

「気候変動時代の防災・減災 ～人を動かす情報～」



長谷川 直之（はせがわ なおゆき）

一般財団法人気象業務支援センター調査役（元気象庁長官）

1983年 東京大学理学部卒業、気象庁入庁、1988年 世界気象機関（WMO）事務局（スイス・ジュネーブ）技術協力部派遣、1990年 気象庁予報部数値予報課、2002年 国土交通省総合政策局環境・海洋課都市交通環境・エネルギー対策企画官、2013年 気象庁総務部企画課長、2015年 気象庁仙台管区気象台長、2016年4月 気象庁地球環境・海洋部長、2017年 気象庁観測部長、2019年 気象庁予報部長、2020年 気象庁気象防災監、2021年 気象庁長官、2023年1月 気象庁退職、2023年6月 現職

【この講演は、令和6年5月28日の令和6年度初任行政研修において行われました。】

長谷川と申します。よろしくお願いします。

皆さん、いろいろ言われている中でよくぞ国家公務員になっていただきました。口の悪い人は「ブラック」だとか、いろいろ言いますが、そういう部分にもだんだん光が当たってきて、これからの人は、もっと良い環境で仕事ができるようになると思います。ぜひ、国のために、みんなのために仕事をしてもらいたいと思います。

私は1年半前に気象庁を退職して、今民間の団体で仕事をしていますが、国の機関から来た人は、コスト意識が甘いと言われます。民間に行ったら民間に行っただ、そこでしかできない仕事もちろんありますが、国の機関には、国の機関でなければできない仕事がたくさんあります。コスト意識は確かに甘いかもしれませんが、その分、思う存分、人のためには何が一番いいのかということを考えられる、というものすごい大きなメリットがあると思っています。この間テレビで、最近の若い人は3年ぐらいしたら転職しようと思ってる人もいるといっていましたけど、行政府も良いところですので、その良さが見えるまでは、ぜひおつき合いいただきたいと思っています。

私は、気象庁に入ったのが1983年で、最初は仙台管区気象台予報課でした。最初から天気予報を出せるわけではないので、まずは雨が降っているところは緑色などと天気図に色を塗るのが私の仕事でした。もう1つは電話番号です。報道から、「今、気温何度ですか」という電話がかかってきて、「何度です。」って答えるようなやりとりはいいんですけど「お前、昨日雨が降るって言っただろう。」と、こういう電話が結構ありました。天気が良いと言っていて雨が降ったら叱られるのは分かります

が、雨が降ると言っていて晴れた時にも怒られました。この人はペンキ屋さんで、朝、今日雨が降るからっていうんで、もう職人さん全員帰しちゃった。そうしたら、どんどん雲がなくなって、いい天気になってきちゃったというわけです。

当時、気象衛星「ひまわり」がまだ新しかったんです。今、観測してる衛星は「ひまわり9号」です。当時は、一番最初の気象衛星が観測したところでした。「お前ら、高い『ひまわり』買ったんだろう。何やってんだ！」というわけです。こういう電話が結構きついです。ある時、当時の技術部長と酒を飲んでいて、「どうだい？」と聞かれたので「楽しくやっています。ただ苦情電話がキツイです。」と言ったら、「長谷川、お前はまだ天気予報も出せないくせに。そういう電話を取ることもお前の仕事のうち、給料のうちなんだ。」と言われました。これは、なるほど、と思いました。

民主主義国家の行政府なので、常に私たちがやることは批判にさらされているわけです。私たちの仕事というのは、常に、駄目出しされる仕事なんだということでもあります。今日は、少し駄目だった仕事の話もしますが、でもそれでもいいんだと、今は思っています。1億人の人すべてにとって100点という答えなんかもちろんないわけで、何かやればそれで少し不利益を被る人もいるかもしれないし、もっと良いやり方を考えつく人もいるかもしれません。

気象庁は気象情報を出すのですが、その情報の出し方も、いろいろなやり方があります。その中で最善のものを選んでいるつもりですけど、なかなかうまくいかないこともある。それはもちろん批判されるんですけど、それでいいんだと思うのです。これを開き直ったみ

たいに思われても困るんですけど、批判をされながら改善してって、情報そのものが、社会に育てられていてという感覚に、最後はなりました。そんな話が今日はできたらいいなというふうに思っています。

国の防災と気象庁の役割

気象庁について、まずお話しておきたいと思います。気象庁は、天気予報はもちろんやっていますが、一番大事な仕事は防災です。台風が来たり、集中豪雨があっても、人が亡くなったりしないようにするのが気象庁の一番大事な仕事です。

国全体として防災の対応をいろいろやりますが、私たちが気象状況を見張っていて、気象に何か変化があって災害が起きそうだということを予測するのが一番最初で、そこからすべての災害対応が始まっていきます。

防災で一番大切なのは人の命を守ることです。そのために一番基本となるものは、避難指示です。その避難指示を出すにも、気象が今後どうなるかがわからないといけないので、そういう情報を気象台から各自治体に伝え、避難指示は市町村が出します。災害対策基本法により、日本では、住民への避難指示は市町村が行うことになっています。特に大規模な災害時に、市町村の判断でいいのかという議論もありますけども、今は法律としてはそうなっています。その市町村が、避難指示を上手に出せたり、それを聞いた住民が上手に逃げられるようにするために、気象庁の人たちは一生懸命仕事をしています。

昨日J-ALERTがあって、そのニュースの中でも緊急参集チームを招集して情報共有をやっているという報道が流れたと思いますが、自然災害の時もこの緊急参集チームが招集されます。気象庁の気象防災監はそのメンバーです。また、政府の災害対策本部もあって、そのような枠組みのもと、関係省庁とみんなで連携しながら防災をやっています。例えば、台風が来てすごい被害になりそうだ、ということになると、気象庁から各省庁の皆さんのところに連絡事項というのを出します。これを受け取った各省は、何をしなければいけないかを考えていきます。また、内閣府の防災担当は、では対策会議を招集しましょうか、みたいなことを相談していくという流れになっています。それが中央政府の動きですね。

地方でも、台風が来て洪水で大変な災害になったというときなどに、その自治体に災害対策本部というのが必ずできます。そういうところに気象台の人が「明日になるとヘリが飛べなくなるから、今日中にやれることを

やっておいた方がいいですよ。」というようなことを助言します。1月に能登半島で地震がありました、あということになると、その気象がどうなるかが現地の大きな問題になります。そこで、10年前ぐらいに始めた話ですけれど、現地の気象の状況をわかりやすく伝えられるようにポータルサイトを作ったり、特別な情報を載せたりということもやっています。

何年か前に熱海で土砂災害があったのを覚えていますか。これはその時の政府の非常災害対策本部の様子です。

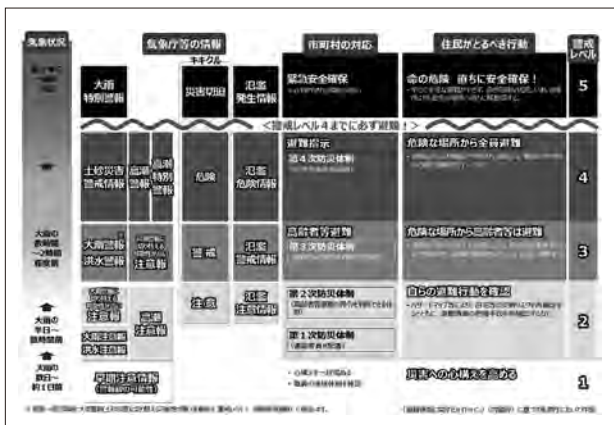


当時は菅総理大臣です。私は閣僚ではありませんが、閣僚級の会議に呼ばれます。まず、気象庁から気象がどうなっているか、説明が求められます。緊急参集チームも同じで、集まるとまず気象庁が、今回の地震はこういう地震ですといったことを説明して、そのあと各省がそれを受けてどう対応しているか説明するという流れです。緊急参集チームは大変で、メンバーである気象防災監は、危機管理宿舎に入っています。例えば、地震が起きると30分後には会議開始です。気象庁が一番最初に説明をしなければいけないので、いつでも、30分以内に会議室に行って、資料を見て状況を説明できるようにしないとけません。

気象庁からの防災気象情報

先ほどお話しした避難指示や高齢者等避難の情報をわかりやすくするために、警戒レベルというものが導入されました。テレビのニュースでも「レベル4になりました。」などと言っているのを皆さん聞いたことがあると思います。この警戒レベルについて説明します。

台風が来ると、2、3日前ぐらいに、気象庁が「すごい台風が来ますよ。」と情報を発信します。



台風が近づき、雨が降り始めたぐらいのところで、注意報とか警報とかが順番に出ていきます。大雨警報というのはレベル3に相当するとされています。レベル3に相当するというのはどういうことかというところ、市町村が高齢者等避難という情報を出す状況なのですが、その前に避難指示について少し説明します。

以前は、避難勧告と避難指示の2つがあったんですけど、ややこしいということで一本化されて、今は避難指示1つになりました。避難指示が出たら、皆さん逃げてください。全員が必ず逃げるという意味ではありませんが、危ないところにいると思ったら逃げてください。例えば、私は6階建てマンションの6階で、鉄筋コンクリートで、しかも周りには何も危ないものもない、うちにいるのが一番安全ですという人はいいますが、裏に山があって土砂崩れが起きるかもしれませんとか、すぐ目の前が川でうちは1階なので、水がきちゃうかもしれませんという人は、避難指示が出たら逃げるんです。

そうは言っても、私は車椅子でなかなか逃げられないんです、高齢者で寝たきりで逃げられないんです、逃げるために誰か迎えに来てください、という人たちがいます。そういう人たちは避難に時間がかかるので、切羽詰まった状況になる前から逃げてください、という段階がレベル3です。このレベル3に大雨警報が相当しているのです。だから、大雨警報が出ると、自治体の人たちは、气象台から大雨警報が出た、ということは高齢者等避難を出さなきゃいけないんだな、じゃあどこの地域に出そうか、どういうふうに伝えようか、どこの避難所を開けようか、ということを考えなければいけない段階ということになります。

土砂災害に関して言うと、レベル4になると土砂災害警戒情報というものが出ます。雨がどんどん強くなっていき、これが出たらレベル4。レベル4は避難指示が出るレベルだから、土砂災害警戒情報が自分の住んでいる

町に出たら、これはもう間もなく避難指示が来ると思ってください。そういう仕組みになっています。

さらに、特別警報というのがあります。特別警報が出たときはレベル5ですから、おそらく災害がすでに起きていますので、そうなる前に逃げなきゃ駄目なんです。まだ自分が生きているのであれば、命を守る最善の行動を取るしかない。屋根に上ってでもいいから、とにかく自分の命を守る、そういう状況になるということです。

こんなふうに、気象庁の情報と避難が、警戒レベルで結びつけられています。実は、これは最近になってできた仕組みです。今日は、その仕組みが出来上がった経緯を、平成16年にまでさかのぼって、そこから説明します。私は、平成16年に初めて防災担当の調査官になって、予報部業務課というところで仕事をしていたのですが、その年に台風が10個も来ました。その前に「平成16年7月新潟・福島豪雨」というのがあって、さらにその直後に平成16年7月福井豪雨があって、台風の後は、新潟の中越地震があって、最後12月にインドネシアの大津波。平成16年はそういう年でした。

平成16年の水害の死亡者は200人を超え、6割以上が高齢者でした。政府として放っておけないということで、検討会が立ち上がり、調査、検討を行うことになりました。いろいろ調べてみると、当時、避難勧告というものもありましたが、避難勧告や避難指示がいいタイミングで出ていない。また、勧告や指示が出ていた町に住んでいた人も逃げてないということがわかって、ではどうするか、ということになりました。

市町村の立場からすると、どういうときに避難指示を出していいかわからないということでした。では、「こういうことになったら避難指示を出します」、と前もって決めておき、それを避難情報の発出マニュアルとしてまとめておいたらいいでしょう、と考え、国からそういう指示を出しました。それだけでは市町村は大変なので、例えばこんなふうにマニュアルを作ったらいいですよ、というガイドラインを、内閣府を中心に政府で作りました。

さて、気象庁は、自分たちの情報はこういうことのために出していると信じているので、例えば「大雨警報が出たら、こういうふうにしましょう」と、ガイドラインにも書いて欲しかったんですけど、それはいろいろなプロセスの中で却下されました。我々としては結構なショックで、何とか入れてくれないかと言って、参考情報のリストの中には入れてもらったんですけど、「これが出たらこう」というふうにはしてくれませんでした。その時の理由の一つとして予報精度が低かったことが挙

げられました。ですので、そこから巻き返しを図りました。まず予報精度を上げましょう、と。

予報精度の向上

そもそも皆さん、天気予報をどうやって出しているか知っていますか。技術としては3つで、1つは、理詰めでこうなるはずだ、と計算で出していくやり方で、これを数値予報といいます。これが基本的な予測のデータになります。

もう1つは、過去こうだったからこうなるはずだと計算していくやり方です。最近AIという言葉が流行り始めたので、気象庁もAIをやっています、と説明することもあります。

それからもう1つは予報官の予報です。予報官が、「そもそも気象っていうのはこういうふうに動いていくはずだから、こうなるに違いない」、「こういうふうに、数値予報では計算されているけど、これはちょっとおかしいんじゃないか」と考えて少し修正したりします。今すでに雨が降っていて、ここでこれだけ降っているんだったら、その数値予報やAIの予報は、少な目で、もうちょっと多く降るんじゃないか、みたいなことをやっていくやり方もします。また、予報官は、警報などをどのタイミングで出したらいいかも考えています。

大きくわけて、この3つの方法で予報をしているわけです。

急に空が暗くなってこの後、雨でも降るのかなあと思ったら、スーッと晴れてきたりして、一点で見ていると、空模様というのは非常に混沌としていて、よくわからないですね。ところが、気象衛星などを使って少し離れたところから全体を見ると、よく言われているように天気は西から東に向かって動いていっていたり、雲が渦を巻いていたりということが見えてきます。気象の変化は混沌としていて、神様がサイコロを振っているように見えるけれど、よく調べてみるとちゃんと物理の法則に従っているんです。皆さん、高校の時に $F=Ma$ っていうニュートンの力学の法則とか習ったでしょう。ああいう法則に従って動いているんです。天気として起きていることは、そういう法則を使って全部説明できるということがわかってきたんです。それならば、その法則を使って、数字を入れて計算していけば、天気予報ができるんじゃないかといって始めたのが数値予報です。

日本の政府で初めてコンピューターを買ったのは気象庁で1959年です。数値予報というのは何かというと、今で言うシミュレーションですね。気温がどうなるか、

風がどちらに向かっていくかを物理法則に従って計算しています。そのためには、すごいたくさんの計算をしなければいけないんです。したがって、スパコンの性能がかなりの部分、予報精度を決めているところがあります。この数値予報の予測データをAIにも入力しますし、予報官も使いますし、民間の気象サービスなんかも使っています。

予測の計算ができることはわかったけど、一番最初のところは観測で確かめるしかありません。温度計、気圧計などによる気象観測データを世界中から集めてきています。どこの国の天気予報にも世界中のデータがいるんです。インドの人は、インドの天気予報をするのに、インドだけでなく、日本のデータも必要ですし、ヨーロッパのデータも必要です。日本も同じで、世界中のデータを使わなければならないのです。

上空の温度を測るために、温度計などがついている風船を飛ばします。風船がずっと上がっていき、上空の温度を計ってくれるんです。輪島の上空5000メートルではマイナス40度になっています、なんていう天気予報の解説を聞いたことがあると思いますが、上空の様子は天気予報にとって重要です。この風船を使った観測を、世界中で1日2回、日本で言うと、9時と21時にやっています。世界標準時の0時と12時です。そういうことをみんなで行うって最初に考えた人はすごいなと思って、そういう仕事がしたいと思ったことが、私が気象庁に入るきっかけとなりました。

スパコンの性能は年々上がっています。それを使いこなす人々の技も上がっていきます。観測データも充実してきていて、例えば衛星がどんどん良くなってきています。それで、気象の予測精度が上がります。台風の予報の誤差は下がり、大体1日後の台風の位置の予報誤差が100キロ以内にほぼ収まるという感じになってきました。

また、降水短時間予報という予報があります。そのうち、2時間後3時間後の雨量予測の精度もよくなってきていて、どれくらい当たっているかということ、この指標で大体0.5という値です。この指標がちょっと難しいんですけど、いわゆる倍半分ということで、30ミリの雨が降る予報の場合、15ミリから60ミリの間に収まるくらいに精度が向上してきました。

防災気象情報の改善

予測技術は上がってきましたが、その情報の出し方が問題なんです。大雨警報はどんな時に出すのか、大雨警報の他にどんな情報があるのか、そういうことも考えて

いく必要がありました。

平成20年までに全国で開始したのが土砂災害警戒情報です。この情報は、気象庁だけではなく、気象庁と国土交通省の砂防部が話をし、各地域にある気象台と県の砂防部局とで共同発表するという形にしました。そうすることで、雨が何ミリ降るということだけではなく、土砂災害がどれぐらい起こりやすいかということもわかります。そして消防庁にも協力してもらって、避難に必要な情報としてどういうふうに作っていくかということを検討して、この新しい情報ができました。

大雨警報などの対象地域について、昔は例えば、「〇〇県東部に大雨警報が発表されました。」みたいな言い方でしたが、それを〇〇市とか〇〇町に警報を発表という言い方にしました。

平成25年には特別警報を作りました。平成23年の東日本大震災の年の夏、台風が来て、紀伊半島で2000ミリというものすごい雨が降りました。その時にはもちろん大雨警報をあの辺り一帯に出し、更に土砂災害警戒情報も出しました。もうこれ以上出すものがないんですね。それでもまだ雨が強まっているという状況です。それでもまだ避難しなかった人たちがいるんです。じゃあどうしますか、ということが課題になっていました。

日頃の大雨警報とか、土砂災害警戒情報とかを更に超えるような雨の時にらせる情報を作りたいということで作ったのが大雨特別警報です。この時には、そのための法律改正もしました。

特別警報の導入の年、伊豆大島にもものすごい雨が降って、相当な規模の土砂崩れがあったんです。町に土砂が流れてきて、39名の死者・行方不明者がいるという状況です。土砂が下ってきたところにあった建物はもうほとんどやられました。

この時、特別警報が出なかったんです。ものすごい災害が起こるときには特別警報を出すと言っていたのに、特別警報が出なかった。これは怒られました。そのために法律改正して特別警報を出すとしたんだろう、お前らが殺したんだからな、と言われました。

実際すごい雨で、記録になるような雨でした。注意報、警報、土砂災害警戒情報はもちろん出していました。さらに言うと、気象台の職員が「大変なことになっていますよ。」と自治体の担当者に電話もしています。特別警報は出してはいないものの、やるべきことはやっているということなんです。

それでも、特別警報が出なかったのはどうしてなのか。特別警報はすごい状況の時に出すものなので、甘くみられたら困るんです。「また出ているけど、どうせ大

丈夫」ってというような情報になったら困るんです。だから、本当に危ない時にしか出さないようにしよう。つまり、確度を高く出すべきだということで設計した情報です。

気象の予報というのは、一般的にピンポイントでここだけっていう現象に弱いんです。大島の「この場所だけ」という予測は難しいです。もっと広い範囲でものすごい雨になるというのは当てやすいんです。我々の基準を使って5キロ×5キロの升目で雨を監視し、10個の格子でやばくなったら特別警報を出しましょうと決めていました。



でも、この時の雨は極めて局地的なものでした。それに、大島には升目が9つしかないんですね。このため、基準に達しないので特別警報は出しませんでした。これがいかに悪いか議論があると思いますけど、我々としてはそういう技術の限界だったということです。

では、大島みたいなところで次に同じような雨が降ったらどうするんだ？と聞かれても、特別警報は出せませんでした。これはもう技術の限界なのです。じゃあどうするんだということで行ったことが、そもそも土砂災害警戒情報は避難指示に相当するので、それで逃げてください、特別警報を待たないでください、という周知です。

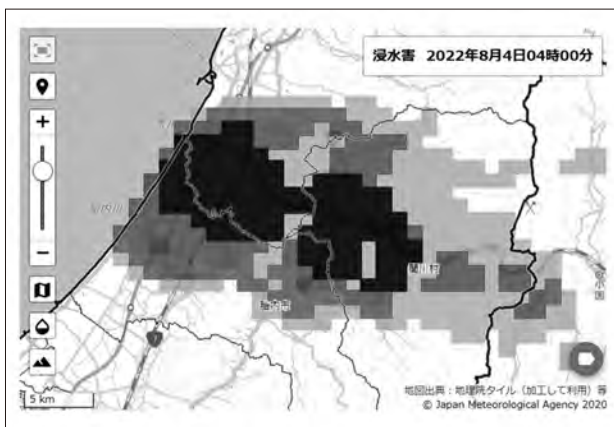
もともと、本当に危ない時には特別警報を出しますと言いましたが、それまでは安全だとは一言も言っていません、というのが我々の言い分だったのです。特別警報を創設するために法律改正した時、私は企画課長でした。それで、時の長官が「法律が成立したら記者会見をやっておけ。」というものですから、特別警報を新たにやりますという会見をしたんです。その時、自分で言ったのでまだよく覚えていますけど、特別警報っていうのは、本当に危険な時にします。それが出たらとにかく必死になって命を守ってくださいという話をした後、最後に、「記者の皆さんにお願いがあります。特別警報が

出ていないからといって安全ということではありません。これまでどおり、段階的に情報を発表するので、それをしっかり伝えて早めの避難を促してください」というようなことを言ったのです。しかし、そんなことをいくら企画課長が特別警報の運用開始前に記者会見で言ったって駄目です。そこで、もう一度、特別警報を待たない！という周知をしなければいけないということで、一生懸命やりました。

先ほど少し話しましたが、ホットラインと私たち呼んでいますけれど、自治体に電話をして、ちゃんと状況を伝えるという取り組みを、特別警報が出にくい島しょ部で強化しました。例えば、大島で1点の格子だけでも特別警報の基準を上回るような雨になったら、「特別警報になるような雨になっていますよ。」という電話を市町村長さんにします。要は特別警報を出すか出さないかじゃなくて、住民が避難するかしないかが問題なので、それに対応できるようにしていきましょう、ということで、この取り組みは、その時すぐに始まりました。

そのあと時間が経って技術がどんどん進み、5キロメッシュで雨の監視をしていたのが、今は1キロメッシュで監視をするようになりました。引き続きやっぱり10格子ぐらいないと確度の面で心配なので、特別警報を出すのは10格子としています。大島で同じことが起こったら、1キロメッシュならば10格子どころではなくて、たくさんの格子で基準を超えることになるので、今では大島にも特別警報が出ます。

特別警報の問題が1つ波を超えた後も、引き続き情報の改善はいろいろやっています。キキクルって聞いたことありますか。こんなやつなんです。



ちょっと前までは大雨警報の危険度分布という名前でしたが、有識者から漢字5文字以上は流行らないから、なんかいい名前をつけたほうがいいと言われて、全国で

公募することになりました。鹿児島の中学生在が「キキクル」っていう名前を考えてくれました。キキクルでは、1キロメッシュでどこが危ないかがわかるようになっていきます。

2022年に山形で集中豪雨がありましたけど、黄色がちょいヤバ、赤はヤバ、紫はすごいヤバ、黒はもう手遅れ。土砂災害、浸水害はそういう風に色が塗ってあります。洪水は川ごとに色を塗ります。要は紫のうちに逃げてくださいということなんです。黒になるまで待っている人はもうどうなるかわかりませんよ、ということです。

もう1つが早期注意情報というもので、警報級の雨になる可能性が高いか、そうでもないけどあるか、あるいはないかっていうことを時系列で示して、早めに対応してくださいということをやりました。

このように情報を発表し、ホームページに掲載したり、報道機関に伝えてもらうなどいろいろやりますが、それだけではなく、人と人とのコミュニケーションが大事です。気象台長が市町村長に、おたくの市は危ないですという電話もします。記者会見もします。

災害が起こった時に、気象台から災害対策本部に人を出して、解説もします。

また、気象台長が市長のところに急に電話をかけても、そもそも電話をとってくれないので、とにかく日頃から仲良くしておくことも仕事です。広報も、ワークショップもやります。ワークショップでは、昔この町でこういう災害被害がありましたよね、ということを思い出してもらい、気象台は何時何分にこの情報を出しました、その時あなたたちは何をしますか、ということ みんなで考えてもらいます。こういうことを行っておいて、いざという時に、ちゃんと危機感が共有できるようにしています。

線状降水帯

線状降水帯を知っている人？（手を挙げる人多数）。キキクルより有名なんですね。昨日、線状降水帯が発生するかもしれないという情報を気象庁が出しました。去年までは、線状降水帯が発生するかもという情報は、例えば「四国では」みたいな言い方をしていましたが、今年からは、何県と何県が危ないですっていう県単位で言うようにしました。これも技術が進歩した成果です。

線状降水帯とは何か。令和2年7月豪雨というのがありました。熊本県人吉盆地を流れている球磨川という川があります。その川が氾濫して、土砂災害もあって、大

きい被害になりました。

どれぐらい強い雨が降っているかということを動画で見ると、やばい雨雲が入ってきて、1個1個は東に抜けていっているんですけど、西からまた同じようなところに入ってきてますね。だから雨が降り止まないんです。

皆さん、夏の夕立でずぶ濡れになったことがあるでしょう。雷が鳴って雨が音を立ててバタバタ降るけど、1時間ぐらいすれば止んでしまう。それが夏の夕立です。それは積乱雲というんですけど、その積乱雲が1個バーッとでき上がってすごい雨を降らせて、雲が消えていくのに大体1時間です。

ところが、この線状降水帯というやつは、それ1個1個は、1時間ぐらいで消えるし、そもそも動いていくんだけど、次から次へと同じところへその積乱雲が入ってきちゃうんですね。だから、同じところで雨が全く降り止まない。例えば、1時間80ミリというと、下水が逆流するところはあるし、床下浸水なんかもあるかもしれないというような大雨です。その80ミリの雨が3時間、4時間続くと、これはもう大変なことになります。これが線状降水帯です。

線状降水帯という名前は、1個1個の積乱雲による雨を全部足したら、細長い形になり、これが線状だということでした。50ミリを超えるような、たまに80ミリとか、場合によっては100ミリに達するような雨が、なかなか降り止まないで数時間続きます。

線状降水帯は地球温暖化で最近になってできるようになったんでしょう、とよく言われるんですけど、そういうことはありません。私が気象庁に入った1983年にも島根県で集中豪雨があって、この時の雨の様子を今から振り返ってみると、多分、線状降水帯です。けれど当時は、線状降水帯という名前がなかったんですね。気象研究所の研究官が言い始めたようですが、その人たちが使い始めたのが多分1990年代だと思います。気象庁が、外向きにこの言葉を盛んに使うようになったのが平成26年です。平成26年に、広島でこの線状降水帯による大きな災害がありました。広島市安佐北区とか安佐南区というところで、斜面に沿って住宅街ができていたところの上にある斜面が崩れて、住宅地が土砂に押し流されてしまったんです。その原因が線状降水帯による豪雨です。この時に何が起こったのかを説明する中で、気象庁の人が、線状降水帯という言葉を使いました。そしたらマスコミさんもすごい反応が良くて、線状降水帯という言葉をどんどん使いました。次第にこの言葉が有名になって、ある年、流行語大賞にノミネートされました。

問題は、この線状降水帯は予測が難しいということだ

す。先ほどお話ししたように、気象の予報は大きなものほど、大体こうなっているっていう感じのものの方が得意で、線状降水帯みたいに小さいやつはなかなか予測が難しい。小さいから難しいのが1つの理由です。

もう1つは、なぜこの形になるのかということです。積乱雲が何でこうやってみんな凝り固まってこういう形になるのかということがまだちゃんとわかってないんですね。先ほど物理の法則に従えば計算できると言いましたが、どういう理由で、というところが綺麗には説明がついてないので難しいんです。

予測が難しいなら、線状降水帯ができた時ぐらい素早く伝えよう、ということで令和3年に情報提供を始めました。線状降水帯が発生した時に、ここにできていますよと雨量の図にマルをつけてホームページに載せ、「顕著な大雨に関する情報」というものを出して、報道機関に伝えて、テレビに流れるという形にしました。

線状降水帯ができた時は、もうすでに2時間3時間の雨が降り続けている状態なので、「顕著な大雨に関する情報」が出てから何かしようといってもなかなか難しいですが、その後もまだ続く可能性があるという意味では危機感を伝えるのにいいだろうという趣旨です。何よりも、線状降水帯は危険なもの、恐ろしいものとみんな思っているんで、その言葉を出せば、避難を迷っている人もさっと逃げてくれるんじゃないかという期待もあって、この情報を始めました。

線状降水帯を事前に予測できないかと、ありとあらゆることをやって予測精度を上げてやり始めたのが線状降水帯予測の情報です。令和4年から始めました。線状降水帯を当てるために、例えば水蒸気の観測を強化するか、いろいろなことをやりましたが、私が非常にありがたく思っているのはスパコンの富岳を使わせてもらったことです。気象庁もスパコンを持っていますが、富岳はもっとすごいわけです。それを使わせてもらって、開発もやったし、実際の予測計算もやらせてもらって、何とか線状降水帯予測の情報ができるようになりました。

特別警報のときの経験もありましたので、どの程度の実力かを公表しようということになりました。精度はあまり大したことはなくて、4回に1回しか当たりません。また、見逃すこともあって、線状降水帯が3回発生したら、そのうちの1回は事前に当てるけど、2回は予測できません。その程度の実力です。この精度で発表するのちょっと悩みました。

まず、空振りが多いので甘く見られるんじゃないかというのも心配ですし、見逃しが多いので、この予測情報を待たれると酷い目に遭う恐れもある。だけど、こうい

う精度などをちゃんと伝えて、皆さんにこの情報の実力をわかってもらっていただければ、必ず役に立つと私は信じたので、これにゴーサインを出しました。

4回に1回しか当たりませんと言いますが、実際は、残りの3回もすごい雨にはなっています。昨日、線状降水帯になるかもという情報が出されましたが、今のところまだ線状降水帯はできていません。それでも、3時間で100ミリを超えるような雨になっていて、おそらく被害も出ていると思います。それが線状降水帯の定義に当てはまるのかというと、それは外れですけども、十分注意喚起に値すると思います。先ほどからお見せしているようなキキクルなど良い情報がたくさんあるので、これとしっかり併用してください。まだ赤（4段階の上から3番目）だと言っても、線状降水帯が本当に発生したら、あっという間に紫（4段階の上から2番目）になって、黒（4段階の上から1番目）になりますから、そういう可能性があると考えて警戒を一段高めてくださいということを説明して、何とか使っていただいています。

この取り組みがどうだったのかは後の人が評価してくれると思います。けれど、線状降水帯という言葉がある程度通用するようになって危機感が高まりました。それなりに対応を取っている人たちがたくさんいます。そういう意味で、効果はあるんじゃないかなと思っています。

今後も観測をしっかり行い、スパコンも新しくして精度をどんどん上げていきます。

一番期待しているのが次の衛星で、令和11年度から次のひまわりを使います。今はひまわり8号と9号が使われていて、9号が観測をしていて8号がそばに控えています。去年の暮れあたりに8号と9号が交代しました。これをあと5年使います。その後の衛星を今作っています。この衛星がすごくて、水蒸気とかが3次元でわかるんです。今は写真を撮っているような感じで平面でしかわからないんですけど、今度の衛星は3次元でいろいろなことがわかるので、線状降水帯の予報も相当良くなると思います。そうなれば、今度は市町村単位でキキクルみたいな感じで、うまく予報ができるんじゃないかと期待しています。どういう形の情報にするかというのはこれから考えますが、そういう計画を持ってやっているところです。

正常化バイアス／同調バイアス／オオカミ少年

ここから今までと少し違った話をします。避難しなけ

ればいけないのに、避難しないという人がたくさんいます。避難しなかった理由として、「前の台風の際は大丈夫でした。」「自分だけではなくて他の人だって誰も避難してない。」「せっかく避難しても結局何もないかもしれない。」「どうせまた外れるに違いない。」といったことが上げられます。あと「自分だけは大丈夫」。何の根拠もないのにそう思う人もいます。

避難すべきだったのになぜ避難しなかったのかを助かった人に聞くと、特に「どうせまた外れるんだ。」とか「自分だけは大丈夫。」とかいうことを言う人たちは正常化バイアスがかかっています。人間は誰でもリスクを過小評価しがちです。「そうは言っても大丈夫なんじゃないか。」と思いがちだということです。

家を流されちゃいました、命からがらで逃げました、という状況の人にテレビがインタビューに行くと「まさかこんなことになると思いませんでした。」ってみんな言うんですね。こういうことになりますよと、気象庁としては言っているつもりなんです。土砂災害が起きます、浸水します、浸水というのはあなたの家に水が来るってことですよと。だけど、「まさかこんなことになると思いませんでした。」って言うんですね。これが正常化バイアスです。

また、同調バイアスというのがあります。みんなが逃げるなら逃げてもいいか、みたいな感じです。私は報道の人と避難する人が少ない問題について話することがあります。その時、お願いだからガラーンとした避難所の映像を映さないでください、むしろ「みんな逃げてきています、どんどん逃げてきていますよ。」という映像を流すようにしたらみんな避難してくれるんじゃないですか、とお願いしています。

それから、オオカミ少年という心理があります。イソップのオオカミ少年の話は知っていますよね。どうせまた違うに違いないってやつですね。この間も外れた、その次も外れた、だから今回も外れるだろうっていうやつです。

こういう人の心理に何とか抵抗して避難をしていただかなければいけない。気象庁や自治体や国土交通省などは避難のための情報を考える際、こうしたことを考えます。

避難に対する基本姿勢

対策の1つは、スイッチを決めておくことです。例えば、自治体で避難指示を出すマニュアルを作り、こういう状況になったら避難指示を出す決めておくこともス

イチです。そういう状況になったら、有無を言わずやると決めておくのです。普通の人であれば、避難指示が出たら逃げると決めておくことでもいいんです。

自分宛のメッセージというのは割合届きやすいです。例えば、大雨警報を〇〇県東部ではなくて〇〇市に出すと、その市役所の人には自分のところが大雨になると思ってもらえる。市町村名で警報を出すのは、空振りをなるべく減らすということも目的の1つでしたが、名指しの効果も期待したのです。

それから、訓練をして体に覚えさせる。そうすると、逃げられる、行動できると言われています。

いろいろ普及啓発を行っている中で、空振りとおオカミ少年の話をして「空振りを恐れず避難してください」と言っています。5、6年前の防災担当大臣も「空振りを恐れずに、皆さん災害の対策をとってください。」と仰いました。ぜひ、こういうふうにみんなが思って欲しいです。京都大学の矢守先生は「空振りではなく素振りです。避難をして、それは空振りなんじゃなくて、次にまた備えて避難の練習をしたと思えばいいじゃないか。」と仰っています。

東日本大震災の津波記憶石というところには、「100回逃げて、100回来なくても、101回目も必ず逃げて！」と当時の中学生の言葉が刻まれています。こういうふうに、空振りを恐れない文化にしていきたいと私たちは思っています。

ところが気象庁というのは空振りをするところなんです。なので、とにかく精度向上に全力を尽くす、という約束が必要です。この約束がなければ「お前が空振りしなきゃいいだけの何を言っているんだ。」と言われることになります。私は現役時代、気象庁の職員には「空振りを許容する文化を皆で築くような周知啓発を一生懸命やろう。でもその大前提として、全力で精度を上げなきゃいけない。そして空振りや見逃しについての丁寧な説明をしよう。」と言っていました。

もう1つ似たような文脈の話です。平成30年7月豪雨、西日本豪雨という名前知っている人もいないかもしれません。岡山県の実備町で、ものすごい大規模な洪水がありました。この時には、平成16年からかなり時間が経っていて、気象庁の予測の技術をそれなりに高めていたこともあり、前もってすごい水害が起きそうだということがわかっていました。情報も発表しました。それを受けて自治体の避難指示も出していました。ですけれども、逃げる人が少なかったんです。それで、「自らの命は自らが守る」と、行政としてはかなり思い切ったメッセージを出しました。ただし、その一方で行政は、住民が適

切な避難行動がとれるように、全力で支援をするということも一緒に言いました。つまり、行政任せにしないでください。あなたたちが主役なんです。でも私たち行政ができることは全部やります、というメッセージです。

これは行政府として、国民に対してそんな簡単にらせるメッセージではないです。ちょっと突き放したような感じでしょう。それでもこういうことを言ったんです。先ほど話した、気象庁が全力で精度をあげる、というのは、ここにも関係しています。

地球温暖化

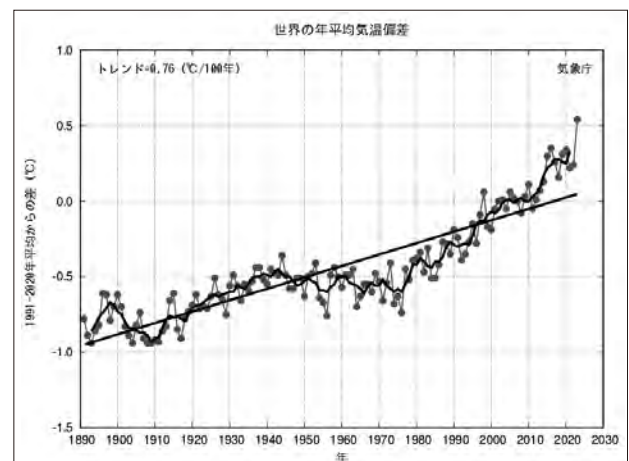
最近、「雨が激しくなった」とか「気候がおかしいんじゃないか」などと言われます。

1時間で50ミリ以上の雨のことを「非常に激しい雨」といいます。どのような雨かという、もう傘なんか全然役に立ちません。水しぶきが白くモヤァとなって歩くのも怖い、車なんか運転していたらもっと怖い。そういう状況です。ここ数十年、そういう雨が増えています。

数値予報と同じような技術を使って、将来の気候を予想すると、パリ協定で目標にしている2度上昇であっても、今世紀末に1時間で50ミリ以上の雨が今の1.6倍になります。4度上昇だったら2.3倍になります。

毎年の7月に3時間の雨量が130ミリになった件数を数えたら、ここ45年間で3.8倍ぐらい増えています。これから梅雨に入りますけど、梅雨の終わり頃はすごい豪雨が降りやすいです。線状降水帯によるものも多いでしょう。その回数がすごく増えているということです。シミュレーションの結果として、今後も線状降水帯が増えると言われています。地球温暖化のせいだというわけです。

グテーレス国連事務総長が去年「もうglobal warming



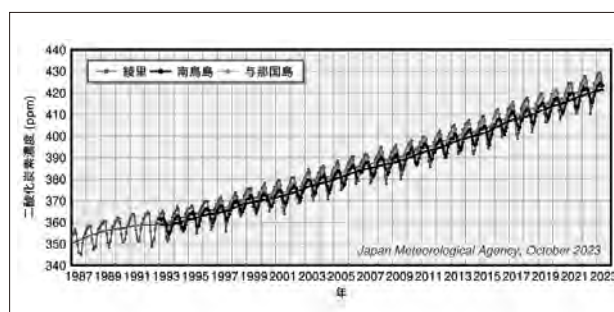
じゃない、global boilingだ。」と仰っています。このグラフは世界の平均気温の変化を表したのですが、去年の平均気温は断トツ史上最高でした。これは世界でもそうですし、日本もそうでした。世界平均に比べて日本平均はさらに上昇のスピードが速いんです。世界は0.76度／100年の上昇ですが、日本は1.35度／100年の上昇です。

何故地球が温暖化するかということを考えるために、ちょっと理科の勉強をしましょう。地球は太陽に照らされているから暖かくなります。一方で、物は置いておくとどんどん冷えるという性質があります。熱が宇宙に逃げていく。放射冷却で今夜冷え込みますと聞いたことがあるでしょう。地球の温度は、太陽から暖められるのと、放射で冷えるのでちょうどバランスがとれるようになっているんです。どれぐらい冷えていっているかというのは、温度が高いほどどんどん冷える。温度が低いとあんまり冷えない。だからちょうどいいぐらいの温度になると入ってきた熱と出ていく熱が一緒になるのですが、その温度がマイナス19度になります。だから、地球の温度はマイナス19度になるはずなんです。

ところが、大気があって、大気の中に二酸化炭素があると、地球が冷えるぞといって放射を出すんですけど、地面からの放射は大気によって戻ってくるので大気の下はもっと暖まってないとバランスがとれない。これが大体15度ぐらいです。

二酸化炭素が増えらるともっと暖まりやすくなる。これは非常に単純化していますが、本当は気候というものはもっと複雑です。例えば、雪が積もって地面が白くなると、太陽の光を反射するのであんまり暖まらなくなるんです。海も暖まった水が流れていったりするので、気候がどういうふうになっているかというのは複雑極まりないんです。

それを大体こんな感じで気温が決まっていると単純化して見抜いたのが真鍋先生です。2021年にノーベル賞物理学賞をもらっています。私たちは、気象とか気候でノーベル賞が貰えるんだということで、とても嬉しかったです。先生がやったことは、非常に複雑な気候を、大体こういうことで地球の温度が決まっているに違いないという仮説を立てて大気の温度がどうなっているかを計算してみたところ、現実とほぼ合っていたということです。試しにCO₂を2倍にして実験してみたら、2度上がった。これを論文に書いたということです。単に地球温暖化を予言したからノーベル賞をもらったのではなくて、複雑な気候のシステムを、簡単に理解できるようにしたということもあって、ノーベル賞をもらったようです。

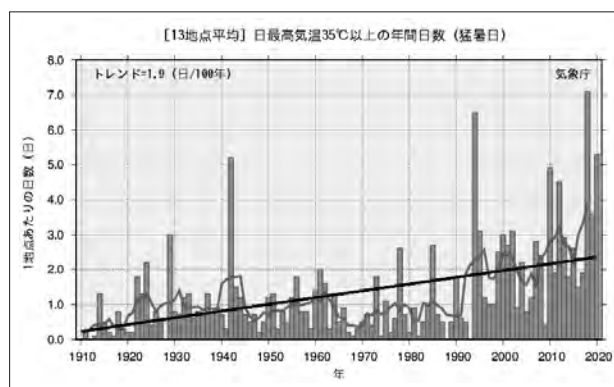


二酸化炭素はこのグラフのとおり本当に増えていきます。二酸化炭素の量は、空気を取ってきて測定します。二酸化炭素には赤外線を吸収する性質があるので、その吸収の具合を見て、これぐらいの量が入っているねとわかります。工場地帯で測ると二酸化炭素がいっぱい出ているので良くないんですね。世界で大体どうなっているかということが知りたいので、なるべく人里離れたところで計測したいんです。この条件が良いとして選ばれたのが例えば南島で、とても小さい島ですが、ここに二酸化炭素を測る気象庁の施設があります。海上自衛隊と気象庁と港湾局しかいません。

世界にはこのような観測点がいくつかありますし、最近では衛星からも測れるようになったので、二酸化炭素が増えていることは間違いありません。おかげで日本が暑くなっています。先ほどの世界の平均気温が上がっているグラフをみると、すごい暑くなったと言ったって0.5度違うだけなんです。0.5度くらい大したことないじゃんと言われますが、すごいことなんです、平均値がそれだけ違うってことは。

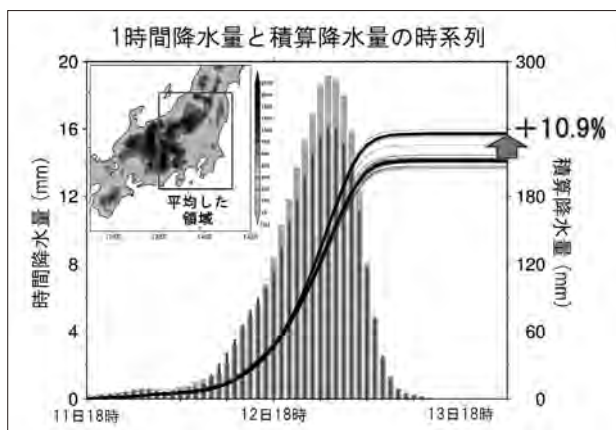
別の指標として、猛暑日(スライド)の日数を見てください。猛暑日とは最高気温が35度以上の日です。気象庁が猛暑日という言葉を使い始めたのが2007年で、今から約20年前ですね。これがすごく増えていることがわかります。同じように熱帯夜の日数も増えています。

大雨を降らせ、甚大な被害をもたらす台風が来たのは



温暖化のせいじゃないの、とよく言われます。これはなかなか答えづらいです。温暖化する前から台風は来ていて、伊勢湾台風とかもあったからです。温暖化がなかったら、台風が来ないというわけではないんです。でも、確かに温暖化って関係ありそうな気がしますね。その温暖化がこういう厳しい気象状況にどれぐらい関係していたかということが、なかなかわからなかったのですが、最近はシミュレーションの技術が発達して、もし温暖化してなかったらという状況と比べることで、温暖化の影響が定量的にわかってきました。

それを示すのがこの図で、温暖化が台風の大雨に与え



た影響を数値シミュレーションしたものです。台風自体は発生するのですが、温暖化していなければ海の水がもうちょっと冷たかったというような条件の違いで、温暖化によって大体1割ぐらい雨量が増えたということがわかるようになったんです。

台風の数は今のところはそんなに変わっていません。また、強い台風が多いでしょって言われるけれど、調べてみるとそうでもないです。温暖化が進むと発生する台風数はちょっと少なくなる代わりに、強い台風が増えるんじゃないかというのが今のところの研究の成果です。

すでにその傾向が現れているんじゃないかという地域もあります。ただ、台風の強さの変化傾向を正確に見積もるのは難しく、研究者によって少しずつ言うことが違っていたりして、台風の強さへの温暖化の影響がすでに表れているかということについては、それほど確度の高い情報ではありません。

温暖化対策

温暖化によって、台風が強くなったり、豪雨の頻度が増えたり、気温が上がったり、熱帯夜が増えたり、海面

水位が上がるということが予測されています。日本は黒潮の影響があって海面水位が大きく変化するので、水位上昇のトレンドが出にくいんですけど、世界的には海面水位がすでに上がっていると言われています。干ばつも多くなっています。雨も降るのにおかしいじゃないかと言われるかもしれませんが、極端な現象が多くなっていると思っていただけたらいいと思います。それがいろいろな影響を及ぼして、ひいては生活に影響を及ぼしていくということでこれは大問題だというわけです。

地球温暖化対策は大きく2つに分けられます。1つは、緩和策と言われていて、あまり温暖化しないようにするための対策です。

もう1つが適応策。温暖化することはもうしょうがないので、どう適応するか。例えば、防災です。雨がいっぱい降るようになったから、みんなで防災の仕事をちゃんとやりましょう。場合によっては河川の掘削をやって少しぐらいの大雨なら大丈夫なようにしましょう。ダムを上手に使って水害をコントロールしていきましょう、こういう防災面での適応策があります。それから、暑いからクールビズにするとかですね。それから、農作物。今まではリンゴが採れていたけども、リンゴが合わなくなってきたのでブドウにしましょう、とか。そういうことをやっていくということです。緩和策も同じですが、結局はライフスタイルとか、産業構造とかを大きく変えていかないと対策にはなりません。

また、ある日本のどこかの県だけ一生懸命やれば、地球温暖化が防げるかっていうとそういう訳じゃなくて、世界全体でやらなければいけないので、それは大変だというわけです。

最近、投資家とか金融が、気候リスクをマネージしていないようなところには投資しないということを言い始めて、各企業がどんどん対策を打つようになってきています。

2050年カーボンニュートラルということもみんな言うようになってきています。真鍋先生の論文が1968年です。気候変動に関する政府間パネル、IPCCという組織があって、これぐらい温暖化していますという、その時点での最新の研究を取りまとめた見解を出します。そこが設立されたのが1988年で随分前ですが、私の感覚では、今になってようやくみんな本気になって緩和策、適応策をやりだしたという感じがしています。

それには、いくつか理由があると思っています。1つは、科学の不確実性です。もう最近はいないと思いますけど、いわゆる懐疑論者というのがいたんですね。シミュレーションと言ったってどうせ雲とかちゃんとシ

ミュレーションできないでしょ、いい加減な説なんじゃないの、と。そういうことを言う人がいました。

一方で、温暖化対策をやられると困るという人たちもいます。言い過ぎかもしれませんが、ちょっと前まではいろいろなことを言って対策から逃れようとしている人たちもいたわけですね。

最初のIPCCの報告は、気候の変化を生じさせる恐れがある、というぐらいの書き方しかできず、当時の科学の力というのはそれぐらいしかなかったわけです。それが一番最近の報告書では、もう疑う余地がなく温暖化しています、それは人間の影響がそうさせていると言い切っている、というところまでできました。そうやって科学がしっかりしてきたことで対策が進んだという面が多分にあるだろうと思います。

もう一つの理由として、対策は日本だけではできず、国際的に協力しないとできないということが挙げられます。気候変動枠組み条約というもので、みんなで協力して温暖化対策を進めましょうということになっていますが、これがまたすごく複雑な交渉です。

私が国土交通省に出向していた時、運輸部門の温暖化対策を担当していました。運輸部門の看板を背負って、気候変動枠組み条約の締約国会議（COP）に出席しました。京都議定書の約束期間である2008年の直前ぐらいで、京都議定書のルールづくりとかをやっていた時代です。その時すごいと思ったのは、南北対立と言っていい状況です。途上国からすると、今まで二酸化炭素を出してきたのは誰ですかというわけです。途上国もこれから出すかもしれないけど、今まで二酸化炭素を出してきたから、これだけ大変なことになっているんでしょう、あなたたちのせいでしょうという立場です。先進国からすると、そうは言っちゃあなたたちだってゼロではないし、そもそもこれはグローバルな問題でしょうというわけです。条約の中に『共通だが差異ある責任』という言葉があって、この言葉だけは誰も反対できない言葉なんです。途上国側は先進国の責任をクローズアップして、極端に言えば、支援のためのお金が欲しいという主張をしてきます。先進国は、いやいやもういろいろな協力をしてるでしょ、という立場。そういう南北対立です。

それに加えて、いろいろな交渉グループができています。一番結束が硬いのはEUだと思います。EUはどちらかというと環境熱心です。経済的な理由もあると思うし、国内で手筈を整えて、EUでやっている仕組みを世界に広げようということがあります。

もう1つ強固なのが、G77プラスチャイナというグ

ループです。G77という名前ですが、元々77カ国だったらしいんですけど、今は135らしいです。産油国、島嶼国、あとLDCとか、そういうところもグループを作っています。島嶼国なんかは、国によって非常に深刻で、もう国がなくなってしまう。そういうところがかなりの発言権を持っています。

日本はアンブレラグループというグループに入っています。先進国の中のEU以外で、ここは結束が非常に緩いんです。会議で手を挙げて発言する際、EUは、例えばフランスが手を挙げてEUを代表して意見を述べます、と言うんですが、日本が発言しても、アンブレラグループを代表しません。アンブレラグループで意見がまとまらないからで、結局ここは寄せ集めです。EUほど環境熱心というより、経済とのバランスをどうとるかということを中心しているグループと言えなくはないと思いますが、結束が弱いんです。ウクライナとかロシアも入っています。最近はいギリスがEUから出てしまったので、アンブレラグループに入れてくれと言って、去年からここに入っているようです。

このように、非常に複雑な交渉グループによる交渉が行われていて、しかもこの会議には多数決がありません。だから、ものを決めようと思ったら全員一致じゃないとダメなんです。したがって、なかなかものが決められない。そういう中でよく、パリ協定まで来たなと思います。しかも、パリ協定の実施のルールも一通り全部でき上がったということなので、よくここまで来たなという感じを私は持っています。

情報発表の難しさ

最後に気象庁の情報発表についてお話しします。気象庁は気候変動に関する情報をこれまでもたくさん伝えてきました。私たちは、科学的であること、中立的であることにすごく神経を砕きました。煽ろうと思ったらいろいろな言い方ができるわけですけど、そういうことはしない。「そういう可能性がある」という言い方が適切だと思えば「可能性がある」と伝えていきます。

例えば、豪雨が増えてきているということも、統計的に有意だということがわかって初めて、最近増えていすという言い方をしています。また、その変化と地球温暖化の関係についても、地球温暖化で予測されていることと同じ傾向で、50年分ぐらいのデータがたまってきたこともあるので、この傾向と地球温暖化が関係している可能性があるという言い方をします。ただし、地球温暖化は100年規模のものなので、もうちょっと長く、

データを集めないといけませんっていうようなことを併せて言っています。

最後に、情報の出し方という意味では共通しているのですが、まったく違う話をします。令和4年1月に、トンガの近くの海底火山が噴火して、噴煙が1万6000メートルまで上がって、トンガの国には津波が行ったし、火山灰もきたし、トンガの人たちは大変でした。その時、日本にも実は津波が来たんです。奄美大島や岩手県で1メートルを超えるような潮位の変化が現れたんです。

外国で地震が起きると、日本にも津波が来ることがあります。とても有名なのが1960年のチリの地震で、その地震で発生した津波が太平洋を渡って日本に来たんです。当時は、そのことが事前にわからなかったのも、たくさんの方が亡くなりました。

そのように、トンガで発生した噴火によって日本に津波が来ることがあり得るということはわかっていたんですけど、実際に到達した波は通常の津波とは違うのです。何が違うかというと、まずスピードが合わない。津波は、海の深さに応じたスピードで来ることになっていて、それはかなり正確なんです。それよりも早く来てしまっているということがまず違います。また、もし津波が普通に来たのであれば、途中の観測点で観測されるはずなのに、途中では潮位の変化が観測されず、日本だけに来たんです。これは何だろう、わからん、ということになりました。

当時、火山や地震を所掌している部署から私のところに「長官、潮位がこういうふうになっています。どうしましょうか。」と津波警報を出すかどうか指示を仰ぐ電話がかかってきました。どういうことかということ、彼らはこれは津波じゃないと言うんです。なぜならばスピードも違うし、それに、津波とは地震に伴って発生する潮位の変化であって、これは気象業務法による津波とは違いますというんです。けど私は、実際潮位が上がっているなら、なにか対策しなきゃ駄目でしょ、対策するためには気象庁から何か発信しなきゃ駄目でしょ、一番いい方法は津波だと言って情報を出すことでしょと言って津波警報を出してもらいました。

その後ですが、この潮位の変化が実際には何かということが理系の人間には気になります。今ご覧いただいている動画では、火山の噴火により波が地球を一周するように伝わってきているのが見えますが、これは津波ではなく、ひまわりがとらえた気圧の波なんです。大気の流れが海の波を引き起こして、どうも潮位を変化させたんじゃないかと今のところ言われています。1800年代にクラカタウというインドネシアの火山が噴火したことが

あるんですけど、その時も同じように津波が起きました。

何が言いたいかというと、国家公務員なので、この気象情報はこういう決まりの下で出しますという決まりに縛られています。ですが、大切なことは、人々にこういうことが起こっているということを最善の方法で伝えることなんです。だから、法律の定義では津波ではないけれども、津波警報で伝える。その判断はもちろん私は正しいと思っています。みんな正しいと思ってくれた証拠に、この2年後、気象業務法が改正になりまして、津波の定義の中に、火山に伴うものも入りました。

決められたこと、そこから派生してくることをきちんと行うことは、もちろん行政府としてやるべきことですし、特に危機管理関係では、あらかじめ手順を定めてその通り行うというのは非常にいい方法です。危機の時は、迷わずどんどん手順通りにやっていくべきです。だけど、時にこういう例外的なこともあるので、そういう時に規則で決められている要件に該当しないから警報を出さないといったことにならないようにしなければいけない。このことを皆さんに最後にお話したかったんです。

特に不確実性を伴うような情報発表というのは難しいです。何が難しいかというと、その不確実性を伴う情報に基づいて、いろいろ判断をしなければいけないからです。つまり、判断をしなければいけない人たちに向けて、どういう情報を発表するかということが難しいということです。

また、情報に基づいて皆さんに対策をとってもらおうのですが、その際、人々の日常を変えてもらうことはものすごく難しいです。私はこの40年間、それを痛感しています。日常生活を変えることの難しさが如実に現れたのがコロナの時でした。あんなに日常生活が恋しかったことはないですよ。本当に、人は、昨日までと同じような行動や予定した行動をすごく大事にします。それを変わってもらわなければいけないので、大変だというわけです。

もう1つの難しさは、予測が100%でなく、何かが起こると予測できなかったけど起こっちゃったという「見逃し」と、起こると予測したけれど実は起こらなかったという「空振り」があることです。もちろん両方減らしたほうがいいんですけど、見逃しを減らそうとすると、ちょっとでも可能性があるときには情報を出すことになるので、空振りが増えていきます。逆に、空振りを減らそうと思うと情報の出し惜しみをするので、見逃しが増えます。このようなトレードオフの関係にあるので難し

いわけです。

ですので、情報が不確実であることもきちんと伝えることが大事だと思います。特別警報のときの反省もそうですし、線状降水帯の話も、皆さんに不確実であることをわかってもらった上で信頼を得ることが必要です。今の科学の水準ではもうこれ以上はできないということをわかってもらえれば、空振りを許容してもらえenと思います。

また、情報の受け手がどういう難しさを抱えているかということを理解しなければいけません。リスクの大きさとその対応へのコスト、例えば、避難に関して言うと、リスクとは人が死んでしまうことで、コストとは避難のために必要なコストで、場合によってはコストがすごく大きい場合があります。寝たきりのお年寄りを高台まで避難させようと思ったら、ものすごく大変ですよ。そういうコストとの関係で、どれぐらいの時にどういう対策を打つかということが決まってくる。そういった相場観っていうのを情報の出し手と受け手とで持っているということが有効な対策に繋がります。

降水確率が40%以上だったら傘を持っていくといった相場観を皆さん持っていると思います。降水確率は、私が入庁した頃に始まりました。最初は、「外れた時の言い訳のためにやってんじゃないか。」とかいろいろ言われましたけど、これをやり続けることで、そういう相場感というものができたと思っています。しかも、毎日出るので皆さん慣れるわけです。降水確率70%という大体7割ぐらいの確率で雨が降るんだなって何となく納得がいくでしょう。そういう相場感を情報の出し手と受け手双方で作っていると話が早いんです。

最後にお話した火山噴火による津波の話は、何のために、いつ、誰に、何を伝えるのが重要だという話です。特別警報は出せないけれども、避難してもらえば良いという伊豆大島の土砂災害の後のホットラインの話でしたが、それも同様です。

心理学的アプローチの話もしました。人々がどういう心理的なバイアスを持っているかをわかっていると周知のやり方とか、情報の出し方とかに工夫ができるということです。

最後にリスク情報を上手に使うにはどうすればよいかという話をします。そのような情報をうまく使うには、リスクの大きさと起こすべき行動を自分でよくわかっているとよいと思います。何から何を守る対策をしているのか、その守るものの価値がどういうものなのか、人の命なのか、それとも車なのかによって行動は違うわけです。

自分や人々は、判断する時にどういうバイアスを持っているのかを認識することです。正常化バイアスの話をしましたが、このバイアスに振り回されないようにするためには、自分でこういう時はこうします、ということを決めておくことです。自分の行動を決めて、それを人に話しておくとうよいと思います。

ベストな情報であることをしっかり確認することも大切です。もうこれ以上の情報はないからこの情報で対策を決めるしかない、と判断するということです。

不確実性を理解することも重要です。先ほどの「空振り」、「見逃し」の話のことです。

情報の受信者側も発信者側と相場感を共有しておくために、何か情報をもらったら問い合わせしてみることもよいと思います。そうすると、「なんだ、そういうことなのか。」とわかることが多いのです。皆さん、気象庁から何か情報が来て、もしわからないことがあれば、気象庁にきちんと問い合わせしてみてください。

質疑応答

○**研修員** 今、岡山で働いていて、この間、真備に行きました。先ほどかなり正確な予測を出せたけれど、避難する人が少なかったという話がありました。国土交通省としては、大きな災害が起こった後、もっと立派な堤防ともっと大きな水門を作る工事を行い、この3月に完成します。そういうものを作った側としては、これができたからこの間よりは良くなるはずですが、といった情報を発信することも必要だと思います。でもまた同じぐらいの大雨になった時、逃げて欲しいという気持ちもあります。どっちも間違っている情報ではないと思いますが、どういうバランスで出していくのかはすごい難しいなとお話を伺ってより思ったのですが、そういうことについてどのようにお考えだったのかを伺いたいです。

○**長谷川講師** すごく大事な点で、今日あまり強調しなかったんですけど、本来強調しておくべき点の1つだったと思います。ハードとソフトを上手に組み合わせて防災対策を行うことが、国の政策の考え方として浸透しています。その中で気象庁はソフトで勝負しています。国土交通省も洪水予防とか、そういうところでソフト対策をやります。

ハードはハードで、堤防を整備したり、最近では河川の掘削の効果がものすごく大きいとも言われています。そうしたハード面の対策で防げるようになる災害はたくさんあります。しかし、その対策を超える大雨や災害が来るので、その時がソフトの出番という関係にあると私

たちは理解しています。

国土交通省と気象庁と一緒に洪水の情報を出していますが、雨の状況だけではなくて、どういう川になっているのかというハードの状況をきちんと考慮に入れるために共同でやっています。引き続きぜひうまく連携してやっていただきたいと思います。

○**研修員** 数値予報の説明のスライドで数値解析の式、偏微分方程式が書いてありました。それを計算する時に多分その方程式を離散化して計算していると思いますが、その方法とAIによる手法をどうハイブリッドして予測しているのか、その数値解析とAIのハイブリッドの関係をお伺いしたいです。もう1つ、AIがどういった気象を想定しているのかという点もお伺いしたいです。

○**長谷川講師** この手の質問が来ると予測できませんでした。まさしくおっしゃった通りで、この偏微分方程式で書かれた流体の方程式ですけど、これを離散化して、時間発展で解いていくというのが数値予報のやり方です。

それは理論的に正しいわけですけど、いろんな理由があって、そこにはバイアスがあったり、いろんなことが出てきます。計算の離散化の中に、どうしても直接的に物理法則で取り扱えないものが出てくるんです。気象の場合に一番厄介なのが積雲です。積雲対流っていう、これを直接方程式でやろうとするものすごい緻密な計算になりますが、今のスーパーコンピューターでもそこまではできません。そういうものがあるので、どうしても、例えば雨が少な目とか、気温が高めといったバイアスが出てくることがあります。しかも、必ず雨が多くなるんだったらいいんですけど、こういう場合には多くなる、みたいなバイアスを排除していくための方法があります。つまり、数値予報を修正するために統計やAIの力を借りているというのが現状です。ただ、最近はAIで直接数値予報の代わりをやってやるみたいな動きも出てきたので、今後どうなるかは楽しみです。

○**研修員** 高齢化が進む中での避難の課題について伺えればと思います。高齢の方は車を運転できない方も多いですし、その集落にお住まいの方であるとか、足腰の弱い方がこういった避難の勧告を受けたとしてもすぐに避難するというのは難しいんじゃないかなと自治体研修を通して思いました。今回の講義の中でも、気象防災ワークショップを市町村の方とされているというお話がありましたが、高齢の方々の避難誘導とかの課題について、自治体の方、あるいは気象庁の方はどういったことをお

考えなのでしょうか。

○**長谷川講師** 高齢者など支援が必要な人たちがどう避難するのかということは大問題です。球磨川の時も、特別養護老人ホームが川の合流点のすぐ近くにありましたが、すごく災害に弱いところにそういう施設があるケースがものすごく多いんです。これをどうするかというのは非常に大きな問題で、自治体でよく考えて、その施設のある場所をどうするか、支援の体制をどう作るかといったことを考えて欲しいと思っています。一方で、気象庁も出す情報をどうしていくのかというところで、まさに相談していくということだと思います。今、高齢者等避難はレベル3だと言っています。避難するための時間を確保する観点からはそれでいいんですけど、避難の頻度が上がっちゃうんですね。それを少しでも精度を高めて、頻度を下げて、でも見逃しはしないようにしたいんですが、技術的には非常に難しいことです。

○**研修員** 先ほど水害の可能性があるときに住民にいかにして避難してもらうかというお話をされていました。でも、学校とか企業とか、例えば交通機関が止まって物理的に通学とか出勤ができない状況になって初めて休校措置を取ったりなど個人で決められない部分も多いと感じます。そういうところに対して、もし何か対策をされてることがあったら教えて欲しいのと、今後どうなって欲しいということがあれば、教えていただきたいです。

○**長谷川講師** 学校に関しては、教育委員会からの指示系統が動きやすいように、気象庁からの情報が出されると、文部科学省がその関連する自治体なり県教育委員会に文書を出すということはしていると思います。学校の場合、最後は校長の判断ということが多分多いと思うので、自治体内の学校にどういうふうなガイドラインを示せるかというところで教育委員会などと気象台で協力していくのかなと思います。

企業に対しては、自治体が帰宅困難者対策のような対策などをとられていると思うので、それに従って企業を動かしていくことが一つ挙げられます。また、企業の場合、企業内のBCPの問題があって、職員を守ることとか、企業の事業の継続とか、早期復旧のためにと、多分セットで防災対策をとられていると思うので、それはそれでしっかりやって欲しいと思います。企業宛に気象台として個別に協力ということになると、いろいろ考えなければいけないことになってしまいますけど、一般論として、企業のBCPに対してどうするかということは、気象台もやれることはあるんだろうと思います。

私は最近、計画運休の効果が非常に絶大だと思っています

ます。電車が止まったら外に行かないでしょう。必ずしも上手に連携ができたからだとは言いませんけども、気象庁が緊急会見をやると、マスコミ各社さんは大体リアルタイムで流してくれます。そうすると、社会全体に台風が来るという共通認識ができる。そうすると、運休する側も運休するかもしれないと言いやすくなる。しかも、無駄な外出をしなくなるので非常にうまく回せるなと思ってすごく期待しています。企業も休業しても契約先から怒られないみたいな雰囲気作りにお役に立てるんだったら、いいことだと思いますね。

○**研修員** 数値計算のところでお聞きしたいことがあります。空間をメッシュ化するとき、今は1キロ×1キロとのことでしたが、数値計算でデータとして出て観測された、密度とか、流速とか、応力とかを合わせて、あと天気だから温度とか湿度も入れると思うのですが、そういったデータは、1キロ×1キロで取れるのでしょうか。アメダスは2000もなかった気がします。ひまわりが飛んでいて、例えば流速とか応力を引っ張ってこられるのかという疑問がございまして、お聞きしたいと思います。

○**長谷川講師** 詳しいですね。数値予報にとっては根本的な問題です。まず、数値予報のメッシュは、気象庁が

日頃運用している数値予報モデルの一番細かいものが2キロです。キキクルが1キロだったりするんですけど、あれはレーダのデータを使った雨量の解析とそれを少しずつ動かすテクニックがあって、それを使っているので、1キロでできています。

それでは、2キロごとに観測データはあるのか、ということですけど、おっしゃる通りアメダスは大体17キロに1つです。それに加えて衛星のデータも分解度が1キロのものがありますが、それが全部細かく使えるかというところもいかなと思うので、観測の方が粗いです。

一方、例えば2キロの数値予報で計算してやると、細かい構造が予測されるので、初期値を作るときに、それを使い、観測データで修正することによって、自分でつくり出したものではあるけれども微細な構造は持った初期値ができるというような関係になっています。

一方で、観測データはなるべく細かくあるに越したことはないので、レーダーのドップラーシフトで、風を測ったりとか、とにかくありとあらゆる工夫をして、なるべく細かく物をとらえようというふうにはしているところなんです。

○**研修員** ありがとうございます。