

2011 年タイ北部水害調査速報

京都大学防災研究所流域災害研究センター流砂災害研究領域・竹林洋史

1. はじめに

タイ北部を中心に長期間降り続いた雨により、2011年9月頃から発生した河川氾濫および土砂災害は、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¹⁾。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り洪水被害を受けており、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²⁾。

河川氾濫や土砂災害は、チャオプラヤ川流域全体の多くの場所で発生し、今なお多くの地域が冠水した状態となっている。本調査は、防災研究フォーラム先遣調査団及び土木学会タイ水害調査先遣調査団として、2011年11月27日～12月2日に現地調査を実施し、その調査結果の概要を示すものである。調査メンバーは、北海道大学・清水康行(団長)、京都大学・竹林洋史、Sanit Wongsak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)である。

主な調査地を図1に示す。バンコク都北部・西部・東部では外水氾濫、アユタヤ地区では外水氾濫とともに、河岸浸食や土砂の氾濫が発生していた。

2. 気象条件³⁾

図2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

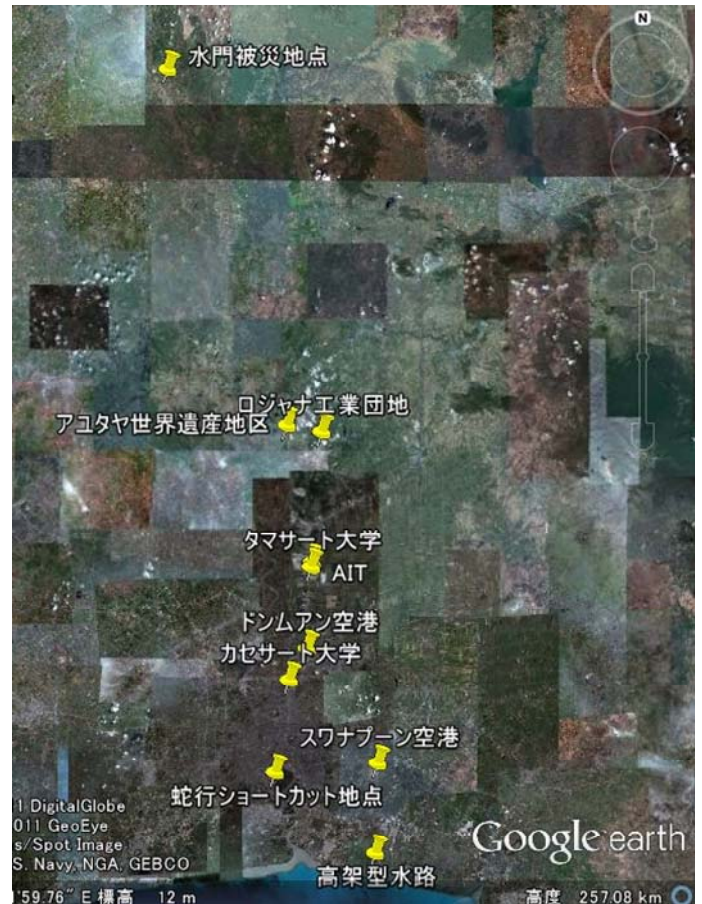


図1 主な調査地

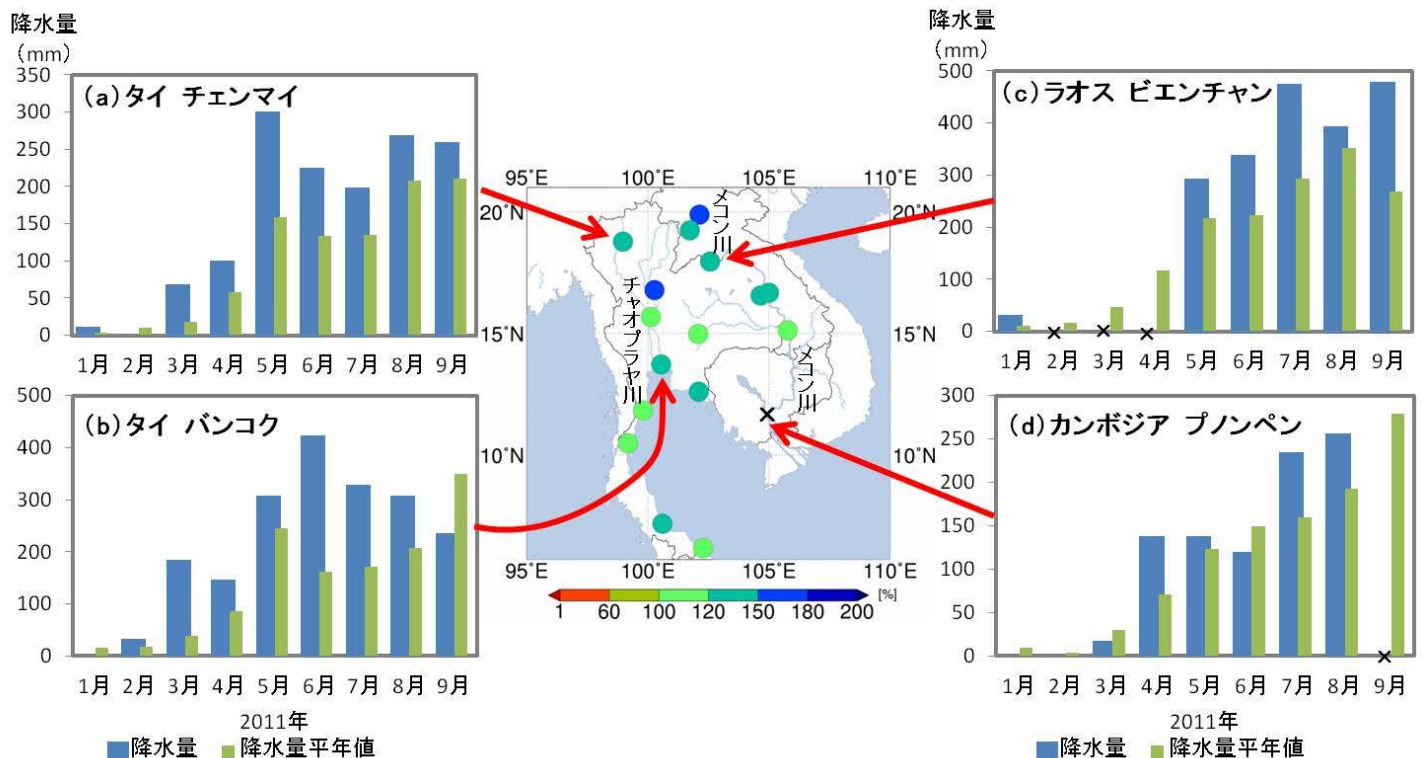


図2 東南アジア地区における2011年1月～9月までの降水量³⁾



図3 アユタヤ世界遺産地区における被災状況

を示す³⁾。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、多雨の状態がさらに続いた。

3. 河岸浸食

3.1 アユタヤ世界遺産地区

図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。図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。現在は、最高水位よりも約2m程度下がっていた。図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。図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。図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



図4 ボランティアによる清掃作業



図5 パイピング発生地点



図6 バングチョムスリ地区における被災状況

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、図3 (a) , (e) , (f) の地点のように、被災後、手つかずの状態となっている被災地もあるが、図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、図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



(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

図7 ロジャナ工業団地における被災状況

が活発なようである。

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

図5は、図3 (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の位置である。

3.2 バングチョムスリ地区

図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。

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、図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、図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、図6 (e) の河岸浸食地点の北に位置する図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



図8 タマサート大学と AIT における被災状況

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、図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。

4. 浸水被害

4.1 ロジャナ工業団地

図7 (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、図7 (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、調査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るようであり、図7 (b) に示すように、工場から次々と水没した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、図7 (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、図7 (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。

4.2 タマサート大学、AIT (アジア工科大学)

図8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、図8 (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、図8 (b) に示すように、未だに冠水している。タマサート大学は、当初、避難所としての



(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

図9 カセサート大学水資源工学科における被災状況

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、図8 (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、図8 (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、調査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る。また、講義は、一時的に別の地区で実施する予定とのことである。

タマサート大学に隣接するAITは、図8 (a) に示すように、キャンパス全体が冠水しており、建物に近づける状態ではなかった。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るようである。

4.3 カセサート大学

図9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。

4.4 ドンムアン空港

図10にドンムアン空港の被災状況の写真を示す。ドンムアン空港は、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。ドンムアン空港内は、図10 (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。ドン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。ドンムアン空港の周辺の道路は、図10 (b) に示すように、未だに冠水している。ドンムアン空港は、図10 (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。図10 (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、図10 (e) に示すように、空港の西側に沿った擁壁が倒壊し、土嚢が積み重なっ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压によって、擁壁が倒壊したものと推察される。なお、図10 (f) に示すように、ドンムアン空港は、現在、避難所として利用されている。

4.5 スワナプーン空港

図11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、図11 (a) に示すように、土堤が設置されている。図11 (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。図11 (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、スワナプーン空港では浸水被害は発生していない。

5. 排水、その他

5.1 海岸付近の水路

図12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



(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



(c) 倒壊した擁壁



(d) 避難所としての利用

図 10 ドンムアン空港における被災状況

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、



(a) 嵩上げされた土堤



(b) 南東のポンプステーション

図 11 スワナプーン空港における浸水対策



(a) 高架型の排水路



(b) 高架型の排水路



(c) 揚水用のポンプ

図 12 海岸付近の高架型水路

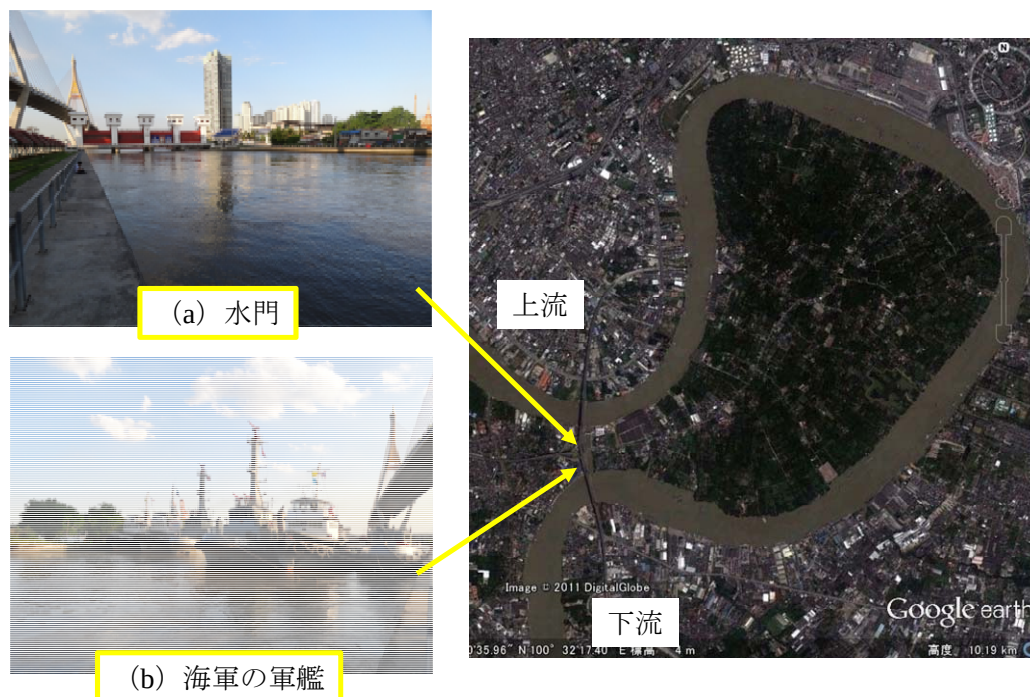


図 13 チャオプラヤ川のショートカット水路

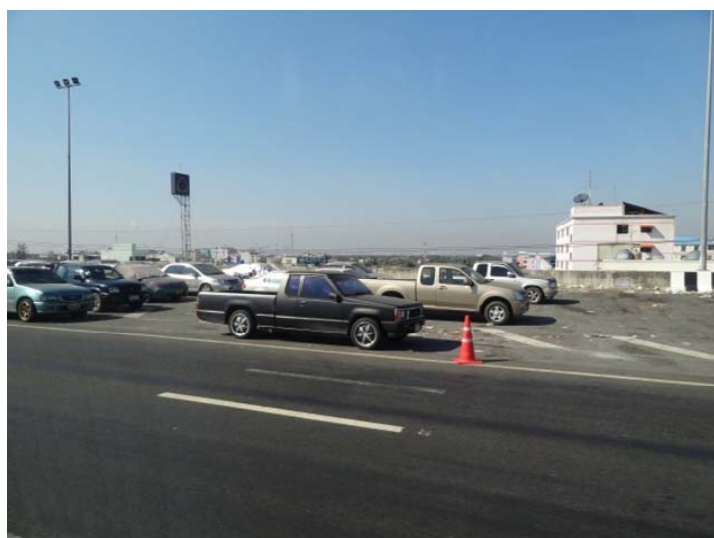


図 14 高速道路に避難している自動車



図 15 吸気口と排気口を上げた自動車

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とのことである。

5.2 チャオプラヤ川のショートカット水路

図13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図13 (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ーンを回転させていた。このような方法による水の流下促進については、スクリーン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發揮しない可能性はある。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、少なくとも水表面付近については逆流が発生しない場所で実施している。

5.3 自動車

図14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。

図15に吸気口と排気口の位置を上げた自動車の写真を示す。タイ国内では図15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。

6. おわりに

2011年9月頃から発生したタイ北部における河川氾濫および土砂災害に対する防災研究フォーラム先遣調査団及び土木学会タイ水害調査先遣調査団による災害調査の結果を報告した。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。

本報告は速報版であり、ここに記載された内容の一部は、現時点では十分に検討できていない。これらについては、今後、更なる現地調査と河床変動解析等を用い、詳しく検討が行われる予定である。

謝辞

本調査では、Sanit Wongsang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）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

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