

## 第11回 環境サイエンスカフェ

テーマ 「2011年タイの洪水」 — モンスーンアジアの自然と人間を考える —  
 講師 松本 淳さん (首都大学東京 都市環境学部 教授)  
 日時 2012年10月24日(水) 18:30~20:00  
 会場 サロン・ド・富山房 Folio  
 参加者 44名



**2011年タイの洪水**  
 — モンスーンアジアの自然と人間を考える —



松本 淳

首都大学東京 都市環境科学研究科 教授  
 海洋研究開発機構 地球環境変動領域 チームリーダー

### 1. はじめに

松本：皆さん、こんばんは。大変にたくさんの方に来ていただきまして、とても嬉しく思います。只今ご紹介にあずかりました松本と申します。本務は首都大学東京の都市環境科学研究科というところで地理学を研究しています。兼務で海洋研究開発機構（通称 JAMSTEC）の地球環境変動領域モンスーン水循環チームのチームリーダーも務めています。

私はこの数十年間、気候変動や地球温暖化に関して、モンスーンアジアの気候はどうなっているのか、これから先どうなっていくのか、そういうことに伴ってモンスーンアジアに住む人々の生活はどうなるのだろうか、そんなことを考える研

究をずっとしてきております。「気候学」、「気象学」と呼ばれる学問分野です。IPCC レポートなどのグラフや、インターネット上で公開されている気候データ等があれば、ある程度のことはできるのですが、自分が研究している東南アジアに関しては、経済的・政治的な問題等もあって、日本にいるだけではなかなかデータが入手できません。

今からちょうど 25 年前の 1987 年に、インドの隣国バングラデシュで大洪水があり、私はこの洪水が発生した原因を調べるために、初めて海外での調査に参加しました。その時、バングラデシュで大洪水が起こったのだから、さぞや多くの雨が降っているのだろうと思って、気象庁に届いているデータを調べてみたら、雨が全然降ってないことになっていて、ちょっと驚きました。そういう記録しか気象庁には届いていなかったのです。ところが、現地に行ってみたら、紙に手で書き写したデータがちゃんとあり、やはりかなりの量の雨がバングラデシュ国内で降っていたことがわかりました。残念ながらこういったデータが国際的には十分に流通してないのが現状です。とにかく現場に行き、このようなデータを得ることが大事なことがわかりました。と同時に、そこに住む人たちがどんな暮らしをしているのか、ということも見ることを心がけながら、その後の研究を進めてきています。

この写真（スライド表紙の写真）は、インドのチェラプンジというところでは、聞いたことがある人はいますか？知っている人はたぶんほとんどいないと思います。これを知っていたら相当な気象おたくです。実は世界で雨が一番多いところです。どのくらい降るとお思いですか。ちなみに東京の雨は1年間にどのくらい降るかご存じでしょうか？

会場：1,800 ミリ。

松本：鋭いですね。だいたいそのくらいです。日本全国の平均が1,800 ミリぐらいと言われていて、東京は若干少なく、大体1,500 ミリ程度です。これに対して、ここチェラプンジでは、なんと平均で10,000 ミリ以上。年間の雨量が10 メーターにもなります。看板に「wettest」と書いてありますが、要するに、世界で雨が一番多いところで、私のように雨を研究している者にとっての聖地です。

前に極地研の榎本浩之さんが、このサイエンスカフェで極域についてお話されたようですが、私も南極とか北極のような極端なところには興味を惹かれるんです。チェラプンジにもぜひ1回行ってみたいということで行ってみました。私は日帰りで行ったのですが、リゾートホテルもあって泊まることもできます。ここにはすごく大きな滝があって、ごうごうと水が流れていました。しかし本当に一面、まさに雲の中という感じで、目には全く見えませんでした。ここはメガラヤ高原という、バングラデシュの北側の少し高い場所にあります。ヒマラヤの南のブラマプトラ川の南、標高でいうと1,500 メーターぐらいのところに、メガラヤ高原はあります。後で世界地図を見てください。「ヒマラヤ」、「メガラヤ」というのはサンスクリット語です。「ヒマラヤ」というのは、どういう意味かご存じですか？「アラヤ」というのが家という意味で、「ヒマ」というのが雪。つまり、「雪の家」という意味です。雪が住んでるところがヒマラヤです。これに対して、「メガラヤ」というのは新しくつくられた言葉で、インドの地理学者が付けた名前です。「メガ」というのは雲です。つまり、「雲が住んでいる家」という意味です。実際に雲に覆われていることが大変に多いところですが、実は4月から10月の夏の半年間しか雨が降りません。ですから、夏の半年に10メーターもの雨が

降るということになります。月の平均でいきますと、日本の年降水量に相当する1,500 ミリぐらいが1ヶ月間に降ります。とてつもなく雨が多いところですよ。

以上はちょっと余談ですが、先ほどお話ししたように、私のアジアを中心とした研究のスタートラインは1987年のバングラデシュでの大洪水の調査でした。バングラデシュの川は、みんなインドから流れてきますから、インドの雨がどうだったかということを知らなければいけないということで、バングラデシュの調査に複数のメンバーで行った後に、一人でインドにも行きました。海外の一人旅というのはこの時が初めてで、初めて行ったのがインドでした。インドに行ったことがある人はどのくらいおられますか？（会場より挙手）かなりおられますね。どちらに行かれましたか？

会場：昔のカルカッタ、ニューデリー、ナグプールというところですよ。

松本：そうですか。インドは大変なところですよ。

会場：でも、ずっと前、40年ぐらい前なんです。それ以外に行ったことはないんです。

松本：そうですか。私も25年前に初めてインドに行きまして、世界観が変わるぐらいカルチャーショックを受けました。他方で、現場に行って色々データを集めて、あるいはその現場の様々な事情を知ることの面白さを覚えました。それから、いろいろな国際共同研究に参加しました。先ほど言ったように、東南アジアや南アジアでの地上で観測された雨のデータがなかなか集まらない現状がある中で、衛星を使って宇宙から降雨を観測しようというプロジェクト、TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission) にも参画しました。研究は1992年ぐらいから始まり、97年に衛星が打ち上げられました。この衛星、専門的には「トリム」と呼ばれているのですが、なんと今もまだ飛んでいます。気象衛星ひまわりなど、普通の人工衛星は、宇宙線も浴びる、非常に強い太陽光線も浴びる、真空である、というような極めて劣悪な環境におりますので、大体5年ぐらいでだめになってしまいます。けれども、このトリムはすごい衛星で、今年の11月で15年になります。とにかく非常に長い寿命を保っている、世界最初のレーダーを積んだ人工衛星です。

ひまわりなどの気象衛星は雲を観測しています。雲がないと雨は降りません。しかし、雲があっても雨が降らないことがあるので、ふつうは地上にレーダーを置いて、雨が降っているかどうかを監視します。それを宇宙に打ち上げて世界中の熱帯を監視しようという日米共同のプロジェクトでした。非常に長く生きてくれているために、多くの成果を出している衛星です。この衛星が15周年ということで、私もだいぶお世話になりました。衛星からの観測によって、レーダーから得られた情報をどうやって降雨に換算するかを研究するのですけれども、実際には、宇宙から見ていただけでは、よくわからないことがあります。そのために、私は地上の雨がどのぐらい降っているかという検証データを集めました。

アジアモンスーンというのは、変動のメカニズムも良くわかっていない事が多い上に、気象データが必ずしも世界的に行き渡ってない。また非常にたくさんの方が住んでいて、しかも、経済的にはまだ発展途上にある、ということで、国連の「世界気候研究計画(WCRP)」の中でも、地球全体でのエネルギー、あるいは水循環を現場での観測を含めて研究する日本が主導する研究プロジェクトとして「アジアモンスーン観測実験(GAME)」を10年ぐらいやりました。そこで、私はタイの他、インドシナ半島の国々のことを、色々と研究しました。

こういうプロジェクトは、10年ぐらいすると代替わりします。2006年にはGAMEを引き継いだ「モンスーンアジア水文気候研究計画」(通称MAHASRI)が始まりました。「MAHASRI」というのもサンスクリット語で、「MAHA」というのは、インドのマハラジャなどという言葉に使われる語で、大きい、偉大なという意味です。「SRI」というのは聖人のことです。日本でいうと吉祥天に相当するヒンズー教の神様です。Monsoon Asian Hydro-Atmosphere Scientific Research and Prediction Initiativeの語呂合わせで、「MAHASRI」と呼んでいます。アジアモンスーンの変動予測のためのプロジェクトで、私がリードして研究しております。また、中国が中心になっているアジアモンスーン観測年(Asian Monsoon Year)も、ちょうどMAHASRIと同じ頃に始まることになりまして、このプロジェクト

でも共同代表という立場で研究を進めています。

【図1】

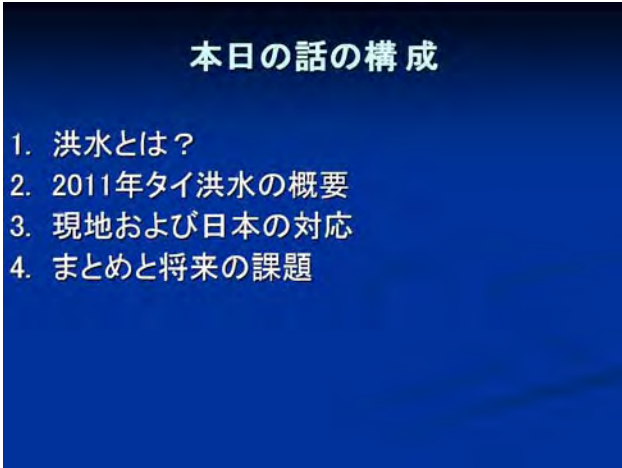
私のアジアとの関わりは(図1)にあるとおりで、1985年以降、個人的な旅行も含めて120回以上はアジアに行っていて、アジアに行った回数は自慢できるのではないかと考えております。

今日は本屋さんでの開催でもありますので、手前味噌になりますが、ちょっとだけ本の宣伝をさせていただきます(図2)。地球温暖化に伴って災害が激甚化していますが、私が最初に調査したバングラデシュについて、洪水と農業生産に関する話を最近書きました。古今書院から出した「温暖化と自然災害」です。この本には、ほかにミシシッピ川だとか、モルジブ、モンゴル、中央アジア、パタゴニアなど6つの現場から、主に地理学の人たちが書いた話が載っています。もう一つは「モンスーンアジアのフードと風土」という題材で、明石書店から先月出たばかりの新しい本です。興味がおありでしたら、ぜひお読みいただければと思っております。

【図2】



さて、ようやく本題にはいります。今日はレジュームにも書きましたが、主に4つの話(図3)をさせていただこうと思います。最初に、そもそも洪水って何だろうかということをご説明します。その上で、去年のタイでの洪水はどんな感じで起こったのか、何が原因で起こったのかという概要をお話し、それから、その洪水に対して現地及び日本がどんな対応をしてきたのかをお話します。最後にまとめと将来に向けた課題という順でお話を進めていきたいと思っています。



【図3】

2. 洪水とは?

洪水の話に入る前に、そもそも地球の上を水はどのような形でめぐっているのか、水循環はどうなっているかというお話をします。「地学雑誌」という学術雑誌に掲載された論文の絵(図4)をご覧ください。執筆者は、東京大学生産技術研究所の沖大幹先生で、河川水文学の専門家です。この論文はインターネットで入手する事ができます。

1. 洪水とは?



【図4】

洪水のもとである雨のもと、空気中にある水

蒸気です。空気中の水蒸気は、海面からの蒸発と陸上からの蒸発散を起源としています。蒸発散とは、地面からの蒸発と植物の葉からの蒸散をあわせたものです。海の上は木が生えていませんので、蒸発しかありません。海上の総蒸発量は436.5、陸上の蒸発散量は65.5となっています。何も囲ってない数字は、循環している量です。これに対して、この四角で囲ってあるのは、貯まっている量です。経済学でフローとストックというのにそれぞれ相当する量です。貯まっている水の量が圧倒的に多いのは海です。地球上の94%ぐらいの水が海にあります。次に多いのが実は氷です。氷河とか氷で、数%を占めています。それに対して、空気中にある水蒸気は非常に少ない。また、我々が普段目にする川の水、湿地、あるいは湖より、地下水のほうがずっと多いのです。要するに、我々が普通に目にしている川を流れている水だとか、湖にある水は、実は地球全体の水からいくと非常に少ない量なんです。

次に、そもそも川がなぜ流れるのかという話をします。まず、降水のもとですが、基本的には海の水が蒸発して、陸の降水のもとになります。もちろん、海で蒸発して、海でも雨が降りますが、海の上では蒸発する量のほうが降ってくる雨の量よりも多くなっています。この2つの量の差が「水収支」と呼ばれる量で、赤字になったり、黒字になったりします。海の上から、余った水蒸気が陸の上に運ばれて、陸の上に雨が降ります。陸の上に降る雨のものは、4割ぐらいが海からやってくる水蒸気で、6割ぐらいが陸上での蒸発散によるものです。そして、降った雨の6割ぐらいは、蒸発していく。これが陸上での水のシステムです。残った4割が河川、あるいは地下水になって流れていくわけで、流れていく量としては、河川として流れていく量が一番多くて、この量が先ほどお話しした海から陸へ運ばれる量と同じになります。こうして、陸の上と海の上とで水が回っているわけです。海の上で蒸発した量が多くて、その分が陸に雨として降っている。陸の上では蒸発する量のほうが少ないので、余った水が流れていく。それが川になる。もちろん川の表面からも蒸発しますが、そういうものを全部含めて、最終的に海に戻っていきます。

このように、水は陸と海の間を循環します。川

がちょうど中間にあつてその仲立ちをするわけです。逆に海から陸に入っていくものもあります。これは霧として見る事ができる時もありますが、ふつうは目では見る事の出来ない水蒸気として入っていきます。蒸発している水蒸気もふつうは見る事ができません。降ってくる雨や雪は目に見えますけれども、目に見えない世界も含めて、実はこういう形で、地球の上を水が回っているわけです。

#### 洪水とは？

通常は水面上にある陸地が河川や湖沼の急激な水位上昇に伴う水の氾濫を受けて水面下に没する状態のこと。河川の場合は、自然・人工の堤防を越えて、堤防の内側(堤内地)に大量の水が流入する。人的被害が出た場合には「水害」となる。

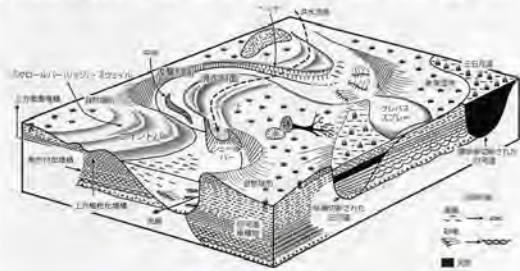


図5-2 氾濫原を構成する地形  
Alten (1965), Brown (1997) に加筆  
(小野映介, 2012 海洋正倫編『沖積低地の地形環境学』古今書院)

【図5】

自然の状態では、水は低きに流れますから、川ができると、地面を削っていきます。雨が降ると、水が多くなって、水かさが増します。水の量が増えて、地面を削る力が強くなる。そうすると、川は掘られますし、一緒に土砂も運んでくることになります。これは川の様子の様式図です(図5)。川は直線的に流れるのが苦手で、平らなところに来ますと、ヘビのように蛇行して流れていくことになります。この図には断面も書いてあり、後で説明します。

ちょっと注意してほしい言葉がいくつかあります。一つは「自然堤防」という言葉です。川は流れるんですが、時によって流れる量が変わります。川の水が流れているところを河道とって、普段の川というのは、この河道の中だけを流れていきます。しかし、大雨が降ったりすると、この河道だけでは川は水を運びきれなくなります。自然の状態では、そういう状態になりますと川は溢れます。この溢れるということによって、河道の外、あるいは、この自然堤防や人工堤防の内側、内側というのは人が住んでいる側ですが、ここの通常は川の水面上にある陸地に、河川や湖の急激な水位上昇によって水が氾濫して、水がたまってしまう

う状態を「洪水」といいます。河川の場合は、人工、あるいは自然の堤防を越えて堤防の内側、人が住んでいるところに大量の水が流入します。誰も人が住んでいない、あるいはまったく自然の状態でも土地利用も何もしていないときは、問題がないのですが、人的な被害が出ると、水害ということで問題になるわけです。自然堤防というのはなぜできるかといいますと、洪水が起こると、非常にたくさんの土砂が運ばれてきます。普段流れているときは、川は澄んでいます。ところが、洪水になって水かさが増えると、それだけ運ぶ力は強くなりますので、土砂がたくさん混ざってきます。その中で一番粒の粗い土砂がこの自然堤防のところにたまります。粗い粒から順番に川の近くからたまって行って遠いところに氾濫していきます。この氾濫したものの中にも細かい土砂が含まれていて、それが低いところに流れて行って、最終的に一番低いところに水がたまります。

この自然堤防の内側は、一般的には河道よりも高い土地ですが、後背湿地と呼ばれる場所は自然堤防より低くて、溢れてきた水がたまりやすくなっています。場合によると、そのままずっと湖のようになって貯まっているようなところもあります。そういったところには尾瀬ヶ原のように泥炭ができます。尾瀬ヶ原の場合には標高が高くて分解しないということで、泥炭ができてくるのですが、熱帯でも、例えばタイでも、水が多過ぎて還元状態になって、植物の遺体が分解しない状態になって泥炭ができます。こういう場所は関東平野にもたくさんあるんですが、こういった昔の低湿地の泥炭地帯は、非常に地盤がゆるいのです。尾瀬ヶ原のような湿原に行かれたことがある人はおわかりだと思います。

自然堤防の上は、砂とか比較的粗い物質からなっているので、比較的地盤が固くなります。しかし、自然堤防では、ある程度以上の雨が降れば必ずあふれます。そのうち、この後背湿地とか河道にも土砂が堆積しますので、ある時、突然流路が変わります。このようにして川がだんだん土砂をため、沖積低地という平野ができてきます。平野というのは、川があって、ただ流れているだけでなく、こういう洪水、氾濫を繰り返すことによって出来ていきます。関東平野もそうです。ですから、沖積平野というのは、自然状態では必ず洪水



が起こる場所であるということになります。

しかし、人間にとっては困ったことなので、こういう自然堤防のところに人工的に堤防を築いて高くする。それによって、自然堤防だと乗り越えてしまう洪水を、川の河道の中に閉じ込めてしまう。そうすることで、川の氾濫を軽減する。それがいわゆる「治水」になります。しかしその堤防も、時には非常に強い力を受けます。あるいはその堤防よりもさらに上まで達するような水が流れますと壊れます。この攻撃斜面と呼ばれる、川が流れているところの外側の部分の流れが一番強くなっています。遠心力等が働くこともあって、川の一番流れの速いところというのは中心ではなくて、この外側のところが一番強くなります。こういうところで堤防は壊れやすいのです。



【図6】

実際に私はこういった洪水の直後にインドのアッサム地方に行ったことがあります。日本では床下浸水などといいますが、この写真は屋根下浸水ぐらい、屋根の下ぐらいまで浸水してしまっています。この人は、この辺の住民だと思いますが、バナナの茎でできたボートみたいなもので向こうに行くんです(図6)。ここの水は、屋根下浸水ですから、2メートルぐらいの水深があるのではないかと思います。こんなボートですから、ひょっとしてひもが解けたりすれば、転落してしまいます。次の写真では、この手前に川が流れていて、ここが自然堤防で、このように木が生えています(図7)。これがちょっと切れてしまっているところがあって、そこから洪水があふれ出て、河道の外側にも湖のように水がたまっています。こういう中で、図6のような屋根下浸水が起こっています。人工的な堤防が築かれていないところで起こ



【図7】

る洪水は、このようにして起こるのです。日本でも江戸時代よりも前には、関東平野などでも頻繁にこういうような洪水があったのだと思います。日本では、明治以降、北海道を除くと、大部分の河川には人工的な堤防が作られ、河道が固定されました。つまり川の流れるところはいつも決まっている状態になりました。しかし、世界の中、特にモンスーンアジア地域の川ではいまだに、ほとんど人工的な堤防はなくて、雨がたくさん降れば、川があふれる。あふれたら、また水路の流れる方向が変わってしまうという場所がたくさんあります。



【図8】

日本の川は、台風だとか梅雨、あるいは集中豪雨で、一時的に一気に水位が上がって、その後、急激に水位が下がります。もちろん日本海側の川などは雪解け水でゆっくり水位が上がるということもあります。ところが、モンスーンアジアの川が日本と違うのは、雨季と乾季というのが非常にはっきりしておりまして、雨季と乾季の間で水位が10メートル以上も上下します。これはタイの北

部で撮った写真ですが、川で生活している人たちは、このような家に住んでいます(図8)。雨季になって、川が増水してくると、家は浮き上がって、この陸に近いところへ動かしていきます。川が下がっていくときは、少しずつ水深が深いほうへ動かしていきます。動かしそこねると、手前から3軒目家のように陸で止まってしまいます。川では魚を獲ったり、洗濯をしたりできて便利だということもあって、このような形で水上生活する人たちがいます。



【図9】

私は以前にタイで大洪水があった後に行ったことがあります(図9)。一番手前が川です。奥に見える家は、高床式です。2階部分にだけ家があって、1階部分には柱しかないという家がタイにはたくさんあります。山の上にもあります。風通しがよくて、下には家畜を飼ったり、鳥を飼ったり、あるいは洗濯を干したりと、いろいろなことができるスペースがあります。ここで見ていただきたいのは、2階部分で壁の色が変わっているところです。これは洪水線といいますが、ここでは、数ヶ月前にここまで水が来たのです。先ほどは屋根下浸水と言いましたが、高床の2階の部分まで水に浸かるような浸水が起こったのです。この河道から、5メートル、6メートルくらいの高さまで水が来たのです。そのくらい、季節によって大きく水位が変動するわけです。

### 3. 2011年タイの洪水

では、2011年のタイではどんなことが起こったかという話に入ります。去年は私自身は残念ながら調査に行っておりませんので、色々な人をお願いして、写真や資料をもらいました(図10)。こ

## 2. 2011年タイの洪水



【図10】

の左上の写真の家は高床式なのですが、2階部分までは行っていないものの、1階部分はほとんど浸水しています。右上の写真のように普段は道であるところが、ボートでないと行けない状態になっています。後で申し上げますが、左下の写真のように人工的に土のうを積んで、必死にバンコクを守る、ということも行われました。都市も農地も非常に広い範囲で被害を受けました。バンコクの都心部も、一部は浸水してしまいました(図11)。ここの場合は、浸水1メートルぐらいでしょうか。タイ全土では800人ぐらいの人が亡くなったようですが、そのほとんどが溺死です。

## バンコク周辺の洪水



【図11】

先ほどお見せしたような非常に粗末なボートが壊れる。あるいは家の中で逃げ遅れて水の中に沈んでしまう。それから、タイでも、日本と同じように電線が露出しているんですが、電線に近いところまで水位が上がってきたときに、その電線の上に乗ってしまう、あるいはつかんでしまって感電死するというような例も多かったようです。

最近、日本では、非常に大きな台風が来ても、



100人以上死ぬということはほとんどありません。日本で一番大きな水害は50年以上前の伊勢湾台風(1959年)で、5,000人以上死にました。あのころは終戦直後で非常に悪い状態でした。戦前の室戸台風(1934年)でもおよそ3,000人が死んでいましたが、東京オリンピックの行われた1960年代の高度経済成長期以降は、数百人が死ぬような水害はほとんど起こっていません。それに対して、タイでは昨年は800人ぐらいが死んでいます。

### 工業団地における洪水被害



(土木研究所 佐山敬洋氏提供)

7か所の工業団地で浸水被害。約800の被災企業のうち半数以上が日系企業  
洪水による被害・損失額は総額で約3.5兆円(一世紀推定)  
洪水による2011年実質GDPは2.3%減(そのうち約1.0%が日系企業による-JETRO推定)

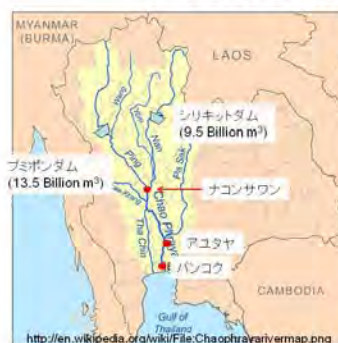
【図12】

ちなみに、バングラデシュでも1987年には、2,000人ぐらいの人が大洪水で死んでいます。ただし、もっと激しく死者がでるのは、サイクロンとか高潮が来たときで、現在でもそういうときは10万人くらい死ぬことがあります。洪水での死者は、数百人から数千人くらいです。ただし、去年のタイの場合は、死者、行方不明者もさることながら、被災した人が非常に多く、100万人を超えました。被害額も3.5兆円ということで、推計によって数値が多少違いますが、タイの、GDPを1%以上押し下げる被害が出ました。都市部に住む人々は、この写真のような状態になって避難しなければなりません。色々と報道されたように、工業団地が洪水によって操業できなくなったり、JETROの推定では、GDPは2.3%減となる被害とされています(図12)。

ここで、チャオプラヤ川についてお話しします(図13)。この川は昔はメナム川と呼ばれていたことがあります。タイ語で「メ」というのは母という意味、「ナム」というのは水という意味で、「母なる水」となり、タイ語では川という意味です。タイの川は、メナムワン、メナムピン、メナムナン、などという名前がついています。メナム川と

### チャオプラヤ川流域

(土木研究所 佐山敬洋氏提供)



面積	158,000km <sup>2</sup>
氾濫源面積	35,000km <sup>2</sup>
全長	800km
勾配	1/50,000~60,000 (アユタヤ-河口間)
ピーク流量	5,960m <sup>3</sup> /s in 2006 (4,680m <sup>3</sup> /s on Oct. 14, 2011)

参考:  
日本での最大流域面積: 利根川16,400km<sup>2</sup>  
2011年のタイの洪水面積: 約18,000km<sup>2</sup>  
利根川の既往最大流量: 21,000m<sup>3</sup>/s

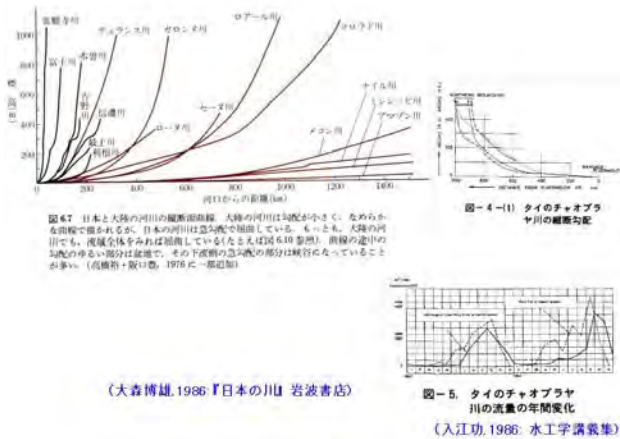
【図13】

言うと、日本語では「川川」になってしまい、どこの川か分かりません。正確にはチャオプラヤ川と呼びます。チャオプラヤ川は、先ほどのメコン川と並んでインドシナ半島の大河ですが、メコン川と違うのは、このチャオプラヤ川は支流を含めて、ほとんどすべての流域がタイの国内であるということです。逆にタイのかなりの部分がこのチャオプラヤ川の流域に入っています。日本で一番流域面積が広い川は利根川ですが、チャオプラヤ川は、その約10倍ぐらいの広さがある大きな川です。利根川の長さは三百数十キロぐらいだと思いますが、チャオプラヤ川の全長は800キロぐらい。支流も含めると、もっと長くなると思います。ピーク流量を比べてみると、利根川が毎秒2万1,000立米であるのに対し、チャオプラヤはずっと小さくて、毎秒6,000立米くらいです。利根川のほうが流域面積が狭いのに、チャオプラヤ川よりずっとたくさんの流量をピーク時には流しているのです。基本的に非常に勾配が緩い川です。水の流れがものすごく遅いので、たくさんの水をいっぺんに流すことができない川ともいえます。

チャオプラヤ川の上流域には、プミポルダムとシリキットダムという2つの大きなダムが作られています。昔は、上流のチェンマイに王朝がありました。その後は、中流部のアユタヤに王朝が移りました。そして今は、下流のバンコクに王朝があります。だんだん、このチャオプラヤ川の下流のほうに王朝が移ってきたのです。昔は日本の関東平野同様に、このチャオプラヤ川の平野は水害が多くて、ほとんど人が住めないところでしたが、治水をすることで、海に近い便利なバンコクにたくさんの人が住めるようになったのです。このナ



コンサワンというところは上流部と、下流部のちょうど境目で、大きな支流であるナン川とピン川とヨム川の3つの川が合流する大事なところ。ここでチャオプラヤ川に流れる水の量を測っています。ここに書いてあるピーク流量はそこで測られたものです。地形を見ると、この川は上流部まで、非常に平らなところを流れている川です。

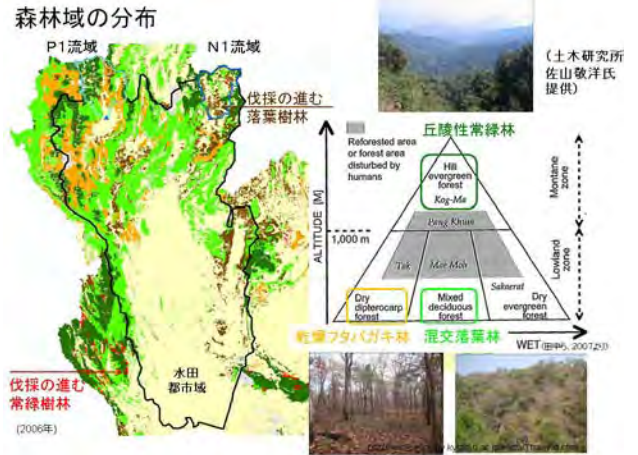


【図 14】

この図は、川の状態をあらわすのに、川の縦断面といって河道に沿った川の断面に相当する標高を描いています(図 14)。日本の川と、ヨーロッパの川、メコン川、ナイル川、ミシシッピ川など、大河と呼ばれる川を比べています。これで見ると、日本の川はほとんど滝のような川です。利根川は、日本で一番流域面積が広い大きな川ですが、河口から100キロぐらいが前橋で、そこまでが関東平野になります。そこから下流は勾配が緩いのですけれども、上流はかなり急です。ですけれども、大陸の川というのは、数百キロぐらい先までほとんど標高差がありません。チャオプラヤ川は、河口から400キロから600キロぐらいのところまで、非常に川の勾配が緩い川です。こちらは流量の季節変化です(図 14 右下)。先ほど言ったダムで管理されている状態を含めた話であります。6月、7月ぐらいから急に流量が増加して、9月ぐらいにピークになって、また減ってきて、1月、2月は非常に水が少なくなる。季節的にもものすごく変化が大きい川なのです。

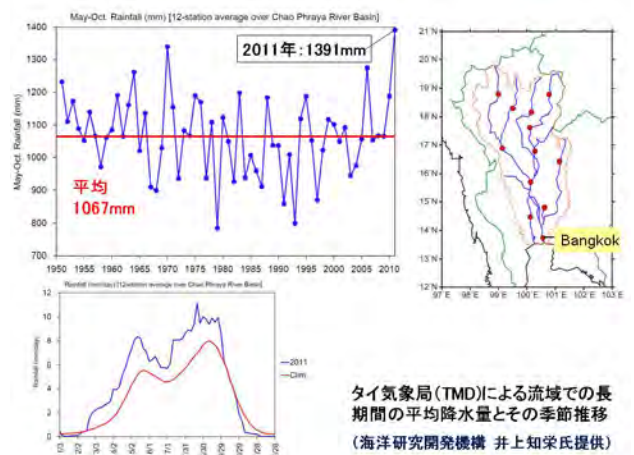
周辺の植物はどうなっているかと言いますと、山の部分は基本的には落葉広葉樹です。日本の場合は、落葉広葉樹というのは、秋になると寒くなって紅葉し、落葉しますね。ところが、タイの落葉樹というのは、乾季は冬なので時期としては同

じなのですが、雨が少なくなって枯れるという森林が非常に多いのです。山地部ではそういう森林がかなり伐採されている現状があります。常緑森林も伐採が進んでおり、洪水の被害を激化させる1つの要因にはなっていると思います。低いところは、基本的に水田であったり、都市域であったりというような土地利用ですが、ほとんどは水田です(図 15)。



【図 15】

では、雨はどのぐらい降るのでしょうか？熱帯という雨がたくさん降るように思われるかと思えます。例えばインドのチェラプンジは年間10メートルというべらぼうな雨が降るんですが、タイにはそんなに雨が降るところはありません。チャオプラヤ川の流域の雨量観測点12カ所の平均雨量は、1,000ミリを少しこえるくらいです。東京の3分の2ぐらいしか雨は降りません。ただし、ここには山地部が入っていないので実際の流域全体での平均雨量よりは少ない目な見積りだと思います(図 16)。



【図 16】

年々の変動をみると、少ないときは年間800ミリ

足らず、一番多かったのは去年で年間 1391 ミリです。タイで雨季が始まる 5 月から雨季が終わる 10 月までの雨量の 1951 年以降のデータをみてみましょう。下の図は雨の季節推移を 5 日単位でプロットして、なめらかに曲線にしたものです。5 月ぐらいから急に雨が多くなっています。上のグラフはこの雨が多い期間の雨を積算したものです。年間の 9 割ぐらいが、この期間（5 月から 10 月）に降っています。年間の雨量は、もう少し多く、たぶん 1,200 ミリぐらいになると思いますが、いずれにしても日本の東京よりも雨が少ない。しかも、その雨がほとんど雨季にしか降らないのです（図 17）。50 年間のデータでは、2011 年が一番多く降っています。平均雨量の 3 割から 4 割増しくらい多かったのです。記録がある中では一番多かったということで、これが洪水が激しくなった大きな理由です。2 番目に多いのは 1970 年で、この年もバンコクは大洪水になりました。



【図 17】

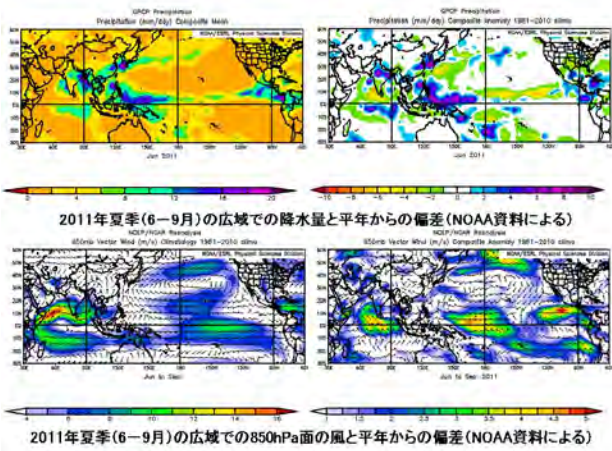
この雨が、季節的にどういふふうに降ったのかというのが、この下側の図でして、この赤色で書いてあるのが平年値です。平年は、5 月ぐらいに雨が多くなって、1 回 7 月にちょっと減って、また 8 月から 9 月に多くなる。月で見ると、9 月が一番雨が多いというのがタイの雨の特徴です。その後、また減ってきて、10 月、11 月になると、もうほとんど雨は降らなくなって、その後は 3 月ぐらいまで乾季で、ほとんど雨は降らないというのがタイの平均的な状態です。2011 年は、3 月までは非常に雨が少なかった。平年に比べても乾季の雨は非常に少なかった。そういう状態だったのですが、3 月に突然雨が降り出しました。平年ではほとんど雨が降らない雨季入り前の時期にもたくさん降

って、その後平年を上回る雨が 9 月までずっと続いたんです。後で説明しますが、このインドシナ半島の北側を、台風、もしくは台風崩れのような低気圧が時々やって来まして、そこでいくつか顕著な雨量のピークが現れました。そういう時、たくさん水がこのチャオプラヤ川に流れてきた。それが 9 月の頭ぐらいです。前半の一番雨が多い時期はほとんど平年と同じなのですが、その後は雨季の期間ずっと通して平年を上回る雨が続いたということです。これが去年のタイの雨の降り方の大きな特徴です。5 月から 10 月までの月別雨量と合計を 1982 年から見てみます。20 年ほどのデータで描いたものですが、2011 年の 5 月、6 月は必ずしも一番には多くない、平年とそんなには変わっておりません。ところが、7 月、8 月、9 月は平年よりも 3 割以上多く、特に 7 月と 9 月には、この 20 年間で最大の値を示しています。一番雨が多い 9 月に今までの最大の雨が降って、結果的に 5 月～10 月では観測史上最大の雨が降ったのです（図 17 右）。では、どうして、それだけ雨がたくさん降ったのかということですが、その理由の 1 つにエルニーニョ現象が関係しているということが知られていて、ラニーニャの年になると非常に雨が多くなるということが言われています。エルニーニョというのはこの太平洋の東側で海水温が高くなる現象ですが、海水温を見てみると、去年は太平洋の東側で海水温が低くなっています。太平洋の西側での高い海水温はあまりはっきりしません。これは 6 月～9 月で見ると高くなっていないのですが、この前の季節の 3 月～5 月で見ると、この辺は海水温が高く、ラニーニャ現象が起こっていたのです。このことが 1 つの大きな原因といえます。ただし、過去のラニーニャの年の降雨量をみると、実際若干は平年より多くて 1 割多いぐらいです。去年のように 4 割も多いということは説明できません。ですので、単にラニーニャが起こったから雨が多いというだけでは、この原因は説明できないのです（図 19 右上）。

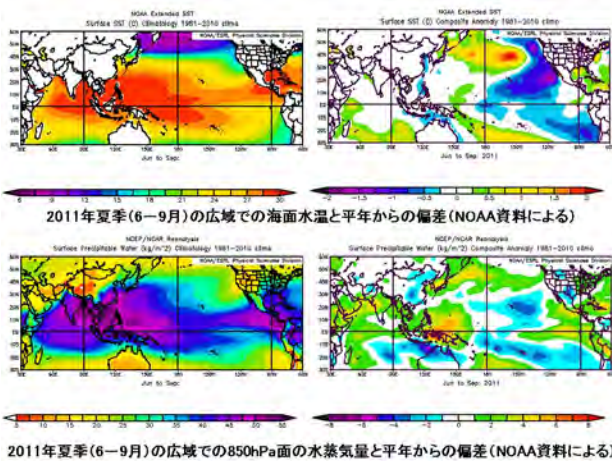
アジアのモンスーンというのは、こういう形でインド洋からやって来ます。この西風にもなると、雨が大量に降るのですが、この雨を合計した総降水量、これは衛星から見積もった雨の総降水量ですが、これで見ると、そんなに多くはないんです。確かにこのアジアのモンスーンの



地域は全体的に雨が多かったのですが、このデータで見る限りは、際立って多いというほどではないのです。でも期間を通してずっと雨が多かったということで、恐らく雨が非常にたくさん降ったし、水蒸気も非常に多かったわけです(図18)。

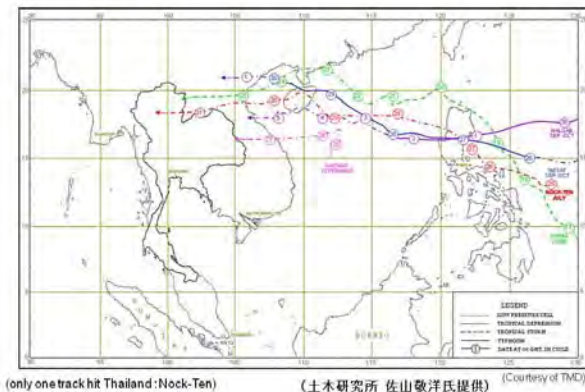


【図18】



【図19】

6月から10月にかけて5つの台風・熱帯性低気圧が接近

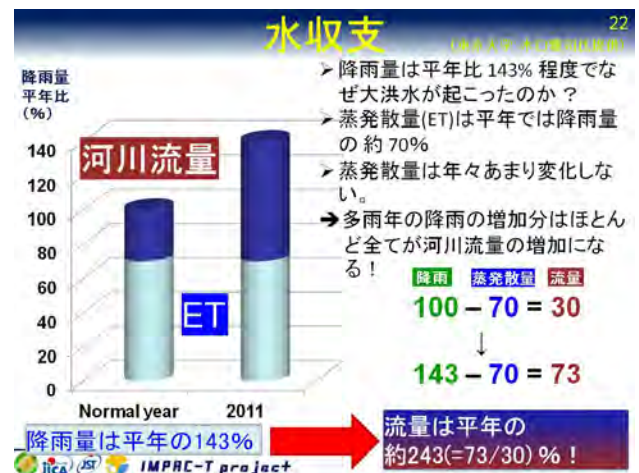


【図20】

モンスーンとは別の原因として、台風が多く来たということがあります。タイは平年ですと、台風は1個か2個しか来ないところなのですが、こ

の年は弱まったものを含めると5個の台風の影響がありました。したがって、モンスーンの西風から入ってくる水蒸気だけではなく、太平洋のほうから入ってくる水蒸気も非常に大きな影響を及ぼしたのではないかと考えられますが、詳しいことはまだわかっていません(図20)。

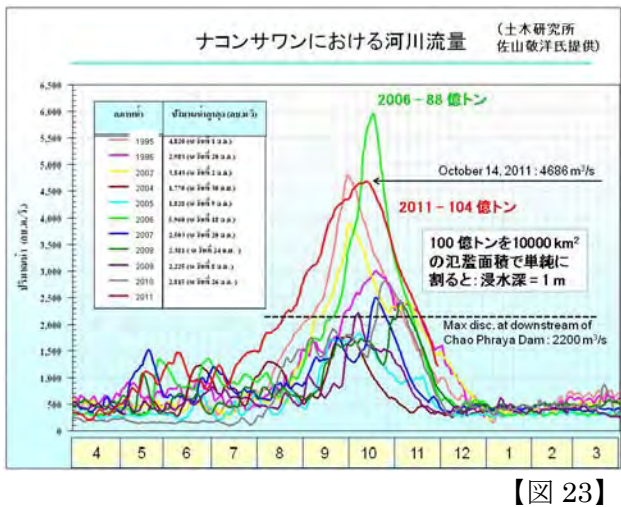
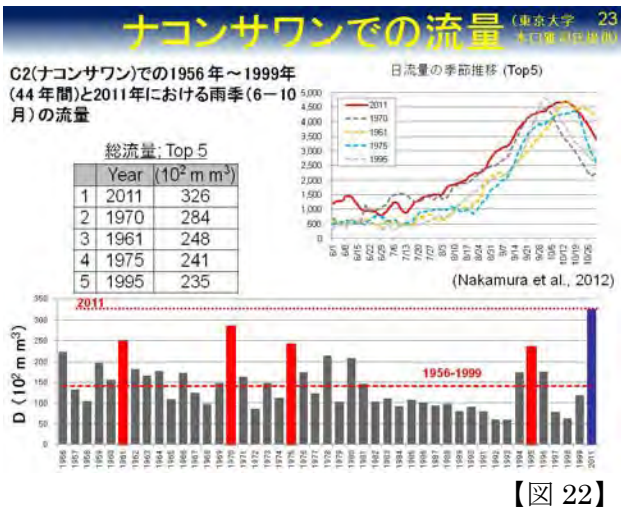
これに対して、蒸発散量は、雨が多い年も少ない年も、そんなに変わらないのです。雨がたくさん降って、水が多いからといっても、雲も多かったりするので蒸発散量はあまり変わりません。そうすると最初に述べたように、雨が降った量から蒸発散量を引いたものが川を流れる水になるので、タイのような熱帯地方では、平年では7割ぐらいが蒸発で失われて、雨の中から3割ぐらいしか川には流れてこない。もともと雨が日本より少ないのですが、流れてくる水はさらに少ないことになります。ですから、水は必ずしも豊かではないのです。ところが、去年は雨が4割多かったのです。



【図21】

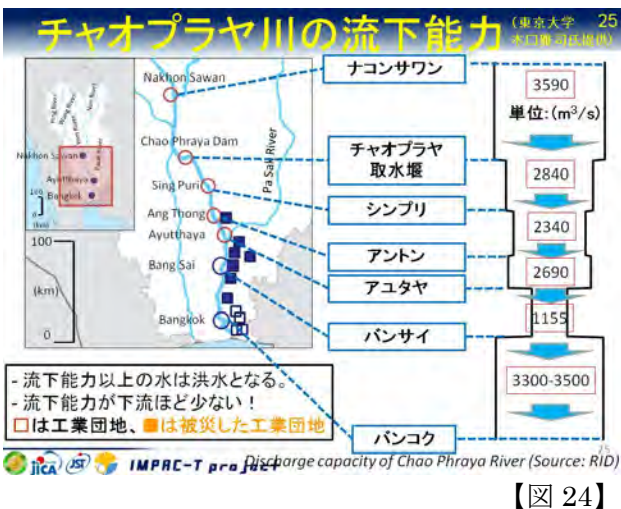
雨が4割多くなったのに、蒸発散量はあまり変わらなかった。そうすると、流量は2倍以上になるんですね。つまり、雨が增える量よりも、川の流が増える量の方がずっと大きかったということになります。このことも去年の洪水が非常に激しかった理由の1つです(図21)。1950年代からの流量の観測で見ても、2011年は一番多い流量を記録しました(図22)。ただ、短時間のピークとしては別の年にもっと高いピークが記録されています。そういう年もあるのですが、川を流れる全体の水の量としては、平年の2倍以上という非常にたくさんの水を流さなければならない年だったということです。あるピークでは2006年のほうは上でしたけれども、一定のレベルを超え





た水の総量としては、観測史上最大の水量でした。もしこれを流域全体での平均にすると、全域で1メートルも水位が上がるような量だったということです(図23)。

先ほどチャオプラヤ川は非常に平らな川だと言いました。日本の川とは決定的に違います。この川がどれだけの量の水を流せるのかということ



上流のナコンサワンからバンコクまで、区間に分けて、描いたのがこの図です(図24)。日本の川で同様の図を描くと、上流から下流に向かって、量がどんどん増えていきます。川の水は支流からどんどん集まってくるので、その水を全部流さないといけない。日本は勾配が急ですので、海の中にこういう水を早く流してしまおう、というのが日本の基本的な治水です。ですけれども、このチャオプラヤ川では、上流から下流の間に、非常に流量の少ないところがある。具体的には中流部のこの辺が狭窄部で、川の間が狭くなっていて、たくさん水が流せない。ですから、上流から流れてきた水は、ここでせき止められてしまう。流せない水は洪水になる。雨季にたくさん雨が降ると、この中流にたくさん水をためない限りは川は流れていかない。緩い川で水が流れていかない川です。そういうところに工業団地を造ってしまったのです。後で言いますが、実は、最下流部は助かりました。バンコクにとにかく水が来ないように必死に堰きとめたのです。ところが、一番川が水が流せないアユタヤのあたりに工業団地があって、そこで被害が出てしまったということです。



しかも、その流せないところでたくさんの堤防が壊される破堤が起きました。また、このような水門も破壊され周りに水が流れました(図25)。チャオプラヤ川では基本的にこの流路の左側、東側に相当するところは堤防を築き、反対側はあまり堤防を築かなくて、基本的に洪水は左岸に流すという治水の方策をとっていました。ところが、川の湾曲しているところのこちら側の攻撃斜面で次々と堤防が壊れて、水が東側に流れ出した。これが9月の中ごろで、長いところでは1カ月以上



続きました (図 26)。



【図 26】

9月中旬に既にそういった状況が起こっており、その時点で、タイの大臣が非常に大変なことになるという警告を発したそうです。しかし、タイでは毎年必ず洪水になるので、今年も大したことはない和高をくくっていたようです。その結果、日本でも報道されたように、10月になってアユタヤの工業団地で、激しい浸水が突如として起こり出したんです。ですが、この堤防が壊れてからここに来るまで 120 キロぐらいあって、2 週間以上の時間があつたんです。もし、何らかの対策をここで打っていたら、この工業団地の浸水はある程度は防げた可能性はあつたと思います (図 27)。

破堤口からアユタヤまでの洪水到達時間の推計



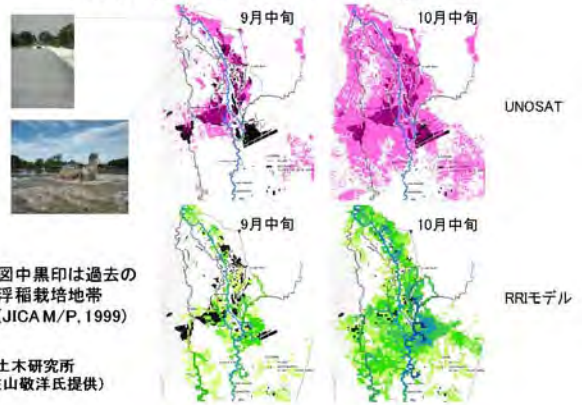
(東京大学 沖研究室提供 [http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111130\\_4th\\_report.pdf](http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111130_4th_report.pdf))

【図 27】

工業団地が立地していた場所は、昔は浮稲栽培地帯でした。浮稲というのは、ゆっくりと水位が上がってくると、その水位の上昇に伴って茎が 5 メーターくらいも伸びるといふ稲です。先ほど言ったように、川は非常に緩やかに流れてきますので、水位はものすごくゆっくり上がっていくんです。浮稲は生産性が低いので、今はもうほとんど

なくなっていますが、過去に浮稲が植わっていたようなところですから、もともと水位が高くなりやすいところなんです。そこに無理に堤防を造って水が来ないようにしていたのですが、その堤防が壊れてしまって、大変な被害が出てしまったということです (図 28)。

過去の浮稲地帯と2011年の浸水域



図中黒印は過去の浮稲栽培地帯 (JICA M/P, 1999) (土木研究所 佐山敬洋氏提供)

【図 28】

4. 現地および日本の対応

3. 現地および日本の対応

(土木研究所 佐山敬洋氏提供)



【図 29】

実際には、バンコクまでも水は来ました。バンコクには、キングスダイクと呼ばれる堤防があり、内部に水が入らないよう守っています (図 29)。しかし、この堤防が途切れずにつながっていたかということ、一部には非常に弱いところがあったり、低いところがあったりしたそうです。そこで、そういうところに一生懸命に土のうを積んだりしたのですが、土のうを積むと、水はその上流にたまりまます。今度は、上流地域の住民が怒って、その土のうや堤防を壊してしまう、そんなような紛争も起こったと言われています。

昔国際空港として使われていたドンムアン空港



は、このキングスダイクの堤防に守られていたはずなのですが、沈んで使えなくなりました。新しいスワンナプーム空港はこの堤防の外ですが、空港の周りに独自に2メートルぐらいの堤防を作っています。そのおかげでスワンナプーム空港は守られました。中流部の激しい被害を受けて、首都の主要部分は守るように、タイの政府は10月になってようやく緊急の堤防を作ったのです(図30)。



(東京大学 沖研究室提供 [http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111106ThaiFlood\\_UF-BS03\\_final\\_en.pdf](http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111106ThaiFlood_UF-BS03_final_en.pdf))

【図30】



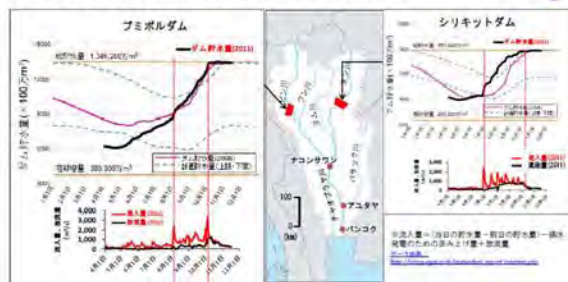
(東京大学 沖研究室提供 [http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111130\\_4th\\_report.pdf](http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111130_4th_report.pdf))

【図31】

事前にいただいた質問に健康被害に関するものがありましたけれども、バンコクの水からは、日本の下水処理水の10倍ぐらいの大腸菌数が検出されています。中流部ではそれほどひどくなく、やはり人がたくさん住んでいる下流部はそれなりの汚れがあったということで、当然、この水を飲んでしまえば病気になるということです(図31)。

それから、ダムの水の扱いがまずかったのではないかというようなことが言われます。プミボルダムとシリキットダムの2つのダムがあるのですが、5月の時点では、どちらの貯水量も計画水量の一番下限よりも低かったのです(図32)。

### 上流の主要ダムの貯留量と流量の経過



ダム貯水量及び流入量・流出量の時系列

- 7月初旬から流入量が増加しその後10月下旬まで継続。
- 10月初旬にはダムは満水となり、その後は流入量=流出量となる。
- 10月初旬までに2つのダムで約100億m<sup>3</sup>を貯留。→総氾濫量の半分。

(東京大学 沖研究室提供 [http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111130\\_4th\\_report.pdf](http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111130_4th_report.pdf))

【図32】

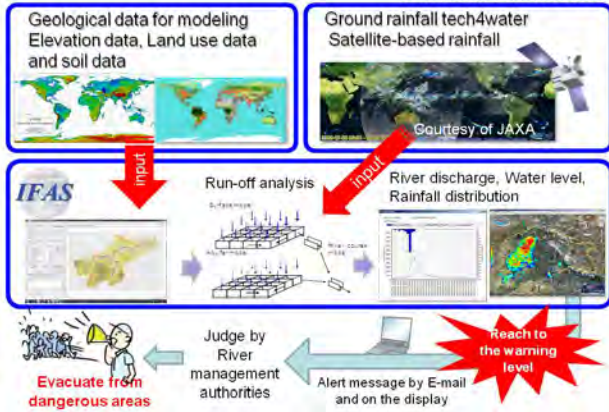
つまり、この年は前半は水が非常に少なかったんです。タイは非常に水が少ない国なので、なるべく水を貯めたい。どうしてもそういう心理が働きます。ところが、貯水量はどんどん増えていきました。この辺から豪雨が起り始めて、10月のこの時点で満水になりました。ですから、それ以上はダムに貯めることはできず流してしまいましたが、満水までの水は全部このダムにためているのです。もしこのダムの水が全部流れたとなると、氾濫した水の半分ぐらいの量がさらに下流に流れていったということになりますので、ダムはそれなりに効果は発揮していたはずなんです。惜しむらくは、これより前の時点でもう少し水を排出していれば、ピークの時期に本流に流れる水をもう少し減らせたかもしれないということです。ただ、この時点でこの年にあんなにたくさん雨が降るといふ予測は、残念ながら現在の気象予測でもできないんです。本当に干ばつの年になると、このダムは満水にもなりません。そうすると、翌年の乾季の灌漑だとか水資源に非常に大きな影響を及ぼしますので、なかなか水が流せないということがあります。

そういう中での、日本の対応ですが、土木研究所が ICHARM という組織を持っていて、世界各地の川で洪水が起こった場合の氾濫状況を予測するモデルを作っています。チャオプラヤ川の流出モデルも、10月の半ばになって作って、この洪水がバンコクにどのくらい行くかというような予測をして、現地政府に届けました(図33、図34、図35)。最初に紹介した東京大学の沖先生たちのグループは、昨年10月からこの被害調査を行い、シンポジウムを開催したり、JICAの援助活動に協



# ICHARM IFAS (Integrated Flood Analysis System)

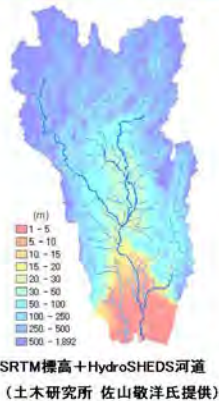
(土木研究所 佐山敬洋氏提供)



【図 33】

## チャオプラヤ川流域における降雨流出氾濫予測

(土木研究所 2011年10月21日第1報公開)



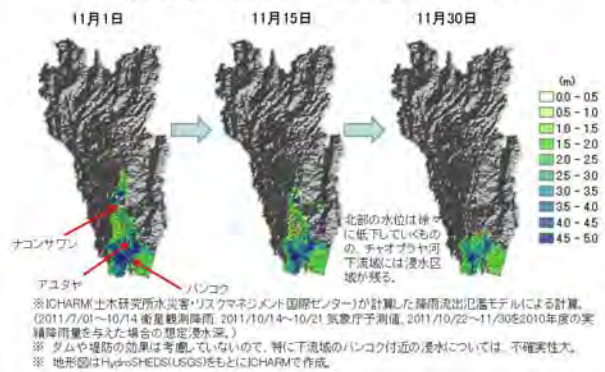
- ・ 広域氾濫の状況把握と予測を目的に、降雨を入力として河川流量と洪水氾濫とを一体的に解析する降雨流出氾濫モデル(RRモデル)を適用する。
  - ・ この計算は衛星による地形情報・降水情報をもとにして行ったものであり、より詳細な検討においては、人工構造物の考慮、また過去・現在の水位データ等を用いたパラメータの同定が必要である。
- 計算対象領域: 163,293 km<sup>2</sup>
- 計算対象期間:  
2011/07/01 00:00 (UTC) - 2011/11/30 00:00 (UTC)
- 入力降雨
- ✓ 2011/07/01 00:00 (UTC) - 2011/10/14 12:00 (UTC) 3B42RT (TRMM等)による衛星観測降雨 (3時間毎、空間分解能:0.25°)
  - ✓ 2011/10/14 12:00 (UTC) - 2011/10/22 12:00 (UTC) 気象庁全球数値予報モデルGSM予測結果 (予測リードタイム 8日、12時間毎に更新)
  - ✓ 2011/10/22 12:00 (UTC) - 2011/11/30 00:00 (UTC) 2010の同期間の3B42RTによる観測降雨

【図 34】

## 浸水予測を公表

(土木研究所 佐山敬洋氏提供)

11月末も浸水が残る可能性があるというシミュレーション結果。



【図 35】

力したりして、今年このような洪水が起こらないように大変に努力されました。その結果、今年は、沖先生のホームページ上で、今、雨がどのくらい降っているのか、川にどのくらい水が流れているのか、ダムはどのような状態になっているのか、こういうことがリアルタイムで見えるようになっています。現在は、さらにそれに予測を加えた洪水予報をしようとしていて、近いうちに実用に達

するのではないかと思います。日本が非常に力を入れて進めている国際協力です(図 36~図 40)。

以上、駆け足でお話をしてきましたけれども、詳しい話はここにあるようなところに書かれていますので、参考にさせていただきます(図 41)。

## タイの大洪水と向き合う

(東京大学 小森大輔氏提供)

### 2011年10月 洪水被害地域の現地調査を開始

洪水の被害が広がるなか、タイ日合同で現地調査を実施。広範な洪水の拡大の原因を探るとともに、被害状況の把握、そしてダム、貯水池、運河、堤防など水資源管理施設の現状やマネージメントについて現地踏査。

### 2011年11月 タイ国にてJICA主催のタイ洪水被害調査に関する報告会で報告

タイで事業展開されている日系企業向けにJICAタイ事務所主催の報告会が開催され、300名を超える方々が参加。IMPAC-Tからは実施中の洪水調査の途中経過を最新情報として報告。

### 2011年12月 タイ国にて洪水に関する緊急シンポジウムを開催

今年タイを襲った大洪水の原因・被害状況について報告するとともに、タイ・日の専門家らが今後の水関連災害の防止、被害軽減のために科学技術が貢献できる可能性を議論。キヤラット副首相/水管理戦略委員会委員長も来場し、日・タイの中長期の洪水対策における協力に対し大きな期待を表明。

【図 36】

## タイの大洪水と向き合う

(東京大学 小森大輔氏提供)

### 2012年1月 タイ政府がJICAの支援で策定した洪水対策マスタープランを披露

タイ国の洪水対策を担う水資源管理戦略委員会とJICAが「チャオプラヤ川流域統合水資源管理セミナー」を共催、日系企業や工業団地、タイ政府、民間企業などの関係者ら約400人が参加。IMPAC-Tからは、今年の雨期からでも効果が期待できるダムの運用法について解説。「水の供給、洪水被害の低減化、水力発電などの中から、どう優先順位をつけるかが重要で、モニタリング技術や早期警戒システムによる柔軟な管理、水利用技術の向上などが必要」と強調。

### 2012年4月 タイ灌漑局にて、洪水対策マスタープランを日本で検証した結果を披露

2012年7月 タイ政府が日系企業や工業団地間係者らを対象に洪水セミナー開催

2大ダムであるフミンダムおよびシリキットダムの最適なダム貯水地操作を検討し、水文モデルで検証した結果を報告。ダム貯水位の最低水位を下回る影響を生じずに、満水位を越える回数のみを減らすことができることを示した。

【図 37】

## タイの大洪水と向き合う

(東京大学 小森大輔氏提供)

### 2012年7月 タイ灌漑局とIMPAC-Tの共催で洪水セミナーを開催

本年の洪水に関連する知見を発信するため、洪水セミナーを灌漑局と共同で開催。人間活動を考慮した陸面モデルを用いた昨年の洪水の再現結果や、衛星画像を用いた解析結果などを発表するとともに、今年の状況を気象学、水文学双方の視点から議論。日タイ研究機関、日系企業、バンコク都庁、地方自治体、水行政関連機関など多岐にわたる組織から120名余が参加。

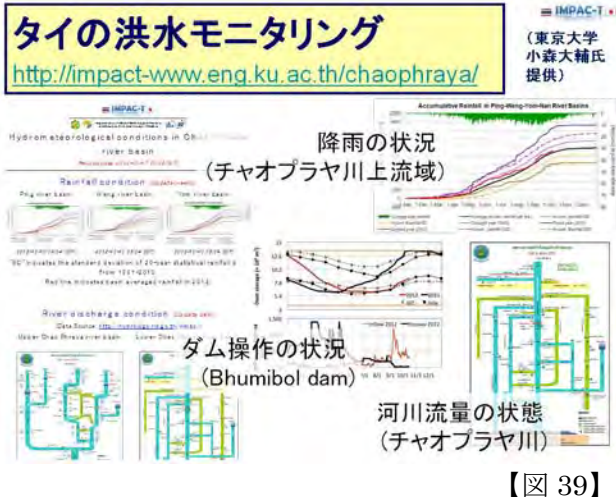
### 2012年8月 チャオプラヤ川流域全域調査

昨年実施した2011年タイ国チャオプラヤ川洪水に関する事後調査を実施。現在の水文状況および被災後からの水防施設の復旧・改善状況を踏査し、日本国政府が緊急援助として準備を進めているチャオプラヤ川の治水マスタープランの見直しに向けた提言の基礎資料となる科学的知見を集約。

JICAよりチャオプラヤ川治水マスタープランに関わる河川流量計算への協力依頼。グローバル化が進む今日において、タイの国家基盤として重要な治水事業を日本が率先して協同で推進することは、タイ国のためだけでなく、日本の国家戦略として非常に重要で、我々の活動、研究成果がチャオプラヤ川洪水の適応策立案に大いに貢献できることが期待される。

【図 38】





【図 39】



【図 40】

### タイの洪水関連出版物

＜単行本＞  
 ・沖大幹 (2012) 水危機ほんとうの話 新潮選書  
 ＜論文＞  
 ・Daisuke Komori, et al. (2012) Characteristics of the 2011 Chao Phraya River Flood in Central Thailand. Hydrological Research Letters, 6:41-46.  
 ・香山成子・ランパン シムキン (2012) タイ中央平原の地形と2011年洪水. 自然災害科学, 30, 463-475.  
 ・佐山敬洋他 (2012) 2011年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出予測. 土木学会論文集, 400/II-22, 1-15.  
 ・川崎昭知ら (2012) 2011年タイ洪水における緊急災害対応. 政府機関の組織間連携と情報共有に着目して. 地域安全学会論文集. (印刷中)  
 ・西島聖佐子ら (2012) 2011年タイ王国チャオプラヤ川大洪水の氾濫流の流下に着目した水質調査. 水環境学会誌. (印刷中)  
 ・中村晋一郎ら (2012) 2011年タイ王国チャオプラヤ川洪水における水文及び氾濫の状況. 水文・水資源学会誌. (印刷中)  
 ＜寄稿＞  
 ・小森大輔ら (2012) 2011年タイ国チャオプラヤ川大洪水の実態および課題と対策. 河川, 2012年1月号  
 ・小森大輔 (2012) 2011年タイ国チャオプラヤ川大洪水はなぜ起こったか. 監修 日本人商工会議所所報, 2012年2月号  
 ・木口雅司ら (2012) 2011年タイ・チャオプラヤ川における洪水被害. ARDEC, 2012年2月号  
 ・沖大幹 (2012) チャオプラヤ川における2011年の大洪水とタイの水害. 予防時報, vol.250.

【図 41】

### 5. まとめと今後の課題

最後にまとめです。

タイの大洪水はなぜ起こったのか (図 42)。とにかく平年より早く雨季が始まりました。それから、雨季の期間を通じて雨が多く降って、50年に1回ぐらいの、平年と比べ3割～5割ぐらい増しの雨が降ったということ、これがやはり大きな原因

です。ラニーニャの年で、モンスーンが活発になりやすいという傾向に加えて、台風が頻発したことが、恐らく関係しています。

### 4. まとめと今後の課題

#### 2011年タイの大洪水の原因

1. 平年より早い雨季入り、雨季の期間を通じて降雨が多く、50年に1回程度の多雨(平年の約4-5割増)。
2. ラニーニャ年の活発なモンスーン、南シナ海を西進する台風の頻発が関係。
3. もともと中流域に大規模に氾濫して水を貯める河川の流下構造。

【図 42】

もともと自然の状態では、中流域は大規模に氾濫して、水を貯めないとやっていけない河川でした。そういうところに大規模工業団地をつくってしまった。浮稲を栽培していたような浸水深が深い場所にこういう工業団地をつくったことが被害が拡大した大きな原因です。それから、河川の蛇行部の攻撃斜面の堤防が破堤しました。その時点で下流へ水が行くことが予測され得たにもかかわらず、この直後に適切な対応を欠いたことが、もう一つの大きな原因で、悔やまれることとしては、そここのところではないかと思えます (図 43)。

#### 2011年タイの大洪水の被害が拡大した原因

1. 大規模に氾濫して水を貯めていた氾濫原に大規模工業団地が立地。元々の浮き稲の栽培地＝浸水深が深い場所。
2. 河川の蛇行部の攻撃斜面の堤防が破堤、下流への流下が予測され得たにもかかわらず、直後に適切な対応を欠いた。

【図 43】

工業団地の浸水が始まった後は、とにかく首都を守れということで、迅速な対応をして、バンコクでの大規模な洪水は防ぎました。ただ、その時点で、土のうの積み上げの上流部と下流部の住民の間で問題が起こったというようなこともありました。



日本では、東京大学とか土木研究所等が緊急調査であるとか、氾濫域の拡大予測を実施して、現地にも非常に役に立ちました。(図 44)

### 現地・日本の対応

1. 工業団地の浸水が始まった後には、バンコクへの洪水の流下を防ぐべく、迅速な対応。バンコクの大規模な洪水は防御。
2. 土嚢の積み上げ上流部と下流部の住民とで利害が対立し、破壊活動も起こり、バンコク市内でも一部は浸水。
3. 日本では、東京大学、土木研究所等が緊急調査と氾濫域の拡大予測等を実施。

【図 44】

問題点は何かという、まずは、この浮稲地帯に工業団地をつくってしまったことです。これは日本でもよくあるのですが、今まで何もないところというのは、実は危ないところなんです。そういうところを開発してしまった。そのために被害が非常に大きくなった。それから、先ほどキングスダイクというものをつくっていると申しましたが、その外に、現在の国際空港があるということからもわかるように、経済発展に伴う土地利用の変化が実は治水計画に十分反映されていなかったということがあります。毎年のように洪水は起こるので、破堤しても危機意識が欠如していた。それから、渇水被害も多く経験していることから、雨季の前半でのダム放水には非常に抵抗感が強かったのです。

今日は詳しく話しませんでした、バンコクの市内は地下水のくみ上げで非常に地盤沈下が進んでいます。市内は、海面下、あるいは堤防よりも低いのです。ポンプで排水しなければいけないのですが、ポンプで排水した水の大部分がチャオプラヤ川の本流に行く、という状況です。チャオプラヤ川が氾濫してしまったら、もう排水できません。ほかの川に流さなければいけないのですが、そういうシステムが十分にはありませんでした。

現況把握と予測システムについては、最後に説明したように、現在は非常に進んできましたけれども、去年の時点では十分ではなかった。日本にもよくありますが、セクショナルリズムのようなことがあって、雨は気象局、川の流れは灌漑局とい

うようなことで、十分に連携していませんでした(図 45)。

### 問題点

1. 土地の性状を無視した開発(浮き稲地帯への工業団地の立地)。
2. 経済発展に伴う土地利用変化を考慮していない治水計画の放置。
3. 年中洪水が発生していることから、洪水に対する危機意識の欠如。
4. 渇水被害の恐れからのダム放水への抵抗感。
5. バンコク市内他での地盤沈下の進行。
6. バンコク市内のポンプ排水の大部分がチャオプラヤ川本流。
7. 現況把握と予測システムの欠如。

【図 45】

では、どうしたらいいのか。どういう形で土地ができてきたのかというようなことがわかる土地条件図とか、水害地形分類図は、このチャオプラヤ川流域でもちゃんと作られておりました。先ほどの工業団地が立地している所は、後背湿地といって、もともと地形が低平で水がたまる、浮稲地帯もある、そういうところなのです。そういうことを考えないで開発が行われた。そこに工業団地を造る時には、たくさんの土盛りをして作らなければいけなかったのに、それが十分ではなかったのです。

チャオプラヤ川は中流部で水を貯めておかない限りは、大量に降った雨を流せない、そういう川なんです。洪水時には工業団地に水を貯めるわけにはいかない、農地を犠牲にせざるを得ないということになります。昔の日本には信玄堤を持つ川がたくさんありました。要するに堤防が切れているんです。だから、洪水になると、切れているところから水を周囲の水田に溢れさせ、下流の洪水を防ぐ、という治水の仕方を武田信玄がしたのです。そのために何年かに 1 回は稲が取れなくなってしまうのですけれども、普通の年だったら問題なく収穫できます。洪水の被害としては工業よりも農業のほうが小さいので、50年に 1 回くらいのことでしたら仕方がないといえるでしょう。理想的には渡良瀬遊水地のように土地を耕作には利用しない、そういう遊水地があれば理想だと思います。けれども、人口も非常に増えておりますので、そのように本当に遊ばせるような土地を確保するというのは、現実にはなかなか難しいと思

います。

あとは、バンコク市内からチャオプラヤ川以外にポンプで流す能力を増強することが必要です。日本は、私が最初に述べたように十数年間タイとずっと共同研究を進めてきています。そういう中で、お互いの信頼関係が構築されていますので、JICA による緊急的な援助活動もスムーズだったのだと思います (図 46)。

今日の話は、私自身が直接調査をしていない話で恐縮だったのですが、東大の沖先生をはじめとする研究グループ、ICHARM の佐山先生等から、貴重な資料をいただきました。そのほかの方々にも資料をいただいて、今日話を組み立てさせていただいた次第でございます。ご清聴ありがとうございました (図 47)。

### どうすれば良いのか？

1. 土地条件図、水害地形分類図、過去の土地利用などを考慮した適切な開発規制。
2. 中流部での遊水機能を持った土地の確保＝洪水時の農業への補償。
3. バンコク市内からチャオプラヤ川以外へのポンプ排水能力の増強。
4. 現況把握、予測システムの構築。
5. 日常的な研究交流の継続。

【図 46】

### 謝辞

下記の方々(敬称略)には発表資料や文献の提供などで大変にお世話になりました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

東京大学 生産技術研究所  
沖 大幹・小森大輔・木口雅司  
土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター  
佐山敬洋  
海洋研究開発機構 地球環境変動領域  
井上知栄  
三重大学 生物資源研究科  
春山成子

【図 47】

### 5. 質疑応答

会場：大変ありがとうございました。3 つほど質問があります。

1 つは、先生も最後のほうでちょっとお話され

たのですが、バンコクの地盤沈下の問題で、私自身もバンコクの地盤沈下は非常に気になっております。今、実際どのくらい下がっているのか、もし数字があったら教えてください。

松本さん：データを持ち合わせていなくて申し訳ないですが、恐らく数メートル程度です。

会場：まだ沈んでいますか？

松本さん：今でも沈んでいると思います。新しいビルがやはり抜き上がっているようなところを今でも見ます。

会場：私は 1960 年代にバンコクに行ったことがあるのですが、飛行機から見たときに、その時はまだ地球の温暖化とか、そういうのは何もない時期なのですが、バンコクという町自体が水の中に浮いているという印象を持っていて、これは洪水に弱いのではないかと感じていたのですが、その後もう 40 年ぐらい経って、地盤沈下がかなり大変だなというのが 1 つわかりました。

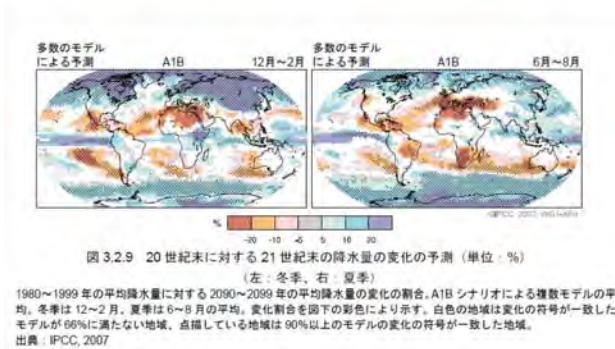
2 点目は、例えば中国の長江などの場合には上流で木を切ったのが非常に問題だったということで、ご存じのとおり、上流に一生懸命木を植えようということを政策的にやってきた。このタイの場合はチャオプラヤ川の流域、ないしは上流で、森林の伐採の問題はどうなっているかというのが次の質問です。

3 つ目が非常に大きな質問なのですが、なぜ昨年あんなに強い雨が降ったかということの理由です。理由はいろいろあると思うのですが、私自身は温暖化に非常に興味を持っていて、海水の温度が相当上がっているということです。この付近だけではなくて、最近でも、例えば北海道の沖で異常に高い温度になっていて、台風なども北海道辺りまで行っても消滅しない、異常だと思われる現象が起きているのですが、先生は温暖化と自然災害というご本を書いているんですけど、2011 年の大雨の 1 つの原因、50 年に 1 回ぐらいあるんだよと言えばそれまでなのですが、温暖化の背景抜きには考えられないのではないかと、私は素人なりに思っているのですが、その辺はどういうようなお考えですか？

松本さん：まず、森林伐採ですけれども、タイは、特に東北タイは森林伐採が激しいということで知られておりまして、一部では土地が塩類によって荒廃するような問題もあります。チャオプラヤ川



の上流域でも、かなり伐採が進んでいます。王家の森は非常にいい状態なのですが、それ以外のところではかなり伐採が進んでいますので、やはりその影響はあります。先ほど、流量について非常に大雑把な数字で紹介しましたが、もし森林がしっかりしていれば、森があることによって、蒸発が増えますので、上流から下流に流れる水のスピードは遅くなります。緑の天然のダムなどと言われることもありますので、やはりそこは影響していると思います。



#### 【図 48】

先ほどお見せした降雨量は、50 年間のデータで、本当はもう少し長いデータでやりたいと思っています。タイの気象データは、1930 年代からあるのですが、40 年代は戦争の影響でデータが欠けています。私どもは第 2 次大戦以前のデータを復元する仕事もしています。やはり温暖化の影響はあるのではないかなと、私も思います。将来のことは気候モデルで予測せざるを得ないのですが、多くのモデルでの予測の結果は、インドシナ半島とか、アジアのモンスーン地域では乾季の雨が減るんです。雨季は、雨量が増える傾向ではないかというようなことが言われています (図 48)。つまり、雨季と乾季のコントラストは今よりも強まる。去年はまさにそういう傾向を示したのです。乾季は雨があまり降らなくて、雨季は雨が多かったです。ですから、モデルの予測に近い形となったのです。そういう意味で、やはり温暖化の影響が現れている可能性はあるのではないかと、という気がします。こういうことは、去年の例を詳しく解析してみないとわからないところなので即断はできないのですが、そういう影響が出ている可能性はあるかと思えます。

海水温に関しては、6 月から 9 月という範囲で見ますと、必ずしも目立っていないのです。ほとんど平年に近い形ですので、直接この時期に大きな影響を与えた可能性はあまりない。西太平洋は台風がたくさん発生するところですが、平年で見ると、世界で一番海水温が高いところ。さらに、この辺 (西太平洋) は少し高くなったのですから、より台風ができやすかったという状況はありました。これは 6 月から 9 月のデータですが、3 月から 5 月のデータにしますと、海水温の高い領域がかなり広がります。ですので、やはりそれは影響はあったらと思います。けれども、今年の日本付近のように、非常に顕著に海水温が上がっているということは、なかった。ただし、傾向としては、ラニーニャ傾向で、このただでさえ暖かいところがより暖かくなったということで、非常に広い範囲で、例年よりも空気の中に水蒸気がたくさんあった。この水蒸気は海の上から蒸発してきた水蒸気ですから、やはりこの海の上からの蒸発ということで、海水温がやはりここ (西太平洋) で高くなったことが影響していると思えます (図 19)。

会場: 今、ラニーニャの話が出てきたので関連の質問をさせていただきます。今日のお話で聞いたのではないのですが、最近読んだものの中に、解析の結果、エルニーニョ現象からラニーニャ現象へはわりと簡単に移行するのだけれども、ラニーニョからエルニーニョは非常に戻りにくいみたいなことがわかったと書いてありました。私は論理的に理解したわけではないのですが、それが本当かどうかということと、もしそれが本当なら、いろいろ手を打たれたということなので、災害は減るかもしれないけれども、タイの洪水、こういう現象はまだずっと続くのかどうかということをお教えください。

松本さん: 難しい質問ですね。たぶん今年はエルニーニョに移るのではないかとされていますが、今のところ、まだよくわかりません。今年も、ラニーニャ的な状況ではあったと思いますが、ラニーニャからエルニーニョになかなか移っていません、そういう状態は実際に起こっています。今年の雨は、十分にモニターしていないのですが、今年もタイでは洪水は部分的に起こっています。もちろん雨が多いいのも問題なのですが、タイの場

合は濁水も非常に問題です。濁水したときの蒸発散量は、降水量の80%にもなってしまうので、流量は非常に少なくなりますから、これもまた問題です。エルニーニョの年、例えば1982年、83年と強いエルニーニョがありました。97年もエルニーニョがありました。そういう年はやはり雨は少ないのです。92年、93年もエルニーニョの年です。そうではない年でも雨が少ない年がありまして、それはそれで非常に問題です。

もちろんエルニーニョ、ラニーニャはある程度影響するのですが、残念ながら今の知識では、3月くらいの時点で、あらかじめその降雨への影響を正確に予測するということはできないのです。そここのところをどうやって突破するかということで、今、一生懸命研究しているのですけれども、今の段階ではまだ十分には解明しきれていません。先ほど言ったように、このところ雨が深い状態が非常に続いていました。例えば今年などはインドの雨は前半は非常に少なく、歴史上の大干ばつになるのではないかと言われたのですけれども、後半は雨季の途中で傾向が盛り返して、トータルで見ると、平年より若干少ない程度になりました。このように雨季の途中で傾向が変わる年もあるのですが、2011年のタイの場合は、ずっと多いままだったんです。ずっと多いまま続いたという年は、他にはほとんどありません。そういう意味で、去年は特殊だった。なぜそうなったかというのは、これから解かなければいけない問題ですけれども、先ほど言ったように、地球温暖化の問題が潜在的にはあると思います。しかし、具体的に、どうしてそうなったのかということは難題でありまして、これから、少し時間をかけて解いていきたいと思っています。

会場：どうもありがとうございました。とてもわかりやすく、よく理解できましたが、決壊したのが上流で、そして、平坦地だから、だんだん下のほうへ流れて行くのに、非常に日にちがかかっているわけですね。ですから、決壊以降、そういう影響がわかっているのに、対策が取られなかったということについて、あまりにもわかりきっていることなのに、地域に対しての政治とか社会的な要因があって対策が取られなかった、という話も別なところから、聞いたのですけれども、いかにも解せないんです。それだけの量が上流で決壊

して、影響が下流にどんどん行くし、平坦地で広い範囲のところはわかっているのに、なぜ対策が取られなかったのでしょうか？

松本さん：申し訳ありませんが、私が調査に行っていないこともありまして、明確な回答はできません。ただ、現地に調査に行った人の書いたものを見ますと、大臣が危ないと言ったらしいのですが、議会などでほとんど相手にされなかったとのことです。そのときに、地域的な感情があるのかどうかということに関しては、よくわかりません。

それから、この途中の部分はほとんど農地で、実際に被害等がどういうふうだったのかわかりませんが、恐らく、この地域での状態はほとんど関心と呼ばなかった。それが、突然工業団地のあるところに来て注目を集めたのですが、何でそうってしまったのだらうと疑問に思っているところです。ちゃんと答えられなくて、申し訳ございません。また調べてみます。ありがとうございます。会場：流下能力がアユタヤの付近ですごく少なくなっているということですが、これは普通に考えたら、下流に行くにしたがって流量も増えるので、浸食なり何なりで、流下能力も増えていくのが自然ではないかなと思うのですけれども、ここで、すごく少なくなっているという何か原因があるのでしょうか？

松本さん：この図ではよくわからないのですけれども、たぶんこの辺で川の幅が狭くなる、つまり天然ダムのな、そういう地形になっている。そのためこの上流に、必ず水がたまらないといけない、そういう川になってしまっている。日本だと考えにくいのですが、ものすごく勾配が緩いので、川が浸食して広げるといっても、それだけの力を持ってないのだらうと思います。その上流に当たるこの部分も非常に勾配が緩いので、ゆっくり水が流れて、溢れるしかない、そういう川になってしまっているということです。日本の川では考えられないことですが、そういう川だと言うしかありません。

会場：狭いところがあっても、日本の川は勾配がありますからそこそこは流れますけれど、勾配がないところで狭いところは多分流れない。

松本：恐らくそういうことだと思います。そういう地形なのです。日本の河川では蛇行していたら



とにかく直線にして、降った雨はなるべく早く早く流せ流せというのが治水の方策なのです。それも本当に正しいかどうかというのはよくわからないのです。堤防はどんなに強くつくっても、100年、200年に1回の雨で崩れかねないんです。そうすると、上流部でダムをつくるというのは一つの方策で、やはりどこかで水を貯めない限りは、川は必ず溢れるんです。それはもう避けられない。それは温暖化の問題がなかったとしても、非常に強い雨が降った場合には、それは避けられない。やはり常にそういうことを意識していなくてはならない。日本の場合、水防団などがあって、土のうを積んだりとか、一生懸命、そういう活動をきちっとやりますし、堤防も強固につくる。だけど、時には破堤するということがあります。だから、堤防は完璧ではないんです。完璧には作れないということです。どこかでためない限りは無理です。非常に大きな貯水池をつくれれば、そこに貯めておくというのも、一つの方策ですが、そのためには、非常にお金もかかるということもあります。恐らく企業は対策を取っていると思いますけれども、そういう工業団地を造る時には、周りを掘って、その土で高めて、堤防を作る、ということをしなくてはいけない。現状としては濃尾平野にある輪中のような形に、工場の周りを取り囲むしか対策はない。あとは、堤防が壊れるようなことがあったときに、迅速に対応する、そういうことをきちっとやる、その二つぐらいしか、対策はないのではないかと思います。

会場：キヤノンとかホンダとか、工場が水没してしまって大変なことになったのに、いまだに撤退したと聞いたことがないので操業していると思うのですが、その対策というのは、今、お話のあった輪中と申しますか、工場の周りに堤防をつくったということでしょうか？

松本さん：それはちゃんと確認していませんけれども、恐らくそういう対策はある程度は、やっていると申します。

会場：ありがとうございました。

松本：今朝の日経新聞にも出ていましたけれども、タイは経済も非常に発展し、政治体制が民主国家で、色々な意味で日本企業が比較的進出しやすいと思います。経済的にもかなり発展していて、ASEANの中では、マレーシアの次だと思います

が、去年のダメージがあったにしても、現在も数%ぐらいの経済成長率であり、中国ほどではないけれども成長を続けています。潜在的な市場も大きいし、さらに周辺部に対しての輸出なども考えると、大事な場所だといえます。また、あれだけ広い土地が確保できる場所は他にはそんなにはないのではないだろうという気もします。ですので、タイにも政情不安がありましたけれども、やはり企業はそんなに撤退はしていないのが現状だと思います。保険金がものすごく高くなったというようなことも聞きましたけれども、恐らくそれなりの対策はしているのではないかと思います。

50年に1回と言っても、地震もそうですが、次の年に来ないという保証はまったくありません。昨年には非常にたくさん雨が降ったことは確かですので、同じぐらい降れば、やはりかなりひどいことになる危険性はあると思います。それでも、去年の教訓みたいなものを生かしておれば、工業団地の外側で何とか洪水を防ぐということではあるのではないかと思います。その土地の性状などをあらかじめ考えて対策をするということが必要です。その辺がどうなっているのか、私は正確にはわからない状態ですので、また調べておきたいと思っています。ありがとうございます。

会場：今、アジアモンスーン地域のお話だったのですが、日本のような急峻な勾配を持つような河川で、やはり雨の量が増えて、豪雨が懸念されるというような情報もあるので、ここ日本のような地域で、やはり大変危険な状況になるのかどうかというのは大変心配なのですが、先生はどのようにお考えかお聞かせいただければと思います。

松本さん：日本はどうかというと、やはり全体として、このアジアのモンスーンに近い状態です。ただし、やはり将来予測の信頼度は高くはありません。夏の雨は増える方向になりそうな気配があります。それから、梅雨のような現象がより長くなるような状況が起こるのではないかと、そういう予測結果もありますし、台風は数は減るけれども、強さは強くなるのではないかと予測が出ております。全体として気温は上がってきます。地球温暖化で気温が上がりますと、空気中に蓄えられる水蒸気の量は増えますので、現在でも熱帯のほうの雨が強いのですけれども、日本でも雨自身が強まっていく危険があると思います。過去 50

年ぐらいを見たときには、短時間での、強い雨は、最近増えてきているというのが実際の状況です。それが未来永劫続くのかということは、実はまだよくわかりませんが、そういうことに対する備えは、日本でも十分にしていけないといけない。利根川も、カスリーン台風的时候は決壊したという歴史もありまして、そういうことも、ちゃんと知っておかないといけない。その当時に比べると、はるかに高度な土地利用がされているので、危険度は日本でも決して低くはなっていません。戦後、伊勢湾台風の後には、大河川の大きな決壊等は起こっていません。でも中小河川などでは、現在でも時々決壊が起こっています。しかし、今後、大河川でまったく決壊が起こらないということは言えないので、低いところにお住まいの場合は、そういう時にどうしたらいいのかということは、日頃から考えておくことが必要だと思います。

以上