

第25回 環境サイエンスカフェ

テーマ 巨大津波—歴史・先史時代の津波痕跡を探る—
 講師 後藤 和久さん（東北大学災害科学国際研究所 准教授）
 日時 2015年2月4日（水）18：30～20：00
 会場 サロン・ド・富山房 Folio
 参加者 47名



1. はじめに



皆さんこんばんは。東北大学の後藤和久と申します。私は災害科学国際研究所という、震災後の2012年に作られた新しい組織に所属しております。よろしくお願いたします。専門は津波や地震ではなくて、もともとは地質学でございます。

この十数年の間、歴史時代とか先史時代の津波の痕跡の調査を行ってまいりました。この写真(図1)は一体何なのかと思われるかもしれませんが、これは沖縄県の石垣島の海岸にあるもので、直径が9メートルぐらいあります。重量にして220ト

ンぐらいありまして、何かというと、1つのサンゴの塊です。サンゴがこれだけ巨大に成長できるということも驚きではありますが、それが海岸に打ち上がっているというのは一体なぜだということです。

サンゴですから年代測定も可能でして、いろいろ調べてみると1771年に明和の大津波という、津波の高さにして30メートルぐらいの、古文書記録にも残されているような津波がございまして、その時に打ち上げられたことが分かってまいりました。震災後ですけれども、こうした地質痕跡が大きく注目されるようになりまして、この石は現在、国の天然記念物に指定されています。

今日お話をさせていただくにあたって、私は先ほど地質学を専門にしていると申しました。地球科学の中にもいろいろ分野があって、地震学とか地質学とか気候学とかあるのですが、その中で私がこれまでやってきた研究は、基本的には地質学に基づいて、地球46億年の歴史をひも解くという作業です。

先ほどお話しした先史時代とか地質時代の巨大津波に関する研究も、私の中では地球の歴史をひも解いていく作業と言いますか、古文書を読み解

くような作業であるという認識で行っています。そういう意味では時間スケールが大きく異なるわけです。

地球の歴史は46億年あり、前半の40億年ぐらひは海の中にバクテリアがいた時代です。大型生物の歴史は5億年ちょっとぐらひ。恐竜が出てきたのは2.5億年ぐらひ前で、絶滅したのは6600万年前ぐらひです。人類の歴史、しかも文明社会の歴史という意味では、ほんの数千年ぐらひです。

考え方として、例えば地震学の分野では1000年という時間は極めて長いタイムスケールです。通常は数十年とか100年ぐらひまでさかのぼって議論がなされます。一方で地質学では、1000年というのは非常に短い時間スケールで、1000年を読み解くというのはかなり難しい作業です。通常は数千年とか数万年間隔でどういうことが起きてきたのかということ扱ったりします。そういう意味で、同じ地球科学でも学問分野によって時間の考え方がだいぶ違うということを最初にお話しておきたいと思います。

次に、地球科学の中で災害がどう位置付けられるのかを、地球システムという考え方からご紹介します。地球システムという考え方では、地球が海洋圏や大気圏や磁気圏、生物圏という個別の要素によって構成されており、お互いに相互作用していると考えます。例えば海の水が蒸発して大気に上がって、それが雨になって地上に降り注いで、固体地球である地表面を削って、それが海洋に戻っていくという物質の流れがあります。

その中で一つ、人間圏というものを定義しています。人間もちろん生物ですから、本来であれば生物圏の中にあるべきですが、人間は他の生物や、海洋や大気に与える影響が非常に大きいとする考え方です。なぜかと言いますと、人間は、例えば物質の循環とかスピード、あと方向ですね、これを大きく変化させているからです。例えば、オーストラリアにある鉄が日本に来るということは、通常は自然現象としては起きませんが、それを人間が運ぶことによって、物の流れを大きく変えていると言われています。

それから、他の要素に与える影響が大きくなれば、他の要素から返ってくる影響も大きくなります。ですから人間圏が膨らむほど、今度は海洋圏や大気圏から返ってくる影響も大きくなります。それが災害の拡大であり、また環境問題であると

いうような考え方ができます。先ほどのスライドとこのスライドが基本的な私のスタンスといえますか、考え方です。

ハザードとディザスター

ハザード (Hazard): 災害を引き起こす自然現象(地震、火山噴火、津波、地すべりなど)そのものを指す。例えば、「2011年東北地方太平洋沖地震津波」。

ディザスター (Disaster): 自然現象が起きた結果、人間社会に及ぼした災害を指す。例えば、「東日本大震災」。

項目	内容
地震名	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
地震発生日時	平成23年3月11日14時46分
震源地(震源位置)	三陸沖(北緯38度06.2分、東経142度31.6分、深さ24km)
規模(マグニチュード)	9.0(モーメントマグニチュード)
最大震度	7(宮城県栗原市)

東北地方太平洋沖地震による災害及びこれに伴う原子力発電所事故による災害については、「東日本大震災」と呼称することとなります。

次に災害という言葉についてご説明します(図2)。日本語では「災害」と一言で申しますが、英語では hazard (ハザード) と disaster (ディザスター) という2つの呼び方をします。例えば2011年の地震と津波も、いろいろな呼び方があります。皆さんになじみがあるのは、「東日本大震災」だと思います。ハザードとディザスターの2つに分けたときに、それぞれの定義というのは、ハザードは災害を引き起こす自然現象そのものを指します。地震であるとか津波であるとか火山の噴火そのものです。2011年の地震津波という意味では、「東北地方太平洋沖地震津波」という気象庁が命名した名称が正式名称になります。

それに対してディザスターは、自然現象が起きた結果、人間社会に及ぼされた影響です。「東日本大震災」という言葉はこちらのディザスター、要は人間に降りかかってきたことによって引き起こされた災害を指しています。

つまりハザード(地震や津波)の規模が小さくても、そこが人口の密集地帯であれば、災害としては大きくなる、だからディザスターとしては大きくなる場合もあります。逆も当然あり得るわけです。

そのあたりのことは気象庁のホームページにも載ってまして、東北地方太平洋沖地震による災害およびこれに伴う原子力発電所の事故による災害は、東日本大震災と呼ぶと定義されています。

研究の分野においてもハザードの研究、私のように自然現象そのものを研究する研究者と、こちらのディザスターの研究、人間に災害として降り

かかってきた時のことを研究する分野がありまして、その両方が必要です。

2. 地震と津波



最初に少し地震と津波のことについて、基礎的なところもございましてご紹介いたします。まず地震についてですが、これは日本の海底地形です。こちらが、地震が発生した領域です。ここに海溝があって、ここに南海トラフがあって、こちらに日本海溝があります。基本的にはプレートの境界で大きな地震が発生します。これはよくご存知かと思えます。

地震に関して、直前予知はなかなか難しいわけですが、基本的な特徴はよく分かっています。例えばマグニチュード8とか9と申しますけれど、マグニチュードは1つ上がるとエネルギーのレベルは32倍になります。ですから8か9かと数字の上では1しか変わらないのですが、放出されるエネルギーは32倍違うのです。7か9か、2違うとエネルギーはほぼ1000倍になります。

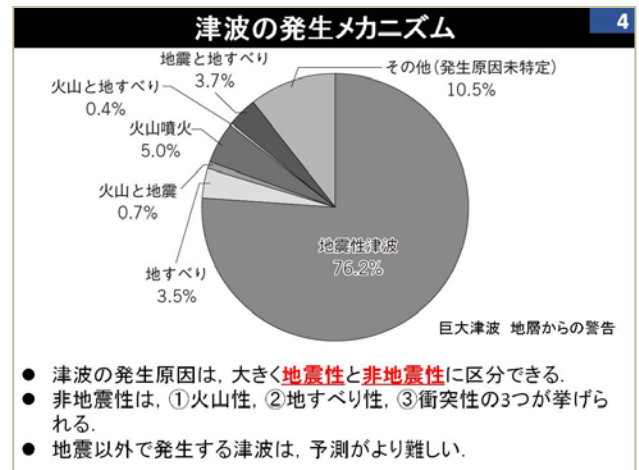
会場：これは15デシベルですか？32倍、15デシベル。

約32倍。そうですね。デシベルは電気工学や音響工学で使う単位ですからちょっと違いますが、デシベルもマグニチュードもlog、対数で計算します。(注：エネルギーをE、マグニチュードをMとすると、 $\log_{10}E=4.8+1.5M$ で計算する。したがってMが1大きくなると、エネルギーは31.6倍になる)

会場：マグニチュードが2つ違うと1000倍になるというのは、そういう計算で、そういうふうに見盛りを振ったのでしょうか。

はい、そういうことです。そういう振り方をしているということですね。今度は発生頻度は、マグニチュードが1上がると、ほぼ10分の1になります。例えばマグニチュード4から5ぐらいの地震の世界での年間発生数は、1万3000回ぐらいです。5から6ぐらいになると、1300回ぐらいになって、だいたい10分の1ぐらい年間の発生頻度が減ってくる。そうしますと、マグニチュード8を超えるクラスの地震は、世界で年間に1回発生するかもしれないという頻度になってきて、さらにマグニチュード9となりますと、めったに発生しません。

過去の地震の記録を見ていくと、1900年以降でマグニチュード9を超える地震は5回のみです。一番大きかったのは1960年のチリ地震です。次は1964年のアラスカ地震。そしてインドネシア・スマトラ島沖の2004年の地震で、その次に2011年の東北地方の地震がきます。マグニチュード9という意味ではもう1つ、カムチャッカの地震がございまして。このように、世界で見ても9を超える地震は、過去100年ぐらいの記録の中で5回しか起きていないことになります。



次に津波の発生メカニズムについて、ご紹介したいと思います。津波の発生メカニズムは地震によって海底の地盤が大きく動いて、それによって発生するというのが、一般的な考え方だと思います。この図(図4)は、過去4000年ぐらいの世界の津波の記録に基づいて、発生原因が何かを推定した結果です。

そうしますと、全体の76%、4分の3ぐらいは地震によって発生している、要は地震の揺れの記述を伴っています。一方でそれ以外に、例えば地滑りによっているのではないかと、それから海底火山噴火とか、地震と火山の複合作用とか。あと10%ぐらいは原因がまだよく分からないものも含まれています。

これは、過去の記録に基づいているわけですが、それが本当に正しいかは、分からない部分があります。何故かという、人がいるところに津波が到達して、はじめて津波が起きたと認識されるわけです。けれど、過去4000年間さかのぼったときに、世界の海岸で人間が住んでいるエリアというのは、非常に限られます。それ以外の場所にきた津波は、発生したことすら認知されないわけですから、そうすると実際の比率は、もっと大きく変わっていた可能性があります。

地震以外の要因で発生する津波は、例えば火山で発生する、地滑りで発生する、あとは非常に頻度が低いですが、隕石が海にぶつかって発生するという場合があります。

地震以外の要因で発生する津波は、地震で発生する津波より、なお予測が難しい。地震が発生する周期みたいなものが、ある程度あるという考えに立つと、地震に伴って発生する津波も、どれぐらいの間隔で起きるかという予測は考えられます。ところが、例えば海底地すべりを考えたときに、同じ場所でまた起きるかと言われると、多分場所が変わるわけです。どういう場所で海底地すべりが起きそうかというのは、ある程度把握することができますけれども、それがいつどこでということになると、非常に難しい。予測する事がなかなか困難であるという事例です。

会場：津波が来る前に、東日本の場合でも引き潮が十数分続いているということを言っていました。どうして引き潮の現象が起きるのですか。

それは後で少しご紹介させていただきます。

3. 2011年東北地方太平洋沖地震津波

ここからは2011年の津波のお話をいたします。2011年に起きたことについて、少し基礎的なところからご紹介したいと思います。地震の揺れはマグニチュード9ですから、知られている中では

2011年東北地方太平洋沖地震津波

日本史上で最大です。震度にすると、一番大きかったのが栗原で震度7でした。日本のほぼ全域、九州のほうまでこの地震で揺れています。

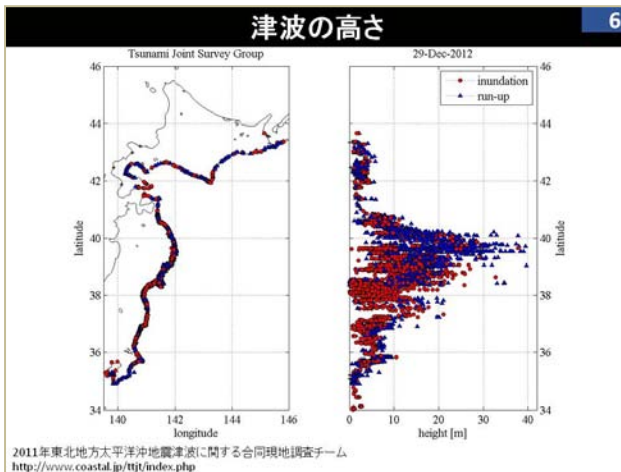
2011年の3月に月間で発生した地震の分布を見ると、基本的にはやはり日本海溝の周辺で集中して起きています。記憶にあるところでは例えば富士山の直下ですね、周辺エリアでもかなり起きています。

津波警報の発令状況はどうでしょう。津波警報は地震が起きて3分ぐらいですぐに出されますが、どうしてあれだけ早いかというと、あらかじめ計算してあるからです。何十万通りという計算を先にしてありまして、どこの場所でマグニチュードいくつの地震が、どれぐらいの深さのところで起きたという情報が分かると、データベースから情報を引っばってきて、予報を出すことができます。

ところが地震直後というのは、マグニチュードを正確に決めるのが難しいという問題があります。特に大きな地震の場合は、例えば近い観測点の震度計が上手く動作しなかったりして、遠い所の地震計のデータを参照して、場所や震度、マグニチュードを決めたりするわけですが、それがなかなかすぐには決まりません。

そうすると最初に出された時は、マグニチュード8ちょっとぐらいで、9より低い数値で警報が出されて、それに基づいて津波の警報、注意報も発令されます。それから徐々にマグニチュードについていろいろ情報が分かってくるにつれて、警報が徐々にアップデートされることがあります。3月11日の深夜になりますと、日本海側もふくめて、ほぼ全域が注意報もしくは警報の範囲内に入っています。

その後、大勢の研究者によって、津波の高さの調査がなされました(図6)。これは赤が浸水深のデータです。例えば建物のあるところまで津波が来たとして、地面から津波の水面までの高さのことをいいます。こちらのランアップというのは、津波が遡上した一番高い所で、日本語では遡上高といいます。斜面を駆け上がった一番高い点の高さです。見ていただきますと一番高かったのは岩手県で、最大で遡上高が40メートルぐらいです。非常に高い津波であったことがわかります。



一方で例えば北海道ですとか、もっと南の千葉や茨城でも影響があるということが一つのポイントです。どうしてかという、それ以前の津波、例えば昭和三陸津波、それから1896年明治三陸津波の痕跡も得られていて、昭和三陸津波に関しては、その影響範囲は南は三陸の沿岸部に基本的には限られています。そうして見ますと、2011年の津波はそれよりもずっと南の方まで影響が及んだというのが、東北地方で起きた地震津波の中でも、際立った特徴といえます。

それで先ほどもご質問がございましたけれど、どういうメカニズムで津波が発生したのかということですね。考え方として大きく2つ提案されています。1つは地震によって津波が発生したというものです。得られた観測波形をこちらに示しています。これは沖合で得られた波形ですが、なだらかに上がっていきます。そこにもう1つ、鋭いピークが立っています。つまりなだらかなピークと、鋭いピークの2つの波の組み合わせだろうと考えられるわけです。

これはプレート境界の断面ですが、どういうふうに解釈されているかという、1つはこういう

深い所で、断層が大きくずれます。その時にこの上盤側が海側に動きますので、海溝寄りが持ち上がります。どこかで体積のバランスをとるので、陸側が下がるということになります。東北地方の地盤が下がったのも、陸側プレートが下がったため、一方で海溝に近い側は逆に隆起をしています。そういうバランスの中で地震が発生して、津波もその海底の地盤の変化を反映しますので、陸側から見ると津波が引くほうからはじまるということになります。先ほどのご質問のお答えですが、いかがでしょうか。

もう1つ大きな特徴としては、もっと浅い領域、今までこういうところが動くということは知られていなかったことなのですが、この浅い領域で30メートルとか40メートルとかプレート境界が大きくすべったことが知られています。非常に大きくすべったのですが、すべった範囲が狭いので、こういう鋭くて、だけれども周期が短い波が立ったと考えられます。この2つの波が組み合わさって伝わることによって、こういう波形ができたと考えられています。

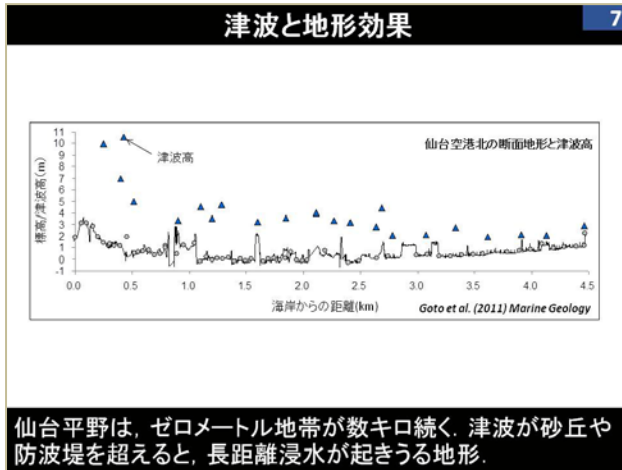
ただし発生した津波が地震だけで説明できるかという、実はそうではないのではないかというような提案も、特に海外の研究者を中心に出されています。というのは、三陸地方の、こちらの津波の高さが非常に高かった部分ですが、その高さを説明しようと思うと、岩手県の沖合に何か津波を起こす発生源がないといけません。ところが地震波データを見ると、岩手県の沖合で津波を起こすような大きな地震が起きた痕跡がないのです。

それで、高い津波を説明するためには、この辺りになにか津波の発生源となるものが必要になります。海外の人たちはどう考えたかという、津波が伝わってきた時間、何時何分に到達したというところから時間波形を逆戻しします。そうすると、この範囲の非常に狭い所に、何か津波を発生させる原因があったと彼らは考えたのです。

この辺りの地震前後の海底地形のデータを見ると、彼らに言わせると、海底地すべりが起きた痕跡が認められる。そこに狭い範囲で津波の発生源として海底地すべりを模して置くと、三陸地方の津波の高さも説明ができると言っています。

基本的にももちろん、大きな地震で津波が発生したというのは確かなことですが、それですべてが説明できるかという、どうもそうではな

いかかもしれない。ひょっとすると、岩手県沖に関しては、局所的に地すべりみたいな発生源が関係していたのかもしれないということも提案されています。同様に明治三陸津波についてもそうだったのではないかという意見が出されていて、これはまだ検証が必要なことだと思います。



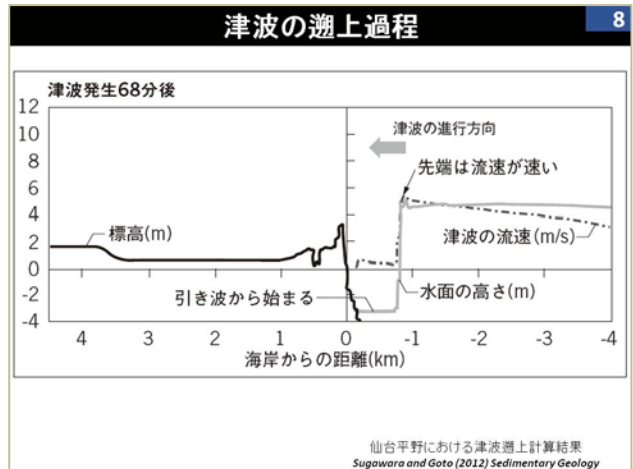
今度は伝わってきた津波の特徴についてご紹介したいと思います(図7)。こちら(左側)が海岸になります。こちら(右側)が内陸になりまして、縦軸が高さで、こちらが地形です。これは仙台空港のすぐ北ぐらいの平野の地形です。三角印が津波の高さになります。

見ていただきますと仙台平野というのは、極めて平らであることがわかると思います。この一番高い所が砂丘になります。ここは防波堤がないところですが、そこで高さが3メートルぐらいです。ここに伊達政宗が作ったと言われている貞山堀という人工のお堀がございますが、そこからずっとゼロメートルです。2.5キロぐらい内陸に行ってもようやく地形がちょっと上がり始めますが、4.5キロ行っても標高1メートルぐらいです。それぐらい低平であるということです。

ここに仙台東部道路という大きな高速道路が走っていて、そこでほぼ津波が止まっています。なぜ4キロ、5キロも内陸まで津波が浸水したのかを考えると、1つは津波の高さが高かったというのはもちろんございます。沿岸で10メートルぐらいですから、非常に高いです。一方でこれだけ低平な場所ですので、さえぎるものがなければ、ずっと入っていくというような地形条件だったということです。

NHKのビデオ映像で見ている場所は、だいたい

この貞山堀を越えた少し内陸ぐらいですから、そうしますとビデオ映像で見ている津波の地面からの高さは、4メートルぐらいだったということになります。



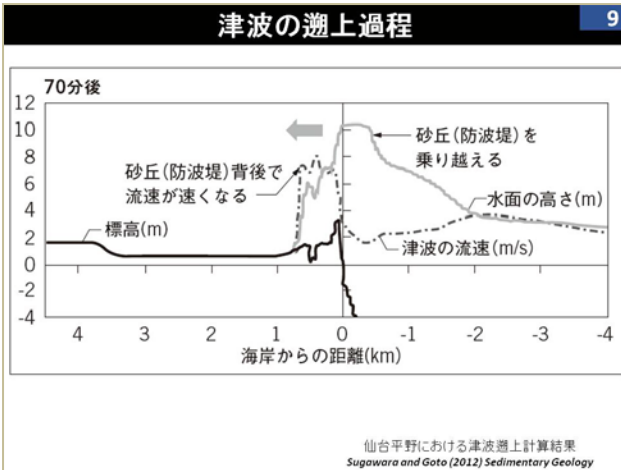
次に津波の伝わり方に関してです(図8)。今度は図の向きが逆になりまして、こちら(左側)が陸地、陸上のほうです。この薄い線が津波の水面です。この点線が流速になります。これは数値計算の結果に基づいています。

こうして見ると、先ほどご質問がございましたように、まず大きく引くところから始まります。どれぐらい引くかといいますと、仙台の沿岸に来るときには3、4メートルぐらい水位が下がるところから始まります。入ってくるときの波の高さは、計算結果では、4、5メートルぐらいの高さです。砂丘や防波堤に当たると、そこで水は行き場を失います。しかし、後ろから水が押し寄せてきますから、どこかに行かないといけません。行く方向としては2方向です。1つは上に上がっていく。もう1つは跳ね返されて沖へ戻っていきます。

上に上がっていくほうですけれども、この時に大きくせき止められるようなイメージだと思いたしますが、水がずっと上に上がって行って、10メートルぐらいに達するわけです。これが先ほど観測された、津波の高さで10メートルぐらいというふうに申したことになります。ただしその時には横向きの流れは弱まりますので、流速で見るとそんなに早い流れにはなっていないわけです。

一方で10メートルまで上がって、そこから何もなかったところまで流れ下るような状態になりますので、防波堤の背後を乗り越えたところで、すごく早い流速になります(図9)。要は津波の力が非常に強くなるわけです。今回、防波堤の背後の洗掘

4. 過去の津波と地震を知る



11

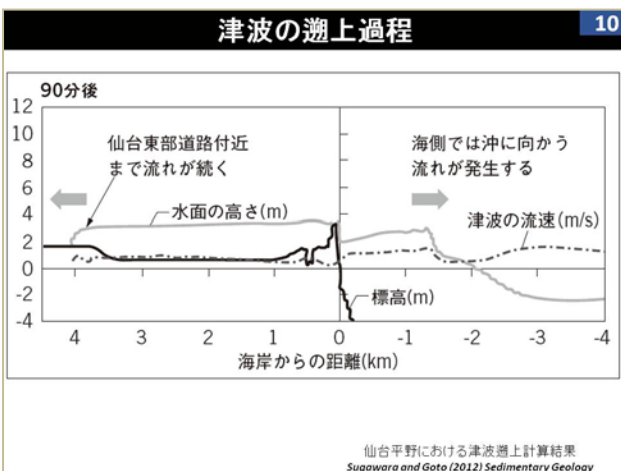
過去の津波と地震を知る

過去に起きた「ハザード」は繰り返す。
「ディザスター」の大きさは、その時の人間社会の脆弱性による。

とって、大きく削られるというのが問題になって、洗掘が起きたことで防波堤が倒れたという話がありました。そのメカニズムの説明としては、こうやって大きく水が持ち上がって、そこから流れ下る時に非常に大きな力が放出されたということがあります。

一方で砂丘や防波堤は、それなりの量の水を海に戻しているという効果もございます。実際に戻っていくほうの沖側を見ると、流速がかなり落ちています。要は後ろから来る波と跳ね返されて戻っていく波がありますが、それが合わさると流れが弱まるということです。

陸上に入った水はどうか、海からすばっと切り離されて入っていきます(図10)。非常に低平な場所ですので、水面が平らになるまで、水はどこまでも入って行きます。今回の場合はここに仙台東部道路があって、そこまで到達して、流れがほぼ止まりました。



ここまで2011年のお話をしましたけれども、ここから過去にさかのぼって話をしたいと思います。タイトルの下に書きましたが、過去に起きたハザード、自然現象というのは、繰り返し言うように、特に東北地方の場合には何度もあります。ただしディザスター、人間にかかる災害に関しては、それはその時の人間社会の規模や、それからどれだけ沿岸に近いか、といった要素が入ってきます。

おじいちゃんやおばあちゃんの代の方にお話を聞けば、言い伝えを含めて100年ぐらいまで遡ることができるかもしれません。一方で日本の観測記録も、せいぜい100年ぐらいです。古文書記録に関しては、日本では古いもので1300年ぐらい遡ることができます。日本は、世界的に見ても非常に長い歴史記録が残っている国です。

それより遡ろうと思うと、遺跡の記録がありません。遺跡は人が住んでいた場所で、液状化したり、地震の痕跡と認められるものが、見つかるということがあります。それから後ほどご紹介しますが、津波が運んで来て、陸上にためてできる砂の層、津波堆積物、それから最初に写真でお見せしましたような、ああいう大きな巨礫です。そういう地質学的な痕跡として残るものもございます。この場合はもっと遡ることができて、基本的に先史時代の津波の痕跡は、縄文海進(注:縄文時代に発生した海面上昇)以降、6000年ぐらい前までを対象にしています。ただ、原理的には海があれば津波が起きうるわけですから、何十億年前の津波の痕跡も報告されていたりします。

さらに地形の記録、地盤が上がったり下がったりという痕跡がございます。いずれの痕跡もその強み、弱みみたいなものがあって、これから議論

するような、数百年とか千年に1回というような津波や地震を考えようと思った時には、古文書記録や、それから遺跡の記録、地質記録を組み合わせ、総合的に理解することが重要になってきます。



古文書記録は、詳細に書かれているものが多いです。特に1700年代以降の記録は非常に充実しています。これは最初にお見せしました、沖縄の1771年の津波の記録です(図12)。見ていただきますと、「大波揚げ・・・」と書かれていて、八重山地方に大きな津波がきて、8900何十何人が亡くなったと記されています。非常に詳しく書かれていて、何々村で男性何人、女性何人とか、それぐらいの情報まで得ることができます。

日本の記録は、そういう意味では世界でも群を抜いて長く、7世紀ぐらいまで遡ることができます。一方で中米や南米は、16世紀ぐらいですか。他の地域はもっと短いわけです。

そうしますと例えば日本の記録の中に、過去に海外で発生した津波が日本で被害を出したというような記録が残っていたりします。有名な話は1700年に北米のカスケーディア沈み込み帯で巨大地震と津波が起きました。1700年ですので、日本にも記録が残っていて、地震が起きていないのに、突然大きな波が来たというような記述になっています。三陸地方の沿岸で、5、6メートルぐらいの津波の高さになっていて、被害が出ています。そうした記録も日本の歴史からひも解くことができます。

一方で海外では、古文書の記録はなくても、伝承や伝説の形で津波ではないかと思わせるような記述や言い伝えが残っていたりします。これはニ

ューゼーランドです。マオリ族をご存知かと思いますが、マオリの人たちの伝承の中に、戒律を破った人間に怒った海の神様が、怪物タニファに沿岸部を襲わせたというのがあります。これは壁画ですけど、ここに人がいて、これがタニファですね。ニューゼーランドやポリネシアの島々に行くと、似たような話が残っていたりするそうです。

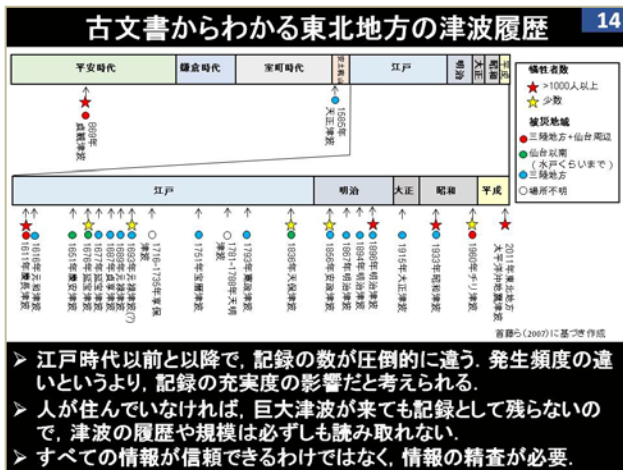
ハワイでも似たような話が残っていて、いわゆる人魚伝説ですけども、人魚のお姫様が陸上の人間の王様に恋をするのですが、地上界に上がることが禁じられているわけです。それで月を隠して見えなくなったときに地上界に上がって、人間の王様と恋に落ちて結婚する。しばらくして王様に何かプレゼントをあげようと思って、召使に宝箱を海の中の宮殿に取りに行かせます。その宝箱をあけると、その中には宝物ではなくて、隠していたはずの月が入っていて、その月が空に戻ることで、地上界に上がったことが知られてしまう。そして、兄弟は大波を押し寄せてお姫様を連れ戻そうとする、というストーリーです。

同じような話はいろいろなところにございます。ただ、そうした話はそれがいつなのかとか、実際そうなのかというのを検証するのがなかなか難しく、そういう意味ではまだ研究が進んでいません。

もう1回日本の歴史記録に戻りますと、東北大学で日本の津波痕跡データベースを作っています。今3万点ぐらいだったと思いますが、過去の津波がどの場所でどれぐらいの高さだったのかという情報が、古文書から読み取ってまとめられています。これは今すべてプロットしたものです(図13)。



例えば、太平洋側はもちろん記録が多いわけですが、日本海側もいろいろなところに痕跡が残っています。一方で、例えば北海道の東側にはあまり記録がありません。これは歴史記録の長さの関係ももちろんございます。九州の西側、こういったところは大陸に面していますから、歴史記録も長いはずですが、痕跡としてあまりないという場所もあるわけです。この図を見るだけでも、地域性がだいぶ見えてきます。



ただ、歴史記録にも利点と欠点がございませう。東北地方について少しご紹介したいのですが、(図 1 4)は平安時代から年表にしたもので、こちら(右側)が平成ですが、江戸時代から平成まで下に拡大しています。江戸時代以降は、大小さまざまなものを含め、津波の記録が 20 ぐらいあります。

ところが江戸時代以前にさかのぼると、2 件しか記録が出てきません。では江戸時代に入ってから急に津波の回数が増えたかということ、おそらくそうではなくて、同じように起きているけれど、江戸時代以前は、記録があまり残っていないと理解するべきだと思います。もしくは人がそれほど住んでいないので、記録としては残らなかったということだと思います。

もう一つ、古文書記録は、基本的に人が書くものですから、大津波と書くのか津波と書くのかで、それも人の主観が入りますので、その辺りをどう読み解くかもなかなか難しい作業です。

それで東北地方のなかで一番古い地震、津波の記録が、869 年の貞観の地震です。震災以降、有名になった地震で、貞観 11 年 5 月 26 日、西暦でいうと 869 年の 7 月 13 日です。日本三大実録という資料に記述されていて、当時の国府ですけども、現在の多賀城市での地震や津波の被害

が記述されております。地割れが生じたとか、1000 人ぐらいの方が犠牲になった、広範囲に波が押し寄せたというような記述が残されています。

こうした記録から地震のマグニチュードを推定するという研究がございまして、今の震度にしたなら 5 から 6 ぐらいだったのではないかと、マグニチュードにすると 8.3 とか 8.5 ぐらいだったのではないかと指摘されています。それ以外に例えば気仙沼から茨城県の大洗ぐらいにかけて、言い伝えの形で大きな地震と津波があったというようなことが残されているという研究もございませう。

古文書記録は発生日まで特定できるので、非常に貴重な情報ですけども、どれぐらい浸水があったのか、津波の高さはどれぐらいだったのかということまで、なかなか読み取れないという問題があります。それで別の手段として利用されてきたのが、津波堆積物です。

津波が陸上に押し寄せる、もしくは陸上から戻っていく時に、海底の砂を陸上に運んだりします。逆に陸上の土砂を海の中に運搬したりします。これは東北地方周辺ですけども、こっちが地表面でずっと地中を見ていくと、土壌が堆積する中に、時々砂層が挟まっています。その年代を測っていくと、いつぐらいに堆積したのかということが分かります。東北地方の場合には、この砂層の直上に、915 年に十和田湖がある十和田火山が大噴火をして噴出した火山灰が堆積しています。その直下に砂層があって、年代測定をして 869 年の貞観の津波の痕跡だということが指摘されていたわけです。

津波堆積物というのは、さらに深く掘っていくと、過去にもっと遡っていくことができます。ですから数百年、数千年間隔で起きるような頻度の低い津波の痕跡をとらえることができます。また、津波が運んだ土砂があるということは、少なくともそこまで津波が来たという痕跡になりますので、津波の最小限の浸水範囲を推定することも可能です。

震災以前、1980 年代後半から貞観津波の地質学的な研究は行われています。当時の海岸線を復元すると、1000 年前は海岸線が今より 1 キロぐらい内陸でした。そこから砂層が少なくともここまで来ているという場所を探します。そこが分かると、そこまで津波が浸水するにはどれぐらいの断層の規模が必要なのかということを考えることができ

ます。そうして、震災以前に分かっていたのは、3、4キロ内陸まで貞観津波は浸水をしていて、地震のマグニチュードとしては、少なくとも8.4以上であると推定されていました。

先ほど申しましたように、そこに砂層があるというのは最小限の浸水範囲の情報しか与えてくれませんので、それより内陸に津波が浸水していた可能性は否定できません。ですから、マグニチュード8.4より大きい地震だった可能性は否定できなかったわけです。

こういう研究は、そこにある証拠に基づいていますので、信頼性という意味では非常に高いと思います。ただし、今申しましたように過小評価だった可能性は残っています。それから、1980年代後半から震災直前までずっとこういう研究がなされています。20年以上行われていて、時間がかかるというのも問題の一つです。

先ほど津波の履歴も分かるという話をいたしました。仙台の平野部で掘削された地中のデータには、いくつかの所に砂層が出てきます。一番上に来るのが、1611年の慶長の津波とあって、伊達政宗が仙台藩を築き始めたぐらいに起きた津波の痕跡です。

その下を見ていくと貞観津波の痕跡があって、さらにその下を見てみると西暦50年頃、紀元前740年ぐらいというふうに遡ることができます。

慶長の津波は、古文書の記録もございますけれども、どうも他の津波よりは一回り規模が小さいものではないかと考えられていて、これだけ別と考えますと、津波発生間隔が800年ぐらいです。年代測定の誤差もありますし、場所によっても例えばこの砂層がある場所とない場所、そこまで来ていない場所ももちろんありますので、地域差がどうしても出てまいります。一般的に言われていたのは、幅がかなり広いですけど、600年から1300年ぐらいに1度という間隔で、仙台周辺では大きな津波が起きていたと考えられていました。

震災以降、「1000年に1度」という表現がよく用いられましたが、この表現は、2011年の津波は貞観の地震津波以来であったという考えに基づいています。貞観地震津波から約1100年ですから、おおよそ1000年に1回だと考えられたわけです。

地質痕跡にはそれ以外にもいろいろございます。例えば(図15)は三陸地方のもので、今回の2011年の津波で打ち上げられた大きな巨礫です。津波

で打ち上げられたこのような巨礫は、津波石と呼ばれています。この巨礫は海岸から750メートルぐらいの場所にあります。沿岸部には10メートルの津波防波堤がございしますが、この場所は海岸で津波の高さが28メートルぐらいでした。この石は重量にしたら、150トンぐらいあって、非常に巨大なものです。



ところが調査をしていて、地域の方にお話を聞くと、昔の津波で打ち上がった巨大な石があるとおっしゃるのです。それでどこにあるのかと調べてみますと、今回の津波石がここになります。海岸からの距離にしたらほとんど同じ場所に、昔の津波で打ち上げられたと言い伝えられている大きな石が存在していました。

これが本当に津波で打ち上がったのかは、まだ科学的な検証が必要だと思いますけれども、言い伝えがあることと、海岸線からほとんど同じ距離に堆積しているというのは、重要な示唆に富むものだと思います。過去に、同じような規模の津波が発生していた痕跡なのだろう、と考えられるわけです。

ここまで地質痕跡の話をししましたが、一方で地形学的にも、地震や津波の調査が行なわれています。例えば房総半島です。プレートの沈み込み帯に非常に近い場所で、大きな地震が起きると、地盤が大きく隆起をします。例えば1703年に元禄の関東地震がありましたが、その時の地盤の隆起量を見ると、館山のほうで6メートルも地盤が上がるぐらいのことが起きています。

一方海岸には、平らな部分がありますが、こういう平らな地形がどうしてできるかというと、波打ち際のところで柔らかい岩石が波で削られて、こういう平らな波蝕台が形成されます。ある時に

地震が起きて地盤がぼんと持ち上がると、当時標高ゼロメートルだった場所が上がりますので、どれくらい隆起したのかが分かります。そうしますとこの場所は、千葉の南端のほうで、大正の関東地震の時に、1.5メートルぐらい隆起をしていて、元禄の時には4.5メートルぐらい隆起をしたことがわかります。

隆起が過去にいつ起きたのかも調べられていて、例えばこの領域をCとかBとかAとかと区分していますが、千葉の先端のほうで、大きな隆起を伴うような地震の間隔は非常に長くて、2000年ぐらいの間隔で起きています。前回は、1703年の元禄の地震だと考えられています。一方で、こちらの神奈川の三浦半島の方では、もう少し発生間隔が短いかもしれない。まだ不確定な部分が多いのですが、その間隔が400年に1回ぐらいではないかと考えられています。

こうした痕跡は基本的には地震の痕跡であって、津波の痕跡とは違いますけれど、とはいえ過去に起きた地震について知ることができます。それが分かれば、例えば数値計算によってどれぐらいの津波が発生するのかを推定することが可能です。

5. 過去に学ぶ、東北地方の今後の津波

16

過去に学ぶ、東北地方の今後の津波

東北地方の仙台周辺に関して、先ほど津波発生間隔が1000年に1回程度という話をしました。2011年と同じようなメカニズムでまた地震が発生するのがいつかという問題に対しては、それは多分また同じだけの歪みがたまらないといけませんので、かなり先になるかもしれません。ただそれとは別のメカニズムで地震や津波が発生する可能性は十分考えられます(図17)。

17

次に起きるのは千年後とは言えない

- ▶ 学術的に言えば、同じメカニズムで同じ規模の地震が発生し、同じような巨大津波が来襲するのは、かなり先かもしれない。
- ▶ しかし、2011年3月11日とは別のメカニズムや別の場所で地震が発生し、津波を起こす可能性は十分考えられる。

一つ懸念されていることとして、こちらが陸側、こちらが海側だとしますと、2011年にはこのプレートの境界が大きくすべって、海側のプレートが下に大きく沈み込んだわけです。そうしますと海側のプレートは引っ張られるわけです。そして、ある時に耐えられなくなって、ぶちっと切れることがあります。その時に大きな地震が発生して、また津波も発生することがあります。これはアウターライズ型の地震と呼ばれます。

その代表例が、1933年の昭和三陸地震です。1896年に明治三陸地震が起きていますが、それから40年ぐらい経って、アウターライズ地震が発生しています。震災以降まだ4年ぐらいですけども、こういうアウターライズ地震が起きる時間スケールを考えると、これから起きる可能性はあるということになります。

実際、アウターライズ地震は震災以降発生して、2013年10月にマグニチュード7の地震が起きました。その夜、深夜ですが私は仙台にいて、震度3ぐらいだったと思いますが、長い揺れでちょっと変だなと感じました。これはアウターライズ型だったと言われております。ただし、2011年の地震の際に一番大きく断層がすべった仙台の沖合周辺ではまだアウターライズ型地震が起きていないので、今後も気を付ける必要があります。

それから、東北地方のことを考えるにあたって、例えば北海道などで発生する地震も考える必要があります。2011年の津波では北海道でも被害が出ていますけども、逆に北海道で大きな地震が起きると、東北地方にも津波が来ることがあります。北海道では津波堆積物の研究が相当詳しくなされていて、道東地域を中心に300年から500年

に1回大きな地震と津波が起きていることが知られています。中央防災会議では、500年間隔地震と言ったりしますが、実際はこれぐらいの幅を持って発生していることもわかっています。

これも津波堆積物の研究ですので、先ほどと同様にマグニチュードが8.5以上ということしか今は言えなくて、それより大きい可能性は否定ができません。この研究ではマグニチュード8.9ぐらいの地震が北海道の沖合、千島海溝で起きたとすると、東北地方でも三陸沿岸で16メートルぐらいの高さの津波になり、それから仙台周辺でも、防波堤がなければ浸水が起きるような規模の津波が襲来することが分かっています。

さらに北海道の津波というのは前回は17世紀であるということが分かっていて、すでに400年ぐらいたっています。そうすると、この発生間隔から考えるとまた起きてもおかしくない時期でもあります。そういう意味で北海道では、この500年間隔地震の近い将来の発生が懸念されています。

6. 南海トラフ巨大地震



さて、社会的にも大きな問題になっている南海トラフですが、日本の歴史の中心地だった場所が多いということもあって、歴史記録もかなり遡って確認することができます。例えば前回は、1944年の昭和東南海地震と、1946年の昭和南海地震です。その前が1854年の安政地震、それから1707年の宝永地震になります。

これを見ていただくといくつかポイントがあって、例えば静岡県では東海地震が来るという話がよく言われています。東海地震はなぜ来ると言われていたかというと、1つは前回の昭和南海、昭和東南海地震の時に、この東海地方だけ地震が起

きませんでした。そうすると断層の割れ残りがあり、安政から150~160年歪みをためているだろうと考えられ、大きな地震が近い将来に起きるのではないかと懸念されるわけです。一方で過去の記録を見ると、ほとんどが連動型、つまり東海地震だけが単独で起きるということではなくて、こういう広い範囲で地震が発生しています。

ただし正確に言いますと、連動して起きた巨大地震は、わかっている範囲ではこの宝永地震のみで、1854年の安政の東海、南海地震というのは30時間ぐらいおいて地震が起きています。昭和時代だと2年の間隔をおいて起きている。それが宝永のように同時に起きることもあるということです。発生間隔が非常に複雑なのです。それでもこの記録を見ると、だいたい100年とか200年に1回、地震が発生していることが読み取れます。一番古くは684年の白鳳地震までさかのぼることができます。

地質の痕跡ですが、津波堆積物も詳しく調査されています。1000年前、2000年前と過去に遡って、過去5000年間ぐらいに渡って調査されています。

ただしこれだけ広域になると、例えば九州のほうの記録と、静岡のほうの記録が同時なのかという判断が難しくなるので、まだ分からないところは多いです。それでも、南海トラフで最大と言われている宝永クラスの津波が、300年から600年に1回起きるのではないかということが言われています。

東日本大震災を踏まえて、国の方針も大きく変わりました。皆さんご存知のことと思いますが、中央防災会議が震災後に出した方針の中で、今後あらゆる可能性を考慮した、最大クラスの巨大地震と津波を考慮するべきだ、と述べられています。また、想定地震、津波に基づき、必要となる施設設備が現実的に困難となることを見込まれる場合であっても、ためらうことなく想定地震、津波を設定する、と書かれています。国土交通省なども基本的にはそれにならう方向で、指針をまとめています。

そうした中で出てきたのが、南海トラフの巨大地震津波の想定です。今から2年ぐらい前に報告が出されて、マグニチュード9.1の地震を仮定して、波高は最大30メートル、人的被害が最大32万人で、経済損失にすると220兆円ぐらいという

値がワーストケースとして出され、メディアなどで大きく取り上げられました。一方、南海トラフで知られている過去最大の地震は1707年の宝永地震で、マグニチュードが8.6から8.7ぐらい。津波の高さは、最近はもう少し高い痕跡が見つっていますが、10メートルとか15メートルぐらいで、最新の想定には遠く及ばないわけです。

どうしてこういう値が出てきたのかが大事だと思うので、少しご紹介したいと思います。この報告の前文を読みますと、2011年、もしくは2010年のチリ、2004年のスマトラ地震といった世界の巨大な地震の解析事例に基づいて、いろいろな断層のパラメーターなどを設定したと書かれています。つまり、この地域、南海トラフで過去にどんな地震と津波が起きたかは問わないということです。世界の、例えばチリで起きた地震がこういうメカニズムだった。それが仮に南海トラフで起きたらこうなりますよ、という仮定がおかれているということです。それは先ほど申しましたように、中央防災会議が出した、あらゆる可能性を考慮するというのがベースにあるわけです。

さらに、今回推計した最大クラスの津波の発生確率、そしてその発生時期を予測することは、現在の科学的知見においては極めて難しい、と明記されています。これはどうしてかと言うと、先ほど申しましたように、過去に起きたかどうかを問わないということになると、歴史記録にも地質記録にもないものを想定しますから、将来いつ起きるかは、予測できないわけです。

そうすると、新しく出された南海トラフの波源、断層モデルは、最新の地震学の知見に基づいているということになり、数値計算の繰り返しなので、結果は早く出すことができます。実際、震災から1年ぐらいで出されています。ただし記録がないので、その評価が難しいという問題があります。貞観の地震津波の研究は逆にボトムアップですが、過小評価であったかもしれないという問題があります。われわれも専門家の中で議論していますが、結論としては基本的にはどちらも重要で、ベースの部分の考え方が大きく違うということだと思います。

7. 未知の災害を既知にする

最初に私は専門が地質学だという話をしましたが、私は1000年は非常に短い時間という感

19

未知の災害を既知にする

覚を持っています(図20)。たとえばここに、富士山の噴火の履歴をずらっと並べました。分かっているだけで、781年、800年、864年と続きます。過去1000年ぐらいのスパンで見ると、数年から数十年とか、100年とか間隔をおいて噴火しています。むしろ過去1000年ぐらいで見ると、1707年の宝永の大噴火から300年ぐらい起きていないことのほうが、珍しいのです。

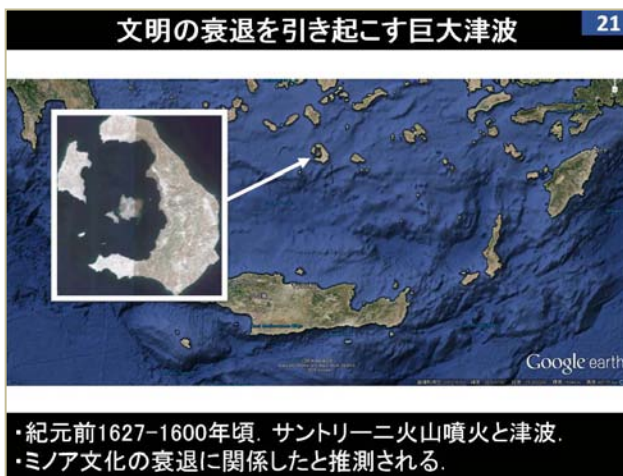


さらにここに貞観の大噴火というのを書いておきますけれど、これは864年です。貞観年間には先ほど出てきましたが、東北地方で大きな地震が起きたのも貞観です。貞観年間というのはそういう意味で、災害がものすごく多く発生した時代です。樹海がありますね、青木ヶ原の溶岩台地。あれはこの貞観噴火の時に形成されたものです。それぐらい大規模な噴火が起きています。それから宝永という言葉も先ほど出てきました。南海トラフの最大の地震が起きたのも、宝永年間です。

今日は基本的に、地震によって発生する津波の話をしてきましたけれども、非地震性の津波というのは、むしろ実態がほとんど分かっていないと

言ったほうが、多分いいと思います。アラスカの
リツヤ湾という所での観測事例によると、1958年
にマグニチュード8.3の地震が起きました。地震
そのものはそれほど大きな津波を発生させていな
いのですが、局所的に山体崩壊を引き起こして、
どさっと湾の中に土砂が流れ込んで津波が発生し、
到達した対岸での波の高さは524メートルでした。
こういうことが、たかだか60年ぐらい前に起きて
います。

こういう例がもっといっぱい起きているかもしれ
ないのですが、それはまだまだわれわれがおそ
らく知らない。だから知らないものをいかに知っ
ているというふうに変えていくかということが、
大事な作業だと思っています。



もう一つ有名な事例ですけども、これは地中海で
す(図21)。ここにクレタ島というクノッソス宮
殿がある島がございます。そのちょっと北のほう
にサントリーニ島という、三日月みたいな形の島
があります。今はこういう形をしています。も
ともともこれは火山で1つの島でした。その山体が
吹き飛んだので、この部分が湾みたいになってい
るわけです。山体が吹き飛ぶ時に大きな穴が海に
開いて、海水が流れ込んであふれ出ることによって津波
が発生して、この辺り一帯には地質痕跡が残って
います。この噴火と津波は紀元前1600年ごろに
起きています。

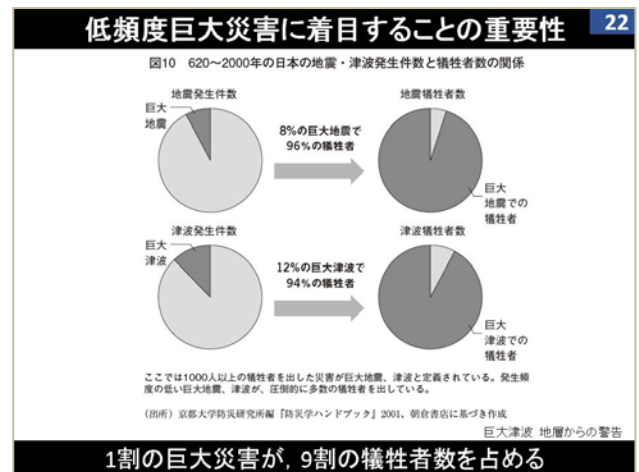
もともとこういう研究がなされた時には、ミノ
ア文化の衰退、滅亡の時期と合っているように見
えたので、この噴火と津波が文化の衰退を引き起
こしたと考えられていたのですが、その後年代測
定の技術が上がるにしたがって、この噴火と津波
は、ミノア文化が衰退する100年ぐらい前に起き
ていたことが分かってきています。だからタイミ

ングは一緒ではないけれども、今考えられている
のは、噴火や津波による被害によって国力が弱っ
ていって、外部からの侵入を受けるようになった
のではないかとされています。

会場：それはモーゼの十戒ですか。

あれはエジプトあたりの話なので違います。

冒頭で津波石の話をしました。世界中にはい
ろいろな所に不思議な巨礫があります。アイルラ
ンドの例では、高さが50メートルの崖の上に、何
十トンという石がいっぱい転がっています。それ
トンガでは、多分この部屋より大きいかもしれな
いぐらいのものが、どんと乗っています。



こういう非常に低い頻度の地震や津波や他の災
害を知ることの重要性を1つご紹介できればと思
います(図22)。これは京都大学の防災学ハンド
ブックのデータに基づいて作ったものです。西暦
620年から2000年までの、日本の地震と津波の発
生件数と犠牲者数をまとめた図で、上が地震です。
1000名以上の方が犠牲になった災害を、巨大災害
としてここでは定義します。巨大地震そのものの
件数は全体の8%ぐらいで頻度としては非常に低
いのですが、犠牲者数にすると全体の96%ぐら
いを占めています。

津波も同様です。1000名ぐらいの方が1回で犠
牲になるような大きな津波は、全体の10%ぐら
いです。ところがそれによって引き起こされた災害
で犠牲になる方は全体の90何パーセントを占め
ている。非常に頻度が低い災害によって、多く
の方が犠牲になるということが、お分かりいただ
けるかと思います。

過去の災害を知ることが重要だという一例をあげます。宮古の田老町では大きな防波堤がある場所ですが、波前に出されていたハザードマップと、2011年の津波の浸水範囲は、かなり一致しています。この1つの理由ですが、明治三陸津波を仮定すると、これぐらいの浸水が懸念されるということです。田老町ではこのハザードマップに従って、避難場所の設置がなされていました。

一方でこちらは石巻です。同様に青がハザードマップ、赤が実際の2011年の浸水範囲です。大きく過小評価していますよね。この理由としては、石巻のほうでは歴史記録で知られている中で、大きな津波の浸水の記録が、基本的に無かった。そのため、過去数100年ぐらいの間に起きたものに従うと、これぐらいの浸水範囲になったということです。

ただし、産業技術総合研究所のグループが、石巻で貞観の津波堆積物の調査をしていました。赤で示した部分が貞観津波の痕跡が見られる場所です。このカラーで示したのが、赤で示したところまで少なくとも津波が来るとすると、どの程度の浸水が起きるかを数値計算で推定したもので、こうして見ると、2011年の浸水範囲にかなりよく合っています。

こういうような形で過去の事を知っておくこと、情報としてあるということが、防災に関わる研究や知識の第一歩だと思います。

会場：石巻のハザードマップはプロが作っているのですか。

行政が作っています。

会場：専門家の知見に基づいてですか？

基づいていると思います。2011年クラスのものとは想定されていなかったということです。

どれぐらいの津波の高さだと、何パーセントぐらいの方が犠牲になるかをまとめたものを見て見ます。2011年の津波はどうかというと、東北地方の平野部は、ワーストケースにかなり近い死亡率を記録しています。

一方で三陸の沿岸では、地域によってばらついて、津波の高さは高いけれども、死亡率にしたら低い場所もあります。そういう場所に行ってみる

と、例えばこれは有名ですけども、それより下に建物を作るなというような石碑が立っています。実際にそれより低い所までしか津波が来なくて、そうすると集落としては被害を受けていない場所がある。やはり過去の災害を知っている、知識を持っているというのが非常に重要だと思うのです。

そういう意味で地質学者としてどういうことができるかと、震災以降ずっと考えていますけれど、やはり知らない、未知であるということが一番怖いのではないかと思っていて、それを一つひとつ、既知の津波に変えていくお手伝いできればと思っています。最初にご紹介したような津波石の研究などは、これが何の痕跡であるというのを明らかにして、必要であれば例えば天然記念物のような形で、防災教育に活用していただくというようなことができると思っているところです。

ちょっと時間が超過しましたがけれども、こちらで用意しましたお話は以上です。どうもご清聴ありがとうございました。

会場：ちょっと本題からそれるんですけど、最初のほうであったサンゴの年代測定、あれはどういうふうにしてわかるのでしょうか。

はい。放射性炭素年代測定法というのがございまして、生物は基本的に炭素のやり取りを大気としています。呼吸を通してするわけですけども、生体が死滅したときに、大気とのやり取りが止まります。そこから数えてどれぐらいの時間がたっているかを推定することができます。打ち上がったしまったサンゴは化石化していますので、年代を測ることが可能です。

会場：どうもありがとうございました。もうひとつ、申し訳ないんですけども、津波の被害というので、人命に関わるものは、必ずしも高さばかりではなくて、流速で倒されるということ、これはかなり致命的になる可能性もあるのですが、その辺との関係は、何か被害に関係して整理されているのでしょうか。

ご質問ありがとうございます。基本的には被害を推定するときに、われわれは力を使います。力というのは流速と加速度と、あと水位等で決められます。ただし、それは例えば数値計算ができる場

合です。現場で観測できるのは、基本的には津波の高さしかないので、場所によっては津波の高さしか情報がないということもございます。ただしおっしゃるように、高くても流速が低ければあまり大きな被害は出ないですし、低くても流速が早ければ大きな被害が出る場合がありますので、本来は力で評価するのが一番よいと思います。

会場：ありがとうございました。南海トラフの歴史的記録、地質記録から、マグニチュードを算出することについてです。過去に南海トラフの地震ではマグニチュード8.2から8.7しか起きていない、そして今回、最大級の津波があって、マグニチュード9.1を想定しましたよ。その理由というのは、何と言うんでしょうか、巨大地震の解析事例があるからという話ですけれども、その辺がどうも、いくらでも高いマグニチュードでも設定しようと思えばできるものだと思うのです。あまりにも高くされても、逆にぴんとこないというのか、30メートルの津波なんていう話もあって、220兆円損害が出るというような、あまりにも現実味がない予測をされても、しかもそれがいつ起こるか分からないという話なんですよ。その辺は先生どうなんでしょうか。私はどうもピンとこないなという気がしたんです。100年に1度と言われるても、過去の歴史から考えればそうなんだろうとは思うんですけれど。

どうもありがとうございます。いろいろなところで講演させていただいて、やはり賛否両論なんですね。おっしゃるようにピンとこない、そんなもの本当に来るのかというふうにおっしゃられる方もいます、ただ一方で、もし来たとするどれぐらいが最大で、どこまで逃げればいいのかということを考えておきたいという方もいらっしゃるんです。例えばこの会場でもアンケートの機会があれば、ぜひご意見をいただきたいのですが、学生の授業でレポートを書いてもらいますと、最大クラスを想定すべきだという意見が多いです。

私は地質学の人間で、過去の痕跡に基づいて考える人間ですから、過去の痕跡に基づくほうがいいのではないかなと思っていますけれど、おそらく世論は大きく分かれるところで、どちらの考え方もあるのかなと思います。実際に南海トラフに関しては、それに対して何か備えをしなさいとい

う、備えというのは例えば防波堤を作りなさいとか、そういうことではなくて、大きくレベル1とレベル2の2つに分けることになっています。レベル1というのは、過去に実際に起きた地震と津波に対して、人命も財産も守るということで、例えば防波堤を作ったりしましょうというふうを考える。もう1つのレベル2というのは、それを超える地震と津波はあるであろうと考えます。そして、その規模がどれぐらいなのかは想定するけれども、防波堤などのハードの面で備えるというのは非常に難しいので、防災教育とかどこに逃げるかということを考えることによって対応しようという、そういう2段階に国の方針としても分けているということになります。よろしいでしょうか。

会場：すみません、素人なので、マグニチュードの計算の仕方について。以前ずれた断層の面積だと聞いていたんですが、どうもそうでもなさそうだなという気がしているんです。最近地震が起これるとすぐマグニチュードが出ますよね。あれは絶対断層の面積を測っているはずでもないから、コンピューターの式か何かがあって、震度計の針の揺れからぱっと出ることかなという気がしていたんですけど、どうなんでしょうか。

基本的には断層の面積とすべり量です。マグニチュードというか放出されるエネルギーが算出されて決まります。おっしゃるように観測された波形が、今何時何分にここに伝わった、それを逆戻しをすると、どこでどれぐらいが発生しているか計算できます。それを日本中のあちこちの観測点から戻していくと、エリアが決まって、どれぐらいのすべり量があればすべての地点の地震波のデータを説明できるかというのを計算するわけです。

だからお答えとしては、面積に加えてどれだけ断層がすべったかということが大事になります。

会場：すべり量はメートルですか。

すべり量の単位はメートルです。

会場：そうしますと、ゆっくりすべったら大した地震になりませんよね。時間の要素はどう入るのかなと思って。

例えば東日本の 2011 年の場合は、各所で起きています。それで、その観測された地震波というの、逆戻しをすると 1 カ所だけでは説明できなくて、まず仙台の沖で起きて、それから福島の方で起きて、岩手の方で起きてというようにあちこちで繰り返しています。それからすべる速度というのは、おっしゃるようにそれによって放出される地震波もまた変わってきます。津波に関して言うと、早ければ大きい、もしくはゆっくりだったから大きいかというと、実はそう簡単ではありません。ゆっくり地盤が上がることによって、ゆっくり海水が持ち上げられても、非常に周期が長い波が発生したりしますので、沿岸に来た時には高い波になったりするので。計算してみないとなかなか分からないところでもあります。

会場：すみません、すべり量でここからここまで移動するのに、ずっと行ったのと、ゆっくり、これは同じマグニチュードですか。そのことをどう見るかなんですが。

マグニチュードの算出としてはエリアとすべり量で決めていて、トータルのエネルギーとしてどれだけ放出されたかで決められます。

会場：南海トラフの地震に関係するのですが、9.1 のマグニチュードだという、スマトラ沖の地震の津波の高さというのはどれぐらいで計測されているのですか。

スマトラの時はインドネシアで 30 数メートル、40 メートルはいかなかったぐらいだと思います。

会場：それだけの高さになっている。なっていますね。タイの沿岸部で 15 メートル、スリランカでも 10 数メートルです。

会場：タイの新聞、写真では 4 階建ての高さの茶色い壁がせまってきたという写真で見ているので、30 メートルというのは想像がつかないです。

一番近いインドネシアのスマトラ島はそれぐらいまで津波がかけ上がってきました。

会場：最初のほうで、人間圏が拡大することによって、被害が拡大するという話がありました。今起きている災害の中で、台風とか局所的な豪雨とかあって、ああいうのは温暖化でそういうことがあるのかなというふうに感じるんですけども、地震についてもそういうことがあるのでしょうか。

例えば地震に関して言えば地盤が強い場所、弱い場所というのがあるわけです。過去に被害を受けた場所、受けていない場所があったときに、受けていない場所に人が移住をして住むということがありますけど、一方で人口が増えてくるとそう言われていられなくて、それで住むところが沿岸部にどんどん広がっていくということもあります。そうすると今度は津波の影響を受けやすくなります。われわれの住む場所の拡大に合わせて、受ける災害も変わってくるということです。

以上