

Title	衛星画像情報に基づく2011年タイ洪水被害軽減に関する考察
Sub Title	A damage mitigation study on the 2011 Thailand floods based on satellite imageries
Author	高崎, 健二(Takasaki, Kenji) 田中, 修三(Tanaka, Shuzo) 田中, 總太郎(Tanaka, Sotaro)
Publisher	慶應義塾大学湘南藤沢学会
Publication year	2012
Jtitle	Keio SFC journal Vol.12, No.2 (2012.) ,p.131- 139
JaLC DOI	10.14991/003.00120002-0131
Abstract	2011年タイ洪水を捉えたチャオプラヤ川下流域の時系列衛星画像を調べた。高水位(2011年10月下旬)から通常水位(12月22日)まで洪水終息に要した期間は2ヶ月弱であった。排水が長期に及ぶ理由はこの流域の河川勾配が緩やかなことにある。加えて、バンコック市街を守る堤防が、チャオプラヤ川下流域の排水にとって障害になっている。この論文は、洪水被害軽減策を、地域特性を勘案して3つの柱に纏めた。それらは、第一、洪水予知によるダム貯水の事前放流、第二、森林保護による保水力維持およびダム容量の増量工事や遊水地の建設による貯水能力の強化、第三、既存運河及び新設放水路による排水能力の整備増強である。これらの施策を行う事で洪水時の高水位を下げ、2011年洪水のような大きな被害を普通規模の洪水被害のレベルに低減することが可能である。実際の施策には、明治43年東京大洪水のとき日本政府が採った荒川放水路建設策が参考となる。
Notes	自由論題 研究ノート
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=0402-1202-0010

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

衛星画像情報に基づく 2011 年タイ洪水被害軽減 に関する考察

A Damage Mitigation Study on the 2011 Thailand Floods
based on Satellite Imageries

高崎 健二

慶應義塾大学 SFC 研究所上席所員（訪問）

Kenji Takasaki

Senior Visiting Researcher, Keio Research Institute at SFC

田中 修三

東洋大学理工学部都市環境デザイン学科教授

Shuzo Tanaka

Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Science and Engineering, Toyo University

田中 総太郎

東洋大学工学部大学院環境デザイン専攻客員教授

Sotaro Tanaka

Visiting Professor, Environmental System Planning and Space Design, Graduate School of Engineering, Toyo University

2011 年タイ洪水を捉えたチャオプラヤ川下流域の時系列衛星画像を調べた。高水位（2011 年 10 月下旬）から通常水位（12 月 22 日）まで洪水終息に要した期間は 2 ヶ月弱であった。排水が長期に及ぶ理由はこの流域の河川勾配が緩やかなことにある。加えて、バンコック市街を守る堤防が、チャオプラヤ川下流域の排水にとって障害になっている。この論文は、洪水被害軽減策を、地域特性を勘案して 3 つの柱に纏めた。それらは、第一、洪水予知によるダム貯水の事前放流、第二、森林保護による保水力維持およびダム容量の増量工事や遊水地の建設による貯水能力の強化、第三、既存運河及び新設放水路による排水能力の整備増強である。これらの施策を行う事で洪水時の高水位を下げ、2011 年洪水のような大きな被害を普通規模の洪水被害のレベルに低減することが可能である。実際の施策には、明治 43 年東京大洪水のとき日本政府が採った荒川放水路建設策が参考となる。

We surveyed the temporal satellite images of the lower basin of Chao Phraya river, Thailand, that show the 2011 flood conditions. The floods took about two months to subside from the highest water level (late October 2011) to the normal (December 22). A shallow slope of the basin is causing the floods to take a long time to drain. In addition, the banks guarding the urban areas of Bangkok are hindering the drainage in the lower basin of Chao Phraya river. Taking into consideration the regional characteristics, this paper presents three counter measures on how to mitigate the flooding damages. First, pre-discharge of the water from the dam by forecasting the upcoming flood; second, conservation of forest for its water retaining ability, and enhancement of water storage volume by increasing the reservoir capacity and constructing flood control basin; third, augmentation of drainage capacity with the existing and new canals. These measures can lower the high water level of flooding, and it is possible to bring such a damage level of the 2011 floods down to a level of a normal flooding. For actual measures, the Arakawa discharge channel constructed by the Japanese government after the Great Tokyo Floods in 1910 will provide a useful reference.

Keywords: リモートセンシング、タイ洪水、チャオプラヤ川、洪水被害軽減

1 はじめに

2011年のタイにおける大洪水は、タイ国民ばかりでなく、進出している日本企業にとっても大問題となった。洪水の原因は9月までの例年にないタイ北部山地の降雨である。筆者らが気象、および洪水経過について調べた結果、図3に示すように平年よりも500mmの多雨が、洪水の基本的原因であることが判った^[1]。洪水ピークまでの経過を分析した結果、地形特性がどこまでも平坦であり排水経路の終点であるバンコクが排水にとっての障害となっていることが判った^[1]。この論文では、洪水のピークから終息までのチャオプラヤ川下流域の湛水域分布状況の推移を時系列で撮影された衛星画像にて観察し、今後、洪水被害を減じるには、何が必要であるかを分析した。

2 2011 洪水規模と排水能力の現状

図1は洪水ピーク時（左：2011年11月3日）と洪水終息宣言時（右：2011年12月21日）のAqua/MODIS赤外画像である。図中、A-A、B-B、C-Cはチャオプラヤ川、ターチン川、バンパコン川で、この流域の排水機能を担っている。両画像の黒い部分が湛水域である。洪水ピーク時には、ナコンサワン（記号Nの地点）からアユタヤを経てバンコク北部に至る広い領域が湛水しているが、洪水終息宣言時には、湛水域は約3分の1程度に縮小している。ここでは、この状態を「洪水ではない状態」とする。（ここで普通の規模の洪水とは、湛水域の広さが左右の画像上に見られる中間程度の広さを指し、数値的表現は困難であるが、現地の人々が許容してきた程度の湛水である）

図2は2011年11月3日のMODIS画像から1-CELL分類法にて湛水域を計測したもので、画像中央部の明灰色部分は約9,400km²であった。竹谷は、11月6日時点で氾濫総面積が16,000km²とJICAに報告^[2]している。図2に示す衛星画像上の湛水域より過大な面積であるが、定義や計測方法などの違いから生じている可能性が考えられる。本論文の採用する湛水面積約9,400km²を評価するため、国土交通省 ICHARM の報告内容^[3]を参照した。こ

の報告に掲載されている洪水域は、GISTDA(Geo-Informatics and Space Technology Development Agency: タイ地理情報・宇宙技術開発機関)作成の洪水域分布(2011年10月13日時点)の引用である。本稿図2の洪水域(11月3日時点)よりも狭いはずだが、広い範囲が洪水域とされている。また、筆者らはナコンサワンよりも下流域を対象としているが、既存資料における計測範囲は厳密には明確ではない。洪水域の定義や算出課程に相違があり異なる結果を生じた可能性がある。GISTDAではRADARSAT画像解析による洪水域の変遷^[4]も調査しているが、筆者らの認識よりも広い範囲を洪水域と考えているようだ。本論文では生画像(図1)と解析画像(図2)を両方とも掲載し、この論文での洪水域の認識の明確化に努めた。

11月3日時点での洪水量は、水位1m分が洪水容量であると考えた場合、湛水面積約9,400km²を乗じると94億トンとなる。ここに、水位1m分を洪水容量と考えたのは、次の理由による。チャオプラヤ川流域バンコク西方のDamnoen Saduak水路の水管理を研究した論文^[5]によれば、この水路の水位変動は0.7mから1.2mであり平均は1.0m付近にある。農地の水位は、平均水位1.0m付近の周りに±0.1m程度である。一方、チャオプラヤ川の水位は、10月28日にPhra Pinklao橋からSiriraj病院までの区間で2.47m(平均海水面より)を記録した^[6]。その後10月30日に2.53mまで上昇した。Damnoen Saduak水路の高水位とチャオプラヤ川の最高水位を比較すると水位差は1.33mである。このうちの水位差1m分を洪水被害軽減のための目標値と考えた。また2006年洪水のチャオプラヤ川Bang Sai地点(アユタヤの南南西約18km地点でチャオプラヤ川下流域の中心付近)での水位変動は9月下旬(増水期)から10月中旬(洪水時)の半月間で約1.5mの上昇であった^[7]。このうちの水位差1m分を洪水被害軽減のための目標値とした場合、大きな誤りはないと考えた。水位差1m分を2011年タイ洪水対策のための目標値としたが、バンコクの歴史的洪水に対しては過小な数値になる可能性がある。バンコクの歴史的な洪水水位は、4.25m(1785年洪水)、3.2m

(1819 年洪水)、壁の上部まで (1931 年洪水)、1.5m (1942 年洪水) 等がある^[8]。

タイ王立灌漑局が 10 月 26 日に発表した排水計画の見通し^[9]は次のようである。「チャオプラヤ川の排水能力は 3 億 m^3 / 日、バンコク東部および西部で海にポンプアップする能力は、37.78 百万 m^3 / 日および 26.18 百万 m^3 / 日である。海への排水能力は、チャオプラヤ川と東西の流下能力の合計で 4 億から 4.2 億 m^3 / 日になる。今後、台風や北方からの流入が無ければ 45 日で問題は解決するだろう」。バンコク市長による洪水終息宣言^[10]は 60 日弱を経過した 12 月 22 日に出されたが、バンコク市内の排水計画の見通し自体に大きな狂いはなかった。

タイ王立灌漑局において流下能力を 4 億トン / 日で想定していたとすると、当局が把握していた 45 日間での洪水排水容量は、180 億トンになる。今回

の洪水では、バンコクの位置からタイ湾への排水能力 4 億トン / 日があったにもかかわらず、流入水量のほうが多く、11 月 3 日時点で 94 億トンの余剰水が貯まってしまった。この 94 億トンほどの余剰水を 11 月 3 日の時点までに排水できていれば、普通規模の洪水被害に抑えることができたと考えられる。このため、洪水被害の軽減には、9 月と 10 月の 60 日間の増水期に現在よりも 94 億トン以上大きな排水能力を持たせる事が必要である。

3 洪水予知によるダムにおける貯水の事前放流

通常、排水能力の軽減はダムの貯水機能で代替することができる。2011 年のケースでは、9 月中旬頃より上流のダムが次々と満水になったにも関わらず放流が遅れてしまった。そもそも、これらダム群は洪水調節のために建設されたものではなく、灌漑の

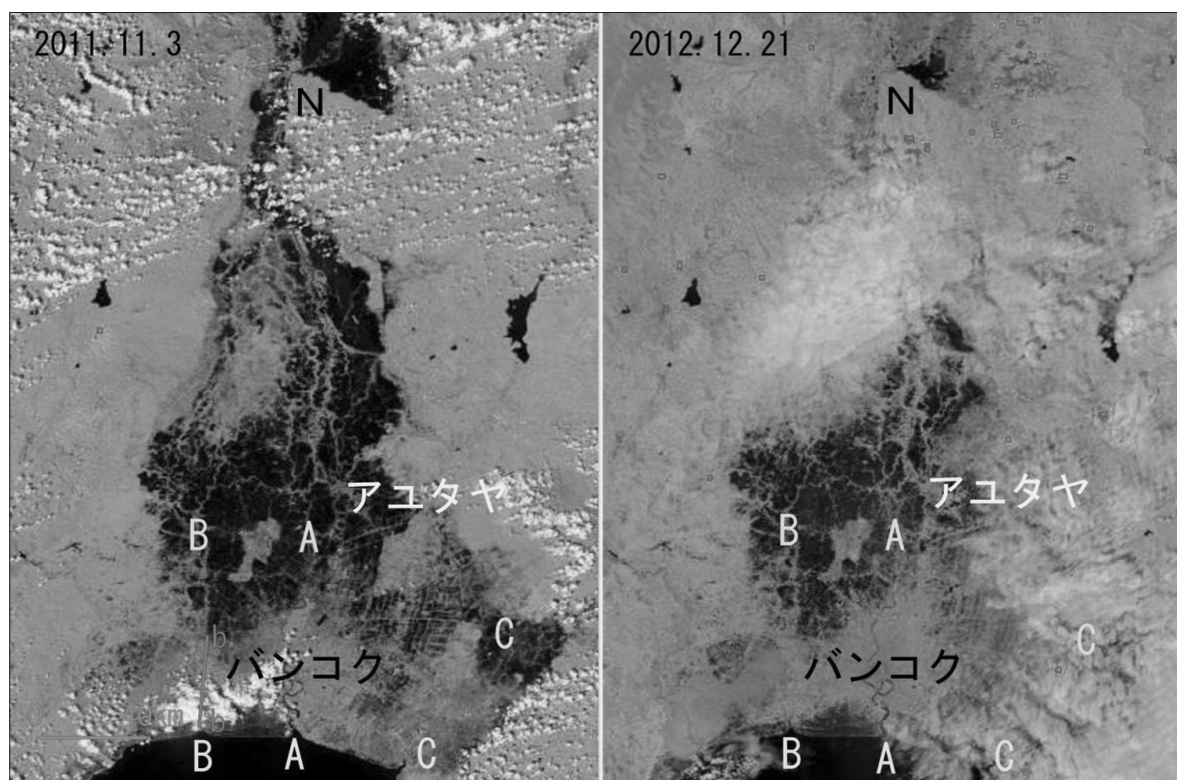


図1 MODIS 衛星画像を用いた赤外面像に見る上 2011 年タイ洪水
(左：洪水ピーク時、右：洪水終息宣言時)

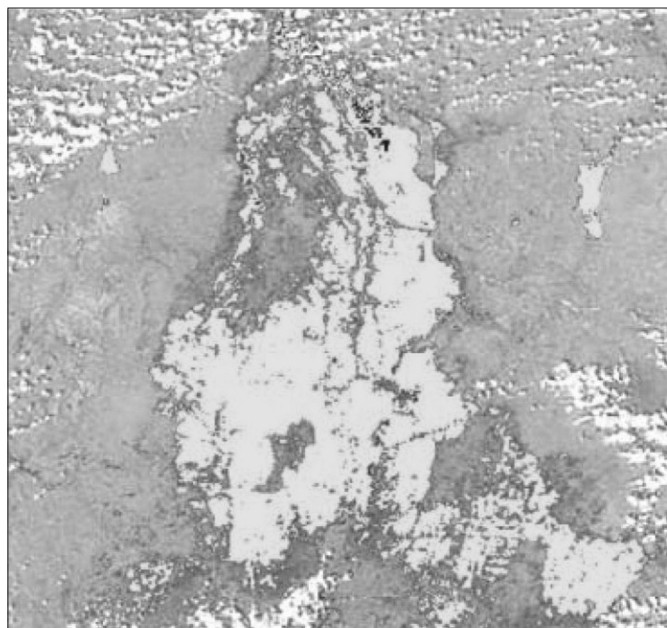


図2 2011年11月3日の湛水域

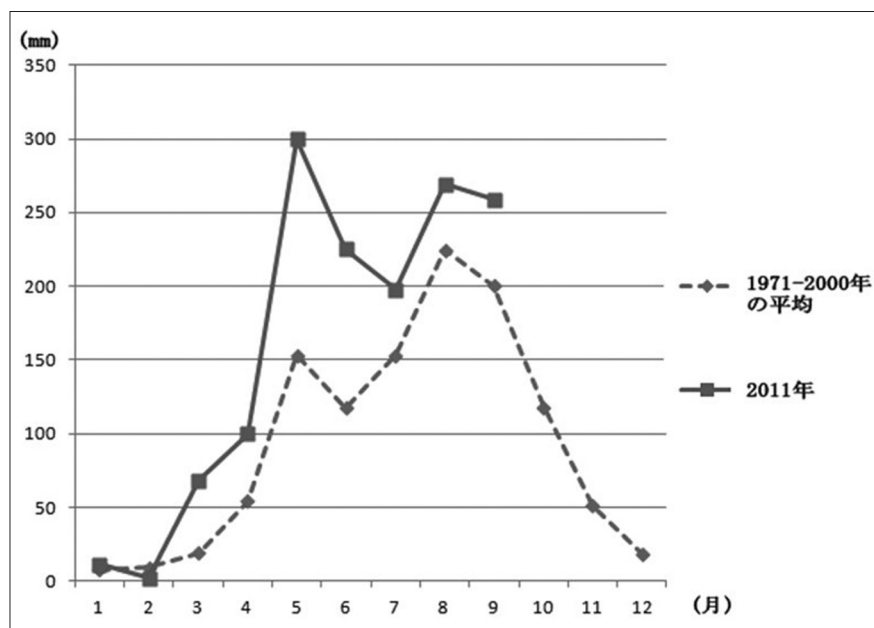


図3 チェンマイの月別降水量

ための貯水が重要視されている。2011年も灌漑のために例年とおりの通常放流が行われたが、この年は早期から降雨が多くダムの満水が早かった。その後も多量の降雨が続いたため、放流せざるを得ない状況に陥り、洪水の原因となった。

図3に示すチェンマイの降水量から2011年度は春先から例年になく雨量が多い事が分かる。ダムの管理当局は、渇水の心配が遠のき安心していただけられるが、洪水の危険性については9月に入ってから気づき始めたと思われる。仮に気付くのが1ヶ月

早ければ放流という処置ができたと考えられるが、その先、雨が降らない可能性も大きい。灌漑目的のダム管理者が放流という処置を採るには、正確な気象予測が必要である。タイの乾季は 11 月に始まり 4 月まで、雨季は 5 月に始まり 10 月に終わる。ダムの利水サイクルであるが、タイ最大のプミポンダムでは、5 月の初めにダムの水位は最低になり、11 月初めに最高になる。このダムは 135 億トンで満水であるが、2005 年から 2010 年までの経験では平均的には最高水位時で 110 億トン、最低水位時は 40 億トン程度の維持を目安にしていた。最低水位時の維持水量を下げれば、渇水時の危険は増すが、貯水余力は若干増加する。タイ発電公団（EGAT）のキティ水力発電所担当副総裁は 2012 年 1 月 16 日、乾季の需要向けにプミポンダムとシリキットダムの放流を行い、乾季の終わり頃に 99 億トンの貯水余力

ができるようにすると発表した^[11]。

4 貯水能力の強化

この地域における貯水能力の強化策としては、ダム貯水能力の増強工事、遊水地の整備、保水林の整備に可能性がある。

(1) ダムの貯水能力強化

チャオプラヤ川上流域には、プミポンダムとシリキットダムという大容量のダムがある。普通に考えると、ダムの建設により下流の最低流出量は増加し最高流出量は減少する結果が得られるはずだが、実際には最低流出量は増加したが最高流出量は減少していない^[12]。このことは、これら二つのダムによる洪水調節は無かったことを意味する。従来、洪水調節の必要に迫られたことがなかったのか、他の原

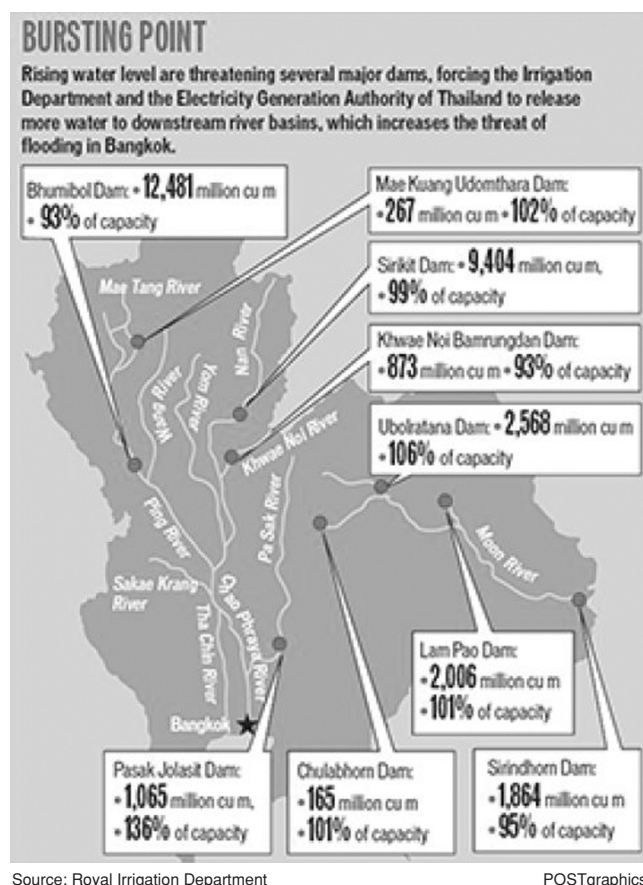


図4 ダム貯水量（2011 年 10 月 1 日、Chiangrai Times、原典：タイ王立灌漑局）

因で最高流出量が減少しなかったのか、検討の余地がある。ダムの貯水能力を増強すれば洪水調節能力は高まるが、実際に増強工事が可能かどうかという問題がある。ブミポンダムについてはアーチ式で設計されており運用しながらの増強は困難と思われるが、シリキットダムはアースダムであるから、増強は可能と思われる。日本では重力式ダムとアースダムにおいて堤高の嵩上げ工事の事例が多く見られる。タイ北部山岳地の降雨は、ブミポンダムとシリキットダムで貯水されるが、その中間にワン川とヨム川という二つの支流域がある（図4）。貯水容量増強の目的からは、これらの流域に貯水池を新設することも一つの方法であるが、自然環境等への影響を考慮する必要がある。タイ王立灌漑局 Prajamwong らの報告文^[13]によれば、洪水軽減策の一つに洪水ピーク流量を軽減するため上流域にダム貯水池を建設することを挙げている。この提案内容^[14]は2012年4月10日にタイ国内閣によって了承された。

(2) 遊水地の整備

遊水地構想はタイ国王が‘モンキーチーク’と称

して推奨している。チャオプラヤ川沿いに複数の遊水地を設け、洪水を一時的に受け入れるという構想である。一か所の遊水地の洪水調整能力は、1万トンから600万トン程度である。

(3) 水源涵養保安林の整備

春先から9月までの降水量が約500mm多いことが2011年のタイ大洪水という結果になって現れた。この500mmの雨を森林が吸収しきれなかったことに問題の一つがある。タイ北部山地では、近年、山林の伐採が進んでいる。水源涵養保安林、いわゆる「緑のダム」の建設構想とは逆の方向に進みつつあり、このことが流出係数の増大を招いていることは否めない。森林の保水力に関する日本国内の論争では、見解が二つに分かれている。国土交通省側の見解では、森林の伐採に拘わらず森林土壌が残っていれば保水力は変わらない。森林土壌の保水力は200mmが限界である。この見解に対して、保水力は200mmが限界だとしても、200mmを吸収した森林は徐々に放水するので十分に洪水調節能力を持つ、という見解がある。この議論は、熊本県川辺川ダム建設可否の検討会^[15]のもので、12時間雨量を

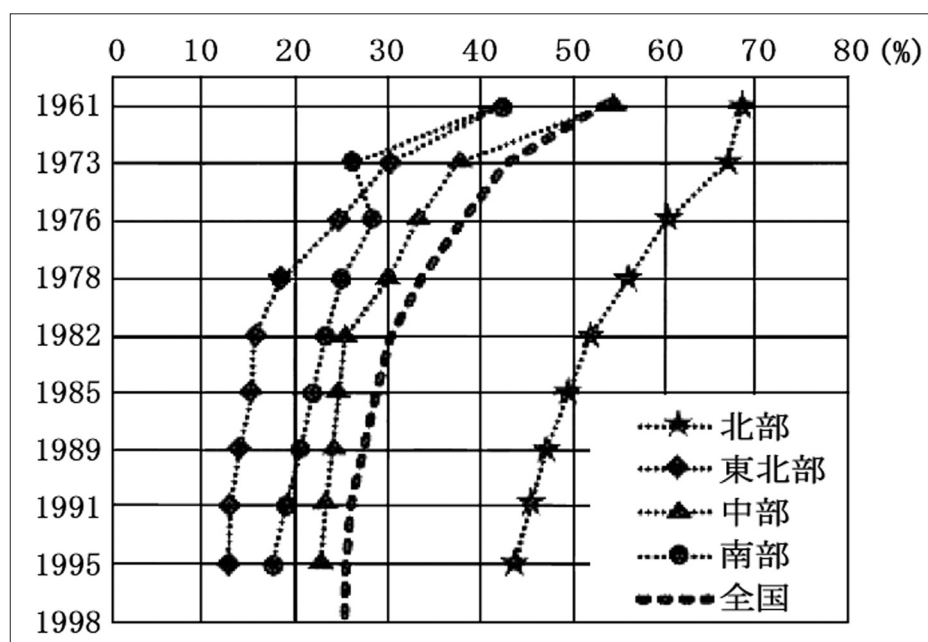


図5 タイ王国の地域別森林面積の推移（原典：農林水産省／タイ国統計局）

ベースにしている。しかし、タイ北部のように半年で 500mm 超過の降水を論じる場合は、森林の保水力に着目することは意味があると思われる。

2011 年の洪水の原因はタイ北部山地への降水と考えられるが、森林の保水力の低下が被害を大きくした。タイ北部の面積は約 6 万 km² であるが 20 世紀後半（1950 年～）の経済発展に伴いこの地域の約 25% の森林が伐採された（図 5）。伐採面積が一律に 200mm の保水力を失った場合、失われた保水総水量は 30 億トンと推計される。

5 排水能力の強化

2011 年の大洪水は、「9 月と 10 月の 60 日間の増水期に現在よりも 94 億トン以上大きな排水能力を持たせること」ができれば防ぐことができた。チャオプラヤ川の排水能力については、現在以上に増強の余地がないが、バンコクの東西では海への排水能力を増強する可能性が残されている。必要な排水能力は、60 日間毎日約 1.5 億トン、1,800m³/秒の流量増加を確保できれば可能である。バンコク市以南への排水については、図 6 に示すように複数の運河

を通して平面的に流下させる。チャオプラヤ下流域は、平坦な勾配の無い沖積地であるため、このような方法が自然である。これらの複数の運河をそれぞれ改修することで、合計 1,800m³/秒の流量増加を図ることが可能となる。

他にも 1,800m³/秒の流量を確保できる放水路を新設する方法も考えられる。放水路新設については 2007 年洪水の対策計画の中にも描かれている。この計画ではアユタヤから南東方向に導水し、バンパコン川方面に流下させるというものである。しかしながら、図 1 左図の高水位時期の湛水状況から考えると、バンコク西方に長さ 40km 程度の放水路ないしは、掘込式港湾を新設するほうが効果的と思われる。その理由は、放水路の距離が短くて済み、バンコク市街が膨張したとはいえ、その程度はバンコク東部に比較して疎であるためである。西部の放水路についてはターチン川の拡幅改修も代替案として視野に入ってくるであろう。

タイ王立灌漑局の Prajamwong らの報告文^[13]によれば、洪水軽減策の一つである下流部排水能力強化策として、蛇行区間の排除、水路の掘削や

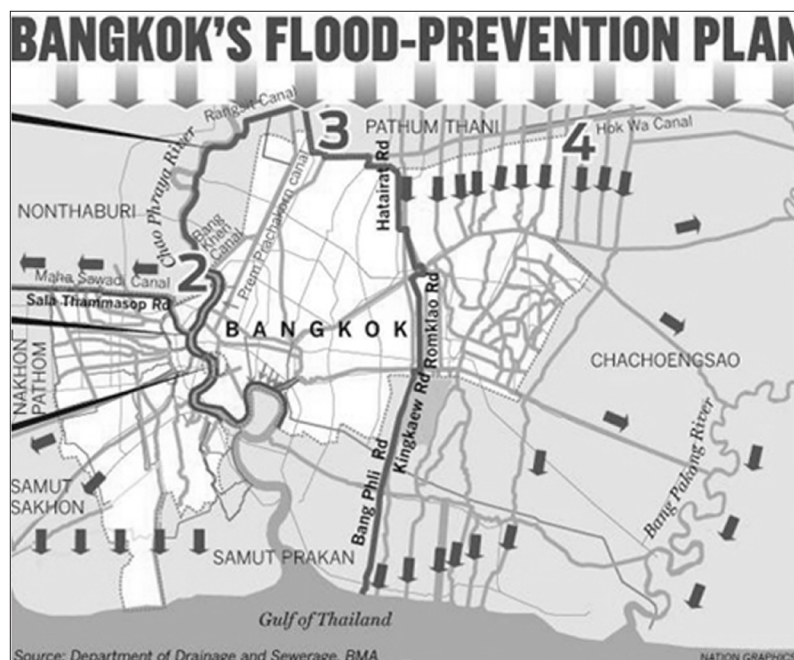


図 6 バンコク市以南の排水経路（原典：駐タイ米国大使館 / Source: Department of Drainage and Sewerage, BMA）

除草、あるいは放水路建設を挙げている。また、Vongvisessomjai 氏は、洪水対策マスタープランとして、バンコクの西側ではなく東側に放水路を掘削することを提唱している^[7]。

6 バンコクの地盤沈下と洪水対策

バンコクの洪水危険度は著しい地盤沈下により増大すると言われている^[16]。このためバンコクでは洪水被害から守るための堅固な洪水壁が建設され、バンコク市内に居る限りは地盤沈下があっても洪水からは護られる。2011 年洪水の主要な被害は、バンコクアユタヤ間の水田地帯およびそこに造成された工業団地で発生した。その被害を増幅させたのは「バンコクを守るための洪水壁が排水を妨げたことによる」として、「バンコク市内にも洪水を流入させよ」という動きがあった。しかしながら、バンコク市内の資産価値は大きく、そのためのバンコク市内の災害軽減策は、チャオプラヤ川流域全体の洪水対策とトレードオフの関係にある。この論文では、チャオプラヤ川流域全体の洪水対策を採用することで、バンコク市内の洪水対策にも資するという観点を重視した。

7 既往洪水との比較検討

洪水伝説から史実としての洪水まで、世界には洪水の記述が数多く存在する。何時の時代にも洪水は重大事件であり、人々は洪水を治め高度な利水を可能とすることで社会を発展させてきた。農耕社会においては、堤防を築き洪水を河川の中に封じ込めることで広い沖積平野を農地として利用した。産業革命が興り工業化社会に移行すると、土地利用形態に変化が生じ河川沿いに大都市が形成されるようになった。そこで洪水が発生すると資産価値の高い大都市が被災する。いずれの社会の人々も、洪水の危険性は河川や貯水池の破堤であることを認識していた。森林破壊が洪水を助長することも認識し、対策を講じた事例もある。洪水対策の技術的な基本は、昔も今も変わらない。変化するのは時代背景である。地域社会の急激な変貌と社会インフラの複雑化や高度化が現代のハードウェア的な特徴である。社会を運

営するための意思決定は、その社会の構成員全員の合意が基本的前提であり、これが現代のソフトウェア的な特徴である。洪水対策には、技術と社会的合意の両立が必要である。現代の洪水対策は、単一の処方箋を単一の意思決定機関によって遂行することは困難であり、技術面では総合的な利水、治水政策として、政策遂行の面では社会構成員の合意を取り付ける必要がある。このような状況に鑑みると、現代の洪水対策に関しては、急激に発展途上の都市を巻き込んで発生した洪水、具体的には、1910 年パリ大洪水、同年の東京大洪水、2002 年のヨーロッパ大洪水^[17]等の洪水状況とその後採られた対策が参考になる。これらの洪水に共通するのは、洪水の原因として、いずれの地域も氾濫域の著しい減少が指摘できることである。

これらの内、2011 年タイ洪水を契機とするチャオプラヤ流域の治水利水計画の政策遂行に関しては、明治 43 年東京大洪水の際に日本政府が採った事例が参考になると思われる。その代表的な洪水対策は、荒川放水路の建設であった。明治 43 年の東京と 2011 年のバンコクには類似点がある。いずれも国家政策により工業が推進され住宅地と工業用地が水田地帯に広がって行く。荒川とチャオプラヤ川の上流にはいずれも遊水地があったが、大洪水には能力不足となり氾濫する。日本政府の場合は、止む無く用地買収をして幅 500m、長さ 22km の放水路を建設した^[18]。

8 結語

この論文が考察する洪水対策は、洪水被害をゼロにするものではない。衛星画像中に見られるように、チャオプラヤ川下流域中央部は普通規模の洪水被害が発生することを前提として成り立っている。洪水対策の費用対効果が国家の財政計画の中で議論されて、はじめて対策の実行が可能になる。完全な防災対策は現実的ではないため、国家として費用対効果のバランスの取れた案は何かという判断が重要である。その趣旨の下に、本研究では、今後も発生する可能性のあるタイでの大規模な洪水被害の軽減策に関わる考え方を示した。地域特性を勘案した 3 つの

柱が、その内容である。速効性があり効果的な軽減策は、第一の洪水予知によるダムにおける貯水の事前放流である。これについては、本年 1 月から関係当局によって実施が発表された。計画通りにゆけば 2011 年程度の降水量があった場合、洪水の規模は若干軽減することが可能となる。しかしながら、この方法は干ばつへの備えである灌漑対策と相反するものであり、運用には正確な気象予測が不可欠である。

第二の柱は、森林保護による保水力維持およびダム容量の増量工事や遊水地の建設による貯水能力の強化である。森林保護による保水力の維持については速効性はなくとも洪水調節の基本である。しかしながら、この実現には 30 年程度の期間に亘る不断の努力が必要である。遊水池の建設は、従前進行中のもので、今後どれだけの容量を積み増せるかが課題である。第三は、既存の運河の整備改良や放水路の新設による排水能力の向上であるが、バンコク市街の洪水壁が排水障害となっている現状から考えても必要な措置であると思われる。タイ王立灌漑局 Prajamwong らの報告文^[13]に見るように、タイ国の技術陣は、洪水被害軽減の技術的考え方に関しては、本論文とほぼ同様の結論に達している。実現性については、土地収用や予算確保の問題があるため、タイ国民の合意形成が鍵となる。

明治 43 年東京大洪水の際に日本政府が採った事例が参考になるとはいえ、時代・国情が異なるので、最小の費用で最大の効果をあげる、より適切な国家施策を期待したい。

- in raised bed systems: a case study from the Chao Phraya delta, Thailand,” *Elsevier Agricultural Water Management*, Vol.39, Issue 1, 1999, pp.1-17.
- [6] Bangkok Post, Chao Phraya water level hits new high, October 28, 2011 2:21 pm 記事。
- [7] Suphat Vongvisessomjai, “Flood Mitigation Master Plan for Chao Phraya Delta,” 4th INWEPF Steering Meeting and Symposium, Paper 1-04, 2007.
- [8] K. Sroikeeree and R. Bannatham, “Historical Floods, Flood Management, Vulnerabilities and Risk Assessment in Bangkok,” United Nations University. <<http://www.ehs.unu.edu/file/get/4157>>
- [9] The Nation, Flood drainage to complete in December, October 28, 2011 2:21 pm 記事。
- [10] The Nation, Sukhumbhand declares Bangkok is dry, December 24, 2011 1:00 am 記事。
- [11] NNA.ASIA, 乾期のダム放水開始、洪水防止を最優先, 2012.1.16 記事。<<http://news.nna.jp/free/news/20120116thb005A.html>>
- [12] 手計 太一・吉谷 純一「大ダムが流況に与えた影響」、『水文・水資源学会誌』、第 18 巻 3 号、2005、pp.281-292.
- [13] Somkiat Prajamwong and Pornsak Supparatarn, “Integrated flood mitigation management in the Lower Chao Phraya basin,” Expert Group Meeting on Innovative Strategies Towards Flood Resilient Cities in Asia-Pacific, ESCAP, July 2009.
- [14] Thada Sukhunnaphan, “Flood Monitoring and Early Warning in Thailand.” <http://jma-net.go.jp/sat/data/web/aomsuc-2/Session5/5-4_TSukhunnaphan.pdf>
- [15] 国土交通省「川辺川を考える住民討論集」と森林保水力の共同検証等の概要」、参考資料 2-1、2006.3。
- [16] Amelie Bottollier-Depois (AFP), Floods show what lies ahead for sinking Bangkok, Nov 6, 2011 記事。
- [17] 戸田 圭一「2002 年夏のヨーロッパでの水害—エルベ川流域を中心として—」、『京都大学防災研究所年報』、第 46 号、2003 年、pp.81-87。
- [18] 荒川下流河川事務所『明治時代～荒川放水路開削工事』。<<http://www.ktr.mlit.go.jp/arage/learn/history/history04.html>>

[受付日 2012. 7. 19]

[採録日 2012. 10. 24]

参考文献

- [1] 田中 総太郎・田中 修三・高崎 健二「衛星画像で見る 2011 年タイ洪水」、『地理』、Vol.57、古今書院、2012 年、pp.20-27.
- [2] 竹谷 公男『洪水災害調査報告会資料』、JICA 調査団、2011.11.6。
- [3] 国土交通省 ICHARM『チャオプラヤ川流域における降雨流出氾濫予測 - 2011/10/13 の MODIS による想定浸水域』、as of 9 Nov 2011。
- [4] Thailand flood monitoring system. <<http://flood.gistda.or.th/>>, as of 2012/9/30.
- [5] Francois Molle, Chusak Sutthi, Jesda Keawkulaya, and Roongnapa Korpraditskul, “Water management