

第9章 マスタープラン策定方針

9.1 マスタープランの検討方針

9.1.1 検討方針

チャオプラヤ川流域は、高地、上部中央平原、そして下部中央平原の3地域で構成されている。チャオプラヤ川流域洪水災害管理マスタープラン策定のため、各地域の特徴と必要な対策について調査した。洪水管理の観点からの調査地域の主な特徴を以下に示す。

- 1) チャオプラヤ川流域の主な支川（ピン川、ワン川、ヨム川及びナン川）の流域は、高地に広がる。当地域は森林地域であるが、森林地域は荒廃しており、森林管理局（RFD）は荒廃森林地域を判別している。洪水災害管理には、この荒廃森林の回復と森林管理の改善が必要である。
- 2) 上部中央平原はナコンサワン上流に位置しており、ピン川、ワン川、ヨム川、ナン川及びチャオプラヤ川の流域で構成されている。2011年洪水では、上部中央平原の洪水氾濫は7月下旬にヨム川で始まり、9月上旬にはナコンサワンが氾濫した。当地域は平坦で、自然遊水地の機能がある広大な低平地が河川沿いに広がり、部分的に雨季の常襲氾濫地域となっているが、乾季には主に農地として利用されている。洪水管理の観点からは、当該地域の地方都市の防御や氾濫原管理のための対策が求められる。
- 3) 下部中央平原は、ナコンサワン下流に位置しており、雨季には自然遊水地となるが、乾季には大半が灌漑地域となる低平地が存在する。2011年洪水では、主に9月中旬に洪水堤防の破堤と越水が発生し、10月初旬から10月下旬にかけて、アユタヤ及びバンコクを莫大な洪水流が襲った。下部中央平原において、主要防御対象地域はチャオプラヤ川沿いのバンコク及び周辺地域、地方中核都市である。洪水災害管理の目的からは、構造物対策、非構造物対策の最適な組み合わせが必要である。

構造物対策及び非構造物対策の基本的条件は、次節で述べる。

9.1.2 基本条件の整理 (A - F)

マスタープラン策定において、図 9.1.1 に示す基本条件 (A ~ F) 及び対策 (a ~ h) を設定する。

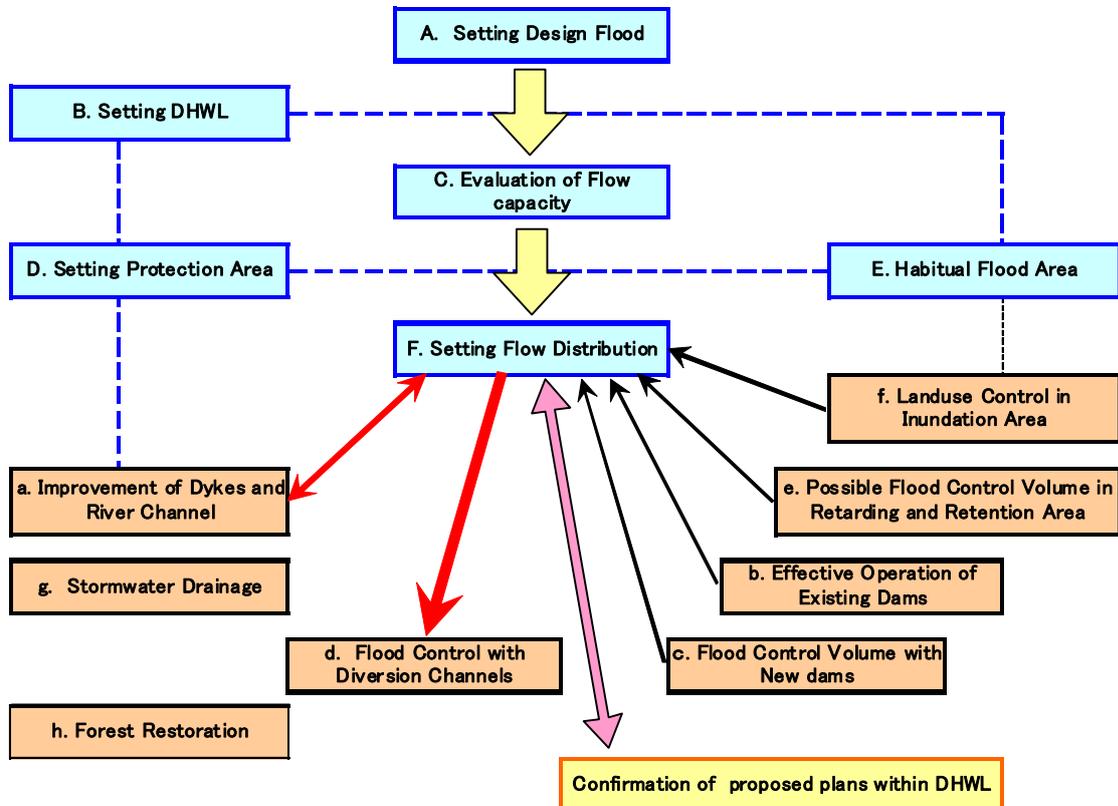


図 9.1.1 マスタープラン策定の基本的手順

A: 計画洪水

マスタープランでは、2011年洪水を計画対象洪水とする。タイ国政府は国内全ての流域において、都市流域は100年確率洪水、地方流域は25年確率洪水を適用している。チャオプラヤ川においては、2011年洪水を受け、政府は、被災堤防の復旧事業、道路の嵩上事業、都市の治水対策等の緊急事業は2011年洪水規模対応で進めることを決定している。

調査団の降雨解析によると、2011年洪水は、政府の計画洪水レベルを満たす100年確率規模と評価された。また、2011年洪水以外の降雨パターンに対する洪水対策の妥当性検証のため、構造物対策の検証は、降雨確率100年規模に引き伸ばした別の降雨パターンを用いた解析を行った。

B: 計画高水位の設定

計画高水位の設定は、洪水防御や氾濫管理、河川改修といった河川管理を効果的に行う上で重要である。計画高水位は、(i) 現況の堤防高、護岸高、そして(ii) 既往最高水位を参考に検討する。その際、復旧している堤防の護岸高や防護すべき堤内地の土地利用等も参考とする。

C: 流下能力の評価

流下能力の評価は、対象区間においてネックとなる箇所を抽出し、適切な対策工を検討する上で重要である。既存河道の流下能力は、感潮区間と潮汐の影響の無い区間に分け、2011年洪水の一次元不定流解析を用いて評価を行う。

D: 防御地区の設定

2011年洪水のような大規模な洪水から防御すべき地域を選定する。本調査においては、タイ側から防御地域として示された、バンコク並びに周辺地域からアユタヤ南の工業団地（総面積約5,600km²）及び流域の中核都市を防御地域として設定する。

E: 氾濫許容地域

過去の洪水記録により、常襲氾濫地域が確認できる。チャオプラヤ川流域における気象特性、水理特性および地形特性を考慮すると、ダムや河川改修等の構造物対策によって全流域を洪水氾濫から防御することは困難である。したがって、氾濫が頻繁に起こる地域を氾濫許容地域とし、過去の浸水域図、土地利用図からその位置を推定した。そして、土地利用規制や災害保険といったソフト対策の提案を行う。

F: 流量配分の設定

洪水流は、以下に示す構造物対策により配分されるものとする。

- 1) 堤防補強・河道改修
- 2) 既設ダムの効率的運用
- 3) 新規ダム
- 4) 放水路
- 5) 遊水地、調節池

洪水に対する安全性を評価する際、水位のみではなく流量も確認するものとする。

9.1.3 対策案の検討 (a - h)

a: 堤防補強・河道改修

チャオプラヤ川の流下能力を改善するため、堤防補強、河道改修を検討する。チャオプラヤ川は、流域からの流出量に対して、流下能力が絶対的に不足しているため、河川改修のみによる洪水対策は不可能である。また、上流で堤防が建設された場合は、下流への洪水流量が増加し、氾濫を誘発する可能性がある。このため、堤防補強や河川改修を検討する際は、現況流下能力、堤内地の土地利用及び上下流の安全性のバランスを十分に考慮する。

b: 既設ダムの運用効率の改善

チャオプラヤ川流域では、既存ダムのうち、ブミボンダム、シリキットダム、パサックダム及びクワエノイダムの4つの大規模ダムを活用した洪水調整が望ましい。しかし、RID及びEGATにより実施されている現行のダム運用は、主に灌漑を目的としている。そこで本調査では、灌漑、利水、環境保全を目的とした現在の水利用状況を踏まえつつ、利水と治水の両面を考慮した新たなダム運用案を提案する。

c: 新規ダム

2011年の洪水を受け、タイ政府は100以上ものダム建設を計画している。その中で、現在ダムが無く、主要支川にあり、かつ洪水調節効果が大きく期待できるヨム川のケンサーテンダム、サカエクラン川のマエウオンダム、ナン川のマエケグダムの3ダムについて、治水効果、経済性および社会環境面について検討し、新規ダムの洪水調節量を検討する。

d: 放水路

タイ側から提案されている総流下能力 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の東・西放水路および外郭道路放水路の3本の放水路について、ルートや分流方法、放水路断面、河口処理（防潮堰の有無）といった技術面の検討を行い、改築構造物等のコストや移転家屋数等の社会環境面を考慮し、最適な放水路案を提案する。

e: 遊水地及び調節池

RID は、ナコンサワン上流およびアユタヤ周辺に13地区（ナコンサワン上流5箇所、アユタヤ地域8箇所）、合計面積計約 $2,000\text{km}^2$ の遊水地を計画しており、現在も検討中である。これら遊水地は低平地の農業地域に位置しており、大出水時には遊水効果を発揮する。このため遊水地の周囲堤や導水ゲート、ポンプ施設等の設置による洪水調節効果を検討する。

f: 氾濫地区の土地利用規制

チャオプラヤ川流域では、構造物対策のみによる洪水抑制は不可能である。したがって、2011年洪水のような大規模洪水に対し、土地利用規制や建築規制等の非構造物対策による減災効果を検討する必要がある。

本検討では、氾濫解析を元に洪水浸水区域を5つの氾濫タイプに分類し、氾濫タイプ毎に適切な土地利用を提案する。さらに浸水地域内で無秩序な開発を抑制するための土地利用規制を提案する。

g: 内水排除

内水氾濫対策に関する調査を実施した。2012年末時点で、総排水量で約 $1,600\text{m}^3/\text{s}$ のポンプ施設がチャオプラヤ川下流域において設置された。本調査では、ポンプ排水による影響をチャオプラヤ川の水位上昇を評価し、河川の流下能力が十分であるか検討する。

h: 森林回復

チャオプラヤ川流域の森林地域の20%に当たる荒廃森林の回復により、上流域に位置する水源地域のピン川、ワン川、ヨム川及びナン川流域の保水機能の向上、斜面の安定、土砂災害の軽減が図られる。本調査では、チャオプラヤ川上流域における森林の状況を確認し、タイ政府による森林回復活動について確認する。

9.1.4 対策案の評価

前述した基本条件（AからF）のもと、対策工（aからh）の最適な組合せを、水位を評価基準として検討を行う。治水の観点から、対策後の河道水位は計画高水位以下にすることは必須であり、社会環境への影響や実現可能性、事業費等をもとに最適な対策工の組合せを検討する。

9.2 基本条件の検討

9.2.1 計画洪水

100年確率洪水と評価されている2011年洪水をマスタープランの計画洪水に設定する。詳細な説明は7章に示す。

9.2.2 計画高水位

(1) チャオプラヤ川

洪水対策計画を立案する上で、計画高水位の設定は不可欠である。計画高水位は、既存の堤防高や河岸の計画高、土地利用、既往最大水位、潮位等を考慮して設定する。

(a) 現在の築堤工事の情報

運輸省道路局（DOH：Department of Highways）及び地方道路局（DOR：Department of Rural Road）は、緊急洪水防御事業として、バンコク首都圏・周辺道路、堤防道路の嵩上げ工事を開始、2013年完成予定である。図9.2.1および図9.2.2に、DOHおよびDORによる道路嵩上げ事業の位置とその嵩上げ高を示す。

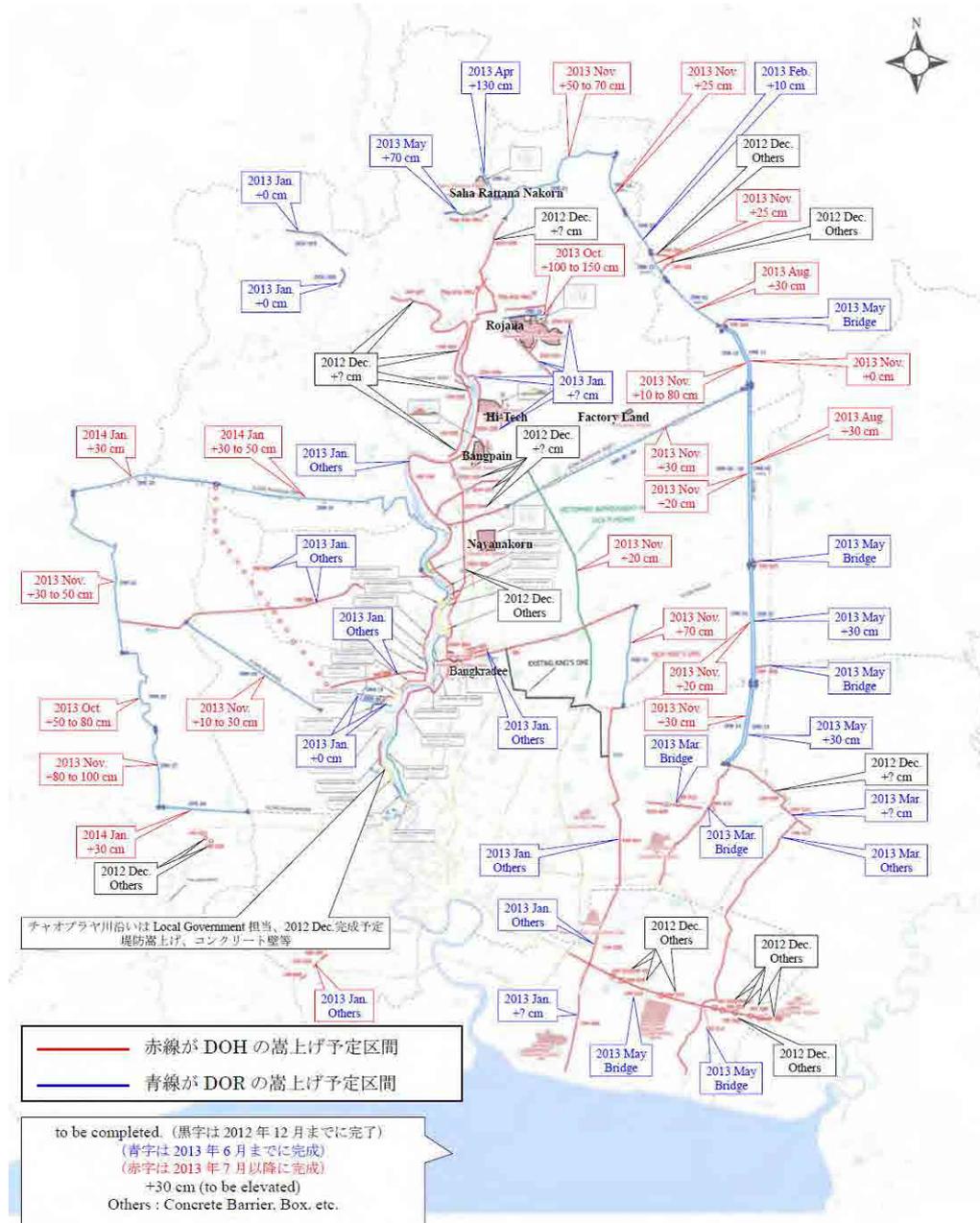


図 9.2.1 バンコク首都圏周辺の道路嵩上げ事業

(b) 現況堤防高

チャオプラヤ川下流の一般的な堤防状況は図 9.2.3 に示す通りである。チャオプラヤ川沿いの堤防は、河岸沿いの自然堤防と灌漑水路と併行に設置されている道路兼用堤防、いわゆる二線堤の2タイプの堤防が存在している。自然堤防と二線堤の距離は100 m から数 km の幅があり、その間には多数の住宅が存在している。

下図は2011年11月中旬（洪水低減期）に撮影された写真であるが、二線堤がチャオプラヤ川の洪水氾濫の拡大を制御していることがわかる。

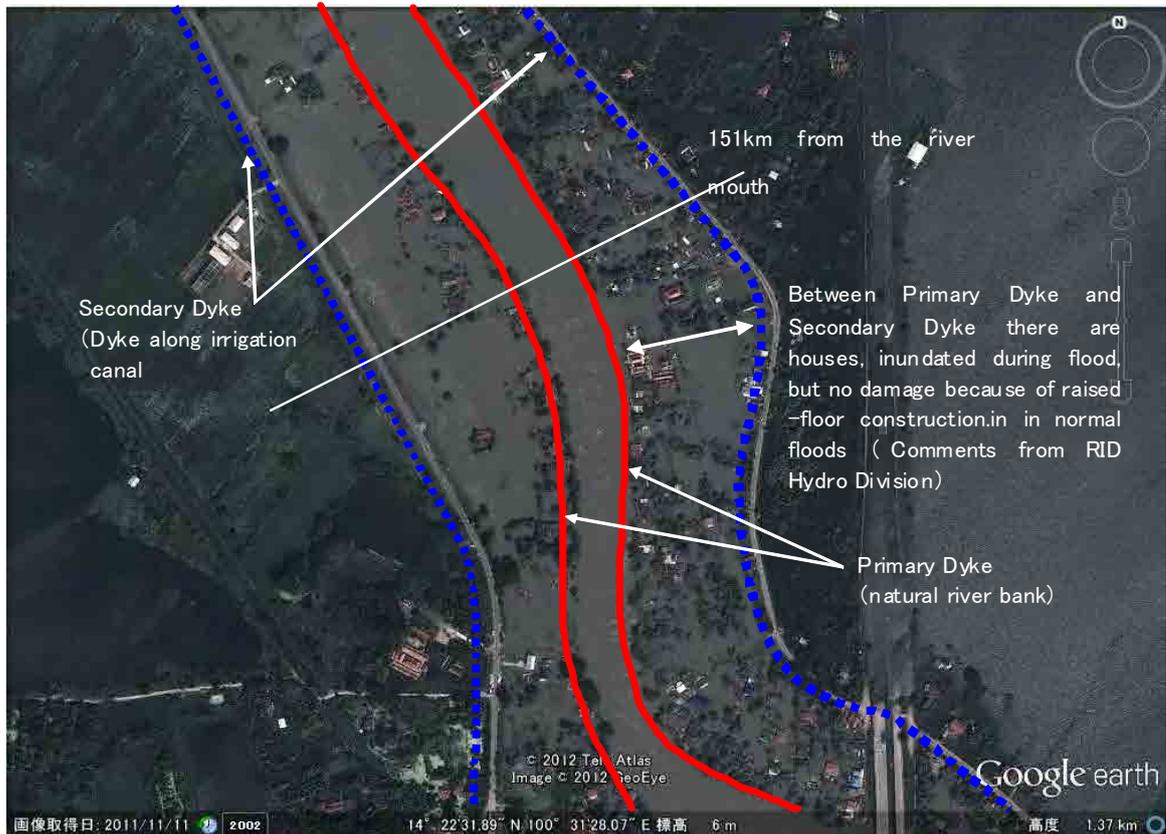


図 9.2.3 チャオプラヤ川沿いの二線堤

自然堤防と二線堤に関するRIDの見解は、以下のとおりである。

- ・ RIDが整備の対象とする堤防は二線堤であり、自然堤防は整備しない。
- ・ 大規模出水時は二線堤に土嚢を積み上げ、越水対策を実施する。
- ・ 自然堤防と二線堤の間に住む住民に対し浸水後の補償は行わない。
- ・ 住宅の構造は高床式であり通常の洪水であれば住居部分である2階まで浸水することはない。浸水期間中の移動は船で行うため生活に支障はない。
- ・ RIDは住民に対し、自然堤防の水位を基に洪水予警報の発令を行なっているため、治水の観点から自然堤防、二線堤共に重要である。

上述のように、RIDは二線堤を洪水防御構造物として扱っていることから、マスタープランの計画高水位は二線堤に設定するものとする。

(c) 現況堤防高

図 9.2.4 にチャオプラヤ川の堤防縦断面図を示す。自然堤防は RID から提供された横断面図から、二線堤は RID の横断面図および LiDAR データからそれぞれ抽出した。二線堤については、部分的にデータが不足している。

下流部の堤防高については、LiDAR データから堤防の高さを抽出できないため（海軍施設等があるため LiDAR のデータは提供されない）、堤防高情報は BMA の Flood Protection System から入手した。また、RID から提供された水位観測データから、2011 年 8 月から 11 月までに記録された最高水位および 2011 年洪水の破堤地点を示した。

この結果を元にカウンターパートに聞き取り調査を実施したところ、以下のことが判明した。

- ・ バンコク下流においては、2011 年洪水の水位は堤防高を超えておらず、溢水氾濫は発生していない。
- ・ 一方、アユタヤやナコンサワン付近においては、洪水水位が堤防を超えたため、浸水被害が発生している。
- ・ RID の Hydro Division によると、アントン（182~184 km）とシンブリ（224~230 km）は河口から 240~300 km 上流の左岸側の破堤（二線堤）により、下流への洪水流量が低減したため、甚大な被害が発生しなかった、とのことである。
- ・ 自然堤防と二線堤の比高差が大きい区域に破堤箇所が集中した。自然堤防と二線堤の比高差が大きく、湛水深が深い区間において破堤の危険性が高い。

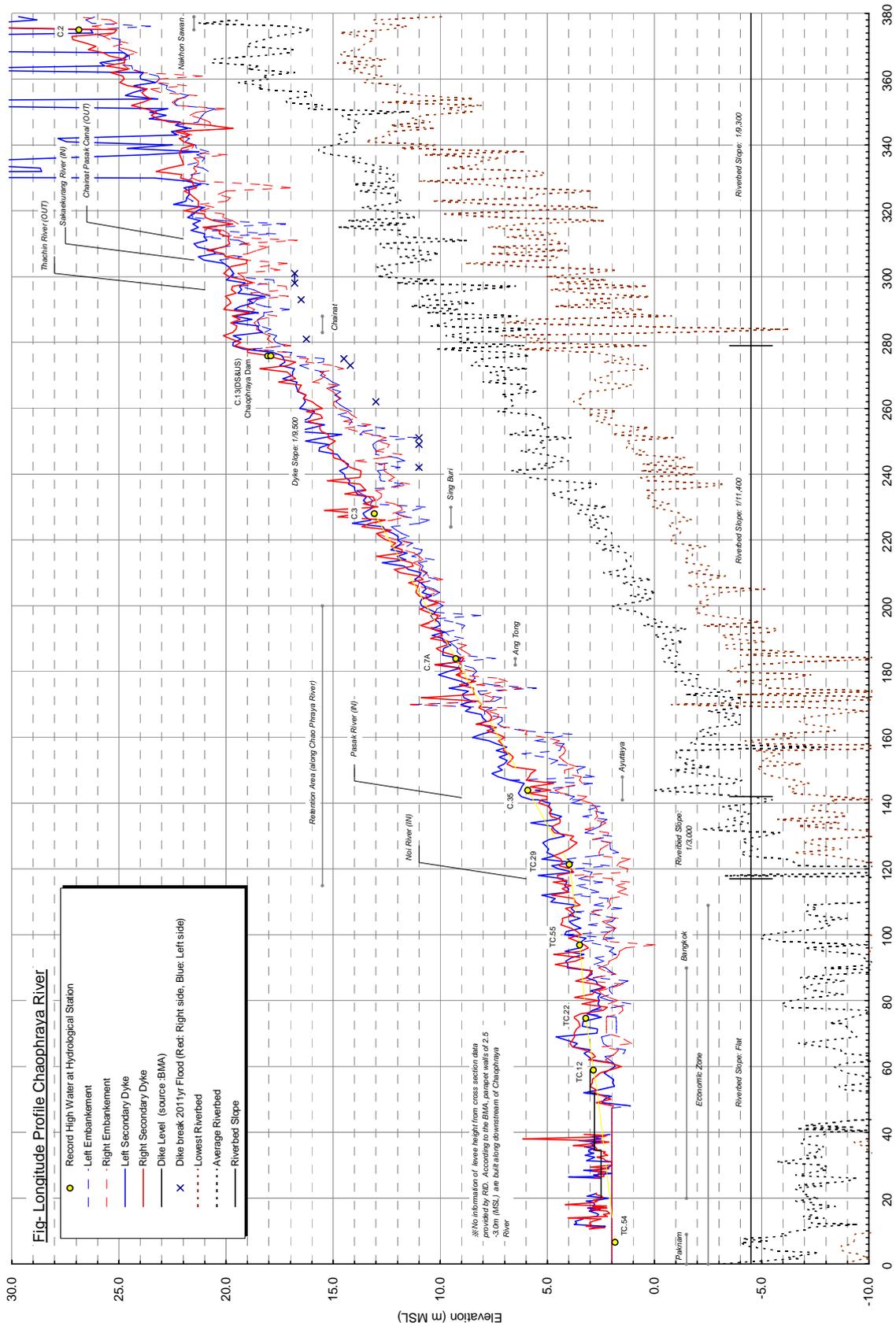


図 9.2.4 チャオプラヤ川縦断面図

(d) クリティカルポイントの抽出と計画高水位の設定

自然条件および社会条件から、堤防嵩上げが困難な地点および地区を下表に示す（距離は河口からの距離）。これらの制約条件を元に計画高水位の設定を行った。堤防の余裕高に関しては、下記の点に留意した。

- ・ 既設の橋梁や水門及び排水機場を考慮し、計画高水位＋余裕高（＝堤防高）は、二線堤高さ程度を基本とした。
- ・ 余裕高は全川で 50cm とした。

表 9.2.1 チャオプラヤ川の計画高水位設定にあたり留意すべき箇所又は区間

番号	区間	要点
1	バンコク (20～90 km)	河岸際に住宅、商業施設、寺院等が隣接しているため、現況堤防の嵩上げは困難であり、計画高水位は現況堤防高見合いで設定する。なお、感潮区間は、計画高水位は、2011年洪水の洪水位 3.5 m (MSL) とする。
2	アユタヤ (141～148 km)	世界遺産遺跡が河川沿いに点在し、景観上の問題から築堤は望ましくない。計画高水位は現況地盤高程度とし、計画高水位は 3.5m に設定する。
3	アントン (182～184 km)	河川沿いの河岸には堤内地防御のためパラペット壁が設置されており、その高さは概ね 9.0m (MSL) である。そこで計画高水位は 8.5m に設定する。
4	シンブリ (224～230 km)	シンブリは洪水防御対象の地方中核都市に選定されている。計画高水位は二線堤高に設定する。二線堤高は 13.0 m (MSL) 必要であることから、計画高水位は 12.5 m に設定する。
5	チャオプラヤダム (278km)	河口から 278km 地点にチャオプラヤダムが設置されている。この施設的设计洪水位は 18.0m (MSL) であることから、計画高水位は 18.0m とする。なお、2011年洪水における最高水位は直上流で 18.05 m、直下流で 17.91m を記録している。
6	チャイナット (283～286km)	チャイナットは左岸側の二線堤が全体的に低い。計画高水位は左岸の二線堤高をベースとし、計画高水位は 18.0m とする。
7	ナコンサワン	二線堤は存在しないが自然堤防がある。市内は宅地が密集していることから、河岸高をベースに計画高水位は 25.5m に設定する。

計画高水位を図 9.2.5 に示す。

(2) タチン川

タチン川の計画高水位もチャオプラヤ川と同じ方法で設定する。設定にあたっては、

- 1) DOR、DOH の主導で建設される優先防御地域周辺の道路嵩上げ
- 2) 潮汐
- 3) 沿川の土地利用状況

を考慮する。

計画高水位の設定にあたり留意すべき箇所又は区間を表 9.2.2 に示す。

表 9.2.2 タチン川の計画高水位設定にあたり留意すべき箇所または区間

番号	区間	要点
1	0-10km	解析によると、この区間では洪水期でも潮位の影響を受け、水位は水平となる。よって計画高水位は、サムットサコン水位局の過去最高潮位である 1.9m を踏まえ、2.0m と設定する。
2	10 - 116.2km	タチン川左岸側には、商業地域を守るため川沿いに平均高さ約 4m の道路盛土が建設されている。したがって、この区間における計画高水位は 4.0m と設定する。
3	116.2 - 141km	141km 地点にボンルー水路との合流点があり、そこが道路盛土の起点となっている。(高さは約 4.7m)
4	141- 174km	計画高水位は既存堤防高に合わせる。
5	174 - 262km	188km の地点周辺に主要な地方都市であるスパンブリが位置するため、182km から 262km における計画高水位は既存の標高を基本とする。
6	262 - 317.5km	262km から 317.5km においては、既存の堤防高を計画高水位の基準とする。

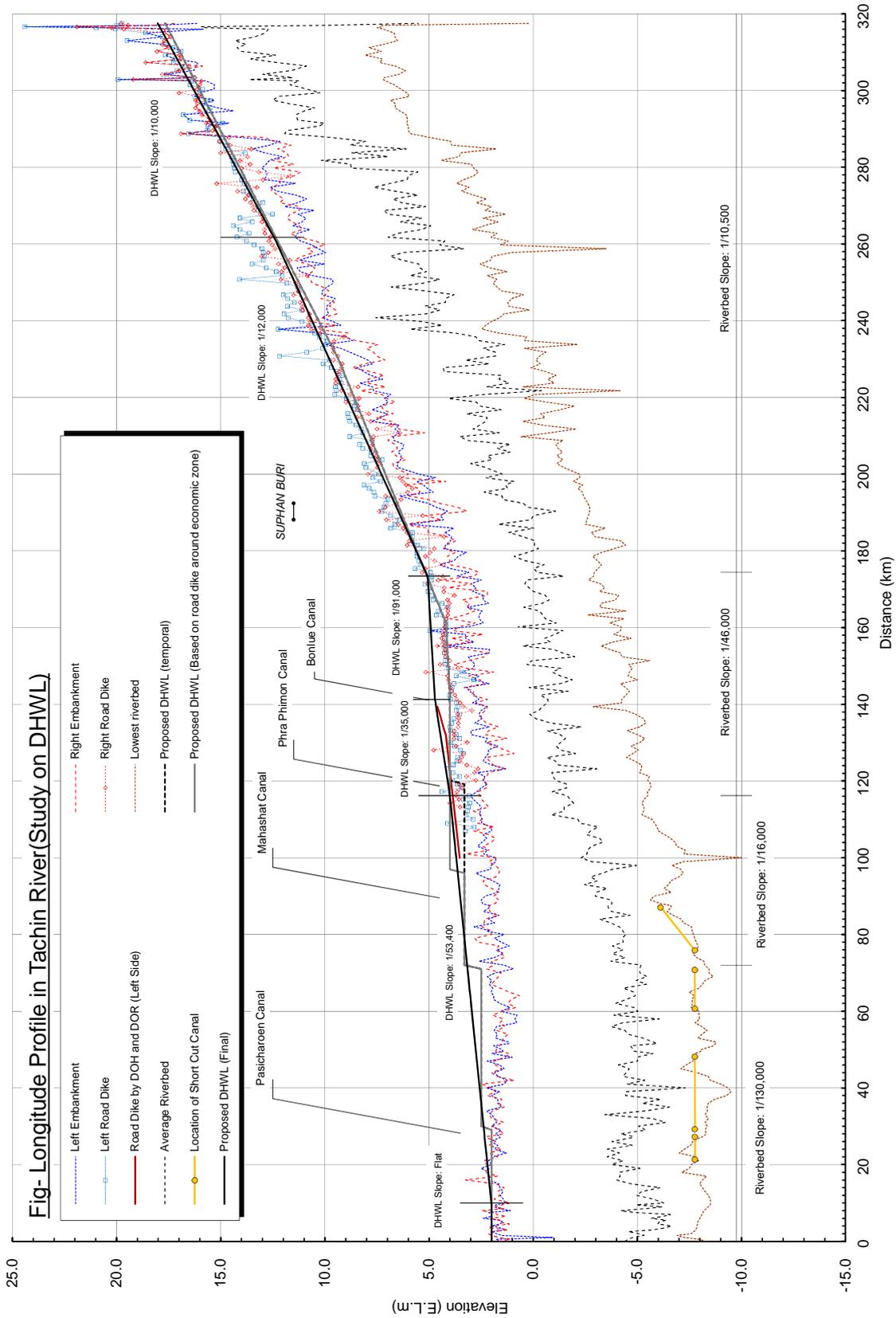
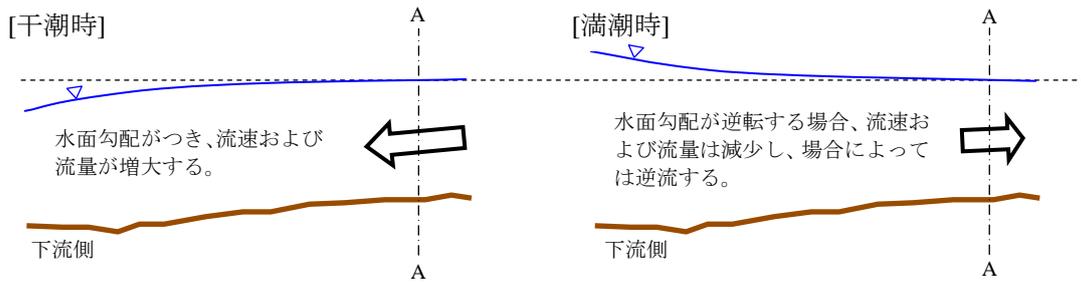


図 9.2.6 タチン川 計画高水位

9.2.3 流下能力

現状の河川や水路の治水安全度、洪水調節施設や河川改修工事に必要な規模を決定するために、流下能力の算定を行う。通常、感潮区域でない区間については、流量の増加に比例して河川水位は上昇し、水位と流量の関係をもとに H-Q カーブを作成する。そして、現況堤防高といった任意の高さにおける流下能力を算定する。

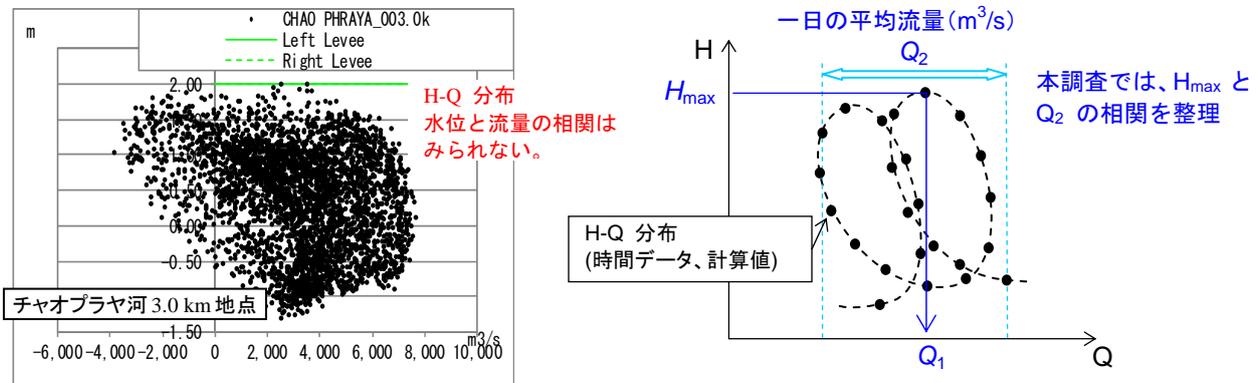
一方、感潮区域においては、潮の満ち引きによる影響を強く受け、場合によっては満潮時に逆流することもある。このため、たとえ水位が同じであっても潮汐によって流量は大きく異なる。



水位が同じであっても、A-A 断面を通過する流量は異なる。

図 9.2.7 潮汐が河川にあたる影響

本調査においては、図 9.2.8 に示すように 1 日の平均的な流量と日最大水位を用いて、新たに H-Q カーブを設定した。



H-Q カーブ作成にあたっては以下の 2 通りの方法が考えられる。

- 1) 日最大水位 H_{max} と流量 Q_1
- 2) 日最大水位 H_{max} と日平均流量 Q_2 (感潮区域に適応)

図 9.2.8 感潮区域における H-Q カーブの作成

ナコンサワン地点 (C.2) 下流のチャオプラヤ川流域の河川および水路の流下能力図を図 9.2.9 から図 9.2.18 にそれぞれ示す。流下能力の評価高は堤防と河岸の高さとした。チャオプラヤ川とタチン川については、DHWL における流下能力も整理した。

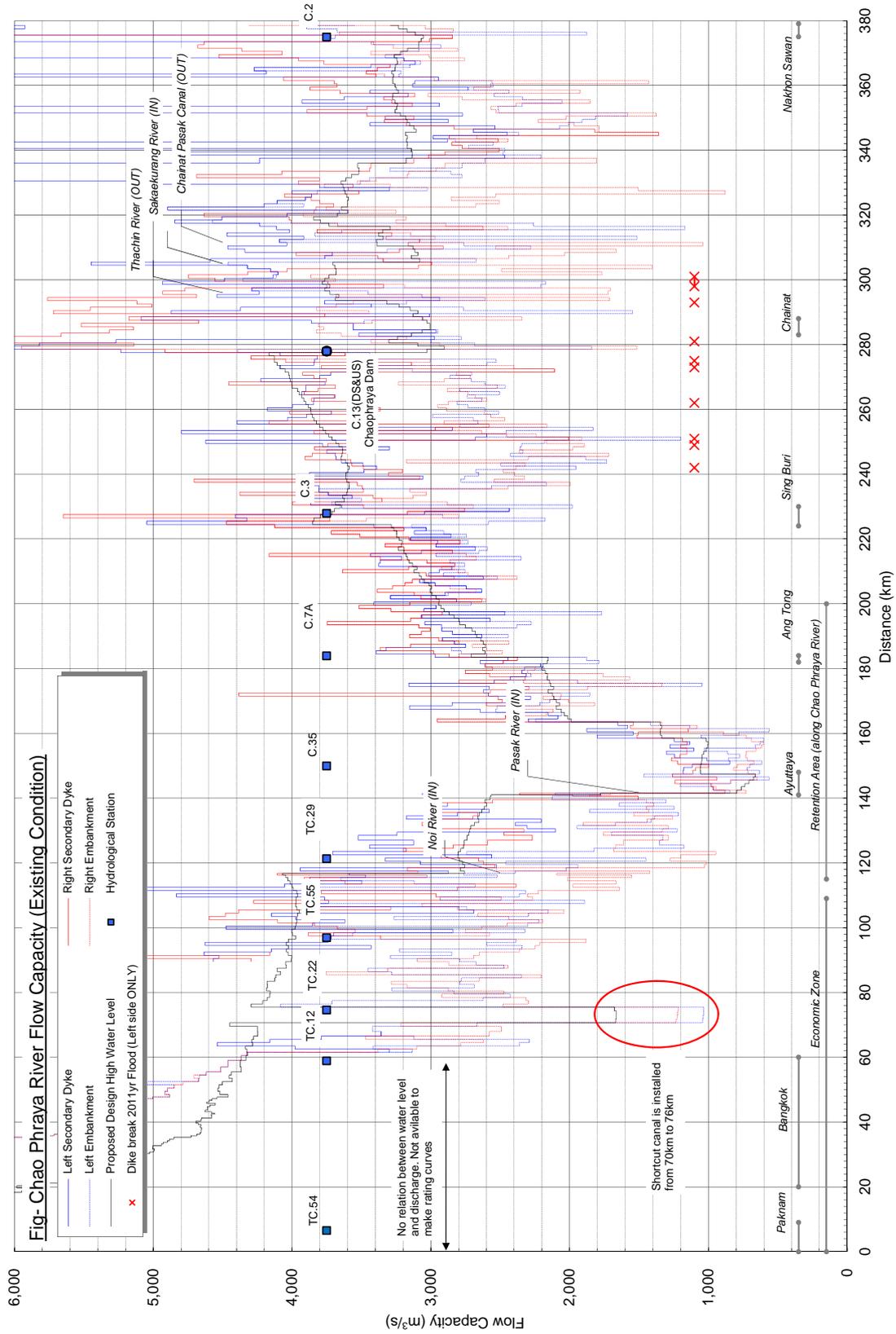


図 9.2.9 チャオプラヤ川 流下能力図 (河川：現況)

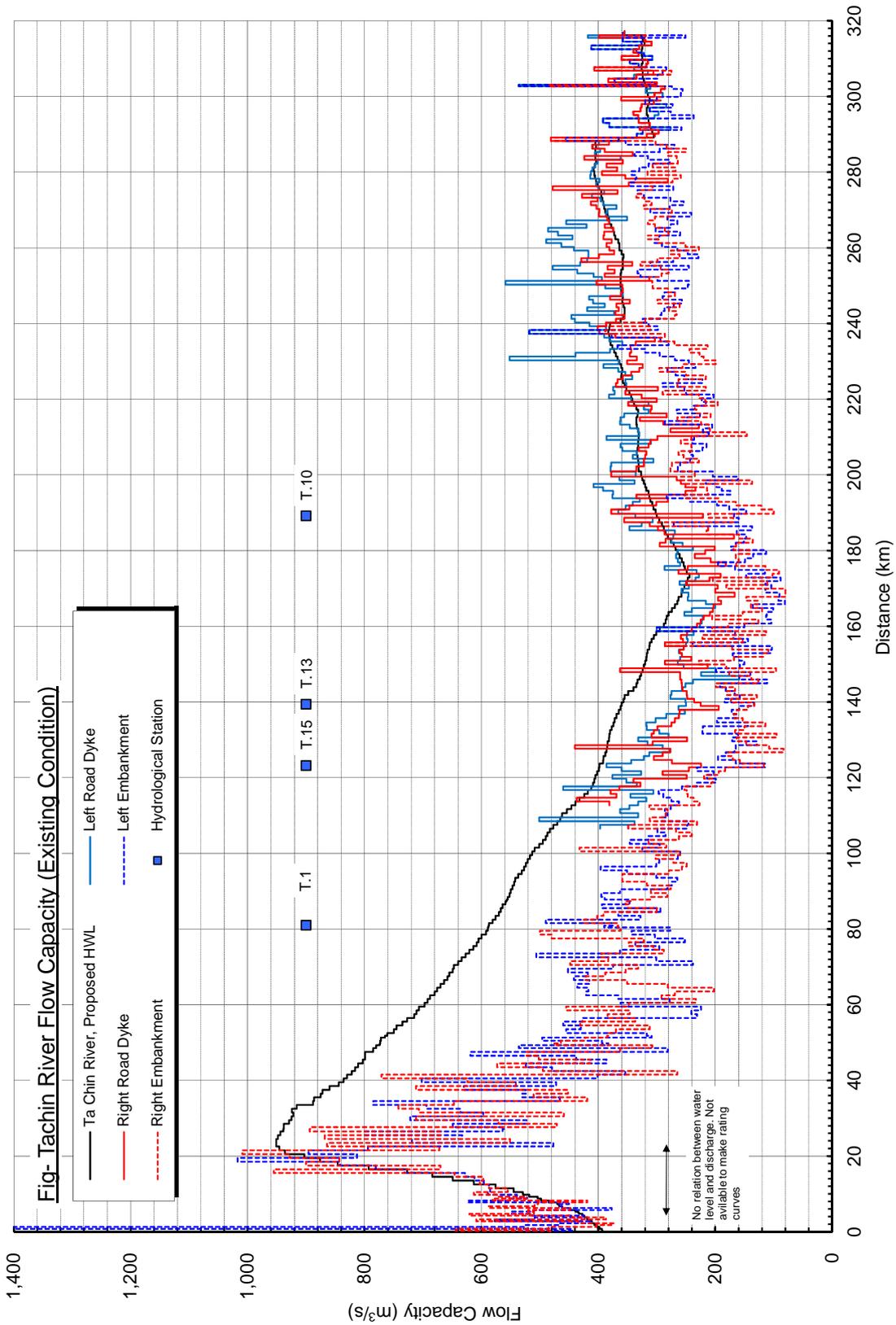


図 9.2.10 タチン川 流下能力図 (河川：現況)

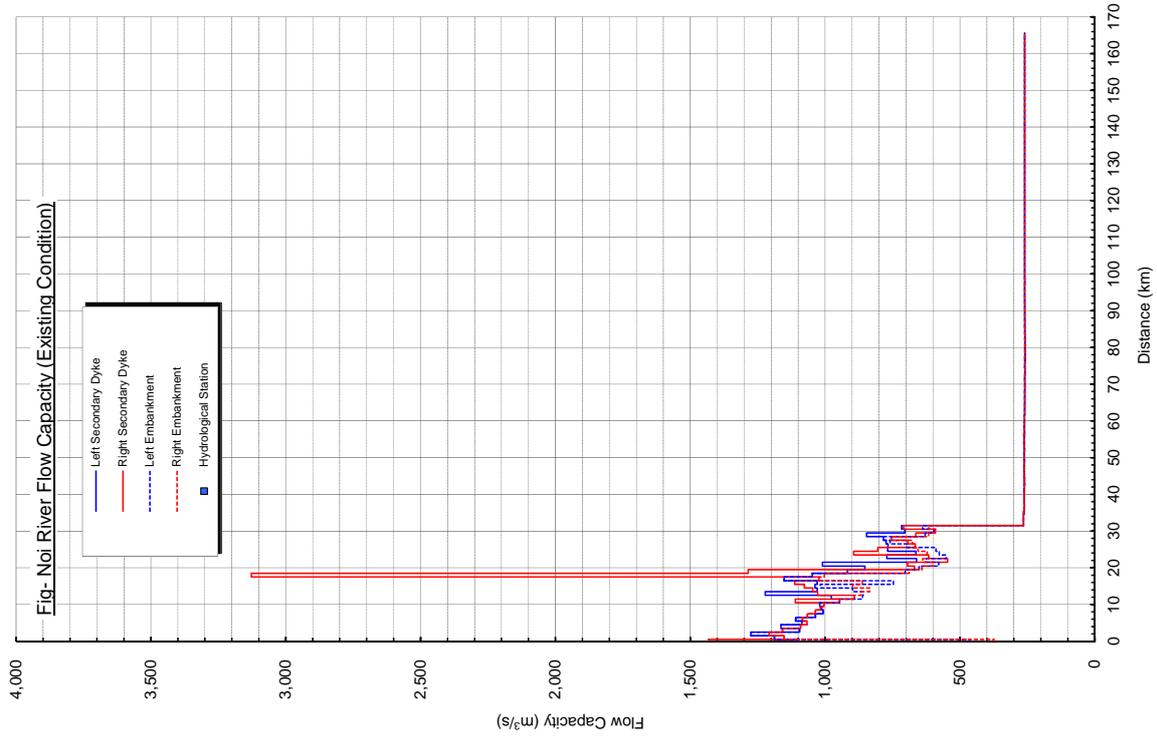


図 9.2.11 ノイ川 流下能力図
(河川：現況)

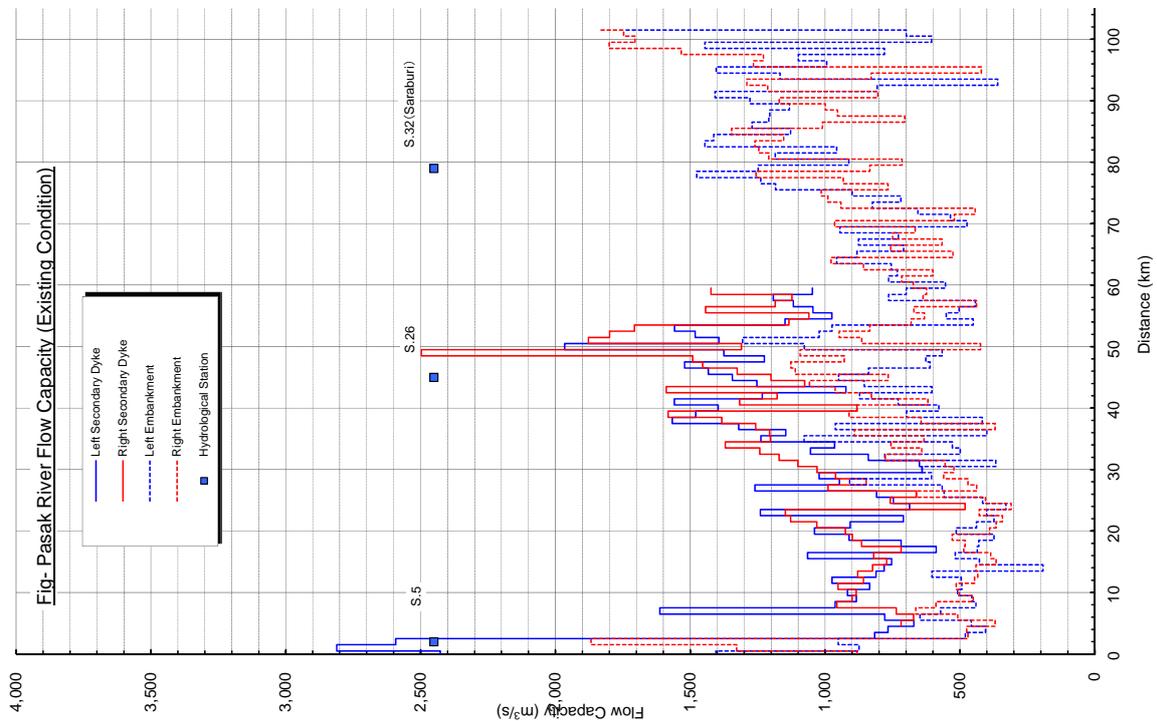


図 9.2.12 パサク川 流下能力図
(河川：現況)

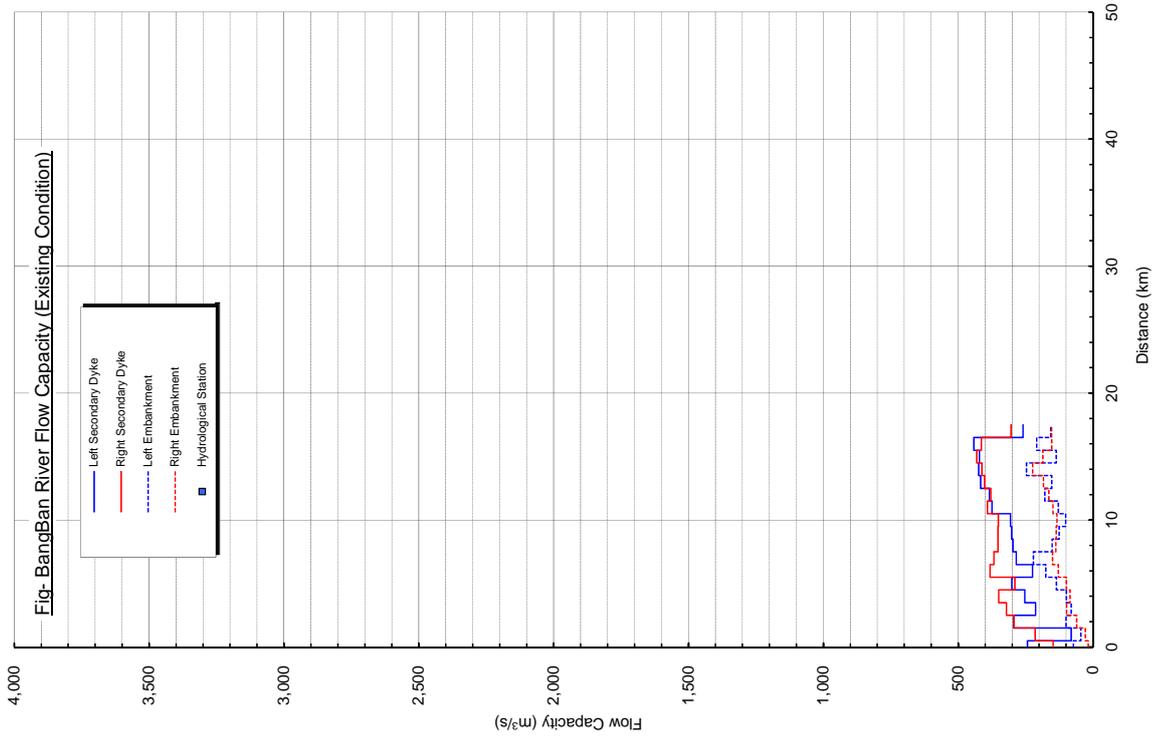


図 9.2.13 Ban Bang 水路 流下能力図
(河川：現況)

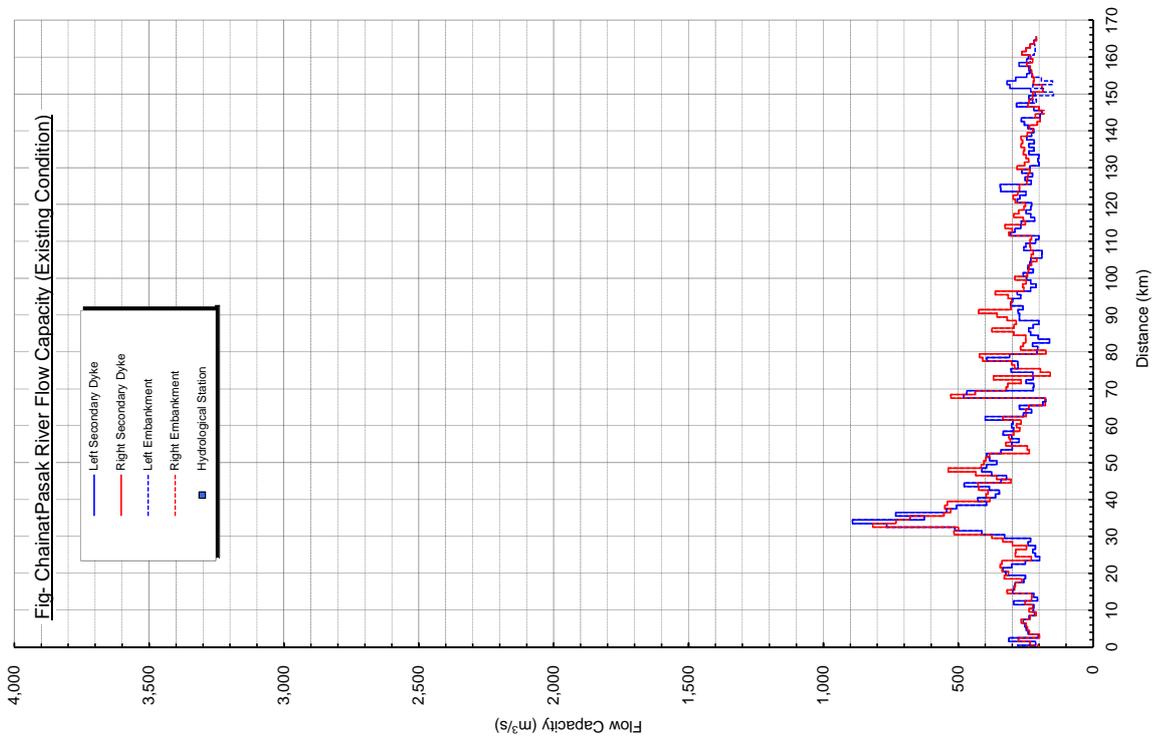


図 9.2.14 Chainat Pasak 水路 流下能力図
(河川：現況)

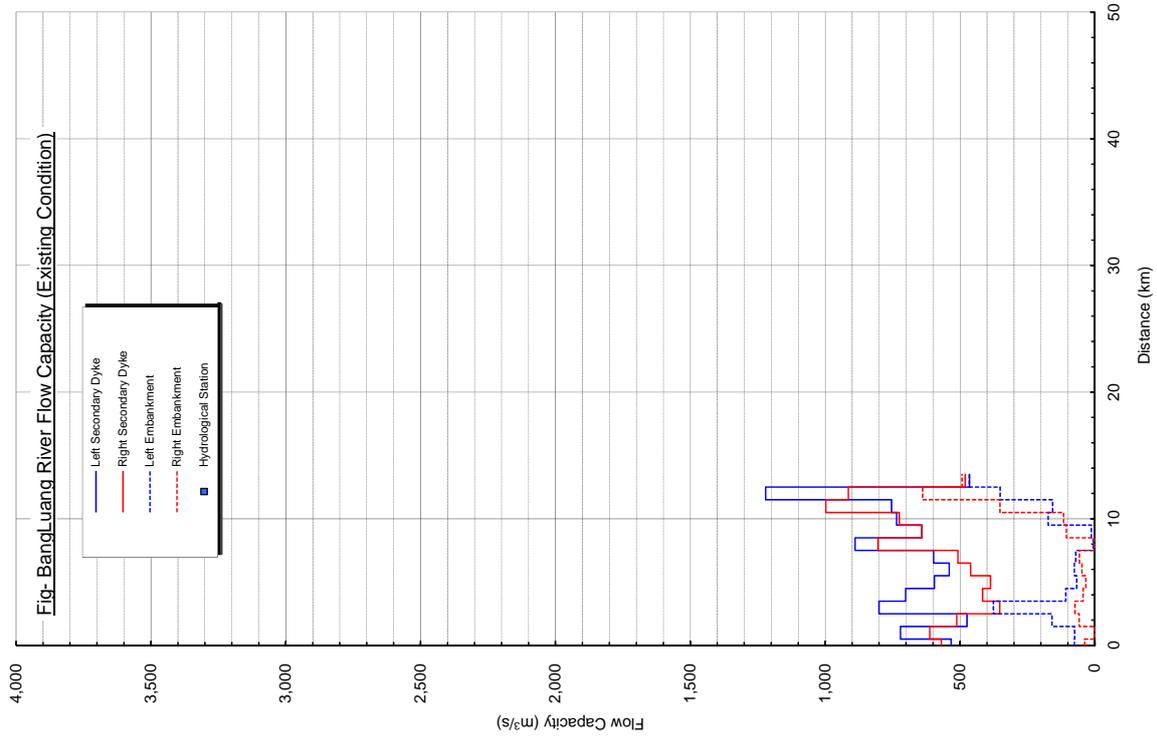


図 9.2.15 Bang Luang 水路 流下能力図 (河川：現況)

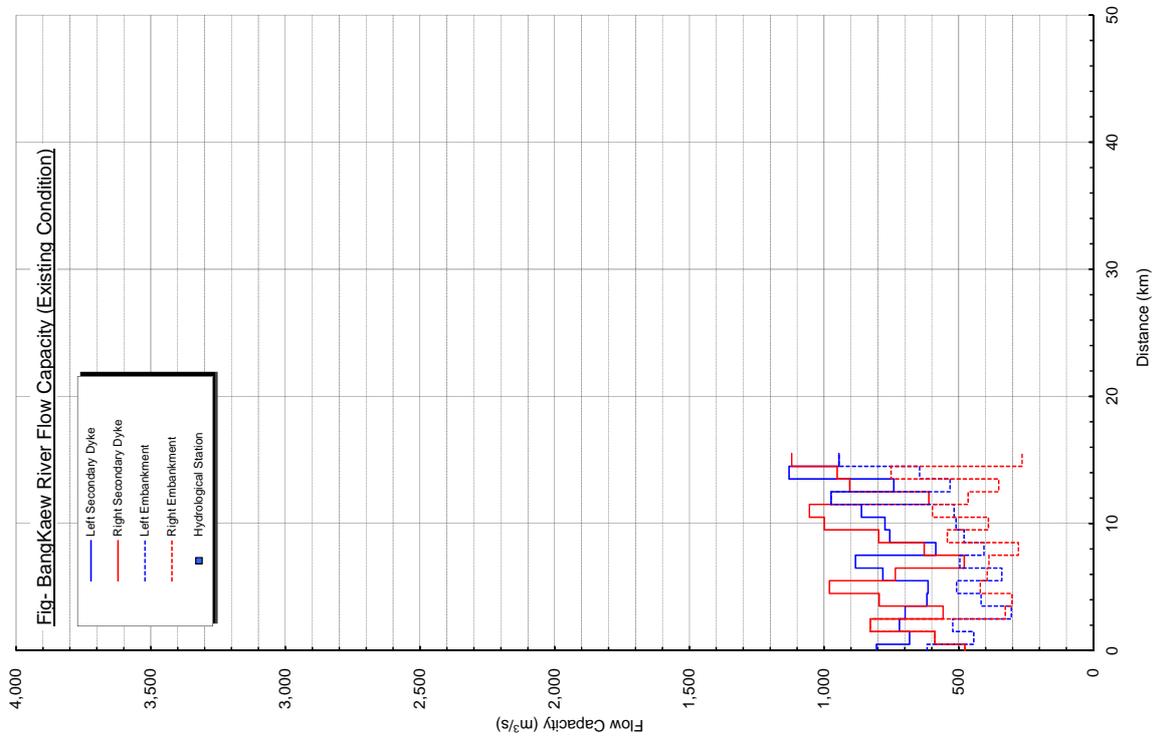


図 9.2.16 Bang Kaew 水路 流下能力図 (河川：現況)

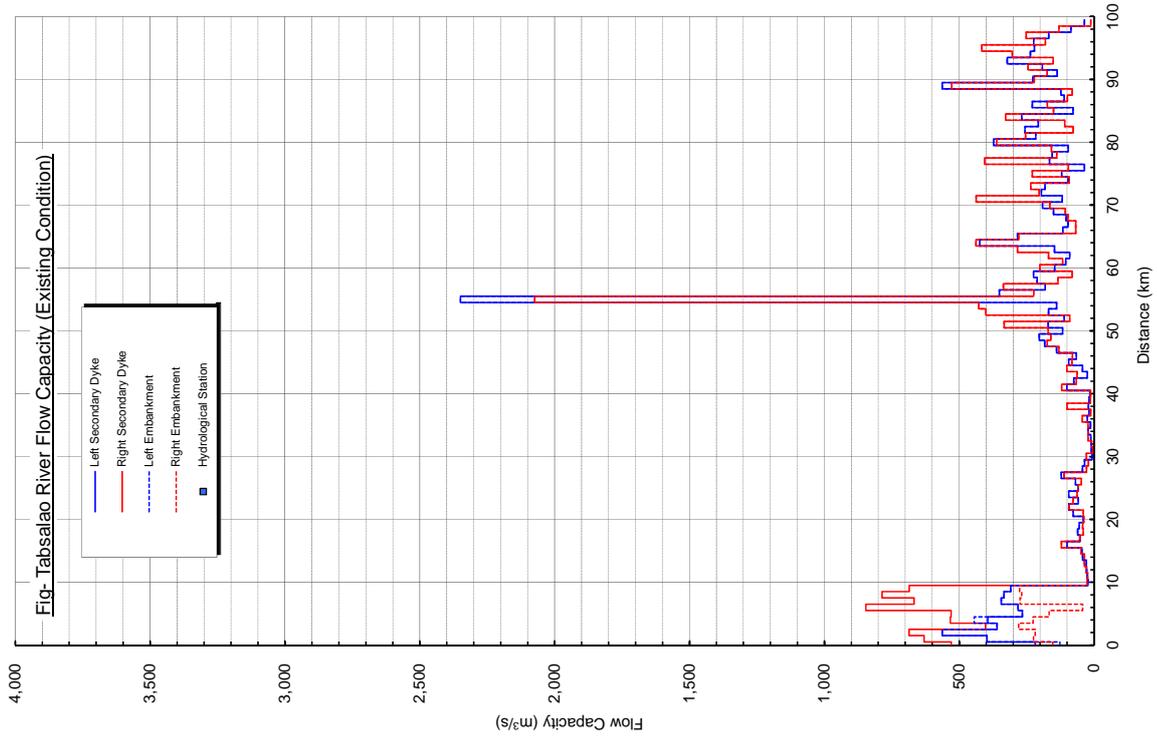


図 9.2.17 タブサラオ川 流下能力図
(河川：現況)

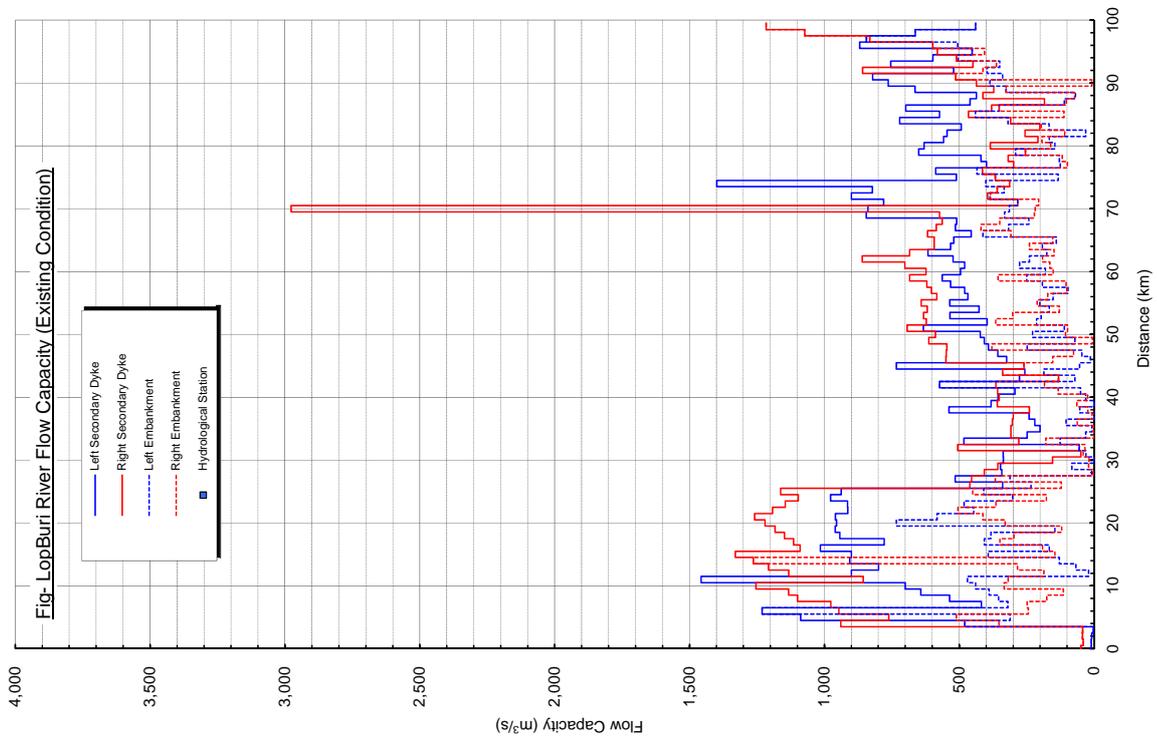


図 9.2.18 ロップブリ川 流下能力図
(河川：現況)

9.2.4 感潮区間の設定

計画高水位の設定にあたり、感潮区間の範囲の設定が必要である。チャオプラヤ川下流域に於けるRIDの水文観測所はC.35、TC.29 (C.29)、TC.55、TC.22、TC.12、TC.4、TC.54が設置されている。2011年洪水時の各観測所の水位を次図に示す。

最下流に位置するTC.54観測所(河口から6.6km)では、9月上旬から11月中旬の洪水期においても水位は潮汐に依存する。そこから上流へ向かうにつれ潮汐の影響は小さくなり、水位は上流からの洪水流に影響されるようになる。TC.22観測所(河口から75km)付近では、潮位による水位の震幅が小さくなり、TC.29(河口から121km)では洪水期の潮位の影響がなくなった。したがって、干潮区間は75kmから121kmの間と推定される。

これらを踏まえて、本調査においては、感潮区間は、BMAにより堤防が整備されているバンコク首都圏上流(河口から90km)までの区間とした。

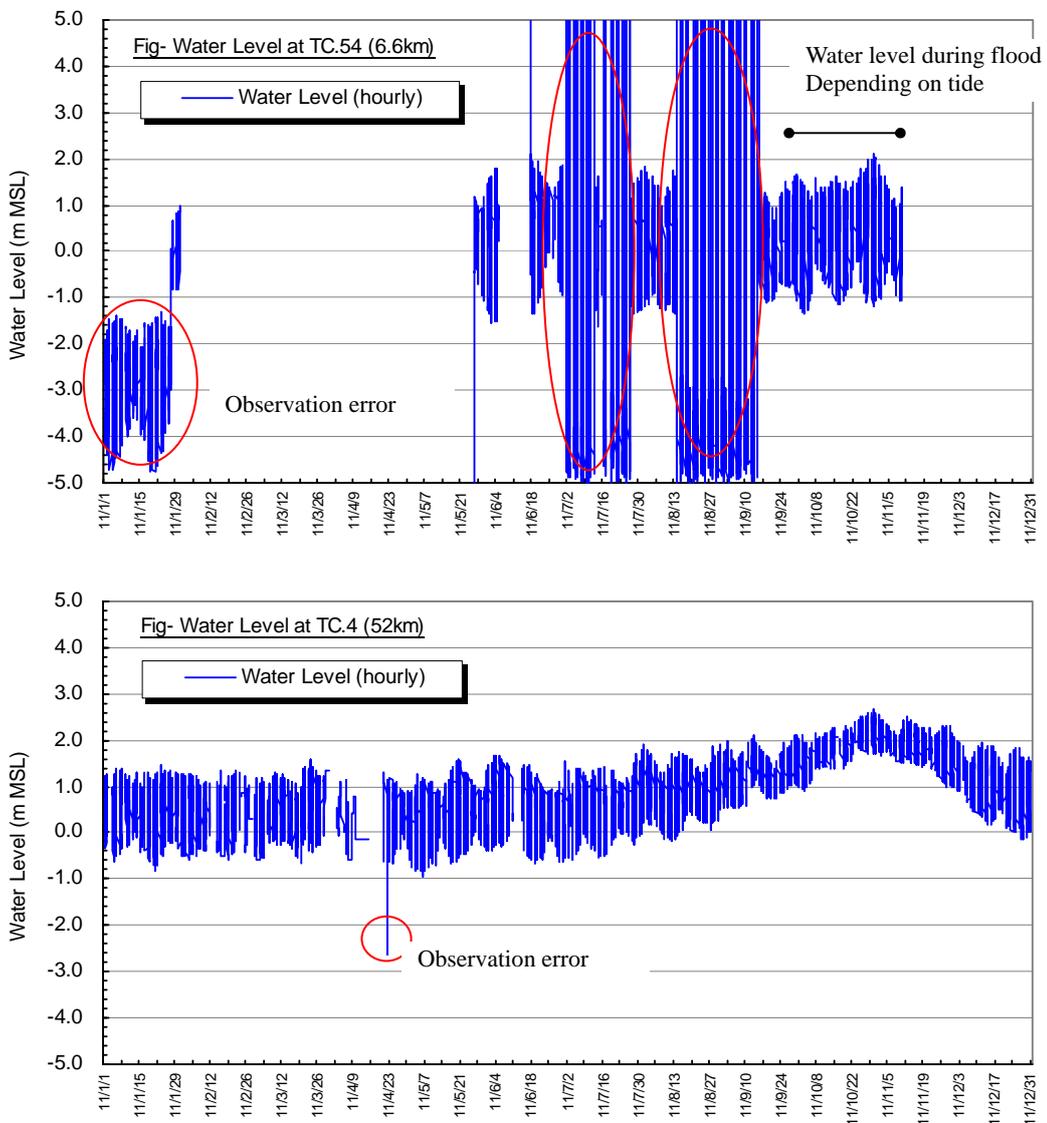


図 9.2.19 2011年に観測された洪水ハイドログラフ (1/3)

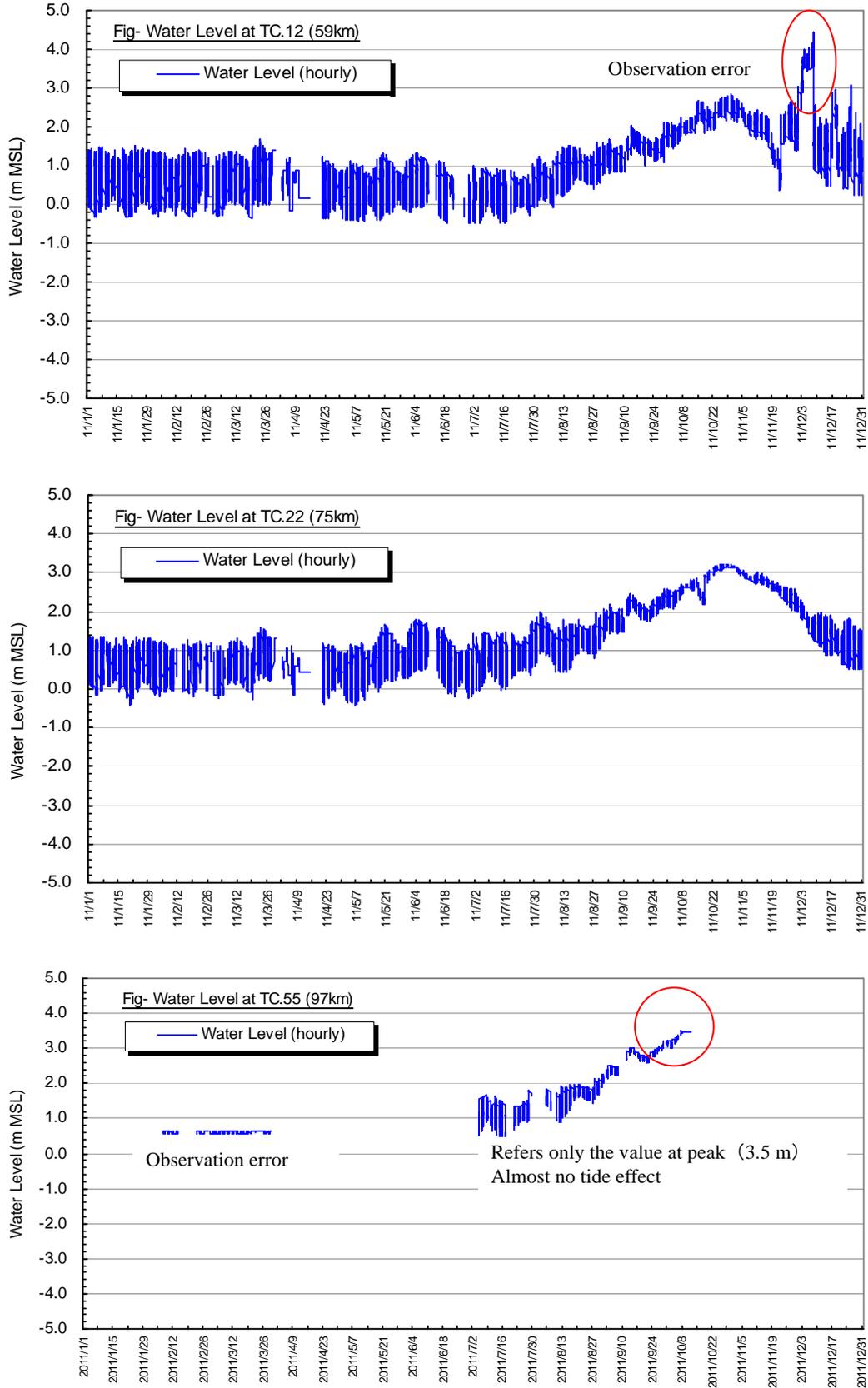


図 9.2.20 2011年に観測された洪水ハイドログラフ (2/3)

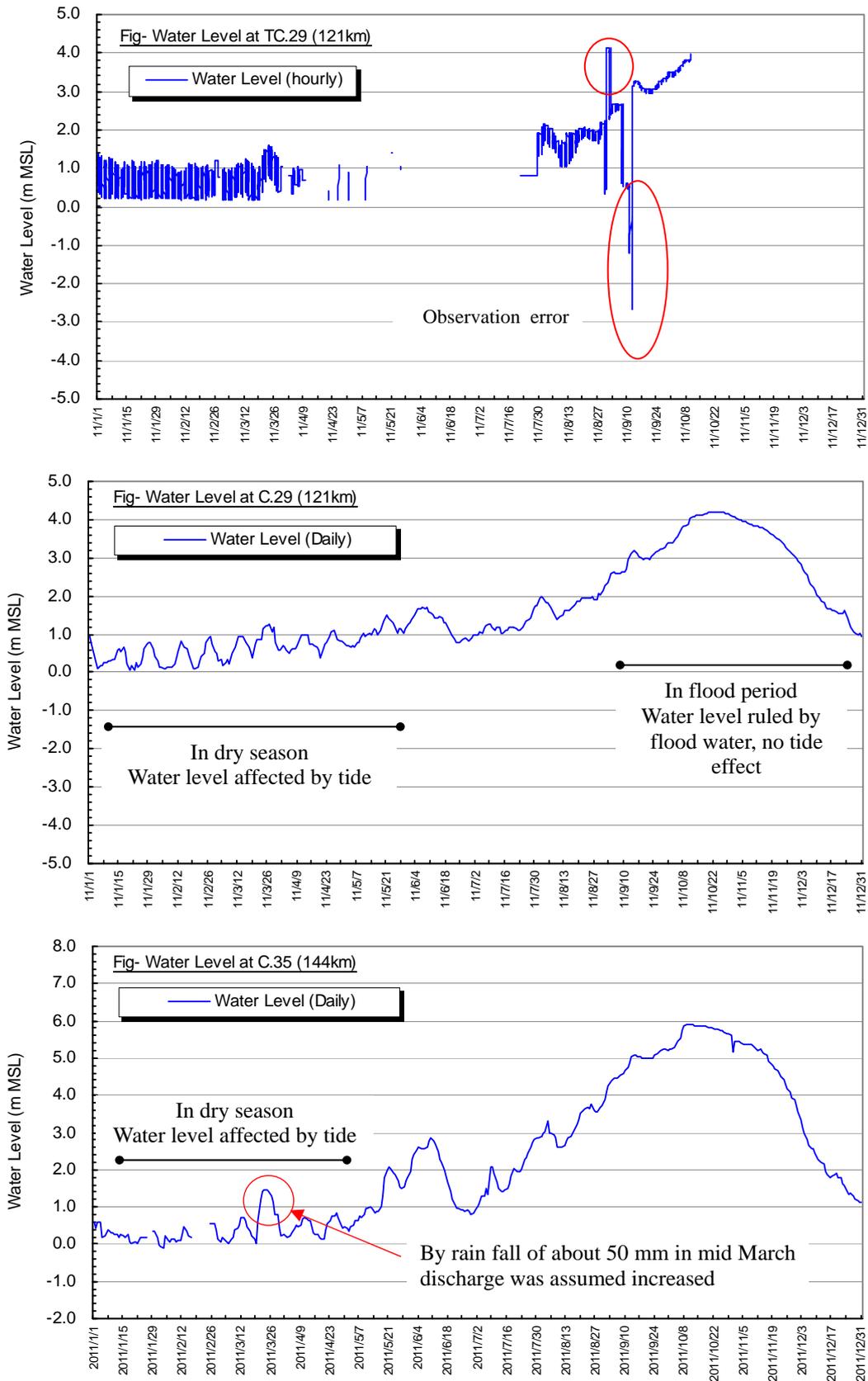


図 9.2.21 2011年に観測された洪水ハイドログラフ (3/3)

図 9.2.22 に乾季（1 月～6 月）における平均潮位と朔望平均満潮位/干潮位を縦断的に整理した。下流に比べ上流の方が満潮位と干潮位の差が小さくなるのがわかる。

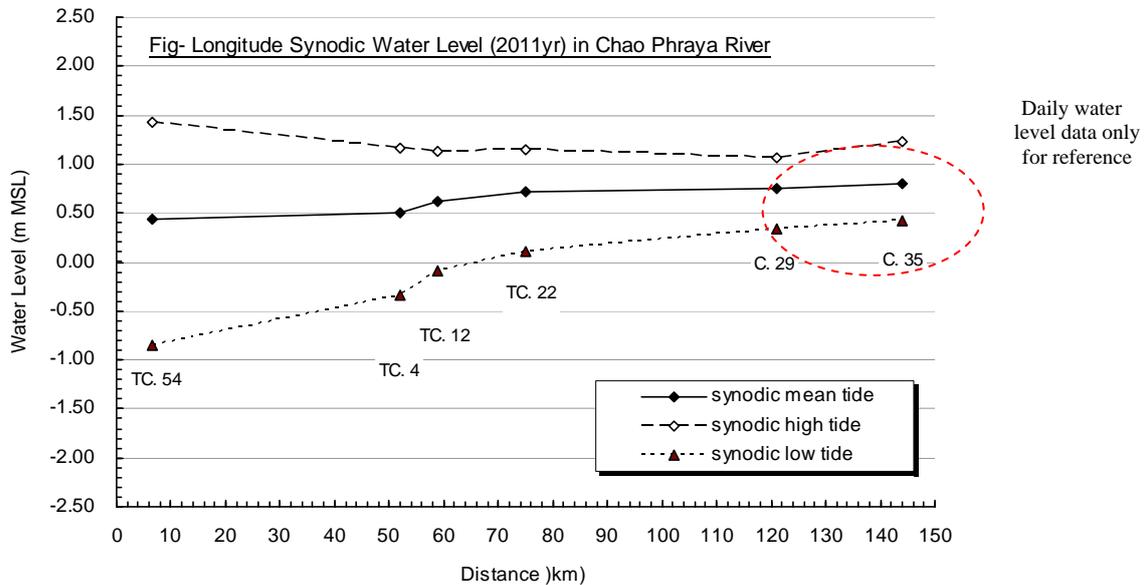


図 9.2.22 朔望平均満潮位及び干潮位（2011）

9.2.5 常襲氾濫地域

(1) 方針

チャオプラヤ川流域は毎年洪水の影響を受けている。氾濫地域は、主に低平地の農業地域で住民は洪水と共生し、氾濫水を農業生産に利用するなど、状況に合わせた土地利用及び水利用を実施している。そのため、氾濫域全てを氾濫させないようにするのは現実的でない。一方、近年のタイ国の経済発展は著しく都市域が氾濫原に拡大しており、2011年の洪水では、拡大した都市域や工業団地が大きな被害を受けた。したがって、洪水時に氾濫を許容しない地区を防御地区として明確にしておくことが、治水計画立案上、不可欠である。

(2) 洪水氾濫地域の検討

ナコンサワン上流のヨム川、ナン川沿いの地域及びナコンサワン下流のチャオプラヤ川沿いの地域は頻りに洪水の影響を受けている。2006年から2011年の洪水時氾濫面積と土地利用を下表に示す。これらの状況を念頭に対策案の検討を進める。

表 9.2.3 氾濫地域の土地利用（上流/下流ナコンサワン）

年	氾濫面積 (km ²)	土地利用 (km ²)								
		住居	商業地	工業地	農地	田	養殖池	湿地	湖	その他
2006	19,962	1,017	68	101	953	13,324	825	2,085	752	837
2007	6,146	29	1	12	95	4,034	210	1,446	189	131
2008	6,272	104	4	15	123	4,118	190	1,381	162	175
2009	4,187	28	1	8	55	2,669	50	1,174	98	104
2010	17,801	585	20	66	698	12,882	685	1,882	342	643
2011	29,705	1,882	264	228	2,133	20,141	862	2,148	529	1,519

表 9.2.4 氾濫地域の土地利用率（上流/下流ナコンサワン）

年	氾濫面積 (km ²)	土地利用 (km ²)								
		住居	商業地	工業地	農地	田	養殖池	湿地	湖	その他
2006	19,962	5%	0%	1%	5%	67%	4%	10%	4%	4%
2007	6,146	0%	0%	0%	2%	66%	3%	24%	3%	2%
2008	6,272	2%	0%	0%	2%	66%	3%	22%	3%	3%
2009	4,187	1%	0%	0%	1%	64%	1%	28%	2%	2%
2010	17,801	3%	0%	0%	4%	72%	4%	11%	2%	4%
2011	29,705	6%	1%	1%	7%	68%	3%	7%	2%	5%

9.2.6 洪水防御地域

洪水防御地域はタイ政府が設定したチャオプラヤ川沿いのバンコクを含むアユタヤ南の経済センター（約 5,600km²）及び地方中核都市とする。2011 年洪水の氾濫地域とバンコク及び周辺地域を図 9.2.23 に示す。

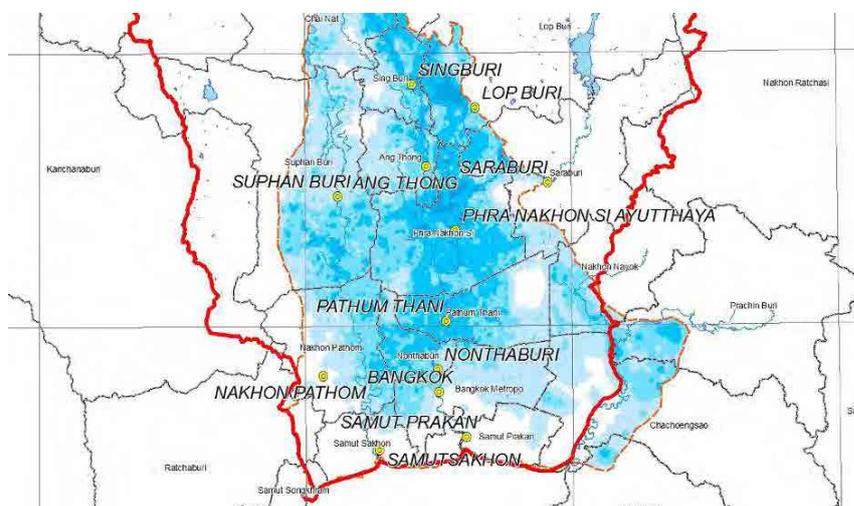


図 9.2.23 バンコク及び周辺都市の氾濫地域（洪水痕跡調査の結果）

(1) バンコク及び周辺都市

図 9.2.24 に、タチン川東側、アユタヤ市のパサク川より南側の地域（約 5,600km²）を対象とした『洪水防御地区』を示す。これは、バンコク及び周辺都市（バンコク、サムットプラカン、サムットサコン、パトゥンタニ、ノサンブリ、ナコンパトン、アユタヤ）を防御することを目的としている。

この洪水防御地区については、タイ政府は『Office of The National Water and Flood Management Policy』のホームページ（www.waterforthai.go.th）でタイ政府の方針として公開し、関係者のみでなく広く一般に周知している。加えて、緊急洪水防御事業として、この洪水防御地区周辺道路並びに堤防道路の嵩上げ事業を運輸省道路局（DOH：Department of Highways）及び地方道路局（DOR：Department of Rural Road）が担当し、すでに工事を開始している。

なお、ウェブサイト ONWFP によると、3ゾーンの安全レベルは以下の通りである。

- 外部: このゾーンの一部は豪雨による洪水で浸水する。
- 中部: 外部より浸水の頻度は低い。
- 内部: 非常に低い地域のみ浸水する。

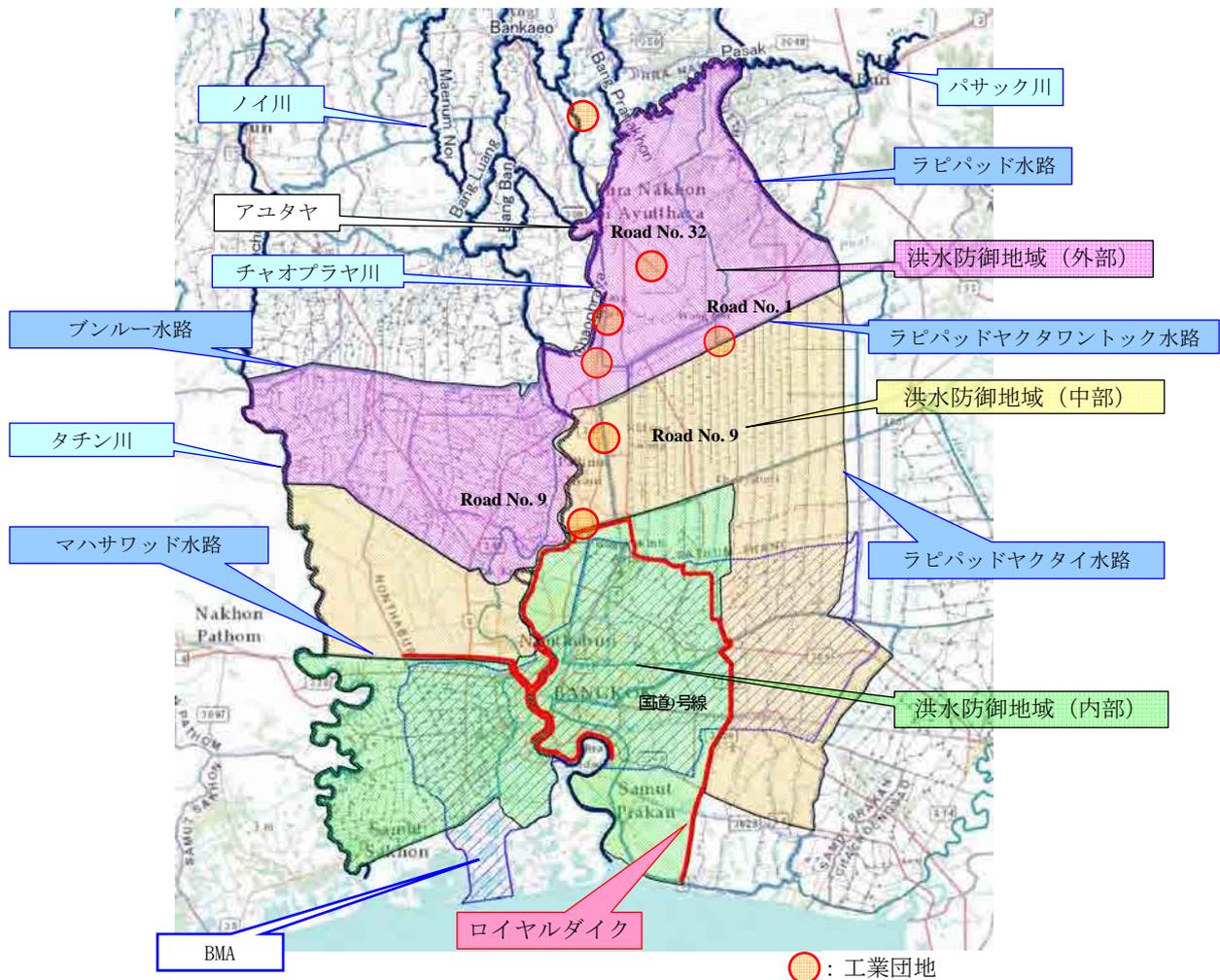


図 9.2.24 洪水防御地域（バンコク及び周辺）

表 9.2.5 洪水防御地域（バンコク及び周辺都市）

都市名	対象面積 (km ²)	対象人口 (%)	土地利用 (km ²)					
			住居	商業地	工業地	農地	田	その他
バンコク	1,355 (24%)	4,785,092 (60%)	311 (33%)	460 (74%)	28 (15%)	60 (11%)	145 (7%)	351 (26%)
サムットプラカン	493 (9%)	585,911 (7%)	68 (7%)	54 (9%)	45 (24%)	2 (0%)	0 (0%)	323 (24%)
サムットサコン	300 (5%)	164,377 (2%)	28 (3%)	32 (5%)	34 (18%)	35 (6%)	10 (0%)	161 (12%)
パトゥンタニ	1,426 (25%)	896,444 (11%)	278 (29%)	18 (3%)	36 (19%)	231 (43%)	571 (29%)	291 (22%)
ノンタブリ	608 (11%)	1,020,670 (13%)	125 (13%)	40 (6%)	12 (6%)	100 (18%)	279 (14%)	51 (4%)
ナコンバトン	522 (9%)	203,570 (3%)	41 (4%)	13 (2%)	10 (5%)	81 (15%)	302 (15%)	76 (6%)
アユタヤ	938 (17%)	279,832 (4%)	92 (10%)	6 (1%)	25 (13%)	34 (6%)	693 (35%)	87 (6%)
合計	5,641 (100%)	7,935,896 (100%)	944 (100%)	623 (100%)	189 (100%)	544 (100%)	2,000 (100%)	1,341 (100%)

出典 土地利用 : Land Development Department (LDD) (2009-2010 data)

人口 : Department of Provincial Administration (DOPA) (Data 31 December 2010)

(上記都市における人口は、県人口に、県面積に対する都市の面積比を乗じて求めた。)

(2) 他の洪水防御地域の設定: 地方主要都市

洪水による浸水の可能性が高い地方主要都市である 1) チェンマイ、2) ランパーン、3) プレー、4) スコータイ i、5) ウッタラディット、6) ピサヌローク、7) ピチット、8) カムペーンペット、9) ナコンサワン、10) チャイナット、11) アーントーン、12) ロップリ、13) スパンブリの市街地を洪水（外水）から防御する。洪水防御地区（地方主要都市）の面積、人口、土地利用状況等について表 9.2.6 に整理する。なお、表 9.2.6 は都市全域の値であり、防御対象となる市街地の面積とは異なる。

表 9.2.6 洪水防御地域（地方主要都市）

都市名	対象面積 (km ²)	対象人口 (%)	土地利用 (km ²)					
			住居	商業地	工業地	農地	田	その他
チェンマイ	175.0	238,332	31.4	33.3	0.3	9.5	4.3	63.2
ランパーン	1,192.6	233,447	93.9	28.6	4.7	178.3	178.1	620.6
プレー	794.8	121,504	27.3	14.3	1.3	67.9	126.3	510.9
スコータイ	553.4	105,993	32.0	2.9	1.0	14.9	274.2	47.4
ウッタラディット	808.5	151,035	55.0	22.2	3.7	146.4	195.9	323.9
ピサヌローク	716.2	279,292	62.4	60.1	1.6	47.3	422.9	53.8
ピチット	547.2	112,497	37.4	7.0	1.0	55.3	258.0	1.6
カムペーンペット	1,475.9	212,209	75.6	8.0	8.6	673.9	505.3	106.5
ナコンサワン	731.8	241,272	52.2	18.5	5.4	155.6	268.6	21.1
チャイナット	282.7	71,830	27.2	6.9	1.4	17.6	187.4	16.5
シンブリ	817.0	54,769	104.1	1.9	8.1	34.1	599.2	65.6
アーントーン	113.3	56,393	22.6	1.4	1.5	10.1	64.4	0.0
ロップリ	757.9	251,463	97.6	3.2	2.9	215.3	259.9	126.3
スパンブリ	486.1	165,005	70.3	2.8	3.9	54.1	312.9	0.0
合計	9,452.4	2,295,041	789.0	211.0	45.4	1,680.3	3,657.5	1957.4

出典 土地利用 : Land Development Department (LDD) (2009-2010 data)

人口 : Department of Provincial Administration (DOPA) (Data 31 December 2010)

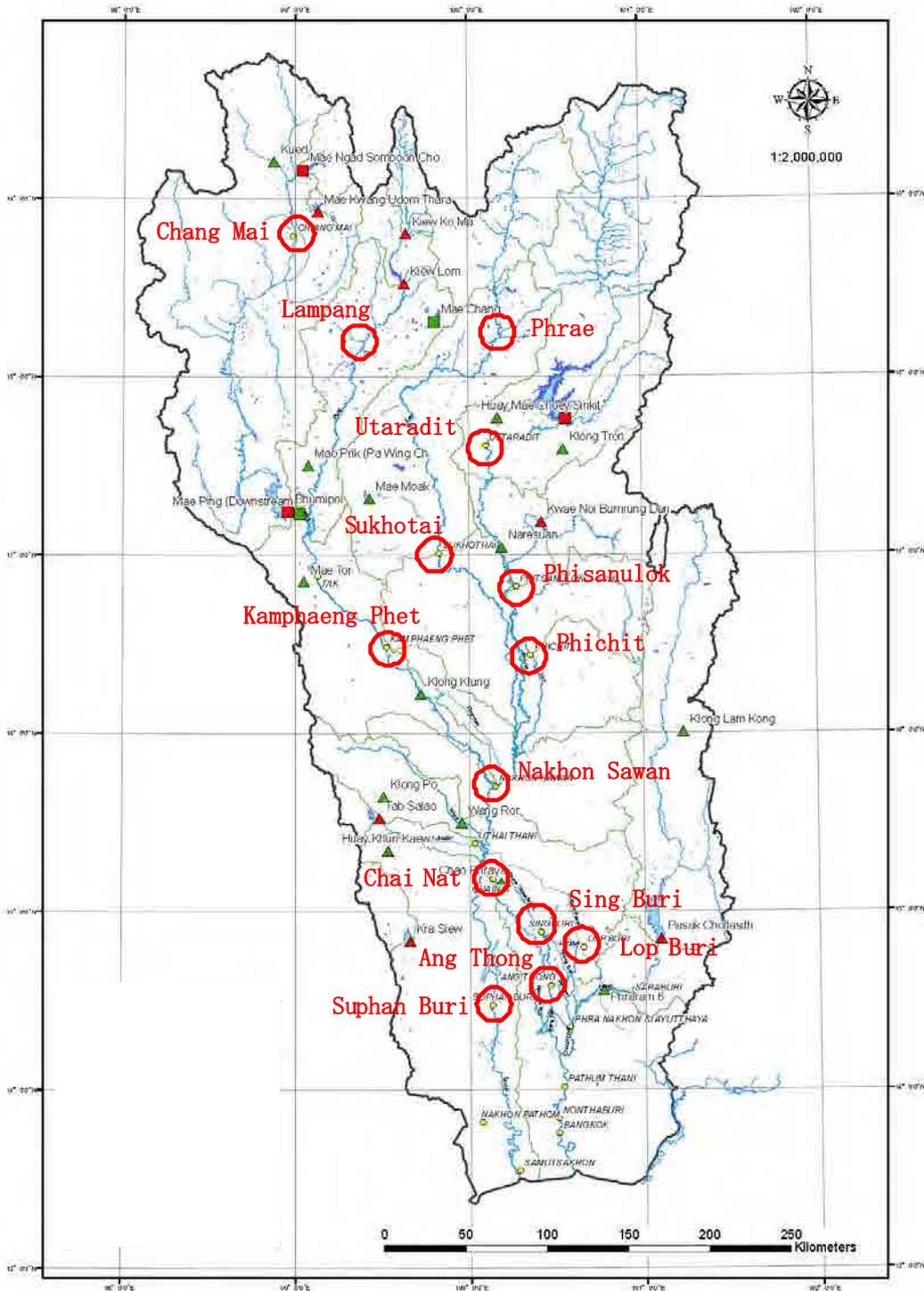


図 9.2.25 洪水防御地域の地方主要都市

地方都市の市街地・集落（Communities）の防御は、基本的に地方政府（Municipalities）の責務である。しかし、地方政府は技術的・財務的な能力不足のため DPT が全面的に支援を行っている。その洪水・外水対策は BMA と同じく Polder System であり、内水対策は、3～10 年確率洪水規模の排水計画によるものである。

表 9.2.7 は地方主要都市の市街地の洪水・外水対策の概要である。対策における最高水位は RID のデータより推定した 2011 年洪水時最高水位を考慮したものであり、余裕高は 20～30 cm である。

表 9.2.7 DPT による防御対象都市の洪水対策事業計画

都市	防御対象面積 (km ²)	受益家屋数	予算 (百万バーツ)	事業の進捗*	防御対象水位標高 (m MSL)	2011年洪水最高水位 (m MSL)	補足
チェンマイ	5.0 (第1期)	13,910 (第1期)	2,990	計画提出済み	306	305	Phase 1 +2
ランパーン	7.88	10,041	299.9	施工中	293	288.5	
ブレー	4.3	5,000	227	2010年完成	167.5	166	
スコタイ	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし
ウッタラディット	情報なし	情報なし	170	計画提出済み	情報なし	情報なし	
ピサヌローク	28.8	3,000	75	施工中	45.8	38.5	
ピチット	11.1	1,000	194	2009年完成	38	37	
カムペーンベット	情報なし	情報なし	340	計画提出済み	情報なし	情報なし	
ナコンサワン	10.08 (第1期)	20,000 (第1期)	1,346	第1期完了 第2期計画提出済み	27.45	27.1	Phase-1+2
チャイナット	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	
シンブリ	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし	
アーントーン	3.0	1,850	428	第1期完了 第2期施工中	10.00	9.13	
ロップリ	11.0 (第1期)	6,000 (第1期)	430 (第1期、2期)	第1期施工中 第2期提案中	13	10.06	
スパンブリ	37.7	36,810	1,170	施工中	6.2	5.28	Stages 1 to 4

* : 2012年9月時点

Note : 都市部における輪中堤の参考例についてはサポーティングレポートのセクターL参照

第10章 マスタープラン

10.1 タイ政府の洪水管理方針

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

洪水管理方針：目標

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

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

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

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

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

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

- (i) 流域内で各組織が実施する全ての活動を統合する。

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

- (ii) 洪水制御と水利用との調和の取れたバランスを維持する。

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

(iii) 氾濫を制御する。

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

(iv) 計画段階で構造物対策と非構造物対策との最適な組合せを探す。

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

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

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

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

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

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

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

10.2 事業の再検討

10.2.1 再検討対象の事業

チャオプラヤ川流域洪水対策計画を策定するために、下記のプロジェクトの再検討を行った。

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

(1) 2011年12月、水資源管理戦略委員会（SCWRM）公表のマスタープラン

2011年12月、水資源管理戦略委員会（SCWRM）は、国の持続的開発を確実にするため、表10.2.1に示す緊急計画及び長期計画からなる持続的水資源管理のマスタープランを策定、公表した。

表 10.2.1 SCWRM の作業計画の要約（2011年12月）

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

(2) 2012年7月、水資源洪水管理委員会（WFMC）公表した提案書

2012年7月、水資源洪水管理委員会（WFMC）が公表した”the Submission of a Conceptual Plan for the Design of Infrastructural Plan for the Design of Infrastructure for Sustainable Water Resources Management and Flood Prevention”は表 10.2.2 に示す8プロジェクトで構成されている。

表 10.2.2 WFMC の提案の要約 (2012 年 7 月)

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

(3) 再検討対象の対策案

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

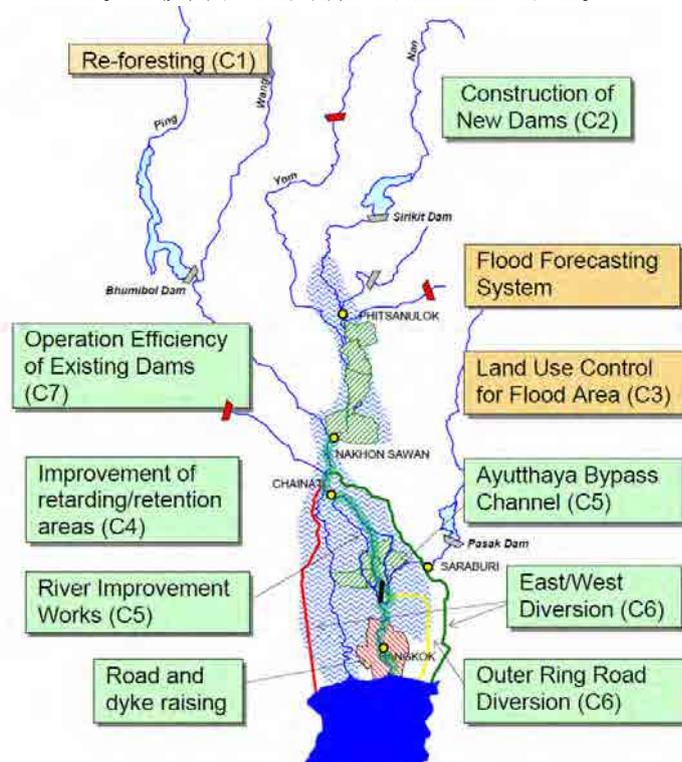


図 10.2.1 再検討対象の対策案

表 10.2.3 再検討対象の対策案

対策案	検討事項
1. 既存ダムの運用効率化	<ul style="list-style-type: none"> ●対象ダムの選定 ●洪水調節方法 ●治水と利水のバランス
2. 新ダムの建設	<ul style="list-style-type: none"> ●対象ダムの選定 ●洪水調節方法 ●治水と利水のバランス
3. 遊水地/調整池の改善	<ul style="list-style-type: none"> ●対象地域の選定 ●洪水調節効果
4. 放水路	<ul style="list-style-type: none"> ●ルートを選定：東側、西側、外郭環状道路 ●放流能力 ●施設規模：平面計上、縦断勾配、横断計画、取水堰、防潮堰
5. 河川改修	<ul style="list-style-type: none"> ●改修区間の選定 ●改修方法：河道拡幅、堤防、堤防嵩上げ、浚渫/河床掘削、バイパス水路
6. 森林再生	<ul style="list-style-type: none"> ●森林荒廃状況 ●森林再生方法 ●森林再生効果
7. 氾濫管理地域	<ul style="list-style-type: none"> ●氾濫常襲地域 ●氾濫状況の区分 ●氾濫管理、被害軽減方法
8. 土地利用規制	<ul style="list-style-type: none"> ●現況土地利用規制の分析 ●ケーススタディ ●新土地利用規制の提案
9. 内水対策	<ul style="list-style-type: none"> ●内水氾濫状況の把握 ●内水氾濫対策

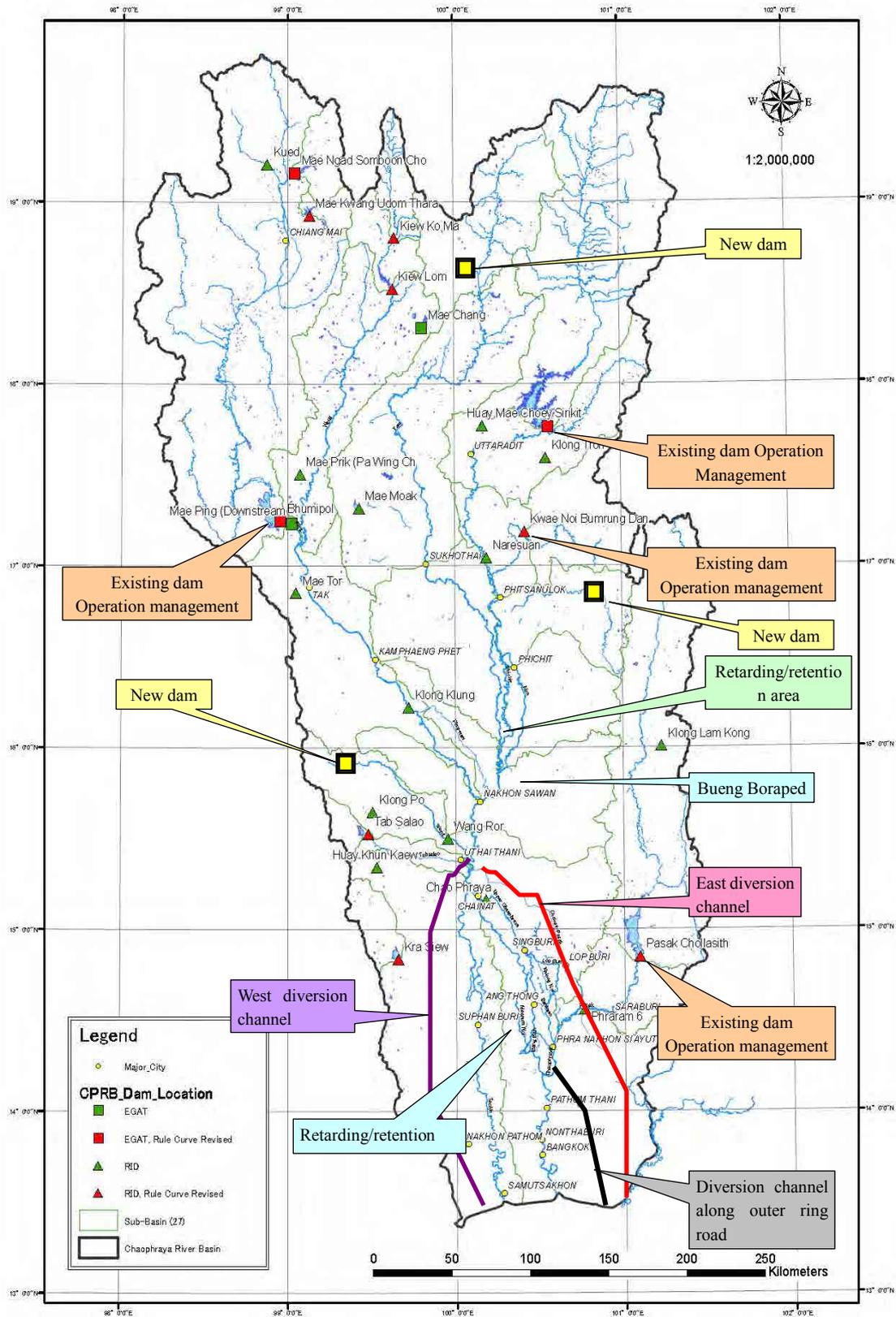


図 10.2.2 再検討対象の対策案位置図

10.2.2 既設ダム運用の効率化

(1) 概要

チャオプラヤ川流域には、貯水容量1億 m³以上の貯水容量を持つ10箇所のダムが運用されている。流域の治水効果が期待出来るのはブミポン、シリキット、パサク及びクワエノイの4ダムである。2011年洪水では、ブミポン及びシリキットダムは洪水を120億 m³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。

この調査では、灌漑への悪影響と治水上の便益の双方を鑑み、洪水調節の効率を改善する4ダムの運用ルールを検討する。詳細はサポーティング・レポート（セクターG）にとりまとめる。マスタープランは、ナコンサワン地点のピーク流量の低減を目的として、ブミポンダム及びシリキットダムの2つのダムの運用の改善を提案する。

(2) ダムの諸元

ブミポン及びシリキットダムの諸元を下表に示す。

表 10.2.4 ブミポンダム及びシリキットダム諸元

Specification	Bhumibol Dam	Sirikit Dam
Type	Concrete arch -gravity	Rockfill
Height (m)	154.0	113.6
Crest length (m)	486.0	800.0
Catchment area (km ²)	26,386	13,130
Reservoir area (km ²)	316.0	260.0
Crest level (m M.S.L)	261.0	169.0
Max. reservoir water level (m M.S.L)	260.0	162.0
Minimum water level (m M.S.L)	213.0	128.0
Storage at normal high water level (MCM)	13,462	9,510
Storage at minimum water level (MCM)	3,800	2,850
Effective storage (MCM)	9,662	6,660
Maximum design flood (m ³ /sec)	Total 6,000 (Radial Gate x 4)	Total 3,250 (Radial Gate x 2)
Crest of spill way (m M.S.L)	242.9	150.5
Maximum discharge of intake pipe (m ³ /sec)	Total 784.4 (8 sets)	Total 732.0 (2 sets)
Center elevation of intake pipe (m M.S.L)	207.0	110.0
Power generation (MW)	Total 779.2 (8 set)	Total 500.0 (4 set)



図 10.2.3 検討対象の2ダム

(3) ブミポン及びシリキットダムの流入量と放流量

ブミポン及びシリキットダムの流入量、放流量について調査した。2000年から2011年の両ダムの流入量・放流量について以下に要約する。

(a) 流入量の特徴

- ・ ブミポンダムの年平均流入量は66.4億 m^3 、シリキットダムは68.0億 m^3 である。ブミポンダムの流域面積は、シリキットダムのおおよそ2倍あるが、ブミポンの年流入量は、シリキットダムとほぼ同じである。
- ・ ブミポンダムの年最大流入量は127.3億 m^3 （2011年）、シリキットダムは122.3億 m^3 （2011年）である。
- ・ ブミポンダムの年最小流入量は35.7億 m^3 （2003年）、シリキットダムは46.0億 m^3 （2009年）である。
- ・ 月最大流入量は、ブミポンダムは29.9億 m^3 （2002年8月）、シリキットダムは31.0億 m^3 （2011年8月）、月最大月流入は、ブミポンダムは9月、シリキットダムは8月の傾向がある。
- ・ 日最大流入量は、ブミポンダムは3.1億 m^3 （2009年10月）、シリキットダム2.2億 m^3 （2001年8月）である。

(b) 放流量の特徴

- ・ 年平均放流量は、ブミポンダムで62.2億 m^3 /年、シリキットダムで67.0億 m^3 であり、両ダムともに、年平均流入量とほぼ同量である。
- ・ 年最大放流量は、ブミポンダムで79.3億 m^3 /年（2011年）、シリキットダムで95.8億 m^3 /年である。
- ・ 年最小流量は、ブミポンダムで35.1億 m^3 /年（2000年）、シリキットダムで39.3億 m^3 /年（2010年）である。
- ・ 月最大放流量は、ブミポンダムで19.5億 m^3 /月（2011年10月）、シリキットダムで18.2億 m^3 /月（2011年9月）である。この時、両ダムともに貯水位が満水位に近づき、洪水吐きゲートを開け洪水の放流を行っている。
- ・ 日最大放流量は、ブミポンダムで1.1億 m^3 /日（2011年10月）、シリキットダムで0.7億 m^3 /日（2011年8月）である。この時、両ダムともに貯水位が満水位に近づき、洪水吐きゲートを開け洪水の放流を行っている。

(4) 利水状況の確認

(a) 乾季と雨季の設定

2006年以降、乾季及び雨季は下記のように設定されている。

- ・ 乾季：11/1～4/30（12月から2月は灌漑用水の需要が最も高い時期）4/30時点で、ダムからの計画放流は終了する。
- ・ 雨季：5/1～10/31

2005年以前は、乾季、雨季はそれぞれ1/1 - 6/1、7/1 - 12/31であった。

(b) ダムの最小放流量

ダムからの最小放流量は、環境維持流量として、ブミポンダム：8 m^3/s 、シリキットダム：35 m^3/s と規定されている（出典：Bhumibol Reservoir Operation Manual、Sirikit Reservoir Operation Manual）

(c) 乾季におけるダムからの計画放流量

乾季におけるダムからの計画放流の目的は、灌漑、環境維持用水、生活用水等からなる。必要灌漑用水量は、RIDの各地方灌漑事務所が作付け予測に基づき算出している。

計画放流量（需要量）に関する事項を下記に示す。

- ・ 放水量は乾季開始の11/1時点のダム貯水量をベースに設定されている。
- ・ 各年の計画放流量は、ダム貯水量により異なる
- ・ 計画放流量はブミポンダムとシリキットダムの合計値として設定されている。
- ・ 2004年以降の放流量の最大は118.65億m³（2012年）、最小は55.0億m³（2005年）である。

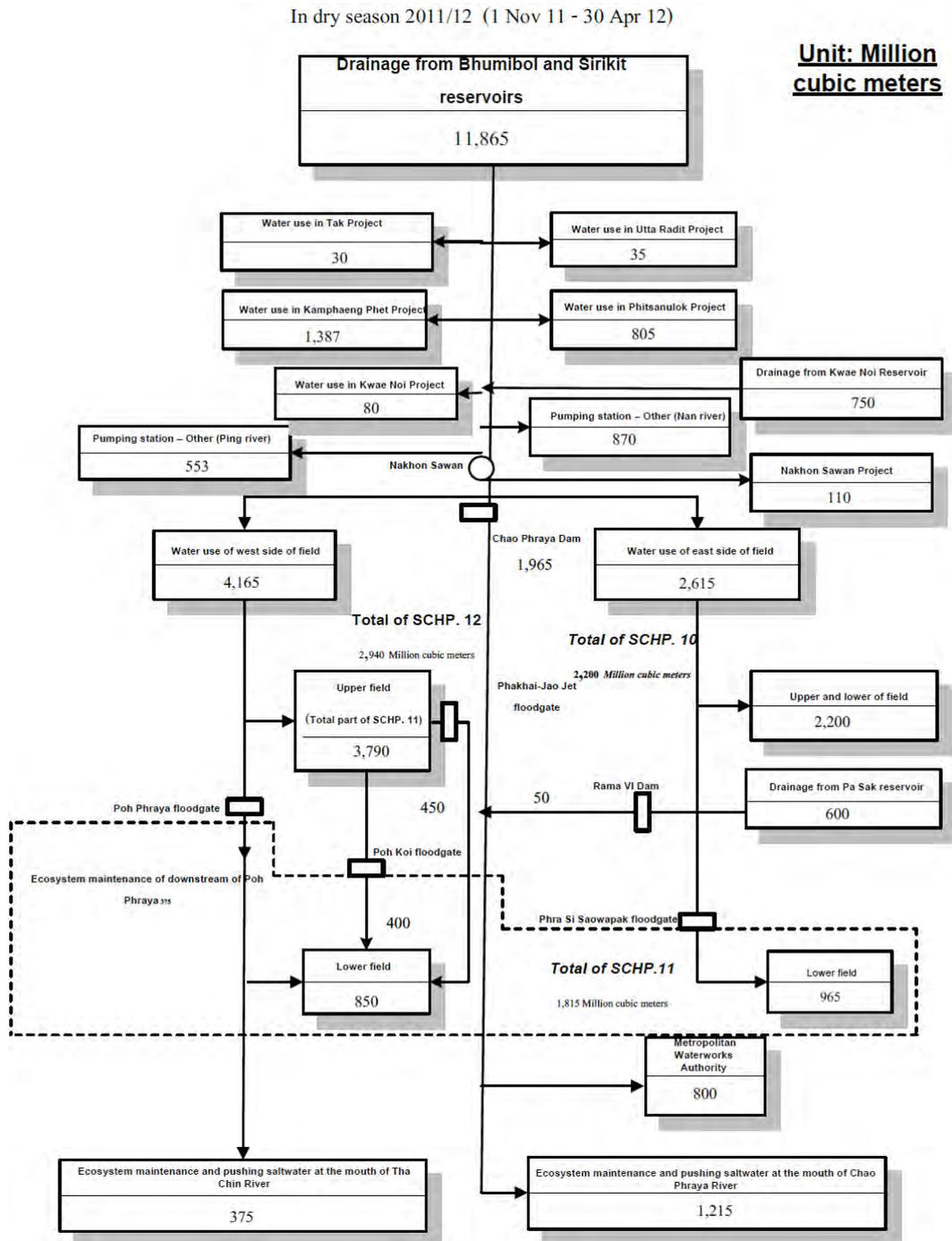
表 10.2.5 ブミポンダム及びシリキットダムの乾季（6ヶ月）の計画放流量

Unit: MCM

Activities for Water Use	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Water Demand										
Water Resource Volume for Water Use in Dry Season	9,250	9,450	12,024	16,099	12,224	10,849	8,720	9,628	16,239	
1. Water Use of Upstream of Chao Phraya Dam, Chainat Province	1,300	1,500	2,340	2,905	2,550	2,800	2,350	2,345	3,870	
2. Water Use in Project of Chao Phraya Yai	4,350	3,250	3,750	5,140	3,770	4,520	3,370	4,375	6,955	
3. Ecosystem Maintenance and Salt Water Drive at the Mouth of River	600	500	600	405	480	480	480	480	1,590	
4. Metropolitan Waterworks Authority	750	750	750	600	750	750	800	800	800	
Total	7,000	6,000	7,440	9,050	7,550	8,550	7,000	8,000	13,215	
Water Supply										
Outflow from Bhumibol and Sirikit Dams	Plan	6,500	5,500	6,890	8,500	7,000	8,000	6,000	6,800	11,865
	Actual	6,469	7,228	7,662	9,648	9,530	9,152	7,678	6,867	13,274
Outflow from Kwa Noi Dam	Plan	-	-	-	-	-	-	400	600	750
	Actual	-	-	-	-	-	-	655	732	
Outflow from Pa Sak Dam	Plan	500	500	550	550	550	550	600	600	600
	Actual	673	460	544	546	779	1,023	876	543	
Total	Plan	7,000	6,000	7,440	9,050	7,550	8,550	7,000	8,000	13,215
	Actual	7,142	7,688	8,206	10,194	10,309	10,175	9,209	8,142	

Source : Operational Plan for Water Allocation in Dry Season 2011/12, RID, Water Management Division

Note : Dry season 11/1~4/30(After 2006), 1/1~6/30(Before 2005)



Source : Operational Plan for Water Allocation in Dry Season 2011/12, RID, Water Management Division

図 10.2.4 チャオプラヤ川における 2012 年の水供給計画

(d) 灌漑地域面積と 2011/12 年乾季の灌漑対象面積

ブミポンダム、シリキットダム放流水を灌漑水とするチャオプラヤ川流域の大規模灌漑地域の総面積は下記の通り 8,796,600 rai である。

表 10.2.6 ブミポンダム及びシリキットダムの灌漑用水供給地域

Regional Irrigation Office	Required Water Volume (MCM)	Irrigation Area (1,000 rai)									
		Paddy	Farm Plants	Vegetables	Sugar Cane	Fruit	Perennial	Fish Pond	Shrimp Pond	Others	Total
RIO 3	1,389	922.5	10.0	0	18.1	26.4	0.8	1.8	0	4.8	984.4
RIO 4	1,252	851.6	79.1	3.9	219.8	29.4	10.4	1.5	0	14	1,209.7
RIO 10	2,170	1,848.3	37.9	1.3	26.7	54.3	7.7	8.6	0	7.6	1,992.4
RIO 11	1,730	1,537.9	4.4	29	0.3	155.8	13.2	228.3	60.1	42.8	2,071.8
RIO 12	3,200	2,326.0	2.9	1.5	103.3	71.2	5.2	19.5	7.4	1.3	2,538.3
Total	9,741	7,486.3	134.3	35.7	368.2	337.1	37.3	259.7	67.5	70.5	8,796.6

Source : Operational Plan for Water Allocation in Dry Season 2011/12, RID, Water Management Division

計画によれば、2011/12 年乾季のダムからの放流水を利用する大規模灌漑地域の面積は下記の通りである。

表 10.2.7 ブミポンダム及びシリキットダムの灌漑対象地域 (2011/2012 年乾季)

Regional Irrigation Office	Planned Water Volume (MCM)	Irrigation Area (1,000 rai)									
		Paddy	Farm Plants	Vegetables	Sugar Cane	Fruit	Perennial	Fish Pond	Shrimp Pond	Others	Total
RIO 3	950	773.1	4.6	0.0	1.5	24.6	0.8	1.6	0.0	4.8	811.0
RIO 4	790	556.7	3.6	1.5	190.1	17.2	7.7	1.4	0.0	8.8	787.0
RIO 10	2,125	1,818.9	4.1	0.2	10.0	54.2	7.7	8.6	0.0	7.6	1,911.3
RIO 11	1,730	1,537.9	4.4	29.0	0.3	155.8	13.2	228.3	60.1	42.8	2,071.8
RIO 12	2,866	2,113.4	2.6	0.1	64.4	69.0	5.2	19.5	7.4	0.1	2,281.7
Total	8,460	6,800.0	19.3	30.8	266.3	320.8	34.6	259.4	67.5	64.1	7,862.8

Source : Operational Plan for Water Allocation in Dry Season 2011/12, RID, Water Management Division

上表に示すとおり、2011/2012 年乾季のブミポンダム、シリキットダム放流水を利用する計画灌漑対象地域は 7,862,800 rai であり、ブミポンダム及びシリキットダムの総灌漑面積の約 89%となる。

2011/12 年乾季のダムからの放流量配分を下記に示す。

表 10.2.8 ブミポンダム及びシリキットダムの灌漑対象地域 (2011/2012 年乾季)

Regional Irrigation Office	Allocation of Water Supply (MCM)					
	Agriculture	Consumption	Industry	Ecosystem	Others (Pump Station, etc.)	Total
RIO 3	950	0	0	0	950	1,900
RIO 4	790	0	0	0	1,180	1,970
RIO 10	2,125	0	0	0	75	2,200
RIO 11	1,730	800	0	1,590	85	4,205
RIO 12	2,865	0	0	0	75	2,940
Total	8,460	800	0	1,590	2,365	13,215

Source : Operational Plan for Water Allocation in Dry Season 2011/12, RID, Water Management Division

(5) ダム運用ルールの評価

(a) 治水面

ブミボンダム及びシリキットダムによる2011年洪水におけるナコンサワン(C2水位観測点)におけるピーク流量低減効果を評価する。

(b) 利水面

治水面を考慮して貯水池運用を変更した場合、ダムから実績6ヶ月総放流量が確保可能かどうかを評価する。

(c) 治水・利水のバランス

治水効果と利水放流量低減量を総合的に評価する。ピーク流量の低減量及び灌漑用水確保に対するRIDの考え方が重要となる。

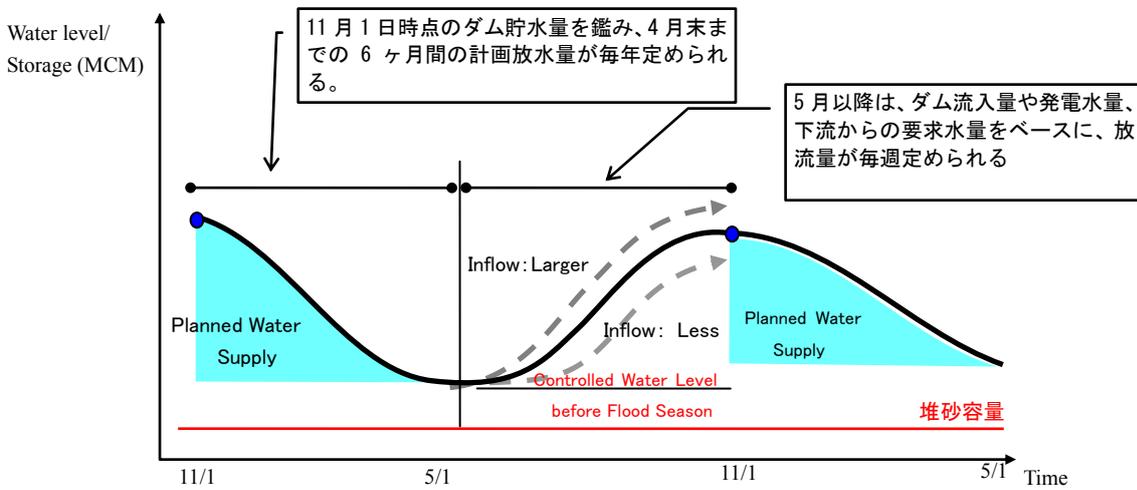


図 10.2.5 ダム運用ルールの概要

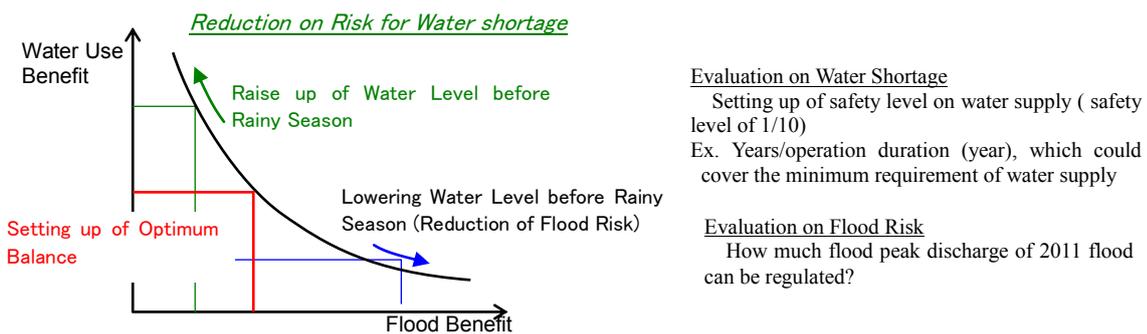


図 10.2.6 治水・利水バランスの検討

(6) ブミポンダム、シリキットダム運用の最適化検討

(a) 治水の検討

(i) 治水効果

一般に、ブミポンダム及びシリキットダムは、雨季の5月から10月にかけて貯水池への流入量のほとんどを貯留し下流の洪水被害低減に寄与している（下図参照）。2002年洪水時には、両ダムで約81億 m^3 （ブミポン：47億 m^3 、シリキット：34億 m^3 ）を貯水し、ナコンサワン（C2観測点）のピーク流量を3,997 m^3/s （10月2日）に抑えている。

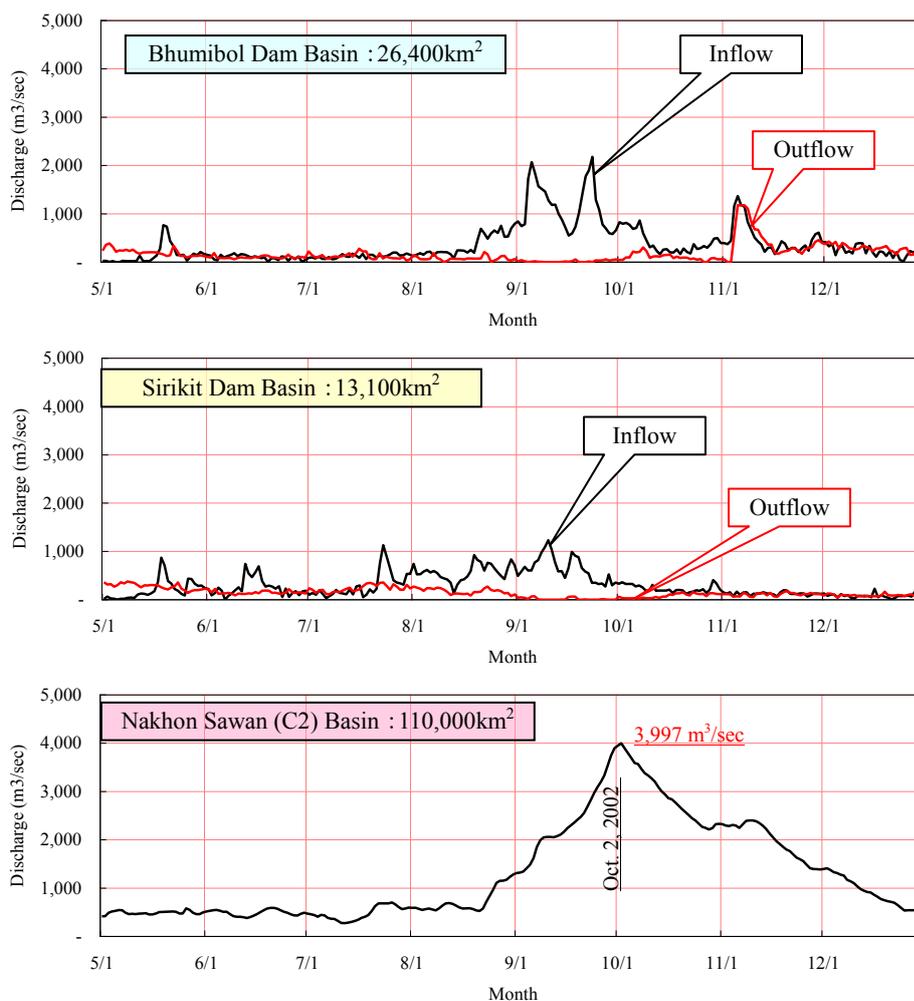


図 10.2.7 ダムサイト及びナコンサワンにおける 2002 年洪水の洪水ハイドログラフ

2011 年は、ブミポン、シリキット両ダムにおいて 5 月から流入量の大半を貯留している。ブミポンダムでは、8 月上旬から洪水流入量が増加し、その大半を貯留し、下流の洪水被害の低減に努めた。その結果 10 月 5 日には貯水池は満水 (+259.25 MSL) に近づき、洪水吐きからの放流を開始した。シリキットダムでも同様に、8 月 25 日に満水 (+159.36 MSL) 洪水吐きから放流を開始している。両ダムは合計約 120 億 m^3 （ブミポン: 75 億 m^3 シリキット: 47 億 m^3 ）を貯水し、ナコンサワン（C2）の最大流量を 4,686 m^3/s （10 月 13 日）に抑えている。

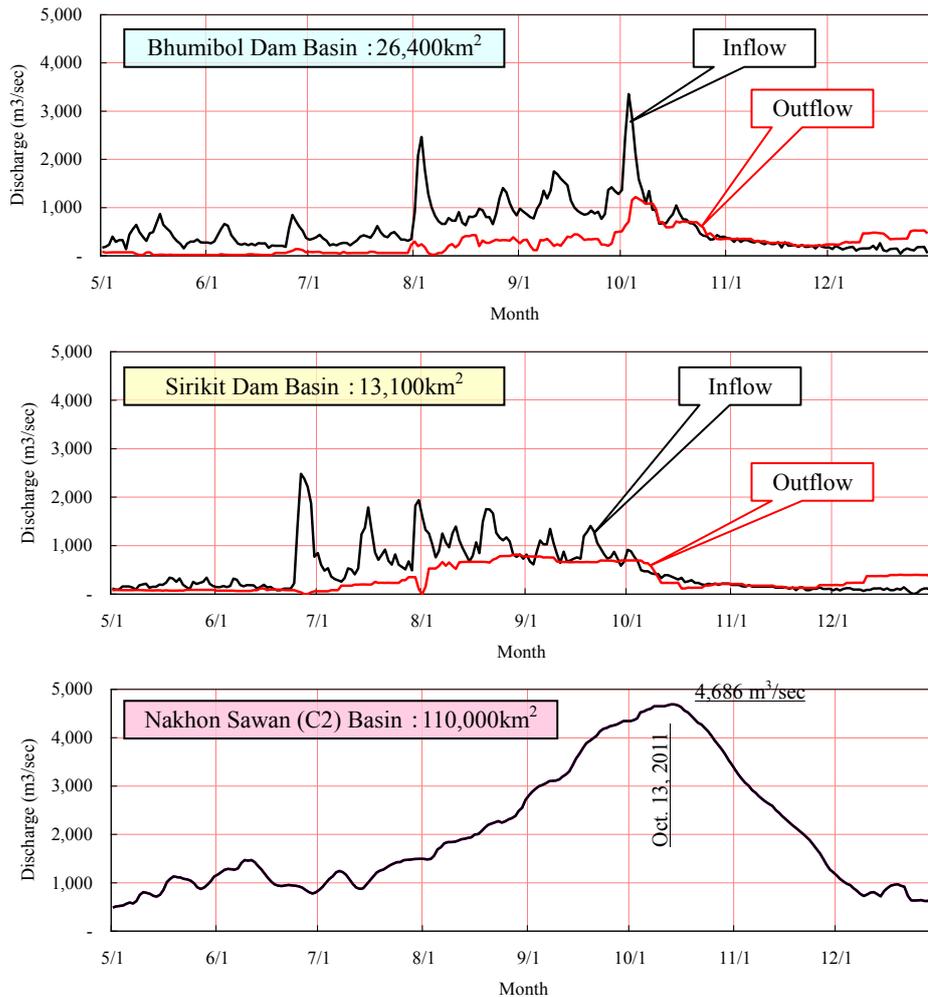


図 10.2.8 ダムサイト及びナコンサワンにおける 2011 年洪水の洪水ハイドログラフ

(ii) 検討ケースの設定

洪水時のデータによると、ナコンサワンにおけるピーク流量は9月から10月に発生しやすい。2011年洪水では、ブミポンおよびシリキットダムでは約12,200 MCMの洪水流を貯め込み、下流の洪水被害の緩和に寄与した。しかし、このとき両ダムの貯水位は満水位に到達しており、洪水流の一部を放流し始めていた。この状況を踏まえると、8月から10月にかけて流入水を貯め続けることができるような新しい操作ルールを用いることにより、下流の洪水管理により効果を発揮することができる。

検討対象とする洪水

2011年洪水を対象とする。流量データ（ブミポンダム：1964～2011年、シリキットダム：1974～2011年）によると、6月から10月における最大流入量は、両ダムとも2011年に発生している。

表 10.2.9 ブミポンダムおよびシリキットダムにおける6月から10月の最大流入量

Dam	Inflow (MCM)					Total
	June	July	August	September	October	
Bhumibol Dam	929	961	2,646	2,877	2,813	10,226
Sirikit Dam	1,238	2,792	3,300	2,614	1,031	9,631

治水を目的としたダム運用の考え方

治水を目的としたダム運用の考え方は下記の通りである。

- ・ 流入ハイドログラフおよびナコンサワン (C2) 地点で10月初めに発生する流量ピーク貯水する。

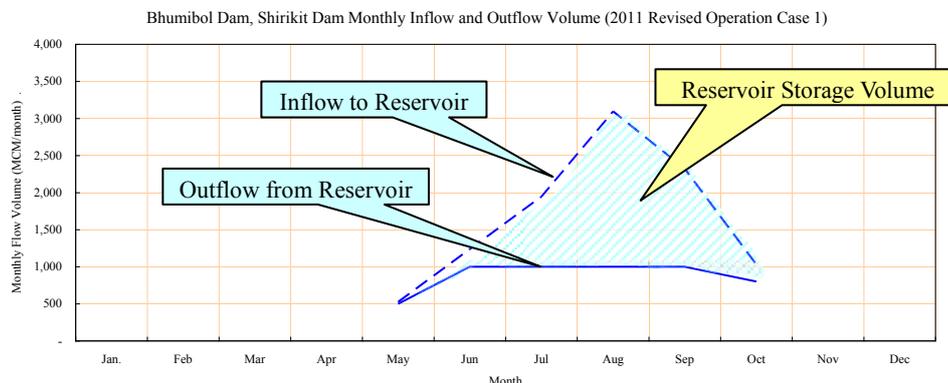


図 10.2.9 一定量放流操作によりピークカットを行う場合のダム操作の典型的な例

- ・ 5月から7月におけるブミポンダムへの流入は、“流入量=放流量”として扱う。
- ・ コンジットの最大放流能力はブミポンダムで 784 m³/s、シリキットダムで 732 m³/s であることから、コンジットからの放流量は両ダムともに最大 700 m³/s とする。
- ・ 6月から7月におけるシリキットダムの流入量は非常に大きく、“流入量=放流量”として扱うことが難しい。そこでこの時期の操作は、最大放流量 700 m³/s を限度として可能な限り放流量を一定とする、一定量放流方式を採用する。
- ・ 8月から10月までは、ブミポンダムで 8 m³/s、シリキットダムで 35 m³/s の最低放流量を維持しつつ、基本的には流入水を貯留する。

検討ケース

上記の方針を踏まえ、検討ケースを下表のように設定する。

表 10.2.10 ブミポンダムおよびシリキットダムの治水目的運用検討ケース

Dam	Case	Outflow		Storage Volume as May 1 st (Including sediment storage capacity)	Water Level as of May 1 st
		May - July	Aug. - Oct.		
Bhumibol	Case 1	IN = OUT	30m ³ /s	5,364 MCM	224.6 m
	Case 2		80m ³ /s	5,762 MCM	227.2 m
	Case 3		210m ³ /s	6,795 MCM	233.8 m
	Case 4		320m ³ /s	7,670 MCM	238.4 m
Sirikit	Case 1	Basically, IN=OUT	60m ³ /s	2,878 MCM	128.2 m
	Case 2		190m ³ /s	3,911 MCM	135.6 m
	Case 3		320m ³ /s	4,835 MCM	141.0 m
	Case 4		460m ³ /s	5,713 MCM	145.5 m

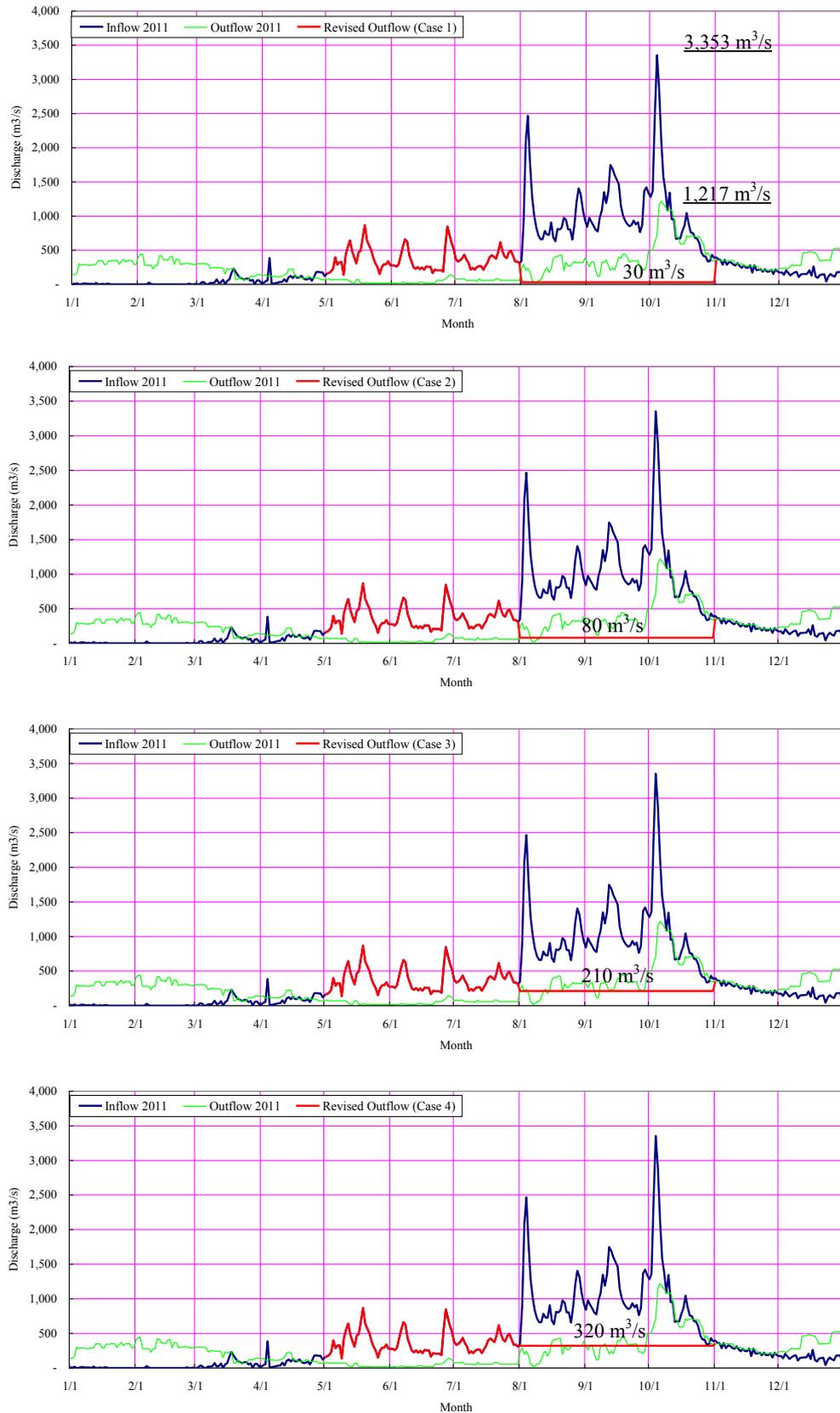


図 10.2.10 プミポンダムの治水目的運用検討ケース

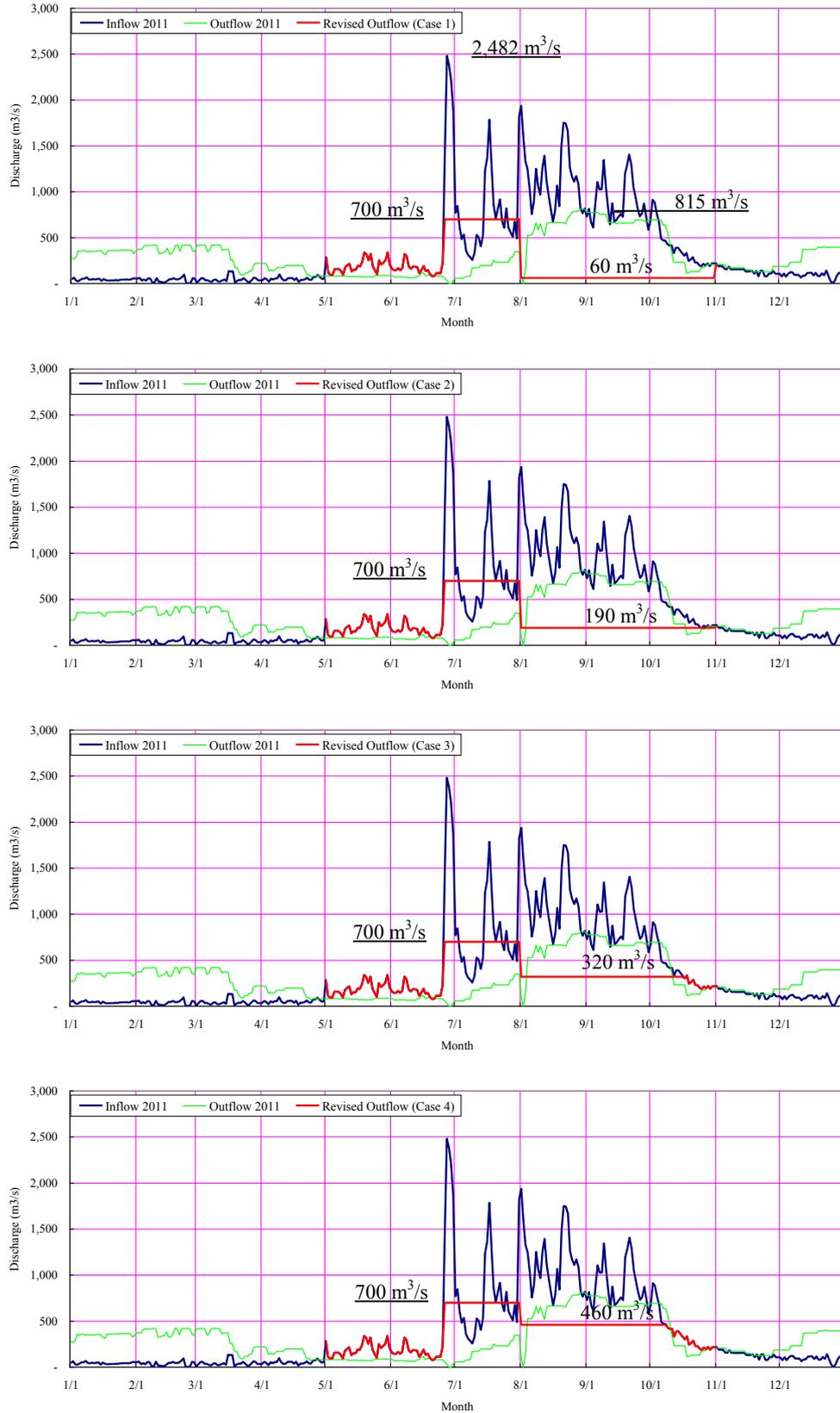


図 10.2.11 シリキットダムの治水目的運用検討ケース

(iii) 検討結果

検討結果を下表にまとめる。

表 10.2.11 ブミポンダム の治水目的運用の検討結果

Case	Storage Volume as of May 1st (Include sediment capacity)	Storage Water Level as of May 1st	Maximum Outflow from Aug. to Oct. (m ³ /s)	Percentage of storage volume in each case for effective storage volume	
Case 1	5,364 MCM	224.6 m	30	8,098 MCM	(84 %)
Case 2	5,762 MCM	227.2 m	80	7,700 MCM	(80 %)
Case 3	6,795 MCM	233.8 m	210	6,667 MCM	(69 %)
Case 4	7,670 MCM	238.4 m	320	5,792 MCM	(60 %)
2011 Actual	6,070 MCM	229.2 m	1,217	7,324 MCM	(76 %)

表 10.2.12 シリキットダム の治水目的運用の検討結果

Case	Storage Volume as of May 1st (Include sediment capacity)	Storage Water Level as of May 1st	Maximum Outflow from Aug. to Oct. (m ³ /s)	Percentage of storage volume in each case for effective storage volume	
Case 1	2,878 MCM	128.2 m	60	6,632 MCM	(100 %)
Case 2	3,911 MCM	135.6 m	190	5,599 MCM	(84 %)
Case 3	4,835 MCM	141.0 m	320	4,675 MCM	(70 %)
Case 4	5,713 MCM	145.5 m	460	3,797 MCM	(57 %)
2011 Actual	4,768 MCM	140.7 m	815	4,727 MCM	(71 %)

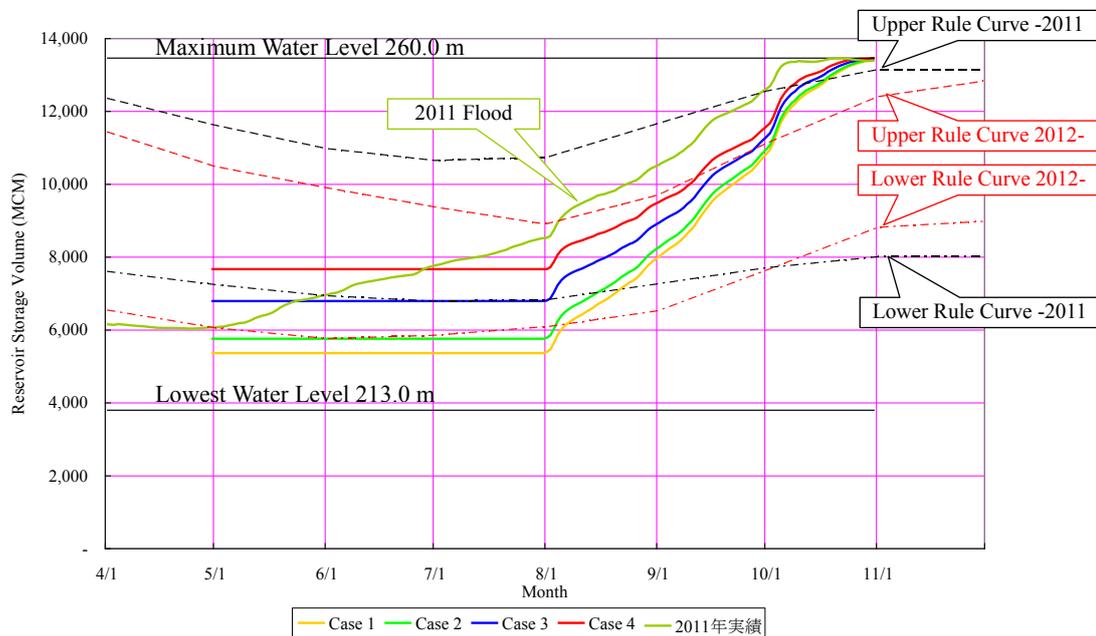


図 10.2.12 ブミポンダム の治水目的運用の検討結果

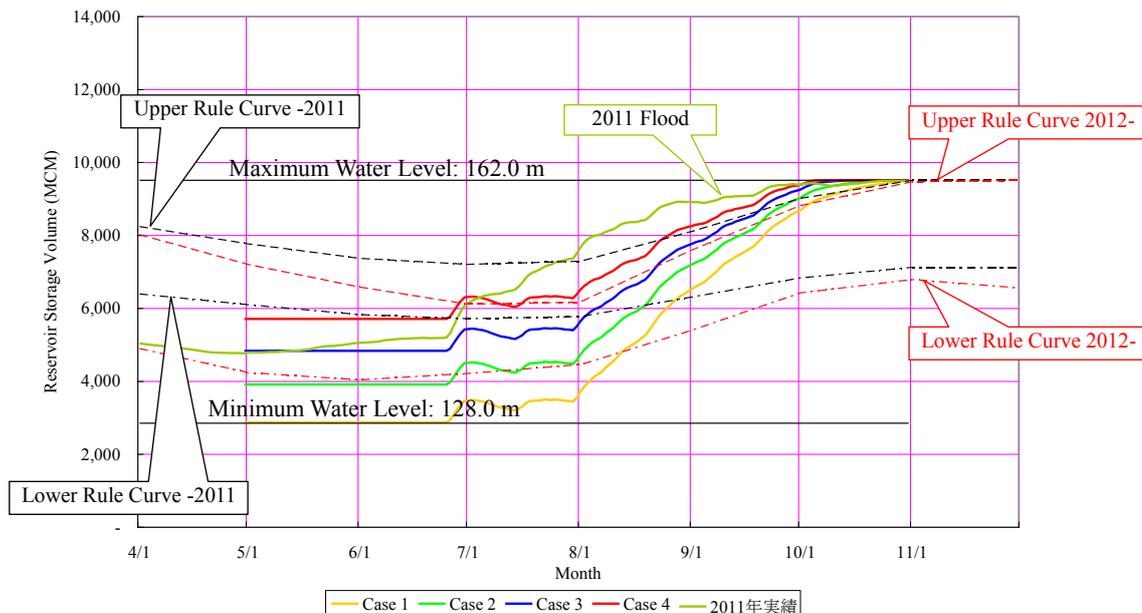


図 10.2.13 シリキットダムの治水目的運用の検討結果

(b) 利水検討

利水検討については、必要放流量を乾季の実績流量から推定した。この関係から、利水検討は治水目的で設定した運用ルールでどの程度必要放流量を確保できるか検討する。

(i) 乾季の実績流量から推定するダムからの必要放流量

乾季の計画流量と実績流量

ナコンサワン観測点 (C2) とチャオプラヤダム下流観測点 (C13) の過去の乾季 6 ヶ月の計画流量と実績流量について下表に示す。RID の乾季のダム計画放流量と配水量には、地域の降雨量と残留域からの本川流入量が見込まれていないため、C2 観測点及び C13 観測点の実績流量は、年によって計画流量を大幅に上回る場合がある。

表 10.2.13 各観測地点における計画流量と実績流量の要約

Item	Discharge (Dry Season from Nov. to next April)						
	Upper Colum : Planned Discharge (MCM)				Lower Colum: Actual (MCM)		
	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
A. Released Discharge from Dam (Bhumibol + Sirikit)	6,890	8,500	7,000	8,000	6,000	6,800	11,865
	7,850	9,647	9,510	9,141	7,697	6,874	13,274
B. Nakhon Sawan (Actual: C2 observed discharge)	4,550	5,595	4,450	5,200	4,050	5,055	8,745
	6,948	12,351	8,177	10,869	6,523	9,877	17,722
C. Chai Nat (Actual: C13 observed discharge)	1,150	880	1,030	1,030	1,080	1,080	1,965
	2,015	5,294	2,205	5,136	1,408	4,991	10,988
D. Water Supply Amount for East and West Irrigation area in Nakhon Sawan down stream (Actual: Calculated by 「B.-C.」 and discharge from Sakae Krang River is not considered)	3,400	4,715	3,420	4,170	2,970	3,975	6,780
	4,933	7,057	5,972	5,733	5,115	4,886	6,734

ナコンサワン下流地点での確保流量推定値

チャイナット（C13 観測点）における観測流量を下表に示す。

表 10.2.14 C13 観測流量記録

年	C13 Recorded Observed Discharge (MCM)						
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Total
2005/06	1,330	156	155	120	161	93	2,015
2006/07	4,377	303	189	109	146	170	5,294
2007/08	1,511	140	137	134	133	150	2,205
2008/09	4,291	296	134	120	166	128	5,136
2009/10	839	108	116	103	106	136	1,408
2010/11	3,779	262	184	161	430	175	4,991
2011/12	5,863	846	1,165	1,764	1,074	275	10,988

* 着色は降雨の影響を大きく受けていると思われる流量

上表で、降雨の影響を大きく受けていると思われる流量を除いた流量の平均値は140 MCM/Monthである。一方、ナコンサワン下流の東・西灌漑地域への水供給量推定値（実績は表 10.2.13 の「B.-C.」で算定、サカエクラン川からの流入量は考慮せず）をまとめると下表の通りとなる。

表 10.2.15 ナコンサワン下流の東・西灌漑地域への水供給量推定値

Year	Estimation of Water Supply Amount to East and West Irrigation Area in Nakhon Sawan Down Stream (MCM)						
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Total
2005/06	817	849	896	848	842	681	4,933
2006/07	1,271	1,207	1,167	1,179	1,174	1,059	7,057
2007/08	794	1,023	1,041	1,019	983	1,112	5,972
2008/09	523	975	990	1,025	1,092	1,129	5,733
2009/10	1,030	972	988	859	862	404	5,115
2010/11	461	874	938	996	951	667	4,886
2011/12	144	1,345	1,312	1,257	1,397	1,280	6,734

上表から判断すると、ナコンサワン下流の東・西灌漑地域への水供給量の最大値は、『1,200 MCM/month』程度と考えられる。以上より、ナコンサワン下流地点での確保流量は、『140 MCM/month + 1,200 MCM/month = 1,340 MCM/month』と推定される。

乾季の実績流量から推定するナコンサワン下流のダムからの必要補給量

ブミポンダム及びシリキットダムの運用が全く無い場合の（ダム戻し流量）のナコンサワン下流地点（C2 観測点）流量を推定し下表、また、図 10.2.14 に示す。

表 10.2.16 ナコンサワン (C2 観測点) のダム戻し流量

Year	(MCM)	Year	(MCM)	Year	(MCM)
1957	3,807	1977	8,505	1997	7,740
1958	3,142	1978	3,735	1998	1,778
1959	1,872	1979	5,086	1999	1,470
1960	3,428	1980	1,343	2000	8,851
1961	4,415	1981	5,710	2001	5,034
1962	8,075	1982	5,930	2002	5,378
1963	4,953	1983	4,155	2003	8,777
1964	7,915	1984	9,700	2004	637
1965	7,923	1985	4,272	2005	710
1966	4,898	1986	10,071	2006	3,233
1967	4,325	1987	2,417	2007	6,097
1968	3,753	1988	4,402	2008	2,658
1969	1,600	1989	5,144	2009	6,596
1970	4,400	1990	3,218	2010	1,968
1971	6,256	1991	2,854	2011	6,123
1972	4,944	1992	2,665		
1973	4,850	1993	3,138		
1974	4,426	1994	1,217	Average	4,741
1975	8,100	1995	2,810	Max.	10,071
1976	7,496	1996	6,743	Min.	637

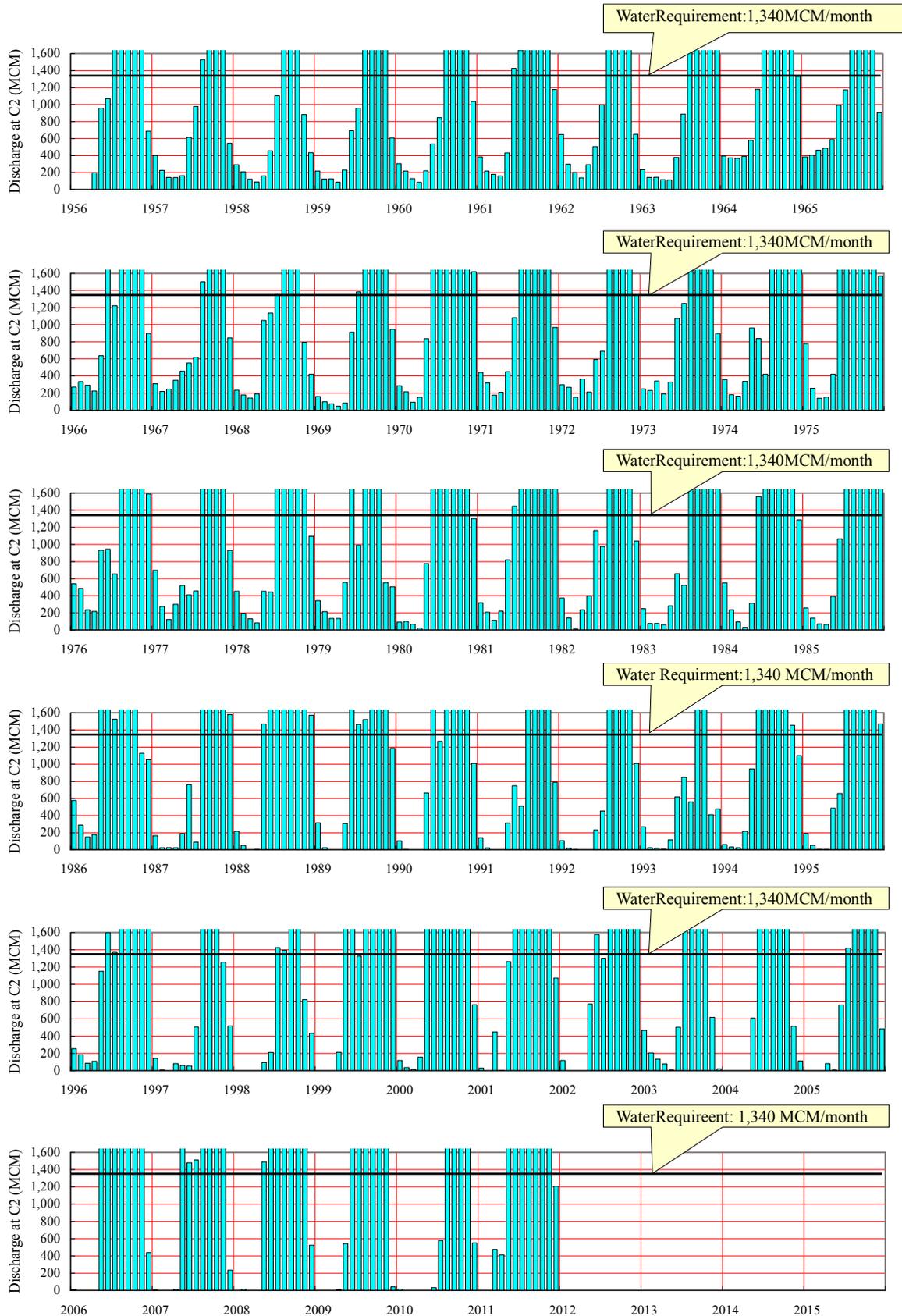


図 10.2.14 ナコンサワン (C2 観測点)のダム戻し流量

乾季（前年11月～4月）のC2観測点ダム戻し流量が、前述の『ナコンサワン下流地点確保流量推定値：1,340 MCM/month』に満たない場合、ダム運用による補給が必要となる。各年のダムからの必要補給量推定値は下表の通りとなる。

表 10.2.17 ナコンサワン（C2観測点）の乾季必要補給量推定値

Year	Estimation of Shortage Amount (MCM)	Year	Estimation of Shortage Amount (MCM)	Year	Estimation of Shortage Amount (MCM)
1957	5,099	1977	3,964	1997	5,126
1958	5,441	1978	4,909	1998	6,262
1959	6,168	1979	4,776	1999	6,570
1960	5,358	1980	6,697	2000	5,032
1961	4,719	1981	4,537	2001	5,454
1962	4,236	1982	4,599	2002	5,509
1963	5,407	1983	5,195	2003	4,473
1964	3,837	1984	4,448	2004	7,403
1965	3,630	1985	4,882	2005	7,330
1966	4,677	1986	4,169	2006	6,208
1967	4,679	1987	5,623	2007	6,250
1968	5,112	1988	5,085	2008	6,451
1969	6,440	1989	5,024	2009	6,167
1970	5,007	1990	5,408	2010	6,643
1971	4,215	1991	5,529	2011	5,266
1972	4,653	1992	5,790		
1973	4,346	1993	5,372		
1974	4,763	1994	6,823	Average	5,250
1975	4,033	1995	5,346	Max.	7,403
1976	3,880	1996	4,724	Min.	3,630

各年乾期の両ダムからの必要放流量は、上表の乾期必要補給量に両ダム貯水池への流入量を加えた値となる。推定値を下表に示す。

表 10.2.18 各年乾季のブミポンダム、シリキットダムからの必要放流量の推定値

Year	Estimation of Necessary released Discharge in Dry Season (MCM)	Year	Estimation of Necessary released Discharge in Dry Season (MCM)	Year	Estimation of Necessary released Discharge in Dry Season (MCM)
1957	-	1977	5,299	1997	5,980
1958	-	1978	6,479	1998	7,638
1959	-	1979	5,687	1999	7,258
1960	-	1980	7,436	2000	5,961
1961	-	1981	5,651	2001	6,617
1962	-	1982	5,422	2002	6,504
1963	-	1983	6,041	2003	5,868
1964	-	1984	5,176	2004	8,351
1965	-	1985	5,806	2005	8,717
1966	-	1986	5,177	2006	7,663
1967	-	1987	6,889	2007	7,534
1968	-	1988	5,647	2008	7,498
1969	-	1989	5,723	2009	7,299
1970	-	1990	6,141	2010	7,312
1971	-	1991	6,438	2011	6,454
1972	-	1992	6,690		
1973	-	1993	6,436		
1974	-	1994	7,773	Average	6,505
1975	5,315	1995	7,149	Max.	8,717
1976	5,389	1996	6,257	Min.	5,176

(ii) 計算ケース

検討対象年

検討対象年は、ブミポンダム、シリキットダムの2つのダムからの乾季放流が開始された1975年から2012年までとする。

利水を目的としたダム運用検討の考え方

利水を目的としたダム運用検討の考え方は下記の通りである。

- ・ 月流入量を用いて計算を実施する。
- ・ 『治水目的貯水池運用』で検討したCaseの5月1日時点の貯水量/貯水位を出発点とし、『治水目的貯水池運用』に従い貯水池への流入量を貯留、各年の乾季(11月～4月)の実績に従い、貯水池から放流を行う。
- ・ 計算に当たっては貯水池からの蒸発量は両ダムの過去の観測記録に基づき下記の通りとする。

ブミポンダム 雨季は21 MCM/月、乾季は40 MCM/月

シリキットダム 雨季は23 MCM/月、乾季28 MCM/月

- ・ 4月30日時点の貯留量/貯水位は治水目的ダム運用で検討したケースに従う。ただし、乾季の計画放流量に達しない場合は、設定した水位以下の貯水を用いて放流を行う。最低水位(堆砂位)まで水位低下可能とする。
- ・ 乾季5月～7月の流入に対しては基本的に貯水を行わないが、5月1日時点貯水容量よりも貯水容量が小さい場合は流入水を貯留する。ただし、最低放流量としてブミポンダム：8 m³/s、シリキットダム：35 m³/sを確保する。
- ・ 8月～10月の洪水貯留時においては、ブミポンダム 8 m³/s、シリキットダム 35 m³/sの最低放流量を確保する(2012年9月から10月の洪水貯留時の実績により設定)。貯水池流入量に応じて放流量を調節し、治水目的ダム運用で求めた治水容量を侵さないように貯留するものとする。

検討ケース

検討ケースは、『治水目的貯水池運用』と同じとする。

表 10.2.19 ブミポンダム、シリキットダムの治水目的運用効率化検討ケース

Dam	Case	Released Discharge		Storage Volume as May 1st (Including sediment storage capacity)	Water Level as of May 1st
		May - July	Aug. to Oct.		
Bhumibol	Case 1	IN = OUT	30m ³ /s	5,364 MCM	224.6 m
	Case 2		80m ³ /s	5,762 MCM	227.2 m
	Case 3		210m ³ /s	6,795 MCM	233.8 m
	Case 4		320m ³ /s	7,670 MCM	238.4 m
Sirikit	Case 1	May - Middle of June :	60m ³ /s	2,878 MCM	128.2 m
	Case 2	IN=OUT	190m ³ /s	3,911 MCM	135.6 m
	Case 3	End of June - July :	320m ³ /s	4,835 MCM	141.0 m
	Case 4	700m ³ /s	460m ³ /s	5,713 MCM	145.5 m

(iii) 検討結果

ブミポンダム4ケース、シリキットダム4ケースの組み合わせに対して、シミュレーションを行う。結果を以下に整理する。

表 10.2.20 ブミポンダム、シリキットダムの利水目的運用の検討結果

(from November to April, Unit: billion m³)

year	Required Outflow	Bhumibol : Case 1				Bhumibol : Case 2				Bhumibol : Case 3				Bhumibol : Case 4			
		Sirikit :				Sirikit :				Sirikit :				Sirikit :			
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
1975	5.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
1976	5.4	13.0	13.0	12.6	11.8	13.0	13.0	12.6	11.8	13.0	13.0	12.6	11.8	13.0	13.0	12.6	11.7
1977	5.3	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
1978	6.5	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
1979	5.7	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3
1980	7.4	5.4	6.4	7.3	7.4	5.8	6.8	7.4	7.4	6.8	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
1981	5.7	8.2	8.2	7.5	7.4	7.8	7.8	7.4	7.4	6.8	7.1	7.4	7.4	6.2	6.8	7.2	7.4
1982	5.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
1983	6.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
1984	5.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
1985	5.8	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
1986	5.2	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
1987	6.9	5.9	6.9	6.9	6.9	6.3	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
1988	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
1989	5.7	6.5	6.4	6.1	6.3	6.2	6.2	6.2	6.5	5.6	6.4	6.6	6.4	5.7	5.7	6.3	6.1
1990	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
1991	6.4	5.6	6.4	6.4	6.4	5.9	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
1992	6.7	5.5	6.7	6.7	6.7	5.5	6.7	6.7	6.7	6.0	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
1993	6.4	5.3	5.5	6.4	6.4	5.3	5.9	6.4	6.4	5.3	6.4	6.4	6.4	5.5	6.4	6.4	6.4
1994	7.8	3.1	3.8	3.9	4.8	3.1	3.8	4.3	5.2	3.1	4.4	5.3	6.2	3.1	4.7	6.2	7.1
1995	7.1	11.3	11.3	10.5	9.7	10.9	10.9	10.1	9.3	9.9	9.9	9.1	8.2	9.0	8.7	8.2	7.4
1996	6.3	12.8	12.3	11.4	10.5	12.8	12.3	11.4	10.5	12.8	12.3	11.4	10.5	12.8	12.3	11.4	10.5
1997	6.0	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
1998	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
1999	7.3	2.9	4.4	5.3	6.2	3.3	4.4	5.7	6.6	4.4	5.8	6.8	7.3	5.3	6.7	7.3	7.3
2000	6.0	8.6	8.4	7.4	6.6	8.2	8.4	7.0	6.2	7.2	6.9	6.0	6.0	6.3	6.0	6.0	6.0
2001	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
2002	6.5	8.5	8.5	8.5	7.8	8.5	8.5	8.5	7.8	8.5	8.5	8.5	7.8	8.5	8.5	8.5	7.8
2003	5.9	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
2004	8.4	6.5	7.5	8.4	8.4	6.5	7.9	8.4	8.4	7.9	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
2005	8.7	8.6	8.7	8.7	8.7	8.6	8.7	8.7	8.7	8.6	8.7	8.7	8.7	8.6	8.7	8.7	8.7
2006	7.7	9.7	10.1	10.4	10.4	9.7	9.7	10.1	10.3	8.3	9.0	9.4	9.6	7.9	8.2	8.8	9.6
2007	7.5	11.2	11.2	11.2	10.7	11.2	11.2	11.2	10.7	11.2	11.2	11.2	10.7	11.2	11.2	11.2	10.7
2008	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5
2009	7.3	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
2010	7.3	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
2011	6.5	8.7	9.2	9.2	9.2	8.7	9.2	9.2	9.2	8.7	9.2	9.2	9.2	8.7	9.2	9.0	9.2
Ave.	6.5	7.8	8.0	8.0	7.9	7.8	8.0	8.0	7.9	7.8	8.0	8.0	7.9	7.8	7.9	8.0	7.9
Max.	8.7	13.0	13.0	12.6	11.8	13.0	13.0	12.6	11.8	13.0	13.0	12.6	11.8	13.0	13.0	12.6	11.7
Min.	5.2	2.9	3.8	3.9	4.8	3.1	3.8	4.3	5.2	3.1	4.4	5.3	5.6	3.1	4.7	5.6	5.6
Number of years with shortage		10	6	3	2	10	5	2	2	8	2	2	1	5	2	1	1
Rate of Shortage		27%	16%	8%	5%	27%	14%	5%	5%	22%	5%	5%	3%	14%	5%	3%	3%

* 黄色部分は、ダムからの計算放流量が計画（必要）放流量を下回ったケース

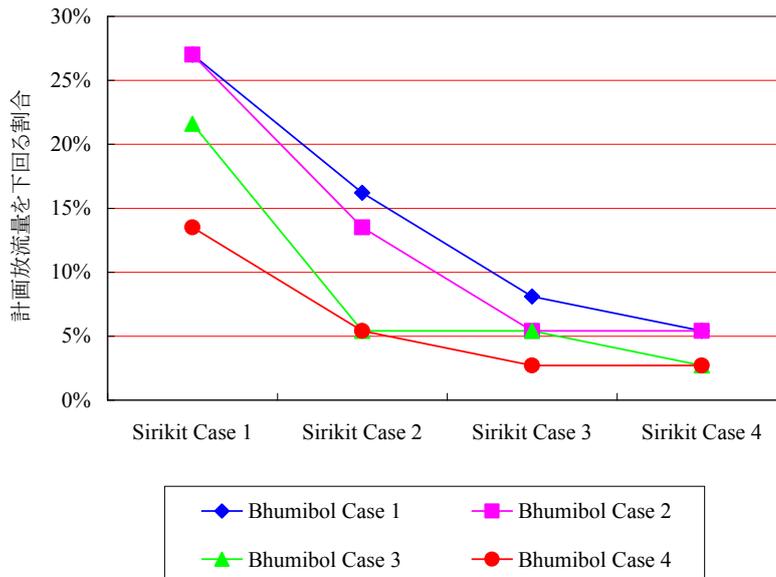


図 10.2.15 プミポンダム、シリキットダムの利水目的運用検討結果 (11月—4月)

検討結果より、以下のことが明らかになった。

- ・ 治水面からみると両ダムともに、Case 1 が最も有利である。一方、利水面からみると Case 4 が最も有利である。
- ・ Case 1 は両ダムともに、利水面における負担が大きい。プミポンダムで Case 2、シリキットダムで Case 1 で運用した場合、水供給の不足は 27% の割合で発生する。これは 4 年に一回の頻度で渇水が起きることを意味する。
- ・ 一方、プミポンダムを Case 3 もしくは Case 4 で運用し、さらにシリキットダムを Case 2、Case 3、Case 4 のいずれかで運用する場合は、水供給の不足は 3～5% の割合にしかない。これは 20 年から 30 年に一回の割合で渇水が起きることを意味する。
- ・ プミポンダムで Case 3 もしくは Case 4 の場合、利水面からみるとどのケースも大きな差は生じない。
- ・ シリキットダムで Case 2、Case 3、Case 4 のいずれかの場合、利水面からみるとどのケースも大きな差は生じない。
- ・ 結論として、治水および利水の両面から見て最も有利な運用は、“プミポンダムで Case 3、シリキットダムで Case 2” とする運用である。この場合水供給の不足は 5% 程度の割合であり、20 年に一回の渇水に相当する。

(c) プミポンダム、シリキットダムの新運用ルール

プミポンダム、シリキットダムの新運用ルール案を以下に示す。

- ・ 『Target Curve』は、利水のための目標となる貯留量であるとともに、治水面では、貯留量の上限を示す。
- ・ 提案の『Target Curve』に従い、5月1日から8月1日まで、流入量をそのまま放流し貯水水位を維持する。
- ・ 8月1日から11月1日までの洪水期は、提案の最大放流量(プミポンダムで 210 m³/s、シリキットダムで 190 m³/s)を放流する。貯水量が『Target Curve』を下回る場合、流

入量をさらに貯留する。この時の放流量は環境維持を目的とする最小放流量（ブミポンダム：8 m³/s、シリキットダム：35 m³/s）以上とする。

- ・ 乾期（11月1日から4月30日）においては、乾期水配分計画に基づき放流を実施する。
- ・ この運用ルールは、洪水調節及び水利用の両方に便益をもたらす。
- ・ 『Alert Curve for Drought』は、渇水年であるかの良い指標となる。『10% Probability』は、10年に一回の渇水の危険性、『20% Probability』は5年に一回の渇水の危険性を意味する。

表 10.2.21 ブミポン、シリキットダムに提案する洪水防御のための運用ルール

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

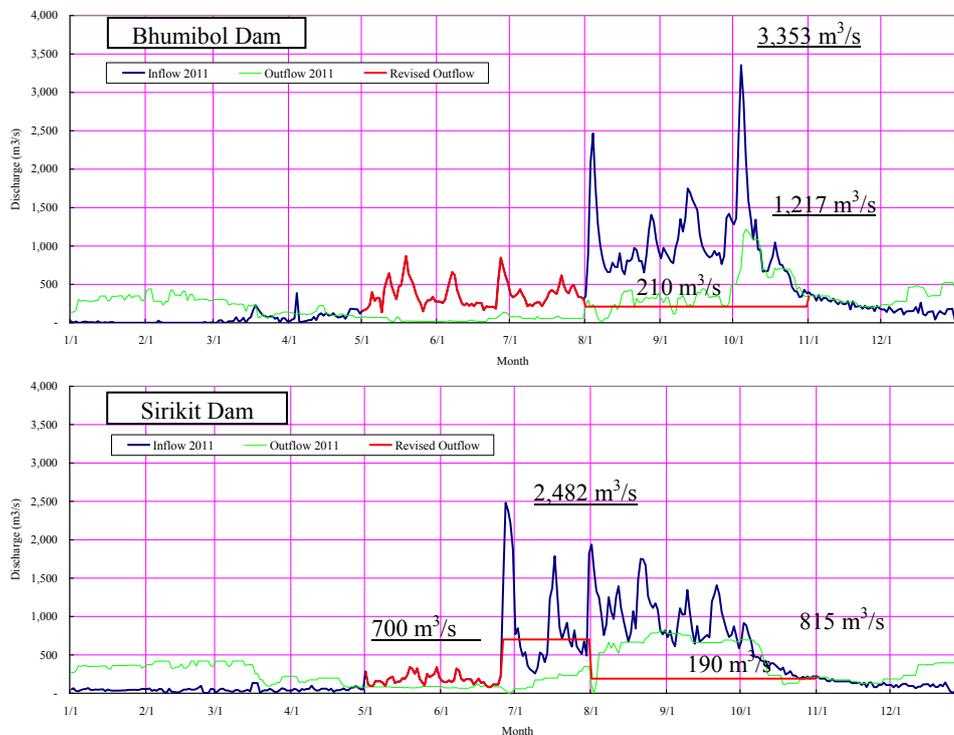


図 10.2.16 ブミポン、シリキットダムに提案する洪水防御のための運用ルール（2011年洪水）

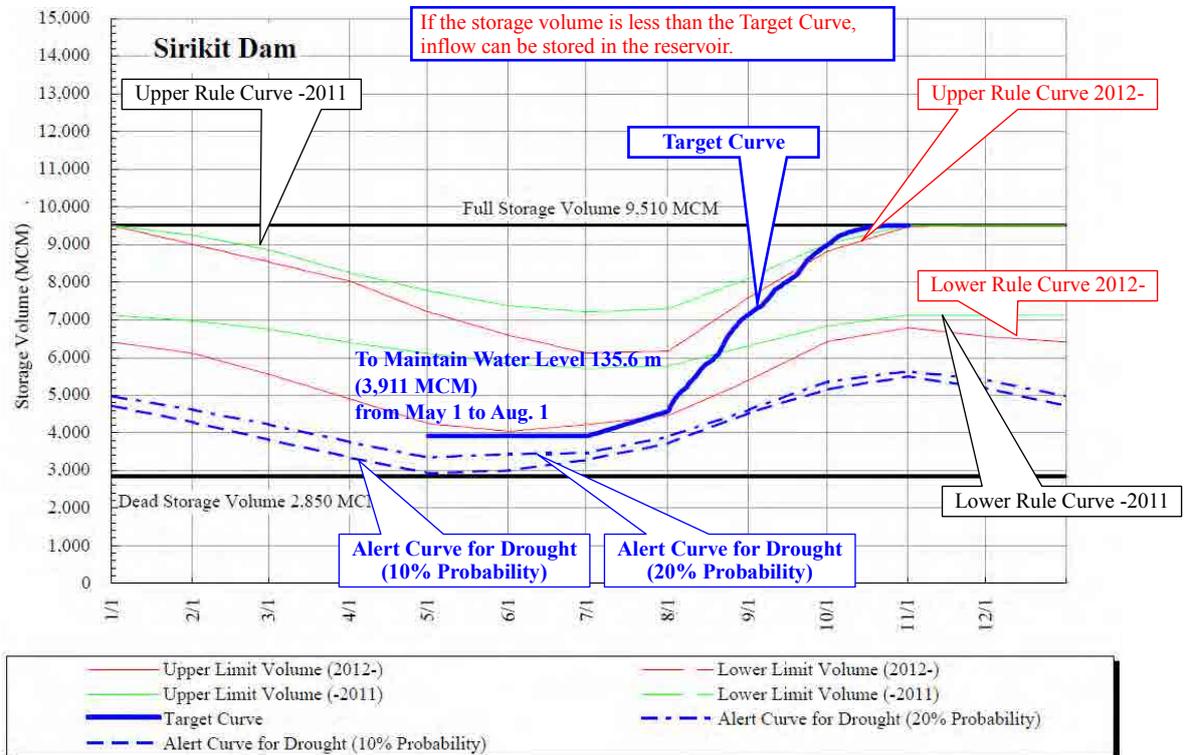
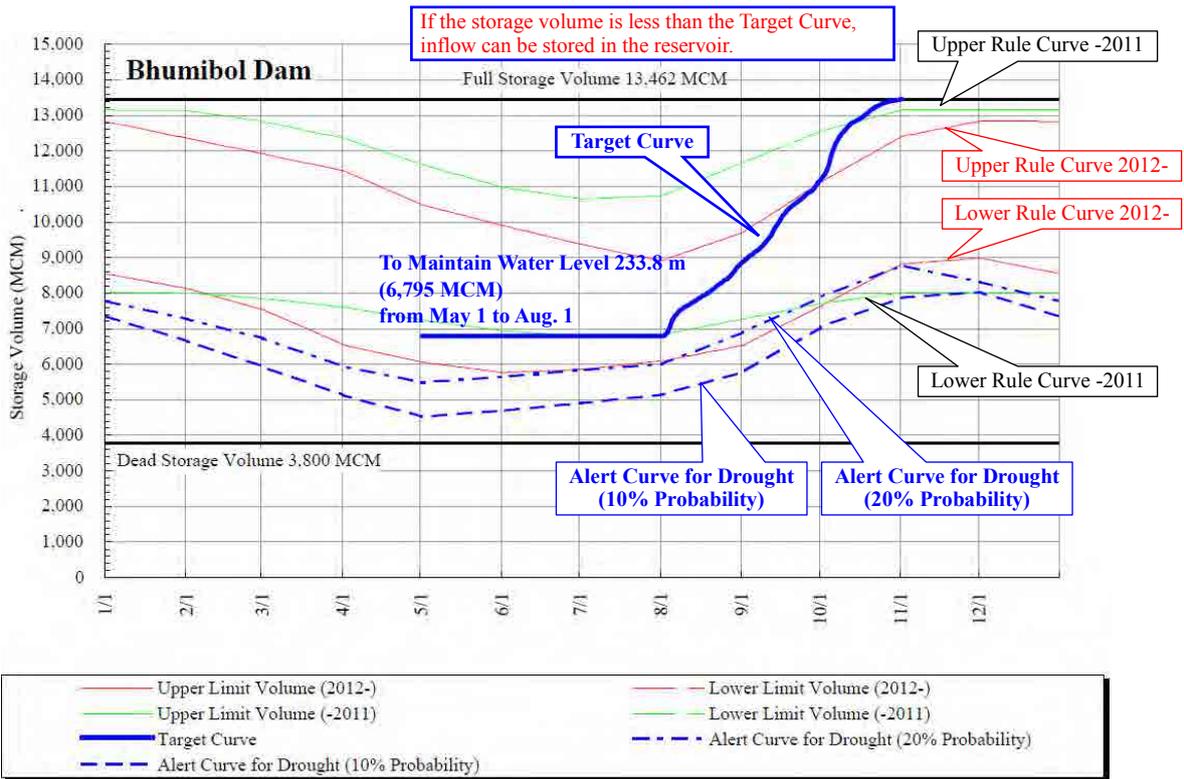


図 10.2.17 プミポン及びシリキットダムの Target Curve、Alert Curve for Drought

(d) 利水運用シミュレーション（日流入量）

ブミポンダム、シリキットダムへの実績日流入量を用いて、さらに詳細な利水運用シミュレーションを行う。

検討対象年

検討対象年は、ブミポンダム、シリキットダムの二つのダムからの乾季放流が開始された1975年から2012年までとする。

利水目的の貯水池運用

利水を目的とした貯水池運用の考え方は下記の通りである。

- 『治水目的貯水池運用』で検討した5月1日時点の貯水量/貯水位を出発点とし、『治水目的貯水池運用』に従い貯水池への流入量を貯留、各年の乾季（11月～4月）の『必要放流量』に従い、両貯水池から放流を行う。

表 10.2.22 ブミポンダム、シリキットダムの治水目的運用効率化案

ダム	放流量		5月1日時点 貯水容量 (堆砂容量含む)	5月1日時点 貯水位
	5月～7月	8月～10月		
ブミポン	IN=OUT	210m ³ /s	6,795 MCM	233.8 m
シリキット	5月～6月中旬：IN=OUT 6月下旬～7月：700m ³ /s	190m ³ /s	3,911 MCM	135.6 m

- 計算に当たっては貯水池からの蒸発散量を考慮する。両ダムの過去の記録より蒸発散量は下記の通りとする。

表 10.2.23 貯水池からの蒸発散量

月	ブミポンダム (MCM/day)	シリキットダム (MCM/day)
1月	1.00	0.80
2月	1.70	1.00
3月	2.30	1.00
4月	2.20	1.10
5月	1.20	1.00
6月	0.80	0.80
7月	0.50	0.60
8月	0.50	0.60
9月	0.50	0.70
10月	0.60	0.70
11月	0.70	0.80
12月	0.70	0.70

- 雨季の始まる5月1日時点の貯留量/貯水位は『治水目的貯水池運用』で検討した値に従う。ただし、乾季の計画放流量に達しない場合は、設定した水位以下の貯水を用いて放流を行う。最低水位（堆砂位）まで水位低下可能とする。
- 乾季5月～7月の流入に対しては基本的に貯水を行わないが、『5月1日時点貯水容量』よりも貯水容量が小さい場合は流入を貯留する。ただし、最低放流量としてブミポンダム：8m³/s、シリキットダム：35m³/sを確保する。この値は、各ダムで定められた河川維持のための最低放流量である。

- 8月～10月の洪水期においては、8月1日から定められた洪水調節用設定最大放流量（ブミポンダム：210 m³/s、シリキットダム：190 m³/s）を放流する。貯水池に余裕がある場合は（2011年洪水貯留量よりもその年の貯留量が少ない場合）、両貯水池からの放流量を下げ洪水を貯留する。この時、5月～7月と同様に、ブミポンダム 8 m³/s、シリキットダム 35 m³/s の最低放流量を確保する。

利水運用シミュレーション結果

実績日流入量を用いた利水運用シミュレーション結果を下表に整理する。

38年分のシミュレーション結果より、乾季必要放流量を満たす放流が出来なかったのは、1993/1994、1998/1999の2乾季のみである。

シミュレーションの詳細については、サポーティングレポート セクターGに示す。

表 10.2.24 利水運用シミュレーション結果

年	貯水池からの 乾季必要放流量 (MCM)	貯水池からの乾季放流量 (シミュレーション結果) (MCM)	判定
1974-1975	5,315	8,346	OK
1975-1976	5,389	13,167	OK
1976-1977	5,299	8,779	OK
1977-1978	6,479	7,488	OK
1978-1979	5,687	9,433	OK
1979-1980	7,436	7,436	OK
1980-1981	5,651	7,869	OK
1981-1982	5,422	8,425	OK
1982-1983	6,041	7,246	OK
1983-1984	5,176	8,427	OK
1984-1985	5,806	7,021	OK
1985-1986	5,177	8,606	OK
1986-1987	6,889	6,889	OK
1987-1988	5,647	5,647	OK
1988-1989	5,723	6,677	OK
1989-1990	6,141	6,141	OK
1990-1991	6,438	6,438	OK
1991-1992	6,690	6,690	OK
1992-1993	6,436	6,436	OK
1993-1994	7,773	5,794	NO
1994-1995	7,149	10,342	OK
1995-1996	6,257	11,836	OK
1996-1997	5,980	9,166	OK
1997-1998	7,638	7,638	OK
1998-1999	7,258	6,438	NO
1999-2000	5,961	7,233	OK
2000-2001	6,617	6,689	OK
2001-2002	6,504	8,700	OK
2002-2003	5,868	11,607	OK
2003-2004	8,351	8,351	OK
2004-2005	8,717	8,717	OK
2005-2006	7,663	10,550	OK
2006-2007	7,534	11,405	OK
2007-2008	7,498	7,576	OK
2008-2009	7,299	8,900	OK
2009-2010	7,312	7,312	OK
2010-2011	6,454	9,740	OK
2011-2012	6,727	14,439	OK

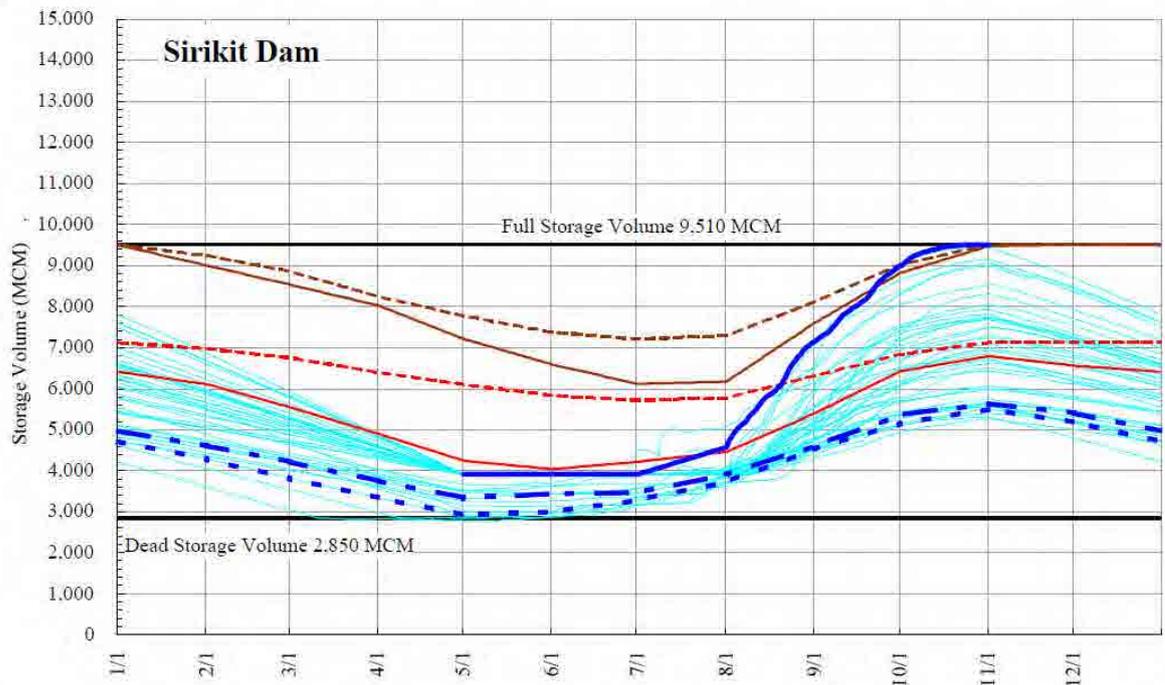
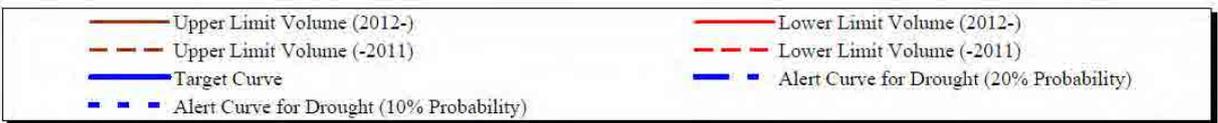
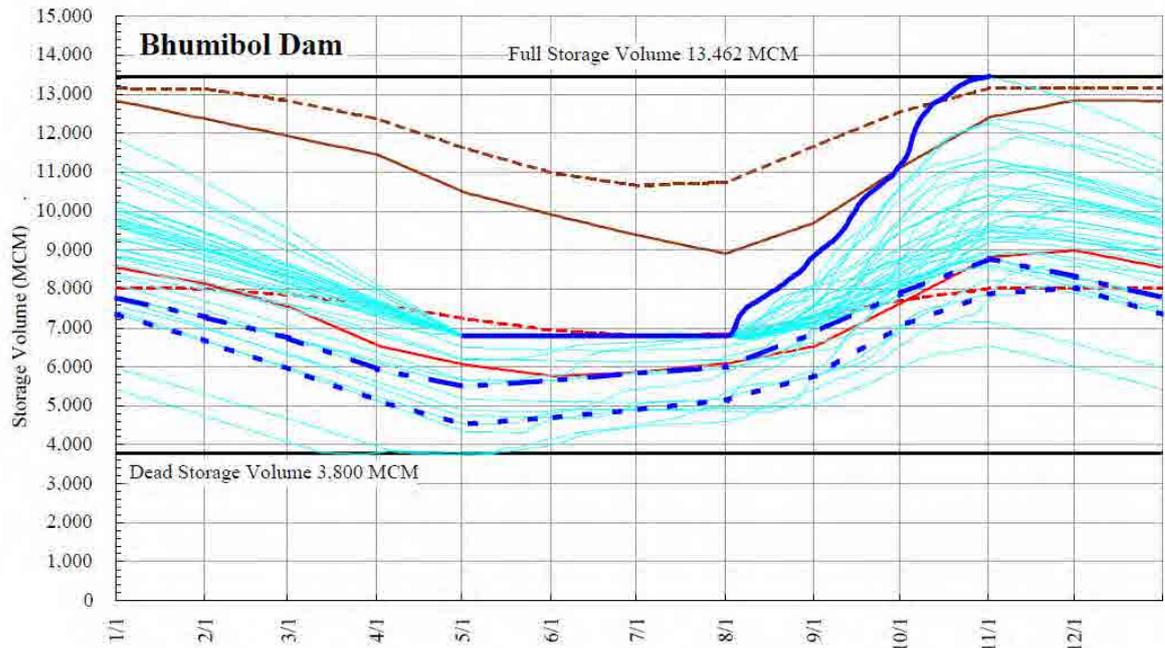


図 10.2.18 日流入量による利水運用シミュレーション結果 (1975年 - 2012年)

(e) ダム操作ルール変更の影響

新たに提案したダム操作ルールおよびルールカーブでは、洪水期に備えて5月から7月についてはダムで水を貯めない操作を提案している。このため、5月から7月はダム上流域からの流出はそのまま下流へ流下する（ダム流入量と放流量が等しくなる）。このため、5月から7月のダム流域からの流出量が例年よりも大きい場合は、場合によっては下流の洪水氾濫を引き起こすことが懸念される。ここでは、洪水調節容量を確保するために行う事前放流の影響について2011年洪水で検証を行う。2011年は、台風 Haima（6月）と Nock-Ten（7月）がチャオプラヤ川流域を直撃している。

下図はピン川とナン川の主要観測所の計算ハイドログラフである。実際、ダム操作ルールの変更により6月から7月の流量は増加しているものの、9月から10月の洪水期の流量よりはるかに小さい。このことから、事前放流による下流域の氾濫リスクは低いと言える。

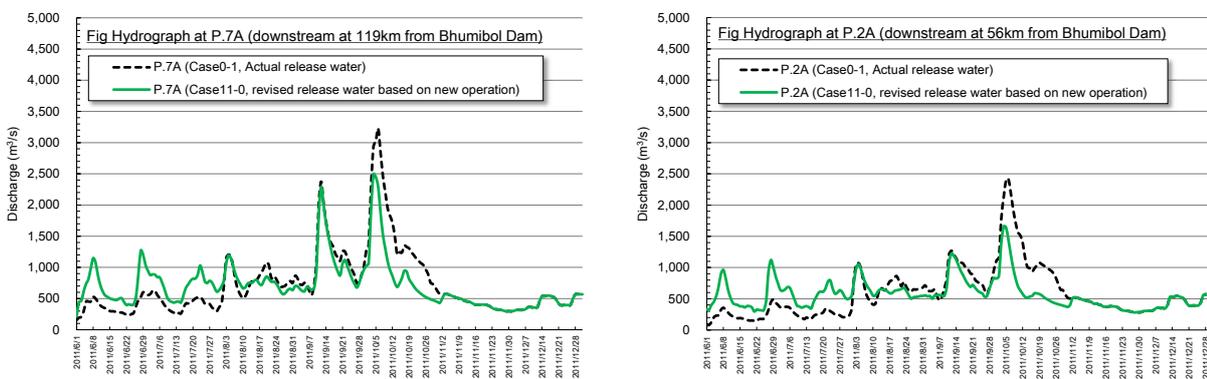


図 10.2.19 プミボンダムの事前放流による影響

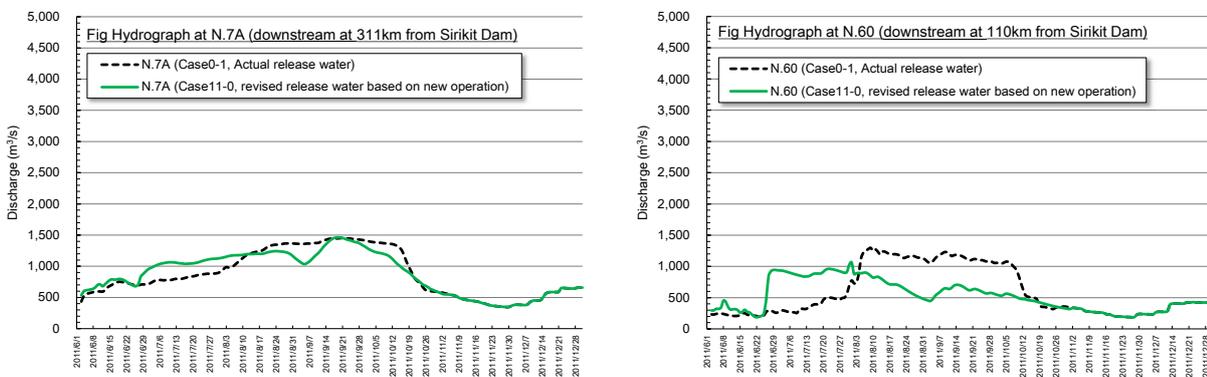


図 10.2.20 シリキットダムの事前放流による影響

10.2.3 新規ダムの建設

タイ政府は、多くの新規ダム建設を計画している。このうち、ヨム川の Kaeng Sue Tein ダム、ナン川の Nam Kheg ダムそしてサカエクラン川の Mae Wong ダムが治水効果の高いダムとして評価できる。

(1) 新規ダム計画

チャオプラヤ川流域においては、表 10.2.25 に示すとおり、貯水量が 100 MCM 以上の大規模ダムが 10 基存在する。

表 10.2.25 チャオプラヤ川流域 既設大規模ダム一覧

River	Name	Type	Height (m)	Catchment Area (km ²)	Effective Reservoir Capacity (MCM)	Elevation of Dam Crest (m MSL)
Ping	Bhumibol	Arch	154.0	26,386	9,662.0	261.0
	Mae Ngat	Fill	59.0	1,280	243.4	404.0
	Mae Kuang	Fill	68.0	569	249.0	390.0
Wang	Kiew Lom	Gravity Concrete	26.5	1,425	102.0	277.4
	Kiew Kor Ma	Fill	43.5	1,275	163.8	355.5
Nan	Sirikit	Fill	113.6	13,130	6,660.0	169.0
	Kwae Noi	Fill	80.0	4,254	896.0	135.0
Pa Sak	Pa Sak	Fill	36.5	14,520	782.0	46.5
Sakae Krang	Tap Sa Lao	Fill	26.0	534	143.0	159.5
Tha Chin	Kra Siew	Fill	32.5	1,220	200.0	92.5

現在、RID は 107 基のダム建設を推進しており、調査、実現可能性について調査している。これらのダムのうち、貯水容量が 100 MCM を超える大規模ダムは 6 基であり、その他のダムは小規模で、平均的な貯水容量は 17 MCM である。表 10.2.26、表 10.2.27 に代表的な新規 6 ダムの一覧を示す。また図 10.2.21 に新規ダム予定地を示す。

表 10.2.26 RID による新規大規模ダム計画の諸元 (1/2)

No.	No.1	No.22	No.23
Main Features	Mae Cham Dam	Upper Yom Dam	Mae Yom Dam
River	Ping River	Yom River	Yom River
Location	Chaing Mai Province Mae Cham District Mae Na Jon Sub-district	Phrae Province Song District Sa Aieb Sub-District	Phrae Province Song District Tao Poon Sub-district
Dam Type	-	Rockfill (Concrete-faced)	Rockfill (Concrete faced)
Dam height (m)	70.00	40.00	53.00
Length of Dam (m)	520.00	254.00	1,800.00
Catchment Area (km ²)	685.00	3,305.10	5,433.50
Reservoir Area (km ²)	-	17.37	37.40
Normal High Water Level (MCM)	135.00	166.06	588.00
Storage Capacity at Lowest Water Level (MCM)	-	38.60	41.52
Effective Storage Volume (MCM)	-	127.46	546.48
Irrigation Area (rai)	71,837	674,000	
Present Status	Desk Plan	F/S Completed	

表 10.2.27 RID による新規大規模ダム計画の諸元 (2/2)

No.	No.21	No.40	No.100
Main Features	Kaeng Sua Ten Dam	Nam Kheg Dam	Mae Wong Dam
River	Yom River	Nan River	Sakae Krang River
Location	Phrae Province Song District Sa Aieb Sub-District	Phitsanulok Province Nakhon Thai District Baan Yang Sub-district	Nakhon Sawan Province Mae Wong District Mae Lei Sub-district
Dam Type	Rockfill (Concrete-faced)	Rockfill	Rockfill
Dam height (m)	69.00	128.0	56.00
Length of Dam (m)	540.00	757	903.02
Catchment Area (km ²)	3,538.00	936.75	612.00
Reservoir Area (km ²)	66.78	11.16	17.60
Normal High Water Level (MCM)	1,175.00	550.25	258.00
Storage Capacity at Lowest Water Level (MCM)	50.00	7.45	20.00
Effective Storage Volume (MCM)	1,125.00	542.80	238.00
Irrigation Area (rai)	774,000	50,000	251,900
Present Status	D/D completed	Desk plan	D/D completed

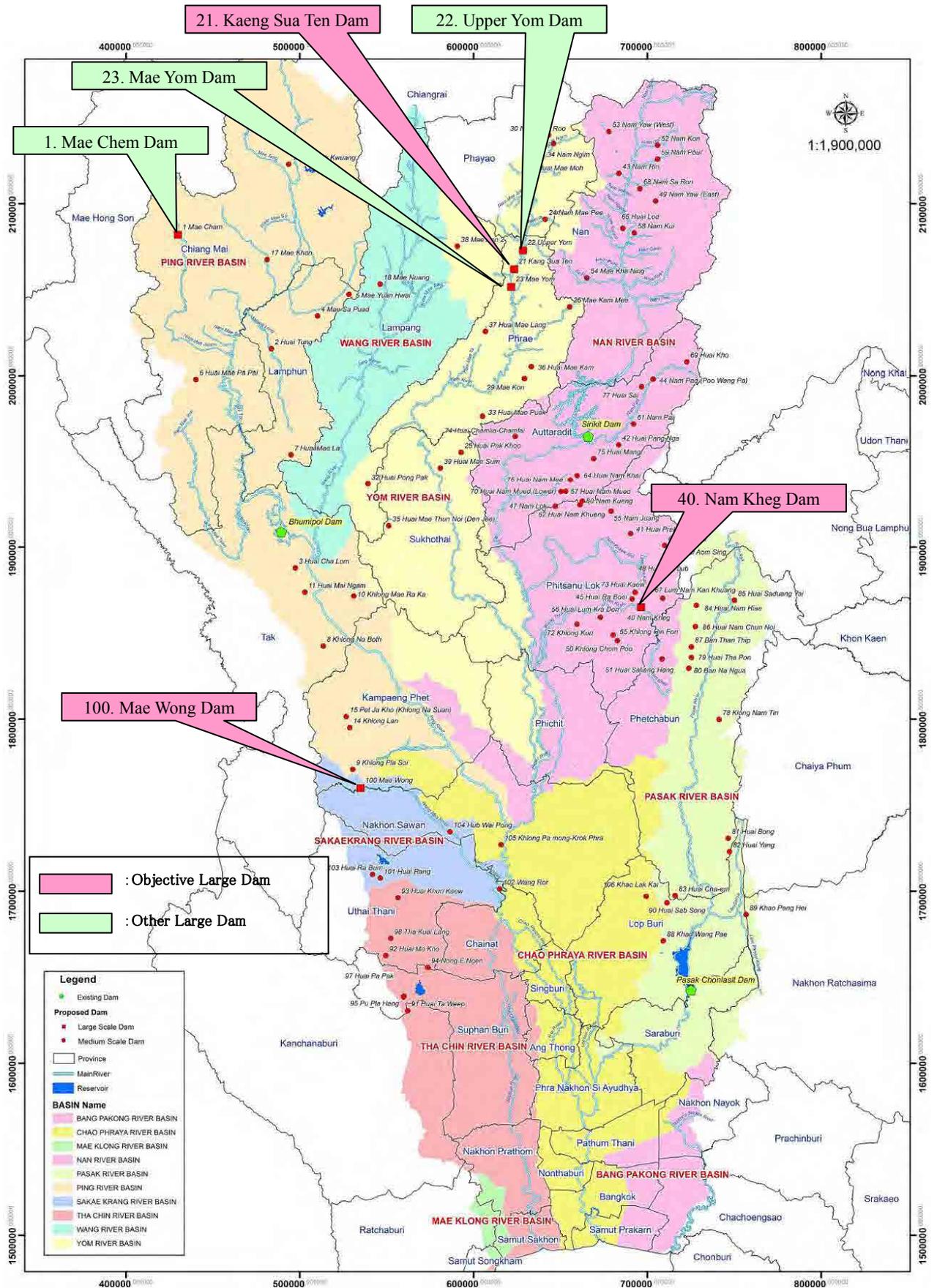


図 10.2.21 新規ダム計画位置図

(2) 検証対象とする新規ダムの選定

以下の理由から、Kaeng Sua Ten ダム、Nam Kheg ダムおよび Mae Wong ダムの 3 ダムを検討対象ダムとした。3 ダムの計画諸元を表 10.2.28 に示す。

- 1) Mae Cham ダムはブミポンダムの上流に位置し、ブミポンダムの貯水容量に比べ遙かに小さく、治水効果が期待できないこと。
- 2) Upper Yom ダムと Lower Yom ダムは Kaeng Sua Ten ダムの代替案であること。

表 10.2.28 Kaeng Sua Ten ダム、Nam Kheg ダムおよび Mae Wong ダムの計画諸元

No.	No.21	No.40	No.100
Main Features	Kaeng Sua Ten Dam	Nam Kheg Dam	Mae Wong Dam
River	Yom River	Nan River	Sakae Krang River
Dam Type	Rockfill (Concrete-faced)	Rockfill	Rockfill
Dam height (m)	69.00	128.0	56.00
Length of Dam (m)	540.00	757	903.02
Catchment Area (km ²)	3,538.00	936.75	612.00
Reservoir Area (km ²)	66.78	11.16	17.60
Elevation of Dam Crest (m M.S.L)	261.00	538.00	210.00
Normal High Water (m M.S.L)	258.00	529.50	204.50
Lowest Water Level (m M.S.L)	218.00	421.4	180.00
Storage Capacity at Normal High Water (MCM)	1,175.00	550.25	258.00
Storage Capacity at Lowest Water Level (MCM)	50.00	7.45	20.00
Effective Storage Capacity (MCM)	1,125.00	542.80	238.00
Maximum Discharge of Spillway (m ³ /sec)	5,355 (Radial Gate×4)	-	1,449 (Radial Gate×3)
Elevation of Crest of Spillway (m M.S.L)	245.00	-	197.60
Maximum Discharge of Intake Conduit (m ³ /sec)	-	-	-
Elevation of Center of Intake Conduit (m M.S.L)	-	-	-
Power Output (MW)	-	-	-
Irrigation Area (rai)	774,000		251,900
Present Status	D/D completed	Desk Plan	D/D Completed

(3) Kaeng Sua Ten ダムの治水効果の検討

既設ダムの運用ルール改善検討と同様の手法で、Kaeng Sua Ten ダムの治水運用ルールを検討する。

(a) 洪水調整のためのダム運用

8 月から 10 月までの流入量はカットし、定量放流を行う。

(b) 検討条件

検討対象洪水

2011 年洪水をモデル洪水とする。ダムへの流入量はダム近傍に位置する Y2 観測所の観測流量を元に面積比で算定する。

表 10.2.29 Kaeng Sua Ten ダム流入量 (2011 年)

ダム	流入量(MCM)					合計
	6月	7月	8月	9月	10月	
Kaeng Sua Ten	416	409	916	577	372	2,690

治水を目的としたダム運用の考え方

治水を目的としたダム運用の考え方は以下の通りである。

- 1) 8月から10月までは、治療法流で流入水を貯水する。
- 2) 5月から7月までは、基本的に流入量=放流量とする。
- 3) 放流管の排水能力が小さいため、出水期においてダム流入量と同じ水量を放流することは不可能である。貯水位が余水吐の越流高 (245m MSL、貯水容量 560 MCM) に到達した場合は、余水吐 (ラジアルゲート 4 門) を使って洪水を放流する。

検討ケース

乾季における水需要量 (供給量) は設定されていないことから、本調査においては、有効貯水容量の 80%を洪水調節容量と仮定して計算を行っている。

表 10.2.30 Kaeng Sua Ten ダムの治水を目的としたダム運用

ダム	Case	放流量		5月1日時点 貯水容量 (堆砂容量含む)	5月1日時点 貯水位
		5月~7月	8月~10月		
Kaeng Sua Ten	Case 1	5月~7月:IN=OUT ただし、放流管の排水能力が100 m ³ /sであるため、100 m ³ /s以上の洪水流量は貯留する。	洪水吐きから220m ³ /s	275 MCM	234.5 m

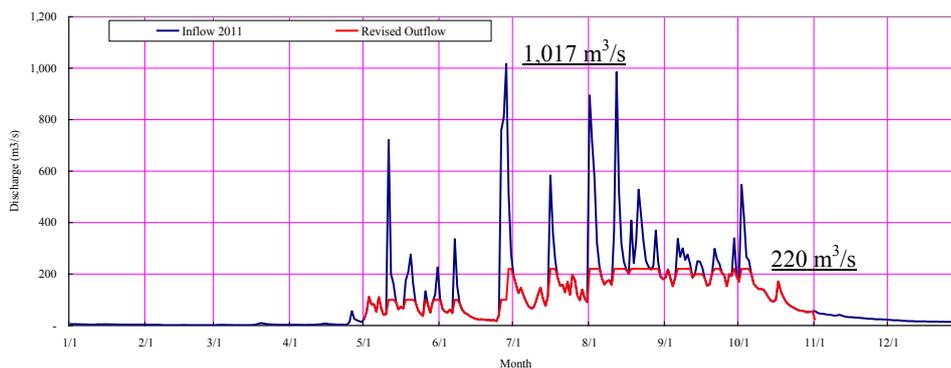


図 10.2.22 Kaeng Sua Ten ダム洪水調節案 (2011 年洪水実績)

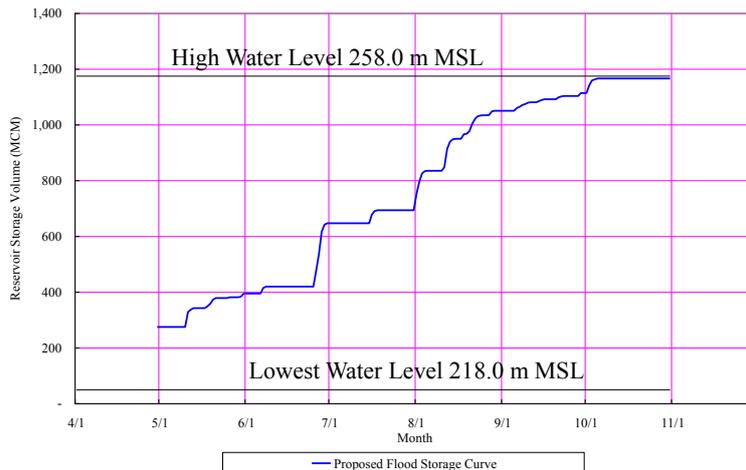


図 10.2.23 Kaeng Sua Ten ダム洪水時運用案（2011 年洪水実績）

(4) Nam Kheg ダム治水効果の検討

Nam Kheg ダムの治水運用ルールを検討する。

(a) 洪水調整のためのダム運用

ナン川の左支川である Wang Thong 川に位置する Nam Kheg ダムについては、洪水時、特にピーク流量の大きい 8 月から 10 月の洪水に対してピーク流量をカットするように、定量放流を行う貯水池運用を検討する。

(b) 計算ケースの設定

検討対象洪水

検討対象洪水は、2011 年洪水とする。貯水池流入量は、近傍の Wang Thong 川の N24A 観測点の実績流量を用いて面積比により算出する。

表 10.2.31 Nam Kheg ダムの 2011 年貯水池流入量

ダム	流入量(MCM)					合計
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	
Nam Kheg	69	81	154	290	99	693

治水を目的としたダム運用の考え方

治水を目的とした貯水池運用の考え方は下記の通りである。

- 1) Nam Kheg ダムの有効貯水容量 542.80 MCM に対し、8 月から 10 月の洪水流量は 543 MCM とほぼ同じであり、8 月から 10 月の洪水のほぼ全量を貯留することが可能である。
- 2) 河川維持流量として最低放流量を 15 m³/s (約 1.5 m³/s/100 km²) とし、洪水のほぼ全量を貯留する。

検討ケース

Nam Kheg ダムは計画中のダムであり、利水のための乾季必要放流量が未定である。よって、治水検討は有効容量の 80%治水容量と仮定し、検討を行う。

表 10.2.32 Nam Kheg ダムの治水目的運用検討

ダム	Case	放流量		5月1日時点 貯水容量 (堆砂容量含む)	5月1日時点 貯水位
		5月～7月	8月～10月		
Nam Kheg	Case 1	5月～7月：IN=OUT	15m ³ /s	116 MCM	-

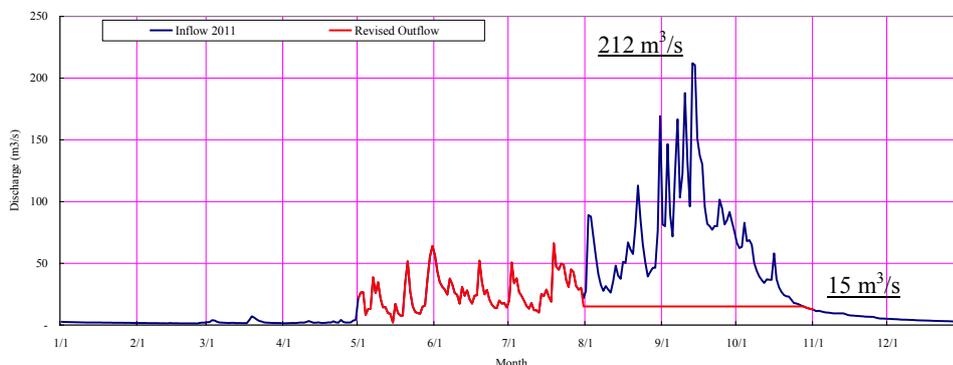


図 10.2.24 Nam Kheg ダム洪水調節案 (2011 年実績洪水)

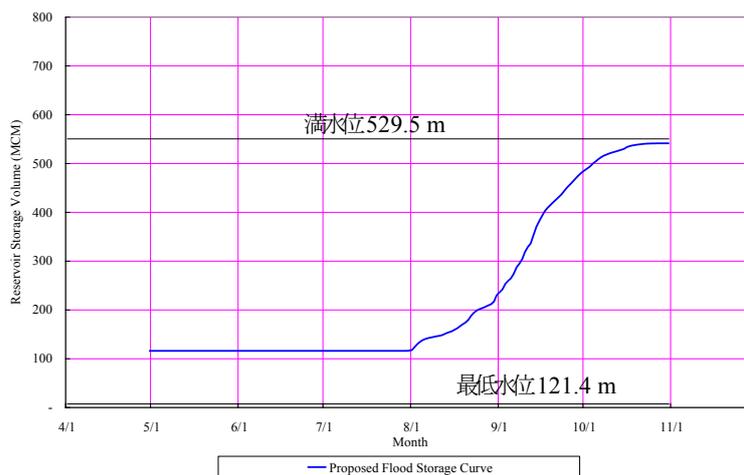


図 10.2.25 Nam Kheg ダム洪水時運用案 (2011 年実績洪水)

(5) Mae Wong ダムの治水効果検討

Mae Wong ダムの治水運用ルールを検討する。

(a) 洪水調整のためのダム運用

サカエクラン川上流域に位置する Mae Wong ダムについては、洪水時、特にピーク流量の大きい 8 月から 10 月の洪水流に対して、定量放流しピーク流量をカットするような貯水池運用を検討する。

(b) 計算ケースの設定

検討対象洪水

検討対象洪水は 2011 年洪水とする。貯水池流入量は、観測雨量を用いて流出計算により算出する。

表 10.2.33 Mae Wong ダムの 2011 年貯水池流入量

ダム	流入量 (MCM)					
	6月	7月	8月	9月	10月	合計
Mae Wong	39	58	61	131	89	378

治水を目的とした貯水池運用の考え方

治水を目的とした貯水池運用の考え方は下記の通りである。

- 1) ダムへの洪水流入波形、貯水能力を考慮し、8月～10月の貯水池流入量に対して定量放流を行い、ピークカットするような貯留を基本とする。
- 2) 5月～7月の貯水池流入量については、基本的に『IN = OUT』で放流する。

検討ケース

Nam Kheg ダムは計画中のダムであり、利水のための乾季の必要放流量が未定である。そこで治水検討は有効容量の 80%治水容量と仮定し、検討を行う。

表 10.2.34 Mae Wong ダムの治水目的運用検討

ダム	Case	放流量		5月1日時点 貯水容量 (堆砂容量含む)	5月1日時点 貯水位
		5月～7月	8月～10月		
Mae Wong	Case 1	IN=OUT	12m ³ /s	67.6 MCM	188.7 m

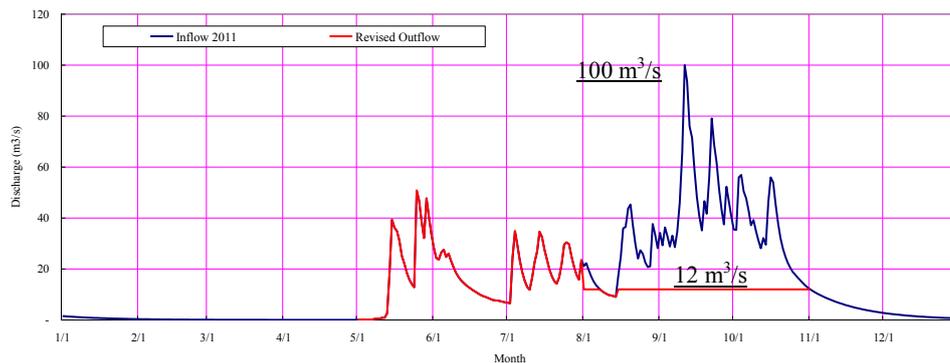


図 10.2.26 Mae Wong ダム洪水調節案 (2011 年実績洪水)

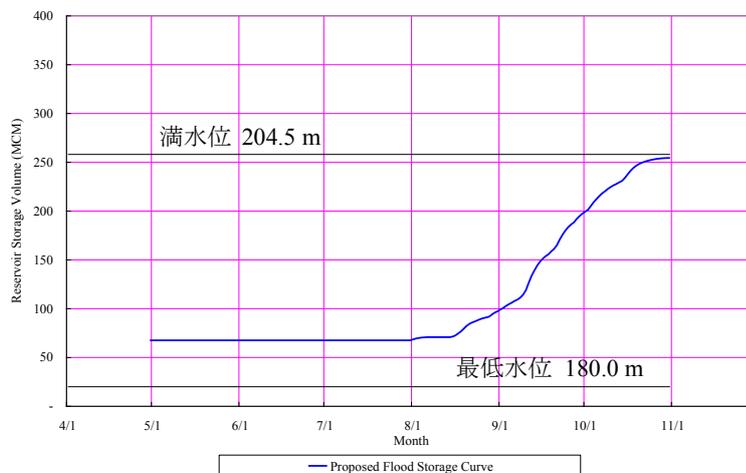


図 10.2.27 Mae Wong ダム洪水時運用案 (2011 年実績洪水)

10.2.4 遊水地/調整池の改善

(1) 遊水地の選定

タイ政府が提案した治水マスタープランでは、ナコンサワン上流とアユタヤ周辺の遊水地約 2,000 km² について計画・調査が行われている。遊水地は、モンキーチーク（サルの子）と呼ばれる人為的な洪水調節機能を有した遊水地と、自然の遊水地効果を期待する自然遊水地の 2 つがある。本調査では、遊水地の評価と最適なモンキーチークの運用（洪水低減方法や、築堤、水門、ポンプなど）について調査を行う。

(2) 遊水地エリアの調査

RID の技術レポートである“Feasibility Study on the Development of Flood Low Lands in Chao Phraya Basin (2009)”によると、RID は 13 のモンキーチークエリアの整備を提案しており、このうち 5 つはナコンサワン北部、8 つはアユタヤおよびその周辺である。

表 10.2.35 に遊水地候補地の諸元を、図 10.2.28 に遊水地（モンキーチーク）候補地点をそれぞれ示す。

表 10.2.35 遊水地諸元（モンキーチーク）

No	Retarding Basin (Monkey Cheek)		Design Storage Volume (Million m ³)	Submerged Level (m MSL)
N1	Northern Part of Nakhon Sawan	Tha Bau District (East Side)	233	25.0
N2		Tha Bau District (West Side)	238	25.5
N3		Dong Set Thi District (South Side)	57	30.5
			183	31.0
N4		Dong Set Thi District (North Side)	25	37.5
			50	37.0
			72	36.0
N5		Phai Chum Phon District	99	39.0
			85	38.0
			74	36.0
	45		36.0	
Sub Total			1,161	
C1	Bang Ban District (North-West Side)	54	5.0	
		35	5.2	
		37	5.8	
C2	Phak Hai District (East Side)	51	5.0	
74		5.0		
C3	Phak Hai District (West Side)	257	4.0	
C4	Northern Part of Ayutthaya	Bang Ban District (South Side)	279	4.0
C5		Reong Rang District	172	5.0
			85	8.0
C6		Maharat District	124	6.0
			23	7.0
			102	7.0
C7		Khok Krathiam District	10	6.0
			249	7.0
C8	Yang Mani District	186	7.0	
Sub Total			1,738	
Total			2,899	

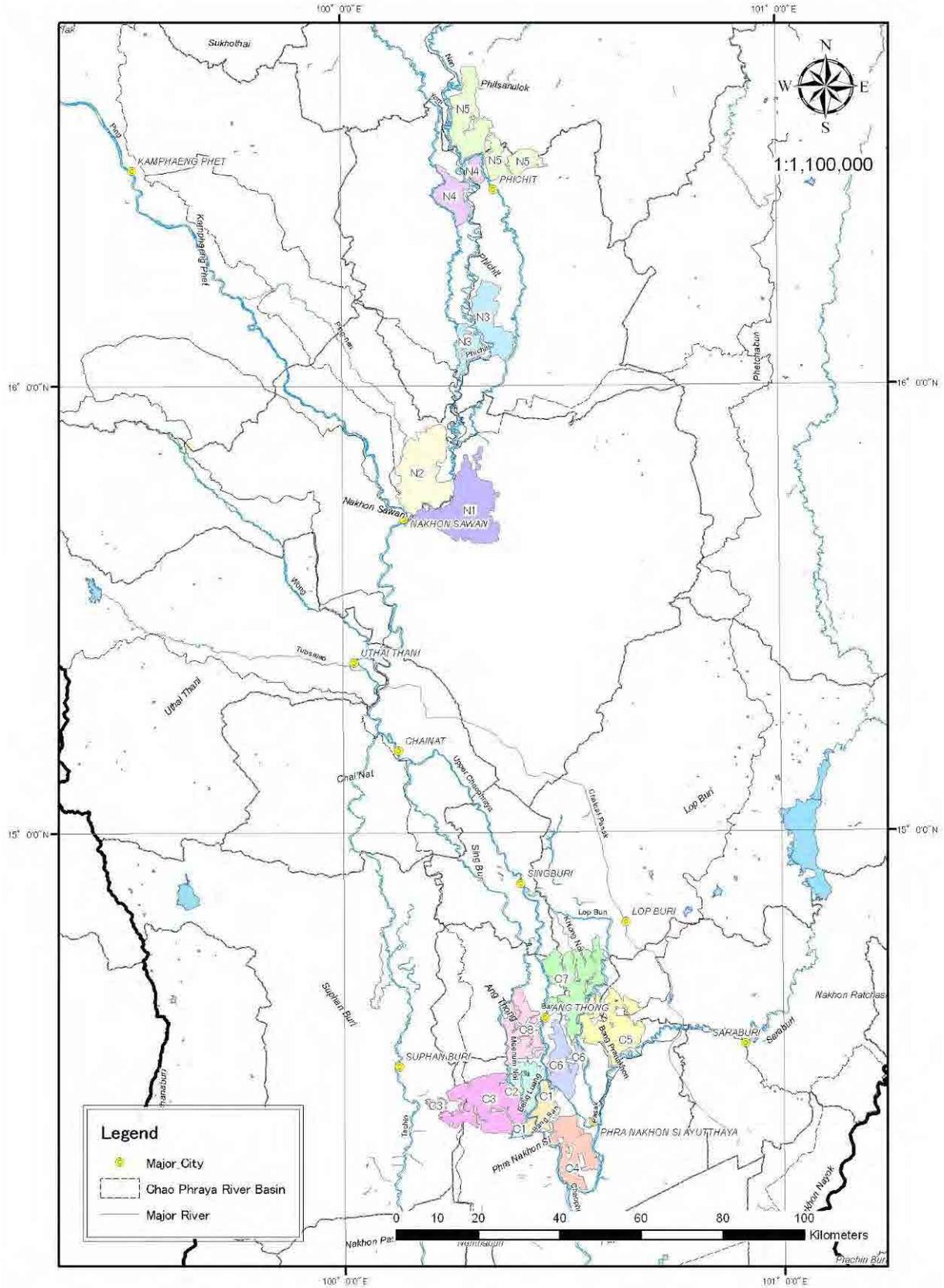


図 10.2.28 遊水地候補地 (RID 案)

(a) 操作ルール

チャオプラヤ川の洪水期間は長く、洪水波形の予測は困難である。このような洪水特性に対して、最適な操作方法や遊水地のコントロールを一つの操作ルールで設定することは、有効でなく実施が困難である。また、2011年洪水に対して有効な操作ルールを設定しても、1995年や2006年といった他の著名な洪水に対して有効とは限らない。加えて、遊水地に湛水した水は、灌漑や畑作に使われることが多く、洪水調節に特化した操作ルールは実用的ではない。従って、洪水調節と灌漑利用の両面を考慮した遊水地操作ルールの設定が必要である。

提案された遊水地は、表 10.2.36 に示すとおり、灌漑エリア内に設置されるものと天水田（灌漑なし）の地域に設置される遊水地に大別される。

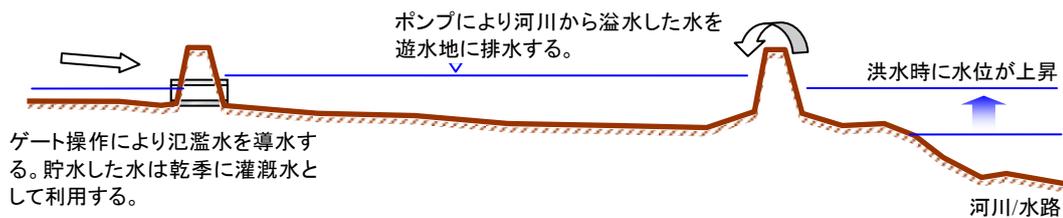
表 10.2.36 作付けタイプの違いによる貯水時期

水田タイプ	該当する遊水地	貯水時期
灌漑地域	N3、N4、C1～C8 計 10 遊水地	<ul style="list-style-type: none"> ・ 5月から8月は稲作を実施 → 治水利用は困難 ・ 乾季に備え9月と10月は貯水する。これにより洪水調節機能が発生する。政府も9月から11月は作付けを控えるように奨励している。 ・ 10月、11月から作付けの準備を開始するため、11月下旬から12月の間は貯水した水を河川へ放流する。乾季は完全にドライにする。
天水田地域	N1、N2、N5 計 3 遊水地	<ul style="list-style-type: none"> ・ 5月から8月は稲作・畑作を実施 → 治水利用は困難 ・ 乾季に畑作と稲作が行われる。その後、6月から水田の代掻が開始する。 ・ 貯水期間は、灌漑地域よりも長く、9月から翌年の6月までである。

(b) 遊水地への導水について

遊水地への導水の方法は、(1) ポンプによる強制排水と (2) ゲート操作の2つである（図 10.2.29 参照）。なお、氾濫水のゲート操作は解析が煩雑になり、計算結果が安定しなくなる恐れがあることから、本調査においては、ゲート操作は考慮しない。また、遊水池の外から流入する氾濫流によって遊水地内の貯水量は刻々と変化することから、適切なポンプ操作を設定することは困難である。このため、計画貯水容量をもった仮想の貯水地を洪水解析モデルに組み込み、遊水地の効果を検証した。

実際に想定される遊水地運用



遊水地のモデル化

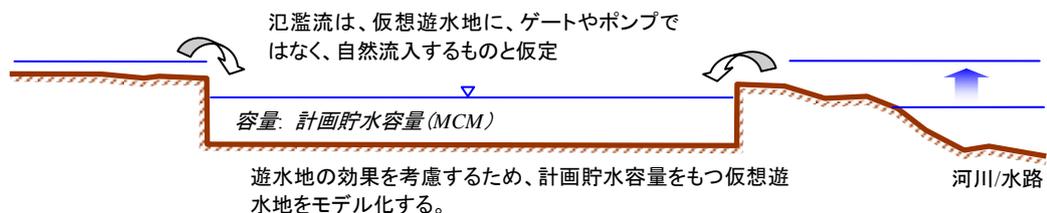


図 10.2.29 洪水および氾濫水の導水方法

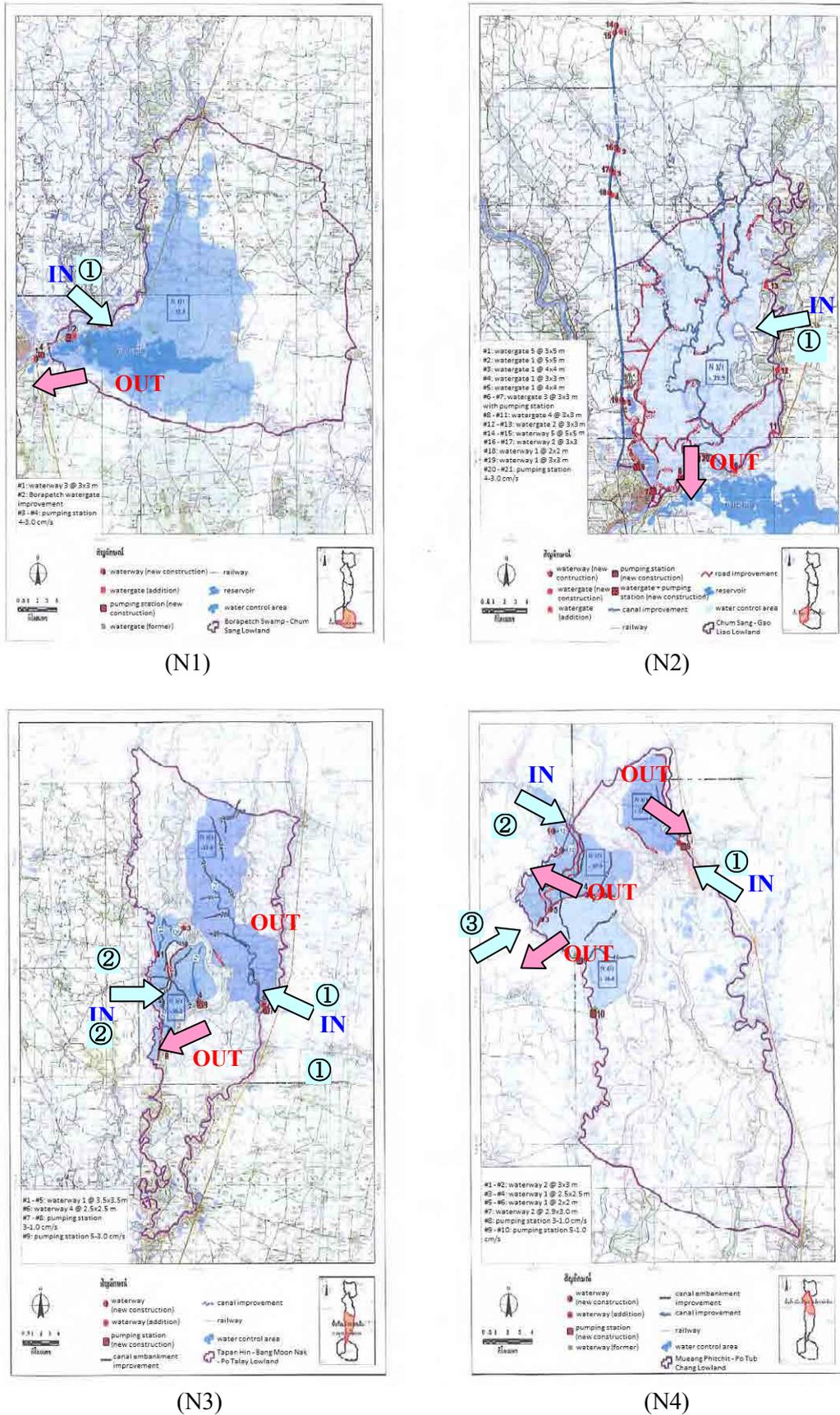
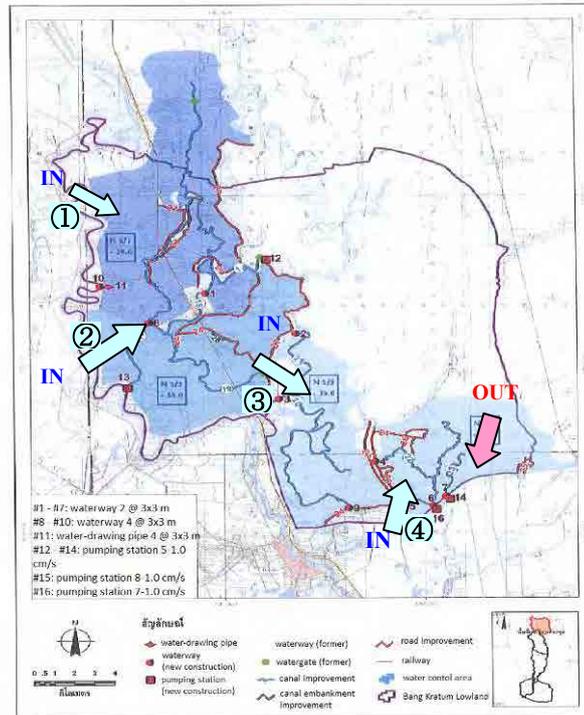
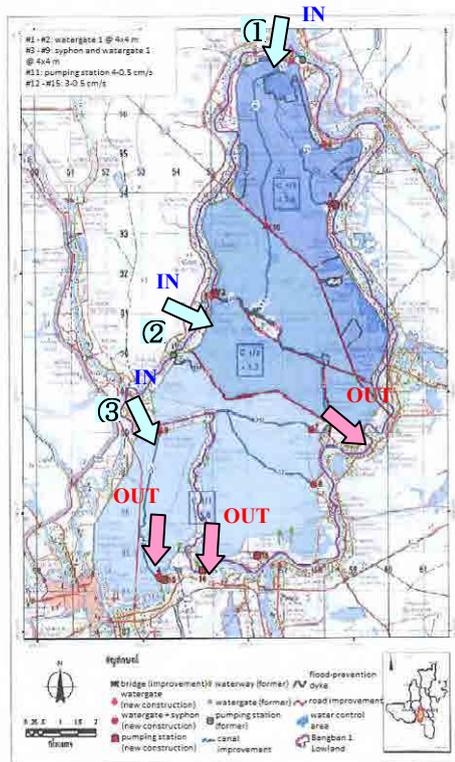


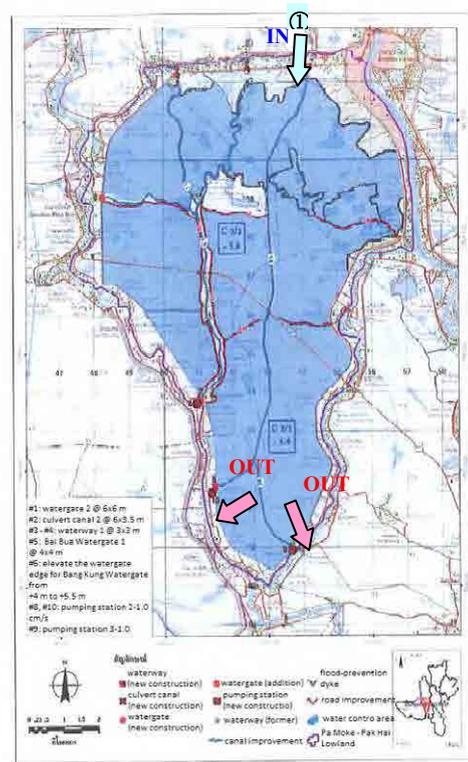
図 10.230 ナコンサワン北部調節池 (N1 および N2、N3、N4)



(N5)



(C1)



(C2)

図 10.2.31 ナコンサワン北部調節池 (N5 および C1、C2)

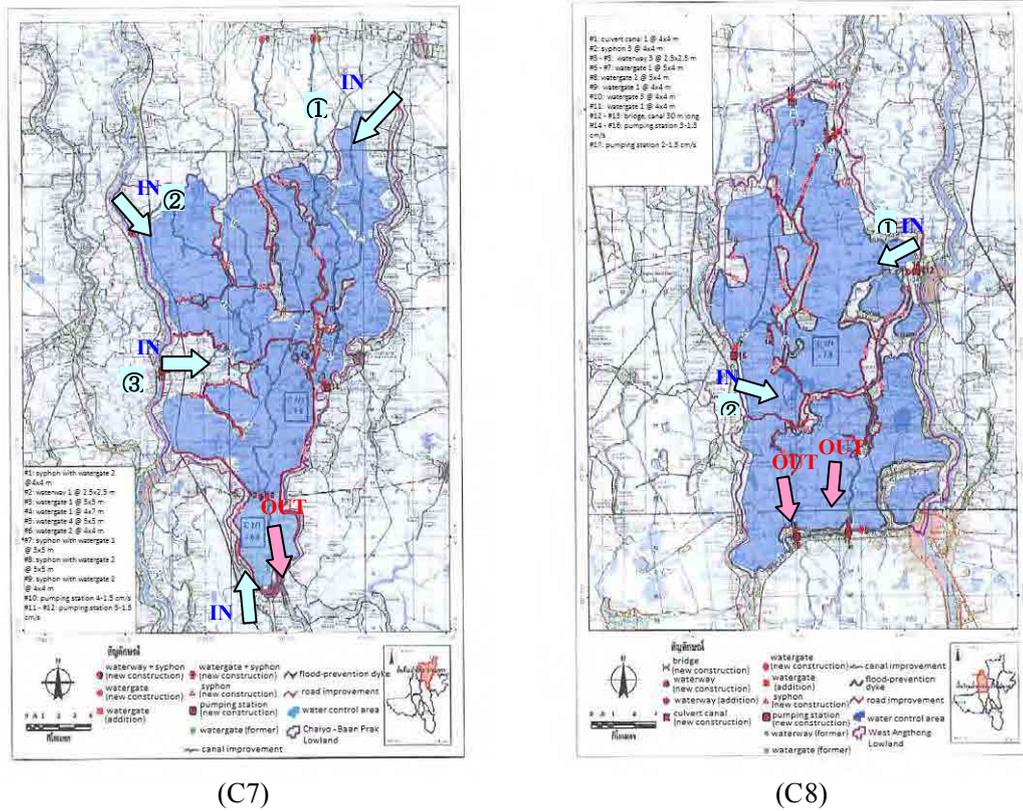


図 10.2.33 アユタヤ周辺の調節池 (C7 および C8)

(c) 洪水期前における貯水容量の確保

遊水地/調整池の改善案の一つとして、洪水期前に遊水地の貯水容量を確保する案が挙げられる。実際、事前にできるだけ多くの貯水容量を確保することで、洪水調節が行いやすくなる。しかし、洪水期前に、遊水地に湛水された水は、灌漑用水や畑作に利用されることから、遊水地内の貯水容量を完全に空けておくことは困難である。ダムの操作と同様に、遊水地は洪水管理だけではなく農業にも活用されなければならない。

10.2.5 放水路

タイ政府は、チャオプラヤ川流域において3本の放水路を計画している。本調査では、それら3本の放水路計画内容を確認し、最適な放水路、あるいは最適な放水路の組み合わせによる効果について検討する。

(1) タイ政府による放水路計画内容の確認

タイ政府により計画されている放水路のうち一本は、チャオプラヤ川の東側に位置し、チャイナットからチャイナットーパサク灌漑水路に沿って下流側に延び、パサク川と交差した後タイ湾に抜ける。この東側放水路は、「Feasibility Studies of Drainage Canals within the East Side of Chao Phraya River」報告書にまとめられている。この報告書では、延長約270kmの新規放水路の建設に加え、延長約135kmのチャイナットーパサク灌漑水路の改善も提案している。

二本目の放水路はタチン川の西側に位置し、上記の放水路と同様、チャイナットかそれよりも上流域から取水しタイ湾に放流する。現在、タイ政府はこの西側放水路のマスタープランレベルの検討を進めており、その延長は約260kmかそれより長くなる予定である。

三本目の放水路は外郭環状道路放水路と呼ばれており、外郭道路の予定ルートの外側沿いの放水路として報告書にまとめられている。しかしながら、外郭道路放水路は一度検討されたものの現在タイ政府により見直されているため、ルートに関しては決定していない。

これらの情報を参考にしつつ、効果的な水位勾配が維持できるように、直線的な新たな放水路ルートを検討した。その際、地質特性、土地利用、衛星写真、5万分の1精度の地形図、その地形図から求まる標高、さらにはLiDARデータも利用した。

見直し後の放水路ルートを図10.2.34に示す。

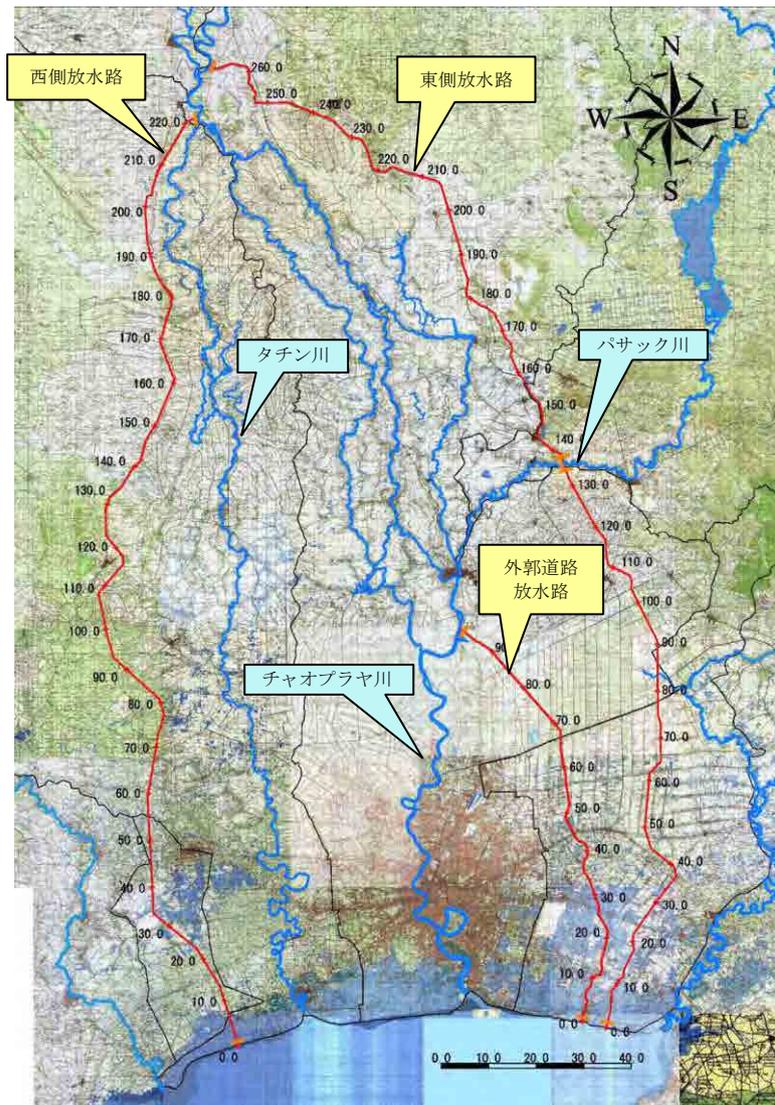


図 10.2.34 放水路位置図

(2) 放水路の選定

上記のルートにおいて水理解析を実施した。その結果、最適な放水路として外郭道路放水路を提案する。なお詳細はサポーティングレポート（セクターJ）に示す。

(3) 設計流量

水理解析で定めたように、設計流量は $500 \text{ m}^3/\text{s}$ （もしくは $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ）とする。

(4) 配置

上記したように、外郭道路放水路はアユタヤの下流部とタイ湾をつなぐように計画する。現時点で、外郭道路の配置はまだ決定していないため、放水路の配置に関しては水理面を考慮して比較的勾配が維持できるようにより直線的な配置とした。地形及び土地利用は衛星写真、1/50,000 地形図、その他 1/50,000 標高、LiDAR データを下に確認し、それも踏まえた配置とした。

(5) 計画河床勾配

現地形の勾配を考慮して、計画河床勾配は 1/44,700 とした。

(6) 標準断面

計画高水位をできるだけ下げるため、標準断面は掘削を主とし、盛土による嵩上げを最小限にした。計画高水位を下げる目的は、数ヶ月も雨季が続くタイにおいて想定外の要因による盛土破壊のリスクを下げるためである。また、計画高水位が低いと内水の排水もより効果的に行えるという利点がある。

(7) 護岸と河床

タイ政府により検討された東放水路の Feasibility Study では、護岸勾配は、パサック川より上流側で 1:2.0、下流側で 1:3.0 と設定されている。本検討における外郭道路放水路では、洪水時に流速があまり大きくならないこと、土質強度が弱いことを踏まえ、護岸勾配は 1:3.0 とした。護岸及び河床の保護に関しては、両者とも保護するケースと、護岸のみ保護するケースを検討したが、河床保護材の維持管理の視点から、護岸のみ保護するケースを採用した。

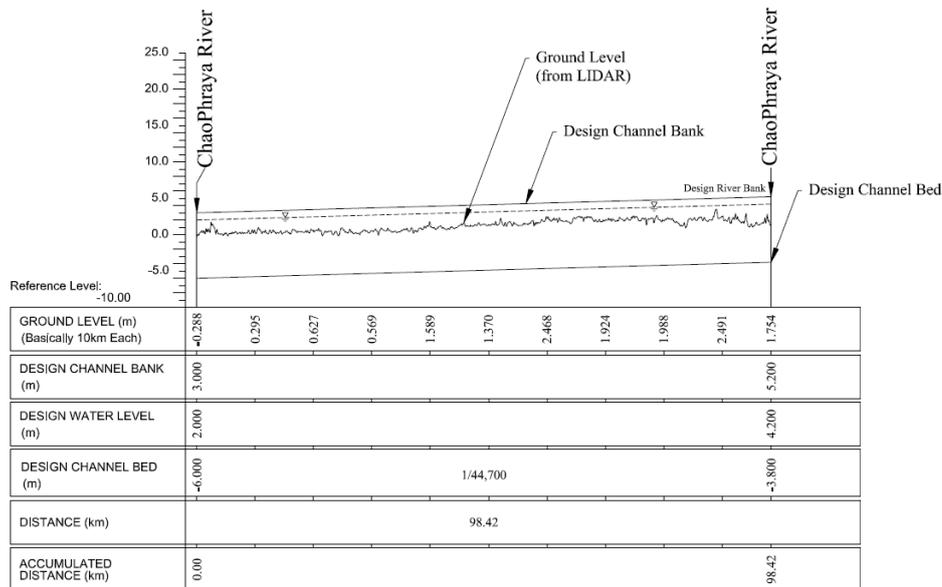


図 10.2.35 外郭道路放水路縦断図

(8) 基礎処理

チャオプラヤ川の下流部は、広大な低地と軟弱な地盤からなる。したがって、放水路の護岸と維持管理用道路の保護のため、下記に示す基礎処理工法を提案した。

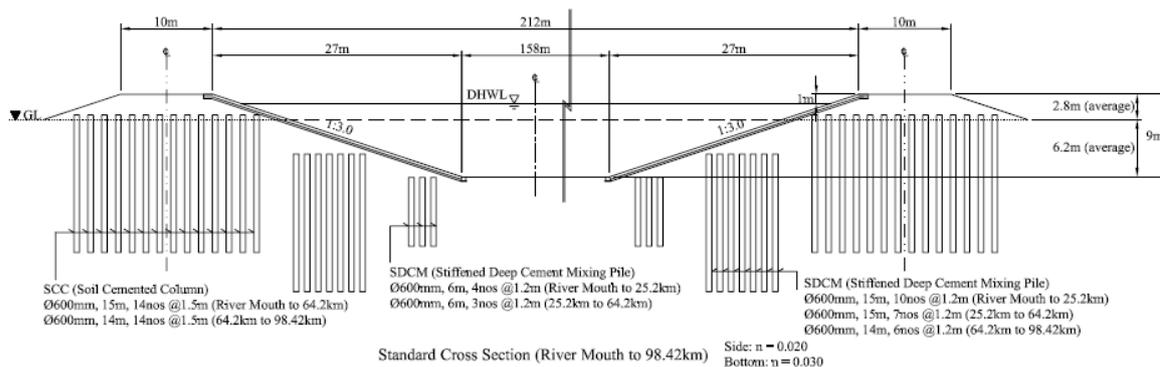


図 10.2.36 外郭道路放水路標準断面図

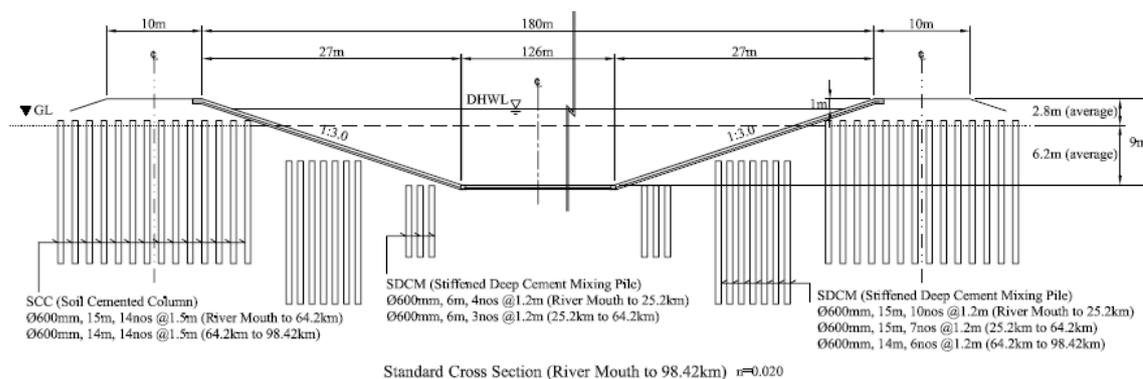


図 10.2.37 外郭道路放水路断面図（河床保護案）

(9) 交差道路

外郭道路放水路は多くの道路と交差するため、多くの橋梁が必要となる。チャイナット-パサック灌漑水路にかかる既存の橋梁は約 3 km ピッチでかけられている事を参考として、延長 98.3 km の外郭道路放水路では 33 橋かけると想定した。33 橋のうち、14 橋が国道をつなぐ橋で、残りの 19 橋がその他の主要道路をつなぐ橋である。国道のための橋梁は、衛星写真により判断した国道の幅を維持するものとし、その他の橋梁幅は 7 m とした。

(10) 交差水路及び河川

外郭道路放水路は多くの水路や河川とも交差する。幅 2 m 以上の水路及び河川に関しては、それぞれ同じ幅のサイフォンで接続するものとする。サイフォンの内空高さは幅の半分かつ 10 m 以下と設定した。

(11) ゲート

外郭道路放水路は、洪水時に川の流水を海に速やかに流すことが目的であるため、取水部付近と海岸付近の 2 箇所にゲートを計画した（塩水遡上防止も考慮）。これらのゲートは常時は閉じるものとする。

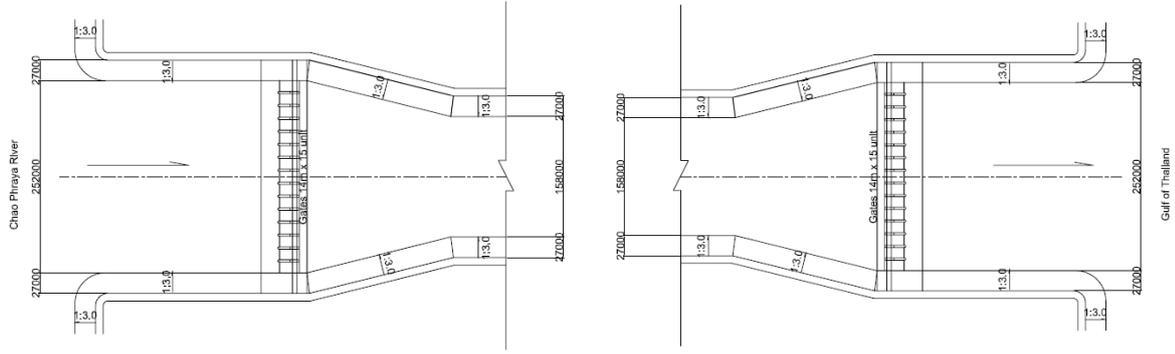


図 10.2.38 取水部と海岸付近のゲート

10.2.6 チャオプラヤ川の改修

(1) 概要

チャオプラヤ川はバンコク首都圏を含む洪水防御地域の中心を流れる河川である。バンコクおよび周辺地域を洪水被害から防御するためには、河川改修を行う必要がある。チャオプラヤ川の水理的な調査によれば、河口から約 90km までは感潮区間である。河口付近の水位は潮汐の影響を受けることから、掘削ではなく堤防嵩上げが必要である。現時点（2013 年 7 月）では、BMA は河口 0km から 117km の区間において下図に示すとおりのパラペット堤の建設を予定している。

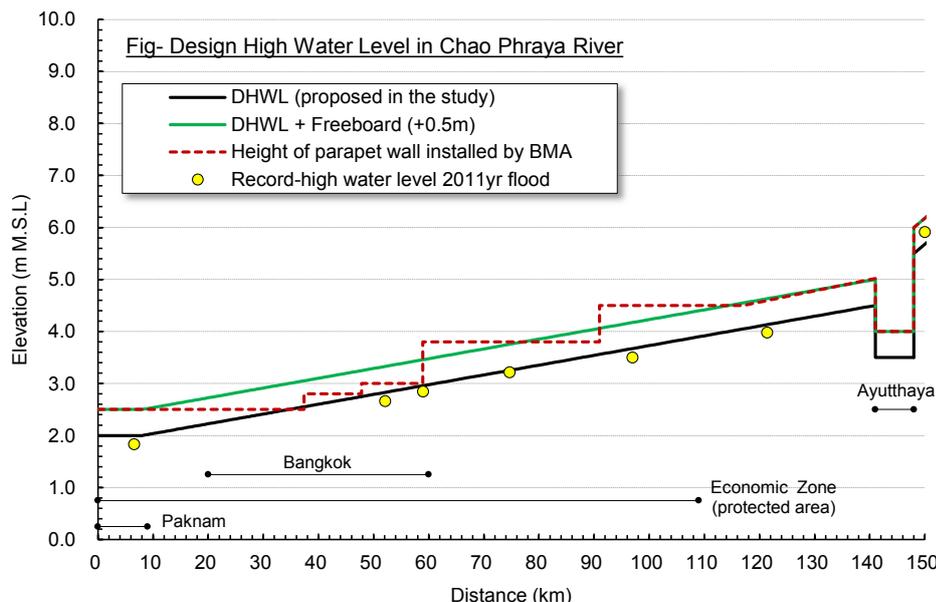
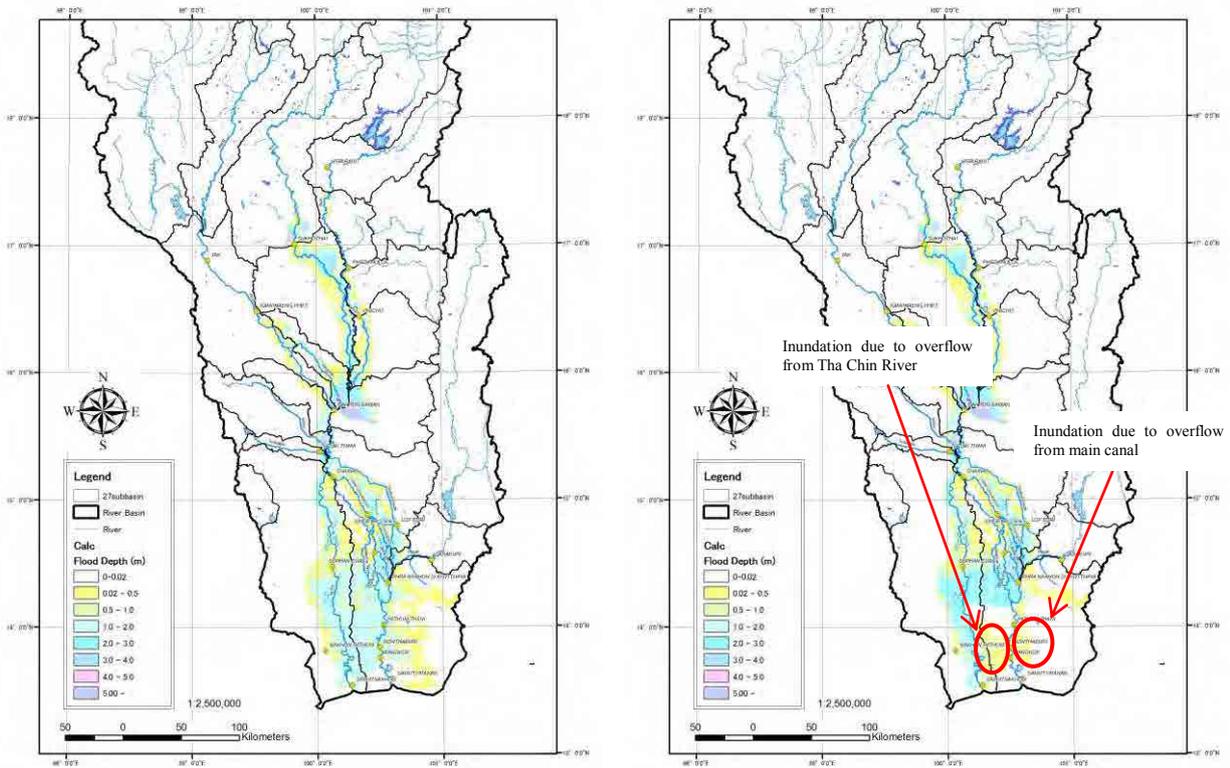


図 10.2.39 チャオプラヤ川下流 パラペット堤

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。

(2) 河川改修の評価

図 10.2.40 に、Case 0（2011 年洪水の再現計算）と Case 0-1（DOH および DOR による経済重要地域の嵩上げと、チャオプラヤ川下流の築堤）の浸水想定区域図を示す。洪水解析の結果、堤防嵩上げによりチャオプラヤ川からの越流を防ぐことができるが、主要水路およびタチン川からの越水により防御地域が浸水する。経済重要地域を完全に浸水から守るためには、タチン川等における洪水対策が必要となる。



Case0 :2011 年洪水再現

Case0-1 :DOH/DOR による道路嵩上げおよびチャオプラヤ川下流の築堤(0 - 141km)

図 10.2.40 浸水想定区域図 (堤防嵩上げあり・なし)

10.2.7 タチン川の改修

(1) 概要

経済重要地域の道路兼堤防の嵩上げ工事により、タチン川左岸の氾濫ボリュームや浸水深の増加が想定される。そこで氾濫域の拡大を防ぐために、下記の対策について検討を行う。

- 1) 堤防嵩上げ（タチン川左岸）
- 2) タチン川下流蛇行区間のショートカット水路の建設

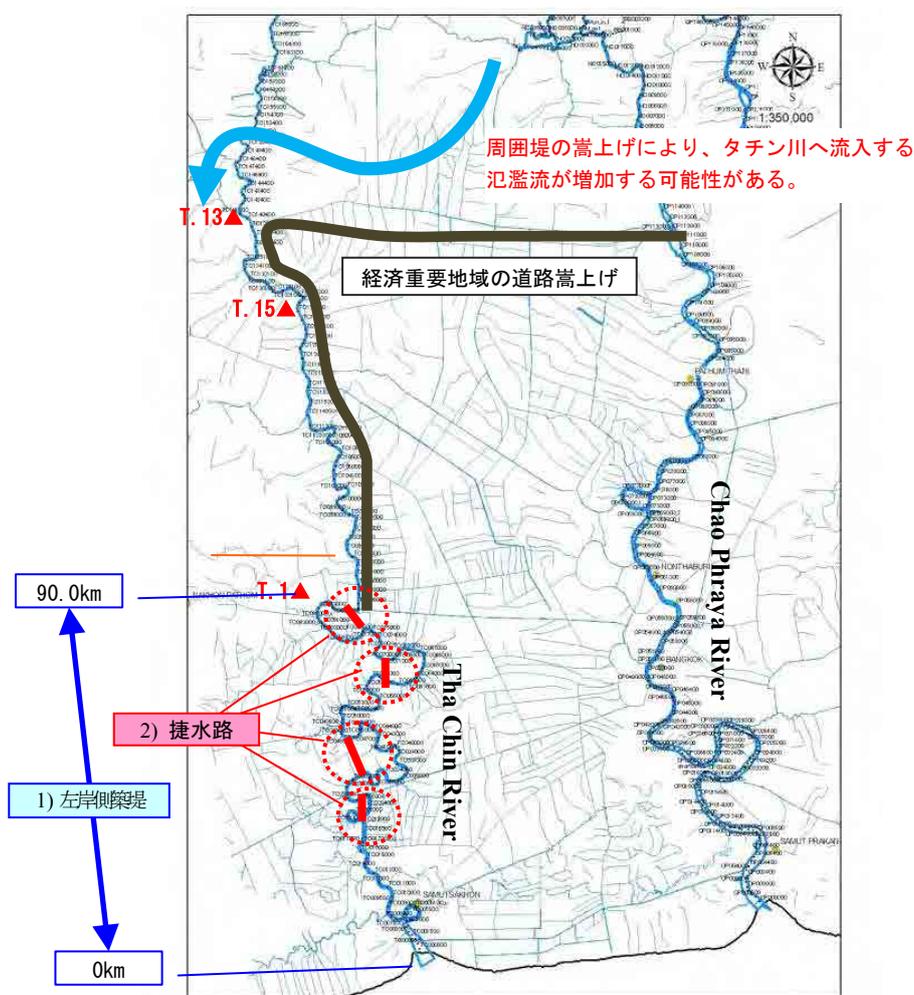


図 10.2.41 タチン川 河川改修案

(2) 堤防嵩上げ（タチン川左岸）

タチン川の河川改修として、タチン川左岸の 90 km から 141 km までは二線堤を、河口から 90 km までは自然堤防もしくは新たなコンクリート製のパラペット堤を、それぞれ DHWL+余裕高 50 cm まで嵩上げするものとする。

(3) 捷水路の設置

タチン川の排水能力を向上させるため、以下の4つの捷水路を設置する。

- 1) 捷水路1 Ngue Rai-Taiyawat (現況河川延長 11.2 km、捷水路延長 2.0 km)
- 2) 捷水路2 Ngue Rai-Taiyawat (現況河川延長 10.7 km、捷水路延長 1.9 km)
- 3) 捷水路3 Ngue Rai-Taiyawat (現況河川延長 21.5 km、捷水路延長 4.9 km)
- 4) 捷水路4 Ngue Rai-Taiyawat (現況河川延長 5.1 km、捷水路延長 1.2 km)

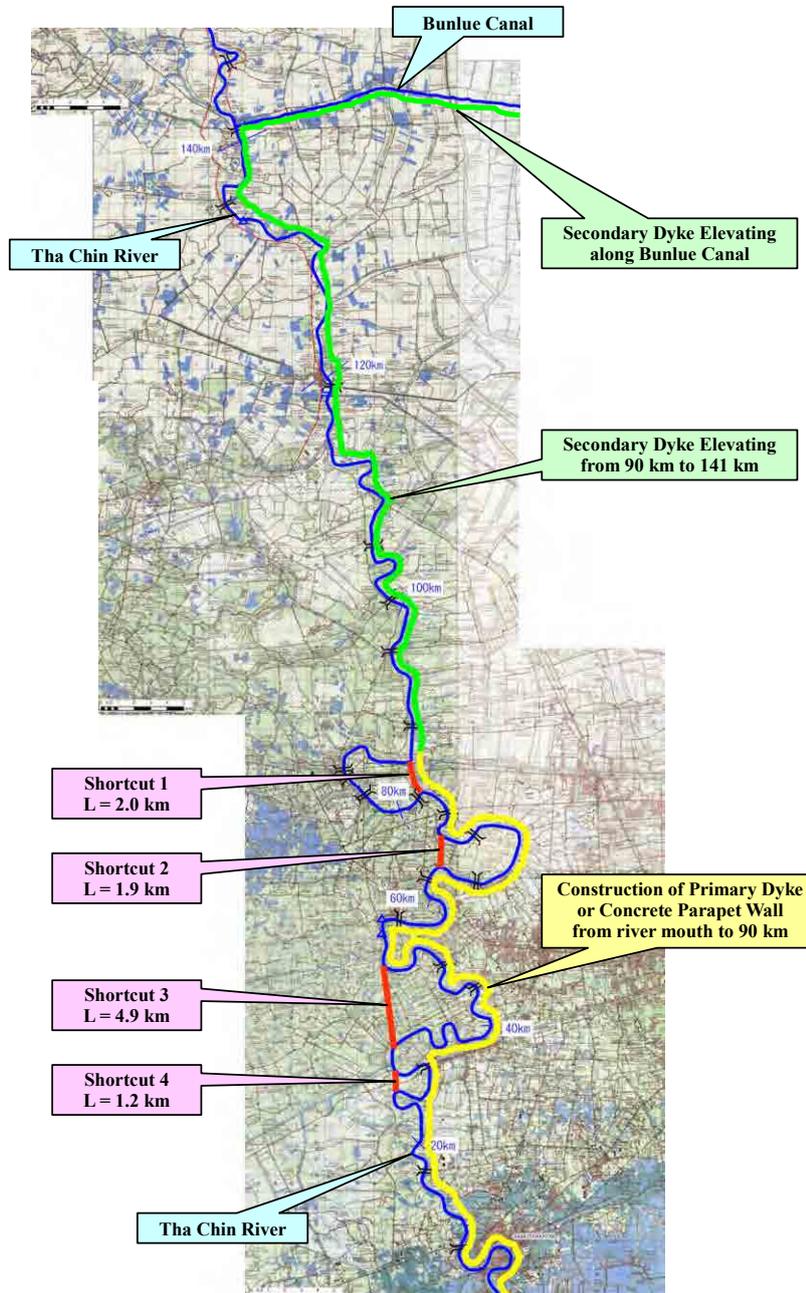


図 10.2.42 タチン川 捷水路設置箇所および築堤箇所

本調査で想定した捷水路の諸元を表 10.2.37 に示す。水路幅は、捷水路の分派・合流地点の現況河道幅を参考に設定した。また、捷水路の勾配は、逆勾配にならないように最下流に設置する捷水路4の最深河床高を参考に、河床勾配を設定した。

表 10.2.37 タチン川捷水路諸元

No.	区間	延長	水路幅	水路河床高	備考
1	75.9km - 87.1km	2,170m	全区間: 120m	上流: -6.123 E.L.m 下流: -7.760 E.L.m 水路勾配: 約 1/12,000	河床の粗度係数は0.030に設定した。河岸については護岸が設置されることを想定し0.020とした。
2	60.7km - 70.8km	2,200m	上流: 125m 下流: 130m	全区間: -7.760 E.L.m 水路勾配: 水平	
3	29.3km - 48.2km	4,310m	上流: 145m 下流: 190m	上流: -7.760 E.L.m 下流: -7.767 E.L.m 水路勾配: 1/620,000	
4	21.4km - 27.3km	1,930m	全区間: 230m	全区間 -7.767 E.L.m 水路勾配: 水平	

(4) 河川改修による治水効果

図 10.2.43 に Case 0-1 における浸水想定区域図を示す。築堤によってタチン川左岸側からの越流を防御できることは明らかである。

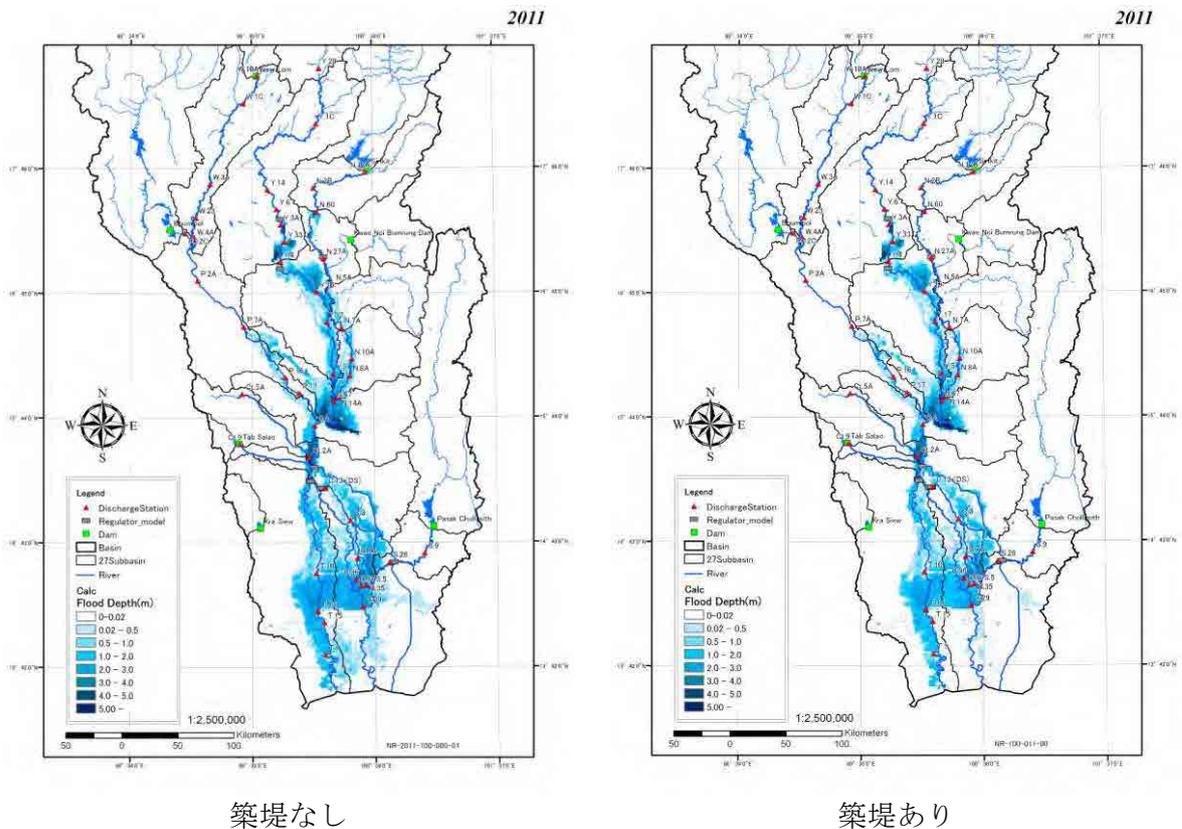


図 10.2.43 浸水想定区域図 (Case0-1)

図 10.2.44 に捷水路設置後の流下能力図を示す。捷水路設置の結果、タチン川下流の流下能力が改善されることがわかる。

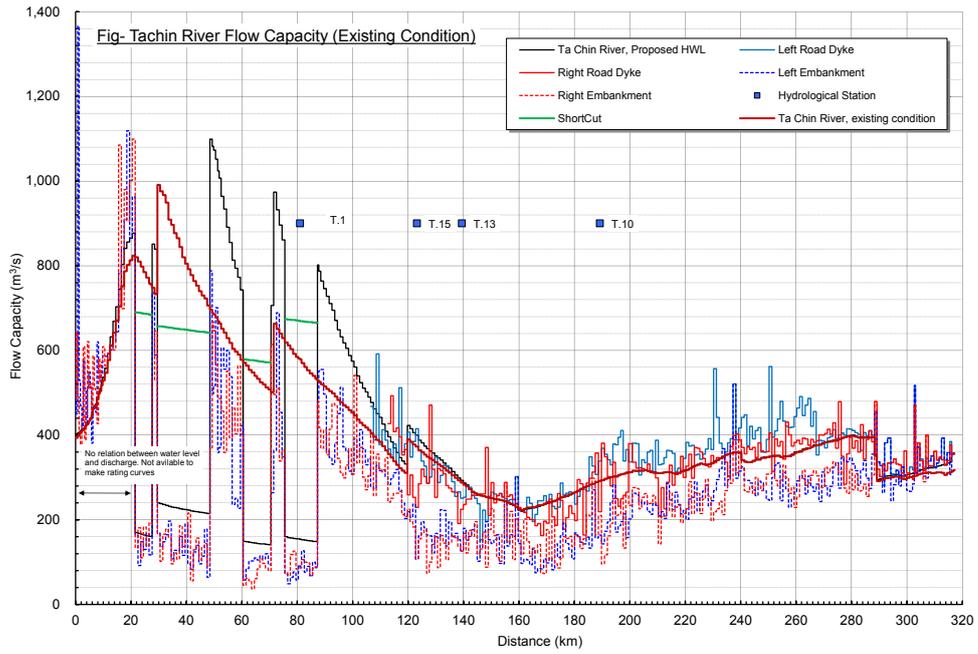


図 10.2.44 タチン川流下能力図 (4 捷水路設置後)

10.2.8 アユタヤバイパス水路

(1) 概要

水理解析の結果を用いてチャオプラヤ川の流下能力を算定したところ（下図参照）、アユタヤ付近の流下能力が低いことが確認された。

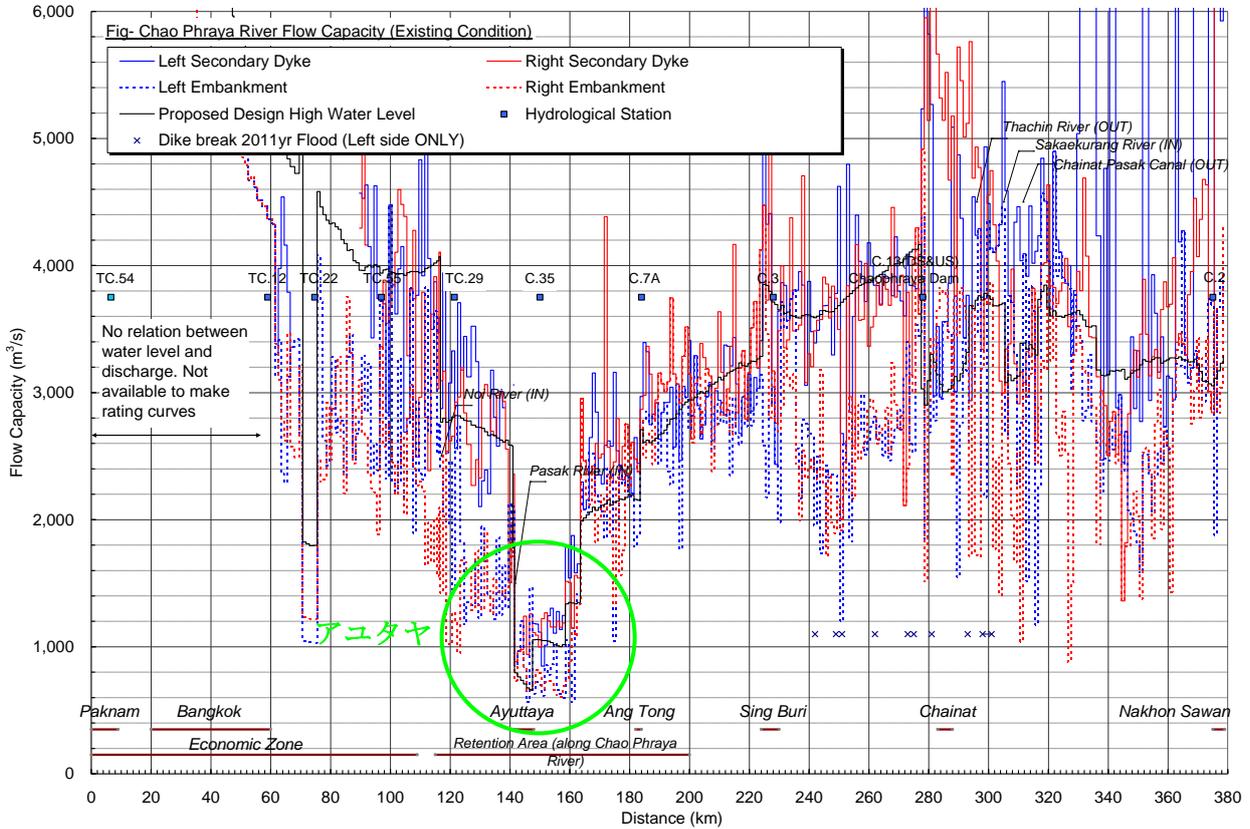


図 10.2.45 チャオプラヤ川 現況流下能力図

アユタヤバイパス水路は、アユタヤの上流からノイ川とチャオプラヤ川合流点の直上流を繋ぐ水路として計画する。バンサイとアユタヤの区間は河道幅が極めて難しいことから、河川改修の代替案の一つとして、アユタヤバイパス水路を検討する。川沿いには世界遺産が点在しており、堤防建設は景観上望ましくない。

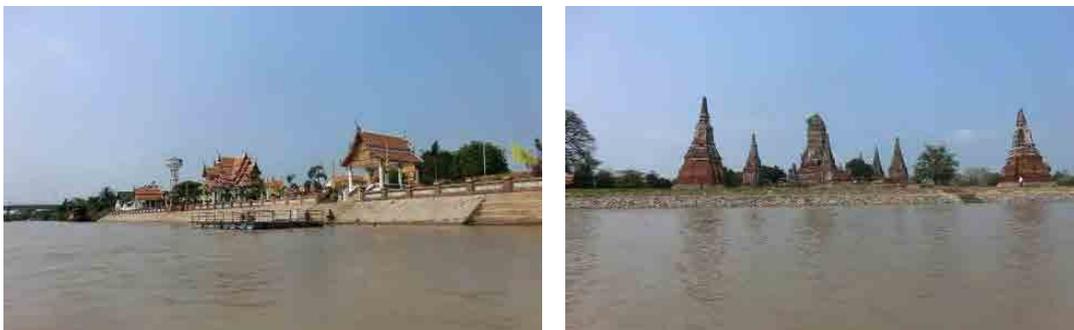


図 10.2.46 アユタヤ付近の状況（チャオプラヤ川）

アユタヤバイパス水路は、アユタヤの上流からノイ川とチャオプラヤ川合流点の直上流を繋ぐ水路として建設を予定する。このバイパスによって、チャオプラヤ川とパサク川の合流点を実質下流へ移す効果があり、(i) アユタヤとバンサイ間の水位を下げる効果と、(ii) 経済重要地域沿いの破堤リスクを減少させる効果が期待できる。

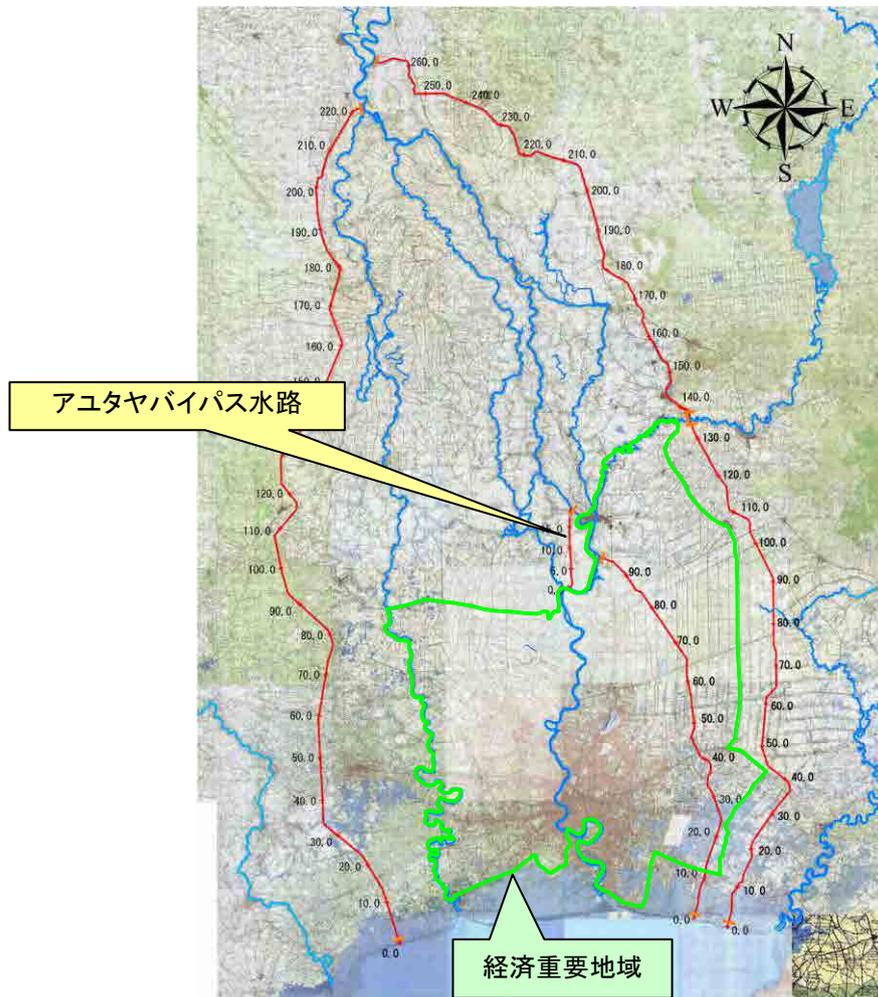


図 10.2.47 アユタヤバイパス水路位置図

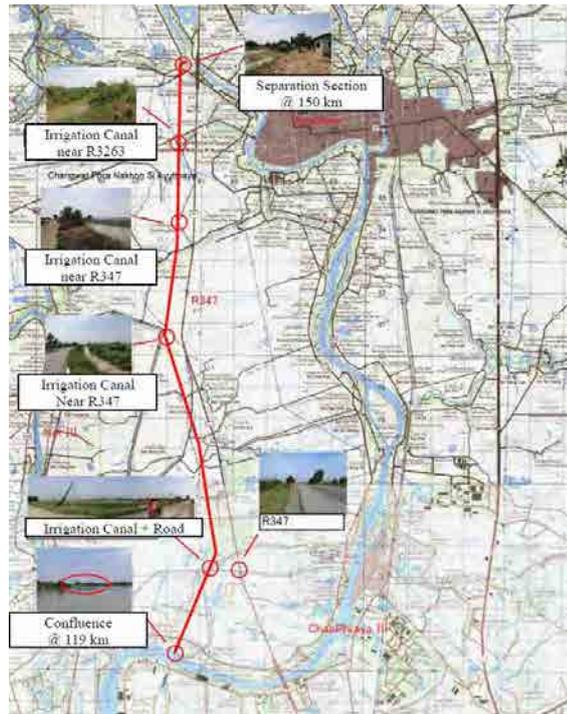


図 10.2.48 アユタヤバイパス水路 国道 347 号沿いの状況

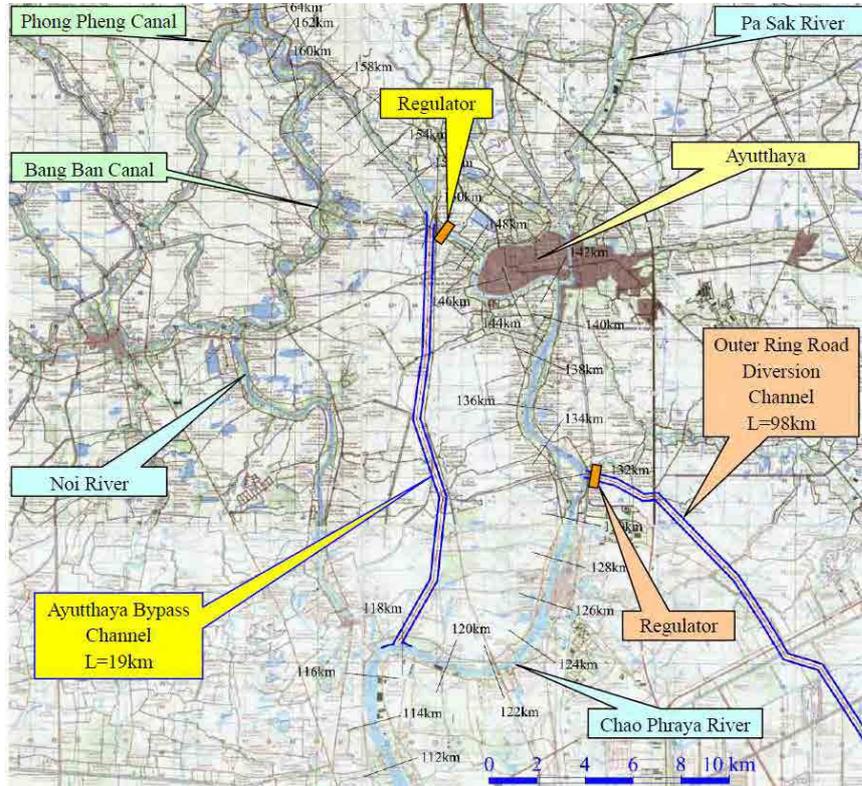


図 10.2.49 アユタヤバイパス水路 ルート案

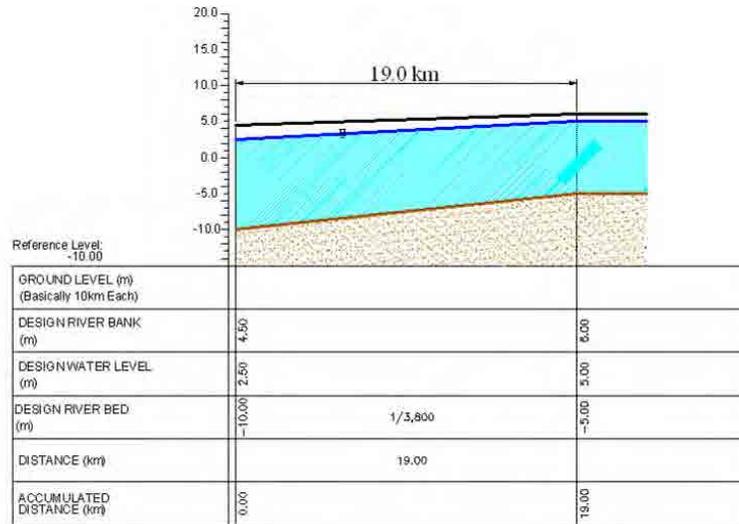


図 10.2.50 アユタヤバイパス水路 縦断計画

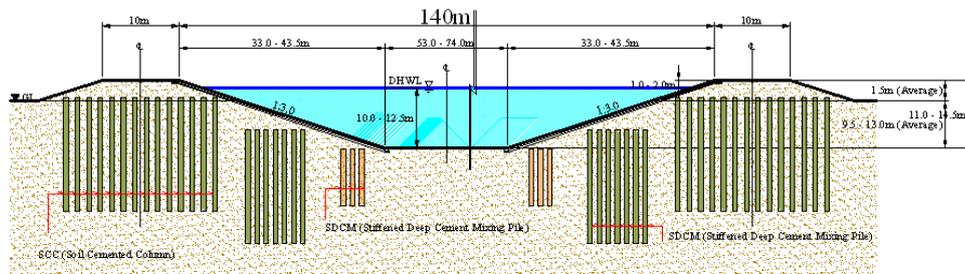


図 10.2.51 アユタヤバイパス水路 横断計画 (最大流下能力 1,400m³/s)

(2) 施工順序について

施工計画を検討する場合、河川改修や洪水調節施設といった洪水対策後の上下流の治水安全度を考慮することが不可欠である。仮に、外郭道路放水路よりも先にアユタヤバイパス水路が完成した場合、図 10.2.52 に示す解析結果から、下流の防御地域へ流れ込む河川流量は約 300m³/s 増加し、4,000m³/s を上回ることが想定される。これは、下流の氾濫リスクを増大させる恐れがある。したがって、アユタヤバイパス水路より先に、外郭道路放水路の建設を提案する。

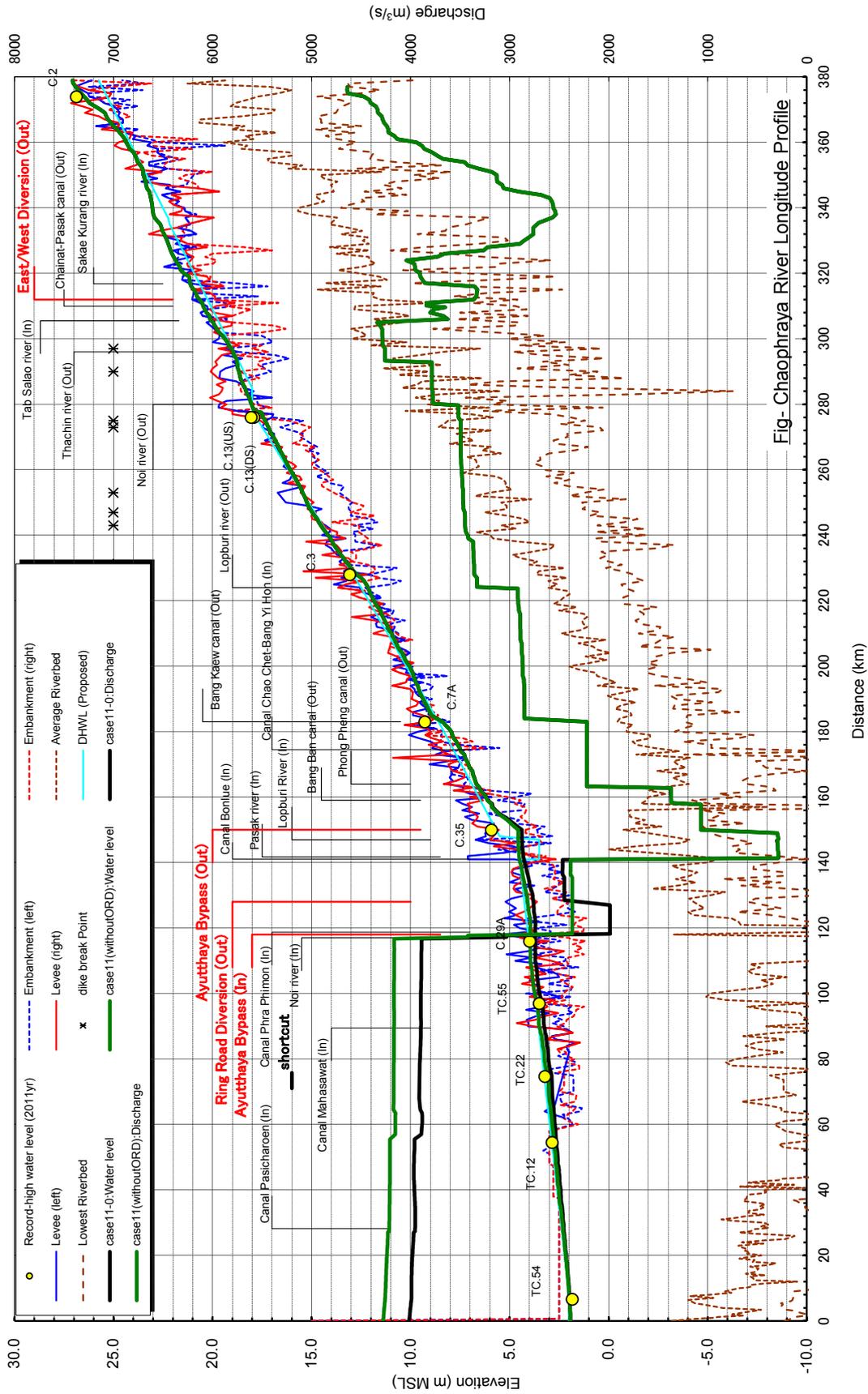


図 10.2.52 チャオプラヤ川 水位流量縦断面図 (アユタヤバイパス設置、外郭道路放水路無し)