

10.2.9 森林の再生

(1) 森林地域の現状

森林管理は王立森林局 (Royal Forest Department:RFD) が実施している。国土の森林占有率は1960-2006年に53.33%から30.92%に減少している。急激な人口増加と経済成長により、その結果、チャオプラヤ川流域の水源地域は荒廃し、保水機能が減少、それを受けて表土浸食、斜面崩壊、地すべり、フラッシュフラッド、濁水が増加している。

第10次国家経済社会開発計画 (NESDP 2007-2011)は森林占有率又は面積を40%、204,800 km²に設定している。現在、国の森林面積は171,585.65 km²、占有率は33.44%である。現在のRFDの5ヵ年計画 (2012-2016) は国家水資源管理戦略委員会 (SCWRM) のマスタープランに基づき作成されている。マスタープランは洪水問題の解消と洪水被害の低減を目指している。

水源地域の保水機能を改善し、中流・下流の洪水流出を遅らせるためには、上流森林地域の安定、森林地域の再生と環境の保全が重要である。洪水管理の点から、流域のピン川、ワン川、ヨム川、ナン川、チャオプラヤ川、サカエクラン川、パサク川及びびタチン川の8流域について、荒廃森林の再生が必要であり、王立森林局はチャオプラヤ川流域の荒廃森林再生のアクションプランを作成し、実施を進めている。

(2) 荒廃森林の回復

チャオプラヤ川流域の8流域 (ピン、ワン、ヨム、ナン、チャオプラヤ、サカエクラン、パサク及びびタチン川流域) の森林地域は66,034 km²であり、そのうち13,500 km²が荒廃森林と判別されている。4河川 (ピン川、ワン川、ヨム川及びびナン川) の上流域については、森林地域は59,970 km²であり、そのうち9,524 km²が荒廃森林地域と判別されている。森林地域及び荒廃森林地域は下表に示す。

表 10.2.38 森林面積と荒廃森林地域

No.	Sub Basin	Basin Area (km ²)	Forest Area (km ²)	%	Degraded Forest Area (Km ²)			
					Conservation Forest	Reserved Forest	Total	%
1	Ping River	34,537	23,369	67.66	1,678.40	2,057.60	3,736.00	15.99
2	Wang River	10,793	7,951	73.67	265.60	388.80	654.40	8.23
3	Yom River	24,047	11,194	46.55	555.20	1,272.00	1,827.20	16.32
4	Nan River	34,682	17,456	50.33	931.20	2,376.00	3,307.20	18.95
5	Chao Phraya	23,873	846	3.55	80.00	510.40	590.40	69.79
6	Sakae Krang River	4,907	1,556	31.72	766.40	550.40	1,316.80	84.63
7	Pasak River	15,626	2,522	16.14	126.40	1,236.80	1,363.20	54.05
8	Tha Chin	14,196	1,140	8.04	73.60	670.40	744.00	65.26
Chao Phraya River Basin		162,661	66,034	40.60	4,476.80	9,062.40	13,539.20	20.50

Upper River Basin (Nakhon) 104,059
Chao Phraya River Basin 162,661

RFD は、チャオプラヤ川流域の8河川流域の荒廃森林地域 8.46million rai (13,539 km²) を5年以内に再生する目標を設定しており、その実施は、森林地域の地方政府とコミュニティの参加方式による。

タイ国においては無数のコミュニティが森林と共生している。

- 記録されている種類だけでも 1,000 種類以上の薬用植物が生育しており、30,000-40,000 家族がその採取で生計を立てている。
- 森林地域の農村人口の約 60%、おおよそ 30,000 コミュニティの生活は、日常的に森林の食用植物(500種類以上)に依存しており、その食用植物は広く国内の地方市場で売られている。
- 100 万家族以上が国の保護森林内に住み、森林居住者は木材以外の森林生産に依存している。

(a) 森林回復対策

森林回復プロジェクトは以下に示す、国の保護林内の植林、土壌保全及び堰の建設である。

(i) 苗木の準備

苗木の準備は RFD、コミュニティ及び教育機関が行う。2012 年に苗木 82,600,000 本を準備し、2013 年に植栽する。

(ii) 荒廃森林の植林、森林回復

- 調査済みの荒廃森林地域 580,000 Rai (928 km²) の森林環境回復のための植林
- コミュニティによる植林 99,500 Rai (159.2 km²)

(iii) ラタンの植栽

2012 年に苗木 24,000,000 本を準備、2013 年に 100,000 Rai (160 km²) に植栽

(iv) 土壌保全を図る Vetiver Grass (イネ科) の植栽

苗木 100,000,000 本を斜面に植栽

(v) コミュニティによる 8 地域における植林、森林持続維持作業の推進

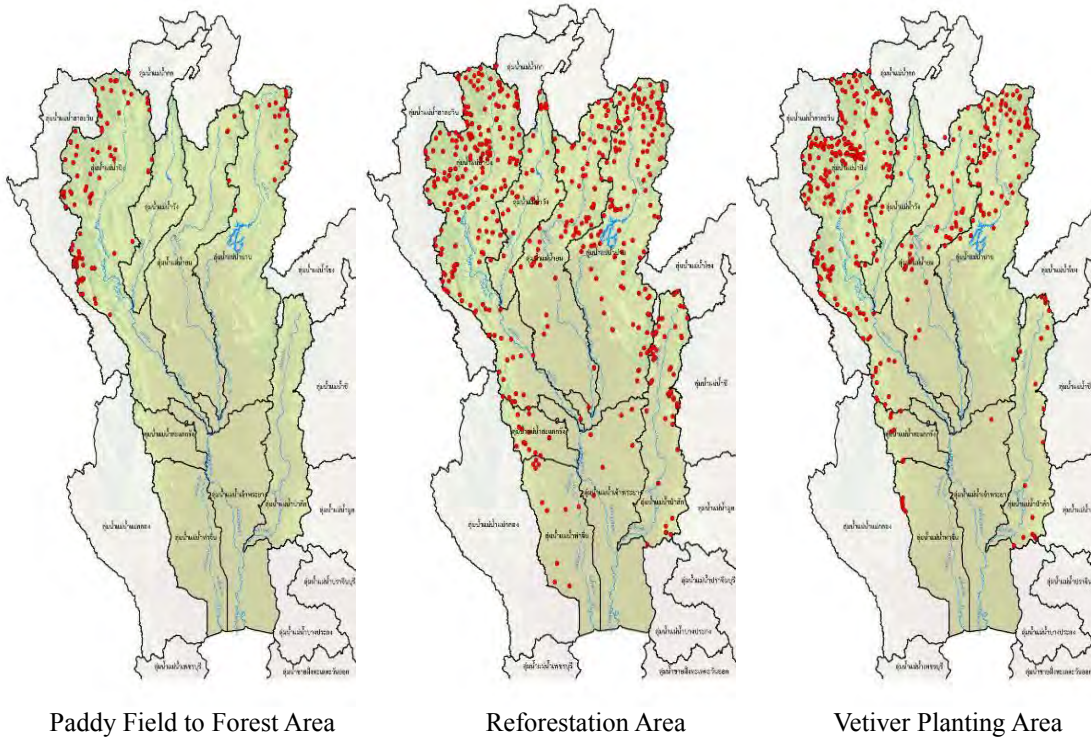


図 10.2.53 森林荒廃地域の森林回復対策

(b) チェックダム建設

荒廃地域の保全、森林回復、森林環境及びコミュニティを考慮して以下のチェックダムを計画している。

- Semi-permanent check dams: 11,000 箇所
- Permanent check dams: 3,050 箇所
- Small check dams: 15,000 箇所

チェックダム建設箇所は下図に示す。

チェックダムタイプ

Semi-permanent Check Dam

Semi-permanent Check Damは鉄筋コンクリート又はレンガとセメント造り。天頂は3-5 m、3-5 m幅の溪流に設けられ、溪流の流出土砂のかん止と貯水を行なう。

Permanent Check Dam

Permanent Check Damは鉄筋コンクリート造り。天頂は5 m以下、5 m幅以下の溪流に設けられる。溪流の浮遊土砂の貯砂、コミュニティのための貯水を行なう。

Source: “Check Dam Construction Manual” by Public Forestation Division, Forestation Promotion Office, Department of Forestry, MONRE

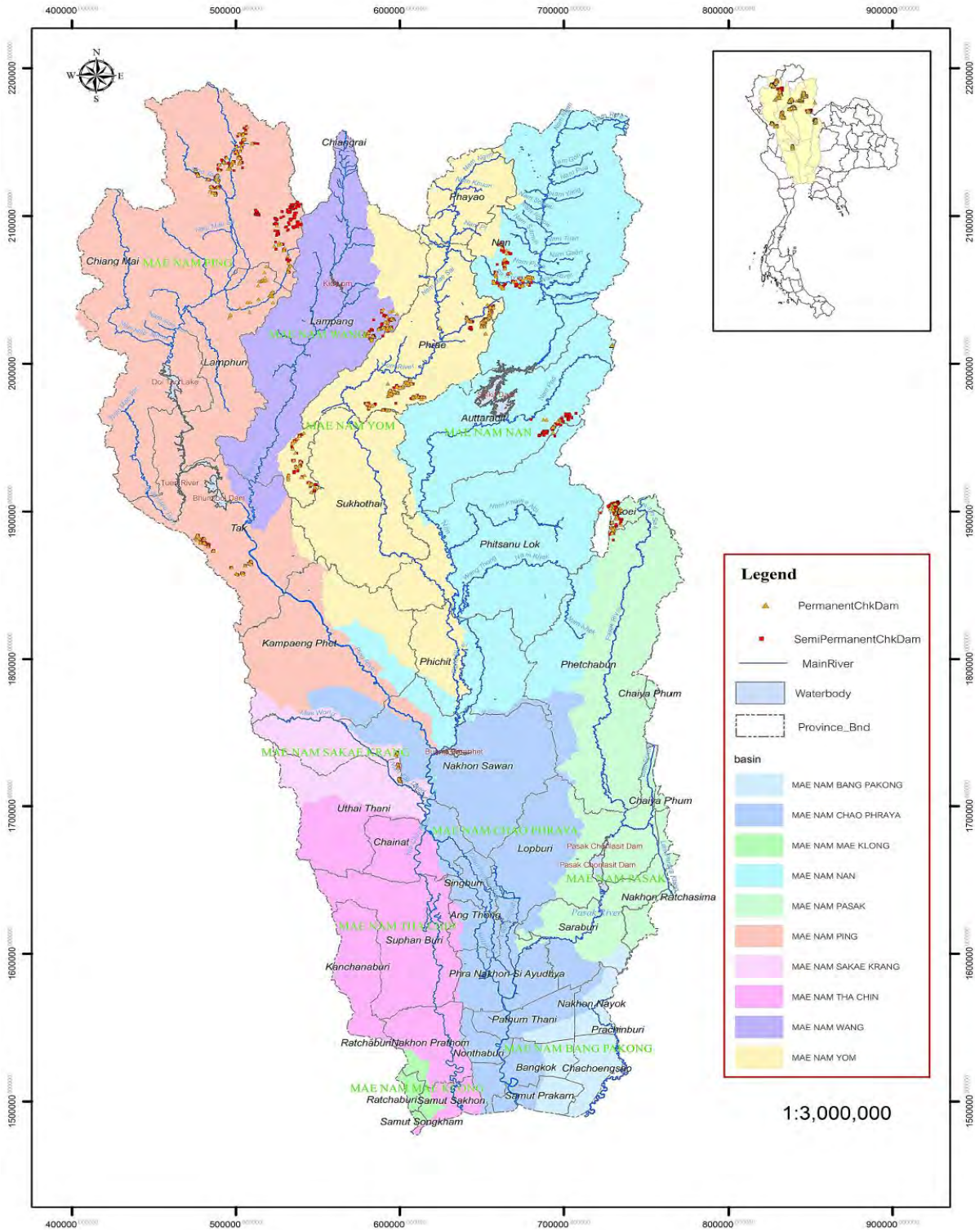


図 10.2.54 チェックダム建設予定箇所

(c) 実施計画

2012-2013 及び 5 カ年計画を以下の表に示す。

表 10.2.39 森林回復植栽、建設計画 (2012-2013)

No.	Main Basin	Seedling Plantation	Vetiver Planting for Soil and Water Conservation	Paddy Field to Change for Forest Land	Semi-Weir	Permanent Weir
		Quantity (Million Seedling)	Quantity (Million Seedling)	Quantity (Rai)	Number of Weire	Number of Weir
1	Ping River	28.88	3.00	900.00	662	175
2	Wang River	7.00	3.75	300.00	289	90
3	Yom River	17.98	7.00	900.00	525	162
4	Nan River	15.21	4.00	600.00	336	95
6	Sakae Krang River	2.77	0.50	300.00	92	31
7	Pasak River	10.76	1.75	300.00	296	57
Total		82.60	20.00	3,300.00	2,200	610

Source Action Plan and Budget Restoration Project, Forest and Soil Conservation, Weir Construction in National Reserved Forest

表 10.2.40 5 カ年実施計画

Activity	Unit	Implementation Year					Total
		Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	year 5	
1. Seedling plantation to support reforestation	Million seedling	82.6	43	44	44	44	257.6
2. Plantation for reforestation	Million rai	0.060	0.300	0.140	0.140	0.140	0.780
3. Vetiver planting	Million seedling	20	20	20	20	20	100
4. Paddy field to exchange forest land	Rai	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	16,500
5. Weir construction	Number of Weir	5,810	5,810	5,810	5,810	5,810	29,050

Source Action Plan and Budget Restoration Project, Forest and Soil Conservation, Weir Construction in National Reserved Forest

(3) 荒廃森林の回復

チャオプラヤ川流域の森林の再生を図るため、RFD は、植林、Vetiver 植栽、ラタンの植栽、チェックダムの建設により荒廃森林地域 13,500 km² (含む上流地域 9,500 km²) の回復を図っている。チャオプラヤ川流域の森林地域の 20%に当たる荒廃森林地域の回復により、ピン川、ワン川、ヨム川及びナン川流域の水源地域の保水機能及び斜面の安定の向上、表土浸食及び土砂災害が軽減される。

森林の保水機能は、表土の厚さと被覆する森林のタイプによって決まる。RFD は上流森林地域の最大保水機能を基に、平均 687.84 m³/rai (0.43 m³/m²) と推定している。荒廃森林地域 (13,500 km²) の回復により、森林地域が 66,000 km²から 80,000 km²に広がるので、保水機能の向上が期待できる。森林の保水機能は増加、土砂流出は減少することが予想される。

(4) 今後の対策

RFD は 5 年（2012-2016）以内に荒廃森林地域回復を目指している。しかし 2017 年以降も、チャオプラヤ川流域における必要な植林事業、森林環境保全事業の継続的实施に向けて、長期計画の策定が必要である。

チャオプラヤ川流域の総合的洪水管理計画の一環として、2017 年以降の森林回復・保全計画に係るプログラムを継続することが必要である。RFD の報告によると、雨季にはチャオプラヤ川流域の上流では、洪水・フラッシュ洪水及び斜面崩壊・地すべり・土石流等の土砂災害が度々発生しており、植林と同時に土壌保全計画が重要である。現在、RFD は、斜面浸食防止に Vetiver 植栽、森林及び環境保全対策としてチェックダム建設により対応している。水源地域の安定を図るには、国は、流域に適した植林計画と水源保全計画を推進し、洪水災害リスク管理の目標を達成する必要がある。

10.2.10 洪水氾濫地域の管理

(1) 検討方針

マスタープランの提案施設実施により、洪水氾濫地域の内、防御地域を洪水から守ることは可能であるが、防御地域以外の地域は洪水氾濫地域として残る。ここでは現在の洪水氾濫地域について、洪水氾濫地域毎の湛水深・湛水期間、必要な対策について、洪水災害管理の観点から検討する。

(2) 洪水氾濫地域

(a) 2011 年洪水の氾濫地域

2011 年洪水の再現氾濫図及び M/P 提案対策施設実施後の氾濫図を以下に示す。

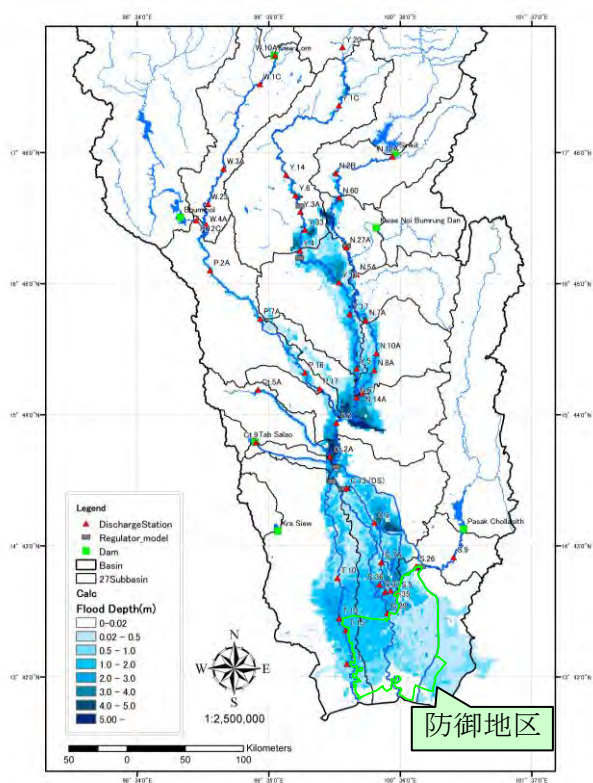


図 10.2.55 2011 年洪水の再現氾濫図

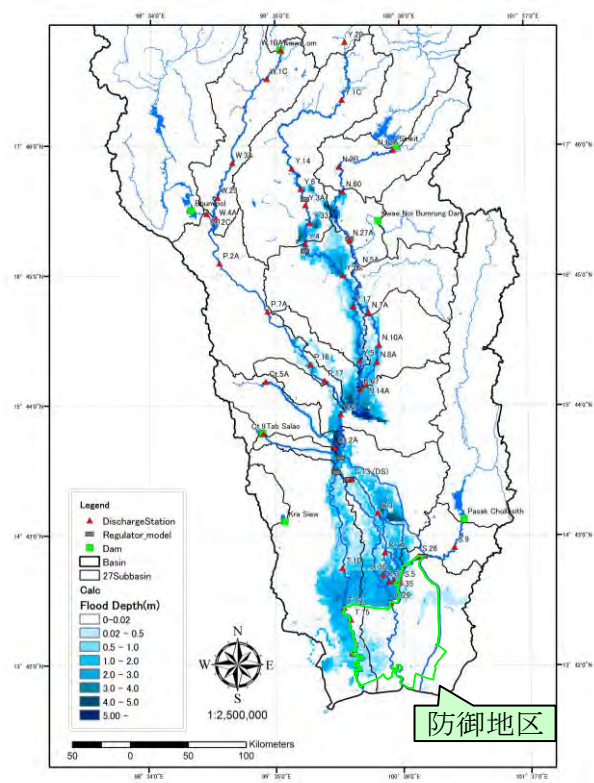


図 10.2.56 M/P 提案施設実施後の予想氾濫図

図 10.2.55 及び図 10.2.56 に示す通り、M/P 提案施設の実施により、防御地区として計画されている経済特区のバンコク及び周辺地域は洪水から守ることが出来るが、M/P 提案施設によりナコンサワン上流のヨム川、ナン川沿いの低平地及びナコンサワン下流の低平地を洪水から守ることは困難である。加えて、これらの低平地は自然の遊水地として下流に流下する洪水ピークを低減する重要な機能を有している。このことから、これらの低平地は、洪水との共生を考慮して、氾濫を前提とした土地利用計画や効果的な農業方法等「Controlled Inundation Area」としての対策を検討する。

ナコンサワン上流域及び下流域の低平地の現状を以下に示す。

(i) ナコンサワン上流域

中央平原上流の氾濫地域はヨム川及びナン川沿いの地域であり、河川沿いに旧河道や沼沢地がある。低平地及び湿地は自然遊水地の機能がある。流域の洪水は、その規模により沼沢地・低湿地及び隣接する農地・灌漑地域に湛水している。

低平地・沼沢地及び農地の氾濫地域の中心部は Proposed Retention Area (2012) 及び Retention Area (RID) (図 10.2.57 参照) として計画されている。

(ii) ナコンサワン下流域

チャオプラヤ川流域下部中央平原の洪水氾濫は、チャオプラヤ川本川及び支川（タチン、ノイ、ロップリ川等）の氾濫による。洪水は、その規模により河川沿いの自然堤防地域、後背湿地及び低湿地と隣接する農地に湛水している。氾濫地域の大半は灌漑地域で、低湿地の占める割合は僅かである。

洪水氾濫地域の中心部の後背湿地・低湿地及び農地は Proposed Retention Area (2012) 及び Retention Area (RID) として計画されている。

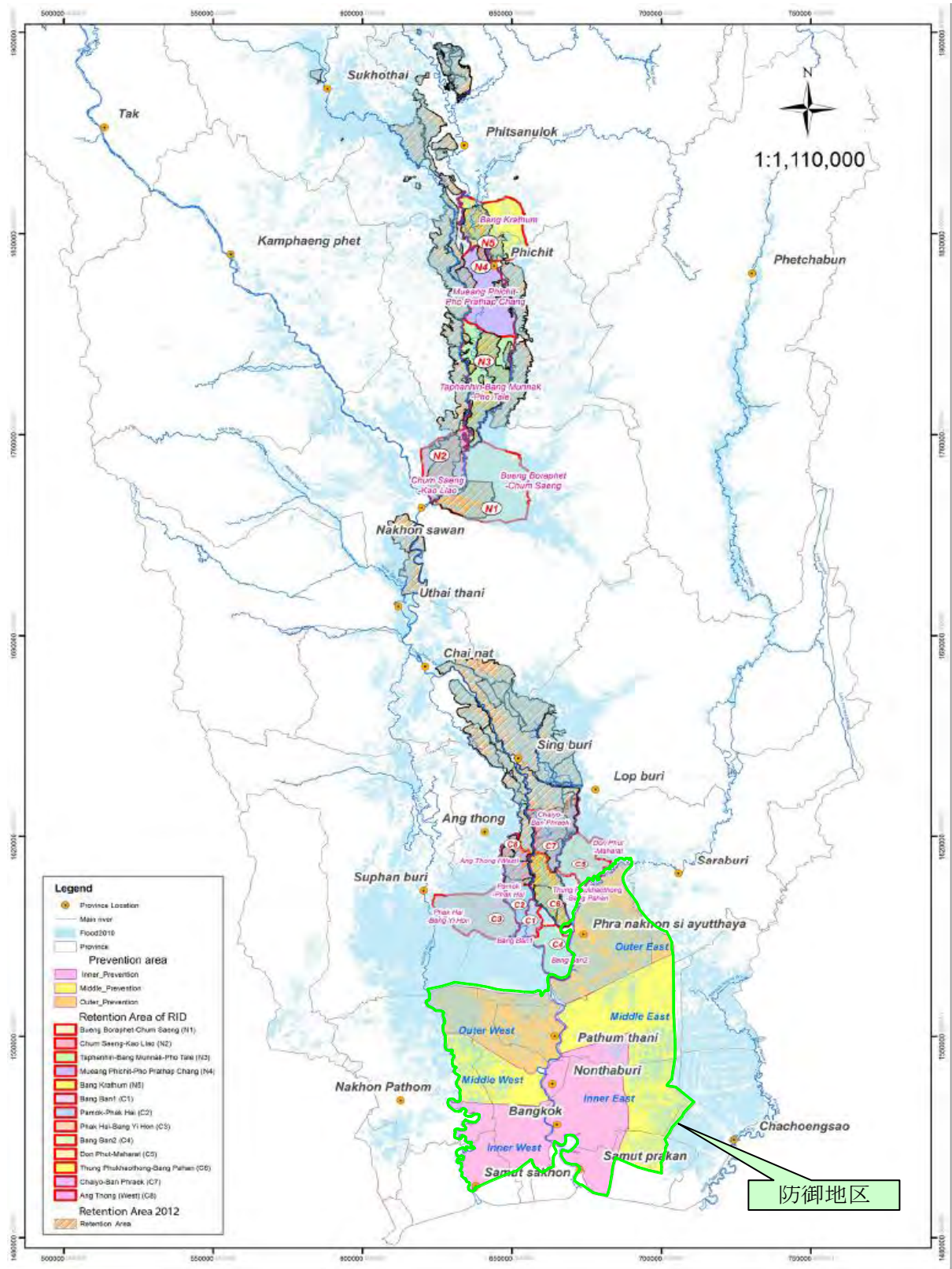


図 10.2.57 タイ政府の Retention Area 計画位置図

(b) 洪水氾濫地域の特徴検討

ナコンサワン上流・下流の氾濫地域について区分を行った結果を、図 10.2.58、図 10.2.59 及び図 10.2.60 に示し、各地域の特徴について整理する。

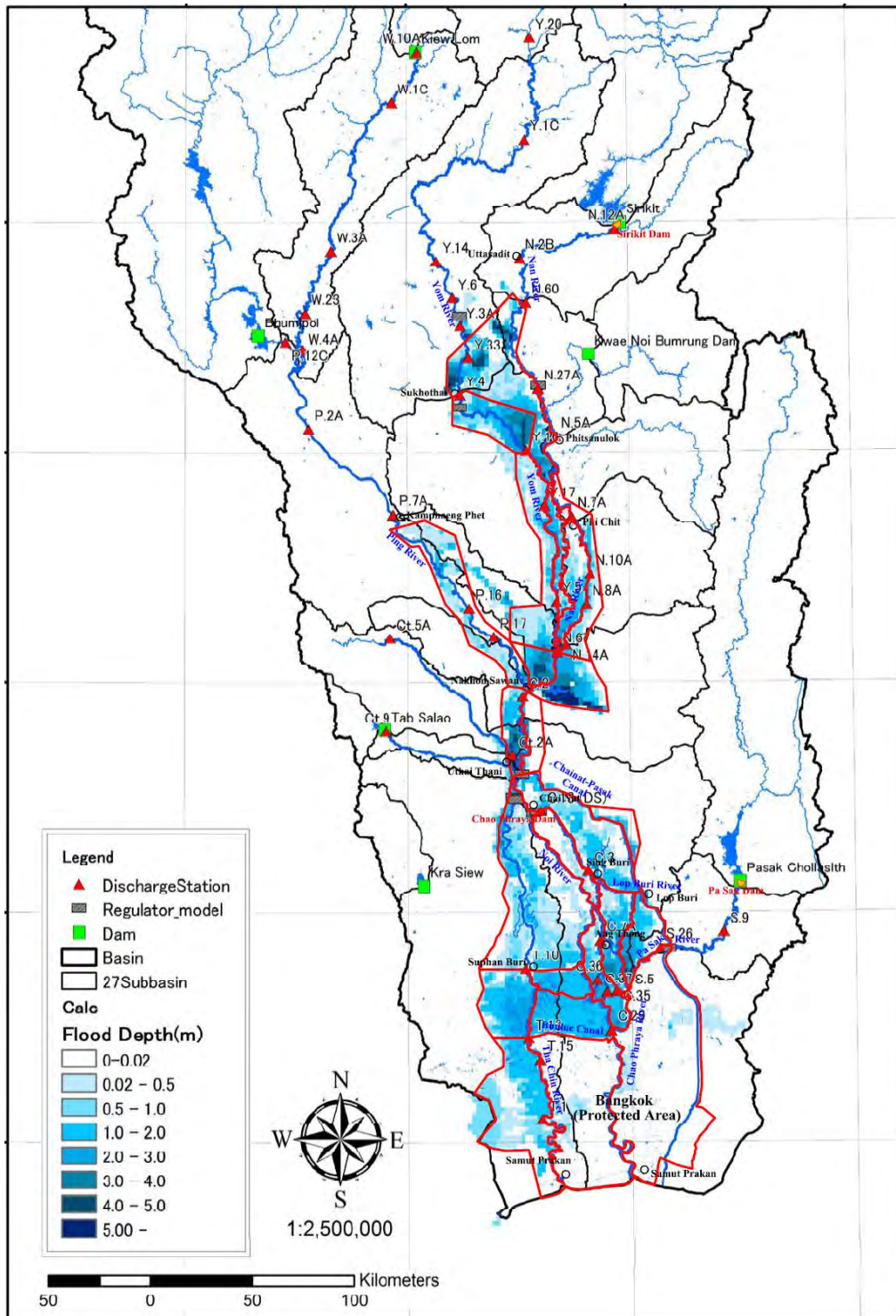


図 10.2.58 M/P 実施後の氾濫地域の区分

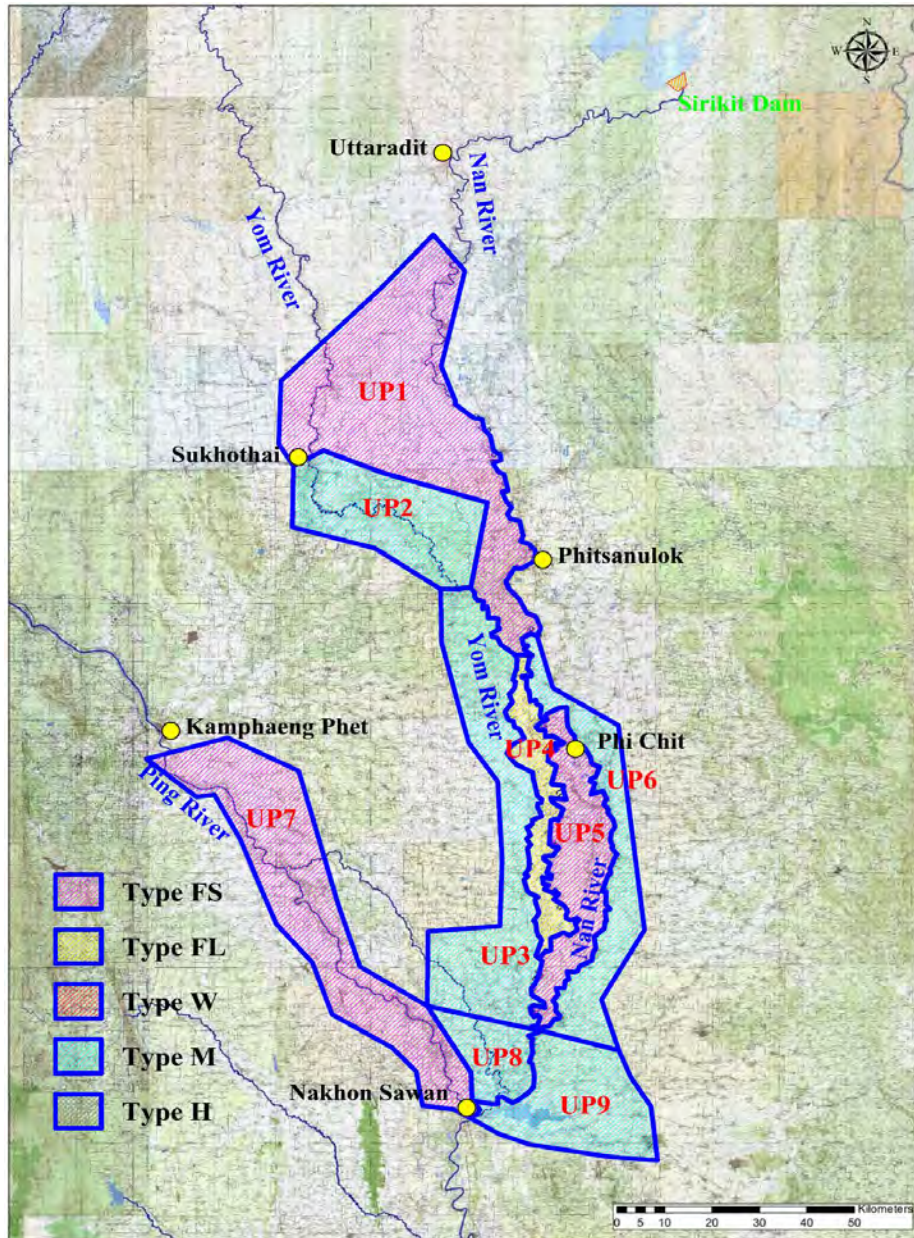


図 10.2.59 M/P 実施後のナコンサワン上流氾濫地域の区分(1/50,000 地形図との重ね合わせ)

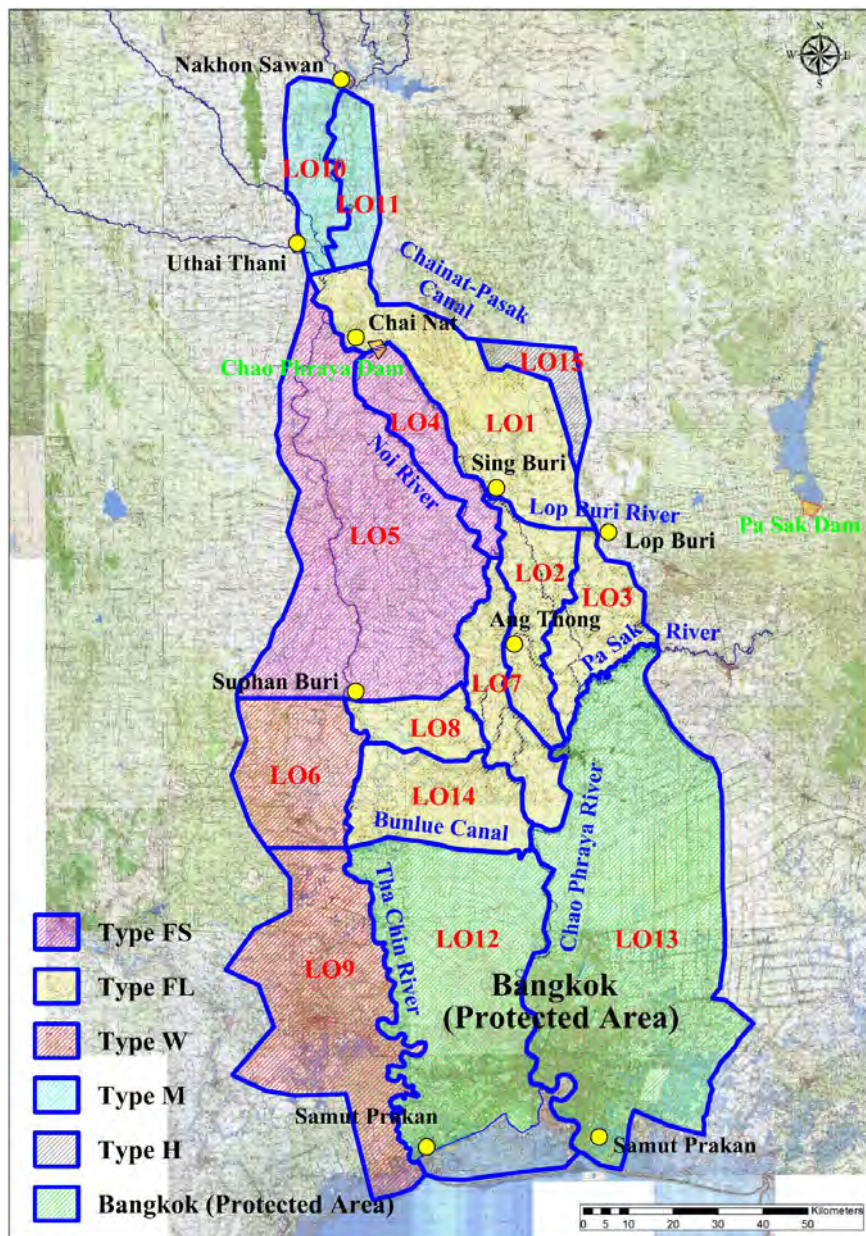


図 10.2.60 M/P 実施後のナコンサワン下流氾濫地域の区分 (1/50,000 地形図との重ね合わせ)

氾濫地域は以下の 5 タイプに区分する。

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

なお、区分番号 12 及び 13 はバンコク及び周辺地域の防御地域である。Controlled Inundation Area の各区分の特徴を以下に整理する。

表 10.2.41 ナコンサワン上流域の各氾濫地域の土地利用

Type	Subdivision Number	Area (km ²)		Name of Irrigation Project	Land Use Type
FS	UP 1	1,800	3,710	Phai Chum Phon	Rainfed, floodplain
	UP 5	610		Tha Bua, Tum Sam, Bueng Mai	Irrigation area, rai-fed paddy land, floodplain
	UP 7	1,300		-	Rainfed area
FL	UP 4	330	330	Yom-East, Nan-West	Rainfed paddy land, floodplain
W	-	-	-		
M	UP 2	750	3,540	Phai Chum Phon	Irrigation area, floodplain
	UP 3	1,200		Yom West	Rainfed paddy land, floodplain
	UP 6	650		Tha Bua, Dong Setti	Irrigation area, floodplain
	UP 8	270		Nan-West, Chum Saeng	Rainfed paddy land, floodplain
	UP 9	670		Nan East, Bung Boraphet	Irrigation area, rainfed paddy land, floodplain
H	-	-	-		
Total		7,580			

ナコンサワン上流域の氾濫地域各区分は、天水田の比率が比較的高く、灌漑地域の比率は比較的低い。土地は傾斜があり、各区分間に落差がある。

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)

Type	Sub-division No.	Area (km ²)	Maximum Inundation Volume (MCM)					Maximum Average Depth (m)					Maximum Inundation Area (km ²)					
			Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	
FS	UP1	1,800	3,710	790	790	750	750	750	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	540	540	510	510	510
	UP5	610		220	220	90	100	100	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	350	350	180	180	180
	UP7	1,300		380	380	310	310	310	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	690	690	600	600	600
FL	UP4	330	330	300	290	260	260	260	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	280	280	270	270	270
W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	UP2	750	3,540	900	900	900	900	900	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	690	690	690	690	690
	UP3	1,200		420	410	370	370	370	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	740	740	720	720	700
	UP6	650		280	280	80	90	90	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	420	420	160	180	180
	UP8	270		630	630	570	570	570	2.5	2.5	2.3	2.3	2.3	250	250	250	250	250
	UP9	670		2000	2000	1700	1700	1700	3.6	3.5	3.4	3.4	3.4	570	570	510	510	510
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	7,580	5920	5900	5030	5050	5050	-	-	-	-	-	-	4530	4530	3890	3910	3890

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)

Type	Sub-division No.	Area (km ²)		Maximum Inundation Volume (MCM)					Maximum Average Depth (m)					Maximum Inundation Area (km ²)				
				Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1
FS	UP1	1,800	3,710	1000	1000	910	910	910	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	670	680	590	590	590
	UP5	610		260	260	180	190	190	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	360	360	300	320	320
	UP7	1,300		610	610	480	480	480	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	830	830	770	780	770
FL	UP4	330	330	400	400	310	310	310	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1	310	310	280	280	280
W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	UP2	750	3,540	1100	1100	1100	1100	1100	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	710	710	710	710	710
	UP3	1,200		750	750	630	630	630	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	1100	1100	1100	1100	1100
	UP6	650		370	370	210	230	230	0.8	0.8	0.6	0.7	0.7	460	460	330	340	340
	UP8	270		780	780	690	690	690	3.0	3.0	2.7	2.7	2.7	260	260	260	260	260
	UP9	670		2400	2400	2200	2200	2200	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	640	640	610	610	610
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	7,580	-	7670	7670	6710	6740	6740	-	-	-	-	-	5340	5350	4950	4990	4980

表 10.2.44 ナコンサワン下流域の各氾濫地域の土地利用

Type	Subdivision Number	Area (km ²)		Name of Irrigation Project	Land Use Type
FS	LO4	480	3,280	Tha Bot, Donchedee, Krasao	Irrigation area, floodplain
	LO5	2,800		Chao Chet, Bang Yi-hon	Irrigation area, floodplain
FL	LO1	1,300	4,100	Manorom	Irrigation area, floodplain
	LO2	580		Maharaj, Tu Ban Kum, Tung Chang	Irrigation area, floodplain
	LO3	550		Kok Kra Tiam, Loeng Rang	Irrigation area, floodplain
	LO7	560		Pho-Phraya, Song Phi-Nong	Irrigation area, floodplain
	LO8	330		Yang Mane, Bang Ban	Irrigation area, floodplain
	LO14	780		Phakhai	Irrigation area, floodplain
	W	LO6		810	2,510
	LO9	1,700	Bang Lane, KPS, Nak-Pat, DNSD etc	Irrigation area	
M	LO10	420	760	Grot Pra Payuha	Irrigation area, rainfed paddy land, floodplain
	LO11	340		-	Rainfed paddy land
H	LO15	230	230	Chong-kae	Irrigation area, floodplain
Total			10,880		

下流域の氾濫地域の特徴を以下に要約する。

- ・ 各区分は大きく、大半は灌漑地域である。
- ・ 土地は平坦で、各区分間の落差は小さい。
- ・ 下流の南側は、農業地域は徐々に工業地域に変化している。
- ・ 低平地は自然遊水地としての大きな機能がある。

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)

Type	Sub-division No.	Area (km ²)		Maximum Inundation Volume (MCM)					Maximum Average Depth (m)					Maximum Inundation Area (km ²)				
				Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1
FS	LO4	480	3,280	10	10	0	0	0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	50	50	0	0	0
	LO5	2,800		1100	1100	450	890	890	0.6	0.6	0.3	0.5	0.5	1800	1800	1300	1600	1600
FL	LO1	1,300	4,100	600	600	420	430	430	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	770	760	650	660	660
	LO2	580		550	560	160	370	360	1.3	1.3	0.9	1.2	1.2	400	410	170	300	300
	LO3	550		580	590	290	430	420	1.5	1.5	0.9	1.2	1.2	390	390	320	360	350
	LO7	560		360	520	180	320	260	0.9	1.2	0.7	0.9	0.8	380	410	260	340	310
	LO8	330		270	410	220	310	310	0.9	1.3	0.7	1.0	1.0	310	310	300	310	310
	LO14	780		610	1200	690	930	910	0.8	1.6	0.9	1.2	1.2	760	760	760	760	760
W	LO6	810	2,510	620	980	560	730	720	1.0	1.4	0.9	1.1	1.1	640	710	590	650	650
	LO9	1,700		550	1300	470	640	620	0.6	0.9	0.7	0.7	0.7	810	1300	670	830	800
M	LO10	420	760	640	640	420	550	550	1.8	1.8	1.3	1.6	1.6	350	350	320	340	340
	LO11	340		210	210	40	150	150	2.0	2.0	0.7	1.9	1.9	110	110	30	80	80
H	LO15	230	230	190	190	190	190	190	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	120	120	120	120	120
Total	-	10,880		6290	8310	4090	5940	5810	-	-	-	-	-	6890	7480	5490	6350	6280

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)

Type	Sub-division No.	Area (km ²)		Maximum Inundation Volume (MCM)					Maximum Average Depth (m)					Maximum Inundation Area (km ²)				
				Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1	Case 0	Case 0-1	Case 1-1	Case 11	Case 11-1
FS	LO4	480	3,280	70	70	0	30	30	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	250	250	0	110	110
	LO5	2,800		1800	1800	1000	1400	1400	0.9	0.9	0.6	0.7	0.7	2100	2100	1800	2000	2000
FL	LO1	1,300	4,100	1100	1100	860	860	860	1.0	1.1	0.9	0.9	0.9	1000	1000	940	940	940
	LO2	580		860	900	700	700	690	1.6	1.6	1.4	1.4	1.4	540	550	440	480	480
	LO3	550		900	930	760	760	750	1.9	2.0	1.7	1.7	1.7	460	470	440	440	440
	LO7	560		580	990	520	640	590	1.2	1.9	1.3	1.3	1.2	490	520	380	480	480
	LO8	330		380	620	420	500	480	1.2	1.9	1.3	1.6	1.5	320	330	310	320	320
	LO14	780		880	1700	1200	1400	1400	1.1	2.3	1.6	1.9	1.8	760	760	760	760	760
W	LO6	810	2,510	880	1500	1000	1200	1200	1.2	1.9	1.4	1.5	1.5	730	800	730	770	760
	LO9	1,700		1400	2700	1400	1600	1500	0.9	1.6	0.9	1.0	1.0	1500	1600	1500	1500	1500
M	LO10	420	760	840	840	720	730	730	2.3	2.3	1.9	2.0	2.0	370	370	370	360	360
	LO11	340		270	270	190	230	230	2.3	2.3	2.4	2.0	2.0	120	120	80	120	120
H	LO15	230	230	230	230	230	230	230	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	130	130	130	130	130
Total	-	10,880		10190	13650	9000	10280	10090	-	-	-	-	-	8770	9000	7880	8410	8400

(3) 洪水災害管理に必要な対策

M/P の提案施設実施後、洪水氾濫地域では、洪水災害リスクの低減及び住民の生活の向上を図るために構造物対策、非構造物対策が必要であり、下記の対策が必要である。

(a) Type FS 区分

地域の特性

主に農業土地利用。氾濫した洪水は下流に流下する。氾濫水深及び氾濫時間は比較的浅く、短い。100年確率洪水では9月中旬から氾濫水深が深くなるが、最大平均水深は約0.7m、平均水深が0.5mを超えるのは1ヶ月程度である。西側は自己流域の流出の影響を受ける。

構造物対策

- ・ 政府による Retention Area 施策の強化
- ・ 小河川、湖沼の浚渫
- ・ 小規模灌漑施設（ゲート、堰等）の改修
- ・ コミュニティ・ベースの小規模 Retention Pond（流入・流出の制御施設、乾季の灌漑用水供給施設）の建設
- ・ 現況堤防の強化
- ・ 排水ポンプの設置
- ・ 灌漑水路の最適管理
- ・ 西部丘陵地域における水保全業務

非構造物対策

- ・ 洪水氾濫被害を受けた農地の補償
- ・ コミュニティ・ベースのハザード・マップ及び土地利用規制の準備
- ・ 洪水氾濫源管理の準備
- ・ 作付け時期の変更などの農業指導
- ・ 家畜飼料確保の施策
- ・ 洪水情報、伝達、教育システムの改善

(b) Type FL 区分

地域の特性

主に農業地域。氾濫した洪水は下流に向かって流下するが、中央平原では低平地に分類されており、洪水は滞留する。この地域は、今後も氾濫水深は深く、氾濫期間も長い。100年確率洪水では、9月中旬から氾濫水深が深くなり、最大平均水深は1.3mから2.2m、平均氾濫水深が1.0mを超えるのは1.7ヶ月から3.5ヶ月となる。

構造物対策

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

非構造物対策

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

(c) Type W 区分

地域の特性

主に農業地域。この地域は防御地域の西側に位置し、洪水流が南下する際の流路となる。また、自己流域の西側丘陵地帯から洪水流が直接流入する。100年確率洪水では氾濫水深が10月上旬から深くなり、最大平均水深は1.3mから1.9m、平均浸水深が1.0mを超えるのは2ヶ月から2.5ヶ月となる。

構造物対策

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

非構造物対策

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

(d) Type M 区分

地域の特性

低湿地で常襲的な氾濫地域。氾濫水深は深く、氾濫期間も長い。この地域はナコンサワンの直下流に位置しており、氾濫開始時期は早い。100年確率洪水では8月から氾濫水深が深くなり、最大平均浸水深は2.3mから3.0m、平均浸水深が1.0mを超えるのは3.8ヶ月から5ヶ月となる。

構造物対策

- ・ 低湿地を囲む既存堤防の強化

非構造物対策

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

(e) Type H 区分

地域の特徴

農業地域、自己流域の丘陵地帯からの洪水により小規模の氾濫が発生する。氾濫水深はごく浅く、氾濫期間も短い。

構造物対策

- ・ コミュニティ・ベースの小規模 Retention Pond（流入・流出の制御施設、乾季の灌漑用水供給施設）の建設
- ・ 現況堤防の強化
- ・ 東部丘陵地域における水保全業務

非構造物対策

- ・ 洪水情報、伝達、教育システムの改善

(4) 各氾濫区分における浸水ボリュームおよび平均浸水深、浸水範囲

チャオプラヤ川の各氾濫区分の氾濫特性を理解および確認するため、浸水ボリュームおよび平均浸水深、浸水範囲を図 10.2.61 から図 10.2.78 に整理した。

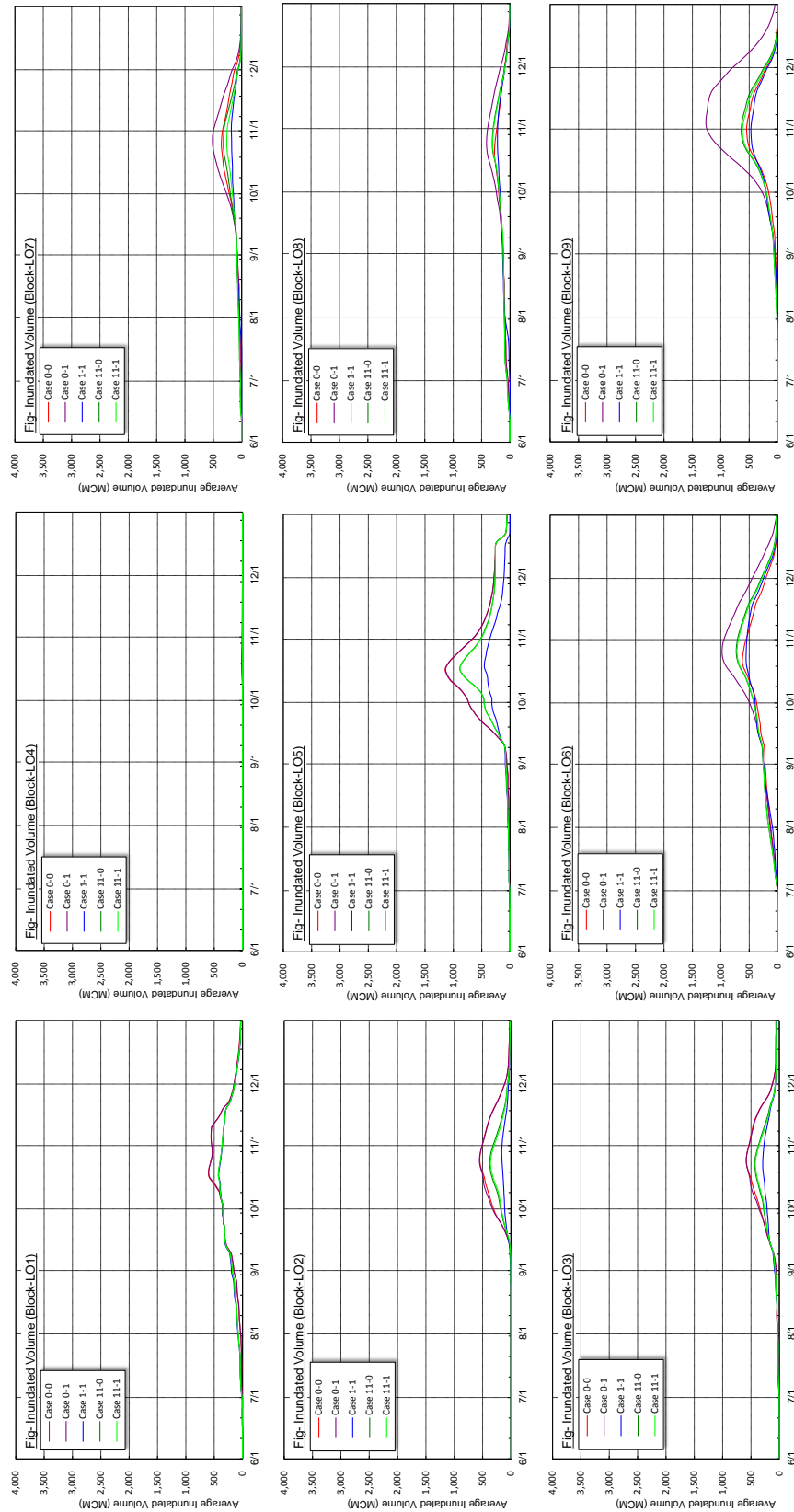


図 10.2.61 チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (10年確率洪水) (1/3)

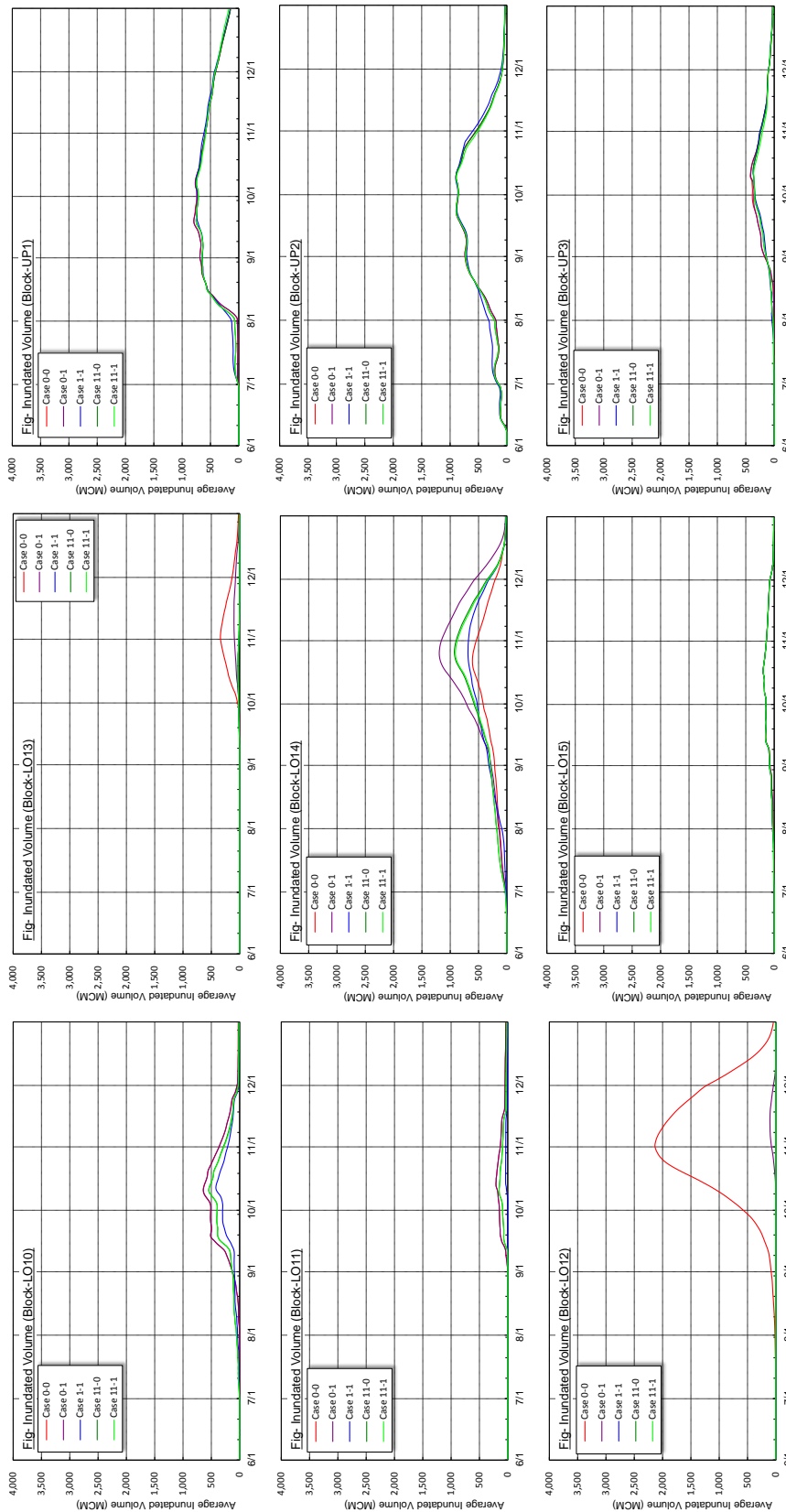


図 10.2.62 チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (10年確率洪水) (2/3)

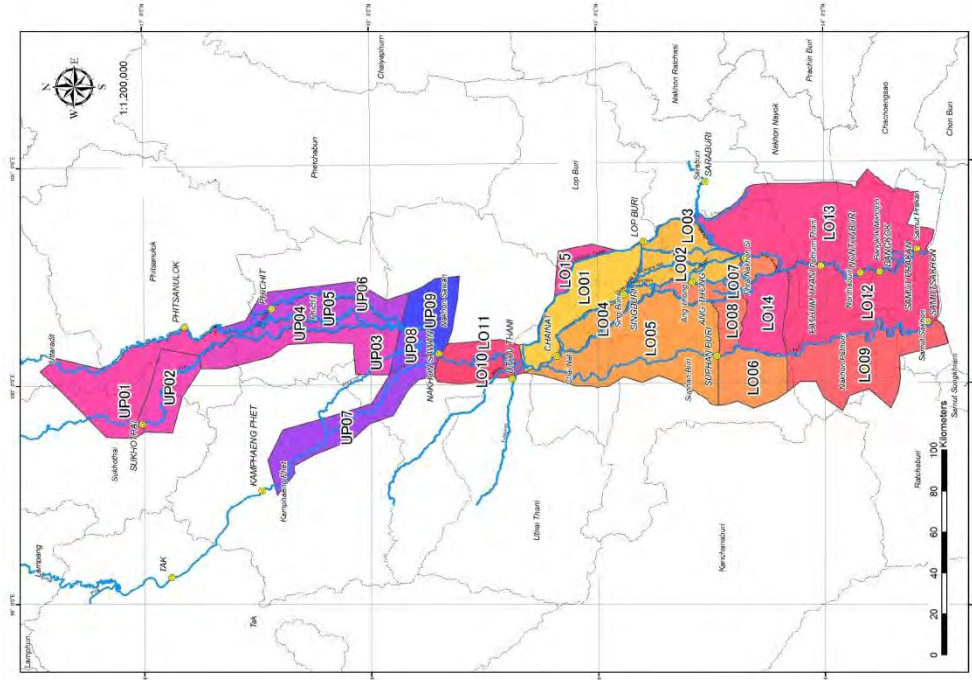
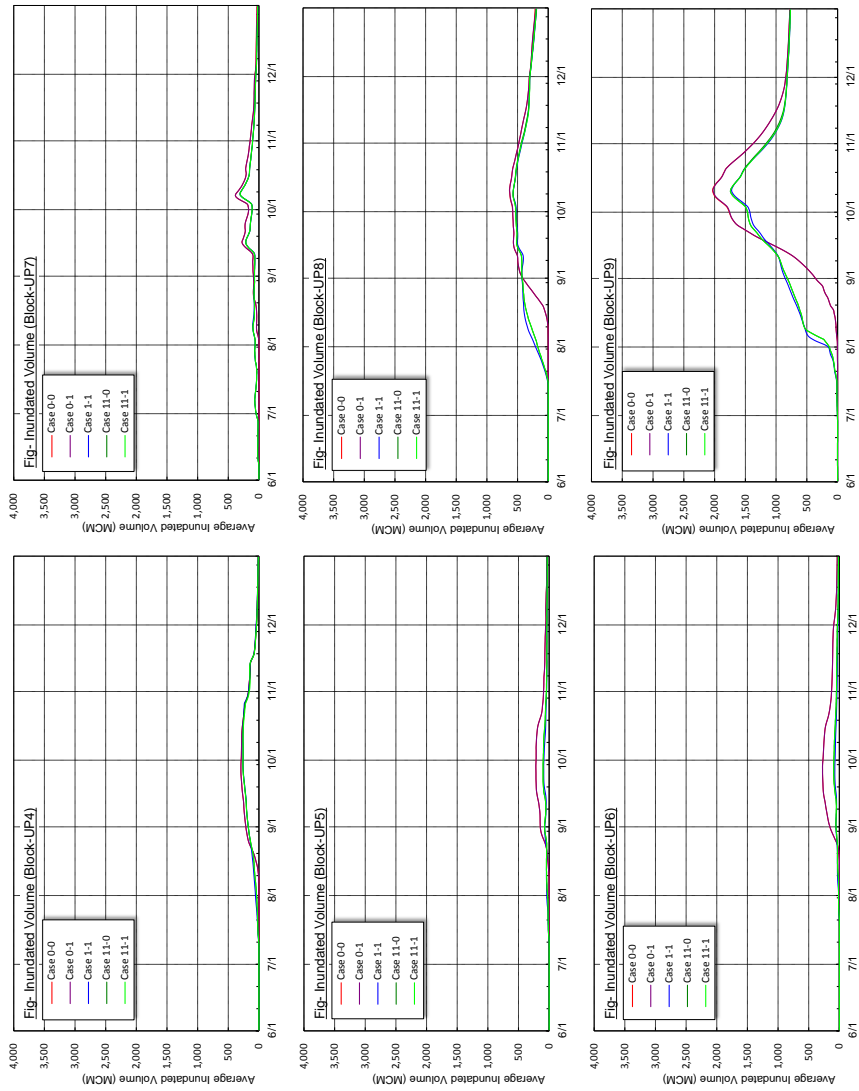


Figure- Proposed Inundation Block



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)

図 10.2.63

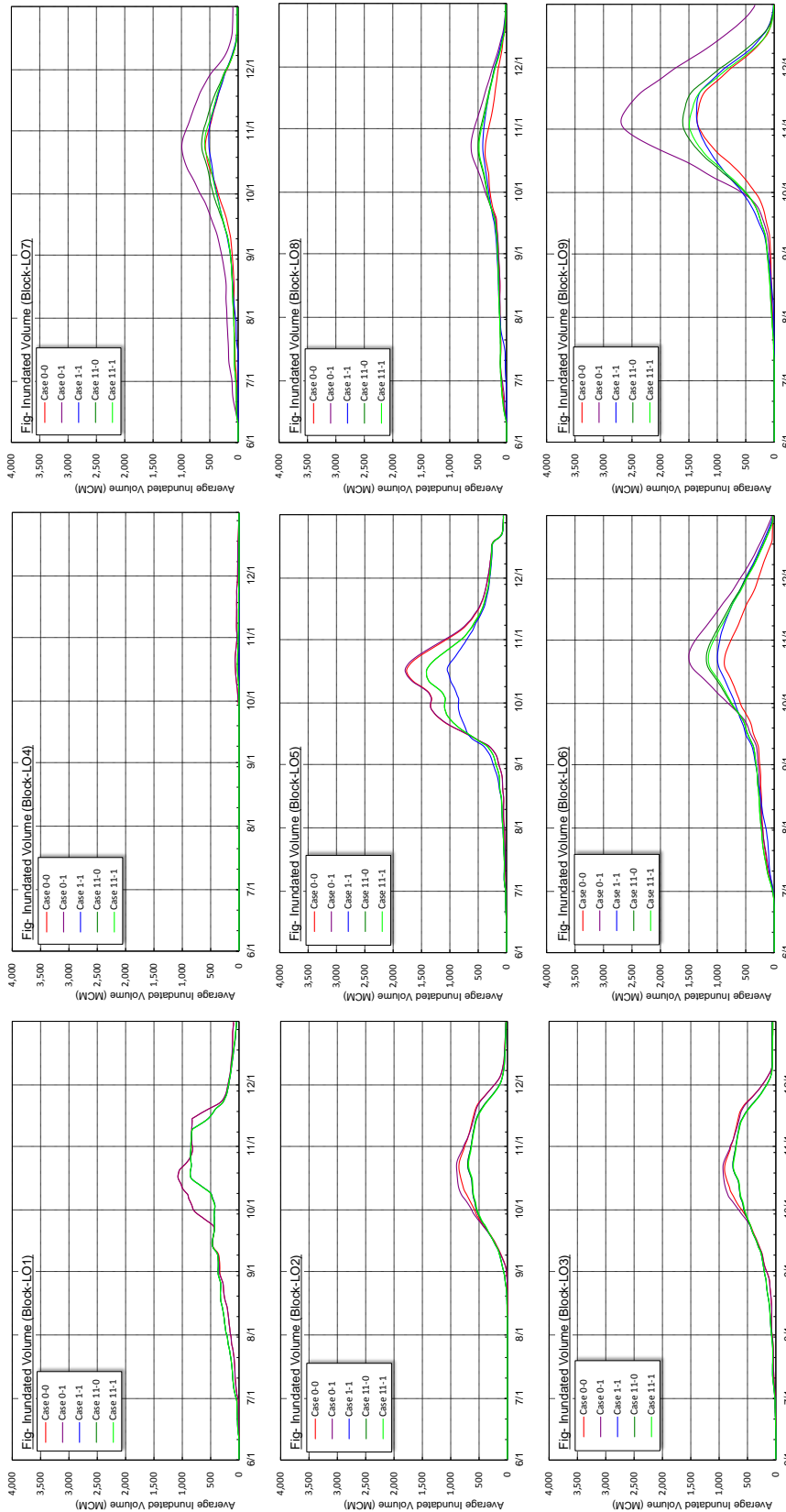


図 10.2.64 チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (100年確率洪水) (1/3)

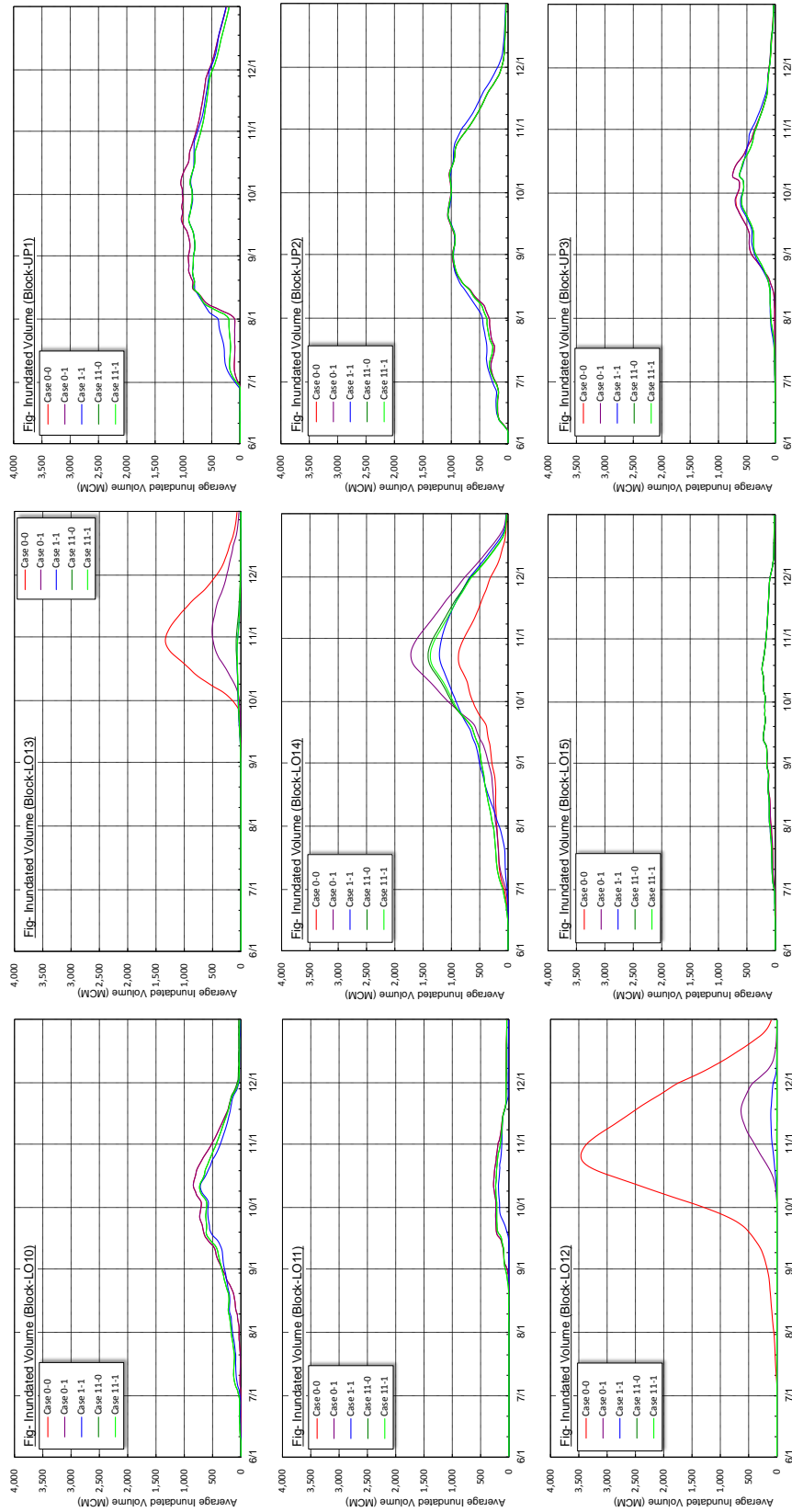


図 10.2.65 チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (100年確率洪水) (2/3)

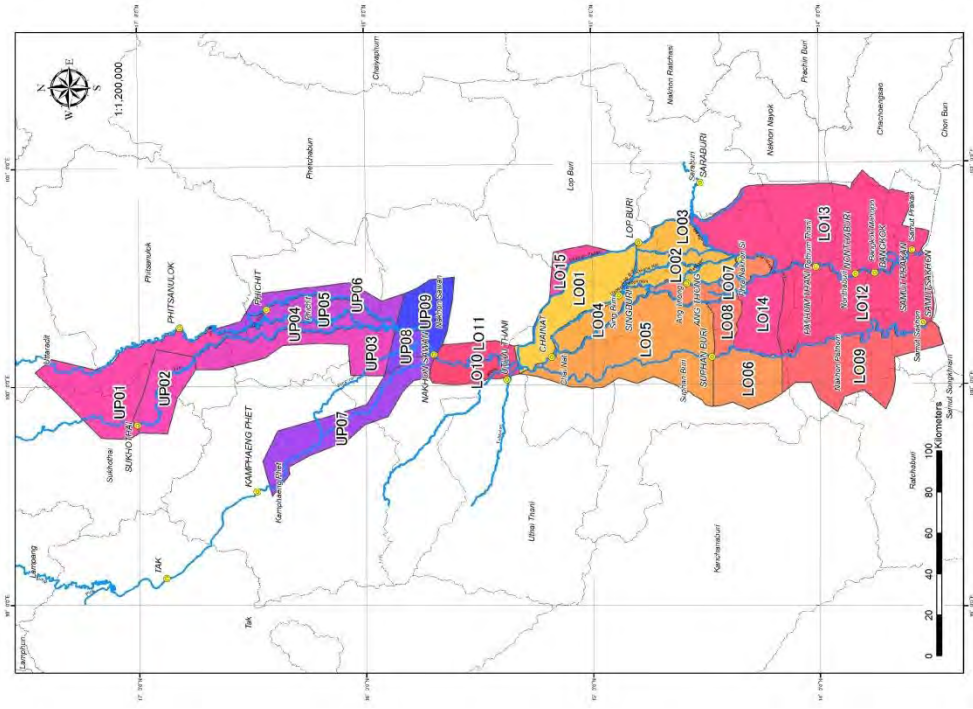


Figure- Proposed Inundation Block

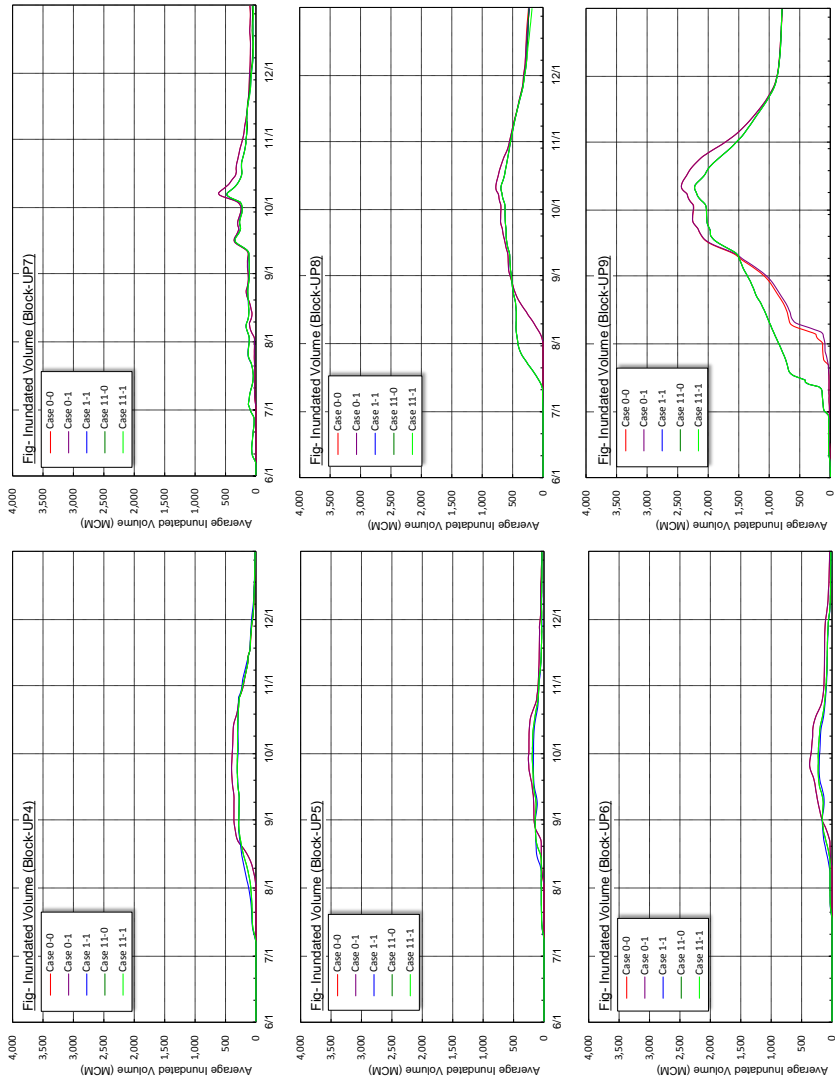


図 10.2.66 チャオプラヤ川流域における浸水ボリューム (100年確率洪水) (3/3)

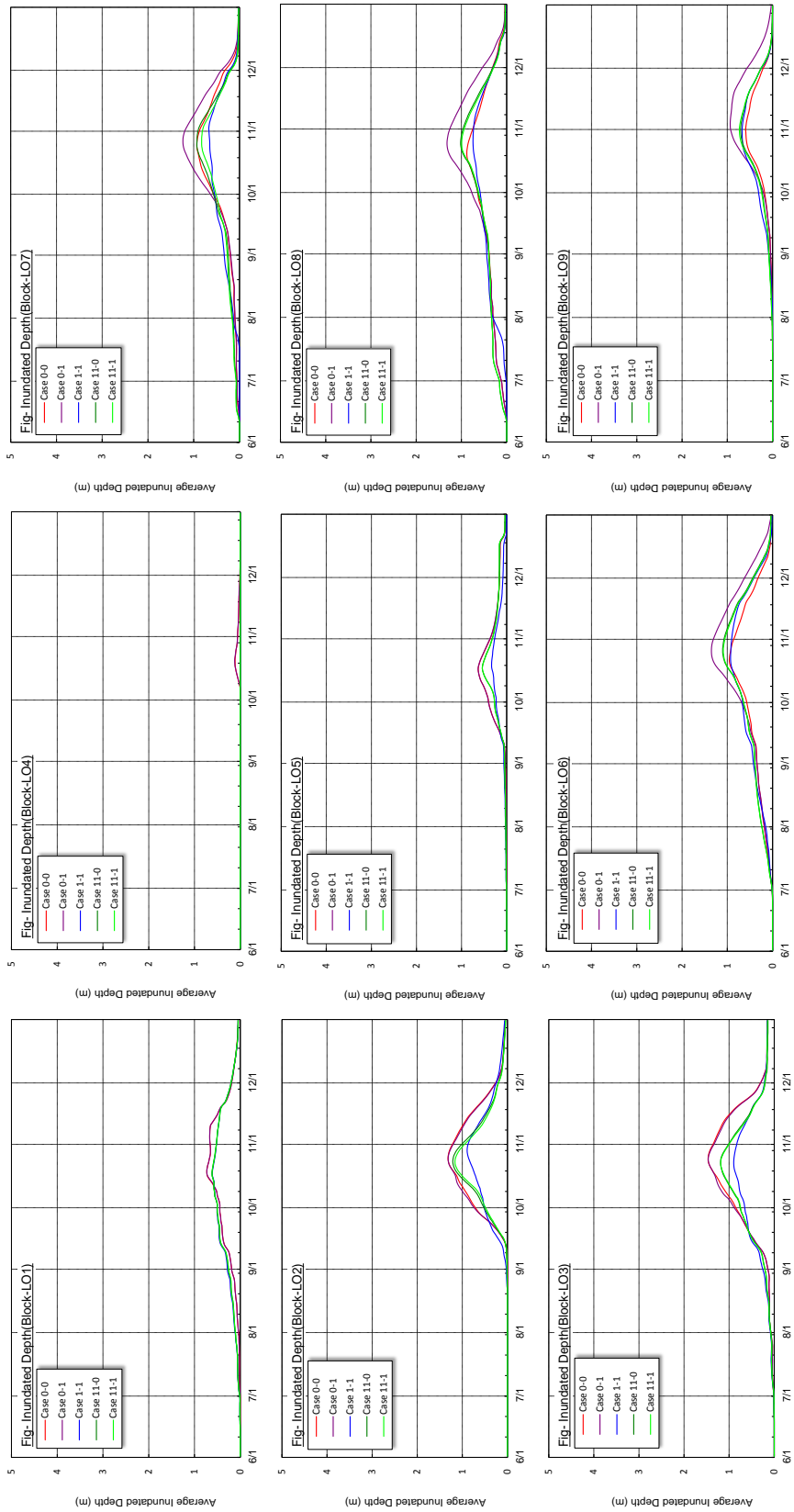


図 10.2.67 チャオプラヤ川流域における平均浸水深（10年確率洪水）（1/3）

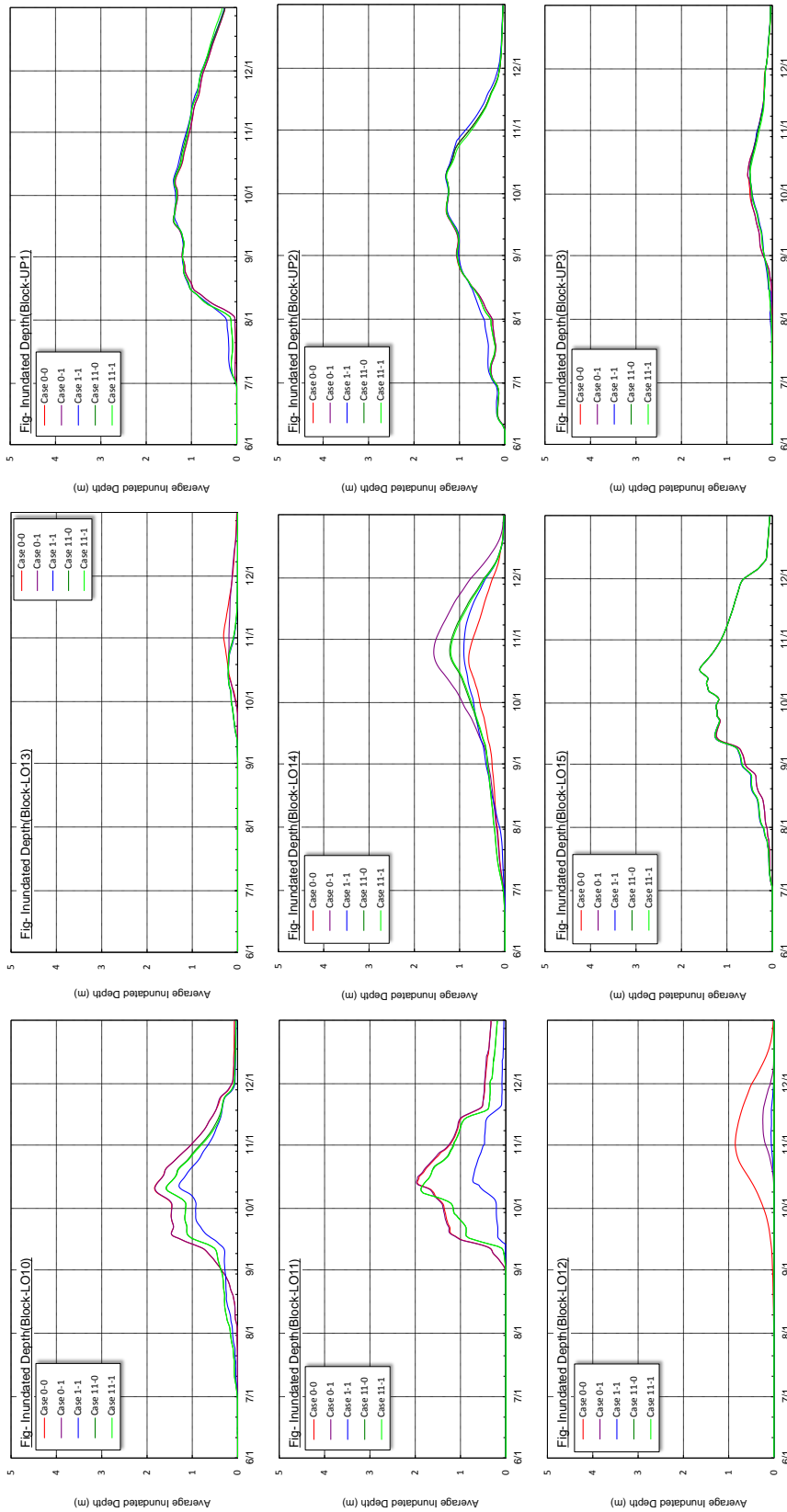


図 10.2.68 チャオプラヤ川流域における平均浸水深 (10年確率洪水) (2/3)

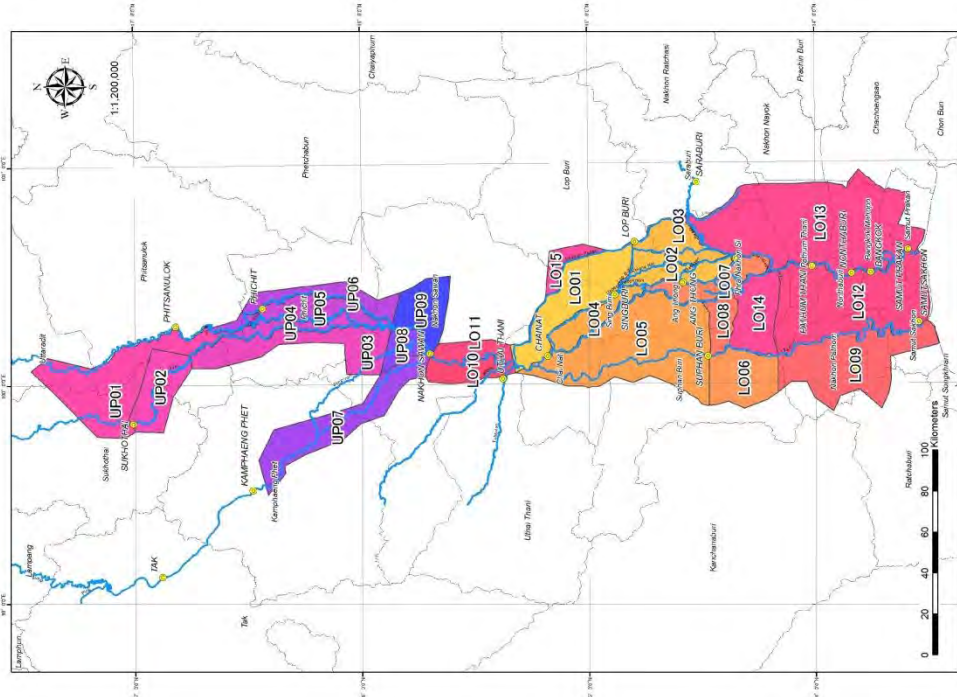
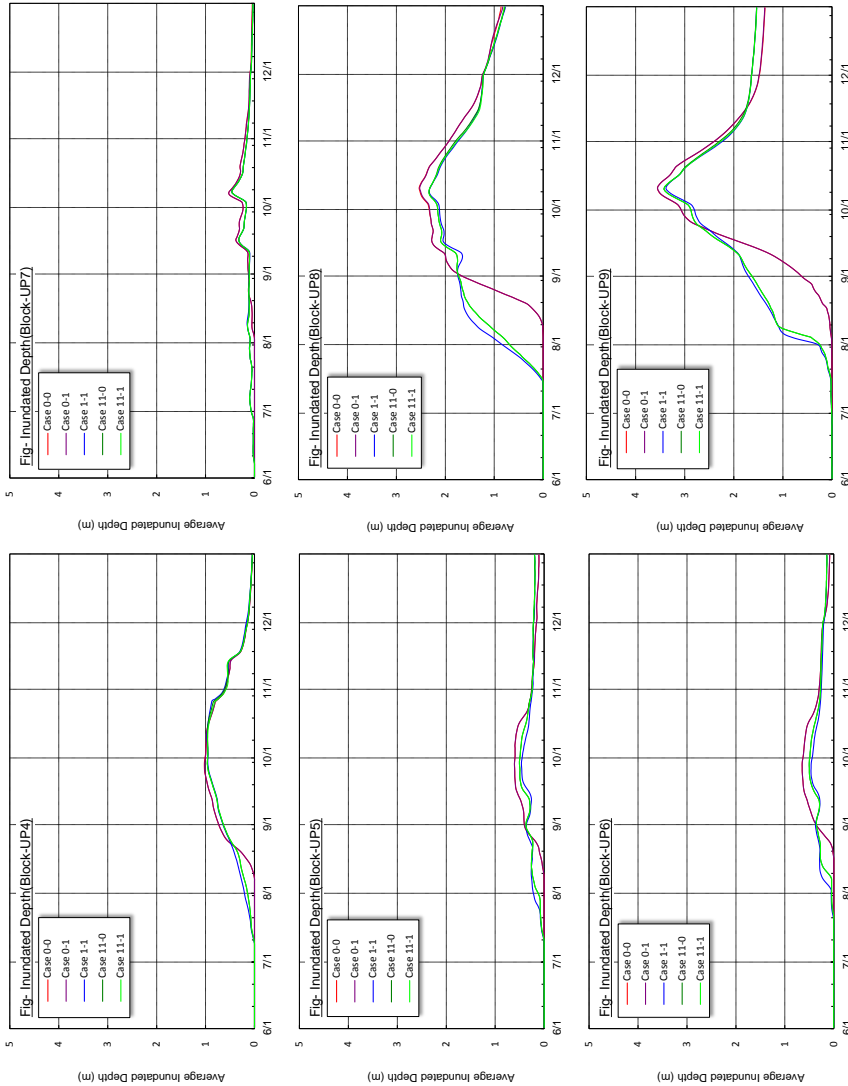


Figure-Proposed Inundation Block



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)

図 10.2.69

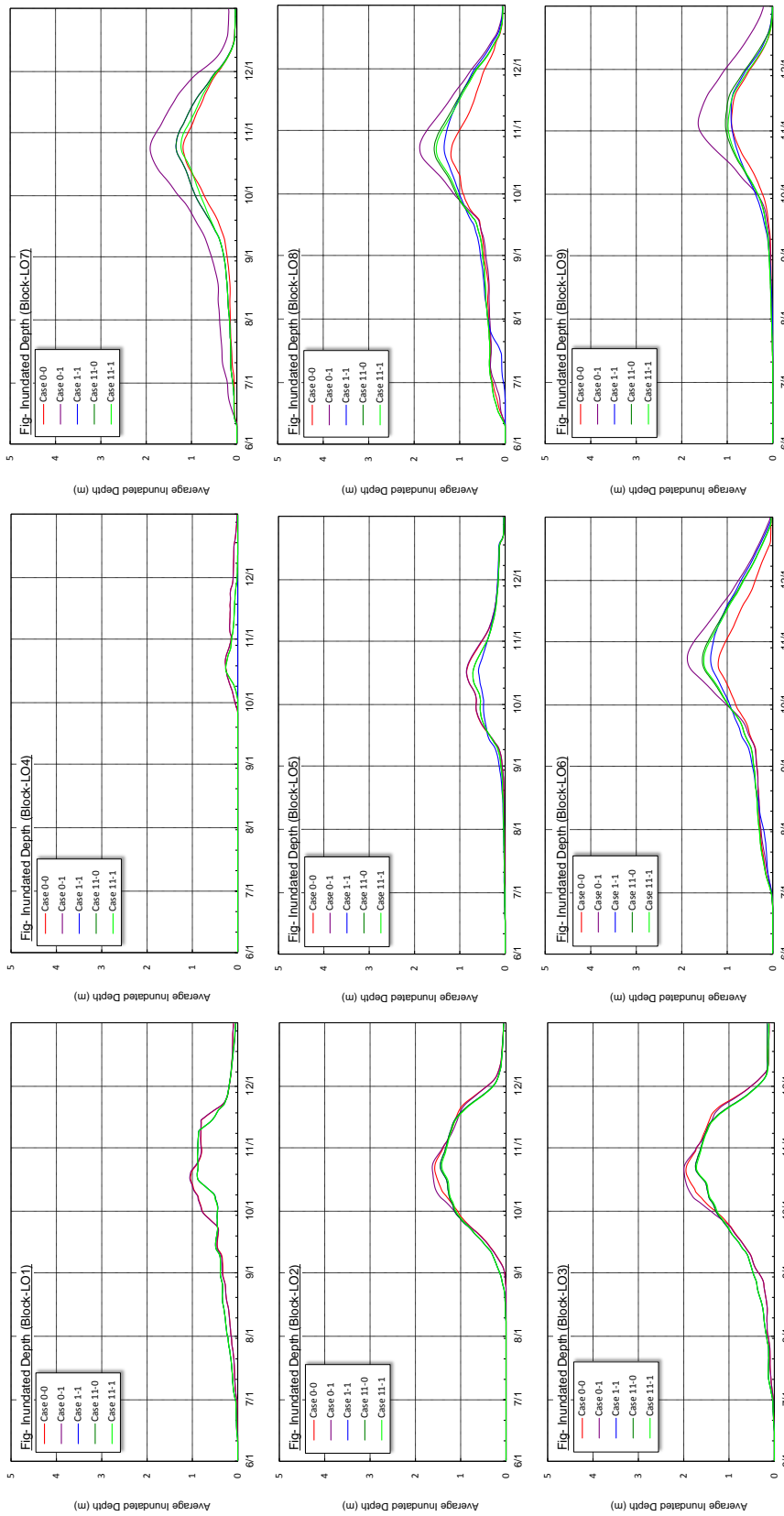


図 10.2.70 チャオプラーヤ川流域における平均浸水深 (100年確率洪水) (1/3)

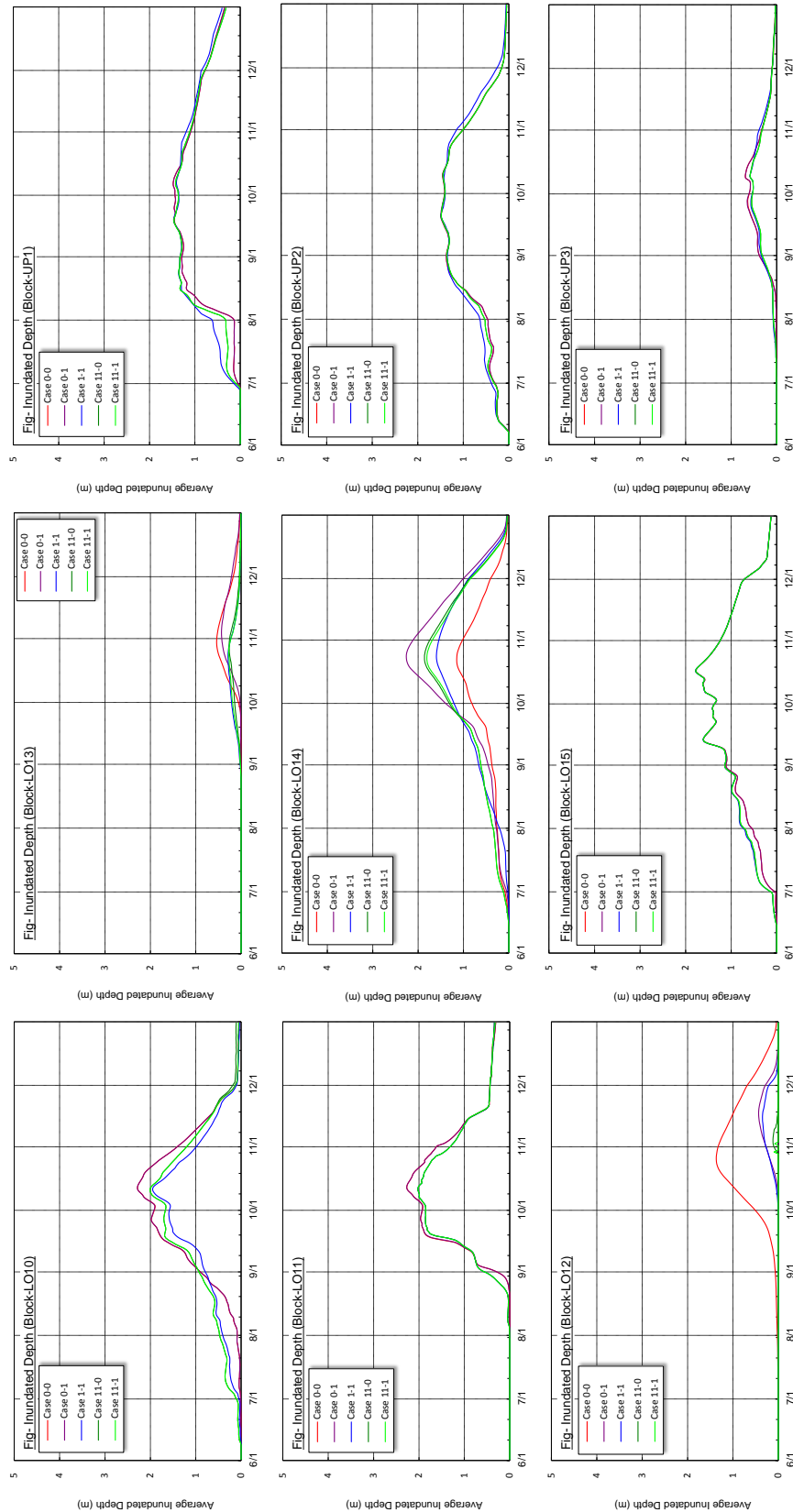


図 10.2.71 チャオプラヤ川流域における平均浸水深 (100 年確率洪水) (2/3)

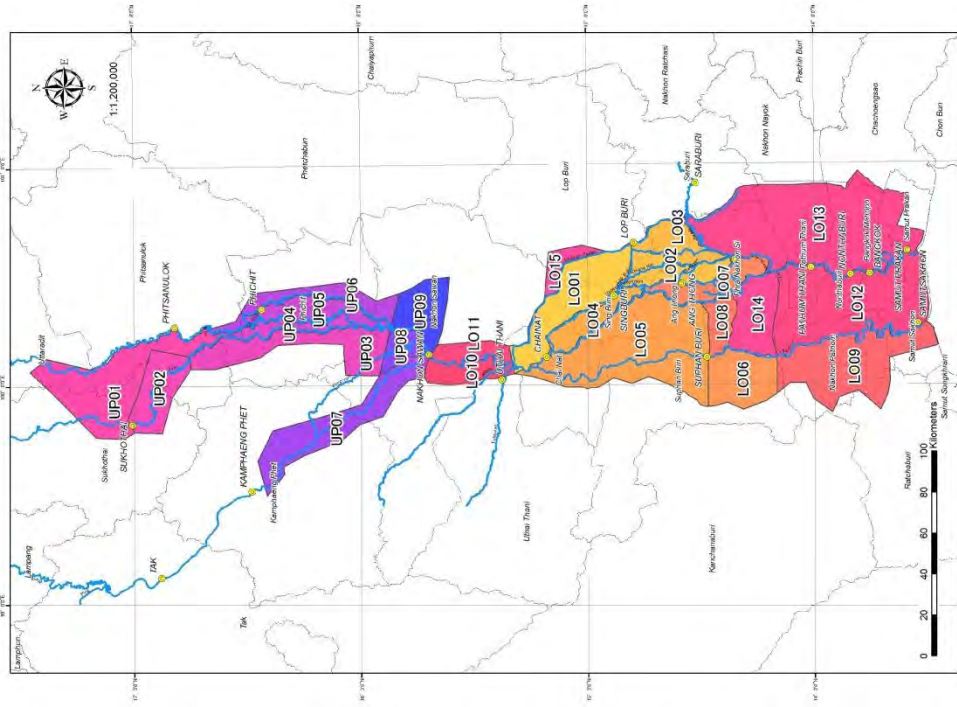
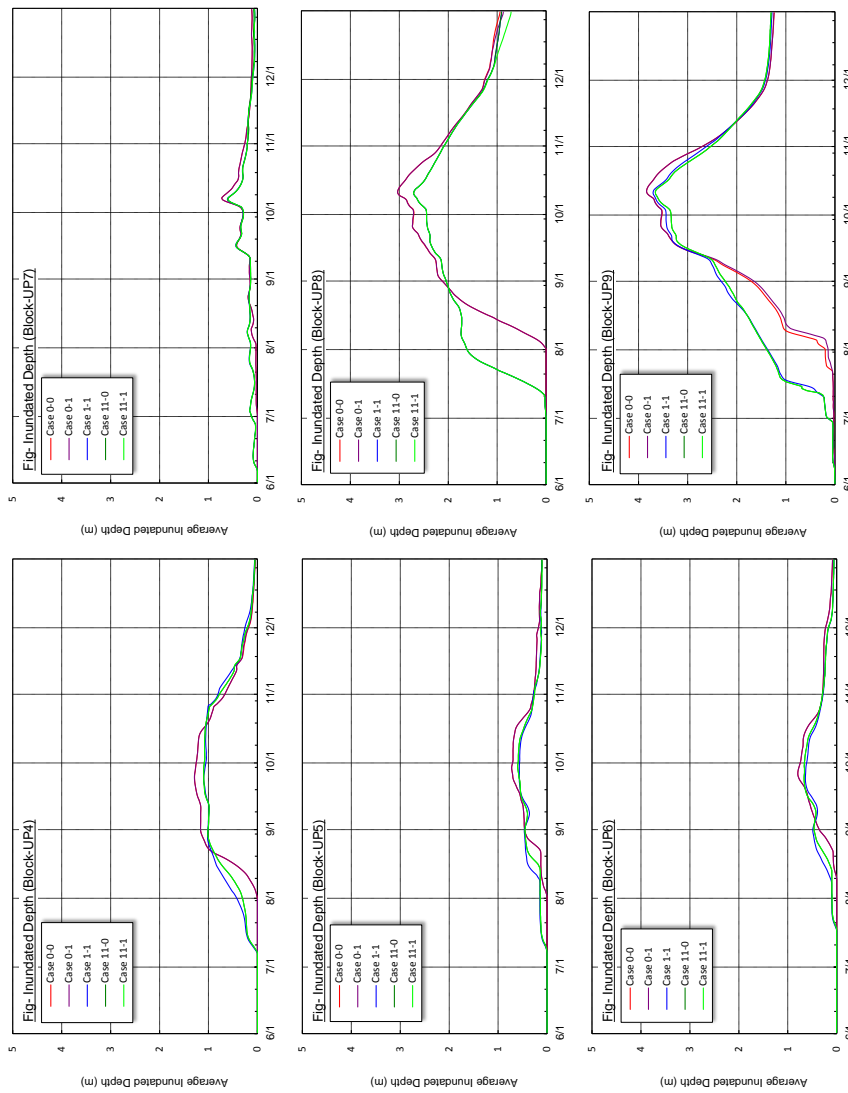
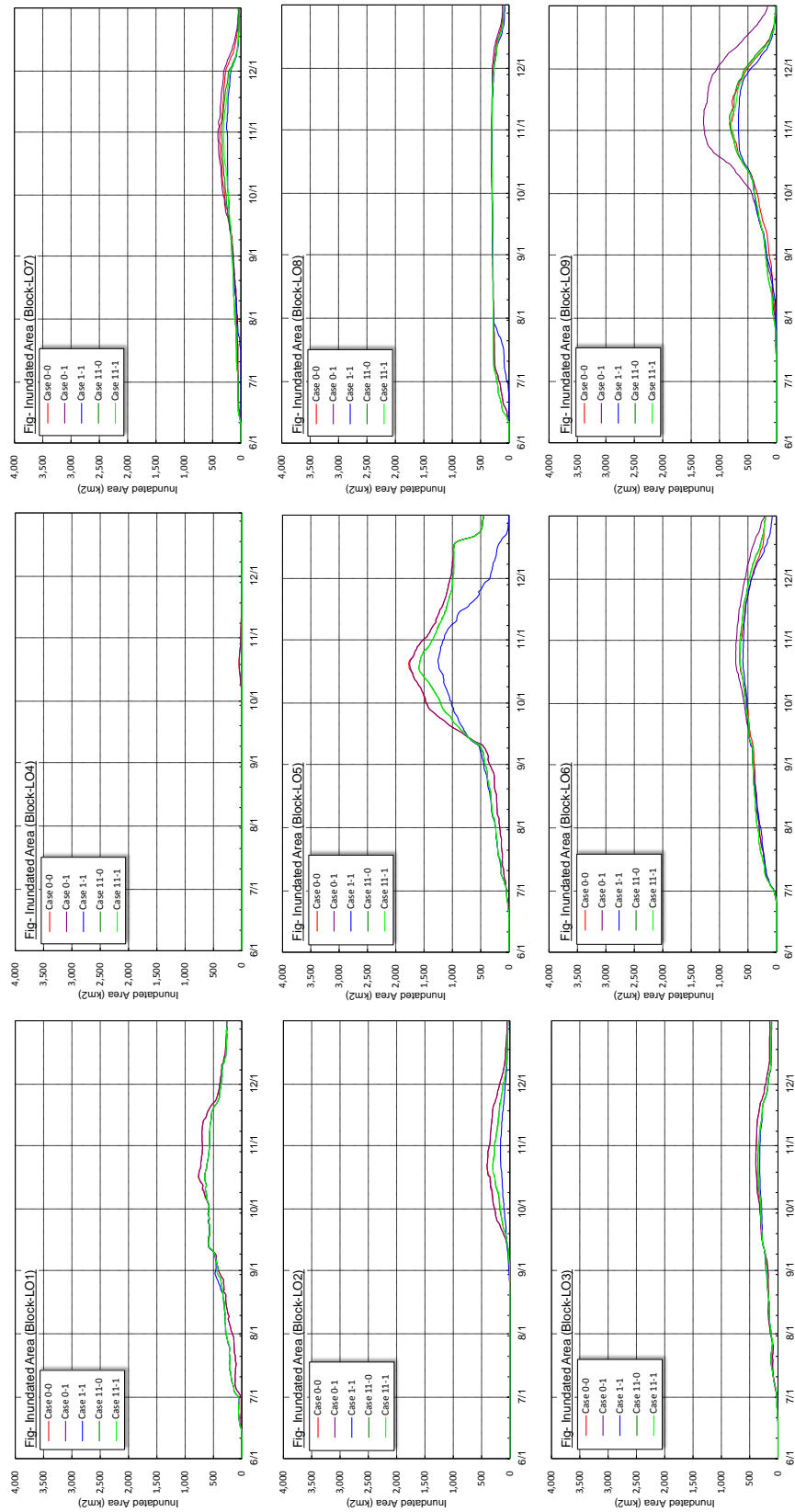


Figure-Proposed Inundation Block



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)

図 10.2.72



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）

図 10.2.73

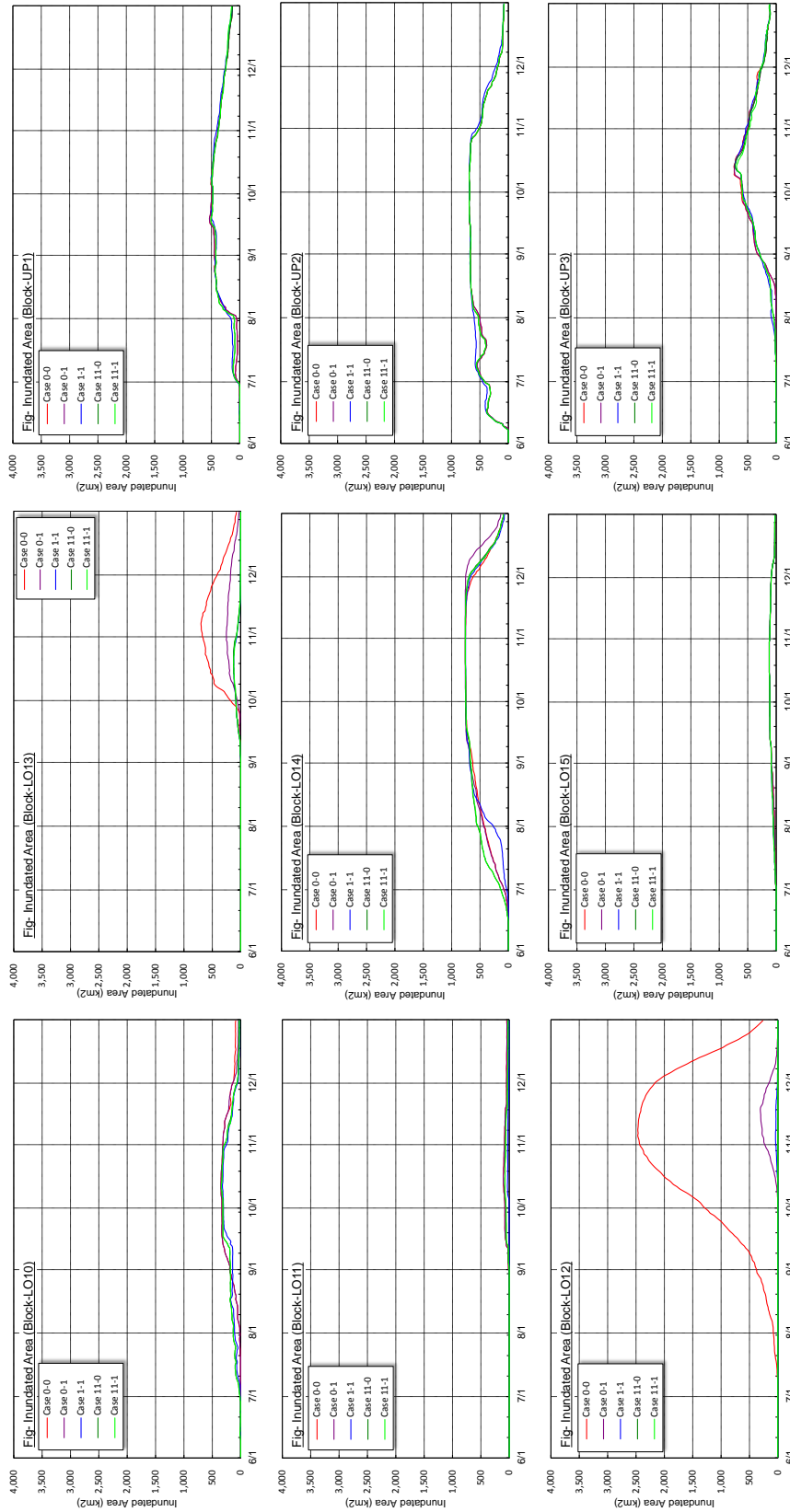


図 10.2.74 チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (10年確率洪水) (2/3)

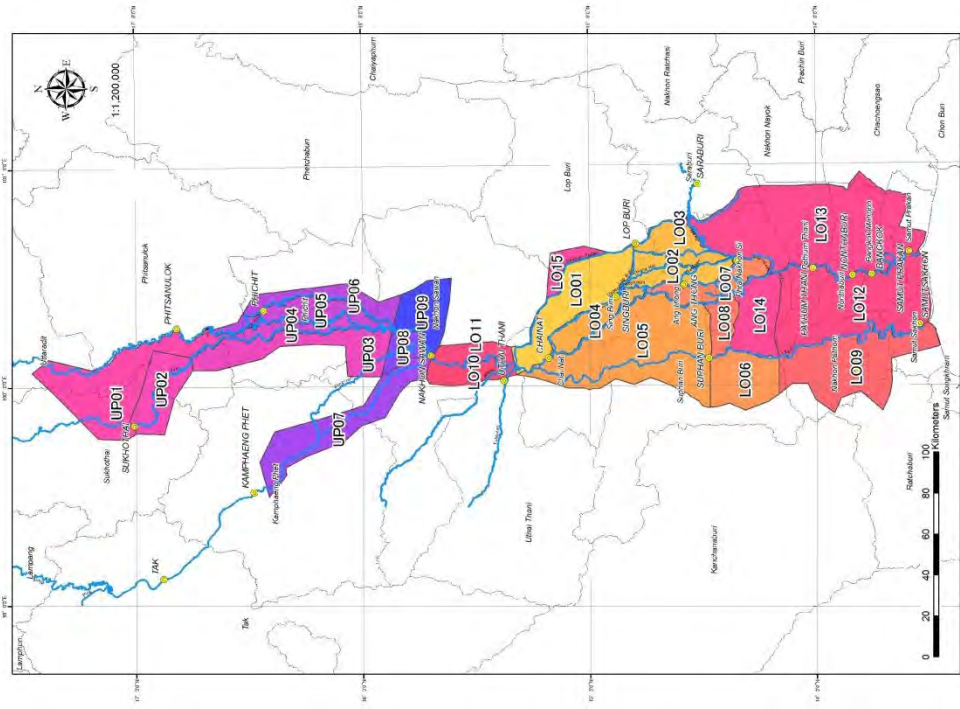


Figure- Proposed Inundation Block

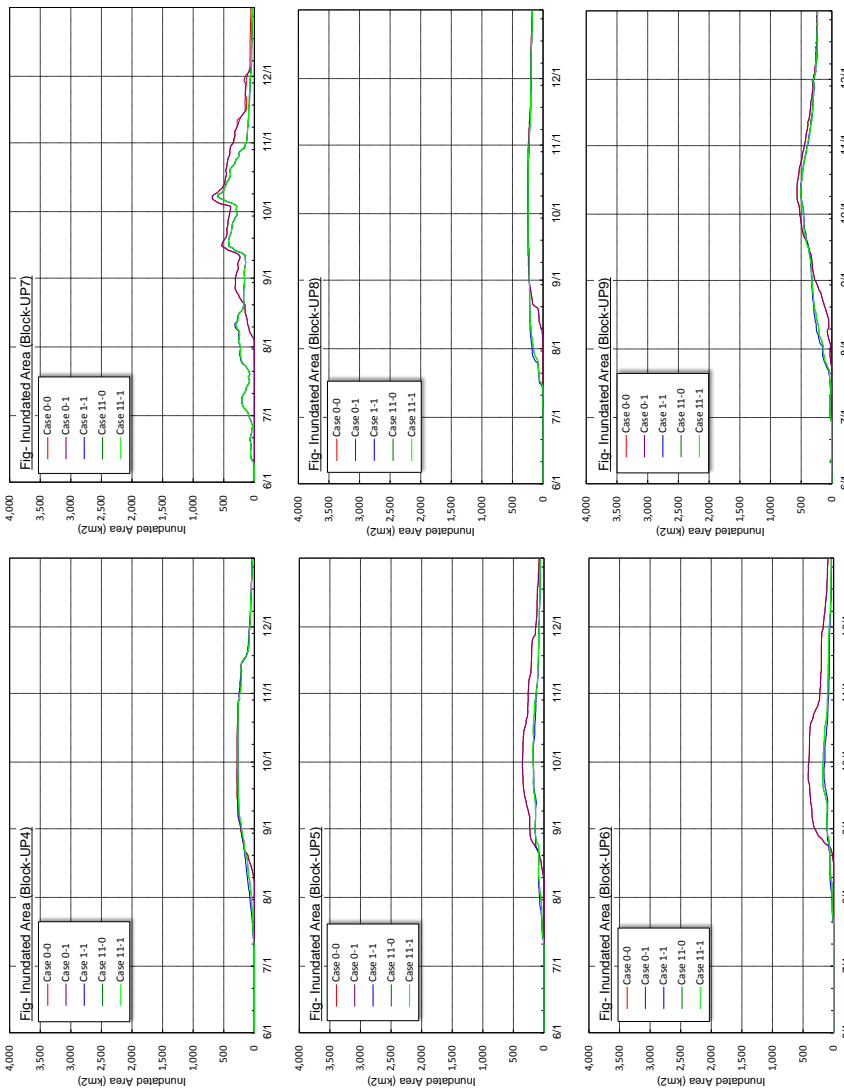


図 10.2.75 チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (10年確率洪水) (3/3)

図 10.2.75

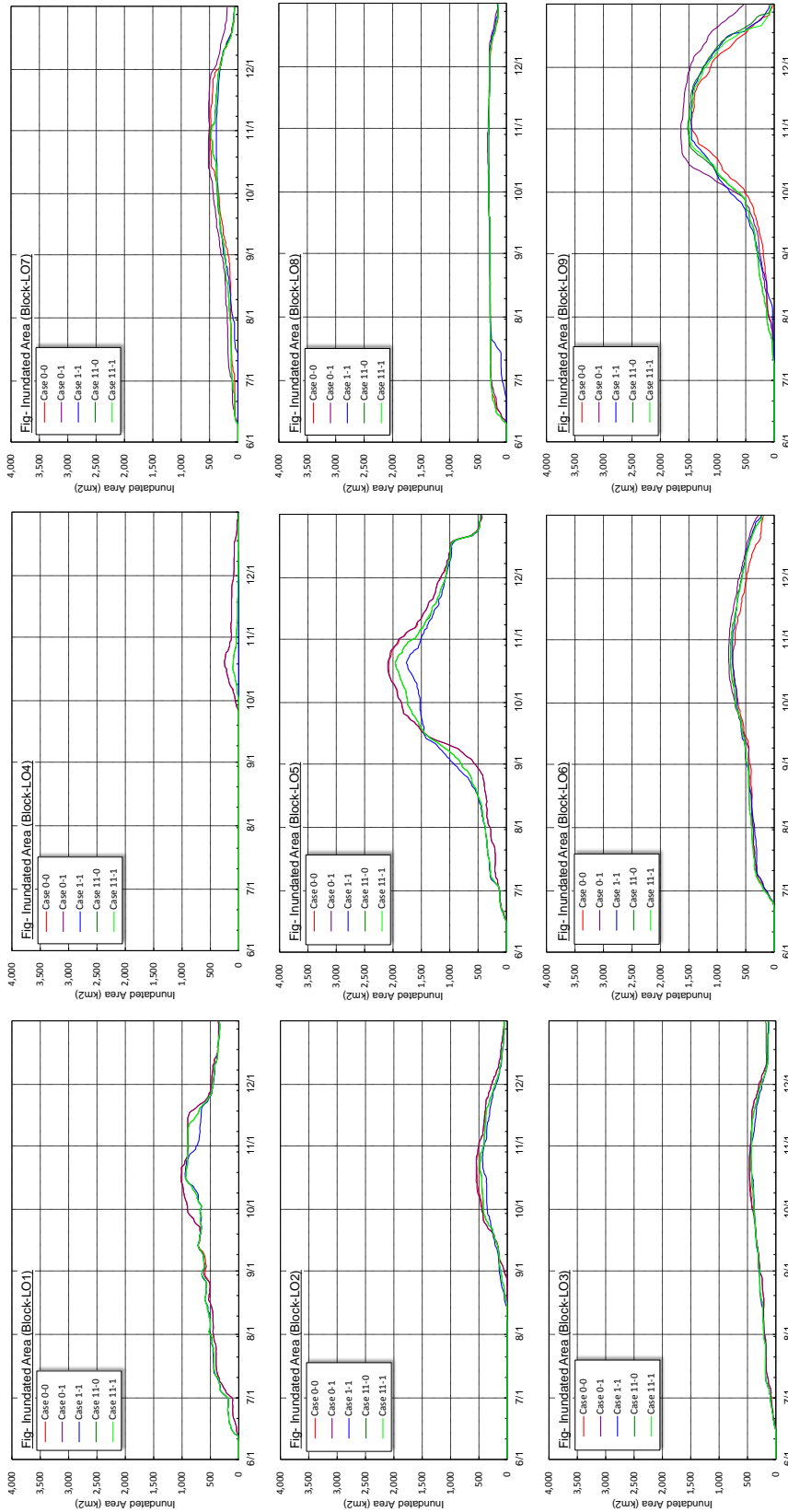


図 10.2.76 チャオプラヤ川流域における浸水範囲（100年確率洪水）（1/3）

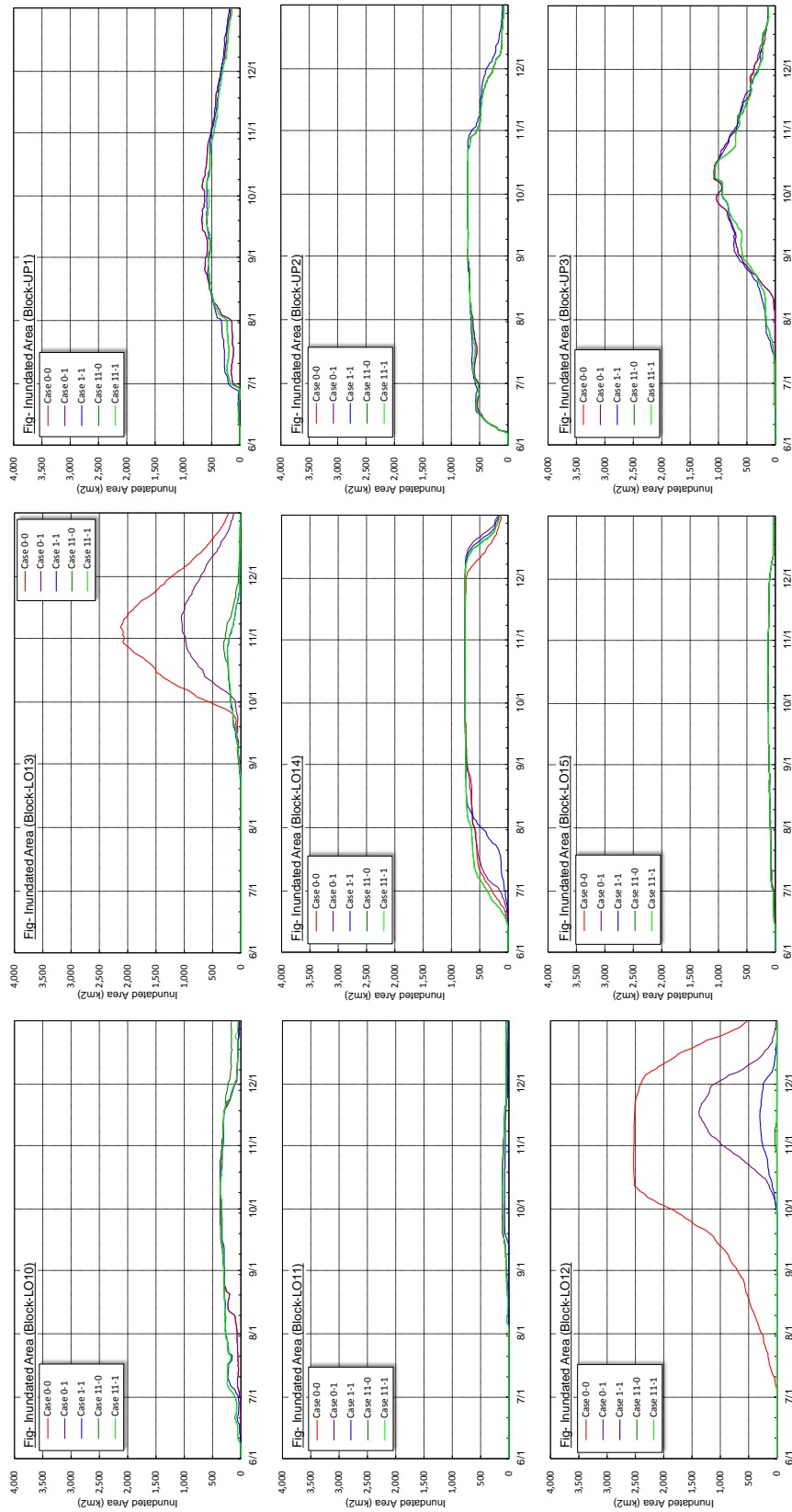


図 10.2.77 チャオプラヤ川流域における浸水範囲 (100年確率洪水) (2/3)

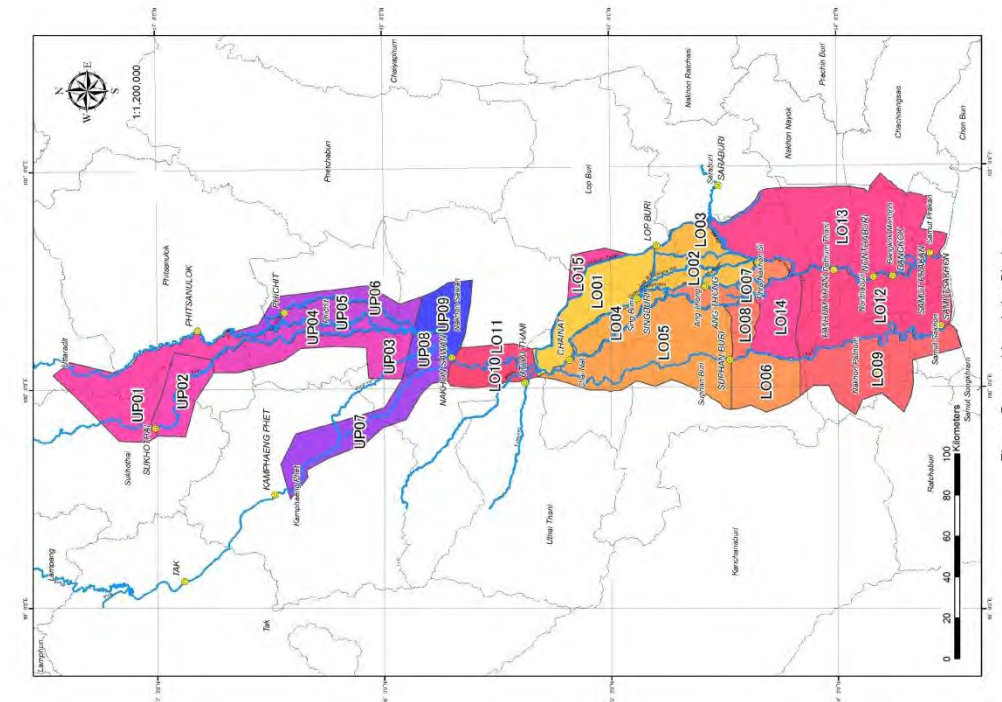
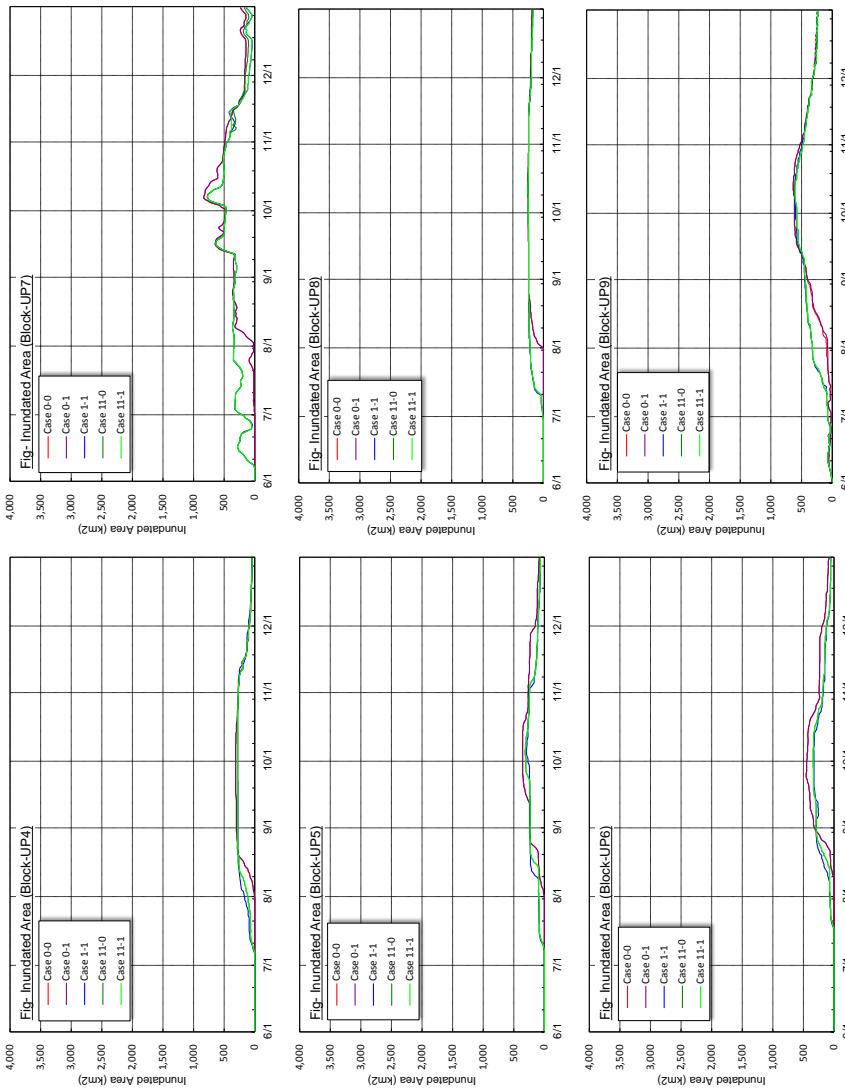


Figure-Proposed Inundation Block



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)

図 10.2.78

10.2.11 氾濫地域の土地利用規制

(1) 土地利用規制の事例検討

(a) 事例検討地域の選定

チャオプラヤ川流域の洪水管理に係る土地利用規制を検討するため、洪水氾濫の可能性が高い地域の状況を調査する。そのために、事例検討地域は、地域の洪水災害予防の観点から選定する。検討地域の選定にあたっては、農業の土地利用パターンおよび、シミュレーションと遊水・貯留地域の具体的な状況から想定される浸水深を考慮する。

表 10.2.47 事例検討の目標地域

	Height of Inundation by Simulation		Retention Area	Land use					Environment conservation zone
	Less than 2m	2m or more		Build-up Areas Zone	Agricultural Land Uses				
					Rural and Agriculture Area	Conservation for Rural and Agriculture Area	Land Reform for Agriculture Area	Land Cconsolidation for Agriculture	
Taphan Hin- Bang Mun Nak, Pichit			○	○	○	○		○	○
Bang Ban, Ayutthaya			○	○	○			○	
(Nakhon Sawan – flood protecting city)									
(Suburb of BKK)									

(b) アユタヤ県

(i) 概観

運輸の中心であるバンコク首都圏の隣接地域として、5箇所工業団地が位置している。工場は、北から南に走る R9 及び国道、東から西に走る R32 沿いの農業地域及びアユタヤの北一西の Bang Ban、Bag Sai の R3111、R3263 沿いにも位置している。

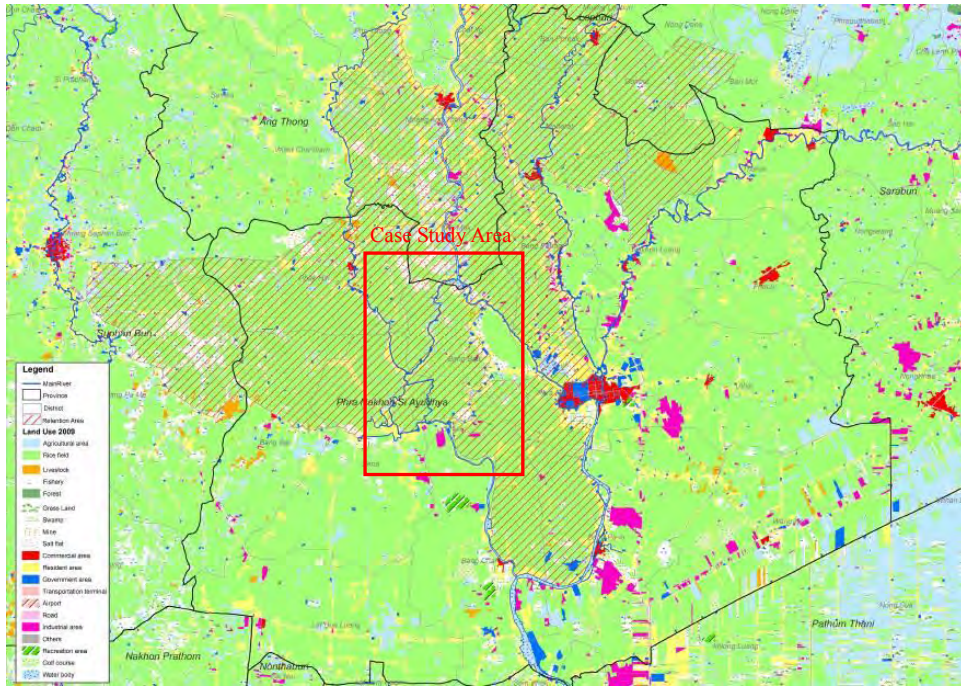


図 10.2.79 アユタヤ県の現状 (2009年)

県の大半の地域は、都市計画地域とチャオプラヤ川の恩恵を受けた豊穡な水田地域である。都市地域と農業地域とは明確に分かれているが、土地利用条件に見られるように、主要道路沿いに、非農業土地利用が進んでいる。

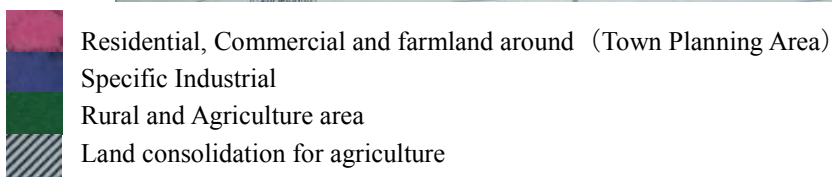
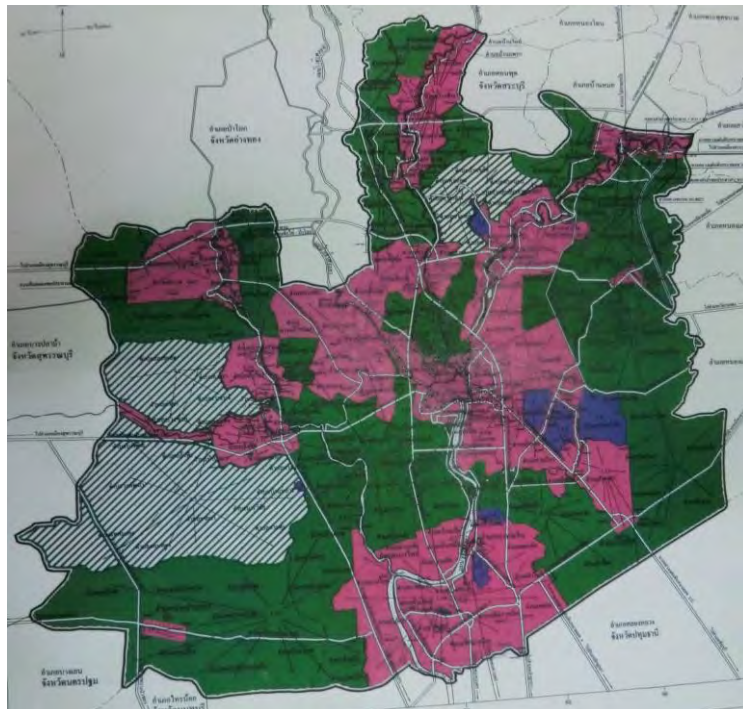


図 10.2.80 アユタヤ土地利用計画 (承認手続き中)

(ii) Bang Ban 地区

当地域はアユタヤ市の北西に位置している。全地域灌漑されおり、ほぼ全域が2011年洪水の影響を受けている。市街中心部の病院及び商業地域は周囲の道路の仮設土堤で守られた。農地の大半は遊水地・貯留地域になっており、一部、対策施設が施工されている。R3111、3263及び3412沿い地域の一部は工場等の非農業地域となっており、道路側に経済地域を広げている。これらの地域は「農村及び農業地域」になっている。Bang Ban 地区の外側はアユタヤ県の都市計画によって同じく「農村及び農業地域」とされている。例外規定は10%が適用されており、非農業土地利用が推進されている。

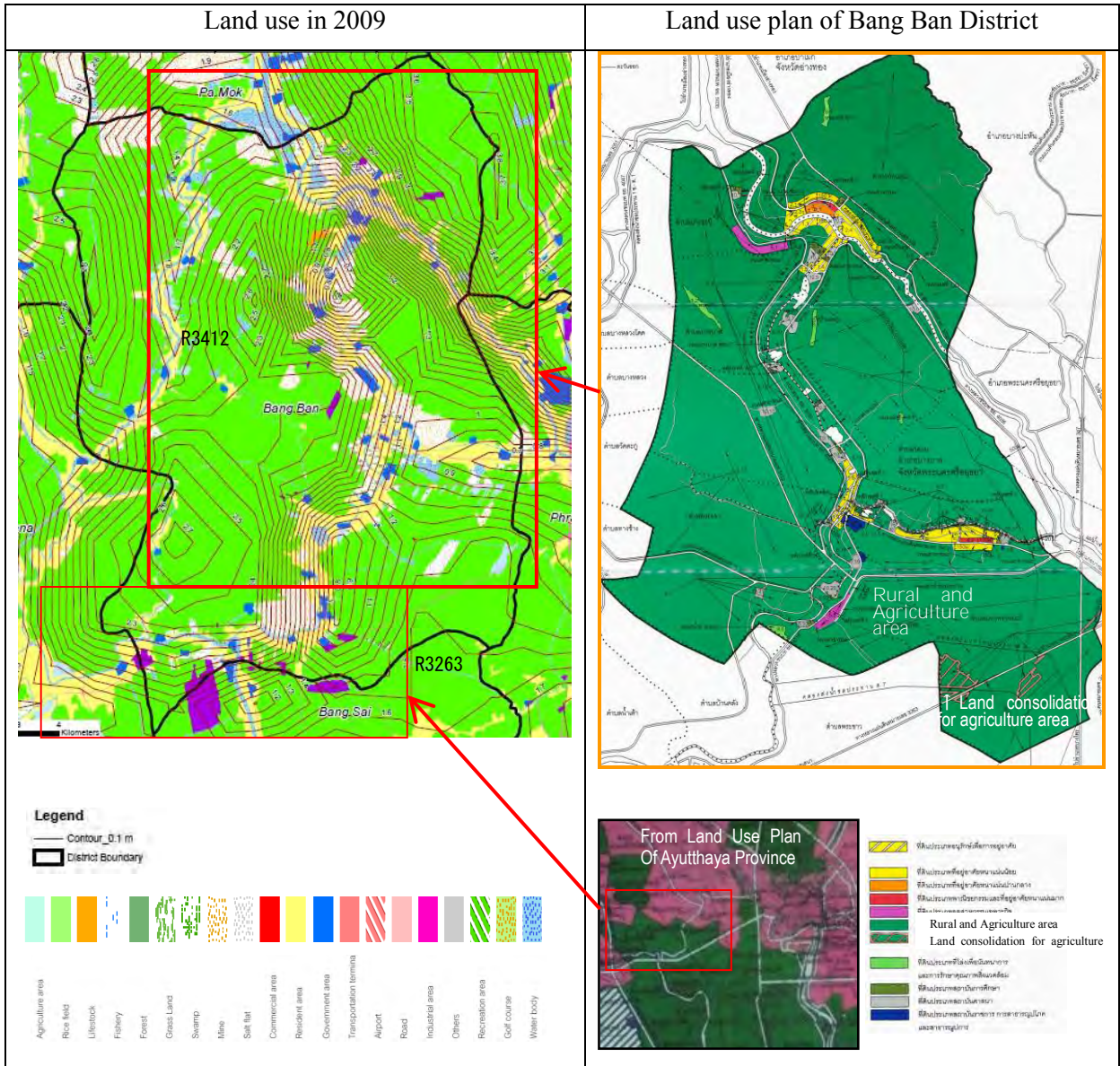


図 10.2.81 アユタヤ、Bang Ban 地区の土地利用及び都市計画

表 10.2.48 土地利用規制

		Rural and Agriculture Area	Conservation for Rural and Agriculture Area	Land Reform for Agriculture Area	Land Consolidation for Agriculture
Province Ayutthaya	Purpose	Agriculture or agricultural related purpose, educational institutes, religious institutes, government institutes, infrastructure and public assistance.	Agriculture or agricultural related purpose, educational institutes, religious institutes, government institutes, infrastructure and public assistance and mainly for the environment preservation and maintaining. Land use for other businesses shall not be allowed for large building.		
	Land use not permitted	All types of factories with apart from low impact Gas filling facilities Fuel oil storage Hotels more than 9m high Dwelling and commerce in large building Golf course	All types of factories with apart from low impact Hazardous objects Gas filling facilities Fuel oil storage Hotels more than 9m high Dwelling and commerce in large building Golf course Amusement park etc		
		※Minor use exemption 10% ※Provision of absolute height, some open space	※Provision of setback		
Bang Ban District	Purpose	Agriculture or agricultural related purpose, educational institutes, religious institutes, government institutes, infrastructure and public assistance.			Land consolidated area on the basis of regarding act
	Land use not permitted	All types of factories apart from low impact Gas filling facilities Fuel oil storage Hotels more than 9m high Dwelling and commerce in large building			
		※Minor use exemption 20%			

(c) ピチット県

(i) 概観

中央をヨム川とナン川が流れ、両河川の氾濫によって形成された水田地域が広がっている。2011年の洪水では殆どの地域が冠水したが、ヨム/ナン両河川に挟まれた区域、西側ピン川の旧河床によって形成された扇状地の扇端部の微高地は冠水を免れている。ヨム川、ナン川流域に挟まれた区域のかなりの部分が遊水地・洪水貯留地域として検討の対象となっている。

土地利用は大部分が水田、畑地であるが、市街地の外延化はほとんど認められず、ヨム川沿いに発展した都市を結ぶ国道 1118 号沿い及び横断する国道 111 号、113 号、1118 号に散在

的に住宅、商業地域が認められる。南北の広域幹線である国道 104 号沿いは大規模な開発が見られる。

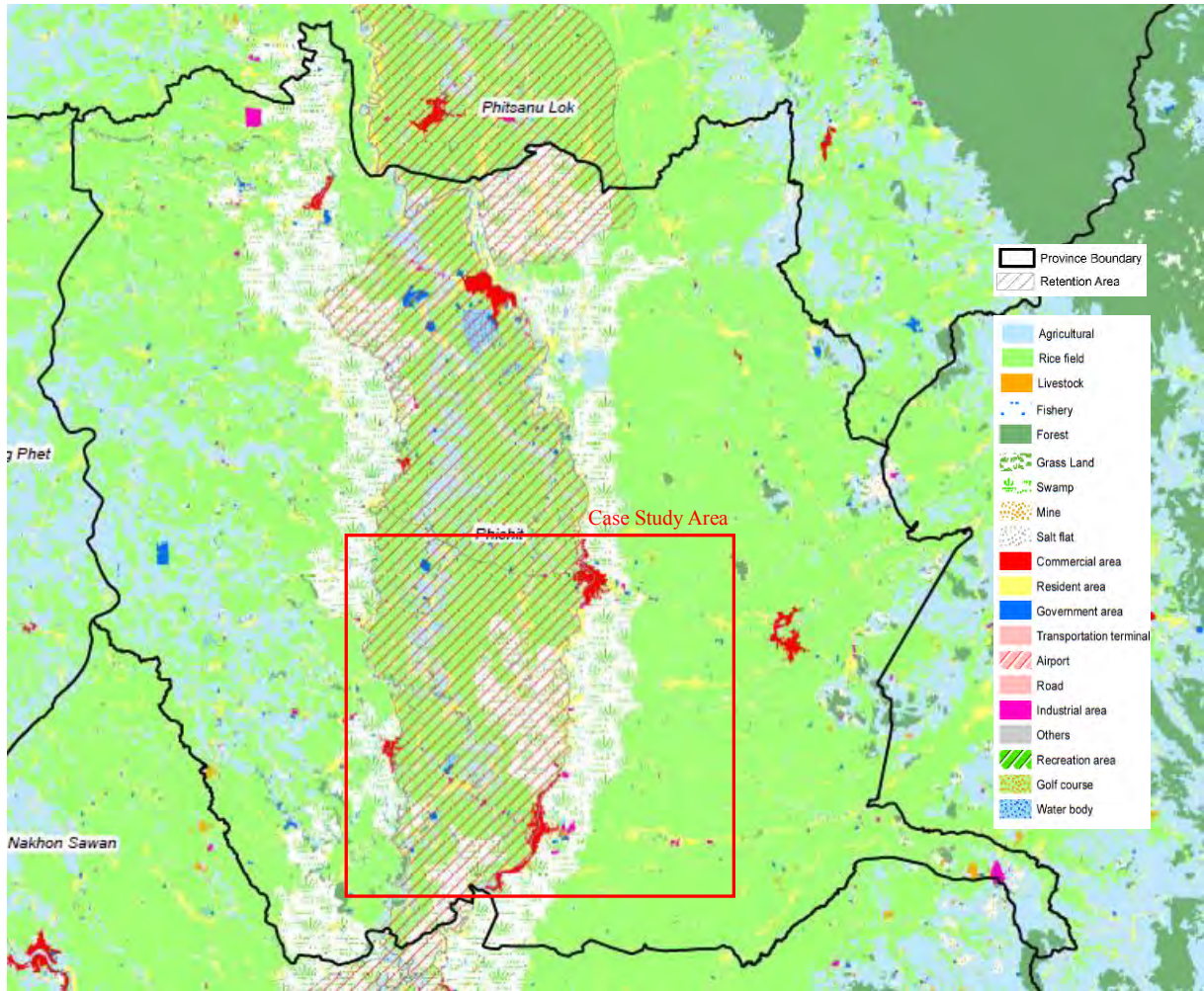


図 10.2.82 ピチット県の現在の土地利用状況（2009 年）

ピチット県は都市計画案が策定され、全ての都市及びコミュニティエリアで都市計画が定められつつある。現在内務省で都市計画の承認手続き中である。

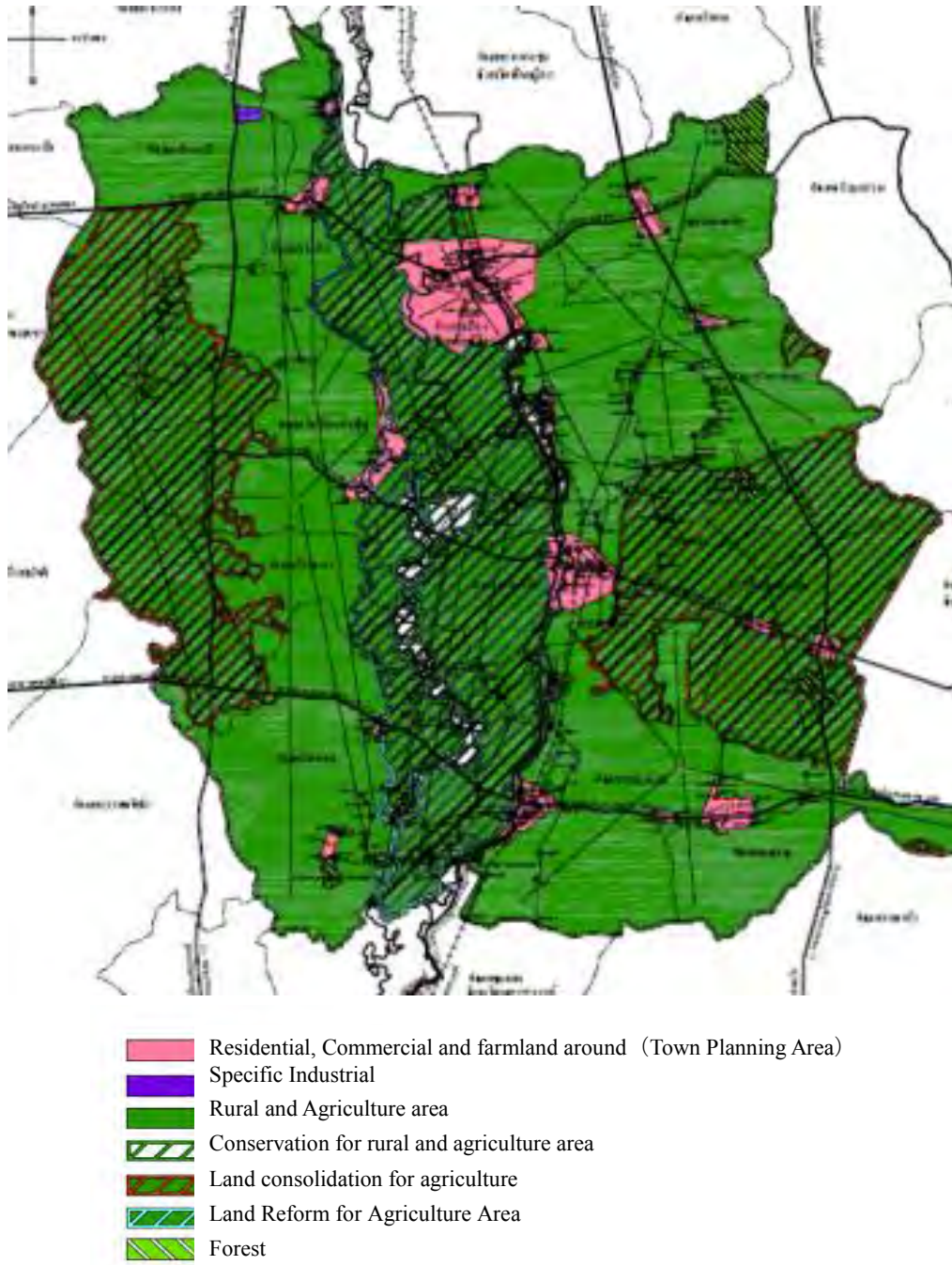


図 10.2.83 ピチット県の土地利用計画（承認手続き中）

(ii) Tahan Hin、Ban Mun Nak 地区

Tahan Hin、Bang Mun 地区はナン川沿い、南北の国道 1118 号と東西の国道 111 号、1067 が交差する要衝にある。2011 年の洪水では殆どの区域が浸水したものの、市街地河川堤防の微高地は冠水を免れている。当該地区は市街地を除いて西側ヨム、ナンの両河川に挟まれた区域が洪水貯留地区として検討がなされている。

Tahan Hin 市街地の東側の国道 113 号沿道、同じく Bang Mun Nak 市街地東側の国道 1067 号沿道でも若干の沿道宅地が見られる。

この地域の大半は農地の「農村及び農業地域」で、周辺環境への影響の少ない住宅や工場の立地が認められる。一方ヨム、ナン両河川に挟まれた区域は都市計画上保全対象の「農村

及び農業地域」に指定されているが、非農業土地利用は殆ど認められない。

「農村及び農業地域」の例外規定は、Taphan Hin 地区では 10%、Bang Mun Nak 地区では 25% となっており、宅地化の圧力がそれほど高くない状況下でも、国道沿道の非農業土地利用が促進されると考えられる。都市周辺地区はピチット県によって県都市計画案が策定され、現在承認手続き中である。

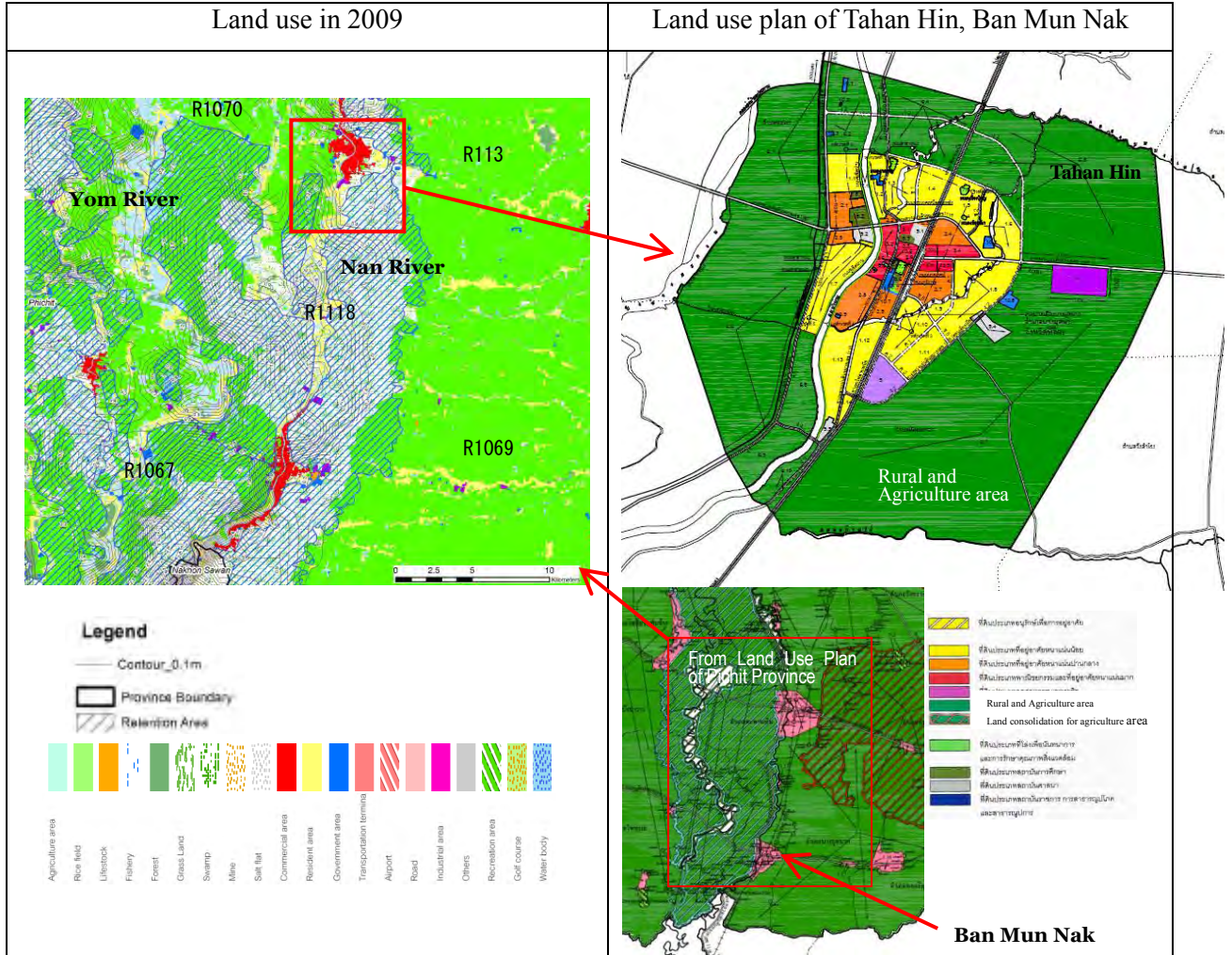


図 10.2.84 ピチット、Tahan Hin、Ban Mun Nak 地区土地利用及び都市計画

表 10.2.49 土地利用規制

		Rural and agriculture area	Conservation for rural and agriculture area	Land Reform for Agriculture Area	Land consolidation for agriculture
Pichit province	(not disclosed yet)	(not disclosed yet)	(not disclosed yet)	(not disclosed yet)	(not disclosed yet)
Taphun Hin District	Purpose	Agriculture or agricultural related purpose, educational institutes, religious institutes, government institutes, infrastructure and public assistance.			Land consolidated area on the basis of regarding act
	Land use not permitted	All types of factories apart from low impact			
		*Minor use exemption 10%			
Bang Mun Nak District	Purpose	Agriculture or agricultural related purpose, educational institutes, religious institutes, government institutes, infrastructure and public assistance.			
	Land use not permitted	All types of factories apart from low impact Dwelling and commerce in large building			
		*Minor use exemption 25%			

(2) 土地利用規制の課題

(a) 洪水貯留地域への新しい土地利用対策の検討

貯留地域のほとんどは都市計画上の農業的土地利用区分である「農村及び農業地域」「農村及び農業用保護地域」「土地改良農業地域」に指定されており、一部「農地整備地域」に指定されている。「農村及び農業地域」は農家住宅と周辺環境負荷の少ない工場の設置を認めているが、その他のゾーンは原則農外用途の建物は建てられないことになっている。しかし「農地整備地域」以外のゾーンでは例外規定が区域の5～25%の範囲で認められており、建築制限が実質的にはなし崩し状態にある。

そのため洪水貯留区域の指定を行なうにあたり、例外規定を見直し、規制の強化を図る必要がある。例外規定の根拠となる現行政令の見直し、またはそれと併せて必要に応じ新たな規制内容を有する土地利用ゾーンを検討することが不可欠である。

また「農地整備地域」については農地整備の事業地域で、洪水貯留対象地としては不向きであることから、貯留対象地としては除外すべきである。

(b) 将来輪中堤等で防御される区域への暫定的な土地利用規制の導入

今後、氾濫の可能性の高い区域で輪中堤等の浸水防御措置を講じられる区域においては、対策を講じる間、構造的な防御への限界を踏まえ、土地利用の規制を行なう必要がある。既存の土地利用制度には危険区域等の規定がないことから、災害危険地域等を指定する新たな制度を導入する必要がある。

(c) 土地利用調整システムの強化

土地利用政策の実効性を高めるには関係機関相互の連携が必要となる。土地利用には都市計画・画部局、建築許可を扱う部局以外に、農業、工業等の土地利用の経済価値を高める機能を果たす機関もあることから、相互に政策矛盾を生じる場合もある。現在、諸機関の連携が十分になされていない状況にあることから、新たな制度の立案はもちろんのこと、運用にあたっては関係機関の連携を図るための仕組みを講じる必要がある。

(3) 課題解消の提案**(a) 土地利用規制の方針****(i) 基本方針**

チャオプラヤ川流域管理の一環として土地利用対策を設定するには、過去の洪水の特徴や、M/Pによる検討結果、タイにおける土地利用の歴史的社会的背景を考慮しなければならない。流域の土地利用規制の管理方針を下記のように設定する。

● 洪水災害軽減策の方向性を考慮する

このマスタープランは、100年確率規模の2011年洪水に対応する。しかし、仮に洪水防御施設が実施されても、100年確率の大雨が降った場合、洪水の発生は避けられない。洪水被害に対応するための、減災の基本概念は、常襲的に起きる洪水（毎年から数年に一度の規模）の被害は可能な限り削減し、大規模の洪水（数十年から100年に一度の規模）の被害はある程度のレベルまで削減することである。

● 社会的・歴史的背景を考慮した土地利用を推進する

社会・経済活動は人々の日常生活であり、コミュニティは長い歴史により培われてきた。減災は基本方針であるが、もし対策が住民の日常生活や経済活動を妨害するようであれば、本末転倒の非難を免れない。減災のための土地利用対策は、土地利用の現況及び現在のシステムを考慮し、社会環境及び歴史的背景を尊重し住民生活の質の向上させるものでなければならない。

● 土地利用に関する連携体制を強める

大規模な土地開発及び土地改良の建設工事、または不動産業を営む際には、チャオプラヤ川流域管理の観点から、潜在的な洪水を考慮した有効利用が必要である。特に、大規模土地利用の要請があった場合、事業は、河川管理の一環として洪水について考慮し、関係機関の十分な協力の下に実施されねばならない。

(ii) 土地利用の方針

基本方針に基づき土地利用管理の構想を以下のように設定する。

構想 1: 住民の日常生活及び経済活動を維持・改善するために、頻発する洪水に対する最小限の対応として、効果的な土地利用規制を実施する。

構想 2: 大規模な洪水（数十年～100年規模）による被害を最小にするために、減災の土地利用を推進する。

表 10.2.50 洪水対応の方向

Frequency of disaster	Direction	Concept
Several decades to one hundred years	Reduce as much as possible	Concept 2
Several years	Minimize	Concept 1

構想 3: 深刻な洪水多発地域の住民のために、生活の質の改善を図る対策を実施する。

構想 4: 関係機関が十分に連携しながら下記の対策を実施できるシステムを構築する。

土地利用の構想と対策の関係を以下に示す。

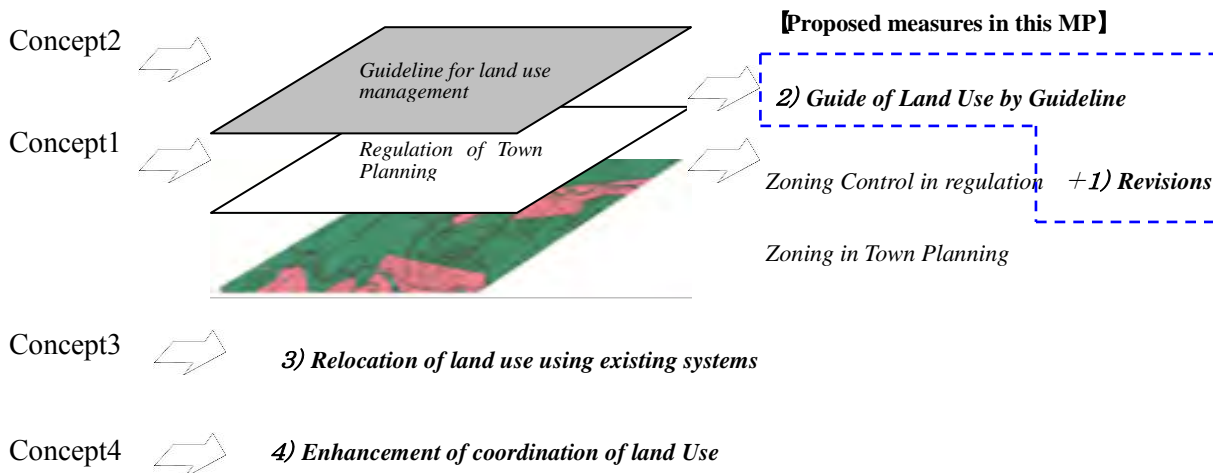


図 10.2.85 方針に基づく土地利用管理のイメージ

(b) 土地利用管理の具体的対策

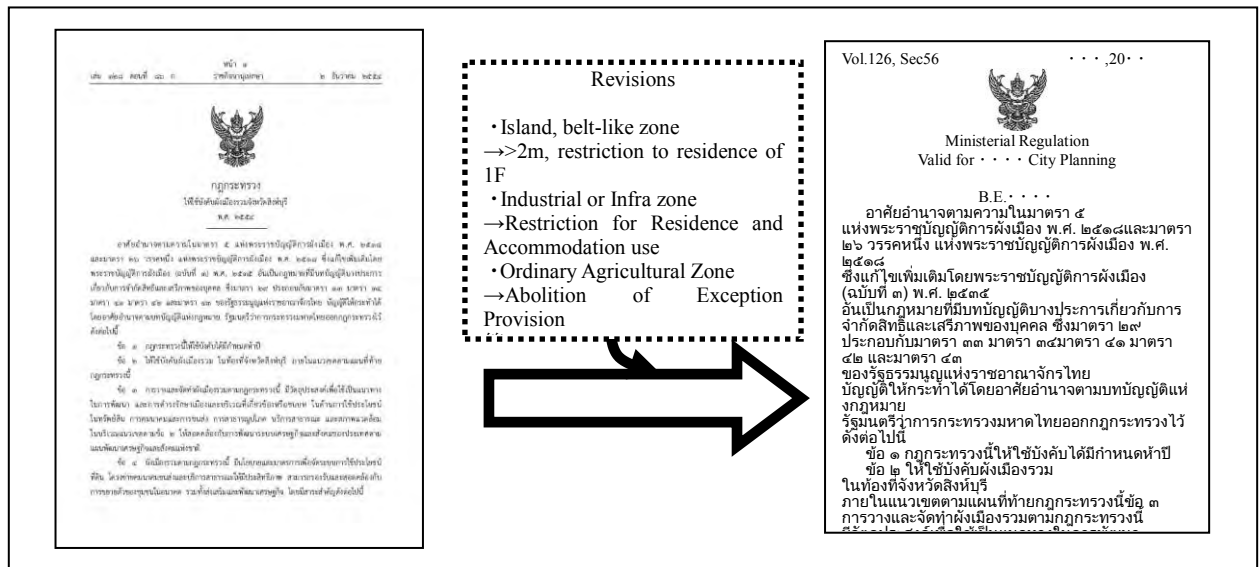
(i) 既存システムの改正

氾濫危険地域では、洪水の特徴に基づき、洪水被害の最小化を図る土地利用の規制を適用すべきである。洪水のリスク分析の結果は、洪水脆弱性の評価に使用する。

チャオプラヤ川流域の洪水常襲地域では都市計画が Chanwat, Amphoe レベルで設定されている事実から、土地利用規制は、省令として公布されている都市計画の各規制の規定の改正・廃止と平行して行なうことを提案する。

新しい規制は、建築許可の計画の際に適用する。その基本方針と内容を以下に示す。

- 都市計画地域の高密度地域においては、都市の保護が基本方針であり、新しい土地利用規制は適用すべきでない。
- 島状あるいは高速道路沿いに帯状に存在する居住地域では、氾濫水深の予測が2mを越える地域において、1階の住居は制限される。
- 産業及びインフラ利用地域に認定されている区域は、地域の保護が基本対策で、工場、倉庫等以外の住居や居住施設利用は制限される。
- 通常の農業利用に認定されている区域では、農業関連建造物は許可される。例外条項により、全ての建造物がある程度許可されることが予想される。この状況が洪水被害を拡大することになるので、氾濫水深予測が2mを超える地域においては例外条項を適用しない。



現行の土地利用規制

将来の土地利用規制

図 10.286 現在の土地利用規制改正のイメージ

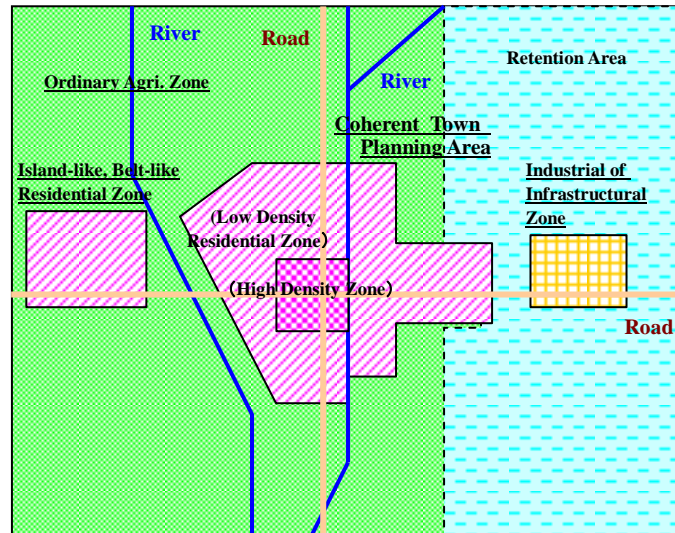


図 10.2.87 都市計画地域のイメージ

表 10.2.51 土地利用管理の具体的対策の内容 (試験的)

Category of Flood Area	Flood Depth	Retention Area	Features	Land Use Zoning				
				Town Planning Area	Island-like, Belt-like Residential Zone	Industrial, Infrastructure Zone	Ordinary Agricultural Zone	New Designation
			Example		Nakhon Chai Sri	Nakhon Chai Sri, Ayutthaya	All area	-
FS	-		Relatively shallow inundation and shorter duration		-	Continuation of Current System	Continuation of Current System	Continuation of Current System
FSR	-	○	Relatively shallow inundation and shorter duration. Water level is controlled.	Basically Protection ----- Continuation of Current System	-	-	-	-
FL	>2m		Deeper inundation and longer duration.		-	Basically Protection Not allowed to residential and commercial	Basically Protection Abolition of Exception Provision	Not allowed
FLR	>2m	○	Deeper inundation and longer duration. Water level is controlled.		-	Basically Protection Residential and accommodation not allowed	Inundation control Abolition of Exception Provision	Not allowed
W	>2m		Flood ways for overflowed water located in west of protection area		Allowed to flood Uninhabitable to ground floor	Basically Protection Residential and accommodation not allowed	Allowed to flood Uninhabitable to ground floor	Allowed with uninhabitable to ground floor
M	>2m		Swamp, deep inundation and long duration		-	Basically Protection Residential and accommodation not allowed	Allowed to flood Abolition of Exception Provision	Not allow
MR	>2m	○	Swamp, deep inundation and long duration. Water level is controlled.		-	Basically Protection Residential and accommodation not allowed	Inundation control Abolition of Exception Provision	Not allowed
H	-		Small scale floods from the east hilly		Continuation of Current System	Continuation of Current System	Continuation of Current System	Continuation of Current System

Upper : Land Use Policy

Under : Land Use Control Measure

(ii) 土地利用を導く新しい対策 –土地利用ガイドライン作成–

更に洪水被害を低減するために、洪水氾濫地域に土地利用計画を導入する。土地利用の誘導に際しては、土地の無償利用及び売却に対する抵抗を考慮し、洪水地域の特徴に基づいた“洪水減災のための土地利用ガイドライン”により実施される。

ガイドラインの内容を以下に提案する。

- ・ 土地利用の誘導は、建造物の新規建設又は改装に対して土地利用ガイドラインを適用することで実施される。
- ・ 誘導の基本方針は、建造物の利用の特徴、洪水地域及び貯留地域としての位置づけを考慮し、洪水被害を可能な限り低減する。
- ・ 誘導の内容は、地域の洪水の特徴と建物の利用が重要である。
- ・ 住宅及び商業施設は、人的被害と経済損失を低減するため、氾濫水深に応じて、建設不可または地階の居住不可の規制を導入する。
- ・ 工場及びインフラストラクチャーとしての利用・建設については、氾濫水深に応じて、建設不可または施設の設置不可の規制を導入する。
- ・ 宗教、文化・教育のための建物利用は、氾濫水深を考慮して、地盤または1階の床を高く上げる、更に、洪水時の避難所のような緊急時機能のために、洪水壁または堤防を導入する。
- ・ 農業のための建造物利用は、農業生産の環境を確保するために、地盤の嵩上げのような洪水防御対策を導入する。
- ・ 公共サービス用の建造物利用は、回復、犠牲者の保護、洪水時の避難場所等の重要な機能を考慮し、地盤、洪水壁、堤防の嵩上げを導入する。
- ・ 観光事業及びリクリエーションのための建造物利用は、訪問者の安全確保の観点から、地盤、洪水壁、堤防の嵩上げを導入する。

ガイドラインは、上記の都市計画規則の規定を補足する役割を果たす。Building Control Bureau of DTPはこのガイドラインの普及と公表の責任を担う。地方政府のBuilding Permission Officeは、建築許可申請の事前審査にこのガイドラインを参考にすることが期待される。

住宅、商業施設：

独立家屋、ハウジング・コンプレクス、店、ショップハウス、事務所、劇場、ホテル他

工場及びインフラストラクチャー：

工場、修理工場、倉庫他

宗教、文化及び教育施設：

博物館、図書館、学校、職業訓練校、単科大学、総合大学、僧院他

農業：

農産物貯蔵庫、加工施設

公共サービス：

行政施設

観光事業及びリクリエーション：

行楽施設、観光施設、地方産物店、ゴルフクラブハウス他

表 10.2.52 洪水の特徴による建造物規制計画(試験的)

Features of flooding Area			Building Use					
Category of Flood Area	Retention Area	Features	Residential Commercial	Industrial Infrastructure	Religion Cultural Education	Agriculture	Public Service	Tourism・Recreational
FS		Relatively shallow inundation and shorter duration	△ 1	△ 1	○	○	○	○
FSR	○	Relatively shallow inundation and shorter duration. Water level is controlled.	△ 2	△ 1	△ 1	○	○	○
FL		Deeper inundation and longer duration.	×	△ 1	△ 1	△ 1	△ 1	△ 1
FLR	○	Deeper inundation and longer duration. Water level is controlled.	×	×	△ 1	△ 1	△ 1	△ 1
W		Flood ways for overflowed water located in west of protection area	△ 2	△ 1	△ 1	△ 1	△ 1	△ 1
M		Swamp, deep inundation and long duration	×	×	△ 1	△ 1	△ 1	△ 1
MR	○	Swamp, deep inundation and long duration. Water level is controlled.	×	×	△ 1	△ 1	△ 1	△ 1
H		Small scale floods from the east hilly	△ 1	△ 1	○	○	○	○

Policy of Land Use restriction : ○: Buildable as usual △: Buildable conditionally (Conditions 1:With levee or raising of the ground level 2:Uninhabitable to ground floor) ×: Not buildable newly, renovation

(iii) 現在のシステムによる土地利用の再配置

洪水地域はチャオプラヤ川流域の大半を覆い、高密度居住地区は河川沿いに線状に広がっている。治水対策の実施により、氾濫水深は減少が続く見込みだが、水深 1.0 m 以上の氾濫は FL、W 及び M 地区で起こることが想定される。

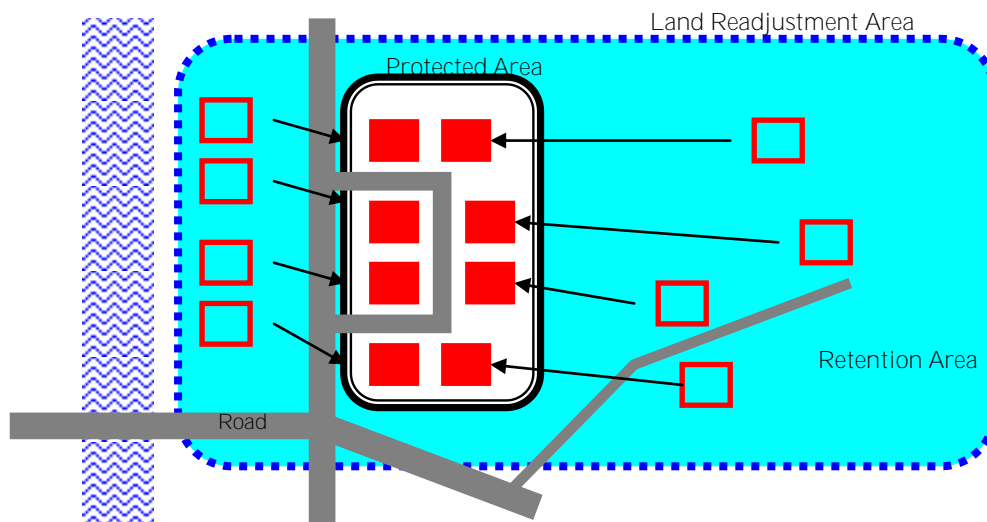
コミュニティは適用力のある地域づくりを進めることが望まれる。地域を洪水から守るための対策を挙げる。

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

この例は、道路開発及び他の基盤施設の土地区画の調整の既存のシステムによる土地再調整の要請が考えられる。



図 10.2.88 Ang Thong 周辺の土地利用



* Based on Land Readjustment Act B.E.2547 (A.D.2004)

図 10.2.89 統合的再配置による土地再調整のイメージ

(iv) 土地利用調整能力の強化

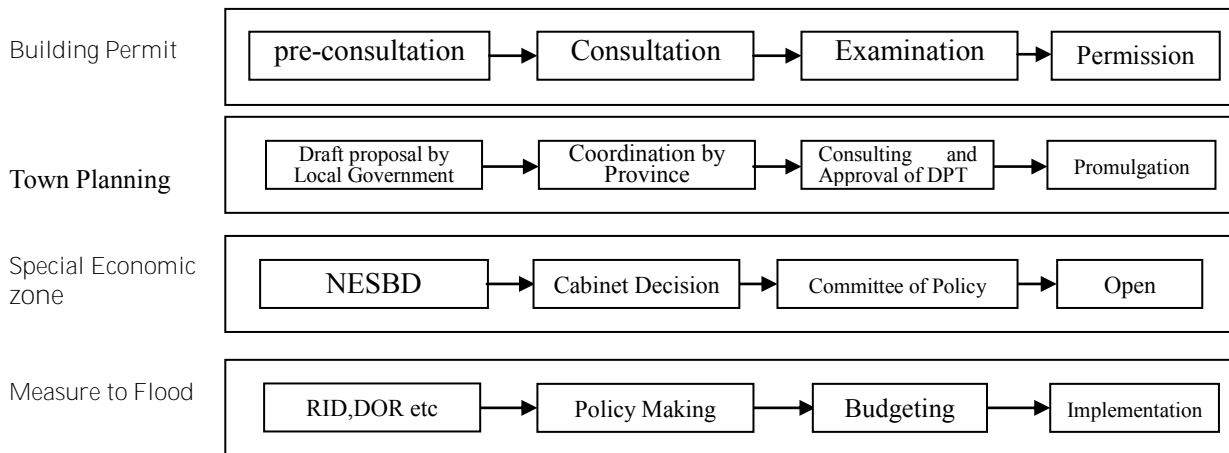
洪水災害リスク低減の観点から異常洪水時の協力体制を確保するために、協議体として“洪水常襲地域の土地利用調整委員会”（仮称）を設立し、特別経済地区のような大規模な土地利用に関する政策及び洪水の可能性を考えながら洪水防御対策地域の土地利用を検討する、

【想定される委員会の構成及び調整内容】

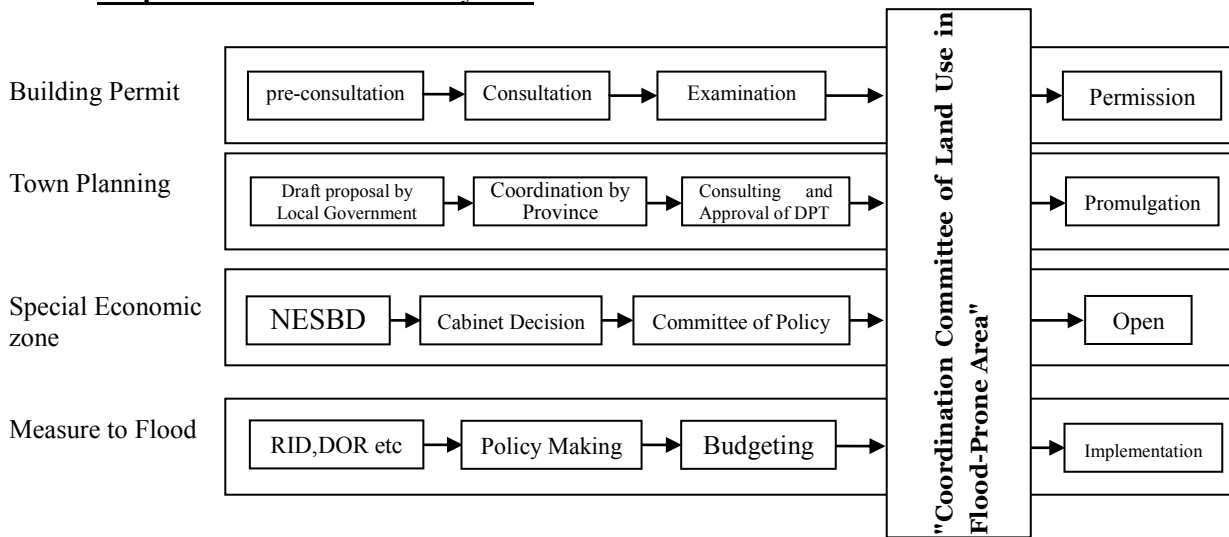
委員会の構成員は：灌漑局 (RID)、農業共同組合省 (MOAC)、公共事業都市計画局 (DPT)、地方道路局 (DOR)、高速道路局 (DOH)、内務省 (MOI)、経済社会開発局 (NESDB)、工業省 (MOI) 他、調整内容は以下のように想定する：

- ・ 氾濫想定に基づくエリアの位置関係
- ・ 氾濫想定に基づく脆弱性の評価
- ・ 軽減策による効果
- ・ ガイドライン等に基づく洪水対策の助言

Existing Process of related system



Proposed Process of related system



10.2.12 内水対策

タイ国政府は2011年洪水後、バンコクおよび計9か所の工業団地を含む約5,600 km²の経済地域を「防御地域」と位置付け、地域を囲む道路の嵩上げや防御壁（Flood BarrierまたはFlood Wall）を建設して囲い、洪水の侵入を防ぐこととしている。この嵩上げ工事は既に開始しており、2013年中にはほぼ完成の見込みである。

この嵩上げ工事によって防御地域は外部からの洪水に対してはより安全になる。今後は地域に直接振った雨による内水の管理がより重要になる。ここでは内水管理について検討する。

(1) 現状の洪水・内水対策

当地域の洪水・内水対策については『Polder System』である。すなわち、河川などの外水に対して輪中堤防で対処し、内水に対して外水位が低ければ自然排水、高ければポンプによる強制排水を行う。

現在、前述した道路の嵩上げ・洪水防御壁の建設をDOH、DORが中心となって進めている。基本的にその整備高さは2011年洪水位+50 cmであり、2013年中の完成を目指して工事が始まっている。

堤内の内水対策については、農地（灌漑エリア）についてはRID、バンコクについてはBMA（首都圏庁）さらに地方自治体がDPT（公共事業都市計画局）の支援のもと排水路・ポンプ場整備を進めている。

(a) 農業地域

重点防御地区である経済ゾーンの約8割を管轄するRID Regional Office 11の管轄区域において、内水対策についての情報収集を行った。その結果は以下のとおりである。

地域は合計12のプロジェクトエリア（OMプロジェクト8、Provincial Project 4）からなる。農地の80～90%は水田で、沿岸部に魚の養殖池が分布している。排水先は、東側地域ではタイ湾、チャオプラヤ川、バンパコン川、ナコンナヨク川、西側はタチン川、チャオプラヤ川となっている。排水先の水位が低いときは自然排水できるが、水位の高いときはポンプ排水となる。灌漑期にはできるだけ水位を高く、洪水期はできるだけ水位を低く保つように運用している。

2011年には稼働率50%～80%で9月～12月の約4か月間連続で運転して排水した。地形勾配が小さく、ポンプ場まで水を引っ張ってくるのが難しい。また洪水時には道路が水の流れを阻害している。さらに水路の河岸に家が建てられ、これも流れを阻害している。

2011年洪水後のこの地域の洪水対策として、灌漑水路の浚渫、ポンプの増強、流水マシン（Water pushing machine）の設置が実施されている。とくにポンプの増強については、洪水後東西に3 m³/sのポンプを120台ずつ、計240台（720 m³/s）を既設ポンプ場やRegulatorにSemi-permanentポンプとして急遽設置した。これにより、地区のポンプ能力は約970 m³/sから1,690 m³/sへ75%増となった。全排水エリア面積は約3,800 km²であるので、比流量で表せば、0.25 m³/s/km²から0.44 m³/s/km²へ増強されたことになる。

(b) BMAの洪水・内水対策

100年確率のチャオプラヤ水位に対してFlood Wallを建設している。現在のFlood Barrierの高さは、2.5～3.0 m mslである。2011年洪水では一部未整備区間から越水があった他は問題がなかった。

内水・排水対策は3～10年確率で計画しているとのことである。BMA地域約1,568 km²に対し、計1,584 m³/sのポンプを備えており、そのうち1,032 m³/s（東側695 m³/s、西側337 m³/s）はチャオプラヤ川に排水される。その他はポルダー間の排水である。チャオプラヤ川へのポンプ能力を比流量で見れば、排水面積が約1,050 km²なので約1.0 m³/s/km²となり、ほぼタイ国での市街地の排水ポンプの標準値となっている。たとえばDPTが支援するMunicipalityの排水計画でも1～2 m³/s程度とのことである。

2011年洪水時には約1ヶ月間、1日あたり20～24時間ポンプを運転していたとのことである。またBMAによれば、チャオプラヤ川の水位が高く越水が懸念される場合はポンプ運転を抑えるなどの調整を行っているようである（結局、越水して被害を受けるのはBMAであるため）。

2011年の洪水を受けて、以下のような洪水対策を実施する計画となっているが、当面は排水路の容量を増やすため浚渫を行っており、2017年までの3本の排水トンネルのポンプ（ $60\text{ m}^3/\text{s} \times 3 = 180\text{ m}^3/\text{s}$ ）以外の増強は予定されていない。

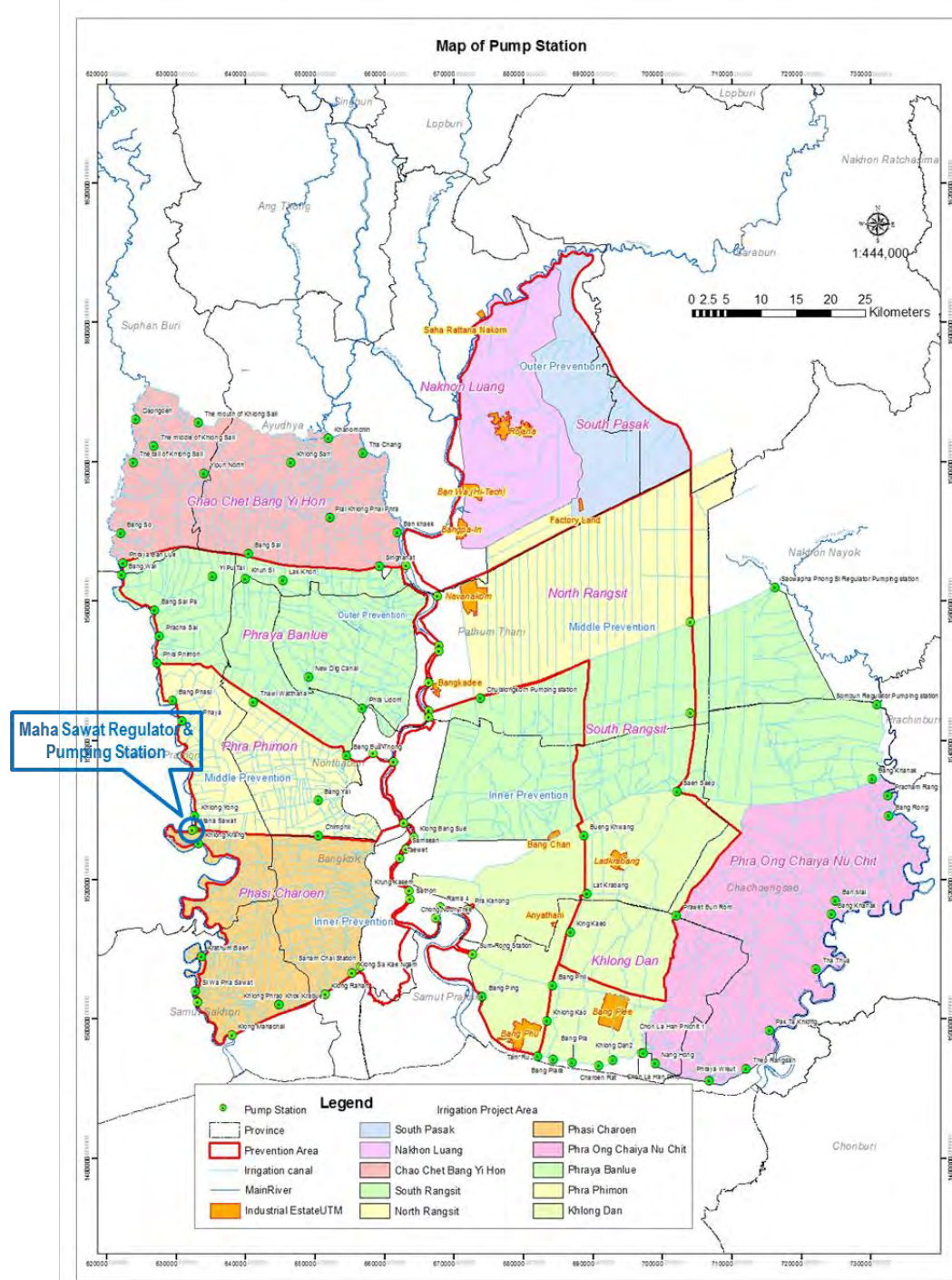


図 10.2.90 主要ポンプ場位置図

表 10.2.53 RID Region 11 管内の排水ポンプ能力

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	

表 10.2.54 2011 年洪水後の BMA の洪水対策

Term	Measures	Budget	Remarks
Short-term (3 to 6 months)	Dredging of main drainage canals	1.5 bil. Bhat	
	Increase efficiency of drainage system, initiate warning system, setting of flow meter	0.684 bil. Bhat	
Mid-term (2012)	Repair of flood wall of Chao Phraya R, Bangkok Noi canal and Mahasawat Canal.	Not available	
	Heightening of flood walls of Chao Phraya R. and the canals	Not available	Lower : 2.5 to 2.8m msl Middle: 2.8 to 3.0m msl Upper: 3.0 to 3.5m msl
	Heightening of King's Dike	Not available	1.5 -2.9 to 3.0m msl
Longterm (2013-2017)	Strengthening and elevating of flood walls of Chao Phraya R, Bangkok Noi canal and Mahasawat Canal and King's dike.	67.8 billion Bhat	
	Developing of canal capacity		
	Increase of flow discharge to the Gulf		Ex. 3 new drainage tunnels
	Development of retention ponds		
	Provision of materials and equipment		
	Development of flood control center		

(2) 検討

(a) 内水計算によるポンプ能力の検討

2011 年洪水後、semi-permanent ポンプおよび排水路の浚渫により当地区の排水能力は大いに改善された。RID Region 11 によれば、ポンプ能力は少なくとも内水に対しては十分のことである。この点について、排水能力的に典型的な地区である west middle 防御地域 (Phra Pimon Irrigation Project Area) を対象に検証する。

表 10.2.55 West Middle 防御地区のポンプ排水能力

Drain to	Pump Capacity (m ³ /s)			Drainage Area (km ²)	Specific Capacity (m ³ /s/km ²)
	Permanent	Semi-permanent	Total		
Chao Phraya River	22.2	18.0	40.2	551	0.35m ³ /s/km ²
Tha Chin River	78.0	75.0	153.0		

対象雨量としてバンコクを含むデルタ南部に甚大な洪水被害をもたらした 1983 年の降雨とし、TMD のバンコク観測所 (No.455201) の 8 月から 12 月まで 4 か月間の日雨量を用いた。ちなみにこの期間の総雨量 1,661 mm は 1971~2011 年の 41 か年の最大値となっている。計算

方法は対象地域を池のようにみなした水収支計算である。実際は河川側の水位が低い場合は Regulator より自然排水されるが、今回は安全側に評価するため、計算期間において自然排水はないものとし、ポンプのみの排水を考えた。また許容湛水位として地形的に最も低くなる、対象地域西南端に位置する Maha Sawat Regulator & Pumping Station (図 10.2.90 参照) 周辺の集落の道路高 (1.5 m MSL) を考えた。

計算結果を図 10.2.91 に示す。水位は最高でも 1.27 m MSL で、設定した許容湛水位まで達せず、ポンプに排水できたことになる。すなわちポンプ能力は十分である。本地域のポンプ排水能力 $0.35 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ はバンコク地域を除いた RID 地域の平均能力 $0.44 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ を若干下回る。しかし、それでも 1983 年の豪雨に対応しうる能力を有することから察するに、概して他の RID 地域も同等程度もしくはそれ以上の能力を有するものと推定される。ただし、本計算は簡易な池モデルに基づく水収支計算であり、水路での流下過程が全く含まれていないこと、つまり単にポンプ能力についてのみ検討していることに留意すべきである。

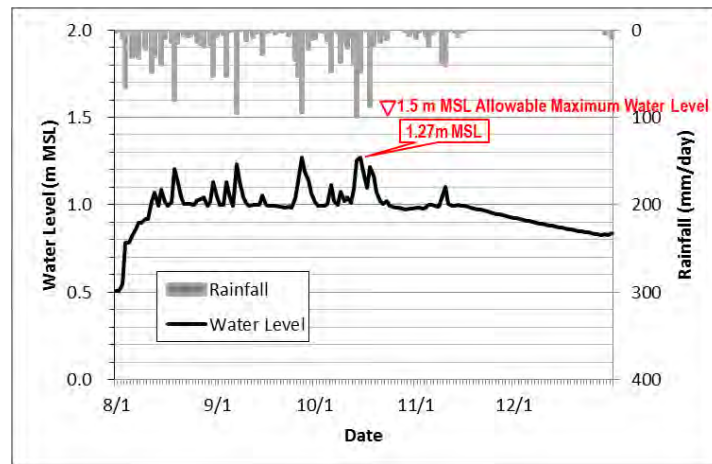


図 10.2.91 計算結果 (水位グラフ)

(b) ポンプ排水による水位上昇の検討

現在チャオプラヤ川沿線にはパトゥンタニ県より下流だけで計 $1,400 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプ場が配備されている。バンサイ地区より下流でチャオプラヤ川の流下能力が $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度であると考え、このポンプ排水量は決して無視できない。そこでポンプ排水が河川水位にどんな影響を与えうるか検討し、ポンプ施設の配置計画やポンプ運転のあり方についてヒントを得るために一次元不定流計算を行った。

計算結果として最高水位縦断図を図 10.2.92 に、40 km および 80 km 地点の水位・流量ハイドログラフを図 10.2.93 に示す。

ポンプは排水量が大きく、また上流に位置するほど、より大きな水位上昇を生じさせる。したがって上流側へ大きな排水量のポンプを設けることは水理上好ましくない。しかし、一方でナコンルアンや North Rangsit Project エリアのように地形上チャオプラヤ川への排水がやむを得ない場合は、チャオプラヤ川の計画流量配分でポンプ排水量を見込んでおくことが必要と思われる。

バンコクの中心は 40 km 地点に近いが、水位ハイドログラフで見たようにこのあたりでは潮位の振幅は少なくとも 50 cm 程度あり、水位が溢れそうに高い場合はポンプの運転を一時止め、しばらく待って水位が下がってから運転を再開するという運用上の工夫が可能である。BMA の職員が、水位が高いとき運転を抑えることがあると話していたが、まさしくこのようなケースではないかと思われる。水位上昇が余裕高内に収まるならば、このような運用によって対処することもあり得るとと思われる。

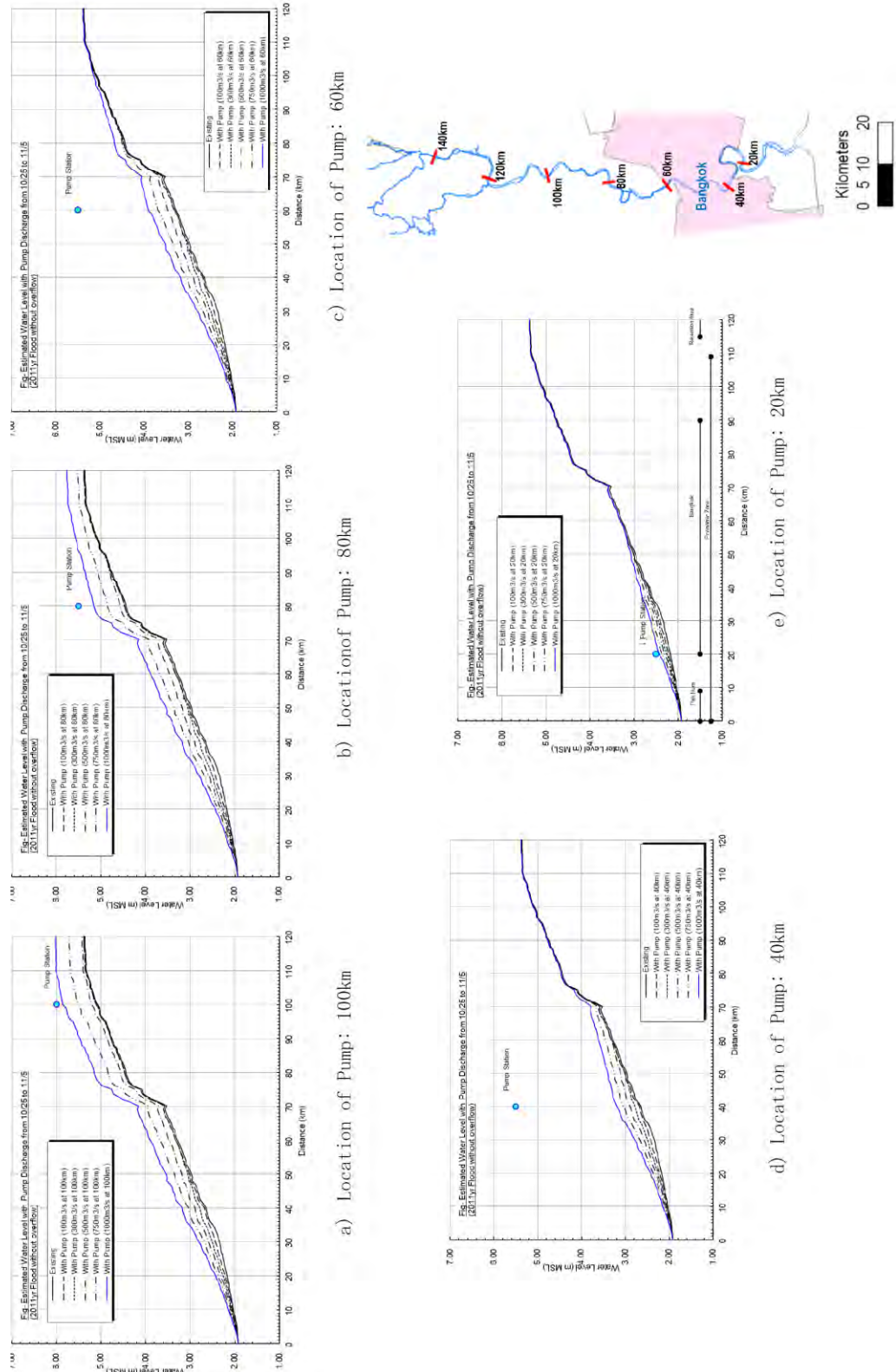


図 10.2.92 不定流計算結果（水位縦断面図）

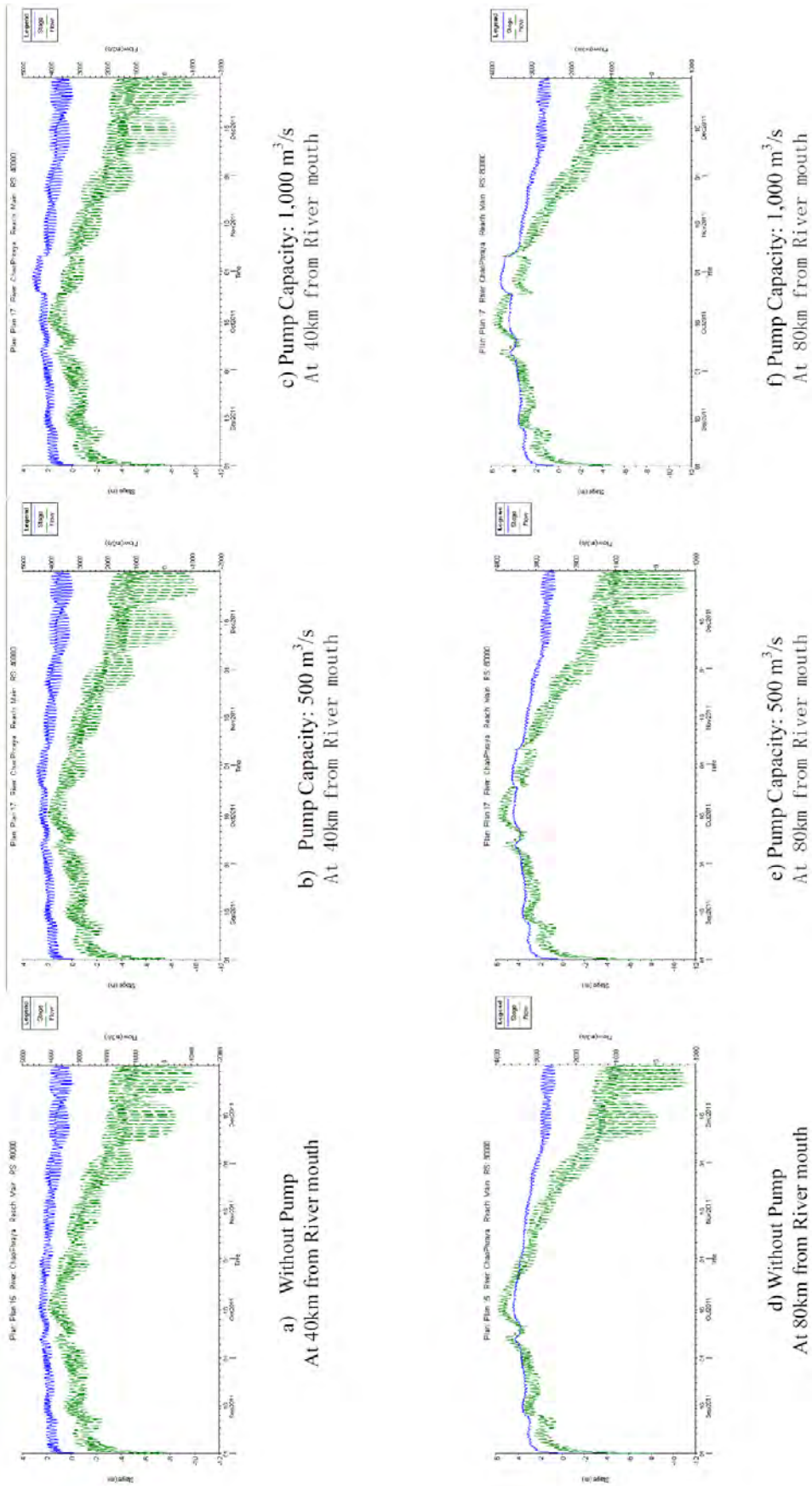


図 10.293 不定流計算結果 (水位・流量ハイドログラフ)

10.2.13 検討結果の評価

(1) 既設ダムの運用改善効果 (C7)

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

(2) 新規ダムの設置 (C2)

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

(3) 遊水地/調整池の改善 (C4)

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

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

(4) 東西放水路の建設 (C6)

放水路は、(i) ナコンサワンとチャイナットの区間のチャオプラヤ川の水位の低減、(ii) 近傍の遊水地へ流入する氾濫ボリュームの低減に大きな効果をもつ。しかし、放水路によって発揮される水位低減の効果は、防御地域付近のチャオプラヤ川下流に行くにしたがい減少する。

(5) 外郭環状道路放水路の建設 (C6)

外郭道路沿いに建設予定の放水路は、(i) アユタヤからバンコクまでのチャオプラヤ川の水位低減、(ii) パサク川下流の水位低減に一定の効果を発揮する。防御地域に接する堤防の破堤リスクを減少できることから非常に有効である。

外郭環状道路放水路は、防御地域の東部を貫流する。設計段階においては、最も重要な中心市街地を防御するための、洪水防御ラインとしての役割をもたせることが重要である。例えば、西側の堤防高を東側よりも高くするといった対策を検討すべきである。

(6) 河川改修 (C5)

河川範囲の定義

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

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

チャオプラヤ川の河川改修

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

タチン川の河川改修

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

タチン川の既存の灌漑用堰は、図 10.2.94 に示すように、上流域に位置している。採用した洪水対策施設は下流に位置していることから、灌漑用水利用には影響しない。また、タチン川の下流は潮位の影響を受ける地域であり、採用した洪水管理施設は現在の舟運に対する影響はない。

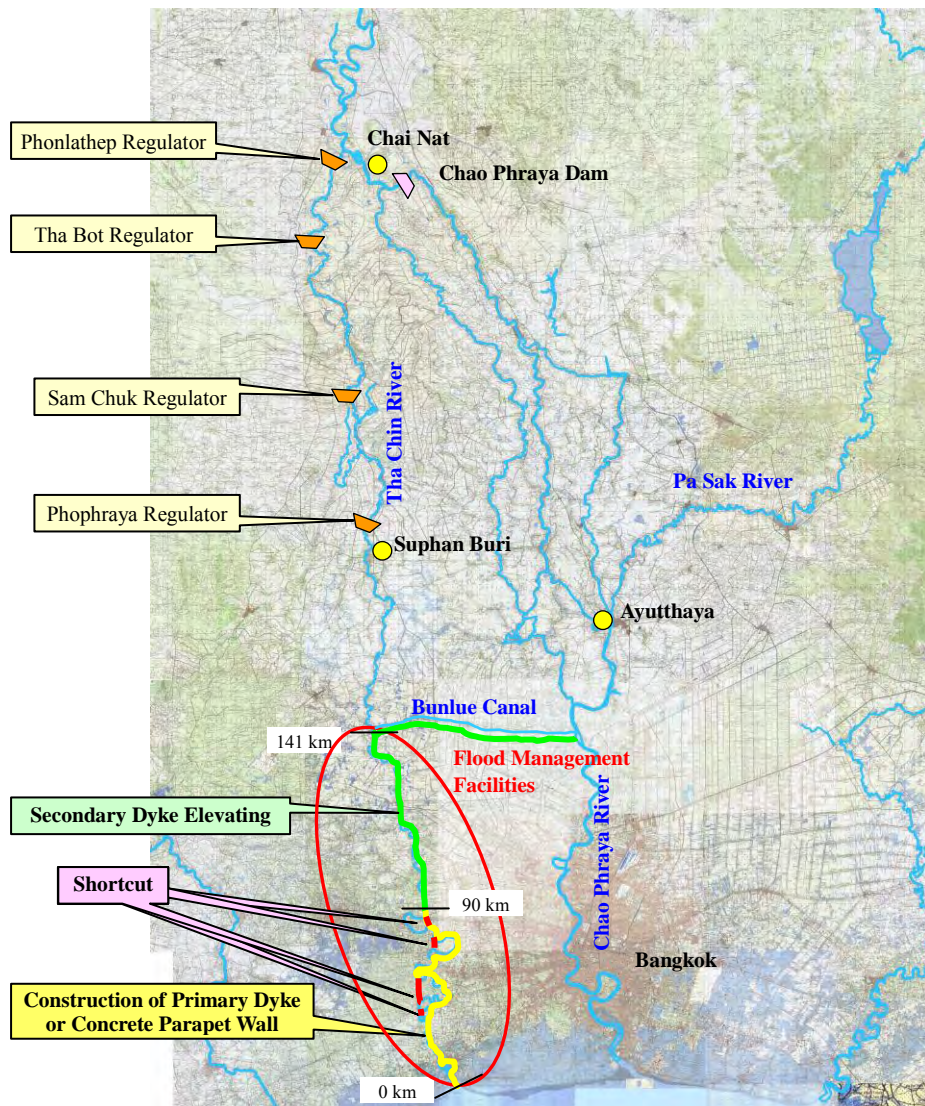


図 10.2.94 タチン川 河川横断構造物の位置

(7) アユタヤバイパス水路 (C5)

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

(8) 上流域の森林再生 (C1)

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

(9) 洪水管理情報システム

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

10.3 対策案の効果検証

10.3.1 検討ケース

対策案の適切な組み合わせの検討およびその治水効果を評価するために、第8章で述べた洪水解析モデルを用いて洪水解析を実施する。表 10.3.1 に検討ケースを示す。

表 10.3.1 チャオプラヤ川 洪水解析検討条件

No.	検討ケース	対策
1	Case 0-1 現況	- 外力は 2011 年洪水とし、破堤はないものとする。 - DOH および DOR による優先防御地域の周囲堤の嵩上げ完了後を想定。
2	Case 1-1 SCWRM M/P	- 外力は 2011 年洪水とし、破堤はないものとする。 - DOH および DOR による優先防御地域の周囲堤の嵩上げ完了後を想定。 C2: 新規ダムによる洪水調節 C4: 遊水地による洪水調節 C5-1: 堤防嵩上げ (チャオプラヤ川全川、DHWL+余裕高 50cm) C6-1: 東/西放水路 (流量 1,500m ³ /s) C6-2: 外郭環状道路放水路 (流量 500m ³ /s) C7: 既存ダムの運用ルール改善
3	Case 11-0 Proposed Combination 1	- 外力は 2011 年洪水とし、破堤はないものとする。 - DOH および DOR による経済重要地域の周囲堤の嵩上げ完了後を想定。 C5-1: 堤防建設 (チャオプラヤ川下流、DHWL+余裕高 50cm) C5-1: 堤防嵩上げ (タチン川下流、DHWL+余裕高 50cm) C5-1: 4 捷水路 (タチン川下流) C5-2: アユタヤバイパス水路の設置 (流量 1,400m ³ /s) C6-2: 外郭環状道路放水路 (流量 500m ³ /s) C7: 既存ダムの運用ルール改善
4	Case 11-1 Proposed Combination 2	- 外力は 2011 年洪水とし、破堤はないものとする。 - DOH および DOR による経済重要地域の周囲堤の嵩上げ完了後を想定。 C5-1: 堤防建設 (チャオプラヤ川下流、DHWL+余裕高 50cm) C5-1: 堤防嵩上げ (タチン川下流、DHWL+余裕高 50cm) C5-1: 4 捷水路 (タチン川下流) C5-2: アユタヤバイパス水路の設置 (流量 1,400m ³ /s) C6-2: 外郭環状道路放水路 (流量 1,000m ³ /s) C7: 既存ダムの運用ルール改善

10.3.2 検討結果

(1) 計算結果 (Case 0-1: 現況)

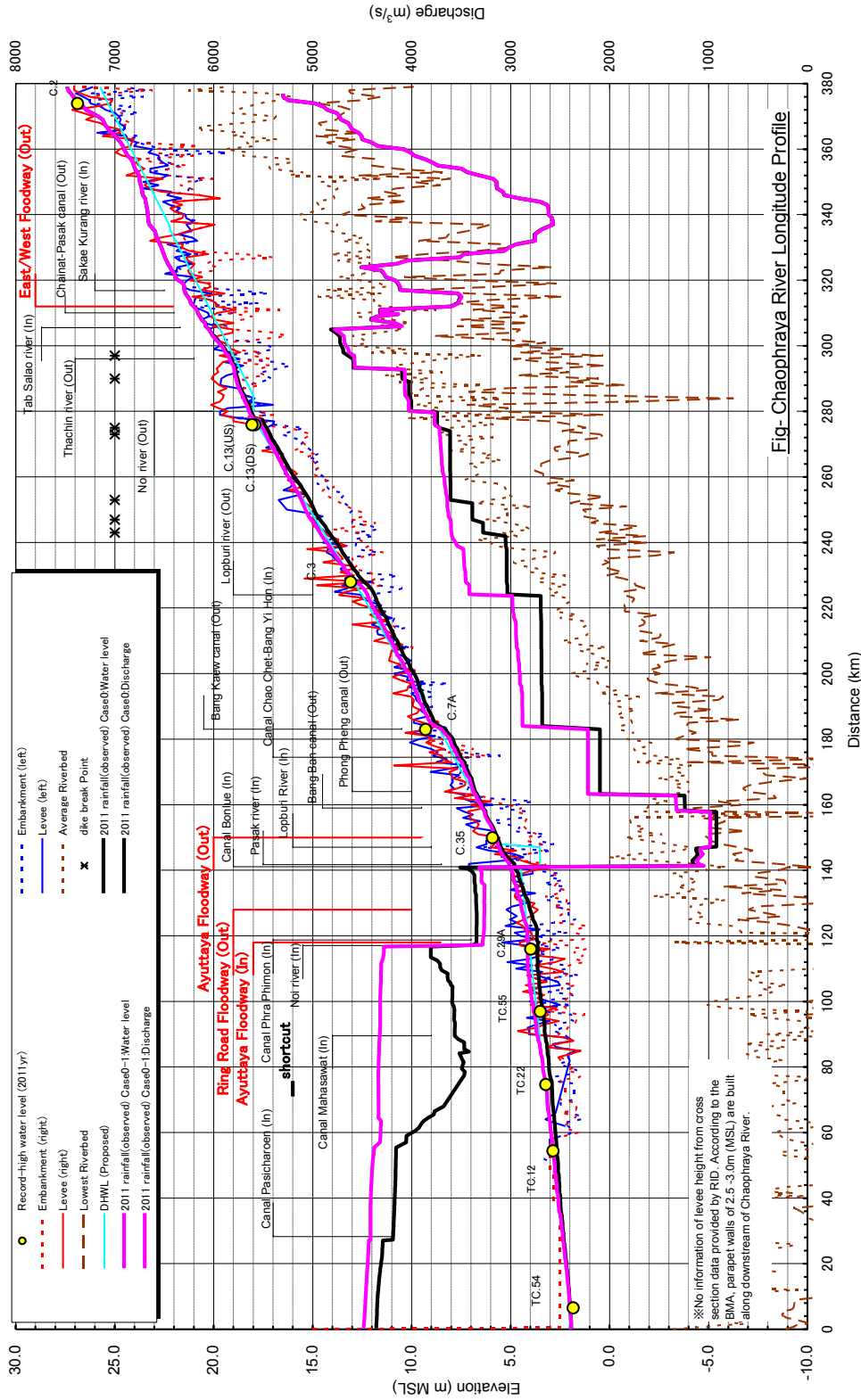


図 10.3.1 チャオプラヤ川 流量/水位縦断面図 (Case 0-1:現況)
(優先防御地域周囲の道路堤防嵩上げを考慮)

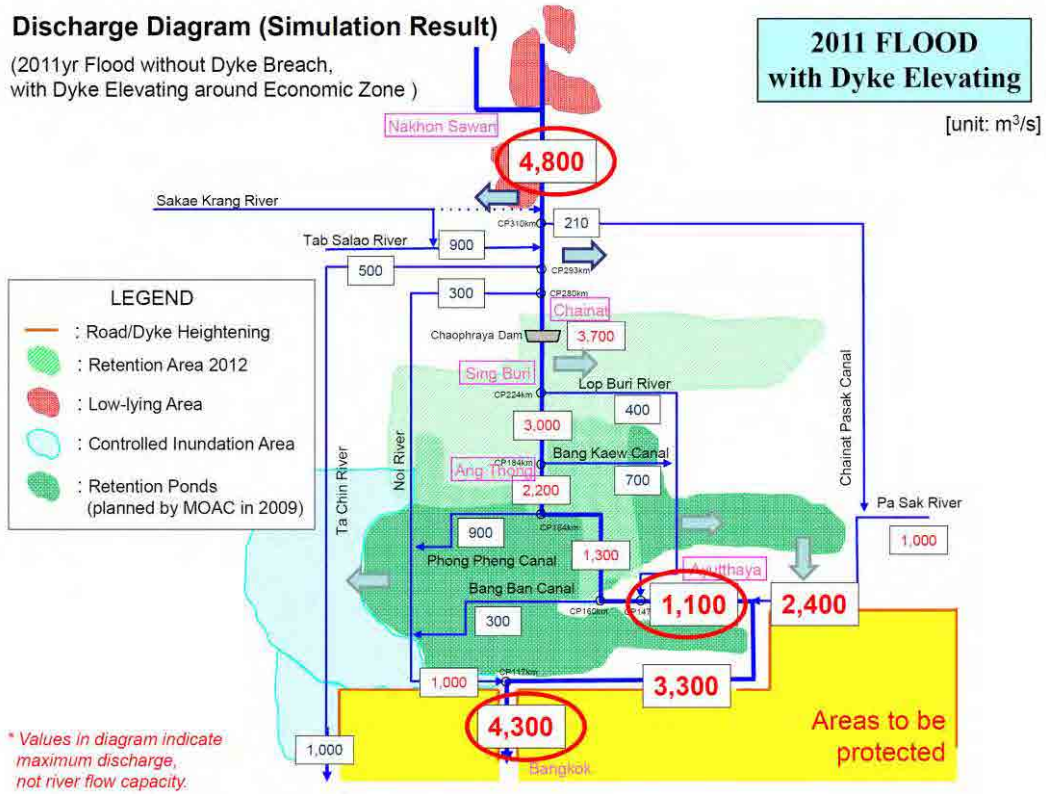


図 10.3.2 洪水流量図 (Case 0-1: 現況)
(優先防御地域周囲の道路堤防嵩上げを考慮)

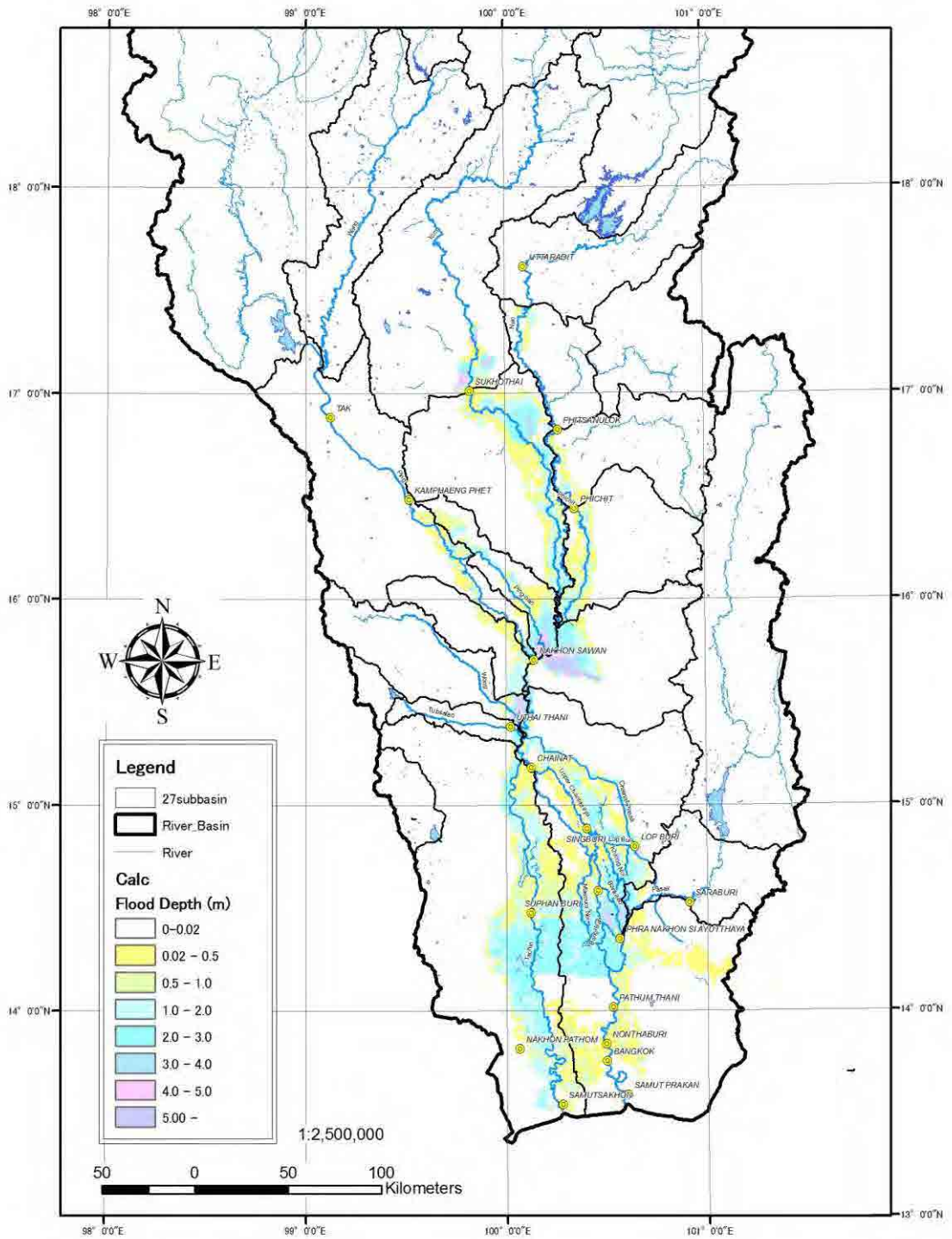


図 10.3.3 浸水範囲及び浸水深 (Case 0-1: 現況)
(優先防御地域周囲の道路堤防嵩上げを考慮)

(2) 計算結果 (Case 1-1: SCWRM M/P)

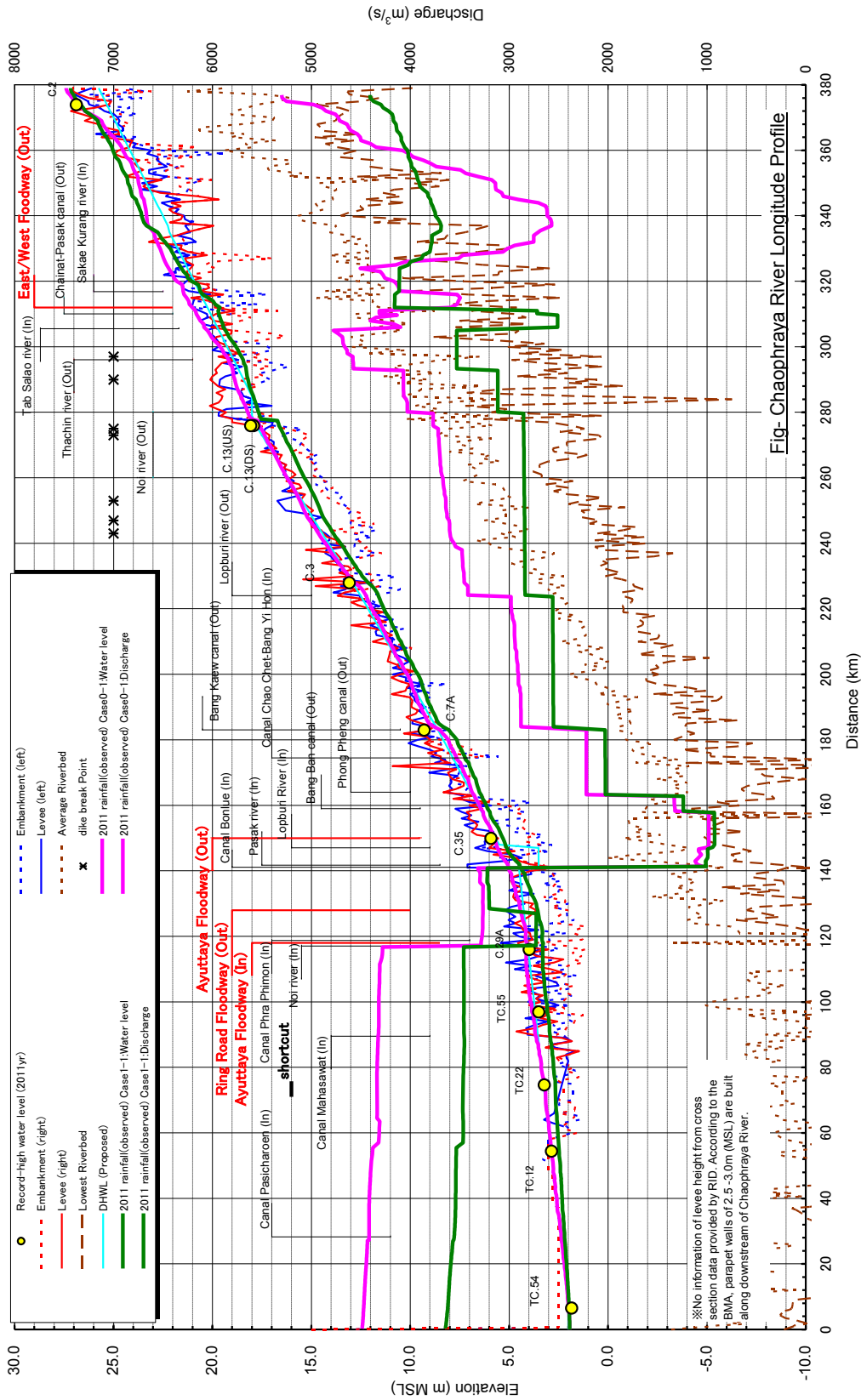


図 10.3.4 チャオプラヤ川 流量/水位縦断面図(Case 1-1: SCWRM M/P)
(C2: 新規ダム、C4:遊水池、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川全川、C6-1: 東/西放水路 1,500 m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m³/s、C7: 既設ダム運用ルール改善)

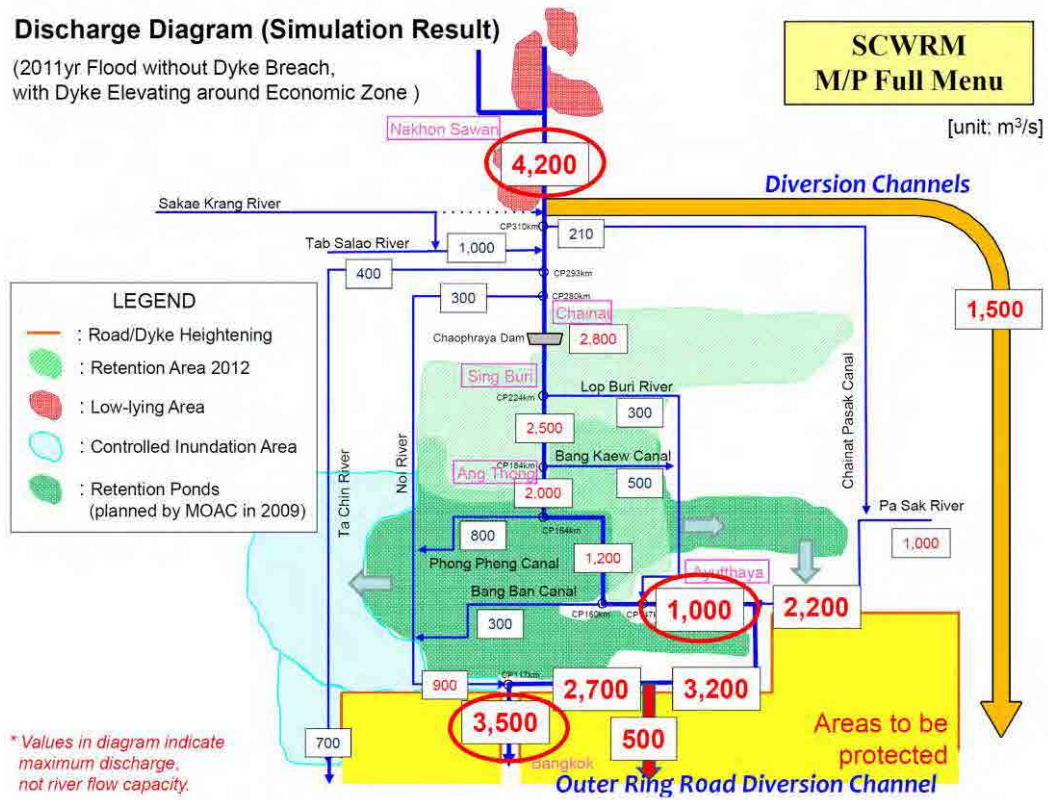


図 10.3.5 洪水流量図 (Case 1-1: SCWRM M/P)
(C2: 新規ダム、C4:遊水地、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川全川、
C6-1: 東/西放水路 1,500 m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m³/s、
C7: 既設ダム運用ルール改善)

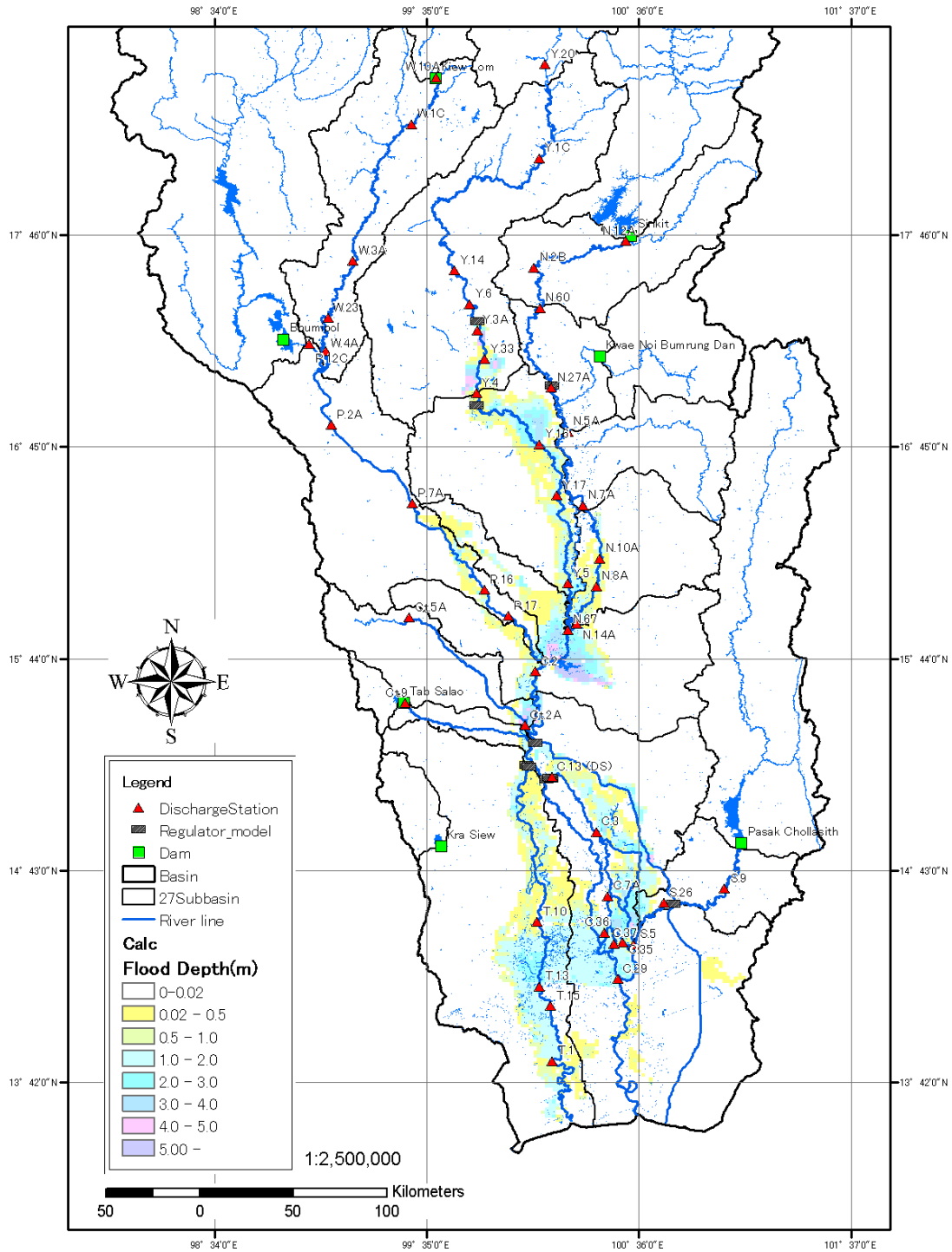


図 10.3.6 浸水範囲及び浸水深 (Case 1-1: SCWRM M/P)
(C2: 新規ダム、C4:遊水地、C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川全川、
C6-1: 東西放水路 1,500 m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m³/s、
C7: 既設ダム運用ルール改善)

(3) 計算結果 (Case 11-0: Combination 1)

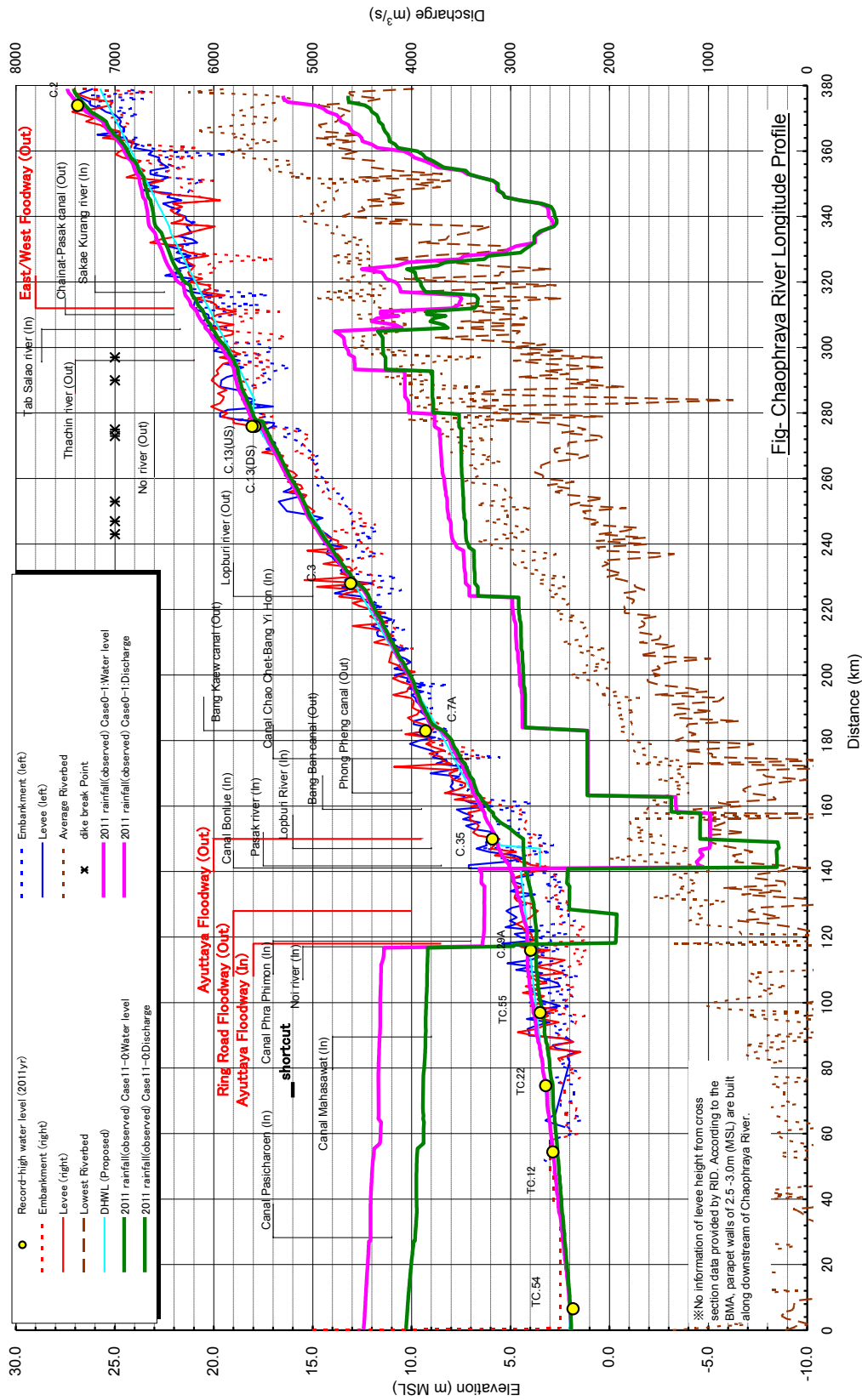


図 10.3.7 チャオプラヤ川 流量/水位縦断面図 (Case 11-0:Combination 1)
(C5-1: 堤防高上げ DHWL+0.5m - チャオプラヤ川下流、C5-1: 堤防高上げ DHWL+0.5m - タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m³/s、C7: 既設ダムの運用ルール改善)

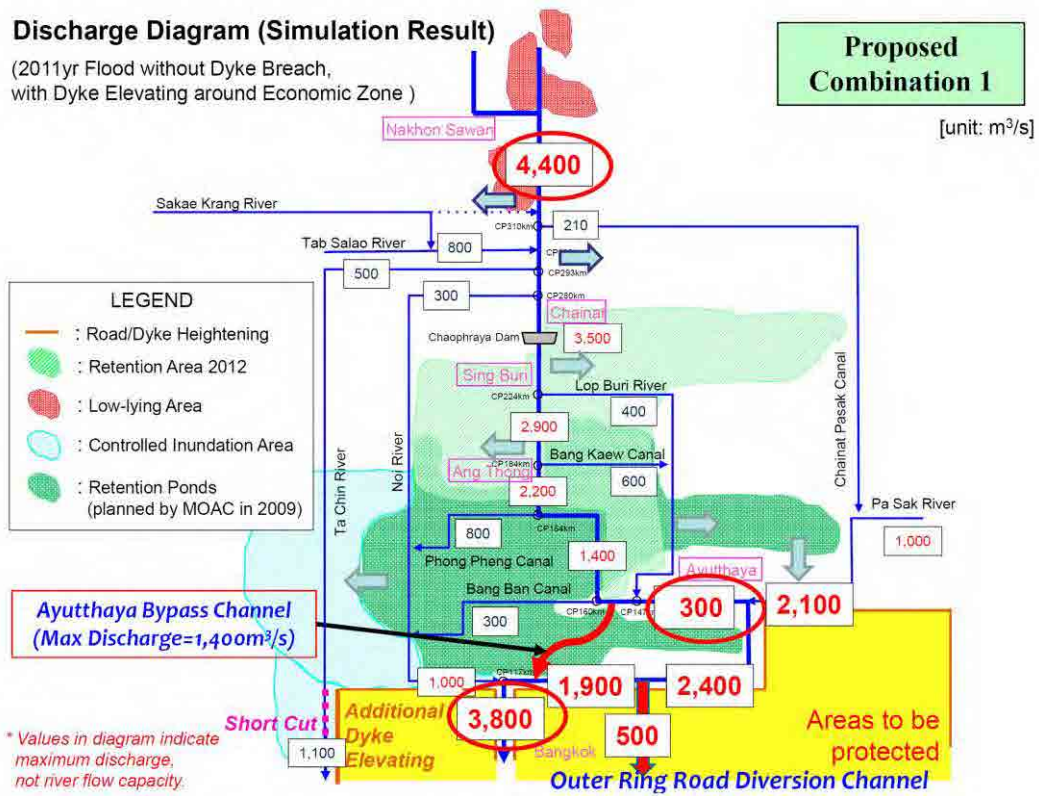


図 10.3.8 洪水流量図 (Case 11-0:Combination 1)
 (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – チャオプラヤ川下流、
 C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、
 C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m³/s、
 C7: 既設ダムの運用ルール改善)

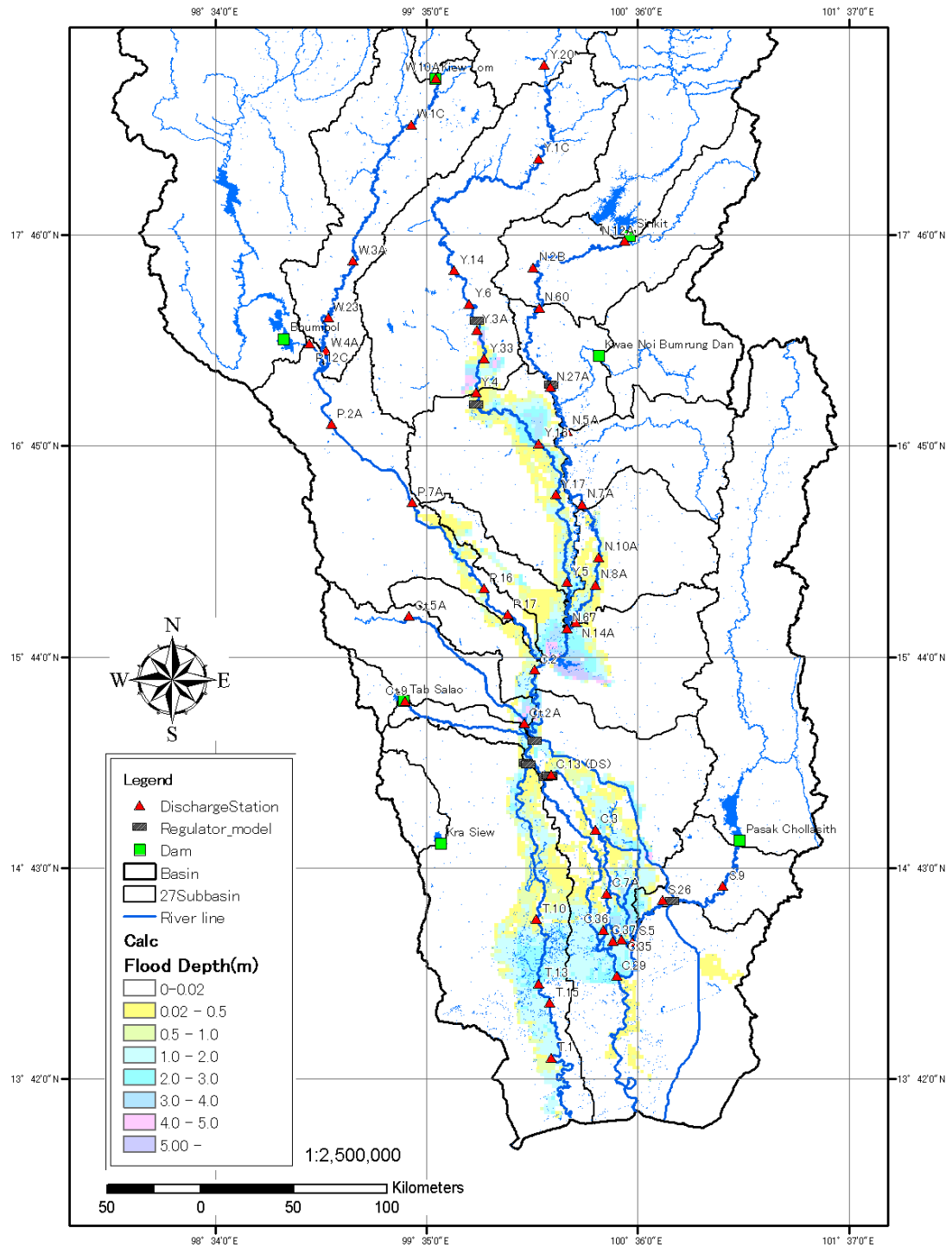


図 10.3.9 浸水範囲及び浸水深 (Case 11-0: Combination 1)
 (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – チャオプラヤ川下流、
 C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、
 C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 500 m³/s、
 C7: 既設ダムの運用ルール改善)

(4) 計算結果 (Case 11-1: Combination 2)

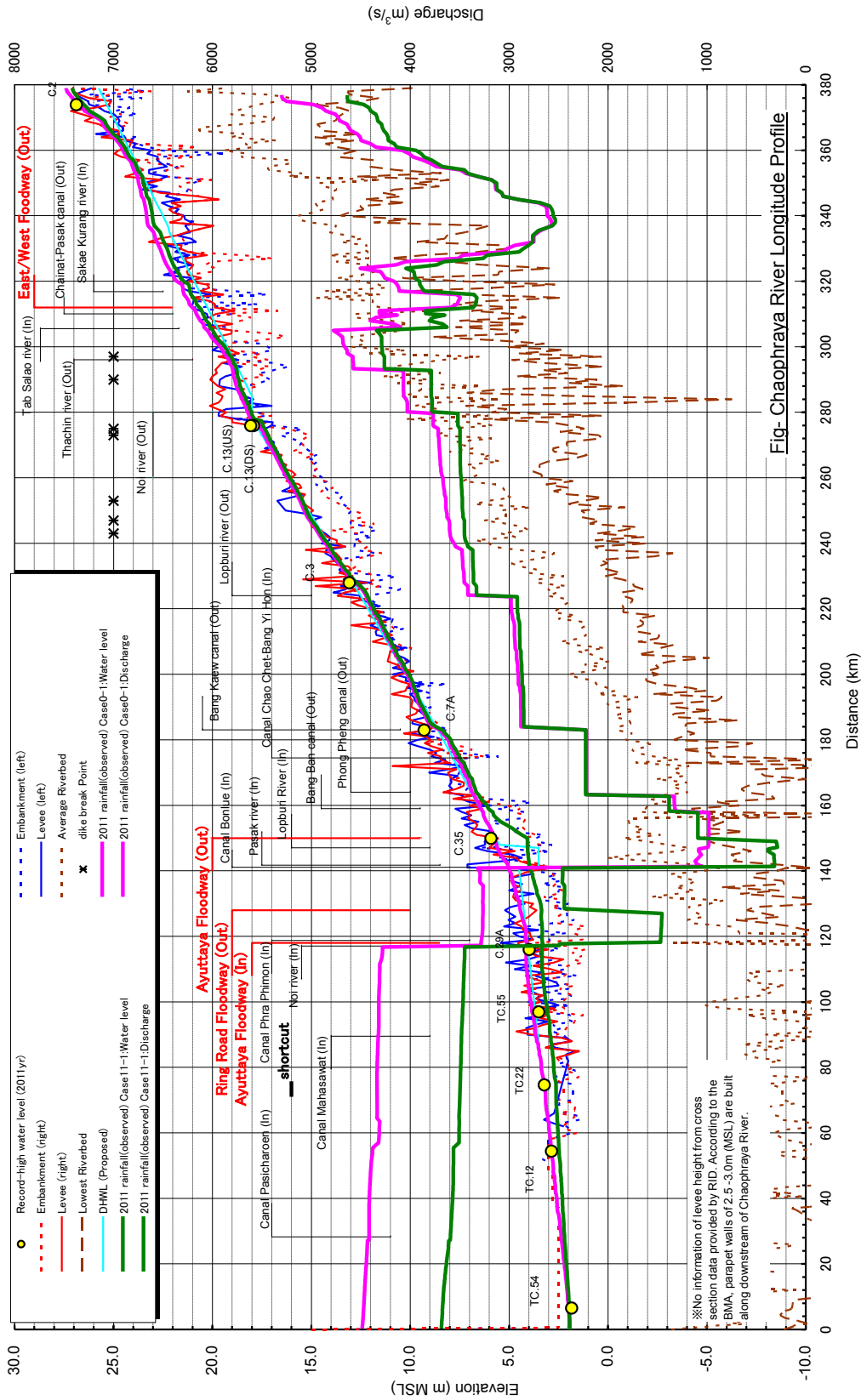


図 10.3.10 チャオプラヤ川 流量/水位縦断面図 (Case 11-1:Combination 2)

(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 1,400m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 1,000 m³/s、C7: 既設ダムの運用ルール改善)

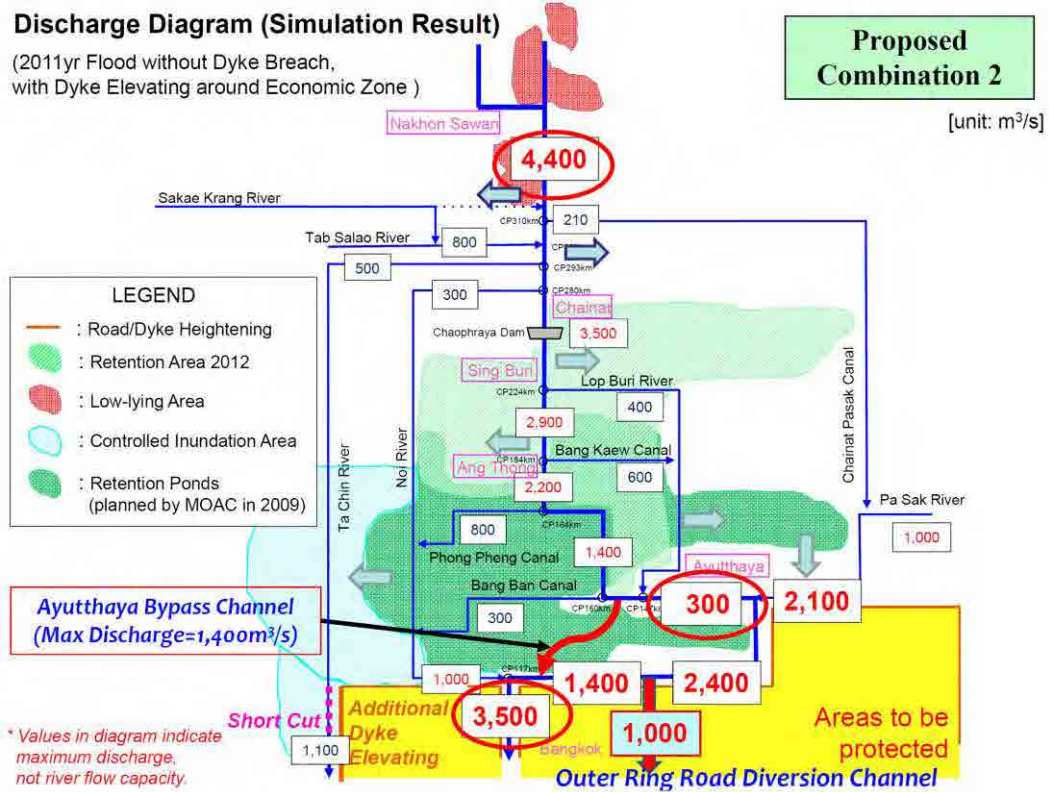


図 10.3.11 洪水流量図 (Case 11-1:Combination 2)
(C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – チャオプラヤ川下流、
C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、
C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 1,000 m³/s、
C7: 既設ダムの運用ルール改善)

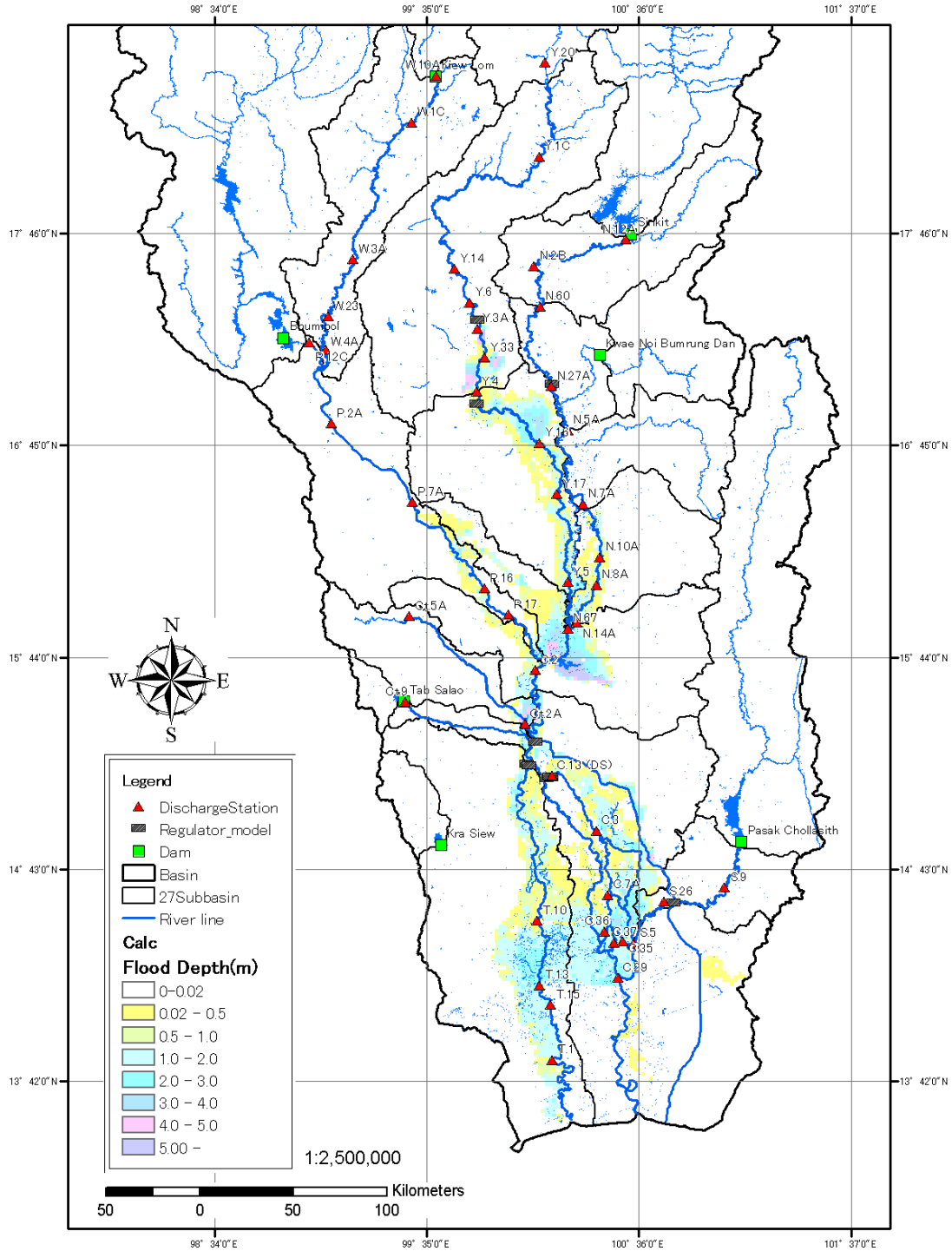


図 10.3.12 浸水範囲及び浸水深 (Case 11-1: Combination 2)
 (C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – チャオプラヤ川下流、
 C5-1: 堤防嵩上げ DHWL+0.5m – タチン川下流、C5-1: 4 捷水路、
 C5-2: アユタヤバイパス水路 1,400m³/s、C6-2: 外郭環状道路放水路 1,000 m³/s、
 C7: 既設ダムの運用ルール改善)

(5) 計算結果 (参考: タイ政府新 TOR)

2013年3月19日、タイ政府が進めている「統合的洪水制御対策国際コンペ」のTORが発表された。新TORに提案されている対策の効果について、洪水分析モデルを用いて検討する。

新TORの組合せ

- 1) 既存ダムの運用効率化
- 2) 新ダムの建設 (7 ダム)
- 3) 遊水地・保留地域の改善 (ナコンサワン上流)
- 4) 東・西放水路
(東放水路流量 300-400m³/s, 西放水路流量 1,200m³/s)
- 5) アユタヤバイパス水路 (流量 1,200m³/s)
- 6) 河川改修工事 (含むタチン川3箇所の捷水路)
- 7) 洪水予報

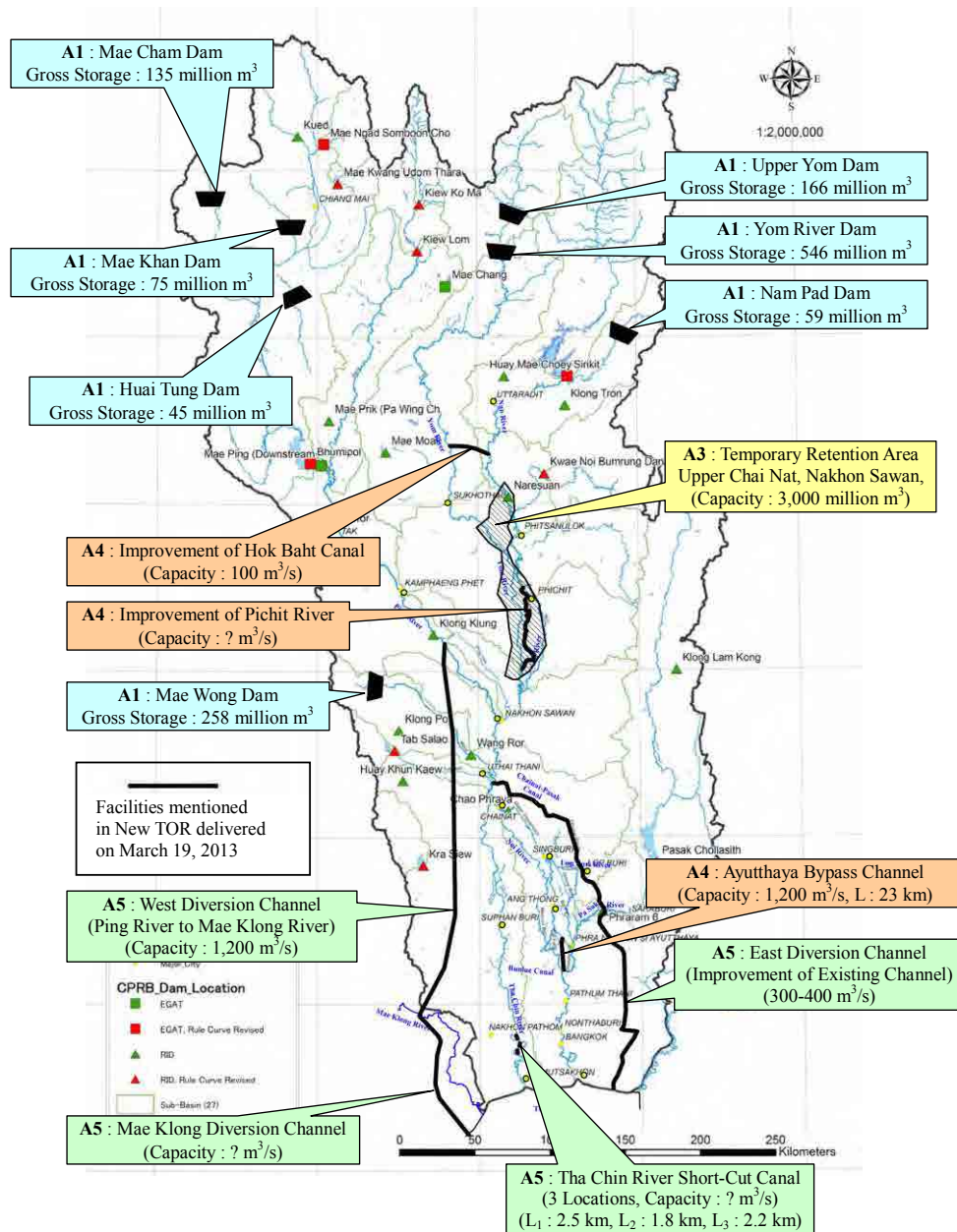


Figure 1 図 10.3.13 新TORの施設対策組合せ (Facilities mentioned on March 19, 2013)

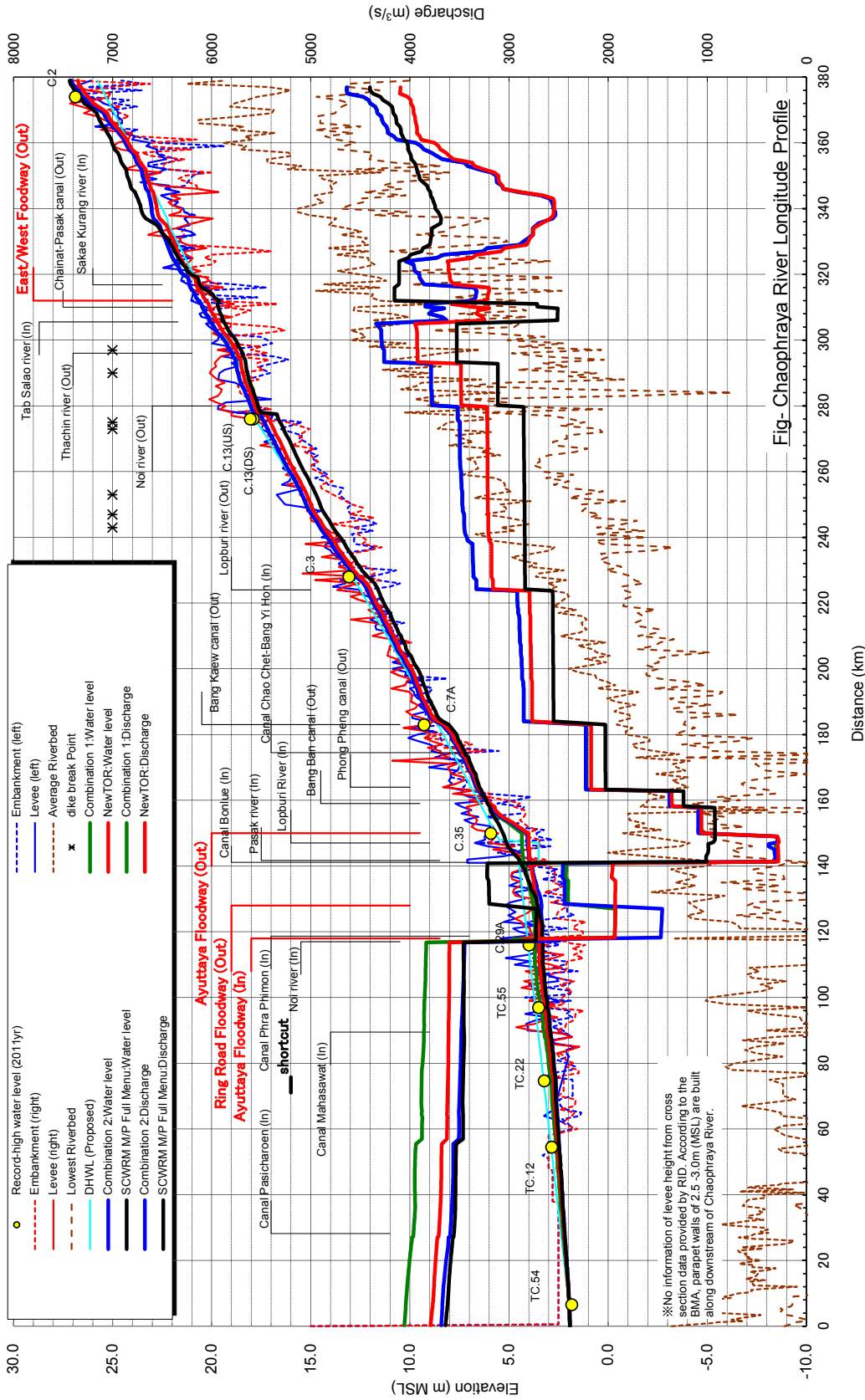


図 10.3.14 チャオプラヤ川 流量/水位縦断面図 (新 TOR)

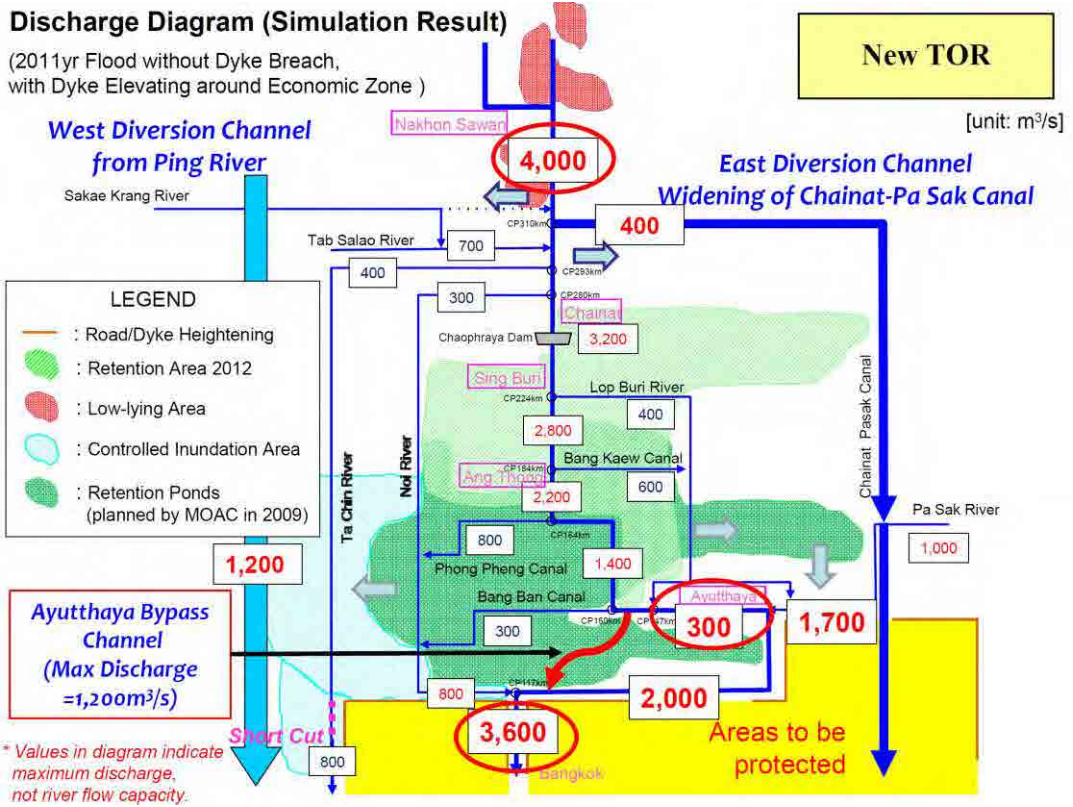


図 10.3.15 洪水流量図 (新 TOR)

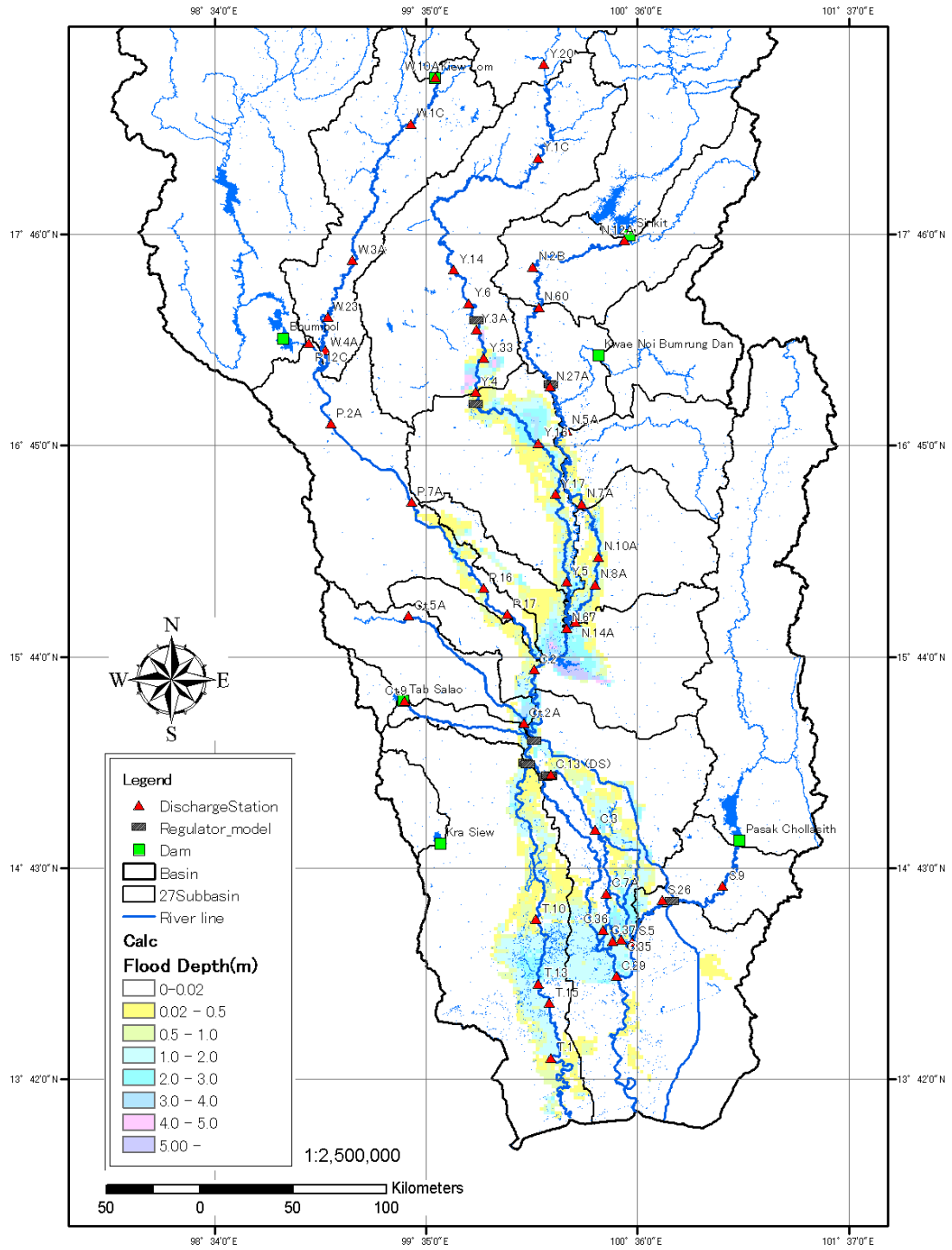


図 10.3.16 浸水範囲及び浸水深 (新 TOR)

(6) 計算結果 (流下能力)

二線堤 (図 10.3.17 参照) を考慮して提案の組合せ 1 または 2 の河川改修を行った場合の流下能力を図 10.3.18 に示す。

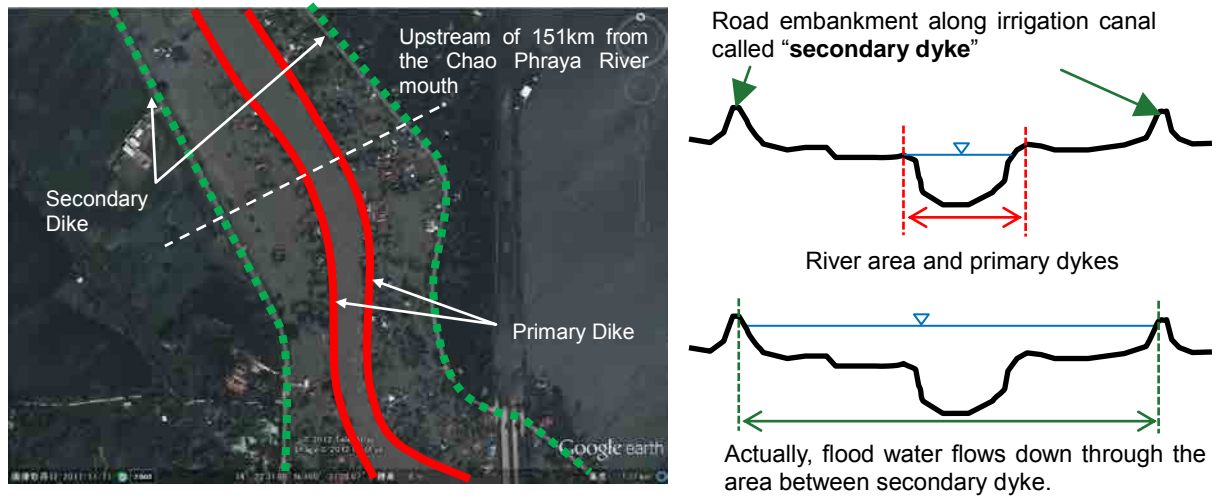


図 10.3.17 二線堤を考慮した河道断面

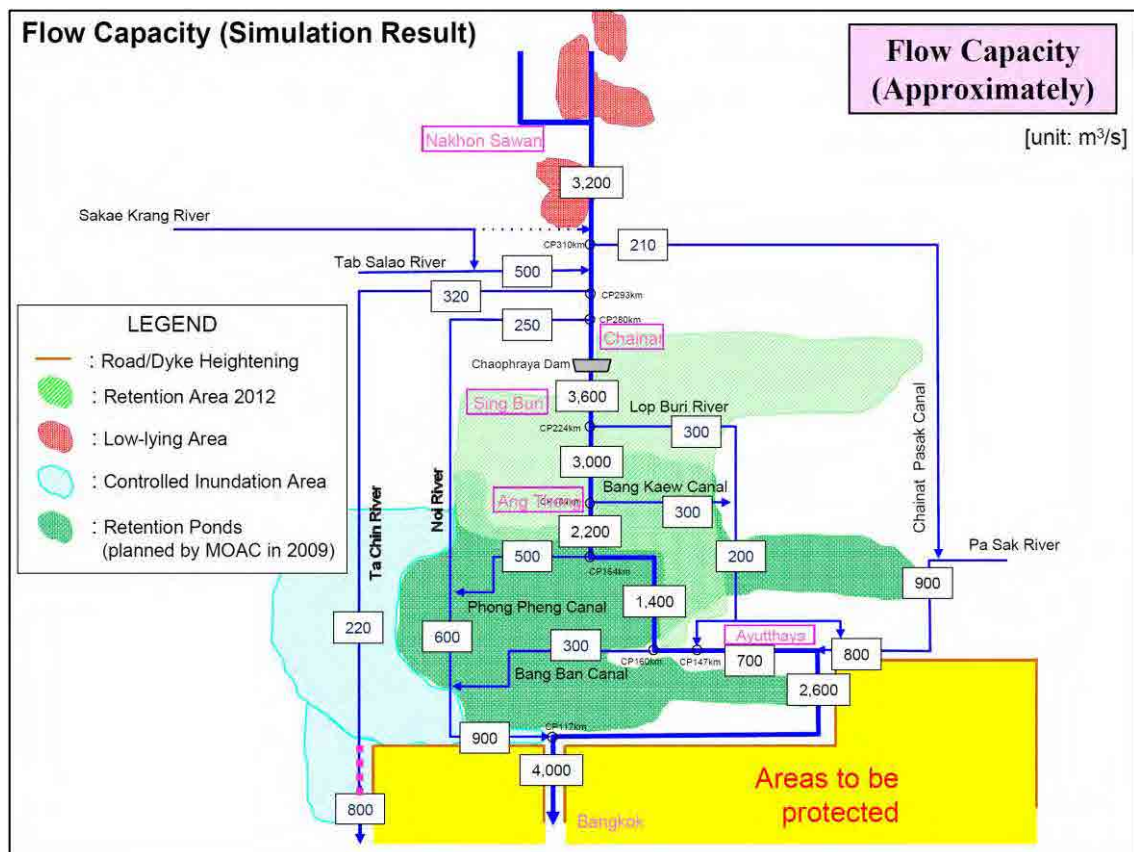


図 10.3.18 流下能力図 (提案の組合せ 1 又は 2 の河川改修を行った場合)

10.4 代表6洪水に対する対策案の効果検証

10.4.1 概要

(1) 代表6洪水の選定

本調査では、計画洪水を2011年実績降雨としているが、2011年の降雨分布特性（時間や空間的な分布）以外の洪水に対しても、提案した対策が有効であることを確認することが望ましい。計画規模洪水の設定方法の概念を図10.4.1に示す。また具体的な検討フローを図10.4.2に示す。

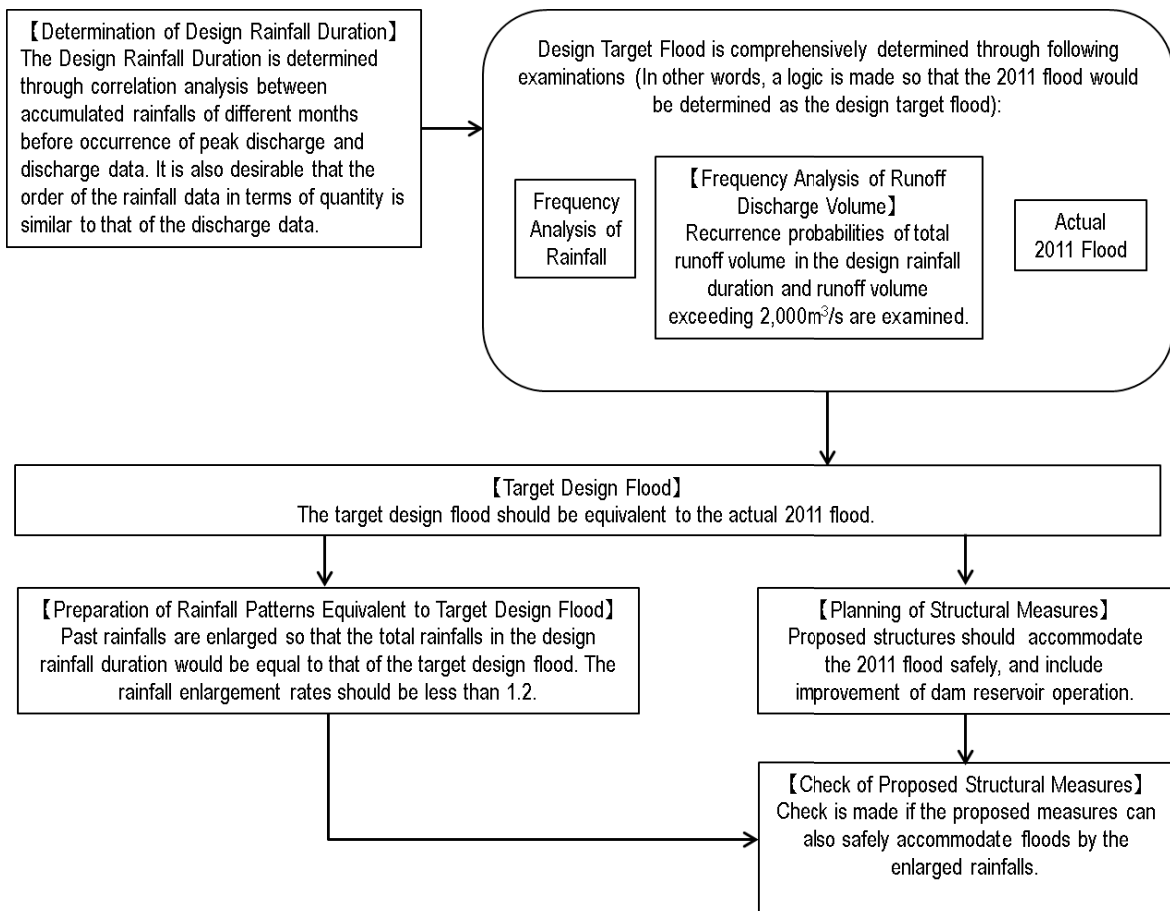


図 10.4.1 計画規模洪水の設定方法の概念図

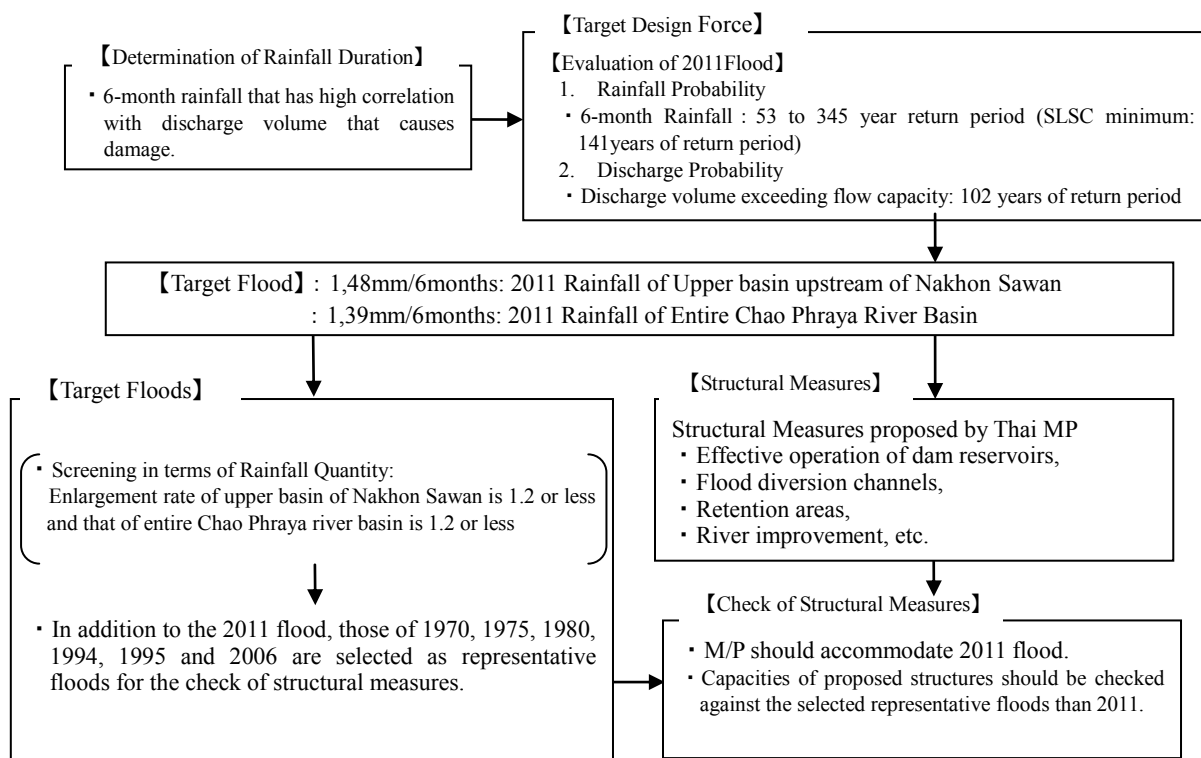


図 10.4.2 計画規模洪水の設定フロー

(2) 降雨引伸し率（ナコンサワン上流および全流域）

1960年から51年分のナコンサワン上流域の6ヶ月降雨（確率1/100、1,483mm）と全流域の6ヶ月降雨（1,390mm）の引伸し率を表10.4.1に、引伸し率の分布（ヒストグラム）を図10.4.3と図10.4.4にそれぞれ示す。

上述の図表から、

- ナコンサワン上流の降雨について引伸し率が1.2以下となる洪水は、2011年洪水を含め、7洪水である。
- 全流域の降雨については、引伸し率が1.2以下となる洪水は、2011年洪水を含めて14洪水であり、この14洪水の中に、ナコンサワン上流域の引伸し率が1.2以下となる7洪水が全て含まれる。
- ナコンサワン上流域と全流域の両降雨において、引伸し率が1.2以下となる洪水は、2011年を含め、1970年と1975年、1980年、1994年、1995年、2006年である。

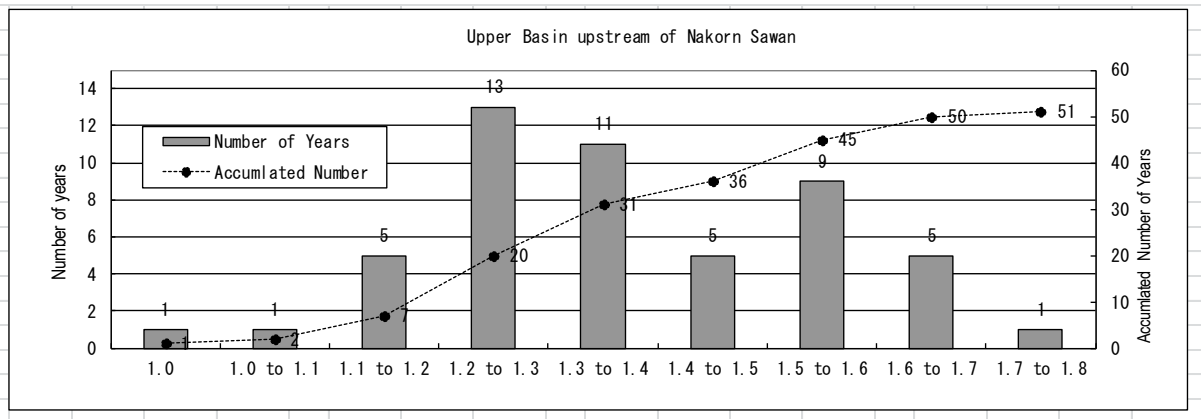


図 10.4.3 引伸し率のヒストグラム (ナコンサワン上流域)

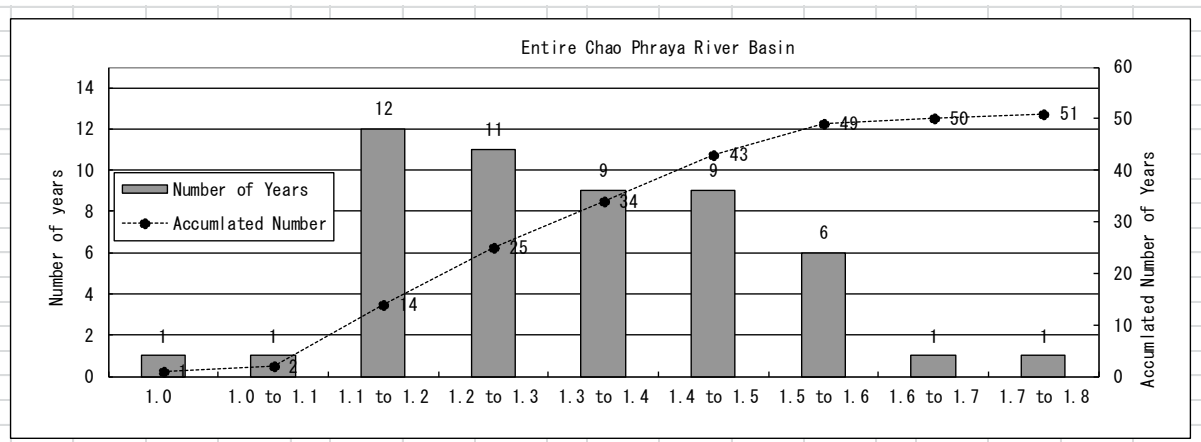


図 10.4.4 引伸し率のヒストグラム (チャオプラヤ川全流域)

表 10.4.1 降雨引伸し率一覧

Year	6-month rainfall of Upper Basin (1,483mm)				6-month rainfall of Entire Chao Phraya River Basin(1,390mm)				Enlargement rate		Selected as Representative Floods	Actual Discharge (m³/s)	Estimated discharge without dam reservoirs			Remarks			
	2011 rainfall		Enlargement	Judgement	ranking	2011 rainfall		Enlargement	Judgement	ranking			Matching: year of 1.2 or less		Ranking		Maximum Discharge (m³/s)	Annual Volume (MCM)	Discharge Volume exceeding flow (MCM)
	Rainfall (mm)	Rate				Upper Basin	Entire Basin												
	(mm)	Rate	(mm)	Rate	(mm)	Rate	Upper Basin	Entire Basin											
1961	1,208	1,228	> 1.2	11	1,135	1,225	> 1.2	17	1961	1961		4,712	2	4,712	33,006	6,534			
1962	1,117	1,328	> 1.2	22	1,124	1,237	> 1.2	18	1962	1962		3,812	9	3,812	24,096	2,989			
1963	1,235	1,201	> 1.2	8	1,209	1,150	○	5	1963	1963		2,935	13	2,935	23,717	339			
1964	1,163	1,275	> 1.2	19	1,186	1,172	○	7	1964	1964		3,825	8	5,170	30,419	5,367			
1965	979	1,514	> 1.2	38	991	1,402	> 1.2	35	1965	1965		1,531	39	2,004	18,657	0			
1966	1,065	1,392	> 1.2	31	1,113	1,250	> 1.2	21	1966	1966		2,930	14	3,919	24,115	1,494			
1967	974	1,522	> 1.2	40	943	1,475	> 1.2	40	1967	1967		2,768	17	4,200	18,446	1,339			
1968	911	1,628	> 1.2	46	891	1,560	> 1.2	47	1968	1968		1,263	47	1,642	12,963	0			
1969	1,055	1,406	> 1.2	33	1,040	1,337	> 1.2	28	1969	1969		2,827	15	4,300	23,212	1,797			
1970	1,266	1,172	○	4	1,232	1,128	○	3	1970	1970	○	4,420	4	5,830	38,524	7,291			
1971	1,144	1,296	> 1.2	20	1,076	1,293	> 1.2	25	1971	1971		2,370	23	3,356	25,320	1,080			
1972	888	1,669	> 1.2	48	930	1,495	> 1.2	42	1972	1972		1,301	45	2,000	14,596	0			
1973	1,207	1,228	> 1.2	12	1,101	1,263	> 1.2	23	1973	1973		2,590	19	4,539	24,164	2,029			
1974	1,058	1,402	> 1.2	32	1,061	1,311	> 1.2	26	1974	1974		1,925	31	2,672	22,551	21			
1975	1,254	1,183	○	7	1,166	1,193	○	13	1975	1975	○	4,336	5	5,535	40,180	10,518			
1976	1,174	1,263	> 1.2	16	1,150	1,209	> 1.2	16	1976	1976		2,605	18	4,285	28,786	2,669			
1977	948	1,564	> 1.2	42	876	1,587	> 1.2	49	1977	1977		1,967	29	3,532	18,486	1,002			
1978	1,214	1,222	> 1.2	10	1,179	1,180	○	9	1978	1978		3,540	11	4,700	34,990	5,585			
1979	949	1,563	> 1.2	41	893	1,556	> 1.2	46	1979	1979		1,390	43	1,784	13,013	0			
1980	1,255	1,181	○	6	1,207	1,152	○	6	1980	1980	○	4,320	6	5,839	35,623	7,112			
1981	1,083	1,369	> 1.2	30	1,030	1,351	> 1.2	31	1981	1981		1,663	35	3,943	27,166	490			
1982	938	1,580	> 1.2	45	915	1,519	> 1.2	45	1982	1982		1,596	37	3,362	19,236	474			
1983	1,099	1,349	> 1.2	24	1,163	1,196	○	14	1983	1983		2,290	25	3,763	25,294	1,386			
1984	1,015	1,461	> 1.2	35	960	1,448	> 1.2	38	1984	1984		1,249	48	2,442	19,200	0			
1985	1,093	1,357	> 1.2	26	1,031	1,349	> 1.2	30	1985	1985		2,137	26	3,068	26,208	561			
1986	1,001	1,481	> 1.2	36	975	1,426	> 1.2	37	1986	1986		1,456	40	2,251	16,839	0			
1987	975	1,520	> 1.2	39	929	1,497	> 1.2	43	1987	1987		1,633	36	3,109	16,605	134			
1988	1,166	1,271	> 1.2	17	1,177	1,182	○	10	1988	1988		1,907	32	3,980	23,528	632			
1989	1,024	1,448	> 1.2	34	980	1,419	> 1.2	36	1989	1989		1,447	41	2,347	15,325	0			
1990	983	1,508	> 1.2	37	995	1,397	> 1.2	34	1990	1990		1,141	49	1,688	14,909	0			
1991	906	1,637	> 1.2	47	882	1,576	> 1.2	48	1991	1991		1,427	42	2,602	15,308	9			
1992	947	1,566	> 1.2	44	954	1,458	> 1.2	39	1992	1992		1,379	44	2,343	13,691	0			
1993	842	1,761	> 1.2	51	817	1,702	> 1.2	51	1993	1993		1,066	50	1,900	8,539	0			
1994	1,313	1,130	○	3	1,168	1,191	○	12	1994	1994	○	2,533	20	4,268	33,587	4,877			
1995	1,262	1,175	○	5	1,230	1,130	○	4	1995	1995	○	4,820	1	5,612	38,741	10,144			
1996	1,166	1,272	> 1.2	18	1,116	1,246	> 1.2	20	1996	1996		3,002	12	4,109	31,211	3,008			
1997	884	1,678	> 1.2	50	838	1,659	> 1.2	50	1997	1997		1,300	46	2,550	13,625	4			
1998	884	1,678	> 1.2	49	926	1,502	> 1.2	44	1998	1998		973	51	2,297	10,027	0			
1999	1,196	1,240	> 1.2	14	1,176	1,182	○	11	1999	1999		2,317	24	3,912	30,476	1,721			
2000	1,093	1,356	> 1.2	25	1,053	1,320	> 1.2	27	2000	2000		1,928	30	3,017	27,314	293			
2001	1,185	1,252	> 1.2	15	1,092	1,274	> 1.2	24	2001	2001		2,072	27	4,215	28,587	1,170			
2002	1,201	1,234	> 1.2	13	1,110	1,253	> 1.2	22	2002	2002		3,997	7	5,547	35,129	7,199			
2003	947	1,565	> 1.2	43	938	1,482	> 1.2	41	2003	2003		1,736	34	3,403	15,513	444			
2004	1,091	1,360	> 1.2	27	1,007	1,381	> 1.2	32	2004	2004		1,575	38	3,450	20,655	758			
2005	1,085	1,366	> 1.2	29	999	1,392	> 1.2	33	2005	2005		1,818	33	3,869	22,229	2,313			
2006	1,375	1,078	○	2	1,266	1,099	○	2	2006	2006	○	3,808	10	6,385	44,332	12,244			
2007	1,214	1,221	> 1.2	9	1,154	1,205	> 1.2	15	2007	2007		2,457	22	4,032	23,304	1,180			
2008	1,114	1,331	> 1.2	23	1,122	1,240	> 1.2	19	2008	2008		2,517	21	3,728	27,243	1,200			
2009	1,090	1,360	> 1.2	28	1,031	1,348	> 1.2	29	2009	2009		2,008	28	4,559	19,077	890			
2010	1,135	1,306	> 1.2	21	1,180	1,178	○	8	2010	2010		2,815	16	5,077	26,630	3,810			
2011	1,483	1,000	○	1	1,390	1,000	○	1	2011	2011	○	4,686	3	6,857	55,570	15,154			
Number of years of 1.2 or less (including 2011)										7	14	7							

※ The maximum discharge of the year 2006 is an estimated value based on the rating curve of the year 2011 (The raw observed data provided by RID is 5,450m³/s.)

(3) 代表6洪水のピーク流量および洪水ボリューム

1961年から2011年までの51年間における、ナコンサワン地点のピーク流量、ダムによる洪水調節がない場合を想定したピーク流量と洪水ボリューム、そしてナコンサワン地点の流下能力以上の洪水ボリュームを図 10.4.5、図 10.4.6、図 10.4.7 および図 10.4.8 にそれぞれ示す。

図より下記の事が言える。

- 代表6洪水は、ナコンサワンのピーク流量が大きい年を含む。この傾向はダムによる洪水調節がない場合においても同じである。
- 同様に、洪水ボリュームや河道の流下能力を上回る氾濫ボリュームについても、代表6洪水は大規模な洪水として含まれる。

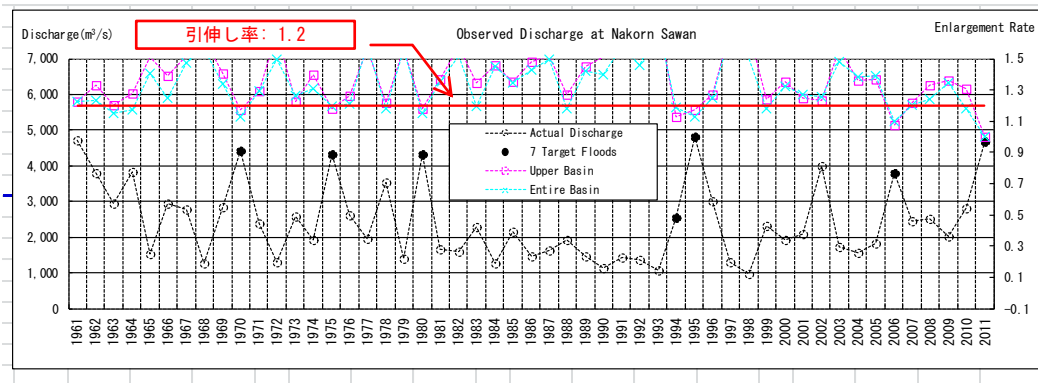


図 10.4.5 ナコンサワン地点の観測ピーク流量

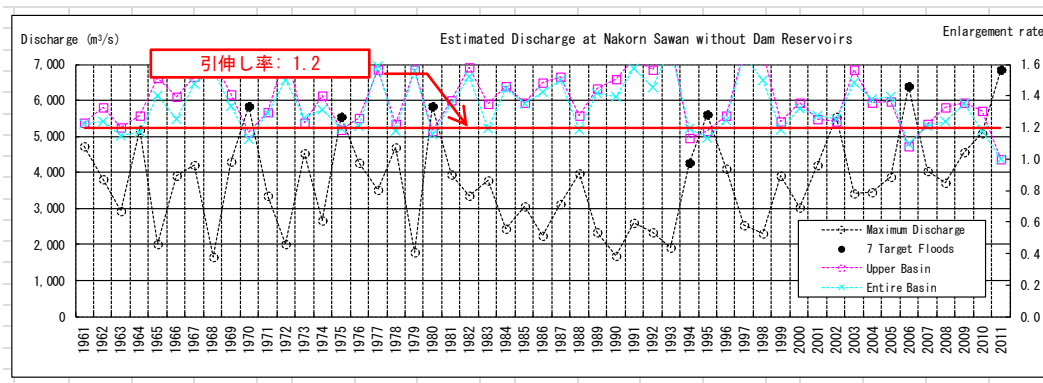


図 10.4.6 ナコンサワン地点の推定ピーク流量（ダムによる洪水調節無し）

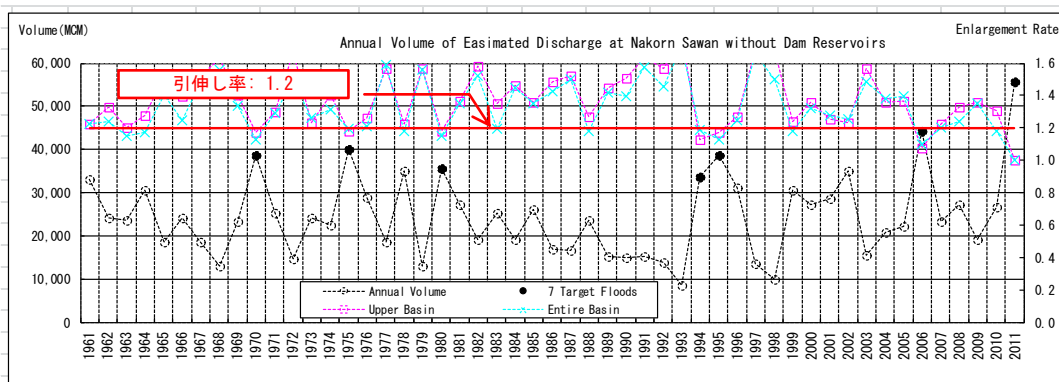
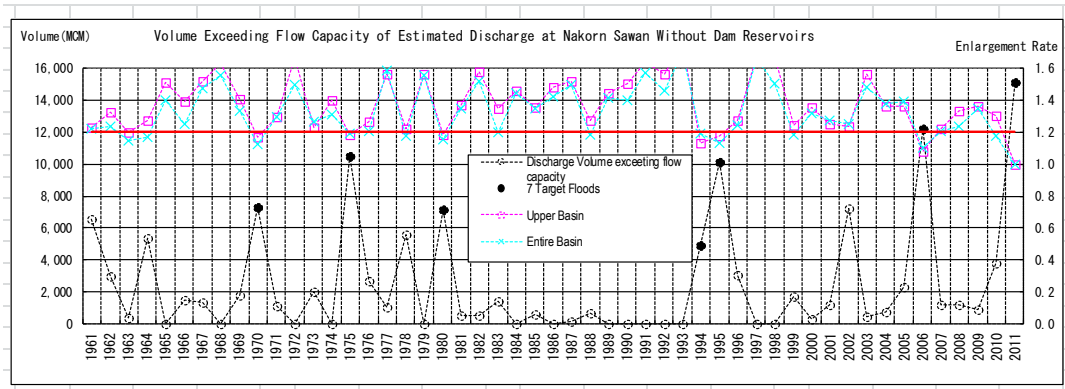


図 10.4.7 ナコンサワン地点における推定年間ボリューム（ダムによる洪水調節無し）



備考:ナコンサワン付近の流下能力は 2,500m³/s に設定

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)

(4) 代表 6 洪水の確率降雨評価 (降雨継続期間 6 ヶ月)

表 10.4.2 に代表 6 洪水の確率降雨規模を示す。概要は以下の通りである。

- ・ 確率評価の結果、2011 年洪水の降雨規模 (1,390 mm/6 ヶ月、全流域) は確率 1/90 から 1/200 に相当する。
- ・ 2011 年洪水を除いた次の最大降雨は 1,266 mm (2006 年) であり、確率 1/20 に相当する。代表 6 洪水のうち最小の降雨は 1,166 mm (1975 年) であり、その規模は確率 1/6 に相当する。

表 10.4.2 代表 6 洪水の確率評価 (6 ヶ月雨量)

洪水	ナコンサワン地点上流域				全流域					
	6 ヶ月雨量 (mm)	各種の確率密度関数による確率評価結果		採用した確率密度関数		6 ヶ月雨量 (mm)	各種の確率密度関数による確率評価結果		採用した確率密度関数	
		SLSC<=0.04		確率	手法		SLSC<=0.04		確率	手法
2011	1,483	1/53	~ 1/173	1/141	LN2PM	1,390	1/90	~ 1/207	1/101	LN2PM
1970	1,266	1/9	~ 1/9	1/9		1,232	1/11	~ 1/12	1/11	
1975	1,254	1/9	~ 1/9	1/9		1,166	1/5	~ 1/6	1/6	
1980	1,255	1/8	~ 1/8	1/8		1,207	1/8	~ 1/8	1/8	
1994	1,313	1/15	~ 1/19	1/19		1,168	1/7	~ 1/7	1/7	
1995	1,262	1/8	~ 1/9	1/9		1,230	1/10	~ 1/11	1/11	
2006	1,375	1/21	~ 1/34	1/32	1,266	1/15	~ 1/19	1/16		

- ※ 確率規模は内挿により算定。一般的な確率計算ソフトでは、1/10、1/20、1/50 といった代表的な確率規模の数値が算定される。
- ※ ナコンサワン地点上流域の確率密度関数については、SLSC (標準最小二乗規準) が最小 (0.028) となる 5 手法を選定した。この中から Jack-knife 推定誤差の最も小さい確率密度関数である LN2PM を採用した。
- ※ 全流域については、SLSC が最も小さい確率密度関数はピアソンⅢ型であるが、2011 年洪水のような大規模な洪水のプロットに対する適合度が低い。このため、大規模洪水の適合性の高い LN2PM を採用した。なお、SLSC は 0.04 以下であれば適合度が良いと判断されるが、LN2PM の SLSC は 0.031 である。

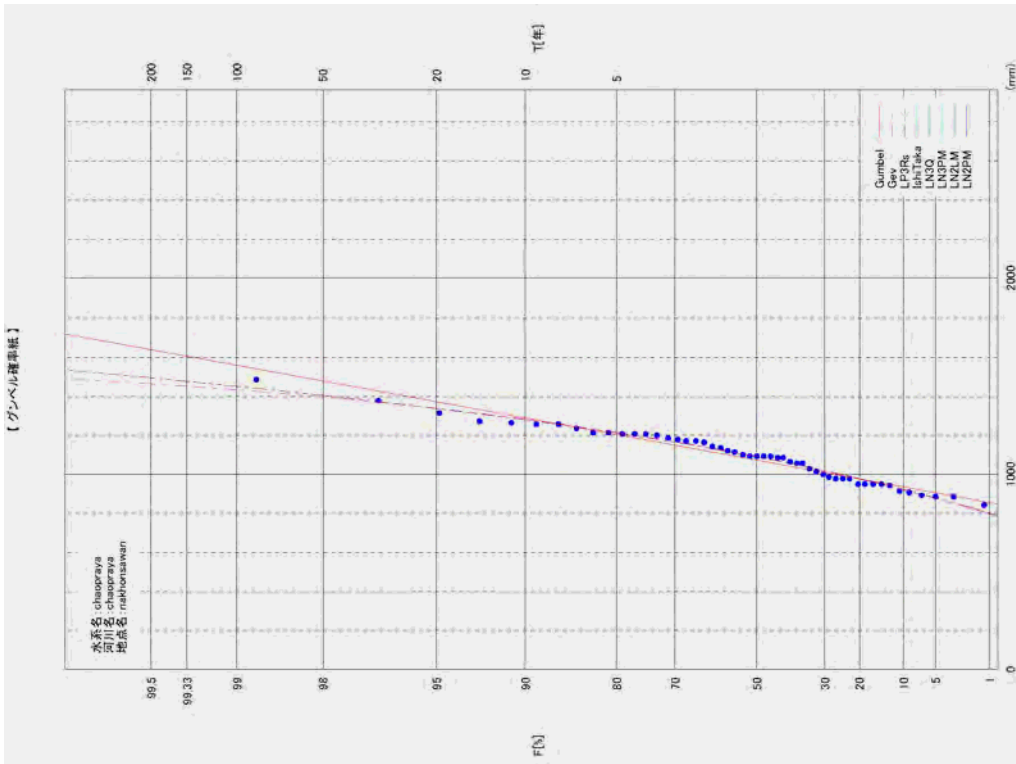


図 10.4.9 降雨確率分布図 (グンベル確率紙)
 <ナコンサワン上流域 降雨継続期間 6 ヶ月 (183 日) >

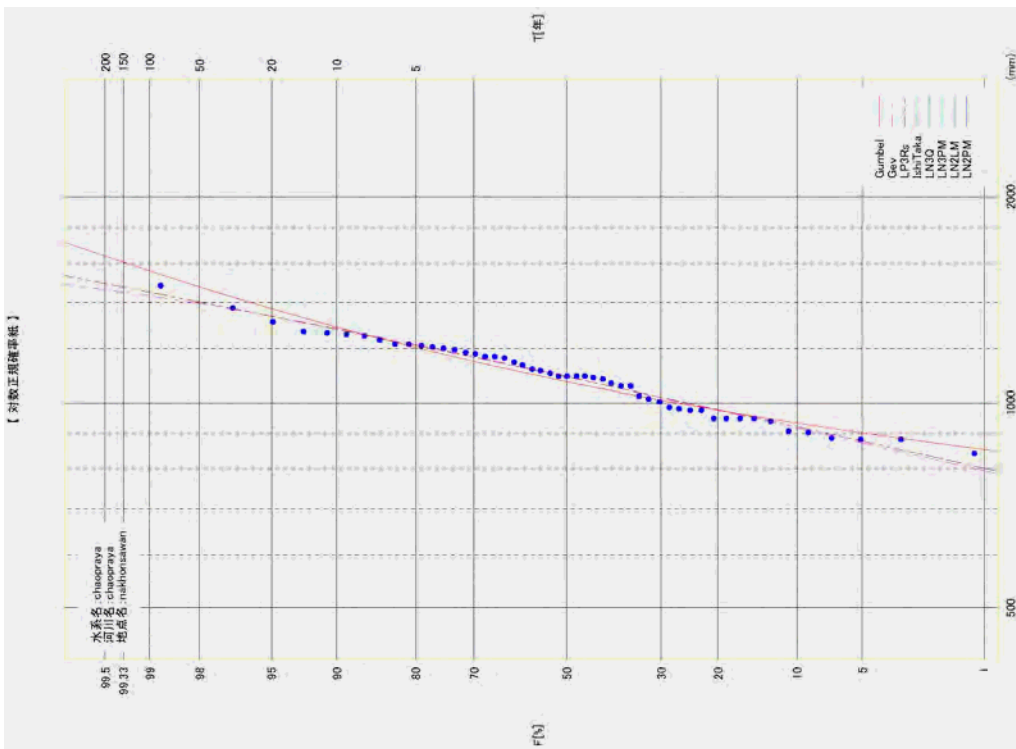


図 10.4.10 降雨確率分布図 (対数正規確率紙)
 <ナコンサワン上流域 降雨継続期間 6 ヶ月 (183 日) >

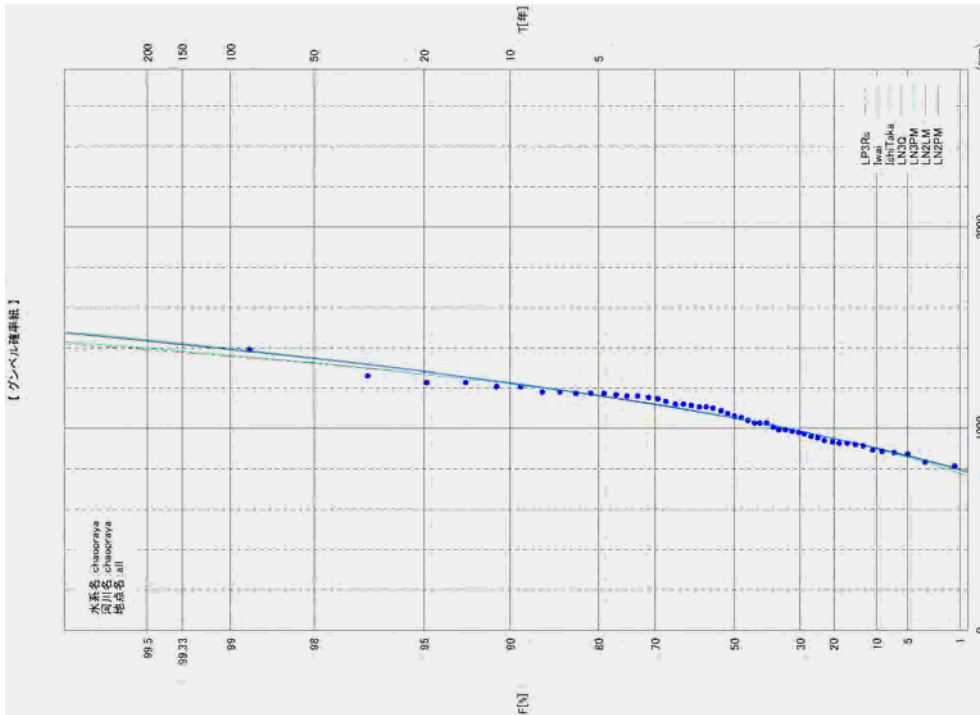


図 10.4.11 降雨確率分布図 (グンベル確率紙)
＜全流域 降雨継続期間 6 ヶ月 (183 日) ＞

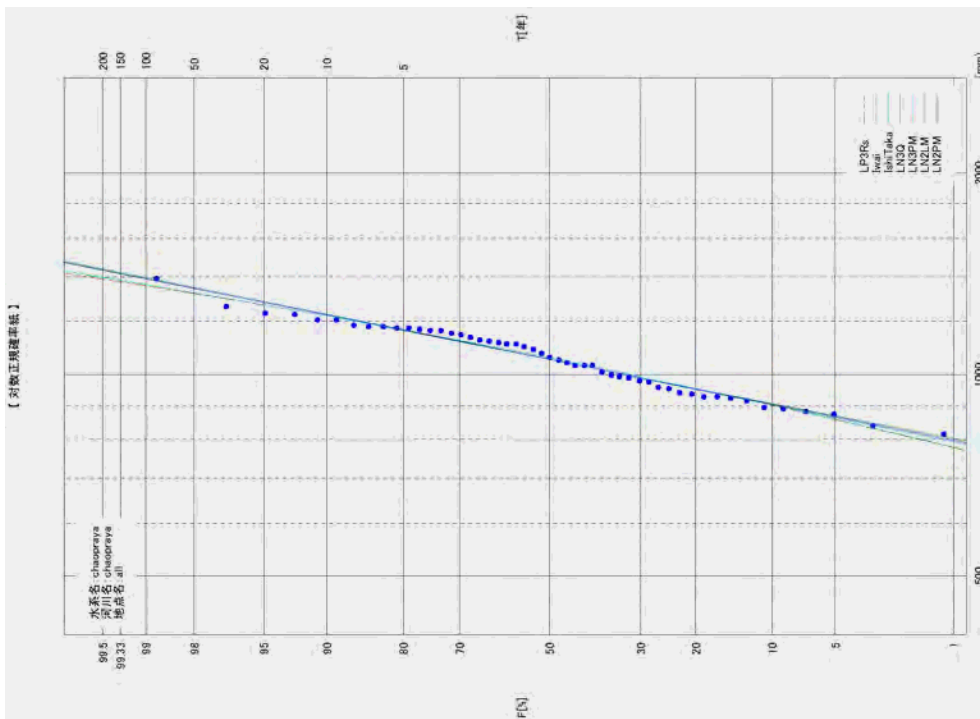


図 10.4.12 降雨確率分布図 (対数正規確率紙)
＜全流域 降雨継続期間 6 ヶ月 (183 日) ＞

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)

	annual rainfall series (sumple size N=51)												
	exponential distribution	Gumbel Distribution	square-root exponential type maximum distribution	extreme value distribution	Peason type III distribution (real-space)	Peason type III distribution	log-normal distribution				two-parameter log-normal distribution		
							Iwai	ishihara-takase	quantile	product moment	L-moments	product moment	
Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM		
X-COR(99%)	0.936	0.981	0.974	0.991	0.992	—	—	0.992	0.991	0.992	0.992	0.992	
P-COR(99%)	0.920	0.986	0.986	0.995	0.994	—	—	0.994	0.992	0.994	0.994	0.994	
SLSC(99%)	0.072	0.039	0.048	0.040	0.028	—	—	0.028	0.029	0.028	0.028	0.028	
log likelihood	-309.500	-324.300	-324.700	-323.200	—	—	—	-323.100	-323.100	-323.100	-323.100	-323.100	
pAIC	622.900	652.700	653.500	652.400	0.000	—	—	652.200	652.200	652.200	650.200	650.200	
X-COR(50%)	0.983	0.986	0.986	0.976	0.981	—	—	0.982	0.984	0.982	0.982	0.982	
P-COR(50%)	0.980	0.982	0.982	0.988	0.987	—	—	0.986	0.985	0.986	0.986	0.986	
SLSC(50%)	0.098	0.066	0.089	0.077	0.048	—	—	0.048	0.053	0.048	0.048	0.048	
return period (year)	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	
2	1,046	1,071	1,069	1,090	1,089	—	—	1,087	1,082	1,087	1,087	1,087	
3	1,111	1,133	1,137	1,153	1,150	—	—	1,148	1,143	1,148	1,149	1,148	
5	1,192	1,201	1,214	1,215	1,210	—	—	1,209	1,207	1,209	1,211	1,209	
10	1,302	1,287	1,315	1,282	1,277	—	—	1,278	1,281	1,277	1,282	1,278	
20	1,412	1,369	1,415	1,336	1,335	—	—	1,337	1,347	1,337	1,344	1,339	
30	1,477	1,417	1,474	1,363	1,366	—	—	1,369	1,384	1,368	1,377	1,371	
50	1,558	1,476	1,550	1,394	1,402	—	—	1,407	1,428	1,406	1,416	1,410	
80	1,633	1,531	1,620	1,420	1,434	—	—	1,440	1,467	1,439	1,451	1,444	
100	1,668	1,556	1,654	1,431	1,448	—	—	1,455	1,485	1,454	1,467	1,459	
120	1,697	1,577	1,682	1,439	1,460	—	—	1,467	1,500	1,467	1,480	1,472	
140	1,721	1,595	1,706	1,446	1,470	—	—	1,477	1,512	1,477	1,491	1,482	
150	1,732	1,603	1,717	1,449	1,474	—	—	1,482	1,518	1,481	1,495	1,487	
160	1,743	1,610	1,727	1,452	1,478	—	—	1,486	1,523	1,485	1,500	1,491	
180	1,761	1,624	1,745	1,457	1,485	—	—	1,494	1,532	1,493	1,508	1,499	
200	1,778	1,636	1,762	1,462	1,492	—	—	1,501	1,540	1,500	1,515	1,506	
300	1,843	1,683	1,826	1,477	1,516	—	—	1,526	1,572	1,525	1,542	1,533	
400	1,888	1,716	1,873	1,488	1,533	—	—	1,544	1,594	1,543	1,561	1,551	
600	1,953	1,762	1,939	1,501	1,556	—	—	1,569	1,625	1,568	1,587	1,577	
2011Flood	1,483	—	1/53	—	—	1/173	—	—	1/153	1/98	1/154	1/126	1/141
1970Flood	1,266	—	1/9	—	—	1/9	—	—	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9
1975Flood	1,254	—	1/9	—	—	1/9	—	—	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9
1980Flood	1,255	—	1/8	—	—	1/8	—	—	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8
1994Flood	1,313	—	1/15	—	—	1/19	—	—	1/19	1/16	1/19	1/16	1/19
1995Flood	1,262	—	1/8	—	—	1/9	—	—	1/9	1/8	1/9	1/8	1/9
2006Flood	1,375	—	1/21	—	—	1/34	—	—	1/33	1/27	1/33	1/30	1/32
flood scale occurred in 2011 less than 0.04(SLSC)													

Jackknife	return period (year)	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM
estimate standard errors	2	19	19	20	24	22	—	—	22	18	22	19	19
	3	20	21	23	24	22	—	—	22	19	22	21	21
	5	23	24	27	25	24	—	—	25	24	25	24	24
	10	30	29	35	30	31	—	—	31	36	31	29	29
	20	39	35	43	41	42	—	—	42	52	41	34	34
	30	44	39	48	49	49	—	—	49	63	48	37	37
	50	51	44	55	59	59	—	—	58	78	58	41	41
	80	58	49	61	70	69	—	—	68	92	67	44	44
	100	61	51	64	75	74	—	—	72	99	72	46	46
	120	63	53	67	79	78	—	—	76	105	75	47	47
	140	66	54	69	83	81	—	—	79	110	79	48	48
	150	67	55	70	84	83	—	—	81	112	80	49	49
	160	67	56	71	86	84	—	—	82	114	81	49	49
	180	69	57	73	88	87	—	—	85	118	84	50	50
	200	71	58	75	91	90	—	—	87	122	86	51	51
	300	76	62	81	100	99	—	—	96	136	95	54	53
	400	81	65	86	106	106	—	—	103	146	101	56	56
600	87	69	92	115	116	—	—	112	161	110	59	58	

※ ナコンサワン地点上流域の確率密度関数については、SLSC (標準最小二乗規準) が最小 (0.028) となる 5 手法を選定した。この中から Jack-knife 推定誤差の最も小さい確率密度関数である LN2PM を採用した。

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)

	annual rainfall series (sample size N=51)											
	exponential distribution	Gumbel Distribution	square-root exponential type maximum distribution	extreme value distribution	Peason type III distribution (real-space)	Peason type III distribution	log-normal distribution				two-parameter log-normal distribution	
							Iwai	ishihara-takase	quantile	product moment	L-moments	product moment
Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	
X-COR (99%)	0.913	0.968	0.959	0.989	0.990	—	0.989	0.989	0.987	0.989	0.988	0.988
P-COR (99%)	0.903	0.985	0.986	0.994	0.993	—	0.992	0.992	0.991	0.992	0.992	0.991
SLSC (99%)	0.084	0.050	0.058	0.060	0.030	—	0.031	0.031	0.032	0.031	0.031	0.031
log likelihood	-304.500	-320.600	-320.800	-318.400	-318.100	—	-318.200	-318.200	-318.300	-318.200	-318.300	-318.300
pAIC	613.000	645.100	645.600	642.800	642.300	—	642.400	642.400	642.700	642.400	640.700	640.600
X-COR (50%)	0.971	0.974	0.975	0.960	0.968	—	0.969	0.969	0.972	0.969	0.971	0.971
P-COR (50%)	0.971	0.973	0.974	0.983	0.981	—	0.981	0.981	0.978	0.981	0.979	0.979
SLSC (50%)	0.122	0.095	0.116	0.119	0.070	—	0.070	0.070	0.078	0.070	0.076	0.076
return period (year)	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM
2	1,017	1,039	1,038	1,061	1,060	—	1,059	1,058	1,053	1,059	1,054	1,054
3	1,075	1,095	1,101	1,118	1,114	—	1,113	1,113	1,108	1,113	1,110	1,109
5	1,149	1,157	1,174	1,172	1,167	—	1,166	1,166	1,163	1,166	1,167	1,165
10	1,249	1,235	1,268	1,227	1,223	—	1,223	1,223	1,226	1,223	1,231	1,227
20	1,348	1,310	1,361	1,270	1,270	—	1,271	1,271	1,281	1,271	1,286	1,282
30	1,407	1,353	1,416	1,291	1,294	—	1,296	1,297	1,311	1,297	1,316	1,311
50	1,480	1,406	1,486	1,313	1,322	—	1,326	1,327	1,346	1,326	1,352	1,346
80	1,548	1,456	1,552	1,331	1,346	—	1,351	1,352	1,377	1,352	1,383	1,376
100	1,580	1,479	1,584	1,339	1,357	—	1,362	1,364	1,392	1,364	1,397	1,390
120	1,607	1,498	1,610	1,345	1,366	—	1,372	1,373	1,403	1,373	1,409	1,401
140	1,629	1,514	1,632	1,350	1,373	—	1,379	1,381	1,413	1,381	1,418	1,411
150	1,639	1,521	1,642	1,352	1,376	—	1,383	1,384	1,417	1,384	1,423	1,415
160	1,648	1,528	1,651	1,354	1,379	—	1,386	1,387	1,421	1,387	1,427	1,419
180	1,665	1,540	1,669	1,357	1,384	—	1,392	1,393	1,428	1,393	1,434	1,426
200	1,680	1,551	1,684	1,360	1,389	—	1,397	1,398	1,435	1,398	1,440	1,432
300	1,739	1,594	1,744	1,370	1,406	—	1,415	1,417	1,459	1,417	1,464	1,455
400	1,780	1,623	1,787	1,377	1,418	—	1,428	1,431	1,476	1,430	1,481	1,472
600	1,838	1,666	1,848	1,385	1,434	—	1,446	1,449	1,499	1,448	1,504	1,494
2011Flood	1,390	—	—	—	1/207	—	1/176	1/170	1/98	1/171	1/90	1/101
1970Flood	1,232	—	—	—	1/12	—	1/12	1/12	1/11	1/12	1/11	1/11
1975Flood	1,166	—	—	—	1/5	—	1/6	1/6	1/6	1/6	1/5	1/6
1980Flood	1,207	—	—	—	1/8	—	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8
1994Flood	1,168	—	—	—	1/7	—	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7
1995Flood	1,230	—	—	—	1/11	—	1/11	1/11	1/11	1/11	1/10	1/11
2006Flood	1,266	—	—	—	1/19	—	1/19	1/18	1/16	1/18	1/15	1/16
flood scale occurred in 2011 less than 0.04(SLSC)												

Jackknife estimate standard errors	return	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	iwai**	ishitaka**	LN3Q**	LN3PM	LN2LM	LN2PM
2	18	18	18	18	23	20	—	—	—	—	22	18	18
3	18	18	18	21	22	20	—	—	—	—	22	18	19
5	19	20	25	21	21	21	—	—	—	—	22	20	21
10	24	23	32	24	25	25	—	—	—	—	22	24	24
20	31	28	40	31	33	33	—	—	—	—	22	27	28
30	35	31	45	37	39	39	—	—	—	—	23	30	30
50	40	35	51	45	47	47	—	—	—	—	24	33	33
80	46	39	58	53	54	54	—	—	—	—	26	35	36
100	48	40	61	57	58	58	—	—	—	—	27	37	37
120	50	42	63	60	61	61	—	—	—	—	28	38	38
140	52	43	65	62	64	64	—	—	—	—	29	39	39
150	53	44	66	63	65	65	—	—	—	—	30	39	40
160	54	44	67	64	66	66	—	—	—	—	30	39	40
180	55	45	69	66	68	68	—	—	—	—	31	40	41
200	56	46	71	68	70	70	—	—	—	—	32	41	41
300	61	49	77	74	77	77	—	—	—	—	34	43	44
400	64	52	81	79	83	83	—	—	—	—	37	45	45
600	69	55	88	84	90	90	—	—	—	—	40	47	47

※Jack-knife 推定誤差で計算エラーが発生したため、数値はない。

(5) 参考：2002年洪水について

2002年洪水のピーク流量および洪水ボリュームは比較的が大きいが、代表洪水には選定していない。これは、ナコンサワン上流域の6ヶ月降雨は1,201mmであり、51年間のうち13番目の洪水であることと、引伸し率が1.2以上であることが理由である。

図10.4.13に降雨継続期間別（2週間、1ヶ月、2ヶ月および1年）の実績雨量を整理した。

- ・ 2002年の6ヶ月降雨は51年間で13番目の大きさであり、特別に大きな降雨ではない。
- ・ しかしながら短期の降雨継続期間（2週間および1ヶ月、2ヶ月）の降雨は、51年間で最も大きい。
- ・ 2002年洪水のピーク流量および洪水ボリュームは、短期間の降雨によってもたらされたものと推察する。

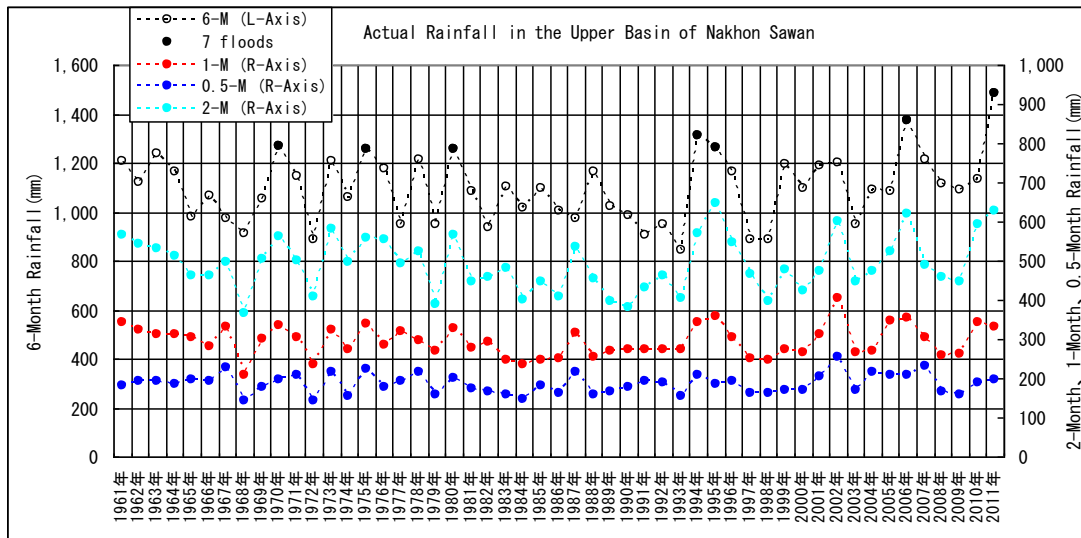


図 10.4.13 ナコンサワン上流域の短期降雨量

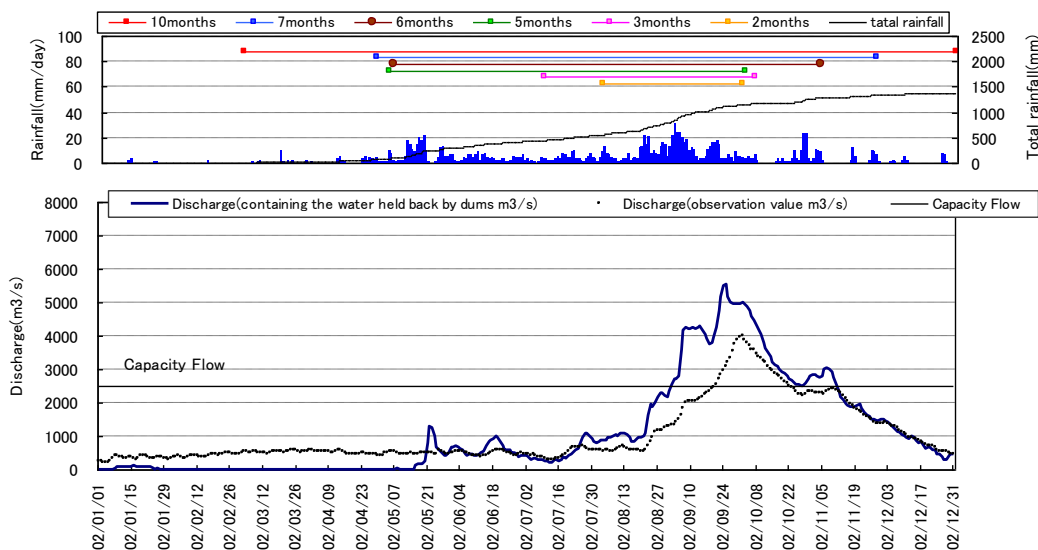


図 10.4.14 ナコンサワン地点のハイドログラフ
(2002年、ダムによる洪水調節無し)

10.4.2 計算ケース

代表6洪水に対する計算ケースおよび計算条件を下表に示す。

表 10.4.5 計算ケース一覧

Study Case	Protection dike around the economic zone	Dike elevating on Chao Phraya River and Pasak River by BMA and DOH	Improved existing dam operation	Construction of dam(new)	Improvement of the relation areas (money checks)	Dike elevating to DHWH + freeboard of 0.5m (all invert canal)	Construction of floodways(east and/or west) + riprap of upstream 50km from downstream	Dike elevating along primary dike up to DHWH + riprap of river canal	Ayuthaya Bypass (1,400m ³ /s)	Construction of central footway (capacity 500m ³ /s) Location: 18km upstream from upstream	Shortcut of The Chin River	Widening of The Chin River	Flood protection wall of The Chin River	Remarks
case0														As of 4, June 2013
case0-0														Reproduction calculation, 2011yr flood, with rainfall Considering dike breaks Without dike breaks
case0-1	●	●												
case1	●	●	●	●	●	●	● (1,000m ³ /s)							
case1-1	●	●	●	●	●	●	● (1,000m ³ /s)		● (500m ³ /s)					
case2	●	●	●	●	●	●	● (1,000m ³ /s)		● (500m ³ /s)					
case2-1	●	●	●	●	●	●	● (1,000m ³ /s)		● (500m ³ /s)					
case5	●	●				●	● (1,000m ³ /s)							
case7	●	●	●			●	● (1,000m ³ /s)							
case8	●	●	●	●	●	●								
case8-1	●	●	●	●	●	●								
case9-1	●	●	●	●										
case9-2	●	●	●	●	●									
case9-3	●	●	●	●	●									
case9-4	●	●	●	●					● (500m ³ /s)					
case9-5	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)							
case9-6	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)							
case9-6-1	●	●	●	●			● (3,000m ³ /s)							Additional 22 Jan 2013
case9-7	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)							
case10-0	●	●	●	●			● (500m ³ /s)							
case10-1	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)							
case10-2-4sc-ng	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)			● (4 shortcut /no gap) ^(*)				
case10-2-2sc-ng	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)			● (2 shortcut /no gap) ^(*)				
case10-2-4sc-wg	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)			● (4 shortcut /no gap) ^(*)				
case10-3-4sc-ng	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)			● (4 shortcut /no gap) ^(*)				
case10-4-4sc-ng	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)			● (4 shortcut /no gap) ^(*)			● Left Embankment	
case10-6	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)			● (4 shortcut /no gap) ^(*)			● Right and Left Embankment	
case10-7-4sc-ng	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)			● (4 shortcut /no gap) ^(*)			● Right and Left Embankment	
case11-0	●	●	●	●			● (500m ³ /s)			● (4 shortcut /no gap) ^(*)			● Left Embankment	
case11-1	●	●	●	●			● (1,000m ³ /s)			● (4 shortcut /no gap) ^(*)			● Left Embankment	

*1) 4 shortcut No.1(75.9-97.1k), No.2(60.7-70.8k), No.3(29.3-48.2k), No.4(21.4-27.3k)

*2) 2 shortcut No.1(75.9-97.1k), No.2(60.7-70.8k)

表 10.4.6 代表6洪水の計算条件

計 算	解析項目	2011年洪水対策に使用した計算条件		(引伸し後) 代表6洪水の計算条件 (1970,1975,1980,1994,1995,2006)
流出計算	蒸発散	2011年の観測パン蒸発量 (TMD) の80%を実蒸発量として採用		1980年から2011年までの観測パン蒸発量 (TMD) の80%を実蒸発量として採用
	降 雨	2011年観測値		6ヶ月降雨を下記の引伸し率で拡大 1970yr : 1.128 1975yr : 1.192 1980yr : 1.152 1994yr : 1.190 1995yr : 1.130 2006yr : 1.098
	初期条件	流出モデルのパラメータ (流出タンクの湿潤状況) は、過去30年間 (1980年~2011年) の長期流出計算の結果を用いる。計算期間は1/1から12/31とし、2011年1月1日時点の湿潤状態を初期値として与える。		30年間の長期流出計算結果から、1月1日の流出タンクの湿潤状態の平均値を初期値として与える。
氾濫解析	上流端境界条件	WANG	W.10A地点の観測流量	流域 No.5 および6の計算ハイドロ
		PING	ブミポンダムの実績放流量を与える。2011年洪水については実績の放流量。それ以外については、新たに提案したダム運用ルールに基づき放流量を設定。ダムへの流入量は流域 No.1~3の流出計算結果を用いる。	
		YOM	Y.20地点の観測流量	流域 No.8の計算ハイドロ
		NAN	シリキットダムの放流量を与える。2011年洪水については実績の放流量。それ以外については、新たに提案したダム運用ルールに基づき放流量を設定。ダムへの流入量は流域 No.4の出計算結果を用いる。	
		TAB SALAO	Tab Salao ダムの実績放流量	流域 No.22の計算ハイドロ
		KRA SIEW	Kra Siew Dam ダムの実績放流量	流域 No.26の計算ハイドロ
		MAE WANG	Ct.5A地点の観測流量	流域 No.21の計算ハイドロ
		KWAE NOI	クワエノイダムの放流量を与える。2011年洪水については実績の放流量、それ以外については新たに提案したダム運用ルールに基づき放流量を設定。ダムへの流入量は流域 No.13の出計算結果を用いる。	
		PASAK	パサクダムの放流量を与える。2011年洪水については実績の放流量、それ以外については新たに提案したダム運用ルールに基づき放流量を設定。ダムへの流入量は流域 No.24の出計算結果を用いる。	
	下流端境界条件 (河口)	2011年の検潮所の観測水位を用いる。 ・チャオプラヤ川: Pomprachul 検潮所の観測潮位。なお、検潮所が沈下しているため標高を再測量し、観測値から-16cm 補正した値を採用した。 ・タチン川: Samut Sakon 検潮所の観測潮位。なお、検潮所が沈下しているため標高を再測量し、観測値から-34cm 補正した値を採用した。		
蒸発散量および地下浸透量	氾濫原からの蒸発量はパン蒸発量 (TMDの観測データ) を与える。浸透量については試算の結果 10mm/日とした。			

10.4.3 検討結果

M/P 調査提案の洪水対策案の効果を検証する。評価項目は、流量、河川水位、浸水エリア、浸水深、氾濫ボリュームである。

他の主要洪水の降雨パターン (1970年、1975年、1980年、1994年、1995年及び2006年) を下記に整理する。

表 10.4.7 評価対象の他の降雨パターン

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

* 2006年のピーク流量は5,450 m³/sと記録されているが、この年の最高水位は、2011年の最高水位よりもはるかに低い。2011年のH-Qカーブを用いると、2006年のピーク流量は、3,800 m³/sと推定される。

提案する組合せ1及び2の他の降雨パターンに対する効果について、表10.4.8は、他の年の実際の降雨に対する計算結果である。表10.4.9は計画外力(2011年6ヶ月降雨量)と同じ量に引き伸ばした雨量に対する計算結果である。

以上の代表6洪水(降雨引伸し後 確率降雨1/100)の解析の結果、本調査で提案する『組合せ1 (Case11-0)』、『組合せ2 (Case11-1)』は他の洪水パターンに対し、計算水位が全てDHWL以下に収まる事が確認され、バンコク首都圏を含む経済重要地域が洪水から防御されることを確認した。

なお、水位/流量縦断図等、解析の詳細な結果は、サポーティングレポートのセクターEに整理した。

表 10.4.8 他の実際の降雨に対して事業効果の検証結果

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

表 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

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

10.5 対策組合せの提案

効果的な対策案の組合せを選定し、SCWRMのM/Pの組合せと比較した。チャオプラヤ川流域の洪水からバンコク及び周辺都市の経済センターを守るためには、洪水水位を下げる対策が必要である。

- 1) ブミボンダム及びシリキットダムの効果的運用により、ナコンサワンにおける洪水ピーク流量を400 m³/s低減可能である。
- 2) 流下能力の小さいアユタヤとバンサイ間（パサック川の合流点を含む）の洪水リスクを削減するために、新バイパス水路が提案された。この区間は、歴史的構造物が河川沿いに存在しており、堤防嵩上げや河道拡幅のような河道改修が極めてむずかしい。
- 3) パサック川合流後のチャオプラヤ川の洪水水位を下げるため、外郭環状道路放水路が提案された。
- 4) 優先防御地区を守るために、チャオプラヤ川下流の堤防嵩上げが提案された。
- 5) タチン川の流下能力を向上させ、優先防御地区を守るために実施されている堤防嵩上げの負の影響を取り除くために、タチン川下流の堤防嵩上げ及び4箇所の捷水路建設が提案された。

提案された構造物対策及び非構造物対策組合せを下記に示す。

提案の組合せ 1

- 1) 既存ダムの効果的運用
- 2) 外郭環状道路放水路（流量 500 m³/s）
- 3) 河川改修
- 4) アユタヤバイパス水路（流量 1,400 m³/s）

提案の組合せ 2

- 1) 既存ダムの効果的運用
- 2) 外郭環状道路放水路（流量 1,000 m³/s）
- 3) 河川改修
- 4) アユタヤバイパス水路（流量 1,400 m³/s）

各組合せについてSCWRMのM/P提案の組合せと効果について比較する。SCWRMの組合せを以下に示す。

SCWRM M/Pの対策組合せ

- 1) 既存ダムの効果的運用
- 2) 新ダムの建設
- 3) 遊水地/調整池の改善
- 4) 東/西放水路（流量 1,500 m³/s）
- 5) 外郭環状道路放水路（流量 500 m³/s）
- 6) 河川改修

マスタープランでは提案の施設対策組合せと同時に、流域の持続的開発のために下記の対策を提案している。

- 上流域に於ける植林及び荒廃森林地域の回復
- 中央平原の土地利用規制及び補足的な構造物対策を含め中央平原の氾濫管理の推進

10.6 洪水解析（確率規模別）

異なる規模の降雨に対する洪水状況の違いを把握するために、追加検討を行う。ここでは5年確率、10年確率、30年確率、50年確率、100年確率規模の洪水を外力として解析を実施する。

表 10.6.2 および表 10.6.3 に、チャオプラヤ川の主要地点における確率規模ごとの流量の計算結果を示す。また流量および水位の縦断的な変化を図 10.6.1 から図 10.6.4 に示す。浸水図はサポーティングレポート（セクターD）に掲載する。

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

Return Period	Rainfall (mm/6month)	
	Upper Nakhon Sawan (C.2)	Whole Basin
	Area: 105,000km ²	Area: 163,000km ²
5	1,209	1,165
10	1,278	1,227
30	1,371	1,311
50	1,410	1,346
100	1,459	1,390

※降雨継続時間は6ヶ月（183日）としている。

※確率密度関数はLN2PNを採用している。

表 10.6.2 確率規模別の流量（1/2）

Return Period	Peak Discharge (m ³ /s)						Remarks
	Case 0-1: Existing Condition			Case 1-1: SCWRM M/P Full Menu			
	Nakhon Sawan	Ayutthaya	Bang Sai	Nakhon Sawan	Ayutthaya	Bang Sai	
M/P Study	4,800	1,100	4,300	4,200	1,000	3,500	
5	3,800	900	3,000	3,200	700	1,800	Different flood scale
10	4,000	900	3,400	3,500	750	2,100	
30	4,500	1,000	3,800	3,800	800	2,400	
50	4,700	1,050	4,100	4,000	900	3,000	
100	4,800	1,100	4,300	4,200	1,000	3,500	

表 10.6.3 確率規模別の流量（2/2）

Return Period	Peak Discharge (m ³ /s)						Remarks
	Case 11-0: Proposed Combination 1			Case 11-1: Proposed Combination 2			
	Nakhon Sawan	Ayutthaya	Bang Sai	Nakhon Sawan	Ayutthaya	Bang Sai	
M/P Study	4,400	300	3,800	4,400	300	3,500	Design flood
5	3,400	300	2,300	3,400	300	1,900	Different flood scale
10	3,600	300	2,900	3,600	300	2,300	
30	4,000	300	3,300	4,000	300	2,800	
50	4,200	300	3,600	4,200	300	3,200	
100	4,400	300	3,800	4,400	300	3,500	

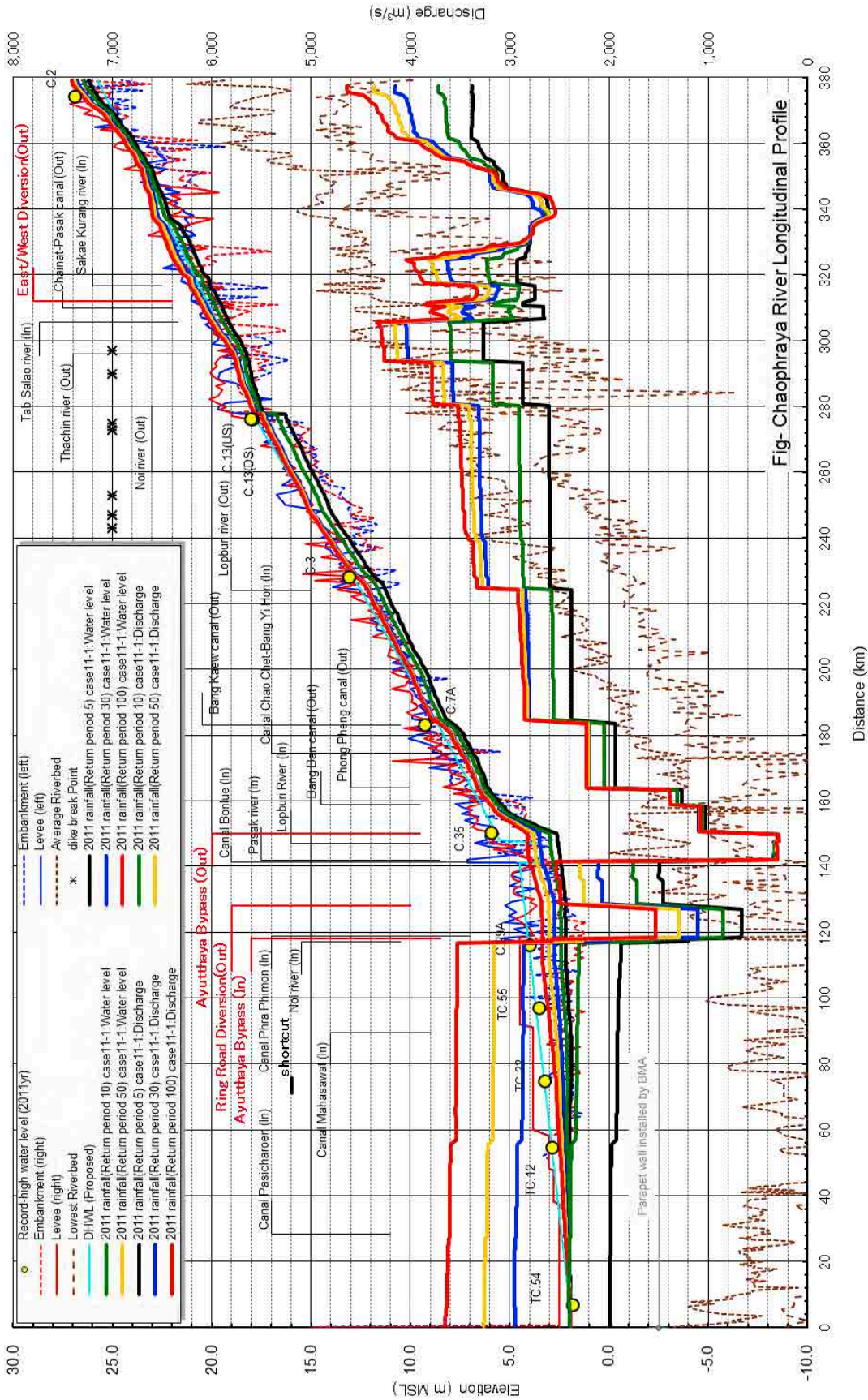


図 10.6.4 確率規模別の流量・水位縦断分布 (ケース 11-1)

10.7 気候変動と高潮に関する考察

10.7.1 気候変動による海面上昇

本調査では気候変動による流出量の変化に注目する。計画流量を気候変動の影響の推定値により変更するかどうかはタイ側の判断になる。

チャオプラヤ川流域の特徴を考慮すると、上流域（ナコンサワン上流）、中流域（アユタヤ上流ナコンサワンまで）及び下流域（河口からアユタヤまで）の地域別に対策を分ける必要がある。

上流域は、大きな洪水の発生頻度は増加するが、計画の構造物対策を変えるほどの影響は無い。一方、下流域は潮汐の影響があるので、降雨の増加に加え、海面上昇及び高潮により洪水氾濫リスクが高まる可能性がある。もし影響が非常に大きければ、DHWL を含め構造物対策は見直しが必要となる。

10.7.2 既往の気候変動調査

(1) タイにおける調査

タイにおいては気候変動に関する調査は以下の表 10.7.1 に示す 3 報告書がある。第 1 及び第 2 の報告書は内容に関しては同様である。World Bank¹及び START²の報告書の要約を表 10.7.2 及び表 10.7.3 に示す。

表 10.7.1 気候変動に関するタイの報告書

No.	Report	Outline
1	Climate Risks and Adaptation in Asian Coastal Megacities, A Synthesis Report	Being released in 2010, this report provided impact projection data to the 2009 WB study published in March 2009.
2	Climate Change Impact and Adaptation Study for Bangkok Metropolitan Region (FINAL REPORT)	This is the 2009 WB study by Panya Consultant.
3	Preparation of climate Change Scenarios for Climate Change Impact Assessment in Thailand, Southeast Asia START Regional Center, 2010 (START Study)	Projection of 4 variables, maximum and minimum temperature, annual precipitation and sea level rise

表 10.7.2 2050 年の気候変動予測 (WB)

IPCC Scenario	Temperature Increase (°C)	Mean Seasonal Precipitation Increase (%)	Sea Level Rise (m)	Storm Surge (m)
B1	1.2	2	0.19	0.61
A1FI	1.9	3	0.29	0.61

¹ Climate Change Impact and Adaptation Study for Bangkok Metropolitan Region, Panya Consultants Co., Ltd. March 2009

² Preparation of Climate Change Scenarios for Climate Change Impact Assessment in Thailand, Southeast Asia START Regional Center, January 2010

表 10.7.3 START の気候変動予測の要約

	Scenario	Prediction	Note
Maximum Temperature	SRES A1B (2045-2065)	Rise by 3-4 degrees	In the Chao Phraya River Basin, 3-month estimated temperature, esp. March to May was largely out of the median.
	SRES A2 (21 st Century)	Upward tendency	Current temperature (33-35 degrees) may rise up to 37-39 degrees in the end of 21 st Century.
	SRES B2 (21 st Century)	Upward tendency	Upward tendency in temperature, but without large changes.
Minimum Temperature	SRES A1B (2045-2065)	Rise by 4 degrees	In the Chao Phraya River Basin, 23.74 deg. of current temperature may rise up to 27.76 deg.
	SRES A2 (21 st Century)	Upward tendency	Current temperature (22-26 deg.) may rise up to 26-28 deg. in the end of 21 st Century.
	SRES B2 (21 st Century)	Upward tendency	Upward tendency in temperature, but without large changes.
Precipitation	SRES A1B (2045-2065)	Rise by 10 %	Upward tendency in the rainy season, namely 1,095 to 1,210mm/y.
	SRES A2 (21 st Century)	Upward tendency	A remarkable rise in precipitation to be observed in the Gulf of Thailand in later 21 st Century.
	SRES B2 (21 st Century)	Upward tendency	Upward tendency in precipitation, but without large changes.
Sea Level Rise	DIVA & POM (2010-2029)	Rise by 5-10 cm	The coastal area of the Gulf of Thailand including the estuary of Chao Phraya River may be affected most. Effects on the sea level rise vary by season because of affection of monsoon seasons.
	DIVA & POM (2030-2049)	Rise by 10-20 cm	

(2) 降雨の予測

洪水管理計画には気候変動により降水量がどう変化するかが非常に重要である。蒸発量の多いチャオプラヤ川流域は、蒸発量もまた非常に重要である。

WB 報告書によると、降水量は2~3%増加すると予測している。本調査では、6ヶ月間の累計降水量を計画降水量としているので、少なくとも月降水量の予測結果が得られることが望ましいが、現時点（2013年1月）では収集できていない。蒸発量についても同様である。

START 調査によると、降水量の将来の傾向を以下のように予測している。

- ・ 中央平原及びチャオプラヤ川流域：雨季はより高い蒸発量が予測される。将来、年蒸発量は現在よりおよそ10%、1,095 mm から 1,210 mm に上昇する
- ・ タイ湾沿岸地域：年間を通して明らかにより高い蒸発量が予測される。年総蒸発量は、およそ40%上昇し、1,857 mm から 2,603 mm に変化する。気候モデルの結果は、11月から2月の北東モンスーン・シーズンの降水量が明らかに上昇することを示している。

(3) 海面上昇の予測

最下流部の感潮部に首都バンコクがあるチャオプラヤ川流域においては、海面上昇は重要な課題である。

WB の報告書によると、2050年のタイ湾の海面上昇は19~29 cm と予測されている。全球レベルの海面上昇の予測は、IPPC 第4次評価報告書（2007年）の予測図（図 10.7.1）に示されている。適応シナリオはA1Bで、全球で21~48 cm の上昇の予測である。しかし、タイ湾についての情報は無い。気候変動に関する過去の調査によると、タイ湾の海面上昇は、全球の海面上昇の平均と大きな相違はない。

一般に、海面上昇は、海流が強いところで顕著になると言われている。強い海流が無いタイ

湾では、海面上昇は大きくない可能性がある。

東南アジア START 地域センターはタイ湾の海面上昇シナリオを作成している。タイ湾の中の海面の変動は、1985-2000 の平均海面と比較し、(2010-2029 及び 2030-2049) の 2 期について予測している。

- ・ 2010-2029 年：6.8～12.2 cm の範囲の上昇。最大の海面上昇は 6 月に、最低は 8 月に記録される。
- ・ 2030-2049 年：17.8 ～ 22.4 cm の範囲の上昇。最大の海面上昇は 8 月に、最低は 12 月に記録される。傾向は 2010-2029 年の予測と異なる。

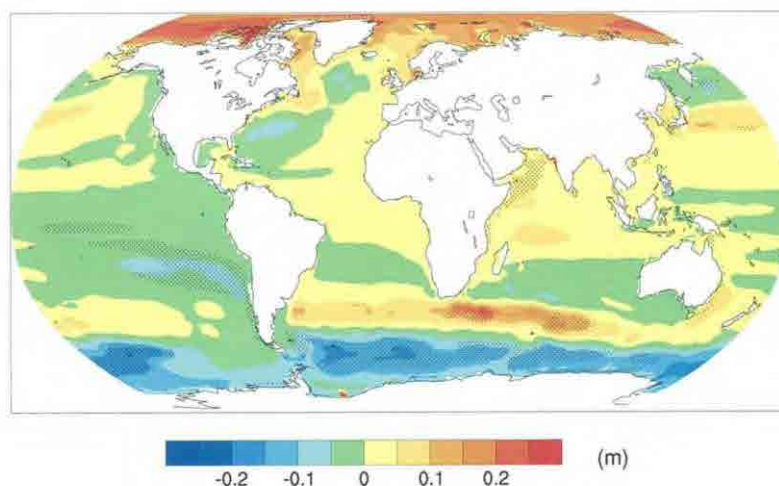


Figure 10.32. Local sea level change (m) due to ocean density and circulation change relative to the global average (i.e., positive values indicate greater local sea level change than global) during the 21st century, calculated as the difference between averages for 2080 to 2099 and 1980 to 1999, as an ensemble mean over 16 AOGCMs forced with the SRES A1B scenario. Stippling denotes regions where the magnitude of the multi-model ensemble mean divided by the multi-model standard deviation exceeds 1.0.

図 10.7.1 海面上昇の予測（全球モデル）

(4) 高潮の予測

高潮は 1 日間程度の短期的な現象であり、数ヶ月継続するチャオプラヤ川の洪水に対する影響は限定的である。

タイでは、高潮による海面上昇は、台風 Linda (1997 年) 襲来時の推定値である 61cm が採用されている。台風のルートや気圧が気候変動により変わる可能性があるのか有識者に意見を伺う必要がある。この調査では、高潮シミュレーションモデルを用いて、台風のルート変更に伴う高潮とその影響について予備解析を実施した。

台風やサイクロンについて、海洋研究開発機構、気象庁気象研究所に対して JICA が実施したヒアリング結果 (2012 年 11 月) の要約を以下に示す。

- ・ 様々なモデルのアンサンブル平均の結果、全球的な傾向として、台風やサイクロンの数は減少するが、その強さは増加する。
- ・ 多くのモデルで同一の傾向を示しているが、数値のばらつきが大きい。
- ・ 東太平洋または西太平洋など特定の地域についても、シミュレーションモデル間の違いは大きい。
- ・ 更にタイ湾のように小規模な特定地域に焦点を当てると、不確実性は更に大きい。
- ・ 確実な施策を決定するには情報は少なすぎる。
- ・ 台風及びサイクロンの発生数は北太平洋では 20~30%、全球レベルでは 15~20%減少する。

上記の通り地域的には、まだ不確実性は高いが、少なくとも以下のことは言える。

- ・ 台風の数は、変化がないか若干（25年間に1~2個）減少する。
- ・ 台風の強度は、ほとんど変化しない。

10.7.3 気候変動による降雨への影響の予測

本調査では、計画降雨継続期間は6ヶ月に設定している。このため、月別の降雨量及び蒸発量の予測が必要になる。月別蒸発量は気温データから推定可能かも知れない。月別データは渇水への影響の検討を可能にする。以下に影響予測の条件及びデータの整理方法を示す。

(1) 温室効果ガス放出シナリオ

排出シナリオは、A1（高経済成長シナリオ：A1FI、A1T、A1B）、A2（多元化社会シナリオ）、B1（持続的発展型社会シナリオ）、B2（地域共存型社会シナリオ）がある。一般に平均的シナリオであるA1Bが採用される。最も保守的なシナリオ（A1F1）と最も楽観的なシナリオ（B1）の両方を採用する事例もある。

(2) 気候変動モデル

GCMモデル(Global Climate Model)及びAGCM(Atmospheric General Circulation Models by MRI, JMA)が利用可能である。計算グリッドサイズは、GCMは100 km²、AGCMは20 km²である。

(3) 予測データの整理方法

予測データの整理方法は以下の通り提案される。

- ・ 変化量の整理方法：変化量は統計処理により評価する。例えば、GCMについては20C3M（1981~2000年の再現）、中期予測値（2046~2065年の20年間）、及び長期予測値（2081~2100年の20年間）の予測値が入手可能である。これらを標本とし統計処理を行い、有意の変化を求める。
- ・ 季節的特性：季節的特性を検討するために、（例えば4月~6月の降雨量、7月~9月の降雨量等）、予測値を3ヶ月毎に整理する。
- ・ 地域特性：チャオプラヤ川流域は極めて広大なので、地域的特性を検討する。例えば2区分（ナコンサワンの上流と下流）又は5区分（ピン川、ワン川、ヨム川、ナン川流域とナコンサワンの下流）。

10.7.4 気候変動による海面上昇に関する検討

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

また、これまでの気候変動の調査によると、タイ湾の海面上昇は全球の海面上昇の平均と大きな相違はない。図10.7.2はチャオプラヤ川下流の海面上昇30cmの場合の流下能力を示している。流下能力は海面上昇の影響を受けることから、次の段階の更なる考察が奨励される。

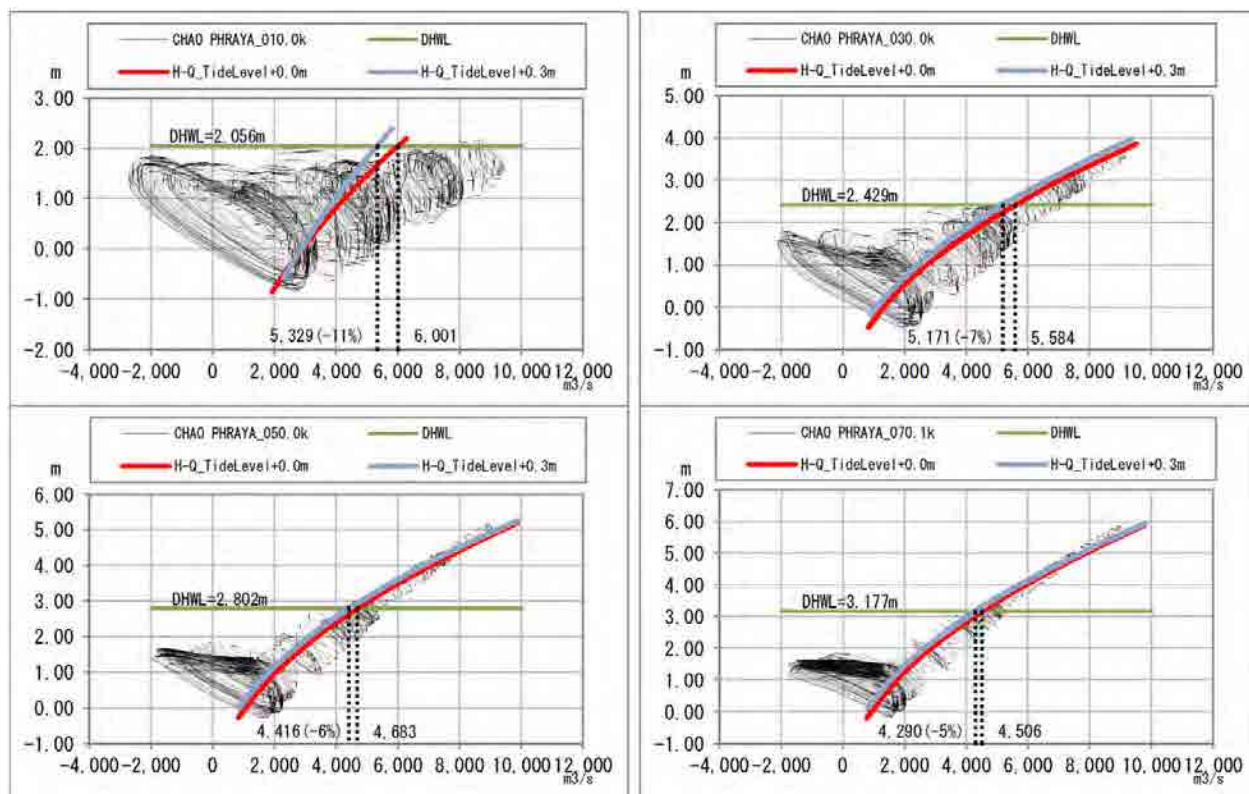


図 10.7.2 海面上昇 30cm の場合の流下能力

10.7.5 高潮に関する検討

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

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

高潮モデルを構築、台風 Gay (1989 年) 及び台風 Linda (1997 年) の観測データを使ってモデルを検証した。この作成したモデルを用いて、台風 Linda と同規模の台風がチャオプラヤ川の河口を直撃するシナリオ (図 10.7.4 参照) について高潮のシミュレーションを行なった。

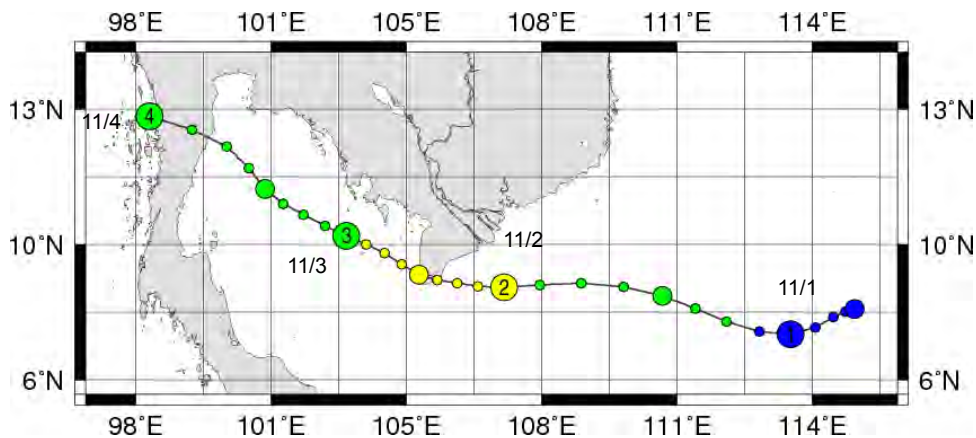


図 10.7.3 1997 年台風 Linda の経路

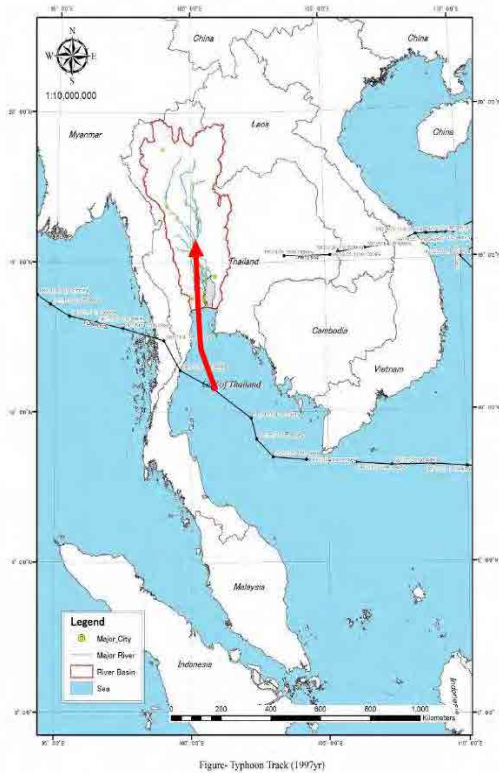


Figure-Typhoon Track (1997yr)

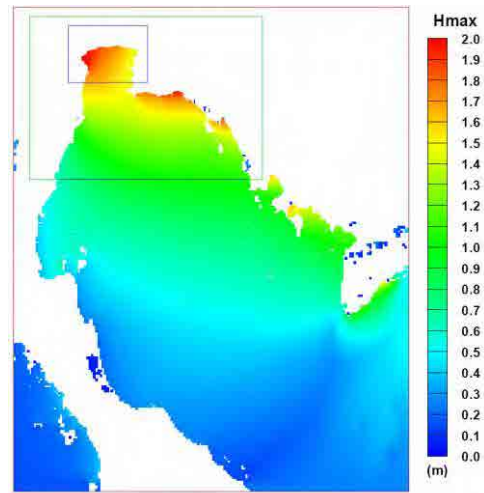


図 10.7.4 変更した台風ルート

図 10.7.5 最大2mの高潮（計算結果）

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

- ・ 2011 年 10 月 30 日の河川水位最高時のタイミングで高潮による最高海面上昇が発生する。
- ・ 海面上昇は最高 2m（シミュレーション結果より、図 10.7.5 参照）、24 時間継続するものとする（図 10.7.6 参照）。
- ・ 2011 年洪水のシミュレーションは、i) チャオプラヤ川及びパサク川沿い優先防御地域周囲堤防嵩上げ、ii) 既存ダム運用の効率化、iii) アユタヤバイパス水路、iv) 外郭環状道路放水路の条件で実施する。

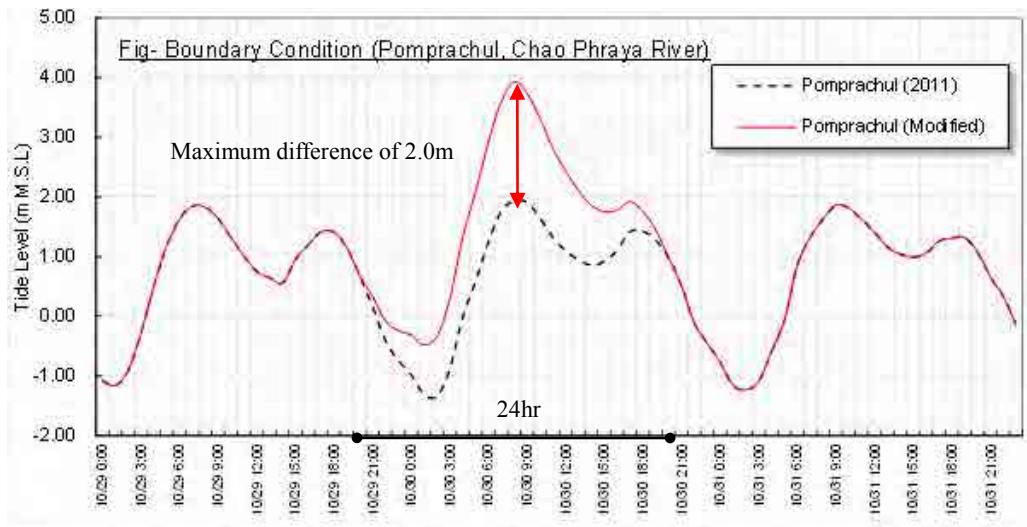


図 10.7.6 チャオプラヤ川及びタチン川の河口に適用した高潮位

推定氾濫地域は図 10.7.7 に示す。図はチャオプラヤ川流域の洪水に対する高潮の影響は無視できないことを示している。高潮による洪水氾濫原への氾濫ボリューム推定量は3,600 MCMである。大規模な高潮には、海岸沿いの道路の嵩上げ、河道改修、防潮壁の建設等の対策施設が必要になる。

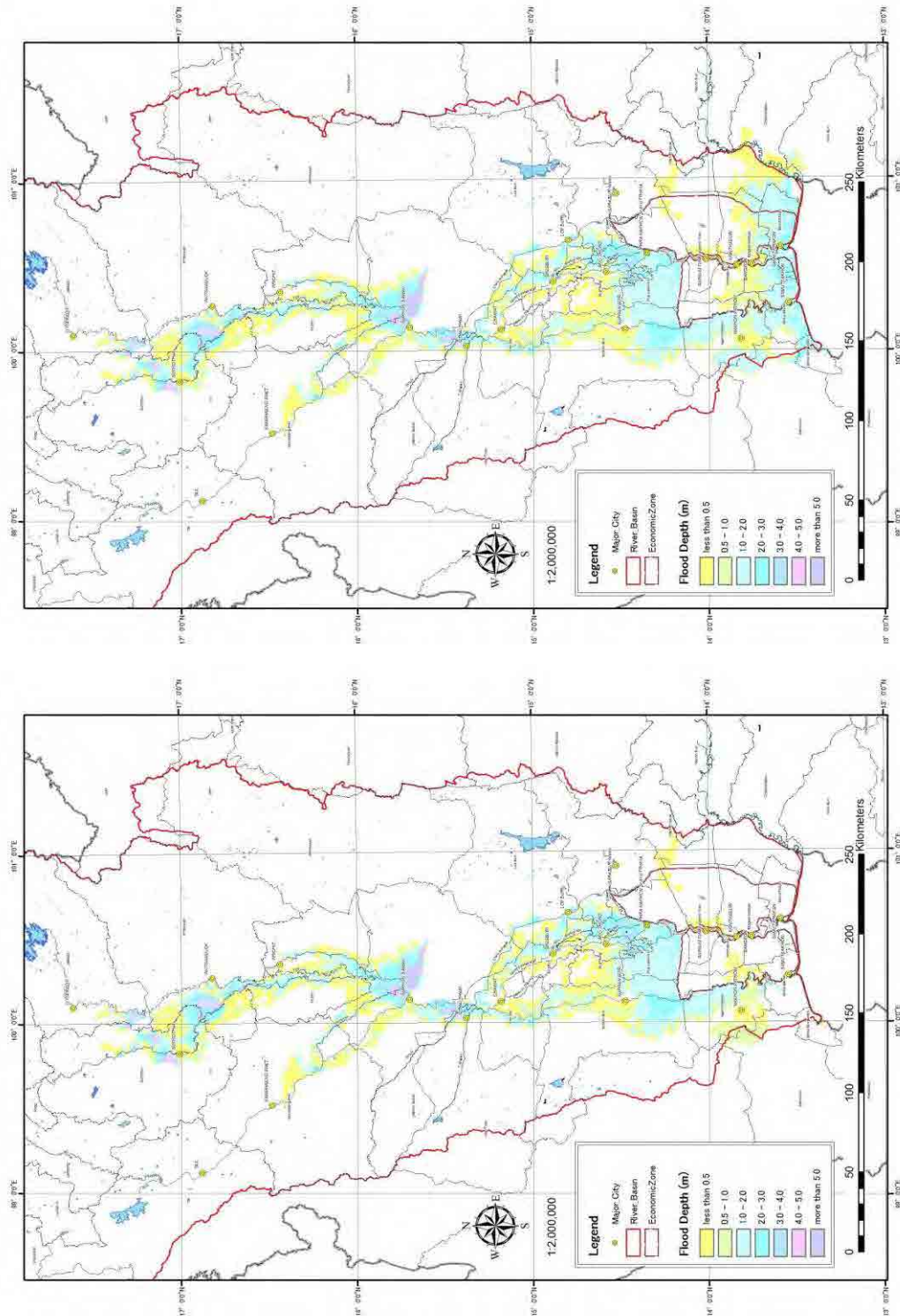


Figure- Estimated Inundation Area (Case1) Considering Storm Surge)

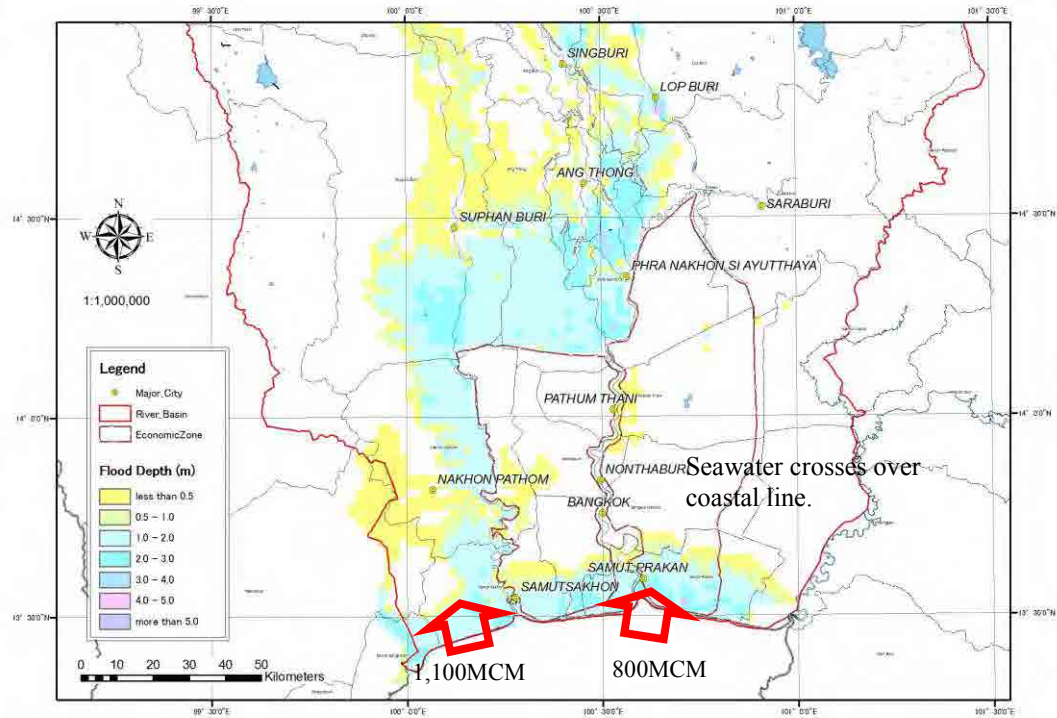
Figure- Estimated Inundation Area (Case 0)

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

Without Storm Surge

図 10.7.7 チャオプラヤ川流域の想定氾濫地域

(October 30)



(October 31)

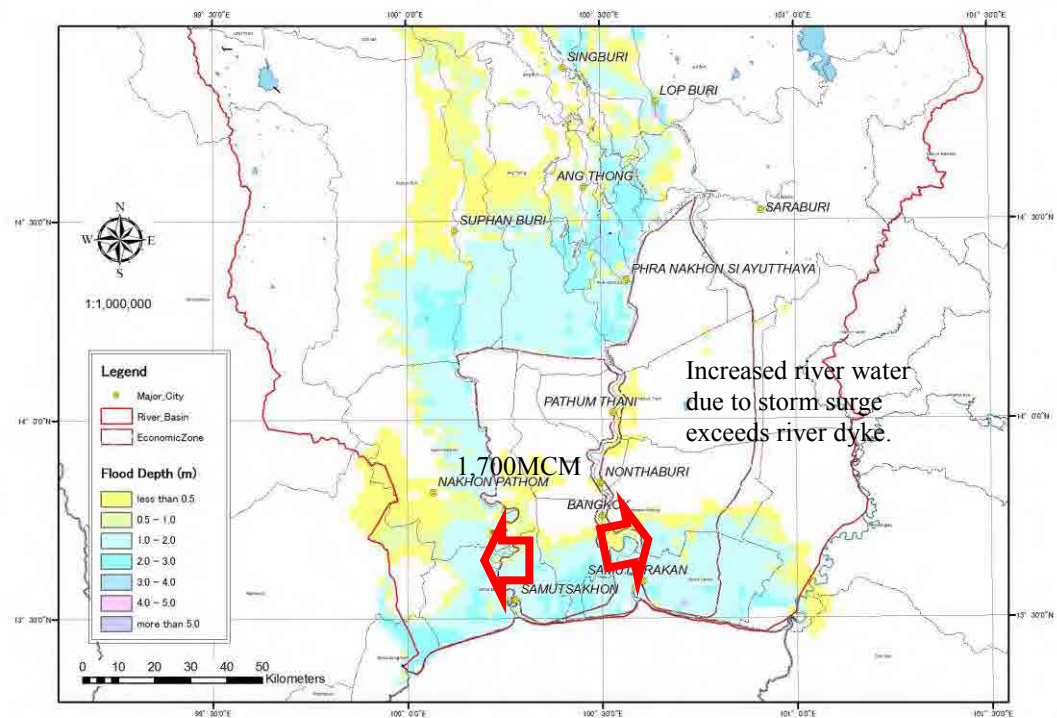


図 10.7.8 『高潮 2m+2011 年洪水』のケースのシミュレーション

10.8 事業費積算

10.8.1 概要

(1) 対策の内容

本マスタープランでは図 10.8.1 に示す洪水対策が検討されている。ここでは、それらのうち下記の構造物対策にかかる事業費を記載する。

- 1) 河川改修（アユタヤバイパス水路建設及び堤防改築）（C5）
- 2) 新規ダム建設（C2）
- 3) 放水路建設（C6）
- 4) 遊水地整備（C4）
- 5) 洪水予報システム

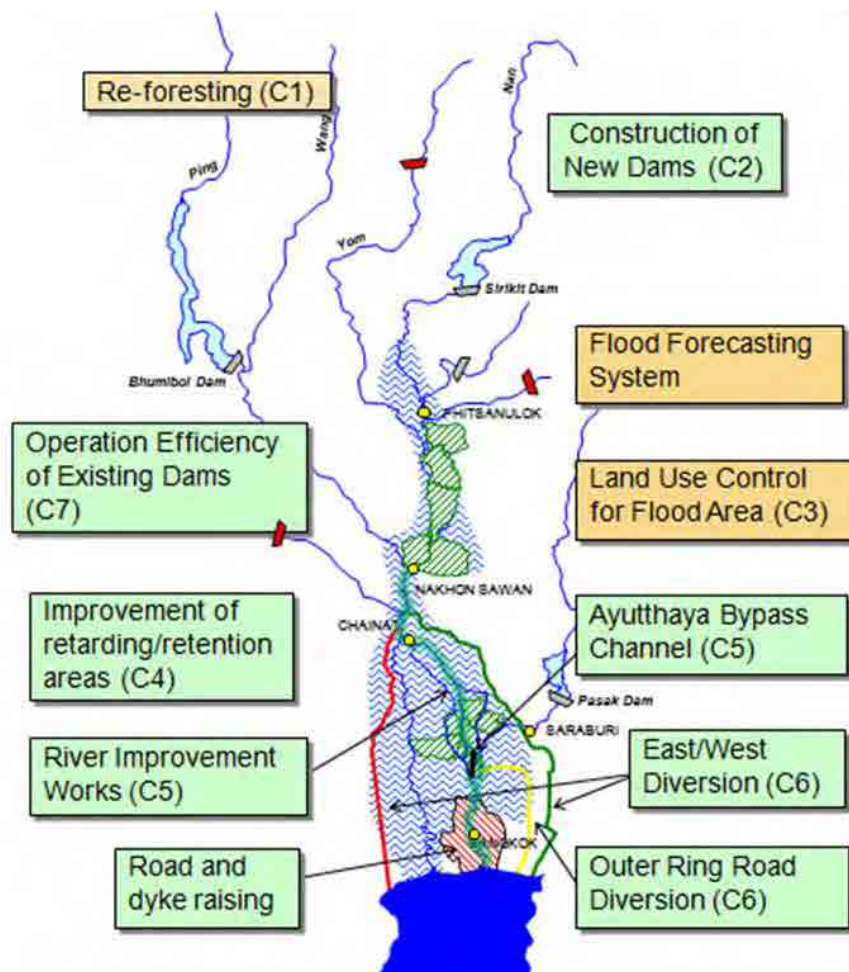


図 10.8.1 洪水対策位置図

(a) 価格レベル及び通貨

価格レベルは 2012 年 12 月の国内価格レベルでありタイバーツで表示する。通貨交換レートは下記の通り。

- ・ 1USD = 30.7775Baht (1Baht = 0.032USD)
 - ・ 100JPY = 35.7960Baht (1Baht = 2.794JPY)
- [Bank of Thailand Selling Rate as of 28 December, 2012]

(b) 事業費の構成と積算方法

各コンポーネントの事業費（財務コスト）は以下の項目からなる：

- 1) 建設費
- 2) エンジニアリング費（調査・設計費）
- 3) 他費用（EIA 費用及び政府の事業管理費）
- 4) 物理的予備費
- 5) VAT
- 6) 土地収用費
- 7) 補償費
- 8) 価格上昇予備費

項目 1) は直接工事費と間接工事費からなる。

直接工事費は施設概略設計から算定される主要工種の工事数量に施工単価を掛けて算定した。施工単価は RID が作成した FS 報告書に記載の施工単価や RID が実施した既往類似案件における工事契約単価等のデータを参考に設定した。参考にしたコスト資料を表 10.8.1 に示す。

表 10.8.1 RID から提供されたコスト資料

Document	Prepared by
Feasibility Study Report	
Water Management Project East of Chao Phraya River (West Diversion Channel), 2012	Panya Consultant, etc.
Feasibility Study on the Development of Flood Prone Low Land in Chao Phraya Basin, 2009	Team Consultant, etc.
Contract Document	
Mae Kuang Irrigated Agriculture Development Project Phase II (contract signed on 1987)	Consultant: Sanyu Consultants, etc. Contractor: Vianini Lavori
Pasak Irrigation Project (Kaeng Khoi – Ban Mo Pumping Irrigation) (contract signed on 2001)	Consultant: Sanyu Consultants, etc. Contractor: See Sang Karn Yotah

間接工事費として直接工事費の 15%を計上した。これは上述の FS 報告書や過去の工事契約金額の事例を参考に設定した。

項目 2) ~5) は項目 1) もしくは他項目に対する比率で計上した。その比率を表 10.8.2 に示す。

表 10.8.2 項目 2)、3)、4)を計上する際の比率

Item	Ratio to Item 1)
2) Engineering cost	
Site survey (Topographic, Geotechnical, etc.)	5 % of 1)
Design work	5 % of 1)
3) Other cost	
EIA	5 % of (1) + 2))
Government administration	10 % of (1) + 2))
4) Contingency	10 % of (1) + 2) + 3))
5) VAT	7 % of (1) + 2) + 3) + 4))

項目 6) 及び 7) は概略設計により見積もられた必要土地面積や移転家屋・工場の数にその

単価を乗じて算定した。その際の単価は上述の FS 報告書での値を適用した。
項目 8) は IMF の 2012-2017 年の物価上昇予測 (2.5%/年) により設定した。

10.8.2 河川改修

(1) 事業概要

(a) チャオプラヤ川下流部の改修

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

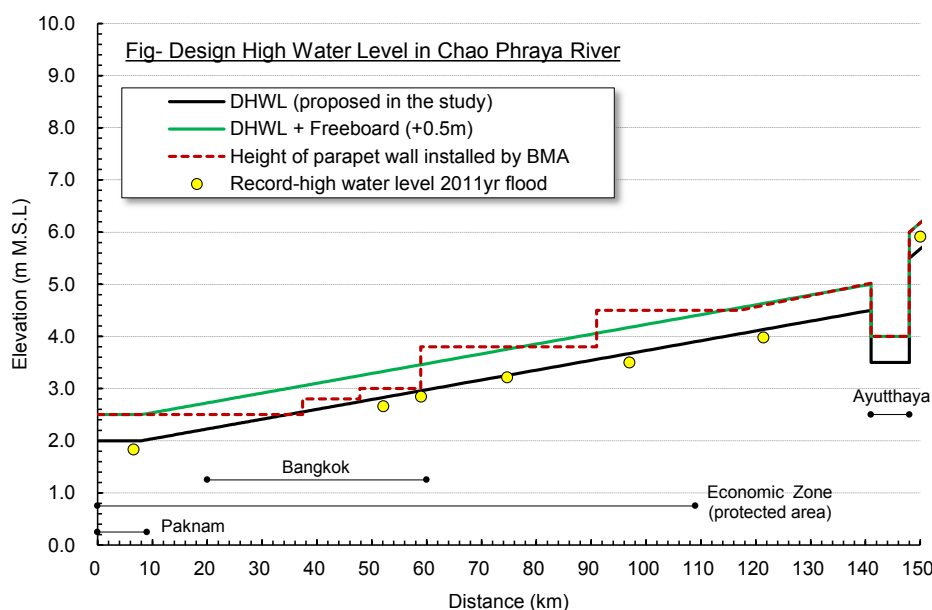


図10.8.2 チャオプラヤ川下流 パラペット堤

(b) タチン川下流部の改修

タチン川下流域の排水能力を高め、優先防御地域の洪水氾濫を防ぐために、以下の対策を採用する。

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

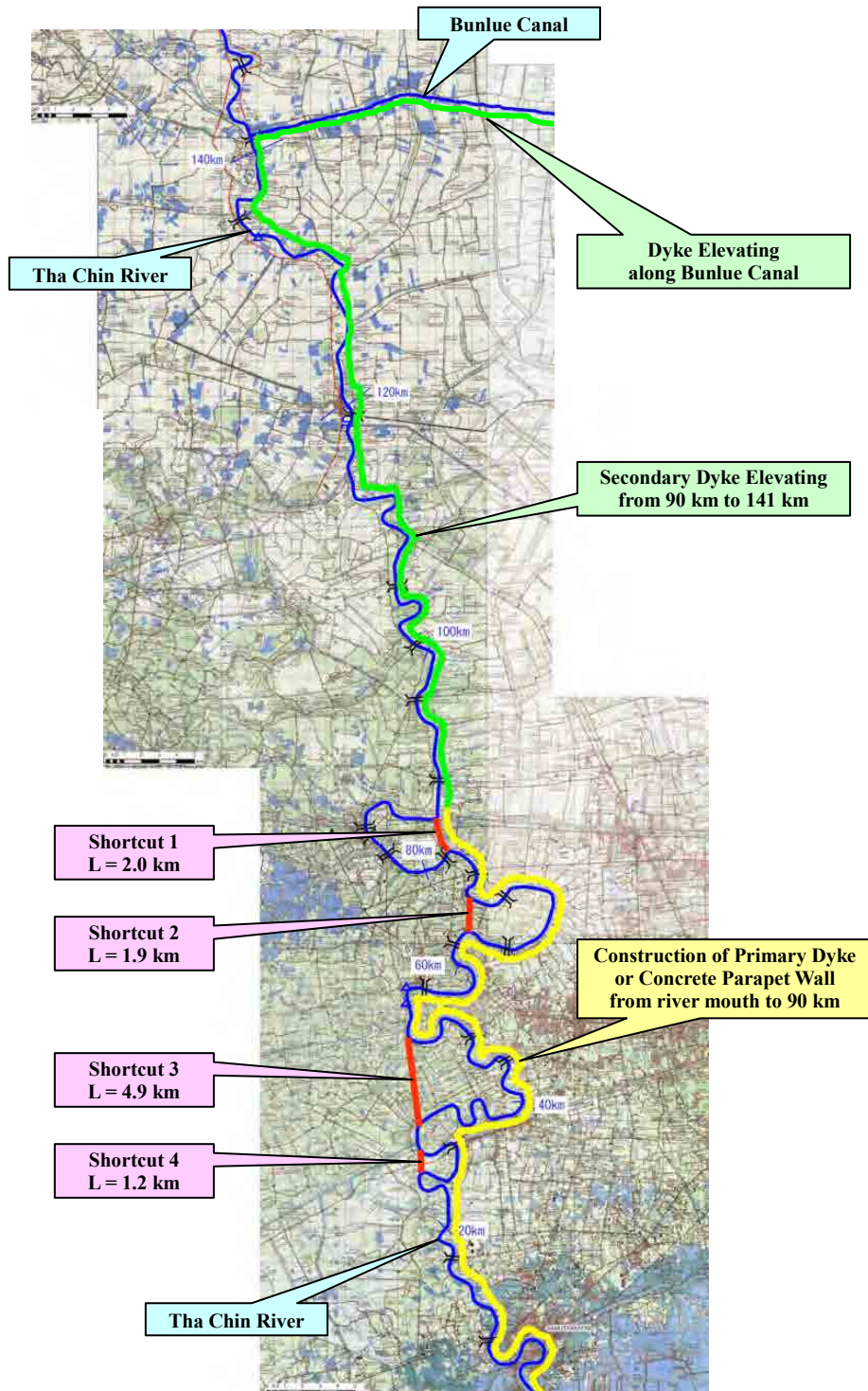


図 10.8.3 タチン川 捷水路設置箇所および築堤箇所

(c) アユタヤバイパス水路

(i) 位置

この対策はチャオプラヤ本川においてアユタヤ都市部の上流部からノイ川との合流部までの区間にバイパス水路を設けるものである。バイパス水路の位置を図 10.8.4 に示す。

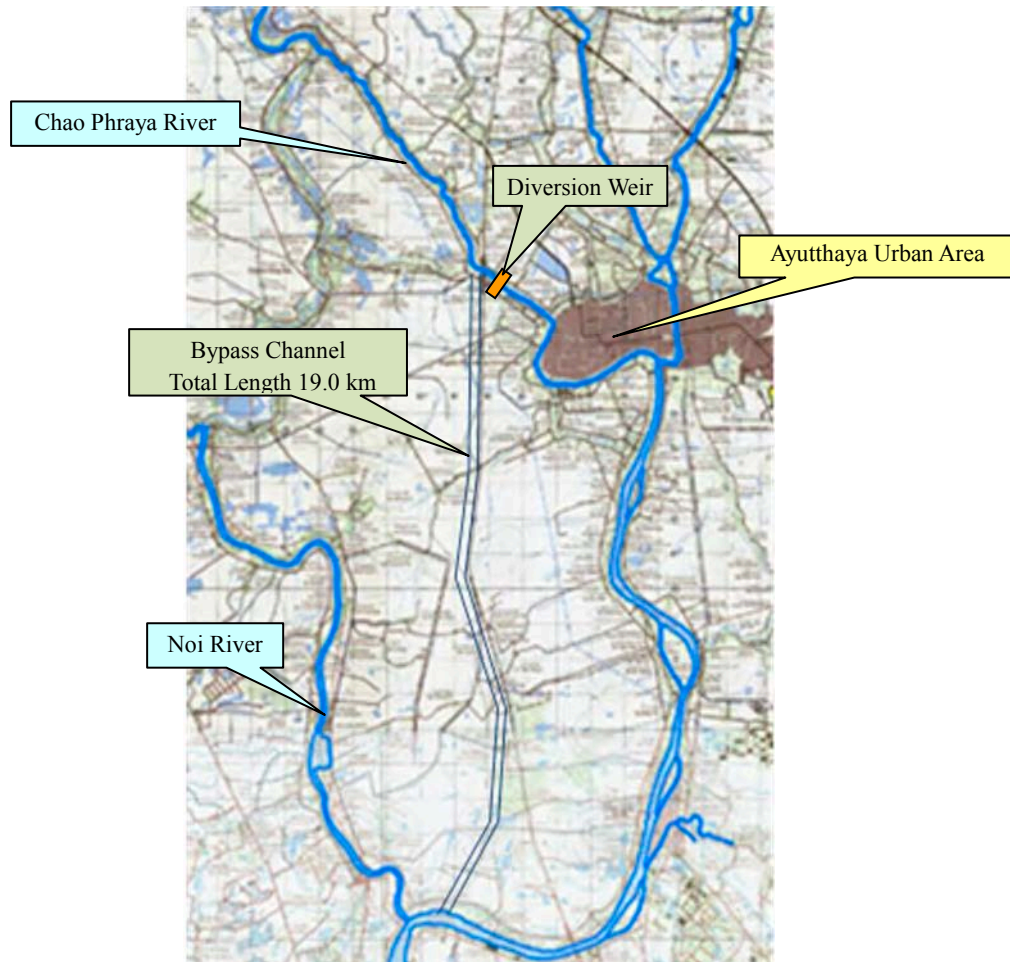


図 10.8.4 アユタヤバイパス水路の位置

(ii) 施設概要

水路の設計通水能力は $1,400 \text{ m}^3/\text{s}$ である。水路の縦断面図と断面図を図 10.8.5 と図 10.8.6 に示す。

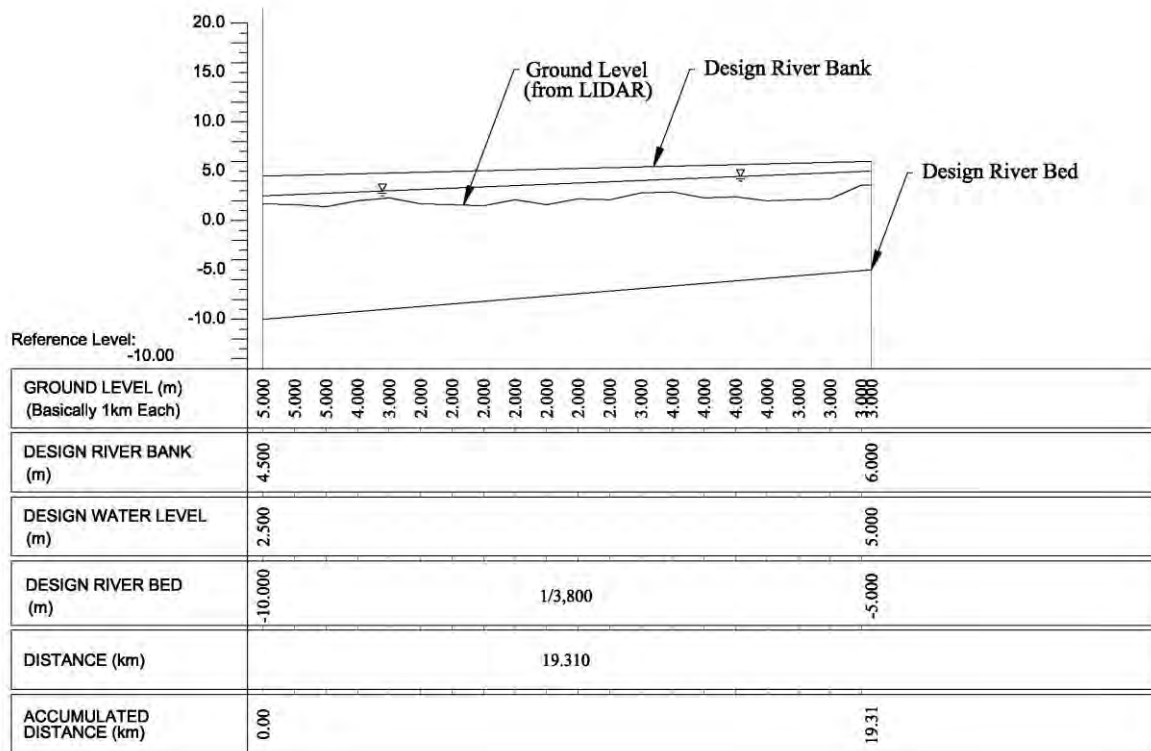


図 10.8.5 アユタヤバイパス水路縦断

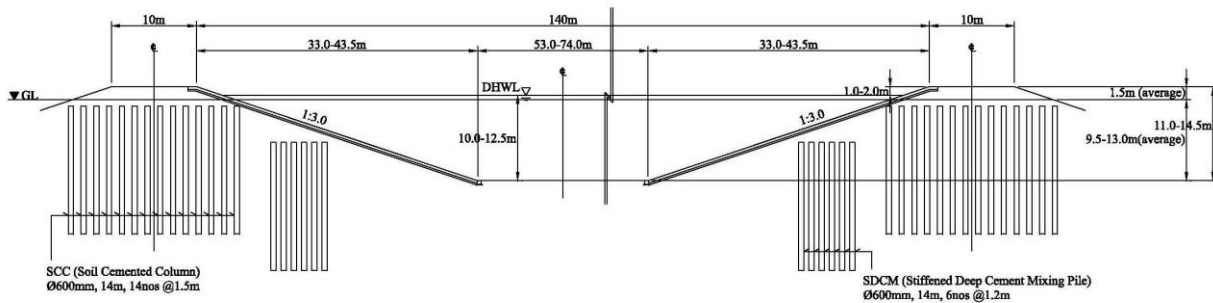


図 10.8.6 アユタヤバイパス水路標準断面

施設建設の主要工種は以下の通り：

- ・ 土工事(地盤改良工事含む)
- ・ 道路工事
- ・ コンクリート工事 (水路ライニングコンクリート)
- ・ 横断構造物(橋、水門、サイフォン)

(2) 積算

(a) 主要工種の施工単価

土工事、地盤改良工事の施工単価は建設機械損料や燃料費等の基本単価から組立てた。その他の単価については既往 FS での積算事例を参考にして設定した。土地収用単価や家屋補償単価も既往 FS の事例を参考にした。FS の物価水準は 2011 年であるため、今回の単価設定に当っては 2011-2012 の物価上昇率 5% を考慮した。

(b) 事業費

事業費の算定結果の要約を表 10.8.3 に示す。

表 10.8.3 河川改修事業費

Unit: million baht

Item		Ayutthaya Bypass	Dyke Improvement	
			SCWRM M/P	Combination 1 or 2
1.	Construction Cost	9,407	6,364	6,903
2.	Engineering Cost	941	636	690
3.	Other Costs (EIA, Admin.)	1,552	1,050	1,139
4.	Physical Contingency	1,190	805	873
5.	VAT	916	620	672
6.	Land Cost	4,208	1,800	2,646
7.	Compensation Cost	66	0	1,010
Total Cost		18,279	11,275	13,933

10.8.3 新規ダム建設

(1) 事業概要

(a) 位置

提案されている 3 カ所のダム：ゲンスアテンダム、ナムケグダム、およびメーウォンダムの位置を図 10.8.7 に示す。

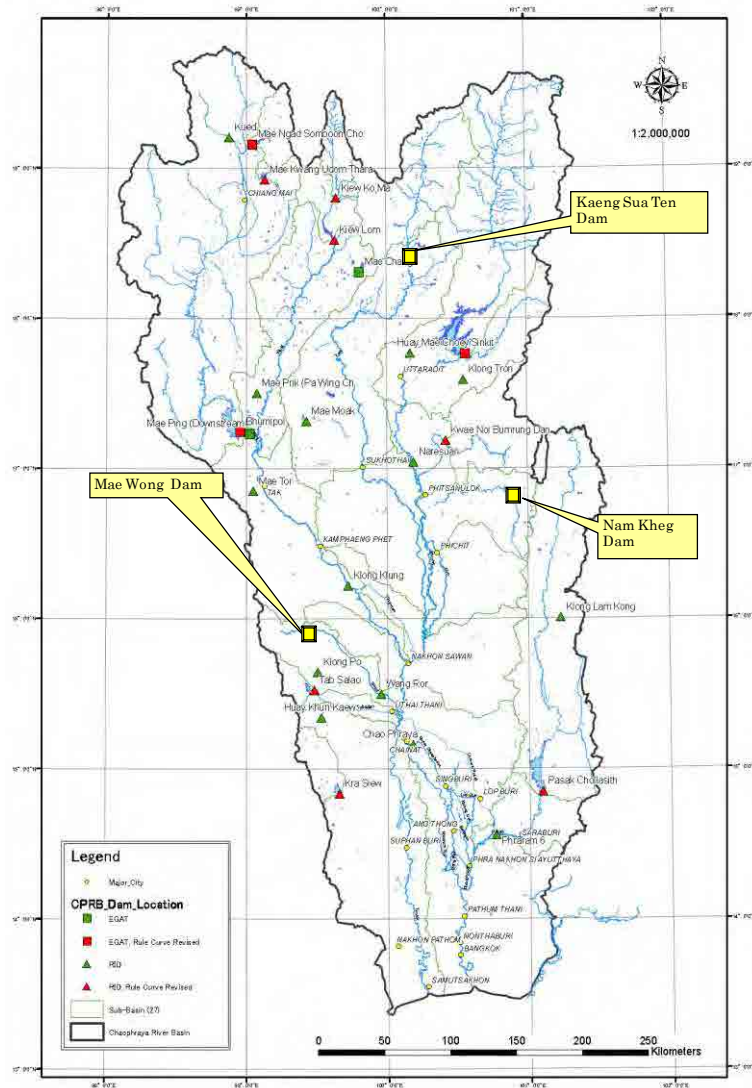


図 10.8.7 提案されている新設ダムの位置

(b) 施設概要

提案されている3つのダムの計画諸元を表 10.8.4 に示す。これらは RID の FS 報告書に基づいている。ゲンスアテンダムの設計諸元は RID の詳細設計に基づき設定し、ナムケグダムとメーウォンダムの設計諸元はゲンスアテンダムの諸元から類推して設定した。

表 10.8.4 提案されている3ダムの諸元

Item	Kaeng Sua Ten Dam	Nam Kheg Dam	Mae Wong Dam
River Basin	Yom River	Nam River	Sakae Krang River
Planning Feature			
Catchment Area	3,538 km ²	937 km ²	612 km ²
Crest Elevation	261m MSL	538 m MSL	210 m MSL
Crest Length	540 m	757 m	903 m
Reservoir Area	66.8 km ²	11.2 km ²	17.6 km ²
HWL/LWL	258 m/218 m	530 m/421 m	205 m/180 m
Effective Storage	1,125 MCM	542 MCM	238 MCM
Maximum Design Discharge	5,360 m ³ /s	3,030 m ³ /s	2,470 m ³ /s
Design Feature			
Dam Type	Rock Fill Type	Rock Fill Type	Rock Fill Type
Dam Hight	69 m	128 m	56 m
Dam Slope (Up/Down stream)	1 : 3.0 / 1 : 2.0	1 : 3.0 / 1 : 2.0	1 : 3.0 / 1 : 2.0
Dam Crest Width	10.0 m	8.0 m	12.0 m
Dam Bottom Width	355.0 m	648.0 m	292.0 m
Dam Embankment Volume	3,910,000 m ³	18,275,000 m ³	4,420,000 m ³
Diversion Tunnel	D 10.0m, L=455m	D 7.5m, L=748 m	D 6.8m, L=392m
Grouting	L=35m x 722 nos.	L=65m x 1011 nos.	L=30m x 1206 nos.

建設工事での主要工種は下記の通りである：

- ・ 転流トンネル建設
- ・ ダム堤体及び洪水吐き掘削
- ・ 原石山掘削（捨て土）及び捨て土
- ・ 原石山掘削（ロック）及び運搬
- ・ 堤体盛立（コア）
- ・ 堤体盛立（ロック）
- ・ グラウチング
- ・ 洪水吐コンクリート
- ・ 洪水吐きゲート

工事数量は上記 FS の設計諸元にいくつかの仮定を加え、算定した。

(2) 積算

(a) 主要工種の施工単価

上記主要工種の施工単価は、RID が実施した既往類似プロジェクトであるメクアダムとの契約金額を 2012 年物価レベルに変換したものを参考にして設定した。

(b) 事業費

事業費積算結果の要約を表 10.8.5 に示す。

表 10.8.5 新設ダムの事業費

Unit: million baht

Item		Kaeng Sua Ten Dam	Nam Kheg Dam	Mae Wong Dam	Total of three dams
1.	Construction Cost	12,944	21,182	6,945	41,071
2.	Engineering Cost	1,294	2,118	695	4,107
3.	Other Cost (EIA, Adm.)	2,136	3,495	1,146	6,777
4.	Physical Contingency	1,637	2,680	879	5,196
5.	VAT	1,261	2,063	677	4,001
6.	Land Cost	5,460	874	1,373	7,706
7.	Compensation Cost	647	1,059	347	2,054
Total Cost		25,379	33,471	12,061	70,911

10.8.4 放水路の建設

(1) 事業概要

(a) 位置

3つの放水路が提案されている。すなわち1) 西側放水路、2) 東側放水路、3) 外郭環状道路放水路である。計画されているルートを図 10.8.8 に示す。

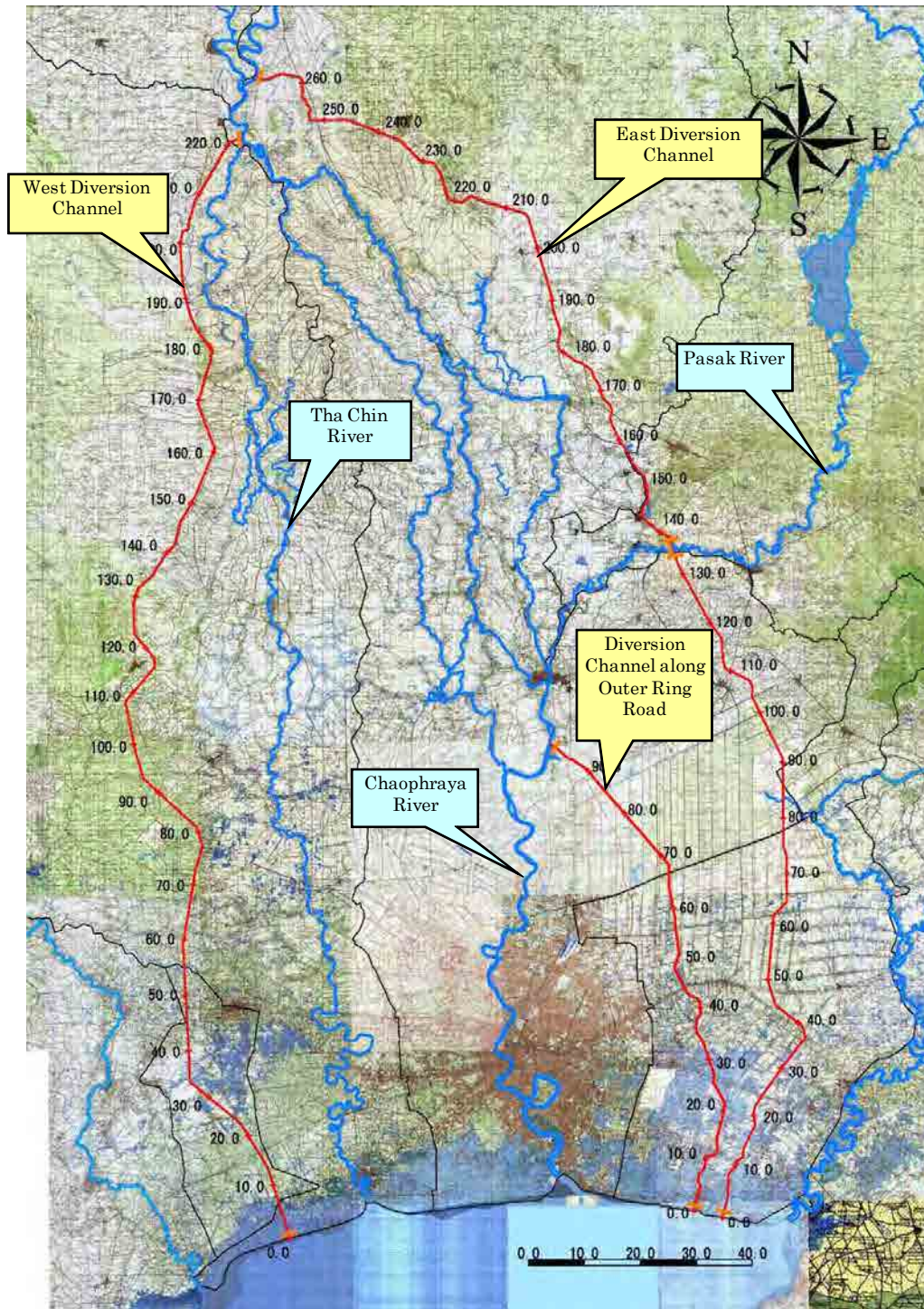


図 10.8.8 放水路の位置

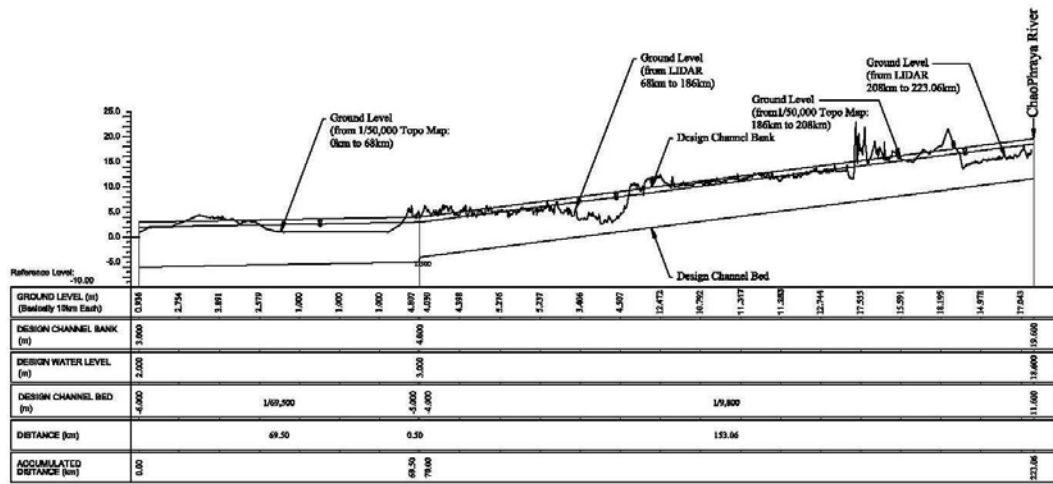
(b) 施設概要

放水路の諸元については表 10.8.6 に示す代替案が検討され、それぞれの事業費が算定された。

表 10.8.6 放水路の代替案

Alternative	Design Capacity	Type of Channel	Lining Concrete
West Diversion Channel			
W1500-1	1,500 m ³ /s	Excavated channel	Lining on slope portion
Outer Ring Road Diversion Channel			
O500-1	500 m ³ /s	Excavated channel	Lining on slope portion
O1000-1	1,000 m ³ /s	Excavated channel	Lining on slope portion

W1000-1 及び O500-1 の縦断面図と断面図を図 10.8.9 及び図 10.8.10 にそれぞれ示す。



Longitudinal Section of West Diversion Channel (W1000-1)

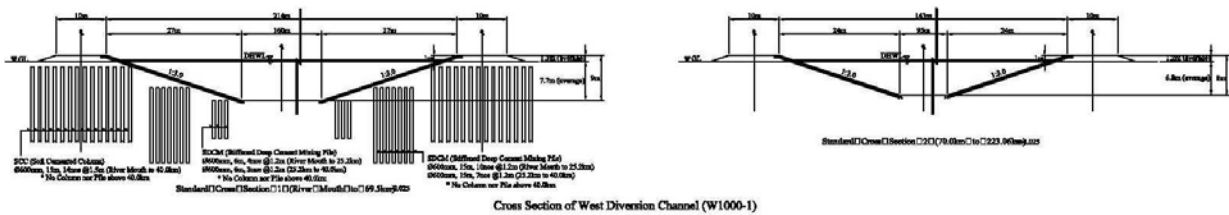


図 10.8.9 西側放水路(W1000-1)の縦断面図、断面図

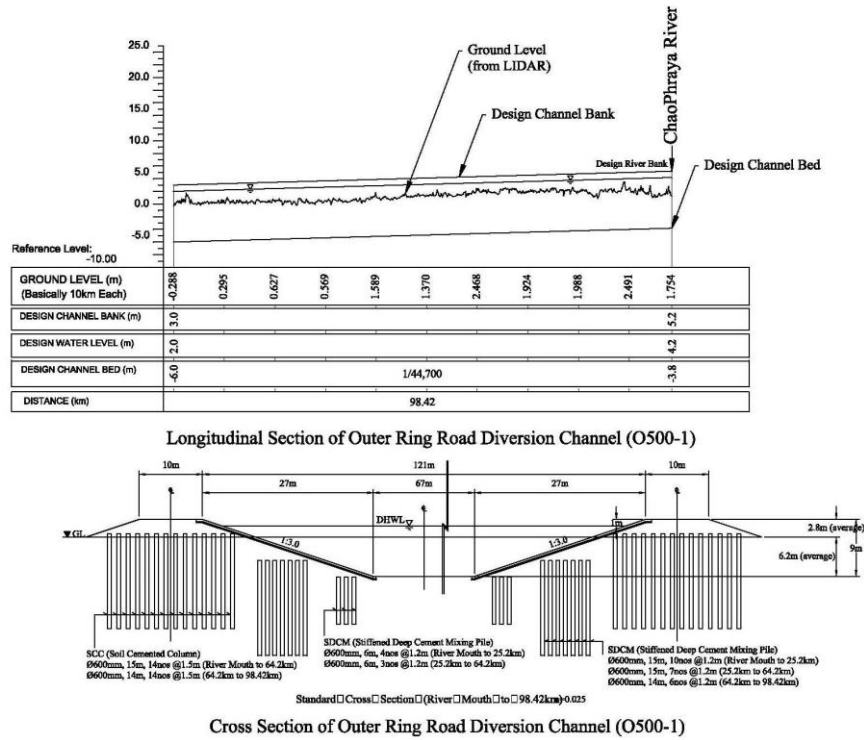


図 10.8.10 外郭道路放水路(O500-1)の縦断図、断面図

建設工事の主要工種は下記の通りである：

- ・ 土工事（地盤改良工事含む）
- ・ 道路工事
- ・ コンクリート工事（水路ライニングコンクリート）
- ・ 横断構造物（橋、水門、サイフォン）

(2) 積算

(a) 主要工種の施工単価

「2. 河川改修」と同様の施工単価を適用した。

(b) 事業費

各代替案の事業費算定結果の要約を表 10.8.7 に示す。

表 10.8.7 放水路の事業費

Unit: million baht

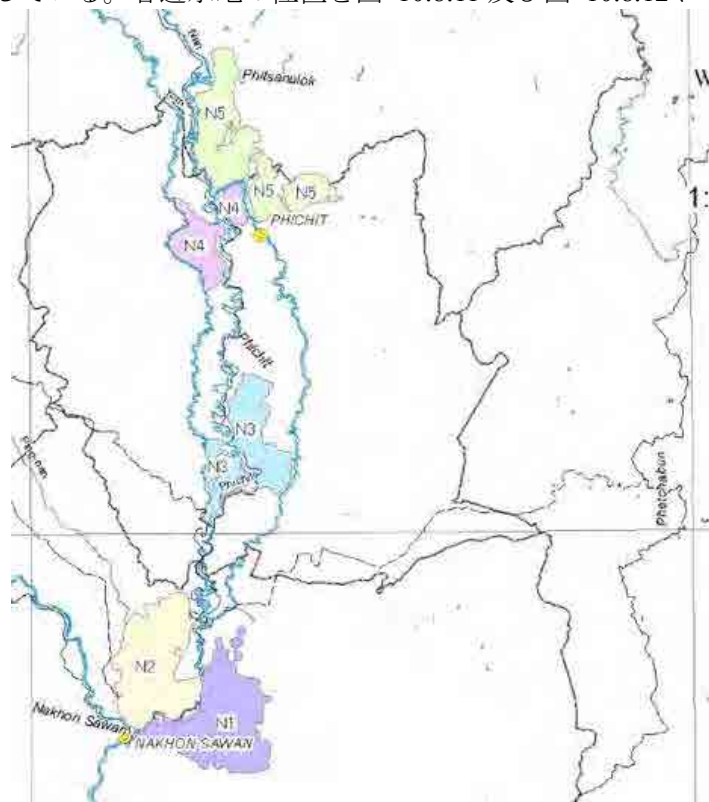
Item		W1500-1	O500-1	O1000-1
1.	Construction Cost	119,733	47,908	68,187
2.	Engineering Cost	11,973	4,791	6,819
3.	Other Cost (EIA, Adm.)	19,756	7,905	11,251
4.	Physical Contingency	15,146	6,060	8,626
5.	VAT	11,663	4,667	6,642
6.	Land Cost	30,776	18,821	29,701
7.	Compensation Cost	1,910	482	772
Total Cost		210,956	90,634	131,996

10.8.5 遊水地整備

(1) 事業概要

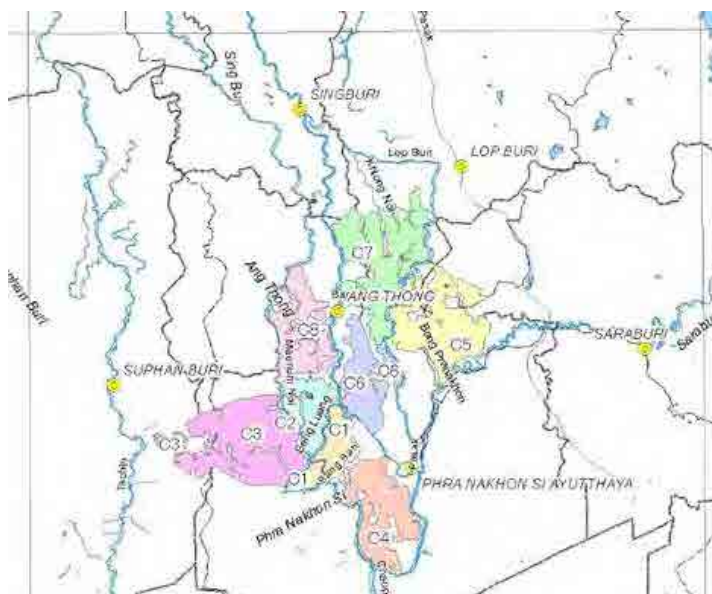
(a) 位置

RID は 2009 年の FS に基づき 13 カ所の遊水地整備（ナコンサワン北部に 5 カ所、アユタヤに 8 カ所）を計画している。各遊水地の位置を図 10.8.11 及び図 10.8.12 に示す。



Source: JICA study team

図 10.8.11 遊水地位置（ナコンサワン北部）



Source: JICA study team

図 10.8.12 遊水地位置 (アユタヤ)

(b) 施設概要

遊水地の概要を表 10.8.8 に示す。

表 10.8.8 遊水地概要

Name		Retention Area (km ²)	Capacity (MCM)	Ave. Water Depth (m)
North of Nakhon Sawan				
N1	Borapetch Swamp – Chum Sang	219	233	1.1
N2	Chum Sang – Gao Liao	165	238	1.4
N3	Tapan Hin – Bang Moon Nak – Po Talay	147	240	1.6
N4	Mueang Phitchit – Po Tab Chang	86	147	1.7
N5	Bang Kratum	209	303	1.2
North of Ayuttahya				
C1	Bang Ban 1	52	126	2.4
C2	Pa Moke – Phak Hai	190	125	0.7
C3	Phak Hai – Bang Yeehon	190	257	1.4
C4	Bang Ban 2	117	279	2.4
C5	Don Pud - Maharaj	152	257	1.7
C6	Tung Pookhao Thong – Bang Pahun	89	249	2.8
C7	Chaiyo – Baan Prak	166	259	1.6
C8	Angthong (West side)	99	186	1.9

遊水地の整備は以下の施設の整備からなっている。

- ・ ポンプ施設
- ・ 水門
- ・ サイフォン、カルバート
- ・ 自然水路、灌漑水路
- ・ 橋
- ・ 堤防構築、道路整備

各遊水地の施工数量は上記 FS で設定されたものを採用している。

(2) 積算

(a) 施工単価

上記工事の施工単価は上述の FS 報告書を元にそれを 2012 年価格に変換して設定した。

(b) 事業費

事業費算定結果の要約を表 10.8.9 に示す。

表 10.8.9 遊水地整備の事業費

Unit: million baht

Item		N1 – N5	C1 – C8	Total
1.	Construction Cost	8,855	21,710	30,564
2.	Engineering Cost	885	2,171	3,056
3.	Other Cost (EIA, Adm.)	1,461	3,582	5,043
4.	Physical Contingency	1,120	2,746	3,866
5.	VAT	862	2,115	2,977
6.	Land Cost	11	1,072	1,083
7.	Compensation Cost	-	-	-
Total Cost		13,195	33,396	46,590

10.8.6 洪水予報システム

事業費算定結果の要約を表 10.8.10 に示す。

表 10.8.10 洪水予報システムの事業費

Unit: million baht

Item		Flood Forecasting System
1.	Construction Cost	2,727
2.	Engineering Cost	273
3.	Other Costs (EIA, Admin.)	450
4.	Physical Contingency	345
5.	VAT	266
6.	Land Cost	0
7.	Compensation Cost	0
Total Cost		4,061

10.8.7 事業費（物価上昇予備費除く）

(1) 対策の組み合わせ

対策の組み合わせ案として表 10.8.11 に示す 3 つの組み合わせ案を設定した。

表 10.8.11 対策の組み合わせ案

Cases	Measures	
SCWRM M/P	C2: New Dams	Kaeng Sua Ten, Nam Kheg and Mae Wong Dam
	C4: Improvement of Retarding Area	Total of N1 to N5 and C1 to C8
	C5: River Improvement	Dyke Improvement
	C6: Diversion Channel	West Diversion Channel (W1500-1)
		Outer Ring Road Diversion Channel (O500-1)
C8: Flood Forecasting System	Forecasting System	
Proposed Combination 1	C5: River Improvement	Dyke Improvement
		Ayutthaya Bypass Channel
	C6: Diversion Channel	Outer Ring Road Diversion Channel (O500-1)
C8: Flood Forecasting System	Forecasting System	
Proposed Combination 2	C5: River Improvement	Dyke Improvement
		Ayutthaya Bypass Channel
	C6: Diversion Channel	Outer Ring Road Diversion Channel (O1000-1)
C8: Flood Forecasting System	Forecasting System	

(2) 事業費（物価上昇予備費除く）

各対策の事業費（物価上昇予備費除く）を表 10.8.12 に示す。

表 10.8.12 事業費（物価上昇予備費除く）

SCWRM M/P Module	Description	Capacity (m ³ /s)	Project Cost (million baht)		
			SCWRM M/P	Proposed Combination 1	Proposed Combination 2
C1	Reforestation	-	NE *	NI **	NI
C2	Construction of New Dams	3 dams	70,911	NI	NI
C3	Land Use Control for Flood Area	-	NE	NI	NI
C4	Improvement of Retarding / Retention Areas	13 retention ponds	46,590	NI	NI
C5	River Improvement	River channel improvement	11,275	13,933 ****	13,933 ****
		Ayutthaya Bypass Channel (L=19km)	1,400	NI	18,279
C6	Flood Diversion Channel	West diversion channel (L=223km)	1,500	210,956	NI
		Outer ring road diversion channel (L=98km)	500	90,634	90,634
			1,000	-	-
C7	Operation Efficiency of Existing Dams	Bhumibol, Sirikit, Kwae Noi, Pa Sak dams	-	NB ***	NB
C8	Flood Forecasting System	-	4,061	4,061	4,061
Total		-	434,428	126,907	168,270

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

** NI : Not included in the proposed combinations

*** NB: Budget allocation is not necessary

**** Including river improvement of the Tha Chin River

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

Note 2: Nonstructural measures proposed in the study are not included in the cost estimate.

10.8.8 事業費支出スケジュール

(1) SCWRM M/P

(a) 事業実施スケジュール

SCWRM M/P の事業実施スケジュールを図 10.8.13 に示す。

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Survey and Design	■	■	■								
EIA	■										
Land Acquisition & Compensation		■	■	■	■	■	■	■			
Construction				■	■	■	■	■	■	■	■

図 10.8.13 SCWRM M/P の事業実施スケジュール

上図に示すように、建設工事着手前に EIA 及び土地収用、補償が行われる。建設工事には少なくとも 8 年は要するものと見積もられる。

(b) 事業費支出スケジュール

上記実施スケジュールに基づき、SCWRM M/P の事業費支出スケジュールを作成した。事業費スケジュールの要約を表 10.8.13 に示す。

表 10.8.13 SCWRM M/P の事業費支出スケジュール

Unit: million baht

Item	Total	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Base Cost	434,428	28,420	28,478	28,478	39,555	39,555	54,171	68,788	47,708	33,092	33,092	33,092
Price Escalation	73,527	710	1,442	2,190	4,106	5,198	8,651	12,979	10,420	8,235	9,268	10,327
Total	507,955	29,130	29,920	30,668	43,661	44,753	62,822	81,767	58,128	41,327	42,360	43,419

(2) 提案の組合せ 1 及び 2

(a) 事業実施スケジュール

提案の組合せ 1 及び 2 の事業実施スケジュールを図 10.8.14 に示す。

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Survey and Design	■	■	■					
EIA	■							
Land Acquisition & Compensation		■	■	■	■	■	■	■
Construction				■	■	■	■	■

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

上図に示すように、建設工事着手前に EIA 及び土地収用、補償が行われる。建設工事には少なくとも 5 年は要するものと見積もられる。

(b) 事業費支出スケジュール

上記実施スケジュールに基づき、提案の組合せ1及び2の事業費支出スケジュールを作成した。事業費スケジュールの要約を表10.8.14及び表10.8.15に示す。

表 10.8.14 提案の組合せ1の事業費支出スケジュール

Unit: million baht

Item	Total	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Base Cost	126,907	9,623	11,199	11,199	11,643	27,402	27,402	19,522	8,919
Price Escalation	16,485	241	567	861	1,209	3,601	4,376	3,684	1,948
Total	143,393	9,863	11,765	12,060	12,851	31,002	31,777	23,206	10,868

表 10.8.15 提案の組合せ2の事業費支出スケジュール

Unit: million baht

Item	Total	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Base Cost	168,270	13,122	15,175	15,175	15,462	35,994	35,994	25,728	11,621
Price Escalation	21,739	328	768	1,167	1,605	4,730	5,748	4,854	2,538
Total	190,009	13,450	15,943	16,342	17,067	40,724	41,742	30,582	14,159

(3) 事業費（物価上昇予備費含む）

各対策の事業費（物価上昇予備費含む）を表10.8.16に示す。

表 10.8.16 事業費（物価上昇予備費含む）

SCWRM M/P Module	Description	Capacity (m ³ /s)	Project Cost (million baht)			
			SCWRM M/P	Proposed Combination 1	Proposed Combination 2	
C1	Reforestation	-	NE *	NI **	NI	
C2	Construction of New Dams	3 dams	70,911	NI	NI	
C3	Land Use Control for Flood Area	-	NE	NI	NI	
C4	Improvement of Retarding / Retention Areas	13 retention ponds	46,590	NI	NI	
C5	River Improvement	River channel improvement	-	11,275	13,933 ****	13,933 ****
		Ayutthaya Bypass Channel (L=19km)	1,400	NI	18,279	18,279
C6	Flood Diversion Channel	West diversion channel (L=223km)	1,500	210,956	NI	NI
		Outer ring road diversion channel (L=98km)	500	90,634	90,634	-
			1,000	-	-	131,996
C7	Operation Efficiency of Existing Dams	Bhumibol, Sirikit, Kwae Noi, Pa Sak dams	-	NB ***	NB	NB
C8	Flood Forecasting System	-	-	4,061	4,061	4,061
Price Escalation (2013 to 2020 or 2023)		-	-	73,527	16,485	21,739
Total		-	-	507,955	143,393	190,009

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

** NI: Not included in the proposed combinations

*** NB: Budget allocation is not necessary

**** Including river improvement of the Tha Chin River

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

Note 2: Nonstructural measures proposed in the study are not included in the cost estimate.