

第4章 気象・水文調査

4.1 概要

今回の調査段階が、「環境影響評価調査」を主体とした調査段階であることを念頭に置き、本計画調査における水文調査の位置付けとして、調査目的・成果を以下のように設定した。

- ① 既存開発計画(Pre-F/S等)で用いられた水文資料のレビュー。
- ② 計画の基礎となる水文量(降水量および流量)のより正確な把握のための基礎作り(新規水文観測施設の設置)。
- ③ 基礎資料の存在状況把握と収集・整理。

すなわち、現段階で収集した水文資料に基づいて Pre-F/S 報告書の水文解析をレビューした。次段階では、今回設置した観測所での観測資料を基に、再度水文解析を見直す必要がある。

4.2 気象・水文観測

4.2.1 水文観測機材の設置

国内準備作業期間中に調達した水文観測用機材を、表 4.2.1 および図 4.2.1 に示す地点(雨量1箇所、水位2箇所)において設置した。

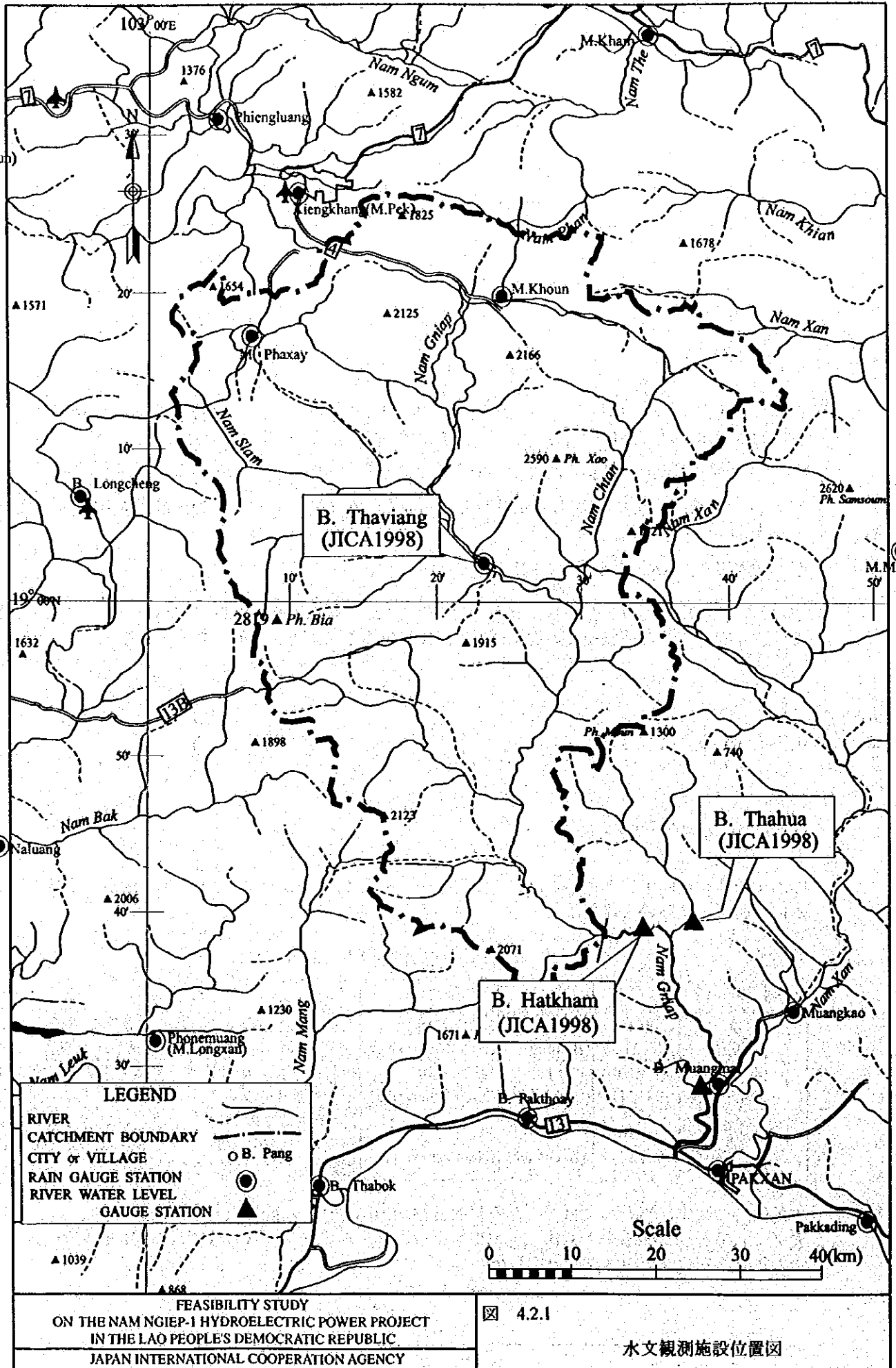
表 4.2.1 新規水文観測施設の概要

No.	観測所名	設置日	地点名	河川名	備考
1.	雨量観測所	平成10年 8月21日	ドン村 (B.Dong)	ナムアップ川 (Nam Ngiep river)	流域中心点付近のドン村の公共施設敷地内に1ヶ月巻式転倒型自記雨量計1式を設置。
2.	河川水位観測所-A	平成10年 9月1日	ハカム村 (B.Hatkham)	ナムアップ川 (Nam Ngiep river)	毎日の観測・維持管理が可能なダム予定地点の下流約8.5kmのハカム村(左岸)に水位標尺を設置。
3.	河川水位観測所-B	平成10年 9月1日	タハ村 (B.Thahua)	ナムアップ川 (Nam Xao river)	ダム予定地点の約10km下流でナムアップ川に合流する支川ナムアップ川において、合流点より約3km上流地点のタハ村に水位標尺を設置。

設置個所の選定に当たっては、既存資料および地形図等による既存水文観測所の配置、維持管理、アクセス等を勘案するとともに、現地視察を行い、現地の状況、常時観測員の確保、周辺地形、流水の状態、安全性等を考慮し決定した。

M. Phoukout

B. Xiengdad
(M. Phoukhout)



4.2.2 雨量観測施設

ナムニアップ川流域内に設置されている既存雨量観測所は、流域最上流部に2箇所、最下流(モンマイ(Muangmai)測水所と同位置)に1箇所の計3箇所である。

上流2箇所の雨量観測所の雨量データは、ビエンチャン市内のラオス国農林省水文気象局に報告されておらず、実際の観測状況は把握されていない。このため、流域降水量の把握と運開後のダム運用等を考慮し、新規雨量観測所の設置箇所は流域のほぼ中心付近が適当であると判断した。従って、タピアン地区に設置することとした。

自記雨量計のバケツは家屋・立木等から10m以上離れた平坦な敷地に設置し、周囲は柵で囲んで人や動物が立ち入らないようにした。バケツと記録器の間のケーブルは土中に埋設した。自動記録器は近くの既存公共建屋内に設置した。

維持管理については、雨量計設置に携わったドン村在住の村民に依頼した。自記記録紙の交換は1回/月であるが、毎朝9時に雨量計の保守・点検を行うとともに、簡易温湿度による気温および湿度の観測も実施させることとした。

JICA調査団により測定された1998年9月から1999年11月までの雨量観測データを、図4.2.2及び表4.2.2に示した。

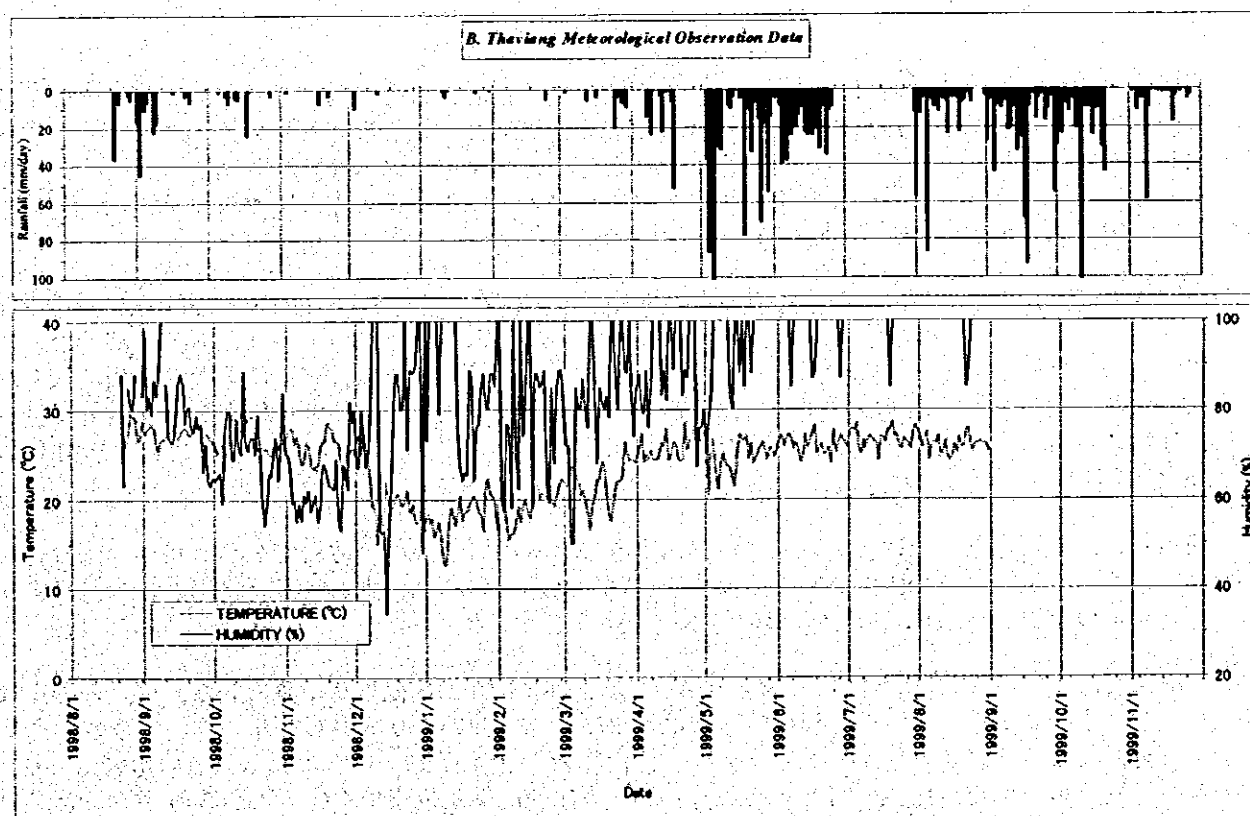


図 4.2.2 雨量及び気象観測データ(タピアン地区)

表 4.2.2 雨量及び気象観測データ(タピアン地区)

Year	Month	Rainfall		Temperature (°C) at AM9:00			Humidity (%) at AM9:00		
		Total (mm/month)	Maximum (mm/day)	Monthly Average	Monthly Minimum	Monthly Maximum	Monthly Average	Monthly Minimum	Monthly Maximum
1998	Aug.	-	-	27.8	29.6	25.9	81.1	88.0	63.0
	Sep.	135.5	45.0	27.4	28.6	25.5	79.1	100.0	63.0
	Oct.	50.0	24.5	26.9	29.9	24.9	70.4	89.0	54.0
	Nov.	12.0	7.5	25.7	28.6	22.3	63.3	82.0	53.0
	Dec.	12.0	10.0	20.4	27.5	14.9	77.5	100.0	34.0
1999	Jan.	7.5	4.0	18.1	22.2	12.6	86.4	100.0	64.0
	Feb.	5.0	5.0	19.5	22.2	15.3	79.3	100.0	57.0
	Mar.	56.5	11.5	21.8	26.4	16.5	83.1	100.0	50.0
	Apr.	128.5	25.0	26.0	33.1	24.1	89.5	100.0	67.0
	May	697.5	56.5	24.8	27.5	20.5	95.4	100.0	70.0
	Jun.	396.0	38.0	26.0	28.3	20.5	97.2	100.0	70.0
	Jul.	-	-	26.8	28.6	24.2	99.5	100.0	85.0
	Aug.	296.0	63.0	26.1	28.0	24.4	99.2	100.0	85.0
	Sep.	519.4	51.5	-	-	-	-	-	-
	Oct.	385.0	53.0	-	-	-	-	-	-
	Nov.	129.0	44.0	-	-	-	-	-	-
	Dec.	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2.3 水位観測施設

(1) 概要

ナムニアップ川流域内に設置されている測水所は、メコン河との合流点に近いモンマイ村付近に量水標が設置されており、1978年から水文気象局によって定期的に管理されている。このデータを利用してダム計画地点の流量を精度良く推定する場合、モンマイ～ダム計画地点間に合流する支川ナムサオ川の流量を差し引く必要がある。このため、ダム計画地点に可能な限り近い測水所(地点A)と、支川ナムサオ川に測水所(地点B)を設ける必要があった。

地点Aの選定に当たっては、ダム計画地点約3km下流にハトサイカム(Hatxay Kham)という小さな村落があったが、ここは、移動性民族であるモン族の村であることから、長期に渡る継続的な水位観測員の確保が困難であると判断された。ハトサイカム村～ハトカム村間には大きな支川流入もなく、また、信頼できる水位観測員の確保、流水の状況、滞在場所の確保等を勘案し、ダム計画地点より約8.5km下流のハトカム村に測水所を設置することとした。なお、ハトカム村では、1991年のPre-F/S時にも測水が行われた実績もある。

地点Bの選定に当たっては、ナムニアップ川本流の背水の影響がない地点でかつ、可能な限り合流点に近く、水位観測員の確保ができる箇所を選定した。この結果、ナムニアップ川との合流点よりナムサオ川を約3km遡ったタプア村に量水標を設置することとした。

水位標尺は1.0m長の金属製プレートを川岸から岸上部に向かって階段状に設置した。標尺の固定はパクサン市内で調達した木杭とした。木杭は水流によって傾いたり流失したりしないようコンクリートを打設し、基礎固めを行なった。なお、本年(1998年)の雨期(7～9月)は異常気象の影響により、対象地域一帯が例年に比べ少雨であったことから、比較的低水位まで水位標尺を設置することができた。設置した標尺の合計長さは表4.2.3の通りである。

表 4.2.3 水位標尺設置長

地点名	設置場所	標尺の合計長
地点 A	ナムアップ川左岸ハカム村(Nam Ngiep, B.Hatkham)	15m=9m+6m
地点 B	ナム材川左岸タツ村(Nam Xao, B.Thahua)	12m=8m+4m
合計		27m=17m+10m

また、水位の観測については、2箇所とも各村の村長に依頼し、毎日朝 6:00 と夕方 18:00 の2回、河川水位を 1cm 単位で記録するとともに、天候等を合わせて記入することとした。

(2) 水位標尺の追加設置

雨期にあたる第1次現地調査期間中に設置した水位標の下限では、乾期の水位低下時には水位を測定できない。そのため、乾期に実施した第2次現地調査時に、低水位用の水位標尺を追加設置した。設置追加長は、地点 A で 6m、地点 B では 4m とし、調査団が持ち込んだ水位標尺を HPO が設置することで実施した。

(3) 流量観測

日本国内から購送したブライス型流速計を、第1次現地調査時に MIH に貸与するとともに、実際上記水位観測所2箇所(B.Hatkham 及び B.Thahua)において、流量観測技術を MIH 担当者に指導した。

流速測定のための測線は、設置した量水標の近くで流れが直線に近い場所を選び、河川横断方向に設定した。また、両地点とも流速および河川断面の測定はボートに乗船して流速計を用いて行なった。表 4.2.4 に現地調査時及び HPO が独自に実施した流量観測結果を示す。各測点での水位-流量曲線は図 4.2.3 に示した。また、洪水時の流量観測方法として、竹製の浮子を数本作成するとともに、浮子法による流量観測方法についても指導した。

表 4.2.4 流量観測結果

No.	河川名	地点名	観測日	時刻	天候	観測流量 (m ³ /s)	水位標水位 (m)	観測方法
A-1	ナムアップ川	ハカム村	1998.9.2	13:20	晴	535.21	12.22	流速計法
A-2			1998.12.8	16:15	曇	40.01	9.65	
A-3			1999.2.9	13:25	晴	23.89	9.83	
A-4			1999.5.29	11:15	曇	169.83	10.68	
A-5			1999.6.25	14:40	曇	358.28	11.57	
A-6			1999.8.3	9:25	曇	229.29	11.19	
A-7			1999.9.5	11:15	曇	250.91	11.14	
A-8			1999.10.9	10:00	曇	184.84	10.77	
A-9			1999.11.28	13:00	晴	76.20	10.15	
A-10			2000.1.27	15:20	晴	67.62	9.6	
B-1	ナム材川	タツ村	1998.9.2	18:30	晴	57.16	11.61	流速計法
B-2			1998.12.9	12:30	曇	1.38	9.57	
B-3			1999.2.10	11:30	晴	0.34	9.44	
B-4			1999.5.29	14:06	曇	7.91	11.48	
B-5			1999.6.26	16:40	曇	22.81	11.78	
B-6			1999.8.3	11:50	曇	48.14	11.52	
B-7			1999.9.5	12:40	曇	21.462	10.74	
B-8			1999.10.9	12:20	曇	18.83	10.32	
B-9			1999.11.29	12:35	晴	2.86	9.7	
B-10			2000.1.27	18:15	晴	1.9	9.48	

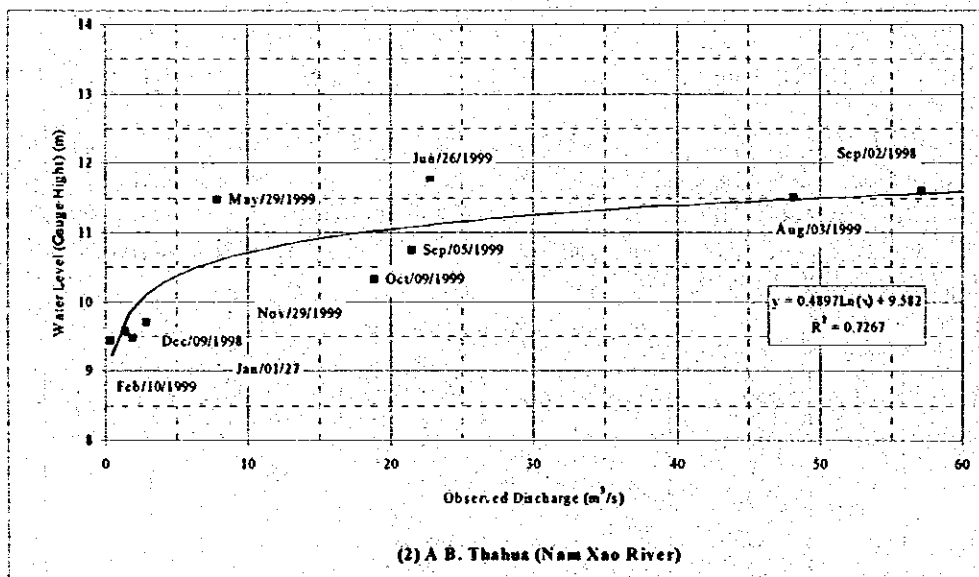
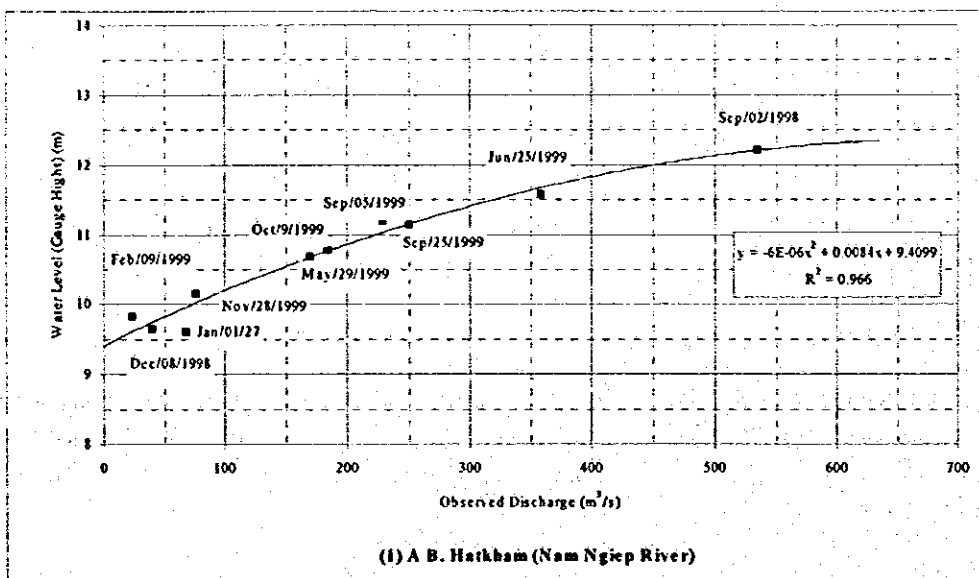


図 4.2.3 水位 - 流量曲線

今後、引き続き定期的(月1回以上程度)に流量観測を実施するように調査団は MIH へ要請した。また、この他、前述の雨量観測記録紙の回収・補充および定期保守点検についても MIH 側で責任を持って管理・実施するよう要請した。MIH はこれを基本的に了承した。ただし、同観測に必要な費用については日本側の負担を要請した。

(4) 観測記録

JICA 調査団により測定された降雨及び水位データを図 4.2.4 に示した。

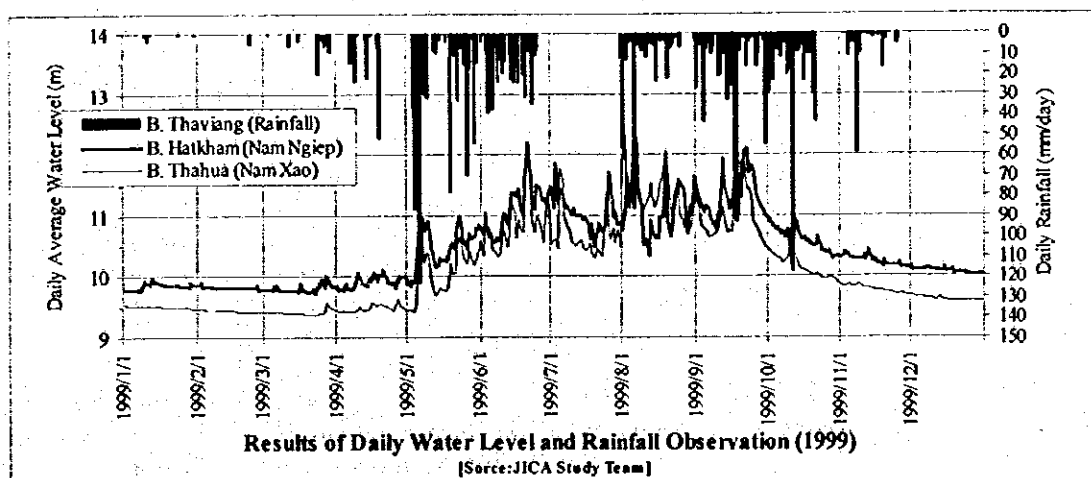


図 4.2.4 JICA 調査団観測の降雨及び水位データ

4.3 気象・水文資料の収集

4.3.1 概要

現地調査時に収集した水文・気象データを表 4.3.1 に示す。大半のデータは統一した形式等による電子媒体とはなっていない。ハードコピーやタイプライターによる出力(清書)、手書きの資料として各関連機関が保管しており、主要地点のデータのみ水文気象局に報告されている。これら水文気象局に報告されたデータのみが、メコン委員会で年報として出版・報告されている。以下、気象、流量資料について、事前調査団報告書および水文気象局等でのヒアリングを基にその概要を述べる。

4.3.2 降雨資料

(1) 概要

本調査計画地点は、北緯 18°39'、東経 103°30' に位置する。この地域は、熱帯気候区域、すなわち冬期には明確な乾期をもち、夏期に南西季節風(アジアモンスーン)による雨期をもつ気候区に属する。

対象流域は、図 4.3.1 に示すように、南西季節風の影響により 5 月～10 月までの雨期をもち、年降水量の約 9 割がこの期間に降る。乾期は 11 月～4 月で、この期間には年降水量の 1 割程度しか降らず、年によっては月降水量が 0mm の月もある。

対象流域では、その地形に起因して年間降水量は他流域と比べ、非常に高いと考えられる。シナ海で発生したサイクロン(熱帯性低気圧)は、通常メコン溪谷の左岸または右岸に阻まれながら北上して来るが、ナムニアップ川流域付近に達すると、上記の流域北西部にそびえる高い山々と急峻な壁に阻まれて通過できず、低気圧が消滅するまで停滞することが多い。それ故に、これらの地域では、年降水量が 2,000 mm/年以下であるような他の地域に比べて年降水量が多く 3,000 mm/年近くにも達する。

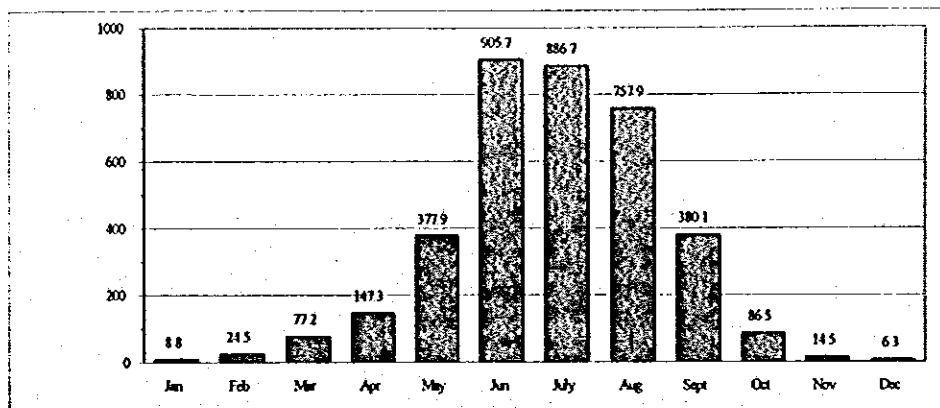


図 4.3.1 月別平均降水量の分布(モンマイ観測所)

また、雨の降り方についても短い夏の間集中して降るため、流域が豊かな植生で覆われているにもかかわらず流出量は非常に大きいといえる。

(2) 雨量観測所

ナムニアップ川流域内に設置されている既存の雨量観測所は3ヶ所で以下の通りである。

- ① 最上流域に設置された M. Khoun (設置年不明)
- ② 最上流域に設置された M. Phaxay (設置年不明)
- ③ 最下流域に設置されたモンマイ村 (1987年設置)

上記雨量観測所は農林省・気象水文局(DMH)所属のもので、同局によって管理運営がなされている。

本調査団は1998年にタピアン地区に新規の自記雨量計を設置した。同地区はナムニアップ川流域のほぼ中心に位置し、流域平均雨量及び流域雨量特性を推定する上で最適な場所といえる。

ナムニアップ川流域近傍には全体で12ヶ所の雨量観測所があり、各観測所の名称及び位置は表4.3.2及び図4.3.3に示す通り。

表 4.3.2 雨量観測所

No.	流域名	観測所名	県名	
1.	Nam Ngiep	M.Khoun	Xiengkhuang	
2.		M.Phaxay		
3.		B.Muangmai		Bolikhamxay
4.	Other Basin	Pathouay	Bolikhamxay	
5.		Pakxan		
6.		Muan Kao		
7.		Houayleuk		
8.		Thabok		
9.		Xiengkhuag		Xiengkhuang
10.		Naluang		Xaysomboun Special Zone
11.		Vientiane		Vientiane
12.		Van Vieng		

(3) 降雨資料

上記観測所より入手可能な雨量データは表4.3.2に示す通り極端に乏しい。30年以上連続した長期雨量記録はナムニアップ川流域内及び近傍ですら入手不可の状態である。

4.3.3 水文資料収集

(1) 水文地形

図 4.3.2 に示すように、ナムニアップ川は北から南へ標高 1,200m (3,940ft)のトラニン高原に端を発し、標高 160m (520ft)のメコン平原まで密林地帯を貫流する。また、流域の西側と北側は、浸食により非常に急峻な斜面が切り立っている。流域の最高標高は 2,819m (9,249ft)であり流域の西端に位置する。

1:100,000 地形図を用いて、ナムニアップ川流域を主要支川流域毎に区分し、その面積をプランメータにより計測した。図 4.3.3 に分割流域毎の面積を示す。主要地点の集水面積は、表 4.3.3 の通りである。

表 4.3.3 主要地点における集水面積

番号	地点	集水面積 (km ²)
1.	上流流れ込み式サイト	765
2.	支川流れ込み式サイト、ポアン川(Nam Phouan)	473
3.	ナムニアップ-Iダム計画地点	3,700
4.	支川サオ川(Nam Xao)	313
5.	モンマイ水位観測所	4,320
6.	ナムニアップ川最下流点(メコン河合流点)	4,533

ただし、既存資料によれば、モンマイ水位観測所地点の集水面積については、下表に示す通り、公表値が数種類もあり、各機関によりその値は大きく異なっている。本調査では、今回調査で測定した値と、Pre-F/S(1991,Sogreah)の発表している値が最も近いことから Pre-F/S と同じ値 4,320km²を用いることとした。

表 4.3.4 モンマイ測水所地点における集水面積公表値の相違

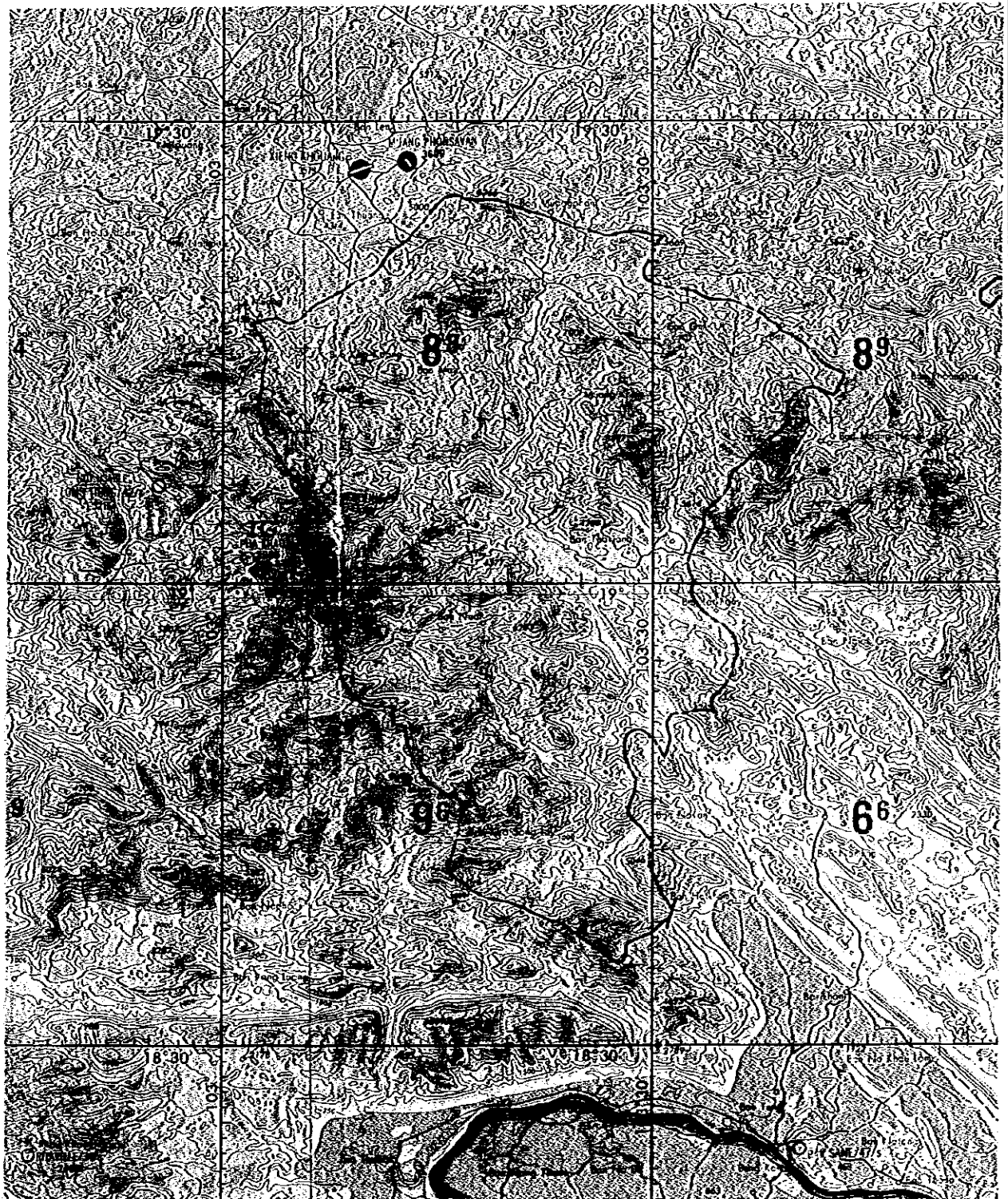
番号	出典	集水面積 (km ²)
1.	Lower Mekong Hydrologic Yearbook (Mekong River Commission)	4,270
2.	Hydrological Data Book (1997,DMH(MAF) & JICA)	4,305
3.	Hydropower Layout of Nam Ngiep 1 Pre-Feasibility Study (Jan 1991,Sogreah & HEC)	4,320
4.	Power System Planning in MIH, Final Report (1998,MIH & Knight Piesold)	4,367

(2) 水位資料

ナムニアップ川流域内の水位観測所は1ヶ所のみで、モンマイ村に設置されている。量水標による水位観測は DMH によって 1978 年に開始され、1986 年からはメコン委員会による自記水位計が設置されている。量水標による水位観測所は DMH 所属のもので、DMH によって管理運営されている。自記水位計による水位観測所はメコン委員会の所有であるが、管理運営は DMH が行っている。水位記録は月に一度定期的に DMH に送られている。

モンマイ村での水位データは 1978 年から 1997 年まで入手可能であるが、1981 年、1984 年及び 1986 年のデータは欠測のため入手不可である。

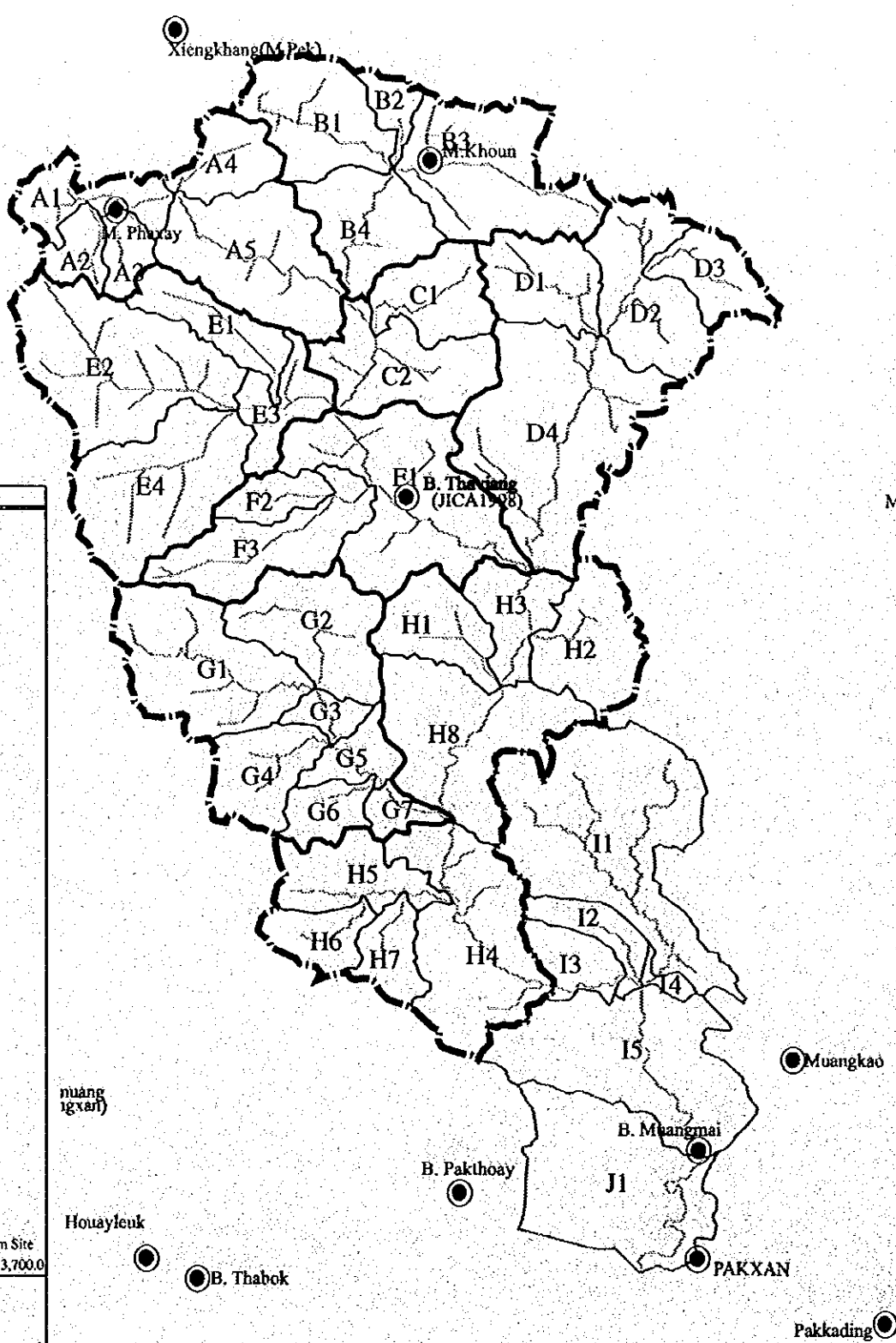
本調査団は計画ダム地点での流入量推定の精度を上げることを目的として、1998 年 B.Hatkham と B.Thahua の2ヶ所に量水標による新規水位観測所を設置した。B.Hatkham はナムニアップ I 計画ダム地点下流約 8.5km に位置し、また B.Thahua は計画ダム地点下流約 10km でナムニアップ川と合流するナムサオ川の約 3km 上流に位置する。



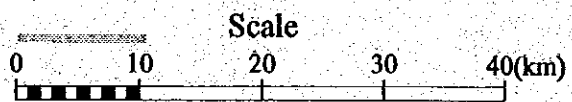
FEASIBILITY STUDY
 ON THE NAM NGIEP-1 HYDROELECTRIC POWER PROJECT
 IN THE LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 4.3.2

ナムニアップ川流域周辺の地形概念図



No.	Area (km ²)		
A1	62.3		
A2	34.0		
A3	29.9		
A4	56.2		
A5	167.5	349.8	
B1	116.5		
B2	25.5		
B3	170.6		
B4	102.4	415.1	
C1	77.8		
C2	120.3	198.0	
D1	85.7		
D2	125.0		
D3	61.0		
D4	273.1	544.8	
E1	66.7		
E2	212.8		
E3	57.8		
E4	176.4	513.7	
F1	224.4		
F2	36.2		
F3	118.8	379.4	
G1	171.0		
G2	122.0		
G3	23.9		
G4	77.3		
G5	38.4		
G6	40.1		
G7	24.3	497.1	
H1	76.3		
H2	102.9		
H3	66.1		
H4	195.3		
H5	82.9		
H6	47.5		
H7	44.7		
H8	186.3	802.1	Dam Site 3,700.0
I1	304.2		
I2	38.8		
I3	44.4		
I4	9.2		
I5	223.5	620.0	Muangmai 4,320.0
J1	213.2	213.2	213.2
Total	4,533.1	4,533.1	4,533.1



FEASIBILITY STUDY
ON THE NAM NGIEP-1 HYDROELECTRIC POWER PROJECT
IN THE LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 4.3.3

流域分割図

また、本調査団は、DMHがナムニアップ川最上流域のB.Phoneyengに、量水標による新規水位観測所を設置したことを確認している。DMHの報告によれば、同観測所地点の流域面積は279km²であるが、設置年及び設置場所の詳細はDMHから得られていない。

(3) 流量観測

モンマイ村における流量観測はDMHにより1987年より行われており、観測結果はDMHからメコン委員会に送られ、1988年以来、メコン下流水文年鑑に報告されている。

水位-流量曲線は1988年以来行われている各年の流量観測結果を基に、メコン委員会が評価し確定している。各年の流量観測回数及び確定された水位-流量曲線は1988年から1993年までメコン下流水文年鑑に報告されている。1993年以降の水文年鑑は出版されていない。

(4) 流量資料

上記水位-流量曲線により推定されたモンマイ村での流量データは1988年から1993年まで公式なものとしてメコン下流水文年鑑にまとめられている。また、本調査団は1994年から1997年までのモンマイ村の流量データ(電算出力結果)を流量観測結果と共にDMHより1999年入手した。ただし、流量変換に用いられた水位-流量曲線は未入手である。

(5) 日流量変動

メコン河委員会(MRC)が計測しているナムニアップ川下流モンマイ測水所の日平均水位データ(1978年~1997年)と実測流量(1988年~1993年)の内、1988年~1993年については、同河委員会が毎年発行している「Lower Mekong Hydrologic Yearbook」に、換算後の日平均流量が示されているため、この値を示した。ハイドログラフからも明確な雨期と乾期の流量の差がはっきりと現れており、雨期の流量変動も大きく激しいことが分かる。図4.3.4にモンマイ地点の日流量変動図を示す。

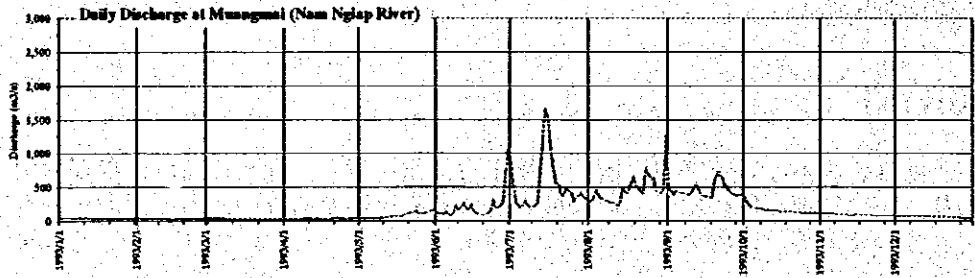
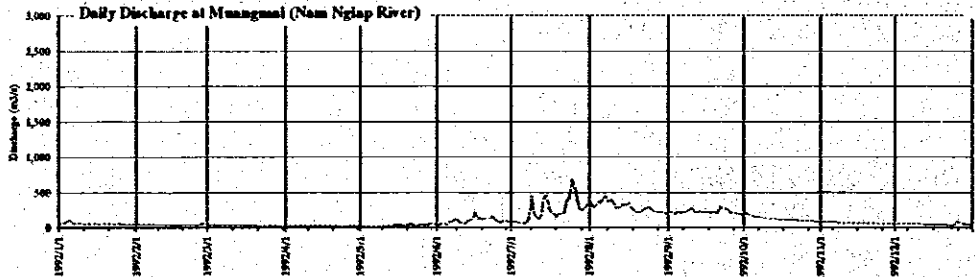
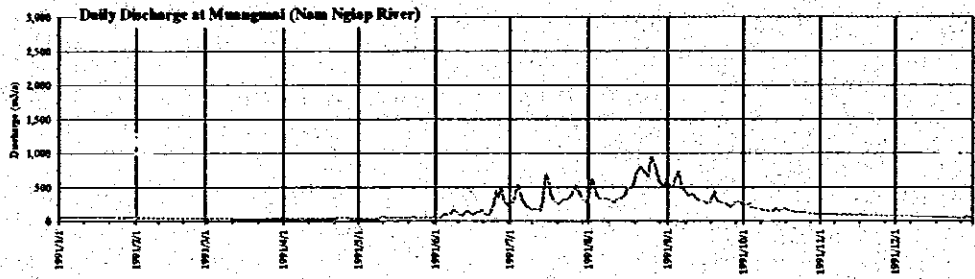
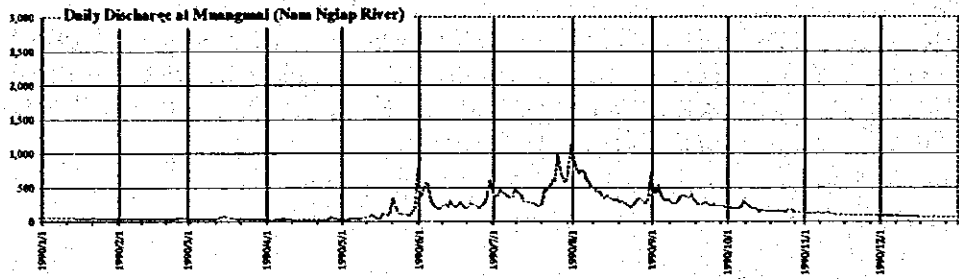
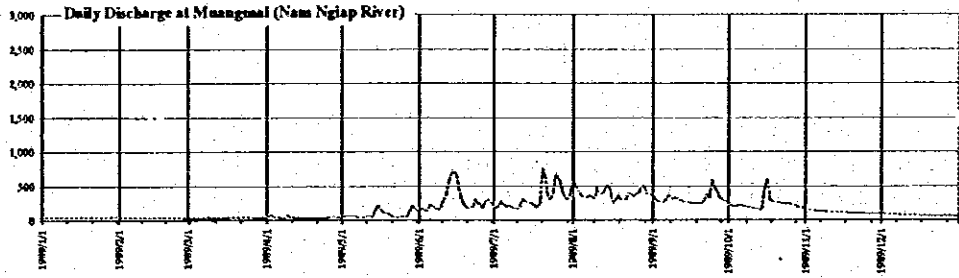
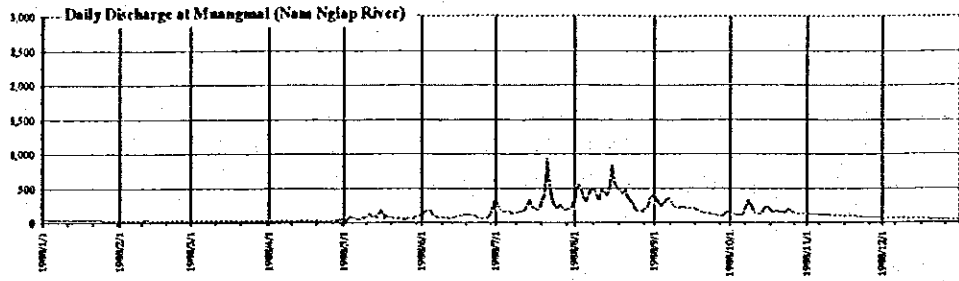
一方、洪水時のハイドログラフの逓減の形状を見ると、流域の規模が大きく密林で覆われた流域でありながら、ピークが比較的鋭敏であり逓減も早いことがわかる。これは、スコールのような降雨のパターンに似た短期集中豪雨が多いことにもよるが、流域の勾配が切り立っており、しかも流域の表層地盤の透水性があまり高くない(即ち、保水性が低い)か、或いは表層土壌下すぐに不透水性の岩盤や粘土層がある可能性を示唆している。

4.4 気象・水文資料解析

4.4.1 雨量観測資料

(1) 雨量観測網

前章で述べた通り、ナムニアップ川流域の流域平均雨量算定を行うためには、現在の雨量観測網は不十分であり、かつ精度が極めて低い。流域近傍にある複数の雨量観測所の観測データを用いて流域周辺だけの等雨量曲線或いはテイーセン法を適用したとしても、信頼性の高い流域平均雨量算定は不可能である。



FEASIBILITY STUDY
ON THE NAM NGIEP-I HYDROELECTRIC POWER PROJECT
IN THE LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 4.3.4
モンマイ地点の日流量変動図(1988-1993)

(2) 流域平均降雨量

1989年以來メコン委員会は毎年メコン河下流域全体を対象とした年平均等雨量曲線を作成し、1993年までメコン河下流水文年鑑に公式に報告している。

本調査団はメコン委員会が作成した上記広域年平均等雨量曲線を基に、ナムニアップ川流域の年平均等雨量を試算した。

以下、検討結果を示す。

表 4.4.1 モンマイ測水所流域年平均雨量

Year	年平均降雨量 (mm)
1989	2,150
1990	3,070
1991	1,870
1992	1,550
1993	2,950
Average	2,320

これらの年平均雨量算定値(MAP)は、長期の値ではなく単なる参考値と見なすことが出来るが、後述する通りモンマイ村での各年の年平均流入量と比較することが可能である。

4.4.2 水文観測資料

(1) モンマイ観測所の水位資料

水位観測は流域内の流入量及び流況を数値化する唯一の直接観測法である。したがって、モンマイ村での水位観測記録の信頼性を最初にレビューし精査する必要がある。

量水標による水位観測は通常朝7時に1回行われ、雨天日は朝7時及び夕方5時の2回である。毎日の水位観測は観測員として雇用された近傍の村民により的確に実施されている。圧力式の自記水位計による水位観測はDMHによって首尾よく運営管理されていると言える。

モンマイ村水位観測所での流れはほぼ等流であり、河道も直線形状を成す。水位計設置場所の横断面は単一矩形断面形状であり、洪水氾濫域をもたない。複数の量水標が河床から8mまで設置され、低水位から高水位までの観察が可能となっている。

メコン河の水位による水位計位置までの背水影響をモンマイ村とメコン河パクサンの過去の水位記録比較により精査した。パクサンはモンマイ村より12km下流に位置し、ナムニアップ川との合流点に設置されている。

メコン河下流水文年鑑に報告されている1988年から1993年までの両水位記録から、水位差が最も小さいケースは1993年9月9日に発生したことが判った。以下、詳細を示す。

表 4.4.2 パクサン-モンマイ間最低水位差(1988-1993)

Date of Occurrence	Measure at Pakxan		Measure at B.Muangmai		Difference of Water Level (m)
	W.L Gauge (m)	W.L (EL.m)	W.L Gauge (m)	W.L (EL.m)	
Sept. 9, 1993	11.34	153.465	3.59	156.102	2.637

Note : Zero of gage at Pakxan and B.Muangmai is 142.125 and 152.512 m above M.S.L., respectively.

水位差比較検討により以下のことが判明した。

- ① パクサン及びモンマイのゼロ水位標高の差は 10.387m である。
- ② 両水位計位置間の河道延長は 11.8km である。
- ③ 両水位計位置間の平均勾配は 1:1,136 である。
- ④ パクサンとモンマイの水位差が最も小さくなる時期は毎年雨季の終わりに発生し、パクサンのメコン河水位が依然高く、モンマイの水位が低くなった状況でおきる。
- ⑤ 1988年から1993年までの水位差の最低値は 2.637m で 1993年9月9日に発生した。
- ⑥ 1993年9月9日のモンマイでの水位は 3.59m で、流量は 384m³/s と推定される。
- ⑦ 同日のモンマイでの流速は 1994年の流量観測記録からおおよそ 1.0m と推定できる。

最低水位差発生時の河川及び流れに関する上記検討の結果、予備的には以下の通り考察できる。すなわち、メコン河パクサン地点の水位による背水がモンマイ地点にまで及ぶ可能性は極めて低いと考えられる。また、例えあったとしても河川水理学的には無視できる程度であると判断される。

(2) モンマイ観測所の水位流量曲線

メコン河下流水文年鑑に報告された 1988年から1993年までの各年の流量観測回数は、以下に示す通りである。

表 4.4.3 各年の流量観測回数

No.	Year	Range of Measurements (m)	Number of Measurements	Maximum Daily Water Level (m)
1.	1988	0.35 - 6.90	16	7.00 (July 21)
2.	1989	0.34 - 4.03	18	7.20 (July 20)
3.	1990	0.38 - 4.89	19	7.56 (July 31)
4.	1991	0.32 - 5.03	20	6.85 (August 25)
5.	1992	0.56 - 4.01	15	6.95 (July 25)
6.	1993	N/A	N/A	9.71 (July 15)

各年の水位流量曲線はメコン河下流水文年鑑に示す通り、年数回行われる流量観測に基づいて決定される。しかし、1993年に限っては 1991年から1993年までで選ばれた 24回の流量観測結果によって作成されたとの報告がメコン河下流水文年鑑にある。1993年の流量観測回数は上記年鑑(1993年度版)には示されていない。

各年の流量観測回数は良好であり、水位流量曲線作成に支障はないと考える。しかし、各年の水位流量曲線の信頼性及び適用性については MRC 或いは DMH から流量観測記録を追加収集して確認すべきと考える。

(3) モンマイ観測所の流量観測資料

モンマイ日流量推定値について 1988年から1993年までメコン河下流水文年鑑より、また 1994年から1997年までは DMH より入手済みである。これら日流量は今後流量観測記録やメコン委員会の水位流量曲線決定方法などの追加資料収集により評価する必要がある。

本調査団はモンマイ村での年平均流出量推定値と年平均雨量推定値との関係を表 4.4.4 に示す通り調べた。

本解析結果により、以下の事項が明らかになった。

- ① 1989年から1993年までの各年の流出係数は0.42～0.61の範囲であり、平均値は0.51である。
- ② 1989年から1997年までの年平均流出高は1,367mmである。
- ③ 1994年から1997年までの年平均流出高は1,640mmで、1989年から1997年までの年平均流出高の1.43倍である。

表 4.4.4 モンマイ村での年平均流出量推定値と年平均雨量推定値の関係

Year	Mean Annual Precipitation (mm)	Mean Annual Runoff (mm)	Runoff Ratio
1988	-	880	-
1989	2,150	1,200	0.56
1990	3,070	1,290	0.42
1991	1,870	1,150	0.61
1992	1,550	770	0.50
1993	2,950	1,320	0.45
Average (89-93)	2,320	1,150	0.51
1994	-	1,930	-
1995	-	1,720	-
1996	-	1,280	-
1997	-	1,640	-
Average (94-97)	-	1,640	-
Average (89-97)	-	1,367	-

4.5 ダム地点月平均流量資料解析

4.5.1 水文資料の検討

(1) メコン河下流域水資源開発調査

後述する通り、1997年2月ラーメイヤー社等が行ったラオス全国水力開発計画の中間報告書が提出されたが、同報告書の中で下記に示すメコン河下流水資源インベントリー調査が行われ、同調査によって既にナムニアップ1プロジェクトが水力案件として取り上げられていることが報告されている。

- ① Inventory of Promising Tributary Projects in the Lower Mekong, Basin, Mekong Secretariat, December 1970
- ② Lower Mekong Water Resources Inventory, Summary of Project, Possibilities, prepared by WATCO for the Mekong Secretariat, September 1984.

上記中間報告書では、以下の水文推定値が簡単に引用されている。

表 4.5.1 ナムニアップダム地点水文指標

Drainage Area of Nam Ngiep Dam Site (km ²)	Mean Annual Runoff (m ³ /s)
3,730	152

年平均流出量の算出根拠は示されていないが、おそらくダム地点の年平均雨量及び地域流出率を用いた地域水文気象解析による算定であろう。詳細に関しては未入手である。

(2) ナムニアップ PRE-F/S 調査

ナムニアップ1水力 Pre-F/S はソグレア社によって実施され、1991年1月に終了した。その後、Pre-F/S 再調査により最新のものとされ1995年11月最終報告書が提出された。

本調査団は水文調査に関し、下記報告書を入手した。

- ① Prefeasibility Study on Hydropower Layout of Nam Ngiep 1, Sogreah and HEC, January 1991 (both in English and in French).
- ② Hydropower Development of Nam Ngiep 1, updating of revised prefeasibility study, Sogreah, November 1995.

Pre-F/S では下記の水文気象解析を行っている。

- ① ナムニアップ1水力ダム地点の流域面積(=3,700km²)
- ② 地域降雨解析によるナムニアップ1水力ダム地点の年平均雨量の推定
 - 年平均降雨量(MAP)=2,960mm
- ③ 確率理論に基づくナムニアップ1水力ダム地点の年平均流出量の推定
 - 年平均流出量(MAR)=1,798mm(210.8m³/s)
 - 流出率=0.61
- ④ 推計学理論に基づく合成流量モデルによるナムニアップ1水力ダム地点の月平均流量算出(Xedon川のBan NanayとNam Ngumダム地点の既存観測月流量から求めた、年総流量の月分散、月流量と年流量との相関係数、月流量平方根の変動係数を用いている。)
 - ナムニアップ1水力ダム地点での20年間の合成月流量(2ケース)

(3) ラオス国全国水力発電開発計画

ラオス全国水力開発計画はラーメイヤー社等によって1994年6月に開始され、水力案件インベントリー調査結果を含む中間報告書は1997年2年に提出された。

同計画は下記項目をレビューしている。

- ① 既に確認された水力案件
- ② 水文気象データの入手可能性
- ③ 開発地点及び水文などの上記水力案件特性

本水力開発計画において、ナムニアップ1水力プロジェクトは対象とされていない。これはナムニアップ1水力がIPPとして開発するとした合意書があるためである。しかしながら、本水力開発計画による水文気象調査はナムニアップ1水力開発地点での信頼性の高い長期月流量推定を行っており、本調査団にとって貴重な情報を提供している。

本水力開発計画は、ラオス国全域をカバーする以下の水文気象解析を実施している。

- ① メコン委員会より得られた1991年までの雨量及び流量データの利用度検討
- ② 基準期間(1962年から1991年までの30年間)での年平均雨量及び流量の推定

- ③ ラオス国全域の年平均等雨量曲線の作成
- ④ メコン河支流流域の単純化された分割流域モデルの確立
- ⑤ 流域モデルから得られた水文特性を用いた基準期間 30 年の各プロジェクト開発地点月流量の推定

1962年から1991年までのモンマイ村での年平均雨量及び流量の推定値は、以下に示す通りである。

表 4.5.2 モンマイ測水所年平均雨量・流量推定値(1962-1991)

Area (km ²)	MAP (mm)	MAR (mm)	MAR (m ³ /s)	Runoff Ratio
4,367	2,409	1,332	184.5	0.55

(4) ナムテン第2開発計画

ナムテン2水力代替案調査はラーメイヤー社とウォーリー社によって実施され、最終報告書は1998年3月に提出された。

本調査は下記解析を含むナムテン2 HEPP 以外の水文調査をレビューしている。

- ① 既存水文調査のレビュー
- ② 各 IPP プロジェクト地点の流量推定

ナムニアップ1水力に対する年平均流量の推定値は以下の通りである。なお、この解析に用いられた手法は、ラオス全国水力開発計画と同様のものである。

表 4.5.3 ナムニアップ1ダム地点年平均流量推定値(1966-1995)

Catchment Area (km ²)	Mean Annual Runoff (mm)	Mean Annual Runoff (m ³ /s)
3,700	1,383	162

ナムニアップ1水力開発地点の1966年から1995年までの30年月流量は、後述する表6.3.7に示す通りである。なお本調査報告書では、ナムニアップ1ダム地点での年平均雨量は示されていない。

(5) ラオス国電力システム計画

ラオス電力システム計画はナイトピエソールド社によって1996年に実施され、工業工芸省(MIH)内における適切な技術混合の開発支援を行うことを目的としている。ただし、本調査はナムニアップ1水力を対象としていない。1998年1月に調査終了し、最終報告書が提出されている。

本調査は既存調査計画をレビューし、基本的には前述のラオス全国水力開発計画によって推定された測水所及びプロジェクト地点の年平均雨量及び流量を用いている。したがって、本調査による新規水文気象調査は実施されていない。

4.5.2 月平均流量の検討

(1) 流域面積

ナムニアップ1ダム地点及びモンマイ測水所の流域面積は、既存の調査により幾つか推定されており、以下の通りまとめられる。

また、本調査団は 1:100,000 地形図を用いてナムニアップ 1 ダム地点及びモンマイ測水所の流域面積を算出したが、その結果は 1991 年ソグレア社が実施した Pre-F/S 調査結果と同様であった。

表 4.5.4 ナムニアップ 1 ダム地点及びモンマイ測水所の流域面積推定値比較

Study (or Organization)	C/A at Dam Site (km ²)	C/A at B.Muangmai (km ²)
1. Mekong River Commission (*)	-	4,270 (98.8 %)
2. DMH (1997) (**)	-	4,305 (99.7 %)
3. Inventory Study by MRC (1970)	3,670 (99.2 %)	-
4. Pre-feasibility Study (1991)	3,700 (100 %)	4,320 (100 %)
5. Hydropower Development Plan (1997)	-	4,367 (101.1 %)
6. Nam Theun 2, Study of Alternatives (1998)	3,700 (100 %)	-
7. JICA Study (1998)	3,700 (100 %)	4,320 (100 %)

Note : (*) Lower Mekong Hydrologic Yearbook (1988-1993)

(**) Hydrological Data Book on the Mekong River Basin in Lao PDR (An Interim Report)

(2) 年平均雨量及び流量

ナムニアップ 1 ダム地点及びモンマイ測水所の年平均雨量及び流量は、下記の通り既存調査によって検討されている。

表 4.5.5 ナムニアップ 1 ダム地点の年平均雨量及び流量推定値比較

Study	Mean Annual Precipitation MAP(mm)	Mean Annual Runoff MAR(mm)	Mean Annual Runoff MAR(m ³ /s)	Runoff Ratio	Note
Inventory Study (MRC in 1970)	-	1,607	187	-	No further data is available.
Pre-F/S (Sogreah in 1991)	2,960	1,798	210.8	0.61	Annual rainfall-runoff Model (20-year) Synthetic Flow Model to generate monthly runoff series.
Nam Theun 2 Study of Alternatives (Lahmeyer & Worley in 1998)	-	1,383 (1966-1995)	162 (1966-1995)	-	30-year monthly runoffs at the dam site were estimated. The same procedure was adapted with Hydropower Development Plan.

表 4.5.6 モンマイ測水所の年平均雨量及び流量推定値比較

Study	Mean Annual Precipitation MAP(mm)	Mean Annual Runoff MAR(mm)	Mean Annual Runoff MAR(m ³ /s)	Runoff Ratio	Note
Hydropower Development Plan (Lahmeyer & HP in 1997)	2,409 (1962-1991)	1,332 (1962-1991)	184.5 (1962-1991)	0.55	The estimated monthly runoff at B.Muangmai is not obtained by the Study Team.
Hydrologic Yearbook (MRC)	2,320 (*) (1989-1993)	1,150 (1989-1993)	157.5 (1989-1993)	0.51	Annual isohyetal maps and runoff data from 1989 to 1993 are also obtained from MRC. Runoff data from 1994 to 1997 are obtained from DMH.
	- (1989-1997)	1,367 (1989-1997)	187.3 (1989-1997)	-	

Note : Mean annual precipitation was estimated by the Study Team.

(3) 年平均流入量

本調査団は、ナムテン2代替案調査及びメコン委員会の水文年鑑でのモンマイ測水所年平均流入量を下記の通り比較検討した。

表 4.5.7 モンマイ測水所年平均流量推定値比較

Year	Annual Average Runoff by Nam Theun 2 Study of Alternatives (m ³ /s) (*2)	Hydrologic Yearbook by MRC (m ³ /s)
1988	117	120
1989	159	164
1990	172	177
1991	151	158
1992	105	106
1993	173	181
1994	281	264 (*1)
1995	221	236 (*1)
Average	172.4 (98.1 %)	175.8 (100 %)

Note: (*1) Runoff data in 1994 and 95 were obtained from DMH.

(*2) Annual average runoff was originally estimated at the Nam Ngiep dam site by Nam Theun 2 Study. Annual average runoff at B.Muangmai was estimated using Catchment area ratio (=4,367/3,700) by the Study Team.

4.5.3 月平均流量の評価

(1) 流域面積

モンマイ村及びナムニアップ1ダム地点の流域面積の算定に関しては、本調査を含め7つの調査がある。各算定値の差は無視できる範囲で、本調査による推定値のおよそ1%以内である。

従って、下記に示す通り、今後の調査計画に適用するモンマイ村及びナムニアップ1ダム地点の流域面積は、本調査団推定値と同様のPre-F/S調査(1991年)の推定値を採用することとする。

表 4.5.8 モンマイ村及びナムニアップ1ダム地点流域面積採用値

Study	Catchment Area at Nam Ngiep Dam Site (km ²)	Catchment Area at B.Muangmai Station (km ²)
Pre-feasibility Study (1991)	3,700	4,320
JICA Study (1998)	3,700	4,320

(2) 年平均雨量(MAP)

前述の年平均雨量(MAP)推定に関するレビュー結果からみて、ラーメイヤー社が1997年実施したラオス全国水力開発計画によるモンマイ測水所推定値を長期MAP(2,409 mm/年)とすることが妥当であると判断した。同計画による推定がラオス全域をカバーし、1962年から1991年までの30年間の年平均雨量記録に基づき、広域な等雨量曲線図から求められているためである。

ナムニアップ1ダム地点の長期MAP推定に関しては、今後の追加データ収集によって更なるチェックが必要であり、今後の調査で精査することとなる。

(3) 年平均流量(MAR)

前述の年平均流量(MAR)推定に関するレビュー結果からみて、1997年のラオス全国水力開発計画によるモンマイ測水所推定値を長期MAR(184.5m³/s)とすることが妥当であると判断した。同計画によ

る推定は、近傍の既存測水所との月流量相関を基に1962年から1991年までの30年間まで外挿されているためである。

ナムニアップ1ダム地点の長期MAR推定に関しては、ナムテン2代替案調査における上記手法による推定値(162m³/s)を採用することとする。

(4) 年流量及び月流量

前述の通り、ナムテン2代替案調査によるモンマイ測水所での年平均流量(1988～1995)推定値は、水文年鑑に報告されている観測された年平均流量(同期間)に比べ、約2%の差でしかない。

したがって、ナムテン2代替案調査による30年間の月平均流量を、本調査の信頼すべきダム地点流入量として用いることに支障はないと判断した。

4.6 洪水資料検討

4.6.1 PRE-F/Sでの検討

Pre-F/S報告書によれば、生起確率年毎の洪水ピーク流量を次式(Duret式)により算定している。

$$Q(r) = \frac{2}{1000} \times S^{0.80} \times i^{0.32} \times P(r)^{1.39}$$

ここに、 $Q(r)$: 確率年T(年)におけるピーク流量 (m³/s)

$P(r)$: 同一期間の日雨量 (mm)

S : 集水面積 (km²)

i : 平均河川勾配 $= \frac{h}{L} \times 100$ (%)

L : 谷線(河道)の長さ (km)

h : 流域の上流と下流との標高差 (m)

上式は、ナムルック水力発電計画において、ナムグム水力発電計画の設計洪水流量に対する適用性が確認されている(参照: Nam Leuk Hydropower Development Project – Detailed Engineering and Tender Documentation – Hydrology, SOGREAH, March, 1995)。

上式を用いて算定された主要地点の確率洪水流量は、表4.6.1に示される通りである。

表 4.6.1 主要地点の確率洪水流量 (m³/s)

No.	Site	S (km ²)	I (%)	T=2年	10年	20年	50年	100年	1000年	10000年	PMF
1.	Muong Mai	4,320	0.724	1,545	2,885	3,445	4,220	4,820	-	-	-
2.	Ban Hatkham	3,748	0.840	1,447	2,701	3,226	3,952	4,514	-	-	-
3.	Berrage	3,700	0.870	1,448	2,704	3,230	3,956	4,519	6,530	8,730	15,900

引用: Hydropower Development of Nam Ngiep 1 – Updating of Revised Prefeasibility Study, p.10, SOGREAH, Nov1995.

4.6.2 検討資料の評価

1997年よりモンマイ測水所に、水文気象局により圧力式自記水位計が設置されている。この連続データを用いれば、時間単位、10分単位の洪水波形の追跡計算も可能となる。しかしながら、毎年の洪水により河川断面が変化しており、水位-流量曲線の取り扱いには注意が必要である。今後、このデータの入手し、設計洪水流量、確率洪水流量の見直しを検討する必要がある。

