

## 第1回「山・川・海の連続性を考える県民会議」【特別講演】

○ 柴山知也 早稲田大学理工学術院教授

### 【司会】

さて、本日最後の講演となります。東日本大震災からちょうど1年目の節目といたしまして、先ほど先生がおっしゃいましたが、津波をテーマにした特別講演をいただきたいと思います。講師は先ほどオープン討論会でご参加いただきました柴山知也先生です。柴山様は本県の津波浸水想定検討部会の部会長も務めていらっしゃいまして、本県が進めていますあらたな津波浸水予測図の作成に深く携わっていただいております。本日は「これからの津波防災対策」と題してご講演をいただきます。それでは先生、よろしく願いいたします。

### 【柴山先生】

それでは15分ほどお時間をいただいておりますので、これからの神奈川県での津波防災対策はどうしていくのか、どこまで検討が進んでいて、これからどんなことをしていかなきゃいけないのか、というお話をさせていただこうと思います。

私は津波と高潮について、これは沿岸地の災害ということで、やってることは津波や高潮が起こりますと、災害の焦点としてそれを踏まえて、どうやったら減災を実現していくことができるのかということを考えます。

具体的にやっていくことは、1つ目は調査をして、数値シミュレーションで災害の具体的なイメージを再構成すると。これは神奈川県の場合には何度も大きな津波に襲われておりますので、その歴史的な津波を再構成することによって、具体的なイメージをつくらなきゃいけない。そのイメージを皆さんと共有した上で減災の方法を考える。場所によって被災の事情っていうのはさまざまです。これは県でも東部と西部では違います。それから東京湾の中とはまた違います。というふうに狭い地域でも被災の事情っていうのはさまざまなのですが、その地形だけじゃなくて、社会的な文脈も読み解いて、それぞれの地域ではどんなことが考えられる、というような減災のシナリオを作成して、行政担当者の方や地域住民の方とともに、次に来る津波にどう繋いでいくというのが、私どもも考えていることでございます。

この大きなことがあったのです。次々と大きな津波や高潮がありました。これは2004年のインド洋津波。皆さん、まだ覚えていらっしゃると思います。それから2005年はアメリカのニューオーリンズ、カトリーナ高潮が起きました。2006年は、これはあまり有名じゃないですがインドネシアのジャワ島中部地震というのがあります。そのとき津波が来ました。

それから2007年にバングラデシュに大きな地震。高潮発生。シドルであります。そ

れから 2008 年がミャンマーにナルジスの高潮。2009 年にサモアの津波。2010 年にチリの津波。それから 2010 年にもう一つ来て、これはインドネシアに大きな、インドネシアのメンタワイ諸島に大きな津波。2011 年には東北地方太平洋沖地震津波ということで、日本にとっては大きな津波が起こってしまったということです。

ほとんど毎年のように、こういう大きな津波や高潮があったのですが、ちょっと考えてみると、インド洋津波では 22 万人の方が亡くなられたか行方不明になりました。それからその次に大きいのはナルジスの高潮。これはミャンマーに来たのです。13 万 8,000 人の方が亡くなったり、行方不明になりました。この 2 つは実は不意に来たのです。スリランカの住民の方もタイの住民の方も、インド洋に大きな津波が起こって、自分たちが住んでいるところに津波が押し寄せてくるっていうことは、一度もありませんでした。ですから全く不意打ちだった。それからミャンマーは、これも 50 年にわたって大きなインド洋のサイクロンが、ミャンマーのイラワジ川やヤンゴン川の下流地を襲ったことはありませんでした。ですからミャンマーのガイカサンの下流域に住んでいる方にとっては、高潮が起こるっていうことは全く考えていなかったことです。

何でインド洋にそんなことが起こっているのかと言いますと、最近インド洋のサイクロンというのはほとんどの場合、バングラデシュに行くというのがお決まりのコースだったのです。ところがコースを外れて、例えばイランに行った大きなサイクロンがありました。それからミャンマーにも、というふうにちょっとインド洋の気圧配置がこれまでの例とは違う気圧配置になっていて、これまでとは違うサイクロンのコースが起こってきたということで、こういう災害が起こったというふうに思っています。

さて、この 2 つが不意打ちだったとすると、この地の大地震津波はどうだったか。何だったのか。これまた非常に多くの方が亡くなったり、行方不明になっています。いうことですが、これは不意打ちじゃありません。我々は宮城県沖に大きい地震が起きたとき、こういうときには津波が来るということは分かっていたし、東北地方については努力を傾けたつもりでいたんです。ところが再び大きな犠牲を出してしまったという。これは想定外だったということで説明されています。来ることは分かっていたけど、来ると思っていた津波よりもずっと大きなものが来てしまった。だから大きな災害になったというように言われていますが、一体それは本当だったかのか。本当だったと思います。じゃあ、今我々日本で何をすればいいのか。どうやって想定外のことをしていくか。

これが、神奈川県が去年の 3 月 11 日に県の問題というか、この地域の問題として突き付けられたものでございます。

昨年 3 月 11 日の相模湾は、津波の研究者、日本全国で恐らく大学研究機関合わせて 15 個となっているのですが、きちっと連携をいたしまして一緒に調査をしました。一緒に調査をしたというのは漏れがないように、重複がないように、津波研究者の間できちっと場所割をして、順次データを集めていかなきゃいけません。2011 年、○が今回の早稲田大学を含む津波の合同調査グループが集めたデータです。これ見ていただく

と、岩手県のあたりに非常に大きな40メートルに近くなるような高さが観測されます。それから△は1933年の昭和三陸。それから1896年の明治三陸津波では+で表わされています。この図をざっと見ると岩手県にとっては+と○の両方ありますので、この115年の間に2回起こった津波ということになります。それに対して、宮城県と福島県の低平地のほうどうなってるかという、○ばかりです。大きい値すべて○ばかりで、+もありません。△もありません。ということで、宮城県や福島県にとっては515年に起きた津波ではない。振り返って見れば、1,000年前の貞観津波にさかのぼるということで、この両県にとっては1,000年に1回、今回起こった津波であるということができると思っています。

これは私どもの調査と、それから合同調査グループのデータと一緒に重ねたものです。南三陸町です。南三陸町でどのぐらいの高さの津波が来たかというのをまとめると、この図になります。これは南三陸町の志津川の避難ビルがあります。これは、普通のときは町営のアパートとして使っておりますが、もともとは津波避難ビルとして造ったものなので、この屋上部分、津波のときには住民の方が避難するということになりました。ここに津波避難ビルのマークが付いている。この外階段が付いているから、3月11日はここに住んでいる方を含めて住民の方、50人はこの屋上に避難していました。ところが第一波通過したあとに志津川地区に、津波のはんらん水が陸上にはんらんしまして水位がずっと上がったんです。そのときに、この屋上の床から65cmのところまで水が来ました。ということは、このもともと1階、2階、3階、4階建ての県営のアパートを津波避難ビルとして造ってあったんですが、もう少しで危ないとこだった。あと、1メートル高かったらかなり危機的な状況になっていたということで、津波の高さについては十分に検討する必要がある、という教訓がここから出てきたのです。

次は低平地です。先ほど申し上げましたように低平地の津波って日本を襲ったことは、経験としてはそんなに多くありません。1946年の南海地震津波以来の経験になります。これは仙台市で、この赤の部分は、国土地理院が航空写真から判明したはんらん地です。こえは場所によって2キロメートル近く。1キロから2キロの間で、海岸からはんらんが陸上に入ってきてるということです。これも若林区で調査をした結果。この場合には10メートル未満、場所によってちょっと10メートル超えるところもありますが、10メートル程度の痕跡高が調査されております。

これは私どもが調べたのは痕跡高9.38メートルということで、ここの部分は住宅街として使っていたところ。ですからこのちょうど、もともとは木造の住宅がある。この辺に建っている。このあたりです。約1キロにわたって流されている。ここをご紹介したのは、木造住宅は今回の津波の場合にはかなり弱かった。ほとんどのものがこういう感じ。まだこれは片付ける前ですので、津波直後の様子だと見てください。

ここに建物が建っていますが、これが地元の小学校です。地元の小学校に行ってみますと、ここは校舎の基礎から4.62メートル、このあたりまで水が来たのですが、3階、

4階以降は無事です。ですから津波避難ビルをどう設定していくか。いざというときに、低平地に住んでいる皆さん、どこに逃げるかということがこれから我々に突き付けられてくる課題です。

ここにあるように学校建築は、かなり今回は壊れることなく、それなりに安全な場所を提供していたということができると思います。高さの問題あるにしても、構造的には今後学校建築を中心に、県単位として避難場所を考えていくことは可能ではないかというふうに考えております。

こういう調査を踏まえて、津波の研究者日本全国で何やっているのかということですが、これはだいぶ作業が進みました。これは社会基盤施設の再建ということで、災害時に壊れないタフな構造物をどうするか。今回上を超えられた津波で防潮堤はみんな壊れてしまったということがあったんですが、どうやったら上を超えられても壊れない構造物ができるか。ある程度津波をはね返してくれるような構造物、タフな構造物をどういうものかということについては、かなり結論に近くなった。

それから東北の場合には釜石がやったような湾口防波堤、それから津波防潮堤。これは陸上に設置してある壁のような構造物です。それから避難ビル。これは三重の防護ラインというふうに考えていますが、この効果の検証というのはかなり進んでまいりまして、それぞれの場所、何割ぐらいは湾口防波堤ではね返して、そのあとは津波防潮堤っていうのはどのぐらいの役割をさして、最後に避難ビルはどのぐらいの高さがなきゃいけないか。いうことを、性能をどのレベルに設定するか。いうことについてはまだ場所ごとに条件が違いますので、場所によってはこうしようという次第にやられますが、これからどう実現するのかと。

それから津波来襲が予想される地区など参加した防護対策。これ今まさにやってることで、神奈川県においても作業を進めていたんです。これだんだん結論に近く、早く結論付けられるように努力をしていきたいと思うのです。

それから高地への移転、避難ビルの建設。というようなことで、都市計画の専門家を含めて津波の専門家と都市計画の専門家が一緒に仕事しつつあるということでありませぬ。

全国、これは神奈川県だけではありませんで、日本全国、九州もそうですし、これまで津波が来ないだろうというふうに思われていた日本海の西部、鳥取県や島根県、こういうところでも津波の想定っていうのをもう一回見直しています。これまではないと。来ないというふうに漠然と思っていたのですが、実際にはよく検討してみると、津波を起こすであろう幾つかの断層が見つかったというようなことです。ただこれも数値予測だけじゃなくて、堆積地のボーリング調査も併用してやっていますので、神奈川県の場合そうです。幾つかの場所でボーリング調査を進めていただいています。

2つ目は想定値に縛られず、これを超える津波が来襲した場合にも対応可能な避難計画をあらかじめ作成しておく。これは想定をした途端に、ここは10メートルと決まっ

た途端に、じゃあ11メートルだったらいいんでしょうというふうに考えがちだったわけですけど、今回の東北のような津波の教訓はそういうものではなくて、想定が10メートルだったらもう少し超える場合があるということも含めて、避難に対応できるようなシステムを作っていく。

それからここまれまで問題だったのです。地震の研究者と津波の研究者と市町の防災担当者、これは全く分業していたんです。一緒に検討することなかったのです。あたかも河川の土砂管理を考えている浅枝先生と海岸のことを考えている宇多先生は、あそこに今日は座っていますが、一緒に考えたこと今までなかったです。それと同じことが津波の場合にもあって、地震の研究者、津波の研究者、市町の防災担当者。これ別々に考えたんですが、去年以来、一緒に仕事をするようになりました。ですからいろんな津波の想定が出てきました。これは地震学者だけが地震を検討しているんじゃないで、地震学者も津波学者も一緒にやっているということで、これは想定外の判断をするのに役に立っています。津波の研究者から見ると、一つ前の地震研究者がどういう仮定を持って、どういうプロセスで断層モデルを作ってきたかということが分かんない限り、津波の想定っていうのは、どれぐらいのあいまいさがあつて、不確定性が含まれているということが分からないわけですけど、これ分業しないで一緒にやることにしました。

それから地域の視点で防災を構想する。これは日本全国を見渡すと、やっぱり東海・東南海、南海の3連動型っていうのが気になるのですが、実は神奈川県沿岸に住んでいる我々にとっては、明応東海地震のほうが大きな津波になるわけです。これは神奈川県に住んでいる者にとっての解釈は、3連動型の東海地震はもっと沖で起きたらどうなるか。それが明応東海なんかに対応するわけです。

ですから日本全国あまねくっていう発想ではなく、神奈川県はどの津波の想定を選ぶとか、これは日本海の西部地区に住んでいる鳥取県、島根県、全く同じです。九州でも同じような取り組みをしています。ですから当県では地域ごとに、どんな津波が自分たちに起きてしまったのだということを今選び取ろうとしているプロセスであります。

これはもう皆さんかなり浸透してきたというふうに思っていますが、これは津波の研究者の間では4月ぐらいに調査の結果が出てきたところで、かなりこういう発想でいきましようということになっています。もう1年ほど前から考えていることです。再現確率は数十年から百数十年に1度程度の津波。これは100年に1回程度の津波に対しては、ある程度沿岸部の資産を守り、避難を助けることを目標にして構造物っていうのを考えてみましょう。これは津波防潮堤、高潮防潮堤って、全くいらなくていいわけにはいかない。ただ、それはそんなに高い津波に対してじゃなくて、100年に1回程度起こるだろうということが予想される中規模の津波に対しては構造物で対応しましょう。ただそれを超えるような、これ津波減災レベルって書いていますが、避難計画のための津波のレベルで、防護レベルをはるかに上回る、これは1,000年に1回のレベルです。人命を

守るために必要な最大限の措置を行う。レベル2とか、津波減災レベルとか、最大規模の津波っていうことであります。これに対しては避難でみんなが逃げる。津波が来るときには地面には誰もいない。既に全員が高いところに逃げているということを目指すということで、作業を進めているということです。

日本全体的でどんな手順で津波の高さが推定されているか。これは津波の研究者の間でこういうふうにしてほしいということをお願いして、そこから具体的な手順が出てきました。過去の津波の痕跡高や痕跡のない津波水位の数値シミュレーションによって補完して、想定地震の推定予測しなさいと。それをいつどのぐらいの頻度で起きる津波は、どのぐらいの高さがあるかということグラフで整理して、設計するようにする。これは構造物で対応する津波の高さですが、それを設定してくださいと。ただ、堤防の天端高は既に高潮防護にしてあるし、地域の自由っていろいろあるだろうということで、海岸管理者がこれを踏まえて、別途堤防の検討を設定するということになっていますので、東北地方の様子を見てみますと、岩手県と宮城県で堤防の高さって違います。それはそれぞれの自治体ごと、100年に1回の津波ってこんなものかというイメージが出来上がったあとで、自分の地域はどうしたい。もっと高くしておきたいっていうところはそうです。ちょっと低めにしておいて、自分たちは避難計画を充実させるっていうセレクションもあるということで、自治体ごとに高さまちまちになるということがあります。

神奈川県は何をしたか、ということですね。これは数値シミュレーションって書いてありますが、これまで元禄関東地震というのが想定に入っています。そのほかに歴史的に神奈川県を襲ったということが分かっている明応東海地震 1498年、慶長地震っていうので、これがあります。そのほかに東京湾北部地震っていうのは東京湾の中にはある程度影響を及ぼしたようです。それから三浦半島断層群と房総半島の鴨川低地を結ぶ断層群で、津波が起こる。これはもう東京湾口ですので、東京湾の中の神奈川県の部分にも大きな被害あるかもしれないということでの検討。

それから幸いにして我々は古都鎌倉残ってますんで、古都鎌倉と、お寺に残っている古文書を再検討。それから津波の堆積物のボーリング調査ということで、今年は鎌倉をやっていただいて、それから藤沢を候補にして。私がやっていただきたいと思っているのは、東京湾の海の底にたまっている堆積物のボーリング調査もやっていただきたい。

出来上がったからこれ皆さん、去年既に神奈川県庁からウェブページ上で発表されていますので、もう見られたと思います。例として鎌倉、逗子、葉山地域と3つと、地震が12個あります。津波が12個で、明応型のときにこの地区での平均の高さはこのぐらいになる。それからここにある慶長型の地震です。これで見ると、ほかの10個の地震津波に比べてこの2つは明らかに高いですが、イメージとしては1,000年に1回っていうのはこのレベルで。これに対して避難計画を作りましょう。こっちの小さい方はある程度今ある構造物でも防いでくれるということが分かっていますので、そういうものを勘案しながら構造物の高さとそれから避難計画を作る。ただ、我々とすればまず何より

も、大きな津波が来たときにみんなが助かるということが大切ですので、まずは避難計画から考えるということで検討は進んでいます。

これは鎌倉地区で、これは明応地震の場合です。どれぐらいで浸水域が広がるかということで、これは鎌倉には元禄関東のときもそうですし、明応東海のときもそうなのですが、いろんな記録が残っていますので、その記録等を照合しながら、その記録とも整合するような結果が出ているということで、シミュレーションが公表されたということです。

これを見ると、随分内陸深くまで水が侵入してくるということが分かるんですが。これはやっぱり地形的な特徴があって、ここに鎌倉の大仏がある。これ、谷の部分がだんだん狭くなりますので、うねりがだんだん進駐して谷を進んでいく。これは東北の場合にもすぐ起こった。これが一つ。相模川流域。もう一つ東京湾のほうは、これが横浜地域ということで明応のときはどのぐらい、慶長のときはどのぐらい。慶長のときには4メートル程度で避難。元禄関東のときに、記録に残っているのは横浜市の野毛浦ですね。もう埋め立てちゃった野毛浦ですけど、野毛浦のあたりで4メートル程度というふうに文書で残っておりますので、ここでも4メートル程度を1,000年に1回として覚悟しておくというふうに考えています。

これは横浜駅の周辺で、埋め立て地を含め浸水がどう広がるということが。これは県のホームページ見ていただくとこれの図が載っていますので、見ていただきたいと思えます。それで慶長型の地震のときどんなことが起こるかということ、慶長型の地震というのは1605年に発生したと言われている津波ですが、残っている記録を総合するとこのあたりに神奈川県としては。千葉県です。こっちのほうの半島三浦ですけど、神奈川県としてはこのぐらいまでにしておきましょう。ということでシミュレーションしたと。

これ35分後ですが。ここに大きな、上は名古屋ですが、広域のこの四角い部分をここに相模湾のそこを引き出したもの。やっぱりかなり。この部分が東京湾です。これはこっちに引き出したということで、だんだん狭い地域の県ということです。35分後に相模湾の中を随分進行した。40分になると相模湾の沿岸に津波が来ます。東京湾のほうはまだ入ってきておりません。50分後になると、相模湾のほうはかなり津波が高くなっちゃうんですが、東京湾は=110=分ぐらいで湾口のそこを通過しています。65分後にさらに中に侵入してきて、シミュレーションができています。

このほかにも元禄関東地震のときはどうなる。三浦半島断層と鴨川地震パラメーターのときはどうなる、というのをシミュレーションしておりまして、東京湾、これは場所によっていろんな被害が起こるということを想定しなきゃいけないので、これについては今検討中です。検討中なんですけど、三浦・鴨川の場合には横浜港の中なんですけど、ある程度の高さの津波、覚悟する必要があります。そうすると、堤外地と呼ばれる、もともと高潮防潮堤の外にある。守られているんですけど、港の外、こういうのです。ある程度の浸水を覚悟しなきゃいけないです。こういうことが市内の各地であります。

今申し上げたことは、私、『3.11 津波で何が起きたか』ということ、調査結果をもとに、これから我々はどうやって防災計画を練り直していけばいいのかという本を書きました。これは早稲田大学出版会から出ていますが、『3.11 津波で何が起きたか』。これを見ていただくと分かるのですが、今現在、私がぜひ作業として進めなきゃいけないと思っていることが、ここにありますように、市町のおかれた地形条件を場所ごとに分析してカテゴリーごとに、カテゴリーAというのは、背後に標高の高い後背地有する丘ということで、これは東北の田老町の場合には赤沼山っていう場所があるのです。そこはまさにこういうことです。後ろはどんどん高くなります。どこまでも逃げる。これは必ず助かっている。Bは堅固な7階建て以上の建物か、20メートル以上の地盤高の丘。これは上を超えられることはないのですが、津波の場合には孤立しますので、ある程度できればA群に入る。Cは堅固な4階建て以上の建物ということで、これは場合によって今回の津波でも超えられることがある。

何でCなんかここに置いておくのか。信頼できないじゃないかというご意見もあると思うんですが、これは日本全国見渡してみると、AもBもCもない場所ってあるのです。これは丘にはたどり着くにはとても遠すぎるし、堅固の建物そもそもないと。ただCだったらあるとか。いろんな場所がありますので、場所によって避難場所を検討していくための手段として、このカテゴリーをつけて、いったいどこに逃げられるのか。自分たち有事のとき、どこに逃げられるかということを実際的に検討していくための手段として使うということです。

住民はあらかじめ設定した中から時間の制約の中で選択する。これは余裕が全くない場合もあります。元禄関東地震の場合ですと、このときなんか二十数分ですよ。明応東海の場合には45分以上かかりますので、時間的余裕が少しある。というようなこと考え合わせると、避難できればなるべくこういう絶対安全な場所に逃げなさい。ただ、Bでもきっと生き残ることはできますね。

いろんな条件をかみ合わせながら、地域の事情ごとに避難場所を設定していくという作業を全国で進めなきゃいけないんですが、これは場所によって担当します。例えば私の同僚の徳島大学の中野先生が徳島と高知の県境あたりの避難計画をつくるというと、これは逃げる場所が全くないんです。だからどうやってみんなを集めて、自動車を集めて、高いところまで運んでいくのかという計画にせざるを得ない。これは地区ごとにこれから検討が進むと思います。次お願いします。

ということで、私ども津波の研究者は1年間の間、東北の教訓っていうのは一体何なのか、ということ踏まえて、現在は神奈川県を含めて日本全国で、具体的にどうやって逃げるのかということの指針を作って、具体的な計画を地域で作っていくサポートをしていくというのが、私ども津波研究者が今検討していることです。どうもご清聴ありがとうございました。