

タイ王国

経済社会開発局

農業共同組合省 王室灌漑局

天然資源・環境省 水資源局

# タイ王国 チャオプラヤ川流域 洪水対策プロジェクト

最終報告書

第1巻：要約

平成25年9月  
(2013年)

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

株式会社建設技研インターナショナル  
株式会社オリエンタルコンサルタンツ  
日本工営株式会社  
株式会社建設技術研究所

環境

JR

13-153



タイ王国

経済社会開発局

農業共同組合省 王室灌漑局

天然資源・環境省 水資源局

# タイ王国 チャオプラヤ川流域 洪水対策プロジェクト

最終報告書

第1巻：要約

平成25年9月  
(2013年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

株式会社建設技研インターナショナル  
株式会社オリエンタルコンサルタンツ  
日本工営株式会社  
株式会社建設技術研究所



## 報告書構成

第1巻	要約
-----	----

第2巻 主報告書

追加報告書 RRI モデルによるチャオプラヤ川洪水解析

本報告書で使用された交換レート

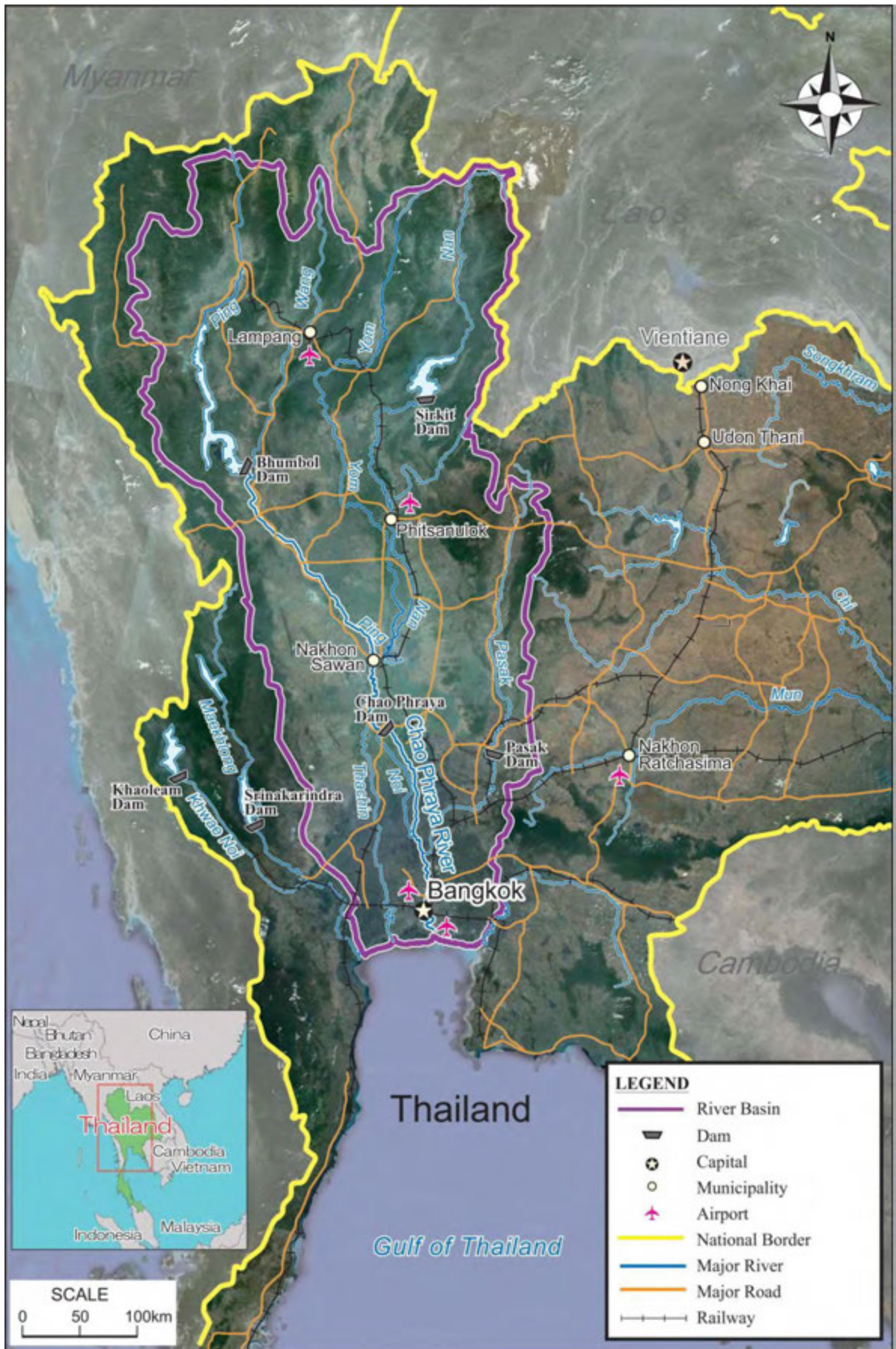
THB1.00 = US\$0.032 = JP¥2.794

JP¥100 = THB35.796 = US\$1.163

US\$1.00 = JP¥85.980

(2012年12月28日時点)





流域图





## 要 旨

### 1. 概 要

#### 1.1 背 景

2011年、タイで発生した大洪水は800人の以上の死者と約1.4兆THBの広範囲の被害・損失をもたらした。その内、1兆THBは製造業部門の被害・損失である。

2011年11月、タイ政府からの要請を受け、JICAは経済社会開発局（NESDB）、農業協同組合省王室灌漑局（RID）及び天然資源・環境省 水資源局（DWR）と協力して、「チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト」を実施した。プロジェクトは3つのコンポーネントで構成されている。

##### (1) チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト

コンポーネント1：詳細地形図に基づく洪水管理計画の更新

コンポーネント1-1：詳細地形図作成

コンポーネント1-2：詳細地形図に基づく洪水管理計画の更新

コンポーネント2：緊急修復事業：新水門の設置と国道9号線の嵩上げ

コンポーネント3：洪水情報システムの改善と洪水予報システムの開発

本報告書は、チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト、コンポーネント1-2の最終報告書である。

#### 1.2 プロジェクトの目的

水資源管理戦略委員会（SCWRM）が作成した水資源管理のM/Pに基づき、科学的・技術的分析を踏まえ、チャオプラヤ川流域総合洪水管理計画を作成する。

#### 1.3 調査スケジュール

調査期間は、2011年12月から2013年10月である。スケジュールを以下に示す。

Item	Contents	2011		2012			2013		
		12	3	6	9	12	3	6	9
Study by Members of Advisory Committee	Runoff Analysis by IMPAC-T	■							
	Flood Inundation Analysis by ICHARM	■							
	Study on combination of measures			■					
Detailed Study by Consultant Team	Data Collection		■						
	Survey work (river/canal survey)		■						
	Study on Structural Measures			■					
	Study on Non-structural Measures			■					
	Report		WP ▼		IT/R1 ▼		IT/R2 ▼	DF/R ▼	F/R ▼
Seminar		▼	▼			▼ ▼	▼		

WP: Work Plan, IT/R1: Interim Report 1, IT/R2: Interim Report 2, DF/R: Draft Final Report, F/R: Final Report

図 1 調査スケジュール

## 2. マスタープランの基本課題

### 2.1 タイ政府の洪水管理方針

2011年12月に水資源管理戦略委員会（SCWRM）は『持続的水資源管理マスタープラン』を策定した。ここで記述された洪水管理方針について、以下に整理し検討を加える。

#### 洪水管理方針：目標

適正な洪水管理により、洪水リスクを軽減、水資源として洪水を活用することにより持続的な経済成長を推進する

タイの国民は長年洪水氾濫地域に住み、容易に農業用水を確保してきた。洪水による厳しい被害を避け、耕作に洪水を活用する英知はタイ国民におおきな恩恵をもたらしている。一方、タイは、近年急速な経済成長を達成している。その結果、都市地域は、より大きな洪水氾濫のリスクを持つ地域に拡大した。国は都市化地域の拡大に集中し、経済発展に必要な都市インフラ、交通インフラ等の投資に傾注したため、治水対策投資が経済発展の後追いになった。

2011年の大洪水は、この都市化した低平地を厳しく襲い、長期間にわたり工業生産中断等による重大な経済的被害を引き起こした。

大半の先進国は、無計画な都市地域の拡大、洪水に対する脆弱性増加に関連した同様な問題に直面してきた。その多くの経験と教訓は、タイ国の洪水防御に十分活用することができる。特に、洪水リスク軽減及び洪水の農業への活用を図る洪水管理は、持続的経済成長に不可欠なことは明らかである。

タイ政府の洪水管理方針は、正しい方向を目指している。この方針は下記の6つの基本要素からなる。

- 1) 流域内で各組織が実施する全ての活動を統合する。
- 2) 洪水制御と水利用との調和の取れたバランスを維持する。
- 3) 氾濫を制御する。
- 4) 計画段階で構造物対策と非構造物対策との最適な組合せを検討する。
- 5) 通常の活動段階では、異常事象を十分考慮しながら、治水施設の適正な運用ルールの設定、土地利用規制を実施する。
- 6) 緊急事態においては、個人、コミュニティ、民間企業、NGO 及び政府機関は各々の責任を果たす。

### 2.2 計画洪水

2011年洪水はチャプラヤ川流域全域に甚大な被害をもたらした既往最大洪水である。このことから、計画は2011年洪水に適合させなければならない。一方、本調査で実施した降雨解析によれば、2011年洪水は概ね100年確率洪水と評価される。アジアモンスーン地域の多くの首都は、洪水防御に対して100年確率規模程度を目標としている。以上のことから、本調査では、計画洪水を2011年実績洪水（100年確率規模）に設定した。

表 1 2011 年洪水の評価

評価項目 (年最大) (N: 標本数)	発生確率				備考
	ナコンサワン (C.2) [A: 105,000km <sup>2</sup> ]		河口地点 (全流域) [A: 162,000km <sup>2</sup> ]		
	値	確率	値	確率	
降雨量 (mm/6ヶ月) (N = 51)	1,483	1/141	1,390	1/100	洪水流量に影響の大きい6ヶ月降雨量 (年最大)。
最大流量 (m <sup>3</sup> /s) (N = 56)	6,857	1/70	-	-	これらの流量は、施設による調節の無い場合の流量を求めるために、ナコンサワン地点観測流量に、Bhumibolダム、Sirikitダム貯留分を加算した流量を基本に算出。 『氾濫量』は、ナコンサワン地点における『2,500 m <sup>3</sup> /s以上』の流量の総量として算出。
年総流量 (MCM) (N = 55)	55,570	1/127	-	-	
氾濫量 (MCM) (N = 44)	15,154	1/102	-	-	

\* 上記計算は、水文統計ユーティリティ ver 1.5 『(財) 国土技術研究センター、2003年11月』による。

### 2.3 防御地域

バンコク及び周辺地域（タチン川東側、アユタヤ市のパサク川より南側）が、タイ政府により優先防御地域として選定されている。運輸省道路局（DOH : Department of Highways）及び地方道路局（DOR : Department of Rural Road）は、優先防御地域周辺道路、堤防道路の嵩上げ工事を2012年より開始している。これらの工事について、本調査では優先防御地域の破堤リスクを軽減する適切な事業の組合せの一つとし、既存条件として考慮する。

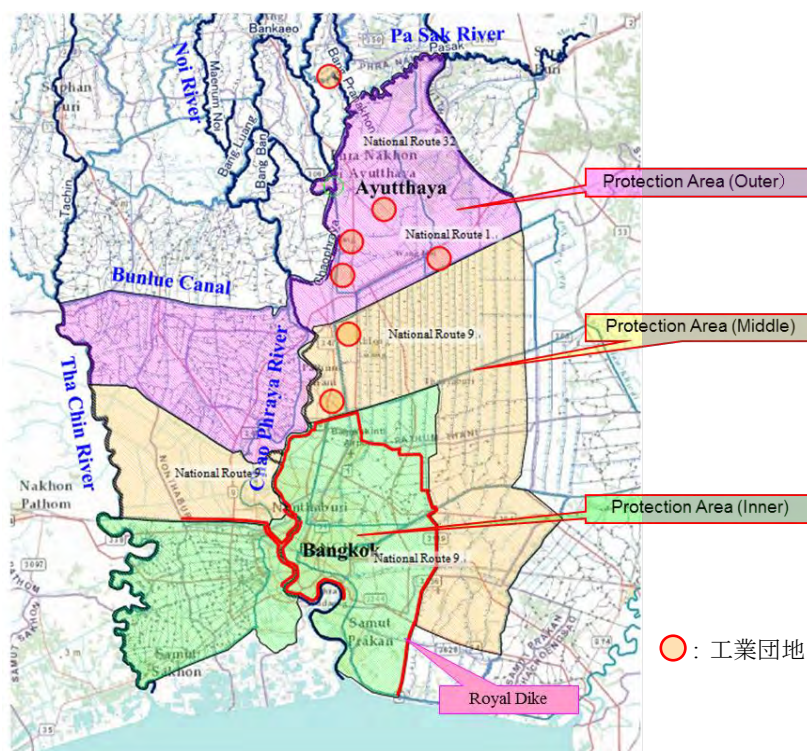


図 2 優先防御地域（資料：ウェブサイト“Waterforthai”）

### 3. 対策の組合せ案

#### 3.1 対策の組合せ

本調査において、新しい地形図を組み入れた流域水理モデルを開発、10以上のシナリオについてシミュレーションを実施した。アユタヤバイパス水路、外郭環状道路放水路、河道改修及び既存ダムの運用効率化を基本とした構造物対策と非構造物対策との組合せが、チャオプラヤ川下流域の優先防御地域を守るにはもっとも経済効率がよく有効である。

##### 提案の組合せ 1

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 外郭環状道路放水路 (流量 500 m<sup>3</sup>/s)
- 3) 河川改修 (タチン川改修を含む)
- 4) アユタヤバイパス水路 (流量 1,400 m<sup>3</sup>/s)
- 5) 洪水予報

##### 提案の組合せ 2

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 外郭環状道路放水路 (流量 1,000 m<sup>3</sup>/s)
- 3) 河川改修 (タチン川改修を含む)
- 4) アユタヤバイパス水路 (流量 1,400 m<sup>3</sup>/s)
- 5) 洪水予報

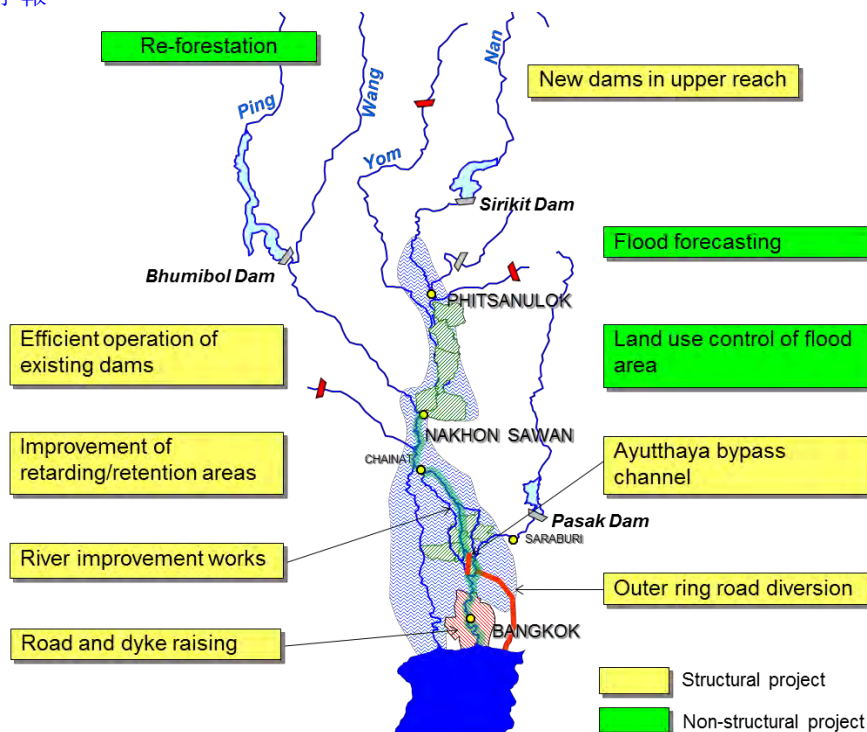


図 3 調査で検討した対策

#### 3.2 既存ダムの効率的運用

2011年洪水及び過去の洪水に於ける既存ダム運用によると、2011年洪水時にブミポン及びシリキットダムでは合計120億m<sup>3</sup>の洪水流量を貯水しており、既設ダムの運用は流域の洪水管理に極めて有効であった。ダム運用ルールを改善することにより、灌漑用水、上水及び環境用水の供給と洪水災害を最小にするさらに柔軟な水資源管理が可能となる。この運用を2011年洪水に適用すると、ナコンサワン地点の最大流量を400m<sup>3</sup>/s低減することが可能である。



提案する運用ルールのお考え方は以下の通りである。

- ・ 『Target Curve』は、利水のための目標となる貯留量であるとともに、治水面では、貯留量の上限を示す。
- ・ 提案の『Target Curve』に従い、5月1日から8月1日まで、流入量をそのまま放流し貯水水位を維持する。
- ・ 8月1日から11月1日までの洪水期は、提案の最大放流量（ブミポンダムで 210 m<sup>3</sup>/s、シリキットダムで 190 m<sup>3</sup>/s）を放流する。貯水量が『Target Curve』を下回る場合、流入水をさらに貯留する。この時の放流量は環境維持を目的とする最小放流量（ブミポンダム：8 m<sup>3</sup>/s、シリキットダム：35 m<sup>3</sup>/s）以上とする。
- ・ 乾期（11月1日から4月30日）においては、乾期水配分計画に基づき放流を実施する。
- ・ 提案する運用ルールは、洪水調節及び水利用の両者に便益をもたらす。
- ・ 『Alert Curve for Drought』は、渇水年であるかの良い指標となる。『10% Probability』は、10年に一回の渇水の危険性、『20% Probability』は5年に一回の渇水の危険性を意味する。

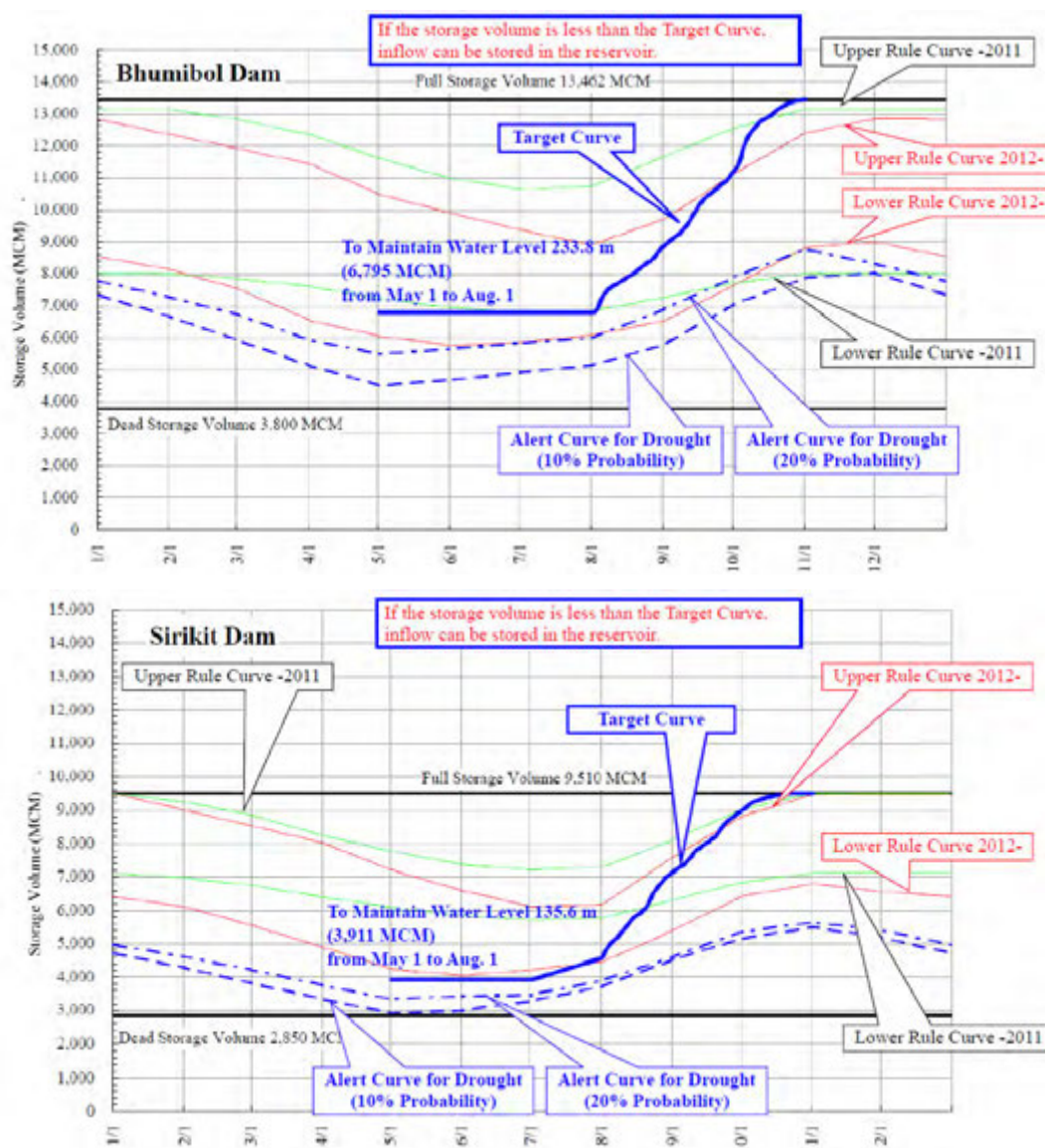


図 4 ブミポン及びシリキットダムの Target Curve、Alert Curve for Drought

### 3.3 外郭環状道路放水路

この放水路は、(i) チャオプラヤ川のアユタヤからバンサイ間の水位、(ii) パサック川下流部の水位を下げる効果がある。また、水位低下に応じて優先防御地域周囲の破堤リスクを軽減する効果がある。

### 3.4 河川改修

#### 河川の定義

現状のチャオプラヤ川の河川幅は狭く、大規模な洪水に対応する流下能力は無い。本調査では、本堤間ではなく、二線堤間を河川とし改修の対象とする。二線堤が低い、また、堤防が脆弱な区間の存在は治水安全上重要な問題である。制御できない氾濫を防止するには、これらの脆弱区間を判別し改修することが必要である。

本堤間の河道は二線堤間の河道に比べて著しく狭いため、本堤を対象に堤防嵩上を行なう場合、非常に高い堤防が必要となる。

#### チャオプラヤ川の改修

チャオプラヤ川下流部の縦断方向のパラペット堤の高さは、水平で階段状になっており、2011年洪水の最高水位よりも高いが、実際の水面勾配は傾きをもつ。加えて、パラペット堤の一部は、DHWLに余裕高(50cm)を加えた高さよりも低くなっている。DHWL+余裕高まで嵩上げを行う。

#### タチン川の改修

タチン川右岸の氾濫は、優先地域防御を目的として実施中のタチン川左岸堤防嵩上げにより、水量、水深が増加する。タチン川下流域の排水能力を高め、優先防御地域の洪水氾濫を防ぐために、以下の対策を採用する。

- i) 4箇所 の捷水路の実施
- ii) 河口 (Samut Sakhon Province, Mueang Samut Sakhon) から 90 km 地点 (Nakhon Pathom Province, Nakhon Chai Si) までの左岸側に堤防又はコンクリートパラペットを建設する。
- iii) 90 km から 141 km 地点 (Suphan Buri, Song Phi Nong) までの左岸側既存二線堤を「DHWL+余裕高」まで嵩上げする。
- iv) ブンルー水路南側既存堤防を「DHWL+余裕高」まで嵩上げする。

### 3.5 アユタヤバイパス水路

歴史的建造物(寺院等)が河川沿いに位置していることから、バンサイ-アユタヤ間の河道拡幅は極めて困難である。アユタヤバイパス水路は河道改修の代替案の一つである。バイパス水路は、アユタヤ(河口から150 km 地点)からノイ川のチャオプラヤ合流点直上流(河口から118 km 地点)に建設を計画する。このバイパス水路は、(i) アユタヤからバンサイのチャオプラヤ川の水位、(ii) パサック川下流部の水位の低下効果があり、また、水位低下に応じて優先防御地域周囲の破堤のリスクを軽減する効果がある。

### 3.6 常襲氾濫地域

提案する対策組合せによるチャオプラヤ川下流の優先地域防御により、他地域の洪水被害ポテンシャルが増加してはいけない。また、洪水に対する回復力は下記の活動で改善できる。これらの活動のある部分は既に具体化している。

- ・ 洪水管理情報システム
- ・ 土地利用規制と計画
- ・ 農業地域における適正な処置

信頼性が高く時を得た情報は、流域住民を安心させ経済活動の継続につながる。

「チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト Component 3」では、洪水予報システムを開発しており、情報はインターネットを通じて公開されている。

### 3.7 氾濫管理地域

土地利用の適正な規制によって、2011年洪水と同規模の氾濫を管理できる。予想される氾濫管理地域は、その特徴により5タイプに分けることができる。この区分により、明確な土地利用計画の作成、実施が可能となる。

タイプ FS: 氾濫した洪水は下流に向かって流下する。氾濫水深は比較的浅く、氾濫時間も短い。

タイプ FL: 氾濫した洪水は下流に向かって流下するが、嵩上げされた道路・築堤にブロックされる。優先防御地域との境界近くは2011年洪水よりも氾濫水深は深く、氾濫時間も長くなる。

タイプ W: 優先防御地域の西側に位置し、Type FLからの洪水流及び西側丘陵地帯からの流出の流路となる

タイプ M: 低湿地で、洪水期は常時湛水する。氾濫水深は深く、氾濫期間も長い。

タイプ H: 東側の丘陵地帯からの小規模洪水で、氾濫水深は浅く、氾濫期間は短い。

洪水を貯留するのに広大な農地を使用することは避けられない。しかしながら、速やかな回復能力の強化により、被害と損失の軽減が可能である。「タイ王国農業部門洪水対策プロジェクト」は、この課題に対する支援と対策推進を実施している。

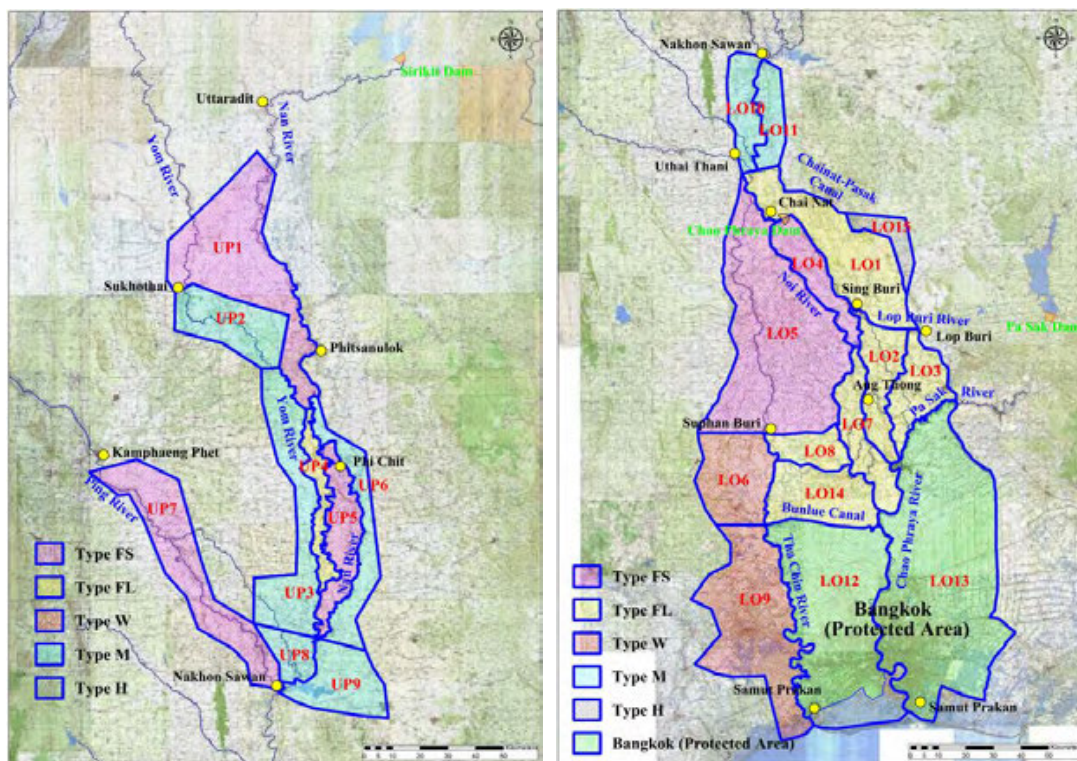


図5 氾濫管理地域（チャオプラヤ川上流域及び下流域）

これらの低平地は、洪水の遊水機能と下流の洪水位を低減する重要な機能を持つ。大規模な治水施設建設の有無に関わらず、氾濫管理地域はこの機能を維持し、洪水災害リスクを軽減しなければならない。洪水と共生しつつ住民の生活環境を高めるために、氾濫管理地域に対する構造物対策及び非構造物対策が必要である。



### 3.8 土地利用規制

「2.1 タイ政府の洪水管理方針」で述べたように、主要対策実施後も流域内の洪水氾濫を避けることはできない。前述の5つの地域区分に従い、氾濫管理地域に於ける無計画な都市化を規制することにより、洪水被害を最小にし、氾濫によりもたらされる便益、特に農業利用を最大化する方法を見つけることが極めて重要である。土地利用規制計画は、5つの地域区分氾濫状況を踏まえ、法的強制力を持ったものでなければならない。

土地利用規制の構想は以下の通りである。

構想 1: 住民の日常生活及び経済活動を維持、改善するために、常習的氾濫地域に対する最小限の対応として、効果的な土地利用規制を実施する。

構想 2: 災害軽減の観点から数十年から100年規模の洪水氾濫地域の洪水被害を最小にする土地利用を推進する。

構想 3: 厳しい洪水氾濫地域に居住する人々の生活の質を改善する対策を実施する。

構想 4: 対策を実施する関係機関の全面的な調整の下に、対策を実施するシステムを作る。

## 4. 事業効果と評価

### 4.1 事業効果

#### 4.1.1 計画洪水に対する事業効果

計画洪水に対する対策の組合せの効果について、洪水流量図による評価を行った。この流量図に示す値は二線堤を考慮した最大洪水流量であり、河道の流下能力ではない。計算期間は2011年6月1日から12月31日である。以下の3つの組合せについて検討している。

#### SCWRM M/P の組合せ

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 新ダムの建設
- 3) 遊水地・調整池の改善
- 4) 東・西放水路（流量 1,500m<sup>3</sup>/s）
- 5) 外郭環状道路放水路（流量 500m<sup>3</sup>/s）
- 6) 河川改修工事（タチン川改修は含まない）
- 7) 洪水予報

#### 提案の組合せ 1

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 外郭環状道路放水路（流量 500m<sup>3</sup>/s）
- 3) 河川改修工事（タチン川改修を含む）
- 4) アユタヤバイパス水路（流量 1,400m<sup>3</sup>/s）
- 5) 洪水予報

#### 提案の組合せ 2

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 外郭環状道路放水路（流量 1,000m<sup>3</sup>/s）
- 3) 河川改修工事（タチン川改修を含む）
- 4) アユタヤバイパス水路（流量 1,400m<sup>3</sup>/s）
- 5) 洪水予報

各組合せの洪水流量図、浸水範囲及び浸水深（計算結果）を以下に示す。



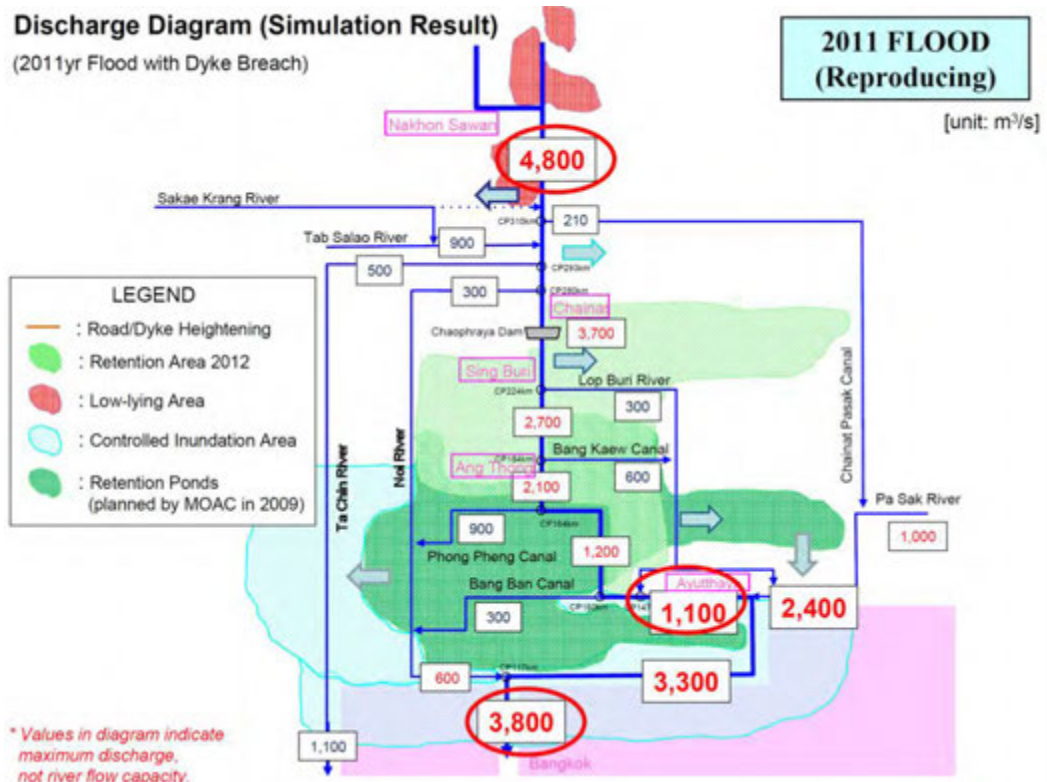


図 6 洪水流量図 (2011年洪水再現)

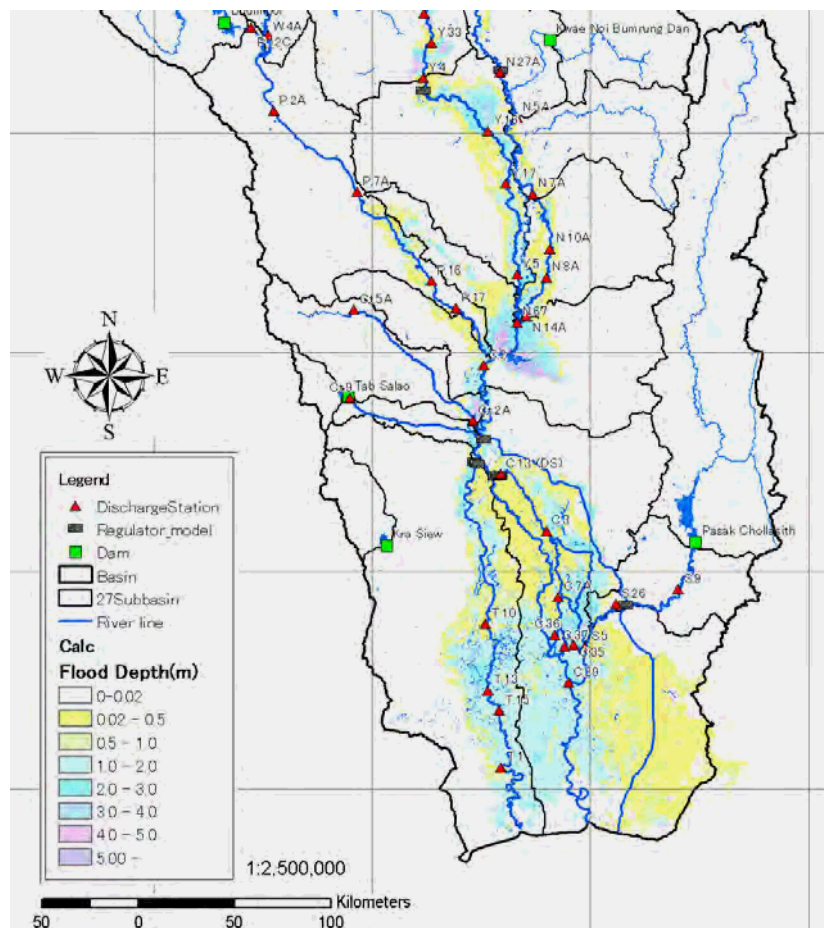


図 7 浸水範囲及び浸水深 (2011年洪水再現)

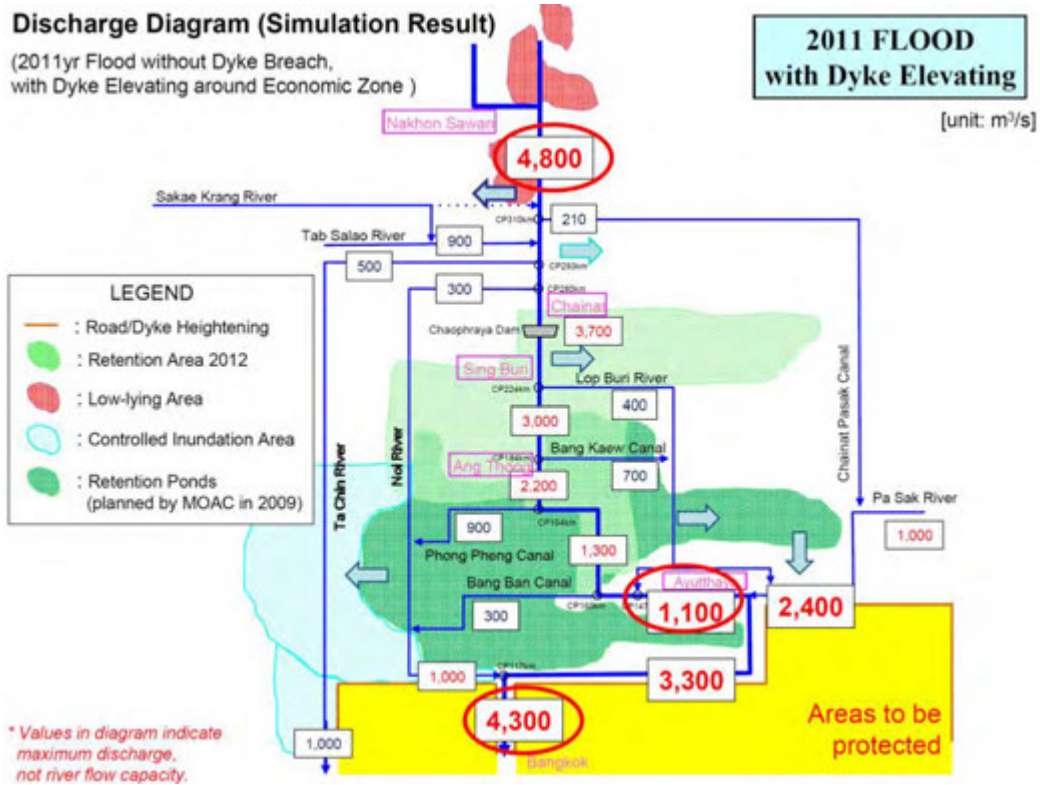


図 8 洪水流量図（優先防御地域周囲の堤防嵩上げ考慮）

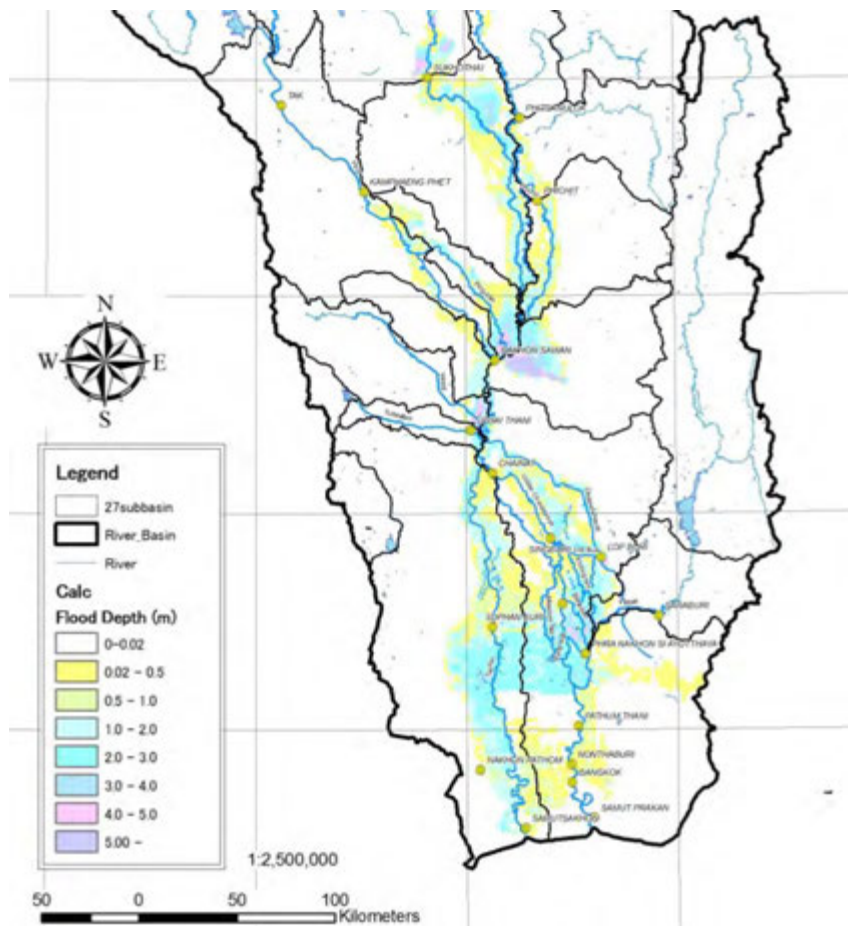


図 9 浸水範囲及び浸水深（優先防御地域周囲の堤防嵩上げ考慮）

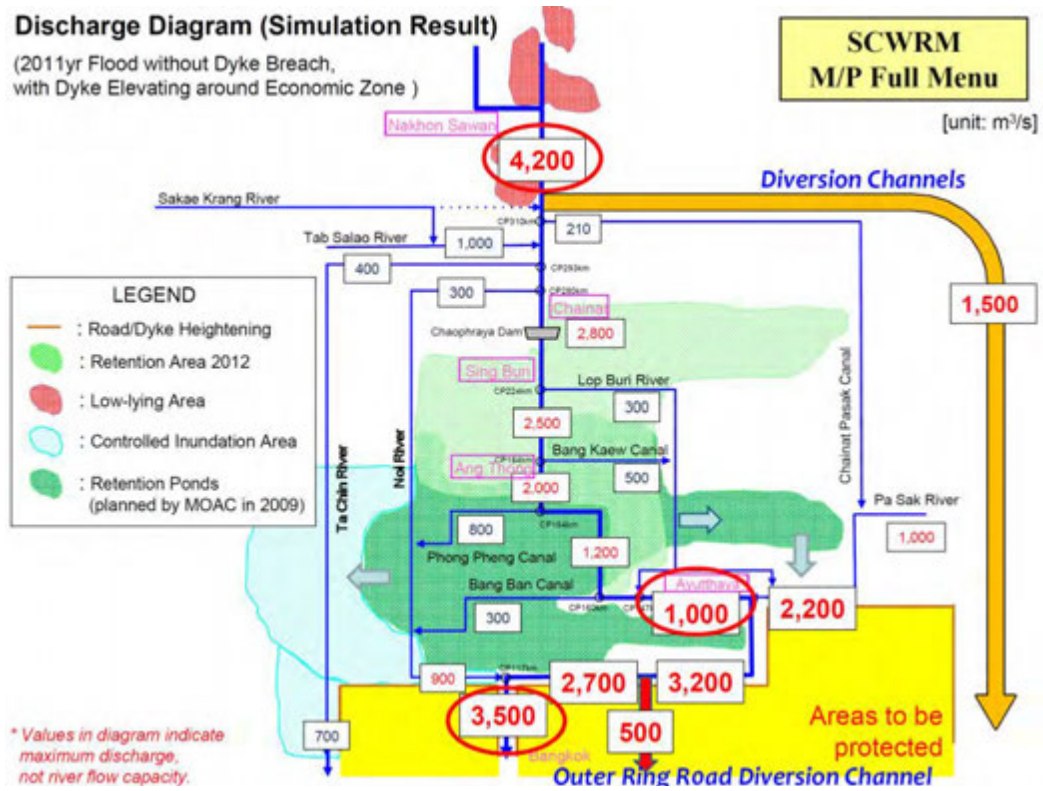


図 10 洪水流量図 (SCWRM M/P)

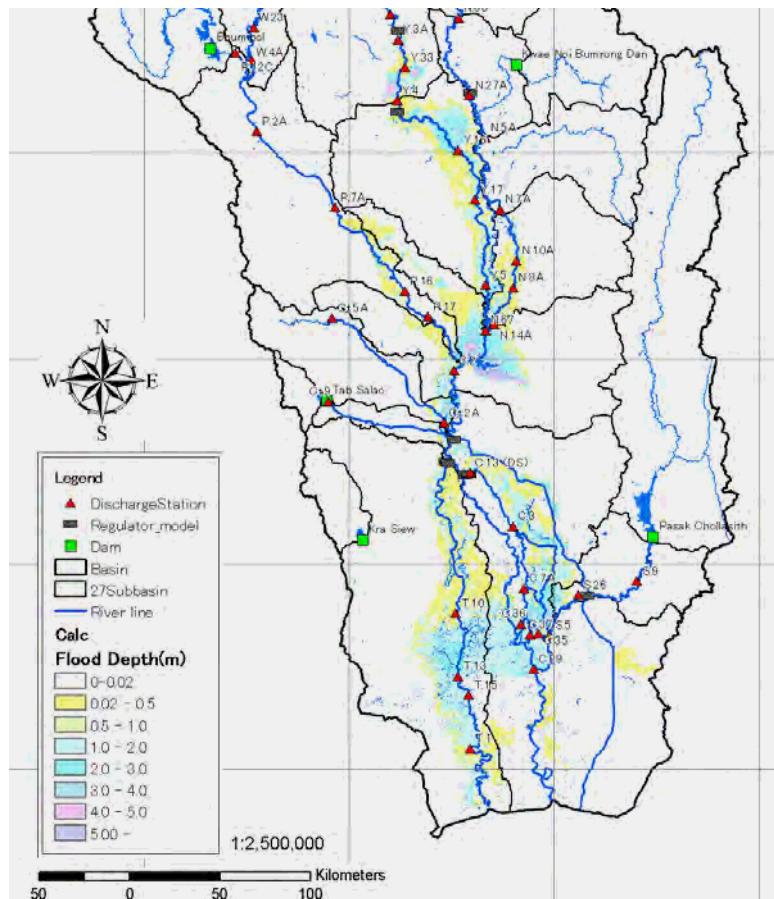


図 11 浸水範囲及び浸水深 (SCWRM M/P)



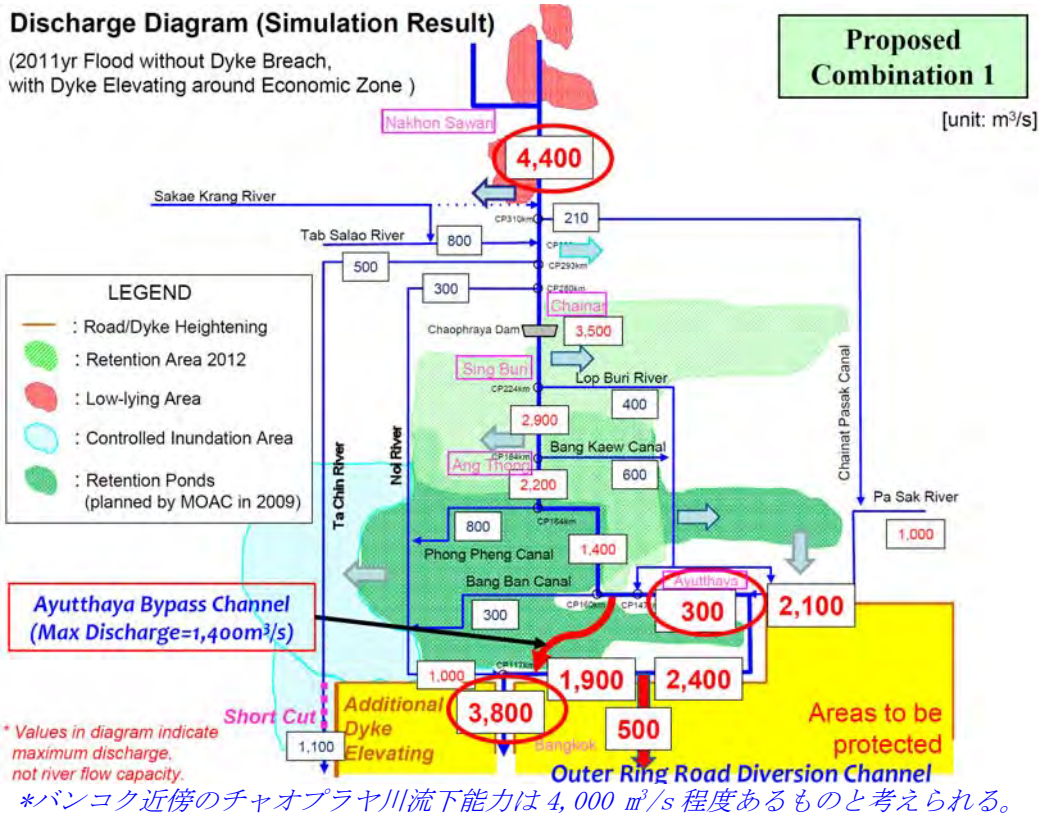


図 12 洪水流量図 (提案の組合せ 1)

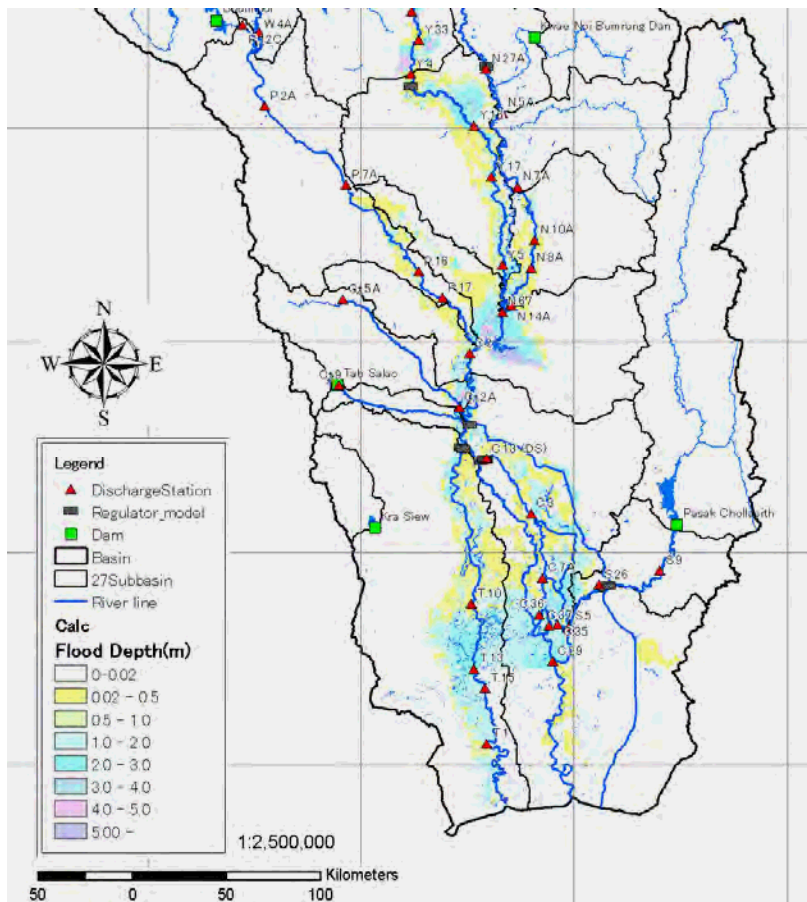


図 13 浸水範囲及び浸水深 (提案の組合せ 1)

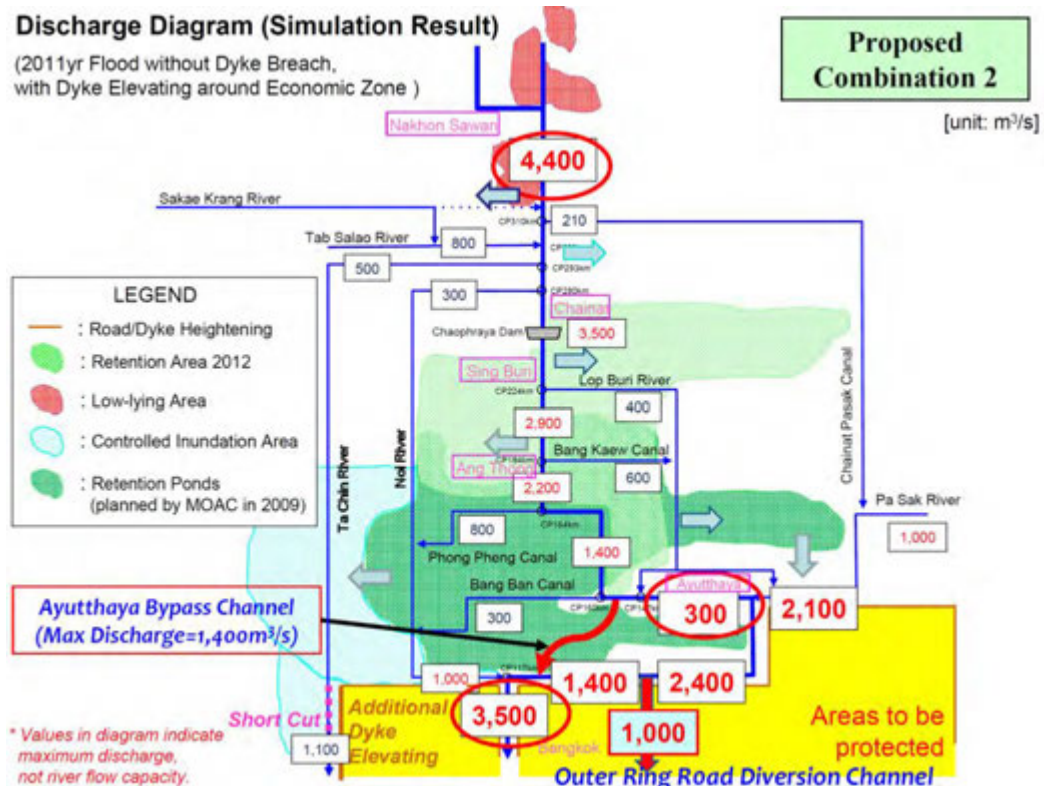


図 14 洪水流量図 (提案の組合せ 2)

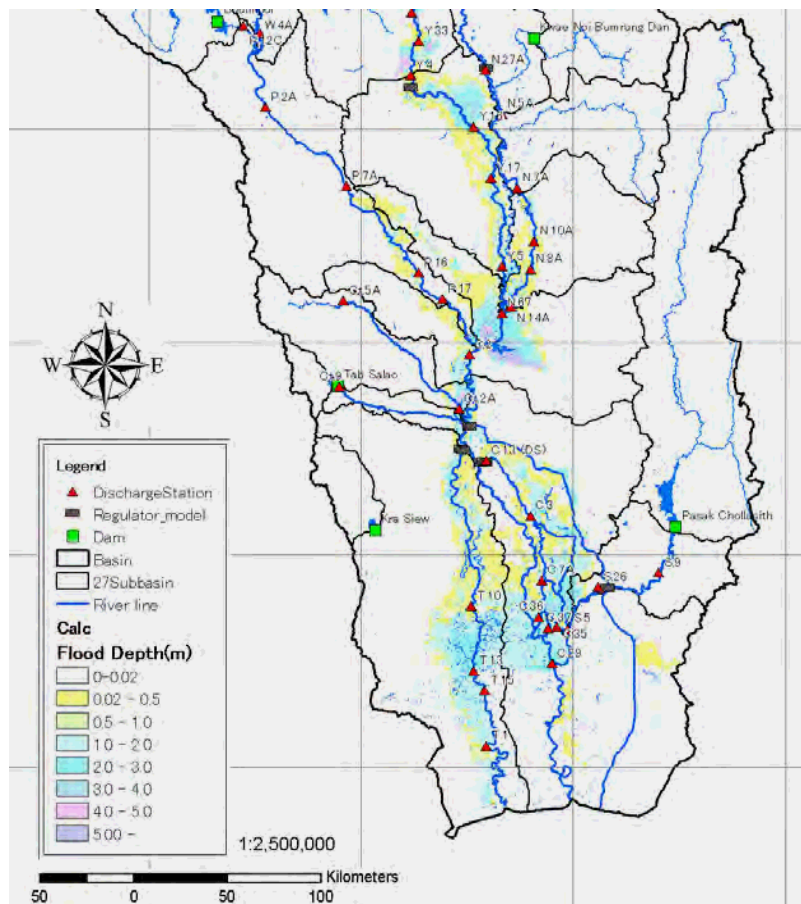


図 15 浸水範囲及び浸水深 (提案の組合せ 2)

二線堤（図 16 参照）を考慮して提案の組合せ 1 または 2 の河川改修を行った場合の流下能力を図 17 に示す。

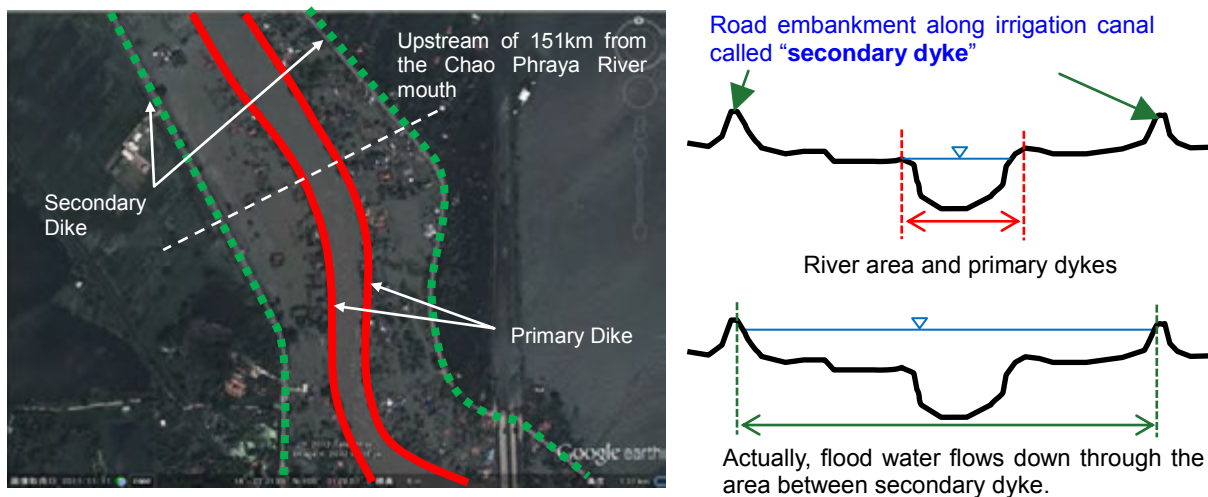


図 16 二線堤を考慮した河道断面

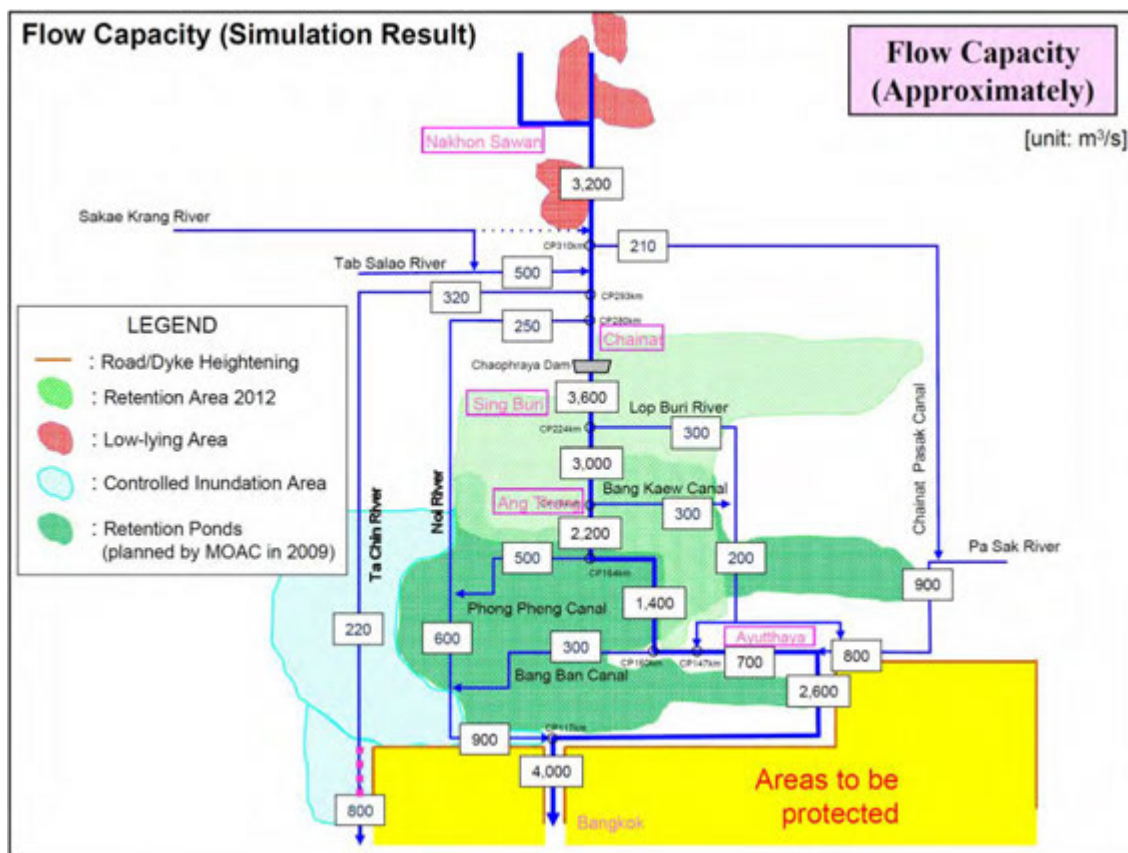


図 17 流下能力図（提案の組合せ 1 又は 2 の河川改修を行った場合）

#### 4.1.2 他の降雨パターンに対する事業効果の検証

他の主要洪水の降雨パターン（1970 年、1975 年、1980 年、1994 年、1995 年及び 2006 年）を用いて、提案の組合せ 1 及び 2 の最大洪水流量を確認、両組合せの事業効果が検証された。



## 4.2 費用、便益と EIRR

### 4.2.1 費用

事業費は、2012年12月時点のタイ国内価格、タイバーツ (Thai Baht) を基本に算定する。適用した通貨交換レート (2012年12月28日の Bank of Thailand の Selling Rate) を以下に示す。

- ・ 1 USD = 30.7775 Baht (1 Baht = 0.032 USD)
- ・ 100 JPY = 35.7960 Baht (1 Baht = 2.794 JPY)

事業費算定の結果を以下に示す。

表 2 事業費

項目	事業費 (10億 Baht)		
	SCWRM M/P	提案の組合せ 1	提案の組合せ 2
Total	508	143	190

Note 1: 事業費は、建設工事費、エンジニアリングサービス費、事務費、土地収用費、家屋移転費、予備費、物価上昇予備費、税金を含む。

Note 2: 本調査で提案している非構造物対策の費用は、上表の事業費に見込んでいない。

### 4.2.2 便益

洪水管理事業の便益は氾濫地域全体の洪水被害軽減額から算出する。

表 3 洪水被害の推定

洪水被害	推定方法
直接被害 (工場資産)	直接被害は潜在的被害額に被害率 (浸水深の関数) を乗じることで算定される。洪水シミュレーションにより、潜在的洪水被害地域の 2 kmメッシュごとに浸水深が計算される。
直接被害 (一般家庭)	
他の直接被害及び間接被害	他の直接被害及び間接被害については、財務省及び世銀の調査結果に基づき、全体被害額の中の比率により推定する。

### 4.2.3 EIRR、便益/費用比率と現在価値

算定した費用及び便益、EIRR、便益/費用比率及び純現在価値を以下に示す。

表 4 EIRR、便益/費用比率と現在価値

Case	EIRR	便益/費用	純現在価値 (Billion Baht)
SCWRM M/P	13 %	1.1	21
提案の組合せ 1	29 %	2.7	137
提案の組合せ 2	25 %	2.2	127

Note 1) 価格水準: 2012

Note 2) 評価対象期間: 2013 to 2050 (事業の開始から 38 年間)

Note 3) 社会的割引率: 12 %

## 4.3 環境社会配慮

### 4.3.1 事業の概要

#### (1) 事業名称

- 1) アユタヤバイパス水路（延長：約 19 km）
- 2) 外郭環状道路放水路（延長：約 100 km）
- 3) チャオプラヤ川下流堤防整備（延長：約 90km）
- 4) タチン川堤防整備及び捷水路（堤防延長：約 180km、捷水路：約 10.6km）

#### (2) 目的

タイにおける洪水管理対策の効果的な組合せについて、幾つかの検討を経て 4 つの構造物対策を設定した。1) アユタヤバイパス水路（延長：19km）、2) 外郭環状道路放水路（延長：100km）、3) チャオプラヤ川下流堤防整備（延長：約 90km）及び 4) タチン川堤防整備及び捷水路（堤防延長：約 180km、捷水路：約 10.6km）と非構造物対策の組合せが、経済の中心であるチャオプラヤ川下流部の洪水防御に最も技術的、費用効率的に優れた対策として提案された。これら 4 事業について環境面及び社会面からの評価を実施する。

### 4.3.2 事業及び環境評価のカテゴリー

タイ国では、関連法<sup>1</sup>が定める 34 事業で環境影響評価（EIA）の実施ならびに国の審査を求めている。しかしながら、現行法の下ではバイパス水路や放水路、堤防整備は EIA 対象外になっている。他方、事業では主に建設工事が環境に影響をもたらす可能性がある。また、事業予定地に住民や家屋が他所に移転を余儀なくされることも考えられる。従って、これら条件を勘案すると、JICA 環境社会配慮指針に準拠する初期環境調査（IEE）を実施し、環境社会影響を調査することが必要であるとの結論に至った。

### 4.3.3 事業地域の概観と評価の範囲

#### (1) アユタヤバイパス水路

事業対象地域は、Phra Nakhon Si Ayutthaya（アユタヤ）市北部及びバンサイ南部でともにチャオプラヤ川右岸と交差する国道 347 号の西側に位置し、その大部分は平坦な農耕地帯である。家屋は計画バイパス水路が途中で交差する幹線道路（3263 号線）等、数カ所が散見される。工業団地等、主要な商工業地はチャオプラヤ川左岸で展開している。また、当地においては少数民族、国立・自然公園、特筆すべき生態系、歴史的建造物は分布していない。

#### (2) 外郭環状道路放水路

事業対象地域は、Phra Nakhon Si Ayutthaya（アユタヤ）県、バンパイン工業団地南部のチャオプラヤ川左岸を起点とし、東部外環状道路（国道 9 号）東側をほぼ並行に南下、スワンナプーム国際空港東側を抜けクーロンダンでタイ湾に到達する、全体を通じて水田と社会活動集積地（住居、商工業施設、学校等）が広がる低平地帯である。主に上流部には社会活動集積地が、下流部は水田・低湿地が占めているが、近年バンコク東部は開発が進み下流部も経済活動拠点へと変容している。当地においては少数民族、国立・自然公園、特筆すべき生態系、歴史的建造物は分布していない。

#### (3) チャオプラヤ川下流堤防整備

堤防整備の対象地域は、河口から上流約 90km 地点までのチャオプラヤ川下流域である。本地域は商工業が集積するチャオプラヤデルタに位置する。バンコク都ならびにその都市圏が対象地域のほとんどをカバーしている。事業が特に用地取得を要することはないと考えられる。それは作業の大部分が既存の堤防壁（0-60km 地点、BMA が建設）及び二線堤（DOH が嵩上げ

<sup>1</sup> The Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act (NEQA) of B.E. 2535 (1992)



工事実施中)の余裕高確保を目的とした嵩上げであるためである。また、全ての作業域は RID や関係機関の ROW 内にある。アユタヤバイパス水路と同様に、当地においては少数民族、国立・自然公園、特筆すべき生態系、歴史的建造物は分布していない。

#### (4) タチン川堤防整備及び捷水路

タチン川は、チャオプラヤ川の分派の一つでタイ中央平原を流れる。本プロジェクトにおいては、堤防整備は河口部の左岸側からブンルー水路までが対象である。捷水路はこの堤防整備工事範囲内に導入される。対象区域には、寺院や家屋、商店などが散見される。ほとんどの用地が農業利用されている。人口密集地域は河口部のみである。

### 4.3.4 環境配慮

#### (1) 自然環境配慮

施工中は工事車両や建設資機材による騒音・振動、運搬車両による交通量の増加が考えられる。また、掘削工事を伴うため、掘削土等の建設副産物処理も課題となる。工作物供用時は、水環境では地表水(土砂による濁り)及び地下水(水位)、土壌環境(地形・地質、地盤沈下)、景観への配慮が求められる。事業対象地域の大部分が二次林及び水田(農耕地)で占められていることから、希少動植物への影響は少ないと考えられる。ただし、掘削による土壌生物への影響は考慮を要する。外郭環状道路放水路においては、タイ湾からの塩水遡上により、放水路内水または土壌の塩水化の懸念がある。タチン川捷水路建設が河川長さを短縮し、タイ湾からの塩水がより上流域に遡上することが懸念される。

#### (2) 社会環境配慮

分放水路ならびに建設工事用車両道路のための用地取得や確保が必要となる。また、事業対象地域は水田地帯に広がるため、農業生産機会の損失のための補償への配慮も求められる。既存幹線道路等との交差部では、所轄官庁との調整も要する。事業対象用地内に分散する家屋に対する移転や補償については、交渉を円滑に進めるため入念な家計調査とタイ国法規則に準じた補償交渉が必要となる。アユタヤバイパス水路では、事業計画地の大半が農耕地であるが、80家屋以上が移転対象となる可能性がある。外郭環状道路放水路では、推定影響家屋数は約600軒(500 m<sup>3</sup>/s)もしくは約900軒(1,000 m<sup>3</sup>/s)である。

### 4.3.5 総合評価及び軽減策

これら新放水路等の建設工事、また放水路設備における直接改変等による構造物存在がもたらす影響については一般に避けられる又は軽減できるので、この事業は妥当と考えられる。特に注意が必要と考えられ、事業進捗に影響を与える可能性がある用地取得、住民移転への配慮・実施には、慎重に対処することが必要である。

## 4.4 事業評価の結果

事業全体の費用は、洪水管理予算を超過すると考えられるので、最も費用効率の良い事業の組合せを求めるべきである。提案の事業の組合せ1又は2は、SCWRM M/Pの費用の約40%以下となる。EIRRは25%以上であり、SCWRM M/Pに比べると非常に高い値である。

タイの現行法によれば、バイパス水路や放水路はEIA対象外になっているので、この事業はEIAの実施及び国の承認を取る必要がない。他方、建設工事が環境に影響をもたらす可能性がある。また、事業予定地に住む住民又は家屋が他所に移転を余儀なくされることも考えられる。これらの状態を勘案すると、JICA環境社会配慮指針に準拠する初期環境調査(IEE)の実施が不可欠であると結論した。環境社会配慮の観点から、提案の事業は環境上、社会上の厳しい有害な影響はない。ただし、工事の進行に影響する用地取得や住民移転には注意深い配慮と対策が不可欠である。

以上のことから、提案の費用効率の良い下記の事業組合せについて、政府は実施に向けて更に検討を進めるべきであると結論付けられる。

- 1) 既存ダムの運用効率化
- 2) 外郭環状道路放水路（流量：500 or 1,000 m<sup>3</sup>/s）
- 3) 河川改修工事（タチン川改修含む）
- 4) アユタヤバイパス水路（流量：1,400 m<sup>3</sup>/s）
- 5) 洪水予報

Note：バンサイのピーク流量は「組合せ1」で3,800 m<sup>3</sup>/s、「組合せ2」で3,500 m<sup>3</sup>/sと推定された。バンサイの2011年洪水時チャオプラヤ川の下流域（バンサイの下流）では越流被害がなかったが、日ピーク流量は3,900 m<sup>3</sup>/sが記録されている。このことから、流量3,800 m<sup>3</sup>/sでは、洪水による被害はないものとして、EIRR及びB/Cを計算している。3,800 m<sup>3</sup>/sで被害が発生するとした場合、「組合せ2」のEIRRおよびB/Cは、「組合せ1」に比べ大きな値となる可能性がある。

## 5. 結論と勧告

### 5.1 結論

調査団はタイ政府のチャオプラヤ川流域の洪水管理計画を見直した。政府の洪水管理計画は、2011年12月に水資源管理戦略委員会（SCWRM）が作成、本調査はこの政府のコンセプトを、レーザープロファイラーによる精密な地形情報及び最新の知見を用いて、工学的且つ定量的に対策の組合せを評価したものである。なお、2013年3月に水資源・洪水管理委員会（WRFMC）がSCWRMの計画を一部修正しているが、本調査で取得したレーザープロファイラーによる精密な地形情報などは用いておらず、十分な検討精度を有しているとは思えない。調査団による見直しの結果を以下に要約する。

#### 不定流計算

- 潮位により影響を受ける下流域の流下能力を評価するために、本調査では、洪水追跡及び氾濫解析に不定流解析を用いた。不定流は水位や流量などが時間的に変化する流れと定義される。チャオプラヤ川下流の河川流は潮位により影響され、河口に近い水位は潮位により強く規定される。この現象（変動し続ける水位）を再現するためには、不定流解析の使用が不可欠である。ナコンサワン（C2）からタイ湾の海岸線まで、河床勾配及び地表勾配はほとんど平坦であり、河川の流れ及び洪水の流れは河床及び地表勾配だけでなく、水面の水頭の差に大きく支配される。
- 水位と流量との関係が無いので、水位流量曲線による流下能力の推定は困難である。チャオプラヤ川の最下流では、洪水規模に関係なく、水位は上昇しない。しかしながら、潜在的流下量は、流下能力と同等であり、高水位の評価に使用している。

#### 河川流下能力に比べて大きな洪水流量

- 洪水災害管理を中心に、水資源・洪水管理に関する現状の調査及び評価を通して、チャオプラヤ川流域の中央平原には、乾期には農業地域として活用され、雨期には自然の遊水地として機能する広大な低平地・湿地があり、流域の住民は洪水と共存していることが明らかになった。氾濫の主な特徴の一つとして、河川流域からの潜在的な洪水流量は河川/水路の流下能力よりかなり大きく、河川から氾濫原への洪水の移動は雨期には頻繁にある。更に、処によっては河川/水路の堤防は無いか又は低いので、氾濫水、地点降雨、自己流域からの流入量からなる氾濫原の溜まり水は容易に河川/水路に戻る。従って、上流に設けられる大規模な放水路や新ダム建設の洪水制御効果は、洪水氾濫及び洪水氾濫原からの戻り水により、下流域において低減する。

#### Design High Water Level (DHWL)

- 洪水防御、氾濫制御、河道計画といった河川管理を効果的に実施するためには、DHWLの設定が非常に重要である。河川流量や流下能力は堤防の高さに依存する。仮に上流域において広範囲に築堤を行った場合、上流から下流へ流れる洪水流量は増加し、下流において氾濫

被害を引き起こす可能性がある。従って、河川の流下能力や河川沿いの土地利用、上・下流の治水安全度のバランス等を十分に考慮し、DHWLを設定する必要がある。例えば、バンコクは洪水災害から防御しなければならないため、堤防高を高くしなければならない。一方で、自然地や農業地域を流下する河川では、堤防高は現状を維持すべきである。これは高い堤防により河川氾濫を制御することで周辺の土地を自然遊水池として活用できなくなるためである。さらに、高い堤防の設置は灌漑用水の取水に障害となる。また、河口では、潮汐を考慮して DHWL を設定しなければならない。河口付近の水位は洪水時においても潮汐の影響をうけるためである。このような地域では、一端破堤がおきると無限ともいえる海水が陸地に氾濫し、沿岸部に壊滅的な被害を与える恐れがある。

- チャオプラヤ川河口から 0～90km 付近に位置するバンコク首都圏においては、洪水防御を目的に BMA がパラペット堤を嵩上げする予定である。パラペット堤の高さはチャオプラヤ川の既往最高水位を参考に設定されたと推察される。パラペット堤の高さは、階段状に設定されている。実際、河川の水面勾配は階段状になることはなく、縦断方向の堤防勾配は水面勾配に倣って傾斜をつけることが望ましい。本調査で検討した DHWL に基づき、バンコク周辺に設置するパラペット堤は縦断勾配をつけて設置することを提案する。

### 道路嵩上げの影響

- 2013 年 6 月末時点において、DOH および DOR によって優先防御地域の道路嵩上げが開始されている。シミュレーション結果の Case0-0（現況）と Case0-1（道路嵩上げ事業完了後）を比較した結果、道路嵩上げ事業によってバンサイ北西部に位置するラトゥ・ブア・ルアンの浸水深と氾濫ボリュームが大きく増加する。これは極端な例ではあるが、盛土構造の高速道路や堤防兼道路といった連続構造物は、少なからず氾濫状況に影響を与える。このため、洪水氾濫解析によって連続構造物の影響を調査し、連続構造物によって洪水被害が拡大する場合は、必要に応じて対策をとらなければならない。

### 優先防御地域内に設置されたポンプの排水能力

- DOH および DOR による道路嵩上げ事業など、周囲堤の設置によって、内水氾濫が悪化する可能性がある。これは、降雨が周辺に排水されず周囲堤内部に貯まり、浸水深が深くなるためである。チャオプラヤ川の下流域では、地形がほぼ平坦であるため、降雨は自然排水ではなくポンプ排水によって河川や水路へ排水されている。本調査では、現在設置されているポンプ排水能力  $1,590\text{m}^3/\text{s}$  が内水排除を行うにあたり十分な排水能力を有するかどうか検討を行っている（種報告書第 10 章、10.2.12 内水対策を参照）。検討の結果、2011 年洪水規模の内水氾濫に対しては、十分に対応できることが明らかとなった。ただし、これは優先防御地域全体を対象に調査した概略検討結果であるため、別途、排水地域区分毎に詳細な内水対策を検討することを提案する。

### 洪水管理計画

- タイ政府が取り纏めたマスタープランは、チャオプラヤ川流域の統合的・持続的水資源と洪水管理の達成を目的としており、提案している対策はある程度の洪水管理効果を持っている。しかしながら、実施に当たっては、技術、経済、社会及び環境等様々な観点から、優先順位、妥当性を検討すべきである。対策は構造物対策及び非構造物対策からなるが、対策によっては実施に長期間を必要とするものもあり、計画期間内に目的・目標を達成する最適な対策組合せについてその効果を考慮すべきである。
- 2011 年洪水時における既存ダムとの運用は、ブミポンダムとシリキットダムが合計 120 億  $\text{m}^3$  の洪水流量を貯留するなど、洪水災害軽減に極めて効果的であった。しかし、治水・利水の観点から、既存ダム運用効率に向上の余地があることが明らかになった。本調査では、運用の指標として『Target Curve』と『Alert Curve for Drought』を提案している。『Target Curve』は、利水のための目標となる貯留量であるとともに、治水面では、貯留量の上限を示す。『Alert Curve for Drought』は、渇水年であるかの指標となる。『10% Probability』は、10

年に一回の渇水の危険性、『20% Probability』は5年に一回の渇水の危険性を意味する。

7月末までは、提案の『Target Curve』に従いダム貯水位を維持（流入水をそのまま放流）、8月からダム放流量を最大でブミポンダム 210 m<sup>3</sup>/s、シリキットダム 190 m<sup>3</sup>/s として洪水流量を貯留することを提案している。この運用を2011年洪水に適用した場合、ナコンサワン(C2)の洪水ピーク流量を400 m<sup>3</sup>/s 低減することが可能である。貯水量が提案の『Target Curve』を下回る場合、流入水をさらにダムに貯留する。この時の放流量は環境維持を目的とする最小放流量（ブミポンダム：8 m<sup>3</sup>/s、シリキットダム：35 m<sup>3</sup>/s）以上とする。ダム運用は、灌漑目的の水の供給と同時に洪水被害を最小化することを目的として、より柔軟な水資源管理を行なうことが必要である。

- チャオプラヤ川沿いには、河岸の本堤と背後地の灌漑水路沿い堤防道路の二線堤の2タイプの堤防があり、二線堤がチャオプラヤ川の洪水氾濫防止施設と考えられている。しかし、河岸沿いにも多くの都市・集落が位置しており、二つの堤防の間には無数の人が生活している。提案の治水施設実施後もチャオプラヤ中央平原の広い氾濫地域は残り、無数の人々が洪水と共生することが必要である。氾濫管理地域の推進には、コミュニティベースの洪水災害管理のような対策が不可欠となることが明らかになった。
- 本調査では、バンコク及び周辺地域をチャオプラヤ川の洪水から守る最適な対策の組合せとして、(i) 効果的な既存ダムの運用、(ii) 外郭環状道路放水路の建設、(iii) 河川改修の実施及び、(iv) アユタヤバイパス水路の建設を提案した。提案の対策は、技術的、経済的に妥当であり、出来る限り速やかに実施することが望まれる。また、提案の洪水災害管理の適切な実施には、土地利用規制などの非構造物対策が必要であり、これについても早急な実施が望まれる。

提案の対策組合せは以下の通りである。

(1) 提案の組合せ 1

- a) 既存ダム運用の効率化
- b) 外郭環状道路放水路（流量 500 m<sup>3</sup>/s）
- c) 河川改修工事（タチン川改修含む）
- d) アユタヤバイパス水路（流量 1,400 m<sup>3</sup>/s）

(2) 提案の組合せ 2

- a) 既存ダム運用の効率化
- b) 外郭環状道路放水路（流量 1,000 m<sup>3</sup>/s）
- c) 河川改修工事（タチン川改修含む）
- d) アユタヤバイパス水路（流量 1,400 m<sup>3</sup>/s）
- e) 洪水予報

(3) 他の非構造物対策

- a) 植林と森林回復
- b) 洪水予報
- c) 氾濫管理地域の土地利用規制

- 調査の結果として、調査後 RID が利用できるよう、調査で収集したデータは GIS データベースを構築・整理している。
- 流域の水理解析モデル及び洪水解析モデル（MIKE 11、MIKE 21 使用）として、新しい地形データを組み込み、流出・氾濫モデルを開発した。洪水及び氾濫シミュレーションを、より確度の高い洪水リスク管理に利用することが可能である。

## 5.2 勸告

優先防御地域の洪水被害を避け、チャオプラヤ川流域の洪水リスクを軽減するために、タイ政府は、チャオプラヤ川流域の総合的洪水管理計画の実施に係る下記について、速やかに対応をとることを勧告する。

各論に入る前に、以下の点について特に勧告しておきたい。

- 本調査で取得したレーザープロファイラーによる精密な地形情報を関係組織に即刻配布し、この情報を活用した検討をあらゆる組織・機関が行うべきである。この精密地形情報を用いずに行った提案は「絵に描いた餅」であり、チャオプラヤ川のような広大で極端な低平地では、工学的な意味を持たない。
- 本調査の不定流の検討で示されたチャオプラヤ川の河道や氾濫原の貯留効果は非常に大きく、上流での放水路によるカット効果は下流に行くに従って漸減し、放水路の位置によっては下流で殆ど効果が無いことも有り得る。上流でのカット効果は一律下流まで効果があるかのような考えの下に、単純な水路、人工水路での不変流量の組み合わせのような洪水制御論議は誤った施策を導くこととなり、厳に慎むべきである。
- 本件等で提示された感潮域の流下能力の検討手法は、これまでのバンコク周辺地域の河川管理のあり方の根本にかかわるものであり、良く理解されたい。

### 洪水管理計画についての勧告

- 提案の利水・治水効果を考慮した既設ダム（ブミポンダム、シリキットダム）の効果的運用計画を実施する。
- 提案の対策：タチン川を含む河川改修事業、外郭環状道路放水路（500 m<sup>3</sup>/s 又は 1,000 m<sup>3</sup>/s）、アユタヤバイパス水路（1,400 m<sup>3</sup>/s）の F/S 調査の実施及び調査で提案した非構造物対策を実施する。
- 事業実施の優先順位に関して、チャオプラヤ川上下流域の治水安全度を考慮する必要がある。アユタヤバイパス水路事業のみを実施した場合、下流域の流量は約 300m<sup>3</sup>/s 増加し（解析結果より）、下流域の洪水リスクが大きくなる。このことから、アユタヤバイパス水路事業完成前に、外郭環状道路放水路を完成させることを強く勧告する。
- 氾濫管理地域の防御策を推進するために、(i) 2012 年に JICA が作成したレーザープロファイラーデータをベースに、洪水氾濫原の正確なベース・マップを作成する、(ii) 洪水氾濫管理地域について土地利用規制を制定、土地利用計画を策定する、(iii) 氾濫管理地域に必要な構造物、非構造物対策、コミュニティベースの洪水災害管理を推進する、(iv) 情報、伝達及び教育（IEC）の改善を通して、治水・利水に対する住民意識の向上を図る。
- GIS データ及び河川解析モデルは、意思決定支援システム又は管理ツールとして有効であり、チャオプラヤ川流域の水・洪水災害管理に効果的に活用するために継続的な維持・更新を実施する。



## 水文データ観測システムについての勧告

この調査において指摘する水文データ観測システムの課題を下表に示す。

No.	課題	勧告
1	<p><u>降雨観測所の不足及び不均一な分布</u> 本調査においてチャオプラヤ川流域で約700観測所から降雨データを収集した。チャオプラヤ川流域では降雨観測所の密度は高くなく約300 km<sup>2</sup>/箇所である。加えて、多くの降雨観測所が不均一に位置している。RIDの大半の降雨観測所はナコンサワン(C.2)下流の灌漑地域に集中している。 適切な水資源計画の検討や洪水制御計画の確立、水利用計画のためには、降雨観測所の増設、適確な配置が必要である。 なお、日本では均一の降水状況を示す降雨観測所の理想的密度は50 km<sup>2</sup>/箇所と考えられている。</p>	<p>特に、パサック川流域、スコタイからナコンサワン間など中流域に降雨観測所が不足しており、新たに設置すべきである。 降雨観測所は全国に均一に設置するのが理想的である。当然のことであるが、山間部に高い密度で観測所を配置するのは好ましい。</p>
2	<p><u>観測間隔（水位観測所）</u> 洪水到達時間が長いことから、チャオプラヤ川流域の降雨解析は日データを用いることで可能である。しかし、感潮区域では毎時水位観測を実施すべきである。感潮区域の水位は定期的に変動し、通常高/低潮位は干満により一日2回起き、河川の流れを規定する。2013年6月時点において、TC.54、TC.12、TC.22、TC.55及びC.29Aのテレメータ観測所で水位の毎時観測が実施されている。しかし、大半の観測所の観測データは誤差を含み、時間水位データは利用不可であった。</p>	<p>第一に、既存の毎時観測の水位観測所を維持修繕することが必要である。 河口からアユタヤ（河口から141 km上流）の河床勾配は殆ど平坦で感潮区域であることから、少なくともアユタヤまでの区間においては、水位の毎時観測を実施すべきである。 同様に、感潮区域であるタチン川下流部においても水位の毎時観測を実施すべきである。</p>
3	<p><u>洪水期の流量観測</u> 洪水時の水文データ取得は非常に重要である。特に、河口に近い感潮区域の流量データが重要である。毎時流量観測はADCP（Acoustic Doppler Current Profiler）で実施することが望ましい。</p>	<p>洪水期に感潮区域でADCPによる毎時流量観測の実施を勧告する。現在の技術においては、ADCPによる流量データ観測が正確である。RIDのADCPによる流量観測モニタリングチームは、観測活動を他の観測点にも広げるべきである。</p>
4	<p><u>水位と流量を観測する新水文観測所の設置</u> モデルを用いた洪水解析結果から、河川からの氾濫、また、洪水氾濫原から河川への氾濫流戻りがナコンサワンからアユタヤ間で頻繁に発生することが明らかとなった。この現象を確認するために、水位/流量観測をすべきである。</p>	<p>洪水及び氾濫を制御するには、河川からの氾濫、また、河川への氾濫流戻りの理解が必要である。そのため、新しい水文観測所を設置すべきである。 特に、チャオプラヤダムとナコンサワン間は水位観測所が無いので、水文観測所が必要である。 更に、支川流域からの流入は主流の流況に影響するので、Noi川、Lop Buri川及びChainat Pasak水路を含む主要支川に於いて水位/流量観測を実施すべきである。</p>

## 水文データ管理についての勧告

水位、流量、降雨を含む水文観測データは、統合的水管理計画、洪水制御、灌漑計画等の確立のための貴重な情報である。調査を通じて得られたデータ管理の課題を下表に示す。

No.	課題	勧告
1	<p><u>水文観測所の状況</u> 降雨観測所の位置（緯度/経度）が間違っている場合が多くある。また、観測状況（観測中、観測終了等）が不明であり、洪水防御及び他の関連プロジェクトの計画立案の際の障害となっている。</p>	<p>全ての観測所について現地調査を実施、状態を把握、正確な位置（緯度/経度）と標高を明確にするべきである。RTSD が定めた first-class のベンチマークに基づく RID の公のベンチマークを水文観測所の付近に設けることが望ましい。特に、河口に近い観測所は、地盤沈下により水位計の標高が低くなっている可能性があり、十分な注意が必要である。</p>
2	<p><u>データ収集システム</u> データ収集システムに改善の余地がある。主に、RID Hydro Center は、管内の観測データ及び情報を収集、整理し、それらを Web に公表している。しかし、更新の頻度は Hydro Center によって異なり、情報が常には更新されてない。また、新しいデータが、バンコク本部に送付されていない。</p>	<p>観測データはバンコク本部で統合的に管理すべきである。データ収集システムを見直し、データ収集の技術上のガイドラインを作成、地方の Hydro Center に配布する。また、水文観測機器について定期的な維持作業を実施すべきである。</p>
3	<p><u>品質管理</u> 観測データは、データ記録、機器の故障等による大きな誤差を含んでいる。観測データは注意深く検証する必要がある。</p>	<p>観測データの高い精度及び信頼性を保つには、データを歴史的データとの比較及び近傍データとのクロスチェックにより検証するべきである。データ品質管理のガイドラインを作成すべきである。</p>
4	<p><u>洪水時の映像記録</u> 洪水状況に関する映像記録等、多くの情報は、洪水制御計画等の策定に対して効果的及び効率的である。</p>	<p>洪水時の映像を記録・保存すべきである。これらの資料は、河川の水利的動きを理解し、洪水防御計画を確立するのに非常に有用である。CCTV カメラを主要な水文観測所に設置、映像を記録、保存し、関係機関と共有することが望ましい。RID 事務所に近い河川の流れ状況について、少なくともビデオカメラ等で記録すべきである。</p>
5	<p><u>横断測量</u> 洪水防御計画、水資源等の水管理計画は、最新の河川状況を考慮して検討すべきである。</p>	<p>河川横断面は、河川改修工事、土地開発等によって変化する。チャオプラヤ川下流域では、DOH 及び DOR が優先防御地域周囲の道路堤防嵩上げを実施、これは洪水期の流況及び氾濫条件に大きな影響を与える。従って、定期的に河川横断測量を実施し、河川形状の変遷を確認すべきである。特に、深い河床低下が認められるチャオプラヤ川のノイ川合流点下流については、道路堤防完成後は、河床低下が更に発達することが予想され注意が必要である。</p>

### チャオプラヤ川下流感潮区域の時間流量及び日流量について

チャオプラヤ川下流感潮区域の時間流量及び日流量を明らかにすることを勧告する。2011 年洪水時、バンサイの日ピーク流量は 3,900 m<sup>3</sup>/s が記録されており、チャオプラヤ川の下流域では越流被害がほとんど発生していない状況であった。チャオプラヤ川の下流域は潮位変動に支配されており、この記録は H-ADCP (Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler) による時間毎の H-Q 自動観測を基にしている。しかし、バンサイ地点の河道幅が 500 m 以上あるにもかかわらず、この H-ADCP の最大測定範囲は 300 m であり、この記録が正しいかどうかは不明な状況である。よって、チャオプラヤ川下流域の時間・日流量を明らかにするために、V-ADCP (Vertical Acoustic Doppler Current Profiler) による継続観測の実施を勧告する。潮位変動を踏まえた下流域の時間・日最大流量観測結果は、洪水リスク評価に最も重要な値の一つとして有効である。なお、バンサイ（河口から 112 km）、TC12（河口から 59 km）、河口から 20 km 及び河口に於ける 2011 年洪水時の日ピーク流量についてシミュレーションした結果（優先防御地域周囲の堤防嵩上げ有り）は、それぞれ 4,300 m<sup>3</sup>/s、4,320 m<sup>3</sup>/s、4,440 m<sup>3</sup>/s、4,490 m<sup>3</sup>/s であった。このとき、時間ピーク水位は、それぞれ 4.1 m MSL、2.9 m MSL、2.2 m MSL、1.9 m MSL である。TC12、20 km 地点及び河口の既設パラペット壁の天端高はそれぞれ 3.0 m MSL、2.5 m MSL、2.0 m MSL である。これは、河川水位は、Bangkok 周囲のパラペット壁の天端より低いことを意味している。





タイ王国  
チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト

最終報告書  
第1巻: 要 約

流 域 図  
要 略 語 集  
単 位

目 次

<b>第 1 章</b>	<b>概 要</b> .....	<b>1</b>
1.1	背 景.....	1
1.2	プロジェクトの目的.....	1
1.3	基本方針とアプローチ.....	1
1.4	調査対象地域.....	2
1.5	プロジェクト実施体制.....	2
1.6	カウンターパート機関.....	2
1.7	調査スケジュール.....	2
1.8	調査項目と再委託.....	3
<b>第 2 章</b>	<b>調査地域と 2011 年洪水</b> .....	<b>4</b>
2.1	調査地域.....	4
2.2	2011 年洪水の特徴.....	5
<b>第 3 章</b>	<b>マスタープランの基本課題</b> .....	<b>8</b>
3.1	タイ政府の洪水管理方針.....	8
3.2	計画洪水.....	9
3.3	防御地域.....	11
<b>第 4 章</b>	<b>事業の再検討</b> .....	<b>12</b>
4.1	2011年12月、水資源管理戦略委員会（SCWRM）公表のマスタープラン.....	12
4.2	2012年7月、水資源洪水管理委員会（WFMC）公表の提案書.....	12
4.3	再検討対象の事業.....	13
4.4	再検討結果.....	17
<b>第 5 章</b>	<b>提案の対策組合せ</b> .....	<b>20</b>
5.1	対策の組合せ.....	20
5.2	既存ダムの効率的運用.....	21
5.3	外郭環状道路放水路.....	23
5.4	河川改修.....	24
5.4.1	河川の定義.....	24
5.4.2	チャオプラヤ川の河川改修.....	25
5.4.3	タチン川の河川改修.....	25
5.5	アユタヤバイパス水路.....	26
5.6	常襲氾濫地域.....	28
5.6.1	氾濫管理地域.....	28

5.6.2	洪水管理情報システム計画.....	31
5.6.3	土地利用規制.....	32
5.6.4	農業地域の適切な処置.....	34
5.7	気候変動と高潮に関する考察.....	35
5.7.1	気候変動による海面上昇.....	35
5.7.2	高 潮.....	35
<b>第 6 章</b>	<b>事業効果と評価.....</b>	<b>40</b>
6.1	事業効果.....	40
6.1.1	計画洪水に対する事業効果.....	40
6.1.2	計画洪水に対する事業効果（参考）.....	46
6.1.3	他の降雨パターンに対する事業効果の検証.....	49
6.2	費用、便益及び EIRR.....	50
6.2.1	費 用.....	50
6.2.2	便 益.....	51
6.2.3	EIRR、便益/費用比率及び純現在価値（NPV）.....	52
6.3	環境社会配慮.....	53
6.3.1	事業概要.....	53
6.3.2	事業及び環境評価のカテゴリー.....	53
6.3.3	事業対象地概要及び評価範囲.....	53
6.3.4	環境配慮.....	54
6.3.5	総合評価及び軽減策.....	55
6.4	事業評価の結果.....	55
<b>第 7 章</b>	<b>結論と勧告.....</b>	<b>57</b>
7.1	結 論.....	57
7.2	勧 告.....	61

表 目 次

表 1.8.1	現地再委託調査.....	3
表 2.2.1	2011 年 12 月 1 日時点の被害.....	6
表 3.2.1	2011 年洪水の評価.....	10
表 4.1.1	SCWRM の作業計画の要約（2011 年 12 月）.....	12
表 4.2.1	WFMC の提案の要約（2012 年 7 月）.....	13
表 5.2.1	ブミポン、シリキットダムに提案する洪水防御のための運用ルール.....	21
表 5.6.1	土地利用規制の具体的対策の内容.....	33
表 5.6.2	洪水の特徴による建築規制案.....	33
表 6.1.1	評価対象の他の降雨パターン.....	49
表 6.1.2	他の実際の降雨に対して事業効果の検証結果.....	49
表 6.1.3	2011 年の 6 ヶ月降雨量に引き伸ばした雨量に対して事業効果の検証結果.....	50
表 6.2.1	事業費.....	51
表 6.2.2	洪水被害の推定.....	52
表 6.2.3	影響地域の総資産の推定額.....	52
表 6.2.4	EIRR、便益/費用比率及び純現在価値（NPV）.....	52
表 6.3.1	軽減策概要.....	55

目 次

図 1.7.1	調査スケジュール	3
図 2.1.1	チャオプラヤ川流域	4
図 2.2.1	チャオプラヤ川流域の流域平均月雨量	5
図 2.2.2	ナコンサワン地点の洪水流量	5
図 2.2.3	4 主要ダムの貯水池運用記録 (2011 年)	6
図 2.2.4	2011 年洪水破堤及び洪水越流箇所	7
図 2.2.5	2011 年洪水による洪水氾濫地域	7
図 3.2.1	降雨観測所の位置とテーセン分割	10
図 3.3.1	優先防御地域 (出典: ウェブサイト“Waterforthai”)	11
図 4.3.1	再検討する対策案	13
図 4.3.2	チャオプラヤ川流域の大規模ダムの位置	14
図 4.3.3	ブミポンダム及びシリキットダムの概観	14
図 4.3.4	RID による遊水地/調整池計画箇所	15
図 4.3.5	3つの放水路の位置	16
図 4.3.6	アユタヤ周辺のチャオプラヤ川現況流下能力	17
図 4.3.7	アユタヤ周辺のチャオプラヤ川沿いの寺院群	17
図 4.4.1	タチン川の改修計画と灌漑用堰の位置	19
図 5.1.1	本調査で検討した対策	20
図 5.2.1	ブミポン、シリキットダムに提案する洪水防御のための運用ルール (2011 年洪水)	21
図 5.2.2	ブミポン及びシリキットダムの Target Curve、Alert Curve for Drought	22
図 5.3.1	提案の外郭環状道路放水路	23
図 5.3.2	外郭環状道路放水路の縦断面図	23
図 5.3.3	外郭環状道路放水路の横断面図	24
図 5.4.1	本堤と二線堤	24
図 5.4.2	チャオプラヤ川下流パラペット堤	25
図 5.4.3	タチン川の状況	25
図 5.4.4	タチン川の河川改修	26
図 5.5.1	提案のアユタヤバイパス水路	27
図 5.5.2	アユタヤバイパス水路の縦断面図	27
図 5.5.3	アユタヤバイパス水路の横断面図 (流量: 1,400 m <sup>3</sup> /s)	28
図 5.6.1	氾濫管理地域 (チャオプラヤ川上流域及び下流域)	29
図 5.6.2	現在の土地利用のイメージ	32
図 5.7.1	海面上昇 30cm の場合の流下能力低減	35
図 5.7.2	1997 年台風 Linda の経路	36
図 5.7.3	想定した台風ルート	36
図 5.7.4	最大 2m の高潮 (計算結果)	36
図 5.7.5	チャオプラヤ川及びタチン川の河口に適用した高潮位	37
図 5.7.6	チャオプラヤ川流域の想定氾地域	38
図 5.7.7	『高潮 2m+2011 年洪水』のケースのシミュレーション	39
図 6.1.1	洪水流量図 (2011 年洪水再現)	41
図 6.1.2	浸水範囲及び浸水深 (2011 年洪水再現)	41
図 6.1.3	洪水流量図 (優先防御地域周囲の堤防嵩上げ考慮)	42
図 6.1.4	浸水範囲及び浸水深 (優先防御地域周囲の堤防嵩上げ考慮)	42
図 6.1.5	洪水流量図 (SCWRM M/P)	43
図 6.1.6	浸水範囲及び浸水深 (SCWRM M/P)	43

図 6.1.7	洪水流量図（提案の組合せ 1） .....	44
図 6.1.8	浸水範囲及び浸水深（提案の組合せ 1） .....	44
図 6.1.9	洪水流量図（提案の組合せ 2） .....	45
図 6.1.10	浸水範囲及び浸水深（提案の組合せ 2） .....	45
図 6.1.11	二線堤を考慮した河道断面 .....	46
図 6.1.12	流下能力図（提案の組合せ 1 又は 2 の河川改修を行った場合） .....	46
図 6.1.13	新 TOR の施設対策組合せ .....	47
図 6.1.14	洪水流量図（新 TOR） .....	48
図 6.1.15	浸水範囲及び浸水深（新 TOR） .....	48
図 6.2.1	各組合せの事業費 .....	51
図 6.2.2	各組合せの EIRR .....	52
図 6.2.3	各組合せの便益/費用比率（B/C） .....	53
図 7.1.1	潮位の影響 .....	57
図 7.1.2	チャオプラヤ川の H-Q Plotting（氾濫なし） .....	57
図 7.1.3	河川/水路からの氾濫と氾濫原から河川/水路への戻り水 .....	58
図 7.1.4	チャオプラヤ川河口部の DHWL の設定 .....	59
図 7.1.5	LO14 における氾濫ボリュームの変化（道路嵩上げによる影響） .....	59
図 7.2.1	RID が使用している河川サーベイヤー M9（V-ADCP） .....	65
図 7.2.2	河口から 112km 地点（Bang Sai、C29A）の水位及び流量 .....	66
図 7.2.3	河口から 59km 地点（TC12）の水位及び流量 .....	67
図 7.2.4	河口から 20km 地点の水位と流量 .....	68
図 7.2.5	河口の水位と流量 .....	69

添付資料

添付資料-1: Executive Summary distributed in the Final Seminar held on June 20, 2013

略語集

AIT	Asian Institute of Technology (アジア工科大学)
ALRO	Agricultural Land Reform Office (農地改革局)
BMA	Bangkok Metropolitan Administration (バンコク都)
CAT	Communication Authority of Thailand (タイ通信公社)
CPB	The Crown Property Bureau (王室財産局)
DDPM	Department of Disaster Prevention and Mitigation (災害防止軽減局)
DDS	Department of Drainage and Sewerage, BMA (バンコク都排水下水道局)
DEDP	Department of Energy Development and Promotion (エネルギー開発及び推進部)
DF	Department of Fisheries (水産局)
DGR	Department of Groundwater Resources (地下水局)
DIW	Department of Industrial Works (工場局)
DOH	Department of Highway (高速道路局)
DOLA	Department of Local Administration (地方行政局)
DOR	Department of Rural Road (地方道路局)
DPT	Department of Public Works and Town and Country Planning (公共事業都市計画局)
DPW	Department of Technical and Economic Cooperation (技術経済協力局)
DTCP	Department of Town and Country Planning (都市計画局)
DWR	Department of Water Resources (水資源局)
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand (タイ発電公社)
FFC	Flood Forecasting Center (洪水予報センター)
GISTDA	Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (地理情報・宇宙技術開発機関)
GOT	Government of the Kingdom of Thailand (タイ王国政府)
ICHARM	International Center for Water Hazard and Risk Management (水災害・リスクマネジメント国際センター)
IEC	Irrigation Engineering Center (灌漑技術センター)
IMPAC-T	Integrated Study Project on Hydro-meteorological Prediction and Adaptation to Climate Change in Thailand (気候変動に対する水分野の適応策立案・実施支援システムの構築プロジェクト)
JETRO	Japan External Trade Organization (日本貿易振興機構)
LAO	Local Authority Organizations (地方自治体)
MD	Marine Department (海洋部)
MI	Ministry of Industry (工業省)
MOAC	Ministry of Agriculture and Cooperative (農業協同組合省)
MOI	Ministry of Interior (内務省)
MNRE	Ministry of Natural Resources and Environment (天然資源環境省)
MOSTE	Ministry of Science, Technology and Environment (科学技術環境省)
MOT	Ministry of Transport (運輸省)
MST	Ministry of Science and Technology (科学技術省)
NDPMC	National Disaster Prevention and Mitigation Committee (防災委員会)
NESDB	National Economic and Social Development Board (経済社会開発局)
NEB	National Environmental Board (環境委員会)
NWRFPCC	National Water Resources and Flood Policy Committee (水資源洪水政策委員会)
NWRC	National Water Resources Committee (水資源委員会)
NSO	National Statistic Office (統計局)

OBI	Office of the Board of Investment (投資委員会)
OCS	Office of the Council of the State (自治委員会)
OEPP	Office of Environmental Policy and Planning (環境政策計画事務局)
ONWRFC	Office of National Water Resources and Flood Policy Committee (水資源洪水政策委員会事務局)
OPM	Office of the Prime Minister (首相官邸)
OSCWRM	Office of Strategic Committee for Water Resources Management (水資源管理戦略委員会事務局)
PAT	Port Authority of Thailand (港湾局)
PCD	Pollution Control Department (公害管理局)
RBC	River Basin Committee (河川流域委員会)
RFD	Royal Forest Department (王室森林局)
RID	Royal Irrigation Department (王室灌漑局)
RTN	Royal Thai Navy (タイ王国海軍)
RTSD	Royal Thai Survey Department (タイ王国測量局)
SCRFD	Strategic Committee for Reconstruction and Future Development (再建及び将来開発戦略委員会)
SCWRM	Strategic Formulation Committee for Water Resources Management (水資源管理戦略委員会)
SRT	State Railways of Thailand (タイ国有鉄道)
THB	Thai Baht (タイバーツ)
TMD	Thai Meteorological Department (タイ気象局)
TOT	Telecommunication Organization of Thailand (タイ電話公社)
WRFMC	Water Resources and Flood Management Committee (水資源洪水管理委員会)
WT	Public Works Department (公共事業局)

**MEASUREMENT UNITS**

<b>(Length)</b>		<b>(Time)</b>	
mm	: millimeter(s)	s, sec	: second(s)
cm	: centimeter(s)	min	: minute(s)
m	: meter(s)	h, hr	: hour(s)
km	: kilometer(s)	d, dy	: day(s)
		y, yr	: year(s)
<b>(Area)</b>		<b>(Volume)</b>	
mm <sup>2</sup>	: square millimeter(s)	cm <sup>3</sup>	: cubic centimeter(s)
cm <sup>2</sup>	: square centimeter(s)	m <sup>3</sup>	: cubic meter(s)
m <sup>2</sup>	: square meter(s)	l, ltr	: liter(s)
km <sup>2</sup>	: square kilometer(s)	MCM	: million cubic meter(s)
ha	: hectare(s)		
<b>(Weight)</b>		<b>(Speed/Velocity)</b>	
g, gr	: gram(s)	cm/s	: centimeter per second
kg	: kilogram(s)	m/s	: meter per second
ton	: ton(s)	km/h	: kilometer per hour





## 第1章 概要

### 1.1 背景

1995年及び1996年の大規模な洪水後、国際協力事業団（JICA）は、1999年にチャオプラヤ川流域総合洪水対策計画を立案、構造物・非構造物対策からなる多数の対策を提案した。2000年にCBP（Crown Property Bureau）もまた、短期・中期・長期の水資源管理・開発計画を提案している。しかしながら、アジアの通貨危機等の理由から、チャオプラヤ川最下流の捷水路以外は、殆ど重要な構造物対策は実施されていない。その一方、河川流域では、土地開発及び資産・財産の集積が進んでいる。

その様な環境の下、2011年に過去最大規模の洪水が発生した。2011年6月から10月の間に、4つの熱帯低気圧及び一つの台風など、記録的な降雨がタイを襲った。死者800人以上、総被害額はおよそ1.43兆THBであり、その内、1兆THBは工業団地など製造業部門の被害である。

2011年11月、タイ政府からの要請を受け、JICAはタイ政府関連機関と協力して、洪水管理プロジェクト、すなわち「チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト」の実施を計画した。

プロジェクトは2011年12月22日及び2011年1月13日に経済社会開発局（NESDB）、灌漑局（RID）、水資源局（DWR）とJICAが合意したM/M及びR/Dに基づき実施された。このプロジェクトは3要素で構成され、コンポーネント1はサブコンポーネント1-1及びサブコンポーネント1-2に分かれ、コンポーネント3は2012年5月にR/Dにより改定された。

### チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト

#### コンポーネント 1:

新しい詳細地形図の作成と「洪水管理計画」の更新

サブコンポーネント 1-1：サブコンポーネント 1-2のための新しい詳細地形図の作成

サブコンポーネント 1-2：新しい詳細地形図を用いた「洪水管理計画」の更新

#### コンポーネント 2:

緊急修復事業：水門の設置及び国道9号線の嵩上げ

#### コンポーネント 3:

洪水情報システムの改善と洪水予報システムの開発

調査は2011年12月に着手、コンポーネント1-1の詳細地形図データ（LiDARデータ）は2012年8月に完成、本調査で利用している。2013年6月20日のセミナーにおいて、チャオプラヤ川流域洪水対策計画を提案、2013年6月に最終報告書（案）を取りまとめている。

本報告書は、チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト、コンポーネント1-2の最終報告書である。

### 1.2 プロジェクトの目的

水資源管理戦略委員会（SCWRM）が作成した水資源管理のM/Pに基づき、科学的・技術的分析を踏まえ、チャオプラヤ川流域洪水対策計画を作成する。

### 1.3 基本方針とアプローチ

調査を通して、実際の地形及び社会経済の現状を可能な限り評価するために、精密地形測量及びアンケート調査等によりデータ及び情報を収集する。また、マスタープラン詳細検討に資するチャオプラヤ川流域のGISデータベース及び河川流域解析モデルを構築する。

## 1.4 調査対象地域

調査対象地域は、チャオプラヤ川全流域（163,000 km<sup>2</sup>）である。位置図に示すとおり、この流域は、ピン川、ワン川、ヨム川、ナン川、チャオプラヤ川、サカエクラン川、パサク川、タチン川から構成される。東に位置するバンパコン川、西に位置するメクロン川は、別流域の大河川であり、本調査の対象地域には含まない。

## 1.5 プロジェクト実施体制

プロジェクト全体の実施体制を以下に要約する：

- (1) NESDB は、プロジェクトの成果が最大限になるよう調整する。
- (2) RID 及び DWR はサブコンポーネント 1-2 の責任機関である。
- (3) 日本の SCWRM アドバイザーは、プロジェクト実施に関する技術的事項についてタイ側カウンターパートに必要な技術指導及び助言を行なう。
- (4) 東京大学の沖大幹博士を議長として設立された国内検討委員会（以降“AC”）は、プロジェクトの成果について技術的観点から支援する。委員会は必要に応じて開催される。委員会メンバー、IMPACT-T（東京大学）及び ICHARM は、有効な助言及びプロジェクトの方向を提案するために、流出解析及び洪水氾濫解析を含む検討を行なう。
- (5) プロジェクトの効果的、包括的な実施のために、RID は技術委員会（“TC”）及び技術ワーキンググループを設立する。技術委員会の役割は、プロジェクトの方向性を指導、重要課題についての議論と決定、並びにプロジェクトの結果に関するコンセンサスを醸成することである。
- (6) コンサルタントチームは TC の指揮に従って SCWRM が提案した M/P の長期計画を確定するための詳細調査を実施する。

## 1.6 カウンターパート機関

カウンターパート機関は RID、DWR 及び NESDB であり、実行機関は RID である。RID はプロジェクトを円滑に、効率的に実施するために“Technical Committee” 及び“Technical Working Group”を組織する。

## 1.7 調査スケジュール

全体の調査期間は、2011 年 12 月から 2013 年 10 月である。スケジュールを図 1.7.1 に示す。

本調査では、コンサルタントチームだけでなく、支援委員会のメンバーである IMPACT-T 及び ICHARM による調査も実施されている。この調査は、広範囲の専門的知識に基づき、2012 年 1 月から 4 月の初期段階に予備検討として集中的に実施された。コンサルタントチームは、この予備検討結果に基づき、また、プロジェクトの過程において TC が示すマスタープランの方向と内容に基づき、その具体的内容を検討した。

IMPACT-T（東京大学）は、チャオプラヤ川上流域の流出解析を実施している。その成果は、ICHARM が作成したモデルのインプット・データとなる。この流出モデル及びシミュレーションモデルは SCWRM が提案した対策案（貯水池運用の効率化、遊水地、放水路等）の効果概略検討に使用されている。これらの調査は、対策案のある程度の効果を定量的に示しており、2012 年 4 月 26 日に開催された会議において発表された。

Item	Contents	2011		2012				2013		
		12	3	6	9	12	3	6	9	
Study by Members of Advisory Committee	Runoff Analysis by IMPAC-T	■								
	Flood Inundation Analysis by ICHARM	■								
	Study on combination of measures			■						
Detailed Study by Consultant Team	Data Collection		■							
	Survey work (river/canal survey)		■							
	Study on Structural Measures			■						
	Study on Non-structural Measures			■						
	Report		WP ▼		IT/R1 ▼		IT/R2 ▼	DF/R ▼	F/R ▼	
Seminar		▼	▼			▼ ▼	▼			

WP: Work Plan, IT/R1: Interim Report 1, IT/R2: Interim Report 2, DF/R: Draft Final Report, F/R: Final Report

図 1.7.1 調査スケジュール

### 1.8 調査項目と再委託

調査の過程で必要な情報及び資料を取得するため、表 1.8.1 に示す計 7 つの再委託調査を実施した。

表 1.8.1 現地再委託調査

No.	調査名	目的
1	洪水痕跡調査	湛水深等の洪水被害についてのデータ、情報収集調査。調査結果は、洪水解析結果の検証に使用する
2	河川/水路測量調査 (西側)	(1) 既存ベンチマークの標高チェック、(2) 横断測量基準標高点設定、(3) 河川横断面測量、(4) 水路横断面測量、(5) 河川/水路縦横断面作図
3	河川/水路測量調査 (東側)	(1) 既存ベンチマークの標高チェック、(2) 横断測量基準標高点設定、(3) 河川横断面測量、(4) 水路横断面測量、(5) 河川/水路縦横断面作図
4	洪水対応操作調査	(1) 効果的な洪水対策実現のため現行の操作メカニズムとその問題点を特定する、(2) 効果的な洪水緩和のための新たな操作ルールを検討する、(3) 効果的な操作ルールに求められる洪水情報ネットワークを準備する
5	洪水影響・被害に関するアンケート調査	(1) 2011 年洪水前及び洪水中に住民や地域共同体が執った行動を特定する、(2) 2011 年洪水による被害資産とともに、被害・損害に関するデータ及び情報を収集する
6	洪水影響調査	2011 年洪水時に影響を受けた地域にある 10 工業団地の製造部門における被害・損害のデータ、情報を収集する
7	観測水位検証調査	RID 水文観測点における観測水位を検証するための情報収集及び測量を実施する

## 第2章 調査地域と2011年洪水

### 2.1 調査地域

調査地域の特徴を踏まえ、必要な対策について検討、洪水被害の削減に最も適した構造物及び非構造物対策の組合せについて検討する。調査地域の特徴を下記に整理する。

- (1) チャオプラヤ川流域は 163,000 km<sup>2</sup> を占め、流域は 8 河川：ピン、ワン、ヨム、ナン、チャオプラヤ、サカエ克蘭、パサク及びタチンで構成されている。
- (2) チャオプラヤ川流域は水文の特徴から 3 分割される：(1) 上流域の北部高地、(2) 上部中央平原（ナコンサワン上流）、(3) 下部中央平原である。北部高地及び上部中央平原流域 104,000 km<sup>2</sup> はピン川、ワン川、ヨム川、ナン川の流域である。下部中央平原では、チャオプラヤ川は、西から支川サカエ克蘭川を合流、タチン川をチャイナットで分派、アユタヤで東からパサク川を合流し、バンコク及び周辺地域を通りタイ湾に流入する。



Diversion		Area (km <sup>2</sup> )
Upper Sub-Basin	1. Ping	34,537
	2. Wang	10,793
	3. Yom	24,047
	4. Nan	34,682
<b>Sub-Total (Nakhon Sawan)</b>		<b>104,059</b>
Lower Sub-Basin	5. Chao Phraya	23,873
	6. Sakae Krung	4,907
	7. Pa Sak	15,626
8. Tha Chin		14,196
<b>Sub-Total (Lower Basin)</b>		<b>58,602</b>
<b>Chao Phraya Basin Total</b>		<b>162,661</b>

図 2.1.1 チャオプラヤ川流域

- (3) 北部高地は森林地域である。現在の森林地域は約 66,000 km<sup>2</sup>、その内 13,500 km<sup>2</sup> は森林管理局（RFD）によると荒廃森林地域である。その結果、地すべり、斜面崩壊、表土浸食による災害が増加している。洪水管理には、荒廃森林の回復及び森林管理の改善が大きな課題である。
- (4) 上部及び下部中央平原には広大な低平地があり、雨期は自然の遊水地として貢献しているが、乾期には重要な農業地域である。

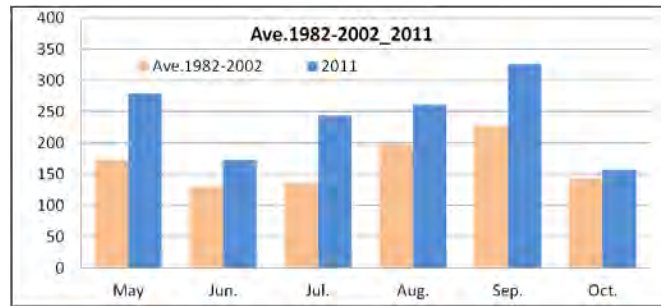
- (5) 上部中央平原（ナコンサワン上流）の低平地はヨム川及びナン川沿いに分布し、雨期の重要な自然遊水地であるが、乾期は重要な農業地域である。地方の中核都市及び氾濫地域は氾濫を管理する対策が必要である。
- (6) 下部中央平原のチャイナットとアユタヤとの間の低平地はチャオプラヤ川、ノイ川、ロップリ川沿いに位置している。この地域も雨期の遊水地機能を持っている。一方、乾期には地域の大半は重要な灌漑地域である。主要な防御地域は、(1) バンコク及び周辺地域、(2) 地方中核都市、(3) チャオプラヤ川、ノイ川及びロップリ川沿いの氾濫地域である。チャオプラヤ川沿いには、河川沿いの本堤と、背後の灌漑水路沿いの道路兼用堤防である二線堤がある。2011年洪水では、二線堤が15箇所破堤し、2箇所越水している。破堤箇所及び堤防越水箇所は主に左岸に位置し、チャオプラヤ川沿いの氾濫地域を拡大させている。

2.2 2011年洪水の特徴

(1) 降雨

通常は年に平均 1.5 回の台風または熱帯低気圧の襲来であるが、2011年には Haima (6月)、Nock-Ten (7月)、Haitang (9月) および Nalgae (9-10月) の4つの熱帯低気圧と台風 Nesat (9月) が6月から10月にかけて次々とタイを襲い、歴史的な大降雨をチャオプラヤ川流域にもたらした。

RIDによれば、2011年1月1日から2011年11月27日の累加雨量は1,888.3mmで平均の1,522.4mmよりも365.9mm(24%)多い。図2.2.1は1982年から2002年までの24年間の平均月雨量と2011年の月雨量との比較である。2011年の月雨量は5月から10月まで連続的に平均雨量を上回っている。これらの大降雨が大きな洪水流量や広範な氾濫をもたらした。



Data Source: "Reservoir Operation for Future Flood" by Oki Taikan, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Presentation Material for 1st Joint Seminar of Integrated Water Resources Management on January 14, 2012.

図 2.2.1 チャオプラヤ川流域の流域平均月雨量

(2) 河川流量

図2.2.2はナコンサワン(C.2)地点での過去の代表的な流量ハイドログラフを示したものである。最大流量は2006年の5,451 m<sup>3</sup>/sで、1995年の4,820 m<sup>3</sup>/s、2012年の4,686 m<sup>3</sup>/sがこれに続く。2011年の流量グラフは非常に緩やかな山のような形状をしている。流下能力3,500 m<sup>3</sup>/sを超える期間は約1.5ヶ月にも及んでいる。このような長期間にわたる洪水が堤防を弱め、最後にはナコンサワンとアユタヤ間のいくつかの地点で破堤を起こした。

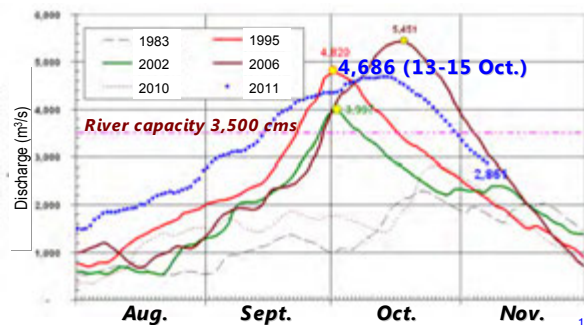


図 2.2.2 ナコンサワン地点の洪水流量

(3) ダム貯水池の運用

チャオプラヤ川流域には有効貯水容量が5億 m<sup>3</sup>を超えるブミポン、シリキット、パサク及びクワエノイの4つの巨大貯水池がある。2011年洪水時には、それぞれ75億 m<sup>3</sup>、47億 m<sup>3</sup>、8億 m<sup>3</sup>、7億 m<sup>3</sup>を5月から10月にかけて貯めている。10月初めまでにはこれらのダム貯水池は満杯になり、以後、下流への放流を行った。

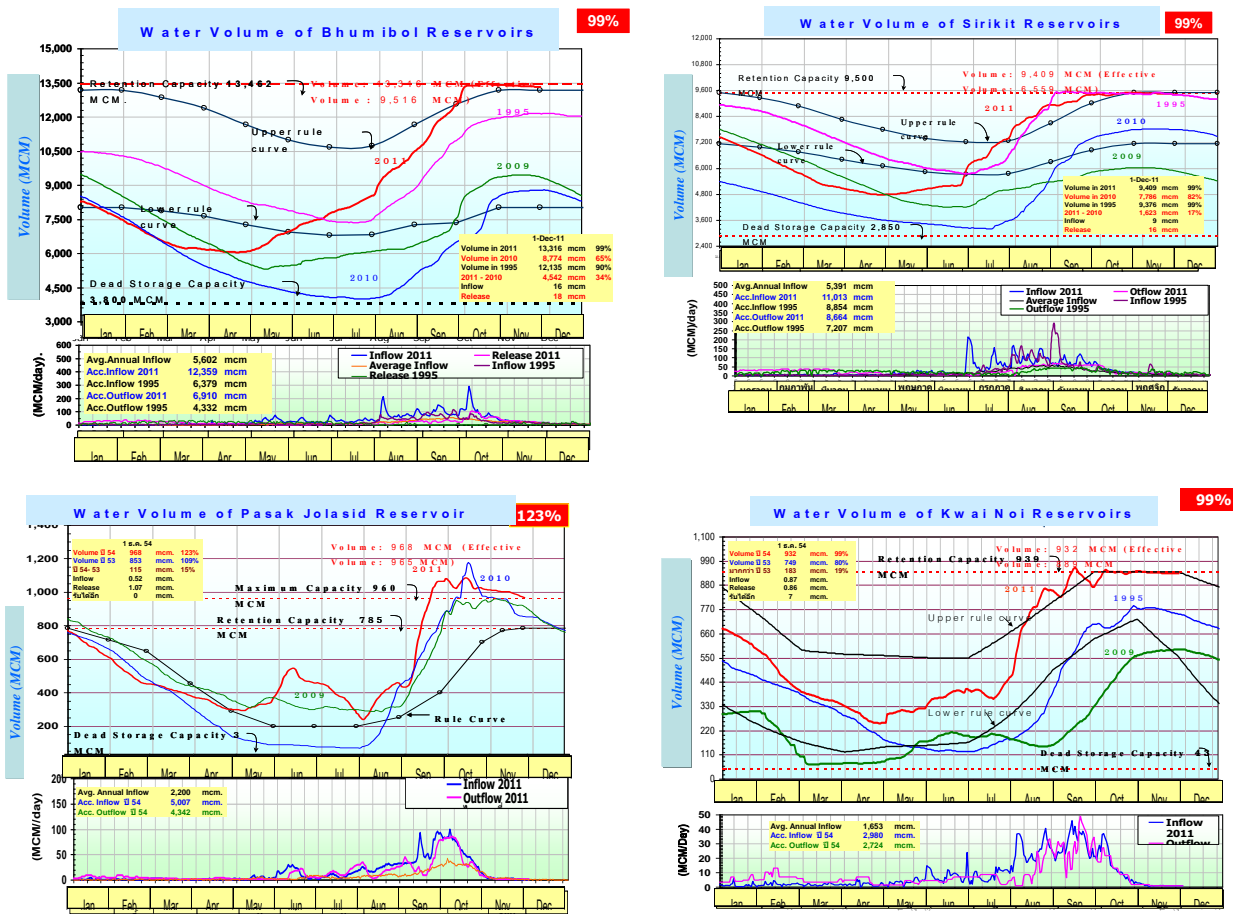


図 2.2.3 4 主要ダムの貯水池運用記録 (2011 年)

(4) 氾濫

主に9月中旬に、破堤や越水により膨大な洪水が氾濫原に溢れ出た。氾濫水はチャオプラヤ川の両岸を流下し、10月中旬にはアユタヤ、パツンタニに位置する7工業団地を次々とのみ込んだ。11月初旬には図 2.2.5 に示すように氾濫水はバンコクまで到達した。2011年12月1日時点で推定された洪水被害を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 2011年12月1日時点の被害

Items	Contents
Affected Areas	43,600 villages, 4,917 sub-districts, 684 districts of 65 provinces.
Affected Population	In total 13,425,869 people of 4,039,459 families are affected.
Damaged Houses	2,329 houses: wholly damaged. 96,833 houses: partly damaged.
Agriculture damage	1.8 million hectare cultivated area,
Damages of Infrastructures	13,961 roads, 982 weirs, 142 embankments, 724 bridges,
Damage of livestock	13.41 million livestock
Damages of fish/shrimp/shell ponds	over 37,107 ha
Death toll	657 deaths (in 44 provinces)

Date Source: DDPM



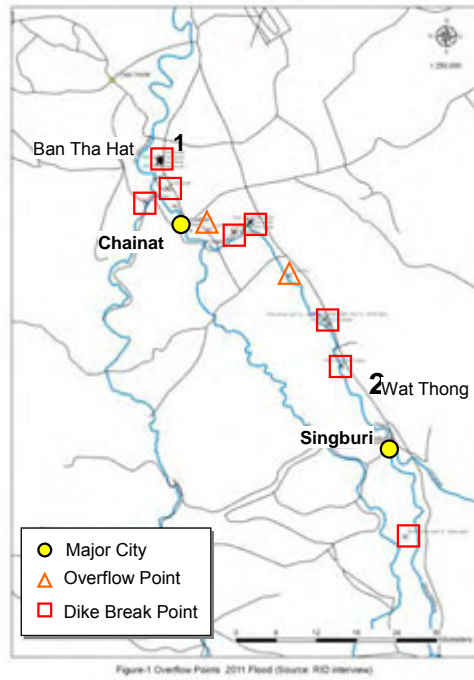


図 2.2.4 2011年洪水破堤及び洪水越流箇所

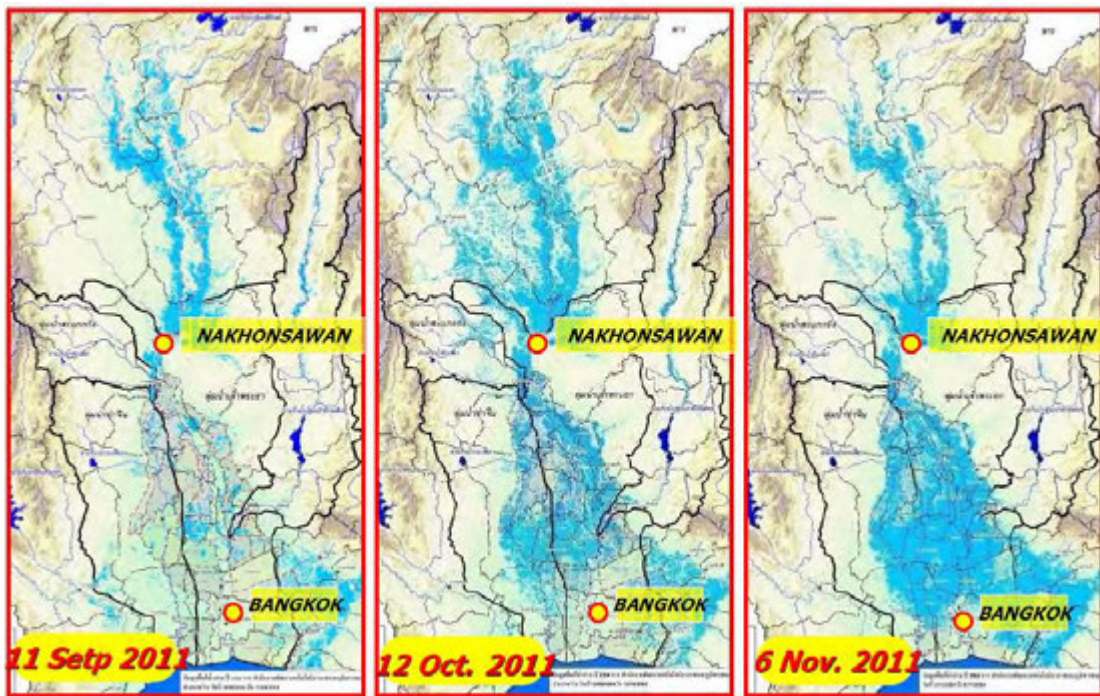


図 2.2.5 2011年洪水による洪水氾濫地域

## 第3章 マスタープランの基本課題

### 3.1 タイ政府の洪水管理方針

2011年12月に水資源管理戦略委員会（SCWRM）は『持続的水資源管理マスタープラン』を策定した。ここで記述された洪水管理方針について、以下に整理し検討を加える。

#### 洪水管理方針：目標

適正な洪水管理により、洪水リスクを軽減、水資源として洪水を活用することにより持続的な経済成長を推進する

タイの国民は長年洪水氾濫地域に住み、容易に農業用水を確保してきた。洪水による厳しい被害を避け、耕作に洪水を活用する英知はタイ国民におおきな恩恵をもたらしている。一方、タイは、近年急速な経済成長を達成している。その結果、都市地域は、より大きな洪水氾濫のリスクを持つ地域に拡大した。国は都市化地域の拡大に集中し、経済発展に必要な都市インフラ、交通インフラ等の投資に傾注したため、治水対策投資が経済発展の後追いになった。

2011年の大洪水は、この都市化した低平地を厳しく襲い、長期間にわたり工業生産中断等による重大な経済的被害を引き起こした。

大半の先進国は、無計画な都市地域の拡大、洪水に対する脆弱性増加に関連した同様な問題に直面してきた。その多くの経験と教訓は、タイ国の洪水防御に十分活用することができる。特に、洪水リスク軽減及び洪水の農業への活用を図る洪水管理は、持続的経済成長に不可欠なことは明らかである。

タイ政府の洪水管理方針は、正しい方向を目指している。この方針は下記の6つの基本要素からなる。

- 1) 流域内で各組織が実施する全ての活動を統合する。
- 2) 洪水制御と水利用との調和の取れたバランスを維持する。
- 3) 氾濫を制御する。
- 4) 計画段階で構造物対策と非構造物対策との最適な組合せを検討する。
- 5) 通常の活動段階では、異常事象を十分考慮しながら、治水施設の適正な運用ルールの設定、土地利用規制を実施する。
- 6) 緊急事態においては、個人、コミュニティ、民間企業、NGO 及び政府機関は各々の責任を果たす。

(i) 流域内で各組織が実施する全ての活動を統合する。

国、地方及びNGOには様々な洪水防御、水防活動を行なっている多くの組織がある。これらの活動の効果を最大限にするには、(a) 洪水軽減及び適正な避難を含め、洪水防御・水防活動の良好な統合化、(b) 常に流域全体からみて最良の活動組合せの選択、(c) 全ての関係機関の良好な調整が極めて重要である。

(ii) 洪水制御と水利用との調和の取れたバランスを維持する。

洪水は大きな被害をもたらす。しかし、農業にとっては貴重な水資源である。洪水管理計画は洪水を速やかに海に排水するだけでなく、出来る限り貯水することも十分考慮しなければならない。



(iii) 氾濫を制御する。

主要対策を実施後も低平地の氾濫は避けられない。氾濫地域の洪水被害を最小にし、氾濫による便益を最大にする解決策を探すことが極めて重要である。この場合、氾濫予想地域を限定し、大きな洪水被害の再発を防止する必要がある。

(iv) 計画段階で構造物対策と非構造物対策との最適な組合せを探す。

一般に災害予防・災害軽減の原則は、(i) 危険地域に住民・工場を建設しない、(ii) 氾濫には災害予防施設で対抗する、(iii) 災害発生前に危険地域から避難させる。これら3つの対抗策が互いに補い合うような構造物対策及び非構造物対策の最適の組合せを探す。

(v) 通常の活動段階では、異常事象を十分考慮しながら、治水施設の適正な運用ルールの設定、土地利用規制を実施する。

洪水は毎年起きるが、全ての洪水が大きな被害を引き起こすわけではない。大半の年は緊急対応実施の必要はないであろう。しかし、毎年、通常の活動は必要である。通常洪水を管理するには、洪水防御施設の適切な運用ルールを事前に確定しなければならない。そして洪水時にはそれに従わなければならない。通常洪水でも、不要な被害を避けるため、土地利用規制を実施しなければならない。異常事象が起きる前に、来る事象が異常かどうかの予測は困難である。したがって、施設の運用ルール及び土地利用規制の策定には通常及び異常洪水の両方を考慮する。

(vi) 緊急事態においては、個人、コミュニティ、民間企業、NGO 及び政府機関は各々の責任を果たす

被害軽減の活動には、個人、コミュニティ、民間企業、NGO 及び政府機関が、協力しながら、お互いの責任を果たさなければならない。自助、共助及び公助の組合せが被害を最小化し、災害からの素早い回復を可能にする。

自助は災害への備えと避難により自分自身を守ること、共助は互いに助け合い、または人々と協力すること、公助は構造物対策の建設を含め、政府機関によりもたらされる支援である。

政府機関が全ての役割を果たすことは出来ない。しかし、個人及び地域社会が役割を果たすのを支援することが出来る。

### 3.2 計画洪水

2011年洪水はチャプラヤ川流域全域に甚大な被害をもたらした既往最大洪水である。このことから、計画は2011年洪水に適合させなければならない。一方、本調査で実施した降雨解析によれば、2011年洪水は概ね100年確率洪水と評価される。アジアモンスーン地域の多くの首都は、洪水防御に対して100年確率規模程度を目標としている。以上のことから、本調査では、計画洪水を2011年実績洪水（100年確率規模）に設定した。

表 3.2.1 2011 年洪水の評価

評価項目 (年最大) (N: 標本数)	発生確率				備考
	ナコンサワン (C.2) [A: 105,000km <sup>2</sup> ]		河口地点 (全流域) [A: 162,000km <sup>2</sup> ]		
	値	確率	値	確率	
降雨量 (mm/6ヶ月) (N=51)	1,483	1/141	1,390	1/100	洪水流量に影響の大きい6ヶ月降雨量 (年最大)。
最大流量 (m <sup>3</sup> /s) (N=56)	6,857	1/70	-	-	これらの流量は、施設による調節の無い場合の流量を求めるために、ナコンサワン地点観測流量に、Bhumibolダム、Sirikitダム貯留分を加算した流量を基本に算出。 『氾濫量』は、ナコンサワン地点における『2,500 m <sup>3</sup> /s以上』の流量の総量として算出。
年総流量 (MCM) (N=55)	55,570	1/127	-	-	
氾濫量 (MCM) (N=44)	15,154	1/102	-	-	

\* 上記計算は、水文統計ユーティリティ ver 1.5 『(財) 国土技術研究センター、2003年11月』による。

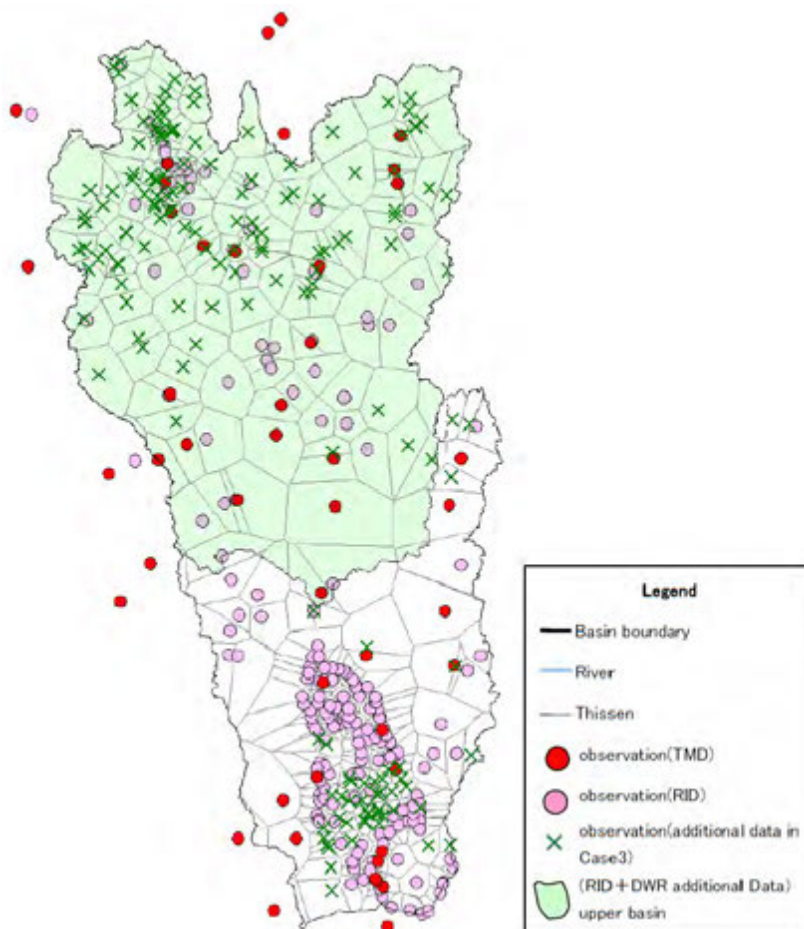


図 3.2.1 降雨観測所の位置とテューセン分割

### 3.3 防御地域

バンコク及び周辺地域 5,600 km<sup>2</sup>は、国の政治、経済の中核であり、最も重要な防御地域である。タチン川東側、アユタヤ市のパサク川より南側の地域（バンコク、サムットプラカン、サムットサコン、パツンタニ、ノンタブリ、ナコンパトム、アユタヤ）は『優先防御地域』としてタイ政府が選定している。防御地域は防御レベルにより「Outer」、「Middle」及び「Inner」の3地域に分けられている。

運輸省道路局（DOH : Department of Highways）及び地方道路局（DOR : Department of Rural Road）は、優先防御地域周辺道路、堤防道路の嵩上げ工事を 2012 年より開始している。

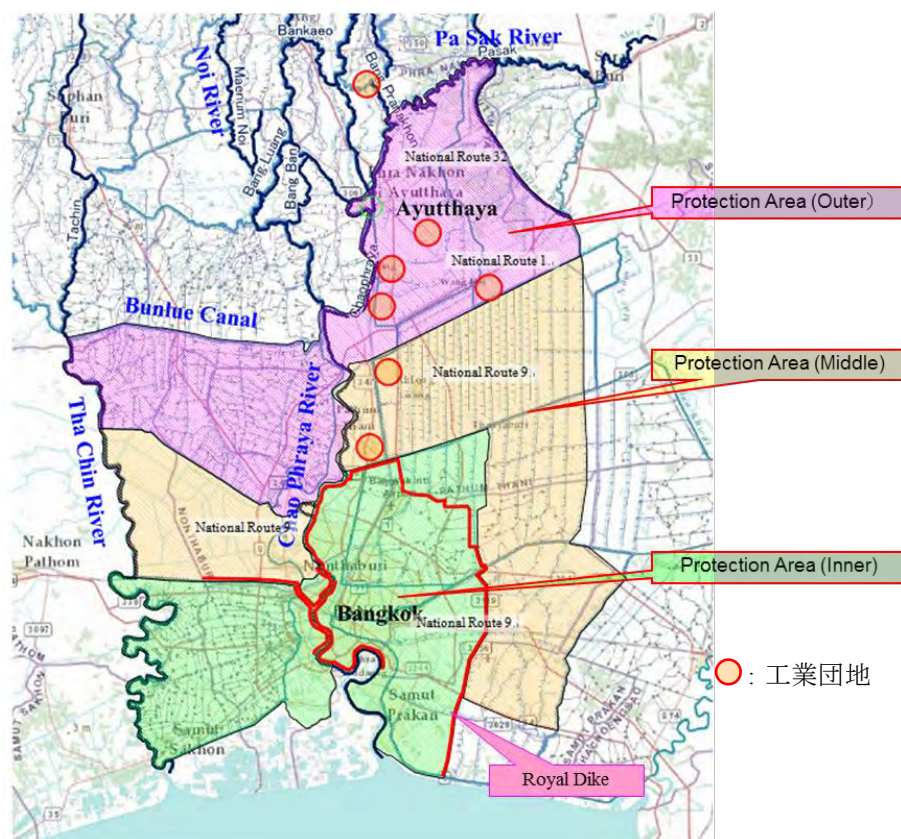


図 3.3.1 優先防御地域（出典：ウェブサイト“Waterforthai”）

洪水リスクの高いチャオプラヤ川及び主要支川沿いの主要都市もまた地方中核都市として洪水災害から守る必要がある。それら主要都市は、1) チェンマイ、2) ランパーン、3) プレー、4) スコタイ、5) ウッタラディット、6) ピサヌローク、7) ピチット、8) カンペンペット、9) ナコンサワン、10) チャイナット、11) シンブリ、12) アーントーン、13) ロップリ、14) スパンブリである。

主要都市は、既に DPT の指導の下に 2011 年洪水対応の輪中堤又は洪水堤防の建設に着手している。豪雨の際の雨水排水システムの見直しは必要である。

## 第4章 事業の再検討

チャオプラヤ川流域洪水対策計画を策定するために、下記の事業の再検討を行った。

- 1) 2011年12月に水資源管理戦略委員会（SCWRM）が策定したマスタープランで述べられている事業
- 2) 2012年7月WFMCにより作成された提案書の要請書に記載されているプロジェクト
- 3) 調査により新たに提案された事業

### 4.1 2011年12月、水資源管理戦略委員会（SCWRM）公表のマスタープラン

2011年12月、水資源管理戦略委員会（SCWRM）は、国の持続的開発を確実にするため、表 4.1.1 に示す緊急計画及び長期計画からなる持続的水資源管理のマスタープランを策定、公表した。

表 4.1.1 SCWRM の作業計画の要約（2011年12月）

No.	Work Plan	
1	Work Plan for Restoration and Conservation of Forest and Ecosystem	1) to restore watershed forests in the river basin
		2) to develop additional water reservoirs according to the development potential of the areas
		3) to develop a land usage plan that fits with its socio-geographical conditions
2	Work Plan for Management of Major Water Reservoirs and Formulation of Water Management	
3	Work Plan for Restoration and Efficiency Improvement of Current and Planned Physical Structures	1) Construction of flood ways or water channels roads, and dams
		2) Improvement of water dike, reservoir, water drainage and water gateway
		3) Land use planning with appropriate zoning, including setting up an area protection system
4	Work Plan for Information Warehouse and Forecasting and Disaster Warning System	
5	Work Plan for Response to Specific Area	
6	Work Plan for Assigning Water Retention Areas and Recovery Measures (Improving/adapting irrigated agricultural areas into retention areas of around 2 million rai to enable second cropping in all the irrigated agricultural areas)	
7	Work Plan for Improving Water Management Institutions	
8	Work Plan for Creating Understanding, Acceptance, and Participation in Large Scale Flood Management	

### 4.2 2012年7月、水資源洪水管理委員会（WFMC）公表の提案書

2012年7月、水資源洪水管理委員会（WFMC）が公表した”the Submission of a Conceptual Plan for the Design of Infrastructural Plan for the Design of Infrastructure for Sustainable Water Resources Management and Flood Prevention”は表 4.2.1 に示す8プロジェクトで構成されている。

表 4.2.1 WFMC の提案の要約 (2012 年 7 月)

No.	Project
1	Aiming at the formation of a balanced ecosystem, conservation and restoration of forest and soil condition: Project Area is approx. 10 million rai (1 rai = 1,600 m <sup>2</sup> ).
2	Construction of appropriate and sustainable reservoirs in the Ping, Yom, Nan, Sakae Krang and Pa Sak River Basins.
3	Development of land use/land utilization plans, establishment of national and provincial residential areas and major economic areas in the possible inundation areas.
4	Development of the Phitsanulok Irrigation project (North of Nakhon Sawan) to store excess waters temporarily during floods, and the Main Chao Phraya Irrigation Project (North of Ayutthaya) to convert existing irrigated lands to retention/retarding areas (storage volume: approximately 6 to 10 billion m <sup>3</sup> , area: approximately 2 million rai), and improvement of agriculture and fishery industries to increase the productivity yield.
5	Improvement of canals and river channel dykes of major rivers (the Ping, Wang, Yom, Nan, Chao Phraya, Sakae Krang, Pasak, and Tha Chin Rivers).
6	Construction of floodway(s) and national roads to divert discharge that exceeds the flow capacity of main channel from the Chao Phraya River·Pasak River with east/west routes of the Chao Phraya River to the Gulf of Thailand. The structures include flood way with more than 1,500 m <sup>3</sup> /s flow capacity and/or flood diversion channel.
7	Improvement of the existing systems including database system, weather forecasting system, disaster forecast/warning system and other water management (flooding and draught) system.
8	Improvement of water management institutions including development of appropriate law and policies on flood control, formulation of a single command authority, and management, monitoring and relief activities.

### 4.3 再検討対象の事業

洪水対策を目的として提案されている構造物及び非構造物対策を基本に、各対策の再検討を行う。構造物は中期及び長期的な対策であり、非構造物対策は洪水被害削減に対して即効性を持つ対策である。土地利用規制、洪水予警報のような非構造物対策はチャオプラヤ川流域洪水対策に不可欠である。再検討する対策案を下図に整理する。

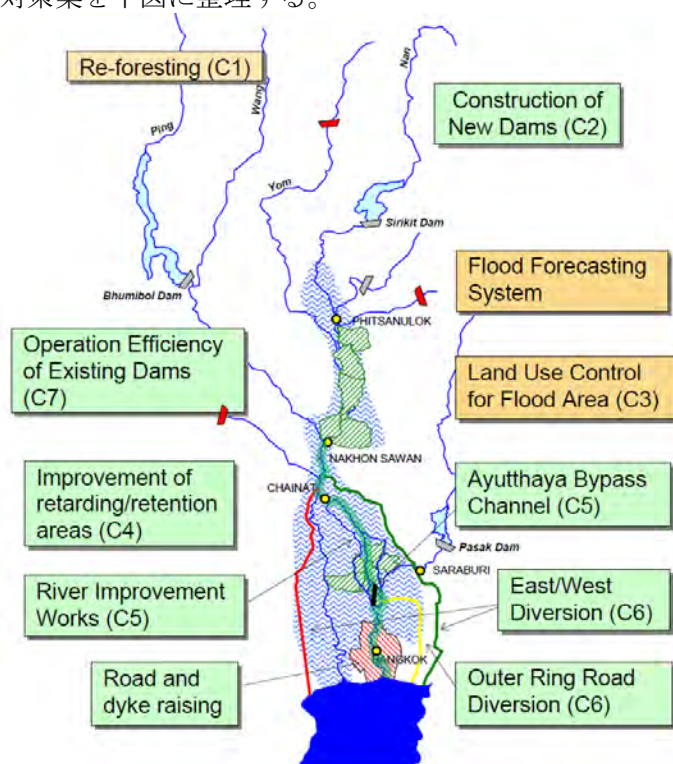


図 4.3.1 再検討する対策案



(1) 既存ダムの運用効率化

洪水軽減及び灌漑便益の両方を考慮して、洪水軽減機能の有効性を改善するために、主要既存ダムに新しい運用ルールを提案する。

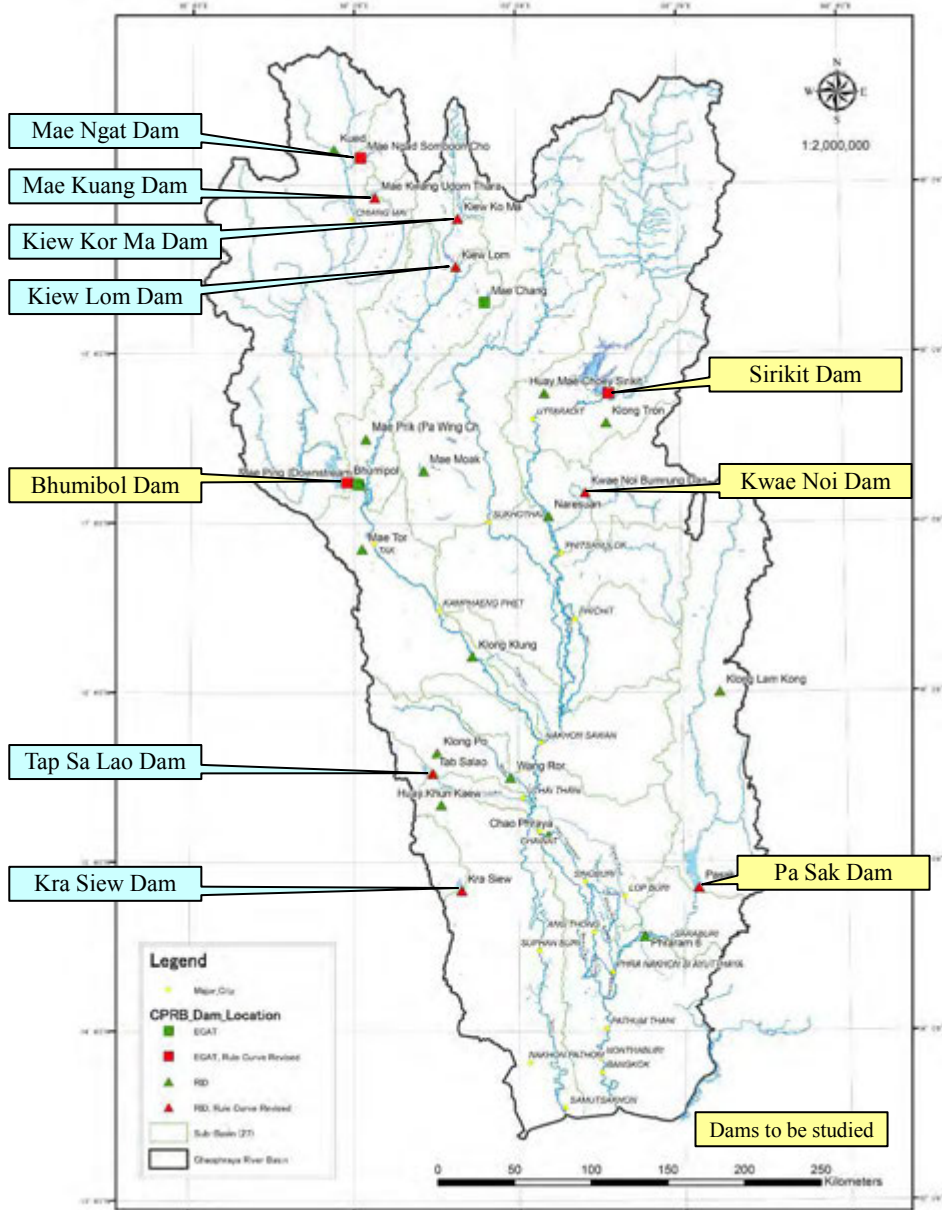


図 4.3.2 チャオプラヤ川流域の大規模ダムの位置



図 4.3.3 ブミボンダム及びシリキッドダムの概観



(2) 新ダムの建設 (C2)

主要河川流域に於いて適正な持続的開発可能な貯水池（新ダム）を建設する。

(3) 遊水地/調整池の改善 (C4)

洪水期には一時的に洪水を貯留、洪水被害を軽減し、乾期には、貯留水を利用し、農業・漁業生産を改善するために、チャオプラヤ川流域の遊水地・貯留池を改善する。

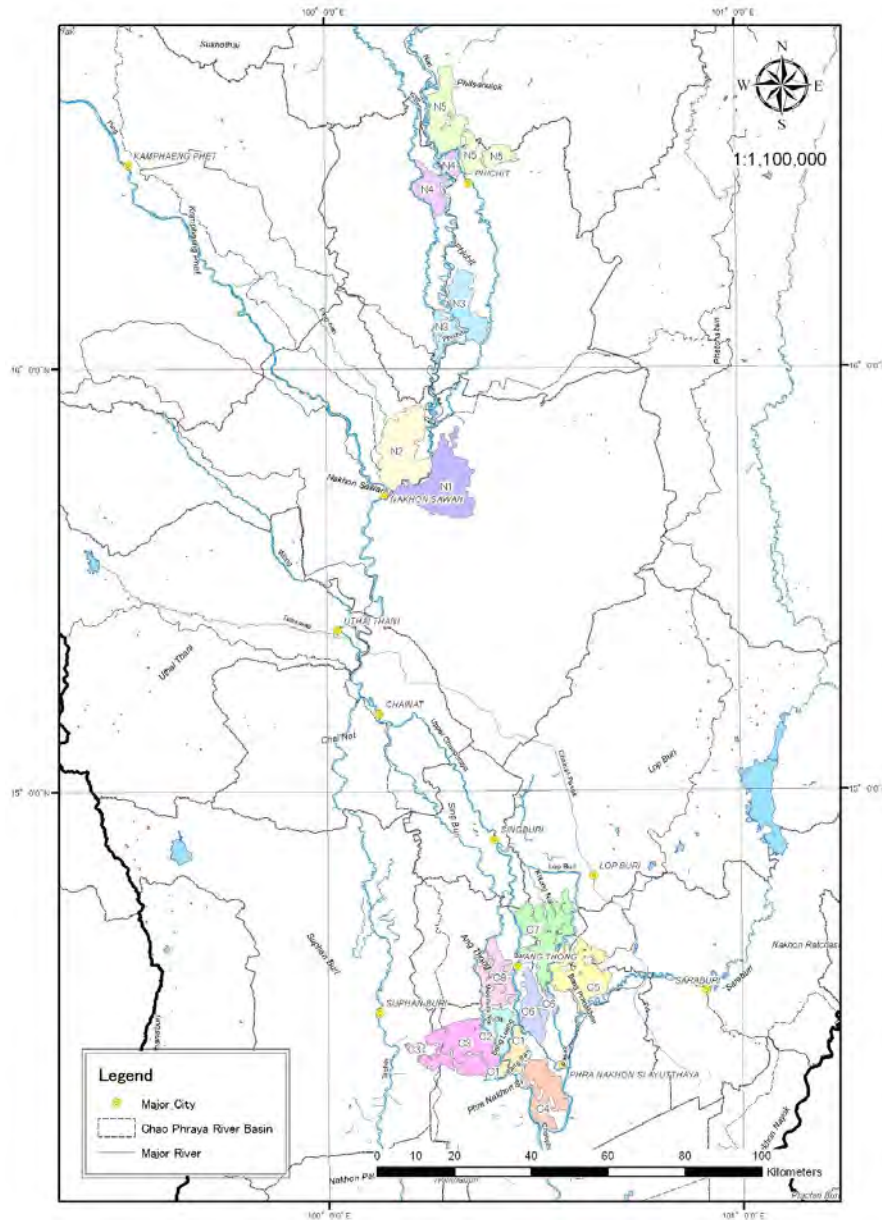


図 4.3.4 RID による遊水地/調整池計画箇所

(4) 東/西放水路 (C6)

チャオプラヤダム上流から東・西に分水しタイ湾に流す放水路を建設する。

(5) 外郭環状道路放水路 (C6)

アユタヤ下流から分水し外郭環状道路沿いにタイ湾に流す放水路を建設する。

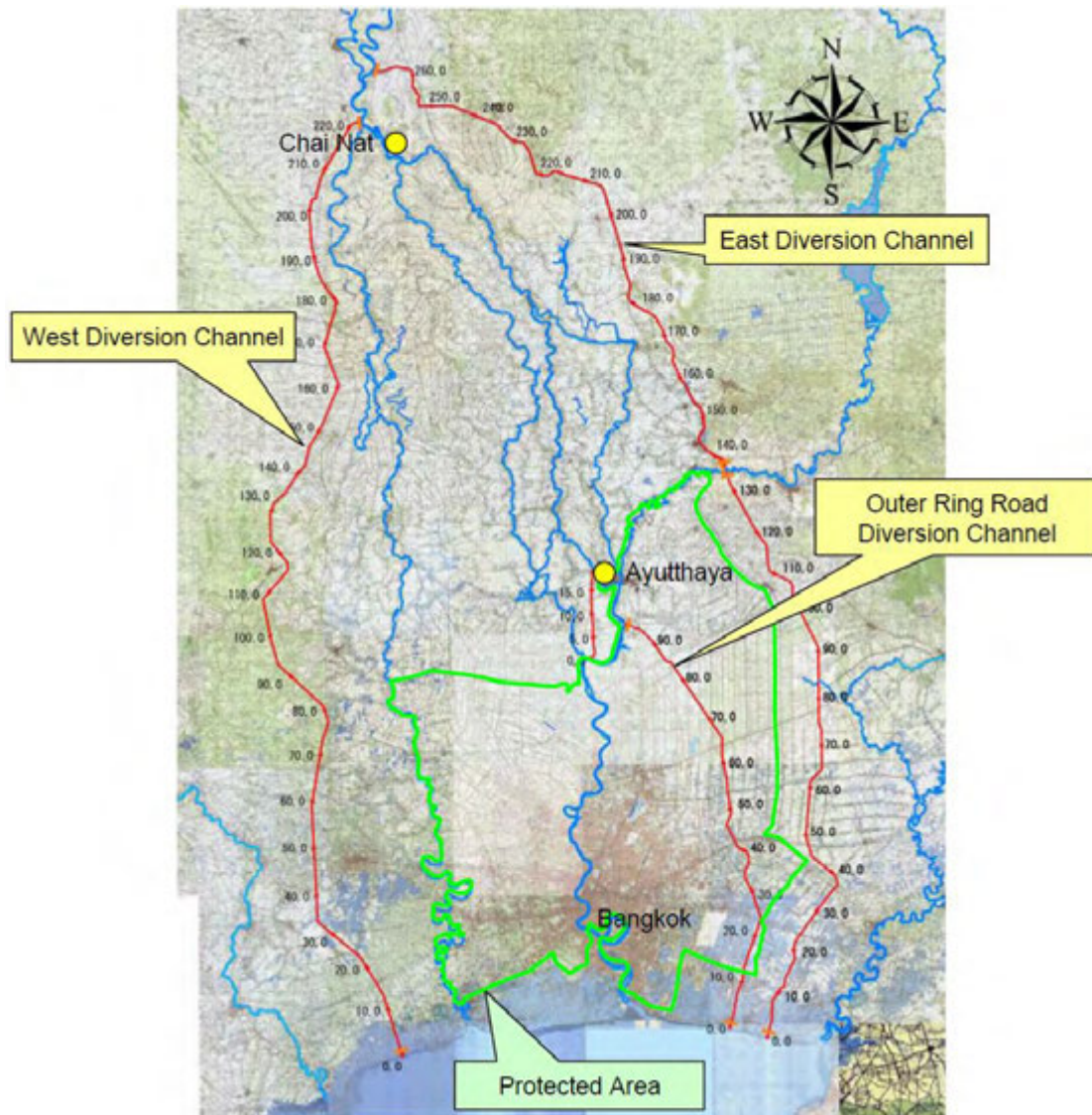


図 4.3.5 3つの放水路の位置

(6) 河川改修工事(C5)

河川流下能力を改善するため、既存の河道及び堤防を修復及び改修する。

優先地域防御のための堤防嵩上げによりタチン川右岸に於いて氾濫量及び氾濫水深が増加することから、タチン川の河川改修として、下記の対策を再検討する。

- i) 4箇所 の 捷水路
- ii) 左岸に本堤又はコンクリートパラペット壁の建設、また、左岸の既設二線堤の嵩上げ (DHWL+余裕高)

(7) アユタヤバイパス水路(C5)

解析結果によると、チャオプラヤ川の流下能力は図 4.3.6 に示すとおりであり、アユタヤ周辺の流下能力が極めて小さいことが明らかである。

チャオプラヤ川とパサク川の合流点を下流に移動するため、アユタヤ上流を始点としノイ川とチャオプラヤ川合流点上流を終点とするバイパス水路を建設する。

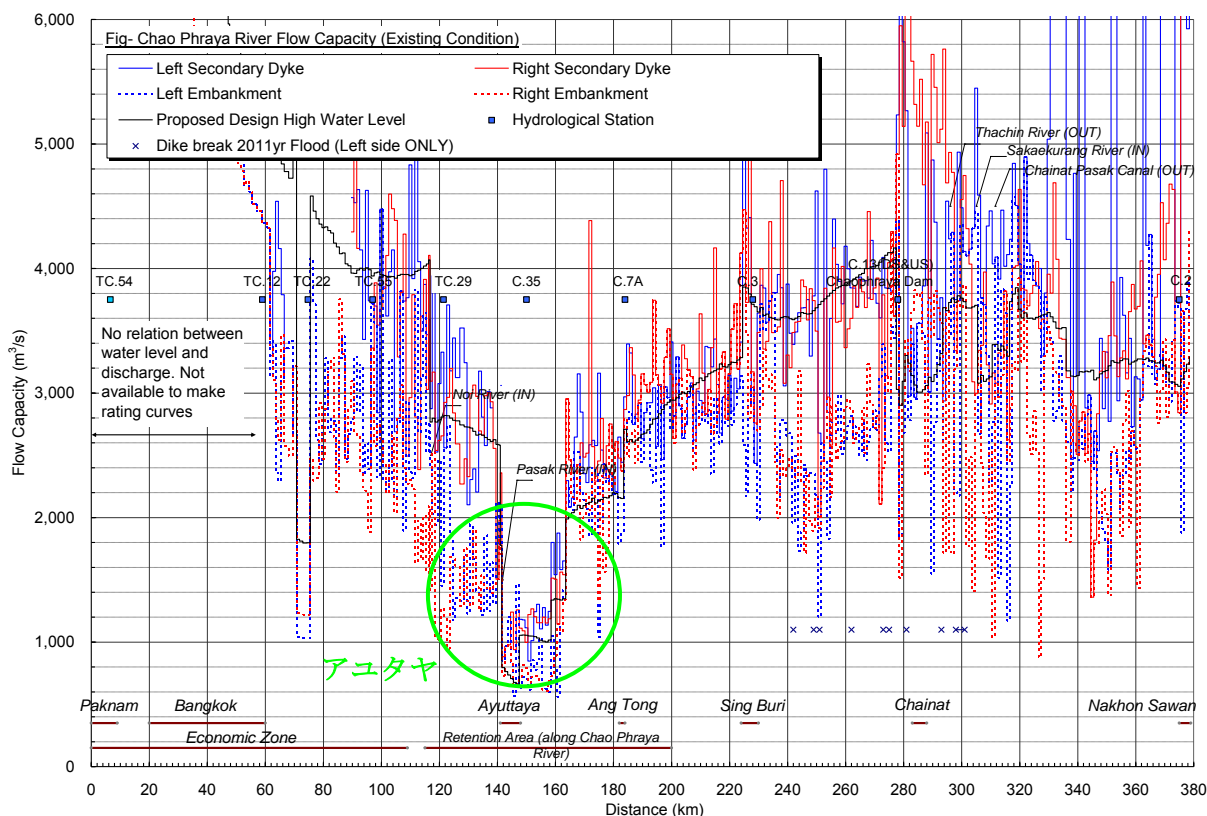


図 4.3.6 アユタヤ周辺のチャオプラヤ川現況流下能力



図 4.3.7 アユタヤ周辺のチャオプラヤ川沿いの寺院群

(8) 河川流域上流の森林再生(C1)

森林資源及び環境保持のため、上流域（主に ピン、ワン、ヨム、ナン、サカエ克蘭、パサック及びタチン川）の荒廃地域の森林回復策を適用する。

(9) 洪水管理情報システム

データベースシステムを含む洪水管理情報システム、洪水予報システム及び流域全体のモニタリングと解析が可能な水管理システムを開発する。

4.4 再検討結果

(1) 既存ダムの運用効率化 (C7)

2011 年洪水時にプミポン及びシリキットダムでは合計 120 億 m<sup>3</sup>の洪水流量を貯水しており、既設ダムの運用は流域の洪水管理に極めて有効であったと言える。ダム運用ルールを改善することにより、灌漑用水、上水及び環境用水の供給と洪水被害を最小にするさらに柔軟な水資源管理が可能である。

## (2) 新ダムの建設 (C2)

新ダムの建設は大いに奨励される。新ダムは治水及び利水に効果的であり、特に支川流域において効果的である。気候変動への対応も期待される。しかしながら、新ダムサイトは、ブミポンダムやシリキットダムのような大きな貯水容量を持っていないことから、チャオプラヤ川本川下流域の洪水軽減の効果は限定される。

## (3) 遊水地/調整池の改善 (C4)

河川に隣接した約 18,000 km<sup>2</sup>の地域は、洪水を遊水させ貯留する重要な機能を持っている。従って、適切に土地利用を規制して、現在の機能が失われないように保持するのは極めて重要である。

土地利用規制は、超過洪水や気候変動などのシナリオを考慮し策定されるべきである。遊水/調整の能力を高めるために、ゲートやポンプ設置などの対策が可能である。それらの対策は、洪水を貯留するだけでなく、洪水の灌漑利用にも有効である。しかし、高められる遊水効果は限定的である。

## (4) 東/西放水路 (C6)

放水路は河川水位低下に効果がある。(i) チャオプラヤ川のナコンサワンとチャイナット間の水位、(ii) 河川沿いの遊水地・調整池に流入した氾濫水位（水深）である。しかし、放水路による水位低下効果は、優先防御地域に近いチャオプラヤ川下流域では大きく減少する。

## (5) 外郭環状道路放水路 (C6)

外郭環状道路沿いの放水路は、水位低下に効果がある。(i) チャオプラヤ川のアユタヤからバンコク間、(ii) パサク川下流である。また、優先防御地域沿いの堤防の破堤リスクの低減に高い効果がある。この放水路は防御地域内の東側を流れる。設計段階に、最も重要な地域を守る防御ラインとしての機能を持たせることが可能である。例えば、東側より西側の放水路堤防を高くするなどである。

## (6) 河川改修工事 (C5)

### 河川の定義

本調査では、本堤間ではなく、二線堤間を河川とし改修の対象とする。二線堤が低い、また、堤防が脆弱な区間の存在は治水安全上重要な問題である。制御できない氾濫を防止するには、これらの脆弱区間を判別し改修することが必要である。

本堤間の河道は二線堤間の河道に比べて著しく狭いため、本堤を対象に堤防嵩上を行なう場合、非常に高い堤防が必要となる。

### チャオプラヤ川の河川改修

パラペット堤の一部は、DHWL に余裕高 (50cm) を加えた高さよりも低くなっている。DHWL + 余裕高まで嵩上げを行う。

### タチン川の河川改修

採用したタチン川の対策は、(i) 下流部左岸の堤防の改善、(ii) 4 箇所の捷水路であり、タチン川の流下能力を改善することができる、優先地域防御のための周囲堤防（道路）嵩上げの負の影響の除去、加えて、洪水時の水位を DHWL より下げることが出来る。

タチン川の既存の灌漑用堰は、図 4.4.1 に示すように、上流域に位置している。採用した洪水対策施設は下流に位置していることから、灌漑用水利用には影響しない。また、タチン川の下流は潮位の影響を受ける地域であり、採用した洪水管理施設は現在の舟運に対する影響はない。



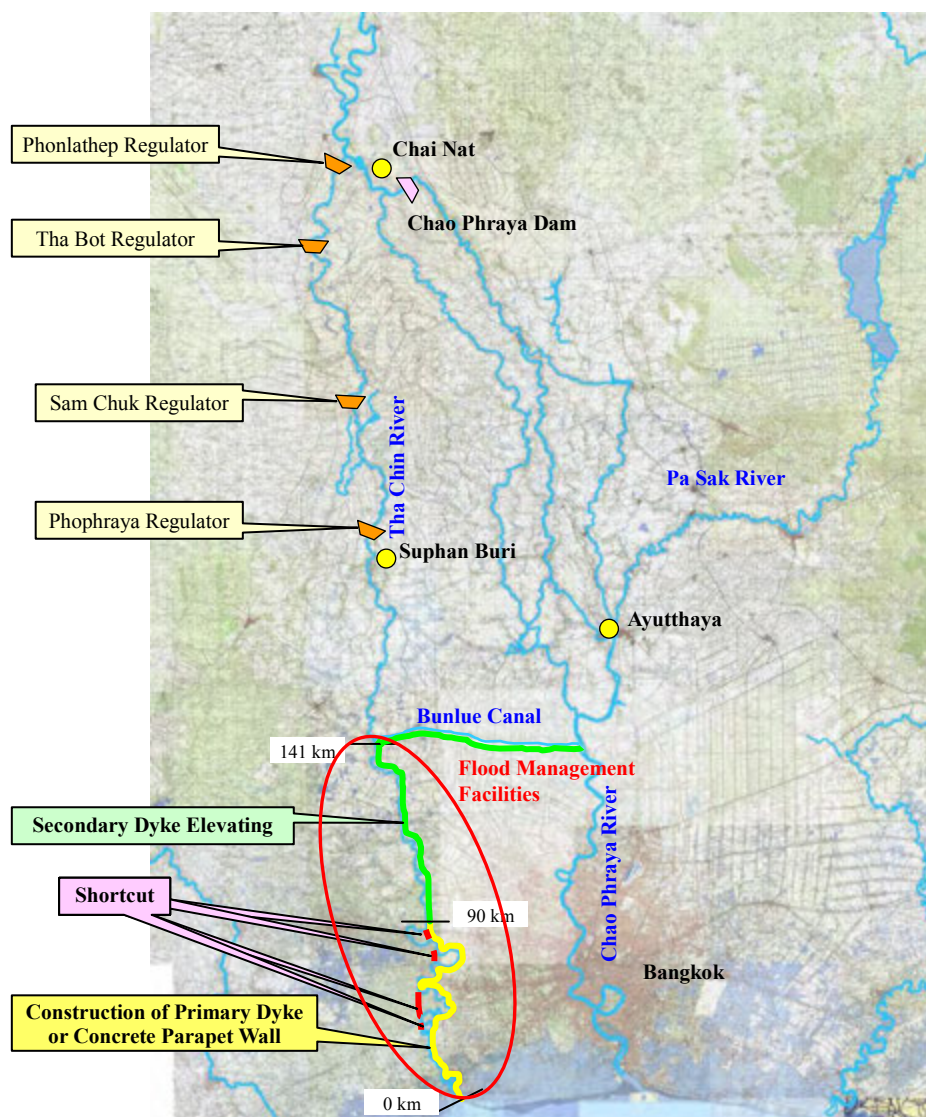


図 4.4.1 タチン川の改修計画と灌漑用堰の位置

(7) アユタヤバイパス水路 (C5)

歴史的建造物（寺院等）が河川沿いに位置していることから、バンサイーアユタヤ間の河道拡幅は極めて困難である。アユタヤバイパス水路は河道改修の代替案となる。バイパス水路は、アユタヤ（河口から 150 km 地点）からノイ川のチャオプラヤ合流点の直上流（河口から 118 km 地点）に建設を計画する。このバイパス水路は、(i) アユタヤーバンサイ間のチャオプラヤ川水位、(ii) パサック川の水位の低下効果があり、また、水位低下に応じて優先防御地域周囲堤防の破堤のリスクを軽減する効果がある。

(8) 流域上流の森林再生 (C1)

森林伐採は洪水増加の要因となる。森林再生は長期にわたり継続的に行なわれなければならない。本調査では、森林再生による洪水軽減の定量的効果は考えていない。

(9) 洪水管理情報システム

洪水管理情報システムは、適切な洪水管理において重要な役割を果たす。洪水及び氾濫の情報が適切に提供されていれば、2011 年洪水の工場被害ははるかに小さかったはずである。このシステム作成は本調査のコンポーネント 3 により実施される。

## 第5章 提案の対策組合せ

### 5.1 対策の組合せ

本調査において、新しい地形図を組み入れた流域水理モデルを開発、10以上のシナリオについてシミュレーションを実施した。アユタヤバイパス水路、外郭環状道路放水路、河道改修及び既存ダムの運用効率化を基本とした構造物対策と非構造物対策との組合せが、チャオプラヤ川下流域の優先防御地域を守るにはもっとも経済効率がよく有効である。

#### 提案の組合せ 1

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 外郭環状道路放水路 (流量 500 m<sup>3</sup>/s)
- 3) 河川改修 (含むタチン川改修)
- 4) アユタヤバイパス水路 (流量 1,400 m<sup>3</sup>/s)
- 5) 洪水予報

#### 提案の組合せ 2

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 外郭環状道路放水路 (流量 1,000 m<sup>3</sup>/s)
- 3) 河川改修 (含むタチン川改修)
- 4) アユタヤバイパス水路 (流量 1,400 m<sup>3</sup>/s)
- 5) 洪水予報

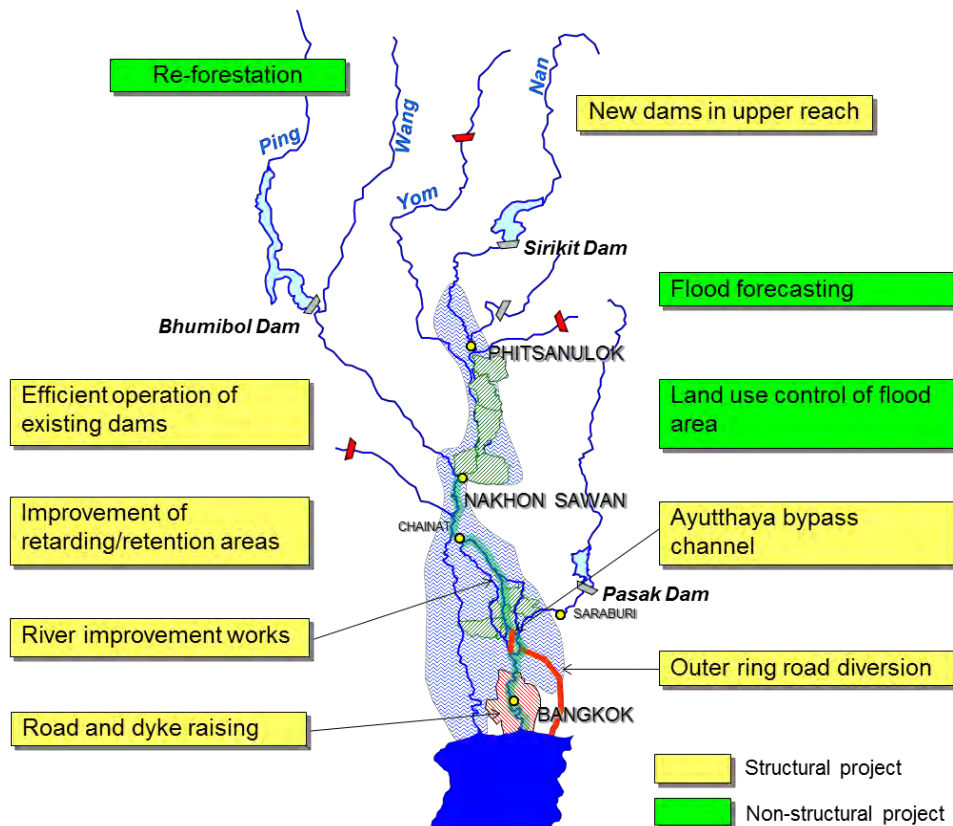


図 5.1.1 本調査で検討した対策



## 5.2 既存ダムの効率的運用

2011年洪水時にブミポン及びシリキットダムでは合計120億m<sup>3</sup>の洪水流量を貯水しており、既設ダムの運用は流域の洪水管理に極めて有効であった。ダム運用ルールを改善することにより、灌漑用水、上水及び環境用水の供給と洪水災害を最小にするさらに柔軟な水資源管理が可能となる。この運用を2011年洪水に適用すると、ナコンサワン地点の最大流量を400m<sup>3</sup>/s低減することが可能である。提案する運用ルールの考え方は以下の通りである。

- ・ 『Target Curve』は、利水のための目標となる貯留量であるとともに、治水面では、貯留量の上限を示す。
- ・ 提案の『Target Curve』に従い、5月1日から8月1日まで、流入量をそのまま放流し貯水水位を維持する。
- ・ 8月1日から11月1日までの洪水期は、提案の最大放流量（ブミポンダムで210m<sup>3</sup>/s、シリキットダムで190m<sup>3</sup>/s）を放流する。貯水量が『Target Curve』を下回る場合、流入水をさらに貯留する。この時の放流量は環境維持を目的とする最小放流量（ブミポンダム：8m<sup>3</sup>/s、シリキットダム：35m<sup>3</sup>/s）以上とする。
- ・ 乾期（11月1日から4月30日）においては、乾期水配分計画に基づき放流を実施する。
- ・ 提案する運用ルールは、洪水調節及び水利用の両方に便益をもたらす。
- ・ 『Alert Curve for Drought』は、渇水年であるかの良い指標となる。『10% Probability』は、10年に一回の渇水の危険性、『20% Probability』は5年に一回の渇水の危険性を意味する。

表 5.2.1 ブミポン、シリキットダムに提案する洪水防御のための運用ルール

ダム	最大放流量		5月1日の貯留量 (堆砂量含む)	5月1日の 貯水位
	5月～7月	8月～10月		
ブミポン	In = Out	210m <sup>3</sup> /s	6,795MCM	233.8m
シリキット	基本的に In = Out	190m <sup>3</sup> /s	3,911MCM	135.6m

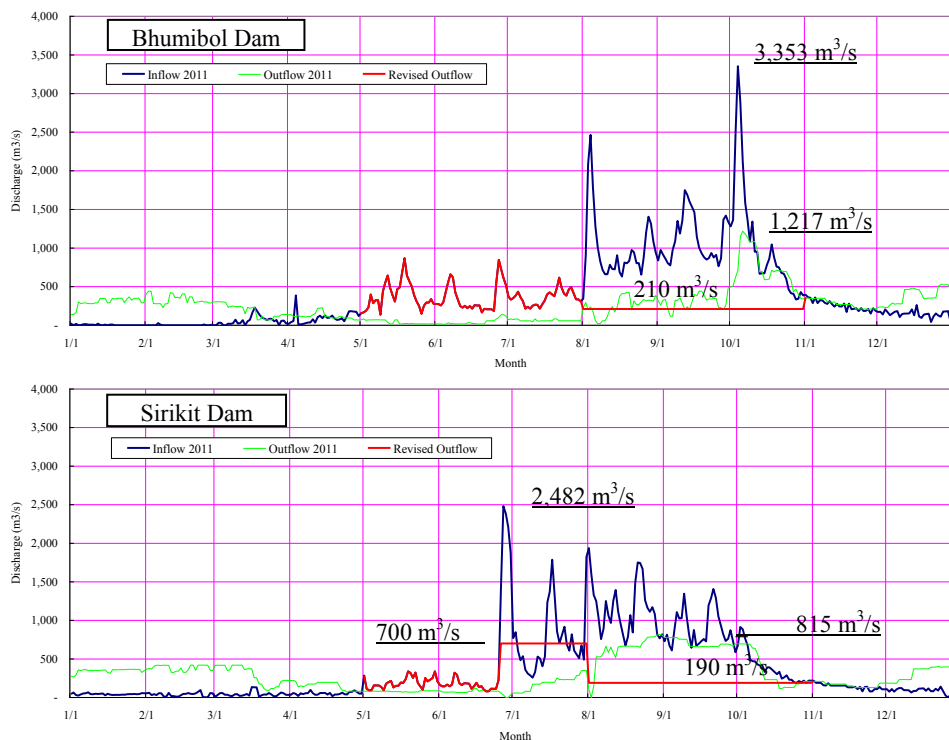


図 5.2.1 ブミポン、シリキットダムに提案する洪水防御のための運用ルール（2011年洪水）

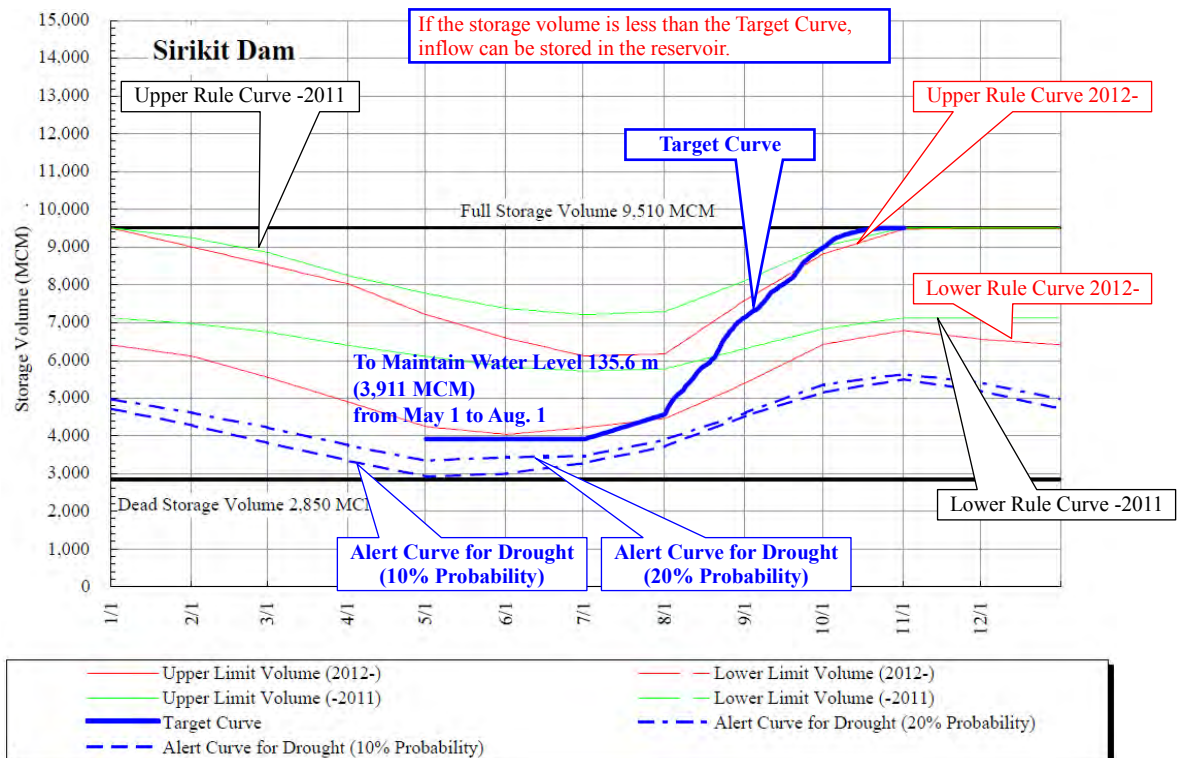
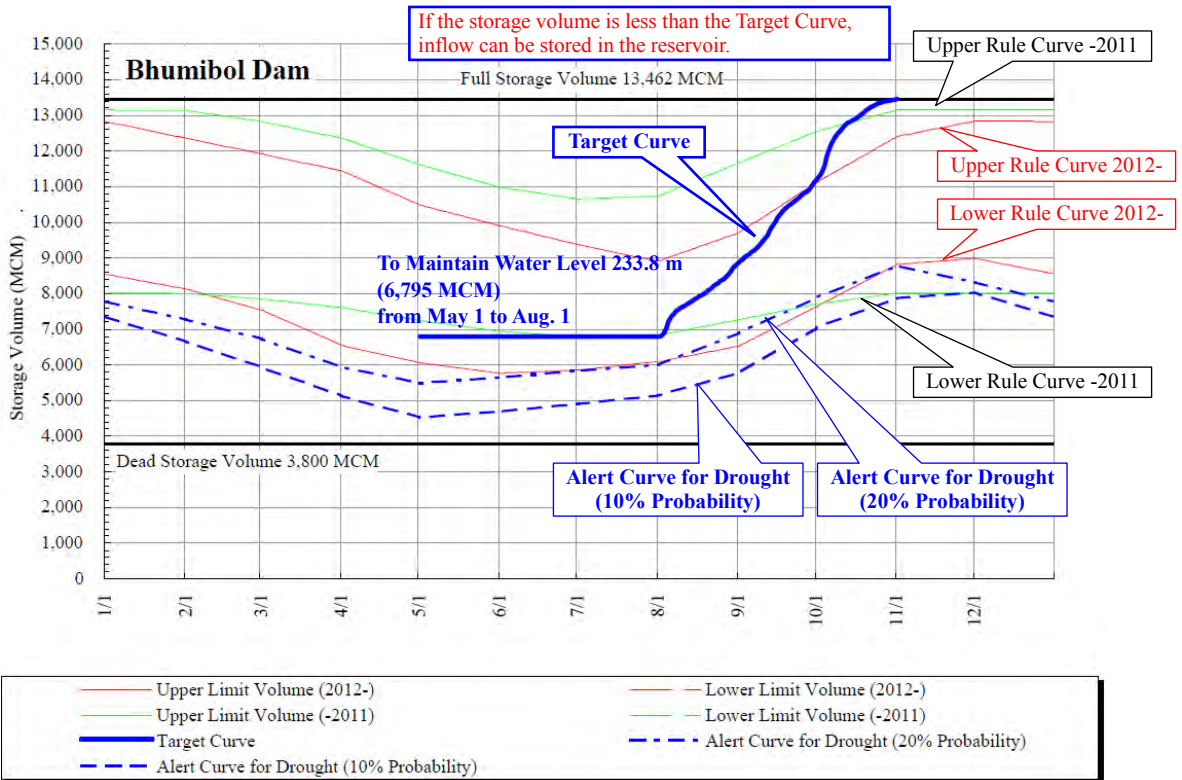


図 5.2.2 ブミポン及びシリキッドダムの Target Curve、Alert Curve for Drought

### 5.3 外郭環状道路放水路

この放水路は、(i) チャオプラヤ川のアユタヤからバンサイ間の水位、(ii) パサク川下流部の水位を下げる効果がある。また、水位低下に応じて優先防御地域周囲堤防の破堤リスクを軽減する効果がある。

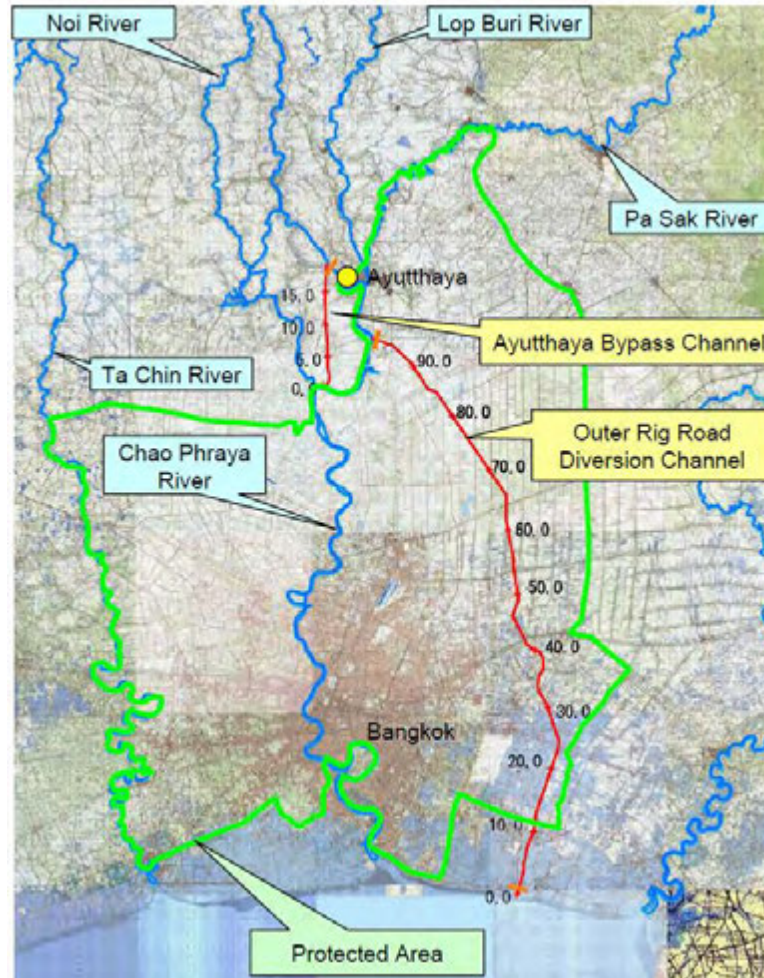


図 5.3.1 提案の外郭環状道路放水路

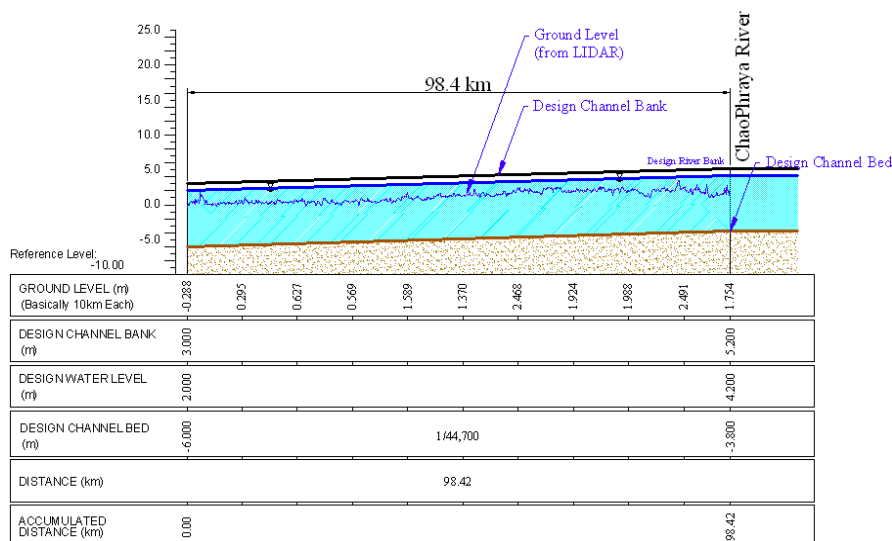


図 5.3.2 外郭環状道路放水路の縦断面図



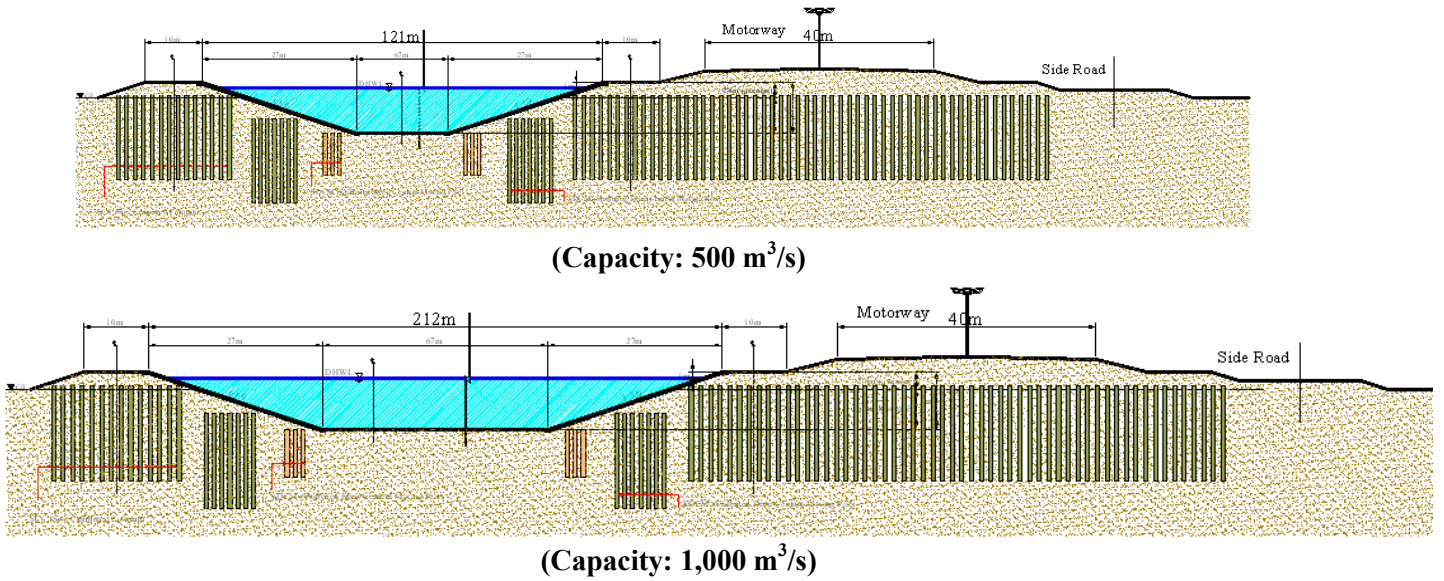


図 5.3.3 外郭環状道路放水路の横断面図

## 5.4 河川改修

### 5.4.1 河川の定義

現状のチャオプ Raya 川の河川幅は狭く、大規模な洪水に対応する流下能力は無い。本調査では、本堤間ではなく、二線堤間を河川とし改修の対象とする。二線堤が低い、また、堤防が脆弱な区間の存在は治水安全上重要な問題である。制御できない氾濫を防止するには、これらの脆弱区間を判別し改修することが必要である。

本堤間の河道は二線堤間の河道に比べて著しく狭いため、本堤を対象に堤防高上を行なう場合、非常に高い堤防が必要となる。

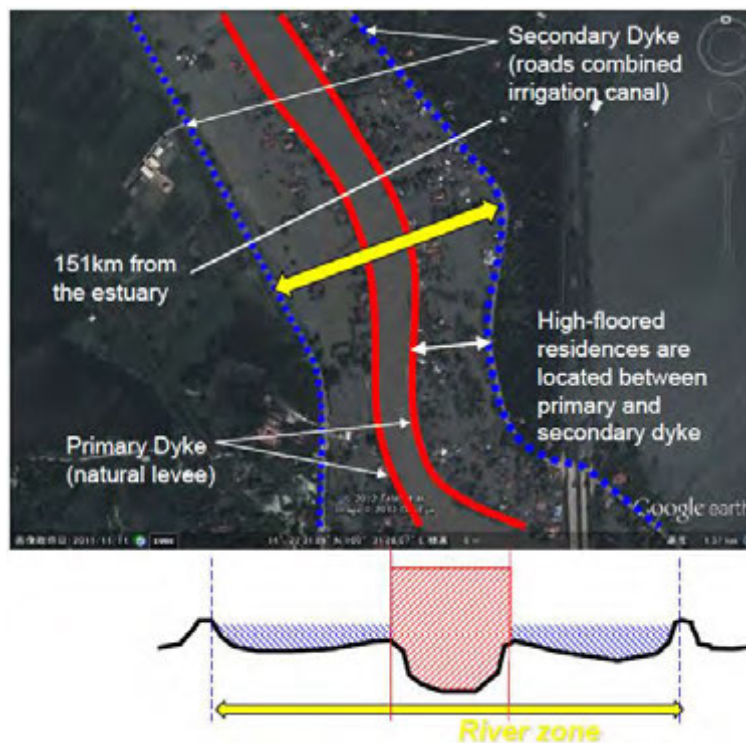


図 5.4.1 本堤と二線堤

### 5.4.2 チャオプラヤ川の河川改修

チャオプラヤ川下流部の縦断方向のパラペット堤の高さは、水平で階段状になっており、2011年洪水の最高水位よりも高いが、実際の水面勾配は傾きをもつ。加えて、パラペット堤の一部は、DHWLに余裕高（50cm）を加えた高さよりも低くなっている。DHWL+余裕高まで嵩上げを行う。

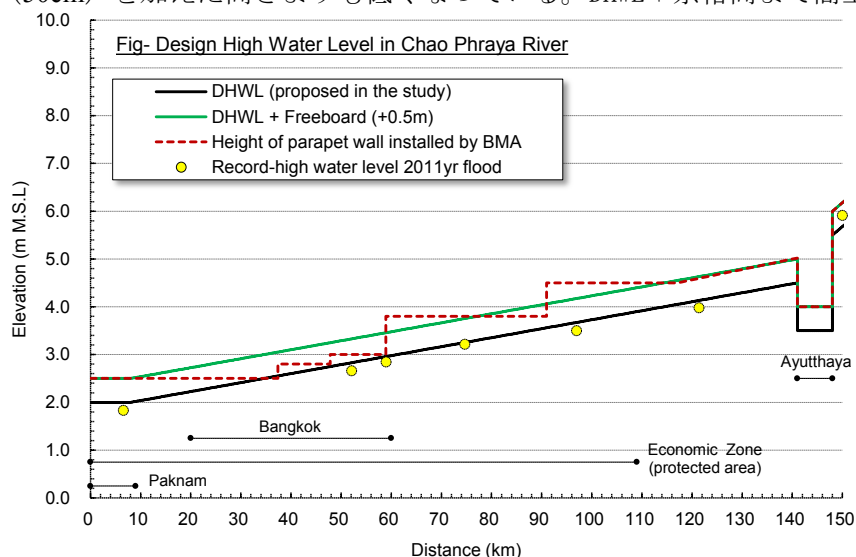


図 5.4.2 チャオプラヤ川下流パラペット堤

### 5.4.3 タチン川の河川改修

タチン川右岸の氾濫は、優先地域防御を目的として実施中のタチン川左岸堤防嵩上げにより、水量、水深が増加する。タチン川下流域の排水能力を高め、優先防御地域の洪水氾濫を防ぐために、以下の対策を採用する。

- i) 下記の4箇所の捷水路の実施
  - 1) 捷水路 1 : Ngue Rai-Taiyawat (現河道: 11.2 km、捷水路: 2.0 km)
  - 2) 捷水路 2 : Hom Gret-Tha Tarad (現河道: 10.7 km、捷水路: 1.9 km)
  - 3) 捷水路 3 : Sam Phan-Krathum Ban (現河道: 21.5 km、捷水路: 4.9 km)
  - 4) 捷水路 4 : Ban Paew (現河道: 5.1 km、捷水路: 1.2 km)
- ii) 河口 (Samut Sakhon Province, Mueang Samut Sakhon) から 90 km 地点 (Nakhon Pathom Province, Nakhon Chai Si) までの左岸側に堤防又はコンクリートパラペットを建設する。
- iii) 90 km から 141 km 地点 (Suphan Buri, Song Phi Nong) までの左岸側既存二線堤を「DHWL+余裕高」まで嵩上げする。
- iv) ブンルー水路南側既存堤防を「DHWL+余裕高」まで嵩上げする。



図 5.4.3 タチン川の状況

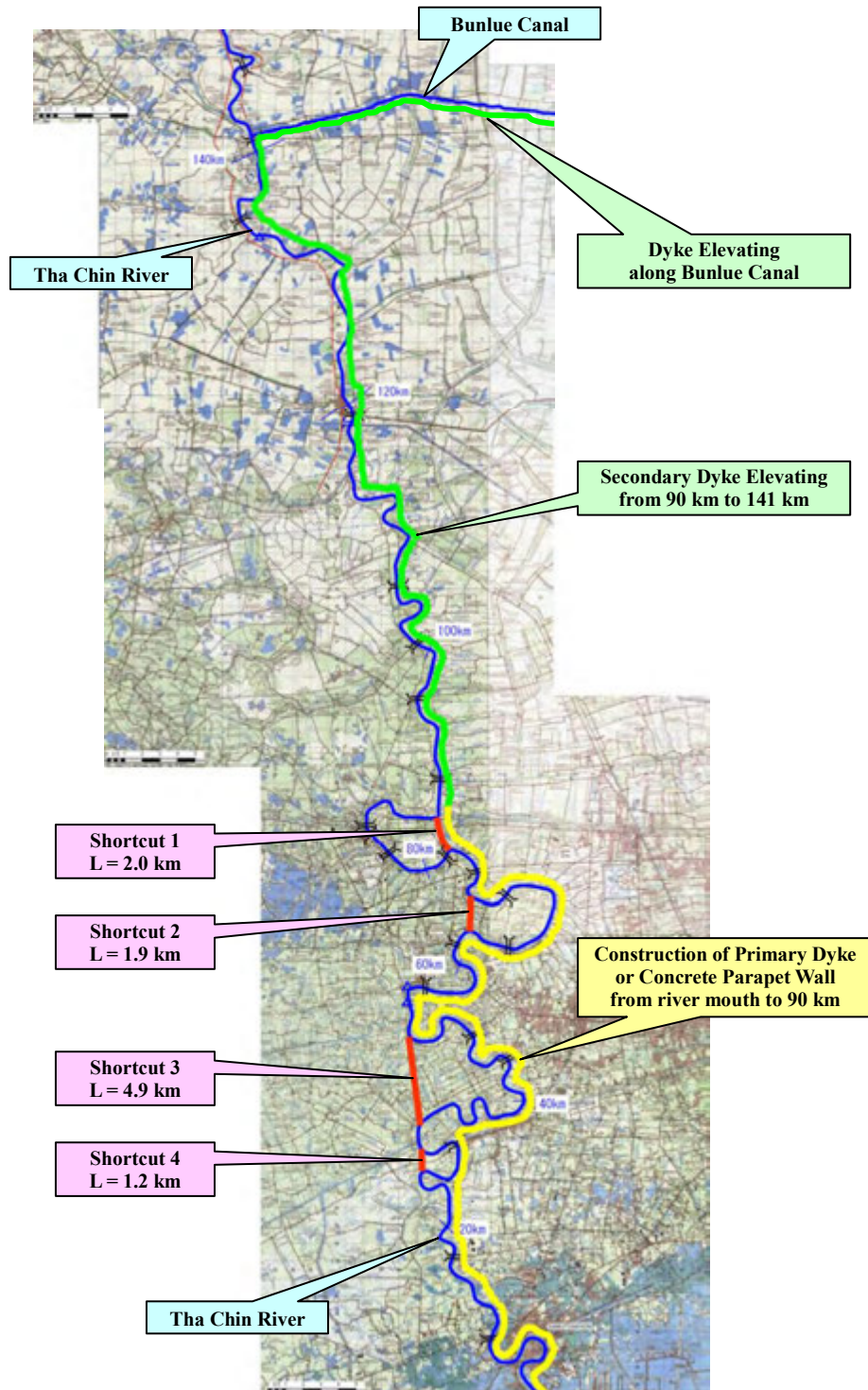


図 5.4.4 タチン川の河川改修

### 5.5 アユタヤバイパス水路

歴史的建造物（寺院等）が河川沿いに位置していることから、バンサイ-アユタヤ間の河道拡幅は極めて困難である。アユタヤバイパス水路は河道改修の代替案の一つである。バイパス水路は、アユタヤ（河口から 150 km 地点）からノイ川のチャオプラヤ合流点直上流（河口から 118 km 地点）に建設を計画する。このバイパス水路は、(i) アユタヤからバンサイのチャオプラヤ川の水位、(ii) パサク川下流部の水位の低下効果があり、また、水位低下に応じて優先防御地域周囲の破堤のリスクを軽減する効果がある。



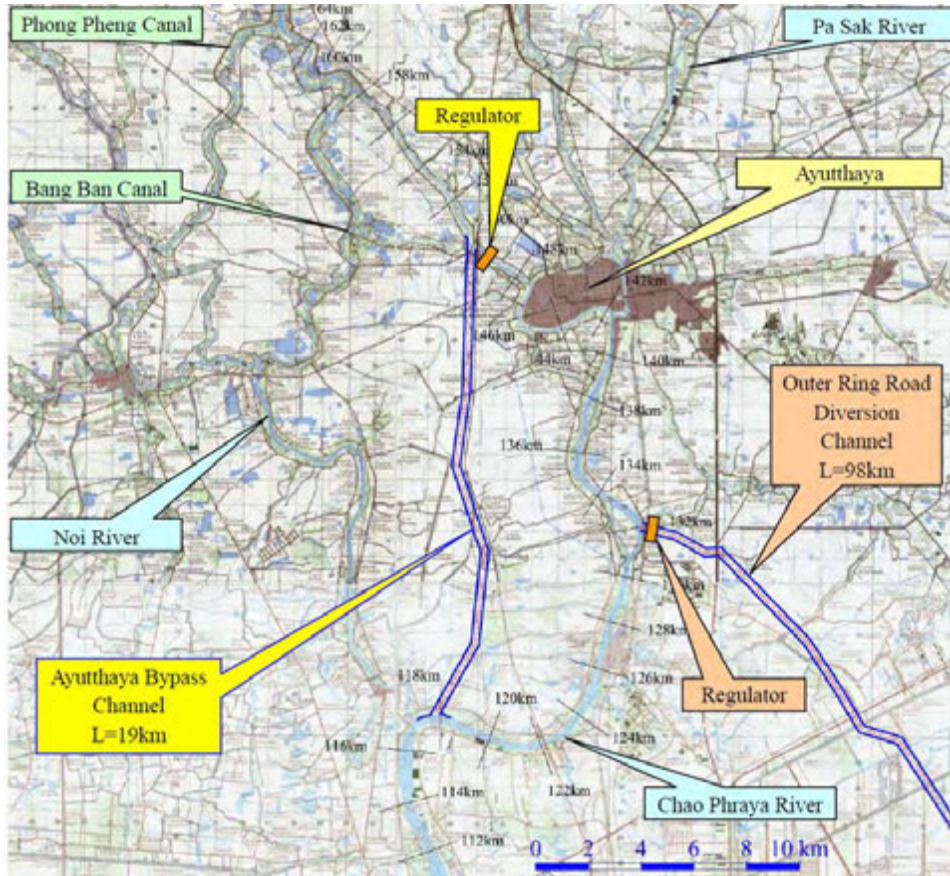


図 5.5.1 提案のアユタヤバイパス水路

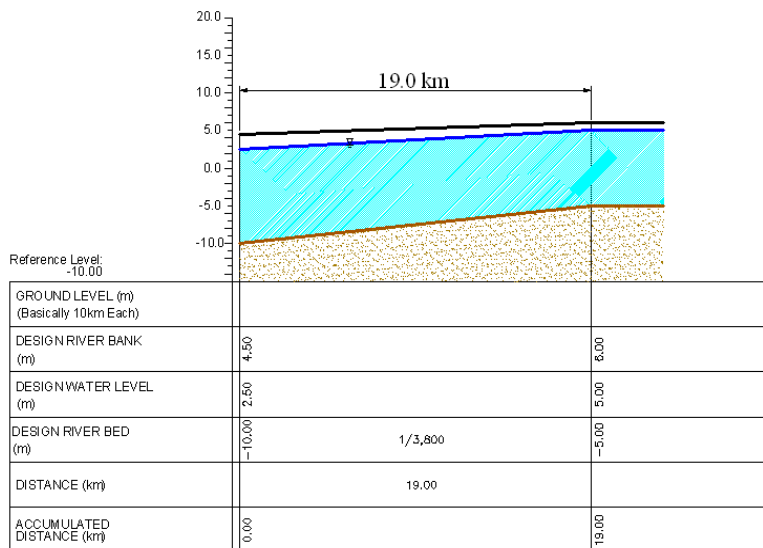


図 5.5.2 アユタヤバイパス水路の縦断面図

切土のり面は、シルト/粘土で構成されており非常に脆弱である。よって、水路のり面勾配を 1 : 3 としコンクリート枠工で保護する。また、切土のり面を強化するために、ソイルセメントパイル、深層セメント混合パイルを採用する。

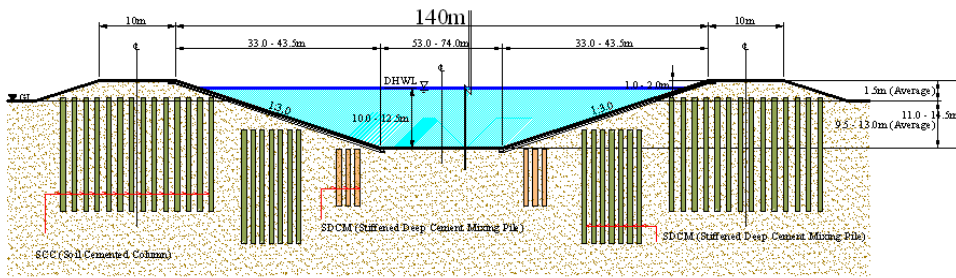


図 5.5.3 アユタヤバイパス水路の横断面図 (流量: 1,400 m<sup>3</sup>/s)

## 5.6 常襲氾濫地域

提案する対策組合せによるチャオプラヤ川下流の優先地域防御が、特別な地域を除く他地域の洪水被害ポテンシャルの増加をもたらしてはいけない。また、洪水に対する回復力は下記の活動で改善できる。これらの活動のある部分は既に具体化している。

- ・ 洪水管理情報システム
- ・ 土地利用規制と計画
- ・ 農業地域における適正な処置

信頼性が高く時を得た情報は、流域住民を安心させ経済活動の継続につながる。

「チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト Component 3」では、洪水予報システムを開発しており、情報はインターネットを通じて公開されている。

### 5.6.1 氾濫管理地域

土地利用の適正な規制によって、2011年洪水と同規模の氾濫を管理できる。予想される氾濫管理地域は、その特徴により5タイプに分けることができる。この区分により、明確な土地利用計画の作成、実施が可能となる。

- タイプ FS: 氾濫した洪水は下流に向かって流下する。氾濫水深は比較的浅く、氾濫時間も短い。
- タイプ FL: 氾濫した洪水は下流に向かって流下するが、嵩上げされた道路・築堤にブロックされる。優先防御地域との境界近くは2011年洪水よりも氾濫水深は深く、氾濫時間も長くなる。
- タイプ W: 優先防御地域の西側に位置し、Type FLからの洪水流及び西側丘陵地帯からの流出の流路となる
- タイプ M: 低湿地で、洪水期は常時湛水する。氾濫水深は深く、氾濫期間も長い。
- タイプ H: 東側の丘陵地帯からの小規模洪水で、氾濫水深は浅く、氾濫期間は短い。

洪水を貯留するのに広大な農地を使用することは避けられない。しかしながら、速やかな回復能力の強化により、被害と損失の軽減が可能である。「タイ王国農業部門洪水対策プロジェクト」は、この課題に対する支援と対策推進を実施している。



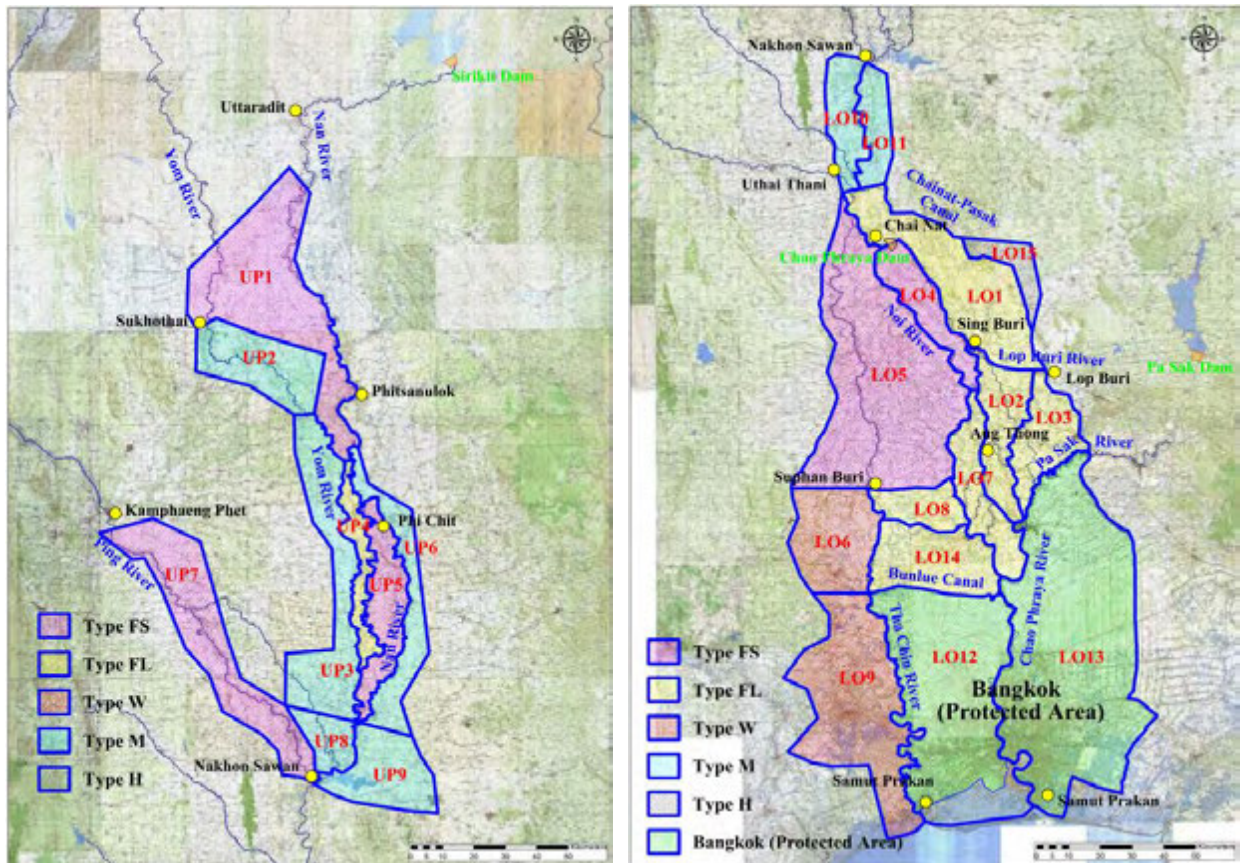


図 5.6.1 氾濫管理地域（チャオプラヤ川上流域及び下流域）

これらの低平地は、洪水の遊水機能と下流の洪水位を低減する重要な機能を持つ。大規模な治水施設建設の有無に関わらず、氾濫管理地域はこの機能を維持し、洪水災害リスクを軽減しなければならない。洪水と共生しつつ住民の生活環境を高めるために、氾濫管理地域に対する構造物対策及び非構造物対策が必要である。

### (1) タイプ FS

#### 構造物対策

- ・ 政府による遊水地/調節池施策の強化
- ・ 小河川、湖沼の浚渫
- ・ 小規模灌漑施設（ゲート、堰等）の改修
- ・ コミュニティ・ベースの小規模調整池（流入・流出の制御施設、乾季の灌漑用水供給施設）の建設
- ・ 現況堤防の強化

#### 非構造物対策

- ・ 洪水氾濫被害を受けた農地の補償
- ・ コミュニティ・ベースのハザード・マップ及び土地利用規制の準備
- ・ 洪水氾濫源管理の準備
- ・ 作付け時期の変更などの農業指導

(2) タイプ FL

構造物対策

- ・ 政府による遊水地/調節池施策の強化
- ・ コミュニティ・ベースの小規模調整池（流入・流出の制御施設、乾季の灌漑用水供給施設）の建設
- ・ 排水路、湖沼の浚渫
- ・ 小規模灌漑施設（ゲート、堰等）の改修
- ・ 現況堤防の強化
- ・ 排水ポンプの設置（氾濫水深及び氾濫期間の低減）

非構造物対策

- ・ 洪水氾濫被害を受けた農地の補償
- ・ 作付け時期の変更などの農業指導
- ・ 氾濫期間の収入確保の対策（農業、漁業及び養殖等の併用）
- ・ 氾濫期間の飲料水確保の準備
- ・ コミュニティ・ベースのハザード・マップ及び土地利用規制の準備
- ・ 洪水情報、伝達、教育システムの改善

(3) タイプ W

構造物対策

- ・ コミュニティ・ベースの小規模調整池（流入・流出の制御施設、乾季の灌漑用水供給施設）の建設
- ・ 排水路、湖沼の浚渫
- ・ 小規模灌漑施設（ゲート、堰等）の改修
- ・ 現況堤防の強化と嵩上げ
- ・ 主要水路の改善（タイ湾への流下能力の増加）
- ・ 水路の維持（主要水路への排水能力の増加）
- ・ 排水ポンプの設置（氾濫水深及び氾濫期間の低減）

非構造物対策

- ・ 洪水氾濫被害を受けた農地の補償
- ・ 作付け時期の変更、Floating vegetable の導入などの農業指導
- ・ 氾濫期間の収入確保の対策（農業、漁業及び養殖等の併用）
- ・ 氾濫期間の飲料水確保対策
- ・ 家畜飼料確保の施策
- ・ コミュニティ・ベースのハザード・マップ及び土地利用規制の準備
- ・ 洪水情報の改善

(4) タイプ M

構造物対策

- ・ 低湿地を囲む既存堤防の強化

非構造物対策

- ・ 現況の遊水機能を維持する土地利用規制等の施策
- ・ 洪水情報、伝達、教育システムの改善

(5) タイプ H

構造物対策

- ・ コミュニティ・ベースの小規模調整池（流入・流出の制御施設、乾季の灌漑用水供給施設）の建設
- ・ 現況堤防の強化

非構造物対策

- ・ 洪水情報、伝達、教育システムの改善

5.6.2 洪水管理情報システム計画

洪水管理情報システムの詳細説明は、JICA Study Team（コンポーネント 3）が作成した“The Basic Plan on the Flood Management Information System”に記載されている。

プロジェクトの要約を以下に示す：

タイ洪水管理情報システム基本計画

情報は、構造物対策、緊急対策、防災意識向上等を含め、水資源管理の種々の分野をつなぐ最も重要な要素である。

タイ洪水管理情報システム基本計画は、情報の送り側ではなく受け取り側に重点を置いて策定した。計画は下記の 4 章で構成している：

- I. 現状と課題
- II. 洪水管理に於ける情報の機能
- III. 洪水管理システム構築の基本戦略
- VI. 洪水管理情報システムの具体策開発計画



One of Specific Measures: Facility Operation

- ・ 流域の主要施設（ダム、主要な堰及びゲート）運用状況は、河川及び水路の流量と共にモニターが必要である。
- ・ 施設の運用は、現在の水位及び流量情報を利用することによって、さらに効果的となる。
- ・ ダム、水門及びポンプ運転による下流状況のシミュレーションにより、被害軽減策の最適な選択が出来る。

JICA/FRICS 洪水予報システム

2012 年 9 月にプロトタイプの洪水予報システムを開発、2012 年洪水シーズン中、モニター登録者を対象に情報を発信している。実際的な適用については、タイ政府の関係者との議論を通して、必要な改善を加え、2013 年 1 月に広く一般大衆に公開した。今後、政府の専門家用に、更に機能を加えたバージョンが完成する。

水位・流量及び氾濫地域の予報は、RID、DWR 及び TMD の観測データ（雨量、水位、及び流量）及び気象予報データに基づき、RRI モデル又は H08 モデルシミュレーションにより行なっている。

極めて正確な氾濫地域の予測は、LiDAR データによる詳細な地形情報の活用と GISTDA の氾濫状況の衛星イメージによる調整の結果である。

### 5.6.3 土地利用規制

「3.1 タイ政府の洪水管理方針」で述べたように、主要対策実施後も流域内の洪水氾濫を避けることはできない。前述の 5 つの地域区分に従い、氾濫管理地域に於ける無計画な都市化を規制することにより、洪水被害を最小にし、氾濫によりもたらされる便益、特に農業利用を最大化する方法を見つけることが極めて重要である。土地利用規制計画は、5 つの地域区分氾濫状況を踏まえ、法的強制力を持ったものでなければならない。

#### (1) 土地利用規制の考え方

土地利用規制の考え方を以下に示す：

- 構想 1：住民の日常生活及び経済活動を維持、改善するために、常習的氾濫地域に対する最小限の対応として、効果的な土地利用規制を実施する。
- 構想 2：災害軽減の観点から数十年から 100 年規模の洪水氾濫地域の洪水被害を最小にする土地利用を推進する。
- 構想 3：厳しい洪水氾濫地域に居住する人々の生活の質を改善する対策を実施する。
- 構想 4：対策を実施する関係機関の全面的な調整の下に、対策実施のシステムを作る。

#### (2) 土地利用規制の具体的対策

##### (a) 既存システムの改正

氾濫危険地域では、氾濫の特徴に基づき、洪水被害を最小化する土地利用規制を適用すべきである。氾濫リスク評価の結果は氾濫に対する脆弱性の評価に使用する。土地利用規制は、省令として公布されている都市計画の規定の改正・廃止と平行して行なうことが必要である。

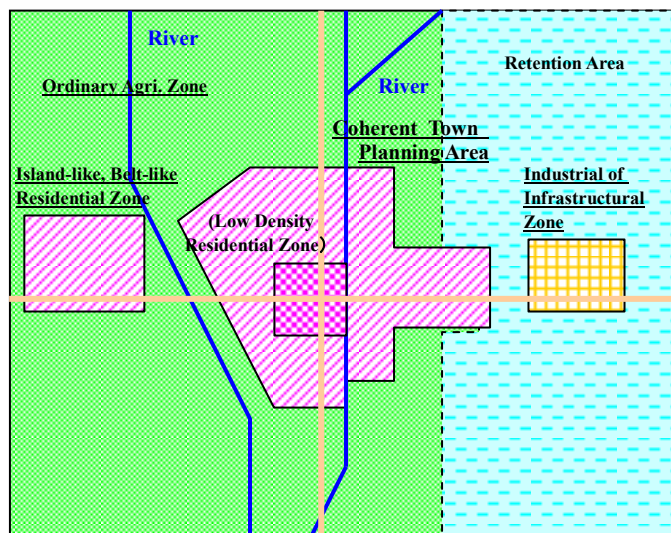


図 5.6.2 現在の土地利用のイメージ



表 5.6.1 土地利用規制の具体的対策の内容

氾濫地域の分類		都市計画区域	島状、帯状の住宅ゾーン	島状、帯状の産業、インフラゾーン	一般農業ゾーン	新しいゾーン指定
FS	短期間の比較的浅い浸水	基本は洪水防御; 現在のシステムを継続	現在のシステムを継続	現在のシステムを継続	現在のシステムを継続	現在のシステムを継続
FL	長期間の深い浸水		氾濫を管理; 地上階は非居住	基本は洪水防御; 住宅、商業施設は不許可	基本は洪水防御; 例外規定の廃止	不許可
W	優先防御地域の西に位置し、氾濫水の排水路となる		氾濫を管理; 地上階は非居住	基本は洪水防御; 住宅、商業施設は不許可	氾濫を管理; 地上階は非居住	氾濫を管理; 地上階は非居住
M	沼地、長期間の深い浸水		氾濫を管理; 地上階は非居住	基本は洪水防御; 住宅、宿泊施設は不許可	氾濫を管理; 例外規定の廃止	不許可
H	東側丘陵地からの小規模な洪水		現在のシステムを継続	現在のシステムを継続	現在のシステムを継続	現在のシステムを継続

(b) 土地利用を導く新しい対策：土地利用ガイドライン作成

更に洪水被害を軽減するために、洪水氾濫地域に土地利用ガイドラインを導入する。土地利用ガイドラインの導入は、土地の無償利用及び売却に対する抵抗を考慮し、洪水地域の特徴に基づいた“洪水減災のための土地利用ガイドライン”として実施される。

表 5.6.2 洪水の特徴による建築規制案

氾濫地域の分類		建築規制スキーム					
		住居、商業施設	産業インフラ	宗教、文化、教育施設	農業施設	公共施設	観光、レクリエーション
FS	短期間の比較的浅い浸水	Δ1	Δ1	○	○	○	○
FL	長期間の深い浸水	×	Δ1	Δ1	Δ1	Δ1	Δ1
W	優先防御地域の西に位置し、氾濫水の排水路となる	Δ2	Δ1	Δ1	Δ1	Δ1	Δ1
M	沼地、長期間の深い浸水	×	×	Δ1	Δ1	Δ1	Δ1
H	東側丘陵地からの小規模な洪水	Δ1	Δ1	○	○	○	○

土地利用規制のポリシー：  
 ○ 通常通り建設可能  
 Δ 条件付で建設可能、  
 Condition 1: 堤防、あるいは基礎の盛上げ  
 Condition 2: 地上階は非居住  
 × 新築、改築は禁止

(c) 現在のシステムによる土地利用の再配置

洪水地域はチャオプラヤ川流域の大半を占め、高密度居住地区は河川沿いに線状に広がっている。治水対策の実施により、氾濫水深は減少する。しかし、分類 FL、W 及び M 地区では 1.0 m 以上の氾濫水深が起こることが想定される。

- ・ 構造物（堤防又は洪水壁）により防御する地域
- ・ 盛土した土地へ再配置する地域、洪水の影響を削減したコミュニティ

この場合、道路や他の基盤施設の開発、土地区画の調整に従い、土地再調整に関する既存システムの適用が考えられる。

(d) 土地利用調整の強化

洪水災害リスク低減の観点から異常洪水時の協力を確保するために、協議体として“洪水常襲地域の土地利用調整委員会”（仮称）を設立、優先防御地域のような大規模な土地利用に関する政策及び洪水のリスクを考慮した洪水防御地域の土地利用を検討する。

【想定される委員会の構成及び調整内容】

委員会の構成員は、灌漑局（RID）、農業共同組合省（MOAC）、公共事業都市計画局（DPT）地方道路局（DOR）、高速道路局（DOH）、内務省（MOI）、経済社会開発局（NESDB）、工業省（MOI）他が、また、調整内容は以下のように想定される：

- ・ 地域の位置の設定は氾濫予測を基に行なう
- ・ 脆弱性の評価は氾濫予測に基づいて行なう
- ・ 減災による効果
- ・ ガイドライン他にに基づき洪水対策の助言

5.6.4 農業地域の適切な処置

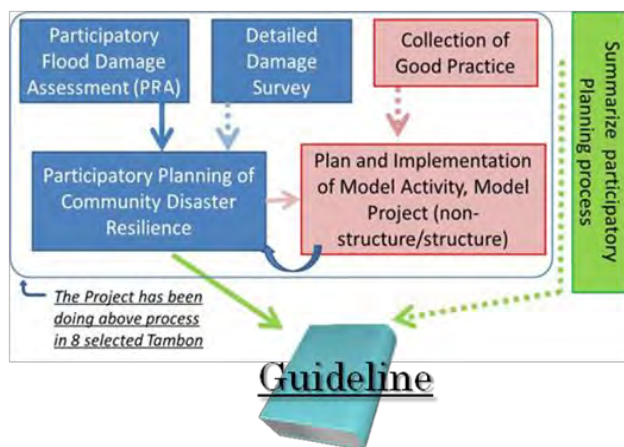
農業地域の適切な処置について詳細な説明は、“Project for Flood Countermeasures for Thailand Agricultural Sector” に述べられている。

このプロジェクトの目的は、将来チャオプラヤ川流域全体に適用される『災害からの回復力のある農業及び農業社会のためのガイドラインの作成』である。コミュニティの回復力の育成が優先事項であり、これによりコミュニティは、過去の災害から学習しその能力を高め、リスク削減策を促進することが出来る。また、災害にうまく対応し、被害が発生した際に被害からの回復を試みる。

“Sufficiency Economy” がガイドライン作成の中心的概念である。

コミュニティレベルのアプローチは、災害リスク軽減の妥当性、有効性及び持続性を高めると考えられる。従って、災害回復計画の過程では、コミュニティの様々な社会的グループ（弱者グループを含めて）の人々の貢献が期待される。約 20 の対策は、構造物対策から他の収入を生み出す活動である作物栽培技術の紹介まで様々であり、7モデル地域においてパイロット活動として試験的に導入された。実施を通して得られた知見は、議論の中で要約され、技術資料及びコミュニティケーススタディとし取りまとめられる。

ガイドラインは、i) コミュニティーベースの災害管理、ii) コミュニティーにおける水資源管理、iii) 農業における洪水被害軽減策、iv) 所得創出、v) コミュニティー強化に関して取りまとめられ、チャオプラヤ川流域の洪水危険地域で物理的、社会的及び文化的な状況に応じて、地方政府の支援の下に、Tambon レベルの災害回復計画の作成に利用されることが期待される。



## 5.7 気候変動と高潮に関する考察

### 5.7.1 気候変動による海面上昇

タイにおける気候変動の影響に関しては幾つかの調査がある。2009年の世界銀行（WB）の報告書<sup>2</sup>によると、2050年に降雨の増加は2～3%、海面上昇は19～29cmと予測されている。2010年のSoutheast Asia START Regional Centerの調査<sup>3</sup>では、2045-2065のチャオプラヤ川流域の年降雨の増加は10%、2010～2029年、2030-2049年のタイ湾の海面上昇は、それぞれ平均9.4cmで最大17cm、平均20cmで最大28.9cmと予測している。

また、これまでの気候変動の調査によると、タイ湾の海面上昇は全球の海面上昇の平均と大きな相違はない。下記の図はチャオプラヤ川下流の海面上昇30cmの場合の流下能力低減を示している。流下能力は海面上昇の影響を受けることから、次の段階の更なる考察が奨励される。

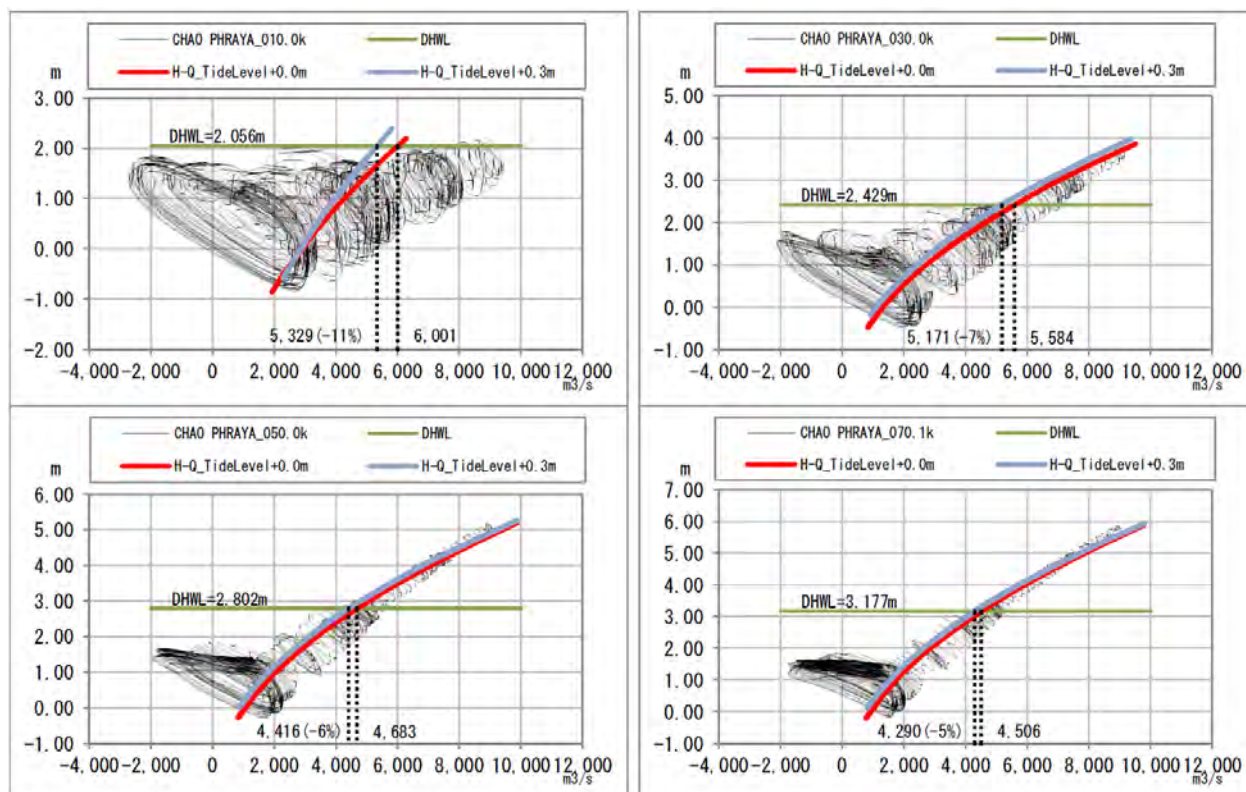


図 5.7.1 海面上昇 30cm の場合の流下能力低減

### 5.7.2 高潮

高潮は気象システム上の気圧低下（台風が典型的な例）による海面上昇である。タイ湾沿岸部は、歴史的に高潮の影響を受けてきた。

本調査では、バンコクを含むチャオプラヤ川流域の沿岸地域における高潮の危険性について解析を行なった。

高潮モデルを構築、台風 Gay（1989年）及び台風 Linda（1997年）の観測データを使ってモデルを検証した。この作成したモデルを用いて、台風 Linda と同規模の台風がチャオプラヤ川の河口を直撃するシナリオ（図 5.7.3 参照）について高潮のシミュレーションを行なった。

<sup>2</sup> Climate Change Impact and Adaptation Study for Bangkok Metropolitan Region, Panya Consultants Co., Ltd. March 2009

<sup>3</sup> Preparation of Climate Change Scenarios for Climate Change Impact Assessment in Thailand, Southeast Asia START Regional Center, January 2010



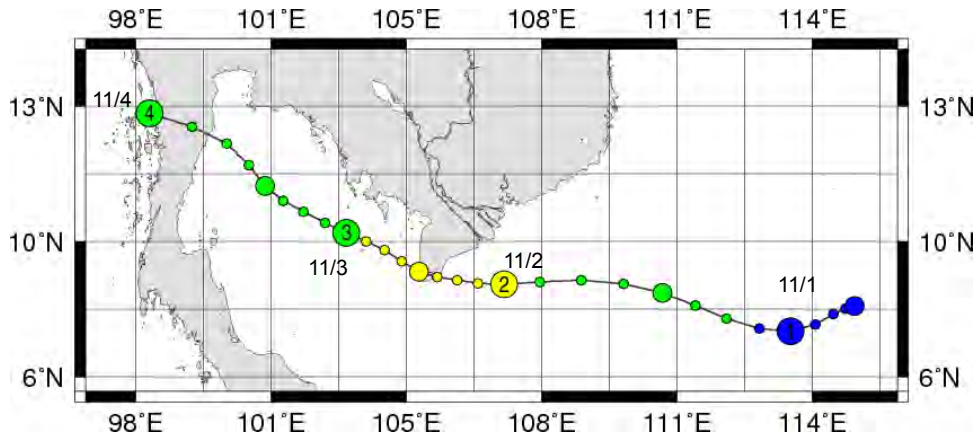


図 5.7.2 1997 年台風 Linda の経路



図 5.7.3 想定した台風ルート

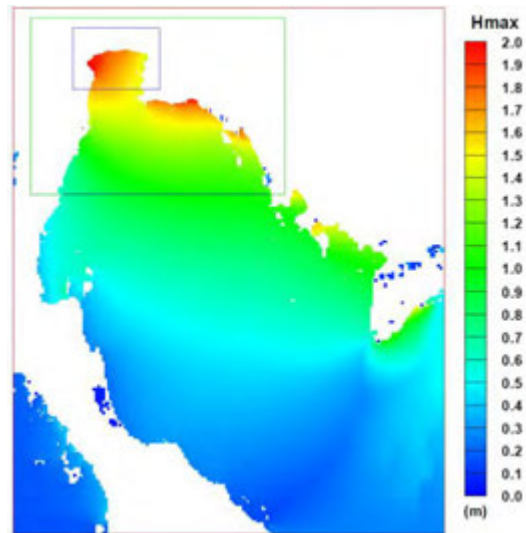


図 5.7.4 最大 2m の高潮 (計算結果)

更に、高潮で予想される河口の水位上昇を考慮した 2011 年洪水の氾濫シミュレーションを実施した。計算条件は下記の通りである。

- ・ 2011 年 10 月 30 日の河川水位最高時のタイミングで高潮による最高海面上昇が発生する。
- ・ 海面上昇は最高 2m (シミュレーション結果より、図 5.7.4 参照)、24 時間継続するものとする (図 5.7.5 参照)。
- ・ 2011 年洪水のシミュレーションは、i) チャオプラヤ川及びパサク川沿い優先防御地域周囲堤防嵩上げ、ii) 既存ダム運用の効率化、iii) アユタヤバイパス水路、iv) 外郭環状道路放水路の条件で実施する。

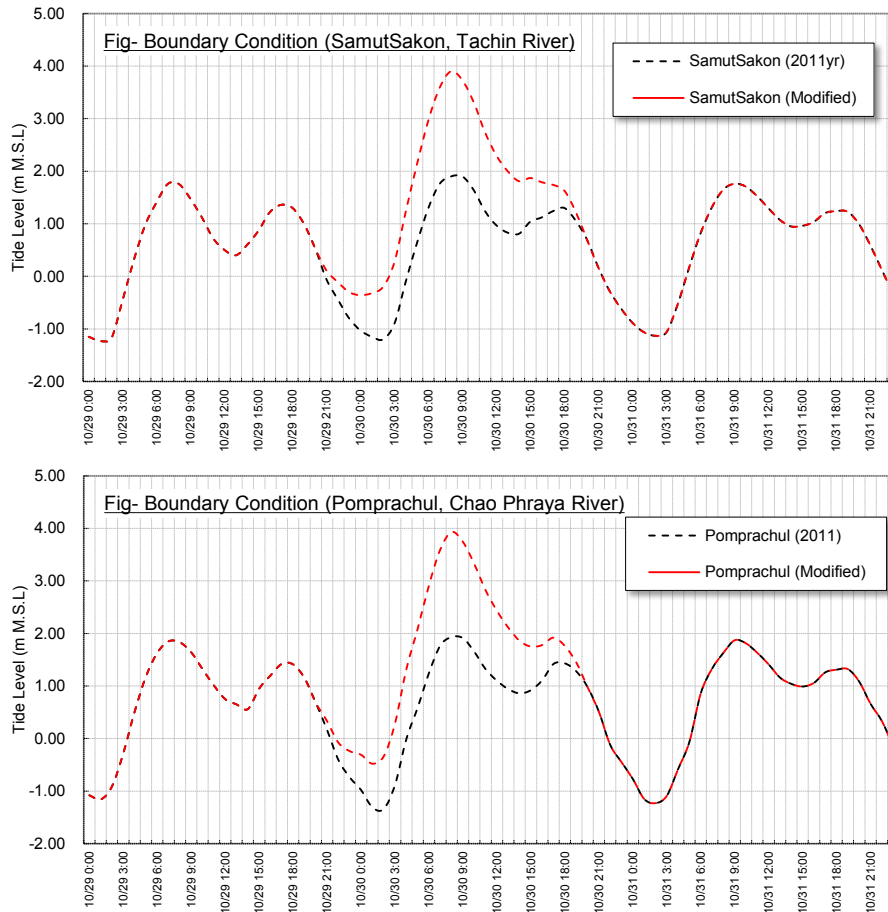
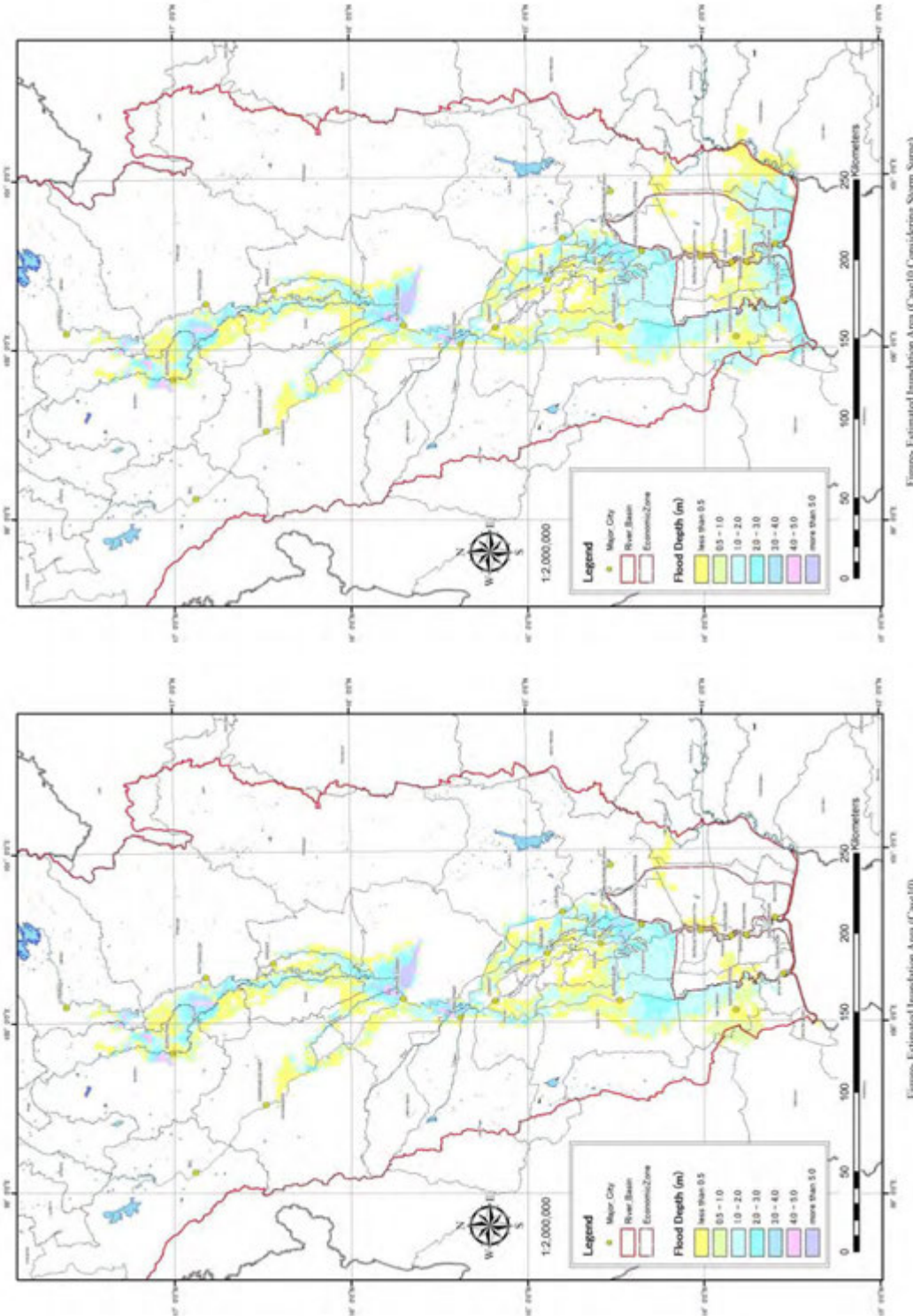


図 5.7.5 チャオプラヤ川及びタチン川の河口に適用した高潮位

推定氾濫地域を図 5.7.6、図 5.7.7 に示す。図はチャオプラヤ川流域の洪水に対する高潮の影響は無視できないことを示している。高潮による洪水氾濫原への氾濫ボリューム推定量は 3,600 MCM である。大規模な高潮には、海岸沿いの道路の嵩上げ、河道改修、防潮壁の建設等の対策施設が必要になる。



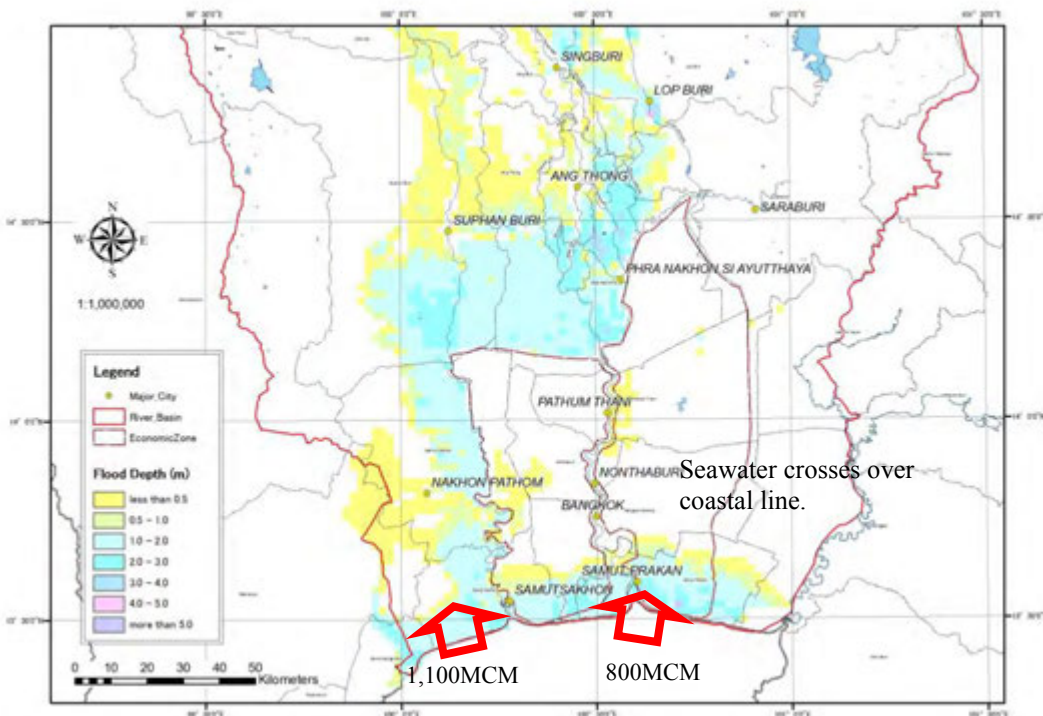


Without Storm Surge

With Storm Surge (Elevation of Sea Level by 2m)

図 5.7.6 チャオプラヤ川流域の想定氾地域

(October 30)



(October 31)

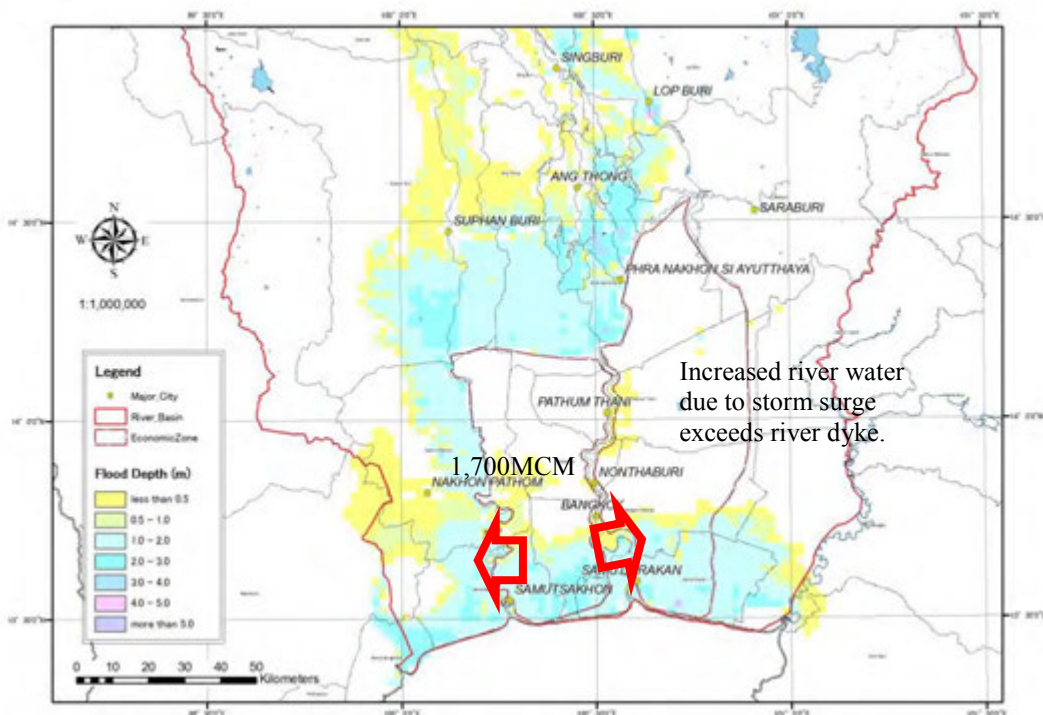


図 5.7 『高潮 2m+2011 年洪水』のケースのシミュレーション

## 第6章 事業効果と評価

### 6.1 事業効果

#### 6.1.1 計画洪水に対する事業効果

計画洪水に対する対策の組合せの効果について、洪水流量図による評価を行った。この流量図に示す値は二線堤を考慮した最大洪水流量であり、河道の流下能力ではない。計算期間は 2011 年 6 月から 12 月 31 日である。以下の 3 つの組合せについて検討している。

##### SCWRM M/P の組合せ

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 新ダムの建設
- 3) 遊水地・調整池の改善
- 4) 東・西放水路（流量 1,500m<sup>3</sup>/s）
- 5) 外郭環状道路放水路（流量 500m<sup>3</sup>/s）
- 6) 河川改修工事（タチン川改修は含まない）
- 7) 洪水予報

##### 提案の組合せ 1

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 外郭環状道路放水路（流量 500m<sup>3</sup>/s）
- 3) 河川改修工事（タチン川改修含む）
- 4) アユタヤバイパス水路（流量 1,400m<sup>3</sup>/s）
- 5) 洪水予報

##### 提案の組合せ 2

- 1) 既存ダム運用の効率化
- 2) 外郭環状道路放水路（流量 1000m<sup>3</sup>/s）
- 3) 河川改修工事（タチン川改修含む）
- 4) アユタヤバイパス水路（流量 1,400m<sup>3</sup>/s）
- 5) 洪水予報

各組合せの洪水流量図、浸水範囲及び浸水深（計算結果）を以下に示す。

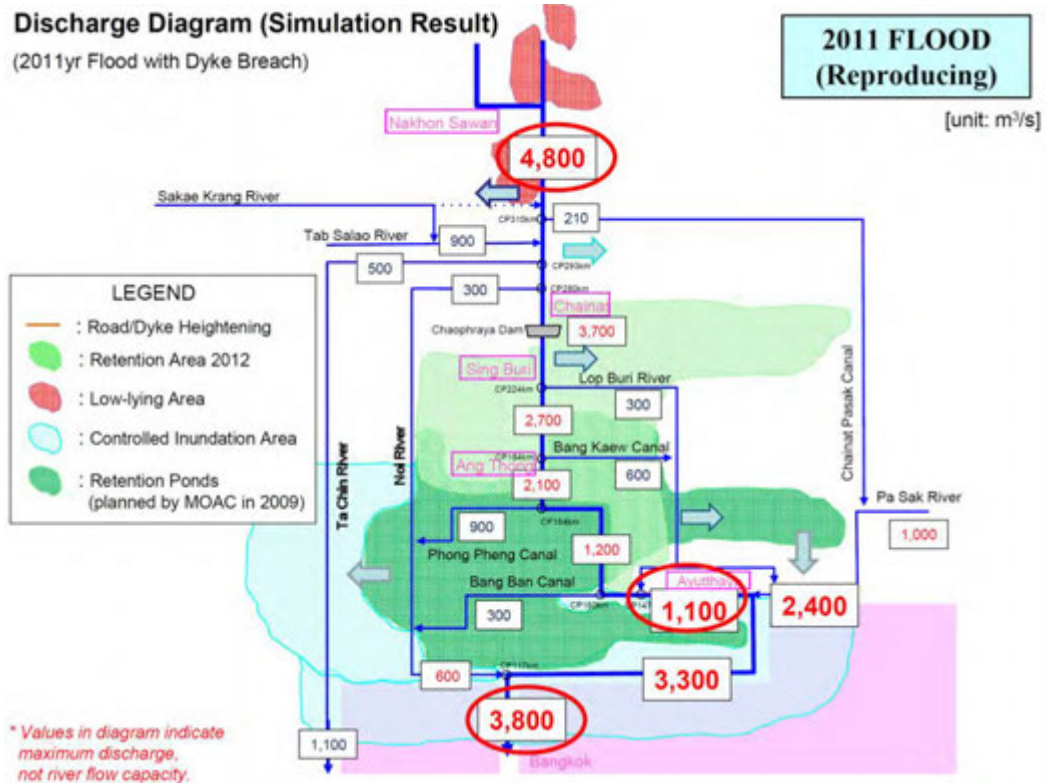


図 6.1.1 洪水流量図 (2011年洪水再現)

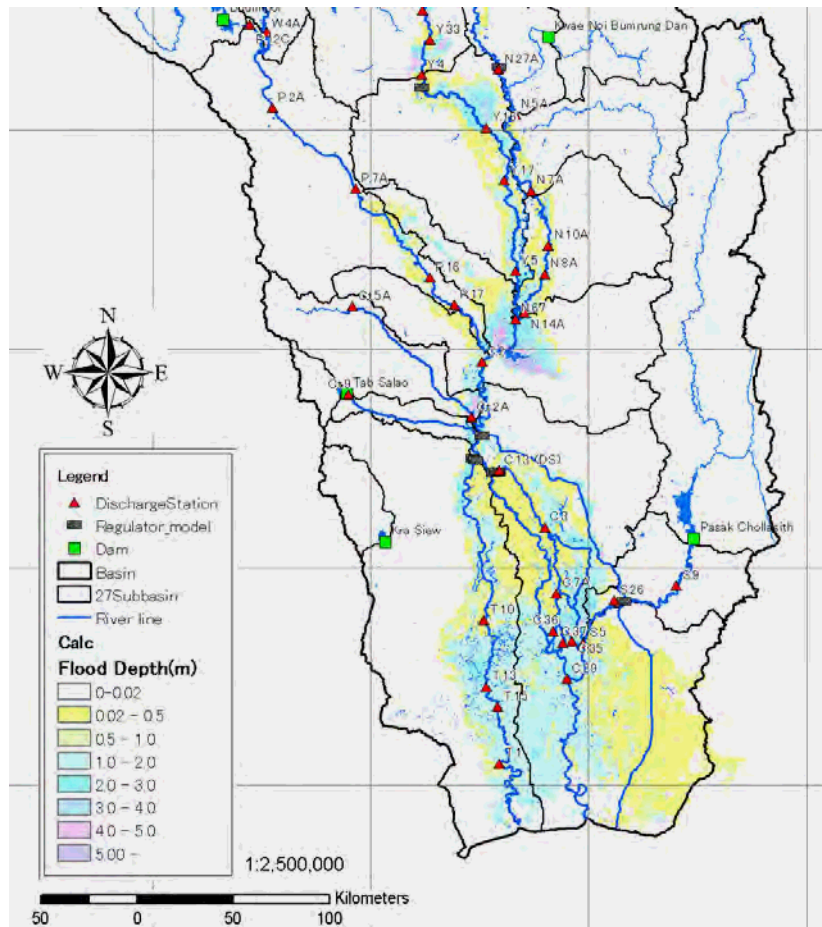


図 6.1.2 浸水範囲及び浸水深 (2011年洪水再現)



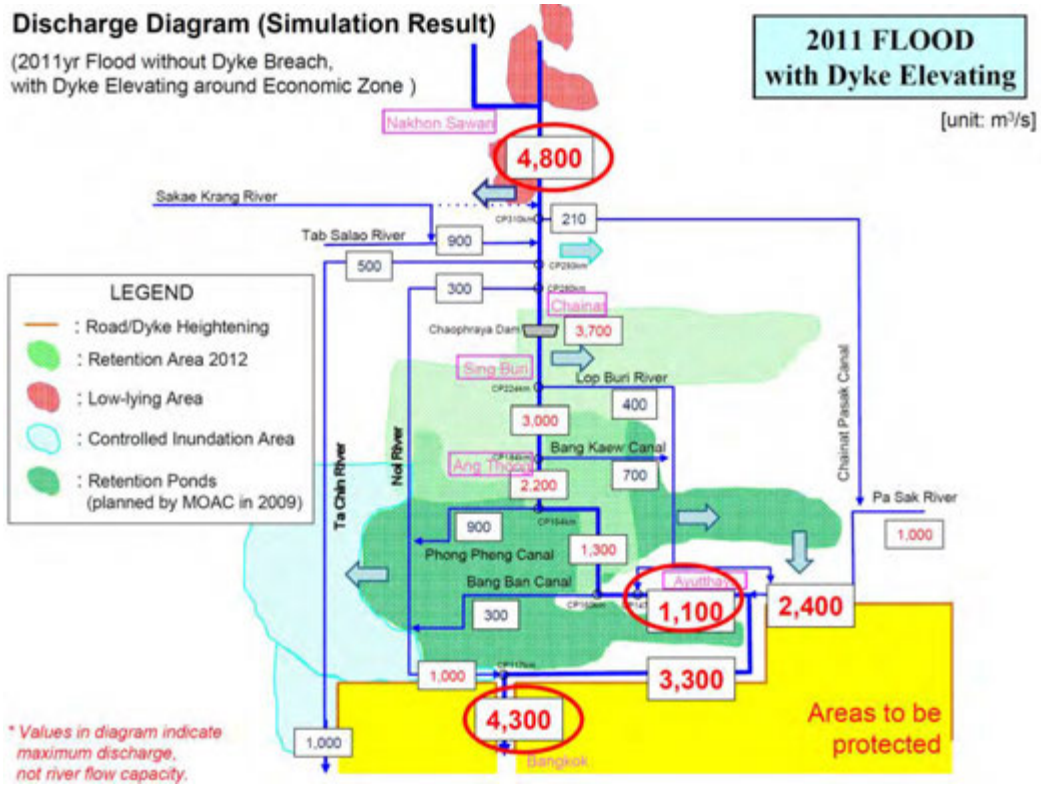


図 6.1.3 洪水流量図（優先防御地域周囲の堤防嵩上げ考慮）

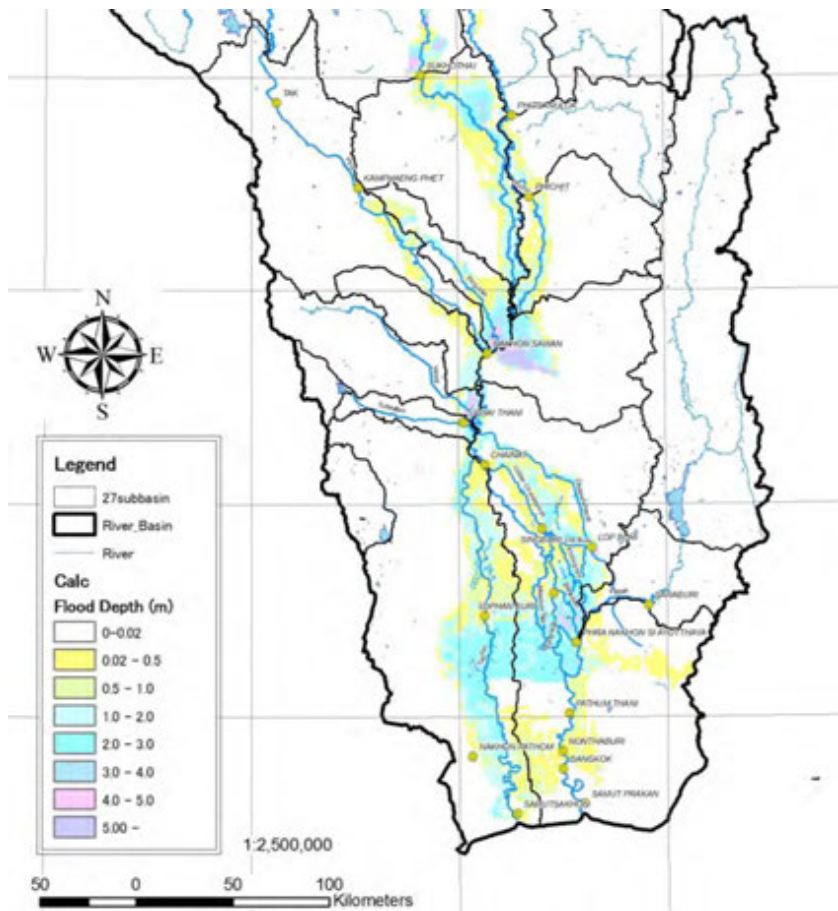


図 6.1.4 浸水範囲及び浸水深（優先防御地域周囲の堤防嵩上げ考慮）



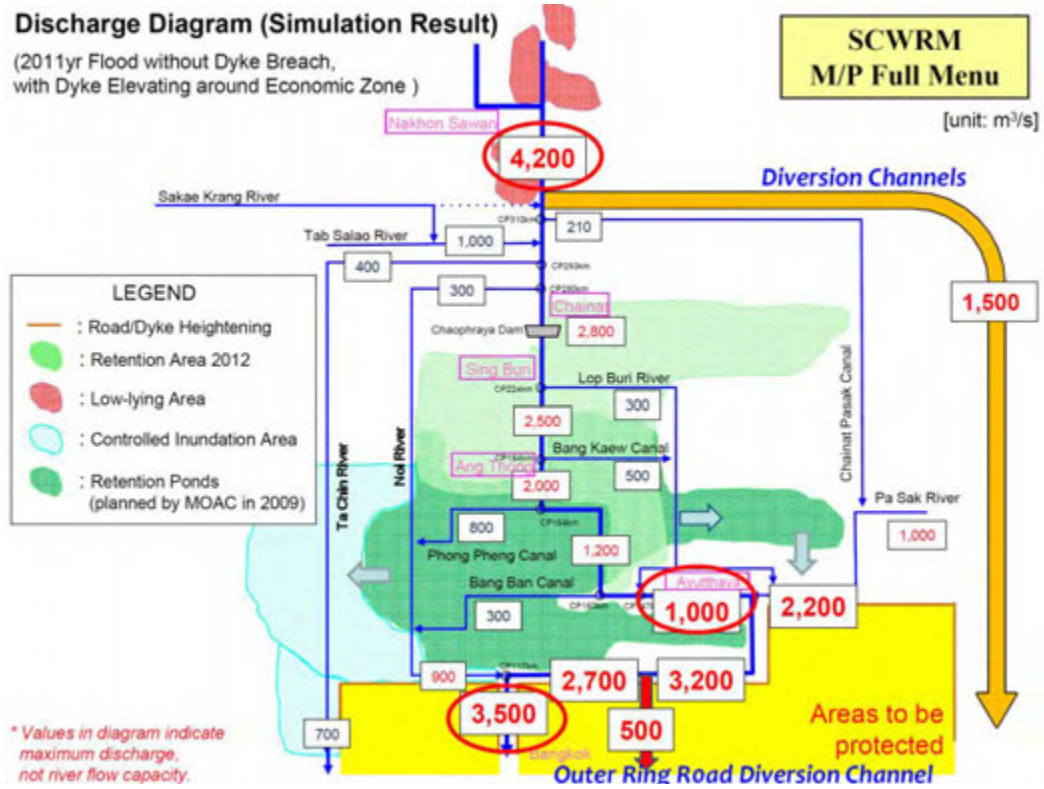


図 6.1.5 洪水流量図 (SCWRM M/P)

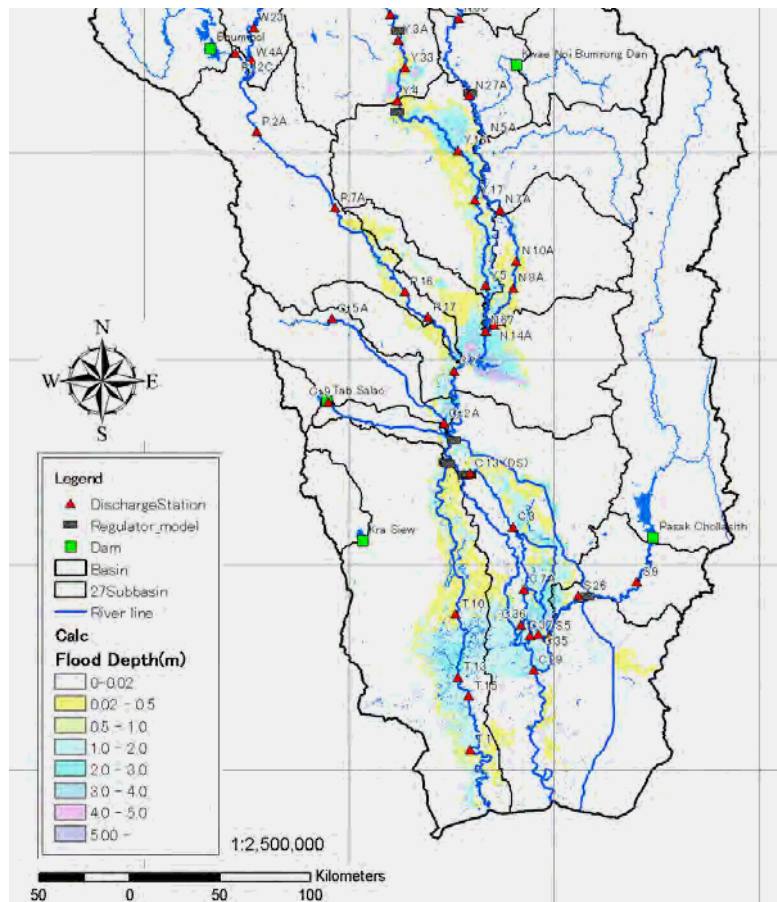
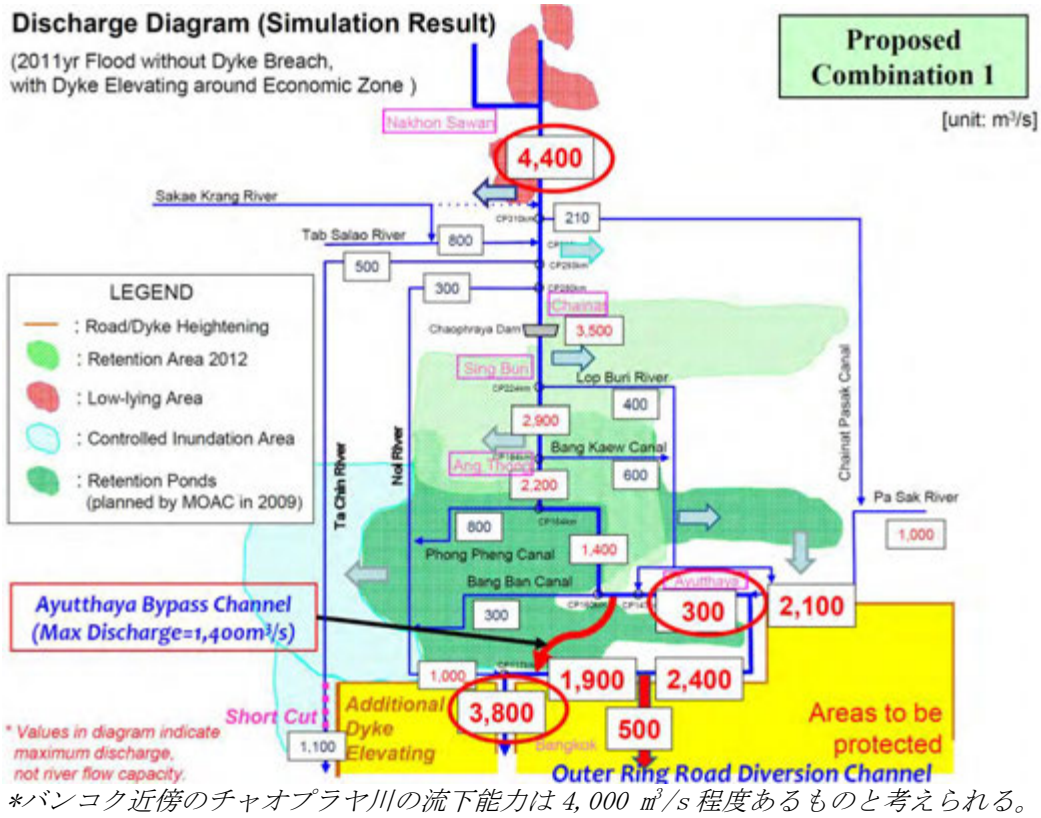


図 6.1.6 浸水範囲及び浸水深 (SCWRM M/P)



\*バンコク近傍のチャオプラヤ川の流下能力は 4,000 m<sup>3</sup>/s 程度あるものと考えられる。

図 6.1.7 洪水流量図 (提案の組合せ 1)

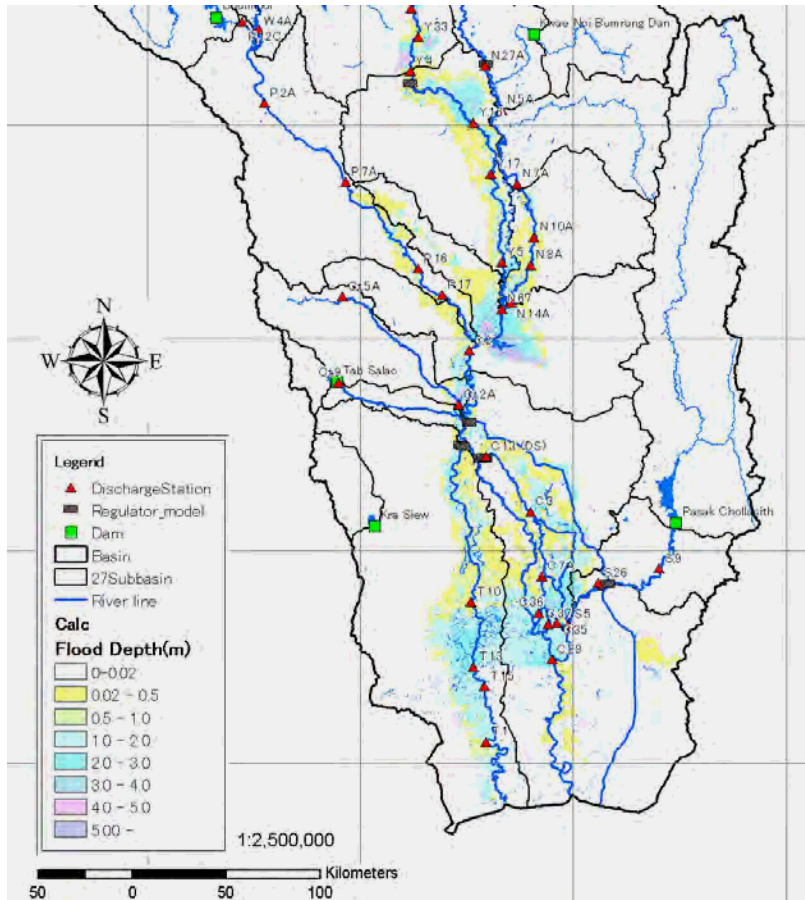


図 6.1.8 浸水範囲及び浸水深 (提案の組合せ 1)

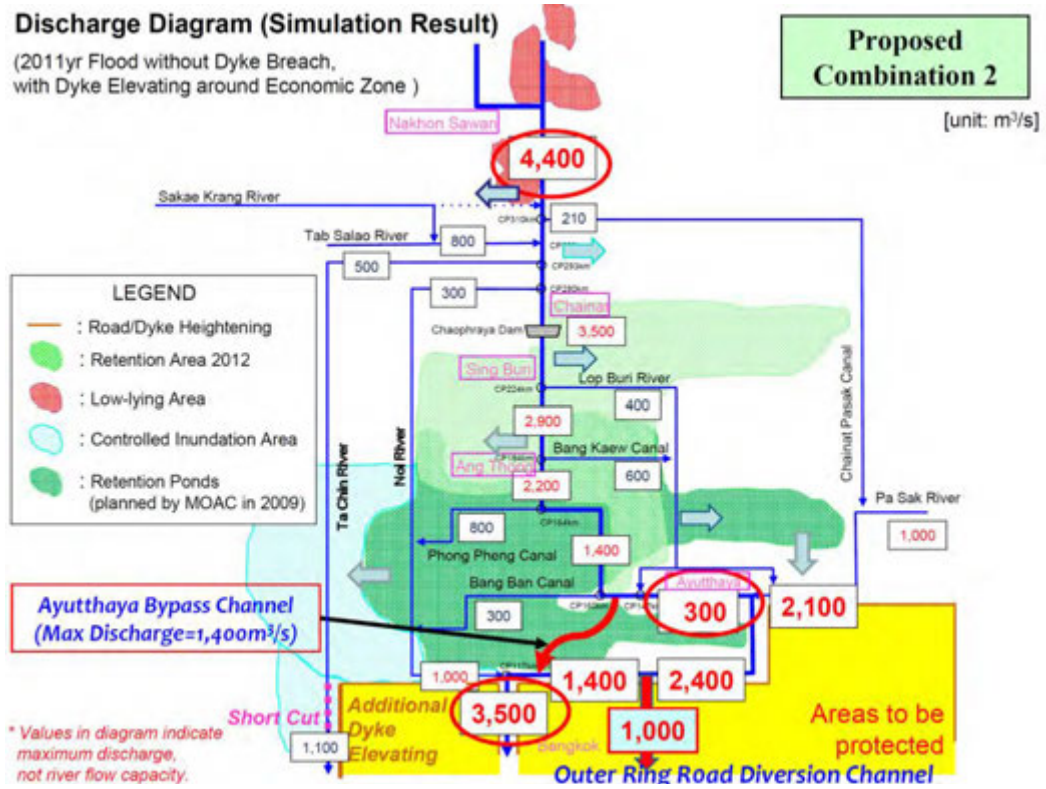


図 6.1.9 洪水流量図 (提案の組合せ 2)

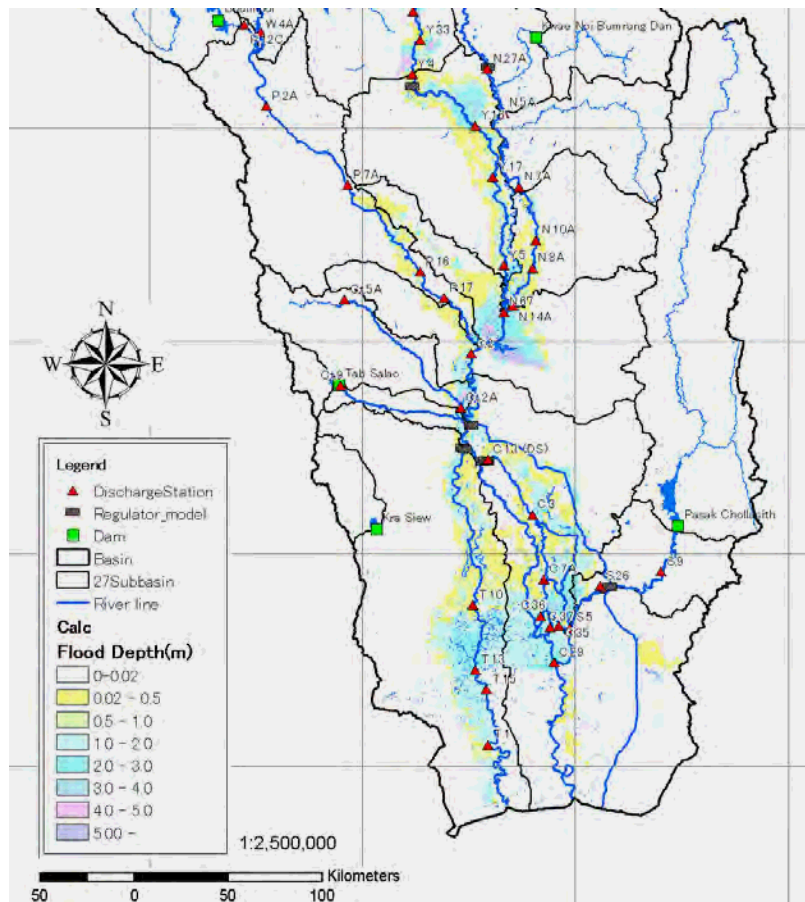


図 6.1.10 浸水範囲及び浸水深 (提案の組合せ 2)





新 TOR の組合せ

- 1) 既存ダムの運用効率化
- 2) 新ダムの建設 (7 ダム)
- 3) 遊水地・保留地域の改善 (ナコンサワン上流)
- 4) 東・西放水路  
(東放水路流量 300-400m<sup>3</sup>/s, 西放水路流量 1,200m<sup>3</sup>/s)
- 5) アユタヤバイパス水路 (流量 1,200m<sup>3</sup>/s)
- 6) 河川改修工事 (含むタチン川3箇所)の捷水路
- 7) 洪水予報

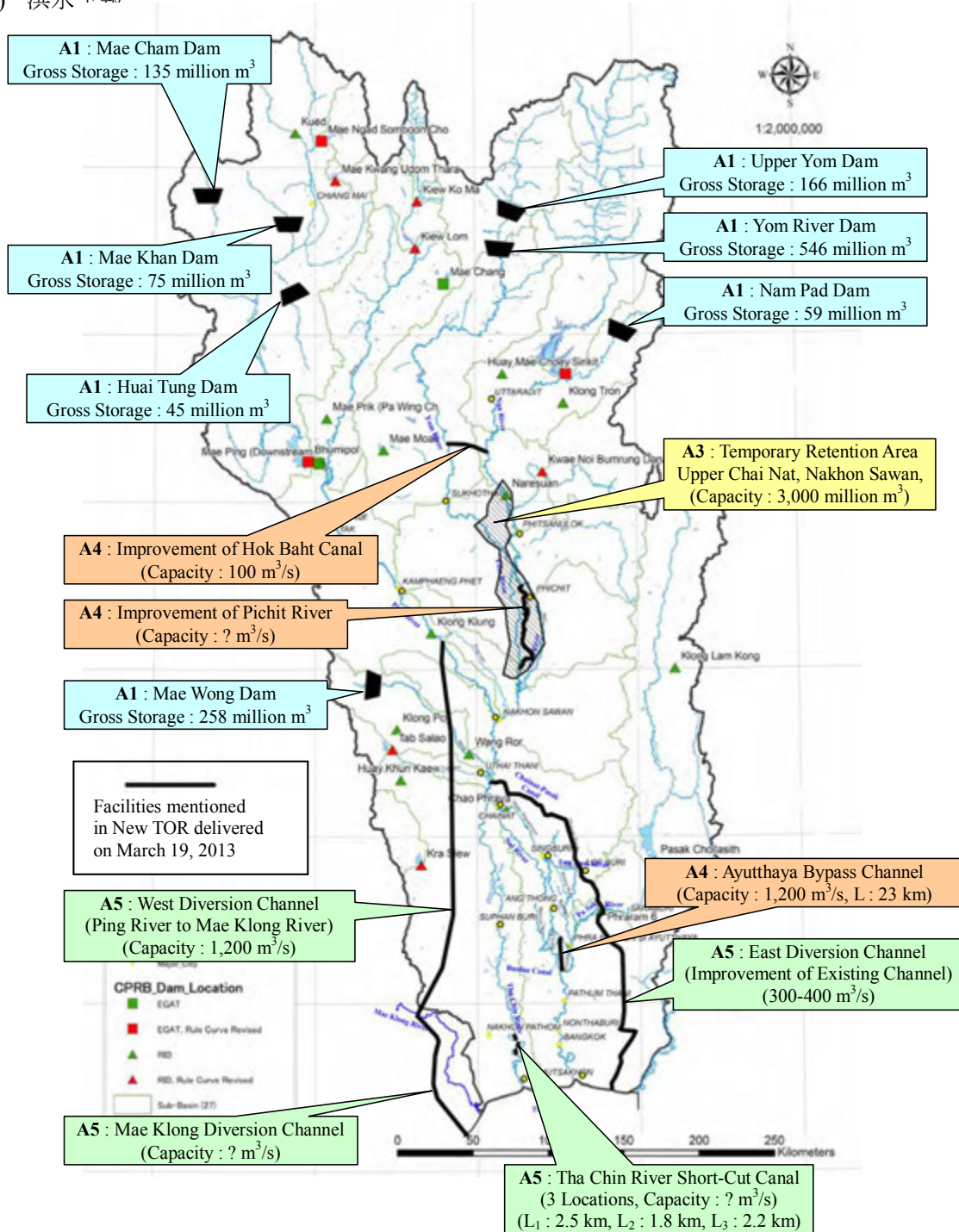


Figure 1 Layout of Facilities in New TOR delivered on March 19, 2013



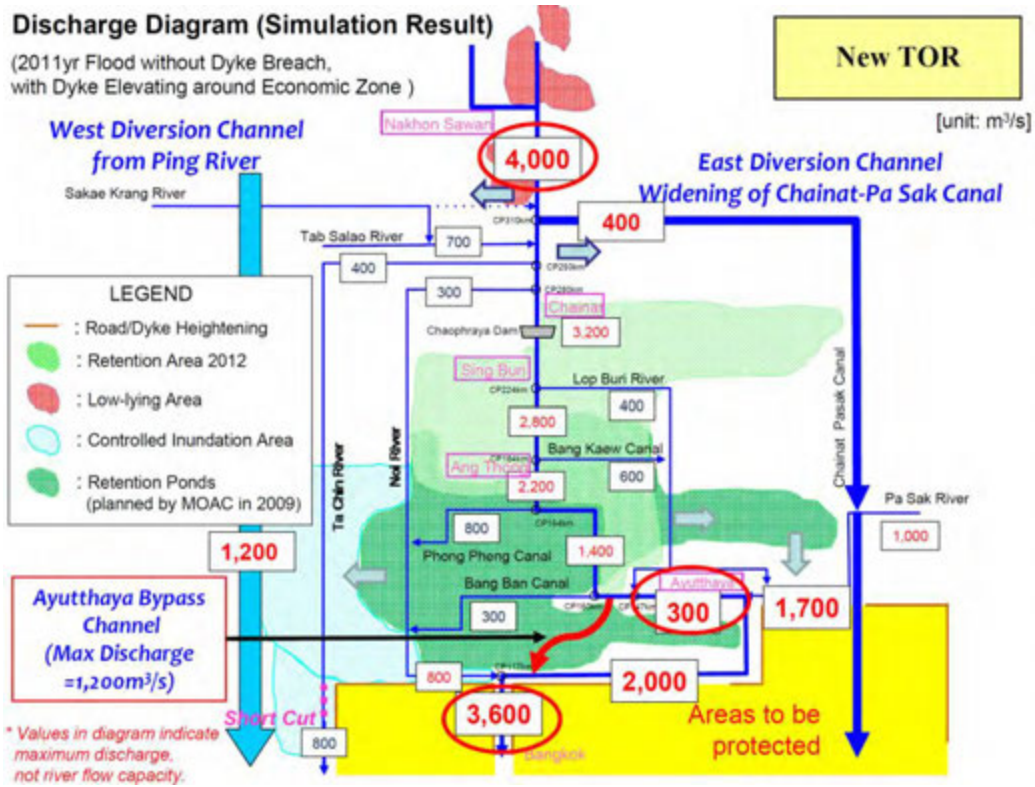


図 6.1.14 洪水流量図 (新 TOR)

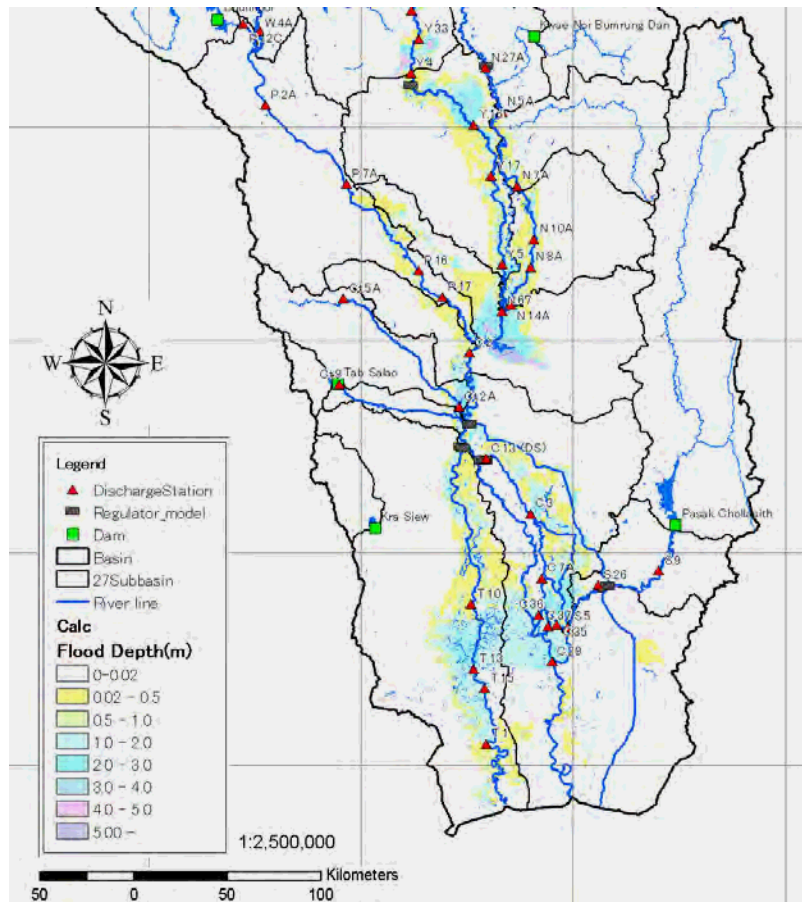


図 6.1.15 浸水範囲及び浸水深 (新 TOR)

6.1.3 他の降雨パターンに対する事業効果の検証

事業効果は、他の主要洪水の降雨パターン（1970年、1975年、1980年、1994年、1995年及び2006年）に対しても検証する。

表 6.1.1 評価対象の他の降雨パターン

洪水年	6ヶ月雨量 (mm)		ナコンサワン地点 ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)		備考
	ナコンサワン 上流域 [面積 = 105,000km <sup>2</sup> ]	全流域 [面積 = 162,000km <sup>2</sup> ]	観測値	計算値 (ダム無し)	
2011	1,483	1,390	4,686	6,857	計画洪水
1970	1,266	1,232	4,420	5,830	他の降雨 パターン
1975	1,254	1,166	4,336	5,535	
1980	1,255	1,207	4,320	5,839	
1994	1,313	1,168	2,533	4,268	
1995	1,262	1,230	4,820	5,612	
2006	1,375	1,266	5,450 *	6,385	

\* 2006年のピーク流量は5,450 m<sup>3</sup>/sと記録されているが、この年の最高水位は、2011年の最高水位よりもはるかに低い。2011年のH-Qカーブを用いると、2006年のピーク流量は、3,800 m<sup>3</sup>/sと推定される。

組合せ1及び2の他の降雨パターンに対して最大洪水流量を以下のように確認、事業効果が検証された。表 6.1.2は、他の年の実際の降雨に対する計算結果である。表 6.1.3は計画外力（2011年6ヶ月降雨量）と同じ量に引き伸ばした雨量に対するの計算結果である。

表 6.1.2 他の実際の降雨に対して事業効果の検証結果

洪水年	ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)									備考
	防御地域周辺堤防嵩上げ 対策無し			防御地域周辺堤防嵩上げ 提案の組合せ1			防御地域周辺堤防嵩上げ 提案の組合せ2			
	ナコン サワン	アユ タヤ	バン サイ	ナコン サワン	アユ タヤ	バン サイ	ナコン サワン	アユ タヤ	バン サイ	
2011	4,800	1,100	4,000	4,400	300	3,800	4,400	300	3,500	計画洪水
1970	3,600	1,000	3,500	3,200	300	2,900	3,200	300	2,400	他の降雨 パターン
1975	3,700	1,000	3,000	3,200	300	2,600	3,200	300	2,100	
1980	4,200	1,000	3,700	3,800	300	3,100	3,800	300	2,700	
1994	3,500	1,000	2,900	3,000	300	2,600	3,000	300	2,200	
1995	4,100	1,000	3,800	3,500	300	3,100	3,500	300	2,700	
2006	4,400	1,000	3,700	3,600	300	2,900	3,600	300	2,500	

表 6.1.3 2011年の6ヶ月降雨量に引き伸ばした雨量に対して事業効果の検証結果

洪水年	ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)									備考
	防御地域周辺堤防嵩上げ 対策無し			防御地域周辺堤防嵩上げ 提案の組合せ1			防御地域周辺堤防嵩上げ 提案の組合せ2			
	ナコン サワン	アユ タヤ	バン サイ	ナコン サワン	アユ タヤ	バン サイ	ナコン サワン	アユ タヤ	バン サイ	
2011	4,800	1,100	4,000	4,400	300	3,800	4,400	300	3,500	計画洪水
1970	4,300	1,000	3,900	4,000	300	3,500	4,000	300	3,100	他の降雨 パターン
1975	4,800	1,100	4,400	4,400	300	3,800	4,400	300	3,400	
1980	4,800	1,100	4,400	4,600	300	3,900	4,600	300	3,600	
1994	5,000	1,000	4,200	4,500	300	3,600	4,500	300	3,200	
1995	4,600	1,100	4,400	4,300	300	3,900	4,300	300	3,600	
2006	4,800	1,100	4,200	4,400	300	3,600	4,400	300	3,200	

## 6.2 費用、便益及びEIRR

### 6.2.1 費用

事業費は、2012年12月時点のタイ国内価格、タイバーツ (Thai Baht) を基本に算定する。適用した通貨交換レート (2012年12月28日の Bank of Thailand の売相場) を以下に示す。

- ・ 1 USD = 30.7775 Baht (1 Baht = 0.032 USD)
- ・ 100 JPY = 35.7960 Baht (1 Baht = 2.794 JPY)

事業費算定の結果を以下に示す。

表 6.2.1 事業費

項目	備考	能力 (m <sup>3</sup> /s)	事業費 (10億 Baht)		
			SCWRM M/P	提案の組合せ 1	提案の組合せ 2
C1	Re-foresting	-	NE *	NI **	NI
C2	Construction of New Dams	3 dams	71	NI	NI
C3	Land Use Control for Flood Area	-	NE	NI	NI
C4	Improvement of Retarding / Retention Areas	13 retention ponds	46	NI	NI
C5	River Improvement	River channel improvement	11	14 ****	14 ****
		Ayutthaya bypass channel (L=19km)	1,400	NI	18
C6	Flood Diversion Channel	West diversion channel (L=223km)	1,500	211	NI
		Outer ring road diversion channel (L=98km)	500	91	91
			1,000	-	-
C7	Operation Efficiency of Existing Dams	Bhumibol, Sirikit, Kwaee Noi, Pa Sak dams	-	NB ***	NB
C8	Flood Forecasting System	-	4	4	4
Price Escalation (2013 to 2020 or 2023)			-	74	16
<b>Total</b>			-	<b>508</b>	<b>143</b>

\* NE: 積算無し (SCWRM M/P には含まれている)

\*\* NI: 提案の組合せには含まれていない

\*\*\* NB: 予算準備は必要ない

\*\*\*\* タチン川改修を含む

Note 1: 事業費は、建設工事費、エンジニアリングサービス費、事務費、土地収用費、家屋移転費、予備費、物価上昇予備費、税金を含む。

Note 2: 本調査で提案している非構造物対策の費用は、上表の事業費に見込んでいない。

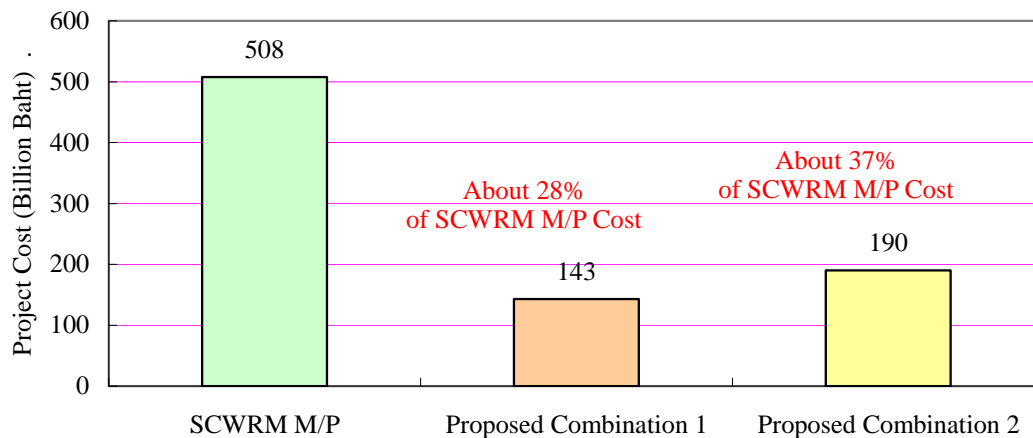


図 6.2.1 各組合せの事業費

### 6.2.2 便 益

洪水管理事業の便益は氾濫地域全体の洪水被害軽減額から算出する。



表 6.2.2 洪水被害の推定

洪水被害	推定方法
直接被害（工場資産）	直接被害は潜在的被害額に被害率（浸水深の関数）を乗じること で算定される。洪水シミュレーションにより、潜在的洪水被害地 域の2 kmメッシュごとに浸水深が計算される。
直接被害（一般家庭）	
他の直接被害及び間接被害	他の直接被害及び間接被害については、財務省及び世銀の調査結 果に基づき、全体被害額のうち比率により推定する。

洪水被害の推定方法を表 6.2.2 に示す。氾濫を引き起こす洪水は確率事象であり、推定される被害額は洪水の発生確率に基づく年期待値である。

表 6.2.3 影響地域の総資産の推定額

Item	工場			一般家庭		
	固定資産	在庫等資産	合計	家屋	資産	合計
影響地域の総資産 (10億 Baht)	2,167	844	3,011	1,638	1,064	2,702

Note 1: 影響地域の総資産推定額は、すべての組合せ（SCWRM M/P、提案の組合せ 1、2）に共通である。

### 6.2.3 EIRR、便益/費用比率及び純現在価値（NPV）

算定した費用、便益、EIRR、B/C 及び純現在価値を以下に示す。

表 6.2.4 EIRR、便益/費用比率及び純現在価値（NPV）

Case	EIRR	便益/費用 (B/C)	純現在価値 (NPV) (Billion Baht)
SCWRM M/P Full Menu	13 %	1.1	21
提案の組合せ 1	29 %	2.7	137
提案の組合せ 2	25 %	2.2	127

Note 1) 価格水準: 2012

Note 2) 評価対象期間: 2013 to 2050（事業の開始から 38 年間）

Note 3) 社会的割引率: 12 %

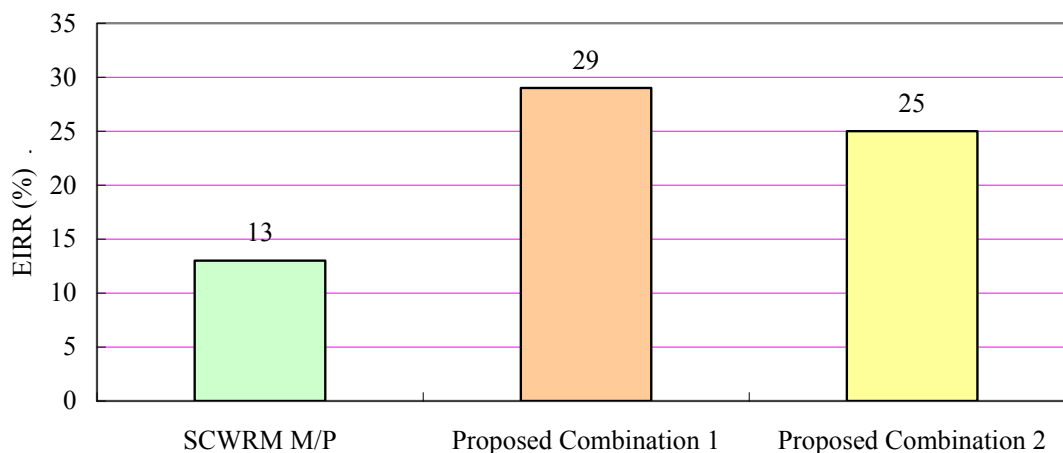


図 6.2.2 各組合せの EIRR

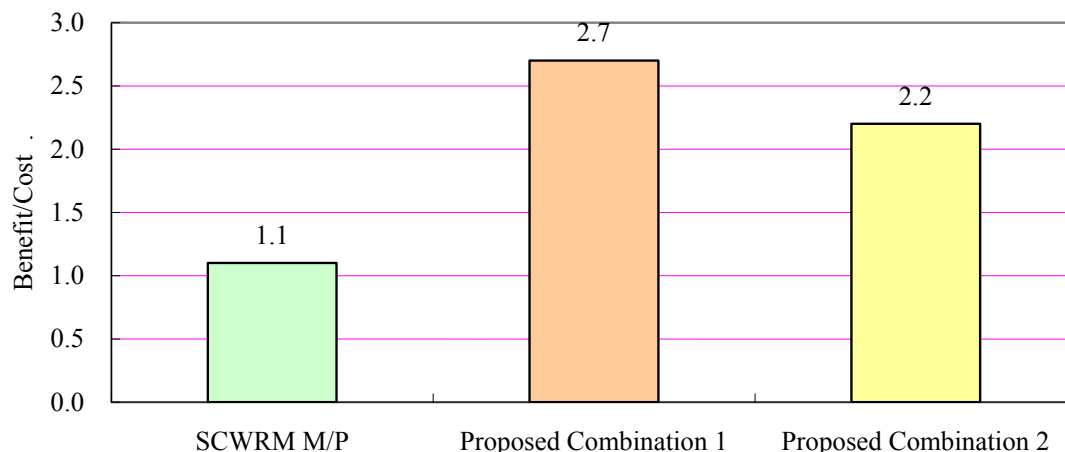


図 6.2.3 各組合せの便益/費用比率 (B/C)

### 6.3 環境社会配慮

#### 6.3.1 事業概要

(1) 事業名称

- 1) アユタヤバイパス水路 (延長: 約 19 km)
- 2) 外郭環状道路放水路 (延長: 約 100 km)
- 3) チャオプラヤ川下流堤防整備 (延長: 約 90km)
- 4) タチン川堤防整備及び捷水路 (堤防延長: 約 180km、捷水路: 約 10.6km)

(2) 目的

タイにおける洪水管理対策の効果的な組合せについて、幾つかの検討を経て 4 つの構造物対策を設定した。1) アユタヤバイパス水路 (延長: 19km)、2) 外郭環状道路放水路 (延長: 100km)、3) チャオプラヤ川下流堤防整備 (延長: 約 90km) 及び 4) タチン川堤防整備及び捷水路 (堤防延長: 約 180km、捷水路: 約 10.6km) と非構造物対策の組合せが、経済の中心であるチャオプラヤ川下流部の洪水防御に最も技術的、費用効率的に優れた対策として提案された。これら 4 事業について環境面及び社会面からの評価を実施する。

#### 6.3.2 事業及び環境評価のカテゴリー

タイ国では、関連法<sup>4</sup>が定める 34 事業で環境影響評価 (EIA) の実施ならびに国の審査を求めている。しかしながら、現行法の下ではバイパス水路や放水路、堤防整備は EIA 対象外になっている。他方、事業では主に建設工事が環境影響をもたらす可能性がある。また、事業予定地に住む住民や家屋が他所に移転を余儀なくされることも考えられる。従って、これら条件を勘案すると、JICA 環境社会配慮指針に準拠する初期環境調査 (IEE) を実施し、環境社会影響を調査することが必要であるとの結論に至った。

#### 6.3.3 事業対象地概要及び評価範囲

(1) アユタヤバイパス水路

事業対象地域は、Phra Nakhon Si Ayutthaya (アユタヤ) 市北部及びバンサイ南部でともにチャオプラヤ川右岸と交差する国道 347 号の西側に位置し、その大部分は平坦な農耕地帯である。家屋は、計画バイパス水路が途中で交差する幹線道路 (3263 号線) 等、数カ所が散見されるがその数は多くない。工業団地等、主要な商工業地はチャオプラヤ川左岸で展開している。また、

<sup>4</sup> The Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act (NEQA) of B.E. 2535 (1992)

当地においては少数民族、国立・自然公園、特筆すべき生態系、歴史的建造物は分布していない。なお、計画バイパス水路は農耕地を縦横する14既設水路及び2自動車道路とも交差する。

## (2) 外郭環状道路放水路

事業対象地域は、Phra Nakhon Si Ayutthaya (アユタヤ) 県、バンパイン工業団地南部のチャオプラヤ川左岸を起点とし、東部外環状道路(国道9号)東側をほぼ並行に南下、スワンナブーム国際空港東側を抜けクロンダンでタイ湾に到達する、全体を通じて水田と社会活動集積地(住居、商工業施設、学校等)が広がる低平地帯である。主に上流部には社会活動集積地が、下流部は水田・低湿地が占めているが、近年バンコク東部は開発が進み下流部も経済活動拠点へと変容している。当地においては少数民族、国立・自然公園、特筆すべき生態系、歴史的建造物は分布していない。また、地域全体が低湿地であるため、計画放水路近傍の所々に沼、ため池、水路があり、その周辺の小規模灌木林とともに、地域の生態系を形成している。なお、計画放水路は、事業対象地内で既存の14幹線道路、2鉄道、及び85水路と交差する。

## (3) チャオプラヤ川下流堤防整備

堤防整備の対象地域は、河口から上流約90km地点までのチャオプラヤ川下流域である。本地域は商工業が集積するチャオプラヤデルタに位置する。バンコク都ならびにその都市圏が対象地域のほとんどをカバーしている。事業が特に用地取得を要することはないと考えられる。それは作業の大部分が既存の堤防壁(0-60km地点、BMAが建設)及び二線堤(DOHが嵩上げ工事実施中)の余裕高確保を目的とした嵩上げであるためである。また、全ての作業域はRIDや関係機関のROW内にある。アユタヤバイパス水路と同様に、当地においては少数民族、国立・自然公園、特筆すべき生態系、歴史的建造物は分布していない。

## (4) タチン川堤防整備及び捷水路

タチン川は、チャオプラヤ川の分派の一つでタイ中央平原を流れる。本プロジェクトにおいては、堤防整備は河口部の左岸側からブルー水路までが対象である。捷水路はこの堤防整備工事範囲内に導入される。対象区域には、寺院や家屋、商店などが散見される。ほとんどの用地が農業利用されている。人口密集地域は河口部のみである。対象区域内のタチン川は、6幹線道路と1鉄道と交差する。タチン川は、水上交通、灌漑、給水、余暇、また、排水路としても機能し多目的に利用されている。

### 6.3.4 環境配慮

#### (1) 自然環境配慮

施工中は工事車両や建設資機材による騒音・振動、運搬車両による交通量の増加が考えられる。また、掘削工事を伴うため、掘削土等の建設副産物処理も課題となる。工作物供用時は、水環境では地表水(土砂による濁り)及び地下水(水位)、土壌環境(地形・地質、地盤沈下)、景観への配慮が求められる。事業対象地域の大部分が二次林及び水田(農耕地)で占められていることから、希少動植物への影響は少ないと考えられる。ただし、掘削による土壌生物への影響は考慮を要する。外郭環状道路放水路においては、タイ湾からの塩水遡上により、放水路内水または土壌の塩水化の懸念がある。また、タチン川捷水路建設が河川長さを圧縮し、タイ湾からの塩水がより上流域に遡上することが懸念される。

#### (2) 社会環境配慮

分放水路ならびに建設工事用車両道路のための用地取得や確保が必要となる。また、事業対象地域は水田地帯に広がるため、農業生産機会の損失のための補償への配慮も求められる。既存幹線道路等との交差部では、所轄官庁との調整も要する。事業対象用地内に分散する家屋に対する移転や補償については、交渉を円滑に進めるため入念な家計調査とタイ国法規則に準じた補償交渉が必要となる。アユタヤバイパス水路では、事業計画地の大半が農耕地であるにもかかわらず、80家屋以上が移転対象となる可能性がある。外郭環状道路放水路では、推定影響家屋数は約600軒(500 m<sup>3</sup>/s)もしくは約900軒(1,000 m<sup>3</sup>/s)である。

### 6.3.5 総合評価及び軽減策

これら新放水路等の建設工事、また放水路設備における直接改変等による構造物存在がもたらす厳しい影響については一般に避けられる又は軽減できるので、この事業は妥当と考えられる。特に注意が必要と考えられ、事業進捗に影響を与える可能性がある用地取得、住民移転への配慮・実施には慎重に対処することが不可欠である。

表 6.3.1 軽減策概要

影響要因	軽減策
<b>自然環境配慮</b>	
大気質	工事作業を平準化する
	工事車両の走行ルートを分散させる
	工事機械の維持管理の実施を徹底する
	大気質をモニタリングし環境基準等を順守する
塩水遡上・塩類化	河口部での潮止堰設置
	上流からの放流で塩水遡上を防止
水質	工事排水処理用ユニットで処理し監視する
	水質をモニタリングし環境基準等を順守する
地質・地形	現地踏査や文献調査等で脆弱な地質・地形状態を把握する
地盤沈下	軟弱地盤での工事作業を避ける
	地下水位を観測する
生態系（動植物）	工事前に希少種を確認する
	（希少種が確認された場合）適切な場所に移動させ保全する
景観	工事ヤードと車両用道路を適切に配置する
	完成図を示し計画段階でステークホルダーとのコンセンサスを形成する
廃棄物	掘削物を汚染させないようにし、廃棄物を適切に処理する（可能ならばリサイクルする）
<b>社会環境配慮</b>	
用地取得・補償	住民公聴会等の方法で影響住民との相互理解を推進する
	影響住民のための移転計画(RAP)を作成・実施するとともに、移転後の影響住民をフォローアップする
非自発的移転	地域の状況を考慮した住民移転計画(RAP)を作成・実施する
	工事が移転住民の生活に不具合を与えぬよう、移転住民のケアを行なう（例：インタビューによるフォローアップ）
既設インフラへの影響	関係省庁等との緊密な関係を構築する

### 6.4 事業評価の結果

事業全体の費用は、洪水管理予算を超過すると考えられるので、最も費用効率の良い事業の組合せを求めるべきである。提案の事業の組合せ1又は2は、SCWRM M/Pの費用の約40%以下となる。EIRRは25%以上であり、SCWRM M/Pに比べると非常に高い値である。

タイの現行法によれば、バイパス水路や放水路はEIA対象外になっているので、この事業はEIAの実施及び国の承認を取る必要がない。他方、建設工事が環境に影響をもたらす可能性がある。また、事業予定地に住む住民又は家屋が他所に移転を余儀なくされることも考えられる。これらの状態を勘案すると、JICA環境社会配慮指針に準拠する初期環境調査(IEE)の実施が不可欠であると結論した。環境社会配慮の観点から、提案の事業は環境上、社会上の厳しい有害な影響はない。ただし、工事の進行に影響する用地取得や住民移転には注意深い配慮と対策が不可欠である。

以上のことから、費用効率の良い提案の下記の事業組合せについて、政府は実施に向けて更に検討を進めるべきであると結論付けられる。



- 1) 既存ダムの運用効率化
- 2) 外郭環状道路放水路（流量 500 or 1,000 m<sup>3</sup>/s）
- 3) 河川改修工事（タチン川改修含む）
- 4) アユタヤバイパス水路（流量 1,400 m<sup>3</sup>/s）
- 5) 洪水予報

*Note* : バンサイのピーク流量は「組合せ1」で3,800 m<sup>3</sup>/s、「組合せ2」で3,500 m<sup>3</sup>/sと推定された。バンサイの2011年洪水時チャオプラヤ川の下流域（バンサイの下流）では越流被害がなかったが、日ピーク流量は3,900 m<sup>3</sup>/sが記録されている。このことから、流量3,800 m<sup>3</sup>/sでは、洪水による被害はないものとして、EIRR及びB/Cを計算している。3,800 m<sup>3</sup>/s. で被害が発生するとした場合、「組合せ2」のEIRRおよびB/Cは、「組合せ1」に比べ大きな値となる可能性がある。

## 第7章 結論と勧告

### 7.1 結論

調査団はタイ政府のチャオプラヤ川流域の洪水管理計画を見直した。政府の洪水管理計画は、2011年12月に水資源管理戦略委員会（SCWRM）が作成、本調査はこの政府のコンセプトを、レーザープロファイラーによる精密な地形情報及び最新の知見を用いて、工学的且つ定量的に対策の組合せを評価したものである。なお、2013年3月に水資源・洪水管理委員会（WRFMC）がSCWRMの計画を一部修正しているが、本調査で取得したレーザープロファイラーによる精密な地形情報などは用いておらず、十分な検討精度を有しているとは思えない。調査団による見直しの結果を以下に要約する。

#### 不定流計算

- 潮位により影響を受ける下流域の流下能力を評価するために、本調査では、洪水追跡及び氾濫解析に不定流解析を用いた。不定流は水位や流量などが時間的に変化する流れと定義される。チャオプラヤ川下流の河川流は潮位により影響され、河口に近い水位は潮位により強く規定される。この現象（変動し続ける水位）を再現するためには、不定流解析の使用が不可欠である。ナコンサワン（C2）からタイ湾の海岸線まで、河床勾配及び地表勾配はほとんど平坦であり、河川の流れ及び洪水の流れは河床及び地表勾配だけでなく、水面の水頭の差に大きく支配される。

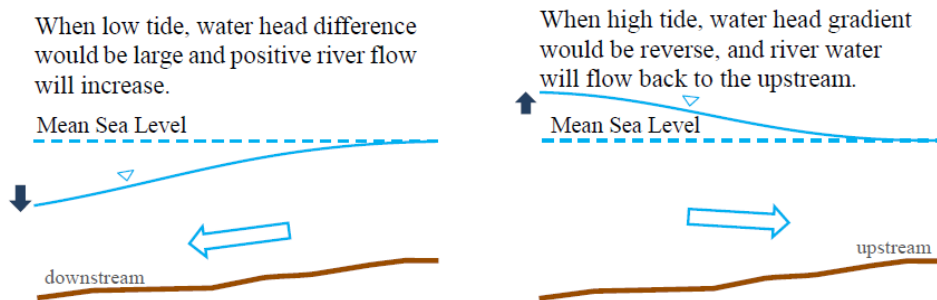
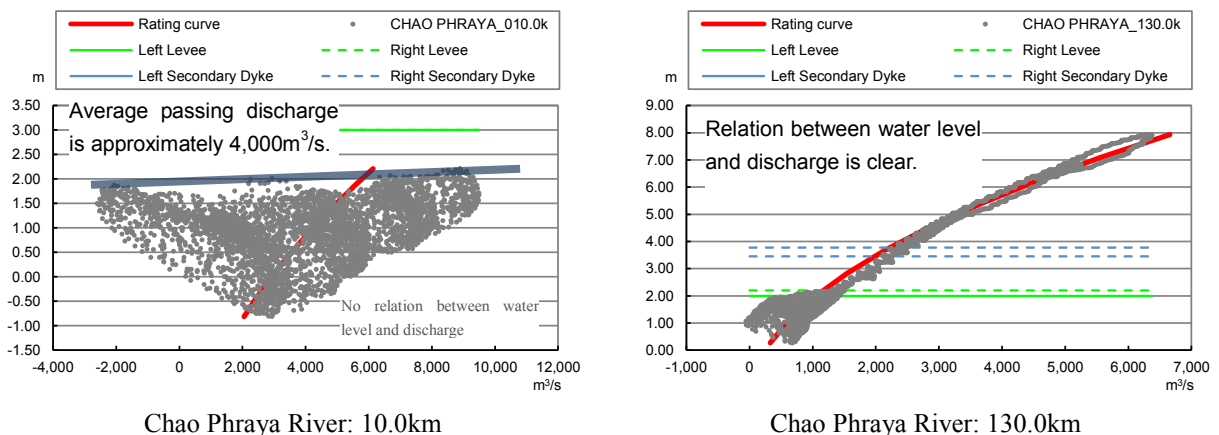


図 7.1.1 潮位の影響

- 水位と流量との関係が無いので、水位流量曲線による流下能力の推定は困難である。チャオプラヤ川の最下流では、洪水規模に関係なく、水位は上昇しない。しかしながら、潜在的流下量は、流下能力と同等であり、高水位の評価に使用している。



Chao Phraya River: 10.0km

Chao Phraya River: 130.0km

図 7.1.2 チャオプラヤ川の H-Q Plotting（氾濫なし）

### 河川流下能力に比べて大きな洪水流量

- 洪水災害管理を中心に、水資源・洪水管理に関する現状の調査及び評価を通して、チャオプラヤ川流域の中央平原には、乾期には農業地域として活用され、雨期には自然の遊水地として機能する広大な低平地・湿地があり、流域の住民は洪水と共存していることが明らかになった。氾濫の主な特徴の一つとして、河川流域からの潜在的な洪水流量は河川/水路の流下能力よりかなり大きく、河川から氾濫原への洪水の移動は雨期には頻繁にある。更に、処によっては河川/水路の堤防は無いか又は低いので、氾濫水、地点降雨、残流域からの流入量からなる氾濫原の溜まり水は容易に河川/水路に戻る。

上記の通り、洪水氾濫及び洪水氾濫原からの戻り水により、ナコンサワンからタイ湾に向けて設けられる大規模な放水路（流下能力  $1,500\text{m}^3/\text{s}$ ）や貯留能力の小さな新ダム建設の洪水制御効果は、下流域において低減する。

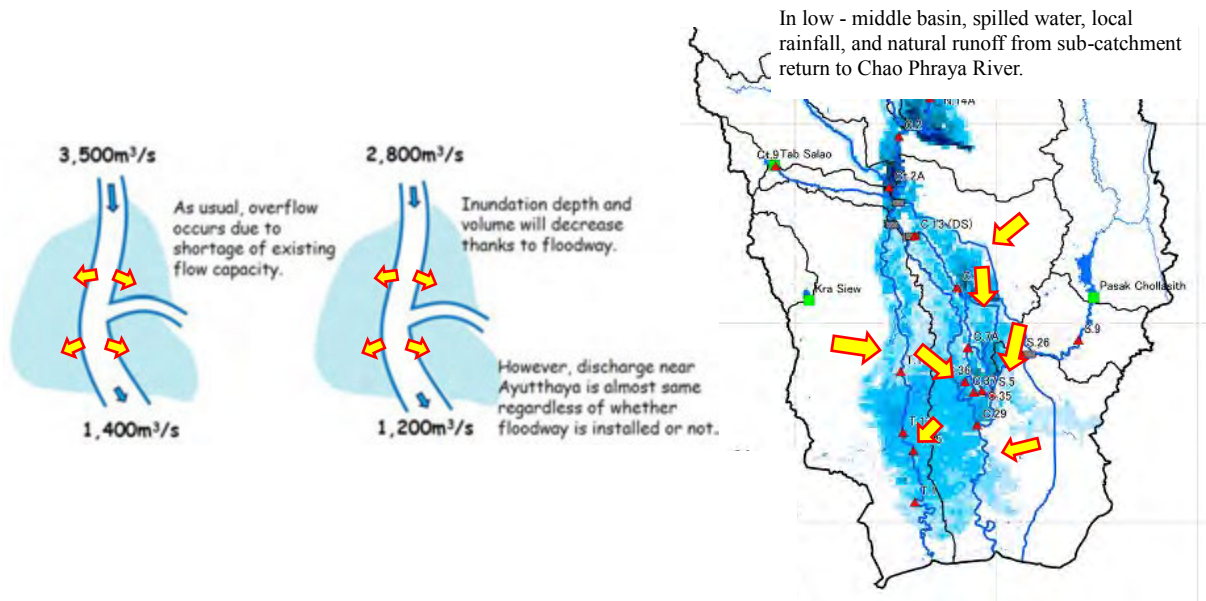


図 7.1.3 河川/水路からの氾濫と氾濫原から河川/水路への戻り水

### Design High Water Level (DHWL)

- 洪水防御、氾濫制御、河道計画といった河川管理を効果的に実施するためには、DHWL の設定が非常に重要である。河川流量や流下能力は堤防の高さに依存する。仮に上流域において広範囲に築堤を行った場合、上流から下流へ流れる洪水流量は増加し、下流において氾濫被害を引き起こす可能性がある。従って、河川の流下能力や河川沿いの土地利用、上・下流の治水安全度のバランス等を十分に考慮し、DHWL を設定する必要がある。例えば、バンコクは洪水災害から防御しなければならないため、堤防高を高くしなければならない。一方で、自然地や農業地域を流下する河川では、堤防高は現状を維持すべきである。これは高い堤防により河川氾濫を制御することで周辺の土地を自然遊水池として活用できなくなるためである。さらに、高い堤防の設置は灌漑用水の取水に障害となる。また、河口では、潮汐を考慮して DHWL を設定しなければならない。河口付近の水位は洪水時においても潮汐の影響をうけるためである。このような地域では、一端破堤がおきると無限ともいえる海水が陸地に氾濫し、沿岸部に壊滅的な被害を与える恐れがある。
- チャオプラヤ川河口から 0~90km 付近に位置するバンコク首都圏においては、洪水防御を目的に BMA がパラペット堤を嵩上げする予定である。パラペット堤の高さはチャオプラヤ川の既往最高水位を参考に設定されたと推察される。パラペット堤の高さは、下図の破線に示すように階段状に設定されている。実際、河川の水面勾配は階段状になることはないため、

縦断方向の堤防勾配は水面勾配に倣って傾斜をつけることが望ましい。本調査で検討した DHWL に基づき、バンコク周辺に設置するパラペット堤は縦断勾配をつけて設置することを提案する。

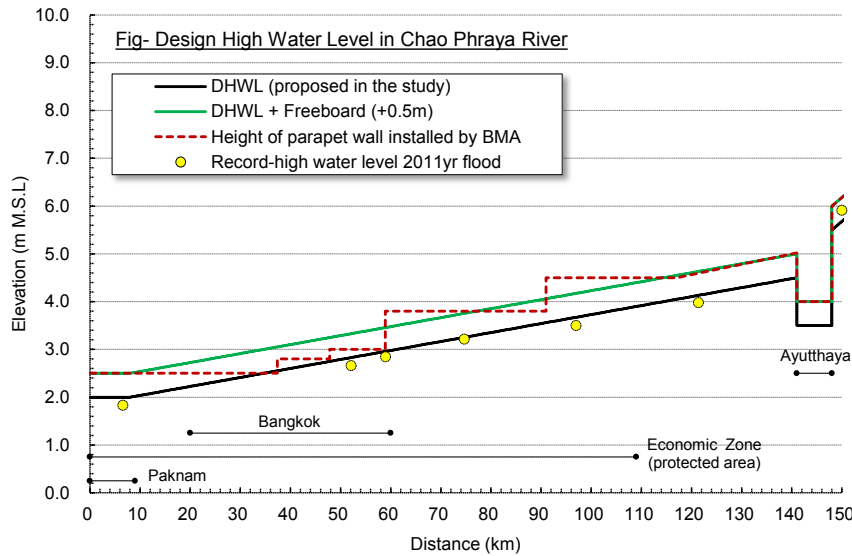


図 7.1.4 チャオプラヤ川河口部の DHWL の設定

**道路嵩上げの影響**

- 2013 年 6 月末時点において、DOH および DOR によって優先防御地域の道路嵩上げが開始されている。シミュレーション結果の Case0-0 (現況) と Case0-1 (道路嵩上げ事業完了後) を比較した結果、道路嵩上げ事業によってバンサイ北西部に位置するラトゥ・ブア・ルアン (下図の氾濫ブロック 14 を参照) の浸水深と氾濫ボリュームが大きく増加する。これは極端な例ではあるが、盛土構造の高速道路や堤防兼道路といった連続構造物は、少なからず氾濫状況に影響を与える。このため、洪水氾濫解析によって連続構造物の影響を調査し、連続構造物によって洪水被害が拡大する場合は、必要に応じて対策をとらなければならない。

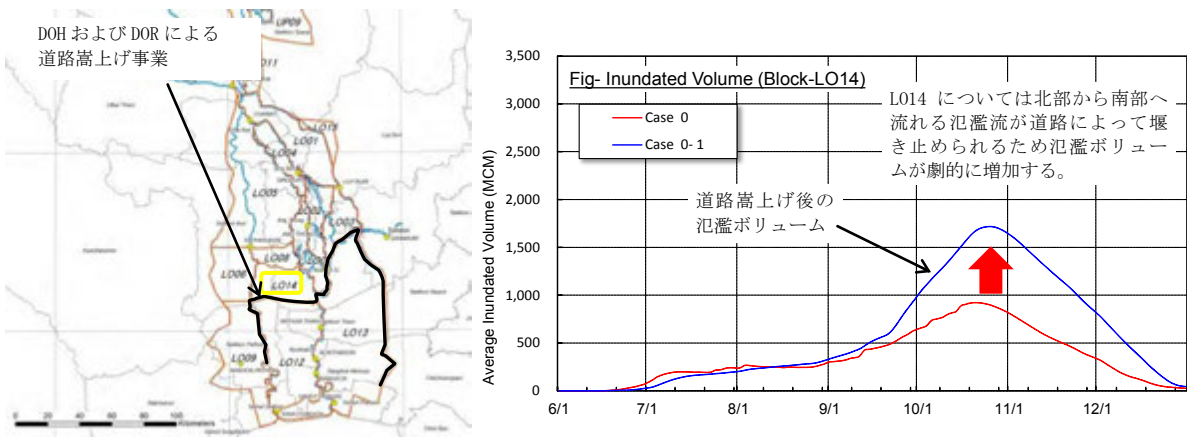


図 7.1.5 LO14 における氾濫ボリュームの変化 (道路嵩上げによる影響)

**優先防御地域内に設置されたポンプの排水能力**

- DOH および DOR による道路嵩上げ事業など、周囲堤の設置によって、内水氾濫が悪化する可能性がある。これは、降雨が周辺に排水されず周囲堤内部に貯まり、浸水深が深くなるためである。チャオプラヤ川の下流域では、地形がほぼ平坦であるため、降雨は自然排水では



なくポンプ排水によって河川や水路へ排水されている。本調査では、現在設置されているポンプ排水能力  $1,590\text{m}^3/\text{s}$  が内水排除を行うにあたり十分な排水能力を有するかどうか検討を行っている（主報告書第10章、10.2.12 内水対策を参照）。検討の結果、2011年洪水規模の内水氾濫に対しては、十分に対応できることが明らかとなった。ただし、これは優先防御地域全体を対象に調査した概略検討結果であるため、別途、排水地域区分毎に詳細な内水対策を検討することを提案する。

### 洪水管理計画

- タイ政府が取り纏めたマスタープランは、チャオプラヤ川流域の統合的・持続的水資源と洪水管理の達成を目的にしており、提案している対策はある程度の洪水管理効果を持っている。しかしながら、実施に当たっては、技術、経済、社会及び環境等様々な観点から、優先順位、妥当性を検討すべきである。対策は構造物対策及び非構造物対策からなるが、対策によっては実施に長期間を必要とするものもあり、計画期間内に目的・目標を達成する最適な対策組合せについてその効果を考慮すべきである。
- 2011年洪水時における既存ダムの運用は、ブミポンダムとシリキットダムが合計120億 $\text{m}^3$ の洪水流量を貯留するなど、洪水災害軽減に極めて効果的であった。しかし、治水・利水の観点から、既存ダム運用効率に向上の余地があることが明らかになった。本調査では、運用の指標として、『Target Curve』と『Alert Curve for Drought』を提案している。『Target Curve』は、利水のための目標となる貯留量であるとともに、治水面では、貯留量の上限を示す。『Alert Curve for Drought』は、渇水年であるかの指標となる。『10% Probability』は、10年に一回の渇水の危険性、『20% Probability』は5年に一回の渇水の危険性を意味する。7月末までは、提案の『Target Curve』に従いダム貯水位を維持（流入水をそのまま放流）、8月からダム放流量を最大でブミポンダム  $210\text{m}^3/\text{s}$ 、シリキットダム  $190\text{m}^3/\text{s}$  として洪水流量を貯留することを提案している。この運用を2011年洪水に適用した場合、ナコンサワン(C2)の洪水ピーク流量を  $400\text{m}^3/\text{s}$  低減することが可能である。貯水量が提案の『Target Curve』を下回る場合、流入水をさらにダムに貯留する。この時の放流量は環境維持を目的とする最小放流量（ブミポンダム： $8\text{m}^3/\text{s}$ 、シリキットダム： $35\text{m}^3/\text{s}$ ）以上とする。ダム運用は、灌漑目的の水の供給と同時に洪水被害を最小化することを目的として、より柔軟な水資源管理を行なうことが必要である。
- チャオプラヤ川沿いには、河岸の本堤と背後地の灌漑水路沿い堤防道路の二線堤の2タイプの堤防があり、二線堤がチャオプラヤ川の洪水氾濫防止施設と考えられている。しかし、河岸沿いにも多くの都市・集落が位置しており、二つの堤防の間には無数の人が生活している。提案の治水施設実施後もチャオプラヤ中央平原の広い氾濫地域は残り、無数の人々が洪水と共生することが必要である。氾濫管理地域の推進には、コミュニティベースの洪水災害管理のような対策が不可欠となることが明らかになった。
- 本調査では、バンコク及び周辺地域をチャオプラヤ川の洪水から守る最適な対策の組合せとして、(i) 効果的な既存ダムの運用、(ii) 外郭環状道路放水路の建設、(iii) 河川改修（タチン川改修含む）の実施及び、(iv) アユタヤバイパス水路の建設を提案した。提案の対策は、技術的、経済的に妥当であり、出来る限り速やかに実施することが望まれる。また、提案の洪水災害管理の適切な実施には、土地利用規制などの非構造物対策が必要であり、これについても早急な実施が望まれる。

提案の対策組合せは以下の通りである。

(1) 提案の組合せ 1

- a) 既存ダム運用の効率化
- b) 外郭環状道路放水路（流量 500 m<sup>3</sup>/s）
- c) 河川改修工事（タチン川改修を含む）
- d) アユタヤバイパス水路（流量 1,400 m<sup>3</sup>/s）

(2) 提案の組合せ 2

- a) 既存ダム運用の効率化
- b) 外郭環状道路放水路（流量 1,000 m<sup>3</sup>/s）
- c) 河川改修工事（タチン川改修を含む）
- d) アユタヤバイパス水路（流量 1,400 m<sup>3</sup>/s）
- e) 洪水予報

(3) 他の非構造物対策

- a) 植林と森林回復
- b) 洪水予報
- c) 氾濫管理地域の土地利用規制

- 調査の結果として、調査後 RID が利用できるよう、調査で収集したデータは GIS データベースを構築・整理している。
- 流域の水理解析モデル及び洪水解析モデル（MIKE 11、MIKE21 使用）として、新しい地形データを組み込み、流出・氾濫モデルを開発した。洪水及び氾濫シミュレーションを、より精度の高い洪水リスク管理に利用することが可能である。

## 7.2 勧 告

優先防御地域の洪水被害を避け、チャオプラヤ川流域の洪水リスクを軽減するために、タイ政府は、チャオプラヤ川流域の総合的洪水管理計画の実施に係る下記について、速やかに対応をとることを勧告する。

各論に入る前に、以下の点について特に勧告しておきたい。

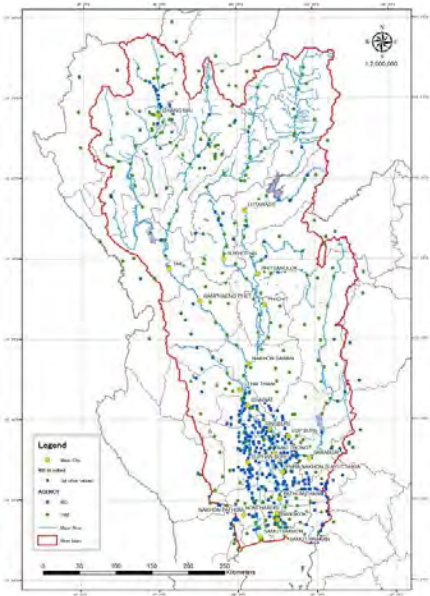
- 本調査で取得したレーザープロファイラーによる精密な地形情報を関係組織に即刻配布し、この情報を活用した検討をあらゆる組織・機関が行うべきである。この精密地形情報を用いずに行った提案は「絵に描いた餅」であり、チャオプラヤ川のような広大で極端な低平地では、工学的な意味を持たない。
- 本調査の不定流の検討で示されたチャオプラヤ川の河道や氾濫原の貯留効果は非常に大きく、上流での放水路によるカット効果は下流に行くに従って漸減し、放水路の位置によっては下流で殆ど効果が無いことも有り得る。上流でのカット効果は一律下流まで効果があるかのような考えの下に、単純な水路、人工水路での不変流量の組み合わせのような洪水制御論議は誤った施策を導くこととなり、厳に慎むべきである。
- 本件等で提示された感潮域の流下能力の検討手法は、これまでのバンコク周辺地域の河川管理のあり方の根本にかかわるものであり、良く理解されたい。

### 洪水管理計画についての勧告

- 提案の利水・治水効果を考慮した既設ダム（ブミポンダム、シリキットダム）の効果的運用計画を実施する。
- 提案の対策：タチン川を含む河川改修事業、外郭環状道路放水路（500 m<sup>3</sup>/s 又は 1,000 m<sup>3</sup>/s）、アユタヤバイパス水路（1,400 m<sup>3</sup>/s）の F/S 調査の実施及び調査で提案した非構造物対策を実施する。
- 事業実施の優先順位に関して、チャオプラヤ川上下流域の治水安全度を考慮する必要がある。アユタヤバイパス水路事業のみを実施した場合、下流域の流量は約 300m<sup>3</sup>/s 増加し（解析結果より）、下流域の洪水リスクが大きくなる。このことから、アユタヤバイパス水路事業完成前に、外郭環状道路放水路を完成させることを強く勧告する。
- 氾濫管理地域の防御策を推進するために、(i) 2012 年に JICA が作成したレーザープロファイラーデータをベースに、洪水氾濫原の正確なベース・マップを作成する、(ii) 洪水氾濫管理地域について土地利用規制を制定、土地利用計画を策定する、(iii) 氾濫管理地域に必要な構造物、非構造物対策、コミュニティベースの洪水災害管理を推進する、(iv) 情報、伝達及び教育（IEC）の改善を通して、治水・利水に対する住民意識の向上を図る。
- GIS データ及び河川解析モデルは、意思決定支援システム又は管理ツールとして有効であり、チャオプラヤ川流域の水・洪水災害管理に効果的に活用するために継続的な維持・更新を実施する。

**水文データ観測システムについての勧告**

この調査において指摘する水文データ観測システムの課題を下表に示す。

No.	課題	勧告
1	<p><b>降雨観測所の不足及び不均一な分布</b>                      本調査においてチャオプラヤ川流域で約 700 観測所から降雨データを収集した。チャオプラヤ川流域では降雨観測所の密度は高くなく約 300 km<sup>2</sup>/箇所である。加えて、多くの降雨観測所が不均一に位置している。RID の大半の降雨観測所はナコンサワン (C.2) 下流の灌漑地域に集中している。                      適切な水資源計画の検討や洪水制御計画の確立、水利用計画のためには、降雨観測所の増設、適確な配置が必要である。                      なお、日本では均一の降水状況を示す降雨観測所の理想的密度は 50 km<sup>2</sup>/箇所と考えられている。</p>	<p>特に、パサク川流域、スコタイからナコンサワン間など中流域に降雨観測所が不足しており、新たに設置すべきである。                      降雨観測所は全国に均一に設置するのが理想的である。当然のことであるが、山間部に高い密度で観測所を配置するのは好ましい。</p>  <p style="text-align: center;">降雨観測所の位置 (2011 年時点)</p>
2	<p><b>観測間隔 (水位観測所)</b>                      洪水到達時間が長いことから、チャオプラヤ川流域の降雨解析は日データを用いることで可能である。しかし、感潮区域では毎時水位観測を実施すべきである。感潮区域の水位は定期的に変動し、通常高/低潮位は干満により一日 2 回起き、河川の流を規定する。2013 年 6 月時点において、TC.54、TC.12、TC.22、TC.55 及び C.29A のテレメータ観測所で水位の毎時観測が実施されている。しかし、大半の観測所の観測データは誤差を含み、時間水位データは利用不可であった。</p>	<p>第一に、既存の毎時観測の水位観測所を維持修繕することが必要である。                      河口からアユタヤ (河口から 141 km 上流) の河床勾配は殆ど平坦で感潮区域であることから、少なくともアユタヤまでの区間においては、水位の毎時観測を実施すべきである。                      同様に、感潮区域であるタチン川下流部においても水位の毎時観測を実施すべきである。</p>
3	<p><b>洪水期の流量観測</b>                      洪水時の水文データ取得は非常に重要である。特に、河口に近い感潮区域の流量データが重要である。毎時流量観測は ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) で実施することが望ましい。</p>	<p>洪水期に感潮区域で ADCP による毎時流量観測の実施を勧告する。                      現在の技術においては、ADCP による流量データ観測が正確である。RID の ADCP による流量観測モニタリングチームは、観測活動を他の観測点にも広げるべきである。</p>
4	<p><b>水位と流量を観測する新水文観測所の設置</b>                      モデルを用いた洪水解析結果から、河川からの氾濫、また、洪水氾濫原から河川への氾濫流戻りがナコンサワンからアユタヤ間で頻繁に発生することが明らかとなった。この現象を確認するために、水位/流量観測をすべきである。</p>	<p>洪水及び氾濫を制御するには、河川からの氾濫、また、河川への氾濫流戻りの理解が必要である。そのため、新しい水文観測所を設置すべきである。                      特に、チャオプラヤダムとナコンサワン間は水位観測所が無いので、水文観測所が必要である。                      更に、支川流域からの流入は主流の流況に影響するので、Noi 川、Lop Buri 川及び Chainat Pasak 水路を含む主要支川に於いて水位/流量観測を実施すべきである。</p>



### 水文データ管理についての勧告

水位、流量、降雨を含む水文観測データは、統合的水管理計画、洪水制御、灌漑計画等の確立のための貴重な情報である。調査を通じて得られたデータ管理の課題を下表に示す。

No.	課題	勧告
1	<u>水文観測所の状況</u> 降雨観測所の位置（緯度/経度）が間違っている場合が多くある。また、観測状況（観測中、観測終了等）が不明であり、洪水防御及び他の関連プロジェクトの計画立案の際の障害となっている。	全ての観測所について現地調査を実施、状態を把握、正確な位置（緯度/経度）と標高を明確にするべきである。RTSDが定めた <b>first-class</b> のベンチマークに基づくRIDの公のベンチマークを水文観測所の付近に設けることが望ましい。特に、河口に近い観測所は、地盤沈下により水位計の標高が低くなっている可能性があり、十分な注意が必要である。
2	<u>データ収集システム</u> データ収集システムに改善の余地がある。主に、RID Hydro Centerは、管内の観測データ及び情報を収集、整理し、それらをWebに公表している。しかし、更新の頻度はHydro Centerによって異なり、情報が常には更新されていない。また、新しいデータが、バンコク本部に送付されていない。	観測データはバンコク本部で統合的に管理すべきである。データ収集システムを見直し、データ収集の技術上のガイドラインを作成、地方のHydro Centerに配布する。また、水文観測機器について定期的な維持作業を実施すべきである。
3	<u>品質管理</u> 観測データは、データ記録、機器の故障等による大きな誤差を含んでいる。観測データは注意深く検証する必要がある。	観測データの高い精度及び信頼性を保つには、データを歴史的データとの比較及び近傍データとのクロスチェックにより検証するべきである。データの品質管理のガイドラインを作成すべきである。
4	<u>洪水時の映像記録</u> 洪水状況に関する映像記録等、多くの情報は、洪水制御計画等の策定に対して効果的及び効率的である。	洪水時の映像を記録・保存すべきである。これらの資料は、河川の水利的動きを理解し、洪水防御計画を確立するのに非常に有用である CCTVカメラを主要な水文観測所に設置、映像を記録、保存し、関係機関と共有することが望ましい。RID事務所に近い河川の流れ状況について、少なくともビデオカメラ等で記録すべきである。
5	<u>横断測量</u> 洪水防御計画、水資源等の水管理計画は、最新の河川状況を考慮して検討すべきである。	河川横断面は、河川改修工事、土地開発等によって変化する。 チャオプラヤ川下流域では、DOH及びDORが優先防御地域周囲の道路堤防嵩上げを実施、これは洪水期の流況及び氾濫条件に大きな影響を与える。 従って、定期的に河川横断測量を実施し、河川形状の変遷を確認すべきである。特に、深い河床低下が認められるチャオプラヤ川のノイ川合流点下流については、道路堤防完成後は、河床低下が更に発達することが予想され注意が必要である。

### チャオプラヤ川下流感潮区域の時間流量及び日流量について

チャオプラヤ川下流感潮区域の時間流量及び日流量を明らかにすることを勧告する。2011年洪水時、バンサイの日ピーク流量は  $3,900 \text{ m}^3/\text{s}$  が記録されており、チャオプラヤ川の下流域では越流被害がほとんど発生していない状況であった。チャオプラヤ川の下流域は潮位変動に支配されており、この記録はH-ADCP (Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler) による時間毎のH-Q自動観測を基にしている。しかし、バンサイ地点の河道幅が500m以上あるにもかかわらず、このH-ADCPの最大測定範囲は300mであり、この記録が正しいかどうかは不明な状況である。よって、チャオプラヤ川下流域の時間・日流量を明らかにするために、V-ADCP (Vertical Acoustic Doppler Current Profiler) による継続観測の実施を勧告する。潮位変動を踏まえた下流域の時間・日最大流量観測結果は、洪水リスク評価に最も重要な値の一つとして有効である。



図 7.2.1 RID が使用している河川サーベイヤー M9 (V-ADCP)

なお、バンサイ（河口から 112 km）、TC12（河口から 59 km）、河口から 20 km 及び河口に於ける 2011 年洪水時の日ピーク流量についてシミュレーションした結果（優先防御地域周囲の堤防嵩上げ有り）は、それぞれ  $4,300 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $4,320 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $4,440 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $4,490 \text{ m}^3/\text{s}$  であった。このとき、時間ピーク水位は、それぞれ 4.1 m MSL、2.9 m MSL、2.2 m MSL、1.9 m MSL である。TC12、20 km 地点及び河口の既設パラペット壁の天端高はそれぞれ 3.0 m MSL、2.5 m MSL、2.0 m MSL である。これは、河川水位は、Bangkok 周囲のパラペット壁の天端より低いことを意味している（次頁以下の図参照）。

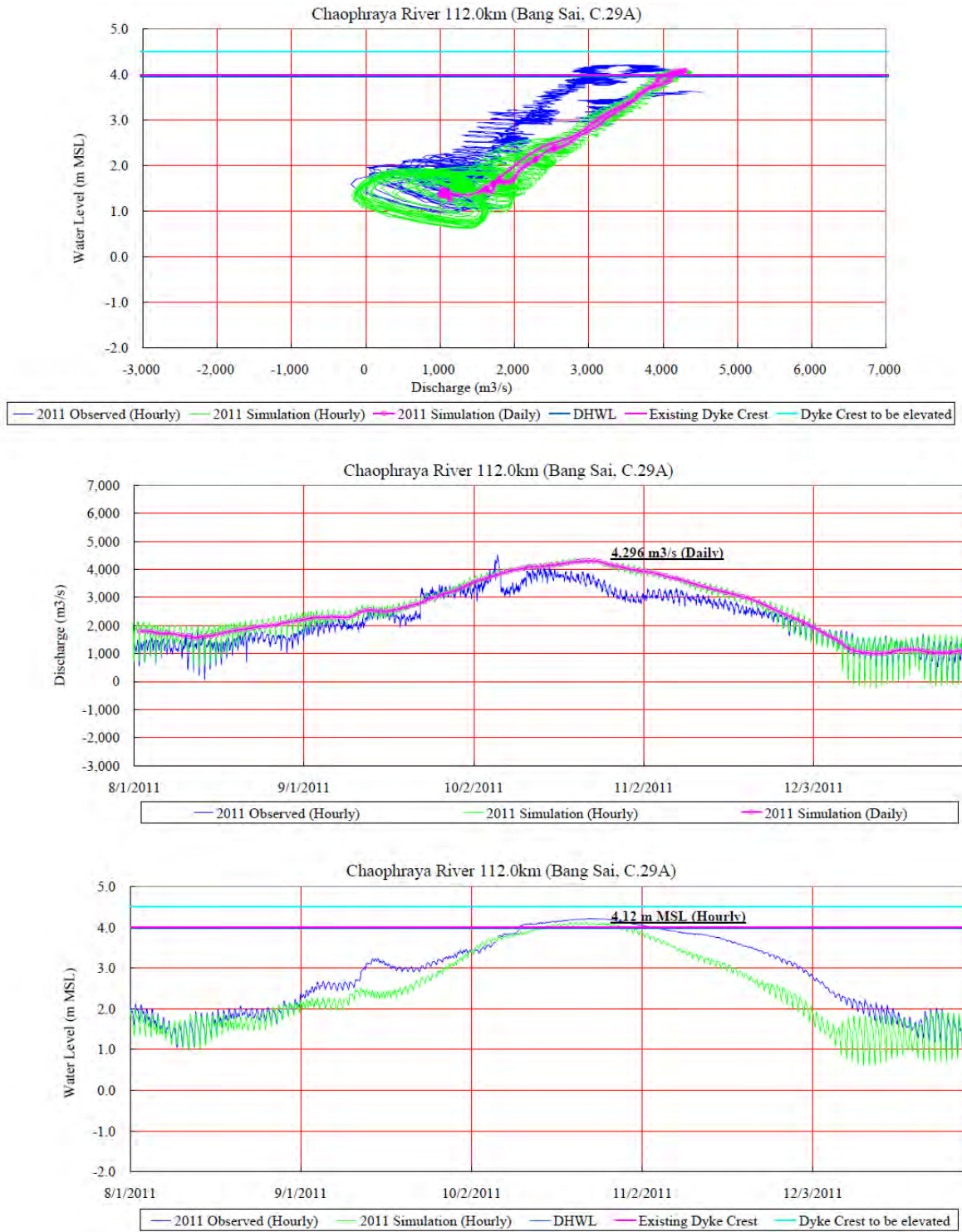


図 7.2.2 河口から 112km 地点 (Bang Sai、C29A) の水位及び流量

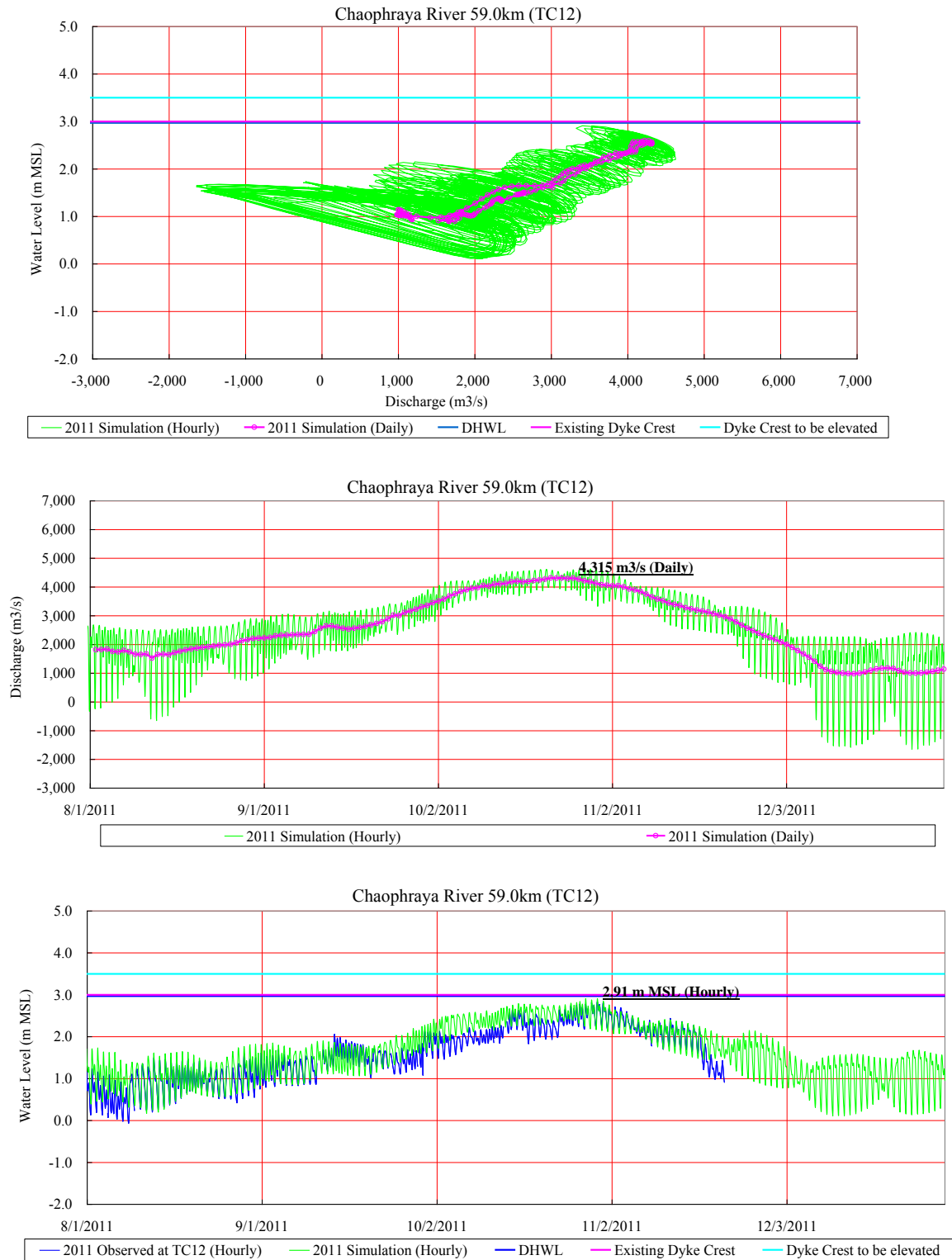


図 7.2.3 河口から 59km 地点 (TC12) の水位及び流量



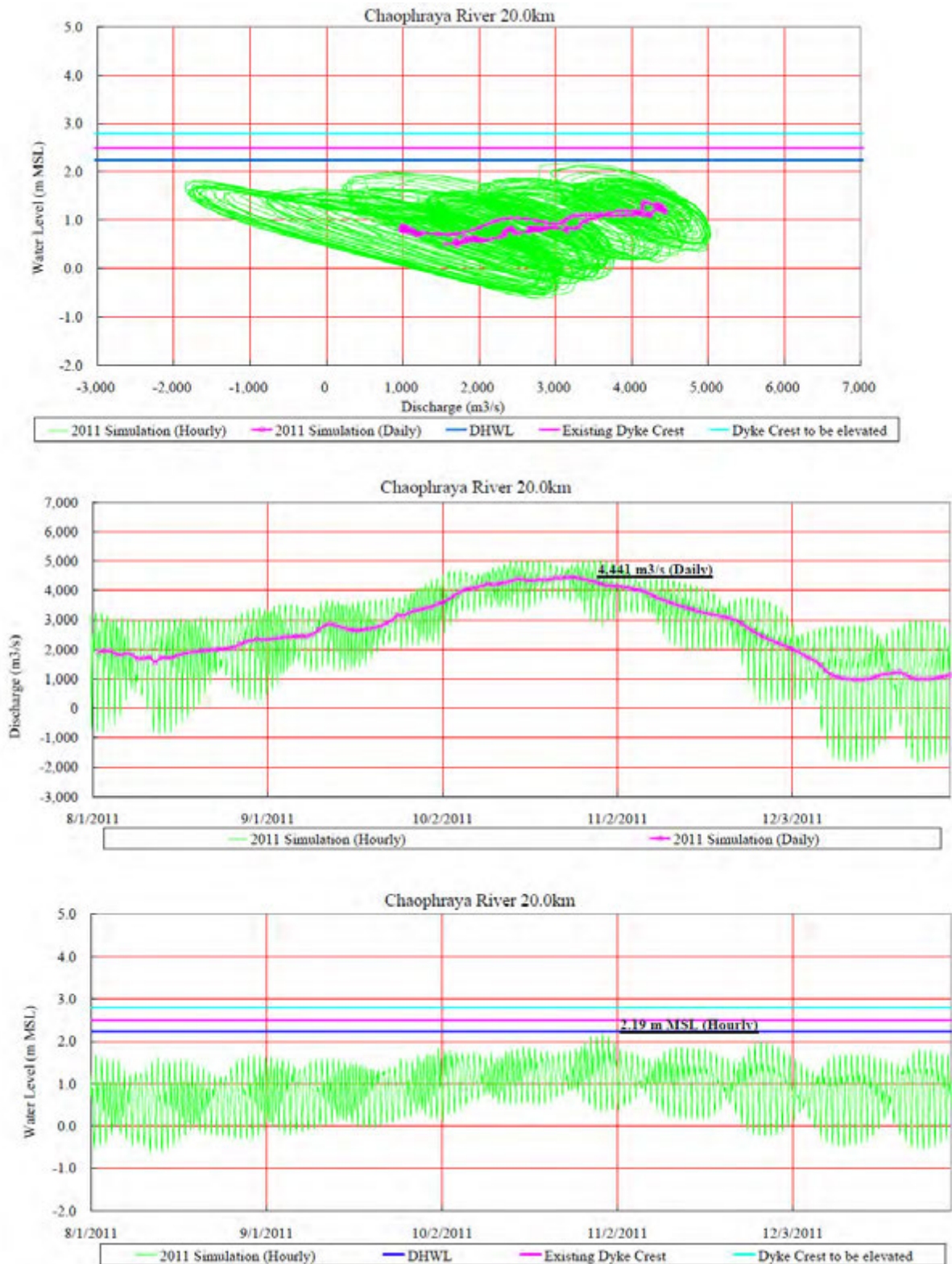


図 7.2.4 河口から 20km 地点の水位と流量



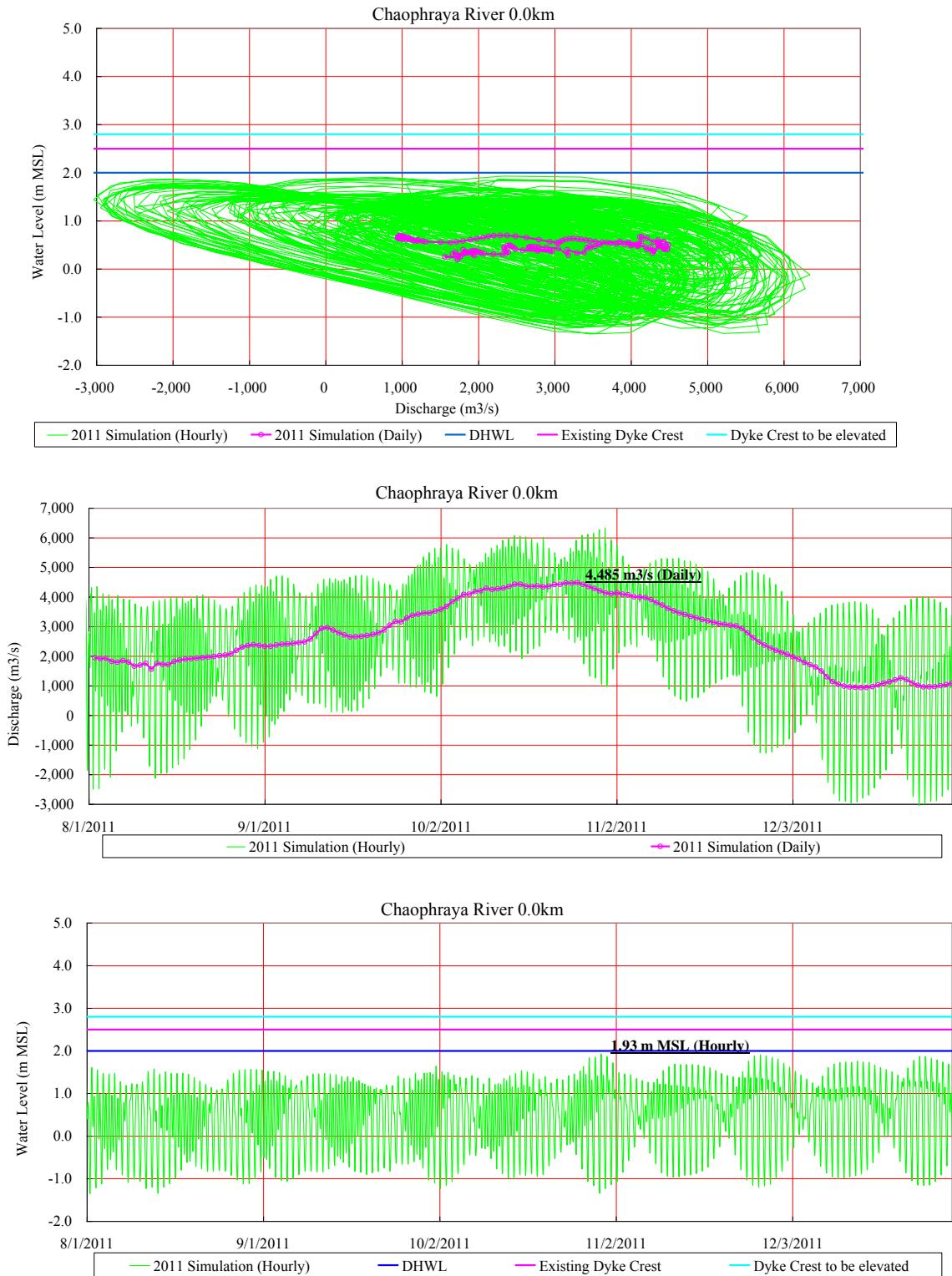


図 7.2.5 河口の水位と流量



*Annex 1*

*Executive Summary  
distributed in the Final Seminar  
held on June 20, 2013*



**EXECUTIVE SUMMARY  
OF  
COMPREHENSIVE FLOOD MANAGEMENT PLAN  
FOR THE CHAO PHRAYA RIVER BASIN  
IN THE KINGDOM OF THAILAND**



**OFFICE OF NATIONAL ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT BOARD  
(NESDB)**

**ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT,  
MINISTRY OF AGRICULTURE AND COOPERATIVES  
(RID/MOAC)**

**DEPARTMENT OF WATER RESOURCES,  
MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT  
(DWR/MNRE)**

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
(JICA)**

**June 2013**







## Preface

The prolonged flood in Thailand in 2011 had caused more than 800 deaths and extensive damage and losses which amounted to THB 1.43 trillion. Out of this, THB 1 trillion was on the manufacturing sector.

In response to the request from the Royal Thai Government in November 2011, JICA, in collaboration with NESDB, RID, DWR and other related agencies, has been conducting two flood management projects; namely, the “Project for the Comprehensive Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin” and the “Project for Flood Countermeasures for Thailand Agricultural Sector”. These projects respectively consist of three components:

(1) Project for the Comprehensive Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin

Component 1: Upgrade of “the Flood Management Plan” with creating a new precise topographic map.

Component 2: Urgent rehabilitation works; installing new water gates and elevating Route 9.

Component 3: Improving flood information system and development of Flood Forecasting System.

(2) Project for Flood Countermeasures for Thailand Agricultural Sector

Component 1: Reproduction of pastures

Component 2: Rehabilitation and reinforcement of irrigation facilities

Component 3: Guideline for disaster resilient agriculture and agricultural community

Each component has made steady progress, and this document presents a summary of the Flood Management Plan that has been formulated under Component 1 of the Project for the Comprehensive Flood Management Plan.



**The Flood Management Plan  
for the Chao Phraya River Basin in the Kingdom of Thailand**

**Executive Summary**

Table of Contents

Preface

<b>1. Flood Management Policy in Thailand</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Target</b> .....	<b>4</b>
2.1 Design Flood.....	4
2.2 Areas to be Protected .....	5
<b>3. Proposed Combination of Countermeasures</b> .....	<b>6</b>
3.1 Effective Operation of Existing Dams.....	7
3.2 Outer Ring Road Diversion Channel.....	8
3.3 River Channel Improvement .....	10
3.4 Ayutthaya Bypass Channel .....	12
3.5 Habitual Inundation Area .....	14
3.5.1 Controlled Inundation Area .....	14
3.5.2 Flood Management Information Plan .....	18
3.5.3 Land Use Regulation and Planning .....	20
3.5.4 Appropriate Intervention in the Agricultural Area.....	23
3.6 Consideration on Climate Change and Storm Surge .....	25
3.6.1 Sea Level Rise caused by Climate Change .....	25
3.6.2 Storm Surge .....	26
<b>4. Project Effectiveness and Evaluation</b> .....	<b>30</b>
4.1 Project Effectiveness .....	30
4.1.1 Project Effectiveness against Design Flood .....	30
4.1.2 Verification of Project Effectiveness against Other Rainfall Patterns.....	33
4.2 Project Evaluation .....	35

**Appendices:**

1. Review of the Projects
2. Flood Forecasting System
3. Appropriate Interventions in the Agricultural Area, JICA Technical Assistance Project





## 1. Flood Management Policy in Thailand

### **Goal**

**To promote sustainable economic growth by reducing flood risk and exploiting floodwater as water resource through proper Flood Management.**

People in Thailand have long been living in flood-prone areas to easily secure water for agriculture. The wisdom of avoiding serious damage induced by floods and exploiting floodwaters for cultivation has been a great boon to the people of Thailand.

Thailand has achieved a rapid economic growth in the recent years and, consequently, the urban areas have dramatically expanded to the flood-prone areas. With the economic growth, the country seems to concentrate on expanding areas for urbanization and pay less attention to the wisdom of living with floods.

On top of that, the extensive flood in 2011 harshly attacked the urbanized low-lying areas and caused heavy economic damage by disrupting industrial production for several months. The damage influenced not only the Thai but also the global economy.

Since most developed countries have faced similar problems associated with haphazardly spreading the city area and increasing the vulnerability to floods, lots of experiences and lessons learned could be utilized for the protection against floods. In particular, it is certain that Flood Management is essential to promote sustainable economic growth with the reduction of flood risk and at the same time exploit floodwaters for agricultural use.

The Flood Management Policy in Thailand aims at clearly showing the right direction of flood management to be executed. The Policy consists of six (6) principal elements, namely:

- (i) **To integrate all of the activities implemented by the respective organizations concerned in the whole river basin;**
- (ii) **To maintain a harmonious balance between flood control and water utilization;**
- (iii) **To control inundation;**

- (iv) At the planning stage of countermeasures, **to seek the best mix of structural and nonstructural countermeasures;**
- (v) At the ordinary operation stage, **to set the proper operation rules for flood control facilities and land use regulations with due consideration on extreme events;** and
- (vi) At the emergency stage, **to fulfill the responsibility of each individual, community, private firm, NGO and governmental organization.**

**(i) To integrate all of the activities implemented by the respective organizations concerned in the whole river basin.**

There are lots of organizations in the national government, local governments and NGOs, which are conducting various flood-control/fighting activities. To maximize the effect of these activities, it is crucial to: (a) well integrate all of the flood control/fighting activities including flood mitigation measures and proper evacuation; (b) always seek the best combination of activities in the whole river basin; and (c) well coordinate all of the organizations concerned.

**(ii) To maintain a harmonious balance between flood control and water utilization.**

Floods may induce heavy damage, but can provide water resources for agriculture. The flood management plan should focus on not only discharging floodwaters quickly into the sea, but also storing water as much as possible.

**(iii) To control inundation.**

Since basin inundation would be inevitable even after the implementation of major countermeasures, it is crucial to seek solutions to minimize flood damage in inundated areas and to maximize the benefit induced by inundation. In that case, it is imperative to limit the expected area of inundation; otherwise, heavy damage will recur.

(iv) At the planning stage of countermeasures, **to seek the best mix of structural and nonstructural countermeasures.**

Generally, the methodological principles of disaster prevention/mitigation are: (i) not to locate the residents/industries in dangerous places; (ii) to counter the inundation phenomena by implementing disaster prevention facilities; and (iii) to evacuate from hazardous areas before disaster occurs. These three countermeasures supplement each other. The best mix of structural and nonstructural measures is to be sought.

(v) At the ordinary operation stage, **to set the proper operation rule for flood control facilities and land use regulation with due consideration for extreme events.**

Floods occur every year, but not all of the floods cause heavy damage. It may not be necessary to perform emergency management in most years, but normal operation is needed every year. To manage ordinary floods, the proper operation rule for flood control facilities should be determined beforehand and followed during floods. To avoid unnecessary damage even by ordinary floods, land use regulations should be implemented.

Before extraordinary events occur, it would be difficult to predict whether or not the forthcoming event will be excessive. Therefore, both ordinary and extreme floods are to be considered in formulating the operation rule for facilities and land use regulations.

(vi) At the emergency stage, **to fulfill the responsibility of each individual, community, private firm, NGO and governmental organization.**

In actions for damage reduction, individuals, communities, private firms, NGOs and government organizations should fulfill their responsibilities in a collaborating manner. The combination of Self-help, Mutual-help, and Public--help can minimize damages and enable prompt recovery from disasters.

Self-help is to protect oneself by preparing against disasters and evacuating. Mutual-help is to help each other or to cooperate with people. Public-help is a support provided by government organizations, including construction of structural measures.

The government cannot play all the roles, but can support local societies and individuals to play their roles.

## 2. Target

The target scale of flood to formulate the Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin is 100-year return period. The area to be protected against flood is also determined.

### 2.1 Design Flood

Since most metropolitan cities in the Asian monsoon region have similar target scales ranging from 100 to 200-year return period to prevent flood damage, it is appropriate to set the 100-year return period of design flood as the current target to be achieved.

Since the 2011 Flood caused tremendous damage in the whole Chao Phraya Basin, the Plan should also consider accommodating the 2011 Flood, that is, the Plan should approximately be the same scale as a 100-year return period flood as shown in the rainfall analysis.

**Table 1 Evaluation of 2011 Flood Scale**

Evaluation Item (Annual maximum) (N is number of samples)	Probability of return period				Remarks
	Nakhon Sawan (C.2) [C.A 105,000km <sup>2</sup> ]		River Mouth (whole river basin) [C.A 162,000km <sup>2</sup> ]		
	Value	Return period	Value	Return period	
Average rainfall watershed (mm/6month) (N = 51)	1,483	1/141	1,390	1/100	6 month-maximum rainfall is employed since it contributes to large flood.
Peak discharge (m <sup>3</sup> /s) (N = 56)	6,587	1/70	-	-	To estimate a natural runoff (uncontrolled by facilities), the impounded water in Bhumibol and Sirikit dams was added to the observed discharge at Nakhon Sawan. In addition, to evaluate the probability of actually-occurred scale of inundation at downstream of C.2, probable analysis with overflow volume (beyond 2,500m <sup>3</sup> /s) was conducted.
Yearly water volume (MCM) (N = 55)	55,570	1/127	-	-	
Overflow volume (MCM) (N = 44)	15,154	1/102	-	-	

\* Above calculation was conducted by using “hydrological statistics utility ver. 1.5” released by Japan Institute of Construction Engineering, November 2003.

## 2.2 Areas to be Protected

Bangkok and its vicinities in the east side of the Tha Chin River and the southern part of Pa Sak River in Ayutthaya have been selected as the flood protection area. The Department of Highway (DOH) and the Department of Rural Road (DOR) have started the works to heighten the elevation of the surrounding roads and road embankments. Since these works have been considered as the existing conditions for this Study, they should be one of the criteria for selecting the optimum combination of projects to reduce the risk of dyke-breach in the flood protection area.

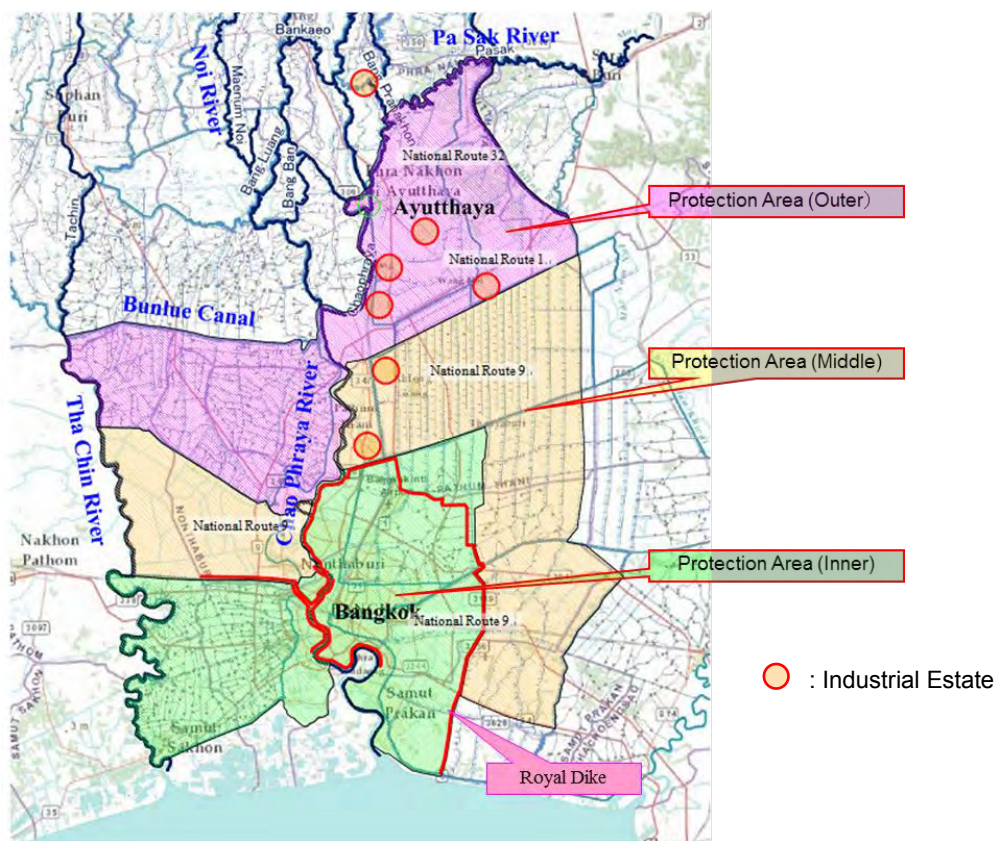


Figure 1 Priority Protection Areas (Source: “Waterforthai” Website)



Picture 1 Areas Inundated during 2011 Flood



### 3. Proposed Combination of Countermeasures

More than ten (10) scenarios have been simulated after newly developing a basin-wide hydrological model incorporating the new topographical map. It has been concluded that the **Ayutthaya Bypass Channel and Outer-Ring Road Diversion Channel** in combination with other structural and nonstructural measures such as efficient operation of existing dams and river channel improvement works are the most cost-efficient and significantly effective to protect the Lower Chao Phraya River Basin.

#### Proposed Combination 1

- 1) Effective Operation of Existing Dams
- 2) Outer Ring Road Diversion Channel (Capacity: 500 m<sup>3</sup>/s)
- 3) River Improvement Works (including Tha Chin River Improvement)
- 4) Ayutthaya Bypass Channel (Capacity: 1,400 m<sup>3</sup>/s)
- 5) Flood Forecasting

#### Proposed Combination 2

- 1) Effective Operation of Existing Dams
- 2) Outer Ring Road Diversion Channel (Capacity : 1,000 m<sup>3</sup>/s)
- 3) River Improvement Works (including Tha Chin River Improvement)
- 4) Ayutthaya Bypass Channel (Capacity : 1,400 m<sup>3</sup>/s)
- 5) Flood Forecasting

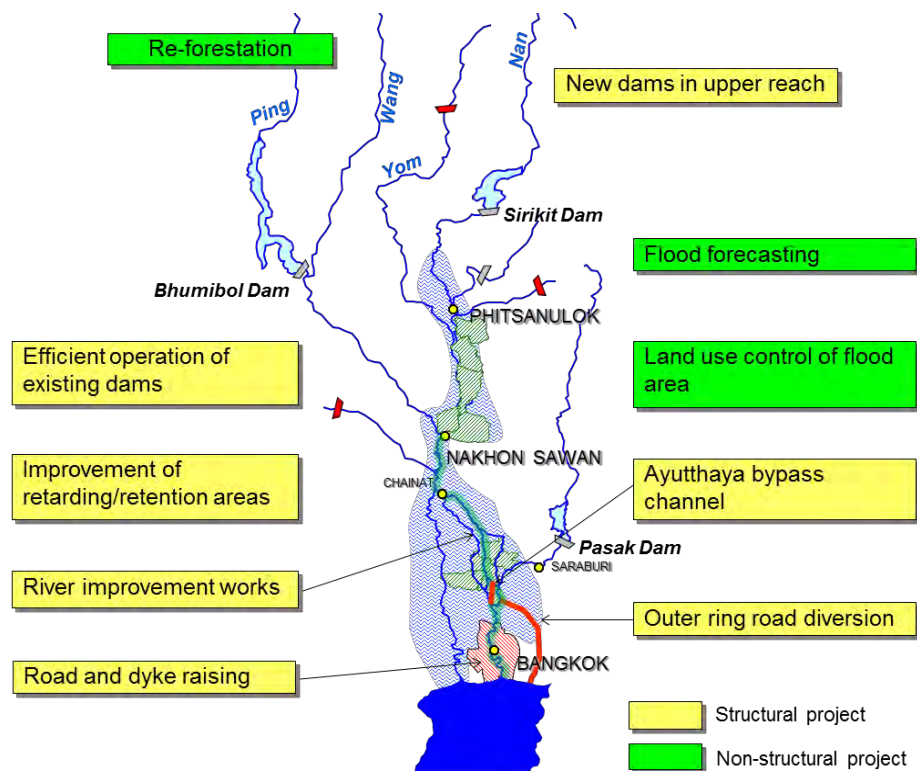


Figure 2 Countermeasures Reviewed in the Study

According to the simulation results, the east or west diversion channel with capacity of 1,500m<sup>3</sup>/s from Nakhon Sawan to the Gulf of Thailand will work less effectively than the above combination, while the project cost of this 250 km long diversion channel will be more than double with a wider range of social and environmental impacts.

### 3.1 Effective Operation of Existing Dams

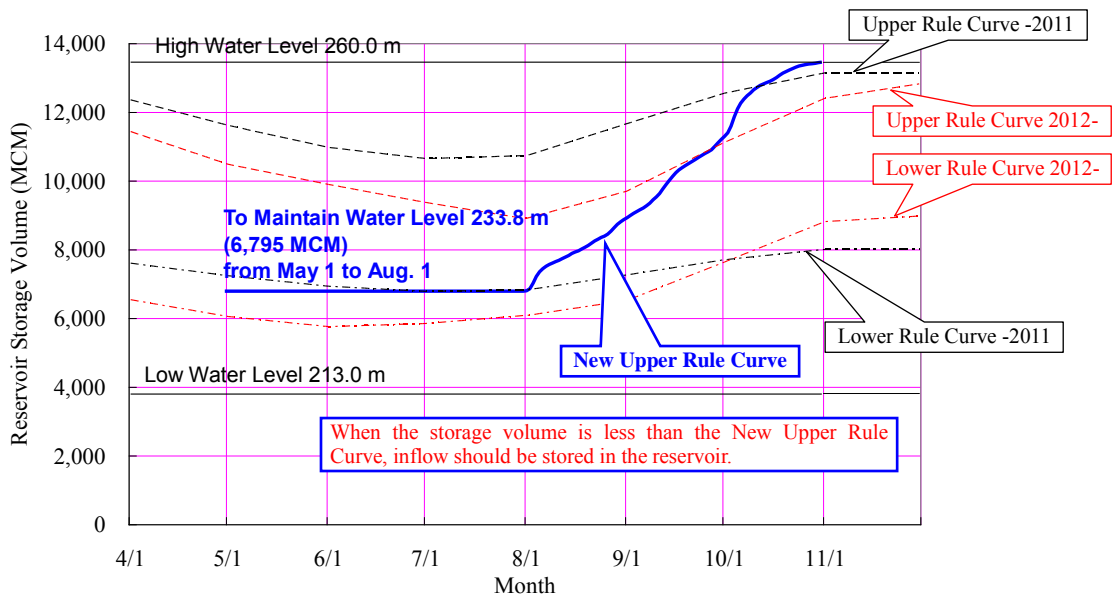
The operation of the existing dams during the 2011 flood was so effective to mitigate flood damage, because the Bhumibol and Sirikit dams stored 12 billion cubic meters of floodwater. Since the dam operation rule was modified in February 2012, dam operation will have more flexibility to manage water resources with the minimization of flood damage as well as provision of water for irrigation purpose. It is proposed that reservoir level should follow the new upper rule curve until the end of July, and from August, flood discharge should be stored in reservoir with maximum outflow of 210 m<sup>3</sup>/s for Bhumibol Dam and 190 m<sup>3</sup>/s for Sirikit Dam. If the proposed dam operation rule was applied during the 2011 flood, the peak discharge at Nakhon Sawan could be reduced by 400 m<sup>3</sup>/s.

The concept of new operation rule is as follows.

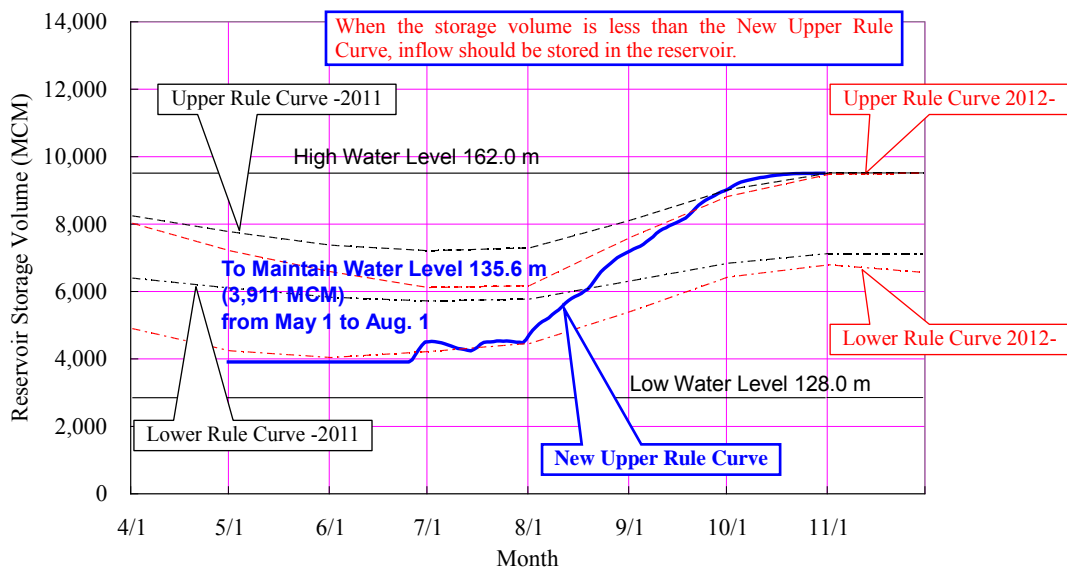
- Following the proposed new operation rules (Upper Rule Curve), the inflow is going to be released from May 1 to August 1 to maintain the fixed reservoir water level.
- During flood season, which is from August 1 to November 1, the proposed design maximum discharges, which are 210 m<sup>3</sup>/s at Bhumibol Dam and 190 m<sup>3</sup>/s at Sirikit Dam, are released. If the storage volume is less than the recommended New Upper Rule Curve, the inflow should be stored in the reservoir. The released discharge shall not be less than the minimum discharges of 8 m<sup>3</sup>/s at Bhumibol Dam and the 35 m<sup>3</sup>/s at Sirikit Dam.
- When the dry season (From November 1 to April 30 next year) starts, the stored water is released based on the schedule of the required water supply volume.

**Table 2 Proposed Operation Rules at Bhumibol Dam and Sirikit Dam**

Dam	Maximum Outflow		Storage Volume in May 1 (includes Sedimentation Volume)	Water Level in May 1
	May to July	August to October		
Bhumibol	In = Out	210m <sup>3</sup> /s	6,795MCM	233.8m
Sirikit	Basically In = Out	190m <sup>3</sup> /s	3,911MCM	135.6m



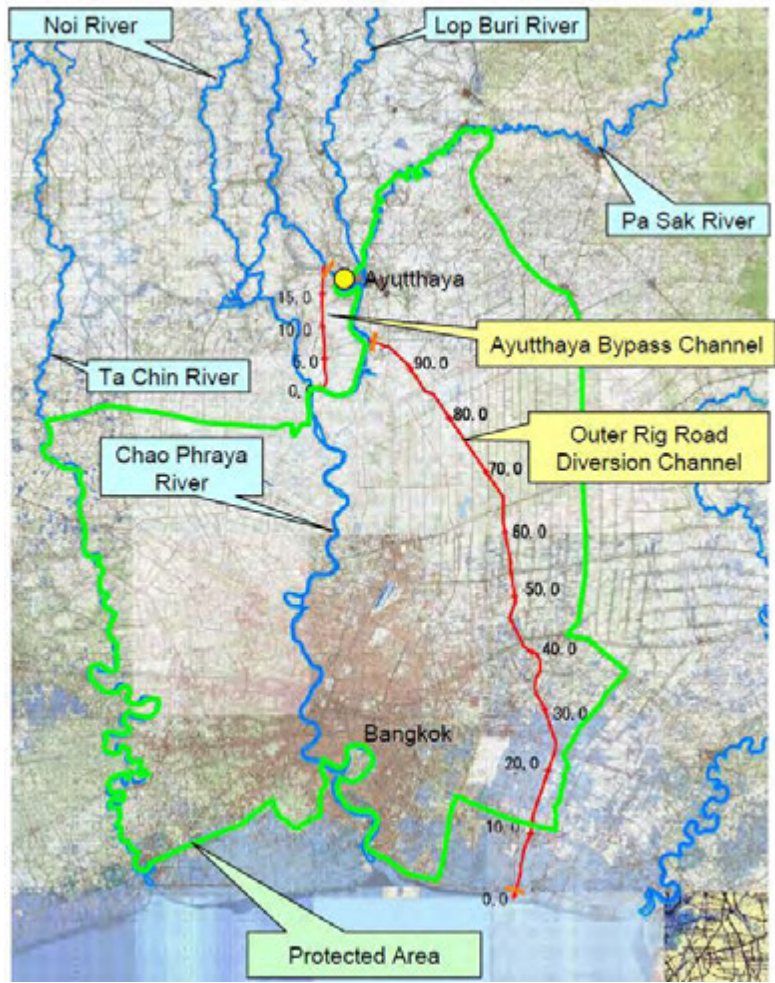
**Figure 3 New Upper Rule Curve of Bhumibol Dam**



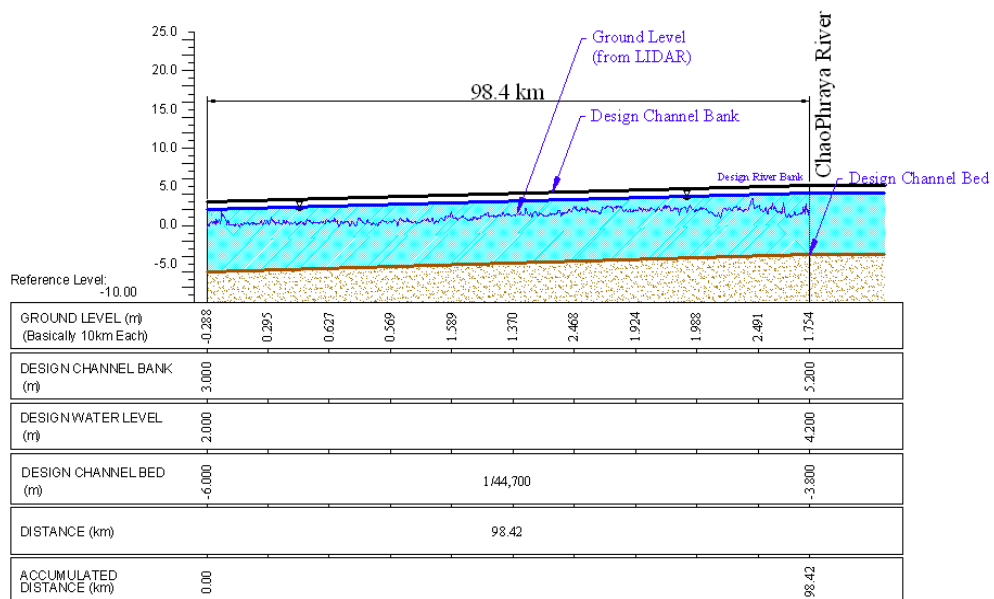
**Figure 4 New Upper Rule Curve of Sirikit Dam**

### 3.2 Outer Ring Road Diversion Channel

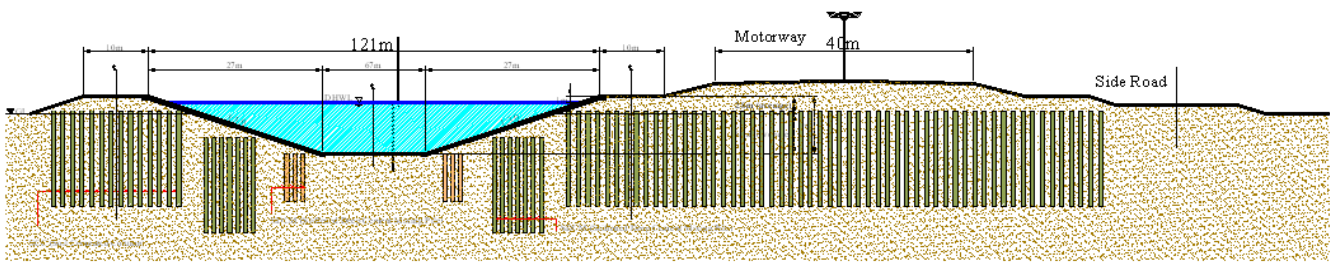
The diversion channel has a certain effect in reducing water levels of: (i) the Chao Phraya River from Ayutthaya to Bangkok; and (ii) the downstream of Pa Sak River. Hence, it is very effective in reducing the risk of dyke breach along the areas to be protected.



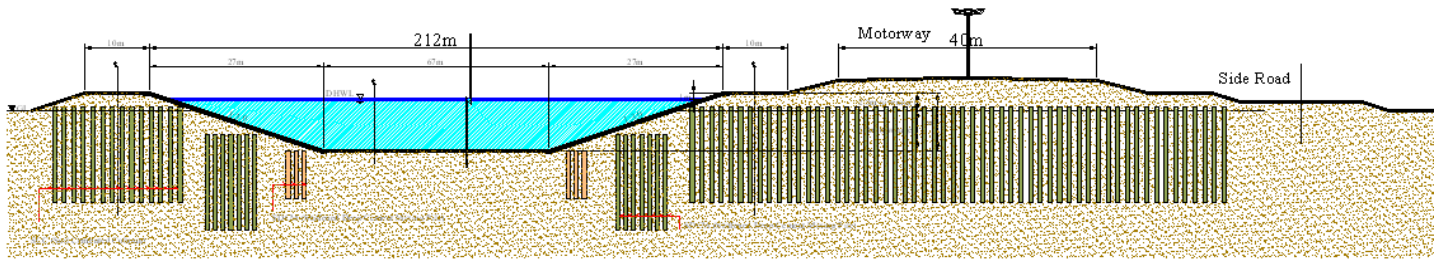
**Figure 5 Proposed Outer Ring Road Diversion Channel**



**Figure 6 Longitudinal Section of Outer Ring Road Diversion Channel**



(Capacity: 500 m<sup>3</sup>/s)



(Capacity: 1,000 m<sup>3</sup>/s)

Figure 7 Cross Section of Outer Ring Road Diversion Channel <sup>1</sup>

### 3.3 River Channel Improvement

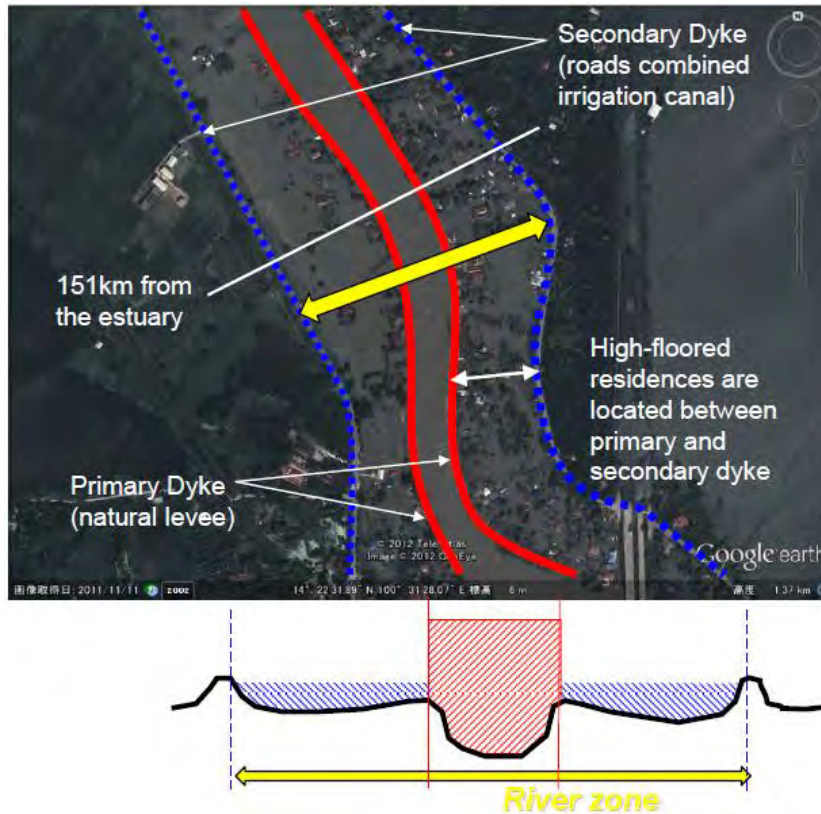
#### (1) Definition of River Channel

It has been considered in the Study that the channel of rivers lie between secondary dykes, not between water edges along primary dykes, since ordinary widths of stream cannot accommodate floodwater. It is, therefore, crucial that the lower and/or weaker stretches of secondary dykes should be identified and strengthened to prevent uncontrolled inundation.

If dyke raising work is conducted based on the primary dyke alignment, a very high levee would be required (red line), because the river area enclosed with primary dyke is much smaller than secondary dyke.

<sup>1</sup> Cost for Construction of Motorway and Side Road is not included in this study.



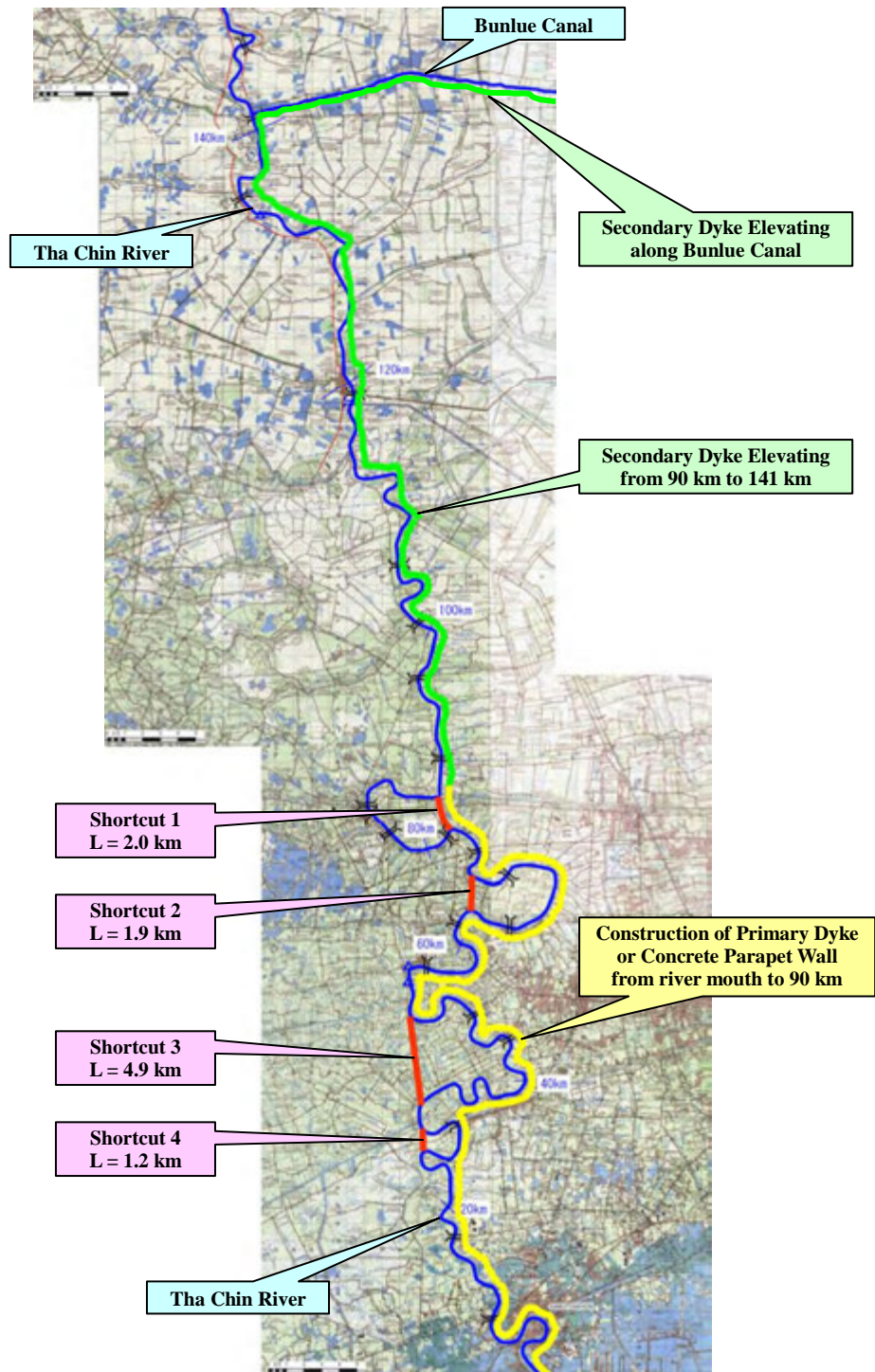


**Figure 8 Primary and Secondary Dykes**

## (2) River Improvement in Tha Chin River

Inundation volume and depth at right side of the Tha Chin River will increase due to the dyke heightening for protection of the economic zone. To increase discharge capacity at lower reaches of the Tha Chin River and to protect the economic zone, the following countermeasures are adopted:

- i) Four (4) shortcuts are installed as follows:
  - 1) Shortcut 1 at Ngue Rai-Taiyawat (original: 11.2 km, shortcut: 2.0 km);
  - 2) Shortcut 2 at Hom Gret-Tha Tarad (original: 10.7 km, shortcut: 1.9 km);
  - 3) Shortcut 3 at Sam Phan-Krathum Ban (original: 21.5 km, shortcut: 4.9 km); and
  - 4) Shortcut 4 at Ban Paew (original: 5.1 km, shortcut: 1.2 km);
- ii) Primary dyke or concrete parapet wall is newly constructed at left side from river mouth to 90 km point; and
- iii) Secondary dyke at left side is elevated to “Design High Water Level plus Allowance” from 90 km to 141 km point.

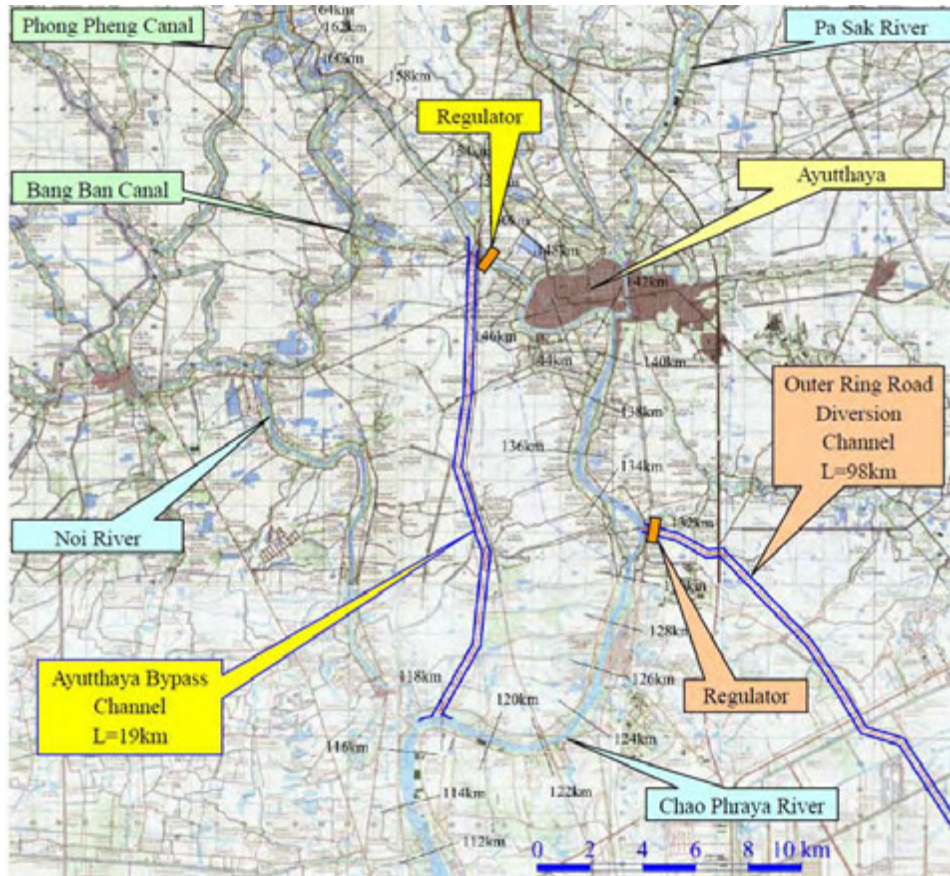


**Figure 9 River Improvement in Tha Chin River**

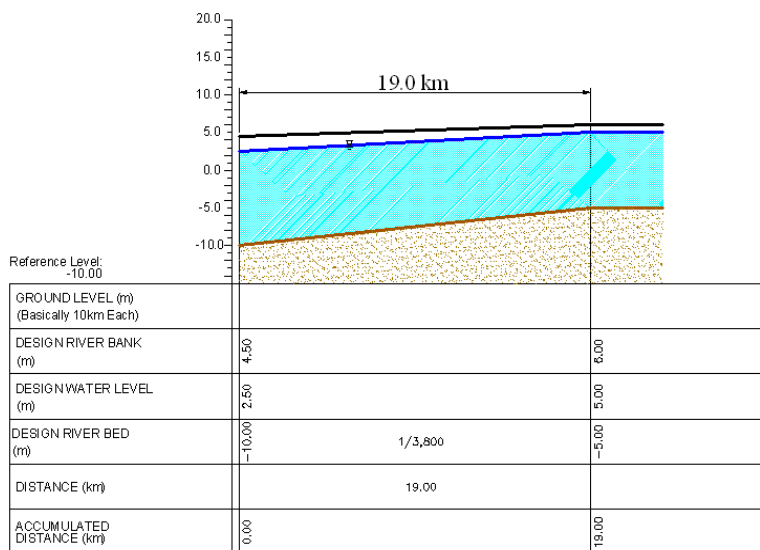
### 3.4 Ayutthaya Bypass Channel

The Ayutthaya Bypass Channel is one of the alternatives of river channel improvement works, because it is extremely difficult to widen the river channel in the stretch between Bang Sai and Ayutthaya. The bypass channel is planned to be constructed from the upstream of Ayutthaya to just upstream of the

confluence of the Noi River and the Chao Phraya River. The bypass channel has an effect in lowering the water levels of: (i) the Chao Phraya River between Bang Sai and Ayutthaya; and (ii) the Pa Sak River, and should be effective to reduce the risk of dyke breach along the areas to be protected.

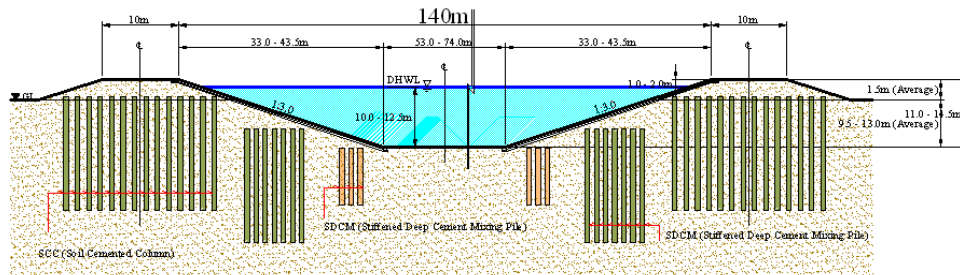


**Figure 10 Proposed Ayutthaya Bypass Channel**



**Figure 11 Longitudinal Section of Ayutthaya Bypass Channel**





**Figure 12 Cross Section of Ayutthaya Bypass Channel  
(Capacity: 1,400 m<sup>3</sup>/s)**

### 3.5 Habitual Inundation Area

Protecting the priority area in the Lower Chao Phraya River Basin by the combination of countermeasures proposed above should not increase flood damage potential in other areas except for some specific areas. In addition, flood damage resilience can be improved by the following activities. Some of these activities have been already materialized.

- Flood Management Information System
- Land use regulation and planning
- Appropriate intervention in the agricultural area

Reliable and timely information can reassure residents in the basin to continue economic activities. “The Project for the Comprehensive Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin” has already developed a flood forecasting system, which is available to the public through the internet.

#### 3.5.1 Controlled Inundation Area

By regulating land use appropriately, inundation with scale similar to the 2011 flood can be controlled. The prospective controlled inundation areas can be classified into five (5), depending on the flooding features. Based on this classification, the concrete land use plan could be developed and put into practice.

Type FS: Overflow water from river spreads and flows towards downstream resulting in relatively shallow inundation and shorter duration.

Type FL: Floodwater flows over through these areas and is blocked by the heightened road/embankment. Deeper inundation and longer duration than the 2011 flood would be observed near the southern border of the areas.

Type W: These areas are floodways for overflow water from Type FL areas and the west hilly areas.

Type M: These are swamp areas and floodwater stays throughout a flood season with deep inundation and long duration.

Type H: Small scale floods with shallow inundation depth and short duration come from the east hilly areas.

It will be inevitable to use many of the agricultural lands to store floodwater. However, strengthening the capacity for quick recovery can mitigate their damage and losses. “The Project for Flood Countermeasures for Thailand Agricultural Sector” is supporting and promoting this issue.

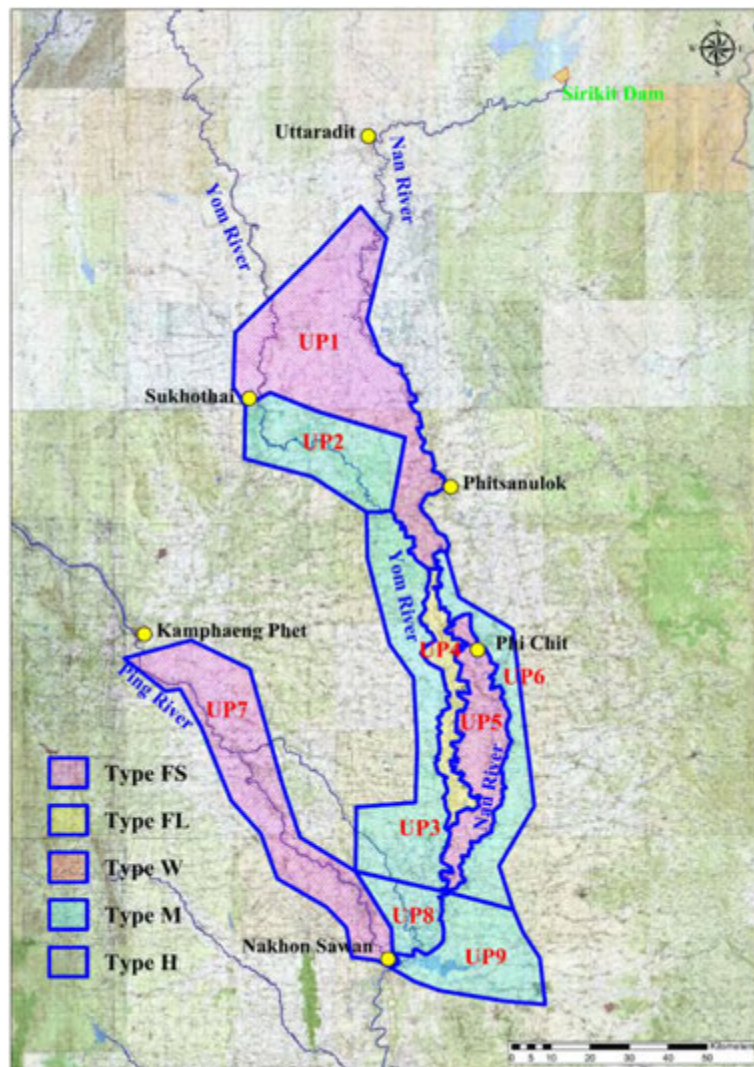
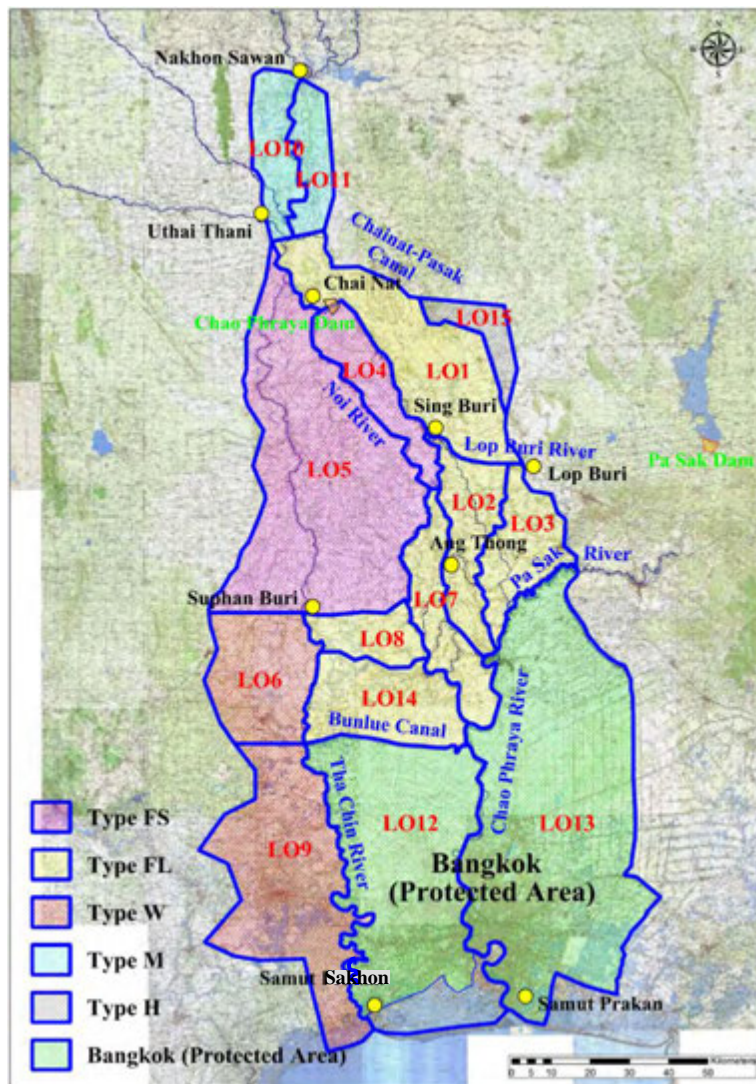


Figure 13 Controlled Inundation Areas (Upper Chao Phraya)





**Figure 14 Controlled Inundation Areas (Lower Chao Phraya)**

These low-lying areas have the important function of retarding floodwaters and reducing flood peaks downstream. Regardless of whether or not the proposed facilities are constructed, structural and nonstructural measures are required for the inundation area to maintain the function, to reduce flood disaster risks and to enhance people's living condition considering coexistence with floods. The following measures will be required:

1) Type FS

Structural Measures

- Strengthening measures for retention areas by the government.
- Dredging of drainage channels and lakes/marshes.
- Improvement of small-scale irrigation facilities (gates, weirs, etc.).

- Construction of community-based small-scale retention pond (controlled intake and discharge facilities, irrigation water supply in dry season).
- Strengthening of existing levees.

#### Nonstructural Measures

- Compensation for farmland damaged by inundation.
- Preparation of community based hazard map.
- Agricultural guidance like changing forms of farming schedule.
- Measures to secure feed for livestock.
- Improvement of flood information.

### 2) Type FL

#### Structural Measures

- Strengthening measures for retention areas by the Government.
- Construction of community-based small scale retention ponds (Controlled intake and discharge facilities, irrigation water supply in dry season).
- Dredging of drainage channels and lakes/marshes.
- Improvement of small scale irrigation facilities (gates, weirs, etc.).
- Strengthening of existing levees.
- Installation of drainage pumps (reduction of inundation depth and duration).

#### Nonstructural Measures

- Compensation for farmland damaged by inundation.
- Agricultural guidance like changing forms of farming schedule.
- Measure to secure income during inundation period (combined agriculture and fishery or aquaculture, etc.).
- Measures to secure domestic water supply for inundation period.
- Preparation of community based hazard map and land use control.
- Improvement of flood information.

### 3) Type W

#### Structural Measures

- Construction of community-based small scale retention ponds (controlled intake and discharge facilities, irrigation water supply in dry season).
- Dredging of drainage channels and lakes/marshes.
- Improvement of small scale irrigation facilities (gates, weirs, etc.).
- Strengthening and raising the existing levees.

- Improvement of main canal (increase of discharge capacity to Gulf of Thailand).
- Maintenance of canals (increase of drainage capacity to main canal).
- Installation of drainage pumps (reduction of inundation depth and duration).

#### Nonstructural Measures

- Compensation for farmland damaged by inundation.
- Agricultural guidance like changing forms of farming schedule, introduction of floating vegetable, etc.
- Measure to secure income during inundation period (combined agriculture and fishery or aquaculture, etc.).
- Measures to secure domestic water supply for inundation period.
- Measures to secure feed for livestock.
- Preparation of community based hazard map and land use control.
- Improvement of flood information.

#### 4) Type M

##### Structural Measures

- Strengthening of existing levee surrounding low-lying marsh area.

##### Nonstructural Measures

- Measures to maintain the current retarding function like land use control, etc.
- Improvement of flood information.

#### 5) Type H division

##### Structural Measures

- Construction of community-based small scale retention ponds (controlled intake and discharge facilities, irrigation water supply in dry season).
- Strengthening of existing levees.

##### Nonstructural Measures

- Improvement of flood information.

### **3.5.2 Flood Management Information Plan**

Further description of the Flood Management Information System is stated in "The Basic Plan on the Flood Management Information System" prepared by another JICA Study.

A summary of the project is given as follows:

## **Basic Plan of Flood Management Information System of Thailand**

Information is the most important factor in combining different fields of water resources management, including structural measures, emergency measures, raising awareness, etc.

A basic plan has been formulated for the flood management information system of Thailand, with most importance attached not to the sender of information, but to the receiver of information.

The plan consists of the following four chapters:

- I. Current Status and Issues;
- II. Function of Information in Flood Management;
- III. Basic Strategies of Flood Management Information System Construction; and
- VI. Specific Measures Development Plan of Flood Management Information System



### **One of Specific Measures: Facility Operation**

Operation situations of major facilities (dams, major barrages and water gates) in the basin should be monitored together with flow rate information of rivers and water ways.

Facility operations should be effective by utilizing present water level and flow rate information.

Simulate downstream situation with dam water gate and pump operation, so that optimum selection of damage alleviation alternatives is made.

While various proposals have been made as part of the comprehensive flood countermeasures as of February 2013, the plan summarizes universally required items of the flood management information system of Thailand in the future which all proposing parties should consider: The plan does not prejudice in favor of any of such proposals.

## **JICA/FRICS Flood Forecasting System**

A prototype flood forecasting system was developed in September 2012, and information was provided to the registered monitors during the 2012 flood

season. Through discussion with the related personnel of the Thai Government for practical application, necessary improvements were added, and, by January 2012, became widely open to the general public. A version with further functions added for experts of the government would be completed by May 2013.

Water-level/flow-rate and inundation areas are forecast, with RRI model or H08 model simulation based on the observed data (rainfall, water-level, and flow-rate) and meteorological forecast data of RID, DWR and TMD. Highly accurate inundation area is forecast by using detailed geographic data obtained by LiDAR data, and by calibrating with GISTDA's satellite images of inundation situations.

### **3.5.3 Solution for the Issue of Land Use Control**

As mentioned in "1. Flood Management Policy in Thailand", basin inundation would be inevitable even after the implementation of major countermeasures. In accordance with the prospective controlled inundation area classified into five (5) categories, it is crucial to seek solutions to minimize flood damage by controlling unplanned urbanization in inundated areas and to maximize the benefit induced by inundation especially for agricultural use.

The land use control plan should be enforceable and decided based on each inundation situation of the five (5) categories.

#### **(1) Concept of Land Use Control**

Concept of land use control is given as follows:

- Concept 1: To implement effective land use control as the minimum corresponding to frequent flood-prone areas including retention area in order to maintain and improve people's daily life and economic activities.
- Concept 2: To promote land use in order to minimize flood damage to flood-prone areas in several decades to hundred years in terms of mitigation.
- Concept 3: To implement measures to improve the quality of life of people living in serious flood-prone areas.
- Concept 4: To create a system for performing under full coordination of related organization for implementation of the measures discussed below.



## (2) Specific Measures of Land Use Control

### (a) Revision of Existing System

In areas at risk of inundation, control of land use should be applied to minimize flood damage depending on the characteristics of flooding. It is proposed that the control is collateral by revision or abolition of the provisions of each regulation of town planning promulgated as Ministerial Regulation.

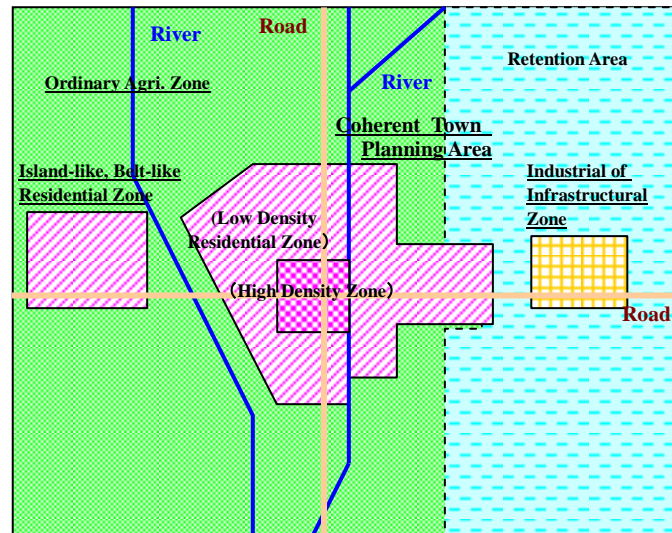


Figure 15 Image of Land Use

Table 3 Contents of Specific Measures of Land Use Control

Category of Inundation Area		Town Planning Area	Island-like, Belt-like Residential Zone	Island-like, Belt-like Industrial, Infrastructure Zone	Ordinary Agricultural Zone	New Designation
FS	Relatively shallow inundation and shorter duration	Basic Protection; Continuation of Current System	Continuation of Current System	Continuation of Current System	Continuation of Current System	Continuation of Current System
FL	Deeper inundation and longer duration		Allowed to flood; Uninhabitable to ground floor	Basic Protection; Not allowed to residential and commercial	Basic Protection; Abolition of Exception Provision	Not allowed
W	Floodways for overflow water located west of protection area		Allowed to flood; Uninhabitable to ground floor	Basic Protection Residential and accommodation not allowed	Allowed to flood Uninhabitable to ground floor	Allowed to flood Uninhabitable to ground floor
M	Swamp, deep inundation and long duration		Allowed to flood; Uninhabitable to ground floor	Basically Protection Residential and accommodation not allowed	Allowed to flood Abolition of Exception Provision	Not allowed
H	Small scale floods from the east hilly area		Continuation of Current System	Continuation of Current System	Continuation of Current System	Continuation of Current System

(b) New Measure for Land Use: Creation of Land Use Guideline

To further reduce flood damage, orientation on land use is to be undertaken in flood prone areas. It is proposed that this orientation on land use should be implemented with the formulation of a “Guideline of Land Use for Flood Mitigation” based on the features of flood area considering the backlash against the free use and disposal of land.

**Table 4 Scheme of Building Control in accordance with Features of Flooding**

Category of Flood Area		Scheme of Building Control					
		Residential; Commercial	Industrial Infrastructure	Religious; Cultural; Educational	Agricultural	Public Service	Tourism; Recreational
FS	Relatively shallow inundation and shorter duration	△1	△1	○	○	○	○
FL	Deeper inundation and longer duration	×	△1	△1	△1	△1	△1
W	Floodways for overflow water located west of protection area	△2	△1	△1	△1	△1	△1
M	Swamp, deep inundation and long duration	×	×	△1	△1	△1	△1
H	Small scale floods from the east hilly area	△1	△1	○	○	○	○

Policy of Land Use Restriction: ○ Buildable as usual  
 △ Buildable conditionally,  
     Condition 1: With levee or raising of ground level  
     Condition 2: Uninhabitable to ground floor  
 × Not newly built, renovation

(c) Relocation of Land Use by using Existing Systems

The flood area covers most of the Chao Phraya River Basin with high density of residences extending linearly along the river. The measures to protect these areas from flood are:

- Protection of the area by structures such as levee or flood wall, etc.
- Relocation of entire community to the raised land to reduce the influence of flood

In this case, the application of existing systems of land readjustment can be carried out in accordance with the arrangement of parcels of land and the development of roads and other infrastructure.

#### (d) Enhancement of Coordination of Land Use

To secure cooperation in a particular flooding from the perspective of disaster risk reduction as a consultative body, the establishment of a "Coordination Committee of Land use in Flood-Prone Area" (tentative name) is assumed to work as an organization to consider policies related to land use of large scale, such as special economic zone, and to discuss land use under flood control measures in consideration of potential of floods.

Membership is assumed to consist of the Royal Irrigation Department (RID), the Department of Public Works and Town and Country Planning (DPT), the Department of Rural Roads (DOR), the Department of Highway (DOH), the Economic and Social Development Board (NESDB), the Ministry of Industry, etc. Matters of coordination are assumed as the following:

- Positioning of area based on flood potential
- Vulnerability assessment in predicted inundation
- Effect of mitigation on Land Use
- Advice to the measure of flood based on the guideline, etc.

#### **3.5.4 Appropriate Intervention in the Agricultural Area**

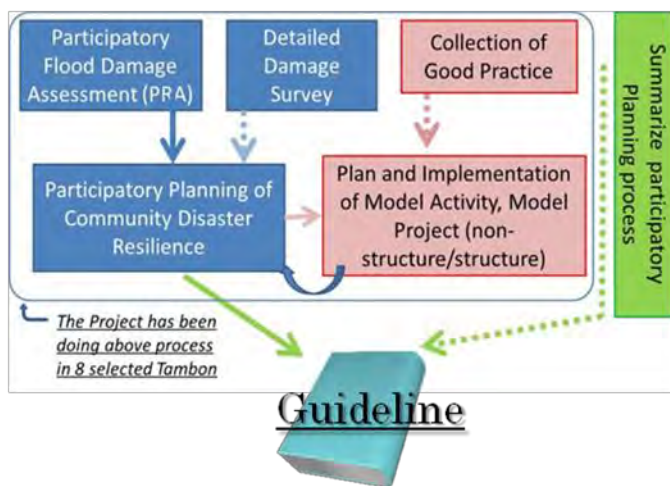
Further description of the Appropriate Intervention in the Agricultural Area is stated in "Project for Flood Countermeasures for Thailand Agricultural Sector."

The objective of The Project is to prepare a guideline for disaster-resilient agriculture and agricultural community, which will be applied for the whole Chao Phraya Basin in the future. Cultivating "resilience" of communities is the primary concern, by which a community can enhance its capacity in learning from the past disasters and to facilitate risk reduction measures. It tries to cope with disaster and to recover from the damage of a particular hazard, when it happens. "Sufficiency Economy" is the central concept to prepare the guideline.

Community-level approach is believed to increase the relevance, effectiveness and sustainability of disaster risk reduction. Thus, in the process of disaster-resilience planning, people in various social groups of the community, including vulnerable groups, are invited to contribute. About 20 countermeasures varying from structural measures to the introduction of crop production techniques to other income generation activities were tried as

pilot activities in 7 model areas, and the lessons learned from implementation are to be discussed and summarized as technical papers and community case studies.

Guidelines on: i) Community-based Disaster Management, ii) Community Water Resources Management, iii) Flood Damage Reduction Measures in Agriculture, iv) Income Generation, and v) Community Strengthening, will be compiled and expected to be utilized to prepare the disaster-resilient plan at *Tambon* level with the assistance of the provincial government in flood risk areas in Chao Phraya Basin according to their physical, social, and cultural situations.

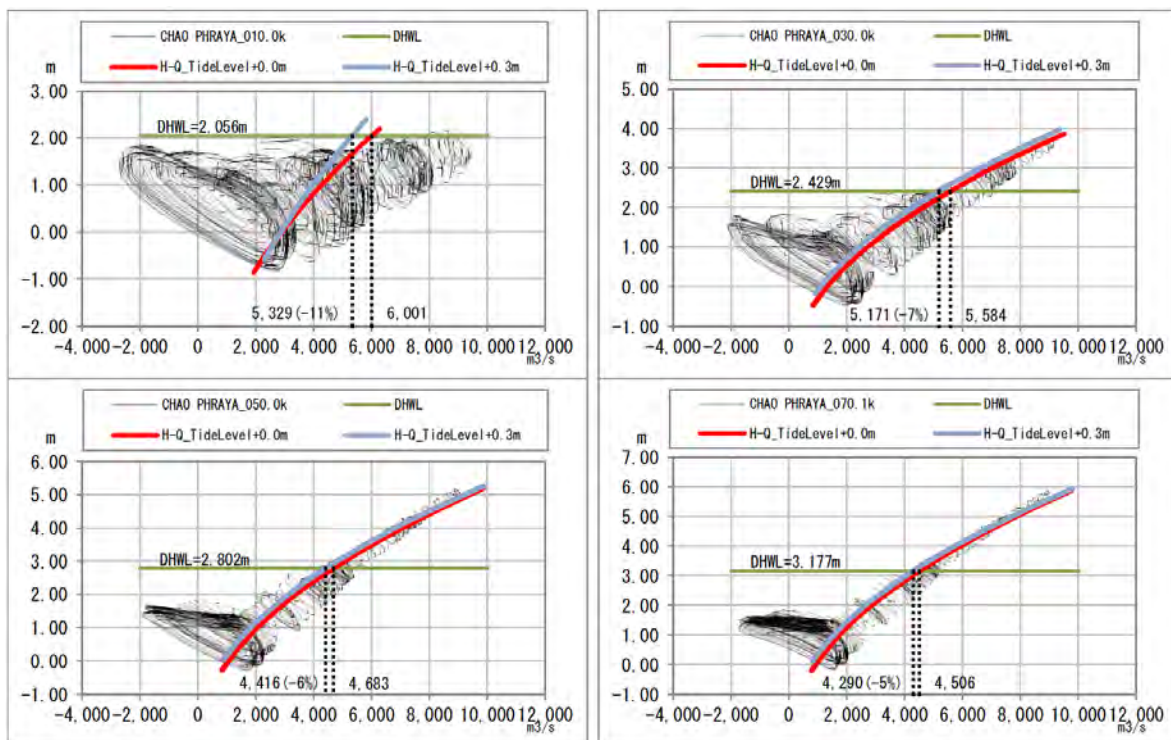


### 3.6 Consideration on Climate Change and Storm Surge

#### 3.6.1 Sea Level Rise caused by Climate Change

There are several studies on the impact of climate change available for Thailand. The 2009 World Bank Study predicted 2 to 3% of increase of precipitation and 19 to 29 cm sea level rise in 2050. The 2010 START study also predicted 10% of increase in annual precipitation in the Chao Phraya River Basin for the period from 2045 to 2065, and sea level rise of 9.4 cm on average and the maximum of 17.0cm during 2010-2029, while it is 20.0 cm on average, and maximum of 28.9 cm during 2030-2049 in the Gulf of Thailand.

According to the previous studies on Climate Change, the sea level rise in the Gulf of Thailand is not much different from the average of global sea level rise. The following figures show flow capacity in case of sea level rise of 30 cm at downstream of the Chao Phraya River. Since flow capacity is affected by sea level rise of 30 cm, further consideration is encouraged in the next stage.



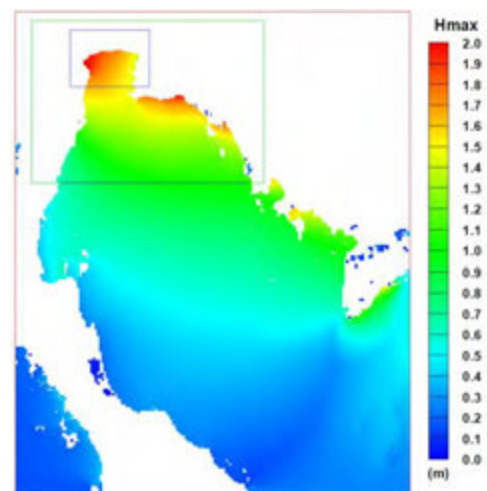
**Figure 16 Discharge Capacity in Case of Sea Level Rise of 30 cm**



### 3.6.2 Storm Surge

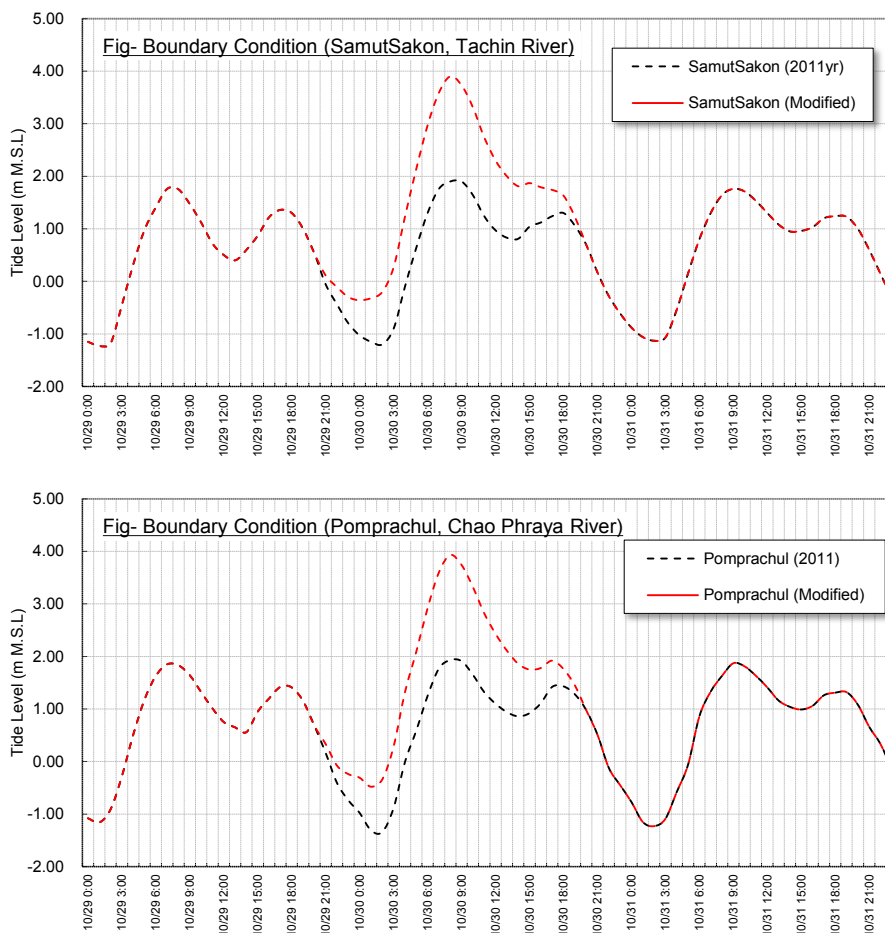
A storm surge is an offshore rise of water associated with a low pressure weather system, typically typhoons. Coastal areas along the Gulf of Thailand have been historically affected by storm surges. An analysis is being made to assess risk of storm surge in the coastal area of the Chao Phraya River Basin including Bangkok.

Firstly, a storm surge simulation model was established through model validation using observation data of Typhoon Gay (1989) and Typhoon Linda (1997). Then a storm surge simulation was conducted under a scenario that a typhoon similar to Typhoon Linda hits the river mouth of the Chao Phraya River. Moreover a flood inundation simulation for the 2011 flood was also conducted with river mouth water levels raised by the simulated storm surge as the downstream end condition.



Following the simulation result, the effect of the storm surge to the flood in the Chao Phraya River Basin was analyzed. In this study, the following conditions were set.

- The storm surge with the highest sea water rise occurred in October 30, 2011 at the time of the highest river water level;
- The seawater rise was 2.0m and lasted for 24 hours; and
- The simulation on the reproduction of the 2011 Flood is executed with the dike elevation around the economic zone along the Chao Phraya River and Pa Sak River, Ayutthaya Bypass and Outer Ring Road Diversion Channel.



**Figure 19 Application of Sea Level at Estuary of Chao Phraya River and Tha Chin River**

Estimated inundation area is shown in Figure 20. This figure shows that the effect of storm surge to floods in Chao Phraya River Basin is not negligible.

Inundated volume to the flood plain was estimated as 3,600 MCM due to storm surge. In case of a huge storm surge, countermeasures including road elevation along the coastline, river improvement works, construction of tide wall etc., would be necessary.

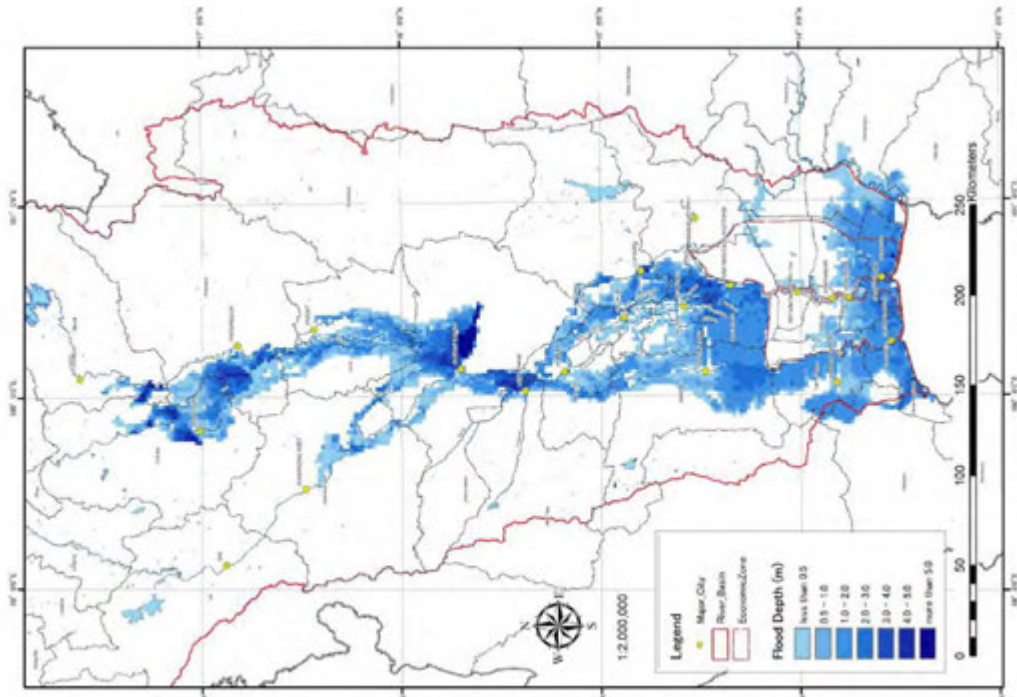


Figure- Estimated Inundation Area (Case 10 Considering Storm Surge)

With Storm Surge (Elevation of Sea Level by 2m)

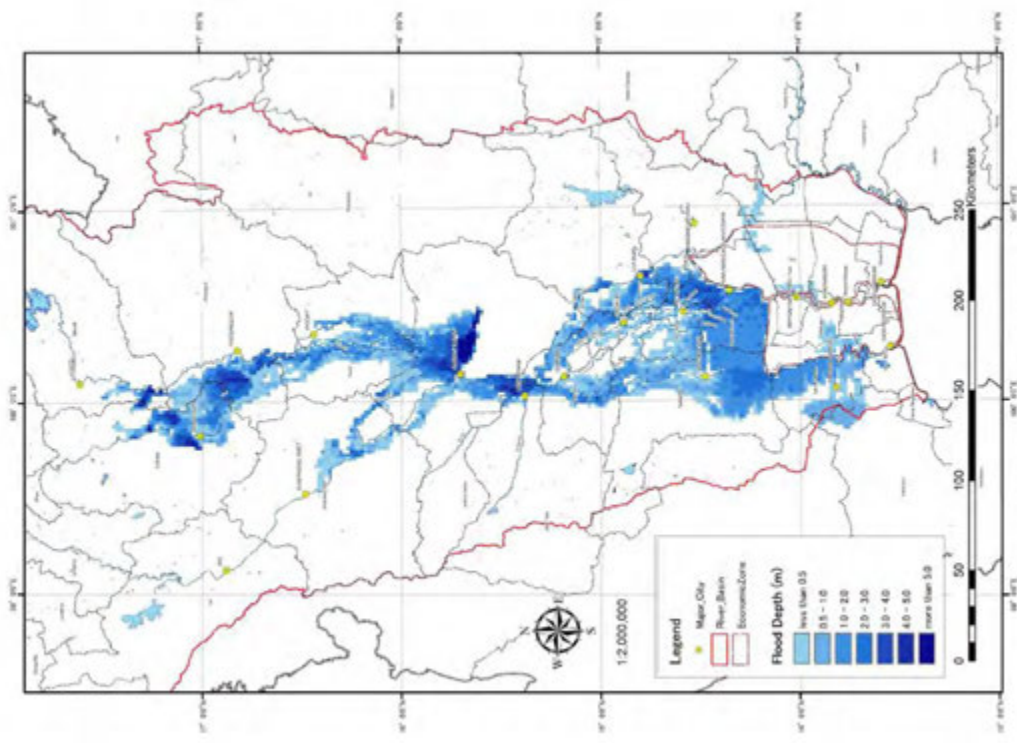
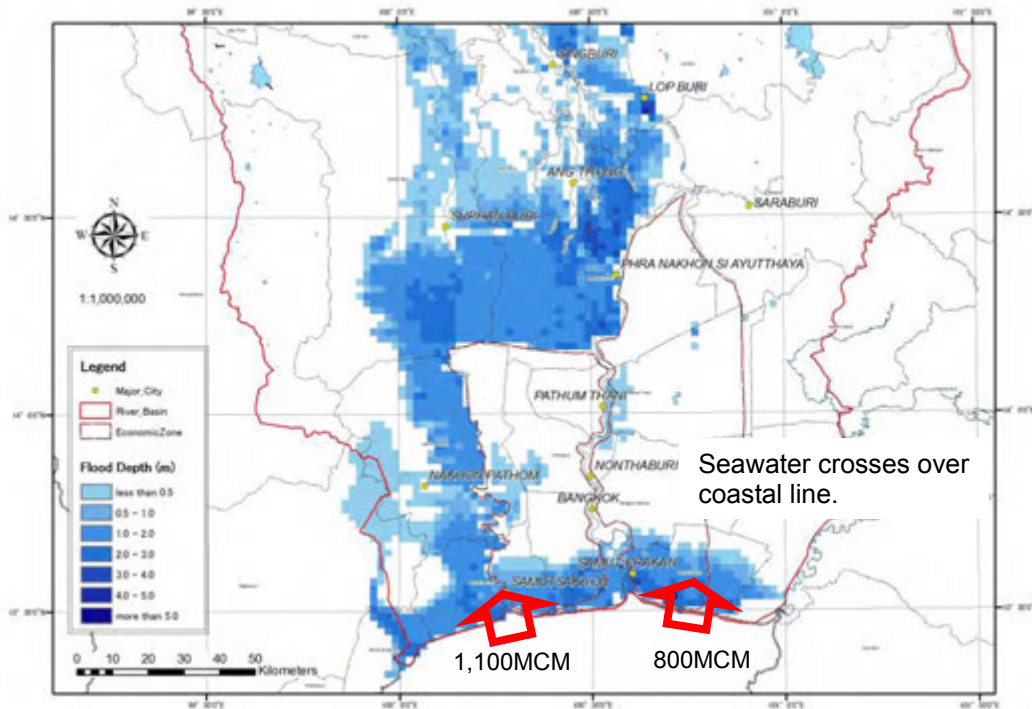


Figure- Estimated Inundation Area (Case 10 Considering Storm Surge)

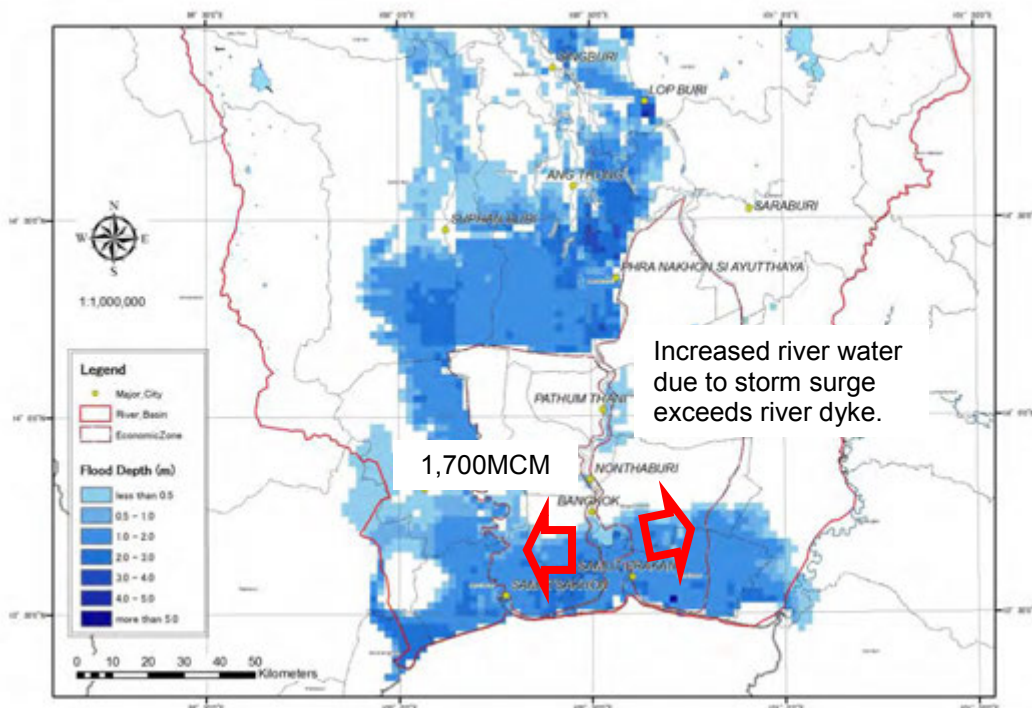
Without Storm Surge

**Figure 20 Estimated Inundation Area in Chao Phraya River Basin**

(October 30)



(October 31)



**Figure 21 Simulation on 2m of Storm Surge at Estuary of Chao Phraya River**

## **4. Project Effectiveness and Evaluation**

### **4.1 Project Effectiveness**

#### **4.1.1 Project Effectiveness against Design Flood**

Effectiveness of combination of countermeasures against Design Flood has been checked by flood discharge distribution. The following three combinations have been studied:

##### Combination of SCWRM M/P

- 1) Effective Operation of Existing Dams
- 2) Construction of New Dams
- 3) Improvement of Retarding/Retention Areas
- 4) East/West Diversion Channel (Capacity: 1,500m<sup>3</sup>/s)
- 5) Outer Ring Road Diversion Channel (Capacity: 500m<sup>3</sup>/s)
- 6) River Channel Improvement Works (not including Tha Chin River Improvement)
- 7) Flood Forecasting

##### Proposed Combination 1

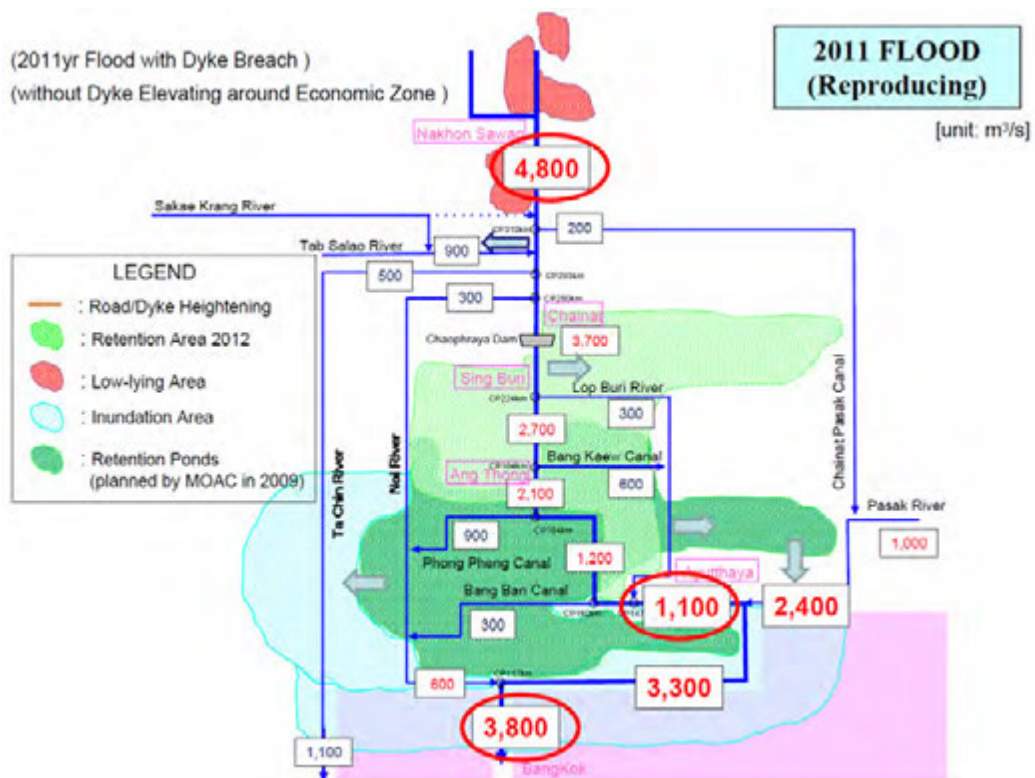
- 1) Effective Operation of Existing Dams
- 2) Outer Ring Road Diversion Channel (Capacity: 500m<sup>3</sup>/s)
- 3) River Channel Improvement Works (including Tha Chin River Improvement)
- 4) Ayutthaya Bypass Channel (Capacity: 1,400m<sup>3</sup>/s)
- 5) Flood Forecasting

##### Proposed Combination 2

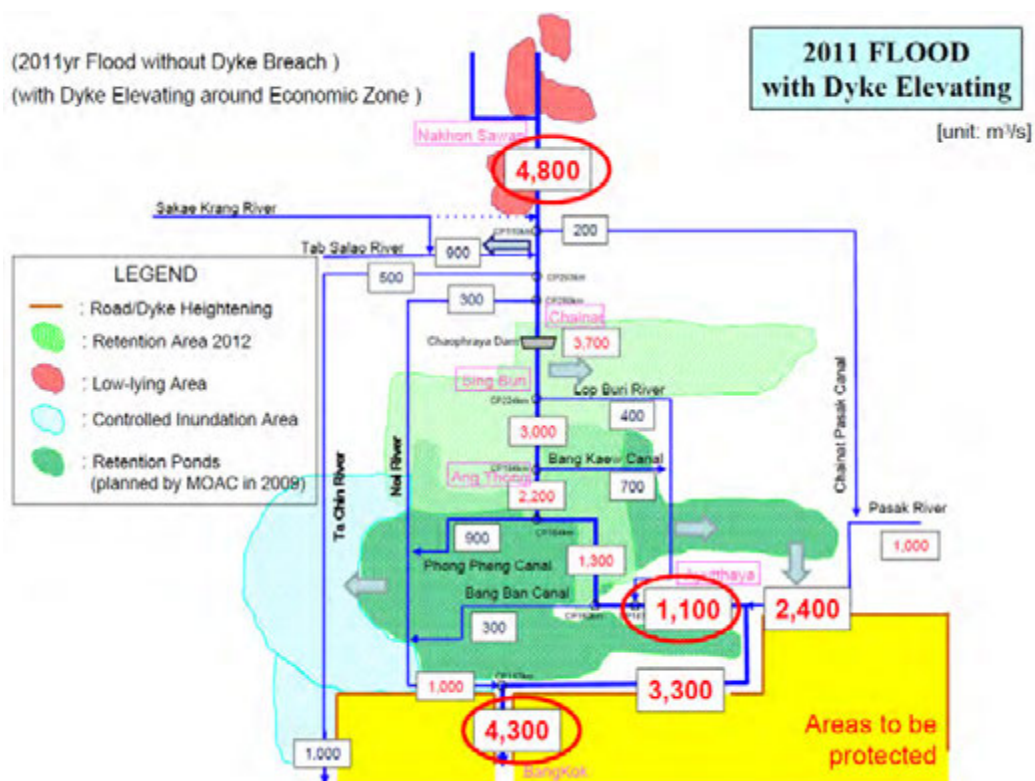
- 1) Effective Operation of Existing Dams
- 2) Outer Ring Road Diversion Channel (Capacity : 1,000m<sup>3</sup>/s)
- 3) River Channel Improvement Works (including Tha Chin River Improvement)
- 4) Ayutthaya Bypass Channel (Capacity : 1,400m<sup>3</sup>/s)
- 5) Flood Forecasting

Flood discharge distribution of each combination is given as follows:



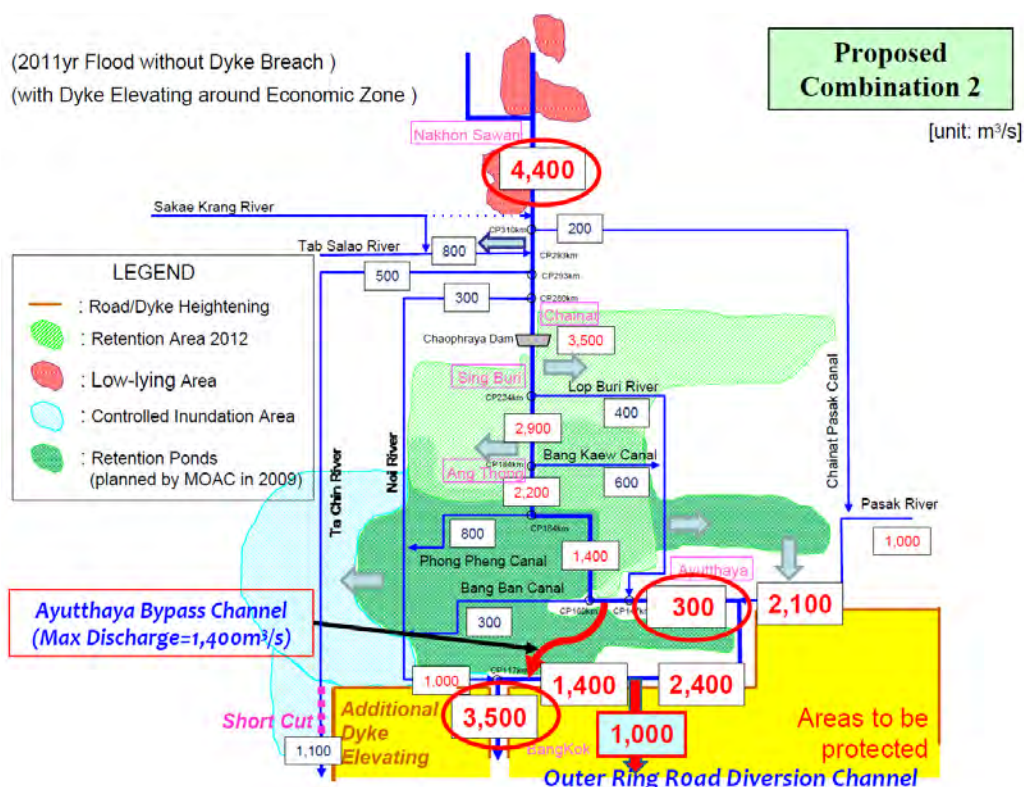


**Figure 22 Flood Discharge Distribution (2011 Flood Reproducing)**



**Figure 23 Flood Discharge Distribution (2011 Flood with Dyke Heightening around Economic Zone)**





**Figure 26 Flood Discharge Distribution (Proposed Combination 2)**

#### 4.1.2 Verification of Project Effectiveness against Other Rainfall Patterns

Project effectiveness should be verified against other rainfall patterns of measure flood year.

**Table 5 Other Rainfall Patterns to be evaluated**

Flood Year	6-month Rainfall (mm)		Peak Discharge at Nakhon Sawan (m <sup>3</sup> /s)		Remarks
	Upper Nakhon Sawan [C.A. = 105,000km <sup>2</sup> ]	Whole River Basin [C.A. = 162,000km <sup>2</sup> ]	Observed Value	Calculated Value (without Dams)	
<b>2011</b>	<b>1,483</b>	<b>1,390</b>	<b>4,686</b>	<b>6,587</b>	<b>Design Flood</b>
1970	1,266	1,232	4,420	5,830	Other Rainfall Pattern
1975	1,254	1,166	4,336	5,535	
1980	1,255	1,207	4,320	5,839	
1994	1,313	1,168	2,533	4,268	
1995	1,262	1,230	4,820	5,612	
2006	1,375	1,266	5,450 *	6,385	

\* 5,450 m<sup>3</sup>/s is the recorded peak discharge in 2006. However, the observed peak water level in 2006 is much lower than the value in 2011. Based on the H – Q curve of the year 2011, it is estimated that the peak discharge in 2006 is approximately, 3,800 m<sup>3</sup>/s.



Effectiveness of Combination 1 and 2 against other rainfall patterns is verified as shown in the following verification results. Table 6 shows calculation results against actual rainfalls of other years. On the other hand, Table 7 shows calculation results against rainfalls which are enlarged to the same quantity as the design external force (2011's 6-month rainfall).

**Table 6 Verification Results of Project Effectiveness against Other Actual Rainfalls**

Flood Year	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)									Remarks
	Dyke Elevating around Economic Zone Without Countermeasures			Dyke Elevating around Economic Zone With Combination 1			Dyke Elevating around Economic Zone With Combination 2			
	Nakhon Sawan	Ayuttha -ya	Bang Sai	Nakhon Sawan	Ayuttha -ya	Bang Sai	Nakhon Sawan	Ayuttha -ya	Bang Sai	
<b>2011</b>	<b>4,800</b>	<b>1,100</b>	<b>4,000</b>	<b>4,400</b>	<b>300</b>	<b>3,800</b>	<b>4,400</b>	<b>300</b>	<b>3,500</b>	<b>Design Flood</b>
1970	3,600	1,000	3,500	3,200	300	2,900	3,200	300	2,400	Other Rainfall Pattern
1975	3,700	1,000	3,000	3,200	300	2,600	3,200	300	2,100	
1980	4,200	1,000	3,700	3,800	300	3,100	3,800	300	2,700	
1994	3,500	1,000	2,900	3,000	300	2,600	3,000	300	2,200	
1995	4,100	1,000	3,800	3,500	300	3,100	3,500	300	2,700	
2006	4,400	1,000	3,700	3,600	300	2,900	3,600	300	2,500	

**Table 7 Verification Results of Project Effectiveness against Rainfalls enlarged to Same Quantity as 2011's 6-month Rainfall**

Flood Year	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)									Remarks
	Dyke Elevating around Economic Zone Without Countermeasures			Dyke Heightening around Economic Zone With Combination 1			Dyke Heightening around Economic Zone With Combination 2			
	Nakhon Sawan	Ayuttha -ya	Bang Sai	Nakhon Sawan	Ayuttha -ya	Bang Sai	Nakhon Sawan	Ayuttha -ya	Bang Sai	
<b>2011</b>	<b>4,800</b>	<b>1,100</b>	<b>4,000</b>	<b>4,400</b>	<b>300</b>	<b>3,800</b>	<b>4,400</b>	<b>300</b>	<b>3,500</b>	<b>Design Flood</b>
1970	4,300	1,000	3,900	4,000	300	3,500	4,000	300	3,100	Other Rainfall Pattern
1975	4,800	1,100	4,400	4,400	300	3,800	4,400	300	3,400	
1980	4,800	1,100	4,400	4,600	300	3,900	4,600	300	3,600	
1994	5,000	1,000	4,200	4,500	300	3,600	4,500	300	3,200	
1995	4,600	1,100	4,400	4,300	300	3,900	4,300	300	3,600	
2006	4,800	1,100	4,200	4,400	300	3,600	4,400	300	3,200	

## 4.2 Project Evaluation

### (1) Cost

The project cost is estimated based on the domestic price level as of December, 2012 indicated in Thai Baht. The applied exchange rate (Bank of Thailand Selling Rate as of 28 December, 2012) is as follows:

- 1 USD = 30.7775 Baht (1 Baht = 0.032 USD)
- 100 JPY = 35.7960 Baht (1 Baht = 2.794 JPY)

Results of project cost estimation are given as follows:

**Table 8 Project Cost**

SCWRM M/P Module		Description	Capacity (m <sup>3</sup> /s)	Project Cost (billion Baht)		
				SCWRM M/P	Proposed Combination 1	Proposed Combination 2
C1	Re-foresting	-	-	NE *	NI **	NI
C2	Construction of New Dams	3 dams	-	71	NI	NI
C3	Land Use Control for Flood Area	-	-	NE	NI	NI
C4	Improvement of Retarding / Retention Areas	13 retention ponds	-	46	NI	NI
C5	River Improvement	River channel improvement	-	11	14 ****	14 ****
		Ayutthaya bypass channel (L=19km)	1,400	NI	18	18
C6	Flood Diversion Channel	West diversion channel (L=223km)	1,500	211	NI	NI
		Outer ring road diversion channel (L=98km)	500	91	91	-
			1,000	-	-	134
C7	Operation Efficiency of Existing Dams	Bhumibol, Sirikit, Kwae Noi, Pa Sak dams	-	NB ***	NB	NB
C8	Flood Forecasting System	-	-	4	4	4
Price Escalation (2013 to 2020)		-	-	74	16	22
<b>Total</b>		-	-	<b>508</b>	<b>143</b>	<b>192</b>

\* NE: Not estimated (included in the SCWRM M/P)

\*\* NI: Not included in the proposed combinations

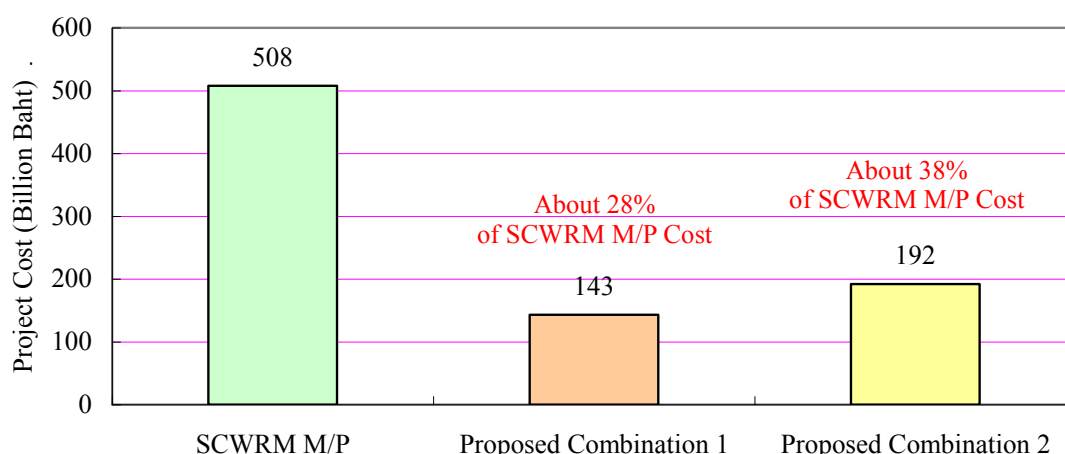
\*\*\* NB: Budget allocation is not necessary

\*\*\*\* including river improvement of the Tha Chin River

Note 1: The costs in the respective columns include construction, engineering service, administration, land acquisition, resettlement, physical contingency, price escalation and valued added tax.

Note 2: Non-structural measures proposed in the study are not included in the cost estimate.





**Figure 27 Project Cost of Each Combination**

## (2) Benefit

Benefits of a flood management project are derived from the reduction of flood damage in the whole inundation area.

**Table 9 Flood Damage Estimation**

Flood Damage	Estimation
Direct Damages on Assets of Factories	The amount of damage is estimated by summing up damaged asset values of which rates vary according to flood inundation depth. The flood simulation gives inundation depth of each 2 km x 2 km grid cell in the flood plains.
Direct Damages on Assets of Households	
Other Direct and Indirect Damages	The amount of damage is estimated with the percentages to the total amount of asset damaged derived from the research by the Ministry of Finance and the World Bank.

The method to estimate flood damage is described in Table 9. Since the flood causing inundation is a probability event, the amount of damage to be calculated is the yearly expected value based on the probability of flood occurrence.

**Table 10 Estimated Amount of Total Assets in Whole Affected Area**

Item	Factories			Households		
	Fixed Assets	Stocks	Total	Houses	Assets	Total
Estimated Amount of Total Assets (billion Baht)	2,167	844	3,011	1,638	1,064	2,702

Note 1: Estimated amount of total assets is common to all project combinations; namely, SCWRM M/P, Combination 1 and Combination 2.

### (3) EIRR, Benefit/Cost Ratio and Net Present Value

Based on the above-mentioned cost and benefit, EIRR, Benefit/Cost and Net Present Value are estimated as follows:

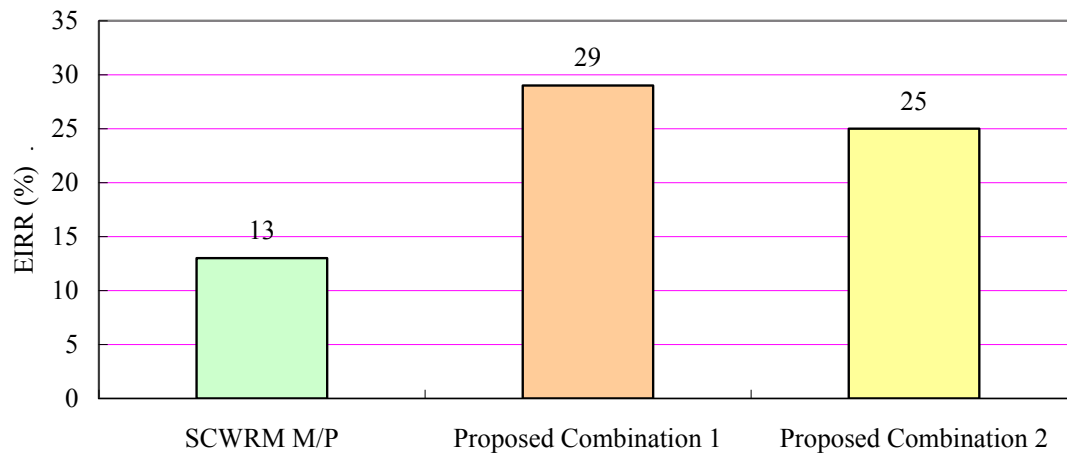
**Table 11 EIRR, Benefit/Cost and Net Present Value**

Case	EIRR	Benefit/Cost	Net Present Value (Billion Baht)
SCWRM M/P Full Menu	13 %	1.1	21
Proposed Combination 1	29 %	2.7	137
Proposed Combination 2	25 %	2.2	127

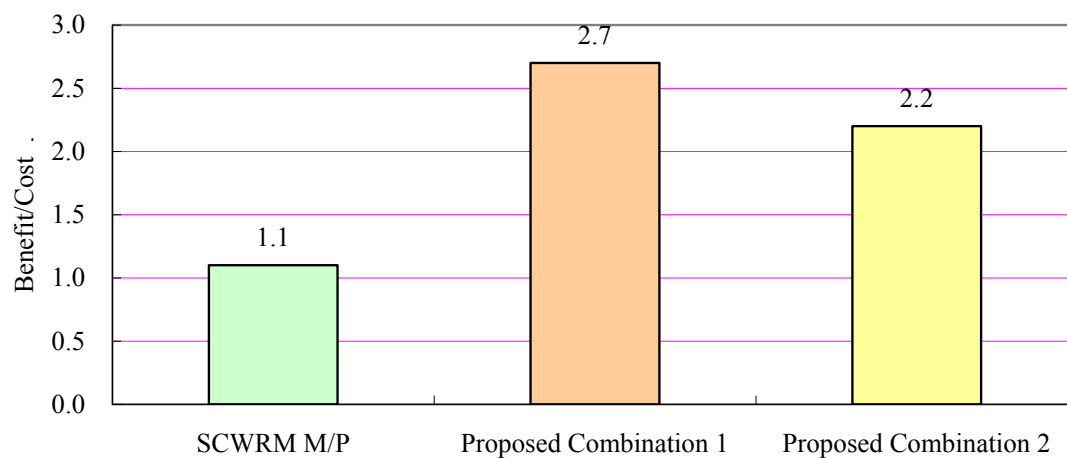
Note 1) Price Level: 2012

Note 2) Evaluation Period: 2013 to 2050 (38 years after the commencement of the construction)

Note 3) Social Discount Rate: 12 %



**Figure 28 EIRR of Each Combination**



**Figure 29 Benefit/Cost Ratio of Each Combination**

#### **(4) Results of Project Evaluation**

The most cost-effective combination of projects is sought, since cost of all the projects is expected to exceed the budget for flood management.

The proposed combination 1 or 2 of projects needs only less than 38% of SCWRM M/P cost, while the evaluation of the project, in other words, Economic Internal Rate of return (EIRR) is more than 25%, which is very high compared with the SCWRM M/P.

Therefore, it is recommended to prioritize implementation of the proposed combination, which includes:

- 1) Effective Operation of Existing Dams;
- 2) Outer Ring Road Diversion Channel (Capacity: 500 or 1,000 m<sup>3</sup>/s);
- 3) River Improvement Works (including Tha Chin River Improvement);
- 4) Ayutthaya Bypass Channel (Capacity : 1,400 m<sup>3</sup>/s); and
- 5) Flood Forecasting.

*Note : Peak flow discharge at Bang Sai was estimated at 3,800 m<sup>3</sup>/s in Combination 1 and 3,500 m<sup>3</sup>/s in Combination 2. Since daily peak flow discharge of 3,900 m<sup>3</sup>/s at Bang Sai was recorded during 2011 flood without any damages caused by overflow of water in the lower reaches of the Chao Phraya River (downstream of Bang sai), EIRR and B/C calculated as the damage caused by flooding does not come out with discharge of 3,800 m<sup>3</sup>/s. In case that the damage comes out with discharge of 3,800 m<sup>3</sup>/s, EIRR and B/C of Combination 2 may become values bigger than those of Combination 1.*

## **Appendixes**

- 1. Review of the Projects**
- 2. Flood Forecasting System**
- 3. Appropriate Interventions in the Agricultural Area,  
JICA Technical Assistance Project**





## Appendix 1: Review of the Projects

### 1. Review of the projects

The following projects were reviewed to formulate the Flood Management Plan for the Chao Phraya River Basin:

- 1) Projects stated in the Master Plan formulated by the Strategic Committee for Water Resources Management (SCWRM) in December 2011;
- 2) Projects mentioned in Documents of Request for Proposal prepared by WFMC in July 2012; and
- 3) Projects newly proposed during the Study.

### 2. The Master Plan formulated by the Strategic Committee for Water Resources Management (SCWRM) in December 2011

In December 2011, the Strategic Committee for Water Resource Management (SCWRM) formulated the Master Plan on Sustainable Water Resource Management composed of both urgent and long term work plans as set forth in Table 1.1, to ensure the continuity of country's development.

**Table 1.1 Summary of Work Plans Presented by SCWRM  
(December 2011)**

No.	Work Plan	
1	Work Plan for Restoration and Conservation of Forest and Ecosystem	1) to restore watershed forests in the river basin
		2) to develop additional water reservoirs according to the development potential of the areas
		3) to develop a land usage plan that fits with its socio-geographical conditions
2	Work Plan for Management of Major Water Reservoirs and Formulation of Water Management	
3	Work Plan for Restoration and Efficiency Improvement of Current and Planned Physical Structures	1) Construction of flood ways or water channels roads, and dams
		2) Improvement of water dike, reservoir, water drainage and water gateway
		3) Land use planning with appropriate zoning, including setting up an area protection system
4	Work Plan for Information Warehouse and Forecasting and Disaster Warning System	
5	Work Plan for Response to Specific Area	
6	Work Plan for Assigning Water Retention Areas and Recovery Measures (Improving/adapting irrigated agricultural areas into retention areas of around 2 million rai to enable second cropping in all the irrigated agricultural areas	
7	Work Plan for Improving Water Management Institutions	
8	Work Plan for Creating Understanding, Acceptance, and Participation in Large Scale Flood Management	

### 3. Request for Proposal prepared by WFMC in July 2012

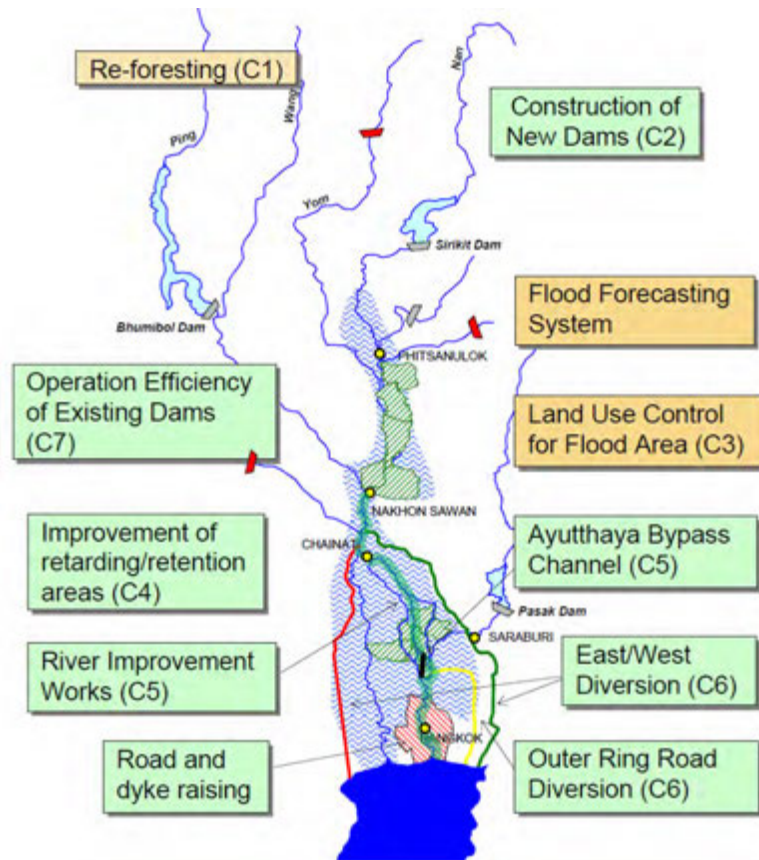
In July 2012, the Water and Flood Management Commission (WFMC) announced the Submission of a Conceptual Plan for the Design of Infrastructure for Sustainable Water Resources Management and Flood Prevention, composed of 8 projects as set forth in Table 1.2.

**Table 1.2 Summary of Projects Presented by WFMC (July 2012)**

No.	Project
1	Aiming at the formation of a balanced ecosystem, conservation and restoration of forest and soil condition: Project Area is approx. 10 million rai (1 rai = 1,600 m <sup>2</sup> ).
2	Construction of appropriate and sustainable reservoirs in the Ping, Yom, Nan, Sakae Krang and Pa Sak River Basins.
3	Development of land use/land utilization plans, establishment of national and provincial residential areas and major economic areas in the possible inundation areas.
4	Development of the Phitsanulok Irrigation project (North of Nakhon Sawan) to store excess waters temporally during floods, and the Main Chao Phraya Irrigation Project (North of Ayutthaya) to convert existing irrigated lands to retention/retarding areas (storage volume: approximately 6 to 10 billion m <sup>3</sup> , area: approximately 2 million rai), and improvement of agriculture and fishery industries to increase the productivity yield.
5	Improvement of canals and river channel dykes of major rivers (the Ping, Wang, Yom, Nan, Chao Phraya, Sakae Krang, Pasak, and Tha Chin Rivers).
6	Construction of floodway(s) and national roads to divert discharge that exceeds the flow capacity of main channel from the Chao Phraya River·Pasak River with east/west routes of the Chao Phraya River to the Gulf of Thailand. The structures include flood way with more than 1,500 m <sup>3</sup> /s flow capacity and/or flood diversion channel.
7	Improvement of the existing systems including database system, weather forecasting system, disaster forecast/warning system and other water management (flooding and draught) system.
8	Improvement of water management institutions including development of appropriate law and policies on flood control, formulation of a single command authority, and management, monitoring and relief activities.

#### 4. Projects to be Reviewed

Projects to be reviewed are described as follows:



**Figure 1.1 Countermeasures to be Reviewed**

1) Operation Efficiency of Existing Dam (C7)

To implement new operation rule at the existing dams in order to improve the effectiveness on the flood mitigation function by considering both flood mitigation and irrigation benefits.

2) Construction of New Dams (C2)

To construct appropriate and sustainable reservoirs (new dams) in major river basins.

3) Improvement of Retarding/Retention Areas (C4)

To improve retarding/retention areas in the Chao Phraya River Basin to mitigate flood damage by temporarily storing floodwater and to improve the agricultural and fisheries productions by utilizing the stored water.

4) East/West Diversion Channels (C6)

To construct diversion channels to divert water eastward/westward from the upstream of the Chao Phraya Dam to the Gulf of Thailand.

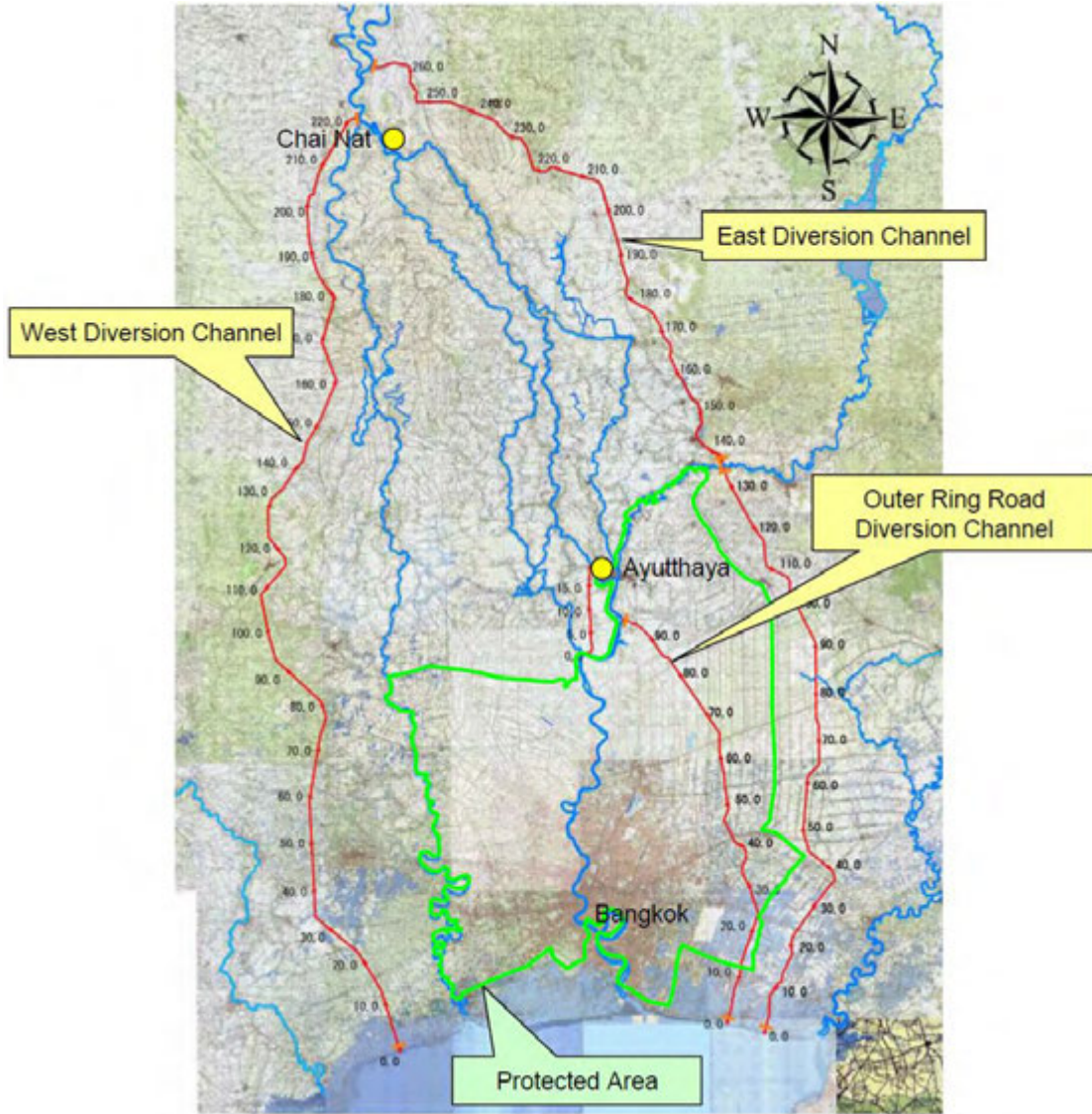


Figure 1.2 Location of Diversion Channels

5) Outer Ring Road Diversion Channel (C6)

To construct a diversion channel along outer ring road to divert water from the downstream of Ayutthaya to the Gulf of Thailand.

6) River Channel Improvement Works (C5)

To rehabilitate and improve the existing river channels and dykes to increase flow capacity of the rivers.

Inundation volume and depth at right side of the Tha Chin River will increase due to the dyke heightening for protection of the economic zone. As channel improvement in the Tha Chin River, the following countermeasures are to be reviewed:

- i) Four (4) shortcuts are installed;
- ii) Primary dyke or concrete parapet wall is newly constructed at left side from river mouth to 90 km point; and
- iii) Secondary dyke at left side is elevated to “Design High Water Level plus Allowance” from 90 km to 141 km point.

#### 7) Ayutthaya Bypass Channel (C5)

To construct a bypass channel from the upstream of Ayutthaya to just upstream of the confluence of the Noi River and the Chao Phraya River in order to transfer the confluence of the Chao Phraya River and the Pa Sak River.

#### 8) Reforesting at Upstream of River Basin (C1)

To apply restoration measures in the degraded forest areas located in the upper basin (mainly in the Ping, Wang, Yom, Nan, Sakae Krang, Pasak and Tha Chin basins) to conserve forest resources and ecosystem.

#### 9) Flood Management Information System

To develop flood management information system including database system, flood forecasting system and other water management system to enable timely monitoring and analysis of the water situation in the whole river basin.

### **5. Findings of the Review**

#### 1) Operation Efficiency of Existing Dam (C7)

The operation of existing dams during the 2011 flood was so effective to mitigate flood damage, because the Bhumibol and Sirikit dams stored 12.1 billion cubic meters of floodwater. Since the rule of dam operation was modified in February 2012, dam operation will have more flexibility to manage water resources with the minimization of flood damage as well as provision of water for irrigation purposes. It is proposed that reservoir level should follow the new upper rule curve until the end of July, and from August,



flood discharge should be stored in reservoir with maximum outflow of 210 m<sup>3</sup>/s for Bhumibol Dam and 190 m<sup>3</sup>/s for Sirikit Dam. If the proposed rule of dam operation was applied during the 2011 flood, the peak discharge at Nakhon Sawan could have been reduced by 400 m<sup>3</sup>/s.

## 2) Construction of New Dams (C2)

Construction of new dams is highly encouraged, since it is effective for both flood mitigation and water utilization for irrigation, especially in the tributary river basins. It is also promoted for response to climate change. However, dam sites currently identified cannot provide such large storage capacities as the Bhumibol and Sirikit dams that the effectiveness of flood mitigation to the mainstream of Chao Phraya River is relatively limited.

## 3) Improvement of Retarding/Retention Areas (C4)

The areas with around 18,000 km<sup>2</sup>, adjacent to river channels, currently have an important function to retard and retain floodwater. Therefore, it is crucial to preserve the areas not to lose the existing function by appropriately controlling land use. It is therefore recommended that land use regulations should be stipulated, considering scenarios such as excess flooding and climate change.

To enhance the capacity of retarding floodwater, some measures such as installation of gates and pumps can be taken. Those measures are useful to not only store floodwater but also to utilize the floodwater for irrigation; however, the enhanced retarding effect is limited.

## 4) East/West Diversion Channels (C6)

The diversion channels produce an enormous effect in reducing: (i) water levels of the Chao Phraya River between Nakhon Sawan and Chai Nat; and (ii) inundation volumes flowing into adjacent retention/retarding areas. However, the effect of lowering water level produced by these diversion channels is fading away in the downstream stretch of Chao Phraya River close to the areas to be protected.

## 5) Outer Ring Road Diversion Channel (C6)

The diversion channel along the outer ring road has a certain effect in reducing water levels of: (i) the Chao Phraya River from Ayutthaya to

Bangkok; and (ii) the downstream of Pa Sak River. Hence, it is so effective to reduce the risk of dyke breaches along the areas to be protected.

This diversion channel runs through the east side of protection area. During its design stage, it is possible to provide a function as a defense line to protect the most important center area. For example, measures to increase the height of the west side embankment than the east side one should be considered.

## 6) River Channel Improvement Works (C5)

### Definition of River Channel

In the Study, it is considered that the channel of the rivers lies between secondary dykes, not between water edges along primary dykes, since ordinary width of stream cannot accommodate floodwater. It is crucial that lower and/or weaker stretches of secondary dykes should be identified and strengthened to prevent uncontrolled inundation.

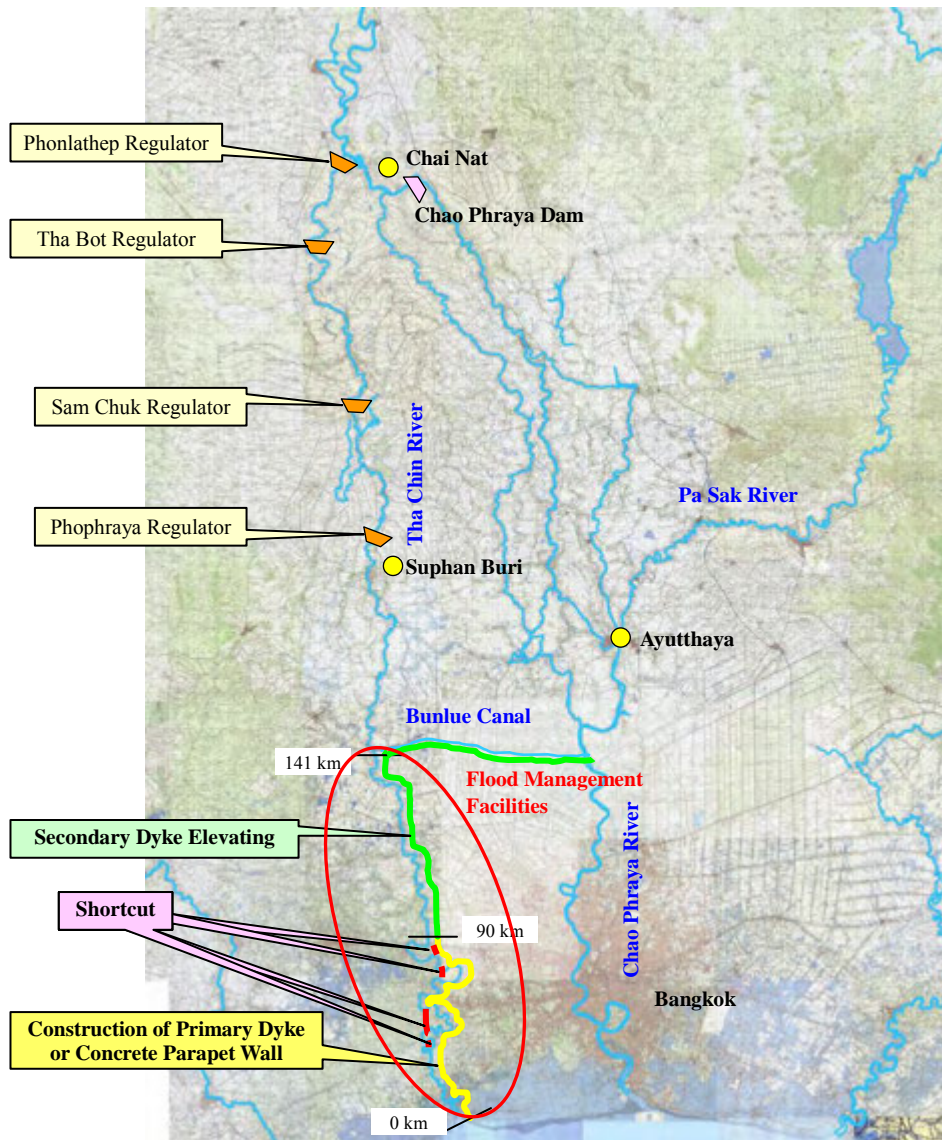
If dyke raising work is conducted based on the primary dyke alignment, very high height of levee would be required (red line), because river area enclosed with primary dyke is much smaller than secondary dyke.

### River Improvement in Tha Chin River

The adopted countermeasures consisting of dyke improvement at left side of lower reaches and four (4) shortcuts can increase discharge capacity of the Tha Chin River and eliminate the negative impact of the dyke heightening for protection of the economic zone. In addition, river water level during flood can be lower than the design high water level.

Since existing regulators for irrigation on the Tha Chin River are located at upper reaches as shown in Figure 1.3, flood management facilities adopted at lower reaches do not affect water use for irrigation.

Also, since lower reaches of the Tha Chin River is subject to tidal action, flood management facilities adopted at lower reaches do not affect river navigation.



**Figure 1.3 Location of Regulators for Irrigation on Tha Chin River**

7) Ayutthaya Bypass Channel (C5)

The Ayutthaya Bypass Channel is one of the alternatives of river channel improvement works, since it is extremely difficult to widen the river channel in the stretch between Bang Sai and Ayutthaya. The Bypass Channel has an effect in lowering the water levels of (i) the Chao Phraya River between Bang Sai and Ayutthaya, and (ii) the Pa Sak River. Hence, it is very effective in reducing the risk of dyke breach along the areas to be protected.

8) Reforesting at Upstream of River Basin (C1)

Deforestation amplifies flood. Forest restoration requires continuous treatment over a prolonged period. In our study, quantitative effects of flood mitigation produced by reforestation are not considered.

9) Flood Management Information System

The Flood Management Information System would play a critical role on proper flood management. It is particularly emphasized that most of the damages in the factories can be minimized if proper information on flooding and inundation is provided in a timely manner. The system will be covered by another component of the Project.

## Appendix 2: Flood Forecasting System

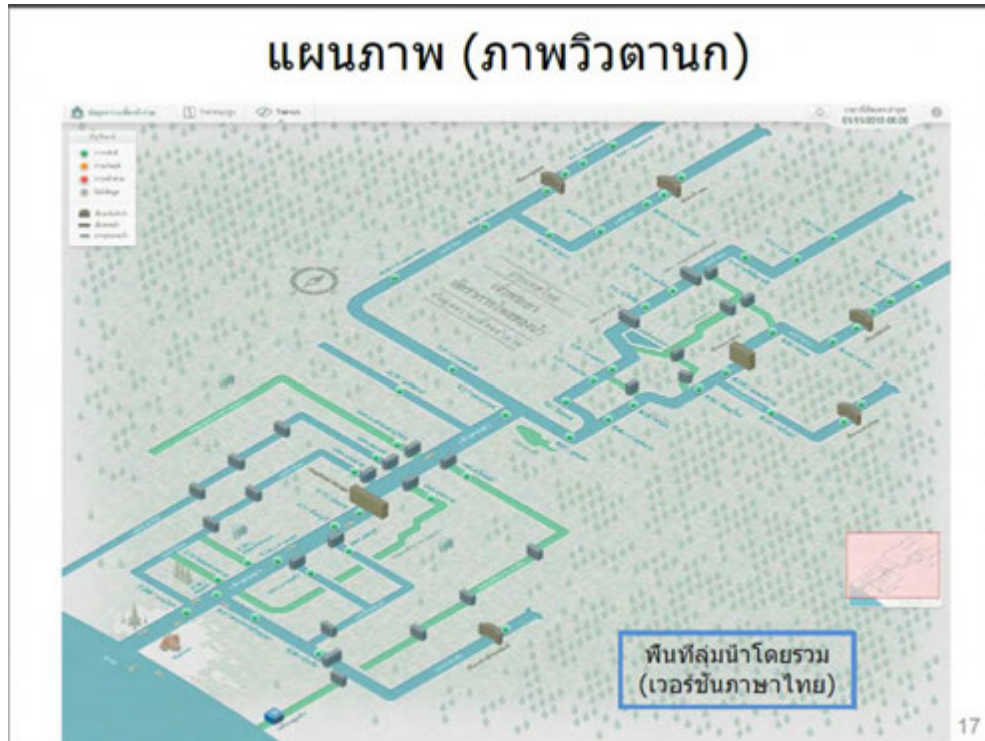


Figure 2.1 Operation Screen Shots of Flood Forecasting System (1/2)



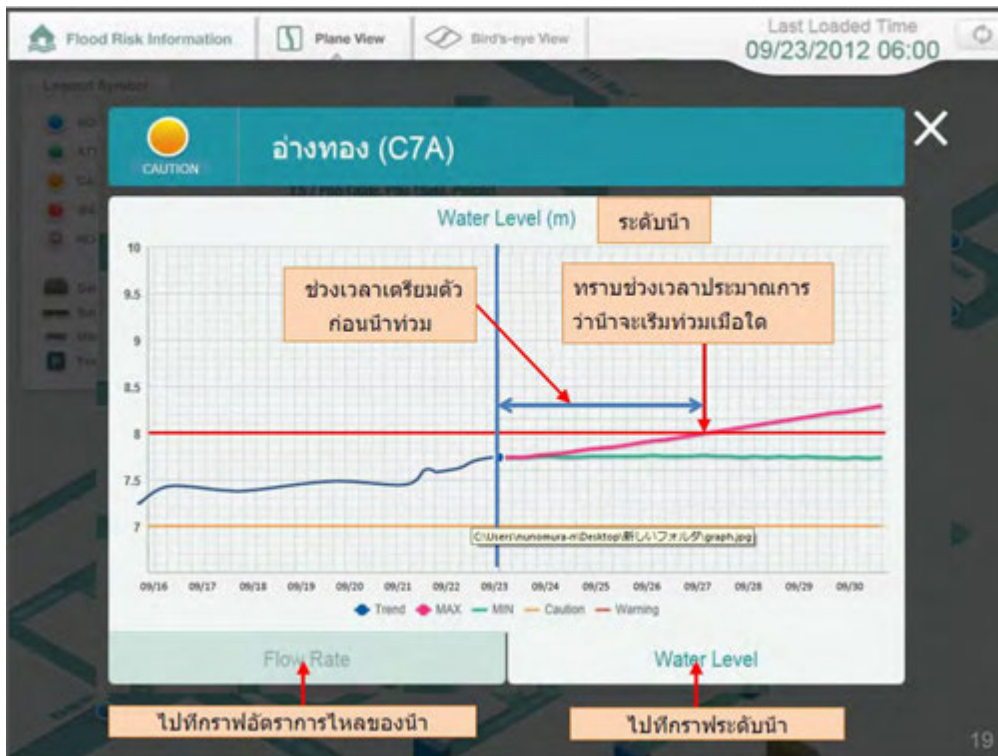
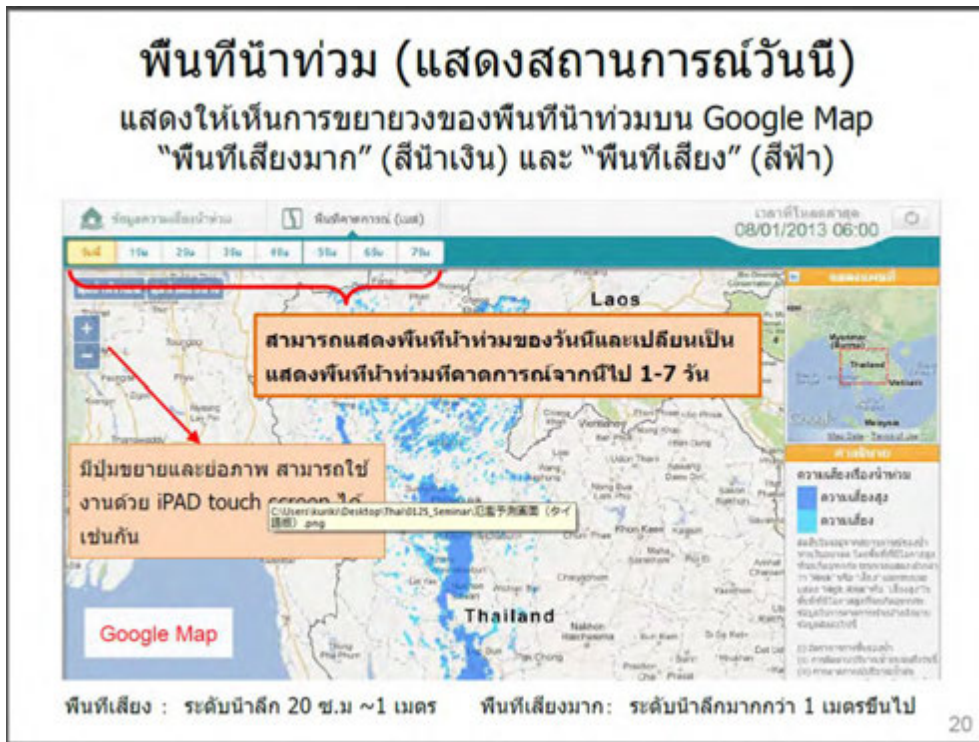
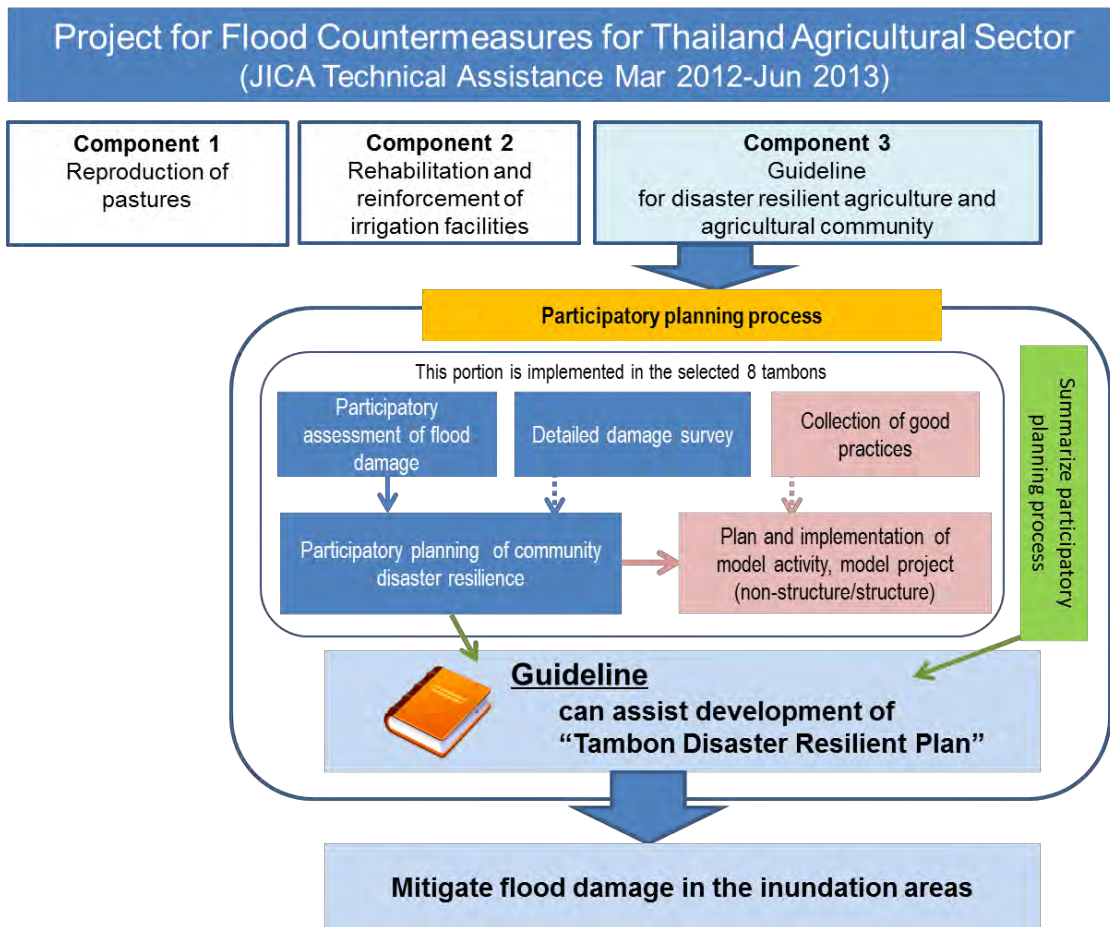


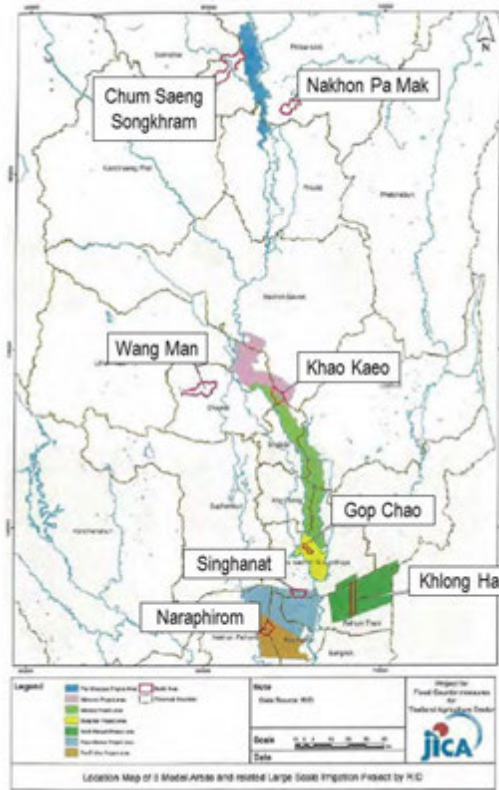
Figure 2.2    Operation Screen Shots of Flood Forecasting System (2/2)

## Appendix 3: Appropriate Interventions in the Agricultural Area, JICA Technical Assistance Project



**Figure 3.1 Project Scheme and Participatory Planning**

# 8 Model Areas



**Figure 3.2 Model Areas for Participatory Planning**

## Technical papers for disaster prevention, mitigation and recovery

Technical papers (Tentative)	Effectual Timing			Effectual condition		
	Disaster Prevention	Emergency measures	Quick Recovery	Normal	Normal Flood	Big Flood (ex. 2011)
1) Securing Drinking Water in Emergency Case		○			○	○
2) Participatory Water Measurement	○				○	
3) Participatory Flood Hazard Map Making	○				○	○
4) Community Water Resource Study and Plan	○	○	○	○	○	
5) Water Management of Community Monkey Cheek	○	○	○	○	○	
6) Paddy Plantation by Different Transplanting Method	○			○	○	○
7) Cost Reduction of Paddy to Reduce Flood Risk	○			○	○	○
8) Safe Vegetable Production for Diversification		○	○	○	○	○
9) Floating Vegetable Growing for Flooding Period		○	○		○	○
10) Aquaponics/ Hydroponics		○	○		○	○
11) Alternative Media of Orchid Production			○	○	○	○
12) Bio-fertilizer/ Bio Control		○	○	○	○	○
13) Feed Storage for Livestock during Flood		○	○	○	○	○
14) Goat Raising	○	○	○	○	○	○
15) Bio-gas using Animal Waste for Alternative Energy		○	○	○	○	○
16) Fish Capturing during Flood Period for Subsistence		○			○	○
17) Fish Processing for Value Adding for Increase Income		○	○	○	○	○
18) Community Market for Self-Sufficiency		○	○	○	○	○
19) Agro-Processing as Income diversification		○	○	○	○	○
20) Income Generation Activities during Flood and Post-Flood		○	○		○	○
21) Bamboo Variety and Local Knowledge for Flood Protection	○				○	
22) Utilization of Bamboos for Agricultural Inputs		○	○			○
23) Land Use/ land Ownership Survey using RS/GIS	○	○	○	○	○	○
24) JMC and Inter-Tambon Organization for Monkey Cheek Area	○	○	○		○	○

**Figure 3.3 Technical Papers Corresponding to Variety of Disaster Phase and Scale**