

タイ王国

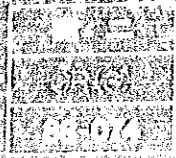
カヤオピア川洪水予報システム

計画調査

主報告書

昭和63年6月

国際協力事業団



タ イ 国

チャオピア川洪水予報システム
計 画 調 査

主 報 告 書

JICA LIBRARY



1067307〔7〕

昭和 63 年 6 月

国 際 協 力 事 業 団

国際協力事業団

17369

序 文

日本国政府は、タイ国政府の要請に基づき、同国チャオピア川洪水予報システム計画調査を行うことを決定し、これを国際協力事業団が実施した。

事業団は、株式会社 建設技術研究所 阿部 勝久氏を団長とし、同社及び日本工営株式会社から成る調査団を昭和62年2月から3月、6月から8月、及び11月から12月まで同国へ派遣した。

調査団は、チャオピア川流域の現地調査及びタイ国政府関係者との意見交換を実施し、日本に帰国後、解析・検討を行い、この最終報告書を作成した。

本報告書が当該地域の洪水被害軽減に寄与するとともに、日・タイ両国の友好親善の促進に役立つならば、これにまさる喜びはない。

最後に、今回の調査実施にあたり、多大の協力をいただいた、タイ国政府関係各位に深甚なる謝意を表すものである。

昭和63年6月

国際協力事業団

総裁 柳 谷 謙 介

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 柳 谷 謙 介 殿

ここにタイ国チャオピア川洪水予報システム計画調査の最終報告書を提出致します。
この調査は昭和62年2月から昭和63年3月にわたり実施致しました。

報告書は3分冊よりなり、第1分冊は調査の解析内容、提言を要約した要約報告書、第2分冊は調査、解析の内容を述べた主報告書、第3分冊は各専門別報告書のとりまとめに使用した資料を収録した付属書であります。

本調査の結果、提案された計画の実施が当流域の洪水被害の軽減に多大の貢献をすることを望むものであります。

最後に、本報告書を提出するにあたり、全調査期間にわたり、多大なご支援を賜った貴事業団、外務省、建設省、在タイ日本国大使館及び作業監理委員会、並びにタイ国政府諸機関の関係各位に対し、深甚なる感謝の意を表するものであります。

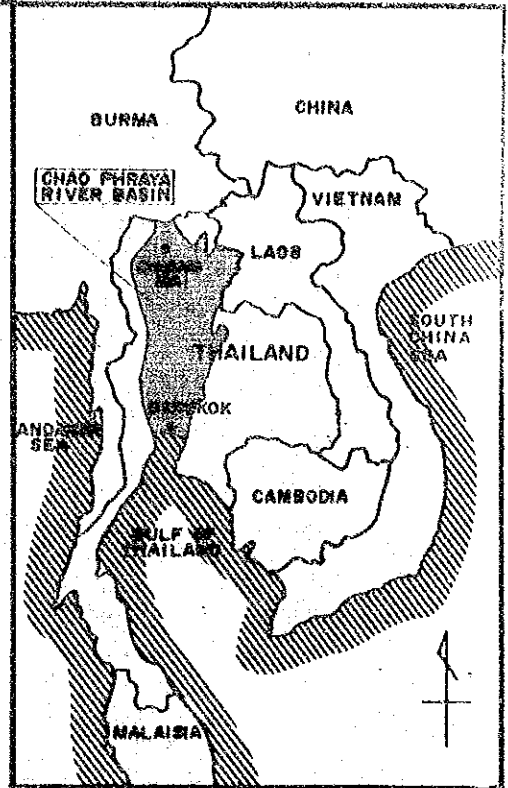
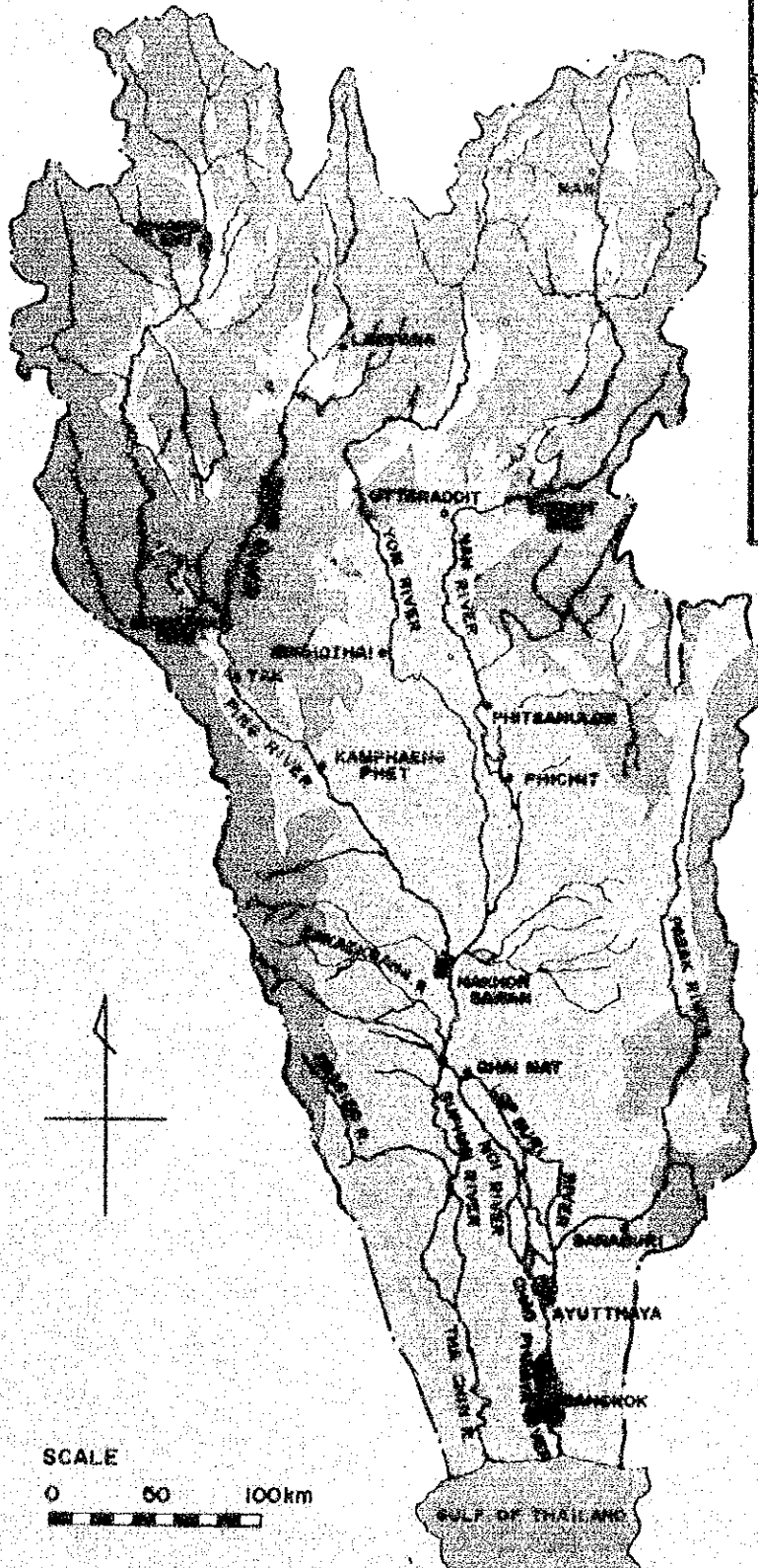
昭和63年6月

タイ国チャオピア川洪水予報システム計画調査団

団長 阿 部 勝 久

98° 99° 101° 101°

GENERAL MAP OF THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN



17°
16°
15°
14°

1. 概 説

タイ北部の山岳地帯に水源を発するチャオピア川は、肥沃な水田地帯を経て首都バンコック市を流下しタイ湾に注ぐ流域面積 162,000km²の大河川である。

当流域、特に下流デルタ地域は従来から農業開発、都市開発が盛んに行われてきた。

この開発のため流域のもつ自然の洪水調節能力の低下を招き、またバンコック市の大量の地下水汲み上げによる深刻な地盤沈下とも相まって洪水被害状況は悪化している。

基本的に洪水被害を防ぐためには、ダム建設、河川改修、放水路建設等の洪水防御事業の実施が有効であるが、当流域のような広大な流域で洪水防御計画を実施するには莫大な費用と長期の建設期間が必要であり、早急には実現し難い。このような状況から、早急な洪水被害軽減対策として効果的な洪水予報システムの計画策定が行われた。

2. 調査の目的

本調査の目的は以下のものである。

(1) 次の2段階による洪水予報システム策定

第1ステップ： 現況施設を基本とし、必要に応じこれに補足的な機器を加えた洪水予報システム

第2ステップ： 十分な洪水予測精度を備えた最新設備による洪水予報システム

(2) 上記の各システムに対する予備設計、費用積算

3. 調査対象域及び洪水予報対象域

3.1 調査対象域

タイ国北中部を流下するチャオピア川は、河川状況から判断し、ナコンサワンで大きく次の2流域に分割出来る： 山地を主体とする全流域の70%を占める上流域及び平地を中心とする下流域（一般図参照）。

上流域では、点在する平地にチェンマイ、スコタイ、ピサヌロック等の都市が開けている他、洪水期には遊水池の役割を果たす農地が多くみられる。

一方、下流域の平坦地では、チャオピア川は非常に入り組んだ水路網を形成してい

る。ここでは、バンコック、アユタヤ、チャイナート等の大都市がある他、広大な農業地帯が広がっている。

この農業地帯は輪中堤、道路、鉄道等によっていくつかの区域に分割されており、洪水期には内水や、洪水氾濫水に対して遊水池の役割を果たしている。この区間の河川勾配は1/10,000～1/50,000の範囲である。

チャオピア川流域は熱帯モンスーン地帯に属し、季節は大きく雨期、乾期の2期に分かれる。流域の年間平均降雨量は、西部の1,000mmから北東部の1,400mm程度の範囲で降雨量のはば80%が雨期である4月～10月に占められている。また、熱帯低気圧は時に1降雨100mmをこえる降雨をもたらす場合もある。平均気温は、雨期が27℃～32℃、乾期が20℃～27℃の範囲である。

河川の流況は前述の降雨特性をうけて雨期、乾期の季節的変化を示しており、最近の洪水記録では1975年、1978年、1980年、1983年の各年にかなり大きな洪水被害を下流域中心にもたらしている。

ナコンサワン水位観測所の記録によればブミボン、シリキットダムが完成した後の最大洪水流量は、1975年の4,355m³/s、1980年の4,320m³/sとなっている。

下流感潮区間は、河口からチャオピア川本川のバングサイ地点、パサック川のラム6世ダム地点まで及び、河口での朔望平均満潮位、干潮位はそれぞれ約2.2m、-1.8mである。

3.2 洪水予報対象域

洪水予報の対象域は、以下の地域に選定した。

- (1) バンコック市とナコンサワン、チャイナート、ロップブリ、シンブリ、アントン、アユタヤの各市街地
- (2) チャオピア川本川沿いのアントン～アユタヤ間、パサック川沿いのアユタヤ～ラム6世ダム間の農業地帯

これらの予報対象域のうち、経済的、政治的に重要なバンコック市を予報システム策定の最優先地域とする。

4. 第1ステップ洪水予報システム

4.1 システムの機能と必要施設

第1ステップ洪水予報システムは水文観測、情報収集、情報管理、情報伝達の4つのサブシステムから成る。このうち水文観測に使用する観測所は、プミボン、シリキットダム下流域に対し、34雨量観測所及び潮位観測所1ヶ所を含む31水位観測所で、このうちほとんどはRIDの管轄であり、残りをMD、PATが管理している。情報収集については、RID地方局の管理下にある観測所のデータはRID通信部を通じ、O&M部に集められ、MDによる観測資料はバンコックにあるMD本局で独自の通信網により収集されている。

このことから本システムで新たに通信網を整備する必要のある区間はRID本局と次の各ヶ所である(a)RID水文部管理の水文観測所（水文情報収集）、(b)関係機関（水文情報収集と予測結果の伝達）、(c)PAT潮位観測所（水文情報収集）

本システムで新規に設置する通信網はVHFもしくはHF/SSB周波帯を使った単信回線による無線音声通信を条件とした。

この通信網の概要は下表に示す通りである。

関係機関名	通 信 網			通信内容
	水文観測所	== 関係機関本局	== RID本局	
MD	HF/SSB*		VHF**	水文情報収集
PAT		HF/SSB** / 1		水文情報収集
RID (O&M部)	VHF; HF/SSB*		VHF; HF/SSB*	水文情報収集
RID (水文部)		HF/SSB** / 1		水文情報収集
LAD			VHF**	予測結果の伝達
BMA			VHF**	予測結果の伝達
EGAT			VHF**	水文情報収集 予測結果の伝達

Note: * 既存, ** 新規

/ 1 水文観測所及びRID本局間の直通回線

収集した雨量、水位、洪水被害資料等の河川情報を管理するために、本システムでは、人為操作によるデータファイル、洪水予測、水文解析、計算結果の表示等の機能を組み込んでいる。この河川情報管理システムは、エンジニアリングワークステーション（EWS）及びその周辺機器で構成され、周辺機器には、データ記憶装置、プリンター、カラーコピー、ビデオプロジェクターが含まれている。

洪水予測結果は、各洪水予報対象域に応じて選定した洪水予測地点について必要洪水予測期間内の日、時間水位で表し、RIDの第7、第8地方局、LAD、BMA、EGAT等の関係機関に毎日伝達する。

4.2 技術的考察

本システムでは、洪水予測計算、水防活動等の作業に必要な洪水予測期間を5.3日と仮定しているが、このシステムの運用によりほとんどの洪水予測地点でこの予測期間を満足する計算結果が得られる。

この予測結果の精度をみると、既往洪水を基に予測結果を検証した場合、計算誤差は10～30cmの範囲で最大誤差は1978年10月21日のサプラディット観測地点で30cmとなっている。この結果からみると精度は、それ程高いとはいえないものの、本システムは洪水予報として充分満足のいくものと考えられる。

4.3 実施計画

本システムの実施は大きくシステム本体の設置とシステム改善の2段階に分けて考える。

システム完成に必要な全期間は、36ヶ月であり、このうち詳細設計、業者選定、土木工事、機器設置等のシステム本体設置に必要な期間は12ヶ月で、この後システムは駆動状態になる。

さらに、システム運営のためのスタッフの研修を含むシステム改善には24ヶ月必要で、この間に洪水予測モデルのチェック改善、現地及び海外トレーニングを行う。

4.4 費用積算

このシステム完成に必要な費用は、US\$2,786,000であり、内訳はシステム本体設置にUS\$ 1,731,000、システム改善にUS\$1,055,000となっている。

5. 第2ステップ洪水予報システム

5.1 システムの機能と必要施設

全流域を対象に、最新鋭機器によるシステム設定を行なうにはかなりの長期間を要するため、本システム設定にあたっては洪水予報対象域の優先度を考慮し、段階的にシステム整備を計ることを前提にする。

システム構成の主要項目の一つである水文観測について、雨量観測方法は大まかに、地点雨量観測とレーダー雨量観測の2種類に分けられる。このうち、まず地点雨量観測網をまず整備し、その後、面積雨量の精度を高めるためレーダー雨量計を設置する。

最終的に、チャオピア川全流域に設置する地点雨量観測所数は84地点で、レーダー雨量計は下流域の降雨状況を把握するため北緯 $14^{\circ}40'$ 、東経 $100^{\circ}30'$ （ロップブリの南）と北緯 $16^{\circ}15'$ 、東経 $100^{\circ}15'$ （タファンヒン）の2ヶ所に設置する。

また水位観測所は、潮位観測所1ヶ所を含む45ヶ所に設置する。これら観測所の設置は、予報対象域の優先度と工事費から判断し、5段階で実施する。

情報収集と伝達に関しては、以下の条件でシステムを策定した。

- (1) 情報収集の信頼性と迅速性を高めるため、専用の無線回線を設定する。
- (2) 人為操作によるエラーの発生を防ぐため、オンラインによる文字伝達とする。
- (3) その他河川構造物の操作指示等の交信については音声によるオフラインシステムとする。

第2ステップの通信回線網は、大きく分けて幹線と枝線で構成し、このうち幹線はRID本局に設置される洪水予報センター（FFC）とRID地方局に設置する集中局との間にTOTのUHF多重回線網を利用して構成する。ただし、FFC、集中局とTOT回線の端末局との間に交換器を通さないアプローチ回線が必要である。

集中局と水文観測所の間を結ぶ枝線は単信のVHF回線を設置、また、FFCと関係機関はUHF多重回線によって結ぶ。

情報管理については、第1ステップから更に機能の強化を計るため、リアルタイム観測データをオンライン処理し、結果の表示はより見易く、判り易くする。

情報管理に必要な機器の基本構成は、第1ステップと同様であるが、質的、機能的に向上が計られている。

5.2 技術的考察

第2ステップの洪水予測システムで仮定する短期の必要洪水予測期間は3日間であるが、この3日予測結果による水位誤差は既往洪水資料に基づく検証ではいずれの予測地点でも20cm以下である。

一方、長期予測は当流域の流出特性から判断してバンコック市に対し10日間の予測、その他の地点について最大6日間の予測が可能である。この10日、6日予測に対する発生誤差は、1983年洪水のメモリアル地点で30cmとなっている以外は、いずれも20cm以内である。このことからこのシステムによる予測結果は充分その目的にかなう精度を保っていると考えられる。

5.3 実施計画

本システム完成に必要な期間は、今後予定される総合調査を始めてから11年で、内訳は統合調査 1.5年、資金調達 1.5年、コンサルタント選定 0.5年、詳細設計 2年、施工業者選定 0.5年、土木工事、機器設置に5年を予定している。

土木工事と機器設置は、工事費の大きさから判断し、予報対象域の優先度に基づいて、5段階で実施する。各段階で必要期間は機器調達に8ヶ月、機器設置に4ヶ月で、土木工事は機器調達と並行して行う。

5.4 費用積算

システム完成に必要な全費用は、US\$55,947,500であり、その内訳として、詳細設計はUS\$3,882,800、第1～第5段階の事業費はそれぞれ、US\$11,582,000、US\$5,249,500、US\$5,212,400、US\$5,222,500、US\$24,798,300となっている。

6. 社会経済的影響

チャオピア川及び支川流域では、過去に動産、不動産、商業活動等に深刻な被害を生じている。

洪水予報システム運用により、チャオピア川の広大な地域に渡って水文情報が集められ、各予測地点に対して豊富な資料に基づく高精度の予測結果が得られることになる。この予測結果を利用し、水防活動、河川構造物の操作が行われ、洪水被害は大幅に軽減出来るものと期待される。また、洪水被害の軽減に加え、第2ステップの通信網は相互

の連絡通信に利用出来ることから平常の業務遂行においても大きく貢献するものと期待される。

7. 勧告

- (1) 本調査において、最新設備による洪水予報システム計画（第2ステップ）がマスタープランレベルで策定されたが、現在、本洪水予報システムと施設を共有することが多いと考えられる水管理システムの調査が行われており、これら2つの調査は、実現に際し内容の調整が必要と考えられる。そこで、水管理システムの調査終了を待って、本洪水予報システムの次段階の調査を早急に実施することを勧告する。
- (2) 洪水被害問題に早急に対処するという観点から現況施設をベースにした第1ステップの洪水予報システムが策定された。本システムは、本調査結果に基づき直ちに詳細設計、事業実施に移すことが可能であり、システム完成に必要な期間は、システム設置1年、システム改善に2年の計3年間である。
前述の第2ステップの実施促進と併行し、第2ステップ完成までの洪水問題解決のための空白期間をうめる意味で、第1ステップ洪水予報システムの実施を早急に行うことを勧告する。

第1、第2ステップ洪水予報システム計画主要諸元

A. 第1ステップシステム

1. 水文観測所

既 設

(a)雨量観測所 (R I D)	16ヵ所
雨量観測所 (M D)	<u>18ヵ所</u>
計	34ヵ所

(b)水位観測所 (R I D)	27ヵ所
水位観測所 (M D)	2ヵ所
水位観測所 (P A T)	<u>1ヵ所</u>
計	30ヵ所

新 設

(a)水位観測所 (R I D)	1ヵ所
------------------	-----

2. 電気通信

既 設

(a)水文観測所 H F 無線局 (R I D)	4ヵ所
周波数	3-15MHz
R F 出力	100 W
アンテナ	2 柱
電源 (商用)	220V, 50Hz
(b)水文観測所 H F 無線局 (M D)	20 ヲ所
周波数	6MHz
R F 出力	150 Wもしくは130 W
アンテナ	2 柱
電源 (商用)	220V, 50Hz

新 設

(a)水文観測所 H F 無線局舎	30 ヵ所
周波数	3-15MHz
R F 出力	100 W
アンテナ	2 柱
電源 (エンジン発電機)	2 kVA
局舎床面積	3 m ²
(b)水文観測所 V H F 無線局舎	3 ヵ所
周波数	150MHz
R F 出力	10 W
アンテナ	3素子ヤギアンテナ
電源 (エンジン発電機)	0.5 kVA
局舎床面積	3 m ²
(c)関係機関 V H F 無線局	4 ヵ所
周波数	150MHz
R F 出力	10 W
アンテナ	3素子ヤギアンテナ

3. 情報管理

新 設

エンジニアリングワークステーション (32ビット CPU、5 MB記憶容量)	1 台
ハードディスク装置 (100 MB記憶容量)	1 台
磁気テープ装置	1 台
ラインプリンター	1 台
ビデオプロジェクター	1 台

C V C F (3kVA)	1 台
オペレイティングシステムソフト	1 セット
プログラム	1 セット

B. 第2ステップシステム

1. 水文観測所

新 設

(a)雨量観測所	65ヵ所
(b)水位観測所	26ヵ所
(c)雨量／水位観測所	19ヵ所
(d)レーダー観測所	2ヵ所

2. 電気通信

新 設

(a)水文観測所V H F 無線局舎	110ヵ所
周波数	150MHz
R F 出力	10 W
アンテナ	3素子ヤギアンテナ
電源	12V, 8.5W (太陽電池)
	DC 12V, 40 AH (バッテリー)
局舎床面積	3 m ²
タワー高	20 m
(b)レーダー雨量観測所U H F 無線局舎	2ヵ所
周波数	1.5GHz
R F 出力	1 W
チャンネル容量	4チャンネル
アンテナ	8素子ヤギアンテナ
電源 (商用)	AC 200 V, 50 Hz
電源 (エンジン発動機)	200 kVA

局舎床面積	300 m ²
(c) V H F 中継局舎	15 ヵ所
周波数	150MHz
R F 出力	10 W
アンテナ	3素子コリニア
電源	12 V, 20 W (太陽電池)
	DC 12 V, 80 AH (バッテリー)
局舎床面積	3 m ²
タワー高	30 m
(d) 集中局舎	5 ヵ所
水文データ収集用 V H F 無線局	5 ヵ所
周波数	150MHz
R F 出力	10 W
アンテナ	3素子コリニア
レーダー雨量データ収集用 U H F 無線局	2 ヵ所
周波数	1.5GHz
R F 出力	1 W
アンテナ	5素子ヤギアンテナ
T O T 端末局連絡用 U H F 無線局	5 ヵ所
周波数	1.5GHz
R F 出力	1 W
アンテナ	8素子ヤギアンテナ
チャンネル容量	3チャンネル
V H F, U H F 局共有装置	
電源 (商用)	AC 220 V, 50 Hz
電源 (エンジン発電機)	75 kVA
局舎床面積	100 m ²
タワー高	30m

(e)TOT端末局	6ヵ所
周波数	1.5GHz
RF出力	1 W
アンテナ	8素子ヤギアンテナ
チャンネル容量	3チャンネル

(f)洪水予報センター

水文観測所連絡用VHF無線局	1ヵ所
周波数	150MHz
RF出力	10 W
アンテナ	3素子コリニア
集中局連絡用UHF無線局	1ヵ所
周波数	1.5GHz
RF出力	1 W
チャンネル容量	16 チャンネル
アンテナ	8素子ヤギアンテナ
関係機関連絡用UHF無線局	1ヵ所
周波数	1.5GHz
RF出力	1 W
チャンネル容量	9チャンネル
アンテナ	3素子コリニア

VHF, UHF局共有装置

電源 (商用)	AC 220 V, 50 Hz
電源 (エンジン発電機)	200 kVA
局舎床面積	600m ²
タワー高	30m

(g)情報伝達局UHF無線局	3ヵ所
周波数	1.5GHz
RF出力	1 W

チャンネル容量

3チャンネル

アンテナ

8素子ヤギアンテナ

3. 情報管理

新 設

エンジニアリングワークステーション (32ビットCPU、5 MB記憶容量)	3台
ハードディスク装置 (100 MB記憶容量)	3台
磁気テープ装置	1台
ラインプリンター	1台
カラーハードコピー	1台
ビデオプロジェクター	1台
ミミックボード	1台
エレクトリックファイリングシステム	1セット
ビデオテープレコーダー	1セット
電 話	13台
ファクシミリ	9台
端末監視装置	5台

チャオピア川洪水予報システム計画調査

主 報 告 書

目 次

	ページ
序 文	
概要図	
要 約	
第1、第2ステップ洪水予報システム計画主要諸元	
第1章 序	1
1.1 概 説	1
1.2 調査対象域	1
1.3 調査目的	1
1.4 調査・要員計画	1
第2章 調査の背景	4
2.1 国家開発計画	4
2.1.1 既往開発計画の実績	4
2.1.2 第6次経済社会開発計画（1987～1991）	4
2.2 行政区画	5
2.3 経済構造・政府予算	5
2.3.1 概 説	5
2.3.2 国民総生産・国内総生産	6
2.3.3 対外貿易	6
2.3.4 国際収支	6
2.3.5 政府予算	7
2.4 人口・世帯数	7
2.4.1 人 口	7
2.4.2 世帯数	7

2.5	物価指数・家計収入	7
2.5.1	物価指数	7
2.5.2	家計収入	8
2.6	社会経済基盤	8
2.6.1	交通	8
2.6.2	電気通信	9
2.6.3	都市用水	9
2.6.4	電力	10
2.7	地形・地質	11
2.7.1	地形	11
2.7.2	一般地質	12
2.8	土地利用	12
2.8.1	流域全体での土地利用	12
2.8.2	下流域の土地利用	13
2.9	気象・水文	13
2.10	氾濫・洪水被害	14
第3章	洪水予報システムに関する現況施設	36
3.1	水文観測施設	36
3.1.1	雨量観測所	36
3.1.2	水位・流量観測所	36
3.2	河川構造物	37
3.2.1	ブミボン・シリキットダム	37
3.2.2	堰・流量調節ゲート	38
3.2.3	堤防	40
3.3	電気通信網・施設	41
3.4	情報管理システム・施設	44
3.4.1	情報収集システム	44
3.4.2	情報管理システム	45
3.4.3	情報伝達システム	46

3.5	洪水予報実施状況	47
3.6	組 織	47
第4章	計画策定の概念	72
第5章	基礎調査・解析	74
5.1	洪水予報対象域・洪水予測地点の選定	74
5.2	洪水予測期間	75
5.2.1	短期洪水予測期間	76
5.2.2	長期洪水予測期間	77
5.3	洪水予測結果の更新間隔	78
5.4	洪水予測モデル	79
5.4.1	全体洪水予測モデル	79
5.4.2	流域流出量予測モデル	81
5.4.3	河道追跡モデル	83
5.4.4	洪水氾濫モデル	84
5.4.5	不定流計算モデル	85
第6章	既存施設による洪水予報システム（第1ステップ）	128
6.1	計画策定方針	128
6.2	洪水予報システムの計画策定	128
6.2.1	水文観測	128
6.2.2	情報収集	130
6.2.3	情報管理	133
6.2.4	情報伝達	135
6.3	洪水予測の内容	135
6.4	洪水予測の効果	136
6.5	予備設計、実施計画および費用積算	139
6.5.1	予備設計	139
6.5.2	実施計画	141

6.5.3	費用積算	141
6.6	システム維持管理体制	143
6.7	プロジェクト評価	144
第7章	最新施設による洪水予報システム（第2ステップ）	177
7.1	計画策定方針	177
7.2	洪水予報システムの策定	177
7.2.1	水文観測	177
7.2.2	情報収集	182
7.2.3	情報管理	186
7.2.4	情報伝達	187
7.3	洪水予測の内容	188
7.4	洪水予測の効果	188
7.5	予備設計	191
7.6	実施計画・費用積算	197
7.6.1	実施計画	197
7.6.2	費用積算	198
7.7	システム維持管理体制	198
7.8	プロジェクト評価	199
第8章	勸告	249
添付資料：	議事録	A-1

表 目 次

	ページ
表 2 - 1 第 6 次国家計画の経済目標	17
表 2 - 2 調査対象域の行政区画	18
表 2 - 3 現時点市場価格による国内総生産および国民総生産 (1981~1985)	19
表 2 - 4 国家歳入・歳出 (1981~1985)	20
表 2 - 5 1980~1985年調査対象域内州別人口および世帯数	21
表 2 - 6 チャオピア流域州別土地利用	22
表 2 - 7 バンコックの洪水被害状況	24
表 3 - 1 ブミボン、シリキットダム主要諸元	49
表 3 - 2 ナコンサワン下流域主要河川構造物	50
表 3 - 3 ナコンサワン上流域主要河川構造物	51
表 3 - 4 放流施設からの最大放流量	52
表 3 - 5 IECプロジェクトによるデータベース	53
表 3 - 6 チャオピア川流域における洪水調節、洪水予測実施官庁	54
表 5 - 1 州別人口密度	90
表 5 - 2 必要洪水予測期間	91
表 5 - 3 流域流出計算定数	92
表 5 - 4 観測流量と計算流量の比較	94
表 5 - 5 洪水到達時間推測値	95
表 5 - 6 分割河道区間貯留関数定数	96
表 5 - 7 観測最大流量、年間流出量および計算最大流量、年間流出量の比較	97
表 5 - 8 感潮区間計算水位の粗度係数変化による影響	98
表 5 - 9 フォートプラチエル地点潮位予測式の定数	99
表 5 - 10 年、月最大潮位	100
表 5 - 11 観測潮位と予測潮位の差 (1年間予測値)	101
表 6 - 1 水位観測所一覧表 (第 1 ステップ)	145
表 6 - 2 雨量観測所一覧表 (第 1 ステップ)	146
表 6 - 3 水位監視、検証用水位観測所 (第 1 ステップ)	147

表6-4	境界条件入力用水位観測所（第1ステップ）	148
表6-5	流域流出予測計算用雨量観測所（第1ステップ）	149
表6-6	各代替案費用、中継地点数、通信データ量の比較（第1ステップ）	150
表6-7	管理対象データ（第1ステップ）	150
表6-8	コンピュータ・ハードウェア仕様（第1ステップ）	151
表6-9	コンピュータ・ソフトウェア仕様（第1ステップ）	152
表6-10	情報伝達（第1ステップ）	153
表6-11	洪水予測地点年最大予測流量（第1ステップ）	154
表6-12	感潮区間月最大予測潮位（第1ステップ）	155
表6-13	洪水到達時間（第1ステップ）	156
表6-14	電気通信、情報管理施設費用一覧（第1ステップ）	157
表6-15	電気通信施設単価（第1ステップ）	158
表6-16	R I D内洪水予報委員会（第1ステップ）	159
表6-17	チャオピア川洪水予報システム運用のためのR I D担当業務	160
表7-1	対象雨量観測所変化による年最大流量、年間流出量計算値（第2ステップ）	201
表7-2	雨量観測所一覧表（第2ステップ）	204
表7-3	雨量水位観測所一覧表（第2ステップ）	206
表7-4	流域流出予測モデル適用雨量観測所（第2ステップ）	207
表7-5	水位観測所一覧表（第2ステップ）	209
表7-6	水位流量監視検証用水位観測所（第2ステップ）	211
表7-7	既存流量調節ゲート地点監視用水位観測所（第2ステップ）	212
表7-8	境界条件入力用水位観測所（第2ステップ）	213
表7-9	水文観測所設置優先順位（第2ステップ）	214
表7-10	幹線通信回線チャンネル数（第2ステップ）	215
表7-11	電気通信網の費用比較（第2ステップ）	215
表7-12	情報管理施設仕様（第2ステップ）	216
表7-13	洪水予測地点年最大流量（第2ステップ）	218
表7-14	観測最大潮位と予測最大潮位の差（第2ステップ：6日前予測）	219
表7-15	感潮区間日最大予測水位（第2ステップ）	220
表7-16	電気通信網段階施工計画（第2ステップ）	221

表7-17 システム全体事業費（第2ステップ）	222
表7-18 段階別事業費（第2ステップ）	223
表7-19 年間維持管理費（第2ステップ）	224
表7-20 R I D洪水予報センター監理委員会	225
表7-21 R I D洪水予報センター担当係の主要作業項目	226

目 次

	ページ
図1-1 作業スケジュール	2
図1-2 要員計画	3
図2-1 行政区分図	25
図2-2 主要河川の流域界	26
図2-3 チャオピア川縦断図	27
図2-4 チャオピア川流域内現況土地利用図	28
図2-5 フローティングライス栽培地	29
図2-6 月平均降水量の変化 (1951～1980)	30
図2-7 平均気温と蒸発散量の月別変化 (1951～1980)	31
図2-8 洪水による浸水域	32
図2-9 1983年洪水による道路冠水地点	35
図3-1 既設雨量観測所位置図	55
図3-2 既設主要水位・流量観測所位置図	56
図3-3 ダム・取水堰及び流量調節ケント位置図	57
図3-4 主要河川構造物模式図	58
図3-5 シリキットダム及びブミボンダムの貯水位	59
図3-6 シリキット・ブミボンダムにおける流入量と放流量の関係	60
図3-7 ナコンサワン下流域の既設堤防	62
図3-8 R I D電気通信網	63
図3-9 R I D電気通信システム	64
図3-10 M D電気通信網	65
図3-11 E G A T多重回線網	66
図3-12 T O T多重回線網	67
図3-13 C A T電気通信網	68
図3-14 R I D情報管理システム	69
図3-15 タイ国政府機関組織図	70
図3-16 R I D組織図	71
図5-1 洪水予報対象域と予測地点	102

図5-2	洪水予測期間内実施作業内容	103
図5-3	洪水予測モデル作成上の流域界	104
図5-4	洪水予測モデル作成上の洪水浸水域と潮水の影響区域	105
図5-5	ナコンサワン上流域の洪水予測モデル	106
図5-6	ナコンサワンーバングサイ間の洪水予測モデル	107
図5-7	流域内流出予測モデルの模式図	108
図5-8	流出予測モデルによる流出計算ハイドログラフ	109
図5-9	越水前後の河川流量関係図	113
図5-10	洪水流の分流割合	115
図5-11	ナコンサワン地点の流出計算ハイドログラフ	116
図5-12	マニングの粗度係数と計算水位	120
図5-13	感潮区間における水位の観測値と計算値	121
図5-14	潮位の時間変動	124
図5-15	潮位の日最大平均、最小値の変動	127
図6-1	水文観測所（第1ステップ）	161
図6-2	電気通信網（第1ステップ）	162
図6-3	電気通信網模式図（第1ステップ）	165
図6-4	情報管理システムの模式図（第1ステップ）	166
図6-5	情報解析システムのフローチャート（第1ステップ）	167
図6-6	ナコンサワン地点の6日前予測流出ハイドログラフ（第1ステップ）	168
図6-7	VHF/FM無線局の標準図（第1ステップ）	171
図6-8	HF/SSB無線局の標準図（第1ステップ）	172
図6-9	無線局舎の標準図（第1ステップ）	173
図6-10	情報処理装置の概要図（第1ステップ）	174
図6-11	洪水予測システムの実施計画（第1ステップ）	175
図6-12	洪水予報システムの組織計画（第1ステップ）	176
図7-1	雨量観測所組み合わせ変化による計算流出ハイドログラフ	227
図7-2	水文観測所（第2ステップ）	230
図7-3	レーダー雨量観測所の設置地点と観測領域（第2ステップ）	231
図7-4	電気通信網（第2ステップ）	232

図7-5	電気通信網模式図（第2ステップ）	236
6 7-6	情報管理システムの模式図（第2ステップ）	237
図7-7	ナコンサワン地点の3日前予測流出ハイドログラフ（第2ステップ）	238
図7-8	ナコンサワン地点の6日前予測流出ハイドログラフ（第2ステップ）	239
図7-9	チャイナート地点の3日前予測流出ハイドログラフ（第2ステップ）	240
図7-10	チャイナート地点の6日前予測流出ハイドログラフ（第2ステップ）	241
図7-11	アントン地点の3日前予測流出ハイドログラフ（第2ステップ）	242
図7-12	アントン地点の6日前予測流出ハイドログラフ（第2ステップ）	243
図7-13	水位、雨量観測施設及び中継局の標準図	244
図7-14	洪水予報センターの建屋標準図	245
図7-15	実施計画（第2ステップ）	246
図7-16	各フェーズの施工計画	247
図7-17	洪水予報センターの組織計画	248

組織・機構名の略語

AIT	: アジア工科大学
BMA	: バンコク首都圏庁
CAT	: タイ国通信公社
DDS	: 下水道局 (バンコク首都圏庁)
DOH	: 道路局
DPW	: 公共事業局
DTEC	: 技術経済協力局
EGAT	: タイ電力公社
HD	: 港湾局
IEC	: かんがい技術センター (王立かんがい局)
LAD	: 地方行政局
MD	: 気象局
NEA	: 国家エネルギー庁
NEB	: 環境庁
NESDB	: 国家社会経済開発庁
NSO	: 国家統計局
PAT	: タイ国海運公社
PTD	: 郵便電話局
RID	: 王立かんがい局
SRT	: タイ鉄道公社
TOT	: タイ電話公社
FFC	: 洪水予報センター
JICA	: 日本国国際協力事業団

度量単位の短縮形

長 さ

mm	: ミリメートル
m	: メートル
km	: キロメートル

面 積

ha	: ヘクタール
km ²	: 平方キロメートル
rai	: 0.16ヘクタール
taram war	: 4平方メートル

容 積

m ³	: 立方メートル
MCM	: 百万立方メートル

時 間

s, sec	: 秒
h, hr	: 時

その他の度量

HWL	: 高水位
MSL	: 平均潮位
°	: 度
'	: 分
"	: 秒
%	: パーセント
°C	: 度 (温度)
m ³ /s	: 秒当たりの体積
KB	: キロバイト
MB	: メガバイト
RAD	: ラジアン
bps	: 秒当たりのビット
BPI	: インチ当たりのビット
AH	: アンペア時

テレコミュニケーション及びコンピュータ用語の短縮形

FM	: 周波数変調
HF	: 高周波数
SSB	: 単側波帯伝送方式
VHF	: 高周波数 (メートル波)
UHF	: 超高周波数 (デシメートル波)
KHz	: キロヘルツ
MHz	: メガヘルツ (= 10 ³ キロヘルツ)
GHz	: ギガヘルツ (= 10 ³ メガヘルツ)
CCU	: 通信制御装置
CPU	: 中央演算処理装置
MPU	: 主要処理装置
MONITOR	: 監視制御装置
FAX	: ファクシミリ
TEL	: 電話
BPP I	: 高密度画素表示盤
SV/R C	: レーダ監視装置/遠隔制御装置
T/R	: 送受信
SIG	: 信号処理装置
MUX	: 多重送信端末装置
TSE	: テレメーター監視装置
MT	: 磁気テープ
MD	: 磁気ディスク
LP	: ラインプリンター
UPS	: 連続電力供給装置
AC	: 交流
UNIVAC	: ユニバック (コンピューター メーカー)
PPI	: 表示盤

そ の 他

GDP	: 国内総生産
GNP	: 国民総生産
GRP	: 地域総生産
GPP	: 地方総生産
R/O	: 地方事務所
O&M	: 運用・維持
INTELSAT	: インテルサット

第1章 序

1.1 概 説

タイ北部の山岳地帯に水源を発するタイ国最大河川チャオピア川は、肥沃な水田地帯およびバンコック市を流下しタイ湾に注ぐ流域面積162,000km²の大河川でタイ国の約1/3を占めている。

当流域、特に下流デルタ地帯は従来から農業開発、都市開発が盛んに行われてきた。しかし、一方でこの下流デルタ地帯は毎年のように洪水被害を受けている。

この大規模な農業、都市開発は流域が従来保有していた洪水調節能力の低下を招き、さらにバンコック市では大量の地下水汲み上げにより深刻な地盤沈下が生じている。このような環境のもとに当流域の洪水被害状況は悪化している。

現在まで洪水被害対策は極めて局部的にもしくは2義的に実施してはいるものの全流域を対象とした治水基本計画は策定されていない。このため長期的展望に立った効果的な洪水防御対策が立案されることが必要である。

しかし、こういった広大な流域を対象に治水基本計画を実現するには、長期間必要なのに対し、洪水問題は緊急に対処されなければならない。この状況から緊急に洪水被害問題に対処するため洪水予報システム策定が必要となった。

1.2 調査対象域

調査対象域は概要図に示すようにチャオピア川全流域である。

1.3 調査目的

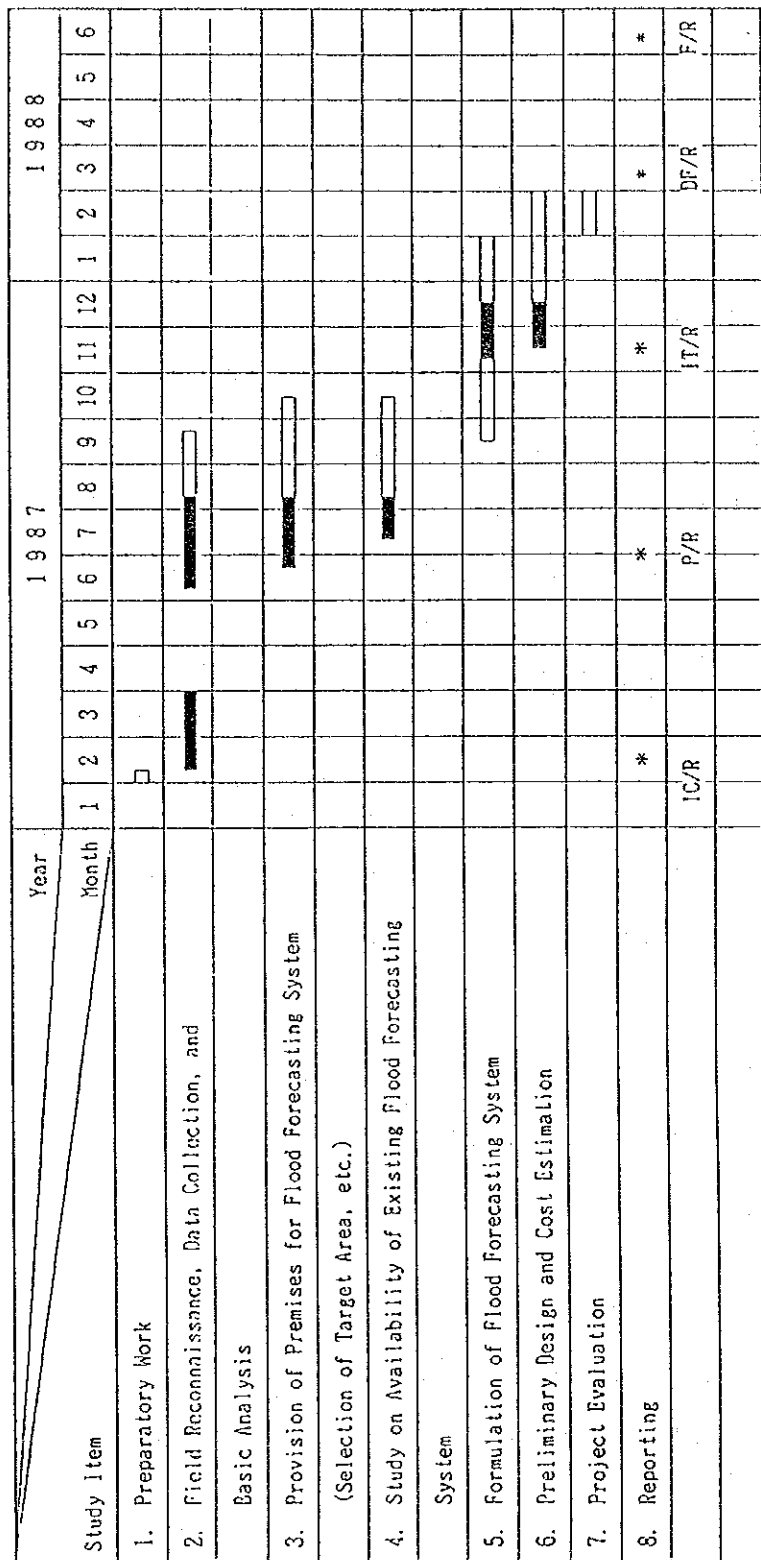
調査の目的は以下のものである。

- (1) チャオピア川流域の洪水予報システム策定および
- (2) システムの予備設計と費用積算

1.4 調査・要員計画

調査要員計画は図1-1、2に示す通りである。

図 1-1 作業スケジュール



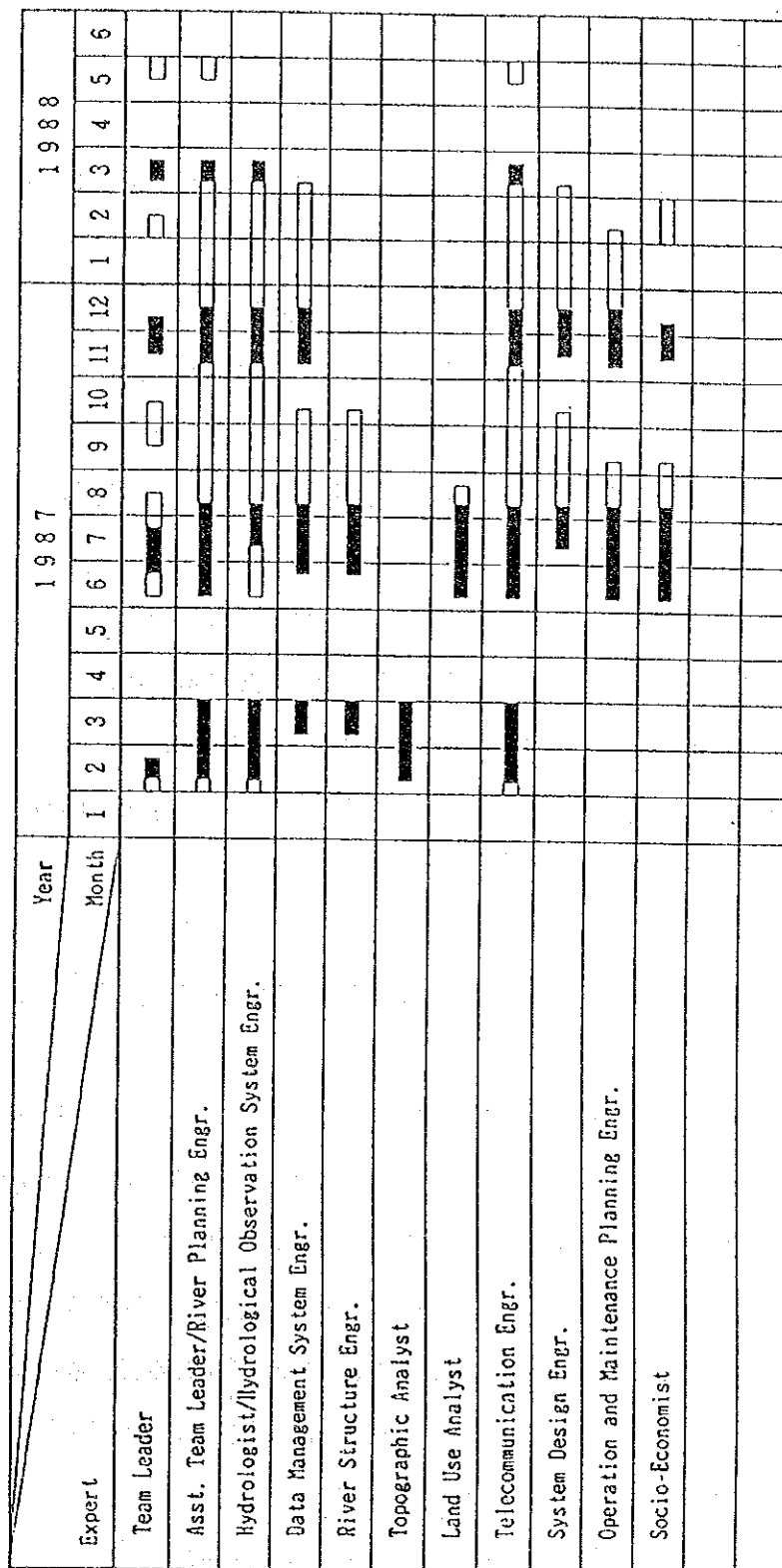
LEGEND

 : Study in Project Site
 : Study in Japan
 : Submittal of Report

IC/R : Inception Report
 P/R : Progress Report
 IT/R : Interim Report
 DF/R : Draft Final Report
 F/R : Final Report

FLOOD FORECASTING SYSTEM
IN THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図1-2 要員計画



LEGEND
 : Study in Project Site
 : Study in Japan

第2章 調査の背景

2.1 国家開発計画

2.1.1 既往開発計画の実績

1961年以来、タイ国は過去25年間余り5次に渡る経済社会開発計画のもとに著しい経済発展と生活向上を果たしてきた。

事実、国民総生産は1961年の58,900百万バーツから1985年には18倍の1,047,500百万バーツまで向上し、1人当たりの国民所得は1961年2,150バーツから1985年には10倍の20,420バーツになった。また、社会開発面では、公共サービスの水準は上昇し、特にタイ国民の生活の質的改善の基本となる教育、福祉分野は著しく向上した。

このようにタイ経済は非常な成長を遂げたものの、経済成長率は世界経済の景気後退、世界的貿易競争の激化、保護貿易主義の台頭等の要因から1976年～1980年の第4次、1981～1986年の第5次開発計画時点では低下している。例えば、第5次計画期間のタイ平均経済成長率は第4次の年7%に対し、4.4%であり、目標であった6.6%をも下廻った。このような経済成長の停滞に加えてタイは5次の終わりまでに労働力の増大、雇用機会の減少、貿易収支、財政収支赤字、バンコック首都圏の人口集中、地方経済の低成長、天然資源の非効率的利用からくる環境の質の悪化等解決すべき多くの問題や障害を抱えた。これら問題の解決は国家政策の重点課題となった。

2.1.2 第6次経済社会開発計画（1987～1991）

第6次計画の主要目的は過去から積み残されてきた問題の解決にあたるとともに、将来の進歩と繁栄に向けて国の開発水準を上げることにある。

この目的にそって経済目標として390万人以上におよぶ新社会人の労働市場への参入を吸収できるよう少なくとも年5%の経済成長率（5次の実績成長率より高い）を維持する必要がある、また社会目標としては社会の進歩と平和、平等を実感出来るよう人々の生活水準の向上を計ることにある。

表2-1に第4次、5次計画の実績と6次の経済目標を示す。

第6次計画ではGDPの成長は年平均5%を目標にあげており、特に製造、工業部門は年6.6%としている。一方、人口増加率、消費物価上昇率はそれぞれ年平均1.3%、2.3%程度を維持するよう計画している。

上記の経済目標が第6次計画の終わりに達成されると、タイ国は東南アジア諸国で経済的にかなり主要な地位を占めることになる。この場合、国民1人当たりの収入は1986年の21,000バーツが1991年には28,000バーツに達する。

2.2 行政区画

タイ国は地勢的に中央部、東部、西部、北東部、北部、南部の6つの地域に分かれる。行政面からはタイ国は73州に分かれ、更に733地区、6,430町、57,415村に分割されている。チャオピャ川流域はこの分割では29州が関わっている。(図2-1参照)。これらの州のうち24州は完全に流域内に位置するが、残り5州(チェンマイ、タク、ピャオ、ウタイタニ)は一部が流域内に組み込まれている。この29州は更に22準地区2,461町、19,552村を含む270地区に分割される。

この各州の合計面積は全国土の31.5%に相当する162,000km²のチャオピャ川流域面積を含む194,479km²である。(表2-2参照)

調査対象域であるバンコック首都圏はバンコック首都行政区とノンタブリ、パトムタニ、サムットプラカン、オコンパトム、サムットサコンの5州で構成され、都市用水、下水、電力供給等の公共事業等ではこれら首都圏の4,700km²を大きな単位として取り扱っている。

2.3 経済構造・政府予算

2.3.1 概説

タイの伝統的産業は米作を主とした農産物であるが、近年米に対する需要は国の内外ともに減少の傾向にあり、このため農家の収入、輸出量も減少している。

この好ましからざる状況から脱却するため政府はトウモロコシ、キャサバ等の穀物の増産を奨励している。また政府は輸出向けの日常製品を対象とした軽工業の発展を促進しており、現在、軽工業製品は農産物とともに輸出製品としてその役割は高まりつつある。

この農産物、軽工業製品による輸出拡大にもかかわらずタイ国の対外貿易収支は今なお輸入超過の状態にある。この貿易収支の赤字の大部分は外国からの資本投資によってまかなわれており、この結果タイ国の国際収支は近年非常に健全な状況を保っている。1986年の国際収支では資本収支に加え、輸出サービス部門の好調に支えられ経

常収支も黒字に転じている。

2.3.2 国民総生産・国内総生産

1985年タイ国のGDP、GNPは市場価格でそれぞれ約1,048,000百万バーツ、1,010,000百万バーツで1人当たりのGNPは約20,000バーツに達している。

1981年から1985年のタイ経済の平均成長率をみるとGDP、GNPで約5%、1人当たりのGNPは約3%となっている。（表2-3参照）

29州からなる調査対象域では1985年の州総生産(GPP)は国全体GDP(1,048,000百万バーツ)の64%に相当する668,000百万バーツに達している。このうちバンコック市は調査対象域の58%、国全体GDPの37%に相当する389,000百万バーツを占めている。

1981年～1985年の調査対象域GPPの成長率は国全体と同じ5%となっている。

1985年の調査対象域1人当たりGPPは国全体の1.5倍にあたる約30,000バーツになっており、特に、バンコック、サムットプラカン、パトムタニは若干高くそれぞれ68,000、63,000、48,000バーツである。

2.3.3 対外貿易

1985年、タイ国対外貿易は輸出193,000百万バーツ、輸入251,000百万バーツの計444,000百万バーツで貿易赤字は58,000百万バーツとなっている。

この貿易赤字は1985年以来6%の比較的高い輸出の伸びにもかかわらず近年毎年のように発生している。この輸出についてみると、1985年では食料、原料工業製品の合計が全体の73%に相当する142,000百万バーツになっている。一方輸入では機械、石油、工業製品、化学が全体の82%の205,000百万バーツに達している。

2.3.4 国際収支

1981年以来タイの国際収支は貿易赤字にもかかわらず1983年を除き、資本、為替、サービス等の貿易外収支の好調さに支えられ好ましい状態を保っている。例えば、1986年の国際収支をみると貿易赤字は16,500百万バーツであるものの資本収支10,800百万バーツの黒字、為替収支5,800百万バーツ、サービス部門16,600百万バーツ、その他16,900百万バーツの黒字となり、合計で33,600百万バーツの黒字となっている。

2.3.5 政府予算

タイ国政府の予算は過去20年間年平均14%の増加を示しており、1985年の歳入、歳出はそれぞれ 159,000百万、183,000百万バーツとなっている。この間財政赤字が毎年続いているが1982年以降減少の傾向にある。表2-4に歳入、歳出統計を示す。

2.4 人口・世帯数

2.4.1 人口

タイの国勢調査は1960年以来10年おきに実施されており、その結果によると1960年26,258千人、1970年34,393千人、1980年44,825千人である。この間の平均人口増加率は1960年～1970年が2.74%、1970年～1980年は2.68%となっている。1985年時点での人口は統計局の報告では51,795千人で1980～1985年の5年間の増加率は2.93%である。

(表2-5参照)

調査対象域の人口は1980年の18,254千人から1985年には21,158千人となっており国全体の約40%を占め、1980年～1985年の人口増加率は約3%となっている。また、1985年のバンコック市人口は約5,400千人で1980年～1985年の増加率は2.69%となっている。

1985年の国全体の人口密度は1 km²当たり 101人で調査対象域では109人/km²となっている。また、この年のバンコック市の人口密度は 3,500人/km²である。

2.4.2 世帯数

1980年国勢調査によるとタイ国の世帯数は8,419千世帯、1世帯当たりの人数は5.2人で、調査対象域では国全体の43%を占める 3,464千世帯で人数は5人である。調査対象域世帯数の詳細はサポーティングレポートに示す。

2.5 物価指数・家計収入

2.5.1 物価指数

タイ国の消費者物価指数は過去数年安定しており、物価上昇割合も1982年の 5.2%に対し、1985年は 2.4%と漸減している。

1981～1985年の期間での平均物価上昇割合は約3%で地域による差はあまりみられない。

一方、生産物価は安定しているよりむしろ低下の傾向にあり、全国生産物価指数は1976年を100とした場合1981年の169.5から1985年には169と年平均0.1%の低下となっている。調査対象域のほとんども含まれる中部、北部では生産物価指数の上昇部は、同時期で年平均2%低下している。

2.5.2 家計収入

1981年統計局によって行われた社会経済調査では平均年間家計収入は40,536バーツとなっている。地域別ではバンコックの首都圏の家計収入は71,664バーツで最も高く、中部、南部、北部の順でそれぞれ43,980バーツ、39,072バーツ、34,632バーツとなっている。

2.6 社会経済基盤

2.6.1 交通

タイの国内交通は道路交通が主体であり、1985年の交通量の内訳は道路85%、鉄道13%、水路1%、空路1%となっている。

道 路

道路は国道と州道が大半を占め、道路延長は国道の場合1981年14,175kmが1985年には15,132kmまで増加しており、州道では1981年15,841kmから1985年21,017kmになっている。この増加率はそれぞれ年間1.6%、7.3%である。

1985年の調査対象域の道路網は国全体の総延長の半分以上にあたる20,000kmを数えている。

鉄 道

現在タイの鉄道は政府機関であるタイ鉄道公社により運営されているが、営業路線延長は単線区間3,645km、複線区間90kmの計3,735kmである。鉄道利用客は1980年の74.3百万人から1984年81.5百万人と増加しており増加率は年平均9.7%である。しかしこの増加率は1982年以降低下傾向にあり、航空輸送も1980年～1984年の間では6.23百万トンから5.57百万トンと減少している。

船 舶

タイ国はバンコック港の他サタヒップ、ソンクラ、ブケットと3ヶ所貿易港があり、タイ港湾公社（PAT）が管理運営している。バンコック港はチャオピア川下流にあって貿易上最重要港でタイ全体取扱い量の90%以上の貨物を取り扱っている。

当港は平均海面下8.5mの水深があり、吃水8.2m、重量12,000DWT、艇長170mの船が航行可能である。

バンコック港での荷揚げ量は1984年に1,975百万トンで1980年1,017百万トンの約2倍になっている。一方積み降ろしされる貨物量は1984年が4,151百万トンで1980年3,586百万トンの1.15倍となっている。

1980年～1984年の期間で貨物取り扱い量は荷揚げ量で年平均18.05%の増加を示し、積み降ろし量は3.73%である。近年荷揚げ量は軽工業製品の輸出拡大に伴い大幅な増加を示している。一方積み降ろし量はこの期間荷揚げ量に比べまだ超過となっている。

2.6.2 電気通信

タイ国の電気通信産業は現在郵便通信省の管轄のもと、タイ電話公社（TOT）とタイ通信公社（CAT）の2つの機関で運営されている。

このうちTOTは国内の電話通信を担当し、CATは電報、テレックス、郵便、国際電話サービスを行っている。

電話回線量は1980年の423,000から1984年の571,000に増大、年平均増加率は7.8%で契約者数は1980年の366,000から1984年519,000、増加率は9.2%に及んでいる。

TOTの第5次開発計画（1984年～1991年）では全国の契約者数は1984年の97人当たり1台に対し、1991年では37人に1台の伸びを見込んでいる。

2.6.3 都市用水

タイの都市用水供給は、首都圏水供給公社（MWA）と州水供給公社（PWA）の2機関で行われている。

1967年に設置されたMWAはバンコック首都圏の4都市（バンコック、トンブリ、ノンタブリ、サムットプラカン）を対象に水供給を行っている。

MWAで供給する水量は1981年の620MCMに対し1986年の820MCMと年平均増加率は5.8%に達し、給水人口は1986年時点4.71百万人、給水区域は475km²に拡大し

ている。MWAの将来計画では2000年時点で給水量は給水人口 7.8百万人を対象に年間 1,400MCMに及ぶと予想している。

PWAでは1979年設立以来、MWAの対象区域を除く人口5,000人以上を有する183市に対し給水事業を行っている。

1985年のPWA給水量は人口2百万を対象に 260MCMに達している。BMAを除く調査対象域では同年給水人口 0.8百万人対象に約 100MCMを給水している。

PWAの開発計画では1991年の給水人口は 2.2百万人、給水量 300MCMを見込んでいる。

しかし、各機関の努力にもかかわらず、給水人口は国全体で20百万人に及ばず、給水割合は50%を切っており、タイ国民、特に農村地帯の人々にとって給水網の拡張は非常な関心事である。

2.6.4 電 力

タイ国の電力供給事業は電力発電公社（EGAT）、首都圏電力公社（MEA）と州電力公社（PEA）の3機関によって実施されている。

EGATは1969年以来、発電所の建設維持管理運営とMEA、PEAへの電力供給といくつかの工場への電力供給を行っている。

MEA、PEAは一般消費者への電力供給を行っており、MEAはバンコック首都圏（BMA）とノンタブリ、サムットプラカンの2州を対象に、また、その他の地域についてはPEAが受けもっている。

タイの総発生電力能力は1980年の 3,800千kWから1984年の 6,200千kWに上昇し、増加率は年間平均13%である。

電力供給源別では1984年時点で水力発電27%、火力発電59%、その他14%で発生電力量は1980年の15,000百万kWhに対し、1984年では22,000百万kWhになっている。1980年から1984年の間の発生電力量の増加率は年平均10%である。

全国での電力消費量は配電損失を除くと1980年の13,000kWhに対し、1984年の18,500kWhに達し年平均増加率は9%である。1984年の分野別消費電力割合は一般家庭、商業利用を合わせて26%、工業用には47%である。MEA管轄地域では、電力消費量は1980年 8,000百万kWh から1984年10,000百万kWhに伸びており平均伸び率は全国の伸びから比べると低い6%を示している。

2.7 地形・地質

2.7.1 地 形

チャオピア川流域はタイの中・北部に位置し、南はタイ湾、北はタイ・ビルマ国境線にまで及んでいる。

チャオピア川の水系をみると北部山地流域から南部平地流域に地形が変化するナコンサワン地点において、上流側ではいくつかの支川が合流し、下流側では分派していく形状をなしている。この形状からチャオピア川はナコンサワンを分岐点として全面積の70%を占める山地を主体とした上流域と平地を主体とした下流域に分けられる。

上流域では西から東に順にピン川、ワン川、ヨム川、ナン川の4支川流域に分割でき、各支川流域は羽状形状を示している。（図2-2参照）

これら4流域の流域面積はそれぞれ45,900km²、10,400km²、21,400km²、33,200km²で河川長は500km、220km、500km、490kmである。

河川勾配は比較的緩く、1/1,700~1/8,300となっている。

上流域に点在する平地は都市もしくは農地として利用されている。このうち都市の中にはチェンマイ、スコタイ、ピサノロック等があり、また農地として利用されている地域は洪水時には自然遊水池の役割を果たしている。

チャオピア川下流平坦地は流域面積約51,000km²、河川長360kmで、この地域ではいくつかの派川が分派し、複雑な流路網を形成している。

まず最初にチャイナート・バサック、チャイナート・アユタヤ、ノイ、スパンの4主要灌漑水路が分派し、さらに続いてロップブリ、バンケオ、バンバン、バンルアン等の支川が分派、スパン川を除くこれらの派川は最終的にアユタヤ、バングサイ付近でチャオピア川に再度合流する。

この他、下流域でチャオピア川に合流する主要支川としては流域面積4,600km²のサカ克蘭川、同じく14,000km²のバサック川があげられる。

チャオピア川の流域での河川勾配は1/10,000~1/50,000である。（図2-3参照）

この下流域にはバンコック、アユタヤ、チャイナート等の大都市とともに莫大な農地があり、これら農地は輪中堤、道路、鉄道等で分割され、内水排水やチャオピア川から氾濫水の排水を妨げており、結果的にはこれらの農地は地域的な降雨やチャオピア川氾濫水に対し調節池の役割を果たしている。

2.7.2 一般地質

上流山地部の地層は第3紀、第4紀に形成されたと考えられ、後期中世代、前期第3紀には浸食と平原化の時代をむかえている。おそらくその後花崗岩が堆積し変成を繰り返したと思われる。

この地層は火成岩、堆積岩が変化したもので構成され、南北方向で変成作用を受けており、大部分は湖成層、鮮新世、主に中新世、第4紀の堆積物を含んでいる。昔の平原化作用の痕跡はいくつかの層で存在し、段丘礫層、凝灰岩やわずかに含まれる玄武岩は近年の地質活動の結果と思われる。

下流域の平坦地では湿地と丘地が交互に存在し起伏をもった地層が形成されている。この地域は、地勢的には洪水氾濫原、段丘、準平原の3種類に類分けされ、洪水氾濫原はチャオピア川河川沿いに堆積し、低い所では現河床の上3～5m、高い所で10mの高さにまで存在し、自然堤防や堤内湿地帯を形成している。

段丘は山地流域に隣接して旧河川敷沿いに形成され現河床から13mの高さにまで堆積している。またいくつかの部分ではラテライト床を含んだ堆積層があり、表面は風化している。

2.8 土地利用

農業、住居に対する洪水被害は雨期に発生しているところから土地利用は主に雨期の土地利用状況について述べる。

2.8.1 流域全体での土地利用

流域面積 162,000km²のチャオピア川全体の土地利用をみた場合、図2-4に示すように基本的に造成地、耕作地、森林地、湿地、その他の5種類に分類出来、表2-6にこれら各分類ごとの面積を州別にまとめて示す。

この5つの分類のうち森林地は山地全体に広がりその面積は流域全体の51%に相当する83,000km²、また主に河川沿いの平坦地に広がる耕作地は43%にあたる70,000km²である。

残りの6%分 9,000km²は河川沿いに展開する造成地や流域のあちこちに点在する湿地、その他が占めている。

このうち耕作地はさらに表2-6に示すように水田地、畑地、多年性作物地、種苗

地に分けられる。全耕地面積のうち水田地と畑地の占める割合は、それぞれ63%の44,500km²と33%の23,000km²で、全流域面積からみればそれぞれ27%と14%に相当する。また残りの4%に相当する2,500km²を多年性作物地、種苗地が占めている。

水田地のうち灌漑施設が整備されている区域は22,300km²で、大中規模灌漑計画、小規模灌漑計画、主要開発計画のもとで管理運営されている。これら灌漑施設の整備は流域内のほぼ半数の水田地に行われている。

全体的にみると森林地帯の保存は国家の政策であり、他の項目の土地利用状況は生産性の高いものへと徐々に変化していく可能性はあるもののマクロ的な土地利用割合は将来もそれほど変化しないと思われる。

2.8.2 下流域の土地利用

図2-4に示すように下流域ではウトラディットから河口まで河川沿いに巾広く広がっているが、本調査対象域はこのうちの45,000km²分である。

ナコンサワン下流の平坦地は開発が非常に進んでおり、耕地は下流域面積の70%約31,500km²に及び、このうちの70%、約22,000km²が水田地として利用されている。この水田地の80%、17,800km²は通常的水稻で残りの20%、4,200km²河川沿いの水田地に栽培される浮稻である。(図2-5参照)流域の東西部の流域界沿いの森林地は下流の20%、約9,000km²の面積を占めているが、流域全体からみた森林地の割合と比較すると非常に少ない。残りの10%、約4,500km²は造成地、湿地、その他が占めているが、流域全体からみると下流域のこれらの項目が占める土地利用割合は高く、特に住居地、工業地は多い。

下流の灌漑面積の割合は全体からみると非常に高く、耕地面積の50%、約15,700km²が灌漑されており、全水田地22,000km²の約70%に相当する。

2.9 気象・水文

チャオピア川は熱帯モンスーン地帯に位置し、乾期と雨期に顕著に分かれる。雨期の主要な原因は4月から10月の間にインド洋から吹き込む高湿度の南西モンスーンで多量の降雨をもたらす。

この雨期、特に9月、10月には南太平洋上にしばしば熱帯低気圧が発生し当流域に移動してくるため広範囲に長期間に渡って降雨が発生する。

乾期は11月から3月まで続くが、この間中国大陆から北西モンスーンによって濁った冷気団が当流域に運ばれるため降雨は非常に少なく、乾燥している。

流域内の年平均降雨量は西部で1,000mm、北部で1,400mm程度で年雨量のほぼ85%が雨期に降る。また熱帯低気圧が通過した場合、月雨量は時には100mmをこえる場合がある。

平均気温は雨期には27℃から32℃の範囲にあり、乾期では図2-8に示すように20℃～27℃に低下する。地域的な変化をみるとチェンマイ付近の山地部を除いてほとんど一定である。

流域の蒸発量は通常4月に最高値を示し、8、9月には最低になる。(図2-7参照)パン蒸発計の観測結果をみると、平均月蒸発量は100mmから250mmの範囲で変化し、年間合計は北東部で1,200mm、内陸部で2,000mmとなっている。

河川の流況は前述の雨期、乾期の降雨変化を反映した季節変化を示しており、通常4月に流量が増加、熱帯モンスーンによる集中豪雨が発生する9月もしくは10月に最大流量が現出する。

ナコンサワン水位観測所(観測所番号C2)はピン、ヨム、ナン川からの洪水流量をチェックするのに最適な観測所であるが、この観測記録によればブミボン、シリキットダム完成後の最大流量は1975年4,355m³/sで、次いで1980年4,320m³/sとなっている。

この最大流量を比流量で表わせば0.04m³/s/km²であるが、このような小さな値は当流域の広大な面積と、緩勾配からくる貯留効果によるものと考えられる。

感潮区間は大むねチャオピア川バングサイ地点、パサック川ラマ6世ダム地点までと考えられる。平均朔望干潮潮位は河口でそれぞれ約2.2m、-1.8m(MSL)である。

2.10 氾濫・洪水被害

チャオピア川沿いの洪水被害は主にチャオピア川もしくは主要支川からの洪水氾濫によって生じているが、地域によっては局地的豪雨が原因となっている場合もある。

収集資料によると、洪水氾濫はナコンサワンの上、下流域で発生しており、このうち上流域ではヨム川の右岸側が顕著で、その他河川沿いのあちこちに氾濫域が点在する。一方下流域ではチャオピア川沿い、特にアユタヤ付近の地域が顕著である。

タイ政府の社会福祉局は洪水罹災者に対して救助金を出しているが、この統計資料と、その他RIDが報告している1975年から1985年までの灌漑地域での洪水被害資料をみると、下流域で救助金を受けた人口および、灌漑地域被害面積は395,000人、33,000haで、

下流域では 1,132,000人、250,000haとなっている。この資料から判断すると、下流域の被害が上流域に比べより大きいと考えられる。

最近の洪水被害記録をみると、1975年、1978年、1980年、1983年の洪水が以下に述べるように深刻な被害を与えている。

1975年 洪水

1975年洪水ではナコンサワン、チャイナート観測所でそれぞれ約4,400 m^3/s 、3,900 m^3/s の流量を記録し、洪水氾濫域は明確ではないが、チャオピア川右岸側の農業地帯にかなりの洪水氾濫を生じている。

また、バンコック首都圏では洪水被害は 1,100百万バーツに達している（表2-7参照）

1978年 洪水

この洪水ではナコンサワン、チャイナート観測所で 3,500 m^3/s 、3,700 m^3/s を記録したものの、チャイナート下流のアントンでは、2,800 m^3/s となっている。このデータからみると、このチャイナート、アントンの間で図2-8の氾濫図から分かるようにある程度の洪水氾濫が生じたと考えられる。

洪水被害データによると、シンブリとアユタヤ間の農業地帯とアユタヤの都市域で氾濫が生じている。チャオピア川支川バサック川ではチャオピア川の流量に相当する最大流量 3,200 m^3/s を記録し、バサック川沿いの農業地帯に大きな氾濫を生じた。

またこの時、局地豪雨による洪水被害も報告されており、チャイナートバサック灌漑水路、ロップブリ川流域が被害を受けている。一方、バンコック首都圏のこの時の洪水被害はほぼ例年の被害に留まっている。

1980年 洪水

この洪水では局地豪雨により上、下流域の数ヶ所で洪水被害が発生しているが、本川からの氾濫水がより大きな被害を与えている。この洪水の流量はナコンサワン、チャイナートでそれぞれ 4,400 m^3/s 、3,700 m^3/s でチャイナート、アユタヤ間の河川の両岸で洪水氾濫が生じており、農業地帯に甚大な被害を与えている。この時ナコンサワン、チャイナート、アユタヤ等河川沿いのいくつかの都市が洪水氾濫被害の危険にさらされた。

バンコック首都圏では洪水被害は 450百万バーツに及んでいる。

1983年 洪水

1983年洪水ではナコンサワン上流域の流出量は $2,300\text{ m}^3/\text{s}$ で過去の3洪水と比べ流量はそれ程大きくないが、チャイナートでは $3,300\text{ m}^3/\text{s}$ 、アントンで $3,700\text{ m}^3/\text{s}$ を記録、チャイナート、アユタヤ間に洪水氾濫を生じ、またバンコック周辺の下流域では局地豪雨が発生、かなりの被害を出した。

この年のバンコック首都圏の洪水被害はチャオピア本川の洪水、高潮位、局地豪雨、他流域からの洪水流入によって 6,500百万バーツに及んでいる。

下流域ではチャオピア川沿いの道路網も被害を受けている。(図2-9参照) ただ鉄道被害は過去10年間報告されていない。

表2-1 第6次国家計画の経済目標

Item	Fourth Plan (1977-1981) (Actual)	Fifth Plan (1982-1986) (Actual)	Sixth Plan (1987-1991) (Targets)
1. Real Economic Growth (%) (Average Rate Per Annum)			
1.1 GDP	7.1	4.4	5.0
1.2 Agriculture	3.5	2.1	2.9
1.3 Manufacturing	8.7	5.1	6.6
1.4 Mining	10.1	6.1	6.4
1.5 Electricity	11.7	8.0	6.1
1.6 Construction	9.5	3.6	5.1
1.7 Services	8.2	5.6	5.3
2. Real Expenditure Growth (%) (Average Rate Per Annum)			
2.1 Consumption			
- Private Sector	5.5	4.3	3.7
- Public Sector	10.2	3.3	5.3
2.2 Investment			
- Private Sector	8.6	-0.8	8.1
- Public Sector	12.9	1.8	1.0
3. Export & Import of Goods			
3.1 Real Growth Rate Per Annum (%)			
- Export	20.0	8.4	10.7
- Import	24.8	2.9	9.5
3.2 Average Value Per Annum (Current Prices)			
- Export (Million Baht)	-	177,500	290,700
- Import (Million Baht)	-	233,100	326,700
3.3 Trade Deficit (Million Baht)	45,000	55,600	36,000
4. Current Account Deficit (Average Value Per Annum)	37,400	36,000	11,800
5. Government Finance/GDP (%)			
5.1 Revenue	14.2	14.6	15.2
5.2 Expenditure	17.5	18.2	17.3
5.3 Financial Deficit	3.3	3.6	2.1
6. Population Growth Rate Per Annum (%)			
6.1 Whole Country	-	1.7 /1	1.3 /2
6.2 Bangkok Metropolitan Area	-	2.7 /1	2.5 /2
6.3 Other Areas	-	1.4 /1	0.8 /2
7. Consumer Price Escalation Per Annum (%)	10.6	2.9	2.3
8. Per Capita Income (Baht)	-	21,395 /1	27,783 /2

Note: /1 In 1986.
 /2 In 1991.

Source: Summary of the Sixth National Economic and Social Development Plan (1981-1991), NESDB.

表 2-2 調査対象域の行政区画

Province	Area (km ²)	Number of Subdivisions			
		Amphoe/2	Tambon	Village	Municipality
Whole Kingdom	513,115	733	6,430	57,415	124
Study Area	194,479	270	2,461	19,552	48
Central Region	20,308	91	857	6,298	17
1. Bangkok	1,565	24	150	727	-
2. Chai Nat	2,470	6	49	417	2
3. Nonthaburi	622	6	50	394	2
4. Pathum Thani	1,526	7	58	512	1
5. Ayutthaya	2,557	16	208	1,457	3
6. Lop Buri	6,200	8	117	1,010	3
7. Saraburi	3,577	11	109	935	3
8. Sing Buri	823	6	43	349	1
9. Ang Thong	968	7	73	497	2
Eastern Region	1,004	5	44	467	2
10. Samut Prakan	1,004	5	44	467	2
Western Region	27,881	29	328	2,479	6
11. Kanchanaburi /1	19,483	10	85	632	1
12. Nakhon Pathom	2,168	6	100	802	1
13. Samut Sakhon	872	3	40	283	2
14. Suphan Buri	5,358	10	103	762	2
Northern Region	145,286	145	1,214	10,308	23
15. Kamphaeng Phet	8,608	7	61	642	1
16. Chiang Mai /1	20,107	20	184	1,491	1
17. Tak /1	16,407	8	52	418	2
18. Nakhon Sawan	9,598	12	117	1,075	3
19. Nan	11,472	11	86	681	1
20. Phayao /1	6,335	7	54	594	1
21. Phichit	4,531	8	82	629	3
22. Phitsanulok	10,816	9	84	785	1
23. Phetchabun	12,668	11	91	967	2
24. Phrae	6,539	7	64	445	1
25. Lampang	12,534	13	87	643	1
26. Lamphun	4,506	6	48	412	1
27. Sukhothai	6,596	9	80	612	2
28. Uttaradit	7,839	9	62	440	2
29. Uthai Thani /1	6,730	8	62	474	1

Note: /1 The watershed boundary line of Chao Phraya River passes through this province.

/2 Includes king amphoes.

Source: Statistical Yearbook 1985-1986, National Statistical Office

表 2 - 3 現時点市場価格による国内総生産および国民総生産
(1981~1985)

Unit: Million Baht

Industrial Origin	1981	1982	1983	1984	1985
Agriculture	187,886	188,742	204,443	193,438	182,279
Mining and Quarrying	13,373	14,807	16,480	21,291	29,279
Manufacturing	158,272	164,659	176,200	196,793	207,691
Construction	42,008	43,040	47,129	52,772	53,758
Electricity and Water Supply	10,743	14,454	16,319	18,884	21,645
Transportation and Communications	57,281	63,133	73,708	83,588	96,254
Wholesale and Retail Trade	150,293	159,849	165,812	181,993	190,676
Banking, Insurance and Real Estate	52,025	61,021	71,722	80,577	89,751
Ownership of Dwellings	8,441	9,912	11,210	12,337	13,706
Public Administration and Defence	30,645	37,349	42,551	43,182	47,058
Services	75,229	89,170	98,680	106,704	115,467
Gross Domestic Product (GDP)	<u>786,166</u>	<u>846,136</u>	<u>924,254</u>	<u>991,559</u>	<u>1,047,564</u>
Net Factor Income	-21,787	-26,376	-25,370	-31,776	-37,081
Gross National Product (GNP)	<u>764,379</u>	<u>819,760</u>	<u>898,884</u>	<u>959,783</u>	<u>1,010,483</u>
Per Capita GNP (Baht)	16,096	16,906	18,174	19,044	19,697

Source: Statistical Yearbook 1985-1986, National Statistical Office

表 2 - 4 国家歳入・歳出 (1981~1985)

Unit: Million Baht

Particulars	1981	1982	1983	1984	1985
<u>Revenue</u>	110,392	113,848	136,604	147,846	159,196
Taxes and Duties	95,496	100,261	118,613	130,015	138,525
Direct Taxes	21,580	24,436	26,705	31,454	34,157
General Sales Tax	21,661	22,697	25,429	30,434	30,711
Specific Sales Tax	26,508	30,343	32,434	34,557	40,161
Consumption Goods Tax	23,023	27,161	30,200	32,200	36,547
Natural Resource Tax	3,485	3,182	2,234	2,357	3,614
Import and Export Duties	24,964	21,545	27,805	32,819	31,826
Fees and Permits	782	1,239	6,175	750	1,669
Others	1	1	5	1	1
Sales of Goods and Services	2,920	3,496	4,066	4,222	4,602
State Enterprises	6,220	4,895	6,248	6,312	9,009
Miscellaneous	5,756	5,196	7,677	7,297	7,060
<u>Expenditures</u>	135,295	156,387	173,938	179,371	182,942
Economic Services	25,869	29,907	31,568	39,790	26,471
Education	28,228	33,525	36,244	37,559	35,926
Public Health and Utilities	20,040	15,744	18,194	20,228	21,089
Defence	27,319	30,955	34,246	35,297	31,166
Internal Security	7,293	8,172	9,130	9,735	9,704
General Administration	5,555	4,414	4,968	5,060	5,751
Debt Services Payment	16,858	20,469	27,088	33,385	44,394
Others	4,133	13,201	12,500	8,317	8,441

Source: Statistical Yearbook of Thailand, 1985-1986, National Statistical Office.

表 2-5 1980~1985年調査対象域内州別人口および世帯数

Province	1980			1985		Average Annual Growth Rate (1980-85) (%)
	Population	Number of Households	Persons Per Household	Population	Density (persons/km ²)	
Whole Kingdom	44,824,540	8,419,238 /1	5.3	51,795,651	101	2.93
Study Area	18,254,195	3,643,563	5.0	21,158,260	109	3.00
1. Bangkok	4,697,071	906,591	5.2	5,363,378	3,427	2.69
2. Nonthaburi	369,777	67,455	5.5	504,424	811	6.41
3. Pathum Thani	319,674	60,011	5.3	384,713	252	3.77
4. Ayutthaya	602,021	120,570	5.0	652,977	255	1.64
5. Ang Thong	256,706	54,256	4.8	270,941	280	1.09
6. Saraburi	432,875	85,734	5.0	489,056	137	2.47
7. Lop Buri	571,713	117,819	4.8	695,992	112	4.01
8. Sing Buri	198,574	43,231	4.6	215,021	261	1.60
9. Chai Nat	318,068	66,717	4.8	339,478	137	1.31
Sub-total	7,766,479	1,522,384	5.1	8,915,980	439	2.80
10. Samut Prakan	484,829	95,258	5.1	662,612	660	6.45
11. Samut Sakhon	247,168	43,592	5.7	315,373	362	4.99
12. Nakhon Pathom	525,906	94,229	5.6	609,316	281	2.99
13. Suphan Buri	709,432	140,284	5.1	779,703	146	1.91
14. Kanchanaburi	481,776	92,155	5.2	620,033	32	5.18
Sub-total	1,964,282	370,260	5.3	2,324,425	83	3.42
15. Nakhon Sawan	942,068	190,081	5.0	1,042,936	109	2.06
16. Uthai Thani	225,632	47,093	4.8	283,074	42	4.64
17. Phetchabun	680,315	124,567	5.5	905,262	71	5.88
18. Kamphaeng Phet	507,532	99,284	5.1	621,243	72	4.13
19. Phichit	537,774	107,529	5.0	553,913	112	0.59
20. Phitsanulok	632,218	126,805	5.0	735,052	68	3.06
21. Sukhothai	500,140	102,628	4.9	566,915	86	2.54
22. Uttaradit	401,165	78,998	5.1	441,730	56	1.95
23. Tak	272,483	53,654	5.1	318,844	19	3.19
24. Lampang	649,006	137,802	4.7	737,145	59	2.58
25. Phrae	420,546	90,379	4.7	475,238	73	2.48
26. Nan	361,609	68,924	5.2	417,344	36	2.91
27. Phayao	418,228	86,524	4.8	480,420	76	2.81
28. Lamphun	335,039	75,713	4.4	398,292	88	3.52
29. Chiang Mai	1,154,850	265,680	4.3	1,277,835	64	2.04
Sub-total	8,038,605	1,655,661	4.9	9,255,243	64	2.86

Note: /1 Excluding collective household.

Source: 1980 Population & Housing Census, National Statistical Office.
Statistical Yearbook 1985-1986, National Statistical Office.

表 2-6 (1/2) チャオピア流域州別土地利用

(Unit: km²)

Province	Provincial Area	Build-Up Land /2	Cultivated Area					Forest /7	Water Area /8	Other Areas /9
			Paddy /3	Field Crop /4	Perennial Crop /5	Nursery Pond /6	Total			
1 Bangkok Metropolis	1,565	605.3	678.6	79.5	99.8	75.3	933.2	-	8.4	18.1
2 Chai Nat	2,470	122.4	1,734.4	149.7	0.5	-	1,184.6	428.5	16.2	18.3
3 Nontha Buri	622	119.1	409.6	16.8	70.5	0.4	497.3	-	5.6	-
4 Pathum Thani	1,526	64.1	1,282.5	7.3	124.0	1.3	1,415.1	6.0	9.2	31.7
5 Ayutthaya	2,557	254.9	2,300.6	-	-	-	2,300.6	1.5	-	-
6 Lop Buri	6,200	162.1	1,694.5	3,012.5	83.2	-	4,790.2	895.7	26.1	325.9
7 Sara Buri	3,577	305.9	1,210.9	1,104.0	44.8	-	2,359.7	849.7	9.6	52.1
8 Sing Buri	822	497.7	323.1	-	-	0.4	323.5	-	0.7	0.1
9 Ang Thong	968	138.3	808.5	13.8	3.3	-	825.6	0.4	3.2	0.5
10 Samut Prakan	1,004	159.2	396.1	0.5	51.5	349.4	797.5	29.1	16.2	2.1
11 Kanchanaburi /1	3,000	53.1	132.8	650.0	40.0	-	822.8	1,890.5	138.8	179.9
12 Nakhorn Pathom	2,168	161.0	1,703.1	220.2	83.7	-	2,007.0	-	-	-
13 Samut Sakhorn	872	70.6	222.4	0.2	211.2	198.7	632.5	112.3	9.1	47.5
14 Suphan Buri	5,338	336.6	2,839.4	1,260.8	1.5	0.1	4,101.7	822.7	77.2	19.8
15 Kamphaeng Phet	8,608	123.7	1,981.7	1,059.8	252.0	-	3,293.5	5,096.0	-	94.8
16 Chiang Mai /1	17,584	268.7	1,347.4	110.9	372.5	-	1,830.8	15,185.8	70.5	228.2
17 Tak /1	7,400	58.7	370.5	537.8	3.6	-	911.9	6,260.1	109.0	60.3
18 Nakhon Sawan	9,598	281.1	4,985.1	1,818.1	52.3	-	6,855.5	1,844.5	64.7	552.1
19 Nan	11,472	106.1	687.1	102.3	43.8	-	833.2	10,399.2	56.9	76.6
20 Phayao /1	3,200	83.7	829.9	46.6	0.4	-	876.9	2,095.1	15.4	128.9
21 Phichit	4,531	224.1	3,708.2	486.0	43.0	-	4,237.2	24.8	34.3	10.6
22 Phitsanulok	10,816	271.9	2,924.1	3,117.1	449.6	-	6,490.8	3,903.8	63.4	86.1
23 Phetchabun	12,668	239.5	1,999.0	5,489.8	29.9	-	7,518.7	4,735.8	6.5	167.5
24 Phrae	6,539	98.2	5,474.0	430.6	1.8	-	5,906.4	524.6	-	9.8
25 Lampang	12,534	189.4	1,259.1	320.1	26.1	-	1,605.3	10,718.2	18.9	2.2
26 Lamphun	4,506	117.0	642.1	79.2	65.8	0.3	787.4	3,462.8	4.3	134.5

表 2-6 (2/2) チャオピア流域州別土地利用

(Unit: km²)

Province	Provincial Area	Build-Up Land /2	Cultivated Area					Forest /7	Water Area /8	Other Areas /9
			Paddy /3	Field Crop /4	Perennial Crop /5	Nursery Pond /6	Total			
27 Sukhothai	6,596	113.3	394.1	1,736.0	0.2	2.1	2,132.4	4,281.8	7.8	60.9
28 Uttaradit	7,837	116.1	962.4	687.2	2.8	-	1,652.4	5,535.8	306.5	225.3
29 Uthai Thani /1	5,400	34.2	1,153.5	311.7	3.3	-	1,468.5	3,807.5	56.6	33.2
Total (Chao Phraya Basin)	162,000	5,376.0	44,454.7	22,805.7	2,149.4	627.9	70,037.7	82,884.3	1,135.1	2,566.9
Percentage (%) /10	100	3.3	(63.5)	(32.5)	(3.1)	(1.0)	43.2 (100.0)	51.2	0.7	1.6

Note: The whole area of the Kingdom of Thailand is 513,115 km².

Data on provinces and their area were taken from the Statistical Yearbook for 1985-1986 published by the National Statistical Office.

The estimation of area of each land category is based on the interview survey with the Land Development Department of the Ministry of Agriculture and Cooperatives.

- /1 The watershed boundary line of the Chao Phraya River Basin passes through the province.
- /2 Cities, towns, villages, commercial land, industrial land and roads.
- /3 Low-yield and high-yield varieties, traditional variety and deepwater/floating rice variety.
- /4 Corn, sugarcane, beans, etc.
- /5 Coconut, mango, orange, etc.
- /6 Fish and shrimp ponds, saltbeds.
- /7 Dense and sparse forest lands.
- /8 Rivers, lakes and ponds.
- /9 Rocky and wasteland.
- /10 Percentages in parenthesis refer to the categories of Cultivated Land only.

表2-7 バンコックの洪水被害状況

Flood Year	Area	Investigated Item	Estimated Cost of Damage (in million Baht)	Source of Estimate
1975 Flood	Bangkok	Direct damage, indirect damage and utility losses.	1,100	Water Resources Committee, NESDB
1980 Flood	Central Bangkok Area	Direct damage, indirect damage and flood prevention cost.	450	Burkhard
Normal Flood Between 1975 and 1982	Central Bangkok Area	Damage and losses to households, small and large establishments, institutions, public utilities, road users, tourism sector and environmental conditions.	800	NEDECO
1983 Flood	Greater Bangkok Area	---	6,597	National Statistical Office

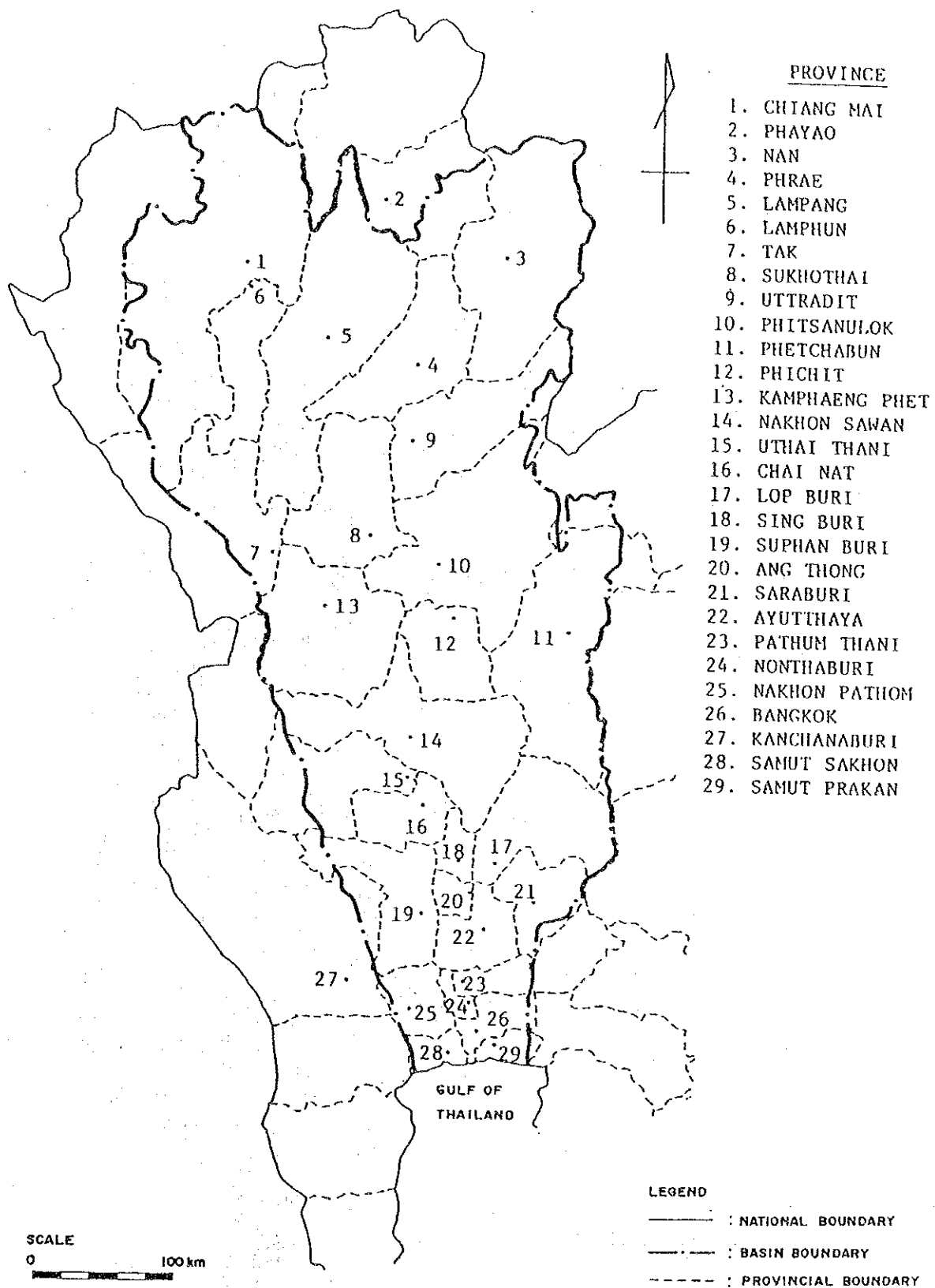
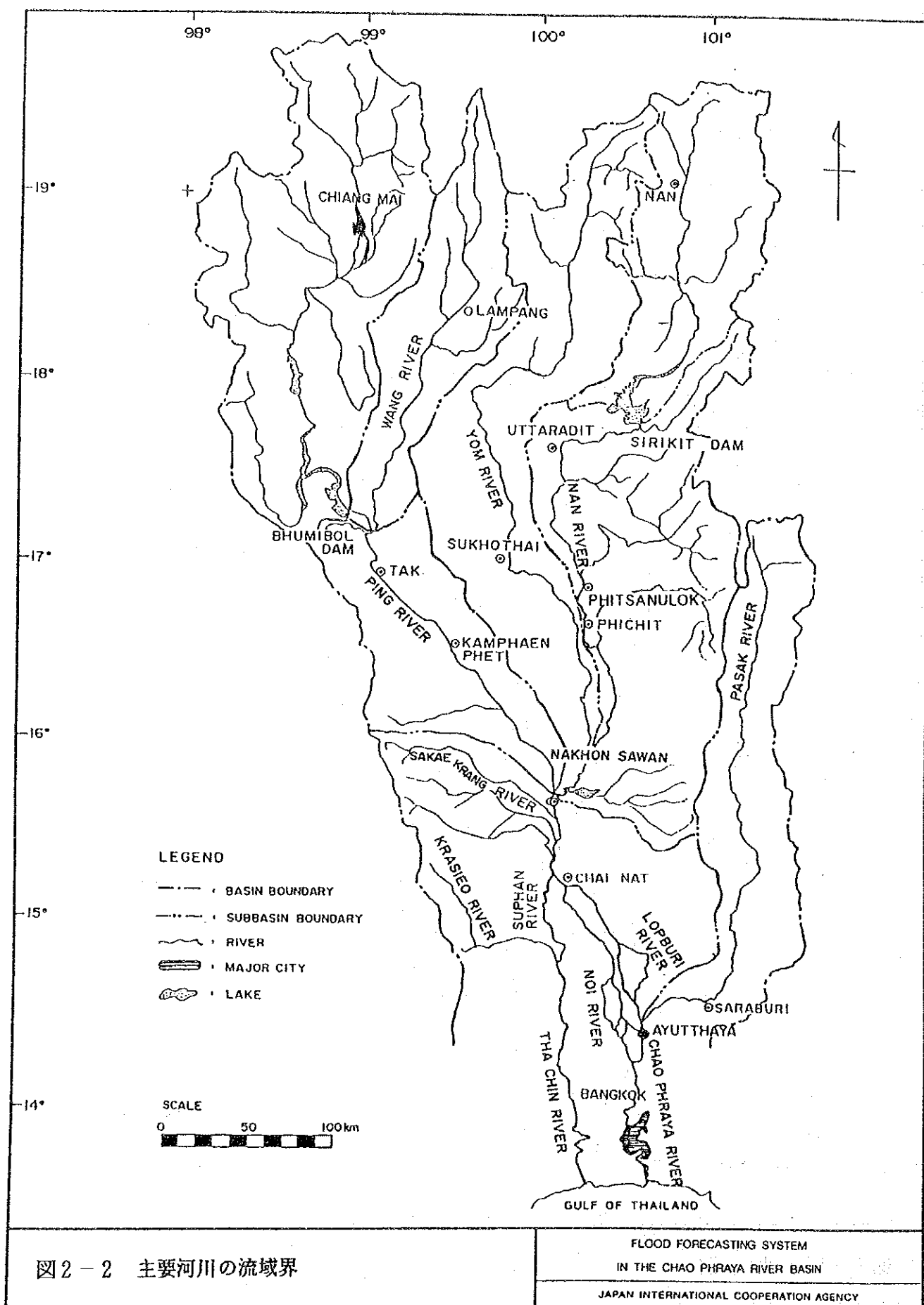


图 2-1 行政区分图

FLOOD FORECASTING SYSTEM
IN THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



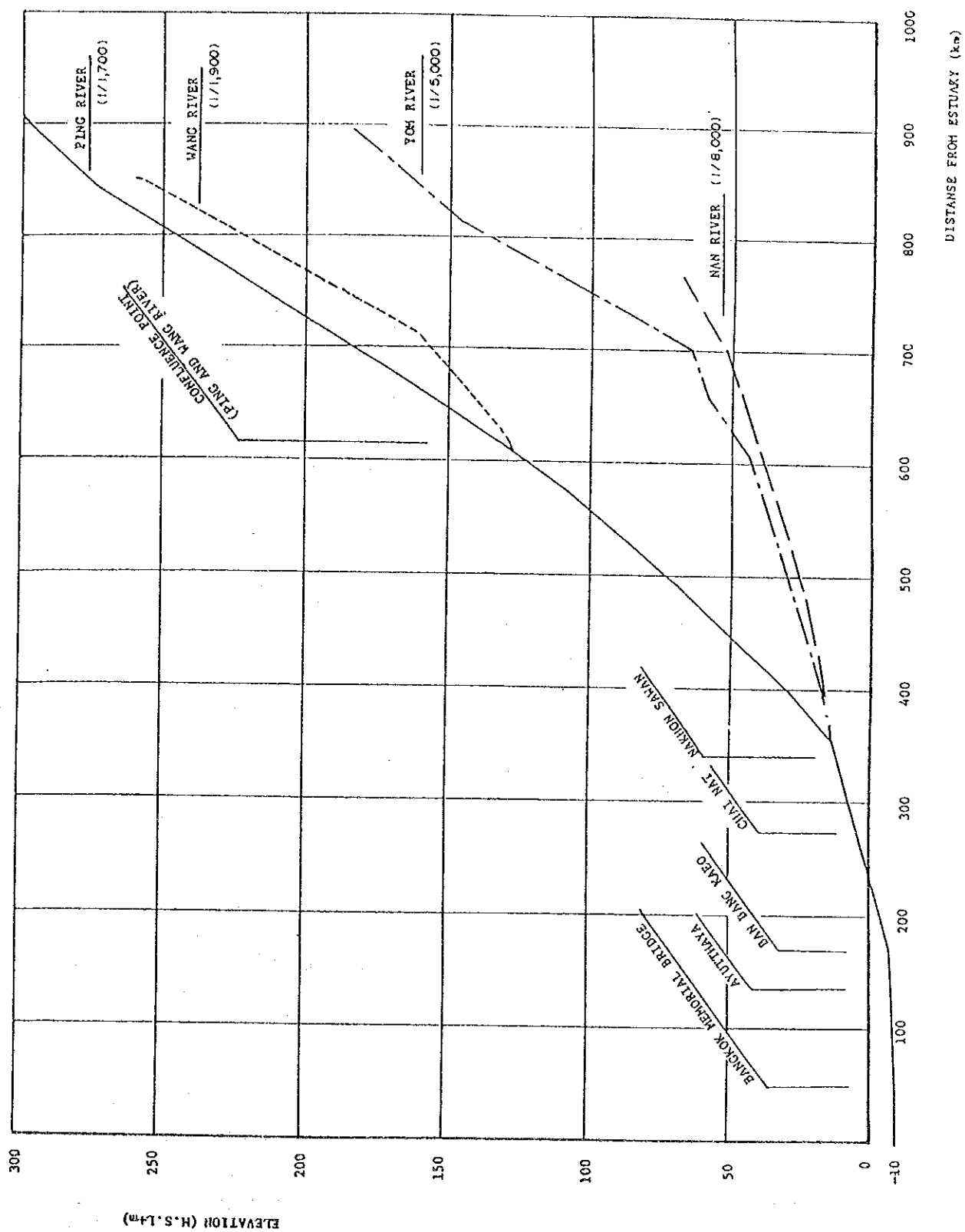
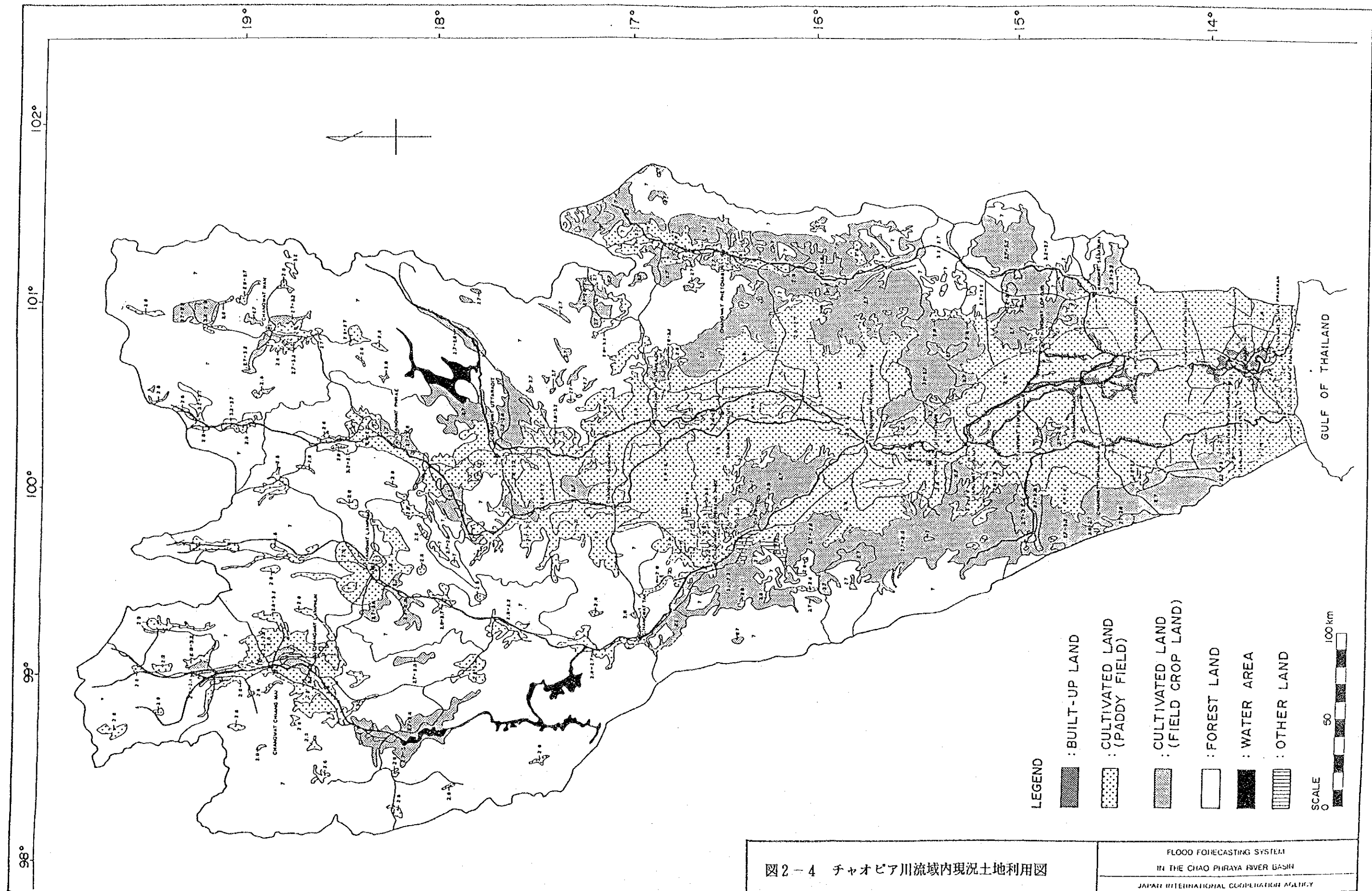
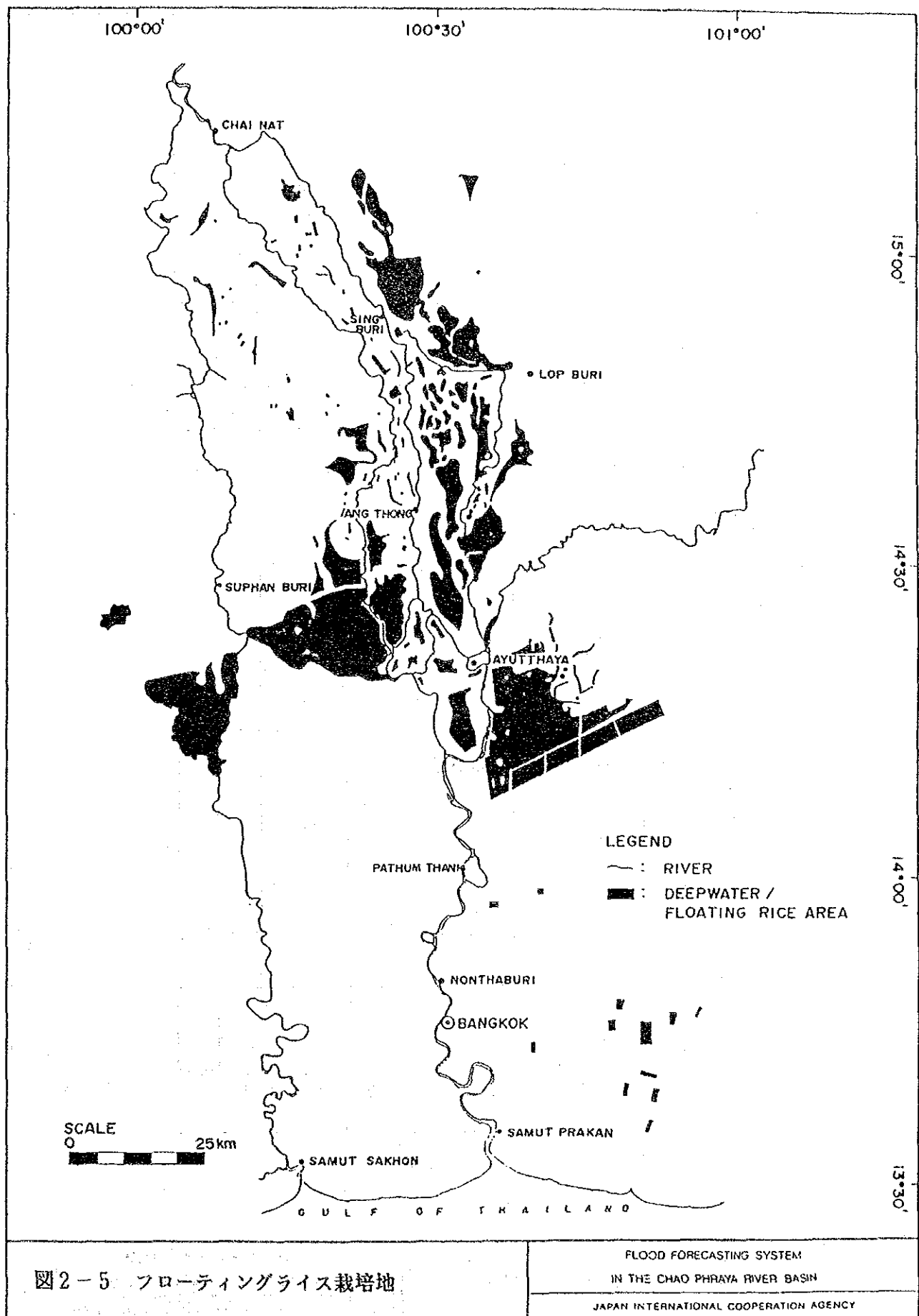


図2-3 チャオピア川縦断面図

FLOOD FORECASTING SYSTEM
IN THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY





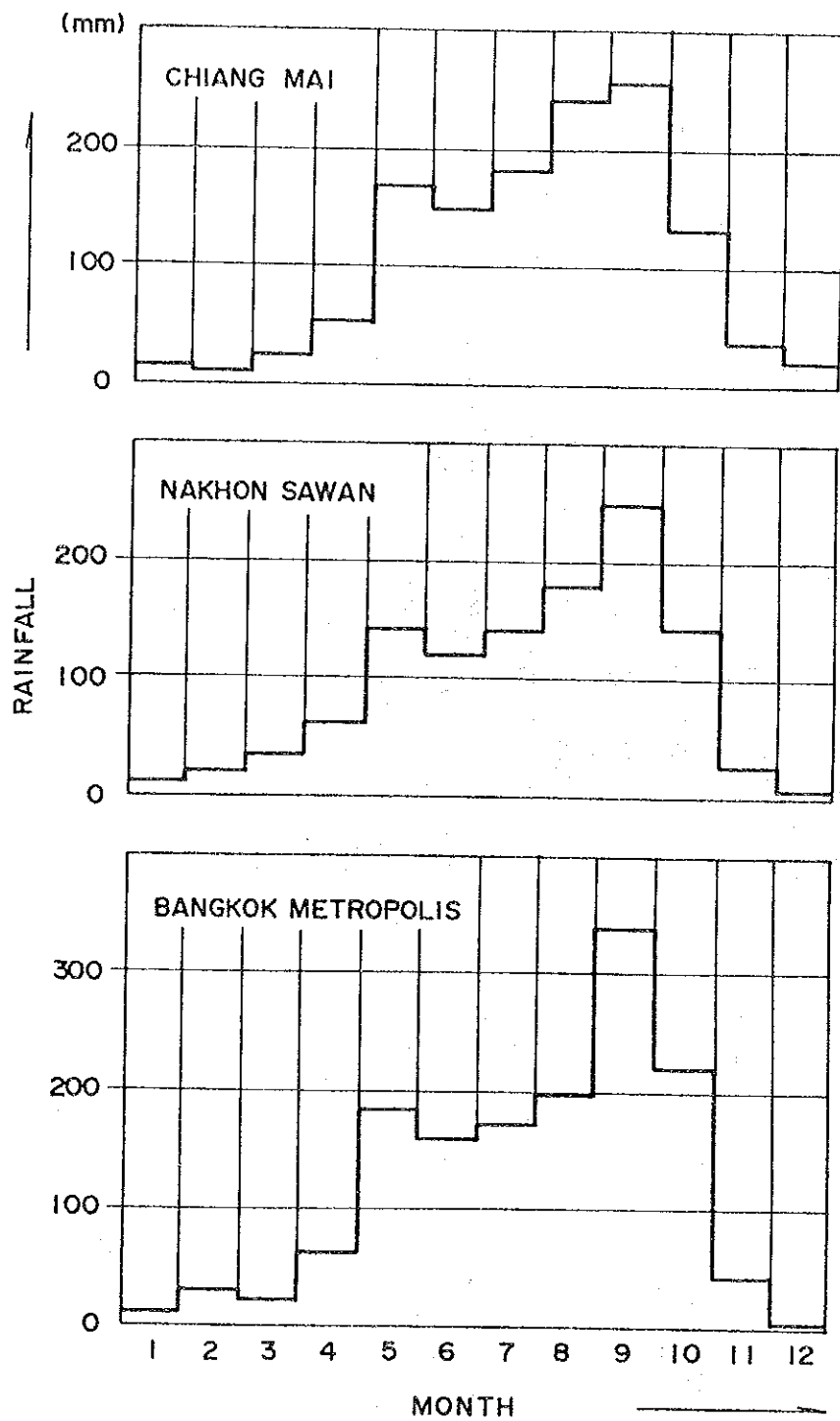


図 2 - 6 月平均降水量の変化 (1951~1980)

FLOOD FORECASTING SYSTEM
IN THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

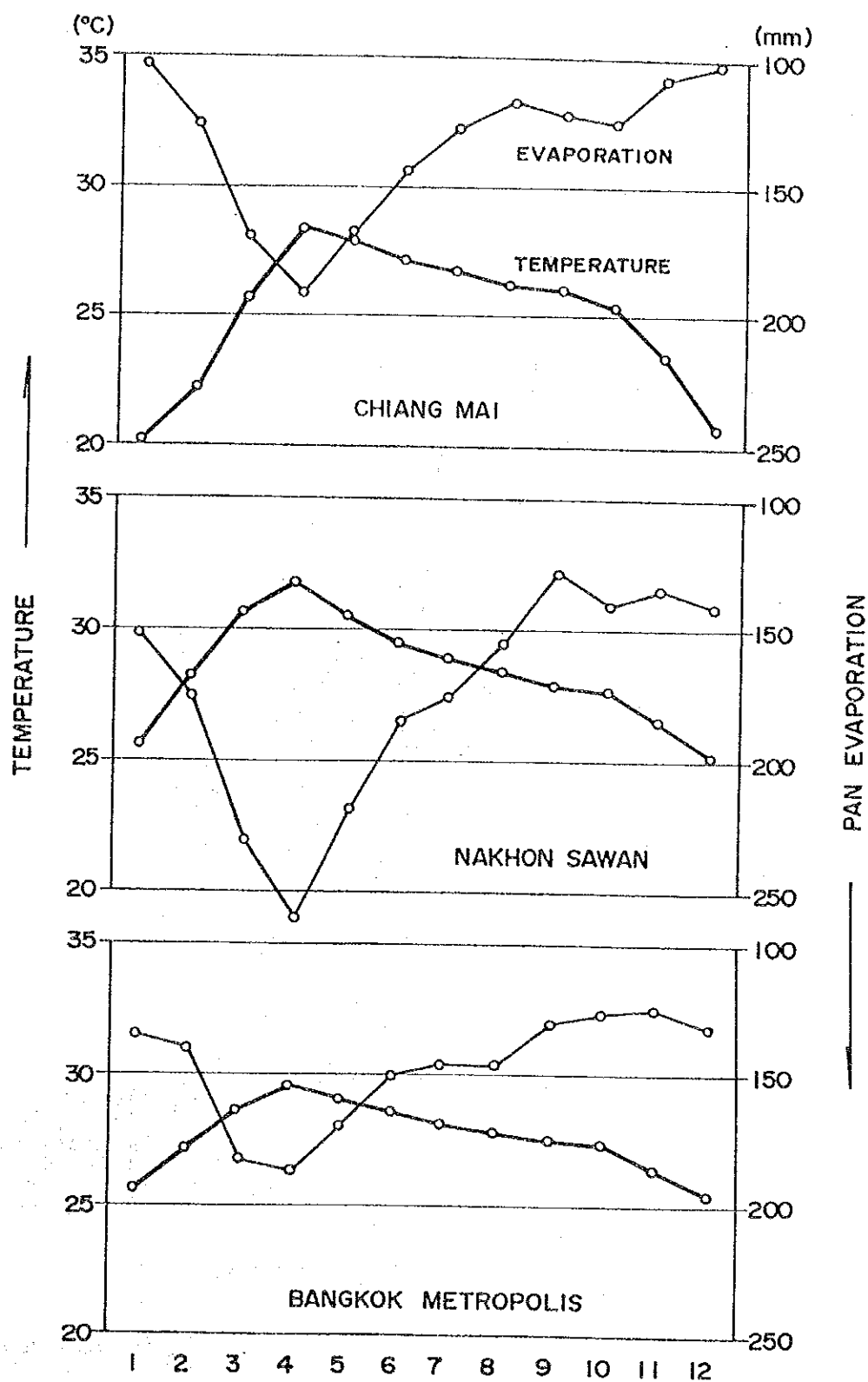


図2-7 平均気温と蒸発散量の月別変化
(1951~1980)

FLOOD FORECASTING SYSTEM
IN THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

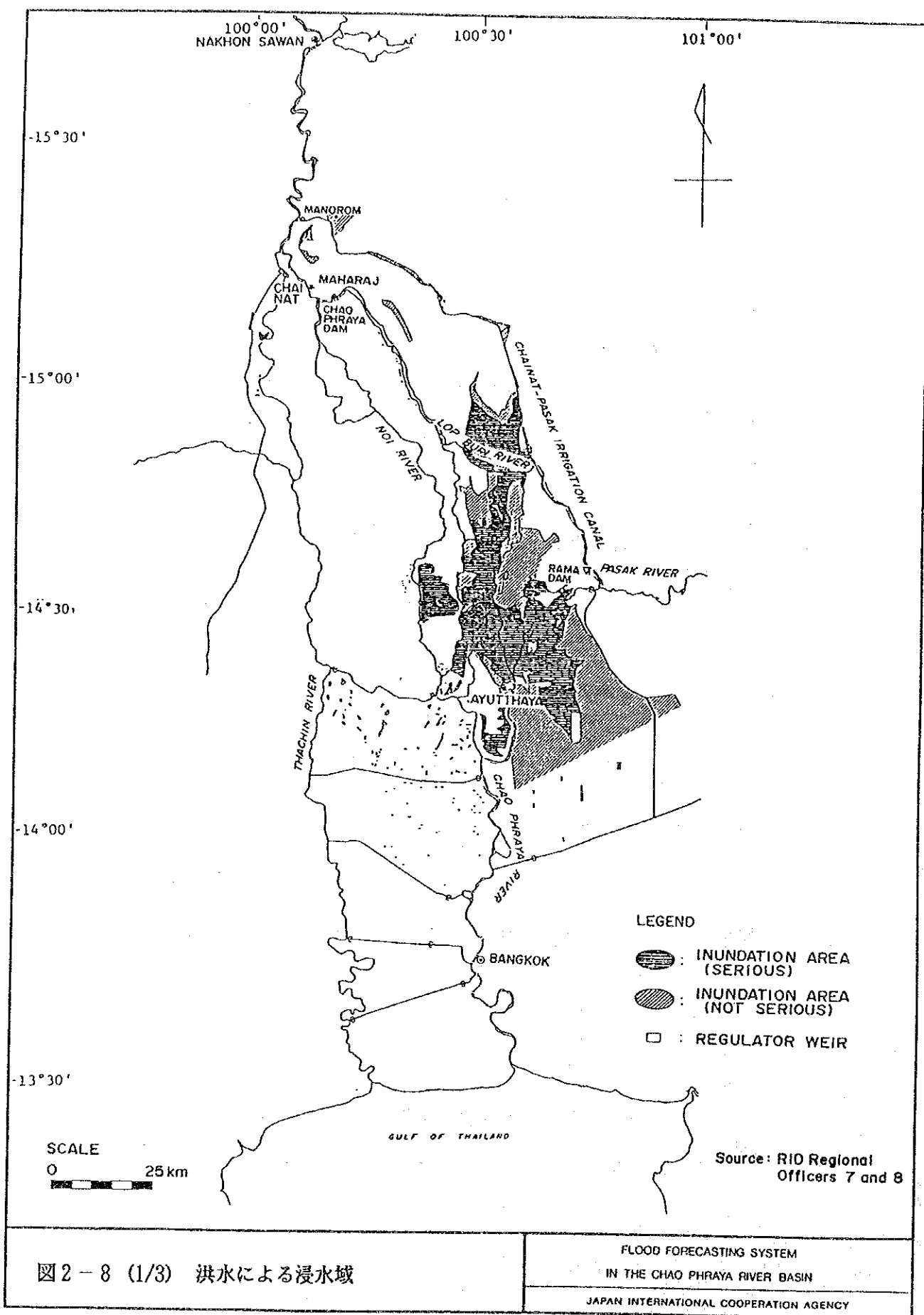


図2-8 (1/3) 洪水による浸水域

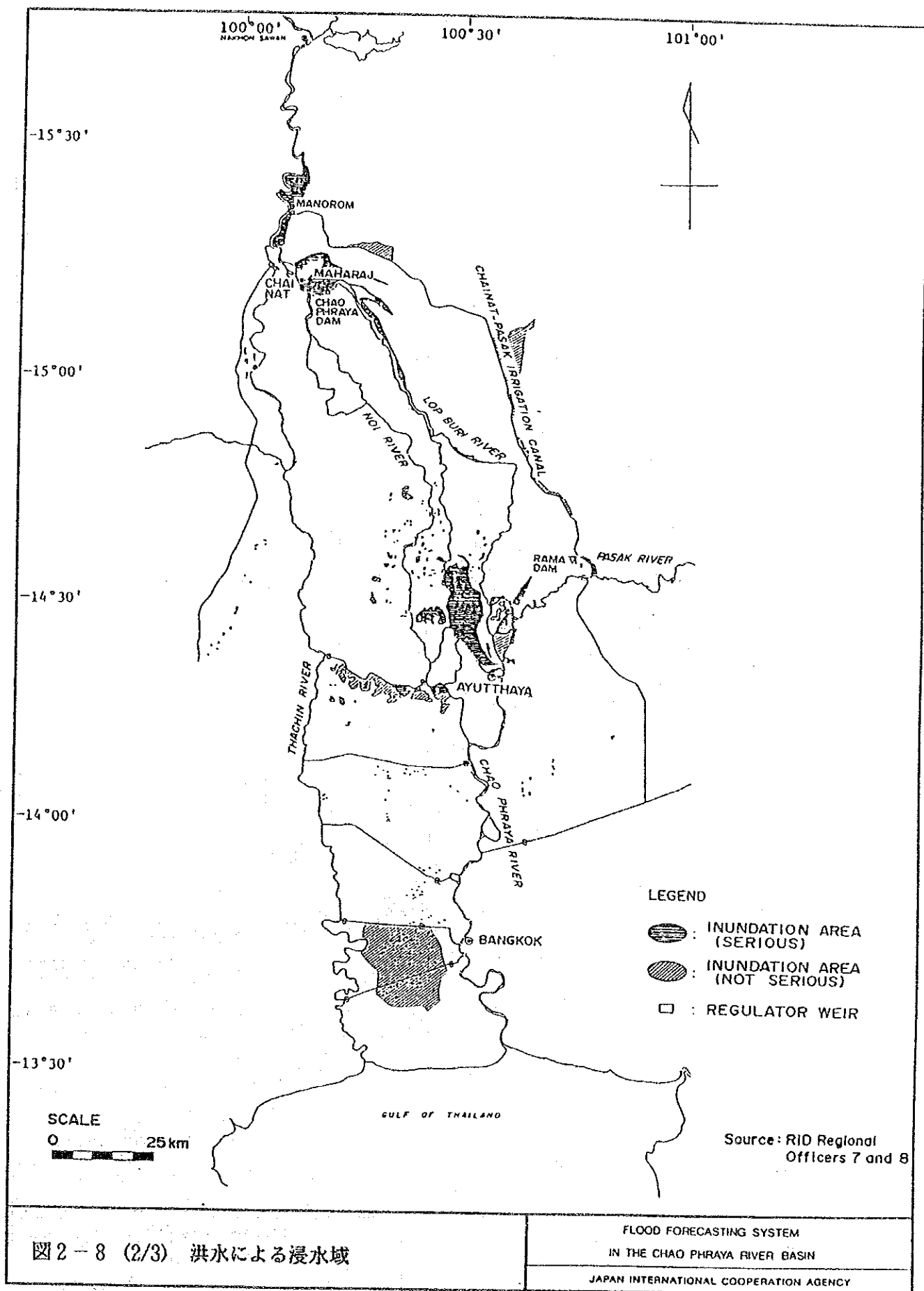


図2-8 (2/3) 洪水による浸水域

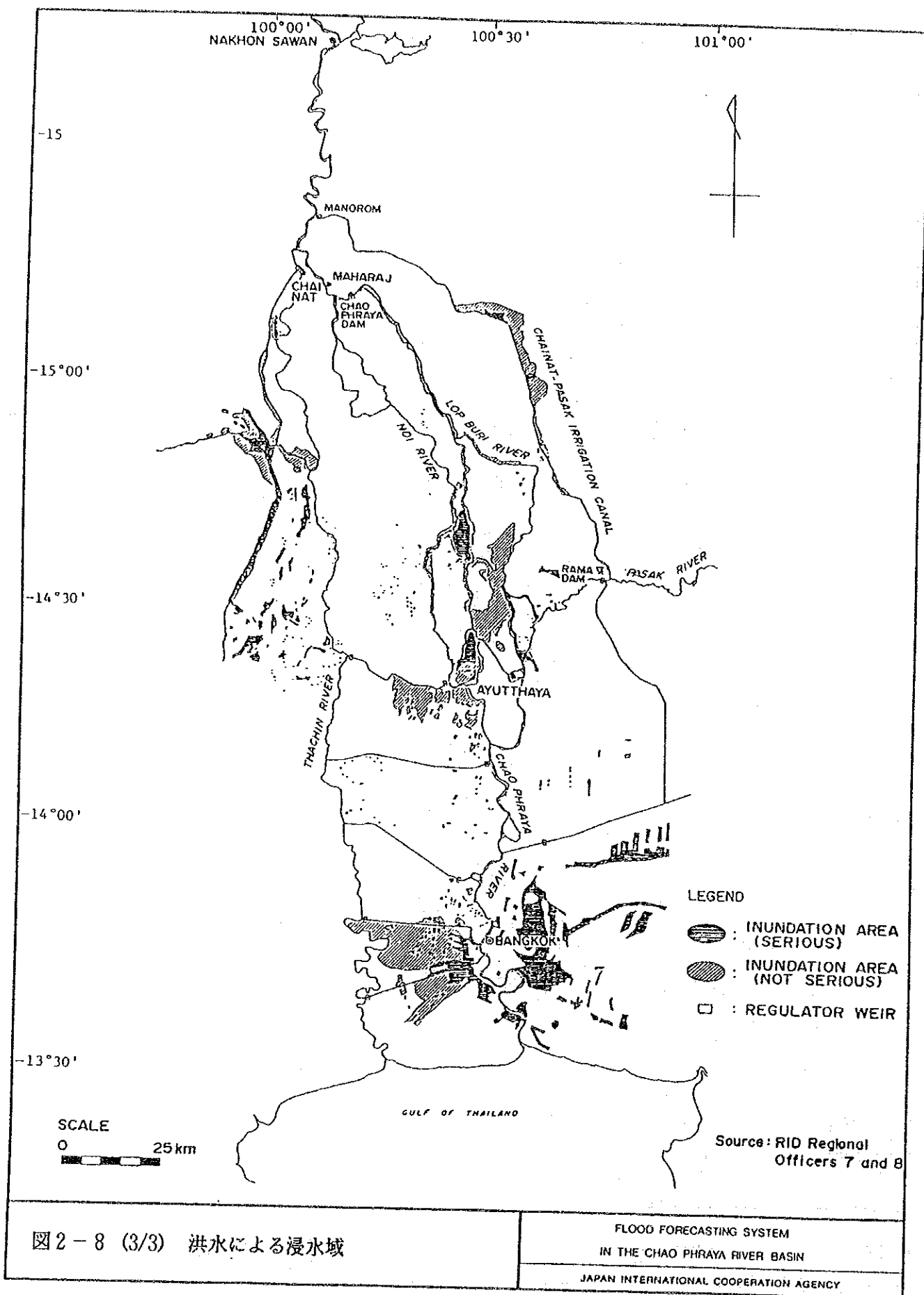
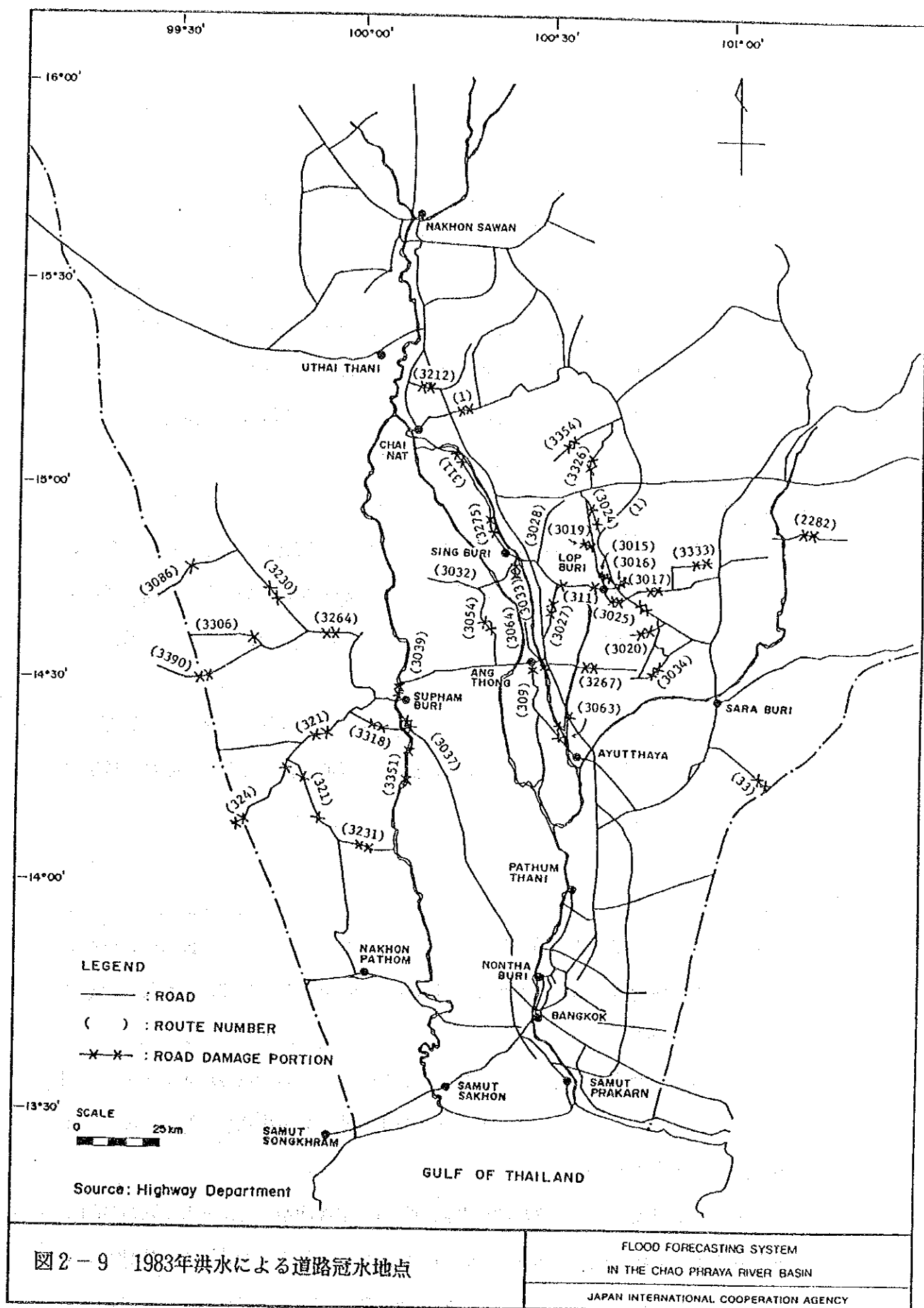


図 2 - 8 (3/3) 洪水による浸水域

FLOOD FORECASTING SYSTEM
IN THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



第3章 洪水予報システムに関する現況施設

3.1 水文観測施設

3.1.1 雨量観測所

チャオピア川流域内には図3-1に示すように約600の雨量観測所があり、そのうちの約半数はRID、また残りの半分はMDによって管理されている。この他、NEA、EGAT、PWD等他の機関も流域内にいくつかの雨量観測所をもっている。

RID管轄の観測所はほとんど灌漑施設の傍に設置されており、ナコンサワンの下流デルタ地帯に大部分が集中しているのに対し、MD管轄の観測所はナコンサワン上流域に均等に配置されている。この結果、ナコンサワン下流域約50,000km²の中に約400観測所が設置されているのに対し、上流域110,000km²には200観測所程度という設置割合になっている。

また、通信施設を備えた雨量観測所はナコンサワン上流域では少なく、短期間に観測データを収集するのは困難なように思われる。一方ナコンサワン下流域には通信施設を備えた雨量観測所が100以上あるが、ほとんどが洪水予報目的でなく灌漑用水管理目的である。

以上の雨量観測所その他MDはバンコックとチェンマイに2基レーダー雨量観測所を備えているが、この観測結果は流域の平均雨量の定量的把握ではなく降雨の定性的分析に使用されている。

3.1.2 水位・流量観測所

チャオピア川および主要支川にはRID、MD、HD、EGAT、NEAの管轄による224の水位観測所があり、そのうち107観測所では定期的に流速計を使った流量観測が行われている。

これら、既設観測所の位置から判断すると、RID管轄の39観測所がチャオピア川本川とピン、ワン、ヨム、ナン、バサック等の主要支川の流出状況を知るうえでの主要観測所と考えられる。

また他にMD管轄のバサック中流の2観測所も主要観測所と考えられるが、1981年以降は流量データがない。チャオピア川の河口部での潮位データはPAT管轄の6観測所で測定されている。これら各主要観測所の位置を図3-2に示す。

しかし、この既存の観測所網はチャオピア川と主要支川の洪水状況を知るのに不十分な部分があり、特に観測所の設置ヶ所の少ないパサック、サカエクラン川では流出状況が充分把握できない。このパサック川、サカエクラン川はナコンサワン下流域において第1、2番目の大流域支川で、この支川流域からの流出量は直接チャオピア川に流下するところから、チャオピア川の流出に大きな影響を与えるものと考えられる。

これら観測所のうちナコンサワン上流の水位観測には観測データ送信用の通信施設を備えた所が少なく、ピン、ワン、ヨム、ナン川の洪水流出を知るのは難しい。また、下流側では灌漑水路沿いのかなりの観測所に通信施設が整備されているものの、チャオピア川本川や主要支川の洪水を予測するには効果的でない。

3.2 河川構造物

洪水調節に関連する河川構造物は機能、構造上の特性、規模、重要性から判断して次の4つのグループに分類出来る。

- (1) 上流域主要支川上のダム貯水池
- (2) 主要河川上の取水堰
- (3) 主要水路上の流量調節ゲート
- (4) 主要河川沿いの堤防

チャオピア川流域の既設河川構造物は主に灌漑、水力発電、都市用水、舟運、洪水調節、塩水防止等の目的で設置されているが、特に灌漑と水力発電が主要な目的になっている。

既設河川構造物の位置を図3-3に、また模式図を図3-4に示す。

3.2.1 ブミボン・シリキットダム

チャオピア川流域には計6基のダムがあるが、中でもブミボン、シリキットダムは規模が大きく、流域の流出状況に大きな影響を与えている。表3-1にこれら2ダムの構造諸元を示す。

管理操作の原則

ブミボン、シリキットダムはEGATとRIDの相互の協力のもとに下流域の電力需要と水需要を満足するよう操作運営を行っており、このうちEGATが電力需要、

R I Dがまず灌漑用水供給を第1の目的に、その他都市用水、舟運、塩水遡上防止等を考慮してダム放流量を決定している。実際のゲート操作はE G A Tが行い、R I Dからの必要灌漑用水量の報告を受け、これを考慮し、電力需要に応じてダム放流量を調節している。

操作規模

各ダムからの放流量と貯水位はE G A Tが各ダムに対して設置した上限、下限制限操作水位に基づいて決定される。プミボン、シリキット各ダムの上限水位、下限水位と実際の貯水位記録を図3-5に示す。

洪水調節機能について、両ダムとも常時満水位と上限水位の間の貯水容量を使って洪水調節を行っている。現在の操作規則をまとめると以下のようなものである。

- (1) 貯水位が上限水位を上廻った場合、無効放流を避けるため余剰発電を行って放流する。
- (2) 貯水位が上限と下限水位の間にある場合、E G A Tは原則としてR I Dからの要請に基づいて放流する。
- (3) 貯水位が下限水位を下廻った場合は放流を制限する。この場合下流の最小限の需要量に応じて放流する。

操作実績と貯水池記録

最近のプミボン、シリキットの貯水池運営方針は乾期の灌漑用水が確保出来るように雨期の間は水力発電による放流を制限し出来るだけ貯水位を回復させるようにすることにある。この運営方針はダムによる洪水調節を促進する結果となっている。

図3-6に近年の貯水位記録と流入放流量の関係を示す。この記録からみると両ダムとも流入量の1,000 m³/sから1,500 m³/s程度の洪水調節効果がうかがえるが、実際にはもっと大きな効果が期待出来る。

3.2.2 堰・流量調節ゲート

流域内には図3-3に示すように灌漑用水のための5つの主な取水堰があり、これらの構造諸元は表3-2、3-3に示すごとくである。

堰および流量調節ゲートの管理操作方針

流量調節に関わる河川構造物はR I D本局のO & M部と地方局とプロジェクトオフィスと協力して管理運営しているが、管理の担当は構造物の目的、規模、重要性によって異なる。

構造物の基本的操作方針は灌漑用水供給目的に基づいて確保されており、R I D本局O & M部は地方局やプロジェクトオフィスとの交信によって定期的に管理のための水文データ、栽培データ、水需要等のデータを収集している。水の配分はこれらの収集データとR I Dが開発した水管理モデルの運用結果によって決定している。この水配分量の決定に基づいて主要構造物は地方局、小規模構造物はプロジェクトオフィスが流量調節の操作を行っている。

堰、流量調節ゲートの操作実績

(1) チャオピアダムと取水堰

これら構造物の基本操作ルールではチャオピアダムのゲート操作によって各主要水路へ計画流量に至るまでの配分を行い、余剰流量はチャオピア川本川に放流する。異常洪水時には許容流下能力をこえた分についてはチャオピアダムの背後にある余水吐を使って調節池に放流する計画になっているが、最近では余水吐の使用は止めている。

図3-4に上記の流量分配システムを示す。現実的にはこれらの操作はR I D本局の指示のもとにNO7地方局が行っている。

このダムの特記すべき操作の主なものは次の通りである。

- (a) ダム背後の水位は各水路への放流を確保するため、EL +16.5m M S Lを常時保つ。
- (b) 構造物安全上の理由からダム上下流の水位差は、9.5m以内におさえる。
- (c) 最小責任放流量として舟運、塩水遡上防止、都市用水供給のため75 m³/sを確保する。

1975年、1978年、1980年、1983年の洪水時はいずれもダム計画流量の3,300 m³/sをこえており、余水吐を使うことなく、下流に放流している。

(2) 主要流量調節ゲート

主要水路への流量調節ゲートは各ゲートの操作規則に基づき地方局、プロジェクトオフィスが操作を行っている。洪水時にはさらにこの操作規則と洪水状況、作物の生育状況を考慮し、本局と各地方局、プロジェクトオフィスとの協力で操作が行われる。

このゲート操作に関連して、表3-4に流量調節ゲートからの最大放流記録とチャオピアダム放流実績を示す。一般にチャオピア川に最大流量が流下した時には主要ゲートからの放流量は、マノロムゲートで計画流量をこえている場合がみられるものの、ほぼ計画流量にみあった流量が放流されている。

(3) その他主要堰

その他主要堰として、ラマ6世ダムとピサノロック堰の通常の操作は灌漑水路への配分が確保できるように上流側水位を調節している。この場合、ラマ6世ダムの水位はEL+7.50mMSLでピサノロックはEL+47.5mMSLである。

ただ、洪水時には洪水を安全に流下させるためゲートは全開状態にしている。

3.2.3 堤防

最近まで洪水防御用堤防は主にチャオピア川沿いとバサック川下流に建設されてきた。図3-7にナコンサワン下流の堤防等既存の堤防法線を示す。

アユタヤ上流域

上流域の堤防は灌漑システムの整備が進むにつれて整備されてきた。一般にチャオピア川と平行して走る灌漑水路の堤防は農業地帯の洪水被害を防ぐ堤防としても利用されてきており、また道路も一部堤防の役割を果たしている。

これら堤防の上流での高さは25年確立計画高水位に0.5mの余裕高を加えたものとしている。しかし1983年洪水時には堤防の一部が洪水で損傷を受けたため、余裕高を0.5mから1mの範囲とし、1983年洪水位に対応するよう堤防高を高めている。この堤防嵩上げ工事は現在進行中である。

アユタヤ下流域

アユタヤとバンコック首都圏間の下流域では排水路と農業用道路が河川を平行に走り、この排水路の堤防と道路が洪水防御堤防の役割を果たしている。バンコック首都圏ではチャオピア川から氾濫水防止と北東から流水流入防止のため輪中堤を設置している。

チャオピア川西岸の都市域ではボルダーシステムについてのF/Sと詳細設計の検討を行っている。

3.3 電気通信網・施設

チャオピア川流域ではRID、EGAT、BMA、MD等が独自の電気通信網を持っているが、ここでは洪水防御上最も大きな役割を果たすRIDの通信網を中心に調査を行う。

また、タイ国電話公社(TOT)や、タイ通信公社(CAT)、郵便電報局(PTD)等の公共通信施設が洪水予報に関係が深いと考えられるので、ここで概略調査結果を示す。

RID

RIDは全国に12地方局を持ちこのうちチャオピア川流域は第1、2、3、7、8地方局が関係している。この各地方局はさらに水文観測所を管理するプロジェクトオフィスに分かれる。(図3-8参照)

バンコックの本局と地方局との通信は一方通信のHF/SSBを用いた音声通信によって行われており、また地方局とプロジェクトオフィスとの連絡は一方通信のHF/SSBもしくはVHFによって行われている。さらに無線もしくは磁石電話がプロジェクトオフィスと水文観測所間の通信に用いられている(図3-9参照)。上記とは別にTOTの公共ダイヤル電話がRID本局、地方局、プロジェクトオフィスと主要な観測所地点に設置されている。

図3-8に電気通信網を示す。HF/SSBには周波数4810、5830、7855と7990kHzが使われており、またVHFには139.050、139.100、141.000MHzが使われている。無線装置の電源出力はHF/SSBが100W、VHFが100Wもしくは60Wである。

磁石式電話による交信は線が旧式で悪天候の場合、混信や雑音のため聞き取りが困難

である。一般にVHFによる音声通信は近距離であればはっきり聞こえる。本局と地方局を結んだHF/SSB回線は通信時に時々混信や雑音が入るが、通信状態は比較的良好である。

M D

図3-10にMDの通信網を示す。この通信網は本局、地方局、水文観測所間をHF/SSB無線で結び水文観測所、レーダー観測所からのデータ収集に使われている。

水文観測所の数は北部で26、中部19、南部27で、6.550KHzと、6.660KHzの周波数による一方向HF/SSBでこれら観測所のデータを収集している。このHF/SSBの電源出力は130もしくは150Wで通信状態は良好である。このデータはRIDに手で配られる。

E G A T

E G A Tの電気通信網は多重回線網と送電用電話回線から成り、電力施設の維持、配電調節、資料収集、事務連絡等のために用いられている。図3-11に本局、発電所、中継所等を結ぶ電気通信網を示す。

水文資料はこの通信網によってブミボン、シリキットダム等の観測所からバンコックの本局に送られる。多重回線は900MHz周波数を適用しており、通信状態は良好で、洪水時においても支障はない。

E G A TとRID間の専用回線はなく、水文データはTOTの電話回線もしくは人手によってRIDに持ち込まれる。

E G A Tは現在の通信回線の容量不足に対処するため多重回線網を拡張する予定である。

B M A

バンコック首都圏庁は洪水防御のために、ポンプ場を管理運営しているが、ポンプ場とBMA本局との通信は一方向VHF無線回線(150MHz周波数、4回線)でバンコック内に限って行っている。この他、RIDとMDとの連絡にTOT回線を使っているが、関係機関との通信状態を良くするため、通信網の改善をJICAの協力で検討し、現在実施を計画中である。

LAD

内務省の地方行政局（LAD）は天災や他の災害に対し、対策を練る責任官庁であるが、緊急時に州政府事務所と連絡するため、幾つかの手段を有している。

現在LADと州政府事務所との通信はTOT電話回線（専用回線）、100km以内の通信に一方VHF、長距離通信に一方HF/SSBを使用している。通信回線網は保全上の理由から明らかにされていないがRID本局とLADとの連絡はTOT電話で行われてる。

TOT

TOTは全国を対象に長距離多重回線網と有線電話回線網を有し商業用に供している。図3-12にチャオピア川流域の多重回線網を示す。

通常TOTの多重回線、有線電話回線は借用出来る。ただ、バンコック内の有線区間は雨期の数日間続く洪水時には通信不通になることがある。

CAT

CATは図3-13に示すように人工衛星INTELSATの衛星地上局通信網を使っておりチャオピア川流域内にはバンコックに主局とナコンサワン、ピサヌロック、ランパン、チェンマイにそれぞれ中継局がある。

CATは衛星通信とUHF無線回線による電話事業とデータ通信のため商業用通信網を運営している。この衛星回線は公共用に借用出来るが現在までのところTOT回線が整備されていない地域について公共関係、私企業によって使われている。この衛星回線の通信状態は洪水時でも良好である。

PTD

PTDはバンコックに国内衛星通信センターを有し、この衛星回線を政府機関の通信手段として貸し出している。

衛星通信はインドネシアのPARAPA衛星の中継器を使って行う。

今まで、700音声回線に相当する $1\frac{3}{4}$ の中継器がTV局、軍隊、他機関に貸し出され、さらに $\frac{1}{4}$ 中継器(100回線)を新たに借り受ける予定である。

しかし、この通信網を使う場合、PTD衛星回線の利用者が自己負担で衛星地上局を

設置することが必要である。

3.4 情報管理システム・施設

情報管理システムは情報収集、情報処理、情報伝達システムの各システムから成る。ここでは洪水防御に関係のあるRID、MD、EGAT、BMAの各機関の情報管理システムについて検討する。

図3-14にこれらのシステムを示し、詳細は以下に述べる。

3.4.1 情報収集システム

RID

水文資料は灌漑施設の管理のためO&M部と水文解析のため水文部によって収集されている。(図3-18参照)

(1) O&M部による情報収集

O&M部による情報収集は主に灌漑区域を対象に行われている。チャオピア川、メコン川流域の水管理システムのレポート(1985年4月)によれば収集する水文資料は雨量観測所212、水位観測所100で、その他MDによる84雨量観測所データが4月～11月の期間、MDの本局からRIDのO&M部によって収集される。

観測は午前6:00から午後9:00まで3時間間隔で行い、朝6:00のデータは通常翌日の8:00～10:00の間に通信部を通してO&M部で収集される。

洪水時には水管理用の重要なデータはO&M部の要請によって無線で即刻報告される。現在パーソナルコンピューターを使った情報通信を本局と第7地方局の間でIECプロジェクトの指導のもとにO&Mが試験している。

(2) 水文部による情報収集

水文部がチャオピア流域を対象に収集するデータは雨量(251観測所)、水位(179観測所)、温度、気圧、湿度、蒸発量等の気象データ(33観測所)、水路流量(96観測所)と堆砂(18観測所)である。

これらの観測データは水文部地方事務所から本局の水文部に毎月郵便で送られ、ごくわずかの遠隔地の観測所データは観測所から直接本局に送られてくる。また、MD、

E G A T等他の機関の観測データは必要に応じて収集される。

M D

MDでは天候、気象情報の他、主要河川の水位も観測しており、チャオピア川流域では10気象観測所と4水文観測所を設置している。このうち水位観測所はすべてパサック川流域にあり、2観測所について流量観測を行っている。これらのデータはほとんど1日8回、3時間間隔で観測所からバンコックのMD本局に集められる。

これとは別にタイ全土の降雨域と雨域の移動を観察するため、8基の気象レーダーが設定されており、チャオピア川流域についてはチェンマイ、バンコックの2ヶ所のレーダーで観測が行われている。

E G A T

E G A Tはチャオピア川の中・上流域に20気象・水文観測所を有しており地方事務所を通して本局にデータが集められる。

これらのデータのうち、ダムの水文データは毎日E G A T本局に送附される。

B M A

バンコックの排水事業はBMAのD D Sが管轄しており、排水路や氾濫地域の水位は1日3回排水ポンプやゲートの効率的な操作のためにD D Sに送られてくる。他の降雨やチャオピア川の水位等の資料はR I D、MD等他の関係機関を通して収集しE G A Tによるチャオピア川の予測水位も収集している。

P A T

P A Tは潮位観測を行っているが、チャオピア川河口域では7つの自記水位観測所を設置。観測記録紙が毎週郵便で本局に送られてくる。

3.4.2 情報管理システム

洪水予測のための情報処理は主にR I Dで行っているため、ここではR I Dのシステムについて述べる。