

# 2011年タイ国チャオプラヤ川大洪水はなぜ起こったか

東京大学生産技術研究所  
小森 大輔

## 1. はじめに

チャオプラヤ川流域では過去にも多くの洪水を経験しており、将来においても同規模の洪水の発生が十分予測される。次の洪水災害に備え、抜本的な治水対策を練るにあたっては、今回の洪水の実態をしっかりと把握し、洪水被害の原因を探ることが重要である。著者をはじめ東京大学生産技術研究所沖大幹研究室では、国際協力機構(JICA)と科学技術振興機構(JST)の地球規模課題対応国際科学技術協力プロジェクト(SATREPS)である「気候変動に対する水分野の適応策立案・実施支援システム構築プロジェクト(IMPAC-T)\*」にて、10月中旬より洪水調査を行ってきた。本稿では、今次の大水害はなぜ生じたのか、またチャオプラヤ川とはどういう特性を有した河川なのか、について報告する。



写真1 浸水の様子(パトゥンタニ、11月上旬に撮影) 左:残っている水痕がピーク時の氾濫水位がとて  
も高かったことを示していた。中:主要道路が一面冠水し舟で移動しなければならなかった。右:  
自然災害一般にゴミの問題は避けて通れない

## 2. 2011年チャオプラヤ川洪水の被害概況

2011年8月から12月にかけて、タイ国を襲ったこれまでの観測史上最大の洪水は、タイ全国で死者752人、行方不明者3人(12月25日時点、出典:タイ内務省)という大きな被害をもたらした。内務省の発表では全国の農地被害面積は11月14日がピークで18,291 km<sup>2</sup>と、関東平野とほぼ同じ面積が浸水被害を受け、総氾濫水量は150億m<sup>3</sup>と推定されている。工業部門では7工業団地804企業が浸水被害にあい、そのうち日系企業は449社を占めた(出典:日本貿易振興機構)。世界銀行はタイの洪水の損失額を試算し、6,600億バーツの不動産等資産損害と7,000億バーツの機会損失で損失額は総額

\* Integrated Study Project on Hydro-Meteorological Prediction and Adaptation to Climate Change in Thailand (IMPAC-T)

1兆3,600億バーツ（約3.5兆円）になり、2011年の経済成長率は3.7%から2.4%に減速するとの見通しをまとめた。

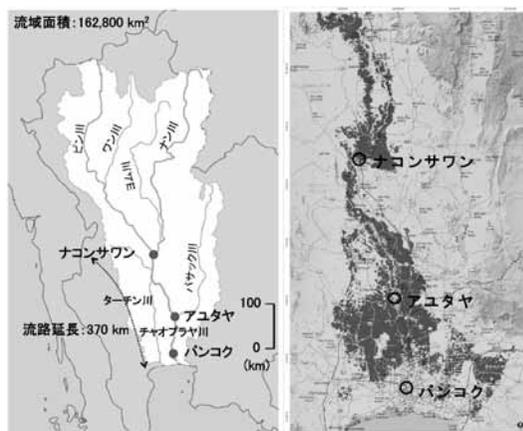


図1 チャオプラヤ川流域図（左図）および2011年11月1日時点の浸水状況（右図：UNITAR/UNOSATの資料を引用。）

### 3. チャオプラヤ川の概況

図1にチャオプラヤ川流域図および2011年11月1日時点の浸水状況を示す。チャオプラヤ川の流域面積は約16万km<sup>2</sup>で日本の総面積の44%に匹敵する。チャオプラヤ川は狭窄部であるナコンサワン市で上流と下流に二分される。

上流域では、ピン川、ワン川、ヨム川、ナン川が流下しナコンサワン市で合流する。上流域の総流域面積は11万km<sup>2</sup>と広大で、ピン川にはプミポンダム（貯水容量135億m<sup>3</sup>、1964年建設）、ナン川にシリキットダム（貯水容量95億m<sup>3</sup>、1974年建設）が、利水と発電目的のために建設された。その他に、ヨム川流域以外に5ダムあり、プミポン、シリキット両ダムと合わせた総貯水容量は247億m<sup>3</sup>と琵琶湖の貯水量に匹敵する。ヨム川流域ではこれまでにダムやシリキットダムへの導水路の計画があったが、まだ建設に至っていない。

下流域では、ナコンサワン市の下流96kmにチャオプラヤ大堰（1957年建設）が建設され、右岸から流下するサカエクラン川と合流したチャオプラヤ川の河川流量をコントロールしてチャオプラヤ川の左岸および右岸に灌漑用水を分水している。また、大堰右岸上流からはターチン川およびノイ川が分流しており、ノイ川はアユタヤ市以南でチャオプラヤ川に合流するが、ターチン川は海に向けて流下する。チャオプラヤ川は更に南のアユタヤ市で、パサック川が合流する。パサック川にはパサック川ダム（9.6億m<sup>3</sup>、1999年建設）が建設され、その他にターチン川右岸に2ダム（合わせて約4.0億m<sup>3</sup>）が建設されている。

タイ国の河川は全般的に緩流河川で、上述したチャオプラヤ川下流域とナン川とヨム川の下流域の河川勾配は特に緩やかである。例えばチャオプラヤ川下流域の標高は、チャオプラヤ大堰周辺は15m、アユタヤ市周辺は7m、バンコク都周辺は5mの低地であり、河川勾配は1/10,000～1/15,000と著しく緩やかである。図2にチャオプラヤ川の流下能力を示す。本来、河川は水が集まる下流の方で流下能力は大きくなるのだが、チャオプラヤ川は下流の流下能力に乏しい。そのため、上流から流下した洪水は下流で水位が上昇し流域内に洪水を

拡散させる。また、本川に流下する多くの支流も本川の背水位の上昇で洪水を本川に流下させることが出来ず、支流の流域内に洪水を拡散させる。即ち、下流域では河川沿いに多くの氾濫水域が拡大され、自然の洪水災害軽減が行われている。この軽減がなかったら下流域は大きな洪水被害を受けることになる。

このような河川の特徴を活かして、タイ国はこれまで、チャオプラヤ川上流域の洪水は貯水し、また下流域の洪水はバンコク中心部や工業団地がない右岸側（図2）を中心に氾濫面積を拡大し、氾濫水位を低下させて洪水被害を軽減するという治水を行ってきた。チャオプラヤ川下流域の勾配は緩やかであることにより、氾濫した流れは緩く、膝下程度の浸水であれば実生活に影響は少ない。また氾濫面積を拡大することで氾濫水を効果的に蒸発させることもできる。1999年に出されたJICAの洪水調査報告によると、バンコク都でのチャオプラヤ川の流下能力は3年確率流量程度の能力しかない。バンコク都の安全が担保されているのはチャオプラヤ川下流域の氾濫を許容しているからである。

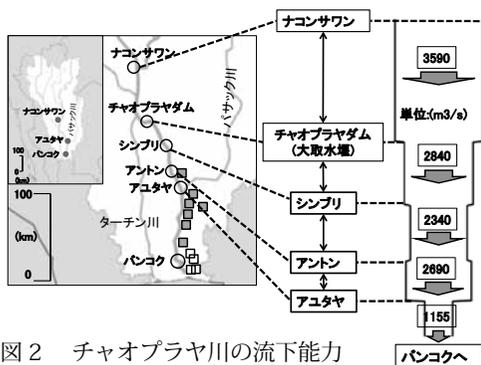


図2 チャオプラヤ川の流下能力  
タイ王立灌漑局の資料をもとに作成。  
地図上の四角は工場団地、色付きは被災した工場団地を示す。

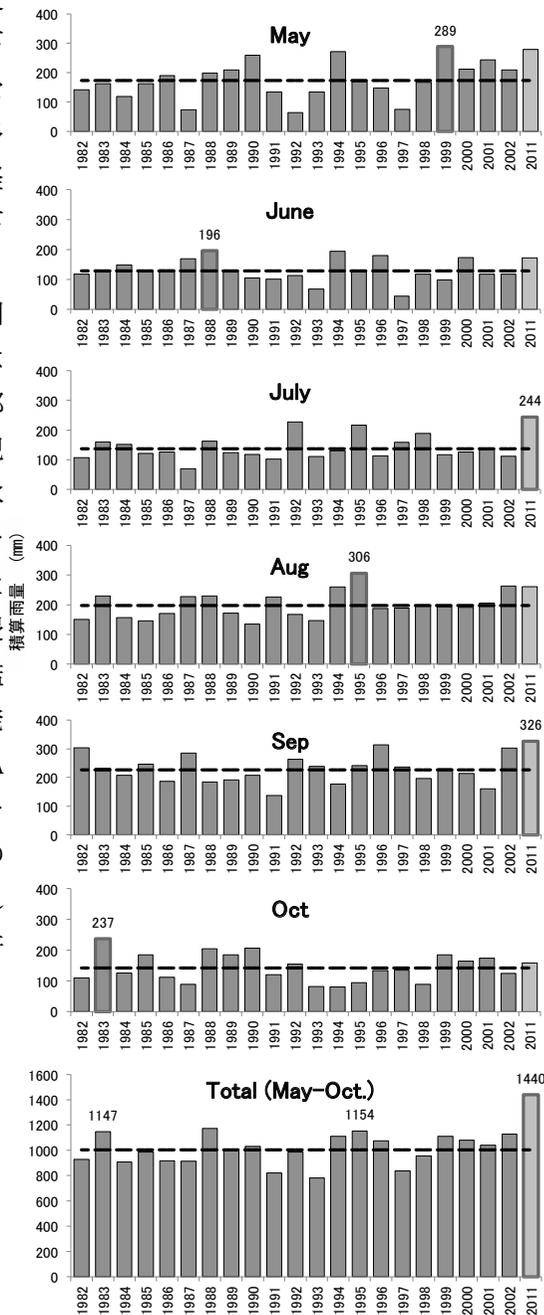


図3 1982年から2002年及び2011年の雨期（5月から10月）における流域雨量の月雨量及び総雨量。点線は対象期間平均、枠は対象期間における最高値を示す。15地点の対気象観測所データよりティーセン分割を用いて算出した。

#### 4. チャオプラヤ川流域における水文気象状況

タイ国の多くは熱帯サバナ気候に属しており、季節を大まかに分けると、雨期（5月～10月）、乾期（11月～4月）の2つの季節に分けられる。図3に1982年から2002年および2011年の雨期における流域雨量の月雨量および総雨量を示す。対象期間にてバンコク都が浸水した洪水年（1983年および1995年）では、1983年は7月、8月、10月の月雨量が期間平均値を上回り、そのうち10月の月雨量は対象期間中の最高値であった。1995年は、7月、8月の月雨量が期間平均値を上回り、そのうち8月は対象期間中の最高値であった。雨期における総雨量は両年とも期間平均値を上回り1147mmと1153mmであった。2011年においては全期間において月雨量が期間平均値を上回り、7月と9月で対象期間中の最高値を記録した。結果として、雨期における総雨量は1439mmと期間平均の143%を記録し過去に類をみない雨量を記録した。この雨量の超過確率は2%であり、今回の降雨は50年に1回の大雨に相当している。

一方、蒸発量や浸透量は洪水年であろうとも大きく変化しない。ヨム川流域にあるタイ気象局スコタイ観測所の観測データ（1971～2000年）を例にすると、5月から10月における降水量とパン蒸発量の積算量の平年値は1192mmと842mmで残りの350mm分が川に流れてくるところ、今年の雨量が平年の1.4倍に対し蒸発する分はほぼ変わらないため、川に流れてくるのは約860mm、平年の2倍以上（246%）になったと推定される。図4に1956年から1999年および2011年の6月から10月におけるナコンサワン市でのチャオプラヤ川の総流量を示す。2011年は6月から10月における総流量は326億m<sup>3</sup>であり、期間平均の232%と先の推定値と同様の値を記録した。チャオプラヤ川上流域にある全7ダムの総貯水容量は247億m<sup>3</sup>であり、今年のナコンサワン市での総流量がその値を大きく上回っていることは今洪水の規模を推し量るのに十分であろう。また、流域面積が広大であるため、総流量が非常に大きいことに注意すべきである。洪水年である1995年の総流量は235億m<sup>3</sup>と期間平均の167%を記録した。なお、1995年の雨期における総雨量は期間平均の115%で、上記の推定を適用すると流量は151%となると推定される。上流にあるダムの

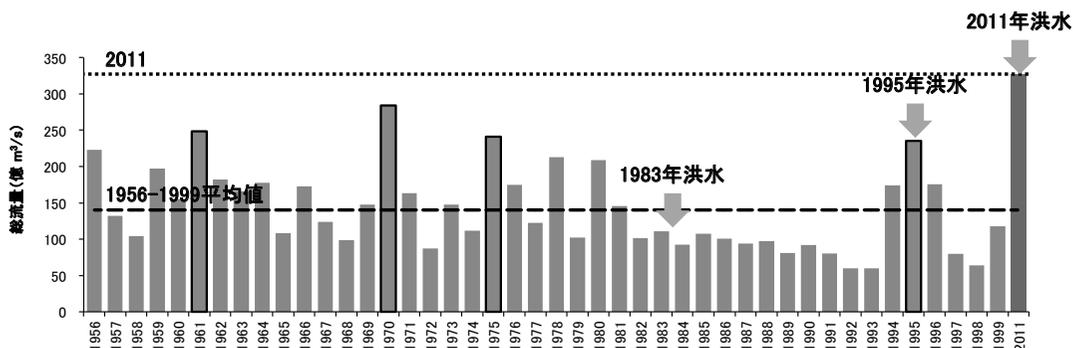


図4 1956年から1999年および2011年の6月から10月におけるナコンサワン市でのチャオプラヤ川の総流量

タイ王立灌漑局の資料をもとに作成。点線は対象期間平均と2011年の総流量、太枠は対象期間における総流量上位5イベントを示す。

洪水調節能力を遥かに越える今回の降雨量を考えると、ダム、河川拡幅、遊水池、輪中堤、放水路等の整備、を含む抜本的な治水政策の見直しが必要である。

一方、1983年は、雨期における総雨量が多かった(図3)にも関わらず総流量は110億 $m^3$ と期間平均の79%であった。しかしながら、1989年に出されたJICAの調査報告によると1983年洪水でのチャオプラヤ大堰でのピーク流量は4100 $m^3/s$ とあり、この差はナコンサワン市からチャオプラヤ大堰の間で大きな氾濫が生じているのか、またバンコクでの洪水はどのようにして発生したのか今後データの精度も含めて検討をする必要がある。

対象期間における総流量上位5イベントは2011年、1970年(284億 $m^3$ )、1961年(248億 $m^3$ )、1975年(241億 $m^3$ )、1995年であった。図5に総流量上位5イベントの6月から12月における日流量の経時変化(ハイドログラフ)を示す。チャオプラヤ大堰を管理しているタイ王立灌漑局によると、大堰でチャオプラヤ川から分水できる流量は500 $m^3/s$ で、大堰での流量が1,500 $m^3/s$ を越えるとその下流で洪水が発生することより、2,000 $m^3/s$ を下流域での洪水発生閾値と仮定した。表1に閾値を超過した積算流量を示す。2011年の流量は8月中旬に閾値を上回り、9月中旬にナコンサワン市の流下能力を上回った。ナコンサワン市では土嚢などの水防活動により市内での氾濫を防いでいたが、10/21に河川内に係留してあった小型船が土嚢を突き破ったことにより市内全域に150cm程度の浸水が発生した。ピーク流量は10/13に4,698 $m^3/s$ を記録し、その後流量は10月末にナコンサワン市の流下能力より小さくなり、11月下旬に閾値を下回った。1970年の流量は2011年と同じく8月中旬に閾値を上回り、9月中旬にナコンサワン市の流下能力を上回るが、10月中旬にナコンサワン市の流下能力より小さくなり、11月初旬に閾値を下回った。他の年の流量は9月の初旬に閾値を上回り、9月下旬にナコンサワン市の流下能力を上回るが、10月中旬から11月初旬にナコンサワン市の流下能力より小さくなり、11月中旬には閾値を下回った。これらの結果より、2011年は他の年より1ヶ月程長く洪水が続き、超過した積算流量、すなわち下流で氾濫したと推定される洪水流量が120億 $m^3$ と非常に大きかったことが明らかになった。

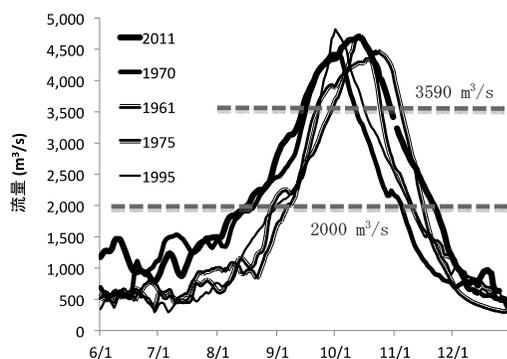


図5 2011年、1961年、1970年、1975年、1995年のハイドログラフ。タイ王立灌漑局の資料をもとに作成。点線は下流域の閾値(2000 $m^3/s$ )とナコンサワン市の流下能力(3590 $m^3/s$ )を示す。

表1 ナコンサワン市の流量における2000 $m^3/s$ を超過した積算流量

年	2011	1970	1961	1975	1995
超過積算量(億 $m^3$ )	119	74	95	76	70
(超過した日数)	(96)	(77)	(78)	(64)	(69)

## 5. チャオプラヤ川の氾濫状況およびダム貯水状況

次に 2011 年のタイ国の天候およびダム貯水経過を記載する。図 6 にプミボン、シリキットダムの貯水状況を示す。

3 月： 例年より 2 ヶ月早く 3 月下旬より降水がはじまった。

4 月： 平年程度の少雨が続いた。

5 月： 過去 30 年でトップクラスの月雨量を記録した（図 3）。この時点では、プミボン、シリキットの 2 大ダム貯水池の貯水量は、計画貯水量の下限を遥かに下回る水準であった（図 6）。

6 月： 下旬には台風 4 号 HAIMA の影響で大雨が降り、特にシリキットダム貯水池の貯水量が大幅に回復し始めた（図 6）。

7 月： 下旬に台風 8 号 NOCK-TEN の影響で大雨が降った。月雨量としては過去 30 年間で最大級であった（図 3）。この結果、ヨム川下流域およびシリキットダム下流側のナン川との合流点で洪水が発生した。両貯水池の貯水量が順調に回復した（図 6）。

8 月： 雨も多く、貯水池の貯水量が想定を超え始めた。しかし、この時点でナコンサワン市付近などでは一部氾濫が始まっており、洪水対策のための事前放流を増やすことはもはやできなかった。

9 月： 過去 30 年で最多の月雨量であった（図 3）。シリキットダム貯水池はほとんど満杯になった（図 6）。ナコンサワン市からアユタヤ市にかけてのチャオプラヤ川の河道の流下能力を超える洪水が上流から押し寄せ（図 5）、堤防を越えて土地が浸水する越流が始まった。中旬に右岸（西側）の水門が洪水により破壊され右岸に大規模な洪水が発生した。さらに下旬に左岸（東側）の堤防が相次いで破堤し（図 7）、数十億  $m^3$  の洪水が左岸に氾濫した。

10 月：雨量は平年並みであった（図 3）。プミボンダム貯水池もほぼ満水となった（図 6）。

9 月下旬に左岸に氾濫した洪水が南下して、工業団地がつぎつぎと浸水した（図 2）。

これまでどおり計画的に右岸側を中心に氾濫面積を拡大し氾濫水位を低下させて洪水被害を軽減できればよかったのだが、2011 年は 1995 年より 50 億  $m^3$  も多い洪水が下流域に流入し、水門の破壊や破堤という想定しない形で左岸側に洪水が発生した。図 7 に左岸側の破堤箇所およびその期間を示す。下流域左岸には 9 月下旬から約 50 億  $m^3$  の洪水（破堤地点の上流部分と下流部分のハイドログラフの差より推定）が浸水し、10 月の間でパサック川からは約 20 億  $m^3$  の流入（タイ王立灌漑局の資料より算出）があったと推定される。

ダムへの流入量はシリキットダムでは 7 月初旬から、プミボンダムでは 8 月上旬から増加しその後 10 月下旬まで継続していた。10 月初旬に両ダムは満水となり、その後はそれを維持する状態であったが、10 月初旬までに 2 つのダムで総氾濫量の半分に対応する約 100 億  $m^3$  を貯留し、本洪水を効果的に緩和した。6 月の末の台風の雨による洪水を貯めずに流していたら、10 億  $m^3$  程度シリキットダムで、また、7 月末の台風の雨による洪水を貯めずに流し

ていたらやはり 10 億 m<sup>3</sup>程度プミボンダムで 9 月に余分に洪水を蓄えることができた可能性はあるが、その時点では貯水量は貯水計画量の範囲内であり、また雨季の始まりで 11 月以降の乾季に向けてこれから貯水する時期であることから、放水という判断は困難だったと推測される。さらに、降雨量の季節予報は未だ最先端研究課題の一つとされており日本の技術をもってしても難しく、下流河川の洪水疎通能力と現にダム下流が氾濫した条件の下での貯水操作は許容限界の極限のタイミングであったと考えられる。

## 6. バンコク都の氾濫状況

10 月中旬、浸水域はバンコク都北部のパトゥンタニ県のナワナコン工業団地に達し、下旬には同県のタマサート大学やアジア工科大学院、タイ・サイエンスパークなど学術・研究地域を浸水させた。その後、洪水はバンコク都を囲む外周堤防道路であるキングスダイクを越えて都内へ流入した。当時政府の洪水災害対策本部があったドンムアン空港（図 1）も水没し、10 月 28 日、政府洪水災害対策本部がドンムアン空港から南約 10 km に位置するエネルギー・コンプレックスビルへ移転した後も、浸水域は拡大を続けた。その後、都北部に新たに設置したビッグバッグと呼ばれる 2.5 トンの巨大土のうを 6000 個積んだ緊急堤防や、11 月上旬にチャオプラヤ川の河川水位が下がり本川への排水処理が機能し始めたため、11 月中旬、最終的にはバンコク中心部から北約 5 km のバンス一運河に達したところで南下が止まり、都心部への流入は避けられた。

北部からの洪水に対しては、キングスダイクが完全に機能していればバンコク都内への洪水流入を防ぐのに効果的であっただろう。しかし、キングスダイクの一部、とりわけ北側に未整備区間があったため都内への洪水の流入を許してしまった。未整備区間であった理由の一つとして土地収用の問題で整備できていなかったことが上げられる。今回のような浸水によって首都を機能不全にすることは避けなければならない。今後の洪水では、

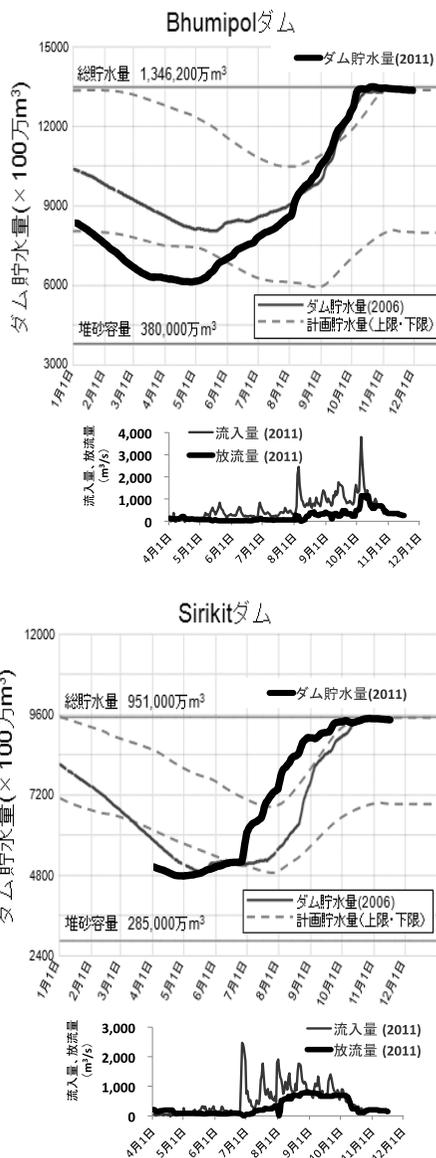


図 6 プミボンダム（上）およびシリキットダム（下）の貯水状況および流入量と放流量。タイ電力会社の資料をもとに作成。貯水状況の図は太線が 2011 年の貯水状況を示す。

この未整備区間からの流入に対してビッグバッグを設置することで対応したが、場当たりの対応ではなく抜本的な改善が急務である。

洪水排水に関しては、タイ王立灌漑局およびバンコク都庁によりチャオプラヤ川左岸沿いに約 710 m<sup>3</sup>/s、右岸沿いに約 220 m<sup>3</sup>/s の排水機場群が設けられている。一方、チャオプラヤ川以外への排水はバンコク都の東側で約 100 m<sup>3</sup>/s、西側で約 150 m<sup>3</sup>/s 分の排水機場しか設けられていない。本洪水では 10 月 14 日から 10 月 31 日の約 3 週間はチャオプラヤ川水位がパラペット高さ（胸壁）を越えており、チャオプラヤ川への排水は困難であった。洪水時は本川水位が高くなるのは必至であるため本川に頼らない洪水排水処理を検討する必要がある。

## 7. おわりに

今次の大水害で冠水した工場の大半は日系企業であり、日系企業がこれほどまでの被害を海外で被ったことは過去に例がない。日本は、農作物の輸入や製造業の輸出を通じて、タイとの経済交流が活発である。さらに、科学技術分野においても、衛星地球観測に関する両国機関の間では人的・技術的交流の歴史も長く、また過去 15 年以上にわたって水文・気象分野での共同観測研究が推進されている。人工衛星や航空機を使ったリモートセンシング技術による洪水予警報技術を含む治水・利水技術、水環境改善技術は日本が世界に誇る高度な技術群となっており、パッケージング ODA、水ビジネスを通じて日本が世界に貢献できる大きなチャンスである。タイの国家基盤の一つとして重要とされる治水事業を日本が率先して協同し推進することは、日本とサプライチェーンを共有するタイ国のためだけでなく、グローバルな産業活動を行っている日本の国家戦略として非常に重要であり、喫緊に取り組む課題であることは言うまでもない。

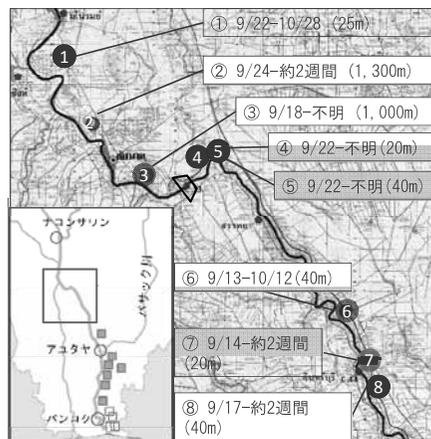


図7 チャオプラヤ川下流域左岸側の破堤箇所およびその期間。タイ王立灌漑局の資料をもとに作成。○内は破堤幅を示す。



写真2 チャオプラヤ川下流域左岸側の破堤箇所の写真（11月中旬に撮影）左：破堤した8カ所のうち2カ所が水門だった。右：写真の左側がチャオプラヤ川で右方向に破堤した。

一方、タイ国は今次の大水害をはじめ、地下水の過剰汲み上げによる地盤沈下、チャオプラヤ川の年流量の長期的な減少傾向と渇水年における大規模貯水池（ダムを含む）の適切な運用の必要性、東北タイを流れる国際河川メコン川の支流におけるダム開発の問題など、世界各地で解決が求められている典型的な水問題が顕在化し集約している地域であることを忘れてはならない。これはタイ国だけの問題ではなく、2011年では、インドネシアでの豪雨、カンボジアでの大洪水、フィリピンでの台風による大水害などあったように、どの国でも同様な災害リスクを抱えている。先進国、例えば日本でも高度経済成長期には対策が追いつかず大水害や公害などの多大な痛みを経験しながら改善し現在に至る。タイ国や他の国では経済発展に災害対策や災害技術が追いついていないことは当然であることを認識し、次の洪水被害を防ぐために公助だけではなく、自助および共助をあらかじめ準備しておくことが重要である。

## 謝辞

本洪水にかかる現地調査は、地球規模課題対応国際科学技術協力事業 (SATREPS) 「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 (IMPAC-T)」によって実施されました。現地調査では、東京大学生産技術研究所 沖大幹教授はじめ、中村晋一郎特任助教、木口雅司特任助教、沖一雄講師、川崎昭如特任准教授、西島亜佐子氏、湯谷啓明氏、Ms. Jeanne Fernandez、Ms. Cherry Mateo、梯滋郎氏、岡根谷実里氏、恒川貴弘氏、JICA 永井三岐子氏にご協力いただきました。東京大学生産技術研究所 竹内渉准教授、JICA 竹谷公男氏には多くの助言をいただきました。また、大洪水の中、IMPAC-Tのタイ側共同研究者の皆様、そして農業・協同組合省王室灌漑局に多大なご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。