

国際協力事業団 タイ事務所

タイ王国  
農業・共同組合省  
王立灌漑局

タイ国ウタパオ川流域ハジャイ市洪水防止対策計画検討調査

(在外開発調査)

最終報告書

要約

平成14年9月

JICA LIBRARY



J1170716131

SANYU コンサルタンツ(タイ) 株式会社

PAL コンサルタンツ 株式会社

JICA  
122  
61.7  
SSS  
BRARY

社調三  
JR  
02-139

ウタパオ川流域ハジャイ市洪水防止対策計画検討調査（在外開発調査）  
最終報告書（案）

要約

目次

第1章	緒言 .....	1
	1.1 調査の背景.....	1
	1.2 調査の目的と調査対象域.....	1
	1.3 調査の工程.....	1
第2章	ウタパオ川およびワ川流域.....	3
	2.1 自然状況.....	3
	2.2 土地利用.....	4
	2.3 社会・経済.....	4
	2.4 現在実施中の洪水防止計画.....	5
第3章	水文・水理解析 .....	7
	3.1 ウタパオ川・ワ川流域の水文記録とその解析.....	7
	3.2 ワ川流域の洪水流出シミュレーション.....	8
	3.3 ワ川の確率洪水流量.....	8
第4章	洪水被害調査 .....	10
	4.1 調査方法.....	10
	4.2 代表洪水の推定被害額.....	11
	4.3 平均年被害額.....	11
第5章	洪水防止対策 .....	13
	5.1 ワ川洪水防止対策の基本方針.....	13
	5.2 ダム・遊水池による洪水調節.....	14
	5.3 北方放水路.....	15
	5.4 ワ川下流改修.....	18
	5.5 最適洪水防止対策.....	20
第6章	プロジェクト評価 .....	21
	6.1 経済評価.....	21
	6.2 初期環境影響評価.....	21
第7章	総合洪水管理 .....	22
	7.1 総合洪水管理の必要性.....	22
	7.2 現洪水防止計画の調整委員会.....	23
第8章	提言 .....	24
	8.1 構造物的対策.....	24
	8.2 非構造物的対策.....	24
	8.3 住民参加.....	24



1170716(3)

## 第1章 緒言

### 1.1 調査の背景

ハジャイ市は人口158,000人を有するタイ南部の経済の中心地であり、その市街地面積は21 km<sup>2</sup>である。市はウタパオ川(流域面積：2,400 km<sup>2</sup>)下流の低平地にあり、過去しばしば洪水被害を受けてきた。(図-1、図-2参照)

1988年11月の洪水で大被害を被り、王様の指導のもとに洪水防止対策事業がはじまった。しかし、その後2000年11月に再び大災害に見舞われた。これは過去最大の洪水で、政府は直ちに関連機関からなる洪水防止対策委員会を設立し、これまでの洪水対策計画の見直し・再編を行なった。これらのうち、一部は完了、一部は建設中あるいは建設準備中またその他は調査中である。

2000年の洪水ではウタパオ川本川に加えて、ハジャイ市東部の丘陵地区河川からの洪水による被害が大きかったとされている。しかし、この東部丘陵地区河川の洪水防止対策は立てられておらず、その計画立案は急務となっている。

国際協力事業団タイ事務所はタイ政府の要請を受けて、2002年2月から2002年10月にわたって、東部丘陵地区河川の洪水に焦点を当てて、ハジャイ地区の洪水防止対策調査を実施した。

### 1.2 調査の目的と調査対象域

#### 1.2.1 調査の目的

ハジャイ市とその周辺部について総合的且つ参加型の洪水管理システムの確立を推進するため、関係行政機関に対して技術的情報の提供を行って、洪水管理の考え方を確定する。技術的情報としては、ワ川流域下流部の構造的洪水防止対策および必要な関連組織の整備の提言などを含む。

#### 1.2.2 調査対象域

調査は、ハジャイ市の東部丘陵地帯から流出し、2000年の洪水でハジャイ市に大きな被害をもたらしたワ川流域(120 km<sup>2</sup>)とその関連地区を対象とする。(図-3参照)

### 1.3 調査の工程

調査は2002年2月に開始し、2002年10月に最終報告書提出をもって終了した。その調査過程において下記のレポートを提出した。

レポート	提出時期
インセプション	2002年2月初旬
プロGRESS	2002年3月下旬
ドラフト・ファイナル	2002年9月初旬
ファイナル	2002年10月初旬

## 第2章 ウタパオ川およびワ川流域

### 2.1 自然状況

#### 2.1.1 河川水系

##### (1) ウタパオ川流域

ウタパオ川はマレーシアとの国境の標高700 mの山地に源を發し、北方に向けて下がり、ハジャイ市を貫流してソククラ湖に注ぐ。ソククラ湖はタイ湾に繋がっている塩水湖である。ウタパオ川本川の延長は129 kmでその平均勾配は緩く1:2,700である。ハジャイ市地点までに全ての主要支川(15支川)が合流し、その流域面積はハジャイ市地点で1,832 km<sup>2</sup>である。ワ川流域もその主要支川の一つである。(図-2参照)

##### (2) ワ川流域

ワ川はハジャイ市の直上流でウタパオ川本川に合流する右支川である。流域面積は118 km<sup>2</sup>でその幹川延長は22.8 kmである。流域の東南の丘陵地を水源とし、途中ゴム園地帯を貫流して盆地に至り、峡谷を経てハジャイ市にいたる。流域の形状は扇型で洪水が集中しやすい。(図-3参照)

#### 2.1.2 気象と水文

ウタパオ川流域の気象は南西及び北東のモンスーンが支配的である。南西モンスーンは5月-10月に起こり、北東モンスーンは11月-4月に支配的である。雨季は5月-12月であるが、特に11月-12月に豪雨が發生する。これは一部、南シナ海に發生する台風によってもたらされる。

月平均気温は12月が最低で25.4度、4月が最高で27.9度、年平均は26.8度である。年間平均降雨量は1,686 mmで、そのうち799 mm (47%)が10月-12月に降る。一方、1月-3月は降雨が少なく124 mm (7%)に過ぎない。年間を通じて降雨があるが、雷雨があるのは年間93日である。

#### 2.1.3 地質

ウタパオ川流域の地質は次の4つの地層から成っている。

- (1) 石炭紀系岩：岩の組成は珪岩、石英砂岩、チャート層、頁岩、珪素質頁岩、シルト岩である。
- (2) 三疊紀岩：岩の組成は礫岩、砂岩、シルト岩、泥岩、頁岩である。
- (3) 火成岩：主な岩の組成は中生代の花崗岩で石炭紀系岩を貫入している。

(4) 第四紀の堆積層：主として礫、砂、シルト、粘土、泥からなる。

## 2.2 土地利用

ウタパオ川流域の大部分(70%)はゴム園に開発され、森林は殆ど残されていない。水田の面積もまた少ない。この傾向はワ川流域でより顕著である。ウタパオ川およびワ川流域の土地利用現況は下記の通り。

分類	ウタパオ川流域		ワ川流域	
	面積 (ha)	(%)	面積(ha)	(%)
1. 都市・集落	19,212	8.8	229	1.9
2. 農地	163,820	75.1	11,079	92.3
ゴム園	151,028	69.3	8,501	70.8
水田	8,349	3.8	700	5.8
果樹園・畑・その他	4,443	2.0	1,878	15.7
3. 山林	30,751	14.1	409	3.4
4. その他	4,294	2.0	292	2.4
合計	218,077	100.0	12,009	100.0

## 2.3 社会・経済

### 2.3.1 行政単位

タイの地方行政の単位はProvince, District, Tambon 及びVillageの4階層から成っている。ウタパオ川流域はソンクラ Province に属し、5つのDistrictを含んでいる。これらはハジャイ(Hat Yai) District、ナモン(Na Mom) District及びその他3つのDistrictである。Districtの下にTambonと云う行政単位があるが、このTambonうち、特に都市化している部分をMunicipalityと称し、区別して行政を行っている。ワ川流域はほぼナモンDistrictの区域と重なっている。

### 2.3.2 人口

ウタパオ川流域の現況および将来人口は下記のとおりと推定される。ワ川流域の人口はナモンDistrictの人口に同じ。また、下表には各District別人口の他、ハジャイ市の人口もハジャイDistrict人口の内書きで示す。

District	面積 (km <sup>2</sup> )	現況 (2001年)		将来 (2020年)		備考
		人口	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	人口	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	
ハジャイ	814	310,995	382	370,200	455	
ナモン	118	20,279	172	25,000	212	ワ川流域人口に相当
その他	1,235	133,024	108	158,400	128	
合計	2,167	464,298	214	553,600	255	ウタパオ川流域人口に相当
ハジャイ市	21	157,806	7,515	204,200	9,724	ハジャイDistrictの内書

### 2.3.3 GPP

ソンクラProvinceのGross Provincial Product (GPP)はタイの1.6%の割合を占める。主な経済セクターは農業(35%)、サービス業(17%)、卸・小売業(12%)及び製造業(9%)である。1999年の一人当たりGPPは58,846バーツ(1999価額)であった。現況および将来のGPPは下記のとおりと推定される。

	2002	2010	2020
GPP (百万 Baht, 2002年価額)	90,819	110,788	135,378
GPP 成長 (倍率)	1.00	1.22	1.49

### 2.3.4 ハジャイDistrictの観光産業

ハジャイはタイ南部における有数の観光地の一つで、2000年には約4.4百万人の観光客が訪れ、27,861百万バーツを消費している。96のホテル等の宿泊施設がある。現況観光客の内訳は下記のとおり。

項目	タイ人	外国人	合計
観光客数 (千人)	2,668	1,734	4,402
平均滞在日数 (日)	2.09	2.21	2.14
消費額 (百万 バーツ)	13,870	13,991	27,861

## 2.4 現在実施中の洪水防止計画

タイ政府は1988年の大洪水を契機として、ハジャイ地区の洪水防止対策事業を実施してきた。2000年11月に再度大洪水に見舞われたので、2001年2月にそれまでの計画を見直し現在実施中である。その計画の基本方針は下記のとおり。(図-4参照)

- (1) ウタパオ川本川の洪水は、既存河川の浚渫と放水路(D1)を新設して対処する。
- (2) ハジャイ市東部丘陵地(カオ・コー・ホン)からの洪水は、放水路(D3、D4、D5)を新設して市の下流に放流する。
- (3) ハジャイ市東部丘陵地のリアン川からの洪水は、放水路(D6)を新設してワ川に放流する。



- (4) ハジャイ市の周りに周囲堤を建設して外からの洪水を防ぐとともに、市内の雨水は排水路、ポンプ場を改良・新設して排水する。

主要な洪水防止対策計画は下記のとおり。

対策事業	内容	担当機関	建設費 (百万円)
構造的対策			3,384
(1) 既存河川の浚渫	ウタバオ川下流3派川	RID	91
(2) 放水路の新設	D1, D2, D3, D4, D5, D6, 合計46km	RID	1,800
(3) 調節池の建設	東部丘陵地区に数箇所	ハジャイ市役所	310
(4) 周囲堤の建設	市の周囲の堤防	ハジャイ市役所	383
(5) 都市排水システムの改良	排水路、カルバート、ポンプ	ハジャイ市役所	709
(6) 橋梁の建設	18橋の建設	関係4機関	91
(7) 洪水調節ダムの建設	6つのダムについて調査	RID	-
非構造的対策			
(1) 洪水予警報システムの設立	水文観測・テレメーター施設	RID, MET	-
(2) 土地利用計画	氾濫原土地利用計画の検討	LDD, DTCP	-
(3) 水源保全	植林、その他	RFD	-

### 第3章 水文・水理解析

#### 3.1 ウタパオ川・ワ川流域の水文記録とその解析

##### 3.1.1 降雨

ウタパオ川流域には35の降雨観測所がある。しかし、時間雨量（または3時間雨量）記録があるのは6個所にすぎない。この6個所のうち、ワ川流域の近傍に2個所（ハジャイ空港、コー・ホン農業気象観測所）がある。

ウタパオ川及びワ川流域の雨量確率は下記のとおり。

流域平均雨量	確率年				
	5	10	20	100	500
ウタパオ川流域					
3日雨量 (mm)	228.4	275.4	320.5	422.7	523.8
7日雨量 (mm)	321.9	388.7	452.8	597.9	741.5
ワ川流域					
3日雨量 (mm)	299.2	362.6	423.3	560.9	697.1
7日雨量 (mm)	402.1	484.1	562.7	740.8	917.1

最近の大洪水である1988年降雨、2000年降雨は共に11月18日-11月24日の7日間続いた。そのうち、3日間に集中している度合いが高い。ウタパオ川及びワ川流域の3日雨量、7日雨量とそれらの確率年は下記のとおり。

流域	1988年11月降雨 (11月18日-24日)		2000年11月降雨 (11月18日-24日)	
	3日雨量	7日雨量	3日雨量	7日雨量
ウタパオ川流域	255.4 mm (7年)	286.3 mm (4年)	401.6 mm (65年)	532.7 mm (45年)
ワ川流域	300.2 mm (5年)	346.5 mm (3年)	665.3 mm (300年)	877.7 mm (300年)

##### 3.1.2 水位と流量

ウタパオ川及びワ川流域の重要な水位・流量観測所は下記の3箇所で1988年洪水および2000年洪水の観測状況は下記のとおり。

河川	観測所	流域面積 (km <sup>2</sup> )	最高水位 (M.S.L.: m)		最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	
			1988 洪水	2000洪水	1988 洪水	2000 洪水
ウタパオ川	X 90	1,562	10.69	10.79	欠測	欠測
ウタパオ川	X 44	1,740	7.47	8.52	欠測	欠測
ワ川	X 174	115	欠測	10.91	-	-

ウタパオ川及びワ川流域の降雨、水位・流量観測所の位置は図-5に示す。

### 3.2 ワ川流域の洪水流出シミュレーション

ワ川流域の洪水流出シミュレーションモデルの作成は下記の方法で行う。

- (1) 流域からの流出モデル(水文モデル)と河川・氾濫原の洪水追跡モデル(水理モデル)を合成したシミュレーションモデルを作成する。
- (2) 水文モデルの作成にあたっては、流域には流量データが無いので、ウタパオ川流域の時間雨量と流量資料の揃っている類似の流域について、水文モデルを作成しそれを適用する。
- (3) 流域には時間雨量観測所が無いので、コー・ホン農業気象観測所の3時間雨量データを使う。
- (4) 水理モデルは河川形状、氾濫原地形、河川のボトルネックの形状、下流端水位等の条件をインプットして作成する。
- (5) 水文・水理の合成モデルは2000年洪水の痕跡水位とシミュレーション水位を比べて、必要な修正をしながら最終モデルを作成する。

### 3.3 ワ川の確率洪水流量

#### 3.3.1 概説

流域には洪水流量記録が無いので、確率降雨量から確率流量を推定する。一般に洪水のピーク流量は総雨量が同じでも、降雨の時間分布の型如何で大きく変わる。シャープな分布の場合にはピーク流量は大きくなり、フラットな分布の場合にはピーク流量は小さくなる。したがって、過去の降雨記録から、最も平均的な(起こり易い)時間分布を持った降雨を選定し、総降雨量を増減させシミュレーションを行い、降雨量-ピーク流量曲線を作成する。この関係を用いて、確率降雨量から確率流量を推定する。

#### 3.3.2 代表降雨パターン

ハジャイ空港では比較的長期間にわたって、時間降雨(3時間降雨)記録があるので、全ての降雨分布記録(16個)について450 mmの降雨量(25年確率降雨量)に対応する降雨分布を想定し、流出計算をおこなった。その結果、16個降雨の単位面積当り流出量の中央値は3.59 mm又は3.63 mmである。一方、コー・ホン農業気象観測所の2000年洪水時の降雨分布を用いて、流出計算を行うと3.67 mmである(上記の中央値に近い)。コー・ホン農業気象観測所の2000年洪水時の降雨分布は典型的な降雨分布であると見なされるので、これを代表降雨パターンとして、ワ川の確率洪水流量を推定する。

### 3.3.3 確率洪水流量

ワ川の主要基準点X 174の確率洪水流量を下記に示す。洪水ハイドログラフは図-6に示す。

項目	確率洪水					2000年洪水
	5-year	10-year	25-year	50-year	100-year	300-year
X 174のピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)	60	100	154	194	233	367

## 第4章 洪水被害調査

### 4.1 調査方法

この調査の目的は提案プロジェクトの経済評価に使うため、ハジャイDistrictの平均年洪水被害額を推定することである。平均年洪水被害額は下記の過程を経て推定する。

- (1) 被害額と洪水規模（洪水の確率）の関係を確立するため、過去の洪水記録から代表的な小規模、中規模および大規模洪水を選択する。
- (2) 過去における関係行政機関の被害報告(統計)にもとづいて、上記の代表的な洪水の物理的被害量を整理する。
- (3) 関係行政機関の被害報告(統計)は部分的であったり、重複していたり、不正確であったりするので、出来るだけ統一的な方法で再評価する。
- (4) 被害額は直接被害および間接被害の出来るだけ多くの項目について見積もる。見積もる項目は下記のとおり。

被害項目	内容
1. 直接被害	
(1) 家屋被害	家屋建物、家財
(2) 農業被害	作物、家畜
(3) インフラ被害	道路、橋梁、学校、排水施設、公共オフィス、その他
(4) 工業被害	大規模工場、小規模商工業、ビジネスオフィス、ホテル、病院、その他
2. 間接被害	
(1) 貸金ロス	貸金ロス
(2) 観光収入ロス	観光客からの収入減
(3) その他ロス*	輸送、通信、避難、二次的ビジネス損失、その他

\* : 大きい金銭的見積もりは困難

- (5) 関係行政機関の被害報告(統計)で不十分なものについては、インタビュー調査を行って補完する。
- (6) 3種類の規模の洪水について被害額を2002年価額で推定する。
- (7) 選択した3種類の規模の洪水について確率を推定する。
- (8) (6)および(7)の結果に基づいて被害額-洪水確率曲線を作成する。
- (9) 上記の曲線を積分して平均年被害額を推定する。

代表的な洪水として、小規模：1998年洪水、1999年洪水、中規模：1988年洪水、大規模：2000年洪水を選ぶ。それらの確率は下記のとおり。

洪水	小規模洪水		中規模洪水	大規模洪水
	1998年洪水	1999年洪水	1988年洪水	2000年洪水
確率年 (年)	3	5	7	65

#### 4.2 代表洪水の推定被害額

上記4つの洪水について、被害額を下記のとおり推定した。

(単位：百万パーツ、2002年価額)

被害項目	2000年洪水	1988年洪水	1998年洪水	1999年洪水
1. 直接被害	5,670.1		94.3	601.4
(1) 家屋被害	918.7		15.8	99.6
(2) 農業被害	54.6		—	15.3
(3) インフラ被害	270.0		2.4	6.6
(4) 工業被害	4,426.8		76.1	479.9
2. 間接被害 (Tangible)	2,191.4		74.4*	636.0*
(1) 貸金ロス	988.5			
(2) 観光収入ロス	1,184.2			
(3) 洪水準備・避難	18.7			
3. 合計	7,861.5	4,420.0*	168.7	1,237.4

\*：Lump sum 推定。

#### 4.3 平均年被害額

現況における平均年被害額は下記の被害額－洪水確率曲線を積分して1,935百万パーツと推定される。

(単位：百万パーツ：2002年価額)

項目	1998年洪水	1999年洪水	1988年洪水	2002年洪水
洪水被害額	168.7	1,237.4	4,420.0	7,861.5
確率年 (年)	3	5	7	65

将来、洪水被害ポテンシャルはGross Provincial Product (GPP)の伸びに比例して増加すると仮定すると、洪水防止対策を講じない場合には、将来の平均年被害額は下記のとおり増加すると推定される。

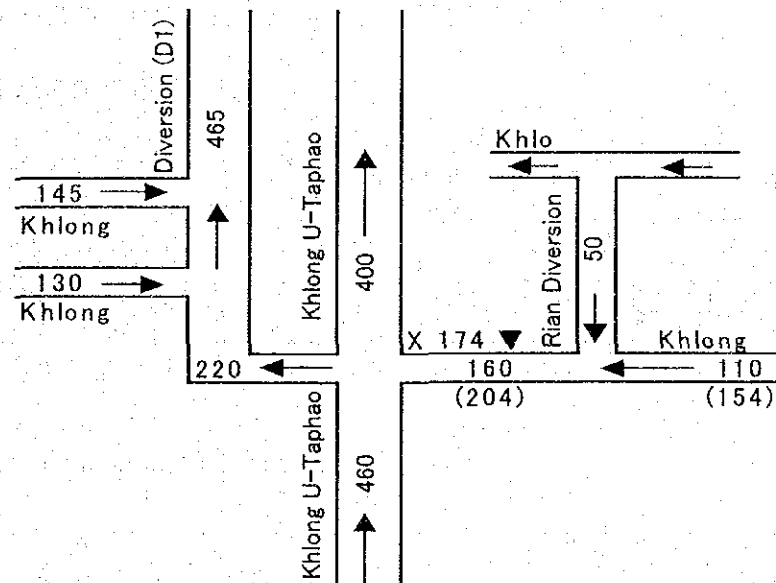
(単位: 百万円 : 2002年価額)

年次	現況 (2002)	2005	2010	2015	2020
GPP	51,310	55,290	62,592	69,329	76,485
将来平均年被害額	1,935	2,085	2,544	3,437	5,123

## 第5章 洪水防止対策

### 5.1 ワ川洪水防止対策の基本方針

現在実施中のハジャイ洪水防止対策は25年確率の洪水に対処する計画である。放水路(D1)の計画洪水流量はワ川からの洪水流量を $160 \text{ m}^3/\text{s}$ （リアン川からの放流量 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ を含む）と想定して定められている。ハジャイ市周辺の河川の計画洪水流量配分は下図のとおり。



しかし、ワ川の計画洪水流量 $110 \text{ m}^3/\text{s}$ （リアン川放水水路合流前）の安全度は十分でなく10年確率流量に相当する。したがって、ワ川の計画洪水流量を25年確率流量である $154 \text{ m}^3/\text{s}$ に引き上げる必要がある。しかし、ウタパオ川放水路(D1)は既に実施中であり、その計画洪水流量の増加変更は困難である。したがって、 $44 \text{ m}^3/\text{s}$  (=  $154 - 110$ )分をワ川の上流で調節する必要がある。

$44 \text{ m}^3/\text{s}$  をワ川の上流で調節するため、洪水調節ダム、遊水池、ダム+遊水池、北方放水水路を検討する。

一方、ワ川下流部は疎通能力が十分でない上、ウタパオ川のバックウォーターの影響を受けて、しばしば氾濫している。さらに、リアン川放水路から $50 \text{ m}^3/\text{s}$  増加するので事態は一層悪化する。このような状況に対処するため、ワ川下流部の河道改修を検討する。また、この現況河道の改修の代替案として南方放水路の建設を検討する。



## 5.2 ダム・遊水池による洪水調節

### 5.2.1 ワ川上流ダム

ワ川上流域ではダム建設可能地点は限られており、ワ川上流ダムが唯一有望なサイトである。提案ダムの計画は下記のとおり。位置は図-7参照。

- (1) ダムの集水面積は18.6 km<sup>2</sup>であり、ダムサイトの計画洪水流量40 m<sup>3</sup>/sを全量調節して、ワ川下流基準点X 174の計画洪水流量154 m<sup>3</sup>/sを128 m<sup>3</sup>/sに低減する。
- (2) 洪水調節だけでなく、ナモン地域の水道用水、灌漑用水、河川環境用水等の水供給の目的をもつ多目的ダムとして計画する。
- (3) 貯水池の使用計画は下記のとおり。

項目	標高 (m : MSL)	貯水容量 (百万m <sup>3</sup> )	水面積 (km <sup>2</sup> )	備考
ダム基盤	43.0	-	-	
常時満水位	66.0	5.0	0.6	用水供給容量: 5.0 百万m <sup>3</sup>
計画洪水位	72.0	9.9	0.9	洪水調節容量: 4.9 百万m <sup>3</sup>
サーチャージ水位	73.0	10.8	1.0	サーチャージ容量: 0.9 百万m <sup>3</sup>
ダム天端	75.0	-	-	

- (4) ダム・貯水池の計画諸元は下記のとおり。

項目	諸元
ダム本体	形式: アースダム、高さ: 32 m、堤長: 800 m、堤体積: 0.8 百万m <sup>3</sup>
付帯施設	余水吐、放水管
貯水池敷地面積	1.1 km <sup>2</sup>
用地買収	ゴム園
家屋移転	無し

- (5) 総事業費は2002年価額で205百万バーツと見積もる。

### 5.2.2 プル・プリ・クワイ遊水池

ナモンの直上流にある、プル・プリ・クワイと呼ばれる湿地を浚渫して遊水池を建設し、洪水調節する。その湿地帯の面積は0.5 km<sup>2</sup>で集水面積49.3 km<sup>2</sup>をカバーしている。計画は下記のとおり。位置は図-7参照。

- (1) 0.5 km<sup>2</sup>の湿地を深さ4.0 mまで浚渫して、容量2.0百万 m<sup>3</sup>の遊水池を建設し、このうち容量1.0百万 m<sup>3</sup>を使って、計画洪水量を19 m<sup>3</sup>/s 調節する。その結果、ワ川下流基準点X 174の計画洪水流量154 m<sup>3</sup>/sを140 m<sup>3</sup>/sに低減する。

- (2) 洪水調節後次の洪水に備えるため、速やかに洪水調節容量分を空にする必要がある。自然排水を可能にするため、排水する河川を2.0 kmに亘って浚渫し河床を下げる。
- (3) 遊水池の残りの容量1.0百万 m<sup>3</sup>を使って、周辺の灌漑用水の供給、その他の目的に利用する。
- (4) 土地は公共用地で用地買収上問題はない。
- (5) 総事業費は2002年価額で109百万バーツと見積もる。

### 5.2.3 プル・マオ遊水池

ワ川中流の溪谷に両河岸を横断して越流堤を建設して、洪水時の水位を上昇させ下流への流出量を低減する計画である。越流堤のサイトはナモンの下流3.0 kmに位置する。位置は図-7参照。

計画洪水位を高く取れば取るほど調節量は大きくなるが、上流ナモンの町への悪影響があるため、計画洪水位の標高には限度がある。このため、この遊水池の調節効果は4 m<sup>3</sup>/sに過ぎない。明らかに実現性はない。

### 5.2.4 ワ川上流ダム+プル・プリ・クワイ遊水池

ワ川上流ダムおよびプル・プリ・クワイ遊水池はそれ相当の洪水調節効果はあるが、単独ではワ川下流部で必要とする洪水調節効果を達成できない。したがって、両方のプロジェクトを計画する必要がある。

二つのプロジェクトにより、ワ川下流基準点X 174の計画洪水流量154 m<sup>3</sup>/sを118 m<sup>3</sup>/sに低減することができ、目標をほぼ達成できる。

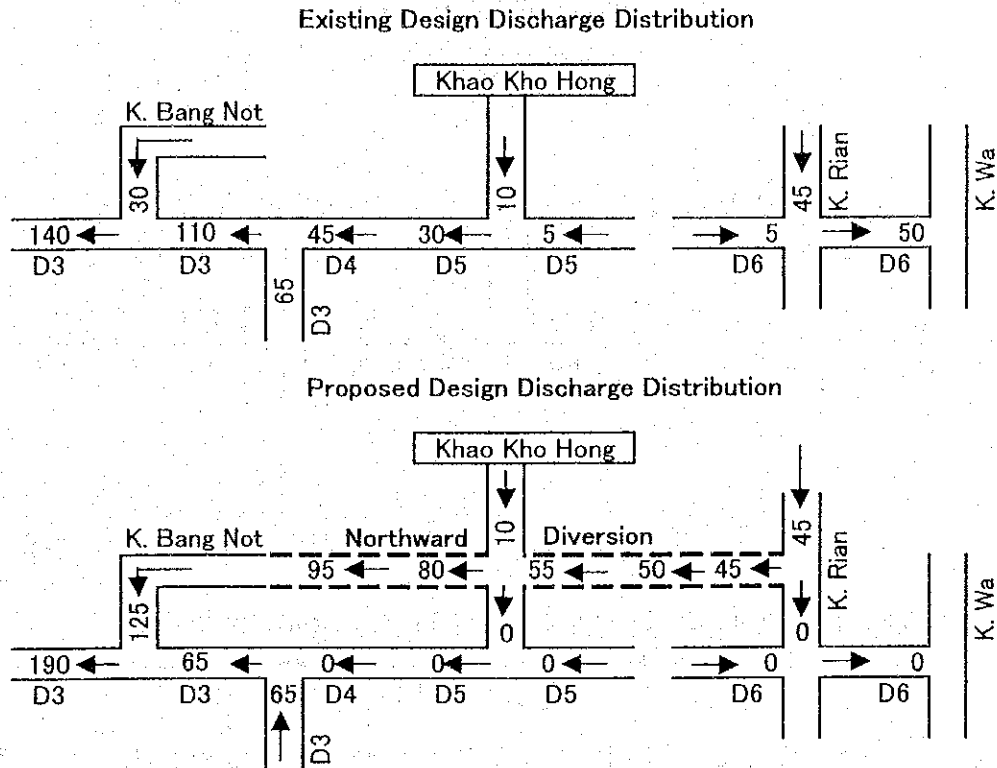
## 5.3 北方放水路

### 5.3.1 北方放水路 (I)

#### (1) 計画洪水流量配分

5.1節で述べたように、25年確率を持つワ川下流部の計画洪水流量は154 m<sup>3</sup>/sであり、リアン川からの放流量50 m<sup>3</sup>/sを含めると204 m<sup>3</sup>/sである。本プロジェクトは現在ハジャイ市に流れ込んでいるリアン川およびカオ・コウ・ホン地区の洪水を遮断して、ハジャイ市の北東のバンノット川に放流する。これは、現在計画中のD6-D5-D4-D3放水路の代替案である。現況案と提案放水路の計画洪水流量配分は下記の通り。リアン川からワ川へ放流される50 m<sup>3</sup>/sはゼロになるので、

ワ川下流の計画洪水流量は $154 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $<160 \text{ m}^3/\text{s}$ ) となり、ワ川上流のダム・遊水池は不要となる。ルートは図-7参照。



(2) 放水路建設計画

放水路の全延長は10.3 km、そのうちトンネル部分は6.6 km、開水路部分は3.7 kmである。トンネルの直径は4.5 m-6.5 mである。なお、この放水路の建設により、現計画のD4-D5-D6放水路は不要となる。一方、D3放水路の拡張が必要になる。

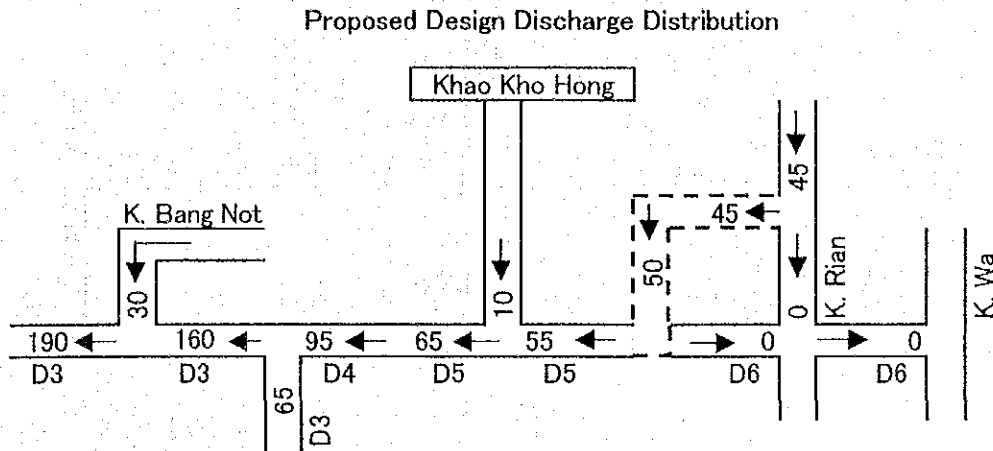
総事業費は2002年価額で1,391百万バーツと見積もる(本提案放水路分のみ)。

5.3.2 北方放水路 (II)

(1) 計画洪水流量配分

本プロジェクトは北方放水路 (I) の修正案でリアン川の洪水流量 $45 \text{ m}^3/\text{s}$ とカオ・コウ・ホン地区の一部の洪水流量を遮断して、現在計画中の放水路D5に繋ぐ。

本プロジェクトの計画洪水流量配分は下記のとおり。この場合もリアン川からワ川へ放流される50 m<sup>3</sup>/sはゼロになるので、ワ川下流の計画洪水流量は154 m<sup>3</sup>/s (<160 m<sup>3</sup>/s) となり、ワ川上流のダム・遊水池は不要となる。ルートは図-7 参照。



(2) 放水路建設計画

放水路は全区間直径4.5 mのトンネルであり、その延長は3.1 kmである。なお、この放水路の建設により、現計画のD6放水路は不要となる。一方、D5、D4、D3放水路の拡張が必要になる。

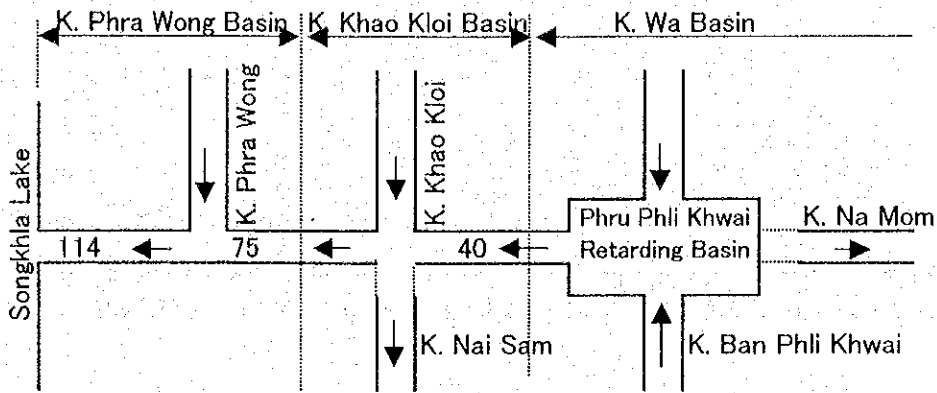
総事業費は2002年価額で492百万パーツと見積もる(本提案放水路分のみ)。

5.3.3 北方放水路 (III)

(1) 計画洪水流量配分

本プロジェクトはプル・プリ・クワイ遊水池から上流に向けて、現況河道を逆勾配に成るように浚渫し、低い分水嶺を越してウタパオ川流域外のカオ・クロイ川流域に放流し、さらに、プラ・ウォン川流域に放流して、最終的にソクラ湖に排水する。ワ川流域の洪水を40 m<sup>3</sup>/s分水することにより、ワ川下流基準点X 174の計画洪水流量154 m<sup>3</sup>/sを114 m<sup>3</sup>/sに低減することができ目標を達成できる。本プロジェクトの計画洪水流量配分は下記のとおり。この場合も、ワ川上流のダム・遊水池は不要となる。ルートは図-7 参照。

### Proposed Design Discharge Distribution



#### (2) 放水路建設計画

放水路の全延長は21.8 km、そのうちトンネル部分は2カ所で6.6 km、開水路部分は15.2 kmである。トンネルの内訳は直径5.0 mが5.0 km、直径6.2 mが1.6 kmである。

総事業費は2002年価額で1,410百万バーツと見積もる。

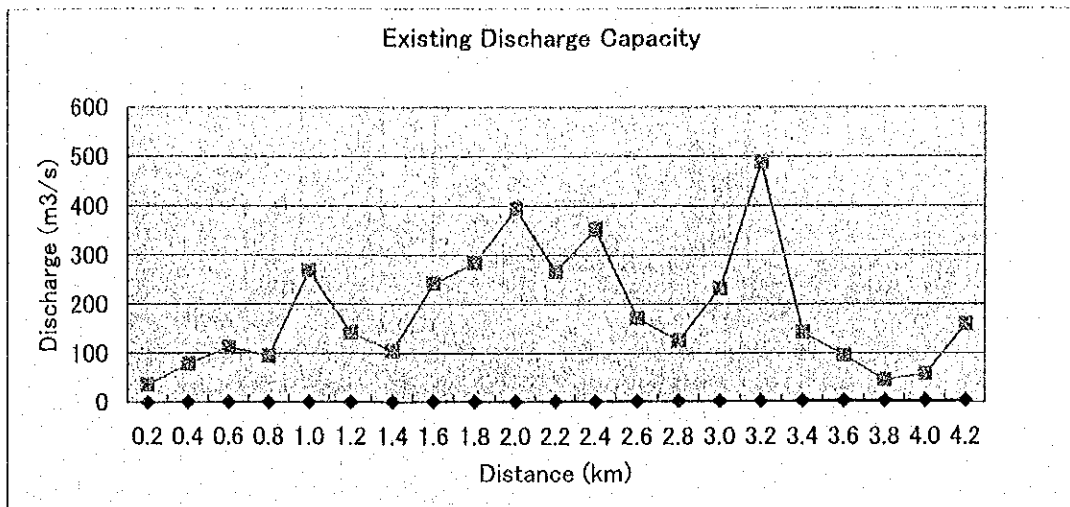
#### 5.4 ワ川下流改修

##### 5.4.1 現況河道改修

###### (1) 改修区間の現況

ワ川中流渓谷の河岸もしばしば氾濫するが、土地利用度も低く浸水家屋も少ないので、改修対象区間はウタパオ川合流点からリアン川放水路出口間の4.0 kmである。河床勾配は0.0 km—1.2 km区間：1/1,500、1.2 km—4.0 km：1/700である。川幅は平均20 mである。位置は図-7 参照。

現況河道の疎通能力は下図のとおり。



## (2) 河道改修計画

計画洪水流量は、現在のウタパオ川洪水防止計画のとおり  $160 \text{ m}^3/\text{s}$  とする。この流量の安全度は現況では10年確率であるが、将来上流のダム・遊水池或いは北方放水路を建設することにより、25年確率まで向上する。

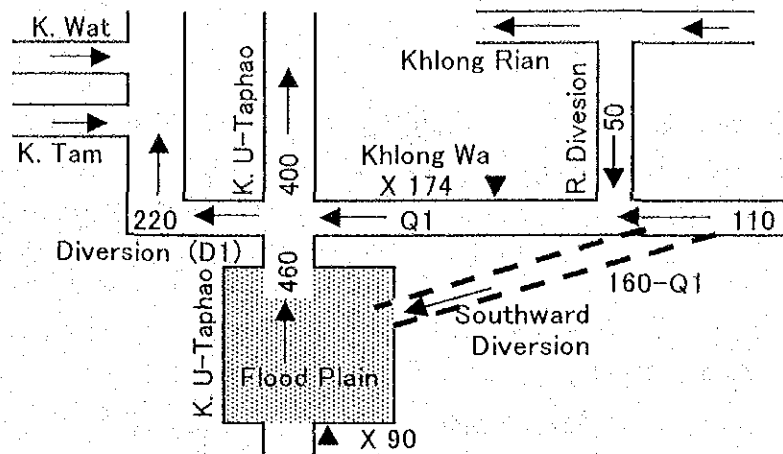
ウタパオ川合流点の計画河床高、計画洪水位、計画堤防高は現在実施中の放水路のそれらに合わせて、計画河床高：0.0 m (MSL)、計画洪水位：5.8 m (MSL)、計画堤防高：8.0 m (MSL) とする。計画河床縦断は現況縦断に合わせて計画する。各地点の計画洪水位は不等流計算に基づいて決定する。

主たる河道改修工事は浚渫：200,000  $\text{m}^3$ 、築堤：5.6 km である。

総事業費は2002年価額で29百万パーツと見積もる。

### 5.4.2 南方放水路

本プロジェクトは現況河道改修の代替案である。リアン川放水路出口直上流の5.0 km地点の左岸から、ワ川下流計画洪水量  $160 \text{ m}^3/\text{s}$  の一部をウタパオ川上流の氾濫原 (X 90地点—ハイウェイN0.43の間) に放流して、ワ川下流部の負担を軽減する。しかし、本放水路はワ川とウタパオ川の合流点において、流量(水位)低下の効果をもたらさない。流量配分の関係は下記に示すとおり。



しかし、ワ川下流部については、ウタパオ川のバックウォーターの影響を受けるので、この放水路により水位を下げることはできない。また、上流部についても相当な区間で現状のままで、十分疎通能力があるので、放水路による効果は少ない。一方、放水路は3.6 kmの水路の新設と道路2カ所、鉄道1箇所の横断が必要である。ルートは図-7参照。

以上より、南方方水路プロジェクトは明らかに実現性がない。

### 5.5 最適洪水防止対策

上記のとおり各種代替案を比較検討した結果、ワ川流域の洪水対策目標を達成するための最適な対策は、下記の3つのプロジェクトを総合的に実施することである。

- (1) ワ川上流ダム建設（建設費：205百万バーツ）
- (2) プル・プリ・クワイ遊水池建設（建設費：109百万バーツ）
- (3) ワ川下流改修（建設費：29百万バーツ）

## 第6章 プロジェクト評価

### 6.1 経済評価

ハジャイDistrictの平均年洪水被害額は1,935百万バーツと推定される。これはウタパオ川流域全体の洪水による被害であり、現在進行中のプロジェクトを含めて流域全体のプロジェクトによって、解消されるものである。このうち、ワ川流域洪水防止対策プロジェクトの貢献度は1.8%と推定される。

今、3%と仮定すると本プロジェクトから発生する年間便益は58百万バーツである。一方、本プロジェクトの建設費は343百万バーツである。B/Cの値を概略計算すると1.3となる。以上より本プロジェクトの経済性は十分高いと思われる。

### 6.2 初期環境影響評価

本プロジェクトが地質、水文、水質、土壌等の自然資源、水生生物、森林、動物等の生態系、住民の生活に与える影響について概略チェックした結果、特に問題はない。なお、本プロジェクトによる家屋移転は無い。



## 第7章 総合洪水管理

### 7.1 総合洪水管理の必要性

#### 7.1.1 非構造的対策の必要性

##### (1) 概説

第2章で述べたように、タイ政府はハジャイ地区の洪水防止のため、色々なサブプロジェクトからなる構造的対策を立案した。しかし、この構造的対策案は25年洪水までは対処できるが、それ以上の規模の洪水時には氾濫する。さらに、洪水氾濫原の無秩序な開発は下流の洪水ピーク流量を増大させ、構造的対策の安全度を低下させる。

このような問題に対処するため、出来るだけ非構造的対策で補完する必要がある。非構造的対策のうち、ハジャイ地区の洪水被害軽減のため有効な手段は、洪水予警報システムの確立と氾濫原の土地利用管理である。

##### (2) 洪水予警報システム

インタビュー調査結果によると、2000年洪水の際には、大部分の住民は関係機関から何の洪水警報の連絡を受けなかったため、事前に洪水に対する準備が出来なかったと言っている。この点にかんがみ、現在、RIDはワ川を含むウタパオ川全流域に対して、洪水予警報システム設立について調査中である。

##### (3) 氾濫原の土地利用管理

ウタパオ川上流には本川沿いに多くの氾濫原があり、ハジャイ地区の洪水の緩和に役立っている。このうち、最下流部の氾濫原（X 90地点—ハイウエイN0.43の間）は重要であるが、ハジャイ市から近いため、都市化し易い。実際、現在の都市計画では、かなりの面積を住宅・商業・工業地区として開発することになっている。

また、ワ川の中流域にも相当な氾濫原があり、ハジャイ地区の洪水の緩和に役立っている。ここもまた、ハジャイ市から近いため、都市化し易い。

したがって、氾濫原の適正な土地利用管理は重要である。

インタビュー調査結果によると、60%の住民は氾濫原の適正な土地利用規制は必要としている。

#### 7.1.2 参加型洪水管理の必要性

インタビュー調査結果によると、殆どの住民は現在実施中のハジャイ洪水防止対策の中味について知らない。簡単に説明した結果、住民の理解は深まり、40%の住民は適正

な市場価額なら、土地を提供しても良い。20%の住民は政府の公定価額でも協力するといっている。事業をスムーズに実施するためには、住民への広報が重要である。

### 7.1.3 関係機関相互の調整の必要性

現在実施中のハジャイ洪水防止対策は数多くのサブプロジェクトより成り、関係する機関の数も12を数える。ハジャイ洪水防止対策を成功させるためには、全てのサブプロジェクトを計画スケジュールどおり、遅滞なく実施していく必要がある。このため、関係機関の連絡・調整は特に重要である。

## 7.2 現洪水防止計画の調整委員会

政府はハジャイ洪水防止計画を調整するため、副首相を委員長、国家経済・社会開発委員会次官を事務局長とし、関係機関の26人のメンバーからなる調整委員会（ハジャイ洪水防止計画監理調整委員会）を設立している。さらに、その下に6つの特定目的別調整委員会を設け、事業の促進を図っている。それらの特定目的別調整委員会とその委員長は下記のとおり。

特定目的別調整委員会	委員長
広報・住民理解促進	ソククラProvince知事
土地買収	ソククラProvince知事
建設工事調整	RID局長
都市計画調整	都市・地域計画局長
生活再建（職能訓練・土地分配）	農業・共同組合省次官
プロジェクトモニタリング・評価	ソククラProvince知事

## 第8章 提言

### 8.1 構造物的対策

現在実施中の事業（現河道浚渫、放水路の建設、都市排水、橋梁建設等）は、現在ある調整委員会の場で調整することにより、スムーズな実施が可能である。現在調査中のウタバオ川上流ダムについては、計画内容、事業実施機関は現在ある調整委員会の場で決定される。また、今回ワ川流域で提案されるダム、遊水地、河川改修計画等の内容、事業実施機関はF/S調査終了後、現在ある調整委員会の場で決定される。

したがって、新たな調整組織の設立は必要でない。

### 8.2 非構造物的対策

#### (1) 洪水予警報

洪水予報機関、洪水警報発令機関、洪水予警報伝達系統等の組織・システムについては、現在RIDが実施中の洪水予警報調査の中で提言される。

#### (2) 氾濫原の土地利用管理

氾濫原の都市開発と洪水管理の間には、大きなコンフリクトがあるので、強力な調整が必要である。調整は現在ある都市計画調整委員会の場で行われる。調整は下記の調査・解析結果に基づいておこなう。

- (a) ハジャイ市および氾濫原の洪水浸水図の作成
- (b) 氾濫原における都市開発地区の浸水危険度の評価
- (c) 氾濫原における都市開発の下流地区に対する悪影響の評価
- (d) 遊水効果を確保するための保全区域（その区域では盛り立ておよびビルディング建築の行為は規制される）のゾーニング

無秩序な開発を抑制するためには、氾濫原の洪水浸水図と政府の考えている土地利用計画を広く公開・広報し、誘導的施策をとることが現実的である。

### 8.3 住民参加

本調査のワ川上流ダムとプル・プリ・クワイ遊水地はハジャイ地区の洪水防止のため提案するもので、ナモン地区に対しては、広い土地が失われるにもかかわらず、便益は殆ど無い。両地区の受益のバランスを考え、ダム、遊水地ともナモン地区への用水供給を含む多目的プロジェクトとして計画する。

用水供給は関係地方行政機関・組織、コミュニティの代表者等とよく討議のうえ、決定する必要がある。さらに、プロジェクトをスムーズに実施するためには、計画を確定する前に、住民によく説明して理解を得ることが重要である。そのため、プロジェクトに関する技術的情報を十分公開する必要がある。

プロジェクトの計画立案への住民参加はF/S段階で行われる。

付 図

Fig. 1 Project Location

Fig. 2 Project Area (Khlong U-Taphao Basin)

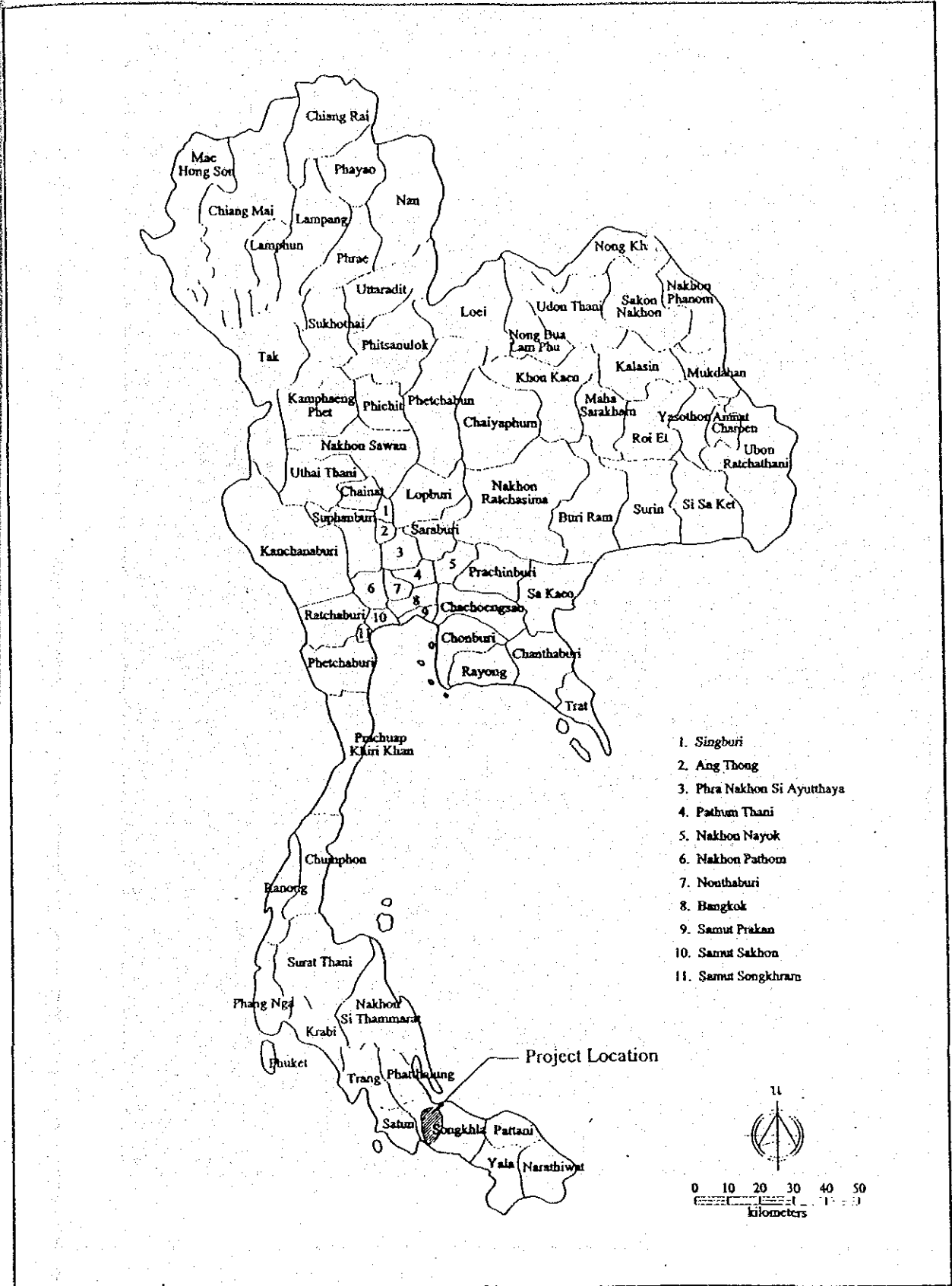
Fig. 3 Khlong Wa Sub-basin

Fig. 4 Location of Major Ongoing Project

Fig. 5 Location of Rainfall and Stream Flow Gauging Stations

Fig. 6 Flood Hydrographs of Various Return Periods at Station X 174

Fig. 7 Location of Studied Flood Prevention Projects



**Fig. 1**

**Project Location**

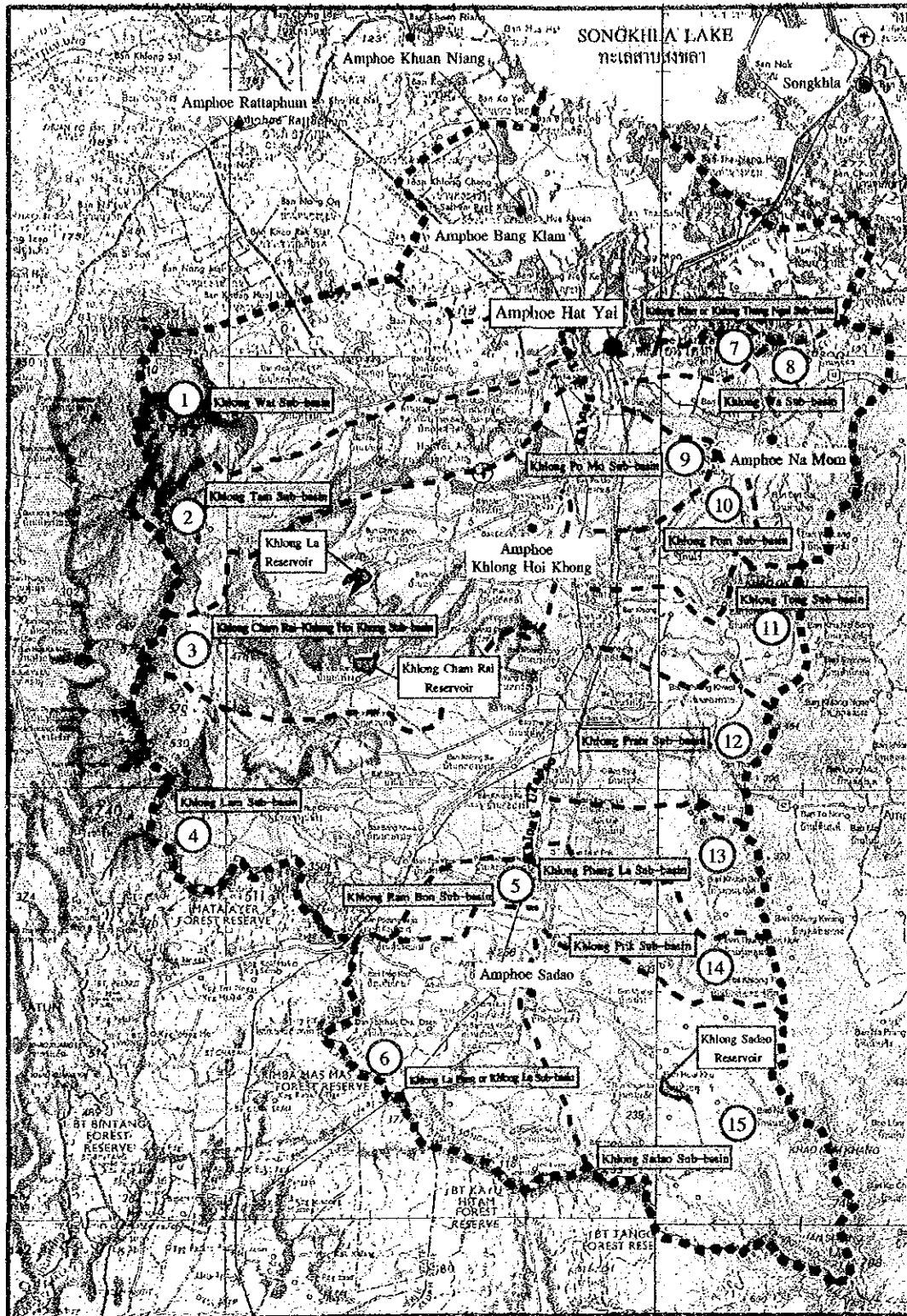
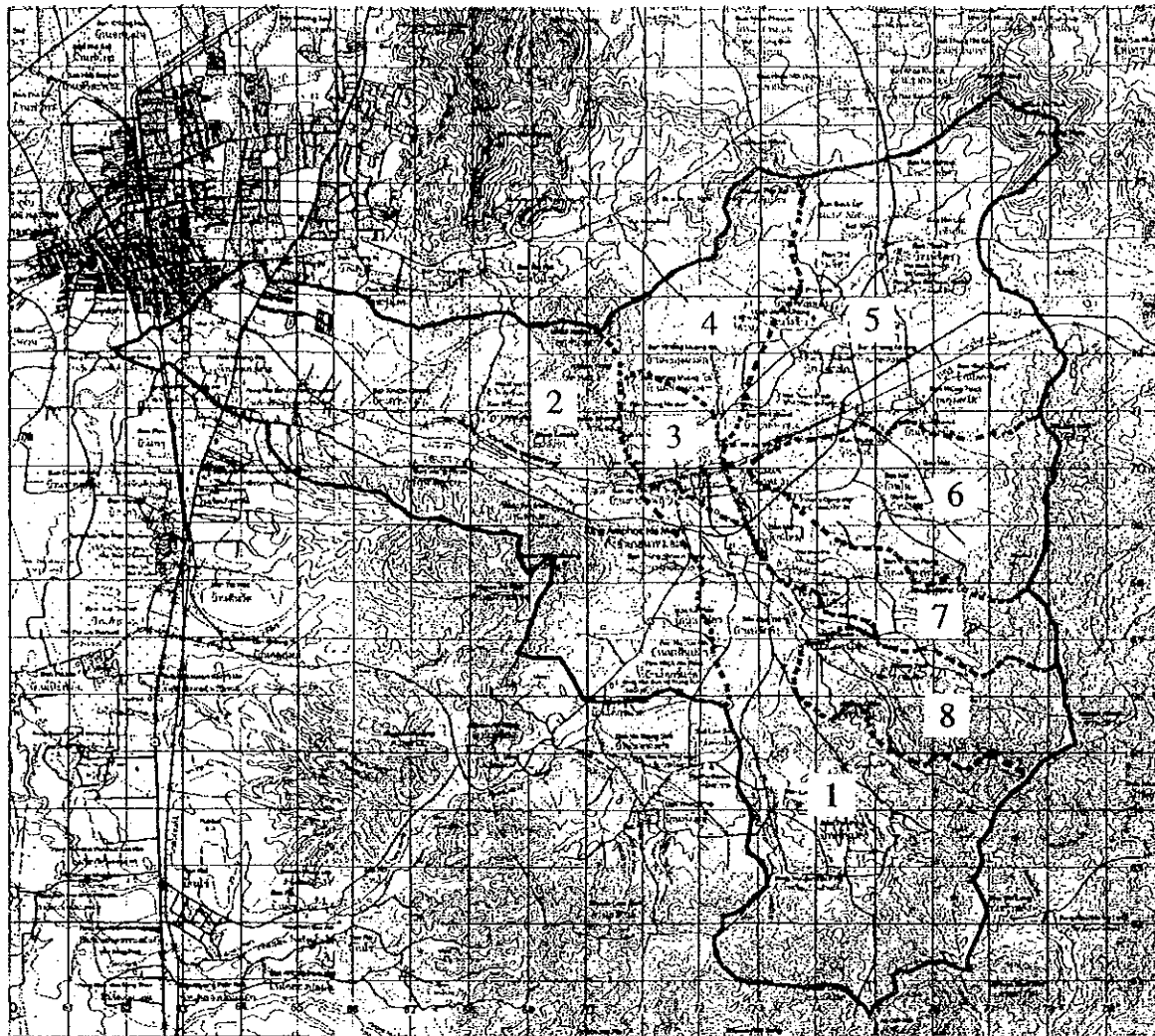


Fig. 2

Project Area (Khlong U-Taphao Basin)



### Khlong Wa Sub Basins

1. Khlong Wa (Upper)	= 24.30 sq.km.
2. Khlong Wa (Lower)	= 34.90 sq.km.
3. Khlong Na Mom	= 3.23 sq.km.
4. Khlong Ban Phli Kwai	= 7.82 sq.km.
5. Khlong Muang	= 22.05 sq.km.
6. Khlong Ban Sae	= 10.78 sq.km.
7. Khlong Ko Wao	= 7.42 sq.km.
8. Khlong Hin Dam	= 7.70 sq.km.
Total Area	= 118.20 sq.km.

Fig. 3

Khlong Wa Sub Basins







Flood Hydrograph at Gaging Station X.174

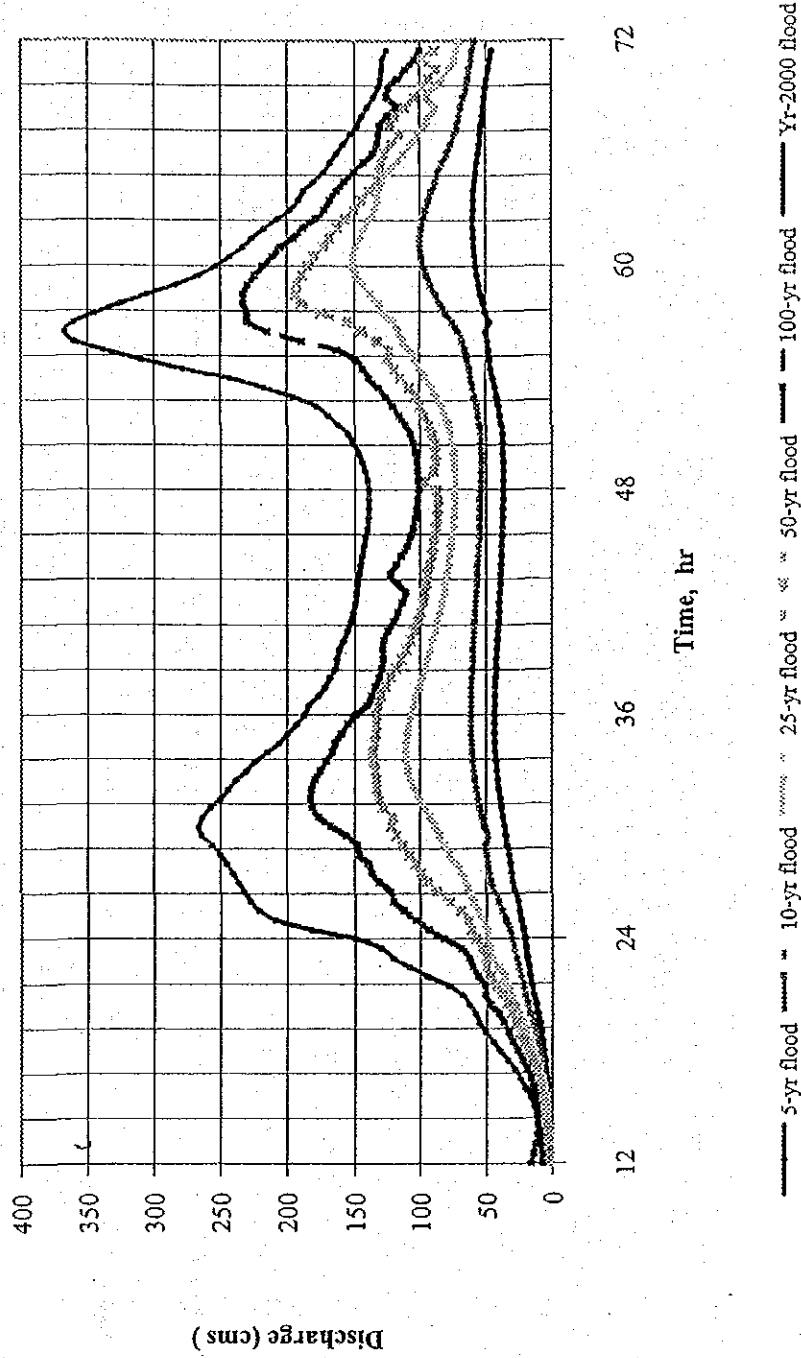


Fig. 6

Flood Hydrographs of Various Return Periods at Station X.174

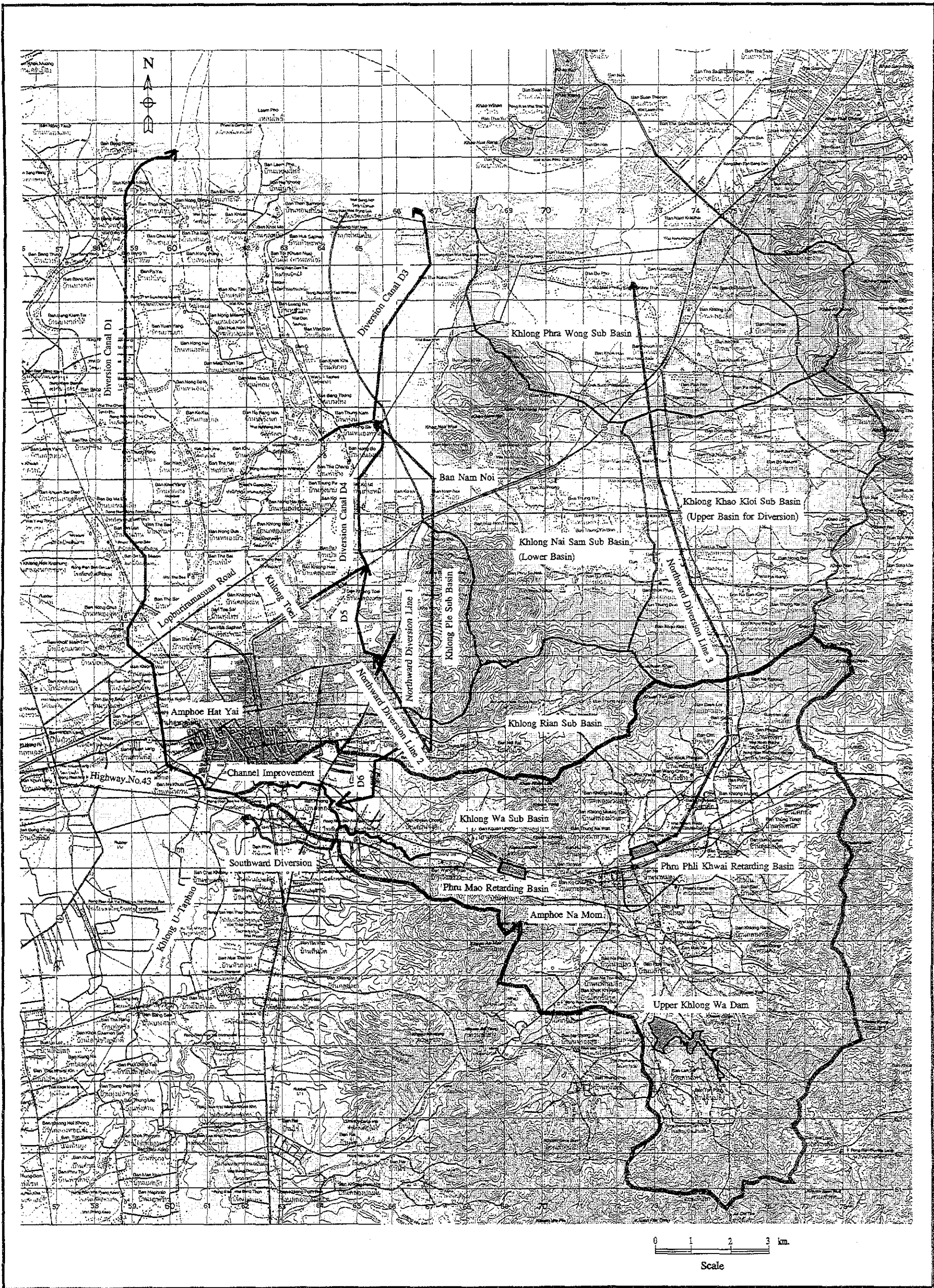


Fig. 7

Location of Studied Flood Prevention Projects

