

第 10 回西海防セミナー

災害を引き起こす豪雨の正体とは何か？

－わかりやすい科学的知識で豪雨災害に備える－

講 師 九州大学大学院工学研究院環境社会部門 助教
工学博士 西山 浩司 氏

開催日 平成 24 年 11 月 6 日

場 所 ANA クラウンプラザホテル福岡



ただ今、ご紹介に預かりました九州大学工学研究院の西山と申します。本日はお忙しい中お集まり頂きまして誠にありがとうございました。

本日は、私の専門であります「災害を引き起こす豪雨の正体とは何か？」について講演をしたいと思います。最初に豪雨の正体は何かということをして話して、その後に、分かりやすい科学的な知識で豪雨災害に備える話をいたします。

具体的な講演の流れですが、最初に豪雨を引き起こす積乱雲の内部で何が起きているかについて、二つ目は、前線・台風に伴う豪雨の特徴とは何か。三つ目は、豪雨のシグナルなどをどうやって捉えるのかについて、気象衛星や気象レーダーを使ってお話します。四つ目は、昨今よく言われているゲリラ豪雨の話です。五つ目は、一から四を踏まえまして、豪雨災害に備えた気象情報の利用について、どんな気象情報があって、それをどのように利用するか、利用の仕方について話します。

最後に実際の豪雨に対して、気象庁は気象情報をどのように発表し、市町村

はどのように対応したのか。豪雨災害における課題や教訓を市町村が出していますので、それを見ていきたいと思います。そのことから我々は気象情報をどのように使ったら良いのか。単純に天気予報を見るだけ、聞くだけではなくて、自分達も積極的にそれを利用していこうという話しをしたいと思います。

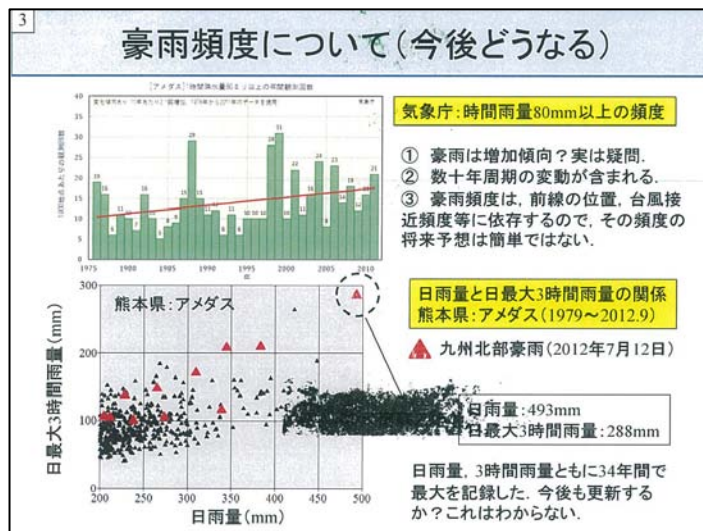
○ 最初は豪雨の頻度について、これからどうなるのかという話しです。

地球温暖化の話題が良く出てきますが、上の図は時間雨量 80 ミリ以上の観測回数、頻度を表しています。時間雨量 80 ミリ以上とは凄い雨ですが、それが最近どうなっているかを示します。ここ10年位では、やはり豪雨の頻度が多いことが分かっています。だから、将来も豪雨が増え、豪雨災害がどんどん増えていくのかと言うと、これは分かりません。地球温暖化モデル等もありますが、実際に温暖化していくと水蒸気が増えていき気温も上がりますので、大気は不安定になってきます。不安定になってくると積乱雲が多く発生するだろうということは予想できます。

問題は前線の位置です。例えば、九州の上に前線がいつもあるような状況であれば、南の方で終わるかもしれませんし、もっと北の方まで行くかも知れません。ほとんど雨が降らないという状況になるかも知れません。逆に雨が多くなるかも知れません。実際に雨が少なくても1回の積乱雲で降らせる量が増えるかも知れません。これは分かりません。

実はこの中には、20年ぐらいの周期で変わっていくような気候変動が含まれています。この周期変動を除去しないと、本当は地球温暖化によってどうなるかという話しは出来なくて、実は非常に難しい課題となっています。

今度は下の図を見てください。これは今回の大雨の例ですが、この図は横軸が日雨量で、縦軸が日最大3時間雨量を表したものです。熊本県の豪雨というのは日雨量が200ミリから300ミリ位です。3時間雨量でも大体100ミリ前後が多いのですが、2012年7月12日に起こった豪雨では、熊本県阿蘇乙姫で日雨量が500ミリ近くになって、3時間雨量でも288ミリととんでもない雨量でした。突然こんなのがポンと出てくると、将来どうなるだろうという懸念は多々



あると思いますが、まだ分かりません。もしかすると、最高なのかも知れませんが、これを超えていくかもしれません。ただ、少なくともこの30年で最大の日雨量、3時間雨量のケースが出てきたということです。こういった点で、熊本県では今後このあたりの警戒をしていく必要があるということでもあります。

○ 次に豪雨の正体って何でしょうか？

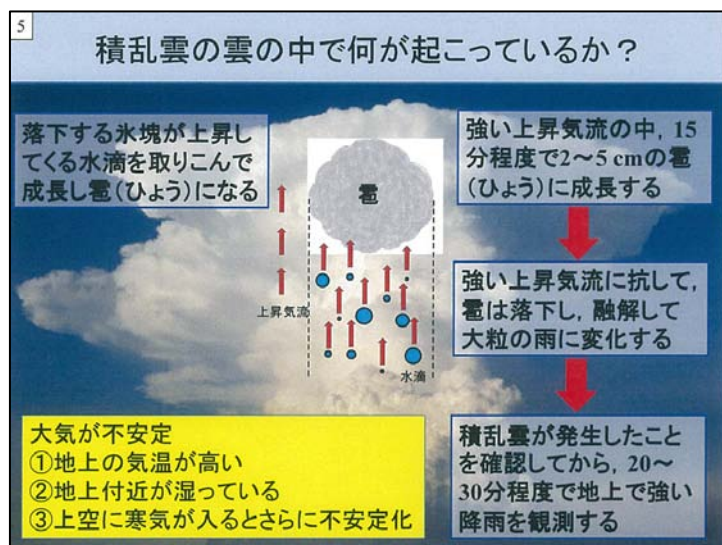
答えを言うと積乱雲です。これ以外に何もありません。雲は層状だったり、あまり厚くなかったり色んな雲がありますが、豪雨を起こすものは積乱雲しかありません。逆に言えば、積乱雲だけ見ていれば良いのです。積乱雲はこんな雲です。ただ、これは地上から見えるから良いのですが、実際には梅雨期の雨とか、台風の時の雨では地上から見ても見えません。しかし、飛行機で見ると積乱雲と分かります。少なくとも、こういう積乱雲が豪雨を引き起こしているのだということを先ず頭にに入れて頂きたいと思います。



○ それでは、この中で一体何が起きているのかと言うことですが。

基本的に積乱雲は大気が不安定な時に発生します。天気予報では、温かく湿った空気が流入し、上空に寒気が入っている時に積乱雲ができると言っていますね。つまり、下層の気温が高いということです。下層が湿っていて温かく上が冷たい、これは不安定で、こういう場合は空気が転倒しますので、積乱雲が発生します。この中で何が起きているのかと言うと、実は強い積乱雲だと、水滴が固まって氷の塊が出来て、それがさらに成長して雹になります。雹は周りにある水滴をどんどん引っ付けて大きくなります。しかも、このスピードが速いのです。15分から20分で4センチメートルにもなります。言うことは、積乱雲が発生してちょっと立ち話しをしていると、途端に大雨が降り出します。積乱雲が出てきて1時間位は大丈夫だと思っていたら、大間違いで、大体、20分位で雨が降り出します。

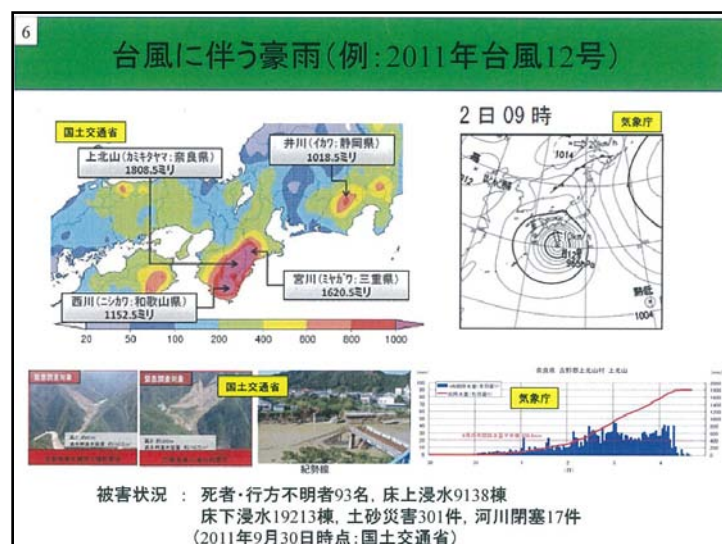
上昇気流が強いと大きくなっても落ちて来ません。上昇気流が弱いとすぐ落ちて来て、そんなに大粒の雨は降らないのですが、上昇気流が強いとこの状態を保って、更に大きくなって上昇気流に打ち勝つと落ちて来ます。落ちて来る時に、夏場だと溶けて雨になり、落ちる途中にまた分裂して大粒の雨として地上に降り注ぎます。これが基本で、どの豪雨でもほぼ例外なくこのようなことが起こっています。積乱雲は今1個だけですが、これが2個あったり、3個あったり、同じ地域を通過したりすると、災害を引き起こしてしまう訳です。



○ 次は、具体的にどんな豪雨があるのかについて話します。気象条件で見ると、二つあります。一つは、台風による豪雨、もう一つは前線による豪雨です。この二つで、ほぼ8割方の豪雨が説明できます。

○ 先ず、台風に伴う豪雨について。

これは、2011 年の台風 12 号で、紀伊半島に非常に強い大雨をもたらしました。これは降り始めからの雨量が 1600 ミリとか、1800 ミリということで、ほぼ1年間の雨が数日で降ったというパターンです。これを見たら分かりますが、台風のスPEEDが非常に遅いですね。1時間に 10 km、ジョギング程度です。遅いということは、同じ所でどんどん水蒸気が供給されますので、このような時には非常に強い豪雨になる訳です。



実際、30 ミリぐらいの雨が2日間にわたって、毎時間連続で降っています。こういう状況で大きな被害が出た訳ですが、死者、行方不明者が93名、床上、床下、河川閉塞が起こり、紀勢線も完全に寸断されているという状況です。

よく見ると、豪雨は紀伊山地の南東側傾斜面で起こっています。台風による豪雨というのは、比較的場所が決まっています。九州山地、四国山地、そして紀伊山地の南東斜面です。他にも降る所がありますが、大体この4か所で強い雨が降ると言われています。全てではないのですが、ある程度推測することはできます。

例えば、台風が九州から紀伊半島の方へ抜けていく場合、先ず九州山地の南東斜面で雨が降ります。その後、今度は四国に移って、最後は紀伊半島という形です。ただ、台風の動きが早ければ、ザーと降って止みますから、そんなに大きな豪雨にはならず、災害までは起こさないかもしれません。恐いのは台風の動きがゆっくりとした時で、同じ地域で大雨が続くということになります。したがって、台風の動きがゆっくりの場合、特に気を付けて下さい。これは、よく天気予報等の解説でよく言われていますので、参考にされても良いと思います。



動きがゆっくりとした時で、同じ地域で大雨が続くということになります。したがって、台風の動きがゆっくりの場合、特に気を付けて下さい。これは、よく天気予報等の解説でよく言われていますので、参考にされても良いと思います。

○ 今度は前線に伴う豪雨です。

これは停滞前線のマークですが、大体停滞前線の北側というのは乾燥しているのですが、南側は非常に湿っています。湿っている所と乾燥している所の間に梅雨前線ができるのです。こういう梅雨前線の南側は、大体豪雨の発生地になっています。

左図の場合、停滞前線が九



州の上を通っていて、ここに向かって湿った空気が入り込んでいます。後で話しますが、湿舌というのが入っています。

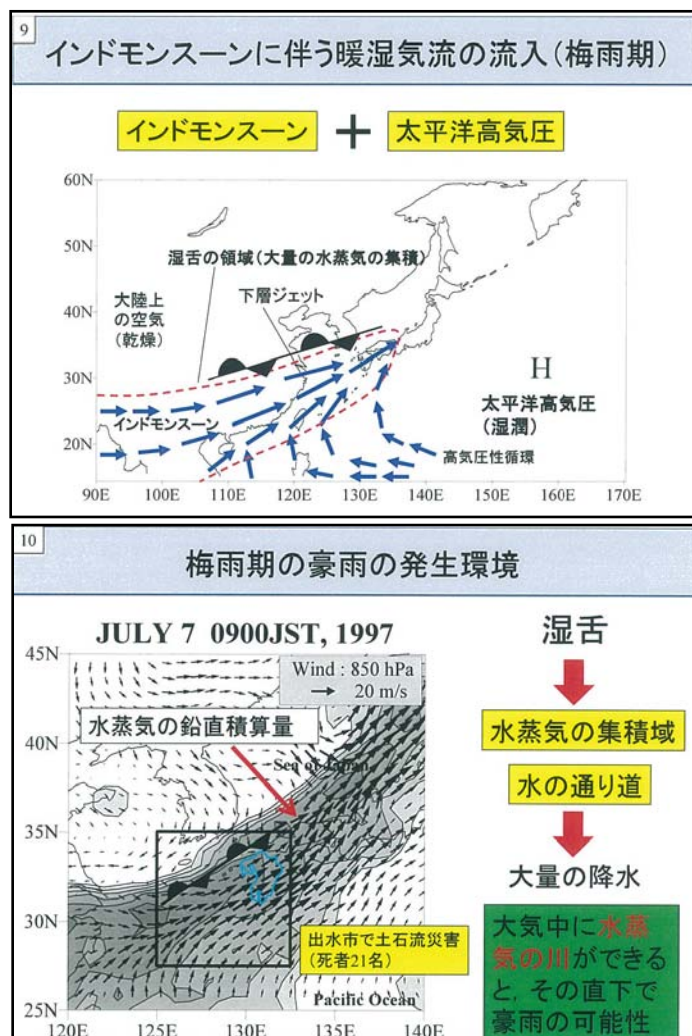
2つ目は、前線があってこちら側に台風がある場合です。西側に台風があることによって、台風は反時計回りの流れになっていますので、その流れが前線を刺激するのです。つまり、水蒸気が非常に多い領域になっていますので豪雨が発生します。このような場所が非常に危険な状況になることを察知することが大事です。

3つ目は、前線の上に低気圧が出来るタイプ、これも非常に危険です。これは、小低気圧と言いますが、こういった時には大雨が降ります。最近では、2009年7月24日に福岡豪雨が起きました。また、1999年6月29日の豪雨では、天神博多駅が浸水しました。前線があるだけではそこまでの豪雨にはならない場合が多いのですが、小低気圧が入って来ると、やはり強い雨になることが多いのです。低気圧というのは、水蒸気が中心に向かってどんどん入ってきて、水蒸気の供給が激しく起こる形なので、是非気を付けて下さい。

○ 梅雨期の雨の基本は、インドモンスーンによるものです。

インドモンスーン、つまり、インドの方から水蒸気を含む湿った風が入って来ます。舌を出した様な形、これは湿舌と呼ばれています。東側には、太平洋高気圧があって、太平洋高気圧の流れはこうになっています。太平洋高気圧の流れとインドモンスーンの流れが合流して、この付近で大雨になります。これが梅雨期の特徴です。

これは実際のデータを当てはめたものですが、この灰色の部分は水蒸気の量と考えて下さい。水蒸気が川の流れているようになっていきますね。こういう時は、基本的に豪雨が発



生する可能性があります。これが原因ではないのですが、豪雨が起った結果としてこうなっています。豪雨が起っている所は、この様な水蒸気の川の流れますので気を付けて下さい。このような時、天気予報で、温かく湿った空気が南から入って来ましたという風な表現がなされます。こういった所は水蒸気の集積域であり、水の通り道と考えていいので、大気中に水蒸気の川があるというイメージで見て頂ければ、梅雨期の雨というものが理解できると思います。

○ 梅雨期の雨と台風の雨が大体分かってきたので、今度は豪雨シグナルを捉えてみましょう。

天気予報では、明日大雨になるでしょうとか、これから1時間に何十ミリの雨が降りますと表現されますが、我々もデータを見ることができます。

インターネット上には、天気図、気象レーダー、気象衛星等いろんなデータがあります。そのデータを、我々が積極的に利用するということが大変重要であって、住民の立場からすると、自分が助かるためにこのような情報を見るといつ避難したら良いかが見えてきます。また、防災担当者の方、市町村の方々も、気象庁が出す予報を見ていくことが大事になっています。ただ、気象学の知識を完全に勉強するのは、大変な事ですから、どちらかという気象レーダーとか気象衛星とかのイメージ、画像情報を利用するということです。ここではどういう画像情報があって、どんな特徴を持っているのか、それを見ながら豪雨のシグナルを捉えてみましょう。

具体的に何があるかと言え、やはり最初に見るのは天気図です。

先程言いましたように、豪雨のタイプとしての三つタイプがありましたが、それらの天気図を見ることによって、明日は大雨になるかもしれないと想定してみることが、豪雨に備える一歩として大事です。

豪雨が目の前に近づいて来た時には、気象レーダー

ーを見ましょう。気象レーダーを使って、どれ位強いかを判断することが大事



次に目視です。ゲリラ豪雨は、午前中は晴れていて昼間になると突然ザーと降ってきます。その時は地上から積乱雲を見ることができます。あそこに積乱雲があるなどそれを見ることによって危険性を判断してゆく。積乱雲の上部が笠になっているのは強力です。相当上まで雲が発達しています。この上は圏界面です。対流圏の上が成層圏です。飛行機が通っているのは成層圏の下の部分ですけど、その辺りまで発達しています。時折、上空 17 km まで発達することもあります。これを目視で見ることで、積乱雲の強さが分かったりすることがありますので、これも良い手掛かりになります。

それでは、一つ一つ見ていきましょう。

先程話しましたように、豪雨には、台風型とか、停滞前線とか、前線プラス台風、前線プラス低気圧という形がありましたが、それを天気図で見ることによって、明日は豪雨になるかもしれないとシグナルを読み取っていくのです。自分達で判断することはなかなか難しいので、天気図を見て危険だなという感覚を先ず持ってもらって、詳しいこ

気象庁のホームページに、このような全般気象情報がありますが、そこをクリックすると見出しや気圧配置、防災事項等が一通り書いてあります。

例えば、見出しでは、「明け方にかけて雷を伴って激しい雨が降る所がある見込み、低地の浸水、河川の増水、土砂災害、落雷といったものに注意してください。」と出ていますので、明日はやばいかな、今夜から危ないかなとここで見ることができます。このような情報を読み取ってみると大雨が降るというのは大体分かります。最後に防災事項があります。ざっと明日何が起こるか、西日本や東日本という広い範囲ですが、防災事項を見ることも大事です。大雨が降り始めて準備しても、あわてて何を見てよいか分からないので、できるだけ前日、大雨の降る数時間前に、この様な情報を見てチェックしておくことが大事です。

○ 次に気象衛星の見方を話します。

気象衛星の画像は、ヤフー天気とか気象庁のホームページで見ることができます。

この画像は、何を見ているのかと言うと、雲を見ているのではないのです。実は雲の表面、トップの温度を見ているのです。つまり積乱雲の一番上の温度が低ければ低い程白く表現するように画像処理しています。白い程温度が低いと言うことは、台風の

中心部は背の高い雲がある。このあたりをスパイラルバンドと言いますが、台風を中心を含めて積乱雲の塊があります。また、台風の前方にも非常に強い積乱雲の塊があります。

左図は台湾付近、九州の西の海上、五島で豪雨が起ったときの気象衛星の画像ですが、この白い部分では豪雨が起っています。白くなっているだけでは積乱雲と判断できないのですが、気象衛星の画像を見て、白くてごつごつした状態で、塊の様なものが出たときはほぼ間違いなく積乱雲です。それ程白くないものだとは背が高くないのですが、真っ白なものは相当背が高いので、積乱雲の塊になっていると考えてください。

○ シグナルとしてどのようなものがあるか、具体的に見てゆきましょう。二つあります。

13

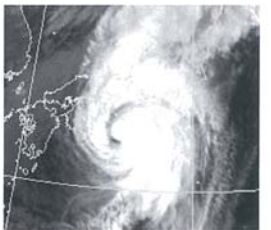
気象衛星(赤外画像)から豪雨のシグナルを探す

Yahoo 天気

気象庁HP

<http://weather.yahoo.co.jp/weather/satellite/>
<http://www.jma.go.jp/jp/gms/>

何を見ているか？ 雲の上部の表面温度を測定して表示したもの。
①温度が低い→雲の高度が高い(白く表現)
②塊状、帯状、台風の場合、スパイラルバンド、両方を満たすと積乱雲の集合体とみなす。



豪雨を引き起こす典型的なタイプとして、一つはクラウドクラスター、二つ目はにんじん雲というタイプがあります、ここでお見せするのは、2012年7月12日と7月14日の九州北部豪雨の際に出てきた雲の形態です。

まず、11日22時にこの辺りにぼつんと出てきていますね。九州の西の海上に出てきて、だんだん大きくなり団子状の塊になっていきます。これらは完全な積乱雲の塊です。

この時に熊本の阿蘇乙姫で、日雨量500ミリという猛烈な雨が降っています。この様な塊が出てきたときは大雨の降る可能性があります。

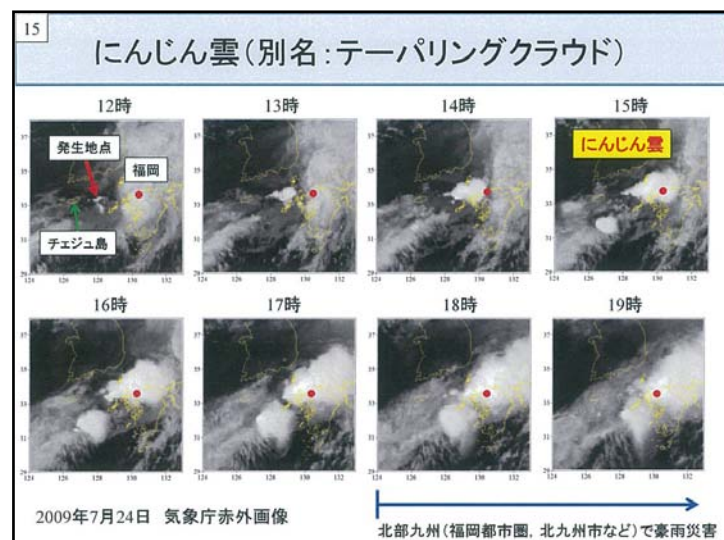
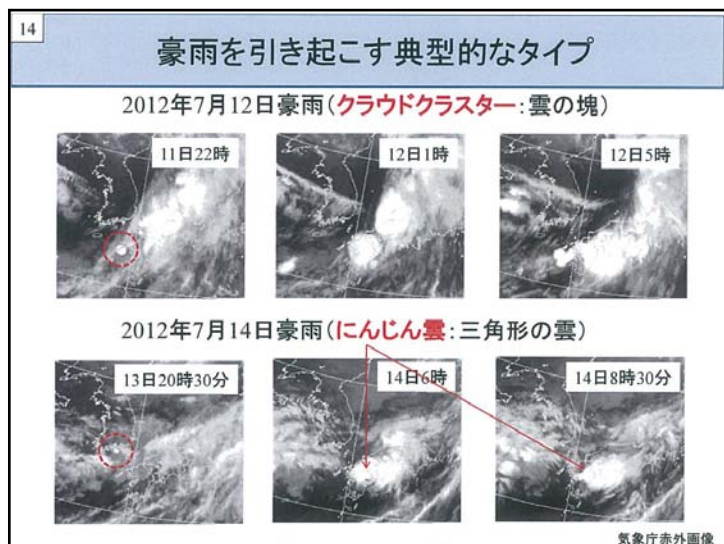
しかも22時に出了た塊が、翌日の5時になっても大体同じ所にあることがポイントです。これが直ぐ通過していくのであればあまり豪雨にならず、災害も起こり難いのですが、留まっていることで豪雨になり、災害を起こす原因となります。だから絶えず推移を見ていくことが大事です。

もっと分かりやすい豪雨形態として、先端が尖がった形があります。下の画像の様に三角形になっているものを我々は、にんじん雲と呼んでいます。にんじん雲が出てきたときは非常に危険です。過去に甚大な災害を引き起こした豪雨を気象庁が命名していますが、5回中4回がにんじん雲によって引き起こされたと言われています。

○ にんじん雲についても少し具体的に話します。

これは別名ペーパーリングクラウドと言います。

英語のペーパーリングと言うのは先が尖がったという意味です。これは2009年7月24日に起こった豪雨の画像です。福岡や北九州の



北部九州を中心に、死者が 10 名出た最近では激しい雨でした。これを見て頂くと、このような三角形の雲があります。これがにんじん雲です。最初はよく分からない雲ですが、だんだんと三角形、にんじんの形がはっきりしてきます。更に太いにんじんになって最後は消えてゆきます。こういう形態が出てきたときは非常に危険です。

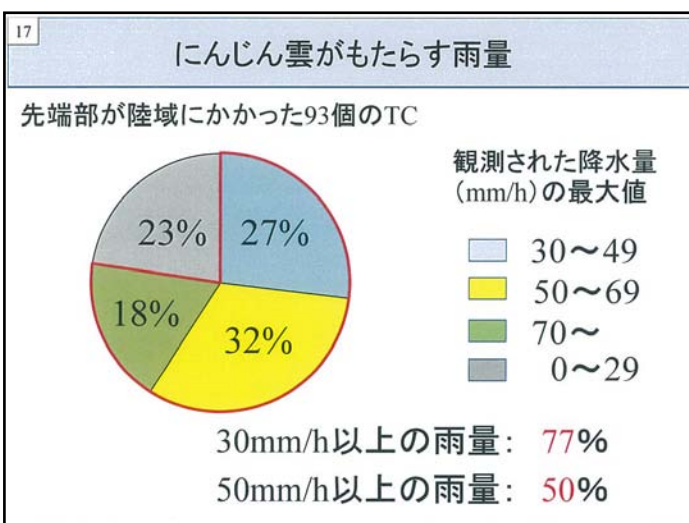
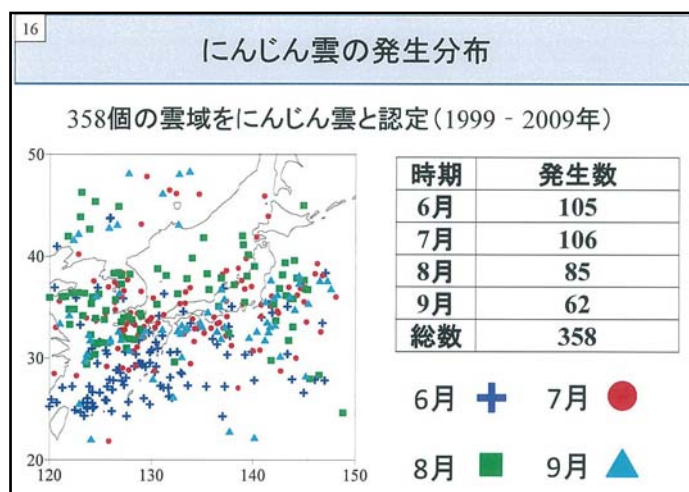
赤い点は福岡ですが、ずっとにんじん雲の中に福岡がある訳です。にんじん雲でも直ぐに移動してしまうものは災害を起こさないのですが、ほとんど止まっているか、移動がゆっくりしている場合は災害に気を付けなければいけません。だから我々は絶えず三角形の雲はないか探しています。先程のクラウドクラスタという形態が一番多いのですが、この様なにんじん雲が出たときは気を付けて下さい。

○ これは、にんじん雲発生地の 10 年間の分布を見たものです。

これ見ると発生場所のほとんどが海ですが、テーパリングクラウドが陸に上がったとき、陸に発生したときはとんでもない雨が降っています。

発生は日本全国、海洋を含めてたくさんありますが、特に東シナ海で多く発生しています。陸域に近ければ近いほど危険ですので、雲を絶えず見ておく、監視しておく必要があると思います。

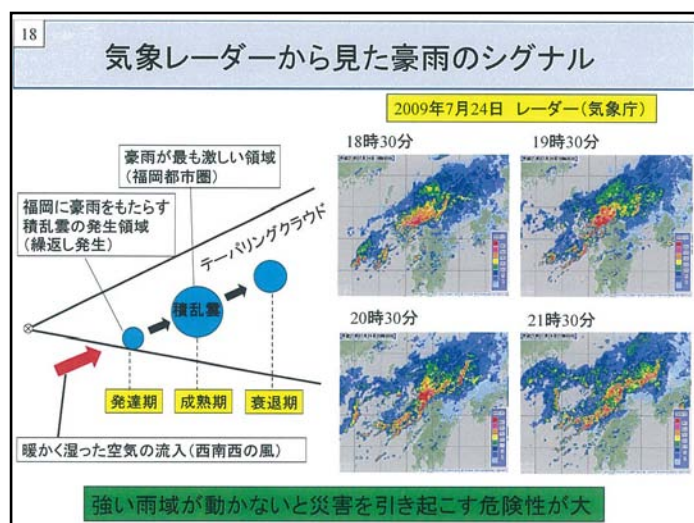
これは、にんじん雲の先端部分が陸域にかかったものだけ取り出して、先端の雨量を取り出して見たものです。時間雨量 30 ミリを超えたものが 77%あり、時間雨量 50 ミリ以上のものは 50%ありました。言うことは、テーパリングクラウド（にんじん雲）の 2 つに 1 つは、時間雨



量 50 ミリの雨をもたらしているということです。そう考えると三角形の雲は非常に危険な訳です。もちろん団子のようなクラウドクラスターも危険な雲ではあるのですが、三角形の雲は、視覚的に分かり易く、見分けることが可能なので、三角形を視覚的に見て、危険性を判断することも重要です。こう言った点を是非利用していただきたいと思います。

○ 次に気象レーダーを見るとどのようなシグナルがあるか見ていきます。

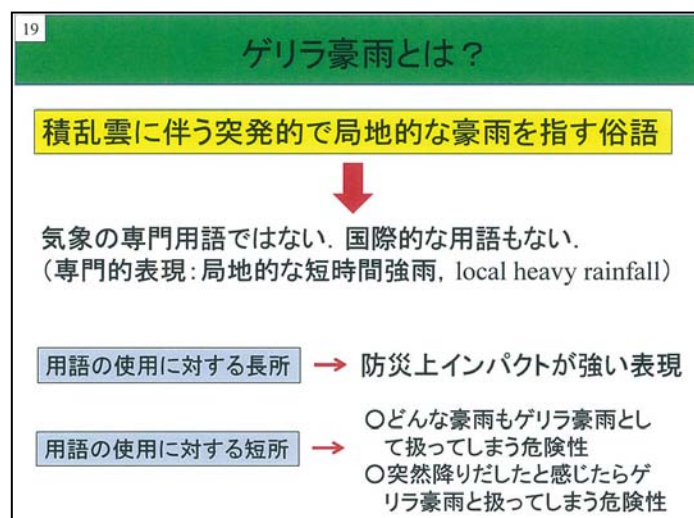
先程お話ししましたように、豪雨の影響は 21 時 30 分になってもほぼ同じ位置にあります。豪雨の場所が早いスピードで移動すれば豪雨にならないのですが、ほとんど同じエリアにあるのであればやはり非常に危険です。通過しないで止まっているなと思ったら気を付けなければいけないパターンです。途中まで動いて、止まるということもありますから簡単には見分けられないのですが、止まっているものは危険だということだけでも頭に入れて頂ければと思います。



○ 次はゲリラ豪雨の話です。

ゲリラ豪雨については、テレビ等で聞いておられると思いますが、最近は何んでもかんでもゲリラ豪雨になってしまっています。それは少し違います。

ゲリラ豪雨は、専門用語ではありません。具体的にどんなものかと言いますと、積乱雲を伴う突発的で局地的な豪雨を表す俗語です。



気象の専門用語ではありませんし、国際用語にもありません。もし日本語で表現するならば局地的な短時間強雨、英語で表現するならば **local heavy rainfall** という言い方をします。ただ、ゲリラ豪雨という言い方は、防災ではインパクトが非常に強いので、ゲリラ豪雨と聞いただけで逃げようとするでしょう。例えば1時間に100ミリと言っても分かりませんが、ゲリラ豪雨と言ったらどうしようと考えたりします。用語の長所として、防災上インパクトが強いのであれば、そこの部分をうまく利用すればゲリラ豪雨も使っていいのではないかと思います。短所としてはなんでもかんでもゲリラ豪雨という話になってきますので、それは違うということです。

○ 次の例はゲリラ豪雨と呼べるのか考えてみましょう。

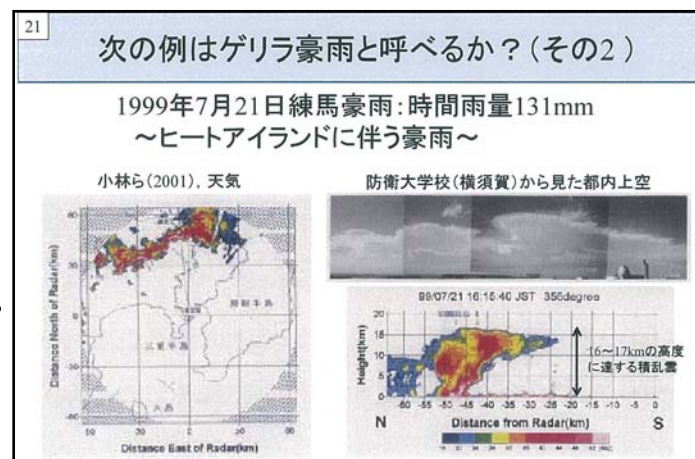
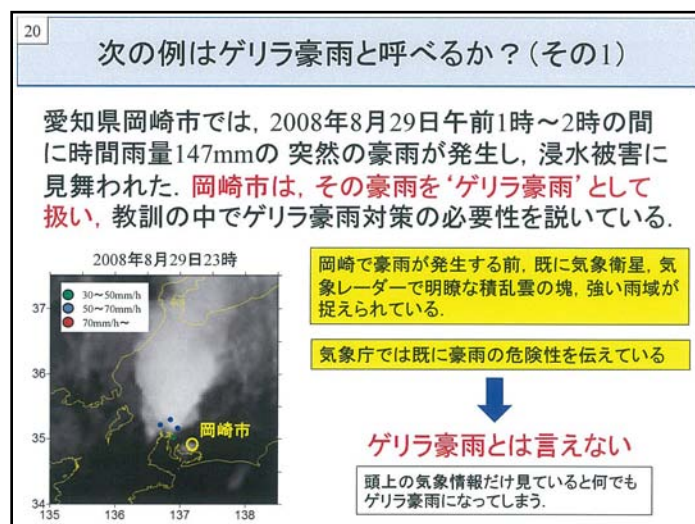
これは、愛知県岡崎市で2008年8月29日の午前1時から2時の間に、時間雨量147ミリの豪雨が降って浸水被害が出たものです。その際、岡崎市はゲリラ豪雨として扱っています。

教訓の中にゲリラ豪雨のことが書かれていますが、実はこれはゲリラ豪雨ではなかったのです。このときのレーダーを見れば分かります。

画像は、大雨が降る2時間前のレーダー画像です。既に三角形のにんじん雲が出来上がっていますので、ゲリラ豪雨とは言いません。気象庁は、この時岡崎市は危険だと分かっていた筈です。既にシグナルが出ていますのでゲリラ豪雨とは言えません。このようなときは、その場所だけでなく周辺も見ながら広域に監視して、ゲリラ豪雨かどうかを見極めることが大事です。

○ 次の例はどうでしょうか。

これはヒートアイランドに



伴う豪雨です。雲の写真は、防衛大学校から写した画像ですが、高度 17 キロ以上に発達したすごい雲です。このときの時間雨量は 131 ミリのとんでもない雨でした。

ヒートアイランドに伴う豪雨は、都市化の影響です。都市化の影響で出て来た化け物のような雨です。知らず知らずのうちに人工的に作り出したとんでもない積乱雲だと私は解釈しています。

ヒートアイランドというのは、都市部が熱くなって、周りからどんどん海風が入ってくるのです。つまり、冷たい風がヒートアイランドの都心部にどんどん入って冷やそうとするのです。それで冷えればよいのですが、東京都が放出する熱は大量なので、どんなに周りから冷たい空気を供給しても追いつかないでどんどん温度が上がる。このような現象がヒートアイランドです。

気温が高く、海風は水蒸気をたくさん含んで湿っている。こういう時は大気が非常に不安定なり、それが積乱雲を作る結果になる訳です。大体こういう日は、太平洋高気圧の影響で午前中晴れています。午後になって海風が入ってきて水蒸気をどんどん供給する。しかし、ヒートアイランドは解消されず、どんどん気温が高くなり、大気は不安定になる。突然に積乱雲が現れて、不意打ちのように豪雨が発生する。こういう場合はゲリラ豪雨と言ってもいいですね。だから台風による雨と前線による雨とこのような局地的な雨とは分けて考えた方がよいと思います。

○ 結局ゲリラ豪雨の正体は積乱雲なのです。

ゲリラ豪雨をもたらすものは積乱雲しかない訳ですから、ゲリラ豪雨が起きているかどうかは、目視で積乱雲があることを確認することが大事



23 ゲリラ豪雨の正体は？

豪雨をもたらす雲は例外なく全て積乱雲

結局、ゲリラ豪雨をもたらす正体も積乱雲ということ！

通常の豪雨とゲリラ豪雨の違いは？

通常の豪雨	ゲリラ豪雨
①台風や前線の影響で発生する豪雨の場合、積乱雲は地上から見えない。 ②前線や台風の活動で豪雨の兆候が既に現れている場合が多い。	①ゲリラ豪雨の場合、積乱雲が地上から見えることが多い。 ②豪雨の兆候が観測データに現れてこない場合が多い。

です。データで見るよりも目視の方がいい場合もあります。目視で雲が見えても、まだレーダーに現れていないで、しばらく経ってレーダーに現れるときがあります。

雲が出てきた地点を見れば、あそこだなというのが大体分かります。現在、豪雨が何時どこで発生するかを予測する技術はありません。ですが、前日に明日はもしかすると昼間雨が降るかもしれないということが想定できる場合があります。

○ 次は、ゲリラ豪雨をどう捉えるかです。

最近は、気象衛星、気象レーダー、携帯端末などを使って、ゲリラ豪雨を捉えようとする試みが行われていますので、今後いろんな意味で実用化されてくるのではないかと思います。ゲリラ豪雨に対しては目視が一番です。

まず、積乱雲を探して、あそこに積乱雲があるかと判断します。積乱雲があるということは短時間、例えば 20 分

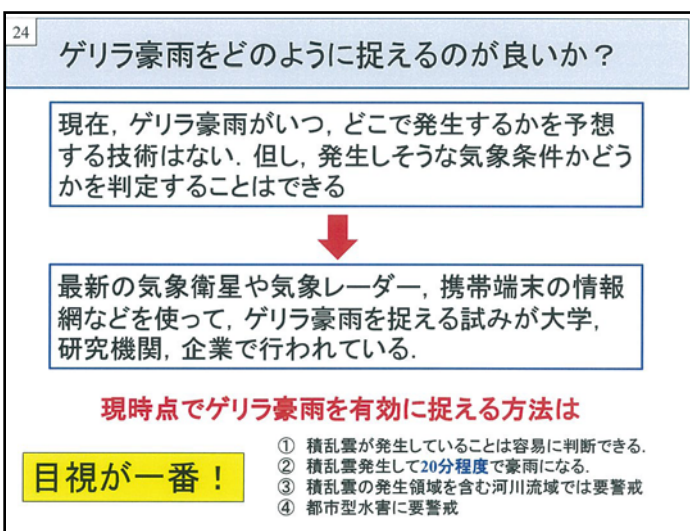
位で雨が降ってくるという認識を持って下さい。積乱雲の下は河川、又はその流域では、要警戒です。都市部で河川が氾濫するのは早いです。以前、神戸で大変痛ましい災害がありましたが、積乱雲が発生するときは不意打ちなので、気を付けないといけません。東京とか大阪などの大都市では注意して頂くことが大事です。

○ これから実際にどんな気象情報があるのか、その気象情報がどのように発令され、市町村が出す避難勧告や指示にどう繋がっているのかを時系列で見えていきます。

○ 先ず、大雨警報があります。

大雨警報は、地域によって決まっています。

例えば、博多区、中央区、城南区、南区の場合ですが、これを見ると雨量と



土壌雨量指数の二つの基準があります。

まず雨量ですが、平坦地だと時間雨量 70 ミリ以上降った場合には浸水する可能性がありますよという警告を出しています。

次に土壌雨量指数があって、ここでは 148。

これは、土砂災害に対して出されています。土壌雨量指数とは、降雨によって土壌中に貯まった水の量を指数化しています。要は土壌中に水をたくさん含むと土砂災害を起こし易いことを示します。148 はかなり大きい量ですが、これを超えたら土砂災害の危険性がありますよということです。

ですから①か②のどちらかの基準で警報が発令されます。大雨警報に付随的に出てくるものとして、よくテレビのテロップで流れますが、記録的短時間大雨情報があります。これは、その地域にとって災害に繋がるような、まれにしか観測しない雨量の場合に出される情報です。具体的には、福岡市早良区付近で記録的時間大雨が約 110 ミリ降っていますと。

最近、これまでとは違った表現が出てきています。熊本県と大分県を中心に「これまでに経験したことのないような大雨になっています。」と言うのは、当初お話したように、3 時間雨量 288 ミリ、日雨量で言えば 500 ミリ位ですが、これだけの雨量が降っている訳で、これは熊本県では飛び抜けて大きい値だったのですが、それらを踏まえて、これまでに経験したことのないような大雨と表現しています。大雨情報が出るときは、記録的短時間大雨情報も付随して出てくることがあります。これが出たときは、かなり強い雨、その場所で履歴の 1 位とか 2 位とかの大雨が降っていることを表しているのです。

25

豪雨災害に備えた気象情報の利用(1)

大雨警報 地域によって決まった基準に従う。浸水害と土砂災害に対する基準。

福岡市博多区・中央区・城南区・南区の場合

① 雨量(浸水害) : 平坦地で時間雨量70mm以上, 平坦地以外で90mm以上
② 土壌雨量指数(土砂災害に対して) : 148

土壌雨量指数 降雨によって土壌中に貯まった水の量を表す指標

記録的短時間大雨情報 **大雨警報発令中に発表される気象情報**

現在の降雨がその地域にとって災害の発生につながるような、稀にしか観測しない雨量であることを知らせるための情報

福岡県記録的短時間大雨情報 第1号 平成21年7月24日19時25分 福岡管区気象台発表 19時福岡県で記録的短時間大雨 福岡市早良区付近で約110ミリ	記録的な大雨に関する全般気象情報 第4号 平成24年7月12日06時41分 気象庁予報部発表 熊本県と大分県を中心に、 これまでに経験したことのないような大雨になっています。 この地域の方は厳重に警戒してください。
---	---

26

豪雨災害に備えた気象情報の利用(2)

土砂災害警戒情報

大雨警報発令中に発表される気象情報

大雨による土砂災害発生の危険度が高まった時

警戒対象区域を地図上に表わして、土砂災害の対する警戒を促す。
(都道府県と気象庁共同)

市町村長が避難勧告等を発令する際の判断や住民の自主避難の参考になる情報

熊本県土砂災害警戒情報 第5号

平成24年7月12日 4時50分
熊本県 熊本地方気象台 気象発表

【警戒対象地域】
熊本市、山鹿市、菊池市、阿蘇市、合志市、大津町、菊陽町、南小国町、嘉山町、南阿蘇村

*印は、新たに警戒対象となった市町村を示します。

【警戒文】

＜概要＞
雨の続くため、警戒対象地域では土砂災害の危険度が高まっています。
＜土砂災害＞
雨の続く中流河などの土砂災害の発生しやすい地区にお住まいの方は、早めの避難を心がけるとともに、近所から発表される避難勧告などの情報に注意してください。



○ 警戒対象地域
□ 地域外

○ 他に土砂災害警戒情報、これも同じように大雨警報が発令されているときに発表されるものです。

これは土砂災害の危険性が高まったときに出てきます。具体的には、気象庁のホームページで、こういった地図が出てきます。この色付けされたエリアが警戒する区域、横線は過去に地震が起こった所でもっと警戒すべき区域です。

土砂災害警戒情報は、都道府県と気象庁が合同で出します。これを見ながら市町村の避難勧告、避難指示、準備情報を含めて発令する際の判断に利用します。これを住民が見ることによって、ああこれは危ない、どうしようと自主的に避難するかどうか決める材料にもなります。実際は、これだけでは情報が足りなくて、周りの状況を確認しなければならない部分もあるでしょう。

○ 次に、洪水警報があります。

これも地域によって決まっています、一つは雨量を基準として考える。二つ目は流域雨量指数と言って、降った雨水が下流の地域にどの程度影響するかを指数化したもので、値が大きい程洪水を起こし易くなることを表しています。三つ目はこれらを複合した基準で出されます。ただ、洪水警報は、河川を特定するものではなく水位の情報もありま

せん。その他に指定河川洪水予報があります。これは洪水警報よりもさらに踏み込んだ情報で、河川の増水とか氾濫等の水防活動のため、気象庁が国土交通省又は都道府県の機関と共同して、指定した河川の水位又は流量を示した洪水の予報を出すものです。大雑把に言って、一級河川は国交省、二級河川は都道府県という形になっていると思います。水位の情報、例えば菊池川水系であると、3.5mの水位だと水防団待機水位、4.4mだと氾濫注意水位、5.8mまでくると避難を判断する水位、プラス 10 c mで氾濫危険水位、これを超えると氾濫が発生するということになります。この4段階で決めています。

これは今年 7 月 12 日の予報で、玉名観測所で氾濫危険水位に達したことを言っています。これも市町村の避難勧告・指示の基準となる情報になります。勿

27

豪雨災害に備えた気象情報の利用(3)

洪水警報 地域によって決まった基準に従う。水位情報なし。河川を特定していない。
福岡市博多区・中央区・城南区・南区の場合

① 雨量 : 平坦地で時間雨量70mm以上、平坦地以外で90mm以上
② 流域雨量指数 : 那珂川流域=22
③ 複合基準 : 時間雨量35mm以上、かつ、流域雨量指数(御笠川流域=20)

流域雨量指数 降った雨水が下流の地域へどの程度影響するのかを指数化したもの

指定河川洪水予報 洪水警報よりも踏み込んだ情報源
河川の増水やはん濫等の水防活動のため、気象庁は国土交通省または都道府県の機関と共同して、指定した河川について、区間を決めて**水位**または**流量**を示した洪水の予報

菊池川水系はん濫発生情報

菊池川水系洪水予報 第5号
洪水警報
平成 24 年 7 月 12 日 9 時 40 分
菊池川河川事務所・熊本地方気象台 共同発表

菊池川水系では 玉名観測所にて、はん濫危険水位に到達

菊池川水系

はん濫危険水位	5.9m
避難判断水位	5.8m
はん濫注意水位	4.4m
水防団待機水位	3.5m

論これだけで決めるのは難しく、具体的に分からない部分もありますが、指標としてはこういうものがあることを知っておいて下さい。

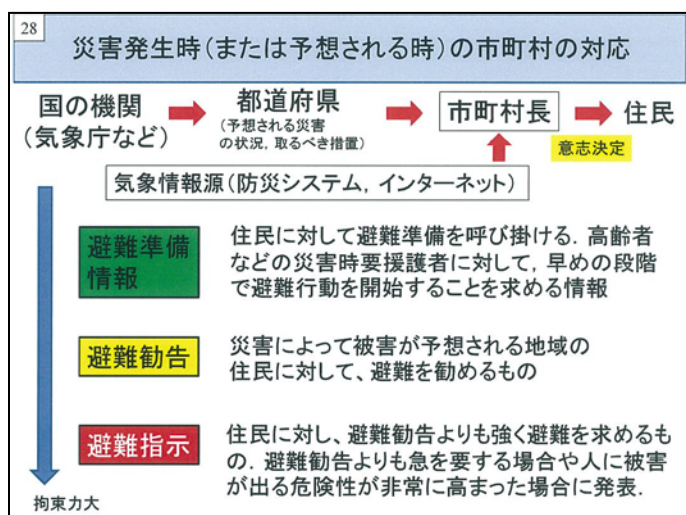
○ 次に、災害発生時又は発生が予想されるとき、市町村の対応の流れはどのようなになっているか見ていきます。

まず国の機関、基本は気象庁ですが、勿論一般にもインターネットとか NHK 等の報道機関を通して周知される訳ですが、そこから都道府県にデータや情報が流れて行きます。

都道府県は予想される災害の状況、取るべき措置を市町村に伝え、市町村長は、気象情報・防災システムいろいろありますが、県の防災システム、インターネット等をうまく使って住民に対して意思決定します。具体的には避難準備情報、避難勧告、避難指示という形になって出されます。法律的にはこのような流れになっています。要は国の機関としての予想をどのようにして活かしていくかという流れはこのようになっています。勿論この中にはいろいろ課題があり、これが適確かどうかというのはなかなか難しい課題です。実際、市町村も避難準備情報を出せたものもあれば、いきなり避難指示が出ているものもあります。どれも出せなかった例もあります。市町村長がこれを出すのは厳しい、難しい面がありますが、やはり少し気象の知識を知っておかなければいけない部分もあるのかなと思います。

○ それでは、具体的に流れを見ていきましょう。

これは、愛知県岡崎市で起こった、平成20年8月末豪雨です。これからは実際にどのような気象情報が出たのか、



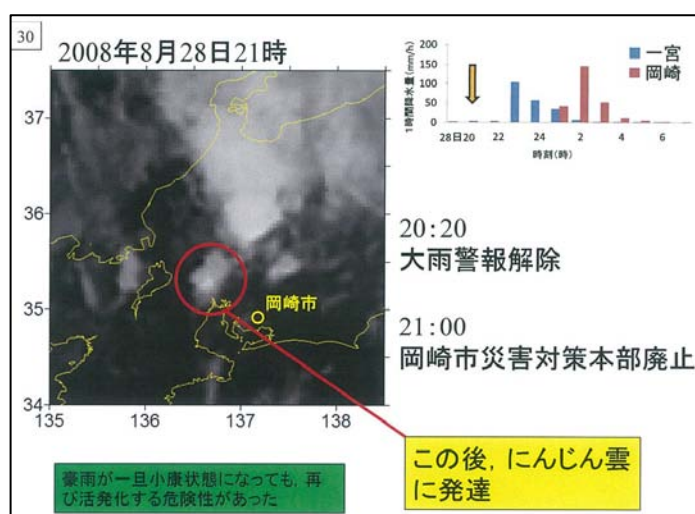
29 平成20年8月末豪雨(愛知県岡崎市)

人的被害 死者 2名 負傷者 5名 住家被害 全壊 5棟 半壊 3棟 一部損壊 28棟 床上浸水 2,480棟 床下浸水 14,106棟	平成21年5月22日19:30消防庁情報 	11:00(8月28日) ・岡崎市 27mm/hを観測 11:33 ・西三河南部 大雨洪水警報 ・岡崎市 災害対策本部設置 14:30 ・岡崎市に土砂災害警戒情報 15:30 ・岡崎市石原町等避難勧告 17:08 ・西三河南部 大雨警報(切替) 19:30 ・土砂災害警戒情報解除 ・避難勧告を解除(19時50分)
--	--------------------------	--

それに対して市町村はどのように対応したのかを時系列で見ていきます。

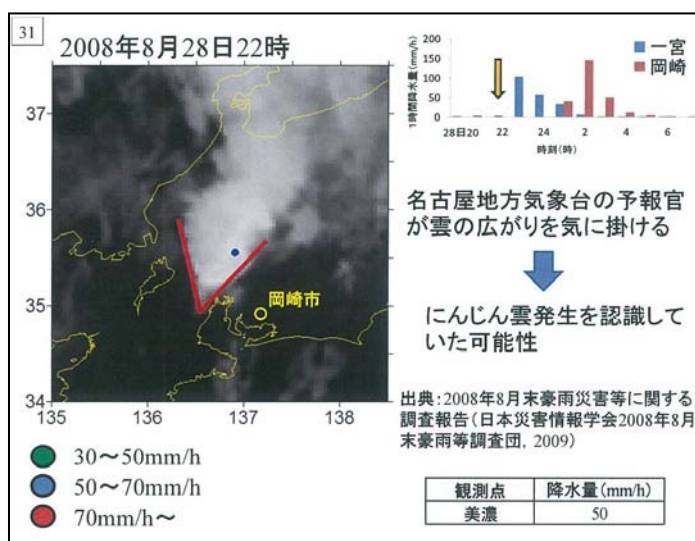
大雨が降る前日の 8 月 28 日、既にこの段階で岡崎市では大変忙しい状況でした。午前中から雨が降っていますし、災害対策本部が設置され、避難勧告も出されています。19 時 30 分に土砂災害警戒情報が解除されていますが、まる一日忙しい状況だったということです。このときの天気図を見てみると、ここに前線がありますね。少し遠いのですがけれども台風の影響があったと考えられます。

○ 避難勧告が解除された約 1 時間後、ここに何か薄っすらと出てきました。これが、その後になじん雲に発達する雲です。この時点で岡崎市は災害対策本部を廃止しています。お疲れさまになっている訳です。このとき、小康状態になるのですが、天気図等から見ると、湿った空気の流入が絶えず続いているので、一旦終わってもまた発生してくる可能性がある気象状況です。もう少し対策本部を継続しても良かったのかなという感じがします。



○ そして 22 時の段階でついに三角形の雲が出てきます。

この段階でテーパリングクラウド、になじん雲の出現で危ないと、皆さんも分かると思います。この時点で名古屋地方気象台も気にかけていたという文書があります。この時、名古屋の北部辺りで時間雨量 50 ミリに達する雨になっていたのも、これは強い雨になるなということは想定されていたと思います。

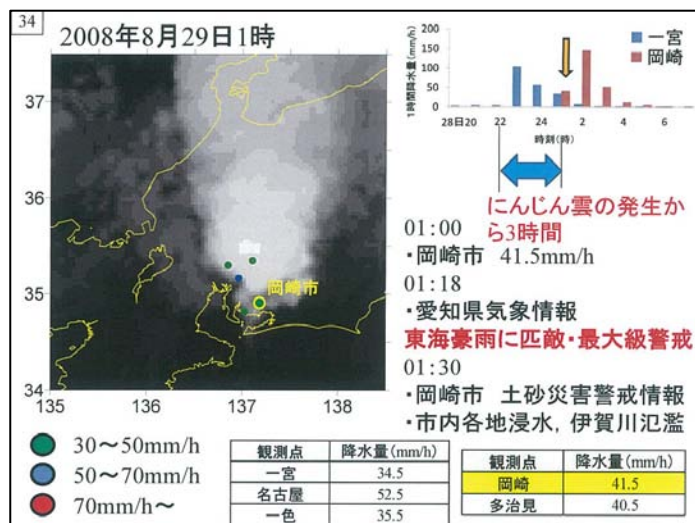
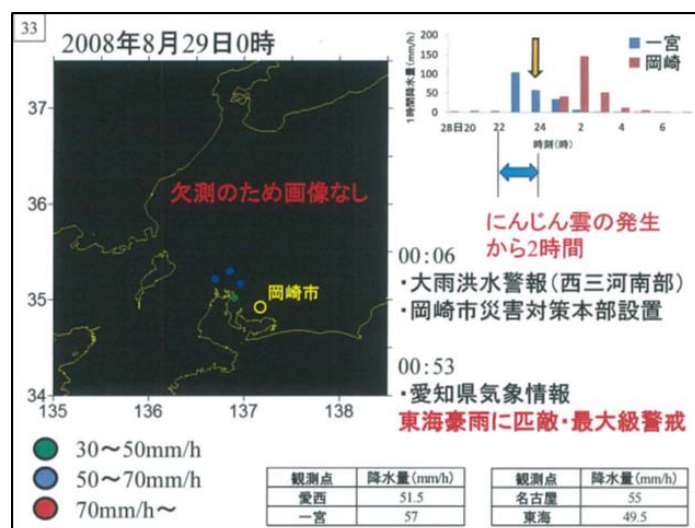
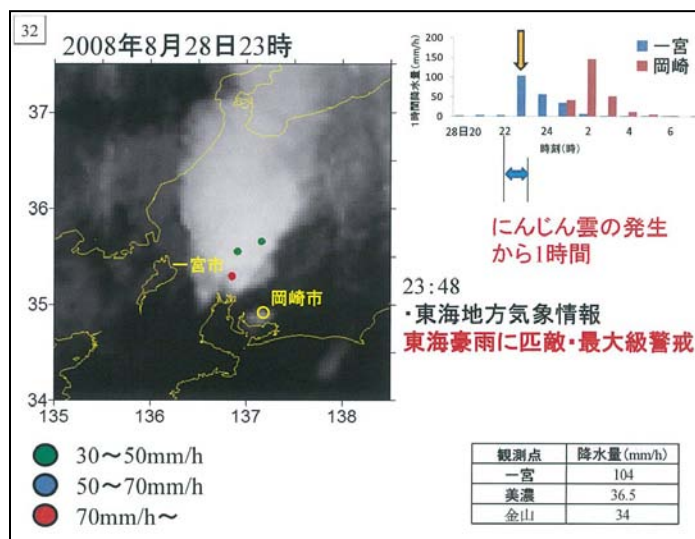


○ 23 時になると、岡崎の方

に近づいて来るという状況になり、この段階で、一宮では時間雨量 104 ミリの非常に強い雨が降り出しました。このとき東海地方の気象情報の中で、「東海豪雨に匹敵」という言葉が使われますが、これは大きなインパクトがありました。

2000 年東海豪雨で大きな被害があり、そのときの教訓、記憶が皆さんの頭に残っていますから、東海豪雨に匹敵という言葉に皆さんびっくりして動きました。特に自治体の岡崎市はこれを見て危ないのではないかとということで動き出したと聞いています。もしこれを時間雨量 104 ミリですよと言っても多分みんな動かなかったものが、東海豪雨に匹敵と言っただけで動き出す、言葉というのは非常に重要だと思います。どういう言葉で危険性を訴えてゆくか、そういう意味ではこれはいい言葉でした。

○ 0 時になると困ったことに画像がない、本当に欠測なんです、この段階で名古屋付近では、時間雨量 51 ミリの非常に強い雨が降っていました。やっと 0 時になって、岡崎市の災害対策本部が再び設置されます。



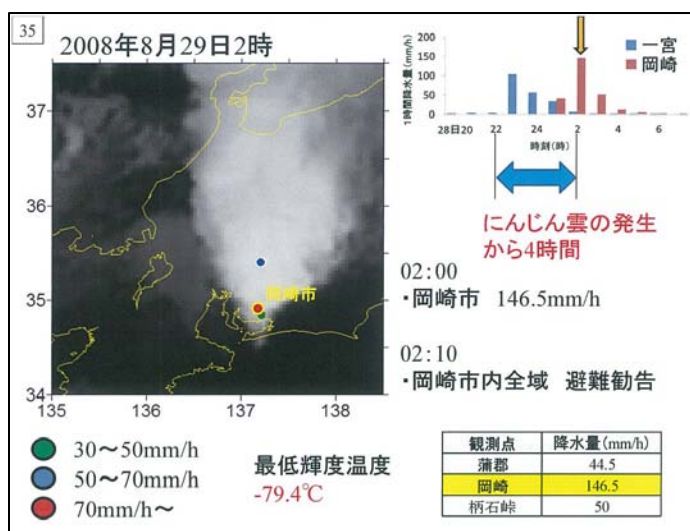
○ 1時前になって、気象台は、東海豪雨に匹敵という言葉で再度注意を呼び掛けています。画像がありませんでしたが、1時になり岡崎市にかかってきました。そして0時から1時までの間に41.5mmの強い雨が降りました。これから30分後位には市内各地で浸水が始まり、伊賀川で氾濫が起きる状況になります。にんじん雲の先端部分で強い雨になったのです。

○ 1時から2時の間に

146.5ミリの豪雨になりました。1時間に146ミリと言うのはとんでもない雨です。そんなのがこの先端部分で降ってしまった。この三角形がどれ程危険か分かります。

2時頃になると岡崎市内で避難勧告が出される状況になりました。このとき市の職員に招集をかけましたが、なかなか集まらない。あちこち浸水し、車を運転して来ても車がおしゃかになったり・・・結局招集するのも大変だったようです。

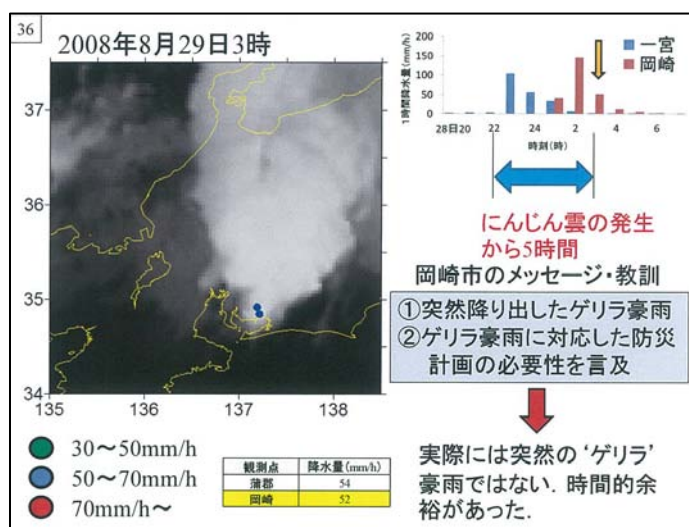
こういう形でにんじん雲はずっと続き寿命が長いです。いろいろ調べてみるとすぐ消えることもあります、完全に維持されて何時間も続くものもあります。これはまさしく危険なタイプだった訳です。



○ 岡崎市のメッセージ・教訓の中で、突然降り出したゲリラ豪雨に対応した防

災対策の必要性に言及しています。ところが先程言いましたように、22時、23時の段階では既にシグナルが出ていました。しかも、だんだん岡崎市に近づいて来るといふ様相も見えていました。

これは、ゲリラ豪雨ではないと考えていい訳です。真上だけ見ずに、できるだ



け周辺を見ていくことが大事です。

○ 次に熊本の事例です。

これも実は阿蘇で降った雨が流れて来て熊本で被害を起こした。豪雨が阿蘇で降ったために、そのようなことが起こった。だから広域に監視しなければいけない例です。

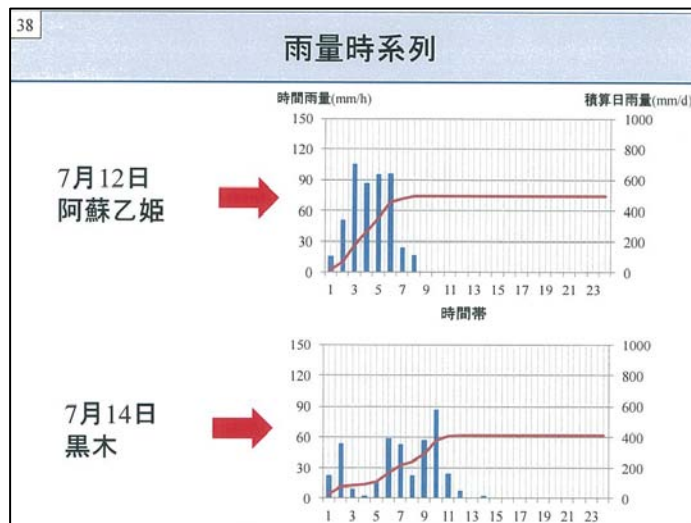
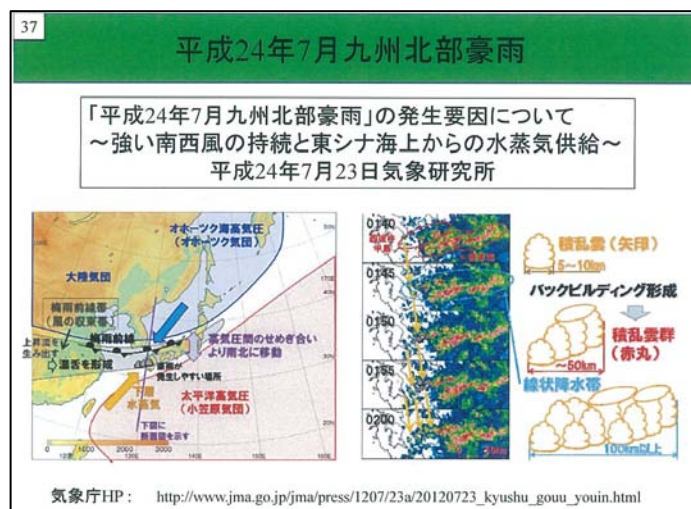
まず、この時の気象状況ですが、梅雨前線があって、その南側に太平洋高気圧があり、そこに湿った空気が入って前線を刺激するタイプです。

これも後でお話しますが、ほとんど停滞しているという状況で、大雨になった訳です。

このとき、阿蘇乙姫では、90 ミリ前後の雨が4時間も続いています。こんなのは見たことがありません。大体1回に90 ミリ降ったら、次はそんなに降らないのです。このように90 ミリが4時間も続くことは、私もずっとこの研究をやってきましたが、かなり珍しいことで、短時間に大雨が降って災害が起きる典型的なパターンです。

下は黒木で、矢部川が氾濫し柳川が浸水した例です。これも半日の間に400 ミリ降っています。一方、阿蘇乙姫では、6時間から7時間位で500 ミリに達しました。

○ この雨に対してどういう気象情報が出て、市町村がどう対応したかを時系列で見していきます。



一般の気象情報、これは前日の段階で出ていますが、これには何と書いてあるかと言うと、赤で示しています。「西日本と東海地方では局地的に1時間に50ミリから70ミリの非常に激しい雨が降るおそれがあります。」ということで、手掛かりとしては一応 50 ミリから 70 ミリという情報が出ています。

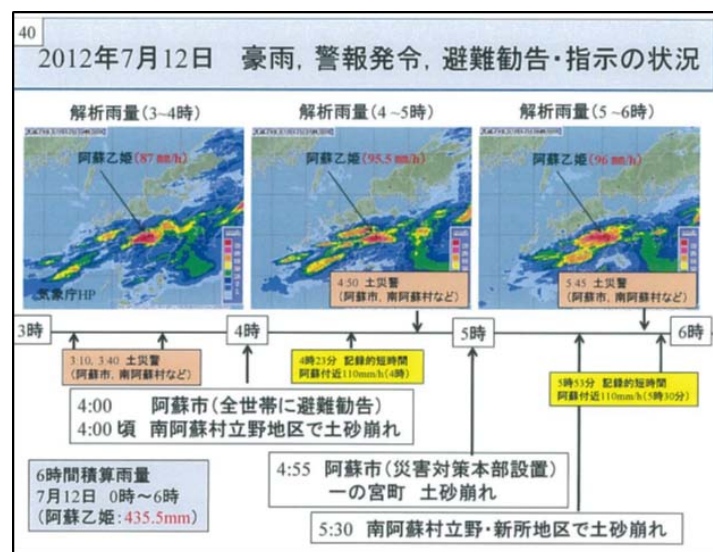
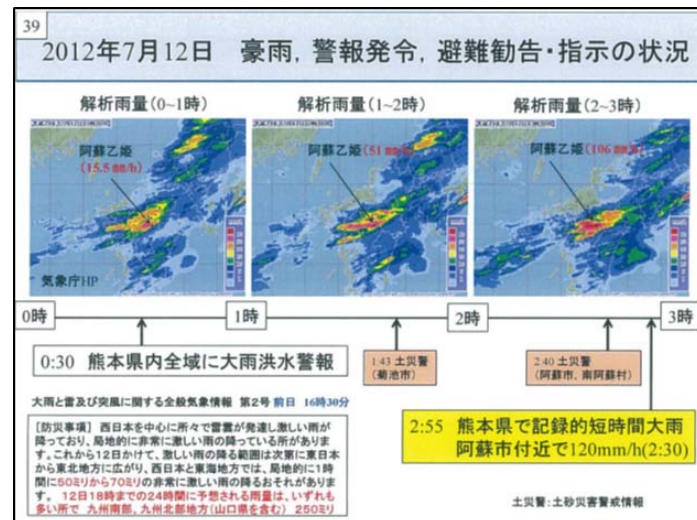
次に、一番下に書いてあるのが、24 時間に予想される雨量です。九州南部、九州北部地方で 250 ミリ、実際は 500 ミリ降っています。

先ず前日の段階で、量はともかく、少なくとも何か起こるなということが分かりますので、前日の段階で準備して

おく、次の日の段取りを考えておくことが大事です。ただ、実際何も起こらない自治体もたくさんある訳ですから、これを信じていて外れましたというのは結構あります。しかし、西日本のどこかで起こる可能性がありますので、やはり前日から警戒しておくことが大事です。

さて、この日の 0 時から 1 時の段階で、阿蘇乙姫の 1 時間雨量が真っ赤になっています。0 時 30 分に気象庁から大雨洪水警報が発令され、1 時から 2 時の間に土砂災害警戒情報が、2 時から 3 時の間に阿蘇市と南阿蘇村で土砂災害警戒情報、3 時前に記録的短時間大雨情報が出され、阿蘇市付近では 120 ミリの雨が降っています。既にとんでもない雨が降っていますが、この 3 時間の間に市町村の対応はまだなく、気象庁の情報だけが流れています。

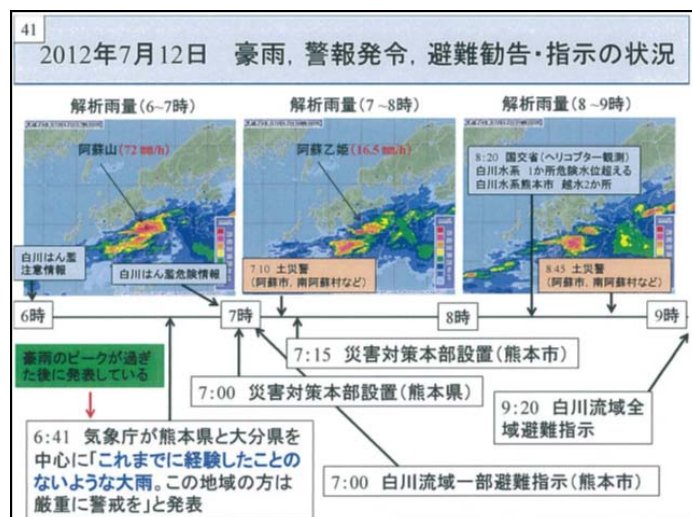
そして、3 時から 4 時の間に、また土砂災害警戒情報が阿蘇や南阿蘇村などに出され、4 時頃になって初めて阿蘇市で避難勧告が出ています。4 時頃に南阿蘇村で土砂



崩れが起こり、5 時になって阿蘇市に災害対策本部を設置されますが、避難勧告の方が先に与えられる状況でした。

一の宮町でも土砂崩れがあり、5 時半になると南阿蘇村でも土砂崩れが起こりますが、絶えず記録的短時間大雨情報、土砂災害警戒情報も出ている状況です。

次に 6 時から 9 時の間になると、災害が阿蘇ではなく、今度は下流域の熊本市で起こります。6 時になると白川で氾濫が起き、7 時になると白川で氾濫危険水位情報が出ました。これに基づいて、7 時になって熊本県に災害対策本部が設置され、15 分後には熊本市に災害対策本部が設置されました。7 時の段階では白川流域で一部避難指示が出て、国交省のヘリコプターが確認していて、どうも危険水位を超えているという状況で 9 時 20 分には白川流域全域に避難指示が出



ています。

この日の雨は、阿蘇乙姫で日雨量 493 ミリ、最大時間雨量 288 ミリ、6 時間雨量 460 ミリです。7 月の平均降水量が 580 ミリなので、6 時間位で 1 ヶ月分降ったとんでもない雨量です。

このとき、460 ミリの雨をレーダーでどう捉えていたか。前日の段階ではちょこちょこ降っていますが、結構移動しています。佐賀では大雨になっていても、すぐに通過するのでこういう時は、災害は起こりません。ところが 0 時を過ぎた頃から、雲仙のあたりから煙のようにエコーがかかって来る状況が見てとれます。同じ所で発生して、阿蘇付近で豪雨が続いています。これは災害をもたらす一番危険なパターンです。これが続いた結果として 500 ミリ近い雨が降ったということです。その後は 7 時頃に雨が止みました。しかし、熊本ではこの段階で白川が氾濫しています。

○ 九州北部豪雨から見える課題ですが。

実は以前から分かっている知見がありまして、阿蘇で豪雨が起これば、数時間後には下流側の熊本市で川が氾濫する危険性があると言われています。

このような知識があったら、もう少し前から動けたのではと感じています。

実際に避難指示の遅れがありました。これは新聞記事ですが、被災現場の情報が消防局と水防本部の間で共有されていなかったとか、水防本部が混乱状態であったとか色々ありました。所謂防災体制に対する課題があって、それを改善しようとしています。

根本的な解決策の一つとして、もう少し現象を理解できていれば良かったのかなと思います。

阿蘇地区で大雨が降ったら熊本は危ないという繋がりが分かっているならば、もう少し前から対応できたのではないかな。防災体制ができたとしても、気象の知識や河川の知識が無いとなかなか厳しいのかなと思います。そのような意味では、熊本市で雨が降っていなくても、その周りを見てみるのが大事だという一つの例です。このことを過去の教訓として次に生かすことが大事ではないかなと思います。

○ 最後にまとめます。

難しい気象学の知識がなくても、天気図や気象衛星、気象レーダー等を使って視覚的に見る、こんなになっているから危ない、災害が起こるかもしれないと視覚的に見ていくと意外と分かり易く、特徴を理解することができます。その様な訓練をして、豪雨の発生を予め推測することは可能です。それをやってみると、個人でわが身を守るということに活用できるのではないかな。市町村の防災担当者のスキルアップにも役立つのではないかな。

市町村の対応については、過去の教訓とか経験を活かして、防災対応能力を

42 平成24年7月九州北部豪雨から見える課題

以前からわかっている知見

阿蘇地方で豪雨が起これば、数時間で、その下流側にある熊本市の河川が氾濫する危険性が常に存在する

九州北部豪雨：「白川氾濫」熊本市の避難指示遅れ 検証部会が市長に報告書、情報共有態勢強化など勧告 / 熊本

毎日新聞 2012年08月24日 地方版

九州北部豪雨による白川の氾濫で熊本市の避難指示が遅れた問題を考える検証部会（座長＝山田文彦・熊本大学大学院教授）は23日、今後の対策に関する勧告などを盛り込んだ報告書を幸山政史市長に提出した。

報告書では、被災現場の情報が消防局と水防本部の間で共有されていなかったことや、水防本部が混乱状態で住民から寄せられた洪水情報が避難指示の判断に生かされなかったことなどの課題点を指摘。そのうえで消防局と水防本部が情報を共有するため「消防局連絡幹部（仮称）」を水防本部に配置で寄せられた情報を重要度や優先度で選別する態勢の構築や職員が電話を受けたり現場に指示を出す部署とは別に、避難指示発令など重要な決定をする市幹部と関係機関の連絡要員が待機する部署の確保や地域防災計画で消防職員や消防団員に与えられている避難指示などの代行権限の具体的基準の周知徹底――などを勧告した。

報告書を受けた幸山市長は「これから台風時期を迎えるため、早急な対応が必要。勧告に基づいて今月中に防災態勢の強化に向けた対応方針をとりまとめる」と述べた。【松田崇二郎】

災害対応の不備とその改善

根本的な解決策 現象を理解できて、防災に対応できること

熊本市以外の地域で起こっている現象（例えば、阿蘇地域の豪雨）を常に監視し（**広域監視**）、過去に起こった災害の特徴を把握しておく必要がある。

43 講演会のまとめ

難しい気象学の知識がなくても、天気図、気象衛星画像、気象レーダー等に含まれている視覚的な特徴を理解することによって、豪雨の発生を予め推測することは可能

○個人で我が身を守ること（自助）に活用

○防災担当者のスキルアップに役立てる

市町村の防災対応について

○過去の経験・教訓（その他の市町村も参考）に基づいて、防災対応能力の向上

○気象や河川に関する知見も理解できる防災担当者の育成（防災プロフェッショナル：部署を転々とする人材ではない）

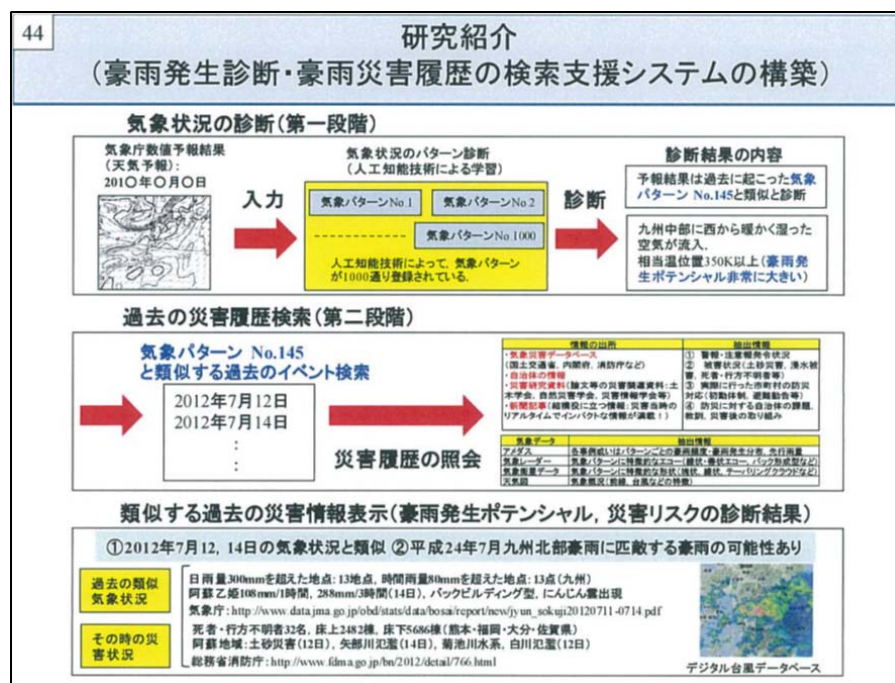
○自分の住む地域の真上の情報だけで判断しないで、周辺で起こっている気象（200～300km以内）や河川の状態（50km以内）を事前に把握する。

向上するようなことをしっかりとやっていく必要があるし、また、気象だけでなく河川の専門家も含めてきちんと議論し、いろんな知識を普及することも必要です。そのような知見を防災担当が受け入れ、理解することも大事です。

公務員の世界では、防災のプロフェッショナルになり難く、2、3年あるいは数年で部署が変わっていくのですが、防災に関してはプロフェッショナルが一人でもいるとすごくやり易いのではないかと思います。そういう能力を持った人材が必要だと思います。

最後に何回も言いましたが、真上の情報だけではなく、周りの情報も見てください。熊本市は熊本市の情報だけでなく、その上流にある阿蘇市の情報も見ましょう。阿蘇市の情報が最終的に熊本市の災害を引き起こしている訳ですから、そういう意味では広域に監視してゆくことが大切です。

○ 講演はこれで終わりですが、最後に私の研究について少しご紹介します。



一つは、降雨の発生診断を行っています。どういう気象条件だったら豪雨が発生するかを確率的に見てゆこうという研究です。

もう一つは、過去の災害履歴を検索して今後の防災に役立てる研究を行っています。こういう気象条件では大雨が降る可能性があるかと判定するだけでなく、昔も同じような気象条件が10例、20例とあるのです。それを引き出してくると災害が起こった事例が数例あり、そこには自治体がどんなことをしてきたのかの災害履歴があります。今、九州大学では、過去の災害アーカイブを作っていて、過去の自治体がどんな対策を立てて、どういう対応をしてきたのか、

気象情報だけでなくそういったものも含めてアーカイブを作っています。膨大な気象情報や災害履歴をうまく利用するためには、検索支援システムを作っていくことが大事で、今その研究を行っています。

最後にもう一つ、人工降雨、雨を降らせる研究をやっています。これは、冬場の11月から2月の期間に、液体二酸化炭素を雲の下に少量撒いて、人工的な雨を作る実験で、現在、防衛大学校と防衛省海上自衛隊と一緒に飛行機を使ってやっています。以前、単独のエコーを作ったことがあります。いずれ人工降雨による水資源の確保ができると思いますが、私が現役のうちはまだ無理で、中長期的な課題としてやっています。

最後に今日の講演の内容とか、研究内容について、小さいことでも構いませんが、分からない点があれば私のところにメールなり、電話なりしていただければ対応いたします。

私の研究者要覧の記載アドレスにアクセスして頂ければ、研究情報があります。今後、豪雨がどういうものか広く知識を普及する必要もあり、ご要望があればどこにでも出向きますので、今後ともよろしく願いいたします。

丁度時間となりました、ご清聴ありがとうございました。

46

講演内容・研究等の連絡先

西山浩司

〒819-0395 福岡市西区元岡744 伊都キャンパス ウェスト2号館 9階948号室
九州大学大学院工学研究院環境社会部門 092-802-3428(電話, ファックス)

e-mail : nisiyama@civil.kyushu-u.ac.jp

研究者要覧 : <http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K001339/index.html>