

平成 30 年度秋季建築物防災週間関連行事

建築物防災講演会

講演記録

- テーマ : 豪雨のしくみを理解して豪雨災害に備える
ーゲリラ豪雨の早期探知と危険性予測を交えてー
- 講師 : 京都大学 防災研究所 教授 中北英一氏
- 日時 : 平成30年9月5日(水)
午後1時45分～4時00分
- 場所 : 建設交流館 グリーンホール
- 主催 : 一般財団法人大阪建築防災センター

■はじめに

地球温暖化現象の現れとして年々強力化していく台風、大雨、高潮も含めた中で、災害から何を学び、何を今から考えておかないといけないのか。

基本的には地球温暖化の影響がでだしているのではないかと。今までの常識が通用しない未経験のことが起こるだろうということ。

広島や九州北部豪雨は、非常に狭いところに強く雨が降るといふ雷雨独特の雨でしたが、そういう大雨がより頻繁に、しかも強く、今まで起きていない場所でも起きていくだろうと推測されています。西日本豪雨は、広島や九州北部豪雨と比較してそれほど強力ではなかったが、広域で非常に長い時間降り、国が管理する大河川でも洪水が起きました。

こういう想像を絶する未経験の災害発生が、今後、頻度が増えていくとすれば、後悔しない地球温暖化への対応ということ 키워ドに、これから私たちはどのように取り組めばいいのでしょうか。

治水の基礎体力の強化と共に、国、市町村だけに頼らないで、自分みずから、あるいは家族、地域の皆さんとでの自助公助としての防災力をどう増強していくのか。これらが両輪のごとく強くなしないと、戦後間もない時期に台風で被害にあった日本を、一生懸命、治水やいろんな防災の取り組みをしてきた成果がまた元に戻ってしまう危険性を感じておいたほうがいいということです。

じわじわと温暖化の進行が来る。そのうちゆっくりと思っていると、私たちが治水の基礎

体力を上げるためにいろんな行動をとっても遅いかもしれないぐらいの速さではあるとの認識が必要です。

高山植物が北へ逃げるか、あるいは高いところに逃げるか。例えば東北の高山植物が北海道に逃げても、温暖化の進行のほうが早いと言われていて、もう上へ逃げるしかない。

でも、東北だと余り高い山がないので、どこかで逃げ場所がなくなって絶命する、そんなイメージを持っていただくのが、このじわじわ、だけど進行が速いという言葉の説明になります。では、どうするのか、将来の予測、2、3時間、あるいは明日、1週間先の予測ではなく、21世紀末にどういう状況になっていくかという情報を物理的に予測した情報を共有し、同時に今回も含めて、あるいは長いこと忘れていた怖い非常事態にどういうふうに対処するかということ拾い集めて、適応するための教訓として生かしていくということ。気象の分野の研究としてどう対応していくかによっては、ここが大事なポイントになります。これを全体のイメージとして頭の中に置いていただければと思います。

温暖化によって台風は発生しにくくなり、日本にやってくる台風の個数は減り、一旦来ると非常に中心気圧の低い強力な台風がやってくると推測をされています。大きくなるわけではないのですが、普通の大きさでも中心気圧が非常に低いということで風も強くなり、中心気圧が低いので高潮もかなり厳しいものになるだろうというようなことが推測されています。

■豪雨はなぜおきるのか

まず豪雨というのは基本的には積乱雲によって起こります。台風や梅雨の場合は1個の積乱雲ではなくて、幾つか並んだ状態で豪雨が起り、ゲリラ豪雨は1個の積乱雲で起こります。どれぐらい水がたまっているかという、サイズが大体1個の入道雲で幅が10キロぐらい、高さが10キロ、夏の場合は14キロぐらいになります。この中に数十万トンの水や氷が浮いています。雲粒だと下には落ちてきませんが、この雲粒が集まって雨粒とか霰あられ・雹ひょうとかになると、どんどん下へ落ちます。それが上昇気流と呼ばれ、地面が暖められた中で、どんどん浮いて上に上っていく気流の中で支えられて降ってきます。上がりながら下にある湿気が凝結して雲になっていきます。基本的に下が湿気っていて水蒸気があり、上昇して冷たいところに行くと雲粒ができて、雲粒が成長した上へ行くとマイナスの温度になって氷の結晶ができて、最後ぶつかり合って雪になって落ちてくる。雹も上がったたりおいたりしながら、どんどん成長を続けて上にたまっている。先ほど言いましたように、かなり重たいわけで、最後に上昇流がなくなると一挙にドサッと雨が降ってくる。これが夕立のときの豪雨になります。なぜもくもくと上がるのかというと、浮力と呼ばれるもので上がります。それがどんなイメージかといと、お風呂のお湯の中にボールを沈めて手を放すとぱっと上ってきます。それはボールの中の空気が水に比べて軽いからぱっと上ってきます。同じように、空気の中に下か

ら、南から暖かい空気がやってきて、あるいは水蒸気が雲になって凝結したときに熱を出します、熱を出すと自分が軽くなります。なので、下のほうに軽い空気があると、このボールのようにぐっと上がろうとするというのが入道雲ということになります。湿気、水蒸気が下にあると雲に乗って熱を出しやすく、もともと下に熱がたくさんたまっているような空気のとくに、下が軽くて上が重いということで、ドサッとひっくり返りやすい状態になります。これを大気的不安定といいます。大体1個の入道雲の寿命は1時間、ゲリラ豪雨が基本的にこれと思ってもらって、夏ですと高さは14キロぐらいまでになります。最初、上昇流の中で雲粒ができて、中でどんどん上昇流に支えられて雲粒が雨粒とかになっていく。この中の色ついたところは気象レーダーで立体観測でも見えます。30分から40分後にドサッと落ちてくる。この1時間という時間を覚えておいてください。最初は上空でしか雨粒とか氷粒ありません、最後にドサッと降ってくる。最初はないというふうに覚えておいてください。基本的にこういう回転をしながら、これがもこもここっと上っていくというイメージになります。後で、ゲリラ豪雨の早期探知をするときに気象レーダーで渦を回転するかどうかを判別して、渦回転していると非常に入道雲が立ちやすい、駒が安定するのと同じように立ちやすいので、そういう渦が巻いた上空の雨粒がいれば、これからドサッと落ちてくる。もう一つ大事なのが、気象レーダーで積乱雲の中の雲粒は見

えませんが、落ちてくる雨粒が見えます。反対に人間の目では雲がよく見えますが、中に浮いている雨粒は見えません。その雨粒が上から下へ落ち出しているとき電波を出して、ぐるぐるっと回転しながら影響をはかっていく。ちょっと上げて回転させる、またちょっと上げて回転させることによって、もくもくっと縦方向に伸びている入道雲全部をレーダーでレントゲンのように撮るとというのが、レーダーの気象学、あるいはレーダー水文学という学問です。天文は星の循環を、水文は水の循環を集め寄った雲の研究です。実際の気象レーダーで捉えたものを、1台だけでなく近畿だと国土交通省で2台、それから気象庁のレーダーも1、2台とありますが、そういうので合成して見ると、これが2000年の名古屋、東海豪雨のときの動画ですが、これが5分に1度、1キロメッシュぐらいで捉えた物です。南のほうからできた入道雲が、名古屋のほうにどんどん侵入しています。このとき下に台風がいて、こっちから太平洋高気圧があると南から上がってくる湿気を台風がポンプ役のように日本に押し込んでいき、こういうところで豪雨が起きるといことが多いパターンです。

これは立体画像で見たときの、98年の那須の豪雨と呼ばれるもので、那珂川という水戸のほうに流れている川が氾濫、土砂災害がたくさん起こったものですが、入道雲が1つ、2つ、3つ、4つ、5つと並んだ状態になっている。広島豪雨も同じですが、8月末に起こる梅雨タイプの局地的な豪雨になりました。

これもこっちだと1、2、3、4個と大きくなって、ここでドサッと落ちて、大きくなっている後に、後ろからまた新しい赤ちゃん雲ができて、またこれが大きくなってドサツ、大きくできて、大きくなってドサツというのを繰り返すというのが、梅雨の豪雨の怖さになります。

気象レーダーは1台ではなく、全国でカバーしています。それを長い時間、現在は1分に1度観測、250メートルメッシュという非常に細かなレーダー観測ネットワークになっています、これが西日本豪雨のときの総雨量で、3日間、7月3日の最初から8日の夜中までの総雨量を見たときに、全体が降っていて、一つ一つ見ると余りシャープな雰囲気はなく、ただ、全体で降っているというこの怖さが出てきます。

■豪雨の時にどんな災害が起きるのか

基本的に、台風、梅雨豪雨、ゲリラ豪雨に分けて考えます。大雨で起こる災害は、川の水があふれて水浸しになるというのが普通大きな水害です。私たちが住んでいる町の中、堤防で囲まれた川が流れていて、私たちはその外側に住んでいます、川から見たら外ですが、人間のほうを中心と言うと、内です。

それが内水氾濫。川の水がバツと上って水があふれて氾濫するのを外水氾濫といいます。氾濫には2種類あります。町の中で、下水管に水が流れ切らずあふれていくというのも内水氾濫になります。通常入ってきた水は、大きな川に出します、外へ放る。放ることによって、私たちの町は浸からないということに

なるのですが、その放る先が詰まっていると水がはけません。あるいは、下水管で流す容量よりもたくさん雨が降ると、流れ込まないで町が浸かります。それも含めて、地下街の氾濫も内水氾濫になります。岡山の真備町は大きな川に小さな川が流れ込む先で、大きな川が水かさが高いため、水が出ないというので詰まりました。これも見方によったら内水氾濫という言い方ができます。大きな川があふれて洪水になったわけではありません。というのが、外水氾濫と少し違うところです。

強風災害は、今までよく起こる例で、特急電車が止まった、クレーンが倒れたなどありますが、リング台風など農作物に被害がでたりとか、気象レーダーの上の丸いドームが飛んだりなど、そういったものが強風災害です。土砂災害、これも少し詳しくお話しします。台風、大きく外水氾濫、それから内水、強風、崖崩れというものが起きるといっているので、今回は水害に話を集中したいと思います。

■ゲリラ豪雨・梅雨の集中豪雨・台風

地下街のあるところで、入道雲によって雨が降り、時々下水管に水が流れ込まないで、地下街に流れてくるということがあります。福岡の例ですが、近くにある小さな川が氾濫して地下街に流れ込んできました。また、東京の幹線下水道の保守作業中に、少し上流で大雨が降って、中で鉄砲水が発生して、保守作業員の方6名が流されて、1名は1個下のマンホールから逃げられましたが、5名の方はお亡くなりになりました。4名の方は下流の神田川まで流され、もう1名の方は途中

のポンプ場でお亡くなりになられたという悲惨な災害があります。ゲリラ豪雨は、1つの入道雲でドサッと雲がで、3、40分間にドサッと雨が降る。例えば、神戸の都賀川のように流域の小さな川で鉄砲水が起きます。川の流れている上流に降った雨だけが流れてくるだけでなく、川にはいろんな支流があり山に囲まれています。この山に囲まれた、私たちが住んでいる領域に、降った雨が流れてくる全てのエリアを流域といいます。川のポケットと思ってください。その川のポケットが非常に小さい川では、例えば10平方キロ3キロ掛ける3キロぐらいだと、さっきの入道雲の広さより小さいです、川のエリアがポケットより。そうすると鉄砲水が起こる。東京も川じゃなかったですけど、下水管で起こっています。入道雲が通常であれば、国が管理するような大きな川があふれることはありません。このポケットのエリアが非常に広く100キロぐらいで細長いと大雨が降っても全体から見るとたいしたことはないので大きな川では洪水は起こりませんが、2級河川という県が管理するような小さな川だと、例えば、京都だと鴨川とかそういう河川になると、梅雨の豪雨であふれることもありますし大土砂災害を狭い範囲で起こします。今回の台風では、雨の災害については、そんなに大きな被害を聞いていませんが、やはり長時間雨が降り、しかも広い範囲で降りましたので、大きな河川、淀川でも危ないということはありませんし、また大土砂災害も起こします。

■危険性予測

これは、国が管理しているレーダーによる雨観測のネットワークの絵です。左が1分ごとにアニメーションのように入道雲から降ってきた雨が動いて赤く見えます。赤が80ミリメートル以上、それから間のオレンジのエリアで大体50ミリメートルパーアワー、このまま1時間降り続くと50ミリ、5センチ雨が積もります。50ミリ以上というのは非常に強い雨で、皆さんふだん感じられる夕立の本当にバケツひっくり返したぐらいが50ミリメートルぐらいになります。右が5分に1度の立体観測になっています。こっちが5枚変わる間に、こっちが1回変わります。見ていただくと縦方向にによきによきと伸びている入道雲があります。雲はこの周りにまだ広がっています。その中の雨粒があるエリアが、やっぱり赤ければ赤い程、中にたくさんの雨粒がたまって浮いています。このあたりの高くなっているエリアでは、下にもドサッと降ってきている。この横を少し、丁寧に色分けしている部分を集中して見ると、このエリアが大体近畿のエリア。近畿だけは全国と違った特別なレーダーのアンテナの操作、オペレーションの仕方をしていて、全部で5基のコンパクトな雨量を正確にはかるレーダーがあって、立体観測するのですが、こっちのレーダーが下を見ている間は、こっちのレーダーは上を見て、こっちのレーダーは真ん中を見てとやると、狭い範囲、四角の狭い範囲ですが、ここだけは1分に1度上空を観測できるような絵になります。普通は全部、全

国一緒のように回っています。そうすると全部回るのに5分かかりますが、ここだけ集中して見たいとやると、周りのレーダーで上、下、真ん中っていうように観測すると、近畿だけ1分に1度の立体観測というのができるようになっています。これを見ると、ゲリラ豪雨のタマゴと呼ばれるものが、上空だけにポツッとまずできて、これが上下に伸びながら、最後下へドサッと落ちてきます。これがゲリラ豪雨のとき、災害のときに、最初に浮いていて下の観測では何も見えてない。皆さんの周辺には雨が降ってないところで、上にできかけていますよという早期探知をして、これが渦巻いていると強くなります、お宅の付近へ行きます、もう逃げてくださいというようなシステムをつくってきて、出来上がったものが今日のサブタイトルのゲリラ豪雨の早期探知と危険性予測になります。都賀川の災害をきっかけに、ゲリラ豪雨の早期探知と危険性予測をやり出しました。国は、そういうふうによく都市域を監視する気象レーダーを2010年から入れ出しました。

これは都賀川の災害の写真、2008年7月28日の2時40分に鉄砲水が起きました。六甲山があって、裏にもくもくの入道雲。少し前線が下がってきた状態で、入道雲がある中で、突然、六甲山系の南側に入道雲がポコッとできて、都賀川はこのあたりですが、ここで発達してドサッと雨を降らせて、このあたりで鉄砲水が起きたという経過です。たくさんの方たちがいて、お母さんが小さい子供を連れて水遊びをしたり、小中学生の通

学路にもなっているところです。鉄砲水の様子をお話すると、これが都賀川の位置で、ここが昨日の台風で浸かった六甲アイランド、こっち側にポートアイランドがあって、その間にある小さな川が都賀川になります。幾つかの場所で、遊んでいた方がここから流されました。そのときの雲の様子をちょっとお見せします。入道雲のスナップショットを堺から撮っていますが、暗いのが六甲山です。手前に大阪湾が走っています。向こうにたくさん雲がありましたが、その手前でこの入道雲が発生して大雨をもたらしました。雨が降ったかなと思ったら一瞬で水が出てきて、ここに遊歩道があって、1メートルいづらか上へ上がっていますが、こちら辺まで水が来た状態で流されています。この横の側溝見てください。ここから水がたくさん出てきてます。これは街の中に降った水がここへ集まってきて出るために、こういう鉄砲水が起こりやすいという現象になります。降って、10分ちょっとで1メートルいづらかの水が出てきて55名の方が流されて、幼稚園児3名を含めた5名がお亡くなりになりました。こういう時どうするかというと、少しでも早く逃げるしかありません。雨が上流で降る、自分の周辺は降らなくても上流で降ったら同じことが起こります。少しでも早く逃げるためにどうするかということが重要になります。現在では、甲橋に電光掲示板と黄色いサイレン灯が置かれています。気象庁から注意報が出ると、これが回転するようになっていて、神戸のAM局の電波を通じて、回転するよう

になっています。ここには「回転灯が点灯の時は、すぐ川から上がってください」などの表示が揚がっています。子供たちがつくった碑というか銘板が置かれていて、そこに書かれています。 「私たちはごろごろとかぴかぴかとかが来たら、すぐ川から上がります」 事故が起きた時、橋の下に逃げた人が多く、橋脚のここにつかまった、もちろん助かった人もいますが、亡くなられた方もいました。私たちはすぐに外に逃げます、橋の下へ行きません。そういう宣言文が書かれています。

■梅雨の豪雨はどのように起こるのか

梅雨豪雨のとき、雲が幾つか並んだときの状態になります。赤ちゃん雲、小中学生、高校生、大人の雲っていうのが並んだ状態で豪雨がもたらされます。この赤ちゃん雲が小中学生、高校生、と順番になっていき、一番強くなったころ、ここで雲が出来だして、上空では先ほど言った、1個の積乱雲の寿命と一緒にですので、これが1時間ぐらいと想像していただいて、ドサッと落ちてきた後なくなっていく。1個の雲としてはです。ところが、梅雨の豪雨でよくある後方形成型の線状に並ぶ線状降水帯はこんな感じになっていて、入道雲が赤ちゃんから大人まで並んでいる。入道雲の赤ちゃんが大人になったときに、尻からまた赤ちゃんが生まれて大人になって、また赤ちゃんが生まれて大人になって、になる。こういうのが6時間位とか、3時間位でとまるときもあるし、6時間、もっと長く続くときもあります。なぜかという、一旦赤ちゃん雲が大きくなって上昇流で上がります。

で、たくさん上昇流の中で水蒸気を雨粒として上空に放っていきます。この放られた雨粒がドサッと落ちるときに、もともと上にいる冷たい、乾いた空気、下は暑くて、物すごくジメジメした空気がありますがその空気の中に、上の乾いた冷たい空気を引きずり込みます。これが夕立のときに乾いた冷えた風がブワツと吹く現象です。あれが実は5,000メートル位から風が来ている感じになります。その風自身は重たいです、冷たいから。周りは暖かい空気なので、それをバンとまた押し上げます、四方八方に。押し上げるとそこに風が入ってくる。また赤ちゃん雲をつくり、赤ちゃん雲が大人になってドサッと落ちると乾いた冷たい風をまた引き寄せてきて、その風がまた赤ちゃんを生んでというふうに、自分で勝手に連続的に入道雲をつくり続ける。ちょうど人間の赤ちゃんが細胞分裂してできていくような感じで、自分でこういう幾つかの入道雲のグループをつくる。一旦グループがつくられると6時間、ものによっては、この間の九州北部の豪雨のように十数時間と、長く続くものがあります。これ気象レーダーで捉えた事例ですが、2010年7月15日に亀岡で大豪雨が起きたときの、さっき言った線状降水帯、本当は対流が流れるので線状対流系というのですが、六甲で赤ちゃん雲が何度もできたものが、どんどん亀岡とか京都北部に来ています。これがここで見ていただけるように、夜中ぐらいから降り始め、3、4時、ここらで止みますが、明け方まで続くというようなものになります。こういうのが

典型的な梅雨のときの豪雨になります。この1カ月ちょうど後に、やはりここで、六甲でできた赤ちゃん雲が、今度は宇治のほうに向かって、やはり連なった形でできて大雨をもたらせました。非常にシャープな雨域というのが梅雨のときの特徴になります。大体夜中ぐらいから、これはまだ22時ですけども、起こり出して、朝方まで続く。

ゲリラ豪雨と違う大きな怖い理由は、就寝してから起きやすい。だからもし9時ぐらいに起きてくれると、9時ぐらいに予報できると避難できる可能性があるかもしれません。

山際に住んでいる方とか、非常に危険になります。もう逃げるしかないです。その逃げる判断をどうするかというと、夜中寝ていたらゴーツという雨足が聞こえ出した。ドドドーンっていう雷の音が聞こえ出した。それだけだとゲリラ豪雨かもしれないので、1時間以上たってもまだやまなかったら、線状降水帯の可能性が高いということで情報をちゃんと見て、家の中では山際じゃない方へ、もう外へ逃げられませんので、そういうときは少しでも安全なところに行く。もう死ぬことを思ったらやっぱり逃げたほうが僕はいいと思います、いくら土砂降りの中でも。同じように、これは宇治で起こったもので、これも同じように六甲山のところで雨雲が出来だします。これもまた夜中に起きて、六甲山のところで出来ています。というのが、近畿の特徴です。この風どこから来るかというと、南から湿った風が紀伊水道、友ヶ島のエリア、大阪湾通って、京都まで入ってきます。この京

都に至る淀川の筋というのは非常に、ゲリラ豪雨も多いですし梅雨タイプも多いです。だから茨木、高槻とか、この辺もよく豪雨が来ますが、これは、通り過ぎた後の大津です、大津のほうも豪雨が多いということです。宇治豪雨は、こういう感じになっています。それから広島は、このあたりずっと線状降雨帯がしばらく続き、土砂災害を起しました。これは全部土石流です。土石流は川筋の上流の山の高いところの源頭部、上のほうでザッと崩れた土砂が、最後は、川の水と一緒に下まで流れてきて、民家を襲い、78名ぐらいの方がお亡くなりになりました。この絵で線状になっていますが、この線状降雨が起こっているところで2、300ミリの雨が降ると、こういう土砂災害が起こります。上のほうから流れてきているというのが特徴になります。手前の斜面がぼんと崩れただけでなく、かなり下のほうまで土砂が流れ込みます。この下に平行して太田川という川が流れていて、この川も氾濫しやすい川で、川から少し離れた、水につかりにくいところへと人が住むようになって、ここは、広島県のベッドタウンでもありますので、山の際へ人が住むということになります。あとでまた水防法の改正の話をしませんが、今はこの危険なところに住む時に、いろんな規制みたいなものをかけるようになってきています。この山の間際の場所が一番危険な地帯で、大体、土砂災害というと、この間際のところ、住宅地の間際のところがやられている。土砂に直接やられるだけでなく、電気が全く消え

て停電しています。国道があって、これが可部線という広島からのレールが全部やられてだめになっていますし、もちろん下水、上水全部だめというふうになっています。

九州北部豪雨も同じように先ほど言った赤ちゃん雲から大人の雲までが並んでいる、これ立体的な絵ですけれども、雲の帯が発生して朝倉というあたりに一番大人の雲が発達してやって来るという状態になりました。2本、3本の筋雲ができたというのも大きな特徴ですがこれも同じように梅雨タイプの豪雨ということになります。このときの総雨量、1時間の雨量で、80ミリとか強いものが非常に広い範囲で降っているのがわかります。雨が降り始めてから、降りやむまでの雨量です。このあたりの朝倉は、土砂災害があったエリアですけれど、700ミリぐらい、しかも昼間の6時間ぐらいで700ミリも降っていて、非常に怖い雨になります。近畿南部で2、000ミリぐらい降りましたが、あれは数日かけて降って、それでもすごいのですが、これが半日ぐらいでこれだけの雨量を降らしたというのが驚異です。この驚異的な降雨が、温暖化が進むと、どれぐらい普通の出来事になってくるのか。九州北部豪雨では、降雨量がシャープなエリアで非常に強くなった、それも短時間のうちの総雨量が非常に大量となったというのが大きな特徴になります。土砂災害としては、「土石流」です、上で潰れたものが流れてきて、至るところで、上からどんどん沢が崩れて、ここへ流れ込んで、今度はそれが川のように土石流として、また下のほう

に行つてという、朝倉のエリアとか完全に土で埋まった状態で、これが筑後川本川で、左の有明海に流れていくのですが、この周辺でもたくさんの土砂で村々が覆われた状態になりました。あと、上流では、深層崩壊という大きな崩壊も起きて、川がせきとめられて浸水して、あらゆる被害がここでは起こりました。これはすごいことです。これぐらいの豪雨がある場合は、どこでもこういう土砂崩壊が発生します。源頭部で崩れた土砂が下に流れてくる。この災害でよく言われた特徴は、土石流と共に、埋まっている木も全部流れてきたことです。その木が下の橋を破壊して、家々を潰した。流木、木は非常に悪い役割をするということで今後、治水の中で考えていかなければいけないのではないかとというのが、新しい教訓になっています。山を手入れしていないから木が出てきてというのが、兵庫県の佐用町のほうで豪雨があったときに言われましたが、この周辺は日田あたりの、林業のある意味非常に盛んなところで、手入れはきちりしていました。手入れはきちりしていても、根っこから根こそぎやられているような状態で、700ミリも降れば何でもあり得るような状況になります。下流のほうの家で、この合流をしたこのあたりの家ですが、上から土砂が流れてきて全部埋まっている状態。流木が橋にひっかかって土で埋まるし、水も氾濫するというようなことが起きます。上流にダムがあった所は、この流木がダムでストップされていて、流れてこなかった。ある意味ダムのよさみたいなのも少し見えて

きた災害です。上流の方、きれいに手入れされた木が生えて、森の中からも、上流からもやっぱり根こそぎ地面が潰れますので、こういう流木が出てくることになります。土石流というのは山の上から流れて落ちてくる。それ以外に斜面の崩壊というのは、これは6~700ミリぐらいの比較的雨が多いときしか起こらないのですが、水がかなりしみ込んで土が乗っているところではなくて、その土を乗せている岩盤の中まで水が入っていくようになります。そうすると岩盤に少し割れ目や昔からちょっとずつずれていた岩盤があると少し溝ができていたのですが、そこに水が入ると岩盤ごと全部やられるというような深層崩壊、深い層の崩壊が起きます。近畿でも起きて、台湾でも起きました。

■西日本豪雨の特徴

台風が通り過ぎていった後に、その前から北海道で梅雨タイプの豪雨をもたらした前線が、台風が通った後に寒気を伴いおりてきて停滞して、長い時間の降雨となった。但し、一個一個の場所で、先ほどの広島豪雨や九州北部豪雨のような線状降水帯は、起きていない状態での梅雨タイプの豪雨になります。

しかし、梅雨タイプの豪雨とは、今回少し様相が違う、でも、これも梅雨タイプの豪雨だということになりました。これは、気象庁が発表しているものですが、簡単に言うと水蒸気が東シナ海、これはインドからつながっているモンスーンという季節風に乗って、水蒸気がどちらかという九州のほうに回り込むのと、それから太平洋高気圧が夏になって張

り出す途中に、ここはもう高気圧なので風がじわっとおりにていますので、全然雲ができませんのですが、その前にやはり南からの湿った空気が入ってくる。日本には梅雨の豪雨を起こす水蒸気の入り口が2個あるというイメージをしていただいて、それから上空北から比較的乾いた冷たい高気圧、オホーツク高気圧といいますが、それと挟まったところで梅雨前線ができる。普通は、これがきれいに梅雨前線の波が横に動いていくのですが、今回の場合、じっとしてしまった。その理由が、地球全体を回る循環の上で、ヨーロッパでやはり豪雨があった中で、この波がこう来て、日本はたまたまこういう波のところだったので、これが動かなくなったというのがここで言っている特徴になりますが、これが珍しいかどうかという、昭和47年、やはり日本全体で、こういうような状態になって、東北から九州にかけて大土砂災害が起きています。何が言いたいかというと、温暖化の影響かどうかをこれから私たちは調べていくのですが、こういう大気の流れのパターンは昔も起こっているということです。だけど、どう見ても雨量自体は最高記録をどんどん更新しています。今回もそうです。とすると、温暖化の影響がないとは言えない。水蒸気が流れ込む量が、この大気のパターンは一緒だったとしても、流れ込む量が多ければ、それだけ広い範囲で雨をもたらすということです。温暖化によって変わるものの一番有名なものは何か、海の温度が高くなる。海の温度が高くなるとその上の気温が高くなって、水蒸気がたく

さん海からやってきて漂っています。

それが南のほうで起きていると、水蒸気の起源である場所でたくさん水蒸気が漂っていると、やってくる量もたくさんになるという意味で、温暖化で基本的には、日本では南からやってくる水蒸気が多くなる。想像ではなくて、実際のコンピューターシミュレーションでも、気象の方程式、運動方程式とか連続式とか、熱の方程式、全部解いたやつで将来推測すると、南からやってくる水蒸気が多くなることが原因で、梅雨の豪雨もふえるし、ゲリラ豪雨もふえるという推測をしています。これは今回の全体の総降水量、これだけあちこちで記録が破られています。やはり南から入ってくる量が、昭和47年に比べて多いということがわかります。そして、全体で降った雨の量です。過去に大雨が幾つかあって、今まで起こったことのないすごい総雨量が起きました。これは気象レーダーで何日間か雨量を出したものになりますが、総雨量として1,000ミリ以上降っています。近畿でもこういうことが起きています。

■広島県安芸区・呉市の土砂災害

実際に土砂災害でいうと、広島、あと宇和島でもですが、地面が、花崗岩が風化した真砂土と呼ばれるエリアでは、非常にたくさんの崩壊があります。この幾つかを訪問したのですが、幾つかのタイプの土砂災害が起きています。これは、よく言われるこの後ろ側に砂防ダムが地元の人々の要望でできました、そのダムを超えて土砂が下へ流れていった場所になります。砂防ダムができたからといって

安全じゃなかったということになります。
それから、これはドサッと来たのではなく、
じわじわ上流から土砂がおりてきて、気がつ
けば1階から2階の頭下ぐらいまで全部土で
埋まっているというような、ゆっくりした土
砂災害が起こった。このタイプは余り土砂災
害としては想定していない、したがってここ
は土砂災害の危険エリアになっていなかった
場所です。

■倉敷市真備町の水害

川の災害、氾濫という意味では幾つか、国
の管理する河川でも起きています。長く雨が
降って、しかも広い範囲で降っていますので、
国が管理するような河川、ポケットエリアが
非常に大きな河川でも梅雨の豪雨などで氾濫
が起きたということになります。たくさん雨
が降ると、流域そのものの土、山々の土が水
浸しになってるので、それ以上雨が降ると、
降った雨が直で出てきます。洪水として出や
すいし、ダムがあったとしてもダムをオペレ
ートする人たちから見ると、普通は何ミリ降
っても、そんなにダムの貯水池の水位が上が
らないと思っていたら、すぐ上がるという非
常に難儀をしないといけない状況にあったと
いうのが今回の豪雨災害です。真備町の、高
梁川という上流の県境から流れてきて、倉敷
を流れている小田川があって、そこに流れ込
む高馬川や末政川という非常に細い川、しか
も実際かなり高い堤防がつくられている川で
すが、まず堤防がここから氾濫しました。氾
濫して、上から順番に水浸し、川から水が流
れて水浸しになった。濃いところで5メータ

ぐらいなので、2階の途中ぐらいまでの高
さになります。ここで大事なのが、ここは夜
中であふれているのですが、こっち側の堤防
が切れたのは、明るくなった朝方5時か6時
ぐらいに切れて、浸水が起っています。
だから6時間違います。6時間違いますが、
ここでもたくさんの方が亡くなっている。
このときわかって逃げておけば亡くならない
かもしれません。また1階でたくさんの方が
お亡くなりになられています。要するに2階
があるのだけれど、2階へ上がれなくて、1
階の中で溺死をされている。ベッドがどん
どん上がって行って、物すごくじわじわとし
た、非常に痛ましい亡くなり方になるという
のがこの浸水の怖さだと思います。
すごい流れがあるところは、もうほとんど逃
げられないくらい突然という事態があり得ま
す。それ以外のところは逃げる時間は、情報
さえあれば、逃げる時間はあったというよ
うな形になります。そういう色々な教訓をこれ
から情報としてどう伝えるかが大切です。
例をあげると、通常堤防は片方が切れると、
例えば左側が切れると、右側は切れないとい
うのが常識ですが、今回は両方切れている所
があるとか、いろんなちょっと考えられてい
ないこともあり得ます。こちらは、昔、黄色
の線まで浸かっていた、今回は青い線まで浸
かったのですが、過去から水害の経験はある
町で、なぜ宅地を少し高いところにつくらな
かったのか。昔の濃尾平野にある輪中という
ところは、自分たちの村を堤防で囲んで、土で
積んだ上に家を建てていて、家の中にボート

を必ず置いてと、昔の集落のところはそういう水害に対する備えがありました。だけど今回の新しい宅地開発の中では、そういうことが行われていなかった。なぜこういうところにたくさん人が住むようになったか、もちろん宅地事業が増えているからで、1本の便利な鉄道が通って人が住むようになったということから考えると、まちづくりそのものから考えないといけない災害ではあります。ここは、実際に国土交通省が全国からポンプ車を集めてきて、ここに全部集中させて3日ほどで全部水を抜いたという作業を行った場所です。どれぐらい時間かかって抜いていったかというのが、この線の色で残っている水のエリアが少なくなっているのがわかると思います。高梁川が流れていて、そこへ流れている小田川という支川、支川の支川が1本、2本流れていますが、その支川が切れていって、それから小田川の本川のここが百数メートル切れてどんどん浸水していきました。ここは、井原鉄道の開通をきっかけに宅地がどんどん開発されたエリアになります。過去には、こちら側がたくさんあふれたところで、小田川がこっちへ流れていて、危ないとされていきました。堤防もちゃんと出来たし、整備されてきたので、と言っている中で、まさかこの支川で切れてあふれるとは、という感じになったみたいです。国が管理している広いポケットエリアを持っている大河川ですけども、それでも数日間続いた雨であふれる状態になってきて、この本線自体の水位が物すごく増してきていた。上流の箇所では、すでに

あふれていますが、ここではあふれていない状況でした。そこに左から水が流れ込んでこようとした中で、ここで詰まって、この周辺であふれたということが起こりました。

真備町の映像になりますが、2階ぐらいまでつかっている様子が見えます。2つ特徴があって、堤防のそばの人はすごい激流の中なので、逃げるのもっと早く逃げないとだめだった。遠いところの人は、やっぱり水がじわじわ来ている。その中で逃げる判断をするかどうかということになります。

昔、信濃川に流れ込む川があふれて浸水した時があるのですが、そのときにこっちのエリアが若い人たちが住んでいて、反対側はどちらかというとお年寄りが住んでいる集落があったところで、死者はどちらが多かったかという、この時は逆だった。若い人たちのところが死者が多かった。なぜかという、もう流れている中で若い人は元気だから逃げた、そのときに流された。というので、一旦もう危なかったら2階に逃げろという話はそこからよく出ていて、このときはお年寄りが多いところはそこに住まれている若い方も含め危なかったら上へ全部上がり、2階で助けられた。今回は2階もだめだったので、その教訓をそのまま生かせるわけではないですが、何が大事かという、浸かる前に逃げる。

これをどう徹底するかという話で、今回は、気象庁が非常に早くから「今まで経験したことのないような豪雨になります」、「大雨になります」と、ずっと何日前から言っていて、私たちもそう思っていました、すごいことが

起こるかもしれない。ただ何がだめだったかという、それが自分のところで起こると思えなかった。理屈では思います、私も含め、だけど鉄炮をこう突きつけられた感覚まではなかった。ここまでいくと逃げます。

このギャップをこれからどうすべきか、ということをやらないといけない。だからあふれないようにしたり、堤防を頑丈にしたりすることもやるけれど、最後は自分たち自身が動かないと、自助という話ですが、自分の命は自分で守る体制ということも常識としてやらない限りは、死者は絶対ゼロにはならないという大事な教訓です。本当にすごく痛ましい亡くなられ方をされていますので、教訓にはいけないのですが、自分の身は自分で守るということをより訴えていくことが大切だということがわかんと思います。

■西日本豪雨による水害

四国のダムの放流で下の家があったという話がありましたが、それに関しても、降った大雨の量に比べてダムが蓄えられるポケットが、ダムが止めていて、とりあえず蓄えられる量、上から来た水を蓄えられる量、それが基本的にはすごく小さいダムだった。ダムの量に比べてはるかにたくさん降ってきたので、どこかで放らないと、あるいはそのままにしておいても真上からあふれて下に流れます。ダム自身は上流からやってくる水の量よりはたくさん流すことはありません。

ダムが潰れてもそのときに上から来るのだったらダムが潰れることはないのです。上から越水であふれたとしても上から流れてくる水

の量でたくさん下に流れることはなく、それはまず常識ですけど、今回どんどんいっばいに流れ込んできて、いっばいためたというグラフですが、横軸は時間です、どんどん時間がたって行って、これが水の量です、入ってくる水の量、あるいは貯水池の水位と思ってもらってもいいですが、それがどんどん自然にふえて行って、最後来たすごい大雨でドサッと水が入ってくる。ふえたというのが今回の大雨ですけど、これがなかったら多分耐えていたのですが、最後もうだめっていうぐらい雨が降って、途中から急に水をもう放らないとダムの水があふれるという中で、ぎりぎりの判断で一生懸命に、水の入ってきた量に対して出している水の量を少なくして下流に流れないようにしていた。この大雨が来ると予測も含めて、これが来るだろうということで1時間ぐらい前にもうぎりぎりのところで放流を始めたのが経緯です。その放流を始めるというのは、また1時間以上ぐらい前に、市長には伝えていた、それを本当はもっと早く伝えればよかったけど、伝えてはいた。市長から住民の方にはシリアスさをもって伝わっていなかった。ダムができてから1回も洪水がない、大丈夫だろうということや、いろんなことが重なって、今回、すぐ下の下流の浸水が起こった背景です。なので、温暖化も含めて今後どう対応するかということ、例えばそんなぎりぎりまで蓄えないで早目からもう流せばと言われるかもしれません。その流す際に下の町が全然つかからない状況で流せたらいいのですが、今回ほど酷くないけれど、

多少もう浸かっている状況でも流さないといけないのかもしれませんが。今回はもっとすごい量の水を一気に流しているのです、さらに酷い状態で浸かったのですが、早目から浸かってもいいから早目から流して下さいという話をしたときに、最後にこういうすごい量の雨が来たら、流しといてくれてありがとうございます。これだと何してくれたって話になるわけです。そうすると、どうすればいいのか。とにかくダムの貯水量の限界の中でどうするかということ、ここを操作する国の人たちだけでなく、住民の人たち全部で、市町村も含めてどうだったら、いつまで耐えるとかも含めて地元で考え方をつくっていかないといけないというのが今回のダムの教訓になります。もちろんこれから流しますよという情報が、住民の皆さんにちゃんと伝わるということもしないといけません。それはしなくていいと言っているわけじゃなくて、そうせざるを得なくなった以上、それがちゃんと伝わって、皆さんが逃げられるようにできるようにする。ダム管理者が市町村に情報を流して、市町村が直接住民の方に逃げてくださいという指示を出す義務と権利があります。そういうことを三つ巴で、これからどうするかやっついていかないといけないということです。西日本の豪雨災害は、昭和47年にも28年にも起きている。こういう広い範囲で豪雨は起きているけれど、これが温暖化のせいかどうかというのは、今研究しているところです。海の温度が上がったことがあるので、雨の降る総雨量

が今回ほどではなかった。これはまだアメダスがない時代ですので、総雨量というのはきっちり測れないのですけど、基本的にはこれよりはるかに大きな雨が流れていたということになると思います。

今回の台風・梅雨の豪雨、これは淀川の支流の由良川ですが、他にも淀川の支流の桂川の渡月橋です、嵐山の渡月橋で豪雨が上流から流れてきたものであふれたという状況です。実はこの下流のところで何十万人の避難指示というのがあった中で、ぎりぎりあふれなかったという話をしたいと思います。台風というのは非常に広い範囲で雨をもたらします。

さっきの宇治の豪雨とか、京都市北部から亀岡の方で、これが線状のものですけど台風になるとこれら全体で雨が降ります。これからお話しするのは、この南の紀伊山地、宇治川の上流の信楽、桂川の上流の丹波高地、全て大雨が降った中で上流から全部雨が、水が出てきて、桂川が詰まったという事態です。今回の真備町と同じことが、実はこんな大きい川同士でも起きている。本来、台風ときは琵琶湖から水は下へは流さない状態です、宇治川を流れてくる水の量というのは比較的少ないのですが、それでもこの信楽のほうで見ると、ここから流れきて、やっぱり出てきます。丹波高地で降れば、桂川に流れる、由良川でも洪水、福知山でも洪水だったのが、この同じ雨です。このあたりでも洪水がありました。それから、琵琶湖はとめていまして、瀬田川の洗堰というのはここにあって、水が流れないようにしていますので、琵琶湖も後

で幾つかのところで浸水が起っています。これは大阪の人たちは、知りません。あと、紀伊山地でも大雨が降ったのも上流全部で、これが総雨量ですけれども、500ミリぐらいの雨が降りました。桂川で言いますと、渡月橋のところで日吉ダムからの放流もあって、こういう言い方をするとダムが水を出したから浸かったと思われるますが、さっき言ったように、流れてくるより流さないですから、こうなっている。これも非常に微妙な操作を、簡単に言うと、ここ宇治川の上流に天ヶ瀬ダムがあり、宇治川の水が流れているときに、桂川の水も同時に流れないようにそれぞれで頑張っておめています。それを一生懸命この2つで連携してぎりぎりまでやって、鳥羽の何十万人の方の事なきを得たというのが、このときの例です。これは最終的には土木学会での操作の賞をもらっていて、よくここまでやりましたねというような賞をもらっている事例です。桂川は掘れている川なので、近くのお土産屋さんには浸かってそれはもうごめんなさいですけど、人の命が何十万人って話からすると、ちょっとしか浸からない場所ですので、比較的大丈夫なんです。だけど世間ではあっちのほうがびっくりするのですが、実はこれは桂川のここの下流で宇治川との合流する前です、これは桂川を北から南へ行って、宇治川がこう流れてここで合流しているのですが、その手前に鴨川が京都市内から合流しているエリアがあって、その場所を見てもらったら、堤防から水が外へ出だすぐらいまでいって、結局何をし

たかっていうと、大阪は水防団、京都は消防団というのですが、やっぱり自営の水防の活動をされる方がいて、あと自衛隊も出て、土のうを2メートルほど積んで、真備町みたいに詰まらないようにダムで水を出すのをぎりぎりまでとめた、両方見ながらです。4メートルぐらいですか、実際水位を下げたというので、ここ全体がつかのを防ぎました。ダムの写真を見てもらうと、桂川上流の日吉ダム、宇治川の上流の天ヶ瀬ダムが満杯になりました。この上のゲートのここまで水かさか来る位、水を貯めたのは初めてです。これが連携してルール、約束、法律で守られているルールではもう危ないので、それを越した操作をして、ぎりぎりまで保ったというのがこの時の状況になります。これはこのときの渡月橋の流れですが、渡月橋でもこれだけダムで水位が増しています。これは、先程と同じもので、そのときの天ヶ瀬ダムの状況、ここが、宇治市街です。ここに京都大学防災研究所があって、これ見ていただくと、どれぐらいの危機感かというのがわかると思います。滋賀でも下に流さないためのぎりぎりの対応がありましたが、滋賀では犠牲になられ方もおられます。

台風の際の土砂崩れの怖さですが、これは、台湾で起きたものです。3,000ミリ、3日ぐらいで降って、ここの村全部が埋まりました。ここに山がありますが、幅数キロ、奥行きが2キロぐらいあります。山の半分が全部崩れました。ここに村があったのですが、全部埋まった。1,000ミリ以上降ると、

どこでも起き得ます。なぜかという、普通の土砂災害は花崗岩が風化した真砂土というところで同じ位の雨が降ったら、よく起こります。だから関東は、あまり起こりにくいのですが、この場合は岩盤からいかれるので、どこでも起き得ます。これは、深さ100メートルぐらい、幅が1キロぐらい、奥行きが3キロとってください。ここに500名程度の方が住んでおられて、避難訓練している映像もありますが、避難訓練先から全部埋まっています、一瞬にして。そんな大災害が起きました。当然ここへ流れている川も流れ込んだ土砂で、一瞬で堰き止められました。上でダムのようになり、その土砂ダムがまた決壊してドーンと水が流れて下流で洪水が起きたというようなことが台風の際に起こった。2年後か3年後ですけれども、近畿でも、やっぱり紀伊半島に2,000ミリ弱降ったんですが、同じようなことが起きています。

■地球温暖化による日本への影響推測

私たちが、将来の災害に関連する状況をどのように予測研究しているかお話しします。

気候、地球全体の大気、海の流れのCO₂をどんどん増やしていった中で、コンピューターでシミュレーションして21世紀末まで計算すると、1時間ごとの20キロメッシュぐらいの空間の分解度で、こんな台風ができて、日本にやって来るのか。こういう情報の世界中1時間ごとの雨量の21世紀末の情報があり、これらを使って、将来台風がどれぐらい発生するのか、それがどれぐらい日本に来るのか、中心気圧の怖いものがどれぐらい

増えるのかということの研究をしています。

同時に、梅雨の豪雨やゲリラ豪雨の様子も見ることができ、こういう地球全体のコンピューターシミュレーションモデル、日本では3~4つあり、私たちは主に日本が一番よく表現されているモデルの結果を使いますが、世界では40ぐらいのモデルを使っています。

IPCC、気候変動に関する政府間パネルが5年に1度アセスメントのレポートを出しており、2013年に出たレポートで、観測事実、それからわかっていること、将来どう予測されているかということによって答えがこれになります。地球全体の気候のシステム、大気だけじゃなくて海も含めてですが、温暖化は既に疑う余地がない。雨とか気温に関して、温暖化に対する人間の影響はもう明らかである。コンピューターシミュレーションで産業革命以降の二酸化炭素とか温室効果ガスがふえたという条件を与えないと、最近の地球全体の温度上昇は説明できません。それから、気候変動を抑制するには温室効果ガスの排出量の削減を大幅かつずっと、ちょっとやればいいというものではなくて、ずっとやらないといけない。こういうことを2300年までシミュレーションするという研究分野があります。それは、2300年ですので、森林が一次林、二次林、三次林とどう生まれ変わっていくかなど、そういうのも全部含めないとだめです。森林が二酸化炭素吸ってくれています、海も吸ってくれます、そういうようなことを何百年の間でどうなるかということを見ていく。一番気にされているのが、二

酸化炭素が今みたいに増えている中で、気温は地球の平均気温がどんどん上がっていきとします。世紀末にかけて上っていったときにいつかちゃんと上っておりてこられるのか。最悪の場合もう二度とおりてこられないように気候がジャンプする危険性も実ははらんでいます。これは地球の中の氷の状態がどう変わるのか、それによって海の流れも変わってしまっ、全て今までの気候の常識が通じないようなことがあるかもしれない危険もあるという研究をされている方もいます。僕たちのほうは、21世紀末までの予測ですが、じわじわ上って行って、皆さんが一生懸命二酸化炭素削減していれば、途中で上がっておりてくることも踏まえて、いろんなシナリオで研究をやっています。日本は年降水量としては下がりぎみにあります。だけど梅雨に降ったときの雨の量が非常にすごく増してきていると思ってください。それから気候システムに対する人間の影響は明らかで、地上、海など全部合わせてみると、1910年から2010年までコンピューターシミュレーションして二酸化炭素がふえないというのが下の答え。二酸化炭素がふえたとしたら上の赤の答えで、世界で40個モデルがありますので、答えはばらついていますが、この差は歴然としている。黒が観測の事実になります。この観測の事実として地球の平均気温が1度ぐらい上ってきていますが、特に最近上っているというのも含めて産業革命以降の二酸化炭素の人為的放出が要因でないという説明ができないというのがここにあります。それから気候

変動を抑制するためには削減しないといけません。産業革命以来、二酸化炭素、温室効果ガスですね、メタンや水蒸気、どれ程、人為的に放出しているのか。これが産業革命以来、何度上昇しているのか、1対1の関係であるというのが今回のレポートではっきりわかっています。ただ、削減の量をきつくるか、いかに減らすかということ、どこまで上がっていくかとかいうのは変わります、総放出量としていくら放出したか、何度上昇するか決まっています、今、COP会議で、世界中でやっている2度上昇で止めようとする総放出量が790ギガトンしかない。既に私たちは510ギガトン取っていて、毎年10ギガトン取っている。これで見るとあと30年ぐらいしかない。これが2013年のレポートで、もう5年たっていますから、今のままでやっている、あと25年すると2度上昇になる。しかも猛暑となって冷房をより使うようになってきているとか、いろんなことがあると2度上昇という目標を1.5度上昇に抑える努力をというのが、島嶼国の海面上昇のことでまた目標になっていますが、そこまで抑えるというのは、なかなか至難のわざであるのはこれでわかると思います。また、いろんな影響で雨が多くなっていることもあり、世界中において、雨が降るところはより降る、降らないところはより降らないというような傾向になります。循環がより激しくなる。降るところには上昇流があって、さらにたくさん降り、下降流が強いところは非常に下降流が強くなって天気になる。日本

は年降水量が減っていますが、時間降水量とか日降水量等は増えていきます。と同時に、西日本では渇水の危険も同時に高くなるようなことも私たちの研究で出ています。これら全部をまとめて言うと、日本へ到来する台風の回数は減ります。主な原因は、発生数が減るからです。もう一個、海の温度の高いところの影響でちょっと東へずれるというのもあるかもしれませんが、スーパー台風の危険性は高まる。スーパー台風は、最低気圧が920ヘクトパスカル以下ですが、今回の台風21号は、900ヘクトパスカルにかなり低いところまでいきました。940、30、四国沖に近づいたときは45ぐらいまでありましたけど、こういうきつい台風です。風がきつかったり、高潮がきつかったり、雨も強い大型台風到来の可能性が高まる。それから梅雨で言いますと、7月上旬の1日100ミリ以上降る日数が増えていこうし、日本海側でも増える、東北、北海道でも増える。ゲリラ豪雨も水蒸気が入ってきますので、8月下旬にゲリラ豪雨が増えるだろうという結果になっています。そういうのをどう調べているかということ、例えば208×年何時何時の気象予報として、この日にこういう天気になるというのを示しているわけではなく、21世紀末例えば30年間で大体台風が何個発生するのかということを見るためのモデルです。台風が来ているのを日本付近だけで細かく見る。5キロぐらいの細かさで見ると、さらに日本エリアだけ2キロで見るといようにします。将来の推測情報で雨の情報、風の情報、気圧

の情報とかを使って推測しています。

スーパー台風、大型化というより強力化するものが増えると言いましたが、海面水温が上がるので、台風ができやすくなりますが、将来、実は大気は平均的に見て不安定でなくなる。放射収支の関係で、台風ができにくくなる。これがけんかする。けんかするので、大気の安定化が勝つと、発生しにくくなる。今は海の温度上昇が先に進んでいて、こっちの影響が強い。最終的にどうなるか、大気の安定化が勝って発生数が減る。海の温度が上がるので水蒸気量が増えて、台風が生まれようと一生懸命になりますが、抑えられている。でも抑えている中で抜け出て来る強いものがある。そうすると、それは強い台風になる可能性が高いので、スーパー台風のリスクが高くなります。実際に将来予測でも東北エリアに行くと、東北で500から800ミリの総雨量を出すというような台風もコンピューターシミュレーションの中では出てきてます。それから梅雨の豪雨に関しては、5キロメッシュぐらいの日本周辺、このエリアだけを細かく世紀末の計算、あるいは現在の計算があり、それが将来どう変化するかというようなことをカウントしています。簡単に言うと、水蒸気が南から入ってくるので、広島豪雨や九州北部豪雨タイプのもが増えます。それから東シナ海、九州のエリアでは、先ほど日本にやってくる水蒸気はこの東の流れと、太平洋高気圧に沿っての流れ、2本あると言いましたが、この東の流れに乗って入ってくるのが、どんどん日本の東、東へ行くというこ

とで、九州タイプの集中豪雨が東海、関東でも起きやすいだろうと推測をしています。東北、北海道でも起こり得る、実際に北海道では起こり出しています。それから8月でも起きるだろうということで、どんなことやっているかという、先ほどのシミュレーションです。208×年7月初旬、日本全体で雨が降っているときのものを、たまたまピックアップしているだけですが、他に何種類も、将来予測2090何年とか、2080何年とかありますので、梅雨タイプの豪雨が各地方、地方で増えたかどうかカウントするんです。3時間雨量で300ミリもたらされたか、あるいは3時間以上継続したか、そういうのでカウントします。カウントした結果、世紀末の20年の情報としてカウントしているのがこの資料で世紀末のでは、北海道と東北でも起こり出します。九州、当然多いですが、これが現在の2000年初頭までの状態でのコンピューターシミュレーションした場合の梅雨豪雨、先ほど言った線状の豪雨が起こった場所をピックアップしています。数としては1.5倍以上こっちのほうが多くて、九州はもともと多いが、さらに多くなると。それから北海道でも起こりますし、これ偶然ですけども、岡山とかでもいろいろなものが起こります。瀬戸内海では、岡山は水蒸気がこう入ってくるので、わりと梅雨の豪雨は起こりにくいのですが、将来気候では、この辺でも起こりやすくなるというものになります。日本エリアを、色々シナリオを変えて、それでも同じように増えるかというチェックをするの

ですが、梅雨の豪雨は、将来、東北・北海道で増えますし、近畿でも当然個数としては増えていく。それから九州でも増えます。これは、50ミリ以上の雨が何時間続くかという横軸と、そのときの降った50ミリ以上の総雨量というのはどれくらいあるかというのを先ほどのコンピューターシミュレーションの結果で赤のところをプロットしましたが、それぞれのところで何時間続いたとか、どれくらい降ったかというのをグラフでカウントするとこんな感じになります。青の三角が現在の気候の条件の中でシミュレーションされた場合、赤が将来、4種類あり、4種類の情報を使ってみた場合で、左右はちょっと差がまだわからないですが、同じ6時間なら6時間、7時間なら7時間のところを見ていただくと現在に比べて将来のほうがやっぱり雨量が増えるという傾向が出てきています。それを実際に起こった過去の豪雨、レーダー情報がすごく新しくなったもので、精度が高いものだけの豪雨で調べてみますと、ほとんどのものが現在気候、あるいは将来気候でも起きてもおかしくない。現在気候で見ると、九州北部豪雨は、同じ7時間という時間でもちょっとかなり珍しい量、多目です。それが将来気候で見ると、真ん中あたりに来ます、縦の赤の幅です。将来気候で見ると別に珍しくない雨量をもたらしているということが、これを見てわかります。これで何を言っているか、九州北部豪雨は温暖化の影響で起きたとは言っていないが、温暖化の影響下では珍しくないものになります。これが実際に温暖化の

影響かというのを見るには、去年の7月のシミュレーションを100回から1,000回ぐらいやって、その中で今の気候の中と、CO₂を増やさない中で、シミュレーションをやらせてというのを比べて、例えば九州北部豪雨が温暖化の中で、現在気候の中でどれぐらい生まれるかというので見て、温暖化の影響というのを出します。すごいコンピューター計算量が要ります。

ゲリラ豪雨も水蒸気が入ってくるので増えます。雪は、南東北から南の北陸側は冬に雪が降らなくなります。北海道は降り続けます。なので、農業がやりたければ変わらないといけない状態になります。北海道は降るのですが、やっぱり温度が高くなりますので、早目に雪解けが起こります、一挙に水が出てくる感じですか。そういう状態にかかります。

これは実際一昨年かな、利根川の上流で雪が降りませんでしたけども、こういうのがじわじわと気がついたら多いという感じになってくると思います。ここに日本で何が起こるかというのを大体書いていますが、100年に1度起こるような河川の流量、これ淀川200年ですけども、こういうのが国の治水での施設の基準、設計値になってます。これが全国平均でいうと、大体1.4倍ぐらいになります。というデータも今出てきています。

それから渇水時の流量減少として、水の少ない、10年に1度の少ない規模で起こる河川の流量がどうなるかという、西日本、九州ではやはりより最悪になるというデータも出ています。それから渇水操作と治水操作とい

うようなダム操作も非常にやりにくくなります。また、深層崩壊や土砂崩壊も増えます。普通に想像しているようなことが、コンピューターシミュレーションでその通りに結果として出てくるとこの恐ろしさというものを私たち研究者が感じているところです。高潮、高波の最大想定を大阪でもやっていて浸水エリアがどれぐらい広がるかというようなことを今想定しています。

■ゲリラ豪雨の、早期探知と危険性予測

普段から気象情報を見る癖をつけることが大切です。ウェブの様態が3年前からちょっと変わり、国土交通省がゲリラ豪雨の早期探知をする目的も含めて、非常に細かく都市域を観測する気象レーダーを全国に39基入れました。それを普段、一般にも公開されていますし、スマホのアプリもあります。

どういう情報かという、1分ごとに250メートルという非常に細かい情報が来ます。これは、入道雲一個一個から落ちてくる雨粒を観測し、コンピューターで予測しなくてももうすぐ来るぞというのがわかります。

何が大事かという、スマホで見ると、現在の情報は手前遅くても1分前から見れます。都賀川の災害のときは、10分前の情報しか見れなかったものが、今回の新しいシステムでは、ほとんど瞬時に皆さんに情報がいくように更新がされています。これは、新システムが出たときの2010年9月の映像です。大阪湾からずっと、線沿いに赤ちゃん雲が並んでいる状態、これを拡大すると、大阪の土地からしてみると細かいのが見えています。

ここに淀川が流れて、新大阪があって、大阪港になります。一個一個の入道雲が見えるぐらい細かい情報が出るようになっていきます。この情報は2年ぐらい前からカーナビのシステムが、容量、電波の送る情報の量がふえたということで、50ミリ以上の雨は、今の気象レーダーXRAINの情報が表示できるようになっています。都賀川の災害のときは、こういう密度の高い、精度のいいレーダーがなくて、当時、気象庁のレーダーは10分に1度しか一般には配信していなかったが、国土交通省は5分に1度、配信していました。今のXRAIN動画は1分に1度です。この間に5枚あります。このときの都賀川のレーダー観測画像ですが、この上六甲山の北野の先に、雲があり、そこで降っている雨です。その手前の都賀川で雨が降り出して、14時42分に鉄砲水が起こります。これを見ると緑色でそんな強い雨ではないですが、鉄砲水が42分、40分、2分前にはもう都賀川のところは紫色になり結構強い50ミリ以上の雨です。その5分前を見るとほとんど降ってないです。北は降っているけど、こっちは降ってない。その前も当然降ってないということですが、7分前だと降り出した、あるいは降り出しているかもしれません。レーダーで見たときに、現地は降ってなくても、降り出したという時でも、7分間あれば十分だろうと言いましたが、スマホで、この時間を見ると、これしかわからない。もし見たとしても雨になっている感じにはならない。ということで、この10分を短くすることが必要と

なってきました。降る前から上空にゲリラ豪雨のタマゴと呼ばれものがもう潜んでいる情報を、これから50ミリ以上の強雨をもたらすという情報として使えないかということで、この時すぐに研究を開始しました。

これがその上空で見える情報です。レーダーで立体観測しないとだめですが、今まで国土交通省では、雨量を頻度よく正確にはかりたいので、上を見ていると、観測の頻度下がりますし、余り上の情報は要らないと思っていたので、この低い方向しか見てなかった。だけど、ゲリラ豪雨のタマゴ、雨粒が下まで降ってない段階に、上にたまり出したものを早期に探知し、これで5分、あるいは10分、場合によっては15分、20分あとになることもあります。ドサッと降って来る状態をゲリラ豪雨の早期探知・危険性予測できないかというのを、当時のころからずっと国土交通省は京大と非常に連携していて、近畿だけは立体観測していました。それで見ると都賀川が今このところにあるんですが、この立体観測当時は7.5分に1度なのが、今、近畿で1分に1度にしていただいて、都賀川に来る前西からこの雨雲が来ている。この雨雲の最初にできたタマゴはここにあって、5、6キロ上空にあって、下には、まだ降ってない状況で見つかります。これを早期探知の情報として使いたい。これは、横から見た絵ですが、六甲山があって、都賀川がこのあたりですけれども、これが15分前、ここで15分、出水があったのが42分になりますので出水から見ると30分前にはもう上空にタマ

ゴがいてこっちへ近づいているという情報は出せるということです。あとは怖くなるかどうかの判断だけです。当時は情報としては、7.5分に1度だし、1キロメッシュぐらいの非常に粗いものでしたので、国土交通省が災害直後に雨がより正確にはかれるレーダーで、しかも細かく、頻度高くはかれるレーダーを5年、6年かけて、配備しました。今では全国で39基あります。今さらに、気象庁に20基、国土交通省に26基、それぞれにもともとあった大型のレーダー、ちょっと大型ですので粗いですが、それを最新型にすることにより、精度の良い情報を測定可能になっています。近畿では小型のレーダーが4基入っています。あと鈴鹿もありますので、近畿地方用には計5基を使えるので、その5基を近畿のためだけに自由にアンテナの高さを変えて、オペレーションをしています。ここに書いてあるのが新しいレーダーシステムの情報で、皆さん普段からスマホで見れます、XRAINという言葉覚えておいてください。Xと雨のRAINです。感度がよく、空間分解度250メートルと非常に高性能です。それから、雨をはかる量が今まで7、80点だったのが、90から95点ぐらい正確にはかれるようになりました。今までは、下で雨量計と合わせながら、はかっていましたが、もう雨量計は要らないというようなレーダーになりました。情報伝達時間は、短縮したいということで1分が目標でしたが、もう1分より短い情報伝達時間になりました。それからゲリラ豪雨のタマゴの早期探知とい

うことで、国土交通省に当初から立体観測を標準しています。

まず近畿から早期探知をやってほしいということで、近畿でシステムをつくりました。現在、より鮮明に、移動もこれとこれが別々だとか、分かれていくとかいうのが全てわかります。雨量の精度も、これ板橋の10分ごとのアメダスの棒グラフ、雨量ですが、新しいレーダーで見た雨量は赤の点点点ですけど、従来レーダー観測のときの緑に比べて非常に正確にはかれるようになっています。立体観測1分ごとに近畿はいただいています。ゲリラ豪雨の早期探知する時に、気象レーダーで渦が回転するかどうかというのを判別すると説明しましたが、この気象レーダーで風もはかっています。電波出して返ってきたときに、音でいうと出した音より返ってくる音が高くなっていて、こちらへ近づいているのがわかります。返ってきた音が低くなっていると向こうへむかっているというのがわかるので、こっちが向こう行って、こちらが近づいていると、ここで渦巻いているのがわかるので渦を調べられる。ドップラー効果と言われて、踏切に立っていて、警笛鳴らすと音がキーンってついてきますが、そのキーンから全部測ると、近づいている速度がどれぐらい変わって、遠ざかっている速度がどれぐらい速くなっているかというのがわかります。そんなのを使いながら、早期探知するシステムを、国土交通省のほうで市町村に配信というか、情報を取りに来てもらう形ですが、見てもらうことになっています。

赤が出るともう確実に上に浮いていて、こいつが、そのうちドサッと落ちてくる、強くなるぞというのを表現しているもの。実際に赤が出た時点では、まだ下が小さい雨、弱い雨ですが、最後だんだんどサッと大きくなるというのがわかると思います。もちろん空振りはあります。実験的に神戸市には、携帯でも警報情報を知らせるというシステムに今なっていて、余りにも情報が行き過ぎると空振りもありますが、先ほどの悲惨な出来事、幼稚園児も含めた人たちの命を救いたいというのを目的でやっていますので見逃しをしないというのを目的として運用しています。

以上がゲリラ豪雨の早期探知の現況になります。これに出水予測の情報にも入れて、鉄砲水がどの水位まで一緒に来るのか、遊歩道でとまるのか、膝まで来るのか、腰まで来るのかという予測情報も出しています。

現在、私たちが、神戸で観測しているのは、この雲粒の部分もより詳細に見える、30秒に1度ぐらいはかれるレーダーを使い、さらに雲しか見えない雲レーダーと、レーザーで気流の動きを捉えるライダー、レーザーレーダーとも呼ばれる計測器を使用して、大気の状態を縦方向にみて、熱的にできた上昇流がどう発達して、雲になるのかというのをすべて、リモートセンシングを新たに導入して観測しています。ゲリラ豪雨の早期探知が新しいレーダーが入ることにより実用化を高めたのと同じように、こういう情報を使って現業化できるのであればということで、今、基礎実験をやっています。これがうまくいくので

あれば、また国土交通省や気象庁に薦めながら、こういう情報を、観測システムに取り入れていただくということで動いています。沖縄でも同じように、2007年からずっとビデオカメラを備えたゾンデを飛ばして観測をしています。神戸と同じように雲を見るレーダー、雨粒を見るレーダー、いろいろ混ぜて、観測しています。実際に雲の中にビデオゾンデを入れ放って、多くの皆さんと研究をしています。また、これからまさにやっているとありますが、2018年、神戸の六甲アイランド、台風21号で浸かってしまいましたがそこにある神戸国際大学の上に幾つかのレーダー、雲レーダーを置いて、海から入ってくる水蒸気を測りながら観測をしているというのが今の状態です。

■普段から考えておく

特別警報は雨、風、それから雪とか波浪、高潮、それぞれあります。雨に関して、さらに土砂災害の危ない場所に関しては、より危険になっていますよという情報。だから皆さんが住んでいるところは、土砂災害の危険な位置かどうかというのをハザードマップで見てください、そこに住んでいる方はこの情報もプラスで見てください、この警戒情報が出たらまさしく避難しないといけないというふうに理解いただければと思います。

避難準備、勧告、指示があつて、指示は命令と同じです。避難準備のほうは動きにくい方が避難、このときにはもう支度は終わってください。勧告は健常者ももう逃げ終わってくださいという意味で、指示はもう本当に残っ

ているなんて「バカ」ですよと言われるぐらいの情報だと思っていいぐらいです。それから、それぞれ細かい水位に関しても、ここに情報を書いています。堤防の中の水かさがどんどん上がっていく中で、どの時点で情報が出るか。水防団の方が準備する水位、それからもう皆さんが逃げてくださいという判断に使ってもらう氾濫のための警戒情報です。

あるいはもう氾濫が起っていますよという情報とか、いろんな情報が出てきます。これがまだわかりにくいというので、人間工学の立場の人は、これをどうわかりやすくするかっていうようなことを一生懸命今研究されています。以上は、洪水です。

土砂災害にはこの3つがあります。先ほど土石流、上のほうから流れてきますという話をしました。深層崩壊も含め、じわっと斜面がずれて、これも大きな災害をもたらします。切り立った崖のそばに住んでいる方々に対する情報も必要ですので、崖崩れに対する情報があります。それぞれに対して程度に応じて土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域とマップの上に必ず書いているので、茶色のほうの人はかなり危険な状態になります。

水防法が変わって、今はこういう危険なところでは、基本的には不動産屋さんは危険なところだと、ちゃんと言って売らないといけない。あるいは家に必ず頑丈な壁をつくって、多少崩れても大丈夫にしないとけないという説明しないとけません。あるいはもうそこは、宅地開発したらダメですよという、非常に厳しいものになりました。それからこの

マップも公表しないとけないですよということで、公表そのものが、今までの不動産のあり方からするとタブーでしたが、取引前の説明が必要になりました。当然洪水に関しても告知義務がありますが、土砂災害のことも説明しないとけない。残念ながら2014年の広島土砂災害のときは、広島市がここまでまだ規制出来なかった。地元で遠慮してまだ出来てなかった状態で起こりました。

皆さんの家のハザードマップを知るとということも非常に大事になってきます。土壌雨量指数、最近、テレビでもよく流れてます。

紫になったら地面が湿っていますという情報ですが、それをベースに土砂の警戒情報というのは出されています。地面にも水がたまって、どれぐらいたまっているか、それから1時間にどれだけ強い雨が降ってトンカチの役割をするか。トンカチが最後のきっかけを起こし、土砂がバツと出てくるようになりますので、その2つを加味して、あるラインをどんどん超えていくと、色が紫に変わっていきます。このラインそのものが、土壌が真砂土か頑丈なところかで変わってきますが、そんな情報が出ています。土砂に関する情報としては、普段の雨に関する注意報、警報、特別警報とありますが、別途土壌に関して、土砂災害警報というのが出ますので、先ほどの黄色と茶色のところに住んでおられる方はこの情報を使ってください。こういった日頃からの災害に対する備えの話は、子供たちを一番最優先に教育するのが最良かと思います。子供はすぐに、お父ちゃん、お母ちゃん逃げよう

と言い出します、それで親がやっと気づいて動き出すというのがパターンとして非常に多い。ですから、子供たちと普段からテレビのニュース、災害のニュースを見てしゃべっておくどこに逃げよう、ここは単純に危ない、水、土石流、土砂崩れ、あるいは地震のときは、それぞれどこに逃げようとかかを話していくというようなことが大切です。

天気予報は、普段から見るようにしてください。レーダー情報も常々から見るようにすることも大事なことです。自分の家族は自分で守るとするのが大事なメッセージです。

これだけ覚えてください、自助、共助、公助というので、先ほどずっと話してきたのは、公助の話ですが、最終的に住民で守る共助と自分みずから守る自助というのをベースに地域の活動でどこへ逃げるか、どのタイミングで逃げようとか、どこのおじいちゃん、おばあちゃん見に行こうとか、そういった活動をちゃんとやっておられる自治体もあります。

去年、今回被災した古座町や和歌山の勝浦のほうですが、非常にそういう地域防災活動を進んでやられています。こういう氾濫マップがありますし、おうちはどこで、どれぐらい浸かる危険性があるか、どういうところに避難所があるか。避難所のマップは、このような情報がたくさんあります、ウェブでも公開されています。大事なのは、浸水のとくに逃げる所と、地震のとくに逃げる所、場所によっては全然違いますので、それも確認しておくこと。地震で逃げる所が、洪水の時は水に浸かるかもしれませんので、その点は一番大

事なポイントになります。

今、温暖化も含めてどこまで最悪の状態になるかということの水防法で各県が見積もっていて、マップを公表することになります。

これは洪水の最大です。鳥羽のところで最大5メートルぐらいだというのがあります。高潮に関しても義務づけられています。大阪府では、今年いっぱい、それを出すように努力をされています。

公表された折には、是非ご確認ください。

—了—

～好きやねん この街この家！ 守ろう安全 築こう安心～

発行 一般財団法人大阪建築防災センター

〒540-0012 大阪市中央区谷町3丁目1番17号

TEL. 06-6943-7253 FAX. 06-6943-6740

<http://www.okbc.or.jp>