

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2巻：主報告書

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

13-154

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2巻：主報告書

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

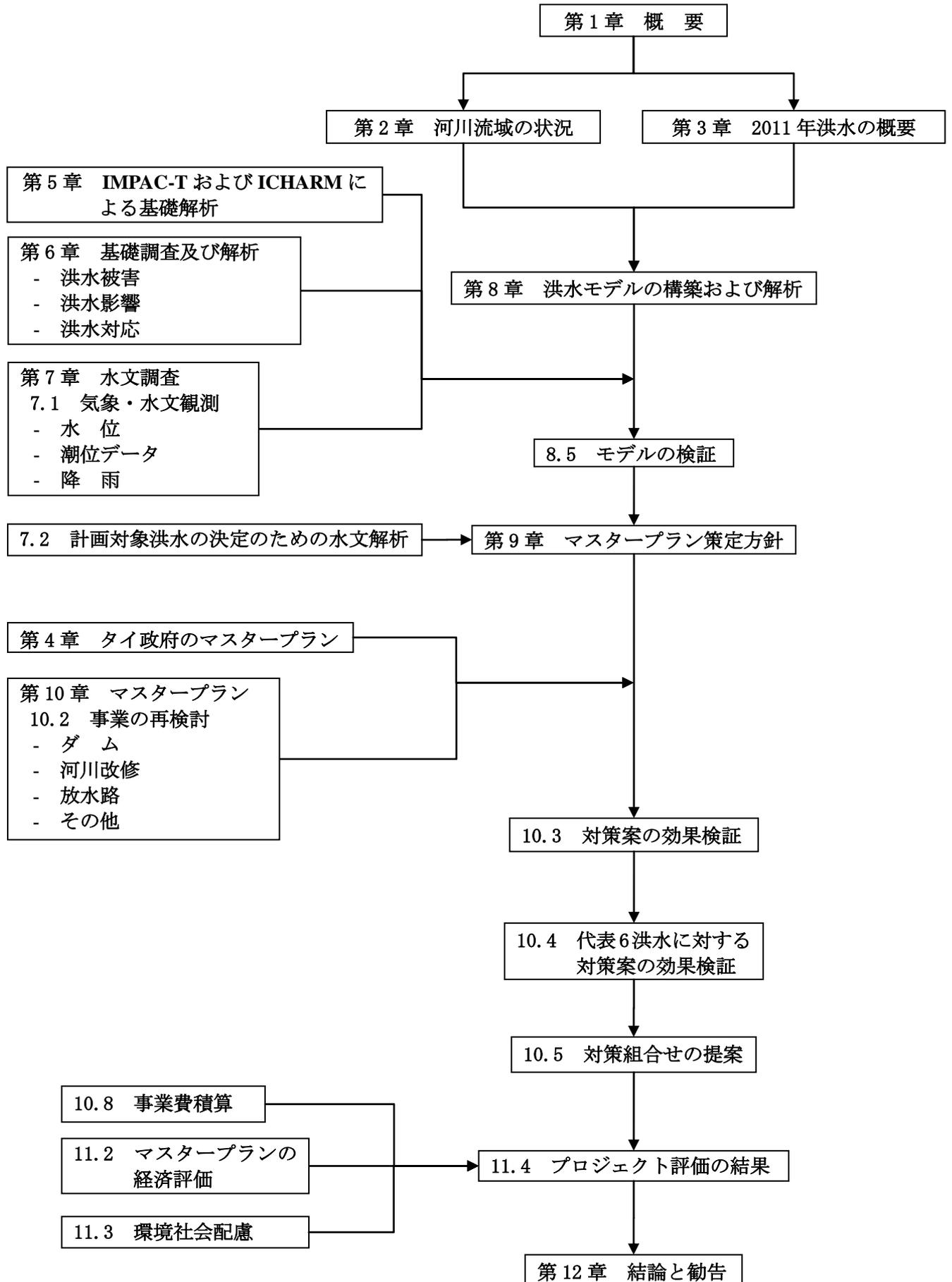
THB1.00 = US\$0.032 = JP¥2.794

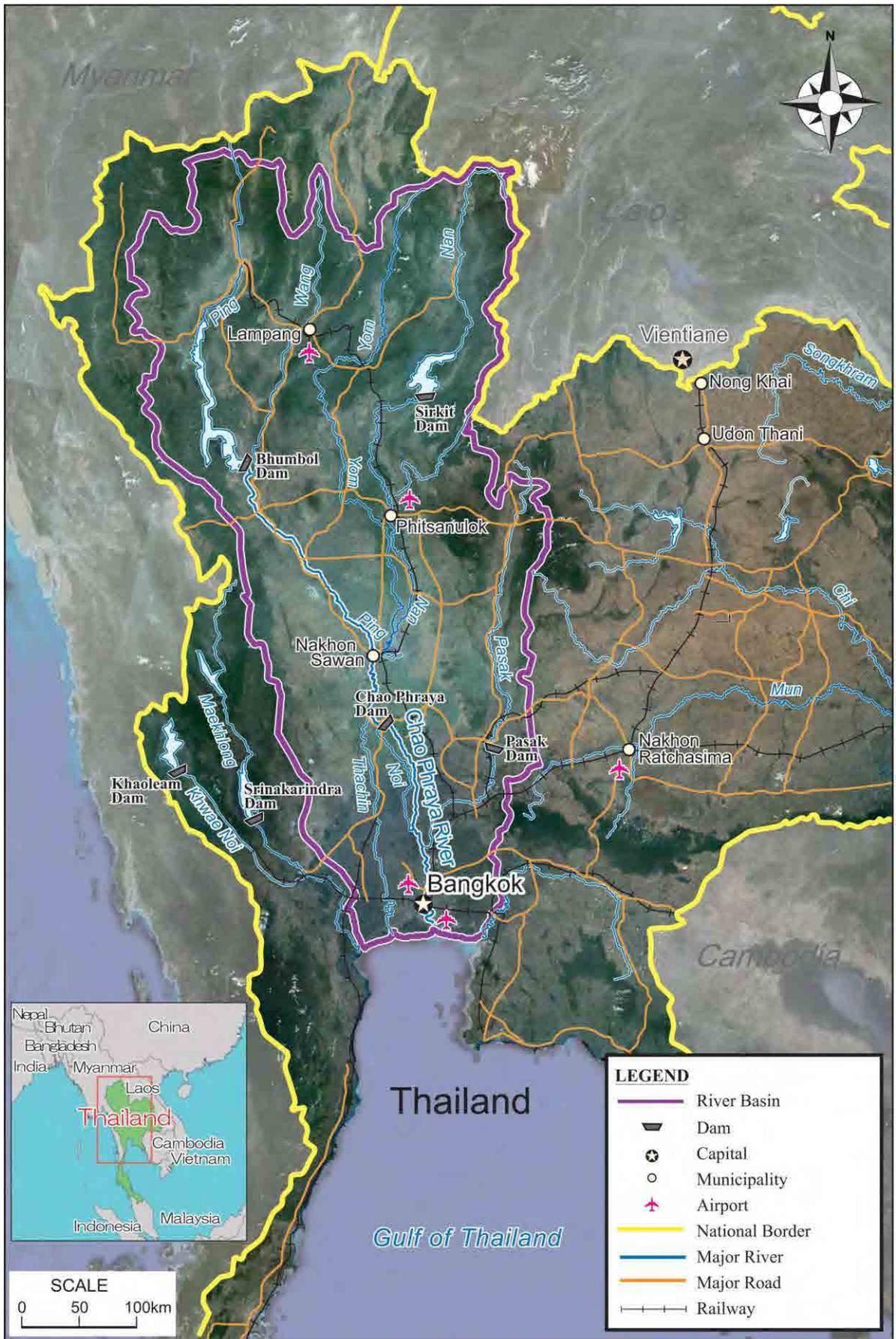
JP¥100 = THB35.796 = US\$1.163

US\$1.00 = JP¥85.980

(2012年12月28日時点)

主報告書の構成





流域图

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2巻: 主報告書

流域
略語
単
図
語
集
位

目次

第1章	概要	1-1
1.1	背景.....	1-1
1.2	目的.....	1-1
1.3	基本方針とアプローチ.....	1-1
1.4	調査対象地域.....	1-2
1.5	プロジェクト実施体制.....	1-2
1.6	カウンターパート機関.....	1-3
1.7	プロジェクトのスケジュール.....	1-3
1.8	調査項目と再委託.....	1-4
第2章	河川流域の状況	2-1
2.1	自然条件.....	2-1
2.1.1	気候.....	2-1
2.1.2	地勢.....	2-1
2.1.3	地形.....	2-2
2.1.4	河川水系.....	2-2
2.2	社会経済.....	2-5
2.2.1	人口統計.....	2-5
2.2.2	経済と産業.....	2-5
2.2.3	農業.....	2-5
2.3	土地利用.....	2-7
2.3.1	収集データ.....	2-7
2.3.2	地域の土地利用条件.....	2-7
2.4	環境.....	2-9
2.4.1	自然環境.....	2-9
2.4.2	水質.....	2-9
2.5	国家開発計画.....	2-10
2.5.1	構想と使命.....	2-10
2.5.2	開発戦略.....	2-11
2.5.3	国家空間開発計画.....	2-12
2.5.4	大規模国家開発計画.....	2-13
2.6	水資源管理の組織制度.....	2-20
2.6.1	タイの水管理.....	2-20
2.6.2	国の委員会.....	2-20
2.6.3	財政上の応答.....	2-30
2.7	1999年 JICA 調査後の洪水管理.....	2-31

2.7.1	1999年 JICA 調査後の関連調査.....	2-31
2.7.2	既往調査の整理.....	2-33
第3章	2011年洪水の概要	3-1
3.1	気象・水文.....	3-1
3.1.1	気象.....	3-1
3.1.2	河川流量.....	3-1
3.1.3	ダム貯水池の運用.....	3-2
3.2	破堤と氾濫.....	3-3
3.2.1	破堤.....	3-3
3.2.2	氾濫.....	3-4
3.3	洪水現象および対応の記録.....	3-12
3.4	洪水被害および損失.....	3-13
3.4.1	PDNAによる被害額.....	3-14
3.4.2	ADBによる調査.....	3-14
3.4.3	JETROによる工業団地調査.....	3-15
3.4.4	その他.....	3-15
第4章	タイ政府のマスタープラン	4-1
4.1	概要.....	4-1
4.2	マスタープランの概要.....	4-1
4.2.1	目的.....	4-1
4.2.2	緊急期間の水管理実施計画.....	4-1
4.2.3	チャオプラヤ川洪水氾濫源の統合的・持続的水資源管理の実施計画.....	4-2
4.3	水資源管理対策の実施.....	4-3
第5章	IMPAC-T 及び ICHARM による基礎解析	5-1
5.1	概要.....	5-1
5.2	IMPAC-Tによる水文解析.....	5-1
5.2.1	目的.....	5-1
5.2.2	調査経過及び結果の概要.....	5-1
5.2.3	提案事項.....	5-2
5.3	ICHARMによる放水路評価のための降雨・流出氾濫解析.....	5-2
5.3.1	目的.....	5-2
5.3.2	調査経過及び結果の概要.....	5-2
5.3.3	結論及び提案事項.....	5-3
第6章	基礎調査及び解析	6-1
6.1	洪水影響被害に関するアンケート調査.....	6-1
6.1.1	はじめに.....	6-1
6.1.2	調査結果.....	6-3
6.1.3	解析.....	6-5
6.1.4	評価.....	6-9
6.2	洪水影響調査.....	6-9
6.2.1	はじめに.....	6-9
6.2.2	洪水被害.....	6-11
6.2.3	洪水対策活動.....	6-12
6.2.4	分析.....	6-14
6.3	洪水対応操作調査.....	6-15
6.3.1	はじめに.....	6-15

6.3.2	調査概要.....	6-16
6.3.3	結論及び推奨事項.....	6-18
6.3.4	分析及び評価.....	6-19
6.4	GIS データベース	6-23
6.4.1	基本情報.....	6-23
6.4.2	レイヤー構造.....	6-23
6.4.3	構築された GIS データベース	6-24
6.4.4	データディクショナリー.....	6-26
6.4.5	メタデータ.....	6-26
第7章	水文調査.....	7-1
7.1	気象・水文観測.....	7-1
7.1.1	水位と流量測定.....	7-1
7.1.2	潮位データ測定.....	7-1
7.1.3	降雨測定.....	7-1
7.2	計画対象洪水の決定のための水文解析.....	7-2
7.2.1	はじめに.....	7-2
7.2.2	降雨解析のための観測所.....	7-2
7.2.3	降雨解析.....	7-6
7.2.4	流量の確率解析.....	7-10
7.2.5	計画対象洪水の決定.....	7-13
第8章	洪水モデルの構築および解析.....	8-1
8.1	概 要.....	8-1
8.2	流出モデル.....	8-2
8.2.1	概 要.....	8-2
8.2.2	流出モデルの構築.....	8-2
8.2.3	流出モデルの入力データ.....	8-6
8.2.4	パラメータの初期設定.....	8-9
8.3	河道網モデル.....	8-11
8.3.1	概 要.....	8-11
8.3.2	河道網.....	8-12
8.3.3	横断面.....	8-14
8.3.4	構造物.....	8-22
8.3.5	境界条件.....	8-27
8.4	氾濫モデル.....	8-31
8.4.1	概 要.....	8-31
8.4.2	モデルのパラメータ.....	8-31
8.5	モデルの検証.....	8-40
8.5.1	概要.....	8-40
8.5.2	検証地点の選定.....	8-40
8.5.3	氾濫エリア.....	8-42
8.5.4	検 証.....	8-46
第9章	マスタープラン策定方針.....	9-1
9.1	マスタープランの検討方針.....	9-1
9.1.1	検討方針.....	9-1
9.1.2	基本条件の整理 (A - F).....	9-2
9.1.3	対策案の検討 (a - h).....	9-3

9.1.4	対策案の評価.....	9-4
9.2	基本条件の検討.....	9-4
9.2.1	計画洪水.....	9-4
9.2.2	計画高水位.....	9-5
9.2.3	流下能力.....	9-14
9.2.4	感潮区間の設定.....	9-21
9.2.5	常襲氾濫地域.....	9-24
9.2.6	洪水防御地域.....	9-25
第10章	マスタープラン.....	10-1
10.1	タイ政府の洪水管理方針.....	10-1
10.2	事業の再検討.....	10-3
10.2.1	再検討対象の事業.....	10-3
10.2.2	既設ダム運用の効率化.....	10-7
10.2.3	新規ダムの建設.....	10-33
10.2.4	遊水地/調整池の改善.....	10-41
10.2.5	放水路.....	10-48
10.2.6	チャオプラヤ川の改修.....	10-53
10.2.7	タチン川の改修.....	10-55
10.2.8	アユタヤバイパス水路.....	10-59
10.2.9	森林の再生.....	10-64
10.2.10	洪水氾濫地域の管理.....	10-69
10.2.11	氾濫地域の土地利用規制.....	10-99
10.2.12	内水対策.....	10-115
10.2.13	検討結果の評価.....	10-121
10.3	対策案の効果検証.....	10-124
10.3.1	検討ケース.....	10-124
10.3.2	検討結果.....	10-125
10.4	代表6洪水に対する対策案の効果検証.....	10-142
10.4.1	概要.....	10-142
10.4.2	計算ケース.....	10-153
10.4.3	検討結果.....	10-154
10.5	対策組合せの提案.....	10-157
10.6	洪水解析（確率規模別）.....	10-158
10.7	気候変動と高潮に関する考察.....	10-163
10.7.1	気候変動による海面上昇.....	10-163
10.7.2	既往の気候変動調査.....	10-163
10.7.3	気候変動による降雨への影響の予測.....	10-166
10.7.4	気候変動による海面上昇に関する検討.....	10-166
10.7.5	高潮に関する検討.....	10-167
10.8	事業費積算.....	10-171
10.8.1	概要.....	10-171
10.8.2	河川改修.....	10-173
10.8.3	新規ダム建設.....	10-177
10.8.4	放水路の建設.....	10-181
10.8.5	遊水地整備.....	10-184
10.8.6	洪水予報システム.....	10-186
10.8.7	事業費（物価上昇予備費除く）.....	10-186

10.8.8	事業費支出スケジュール.....	10-188
第 11 章	プロジェクト評価.....	11-1
11.1	経済評価.....	11-1
11.1.1	評価の手法.....	11-1
11.2	マスタープランの経済評価.....	11-2
11.2.1	評価の手法.....	11-2
11.2.2	費用.....	11-6
11.2.3	便益.....	11-7
11.2.4	EIRR の計算.....	11-17
11.2.5	感応度分析.....	11-17
11.3	環境社会配慮.....	11-18
11.3.1	評価対象プロジェクト概要.....	11-18
11.3.2	環境社会配慮を要する活動.....	11-18
11.3.3	プロジェクト及び環境評価のカテゴリー.....	11-19
11.3.4	事業対象地の概要及び調査対象.....	11-19
11.3.5	自然環境配慮.....	11-20
11.3.6	社会環境配慮.....	11-20
11.3.7	自然環境及び社会環境に対する影響要因.....	11-23
11.3.8	総合評価及び軽減策.....	11-23
11.4	プロジェクト評価の結果.....	11-24
第 12 章	結論と勧告.....	12-1
12.1	結論.....	12-1
12.2	勧告.....	12-5

表 目 次

表 1.8.1	現地再委託調査.....	1-4
表 2.1.1	30 年間の平均気温と降雨量.....	2-1
表 2.2.1	チャオプラヤデルタと背後地の土地利用.....	2-6
表 2.3.1	チャオプラヤ川流域の土地利用（1996 年）.....	2-8
表 2.3.2	チャオプラヤ川流域の土地利用（2010 年）.....	2-9
表 2.5.1	短期計画のリスト.....	2-15
表 2.5.2	中期計画のリスト.....	2-16
表 2.5.3	長期計画のリスト.....	2-17
表 2.5.4	都市間高速道路中期計画リスト.....	2-18
表 2.5.5	都市間高速道路長期計画リスト.....	2-19
表 2.6.1	タイ政府組織と水関連.....	2-20
表 2.6.2	委員会メンバー.....	2-21
表 2.6.3	水資源管理戦略委員会のメンバー.....	2-22
表 2.6.4	国家水資源洪水政策委員会（NWRFPCC）メンバー.....	2-23
表 2.6.5	水資源洪水管理委員会（WRFMC）のメンバー.....	2-24
表 2.6.6	主要な法及び規則.....	2-27
表 2.6.7	土地利用管理の手順.....	2-31
表 2.7.1	1999 年 JICA 調査後の関連調査.....	2-32
表 3.2.1	2011 年洪水破堤地点.....	3-3
表 3.2.2	既往洪水の氾濫面積.....	3-5

表 3.2.3	2011 年洪水被害	3-5
表 3.3.1	2011 年洪水時の洪水現象およびタイ国政府対応の記録表	3-13
表 3.4.1	PDNA による 2011 年洪水による直接被害額・間接被害額	3-14
表 3.4.2	ADB によるセクター毎の洪水インパクトのまとめ	3-15
表 3.4.3	JETRO 調査のまとめ	3-15
表 4.2.1	緊急期間の水管理実施計画	4-1
表 4.2.2	チャオプラヤ川洪水氾濫源の統合的・持続的水資源管理の実施計画	4-3
表 6.1.1	調査項目	6-1
表 6.1.2	所有物の被害率（農家・住民）	6-4
表 6.1.3	所有物の被害率（営利団体）	6-4
表 6.1.4	洪水継続による収入損失の推計	6-8
表 6.2.1	調査項目	6-9
表 6.2.2	10 工業団地からのアンケート票回収結果	6-10
表 6.3.1	チャオプラヤ川の調査対象水理施設	6-17
表 6.3.2	本調査におけるチャオプラヤ川の水理施設（1/2）	6-20
表 6.3.3	本調査におけるチャオプラヤ川の水理施設（2/2）	6-21
表 6.4.1	作成された GIS データのリスト	6-25
表 7.2.1	収集雨量データ	7-3
表 7.2.2	ナコンサワン上流域の流域平均 6 ヶ月雨量	7-4
表 7.2.3	チャオプラヤ全流域の流域平均 6 ヶ月雨量	7-4
表 7.2.4	降雨確率解析の条件	7-7
表 7.2.5	確率分布モデル	7-7
表 7.2.6	雨量から見た 2011 年洪水規模の評価	7-7
表 7.2.7	チャオプラヤ川確率規模別降雨量	7-8
表 7.2.8	2011 年洪水の評価まとめ（流量確率）	7-11
表 7.2.9	2011 年実績降雨量への引伸し率	7-15
表 8.2.1	チャオプラヤ川水系における小流域	8-4
表 8.2.2	流出モデルに組み込むダムの一覧	8-4
表 8.2.3	シリキットダム、ブミボンダムおよび C.2 地点における蒸発係数の推定値	8-8
表 8.2.4	平均雨量、平均蒸発量の計算	8-8
表 8.2.5	モデルのパラメータ（地表面～根群層）	8-10
表 8.2.6	パラメータの初期設定（地表面～根群層）	8-10
表 8.2.7	モデルのパラメータ（地下水層）	8-10
表 8.2.8	パラメータの初期設定（地下水層）	8-11
表 8.3.1	河道網モデルの概要	8-12
表 8.3.2	河道網モデルに組み込まれる河川及び水路	8-13
表 8.3.3	RID から提供された断面データ	8-15
表 8.3.4	マンニング係数の初期設定値	8-21
表 8.3.5	チャオプラヤ川流域における主要な堰	8-22
表 8.3.6	主なダムの諸元	8-23
表 8.3.7	洪水解析モデルに組み込む施設	8-23
表 8.3.8	モデルに組み込むポンプ場	8-24
表 8.3.9	下流の境界条件	8-27
表 8.4.1	氾濫モデルの概要	8-31
表 8.4.2	標高データ（LiDAR Data）	8-32
表 8.4.3	土地利用のデータソース	8-34
表 8.4.4	モデルに組み込む連続構造物	8-34

表 8.4.5	破堤地点の調査結果 (2011 年)	8-39
表 8.5.1	氾濫に関する記録.....	8-42
表 8.5.2	再現計算の評価項目	8-46
表 8.5.3	ピン川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-53
表 8.5.4	ワン川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-53
表 8.5.5	ヨム川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-54
表 8.5.6	ナン川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-56
表 8.5.7	チャオプラヤ川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-57
表 8.5.8	タブサラオ川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-58
表 8.5.9	サカエクラン川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-59
表 8.5.10	パサック川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-59
表 8.5.11	Phon-Pen 水路における計算結果 (2011 年洪水時)	8-59
表 8.5.12	Bang Ban 水路における計算結果 (2011 年洪水時)	8-60
表 8.5.13	タチン川における計算結果 (2011 年洪水時)	8-60
表 8.5.14	ピン川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-61
表 8.5.15	ワン川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-62
表 8.5.16	ヨム川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-62
表 8.5.17	ナン川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-64
表 8.5.18	チャオプラヤ川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-65
表 8.5.19	タブサラオ川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-67
表 8.5.20	サカエクラン川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-67
表 8.5.21	パサック川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-67
表 8.5.22	Phon-Pen 水路における計算結果 (2006 年洪水時)	8-68
表 8.5.23	Bang Ban 水路における計算結果 (2006 年洪水時)	8-68
表 8.5.24	タチン川における計算結果 (2006 年洪水時)	8-68
表 8.5.25	NAM モデルのパラメータ最終値 (地表面～根群層)	8-78
表 8.5.26	NAM モデルのパラメータ最終値 (地下水層)	8-79
表 8.5.27	最終的なマニング係数.....	8-80
表 9.2.1	チャオプラヤ川の計画高水位設定にあたり留意すべき箇所又は区間	9-10
表 9.2.2	タチン川の計画高水位設定にあたり留意すべき箇所または区間	9-12
表 9.2.3	氾濫地域の土地利用 (上流/下流ナコンサワン)	9-25
表 9.2.4	氾濫地域の土地利用 (上流/下流ナコンサワン)	9-25
表 9.2.5	洪水防御地域 (バンコク及び周辺都市)	9-27
表 9.2.6	洪水防御地域 (地方主要都市)	9-27
表 9.2.7	DPT による防御対象都市の洪水対策事業計画.....	9-29
表 10.2.1	SCWRM の作業計画の要約 (2011 年 12 月)	10-3
表 10.2.2	WFMC の提案の要約 (2012 年 7 月)	10-4
表 10.2.3	再検討対象の対策案.....	10-5
表 10.2.4	ブミポンダム及びシリキットダム諸元.....	10-7
表 10.2.5	ブミポンダム及びシリキットダムの乾季 (6 ヶ月) の計画放流量	10-9
表 10.2.6	ブミポンダム及びシリキットダムの灌漑用水供給地域	10-11
表 10.2.7	ブミポンダム及びシリキットダムの灌漑対象地域 (2011/2012 年乾季)	10-11
表 10.2.8	ブミポンダム及びシリキットダムの灌漑対象地域 (2011/2012 年乾季)	10-11
表 10.2.9	ブミポンダムおよびシリキットダムにおける 6 月から 10 月の最大流入量	10-14
表 10.2.10	ブミポンダムおよびシリキットダムの治水目的運用検討ケース	10-15
表 10.2.11	ブミポンダムの治水目的運用の検討結果.....	10-18
表 10.2.12	シリキットダムの治水目的運用の検討結果	10-18

表 10.2.13	各観測地点における計画流量と実績流量の要約	10-19
表 10.2.14	C13 観測流量記録.....	10-20
表 10.2.15	ナコンサワン下流の東・西灌漑地域への水供給量推定値	10-20
表 10.2.16	ナコンサワン (C2 観測点) のダム戻し流量.....	10-21
表 10.2.17	ナコンサワン (C2 観測点) の乾季必要補給量推定値.....	10-23
表 10.2.18	各年乾季のブミポンダム、シリキットダムからの必要放流量の推定値.....	10-23
表 10.2.19	ブミポンダム、シリキットダムの治水目的運用効率化検討ケース.....	10-24
表 10.2.20	ブミポンダム、シリキットダムの利水目的運用の検討結果	10-25
表 10.2.21	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.....	10-27
表 10.2.22	ブミポンダム、シリキットダムの治水目的運用効率化案	10-29
表 10.2.23	貯水池からの蒸発散量	10-29
表 10.2.24	利水運用シミュレーション結果	10-30
表 10.2.25	チャオプラヤ川流域 既設大規模ダム一覧	10-33
表 10.2.26	RID による新規大規模ダム計画の諸元 (1/2)	10-33
表 10.2.27	RID による新規大規模ダム計画の諸元 (2/2)	10-34
表 10.2.28	Kaeng Sua Ten ダム、Nam Kheg ダムおよび Mae Wong ダムの計画諸元	10-36
表 10.2.29	Kaeng Sua Ten ダム流入量 (2011 年)	10-37
表 10.2.30	Kaeng Sua Ten ダムの治水を目的としたダム運用	10-37
表 10.2.31	Nam Kheg ダムの 2011 年貯水池流入量	10-38
表 10.2.32	Nam Kheg ダムの治水目的運用検討.....	10-39
表 10.2.33	Mae Wong ダムの 2011 年貯水池流入量	10-40
表 10.2.34	Mae Wong ダムの治水目的運用検討.....	10-40
表 10.2.35	遊水地諸元 (モンキーチーク)	10-41
表 10.2.36	作付けタイプの違いによる貯水時期	10-43
表 10.2.37	タチン川捷水路諸元	10-57
表 10.2.38	森林面積と荒廃森林地域	10-64
表 10.2.39	森林回復植栽、建設計画 (2012-2013)	10-68
表 10.2.40	5 ヶ年実施計画	10-68
表 10.2.41	ナコンサワン上流域の各氾濫地域の土地利用	10-75
表 10.2.42	ナコンサワン上流域の Controlled Inundation Area の区分の特徴 (10 年確率洪水)	10-75
表 10.2.43	ナコンサワン上流域の Controlled Inundation Area の区分の特徴 (100 年確率洪水)	10-76
表 10.2.44	ナコンサワン下流域の各氾濫地域の土地利用	10-76
表 10.2.45	ナコンサワン下流域の Controlled Inundation Area の区分の特徴 (10 年確率洪水)	10-77
表 10.2.46	ナコンサワン下流域の Controlled Inundation Area の区分の特徴 (100 年確率洪水)	10-77
表 10.2.47	事例検討の目標地域	10-99
表 10.2.48	土地利用規制	10-102
表 10.2.49	土地利用規制	10-106
表 10.2.50	洪水対応の方向	10-108
表 10.2.51	土地利用管理の具体的対策の内容 (試験的)	10-110
表 10.2.52	洪水の特徴による建造物規制計画(試験的).....	10-112
表 10.2.53	RID Region 11 管内の排水ポンプ能力	10-117
表 10.2.54	2011 年洪水後の BMA の洪水対策	10-117
表 10.2.55	West Middle 防御地区のポンプ排水能力	10-117
表 10.3.1	チャオプラヤ川 洪水解析検討条件	10-124

表 10.4.1	降雨引伸し率一覧.....	10-145
表 10.4.2	代表 6 洪水の確率評価 (6 ヶ月雨量)	10-147
表 10.4.3	確率計算結果 (ナコンサワン上流域、降雨継続期間 6 ヶ月)	10-150
表 10.4.4	確率計算結果 (チャオプラヤ川流域、降雨継続期間 6 ヶ月)	10-151
表 10.4.5	計算ケース一覧.....	10-153
表 10.4.6	代表 6 洪水の計算条件.....	10-154
表 10.4.7	評価対象の他の降雨パターン.....	10-155
表 10.4.8	他の実際の降雨に対して事業効果の検証結果.....	10-155
表 10.4.9	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.....	10-156
表 10.6.1	チャオプラヤ川流域における確率規模別の降雨量.....	10-158
表 10.6.2	確率規模別の流量 (1/2)	10-158
表 10.6.3	確率規模別の流量 (2/2)	10-158
表 10.7.1	気候変動に関するタイの報告書.....	10-163
表 10.7.2	2050 年の気候変動予測 (WB)	10-163
表 10.7.3	START の気候変動予測の要約.....	10-164
表 10.8.1	RID から提供されたコスト資料.....	10-172
表 10.8.2	項目 2)、3)、4)を計上する際の比率.....	10-172
表 10.8.3	河川改修事業費.....	10-177
表 10.8.4	提案されている 3 ダムの諸元.....	10-179
表 10.8.5	新設ダムの事業費.....	10-180
表 10.8.6	放水路の代替案.....	10-182
表 10.8.7	放水路の事業費.....	10-184
表 10.8.8	遊水地概要.....	10-185
表 10.8.9	遊水地整備の事業費.....	10-186
表 10.8.10	洪水予報システムの事業費.....	10-186
表 10.8.11	対策の組み合わせ案.....	10-187
表 10.8.12	事業費 (物価上昇予備費除く)	10-187
表 10.8.13	SCWRM M/P の事業費支出スケジュール.....	10-188
表 10.8.14	提案の組合せ 1 の事業費支出スケジュール.....	10-189
表 10.8.15	提案の組合せ 2 の事業費支出スケジュール.....	10-189
表 10.8.16	事業費 (物価上昇予備費含む)	10-189
表 11.2.1	経済的資本費用 (SCWRM M/P)	11-6
表 11.2.2	経済的資本費用 (提案の組み合わせ 1)	11-6
表 11.2.3	経済的資本費用 (提案の組み合わせ 2)	11-6
表 11.2.4	タイ国の卸売物価指数.....	11-7
表 11.2.5	潜在的浸水被害地域の工場資産額.....	11-8
表 11.2.6	床高と被害率.....	11-10
表 11.2.7	2011 年洪水による直接被害の推定.....	11-11
表 11.2.8	将来シナリオに基づく直接被害の推定.....	11-11
表 11.2.9	Province 別一般家庭セクターの潜在的被害額.....	11-13
表 11.2.10	床高と被害率.....	11-14
表 11.2.11	2011 年洪水による直接被害の推定.....	11-14
表 11.2.12	将来シナリオに基づく直接被害の推定.....	11-15
表 11.2.13	洪水による農業被害総額.....	11-16
表 11.2.14	2011 年洪水の被害.....	11-16
表 11.2.15	計算結果のまとめ.....	11-17
表 11.2.16	感応度分析 (SCWRM M/P)	11-17

表 11.2.17	感応度分析（提案の組み合わせ 1）	11-17
表 11.2.18	感応度分析（提案の組み合わせ 2）	11-17
表 11.3.1	工事概要（水路工、施設工、護岸工、堤防工）	11-18
表 11.3.2	自然環境及び社会環境に対する影響要因	11-23
表 11.3.3	軽減策概要	11-23

目次

図 1.5.1	プロジェクト全体の実施体制	1-2
図 1.7.1	調査スケジュール	1-3
図 2.1.1	チャオプラヤ川流域	2-3
図 2.1.2	チャオプラヤ川縦断図（河川横断：2005-2006）	2-4
図 2.3.1	チャオプラヤ流域区分	2-7
図 2.3.2	1996年と2010年の土地利用の比較	2-7
図 2.4.1	2009年48河川及び4湖沼水資源の表流水水質	2-10
図 2.5.1	戦略計画2022	2-12
図 2.5.2	高速鉄道ネットワーク	2-14
図 2.5.3	BMAの短期高速道路計画	2-15
図 2.5.4	BMAの中期高速道路計画	2-16
図 2.5.5	BMAの長期高速道路計画	2-17
図 2.5.6	都市間高速道路中期計画	2-18
図 2.5.7	都市間高速道路長期計画	2-19
図 2.6.1	河川流域委員会（RBC）の位置・範囲	2-26
図 2.6.2	現在の国レベル水資源管理体制	2-26
図 2.6.3	災害管理サイクル	2-28
図 2.6.4	タイ地方政府の行政システム	2-29
図 2.6.5	2011年洪水被災者のための特別貸し付け	2-30
図 2.6.6	大災害基金の構造	2-31
図 3.1.1	2012年の台風・熱帯低気圧のコース	3-1
図 3.1.2	チャオプラヤ流域平均月雨量	3-1
図 3.1.3	ナコンサワン（C.2）流量	3-1
図 3.1.4	2011年の4大ダム貯水池の運用記録	3-2
図 3.2.1	2011年洪水時の破堤地点	3-4
図 3.2.2	2011年洪水時の氾濫エリア	3-5
図 3.2.3	2011年7月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）	3-6
図 3.2.4	2011年8月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）	3-7
図 3.2.5	2011年9月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）	3-8
図 3.2.6	2011年10月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）	3-9
図 3.2.7	2011年11月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）	3-10
図 3.2.8	2011年12月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）	3-11
図 6.1.1	県別回答者分布図	6-2
図 6.1.2	2011年洪水の洪水源	6-3
図 6.1.3	情報・警報源（%）	6-3
図 6.1.4	必要とされる情報（%）	6-3
図 6.1.5	被害タイプ（農家・住民）	6-4
図 6.1.6	被害タイプ（営利団体）	6-4
図 6.1.7	洪水状況に関する情報のための有用・信用できるメディア	6-5

図 6.1.8	洪水中有用メディア	6-5
図 6.1.9	避難(者)率と洪水継続期間の関係	6-5
図 6.1.10	避難(者)率と最大床上浸水深の関係	6-6
図 6.1.11	クロステーブル分析 -警告・情報源と避難行動の関係-	6-6
図 6.1.12	クロステーブル分析 -ラジオ・TV 情報と避難行動の関係-	6-7
図 6.1.13	クロステーブル分析 -政府・地方行政情報と避難行動の関係-	6-7
図 6.1.14	就労停止と洪水日数の関係 -日数&就労者数-	6-8
図 6.1.15	就労停止と洪水日数の関係 -就労停止期間-	6-8
図 6.2.1	調査対象工業団地分布図	6-11
図 6.2.2	水防対策 (被災工業団地)	6-12
図 6.2.3	工場による行動 (洪水前)	6-13
図 6.2.4	工場による行動 (洪水中)	6-13
図 6.2.5	浸水深と被害率の関係 (固定資産)	6-14
図 6.2.6	浸水深と被害率の関係 (在庫資産)	6-14
図 6.2.7	浸水継続日数と被害率の関係 (固定資産)	6-15
図 6.2.8	浸水継続日数と被害率の関係 (在庫資産)	6-15
図 6.3.1	RID における水資源管理フローチャート	6-18
図 6.3.2	チャオプラヤ川流域における水理施設配路図	6-22
図 6.4.1	構築されたレイヤー構造	6-24
図 6.4.2	作成された主題図 (左:土地利用図、右:観測所の位置図)	6-24
図 6.4.3	コアメタデータ構造	6-26
図 7.2.1	計画対象洪水の決定フロー	7-2
図 7.2.2	各ケースの使用観測所数	7-3
図 7.2.3	雨量観測所位置とティーセン分割	7-5
図 7.2.4	継続時間別流域平均雨量と流量の相関係数	7-6
図 7.2.5	Gumbel 確率紙へのプロット (ナコンサワン上流域 6 ヶ月雨量)	7-9
図 7.2.6	Gumbel 確率紙へのプロット (チャオプラヤ全流域 6 ヶ月雨量)	7-9
図 7.2.7	ナコンサワンでのダム戻し流量の確率プロット (流下能力 2,500 m ³ /s を超える流量ボリューム)	7-12
図 7.2.8	施設配置計画の検討手順	7-14
図 7.2.9	2011 年実績雨量への引伸し率 (1961~2011 年対象)	7-14
図 8.1.1	水文・水理モデル構築の手順	8-1
図 8.2.1	NAM の概要及びパラメーター	8-2
図 8.2.2	チャオプラヤ川水系における小流域	8-3
図 8.2.3	既存ダムの位置図	8-5
図 8.2.4	流域の水収支	8-6
図 8.2.5	TMD 気象観測所位置図およびティーセン分割図 (46 観測所)	8-7
図 8.2.6	2011 年の流域平均雨量および平均蒸発量	8-8
図 8.2.7	推定される内水氾濫エリア	8-9
図 8.3.1	不定流の概念	8-12
図 8.3.2	メクロン川およびタチン川の観測水位 (2006 年)	8-14
図 8.3.3	横断測量の追加調査地点 (2012 年)	8-16
図 8.3.4	二線堤	8-17
図 8.3.5	断面データの見直し	8-17
図 8.3.6	二線堤の設定	8-17
図 8.3.7	LP データから得られる二線堤と RID の文書に示される二線堤の位置が異なる例	8-18
図 8.3.8	LP データから得られる二線堤と RID の文書に示される二線堤の位置が異なる場	8-18

	合の断面データの例	8-18
図 8.3.9	二線堤の縦断分布 (チャオプラヤ川上流域 (141k~379k))	8-19
図 8.3.10	二線堤の位置	8-20
図 8.3.11	断面におけるマニング係数設定のイメージ図	8-21
図 8.3.12	主なポンプ施設の位置 (BMA)	8-25
図 8.3.13	ポンプ場の位置および最大排水能力	8-26
図 8.3.14	境界条件設定の概念	8-27
図 8.3.15	流入量の分配	8-28
図 8.3.16	タイ湾における水位観測所/検潮所の位置	8-29
図 8.3.17	サムットサコンにおける痕跡調査比較 (9月10-11日 2012年)	8-29
図 8.3.18	M/P 調査で提案された河道網モデル	8-30
図 8.4.1	氾濫解析モデルのイメージ図	8-31
図 8.4.2	標高データを設定したエリア	8-32
図 8.4.3	LiDAR データによる地盤高 (グリッドサイズ: 2,000m)	8-33
図 8.4.4	氾濫原の粗度係数 (グリッドサイズ: 2,000m)	8-34
図 8.4.5	土地利用状況 (LANDSAT 2009 - 2010)	8-36
図 8.4.6	氾濫原の粗度係数 (1/n)	8-37
図 8.4.7	連続構造物の位置	8-38
図 8.4.8	破堤地点 (2011年)	8-39
図 8.5.1	選定されたキャリブレーション地点	8-41
図 8.5.2	UNOSAT (8月中旬から12月中旬)	8-43
図 8.5.3	GISTDA Flood Area (2011/5/1-12/31)	8-44
図 8.5.4	2012年に実施された洪水痕跡調査結果	8-45
図 8.5.5	チャオプラヤ川 水位縦断分布 (2011年洪水時)	8-47
図 8.5.6	タチン川 水位縦断分布 (2011年洪水時)	8-48
図 8.5.7	パサック川 水位縦断分布 (2011年洪水時)	8-49
図 8.5.8	チャオプラヤ川 水位縦断分布 (2006年洪水時)	8-50
図 8.5.9	タチン川 水位縦断分布 (2006年洪水時)	8-51
図 8.5.10	パサック川 水位縦断分布 (2006年洪水時)	8-52
図 8.5.11	2011年洪水の再現計算結果	8-70
図 8.5.12	2011年8月中旬における氾濫エリアの比較	8-71
図 8.5.13	2011年9月中旬における氾濫エリアの比較	8-72
図 8.5.14	2011年10月中旬における氾濫エリアの比較	8-73
図 8.5.15	2011年11月中旬における氾濫エリアの比較	8-74
図 8.5.16	2011年12月中旬における氾濫エリアの比較	8-75
図 8.5.17	2006年洪水時における氾濫エリアの比較	8-76
図 8.5.18	2011年洪水時における浸水深の比較	8-77
図 9.1.1	マスタープラン策定の基本的手順	9-2
図 9.2.1	バンコク首都圏周辺の道路嵩上げ事業	9-5
図 9.2.2	バンコク首都圏周囲の道路嵩上げ計画高	9-6
図 9.2.3	チャオプラヤ川沿いの二線堤	9-7
図 9.2.4	チャオプラヤ川縦断図	9-9
図 9.2.5	チャオプラヤ川計画高水位	9-11
図 9.2.6	タチン川 計画高水位	9-13
図 9.2.7	潮汐が河川にあたる影響	9-14
図 9.2.8	感潮区域における H-Q カーブの作成	9-14
図 9.2.9	チャオプラヤ川 流下能力図 (河川: 現況)	9-15

図 9.2.10	タチン川 流下能力図 (河川：現況)	9-16
図 9.2.11	ノイ川 流下能力図 (河川：現況)	9-17
図 9.2.12	パサク川 流下能力図 (河川：現況)	9-17
図 9.2.13	Ban Bang 水路 流下能力図 (河川：現況)	9-18
図 9.2.14	Chainat Pasak 水路 流下能力図 (河川：現況)	9-18
図 9.2.15	Bang Luang 水路 流下能力図 (河川：現況)	9-19
図 9.2.16	Bang Kaew 水路 流下能力図 (河川：現況)	9-19
図 9.2.17	タブサラオ川 流下能力図 (河川：現況)	9-20
図 9.2.18	ロップリ川 流下能力図 (河川：現況)	9-20
図 9.2.19	2011 年に観測された洪水ハイドログラフ (1/3)	9-21
図 9.2.20	2011 年に観測された洪水ハイドログラフ (2/3)	9-22
図 9.2.21	2011 年に観測された洪水ハイドログラフ (3/3)	9-23
図 9.2.22	朔望平均満潮位及び干潮位 (2011)	9-24
図 9.2.23	バンコク及び周辺都市の氾濫地域 (洪水痕跡調査の結果)	9-25
図 9.2.24	洪水防御地域 (バンコク及び周辺)	9-26
図 9.2.25	洪水防御地域の地方主要都市	9-28
図 10.2.1	再検討対象の対策案	10-4
図 10.2.2	再検討対象の対策案位置図	10-6
図 10.2.3	検討対象の 2 ダム	10-7
図 10.2.4	チャオプラヤ川における 2012 年の水供給計画	10-10
図 10.2.5	ダム運用ルールの概要	10-12
図 10.2.6	治水・利水バランスの検討	10-12
図 10.2.7	ダムサイト及びナコンサワンにおける 2002 年洪水の洪水ハイドログラフ ..	10-13
図 10.2.8	ダムサイト及びナコンサワンにおける 2011 年洪水の洪水ハイドログラフ ..	10-14
図 10.2.9	一定量放流操作によりピークカットを行う場合のダム操作の典型的な例	10-15
図 10.2.10	ブミポンダムの治水目的運用検討ケース	10-16
図 10.2.11	シリキットダムの治水目的運用検討ケース	10-17
図 10.2.12	ブミポンダムの治水目的運用の検討結果	10-18
図 10.2.13	シリキットダムの治水目的運用の検討結果	10-19
図 10.2.14	ナコンサワン (C2 観測点)のダム戻し流量	10-22
図 10.2.15	ブミポンダム、シリキットダムの利水目的運用検討結果 (11 月—4 月)	10-26
図 10.2.16	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)	10-27
図 10.2.17	ブミポン及びシリキットダムの Target Curve、Alert Curve for Drought	10-28
図 10.2.18	日流入量による利水運用シミュレーション結果 (1975 年 - 2012 年)	10-31
図 10.2.19	ブミポンダムの事前放流による影響	10-32
図 10.2.20	シリキットダムの事前放流による影響	10-32
図 10.2.21	新規ダム計画位置図	10-35
図 10.2.22	Kaeng Sua Ten ダム洪水調節案 (2011 年洪水実績)	10-37
図 10.2.23	Kaeng Sua Ten ダム洪水時運用案 (2011 年洪水実績)	10-38
図 10.2.24	Nam Kheng ダム洪水調節案 (2011 年実績洪水)	10-39
図 10.2.25	Nam Kheng ダム洪水時運用案 (2011 年実績洪水)	10-39
図 10.2.26	Mae Wong ダム洪水調節案 (2011 年実績洪水)	10-40
図 10.2.27	Mae Wong ダム洪水時運用案 (2011 年実績洪水)	10-40
図 10.2.28	遊水地候補地 (RID 案)	10-42
図 10.2.29	洪水および氾濫水の導水方法	10-43
図 10.2.30	ナコンサワン北部調節池 (N1 および N2、N3、N4)	10-44
図 10.2.31	ナコンサワン北部調節池 (N5 および C1、C2)	10-45

図 10.2.32	アユタヤ周辺の調節池 (C3 および C4、C5、C6)	10-46
図 10.2.33	アユタヤ周辺の調節池 (C7 および C8)	10-47
図 10.2.34	放水路位置図	10-49
図 10.2.35	外郭道路放水路縦断面図	10-50
図 10.2.36	外郭道路放水路標準断面図	10-51
図 10.2.37	外郭道路放水路断面図 (河床保護案)	10-51
図 10.2.38	取水部と海岸付近のゲート	10-52
図 10.2.39	チャオプラヤ川下流 パラペット堤	10-53
図 10.2.40	浸水想定区域図 (堤防嵩上げあり・なし)	10-54
図 10.2.41	タチン川 河川改修案	10-55
図 10.2.42	タチン川 捷水路設置箇所および築堤箇所	10-56
図 10.2.43	浸水想定区域図 (Case0-1)	10-57
図 10.2.44	タチン川流下能力図 (4 捷水路設置後)	10-58
図 10.2.45	チャオプラヤ川 現況流下能力図	10-59
図 10.2.46	アユタヤ付近の状況 (チャオプラヤ川)	10-59
図 10.2.47	アユタヤバイパス水路位置図	10-60
図 10.2.48	アユタヤバイパス水路 国道 347 号沿いの状況	10-61
図 10.2.49	アユタヤバイパス水路 ルート案	10-61
図 10.2.50	アユタヤバイパス水路 縦断計画	10-62
図 10.2.51	アユタヤバイパス水路 横断計画 (最大流下能力 1,400m ³ /s)	10-62
図 10.2.52	チャオプラヤ川 水位流量縦断面図 (アユタヤバイパス設置、外郭道路放水路無し)	10-63
図 10.2.53	森林荒廃地域の森林回復対策	10-66
図 10.2.54	チェックダム建設予定箇所	10-67
図 10.2.55	2011 年洪水の再現氾濫図	10-69
図 10.2.56	M/P 提案施設実施後の予想氾濫図	10-69
図 10.2.57	タイ政府の Retention Area 計画位置図	10-71
図 10.2.58	M/P 実施後の氾濫地域の区分	10-72
図 10.2.59	M/P 実施後のナコンサワン上流氾濫地域の区分 (1/50,000 地形図との重ね合わせ)	10-73
図 10.2.60	M/P 実施後のナコンサワン下流氾濫地域の区分 (1/50,000 地形図との重ね合わせ)	10-74
図 10.2.61	チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (10 年確率洪水) (1/3).....	10-81
図 10.2.62	チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (10 年確率洪水) (2/3).....	10-82
図 10.2.63	チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (10 年確率洪水) (3/3).....	10-83
図 10.2.64	チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (100 年確率洪水) (1/3).....	10-84
図 10.2.65	チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (100 年確率洪水) (2/3).....	10-85
図 10.2.66	チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (100 年確率洪水) (3/3).....	10-86
図 10.2.67	チャオプラヤ川流域における平均浸水深 (10 年確率洪水) (1/3).....	10-87
図 10.2.68	チャオプラヤ川流域における平均浸水深 (10 年確率洪水) (2/3).....	10-88
図 10.2.69	チャオプラヤ川流域における平均浸水深 (10 年確率洪水) (3/3).....	10-89
図 10.2.70	チャオプラヤ川流域における平均浸水深 (100 年確率洪水) (1/3).....	10-90
図 10.2.71	チャオプラヤ川流域における平均浸水深 (100 年確率洪水) (2/3).....	10-91
図 10.2.72	チャオプラヤ川流域における平均浸水深 (100 年確率洪水) (3/3).....	10-92
図 10.2.73	チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (10 年確率洪水) (1/3).....	10-93
図 10.2.74	チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (10 年確率洪水) (2/3).....	10-94
図 10.2.75	チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (10 年確率洪水) (3/3).....	10-95
図 10.2.76	チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (100 年確率洪水) (1/3).....	10-96

図 10.2.77	チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (100 年確率洪水) (2/3)	10-97
図 10.2.78	チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (100 年確率洪水) (3/3)	10-98
図 10.2.79	アユタヤ県の現状 (2009 年)	10-100
図 10.2.80	アユタヤ土地利用計画 (承認手手続き中)	10-100
図 10.2.81	アユタヤ、Bang Ban 地区の土地利用及び都市計画	10-101
図 10.2.82	ピチット県の現在の土地利用状況 (2009 年)	10-103
図 10.2.83	ピチット県の土地利用計画 (承認手手続き中)	10-104
図 10.2.84	ピチット、Tahan Hin、Ban Mun Nak 地区土地利用及び都市計画	10-105
図 10.2.85	方針に基づく土地利用管理のイメージ	10-108
図 10.2.86	現在の土地利用規制改正のイメージ	10-109
図 10.2.87	都市計画地域のイメージ	10-110
図 10.2.88	Ang Thong 周辺の土地利用	10-113
図 10.2.89	統合的再配置による土地再調整のイメージ	10-113
図 10.2.90	主要ポンプ場位置図	10-116
図 10.2.91	計算結果 (水位グラフ)	10-118
図 10.2.92	不定流計算結果 (水位縦断図)	10-119
図 10.2.93	不定流計算結果 (水位・流量ハイドログラフ)	10-120
図 10.2.94	タチン川 河川横断構造物の位置	10-122
図 10.3.1	チャオプラヤ川 流量/水位縦断図 (Case 0-1: 現況) (優先防御地域周囲の道路堤防嵩上げを考慮)	10-125
図 10.3.2	洪水流量図 (Case 0-1: 現況) (優先防御地域周囲の道路堤防嵩上げを考慮)	10-126
図 10.3.3	浸水範囲及び浸水深 (Case 0-1: 現況) (優先防御地域周囲の道路堤防嵩上げを考慮)	10-127
図 10.3.4	チャオプラヤ川 流量/水位縦断図 (Case 1-1: SCWRM M/P) (C2: 新規ダム、C4: 遊水地、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川全川、C6-1: 東/西放水路 1,500 m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m ³ /s、C7: 既設ダム運用ルール改善)	10-128
図 10.3.5	洪水流量図 (Case 1-1: SCWRM M/P) (C2: 新規ダム、C4: 遊水地、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川全川、C6-1: 東/西放水路 1,500 m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m ³ /s、C7: 既設ダム運用ルール改善)	10-129
図 10.3.6	浸水範囲及び浸水深 (Case 1-1: SCWRM M/P) (C2: 新規ダム、C4: 遊水地、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川全川、C6-1: 東/西放水路 1,500 m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m ³ /s、C7: 既設ダム運用ルール改善)	10-130
図 10.3.7	チャオプラヤ川 流量/水位縦断図 (Case 11-0: Combination 1) (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川下流、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m ³ /s、C7: 既設ダムの運用ルール改善)	10-131
図 10.3.8	洪水流量図 (Case 11-0: Combination 1) (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川下流、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m ³ /s、C7: 既設ダムの運用ルール改善)	10-132
図 10.3.9	浸水範囲及び浸水深 (Case 11-0: Combination 1) (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川下流、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m ³ /s、C7: 既設ダムの運用ルール改善)	10-133
図 10.3.10	チャオプラヤ川 流量/水位縦断図 (Case 11-1: Combination 2) (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川下流、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - タチン	

	川下流、C5-1: 4 捷水路、 C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 1,000 m ³ /s、C7: 既設ダムの運用ルール改善)	10-134
図 10.3.11	洪水流量図 (Case 11-1:Combination 2) (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – チャオプラヤ川下流、 C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 1,000 m ³ /s、C7: 既設ダムの運用ルール改善)	10-135
図 10.3.12	浸水範囲及び浸水深 (Case 11-1: Combination 2) (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – チャオプラヤ川下流、 C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m ³ /s、C6-2: 外郭環状道路放水路 1,000 m ³ /s、 C7: 既設ダムの運用ルール改善)	10-136
図 10.3.13	新 TOR の施設対策組合せ	10-137
図 10.3.14	チャオプラヤ川 流量/水位縦断図 (新 TOR)	10-138
図 10.3.15	洪水流量図 (新 TOR)	10-139
図 10.3.16	浸水範囲及び浸水深 (新 TOR)	10-140
図 10.3.17	二線堤を考慮した河道断面	10-141
図 10.3.18	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)	10-141
図 10.4.1	計画規模洪水の設定方法の概念図	10-142
図 10.4.2	計画規模洪水の設定フロー	10-143
図 10.4.3	引伸し率のヒストグラム (ナコンサワン上流域)	10-144
図 10.4.4	引伸し率のヒストグラム (チャオプラヤ川全流域)	10-144
図 10.4.5	ナコンサワン地点の観測ピーク流量	10-146
図 10.4.6	ナコンサワン地点の推定ピーク流量 (ダムによる洪水調節無し)	10-146
図 10.4.7	ナコンサワン地点における推定年間ボリューム (ダムによる洪水調節無し)	10-146
図 10.4.8	ナコンサワン地点における推定年間ボリューム (流下能力以上のボリューム、ダムによる洪水調節無し)	10-147
図 10.4.9	降雨確率分布図 (グンベル確率紙) <ナコンサワン上流域 降雨継続期間 6 ヶ月 (183 日) >	10-148
図 10.4.10	降雨確率分布図 (対数正規確率紙) <ナコンサワン上流域 降雨継続期間 6 ヶ月 (183 日) >	10-148
図 10.4.11	降雨確率分布図 (グンベル確率紙) <全流域 降雨継続期間 6 ヶ月 (183 日) >	10-149
図 10.4.12	降雨確率分布図 (対数正規確率紙) <全流域 降雨継続期間 6 ヶ月 (183 日) >	10-149
図 10.4.13	ナコンサワン上流域の短期降雨量	10-152
図 10.4.14	ナコンサワン地点のハイドログラフ (2002 年、ダムによる洪水調節無し)	10-152
図 10.6.1	確率規模別の流量・水位縦断分布 (ケース 0-1)	10-159
図 10.6.2	確率規模別の流量・水位縦断分布 (ケース 1-1)	10-160
図 10.6.3	確率規模別の流量・水位縦断分布 (ケース 11-0)	10-161
図 10.6.4	確率規模別の流量・水位縦断分布 (ケース 11-1)	10-162
図 10.7.1	海面上昇の予測 (全球モデル)	10-165
図 10.7.2	海面上昇 30cm の場合の流下能力	10-167
図 10.7.3	1997 年台風 Linda の経路	10-167
図 10.7.4	変更した台風ルート	10-168
図 10.7.5	最大 2m の高潮 (計算結果)	10-168
図 10.7.6	チャオプラヤ川及びタチン川の河口に適用した高潮位	10-168
図 10.7.7	チャオプラヤ川流域の想定氾地域	10-169

図 10.7.8	『高潮 2m+2011 年洪水』のケースのシミュレーション	10-170
図 10.8.1	洪水対策位置図	10-171
図 10.8.2	チャオプラヤ川下流 パラペット堤	10-173
図 10.8.3	タチン川 捷水路設置箇所および築堤箇所	10-174
図 10.8.4	アユタヤバイパス水路の位置	10-175
図 10.8.5	アユタヤバイパス水路縦断	10-176
図 10.8.6	アユタヤバイパス水路標準断面	10-176
図 10.8.7	提案されている新設ダム	10-178
図 10.8.8	放水路の位置	10-181
図 10.8.9	西側放水路(W1000-1)の縦断図、断面図	10-182
図 10.8.10	外郭道路放水路(O500-1)の縦断図、断面図	10-183
図 10.8.11	遊水地位置 (ナコンサワン北部)	10-184
図 10.8.12	遊水地位置 (アユタヤ)	10-185
図 10.8.13	SCWRM M/P の事業実施スケジュール	10-188
図 10.8.14	提案の組合せ 1 及び 2 の事業実施スケジュール	10-188
図 11.2.1	浸水深と資産被害率との関係 (固定資産)	11-4
図 11.2.2	浸水深と資産被害率との関係 (在庫資産)	11-4
図 11.2.3	浸水深と被害率との関係 (建物)	11-5
図 11.2.4	浸水深と被害率との関係 (家財)	11-5
図 11.2.5	潜在的被害額	11-9
図 11.2.6	床高の概念図	11-10
図 11.3.1	事業対象地域 (全体) -アユタヤバイパス水路-	11-21
図 11.3.2	事業対象地域 (家屋密集地区)	11-21
図 11.3.3	事業対象地域 (全体) -外郭環状道路放水路-	11-21
図 11.3.4	事業対象地域 (下流域)	11-21
図 11.3.5	事業対象地域 (全体) -チャオプラヤ川下流堤防整備-	11-22
図 11.3.6	事業対象地域 (捷水路) -タチン川流域堤防整備及び捷水路-	11-22
図 11.3.7	事業対象地域 (河口部人口密集地) -タチン川流域堤防整備及び捷水路-	11-22
図 12.1.1	潮位の影響	12-1
図 12.1.2	チャオプラヤ川の H-Q Plotting (氾濫なし)	12-1
図 12.1.3	河川/水路からの氾濫と氾濫原から河川/水路への戻り水	12-2
図 12.1.4	チャオプラヤ川河口部の DHWL の設定	12-3
図 12.1.5	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)	12-3
図 12.2.1	RID が使用している河川サーベイヤー M9 (V-ADCP)	12-9
図 12.2.2	河口から 112km 地点 (Bang Sai、C29A) の水位及び流量	12-10
図 12.2.3	河口から 59km 地点 (TC12) の水位及び流量	12-11
図 12.2.4	河口から 20km 地点の水位と流量	12-12
図 12.2.5	河口の水位と流量	12-13

添付資料

- 添付資料-1: Minutes of Meetings
 添付資料-2: TORs of Sub-Contracts

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)
ONWRFPC	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)

単 位

(Length)

mm : millimeter(s)
cm : centimeter(s)
m : meter(s)
km : kilometer(s)

(Time)

s, sec : second(s)
min : minute(s)
h, hr : hour(s)
d, dy : day(s)
y, yr : year(s)

(Area)

mm² : square millimeter(s)
cm² : square centimeter(s)
m² : square meter(s)
km² : square kilometer(s)
ha : hectare(s)

(Volume)

cm³ : cubic centimeter(s)
m³ : cubic meter(s)
l, ltr : liter(s)
MCM : million cubic meter(s)

(Weight)

g, gr : gram(s)
kg : kilogram(s)
ton : ton(s)

(Speed/Velocity)

cm/s : centimeter per second
m/s : meter per second
km/h : kilometer per hour

第1章 概要

1.1 背景

1995年及び1996年の大洪水後、1999年に国際協力事業団（JICA）は、チャオプラヤ川流域総合洪水対策計画の下に、構造物・非構造物対策からなる多数の対策を提案している。2000年には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、アジアの通貨危機を含む幾つかの理由もあり、以来、チャオプラヤ川最下流のショートカット以外は、殆ど重要な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

その様な環境の下に、2011年に異例の大洪水が起きた。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による記録的な降雨が次々とタイを襲った。長引く洪水は800人の死者と、1.4兆THB相当の被害をもたらした。このうちの1兆THBは、製造部門における被害であった。

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、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計画プロジェクト」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。

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：新しい詳細地形図による「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

本調査は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洪水管理計画（案）を提案し、2013年6月に最終報告書（案）を取りまとめた。

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

1.2 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 km²）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、サカエ克蘭川、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。

Framework of Project for Comprehensive Flood Management Plan for Chao Phraya River Basin

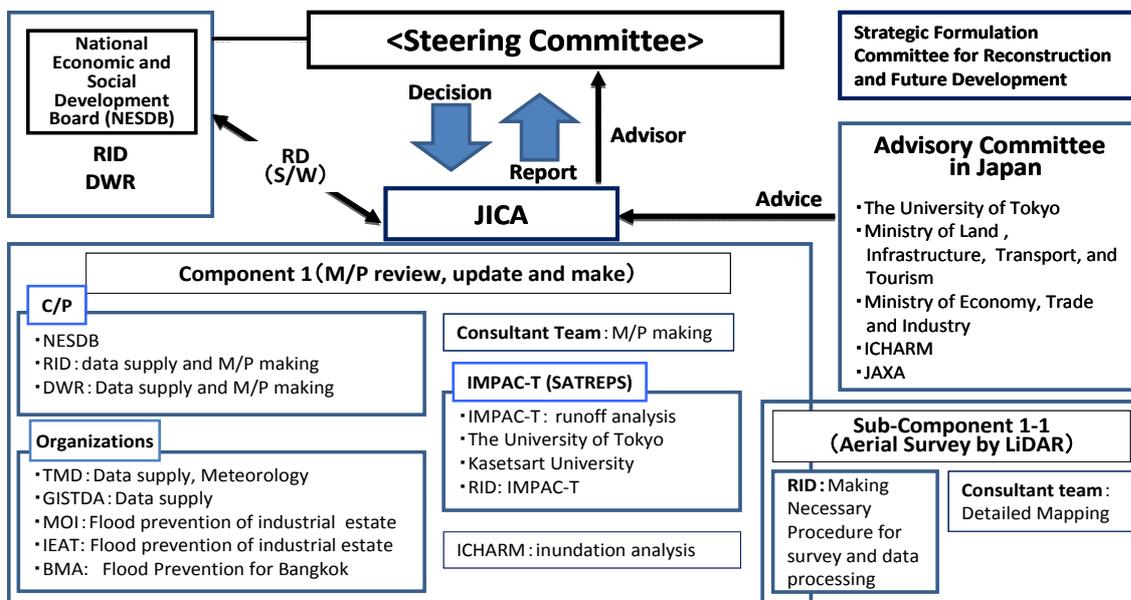


図 1.5.1 プロジェクト全体の実施体制

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、プロジェクトをスムーズ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 プロジェクトのスケジュール

全体の調査期間は、2011 年 12 月から 2013 年 10 月である。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。IMPACT-T 及び ICHARM の調査概要は 5 章に示す。

プロジェクト全体の調査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 IMPACT-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		▼			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メカニズムを研究する、(3) 効果的な操作メカニズム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 河川流域の状況

2.1 自然条件

2.1.1 気 候

チャオプラヤ川流域の気候は熱帯モンスーンに属している。年降雨は 1,000 から 1,400 mm で、流域の北東部に多い。降雨パターンは、年降雨の約 85%が 4 月と 10 月との間に降る。熱帯低気圧は 9 月から 10 月に発生しチャオプラヤ川流域を襲う。この場合、降雨は、気象擾乱により長期間に比較的広範囲に降る。河川流出のピークは、雨季の終わりの 10 月に記録され、この期間に高潮位が重なると厳しい洪水災害が発生する。表 2.1.1 に、ナコンサワン及びバンコクにおける 30 年間（1960 - 90）の平均気温と降雨量をそれぞれ示す。

表 2.1.1 30 年間の平均気温と降雨量

ナコンサワン

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
°C	Max.	32.2	34.8	36.8	38.1	35.9	34.6	34	33.3	32.5	32.1	31.5	31.0
	Min.	18.1	21.7	24.1	25.7	25.4	25.0	24.5	24.3	24.0	23.6	21.3	18.2
Rainfall (mm)	9.8	14.9	30	60.9	139	117	134	195	232	144	35.3	7.3	
Rainy days (d)	1	2	3	5	12	14	16	18	18	14	4	1	

バンコク

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
°C	Max.	32.0	32.7	33.7	34.9	34.0	33.1	32.7	32.5	32.0	31.6	31.3
	Min.	21.0	23.3	24.9	26.1	25.6	25.4	25.0	24.9	24.6	24.3	23.1
Rainfall (mm)	9.1	29.9	28.6	64.7	220	149	155	197	344	242	48.1	9.7
Rainy days (d)	1	3	3	6	16	16	18	20	21	17	6	1

出典: Thai Meteorological Department (TMD)

2.1.2 地 勢

チャオプラヤ川流域は、高地と中央平原で構成されている。チャオプラヤ川により形成された中央平原は延長 500 km、幅 100~200 km である。

中央平原はナコンサワン上流の上部中央平原と下部中央平原との 2 地域に分けられる。上部中央平原には、4 大河川：ピン川、ワン川、ヨム川及びナン川が平原を横断し、ナコンサワンで合流し、チャオプラヤ川を形成する。上部中央平原の典型的な特徴は、蛇行河川と旧河道の無数の三日月湖や小湿地の組み合わせである。高位地域は、開析された段丘、砂質地表の準平原が卓越している。上部中央平原は、東側のヨムーナン川流域と西側のピンーワン川流域に分けられる。

ナコンサワン地域は平原に多数の孤立した山、山群が、浸食残丘のように屹立している。この浸食残丘地域は、ナコンサワンからチャイナット南北に約 50 km 続いている。

チャイナットから、チャオプラヤ川は南に中央平原を流れ、タイ湾に注いでいる。平坦から多少起伏に富んだ広い堆積面が地域の地形を支配している。チャオプラヤ川には多数の分派川がある。中でも重要なのはタチン川（スパンブリ川）、ノイ川及びロップブリ川である。

2.1.3 地 形

中央平原の主な地形的特徴を要約し以下に示す。

(1) 扇状地

チャオプラヤ川沿いの中央平原には扇状地は殆ど認められない。当地域の氾濫は層状氾濫で、水はけは良い。平原の外れに、いくつかのラテライトに覆われた砂及び礫の扇状地がある。

(2) 自然堤防及び後背湿地

平原の自然堤防は2グループに分けられる：高位自然堤防及び低位自然堤防である。高位自然堤防は河川沿いに発達している。先頭部では、自然堤防は約15メートル（MSL）であり下流端では約2.0メートルである。

後背湿地は自然堤防と自然堤防との間を占めている。高位自然堤防の比高は、一般に2.5から3.5メートル、最大は6メートルである。低位自然堤防の比高は1.8から2.0メートルである。

(3) デルタ

チャオプラヤデルタは非常に平坦で、その勾配は1/100,000~1/50,000である。デルタは高位デルタ（古デルタ）、低位デルタ、活動的デルタ及び水中のデルタに分けられる。高位デルタはチャイナットとアユタヤとの間で良く発達しており、高位自然堤防が上になっている。それは湖上デルタの特徴を持っている。低位デルタはスパンブリ、チャオプラヤ及びバンパコン川沿いに分布している。

低位デルタから南部は、砂嘴などの海岸地形が発達している。活動的デルタ又は干潟は細粒の粘土からなり、この地域はえびの養殖及び塩田に利用されている。

2.1.4 河川水系

チャオプラヤ川流域は163,000 km²とタイ国土（514,000 km²）の3分の1を占めている。流域は、水文の特徴から3分割される：(1) 北部高地の上流域、(2) 周辺の流域を含む中流部の氾濫源、(3) チャオプラヤデルタの下流域。

チャオプラヤ川水系は、主要4支川：ピン川、ワン川、ヨム川及びナン川から成り、全て北部の高山を水源としている。ワン川はピン川に、ヨム川はナン川、ピン川とナン川がナコンサワンで合流し、チャオプラヤ川となる。チャオプラヤ川はチャイナット、アユタヤ及びバンコクを通り、最終的にタイ湾に流入する。

サカエクラン川が西から、パサク川が東からチャオプラヤ川に合流し、タチン川をチャイナットで分派している（図 2.1.1 参照）。



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

図 2.1.1 チャオプラヤ川流域

チャオプラヤ川の河川縦断を図 2.1.2 に示す。主な特徴は以下のとおりである。

- 河床勾配は緩やかである。河口からノイ川合流点までは、河床勾配がほぼ平坦である。この区域は感潮区間で、潮汐の影響を受ける。
- 上流区間においては、河川は丘陵地沿いを流下し、堤防 (=二線堤) は存在しない。
- ノイ川合流後の最深河床高は、上下流に比べて極度に低くなっている。過去の氾濫状況や河川の平面的な位置から推察すると、ノイ川からの流入と氾濫原から河川へ戻る水がチャオプラヤ川とノイ川の合流点に集中し、著しい河床洗掘が引き起こされているものと考えられる。



図- 氾濫水の流向図(2011年10月前半)

- 230km から 280km (チャオプラヤダム付近) までは河岸高が低く、堤防と河岸高の比高差が大きい。2011 年洪水においては、比高差の大きい区間に破堤が集中した。
- アユタヤ付近の河川幅が最も狭くなっている。アユタヤから上流に向かって河川幅は徐々に広がっている。これは、Bang Ban 水路や Phong Pheng 水路、Bang Kaew Canal 水路、Lop Buri 川といった河川や灌漑水路の分派によって、河川流量が減少することが原因と考えられる。

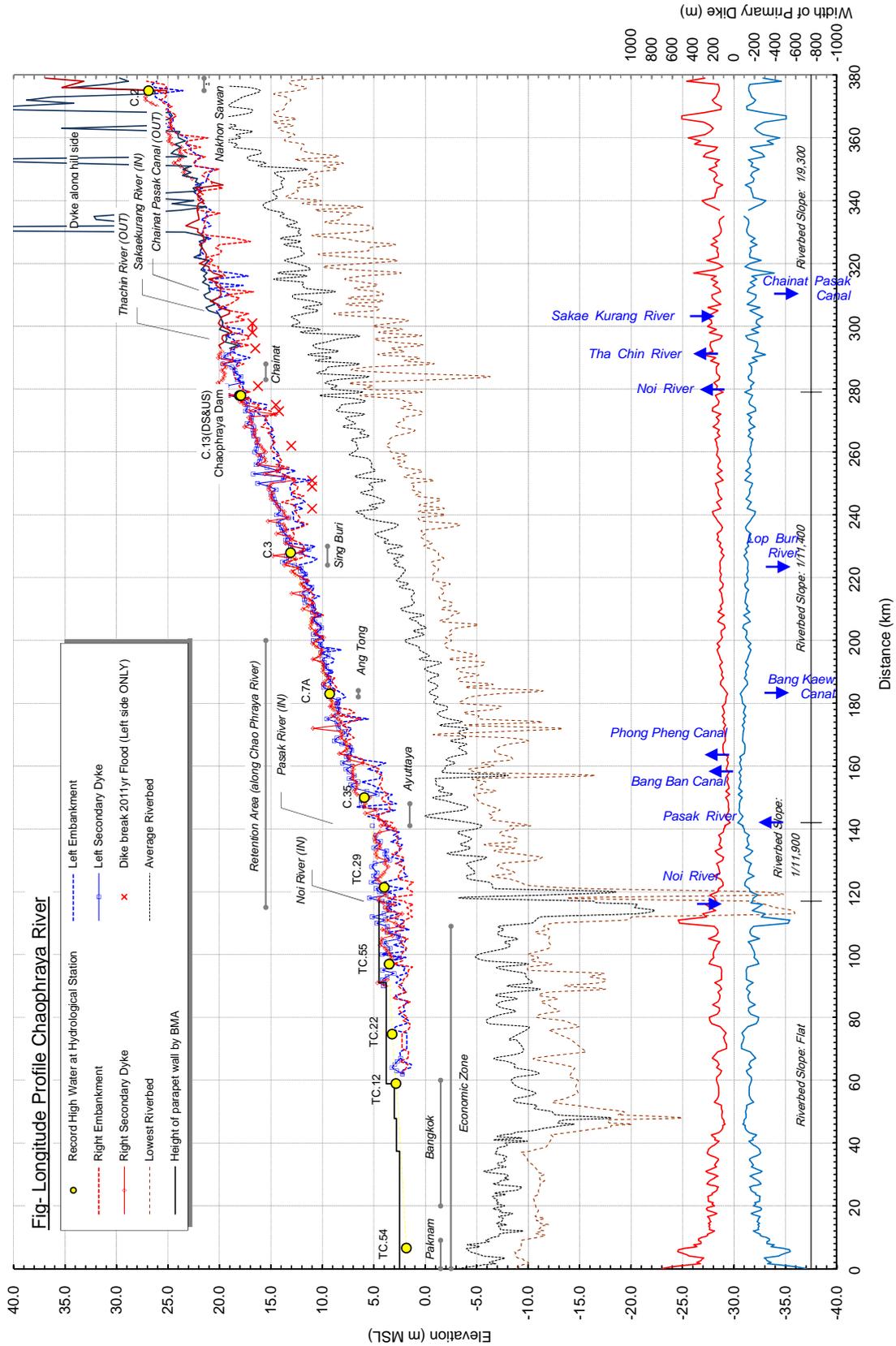


図 2.1.2 チャオプラヤ川縦断面図 (河川横断：2005-2006)

2.2 社会経済

2.2.1 人口統計

タイ国の人口は 6,400 万人、930 万人がバンコク及び周辺地域に居住している。人口の 94% はタイ語を話す仏教徒である。2006 年国勢調査によると、国の人口増加率は 0.68%、識字率は約 93% である。

チャオプラヤ川流域人口は国の人口のおよそ 40% を占めている。1996 年の調査によると、流域の総人口は 2,300 万人である。おおよそ半分の人口 (1,150 万人) はチャオプラヤ川の下流域に住んでいる。また流域人口のおよそ 68% は郊外に住んでいる。平均人口密度は 136 人/km² であるが、ナン川流域の 44 人/km² からチャオプラヤ川流域の 533 人/km² と流域により大きく異なる。バンコク及び周辺地域は 1,500 人/km² と最も高い人口密度を示している。

2.2.2 経済と産業

タイ国は、1997-98 年のアジア金融危機の後、基盤施設の開発、自由企業経済、投資推進政策の結果、2000 年から 2007 年にかけて平均 4% 以上の堅固な成長を経験している。

2008-09 年の世界的な金融危機の後、タイ国の経済は、1995 年以来最速のペースで拡大、2011 年には 7.8% に拡大した。しかし、2011 年前半の 4% 近くの着実な経済成長は、10 月・11 月のバンコク周辺の工業地域における歴史的な洪水により中断された。

チャオプラヤ川流域は国の全従業員の 78% を雇用し、国の GDP の 2/3 を生み出している。BMA は流域の総 GDP の 78% に貢献している。流域の製造業の GDP 分布についてみると、製造業が 33% と際立って高く、卸・小売業が 17% と続き、農業が約 5% である。

2011 年の名目 GDP は 10.5 兆 THB、日本の名目 GDP の 6% に相当する。一人当たりの GDP については、国民一人当たり 5,394 USD/人 (2011) であり、日本の国民一人当たりの GDP (45,920 USD/人) の 10% に相当する。

2.2.3 農業

チャオプラヤ川の上流域は山岳及び丘陵地域が卓越しており、灌漑地域の割合は 2~10% に限定され、大半は天水田である。多くのダムが位置しているが、貯水は遥か下流の受益者に供給されており、上流地域は河川に設けた堰に依存している。下流地域は、スパンブリ、ピサヌローク、ロップブリ及び更に南の“チャオプラヤデルタ”と呼ばれる沖積平野が卓越する地域である。この地域は主要穀倉地域であり、年 2~3 回の稲作が行なわれている。高地の限られた農地は、野菜や果樹栽培のために水田に土を入れている。

この穀倉地帯は全面的に二つのダム(ブミポンダム及びシリキットダム)の貯水に依存している。この地域は、二つのダム建設後の 40 年間に洪水災害を 7 回、渇水災害を 6 回経験している。年降水量は北部 (1,000 mm) から南部 (>2,000 mm) にかけて増加の傾向がある。下流地域、アユタヤ県の南は北部地域の排水が灌漑に利用されており、排水が主要課題である。

米作は、雨季 (4 月/5 月から 7 月/8 月)、洪水季及び乾季 (11 月/12 月から 3 月/4 月) に行なわれるが、最近、国の助言もあり、洪水季には米作を行なわない傾向があり、乾季の米作の着実な増加を反映している。2000 年以降、高地の作物及び永年の果樹栽培が増加している。この流域では、1,665,000 の農家が 10,390,000 ha の農地を耕作している (6 ha/農家)。

表 2.2.1 チャオプラヤデルタと背後地の土地利用

(単位 rai = 1/6.25 ha)

県	陸地	多目的地	宅地	水田	台地	果樹林	野菜	飼料	荒地	その他	森林	水域
ベッチャブーン	7,917.8	6,249.8	82,066	1,374.4	1,828.1	298,957	39,071	21,451	22,821	38,924	2,544.1	166.8
ピサヌローク	6,759.9	4,983.4	76,231	1,569.3	615.5	163,925	13,363	8,689	13,233	38,548	2,484.6	177.7
ピチット	2,831.8	2,049.1	61.9	1,621.5	190.6	118,094	10,206	6,287	5,546	27,000	8.0	78.3
ナコンサワン	5,998.3	4,568.3	106.3	2,394.4	1.3	110,731	36,216	39,866	9,370	35,203	550.6	143.0
ウタイターニ	4,206.4	3,568.4	39.9	554.6	0.7	82,297	8,228	15,741	8,170	19,706	2,170.6	63.8
チャイナット	1,543.6	1,232.9	41.8	914.0	0.2	44,859	6,924	8,208	5,683	7,092	47.9	31.1
ロブブリ	3,874.8	3,031.8	46.4	954.0	1.2	71,587	24,030	26,683	10,685	11,623	684.8	84.3
サラブリ	2,235.3	1,497.5	30.9	420.5	0.4	93,723	14,167	44,302	5,907	11,702	504.2	73.8
スパンブリ	3,348.8	2,505.6	78.3	1,260.4	0.6	89,259	30,219	5,434	3,285	35,339	384.2	84.3
アーントーン	605.2	485.0	24.1	378.9	17.6	51,332	6,999	1,622	1,742	2,658	0	12.0
シンブリ	514.0	442.6	8.7	394.6	18.3	11,628	1,502	1,726	2,690	3,492	0	7,142
カンチャナブリ	12,177.0	9,720.8	64.1	459.4	1,203.5	209.6	52,966	24,075	18,933	10,082	7,678.2	245.7
バトゥンタニ	953.7	470.8	15.8	336.0	233	92.9	16,190	0	1,321	8,317	0	48.3
ナコンナヨック	1,326.3	971.9	14.3	461.1	120	74.0	6,370	1,559	1,961	12,482	400.0	35.4
ナコンパトン	1,355.2	727.3	39.9	376.6	89.4	94.6	50,658	2,448	4,112	69,680	0	62.8
ブラチンブリ	2,976.5	2,021.9	32.4	743.9	188.0	132.5	16,983	5,436	15,884	20,404	866.4	95.5
アユタヤ	1,597.9	1,112.4	41.8	1,015.5	392	36.9	6,848	1,396	1,635	7,848	0	48.6
ノンタブリ	388.9	176.3	3.4	119.0	0	32.1	18,496	0	984	2,300	0	21.3
バンコク	978.3	115,922	4.3	95.5	0	10.7	3,987	5	75	872	0.4	86.2
サムットサコン	545.2	167.7	4.2	23.1	0	79.4	3,696	0	41	33,619	23.8	37.8
サムットปราคัน	627.6	187.2	81.2	39.6	0	14.2	372	0	41	39,059	12.6	44.0
チャチュンサオ	3,344.4	2,129.3	47.2	775.8	492.3	190.8	13,465	8,250	22,241	95,185	484.1	121.5
合計	66,107.0	48,416.2	945.3	16,281.9	8,948,529	2,104.2	380,956	223.2	156.4	531.1	18,844	1,769.1

出典: Agricultural Statistics of Thailand

2.3 土地利用

2.3.1 収集データ

1996年及び2010年のLANDSAT-TM衛星イメージ、チャオプラヤ川流域上部中央平原及び下部中央平原の土地利用状況を図2.3.1、図2.3.2に示す。

また県単位の1996年及び2010年の土地利用を表2.3.1、表2.3.2に示す。

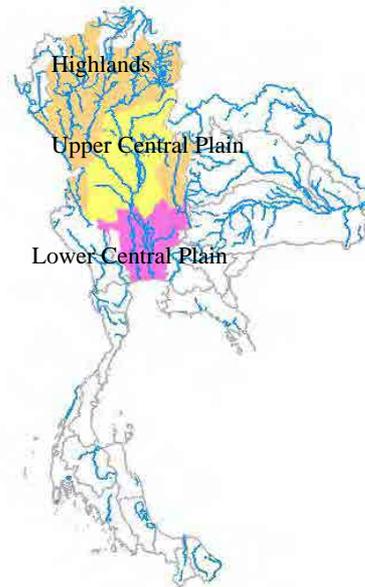


図 2.3.1 チャオプラヤ流域区分

2.3.2 地域の土地利用条件

調査地域の土地利用条件の1996年及び2010年の土地利用区分の比較を以下に示す。

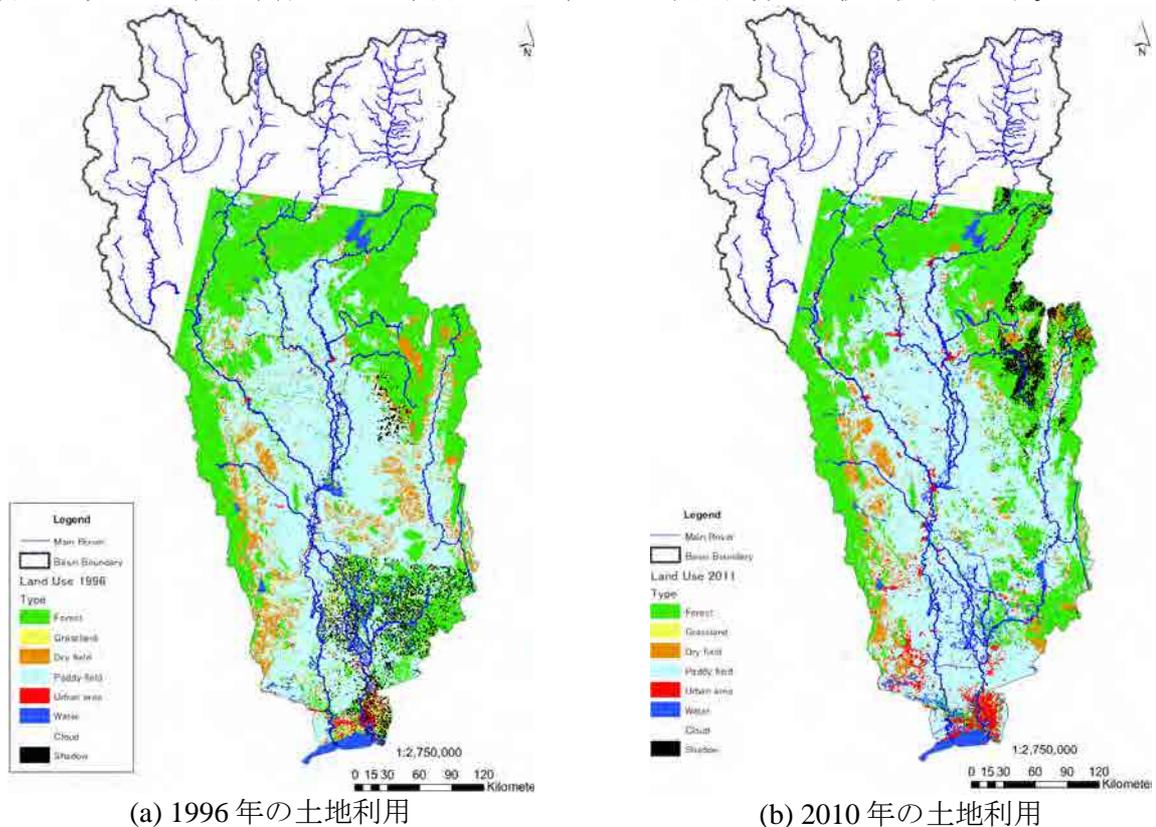


図 2.3.2 1996年と2010年の土地利用の比較

(1) 上部中央平原

上部中央平原は、チャオプラヤ川の主要支川ピン川、ワン川、ヨム川及びナン川沿いの氾濫原と河岸段丘及び扇状地で構成している。畑地の割合は1996年には39%であったが、減少傾向にあり、2010年には36%となっている。他方、地域の三番目の占有率の水田は、27%（1996年）から30%（2010年）と拡大の傾向にある。市街地域もまた0.11%（1996年）から0.37%（2010年）と拡大している。

県毎の内訳を見ると、ピチット及びナコンサワンの水田はそれぞれ63%及び49%で増加の傾向にあり、ナコンサワンの市街地域占有率増加率もまた30.6%と有意である。

(2) 下部中央平原

下部中央平原は単純にデルタとして特徴付けられている。重要なのは、1996年に37%と最も高い割合を示していた畑地が2010年には38%の水田に代わっている。

県毎の内訳を見ると、大半の県で水田の割合が増加している。他方、大半の県で市街地域の増加が有意である。特にスパンブリ、ノンタブリ及びサムットサコンの市街地域の伸びが顕著である。もちろんバンコクの市街地域の割合は高く、引き続き増加しており、2010年には28%になっている。

表 2.3.1 チャオプラヤ川流域の土地利用（1996年）

(Unit: ha)

地区	雲により 特定不可	乾燥地	森林	草地	米作地	影により特 定不可	都市域	水域	合計
上部中央平原									
スコタイ		274,300.72	185,678.70		203,275.14		739.53	2,462.91	666,457.01
ウッタラディ ット	2.32	145,705.19	466,785.27		120,818.15		216.54	26,760.61	760,288.08
ピサヌローク	15,410.91	401,957.75	421,895.30		214,245.34	1,433.34	1,194.59	3,521.74	1,059,658.96
カムペーンベ ット		426,573.31	197,708.91		222,104.95		1,206.00	3,493.89	851,087.05
ピチット	2,269.11	169,006.68	1,300.81		255,611.52	173.82	760.18	2,780.98	431,903.10
ナコンサワン	5,148.34	468,450.66	78,568.76	618.66	385,631.29	343.98	1,607.00	12,414.81	952,783.49
ウタイターニ	416.49	235,381.96	326,898.07	82.89	98,895.47		230.31	2,990.91	664,896.09
小計	23,247.16	2,121,376.27	1,678,835.81	701.55	1,500,581.86	1,951.14	5,954.15	54,425.85	5,387,073.78
下部中央平原									
チャイナット	197.20	113,909.69	3,022.47	1,033.20	128,939.70	249.01	716.12	2,458.86	250,526.24
シンブリ	3,259.13	34,126.16	6,663.58	3,195.41	31,104.58	1,657.89	268.33	1,425.58	81,700.67
ロップリ	30,918.79	258,199.80	96,527.76	1,540.74	249,325.23	9,940.95	1,121.63	2,696.65	650,271.55
スパンブリ	1,027.69	223,500.86	71,591.21	3,164.93	233,111.46	1,143.13	748.57	6,071.01	540,358.85
アーントーン	3,802.34	38,052.68	3,418.07	3,148.00	41,093.31	4,029.01	310.49	1,195.77	95,049.68
アユタヤ	8,530.15	40,130.56	6,216.64	2,798.85	185,033.34	5,529.07	1,829.26	4,666.89	254,734.78
サラブリ	38,719.46	114,980.35	70,215.32	104.56	106,899.95	14,772.26	1,711.26	1,414.55	348,817.71
ナコンバトン	503.52	71,350.66	4,411.93	1,700.88	131,585.43	438.38	2,545.45	1,428.30	213,964.55
ノンタブリ	543.35	11,688.51	2,782.58	457.58	45,377.84	1,122.06	1,005.73	662.39	63,640.05
バトゥンタニ	10,155.63	23,028.63	7,035.08	941.38	105,237.33	3,122.74	1,517.26	1,041.99	152,080.04
サムットサコ ン	17.91	11,397.51	2,786.11	701.79	50,200.22	32.85	3,214.67	18,711.24	87,062.31
バンコク	8,401.02	30,933.55	4,324.36	2,995.65	72,838.36	3,822.92	26,448.52	6,897.96	156,662.34
サムットプラ カン	8,161.66	15,915.88	6,220.83	1,608.95	36,735.23	5,680.77	6,772.35	15,615.94	96,711.61
小計	114,237.86	987,214.85	285,215.96	23,391.92	1,417,482.00	51,541.05	48,209.63	64,287.13	2,991,580.39
総計	137,485.02	3,108,591.12	1,964,051.77	24,093.47	2,918,063.86	53,492.19	54,163.78	118,712.97	8,378,654.17

表 2.3.2 チャオプラヤ川流域の土地利用 (2010年)

(Unit: ha)

地区	雲により 特定不可	乾燥地	森林	草地	米作地	影により特 定不可	都市域	水域	合計
上部中央平原									
スコタイ	309.60	201,072.88	223,163.81		236,004.48		2,304.05	3,602.19	666,457.01
ウッタラディ ット	28,973.54	142,738.19	447,086.75	631.77	14,868.58	2,763.09	2,527.29	20,698.86	760,288.09
ピサヌローク	77,332.60	397,763.58	334,278.62	168.06	219,780.07	18,502.68	4,581.91	7,251.43	1,059,658.96
カムペーンペ ット	839.79	418,226.60	189,680.68	277.48	34,796.47		3,174.19	4,091.85	851,087.05
ピチット	108.00	154,233.66	3,006.37	59.04	271,264.99	59.73	1,051.02	2,120.30	431,903.10
ナコンサワン	1,769.18	380,008.95	86,019.02	654.39	471,130.22	180.34	4,993.74	8,027.65	952,783.49
ウタイターニ	491.43	248,431.86	340,275.22	13.32	70,879.13		1,165.65	3,639.48	664,896.09
小計	109,824.14	1,942,475.72	1,623,510.46	1,804.06	1,618,723.94	21,505.84	19,797.85	49,431.76	5,387,073.79
下部中央平原									
チャイナット	124.56	143,095.51	4,247.38	58.59	99,031.19		1,755.84	2,213.17	250,526.24
シンブリ	14.53	23,628.04	242.89		56,036.64		158.94	1,619.63	81,700.67
ロップリ	2,137.14	200,165.77	102,915.15		328,918.16	805.39	1,283.76	14,046.18	650,271.55
スパンブリ	425.79	245,342.35	59,372.45	41.85	220,141.63	14.94	8,898.83	6,121.0	540,358.85
アーントーン	5.40	29,001.69	214.51		63,300.05		102.44	2,425.58	95,049.68
アユタヤ	2,022.99	38,636.06	7,696.85		197,372.73		3,158.59	5,847.56	254,734.78
サラブリ	5,552.62	125,888.00	109,789.27		102,650.01	331.16	1,772.62	2,834.04	348,817.71
ナコンパト ン	366.19	57,108.17	3,258.57	141.75	145,454.75		3,649.17	3,985.94	213,964.55
ノンタブリ	903.60	4,083.74	425.67		52,238.22	190.53	5,201.36	596.93	63,640.05
パトゥンタ ニ	15,643.53	772.62	175.68		133,633.60	100.71	1,038.29	715.61	152,080.04
サムットサ コン	204.27	4,449.17	812.41		56,125.63	2.25	7,599.77	17,868.82	87,062.31
バンコク	14,883.80	6,774.98	2,265.79	81.54	82,252.11	120.65	43,545.58	6,737.89	156,662.34
サムットブ ラ カン	11,039.23	2,025.11	1,701.95	13.05	57,455.79	89.32	10,154.38	14,232.79	96,711.61
小計	53,323.66	880,971.20	293,118.58	336.78	1,594,610.50	1,654.95	88,319.57	79,245.15	2,991,580.39
総計	163,147.80	2,823,446.92	1,916,629.04	2,140.84	3,213,334.44	23,160.80	108,117.42	128,676.91	8,378,654.18

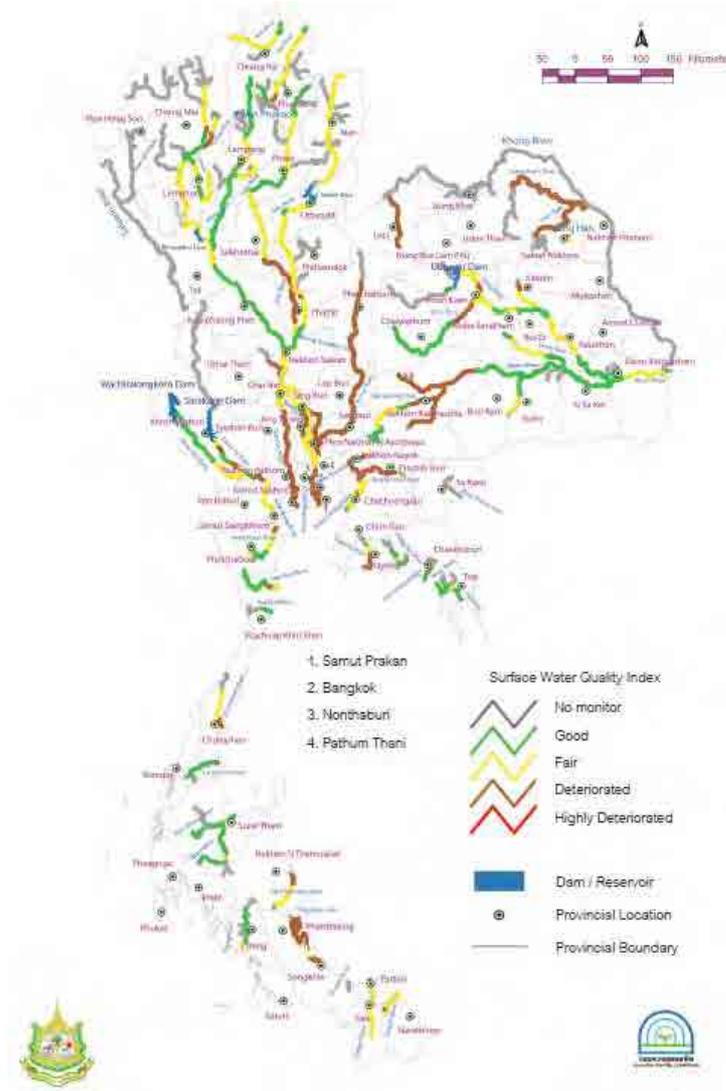
2.4 環境

2.4.1 自然環境

タイ中央平原のチャオプラヤ川流域の低平地には、南北に 400 km、幅 180 km のチャオプラヤ淡水湿地林が認められていた。これらの湿地林は、平原が水田やバンコクのような市街地域に転換されたように、ほぼ全て消滅した。したがって、かつて湿地林に生息していた野生生物：河川に生息した多くの魚類、ハゲワシ、Oriental Darter、White-eyed River Martin (*Pseudochelidon sirintarae*)、Sarus Crane の様な鳥類及びトラ、アジア象、ジャワサイ、Schomburgk's Deer のような動物の大半は消滅した。

2.4.2 水質

2010年に公害管理局(PCD: Pollution Control Department)が目標の48河川、4湖沼水資源(クワンパヤオ、ブンボラペット、ノンハン及びソクラー湖)で実施した水質モニタリング調査により明らかになった水質レベルの割合は、良い(good)、適正(fair)及び悪化(deteriorated)がそれぞれ22%、39%及び39%である。しかしながら、水質は、前年に比べ悪化している。理由は、頻繁な洪水、都市化及び不十分な水質規制によると推察される。チャオプラヤ川に焦点を絞ると、上流地域の水質は「適正」であるが、バンコクのように市街地域に沿った中流及び下流域の水質は「悪化」と注意している。調査流域及び湖沼水資源の表流水の水質状況を図 2.4.1 に示す。



Data Source: Thailand State of Pollution Report 2009

図 2.4.1 2009 年 48 河川及び 4 湖沼水資源の表流水水質

2.5 国家開発計画

2.5.1 構想と使命

国家開発計画は国外及び国内情勢の変化を踏まえつつ策定されている。第10次計画(2006-2011)の期間は、国の開発方針として充足経済の概念が広範囲に適用され、社会は多くの観点からより柔軟に、2008年の世界経済危機の影響に対し効果的に対応することができた。

第11次計画(2012-2016)では、“タイ国民は国の個性、特に **Hospitality** に誇りを持ち”、タイ国社会の全ての党派が示す2027年の構想達成を目標とする中期戦略計画を示している。

第11次計画では、より複雑な国内外の変化及び変動に直面することになるが、民主的な価値観と良質な政府を基礎とし、充足経済の実現に向けて、以下の構想及び使命を掲げている。

(1) 構 想

- ・ 平等で公正かつ、適応力を備えた幸福な社会

(2) 使命

- ・ 社会の保護・安全を提供し、公正な司法プロセスと情報源へのアクセスを確保し、良い統治のもとで発展のプロセスに参加出来る公正で上質な社会を促進する。
- ・ 変化に積極的に適応するため、国民は年相応の高潔さ、知識及び技術を磨き、社会制度及び地域のコミュニティを強化する。
- ・ 地域の英知、知識、革新及び創造力に基づき、食料及びエネルギーを確保し、環境に優しい経済と消費の構造を構築し、経済・社会の利益のために近隣地域との関係強化を図り、生産とサービスの効率を高める。
- ・ コミュニティの参加を支援し、気候変動及び災害の影響に対する回復力を改善することにより、確実な天然資源及び環境基盤を築く。

2.5.2 開発戦略

チャオプラヤ川流域の総合的洪水管理計画については、国家開発計画の「5. 開発戦略」に明示されている。この項では、戦略の目的、持続可能な発展に向けた天然資源・環境の管理について述べている。チャオプラヤ川流域の総合的洪水管理計画に関するガイドラインを以下に示す。

- ・ 自然災害への備えを確実にする。地形図及び危険地域の優先リストは国、地域及び県レベルで作成される。災害管理の効率を改善する。更に、データベース及び通信ネットワークを開発する。災害管理分野の科学技術の開発を支援する。国際水準に見合う国のボランティア・ワークシステムの開発を進め、更に、民間セクター、企業、学校及び地方当局は災害対応の準備、活動計画作成を奨励する。
- ・ 環境条件及び気候変動に応じて施される貿易措置への適応力を養う。国際貿易や投資に影響を及ぼす可能性のある環境保護関連事項の監視及びモニタリングを行う。貿易や国際協定が及ぼす環境や気候変動への悪影響について対策を導入する。これらの影響について研究を実施し、想定される悪影響の軽減に向けた戦略計画を作成する。

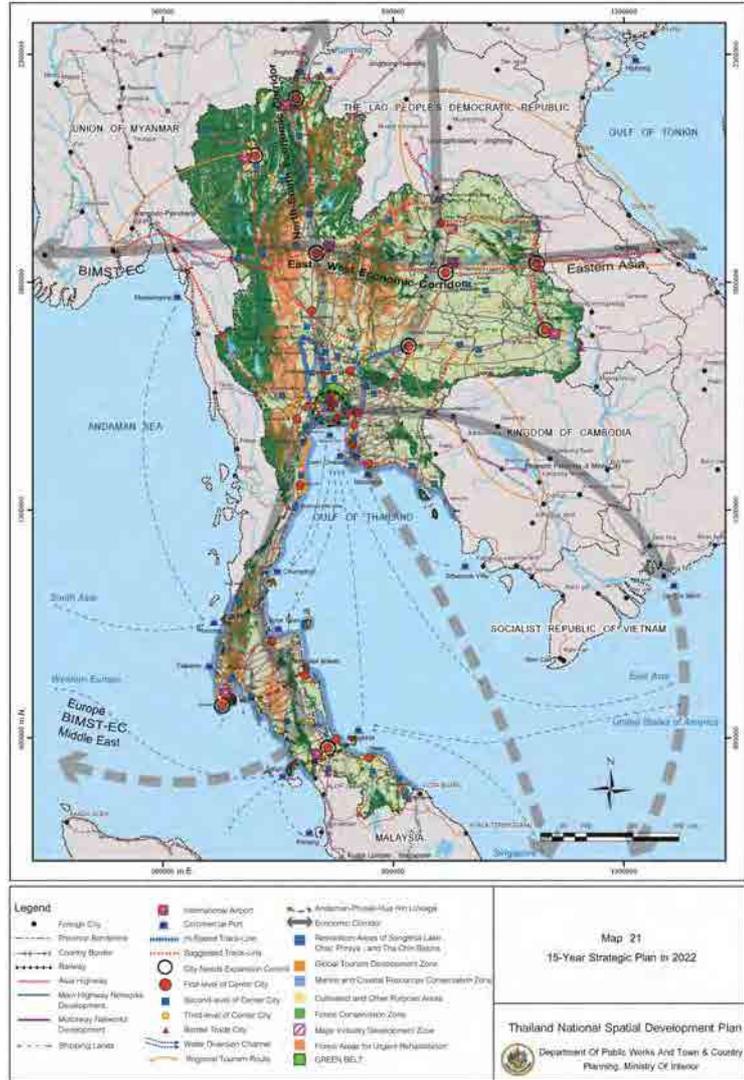
2.5.3 国家空間開発計画

(1) 計画の背景と内容

国家計画は、国家開発、都市システム、階層制度、職務、産業、社会基盤及び公共施設といった事項に関する対策及び戦略から成る。

地域計画は 6 地域：タイ国中央、バンコク、国の北部、東部、北東部及び南部に適用される。

2002 年 7 月 9 日、内閣は、公共事業都市・地域計画局（DPT：Department of Public Works and Town and Country Planning）に国中の都市計画を促進する権限を与えた。前述の決議に従い DPT は、あらゆるレベルの空間開発・計画の枠組みとして、各地域の特徴や可能性に応じた政策・戦略・施策を立案するため、国家空間開発計画を策定した。計画は、長期（50 年）、中期（10 から 15 年）及び短期（5 年）の 3 タイプに分けられており、内閣の承認により 2009 年に公表された（図 2.5.1 参照）。



Data Source: National Spatial Development Plan (2009)

図 2.5.1 戦略計画 2022

(2) 洪水災害防御方針

チャオプラヤ川流域の洪水管理計画の観点から、国家空間開発計画における洪水災害防御方針は以下のように規定されている。

- ・ 非構造物洪水防御として、洪水の危険地域を 3 レベル（頻発する洪水の高/中/低リスク）に分類し、上流の森林の回復及び土壌浸食問題を解消する。
- ・ 市街地の洪水防御には、都市計画策を反映する。
- ・ 水路及び排水溝を深くし、拡幅する。市街地域の効果的な洪水防御計画を確立する。
- ・ 居住計画において水路区域に居住を許可しない。
- ・ 災害リスクの高い地域を自然流域開発地域として指定し、構造物の建築を行わないようにする。
- ・ 主要水路から排水する分水路を建設する。

- ・ アクションプランの策定、水のモニタリング、公共への情報公開といった役割を引き受ける洪水防御のための特別なセンターを設立する。
- ・ 地域が水不足に直面した際に水利用のために利用するダム、貯水池、堰、堤防等の施設を拡充する。
- ・ これらの構造物は観光資源、コミュニケーションセンター、あるいは水棲動物の繁殖域にもなる。
- ・ 分水システムは、主水路から分水路または灌漑水路に分水するために開発する。このシステムは市街地域に洪水を引き起こす流水を一時的に貯留するために空き地やモンキーチークに分水する。
- ・ 洪水分水ネットワークはまた、経済価値が高い高密度地域から洪水を受け入れられる地域に分水するよう計画する。
- ・ 更に、構造物対策、及び洪水を受け入れる地域の住民に対する洪水保険又は補償金の支払いを検討する。

2.5.4 大規模国家開発計画

タイ国の大規模国家開発計画の中で、主要な基盤施設は以下のとおりである。

(1) 高速列車

(a) 背景

タイ国有鉄道（SRT: State Railway of Thailand）の鉄道開発マスタープラン（2010）では、鉄道を全ての主要生産地域とレムチャバン港とを結ぶ国の主要産物輸送路とするために、高速鉄道の建設を投資予算 176,808 百万バーツで計画している。高速鉄道システム（HSR）は、予想される投資 742,000 百万バーツの地方と近隣諸国との接続計画において特に重要である。政府は、国家基盤施設投資のための Loan Act 案の提案を計画している。

(b) 概観

開発計画は4主要路線を含む。

- ・ 北路線（バンコクーチェンマイ）
- ・ 北一東路線（バンコクーノンカーイ及び、バンコクーウボンラーチャターニ）
- ・ 南路線（バンコクーハジャイーパダンベサール）
- ・ 東路線（バンコクーチャンタブリ及びアランヤプラテート）

政府は HSR プロジェクトを促進しており、官民連携（PPP）を提案している。プロジェクトの第一フェーズは、パイロットプロジェクトとしてバンコク-ナコンラーチャシーマ路線の建設準備が進められている（図 2.5.2 参照）。

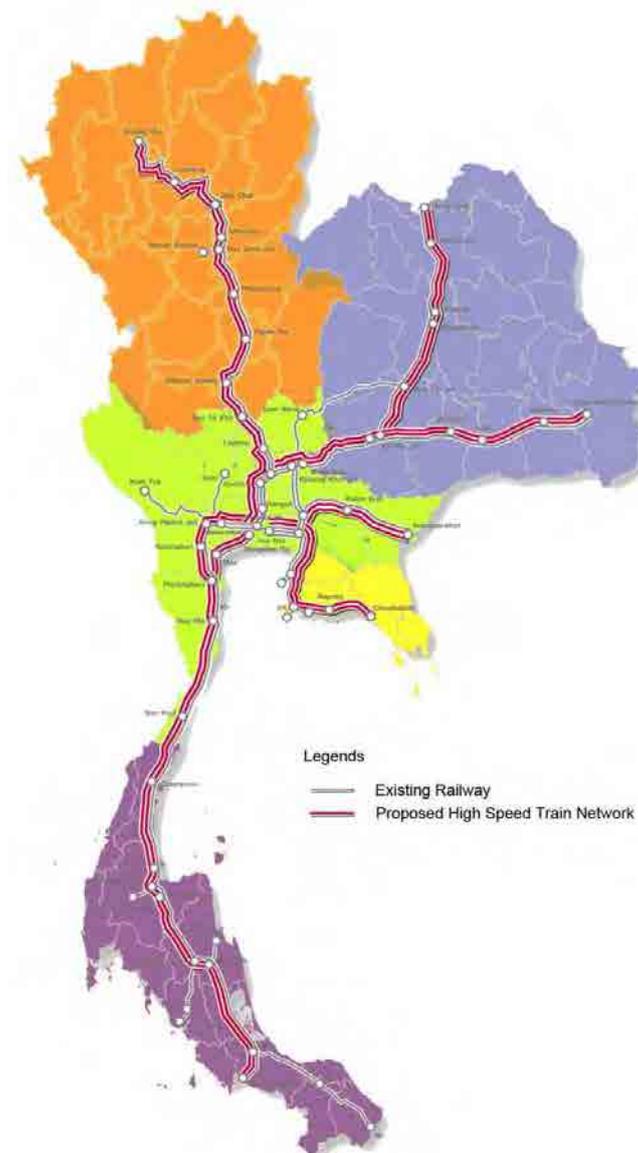


図 2.5.2 高速鉄道ネットワーク

(2) 高速道路

(a) 背景

タイ高速道路局（EXAT）は“*The study on traffic condition on expressway and future direction of EXAT*”を2011年8月に実施している。調査は、BMA及び都市間ネットワークの将来高速道路網を提案している。

(b) 概観

(i) BMAの高速道路計画

BMAの高速道路マスタープランは、3フェーズ22プロジェクト(347.40 km)で構成され、総投資額は125,045.5百万バーツである(表2.5.1及び図2.5.3参照)。

短期計画は5プロジェクトを含み、プロジェクトは会計年度2010-2020に実施される。

表 2.5.1 短期計画のリスト

プロジェクト	工期	運用開始年	投資額 (mil.THB)
1) Si rat expressway – BKK outer ring road	2010-2016	2016	27,050.5
2) 3rd northern expressway N1+N2+N3	2016-2022	2022	46,801.0
3) Western outer ring road elevated project section 1 (bang khun thian-bang yai)	2017-2023	2023	22,082.0
4) dao khanong expressway- western outer ring road	2018-2024	2024	16,950.0
5) Si rat-Dao khanong expressway	2020-2025	2025	125,045.5

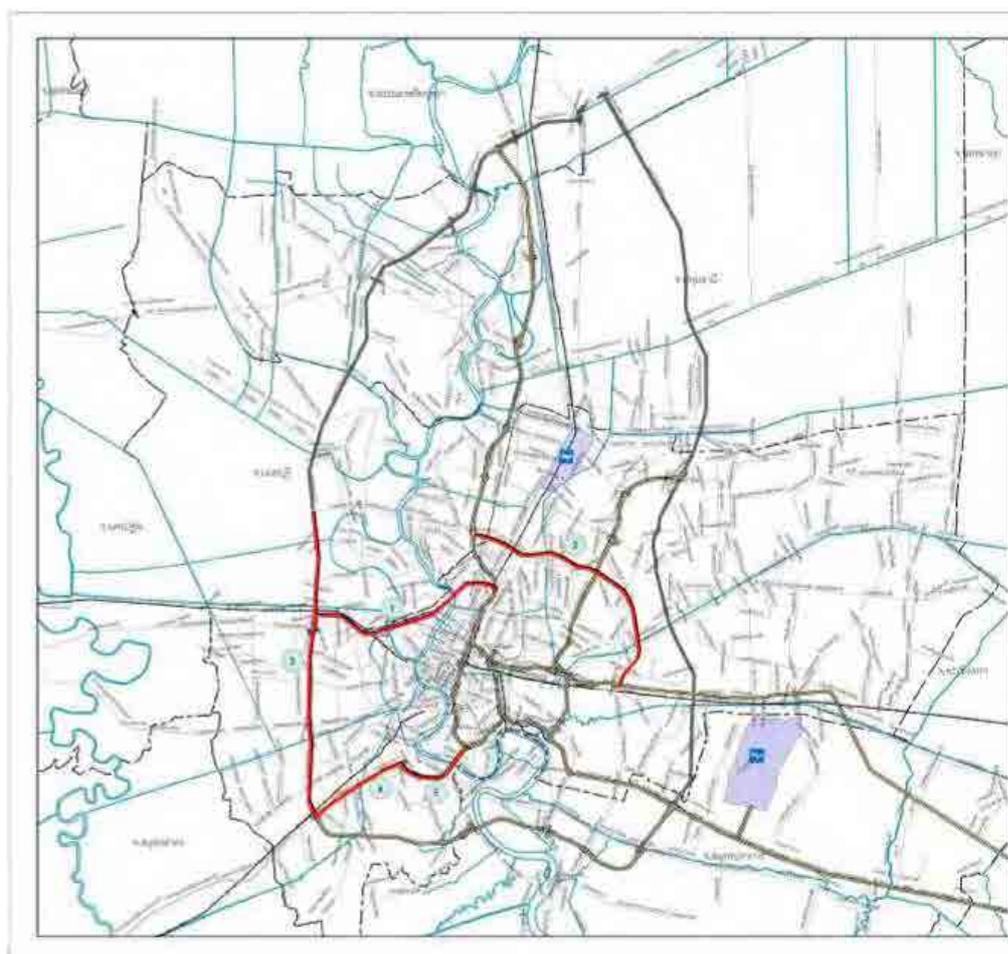


図 2.5.3 BMA の短期高速道路計画

中期計画は、会計年度 2021-2030 に建設を予定しており、9 プロジェクト（114.5 km）で、総投資額は 236,563 百万バーツである（表 2.5.2 及び図 2.5.4 参照）。

表 2.5.2 中期計画のリスト

プロジェクト	工期	運用開始年	投資額 (mil.THB)
1) Expressway project for traffic distribution	2021-2026	2026	9,079
2) Suwannaphum expressway section 1	2022-2028	2028	26,466
3) Sinakharin-bangna-samut prakan expressway	2023-2029	2029	30,529
4) 3rd expressway northern E-W corridor (East)	2024-2029	2029	8,219
5) bang phun-thanyaburi-outer eastern ring road	2025-2031	2031	21,778
6) bang khlo-industrial ring road	2026-2031	2031	7,836
7) 3rd expressway southern section S2 (bangna-samrong)	2027-2032	2032	20,882
8) Rama II expressway-phet kasem-nonthaburi	2028-2034	2034	58,374
9) Rama IV expressway- taksin-outer western ring road	2029-2035	2035	53,400

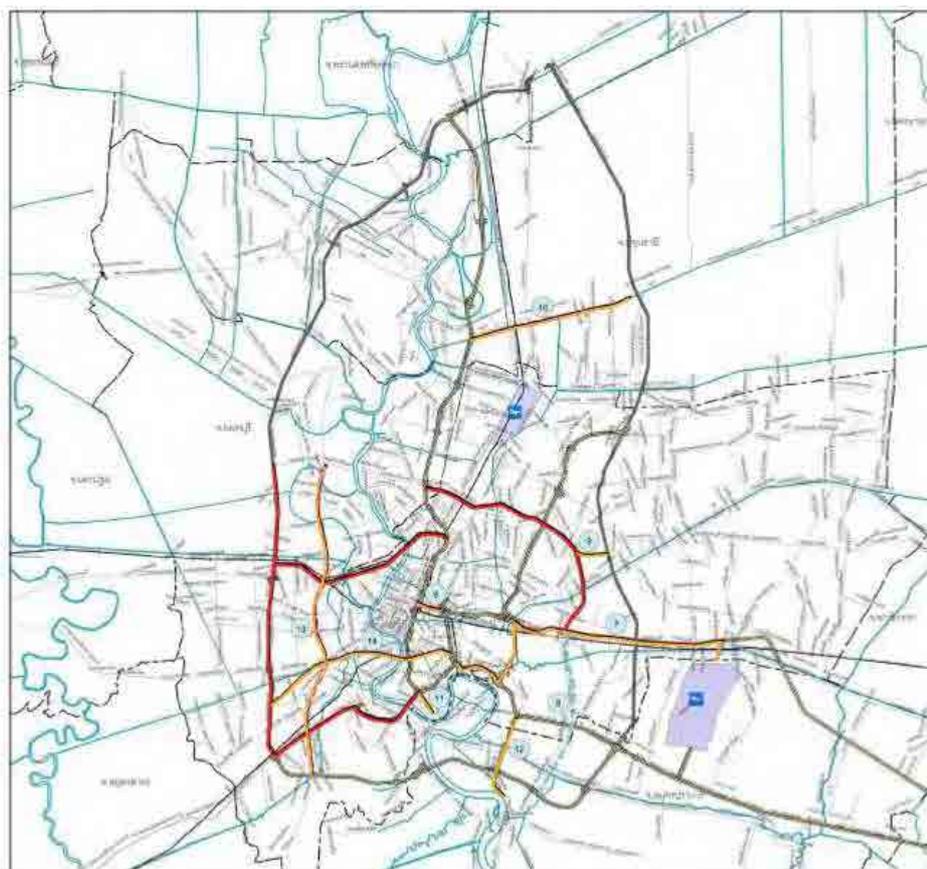


図 2.5.4 BMA の中期高速道路計画

高速道路プロジェクトの長期計画は、会計年度 2031-2040 に建設される予定で、8 プロジェクト（156.8 km）、総投資額は 188,279 百万バーツである（表 2.5.3 及び図 2.5.5 参照）。

表 2.5.3 長期計画のリスト

プロジェクト	工期	運用開始年	投資額 (mil.THB)
1) Sirat expressway – government center	2031-2036	2036	11,495
2) Western outer ring road elevated project section 2 (bang yai-bang pa in)	2032-2038	2038	36,339
3) chalong rat – paholyothin expressway	2033-2038	2038	9,805
4) chalong rat – klong song	2034-2040	2040	18,755
5) udon rattaya-western outer ring road	2035-2041	2041	22,322
6) western outer ring road-nakornpathom	2036-2042	2042	35,590
7) rattana thi bet- udon rattaya- paholyothin expressway	2037-2043	2043	39,289
8) Klong song- paholyothin expressway	2038-2044	2044	14,684

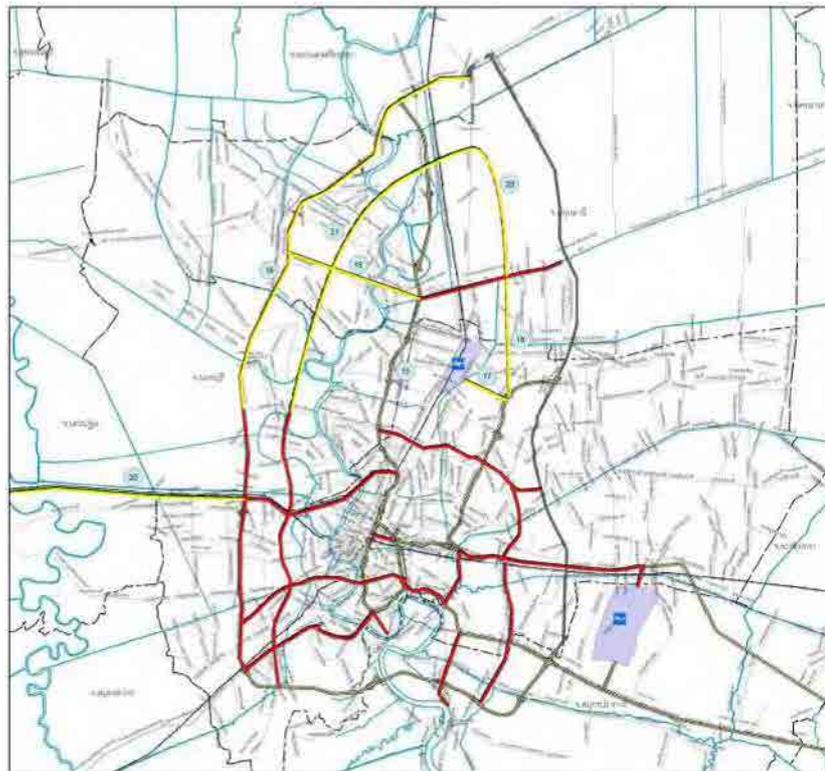


図 2.5.5 BMA の長期高速道路計画

(c) 都市間高速道路計画

都市間高速道路計画は、15 プロジェクト (1,973.5 km)、投資額は 334,606 百万バーツである。この計画は下記の 2 フェーズに分けられる。

- ・ 中期計画は 4 プロジェクト (138.5 km)、投資額 43,793 百万バーツで、会計年度 2021-2030 に建設される予定である。

表 2.5.4 都市間高速道路中期計画リスト

プロジェクト	工期	運用開始年	投資額 (mil.THB)
1) Udon rattaya – highway no.32	2021-2026	2026	1,824
2) burapha withi-pattaya expressway	2022-2028	2028	18,843
3) Outer eastern ring road – sraburi expressway	2023-2029	2029	19,808
4) Udonrattaya-Highway no.1 expressway	2023-2028	2028	3,318

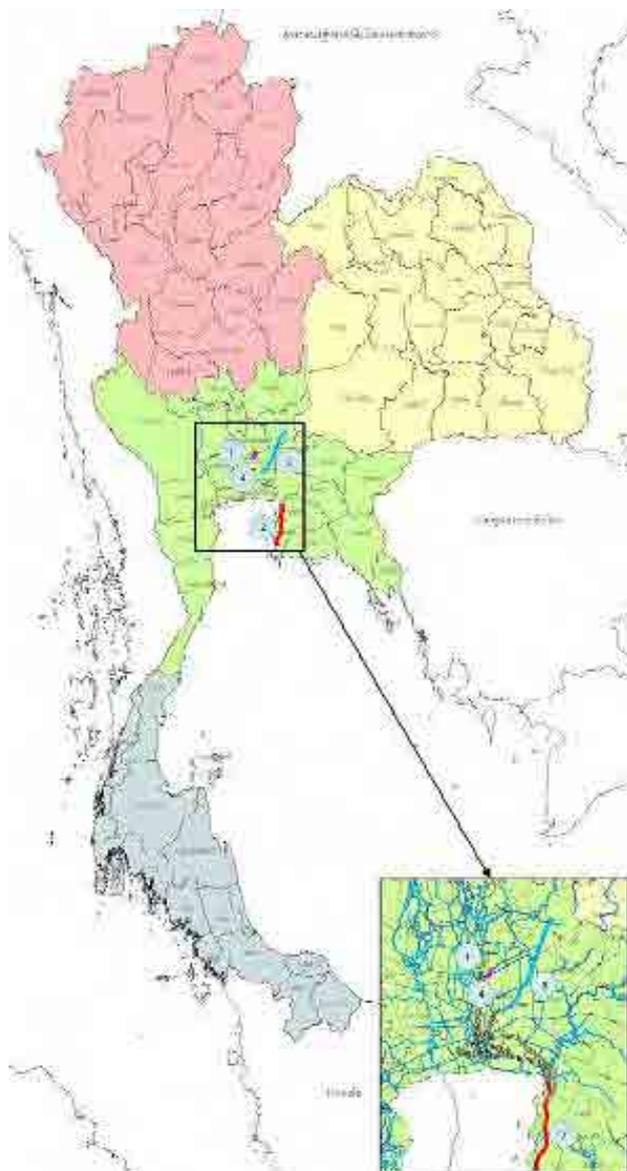


図 2.5.6 都市間高速道路中期計画

- ・ 長期期計画は 11 プロジェクト (1,835 km) を含み、投資額 290,813 百万バーツで、会計年度 2031-2040 に建設される予定である。

表 2.5.5 都市間高速道路長期計画リスト

プロジェクト	工期	運用開始年	投資額 (mil.THB)
Sraburi-Nakornrachasima	2031-2037	2037	16,610
Chonburi-Srakawe-Nakornrachasima expressway	2032-2038	2038	29,007
Panthong-Pamok expressway	2033-2039	2039	21,864
Pamok-Bangkhuntien expressway	2034-2040	2040	22,360
Bang pa in -Pamok-Nakornsawan expressway	2035-2041	2041	22,865
Outer western ring road-Aranyaprathet expressway	2036-2042	2042	37,169
Nakornsawan-Phisanulok expressway	2037-2043	2043	15,488
Udonrattaya-Supanburi expressway	2038-2044	2044	6,975
Pattaya-Rayong-Chanthaburi	2039-2045	2045	21,634
Andaman port-port on east coast connection expressway	2039-2045	2045	23,153



図 2.5.7 都市間高速道路長期計画

2.6 水資源管理の組織制度

2.6.1 タイの水管理

現在、タイ国は首相、5人の副首相及び首相府の下に19省庁がある。この内、少なくとも9省庁は水に関連した問題に関与している。表 2.6.1 にタイ国の全ての省庁をリストアップし、水に関連した省庁をマークした。

この行政組織に加えて、国王の主導権が水資源開発には重要な役割を果たしていることが強調される。例えば、灌漑局 (RID: Royal Irrigation Department)、高速道路局 (DOH: Department of Highway)、バンコク都 (BMA: Bangkok Metropolitan Administrative) 及びタイ国有鉄道 (SRT: State Railway of Thailand) は共同して、BMA を洪水から守る、世間で言う”王様の堤防“を建設している。

表 2.6.1 タイ政府組織と水関連

Portfolio	Overseeing water issues
Ministry of Interior	O
Ministry of Justice	
Ministry of Defense	O
Ministry of Finance	
Ministry of Foreign Affairs	
Ministry of Social Development and Human Security	
Ministry of Agriculture and Cooperatives	O
Ministry of Transportation and Communication	
Ministry of Natural Resources and Environment	O
Ministry of Information and Communication Technology	
Ministry of Energy	O
Ministry of Commerce	
Ministry of Labor	O
Ministry of Culture	
Ministry of Science and Technology	O
Ministry of Education	
Ministry of Public Health	O
Ministry of Industry	O
Ministry of Tourism and Sports	

Note: the “O” is subjectively given by the Consultant team for easy understanding.

2.6.2 国の委員会

水に関する政策作りの最も重要な組織は NESDB、NEB、NWRC 及び NDPMC である。これら組織の構成を表 2.6.2 に示す。

経済社会開発局 (NESDB: National Economic and Social Development Board)

- ・ National Economic and Social Development Act (1978) により設立
- ・ 5-year National Economic and Social Development Plan を作成する権限

環境局 (NEB: National Environmental Board)

- ・ Enhancement and Conservation of National Environment Quality Act (1992) により設立.
- ・ Mandated to prepare environmental policies and plan.環境政策及び計画作成の権限

水資源委員会 (NWRC: National Water Resources Committee)

- ・ 1989年に首相府の Regulation on National Water Resources management により設立され、現在の委員会は首相府指令 (403/1997) により指名されている。
- ・ 統合水資源管理の国の目標及び方針を作成する権限がある。

防災委員会 (NDPMC: National Disaster Prevention and Mitigation Committee)

- ・ Disaster Prevention and Mitigation Act (2007) により設立
- ・ 防災計画策定の政策提案の権限があり、防災計画 (2010-2014) を策定、2009年1月に内閣の承認を得ている。

表 2.6.2 委員会メンバー

Official	NESDB	NEB	NWRC		NDPMC
			(RNWRM Article 6*)	PM Order 403*	
Prime Minister	Chair	Chair	(Chair)		Chair
Deputy PM		Vice Chair		Chair	
Minister attached to Office of PM				Vice Chair	
Secretary-General of the Office of PM			(Secretary)	Secretary	
Secretary-General, State Council				✓	
Secretary-General, Civil Service Commission	✓				
Minister for Finance		✓			
Director General, Bureau of Budget	✓	✓			✓
Secretary-General, Bureau of Budget				✓	
Secretary-General, Board of Investment		✓			
Director General, Fiscal Policy Office	✓				
Governor, Bank of Thailand	✓				
Secretary-General, Office of NESDB	Secretary	✓			
Governor, Electricity Generating Authority of Thailand				✓	
Director, Office of NWRC			(Assistant Secretary)	Assistant Secretary	
Minister for Science Technology & Environment		Vice Chair			
Permanent Secretary, MOSTE		Secretary		✓	
Minister for Defense		✓			
Permanent Secretary, MOD					✓
Minister for Agriculture and Cooperatives		✓			
Permanent Secretary, MOAC				✓	✓
Director-General, RID				✓	
Minister for Transportation		✓			
Permanent Secretary, Transportation and Communication					✓
Director-General, Harbor Department				✓	
Minister for Interior		✓			1 st Vice Chair
Permanent Secretary, MOI				✓	2 nd Vice Chair
Director General, Department of Disaster Prevention and Mitigation					Secretary
Minister for Education		✓			
Minister for Public Health		✓			
Permanent Secretary, MPH				✓	✓
Minister for Industry		✓			
Permanent Secretary, MI				✓	
Director-General, Mineral Resources Department				✓	
Permanent Secretary for Social Development and Human Security					✓
Permanent Secretary, MoNRE					✓

Official	NESDB	NEB	NWRC		NDPMC
			(RNWRM Article 6*)	PM Order 403*	
Permanent Secretary, Information and Communication Technology					✓
Commissioner-General of Royal Thai Police					✓
Supreme Commander					✓
Commandant of Royal Thai Army					✓
Commandant of Royal Thai Navy					✓
Commandant of Royal Thai Air Force					✓
Director General of National Security Council					✓
Experts	9	8	As seen fit	8	5

* While the NWRC was established by Article 6 of the Prime Minister's Regulation on National Water Resources Management, 1989 (RNWRM), the current committee is appointed under a Prime Minister's Office Order (403/1997). (Note: Amended based on the WB report)

(1) 水資源管理及び一元指令機関のための戦略委員会

2011年11月11日、圧倒的な洪水を引き金に、タイ政府は、「水資源管理戦略委員会」(SCWRM)及び「再建及び将来開発戦略委員会」(SCRFD)の2つの戦略委員会を立ち上げた。これらはそれぞれ、将来の水資源管理システム及び経済回復の長期戦略を立案している。

SCWRMは副首相兼財務大臣の Kittiratt Na Ranong が責任者となり、将来の洪水を防ぐ計画策定の責任を担う。SCWRM事務局は首相官邸の下に置かれ、関連計画、ガイドライン、対策の調整や、それらの統合的な予算配分に従事した。経済社会開発委員会(NESDE)の事務局が委員会の事務局の役割を果たした。SCWRMのメンバーを表2.6.3に示す。

表 2.6.3 水資源管理戦略委員会のメンバー

No.	氏名	役職
1.	Mr. Sumet Tantivejkul	Advisor
2.	Prime Minister or Deputy Prime Minister as assigned	Chairman
3.	Mr. Kitja Pholpasri	Committee Member
4.	Mr. Chukiat Subpaisarn	Committee Member
5.	Mr. Teera Wongsamuth	Committee Member
6.	Mr. Nipat Pukkanasut	Committee Member
7.	Mr. Pramote Maikrad	Committee Member
8.	Mr. Prodprasob Surassawadee	Committee Member
9.	Mr. Pitipong Pengboon Na Ayudha	Committee Member
10.	Mr. Royon Chitredon	Committee Member
11.	Mr. Ratchathin Sayamanon	Committee Member
12.	Mr. Srisuk Chandharangsu	Committee Member
13.	Mr. Sanit Aksornkaew	Committee Member
14.	Mr. Sombat Yumuang	Committee Member
15.	Mr. Samith Thammasaraj	Committee Member
16.	Mr. Ajaporn Jarujinda	Committee Member
17.	Mr. Ampon Kittiampon	Committee Member
18.	Secretary General of SCMWR	Committee Member and joint secretary
19.	Secretary General of NESDB	Committee Member and joint secretary
20.	Director General of Royal Irrigation Department	Committee Member and assistant secretary
21.	Director General of Department of Public Works and Town & Country Planning	Committee Member and assistant secretary
22.	Mr. Supoj Tovijakchikul	Committee Member and assistant secretary
23.	Mr. Seree Suparatit	Committee Member and assistant secretary
24.	Mr. Anon Sanitwong Na Ayudhaya	Committee Member and assistant secretary

なお、JICA 客員専門員の竹谷公男氏は、2011 年 11 月 22 日の第一回委員会で、外国人唯一の本委員会のアドバイザーとして任命され、後述する政府マスタープランの骨子作成に深く関与している。また、12 月 7 日の首相議長を務める同委員会でレーザープロファイラーによる精密地形測量の必要性を説明し、JICA による実施が同委員会で了承されている。

SCWRM 設立後僅か 2 ヶ月後の、2012 年 1 月 20 日に水資源管理マスタープランが公表された。概略及び詳細については本節及び第 4 章に記載する。2012 年 2 月末には、タイ内閣は、SCWRM の提案に応じ、「一元指令機関 (single command authority)」を設けた。首相は水管理のため、洪水防止及びトラブル解決の 2 レベルの委員会を指名した。特にタイ水資源及び洪水管理委員会には、国の洪水防御及び水管理活動のために 3,500 億 THB が当てられた。

水資源洪水政策委員会 (NWRFP) は、1) 水資源管理、洪水防止及びトラブル解決のための国の政策の設定、2) 関連機関のために、組織的な水資源・洪水管理方針を示す、3) ガイドラインの設定及び水管理組織の再構築により、水管理に関係する委員会及び政府機関の協調を図り、内閣に水関連の法律・規則を公布又は訂正を提案する、4) 洪水被害者に対する補償を内閣に提案する、5) 他の関連活動を行なう等の権限を持つ。NWRFP は、首相が議長を務め、2 人の副首相が副議長に指名されている。委員会は 6 人の助言者及び 8 人の大臣を含む概ね 40 人のメンバーで構成している。

表 2.6.4 国家水資源洪水政策委員会 (NWRFP) メンバー

No.	氏名	役職
1	Mr. Sumet Tantivejkul,	the Advisor
2	MRV. Disanadda Diskul,	the Advisor
3	Mr. Dissathorn Watcharothai,	the Advisor
4	Mr. Veerapong Ramangkoon,	the Advisor
5	Mr. Pitipong Puengboon Na Ayudhaya,	the Advisor
6	Mr. Kitja Phonphasi,	the Advisor
7	Prime Minister,	the Chairperson
8	Deputy Prime Minister (Mr. Yongyuth Wichaidit),	the 1 st Vice Chairman
9	Deputy Prime Minister (Mr. Kittirat Na Ranong),	the 2 nd Vice Chairman
10	Minister of the Prime Minister's Office (Mr. Niwatthamrong Boonsongpaisarn),	the Member
11	Minister of Defense,	the Member
12	Minister of Finance,	the Member
13	Minister of Agriculture and Cooperatives,	the Member
14	Minister of Transport,	the Member
15	Minister of Natural Resources and Environment,	the Member
16	Minister of Information and Communication Technology,	the Member
17	Minister of Interior,	the Member
18	Permanent Secretary, the Office of the Prime Minister,	the Member
19	Permanent Secretary, Ministry of Social Development and Human Security,	the Member
20	Permanent Secretary, Ministry of Interior,	the Member
21	Secretary-General of the Prime Minister,	the Member
22	Secretary-General of the Cabinet,	the Member
23	Secretary-General, Office of State Council,	the Member
24	Secretary-General, Office of the National Economic and Social Development Board,	the Member
25	Secretary-General, Office of the Public Sector Development Commission,	the Member
26	Secretary-General, Office of the Royal Development Projects Board,	the Member
27	Director, Bureau of the Budget,	the Member
28	Supreme Commander,	the Member
29	Commander-in-Chief, Royal Thai Army,	the Member
30	Commander-in-Chief, Royal Thai Navy,	the Member
31	Commander-in-Chief, Royal Thai Air Force,	the Member
32	Director-General, National Police Bureau,	the Member
33	Director-General, Pollution Control Dept.,	the Member
34	Director-General, Marine Department,	the Member

No.	氏名	役職
35	Director-General, Royal Irrigation Dept.,	the Member
36	Director-General, Department of Marine and Coastal Resources,	the Member
37	Director-General, Department of Water Resources,	the Member
38	Director-General, Department of Groundwater Resources,	the Member
39	Director-General, Royal Forest Department,	the Member
40	Director-General, Department of Disaster Prevention and Mitigation,	the Member
41	Director-General, Department of Public Works and Town & Country Planning,	the Member
42	Director-General, Meteorological Dept.,	the Member
43	Director-General, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation,	the Member
44	Director, National Disaster Warning Center,	the Member
45	Director, Hydro and Agro Informatics Institute,	the Member
46	Director, Geo-Informatics and Space Technology Development Agency,	the Member
47	Governor, Metropolitan Waterworks Authority,	the Member
48	Governor, Provincial Water Works Authority,	the Member
49	Governor, Electricity Generating Authority of Thailand,	the Member
50	Governor, Bangkok Metropolitan Administration,	the Member
51	Secretary-General, Office of the National Water and Flood Policy (ONWFP),	the Member and Secretary
52	Mr. Anon Sanitwong Na Ayudhaya,	the Member and Assistant Secretary

水資源洪水管理委員会（WRFMC）は水資源洪水政策委員会（NWRFPFC）の下に仕事を行い、次の権限がある：1) NWRFPFC の政策に基づく水資源・洪水管理の計画策定と実施、2) 関連機関が適切に洪水災害を防止及び解決するための手順を設定、3) 関連機関が提案する計画及びプロジェクト及び予算を承認、4) 関連機関の成果について、指揮、制御、点検及び評価する、5) 他の関連活動の実施。この委員会は科学技術大臣が議長を、首相府の大臣が副議長を務める。委員会は、助言者3人と内務省、運輸通信省及び農業共同組合省の各次官を含む18人のメンバーで構成されている。

表 2.6.5 水資源洪水管理委員会（WRFMC）のメンバー

No.	氏名	役職
1	Mr. Kitja Phonphasi,	the Advisor
2	Mr. Pitipong Puengboon Na Ayudhaya,	the Advisor
3	Mr. Vira Wongsangnark,	the Advisor
4	Minister of Science and Technology,	the Chairman
5	Minister of the Prime Minister's Office (Mr. Niwatthamrong Boonsongpaisarn),	the Vice Chairman
6	Permanent Secretary, Ministry of Interior,	the Member
7	Permanent Secretary, Ministry of Transport,	the Member
8	Permanent Secretary, Ministry of Agriculture and Cooperatives,	the Member
9	Secretary-General, Office of State Council,	the Member
10	Director-General, Royal Irrigation Dept.,	the Member
11	Director-General, Department of Disaster Prevention and Mitigation,	the Member
12	Director-General, Department of Public Works and Town & Country Planning,	the Member
13	Chief of Staff, Royal Thai Army	the Member
14	Governor, Bangkok Metropolitan Administration	the Member
15	Mr. Royon Chitdon,	the Member
16	Mr. Ampon Kitti-ampon	the Member
17	Secretary-General, Office of the National Water and Flood Policy (ONWFP),	the Member and Secretary
18	Mr. Anon Sanitwong Na Ayudhaya,	the Member and Assistant Secretary

(2) 主要な水関連機関

(a) 天然資源・環境省 (MNRE)

MNRE は他の水関連の省に比べ、2002年に設立された若い省である。その使命は、公共・ステークホルダーの積極的な参加と支援により、持続的利用を確実にするため、天然資源及び環境を保護、維持、開発及び回復することである。天然資源は表流水、地下水、森林、鉱物資源を含み、水資源局 (DWR) 及び公害管理局 (PCD) はこの省に属している。

(b) 水資源局 (DWR)

DWR は、統合水資源管理 (IWRM) の推進を主導している。25 流域委員会 (RBC) は DWR により組織されている。DWR は、水資源保護・管理の政策と計画を作る権限を持つ。DWR は、広範囲な住民公聴会を踏まえ新しい水資源法を作成した。しかし、まだ法案は議会で承認されていない。

(c) 公害管理局 (PCD)

PCD は、環境上の質の回復、保護及び維持に関して、規制、監視、指導、調整、モニター及び評価する使命がある。主要な活動は：1) 環境の質に関する基準設定に向けた提言、2) 環境管理計画の作成、3) 環境のモニターと汚染状態に関する年報の作成である。

(d) 灌漑局 (RID)

RID は農業共同組合省 (MOAC) に属している。MOAC は水関係の活動の維持及び発展に関する広範囲な司法権及び支配権を持っている。水関係の活動には：灌漑、排水、干拓、洪水防衛、灌漑水路の水供給、水資源の維持と貯水、河川の流水維持がある。上記の責務は主に RID により実施される。国王発議の多くは RID によって実施されている。

(e) 防災局 (DDPM)

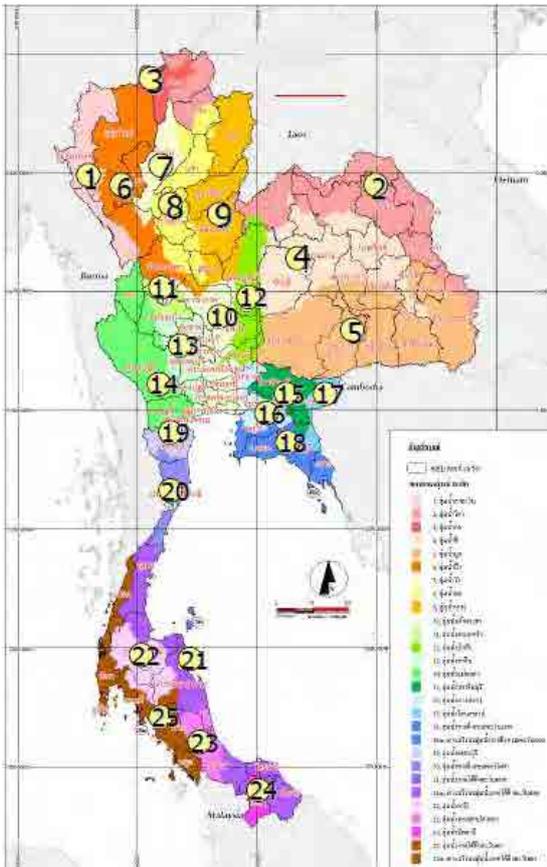
DDPM は2002年に内務省により設立された。DDPM は、2009年に内閣に承認された防災委員会 (NDPMC) における検討を踏まえて、防災計画 (案) を作成した。

(f) タイ発電公社 (EGAT)

EGAT はエネルギー省傘下の国営企業で、チャオプラヤ川流域で最大のブミポンダム及びシリキットダムのような水力発電プラントの操業を含む発電と送電を行ない、RID と共に、水配分計画に基づき貯水池からの放流を実施している。

(g) 河川流域委員会 (RBC)

DWR は、2004年 (図 2.6.1 参照) に25の河川流域委員会 (RBC) を設立している。RBC の設立は、1990年代中頃、チャオプラヤ川流域において多数のステークホルダー参加によるボトムアップ・アプローチで開始された。RBC は次に示す1)～7)の責任を担っている：1) 情報・データベース、2) 政策・計画、3) 規制、4) 技術、5) 広報・協調、6) 紛争解決、7) モニタリング及び評価、である。しかし、各 RBC がどの程度これらの責任を実施しているかは明らかでない。図 2.6.2 は現在の水資源管理システムを示している。

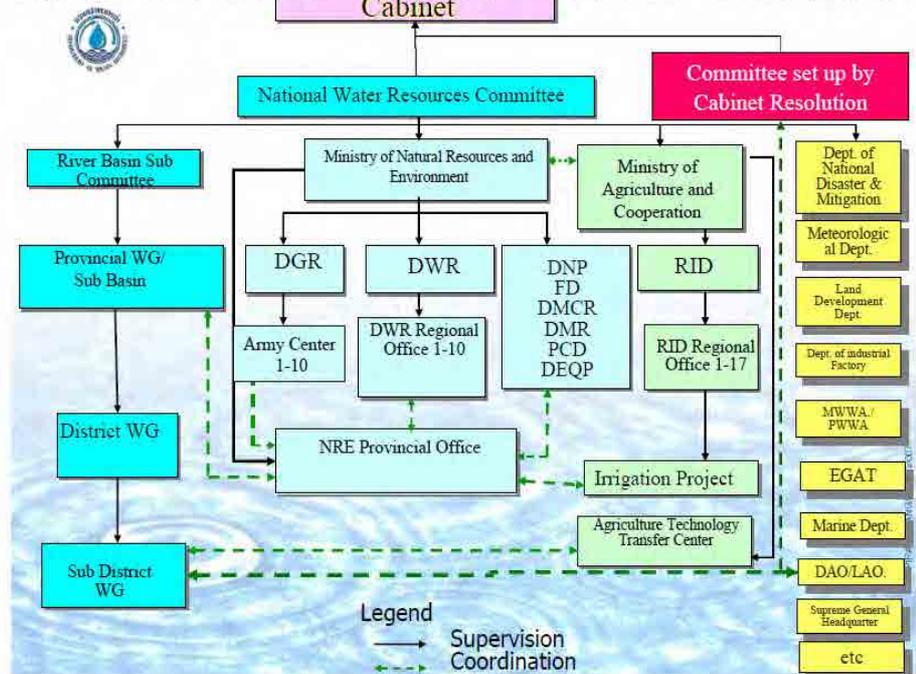


25 Basins	
1. Salawin	14. Mae Klong
2. Mae Khong	15. Prachin
3. Kok	16. Bangpakong
4. Chi	17. Tonle Sap
5. Mun	18. East Coast
6. Ping	19. Pechaburi
7. Wang	20. West Coast
8. Yom	21. South East Coast
9. Nan	22. Ta Pi
10. Chao Phraya	23. Songkhla Lake
11. Sakaekrang	24. Pattani
12. Pa Sak	25. South West Coast
13. Tha Chin	

Source: National Policy on Water Resources Restoration in Thailand. Presentation in ARRN International Forum. Surapol. DWR

図 2.6.1 河川流域委員会 (RBC) の位置・範囲

Organizational Structure for National Water Resources Management



Source: National Policy on Water Resources Restoration in Thailand. Presentation in ARRN International Forum. Surapol. DWR

図 2.6.2 現在の国レベル水資源管理体制

(3) 法律、政策及び計画

(a) 水関連法

表 2.6.6 は主な水関連法及び規則を示している。既存の法及び規則に加えて、水資源法案があるが、まだ承認されていない。

表 2.6.6 主要な法及び規則

Legislation	Year	Regulated Activities	Ministries in charge
Canal Conservation Act.	1902	Prohibits dumping or discharging of wastewater in canals	MOAC
Water Hyacinth Elimination	1913		
Private Irrigation Act	1939		
Royal Irrigation Act	1942	Prohibits dumping of garbage or discharging polluted water or chemicals into irrigation canals	MOAC
Fisheries Act	1947	Prohibits dumping or discharging of hazardous chemicals into water resources reserved for fishing	MOAC
Penal Code	1956	Prohibits adding harmful substances in water resources reserved for consumption	
Ditch Act	1962		
Metropolitan Water Supply Authority Act	1967		
Electricity Generating Authority of Thailand Act	1968	Establishes the EGAT to obtain and deliver electricity by utilizing water resources for power generation	
Land Allocation for Agricultural Purpose Act	1974		
Artesian Well Water Act	1977		
Provincial Water Supply Authority Act	1979		
Building Control Act	1979	Regulates discharges of water pollution from building	MOI
Water Supply Canal Conservation Act	1983		
Real Estate Expropriation Act	1987		
Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act	1992	Regulates specified point sources for wastewater discharges into public water resources, or the environment, based on effluent standards	MNRE
Factories Act	1992	Limits level of effluent discharged and restricts concentration levels of chemical and/or metal pollutants	MI
Navigation in Thai Waterways Act (Volume 14)	Amended in 1992	Prohibits dumping of any refuse including oil and chemicals into rivers, canals, lakes or waterways that may pollute the environment or disrupt navigation in Thai waterways	MOTC
Public Health Act	1992	Regulates nuisance activities related to water pollution such as odor, chemical fumes, wastewater discharge system of buildings, factories or animal feedlots that cause harmful health effects	MOPH
Cleanliness and Tidiness of the Country Act	1992	Prohibits dumping of refuse in waterways	LAOs

Source: Water Environment Partnership in Asia (WEPA) Website; <http://www.wepa-db.net/policies/measures/currentsystem/thailand.htm>, and List of Water Resources Laws, Department of Water Resources, MoNRE

(b) 水資源法案

分散している部局の活動を同じ方向に導くことが出来るように「トップ組織」設立の必要性から、1990年代始めに水資源法を改革する試みが開始された。同時に、水利権の概念を明確に定義することが必要であった。1993年に「トップ組織」として水資源省及び国家水資源委員会設立を目的とした法律が起案された。しかし、新しい憲法1997の発布やその他の理由により承認はされなかった。

政府は2002年に、水資源局を含む天然資源・環境省を設立した。

DWRは専門チームを任命し、参加プロセスに関する水資源法改定案を作成した。

法律の中で重要な法令の一つは水利権についてである。それは、タイに「許可制度」を導入しようとしており、貧困な住民を考慮し水利用効率の改善を目指していた。

制度上の観点によると、この水法は、国家水資源管理委員会の設立及び、全ての河川流域での河川流域委員会の設立を目的としている。しかし、この水法は、まだ議論中で実現はしていない。

法律が無いにもかかわらず、首相府の決定により国家水資源委員会及び25河川流域委員会はすでに設立されている。

(c) 防災計画 BE.2553-2557 (2010-2014)

防災法 BE2550 (2007) に従い、防災局は、防災委員会における検討の後、「防災マスタープラン」(M/P-NDPM) を策定、2009年に内閣が承認した。M/P-NDPMは、災害管理活動について作業手順や事前準備について整理し、フレームワーク及びガイドラインを全国のあらゆるレベルの行政機関に教えることを目的にしている。

災害管理の戦略は4段階で構成されている：1) 災害予防及びインパクトの削減、2) 事前準備、これら2段階は災害前のステージであり、3) 災害中の災害緊急管理及び、4) 回復及び再建は災害後の管理になる (図 2.6.3)。

- Box. Fourteen Disasters in M/P-NDPM**
- 1) Flood and landslide
 - 2) Tropical cyclone
 - 3) Fire
 - 4) Chemical and hazardous materials
 - 5) Transport
 - 6) Drought
 - 7) Cold spell
 - 8) Forest fire and haze
 - 9) Earthquake and structural collapse
 - 10) Tsunamis
 - 11) Human epidemic
 - 12) Plant disease and Pest
 - 13) Animal and aquatic animal epidemics
 - 14) Information technology threat

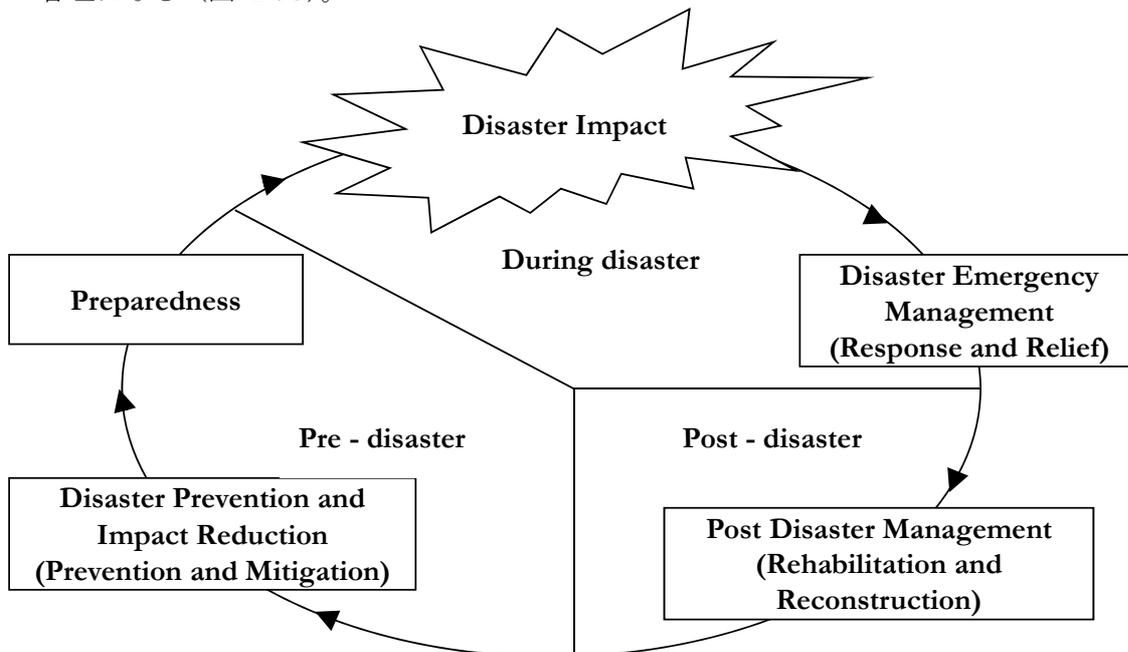


図 2.6.3 災害管理サイクル

M/P-NDPM は、災害時には個々の行政レベルで緊急オペレーションセンターの設立を要求している。2011 年洪水のケースでは洪水被害救済オペレーションセンター (FROC: Flood Relief Operation Center) が緊急オペレーションセンターとしての機能を果たし、援助物資の配達を調整した。

FROC 組織は、洪水災害被害軽減オペレーションに、全ての大臣、BMA、陸軍部隊及び政府機関を巻きこんでいる。これは法務大臣の指示により、直接首相の下で活動した。FROC の施政は 2 グループで構成していた。(1) 科学技術大臣を長とする実施チーム及び (2) 運輸大臣を長とする計画・予防チームである。

(d) 県政府とバンコク都政府の役割

図 2.6.4 は地方自治体の行政システムを単純に図式化したものである。タイにおける地方分権化措置は 1990 年代に開始されたが、まだ途上である。現在、タイの行政組織は 3 つに分けられる：1) 国の機関による中央の行政、2) 国の地方事務所による地方行政、3) 地方自治体による地方行政である。内務省は、直接選挙制のバンコク都以外の各地方行政機関 (Province 及び district) に知事を派遣している。現在の地方政府は自治権のある自治体ではなく、国の地方事務所の集合体と言える。

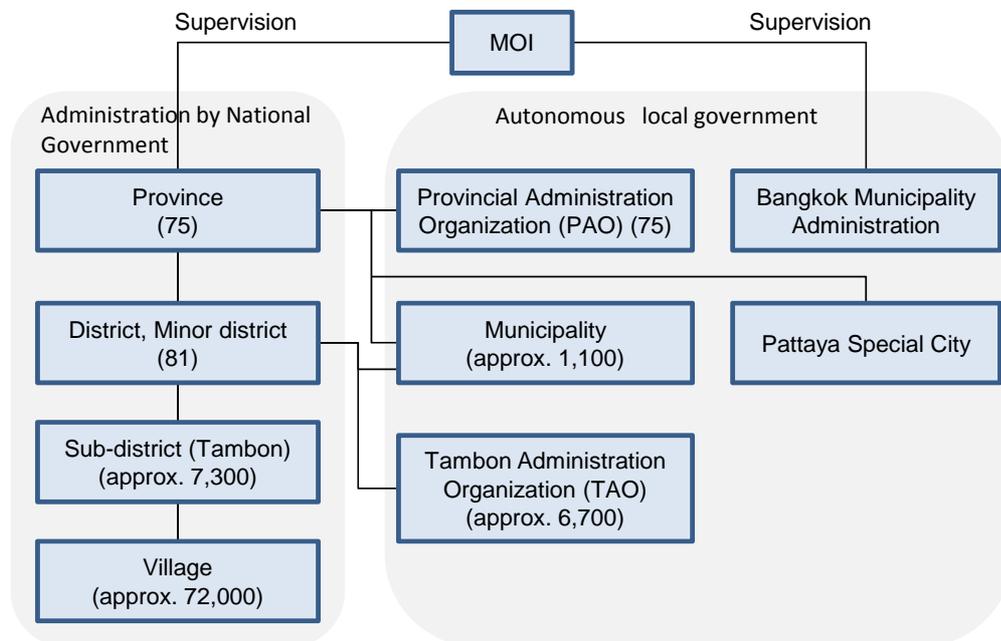


図 2.6.4 タイ地方政府の行政システム

防災法 (DPMA) は、災害管理に関して、地方自治体の知事はバンコクの知事と同様に、地方自治体の管理者として、地域の災害予防及び減災に責任があると明確に言及している。

防災法 BE.2550 (2007) (DPMA) は国の防災計画 (NDPMO) 策定と同様に、地方自治体知事及びバンコク都知事に対して、NDPMP と調和のとれた「地方防災計画」及び「バンコク都防災計画」をそれぞれ作るよう求めている。

この計画は、早期警報システムや機材の調達といった事前準備、および災害発生時の運営・協力方針など、非構造的な対策についてのみ記されている。

(e) 水資源マスタープラン 2012 年 1 月

2011 年の壊滅的な洪水災害に対して、首相は、水資源管理戦略委員会の議長として、2012 年 1 月 20 日に水資源管理マスタープラン (M/P-WRM) を公表した。マスタープランは時間スケールが異なる 2 つの目標を設定している。短期計画は、2012 年の洪水災害被害を低減することを目的とする。長期計画は、洪水管理システムを統合的・持続的なものに改善することを

目標にする。その構造及び内容は第4章に記載する。

2.6.3 財政上の応答

(1) 2011年洪水被災者への特別貸付

2011年洪水により被災した人に対する特別貸付は、2012年1月26日に「2012年洪水による被災者財政支援緊急法令」により設定された。この法令によると、貸付を受ける資格がある人は以下の通りである：

- ・ 居住地、住居、職場が洪水影響地域内にある個人。
- ・ 洪水影響地域内の中小規模の企業。

特別貸付は以下の場合である：

- ・ タイ銀行（BOT）は商業銀行に利息0%の特別貸付を行なう。この貸付は総額300億THB未満である。
- ・ 商業銀行は有資格者に、BOTの特別貸し出しによる貸付を、貸付額の70%を超えない範囲で提供する。金利は3%を超えてはならない。
- ・ 商業銀行が借り手から返済を受けた時、商業銀行はBOTに返済せねばならない。商業銀行は、特別貸し出しを5年以内に返済しなければならない。

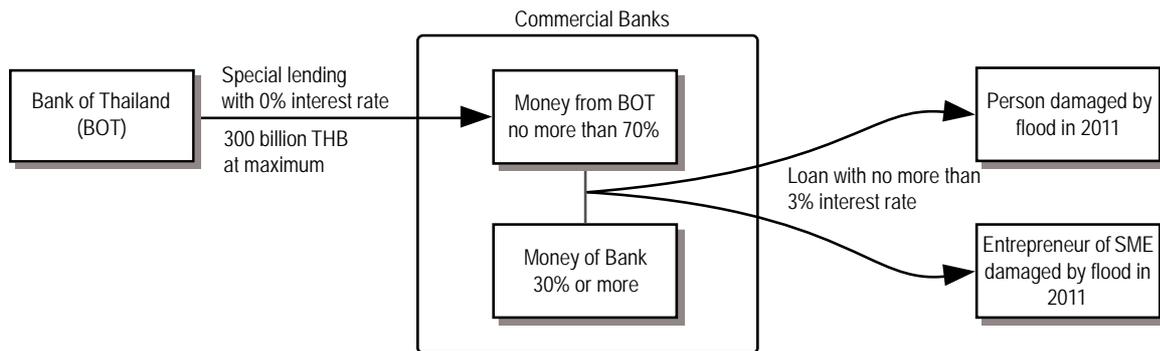


図 2.6.5 2011年洪水被災者のための特別貸し付け

(2) 洪水保険（大災害保険基金）

大災害保険基金（以下“基金”）は“2012年の大災害保険推進のための基金設立に関する緊急法令”により制定された。

基金の主要目的は、民間保険会社は2011年洪水後更新された保険契約で洪水災害に対する保険金の支払いを拒否しているため、大規模の災害による損失を補償し、外国のタイへの直接投資の動機を奨励するために、政府が支援する保険システムを作ることである。

タイ政府は基金に500億THBを割り当てた。総リスク保障範囲は、保険システムに参加する国内外の保険会社の保険及び再保険により5,000億THBとなると予想されている。政府が割り当てた500億THBの内、300億THBは、災害による被害の保険の支払い資金に使用され、200億THBは、第1会計年度の再保険の奨励金に使用される。基金に基づく保険は、大規模な会社のみならず、中規模、小規模そして一般住民も対象にしている。これは広範囲の災害のための一つの損失補償と期待されている。この保険は、2012年3月から民間保険会社を通して販売が開始されている（図2.6.6参照）。

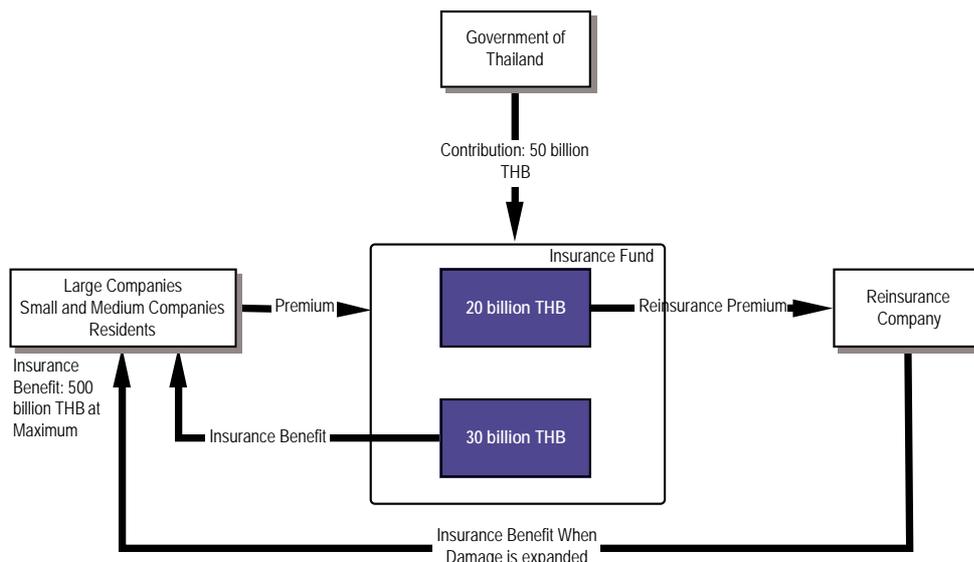


図 2.6.6 大災害基金の構造

(3) 米作保険プロジェクト

2009年に米作保険システムが開始された。この保険プロジェクトは政府監督下の農業・農業組合銀行（BAAC）が管理している。保険プロジェクトは2011年洪水を考慮し、2012年に修正されている。

表 2.6.7 土地利用管理の手順

	2011	2012
Premium	129 THB/rai	129 THB/rai
Disaster Coverage	Flood, delayed rain, gale, cold weather, hail, fire	Flood, delayed rain, gale, cold weather, hail, fire, pest, pestilence
Insurance Money to Be Paid	2,006 THB/rai if disaster occurs after 61 days passing since cultivation, 606 THB/rai before 61 days passing since cultivation	555 THB/rai for pest, pestilence 1,111 THB/rai for other disasters No restriction of days passing since cultivation
Other	-	Additional 2,222 THB/rai will be paid by the Government if Department of Disaster Prevention and Mitigation announces it as disaster area.

Note: 1 rai = 0.16 ha = 1,600 m² Source: <http://news.voicetv.co.th/business/30792.html/>

2.7 1999年JICA調査後の洪水管理

2.7.1 1999年 JICA 調査後の関連調査

1999年 JICA 調査後、チャオプラヤ川最下流の捷水路を除くと、実質的な対策は実施されていない。しかし、表 2.7.1 に示すように洪水管理の達成を図る多くの調査が実施されている。

表 2.7.1 1999 年 JICA 調査後の関連調査

Category	No.	Title	Year	Done by	Key words
Flood Mitigation	F-1	Thailand Natural Resources Management project & Irrigation Management modernization component	2001	RID (Panya)	Western Bangkok flood diversion
	F-2	Hydrodynamic flow measurement in the Chao Phraya river	2004	TRF RDPB & RID	Relationship flood flow rate & tidal condition
	F-3	Project on Framework and Integrated Water Resource Management and Development Plan for the Chao Phraya river basin (Ta Pra-saong Dai project)	2004	CPB	National Strategy plan for the Greater Chao Phraya and King projects
	F-4	Lad Pho an Ingenious implement of Chao Phraya River	2006	KU/RID/ RDPB	New flood diversion concept (short cut) and King project
	F-5	Feasibility Study and IEE Study for eastern diversion route on the lower Chao Phraya by improvement of river sections and drainage system (from Chao Phraya to Bang Pakong river basin)	2006	RID	Easter flood diversion
	F-6	Flood Mitigation Master Plan for Chao Phraya Delta	2006	RID(AIT)	Western flood diversion
	F-7	The Management and Development of Large-scale Agricultural Area in Mitigation of Medium to Large Floods in the Chao Phraya River Basin according to the Royal Initiative (Pilot project on the development of agricultural and flood plain area for flood released)	2008	RID/Kasetsart /Chula	Monkey cheek concept, Flood management and King project
	F-8	Master Plan Study on Integrated Flood Mitigation Management in the Lower Chao Phraya River Basin (2011, by RID)	2008	RID	M/P of lowland flood management applying Monkey Cheek Concept
	F-9	Feasibility study on Integrated Flood Mitigation Management in the Lower Chao Phraya River Basin	2010	RID	concepts of effective flood mitigation in Thailand
	F-10	Flood Management in the Eastern on Chao Phraya river area under the Chao Phraya Barrier	2012	RID/Panya	F/S of Eastern Diversion Channel
	F-11	Water Crisis of Yom river basin master plan	2011	DWR	Flood mitigation, management at river basin level
Water Resources Management	WR-1	Integrated Plans for Water Resources Management in the Ping River Basin	2003	DWR	River basin management
	WR-2	Integrated Plans for Water Resources Management in the Pasak River Basin	2003	DWR	River basin management
	WR-3	Integrated Plans for Water Resources Management in the Wang River Basin	2006	DWR	River basin management
	WR-4	Integrated Plans for Water Resources Management in the Yom River Basin	2006	DWR	River basin management
	WR-5	Integrated Plans for Water Resources Management in the Nan River Basin	2006	DWR	River basin management
	WR-6	Integrated Plans for Water Resources Management in the Chao Phraya-Tachin River Basins	2008	DWR	River basin management
	WR-7	Integrated Plans for Water Resources Management in the Tachin River Basins	2008	DWR	River basin management
	WR-8	Integrated Plans for Water Resources Management in the Sakae-Krung River Basin	2008	DWR	River basin management
	WR-9	Water Resources Management Integration Plan for 25 River Basins	2008	DWR	Integrated river basins management in the Greater Chao Phraya
	WR-10	MP of Groundwater management & development	2006	DGR	Groundwater resources, Master Plan
	WR-11	The 10th National Economic and Social Development Plan	2009	NESDB	National economical and social plan for project development
	WR-12	The 11th National Economic and Social Development Plan	2011	NESDB	National economical and social plan for project development
Water Utilization	WU-1	Tele-metering and DSS in Chao Phraya RB	2010	DWR	Tools for monitoring, forecasting and Decision Support System (DSS)

Category	No.	Title	Year	Done by	Key words
	WU-2	Feasibility study, Conceptual Design and IEE of the Bung Boraphet wetland, Nakhon Sawan province	2008	DWR	Flood management by rehabilitation and conservation at project level
	WU-3	Installation of Early Warning system in Flash flood in the risky area of Greater Chao Phraya RB	2010	DWR	Tools for monitoring, forecasting and Decision Support System (DSS) in the flash flood risky area
	WU-4	Register of the wetland and national water resources	2010	DWR	List of the potential wetland and water resources for Flood management by rehabilitation and conservation concepts
	WU-5	Master Plan and data collection of flood protection and pumping systems in Bangkok Metropolis	2010	BMA	Bangkok Metropolis drainage system and its potential
	WU-6	Study on the alternatives of proposed Kaeng Sua Tein large scale reservoir and new alternatives	2010	RID	Main regulator of Yom river Basin
	WU-7	Construction of Kiew Kor Mar large scale reservoir, Lumpang province (Wung river basin)	2010	RID	main regulator of Wung river Basin
	WU-8	Construction of Kaew Noi Bum Ra-oung Dan large scale reservoir, Phitsanulok province (Nan river basin)	2011	RID	main regulator of Nan river Basin
	WU-9	Proposed Mae Khan large scale reservoir, Ping river basin	2009	RID	main regulator of Ping river Basin
	WU-10	Proposed Mae Wong large scale reservoir, Sakae Krung river basin	2009	RID	Main regulator of Sakae Krung river Basin
	WU-11	Proposed Nam Lee large scale reservoir, Nan river basin	2009	RID	main regulator of Nan river Basin
	WU-12	Proposed Ma-ouk Lek large scale reservoir, Nan river basin	2009	RID	main regulator of Nan river Basin
	WU-13	Statistical data on development of irrigation 2011key words: progress of development of water utilities	2011	RID	Working progress of water utilities

これらの調査の中で、洪水管理に深く関連している調査は F-3、F-4、F-5、F-6、F-8、F-9、F-11 である。

2.7.2 既往調査の整理

上記の既往調査のほとんどは、以下に述べる事項に関して、SCWRM のマスタープランと密接な関係にある。

(1) F-1 調査による過去のマスタープラン（1999 年 JICA 実施）のレビュー

1999 年の JICA マスタープラン調査の後、王室財産管理局（CPB）は“F-3 調査：CPB が 2004 年に実施した、チャオプラヤ川流域における総合的な水資源管理および開発計画のフレームワークのためのプロジェクト”を実施し、JICA のマスタープラン調査をレビューした。このレポートの中で、洪水管理の実現に向けた方向性が以下のように示されている。

- ・ 構造物および非構造物対策の組み合わせによる洪水管理プロジェクト実現のためには、フィージビリティスタディの実施、および、その後の計画への迅速な移行を可能とする中央機関もしくはワーキンググループの設置が望まれる。
- ・ 対策の実現のためには、プロジェクトコンポーネントを短期（5 年以内）、中期（15 年以内）、および長期（25 年以内）の 3 段階に分けて実施すべきである。
- ・ 放水路による対策については、実現に向けて早期に行動を起こすことが望まれる。時間が経つにつれ都市化が進行し、提案されたルートで放水路を整備することが困難となる。
- ・ 遊水池については、流域内でその機能を強化することが望まれる。JICA のマスタープラン調査で提案されているエリアのほかに、ナコンサワン上流エリアでの整備が望ましい。

(2) チャオプラヤデルタ西側放水路の歴史的背景

SCWRM によるマスタープランでは、チャオプラヤ川の西側において放水路もしくは自然水路の設置を提案している。西側放水路の調査として以下が実施されてきた。

- ・ F-1 : Thailand Natural Resources Management Project & Irrigation Management Modernization Component (2001 by RID)
- ・ F-6: Flood Mitigation Master Plan for Chao Phraya Delta (2006 by RID)

これらの調査結果では、以下に示す成果が参考となる。

- ・ タチン川における流下能力、水利用、河川沿いの土地利用などの情報が広範にわたって示された。これらの情報は西側放水路の代替ルートの評価する際の基本情報になる。
- ・ 特に、どの程度の人口が影響を受けるかといった社会環境条件は、西側放水路の代替ルート案の評価における重要項目のひとつである。
- ・ またタチン川沿いの状況を知ることは、洪水管理プロジェクトの実施による便益を推定するための、また、洪水の挙動を知る上で重要な情報になるとともに、西側放水路の大まかな費用の算定に役立つ。さらには、西側放水路の代替ルート进行评估するための情報としても有用である。

一方、以下の調査項目は SCWRM による M/P では適用されない。

- ・ 土地買収の関係から、タチン川を改修し西側放水路として機能させることは適切ではないことが調査を通じて明らかになった。
- ・ この調査では、タチン川沿いの自然水路の実現可能性に関する議論がなされていない。したがって、自然水路の実現可能性について検討する必要がある。

(3) チャオプラヤデルタ東側放水路の歴史的背景

同様に、東側放水路の実現可能性を検討したいくつかの調査がなされた。

- ・ F-5: Feasibility Study and IEE Study for eastern diversion route on the lower Chao Phraya by improvement of river sections and drainage system (from Chao Phraya to Bang Pakong river basin (2006 by RID))
- ・ F-11: Flood Management in the Eastern on Chao Phraya river area under the Chao Phraya Barrier (2012 by RID)

F-5 と F-11 の主な違いは、目標とする東側放水路の水路長である。調査名の通り、前者はパサック川の Rama 6 gate からタイ湾までの、Raphat Channel の水路長しか考慮していない。一方後者は、Chai Nat – Pasak – Raphat Channel の全長をカバーしている。前者は F/S および IEE をいったん終了しているが、予算が確保できた時点でタイ政府の手続きのもと、引き続き D/D およびその実施が期待された。しかし、F-5 の D/D は実施されておらず、F-11 の検討が新たに実施された。

調査結果では、以下に示す成果が参考となる。

- ・ Chai Nat – Pasak – Raphat Channel の流下能力、水利用、河川沿いの土地利用などの情報が広範にわたって示された。これらの情報は東側放水路の代替ルート进行评估する際の基本情報になる。
- ・ 特に、どの程度の人口が影響を受けるかといった社会環境条件は、東側放水路の代替ルート案の評価における重要項目のひとつとなる。
- ・ また Chai Nat – Pasak – Raphat Channel の状況を知ることは、洪水管理プロジェクトの実

施による便益を推定するための、また、洪水の挙動を知る上で重要な情報になるとともに、東側放水路の大まかな費用の算定に役立つ。さらには、東側放水路の代替ルートを評価するための情報としても有用である。

一方、以下の調査項目は SCWRM による M/P では適用されない。

- ・ この調査では、Chai Nat – Pasak – Rapihat Channel 沿いの自然水路の実現可能性に関する議論がなされていない。したがって、自然水路の実現可能性について検討する必要がある。
- ・ 東側放水路の計画流量は $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ としているが、この計画流量は代替案の比較に基づいた値ではない。この $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の流下能力が放水路の計画流量として適切かどうか、他の代替案との比較を通して検討する必要がある。
- ・ 放水路の効果を評価するための氾濫解析において、既存の地形図に基づいてシミュレーションモデルが構築された。この JICA の調査では、レーザープロファイラーを用いた精緻な地形図を氾濫解析に用いるため、新たに氾濫解析モデルを構築する。

(4) 遊水池の歴史的背景

SCWRM による M/P では、チャオプラヤ川流域における最も重要な洪水対策のひとつとして、遊水池の設置が提案されている。遊水池の調査は、CPB が実施した前述の調査に従いナコンサワン上流およびチャオプラヤデルタにおいて実施されており、以下のものがある。

- ・ F-7: The Management and Development of Large-scale Agricultural Area in Mitigation of Medium to Large Floods in the Chao Phraya River Basin according to the Royal Initiative (2008 by CPB/Kasetsart, Pilot project on the development of agricultural and flood plain area for flood released)
- ・ F 8: Master Plan Study on Integrated Flood Mitigation Management in the Lower Chao Phraya River Basin (2009, by RID)
- ・ F 9: Feasibility Study (FS) and IEE study for flood alleviation by using of lowland management for the lower zone areas such as Pamok – Puk Hai (C2) and Western Ang Thong (C8) in Ang Thong and Ayutthaya provinces) (2010 by RID)

これらの調査の成果は以下に示す。

- ・ 調査を通じて、遊水池エリアを約 $1,800 \text{ km}^2$ とした場合の、遊水池の果たす効果およびその機能の限界について計画された。その効果に関する情報は、洪水リスク管理において有益な情報となる。
- ・ 特に、提案されているエリアの土地所有者および農家の協力を得るためにも、住民参加は注意深く検討されるべき重要課題のひとつであることを指摘している。
- ・ さらには、農地など土地利用状況に関する情報を精査することが、洪水災害リスクの減少につながる。
- ・ F-9 調査では、遊水池の機能強化にかかる費用などの必要項目が示された。この情報はプロジェクトの実現性を評価する際に有益であり、本調査でも用いられる。

またマスタープランの形成にあたっては、下記の調査項目が考慮されるべきである。

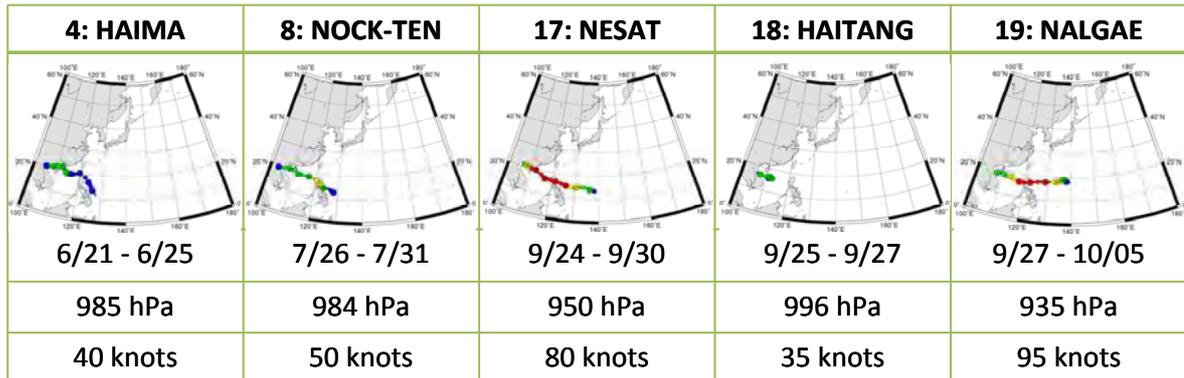
- ・ これらの調査に基づき SCWRM は、治水機能の強化のため遊水池エリアを $1,800\text{km}^2$ から $3,200\text{km}^2$ に拡大することを M/P において提案している。
- ・ SCWRM はまた、計画している遊水池エリアをいくつかのタイプに分類することによる、具体的な補償制度の導入を M/P において提案している。
- ・ 遊水池の効果は、MIKE11 および JICA のレーザー測量調査チームが作成した精緻なデジタル地形データをもとに構築された今回 ICA 調査の氾濫解析モデルを用いて評価される。

第3章 2011年洪水の概要

3.1 気象・水文

3.1.1 気象

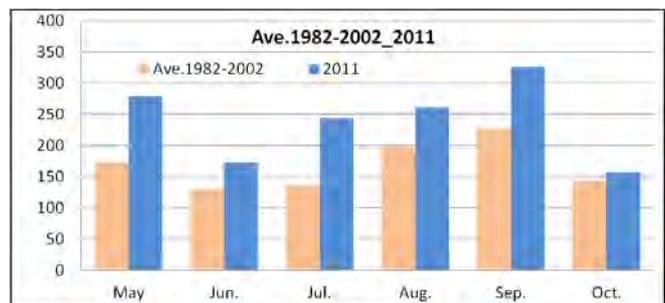
例年は年に平均 1.5 回の台風または熱帯低気圧の襲来であるが、2011 年には Haima (6 月)、Nock-Ten (7 月)、Haitang (9 月) および Nalgae (9-10 月) の 4 つの熱帯低気圧と台風 Nesat (9 月) が 6 月から 10 月にかけて次々とタイを襲い、歴史的な大降雨をチャオプラヤ川流域にもたらした。これらの台風および熱帯低気圧のコースを風速および気圧とともに下図に示す。



出典: “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 3.1.1 2011 年の台風・熱帯低気圧のコース

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 1,888.3 mm で平均の 1,522.4 mm よりも 365.9 mm (24%) 多い。図 3.1.2 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河川流量や広大な氾濫をもたらした。



出典: “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 3.1.2 チャオプラヤ流域平均月雨量

3.1.2 河川流量

図 3.1.3 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 m³/s で、1995 年の 4,820 m³/s、2012 年の 4,686 m³/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 m³/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、最後には図 3.2.1 に示すように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。

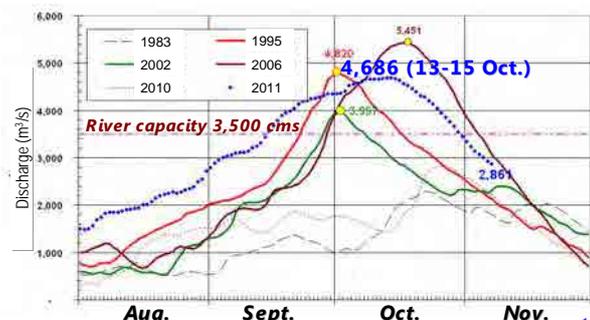


図 3.1.3 ナコンサワン (C.2) 流量

しかし 2011 年の大降雨量にしては、ナコンサワン地点の $4,686 \text{ m}^3/\text{s}$ は小さい。一つの理由は、ブミポン、シリキットの2つの巨大ダム貯水池によるものと考えられる。この2つのダム貯水池だけで、5月から11月にかけて120億 m^3 を貯留している。

3.1.3 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^3 を超えるブミポン、シリキット、パサクおよびクワエノイの4つの巨大ダム貯水池がある。2011年洪水時には、それぞれ75億 m^3 、47億 m^3 、8億 m^3 、7億 m^3 を5月から10月にかけて貯めている。しかし10月初めまでにはこれらのダム貯水池は満杯になってしまい、以後下流に放流せざるをえない状況となった。

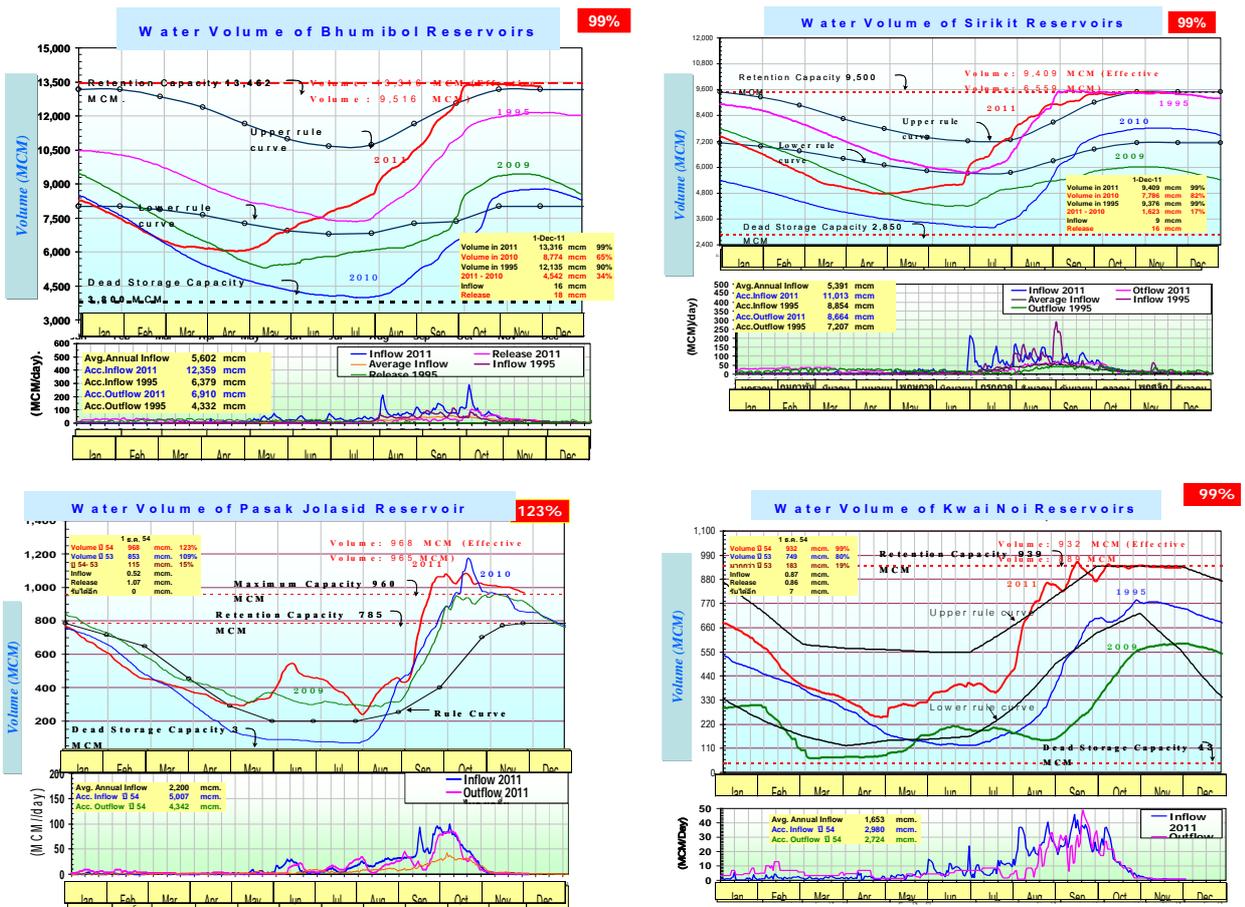


図 3.1.4 2011年の4大ダム貯水池の運用記録

3.2 破堤と氾濫

3.2.1 破堤

2011年洪水時には、表 3.2.1 および図 3.2.1 に示すようにチャオプラヤ川堤防で破堤が起こった。これらの破堤は全て9月13日から10月7日の間で発生した。一方、ナコンサワン (C.2) でのチャオプラヤ川水位は10月13日がピークであり、破堤はピーク前の上昇期に発生したことになる。

上流側の堤防を管理するRIDのManorom Operation and Maintenance Project Officeによると、これらの堤防は1981年から1982年にかけて建設されたものである。堤防天端幅は約4mであり、高さも低く、越水が起こり、浸食されて破堤に至ったとのことである。蛇籠を沈めて越水を止めるのに3日~34日かかっている。2011年洪水水位に0.8mを加えた高さに堤防を嵩上げする改修工事が2012年に行われている。

下流側の破堤についてチャイナット-パサク水路を管理するRIDのMaharaj Operation and Maintenance Project Officeによれば、水を止めるのに25日から40日かかっている。職員の話では破堤地点では灌漑用のパイプが見つかったようで、これらはチャオプラヤ川側の農地に水を引くために堤体にパイプを埋め込んだものであり、これらのパイプを埋め込んだところが弱点になったものと推測しているとのことである。また破堤箇所は水流により12~16mも深掘れしたとのことである。

表 3.2.1 2011年洪水破堤地点

No.	Location	Side	Type	Location (upstream)	Location (downstream)	Length of broken dike/overflow (m)	Date	Remarks
1	Chainat front dike_cross-dike	Left	Dike break	N15 16' 09.55" E100 05' 26.41"	N15 16' 09.19" E100 05' 27.00"	20	2011/9/22	
2	Chainat front dike_cross-dike	Left	Dike break	N15 16' 09.05" E100 05' 30.16"	N15 16' 09.18" E100 05' 32.86"	80	2011/9/22	
3	Local road	Left	Dike break	N15 16' 14.53" E100 05' 31.42"	N15 16' 13.55" E100 05' 34.98"	110	2011/9/22	
4	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 30.63" E100 05' 40.69"	N15 16' 27.62" E100 05' 40.32"	100	2011/9/22	
5	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 20.05" E100 05' 38.26"	N15 16' 17.78" E100 05' 37.96"	70	2011/9/22	
6	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 13.86" E100 05' 36.88"	N15 16' 13.41" E100 05' 36.75"	15	2011/9/22	
7	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 08.13" E100 05' 35.27"	N15 16' 07.29" E100 05' 35.07"	30	2011/9/22	
8	Chainat main dike along route No.1, near hill	Left	Dike break	N15 13' 59.50" E100 06' 11.57"	Unknown	100	2011/9/22	length is estimated value
9	Upstream of 2km from Chao Phra Dam, Spillway	Left	Overflow	N15 10' 35.06" E100 09' 36.53"	Unknown	1,000	2011/9/18	Spillway established on the road, 17.0MSL(estimated)
10	Downstream of 2km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 10' 22.83" E100 11' 39.65"	N15 10' 26.30" E100 11' 45.13"	200	2011/9/22	
11	Downstream of 5km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 11' 13.41" E100 13' 01.43"	N15 11' 14.40" E100 12' 59.47"	65	2011/9/22	
12	Downstream of 5km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 11' 09.95" E100 13' 08.22"	N15 11' 11.46" E100 13' 05.37"	100	2011/9/22	
13	Downstream of Chao Phra Dam	Left	Overflow	Downstream of 1km from Chao Phra Dam	N15 06' 49.74" E100 16' 18.56"	14,000	Unknown	coordination of downside is unknown
14	Bang Chom Sri gate in Sing Buri region	Left	Dike break next to water gate	N15 03' 15.70" E100 19' 13.53"	N15 03' 17.22" E100 19 12.15"	60	2011/9/13	
15	Downstream of 1km from Bang Chom Sri gate in Sing Buri district	Left	Dike break	N15 02' 51.38" E100 19' 32.43"	N15 02' 49.77" E100 19' 33.28"	55	2011/9/14	
16	Downstream of 7km from Bang Chom Sri gate in In Buri district	Left	Dike break	N14 59' 31.04" E100 20' 36.01"	N14 59' 29.35" E100 20' 36.48"	55	2011/9/17	
17	Water Gate at the Tha Chin River (regulator)	right	Gate Open	N15 12' 57.81" E100 04' 21.70"				B=7m, 4 gates (estimated), 220m ³ /s > 350m ³ /s
18	Phra Ngam Water Gate (Regulator)	right	Dike break next to water gate	N14 45' 33.04" E100 25' 49.87"	Unknown	50	2011/9/15	length is estimated value

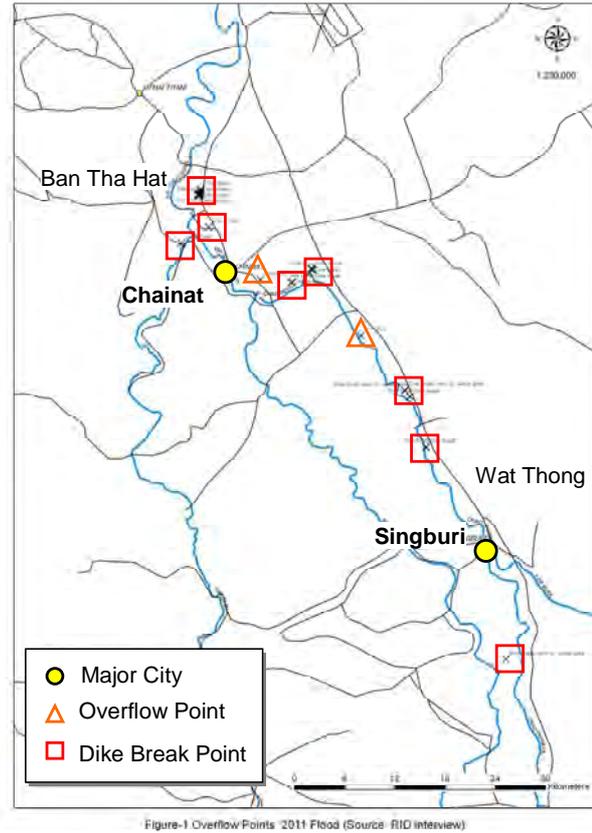


図 3.2.1 2011年洪水時の破堤地点

3.2.2 氾濫

チャオプラヤ川およびその支川・派川から破堤地点や越水により膨大な洪水流が氾濫原に溢れ出た。図 3.2.2 は氾濫エリアの変遷を示している。

ナン川およびヨム川流域では7月下旬には氾濫が発生している。氾濫水は9月にはナコンサワンに達した。9月中旬には前述したように破堤や越水がナコンサワン下流のデルタ地域で発生している。溢れた洪水はチャオプラヤ川の兩岸を流下し、10月中旬にはアユタヤ県、パトゥムターニ県の工業団地を次々とのみ込んだ。11月末までには氾濫水はついにバンコクまで侵入した。低平地では氾濫は12月に自然排水またはポンプによる強制排水されるまで続いた。

全氾濫面積は約 28,000 km² と推定される。表 3.2.2 は過去の主要洪水時での氾濫面積を示しており、2011年洪水の氾濫がいかに広大なものであったか理解される。したがって表 3.2.3 にあるように膨大な洪水被害が発生した。タイ人の5人に一人に相当する1,300万人が洪水による影響を受け、死者も657人を数えた(2011年12月1日時点)。家屋や社会インフラだけでなく農業も被害を受けた。特に後述するように製造業が大きな被害、損失を被った。

表 3.2.3 2011年洪水被害

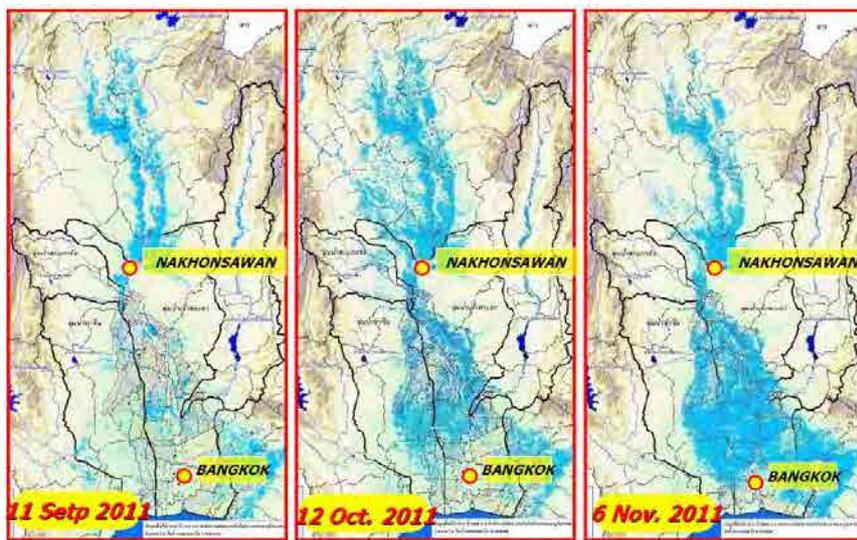
Items	Contents
Affected reas	43,600 villages, 4,917 sub-districts, 684 districts of 65 provinces.
Affected Population	In total 13,425,869 people of 4,039,459 families are affected.
Damaged Houses	2,329 houses: wholly damaged. 96,833 houses: partly damaged.
Agriculture damage	1.8 million hectare cultivated 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)

Flood Damages as of December 1, 2011
Date Source: DDPM

表 3.2.2 既往洪水の氾濫面積

Year	Inundation Area (km ²)
1983	11,900*
1995	6,140*
1996	7,120*
2002	5,080*
2006	19,000*
2011	28,000

* Data Source of inundation area: "Integated Flood Mitigation management in the Lower Chao Phraya River Basin" Dr. Somkiat P. & Dr. Pornsak S., 2007



出典: GISDA

図 3.2.2 2011年洪水時の氾濫エリア

図 3.2.3 から図 3.2.8 に 2011 年洪水における氾濫流の流れの向きを示す。これにより洪水期間中の氾濫水の挙動が明らかになり、どこから氾濫水が来るのか確認することができる。流れの向きは、調査団が実施した洪水痕跡調査の結果から整理した。洪水痕跡調査では、最大浸水深や浸水深の時系列的な変化、氾濫流の流れの向きについてインタビューを行った。調査地点数は約 7,000 箇所である。

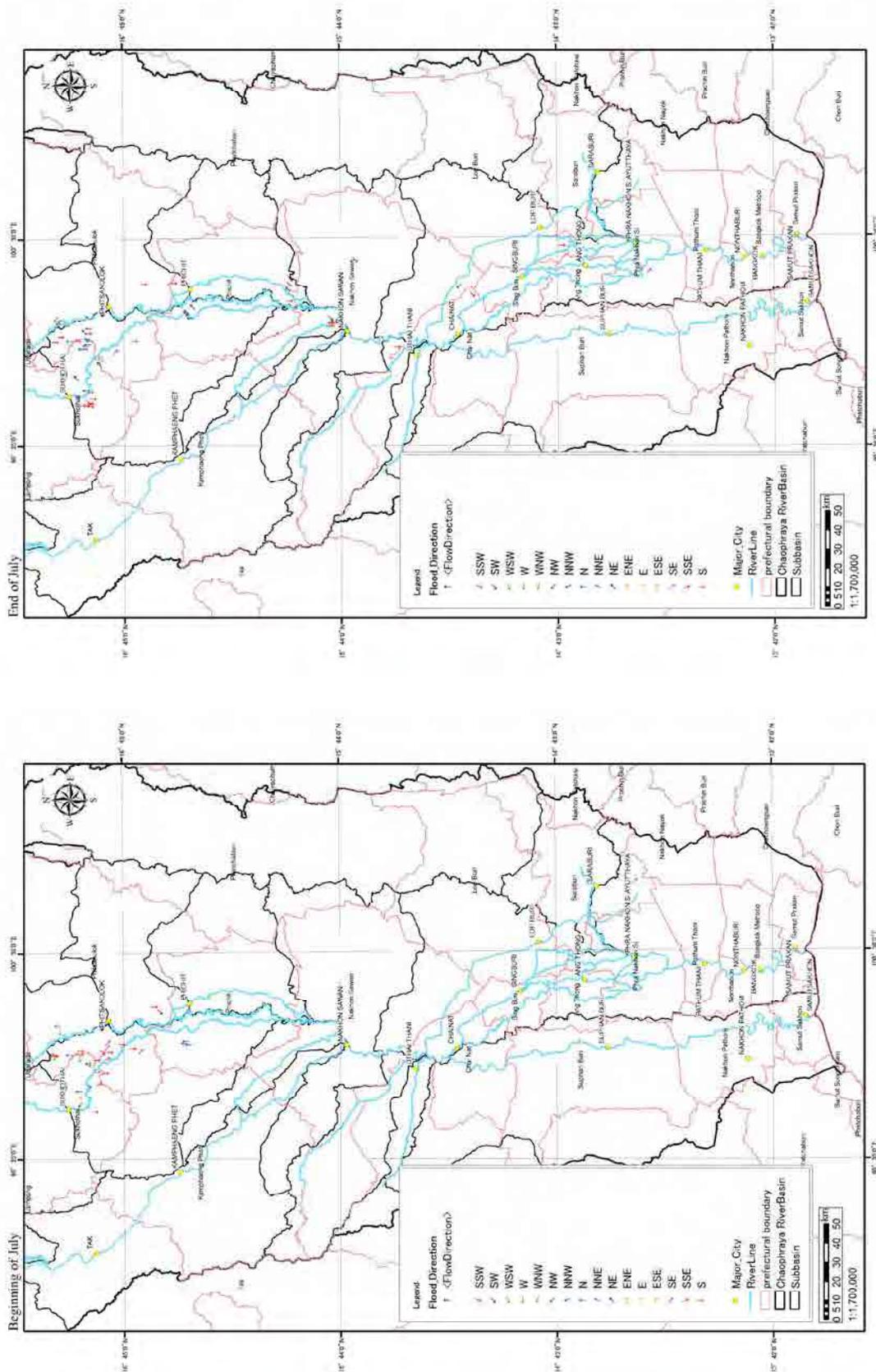


図 3.2.3 2011年7月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）

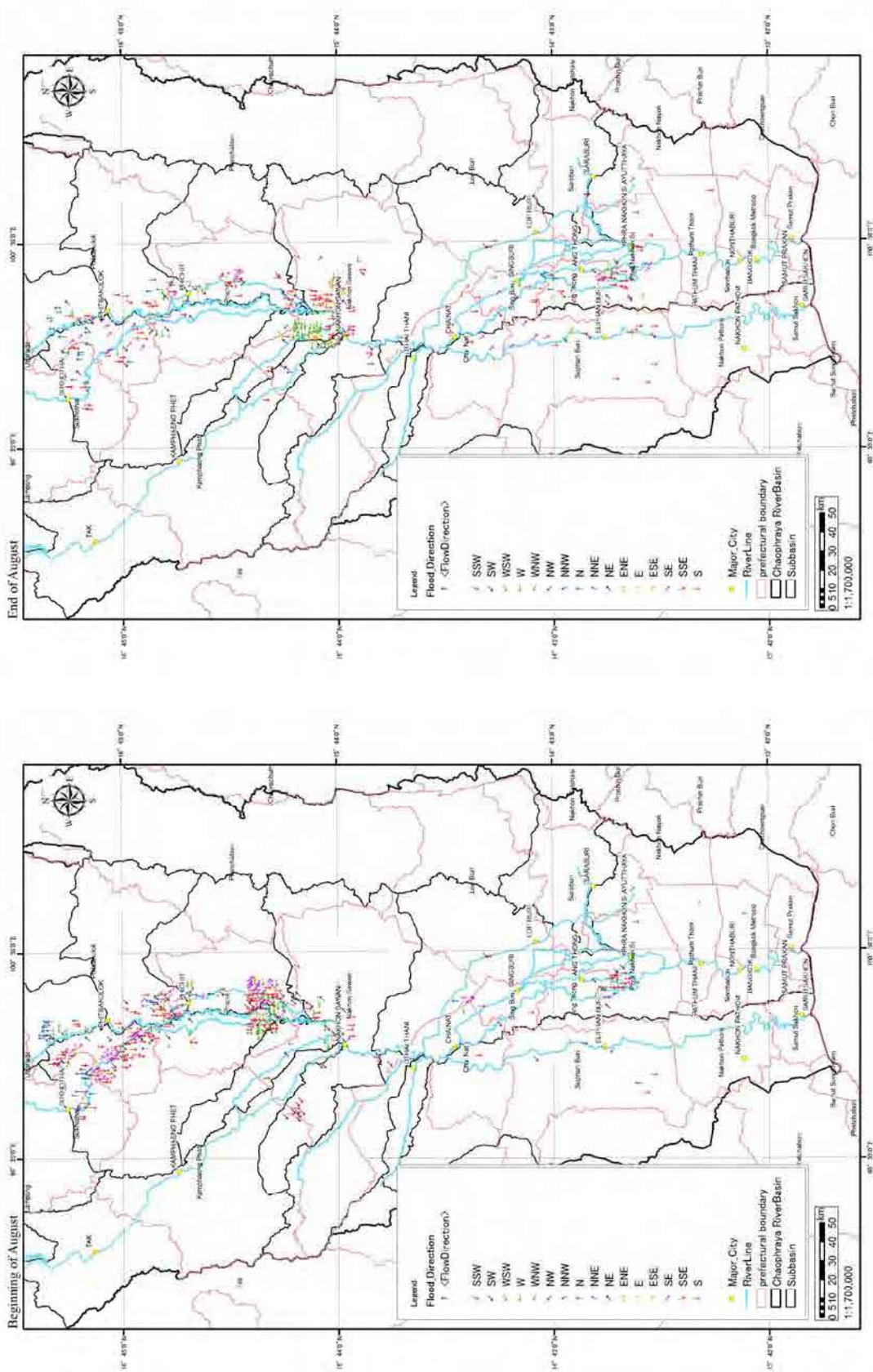


図 3.2.4 2011年8月における氾濫流の向き (洪水痕跡調査結果より)

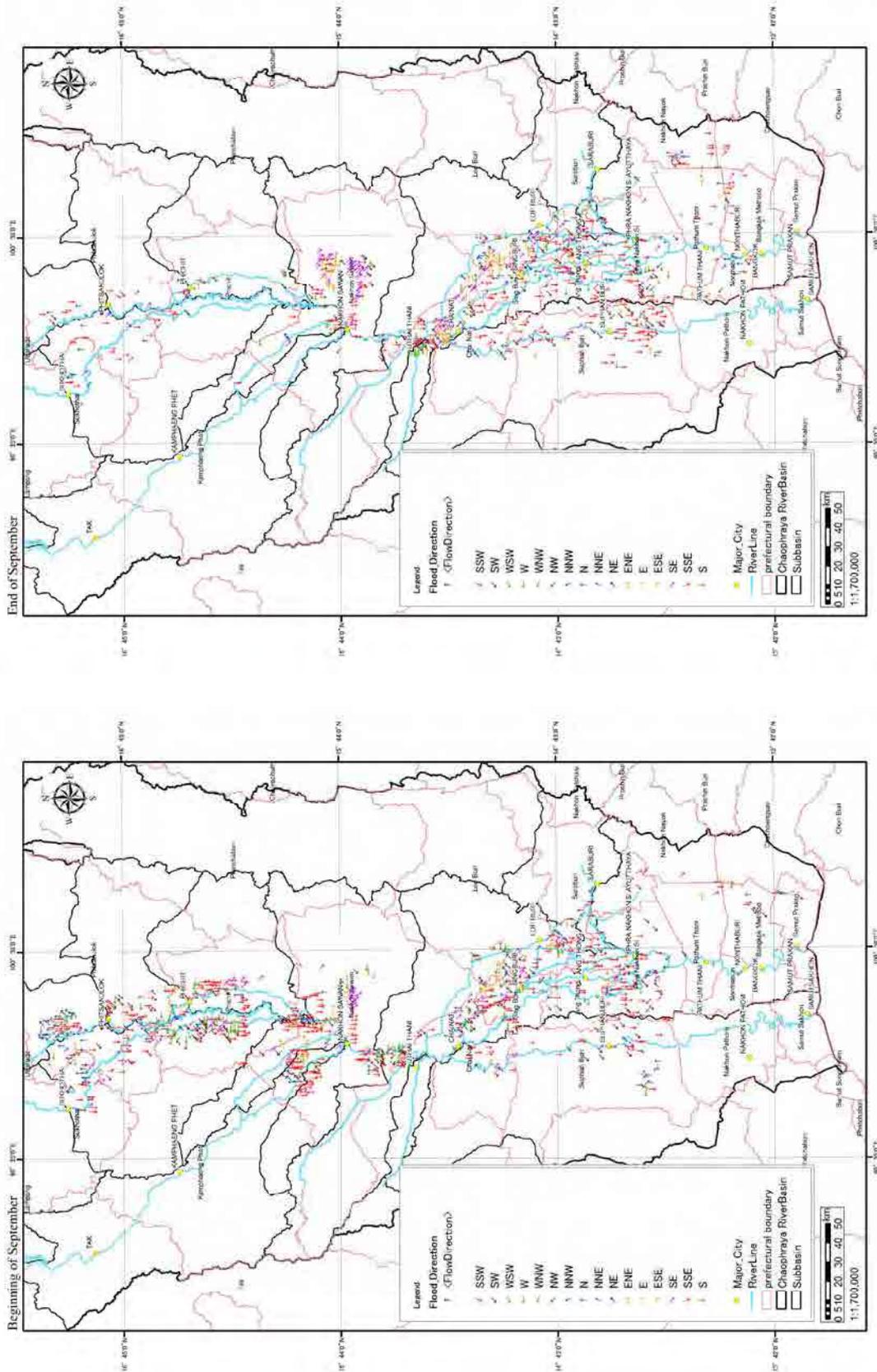


図 3.2.5 2011年9月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）

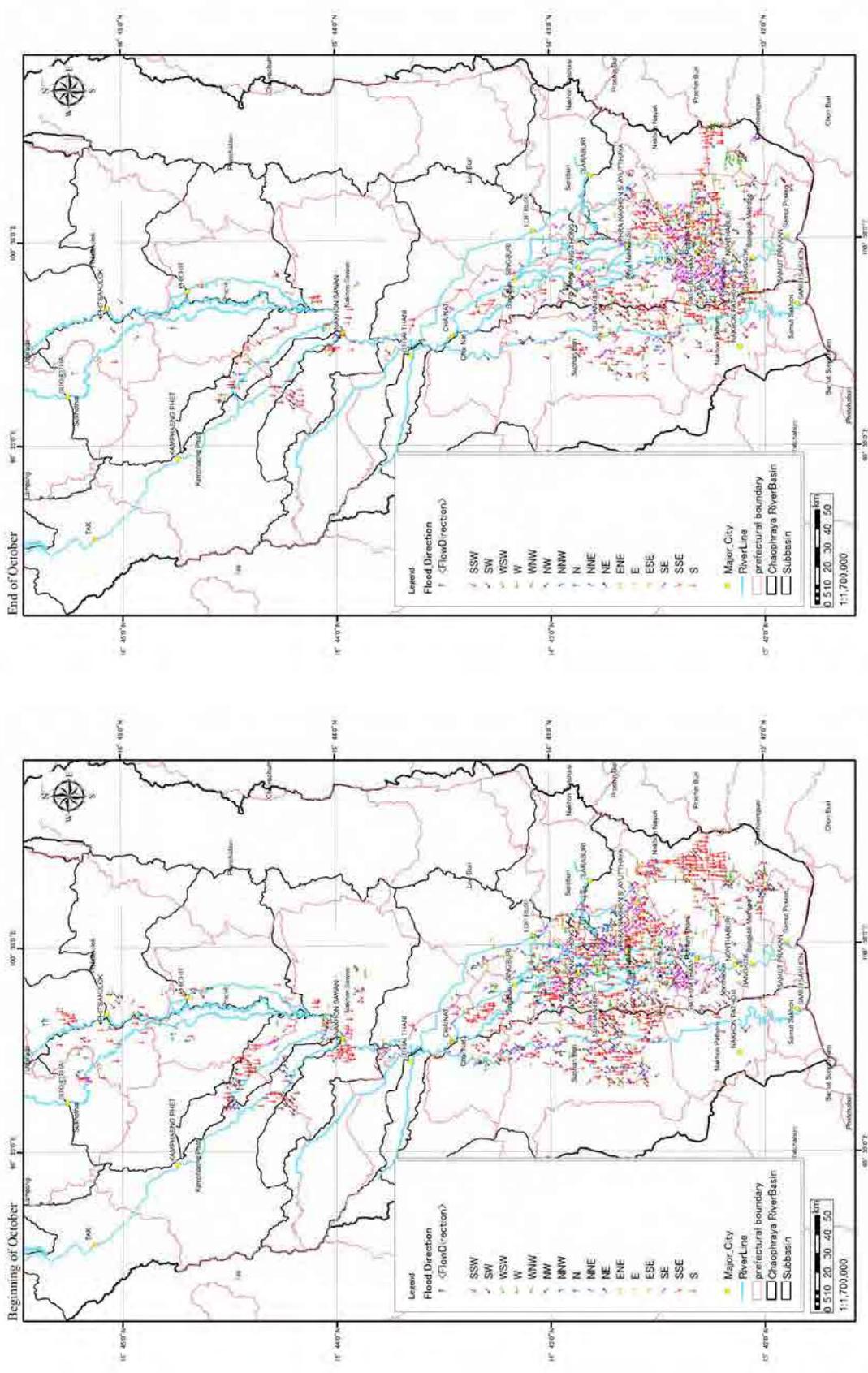


図 3.2.6 2011年10月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）

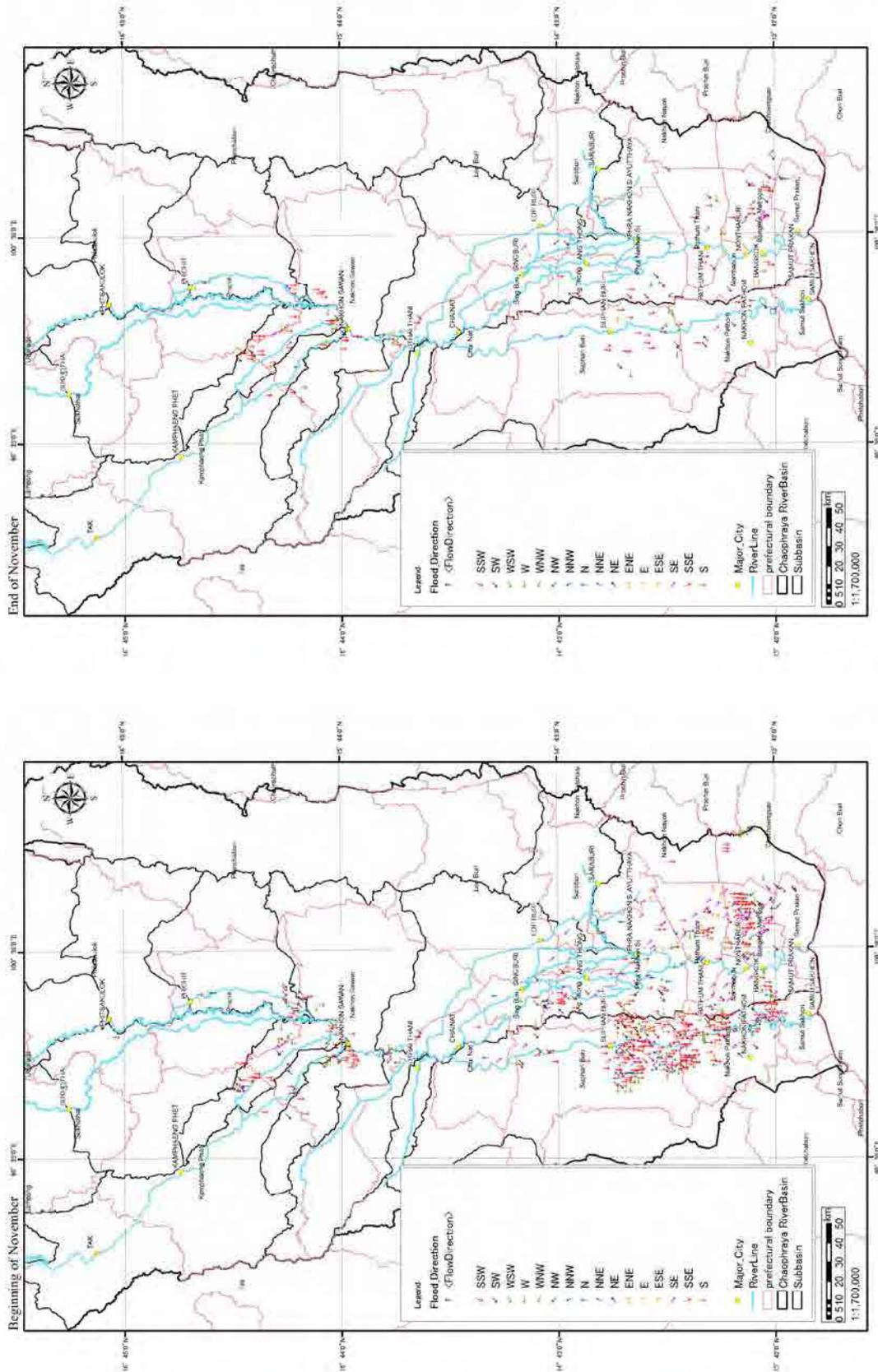


図 3.2.7 2011年11月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）

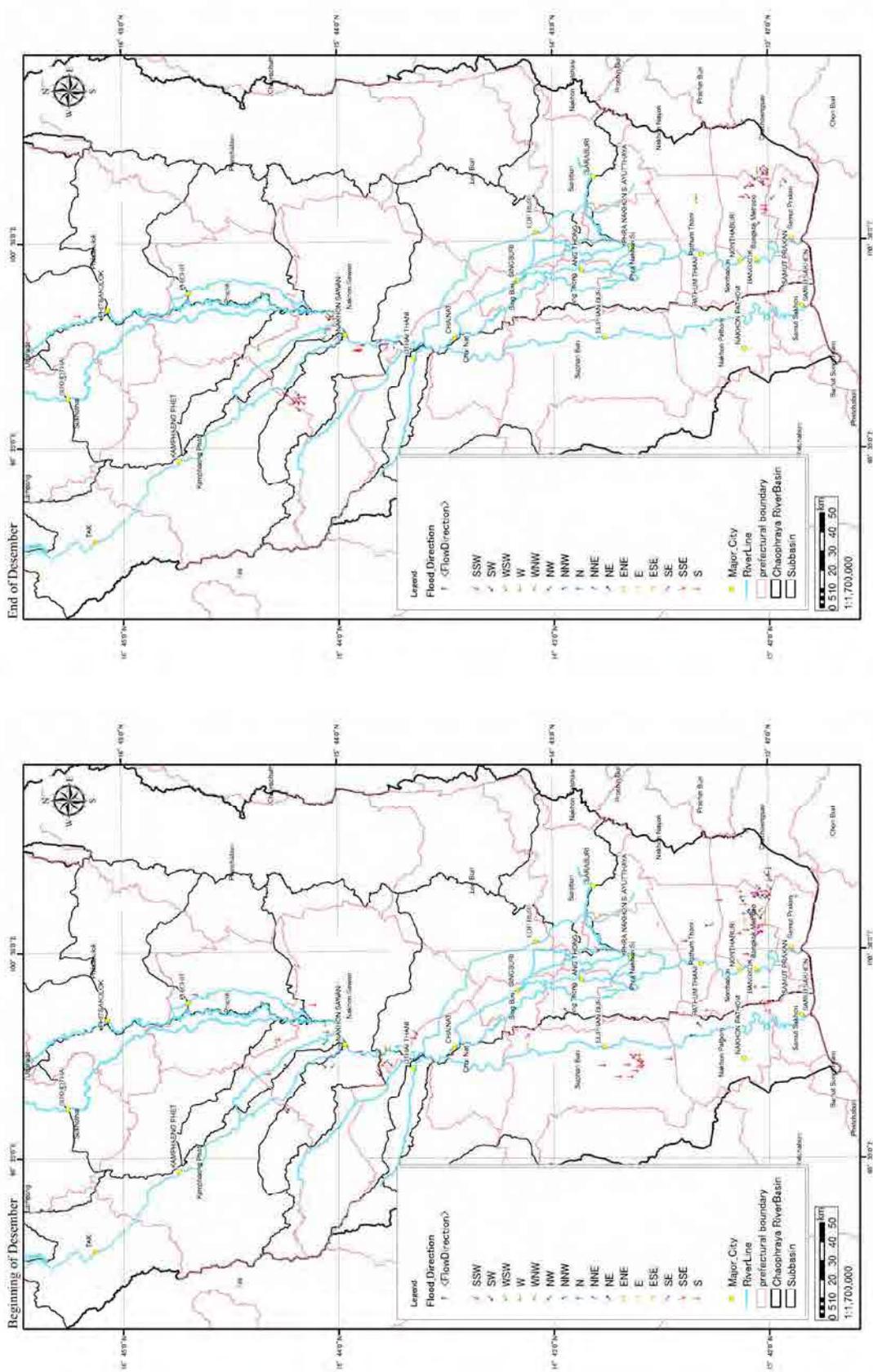


図 3.2.8 2011年12月における氾濫流の向き（洪水痕跡調査結果より）

3.3 洪水現象および対応の記録

2011年6月～12月までの気象水文情報、洪水現象および洪水対応などの洪水記録を時系列に表3.3.1に示す。

6月にはピット、ナン、ターク、パヤオ、プレー、スコタイなどの県において熱帯低気圧 Haima の影響により洪水が発生している。台風や熱帯低気圧のなかった8月初めから9月中旬においても、例年よりもはるかに大きな降雨があった。その後10月下旬にかけて1つの台風と2つの熱帯低気圧が次々とタイを襲い、大降雨をもたらした。これらの降雨を受け、洪水流量は徐々に大きくなり、ダム貯水池を満たし、河川堤防を切り越水を引き起こした。チャオプラヤ川のナコンサワン地点での流量は10月中旬にピークに達し、バンコクでの水位は10月30日に最高水位を記録した。11月初めには洪水はチャオプラヤ川ではなく北側よりバンコクに入った。バンコクでは12月末には排水が完了したが、アユタヤ、パトゥムターニ、ノンタブリ、ロブブリおよびナコンパトムの5つの県では排水が完了するまでにさらに数週間待たなければならなかった。

このような一連の洪水現象に対し、タイ国は、まず8月20日には国家レベルの指揮機関として Center for Emergency Management を設立し、2P2R (Preparedness (準備)、Prevention (予防)、Response (対応) and Recovery (復旧)) の方針のもと日毎の対処を行った。この組織は10月8日には洪水の広がりとともに FROC (Flood Relief Operations Center) に引き継がれている。この他にも以下のような7つのコミティーを順次設立し、それぞれの課題に対応させてきた。このうち1) から5) までは現実として起こっている洪水への対応に関するコミティーであり、11月11日に設立された SCWRM および SCRFD は洪水後の対策・復旧に向けたコミティーである。とくに6) の SCWRM は、第4章で述べるように、本調査がその内容を詰めることになったタイ政府によるマスタープランを提案している。

- 1) 8月25日 : National Committee on Floods, Tropical Storm and Mudslide
- 2) 9月14日 : 25 River basin National Joint-Committee
- 3) 10月12日 : Relief Committee
- 4) 11月4日 : Flood Recovery and Restoration Committee (Nov. 4)
- 5) 11月4日 : Public Communication Committee (Nov. 4)
- 6) 11月11日 : Strategic Committee for Water Resources Management (SCWRM)
- 7) 11月11日 : Strategic Committee for Reconstruction and Future Development (SCRFD)

このような対応について、ADB による緊急洪水管理アセスメント (Rapid Flood Management Assessment) によれば、対応がどちらかといえば後追いになったこと、情報伝達に多くの機関が介在し意思決定に必要な時間および情報が限られたこと、住民が都市化により洪水に対する意識が希薄になってきていること、備えが足りなかったこと、などが指摘されている。このような2011年の洪水対応への反省および今後の洪水・水資源管理の一元化のため、SCWRM によるマスタープランでは、洪水問題に関する Single Command Authority の立ち上げを提案しており、それは2.6.2節で述べたように2012年2月に National Water and Flood Policy Committee (NWFPC) および Water and flood Management Committee (WFMC) という形で実現している。

表 3.3.1 2011年洪水時の洪水現象およびタイ国政府対応の記録表

Period	Meteo-hydrology	Major Flood Phenomena	Major Flood Responses
1 - 10 June			
11 - 20 June			
21 - 30 June	Tropical Storm Haima	• Flash floods in Pichit, Tak, Nan, Payao, Prae and Sukhothai Provinces	
1 - 10 July			
11 - 20 July			
21 - 31 July	Tropical Storm Nock-Ten	• Floods in Prae, Nan, Pichit and Uttradit Provinces	
1 - 10 August		• Floods in Chiang Mai, Lum Phun, Lum Pang, Sukhothai, Phitsanulok, Phetchaboon and Tak Provinces	
11 - 20 August			• Establishment of Center for Emergency Management (Aug. 20)
21 - 31 August			• Establishment of National Committee on Floods, Tropical Storm and Mudslide (Aug. 25)
1 - 10 September		• Dike Breaches (3 locations in Chainat Province)	• Establishment of Flood Crisis Prevention Center by DDPM (Sep. 2)
11 - 20 September		• Dike Breaches (4 locations in Chainat and Singburi Provinces)	• Establishment of 25 River basin National Joint-Committee (Sep.14)
21 - 30 September	Typhoon Nesat, Tropical Storm Haitang	• Dike Breaches (4 locations in Chainat and Singburi Provinces) • Bhumibol and Sirikit dams became full.	
1 - 10 October	Tropical Storm Nalgae	• Flood water into 2 industrial estates in Ayutthaya Province	• Preparation of evacuation areas for all provinces by NDWC (Oct. 7) • Beginning of piling of sand bags for Bangkok (Oct. 7) • Establishment of FROC to supersede Center for Emergency Management (Oct. 8)
11 - 20 October	Peak discharge at Nakorn Sawan (C.2)	• Flood water into 5 industrial estates in Ayutthaya and Pathum Thani Provinces	• Establishment of Relief Committee (Oct. 12) • Announcement of evacuation to critical flood areas by NDWC (Oct. 15) • Order by PM of Measures for Designated Disaster Areas (Oct. 20)
21 - 31 October	Peak Water Level of Chao Phraya R. in Bangkok	• Flood water into Dong Muang Airport (Oct. 25) • Flood water into MWA canal (Oct. 26)	
1 - 10 November			• Establishment of Flood Recovery and Restoration Committee (Nov. 4) • Establishment of Public Communication Committee (Nov. 4)
11 - 20 November			• Establishment of SCWRM and SCRFD (Nov. 11)
21 - 30 November			• Declaration of natural disaster mitigation and reliefs areas (Nov. 25)
1 - 10 December			
11 - 20 December			
21 - 31 December		• Flood in Bangkok ended but Ayutthaya, Nakhom Pathom, Nontaburi, Lopburi and Pathum Thani were still suffering.	

3.4 洪水被害および損失

洪水災害後、被害と損失について種々の機関が評価を行った。世界銀行（WB）はタイ国財務省や国内外の様々な関係機関と共同で『Post Disaster Needs Assessment : PDNA』を実施した。調査は、2011年11月7日から25日に、洪水被害及び損失を推定するために実施され、2012年1月27日に最終報告書を完成した。タイ政府やアジア開発銀行（ADB）、日本貿易振興機構も被害評価、復旧事業に必要な概略費用見積り等を調査、報告している。

以下において、これらの報告について整理する。なお、これらの調査は時間と資源が限られた中で緊急に実施されたものであり、算定された数値については、調査時点の状況を示すものとして取り扱われるべきである。

3.4.1 PDNA による被害額

DALA (Damage and Losses Assessment) 方法に則って、2011年洪水によって生じた直接被害額および損失額（間接被害額）の推定総額は 1.43 兆 THB と推定された。そのうち直接被害額は 6,303 億 THB で間接被害額は 7,990 億 THB と推定された。

この DALA (Damage and Losses Assessment) 方法では、有形資産、製品、原料、機械などへの直接被害、営業損失などの間接被害を推定している。その間接被害には納入サービスの停止による収入減や輸送コスト増も含まれている。

表 3.4.1 PDNA による 2011 年洪水による直接被害額・間接被害額

Subsector	Disaster Effect			Ownership	
	Damage	Losses	Total	Public	Private
Infrastructure					
Water Resources Management	8,715	-	8,715	8,715	-
Transport	23,538	6,938	30,476	30,326	150
Telecommunication	1,290	2,558	3,848	1,597	2,251
Electricity	3,186	5,716	8,901	5,385	3,517
Water Supply and Sanitation	3,497	1,984	5,481	5,481	-
Productive					
Agriculture, Livestock and Fishery	5,666	34,715	40,381	-	40,381
Manufacturing	513,881	493,258	1,007,139	-	1,007,139
Tourism	5,134	89,673	94,808	403	94,405
Finance & Banking		115,276	115,276	74,076	41,200
Social					
Health	1,684	2,133	3,817	1,627	2,190
Social	-	-	-	-	-
Education	13,051	1,798	14,849	10,614	4,235
Housing	45,908	37,889	83,797	12,500	71,297
Cultural Heritage	4,429	3,076	7,505	3,041	4,463
Cross Cutting					
Environment	375	176	551	212	339
Total	630,354	795,191	1,425,544	141,477	1,284,066

Source: DALA estimates, NESDB and Ministry for Industry damages and losses in Thailand floods 2554 Rapid Assessment for RRR.01-18-2012

Note: Losses for each sector include higher expenditures due to floods

製造業への総被害額は全体の 2/3 にも相当する。とくにアユタヤ県とパトゥムターニ県の工業団地は甚大の被害を被った。水資源管理セクターでは堤防や用排水路への直接被害だけが計上されているが、金融・銀行セクターでは間接被害だけが計上されている。観光セクターも旅行者数の減少やイベントのキャンセルによる間接被害が圧倒的である。

3.4.2 ADB による調査

アジア開発銀行 (ADB) は 2011 年洪水後、緊急洪水管理アセスメント (Rapid Flood Management Assessment) を実施し、翌年 1 月に報告書をまとめた。その報告書には洪水のインパクト、洪水メカニズムが降雨量データ、貯水池運用、洪水分水状況などとともにまとめられている。世銀の PDNA 結果を引用し、2011 年洪水の総被害額を 1.4 兆 THB としている。

表 3.4.2 ADB によるセクター毎の洪水インパクトのまとめ

Sector	Impact
Agriculture	12.61 million ha farmland
Industry	9,859 manufacturing plants in 8 province 838 factories in 7 industrial parks
Historical Site	313 sites damaged (Ayutthaya counts for 130)
Education	3,088 schools
Waste Management in BMA	12,963 tons/day (146.62% of average trash: 8,500tons)

この ADB 報告書は、土地利用変化、すなわち低湿地の埋め立てや都市計画の欠如が洪水流量の増加を招いたとしている。洪水に配慮しない、インフラの不適切な計画や設計が洪水管理をより複雑なものにしていることも指摘している。

3.4.3 JETRO による工業団地調査

日本貿易振興機構（JETRO）は洪水後の日本企業を対象にしたビジネスセミナーの場で、アンケート調査を実施した。この調査の目的は、日本企業の被害やインパクトに係る情報の更新とタイ政府による洪水政策や対策に関する情報の提供であった。

アユタヤ県とパトゥムターニ県の製造業と小売り業へのインパクトについて、JETRO は 2,086.11 億 THB と推定した（PDNA は 1,964.36 億 THB）。両者の推定額は、異なったサンプルデータに基づいたものであったが、似通った値となった。

日本企業はアンケートに、同じ工場で生産を再開したいと答え、タイから撤退すると答えた企業はなかった。しかしながら、将来に渡って洪水状況が改善されない場合は、その限りではないと答えている。

表 3.4.3 JETRO 調査のまとめ

Industrial Estates	Date of start of inundation	Date of start of drainage	Date of drainage completed
Saha Rattana Nakorn	4 October, 2011	30 November, 2011	4 December, 2011
Rojana	9 October 2011	7 November 2011	28 November 2011
Hi-tech	13 October 2011	8 November 2011	25 November 2011
Banpa-in	14 October 2011	8 November 2011	17 November 2011
Factory Land	15 October 2011	Early November	16 November 2011
Nava Nakorn	17 October 2011	18 October 2011	8 December 2011
Bankadi	20 October 2011	25 November 2011	4 December 2011

Source: JETRO survey on 16 December 2011

3.4.4 その他

主要被害の出た工業団地は過去の氾濫源にあり、最も脆弱な地域であったが、それが入居企業には知らされておらず、危険度の認識が低く、総じて洪水に対する準備が不十分であった。

また、洪水後に問題となる洪水保険も、被害ポテンシャルに比して料率が一般的であり、利用者が保険料により危険性を認識するような、米国の洪水保険にみられるような湛水深により料率が著しく異なる等のリスク排除の正常なマーケットメカニズムも無かったと思われる。

総じて被災企業のリスクリテラシーが低かった、と思われる。

第4章 タイ政府のマスタープラン

4.1 概要

2012年1月20日の記者会見で、タイ首相は、SCWRMが作成した持続的水資源管理マスタープランを公表した。マスタープランは次の2つの実施計画からなる。: 1) 緊急時の水管理実施計画、2) 将来の洪水・渇水時にも持続的に発展するための、チャオプラヤ川洪水氾濫原における統合的で持続的な水資源管理の実施計画、である。この章ではタイ政府マスタープランの概要を示す。

4.2 マスタープランの概要

4.2.1 目的

マスタープランには下記の3つの目的がある：

- 1) 中一大規模洪水による損失及び被害を防止、最小にする。
- 2) 洪水予防システム及び、緊急時の洪水管理能力を改善し、警報システムを強化する。
- 3) 水、土地、森林を持続的に管理し、農民及びコミュニティの収入を高める。

4.2.2 緊急期間の水管理実施計画

実施計画は、2012年に起こりうる洪水に備える。その主要原則は、洪水による経済・社会的影響を最小にすることである。表 4.2.1 に示す6つの事業計画があり、2012年予算 18,110 百万 THB で実施される。

表 4.2.1 緊急期間の水管理実施計画

Work Plan	Budget in 2012 (THB mil.)	Budget in 2013 (THB mil.)	Timeframe	Agencies responsible
1. Work Plan for Management of Major Water Reservoirs and Formulation of the National Annual Water Management Plan <ul style="list-style-type: none"> • Improve the efficiency of the country's water management system and the main dams and increase capacity in annual flood prevention and mitigation by assigning RID to develop the National 2012 Major Water Reservoirs and Water Management Plan. 	-	-	Progress to be reported to SCWRM by Jan. 2012	Main: RID Supports: EGAT, TMD, LAO, SCMATWS* and SCWRM
2. Work Plan for Restoration and Efficiency Improvement of Current and Planned Physical Structures <ul style="list-style-type: none"> • Renovation of dikes, dams, check dams and water drainage system for capacity increasing • Renovation of water drainage channels, digging canals, clearing canals and water drainage canals • Increasing capacity in water drainage and water runoff management • Strengthening dikes and carrying tasks recommended by King's Initiative 	12,610.34	4,515.70	Projects finalized by January 2012s	Main: SCSTPM Supports: RID, HD, RRD, MD, MOI, BMA and SRT
3. Work Plan for Information Warehouse and Forecasting and Disaster Warning System <ul style="list-style-type: none"> • Formulation of a development plan for setting up of the national water information warehouse • Formulation of development plan for improving water forecasting • Formulation of a development plan for upgrading the national disaster warning system 	4,500	-	Completed in March 2012	Main: SCSTPM Supports: RID, HD, RRD, MD, MOI, BMA and SRT
4. Work Plan for Response to Specific Area <ul style="list-style-type: none"> • Restoration and redevelopment of critical areas such as communities, industrial estates, cultural heritage sites or the overall significant areas to be capable of flood prevention, mitigation and preparation for the impacts from flood. 	1,000	-	Completed in March 2012	Main: MOI, MST, MNE, and MOD Supports: MI, BMA, LAO and communities in risk areas
5. Work Plan for Assigning Water Retention areas Recovery Measures <ul style="list-style-type: none"> • Identify Monkey Cheek reservoirs in upper and lower ChaoPhraya River Basin 	-	-	Completed in March 2012	Main: MOA, Supports: MOI

Work Plan	Budget in 2012 (THB mil.)	Budget in 2013 (THB mil.)	Timeframe	Agencies responsible
<ul style="list-style-type: none"> Formulation of a plan for channeling water to monkey cheek reservoirs Identify measures of compensation to affected people 				
6. Work Plan for Improving Water Management Institutions <ul style="list-style-type: none"> Arranging meeting between SCWRM and SCRFD to propose Work Plan for Revising Organization for Water Management Setting up of Task Force Committee to monitor the progress of the action plan for the urgency period. 	-		Completed in January 2012	Main: OCS, Supports: SCWRM, SCRFD, MOI, MOAC, MONRE, MOT and OSCWRM
Total	18,110.34	4515.70		

* SCMATWS: Sub-committee for Monitoring and Analyzing Trends of Water Situation of SCWRM

** SCSTPM: Subcommittee on Short-term Plan and Measures of SCWRM

Data source: Master Plan on Water Resource Management, 2012, SCWRM

4.2.3 チャオプラヤ川洪水氾濫源の統合的・持続的水資源管理の実施計画

総合的長期実施計画は、SCWRM の下部の『長期計画及び持続的解決のための委員会』が作成している。8 事業計画が、総予算 3000 億 THB で提案されている。“Backbone Projects” と呼ばれるこの事業計画は、チャオプラヤ川流域の統合的かつ持続的な水資源管理のための国家戦略を示している。しかしながら、事業計画はフレームワークの段階で、事業サイト、事業内容及び数量、実施機関、タイムスケジュール、水理的効果、費用及び便益等の具体的内容はまだ固まっていない。環境及び社会配慮調査も今後の課題である。

(1) 原則

長期実施計画は下記の 7 原則に基づいている：

- 洪水は便益をともなう一つの自然現象であり、水、土地、人材の適正なバランスの維持、および家庭、事業所、環境維持のための十分な水供給に寄与している。
- 洪水管理とは、適正な流量（河川及び放水路を通して）及び十分な貯水（更なる“モンキー・チーク”の開発）を確実にすることを意味する。
- 水利用管理計画と土地利用との一貫性を確実にするため、土地利用規制の実施が必要である。洪水発生時は、その影響と被害の低減を目的とする。この方針により、庶民の収入の増加及び社会保障の改善に寄与する。
- 渇水の防止及び環境保全は、洪水管理戦略に不可欠な部分である。
- 戦略は“充足経済（sufficiency economy）”及び“新しい農業（neo-agriculture）”の原則に基づいている。
- 中央データベースと共通の利害に基づいて、一貫性と時宜を得た決定を確実に行なう“一元指令機関（Single Command Authority）”設立の必要がある。
- 洪水管理戦略への住民の支援及び協力を確実にするため、洪水氾濫原およびその他地域における住民の意識を高めることが重要である。

(2) 事業計画と構成プロジェクト

上記の原則に基づき、表 4.2.2 に示す 8 事業、3,000 億 THB の事業計画が提案された。

表 4.2.2 チャオプラヤ川洪水氾濫源の統合的・持続的水資源管理の実施計画

Work Plan	Budget (THB million)	Timeframe	Agencies responsible
1. Work Plan for Restoration and Conservation of Forest and Ecosystem <Project Examples> <ul style="list-style-type: none"> • Soil improvement and conservation in the upper basin area by reforestation of forest areas in the length of river basin in Ping, Wang, Yom, Nan, Sakae Kurang, Tha-Chin and Pasak • Reservoir Construction in Yom, Sakae Krung, Nan and Pasak River Basin 	60,000	2012 onwards	MONRE, MOAC, RID
2. Work Plan for Management of Major Water Reservoirs and Formulation of Water Management <Project Examples> <ul style="list-style-type: none"> • Formulation of water management plan in major reservoirs and various scenarios, as well as dissemination of the related information to the public 	-	2012 onwards	RID and EGAT
3. Work Plan for Restoration and Efficiency Improvement of Current and Planned Physical Structures <Project Examples> <ul style="list-style-type: none"> • Flood diversion channel construction and improvement of water dike, reservoir, water drainage and water gateway in order to deviate water from Pasak and Chao Phraya Rivers to Bangkok Gulf • Landuse planning and land using according to the plan as well as the setting up of area protection system • Water quality and levee improvement in the major river system 	177,000	2012 onwards	MOAC, MONRE, MOT and OPM
4. Work Plan for Information Warehouse and Forecasting and Disaster Warning System <Project Examples> <ul style="list-style-type: none"> • Formulation of the database system, forecasting system, and warning system as well as setting up of the institution rule and regulation providing and enhancing the participation of all stakeholders 	3,000	2012 onwards	OPM
5. Work Plan for Response to Specific Areas <Project Examples> <ul style="list-style-type: none"> • Development of flood protection system in important areas • Formulation of negotiation process with flood victims/communities • Setting up the system of instrument warehouse • Analyzing the impact of water prevention system implemented by private sector • Preparation of the transportation during flood • Improvement of related municipal laws and codes • Formulation of a plan of assistance and recovery of flood victims • Setting up of infrastructure standards for building up the capacity in flood prevention and protection 	-	2012 onwards	MOI, and MOT
6. Work Plan for Selecting Water Retention areas Recovery Measures <Project Examples> <ul style="list-style-type: none"> • Improving/adapting irrigated agricultural areas into retention areas (Monkey Cheek) comprising of irrigated agricultural areas in Phisanulok, Ramsar Site and Greater Chao Phraya Project. 	60,000	2012 onwards	MOAC, MONRE and MOI
7. Work Plan for Improving Water Management Institutions <Project Examples> <ul style="list-style-type: none"> • Setting up of the integrated water management organizations as a permanent single command entity 	-	2012 onwards	OPM and related agencies
8. Work Plan for Creating Understanding, Acceptance, and Participation in Large Scale Flood Management from all Stakeholders <Project Examples> <ul style="list-style-type: none"> • Dissemination of public's implementation on flood/water management through various media as well as to create people participation on water management 	-	2012 onwards	OPM and related agencies
Total	300,000		

Data source: Master Plan on Water Resource Management, 2012, SCWRM

4.3 水資源管理対策の実施

2 レベルの委員会 (NWRFPFC 及び WRFMC) で構成する水資源・洪水管理のための一元指令機関は 2012 年 2 月末に設立された。NWRFPFC 及び WRFMC が、SCWRM が策定したマスタープランを、責任を持って実施することになった。マスタープランは緊急時と長期の両方の事業計画がある。2012 年 7 月に WRFMC は 8 プロジェクトからなる統合的持続的水資源洪水管理の構造物の概念設計について国際テンドーの実施を公表した。

第5章 IMPAC-T 及び ICHARM による基礎解析

5.1 概要

第1章で述べたとおり、日本における国内検討委員会メンバーである IMPAC-T（東京大学）及び ICHARM の2機関が、初期段階にあたる2012年1月から4月にわたり基礎調査を実施した。

IMPAC-T（東京大学）は、チャオプラヤ川上流域における水文解析を実施し、得られたデータは ICHARM が開発した洪水シミュレーションモデルで使用された。更に、流出解析モデルならびにシミュレーションモデルは、SCWRM 提案の対策（貯水池操作の改良、遊水地（モンキーチーク）、放水路等）の効果検証に使用された。本調査により概略ではあるが、定量的にこれら対策が一定の効果をもたらすことが明らかになり、更にコンサルタントチームが次段階以降をフォローすべきとの見解が出された。調査結果は関係機関を集めた会議（2012年4月26日開催）で発表された。

コンサルタントチームによる調査結果については、第6章以降を参照されたい。

5.2 IMPAC-Tによる水文解析

5.2.1 目的

IMPAC-T は、以下に示す2つの目的から水文解析を実施した。

- ・ チャオプラヤ川上流に位置するナコンサワン上流域の水文解析用モデルの開発
- ・ 開発されたモデルを用いたブミポンダム、シリキットダムの種々のルールカーブ適用による短期及び長期洪水対策のための貯水池操作有効性の解析

5.2.2 調査経過及び結果の概要

(1) データ構築

H08 や SiBUS 等のチャオプラヤ川流出解析モデル開発のため、IMPAC-T は気象・地理データ等の入力用データを RID や TMD より収集した。開発モデルでは河川流量、遊水地貯水量及び放水量の長期間解析をおこない、浸水域の解析は対象外とした。H08 ならびに SiBUS モデル稼動のためには7個の気象変数が不可欠で、それらは日データとして収集する必要があった。これら7変数は気温、湿度、気圧、風速、短波放射、長波放射及び降水量である。モデル開発のために、全ての収集データをおよそ9 km×9 km 四方に相当する経緯度が各5分のグリッドに当てはめた。

(2) ナコンサワン用モデルの準備及び検証

当初、H08 及び SiBUS の2水文モデルが本調査で検討されたが、最終的には以下の3つの理由により H08 モデルが選択された：(1) 自然水循環と人間の水利用の両方を日ベースでシミュレーション可能、(2) 空間及び時間（分解能とドメイン）の設定が柔軟に行える、及び(3) ソフトウェアがオープンソースである。

(3) 貯水池操作のモデリング

貯水池操作は非常に複雑である。しかし、初期の河川管理計画に対しては、簡単な想定シミュレーションを実施することで基本的な情報を得られる。本調査では、IMPAC-T はブミポンダム、シリキットダムの操作シナリオに焦点を当て様々なシミュレーションを実施し、数多くのルールカーブを作成した。

第一に、ナコンサワンでの流出を月毎にシミュレーションすることで、ルールカーブを開発モデルで評価した。観測データと H08 モデル解析値との間には、月別流出量に関してよく一致

していることがシミュレーション結果から明らかになった。これより、IMPAC-T による貯水池操作の水文解析モデル開発は成功したことが示唆された。

第二に、新 2012 年ルールカーブを適用して、本モデルを使いその有効性を評価した。7 月まで拡張した操作シナリオで、ナコンサワン地点のピーク流量を低減可能であることが、シミュレーション結果より明らかになった。

第三に、長期間の貯水池シミュレーション結果から、新 2012 年ルールカーブは流出量を分散させピーク流量を下げるのが可能であると結論付けた。つまり、調査対象流域での洪水対策に新ルールカーブは有効であるということである。また、貯水池操作を最適化しないルールカーブが適用された場合には、洪水リスクと干ばつリスクの間には常に『二律背反』の関係にあることが、シミュレーション結果より明らかになった。このようなリスクを減らすために、貯水池操作を最適化し有用なルールカーブの作成が重要である。

最後に、本調査では地上観測データの質・量の重要性が説明された。質量共に豊富なデータを用いたシミュレーション結果と比較した場合、利用可能なデータ量の制約下で開発された H08 モデルの成果は制限されたものとならざるを得ない。

5.2.3 提案事項

本開発モデルの改良には、RID や TMD から追加データを収集する必要がある。これら要収集データは 2010-2011 年の値を含み、可能な限り多数の観測所から毎日得られるものである必要がある。そこには前述した降水量以外の 6 個の気象変数も含まれる（気温、湿度、風速、気圧、短波放射、長波放射）。

5.3 ICHARM による放水路評価のための降雨・流出氾濫解析

5.3.1 目的

ICHARM による放水路評価のための降雨・流出氾濫解析の実施目的は以下の 3 つである。

- ・ チャオプラヤ川の下流域での 2011 年洪水のシミュレーション
- ・ マスタープランの提案、特に放水路計画の評価
- ・ 降雨・流出氾濫解析を通じての水位、流出量及び氾濫に関する提案放水路の評価

5.3.2 調査経過及び結果の概要

(1) シミュレーション条件

ICHARM は、衛星ベースの地形ならびに降雨情報を基に降雨・流出氾濫 (RRI) モデルを開発し、チャオプラヤ川下流域における河川流量及び氾濫のシミュレーションを実施した。本調査が対象とする総面積は 41,000 km² である。RRI モデルの特徴の一つに、氾濫と河川流を双方向でシミュレーションできることが挙げられる。当モデルは、河川の一次元拡散及び鉛直浸透に沿った勾配、及び水面下・表面流動の二次元拡散を解くことで、河川の水位と流量等の水理量をシミュレーションする。

計算期間は 2011 年 7 月 1 日から 11 月 30 日までとし、2011 年洪水をシミュレーションし当時の状況を再現した。シミュレーション範囲に対して、およそ 1 km×1 km 四方に相当する経緯度各 30 秒のグリッドを当てはめた。衛星ベースの地形データと 1999 年調査の河川断面を用いてモデルを開発した。地上観測の降雨データは、米国立気候データセンター (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>) から入手した。ナコンサワン及びパサクダムでの観測流量を境界条件として設定し、また、蒸発散量は 5 mm/日とした。

(2) モデルの検証及びシミュレーション結果

初めに、本モデルを2011年洪水状況で検証した。RRIモデルによるシミュレーション結果を衛星画像データの氾濫と比較し、モデルの氾濫パターンと衛星データが比較的一致していると結論づけた。そこで、河川及び河川沿いにおける水深や流量などのシミュレーション結果を、チャイナート、アユタヤ及びバーンサイでの観測データと比較した。水位予測において、モデルにいくつかの誤差が生じた。特にRRIモデルが2011年11月ピーク値を3m低く見積ったチャイナート地点で顕著であった。他方、流量シミュレーションは信頼できる推計氾濫量が得られ比較的よい結果となった。

シミュレーション設定は、タイ政府が提案するマスタープランの3放水路、すなわち(1)西側放水路(流下能力1,000 m³/s)、(2)東側放水路(流下能力1,000 m³/s)、(3)外郭道路放水路(流下能力500 m³/s)に従った。迂回水は氾濫することなしに、直接海に流れ込むと仮定した。

本調査では、以下に示す4つの異なる流路シナリオを用いてシミュレーションを実施した：

(1) 2011年流路【2011年再現計算】、(2) 2011年流路+放水路【放水路あり】、(3) 2011年流路+放水路・堤防【放水路・堤防あり】、(4) 2011年流路+堤防のみ【放水路なし・堤防あり】

シミュレーション結果より、各計算シナリオの氾濫量を計算した。アユタヤ上流域での氾濫量は、放水路により41億m³から12億m³まで低減可能であることが明らかになった。言い換えれば、放水路建設後であっても他の方策での制御が必要な氾濫が残る可能性がある。現在、RIDはモンキーチークもしくは貯水能力19億m³の調整池のための土地確保を提案している。2011年洪水は放水路とモンキーチーク(もしくは調整池)の組み合わせでうまく運調節できる可能性がある。

2011年洪水で甚大な影響を受けた地域には、数多くの工場や重要施設がある。これら地域では、放水路があることで平均浸水深が0.8mから0.3mまで低減し、更に放水路・堤防シナリオでは0.2mまで低減が可能である。すなわち、当該地域のアユタヤ南東部におけるシミュレーション浸水深から算出された氾濫量は、3つの放水路を建設することで15億m³から5億m³まで減らすことができる。

【堤防あり】シナリオでは、放水路がない、またはその敷設前に堤防が建設される場合、当該地域での氾濫量は10億m³減少し、一方で平均浸水深は0.56m下がるが示された。しかし、その他の地域では氾濫量と平均浸水深はわずかに増加し、アユタヤ及びバーンサイでの水位はそれぞれ0.2m及び0.3m下がる。

最後に、降雨の影響を考慮することが重要であることが、本調査より明らかとなった。地域全体で降雨量を考慮しない場合、総氾濫量が半分となる。

5.3.3 結論及び提案事項

本調査では、RRIモデルを開発し、チャオプラヤ川下流域での2011年洪水をシミュレーションした。モデル精度は、チャイナートでの水位結果を除き、このタイプの調査では許容可能な範囲内に収まった。開発したRRIモデルを用いて、4つの流路シナリオを含む提案された放水路及び堤防の効果を評価するために、さらに解析を実施した。解析により、放水路と堤防の組み合わせは、氾濫量、氾濫面積及び浸水深等の浸水影響を低減可能であることが結論となった。

シミュレーションは、衛星ベースの地形データを用いて、提案プランの効果に関する一般的な特徴を理解するために実行された。今後の調査では、衛星ベース地形データの代わりにレーザープロファイラ(LP)地形データを用いて詳細解析を行うことが示唆された。

第6章 基礎調査及び解析

6.1 洪水影響被害に関するアンケート調査

6.1.1 はじめに

(1) 調査目的

本調査の目的は以下の2つである：1) 2011年洪水前及び洪水中に住民や地域共同体がとった行動を特定すること。2) 本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こと（質問票はAnnex-2を参照のこと）。

(2) 調査項目

調査項目を表6.1.1に示す。

表 6.1.1 調査項目

Items	Sub-items	Detailed	Remarks
Respondent	Respondent's Background	- Civil Status - Educational Attainment - Number of Family Staying in the Current Residence - Condition of Residence*	*:Building Types, Number of Stories, Total Floor Area, Ground Floor Elevation, Length of Residence
	Business Type	- Number of Workers - Position of Respondent in the Establishment - Condition of Building** - Length of Business Operation	**: Building Types, Number of Stories, Total Floor Area, Ground Floor Elevation
Flood Conditions of 2011 Flood	Source of Flood		
	Duration and Depth of Flood	-	
	Continuation of Flood		
Flood Warning and Response Operation	-Information/Warning for Flood		
	Source of Information/Warning		
	Needed Information		
	Evacuation during Flood	-	
	Reasons of No Evacuation		
	Timing of Evacuation		
	Place to Evacuate		
	Assistance for Evacuation		
Flood Damages for 2011 Flood (Farmers and Residents)	Type of Damages	- Injury or Death by Flood - Damages on Farm Products - Damages on Livestock/Poultry - Damages on Agricultural Machinery - Damage on Houses/Buildings - Damages over Fixture/Furniture - Damage over Equipment - Damages over Outdoor Facilities - Damage Ratio after Cleaning/Washing	
	Flood Losses	- Diseases Acquired - Days without Electricity & Water Supply Services - Compensation and Spending for Electricity and Water Supply - Persons and Days which were not available for Job and School	

Items	Sub-items	Detailed	Remarks
Flood Damages (Establishment) for 2011 Flood	Type of Damages	- Injury or Death by Flood - Damages on Fixed Assets - Damages on Inventory Assets - Damages on Building - Damages on Equipment/Facilities - Damages on Outdoor Facilities - Recovery Ratio after Cleaning/Washing	
	Flood Losses	- Days without Electricity & Water Supply Services - Compensation and Spending for Electricity & Water Supply - Days without Operation and Requires for Full Operation	
Media Availability during 2011 Flood	Most Useful & Reliable Media for the Information on Flood Situation	-	
	Internet Access	- How to connect the internet during the Flood - Location of Internet Access - Frequency of Using Internet	
	Most Useful Information Acquired during Flood		
	Most wanted Information (but could not be acquired)		

(3) 調査期間及びサンプル数

本調査は、2012年8月20日から10月23日にかけて実施された。合計1,200個のサンプルは、アンケート票を用いてインタビュー型式で収集された。65日間で1日平均18サンプルが収集されたことになる。

(4) 調査エリア

調査エリアは、チャオプラヤ川上流域5県（カムペーンペット、ナコンサワン、ピチット、ピサヌローク、スコータイ）及び下流域18県とした。

回答者の87%は住民（1,048サンプル）で、商店など営利団体からは約11%（127サンプル）であった。その他は学校、病院、行政機関、寺院であった。住民データは上流域から277サンプル、下流域から771サンプルが回収され、サンプル比は1:2.8であった。営利団体サンプル数は、上流域39、下流域88であった。データサンプルは地域バランスを十分に考慮して収集された（図6.1.1を参照）。

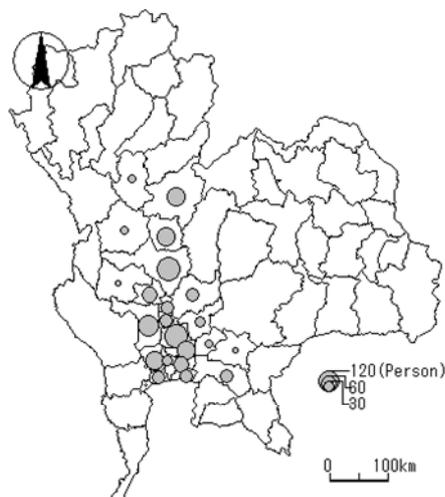


図 6.1.1 県別回答者分布図

6.1.2 調査結果

アンケート調査結果の概要は以下のとおりである。

(1) 洪水状況

アンケート調査から得られた、2011年洪水の洪水源、浸水深・継続期間は以下のとおりであった。

- ・ 洪水源：河川（30%）が最も多く、次いで水路（28%）であった。しかし、13%（134/1,040）は図 6.1.2 のように、洪水は水路と道路の両方から流れてきたと回答した。
- ・ 浸水深・継続時間：平均最大浸水深は 0.93 m（SD±0.74）で、その範囲は 0.05 m～5.0 m であった（回答数 858）。最も回答の多かった浸水深は 1.0 m（18%）で、次いで 0.5 m（15%）、0.2 m（14%）であった。平均床上浸水日数は 51 日間（範囲 1～200 日間）であった。最も回答の多かった浸水日数は 60 日間であった。

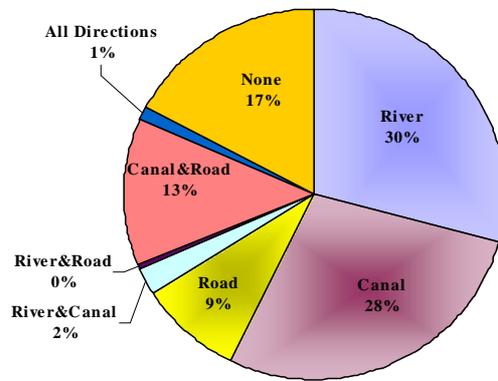


図 6.1.2 2011年洪水の洪水源

(2) 洪水情報及び対応

回答者の 59% が、何らかの情報源より洪水に関する情報、もしくは警報を受けたと回答した。情報源の分布は図 6.1.3 の通りであり、半数以上（55%）が行政機関からであった。ラジオ・TV などマスメディアも情報提供に貢献してはいるものの、その割合は行政機関に比べ小さかった。他方、必要とされる情報は、図 6.1.4 に示すように、詳細な洪水状況や予想される浸水エリアに関するものであった。

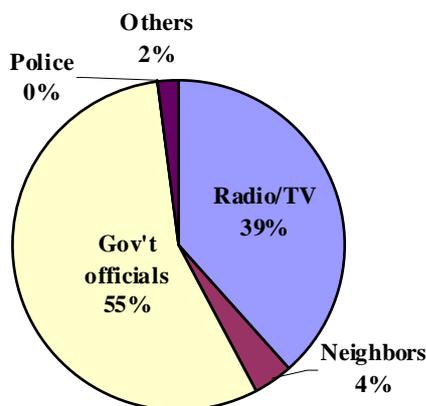


図 6.1.3 情報・警報源 (%)

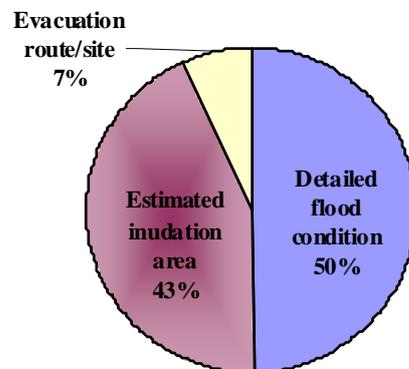


図 6.1.4 必要とされる情報 (%)

避難行動に関しては、89%が避難をしなかった。主な原因は、危険な状況であることがわからなかった（76%）、指示がなかった、避難場所不明が挙げられた。避難場所にはより高い場所（68%）が最も選ばれ、寺院（8%）もあった。避難手段は車もしくは徒歩であった。

(3) 洪水被害

(a) 農家・住民への被害

農業機械への被害が最も大きく、全被害の1/3を占めた。次いで家屋・建屋、人命、家財具・据付品の被害が多かった（図 6.1.5 を参照）。人命被害については日常生活での被害で、怪我や死亡に関するものではなかった。作物や酪農等の農産品への影響は僅少であった。農業機械、家屋・建屋、家財具・据付品、機材及び屋外設備への被害概要を表 6.1.2 に示す。

表 6.1.2 所有物の被害率（農家・住民）

Belongings	Avg. Damage % (Range %)
Agri. Machinery	53 (20-100)
Houses/Buildings	39 (5-100)
Fixture/Furniture	54 (2-100)
Equipment	32 (1-100)
Outdoor Facilities	16 (10-50)

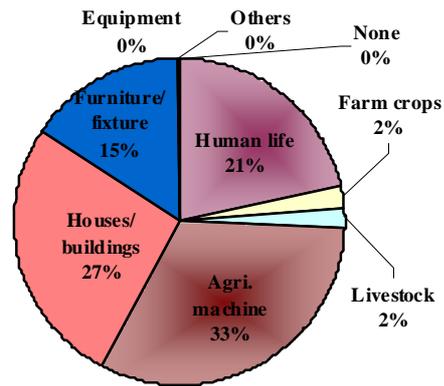


図 6.1.5 被害タイプ（農家・住民）

(b) 営利団体への被害

在庫資産への被害が最も大きく（22%）、設備・機材、建物がそれに続いた。本設問に回答した約3割は被害を受けなかった（図 6.1.6 を参照）。その他では自動車への被害が多かった。固定資産、在庫資産、建物、設備・機材及び屋外施設への被害概要を表 6.1.3 に示す。

表 6.1.3 所有物の被害率（営利団体）

Belongings	Avg. Damage % (million Baht)
Fixed Assets	8.6 (0.1-1)
Inventory Assets	100 (0.05-100)
Buildings	3.2 (0.02-4)
Equipment/Facilities	9.9 (0.01-5)
Outdoor Facilities	4.6 (0.001-2.5)

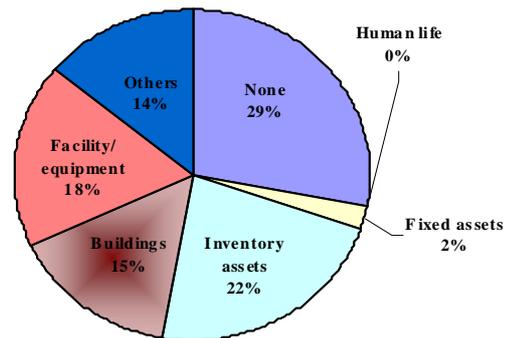


図 6.1.6 被害タイプ（営利団体）

(4) メディア利用

多くの回答者は、洪水時において最も有用または信頼できる情報と感じたのは TV 情報であり、会合、ラジオ、新聞がそれに次いだ。マスメディア利用（TV、ラジオ、新聞）が占める割合は 86% であり、市民がこれらメディアを信頼していることがうかがえた。インターネットや書込式伝言板等のネット使用の割合はわずか 1.5% であった（図 6.1.7 を参照）。

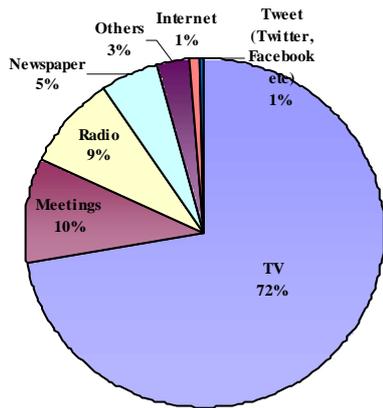


図 6.1.7 洪水状況に関する情報のための有用・信用できるメディア

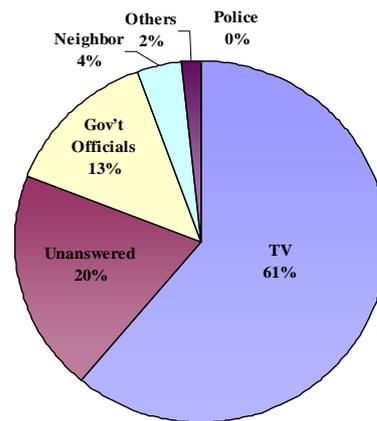


図 6.1.8 洪水中の有用メディア

6.1.3 解析

洪水状況別の避難行動及び家計への被害に焦点を当て、解析を実施した。

(1) 避難曲線の推計

調査結果から、全回答者のうちわずか 18%のみが洪水中に避難行動を起こしたことがわかった。また、避難しなかった回答者のほとんどが、洪水状態が危険と感じなかったと回答している。そこで、洪水状態と避難行動の関係を理解するために、調査結果を基に避難曲線の推計を試みた。

曲線は、避難（者）率と洪水に関する指標の間での関係性を示した。避難（者）率は、洪水指標の各レベルにおける全回答者数に占める避難者数の割合として表わす。床上浸水日数（日）ならびに最大床上浸水深（m）を指標として選択した。

それぞれの関係を図 6.1.9 及び図 6.1.10 に示す。両曲線ともに、統計的に良好な正の関係が得られた。例えば図 6.1.9 では、床上浸水が 60 日間続くと、避難する回答者（住民）は 8.8% だったことを示している。また、図 6.1.10 においては、8.8%の住民が避難行動を起こすのは、最大床上浸水深が 1.21 m となった時だったことを意味する。この推計に従えば、住民の 18%の避難を誘発するためには、最大床上浸水深が 2.70 m であることが必要であった。

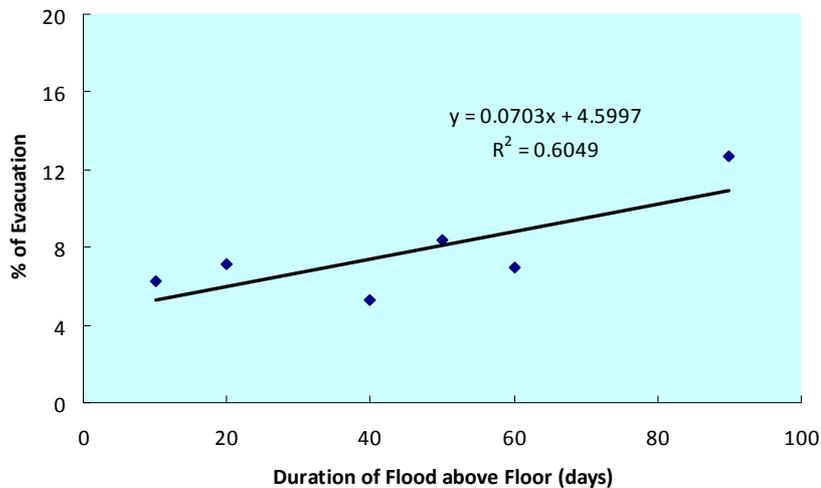


図 6.1.9 避難（者）率と洪水継続期間の関係

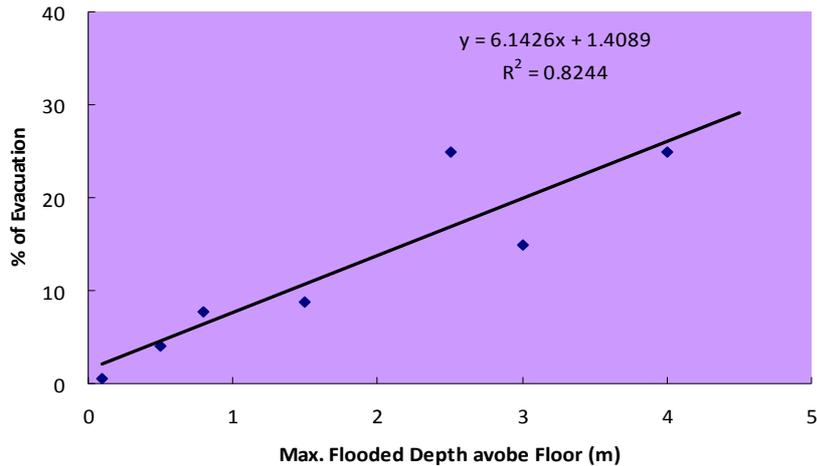


図 6.1.10 避難(者)率と最大床上浸水深の関係

(2) 避難に関する警報・情報の効果

前述のとおり、2011年洪水中は回答住民の82%が避難せず、その主な理由は洪水が危険であることに対する認識不足(約3/4(76%)が回答)であった。他方、洪水状況を知らせ避難誘発に役立った警報・情報もあった。そこで、これら情報提供の効果を調べるため、クロスセクション分析を援用し、いずれの警報・情報が避難行動にとって統計的に有効であったかを把握した。

図 6.1.11 は警報・情報提供が避難行動に影響を与えたか否かを示しており、カイ二乗検定で統計的な関係を調べた。分析結果から、避難行動が有意に選択されたことが示されたが(P<0.05)、どの情報源が避難誘導に最も影響を与えたかは不明であった。

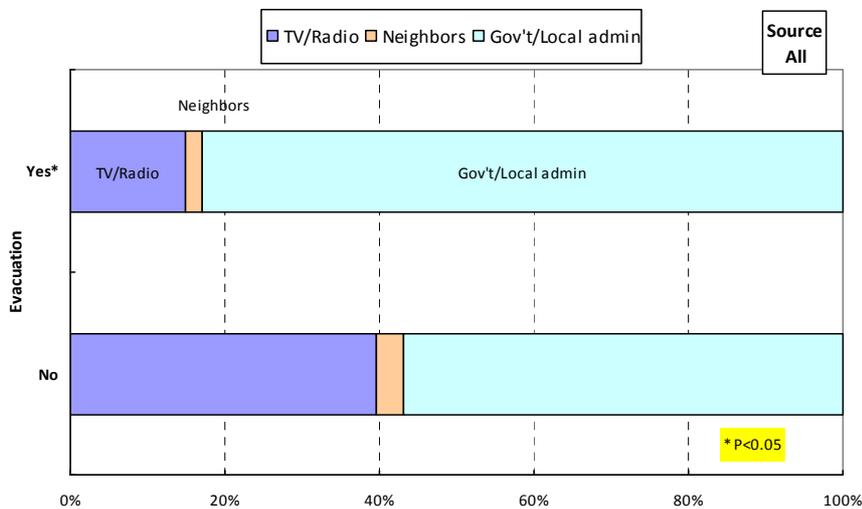


図 6.1.11 クロステーブル分析 -警報・情報源と避難行動の関係-

効果性を確かめるために、避難行動を情報源別(ラジオ・TV、政府・地方行政)に調べ、その結果を図 6.1.12 及び図 6.1.13 に示す。ラジオ・TV は避難行動に対し統計的に有意な影響を及ぼしたが、その影響は逆方向に機能したようであった。他方、政府や地方行政発信の情報は図 6.1.13 のように、避難行動を誘導することができた。

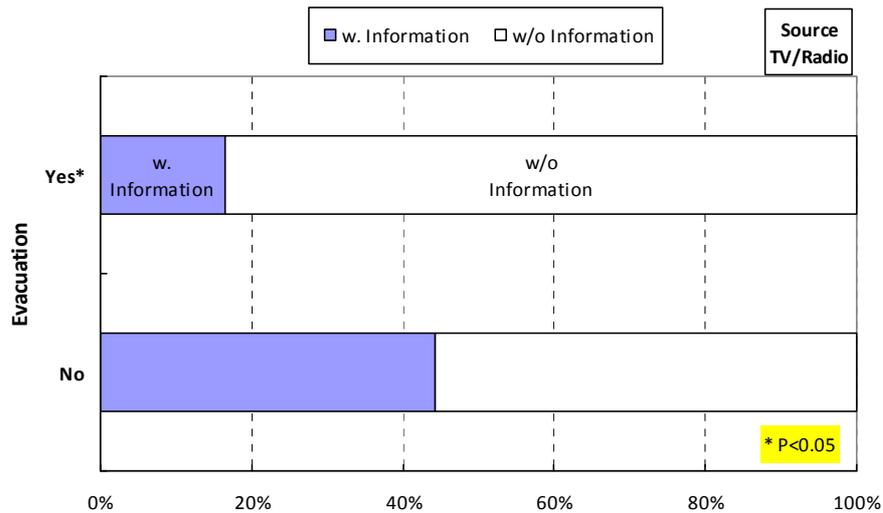


図 6.1.12 クロステーブル分析 -ラジオ・TV 情報と避難行動の関係-

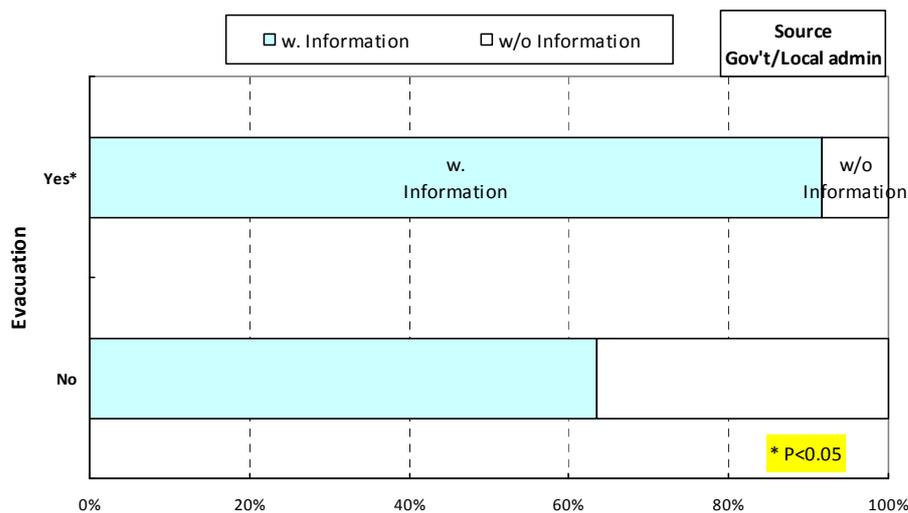


図 6.1.13 クロステーブル分析 -政府・地方行政情報と避難行動の関係-

(3) 洪水による家計への被害

各家計における所有物の被害率を用いて、最大浸水深もしくは浸水日数との妥当な関係を見出すことを試みた。しかしながら、これらの中に信頼し得る相関関係を見出すことはできなかった。考えられる理由として、洪水発生から時間が経過し回答者が被害の程度を覚えていない、又は過大に申告している可能性があるため、被害量に関する回答が不正確である可能性があることが挙げられる。

家庭経済に影響を与える要因の 1 つに就労停止がある。ある家計の勤労者が、長続きする洪水のために通勤できなかった場合、阻害程度（日数、勤労者数）は家計収入や生活の質にダメージを与えるはずである。

図 6.1.14 は、床上浸水日数（日）と、就労停止期間と影響勤労者数を掛け合わせた複合要因との関係を示す。これらの中に統計的に高い相関関係はなく ($R^2 = 0.368$)、これは停止期間 90 日に対応するデータが散らばっていることが主な原因である。

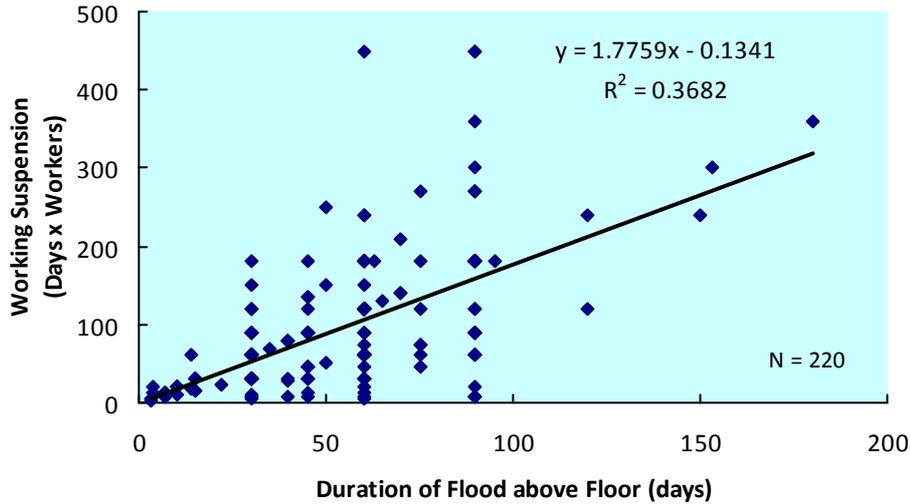


図 6.1.14 就労停止と洪水日数の関係 -日数&就労者数-

次に、就労停止要因をそれぞれ（就労停止期間、影響勤労者数）に分割し、各要因が影響を受けたか分析した。図 6.1.15 は、就労停止日数と洪水継続日数の関係を示しているが、両者の関係が統計的に良好であることがわかる。しかし、就労を停止された勤労者数と洪水継続日数の間には明確な関係が見いだせなかった ($R^2=0.005$)。図 6.1.15 で得られた線形回帰関係においては、洪水が 90 日間続いた場合、勤労者はおよそ 80 日間の就労停止と約 4 万パーツの収入機会を失ったことになる（一部の例は表 6.1.4 を参照）。

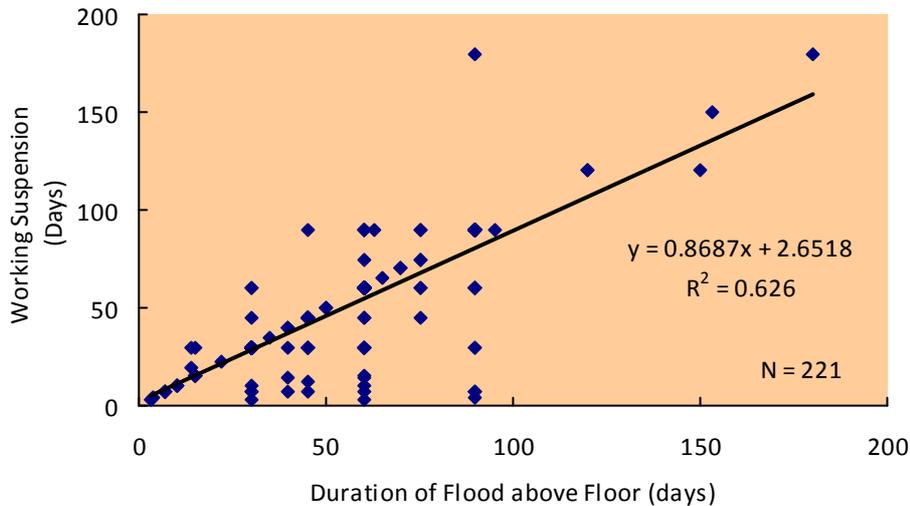


図 6.1.15 就労停止と洪水日数の関係 -就労停止期間-

表 6.1.4 洪水継続による収入損失の推計

	Days of Inundation				
	10	30	60	90	120
Days of Working Suspended (days)	11.3	28.7	54.8	80.8	106.9
Estimated Income Loss (Baht)	5,609	14,247	27,203	40,109	53,065

Note: Average daily wage is supposed at 496.4Baht over whole industry (Thai NSO, 2011)

6.1.4 評価

本調査に対する知見ならびに評価の概要は以下に示すとおりである。

- ・ 2011年洪水による被害と洪水状況の間には、明確な関係が見出だせなかった。これは、被害量に関する回答が洪水後半年以上経過しているため信頼に欠ける、又は不明瞭であると考えられたからであった。
- ・ しかしながら、洪水の継続が収入（就労者の非勤務日数）に影響を与えたことが、分析より示された。
- ・ 政府機関の警報・情報は避難において重要な役割を演じた。このような災害の際は、政府または地方行政が避難に対してより主導権を取るべきである。
- ・ TV、ラジオなど公共メディアが洪水状況を知るための主情報源であった。しかし洪水中においては、政府もまたメディア同様に情報提供に貢献した。警報のための統合システムが、今後、より信頼できかつ有効なツールになるであろう。

6.2 洪水影響調査

6.2.1 はじめに

(1) 調査目的

本調査の目的は以下の2つである：1) 2011年洪水時に影響を受けた地域にある10工業団地（うち7団地で浸水被害）の製造部門における被害及び損害のデータ・情報を収集すること。2) 本調査から得られた重要な知見を考慮して、総合的な洪水対策マスタープラン構築に寄与すること。

(2) 調査項目

調査項目を表 6.2.1 に示す。

表 6.2.1 調査項目

Items	Sub-items	Detailed	Remarks
General	Respondent's Background	- Company Profiles* - Manufacturing of Company - Production and Assets**	*: Company Name, Address, Status of Respondent **: Amount of Monthly Production, Fixed & Inventory Assets
Flood Conditions of 2011 Flood	Flood Experience		
	Flood Damages	-Maximum Inundation Depth / Duration -Estimated Damages (Belongings, Workers)	
	Production (Operation)	-Magnitude of Production (Operation) Reduced -Duration of Production (Operation) Stopped	
	Insurance	-Coverage of Insurance	
Flood Prevention Works	Knowledge about Flood Condition		
	Existing Flood Prevention Works	-Works for own factory	
	Plans of Flood Prevention Works		
	Business Continuity Plan (BCP)		
	Existing Flood Works	-Works for the Industrial Estate	
	Future Plan of Prevention Works		
Information and Warning	Information on Flood	-Source of Information Received -Contents of Information	

Items	Sub-items	Detailed	Remarks
	Information Network	-Media of the Network Used	
	Plans of Flood Information / Warning Dissemination	-Media of the Network to be Planned	
Response Action and Operation	Actions Taken before Flood		
	Actions Taken during Flood		
	Actions Taken Immidiate after Flood	-Cost Consumed -Employees' Treatment	
Expectations with the Thai Government	Flood Prevention / Mitigation Works	-Expectation to Thai Government -Recognition of the Planned Master Plan	
	Flood Information Dissemination	-Satisfaction with Flood Information Dissemination	
	Flood Warning System	-Satisfaction with Flood Warning System	
	Flood Response Operation	-Satisfaction with Assistance /Relief Operation	
	Recovery & Rehabilitation	-Satisfaction with Assistance for Recovery / Rehabilitation	
Business Plan	Current Condition of Operation		
	Future Plan for Operation		

(3) 調査期間、サンプル数及び調査エリア

本調査は2012年8月20日から10月24日にかけて実施された。合計923個のサンプルは、アンケート票を用いインタビュー型式で収集された。調査対象工場は、チャオプラヤ川下流域沿いの洪水被害を被った7工業団地を含む合計10工業団地の中から選ばれた。全1,261工場のうち、調査を承諾しなかった130工場ならびに廃業又は移転した208工場を除いた計923工場から回答が得られた。廃業・移転工場を除くと、回収率は88%であった(923/(1,261-208))。アンケート票回収結果ならびに調査対象工業団地分布図をそれぞれ表6.2.2及び図6.2.1に示す。

表 6.2.2 10 工業団地からのアンケート票回収結果

	Industrial Estate	Surveyed	Rejected	Closed/Moved	Total
1	Saha Rattana Nakorn	26	0	17	43
2	Rojana	163	0	37	200
3	Hi-tech	85	17	19	121
4	Factory land	60	0	25	85
5	Bang Pa-in	75	4	24	103
6	Navanakorn	175	3	40	218
7	Bangkadi	33	0	12	45
8	Bangchan	58	0	21	79
9	Ladkrabang	126	23	10	159
10	Bangpoo	122	83	3	208
	Total	923	130	208	1,261

(4) 調査対象企業概要

調査対象工場では、電気・電子機械製造が最も多く全体の16%を占め、次いで化学、一般機械であった。工場に関する情報は以下のとおりである(1工場あたりの平均値):従業員310人、面積18,300m²、月生産額2.24億パーツ、固定資産額6億パーツ、在庫資産2.04億パーツ。

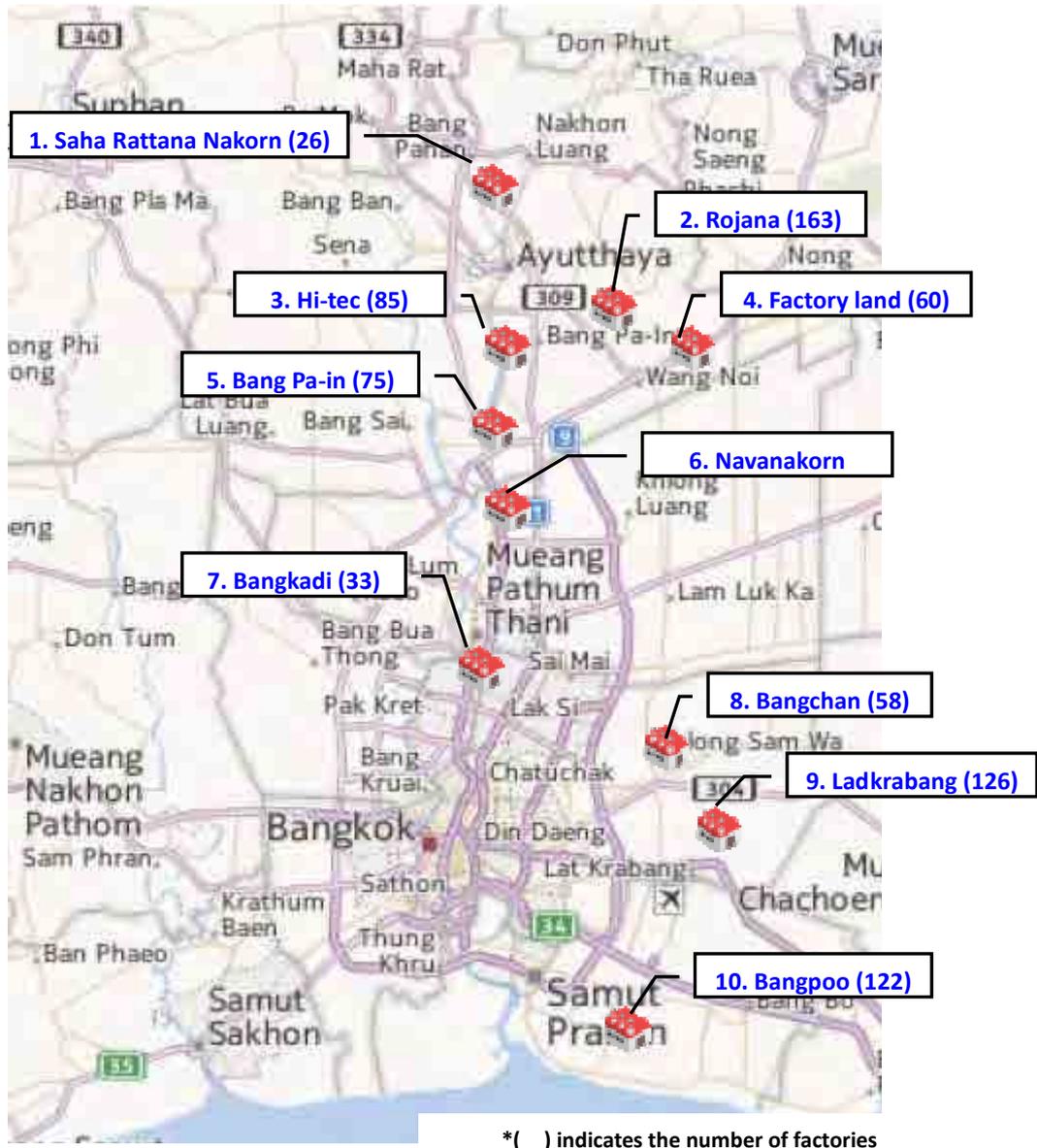


図 6.2.1 調査対象工業団地分布図

6.2.2 洪水被害

平均浸水深は 2.2 m で、最小値 0.6 m (ファクトリーランド工業団地)、最大値 4.9 m (Hi-tech 工業団地) であった。最頻値は 2.5 m である。浸水継続日数については、平均 57 日間 (3~120 日間)、最頻値は 60 日間であった。浸水した 7 工業団地での被害統計 (平均値) は以下のとおりである。

- ・ 施設・設備：99%の工場が建物等の固定資産に被害を被った。被害額 4.41 億バーツ/工場
- ・ 在庫資産：97%の工場に被害あり。被害額 1.37 億バーツ/工場
- ・ 従業員：ナワナコン工業団地の 1 工場にてケガ人 1 名及び死者 1 名の報告あり。
- ・ 生産：平均生産低下率は 82%で、各工業団地ともにはほぼ同じ水準であった。平均浸水日数は 135 日間 (範囲 2~300 日間)。浸水日数の工業団地内差はナワナコンで最も大きかった。

6.2.3 洪水対策活動

(1) 準備

回答工場の67%が、自工場は洪水が起きやすい場所にあることを認識しており、また59%が実際に被災した。工業団地に対する水防対策への期待は、被災工場では概ね低いものであった(43%が期待していない)。

被災工場の3/4(75%)が自社で水防対策を実施していた。その内訳は図6.2.2に示すように土のうが最も多く、次いで築堤、資機材の上階への移動(機械・設備)排水ポンプなどであった。

被災工場の90%は、入居工業団地に洪水対策強化計画があることを認識していた。工場が望む具体的な対策は、鋼矢板打設(被災工場の78%、非被災工場の53%が要望)で、二次壁・シャッター設置、堤防工事が続いた。

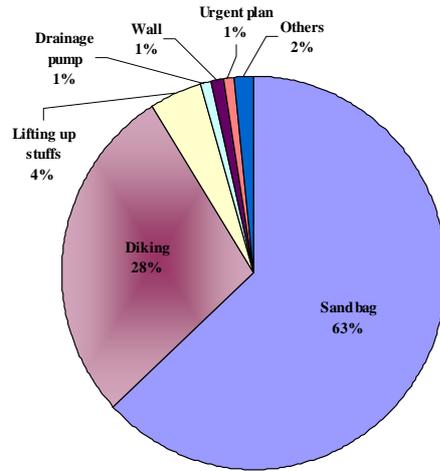


図 6.2.2 水防対策(被災工業団地)

(2) 事業継続計画(BCP)

全体で約1/3(32%)の工場が事業継続計画(BCP)を準備しており、7工業団地の被災工場では38%が準備済であった。これらBCPのほとんどは2012年に作成され、おそらくは大洪水以降と思われる。全ての工場がBCPに洪水対策を盛り込んでいた。

BCPでカバーできない洪水被害の緩和・回復策として、タイ政府への要求内容は以下のとおりであった。

- ・ 緩和策：半数以上(66%)の工場が金銭的支援(税還付、所得補償、減税など)を望んだ。他方、被災工場の18%は特に要望なし。
- ・ 回復策：政府補助金や予算援助が優先項目であった。しかし、被災工場の32%が特に要望がなく、緩和策の場合に比べその割合は大きかった。

(3) 情報・警報

2011年洪水において、半数の工場が洪水に関する情報又は警告・警報をTVやラジオ、新聞などのメディアから入手した。また、工業団地事務所も情報提供に寄与した(34%)。提供された情報のほとんどが洪水状況に関するもの(被災工場の79%、非被災の67%が回答)で、行動アドバイス、避難警告がこれに続いた。

全ての工業団地が情報ネットワークを提供しており、入居工場が十分な情報提供者であると評価した。評価の高いメディアタイプは、専用電話回線(41%)であり、ウェブサイトや閲覧板などがこれに続いた。

ほとんどの工場(88%)が、入居工業団地が将来の洪水に対する情報ネットワークを計画していることを認識していた。アイテム別の認知度についてはウェブサイトが最も高く(54%)、またおよそ3工場に1つが専用電話回線の存在を知っているか保有していた。更に電子メールシステムや広報活動も認知されていた。

(4) 対応行動及びオペレーション

各工場は当然ではあるが、洪水前や洪水中のように段階毎に異なる行動をとっていた。洪水前では、被災工場のほぼ半数が何らかの対策を講じた。そして、約4割の工場が情報収集や支援要求を行なった(図6.2.3参照)。洪水中の避難行動は、被災工場の87%、全体でも68%が行なった。しかしながら、図6.2.4にあるように予防策を実施している工場は多くなかった。

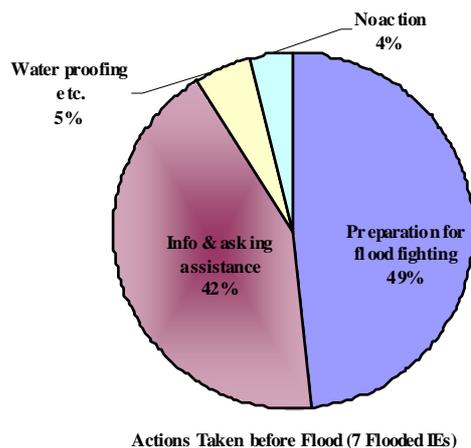


図 6.2.3 工場による行動（洪水前）

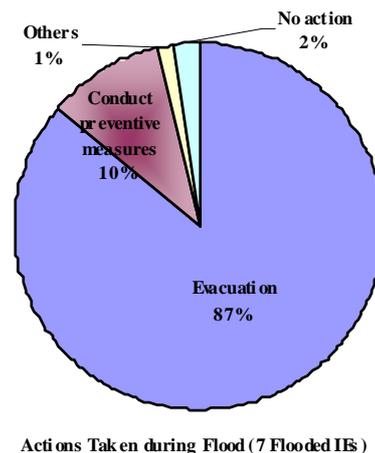


図 6.2.4 工場による行動（洪水中）

(5) タイ政府への期待

(a) 洪水予防及び緩和対策

被災工場の 85%が、タイ政府によるチャオプラヤ川の洪水予防・緩和対策に期待していないと回答した。一方で、被災工場の 95%が工業団地に対する支援策を期待していた。被災工場の 91%が政府のマスタープランの存在を認知していた。

(b) 洪水情報の発信

被災工場のほとんど（95%）がタイ政府による洪水情報発信に満足しなかった。この不満を解消するために、6割の工場が情報の内容自体を改善もしくは再考すべきと示唆した。またおよそ2割の工場が発信方法の改善に関するアドバイスをを行った。

(c) 洪水警報システム

前出の質問で得た結果と同様に、被災工場の 93%が 2011 年洪水の警報システムに不満を募らせた。改善提案については、被災工場の 54%（全工場の 45%）が早期かつ時系列の警報を提案し、その他には分析に基づく詳細情報、洪水警報用の専用組織設立などが挙げられた。

(d) 回復及び復旧

洪水対応・オペレーションの場合同様に、被災工場の 96%がタイ政府による回復や復旧支援に満足しなかった。また、そのうちの 2/3（66%）は金銭的支援（税免除、ソフトローン等）を早期の回復・復旧策としてタイ政府に要望した。

(6) 事業計画

2011 年洪水前の工場操業状況との比較では、半数の工場が“減産”と回答したが、“変化なし”の回答も4割あった。被災した7工業団地では、ロジャナ工業団地の8割強が生産状況に変化なしと回答した。しかし、ファクトリーランド工業団地の全工場の回答は減産であった。

今後の計画については、約半数が以前と同規模での操業継続を希望し、3割が拡大予定だが2割が縮小すると回答した。バンパインならびにナワナコン工業団地の工場のうち4割強が操業拡大を計画しているが、他方でおおよそ半数が事業縮小を懸念していた。

6.2.4 分析

2011年洪水による被害と、タイ政府もしくは工業団地に対する期待に焦点を絞り分析を実施した。

(1) 被害率と洪水状況（浸水深、継続日数）の関係

2011年洪水が工場資産に対しどの程度の被害を与えたか把握するために、資産被害率と浸水深（床上）や継続日数など洪水状況との関係を、データ処理後に評価した。床上浸水深との関係を図 6.2.5 及び図 6.2.6 に示す。固定資産は床上浸水深 0.5 m 以下では被害を受けなかった。しかし、被害の加重平均値は浸水深 3 m までは減少し、3 m を超えると増加する傾向が見られた。同様の傾向は在庫資産との関係でも観察された。この結果から、工場は移動可能な資産（機械類、資材など）を上階または高さ 3 m 超の場所に移動させる対策を講じることができたことが考えられる。

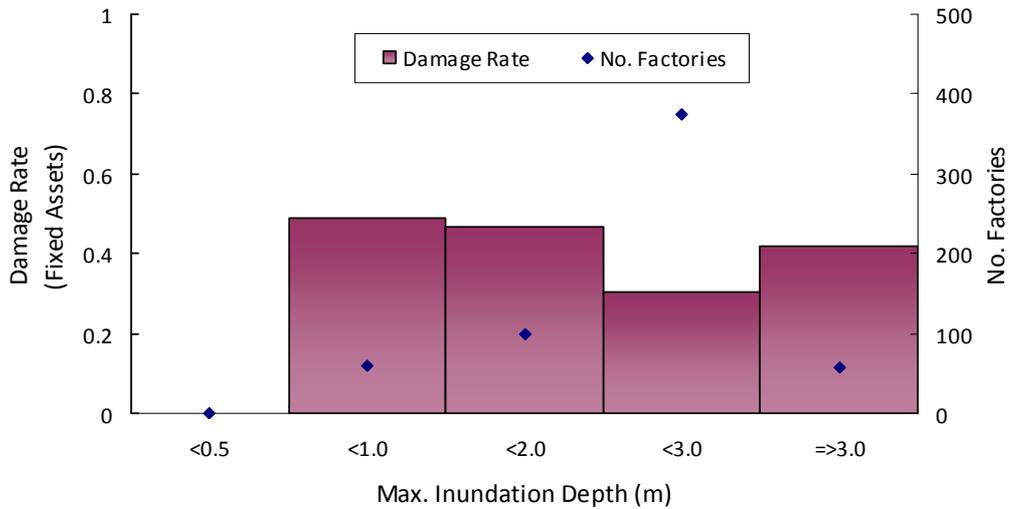


図 6.2.5 浸水深と被害率の関係（固定資産）

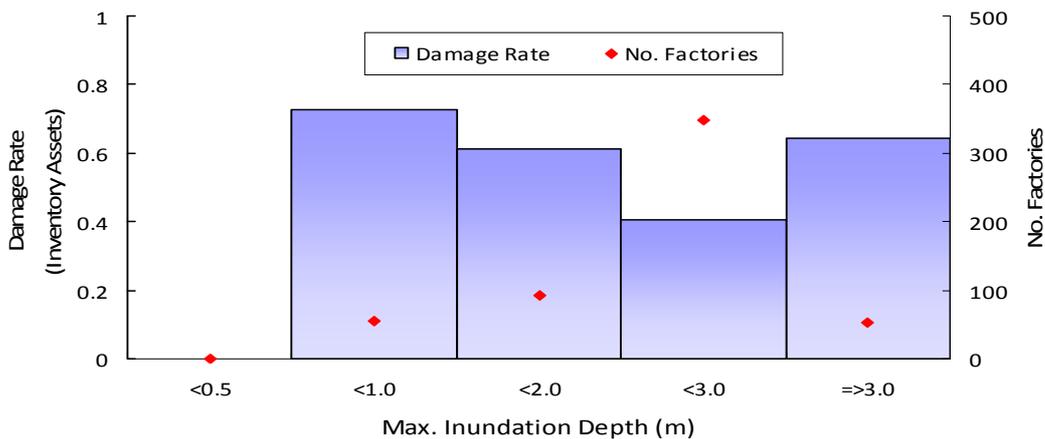


図 6.2.6 浸水深と被害率の関係（在庫資産）

洪水継続日数と被害率の関係は、浸水深のそれとは異なる様相を見せた。固定資産の被害率を示す図 6.2.7 のように、浸水 60 日までは増加しピークを迎えると低下した。しかしながら、在庫資産の場合は浸水日数に従い被害率も増加傾向を見せた。この結果から、図 6.2.8 が示すように 30～60 日間の浸水が被害の多寡を決める臨界点であることがうかがえる。

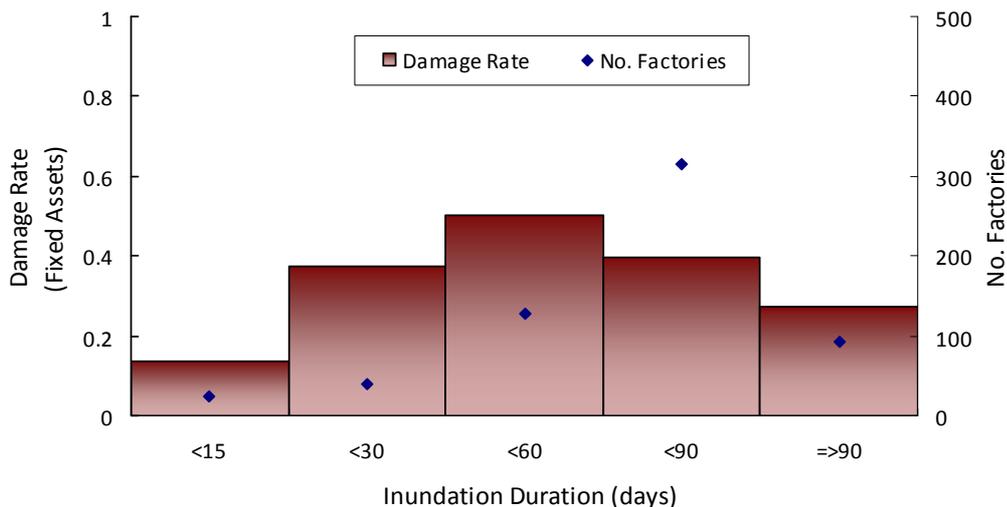


図 6.2.7 浸水継続日数と被害率の関係（固定資産）

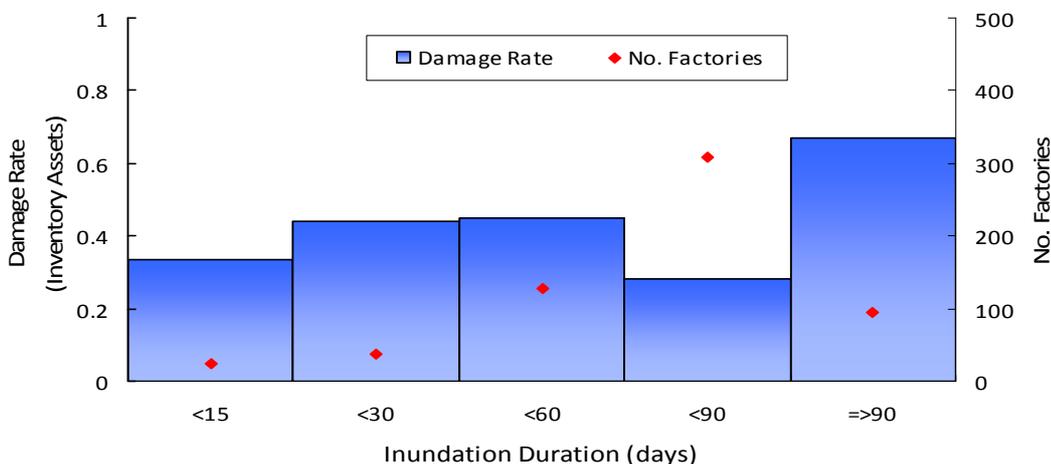


図 6.2.8 浸水継続日数と被害率の関係（在庫資産）

6.3 洪水対応操作調査

6.3.1 はじめに

(1) 目的

本調査の目的は以下の3点である：(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問題点を特定すること、(2) 効果的な洪水緩和のための新たな操作メカニズムを研究すること、及び(3) 効果的な操作メカニズムに求められる洪水情報ネットワークを準備すること。

(2) 業務範囲

主な業務範囲には、1) 操作マニュアル・ガイドラインに関するデータや情報、ならびにダム、水門、ポンプ場等の水理施設における操作記録類の収集、2) 特に2011年洪水時における水理施設の操作責任者への聞き取り実施、及び3) 2011年洪水時の水理状況、ならびに操作のための問題点や課題をまとめるための構造を分析し、効果的な操作のための情報システムを推奨すること、が含まれる。

6.3.2 調査概要

(1) 運用体制

本調査は、8 既設ダム、44 水門、12 ポンプ場及び7 排水トンネルについて実施した（施設配置は表 6.3.2、表 6.3.3 及び図 6.3.2 を参照）。2 つの巨大ダムであるブミポンならびにシリキットダム以外は RID が管理運用している。バンコク首都圏庁（BMA）の管理のもと、ポンプ場、水門、地下トンネル等で構成される排水システムが存在する。

(2) 現行の操作メカニズム及び問題点

C.2 流域ステーション（ナコンサワン）では、チャオプラヤ川下流域における実務的な洪水状況監視ならびに洪水管理が行われている。C.2 流域ステーションでの流量が 2,000 m³/s に達すると、RID はウェブサイトを通じて市民に情報発信し、またチャオプラヤ川沿いの各県防災減災局（DDPM）に対し洪水状況を知らせる。各県 DDPM は、低地域や堤防沿いの住民に洪水に対する認識や備えのための通知を発信しなければならない。

ダム

チャオプラヤ川における水理施設は、主に灌漑用水の供給と排水のために建設されてきた。ダム・貯水池は雨季に貯水し、乾季に水田へ給水する。2 つの巨大ダムであるブミポンダム及びシリキットダムは EGAT の管理下にあるが、実際の運用は EGAT や RID 等で構成される委員会が担っている。ブミポンダムやシリキットダムは貯水量が大きいため、実際には洪水調整機能も有している。他方、その他のダム・貯水池はその貯水量制約に応じて、最低限の洪水調節機能を有せねばならない。

水門

水門は、上流から供給される水量の範囲内で効率的に給水・配水をする。水門の設計排水量は、その水門が関係する灌漑面積に基づき決定される。水門は、関係する灌漑エリアが必要とする最大灌漑量を満たすだけでなく、チャオプラヤ川の洪水量を調整するよう水文学的に設計されなければならない。

ポンプ場

一般的に、稲作用水田は灌漑水を供給する河川や水路水位よりも低い低平地に広がっている。そのため、ポンプ場は水田に溜まった余剰水を水路へ排水するために設置され、更に主要河川の水位が水路水位を上回る雨季に、水路から河川に排水するよう機能する。

(3) 2011 年洪水での運用

2011 年洪水では、RID は RIO12（第 12 地域灌漑事務所：チャオプラヤ川右岸域を担当）及び RIO10（第 10 地域灌漑事務所：同川左岸域を担当）と共同し、24 時間体制で洪水状況の監視と評価を実施した。ダム、水門及びポンプ場の運用は RID プロジェクトオフィス（O&M オフィス）が担った。当プロジェクトオフィスは、通常は RIO と連絡を取りつつ RIO から指示を受けていた。

RID はチャオプラヤダムでの流量を下げるため、河川の越水防止とダム効率、河川の流下能力を考慮しながら、チャオプラヤ川両岸にある河川・水路への放水を試みた。しかしながら、この調整は計画通りにできなかった。その原因は河川・水路の調整能力不足、関係住民との軋轢などがあった。2011 年洪水における排水量は、各水理施設の設計排水量を超え、特に水門で顕著であったと言える。

2011 年洪水時の操作では、プロジェクトオフィスが RIO から公式情報と指示を受けた。RIO は RID 本庁又は他の情報源から情報入手したが、一方でタチン川の水門は洪水緊急対応センター（FROC）が命令系統を統括する RIO12 の指示に従い操作が行われた。公式情報伝達において特に大きな問題は生じなかったことが、聞き取り調査から報告されている。しかしながら、

インタビュー回答者のうち数名は、施設操作に必要な洪水情報・指示内容はかなり限定されていたと回答している。

(4) BMA 管理下での洪水防止及び排水システム

バンコクでの排水システムに関する概要は表 6.3.1 に示すとおりである。

表 6.3.1 チャオプラヤ川の調査対象水理施設

Structures	Phra Nakhon Area	Thonburi Area	Total
Pumping Station	105	53	158
Regulator	105	109	214
Detention Pond	11	0	11
Dike	11	0	11
Drainage Tunnel	1	0	1
Road Culvert	6	2	8
Pumping House	1	0	1
Inlet Structure	4	0	4
Pumping System	1	0	1
Total	245	164	409

バンコクの洪水防止システムは、チャオプラヤ川水位が 2.50 m MSL を超えた際に機能するが、一方で干拓地内側の排水システムは 60 mm/時の降雨量を 285 基の水門と総流下能力が 1,638 m³/s と推測される 158 ポンプ場で対処することになっている。

更に、全長 19 km、総流下能力 155.5 m³/s の地下トンネル 7 路が効率的な排水のために建設された。また、全長 29 km、総流下能力 180 m³/s の新トンネル 3 路の建設計画がある。

(5) 洪水管理及び操作メカニズム

水門を通じ計画地区内に洪水流を滞留させるための決定は、プロジェクトレベルでの決定に依存していた。そのプロジェクトで洪水流の受入れができなかった場合は、報告書が作成され承認のために RIO へ送付されることになっていた。RID の水管理及び操作のフローチャートを図 6.3.1 に示す。

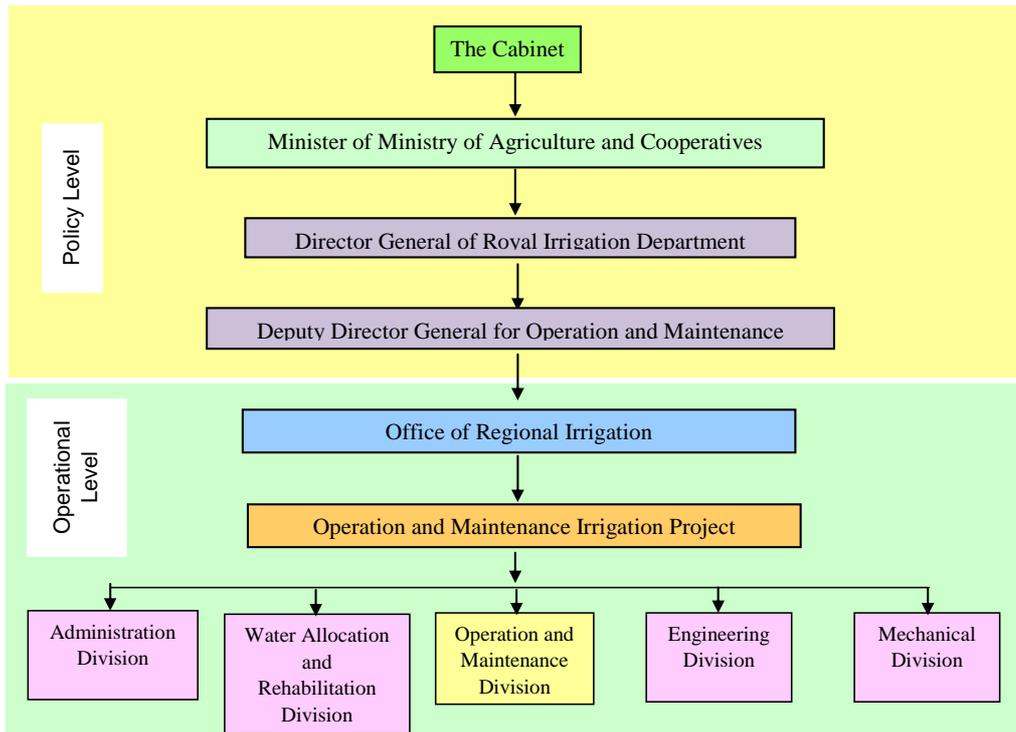


図 6.3.1 RID における水資源管理フローチャート

(6) 洪水情報の発信

操作のための命令及び/もしくは指示は、正規の命令系統に従い、RID から RIO を経由して O&M 灌漑プロジェクトへ、公式文書、電話、ファックス又は無線機を介して伝達される。関連施設及び RID が発信する洪水状況に関する情報もまた、正規の命令系統を通じて配信される。一方で、関係行政機関が準備する情報、ニュース、通知や告知は、電話、ファックス、ラジオ等の多くの伝達チャンネルを通じて、利害関係者や市民に発信される。

6.3.3 結論及び推奨事項

(1) 結論

2011 年洪水規模は、チャオプラヤ川流域にある全施設の設計能力を超えほとんど制御不能な想定外の災害であったにもかかわらず、水理施設操作のための洪水準備や情報伝達・受信は、2011 年洪水時においては適切に実施されていた。他方で、関連機関間の更に効率的な協力体制が求められる。

(2) 推奨事項

本調査を通じて得られた、効果的な施設運用のための推奨事項を以下に記す。

- ・ 到来する流水に関する情報がテレメトリ基地からリアルタイムで入手できる。
- ・ 遠隔操作及び警報システムは、詳細な水理解析を基にした多くの場所での氾濫量に関する情報入手が必要である。
- ・ 遠隔操作システムでの入手情報は、水管理や洪水状況分析用に使用するため、関連するプロジェクトサイトからリアルタイムで直接アクセス可能とすべきである。
- ・ 河川・水路や施設の現状に関する情報更新が必要である。例：横断面図、流量曲線、水門流量式など。
- ・ 効率的な運用を生み出すために、地域住民からの協力が特に求められる。

6.3.4 分析及び評価

チャオプラヤ川流域での洪水対応操作を、本調査の目的に従い分析及び評価する。

(1) 洪水緩和のための既存操作メカニズム

ダムや水門、ポンプ場など全ての水理施設は、灌漑水の供給及び排水目的で設計・施工されているが、排水機能が洪水被害回避のために灌漑地域に配置され、また2つの巨大ダム（ブミポン、シリキットダム）はその規模のために、下流域への洪水流を低減する機能を有している。

バンコクでの排水システムは、60 mm/時未満の豪雨のために作られ、また都市部への拡大に対処するために発展してきた。

そのため、2011年洪水中における対応操作は、その洪水規模が100年超確率と推計されるためか、洪水被害を緩和するには極めて限定的であった。洪水排水量は施設設計値をはるかに超えていた。それに対して、操作ガイドラインやマニュアル類は準備されていなかった。

一方、操作のための情報システムやネットワークは、灌漑や排水用に提供されていたにもかかわらず効果的に機能した。

(2) 新操作メカニズム

2011年洪水を通じ、同様の巨大洪水再発への準備として以下に示す3つの行動が特定及び認識されてきた。

(a) 施設更新

既存施設は洪水緩和効果を高めるとともに、本来の機能である灌漑水の給水や排水機能の維持のため、精緻な水文・水理解析を踏まえたうえで更新及び/もしくは建替えされる。

(b) 組織再編もしくは調整

施設のほとんどがRID及びその地方・プロジェクトオフィスの管理下にあるが、ブミポン及びシリキットダムとバンコク排水システムは管理外である。

全施設の統合的運用のためには、大規模洪水に対する制度の調整または単一組織の設立が必要である。

(c) 効果的な情報システム

既存の情報システムに関係機関を包含するネットワーク加えることでグレードアップしつつ、流域全体をカバーするリアルタイム気象水文観測ステーションを含む効果的な情報システムが、統合的な洪水対策に不可欠である。

(3) 効果的な運用のための洪水情報ネットワーク

とりわけ、効果的な運用を実現するためには、洪水情報ネットワークは不可欠である。広大なチャオプラヤ川流域とそこにある数多くの水理施設には、効果的な運用のためにあらゆる施設における水理・水文的状态を把握する目的で、総合的情報ネットワークが必要である。流出量を推定するための気象条件、チャオプラヤ川やその近傍の河口部における水理条件を把握するためのタイ湾沿いの潮位観測、およびその他の水理・水文観測所データがあれば、流域規模で洪水状況を詳細に把握できるであろう。

表 6.3.2 本調査におけるチャオプラヤ川の水利施設 (1/2)

Structures	Water Course	Name of Structure	Administration
Dam			
	Ping	1. Bhumibol Dam	EGAT
	Nan	2. Sirikit Dam	EGAT
	Kwae Noi (Nan)	3. Kwae Noi Dam	RID
	Wang	4. Kio Lom Dam	RID
	Wang	5. Kio Kho Ma Dam	RID
	Pasak	6. Pasak Dam	RID
	Sakae Krang	7. Tap Salao Dam	RID
	Thachin	8. Kra Siao Dam	RID
Regulator/ Weir			
	Yom	9. Mae Yom Weir	RID
	Nan	10. Phitsanulok Diversion Weir	RID
	Thap Salao	11. Thap Salao Diversion Weir	RID
	Yom to Nan	12. Control Regulator - DR. 15.8 (West)	RID
	Yom to Nan	13. Control Regulator No.1 - DR. 15.8 (East)	RID
	Yom to Nan	14. Control Regulator No.2 - DR. 2.8	RID
	Chao Phraya	15. Chao Phraya Dam	RID
	Suphan	16. Phonlatep Head Regulator	RID
		17. Ban Thabot Regulator	RID
		18. Sam Chuk Regulator	RID
		19. Pho Phraya Regulator	RID
	Noi	20. Borommathat Head Regulator	RID
		21. Channasut Regulator	RID
		22. Yang Mani Regulator	RID
	Noi - Suphan	23. Phak Hai Regulator	RID
		24. Ladchand Regulator	RID
	Chainat - Pasak	25. Manorom Head Regulator	RID
		26. Chongkae Regulator	RID
		27. Khok Krathiam Regulator	RID
		28. Reong Rand Regulator	RID
	Chainat - Ayutthaya	29. Maharat Head Regulator	RID
	Makamthao-Uthong	30. Makamthao-Uthong Head Regulator	RID
	Pasak	31. Rama VI Barrage	RID
	Yom River	32. Ban Hat Saphan Chan Regulator	RID
	Chainat - Pasak	33. Bang Chom Sri Regulator	RID
	CPR - Lopburi River	34. Lopburi Head Regulator	RID
	Lopburi River	35. Lopburi Check Regulator	RID
		36. Lopburi Tail Regulator	RID
	CPR - Bang Keaw Canal - Lopburi River	37. Bang Kaeo Regulator	RID
East side of Chao Phraya River			
	Rang Sit Canal	38. Chulalongkon Regulator	RID
	Rapeephat Canal	39. Phra Narai Regulator	RID
		40. Phra Mahin Regulator	RID
		41. Phra Ekathotsarot Regulator	RID
		42. Phra Sri Sin Regulator	RID
		43. Phra Sri Saowaphak Regulator	RID
West side of Chao Phraya River (Linking between Chao Phraya - Tha Chin River)			
	Chao Chet - Bang Yi Hon Canal	44. Chao Chet Regulator	RID
		45. Banh Yi Hon Regulator	RID
	Phraya Ban Lue Canal	46. Singhanat Regulator	RID
		47. Phraya Ban Lue Regulator	RID
	Phra Phimon Canal	48. Bang Bua Thong Regulator	RID
		49. Phra Phimon Regulator	RID
	Yong - Bang Yai Canal	50. Yong Regulator	RID
	Maha Sawat Canal	51. Chimpfli Regulator	RID
		52. Maha Sawat Regulator	RID

表 6.3.3 本調査におけるチャオプラヤ川の水利施設 (2/2)

Structures	Water Course	Name of Structure	Administration
RID-Pumping Stations			
	Tha Chin River and Chao Phraya River	1. Pathum Thani Project	RID
		2. Nonthaburi Project	RID
		3. Samut Prakan Project	RID
		4. Samut Sakhon Project	RID
		5. Northern Rangsit Project	RID
		6. Southern Rangsit Project	RID
		7. Phra-ong Chaiyanuchit Project	RID
		8. Chonhan Phichit Project	RID
		9. Chaochet-Bang Yihon Project	RID
		10. Phraya Banlue Project	RID
		11. Phra Phimon Project	RID
		12. Phasi Charoen Project	RID
BMA-Drainage Tunnels			
	Chao Phraya River	1. Sukhumvit 26 Drainage Tunnel	BMA
		2. Prem Prachakorn Diversion System	BMA
		3. Drainage System of Phayathai	BMA
		4. Sukhumvit 36 Drainage Tunnel	BMA
		5. Sukhumvit 42 Drainage Tunnel	BMA
		6. Drainage Tunnel from Makkasan Pond to Chao Phraya River	BMA
		7. Rama IX Drainage Tunnel	BMA

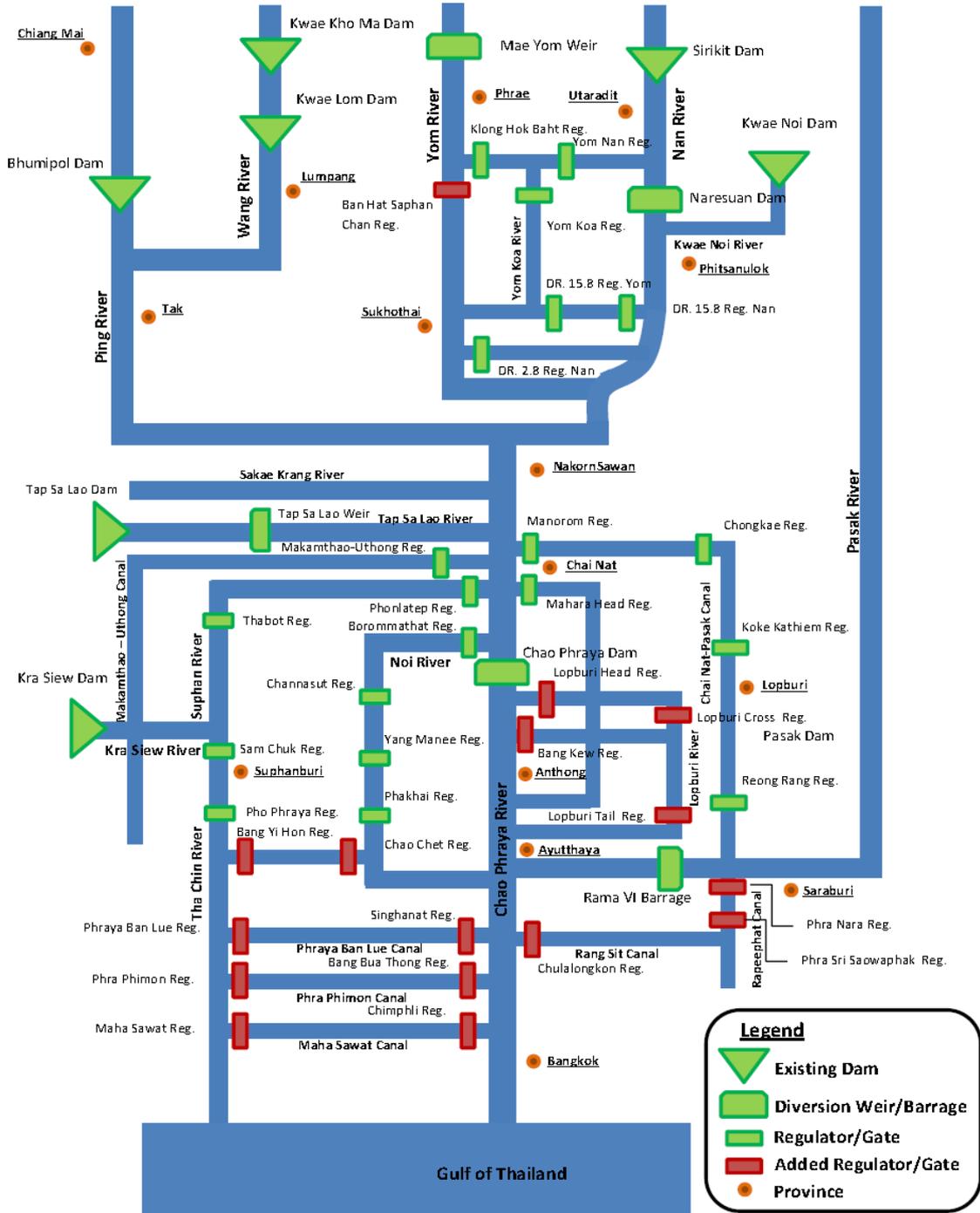


図 6.3.2 チャオプラヤ川流域における水理施設配路図

6.4 GISデータベース

洪水災害時には、その被害状況の把握、シミュレーション解析、次の災害時のための計画策定などのため、数多くのデータ・情報が必要となる。それゆえ、本業務では、様々な関係分野から大量のデータ・情報が収集された。そして、データ管理の観点から、関係機関の間で効果的に GIS データベースが共有化できるように、メタデータのようなデータ・ソースの情報やデータベース構造の情報などが必要とされる。

ここでは、本プロジェクトで構築した GIS データベースの概要を紹介する。

6.4.1 基本情報

構築した GIS データベースの基本情報は、以下のとおりである。

(1) データタイプ

基本的には、3種類のデータタイプが GIS データを構成している。

- 1) ベクターデータ (ポイント、ライン、ポリゴン)
- 2) ラスターデータ (人工衛星データ、標高データ、地形図データ)
- 3) テーブルデータ (観測データ、工場データ等)

(2) データ形式

本 GIS データベースの構築にあたり、以下のデータ形式を採用した。

- 1) ベクターデータ：ArcGIS シェープファイル
- 2) ラスターデータ：GeoTIFF 形式、JPEG 形式
- 3) テーブルデータ：エクセル形式

(3) 座標系

GIS データとリモートセンシングデータには、以下の座標系が適用された。

- 1) UTM 座標系
 - ・ 投影法：UTM、ゾーン 47
 - ・ 中央子午線：東経 99°
 - ・ 緯度原点：赤道 Latitude: Equator
 - ・ スケールファクター：0.9996
 - ・ X 座標原点：500,000 m
 - ・ Y 座標原点：0 m
 - ・ 単位：メートル
 - ・ 楕円体: WGS84
- 2) ジオグラフィック座標系
 - ・ 緯度・経度座標系
 - ・ 楕円体：WGS84

6.4.2 レイヤー構造

チャオプラヤ川流域内において、収集、作成した GIS データを効率的に管理するため、RID (タイ国灌漑局) から入手した GIS データディクショナリーに基づき、本プロジェクトでは GIS データベースを構築した。その GIS データベース構造は、下図に示すとおりである。データ構造は、合計 20 のレイヤーから構成され、例えば、行政界、人口、流域界、洪水地域、交通、水域、土地利用、地形、水文、灌漑、工業、衛星画像、放水路などが含まれており、いくつかのレイヤー (カテゴリ

一) は、更に複数のファイルで構成されている。最終的には、RID によって開発された GIS データディクショナリとして、詳細に記述される。

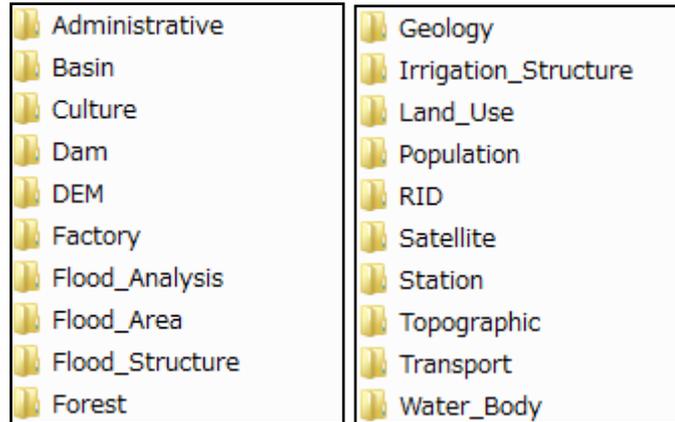


図 6.4.1 構築されたレイヤー構造

6.4.3 構築された GIS データベース

本プロジェクトでは、様々な種類の GIS データが関係機関から収集された。また、それらは、プロジェクト内でも目的に応じてデータ加工がなされた。収集したデータで作成されたサンプルを下図に示す。また、次表には、収集、作成された GIS データの一覧を示す。

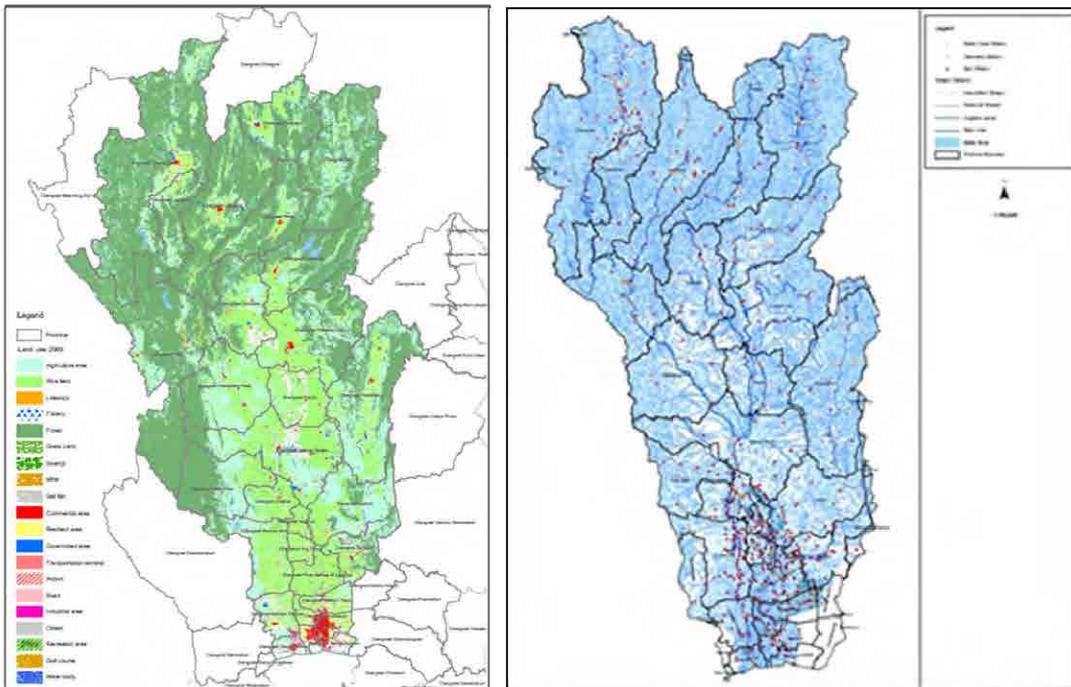


図 6.4.2 作成された主題図（左：土地利用図、右：観測所の位置図）

表 6.4.1 作成された GIS データのリスト

1. GIS Data (Vector Data)				
Class	Layer name	Data Format	From Where	Description
Administrative	Amp_pt_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of Amphoe
	Amphoe_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Amphoe Boundary
	District_BMA	Shape file (Polygon)	BMA	Boundary of district of BMA
	Subdistrict_BMA	Shape file (Polygon)	BMA	Boundary of subdistrict of BMA
	Municipa_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Boundary of municipality
	Prov_pt_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of Provincial office
	Province_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Boundary of province
	Tambon_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Boundary of Tambon
	Village_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Location of Village
Basin	Basin_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	River Basin Boundary
	Boundary_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Chao Praya River Basin Boundary
	Subbasin_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Sub Basin boundary
Culture	BMA office	Shape file (Point)	RID	Location of BMA District office
	Educate_BMA	Shape file (Point)	BMA	Location of School, University and Collage
	Hos_b_BMA	Shape file (Point)	BMA	Location of Big Hospital in BMA
	Hospital_BMA	Shape file (Point)	BMA	Location of hospital in BMA
	Landmark_BMA	Shape file (Point)	BMA	Location of landmark in BMA
	Landmark_CPRB_MOT	Shape file (Point)	MOT	Location of landmark in CPRB
	Police area_MOT	Shape file (Polygon)	MOT	Boundary of police station responsible area
	School_BMA	Shape file (Point)	BMA	Location of school in BMA
Dam	Checkdam_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of Check dam in CPRB
	Dam_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of dam in CPRB
	Existing_Dam_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of Existing dam in CPRB
	Proposed_bigdam	Shape file (Point)	RID	Location of proposed big dam
	Proposed_Dam_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of proposed dam in CPRB
Flood_Area	Flood Potential Area	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flood risk area
	Flood_08_2011_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area in Aug 2011
	Flood_09_2011_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area in Sep 2011
	Flood_10_2011_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area in Oct 2011
	Flood_11_2011_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area in Nov 2011
	Flood_12_2011_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area in Dec 2011
	Flood_Grid_CPRB	Shape file (Polygon)	Study Team	Grid plan 2x2 sq km for surveying
	Flood2005_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area 2005
	Flood2006_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area 2006
	Flood2007_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area 2007
	Flood2008_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area 2008
	Flood2009_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area 2009
	Flood2010_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area 2010
	Flood2011_CPRB	Shape file (Polygon)	GISTDA	Flooded area 2011
	Floodmark_CPRB	Shape file (Point)	Study Team	Location of flood depth surveying point
Flood_Structure	(Dyke) KingDike	Shape file (Polygon)	RTSD	Boundary of king dike
	(Dyke) ProtectionArea	Shape file (Polygon)	Study Team	Boundary of protection area
	(Floodway) Floodway_longterm	Shape file (Line)	Study Team	Alignment of flood way
	(Retention Area) RetentionArea_2012	Shape file (Polygon)	Study Team	Boundary of retention area
	(Retention Area) RetentionArea_Masterplan	Shape file (Polygon)	Study Team	Boundary of retention area from RID's master plan
	(Retention Area) RetentionArea_Study	Shape file (Polygon)	Study Team	Boundary of retention area from study team
	(Retention Area) RetentionArea_TOR	Shape file (Polygon)	Study Team	Boundary of retention area from TOR
Forest	Forest2004_CPRB	Shape file (Polygon)	Forest Dep.	Forest area 2004
	Forest2008_CPRB	Shape file (Polygon)	Forest Dep.	Forest area 2008
Geology	Geol_str_CPRB	Shape file (Polygon)	DMR	Geology structure
	Geology_CPRB	Shape file (Polygon)	DMR	Geology
Irrigation_Structure	Canal	Shape (Line)	RID	Location of canal
	Pump_station	Shape (Point)	RID	Location of pump station
	Regulator	Shape (Point)	RID	Location of regulator
Land_Use	Land use 2002_CPRB	Shape file (Polygon)	LDD	Land use 2002 in CPRB
	Land use 2009_CPRB	Shape file (Polygon)	LDD	Land use 2009 in CPRB
Population	POP_CPRB	Shape file (Polygon)	DOPA	Population in Tambon level year 2011 in CPRB
RID	Hydro_center_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of water management and hydrology office
	Hydro_region_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Responsible area of water management and hydrology department regional office
	Irrigation office_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of RID regional office
	Irrigation_Project_area_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Responsible area of RID project office
	Prov_RID_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of RID provincial office office
RID_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Responsible area of RID regional office	
Station	Bouy_Station	Shape file (Point)	GISTDA	Location of Bouy station
	Coastal_Radar_Station	Shape file (Point)	GISTDA	Location of coastal radar station
	Coastal_Water_level_Station	Shape file (Point)	GISTDA	Location of coastal water level station
	Level_station_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of water level station in CPRB
	Rain_station_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of rain station in CPRB
	Station_location	Shape file (Point)	RID	Location of Observation station
	Telesation_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of telemetering station in CPRB
	Telemetry_Station_DWR	Shape file (Point)	DWR	Location of telemetering station in CPRB from DWR
	TMD_Station_CPRB	Shape file (Point)	TMD	Location of TMD station
Weather_Station_CPRB	Shape file (Point)	RID	Location of weather station	
Topographic	Contour_CPRB	Shape file (Line)	RID	Contour line
	Spot height_CPRB	Shape file (Point)	RID	Spot height
	(Topographic Map) Index50000	Shape file (Polygon)	RID	Legend of topographic map
	(Map50000)	Raster (jpg file)	RID	Topographic map
Transport	BTS_MOT	Shape file (Line)	RID	Alignment of BTS and MRT line
	Mainroad_BMA	Shape file (Line)	RID	Main road in BMA
	Road_MOT_CPRB	Shape file (Line)	MOT	Road network in CPRB from MOT
	Road_RID_CPRB	Shape file (Line)	RID	Road network in CPRB from RID
	Rail_MOT_CPRB	Shape file (Line)	MOT	Rail track alignment in CPRB
Station_MOT_CPRB	Shape file (Line)	MOT	Train station in CPRB	
Water_Body	Main River_CPRB	Shape file (Line)	RID	Main river in CPRB
	Stream_CPRB	Shape file (Line)	RID	Stream in CPRB
	Water body_CPRB	Shape file (Polygon)	RID	Water body in CPRB

2. Image Data (Raster Data)				
DEM	GDEM_CPRB	GRID file	ASTER	Digital Elevation Data with 30m resolution in Chao Phraya River Basin
	SRTM_CPRB	GRID file	NASA	Digital Elevation Data with 90m resolution in Chao Phraya River Basin
Satellite	L5_129048_19960116	ERDAS Imagine	USGS	LANDSAT-5 observed in 1996
	L5_129049_19960116			LANDSAT-5 observed in 1996
	L5_129050_19960523			LANDSAT-5 observed in 1996
	L5_129051_19960523			LANDSAT-5 observed in 1996
	L5_130048_19960123			LANDSAT-5 observed in 1996
	L5_130049_19960123			LANDSAT-5 observed in 1996
	L5_130050_19960208			LANDSAT-5 observed in 1996
	L5_129048_20110415			LANDSAT-5 observed in 2011
	L5_129049_20110415			LANDSAT-5 observed in 2011
	L5_129050_20110415			LANDSAT-5 observed in 2011
	L5_129051_20110415			LANDSAT-5 observed in 2011
	L5_130048_20091212			LANDSAT-5 observed in 2009
	L5_130049_20091212			LANDSAT-5 observed in 2009
	L5_130050_20091212			LANDSAT-5 observed in 2009
Topographic	(Map sheet No.)	JPEG image	RID	Scanned topographic maps at the scale of 1: 50,000
3. Tabular Data				
Factory	Factory data 2012	Excel	MOI	Factory data in 2012 from MOI

6.4.4 データディクショナリー

基本的に、GIS データ自体は、例えば、名前、タイプ、座標などの属性情報を有している。そして、GIS ユーザーがデータの品質を理解するためには、それらの情報が有用になる。したがって、本プロジェクトでは、それらの情報の詳細が記載されたデータディクショナリーを作成した。なお、このデータディクショナリーは、サポーティングレポートに含まれている。

6.4.5 メタデータ

メタデータは、データ品質の観点から GIS データを処理するために極めて重要な情報である。もし、GIS データにメタデータが含まれている場合は、ユーザーはデータの品質とそのソースを理解することが容易であり、例えば、データの作成者、担当部署、ソースデータ、作成範囲などの情報が直ちにわかる。

ISO19115(地理情報 - メタデータ)によると、メタデータは 400 以上の要素で構成されているが、すべてのメタデータ要素を準備するためには多くの時間が必要となる。一方、コアメタデータは、基本的な情報を含んだ約 40 の要素で構成されている。このメタデータには、データ品質、データの責任者、参照システム、識別、範囲など必要最小限なものが求められる。それゆえ、ArcGIS の中にある ArcCatalog アプリケーションを本プロジェクトで構築した GIS データに適用し、コアメタデータを作成した。以下にコアメタデータ構造を示す。

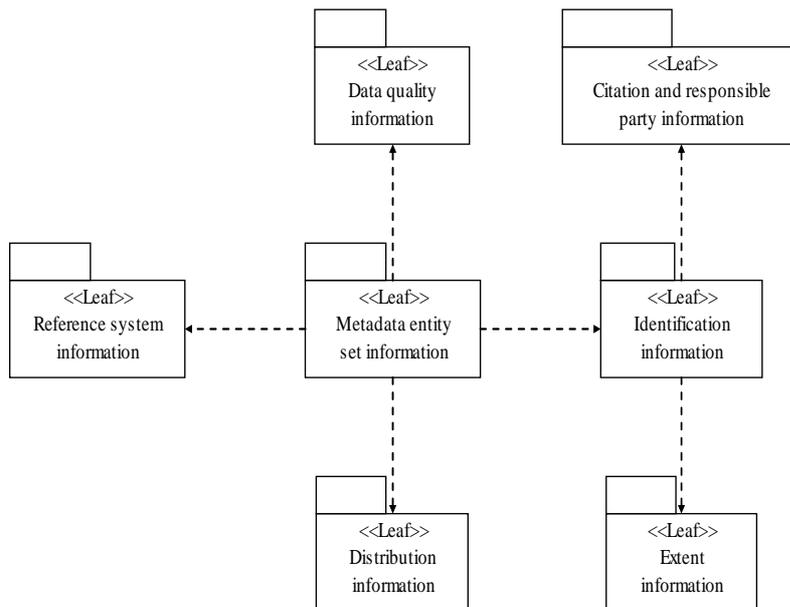


図 6.4.3 コアメタデータ構造

第7章 水文調査

7.1 気象・水文観測

対象流域の水文特性に関する理解を深めるために、各観測点の水位、流量、潮位、降雨データを収集し分析を行った。タイにおいては、政府機関によってデータ収集、観測所の設置、運用が行われている。ここでは、観測所（水位、潮位、雨量）の一般的な情報についてまとめる。

7.1.1 水位と流量測定

調査地域内の水位と流量は、主に二つの機関、王立灌漑局（RID）と水資源局（DWR）によって実施されている。チャオプラヤ川全流域の水位（流量）観測所の総数は417であり、そのうち、306はRID管轄の観測所であり、111はDWR管轄の観測所である（2012年6月時点）。水位観測所では、スタッフゲージによる観測、テレメトリー観測が行われている。

各ステーションにおいて、既存のHQ曲線を検証し、更新するために流量の測定が行われている。DWRは、調査対象河川に応じて、カップ型流速測定器と、プロペラ型流速測定器を用いて、流量測定を行っている。また、RIDにおいても、基本的には流速計を用いて測定を行っているが、潮位の影響や堰などの重要構造物付近での観測においては、音波ドップラー流速計（River Surveyor M9とH-ADCP）などの新技術を用いる場合もある。

一般的に、データの検証と検査は担当技師の経験を基に行われ、検証後、ウェブサイトや年鑑データ集などで情報を開示している。

7.1.2 潮位データ測定

潮位のデータは、主に4機関、RID、タイ王国海軍（RTN）、海洋部（MD）、タイ港湾局（PAT）で実施されている。本調査に関係する観測所は、タイ湾内とチャオプラヤ川沿いに合計24観測所が設置され、2つの測定方法（デジタル測定とグラフィカル測定）が行われている。MDおよびPAT観測所は主にグラフィカル測定を行っているのに対し、RTN観測所では、デジタル測定（1観測所）とグラフィカル測定（8観測所）が行われている。

測定値の収集時期は、各機関によって異なる。基本的には測定データシートは月に一度観測所から収集され、さらなる分析のために各機関の本局に提出される。その後、担当技師によってデータの検証が行われ、毎時ごとの潮位を読み取り表にまとめる。これらの収集したデータは、各機関によって様々な目的で使用されているが、一般公開されているデータはRTNの潮位予測（観測データに基づいた予測）のみである。MDおよびPATのデータは、主に輸送や浚渫プロジェクトの為に利用されている。

7.1.3 降雨測定

雨量データは、主に3つの機関、タイ気象局（TMD）、RIDとDWRによって実施されている。チャオプラヤ川全流域に設置されている降雨観測所の総数は1334であり、TMD 487観測所、RID 494観測所、DWR 353観測所である。TMDとRIDは、担当現地スタッフによる観測とテレメトリー観測の2種類の観測方法を用いているが、DWRは、それらの2つの観測に加え、上流域に早期警戒観測所を307地点に設置している。これらの観測所は、チャオプラヤ川全流域を網羅し広範囲に渡る。特徴としては、RID観測所はバンコク都周辺のチャオプラヤデルタ、DWR観測所はチャオプラヤ川流域上流の山岳地帯、そしてTMD観測所は全流域にちらばって設置されている。

一般公開されているデータはTMD観測値のみで、降雨量、温度、圧力、湿度、風（速度及び方向）、蒸発や日光などの情報が購入可能である。他の機関のデータは、機関内部でのみ共有され、年鑑データ集や洪水解析を行うために利用されている。

7.2 計画対象洪水の決定のための水文解析

7.2.1 はじめに

マスタープランの最も重要な条件の一つである計画対象洪水を決定するため、次のフローに沿って様々な水文解析を実施している。

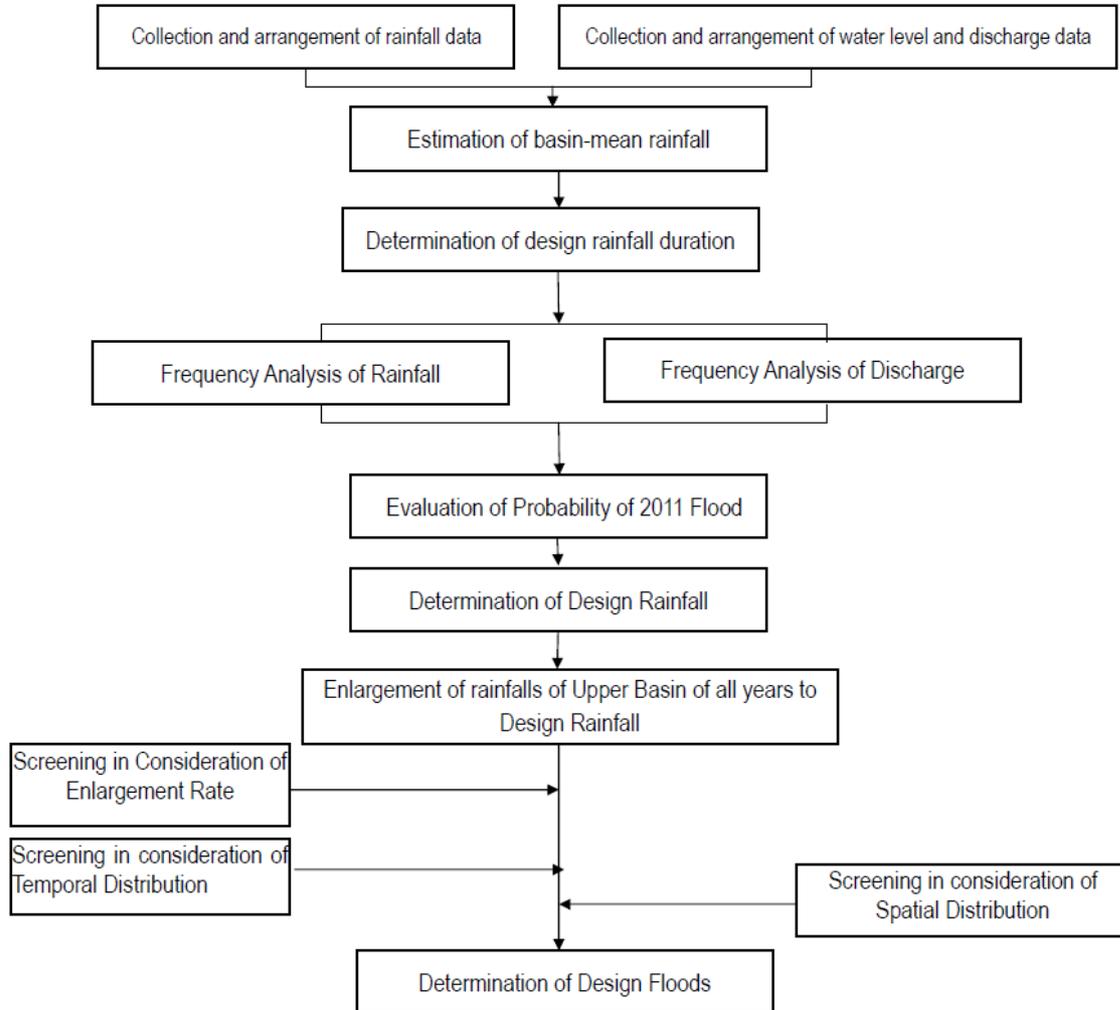


図 7.2.1 計画対象洪水の決定フロー

7.2.2 降雨解析のための観測所

(1) データ収集

降雨データは RID、TMD、DWR などから収集され、下表のように整理される。データ収集は2つのステージに分けて行われた。6月8日以前の第1ステージでは RID データセンターや TMD から計 241 観測所の雨量データが収集された。しかしながら、収集データはチャオプラヤ川の下流域に集中し、中上流域のものが少なかった。第2ステージでは、中上流域のデータを増やすべく、RID Hydro Centers、TMD、DWR などから再度データ収集を行った。

表 7.2.1 収集雨量データ

NO.	データ区分 (収集先)	観測所数 [※]	備考
1	RID(RID data center)	195	2012/6/8 作業部会の降雨解析では本データを使用
2	TMD	46	2012/6/8 作業部会の降雨解析では本データを使用
3	RID&TMD (Hydrogy)	292	・データ期間が短い (2009~2012)
4	RID&TMD (Website of RID Hydro-1)	145	・データ年度や観測所コードの不整合、フォーマットの異常 (日付の欠落など) が多数 ・1、2 と重複するデータ多数有り
5	RID&TMD (Hydro center 1)	185	・上流域のデータが中心 ・データ年度やコード番号の不整合、フォーマットの異常 (日付の欠落など) が多数 ・1、2 と重複するデータ多数有り
6	RID (Hydro Center 5)	16	・既往収集済み地点と重複箇所多数あり ・中流域のデータが中心
7	DWR	35	・観測所数は 35 地点であったが、そのうち 7 地点は収集した全期間でデータに長期間の欠測があるため、使用可能な地点は 28 地点となる。
8	HAI	-	・データ期間短い (2008-2012) .

※: 6/8 以降に収集したデータ
※観測所の緯度経度が分かる地点を対象とし観測所数を整理する

(2) 雨量観測所の組み合わせの設定

雨量観測所の分布状況、観測期間や欠測状況を勘案して、流域平均雨量計算に用いる雨量観測所を固定する。観測所密度を考慮して以下の 4 つの観測所の組み合わせケースを設定し、使用する雨量観測所と流域平均雨量の関係について検討した。

- ケース 1: TMD 46 Stations (TMD 46)
- ケース 2: TMD 46 + RID 195 Stations (TMD+RID)
- ケース 3: TMD 46 + RID 195 + Additional 169 Stations (TMD+RID+169)
- ケース 4: All 505 Stations (Full)

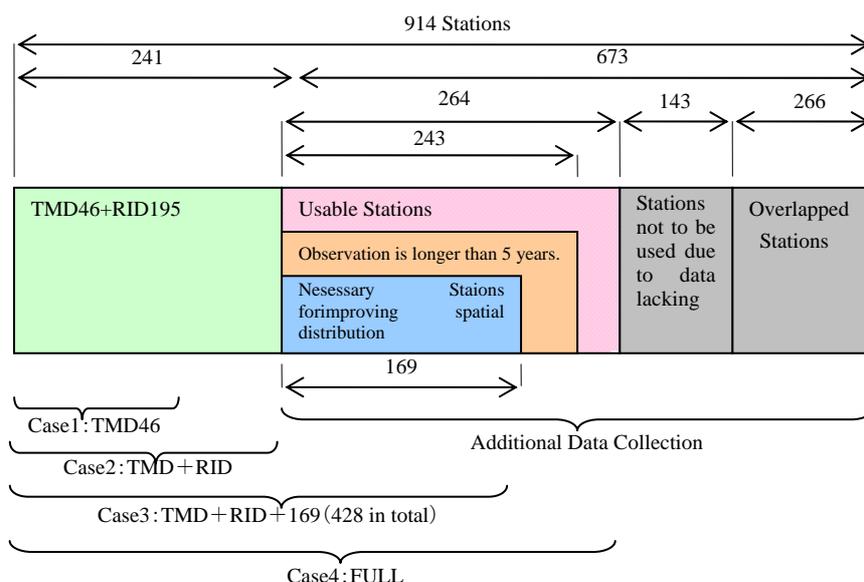


図 7.2.2 各ケースの使用観測所数

(3) 4 ケースの流域平均雨量

設定した4ケースについて、ティーセン法によって計算した1995年、2006年および2011年の流域平均雨量を表7.2.2および表7.2.3に示す。この流域平均雨量の継続時間はチャオプラヤ流域の洪水現象と相関が高いと考えられる6ヵ月に設定した。

これらの表から、ケース2~4の3ケースの差は3%以下である。一方でケース3と4の差は非常に小さく、最大で±0.7%である。同様な傾向が各小流域でもみられる。

表 7.2.2 ナコンサワン上流域の流域平均6ヵ月雨量

Unit: mm

Division	Case1 (TMD46)	Case2 (TMD+RID)	Case3 (TMD+RID+ addition of 136)	Case4 (FULL)
1995 Flood	1,196 (-3.6%)	1,240 (-0.1%)	1,243 (0.2%)	1,241
2006 Flood	1,398 (0.9%)	1,344 (-2.9%)	1,375 (-0.7%)	1,385
2011 Flood	1,533 (3.6%)	1,474 (-0.3%)	1,483 (0.3%)	1,479

Note: Values in % are differences from Case 4.

表 7.2.3 チャオプラヤ全流域の流域平均6ヵ月雨量

Unit: mm

Division	Case1 (TMD46)	Case2 (TMD+RID)	Case3 (TMD+RID+ addition of 136)	Case4 (FULL)
1995 Flood	1,171 (-3.5%)	1,211 (-0.2%)	1,216 (0.2%)	1,214
2006 Flood	1,312 (3.2%)	1,251 (-1.6%)	1,266 (-0.5%)	1,271
2011 Flood	1,437 (3.6%)	1,386 (-0.1%)	1,390 (0.3%)	1,387

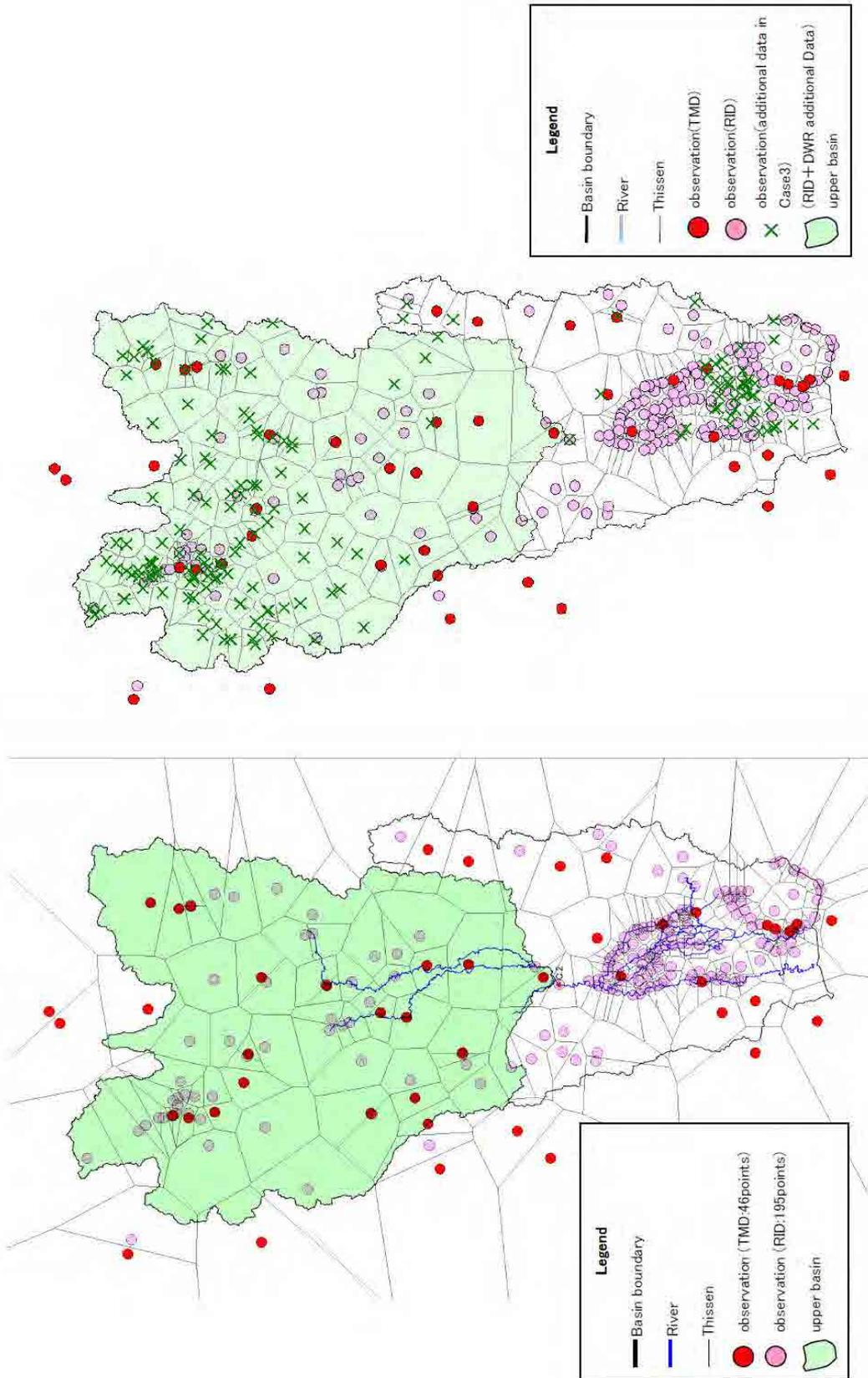
Note: Values in % are differences from Case 4.

(4) 使用雨量観測所の最適組合せ

上記の検討結果に基づき、下記の理由から、ケース3 (TMD+RID+169) を次節以降の降雨解析に用いる雨量観測所の組み合わせとした：

- ・ ケース2 (TMD+RID)、ケース3 (TMD+RID+169) およびケース4 (Full) による流域平均雨量の差は小さい。とくにケース3 (TMD+RID+169) とケース4 (Full) の差は小流域についても非常に小さい。
- ・ 最大ティーセンポリゴン面積はケース3と4で同レベルである。両ケースともケース2よりも観測所密度が高い。
- ・ したがって、ケース2の観測所の少ない地域について観測所を適切に増やしたケースであるケース3が推奨される。

ケース2およびケース3のティーセン分割図を図7.2.3に示す。



b) Case 3(TMD+RID+169)

a) Case 2 (TMD+RID)

図 7.2.3 雨量観測所位置とテイラーセン分割

7.2.3 降雨解析

(1) 計画降雨継続時間の設定

降雨継続時間は治水計画の基本条件の一つである。広大なチャオプラヤ流域の洪水現象は多くの要因に影響されるものであるが、その洪水現象に最も影響する降雨継続期間を検討する。

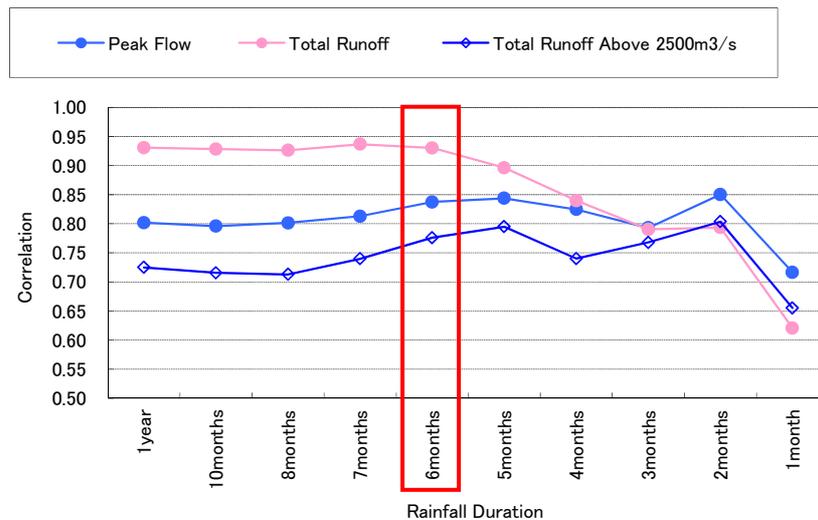
この目的のため、上流域について異なる継続時間の流域平均雨量とナコンサワン (C.2) 地点の最大河川流量、同地点年間流出ボリューム、さらに同地点のある流量 (流下能力を想定) 以上の総流出ボリューム間の回帰分析を行った。

この結果から下記のことが言える：

- 最大流量との相関については、2 ヶ月および 6 ヶ月雨量の相関が高い。
- 6 ヶ月以上の雨量は総流出ボリュームと相関が高い。
- 2、3、5 および 6 ヶ月雨量は流下能力以上の流出ボリュームとの相関が高い。

以上の解析結果に基づき、下記の理由からチャオプラヤ川流域の計画降雨継続時間を 6 ヶ月とする：

- チャオプラヤ川流域の洪水は数か月の長期間におよぶことに特徴があることから、流量ボリュームは最大流量 (ピーク流量) よりも重要と思われる。
- 総流出量で 1 位と 2 位である 2011 年と 2006 年は 6 ヶ月雨量においても 1 位と 2 位になっており、6 ヶ月雨量は洪水スケールをよく反映しているといえる。



※ 流下能力は99MPで示されている最小流下能力2,500m³/s

図 7.2.4 継続時間別流域平均雨量と流量の相関係数

6 ヶ月雨量の期間は、1 年のうち 6 ヶ月雨量が最大となる 183 日を取ることにする。

(2) 確率解析

2011 年洪水の規模 (再起期間) を評価するために確率解析を行った。その確率解析条件は表 7.2.4 に示すとおりであり、また使用した確率分布モデルを表 7.2.5 に示す。

表 7.2.4 降雨確率解析の条件

使用データ	Case3 観測所 (TMD+RID+追加 169 地点)
データの集計期間	1961～2011 (51 年間)
計算対象観測所数	最大 428 (観測状況により年毎に異なる)
降雨の算定手法	ティーセン分割法を用いて流域平均雨量を算定
ティーセンパターン	一年毎固定とする (ただし、1～3 月における雨量が欠測する場合、1～3 月は欠測観測所を除いたティーセン分割を行い、流域平均雨量を作成した。)
降雨継続期間	2 週間、1 ヶ月、2 ヶ月、3 ヶ月、4 ヶ月、5 ヶ月、6 ヶ月、7 ヶ月、8 ヶ月、10 ヶ月、12 ヶ月 (計 11 種類) *降雨期間は、解析対象流域毎に最大となる期間を設定

表 7.2.5 確率分布モデル

NO.	確率分布モデル	
1.	Exp	指数分布
2.	Gumbel	グンベル分布
3.	SqrtEt	平方根指数型最大値分布
4.	Gev	一般化極値分布
5.	LP3Rs	対数ピアソン III 型分布(実数空間法)
6.	LogP3	対数ピアソン III 型分布(対数空間法)
7.	Iwai	岩井法
8.	IshiTaka	石原・高瀬法
9.	LN3Q	対数正規分布 3 母数クオンタイル法
10.	LN3PM	対数正規分布 3 母数(Slade II)
11.	LN2LM	対数正規分布 2 母数(Slade I, L 積率法)
12.	LN2PM	対数正規分布 2 母数(Slade I, 積率法)

ナコンサワン上流域とチャオプラヤ川全流域についての確率解析結果を図 7.2.5、図 7.2.6 に示す。

上記の解析結果に基づき、2011 年洪水の規模について表 7.2.6 のようにまとめられる。すなわち、SLSC 値が 0.04 以下になるようなモデルについて見てみると、ナコンサワン上流域の 6 ヶ月雨量の規模は 50～350 年確率程度と推定される。SLSC 値が最も小さいモデル (LN2PM) では約 141 年確率である。チャオプラヤ全流域については、SLSC 値が 0.04 以下になるモデルで 90～210 年確率と評価される。SLSC 値が最も小さいモデル (LN2PM) では約 100 年確率である。

表 7.2.6 雨量から見た 2011 年洪水規模の評価

Rainfall Duration	Upper Basin upstream of Nakhon Sawan			Entire Chao Phraya River Basin		
	Range of probability	Minimum SLSC		Range of probability	Minimum SLSC	
	SLSC ≤ 0.04	Probability	Model	SLSC ≤ 0.04	Probability	Model
6 months	1/53 to 1/345	1/141	LN2PM	1/90 to 1/207	1/100	LN2PM

下表に、ナコンサワン上流域および全流域における降雨確率規模別の6ヶ月雨量を整理した。

表7.2.7 チャオプラヤ川確率規模別降雨量

生起確率	雨量 (6ヶ月降雨)	
	Nakhon Sawan (C.2) 上流	全流域
	流域面積: 105,000km ²	流域面積: 163,000km ²
2	1,087	1,054
3	1,148	1,109
5	1,209	1,165
10	1,278	1,227
20	1,339	1,282
30	1,371	1,311
50	1,410	1,346
80	1,444	1,376
100	1,459	1,390
120	1,472	1,401
140	1,482	1,411
150	1,487	1,415
160	1,491	1,419
180	1,499	1,426
200	1,506	1,432

*降雨期間：6ヶ月（183日）
確率分布モデル：LN2PM

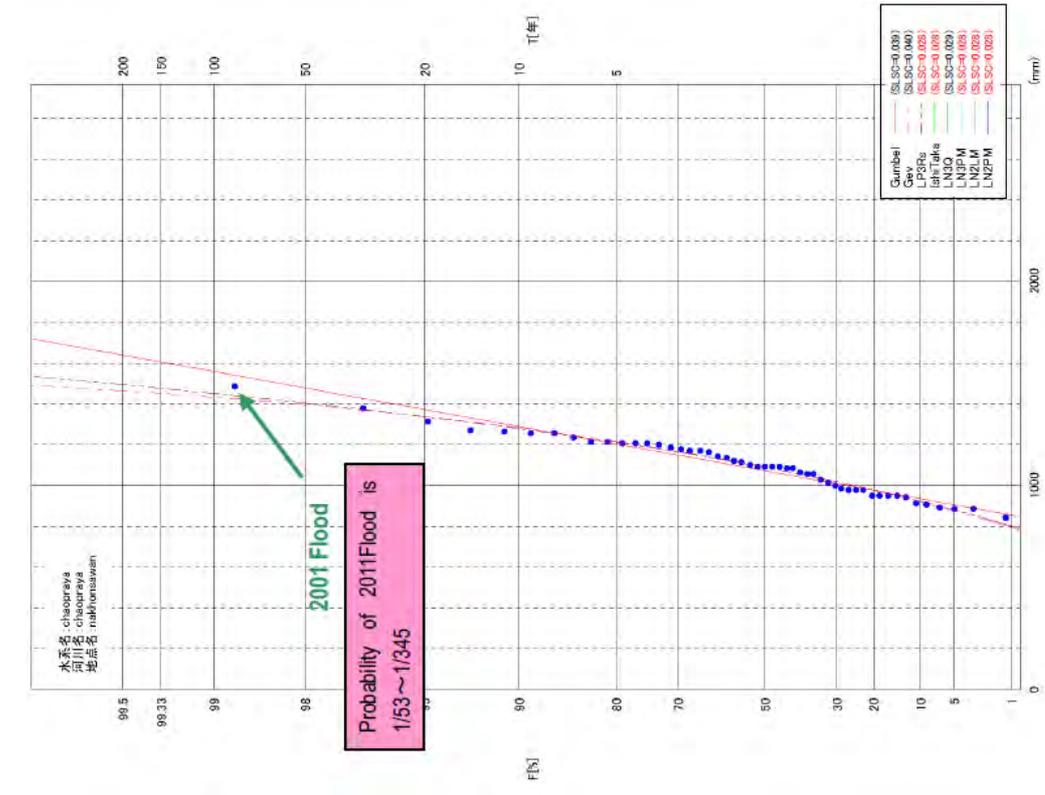


図 7.2.5 Gumbel 確率紙へのプロット
(ナコンサワン上流域 6 ヶ月雨量)

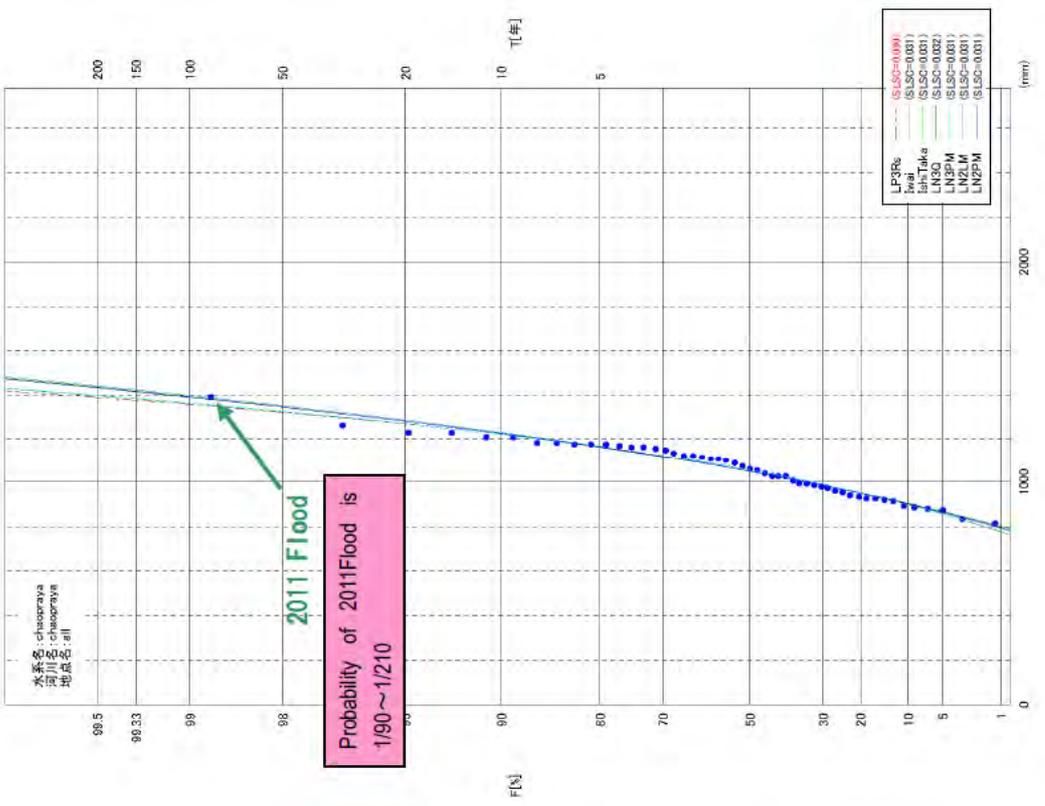


図 7.2.6 Gumbel 確率紙へのプロット
(チャオプラヤ全流域 6 ヶ月雨量)

7.2.4 流量の確率解析

前節では 2011 年洪水の降雨の規模を評価した。この節では河川流量の規模について検討する。

(1) ナコンサワン (C.2) 地点流量

ナコンサワンはチャオプラヤ川流域において重要なコントロールポイントの一つである。この地点においてチャオプラヤ川流域はピン、ヨムおよびナムの流域からなる上流域と下流側の経済資産が集中するデルタ地域に二分される。このため、この地点の観測所流量 (C.2) について確率評価を行うこととする。

(2) ダム貯水池の影響の除去の必要性

C.2 地点の自然の流出量を評価するためには、上流のダム貯水池による調節水量を観測流量データに加える (ダム戻し) 必要がある。チャオプラヤ川流域には数多くのダム貯水池があるが、そのうち 2 つの巨大ダム、1964 年に運用を開始したブミポンダムと 1974 年に運用を開始したシリキットダムが、ナコンサワン (C.2) 地点流量に最も大きな影響を及ぼすものと考えられる。したがって観測流量を 2 つのダム貯水池のダム戻しを行う。

ブミポンダムが 1964 年に運転を開始した後の C.2 観測流量については、これらの巨大ダム貯水池ない場合を想定して次のように修正する。

- 1) MIKE11 の洪水追跡モデルによって、ダム有、ダム無の各々についてナコンサワン (C.2) 流量を推定する。
- 2) ナコンサワン地点でのダム貯水池による洪水調節流量をダム無のケースの上記計算流量からダム有のケースの計算流量を差し引いたものとする。
- 3) 上記洪水調節流量をナコンサワン (C.2) 地点観測流量に加えたものを、ダム貯水池の影響を除いた流量 (ダム戻し流量) とする。

(3) 流量データの標本

チャオプラヤ川流域の洪水現象を代表する流量として、次にあげる 3 種類の標本が考えられる。すなわち、最大ピーク流量、年間総流出ボリューム、および流下能力 ($2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ を想定) 以上の流量ボリュームである。これらの 3 種の流量データに対し、確率分析を行うことになる。

(4) 確率解析

ダムの調節を考慮しない計 56 カ年のナコンサワン (C.2) データから、3 種類の標本データを作成し、確率分析を行った。流下能力以上の流量ボリュームについては標本の性質が最大流量、年間ボリュームと異なり、閾値 (流下能力 $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$) 以上の毎年値ではない標本 (POT 資料: Peak Over Threshold) を対象とすることになる。そのため、確率計算手法は非毎年確率手法を用いるものとした。

結果を表 7.2.8 にまとめた。2011 年洪水の評価として以下のことが言える：

- 2011 年ピーク流量の確率評価は、SLSC 0.04 以下の手法で見た場合、概ね 30~120 年確率となる。
- 2011 年ダム戻し年間ボリュームは $55,570 \text{ MCM}$ (million m^3) である。確率評価は SLSC 0.04 以下の手法で見た場合、概ね 100~210 年確率である。
- 被害が生じると想定される流下能力以上のボリューム評価では、2011 年実績値 (ダム戻し後) の確率評価は概ね 100 年確率である。

表 7.2.8 2011 年洪水の評価まとめ (流量確率)

Item	Value of 2011	Probability by Evaluation Criteria		
		Range of Probability (SLSC≤0.04)	Selected Frequency function	Probability
Maximum Peak Discharge (m ³ /s)	6,857	1/32 to 1/122	Gev	1/70
Total Runoff Volume (MCM)	55,570	1/102 to 1/207	Iwai	1/127
Runoff Volume Exceeding Flow Capacity (MCM)	15,154	1/102	Lexp	1/102

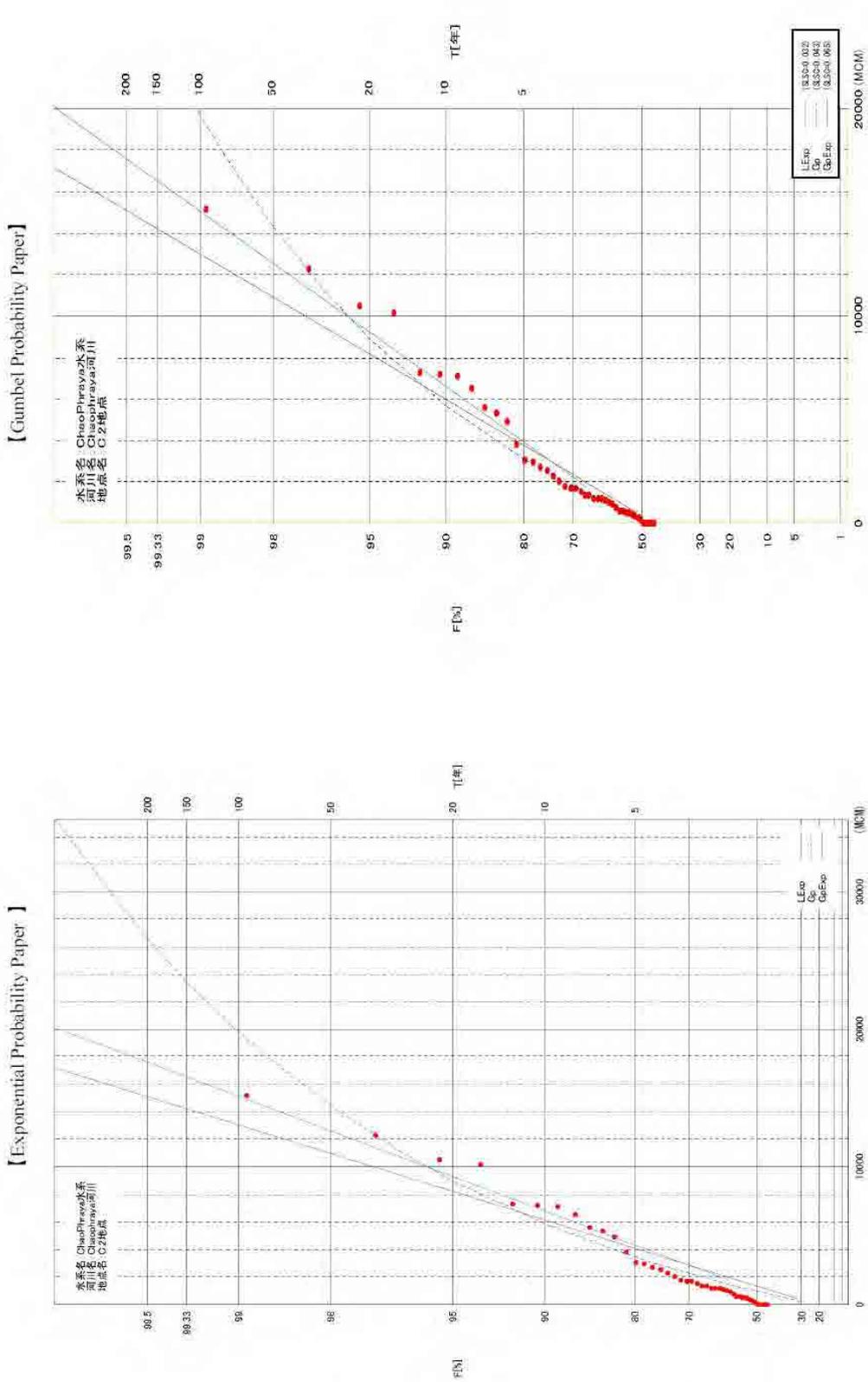


図 7.2.7 ナコンサンでのダム戻し流量の確率プロット (流下能力 $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える流量ボリューム)

7.2.5 計画対象洪水の決定

(1) 2011年洪水の総合評価

これまでの検討結果より、2011年洪水の規模について以下のようにまとめられる。

- 2011年実績降雨は、ナコンサワン上流 1,390 mm/6months で概ね 1/90～1/210 年確率、SLSC 最小値の手法でみると 1/100 年確率となる。
- 2011年洪水の氾濫被害が生じる流下能力以上ボリュームの確率評価結果は概ね 1/100 年確率と評価される。

(2) 治水計画のための計画外力の設定

計画対象外力の考え方は、降雨で評価する方法と流量で評価する方法が考えられる。ここでは、流域の土地利用の状況や河道の改修状況に影響を受けず、また気候変動等の影響を考慮した普遍的な評価が可能な外力として降雨を設定することとした。

また、以下に示すタイ国のこれまでの M/P 策定経緯および現在のタイ国政府の方針を考慮すると、2011年実績洪水を計画対象とし、かつ、その確率規模が 100 年確率以上であれば 2011年洪水を計画対象外力とすることが妥当であると考えられる。上述のとおり 2011年実績は降雨量、流出量の両観点から見て 100 年確率と同程度もしくはそれ以上となっており、「2011年洪水の実績降雨量（ナコンサワン上流域 6 ヶ月雨量）1,390 mm/6 months」を計画対象外力とするものとする。

- RID の従来の M/P の計画規模は 1/100 年確率である。
- 2011年洪水被害を受け、タイ国政府は 2011年洪水を目標とする対象洪水と考えている。
- 2011年洪水における実績降雨および流出ボリュームの確率評価結果は、概ね 1/100 年程度となる。

(3) 他の降雨パターン

計画対象外力は 2011年実績降雨、実績流量（ダム戻し後）を基本とするが、ダムや遊水池等の洪水調節施設配置検討では、2011年型降雨波形のみならず、地域分布、時間分布が異なる複数の降雨パターンを対象として検討することが望ましい。その検討手順は図 7.2.8 に示すとおりとなる。

2011年洪水以外の降雨は 100 年確率より小さいため、これらの雨は 2011年の雨量と等しくなるよう引き延ばしを行う。

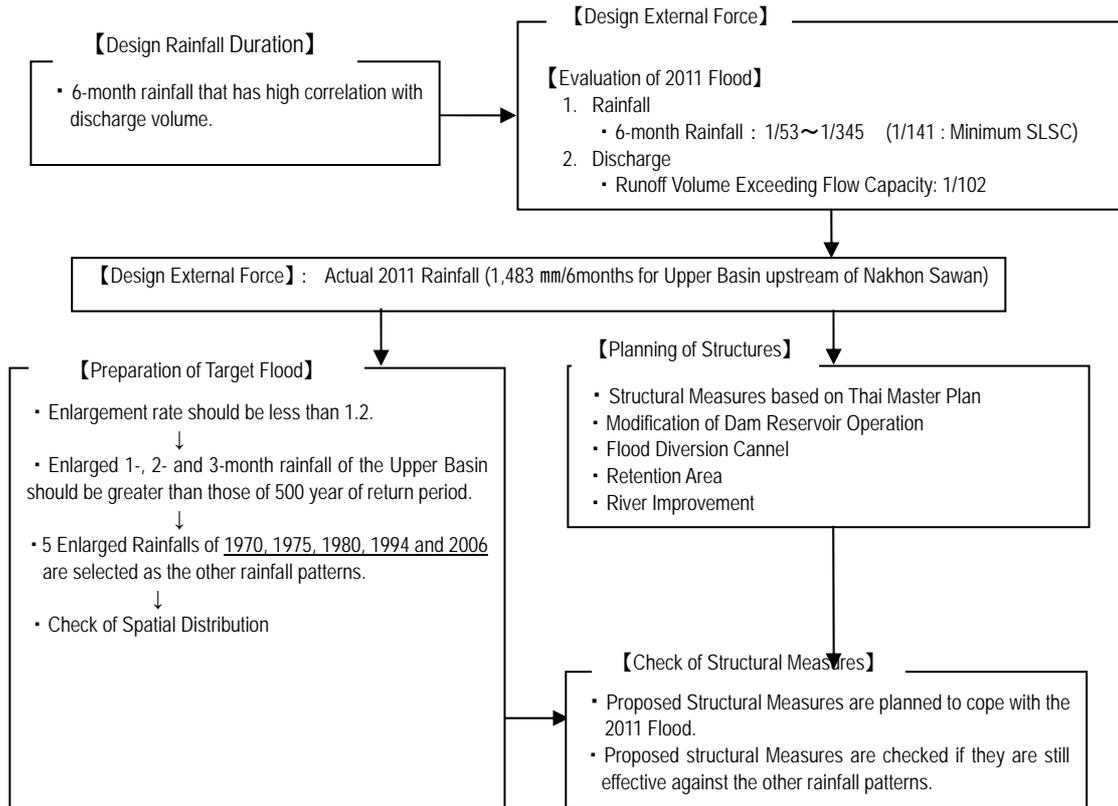


図 7.2.8 施設配置計画の検討手順

雨量確率手法における基本高水の検討においては実績降雨波形を計画降雨波形に引き伸ばす必要があり、確率水文量への引伸しにおいて引き伸ばした洪水波形が異常な降雨になっていないか、十分なチェックが必要となる。そのためには引き伸ばし率はできるだけ小さいことが望まれる。

図 7.2.9 はナコンサワン地点上流域 6 ヶ月雨量を 2011 年降雨量へ引き伸ばした場合の引伸し倍率の頻度分布である。これより、1.0~1.1 倍までを対象とした場合は 2 ヶ年、1.2 倍までを対象とした場合は 7 ヶ年、1.3 倍までを対象とした場合は 20 ヶ年が対象となる。対象年として概ね 10 ヶ年程度あれば異なる地域分布、時間分布の降雨を対象とできると考えられるため、2011 年実績雨量への引伸し倍率が 1.2 倍以下である 7 ヶ年を抽出した。すなわち、2011 年の他に 1970、1975、1980、1994、1995 および 2006 年の 6 カ年である。マスタープランの作成にあたって、この 7 洪水を計画対象洪水とする。

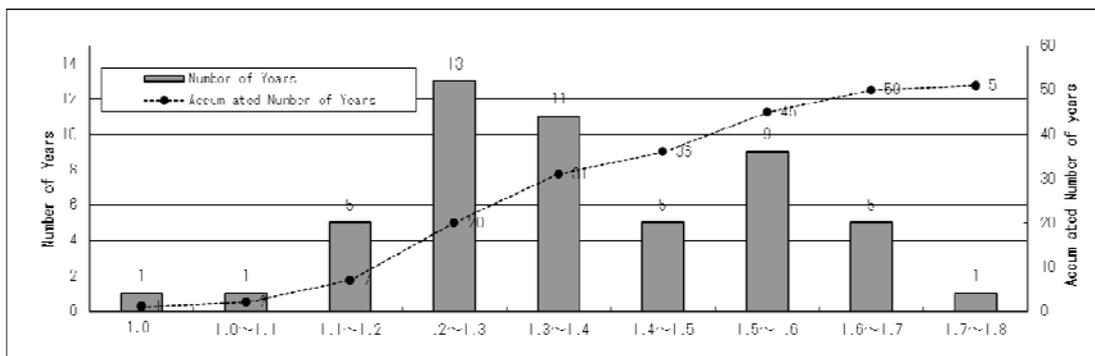


図 7.2.9 2011 年実績雨量への引伸し率 (1961~2011 年対象)

表 7.2.9 2011年実績降雨量への引伸し率

year	6-month Rainfall of Upper Basin 1,483mm				1-month rainfall		2-month rainfall		3-month rainfall	
	1,483		Judgement	Ranking	Actual (mm)	Enlarged (mm)	Actual (mm)	Enlarged (mm)	Actual (mm)	Enlarged (mm)
	Actual (mm)	Enlargement Rate								
1961	1,208	1.228	Larger than 1.2	11	342	419	571	701	724	889
1962	1,117	1.328	Larger than 1.2	22	325	431	546	725	731	970
1963	1,235	1.201	Larger than 1.2	8	312	375	537	645	771	927
1964	1,163	1.275	Larger than 1.2	19	313	399	519	662	658	839
1965	979	1.515	Larger than 1.2	38	304	460	464	703	598	905
1966	1,065	1.393	Larger than 1.2	31	279	388	474	660	562	783
1967	974	1.522	Larger than 1.2	40	329	501	507	771	616	937
1968	911	1.628	Larger than 1.2	46	209	341	362	589	506	825
1969	1,055	1.406	Larger than 1.2	33	300	422	503	708	652	917
1970	1,266	1.172	○	4	335	393	578	677	733	858
1971	1,144	1.296	Larger than 1.2	20	305	396	511	662	692	897
1972	888	1.669	Larger than 1.2	48	234	391	414	691	555	927
1973	1,207	1.229	Larger than 1.2	12	322	396	577	710	754	927
1974	1,058	1.402	Larger than 1.2	32	273	383	504	706	660	925
1975	1,254	1.183	○	7	340	403	562	664	766	907
1976	1,174	1.263	Larger than 1.2	16	286	361	560	708	726	917
1977	948	1.565	Larger than 1.2	42	321	502	496	775	638	999
1978	1,214	1.222	Larger than 1.2	10	298	364	531	648	784	958
1979	949	1.563	Larger than 1.2	41	271	424	386	603	537	840
1980	1,255	1.181	○	6	326	385	573	677	739	873
1981	1,083	1.369	Larger than 1.2	30	276	377	453	620	681	932
1982	938	1.580	Larger than 1.2	45	292	461	466	737	555	877
1983	1,099	1.349	Larger than 1.2	24	245	330	491	662	675	911
1984	1,015	1.462	Larger than 1.2	35	236	346	401	586	547	800
1985	1,093	1.357	Larger than 1.2	26	245	333	450	610	604	820
1986	1,001	1.481	Larger than 1.2	36	251	373	412	610	531	786
1987	975	1.520	Larger than 1.2	39	316	480	532	809	626	951
1988	1,166	1.272	Larger than 1.2	17	255	324	450	572	625	795
1989	1,024	1.448	Larger than 1.2	34	268	388	401	581	531	770
1990	983	1.508	Larger than 1.2	37	273	411	391	589	510	768
1991	906	1.637	Larger than 1.2	47	275	450	436	714	563	921
1992	947	1.566	Larger than 1.2	44	274	429	467	732	668	1,046
1993	842	1.761	Larger than 1.2	51	274	482	411	723	526	927
1994	1,313	1.130	○	3	341	385	572	646	736	831
1995	1,262	1.175	○	5	358	420	655	770	838	985
1996	1,166	1.272	Larger than 1.2	18	302	384	550	700	696	885
1997	884	1.678	Larger than 1.2	50	251	421	470	788	666	1,118
1998	884	1.678	Larger than 1.2	49	246	413	403	676	601	1,008
1999	1,196	1.240	Larger than 1.2	14	272	337	469	582	647	802
2000	1,093	1.357	Larger than 1.2	25	266	361	421	571	559	759
2001	1,185	1.252	Larger than 1.2	15	313	392	478	598	631	790
2002	1,201	1.235	Larger than 1.2	13	402	496	605	747	728	899
2003	947	1.566	Larger than 1.2	43	266	417	450	705	621	973
2004	1,091	1.360	Larger than 1.2	27	271	369	486	661	624	849
2005	1,085	1.366	Larger than 1.2	29	347	474	525	717	702	959
2006	1,375	1.079	○	2	353	381	621	670	792	855
2007	1,214	1.221	Larger than 1.2	9	305	373	495	604	641	783
2008	1,114	1.331	Larger than 1.2	23	259	344	463	616	628	836
2009	1,090	1.361	Larger than 1.2	28	260	354	441	600	576	784
2010	1,135	1.306	Larger than 1.2	21	341	445	600	784	771	1,007
2011	1,483	1.000	○	1	332	332	629	629	857	857

※1-、2- and 3-month rainfalls are maximum rainfalls within the period of the maximum 6-month rainfall.

第8章 洪水モデルの構築および解析

8.1 概要

洪水時の状況把握および効果的な治水対策の提案のために、洪水解析モデルを構築する。洪水解析モデルは流出モデル、河道網モデル（洪水追跡モデル）、氾濫モデルの3つの水文・水理モデルから構成される。モデルの構築および再現計算のためのパラメーター同定の手順を図 8.1.1 に示す。



図 8.1.1 水文・水理モデル構築の手順

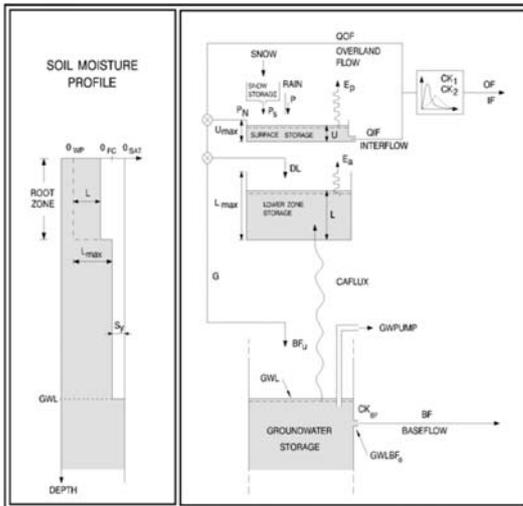
8.2 流出モデル

8.2.1 概要

各流域からの流出量の計算には、DHI¹が提供する NAM (Nedbor-Afstromnings-Model) を用いる。NAM はデンマーク工科大学が開発したタンク型の集中型流出モデルである。表面流、中間流、地下水流を含む 4 つのタンクで流出現象を表現しており、短期および長期の流出現象を解析できる。NAM の概要及びモデルのパラメーターについて図 8.2.1 に示す。

Run-off Analysis

NAM: A lumped, conceptual rainfall-runoff model, simulating the overland-, inter-flow, and base-flow components as a function of the moisture contents in four storages.



Structure of NAM model

Run-off parameters

Surface and root zone parameters	
U_{max}	Maximum water content in surface storage
L_{max}	Maximum water content in root zone storage
CQOF	Overland flow runoff coefficient
CKIF	Time constant for interflow
CK ₁₂	Time constant for routing interflow and overland flow
TOF	Root zone threshold value for overland flow
TIF	Root zone threshold value for interflow
Groundwater parameters	
CK _{BF}	Baseflow time constant
TG	Root zone threshold value for groundwater recharge
CQ _{LOW}	Recharge to lower groundwater storage
CK _{LOW}	Time constant for routing lower baseflow
C _{area}	Ratio of groundwater catchment to topographical catchment area
GWL _{BF0}	Maximum groundwater depth causing baseflow
S _y	Specific yield
GWL _{FL1}	Groundwater depth for unit capillary flux

図 8.2.1 NAM の概要及びパラメーター

8.2.2 流出モデルの構築

(1) 集水域

チャオプラヤ川水系は表 8.2.1 に示す 8 つの主要な支川から成る。流出解析のために本調査では図 8.2.2 に示すように、流域を 27 の小流域に分割し、代表的な支川、水路、地形特性、ダム集水域、計画基準点（例えば、C2 のナコンサワンなどの水文観測所）を考慮する。

¹ DHI Water & Environment, Denmark <http://www.dhigroup.com/>

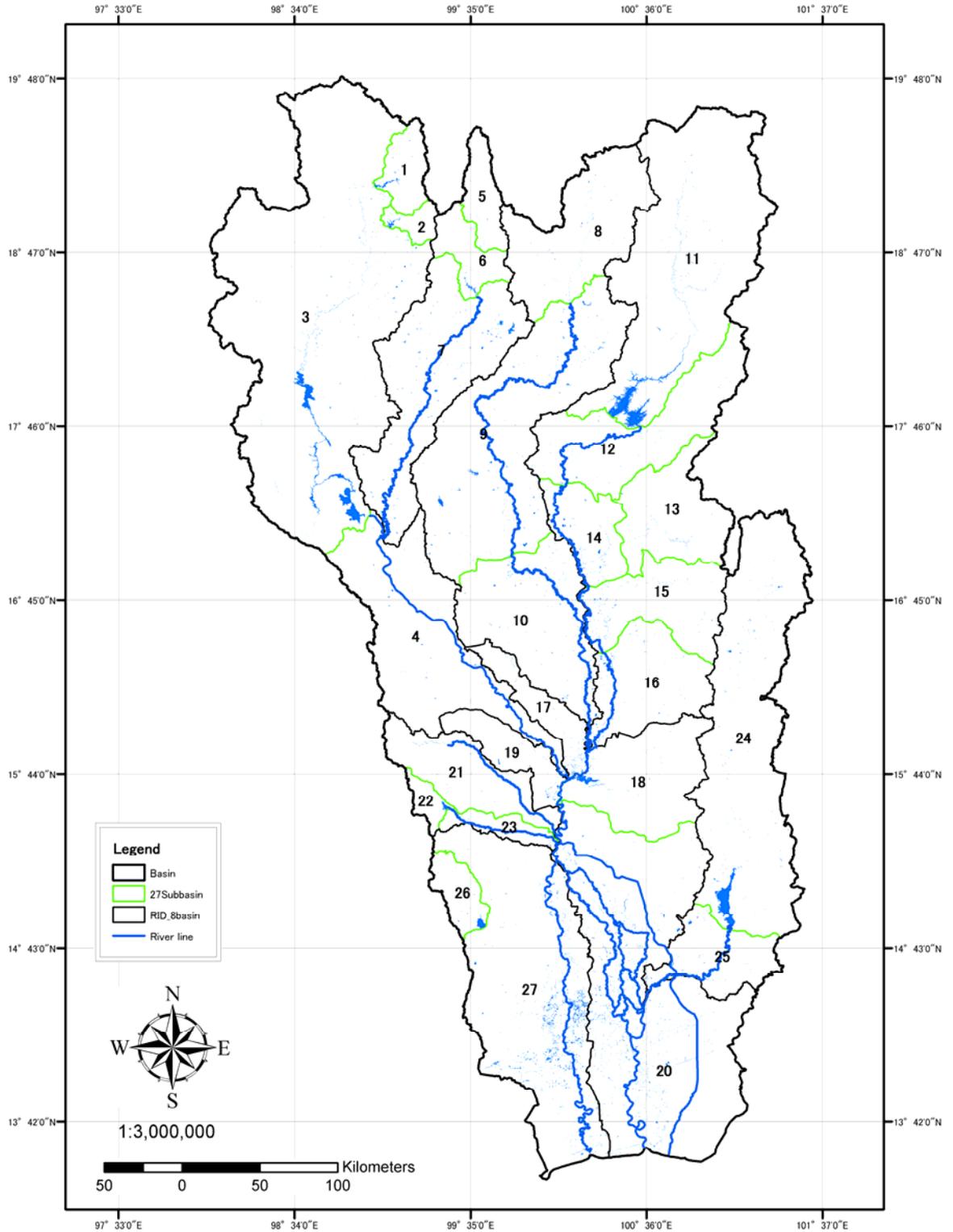


図 8.2.2 チャオプラヤ川水系における小流域

表 8.2.1 チャオプラヤ川水系における小流域

No.	小流域	面積(km ²)*	主要河川流域
1	Ping_Ngad	1,280	Ping
2	Ping_Kwang	570	
3	Ping_Bhumipl	24,310	
4	Ping_D	8,380	
5	Wang_Kew_Kho_Ma	1,350	Wang
6	Wang_Kew_Lom	1,420	
7	Wang_D	8,020	
8	Yom_U	5,580	Yom
9	Yom_M	12,120	
10	Yom_D	6,350	
11	Nan_U	13,130	Nan
12	Nan_M1	5,660	
13	Nan_Kwae_Noi	3,790	
14	Nan_M2	2,310	
15	Nan_M3	3,960	
16	Nan_M4	4,100	
17	Nan_D	1,720	
18	Chao Phraya_U1	4,790	Chao Phraya
19	Chao Phraya_U2	1,890	
20	Chao Phraya_D	17,190	
21	Sakae Krang	3,480	Sakae Krang
22	Tab_Salao_Dam	540	
23	Tab_Salao_D	880	
24	Pasak_Dam	12,840	Pasak
25	Pasak_D	2,790	
26	Thachin_KraSiew	1,190	Tachin
27	Tha Chin	13,000	
合計		162,640	

*Shape data of river basin (UTM Zone47) provided by RID. Catchment area is estimated with ArcGIS.

(2) ダム集水域

ダムは流入河川からの流れを閉じ込め、下流の流況をコントロールできる施設であることから、精度の高い流出モデルを構築するため、広い集水域を持つ大規模ダムをモデルに組み込む。流出モデルに組み込むダムの一覧を表 8.2.2 に、その位置を図 8.2.3 に示す。

表 8.2.2 流出モデルに組み込むダムの一覧

No.	Name	River	River Basin	Catchment Area(km ²)	Storage Volume (MCM)	
					Maximum	Retention
1	Mae Ngad Somboon Chol	Ping	Ping_Ngad	1,283	325	265
2	Mae Kwang Udom Thara	Ping	Ping_Kwang	566	263	263
3	Bhumibol	Ping	Ping_Bhumibol	24,305	13,462	13,462
4	Kiew Ko Ma	Wang	Wang_Kiew_Ko_Ma	1,354	209	170
5	Kiew Lom	Wang	Wang_Kiew_Lom	1,422	106	106
6	Sirikit	Nan	Nan_U	13,131	10,640	9,510
7	Kwae Noi Bumrung Dan	Nan	Nan_Kwae_Noi	3,793	1,080	939
8	Pasak Chollasith	Pasak	Pasak_Dam	12,835	960	785
9	Tab Salao	Sakae krang	Tab_Salao_Dam	543	198	160
10	Kra Siew	Tha chin	Thachin_Kra_Siew	1,193	363	240

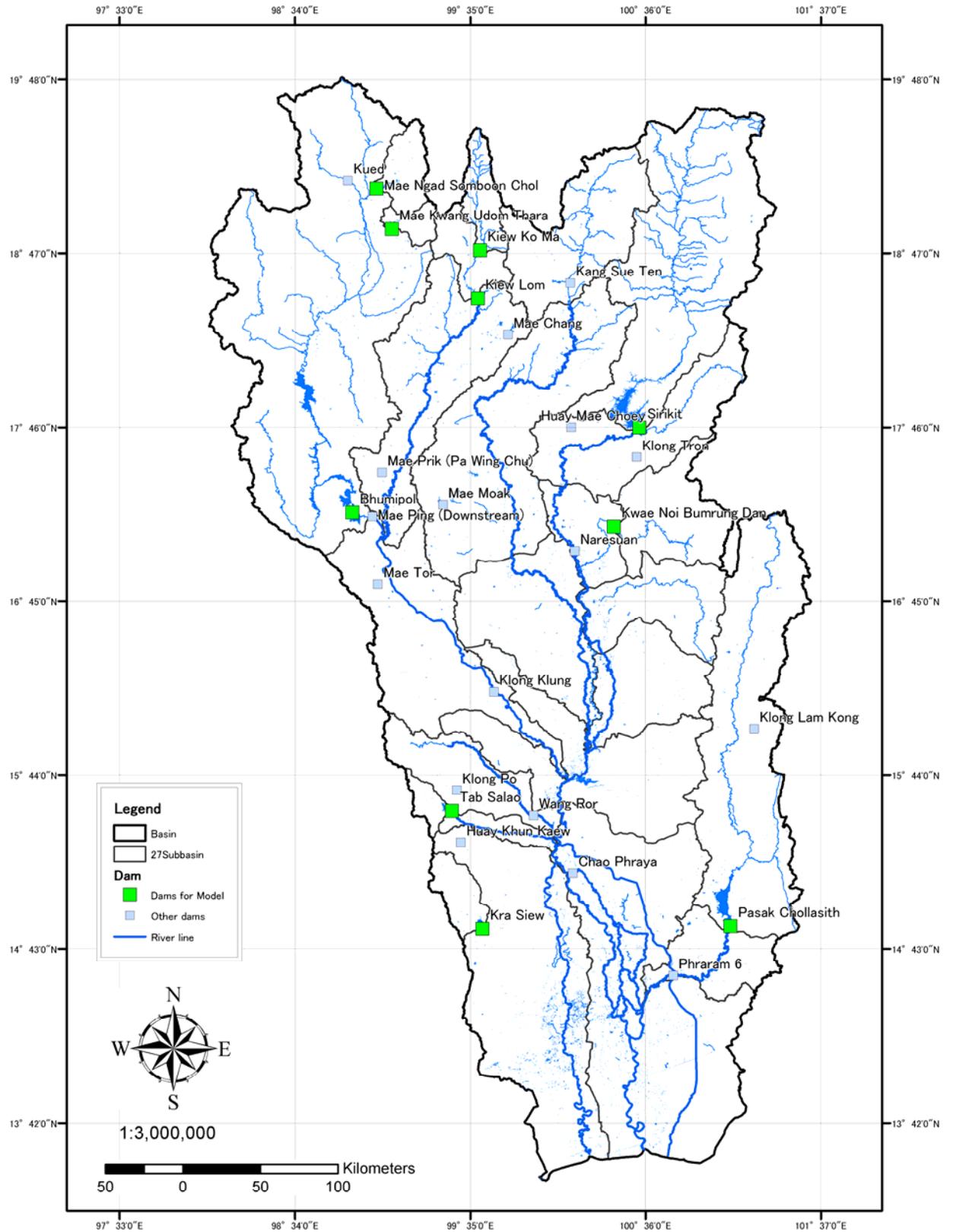


図 8.2.3 既存ダムの位置図

8.2.3 流出モデルの入力データ

(1) 降雨量

RID (Royal Irrigation Department) および TMD (Thailand Meteorological Department) によって観測されている日雨量データを用いる。モデルへの入力のために、ティーセン法を用いて各小流域の流域平均雨量を算定する。

低平地に降った雨については、平坦な地形や緩い勾配のため河川や水路に流入せず滞留し、排水路や灌漑用水路を通じて排水される。このため低平地の氾濫形態は内水氾濫が支配的となることから、NAM による流出計算の代わりに、降雨の観測データを直接氾濫モデル（二次元モデル）の入力条件として与える。内水氾濫区域については、地形図や地盤高、灌漑用水路や近年の氾濫エリア実績に基づき、図 8.2.7 に示す 11,590 km² の内水氾濫区域を設定した。

なお、本調査で提案する洪水対策の効果を検討する場合は、上述の観測降雨を低平地に与えないものとする。本調査で提案する洪水対策は、主に外水氾濫に対処することを目的としており、内水氾濫を考慮してしまうと、洪水対策の効果が判断し難くなるためである。内水氾濫については、排水路の改善やポンプの設置などの内水対策で対応すべきである。

(2) 蒸発量

TMD synoptic station (46 地点) で観測されるパン蒸発量の 80% 値をティーセン分割し、各小流域における日蒸発量の入力値として与える。パン蒸発量は生じうる最大の蒸発量（可能蒸発量）で定義されるため、蒸発係数（実際の蒸発量/可能蒸発量）を用いて実際の蒸発量に換算する必要がある。蒸発係数の計算は以下の式 (1) に従い、シリキットダム、ブミボンダム、C2（ナコンサワン）それぞれの地点における 1980～2011 年の日雨量、ダム流入量、河川流量、蒸発量データを用いる。30 年程度の長期にわたる流出のため、流域における地下水量や浸透量は流出量（式 (1) における Q）に含まれる。

蒸発係数の計算結果はシリキットダムで 0.82、ブミボンダムで 0.75、C2 地点で 0.84 である。これより、3 地点の平均である 0.80 を流域全体で用いる値とした。

$$C \text{ (蒸発係数)} = \text{実際の蒸発量} / \text{生じうる最大蒸発量 (パン蒸発量)}$$

$$= \frac{\sum R - \sum Q}{\sum \text{evap}} \quad (1)$$

ここで Q: 流量, R: 降雨量, evap: 蒸発量である。

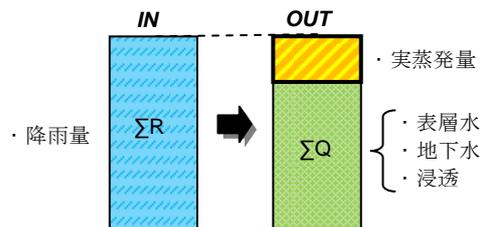


図 8.2.4 流域の水収支

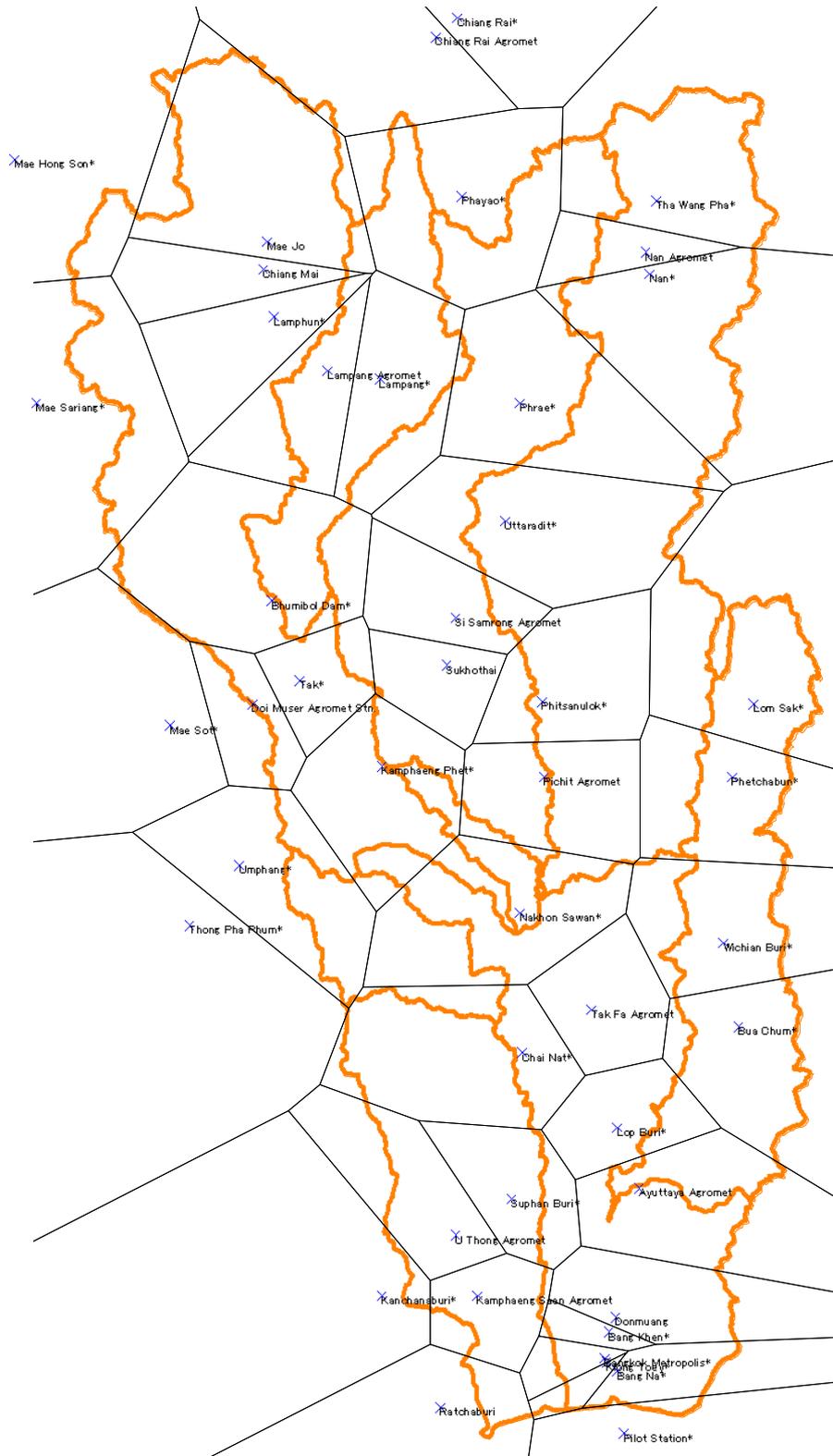


図8.2.5 TMD 気象観測所位置図およびティーンセン分割図 (46 観測所)

表 8.2.3 シリキットダム、ブミボンダムおよび C.2 地点における蒸発係数の推定値

観測所コード		シリキットダム	ブミボンダム	C.2
河川		ピン	ナン	チャオプラヤ
小流域		-	-	チャオプラヤ
1.流域面積	(km ²)	13,131	24,305	58,205
2.ピーク流量 (既往最高)	(m ³ /s)	4,303	3,605	5,451
3. 総降雨量* ¹	(mm)	39,856	33,231	36,409
4. 総蒸発量* ¹	(mm)	32,864	35,211	36,636
5. 総降雨量: ΣR	(MCM)	523,349	807,679	2,119,186
6. 総蒸発量: Σ_{evap}	(MCM)	431,537	855,803	2,132,398
7. 総流出量: ΣQ	(MCM)	171,204	167,220	327,021
8. 蒸発係数 (5-7)/6	-	0.82	0.75	0.84

*1 1980-2011年の4月～12月の合計値であるが、1983年は60日以上欠測があるため除外している。

表 8.2.4 平均雨量、平均蒸発量の計算

項目	観測所	計算方法
平均日降雨量	TMD および RID 合計 410 地点	ティーセン法を用いて流域平均雨量を算定する。
平均日蒸発量	TMD 46 地点	実蒸発量を、パン蒸発量の 80% と定義する。 ティーセン法を用いて流域平均蒸発量を算定する。

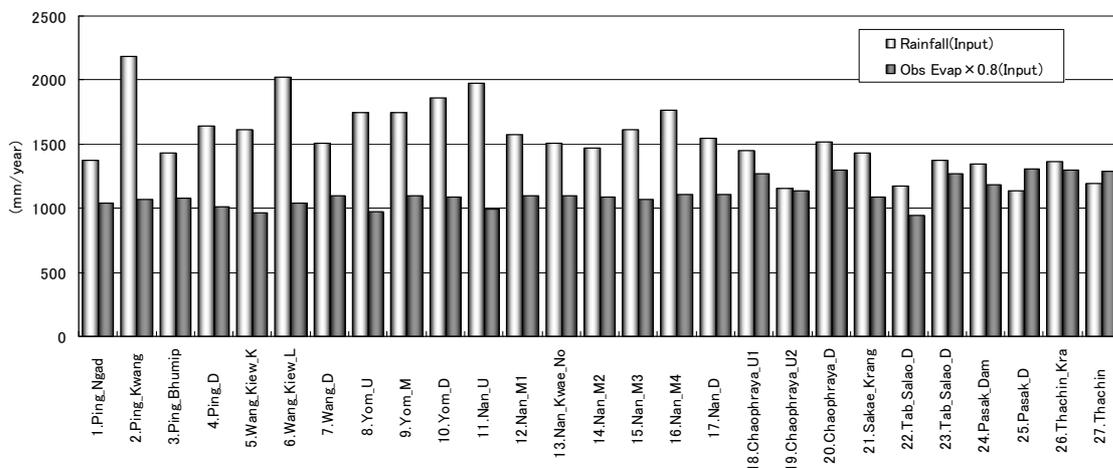


図 8.2.6 2011年の流域平均雨量および平均蒸発量

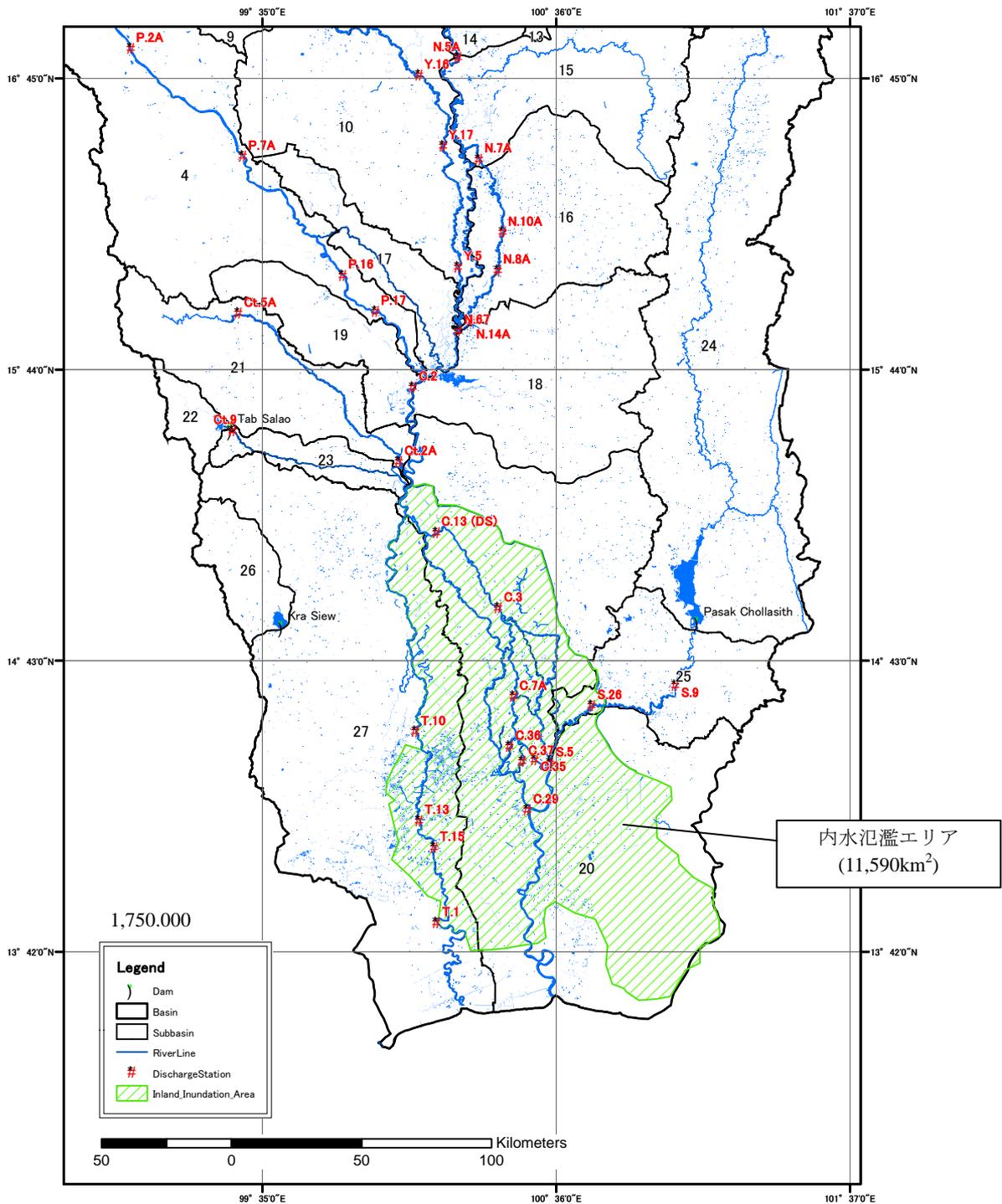


図 8.2.7 推定される内水氾濫エリア

8.2.4 パラメータの初期設定

NAM の初期パラメータとして、1999 年のマスタープラン調査時に最終的に使われた値を採用する。当時の検討では、18 の小流域に対して NAM モデルを構築していたため、今回の初期パラメータ設定にあたっては、図 8.2.2 に示した 27 の流域にオーバーラップさせて与える。ここで設定したパラメータはモデルのキャリブレーションの際に修正する。

表 8.2.5 モデルのパラメータ（地表面～根群層）

Surface and root zone parameters	
U_{max}	Maximum water content in surface storage
L_{max}	Maximum water content in root zone storage
CQOF	Overland flow runoff coefficient
CKIF	Time constant for interflow
CK_{12}	Time constant for routing interflow and overland flow
TOF	Root zone threshold value for overland flow
TIF	Root zone threshold value for interflow

表 8.2.6 パラメータの初期設定（地表面～根群層）

Area No	流域名	河川	面積 (km ²)	地表面～根群層						
				U_{max}	L_{max}	CQOF	CKIF	$CK_{1,2}$	TOF	TIF
1	PING_NGAD	ピン	1,283	5	50	0.8	1000	100	0	0
2	PING_KWANG		566	5	50	0.8	1000	100	0	0
3	PING_BHUMIPOL		24,305	5	50	0.8	1000	100	0	0
4	PING_D	ワン	8,383	5	50	0.6	1000	20	0	0
5	WANG_KIEW_KO_MA		1,354	20	250	0.4	1000	30	0	0
6	WANG_KIEW_LOM		1,422	20	250	0.4	1000	30	0	0
7	WANG_D	ヨム	8,017	20	250	0.4	1000	30	0	0
8	YOM_U		5,580	15	130	0.8	1000	20	0	0
9	YOM_M		12,120	15	150	0.8	1000	20	0	0
10	YOM_D	ナン	6,347	10	100	0.6	1000	50	0	0
11	NAN_U		13,131	15	150	0.5	1000	25	0	0
12	NAN_M1		5,660	25	250	0.2	1000	20	0	0
13	NAN_KWAE_NOI		3,793	25	250	0.2	1000	40	0	0
14	NAN_M2		2,315	25	100	0.5	1500	100	0.5	0.5
15	NAN_M3		3,962	25	250	0.6	1000	50	0	0
16	NAN_M4		4,103	25	250	0.6	1000	50	0	0
17	NAN_D	1,718	5	50	0.6	1000	20	0	0	
18	CHAOPHRAYA_U1	チャオプラヤ	4,786	10	100	0.6	1000	30	0	0
19	CHAOPHRAYA_U2		1,894	25	250	0.4	1000	30	0	0
20	CHAOPHRAYA_D		7,572	25	250	0.4	1000	30	0	0
21	SAKAE_KRANG	サカエ克蘭	3,482	25	250	0.4	1000	30	0	0
22	TAB_SALAO_DAM	タブサラオ	543	25	250	0.4	1000	30	0	0
23	TAB_SALAO_D		882	25	250	0.4	1000	30	0	0
24	PASAK_DAM	パサク	12,835	20	200	0.4	1000	100	0	0
25	PASAK_D		2,657	20	200	0.4	1000	10	0	0
26	THACHIN_KRA_SIEW	タチン	1,193	25	250	0.4	1000	30	0	0
27	THACHIN		11,169	25	250	0.4	1000	30	0	0

表 8.2.7 モデルのパラメータ（地下水層）

Groundwater parameters	
CK_{BF}	Baseflow time constant
TG	Root zone threshold value for groundwater recharge
CQ_{LOW}	Recharge to lower groundwater storage
CK_{LOW}	Time constant for routing lower baseflow
C_{area}	Ratio of groundwater catchment to topographical catchment area
GWL_{BF0}	Maximum groundwater depth causing baseflow
S_y	Specific yield
GWL_{FL1}	Groundwater depth for unit capillary flux

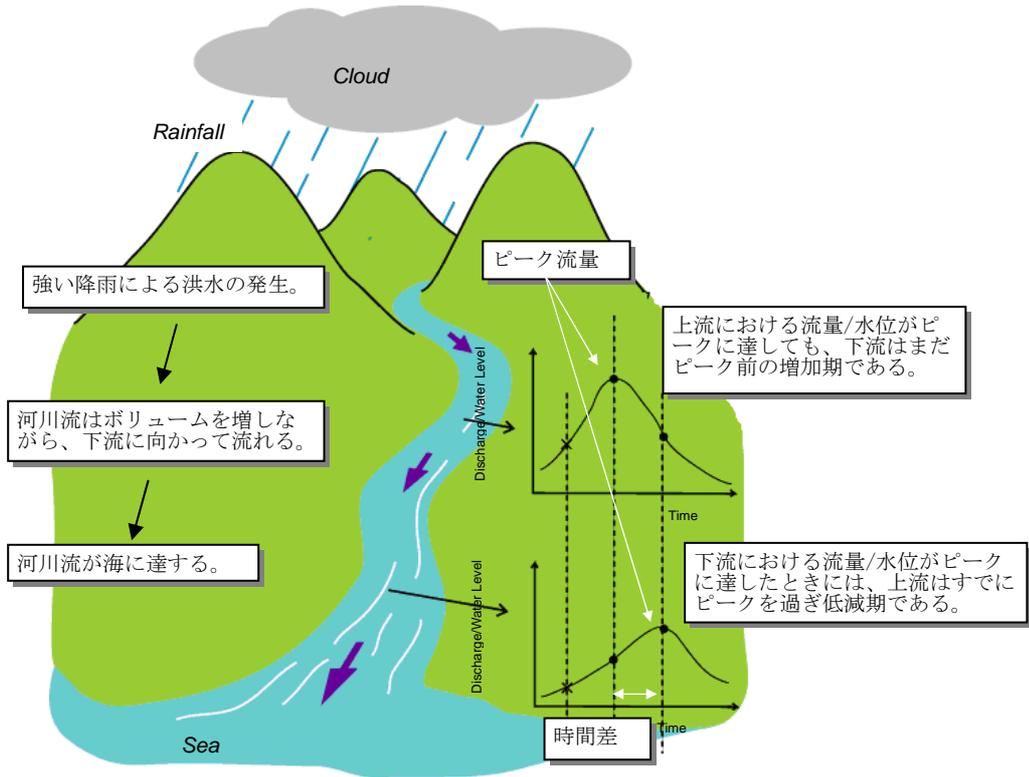
表 8.2.8 パラメータの初期設定（地下水層）

Area No	流域名	河川	面積 (km ²)	地下水層							
				TG	CK _{BF}	C _{area}	Sy	GWL _{BF0}	GWL _{BF1}	Cq _{low}	Ck _{low}
1	PING_NGAD	ピン	1,283	0	1500	1	0.1	10	0	0	10000
2	PING_KWANG		566	0	1500	1	0.1	10	0	0	10000
3	PING_BHUMIPOL		24,305	0	1500	1	0.1	10	0	0	10000
4	PING_D		8,383	0	1000	1	0.1	10	0	0	10000
5	WANG_KIEW_KO_MA	ワン	1,354	0.5	1000	0.5	0.1	10	0	0	10000
6	WANG_KIEW_LOM		1,422	0.5	1000	0.5	0.1	10	0	0	10000
7	WANG_D		8,017	0.5	1000	0.5	0.1	10	0	0	10000
8	YOM_U	ヨム	5,580	0	1000	1	0.1	10	0	0	10000
9	YOM_M		12,120	0	800	1	0.1	10	0	0	10000
10	YOM_D		6,347	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
11	NAN_U	ナン	13,131	0	1500	1	0.1	10	0	0	10000
12	NAN_M1		5,660	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
13	NAN_KWAE_NOI		3,793	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
14	NAN_M2		2,315	0.1	1500	1	0.05	10	0	0	10000
15	NAN_M3		3,962	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
16	NAN_M4		4,103	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
17	NAN_D		1,718	0	1000	1	0.1	10	0	0	10000
18	CHAOPHRAYA_U1		4,786	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
19	CHAOPHRAYA_U2	チャオ プラヤ	1,894	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
20	CHAOPHRAYA_D		7,572	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
21	SAKAE_KRANG	サカエ クラン	3,482	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
22	TAB_SALAO_DAM	タブサ ラオ	543	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
23	TAB_SALAO_D		882	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
24	PASAK_DAM	パサッ ク	12,835	0	500	1	0.1	10	0	0	10000
25	PASAK_D		2,657	0	500	1	0.1	10	0	0	10000
26	THACHIN_KRA_SIEW	タチン	1,193	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000
27	THACHIN		11,169	0.6	500	1	0.1	10	0	0	10000

8.3 河道網モデル

8.3.1 概要

低平地を流れる河川は、支川の合流や潮汐（背水）の影響を受けることから、流量および水位の算定にあたっては、水位、流量の時間的な変化を断面ごとに計算できる一次元不定流モデルを用いる。河道網モデルの構築には DHI 社の MIKE 11 を用いる。また本調査の洪水追跡計算ではダイナミックウェーブモデルを用いる。



- 1) 河川の流量、水位、流速は洪水イベント中に時々刻々と変化する。
- 2) 河川流が下流に到達するまでに時間を要するため、下流のハイドログラフは上流のそれとは異なる。特に流路が長く勾配が緩い河川では顕著である。

図 8.3.1 不定流の概念

表 8.3.1 河道網モデルの概要

項目	内容
水理モデル	一次元不定流解析 (ダイナミックウェーブモデル) DHI-MIKE11 HD module
河道網	図 8.3.18 参照。
河道断面	RID から提供された 2005 年および 2006 年測量成果 JST が実施した 2012 年測量成果
構造物	大規模ダム、水門など
境界条件	上流端：流出モデルで計算されたハイドログラフ、またはダムからの放流量の実績値 下流端：潮位の観測データ

8.3.2 河道網

表 8.3.2 に河道網モデルの対象となる河川/水路を示す。基本的に、横断測量が実施された河川は全てモデルに組み込む。ただし、Chainat-Ayutthaya 水路 (計画流量 $65 \text{ m}^3/\text{s}$) はチャオプラヤ川の左岸側に沿って流下しており氾濫流に影響を及ぼさないため、河道網モデルには含まない。

表 8.3.2 河道網モデルに組み込まれる河川及び水路

No.	河川名	本調査	既往調査 (1999 M/P)	備考
1	Chao Phraya	Yes	Yes	
2	Ping	Yes	Yes	
3	Wang	Yes	-	
4	Yom	Yes	Yes	
5	Nan	Yes	Yes	
6	Sakae Krang	Yes	-	2005年調査時の河川名は Mae Wong.
7	Tub Salao	Yes	-	
8	Tachin	Yes	Yes	
9	Noi	Yes	Yes	
10	Lop Buri	Yes	Yes	
11	Bang_Kaeo	Yes	Yes	
12	Pasak	Yes	Yes	
13	Chainat-Pasak Canal	Yes	-	
14	Phong-Peng Canal	Yes	Yes	2005年調査時の河川名は Bang Luang
15	Yom Koa River	Yes	-	
16	Bang Ban Canal	Yes	-	
17	Bonlue Canal	Yes	-	2012年 JST による調査
18	Chao Chet Bang Yi Hon Canal	Yes	-	同上
19	Mahashat Canal	Yes	-	同上
20	Machanthao Uthong Canal	Yes	-	同上
21	Pasicharoen Canal	Yes	-	同上
23	Phra Phimon Canal	Yes	-	同上
24	Prawetburiom East Canal	Yes	-	同上
25	Prawetburiom West Canal	Yes	-	同上
26	Prem Prachkon Canal	Yes	-	同上
27	Raphiphat Canal	Yes	-	同上
28	Raphiphat Yeak Tok Canal	Yes	-	同上
29	Rung Sitprayunsak Canal	Yes	-	同上
30	Saen Saep East Canal	Yes	-	同上
31	Saen Saep West Canal	Yes	-	同上
32	Sai Si Canal	Yes	-	同上
33	West Raphiphat Canal	Yes	-	同上

タチン川の西部に位置するメクロン川は、灌漑用水路でタチン川と繋がっているが、2006年洪水において、水位の相関が見られなかったことから、タチン川におけるメクロン川の影響はないものと考えられる。このため、両河川を接続する灌漑用水路のモデル化は行わない。

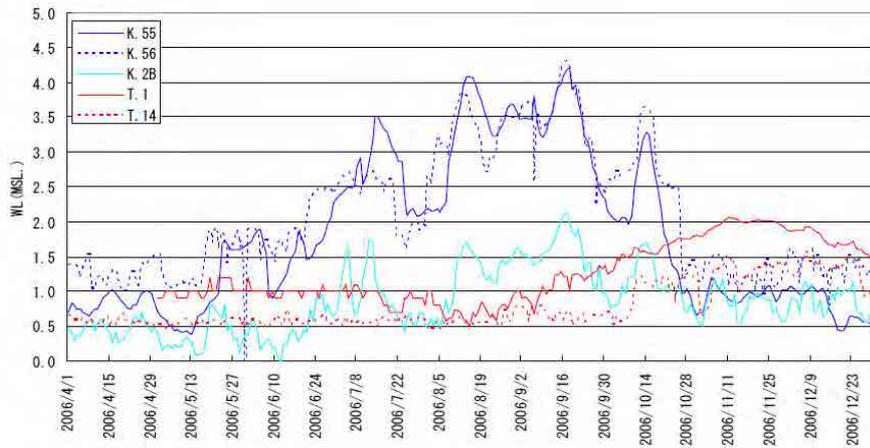
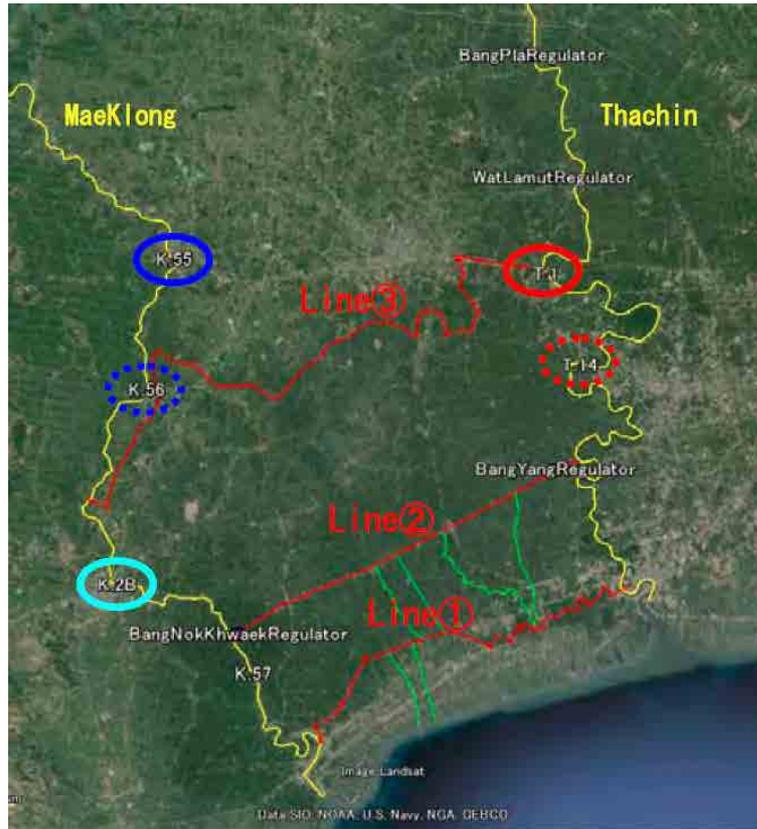


図 8.3.2 メクロン川およびタチン川の観測水位 (2006 年)

8.3.3 横断面

(1) 断面データ

RID から提供された断面データは表 8.3.3 のとおりである。本調査では最新の河床形状を把握するため、図 8.3.3 に示すようにナコンサワン下流において横断測量を実施した。上述したとおり、測量成果が存在する河道は基本的にモデルに組み込む。加えてヨムコア川やヨム-ナン水路といった、洪水管理上重要であると RID から指摘された河川/水路についても可能な限りモデルに組み込む。

表 8.3.3 RID から提供された断面データ

No	河川/水路	測量年	距離(km)*
1	Chao Phraya River	0-141km (2006) 141-379km (2005)	379
2	Ping River	2005	256
3	Wang River	2005	236
4	Yom River	2005	597
5	Nan River	2005	449
6	Sakae Krang River	2005	141
7	Tub Salao River	2005	99
8	Tachin River	2006	318
9	Noi River	2005	166
10	Lop Buri River	2005	99
11	Bang_Kaeo River	2005	15
12	Pasak River	2005	102
13	Chainat-Pasak Canal	2005	166
14	Phong-Peng Canal	2005	13
15	Bang Ban Canal	2005	17

*距離は 2005 年、2006 年調査時の区間距離から算出した。チャオプラヤ川およびタチン川の下流部の一部を除いて、1,000m 間隔で測量が行われている。

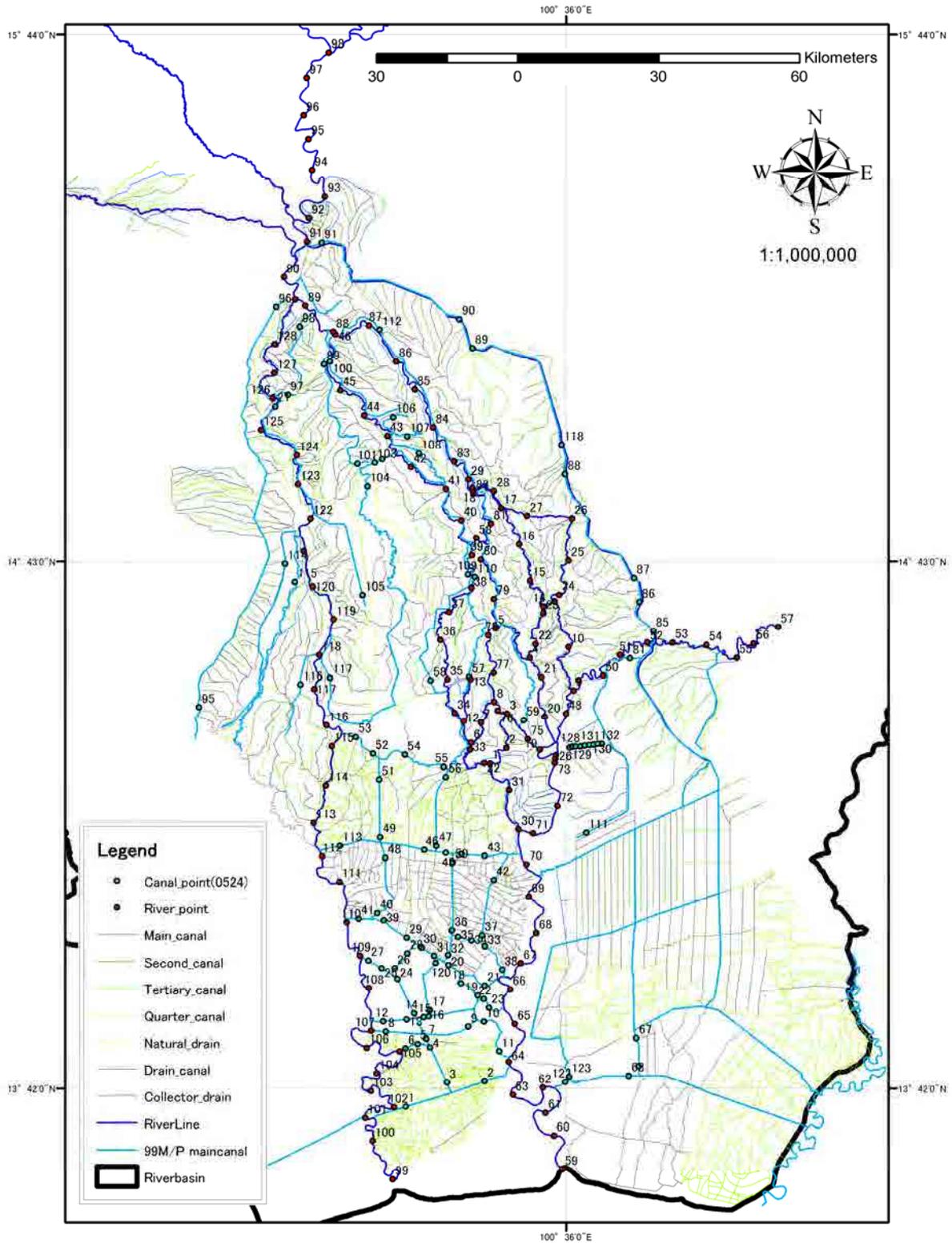


図 8.3.3 横断測量の追加調査地点 (2012 年)

(2) 二線堤

低平地では、河川/水路に沿って2種類の堤防が存在する。ひとつは河川流によって自然に形成された自然堤防であり(本堤)、もうひとつは灌漑用水路に沿って築かれた堤防道路(二線堤)である。実際には、二線堤が河川堤防としての役割を果たしているため、この二線堤に挟まれたエリアを通水断面と定義する。RID から提供された断面データは主に本堤の間のみをカバーしているため、LiDAR データを用いて図 8.3.5 に示すようにデータを補完する必要がある。二線堤の位置は、2m グリッドの標高データ (LiDAR) を元に、周辺地盤より高い地点を流下方向に向かって抽出した。LiDAR データが無いエリアについては Google Map を用いた。チャオプラヤ川については、RID が二線堤のラインを設定している。

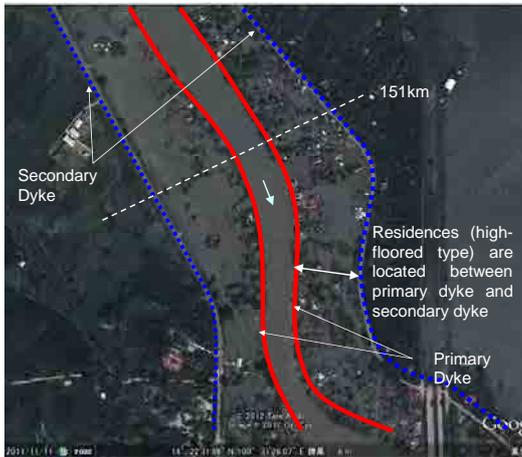


図 8.3.4 二線堤

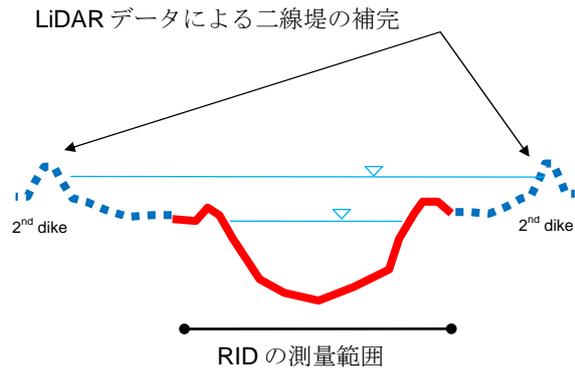


図 8.3.5 断面データの見直し

(a) 二線堤の高さを把握する方法

LiDAR データから二線堤の高さを把握する方法を図 8.3.6 に示す。

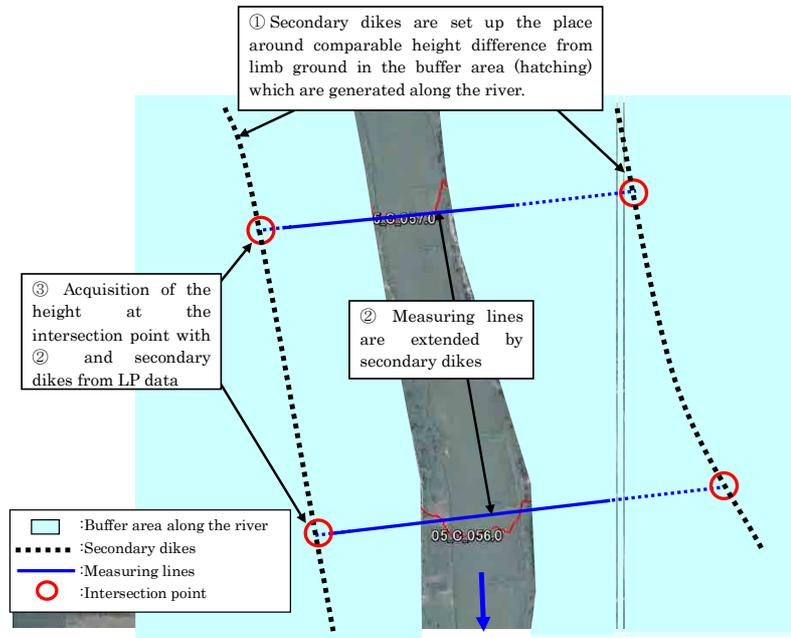


図 8.3.6 二線堤の設定

河川に沿って2種類の道路が存在する場合、空中写真およびLiDARデータの標高を確認した上で二線堤の位置を設定した。図8.3.7に示すように、LiDARデータをもとに設定した二線堤とRIDから提供された二線堤の位置は異なる場合がある。この場合、洪水流はより高いほうの堤防に遮られると考えられるため、図8.3.8のように両者の二線堤の標高を比較し、より高い位置にある道路堤防を二線堤とみなす。上記の方法により、全河川の二線堤が得られる。例として、チャオプラヤ川上流(141k~379k)における二線堤の標高の縦断分布を図8.3.9に示す。

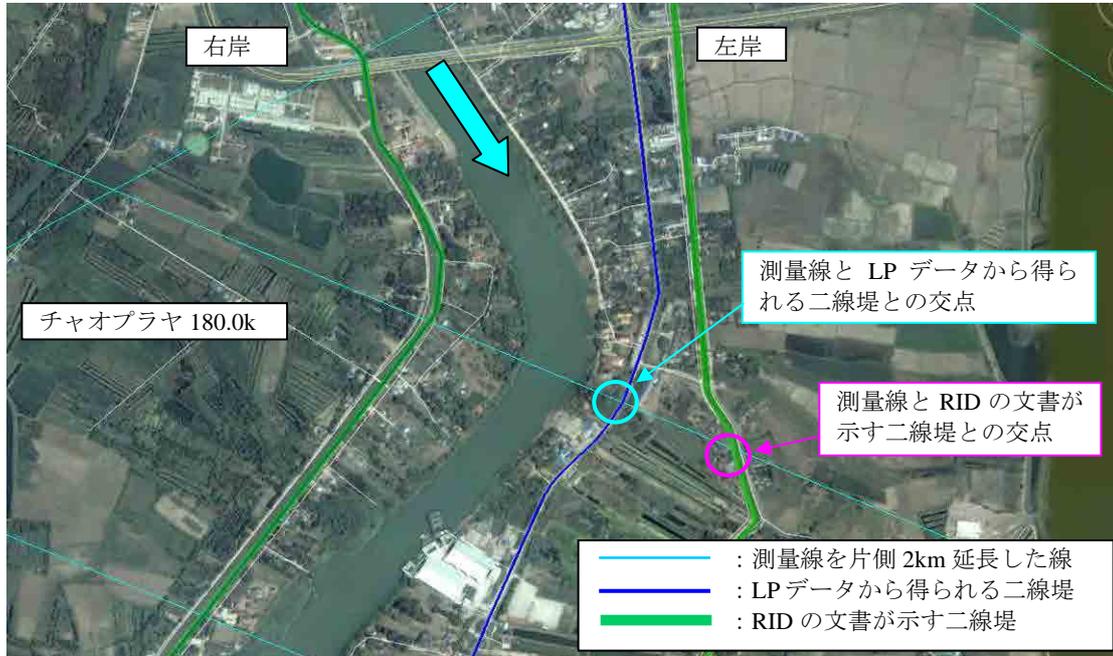


図 8.3.7 LPデータから得られる二線堤とRIDの文書に示される二線堤の位置が異なる例

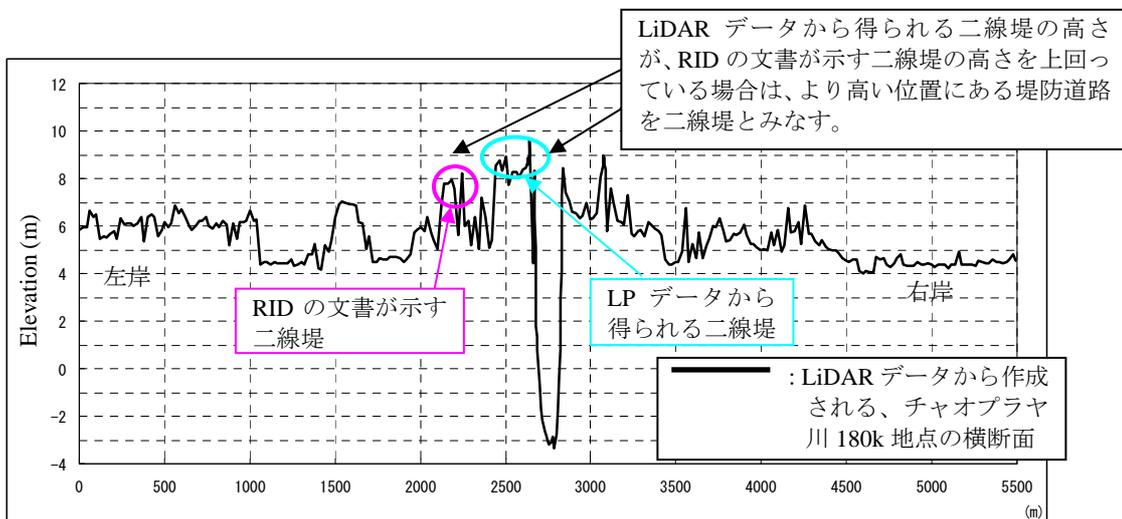


図 8.3.8 LPデータから得られる二線堤とRIDの文書に示される二線堤の位置が異なる場合の断面データの例

LiDAR データが利用できず、二線堤の位置が不明確な区間の取り扱い、以下のとおりとした。

- ・ 曲線区間であるために測量線と二線堤との交点が得られていない箇所では、LiDAR データから二線堤の高さが得られている上流側、下流側の断面の情報を内挿して設定する。
- ・ 局所的に LP データが不足している箇所では、LiDAR データから二線堤の高さが得られている上流側、下流側の断面の情報を内挿して設定する。
- ・ 二線堤が明確に存在しない箇所では、LiDAR データから設定される洪水頻発エリア内の、標高の高い地点までを計算上の川幅として設定する。

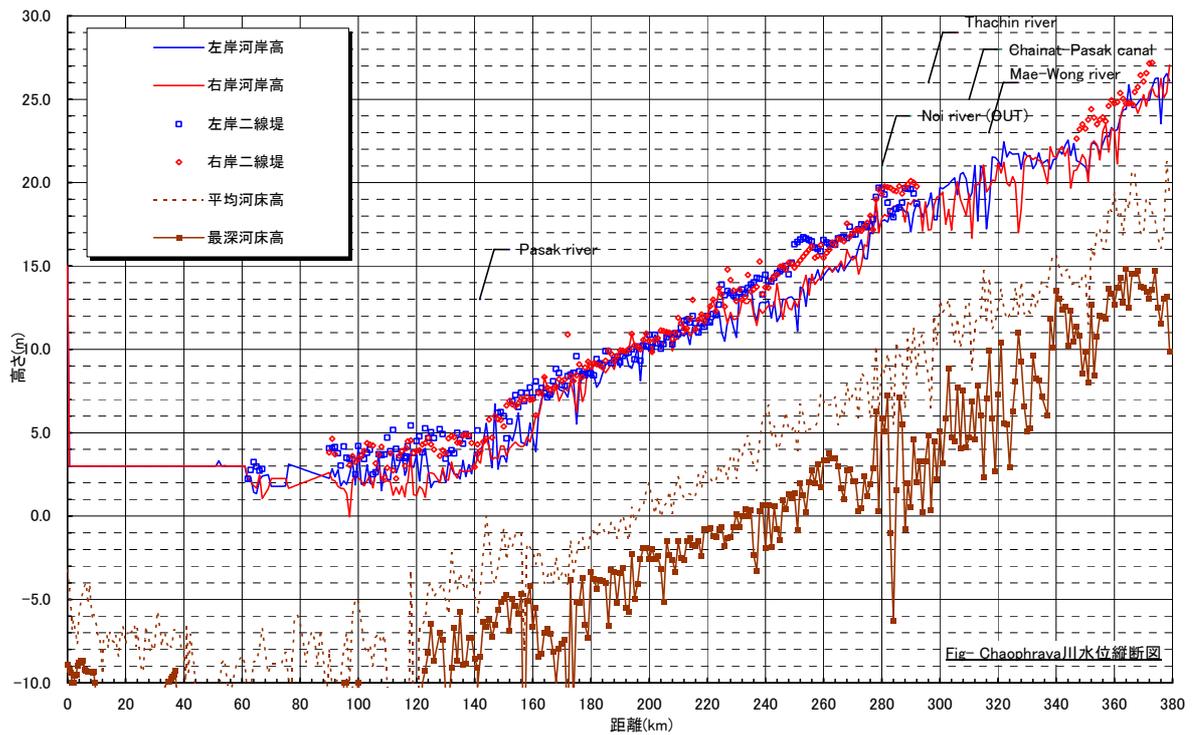


図 8.3.9 二線堤の縦断分布 (チャオプラヤ川上流域 (141k~379k))

(b) 二線堤の位置

二線堤の位置を図 8.3.10 に示す。

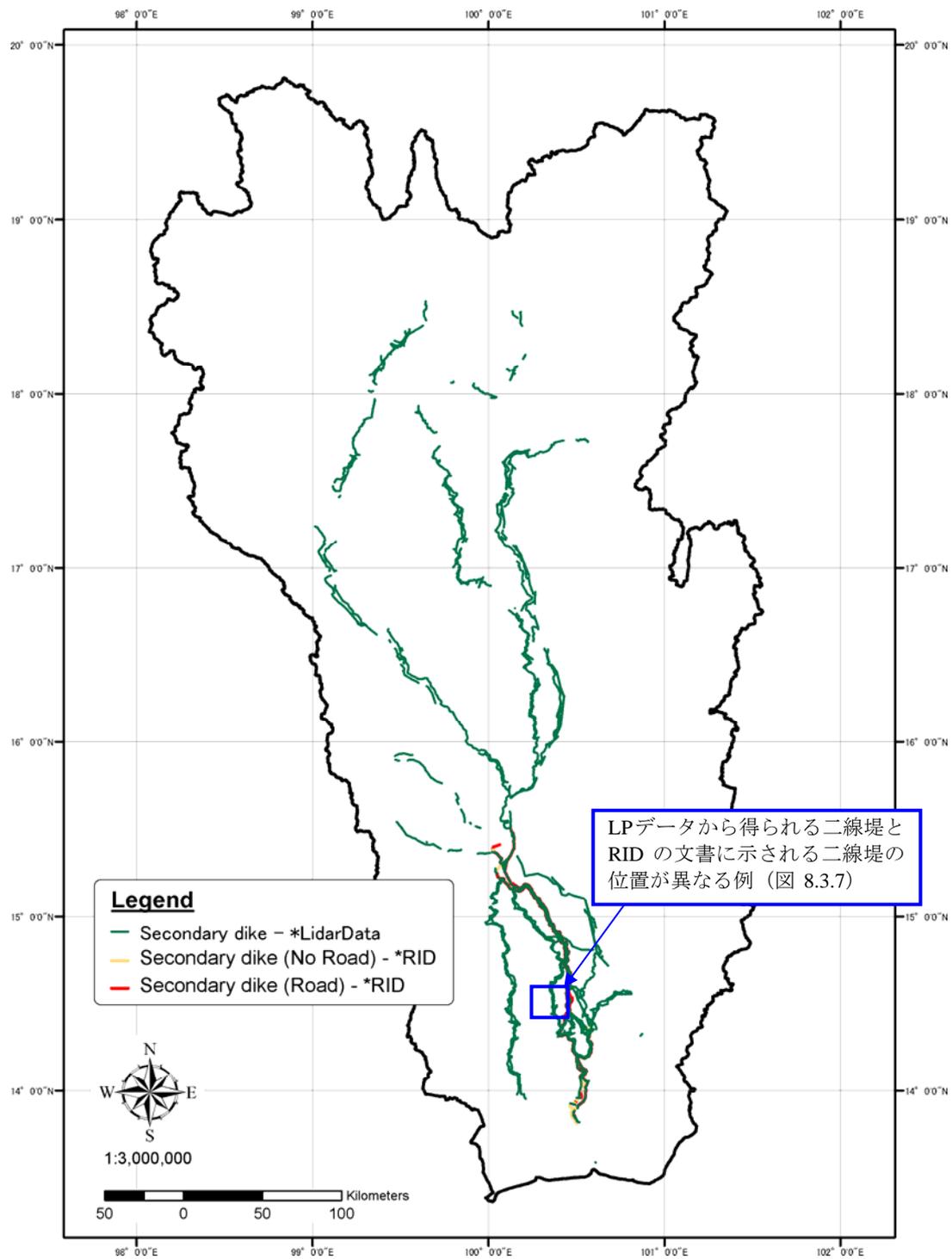


図 8.3.10 二線堤の位置

(3) 粗度係数

マンニングの粗度係数は図 8.3.11 に示すように、高水敷を考慮して設定する。粗度係数の初期設定値は表 8.3.4 に示すとおりである。低水路における設定は 1999 年のマスタープラン調査時の値を参考にする。一次元洪水解析における粗度係数の標準値は $0.05 \sim 0.3^2$ とされている。高水敷における値はこの標準値の範囲内と考えられることから、低水路における値の 3 倍とした。

なお、これらの値はあくまでも初期値であり、2011 年洪水の再現計算（水位、流量および浸水範囲）によるモデルキャリブレーションによって修正を行う。表 8.5.27 に最終的な河道粗度係数を示す。

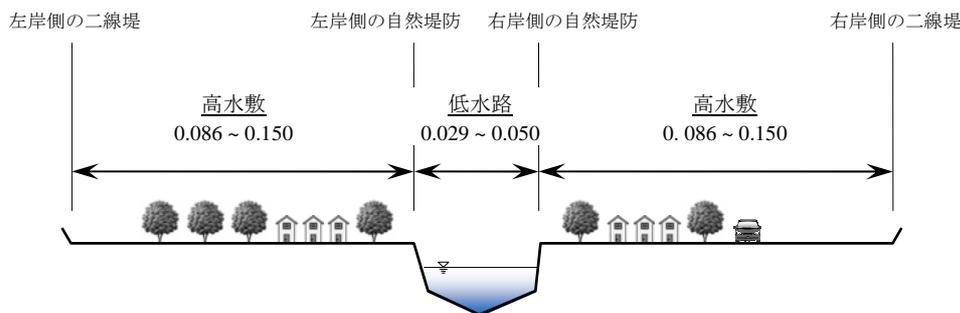


図 8.3.11 断面におけるマンニング係数設定のイメージ図

表 8.3.4 マンニング係数の初期設定値

No.	河川	区間 (km)	粗度係数 (Manning n)	
			低水路	高水式
1	CHAOPHRAYA	0 ~ 141	0.029	0.086
		142 ~ 225	0.044	0.133
		226 ~ 379	0.040	0.120
2	PING	0 ~ 43	0.029	0.086
		44 ~ 135	0.033	0.100
		136 ~ 256	0.050	0.150
3	WANG	0 ~ 286	0.050	0.150
4	YOM	0 ~ 260	0.040	0.120
		261 ~ 597	0.040	0.120
5	NAN	0 ~ 129	0.040	0.120
		130 ~ 449	0.040	0.120
6	SAKAE KRANG	0 ~ 141	0.033	0.100
7	TUB SALAO	0 ~ 99	0.033	0.100
8	THACHIN	0 ~ 318	0.033	0.100
9	NOI	0 ~ 166	0.033	0.100
10	LOP BURI	0 ~ 99	0.033	0.100
11	BANG KAEW	0 ~ 15	0.033	0.100
12	PASAK	0 ~ 107	0.033	0.100
13	CHAINAT-PASAK Canal	0 ~ 166	0.033	0.100
14	PHONG PEN Canal	0 ~ 13	0.033	0.100
15	BANG BAN Canal	0 ~ 17	0.033	0.100
-	Other Canals	-	0.029	0.086

² 氾濫シミュレーション. マニュアル (案) (建設省土木研究所、平成 8 年 2 月)

8.3.4 構造物

(1) 堰

大規模な洪水時は、堰が河川流や氾濫流に影響を与えるため、河道網モデルに組み込む。モデルに組み込む代表的な堰を表 8.3.5 に示す。

表 8.3.5 チャオプラヤ川流域における主要な堰

No.	TYPE	NAME	RIVER (CANAL)	Discharge regulation (m ³ /s)	POINT_X	POINT_Y	Gate information		
							Number	Wide	Height
1	Regulator	HAD SAPAN CHAN RE.	Yom River	1804	587700	1918800	5	12.00	10.25
2	Regulator	KLONG HOK BAHT RE.	Hok Baht Canal (Conneting Yom River to Yom-Nan)	280	585800	1921400	3	6.00	6.00
3	Regulator	YOM NAN RE.	Yom-Nan Diversion Channel	100	589900	1920600	3	6.00	5.00
4	Regulator	YOM KAO RE.	Yom Koa River (Old Yom River)	180	589900	1920100	4	6.00	5.00
5	Regulator	DR.15.8 YOM RE.	DR15.8 Canal (connecting Yom and Nan)	60	622775	1852906	2	6.00	4.00
6	Regulator	YANGSAI RE.	Yom River	630	587700	1873985	7	6.00	6.00
7	Regulator	NARESWAN DAM	Nan River	1600	626217	1884844	5	12.50	7.60
8	Regulator	DR.15.8 NAN RE.	DR15.8 Canal (connecting Yom and Nan)	80	633500	1842900	5	3.55	4.00
9	Regulator	DR2.8 RE.	DR2.8 Canal (connecting Yom and Nan)	360	633466	1837686	4	6.00	7.00
10	Regulator	MAKHAMTHAD-UTONG RE.	MAKHAMTHAD -UTONG CANAL	35	614167	1683281	6	1.75	2.00
11	Regulator	PHONLATEP RE.(POLLATHEP RE.)	SUPHAN RIVER (connect to Tha Chin river)	318	615202	1682487	4	6.50	7.30
12	Regulator	BARROMTAT RE.(BORROMTAT RE.)	NOI RIVER	260	624200	1675700	4	6.00	6.00
13	Regulator	MANOROM RE.	CHAINAT PASAK CANAL	210	618411	1695021	6	6.00	3.50
14	Diversion Weir	CHAO PHRAYA DAM	CHAOPHRAYA RIVER	3300	626783	1676221	16	12.50	7.50
15	Regulator	MAHARAJ RE.	CHAINAT AYUTHAYA CANAL (=BANG_PRANAKHON)	75	626050	1676403	6	6.00	2.50
16	Regulator	RAMA VI BARRAGE (PHRARAM 6 DAM)	PASAK RIVER	1800	690100	1609950	6	12.50	7.80
17	Regulator	PHRA NARAI RE.	RAPI PAT Canal (discharged into EAST BANK PROJECT)	150	690115	1609945	8	4.20	3.56
18	Regulator	LOPBURI RE.	LOPBURI RIVER	270	652500	1643595	4	6.00	9.20
19	Regulator (Drainage)	BAN CHOM SRI RE.	Drainage Canal in Mahajaj Project Area	120	641856	1664819	3	4.00	6.50
20	Regulator	PAKHAI RE.	NOI RIVER	150	648206	1597023	3	6.00	6.00
21	Regulator	LAD CHADO RE.	SUPAN4 Canal (connecting Ta Chin and Noi)	80	647063	1599918	3	6.00	5.00
22	Regulator	PHO PHRAYA RE.	THA CHIN RIVER	318	620776	1606925	2	12.50	6.00
23	Regulator	SAM CHUK RE.	THA CHIN RIVER	318	617300	1633200	2	12.50	7.00
24	Regulator	BANG PLA MAA RE.	SUPAN4 CANAL (connecting Ta Chin and Noi)	78	625861	1592477	3	6.00	4.80

(2) ダム

河道/水路の水理解析や氾濫解析にあたっては、表 8.3.6 に示す 10 のダムの貯水機能を考慮する。過去の洪水の再現計算では、ダムからの実績放流量を解析上の境界条件とする。予測計算では、提案する操作ルールにもとづく放流量を決定し、境界条件とする。

表 8.3.6 主なダムの諸元

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Name of Dam	Bhumibol	Sirikit	Mae Ngat	Mae Kuang	Kiew Lom	Kiew Kor Ma	Kwae Noi	Pasak	Tap Sa Lao	Kra Siew
Agency	EGAT	EGAT	RID	RID	RID	RID	RID	RID	RID	RID
River Name	PING	NAN	PING	PING	WANG	WANG	Kwae Noi (NAN)	PASAK	MANAM SAKAE KRANG	THA CHIN
Province	Tak	Autradith	Chiang Mai	Chiang Mai	Lam Pang	Lam Pang	Phitsanulok	Lop Buri	Uthai Thani	Suphan Buri
Region	North	North	North	North	North	North	North	Central	Central	Central
Location (WGS84)										
Longitude	98°54' 0"	100°33' 53.64"	99°2' 23.64"	99°7' 41.88"	99°37' 38.28"	99°38' 24"	100°25' 0.12"	101°5' 31.2"	99°28' 38.64"	99°39' 14.4"
Latitude	17°15' 54"	17°45' 54.36"	19°9' 36"	18°55' 23.52"	18°31' 9.48"	18°48' 0"	17°10' 59.88"	14°50' 51.36"	15°31' 17.76"	14°49' 56.28"
Dam Type	Gravity Arch	Earth fill	Earth fill	Earth fill	Earth fill	Rock fill	Rock fill	Earth fill	*	*
Dam Height (m)	154.0	113.6	59.0	61.0	26.5	47.0	80.0	23.2	26.8	*
Purpose	Hydropower, Irrigation and Flood control	Hydropower, Irrigation and Flood control	Irrigation	Irrigation	Irrigation	Irrigation and Water Supply	Hydropower, Irrigation and Flood control	Hydropower, Irrigation	Irrigation	Irrigation
Catchment Area (km ²)	26,386	13,130	1,281	569	2,700	1,275	4,254	12,929	534	1,200
Storage (MCM, Million Cubic Meter)										
Maximum	13,462	10,640	325	263	106	209	1,080	960	198	363
Retention	13,462	9,510	265	263	106	170	939	785	160	240
Minimum(=dead volume)	3,800	2,850	22	14	4	6	43	3	8	40
Surface Area (km ²)	316.0	260.0	16.0	12.0	16.0	*	40.5	148.8	19.0	*
Spillway										
Type	Tunnel	2 Tunnels	*	*	*	*	Overflow	Overflow	*	*
Creast Elevation (MSL)	242.9	150.5	393.8	*	*	*	118.5	32.5	*	*
Control Gate	Radial Gate	Radial Gate					Radial Gate			
Number of Gate	4	2					5			
Size	width: 11.0m height: 17.4m	width: 11.85m height: 15.0m					width: 13.0m height: 12.0m			
Design Flood Volume (MCM)	7,670	4,643	261	*	*	*	*	*	*	*
Maximum Discharge Capacity (m ³ /s)	6,000	3,250	1,035	*	1,300	2,385	7,046	3,497	*	*
Intake Structure										
Intake Gate	Fixed Wheel	Fixed Wheel					Fixed Wheel			
Number of Gate	7	1					1			
Size	width: 4.2m height: 6.7m	width: 6.0m height: 8.5m					width: 5.0m height: 5.5m			
Power Installed Capacity (MW)	70*6+128=548	125*4=500	4.5*2=9				19*2=38			
Inauguration	1964	1974	1966	*	*	2009	2009	*	*	*
Collected Data (Storage Volume, Inflow, Outflow etc)	1964 to date	1974 to date	2006 to date	1993 to date	1972 to date	2009 to date	2009 to date	1999 to date	2003 to date	1980 to date
Remarks	Note: Above 10 dams are located in Chao Phraya River Basin and their rule curves are revised in case of large flood like 2011 yr flood. ** * is to be under investigation									

表 8.3.7 洪水解析モデルに組み込む施設

No	Type	Name	River (Canal)	Storage (MCM)		Maximum Release (m ³ /s)	Remarks
				Maximum	Retention		
1	Dam	Bhumibol Dam	Ping River	13,462	13,462	-	Calibration of runoff from upstream of dam was completed.
2	Dam	Sirikit Dam	Nan River	10,640	9,510	-	Calibration of runoff from upstream of dam was completed. Actual release water from dams is employed as upstream boundary condition.
3	Dam	Kwae Noi Bumrung Dan	Nan River	1,080	939	-	
4	Dam	Pasak Chollasith Dam	Pasak River	960	785	-	
5	Dam	Tab Salao Dam	Sakae Kurang River	198	160	-	
6	Dam	Kra Siew Dam	Ta Chin River	363	240	-	
7	Regulator	Phonlatep Regulator (POLLATHEP RE.)	Suphan River (connect to Ta Chin river)			360	
8	Regulator	Barromtat Regulator (BORROMTAT RE.)	Noi River			260	
9	Regulator	Manorom Regulator.	Chainat Pasak Canal			210	
10	Diversion Weir	Chao Phraya Dam	Chao Phraya River			3,300	Water level and discharge at C.13 station located downstream of the Chao Phraya dam was re-created.
11	Regulator	Phra Narai regulator	Rapipat Canal (discharged into East bank project area)			150	Observed discharge through the regulator was re-created.
12	Regulator	Pakhai Regulator	Noi River			150	

(3) ポンプ

洪水中、氾濫水はポンプによって河川に排水される。ポンプ場の位置を図 8.3.12 に示す。大小全てのポンプ場をモデルに反映することは困難なため、排水域内の複数のポンプ場を統合し、排出能力の合計値を主要な水路に与える。モデルに組み込むポンプ場を表 8.3.8 に示す。

表 8.3.8 モデルに組み込むポンプ場

No	Outlet	Pump Capacity (m ³ /s)			Remarks
		Permanent	Semi-permanent	Total	
East	Chao Phraya R.	167.2	54.0	221.2	
	Nakorn Nayok R.	33.6	54.0	87.6	
	Bang Pakorn R.	101.6	90.0	191.6	
	Gulf	336.8	48.0	384.8	
	Internal drain	136.0	114.0	250.0	
	Subtotal	639.2	360.0	999.2	
West	Chao Phraya R.	53.0	93.0	146.0	
	Tha Chin R.	276.4	267.0	543.4	
	Internal Drain	1.6	-	1.6	
	Sub-total	329.4	360.0	689.4	
Total		968.6	720.0	1,688.6	

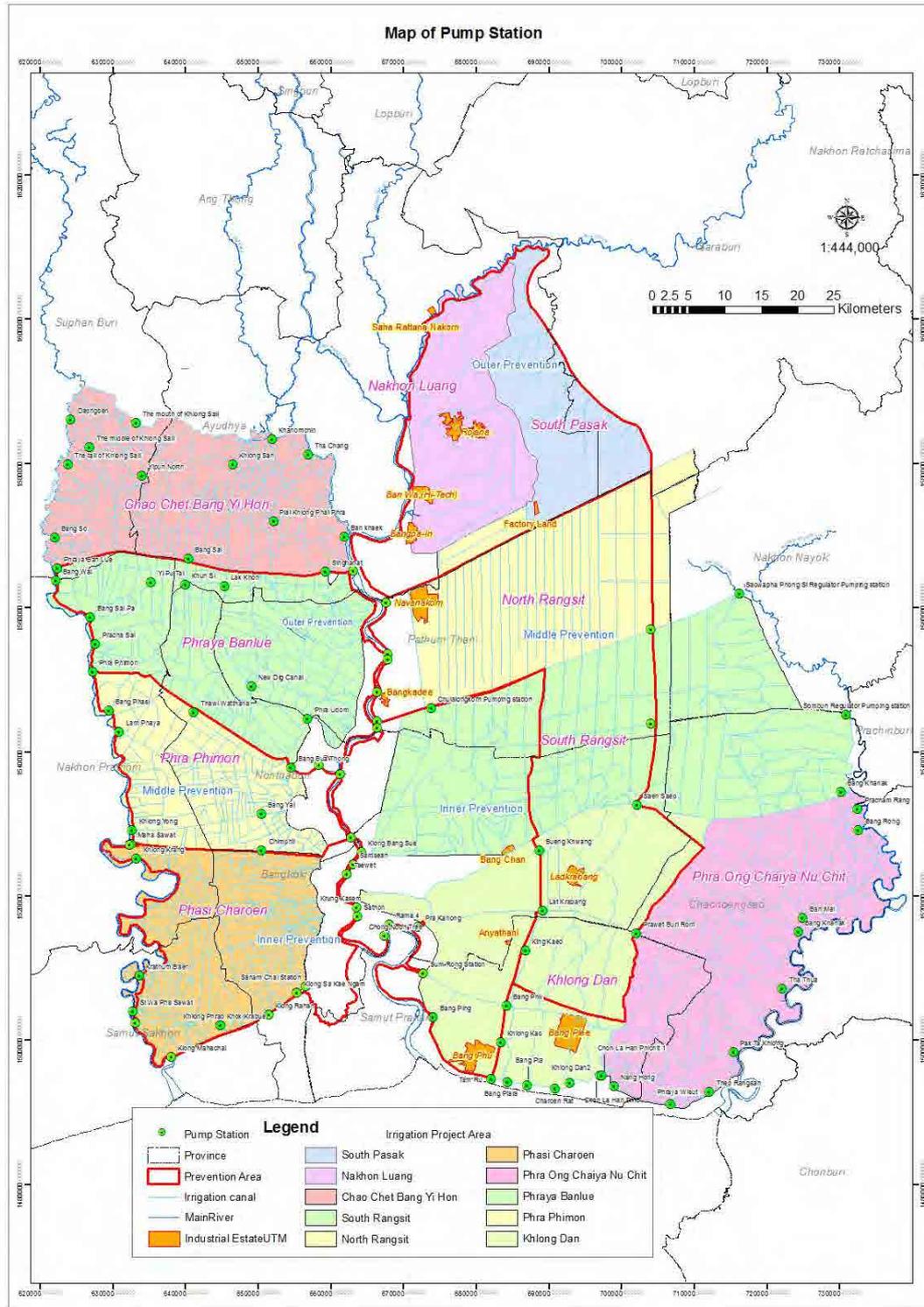


図 8.3.12 主なポンプ施設の位置 (BMA)

ポンプ施設の運用実績が不明なため、最大能力で排水すると仮定する。本調査では、水路が満杯になる程度まで水位が上昇した際に運転を開始し、水位が通常の高さ（例えば平均潮位）まで下がった時点で運転を停止することとする。

モデルに組み込むポンプ場の位置とその最大排水能力、及び運転開始/終了の基準となる水位を図 8.3.13 に示す。

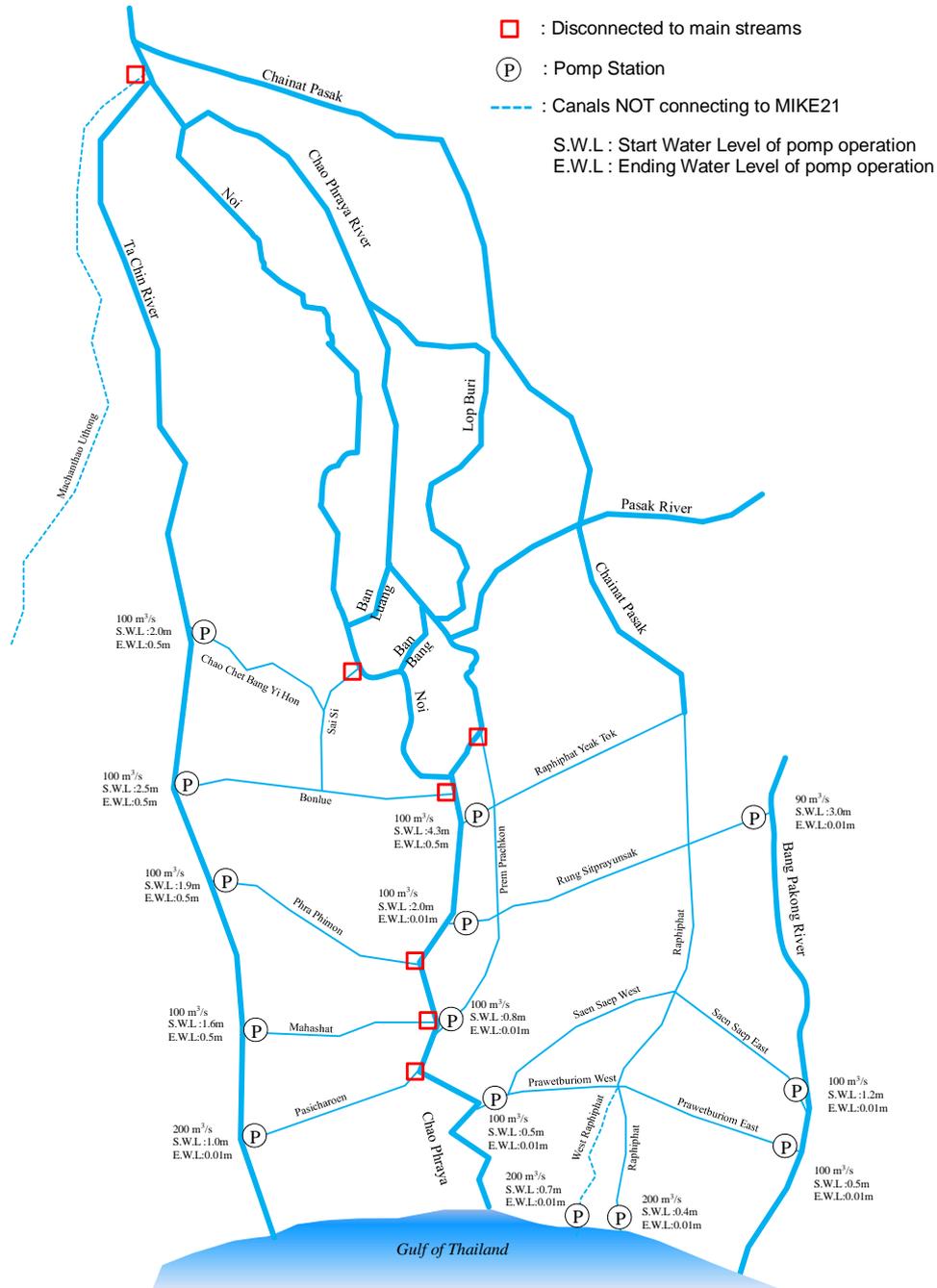


図 8.3.13 ポンプ場の位置および最大排水能力

8.3.5 境界条件

(1) 河道網モデルの境界条件

不定流解析では、図 8.3.14 に示すように、河道の上流端/下流端及び側方から境界条件を与える。

河川の上流端やダムサイトにおいては、流出計算結果のハイドログラフやダムからの放流量を境界条件として与える。低平地ではサブ流域からの流出量が分散して河道に流入してくるため、計算では河道に沿って等しく流入してくるものと仮定する。(図 8.3.15)

河口部では、タイ湾の潮位を境界条件として与える。ここでは、Pom Phurachul 観測所と Samut Sakon 観測所の潮位データをそれぞれチャオプラヤ川、タチン川の河口部の水位条件として与える。

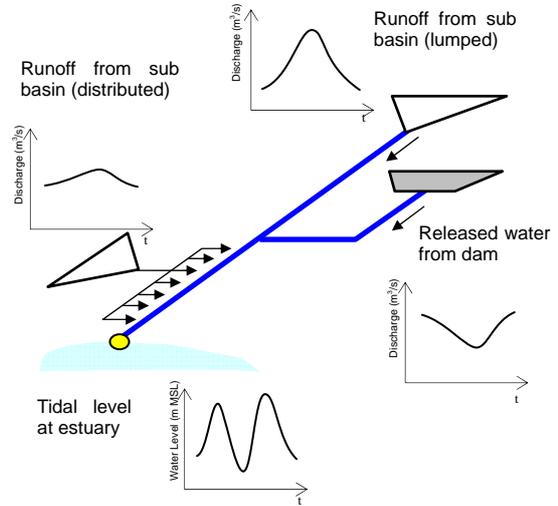


図 8.3.14 境界条件設定の概念

(2) 潮位データの修正

下流の境界条件として与える潮位の観測所を表 8.3.9 に示す。境界条件を正しく設定するため、痕跡調査に基づき、観測所のデータを修正する。

表 8.3.9 下流の境界条件

境界地点	地点	潮位観測所
下流端	タチン川河口	Samut Sakon
	チャオプラヤ川河口	Pomprachul

(a) チャオプラヤ川

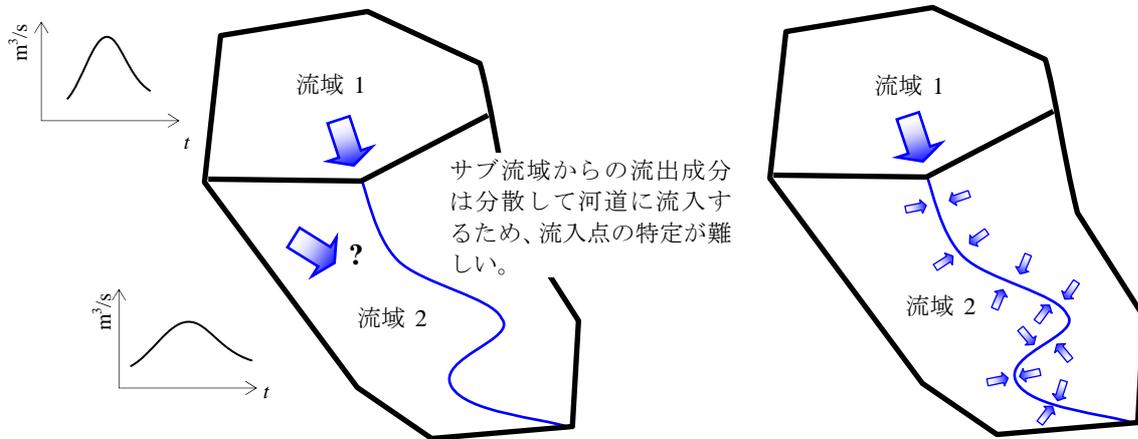
チャオプラヤ川河口の潮位は、Pom Phrachul に位置する RID TC.54 観測所データをもとに設定する。痕跡調査結果より、TC.54 で得られる観測値は、実際の潮位よりも約 16cm 高い値になると想定されることから、観測値より 16cm 差し引いた値を計算に用いる。異常値や欠測は天文潮位を用いて補完する。

(b) タチン川

タチン川河口の潮位は、Samut Sakon のデータをもとに設定する。痕跡調査結果より、サムットサコンで得られる観測値は、実際の潮位よりも約 34cm 高い値になると想定されることから、観測値より 34cm 差し引いた値を計算に用いる。(

図 8.3.17) 異常値や欠測は天文潮位を用いて補完する。

[残流域からの流出成分を河道網に与える方法]



Step 1: NAM によるサブ流域からの流出量を計算。

Step 2: 流入点が特定できない場合、計算された流出量は河道に沿って等しく配分する。流域の中間に位置する水文観測所がキャリブレーション地点となる場合は、その水文観測所を基準としてさらにサブ流域を分割し、その流域面積比に応じた流出量を河道に沿って与える。

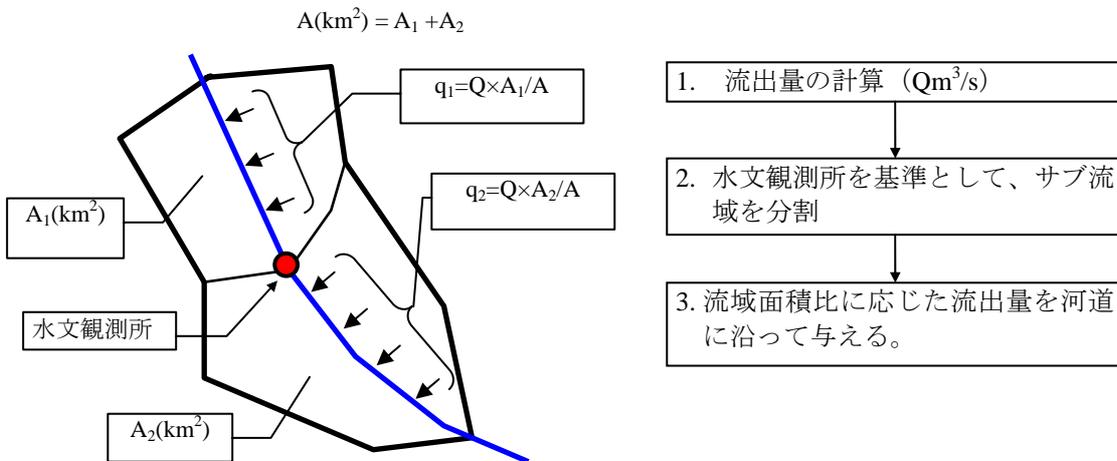


図 8.3.15 流入量の分配

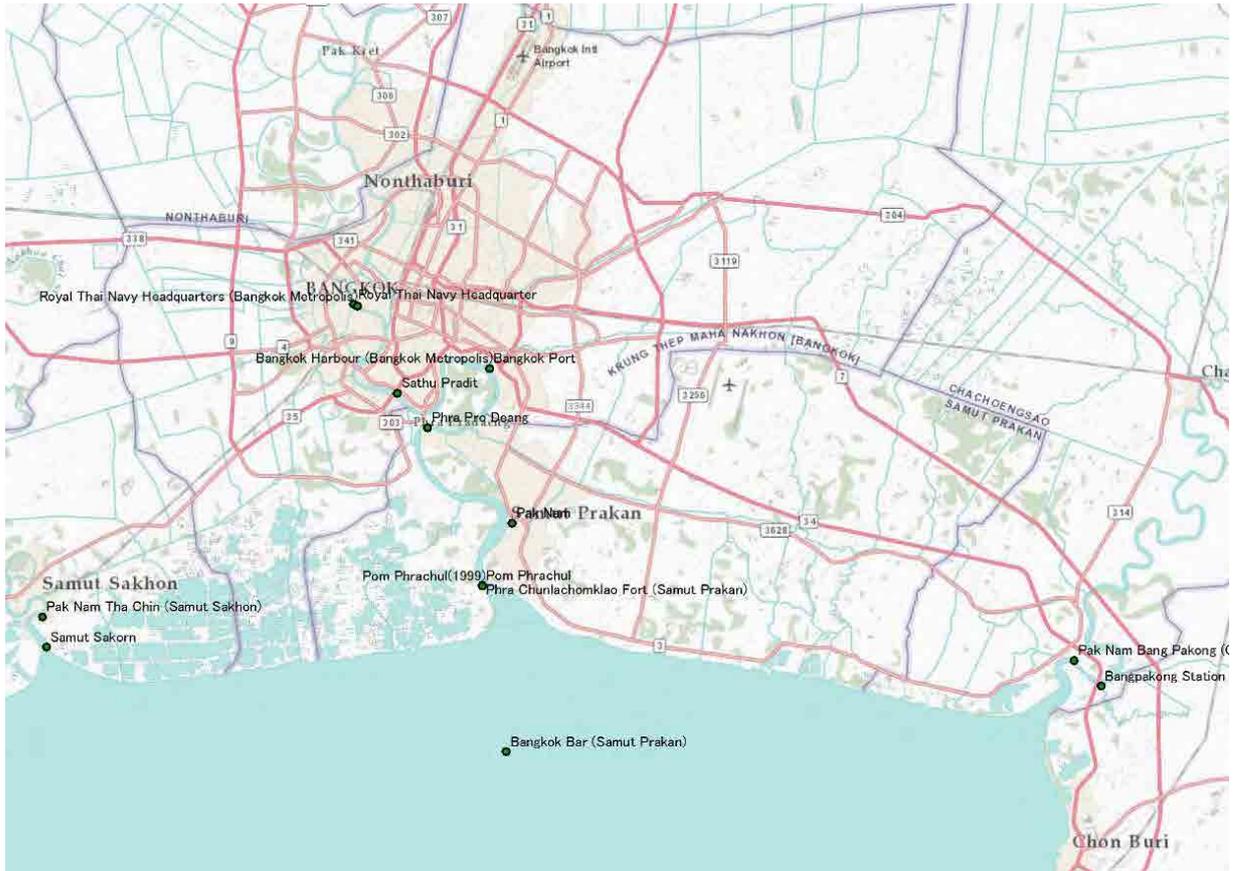
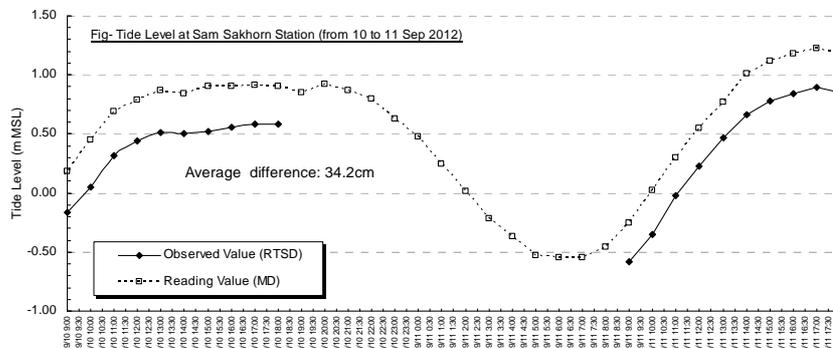


図 8.3.16 タイ湾における水位観測所/検潮所の位置



※RTSD（一等水準点）から観測した潮位データを真値とした

図 8.3.17 サムットサコンにおける痕跡調査比較（9月10-11日2012年）

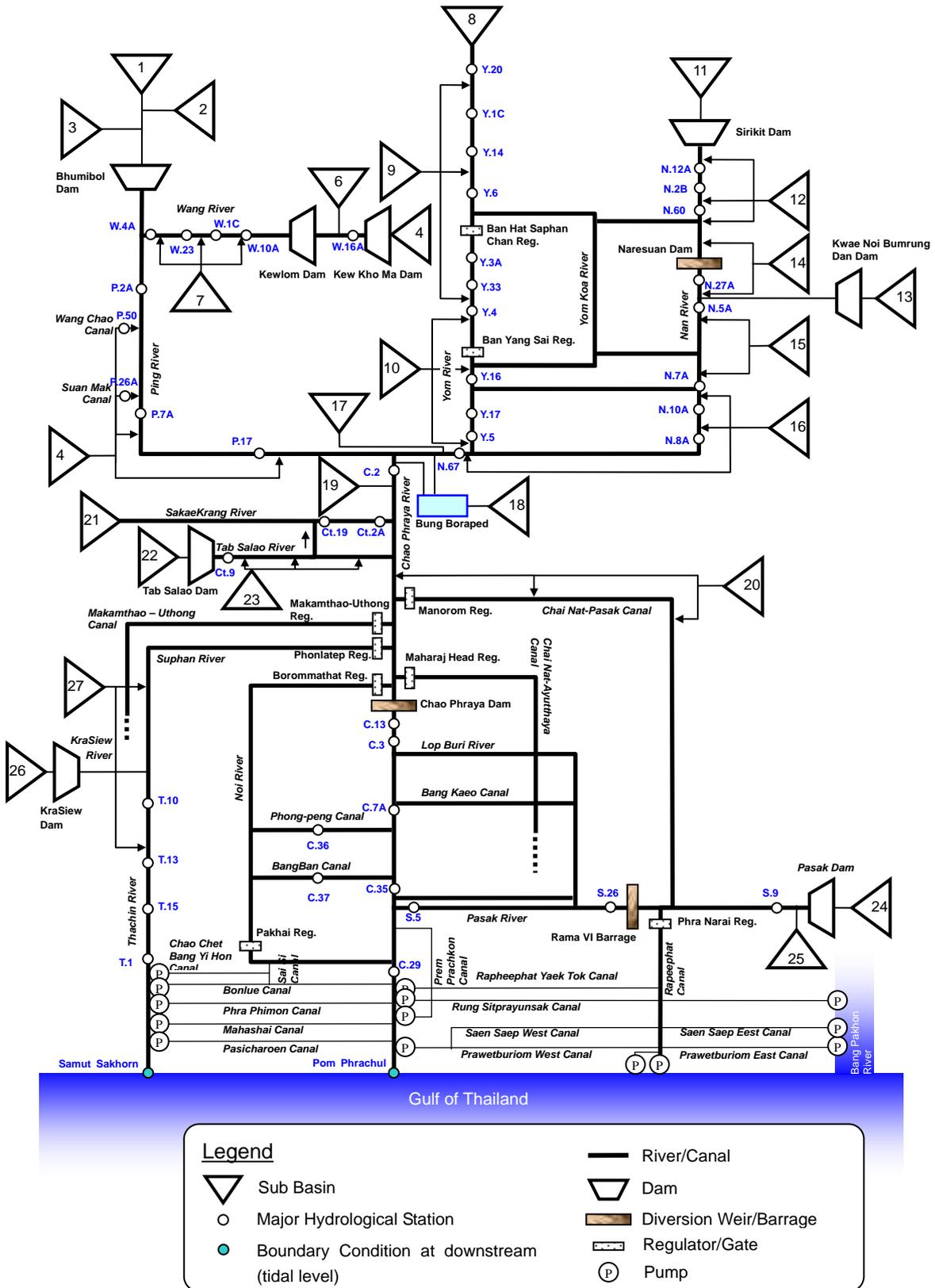


図 8.3.18 M/P 調査で提案された河道網モデル

8.4 氾濫モデル

8.4.1 概要

堤内地における氾濫流の解析には、二次元不定流モデルを用いる。二次元不定流モデルの概要およびイメージ図を表 8.4.1、図 8.4.1 に示す。

表 8.4.1 氾濫モデルの概要

項目	内容
ソフトウェア	DHI-MIKE-FLOOD
グリッドサイズ	2,000m
モデル化範囲	X: 338,000 - 838,000 Y: 1,460,000 - 2,210,000 (座標系: WGS84 UTM Zone 47N)
標高	2012 年に実施された空中測量成果 (LiDAR) をもとに平均地盤高を設定
粗度係数	2010 年の土地利用状況をもとに設定 (LANDAST 2009~2010 年)
連続構造物	主要道路、King's Dike (バンコク)、Surrounding dike (主要都市) 構造物の高さは LiDAR データをもとに設定

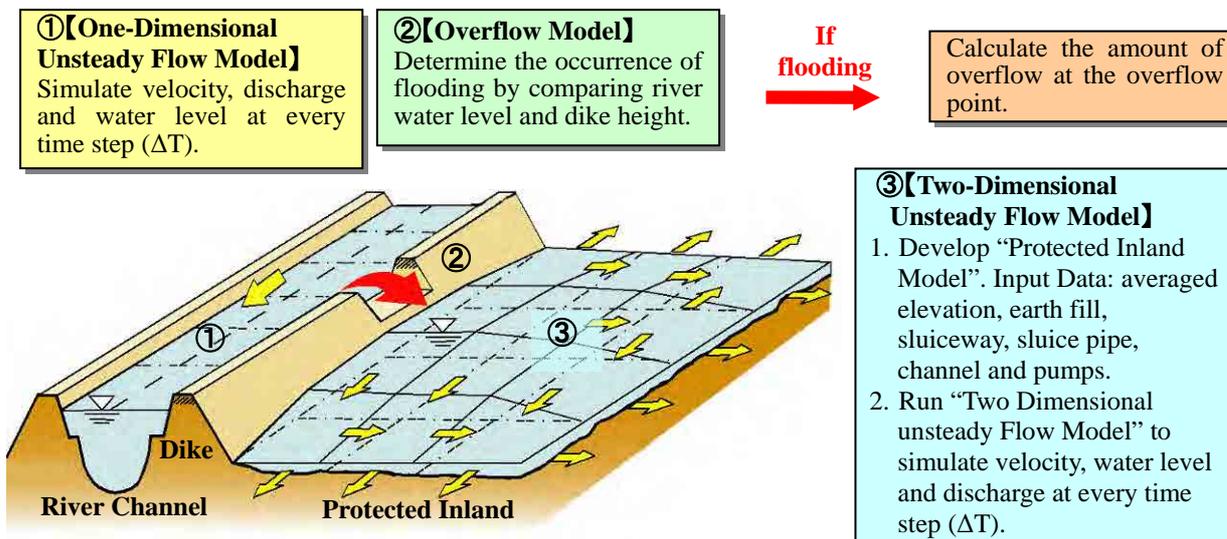


図 8.4.1 氾濫解析モデルのイメージ図

8.4.2 モデルのパラメータ

(1) 堤内地盤高

2012 年に JICA LiDAR チームが実施した航空測量結果は観測が密で精度が高く、これを用いて堤内地の平均地盤高を設定する。本調査では、現在の計算機の能力を考慮し、グリッドサイズは 2,000 m とした。

表 8.4.2 標高データ (LiDAR Data)

項目	内容	備考
測量期間	2012年3月	
解像度	観測密度: 1地点/4m ²	本調査では、グリッドサイズを2,000mとする。
範囲	X: 396,000 - 808,000 m Y: 1,460,000 - 2,044,000 m *座標系: WGS1984 UTM Zone 47N	セキュリティ上、軍の管轄エリアにおける標高データは提供されなかった。このエリアおよびLiDARデータの範囲外のエリアについては、1/50,000地形図の点データを用いて補完した。

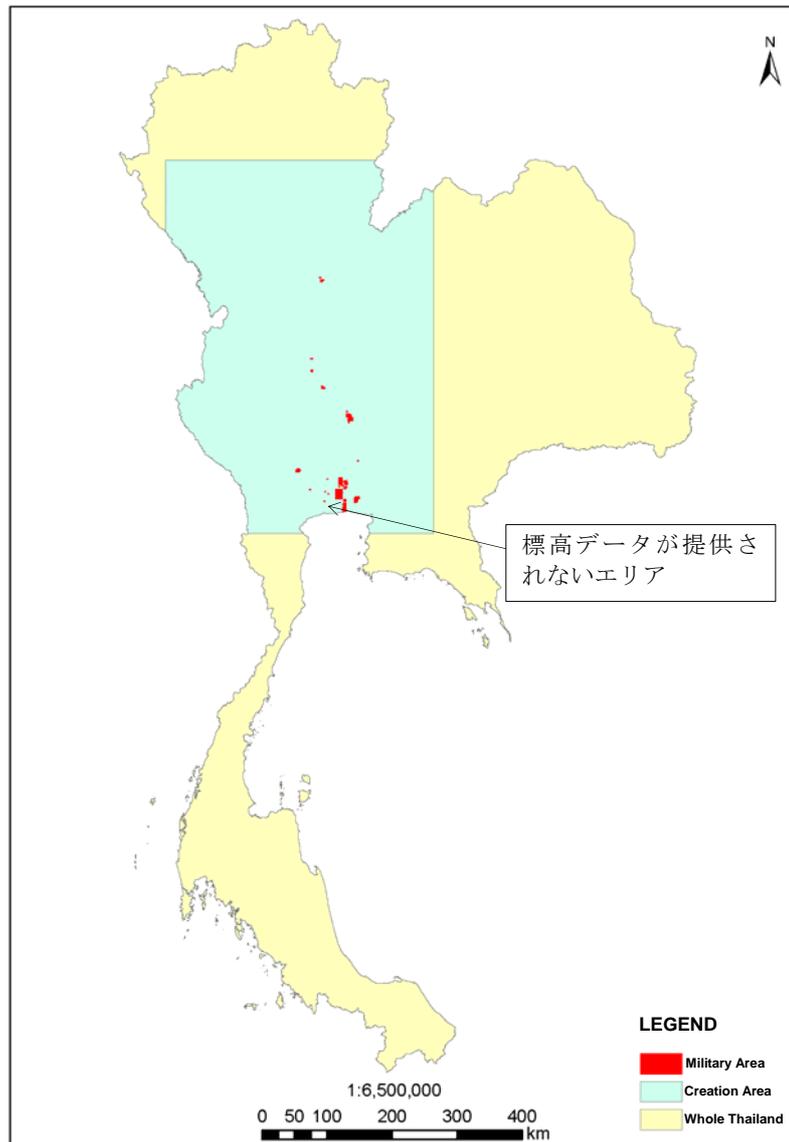


図 8.4.2 標高データを設定したエリア

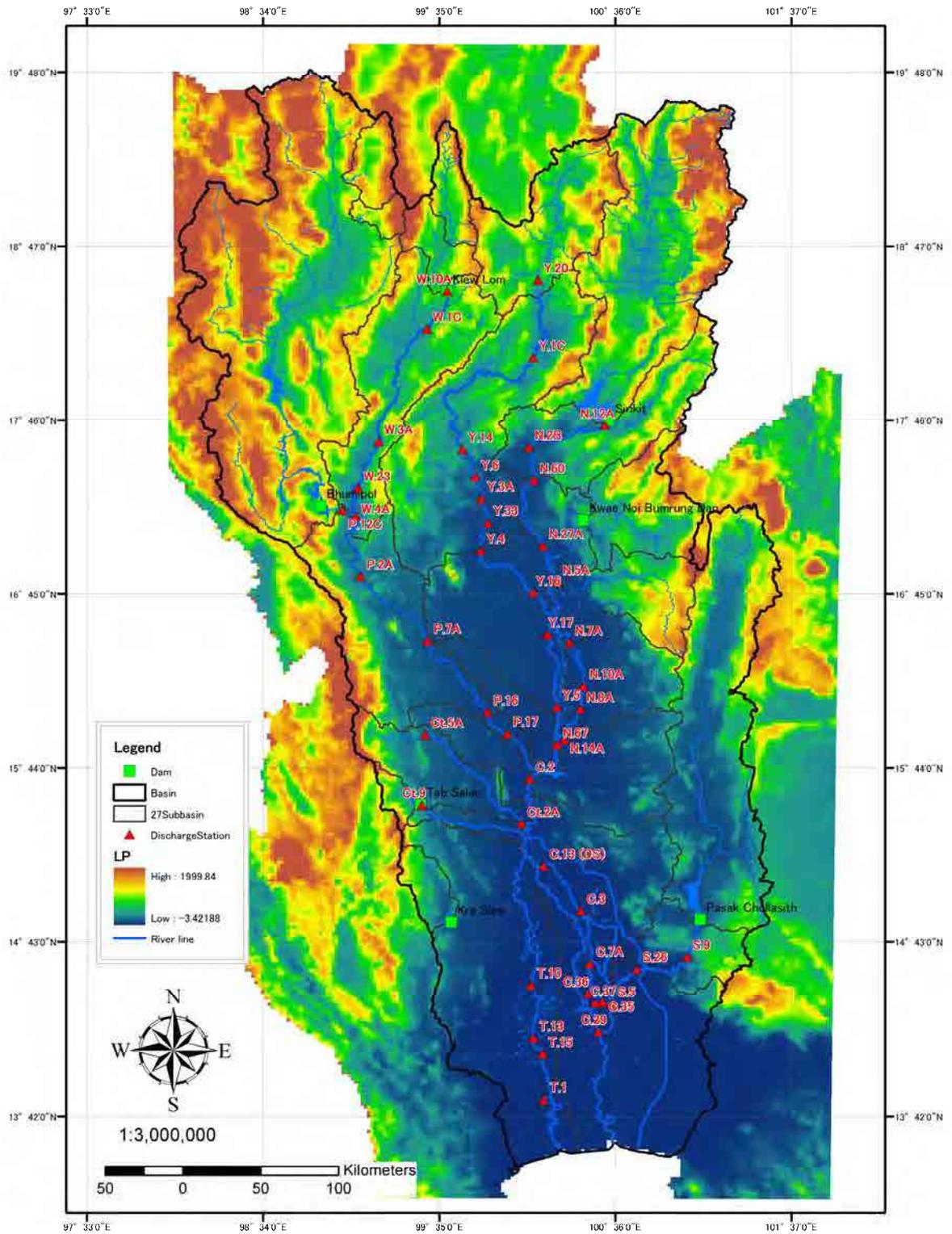


図 8.4.3 LiDAR データによる地盤高 (グリッドサイズ : 2,000m)

(2) 氾濫原の粗度係数

LANDSAT 2011 から得られる土地利用状況（2009 年～2010 年に実施）をもとに、粗度係数を設定する。粗度係数の標準値³は、農地では 0.060、道路では 0.047、その他では 0.050 とされている。一つのメッシュに 2 つ以上の土地利用区分が含まれている場合は、それぞれの土地利用面積の比率に応じた粗度係数を設定する。

土地利用図および粗度係数の初期設定値を図 8.4.5 および図 8.4.6 に示す。

表 8.4.3 土地利用のデータソース

項目	内容
使用データ	LANDSAT LANDUSE DATA 2011
観測期間	2009 - 2010
データの種類	ラスタデータ

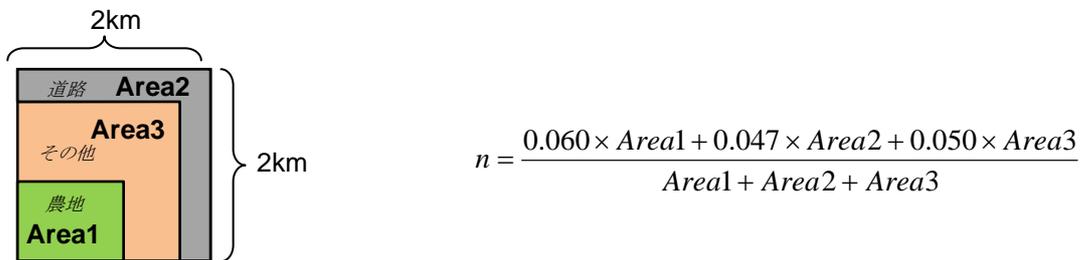


図 8.4.4 氾濫原の粗度係数（グリッドサイズ：2,000m）

(3) 連続構造物

都市域における主要な国道、King's dike、Ring dike などの連続構造物は氾濫流の挙動に影響するため、氾濫モデルに組み込む。

モデル化する連続構造物の概要および位置を表 8.4.4、図 8.4.7 に示す。

表 8.4.4 モデルに組み込む連続構造物

種類	名前	内容
堤防	Kings Dike	総延長: 156km 高さ: 0~3 (m MSL)
	Ring Dike	総延長: 530km 高さ: 0~4 (m MSL)
	経済地区	総延長: 126km 高さ: 0~3 (m MSL)
道路	主要国道 Route number 1、2、3、4、7、9 ほか.	総延長: 1,376km 高さ: 0~4 (m MSL)

(4) 浸透量

本調査では、10 mm/日の浸透量を各グリッドに設定する。この値は土壌への浸透量および小規模水路からの排出量を含む。(8.3 でモデル化された水路より小さい水路の効果を含む)

³ 氾濫シミュレーション. マニュアル (案) (建設省土木研究所、平成 8 年 2 月)

(5) 蒸発量

浸水時における氾濫原からの蒸発を考慮する。降雨流出モデル(8.2.3(2))とは異なり、浸水時は水面から直接蒸発することから、損失量は考慮しない。蒸発量は可能蒸発量にほとんど等しいため、TMD synoptic station(46地点)で得られるパン蒸発量のカバー範囲をティーセン法で設定し、各グリッドに設定する。

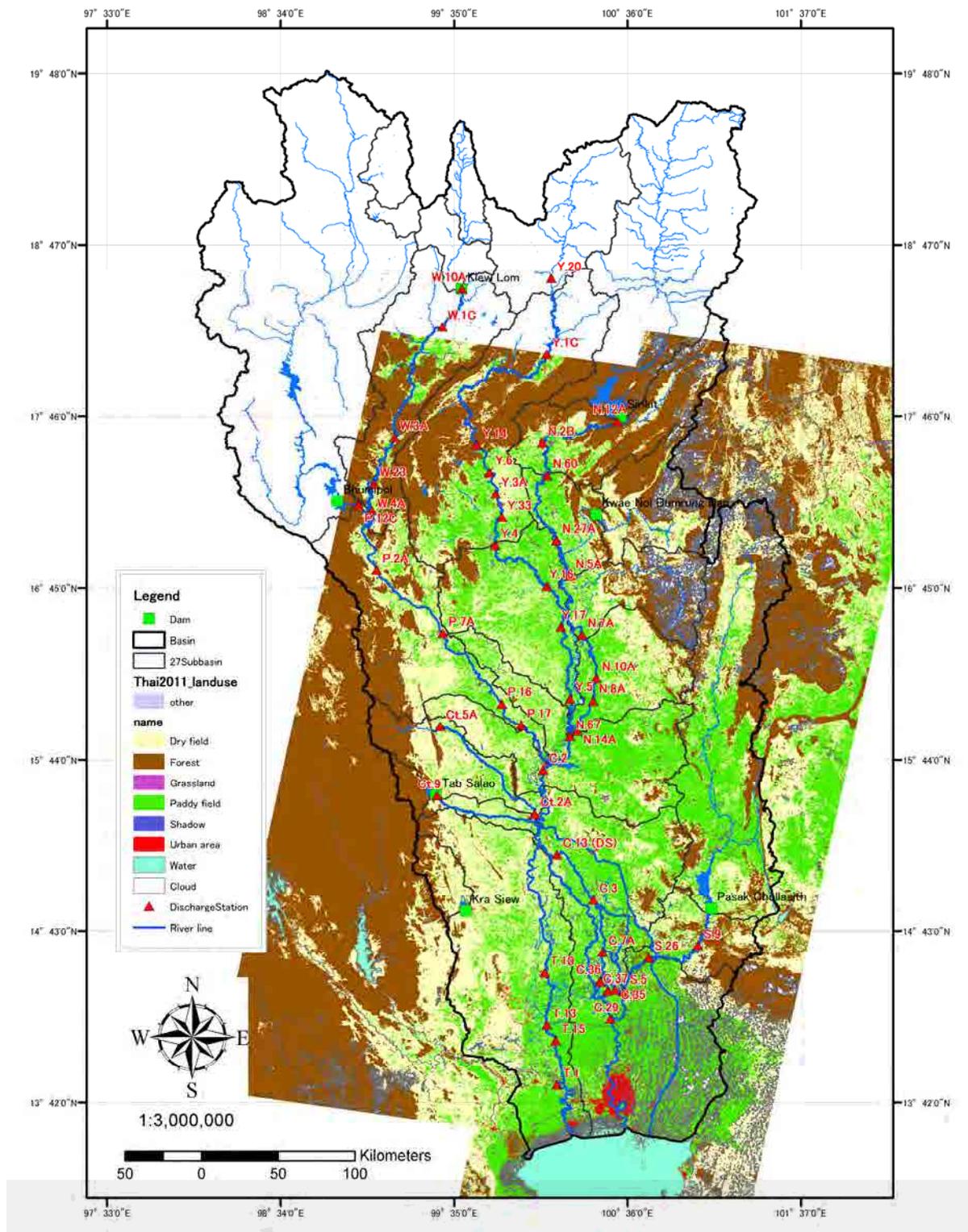


図 8.4.5 土地利用状況 (LANDSAT 2009 – 2010)

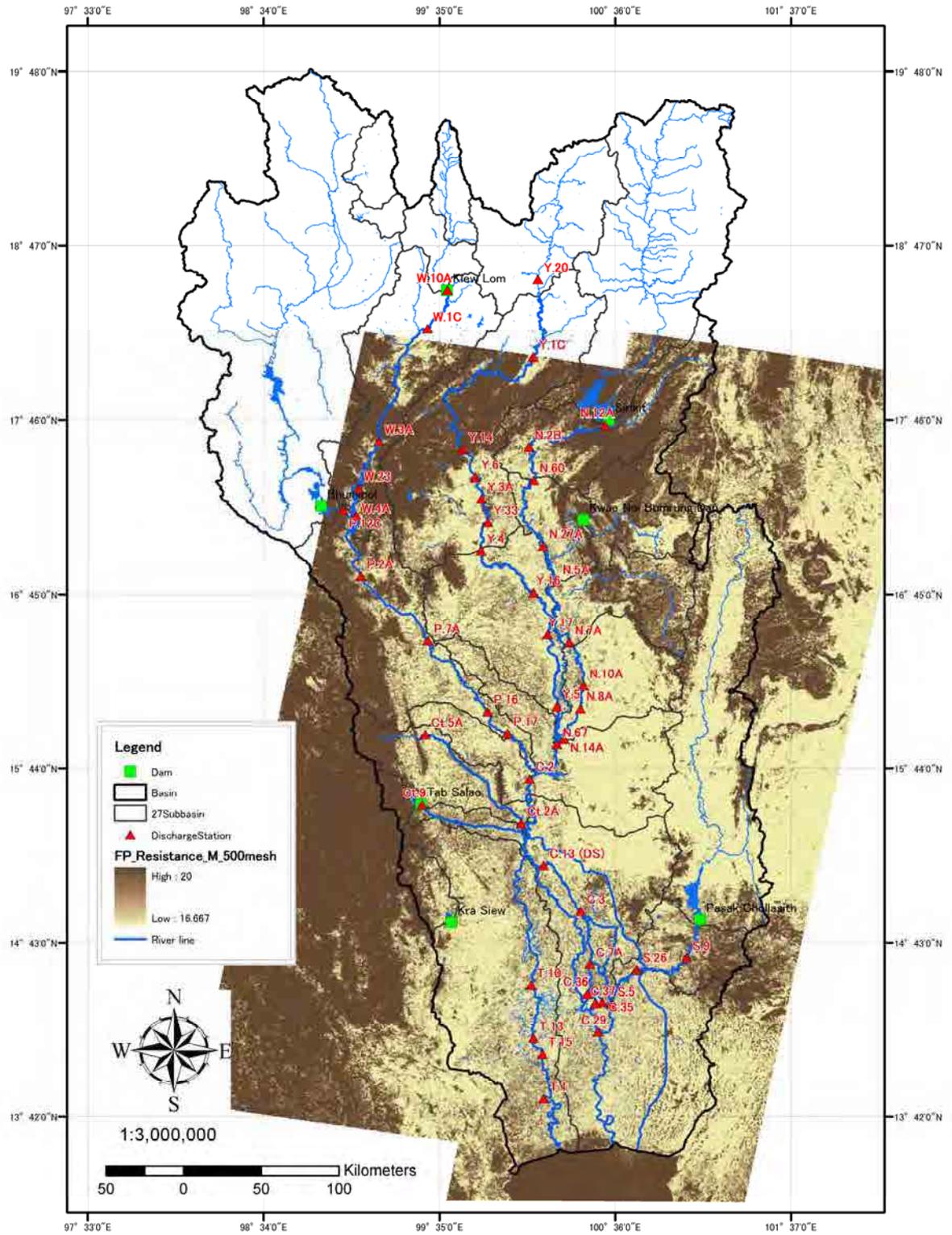


図 8.4.6 氾濫原の粗度係数 (1/n)

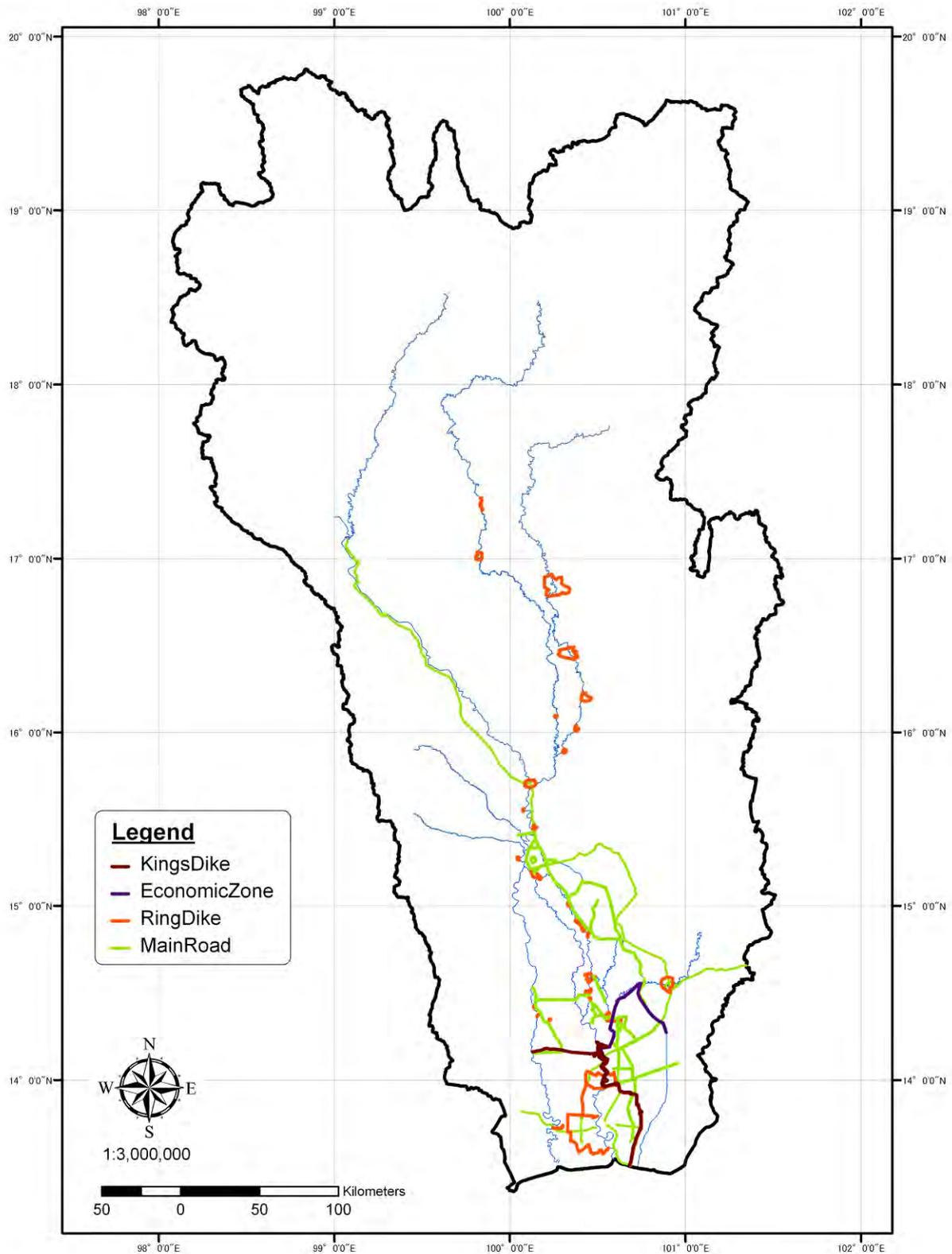


図 8.4.7 連続構造物の位置

(6) 破堤

2011年の洪水では、図 8.4.8 に示すように、チャオプラヤ川左岸沿いのおよそ 10 箇所で破堤が生じた。氾濫が生じると下流へ流下する河川水のボリュームは減少することから、再現計算では破堤を考慮する。

本調査のモデルでは、破堤現象をシミュレーションするために、破堤地点に越流堤を設定した。河川水位が越流高を上回ると河川水が堤内地に氾濫する。越流高は破堤地点付近の地盤高をベースに設定し、越流幅は下表に示す2011年洪水の実際の破堤状況を参考に設定した。

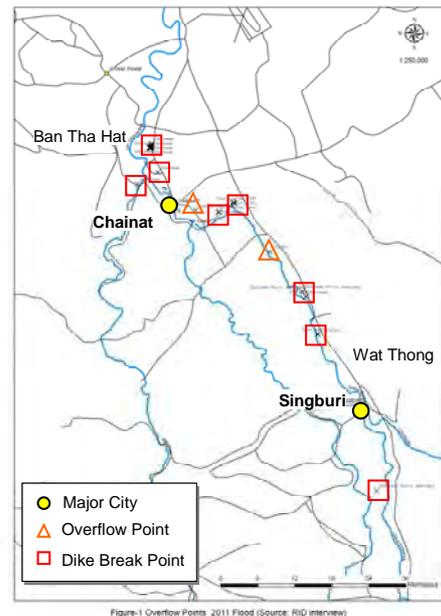


図 8.4.8 破堤地点 (2011年)

表 8.4.5 破堤地点の調査結果 (2011年)

No.	位置	左岸 or 右岸	破堤 or 越流	位置(上流端)	位置(下流端)	破堤/越流幅	Date	備考
1	Chainat front dike_cross-dike	Left	Dike break	N15 16' 09.55" E100 05' 26.41"	N15 16' 09.19" E100 05' 27.00"	20	2011/9/22	
2	Chainat front dike_cross-dike	Left	Dike break	N15 16' 09.05" E100 05' 30.16"	N15 16' 09.18" E100 05' 32.86"	80	2011/9/22	
3	Local road	Left	Dike break	N15 16' 14.53" E100 05' 31.42"	N15 16' 13.55" E100 05' 34.98"	110	2011/9/22	
4	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16'30.63" E100 05' 40.69"	N15 16' 27.62" E100 05' 40.32"	100	2011/9/22	
5	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 20.05" E100 05' 38.26"	N15 16' 17.78" E100 05' 37.96"	70	2011/9/22	
6	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 13.86" E100 05' 36.88"	N15 16' 13.41" E100 05' 36.75"	15	2011/9/22	
7	Chainat main dike along route No.1	Left	Dike break	N15 16' 08.13" E100 05' 35.27"	N15 16' 07.29" E100 05' 35.07"	30	2011/9/22	
8	Chainat main dike along route No.1, near hill	Left	Dike break	N15 13' 59.50" E100 06' 11.57"	Unknown	100	2011/9/22	length is estimated value
9	Upstream of 2km from Chao Phra Dam, Spillway	Left	Overflow	N15 10' 35.06" E100 09' 36.53"	Unknown	1,000	2011/9/18	Spillway established on the road, 17.0MSL(estimated)
10	Downstream of 2km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 10' 22.83" E100 11' 39.65"	N15 10' 26.30" E100 11' 45.13"	200	2011/9/22	
11	Downstream of 5km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 11' 13.41" E100 13' 01.43"	N15 11' 14.40" E100 12' 59.47"	65	2011/9/22	
12	Downstream of 5km from Chao Phra Dam	Left	Dike break	N15 11' 09.95" E100 13' 08.22"	N15 11' 11.46" E100 13' 05.37"	100	2011/9/22	
13	Downstream of Chao Phra Dam	Left	Overflow	Downstream of 1km from Chao Phra Dam	N15 06' 49.74" E100 16' 18.56"	14,000	Unknown	coordination of downside is unknown
14	Bang Chom Sri gate in Sing Buri region	Left	Dike break next to water gate	N15 03' 15.70" E100 19' 13.53"	N15 03' 17.22" E100 19' 12.15"	60	2011/9/13	
15	Downstream of 1km from Bang Chom Sri gate in Sing Buri district	Left	Dike break	N15 02' 51.38" E100 19' 32.43"	N15 02' 49.77" E100 19' 33.28"	55	2011/9/14	
16	Downstream of 7km from Bang Chom Sri gate in In Buri district	Left	Dike break	N14 59' 31.04" E100 20' 36.01"	N14 59' 29.35" E100 20' 36.48"	55	2011/9/17	
17	Water Gate at the Tha Chin River (regulator)	right	Gate Open	N15 12' 57.81" E100 04' 21.70"				B=7m, 4 gates (estimated), 220m ³ /s > 350m ³ /s
18	Phra Ngam Water Gate (Regulator)	right	Dike break next to water gate	N14 45' 33.04" E100 25' 49.87"	Unknown	50	2011/9/15	length is estimated value

8.5 モデルの検証

8.5.1 概要

洪水解析モデルの妥当性を確認するために、計算値と観測値の比較を行い、モデルの検証を行う。本調査では、近年 10 カ年の大規模洪水である 2006 年洪水と 2011 年洪水の 2 洪水を対象に検証計算を実施した。

8.5.2 検証地点の選定

水位観測所はチャオプラヤ川流域に数多く設置されている。本調査では、観測精度が良好で、洪水管理上重要な地点をキャリブレーション地点として採用する。図 8.5.1 の白塗りの地点がモデルのキャリブレーション地点として選定された場所である。灰色で示されている水文観測所および堰は、データの異常や欠測がみられることを示しており、ここではキャリブレーション地点として扱わない。

<備考>

- ・ 基本的で広範な洪水管理計画に向けた調査とするため、今回は主な支川（8 河川）に位置する水位観測所を選定している。
- ・ W.16A 地点における流量データについては、上流にある Kew Kho Ma ダムからの 2011 年の放流量データが正しくない可能性があり、妥当性が確認できないためキャリブレーション地点としては扱わない。
- ・ Y.6 における流量データについて、流出率（流出量/降水量）が負の値となるため、正しくない。
- ・ Ban Hat Saphan Chan regulator、Ban Yang Sai regulator、Naresuan ダム、Makamthao-Uthong regulator、Maharaj Head regulator、Rama VI Barrage では観測記録がないため、キャリブレーションを行わない。

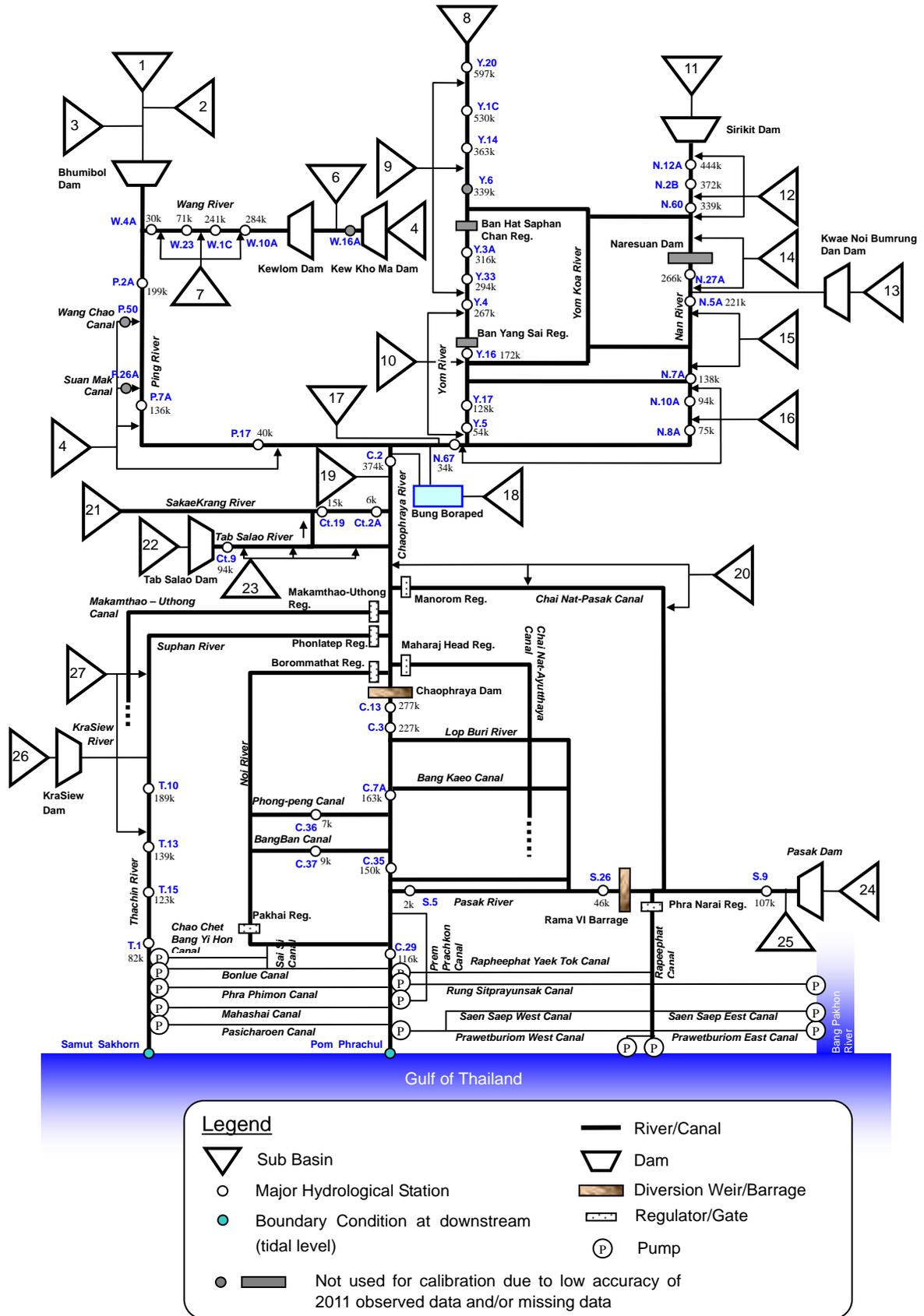


図 8.5.1 選定されたキャリブレーション地点

8.5.3 氾濫エリア

モデルの妥当性を確認するために、浸水範囲を検証する。氾濫エリアに関する観測情報は UNOSAT および GISTDA から公表されている。また 2012 年に実施された洪水痕跡調査は図 8.5.2 図 8.5.3 図 8.5.4 のとおりであり、これらもモデルの検証に用いる。

表 8.5.1 氾濫に関する記録

Data Source	Information	Remarks
UNOSAT	Inundation area on the middle of August, September, October and November 2011.	Reference: United Nations Institute for Training and Research http://www.unitar.org/unosat/
GISTDA	Inundation area on 2006yr flood (yearly) Inundation area on 2011yr flood from May to November	Reference: Thailand Flood Monitoring System http://flood.gistda.or.th/
Flood Mark Survey by JST	Maximum inundation depth and inundated time in inundated area in 2011. Number of survey points is approximately 6,600.	This survey was conducted from downstream of Y.4 (Yom River), P.16 (Ping River) and N.27A (Nam River) to Gulf of Thailand. Regarding inundation area out of the survey area shall be referred to UNOSAT.

<越水箇所>

- ・ ナコンサワン上流においては、P.16（ピン川）付近、Y.33 下流、N.60 下流で越水した。
- ・ ナコンサワン下流においては、ナコンサワン直下右岸側において越水した。
- ・ チャイナット-パサク水路の分流地点からチャイナット、シンブリ周辺にかけて、数カ所で破堤が生じた（図 8.4.8 を参照）。

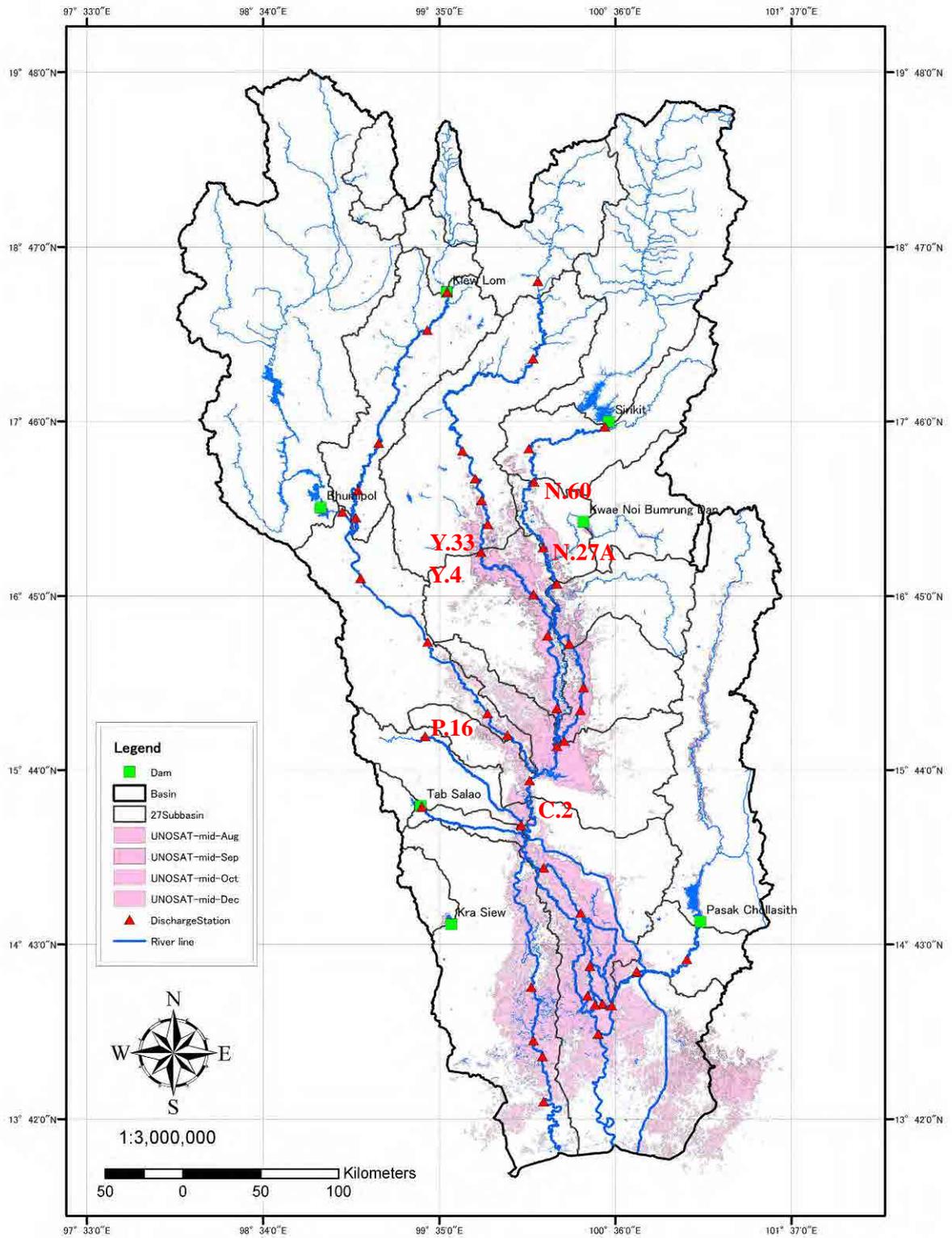


図 8.5.2 UNOSAT (8月中旬から12月中旬)

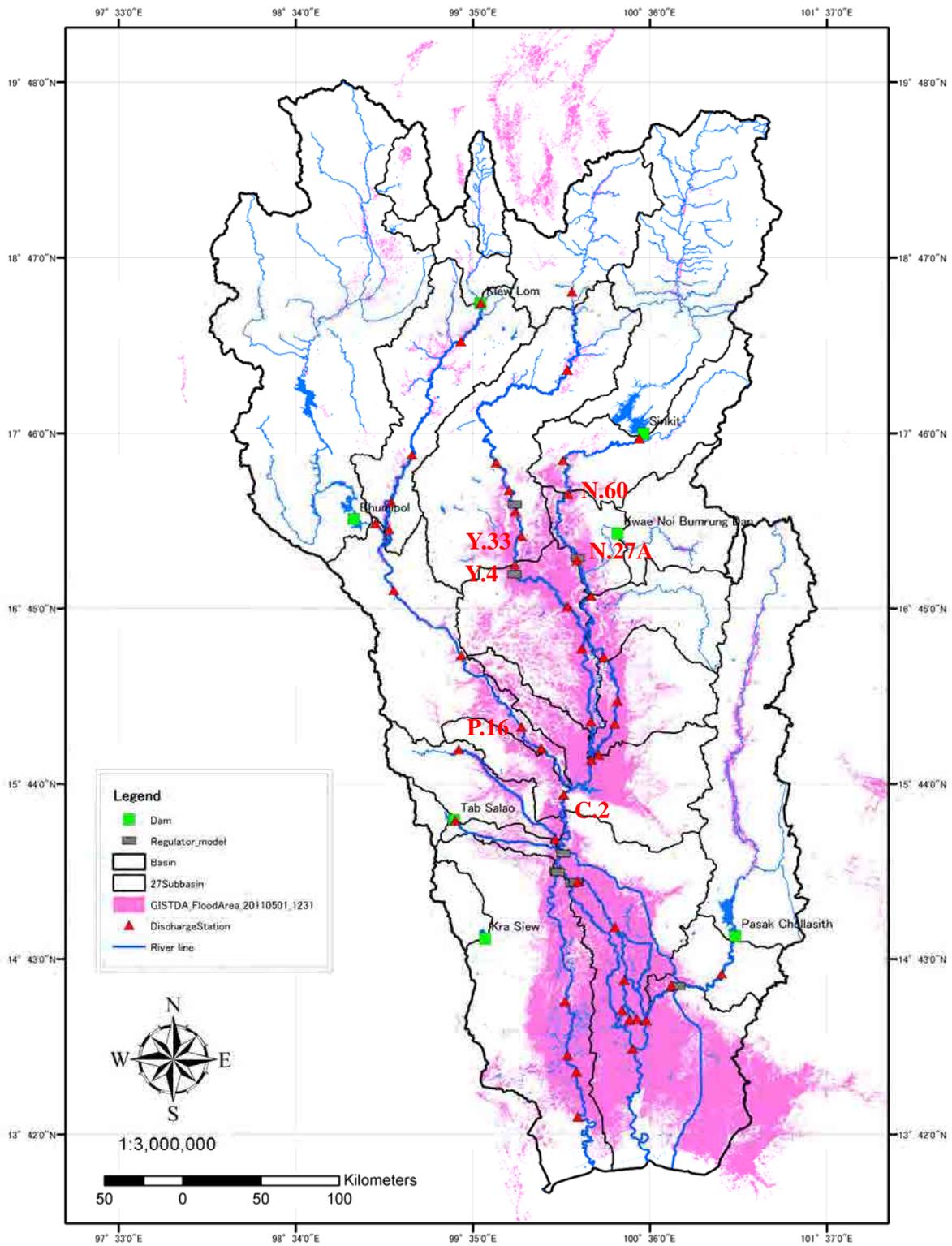


図 8.5.3 GISTDA Flood Area (2011/5/1-12/31)

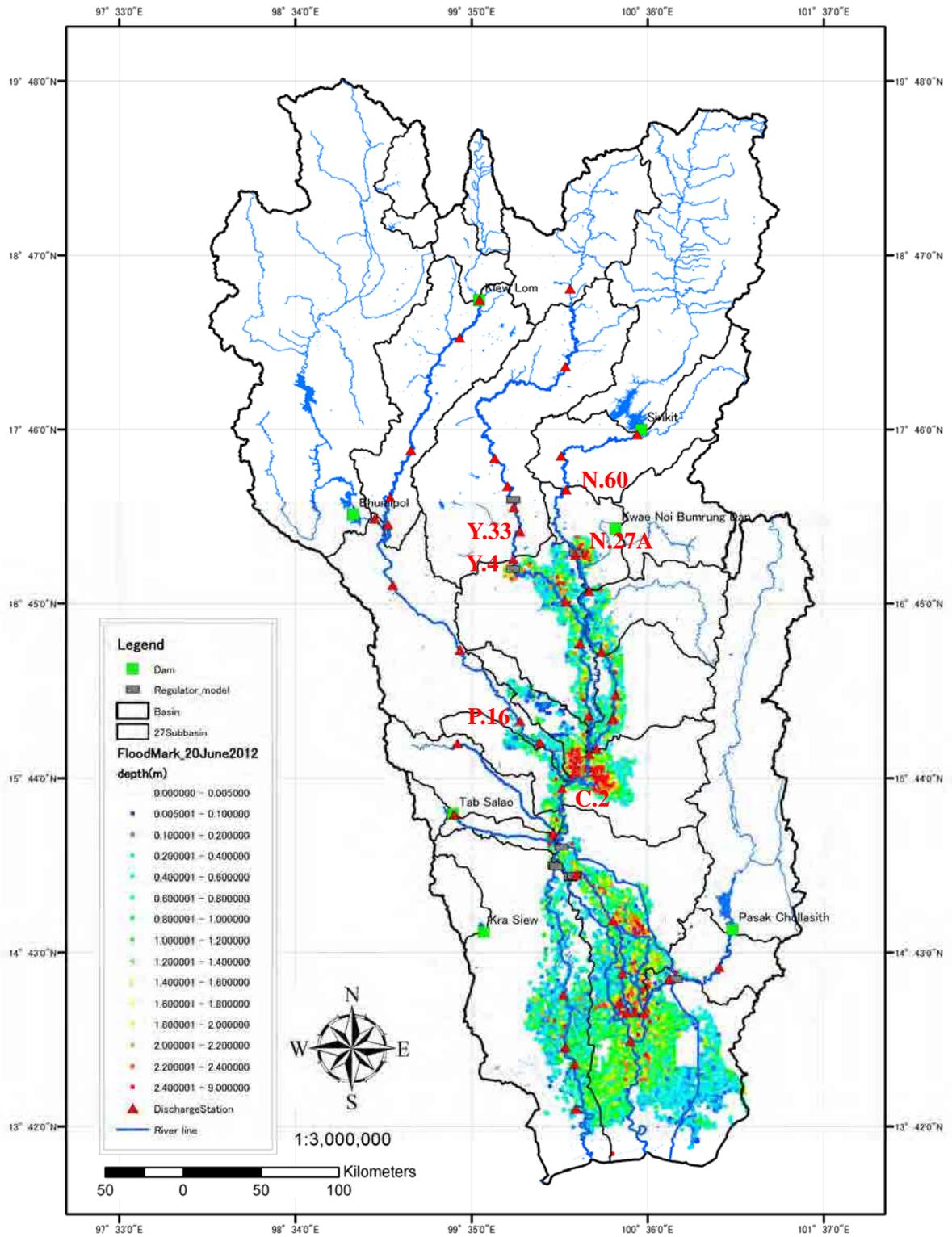


図 8.5.4 2012 年に実施された洪水痕跡調査結果

8.5.4 検証

前述した初期設定のもとで2006年および2011年の再現計算を実施した。

(1) 評価方法

モデルの妥当性を確認するための評価項目及び評価方法を表 8.5.2 に示す。

表 8.5.2 再現計算の評価項目

No.	Evaluation Items	Evaluation Points	Remarks
1	Longitudinal Profile of Water Level	・ Chao Phraya River ・ Tha Chin River・Pasak River	Compare with observed water level
2	Water Level and Discharge	At validation points	Compare with observed water level and discharge
3	Inundation Area	1) Maximum inundated area 2) monthly inundated area from August to December	Compare among UNOSAT, GISTDA, and Flood Inundation Survey Monthly inundated area of UNOSAT and GISTDA are available only in 2011.
4	Inundation Depth	Maximum inundation depth	Compare with flood mark survey conducted 2012

(2) 評価結果

(a) 水位縦断分布

チャオプラヤ川、タチン川、パサク川における水位の縦断分布を以下の図に示す。

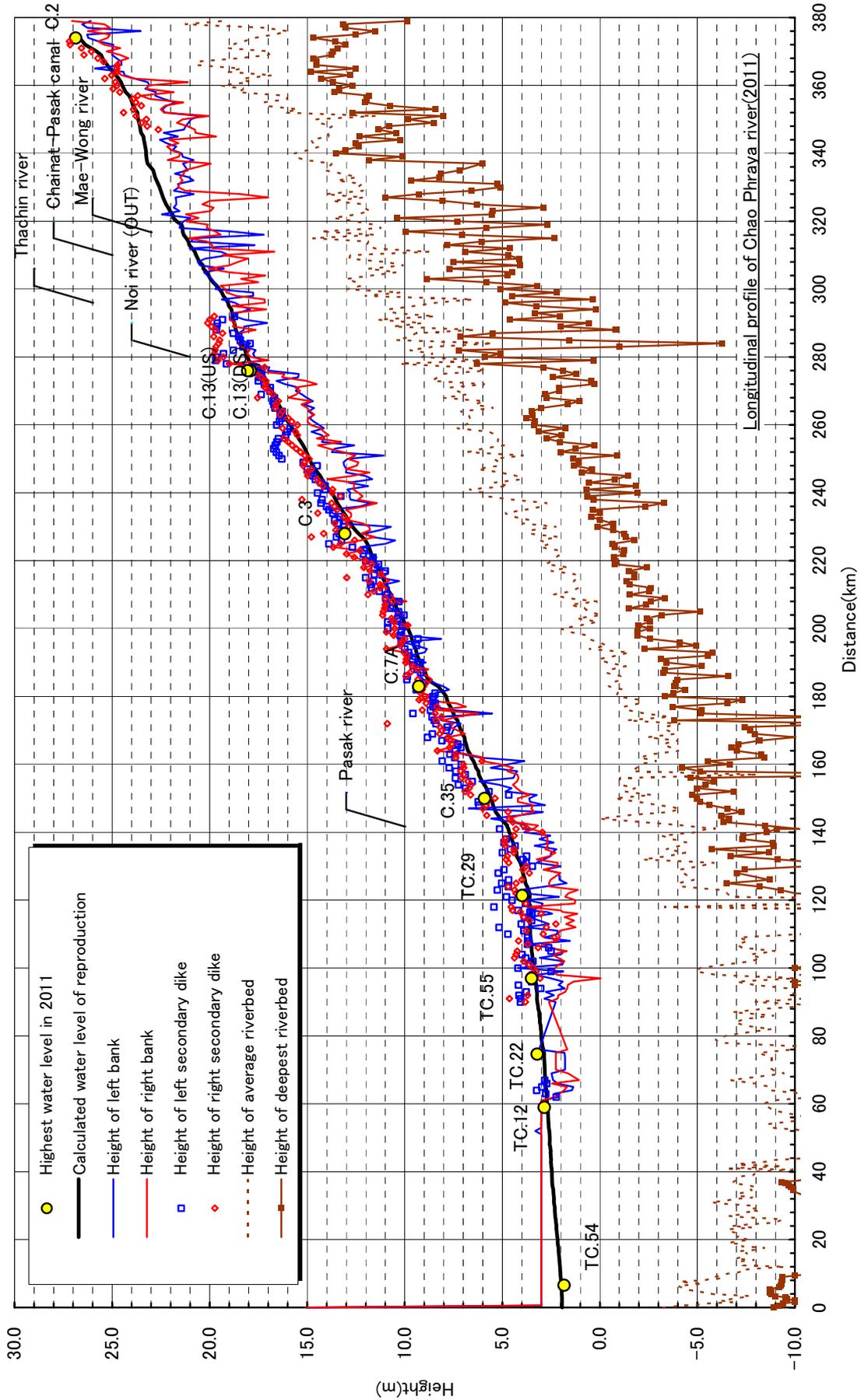


図 8.5.5 チャオプラヤ川 水位縦断分布 (2011年洪水時)

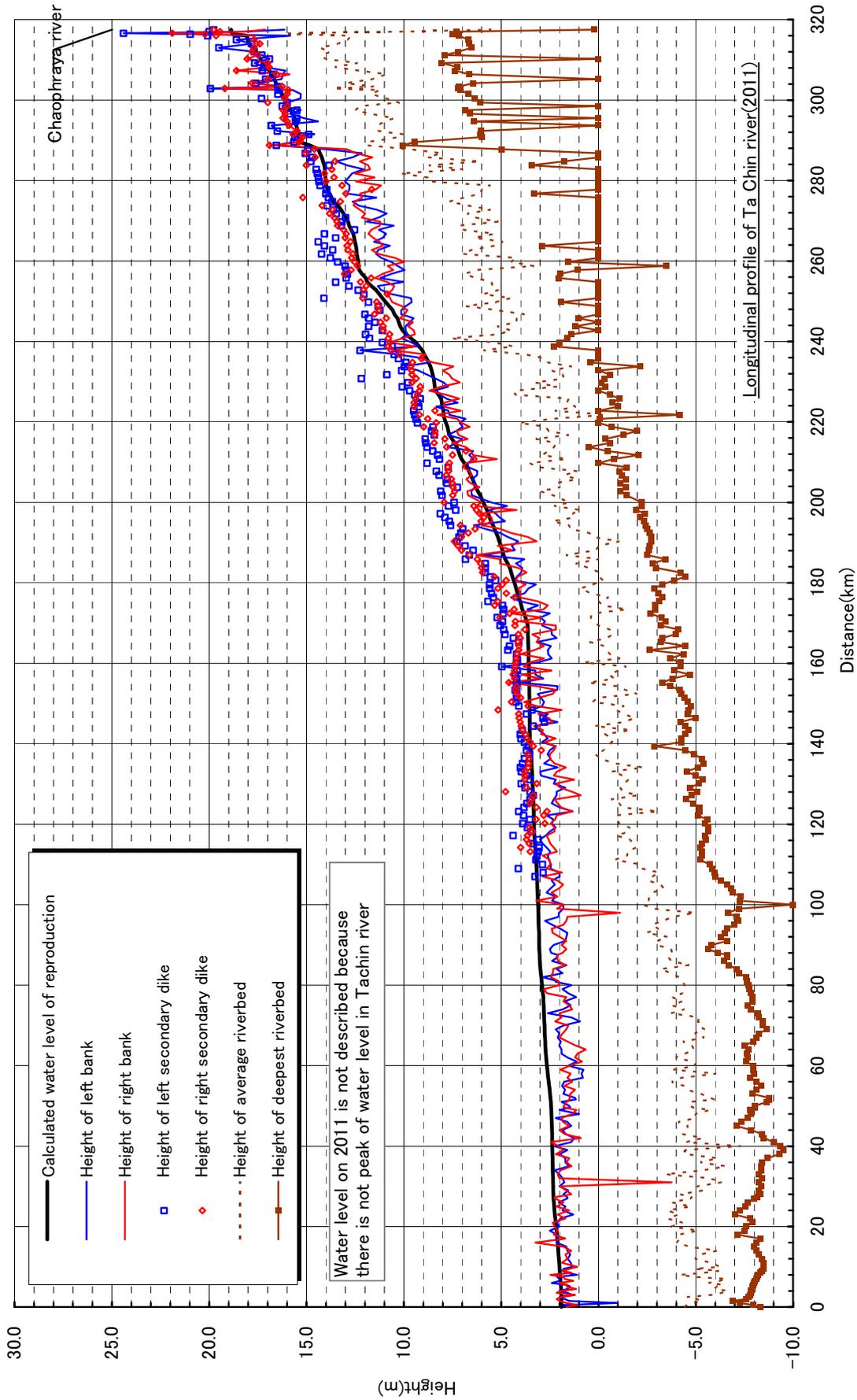


図 8.5.6 タチン川 水位縦断分布 (2011 年洪水時)

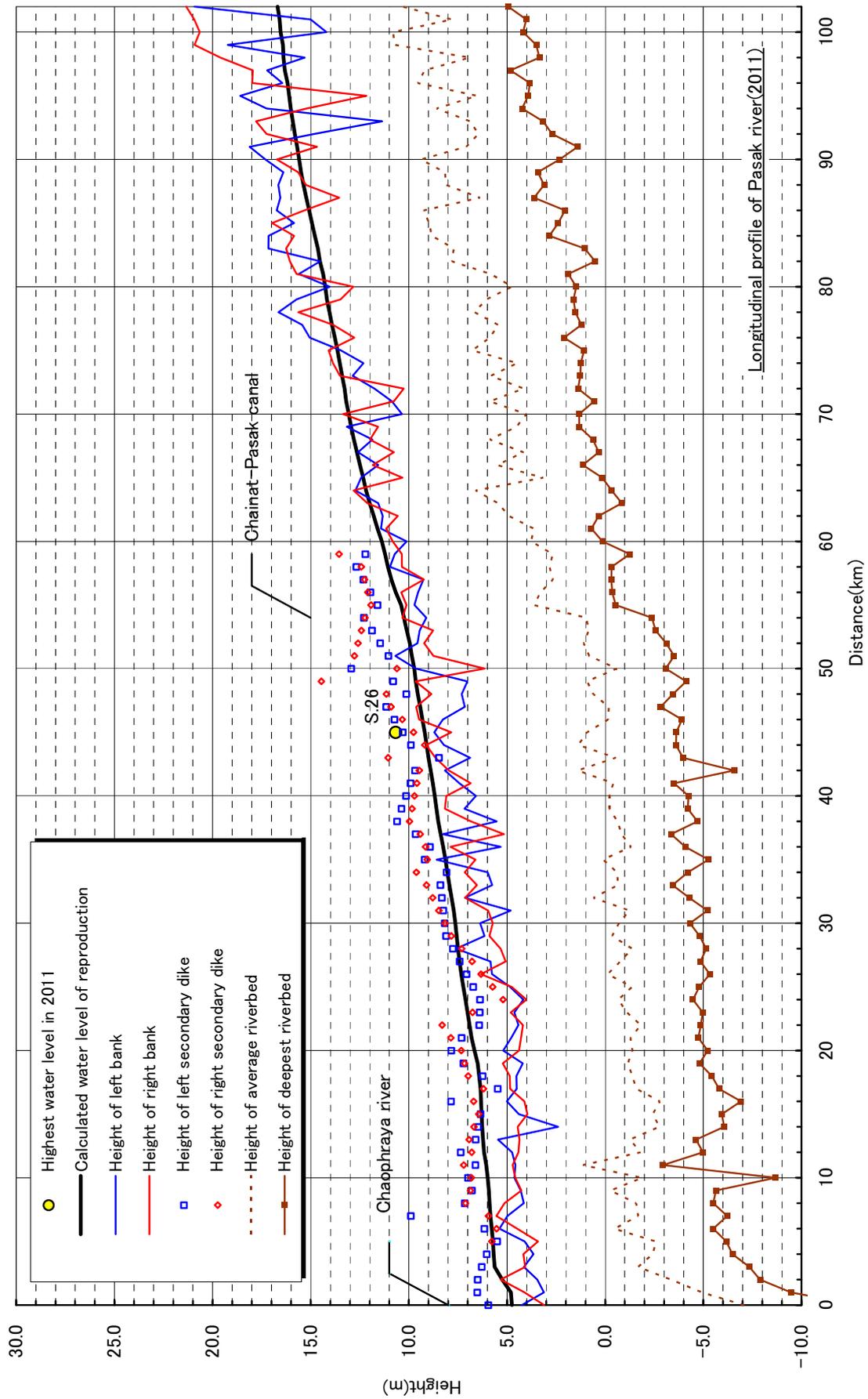


図 8.5.7 パサク川 水位縦断分布 (2011 年洪水時)

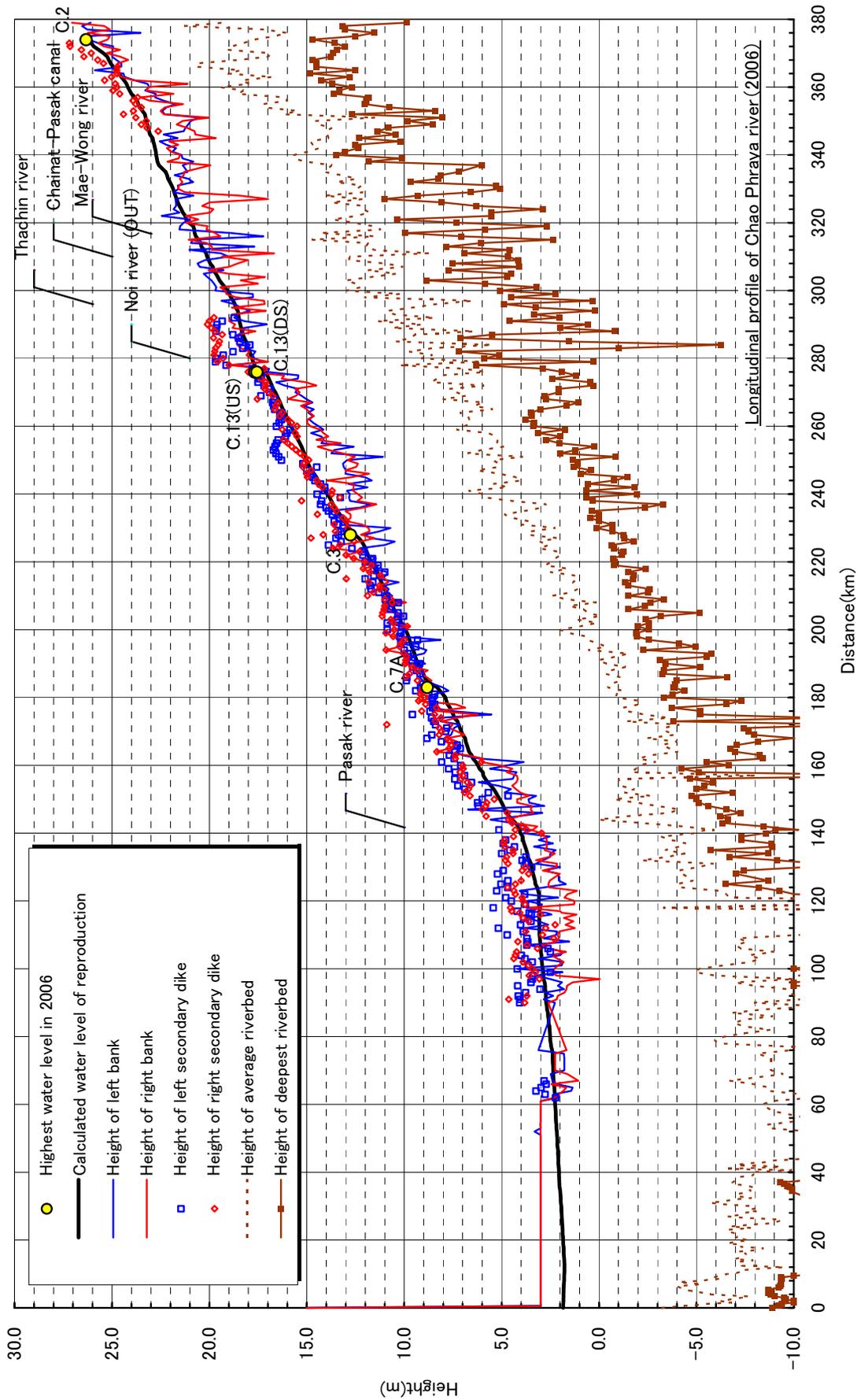


図 8.5.8 チャオプラヤ川 水位縦断分布 (2006 年洪水時)

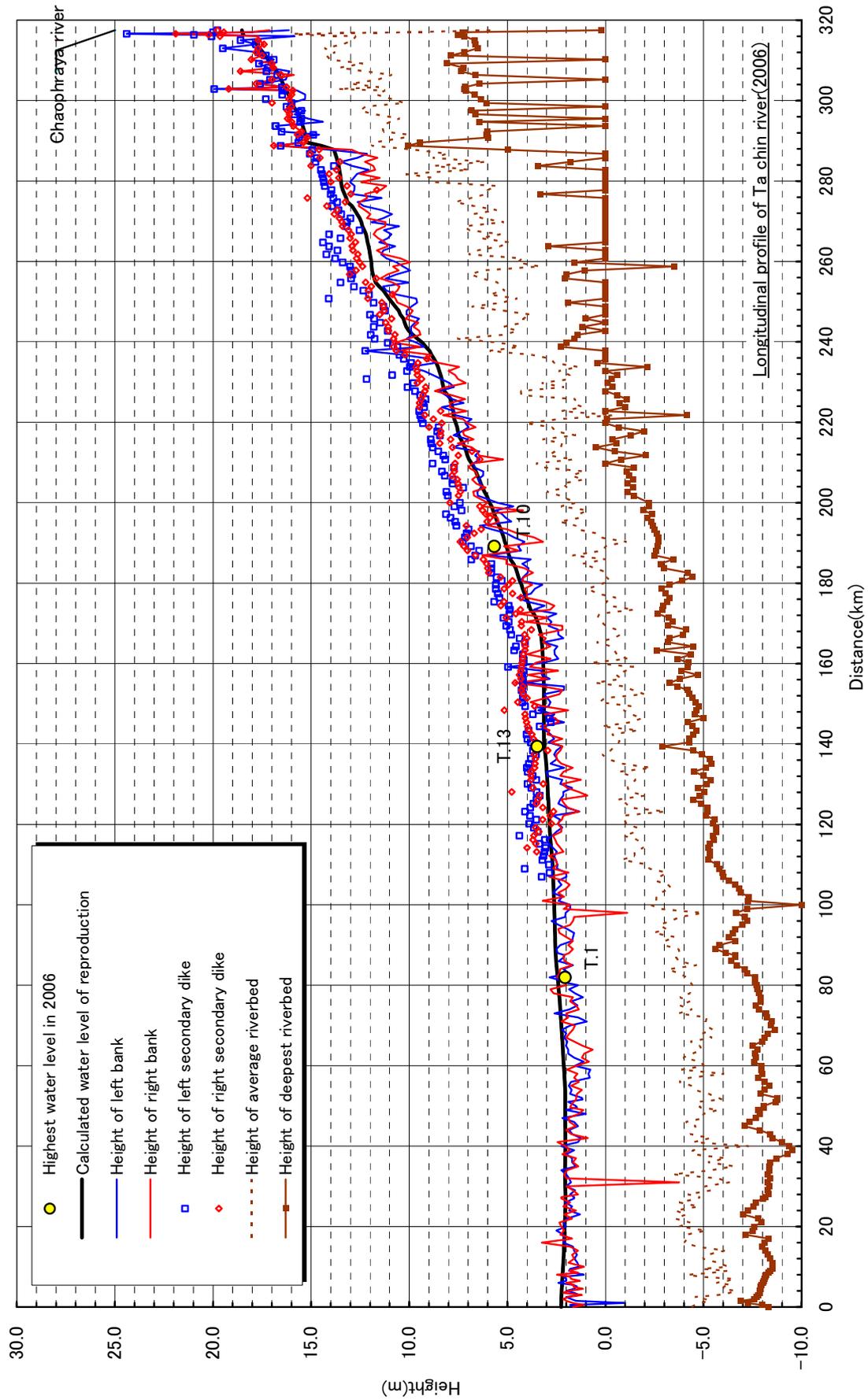


図 8.5.9 タチン川 水位縦断分布 (2006 年洪水時)

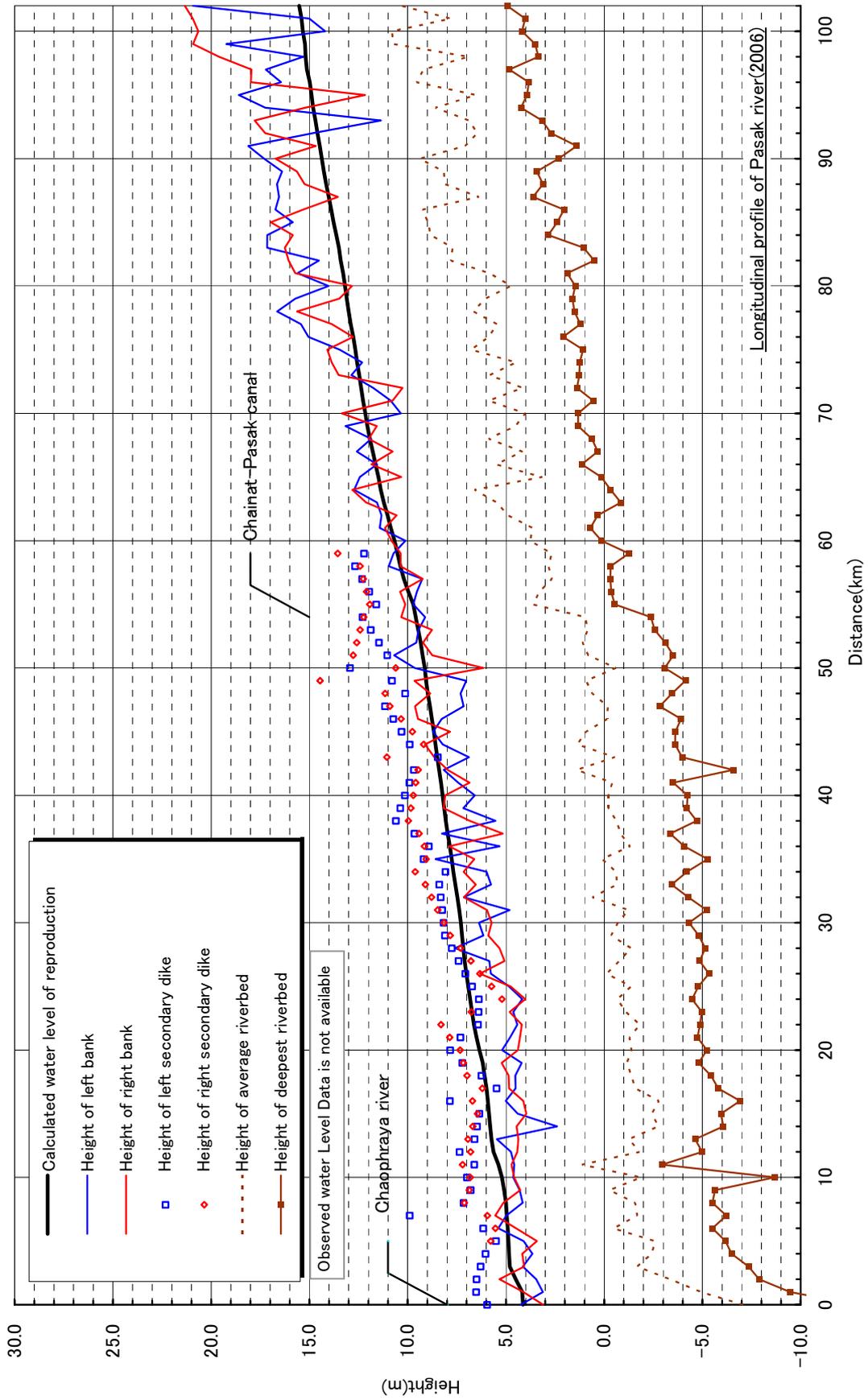


図 8.5.10 パサク川 水位縦断分布 (2006年洪水時)

(b) 水位および流量ハイドログラフ

主要な9河川および2水路における、モデルのキャリブレーション結果を以下の表に示す。対象とした河川/水路は、ピン川、ワン川、ヨム川、ナン川、チャオプラヤ川、タブサラオ川、サカエクラン川、パサク川、Phone-Pen 水路、Bang Ban 水路、およびタチン川である。

表 8.5.3 ピン川における計算結果 (2011 年洪水時)

ピン川	観測所名
	Bhumibol Dam Inflow
	Station: P.7A
	Station: P.17

表 8.5.4 ワン川における計算結果 (2011 年洪水時)

ワン川	観測所名
	Station: W.1C

ワン川	観測所名
	Station: W.23
	Station: W.4A

表 8.5.5 ヨム川における計算結果 (2011年洪水時)

ヨム川	観測所名
	Station: Y.20
	Station: Y.1C
	Station: Y.14

ヨム川	観測所名
	Station: Y.33
	Station: Y.4
	Station: Y.16
	Station: Y.17
	Station: Y.5

表 8.5.6 ナン川における計算結果 (2011年洪水時)

ナン川	観測所名
	Sirikit Dam Inflow
	Kwae Noi Dam Inflow
	Station: N.2B
	Station: N.60
	Station: N.5A

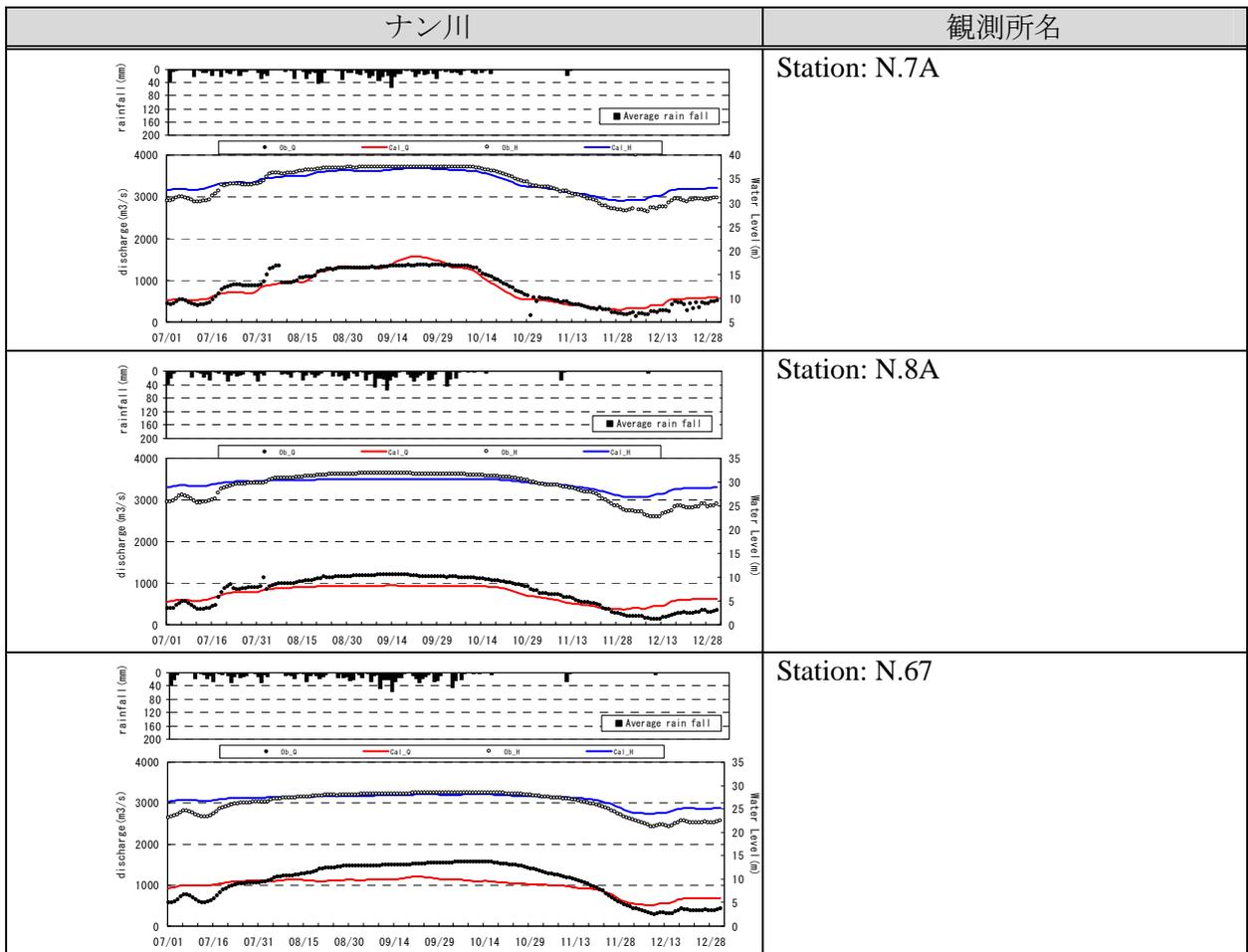
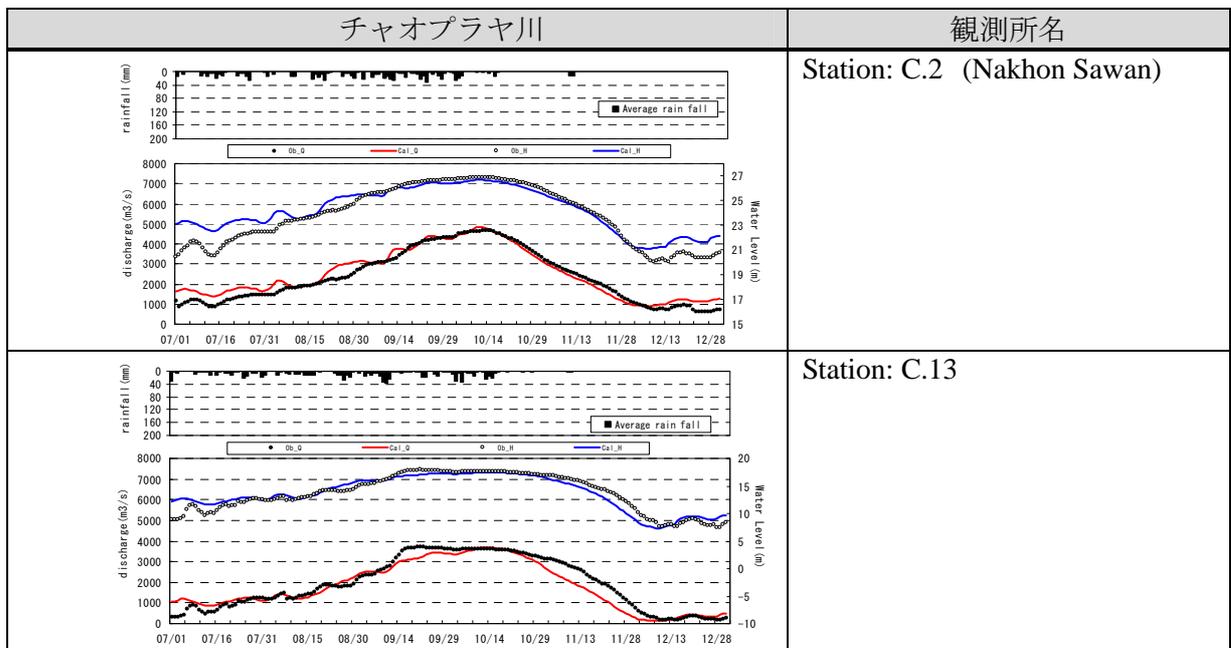


表 8.5.7 チャオプラヤ川における計算結果 (2011年洪水時)



チャオプラヤ川	観測所名
	Station: C.3
	Station: C.7A
	Station: C.35
	Station: C.29

表 8.5.8 タブサラオ川における計算結果 (2011年洪水時)

タブサラオ川	観測所名
	Tab Salao Dam Inflow

表 8.5.9 サカエクラン川における計算結果 (2011年洪水時)

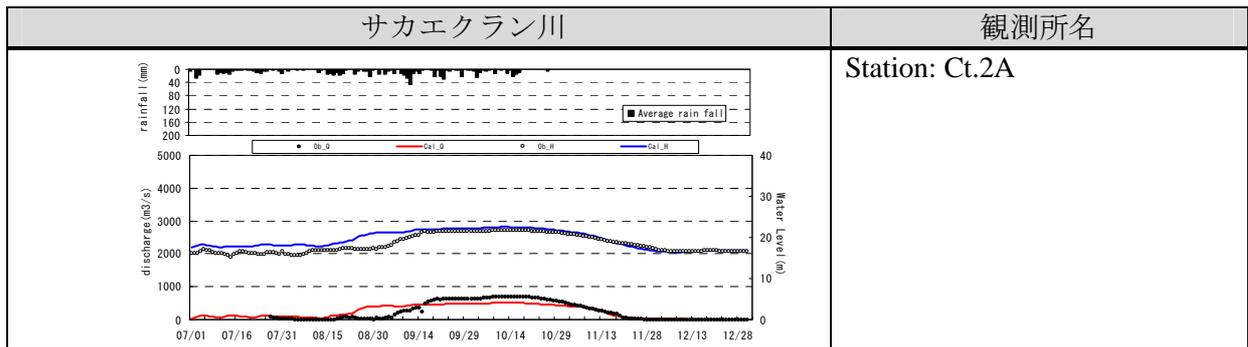


表 8.5.10 パサク川における計算結果 (2011年洪水時)

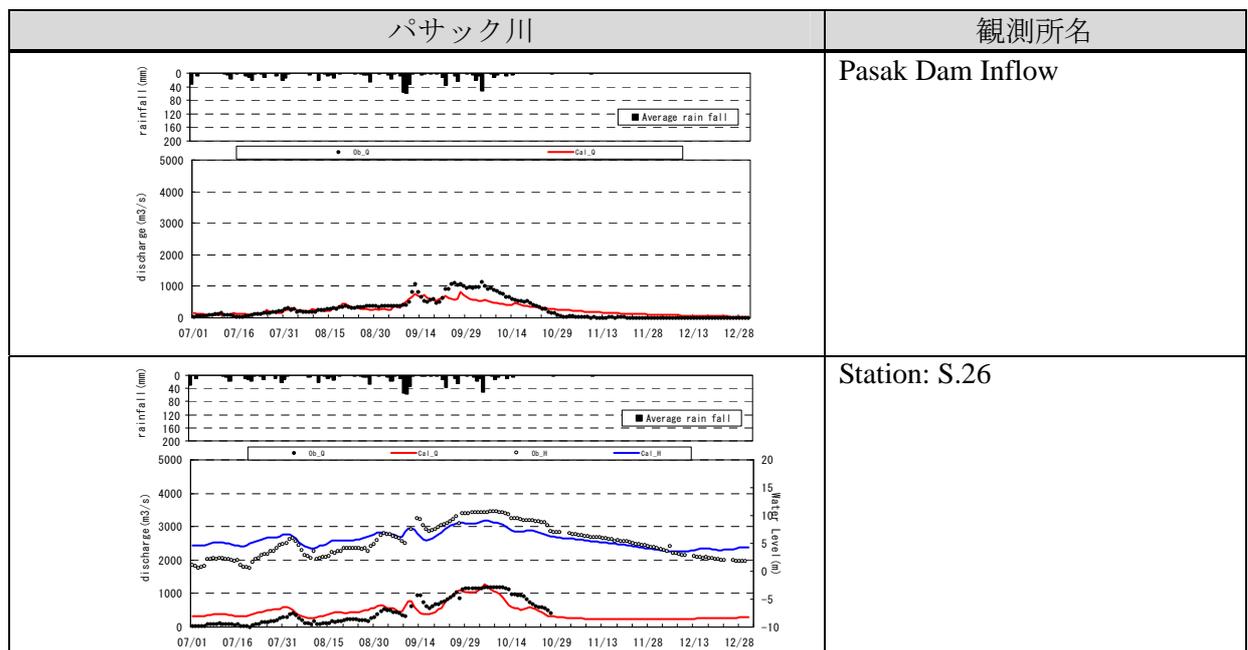


表 8.5.11 Phon-Pen 水路における計算結果 (2011年洪水時)

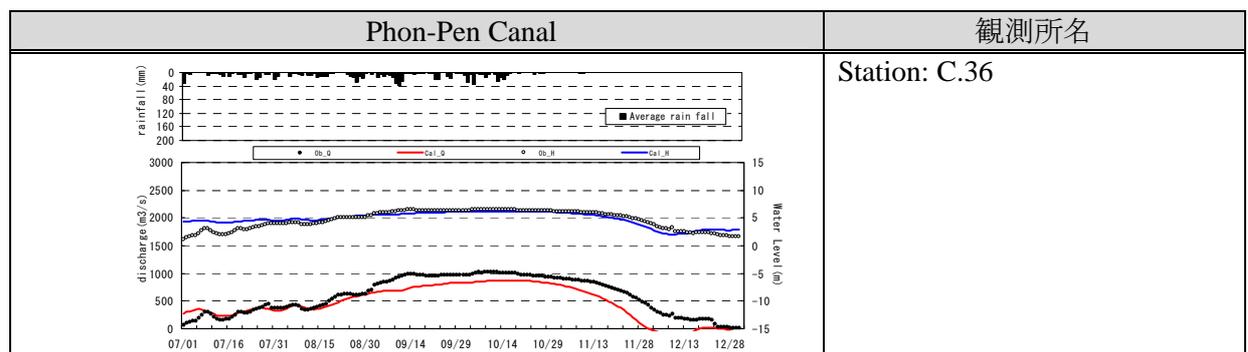


表 8.5.12 Bang Ban 水路における計算結果 (2011 年洪水時)

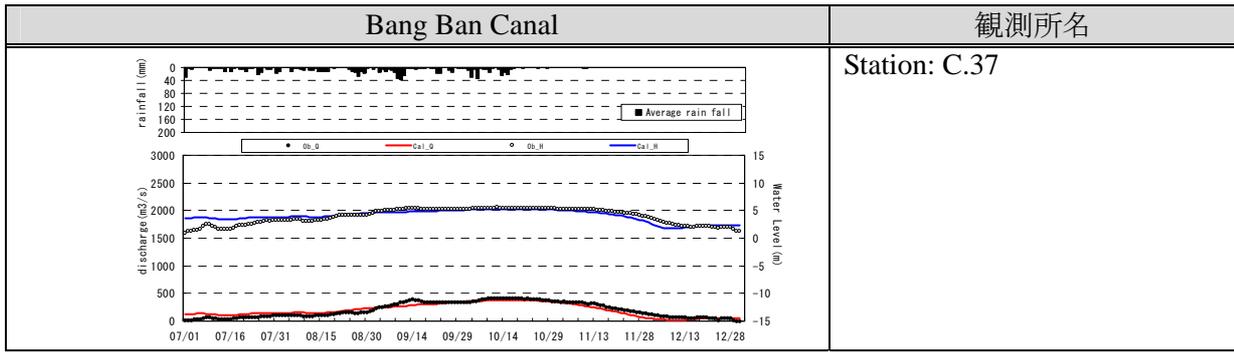
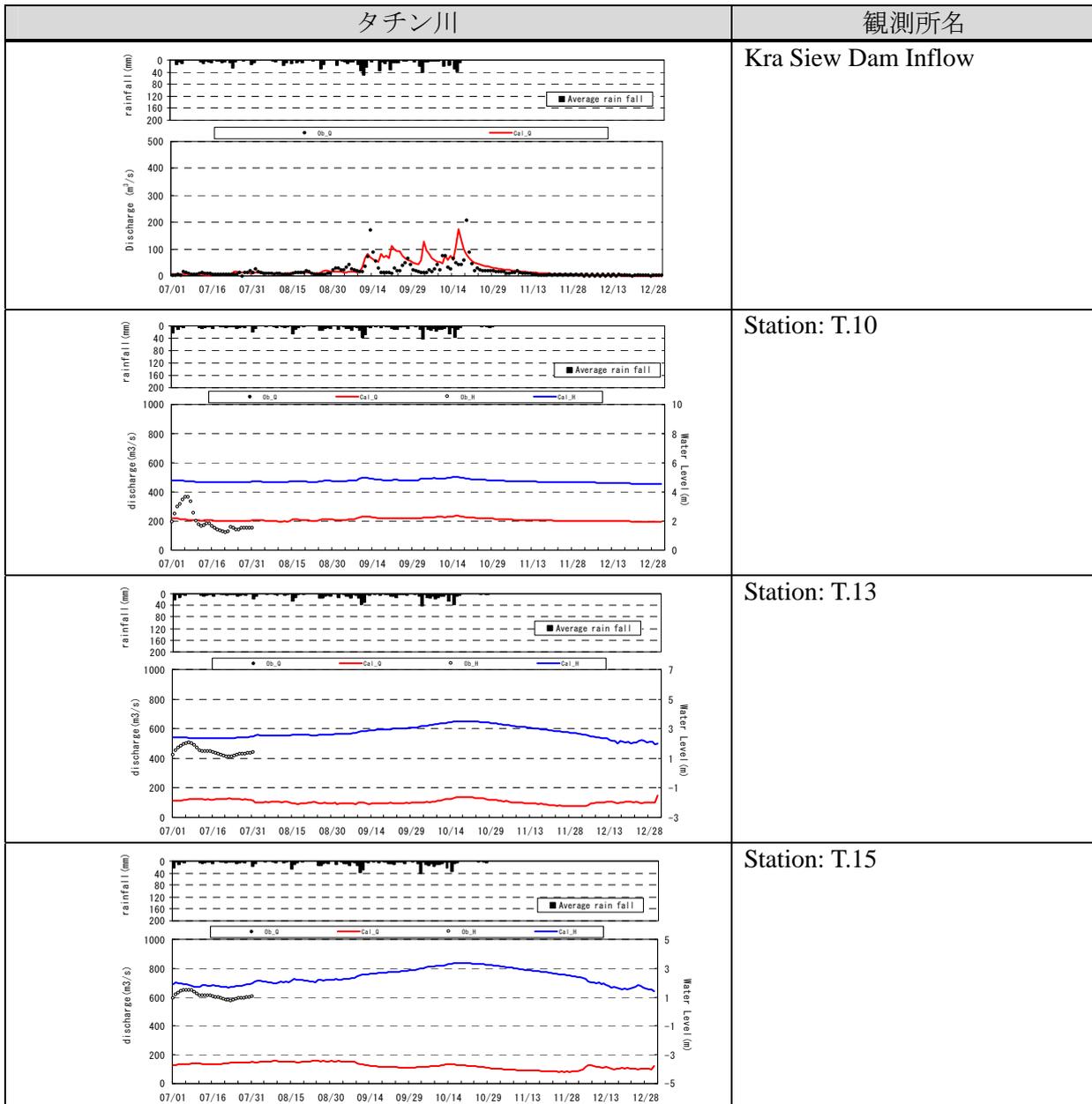
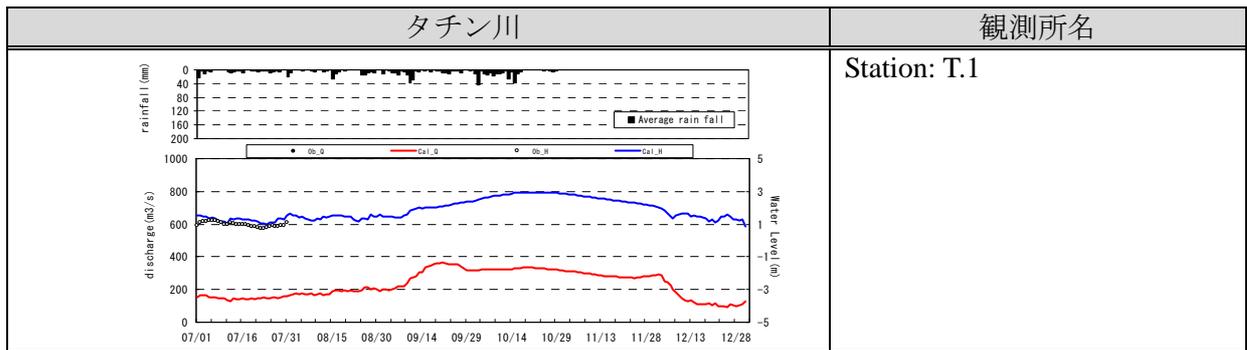


表 8.5.13 タチン川における計算結果 (2011 年洪水時)





※Observed Water Level Data for Thachin River are Yes by the end of July, 2012.

表 8.5.14 ピン川における計算結果 (2006 年洪水時)

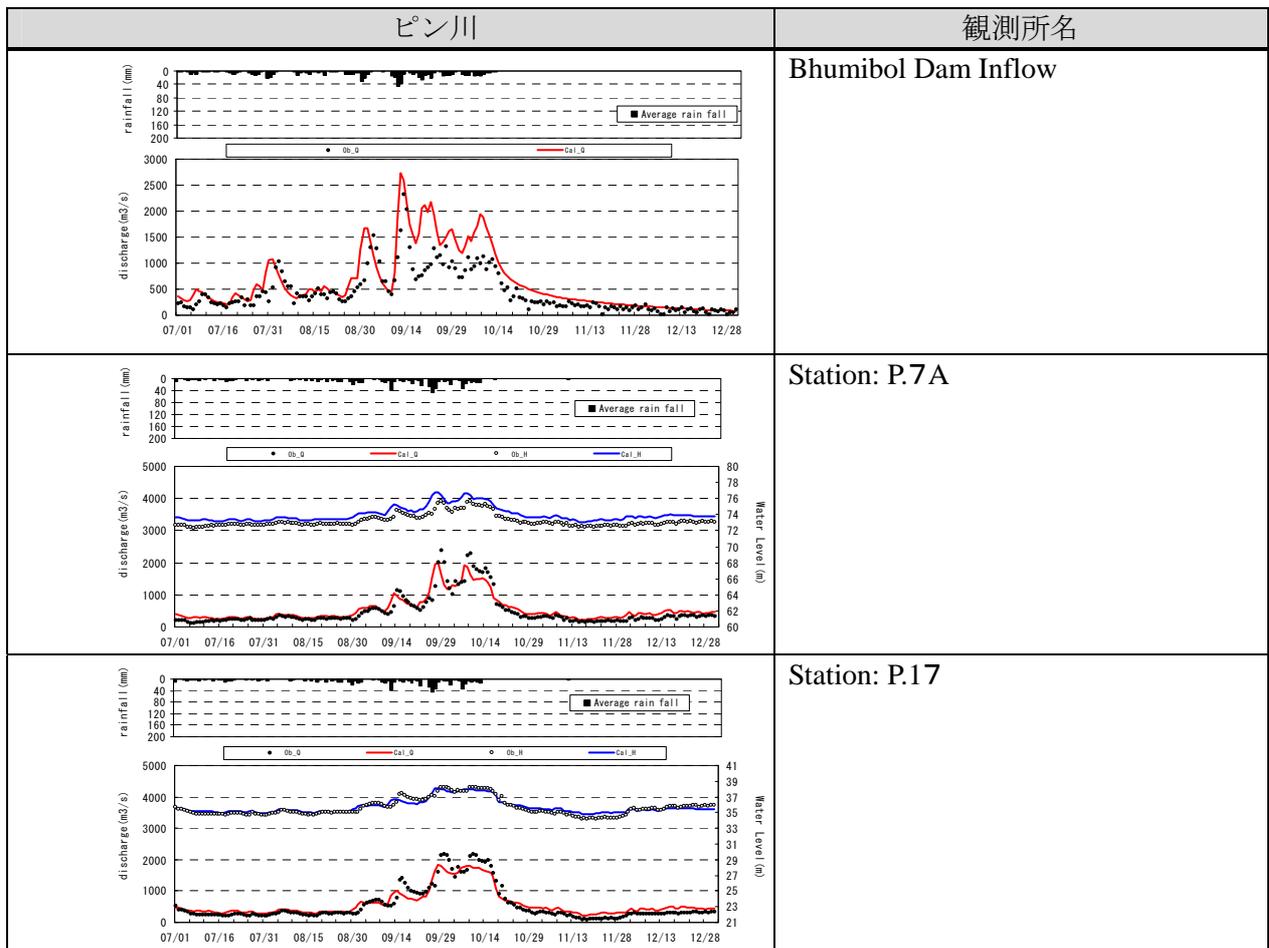


表 8.5.15 ワン川における計算結果 (2006年洪水時)

ワン川	観測所名
	Station: W.1C
	Station: W.23
	Station: W.4A

表 8.5.16 ヨム川における計算結果 (2006年洪水時)

ヨム川	観測所名
	Station: Y.20
	Station: Y.1C

ヨム川	観測所名
	Station: Y.14
	Station: Y.33
	Station: Y.4
	Station: Y.16
	Station: Y.17

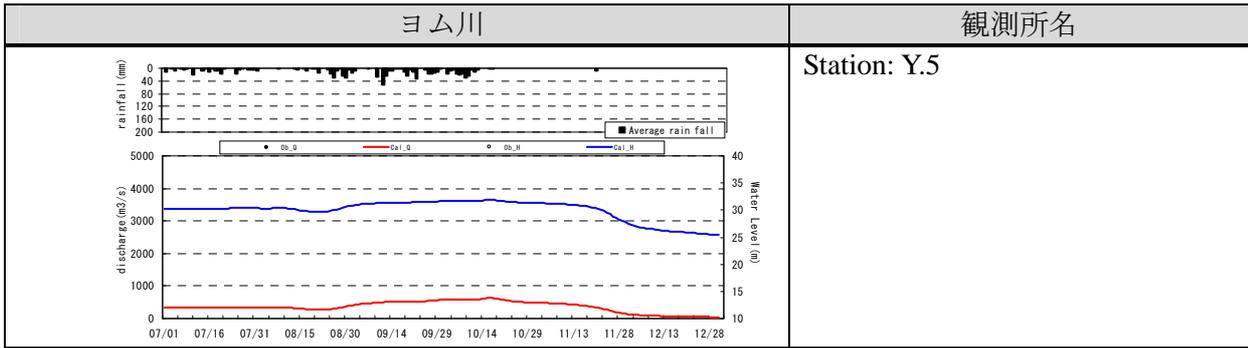
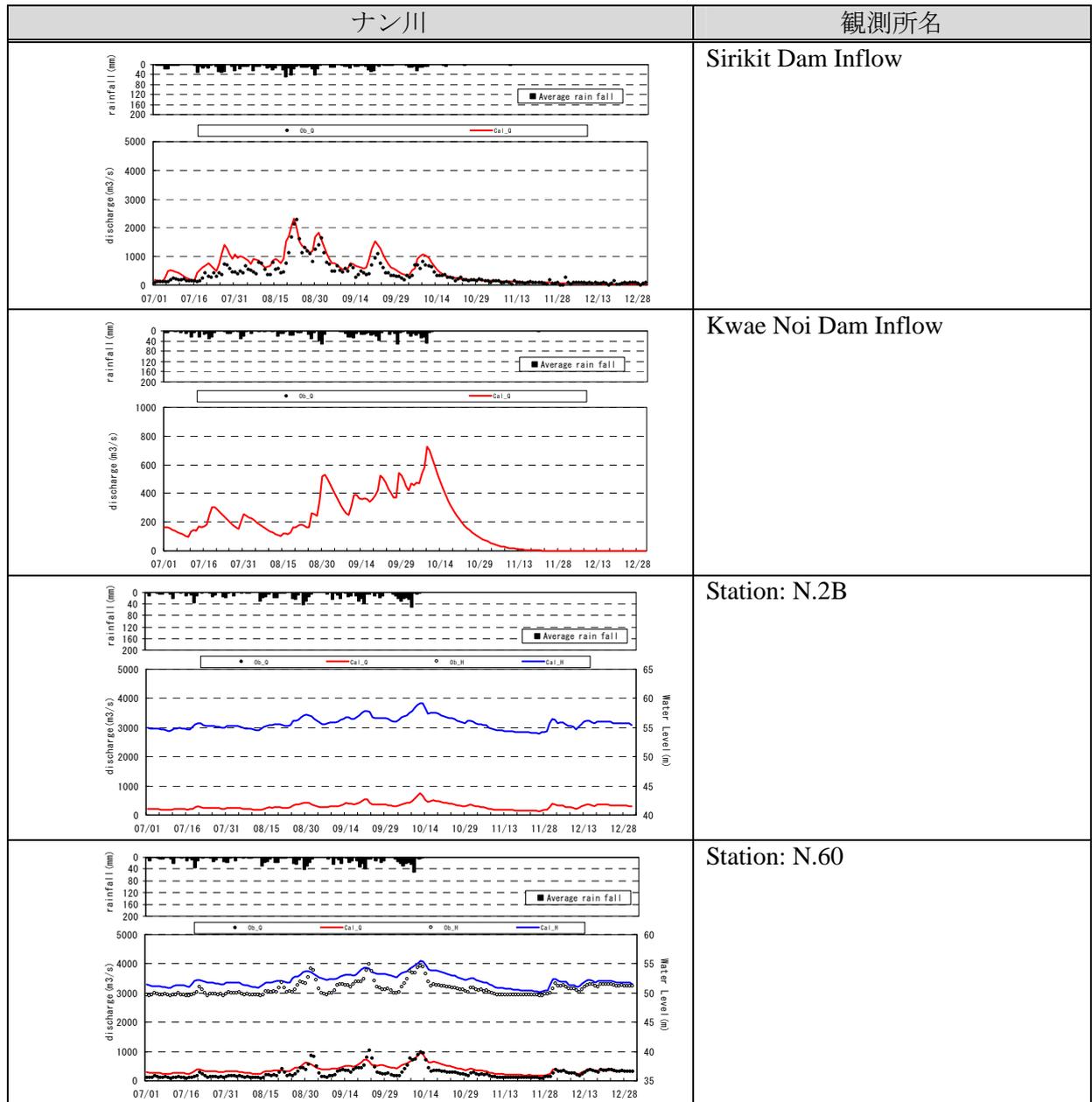


表 8.5.17 ナン川における計算結果 (2006年洪水時)



ナン川	観測所名
	Station: N.5A
	Station: N.7A
	Station: N.8A
	Station: N.67

表 8.5.18 チャオプラヤ川における計算結果 (2006年洪水時)

チャオプラヤ川	観測所名
	Station: C.2 (Nakhon Sawan)

チャオプラヤ川	観測所名
	Station: C.13
	Station: C.3
	Station: C.7A
	Station: C.35
	Station: C.29

表 8.5.19 タブサラオ川における計算結果 (2006年洪水時)

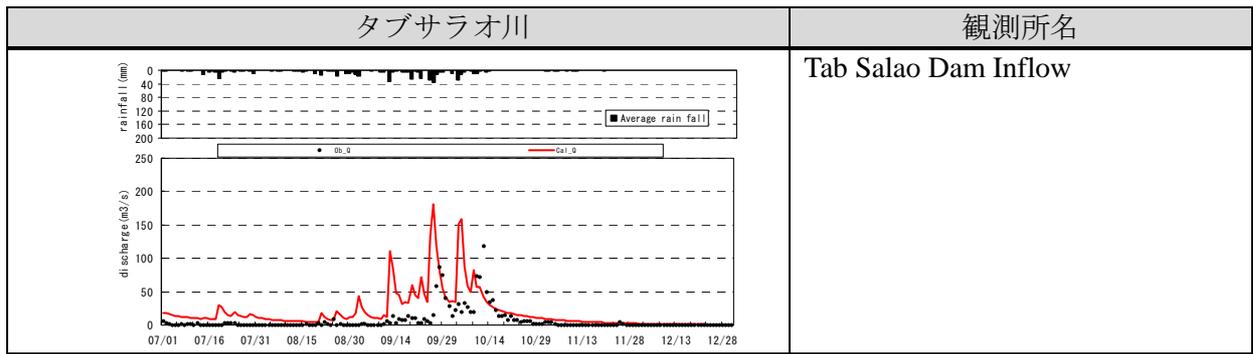


表 8.5.20 サカエクラン川における計算結果 (2006年洪水時)

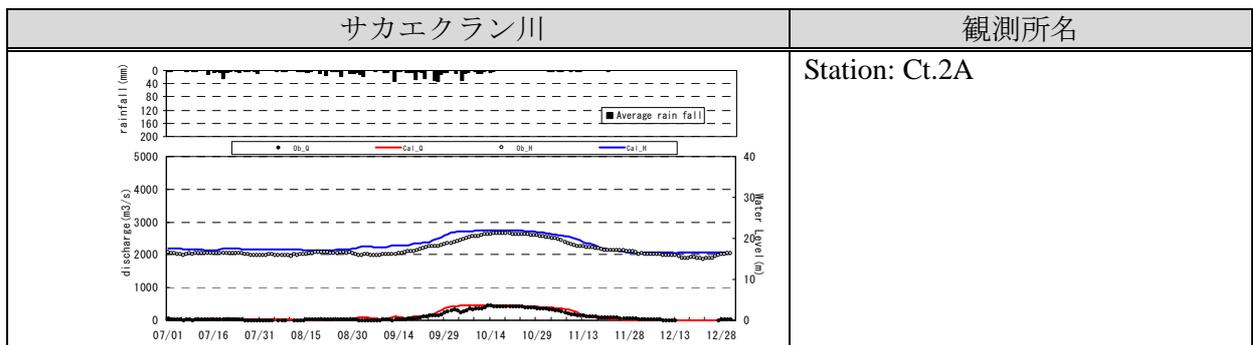


表 8.5.21 パサック川における計算結果 (2006年洪水時)

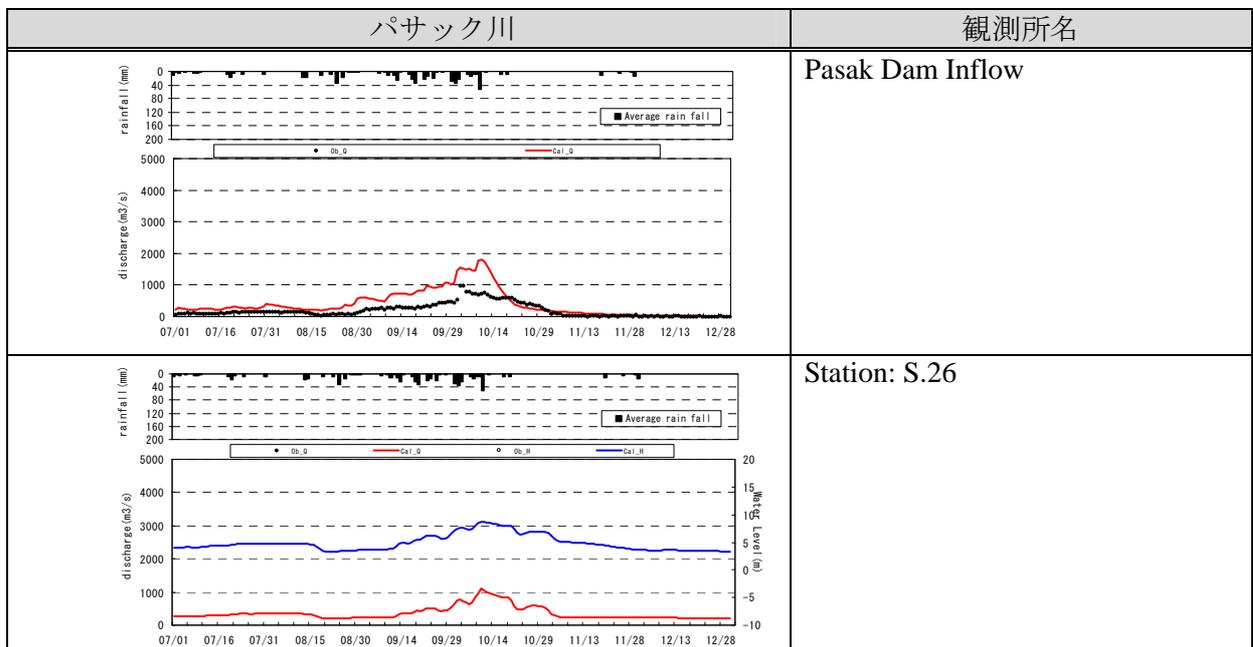


表 8.5.22 Phon-Pen 水路における計算結果 (2006 年洪水時)

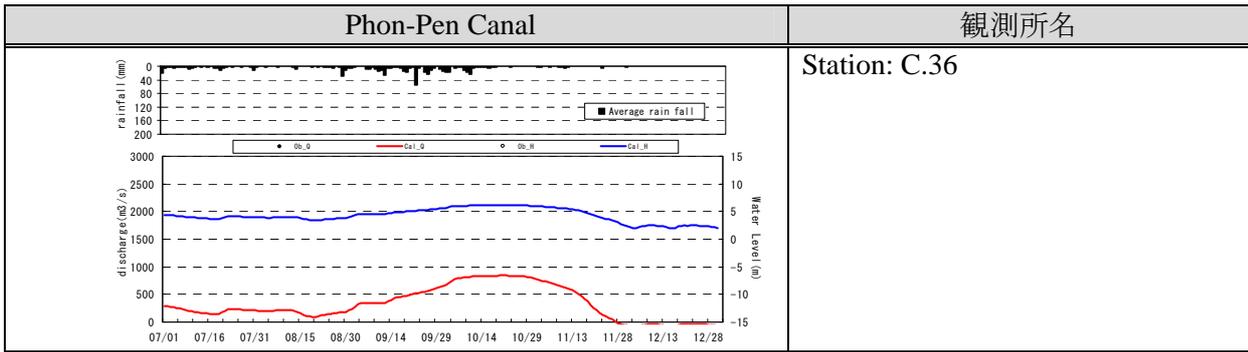


表 8.5.23 Bang Ban 水路における計算結果 (2006 年洪水時)

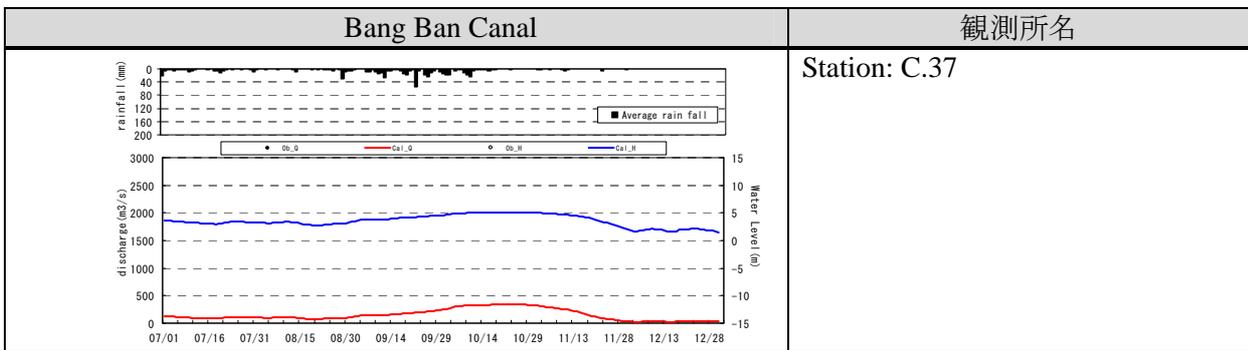
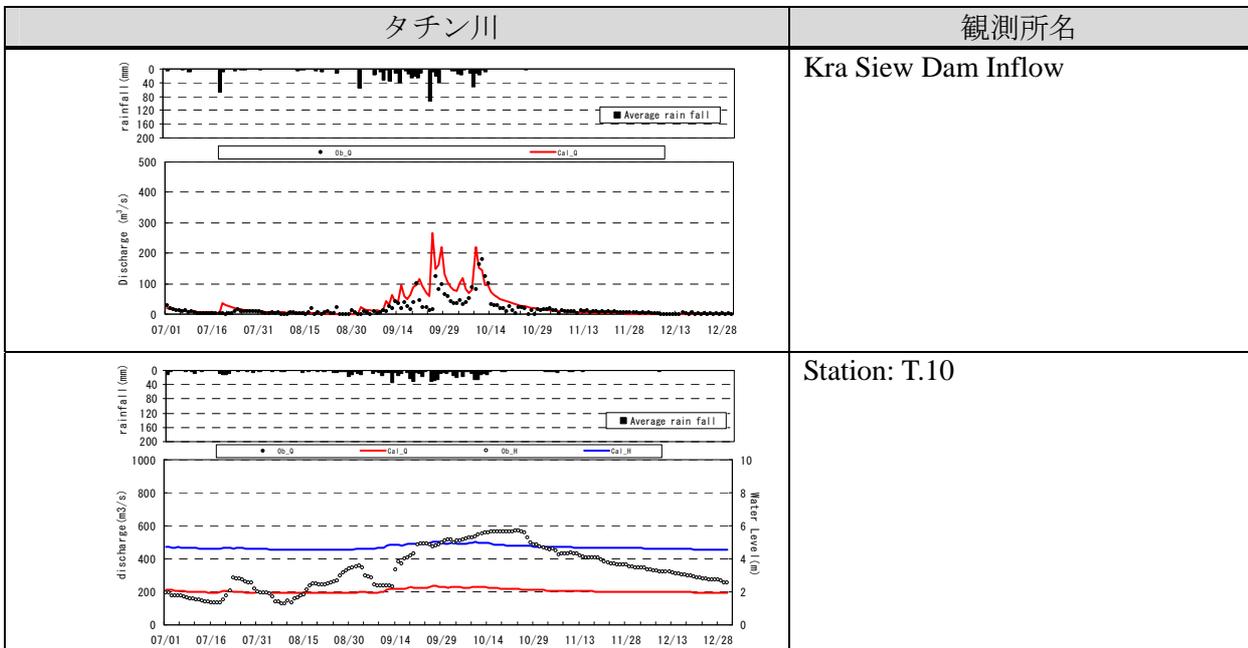


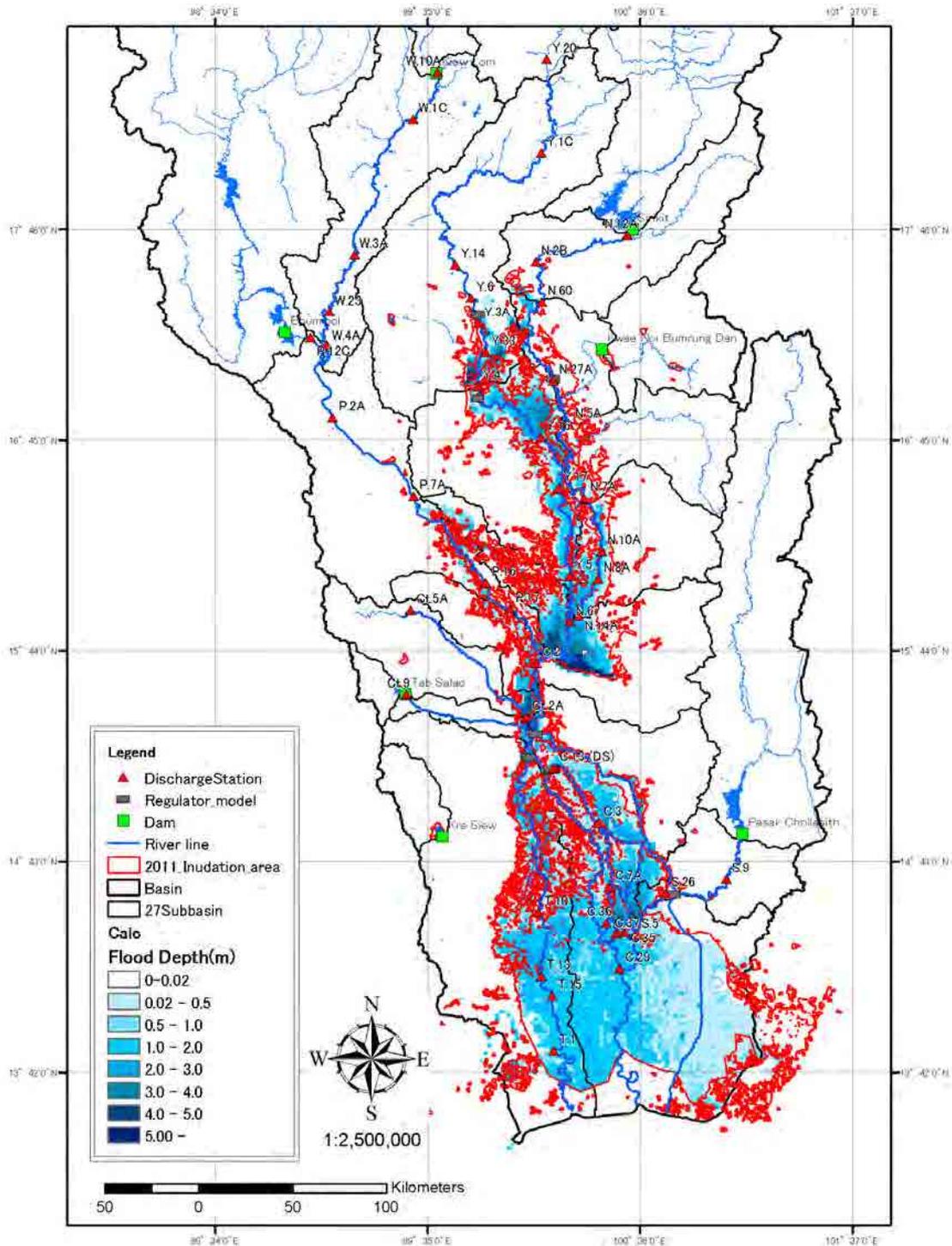
表 8.5.24 タチン川における計算結果 (2006 年洪水時)



タチン川	観測所名
<p>rainfall (mm)</p> <p>discharge (m³/s)</p> <p>Water Level (m)</p> <p>Legend: Average rain fall, Obs_Q, Cal_Q, Obs_H, Cal_H</p>	Station: T.13
<p>rainfall (mm)</p> <p>discharge (m³/s)</p> <p>Water Level (m)</p> <p>Legend: Average rain fall, Obs_Q, Cal_Q, Obs_H, Cal_H</p>	Station: T.15
<p>rainfall (mm)</p> <p>discharge (m³/s)</p> <p>Water Level (m)</p> <p>Legend: Average rain fall, Obs_Q, Cal_Q, Obs_H, Cal_H</p>	Station: T.1

(c) 氾濫エリアの分析

図 8.5.11 から図 8.5.17 に氾濫エリアを示す。全体的に見て、シミュレーションから得られた氾濫エリアは、UNOSAT のデータが示す氾濫エリアと合致していることがわかる。



* 「2011_Inundataion_Area」 is made by combining 2011 inundation area of UNOSAT (mid-Aug, Sep, Oct and Dec) with 0.01m higher inundated area by flood mark survey.

図 8.5.11 2011 年洪水の再現計算結果

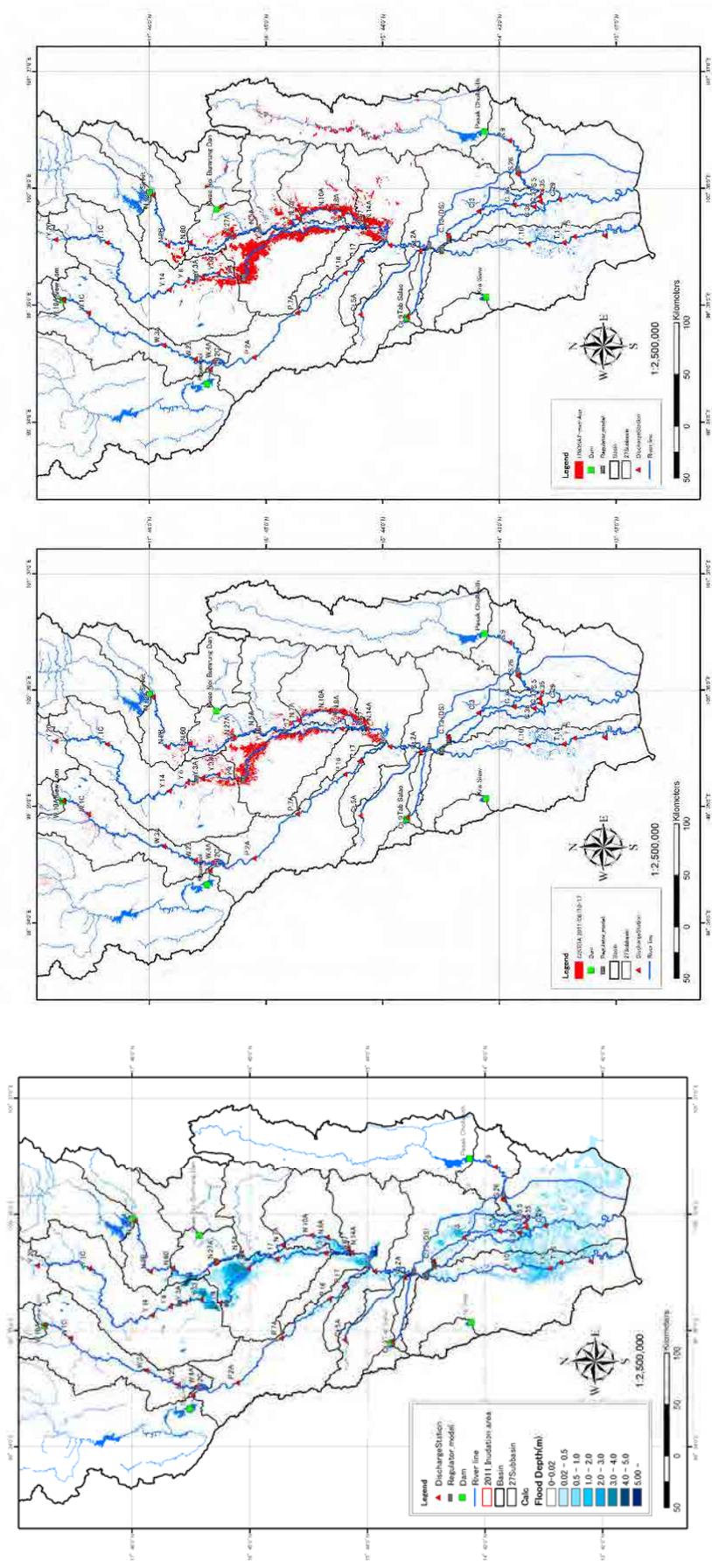


図 8.5.12 2011 年 8 月中旬における氾濫エリアの比較
(左 : 8/12 解析結果、中央 : UNOSAT データ 8 月中旬、右 : GISTDA データ 8/10-17) *(GISTDA) Data of near date is adopted

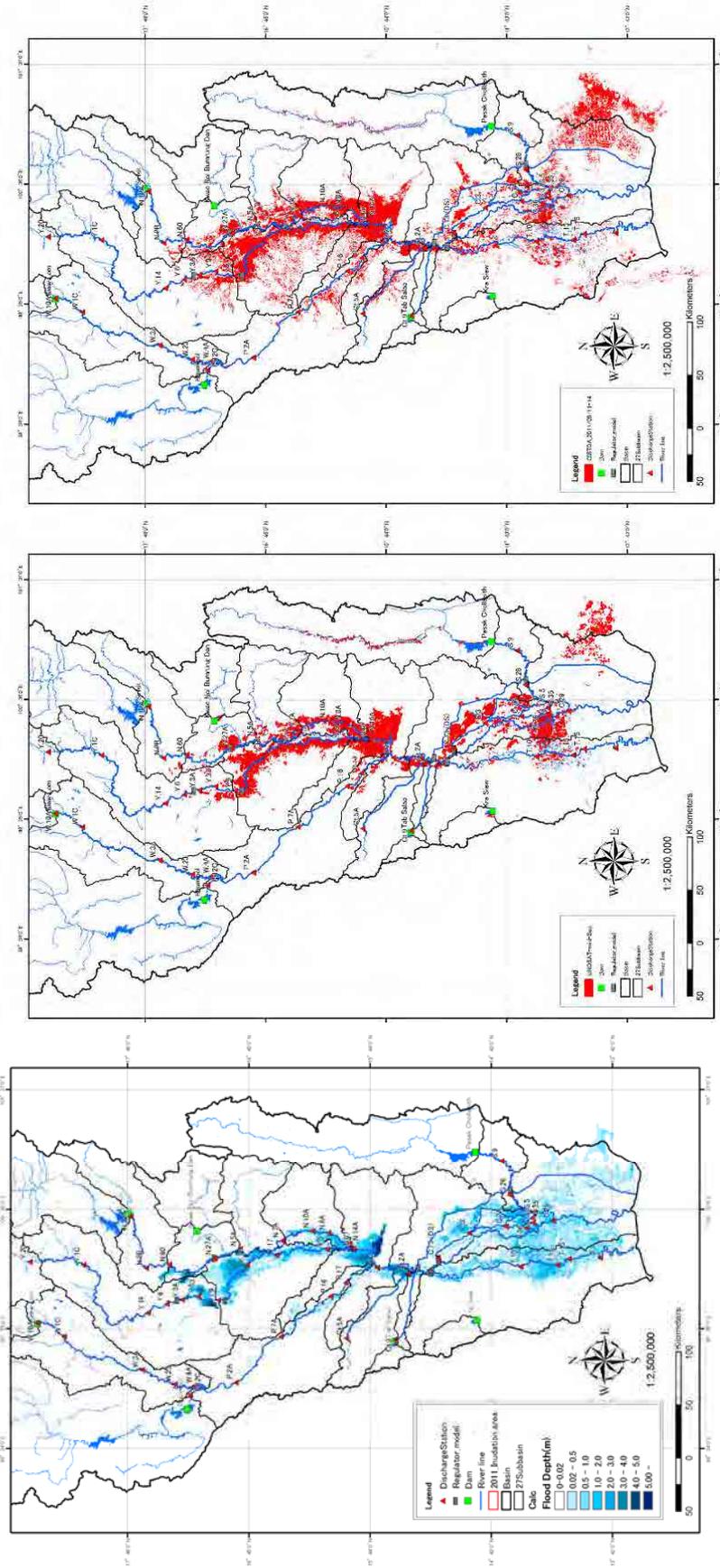


図 8.5.13 2011 年 9 月中旬における氾濫エリアの比較
(左：9/13 解析結果、中央：UNOSAT データ 9 月中旬、右：GISTDA データ 9/11-14) *(GISTDA) Data of near date is adopted

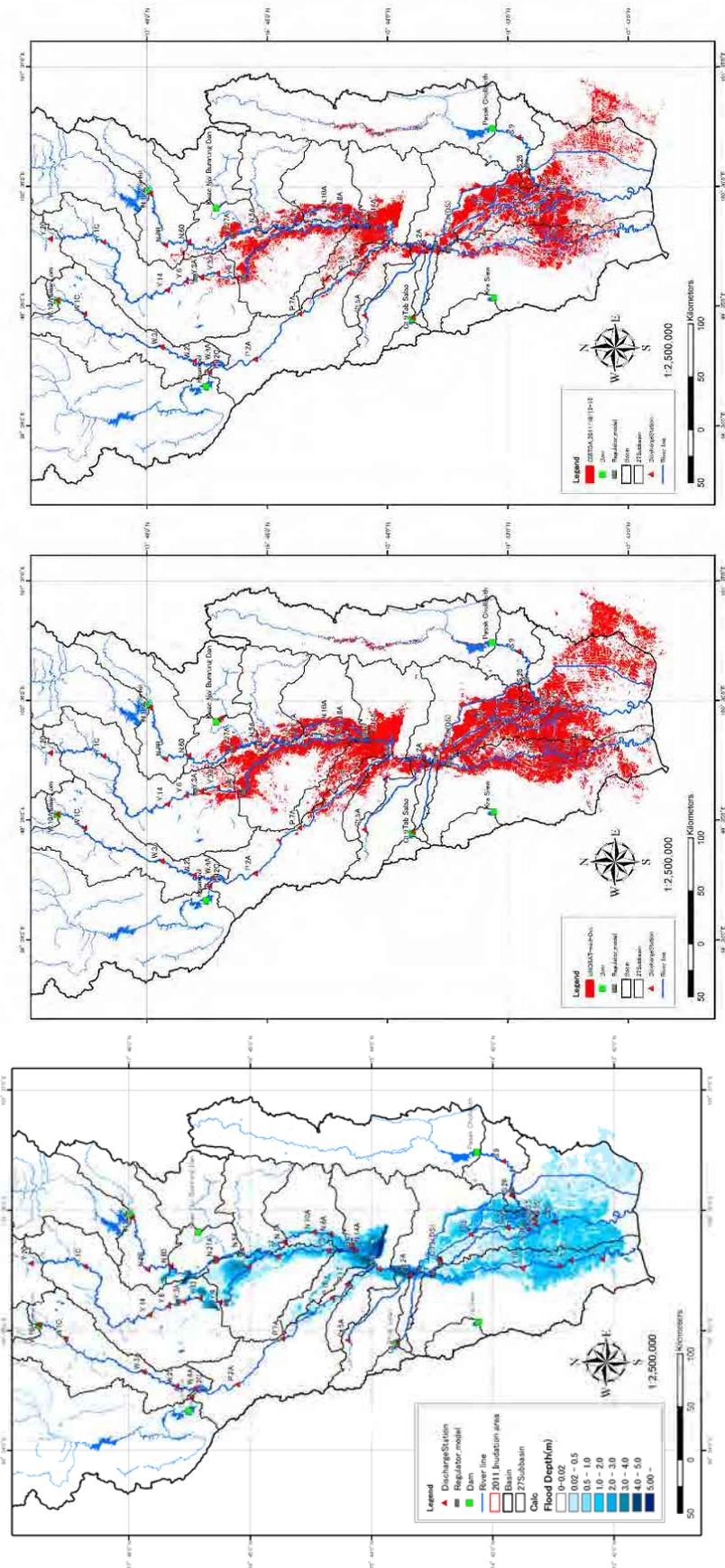


図 8.5.14 2011 年 10 月中旬における氾濫エリアの比較
(左 : 10/13 解析結果、中央 : UNOSAT データ 10 月中旬、右 : GISTDA データ 10/12-15) *(GISTDA) Data of near date is adopted

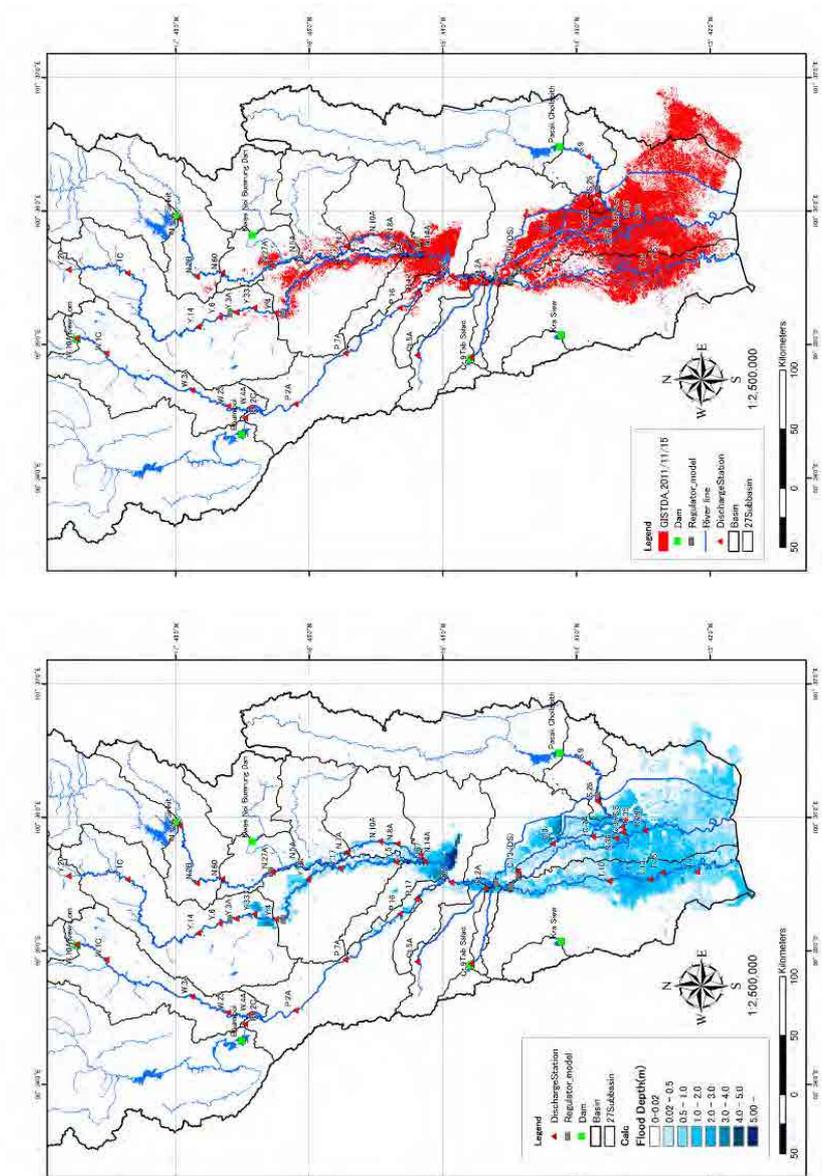


図 8.5.15 2011 年 11 月中旬における氾濫エリアの比較

(左 : 11/15 解析結果、右 : GISTDA データ 11/15) *(GISTDA) Data of near date is adopted, (UNOSAT) No data of mid-Nov

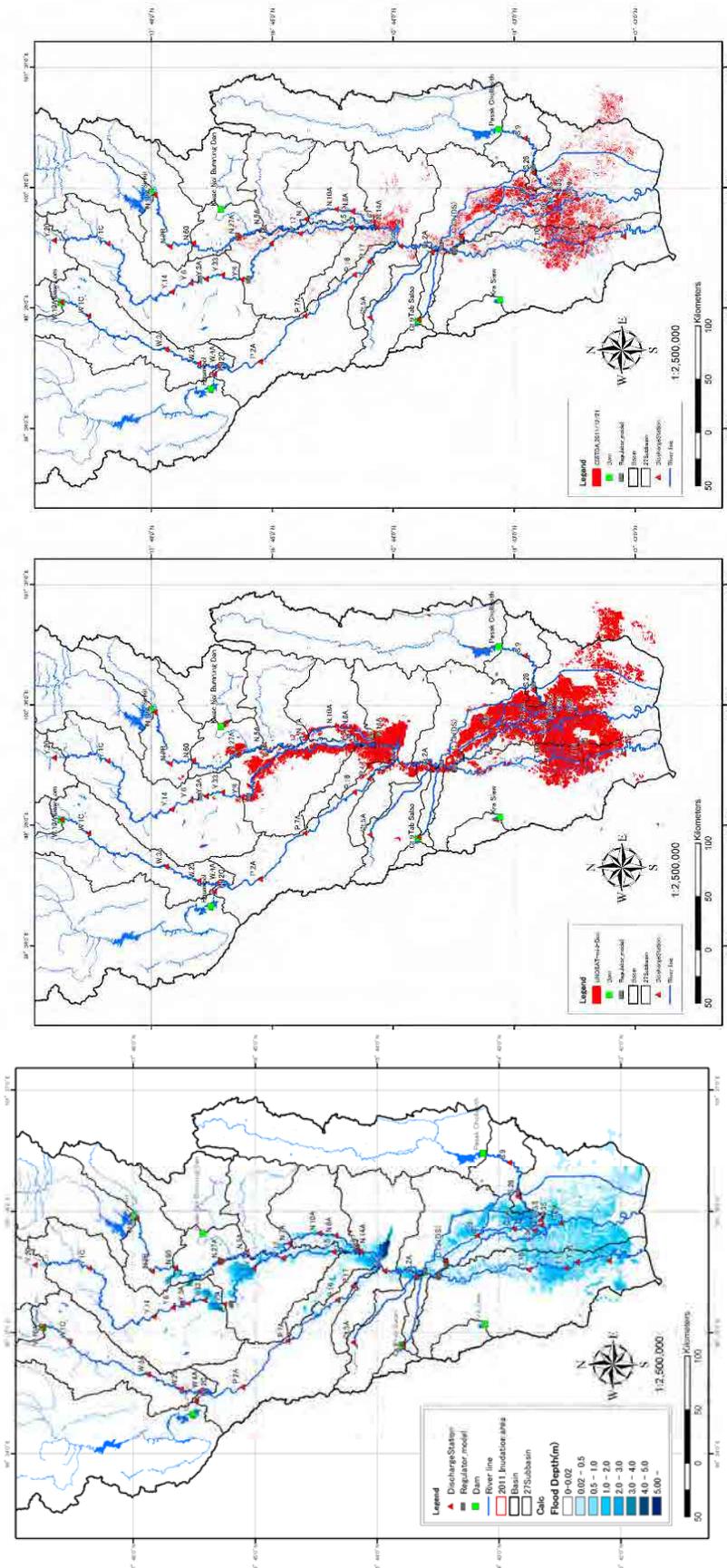


図 8.5.16 2011年12月中旬における氾濫エリアの比較
(左：12/21解析結果、中央：UNOSATデータ12月中旬、右：GISTDAデータ12/21) *(GISTDA) Data of near date is adopted

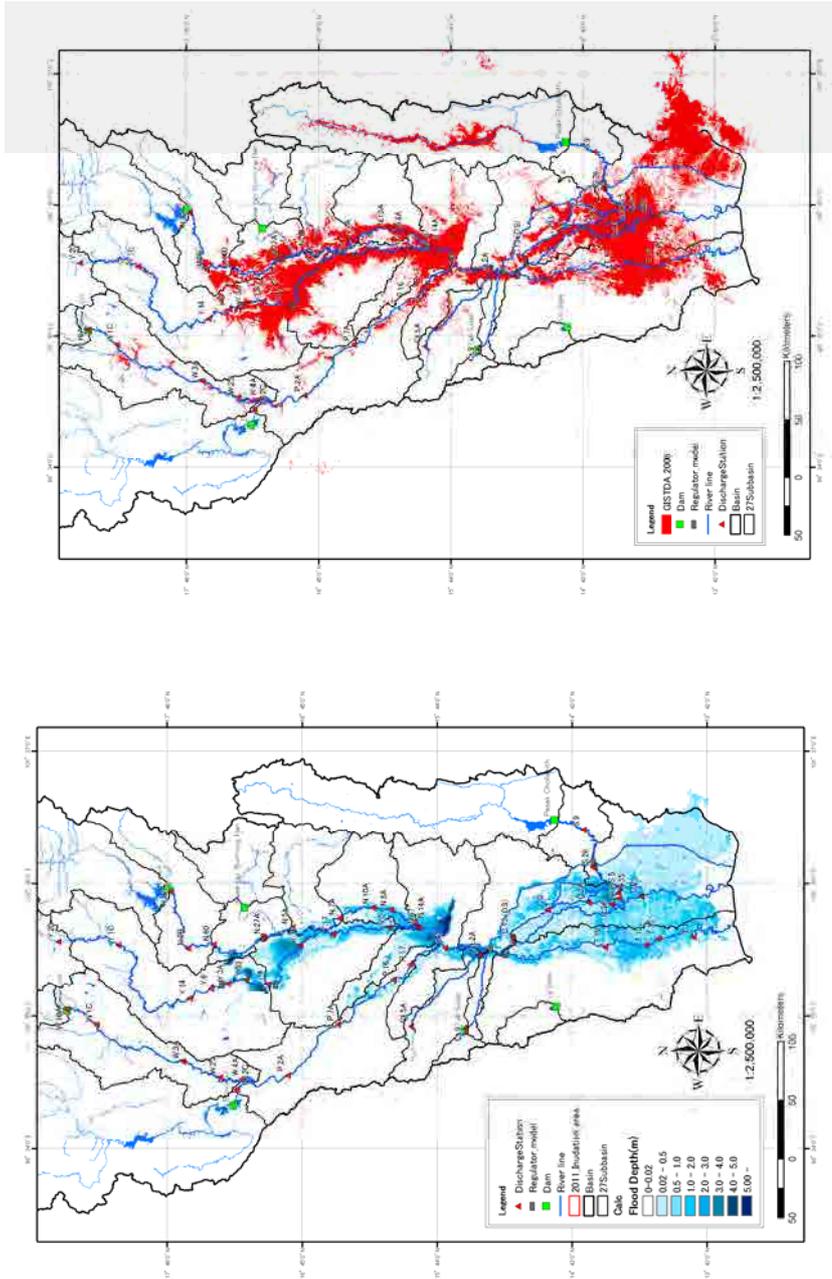


図 8.5.17 2006 年洪水時における氾濫エリアの比較
(左：解析結果 (最大浸水深)、右：GISTDA データ 2006 年)

(d) 浸水深

2011年洪水のシミュレーション結果から得られる最大浸水深の分布は図 8.5.18 のようになる。全体的に見て、シミュレーション結果から得られる最大浸水深は、2012年に実施された痕跡調査とほぼ合致している。

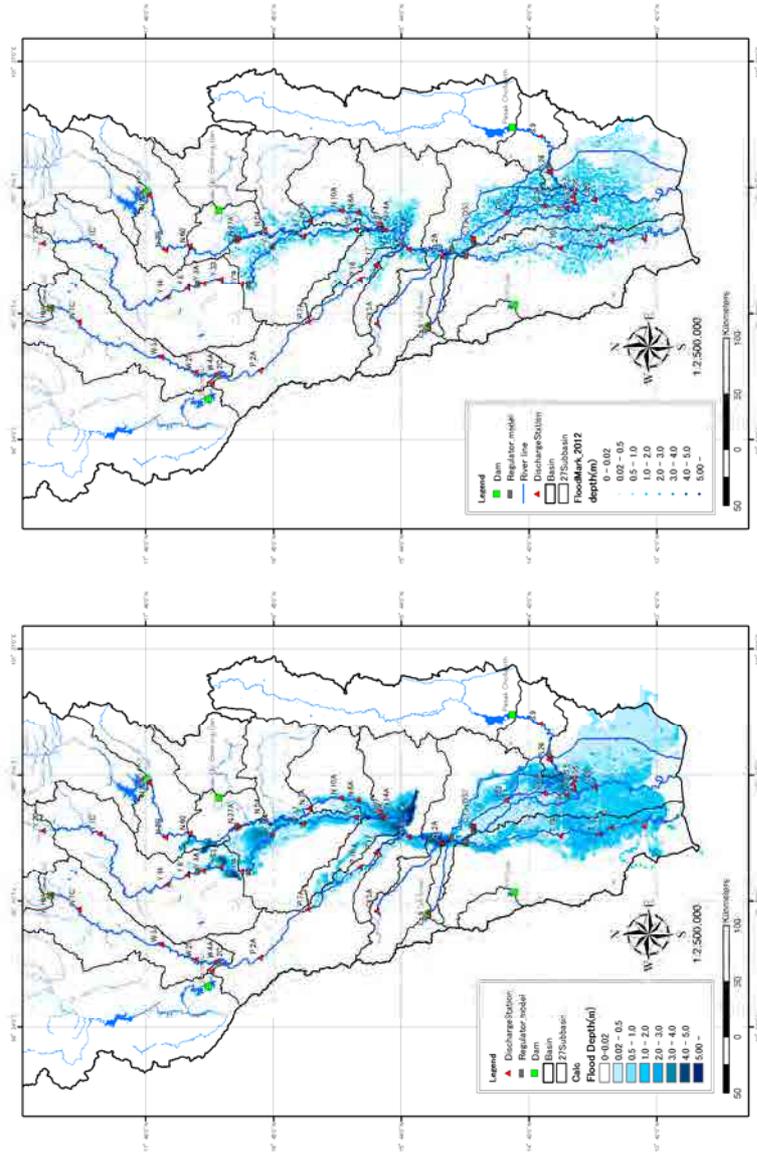


図 8.5.18 2011年洪水時における浸水深の比較
(左：解析結果（最大浸水深）、右：2012年に実施された洪水痕跡調査結果)

(3) 評価

前述の結果より、本調査で構築した洪水解析モデルは妥当であり、対策案を検討するにあたり十分な精度を有しているといえる。

(4) パラメータの最終値

前述の結果から、NAM 流出モデル、河道網モデル、氾濫モデルの最終的なパラメータを以下のように決定した。

(a) NAM モデルのパラメータ

表 8.5.25、表 8.5.26 に、NAM モデルの最終的なパラメータを示す。

表 8.5.25 NAM モデルのパラメータ最終値（地表面～根群層）

Area No	名前	河川	面積 (km ²)	地表面～根群層						
				U _{max}	L _{max}	CQOF	CKIF	CK _{1,2}	TOF	TIF
1	PING_NGAD	Ping	1,283	10	100	0.6	1000	30	0.2	0.3
2	PING_KWANG		566	20	200	0.6	900	30	0.2	0.3
3	PING_BHUMIPOL		24,305	20	800	0.6	300	30	0.2	0.1
4	PING_D		8,383	30	300	0.8	1000	20	0.6	0.6
5	WANG_KIEW_KO_MA	Wang	1,354	40	1000	0.6	1000	20	0.2	0.7
6	WANG_KIEW_LOM		1,422	50	1500	0.9	1000	20	0	0.8
7	WANG_D		8,017	20	100	0.5	800	30	0.4	0.4
8	YOM_U	Yom	5,580	20	200	0.3	1000	20	0.2	0.2
9	YOM_M		12,120	20	200	0.9	500	15	0	0.1
10	YOM_D		6,347	20	300	0.9	1000	150	0.5	0.5
11	NAN_U	Nan	13,131	10	1000	0.9	1000	30	0.1	0.4
12	NAN_M1		5,660	10	50	0.5	1000	100	0.2	0.3
13	NAN_KWAE_NOI		3,793	80	130	0.1	1000	100	0	0
14	NAN_M2		2,315	10	100	0.5	1500	100	0.5	0.5
15	NAN_M3		3,962	10	100	0.5	1500	150	0.3	0.3
16	NAN_M4		4,103	50	500	0.3	1500	150	0.5	0.2
17	NAN_D		1,718	20	500	0.6	1500	150	0.5	0.5
18	CHAOPHRAYA_U1	Chaophraya	4,786	30	200	0.3	1000	50	0.7	0.5
19	CHAOPHRAYA_U2		1,894	10	100	0.2	1000	50	0.9	0.3
20	CHAOPHRAYA_D		7,572	10	150	0.5	1500	20	0.7	0.5
21	SAKAE_KRANG	Sakae_Krang	3,482	10	100	0.4	1000	30	0.5	0.5
22	TAB_SALAO_DAM	Tab_Salao	543	30	700	0.3	500	5	0.5	0.99
23	TAB_SALAO_D		882	10	100	0.6	1200	30	0.3	0.3
24	PASAK_DAM	Pasak	12,835	10	1000	0.1	1000	30	0.3	0.5
25	PASAK_D		2,657	10	200	0.6	1000	20	0.5	0.5
26	THACHIN_KRA_SIEW	Tachin	1,193	10	300	0.6	1000	20	0.7	0.9
27	THACHIN		11,169	10	50	0.3	1000	30	0.3	0.3

表 8.5.26 NAMモデルのパラメータ最終値 (地下水層)

Area No	名前	河川	面積 (km ²)	地下水層							
				TG	CK _{BF}	C _{area}	Sy	GWL _{BFO}	GWL _{BFI}	Cq _{low}	Ck _{low}
1	PING_NGAD	Ping	1,283	0.1	1000	1	0.15	10	0	10	1500
2	PING_KWANG		566	0.1	1000	1	0.15	10	0	10	1500
3	PING_BHUMIPOL		24,305	0.3	1000	1	0.15	10	0	10	1500
4	PING_D		8,383	0.1	500	1	0.15	10	0	10	1500
5	WANG_KIEW_KO_MA	Wang	1,354	0.3	700	1	0.15	10	0	10	1000
6	WANG_KIEW_LOM		1,422	0	1000	1	0.15	10	0	10	1000
7	WANG_D		8,017	0.4	1000	1	0.15	10	0	10	1000
8	YOM_U	Yom	5,580	0.6	700	1	0.1	10	0	50	1000
9	YOM_M		12,120	0	500	1	0.05	10	0	50	8000
10	YOM_D		6,347	0.1	1000	1	0.05	10	0	50	1000
11	NAN_U	Nan	13,131	0.1	800	1	0.2	10	0	0	10000
12	NAN_M1		5,660	0.4	600	1	0.15	10	0	0	10000
13	NAN_KWAE_NOI		3,793	0.5	200	1	0.05	10	0	0	10000
14	NAN_M2		2,315	0.1	1500	1	0.05	10	0	0	10000
15	NAN_M3		3,962	0.4	1500	1	0.05	10	0	0	10000
16	NAN_M4		4,103	0.5	1500	1	0.05	10	0	0	10000
17	NAN_D		1,718	0.1	1000	1	0.05	10	0	0	10000
18	CHAOPHRAYA_U1		4,786	0.1	1000	1	0.05	10	0	0	10000
19	CHAOPHRAYA_U2	Chaophraya	1,894	0.1	1000	1	0.05	10	0	0	10000
20	CHAOPHRAYA_D		7,572	0.1	500	1	0.1	10	0	0	10000
21	SAKAE_KRANG	Sakae_Krang	3,482	0.1	500	1	0.1	10	0	0	10000
22	TAB_SALAO_DAM	Tab_Salao	543	0.5	500	1	0.1	10	0	0	10000
23	TAB_SALAO_D		882	0.3	800	1	0.1	10	0	0	10000
24	PASAK_DAM	Pasak	12,835	0.1	800	1	0.15	10	0	0	10000
25	PASAK_D		2,657	0.1	1000	1	0.1	10	0	0	10000
26	THACHIN_KRA_SIEW	Tachin	1,193	0.1	400	1	0.1	10	0	0	10000
27	THACHIN		11,169	0.8	300	1	0.1	10	0	0	10000

(b) 河道の粗度係数

表 8.5.27 に、河道の最終的な粗度係数を示す。

表 8.5.27 最終的なマニング係数

No.	River	Reach(km)	Resistance (Manning <i>n</i>)	
			Low flow zone	High flow zone
1	CHAOPHRAYA	0 ~ 141	0.022	0.066
		142 ~ 225	0.033	0.099
		226 ~ 379	0.040	0.120
2	PING	0 ~ 43	0.028	0.084
		44 ~ 135	0.033	0.099
		136 ~ 256	0.050	0.150
3	WANG	0 ~ 286	0.033	0.099
4	YOM	0 ~ 260	0.033	0.099
		261 ~ 597	0.050	0.150
5	NAN	0 ~ 129	0.050	0.150
		130 ~ 449	0.040	0.120
6	SAKAE KRANG	0 ~ 141	0.033	0.099
7	TUB SALAO	0 ~ 99	0.033	0.099
8	THACHIN	0 ~ 318	0.033	0.099
9	NOI	0 ~ 166	0.029	0.087
10	LOP BURI	0 ~ 99	0.029	0.087
11	BANG KAEW	0 ~ 15	0.029	0.087
12	PASAK	0 ~ 107	0.033	0.099
13	CHAINAT-PASAK Canal	0 ~ 166	0.033	0.099
14	PHONG PEN Canal	0 ~ 13	0.029	0.087
15	BANG BAN Canal	0 ~ 17	0.029	0.087
-	Other Canals	-	0.033	0.099

(c) 氾濫原の粗度係数

氾濫原の最終的な粗度係数は、再現計算の結果、8.4.2(2)に述べた初期設定値と同じ値となる。