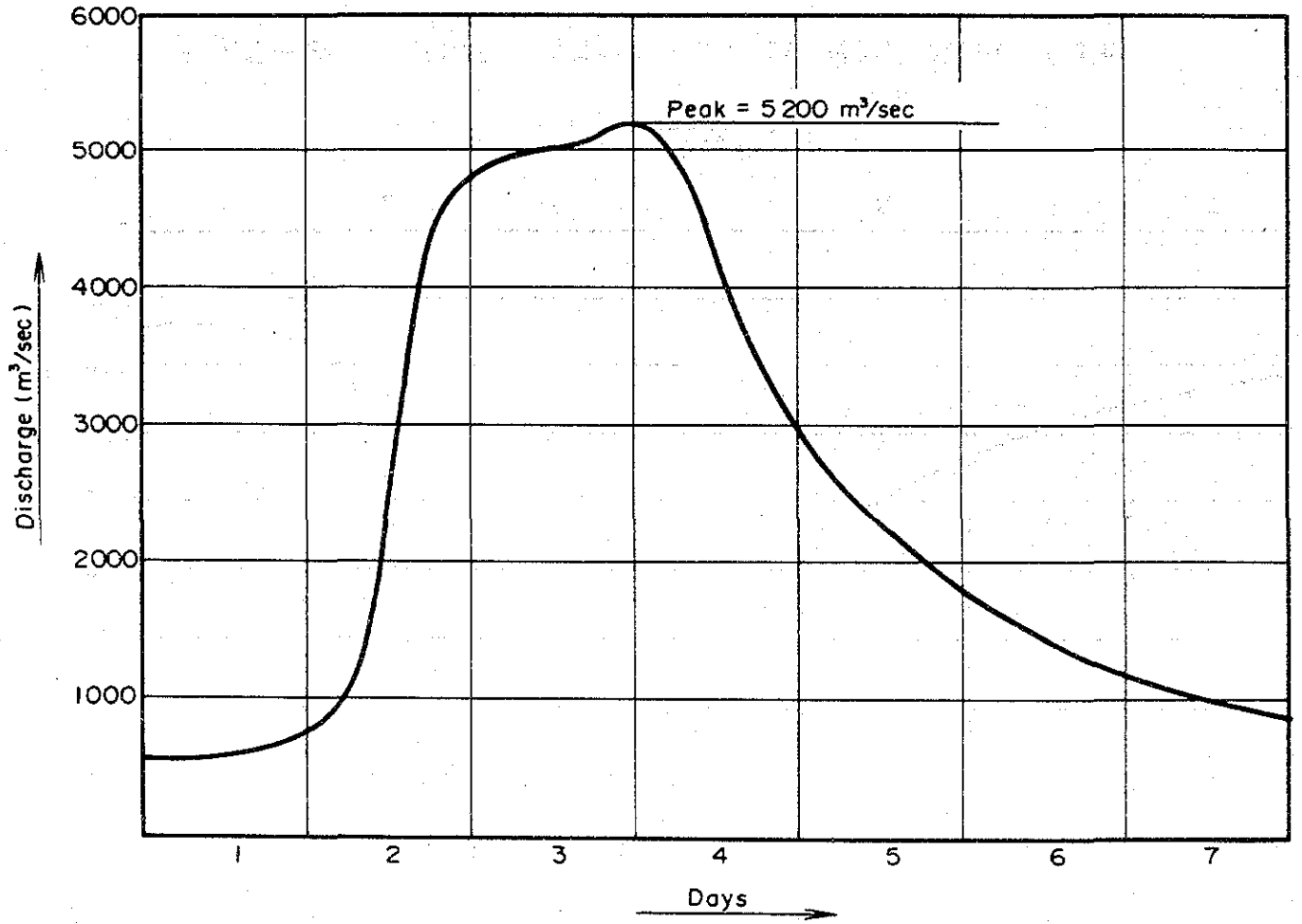


Fig. 5-23 PMF Hydrograph at Mae Lama Luang Dam

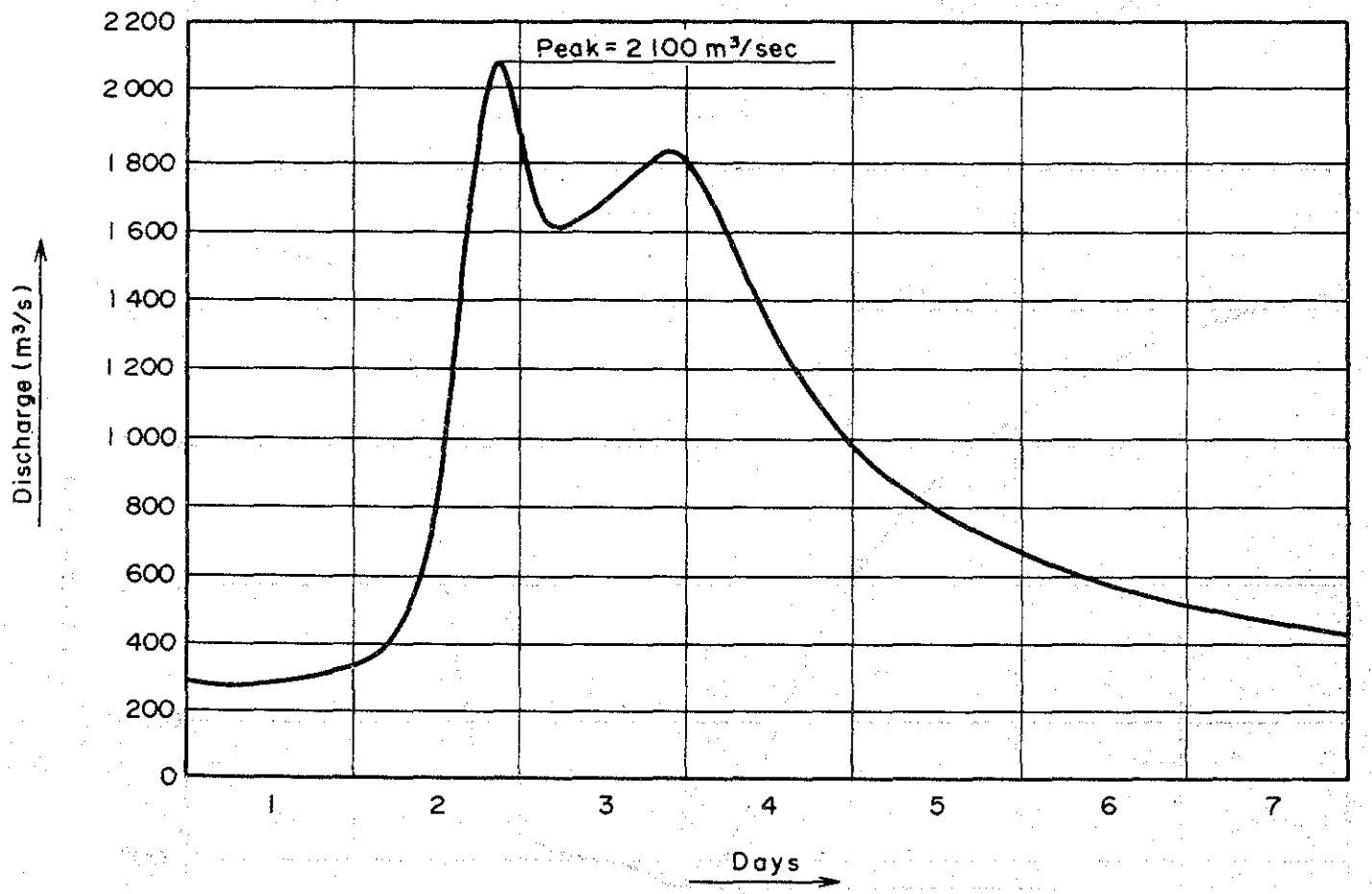


Fig.5-24 PMF Hydrograph at Nam Ngao Dam

5.6 堆 砂

5.6.1 解析手法

本スタディでは、Sop Han, Ban Tha Rua及びTha Song Yang測水所でのデータを用いて解析を行った。これら当該測水所における比堆砂量は、掃流砂量として浮遊砂量の20%を見込んで計算した。その結果Yuam及びNgao川の比堆砂量は 205m³／km²／ year を採用した。

5.6.2 貯水池堆砂

(1) 流入砂量

上記当該測水所における年浮遊砂量、年流入砂量、流域面積、侵食厚、比流量及び測定期間等を以下に示す。

Specific Yields at Reference Stations

Station	Annual Suspended Load (ton)	Total Annual Load (ton)	Drainage Area (km²)	Depth of Erosion (mm)	Specific Yields (m³/km²)	Available Record Period
Sop Han	308,000	369,600	2,496	0.114	114	1971-1985
Ban Tha Rua	1,281,000	1,537,200	5,770	0.205	205	1971-1986
Tha Song Yang	1,599,000	1,918,800	8,360	0.177	177	1972-1986

Notes : Assumed bed load ＝20 percent of suspended sediment load

Assumed in-situ soil density ＝1.30ton/m³

タイ国の河川の侵食厚の実績（Fig. 5－25参照）を見ると、Ban Tha Rua 測水所の侵食厚 0.205mm／year（比堆砂量 205m³／km²）は安全側の値である。

従って比堆砂量 205m³／km²及び堆砂密度 1.30ton／m³の値を用いてMae Lama Luangダム及びNam Ngaoダム地点における年間流入砂量を計算した（下表参照）。

Damsites	Drainage Area (km²)	Total Annual Sediment (ton)
Mae Lama Luang	6,030	1,607,000
Nam Ngao	835	222,500

(2) 貯水池捕捉効果

捕捉効果は、貯水池に堆積する砂量の流入砂量に対する割合（%）で表わされる。Brune によって提案された捕捉効果曲線は貯水池捕捉効果と(貯水容量)／(年間流入量）の関係を示している。この曲線に基づき各貯水池の捕捉効果はMae Lama Luang ダムで90%、Nam Ngaoダムで95%である。

(3) 堆 砂 量

一般に堆砂の単位堆積重量は貯水池内での経過年数に伴い増大する。 100年後の貯水池堆砂の単位堆積重量は1,342ton／m^3であり、Mae Lama Luang及びNam Ngao貯水池の 100年後の堆砂量は下表の通りである。

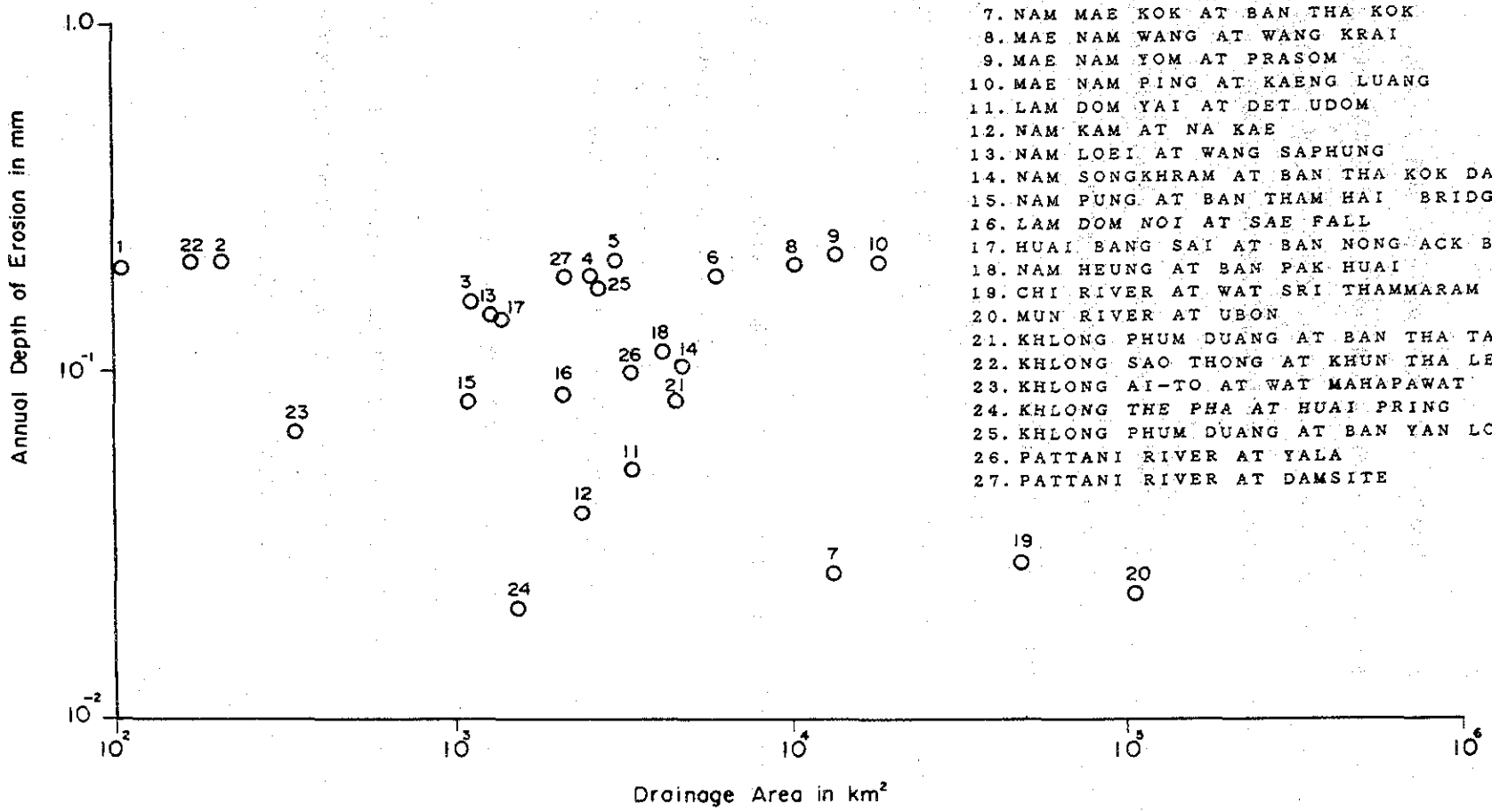
Dam Damsite	Sediment Volume for 100 years ($10^6 m^3$)	Sediment Level (EL.m)
Mae Lama Luang	93.6	118.7
Nam Ngao	15.8	185.8

Note 1) Mae Lama Luang dam

$(1,607,000-222,500\times0.95)ton\times$100years$\times0.90/1.342ton/m^3$

$=93,600,000m^3$

2) Sediment level is assumed horizontal in the reservoir.



1. NAM MAE TIAN AT BAN MAE MUT
2. NAM MAE CHAN AT BAN HUAI YAMO MAI
3. NAM MAE LAMAO AT BAN MAE LAMAO
4. NAM YUAM AT SOP HAN
5. NAM MAE KOK AT BAN THA DON
6. NAM MAE KOK AT BAN PONG NA KHAM
7. NAM MAE KOK AT BAN THA KOK
8. MAE NAM WANG AT WANG KRAI
9. MAE NAM YOM AT PRASOM
10. MAE NAM PING AT KAENG LUANG
11. LAM DOM YAI AT DET UDOM
12. NAM KAM AT NA KAE
13. NAM LOEI AT WANG SAPHUNG
14. NAM SONGKHRAM AT BAN THA KOK DAENG
15. NAM PUNG AT BAN THAM HAI BRIDGE
16. LAM DOM NOI AT SAE FALL
17. HUAI BANG SAI AT BAN NONG ACK BRIDGE
18. NAM HEUNG AT BAN PAK HUAI
19. CHI RIVER AT WAT SRI THAMMARAM
20. MUN RIVER AT UBON
21. KHLONG PHUM DUANG AT BAN THA TAN
22. KHLONG SAO THONG AT KHUN THA LE
23. KHLONG AI-TO AT WAT MAHAPAWAT
24. KHLONG THE PHA AT HUAI PRING
25. KHLONG PHUM DUANG AT BAN YAN LON
26. PATTANI RIVER AT YALA
27. PATTANI RIVER AT DAMSITE

Fig. 5-25 Annual Depth of Erosion in Thailand

5.7 ダム決壊解析

5.7.1 解析の目的

ダムの決壊は、異常な水文気象条件、ゲート運用の不手際、地震等の突然の、または予測し難い事により生じる。大ダムの崩壊による損害の多くは、貯水池内の水が突然流出することにより生ずる洪水により引き起こされる。従って洪水時の避難計画の策定にあたっては、洪水時の浸水区域、避難場所、洪水の伝幡特性等を事前に充分熟知することが肝要である。

このような背景のもとで、Nam Ngaoダム及びMae Lama Luangダム決壊時の洪水時避難計画策定に資する目的で、以下の2 ケースについてダムの決壊解析を行った。

(1) Mae Lama Luangダムが満水時に決壊する。

(2) Mae Lama Luangダムが満水時に上流のNam Ngaoダムが決壊する。洪水波の追跡はMae Lama Luangダム地点まで行いオーバートップした場合は更に下流まで追跡する。

5.7.2 基本方針

ダムの決壊解析に適する数学モデルに関しては数多くの研究が、The U.S. Geological Survey, The U.S. Corps of Engineers, The Illinois State Water Survey, The U.S. National Weather Service等の諸機関により行われている。本レポートでは The U.S. National Weather Serviceの開発したDAMBRKモデルを用いて、ダム決壊後の洪水波の解析及び評価を行った。

この DAMBRK モデルは以下の2 つの部分より構成されている。

(1) ダムの決壊モードの解析。

(2) ダムの決壊形状、貯水池流入量、貯水池規模、洪水吐流出量、下流放水位等に影響を受けるダム決壊時の流出ハイドログラフ及び洪水追跡の為の水理計算アルゴリズム。モデルはまた洪水位、洪水伝幡時間についても解析する。

モデルの中での支配方程式は不定流に対する一次元のSaint-Venant式である。Saint-Venant式は4点差分法により解かれている。ダムの決壊は、規模、形状、崩壊時間を表す決壊パラメータを用いた幾何学モデルによりシミュレーションされる。決壊パラメータをFig.5-26に示す。

5.7.3 Mae Lama Luangダムの決壊

(1) 解析条件

ダムの決壊により生じる初期の流出ハイドログラフは、決壊の規模、形状及び決壊に要する時間により左右されるが、実際のダムの決壊機構は未だ充分に解明されていない。

Froelichは、過去の40以上のダムの決壊例（ダム高15feet～285feet)を調査し、決壊時間に関して下記の経験式を導き出した。

$$T = 0.8\ (Vr / Hd^2)^{0.50}$$

ここに　T：　決壊時間　(hrs)

Vr：　貯留量　(acre-ft)

Hd：　ダム高　(ft)

Mae Lama Luangダムの高さは119m（390ft)，総貯水容量は $502 \times 10^6 m^3$ (0.407×10^6 acre-ft)であるので上式に代入して、決壊時間（T）は1.3時間と推定される。推定値Tの標準誤差は±0.9時間である。そこで、決壊時間の影響を調べるために、0.5，1，2，4，8 時間と決壊時間を変化させて解析した。

決壊規模については、Vogel の研究によれば、フィルダムの面積の5~100%が決壊により侵食され得るし、一方Fread は最終的な決壊幅はダム高の1~3 倍に達するとしている。そこで決壊規模の影響を調べるために、決壊底部の幅を20，40，80m として、台形状の決壊の側部勾配は45° とした。

なお、決壊底部の標高は貯水池底部標高 EL.62mとした。Mae Lama Luangダムの決壊解析ケース及び解析条件を次表に示す。なお洪水波の追跡は、Yuam川とMoei川の合流点までのダム下流 6 kmの区間について行った。

Study Cases on Breach of the Mae Lama Luang Dam

Item / Case No.	Width of breach bottom (m)	Breach time (hrs)	Manning n
1	80	0.5	0.04
2	80	1.0	0.04
3	80	2.0	0.04
4	80	4.0	0.04
5	80	8.0	0.04
6	20	1.0	0.04
7	40	1.0	0.04
8	20	1.0	0.06
9	20	1.0	0.08

Elevation of water when breached : 165m

Elevation of breach bottom : 62m

Side slope of breach : 45°

Reservoir inflow : 250m³/sec

Initial downstream flow : 330m³/sec

(2) 解析結果

—— 決壊時間の影響

決壊が完全に終了するまでに要する時間は推定することしかできず、瞬時の決壊はダム地点で最大流量を生じせしめる。然しながら、その洪水は河川流路を流下するに従い減衰する。この決壊時間の影響を調べる目的で、決壊に要する時間を0.5, 1, 2, 4, 8時間と変化させて解析を行った。決壊幅は80m、マニングの粗度係数は0.04とした。

ダム地点におけるダム決壊時の流出ハイドログラフをFig.5-27に、決壊時間1時間の場合のダムの決壊状況（貯水池水位、決壊幅、決壊底部標高）をFig.5-28に示す。

Mae Lama Luangダムの決壊において、決壊底部の幅と標高は Fig.5-28 に示すように決壊時間にわたり線形的に進行するものとし、またダムの決壊が始まる時点で、貯水池水位は基準満水位に相当するEL.165mとした。ダムよりの最大流量及び発生時間は次表の通りである。

Maximum Outflow from Mae Lama Luang Dam

Item	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Breach time (hours)	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0
Max. Outflow (m^3/sec)	224,000	177,900	118,200	66,800	36,700
Time of Max Q (hours)	0.50	0.96	1.72	2.96	4.80

上表より決壊時間0.5 時間の場合を除いて、ダムからの最大流量は、ダムの決壊終了以前に発生することがわかる。また、決壊時間は、ダムからの最大流量に影響を及ぼす重要な因子であることが判明した。

Mae Lama Luangダムの決壊により生じた洪水の追跡結果を下表及びFig.5-29, Fig.5-30に示す。下流への洪水追跡は、Yuam川とMoei川の合流点までの範囲を対象にした。最大流量の減衰率は決壊時間に依存し、下流 6Km地点で93～99% の範囲の値である。

即ち、決壊時間が短いほど、ダムからの最大流量は大きく、下流での減衰率が大きい事がわかる（Fig.5-29参照）。

しかしながら、初期の最大流量の違いが大きいために河川水位の高低の差が著しく、6 kmと比較的短い下流区間では河川水位が収斂することはない。（Fig.5-30参照）

Effet of Varying Breach Time

Distance	Item \ Breach Time		0.5 hrs.	1.0	2.0	4.0	8.0
0.5 km	Q	m^3/sec	221,300	176,000	117,200	66,500	36,660
	H	m	108.53	103.79	97.94	98.46	93.93
	V	m/sec	32.38	30.78	28.51	24.71	10.05
	T	hrs	0.50	0.95	1.15	2.60	4.80
3 km	Q	m^3/sec	215,400	174,600	116,900	66,300	36,560
	H	m	105.35	103.90	101.16	94.75	89.06
	V	m/sec	20.19	17.55	13.01	9.93	7.62
	T	hrs	0.53	0.85	1.80	3.00	4.80
6 km	Q	m^3/sec	209,000	171,100	115,500	65,550	36,280
	H	m	101.30	99.38	95.04	89.08	83.88
	V	m/sec	13.81	11.98	9.80	7.57	5.89
	T	hrs	0.58	1.00	1.80	3.00	5.20

Note : Q = maximum dischrge　　H = maximun elevation
V = maximum velocity　　T = time to maximum elevation
Bottom width of breach = 80m
Coefficient of roughness = 0.04

—— 決壊規模の影響

決壊規模の影響を調べるために、側面勾配45°の台形状の決壊を仮定し、台形の底面幅を20m～80mと変化させて解析を行った。なお、決壊時間は1時間、底部標高はEL.62 mと一定とした。解析結果を下表に示す。

解析結果によれば、決壊終了時の底部の幅を変えても流量、水位に大きな差は認められない。これは、底面幅80mの決壊の場合、その決壊面積は幅20mの決壊幅の面積のおよそ1.48倍にすぎないからであると言えよう。

Effect of Varying Breach Size

Distance	Item \ Breach width		20m	40m	80m
0.5 km	Q	m³/sec	143,200	161,400	176,000
	H	m	99.67	101.98	103.79
	V	m/sec	29.79	30.35	30.78
	T	hrs	1.03	1.00	0.95
3 km	Q	m³/sec	141,200	158,700	174,600
	H	m	104.30	104.00	103.90
	V	m/sec	14.05	16.06	17.55
	T	hrs	0.98	0.98	0.85
6 km	Q	m³/sec	136,500	154,500	171,100
	H	m	96.30	97.97	99.38
	V	m/sec	11.01	11.55	11.98
	T	hrs	1.10	1.05	1.00

Note : Q = Maximum discharge

H = Maximum elevation

V = Maximum velocity

T = Time to maximum elevation

Breach time = 1.0hr

Coefficient of roughness = 0.04

—— 粗度係数の影響

Manning の粗度係数ｎは、河床および河岸堤防の構成材料、河川の障害物、河川形状の不規則性、そして特に植生に依存する。粗度係数ｎは、通常の降雨による降水時の観測データより推定されるのが現状である。ダムの決壊により生じる洪水の規模は、これら通常の洪水とは比較にならないほど大きいために流速が大となり、これまで浸水したことのない区域も水没することになる。またダム決壊による洪水は樹木、廃屋、車等を押し流す可能性がある。従ってダム決壊洪水による付加的なエネルギー損失を考慮して、通常の計算よりも大きな粗度係数ｎを使う事が多い。

この粗度係数ｎの影響を調べるために、Mae Lama Luangダム下流のYuam川の粗度係数を0.04, 0.06, 0.08と変化させて解析を行った。なお、決壊幅は20m、決壊時間は１時間と一定とした。解析結果を次表及びFig.5-31, Fig.5-32に示す。

解析結果によれば、粗度係数ｎを大きくとれば、下流において最大流量は減少し、河川水位は上昇する。ｎが0.06及び0.08の場合は全区間を通じて流れは常流であるが、0.04の場合はある時間において射流となる区間が生じる為、下流 3Kmの区間において粗度係数間で河川水位に大きな差が見られる。(Fig.5-32 参照)

Effect of Varying Cofficient of Roughness

Distance	Item \ n		0.04	0.06	0.08
0.5 km	Q	m³/sec	143,200	140,000	121,300
	H	m	99.67	118.99	124.20
	V	m/sec	29.79	14.65	11.15
	T	hrs	1.03	1.00	1.00
3 km	Q	m³/sec	141,200	135,900	117,400
	H	m	104.30	110.44	113.54
	V	m/sec	14.05	10.65	8.46
	T	hrs	0.98	1.05	1.10
6 km	Q	m³/sec	136,500	129,000	110,300
	H	m	96.30	101.66	103.87
	V	m/sec	11.01	8.45	6.82
	T	hrs	1.10	1.15	1.20

Note : Q = Maximum discharge

H = Maximum elevation

V = Maximum velocity

T = Time to maximum elevation

Breach time = 1.0 hr

Botton width of breach

5.7.4 Nam Ngaoダムの決壊

(1) 解析条件

Nam Ngaoダムの決壊解析は下記の条件にもとづいて行った。

Nam Ngaoダム

決壊時の貯水位	:	270m（基準満水位）
決壊終了時の底面標高	:	160m
決壊断面の側面勾配	:	45°
決壊断面の底面幅	:	80m
決壊時間	:	1時間、8時間

Mae Lama Luangダム

初期貯水位	:	165m（基準満水位）
決壊時の水位	:	168.5m
決壊終了時の底面標高	:	62m
決壊断面の側面勾配	:	45°
決壊断面の底面幅	:	80m
決壊時間	:	1時間、8時間

既述のFroelichの式〔$T = 0.8\ (Vr / Hd^2)^{0.50}$〕を用いてNam Ngaoダムの決壊時間を推定すると1.8時間となる。標準誤差 0.9時間を考慮にいれて、最大及び最小決壊ケースを想定し、決壊時間を1時間及び8時間とした。決壊終了時の底面標高はNam Ngaoダム貯水池底面標高に等しくEL.160mとした。またMae Lama Luangダムの決壊解析で決壊幅はあまり影響を与えないことが確認されているので、今回は80mと一定にした。解析検討ケースを次表に示す。

Study Cases on Breach of Nam Ngao Dam

Item / Case	Nam Ngao Dam		Mae Lama Luang Dam		Manning n
	width of breach bottom (m)	breach time (hrs)	width of breach bottom (m)	breach time (hrs)	
1 (Max. breach)	80	1.0	80	1.0	0.04
2 (Min. breach)	80	8.0	80	8.0	0.04

Nam Ngaoダムの決壊による洪水波はNgao川を流下してYuam川との合流点に達し、そこから、Yuam川の上・下流に伝幡する。流下伝幡する洪水波はMae Lama Luangダム地点へ到達し、その量如何によりダム天端を越流し、Mae Lama Luangダムの決壊を引き起こす。

従って、Nam Ngaoダムの決壊による洪水追跡は、下記に示すように河川延長約90kmの範囲に対して行った。

— Ngao川

Nam Ngaoダム～Yuam・Ngao川合流点　12km

— Yuam川

Yuam・Ngao川合流点　～　Mae Sariang　（上流）45km

Yuam・Ngao川合流点　～　Mae Lama Luangダム（下流）28km

Mae Lama Luangダム　～　Yuam・Moei川合流点（下流）6km

合計　91km

(2) 解析結果

— Ngao川沿いの洪水伝幡

Nam Ngaoダム地点及びYuam・Ngao川合流点付近における最大流量を下表及びFig. 5-33に示す。

Maximum Outflows Due to Nam Ngao Dam Breach

Item	Max. breach case	Min. breach case
Breach time (hrs)	1.0	8.0
At Nam Ngao damsite Max. outflow (m^3/sec) Time (hrs)	 260,300 1.0	 65,450 5.9
At conjunction Max. outflow (m^3/sec) Time (hrs)	 217,500 1.2	 64,750 6.4

最大決壊ケースにおいては、Yuam Nago 川合流点の最大流量はダム地点の84%程度まで減衰し、洪水波は約0.2時間（12分）で到達する。一方、最小決壊ケースでは、合流点付近でも最大流量はほとんど減衰せず、洪水到達時間は約30分と最大決壊ケースよりも長い。

── Yuam川沿いの洪水伝幡

Nam Ngaoダムの決壊により生じた洪水はYuam・Ngao川合流点に到達した後更にYuam川の上下流へ伝幡する。Yuam川沿いの洪水追跡結果をFig.5-34, Fig.5-35に示す。Fig.5-34には解析範囲の最上流地点Mae Sariang から最下流のYuam・Moei川合流点までの範囲の最大流量の状況を示す。Mae Lama Luangダムは最大及び最小の決壊ケース共にオーバートップにより崩壊する。

Fig.5-35はYuam川最高水位の状況を示す。最大決壊ケースにおいてYuam・Ngao川合流点付近では50m以上水位が上昇し、最小決壊ケースにおいても25mも上昇する。

しかしながら、洪水波は川沿いに伝幡するにつれて減衰し、例えばYuam・Ngao川合流点の約35km上流地点（Ban Huai Sai付近）ではNam Ngaoダムの決壊による水位の上昇は認められない。

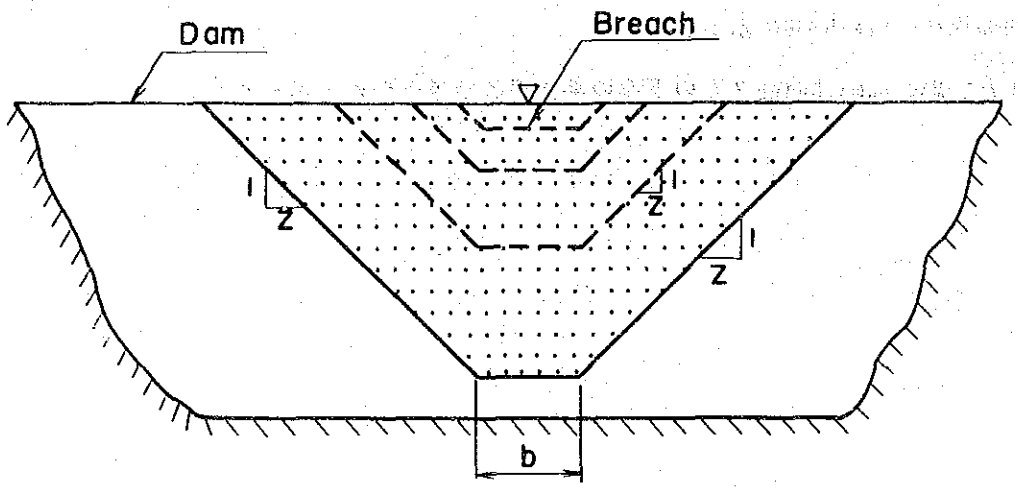
Yuam・Ngao川合流地点の8km上流及び21km上流での流量及び河川水位（水深）の時刻歴をFig.5-36に示す。流量及び河川水位のピーク時間はズレており、河川水位のピークは、流量のピークより以前に発生している。Nam Ngaoダム地点からの河川水位の洪水波到達時間は最大決壊ケースにおいて合流点上流8km地点で0.85時間（51分）、21km上流地点（Ban Huai Sai付近）で2.96時間である。

── Mae Lama Luangダムの決壊

上述のようにNam Nagoダムの決壊により発生した洪水はYuam川を流下し、Mae Lama Luang ダムの天端を越流し、その結果Mae Lama Luangダムは崩壊する。解析では水位がダム天端標高を0.5m越えた時（EL 168.5m）より崩壊が始まると仮定した。

最大決壊ケースの場合のMae Lama Luangダムの決壊状況及び流出量をFig.5-37に、最小決壊の場合をFig.5-38に示す。

また、Mae Lama Luangダムの下流の洪水追跡結果をFig.5-39に示す。



b : width of breach bottom

Z : side slope of breach

⊡ : breach formation

Fig. 5-26 Front View of Dam Showing Formation of Breach

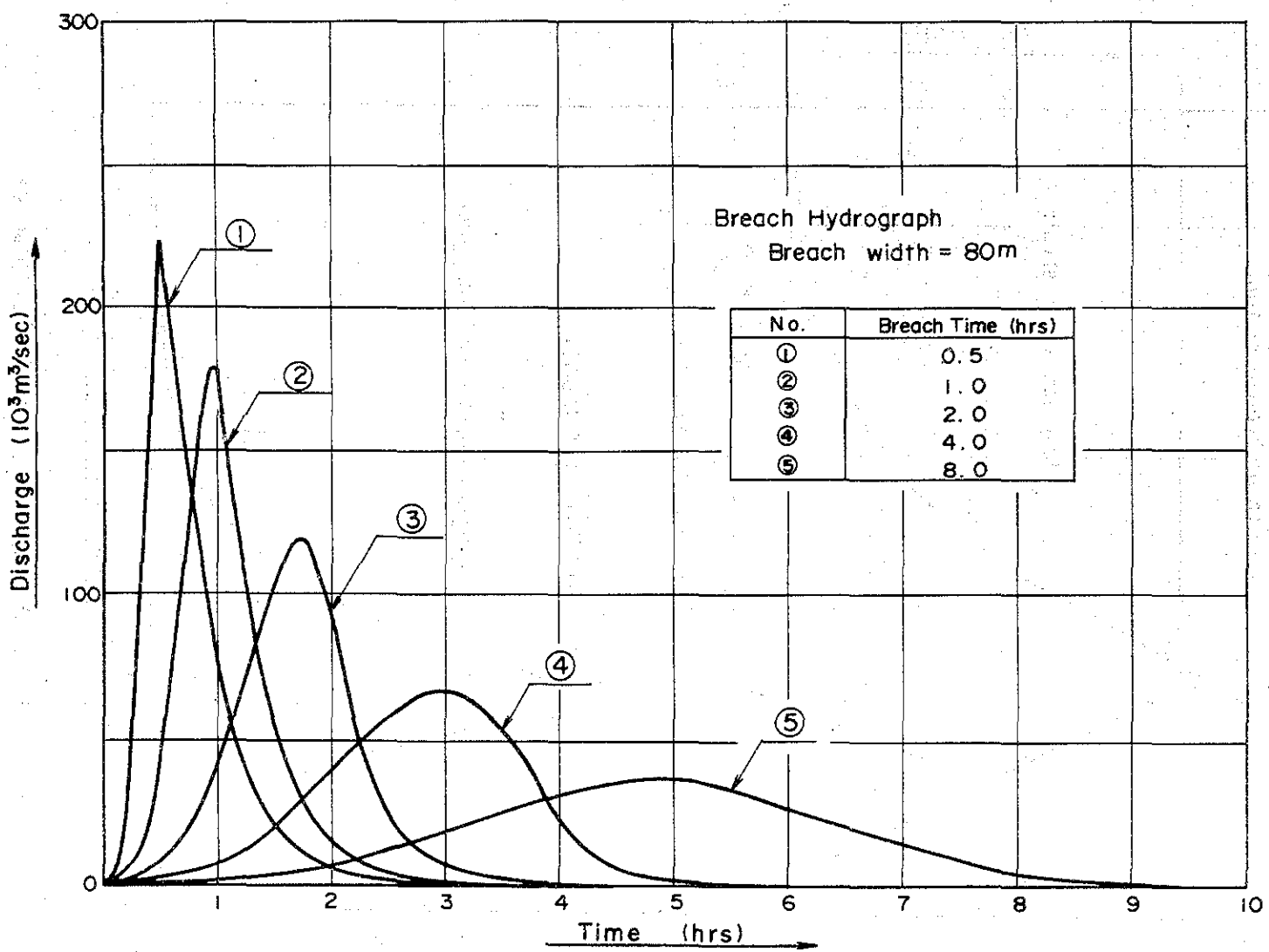


Fig. 5-27 Breach Hydrographs with Various Breach Time

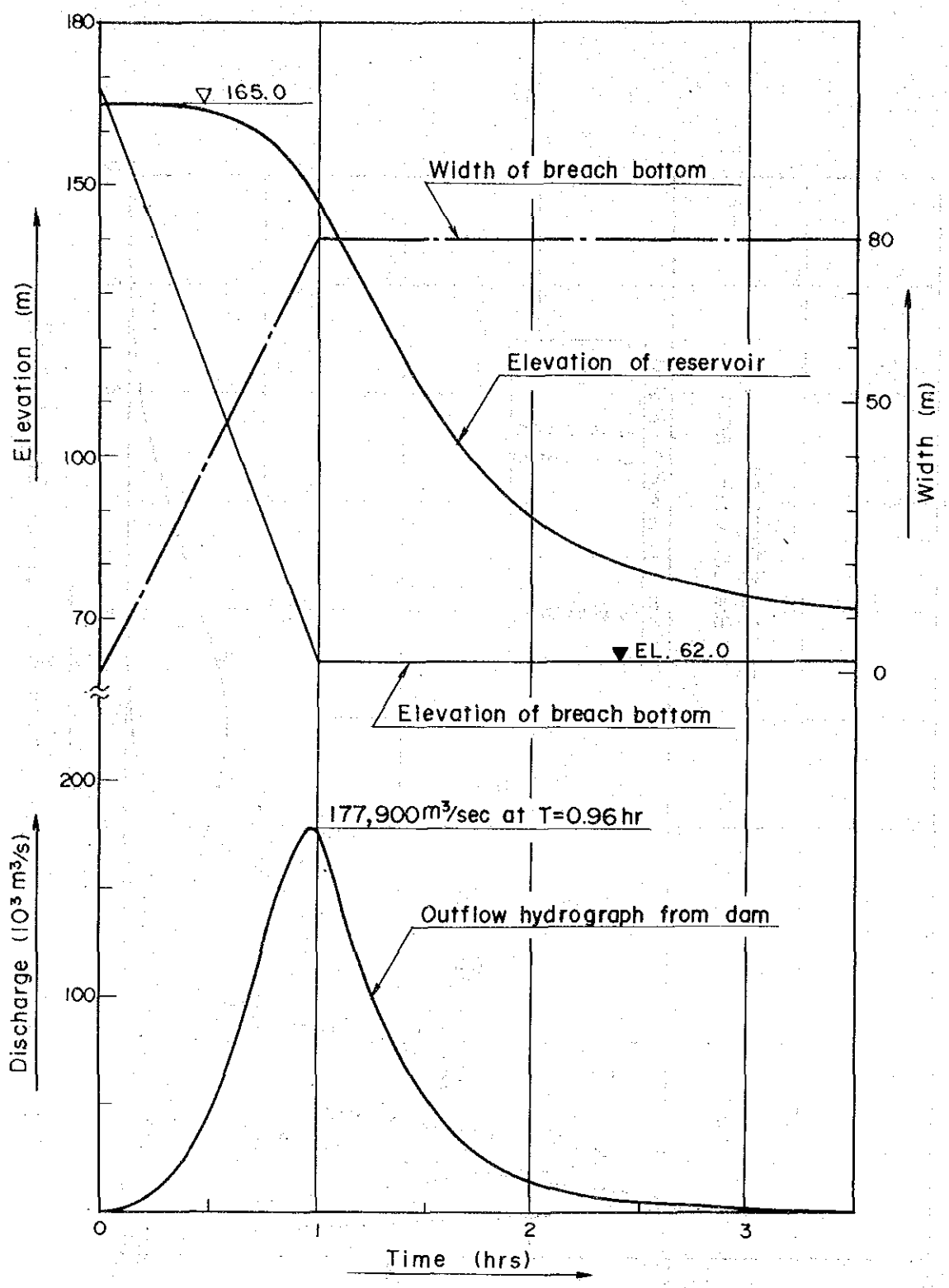


Fig. 5-28 Breach Formation and Outflow of Mae Lama Luang Dam

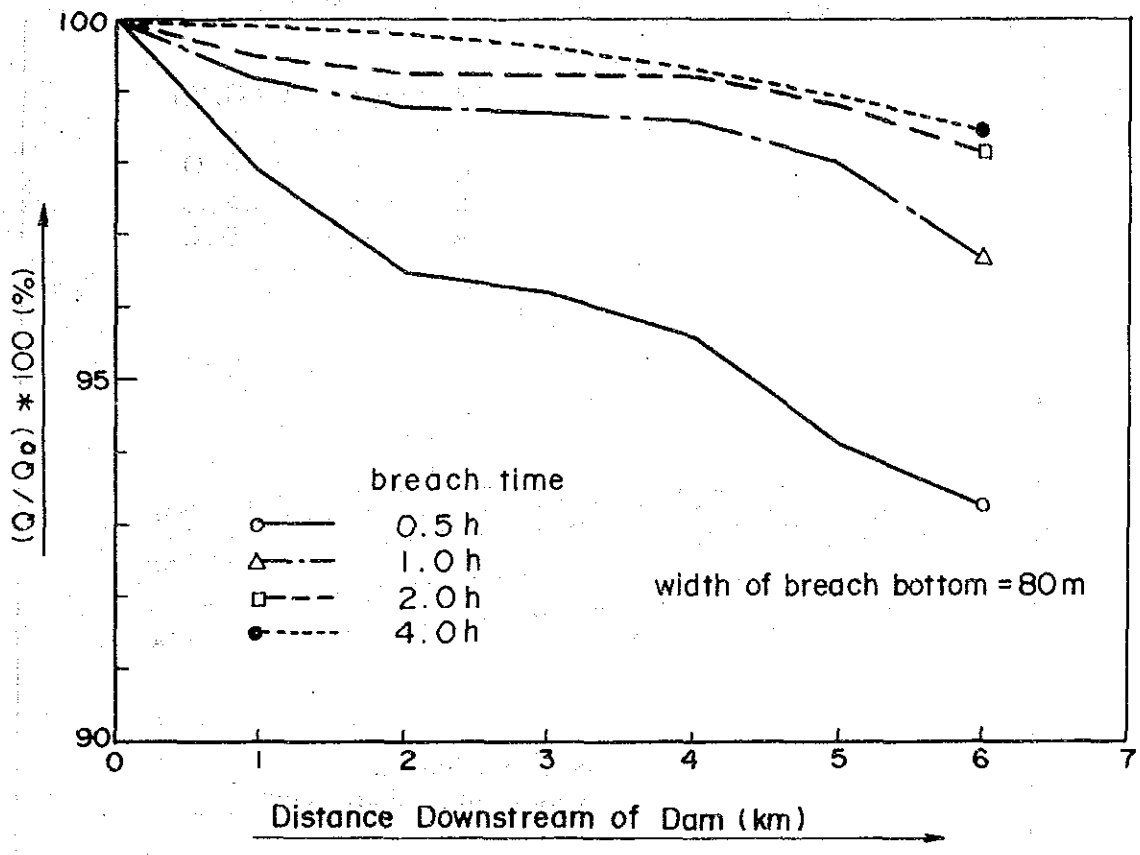


Fig. 5-29 Peak Discharge (Q) as a Percentage of Maximum Outflow (Qo)

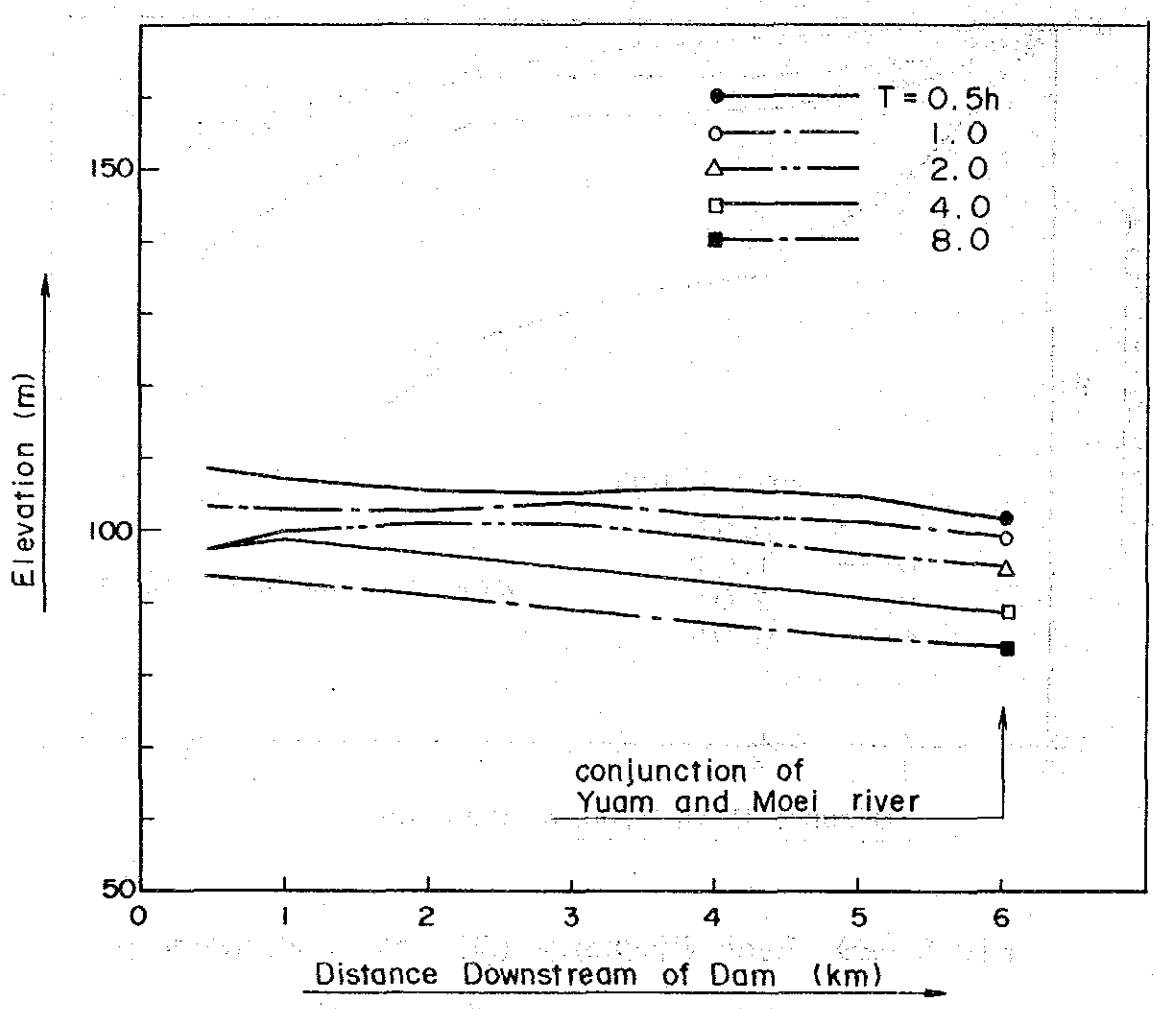


Fig. 5-30 Profile of Peak Flood Elevation
Due to Mae Lama Luang Dam Breach

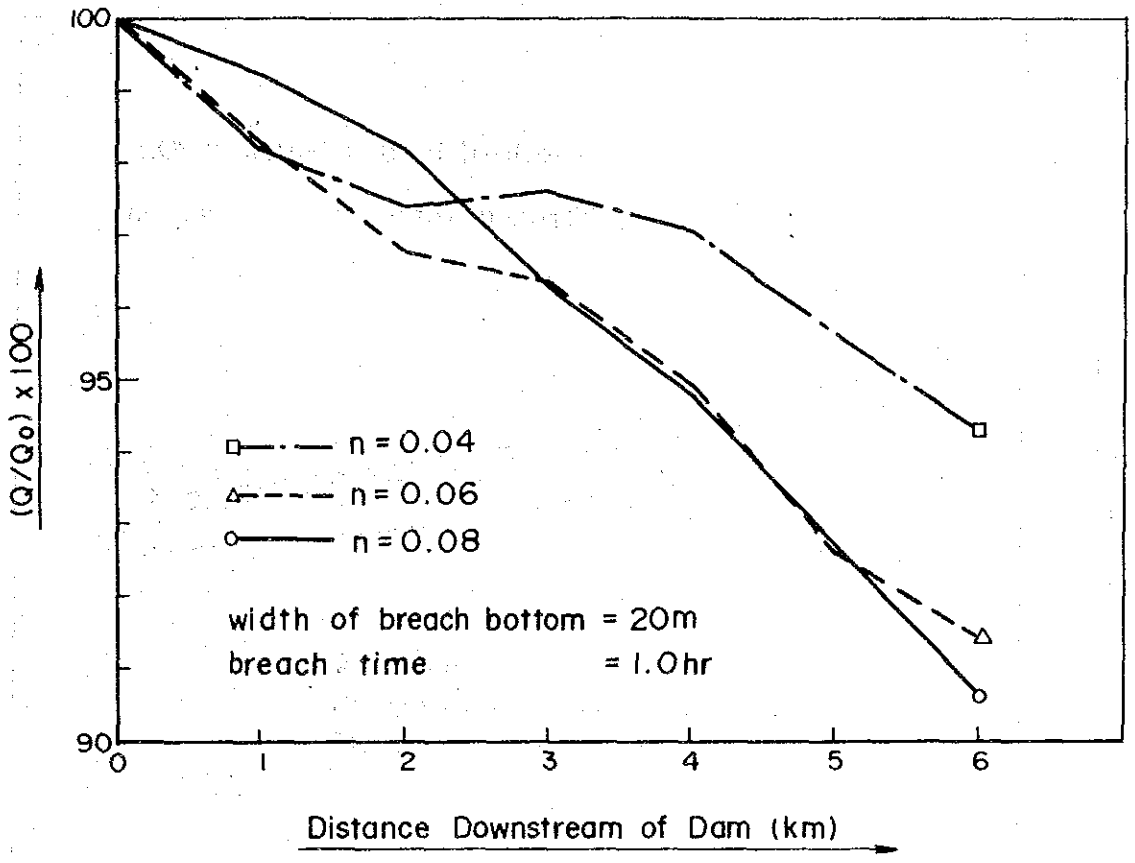


Fig. 5-31 Peak Discharge (Q) as a Percentage of Maximum Outflow (Qo)

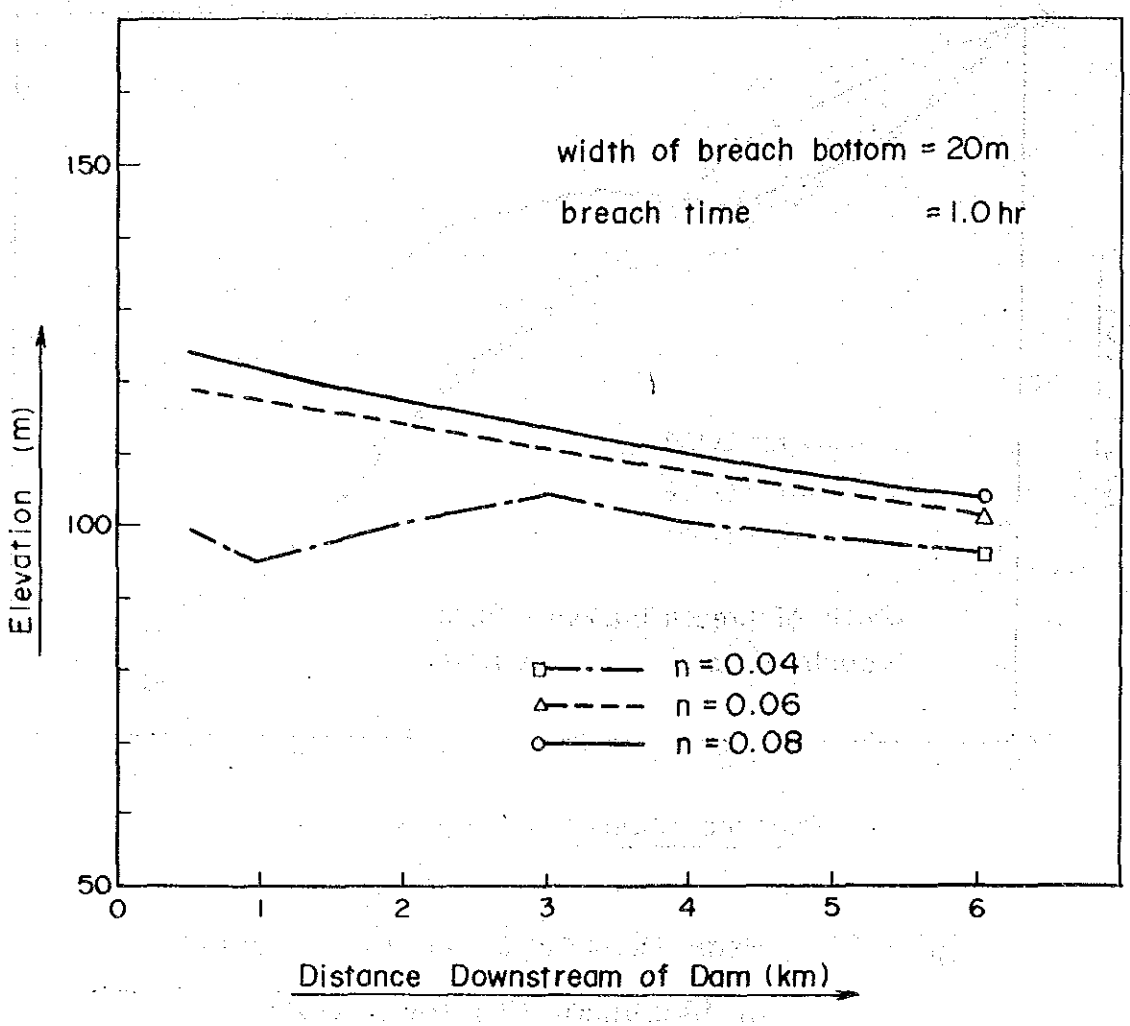


Fig. 5-32 Profile of Peak Flood Elevation Due to Mae Lama Luang Dam Breach

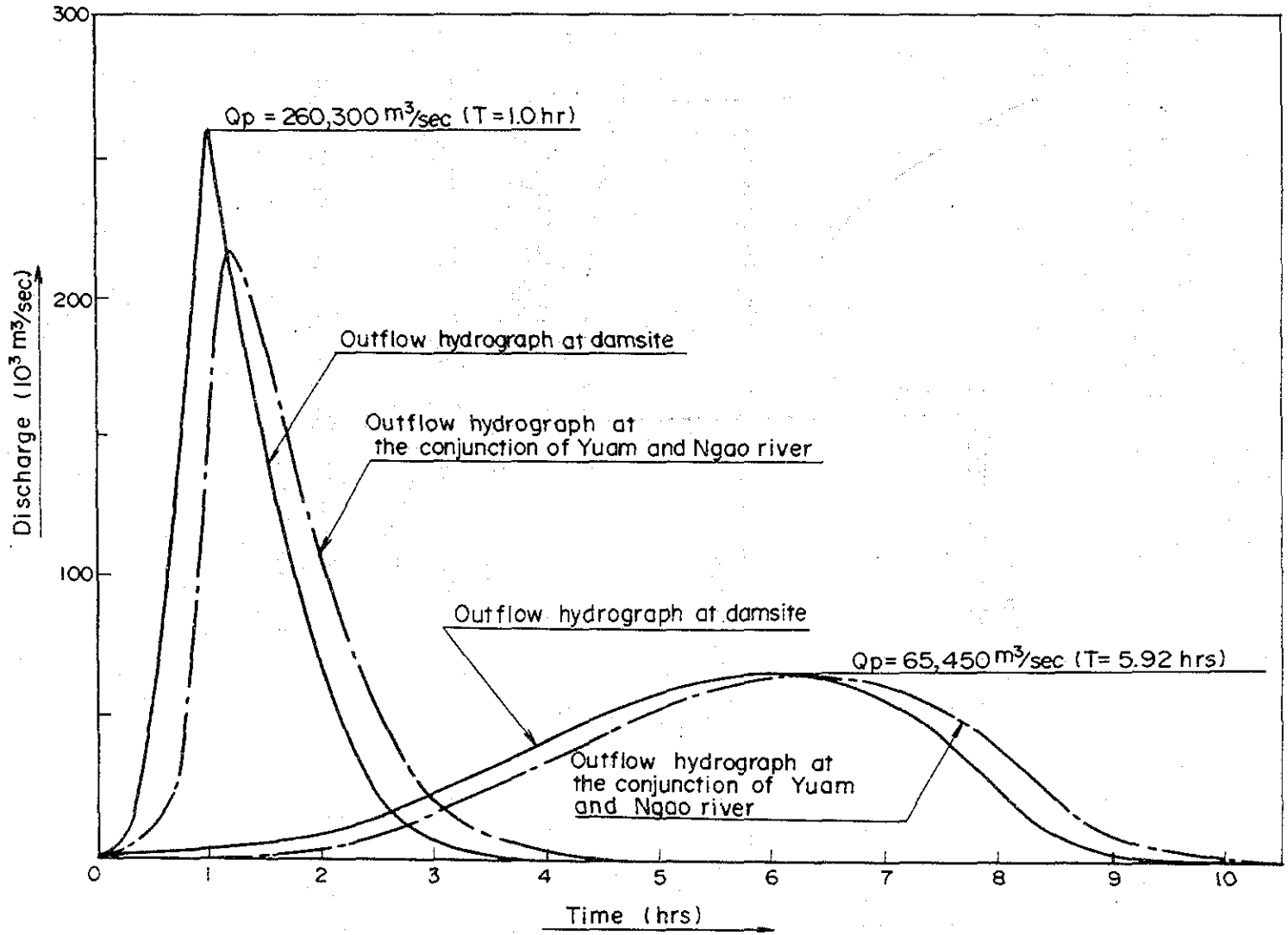


Fig. 5-33 Flood Attenuation Along Ngao River

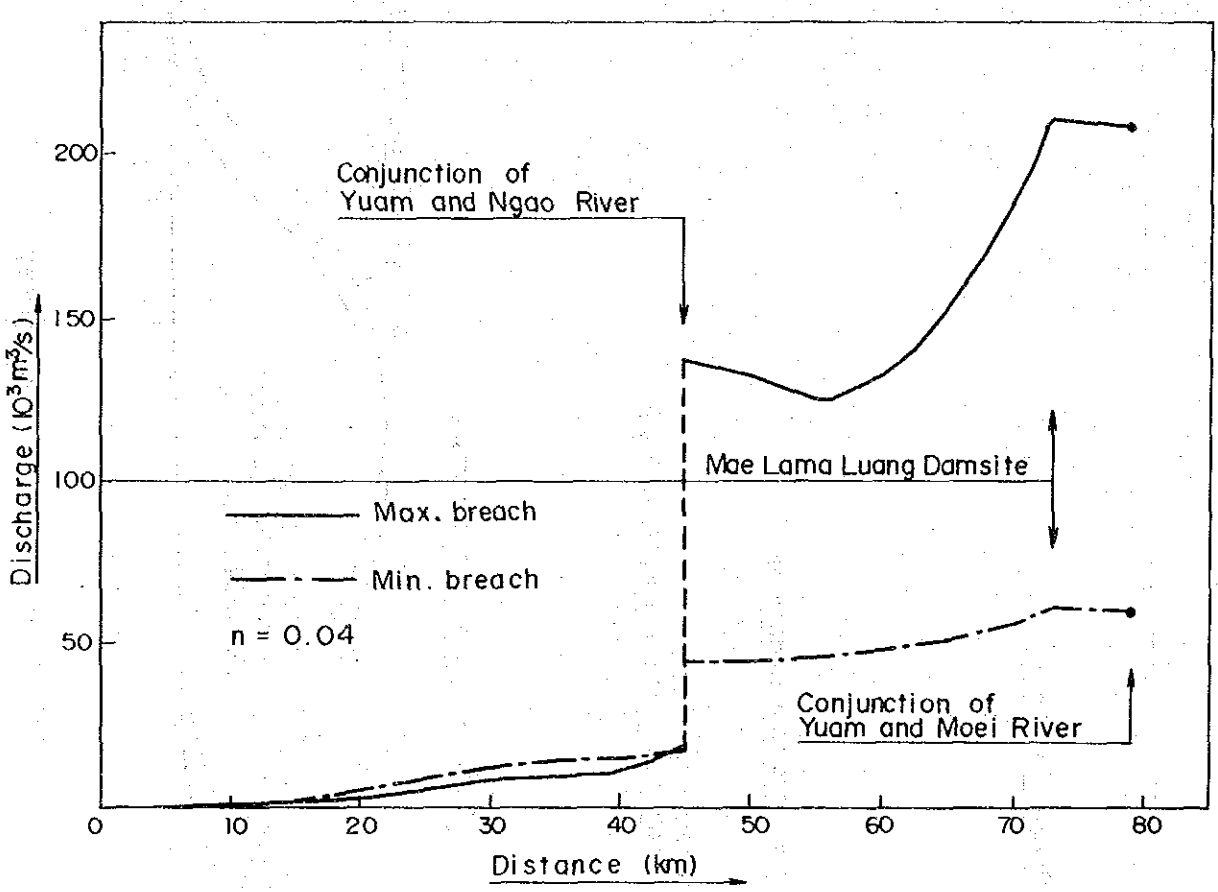


Fig. 5-34 Profile of Maximum Discharge Due to Breach of Nam Ngao Dam

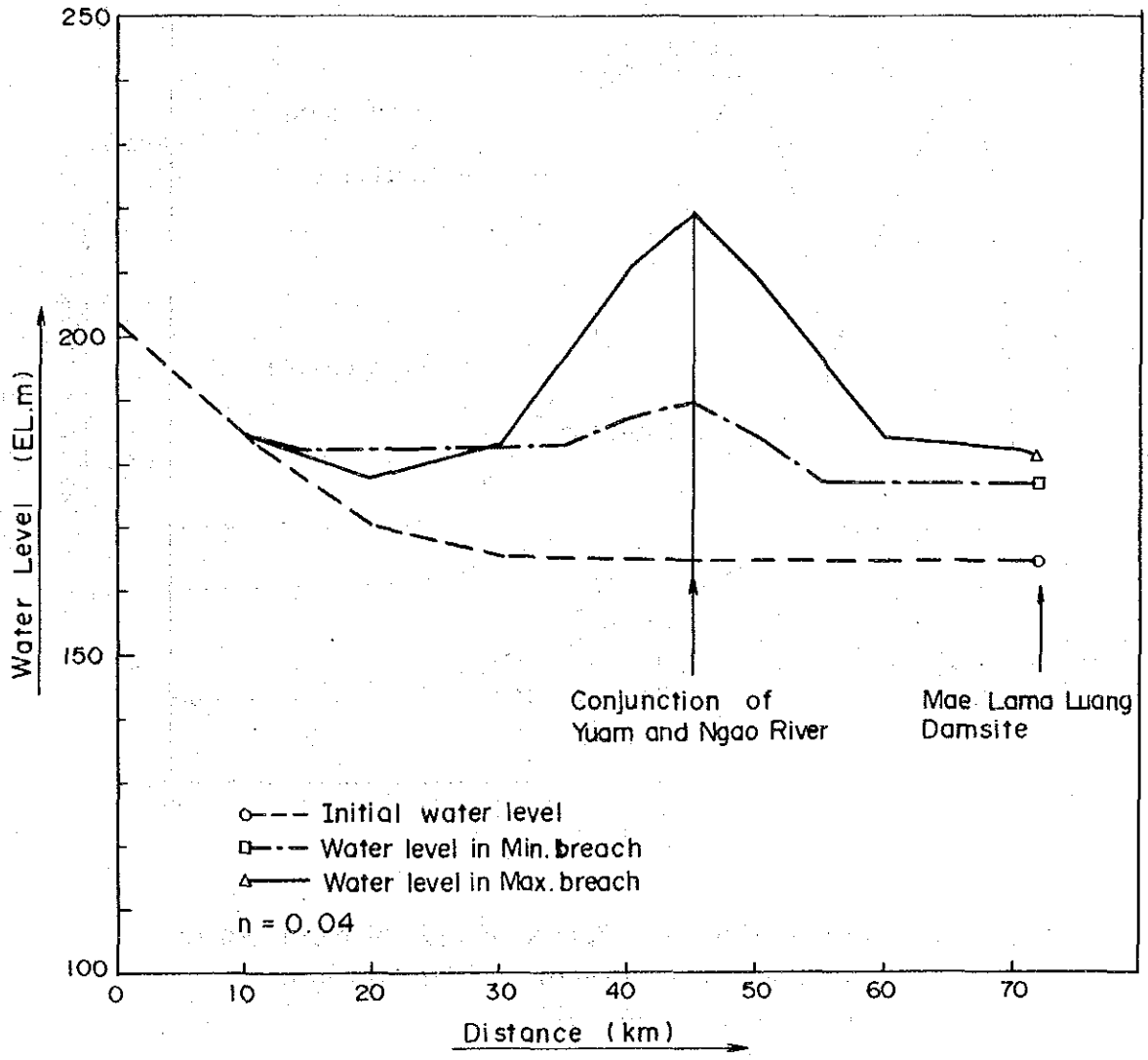


Fig. 5-35 Profile of Maximum Water Level of Yuam River Due to Breach of Nam Ngao Dam

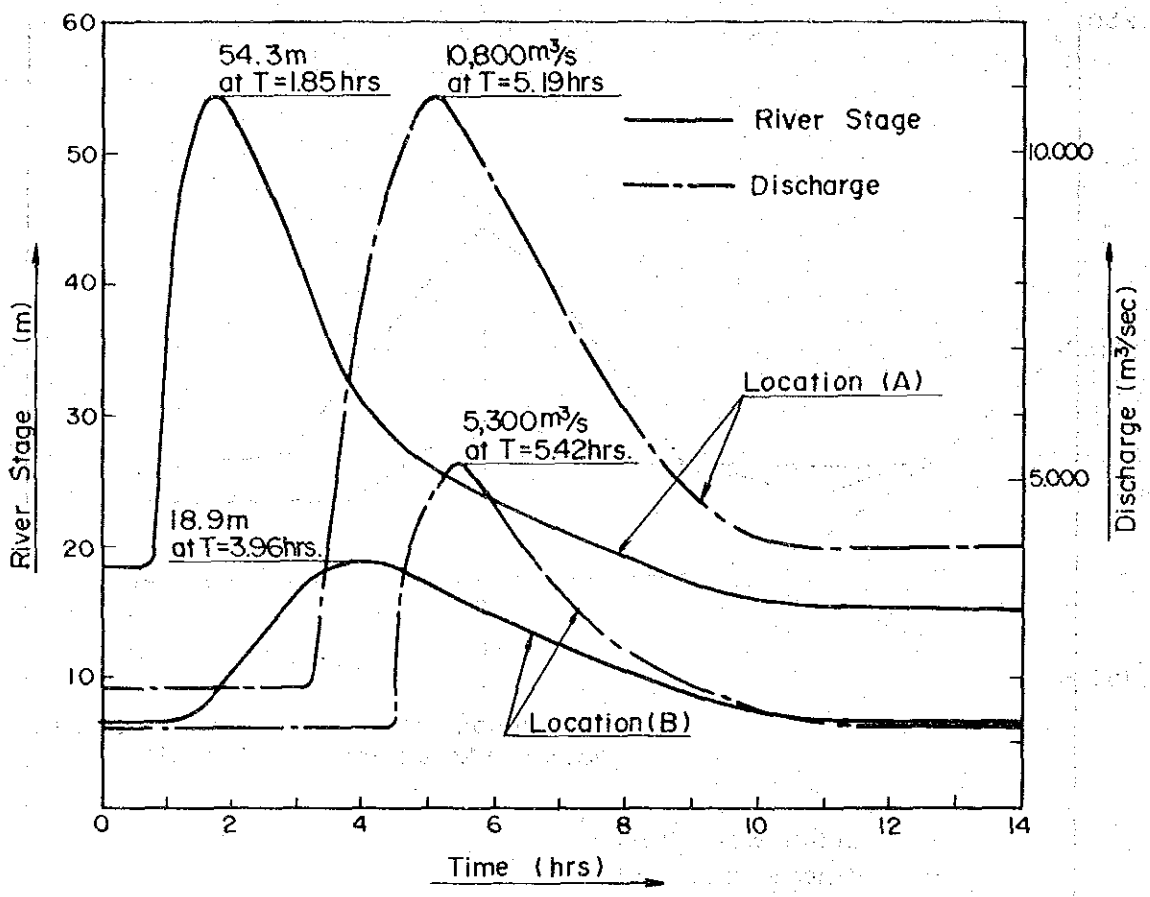


Fig. 5 – 36 Attenuation of Break Flood of Nam Ngao Dam Along Upstream of Conjunction of Yuam and Ngao River

Note : Location (A) – 8 km upstream of the conjunction
Location (B) – 21 km upstream of the conjunction
Maximum breach at n = 0.04

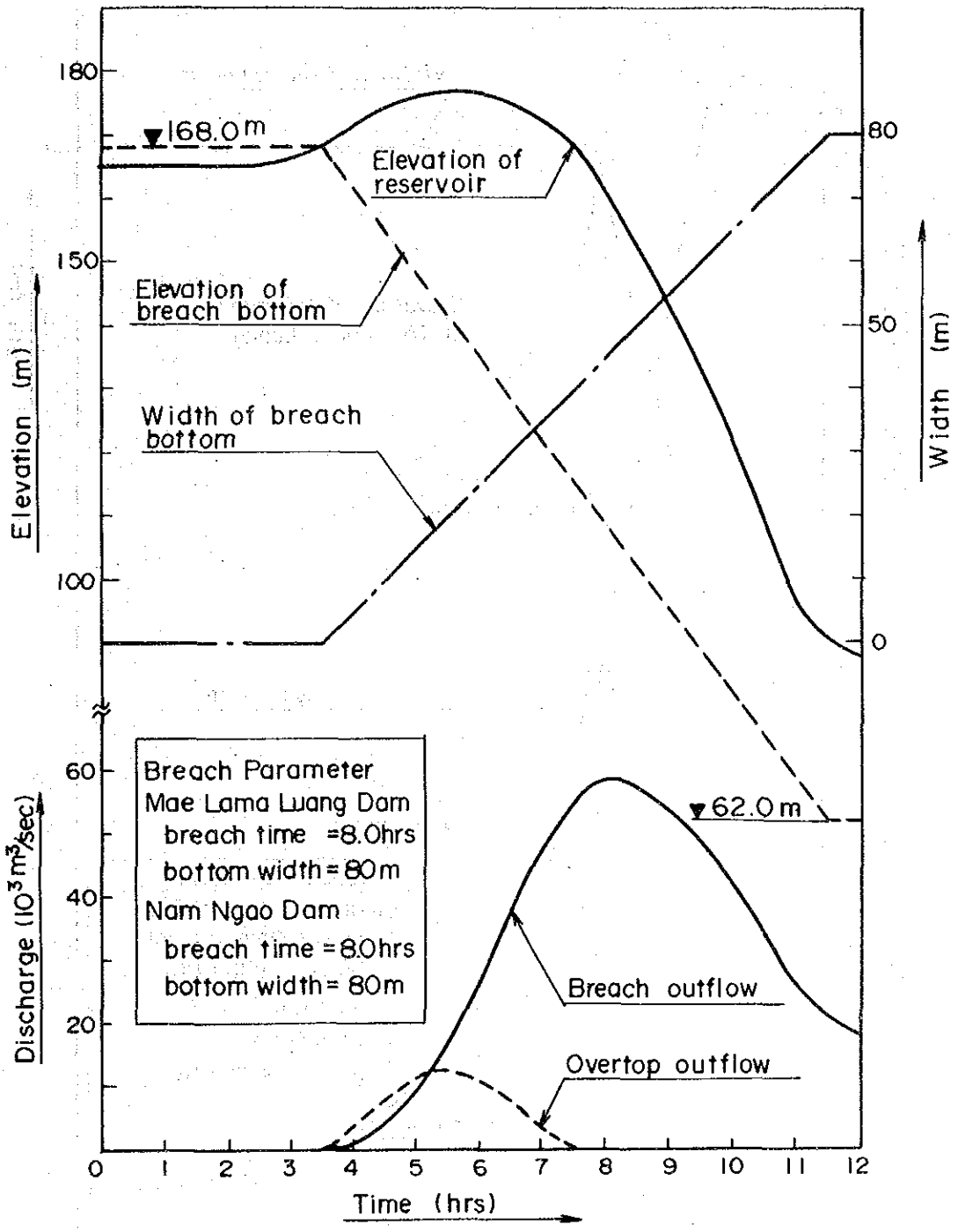


Fig.5-37 Breach Formation and Outflow of Mae Lama Luang Dam Due to Nam Ngao Dam Breach in Min. Case

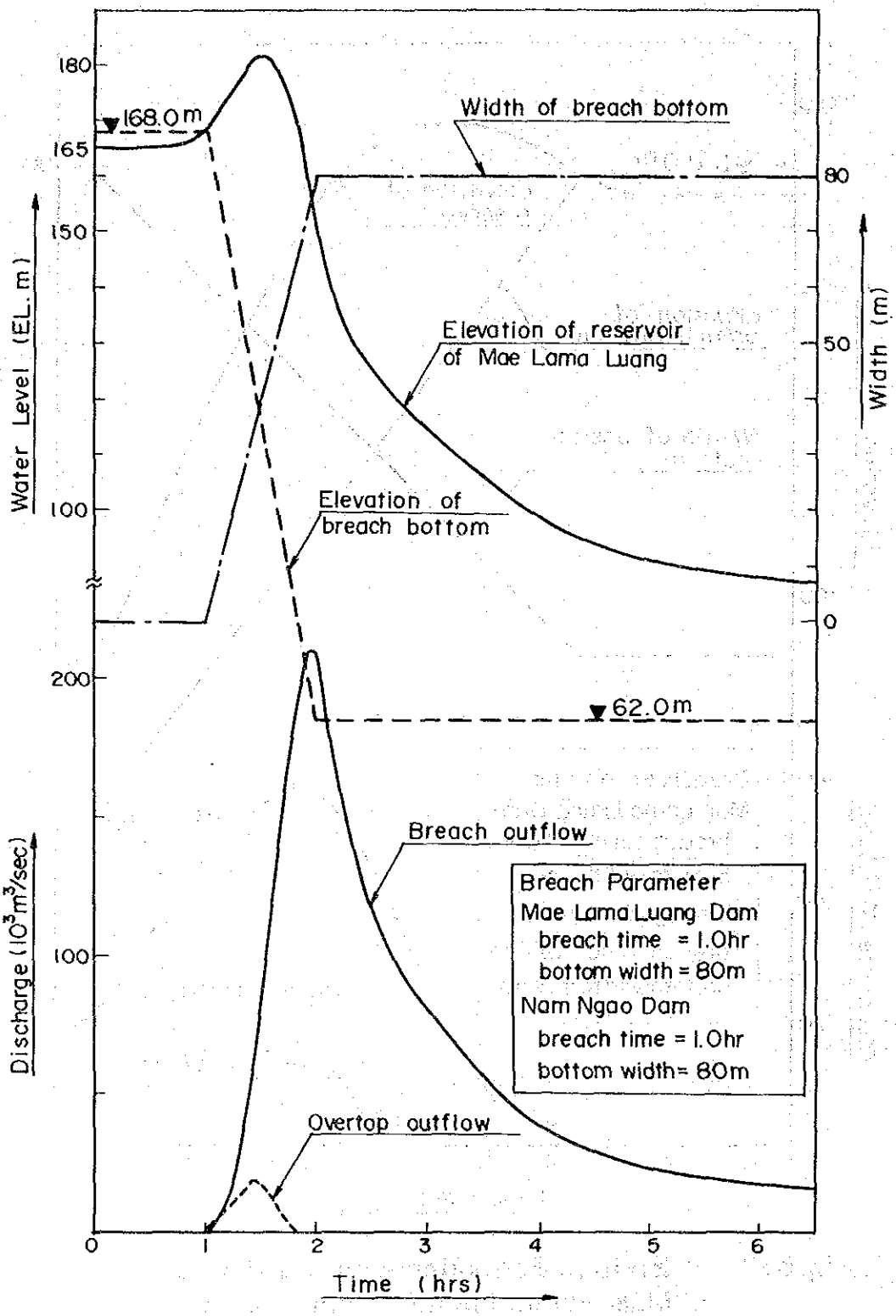


Fig.5-38 Breach Formation and Outflow of Mae Lama Luang Dam due to Nam Ngao Dam Breach in Max. Case

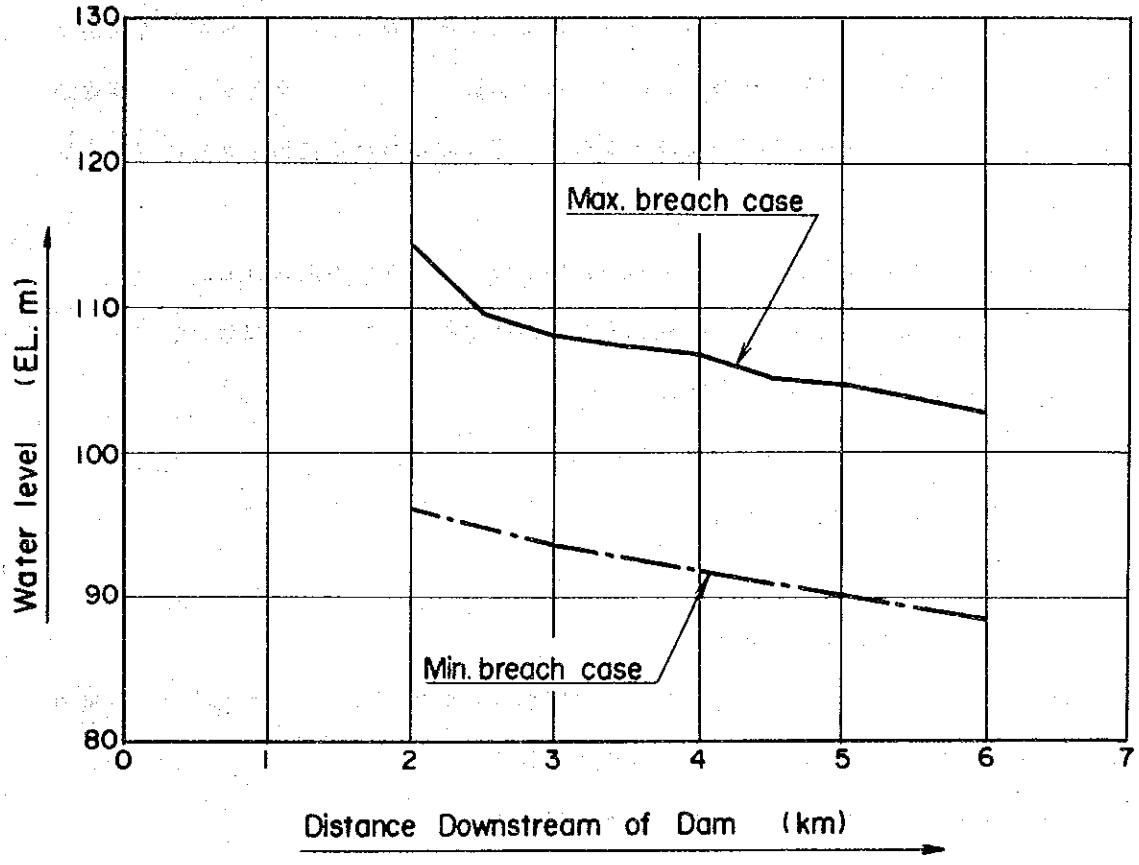


Fig. 5-39 Profile of Max. Water Level Due To Mae Lama Luang Dam Breach By Overtopping