

静岡の津波防災を考える

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: Japanese 出版者: 公開日: 2014-06-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 原田, 賢治 メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/10297/7846 |

静岡の津波防災を考える

原田 賢治

はじめに

今日は、皆さんと津波について考えていきたいと思います。特に津波の防災については、静岡や沼津にも触れられたいと思います。

私は静岡大学防災総合センターで、津波に関する研究をしています。津波の研究といってもいろいろあり、その一点目は地震・津波。これは物理現象・自然現象としてどういうものなのか、ということ进行研究しています。

二点目は、災害としての津波。物理現象として町に水があふれ出てくる。大きな地震により、津波がどのように起こるのか。このメカニズムを理解することは非常に重要ですが、理解するだけでは残念ながらそこで起こる災害を防ぐことはなかなかできません。単純なメカニズムだけでは

なく、災害としてどういうことが起こるのかということも、一つの研究対象となります。また、物理的な現象・自然現象の結果、我々の住んでいる町にどのような影響があるのか、一つの社会現象として災害を捉え研究しています。

地震・津波は、私が検討している手法の中では物理的なものとして扱っています。ただし、災害になると今度は社会現象となり、社会が物理現象によってどういう影響を受けるのかという、被害を受ける対象が生まれます。そこをしっかりと捉えた上で、災害がどのように起こるのかを捉えていきます。

三点目は非常に重要なポイントで、防災です。災害と防災はよく似た言葉で、一緒に使うことも多いと思いますが、実はしっかりと区別をして考えた方がいいと思っています。災害自体は、社会に起こる現象そのものです。そして防

災害は、災害をいかに防ぐのかということです。災害にどうアプローチをしていくのか、それは社会的にどう活動をしていくのかということです。

建物の耐震化であれば、耐震化の補助なのか、耐震化の技術なのか。また、耐震基準をどうしていくのかという、社会の対応として考えるべき防災もありますし、我々個人レベルでも、一人一人がどのように災害に対して備え、災害が起こらないようにするのかを考える防災もあります。

災害が起きてしまった時には、どのように対応すべきなのか。地域としてはどうなのか。個人・家族・地域・行政・国といったいろいろな枠組みによる活動も含め、物理現象と社会現象、そして、災害を防ぐためにどのような取り組みをすべきなのかを研究しています。

津波と地震

†津波の定義

最初に、物理的な津波の現象の特徴や、一体どういうことで津波が起こるのかといった、物理的な現象の理解について簡単に触れておきます。

津波といいますか、どのように起こるのか、一つ定義が

あります。地震により海底陥没や隆起が起こり、津波が発生する。これは、地震が起こると海の底の形が変わり得るため、結果、その上の水が押し上げられたりへこんだりすることで波が起きます。それが周りに伝わり、その周りに我々の住んでいる町があると被害を受けます。そのような地震による津波の発生のメカニズムが、一つの定義です。

実際、地震以外でも津波は発生します。海中への土砂崩れもしくは地すべりによって、土石流などが海中に突入すると、海面に大きな波が発生することがあります。これにより発生する波が周りに伝わり、そこに町があれば影響を受けるかもしれないというメカニズムです。

それ以外にも、海底火山があります。海の底にある火山活動の結果、水蒸気爆発や、海底火山の大規模な変動による山の陥没などが原因で発生する波も津波と言われています。ですから、一般的には気象現象で起こる波ではない波、というのが津波だという捉え方になっています。

†気象現象による波

通常我々が海へ行くと、寄せては返す波がやってきますが、あの波自体は沖合で吹いた風が原因です。海の上で吹く風が波を発生させ、それが陸の方まで伝わってきます。

風が原因ですから気象現象です。台風などでも大きな風が吹きます。その結果、台風はまだ遠くても海が荒れることがあります。それも、沖合の風が気象現象として起こったことにより波がやってくるため、津波とは言いません。通常は風波という言い方をします。

今日お話をしている津波は、このような気象現象ではなく、地震や土砂崩れ、海底火山の変化によって発生する波のことです。

＋津波の発生原因

過去の津波のデータを発生要因で分けた円グラフがあります（図1）。これによると、津波の九割以上が、大きな地震により発生していることが分かります。ですから、津波を考える際にまず考えなければいけないのは、地震により発生する現象であるという事です。この危険性をまず認識することが一重要です。

また、火山があれば、火山の影響も考えなければいけません。地すべり

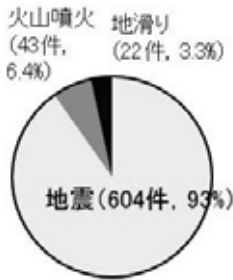


図1 津波の発生原因（1790－1990）

や土石流が起こる地域であれば、その影響も考えなければいけません。発生する割合からすると、まず地震をきちんと考えることが重要です。

＋地震

皆さんも地震の揺れを感じたことがあると思います。普段、我々は揺れ自体を地震と呼びます。これは、感覚的に分かる揺れのため、地震動という呼ばれ方をします。一方で、テレビのニュースからは、「どこどこでマグニチュードいくつの地震が起きました」という情報が流れてくることがあります。このマグニチュードというのは何かというと、地震が起こった時の断層のずれの大きさ・規模を表しています。

地震とは、断層と呼ばれる硬い岩盤の部分が割れてずれ動くという現象が、地球の内部で起こっているということです。これが地震自体の発生のメカニズムであり、結果、ずれた時に周りに揺れを振動として伝えていきます。その振動が地中を伝わり、我々が感じるような所まで伝わってくると、地震の揺れとして地震動を感じます。

ですから、地震を考える時は、割れてずれ動くという現象としての地震と、そこから伝わってくる揺れを、感覚的

に地震というように感じているという、二つの意味を合わせた感じで、普段我々は地震を見ているということです。

＋地震が起こる場所

次に地震が起こる場所です。大きな地震が起これば、大きな津波が起こるかもしれないという話ですから、地震が起こる場所をまず見ておきたいと思います。

地球の表面には、プレートと呼ばれる岩盤の塊が十数枚あると言われており、これをいろいろな観測データなどに基づき、区域分けをしたものが図2です。日本の周辺は、

四つのプレートがある地域で、フィリピン海プレート、

太平洋プレート・北ア

メリカプレート・ユーラシ

アのプレートが接していると言

われています。このプレートが接している所がど

のようになっているのかという、断面を表した絵が図3



図2 地球表面上のプレート／Illustration by Washiuchi.USGS

海の乗っているプレ

ートが、陸のプレートの下に沈み込んで行くような

形です。硬い岩盤ででき

た違うプレート同士が重な

なっている所があり、そ

こで片方の海の部分が、

陸のプレートの下に潜り

込んでいます。このプレ

ート自体ゆっくりと動いて

いますが、我々は普段生

活している中でそれを感じることはありません。測って

たところ、年間数ミリメートルや、大きくても数センチメ

ートル動いているくらいのスピードです。このゆっくりと動

いている原動力が何かというと、地球の中身です。中に非

常に温度の高いマントルがあり、それが対流しているため

地球の中で流れができています。それに引っ張られるよう

な形で、地球の表面についているプレートを押ししているこ

とが判ってきています。その結果、プレート同士が接して

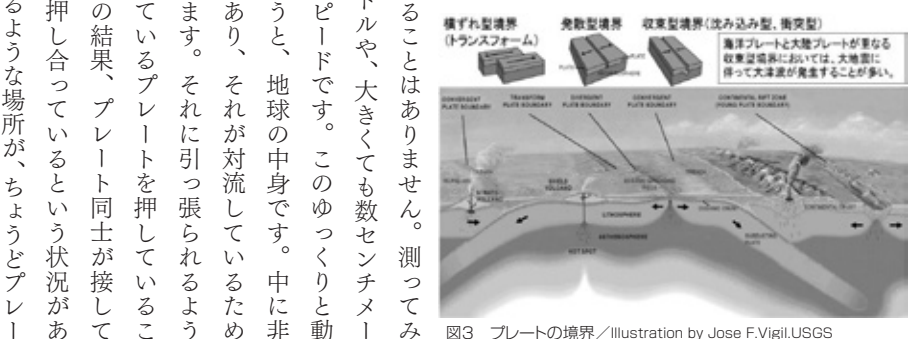


図3 プレートの境界／Illustration by Jose F.Vigil.USGS

トとプレートの境界部分だと言われています。

静岡県の場合、この陸と海のプレートが接して、このように沈み込んでいる状況がすぐ目の前にあります。フィリピン海プレートが、ユーラシアプレートという陸のプレートの下に潜り込んでいますが、このフィリピン海プレートの一部が、伊豆半島の乗っているプレートです。そして、静岡市や旧清水市があるのがユーラシアプレート側です。ですから、陸と海のプレートが重なっている所が、まさに駿河湾の中にあるのです。そのような場所に静岡県は位置しており、そのため昔から地震が多いのです。しかも、このような状況で過去に何回も地震があったのに、どうも最近、静岡市のすぐ下では起きていないということで、東海地震が起きるのではないかと言われてきたのです。

陸のプレートの下に海のプレートが潜り込むという状況の中で、ちょうどプレート同士が重なり、くっついている所があります。それが図4の中央部です。

プレート同士が両側から押され、海のプレートが陸のプレートの下に潜り込んでいつている所で、凄く強く押されている状況が続くと、ある時その接している所が外れて、ずれるということが起こります。これが、東海地震が起こるメカニズムの簡単な例です。

実際、二〇一一年三月

に、東北沖で非常に大きな地震がありました。それもまったく同じメカニズムでした。あれは東北のエリアで、太平洋プレートが北アメリカプレートの下に潜り込んでいる状況の中、プレート同士が重なった所が押され、大きくずれて動いたために大きな地震が起きたのです。その結果、大きな津波も来たということです。日本というのはこのような状況にあり、しかも静岡県の場合は、駿河湾の中にこのような状況があるのです。二年半前に東北では、実際に凄く大きな地震が起きましたが、これが今の日本の状況、我々が居る状況だということです。

＋地震の起こり方

先ほど、地震は岩盤が割れてずれ動く、断層がずれ動くという話をしましたが、プレートとプレートの境界で起こる地震は、プレート間地震や海溝型の地震と呼ばれる方

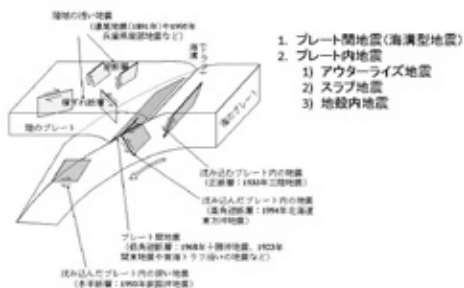


図4 日本周辺で発生する地震のタイプ／地震調査推進本部

をします。しかし、それ以外にも地震というのがあります。プレートとプレートが押されている中で、プレートの中が割れてずれ動くということがあり、これをプレート内地震と呼びます。

一九九五年に、神戸の周辺で非常に大きな地震が起こり、六四〇〇人を超える方が亡くなりました。あの時に起きた地震というのは、プレートの中が割れてずれ動いた地震でした。陸のプレートが割れてずれ動いたため、そのすぐ真上にあった町が強く揺すられ、その結果、神戸市周辺で多くの被害が生じたのです。

そう考えていくと、プレートの中が割れてずれ動くということが、プレートとプレートが重なっている周辺で起きてもおかしくないのです。したがって、東海地震のようなプレート境界型の地震だけではなく、もしかしたら、今我々が居る沼津の周辺でもプレートが割れてずれ動き、すぐ近くで地震が起こるという可能性がゼロではないということです。そのような状況に日本、とりわけ静岡県の場合はあるのです。

＋マグニチュード

次は、マグニチュードの話です。先ほど、プレートとプレ

ートの間で割れてずれ動く、又はプレートの中が割れてずれ動くという地震の話をしました。この割れてずれ動く規模というのが、地震のマグニチュードです。地震のマグニチュードがどのように計算されるのか、実際に使われている数式は非常に簡単な数式です(図5)。

地震モーメントと呼ばれる、地震が発生した時のエネルギー量の対数を取り、 $9 \cdot 1$ を引いて $1 \cdot 5$ で割るという非常にシンプルな数式で、これが通常我々が用いるモーメントマグニチュードに対応します。

では、この地震のエネルギーや地震モーメントが何なのかということですが、図6の数式を見てください。地震モーメント・地震エネルギーというのは、地震で割れてずれ動いた断層の面積と、ずれ動いた距離を用いて計算できます。

図6下の絵の灰色に塗っている面が断層面です。ずれ動いた断層の幅と長さ、長方形で考えればこれが面積です。この面積に、どのくらいの距離がずれ動いたのかをかけ合わせて、そこにずれ動きにくさのような剛性率という係数をかけま

地震モーメント M_0 の単位が $(N \cdot m)$ のとき、次の関係が成り立つ。

$$M_w = \frac{\log M_0 - 9.1}{1.5}$$

図5 モーメントマグニチュードの計算式

す。これは抵抗係数のようなものです。これで計算される地震モーメントは、面積が大きければ、当然大きな地震モーメントになり、ずれ動いたすべり量が大きくなれば、当然大きくなるような関係性になります。これに対数を取るということをして、先ほどの地震のマグニチュードが計算されます。ですから、地震が起きたことでどのくらいの面積が割れてずれ動いたのが分かると、地震のマグニチュードが分かるのです。そして、その時のずれ動いた量が地震の規模につながってくるということです。

この割れてずれ動いた面積が、単純に倍になればマグニチュードが倍になるというわけではなく、図5の数式的ように、対数 \log を取るため大きさはまったく変わってきます。地震のマグニチュード七とマグニチュード八を比べた場合、マグニチュードの数字でいうと違いはただけですが、割れてずれ動いた面積×ずれ動いた量から計算されるエネルギー量は、三二倍ほど違います。ですから、割れてずれ

$$M_0 = \mu \cdot u \cdot L \cdot W$$

剛性率×すべり量×断層長さ×断層幅
剛性率×すべり量×断層面積

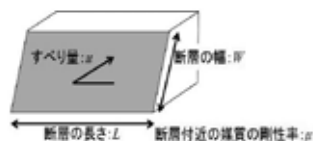


図6 地震モーメントの計算式

動いた面積というのは全然違う関係になってきます。マグニチュードが二違うと一〇〇倍近く違うというような関係性です。マグニチュードが一違うということは、地震の規模とすると、全然違う地震の話だというイメージを持ってもらえると良いと思います。単純に倍ということではないのです。

★マグニチュードと地震の揺れ

引き続きマグニチュードが幾つで、どのくらいの地震の揺れがやってくるのかという話です。先程もお話したように、海のプレートが陸のプレートの間に潜り込んでいるという状況が静岡にはあります。プレートとプレートが押し合っており、ある時境界付近で、岩盤のある部分が割れてずれ動くということが起こります。その割れてずれ動いた時の面積と、ずれ動いた量から地震のマグニチュードが決まり、当然マグニチュードが大きければ、この割れてずれ動く面積が広くなるということです。その結果、何が起こるのかというと、ずれです。ここですれた時、摩擦のように生じる揺れが地面の中を伝わり、我々が住んでいる町を揺らすということになります(図7)。

その揺らし方も、割れてずれ動くところに近ければ、当

然大きな揺れになりますし、遠くなれば小さな揺れになります。東北の地震の時も、静岡で感じる揺れと、仙台で感じる揺れでは、当然仙台の方が大きいものでした。すなわち、割れてずれ動いたところから地面を伝わってくる揺れは、距離が遠くなると小さくなるという特徴があります。

それ以外にも影響を受けるものがあります。それは地面の表面付近の地盤の状況です。これは、硬いしつかりとした岩盤の上に建物があるのか、それとも柔らかい、堆積している川の周辺の土地の上にあるのかということです。揺れに対して、堆積物は地面をよく揺らすという性質があるためです。イメージとしては、木綿豆腐と絹ごし豆腐です。同じように揺らした場合、どちらのほうが大きく揺れるでしょうか。木綿豆腐の方が硬いです。同様に、硬い地盤というのは、同じ揺れに対して揺れ方が小さい。けれども、

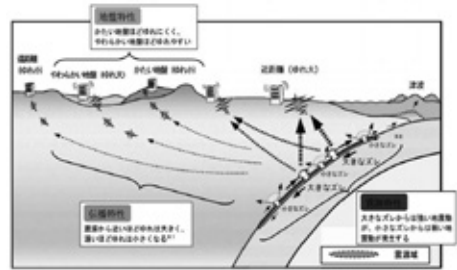


図7 地震の揺れ(地震動)の伝わり方

絹ごし豆腐のように柔らかい地盤だと、同じ揺れに対して、大きく揺れてしまうという関係性があります。それが土地の持っている特性であり、単純に地震が発生した所から遠ければ、揺れが全部小さいというわけではなく、遠くても地震の揺れを大きくするような要因、地盤の条件というものがあります。

◆津波

もう一つは、今日の話のメインでもある津波です。プレートがずれ動いたことで海の底が変形し、その結果津波が発生するということです。では、津波はどうやって起こるのでしょうか。

地面が地震によって変形し、その上に海水があると、海水が押し上げられ波が生じます。その波が周りに伝わっていき、その先に家があり、家まで到達した波が、通常と違って大きなものであれば被害をもたらすのです。

図8は、先程のプレートの境界の絵を少し拡大したものです。フィリピン海プレートが、ユーラシアプレートと呼ばれる陸のプレートの下に潜り込んでいます。これが静岡県県の駿河湾の中から続いており、日本はこのような位置にあります。東北の場合では、太平洋プレートが北米プレー

トの下に沈み込んでいる状況が日本海溝にあり、ここで二〇一一年の東北の地震は起こったのです。このような状況は、伊豆半島の東にもあります。相模トラフと呼ばれているエリアです。これはフィリピン海プレートが、北米プレートの下に潜り込んでいるような状況で、関東大震災の時に発生した地震は、この相模トラフの地震だと言われています。ですから、大きな地震というのは、日本の太平洋側ではかなり広い範囲で起こる可能性があるのだという認識が必要です。

南海トラフと呼ばれるフィリピン海プレートと、ユーラシアプレートの境界部分を見ても、四国や紀伊半島の沖、駿河湾などで大きな地震があれば、当然津波が起こります。そういう状況だという認識が必要になります。では、津波がどのような特徴をもった波なのかをまず紹介しておきたいと思います。

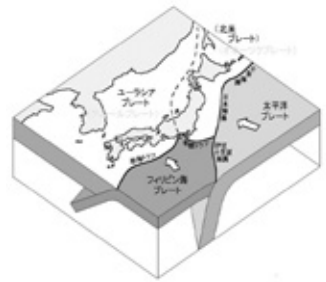


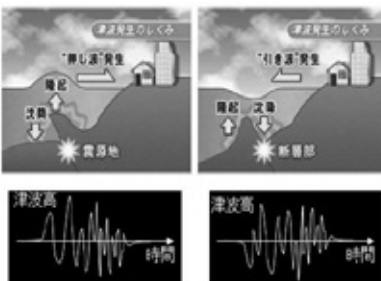
図8 日本周辺のプレート

★津波の特徴

よく津波の特徴という時に、津波が来る前に引き波があるといわれます。引き波が来てから津波がやって来るのだということ挙げられる方もいるかもしれませんが。しかし、津波は必ず引き波から始まるわけではありません。引き波から来る時であれば、引き波が無いのに突然大きな大波がやって来ることもあるというのが、津波の実際の来襲の仕方です。

では何が違うのかというのが図9になります。地震が発生し海の底の形を変え、その上の水を押し上げるような形で津波が発生します。そのようなことが、どんなパターンで起こるかということとを少し考えていきま

す。地震の結果、まず陸に近い所の海の底が盛り上がりま



| | 津波 (浅海波) | 風波・うねり |
|--------------|-------------|----------|
| 波の繰り返し時間(周期) | 数十分～1時間 | ～数十秒 |
| 波の長さ(波長) | 数十～数百キロメートル | 数十～百メートル |

図9 津波の特徴

す。そうすると、その上の水が地震の盛り上がりによって押し上げられ、陸に近い所で盛り上がった状態ができるのです。その状態の波が陸の方に伝われば、最初の津波がやって来るということになります。

では逆に地震が起こった結果、陸に近い所が沈降した場合、どのようなことが起こるのか。海の底がへこむということなので、最初へこんだ所の真上の水は周辺より少し低くなります。少し低くなった部分も海の波と考えると、そのへこんだ部分が陸の方に最初に伝わっていきます。陸の方から見ると、へこんだ部分が伝わって来た時、海の水が沖合に向かって引いて行くように見えます。そのため、地震が起こり、海の水がへこんだ場合は引き波から始まるのです。しかし、海の底が盛り上がるような状況が陸に近い所で起こった場合は、突然押し波がやって来ます。津波は必ず引き波ではなく、押し波から来ることもあるのだという事です。

また、通常の海の波と比べてみた時、津波というのは凄く長い波だという特徴があります。ではどのくらい長いかというと、数十分から一時間くらいというのが波の周期です。周期というのは、一回上がって下がり、また元に戻るまでの一回にかかる時間です。

通常、海に行き見ることが出来る波というのは、短ければ数秒で来ますし、少し長い、風による波でも数十秒の間でやって来るので、時間的な長さがまったく違うというのが特徴として分かります。

皆さんも東北の映像をテレビ等で見たと思います。町の中に津波の水が流れ込んできて、どんどん町を押し流していきました。数十分から一時間かけて、海の水が陸の方に向かって流れ込んできている状況が続いたのです。ですから、ここでのいうところの津波の周期は、災害を考える上でも、現象としてということがどのくらい続くのかという意味でも、重要なポイントです。数十分間、海の水がどんどん町の中に入ってくるとその結果、町の中の物がどんどん奥の方に押し流されていきます。その数十分後、今度は引き波になり、町に入ってきた水と瓦礫を含んだものが、海の沖合の方へ引いて行くという現象が起こるのです。これが津波の物理的な特徴と、実際の現象を考えると起こり得る状況だということです。

では、どうして津波の周期がこんなに長いのかということですが、先程、大きな地震ではマグニチュードが大きくなりますとお話ししました。どうしてマグニチュードが大きくなるのかというと、地震というのは、割れてずれ動い

た面積と距離でエネルギー量がだいたい決まります。ということは、大きな地震になるのは、割れてずれ動く面積が大きい時です。そうすると、割れてずれ動いた結果、海の底が変形する領域というのも当然大きくなります。そうなつてくると、地震が起きて海の底が変形した時の規模が、マグニチュード八やマグニチュード九くらいになってくると、ちょうど数十～数百キロメートルというような津波の長さになってくるといふ関係性が分かります。ですから、沖合で津波が発生した時には、海の底が大きく変形するのです。上下方向の変形だけではなくて、どのくらい広い範囲が変形するのかというのは、地震の規模と非常に関係してくるようになります。それにより、広い範囲で水が持ち上げられれば凄く長い波が起きる。その長い波が、結果として陸の方に来た時には、数十分という時間の長い波になるのです。

津波の特徴をもう少し見ておきます。津波がやって来る時の速さは、凄く速いということを皆さんも聞いたことがあるかと思います。ジェット機並みのスピードでやって来ると聞いたことがあるかもしれません。これも非常にシンブルな数式で表すことができます(図10)。

地球上の平均的な重力加速度は九・八です。地球が引っ張

る引力による加速度のようなイメージです。それに津波が伝わって来る所の水深をかけて、ルートをとるだけで計算できます。これは正式には複雑な操作が必要ですが、大まかにはこの数式で表すことができます。伝わってくる所の水深で速さが変わってくるということが特徴です。しかも、その水深が単純に九・八にかかっているだけです。水深が大きいほど伝わるスピードは速いのです。逆に言えば、水深が浅い所では、伝わるスピードが遅いという特徴があります。

具体的に、水深に数値を入れてみた例が下の方に書いてあります。太平洋上深い所、四〇〇〇メートルくらいを考えた時、この水深の所に四〇〇〇という数字を入れて計算をして時速に換算すると、時速七〇〇〜七二〇キロメートルというスピードになります。これがジェット機並のスピー

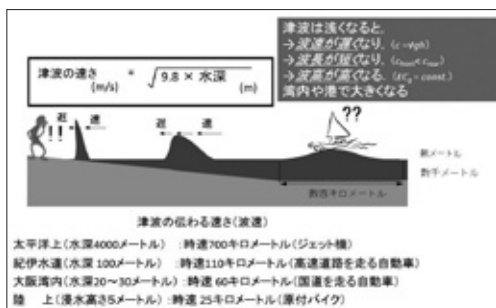


図10 津波の伝わる速さ(波速)

ドだと言われている理由です。深い所は凄く速いです。けれども浅くなってくるとどうでしょうか。水深一〇メートルや二〇〜三〇メートルの場合についても下の方に書いてありますが、時速一〇〇〜一一〇キロメートル、六〇〜六〇数キロメートルという数字になります。時速一〇〇キロメートルくらいであれば、高速道路の車のスピードくらいです。浅くなってくると凄く遅くなってくるイメージだと思います。ですから、津波の特徴として、単純に速いというイメージがありますが、場所によって進むスピードというのは変わってくるものだという特徴もあります。

進むスピードが変わる時、何が起るのかを説明します。海のプレートと陸のプレートがぶつかり、そこで大きくずれて地震が発生した場合、沖合の深い所で津波が発生すると、地震の規模によっては、津波の長さは数百キロメートルもしくは数十キロメートルほどの距離で津波の盛り上がりができます。では、その高さはどのくらいかというところ、沖合の方では高くても数メートルです。東北で起こった津波も、沖合で観測されたデータを見ると、高さは数メートルでした。けれども、皆さんもご存知のように、陸にきた津波というのは一〇メートルとか二〇メートルという大きな数字です。建物を押し流し、堤防を乗り越える、その

くらい大きな数字となっています。ですから、沖合の数字と陸にきた時の津波の数字では、高さの数字はまったく違うという特徴があります。それが先程お話しした水深と九・八をかけてルートをとって表される、津波の進むスピードと関係してきます。

沖合では高さが数メートルで、数十〜数百キロメートルの長さの波が陸の方にやって来ると、水深がどんどん浅くなるため、沖合では速くて凄く広い範囲で波があったのに、陸に近づいて来るとどんどん遅くなってきます。遅くなってくるだけではなく、凄く長かった波が、斜面や陸に向かっていどんどん浅くなっていく傾向があるため、波の前の方と後ろの方では、進むスピードや進む所の水深が大きく変わってくる場合があります。そうすると、後ろの方が速くて、前の方は水深が浅くてスピードが遅くなるという現象が起こります。波がどんどん伝わってくる間に、前の方と後ろの方では進むスピードが変わり、数十〜数百キロメートルの長さのあった波が、どんどん短く圧縮されるようになります。そのような現象が海の中で起こると言われています。そうすると、もともと高さ数メートルで凄く広かったところに津波のエネルギーがあったのですが、それが短い間に圧縮され、その圧縮された結果、数メートルだった津波の

高さが、高い所に登るような形で、波のエネルギーとして高い波となって陸の方によって来るということが起こります。ですから、沖合では数メートルだったけれども、圧縮されてくる中で、波自体が高くなってくるという特徴があります。その間には、先程の数式のような、スピードが水深で変わってくるということが関係しているのです。

それに加えて、例えば東北では、地形がリアス式の海岸という、湾が長細くて奥まったところに町がありました。湾があると、そこに入ってきた波のエネルギーが湾の外に逃げられないため、湾の奥の方に向かって入ってきた波のエネルギーはどんどん集まり、集まった結果、湾の入り口では数メートルから一〇メートルくらいだった津波が、湾の奥に行くと二〇メートルくらいまで高くなってしまうのです。そういう地形的な要因も、三陸の場合にはあったのです。ですから、いろいろな現象が重なりと津波は高くなるという特徴があるのだということは、是非知っておいてもらいたいと思います。ここまで話してきたことが、津波の物理的な現象の特徴です。災害を考え、防災を考える際に、津波の特徴という基本的なところをお話ししてきました。

災害

十 津波外力と防災力

次は、今話してきたような津波がどうやって発生し、どうやって大きくなり、どこを伝わってくるのか。そのような状況で変わってくる津波が、災害をどんな風にもたすのかという考え方です。

基本的に、考え方としては非常にシンプルです。図11に棒が二本ありますが、これが何かというと、左は津波が災害を引き起こそうとする力の大きさです。右は地域もしくはエリアで持っている、津波が災害を引き起こそうとする力に対して、耐えることのできる力です。この力関係の大小により、耐えようとする力より、災害を引き起こそうとする津波の力が大きければ被害が起こります。この不足分だけ被害が大きくなっているという考え方です。これが災害のメカニズムの一番基本的なところです。

実際、静岡県や国が行っている被害想定も、これとほぼ同じような考え方で

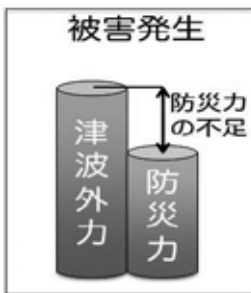


図11 津波の被害と防災力

す。ある地域の防災力として考えるものに対して、それを超えるような外力が来た時には被害が発生する。その超えた分だけ、そのエリアでは被害の拡大が起こるのだというイメージです。具体的に被害を発生させる外力とは、津波の場合であれば津波の高さなどです。津波の高さや流れの強さ、到達時間が数分しかない等そんな条件です。

それに対して耐える力とは防災力のようなもので、堤防の高さもその一つです。津波の高さが八メートルだが、堤防は一メートル。この状態であれば、災害を防ぐことができますということですが、

図11の棒の力比べでいけば、防災力は津波の外力に達していない。だから被害が生じます。津波の外力が八メートルで、堤防の高さが三メートルしかなかったら、五メートル分不足しています。ということは、五メートル分町の中に水が入ってきて、被害をもたらすことになります。ですから、ここの力関係がどのくらい不足するのか、どのくらい余裕があるのかいうことを各地域で見、具体的に見積もってみるというのが、実際の被害想定などで行われている作業だと考えていただきたいと思います。

※津波の高さと被害形態

もう少し具体的に津波の場合を見ていきます。一般的な木造家屋、我々が普段生活の場面で見ついているような、木造の一戸建て住宅をイメージしてもらいたいと思います。木造住宅の津波の浸水深ですが、津波高とは津波のやってきた時の水の深さです(図12)。これが二メートルを超えようような深さになってくると、木造の建物は全面破壊とい

い、ほとんど流されてしまったり、そのままでもう住むことができない状況になりますといわれています。これは、過去の津波災害のデータを分析した結果の数値になりますが、津波の外力が二メートルを超える、一般的な木造住宅の持っている防災力が二メートルほどのため、それを超えた

| 津波強度 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------|------------|----------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| 津波高(m) | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 津波形態 | 斜断面 急斜面 | 岸で盛上がる 浅い瀬砂 | 沖でも大の型 第二波津波 速い | 先頭に 破壊を行う ものが増える | 第一波でも 起きる津波を 超える |
| 音 | | | 前面津波による連続音 (海鳴り、豪風音) | | |
| 害 | | | 所々の吹き波津波による大音響 (豪鳴、遠方では認識されない) | | |
| 水造家屋 | 部分的破壊 | 全面破壊 | | | |
| 石造家屋 | | 持ちこたえる | (資料無し) | 全面破壊 | |
| 鉄・コンクリート | | 持ちこたえる | (資料無し) | | 全面破壊 |
| 漁船 | | 被害発生 | 被害率50% | 被害率100% | |
| 防護林被害 防護林効果 | | 被害軽減 津波軽減 | 部分的被害 津波物阻止 | 全面的被害 無効果 | |
| 養殖民 | | 被害発生 | | | |
| 近所集落 | | 被害発生 | 被害率50% | 被害率100% | |
| 打上高(m) | | 2 | 4 | 8 | 16 |
| | | | | | 32 |

図12 津波の高さと被害形態の関係／首藤,2002

分だけ被害を発生させてしまうという関係性として見ることはできます。

一般的な住宅で二メートルというと、一階の部屋の天井を越えるほど、水に浸かってしまうような状況です。その場合、木造の建物が流されてしまうといったことも起こり得ます。このような被害の発生の限界というものも考慮して、東北の地震とはどういうものだったのかを簡単に見ておきたいと思います。

＋東北の地震と東海地震の規模

東北の地震は、マグニチュード九という非常に大きな地震でした。その結果、非常にたくさんの方が亡くなり、財産や住宅が無くなったという状況は皆さんもご存知の通りです。図13は、過去一〇〇年くらいの間に地球上で起こった大きな地震を拾い出しています。

一番大きなものは、一九六〇年に南米チリの太平洋沖合で起こったチリ地震だと言われています。マグニチュードでいいますと、九・五という非常に大きな数字になります。東北の地震がマグニチュード九で、一番大きなものが九・五ですから、世界的にみても、東北で起きた現象というのはかなり大きなイベントです。

図14は横軸に地震の規模であるマグニチュードをとり、〇・一毎に過去一〇〇年間、地球上で何回マグニチュードの地震があったのかを数えたグラフです。マグニチュード八クラスの地震は四四回です。一〇〇年間で四四回ですから、地球上のどこかで二、三年に一回起こっているような地震というのが、マグニチュード八の地震だということです。

今まで起こると言われ、想定されてきた東海地震というのはマグニチュード八です。一方、東北の地震はマグ

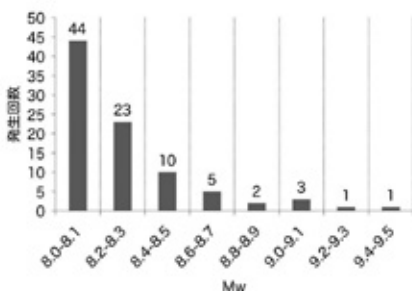


図14 西暦1900年以降における全世界での巨大地震の地震規模と発生回数／USGSのデータより

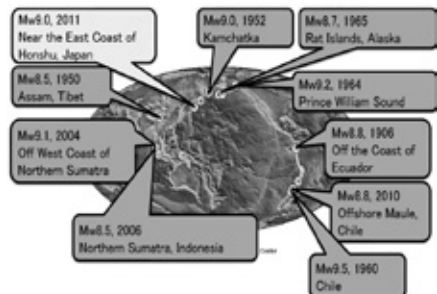


図13 世界で発生した巨大地震(1900年以降)／USGS

ニチュード九ですから、大きい方から数えて五番目くらいです。過去一〇〇年間の地球全体で考えても、上から数えて五番目くらいに大きな地震が、二年半前に東北で起こったのです。ですから、これまで考えていた東海地震の規模と、東北の地震の規模は、起こり易さからいってもまったく違う地震だということが言えると思います。

※断層面上のすべり量分布からみる東北の地震と東海地震

図15の地図は、地震が起こった時に、海の底でどの範囲がどれだけ動いたのかを表したものです。これは気象研究所が検討した結果ですが、断層の長さは四五〇キロメートルや五〇〇キロメートルと言われています。この長い方が四五〇キロメートルで、短い方が一五〇キロメートルや二〇〇キロメートルはあったのではないかと言われており、非常に広い範囲がずれ動いたのです。そして、一番大きくて五〇メートルほどが、一回の地震でずれ動いたのではないかとという検討結果があります。そうなると、先ほどの簡単なマグニチュードもしくは地震モーメントの数式で表されるように、面積が非常に広く、ずれ動いた量も部分的にせよ大きなものがあるということは、当然マグニチュードも非常に大きくなるのです。凄く大きな地震だということ

の整合が取れると思います。

しかも、ずれ動いた所はすべて海の底です。この広い範囲で地震が起こり、しかもそれが海の底だったということは、海の底が変形した結果、その上に

乗っていた水が津波として生成されたというのが東北の地震だという見方ができます。このあたりが静岡県の状況と少し違います。

静岡県の場合は、このプレートの境界部分と呼ばれる所のすぐ近くに我々は住んでいます。陸がすぐ近くです。駿河湾の中の距離の間隔と、この東北の沖合の距離の間隔をみると、東北の沖合は海の部分が広いのです。陸とプレートの境界までの距離が凄く長く、それと比べると、静岡県の駿河湾の中にあるプレート境界と陸との距離は凄く近いです。つまり、津波のことを考えた場合、津波として生成される海の底の部分の距離が短いということになります。

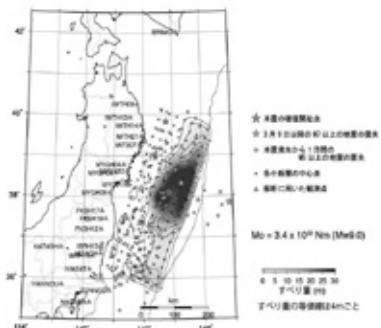


図15 震源過程解析から推定された断層面上のすべり量分布／気象研究所

具体的に言えば、この色の濃い部分の上に、静岡や清水があるようなものです。そうすると、プレート境界の部分と、陸との間の部分で津波が発生した場合、津波だけではなく、地震の揺れのことを考えると、その真上にあれば、当然地震で発生した揺れは距離が近ければ凄く強く揺すられますから、地震の揺れは東北の時よりも強くなるだろうというイメージを持つてもらいたいと思います。ですから、東北は凄く大きな地震で大きな津波でしたが、静岡とは状況が少し違うのだということが言えます。

＋地殻変動量からみる東北の地震と東海地震

図16は陸上で計測された地殻変動です。地殻変動は、陸のいろいろな所にGPSの観測点があり、それを使って地面がどれだけ動いたかを調査しています。それを国土地理院がまとめたものが図16です。

左図は水平方向にどれだけ動いたのかを表しており、一番大きく動いた所で五・三メートル水平方向にずれました。右図は上下方向にどれだけ動いたのかという図で、海の近くの部分で最大一・二メートル沈下という現象が起こりました。沈下ですから、地面が地震の起こる前よりも低くなったということです。しかも、その低くなった場所が海

のすぐ近くのため、海面の高さは変わりませんが、岸壁の高さが今までより一・二メートル低くなったのです。そうすると場所によっては、海の水が岸壁を越えて入って来てしまうということが起こります。単純に地震で揺すられ、津波が来て流されて行くだけではなく、その後ずっと地面が低くなっているため、海の水がずっと町の中に入っている状態が続くことになります。

図17は、実際に地盤沈下のあった石巻周辺の写真です。右の写真は港の所で、仮設の土嚢が積んでありますが、そのすぐ脇に水が来ており、満潮時に波が高ければ、その土嚢を越えて町の中まで水が入って来てしまいます。左は漁師さんが水の中を歩いているような写真ですが、ここはもと水の中ではなく、港の岸壁です。もとは海の上に頭が出ていましたが、地面が沈下してしまったことにより、

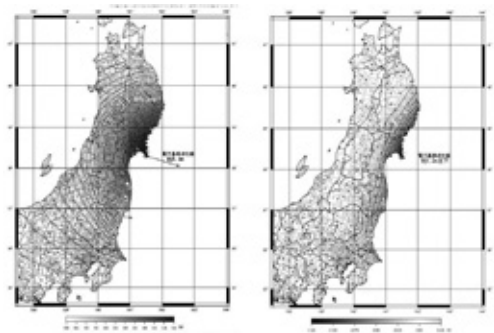


図16 陸上での地殻変動量／国土地理院

このように水が被る状態になってしまったのです。こういった状況が地震の後しばらく続いてしまうということです。

これを静岡県の場合で考えると、プレート境界で大きな地震が起こった時には、沼津の方ではなく、西側の浜松や浜名湖のあたりで地震の地殻変動が起き、沈降するような動き方になるだろうと言われています。ですから、もしかしたら大きな地震があった後、浜名湖の周辺では地面が沈下して、石巻のような状況になってしまうかもしれません。

＋計測された津波高

東北での津波の起こり方も、前半でお話したように、



図17 石巻周辺の様子(左・岸壁を歩く人、右・壊れた港)

プレート境界型の大きな地震により起こったという特徴もありますし、ほとんどが海の底で起こった地震だったため、大きな現象となったという特徴もあります。その結果、どんなことになったのかというのが図18で、この右側のグラフの一点一点が、測量の結果、どのくらいの津波が来たのかを調査した結果です。高い所になると四〇メートルくらいまで来ている所もあり、かなり広い範囲で一〇メートルを超えていました。一〇メートルというのは大変な高さです。二階建ての木造の建物などは、一〇メートルもあったら流されてしまい、ほとんど残りません。建物の土台のコンクリートの基礎だけしか残らないような状況です。

図19は、まさに東北で津波がやって来ている様子です。場所は宮城県の名取市で、仙台空港の近くです。海の方から津波がやって来て、陸にはみ出て、まさに家を押し流そうとしているところですよ。このような状況が、も

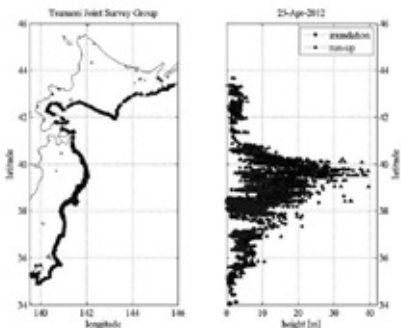


図18 計測された津波高

しかしたら静岡県内でも起こるかもしれません。こういった状況になり得るということを認識しておかなければいけません。ここ名取市は、残念ながら、沼津と富士の間の海岸のように大きな堤防が無いエリアでした。堤防など大きなものがまったく無いため、このように松の間を津波が流れ、松を流しながら建物を流していったのです。

図20も津波が流れ込んで来ている様子です。自動車写真にありますが、その自動車をまさに押し流そうとしています。我々は、普段自動車を便利に使っており、大きくて重いというイメージがあるかもしれませんが、しかし、車というのは、だいた



図20 千葉県旭市を襲った津波



図19 宮城県名取市を襲った津波／毎日新聞

いタイヤが水を被るような水深になると、簡単に浮いてしまうのです。一度浮いてしまうと、いくらエンジンを吹かそうがハンドルを切ろうが、コントロールできません。この自動車はドアの半分くらいまで水に浸かっています。内側から一生懸命開けようとしても、開かなくなることがあります。それは、外側の水が押す水圧のためです。自動車というのは簡単に流され、場合によってはドアが開かなくなることもあるものだと思います。

↑津波来襲後の火災

津波の後、火災もありました(図21)。これも名取市です。津波で流されて、どうして火災が起こるのかと思うかもしれませんが。津波は建物を押し流していきますから、その建物が木造であれば、木の梁があり柱があります。その中に筆筒があれば、中に衣類があつたりして、どれも火が付けば燃えるものです。それが津波の水によって、碎かれながら運ばれて来るのです。そういったものがこの図のように、住宅街の間を埋めるような形で流れ着くのです。

その時、もし何らかのきっかけで火花が散るようなことが起こると、簡単に火は燃え広がってしまいます。例えば電化製品です。充電式の物なども、海水につかり火花が散

るということがありますし、地域によつては、ガスボンベなどを使っていると、それが津波によつて流され、つながっているゴムのホースが途中で引きちぎられ、ガスが漏れた状態で流されていきます。そのようなところで火花が飛べば、爆発的に燃え広がるのです。そんな状況が各地で目撃されています。ですから、津波の後でも火災というのは起こり得るのだということです。

普段、我々が生活している時に火事が起これば、消防車を呼んで消してもらふことになると思いますが、見ていただくとう分かるように、建物のまわりすべてが水浸しです。消防車も水浸しかもしれません。そうなると、火災だからといって消防車が来てくれる保証はありません。特に、地震の災害や津波の災害といった大きな災害になると、通常、市レベルで持っている消防車の数ではすぐに足りなくなります。普段生活している中で発生する火災の、ごく限られた数に対応できるような数で、消防車というのは配置され



図21 津波来襲後の火災(宮城県名取市)／読売新聞

ているのです。よつて、大きな地震などが起き、一度に何件も火災が発生したりすると、消防車の数が足りなくなるということも当然あります。そうなると、その場にいる人たちで、できる限り初期の段階で火を消さないと、燃え広がってしまうということもありますので、注意が必要かと思っています。

↑津波災害による死因

図22に円グラフが三つあります。一つは東北の地震による死因、もう一つは関東大震災による死因、そして阪神淡路大震災による死因の調査結果です。左の円グラフが津波です。東北の地震では、九割以上の方が津波で亡くなりました。関東大震災では、一〇万五〇〇〇人の方が亡くなったと言われていますが、この時に亡くなられた方の八割以上九割近くの方が、火災による影響を受けて亡くなったと言われています。阪神淡路大震災では、六四〇〇人以上の方が亡くなつてしまいましたが、この時は建物の倒壊により、建物の下敷きで亡くなった人が八割以上いました。

こうして見ていきますと、単に大きな地震があり、災害が起こるということを考えた際、その起こり方や、被害が発生した時の人の亡くなり方というのは、その時々で全然

違っているということが分
かると思います。ですから、
単純に今回東北では津波が
来たので、津波に備えれば
安心だというわけではな
く、関東大震災の後に火災
がひどかったから消防は重
要だということで、消防が
しっかりしていればもう安
心だというわけでもなく、
阪神淡路大震災の時に建物
がつぶれたから、建物の基
準を強くする耐震化をしつ
かりすればもう安心だ、と
いうわけにはいかないです。どれも起こり得る災害なの
です。ですから、こういった災害に対して、いろいろな対
策が必要になってくることを考えておかなければいけない
と思います。

＋東北の地震における建物被害

図23は、東北の災害で被害のあった建物の一棟一棟を確

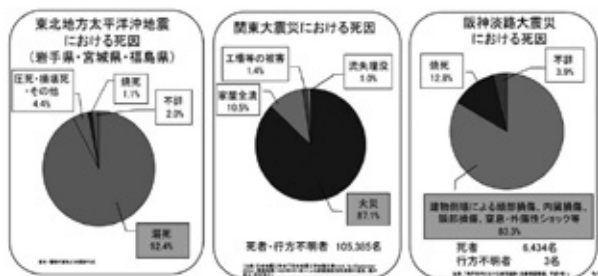


図22 津波災害による死因／中央防災会議専門調査会より

認していき、どのくらいの津波の高さの所で、どのくらい
の被害が生じているのかを調べ上げた集計結果です。これ
は木造の建物です。色が濃く塗られている部分は、全壊で
流出してしまい、建物がもうその場所に無いという状況
です。次に濃い部分は、全壊しほとんど流されてしまったが、
一部はその場所に残っているという状況です。

この図の二メートルから二・五メートル以下の、ちよう
ど点線で囲っているところを見ると、ここを境に、一気に
全壊の割合が増えていくことが分かります。ですから、二
メートルを超える津波がやって来ると、かなりの確率で全
壊になってしまうという状況が確認できます。これは、先

程ふれたように、津波の

浸水深が二メートルを超
えると、木造の建物が大
きく被害を受けるといっ
たこととほぼ一致してい
ます。ですから、ハザード
マップや県の被害想定
の地図などを見る時、二
メートルを超えるような
色が塗られているエリア

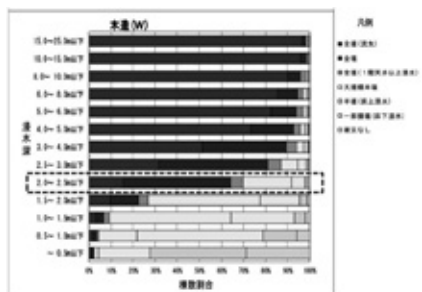


図23 東日本大震災における建物被害(木造)／国土交通省都市局

というのは、ここで挙げているような、木造の建物が大きな被害を受ける可能性が高いエリアだというように見なくてはいけません。

図24ですが、向かって左側が、二メートルを大きく超え

たエリアで建物があつた所ですが、もう何も残ってはいません。向かって右側の写真は、矢印が書いてありますが、二階建て木造住宅の一階部分の床上が、少し浸水したくらいの津波の高さでした。この家は被害としては大きくなく、少し消毒をしたり、後片付けやメンテナンスをして住むことができる状態です。ですから、津波の高さが二メートルを超え、この一階部分がほぼ水に浸かってしまうくらいになると、建物の状況が右側の状態ではなく、左側の状態に大きく変わってしまうことが



図24 木造建築物の被害／独立行政法人建築研究所

あるということを、是非知識として持つてもらえるといいと思います。東北でもいろいろな被害がありました。では今後どのように備えていくのかという点についてお話をしていきたいと思います。

防災

↑津波防災の考え方

津波防災の考え方が、東北の震災の後、日本の中で少し変わりました。何が変わったのかというと、法律ができたのです。日本は法律に基づきいろいろなことが決められており、その法律ができたということが一番の違いです。逆に言うと、東北の震災が起こるまで、日本には津波の対策をしつかり行いましょうという法律自体が無かったということです。もちろん、東海地震や東南海地震・南海地震など、地震に対しての法律はありました。けれども、「地震対策を進めましょう」、その中で「津波も検討しましょう」というくらいの位置づけだったのです。しかし東北の震災を受け、津波に対する対策は、地震の対策と同じくらい重要だということになりました。

一回被害が起こると、二万人近くの人が亡くなってしま

うようなことが、今の日本でも起きてしまうということを考え、津波の対策を強力に進めるために準備をしていきましようという意味で、法律が作られたという背景があります。そして、津波対策基本法という法律が作られました。

具体的にどんなことをやっていけばいいのかということは、別の指針などで決められています。基本的な目的として考えられたのが、津波の被害から命を守ることです。命をしっかりと守る。これが最低条件として実現できるように、対策をしっかりとついでいきたいと思います。部分が、国の法律として挙げられたことが一番大きな点です。

それを具体的に実現するため、もう一つ地域づくりに関する法律もできました。これには、「命を守るために誰が何をするのか」という役割分担も、ある程度書かれています。具体的に言いますと、「都道府県は津波の浸水想定をしっかりとしてください」ということが法律で決められたのです。

静岡県は被害想定の中で、津波の浸水想定公表をしている部分もあります。静岡県の場合は、法律ができる前から津波の想定はされていました。しかし、さらにより強力に進めましようというのが法律の持つ意味です。

十二つの想定レベル

このような中、これから津波をどのように捉えるのかという時、これまでとは違って、レベル・大きさの違う津波を二つ考えて、対策を考えていきたいと思いますという考え方になりました。これがレベル一・レベル二という津波の話です。

レベル一はどういう津波かというと、数十年から百数十年に一回ぐらい、その地域に起こるかもしれない津波です。レベル二は千年に一度や、ごくまれにしか起こらないような最大級の大きな津波です。レベル一とレベル二、少し小さな津波と凄く大きな津波の二つを考えましようという考え方です。ではどうして二つ考えるのかというと、対策の仕方を二つ考えるということに関係してきます。

小さな津波のレベル一に対しては、いろいろな施設を作り、命を守る・財産を守る・町を守るという対策をしましようという考えです。レベル一ですから、少し小さな津波です。けれども、レベル二の凄く大きな津波に関しては、残念ながら命しか守れないかもしれませんが、命だけは守りましようという考えです。町は流されるかもしれないませんが、命だけはしっかりと守り、命を守るための避難する場所や、津波にも耐えられるような安全な場所を作りましようという考え方です。

当然、お金も技術も無限に使うことができれば、大きな津波に対して大きな堤防を作ったり、凄く強固な建物で町を作り上げれば、すべてを守ることができるかもしれない。けれども、千年に一度しか起こらないようなことに對して、どれだけ我々はお金を投じることができるのかと考えると、どうしても二段階で考えることになります。少し小さな津波に関しては、できる限りの投資をして守るようにしましょう、けれども凄く大きな津波に関しては、命を最優先させる対策をとりましょうという考え方が国でとられました。これが、震災の後の大きな津波防災の考え方の転換点です。

＋多重防御対策

それでは町をどのように強くしていくのか、という対策の中で、多重防御ということも考えられてきました。図25は、宮城県の仙台周辺の例で、復興計画の中で出された絵です。これまでは海沿いに防潮堤を作り、津波が入って来ないようにしようというだけでしたが、可能ならば、そもその住宅のエリアを少し海から離したり、一つの防潮堤だけではなく、少し内陸にある道路のようなものも、今までより少し嵩上げをして、二つ目の堤防の役割を持たせる

という計画です。

単純に堤防一つで守るのではなく、二重三重に守るための防御策を考えていきましょう、という考え方が出されてきています。けれども、既に町があるところに二重三重に行う、又は住宅を高い所に移すというのは、なかなか難しい状況があり、すべてがこの絵の通りにできるわけではないと思います。しかし、一つの理想的なイメージとして、こういうものも出されています。

＋津波災害警戒区域と特別警戒区域

それ以外にも、町をどうしていくのかという話の中で、町の中の警戒区域や、特別警戒区域のエリア設定をしていくという検討も進められようとしています。これは今後、各市・町レベルで検討が進められることとなります。実際に、焼津や浜松の方でも、町の中の区域をどうするかという検



図25 多重防御の対策／宮城県

討が、これから始まるうとしています。おそらく、沼津のあたりでも、今後検討が始められると思います。

こういった区域を指定されると、こういうことが起きるかという、一つのイメージですが、海の近くのどうしても津波が来て危ない所は、「危ない地域ですよ」ということで、「特別警戒区域に指定をしましょう」ということになります。すると指定をされた地域は、土地利用の規制や、建物の作り方の規制などがかかる場合があるのです。ですから、当然既にそこにあるものや、そこに住んでいる人達にとって、うちのエリアはどうなるのかということは大問題で、こういった区域指定があると、いろいろな議論が起これると思います。実際には、区域指定がされている事例が出てきているわけではありませんので、今後、市・町のレベルで検討が進められていくことになると思います。そのような場合には、場所によっては建物の規制などがかかるかもしれないということを知っておいてください。

被害想定

被害想定の話をしておきたいと思います。静岡県も、第四次被害想定の時事報告を出しましたが、皆さんは被害想定とはどういうものだと思いますか。被害想定で想定され

たことが、何年か後に起こると思うでしょうか。けれども、被害想定が検討されている報告書等を丹念に読みますと、そのように書いてありません。「最大どのくらいのことが起こりそうか」や、「もし起こった場合、地域でどんな被害が起こりそうか」、又は「最大どんなことが起こるのか」を知ろうとしています。

確実に起こることを予測するために、被害想定をしているわけではないという、被害想定の本質的な考え方があります。ですから、皆さんが新聞やニュース等で、被害想定では沼津でどのくらいの被害があり、伊豆半島ではどのくらいの津波が来る、又は静岡県内で何万人が被害想定の結果亡くなるという数字や、色が塗られた地図を見ることがあると思いますが、あの数字や色が塗られている状況というのは、最もひどくなる時はこのくらい起こるかもしれないという状況を見積もったものです。ですから、次に起こる東海地震の時に、必ずこれが起こるというわけではありません。

この被害想定の数値は、数値として大きなものが出されるような条件をあえて設定し、最悪の場合にはどんな事態になりそうかということで想定していますので、そのところには起こらないと見た方が、本当はいいのかもしれない

ん。重要なのは、被害が生じる可能性がありそうだと
いう地域で、この想定された数字に対してどんな対策をとると、
この想定された数字が減らせるかということなんです。どんな
ことを準備したらいいのかということ、具体的に考えて
対策をとっていくために、この数字を利用してもらえると
一番良いと思います。単純にこの数字を見て、驚いて、諦
める。これが一番良くないのです。

＋津波のシミュレーションと検討ケース

静岡県には、今日何回もお話したようにプレートの境
界があり、大きな地震が起こりそうなエリアです。実際、
過去に何回も大きな地震があったことが分かっています。
ですから、今後も当然大きな地震が起こるだろうというエ
リアなのです。

このようなことに対応するために、先程お話したよう
な被害想定が考えられており、津波に関して言えば、津波
が発生したらどのように広がり、その結果、陸上ではどん
なことが起こるのかという津波のシミュレーションを計算
しています。

この時の条件として、国が想定しているものに南海トラ
フの巨大地震があります。これはマグニチュード九クラス

で、東北で起こった地震と同じくらい大きな地震を考えま
しょうとなっています。静岡県から西の方では、プレート
の境界の沈み込み帯があるため、最大を考えて対策をとろ
うという考えになっているのです。

その条件というのが、図26に書いてあるように、駿河湾
の中から始まり四国の沖、さらには九州の沖合まで続く、
凄く広い範囲で地震が起きたらどうなるかということです。
マグニチュード九ですから、地震が起こる領域が広くなる
ということです。割れてずれ動く面積自体が非常に大きく
なります。

静岡県の場合は、囲まれているエリアのほとんどが陸の
下です。そう考えた場合、静岡県の真下で起こる地震が想
定されているということです。ですから、真下で起こり、
さらに津波もやってくるかもしれないという、かなり条件
としてはひどくなりそうだとということを見積もった結果が、
何万人という数字に与えられている条件になります。

国では、多くの所で大きな地震が発生するメカニズムを
考え、また大きな津波の発生も考えて、各地域にとって危
険になるような条件を、一一ケース想定して計算していま
す(図27)。多いのか少ないのか分かりませんが、一一ケー
スしかやっていません。この一一ケースの中のどれかが次

に起こるというわけではなく、各地域で被害が大きくなりそうな条件として、一ケースを選びましたというものです。ですから、この一ケースで酷い結果が出たエリアは、それに対してきちんと備えをすれば、これよりも小さな地震であれば、当然ある程度防災力があり、被害をもたせうとする力に耐えられるため、被害を大きく減らすことができるだろうということです。このような条件を見ておく上で、必ずしもこれが起こるというわけではなく、目標設定と

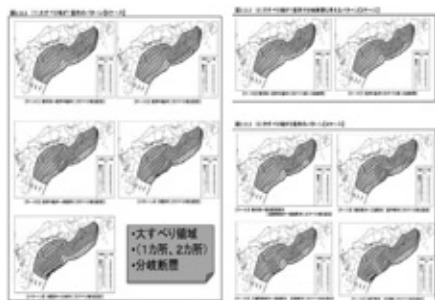


図27 検討ケース(11ケース)／南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について(第1次報告)、内閣府、2012



図26 南海トラフの巨大地震想定震源域／南海トラフの巨大地震モデル検討会、内閣府、2012

して、このくらい大きなことが起こっても耐えられるように準備していきましようと考えています。

＋静岡県の被害想定

静岡県の場合は、国が出したものと同じような被害想定をしてくれています。静岡県のホームページに行くと、その報告書を見ることが出来ます。地域によっては、報告書の中に図28のような地図を見ることが出来ます。

例えば富士の田子の浦港の所ですが、地図の上に色が塗られたものが出ており、どこのエリアでどのくらいの津波の高さ・浸水深になりそうかということが表されています。沼津の町や、狩野川の河口周辺を含めた形で色が塗られているような所もあります。当然、これがすべてではありません。これは一つの条件として見ていただいて、このエリアは危険性が高く、もしかしたらこのエリアを超えてやってくるようなこともあるかもしれないので、注意を払うと同時に、どう備えるのかということを準備していかなくては、こういう想定結果も単に色塗りをしただけということが終わってしまいます。ですから、これをどう利用していくのかということが、今後の防災で非常に重要な点になってくると思います。

図 29 には、各沿岸で

どんな津波の高さになり、どのくらいの地震の揺れになりそうだということが細かく載っています。その数字を見ても、状況としてはかなり大きく、これまでにないようなことを想定していることが分かります。先ほどの図 14 のように、マグニチュード九クラスというのは過去一〇〇年間で、地球上で起こるのは四、五回です。そのくらいの地震が静岡県で、すぐ近くで起こったらどうするのか。どのくらいになるのかを想定しているものです。

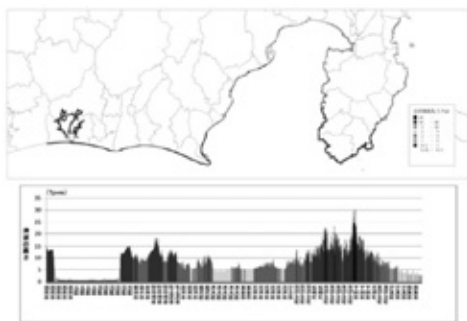


図29 南海トラフ巨大地震の津波高さの帯図／内閣府

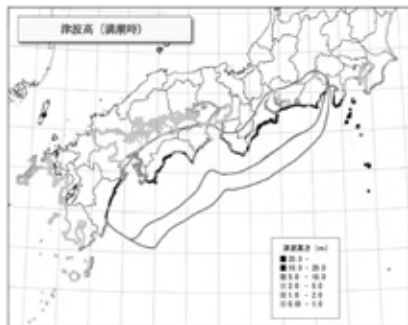


図28 満潮時の津波高／内閣府

例えば、極めて大きな、一〇〇〇年に一度とか言われるような地震ですが、人間の命というのは一〇〇〇年もあるませんので、何世代かに一回起こるような地震や津波を想定して、被害想定・対策を考えることがどうして必要なのかということですが、やはり命です。命を守るためにはどうしても、一〇〇〇年に一度の出来事であったとしても、それに備えるために想定はしておくべきだろうということです。その大きなものに対してどのように耐えるのか、どのように備えるのかを具体的に対策を進めていくためには、やはり想定というものを利用していくことが重要なポイントです。静岡県も、沼津市も、役所の方でこういった考えを元に対策が今後取られていくと思いますし、当然、沿岸の各市町においても検討が進められていくと思います。

＋防災と減災

これまでお話ししてきたように、東北の震災を受けて、防災対策を今後進める必要がかなり出てきました。考え方が変わったというところでも、必要性が強まっているのです。

これまで言われていた防災という考え方には、「災害を未

然に防ぐ」や「災害を発生させない」という考え方が強くありましたが、最近では減災という言葉もよく使われだしています。これは、どうしても起こってしまう災害をなるべく小さくする、被害を拡大しないようにするという考え方で。起こらないようにすることはもちろんですが、起こってしまった後、被害が大きくならないように準備することも重要な視点だという考え方です。

このどちらがいいという話ではなく、できる限り起こさないようにすることも重要ですし、起こった後どうするかという備えをすることも、もちろん重要な考え方だと思います。

†災害リスク

災害が起こるという時に、よくリスクという言葉を使います。これは、今日お話ししてきたように、津波の話であれば、津波を引き起こす地震がどこで起こるのかです。これは、プレート境界の周辺であるという状況がおおよそ分かっています。

地震・津波というのは、一般的にハザードと言われますが、このハザードが起こる場所と、我々の住んでいるエリアが、どのような重なり方になっているのか、重なりの部分で災

害が起こる可能性としてリスクがあるだろうという考え方があります。

よく災害というのは、ハザードと社会の脆弱性が重なるところ、出会うところで起こるのだという言われ方をします。ハザード・地震・津波というものと、社会の脆弱性ですから、町がどういう強さでそこにあるのか、我々がどのような対策をして、そこで町を作り生活をしているのかといったことが出会うところで、実際の災害というのは起こるのです。

これもよく言われることですが、社会が無いところでは災害はありません。砂漠の真ん中で地震が起きても、誰も住んでいなければ、それはただの自然現象です。そこに人がいて、町があるから被害が生じて災害となります。つまり、ハザードだけでは災害にはなり得なくて、そこに社会があって被害を受ける対象があることで災害となり、災害になるための一つの要素として社会があると言えます。

†ハード対策とソフト対策

どのくらいの災害に備える準備が出来ているのかというところは、防災対策を考える上で非常に重要な点になってきます。そういった意味でも、先程お話ししてきたような

二メートルを超えるような津波で、木造の建物が流されるということがこれまでの現状でした。そういった現状を認識すると、当然この二メートルを超えないように、いろいろな防災対策をしていくということも一つありますし、木造の建物の建て方の基準を変え、二メートルよりも高い津波に対しても耐えられるように、強くしていくという対策をとることもあります。対策の取り方というのは、様々な方法があるのです。

津波対策には、基本的な考え方が三つあります。一つ目は、津波が町に入ってくることを防ぐことです。これは防潮堤を作ったり水門、沼津の場合は「びゅうお」がありますが、あのような施設を作り、町に水が入って来ないようにします。ある程度水が入って来なければ、津波に対しては強いでしょうという考え方です。

二つ目は、津波を避けるということです。これには二つの考え方があり、一つは津波が来るまでに逃げる。これは緊急避難で、避難行動をして命を助けましょうというものです。もう一つは、津波が来ない所を利用する、住むという避け方です。常日頃から、津波の影響がないような状況を作り上げていくのです。具体的には、町作りや高台に移ることなどがあります。

三つめの考え方としては、津波に耐えるということです。たとえ津波に浸かったとしても、被害を発生させないような強さを持つという考え方です。これは、津波のことを考えた建築物を作ることや、シェルターを作るといった考え方になります。

このような考え方、ハード対策・ソフト対策もいろいろ考慮して、今後、津波対策が進められていくことになると思います。ハード対策では、先程お話ししたような防潮堤や水門を作れば、水の入ってくる量がある程度コントロールできます。ソフト対策であれば、いざという時に逃げられるように、訓練や知識などの準備をしておくことが重要になり、ハード対策とソフト対策、どちらも重要になってきます。

ハード対策の特徴として、いったん作れば、それは放っておいてもある程度機能してくれるという部分があります。防潮堤なども、ある高さで作れば、その高さまでは津波を抑えてくれますが、もしその高さを越えた場合、当然水は溢れ出てきます。一方でソフト対策の特徴として、人間の側がかなり準備や訓練を行い、いざという時に備えるための努力を、継続的にする必要があるという点があります。これがいざという時に機能しないと、被害を軽減できない

ということにもなるのです。どちらにも特徴があり、それぞれ効果を発揮する部分があると思いますが、どちらが正しいというわけではなく、両方の特徴を踏まえた上で、地域でどのようにしていくのか、どのような組み合わせを考えていくのかといったことを、今後、地域ごとに具体的に検討していく必要があるのではないかと思います。

おわりに

最後に、皆さんは津波の状況をイメージできますかというお話です。自分のこととして具体的に考えるということです。

被害想定など色の塗られた地図や、津波の浸水範囲の地図が公開されたり、地震の揺れがどのくらいになるのかという想定の結果が出てきます。こういう情報がある程度知っておくということは、第一段階として必要です。何が起きているのか、自分はどういう状況になるのかを認識しておくといいことです。

二メートルの津波が来ますと言われた場合、今日のお話で言うと、木造の建物だと大きな被害を受けそうだしということが想像できます。では、一メートルだったらどうでしょう。

う。もし五メートルだったらどうでしょう。その時どんな状況になるのかということを、一度考えてみるということが非常に重要です。

そのような中で、自分はどういうことができるのか。もちろん自分だけではなく、家族はどうなのか。周りの人はどうなのか。たまたま家に居た時や、今日皆さんがここに来ているように、ここに居合わせた場合はどうなるのか。

もしくは、沼津の駅に居た時にはどうなるのか。港の方に居た時はどうなるのか。状況によってはもちろん、場所によっても変わります。そういった場所毎の状況に対する具体的なイメージを、イメージトレーニングというわけではないですが、考えてみるということが防災を考える上で非常に重要なことです。そういう時に、分からないことや知りたいことを知る上でのきっかけとして、被害想定のような情報も活用できると思います。是非そのようなイメージを持つ際の資料としても、使ってもらえると良いと思います。

具体的に、静岡の場合だと、地震が起き揺れがきて、津波が発生します。津波が来るまでに、緊急地震速報が流れるかもしれません。津波が来るまで時間がある地域であれば、避難勧告・避難指示があるかもしれません。津波の予警報があるかもしれません。静岡の場合では、ほとんど数

分で駿河湾の波が来てしまいますので、このような中で逃げなければいけないのだという状況を、まず知っておくことが一つ重要です。

もう一つは、地震が起きて、津波が来るかも知れないという状況の中で、その状況を事前にある程度知識として持っていないと、判断して行動することはなかなか難しいということです。

緊急地震速報とはどういう意味に分かりますか。もしくは、津波警報ではどんなことが起こりそうだというイメージを持っていますか。そういったきつかけになるようなキーワードを、どういうイメージに繋げていくのかということ、事前にある程度知識が無いと、判断が遅れることになります。しっかりした判断が速くできないと、逃げる行動が遅くなることになりますので、知識というのは非常に重要です。

図30はある小学校の避難訓練の様子です。海沿いから高台まで、全校生徒がヘルメットをかぶり、二分ほどで駆け上がって行きます。訓練を一生懸命行っている学校があり、いざという時、知識だけではなく、自分は何をするのかという訓練を繰り返しているのです。的確にできるようになることは重要なポイントですので、訓練も重要になってく

るということを、是非知っておいてもらえるといいと思います。

津波の予警報という情報があります。津波注意報や津波警報という情報です。一つ問題として、静岡県の場合、熱海から浜名湖まで、一つの情報しかないということです。そんなに広い範

囲で一つの津波ということはないだろうと、皆さん思いますよね。けれども、気象庁が出してくれる情報というのは、日本全国を六六区画に分けるというのが現状のシステムです。ですから、この津波の予報や警報の情報を見る際、静岡で三メートルと言われたら、熱海で三メートルなのか、沼津で三メートルなのか、または清水で三メートルなのか、浜松で三メートルなのかは分からないのです。どこかで三メートルの津波が来るという情報なので、かなり広範囲に対して、このくらいの津波が来るかもしれないから注意をしてください、という程度の情報です。当然、そういう情報ですから当たらないことも多いです。三メートルと言



図30 高台への避難訓練

われても一メートルしか来なかったり、五〇センチメートルしか来なかったということも多々あります。けれども、一つの目標として、三分以内にこの情報を出すということがあり、この情報が出たら、海沿いには危険性があるというのをすぐに認識し、たとえ小さな数字であったとしても危ないということで、命をどう守るのかという行動に繋がってもらいたいと思います。

質疑応答

質問——津波そのものの考え方ですが、津波は一分間でも二分間でも、それだけの地殻の変動があれば、その波の体積と考えたものが押し寄せて来るというお話でした。簡単に防潮堤の高さだけを言っていますが、防潮堤の高さが一〇メートルとして、津波が一〇メートルだった場合、最初の津波が押し寄せた上に、どれだけ後か分かりませんが、後からまた来るわけです。そういった際、実際の津波の高さと、防潮堤の高さだけで防災を考えた場合、防ぎにくい部分があると思いますがどうでしょうか。

原田——通常、堤防の高さというのは、波が入って来て堤防に当たり、どのくらい嵩上げされるのかということを考

慮した高さで作られています。しかし、今おっしゃられたように、五メートルの津波が来ますと言った時、その五メートルという数字と、堤防が八メートルだった場合、その三メートル分、もしかしたら沖合から五メートルの波が再度来たら駆け上がるかも知れないという情報は、通常のニュースや気象庁の予報等の数字には考慮されていません。ただ、その堤防を作る時には、波が入ってきた時、反射の影響等でどのくらい上がるのかということは考慮されて作られています。

その瞬間、どこでどのくらいの高さで、堤防がどこくらいあるから、その反射はどのくらい出そうかというところまでは、リアルタイムでの情報には含まれていません。ですから、その部分は含まれていないという認識を持っていたくと思います。

質問——引き潮ですが、津波が来る時のエネルギーよりも、引く力の方が凄く大きいのですか。

原田——一概にはそうとも言えません。入って来た時はある程度の力を持っていますから、いろいろな物にダメージを与えていきます。堤防などにもある程度ダメージを与えており、そんな中で水が引いて行く時、反対側に力がかかります。津波が入る時には押し戻したり戻したりするような力

がかかり、反対に、引く時には物が先程入ってきた波により、既に壊れやすくなってしまうているのです。そのあたりはこれまで考えられていませんでしたが、押したり引いたり堤防がどう弱くなり、どう壊れるのかは、東北の事例を踏まえるとはより重要だということで、堤防の作り方の技術的な面でも、津波の水が入ったり引いたりすることを考慮して、壊れないような作り方をしていきたいと思います。今、国土交通省などでも考えられている部分だと思います。そのようなことも含めて、対策や物の強さというものが変わってきている、基準も変わりつつあるというのが現状です。