

2011年タイ中部洪水災害

Flood Disaster in the Central Part of Thailand in 2011

竹林洋史

Hiroshi TAKEBAYASHI

Synopsis

In the autumn of 2011, the central part of Thailand along Chao Phraya River including some parts of Bangkok was inundated widely. More than 800 persons were killed and over 20000 km² of farmland were damaged. Many Japanese manufacturing factories were also damaged.

A field survey of the Chao Phraya River basin, Bangkok and its suburbs, and the Ayutthaya area, including Rojana industrial park are conducted from 25 November to 2 December 2011. The main purpose of this paper is to present an outline of the flood disaster in the central part of Thailand in 2011. First, sediment disasters are introduced and the problems which the lack of bank protection causes bank erosion and sediment floods lengthen the cleanup activity at the first stage of the recovery are criticized. Inundation disaster is also introduced and the problem which the irrigation canals are not designed to drainage inundated water is criticized.

キーワード: タイ, チャオプラヤ川, 氾濫, 河岸浸食, 農業用水路

Keywords: Thailand, Chao Phraya River, inundation, bank erosion, canal

1. はじめに

2011年9月～11月にかけて、タイ北部と中部を中心に広範囲及び長期間に及ぶ洪水氾濫現象が発生し、多くの浸水被害や河岸浸食被害が発生した。2011年11月5日現在、446名の死者、2名の行方不明者となっている（タイ政府、2011）。また、アユタヤ県内及びパトゥムタニ県内では、工業団地にある日系企業がチャオプラヤ川及びノイ川の増水による浸水被害を受けており、2011年11月11日時点で447社の日系企業の工場が浸水被害を被っている（日本貿易振興機構、2011）。なお、タイ北部については、2012年も洪水氾濫が発生しており、多くの家屋が浸水した。

本報では、2011年にタイで発生した洪水氾濫現象の実態を紹介しながら、多くのアジアメガシティが存在する低平地における浸水被害及び土砂被害の原因を考察する。

2. 気象条件（気象庁、2011）

Fig. 1にインドシナ半島の主要都市における2011年6～9月の4か月降水量平年比の分布と主な地点の月降水量の経過を示す（気象庁、2011）。インドシナ半島では、夏のモンスーンによる雨季にあたる6月から9月にかけて、平年より雨の多い状況が続き、チャオプラヤ川流域では大規模な洪水氾濫が発生した。6月から9月までの4か月降水量は、タイ北部のチェンマイで921mm（平年比134%）、タイの首都バンコクで1251mm（同140%）、ラオスの首都ビエンチャンで1641mm（同144%）になるなど、インドシナ半島のほとんどの地点で平年の約1.2倍から1.8倍の多雨となった。主な地点の月降水量の変化に見られるように、本年度の降雨は、河川流域全体に雨季の期間を通して平年よりも多く降り続いたという特徴がある。10月上旬にも、チャオプラヤ川流域の広い範囲で100～200mm程度の降水量が観測されており、多

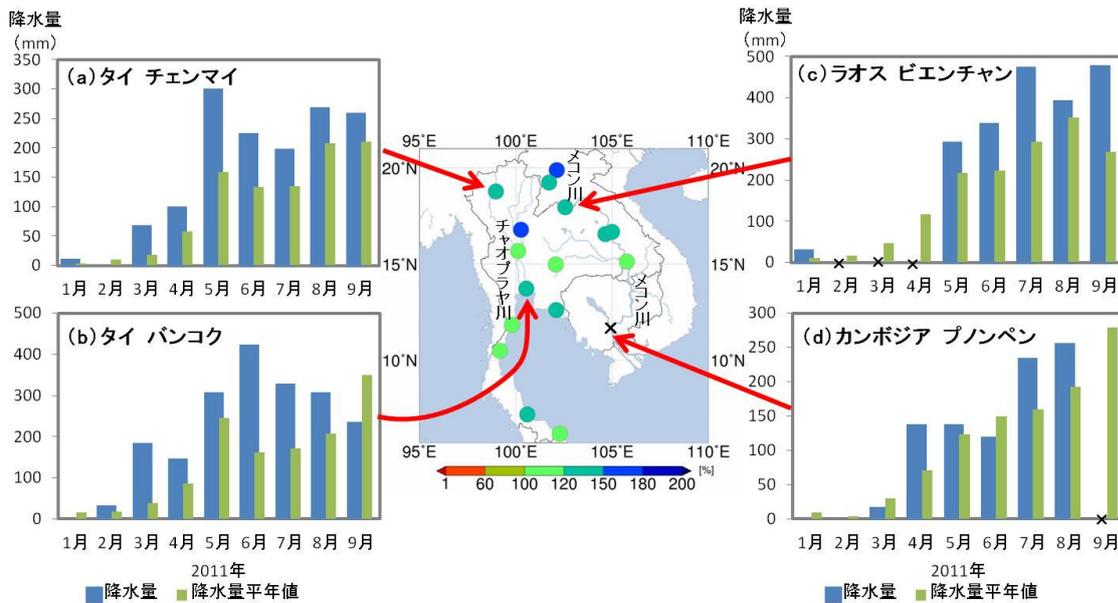


Fig. 1 Rainfall distribution in the southeast area, January-September 2011 (Meteorological Office, 2011)



(a) 河岸浸食



(b) 護岸

Fig. 2 Bank erosion and bank protection in Vientiane

雨の状態がさらに続いた。

3. プノンペンとビエンチャン

タイで発生した現象を紹介する前に、プノンペンとビエンチャンにおける2011年の洪水の状況について紹介する。

ビエンチャンはメコン河の中流域に位置しており、河川の縦断勾配が急であるため、低平地に位置するバンコクやプノンペンとの直接の比較は困難であるが、Fig. 1に示すように、両都市と同様に例年の1.5程度の雨が降っている。ビエンチャンにおいても、2011年にメコン河の増水によって洪水が氾濫しており、家屋の浸水が発生している。また、Fig. 2 (a) に示すように、メコン川沿いの多くの地点において、河岸浸食が発生していた。しかし、例年の1.5倍程度の降

雨にもかかわらず、浸水範囲及び浸水期間は、例年をわずかに上回った程度であった。

プノンペンについては、メコン河の遊水池としての役割を果たしているトンレサップ湖の氾濫面積が2006年の大洪水時よりも広がったにもかかわらず、全く氾濫現象が発生しなかった。

バンコクと異なり、2011年の降雨量増加にもかかわらず両都市において大きな浸水被害が発生していないのは、治水対策の実施状況がバンコクと両都市で大きく異なっていたためと考えられる。

ビエンチャンは、Fig. 2 (b) に示すように、JICA及び韓国政府の支援により、メコン河沿いに非常に高く頑丈な堤防が建設されており、既往最大規模程度の洪水では大きな被害が発生しない程度に治水安全度が向上している。

プノンペンでは、プノンペン市を守る北の大堤防



Fig. 3 Flood and bank erosions at world heritage site of Ayutthaya

に大規模な排水ポンプ所が建設されており、プノンペン市内の内水排除がスムーズに行われたようである。また、現在、プノンペンは建設ラッシュであり、土地造成の土砂を確保するために、メコン河及びトンレサップ川の河床を掘削している。そのため、河川の流水面積が非常に大きくなっていることも氾濫抑制に大きく寄与したようである。

一方、タイにおいては、チャオプラヤ川の堤防及び輪中堤の治水安全度が3年～10年に一度の洪水を防ぐ程度であり、バンコクの北40kmに位置するアユタヤは毎年のように浸水している。しかし、バンコクでの浸水がしばらく発生していなかったためか、バンコクを取り囲むKing's Dikeの建設以降、治水安全度を更に向上させるような大規模な河川整備は実施されていなかったことがプノンペン及びビエンチャンとの違いとして現れたようである。

なお、プノンペンでは、洪水氾濫被害は発生しなかったが、河床掘削による河床低下に起因した河岸浸食は、洪水とは無関係に頻発しているようである。

4. 河岸浸食

4.1 アユタヤ世界遺産地区

Fig. 3にアユタヤ世界遺産地区における被災状況の写真及び発生したと思われる現象について示す。Fig. 3 (b) 及び (c) に示す寺院は、西からのチャオプラヤ川と東からのパサック川の合流点に位置している。寺院の周りには、約2m程度の高さで土嚢が積まれており、寺院の敷地からは川が見えない状態であった。最高水位は、10月中旬に記録しており、土嚢による堤防の天端まで残り約30cmの高さまで達したようであるが、破堤には至らなかったとのことである。2011年11月末の時点では、最高水位よりも約2m程度下がっていた。Fig. 3 (d) に見られるように、至る処に生活用品やゴミが引っかかっていた。

河岸浸食や構造物の被害は、湾曲の外岸側に集中していた。Fig. 3 (a) は破壊した船着き場であり、チャオプラヤ川が西から南に流向を変える外岸側に位置している。Fig. 3 (e) , (f) , (g) の地点においても河岸浸食が発生していた。これらの地点も全て湾曲の外岸側に位置しており、湾曲部による流れの外岸側への集中に起因した典型的な浸食現象と考えられる。なお、本地区内の写真で示されていない地点については、目立った河岸浸食は見られなかった。また、Fig. 3 (a) , (e) , (f) の地点のように、被



Fig. 4 Cleanup activity by volunteers



Fig. 5 Piping phenomena

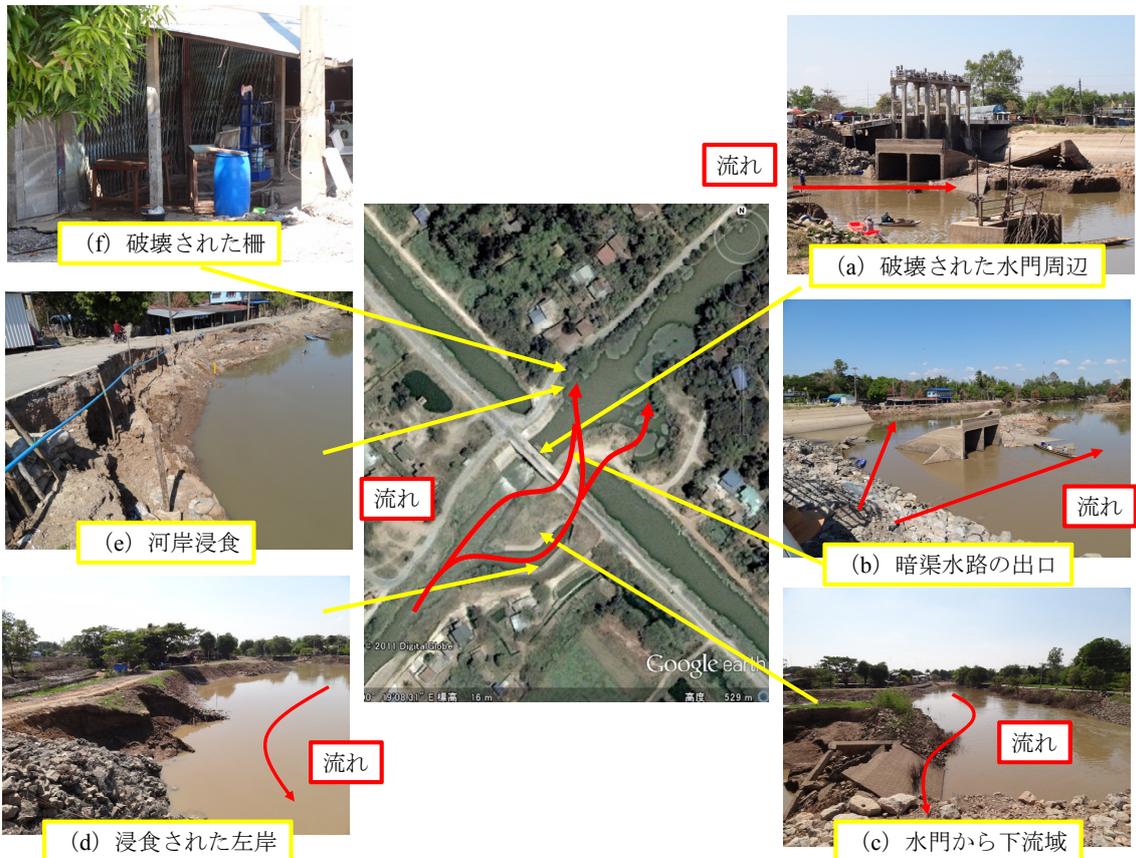


Fig. 6 Erosion around the gate at Bang Chom Sri.

災後、手つかずの状態となっている被災地もあるが、Fig. 3 (g) のように、復旧作業が既に始まっている場所もあった。さらに、Fig. 4に示すように、寺院については、土砂等によって汚れた柵をボランティアが清掃を行っていた。タイにおいても、日本と同様に、ボランティアによる災害復旧活動が活発なようである。

Fig. 3 (d) と (f) の河川水の色を比べると、Fig. 3 (d) のパサック川は黒っぽいが、Fig. 3 (f) のチャ

オブラヤ川は茶色であることがわかる。つまり、チャオプラヤ川流域ではパサック川に比べて、土砂の生産が活発であったことが予想される。

Fig. 6は、Fig. 4 (b) 及び (c) で示した寺院の敷地内の写真である。土嚢が川沿いだけでなく、地面にも敷かれていることがわかる。これは、河川の水位が高い時期にパイピング現象で水が地面から吹き出してきたため、土嚢で水の噴出を止めた跡とのことである。水が噴出した地点は、川から約10mの位置で



Fig. 7 Irrigation canal gate

ある。

4.2 バングチョムスリ地区

Fig. 6にバングチョムスリ地区における被災状況の写真及び発生したと思われる現象について示す。バングチョムスリ地区は、アユタヤ世界遺産地区から北に約70kmの場所に位置しており、チャオプラヤ川の左岸域である。南西に延びる農業用水路がチャオプラヤ川と繋がっている。対象地点は、非常に複雑な水路構造となっている。北西から南東に流れている水路は、南西から北東に流れている水路と交差する地点で管路になっており、南西から北東に流れている水路の下を通っている。また、南西から北東に流れている水路は、水門の南東側に小水路があり、この小水路は、北西から南東に流れている水路と交差する地点で管路になっており、北西から南東に流れている水路の下を通っている。つまり三階建ての水路交差点となっている。

9月中旬頃、チャオプラヤ川の水位が上昇し、水門を南東側から迂回するように水が流れ、河岸浸食・河川構造物及び家屋の破壊が発生したようである。南東側から迂回した流れの一部は、Fig. 6 (b) に示す管路の出口の構造物によって北向きの流れとなり、Fig. 6 (e) に示すような河岸浸食を発生させたようである。また、Fig. 6 (e) の河岸浸食地点の北に位置するFig. 6 (f) の家屋の柵は、堤防を越流した流れにより大きく曲げられていた。本現象により、1名の命が失われたとのことである。

水門の南東方向に伸びる水路沿いも多くの河岸浸食が発生していた。タイ国内には多くの農業用水路が存在する。これらの中には、河岸材料の粒径が細かくて粘着性を示すためか、Fig. 6 (c) や (d) に示すように、護岸が全く行われていないものがある。そのため、今回の調査地点以外でも多くの河岸浸食

が農業用水路内で発生しているものと推察される。これらの河岸浸食によって破堤した地点も見られ、氾濫域の拡大の一つの原因となっていた。また、河岸浸食によって河道に土砂が供給されると農業用水路の疎通能力が低下し、氾濫水を速やかに排除できなくなる。実際に、海岸に近い農業用水路では、土砂の堆積により排水が困難となったものもあったとのことである。

タイの農業用水路は、洪水氾濫流を排水する機能を本来有していない。Fig. 7に農業用水路に設置されたゲートを示す。タイの農業用水路には多くのゲートが設置されているが、ほとんど全てのゲートは、幅が約4mであり、ゲート設置断面においてゲートは一つしか設置されていない。つまり、農業用水路の幅が20m~50m程度であるにも係わらず、ゲート設置断面においては水路幅が約4mに急縮しているのである。つまり、水路幅が広いにもかかわらず、あまり大きな流量が流せないのである。このようなゲート断面による疎通能力の低下は、チャオプラヤ川の水位が低下しても、洪水で氾濫した水を速やかにチャオプラヤ川に排水することができず、長期間、氾濫原が冠水する一つの原因になったと考えられる。

5. 浸水被害

5.1 ロジャナ工業団地

Fig. 8 (a) にロジャナ工業団地内のホンダ自動車工場を示す。ロジャナ工業団地はチャオプラヤ川 (3.1のアユタヤ世界遺産地区) から東に約5kmの場所に位置している。ここでは、Fig. 8 (a) に示すように、最高で約2mの浸水があったようであるが、2011年11月末時点では完全に水は排水されていた。工場内では、復旧作業が始まっていたようであり、Fig. 8 (b) に示すように、工場から次々と水没した自動車 (工場で



(a) ホンダ自動車の工場



(b) 搬出される自動車



(c) 堆積した土砂



(d) 陸軍による清掃作業

Fig. 8 Rojana industria estate

生産された自動車ではなく、工場に来ていた外部の業者の自動車）が搬出されていた。

氾濫に伴って土砂等も輸送・堆積しており、Fig. 8 (c) に示すように、非常に細かい粒径の土砂が数mmの厚さで一面に堆積していた。道路に堆積した土砂については、Fig. 8 (d) に示すように、陸軍による放水によって清掃されていた。ここで放水されている水は真水のようにであったが、地区によっては殺菌作用のある薬を混ぜた水を使用しているとの事である。

ここで、一つの疑問が発生する。アユタヤは世界遺産地区に指定されるほど、多くの寺院があり、かつてはタイの都であった。一般に、都などの重要な都市は、あまり災害が発生しない場所に建設するものである。それでは、なぜ、タイの人々の祖先はアユタヤの地を都として選択したのであろうか？実は、タイの人々の祖先は洪水を自然の要塞として利用するためにアユタヤに都を気づいたのである。ミャンマーの人々の祖先は頻繁にタイに攻撃を仕掛けてきた。そのため、ミャンマーからの攻撃を守るため、毎年のように水に浸かるアユタヤの地を都として選択したのである。

2011年のタイの洪水氾濫で被災した日系企業にインタビューをしたところ、輪中堤やチャオプラヤ川

の治水安全度に関する知識は十分ではないような状態であった。2011年のタイの洪水氾濫で多くの日系企業が被災した原因の一つとし、このような治水安全度に関する知識の不足も考えられる。

5.2 タマサート大学, AIT (アジア工科大学)

Fig. 9 にタマサート大学とAITにおける被災状況の写真を示す。タマサート大学とAITは、アユタヤ世界遺産地区から南に約30kmの地点に位置しており、チャオプラヤ川からは東に約5kmの位置である。タマサート大学では、Fig. 9 (d) に示すように、最高で約1.3mの浸水があったようである。キャンパスの中は、完全に排水されていたが、キャンパスの外の道路の一部は、Fig. 9 (b) に示すように、2011年11月末時点で冠水していた。タマサート大学は、当初、避難所としての役割を果たしていたため、キャンパス内に水が入ってこないように、Fig. 9 (c) に示すように、柵沿いのキャンパス内の地面を掘り、その土で土堤を築いていた。しかし、Fig. 9 (e) に示すキャンパス北部の地点で破堤し、浸水したとのことである。タマサート大学は、2011年11月末時点では休講となっており、数日後から清掃活動が始まるとのことであった。また、講義は、一時的に別の地区で実施する予



Fig. 9 Thammasat University and AIT



(a) 水資源工学科の建物に残された痕跡水位

(b) 水資源工学科の建物内

Fig. 10 Kasetsart University

定とのことである。

タマサート大学に隣接するAITは、Fig. 9 (a) に示すように、キャンパス全体が冠水しており、建物に近づく状態ではなかった。また、AITのキャンパスの横には、国土交通省中部地方整備局の排水車が停まっているのが見られた。この度のタイの水害に対しては、国土交通省からの多くの排水車がタイに送られ、排水作業を行っていたようである。

5.3 カセサート大学

Fig. 10にカセサート大学の被災状況の写真を示す。カセサート大学は、タマサート大学から南に約20kmの地点に位置しており、チャオプラヤ川からは東に約6kmの位置である。カセサート大学水資源工学科の建物は、最高で約70cmの浸水が発生したようである。1階にあった机や椅子などが水に浸かっており、再利用できない状態であった。調査時は、ボランティアで参加した学生によって清掃作業が行われていた。



(a) 取り残された飛行機



(b) 冠水している道路



(c) 痕跡水位



(d) 冠水した自動車



(e) 倒壊した擁壁



(f) 避難所としての利用

Fig. 11 Don Mueang airport

5.4 ドムアン空港

Fig. 11にドムアン空港の被災状況の写真を示す。ドムアン空港は、タマサート大学から南に約15kmの地点に位置しており、チャオプラヤ川からは東に約7kmの位置である。ドムアン空港内は、Fig. 11 (a)に示すように、まだ水が残っており、運行を再開していなかった。写真に示されている飛行機は、浸水時からそのままの状態とのことである。ドムアン空港は国内線専用の空港であるが、現在、浸水しなかったスワナプーン空港で国内線の代替運行が行われているとのことである。ドムアン空港の周

辺の道路は、Fig. 11 (b)に示すように、2011年11月末時点で冠水していた。ドムアン空港は、Fig. 11 (c)に示すように、最高で約1.5mの冠水があったようである。Fig. 11 (d)に示すように、冠水した多くの自動車が放置されていた。また、Fig. 11 (e)に示すように、空港の西側に沿った擁壁が倒壊し、土嚢が積み重ねられている地点が数カ所で見られた。これは、西側に位置するチャオプラヤ川からの氾濫水の水圧によって、擁壁が倒壊したものと推察される。なお、Fig. 11 (f)に示すように、ドムアン空港は、2011年11月末時点で避難所として利用されていた。



(a) 嵩上げされた土堤



(b) 南東のポンプステーション

Fig. 12 Flood protection of Suvarnabhumi International Airport



(a) 高架型の排水路



(b) 高架型の排水路



(c) 揚水用のポンプ

Fig. 13 High elevated channel near coastal area

5.5 スワナプーン空港

Fig. 12に、スワナプーン空港の排水ポンプ施設及び土堤の状況の写真を示す。スワナプーン空港は、バンコクの東に位置しており、チャオプラヤ川からは東に約15kmの位置である。スワナプーン空港内は、

バンコクの周辺に設置されているKing's Dikeの外側に位置しているため、Fig. 12 (a) に示すように、土堤が設置されている。Fig. 12 (a) は、スワナプーン空港の南東の端の土堤であり、応急的に約1mの嵩上げが行われていた。Fig. 12 (b) は、南東の端に位置するポンプステーションであり、南西の端に位置す

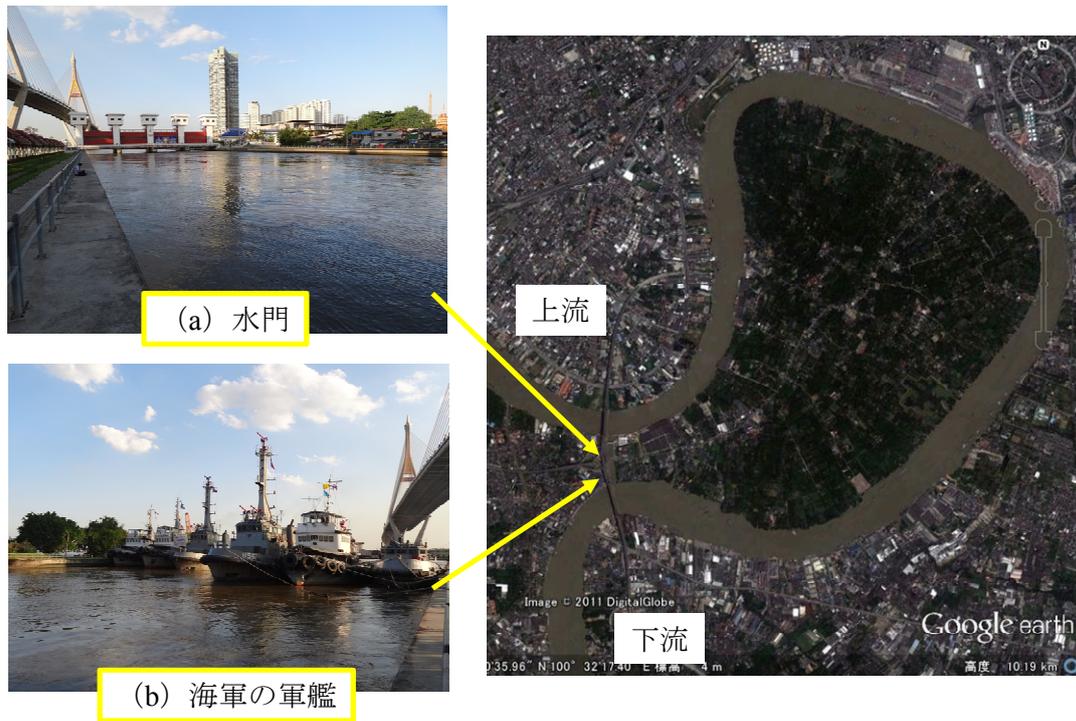


Fig. 14 Shortcut channel of Chao Phraya River

るポンプステーションと合わせた2カ所で、空港内の水を排水するシステムとなっている。今回の洪水では、スワナブーン空港では浸水被害は発生していない。

6. 排水, その他

6.1 海岸付近の水路

Fig. 13に海岸付近に設置された高架型水路の写真を示す。この水路は、上流からの水を海に排水するために、ポンプで14m揚水し、道路の上を高架させているものである。ポンプは4機設置されており、調査時は1機のみ動いていた。上流域では多くの地区が冠水しているが、高架型水路が位置する海岸付近は冠水で困っている様子はなかった。

また、この地区には、海岸線に平行に水路が設置されており、上流からの水は、海に直接流れ込むのではなく、海岸線に平行な水路に一旦流れ込み、その後、ポンプで海に排出しているようである。これは、農地への塩水の進入を抑制するための対策の一つのことである。

このようなポンプによる排水システムは、当然ながら、排水流量がポンプ容量に規定される。開水路河川であれば、上流から多くの水が流れてくれば、水深が深くなり、排水流量も増加する。しかし、ポンプによる排水では、上流から流れてくる流量が多くても排水能力を向上させることができず、滞水及

び氾濫することとなる。また、排水ポンプが故障した場合は全く排水ができなくなるため、大きな排水リスクを抱えていることとなる。

6.2 チャオプラヤ川のショートカット水路

Fig. 14にバンコク西部に位置するチャオプラヤ川のショートカット水路の写真を示す。この水路は、洪水の流下促進と発電を目的として建設されているとの事である。タイ国内の河川の多くは迂曲状態の蛇行水路であり、平面形状は自然に発達した流路形状に非常に近いものとなっている。つまり、日本の多くの河川とは異なり、洪水の流下促進を目的とした人工的なショートカット（河川の直線化）は非常に少なく、洪水流が平野部に滞留しやすく、海へ流れ込むまでに時間がかかるという特徴がある。

ショートカット水路の幅は約70m、長さは約500mである。ショートカット水路の上流端から下流端までの本川に沿った長さは約18kmであるため、流路長が約1/36となっている。調査時においては、水門は全開の状態であった。また、ショートカット水路の下流端付近にFig. 14 (b) に示すように、海軍の軍艦が右岸に3隻、左岸に3隻、横断方向に並んでおり、3隻ずつロープで結んで固定されていた。軍艦は、水の流下を促進させるためか、下流に向かってスクリューを回転させていた。このような方法による水の流下促進については、スクリューが水面付近に位置しているため、川底付近の水が逆流して効果を発揮し



Fig. 15 Cars evacuated on the high way

ない可能性はある。しかし、川幅が狭く、さらに流速が速いショートカット水路を選定しており、ある程度の排水効果はあったものと推察される。

6.3 自動車

Fig. 15に高速道路に駐車している自動車の写真を示す。バンコク周辺の高速道路は高架橋となっているため、浸水していない。そのため、高速道路の空いたスペースに多くの自動車が避難していた。このように、低平地においては、高速道路は数少ない高所であり、貴重なスペースである。

Fig. 16に吸気口と排気口の位置を上げた自動車の写真を示す。タイ国内ではFig. 16の様な自動車を多く見かけた。これは、冠水した道路でも走行可能なように改良されているとのことである。

7. おわりに

2011年にタイで発生した洪水氾濫現象の実態を紹介しながら、多くのアジアメガシティが存在する低平地における浸水被害及び土砂被害の発生原因を考察した。本調査により、チャオプラヤ川及び農業用水路で多くの河岸浸食及びそれに起因した災害が発生していることが明らかとなった。また、低平地における氾濫水の長期停滞の実態が明らかとなった。

謝 辞

本調査では、清水康行先生（北海道大学大学院）、Sanit Wongsra 先生（King Mongkut's University of Technology）、Adichai Pornprommin先生（Kasetsart University）、Wandee Thaisiam 先生（Kasetsart University）、Supapap Patsinghasanee氏（Ministry of Natural Resources and Environment）、Surajate Boonya-aroonnet 氏（Hydro and Agro Informatics



Fig. 16 Automobile with raised air intake and exhaust pipes

Institute) には、被災からの復興にお忙しい中、調査にご同行頂き、現地の詳細な情報をご提供頂いた。また、Kraiwood Kiattikomol先生 (Former EIT's President, Former KMUTT's President)、Suwatana Chittaladakorn 先生 (Director of Water Resources Engineering, EIT)、竹谷公男氏 (JICA)、沖大幹先生 (東京大学)、小森大輔先生 (東京大学)、佐山敬洋先生 (ICHARM)、手計太一先生 (富山県立大学) からは、調査の前に現地の状況について情報をご提供頂いた。なお、本報告は防災研究フォーラムから先遣調査 (団長：北海道大学・清水康行) として研究費をサポート頂いている。ここに記して、関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

タイ政府：<http://disaster.go.th/dpm/flood/floodEng.html>.
 日本貿易振興機構：<http://www.jetro.go.jp/world/asia/th/flood/>.
 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/press/1110/12a/world20111012.html>.

(論文受理日：2013年7月5日)