

タイ王国

経済社会開発局
農業共同組合省 王室灌漑局
天然資源・環境省 水資源局

タイ王国

チャオプラヤ川流域

洪水対策プロジェクト

コンポーネント3：洪水管理システム構築支援

最終報告書

平成 25 年 10 月
(2013 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

一般財団法人河川情報センター

環境

JR

13-204

略 記

BMA	バンコク首都圏庁
DDPM	災害防御軽減局
DDS	排水下水道局（BMA内）
DWR	水資源局
EGAT	タイ発電公社
EOC	緊急対策センター
FROC	洪水救済対策センター
GISTDA	タイ地理情報・宇宙技術開発機関
GOT	タイ国政府
HAI	水文農業情報学研究所
ICHARM	水災害・リスクマネジメント国際センター
IEAT	タイ国工業団地公社
IMPAC-T	水文気象学的予測と気候変動に対する水分野の適応策立案・実施支援システムの構築に関する総合研究
M/M	会議議事録
MNRE	天然資源環境省
MST	科学技術省
NDWC	国家災害警報センター
NESDB	国家経済社会開発庁
ONBT	国家放送通信委員会事務局（情報通信技術省内）
OPM	首相府
SAO	集落（タンボン）行政組織
SCWRM	水資源管理戦略委員会
PAT	タイ港湾公社
R/D	会議記録
RID	王室灌漑局
THB	タイパーツ
TMD	タイ気象局
WMSC	警戒のための水監視モニタリングシステムセンター

目 次

I. はじめに.....	1
II. コンポーネント 3.....	2
2.1 目的.....	2
2.2 期待される目標.....	2
2.3 期待される成果.....	2
2.4 実施構成.....	2
2.5 目標地域.....	2
2.6 活動の概要.....	2
III. プロジェクト実施.....	3
3.1 実施工程.....	3
IV. 洪水管理システムの基本概念.....	4
4.1 課題.....	4
4.2 2011 年洪水とその後.....	4
4.3 総合的なアプローチ.....	6
4.4 洪水予測モデル.....	7
4.5 洪水管理システム.....	7
4.5.1 モニタリング.....	9
4.5.2 収集.....	9
4.5.3 統合・品質管理・確認.....	9
4.5.4 解析・加工.....	9
4.5.5 提供.....	9
4.5.6 保管.....	10
V. 緊急行動アクションプラン.....	11
5.1 概要.....	11
5.2 情報のニーズからのアプローチ.....	11
5.3 提供する情報.....	11
5.4 チャオプラヤ川の特徴.....	11
5.5 自然災害関係情報の不確実性.....	13
5.6 プロトタイプ.....	13
5.7 サーバー.....	13
5.8 モニタリング.....	14
VI. 洪水データ解析・洪水予測システム.....	15
6.1 プロトタイプの開発.....	15
6.1.1 概要.....	15
6.1.2 観測データの入力.....	16

6.1.3	予測データの入力	17
6.1.4	流出予測及び浸水予測計算	18
6.1.5	情報表紙システム	22
6.2	一般公開版の開発	23
6.2.1	議論のとりまとめ	23
6.2.2	モニターに対するアンケート	24
6.2.3	さらなる改良	25
6.3	水管理シミュレーター	31
6.3.1	概要	31
6.3.2	シミュレーター的设计	32
6.4	システムの移管	37
6.5	運用マニュアル	40
6.6	広報	40
6.7	技術的課題の解決	40
VII.	洪水管理システムの基本計画	42
7.1	概要	42
7.2	洪水管理システムの基本計画の内容	42
7.3	現状と課題	42
7.4	今後のタイ国の洪水管理基本方針	45
7.5	洪水管理情報システム整備の基本戦略	46
7.6	洪水管理情報システムの具体整備計画	47
VIII.	基本計画を具体化するための追加調査	49
8.1	土砂災害	49
8.1.1	概要	49
8.1.2	優れている点と課題	49
8.1.3	提案	50
8.2	水位基準	51
8.2.1	概要	51
8.2.2	観測所	51
8.2.3	課題	53
8.2.4	提案	54
8.3	災害軽減行動のための予警報発出	55
8.3.1	概略	55
8.3.2	都市住民、農民および工場関係者	55
8.3.3	地方機関と国の水防機関	56
8.3.4	提言	59
8.4	非構造物対策の便益解析	60

8.4.1 概要.....	60
8.4.2 ソフト対策の有無による被害軽減量の比較.....	61
IX. 研修.....	67
X. 報告書.....	68

添付資料

1. Hydrological Observation Stations in the Chao Phraya River Basin
2. Forecast Rainfall Configuration
3. Textbooks of Training on the Flood Risk Information System
4. Operation Manual of the Flood Risk Information System
5. Basic Plan of Flood Management Information System of Thailand
6. Questionnaire Survey on Flood Information Needs
7. Damage Estimation of Large Floods
8. Technical Proposal for DWR Early Warning System
9. Water Level Standards
10. Flood Forecasting and Warning Issuance
11. Benefit Analysis of Non-structural Countermeasures
12. Training in Japan

I. はじめに

1. 2011年の6月から10月にかけて、記録的な雨を伴って4つの熱帯低気圧と一つの台風が次々にタイを襲って巨大な洪水が発生し、チャオプラヤ川流域に前例のない浸水をもたらした。タイ財務省と世界銀行の報告書“Thailand Flooding 2554 Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning”によると、被害額と損害額は合計約1.4兆バーツに上った。特に、アユタヤとパトゥンタニの工業地帯は大きな影響を被った。

2. タイ国政府は2012年の雨期に備えるとともに、長期の水管理計画の議論を始め、2012年の1月20日、タイ国首相は、将来、渇水や洪水が発生しても同国の開発が継続することを確保するため、緊急と長期の双方に関わる水資源管理マスタープランを発表した。同マスタープランは Strategic Committee for Water Resources Management (SCWRM)により作成されたものである。

3. しかしながら、今後、気候変化、土地利用等の変化の下で、2011年を上回る洪水が発生する可能性は高く、巨大な洪水に備えるためには、中長期の見通しを持って、被災した施設の復旧、新規の施設の建設、対策について吟味することが必要であった。

4. 当プロジェクトは、JICAとRID、DWR、NESDBの間で2011年12月22日に交わされたM/Mと、2012年1月13日のRDに基づいて実施するものである。プロジェクトは、次のコンポーネントから構成され、総合的に実施するものである。

コンポーネント1：気候変動と土地開発の影響を考慮した総合的な洪水管理計画

- サブコンポーネント1-1: 詳細地図作成
- サブコンポーネント1-2: SCWRMが作成した水資源管理計画の詳細検討評価

コンポーネント2：防災・災害復興支援無償資金協力事業の概略設計

5. 当プロジェクトの調査が進むにつれて、洪水管理と洪水予測システムの改善の必要性が明らかになり、RID、DWR、NESDB、JICAは、RDを変更してM/Mの形で洪水管理システム改善の技術協力を追加的に実施することに合意し、2012年の5月31日M/Mに署名した。これに基づき、コンポーネント3「チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェクト(洪水管理システム構築支援)」が開始された。本報告書はコンポーネント3の最終報告書である。

II. コンポーネント 3

6. 以下に M/M によって定義されたコンポーネント 3 の概要を示す。

2.1 目的

7. コンポーネント 3 の目的は、他のコンポーネントと協調して、2012 年及びその後、洪水対策（対応、復旧、緊急対策）を的確に行うこと、及びチャオプラヤ川流域の洪水被害を軽減することである。

2.2 期待される目標

8. コンポーネント 3 に期待される目標は、総合的な水資源管理を通じて、水災害を軽減することにより、持続可能な経済成長を促進することである。

2.3 期待される成果

9. コンポーネント 3 に期待される成果は、RID と DWR の洪水管理能力を向上のため、計画を立案し、洪水管理が適切に実施されることにより、タイ国の洪水管理が改善されることである。

2.4 実施構成

10. コンポーネント 3 の実施は RID と DWR が責任を持つ。

2.5 目標地域

11. コンポーネント 3 の目標地域はタイ国全土である。コンポーネント 3 において、洪水解析・洪水予測システム及び洪水管理システムはチャオプラヤ川流域を対象に開発するが、それらはタイの他の流域においても適用可能なものとする。

2.6 活動の概要

12. コンポーネント 3 においては、以下の活動を実施する。

- (1) 洪水管理システムの基本概念の作成
- (2) 洪水管理システムの基本計画の作成
- (3) 洪水管理システムを確立するための実施計画の作成¹
- (4) 緊急行動を実施するための実施計画の作成
- (5) 洪水解析・洪水予測システムの確立

¹ 実施計画を作成する代わりに、洪水管理システムの基本計画を具体化するための追加調査が実施された。

III. プロジェクト実施

3.1 実施工程

13. コンポーネント 3 は 2012 年 7 月に開始され、2013 年 10 月に完了した。業務工程表（実施）を下表に示す。

表 1 業務工程表（実施）

	2012						2013											
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Project period	initially scheduled period												Extended period					
Plan for flood management information system																		
Basic Survey																		
Reporting	■ Inception Report	■ Progress Report 1	■ Urgent Action Plan Report	■ Basic Plan Report	■ Progress Report 2	■ Draft Final Report	■ Flood data analysis report	■ Final Report										
Urgent Action Plan																		
Flood data analysis system																		
Basic Plan																		
Additional Study																		
Flood Forecasting System																		
System development	System design			Installation			Improvement			Development of Water Management Simulator			Operation arrangement			Technical transfer		
Information delivery	Prototype			Completed version			Completed version			Full operation			Full operation			Full operation		
Training																		
Seminar	■ Seminar for Japanese companies			■ Briefing seminar			■ Seminar for Japanese companies			■ Basic Plan seminar			■ Final seminar (Master Plan)			■ Seminar for Japanese companies		
Meeting (SCM:Steering Committee meeting, TW/GM: Technical Working Group meeting)	■ SCM	■ TW/GM	■ TW/GM	■ TW/GM	■ SCM	■ SCM	■ TW/GM	■ TW/GM	■ TW/GM	■ TW/GM	■ SCM	■ SCM	■ Small discussion meeting (4 times)	■ Intensive training course	■ TW/GM	■ SCM	■ SCM	

IV. 洪水管理システムの基本概念

4.1 課題

14. タイ国はその長い歴史の中で、水利用を中心とした水情報管理システムを作り上げてきた。これは世界に類をみないものである。そのようなシステムを管理し運用することにより、タイ国は国の発展に大きな成功を収めた。一方、洪水管理に関する情報システムは十分ではなく、2011年の洪水時に、もし時宜を得た的確な情報が政府機関、自治体、市民、農民の間で共有されていたならば、より良い対策がとられ被害が減少したと考えられる。チャオプラヤ川の河川管理は、バンコクでの内水対策を除くと、河川とその水の利用に基づいた組織とシステムによって行われてきた。例えば、RID は農業用水を確保し、EGAT は水力発電の水を管理し、DWR は天然資源として河川を管理し、PAT は舟運のために河川の浚渫を行ってきた。

15. TMD を含め、上記の機関はそれぞれの目的のために雨量を観測し、河川水位を観測している。これらの観測データはインターネットを通じて集計された形で一般に公開されているが、すべてのデータをリアルタイムで統合するようなメカニズムは存在しない。さらに、それぞれの機関の中でさえ、プロジェクト、整備時期、地域の違いから異なるシステムが整備されており、全てのデータを統合することが困難になっている。これらの理由で、関係機関や住民が防災対策を実施するのに欠かせない貴重な水文、気象、洪水等のデータを共有するシステムが存在せず、効果的な洪水防御対策実施の障害となっていた。チャオプラヤ川における水文観測所の詳細と配置については、添付資料 1 “Hydrological Observation Stations in the Chao Phraya River Basin”に記載するとおりである。

16. それぞれの組織は降雨から河川流量を算定するための独自の数値モデルを整備しているが、一つの組織内でも異なるモデルが使われていることがある。例えば、RID においては、チャオプラヤ川の上流支川と下流部では別のモデルが使用されていた。これにより、洪水防御のために流域全体の状況を把握することが困難になっていた。

17. **Single Command Center** が、洪水管理の統合上部組織として、またすべてのデータと分析システムの統合を促進するために設立された。タイ国政府は、洪水被害の軽減、非常時の決定、避難の指示を的確に行うため、この組織に十分な権威、能力、設備を与えようとしている。

18. 2011年の洪水の後、2012年およびその後に同様な洪水が発生したならば、タイ国にとっても、またタイ国に生産拠点を置く日本企業にとっても大きな経済的な悪影響となることが容易に想像された。さらには、タイ国政府に対する国民や民間企業からの支持が低下する可能性や国際的信用を失う可能性もあった。タイ国政府は大ダムの運用操作を見直す他、堤防を強化していたが、これらの他に政府機関内での情報共有や、市民や自治体が効果的な被害軽減行動が採れるような正確な情報提供が緊急に求められていた。

4.2 2011年洪水とその後

19. 2011年には、チャオプラヤ川の堤防は8か所で破堤し、その最大のものの延長は1,300 mに達した。氾濫水は河川から2週間から1カ月にわたって流出し続けた。氾濫水はチャオプラヤダム近くの破堤点からアユタヤまで、2週間で流下したが、このことは、もし適当な氾濫計算モデルがあったならば、氾濫水の挙動を予測することが可能であったことを意味している。そのような氾濫予測情報は避難に関する意思決定に有効であったであろう。氾濫は8月23日ごろにナコンサワンの近くで始まり、チャオプラヤ川の東側では氾濫

水は10月末までに海に達した。西側で氾濫水が海に達したのはそれからさらに2週間後のことであった。

20. 2011年の洪水時には、人々は、次のような洪水の状況をウェブサイトから入手可能であった。

- レーダ雨量 (TMD、Hydro and Agro Informatics Institute (HAI)、米国海軍総合科学研究所) ;
- 浸水状況の衛星画像 (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA)) ;
- 河川水位・流量 (RID、HAI、バンコク首都圏庁(BMA)) ;
- バンコク市内の道路上の浸水 (BMA) ;
- チャオプラヤ川河口潮位予測 (タイ地方政府、タイ国海軍、HAI) ;
- 3日予測降雨図 (TMD、HAI)

予測情報としては降雨と潮位については政府機関のインターネットから公表されたが、河川水位・流量の予測や氾濫範囲は公表されなかった。特に、河川流量が河川断面の流下能力を越えて氾濫が始まってからは氾濫水の移動方向の短期予測が最も望まれた。RIDはチャオプラヤ川の河川状況と氾濫状況を計算し予測する水文モデルを所有していた。しかし、このような計算が意思決定者や政府組織、一般住民の防災対策に生かされることはなかった。このような計算の結果を系統的に利用する的確なメカニズムが存在しなかったためである。

21. リアルタイムでの情報提供は、テレビ、ウェブサイト、ソーシャルネットワークを通じて行われ、民間及び学界やNGOが重要な役割を果たした。これらは政府の役割の一部を補う形で、洪水モニタリング、氾濫地図、洪水予測解析の結果を発表して注意を促し、被害軽減・避難情報の提供を行った。しかしながら、これらは、必ずしも情報の質と正確性について責任を持つものではなかった。

22. 2011年の洪水の最中及び後に、タイ国政府に対して、より正確な洪水情報を提供して欲しいとの声が工業団地の日本企業からも上がったが、中には、政府機関は不正確な情報を発信していたとする声もあった。人々は、目の前の現在の洪水位だけではなく、時間・空間的により広い範囲の情報を必要としていた。

23. 2011年の際には、(i)正確な現況、(ii)予測情報、(iii)対策工事の予定の情報が要求された。

具体的には、以下のような情報である。

- いつ頃自分のところが浸水するか？
- どの程度の浸水が見込まれるか？
- どの危険性が高いか？
- 何が大変か？
- いつ頃水が引くか？

予測情報が適切に公開されれば、次のような被害軽減行動をとることが出来る。

- 浸水への準備 (避難・土嚢積み・車の待避など)
- 農作物の被災前の刈り入れ
- 工業製品の待避、従業員の安全確保

政府等の防災機関も、以下を実施することが可能となる。

- 緊急の土嚢・ポンプ設置などで効果的止水対策
- 効果的なダム・水門等の操作対策
- 破堤による被害の想定

24. SCWRM が作成した水資源管理マスタープランには、8つのワークプランの一つとして、「情報ワークハウスと防災予警報システムのためのワークプラン」が含まれていた。そのワークプランの下では、

- データシステムの開発
- 技術原理の基づく仮想のシナリオの作成
- 警報システムの効率向上

を目標に、以下の活動を行うこととしていた。

- (i) 全国レベルの水情報センターを設立する。
- (ii) 仮想の水シナリオ、予測災害警報システムを作成する。
- (iii) 主要な河川の観測所を増やし、水門・ポンプ場に CCTV を設置し、衛星観測、リモートセンシングのシステムを増強し、災害警報システムを再配備し開発することにより、全国警報システムを改善し、タイムリーに水の状況をモニターし解析することができるようにする。

このワークプランは、科学技術省と RID が所掌することとなっていた。

25. 政府の観測データを総合化することについては、Office of the National Water and Flood Management Policy (ONWF、いわゆる Single Command Center) が責任を持つことになっていた。ONWF はこのためにウェブサイト (<http://www.waterforthai.com/>) を作成した。このウェブサイトのメインページは「本日の雨、ダム、河川水、氾濫水の状況」であり、ダムの貯水状況を示す速度計のイメージ、過去 24 時間の累加雨量を色分けで示す地図、各地の河川の水位を星と四角形の色で示すものが含まれている。このウェブサイトは降雨量、気象地図、気象と豪雨、主要ダムの水量、河川流量図、主要点の CCTV、高潮、水管理に関する重要情報に関する各機関のサイトとリンクしている。

26. 首相は水管理に関するインタビュー（2012年8月27日）の中で、前年の教訓から、各機関によって異なる解釈があり得るため、解釈情報を提供することは人々を混乱させることが分かったと述べた。さらに続けて、事実の提供が最良で、例えばダムの場合、ダムの水位がウェブサイトで見られるようにすべきであると述べた。上記の ONWF のウェブサイトはこのような首相の見解と呼応していた。

27. HAll のウェブサイト (<http://www.thaiwater.net/>)は、いろいろな機関の気象モニタリング、水状況、渇水・洪水の記録情報、流量解析法等の関連研究と知識を含むタイの水資源管理の総合情報を提供していた。HAll の研究チームは、全国の洪水を 7 日予測するための新しい水文モデルを開発していた。このモデルは気象予測と水文モデルを組み合わせ、洪水状況をより正確に予測することを可能にするものであった。

4.3 総合的なアプローチ

28. 洪水を的確に管理するためには、防災の総合的なアプローチが基本である。構造物対策と非構造物対策を調和させなければならない。世界中どこでも、どんな災害に対しても有効な防災の基本原則は、次のようなものである。

- (i) 現象が発生したとしても被害を受けないよう、危険な場所には住まない。(例えば、土地利用規制、水屋)
- (ii) 防災施設による防御、あるいは現象に働きかける (例えば、堤防、河口堰、ダム)
- (iii) 危険な状況から逃げる、救出する (例えば、避難、被害軽減行動、救助)

2011 年の日本の東日本大震災の後にも、効果的な非構造物対策を構造物対策と統合し、それらのベストミックスを見つけだすことが強調された。

29. 被害軽減行動と、その意思決定のために必要な情報は表 2 にまとめたようなもの

となる。異なるユーザーは異なる情報を必要としているが、7日後までの水位流量の予測については多くのユーザーが必要としている。氾濫に関しては、範囲と水深の情報が求められている。洪水の予測に関する必要性は高く、今後、タイ国において実用的な洪水予測の技術の開発を促進すること、構造物対策と非構造物対策を組み合わせることは当然と言えよう。

4.4 洪水予測モデル

30. 実務で洪水予測をするためのモデルの選択にあたっては、幾つかの項目で評価する必要がある。それらは、次のようなものである。

- 過去の現象の再現における精度
- 現地の条件変化に対応する柔軟性
- 異常なデータを扱う際の堅牢性
- 必要な入力データの入手し易さ
- 出力の迅速性
- ライセンス料

モデルは観測データと施設の実際の運用状態にもとづいて、リアルタイムで稼働することに留意すべきである。

31. チャオプラヤ川は、特に流域の下流部において広大な氾濫域を有している。この地域を詳細にモデル化すると、計算時間が増加する。一般の計算機を使うため、さらに目的が日単位の「リアルタイム」予測を実施することであることから、モデル化と計算時間のベストミックスを選ぶ必要がある。地盤の表現をある程度単純化することは避けられないので、詳細で正確なモデル化より、効果的で実用的な情報を生産することを優先する必要がある。

4.5 洪水管理システム

32. 洪水管理システムを、単に水文・水理モデルを実行して、計算結果を与える IT システムと考えるべきではない。洪水管理システムは、観測から、ユーザーの行動につながる情報提供までの一連の活動を含んでいる。情報はデータベースに取り込まれ、統計解析や計画時の資料として参照される。洪水管理システムは人的資源や組織体制も含むべきであるし、マスメディアを含む情報提供メカニズムも、その一部と考えられる。したがって、多くの機関や、公的・民間の関係者、施設がシステムには関係し、双方向の情報運用が設計される場合には、ユーザーもその一部となる。

33. 洪水管理システムの基本的な構成は次の通りである（図 1 参照）。

- 観測
- 収集
- 統合・品質管理・確認
- 解析・加工
- 提供
- 保管

それぞれのアクションに関する留意点を以下に述べる。

表 2 意思決定のための被害軽減行動と必要な情報

判断・行動		現況情報	予測情報
住民	避難	降雨分布 近傍水位 水位上下動（スピード） 氾濫区域、浸水深	（避難）1日後水位 （準備）1～7日後水位 堤防天端到達時間 氾濫区域、浸水深
	土嚢積み		
	浸水共存型準備		
	その他の浸水準備		
工場	製品退避	降雨分布 近傍水位 水位上下動（スピード） 氾濫区域、浸水深	2日後水位 堤防天端到達時間 氾濫区域、浸水深
	土嚢積み		
	その他の浸水準備		
農民	農作物の刈入れ、運搬	降雨分布 近傍水位 水位上下動（スピード） 氾濫区域、浸水深	7日後水位 堤防天端到達時間 氾濫区域、浸水深
	その他の浸水準備		
水防	土嚢積み	降雨分布 近傍水位 水位上下動（スピード） 氾濫区域、浸水深マップ	1～7日後流量 1～7日後水位 堤防天端到達時間 氾濫区域、浸水深マップ
	排水ポンプ配備		
	救助・救援		
	その他		
政府部内	総合マネジメント	降雨分布 水位分布 危険度分布 氾濫区域、浸水深マップ	1～7日後流量 1～7日後水位 堤防天端到達時間 氾濫区域、浸水深マップ
	不測の事態の判断		
	その他		
関係機関	水門・ダム・ポンプ操作	降雨分布 近傍水位 水位上下動（スピード） 氾濫区域、浸水深	1～7日後流量 1～7日後水位 堤防天端到達時間 氾濫区域、浸水深
	遊水地管理		
	復旧工事		
	予警報		
	その他		
自治体	予警報	降雨分布 近傍水位 水位上下動（スピード） 氾濫区域、浸水深	1～7日後流量 1～7日後水位 堤防天端到達時間 氾濫区域、浸水深
	水防		

4.5.1 モニタリング

34. 洪水管理システムは、自然現象である降雨、水位、流量を的確に継続的にモニターする必要がある。破堤、水門の開度、ダム操作、氾濫の範囲と水深等の洪水に関わる現象や状況もモニターする必要がある。モニタリングや観測のポイントは現象や状況を把握するのに十分な数が必要であり、自然現象の中には極端に局地的で、点のモニタリングだけでは現象の全体像を把握するのが困難なものがあるので、衛星画像を含む他の装置を活用する必要がある。

4.5.2 収集

35. 洪水管理のためには、データと情報をその使用目的にあわせて収集しなくてはならない。チャオプラヤ川においては、降雨の応答時間が最短でも1日以上であり、水位変化のスピードは速くないので、一般的には1日1回の収集で十分であるが、継続的で安定した収集方法が必要である。情報転送の障害による欠測を避けるため、冗長性を持たせることを考える必要がある。例えば、RIDにおいては、観測所から本部にテレメーターにより降雨観測データが15分毎に送られているが、1日1回手動で計られている降雨データが地方センターに報告され、そこで他の地点データと一緒に一覧表が作られ、本部に送られている。

4.5.3 統合・品質管理・確認

36. 状況の全体的な姿を与えるべく、データと情報を統合化する必要がある。異なる機関が同じイベント・現象を異なる目的でモニターしていることが良く起こるが、関係者の間でこれらのデータが適当に組み合わせられ、共有されれば、もっと上手く洪水管理の目的で活用される可能性がある。

37. データの異常は値を確認することによりチェックできる。異常データは誤った観測から発生することが多いが、その値に対応する現象が実際に起こった可能性も念頭に置かなければならない。非常に局地的な豪雨や、近くの施設運用による水位の急激な変化が一見異常な値を提示する。これらは洪水管理の視点からは非常に重要であり、単純に捨て去るべきでない。

4.5.4 解析・加工

38. データと情報を解析・加工して、水位、流量、浸水範囲の予測等の科学的情報を生み出す。これらの値には、不十分な観測ポイント、観測エラー、モデル構築の制限等による誤差と不確実性が含まれていることに注意すべきである。例えば、チャオプラヤ川のナコンサワン地点の水位を1か月前に予測することはほぼ不可能であるが、数時間後のことであれば、10cmの範囲で予測することは比較的容易なことである。

39. シミュレーションの出力に含まれる不確実性は、いかなる現象のモデル計算に基づく予測・警報において大きな問題である。日本においては、この問題は洪水予警報、土砂災害警戒情報、緊急地震速報、地震予報、火山噴火警報などを導入する際に検討された。洪水被害を軽減するという本来の目的を達成するため、チャオプラヤ川流域において洪水予測システムを導入する前に、この問題を詳しく検討する必要がある。

4.5.5 提供

40. 情報を提供するにあたり、解析結果を災害情報として適切に使うことが最も重要であることに留意すべきである。情報が、たとえ数値的に正確であったとしても、防災の観点から間違っ使われたならば、洪水被害を減少することからは反対の効果を与えることもある。シミュレーションモデルの計算結果を盲目的に提示してはならず、効果的で誤解を与えない情報に変えるべきである。例えば、予測値を幅をもったものとして与えたり、範囲の表

示にスムーズしたり、提供の方法も十分検討することである。

41. 情報提供には様々な方法を使うべきである。インターネットは詳細なデータと情報を提供し、ユーザーと連絡するための強力な道具である。しかしながら、エンドユーザーのデータと情報の理解力に常に意を払うべきである。ウェブのページを注意深く設計しなければ、一般の人が洪水のデータや情報から価値ある情報をうまくみ取ることができないこともある。

42. チャオプラヤ川の洪水の性質を考えると、避難等の意思決定を時間単位で行うことは必要ないかもしれない。地方におけるインターネットの普及率があまり高くないことを考えると、そのようなところでは掲示板、グループ会議等の他の情報提供の形を使うべきである。

4.5.6 保管

43. 洪水管理システムの一機能としてデータベースを整備すべきである。現況についての情報は意思決定と将来の計画のために有効な情報である。情報は簡単に検索可能な方法で保存し整理すべきである。ある特定の観測所における最大月降雨量のような統計値については、定期的に計算し、更新すべきである。

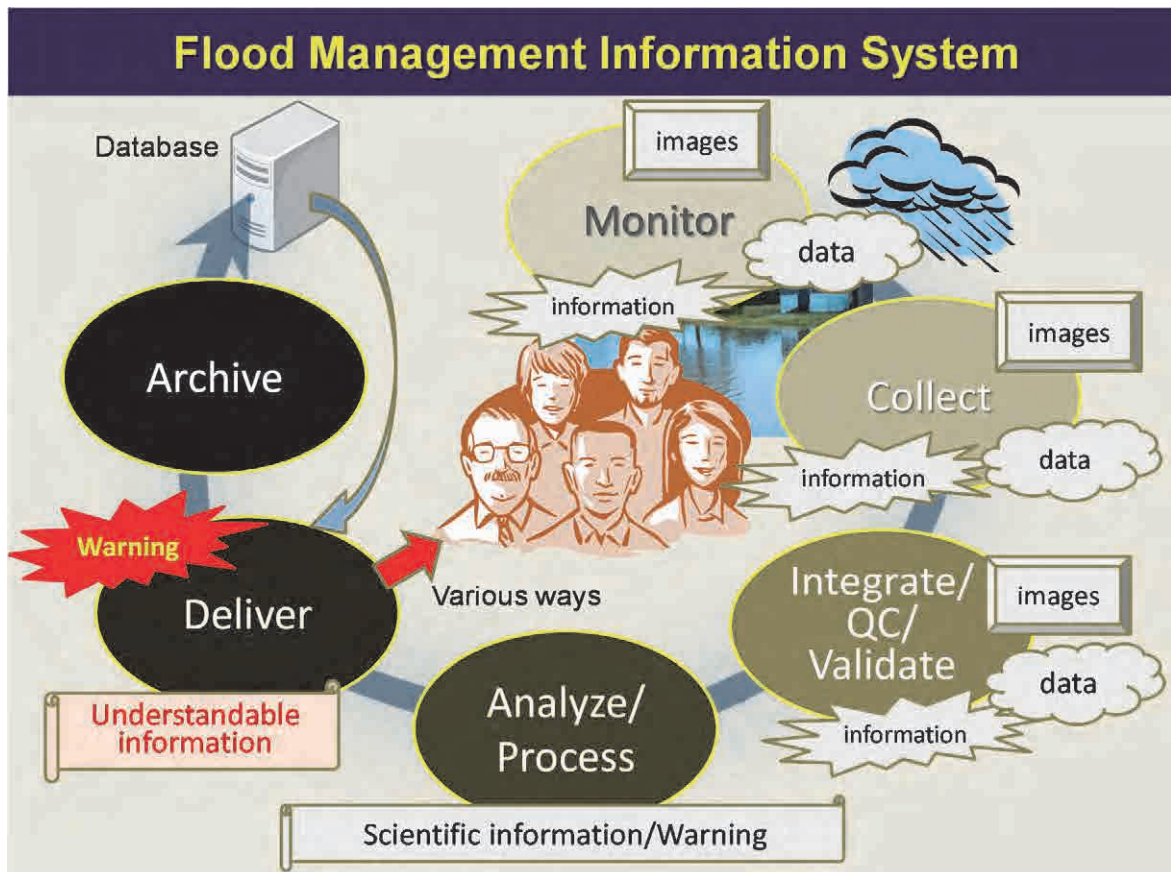


図1 洪水管理情報システムの構成

V. 緊急行動アクションプラン

5.1 概要

44. 2012年9月5日に開催された Technical Working Grope Meeting において説明した Progress Report 1 の中で、2012年の洪水期に実施すべきアクションプランが提案された。同プランは以下の項目から構成される。

- 洪水予測システム
- タブレット型の情報提供システム
- 企業に対する洪水情報の提供

洪水予測システムは 2012 年洪水期の緊急行動の一つとして運用されるものである。システムは、はじめは限定した政府機関、民間企業にモニターしてもらい、その内容、使い勝手、理解可能性、使い易さについて確認してもらう。また、システムはタブレット型の情報表示システムで使えるようにする。

5.2 情報のニーズからのアプローチ

45. 本システムは、諸機関に分散する種々の観測データを集積し、タイ国の流域特性に適した解析モデルを導入することにより、チャオプラヤ川流域全体にわたって氾濫の短期的な危険性を明示することを第一義としたシステムである。本システムから発信される情報は、通常のように行政側から検討・伝達される「送り手主体」ではなく、ユーザーとなる様々な個人・団体の行動・判断の必要性からアプローチした「受け手主体」となるものである。つまり、「被害軽減のために必要な行動が何か」からスタートし、「そのために必要な情報が何か」を考え、その情報を正しく知るため「どのような加工やシミュレーションが必要か」という検討から解析系を構築し、最終的に「そのために必要なデータが何か」に基づいて、入出力データを決定するというアプローチを取る。

5.3 提供する情報

46. 水位・流量や浸水区域の現況把握については、2011年の洪水を踏まえタイ国政府が情報システムについてのさらなる充実を検討し、実施してきた。そうした現況情報と併せてタイ国での減災に役立つように構築する洪水予測システムは、水位・流量と浸水区域の予測を行うものとし、以下の情報を提供することとした。

- (1) 翌日から7日後までのチャオプラヤ川の主要地点の水位・流量予測値、及び過去7日分のそれらの実測値
- (2) 翌日から7日後までの浸水区域の予測図

ウェブサイトの構造はシンプルなものとし、ユーザーがすぐに操作ができ、情報を取得できるように、完全にマニュアルレスなものとする。

5.4 チャオプラヤ川の特性

47. 河川の流量等を予測する場合、河川の特性を踏まえたものとする必要がある。チャオプラヤ川ナコンサワン地点の 2011 年洪水期（6 月から 11 月）の河川流量と、その上流域の平均降雨を示したものが図 2 である。図中の○印が実績流量（日平均）だが、日本で通常行っている評価手法でこのハイドログラフを評価すると、洪水継続時間は数ヶ月（7 月から 11 月）ということになる。

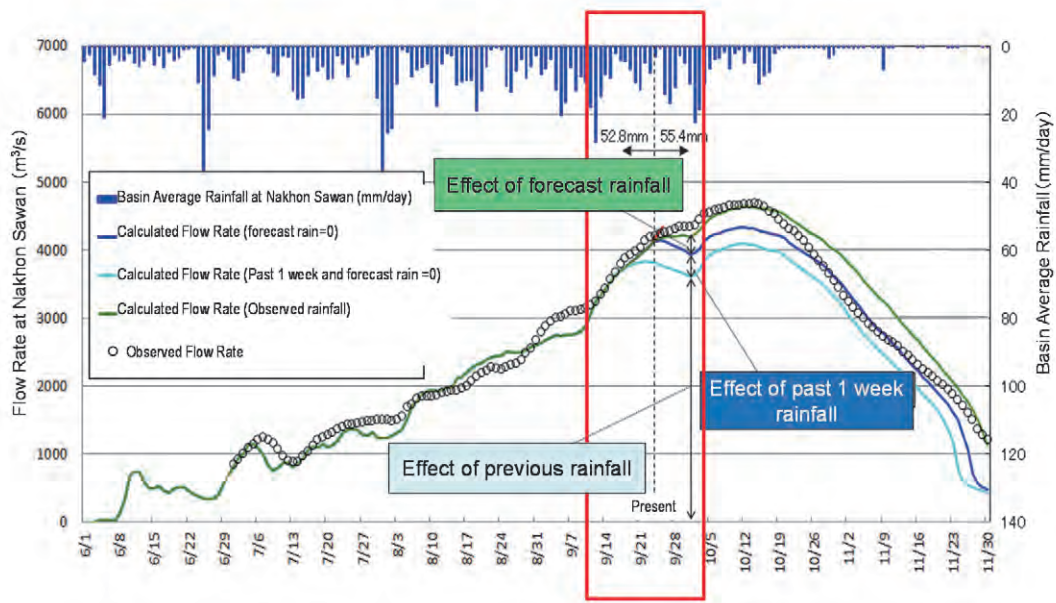


図2 ナコンサワン地点の河川流量とその上流域の平均降雨(2011年洪水期)

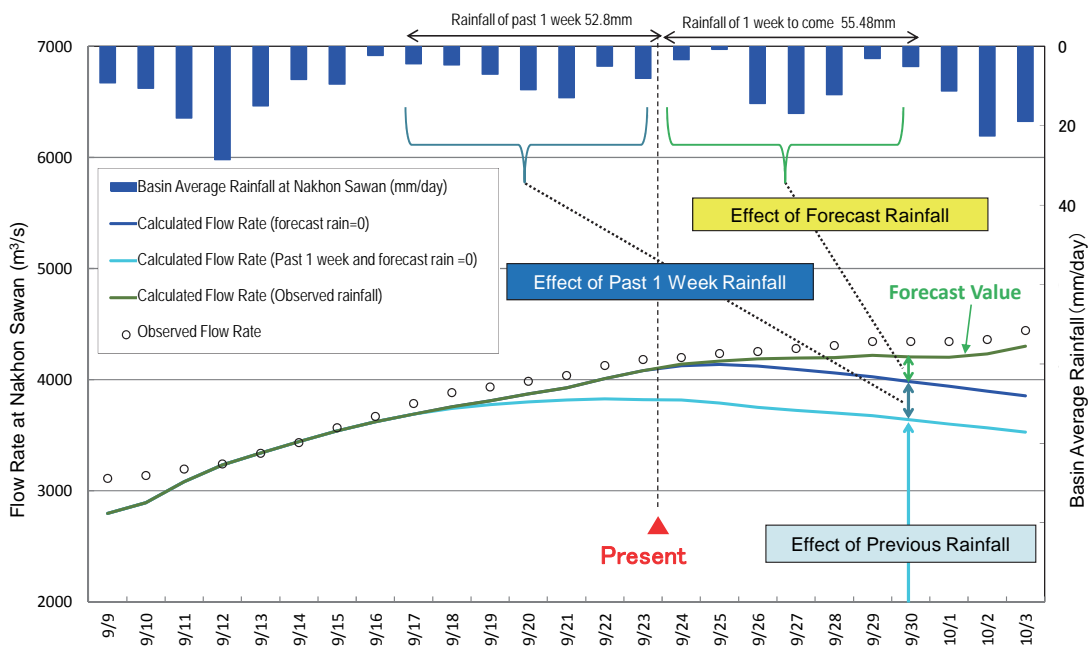


図3 ナコンサワン地点の河川流量とその上流域の平均降雨
(2011年9月9日 - 10月3日)

48. 図2を2011年の9月23日前後で拡大したものが図3である。例えば9月23日時点で1週間後の9月30日の流量を予測した場合、その予測流量は①予測1週間の降雨の影響、②過去1週間の降雨の影響、③それ以前の降雨の影響、に便宜的に分けることができる。このとき、流量の構成比率は① \leq ② $<$ ③の関係にあり、チャオプラヤ川では長時間にわたる流域からの流出量が最も支配的になっている。また、データの確からしさ(確実度)から見れば、①=気象解析による降雨予測 $<$ ②=実際降った雨を基にした流出予測 $<$ ③=上流で観測された流量からの予測、という大小関係にある。これらの特性を踏まえ予測結果の感度分析なども行って、予測システムを検討したが、こうした分析結果はチャオプラヤ川での洪水

予測が、日本の河川における予測よりも確実度があることも物語っている。

49. ナコンサワンでの流出波形を見ると、2ヶ月から6ヶ月の長さを持つ大きな波形と、数日で急激に上昇する小さな波形等が合わさって構成されている。後者は各観測地点の比較的近傍に降雨が集中したときに発生している。特に防災・減災のための情報としては、大きな波形の部分も重要であるが、既に河川水位が高いときに近傍上流に雨が降ると急激に水位が上昇し河川氾濫が始まるので、このような数日での水位上昇を的確に捉え情報発信・共有することも大変重要である。そのため、観測流量、観測雨量だけでなく、予測雨量も入力データとして用いることとした。

5.5 自然災害関係情報の不確実性

50. 自然災害関係の予測情報は、不確実性を伴っている。自然現象そのものの不確実性もあれば、シミュレーションモデル等による不確実性もある。後者については、技術の進展での改善も期待されるが、前者については技術的な工夫を施しても限度があるものである。

51. 事前の予測情報の開発や使用については、日本においても、洪水予警報の実施において、いわゆるオオカミ少年問題をはじめ多くの試行錯誤を繰り返してきた。今日の日本では、それぞれの情報の精度を高める努力は当然だが、予測と結果の実測が完全に一致しない限りその情報は発信したり使用したりすべきではないという意見はほとんど無くなってきている。それぞれの予測情報の精度等を等身大で捉え、そうしたものであるということをわきまえて、できるだけ活用すべきという考えが大勢である。特に、防災施設というハードだけではすべての災害に対処できない中で、少しでも被害を少なくするという減災のためには、予測をはじめ情報の活用というソフト対策は大変重要である。

5.6 プロトタイプ

52. “Flood Risk Information System”と呼ぶ洪水予測システムのプロトタイプを設計した。表3は当システムによって提供される情報の概要である。

53. システムのプロトタイプは2012年の9月はじめには運用を開始した。言語は英語である。

54. 情報表示システムは、(i)データ入力、(2)模式図の表示生成、(3)浸水区域表示の作成、で構成される。

5.7 サーバー

55. Flood Risk Information Systemは日本にあるサーバーを使って開発された。プロトタイプシステムは、この開発に使ったサーバー上で運用、改良が行われ、情報は日本からインターネットを通じて提供された。完成版の運用を行うサーバーは2012年の11月にRIDに導入された。2013年の洪水期には、情報はRID発のインターネットで出すこととされた。

**表 3 Flood Risk Information System で提供される情報
(プロトタイプ)**

期間	情報の種類	表示方法	注
過去	流量	グラフ	
	水位		
現在	流量	模式図上に数値をポップアップ	
	水位	グラフ	
将来	流量	グラフ	最大と最小を 2 本の線で表示
	水位		
	浸水区域	地図上に着色	“High Risk” 地域と “Risk” 地域を異なる色で表示

5.8 モニタリング

56. 降雨、蒸発、流出等の自然現象の予測には不確実性が含まれている。メッセージを提供する際には、解析結果を災害情報としての的確に使うということが最も重要であることに留意すべきである。数値的には正確な情報でも防災の観点から誤って利用されると、洪水被害を減少させるのに悪影響を与えることもある。

57. 情報に含まれる不確実性と情報の的確な利用が利用者に十分理解される必要がある。Flood Risk Information System のプロトタイプは、これらの点を理解する登録ユーザーに対してのみオープンした。これらのモニターには、プロトタイプに対し、必要な情報、機能、使い勝手に関する提案、意見、質問を提供するよう依頼した。スタディチームはタイ国政府と協力してシステムを改良し、その後一般に対してシステムを公開することとした。

58. 完成後は、当システムは必要な改良と運用のアレンジを行って、タイ国政府のシステムとなることとなっていた。したがって、プロトタイプ以後の改良は、日本とタイの専門家が密接に協力しておこなった。プロトタイプに追加すべき機能は次のように考えられた。

- (i) GISTDA 画像を浸水区域地図に重ねること
- (ii) ダム操作の影響の予測
- (iii) 破堤の影響の予測
- (iv) 大規模土嚢や緊急ポンプ設置等の政府の洪水防御活動の影響の予測
- (v) LiDAR データを活用した精度向上

VI. 洪水データ解析・洪水予測システム

6.1 プロトタイプの開発

6.1.1 概要

59. 洪水データ解析・洪水予測システム（Flood Risk Information System と呼ぶ）のプロトタイプで、2012年の洪水期（9月～10月）にタイ関係政府機関と日系企業等の登録モニターに対し、上記の表3に記載した情報を提供した。

60. Flood Risk Information System (プロトタイプ) は2カ月（2012年7月～8月）で開発された。プロトタイプは、その定義どおり、開発段階に、デモンストレーションの目的で作られた初期の作業用モデルであった。したがって、表3に示された情報を提供するための限定機能のみがプログラムされた。

61. システム開発の時系列を以下に示す。

時 期	活 動
2012年7月～8月	タイ国政府機関（RID、DWR、天然資源省、HAI、ONWF、TMD）の関係者、及びカセサート大学、IMPAC-T、ICHARMに対し、面談、会議、メール交換によりシステムの具体化について相談した。
2012年9月4日	日系企業セミナー(Briefing on JICA Project - Improvement of a Flood Management System and Its Operation for the Chao Phraya River Basin). 約200のタイ在住の日系企業がセミナーに参加した。参加者にはシステムのモニターになってもらった。モニターは次の課題を認識してもらった。 <ul style="list-style-type: none"> • 自然現象のシミュレーションには不確実性が伴う • 情報は洪水被害を減少させるための適切な行動を起こすために使う
2012年9月5日	技術グループ会議 コンポーネント3のProgress Reportを説明。この中で、緊急活動計画を提案。レポートの添付資料でFlood Risk Information Systemを記述。
2012年9月18日	モニターにシステムのURLを提示 システムは、1日1回更新する。改良、調整、新機能の追加、エラーの修正を行う。
2012年10月9日	タイ国政府職員対象のセミナー(Briefing Seminar on the Chao Phraya Flood Forecasting System) タイ国の各政府機関（NESDB、GISTDA、DWR、SWRC、TMD、RID、Office of the Royal Development Project Board、MNRE、HAI、ONWF）、大学から約70名がセミナーに参加。参加者にシステムのURLを提示した。
2012年10月22日	緊急活動アクションプランの提出 Flood Risk Information Systemを記述した報告書をRID（10月29日）、及びDWR（11月2日）に説明。多数のコメント、提案が出された。これらの提案を詳細に議論し、システムの技術課題、運用課題、利用課題についての解決案を策定するため、小グループ会議が提案された。

62. Flood Risk Information System (プロトタイプ) は日本にあるサーバーで運用され、改良が加えられた。リスク情報はインターネットにより日本から送られた。

6.1.2 観測データの入力

63. チャオプラヤ川下流の洪水状況の把握において鍵となるナコンサワンでのハイドログラフの特性を考慮し、流出予測は日単位で行われる。そのため、水文観測の日データが必要となった。

64. Flood Risk Information System は次の入力データを必要としている。

- 日雨量—解析モデルの入力データとして
- 水位—水位グラフを描画するため
- 流量—解析モデルの入力データとして、及び流量ハイドログラフを描画するため
- ダム放流量—解析モデルの入力データとして。

これらの観測データは以下の方法で収集した。

(i) 水位・流量

RID のウェブサイト(http://water.rid.go.th/flood/plannew_3hr/lowplan_3hr.jpg)の流量配分図に記載されている観測所が重要な観測所であると考えた。これらの観測所のデータは以下に示す RID のハイドロセンター3 か所のウェブサイトから集めた。

<http://hydro-1.net/>

<http://hydro-2.com/HD-03/3-01-DOCS/3-01-2.htm>

http://hydro-5.com/report/rain_week.php

(ii) ダム放流量

Bhumibol、Sirikit、Pasak ダムからの放流量は洪水状況に影響を与えると考えられた。データは次の RID のウェブサイトから集められた。

(http://water.rid.go.th/flood/flood/res_table.htm).

(iii) 日雨量

正確な解析に必要な観測所数を確保しつつ、タイムリーな情報を提供するために迅速に収集するということを考慮して、日雨量の観測所を注意深く選択した。選択されたのは、TMD の 50 観測所（日雨量のリストが毎朝メールで送られる）と、RID の 62 観測所（上記 (i) のハイドロセンターのウェブサイトに掲示されている）である。

必要なデータは整理され、解析モデルに入力される。

65. 2012 年の洪水期の緊急活動において使用した観測データを表 4 に示す。それらの位置を図 4 に示す。これらのデータは手動で収集し、システムに入力する。自動入力の手続きについて、RID の WMSC に相談し検討していた。

表 4 緊急活動において使用されるデータの数とソース

Item	Numbers	Sources
Rainfall	112	Hydro Center 1, 2, 5, and TMD
Water Level	125	Hydro Center 1, 2, 5
Flow Rate	131	Hydro Center 1, 2, 5, and RID water
Dam Discharge	3	RID water

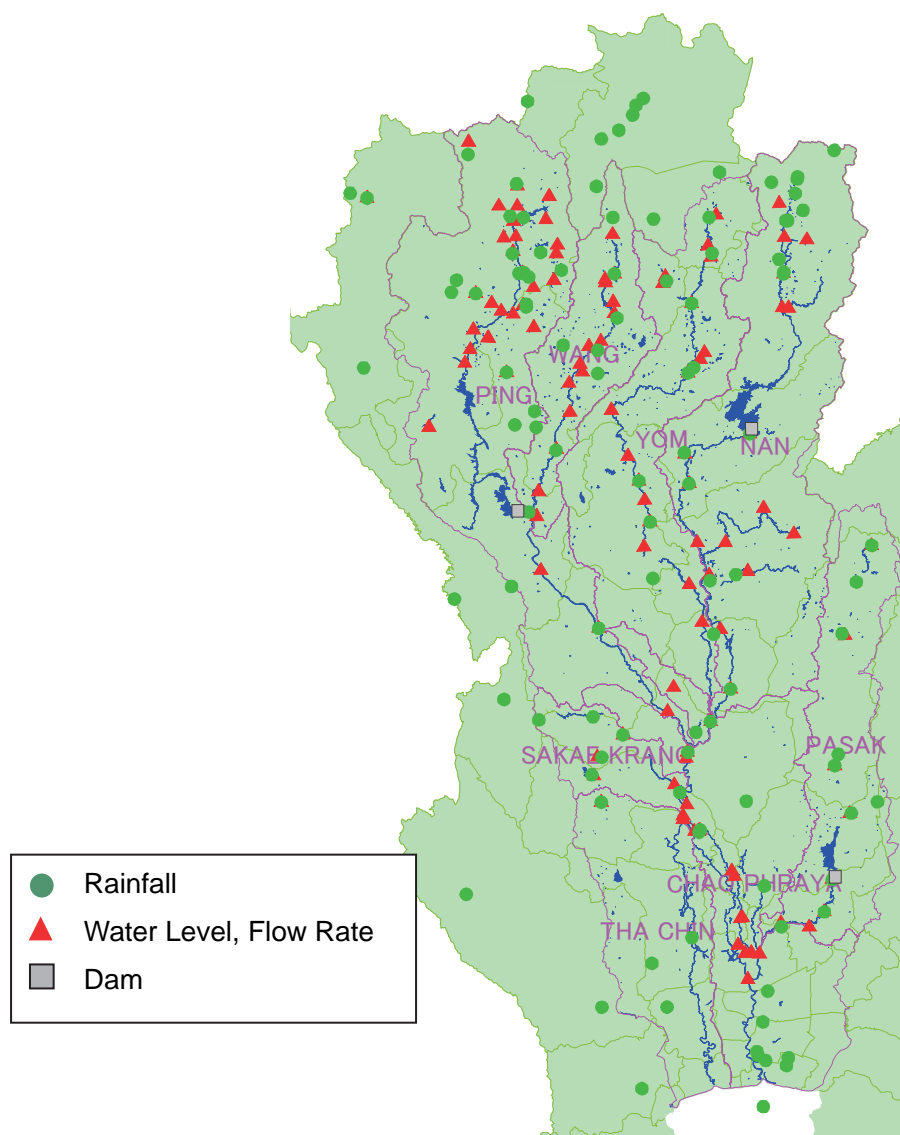


図4 観測所の位置(緊急活動)

6.1.3 予測データの入力

66. チャオプラヤ川においては、一般に降雨が河川まで流出するのに時間を要する。しかしながら、過去のデータを見ると、流量が短期の降雨に影響されて比較的急に増加する可能性がある。したがって、Flood Risk Information Systemには気象降雨予測を組み入れることとした。

67. 予測値には、不十分な観測ポイント、観測誤差、モデル化の限界等に起因する誤差や不確実性が含まれている。したがって、Flood Risk Information Systemは予測の最大値と最小値の双方を与えるように設計し、予測の値ではなくて、予測の範囲を表示するようにした。

68. ナコンサワンの将来の流量は以下の3つの要素からなっている。
- (i) 上流の河川にある流量 (すなわち、既に河川に流出してしまった降雨)
 - (ii) 最近、上流で降った降雨 (すなわち、1週間前の降雨)
 - (iii) これから上流に降る降雨 (すなわち、予測降雨)

これらの中で、(i)と(ii)は観測値である。したがって、不確実性は(iii)に最も多く含まれている。調査によると、ナコンサワンの流量に寄与する(iii)の大きさは、(i)や(ii)と比較して小さく、したがって予測は比較的安定する。

69. 世界気象機構(WMO)の枠組みにより国際的に交換されている気象データにもとづく量的降雨推定(QPE) (全球を 0.5 度ピッチでカバー)が利用可能である。チャオプラヤ川流域には 60 のグリッドポイントがある。

70. 将来 7 日間の最大予測降雨量と、7 日間の最小予測降雨量を暫定的に次のように求めた。

- 最大：QPE 値に過去の誤差分布の要素を加える
- 最少：降雨なし。

この時点では、最大値と最小値の科学的意味についての解析がまだ終わっていない。

6.1.4 流出予測及び浸水予測計算

71. 洪水予測モデルを使ってチャオプラヤ川の洪水リスクを管理するためには、詳細な地盤データにもとづいて、氾濫現象をリアルタイムで的確に再現しなければならない。チャオプラヤ川は広大な氾濫原を持っており、モデルは氾濫現象を効率的にかつ正確に再現できなければならない。これらを考慮して、土木研究所 ICHARM が開発した降雨流出氾濫モデル (Rainfall-Runoff-Inundation Model: RRI モデル) を適用した。RRI モデルは降雨を入力として河川流出から洪水氾濫までを一体的に解析するモデルであり、広大なチャオプラヤ川流域を解析するのに適したモデルである。RRI モデルには以下のような条件を入力する。

- 流域の地形 (地盤高)
- 流域の特性 (透水性、土地利用、粗度等)
- 河川の形状
- 初期状態 (流域、河川、氾濫原)
- 境界条件 (ダム、分流、潮位)
- 降雨 (過去、予測)

72. RRI モデルは、2 次元流出解析 (流出・氾濫同時解析) モデルおよび 1 次元河道モデルから成り、いずれも拡散波近似した運動量方程式を基礎式とする。降雨流出過程をより適切に表現するため、地中部の流出過程 (鉛直浸透流および側方地中流) を考慮している。また、流出解析部と河道部との水の流出入は越流公式で計算している。

73. 2012 年の洪水期に間に合わせるため、緊急対応においては、上流モデル (ナコンサワン上流域) および下流モデル (ナコンサワン下流域) 共に RRI モデルで流出解析を行い、上流モデルのナコンサワン予測流量を下流モデルのナコンサワン地点予測流量に引き継いだ。(図 5)

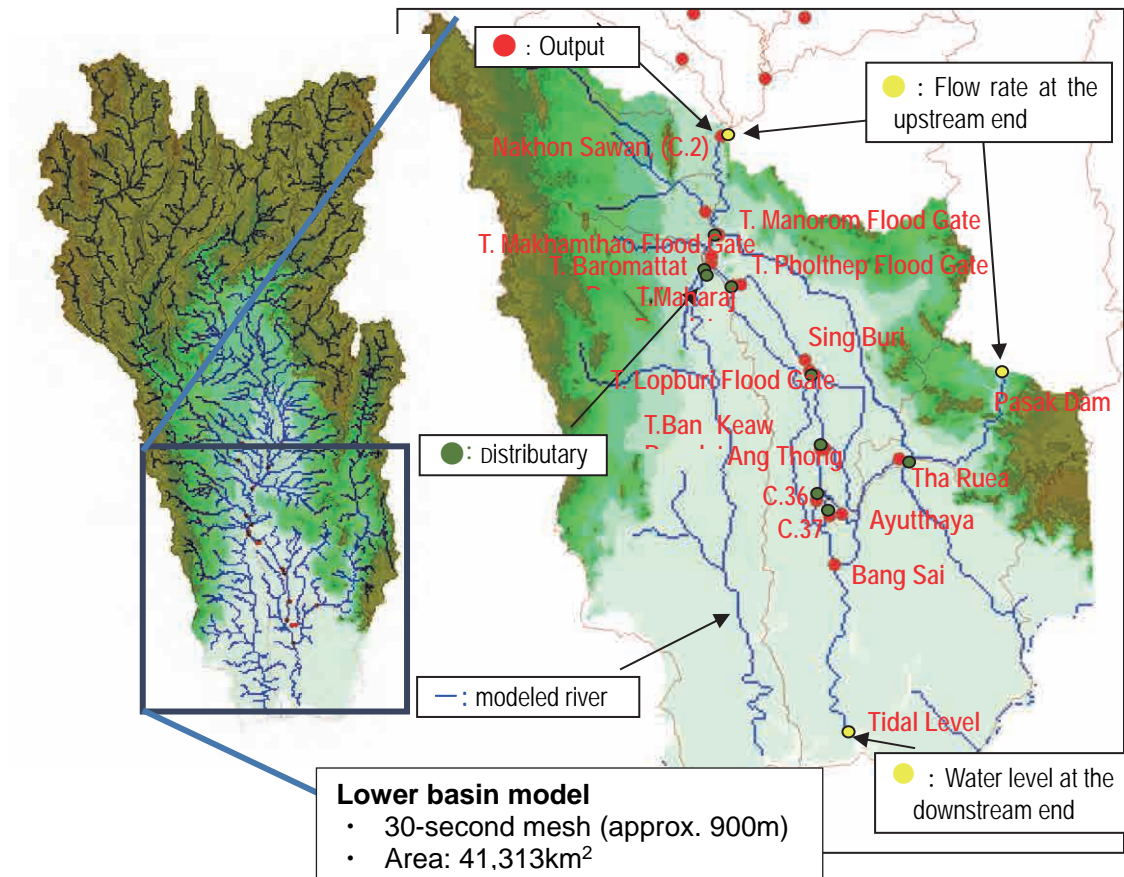


図5 チャオプラヤ川(下流部)RRIモデルの概要

74. 2011年及び2006年の洪水を対象に、RRIモデルの精度検証を実施した。検証期間は2006年5月～11月、2011年6月～12月の雨季を対象とし、検証に使用する降雨は、地上観測所雨量のティーン分割雨量を用いた。モデルの境界条件として、ダム実績放流量、下流端実績潮位、堰実績流量を収集し、モデルに反映した。典型的な結果を図6に示すが、観測された浸水範囲、浸水深、流量をうまく再現していると言える。

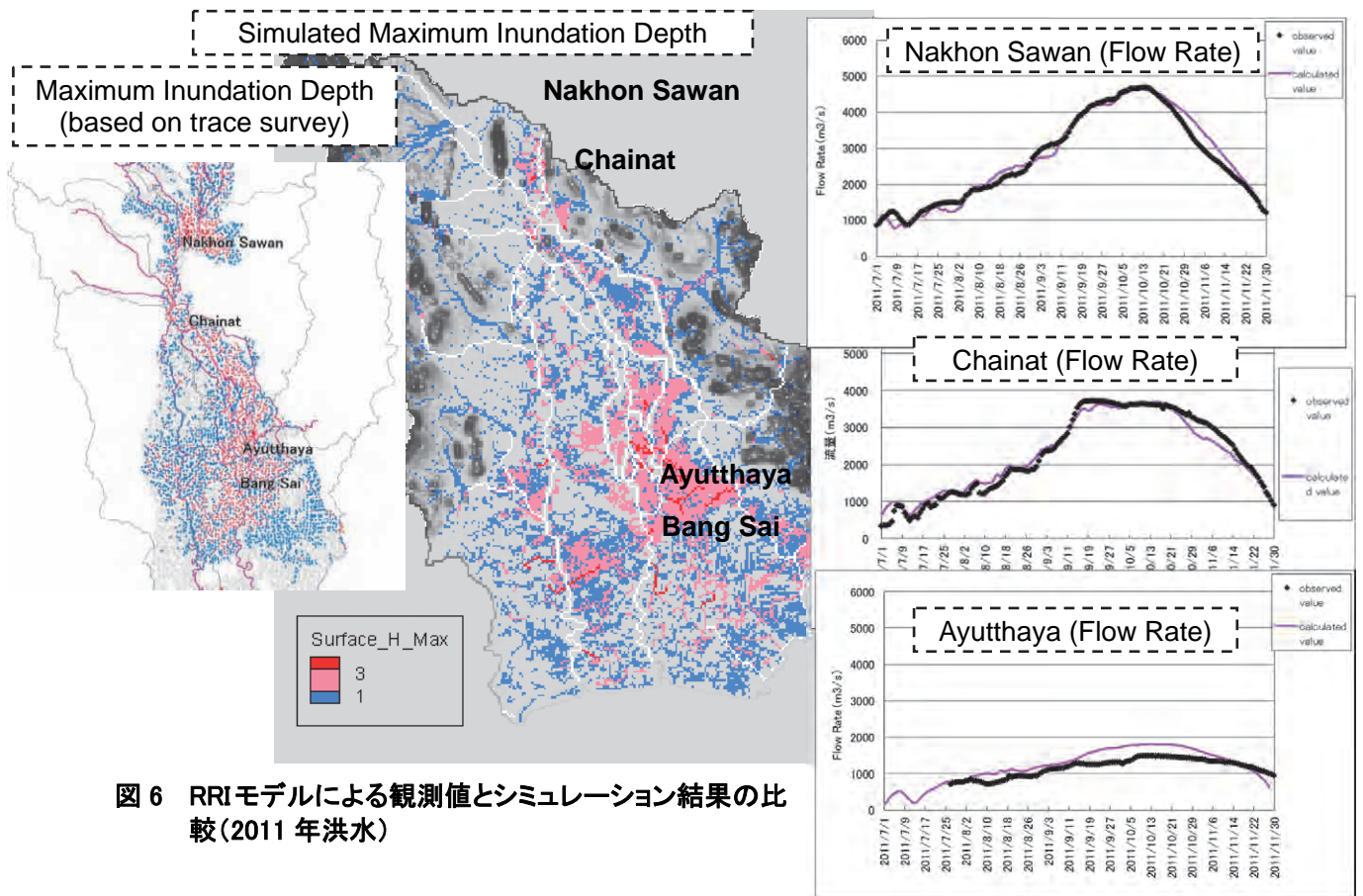


図 6 RRIモデルによる観測値とシミュレーション結果の比較(2011年洪水)

75. RRIモデルによる流出と氾濫予測の条件は次のとおりである。
- (i) 予測間隔：1日1回（開始時刻は午前6時とし、7日間予測が行われる）
 - (ii) 入力データ
 - 観測雨量：RIDとTMDの地上雨量計
 - 予測降雨：QPE
 - ダム放流量：EGATとRID（現在の値が将来も継続すると仮定）
 - 分派量：RID（現在の値が将来も継続すると仮定）
 - (iii) 出力データ
 - 予測流量・水位：6時間間隔で7日間
 - 予測氾濫区域：6時間間隔で7日間

76. 実際の氾濫状況を反映させるため、GISTDAの衛星画像データを利用し、シミュレーションにフィードバックさせ、氾濫予測の初期範囲として用いた。衛星画像から浸水区域を決定するため、これを数値グリッドデータに変換した。衛星画像は浸水深についての情報を持たないので、最新のシミュレーションによって推定された水深の情報を組み合わせて使った。すなわち、衛星画像とシミュレーションの浸水区域に食い違いがある場合には、食い違いのあるグリッドにおいて図7に示す手順で水深の値を仮定した²。自動的にデータ変換を

² プロトタイプの段階では、実際の氾濫区域をRRIモデルのシミュレーションに取り込む適当な方法を検討中であり、図7に記載の数値は一般公開時のものである。

して、RRI モデルに反映させるのが望ましかったが、これには GISTDA との調整が必要であった。

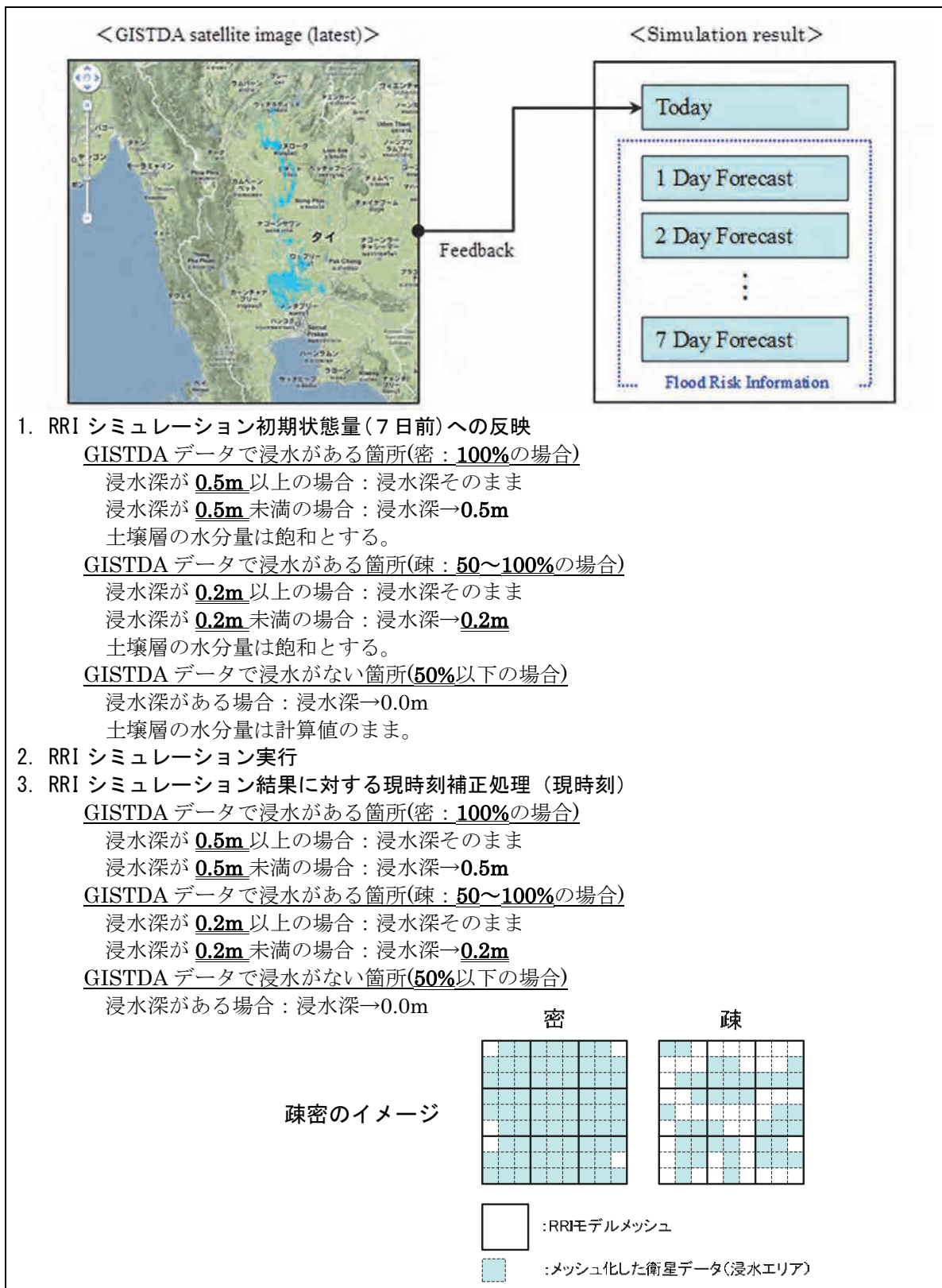


図7 GISTDA の衛星画像を適用するフィードバック法

77. 浸水範囲の予測は1~7日後について計算され、“High Risk”区域と、“Risk”区域に分類された。“High Risk”区域は、最少の流量が発生したときでも20cm以上の浸水となる可能性のある範囲とされた。予測降雨の誤差を考慮して、少ない雨量でも浸水が発生するので、リスクは高いものと考えられた。“High Risk”区域は、最大の流量が発生したときに20cm以上の浸水となる可能性のある範囲とされ、大きな雨量の時のみ浸水が発生するので、“High Risk”区域と比較するとリスクは低いものと考えられた。

78. 浸水計算は以下に示すように、手動の操作に大きく依存している。

- (i) 観測データのフォーマットを計算用に変換
- (ii) 計算実施
- (iii) 出力フォーマットを表示用に変換
- (iv) ディスプレイサーバにファイル転送

6.1.5 情報表紙システム

79. 人目を引く外観で操作が容易なウェブ表示システムを構築した。システムはトップページ、Flow Rate（模式図）及びFlood Area（氾濫域図）から構成される。模式図は、予測流量・水位の変動と地点毎に設定されている注意及び警戒レベルとの関係をグラフ化して表示するものである。基本画面やグラフ上には数値データが表示されないようにするなど、極力シンプルなものとした。ウェブサイトの構造は単純なものとし、システムを利用するにあたって、マニュアルを必要としないものとした。

80. 模式図（流量と水位の予測）は次の3つのレイヤからなる。

レイヤー1：チャオプラヤ川流域を模式的に示した平面図および鳥瞰図

- ・ 予測地点、ダムを示すシンボルを配置
- ・ 予測当日の水位状況を予測地点シンボルの色により表現（平常：緑、警戒：黄、洪水：赤）
- ・ 更新日時、ガイド図（画面表示位置）を表示

レイヤー2：

ポップアップによる選択地点での流量値表示

レイヤー3：

別ウィンドウによる選択地点の予測流量及び予測水位の経時変化グラフ

- ・ 警戒レベルは氾濫が起こりうる水準
- ・ 洪水レベルは氾濫発生に対する注意喚起水準
- ・ 現時点（更新日）が中心、その左側は実績値（7日間）、右側は予測値（7日間）
- ・ 予測データのうち、ピンクラインは最大予測、緑ラインは最小予測

鳥瞰図表示はユーザーの興味を引き、地図上に典型的なランドマークを配置することにより、チャオプラヤ川流域の全体像を直感的に理解できるようにした。

81. 氾濫域予測表示は、20cm以上の水深が予測される区域の拡がりメッシュへの色付けによりGoogle Map上に表示させた。1~7日先の氾濫域を選択表示させることができる。表示の特徴は次の通りである。

- ・ High risk 区域（青）、Risk 区域（水色）及びrisk なし（着色なし）の3領域で表示
- ・ 流域全体と下流域を切替表示可能
- ・ 拡大縮小、移動が可能（iPad等でのタッチスクリーン操作に対応）
- ・ 更新日時、ガイド図（画面表示位置）を表示

“High Risk”区域と“Risk”区域の日々の変化をチェックすることにより、ある地点の浸水の可能性とそのタイミングを把握することができる。

6.2 一般公開版の開発

82. Flood Risk Information System の一般公開版を開発するにあたって残っている課題を吟味するため、緊急活動アクションプラン報告書の説明時に提案した小グループ会議が 3 回にわたって開催された。RID、DWR、HAII、ONWF の職員とスタディチームが本システムについての見解を交換／共有し、課題についての解決案を作成した。会議開催は次のとおり。

- 第1回討論 (2012年11月8日)
活用課題
- 第2回討論 (2012年11月15日)
技術課題
- 第3回討論 (2012年11月30日)
技術課題 (継続)、運用課題

これらの討論の概要を以下に示す。

6.2.1 議論のとりまとめ

83. 3 回の小グループ会議の結論を以下にとりまとめる。これらは、この時点の Flood Risk Information System (プロトタイプ) の開発／改良状況を的確に示している。

(活用課題)	
(i)	Flood Risk Information System は 2 つのグループ (一般住民と行政官) を対象に運用する。
(ii)	追加機能として、拡大のロック機能、氾濫ボリューム出力、ノートの表示、印刷と保存 (KML フォーマットを含む) を検討
(技術課題)	
(i)	最大・最小データを提示する
(ii)	浸水の現状と浸水予測の両方を表示する
(iii)	浸水区域 (予測) は 3 種の浸水深で表示 (0.20-0.50 m、0.50-2 m、2m 以上)
(iv)	GISTDA 画像を実際の状況と比較する
(v)	降雨予測については、TMD の降雨予測、または HAII の降雨予測 (9 km × 9 km) を検討する
(vi)	システムの画面には、観測値と予測値の違いを表示することはしない。技術的詳細を知りたいユーザーには、誤差の推定を別のページで示してもよい。
(vii)	モデルは現在 1 km × 1 km のメッシュを使っているが、将来より詳細なデータが必要となった際には、より細かいメッシュを使う。
(viii)	システムはタイ関係者が容易に改善できるものとすべきである。
(ix)	主要な河川 (Ping、Wang、Yom、Nan) の水門を考慮すべきである。これに必要なシステムのサイズと予算を検討し、技術ワーキンググループに示すこと。
(x)	水門から放流される水量を推定し、表示する可能性を検討すべきである。
(xi)	水位のグラフには標準潮位を使うべきである。
(xii)	LiDAR データに基づいて地盤プロフィールをウェブ上に表示することを検討すべきである。しかしながら、そのためには LiDAR データをこの目的で使うことについてのタイ当局の承認が必要である。
(xiii)	地方自治体／地域毎の浸水区域表示については、メニューから外す。
(xiv)	ウェブサイトへのアクセスを容易にするためスマートフォン用のアプリを追加する。
(運用課題)	
(i)	自動のデータ入力の実施のためには、行政官庁と議論し、どのデータがシステム運用に利用できるのかを検討する必要がある。
(ii)	システムとデータ入力を担当組織については、後で議論する。これに関連し、関係機関の決定のため、スタディチームは必要な入力データ、システムのプロセスをとりまとめて示す。

6.2.2 モニターに対するアンケート

84. タイで生産している214の日系企業の登録モニターに対し、2012年11月29日にFlood Risk Information System（プロトタイプ）についてのアンケート調査を行い、一般に公開する前に必要な情報、機能、使い勝手についてシステム改良を行う際の参考意見を募集した。質問は以下の項目である。

- 2012年の浸水経験
- 2012年のシステム活用
- 期待される追加情報
- システムの使い勝手
- 改良提案
- 予測に含まれる不確実性の理解と欲しい情報
- その他

2012年12月6日までに31の回答があった。回答を調査・解析しシステム改良に利用した。以下にアンケートの結果を簡単に示す。

85. 2012年に自分の工場／事務所において、あるいは近くで浸水があったのは、回答者の4分の1のみであったが、58%は、洪水が心配な時にはほとんど毎日システムを見たと言った。4分の1が近くの河川の水位が上昇した際、あるいは近くで浸水があった際にシステムをチェックしたと言った。他は、頻繁ではないが定期的にチェックしたとの答えであった。

86. 流量のページに関し、追加の情報として期待するものは、次のとおりであった。

- 上流ダムの状況（貯水池の水位、放流量）
- 過去の洪水の状況
- 上流の流域平均雨量、累加雨量
- 写真
- 流量表示ポイントの追加

浸水区域のページに関し、追加の情報として期待するものは、次のとおりであった。

- 現在（今日）の状況を示すページへのリンク
- ランドマーク
- 被害に関する文章情報
- 実際の浸水状況
- 過去の浸水状況
- 浸水の確率、（予想される）浸水深

87. 回答者は概ねシステムの使い勝手には満足していたが、システムのスピードが問題とする回答者もいた。改良のアイデアは次のとおりであった。

- 破堤情報
- 専門家の総括コメント
- 警報メール
- 状況／変化についての説明、その理由；
- 予測降雨
- 印刷機能

88. 予測に含まれる不確実性の理解と欲しい情報については、多くの回答者が「地域全体をマクロに見た情報」と「個々の場所の情報」の両方が欲しいということであった。

6.2.3 さらなる改良

89. 日タイの専門家の密な協力の下での議論とモニターの回答を検討し、チャオプラヤ川の **Flood Risk Information System** が持つべき機能が特定され、プロトタイプは 2013 年 1 月までに一般公開版にアップグレードされた。プロトタイプシステムと一般公開用システムの比較を表 5 に示す。重要な変更は次のとおりである。

- 地盤高データとして **LiDAR** データを利用
- モデルのキャリブレーションに 2011 年洪水に加えて、2006 年、2010 年データを利用
- **RID** にシステム機能を設置
- 模式図の表示範囲を全流域に拡大
- 7 日前からの浸水区域を表示
- 浸水リスクを水深で分類し、可能性の変更機能を追加
- **GISTDA** 画像による浸水域補正の自動化
- タイ語と英語による表示
- ヘルプとメッセージ表示機能の追加

表5 システムの特徴

		プロトタイプ	一般公開版	適用
情報提供者		JICA/FRICS	タイ国政府(RID他)	
システム構造	観測データ	RID(ハイドロセンター)、タイ気象局	RID(ハイドロセンター、テレメータシステム)、タイ気象局	RIDのテレメータシステムについて準備中
	ダムと分流データ	EGAT(ダム)、RID(分流)		
	予測降雨データ	日本気象庁(WMOの国政協力枠組み)		タイ気象庁データについて検討中
	地盤データ	米国地質調査所	LPデータ(JICA)	
	シミュレーションモデル	RRIモデル		
	流量・水位のキャリブレーション	2011年実測データ	2006年、2010年、2011年実測データ	
	更新	1日1回	1日1回	1日複数回の更新を検討中
	システム機器	サーバー(日本)	RIDのサーバーとネットワーク	
水位・流量の予測	表示情報	流量の現況と警報レベル(平面図と鳥瞰図) 水位と流量の時系列変化と警報レベル(ハイドログラフ)		
	表示期間	観測:7日前から現在 予測:1日~7日後		
	表示地域	下流部のみ	全流域	
	予測の最大と最小の範囲	最大:過去のデータから推定する誤差の2σ(全流域平均)	最大:過去のデータにおける最大誤差(降雨分布を考慮)	
		最小:無降雨	最小:過去のデータの最小誤差	
	補正	日観測水位にもとづいてモデルの現況水位を補正		
氾濫区域の予測	表示情報	予測浸水区域(グーグルマップ上に表示)		
	表示期間	実測:なし	実測:7日前から現在	
		予測:1日~7日後	予測:1日~7日後	
	リスク分類	浸水可能性による分類	水深による分類	
可能性による切り替え				
補正	水位による補正のみ	GISTDA画像による自動補正		
利用環境	ウェブ表示	クリックによる操作、iPadによる操作		
	表示言語	英語	タイ語、英語	
	その他機能	-	ヘルプ、メッセージ機能等	

90. 2013年の洪水期までに、システムの機能は関係機関間のデータの円滑なやりとり、バックアップ機能、運用機能の点からさらに改良された。

91. 過去のイベントの予測雨量と観測雨量の違い、1～7日間の最大（流域平均）雨量、ナコンサワン流量に対する予測雨量の誤差の影響に関する調査を行った。調査結果に基づき、今後7日間の最大の予測雨量と最小の予測雨量は次のように設定することとした。

● 最大予測雨量

- (i) 現在の降雨状況（過去1日の観測雨量）から近似式を用いて1～7日先までの累加雨量を計算する³。
- (ii) 予測雨量から近似式を用いて1～7日先までの累加雨量を計算する⁴。
- (iii) 上記(i)と(ii)で求めた累加雨量のうち小さい値を一次予測値とする。
- (iv) 一次予測値に対し、連続雨量による補正、C2流域平均雨量による補正を行う。補正方法は次のとおり。
 - a) 連続雨量による補正：5つの分割流域の各々において、1～7日先までの各日の1～7日雨量（累加雨量）が観測史上最大値を超過しないよう補正する。具体的には、一次予測値が観測史上最大値を超過した場合には、一次予測値が観測史上最大値と等しくなるよう補正する。
 - b) C2流域平均雨量による補正：C2流域平均雨量に関し、1～7日先までの各日の1～7日雨量（累加雨量）が観測史上最大値を超過しないよう補正する。
- (vi) 得られた累加雨量（将来の）を（予測）日雨量に変換する。

● 最小予測雨量

- (i) 現在の降雨状況（過去1日の観測雨量）から近似式を用いて1～7日先までの累加雨量を計算する⁵。
- (ii) 予測雨量から近似式を用いて1～7日先までの累加雨量を計算する⁶。
- (iii) 上記(i)と(ii)で求めた累加雨量のうち大きい値を予測値とする。

92. 最大・最小予測雨量を設定法の詳細については、添付資料2“Forecast Rainfall Configuration”に記載している。

93. 表6にFlood Risk Information Systemに毎日入力するデータの一覧を示す。これらの他に、予測降雨（パラグラフ69参照）が必要である。

³ 分割流域における流域平均雨量に関し、現在の降雨状況（過去1日の観測雨量）と観測雨量／予測雨量の関係を示す散布図を作成し、同図において観測雨量／予測雨量の最大値付近を包絡する近似線を設定した。最大値包絡の近似線を用いると、過去1日の観測雨量から、当該雨量に対し1～7先までの将来に発生しうる最大雨量の倍率（観測雨量／予測雨量）を得ることができ、この倍率を過去1日の観測雨量に乗じて最大予測雨量を設定する。

⁴ 分割流域における流域平均雨量に関し、予測雨量と観測雨量／予測雨量の関係を示す散布図を作成し、同図において観測雨量／予測雨量の最大値付近を包絡する近似線を設定した。最大値包絡の近似線を用いると、予測雨量が発表された時点で、当該予測雨量に対し発生しうる最大雨量の倍率（観測雨量／予測雨量）を得ることができ、この倍率を予測雨量に乗じて最大予測雨量を設定する。

⁵ 最大予測雨量と同様に、過去1日の観測雨量にもとづく最小値包絡の近似線を用いて最小予測雨量を設定する。

⁶ 最大予測雨量と同様に、予測雨量にもとづく最小値包絡の近似線を用いて最小予測雨量を設定する。

表 6-1 Flood Risk Information System 入力データ (雨量)

番号	雨量観測所名	緯度	経度	機関
1	Amphur Viang Haeng	19.5537	98.6358	RID
2	A. Chiang Dao	19.3647	98.9667	RID
3	MaeOngad Dam	19.1442	99.0139	RID
4	Mae Taeng Headwork	19.1544	98.9228	RID
5	Amphur Mae Rim	18.9099	98.9393	RID
6	A. Wang Nua	19.1450	99.6222	RID
7	W. 16A	18.7792	99.6311	RID
8	Mae Mai forest Plantation A. Muang	18.4928	99.6486	RID
9	A. Pong	19.1422	100.2780	RID
10	Amphur Chiang Muan	18.9088	100.2966	RID
11	Lower IR09L Canal	18.7308	99.9858	RID
12	Y. 20	18.5842	100.1547	RID
13	Y. 1C	18.1331	100.1275	RID
14	Amphur Chalerm Prakiat	19.5701	101.1347	RID
15	A. Thung Chang	19.3864	100.8800	RID
16	A. Chiang Klang	19.2925	100.8660	RID
17	Amphur Song Kwae	19.3667	100.7047	RID
18	A. Pua	19.1825	100.9180	RID
19	A. Tha Wang Pha	19.1178	100.8130	RID
20	Mae Kuang Dam	18.9178	99.1306	RID
21	Baan Huai Kaew	18.8031	99.2718	RID
22	Baan Rong Wua Daeng	18.7600	99.0495	RID
23	A. Wiang Pa Pao	19.3464	99.5111	RID
24	A. Mae Suai	19.6550	99.5467	RID
25	Mae Lao	19.7100	99.6661	RID
26	A. Mae Tha	18.1328	99.5167	RID
27	Thung Luang	18.7374	98.5595	RID
28	Khun Waang	18.6597	98.5243	RID
29	P. 82	18.6522	98.6906	RID
30	A. Li	17.8003	98.9547	RID
31	A. Thung Hua Chang	17.8878	99.0889	RID
32	P. 76	18.1397	98.8994	RID
33	R. I. D. Office Unit 1 A. Muang	18.7892	99.0169	RID
34	N. 1	18.7731	100.7808	RID
35	G8	19.8091	99.7612	RID
36	Kwang Dam	19.4357	100.3514	RID
37	Sw. 5A	19.2694	97.9486	RID
38	Lamphun	18.5833	99.0333	RID
39	P. 7A	16.4772	99.5183	RID
40	P. 47	16.3342	99.2747	RID
41	Y. 6	17.4342	99.7922	RID
42	N. 12A	17.7361	100.5411	RID
43	N. 60	17.4139	100.1306	RID
44	N. 8A	16.0792	100.4000	RID
45	Hydrology center	16.8227	100.4405	RID
46	S. 33	17.0031	101.3561	RID
47	S. 42	15.5764	101.0911	RID
48	Tak	15.8833	99.1167	RID
49	Uttaradit	17.6167	100.1000	RID
50	Pichit Agromet	16.4361	100.2889	RID
51	Phetchabun	16.4333	101.1500	RID
52	N. 67	15.8689	100.2644	RID
53	C. 2	15.6708	100.1125	RID
54	C. 13	15.1658	100.1922	RID
55	C. 30	15.3494	99.5342	RID

56	Ct. 4	15. 7858	99. 6783	RID
57	Ct. 5A	15. 9028	99. 4792	RID
58	Ct. 7	15. 6397	99. 5389	RID
59	Ct. 9	15. 5272	99. 4694	RID
60	Ct. 2A	15. 4106	100. 0575	RID
61	S. 9	14. 6283	101. 0142	RID
62	S. 13	15. 3392	101. 3750	RID
63	S. 28	14. 8392	101. 0689	RID
64	Mae Hong Son	19. 3000	97. 8333	TMD
65	Mae Sariang	18. 1667	97. 9333	TMD
66	Chiang Rai	19. 9167	99. 8333	TMD
67	Chiang Rai (agr)	19. 8708	99. 7828	TMD
68	Phayao	19. 1333	99. 9000	TMD
69	Chiang Mai	18. 7833	98. 9833	TMD
70	Doi Angkhlang	19. 9009	99. 0424	TMD
71	Nan	18. 7833	100. 7833	TMD
72	Nan (agr)	18. 8667	100. 7500	TMD
73	Tha Wang Pha (hydro)	19. 1167	100. 8000	TMD
74	Thung Chang (hydro)	19. 4000	100. 8833	TMD
75	Lamphun	18. 5667	99. 0333	TMD
76	Lampang	18. 2833	99. 5167	TMD
77	Lampang (agr)	18. 3167	99. 2833	TMD
78	Thoen	17. 6333	99. 2333	TMD
79	Phrae	18. 1667	100. 1667	TMD
80	Uttaradit	17. 6167	100. 1000	TMD
81	Sukhothai	17. 7833	99. 1000	TMD
82	Si Samrong (agr)	17. 1667	99. 8667	TMD
83	Bhumibol Dam	17. 2333	99. 0500	TMD
84	Tak	15. 8833	99. 1167	TMD
85	Mae Sot	16. 6667	98. 5500	TMD
86	Umphang (hydro)	16. 0167	98. 8833	TMD
87	Doi Muser (agr)	16. 7500	98. 9333	TMD
88	Phitsanulok	16. 7833	100. 2667	TMD
89	Lom Sak (hydro)	16. 7667	101. 2500	TMD
90	Phetchabun	16. 4333	101. 1500	TMD
91	Wichian Buri (hydro)	15. 6500	101. 1167	TMD
92	Kamphaeng Phet	16. 8000	99. 8833	TMD
93	Phichit (agr)	16. 4361	100. 2889	TMD
94	Nakhon Sawan	15. 8000	100. 1667	TMD
95	Takfa (agr)	15. 3500	100. 5000	TMD
96	Chai Nat	15. 1500	100. 1833	TMD
97	Ayutthaya (agr)	14. 5333	100. 7278	TMD
98	Bua Chum (hydro)	15. 2667	101. 2000	TMD
99	Lop Buri	14. 8000	100. 6167	TMD
100	Suphan Buri	14. 4667	100. 1333	TMD
101	Uthong (agr)	14. 3000	99. 8667	TMD
102	Thong Pha Phum	14. 7500	98. 6333	TMD
103	Kanchanaburi	14. 0167	99. 5333	TMD
104	Ratcha Buri (agr)	13. 4872	99. 7975	TMD
105	Kampheang Saen (agr)	14. 0167	99. 9667	TMD
106	Pathum Thani (agr)	14. 1167	100. 6333	TMD
107	Samut Prakan	13. 6336	100. 7549	TMD
108	Suvarnabhumi Airport	13. 6833	100. 7667	TMD
109	Don Muang Airport	13. 9167	100. 6000	TMD
110	Sirikit Center	13. 7243	100. 5590	TMD
111	Bangkok Port	13. 7000	100. 5667	TMD
112	Bang Na (agr)	13. 6667	100. 6167	TMD
113	Pilot Station	13. 3667	100. 6000	TMD

表 6-2 Flood Risk Information System 入力データ (水位・流量)

番号	水位観測所コード	水位観測所名	流域
1	P.1	Chiang Mai	Ping
2	P.7A	Kamphaeng Phet	
3	P.17	Banphot Phisai	
4	P.67	San Sai	
5	W.1C	Lanpang	Wang
6	W.4A	Sam Ngao	
7	W.10A	Ban Donmun	
8	Y.1C	Phrae	Yom
9	Y.3A	Sawan Khalok	
10	Y.4	Sukhothai	
11	Y.5	PhoThale	
12	Y.14	Srisatchanalai	
13	Y.16	Bang Rakam	
14	Y.17	Sam Ngam	
15	Y.20	Song	
16	N.1	Nan	Nan
17	N.5A	Phitsanulok	
18	N.7A	Phichit	
19	N.8A	Bang Mun Nak	
20	N.12A	Tha Pla	
21	N.22	Wat Bot	
22	N.27A	Phrompiram	
23	N.60	Tron	
24	N.64	Tha Wang Pha	
25	N.67	Chum Saeng	
26	C.2	Nakhon Sawan	Chao Phraya
27	C.3	Sing Buri	
28	C.7A	Ang Thong	
29	C.13	Chainat	
30	C.29A	Bang Sai	
31	C.35	Ayutthaya	
32	C.36	Phong Pheng Canal	
33	C.37	Bang Ban Canal	
34	Ct.19	Uthai Thani	
35	S.5	Ayutthaya	Pa Sak
36	S.26	Tha Ruea	

表 6-3 Flood Risk Information System 入力データ (水門)

番号	名前
1	Makham Thao-U Thong Water Gate
2	Manorom Water Gate
3	Ponthep Water Gate
4	Maharat Water Gate
5	Bharomthat Water Gate
6	Bang Kaew Canal Water Gate
7	Lopburi Canal Water Gate

表 6-4 Flood Risk Information System 入力データ (ダム)

番号	ダム名
1	Bhumibol Dam (inflow, outflow)
2	KiewLom Dam (inflow, outflow)
3	Sirikit Dam (inflow, outflow)
4	Khwaee Noi Bamrungdan Dam (inflow, outflow)
5	Pa Sak Jolasid Dam (inflow, outflow)

6.3 水管理シミュレーター

6.3.1 概要

94. 浸水情報は一般住民が洪水時に的確な被害軽減行動をとるのに有効である。そのような情報は Flood Risk Information System で配信される。

95. 一方、河川管理者や防災担当者は、施設の的確な操作や被害を最小にするため、あるいは災害の範囲が広がらないための緊急対策を実施する責任がある。このとき、施設の運用に伴う洪水状況への影響を予想することが必要となる。例えば、ダムの放流や水門による分流量の調整の影響は、その操作の現場では直接の値として分かるが、下流の水位変化を知ることが容易ではない。水が下流へ流れるにつれて影響レベルが変化するため、何らかの変換ツールが必要となる。

96. 距離が比較的短い場合には、放流量と下流の水位の関係が実用になり、例えばチャオプラヤ堰からの放流量が $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 増加すると、下流の観測所の水位が 0.25 m 上昇するといった関係が成立する。しかしながら、そのような関係の利用は実用上限界がある。さらに、浸水に関しては操作の影響を直感的に予測することは困難である。

97. 浸水域の拡大を防ぐために、氾濫原を横切って土嚢を積んだ場合、そのようなアクションがない場合と比較して、被害が増加する場所が発生するのが一般的である。被害増加の場所と程度を知ることが、緊急の対策の実施を決定する際に不可欠である。しかしながら、ある緊急対策の影響を推定することは容易ではない。

98. 上記のような場合に、施設操作や緊急対策のいくつかのシナリオを仮定し、コンピュータ上で異なるシナリオ毎に仮定の計算を実施し、最も適したシナリオを見つけるという手順が有効である。Flood Risk Information System で使われているモデルは、施設操作や緊

急対策を含む様々な条件での計算が可能であり、このモデルを使った水管理シミュレーターを構築することができる。

6.3.2 シミュレーター的设计

99. 水管理シミュレーターは、以下の条件を満たすように設計された。

<入力>

100. シミュレーターは優れた GUI を持ち、入力データのチェックと計算条件の変更を容易に行うことが可能とする。例えば、地盤高を変更するには、対象のセルの近くをクリックすると編集画面が立ち上がり、数値を入力することができるものとする。モデルを実行するには、以下に示すような多くの条件の入力が必要である。ただし、これらのうち、「破堤条件」以外は、Flood Risk Information System の入力情報であり（パラグラフ 71.）、あらかじめ入力されている。

- 流域の地形（地盤高）
- 流域の特性（透水性、土地利用、粗度等）
- 河川の形状
- 初期状態（流域、河川、氾濫原）
- 境界条件（ダム、分流、潮位）
- 降雨（過去、予測）
- 破堤

これらの入力データは GUI を使ってモニターの画面（図 8 参照）で容易に変更可能とする。

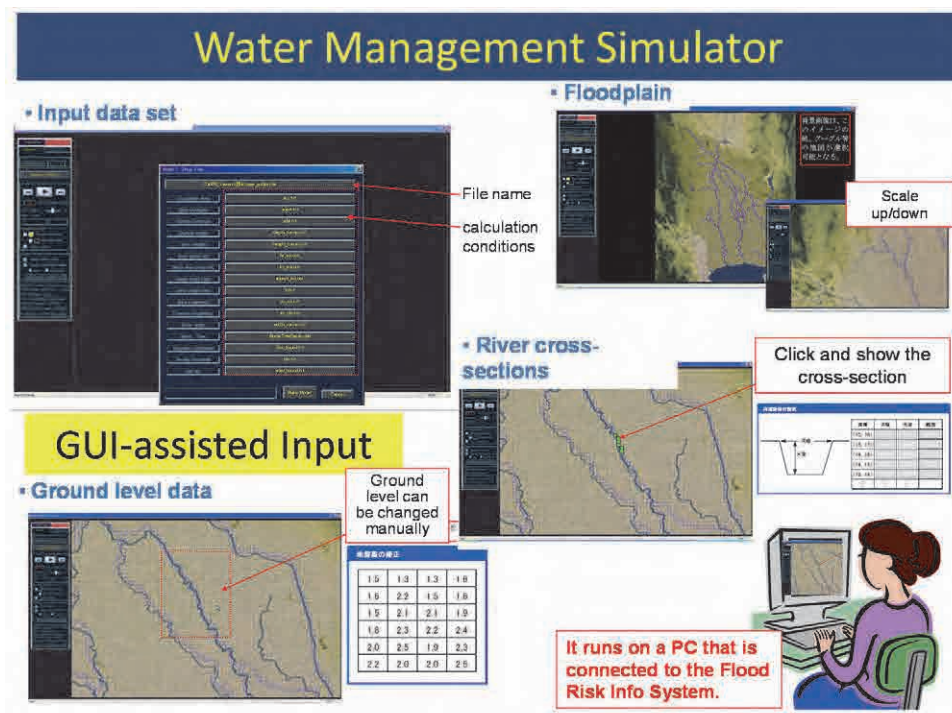


図 8 水管理シミュレーターの入力画面

<出力>

101. 浸水深、河川水、流量等のシミュレーションの結果はアニメーション画像でチェックすることが可能とする（図 9 参照）。さらに、任意にセルを選択して浸水のハイドログラフを表示させ、河川水位と流量の縦断面図を描くことができるものとする。氾濫原（浸水付き）

の 3 次元表示、河川水深、流量、浸水の流向の表示も可能とする。モニター画像上で指定した氾濫原の断面を、浸水位と一緒に表示する。指定した範囲の浸水ボリュームが表示される。

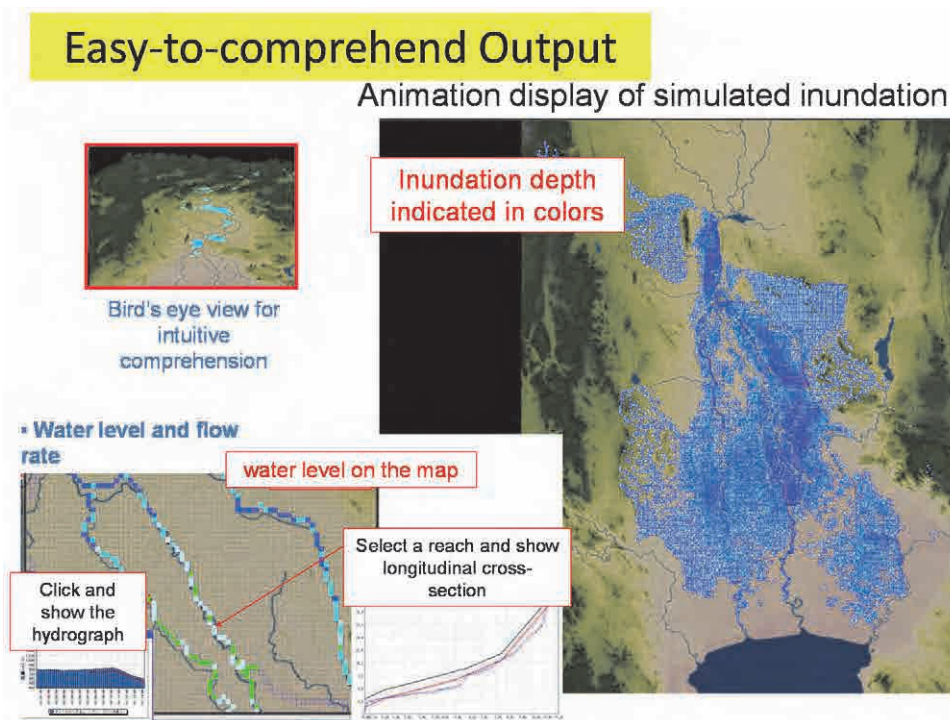


図 9 水管理シミュレーターの出力画面

<運用>

102. Flood Risk Information System の日々の運用においては、ダムデータ、降雨観測データ等を取得し、Chaophraya Flood Risk Management Tool を実行すると、結果がウェブサイトに表示される。一方、シミュレーターの場合は、シミュレーションサーバーからダウンロードする計算セットに基づくが、計算の条件をシミュレーターで変更して計算し、計算結果をシミュレーター（PC モニター）に表示する。この変更した計算セットはシステムのシミュレーションサーバーにアップロードすることができる。この後、Chaophraya Flood Risk Management Tool を再実行すると、システムの毎日の運用が変更条件の下で実行され、結果をウェブサイトに表示することができる。もし破堤があった場合、シミュレーターを使って破堤箇所をモデルの条件に反映すれば、その後の毎日の計算は新しい条件（破堤）のもとで実施することとなる。

<シミュレーターの利用>

103. ダム操作と水門運用の吟味、緊急ポンプと土嚢の効果の評価を 7 日前～7 日後までの浸水範囲の動画により実施することができる。浸水深、河川水深、流量、氾濫水の流向と流速も表示することができる。必要なデータと計算セットがプログラムと同じフォルダーに保存されていれば、シミュレーターはスタンドアロンでも稼働する。

104. 水管理シミュレーターを使った洪水制御シミュレーションのための入力項目、入力内容の一覧を表 7 に、水管理シミュレーターが対象とする施設（ダム、水門）の位置図を図 10 に、水管理シミュレーターによるシナリオ設定のイメージ図を図 11 に示す。

表 7 シミュレーターを使った洪水制御シミュレーション

シナリオ	対象施設	入力内容	モデル	摘要
ダム管理	Bhumibol	現在以降の日平均放水量(m ³ /s) (1日毎)	上流モデル	最適なダムの運用方法(日平均放流量)を検討する
	Sirikit			
	Kiew Ko Ma			
	Kiew Lom		下流モデル	
	Khwaee Noi			
	Chao Phraya			
	Pa Sak Jolasid			
水門操作 (分派)	Manorom	現在以降の日平均分水量(m ³ /s)又は、分派率 (1日毎)	下流モデル	最適な水門の操作方法(日平均分派量)を検討する
	Ponthep			
	Borommathat			
	Lop Buri			
	Phra Narai			
	Bang Kaew			
	Makham Thao-U Thong			
	Rama 6			
	Phong Pheng Canal	現在以降の分派率(1日毎)		適切な分派率を想定する
	Bang Ban Canal			
排水ポンプ	排水区	位置(排水区単位) 排水能力(mm/h)	上流モデル 下流モデル	排水量を面的に与える
大規模土嚢	氾濫原の任意地点	設置位置(メッシュ単位)、設置高さ(m)	上流モデル 下流モデル	土嚢設置の影響を検討する
破堤	河川堤防、道路盛土	破堤地点(メッシュの指定)、破堤時刻	上流モデル 下流モデル	複数の破堤を設定可能

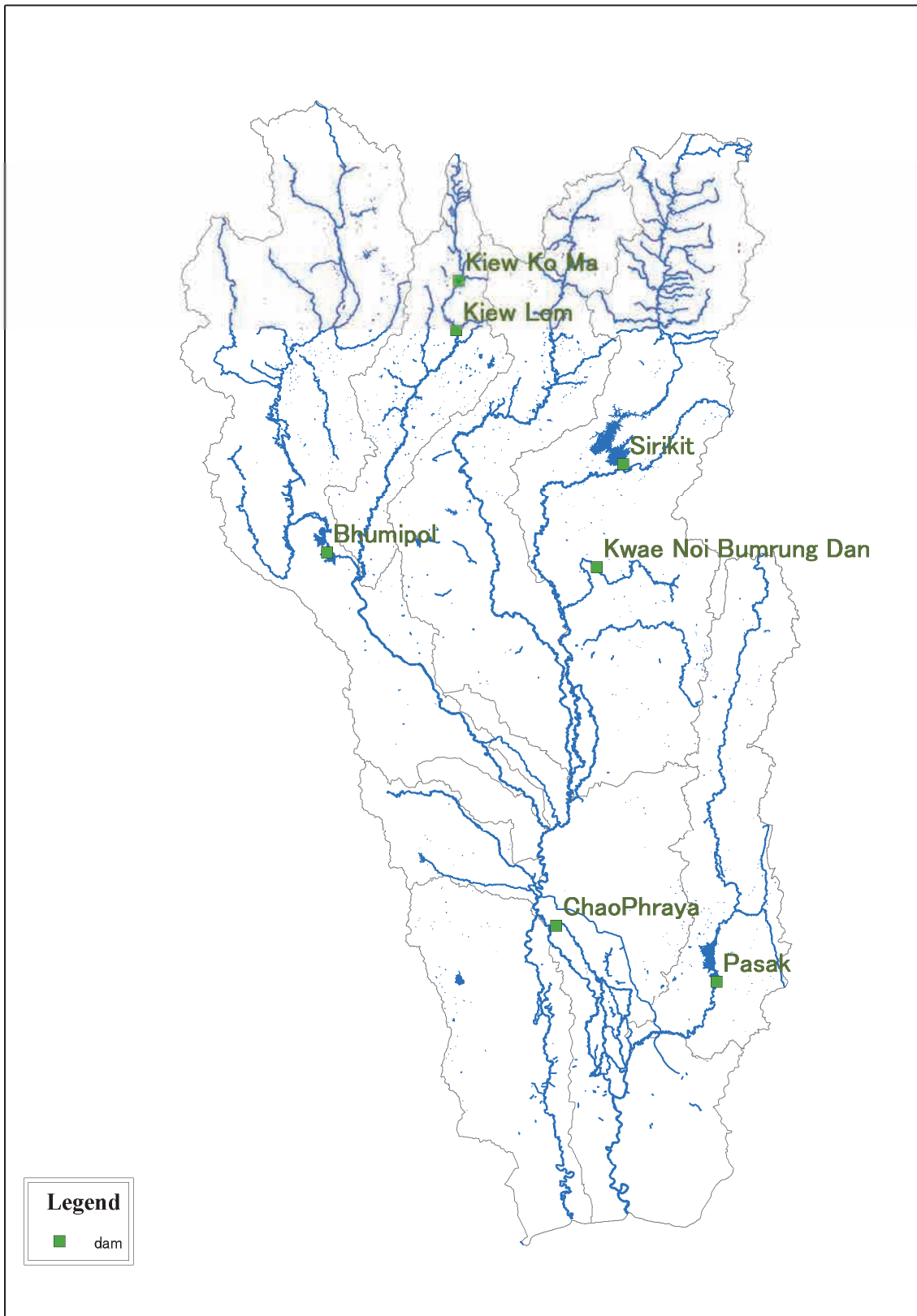


図 10-1 水管理シミュレーターが対象とする施設の位置図 (ダム)

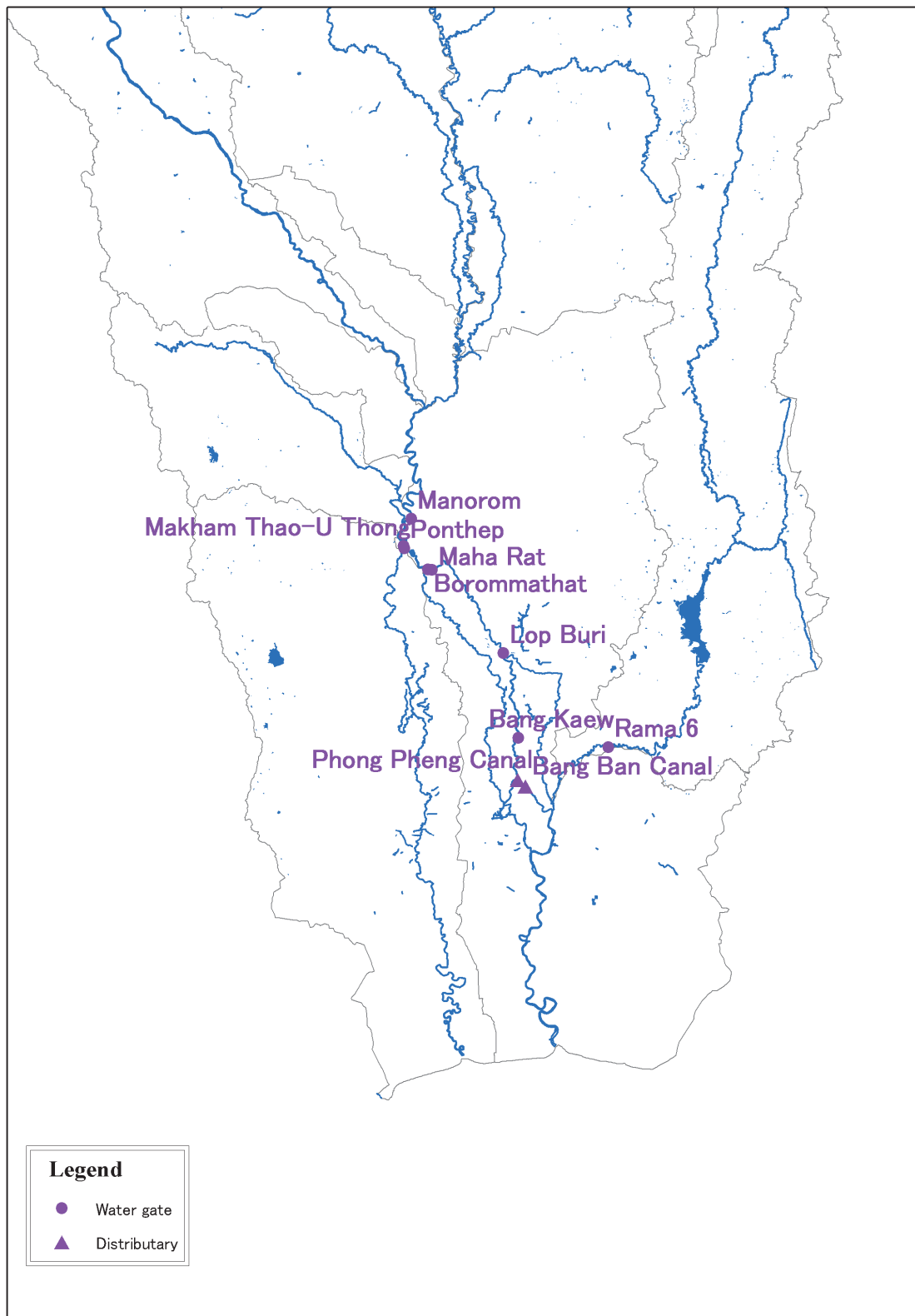


図 10-1 水管理シミュレーターが対象とする施設の位置図（水門）



図 11 水管理シミュレーターによる各種シナリオ設定

6.4 システムの移管

105. 改良したシステムは一般住民に公表され、RID が運用することになっており、タイ国政府にきちんと移管する必要があった。このため、次の項目が検討された。

(1) 情報提供のための公開のタイミング

洪水期の開始を考慮し、一般住民へのシステムの情報提供を 2013 年の 9 月初めに始める。政府職員に対しては、システムと水管理シミュレーターを同じタイミングで提供する。

(2) システム機器のインストール

情報は洪水時に住民に対し重要なものであるため、安定して運用できるシステム機器を整備することが必要である。調達を 2013 年の 6 月に始め、システムのインストールと調整を 8 月末までに終わらせる。

(3) 技術移転

タイ国政府による正確なシステム運用を可能にするため、システム管理の移管前にシステムの構造、運用、情報活用に関する必要な研修を実施する。研修コースはタイ国政府が通常行っている方法で開催されるが、プログラム、テキスト、講師については JICA/FRICS が準備する。

(4) 広報

情報の受け手である住民がシステムの提供する情報を災害対策に有効利用できるように、必要な広報活動を実施する。記者会見、セミナー、説明会、ウェブサイト、自治体での防災教育など、戦略的な広報を総合的に実施する。関係職員で広報戦略会議を開催し、広報計画とその実施を検討する

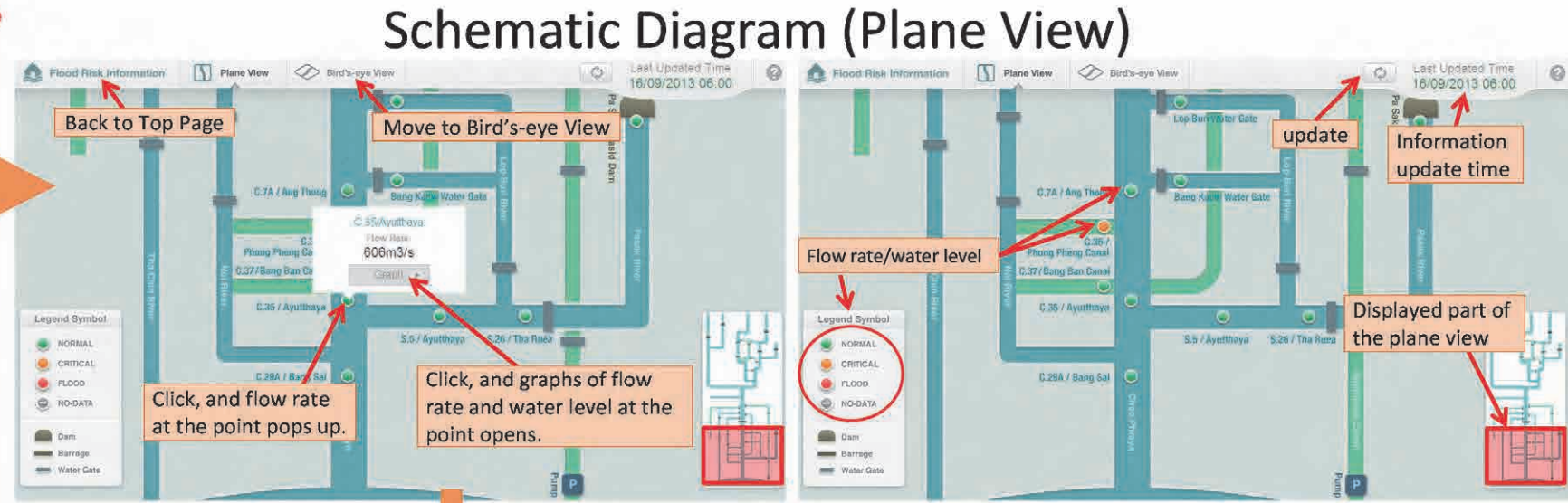
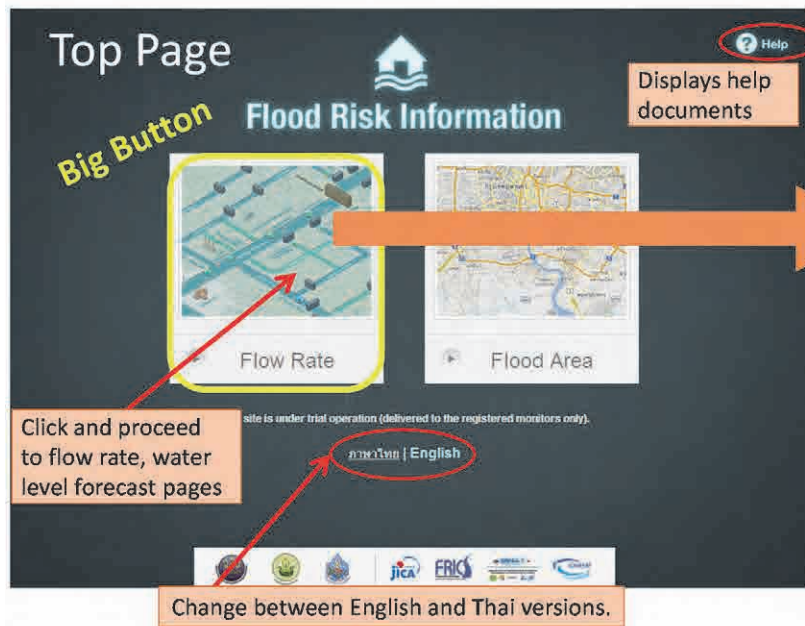
106. Flood Risk Information System の研修を、2013 年 9 月 5 日~9 日に RID で開催した。研修には RID、DWR、ONWF、HAII、NESDB から 76 人の職員が参加した。研修の目的は、正確なシステム運用とタイ国の技術開発に必要な人的資源の獲得であった。具体的には、以下の項目の研修を行った。

- (1) 正確なシステム運用のための以下の能力を見につけること
 - 日々のデータ管理とデータ入力
 - 表示された内容のチェック
 - 施設管理と緊急対策のためのシミュレーター操作
 - 機器操作のチェックとシステム運用
 - 予測モデルとキャリブレーションの方法の概要の理解
 - 異常な動作の発見、簡易な対応、重大な障害発生時の適当なアドレスへの連絡
 - 定期的変更（HQ 式の見直し、観測所の変更、水位基準の見直し等）
 - その他円滑な運用に必要なこと
- (2) 予測情報を活用し提供にあたり必要な計画立案、及び実施能力を見に付けること
 - 情報活用についての一般住民への提供
 - 不確実性を持つ予測情報の効果的な活用
 - 情報を活用し、実際に使うことによる地方の防災力の向上

107. 研修の内容は次のとおりである。

- システム開発の目的、タイの社会にとっての効果
- 洪水予測解析の仕組み
- システム機器の構成と役割
- 防災分野における情報の活用と精度
- 予測に必要なデータ
- 流出と氾濫の解析モデルの内容と結果の精度
- 水管理シミュレーターとその操作方法
- システムの日々の運用・稼動
- システムメンテナンスと障害対策
- 防災情報として必要な精度と、情報提供に伴う責任
- システムにおける情報表示と活用
- 洪水予測と流出解析における新技術
- 防災分野における情報技術の活用の現状と将来
- 総合演習と討論

研修テキストはタイ語で作られ、添付資料 3 “Textbooks of Training on the Flood Risk Information System”に添付している。移管されたシステムの詳しい記述はこれらのテキストにあるが、その概要を図 12 に示す。



Schematic Diagram (Bird's-eye View)

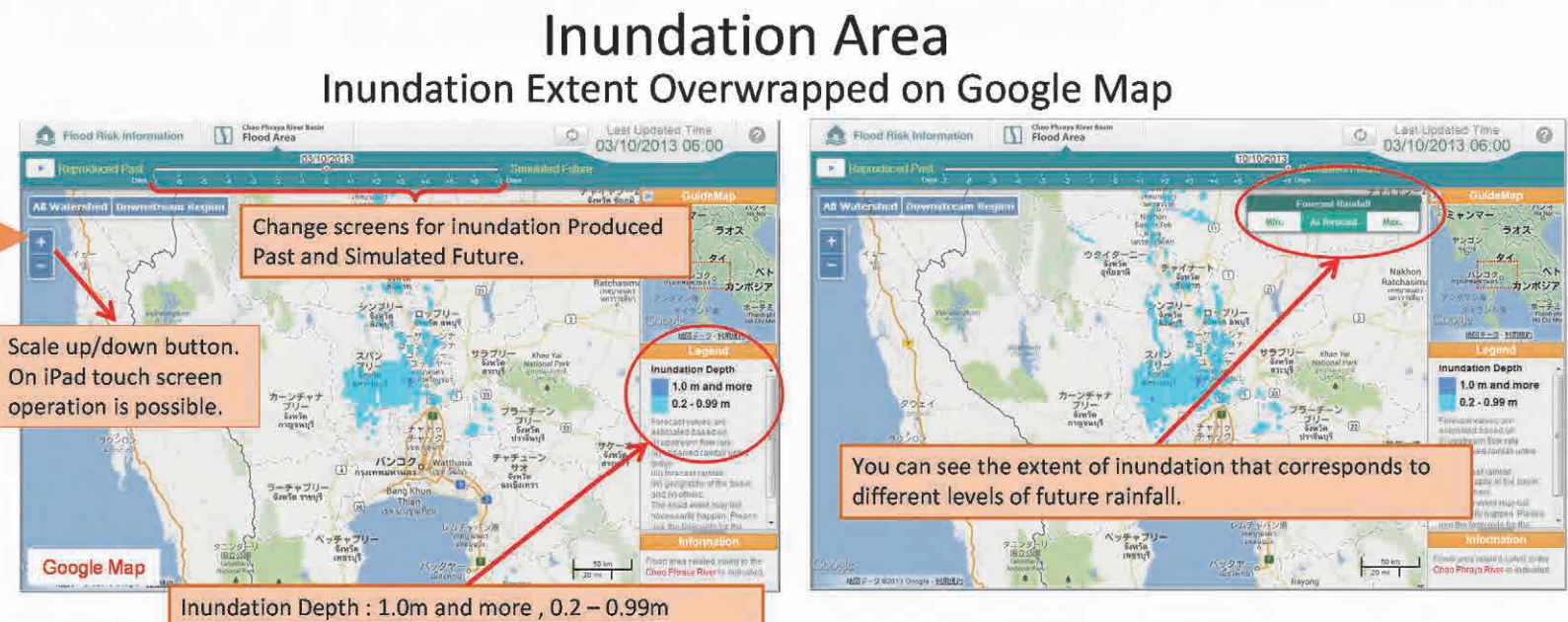
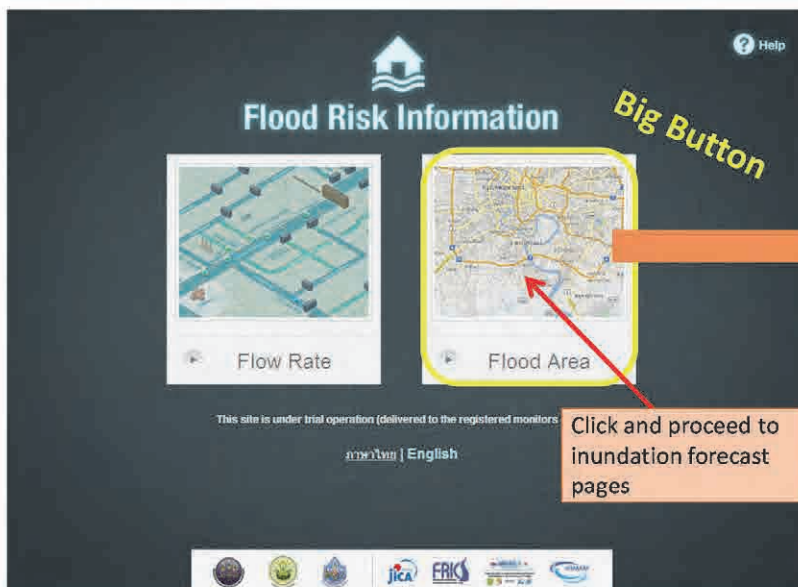
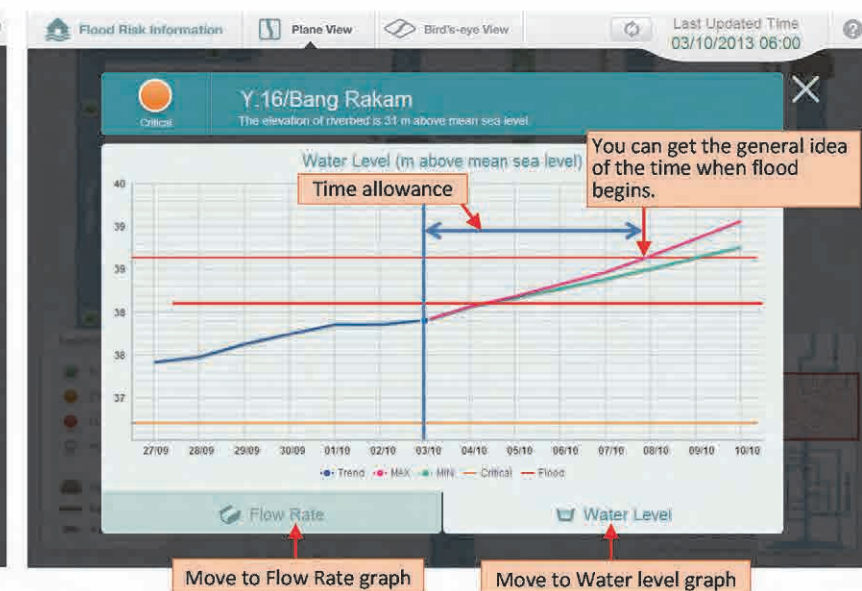
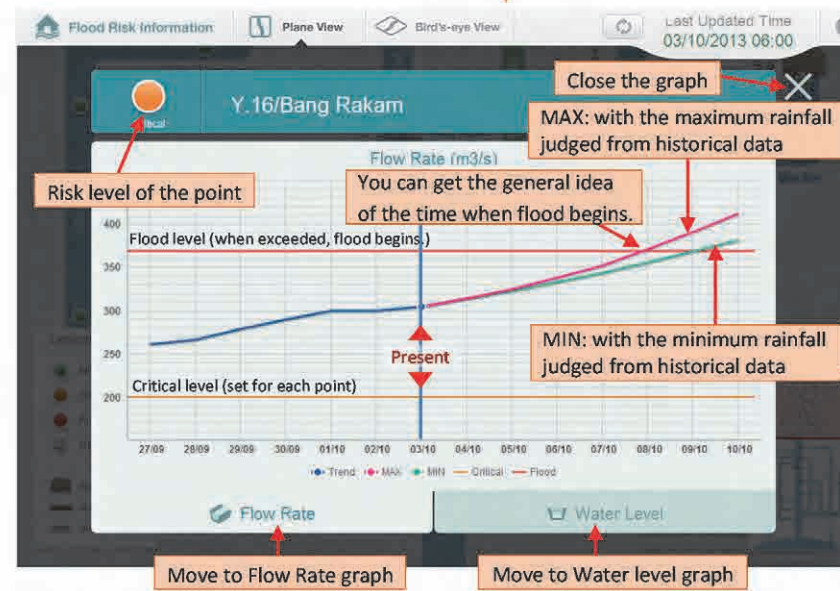


図 12 Flood Risk Information System の概要

6.5 運用マニュアル

108. タイ国政府がシステムを円滑に運法できるように、システムの運用マニュアルをタイ語で作成した（添付資料 4 “Operation Manual of the Flood Risk Information System”）。詳細な操作手順については、2013年9月10日と11日にRIDで操作担当の職員に説明した。

6.6 広報

109. Flood Risk Information Systemによる情報提供サービスの開始を紹介するため、一連のセミナーをバンコクで開催した。2013年9月19日には日系企業向けのセミナー、9月20日はタイ国政府機関、地方組織、水管理関係の学界、商業セクター、マスメディアに対するセミナーであった。参加者は2日間合計で300人近くに上った。システムは2013年9月からRIDが運用していたため、2日目のセミナーでは、Flood Risk Information Systemの概要と提供情報に関する発表をRIDの職員が行った。政府職員からは、タイ国政府が所有する既存のシステムとFlood Risk Information Systemの統合について、及びシステムの精度評価についての質問があった。マスメディアの反応は、RIDのミッションが水資源管理である中で洪水予測情報（7日予測）の新技术についてのもの、及び一般住民にとっての洪水関係情報の便益についてのものであった。これらのセミナーについては、日本及びタイ国の様々なマスメディア（テレビ、新聞、インターネット）が取り上げた。

110. とりわけ、タイPBSは“Rusupaipibat”というテレビ番組（全国の災害ニュース、防災対策について毎週土曜に放送）の中でFlood Risk Information Systemを詳細に紹介した。2013年9月29日の番組では、チャオプラヤ川の模式図が表示され、システムによって水の状況をどのようにモニターするのかが説明された。10月6日の番組では、RIDの局長と日・タイの大学教授の対談が放送された。その中で、局長は、JICAによって開発された水管理シミュレーターを施設の操作に適用すること、また一般住民はRIDのウェブサイトから流量と浸水についての7日予測を得ることができると説明した。

6.7 技術的課題の解決

111. 2013年10月11日に開催された諮問委員会会議において、Flood Risk Information Systemについて以下の点が残された問題として指摘された。

- 1) チャオプラヤ川流域以外のプラチンブリでも浸水域が表示されている。どこまでが本システムの表示範囲か明確にすべきである。
- 2) C2やN67地点等の流量のグラフにおいて、1日後の流量予測が一旦低下し、2日以降に上昇するようなものが見受けられる。上流の流量が減少もしていないときに、このようなC2地点等の値が減少することはないのではないか。
- 3) チャオプラヤダム の放流量（将来）が一定値になっているのは、実態と合わないのではないか。

議長は、上記の技術的課題に対する適切な解決策を議論するため、小会議を開催するように指示した。

112. スタディチームとRIDの関係者は、2013年10月22日と24日、RIDで上記の課題についての解決策を議論し、次の結論を得た。

- 1) シミュレーションはチャオプラヤ川の氾濫水が広がる可能性のあるところ（例えばバンパコン川の西）も含めて行うが、浸水区域の表示は誤解が生じないようにチャオプラヤ川流域に限って行う。
- 2) 2013年の洪水期には観測地点流量について、その実測値とシミュレーション値の誤差を、その差分もしくは比率で調整する。並行して、流域の土壌水分量を調整する

方法を検討する。2013年のシステムのパフォーマンスにより判断して、必要に応じモデルの再キャリブレーションを行うものとする。

- 3) チャオプラヤダムは、放流量＝流入量を基本設定とする。流入量と異なる放流量とする場合には、水管理シミュレーターにより（将来の）放流量を入力するものとする。

VII. 洪水管理システムの基本計画

7.1 概要

113. 自然現象である降雨によってもたらされる洪水に対しては、洪水、放水路、遊水地、ダム等の構造物対策だけでなく、正確な情報を提供し共有することによる住民や管理者の適切な非構造物対策も重要である。タイ国の社会と経済が持続的に発展するためには、これらの対策を総合的に実施する必要がある。チャオプラヤ川において 2011 年規模の洪水、及びこれを越える規模の洪水による被害を軽減するため、本コンポーネントにおいてチャオプラヤ川の望ましい洪水管理システムを提案する。

114. 本コンポーネントにおいては、チャオプラヤ川やタイの他の河川における現行の観測、収集、情報提供体制にもとづいて、より効果的な洪水管理を目指し、将来の洪水管理システムの基本的な形をまとめた基本計画を作成するための調査を行った。

7.2 洪水管理システムの基本計画の内容

115. タイ国の洪水被害を可能な限り減少させるための基本計画を次のように提案する。

- 住民や政府が災害の直後、災害の最中、さらに再建・復旧段階に効果的な行動を取るために整備・運用すべき情報システムに関するアイデアを取りまとめることにより、提案を作成するものとする。
- 情報を理解し、災害時に的確な行動をとるために、平常時にも関連情報を理解することが重要である。

116. 洪水については、多くの政府機関が関係しているので、情報体制を中心とする洪水管理システムも「タイ国洪水管理システムの基本計画」のようなしっかりした計画のもとに全政府機関の合意をとり、関係組織の協力により具体化されるべきである。提案される基本計画は、タイ国の実際のシステム開発と運用に可能な限り活用されることが望ましい。基本計画の作成にあたっては、以下の検討を行った。

- 情報の送り手ではなく、住民、関係機関の職員等の情報の受け手、さらに受け手がどのように上手く情報を使うかに重点を置くこと。
- タイ国の実態を的確に理解し、世界でも有数の自然災害が頻繁に発生する国である日本の経験や工夫と比較しつつ効果的な計画を作成すること。
- 観測施設、情報の収集・提供施設、各機関の解析システム、予測・警報システム等のタイの既存の施設を活用しつつ、新しい技術を導入すること。
- タイ国政府が実際に活用できるように、抽象的な提案ではなく具体的な提案を行うこと。
- 将来の様々な場面でタイ国政府が活用できるような計画を作成すること。

117. 基本計画の概要は次のとおりである。基本計画の全文は、添付資料 5 “Basic Plan of Flood Management Information System of Thailand” に含まれている。

7.3 現状と課題

118. 2011 年洪水に伴い情報関連の多くの問題が表面化し、様々な課題が指摘されている。そうした課題をより正確に捉えるべく、災害時の行動、そのための情報ニーズ等について、都市住民、農民、工場、マスメディア、行政機関を対象にアンケート、インタビュー等によ

る実態調査を実施した（添付資料 6 “Questionnaire Survey on Flood Information Needs”）。また、地球規模の気候変動も見据えて、マスタープランで提案された構造物の完成後において 2011 年規模を超える洪水が発生した時の被害状況と必要な行動や情報についても検討し（添付資料 7 “Damage Estimation of Large Floods”）、観測データの分布状況等についての分析（添付資料 1 “Hydrological Observation Stations in the Chao Phraya River Basin”）等も行った。

119. 洪水被害軽減のための情報について、その必要性、作成、活用それぞれの観点から、現状を踏まえた課題については、次のように整理される。

(1) 情報の必要性

- i) 被災回避の判断・行動に必要な情報が住民等に届いていないことの改善
被害をできるだけ軽減するために、住民等に必要な情報が届くようにする。被害軽減のためにはどのように危険が迫っているか等の情報が有用である。受け手の違いにより、情報の詳しさ、定性・定量の区別を判断する。
- ii) 迅速・的確な政府内部等の意思決定のため、情報の整理・共有体制を確立
機関相互の情報共有が不十分であったとの声は多く、マスタープラン(SCWRM, 2012)においても情報関係が弱かったと指摘されている。
- iii) 今後の状況変化に的確に対応するために、現状推移把握と洪水予測情報体制の確立が必要
実態調査では、2011 年に得られなかったが今後は欲しい情報として、現況に関する正確な情報とともに、予測や警報に関するものなど今後の状況変化についての情報が多くを占める。
- iv) 各自が的確に行動できるためには、広域的な予測情報だけでなく、身近な個別地域の予測情報等が必要
実態調査では、個人は、自分に危機が切迫していない時には、遠くで発生した事象の中継画像にも興味を示すが、浸水の危機が切迫すると自分の居るところがいつ、どの程度浸水するか、浸水してしまった後は、いつ水が引くかに興味に移っているのが、明確に見える。すなわち、個人は自分の行動を決定するときに活用できるようなローカルな情報を必要としている。
- v) 水関係の情報だけでなく、取るべき行動や交通状況等についての情報流通体制も必要
停電により、テレビも見えなくなり情報が途絶えるほか、その他の生活にも支障が生じる。道路冠水により通行不能となって人流・物流が途絶えるため、生活・工場等の操業その他に大きな支障が出る。そのため、単に浸水の情報だけでなく、ライフラインの状況についての情報が欲しいというニーズが高い。そのため、被害軽減のためには、単に水関係の情報だけでなく、こうした被害や対策などの関連情報を住民等が得られるようにすることが重要である。

(2) 情報の作成

- i) 降雨量等の正確で効率的な把握に有効であるのに、観測データについての相互連携は未だ十分な状況ではない
降雨が最も基礎的情報である。降雨の分布その他の状況を的確に捉えること、その変化の推移を認識し、的確な災害対応が重要。タイ国の雨量観測所の密度は十分とは言えない。各機関で偏っており（RID は川沿い、DWR は山間部など）、連携すればかなりの効果がある。

- ii) 広大な流域の管理のためには水ネットワークの面的な情報把握体制の確立が急務
防災施設の整備が進むと安全度は高まる一方、(a) 流量をコントロールする施設が増え、確実な操作が求められること、及び (b) 施設容量の上限を超えた場合や破堤により、急激な浸水区域の拡大の恐れがあることにより、全体の水の状況、施設操作状況、洪水予測等の情報の必要性が増大する。

- iii) 今後の状況変化に的確に対応するために、現状推移把握と予測情報体制の確立
住民・工場等は正確な情報が欲しいという声が極めて大きい。これは 2011 年洪水時に、情報が無かったこと以外に、政府等からの情報が機関や人により食い違っていたことにも大きく起因しており、高い精度の情報というよりも、バラバラでない政府等の統一した状況把握を望んでいる面が強い。
災害への対応は、今後どうなるかをイメージできることが重要である。タイはこれまで、水位相関でのものなど一部を除いて予測情報を扱ってきていないが、たとえ不確実性を含んでいても、それを使うノウハウも含め、本格的に対応していくべきである。

(3) 情報の活用

- i) 住民等に確実に伝えるためマスメディアや NGO 等との連携を図る必要
実態調査では、住民等はテレビ等のマスメディアから情報入手する場合が大変多い結果が出ている。にもかかわらず、政府等とマスメディアの連携はほとんど無く、逆に批判的である。日本では、日頃行政に批判的なマスメディアも、災害時の住民等への情報伝達については連携している。
2011 年洪水時に、NGO は救援の提供だけでなく、情報提供においても重要な役割を果たした。
- ii) 情報活用のために、情報受け手の住民等の知識・認識向上が重要
情報内容を改善し、伝達もしっかり行っても、情報の受け手である住民がその情報を理解し判断や行動に活用されなければ意味が無い。2011 年洪水時に、浸水する前は、浸水すると思わなかったので何も行動を起こさず、浸水した時はどうして良いか分からなかったため、また時間が無かったので何も行動をとらず、浸水後は、効果のある方法が無かったので何もしなかったという実態調査の結果がある。あらかじめ行動が起こされていたならば、状況は違ったであろう。
- iii) 水門等の効果的な総合運用を図るために、総合的な情報と遠隔操作等の体制の確立が必要
チャオプラヤ川では、水利用のために、水門、運河等の施設が複雑に入り組み、これらが洪水時にも重要な役割を果たしている。これらは、ほとんど勾配のない地形に設置されており、水門の操作によって運河を流れる水の量ばかりか、その方向も変化する。それぞれの地点で最適と思われる操作も、流域全体では必ずしも最適とは言えない状況が容易に生ずる。これらを一体として効率的に運用するためには、総合的な情報に基づいた流域全体の状況把握と集中的な操作を行う必要がある。
- iv) 情報システムを支えるためのネットワークの容量が不十分であり、抜本的改善が必要
現状、タイではデータ、情報がオンラインで十分にリンクしていない。洪水管理情報システムを支えるためには、地方からのデータ・情報の収集、総合的情報への処理、円滑な情報提供および画像情報の利用などを支えるためネットワークの伝送容量を抜本的に改善する必要がある。

7.4 今後のタイ国の洪水管理基本方針 (どのような社会を目指すか)

120. 多くの恵みを与え時には災害ももたらす自然と調和して共生し、心優しいタイ国民がともに助け合うタイ国の特長を活かして、以下のような社会を形成するタイ国流洪水管理を進める。

121. タイの国民や産業等にとって安全な社会とするだけでなく、安全についての国際的な信頼を確保するとともに、周辺諸国の模範となるタイ国流洪水管理の将来にわたる成長を目指す。

(1) 自助・共助・公助により被害が軽減する

- 被害軽減のための行動において、行政、地域社会、個人がそれぞれの役割を果たすことが必要である。
- 「自助」とは、自分で自分を守る事である。「共助」とは、周りの人たちと助け合うことを言う。「公助」とは、公的支援のことを言う、ハードも含む。
- 行政がすべての役割を果たすのではなく、地域社会や個人が役割を果たすのを支援することにより、低コストで早期に効果を発現する「真に災害に強い社会」を実現することができる。

(2) 水害対策施設（ハード）と情報体制（ソフト）が合わせて効果を発揮する

- 防災・減災の基本は、(1) 危ないところに住まない（現象に遭遇しても被害が起こらない）こと、(2) 防災施設等で現象をとどめる（現象を調節する）こと、及び(3) 危険が迫れば逃げる（危険状態から助ける）であり、これらの3つは相互補完の関係にある。(1)の例には土地利用、建物の耐水化、(2)の例には、堤防・水門・ダム、(3)の例には避難・財産の保護、被災回避行動、救助が含まれる。ハード対策・ソフト対策などを一緒に進める総合的防災・減災が基本である。高い効果、早い効果、より安価に等を目指して、ベストミックスを選択するというのが、ハード&ソフトの基本。
- 水害対策施設は、緊急時に適切に操作・運用されることが前提となっている。ダムの放流、堰・水門の操作など誤った運用により、効果を発揮しないばかりか、却って被害を増加させる可能性もある。特に洪水時の遊水地の使用は、後で補償することを前提に、その中で被害を発生させるものである。十分な情報体制を整えることにより、これら施設の効果的な運用を実施する必要がある。

(3) 持続可能な社会を支える持続可能な洪水管理

- 地球規模の気候変動により、6月から10月までの降雨量は6~10%程度増加すると予想されている（IPCC第4次報告）。こうした増加に柔軟に対応できる持続可能な洪水管理が必要となる。政府によるリスクマネジメントや2011年洪水の住民への対応は様々な面で不十分であった。これは過去の洪水経験のみに基づいた行動が原因であると言われていた。2011年の洪水被害を受けて災害対策施設が構築されようとしているが、これらの構造物が完成した後も、災害の同じ過ちを繰り返すことのないように2011年の規模を越える大きな洪水どうなるかを検討し、情報共有による洪水被害の軽減を促進することが重要である。
- 洪水に対する安全確保が農・工・商のリスクを軽減すると期待される。これにより企業誘致や産業の振興が図られ、タイ国の持続可能な発展が確保される。自然との共生、環境保護は持続可能な社会を形成する上で重要な要素である。タイ国の洪水管理は利水施設を有効に利用したものとなっている。複合した目的の施設を的確に管理するためには、

情報の必要性がさらに高まる。

(4) 産学官の連携や国際協力によりさらに成長する洪水管理

- 洪水管理の実施責任は政府機関が持つ。しかし、洪水管理に関する研究、周辺技術の開発において、産業界、学界と連携をとり、知識・技術・人材のレベルを高める必要がある。また国際協力によって他国の好事例を取り入れ、タイ流の洪水管理をさらに成長させるとともに、近隣周辺国に対し、この地域に適した洪水管理手法としての範を示すことが望まれる。

7.5 洪水管理情報システム整備の基本戦略

(総合的に実施すべきこと)

122. 2011年の大水害を受けて抜本的水害対策を図ることとしたこの時期は、今後3から5年かけて、タイ国の水害への対応力全体がしっかり底上げされるように、あまり個別の枝葉末節的な情報システムではなく、抜本的に洪水管理についての基本的な情報基盤を整えることを第一に実施すべきである。そうした基本的情報基盤の整備は、将来にわたり様々なタイの水害対策や水利用・環境管理にも役立つものとなる。

123. 現状と課題及び今後のタイの洪水管理基本方針を踏まえ、タイ国洪水管理システムとしては、大きく捉えて以下の整備を行うべきである。これらは、すべての情報について、情報ユーザーである住民や行政機関が的確な被害軽減行動や対策を行うために必要な情報は何かを検証し直し、優先度や重要度を踏まえ導かれたものである。また、タイの既存の財産・知恵も最大限活かし、実現性も考慮し着実に実施すれば3から5年で整備・運用ができる内容のもので構成している。

124. 2013年2月現在、包括的洪水対策の一環として、種々の提案がなされているが、この計画案は、いずれかの提案に偏るものではなく、どの提案機関も考えなければならない、今後のタイの洪水管理システムについての普遍的に必要な事項をまとめたものである。

(1) 洪水の状況や被災状況の全体を把握し、現況情報の空白地帯を無くす

- 流域の水の動き全体と個別状況を見ることができるようになる
- 大河川は当然のことながら、合わせて、支川、山間部の水害も状況を把握する。
- 被害状況、緊急対策状況、復旧状況の全体と個別状況を見ることができるようになる。

(2) 情報の正確さ向上と政府内部等の共有の推進を図り、信頼される情報提供による効果的対策を進める

(3) 洪水の水位・流量と浸水区域の予測体制を確立する

- 予測システムを活用し、河川の水位・流量を予測し、また注意や警戒の水位基準を必要な行動との関係から見直し、効果的な予警報を行う。
- 予測システムを活用し、人々の要望が強い浸水区域の予測情報を提供するとともに、備えが必要な地域に適切に予警報がなされるようにする。
- 氾濫による個別地区の浸水拡大の予測情報が得られるようにする。下流域、山間部、支川の特性を踏まえた予測情報とする。
- ダム・水門・ポンプ等の操作による効果・影響を予測し、効果的操作を判断する。

(4) 住民等への伝達における情報の空白を無くし、情報共有社会を確立する

- 従前の手段に加え、複数のあらゆる手段を駆使して、住民等に情報が伝わるようにする
 - マスメディアや NGO 等との連携を図る
 - 情報を効果的に活用できるように、防災教育など平時からの知識・認識の向上を図る
- (5) 以上を着実に達成するため、総合情報システムを確立する
- 機関ごとの観測・解析・情報活用体制の向上を図るとともに、基本的情報は総合システムに集約する。
 - 各機関のデータを集め表示するだけでなく、各機関情報を関連づけた情報として活用する。
 - 政府内部の情報共有と意思決定に役立て、対策の統一的な指揮や情報発信の拠点とする。
- (6) 基幹情報通信ネットワークを整備する
- 各地からの迅速で確実なデータの収集・伝達、作成された情報の各地域への伝達・配信、画像情報の活用などに十分対応できるように、大容量で高速の基幹回線をチャオプラヤ川沿いに整備する。
 - この南北の軸は、国道 1 号なども通り主要な都市や工場地帯も並ぶ、タイ国の経済軸でもあり、基幹情報通信ネットワークは単に災害対策だけでなく、経済がさらに発展する基軸ともなる。
 - 周辺に複雑な水路ネットワークもあり、そうした関係の情報が円滑に機能し、合理的水利用の進展や、新たな IT を活かした農業なども期待される。

7.6 洪水管理情報システムの具体整備計画

125. 以上の方針や戦略に沿って、タイ国の洪水管理のために緊急に整備すべき情報システムの具体内容を以下の項目について検討した。

- (1) 現況の把握
- i) 降雨状況把握（地上観測所）
 - ii) 降雨状況把握（雨量レーダー）
 - iii) 水位・流量把握
 - iv) 浸水区域状況把握
 - v) ITV カメラ映像による現地状況把握
- (2) 予測・予警報
- i) 気象予測の精度向上
 - ii) 水位・流量の予測と予警報
 - iii) 浸水区域の予測と予警報
- (3) 施設操作・緊急対策等
- i) 操作による効果・影響シミュレーションを踏まえた最適施設操作判断
 - ii) 対策による効果・影響シミュレーションを踏まえた最適な緊急時水防対策
- (4) 総合情報化
- (5) 伝達システム
- (6) 通信ネットワーク

(7) 情報管理体制

126. 基本計画は2013年1月25日と2月20日のセミナーで説明された。基本計画を記載した小冊子（タイ語、英語）はセミナー、会議等の機会を捉えて広く政府機関職員、研究者、学生及び一般住民に配布された。その中には、タイ国政府の高官が参加したアジア水サミット（チェンマイ、2013年5月開催）が含まれている。

VIII. 基本計画を具体化するための追加調査

127. 洪水管理システム基本計画を具体化するため、以下のような項目について追加調査を行った。

- (1) 土砂災害の予警報
- (2) 警報情報のための水位基準
- (3) 災害軽減行動のための予警報
- (4) 非構造物対策の便益解析（洪水予測システムの経済分益）

8.1 土砂災害

8.1.1 概要

128. タイ国の山間地域において発生する豪雨災害は次の二つに分類される。

(1) 比較的頻度の高い局所的災害

タイの山間地域の集落においては、ある程度の大雨が降った時に、集落内を流れる中小河川が溢水し、集落内の一部に、家屋や家財道具や農地の浸水被害や人的被害が発生するような災害が、しばしば繰り返されている。

(2) 比較的頻度が低いが深刻な被害を発生させる災害

数年に1回程度は、タイ国全土の山間地域のどこかで、長時間継続する豪雨によって、土砂災害（土石流・泥流（大量の土砂を含んだ「**Nam Paa**」）、大規模あるいは多数の山腹崩壊（「**Pan Din Talom**」）を伴う洪水が発生し、広範囲（集落の大部分あるいは複数の集落）の被害もしくは多数の死者が発生する災害が発生している。

129. このような土砂災害を伴う洪水災害は、北部地域と南部地域で多く発生する傾向がある（降雨条件や地質特性に起因する）。

130. DWR の **Early Warning System** は以下のように設計されている。

- (1) 観測ステーション（山間部タイプ）には、自動雨量計、マニュアル雨量計、伝送装置、回転灯及びサイレン、温度計、土壌水分計が設置されている。
- (2) 自動雨量計で観測された雨量は、15分間雨量としてデータロガーに記録され、そのデータがリアルタイムでDWR本部のメインステーションに伝送される。
- (3) 観測値が警報基準（3段階）を超えた時点で、回転灯及びサイレンが起動する。
- (4) 警報基準に達して回転灯及びサイレンが起動したら、村民の担当ボランティアが、川の状況等の監視を開始し、状況に応じて村民に避難を呼びかける。
 - 緑（Level 1）：雨量や川の状況の監視を始める（Alert）
 - 黄（Level 2）：監視体制を強化するとともに、避難の準備をする（Alarm）
 - 赤（Level 3）：避難を決断する（Action）
- (5) DWR職員（**Early Warning System**の地域担当職員）は、緑の警報基準に達したら、担当ボランティアとの連絡（状況確認）を開始する。
- (6) 観測ステーションの設置時に、ボランティアリーダーとそれを補佐するボランティアネットワークを構築する。
- (7) DWRの担当職員との間に24時間連絡体制を取っている。
- (8) 観測ステーション設置時と、設置後は1年に1回、講習会を実施している。

8.1.2 優れている点と課題

131. **Early Warning System** は以下のように評価される。

- (1) 優れている点

- i) 雨量をリアルタイムで観測し、自動的にアラートを発することで、地域住民への迅速な情報提供ができています。
- ii) 今まで観測できていなかった山間地域や、今まで日雨量しか観測できていなかった地域に、テレメータ雨量観測局が設置され、15分単位の実績雨量データが蓄積されるようになった。
- iii) 地域住民にとって理解しやすく観測しやすい雨量指標を使った警報基準を設定しているため、地域住民が主体的に参加できるシステムになっている。
- iv) 地域住民とのリスクコミュニケーションを図り、政府と地域住民との間の相互通報システムが構築されている。

(2) 課題

- i) 警報基準の精度
- ii) 地象現象にもとづくアラートの発信
- iii) 被害を受ける地域と観測サイトの関係

8.1.3 提案

132. DWR の Early Warning System のさらなる改善について、以下を提案する。

(1) 警報基準の精度向上

- 大規模災害の切迫性の着実な伝達のために、赤警報に相当する新たなアラートとして、土砂災害に着目した、より精度の高い警戒基準を検討し、試行する。
- その警戒基準は、横軸に長期雨量指標をとり縦軸に短期雨量指標をとったグラフ上に、テレメータ雨量計の実測降雨の軌跡（実況スネーク曲線）を表示させ、そのスネーク曲線が基準値（クリティカルライン）を超えるおそれがあるかどうかを監視するものである。

(2) 地象現象に基づくアラートの発信

- 河川からの溢水、土砂移動現象（崩壊や土石流・泥流）の発生、避難の開始、被害の発生等、地象現象や現場で起こっている出来事は、大規模災害が切迫した事態になっていることを認識できる重要な情報。
- これらの地象現象等の情報が、村民の担当ボランティアから速やかに DWR（地域担当職員及び本部）へ通報され、その情報が速やかに周辺地域住民に伝達されるしくみを、システムに追加。

(3) 源流域や山の上での降雨観測実施

- 観測局（テレメータ雨量計）を増設する際には、災害実績のある集落や、設置しやすい集落の他に、山の上に近い集落にも設置する配慮をする。

(4) レーダ解析雨量の実用化に向けた取り組み

- 地上雨量計だけで土砂災害発生源をくまなくカバーすることは困難であり、レーダ解析雨量計の実用化に、関係機関と連携して取り組む。
- なお、レーダ解析雨量の精度向上のためには、キャリブレーションに使用できるテレメータ地上雨量計ネットワークも不可欠であるので、地上テレメータ雨量計の運用もしっかり継続する。

(5) 土石流や泥流の氾濫堆積範囲の調査

- 土砂災害発生メカニズムの把握、ハザードマップの検証及び精度向上、土砂災害対策政策の重要性（効果）の評価等へ活用するため、土石流や泥流が発生した現場における、氾濫堆積調査を行う。

133. 詳細な報告を添付資料 8 “Technical Proposal for DWR Early Warning System” に添付する。

8.2 水位基準

8.2.1 概要

134. 現在のチャオプラヤ川流域の水位基準には、異なる二つの対象に向けた二種類が存在する。一つは観測所周辺の地域に向けた警戒基準であり、もう一つは下流域に向けた警戒基準である。これらの基準はそれぞれの観測所の流下能力に基づいている。

(1) 観測所周辺地域への警戒情報としての水位基準

- 川の水位は緑、黄色、赤の 3 つに区分されている。これらの閾値がそれぞれ「警戒水位 (Warning level)」と「危険水位 (Critical level)」と定義されている。
- 「Critical level」は河川からの氾濫が発生する水位と定義されている。これは低い側の堤防高あるいは観測所周辺で最も危険性が高い地点の堤防高と等しい。
- 「Warning level」は警報を発出する水位と定義されている。実際の警報水位の値は各観測所の危険水位に基づいており、土地利用や周辺地域の経済的状況など様々な条件を考慮して決められている。
- 隣接する二つの観測所の相関に基づいた早期警戒手法が確立されている。
- 洪水の程度として洪水開始、中規模洪水、大規模洪水、深刻な洪水が定義されており、洪水の程度に対応する水位が決められている。洪水の到達時刻は過去の洪水実績におけるハイドログラフに基づいて決められている。
- 上流側の観測所における水位、推定される洪水発生 の 時期、洪水の程度が住民に対して通知される。
- いくつかの町には、過去の洪水実績に基づいた想定浸水区域地図が作成されている。
- チャオプラヤダムの下流域では、ダム放流量と各観測所における水位基準との比較により近い将来のリスク洪水を判断する。

(2) 下流域への警報としての水位基準

- 支川を含むチャオプラヤ川流域の主要観測所では、下流域における洪水リスクを示す水位基準が設定されている。この水位は「Critical level」として定義されており、2011 年大洪水後に、一種の警報システムとして洪水リスクを示すように規定されている。
- この警報システムにおける「Critical level」は、チャオプラヤ川流域の 38 観測所にのみ適用されている。
- 「Flood level」は河川から氾濫が始まる水位あるいは河川の流下能力として定義されている。「Flood level」の定義および値は各観測所周辺に対する警報としての「Critical level」と全く同じである。
- 「Critical level」は水位だけではなく流量表示にでも規定されている。
- 「Critical level」は洪水管理を行う職員のための指標として使われている。ここでは「Critical level」は、同じ観測所での「Flood level」が元になっていない。この「Critical level」はその観測所でのリスクを表すのではなく、下流域でのリスクを表している。「Critical level」を超過している上流域の観測所がある時、洪水管理職員は継続的な上流域の状況監視を始め、また中央平地など下流域における洪水対策の準備を開始する。
- 下流域での実際のリスクを判断するため、流量の「Critical level」超過だけではなく、水位や流量の増加傾向も検討される。
- 「Critical level」を超過した場合、唯一 Single Command Center (SCC) が施設操作の命令を出す権限を持つ。
- チャオプラヤダムの下流域では、上流域と比べて「Critical level」の重要性は低い。
- この基準は基本的に川の流れと洪水の将来の動向を知るためのシステムであり、一般向けの警報システムとして確立されているわけではない。

8.2.2 観測所

135. チャオプラヤ川流域のテレメータ観測所の現状を基本計画において評価した。雨量

観測データ密度の分析によると、必要密度は一観測所あたり流域面積 500km² 以下であることとされた。さらに、Flood Risk Information System を運用するという観点から、テレメータ雨量観測所の追加配置が必要な小流域を限定し、優先順位を付けた。チャオプラヤ川下流域での洪水予測においては、ダム集水域は雨量データ入力点としての重要性は比較的低い。これはダム放水量が流出氾濫シミュレーションのためのモデル入力データとして使用されているからである。C.2 地点以南の下流域での雨量も将来の流量には大きな影響を与えないことから、重要性は高くない。表 8 に各小流域におけるテレメータ観測所の不足数を示す (RID のみの場合と RID と TMD を合わせた場合)。C.2 地点の上流側、かついくつかのダムの下流側にあたる流域でのデータ空白域がテレメータシステムを改善するために着目すべき領域と考えられる。

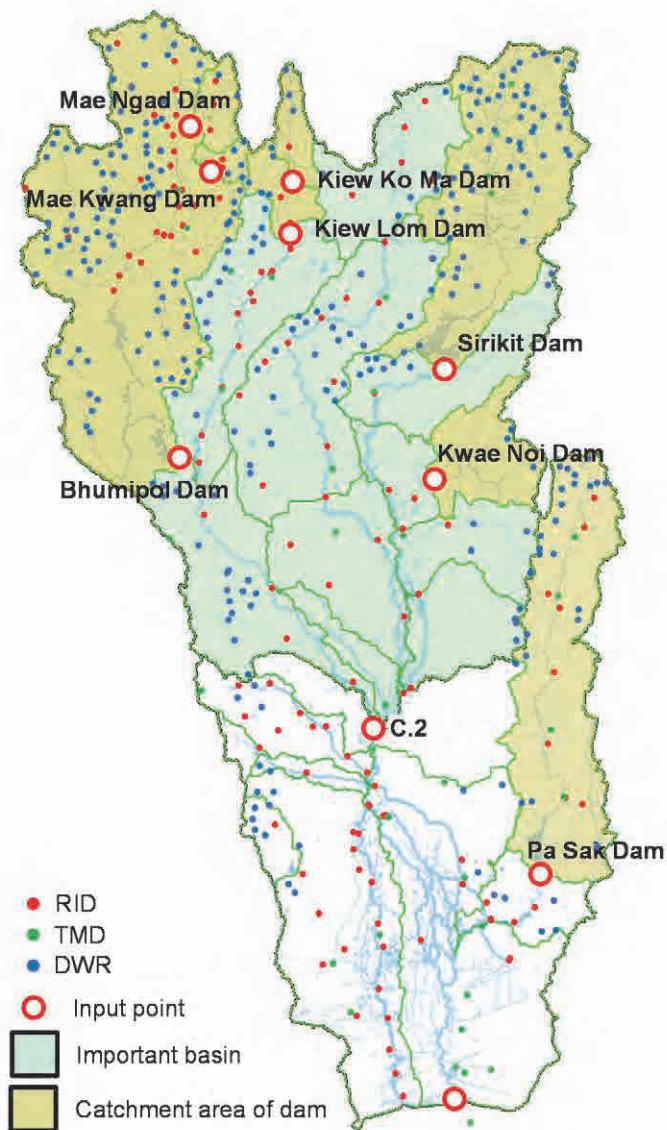


図 13 チャオプラヤ川流域のテレメータ雨量観測所の配置と小流域内でのデータ空白域

表 8 小流域毎のテレメータ観測所の不足数

Sub basin	Catchment area (Km ²)	RID			RID+TMD		
		Number of telemeters	Catchment area per one telemeter (Km ²)	Deficiency	Number of telemeters	Catchment area per one telemeter (Km ²)	Deficiency
Bhumipol dam	26,315	39	675	14	42	627	11
Kiew Lom dam	3,975	7	568	1	7	568	1
Wang downstream	6,885	12	574	2	15	459	0
Ping downstream	8,436	4	2,109	13	7	1,205	10
Yom upstream	5,612	5	1,122	7	5	1,122	7
Yom middle stream	12,194	13	938	12	15	813	10
Yom downstream	8,114	7	1,159	10	9	902	8
Srikit dam	13,119	0	-	27	4	3,280	23
Kwae Noi dam	4,254	0	-	9	0	-	9
Nan middle stream	7,580	4	1,895	12	5	1,516	11
Nan downstream	8,111	4	2,028	13	5	1,622	12
Pasak dam	12,929	14	924	12	18	718	8
Lower (ex. Pasak)	45,672	41	1,114	51	55	830	37

8.2.3 課題

136. 水位基準およびそれに関連する項目には次のような課題がある。

(1) 水位基準の定義

洪水が始まる水位（赤と黄色の閾値）と警戒を始める水位（黄色と緑の閾値）はそれぞれ異なる二つの呼び名があり、混乱を招く。

(2) 早期警戒手法が限られた地域でしか適用されていない

上流の隣接する観測所との相関を用いた早期警戒手法は 8 観測所で適用されているのみである。他のほとんどの観測所では同様の警戒手法は整備されていない。

(3) 想定浸水区域の公表が十分でない

想定浸水区域はほとんどの町で検討されていないか、公表されていない。洪水警戒情報として、洪水の程度や河川水位を想定浸水区域と関連付けるべきである。水位基準は想定浸水区域の検討後に見直しを図ることになる。

(4) 住民や職員がとるべき行動との関連が示されていない

水位基準と住民、地方行政職員や水防団体がとるべき具体的な行動との関連性が示されていない。さらに、水位基準は行動に要する時間を示していない。水位基準と関連付けられた行動を定義付けることにより、洪水被害の低減が可能だと考えられる。

(5) 早期警戒手法において監視すべき観測所までの距離

既存の手法で監視される上流側観測所までの距離はかなり幅があり、洪水到達時刻も 4 時間から 24 時間のばらつきがある。住民、農民、工場や水防団にとって必要な行動を検討して、行動を完了するための時間および最適な観測所間距離を明らかにする必要がある。

(6) 川の流れの状態が観測所地点でしか示されていない

観測所によって代表される河川区間がどれくらいなのか明確でない。観測所周辺の市街地ではなく、河川沿いの地域では観測地点での色別表示では自分たちの地域での流れの状況を正しく把握することができない。

(7) テレメータ雨量観測所の空白域

テレメータ雨量観測所の必要密度に関する分析によると、チャオプラヤ川流域には未だデータ空白域が残っている。既存の早期警戒手法に代わる、洪水氾濫シミュレーションを高い精度、高い信頼性を持った洪水予測システムとして確立・運用するためには、テレメータ雨量観測所の数が十分ではない。

(8) 水位基準に関する情報が十分に整理されていない

少なくともウェブサイト上の水位基準情報はあまり整理されていない。古い情報がウエ

ブサイトで閲覧可能となっており、利用者にはどれが最新情報であるのかわからない。

8.2.4 提案

137. タイ国における水位基準のさらなる改善と洪水警報のための設定について、次のように提案を行った。

(1) 警報基準の再定義と通知

- 洪水の始まりを表す水位基準は「Flood level」あるいは「Critical level」の二通りで呼ばれている。また、洪水警戒を表す水位基準は「Critical level」あるいは「Warning level」の二通りで呼ばれている。混乱を避け、より理解されるように、水位基準は正確な意味を反映するように再定義を行い、その定義に対応するよう改名すべきである。たとえば、洪水の始まりを表す水位は洪水発生有無の境界を表すように **Critical level** とし、警戒を表す水位は文字通り **Warning level** とする。
- 各観測所の **Warning level** はチャオプラヤ川下流域での最小流下能力に基づいて決められている。そのため、いくつかの観測所では近隣への警戒情報となっていない。人々が実際の川の流れの状態を理解することを妨げている混乱を解消するため、**Warning level** の正しい意味を一般市民に説明するべきである。
- 各観測所の **Warning level** は、住民や地方職員が取るべき行動に関連付けられるべきである。水位が **Warning level** に到達した時、人々は被害回避のための対策準備を促す警戒情報を受け取ることが期待される。
- 一般市民に対して洪水警戒情報を伝えるために、量水標を正しく設置することが必要である。いくつかの観測所では、基準変更にもかかわらず、通常、警戒、危険（緑、黄色、赤）を表している量水標のペイントが更新されていない。
- 最も危険な地点が **Critical level** および **Warning level** の設定地点として選択されるべきである。河川沿いのすべての地域をカバーするためには、地点ではなく、観測点が受け持つ河川区間毎の色別表示より、流の状況が認識できることが望ましい。

(2) 洪水の程度で表現した早期警戒手法の活用拡大

- 隣接する 2 地点の相関に基づいた既存の早期警戒手法を地域の重要性に応じて、必要な観測点に順次適用拡大すべきである。既存手法は現時点で上流域の 8 地点でしか利用されていない。この手法において、監視すべき上流側観測所は洪水対策およびその準備に要する時間に基づいて設定されるべきである。
- 早期警戒手法の利用を一般市民に広く知らせるべきである。一般市民はどの観測点が監視すべき地点なのか、また自分たちの区域で洪水の程度に対応する水位がどれくらいなのかを明確に知っておく必要がある。
- 特定の場所での浸水深と洪水の程度との関係を一般市民に周知するために、浸水予測図を作製し、配布すべきである。浸水予測図は過去の洪水実績や浸水シミュレーションの結果に基づいて作成できる。さらに、過去あるいは浸水予測図に基づいた予想浸水深を示す標識や量水標を町中に設置し、周知する。そのため、水管理シミュレータが浸水区域の検討や浸水区域図の作成に有用である。

(3) 観測所の改善

- 既存の早期警戒手法は、洪水と氾濫をシミュレートする高精度と高信頼性の洪水予測システムに置き換えられる。高性能な予測システムを確立するために、テレメータ雨量観測所を必要密度となるように増設すべきである。
- タイ国の中央低地での浸水リスクを予測する **Flood Risk Information System** におけるシミュレーション精度の向上には、テレメータ雨量観測所の増設が効果的であり、Yom 川流域、Ping 川下流域、Wang 川下流域、Nan 川中流域および Nan 川下流域での増設が優先されると考えられる。
- データ空白域を減らすため、異なる組織間（たとえば、RID と TMD）のテレメータ観測所データの統合が効果的である。

138. 詳細は添付資料 9 “Water Level Standards”に記載した。

8.3 災害軽減行動のための予警報発出

8.3.1 概略

139. 洪水予報と早期警戒システムは洪水リスクにさらされるコミュニティの助けとなる効果的な手段の一つである。しかしながら、効果的な洪水予警報システムを確立・改善するためには、2011年洪水における予警報の課題を検証しなければならない。様々な政府機関と地方機関の役割を含めて、2011年洪水における予警報発出プロセスの実態を調査した。それらに加えて、コミュニティや工業団地内の工場関係者からの要望についてもまとめた。

8.3.2 都市住民、農民および工場関係者

140. チャオプラヤ川流域中心部への洪水到達前には、ほとんどの地方行政機関が政府機関から洪水情報を受け取り、それぞれの責任の元に住民に対する警報を行っていた。そのため、ほとんどの農民、都市住民は、自分たちの地域に洪水が到達する少なくとも1~2日前に警報を受けた。地方行政機関と市民を含む、地方のネットワークが洪水情報の配信や警報で主要な役割を果たしたようである。地方機関の上層部と下部の間でのコミュニケーションは公式文書としてなされたが、一方、地方機関と住民の間では警報伝達は口伝えや電話という形で行われた。さらに、TVやラジオはほとんどすべての家庭で広く使われているので、マスメディアが情報配信において重要な役割を果たした。

141. 一方、調査した7つの工業団地の全ての工場では、地域企業ネットワークから口頭で情報を得ていたが、同様にタイ工業団地公社 (IEAT) や中央政府からも警報を受け取っていた。このことは、タイ国にとって工業部門が重要であり、国の機関が投資者に対してどれだけ気にかけていたかを示している。ただし、様々なソースからの過剰な情報によって混乱したと数社が回答した。そのため、一部の工場では被害軽減行動を取れず、どのように対処すれば良いか決めることができなかった。

142. すべての回答者グループが水位や上流域およびその場所での降雨の情報を洪水到達前に受け取った。また、いくつかの工場では洪水後に工場へ戻ることが可能となる時期の情報も得ていた。住民は受け取った情報に十分満足しているようであり、意思決定するために十分な情報だったと言っている。しかし、工場関係者はより多くの情報を期待していたようである。また、農民や都市住民は情報が信頼でき、有用であると感じているようだが、工場関係者は情報の信頼性が低すぎて、有用ではなく、60%以上が受け取った情報に全く満足していなかった。

143. 洪水の接近期間中でも、同様な傾向がみられた。ほとんどの農民と都市住民が地方機関および地域内の人々とのネットワークから情報を受け取ったが、工場関係者の間では浸水情報が受け取れなかったために、混乱が生じていたようである。ただし、このことはコミュニケーション・プロセスと警報システムへの不満足感に起因するものだろう。

144. ほとんどの工場は、情報が信頼性に乏しく、有用ではなく、全く満足していなかった。彼らは警報システムが高い精度であることを期待していた。加えて、彼らは差し迫った状況への対応方法の提案を受けることも望んでいる。

145. 浸水の水位上昇が止まり、以後の降雨予想がなくなれば、降雨データは必要なくなる。工場では、援助を求めるための人や機関の連絡先リストを入手することを望んでいた。

いくつかの工場では、そういった情報を 2011 年洪水の回復期間に入手できなかった。しかしながら、工場は浸水の他の期間よりも回復期に受け取った情報に対して満足をしていたようである。88%以上が情報は十分であるとし、50%以上が平均的あるいはとても信頼できる、同じく平均的あるいはとても有用であると回答した。実際に、工場での満足度の向上は最悪の状況が過ぎた後の安堵によるものであり、もはやどんな機関からの援助も期待していなかった。

146. アンケート調査結果に基づくと、回答者は洪水予警報システムがあまり良いものと言えないと感じていたが、農民と都市住民は何もないよりはましと感じており、TV や上流域に住む友人・親戚から、あるいは Thai fight flood のウェブサイト (<https://www.facebook.com/ThaiFightFlood>) などのインターネットからなどの他の情報と結び付けると、さらに有用であると感じていた。一方で、工場は洪水予警報システムに大きな不満を持っていた。半数以上の工場が、システムが良くない、信頼性がない、決して有用ではなかったと感じている。

147. 回答者から、現状の洪水予警報システムの精度を向上し、洪水到達前に事前通知、情報更新の頻度増加、例えば 1 日に 1 回よりも多くする、などの改善が提案された。また、より理解しやすいようにグラフ、アニメーションやナレーションなどを用いて情報の表示方法を変更することも提案された。さらに、援助を依頼するための人や機関のリスト、緊急時の避難地点の数や場所、避難ルートなどの追加情報の要望があった。

8.3.3 地方機関と国の水防機関

148. アンケート調査とインタビューの結果によると、2011 年の浸水対応状況は非常に混乱していたようである。多様なデータが様々な政府機関から出され、それらのほとんどすべてが県や地区レベルの組織に伝達されてしまった。情報の重複が生じ、しばしば地方行政機関が即時判断を行うのに支障をきたした。

149. 図 14 に情報伝達と洪水監視の序列を示す。

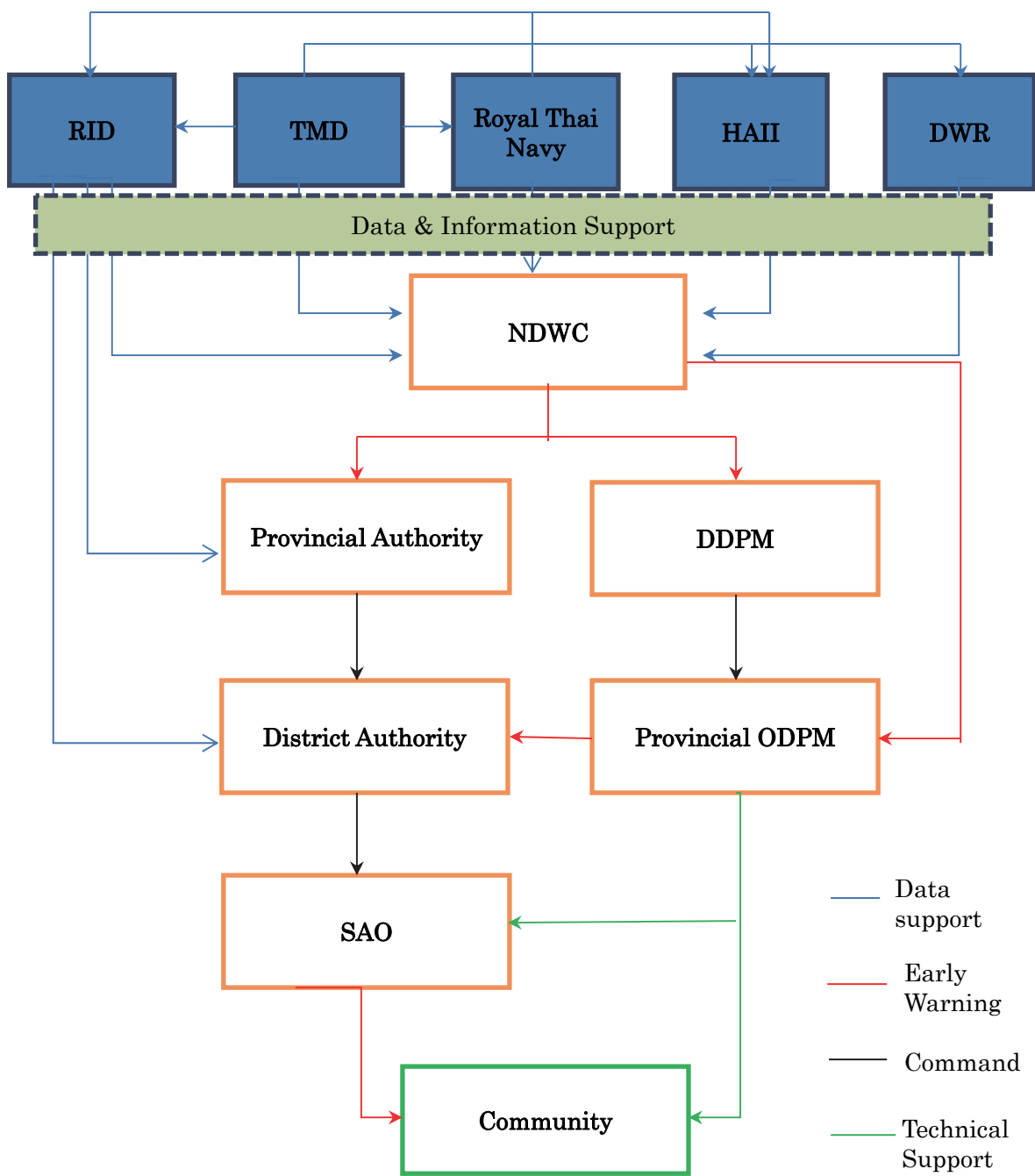


図 14 洪水到達前の情報伝達と洪水監視に関する序列

150. 状況悪化後、後に洪水救済対策センター (FROC) となった緊急対策センター (EOC) が設立され、全ての水関連機関は観測データと予測情報の両方を FROC へ提供しなければならなくなった。それから FROC 委員会は、洪水管理対策を含む洪水被害軽減行動に関する意思決定を行った。情報伝達と洪水警報の序列を図 15 に示す。

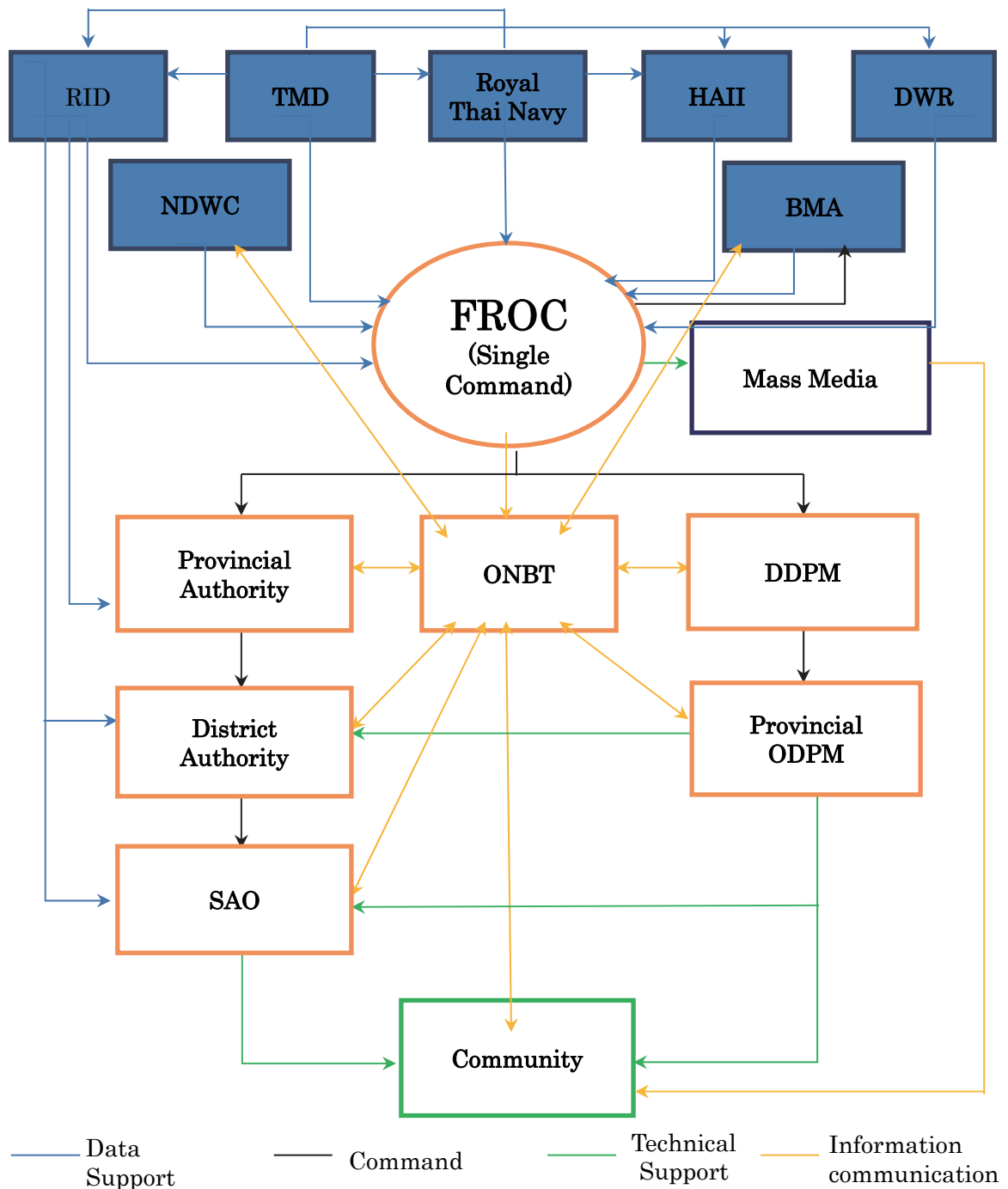


図 15 洪水到達後の情報伝達と洪水監視に関する序列

151. 2011年洪水では、次のような洪水予警報発出や洪水管理におけるいくつかの問題点があった。

- 様々なアクターからの干渉があった。このことが洪水管理における失敗につながった。DDPMの管理者は事前に設定してあった災害対応行動計画を実行することができず、命令指示において混乱を招き、タイ国政府は2011年洪水が危機レベル3を超えるものであるとは認めず、危機レベル2であると発表した。そのため、危機レベル2に対応する責任機関が危機レベル2指定された対応実行計画を取らなければならなかった。そして、洪水管理に遅れが生じ、国際機関によるサポートや援助を不可能にしてしまった。
- 政治的配慮が洪水状況報告の歪みを生じさせた。市民や洪水被害者は実際の状況に関する情報を得られなかった。そのため、適切な軽減行動を取ることができなかった。
- 洪水初期に、様々な機関や浸水区域の人々からの情報が多すぎた。スマートフォンを持つ全ての人が状況報告者となってしまい、混乱を生んだ。
- RID、NDWC、タイ海軍、HAIIなど水関連の国の機関のほとんどがそれぞれテレメータ観測所と洪水予測モデルを持っていた。そのため、矛盾した計算結果による混乱が生じた。
- 過去の大規模洪水における流量および水位の履歴データについての整ったデータベースや統合化されたデータアーカイブがなかった。そのため、モデルの校正と検証ができなかった。これが洪水予測の誤差を大きくした。
- 国の機関では河川・水路内の水と氾濫した水の両方の挙動を予測することが可能で高精度なモデルを必要としていた。
- いくつかの機関では、一般市民に科学的な数字を理解してもらうことが困難であったと認識した。このため、洪水予警報メッセージを市民が無視する結果となった。
- 洪水期間中に公式の命令指示を出すことの困難さにより、地方機関の行動、被害者の救援が遅延した。
- 地方自治体は、浸水にどう対応するかを学ぶための「洪水対応マニュアル」を持っていなかった。そのため、対応が困難となり、特に洪水の経験が全くなかった地域で適切な意思決定と被害軽減行動を取ることが困難であった。
- 2011年の洪水危機の間、様々な機関では機器、予算や人材の不足のために、状況に対応するための素早い準備ができなかった。

8.3.4 提言

152. 様々な政府機関や地方行政機関の役割も含めて、2011年の洪水予警報発出プロセスの実情を調査した。以下のような課題が将来の適切な洪水予警報の実施を妨げる可能性がある。

- (1) 政治的配慮
- (2) 洪水予測システムが低精度であることを含む、次のような要因による装置上の問題
 - モデル校正に必要な履歴データの不足
 - 河川水路内の水、氾濫した水の挙動予測を行うモデルの欠如
 - 様々な機関が保有するモデルが多すぎ、機関による結果の違いが矛盾やより多くの混乱を生じさせること
- (3) 人材の不足
 - 洪水予測計算実行する人材
 - 緊急時に判断が行える人材

- (4) 洪水対応マニュアルや災害避難演習が、特に地方機関で存在しないこと
- (5) 大規模洪水にいかに対応するかという人々の経験と知識の欠如
- (6) 予算の不足
- (7) 洪水予警報発信権限の複雑さ

153. 既存の洪水予警報システムを改善するためには、システムの正確さを改善するだけでなく、外部からの干渉がない状態で、経験を持った人材によりシステム管理を適切に行うべきである。専門家や責任機関が状況に対応し、意思決定を行うことを認められるべきである。

154. さらに、自然災害対応マニュアルと演習が必須である。これらは人々に災害警報と避難がいかに重要であるかを知らしめるはずである。そのため、将来、いつ警報が出されても、人々はパニックにならず、適切に状況に対応するにはどうすればよいかを理解するだろう。

155. 詳細な報告は添付資料 10“Flood Forecasting and Warning Issuance”に記載した。

8.4 非構造物対策の便益解析

8.4.1 概要

156. 洪水予測システムをはじめとしたソフト対策を今後推進していく必要が高く、また本システム等の継続的に利用していくためにも、本システムを含めたソフト対策がどの程度、経済効果をもたらすかを示すことが求められる。

157. 洪水予測システムがあった場合に、2011 年の（直接）被害と（操業停止等の間接）損失がどの程度少なくなったかの推定からシステムの経済評価を行った。

158. 検討したソフト対策は次のとおりである。

- (1) 洪水予測と情報周知：本システムにより、河川水位、溢水開始時刻、浸水域と浸水深を予測し、行政組織に伝達、地域住民に伝達する。
- (2) モバイルレビー、土嚢：浸水域と浸水深の予測情報に基づき、資産を囲うように設置することで、資産の浸水を防除する。
- (3) 止水板：浸水域と浸水深の予測情報に基づき、家屋入り口に設置することで、家屋内の浸水を防除する。

159. 次の方法によりソフト対策による被害軽減量を推定した（図 16 を参照）。

- (1) 世銀とタイ財務省により推算された被害額と被害数量を、県別と費目別に整理する。（「Thailand floods 2554 Rapid Assessment for RRR.01-18-2012-.pdf」を使用）
- (2) 2011 年洪水時における資産の移動や退避に関する情報を整理する。
- (3) 警戒情報を得ることで、資産を上階や他地域に移動したり、止水板、モバイルレビーや土嚢により浸水防除した場合の被害低減率（＝期待される被害額／実績被害額）を、(2)での整理結果と日本国内の基準書等（治水経済調査マニュアル、水害の被害指標分析の手引き）により設定する。
- (4) 最大浸水深の県別平均値を、住民アンケート結果より設定する。
- (5) 最大浸水深 ≤ 止水板・モバイルレビーの高さ（事例より 1.5m と設定）となった県では、(3)で設定した被害低減率で実績被害が縮小されるものとし、最大浸水深 > 止

- 水板・モバイルレビーの高さ となった県では、上の階や他地域に移動可能な資産は被害額=0とし、これ以外の資産は実績被害と同じ被害が生じるものとする
- (6) 上記の手順で、費目別被害額を県別に算定し、実績被害額との差額を予警報システムによる被害低減量と位置づける

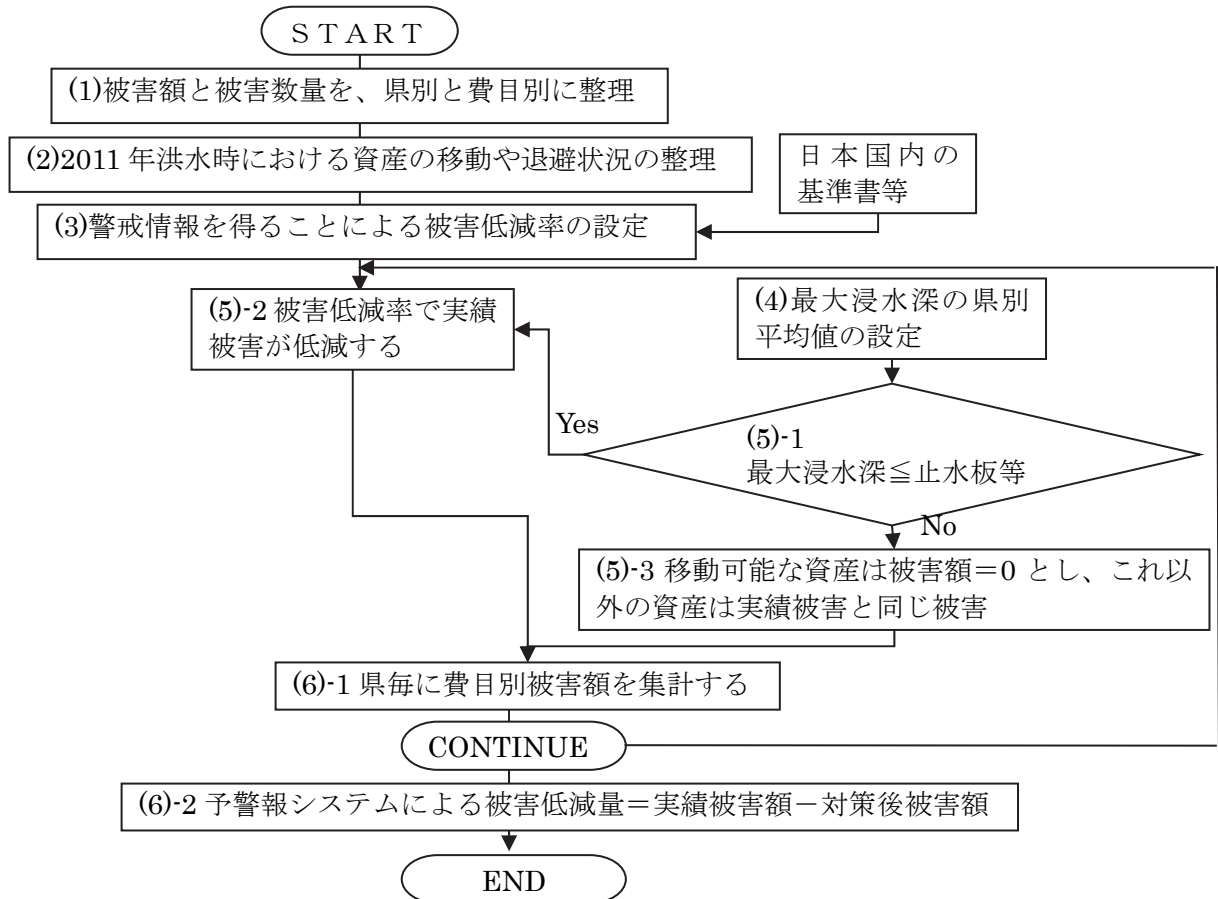


図 16 被害軽減の推定

8.4.2 ソフト対策の有無による被害軽減量の比較

160. 洪水予警報システムにより浸水が到達する日時をあらかじめ知ることで、住民は自分の財産を守ることが可能となる。止水版やモバイルレビーや土嚢を自宅や他の財産のまわり配置することで、浸水を防ぐことができる。また、財産を上階や高所に移動したり、洪水が来るまえに売ってしまうことにより、価値の低下を防ぐこともできる。

161. ソフト対策を実施した後の推定被害と実際の被害の差を、洪水予警報システムにより現象した被害額とみなす。下記に示すセクター毎に被害軽減額を推定した。

(1) 農林水産業

162. 施設・設備（償却資産）への被害は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知り、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで、設備・建物の被害を低減できると想定した。灌漑・排水水路や栽培地は広大なため、モバイルレビー、土嚢の設置は困難と考え、被害は低減できない。その結果、施設・設備（償却資産）への被害は、5,666[million Baht]から 4,414[million Baht]まで低減する。

163. 生産品（在庫資産）への損失は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知り、上階や高地へ移動したり、売却したりすることで、生産品（農作物、家畜、魚介類）の損失を低減できると想定した。上階や高地への移動や売却の可否は、2011 洪水での実績を参考に設定している。その結果、生産品（在庫資産）への損失は、34,715[million Baht]から 27,971[million Baht]まで低減する。

(2) 工業

164. 施設・設備（償却資産）、生産品（在庫資産）への被害は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知り、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで、設備・建物の被害を低減できると想定した。棚卸資産や設備・機器は、上階や高地への事前移動が出来ると考え、被害を低減できると想定した。その結果、施設・設備（償却資産）、生産品（在庫資産）への被害は、513,881[million Baht]から 387,229[million Baht]まで低減する。

165. 周囲の浸水域が拡大し物流が乱れるが、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで浸水が無くなれば操業が復旧すると仮定し、操業停止による損失額は、493,258[million Baht]から 369,944[million Baht]まで低減する。

(3) 観光

166. 宿泊施設、飲食施設、娯楽施設といった償却資産への被害は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知り、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで、施設・建物の被害を低減できると想定した。その結果、宿泊施設、飲食施設、娯楽施設といった償却資産への被害は、5,134[million Baht]から 3,908 [million Baht]まで低減する。

167. 営業停止による損失額は、周囲の浸水域が拡大し物流が途絶えたり、客足が減ることは避けられないため、実績と同じ状態を想定した。その結果、営業停止による損失額は、89,673[million Baht] で不変と考えた。

(4) 金融、保険

168. 銀行、リース会社、クレジットカード会社、協同組合、保険会社の資産への被害は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知り、上階へ移動したり、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置したりすることで低減できると想定した。その結果、償却資産への被害は、943[million Baht]から 719 [million Baht]まで低減する。

169. 営業停止による売り上げ損失は、償却資産の上階移動や、止水板、モバイルレビー、土嚢による浸水防除により、営業が継続できるものと想定した。その結果、売り上げ損失は、115,276[million Baht]から 87,922 [million Baht]まで低減する。

(5) 洪水調節、雨水排水、灌漑

170. 洪水調節設備、雨水排水設備、灌漑設備への被害は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知って、効果的な操作を行うため、上階へ移動したり、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置したりするという退避は行わない。そのため、現状と同じ被害(8,715 [million baht])を被るものと想定した。

(6) 上水道、下水道

171. 上水道施設、下水道施設への被害は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知っても、上階へ移動したり、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置したりするという措

置は行えない。そのため、現状と同じ被害(3,497 [million baht])を被り、同じ売り上げ損失(1,984 [million baht])が生じるものと想定した。

(7) 道路、交通

172. 高速道路、主要道路、鉄道といった延長の長いインフラの被害は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知っても、止水板、モバイルレビー、土嚢の全線への設置は困難であるため、浸水防除措置はとらないものと想定した。一方、トラックターミナル、空港といった周囲長が限られている施設は、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで被害を低減できると想定した。その結果、道路、交通部門への被害は、23,538[million Baht]から 23,260 [million Baht]まで低減する。

173. 営業停止による損失額は、トラックターミナル、空港といった周囲長が限られている施設は営業継続できるため、被害を低減できると想定した。他のインフラは実績と同じ状態を想定した。その結果、営業停止による損失額は、6,938[million Baht]から 6,845[million Baht]まで低減する。

(8) 電力

174. 送電設備（鉄塔、送電線）といった延長の長いインフラへの被害は、予警報システムにより洪水氾濫水の到達日時を知っても、止水板、モバイルレビー、土嚢の全線への設置は困難であるため、浸水防除措置はとらないものと想定した。一方、発電機、配電機といった周囲長が限られている施設は、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで被害を低減できると想定した。その結果、電力部門への被害は、3,186[million Baht]から 2,389 [million Baht]まで低減する。

175. 営業停止による損失額は、発電機、配電機といった周囲長が限られている施設は事業継続できるため、損失を低減できると想定した。他のインフラは実績と同じ状態を想定した。その結果、営業停止による損失額は、5,716[million Baht]から 4,810[million Baht]まで低減する。

(9) 通信、放送、郵便

176. 有線通信事業は家庭や事業所のモジュラージャックやコンセントが浸水することを、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで被害を低減できると想定した。移動体通信事業は、基地局の周囲に止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで被害を低減できると想定した。放送事業は、基地局や中継局の周囲に止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで被害を低減できると想定した。郵便事業は、カウンター設備や建物の浸水を止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで被害を低減できると想定した。その結果、通信、放送、郵便部門への損害は、1,290[million Baht]から 1,290 [million Baht]まで低減する。

177. 営業停止による損失額は、上記施設・設備の止水板、モバイルレビー、土嚢による浸水防除により事業継続できるため、損失を低減できると想定した。その結果、営業停止による損失額は、2,015[million Baht]から 1,511[million Baht]まで低減する。

(10) 医療、保健（衛生）

178. 医療機関や保健機関の被害率は、「水害の被害指標分析の手引き（案）」（H25.3）によれば水深 0.5mで床上浸水が始まるとされており、浸水深 0.7mでコンセント浸水による停電発生とされているため、浸水深 1.0m以上で、地階や1階において資産価値の100%の損害が発生するものとした。地階や1階の資産価値は、全資産価値の0.50と仮定した。また、地階や1階にある資産の上階への移動は、半分程度が可能と仮定した。また、止水板、モバイ

ルレビー、土嚢を設置することで浸水の被害を低減できると想定した。その結果、医療、保健（衛生）部門への被害は、1,684[million Baht]から 1,280 [million Baht]まで低減する。

179. 医療機関の売り上げ損失は、浸水防除しないかぎり、全館停電となるものと想定し、地階や1階にある資産の上階へ移動しても売り上げの被害率は100%のままとした。浸水防除した場合には、停電しないため、病院における入院患者は守られることを想定し、病院の被害率を50%と仮定した。その結果、営業停止による損失額は、2,133[million Baht]から 1,600[million Baht]まで低減する。

(11) 家屋、家庭用品

180. 家屋や家庭用品の被害率は、「治水経済マニュアル（案）」（H17.4）によるものとした。地階や1階にある資産の上階への移動は、半分程度が可能と仮定した。また、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで浸水の被害を低減できると想定した。その結果、家屋、家庭用品部門への被害は、45,908[million Baht]から 35,208[million Baht]まで低減する。

181. 家屋、家庭用品部門の損失は、避難経費と清掃費用を対象としており、浸水防除した場合には、避難清掃の必要額が50%になると仮定した。その結果、家屋、家庭用品部門の損失額は、37,892[million Baht]から 28,419[million Baht]まで低減する。

(12) 教育

182. 教育機関の被害は、建物、設備・備品（教科書、机、椅子、黒板、窓、扉、実験器具、パソコン等）を計上しているため、建物以外は上階への移動は可能であるものとした。建物被害は全被害の0.5と仮定した。また、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで浸水の被害を低減できると想定した。その結果、教育機関への損害は、13,051 [million Baht]から 6,525 [million Baht]まで低減する。

183. 教育機関の損失は、多くの学校が洪水被災者のための避難所として活用されたため、事業活動が行えなかったことによる損失である。教育機関が資産の防護を行って浸水しなかったとしても、周囲が浸水して被災者が発生すれば避難所として活用されることになるため、資産の防護ありでも、被害率は変わらないものとした。その結果、教育部門の損失額は、1,798[million Baht]で変わらない。

(13) 文化遺産、自然遺産

184. 文化遺産の被害は、歴史的遺産の建物や敷地を、土嚢、止水板、モバイルレビー等で浸水しないようにするか、博物館の展示物を上階への移動する程度の防護方法しかないものと思われる。博物館の展示物は、全て上階へ移動できるとは限らないため、被害率0.5と仮定した。また、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで浸水の被害を低減できると想定した。その結果、文化遺産、自然遺産部門への損害は、4,432 [million Baht]から 3,322 [million Baht]まで低減する。

185. 文化遺産の損失は、文化的に価値の有る物品の同一建物内での移動費用や、一時的な閉鎖や展示・公演のキャンセルによる収入の喪失が大部分を占めた。無形文化遺産は、演者の避難にかかわらず周囲が浸水してしまえば、公演をキャンセルせざるを得ないため、損失は変わらないものとした。自然遺産は、浸水防護のしようがないため、損失は変わらないものとした。その結果、文化遺産、自然遺産部門の損失額は、3,076 [million Baht]から最大で 2,923 [million Baht]まで低減する。

(14) 自然環境、廃棄物

186. 自然環境、廃棄物の被害は、廃棄物処理の施設・設備の損壊と、生物多様性を保護する物（道路、事務所、動植物）の破壊が殆どを占めたため、廃棄物処理の施設・設備を、土嚢、止水板、モバイルレビー等で浸水しないようにするしか、方法がないものと思われる。このため、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで浸水の被害を低減できると想定した。その結果、損害は、375 [million Baht]から 285 [million Baht]まで低減する。

187. 自然環境、廃棄物部門の損失は、洪水によって、廃棄物処理施設の処理能力が減少したり、設備や施設が被災することで、別の処理施設へ運ぶ費用が増えた事である。このため、止水板、モバイルレビー、土嚢を設置することで浸水の損失を低減できると想定した。その結果、自然環境、廃棄物部門の損失額は、176 [million Baht]から 148 [million Baht]まで低減する。

188. 下表は 2011 年洪水の被害と損失（ソフト対策を実施した場合としない場合）について、セクター毎に推定したものの一覧である。

表 9 被害と損失(ソフト対策を実施した場合としない場合)の推定 (2011 年洪水)

Sector	Damage [million baht]		Losses [million baht]	
	Without implementing measures	With implementing measures	Without implementing measures	With implementing measures
Agriculture, forestry, and fisheries	5,666	4,414	34,715	27,971
Industry	513,881	387,229	493,258	369,944
Tourism	5,134	3,908	89,673	89,673
Financial and insurance	943	719	115,276	87,922
Flood control, drainage, and irrigation	8,715	8,715	N/A	N/A
Water and sanitation	3,497	3,497	1,984	1,984
Roads and transport	23,538	23,260	6,938	6,845
Electricity	3,186	2,389	5,716	4,810
Telecomm., broadcasting, and postal services	1,290	967	2,015	1,511
Health care and public health (hygiene)	1,684	1,280	2,133	1,600
Housing and household goods	45,908	35,208	37,892	28,419
Education	13,051	6,525	1,798	1,799
Cultural and natural heritage	4,432	3,322	3,076	2,923
Natural environment and waste management	375	285	176	148
Total	631,299	481,717	794,650	625,550
Damage mitigation rate	100%	76%	100%	79%

189. 洪水予測にもとづくモバイルレバー・土嚢・止水板の設置をソフト対策と仮定した。
- 2011年洪水の被害額は6,310億パーツと推定される。ソフト対策を実施すると、4,820億パーツに減少する。
 - 2011年洪水の損失額は7,950億パーツと推定される。ソフト対策を実施すると、6,260億パーツに減少する。
190. 詳細な報告については、添付資料 11 “Benefit Analysis of Non-structural Countermeasures”に添付する。

IX. 研修

191. プロジェクトの活動の一つとして、2012年12月に訪日研修を実施した。その主目的は次のとおり。

- (1) 日本の努力を観察し、聞き、経験することにより災害管理に関する広範な知識を獲得すること、及びタイ国における災害と災害管理と比べ、タイ国における災害管理活動を改善すること。
- (2) 日本において災害管理を担当する人と情報交換すること。
- (3) 参加者の間で情報共有を促進し、人的ネットワークを強化すること。
- (4) 研修を通じて得た知識を使って災害管理活動を改善するための実行計画を立案すること。

192. 研修参加者は、RIDより5名、DWRより4名、HAIIより1名であった。研修の工程を以下に示す。

	月日	研修項目
1	12月3日(月)	バンコク発 成田着
2	12月4日(火)	JICA ブリーフィング
3	12月5日(水)	オリエンテーション
4	12月6日(木)	水管理・国土保全局表敬 日本の洪水管理(概論)(国土交通省本省) 河川情報の提供手法(FRICS)
5	12月7日(金)	気象観測(気象庁) 河川情報と行動(FRICS)
6	12月8日(土)	自習
7	12月9日(日)	自習
8	12月10日(月)	被災地における情報収集・提供(石巻市)
9	12月11日(火)	被災地における情報収集・提供(東北地整)
10	12月12日(水)	実験施設の見学(土研、国総研) 洪水リスクマネジメント(ICHARM)
11	12月13日(木)	リモートセンシング(国土地理院)
12	12月14日(金)	都市部の治水施設(江戸川河川事務所) 関東地整の防災体制(関東地整)
13	12月15日(土)	自習
14	12月16日(日)	自習
15	12月17日(月)	河川情報の利用(自治体)(江東区) リモートセンシング(JAXA)
16	12月18日(火)	河川情報の利用(自治体)(江戸川区) 河川情報の利用(河川管理者)(荒川下流河川事務所)
17	12月19日(水)	河川情報の利用(通信事業者) 河川情報の利用(マスメディア) 研修総括(FRICS)
18	12月20日(木)	報告会準備 報告会
19	12月21日(金)	帰国

193. 研修参加者リスト、研修の配布資料その他の資料は添付資料12“Training in Japan”に添付する。

X. 報告書

194. 以下の報告書を作成し提出した。

報告書	提出時期	摘要
インセプション・レポート	2012年7月	
プロGRESS・レポート1	2012年8月	
緊急行動計画報告書	2012年10月	
プロGRESS・レポート2	2012年12月	
基本計画報告書	2013年1月	タイ語、及び英語
洪水データ分析システム報告書	2013年8月	タイ語
ドラフトファイナルレポート	2013年10月	
ファイナルレポート	2013年10月	