

# 安全研修会

## 「津波避難と火災 東日本大震災の被災状況から考える」

神戸大学都市安全研究センター教授  
北後 明彦氏



### 〔Prologue〕

ただいまご紹介いただきました北後明彦でございます。私は現在、神戸大学の都市安全研究センターに在職しております。このセンターは1995年（平成7年）1月17日に発生しました阪神・淡路大震災を契機に設立されましたセンターで、今年で18年目になります。このセンターでは阪神・淡路大震災の経験を踏まえて都市の安全にはどのようなものが必要なのかといったことを調査・研究しております。

早いものでこの震災が発生しまして19年になります。この震災当時、私は建設省の建築研究所におり、発生直後の被災地を見て回りました。今から考えると現象等の原因を考えていく上で、被災者の方にいろいろなことをより多くもっと詳しく聞いておくべきことがあったのではと思っております。

そんな中で、3年前に「東日本大震災」が発生しまして、多くの方が被災し、亡くなられました。また、津波によりさらにたくさんの方が影響を受け、特に顕著なのは避難中の方がその後発生した火災によって影響を受けたということです。

私はその場で体験された方に、いろいろな事情をお聞きし、その場の雰囲気を感じながら、その後の対策に反映させていきたいと考えています。東北には、この間、何回か調査のため訪れました。

本日は、いろんな方が撮られた写真や映像を見ていただき、何が東日本大震災で起きたのか、ということをしつかりと把握していただくということを出発点にしまして、今後、近い将来「南海トラフ地震」が発生した場合、どのような被害が起き、またそれに対して、どのように対策を立てていくのか、といったことを考えていく必要があるという認識の下でお話をさせていただきます。

### 〔Subject〕

この震災での被害は、火災や原子力災害等、さまざまな面で広範にわたっています。したがって、どうしても伝わってこない情報があり、場合によっては原因がはっきりとしないものがあります。本日はこのような中でも津波による火災に関することについては、後半でお話していきたいと思っております。

東日本大震災では多くの方が津波で亡くなられています。この津波からの避難の仕方についての教訓は、結論にもなると思いますが「津波による避難」は限られた時間での対応が必要となるということです。これが一番大事なことです。これについて少し時間を取りましてお話をさせていただきます。

東日本大震災で起きたことが、西日本の南海地震で起こるのかといったことについては西日本の沿岸部は高度に発達した場所であり、石油コンビナート等も多数あります。東日本大震災で被害を受けた地域とは条件が違います。従って、このようなところで起きる被害の違いを見ていきたいと思っております。津波時における避難で言いますと、東北の沿岸部に比べてたくさんの方が住んでおられるので、避難対策も多くの人がいることを前提に考えていかなければなりません。

東日本大震災では、非常に広範囲に被害が出ました。そのようなこともあり、全部とらえきるのは難しい側面があります。そして、複合災害であり、一つに注視していたら次の現象が発生したといったことになります。地震が発生すると、停電が起き、いろいろな情報や信号が混乱し、止まってしまう。そうすると津波警報等が十分伝えられなかったりして、対応が、後手後手に回ってしまいます。このような意味合いからも、津波と地震だけでも複合的な災害であると言えます。さらに、この震災では、原子力災害、火災あるいはコンビナートの火災等が複合的に発生したということがあります。結果的には、多くの方が亡くなったのですが、一方で、複合的な災害の状況であっても、避難が十分かつ適切に行われていれば、多くの方が助かったともいえます。

そういったことを参考にしながら、南海トラフ地震について見ていきますが、いろんな話があります。その中で大阪府について申しますと、大阪府ではいろんな想定がされています。しかし、この想定も地震のエリアがどの範囲で起きるのか、東日本大震災の結果を受

けて、より広範囲で起こるのではないかという話があります。その話も取り込んで、より大きなエリアでの振動での想定となっていて、それにとまって津波ももっと大きな津波が来るとなってきました。

このような大規模な地震が発生すると広範囲に停電が発生することとなります。広範囲で停電が発生すると、さまざまな設備が損傷し、通信が遮断する等、多くの障害が発生するという可能性が高く、さらにそこに建物が倒壊する可能性もあります。しかも、地震の状況や、建物の場所によって液状化や地盤の影響を受けたりもします。

大阪府内で言いますと、津波は60分（最南端の岬町では50分）で到達するとされており、津波の最大浸水深は、最大5メートルと想定されております。この最大5メートルというのは、一番大きなところになりますので、実際に起こる地震ではそれより小さい場合が多いとされており、一番大きい場合が5メートルということになります。しかし、これ以上大きくなるということも考えられます。想定というのは誤差がありますので、ある程度の目安と考えていただき、それ以上のこともあると考えて、それなりの構えをしておくことが望ましいということになります。

先ほど申しあげました60分といえますのは、いろんな想定をしてもあまり変わらないので、ある一定の時間でしか対応できないという、非常に明快な時間であると考えています。ある地域はある一定の時間内での対応となるので、地域ごとの対応を考えていかなければならない。一方で、津波により建物が壊れたり、危険物タンクが浮き上がり、中の危険物が流出し、火災が発生するといったことも懸念されています。

ここで想定についてですが、どのような話がされているのかについて少し考えてみましょう。国の発表では沿岸部の一部で、津波の浸水があるといわれています。しかし、昨年大阪府が出した想定範囲は広範囲に浸水するという。その違いがどこにあるのかというと、堤防の耐震性や堤防についている水門等が閉まるかどうか、また、耐震性が無くなり、堤防が倒壊した状態で水が入ってくるかどうか。東日本大震災ではしっかりとした堤防があっても、それが地震で壊されて、津波が内陸部に到達することもありました。従って、それが本当に大丈夫かどうかわからない状態なので、少し大きめの範囲を想定することになります。東日本

大震災の被災地では、津波の想定は地震前から各地でされていましたが、その想定を受け止め方により、人的な被害の起こり方に差がありました。

津波発生にはメカニズムがあり、同じようなところから同じようなメカニズムで伝わってきますので、津波到達時間はあまり変わりません。これに対して、どれだけの範囲が動くのかということによって、どれだけの高さの津波が来るかが決まるのですが、動く範囲は様々に考えられているので、津波の高さについては変動しやすいのです。加えて、例えば到達エリアに埋め立て等がされていると、津波が湾に入ると、埋め立てなどの微地形の影響による跳ね返りで局所的に大きな津波が入って来ることがあります。そのようなことをどこまで考えて被害想定をするのかで、結果は変わってきます。したがって、想定による発表の数字は必ずそうなるとは限らず、それを一つの目安にプラスマイナスがあることを考えつつ、対応を立てることが必要だと考えます。

被害想定が国や大阪府で検討されていますが、どちらの想定でも地震の後に津波が来ることは想定に入っているのですが、津波の後に発生する火災については想定の中には入っていません。といいますのは、今の段階では津波による火災がどれだけの大きさになるかは、研究が十分に進んでいないのが現状であるためです。従って、進んでいない段階で想定に入れてしまうのは、<sup>いかが</sup>如何なものかということがあり、津波による火災が想定に入っていないのです。ですから、今も研究されていて、その結果がまだ出てこない状況です。津波の火災については、現段階では発生の可能性を考慮しながら対応するということになります。

現在行われている津波火災の研究の中身としては、どういった場合に津波による火災が発生しやすいのか、発生し易いのは瓦礫がとどまりやすい事や、流出した油がどのあたりに浮遊するのか等の予測が必要になってきますが、そういったことが想定できるようになりますと、随分想定も変わるのではないかと思います。現状では、なかなかできないということでもあります。

災害ではいろいろな想定レベルがありますので、そういったことに留意する必要があります。図1は東日本大震災で浸水した範囲と、想定範囲を示しています。ブルーの部分は、想定で浸水しますと言われて

いたのですが、赤い部分は実際に津波が来てしまった範囲です。図の左側は仙台市、右側は石巻市ですが、東北の中でも特に平野部が多い多いところで、想定とは変わっていたということでもあります。

これらの地域よりも北側のリアス式海岸では山等が切り立っていますので、もとの想定とはあまり変わ

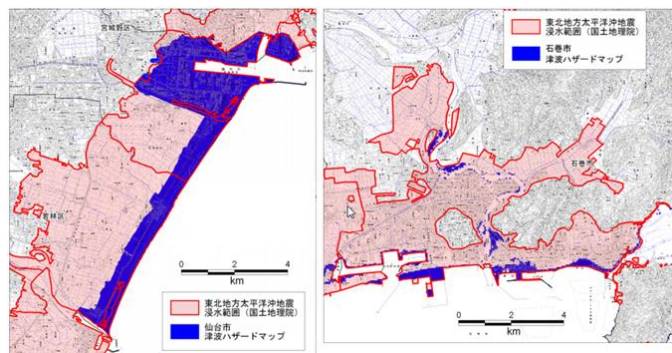


図1 仙台市ハザードマップ ・ 石巻市ハザードマップ

らないのですが、平野部の方では想定よりも広範囲に津波が押し寄せたということで、非常に差があります。そのため、図の赤い部分の範囲では、ここまで津波が来ないと思っていたため避難が遅れたということがあります。

想定内ということでは、岩手県宮古市田老地域では非常に立派な堤防があり、そのために堤防で守られている自分たちの地域は安全だとして、避難しなかったことも想定を前提とした行動だったと思います。従ってこういったことも含めて対応を考えていく必要があります。では、東日本大震災で被災した人たちはどのような行動をとったのでしょうか。避難した人の57% (約6割)の方がすばやく避難したのですが、残り4割の人は家族を捜したり、いったん自宅に戻ったりしました。津波がすぐに来るといった情報があつたのですが、家族の無事を確かめたいという、家族を思う人間本来の考え方であり、その結果、命を落としてしまったことが実際には非常に多かったのが特徴的です。高齢者や、病人を自宅に残した場合、また近隣の住民を助けに行き亡くなった方が、少なくないことが報告されています。一方で、周りの人に助けられた例もたくさんあり、普段からどのような準備をしていたのかにより結果が変わってきました。

「津波てんでんこ」という言葉があります。これは、各々また自分自身でという意味で使われています。それぞれで避難しましょうという受け止め方が非常に

重要なキーワードになります。

それでは家族を残して避難できるのかといいますと、人間的にはそれはできない話ですので、このことについても、どのように対処すればよいのか、考えていく必要があります。

知識があり、また訓練をしていた場合、非常にうまく行動できたという話があります。皆さんも聞かれたことがあるかもしれませんが、釜石の子供たちは、群馬大学の片田先生から防災教育を緻密に受けており、日ごろから訓練を行っていて、避難がうまくできたことにつながったのです。また、津波避難ビルやよく整備された避難路なども、役に立ったという話があります。

しかし、一方で津波の気配を感じた場合や津波を目撃して避難した人もいます。これは海岸沿いで大きな揺れがあると、本来は避難しないといけないのですが、直前まで避難しない人がたくさんいたということになります。しかし、目撃してからの避難は、夜間の場合視認ができないので被害が大きくなっていったということになります。

そのほか被害が大きかったのは、車に乗った避難の場合です。車に乗っていると周りの状況がよくわからない。特に津波の場合、すぐ近くに津波が来ていると呼びかけているのに、車の中にいることによってまわりの状況がわからない上に、声が聞こえない。そのため車での避難中に渋滞に巻き込まれ、津波で亡くなられた事例が多くあります。

しかし、最近の報道では車での避難も構わないのではといった話がありますが、地域性にもよりますが、車の台数が少ない場所であれば、車を使った避難は有効ではという話であります。しかし、都市部になると車の台数は多くなり、同じ方向を目指した場合、渋滞になりなかなか避難できない。従って車は大変に危険であるということになります。

津波が来ることを考えずに、また時間を考えずに、人を助けるという任務感、堤防の門を閉めに行く義務感、そういった活動をされた方が犠牲になったことを考えると、非常に難しいものがあります。

釜石の奇跡といわれています子供たちの避難は、群馬大学の片田先生が言われているように「想定にとられるな」、想定には先ほど申し上げましたような誤差があるということからこのようなこととなります

が、さらに「その状況の中でベストを尽くせ」、結果的に「率先避難をする」ということになります。周りの人の状況をうかがって避難することは、あつてはならないという話になります。このことに関連して、石巻市の大川小学校で、なかなか判断ができなかったために、多くの子供たち、教職員が亡くなられた例があります。この小学校には、すぐそばに大きな山があり、さほど急な斜面ではなく、すぐに登れるような場所があります。ですから山に逃げるといった判断がどうしてできなかったのかが、率直な感想ですが、いろいろな背景の中で、なぜできなかったのかを明らかにしていくことが、重要ではないかと思っています。

先ほど申し上げました「津波てんでんこ」に関連して、周りの人を助けようとして亡くなった方々がおられるということがありました。東日本大震災の少し前に洪水災害により、高齢者の多くの方が亡くなる事例がありまして、民生委員等が中心となって、地域高齢者を助けましょうと、全国的に組織化されて、活動が展開されてきました。その結果、東日本大震災の時、うまくいったところもありますが、たくさんの犠牲者が出たのも事実です。震災の直後にNHKスペシャルで「愛他行動」としてこれらの活動が無駄になってしまったというニュアンスで取り上げられました。しかし、助ける人と助けられる人との連携をうまくとって、どこに避難するのか、津波避難ビルなどの避難先を含めて等をセッティングしていた場合、うまく助けられた人もおり、そういったことも教訓にしながら考えていくことが必要になります。

岩手県三陸海岸の気仙沼あたりでは、避難に少し時間がかかっている地域もありますが、すぐ近くに高台があり、主体的判断があれば、多数助かっているところもあります。しかし、湾の形状によっては、津波が湾に入り急に津波の高さが高くなり、十分な高さのない建物や、高台にいても亡くなった例もあります。

一方、宮城県の平野部ですが、こちらは農村地域で、避難場所まで遠方なために避難開始が遅れ、多数の死者が発生しました。しかし、ここでは人口密度が低いので、車で避難された方の多数は助かっています。しかし、助かった後で第2波の津波で亡くなられた方もおられます。この平野部の中には都市的地域があり、例えば石巻や気仙沼の中心部は都市的地域を形成しています。こういったところでは車で避難中に渋滞に

巻き込まれ亡くなったケースがあります。この原因は周囲の状況に気づかない、ということもあります。また、一方、そのような都市的な地域では、高い建物が多いので、津波避難ビルで多数助かっているケースもあります。

ここで気をつけないといけないことは、建物に逃げ込んだことによって、二次災害としての津波火災に巻き込まれることです。この火災によりたいへん怖い思いをした方もおられたようで、今後は津波避難ビルに逃げないで、遠くても高台などに逃げるといった方もおられます。

石巻の例ですが、石巻の上の方は山があり、その下側に市街地が広がっています。この山の周りには道があり、車が集中して渋滞が発生する。そのため、車を捨てて別の道に逃げて助かるといったこともあったはずですが、車に乗っており、なかなか呼びかけには反応がなかったということです。気仙沼には湾岸があり、この上の方に市役所があり、その下に市街地が広がっています。また海岸沿いには水産工場等があり、この付近では津波火災が多く発生したところでした。この津波火災よりもっと前の状況で、車の渋滞が発生していたのですが、この道にいた人は周りの状況に気づかず、周りの人が津波の水が近くまで来ているので「逃げなさい」と言っているのに、なかなか気づかなかった。しかし、この人たちは津波避難ビル、ここには中央公民館がありますが、このようなビルに逃げて助かったケースがあります。

津波はいろんな状況があるので一概には言えないのですが、すぐに避難できない人もいます。それに対しては率先して避難するという本人の主体的な行動が非常に大事だと思います。

もう一つは、家族のことを思って行動するのは人間の本来持っている行動なので、家族を考慮した避難システムを考えておく必要があります。限られた時間でしか対応ができないので、最善を尽くせという話もありますが、最善というのは、限られた時間で何をやるのが最善なのかをよく考えて行動することが、非常に重要であると思います。

今後、発生する津波が到達する地域の人口が多い場合、歩いて避難する人も多くなります。東日本大震災ではたくさんの方がいる地域ではないので、人の渋滞が問題になったことはありませんが、人が過密にいる

ところでは、避難者の滞留・混雑により避難時間がよりかかることも考えておく必要があります。

## ☆2次災害で津波火災や危険物災害を考える

これについては、想定外のことが起きる可能性が大きいので想定にとらわれない考えが必要です。

昨年の10月に大阪府の被害想定が出されました。この想定には津波に対する想定もありましたが、その後、起きうる被害の中で、どれだけの建物が倒壊するのか、あるいは津波が来て人がどれだけ避難できるのかといった人的被害で、津波による被害者は何人ですという発表のされ方をされますが、その前提として津波に対してどのような対応をするのかを仮定において計算しているということになります。

この大阪府の被害想定では、5分後に津波警報を発令、その時全員が避難するとして、5分後の警報発令に対して、全員が避難する全員避難型のシナリオと、早期ではあまり避難しないといった、早期避難率の低い二つの条件で計算を行っています。実際はその中間ぐらいのところだと思います。このような傾向も合わせつつ、今後どうなっていくのかを考えて対応していく必要があると思います。心構えとしては、群馬大学の片田先生がおっしゃっている「率先して避難せよ」、「最善を尽くせ」、「想定にとらわれるな」の津波避難に対する三原則が大事だと思います。

兵庫県警は東日本大震災から約1年後にアンケートを実施しております。方法は運転免許更新時に実施したとのことです。その結果、すぐに避難するは3割ぐらいになり、東日本大震災の調査よりかなり低い割合が出ています。しかし、家族に連絡を取るなどの傾向は変わらない結果となっています。避難先としては公的な施設あるいは高台等が中心となっています。避難方法としては徒歩が60%、車16%でした。更新時のアンケートなので車を運転する人に限られますが、車での避難が16%あり、車を使う理由が主に同居や近隣の家族に高齢者、障害者、乳幼児がいることであり、災害時要援護者を避難させたいという家族の思いが反映して半数の人が避難を車でと考えているのです。従って、家族の中で避難困難者をどのようにして避難させるのかを考えておくことが、車での避難を減らすことに繋がっていくと思います。

## ☆地震直後に対応すべきこと

先ほどまでは、津波に対する避難対策や、避難の傾

向についてお話ししましたが、事業所内での地震発生直後の対応はどうでしょう。これについては常日頃から考えておられる方は多いと思います。

基本的な対処としては、まず、情報を収集する、どのような地震なのかを把握することになります。それによって対処方針等いろいろなことが考えやすくなります。また、このことによって事業所内での地震対策が立てられるわけです。例えば、危険物タンク等を含めて事業所内で危険なところがないか点検して回る。また緊急遮断等も必要であれば行い、安否確認等地震の安全確保も必要になってくるでしょう。

津波が来るといった状況の中では、対応が可能な時間が限られており、必要な処置等に要する時間について知っておくことが、発生後の対応の計画を立てる際のキーポイントとなります。

これに関して非常に参考となる例があります。それは、岩手県宮古市田老地区消防団の分団長田中さんが実践された事例です。限られた時間内でうまく対応した結果、消防団に犠牲者がでなかったのです。

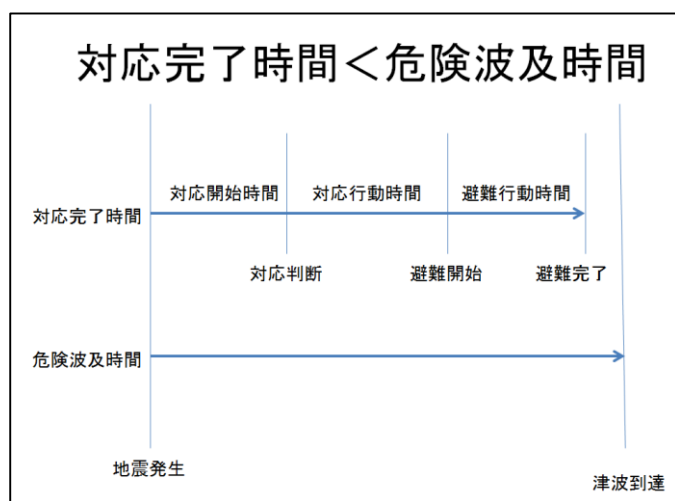
東日本大震災よりも7年前の2004年のことですが、その地域で津波対策の検討会があり、地震から20分後に津波が到達して田老町の堤防を越えるシミュレーションの映像が流されました。この時、田中さんは非常に危機感を持ち、20分ギリギリまで頑張るのは非常にまずいことになってしまうと考えました。消防団というのは非常に責任感、使命感のある方が活動され、災害時、非常に頑張られる傾向があります。そこで、20分以内に必要な活動をして、団員の避難も完了させるという活動ルールを決めました。田中さんは水門閉鎖を15分で行い、残りの5分で避難する訓練を繰り返して実践された。また15分で閉め切られない場合は、それを放棄して逃げるということを決めておいたのです。

それで2011年3月11日に消防団の方は実際にどうしたのかというと、決められていた通りに15分で水門を閉め、津波が来るまでまだ5分よりも多くの時間があり避難が可能でした。これは想定していたよりも津波襲来が遅かったことで時間的には余裕があったのです。あらかじめ15分ルールを決めていたことが奏功した例です。

この経験はここだけの話ではなく、家族を避難させる場合でも共通の話でありますし、事業所内の対応に

についても言えます。つまりこの限られた時間、対応可能時間内にできることを考える。またそれに沿って実際に反復訓練を行っておくことが重要なことだと思います。下図はこの対応する時間と危険波及時間の関係になります。(下図参照)

危険波及時間というのは地震が発生してから津波が到達するまでの時間です。一方、周囲の状況から対応を判断するための時間、判断した後の対応行動時間、そして、避難を開始して完了するまでの時間、これらを足し合わせて、対応完了時間が構成されます。必要とする時間を足し合わせて、最後の避難完了までの時間を足して、危険波及時間におさめる必要があるということであります。



大阪南部の沿岸部では津波到達が約 60 分という話ですので、危険波及時間が 60 分となります。この 60 分の危険波及時間にくらべ、対応開始までの時間、要援護者の支援を行う対応行動時間、そして、これらに自身の避難行動時間を足した対応が完了する時間を短くする必要があります。短くするには、それぞれの要素について考えていく事になりますが、例えばこの対応開始時間を短くするには、情報を素早くキャッチして対応を判断する必要があります。対応行動時間は助ける手段によって変わってきます。さらに避難行動時間ですが、どこに避難するのかといった避難先により異なってきます。

避難経路の途中で、ガード下をくぐったり、歩道橋を渡る場所があれば、その場所は多くの人が同時に向かう経路の道幅が狭くなってネックとなり、多くの人があるネックを通過するのに必要な時間が避難行動時間に加わることになり、危険波及時間との関係で問題となります。このネックを通過する時間などは、避

難計算で簡易に予測することができます。

避難計算の一番簡単な算定式は図(下図参照)の1つ目の式で、全体の距離を歩行速度で割ることで計算されます。図(下図参照)の2つ目の式ではネックになる場所で多くの人通過する時間の計算ができます。この時、ネックの前では通過するまでに待っている人々が滞留することになるので、人々がネックを通過してしまふまでの時間のことを滞留解消時間と呼んでいます。Nが流動係数とありますが、これは細くなった道幅のところにてきたネック 1mあたりに何人の人が1秒間に通行可能なのかの係数になります。NにBをかけますと、Bは通路の幅になりますが、これをかけると一つのネックあたり1秒間に通れる人の人数がNBで算出されます。Pは全体の人数で、全体の人数を1秒あたりに、その通路幅の通れる人数NBで割ると、何秒でP人の人がネックを通過できるのか、つまり、滞留解消時間を計算できます。

### 避難行動時間

- 歩行時間と滞留解消時間から算定される。
- 歩行時間
  - L: 最大歩行距離 (m)
  - V: 歩行速度 (m/sec)
$$t_L = \frac{L}{V} \text{ (sec)}$$

1.0m/sec (群集避難)
- 滞留解消時間
  - N: 流動係数 (人/m・s)  
(単位幅当りの通過人数、一般的に、1.5(人/m・s))
  - B: 出口の幅 (m)、P: 避難者数 (人)
$$t_B = \frac{P}{NB} \text{ (sec)}$$
  - 出口前の空間に人が滞留していると、スムーズに通行できない (スペースを空けるために、目的地を設定する。)

これらの式によって、避難にどれくらいの時間がかかるのかを見ていくこととなります。この時、実は行列ができておりその先は安全だろうと思っているわけですが、前にいる人がもっと先に行かなければ、後の人が前に進めなくなるわけです。目的地をうまく設定すると、後ろの人がちゃんと避難できるようになります。

以上で示した滞留解消時間というのは、地域の避難だけでなく、建物で火災が発生した時の建物からの避難、あるいは、逆に、津波の時に建物の上階に逃げ込む避難ビルへの避難にも使えます。

津波の場合、避難ビルの限られた数の階段を使って、上の階に上がっていきませんが、各階段の合計の幅でし

か人が行けなくなると、避難ビルに来たのはいいが、上に上がれなくなるので建物の下で多くの人が階段に入る順番待ちをしている間に時間内に津波が来てしまうということもあります。この状況を避難計算で把握できます。

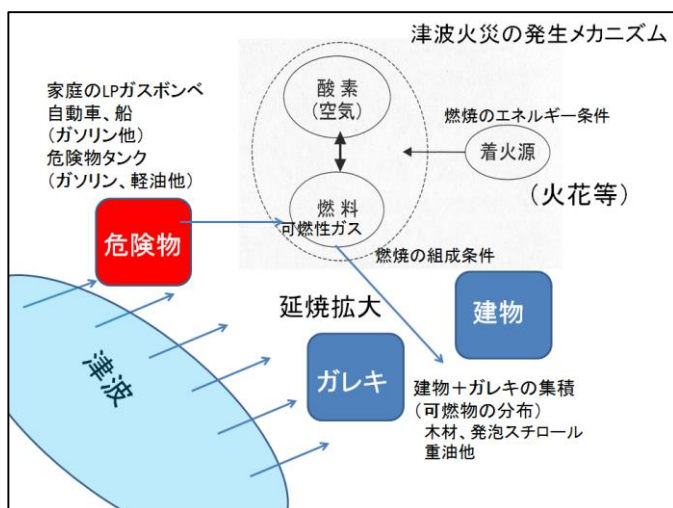
このような状況の一例ですが、神戸の長田区の沿岸部からどこまで避難するとよいのか検討したことがあります。海岸線を含む沿岸部は、津波想定区域に入っています。このあたりにはJR線があったり、幹線道路があったりして、そうするとJR線や幹線道路があるとガード下や歩道橋があってそこはネックになりやすい。そこを抜けたら、標高があるので避難完了ではなく、後ろからどんどん人が来ますので、もっと先の方に避難先を設定する必要があります。神戸の場合は、たまたまこういった地形になっていますのでこのようになりますが、山がない地形の地域であれば、ビル等の高い構造物を避難先にしないといけないということになります。その場合、ビルにどれだけの数の人が避難可能なのか考えておく必要があります。また、この場合、あとでまた説明しますが、津波火災等の2次災害の発生についても考えておくことが必要です。

次に要援護者の避難について考えてみましょう。東日本では、要援護者を助ける等の活動をした民生委員の人が56人亡くなっておられます。このことから民生委員をはじめとする支援者に、過剰な負担にならないようにしないとけません。支援をする人を集めるのがどうしても時間がかかってしまいます。これについてはいろいろと考えておりますが、難しい面があります。一般的には、コミュニティの中で支援をする人の数を増やしていくことが必要だと思っています。

さきほどの限られた時間内に対応行動を行うということについて、この要援護者の支援についても適用することになります。要援護者と支援者を地域の中で、マッチングしながら、避難先へどれだけの時間で完了するかを、訓練などを通じて確かめておくということがよいと思います。

近くに避難先がない場合は、津波避難ビルとなるわけですが、2次災害から安全をどのように確保するのが次の課題になってきます。このことは東日本で津波から逃げたが、火災が周辺に迫った。ではどのようなビルがよいのかというわけです。

## ☆津波火災について



津波火災はなぜ発生したのか。一般論になりますが、津波という水が来ているのになぜ燃えるのかということです。

一番のポイントは危険物にあります。出火した多くの原因は、家庭のLPガスボンベで、家庭にあるボンベが外れてガスが噴き出し、何らかの原因でこのガスに着火、引火して火災になった。それと自動車のガソリン、自動車がぶつかったりしてガソリンが漏れたところに電気系統から火花が出る等により着火したと考えられます。もう一つは危険物タンクです。その中にガソリン、軽油、重油等いろんなものが入っていますので、津波でこれらのタンクが浮き上がって流出していくことが原因となります。

これらの最初の火が出るかどうかということと同時に、その後、延焼していくかどうかはその周りにある可燃物の分布に左右されます。津波によって流された瓦礫が、どのような場所に分布するのかが問われます。気仙沼では水産業が盛んだので、その水産業に用いる発泡スチロールという可燃物が多量に海に流出していた。さらにタンクからの石油等が海に流れ出ていた。このような延焼していく媒体についていろんなパターンが重なって、津波火災が広がっていったと考えています。

この津波火災の拡がり方については、いくつかのパターンがあります。1つめのパターンは、津波で押し流された家屋の中でプロパンが燃え上がる。その家屋がガレキをともなった津波と一緒に流され漂流していくという漂流型のパターンがあります。

2つめの漂着ガレキ型は、もともと津波によって

もたらされたガレキがあったところに、LPガスタンクや車から出火したりして燃え出したり、あるいは漂流型の燃焼しているガレキが着火のもとになることもあります。この漂着ガレキ型のガレキは、山際と平地の境目に漂着しやすいので、そのあたりの境界線で発生しています。

3つめの湾上火災型は気仙沼湾で発生したものです。湾の中に津波で周辺から押し流されてきたガレキが集まり、そこに石油タンク（23基）から流出した油が一緒になって、あるところから着火して全体に大きく広がった火災となっていた。これが湾内の海上火災であります。

以上の3つのパターンの火災なかで最も怖いのは湾上火災であります。危険物タンクから流出した油は非常に大きな影響を持っており、それによる被害が一番大きかったと思います。

南三陸町の志津川等では、川沿いに漂流型の津波火災が上がっていった状況がありました。また、宮城県名取市閑上というところで起きました津波火災では、プロパンボンベから気化したガス噴出している状況がビデオで記録されています。この直後に着火して燃焼している状況も観察されます。

その他では岩手県山田町でいくつか発生して津波火災の中に、津波によってガレキとなっていた場所に、川沿いに漂流してきた燃焼物から着火した例があります。また、山田町の別の場所では、もともと密集している地域ではなかったのですが、津波により運ばれてきたガレキ等が家屋の間に積み重なって、道幅が狭くなり延焼しやすい状況になっていた例があります。

### ☆津波避難ビルへの火災の影響について

次に津波避難ビルに避難してきた人への津波火災による影響について、お話いたします。

宮城県気仙沼市の気仙沼湾の西側に市街地の中心がありますが、その反対側の東岸に、二ノ浜という地域があります。2011年3月11日には、この気仙沼湾で湾上火災が発生しました。その時の気象条件では、西から東向きの風が吹いていて、東側の影響は非常に大きかったのですが、津波避難ビルとなるような大きな建物が少なく、二ノ浜で避難された方への影響は限定的でした。ただし、18時ごろに爆

発音が聞こえ、海岸からすこし離れた場所で救助活動していた方は、暑い煙と熱気で2メートル先が見えず、呼吸も思うようにできなかったため非常に怖い思いをしたと語っておられました。このとき、東岸付近でファイアボールが起きていたということになります。もしかこの時、東岸付近に津波避難ビルがあり、多くの人々が逃げ込んでいたとすれば、ファイアボールによって非常に大きな影響があったといえます。

一方、気仙沼湾の西側の中心市街地側は、風向きが逆のため東岸よりも津波火災による影響は小さいと考えられますが、それでも当時、埠頭近くのいくつかの津波避難ビルに避難していた方々からのお話では、心理的な側面を含め深刻な影響を受けていました。

その津波避難ビルの1つとなった合同庁舎ではその周辺に発泡スチロールや瓦礫等が漂ってしまっていて、これに重油等の油が混ざって火が着いたものが漂ってきたとのことです。近くの公民館やホテルでも多くの住民が津波避難ビルとして避難してきていて、夕方になって周りから火災が迫ると同時に周辺が浸水しており逃げ場がなく、また、ガレキが散乱して、水が退いたとしても若い方はガレキの中を伝わり逃げることはできますが、高齢者、障害者、幼児、妊産婦などの災害時要救護者の避難はとてもできる状態ではなく、心理的にもかなりのプレッシャーを受けたとのことでした。

以上のように、津波避難ビルに逃げるということは津波からの避難には直接的に有効ですが、さらにその後の津波火災によって影響を受けることが考えられるので、津波火災がどのくらいの大きさとなるかも検討しながら、対処を考えておく必要があります。

津波避難ビルをなるべく選択せずに避難することが望ましいのですが、高台まで距離がある場合など、選択せざるを得ない場合があります。その場合は、火災に強いビルをなるべく選択する方がよいということになります。

例えばマンションですが、バルコニーが十分ある場合には上階へ延焼しにくくしていることと、各住戸も防火区画されていますので、水平方向への延焼もしにくいので、マンションは津波火災には強い



ではないかと考えております。しかし、反対に学校等は防火区画がしっかりない場合は、内部で火災が広がっていく可能性が高いと考えております。

### 〔Epilogue〕

最後になりましたが、津波火災についての課題として、発生源対策と、延焼対策、そして、人命安全確保対策について述べたいと思います。その上で、事業所での対応に関わりの深い危険物施設対策についても言及したいと思います。

津波火災の発生源対策としては、弱点となる危険物タンク、プロパンボンベ、自動車等、津波の衝撃力を受けるものについて考える必要があります。自動車などは非常に強く造られています、津波から受ける衝撃力に対する弱点があります。この発生原因対策について、津波による衝撃を受けて火災が発生しないようにすることは一つの課題となります。

次に、延焼対策として、可燃物を限定しないといけないという課題があります。津波により家屋が倒壊してガレキが広がっていく現象をどうやって限定していくのか。影響を受ける側の津波避難ビルの周りにガレキが来ないようにするのも、一つの対策となると思います。それから海上の漂流物ですが、これがどのようにして流れていくのかについて解明しておくことも課題となります。対策を検討するうえで参考とすべきことです。

人命安全確保の対策としては、最終的に人の命を守るという観点から、津波避難ビルなどの火災安全性をいかに確保するのが重要になってきます。二次避難ルート、これは避難ビルから次の避難ルートを考えておくことを整備すること、また、避難できない場合は、泡消火などで延焼阻止し、上階への延焼を防ぐことや、先ほど述べましたように津波によるガレキの近接防止対策なども必要と思います。

危険物施設対策については、ハード面の対策とソフト面の対策、その両面から進めていく必要があると思います。

ハード面の対策としては、基本的に危険物施設を改修して津波に対して強くしておくという対策です。これは大阪府の被害想定の中で検討されていますが、津波範囲を想定したタンクの被害シミュレーションによると、一定の油が漏れ、その対策として

はハード面の対策が重要となります。

しかし、ハード面の対策だけで十分かといいますとハード面の対策実施には時間がかかりまし、ハード対策を超えた事態では、想定をこえて流出ということになりますので、一つのフェールセーフという安全工学の発想によって、一つの対策でだめなら、他の対策でその影響をカバーするという、フェールセーフの考え方から、ソフト面からの対策も考えておく必要があります。

では、ソフト面の対策ですが、最終的には避難対策となりますが、事業所からの避難をどう考えておくのか、地域との連携をどのようにとっておくのか、検討しておく必要があると思います。

仙台港付近での事例ですが、仙台市、多賀城市、七ヶ浜町にまたがる事業所で石油コンビナート火災がありました。その影響を受ける地域の方々とのように連携をとり、安全確保をとっていくのか。そういったことも課題としていかなければならないと思っています。

その上で、こういった事業所に石油類がどのように分布しているのか、そして津波が到達した場合、それらの石油類がどのように流出していくのか、また津波によるガレキが、どのあたりに留まり易く、津波火災が拡がりやすいのかといったことも解明するとともに、発災時の事業所や行政、そして周辺の人々の対応の予測を合わせたソフト面の対策検討を同時に進めていくことが、来るべき地震・津波に備えておくことにつながると考えております。