

Science of disaster
prevention

静岡大学
公開講座
ブックレット8

災害を知り、防災を 考える

鶴川元雄+原田賢治+北村晃寿

静岡大学イノベーション社会連携推進機構(編)

静岡大学イノベーション社会連携推進機構

災害を知り、防災を考える

静岡大学イノベーション社会連携推進機構（編）

第1回 火山噴火予知の方法——富士山の現状を考える

鶴川 元雄

3

はじめに／噴火予知／火山とは／噴出物と噴火の仕方／噴火予知技術の進歩／富士山を考える／富士山のハザードマップと噴火予知／最近の富士山の活動／巨大地震と噴火の関係／まとめ—今日の富士山

第2回 静岡の津波防災を考える

原田 賢治

37

はじめに／津波と地震／災害／防災／おわりに

第3回 大地が伝える津波と地震の記憶

——静岡・伊豆の堆積物調査から

北村 晃寿

71

はじめに／二〇一一年三月十一日に発生した巨大津波と貞観津波の津波堆積物／南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）／静岡・清水平野の津波堆積物調査の結果／下田・南伊豆周辺の津波堆積物・古地震調査の結果／沼津市西部・浮島ヶ原の津波堆積物／おわりに

本書は、静岡大学イノベーション社会連携推進機構の主催により、以下の要領により行われた公開講座「災害を知り、防災を考える」の講演録である。

- ・日時：（第1回）2013年9月7日（土）、（第2回）9月14日（土）、（第3回）9月28日（土）
14:00～16:00
- ・会場：沼津市民文化センター

火山噴火予知の方法

——富士山の現状を考える——

鵜川 元雄

はじめに

「火山噴火予知の方法―富士山の現状を考える―」という
こととお話をさせていただきます。日本は地震火山国と言
われますが、地震は割と頻繁に体を感じているので、どん
なものか体感的にお分かりになっていると思うのですが、
火山国と言う割には、噴火を目の当たりにした人というの
は少ないのではないかと思います。

私は地震と火山の研究をやってきましたが、三〇年以上
携わりながら、目の前で噴火したのを見たのはまだ一回し
かありません。そこで今日は、火山の噴火とはどんなもの
かということ前半に、後半は富士山について今分かって
いることをお話ししていきたいと思います。

私は、二年前までつくばの防災科学技術研究所に三〇年

ほど勤めておりました。その時に富士山の観測に関わりま
して、それから三〇年以上になります。そのきっかけになっ
たのが後でお話ししますが、一九八三年九月一六日に富士
山で起こった変な地震です。それから富士山とつき合い始
めたので三〇年になります。

その頃一九八〇年代、私は海底地震計の研究をしており、
海の中に地震計を沈めて駿河湾の地震活動を調べていたこ
とがあります。

清水にある東海大学が「東海大学丸二世」という船をお
持ちだったので、それをお借りして駿河湾の中を調査して
いたことがありました。駿河湾、伊豆半島の地震の調査や
富士山の研究をしながら、二〇〇〇年代になって、全国の
火山活動観測網を整備することに携わりました。

噴火予知

↑噴火予知とは

噴火の時期・場所・様式を、あらかじめある程度予測することを噴火予知と言いますが、噴火予知という確立した技術はまだありません。それは天気予報と比べるとずいぶん違うと思います。

天気予報のことをお話しするのならば、こんな観測があつて、こういう風に予報するということをしっかりお話しできると思いますが、噴火予知というのはまだそこまで成熟しておりません。

噴火とは地面の下をマグマが上昇してきて、それが地表に出てくることです。地下のマグマの動きを観測する技術というのは年々発展してきていますが、噴火を予測するということは発展途上の分野です。

↑地震予知と噴火予知

この三〇年の間に進んできた噴火予知の技術についてお話しします。まだ確立していない技術ではありますが、地震予知と比べると、もう少し実現への道を進んでいます。駿河湾のまわりで地震予知という言葉を出すのは微妙なと

ころがあります。地震予知はなかなか難しいというのが今の一般的な捉え方かと思えます。

それに対して噴火予知は、地下のマグマの動きさえ捉えれば、噴火が近づいているかどうかを認識できるという考え方で進んでいます。噴火ごとに状況は違いますが、噴火予知の可能性は高いだろうということで、かなり実用的になつているところもあります。

皆様の中には、火山にたいへん詳しい方もおられるかもしれませんが、多くの方は、普段の生活のなかで、あまり噴火とは関わりを持たずにおられると思いますので、まずは噴火とはどんなものかということをお話しします。

↑なぜなかなか進歩しないのか

噴火の予知の技術は、年ごとに進んではいるのですが、なかなか発展というのが一気にいきません。それはどうしてかというと、噴火の回数がそれほど多くないからです。

例えば気象と比較すると、ゲリラ豪雨などいろいろなことが

経験した噴火や火山活動の活発化



図1 筆者が経験した噴火や火山活動の活発化

火山とは

今騒がれています。毎年何回も集中豪雨があり、そのたびに予報の技術というのを進歩させることができます。それに引き換え噴火ですが、私が関わり始めてから日本で起こった主な噴火や火山活動の活発化を挙げてみました(図1)。

一九八〇年代、三宅島が噴火したり伊豆大島が噴火したり、伊東沖海底噴火などがありました。それから九〇年代は、雲仙普賢岳で火砕流により四〇人余りの方が亡くなったり、岩手山ではもう一息で噴火というところまでいった活動もありました。二〇〇〇年になると有珠山、三宅島が噴火。それとちょうど歩を合わせたように、富士山低周波地震活動の活発化などがありました。南の方では硫黄島が噴火したということもあります。その後、浅間山が活発になったり、一昨年(二〇一一年)は霧島山新燃岳が久しぶりに噴火しました。

これらが私の関わった噴火ですが、三〇年火山と関わってきてても、一〇回ほどの噴火や火山活動の活発化しか経験することができないので、一気に進歩させるのがなかなか難しい分野なのです。一〇年で一気に進むというような分野ではなく、二〇年、三〇年という長い目で見ると確実に進歩しているという、そんな分野です。

十 火山の生死

まずは、火山が活着しているかそれとも死んでいるか、そこから話を始めるため、このような図を作ってきました(図2)。人の死の判定についていろいろ騒がれていますが、実は火山も非常に生死の判定が難しい分野です。

噴火中の火山というのは、確実に地下から熱いマグマが上がってきており、活着しているというのは分かり易いのですが、大半の火山は、うっすらと噴気が出ていたり、あるいは表面上は何も活動していません。このように、噴気だけや静穏な火山の生死を区別できるのでしょうか。活火山という言葉があります、それはどのようにに区別するのだろうか、というところが問題になります。

十 長い休みの後の噴火

日本では、一九七九年に木曾の御嶽山が噴火しました。その

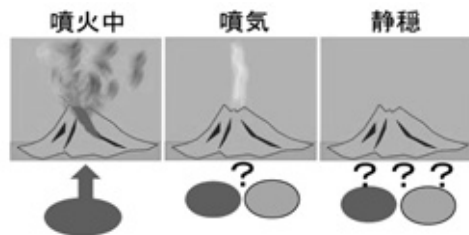


図2 火山の生死を判別する

後、御嶽山の火山活動は活発になりますが、一九七九年の噴火というのは、有史以来初めての噴火でした。山頂に噴気活動はありましたが、一〇〇〇年以上静かにしていたものが突然噴火を起こし、その後火山活動が活発化するということもあるのです。地層を調べると、一万年の間に何回か噴火していることが分かっています。一〇〇〇年くらい休んでいても、噴火することは十分に有り得るのがこういう火山です。

もっと長い休みを取っていたものに、アメリカのクレターレイクがあります。クレターとは火口という意味で、レイクが湖。火口湖をそのまま名前にしたような火山です。直径が約一〇km、日本でいうと、十和田湖をひとまわり大きくしたような火山で、オレゴン州にあります。シアトルとサンフランシスコの真ん中くらいです。

この火山は、七七〇〇年前に大噴火をしています。四〇万年前くらいは、楯状火山と成層火山の間のような山でした。それがずっと活動を続けながら、三万年くらい前に活動を一度やめました。その後、およそ七〇〇〇年前から再び活動を始めて、六八五〇年前頃に大爆発を起こし、このように大きな火口を造りました。

その時出たマグマや、吹き飛ばした岩塊の岩の量という

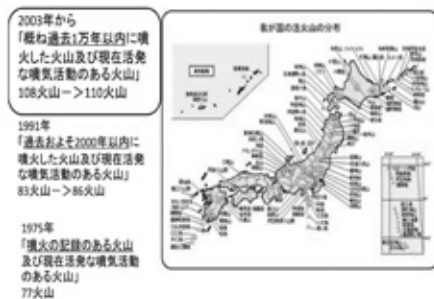
のは、だいたい一〇〇km³、一辺が五kmの立方体くらいです。それほどのものを吹き飛ばして、直径一〇kmの火口を造りましたが、アメリカの解説書などを読むと、「この火山は自分を吹き飛ばすために一何千年かの眠りから覚めた」と書いてあります。このように、一万年くらい休んでから大噴火をする火山というものもあります。

＋活火山の定義

火山がどのくらい活動していなかったら死んでいるのかというのは、実はわかりません。ただ、それでは火山らしいものが全部活きているということになってしまい、対応が難しいということ。日本では気象庁が活火山というものを定義しています(図3)。

二〇〇三年に定義が変わり、一万年以内に噴

火したという証拠がある、あるいは、噴気が活発に出ている火山という



ものを活火山にすると決めました。二〇〇三年には一〇八でしたが、その後、研究者たちが地層を調べ、あと二つ追加したほうが良いということ、今は北方領土も含めて、一一〇の火山が活火山ということで登録されています。

一九七五年の最初に定義を決めたときは、噴火の記録のある火山という、歴史上の噴火記録があるかないかで活火山を決めていたのですが、二〇年前の一九九一年に変更になったときは、二〇〇〇年以内に噴火した証拠がある火山という定義になりました。火山の死の定義というか、火山の活きている定義、生の定義自体がだんだん変わってきているため、活火山の数というのは火山活動で変わるのではなく、人間がどこまでを活きている火山と定義するのか、ということが変わってしまいます。

今は一一〇ですが、その一一〇の中で、私たち静岡県に關係のある火山というのが三つあります。皆さんよくご存じの富士山、それから伊豆東部火山群、それと中心火口は神奈川県の方にありますが、山体は静岡県の方にもあるという事で箱根山、これら三つの山が静岡県に関わっています。

十四七火山で観測の充実・強化が必要

一一〇の火山がありま
すが、その全部に目を配っ
ているだけの余裕が日本
にはないため、観測を充
実・強化しなければいけ
ない火山というものを気
象庁で決めました。それ
で選んだのが四七の火山
です(図4)。今後一〇〇
年くらいの中長期的な期
間で噴火の可能性があ
り、社会的な影響がある火山、ということ、四七を選ん
でいるのですが、先ほど静岡県に關係があると言いました富
士山、箱根山、伊豆東部火山群はすべてこの四七の中に入っ
ています。

噴出物と噴火の仕方

十噴火の種類

例えば、地震ならば断層がバリッとずれて強い振動が起

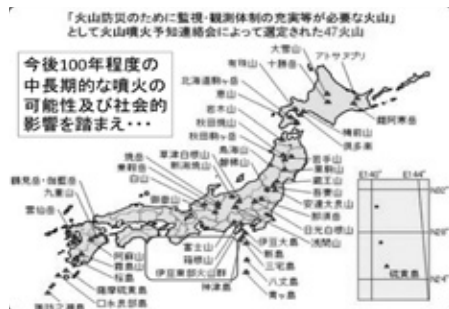


図4 観測の充実等が必要とされる47火山/気象庁HPより

きます。また、海で地震が起きたならば津波の被害。そういうことに注意を払わなくてははいけないのですが、火山ではいろいろな噴火が起きます。

有珠山では噴煙をバアツと上げるような型、アメリカのセントヘレンズという火山では、山体が崩れてしまった山体崩壊、それからハワイのような溶岩流が流れ出る型もあります。ここに挙げただけでも火山灰が出る、溶岩流が出る、山体が崩れる、そんなパターンがあります。

＋噴出物の種類

噴出物と噴火の仕方には、図5のようにいろいろなパターンがあります。例えば、火山から出てくるものにはどんなものがあるのかというと、溶岩・火山灰・軽石・火山礫・火山弾です。これらは出てきたものの大きさで名前が変わります。それから、固いものだけではなく火山ガスも出てきます。

＋噴出の仕方

また、これらはいろいろな出方をします。マグマ噴火という

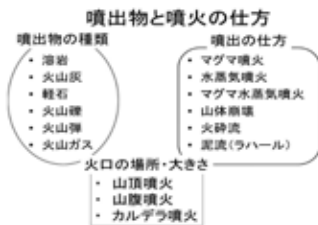


図5 火山の噴出物と主な噴火の種類

爆発的な噴火や水蒸気爆発。マグマと水が直接触れ合わなくても、水が熱で熱せられて水蒸気になる時に、体積が一気に広がるので爆発的なことが起きる、それが水蒸気爆発です。それから、マグマと水が直接触れ合っただけで起きる爆発(マグマ水蒸気爆発)、山体崩壊、火砕流、あるいは泥流といって、泥が山体を流れ下ってくるというそんな現象も起きます。

＋火口の場所・大きさ

火口や火山の形についても、山頂から噴火する場合や山腹から噴火する場合、直径が1km以上の大きな火口を造る噴火など、その違いでいろいろな名前がついています。

＋火山灰の噴出——浅間山と霧島山の事例

図6は浅間山と霧島山の噴火です。浅間山の二〇〇四年の噴火は、大きかったというものの規模としてはそれほどでもありませんでしたが、関東地方に灰を降らせたためニュースになりました。それから、二〇一一年の霧島山の噴火ですが、これは霧島山が百数十年ぶりに大噴火をしたということで話題になった噴火ですが、どちらも火山灰がたくさん出てきた噴火です。

十 火山灰とは

火山灰は、これで直接人が死ぬということはあまりありません。ただ、たくさん積もると屋根が潰れてしまうということが起きます。例えば、一〇cm以上火山灰が積もると、日本の普通の家は屋根がもたない場合があるので、避難するときに、火山灰で建物が潰れないかという心配があります。

灰と言っています。普通、木が燃えた灰のようなものではなく、細かい岩石の粒です。地下のマグマが爆発する時に、ものすごく細かく粉砕され、それで出てくるのが火山灰です。積もったあとに雨が降ったりすると、セメントのように固まってしまうというあまり良くない性質がありますし、そこにまた大雨が降ると水でどつと流されて、泥流という泥の流れになってしまいます。なかなかたちの悪いものです。ただ、日本が割合肥沃な土地なのも、火山灰が降り積もっているからで、長い目で見ると栄養を日本に与えてくれているので悪いものではないのですが、やはり



図6 左・2004年9月浅間山噴火／小山悦郎氏撮影、右・2011年1月霧島山新燃岳噴火／田島靖久氏撮影

災害という意味ではあまり好ましくないものです。

十 火山灰の噴出——ピナツポ山の事例

一九九一年にフィリピンのピナツポ山という火山の噴火がありました(図7)。この火山も、歴史上は数百年噴火の記録がありませんが、それが噴火をし、後に二〇世紀最大の噴火と言われています。この時は溶岩



図7 1991年フィリピンのピナツポ火山の噴火／Newhall, C.G., & Punongbayan, R. (Eds.)(1996).*Fire and Mud*.University of Washington Press.

を出さず火山灰が中心でしたが、初期避難した人たちがあつる建物に入っていたら、その屋根が崩れて数百人が亡くなるということがあつたり、大変多量の火山灰、だいたい八㎞と言われておりますが、そういう火山灰が降り積もつたので、雨が降るたびに泥流が起こり、どんどん町が泥で埋まっていくという被害が出ました。泥流の犠牲者もあつて、九〇年代中頃まで数年の間被害が続いていました。

十 火山灰の噴出——ラバウルカルテラの事例

ラバウルという火山が一九九四年に噴火をしています(図

8)。ラバウルには湾があり、湾を挟んで二つの火山があるのですが、その時は二つ同時に噴火をしています。このときは噴火の前兆がいろいろあり、数万人が避難することができたため、犠牲者は五人だったと言われています。



図8 1994年9月ラバウルカルデラの噴火
/Herman Patia氏撮影

火山というのは、突然大きな噴火になることはあまりないので、判断さえ間違わなければ、犠牲者を出さないように逃げることはできるはずですが、ただ、どのくらいの単位の人が逃げるのかとか、噴火の規模はどのくらいかという大変大きな問題がそこに立ちはだかっているのも事実です。適切に逃げれば犠牲者の数というのは大きく減らすことができるのが噴火災害です。

＋溶岩流の流出——三宅島の事例

一九八三年の三宅島噴火の時は、溶岩が山体を流れ下っていきましました。阿古という部落がありました、それが半分埋まってしまいました。

＋溶岩流とは

溶岩の流れというのは、割合先端はゆっくりで、だいたいの人の歩く速さくらいのスピードで進んでいきます。ですから、溶岩流も普通は逃げる事ができます。逃げることはできませんが、溶岩流を止めることが大変難しく、ハワイやイタリアの火山などで、溶岩流を止めて流れを変えようという実験などもされていますが、なかなかうまくいきません。また、流れが変わった方向で、別の被害が起こった時にだれが責任を取るのかなど、いろいろ問題もあるので、止めることは非常に難しいと思っただほうが良いでしょう。でも逃げることはできるので、犠牲者がこれ出ることはいくらでも少ないです。

＋溶岩流の流出——伊豆大島の事例

これは伊豆大島の噴火、一九八六年です(図9)。伊豆大島は山頂に大きなカルデラ火口があり、そのまた真ん中に小高い火口があります。一九八六年の噴火、もう三〇年近く前ですが、最初山頂の火口から溶岩が噴き出しました。当時、伊豆大島の観光に少し翳りが見えていたため、これは観光に大変良いということで、いったん盛り上がったのです。

一月二五日に噴火が始まり、しばらくは良かったのですが、少し静かになった後、一月二二日に割れ目噴火が起こり、溶岩がそこからどつと出てきて、島全体が危ないかもしれないというので、島民がひと月あまり東京都の内地の方に避難することになりました。犠牲者の出ない噴火ではありませんが、流れ下っていく方向に町があると、大きな被害が出る場合があります。

＋溶岩流の流出——ニイラゴンゴの事例

二〇〇二年に、アフリカのニイラゴンゴという火山で溶岩が出たときは、大量の溶岩が一気に町の中になだれ下りました。コンゴのゴマという町の近くの火山です。

溶岩は地下をずっと通ってきて、途中から地表に現れてバツと流れました。溶岩が地下を流れている間は、温度が



図9 1986年11月伊豆大島噴火写真／左上:火山学会誌「1986年伊豆大島火山1986年噴火」(1987)、中段:火山学会発行絵はがきより、下段:筆者撮影

高いため結構さらさらと流れます。さらさら流れるとスピードが速く、それが一気に噴き出すと、人が取り残され逃げ場を失います。このときは二〇〇人くらいの方が亡くなったと言われています。滅多に起きない事例ではありますが、こういう事例も起きることがあります。

＋溶岩流の流出——昭和新山の事例

溶岩のねばねば度が高くなると、溶岩円頂丘と呼ばれる溶岩の高まりができる場合があります(図10)。昭和新山です。一九四三年から四五年くらいの二年間をかけて、このような五〇〇mほどの標高の山ができました。一見被害は無さそうですが、この時には噴火も頻発し、地殻変動で電車が通れなくなりました。地面を動かし、変形させてしまう地殻変動により被害が出ることもあります。



図10 1943-45年有珠山噴火で作られた昭和新山

＋火砕流——スープリエールヒルズ火山の事例

スープリエールヒルズという火山が、カリブ海のモンセ

ラート島にあります。そこに、先ほどの昭和新山のような溶岩ドームができる噴火が始まりました。その溶岩ドームが壊れて斜面をなだれ下り、溶岩ドームを造っていた高温の岩が、どんどん破壊されながら周りの空気を巻き込んでダツとなだれ下って、このような火砕流という高温の岩石の粒を含んだ流れになります(図11)。これが斜面を高速で下ってきて、町を飲み込んでしまうのです。



図11 1996年にモンセラート島で発生した火砕流/Aspinall氏撮影

一九九五年頃から活動を始め、もう二〇年近く活動が続いている火山で、一九九七年に一九人が犠牲になりました。昔、島は観光で栄えていましたが、この噴火のために島の経済活動も大打撃を受けました。

十火砕流——雲仙普賢岳の事例
同じようなことがその数年前、九一年に雲仙普賢岳で起



図12 雲仙普賢岳の火砕流/太田一也他編(1992)「Unzen Volcano: the 1900-1992 eruption」九州大学出版会

こっています(図12)。この時はテレビで火砕流が大々的に放映され、火山で一番怖いのは火砕流だ、ということが目に焼き付いた、そういう噴火です。

十マグマ水蒸気爆発

図13はアイスランドのスルツエイという火山ですが、浅い海でマグマと水が触れ合うと大噴火をすることがあります。



図13 アイスランド近海でスルツエイ島を形成したマグマ水蒸気爆発/Decker,R.W.& Decker,B.(1981).Volcanoes.W.H.Freeman.

十火山ガス——ニオス湖の事例
その他に、ガスが出たことが原因で、人や動物が亡くなる場合もあります。

一九八六年ニオス湖、カメルーンの火山ですが、火口湖の下からガスが出ていました。ガスがだんだん水に溶け、湖の下のほうが軽くなり、火口の底の水が軽くなったためガスが一気にながってきて、火



図14 1986年ニオス湖の火山ガス災害/http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/Nyos.html

口の中に二酸化炭素が放出されるということが起きました。火口近くの村がこのガスでやられ、一七〇〇人が夜の間に二酸化炭素で窒息死してしまいました。図14は牛の写真ですが、こんな災害が起こることもあります。

↑火山泥流——ネバド・デル・ルイス火山の事例

図15はネバド・デル・ルイスという火山と氷河です。火口がこの近くにあったため、氷河を溶かして、溶けた水と火山灰が四〇kmほど離れた町に一気になだれ下り、火山泥流で二万五〇〇〇人の方が亡くなるということが、



図15 1985年にコロンビアのネバドデルルイス火山で発生した火山泥流災害 / Mileti, D. S. (1991). *Eruption of Nevado Del Ruiz Volcano Colombia. South America November 13, 1985.* National Academy Press

一九八五年にありました。

アルメロという町ですが、当時テレビで放映されましたので、三十数年前のことですがご記憶の方もおられるかと思いますが、

↑山体崩壊

アメリカの北西部に、富士山に似た形のセントヘレンズという火山がありました。

一九八〇年の三月から噴火が始まったのですが、最初は大きな噴火ではありませんでした。しかし次第に山が膨れ、山の中にマグマが入り込んで山体が不安定になり、山体の直下でマグニチュード五・五の地震が起きたため、山体が崩壊してしまいました(図16)。今まで山の重さで押さえられていたマグマが、上の栓が抜けてしまったために一気に噴き出したのです。真上に上がる噴煙と、水平に噴き出す爆風があり、後者によって木々が同じ方向になぎ倒されました。この時は、噴火が起きるまで二か月近く火山が活発になっていたため、いろいろ規制をかけていましたが、それでも山林労働者を中心に、六〇人余りの人が亡くなりました。

ここまでたくさんさんの火山噴火の事例をご紹介しましたが、いろいろなパターンがあることがお分かりいた

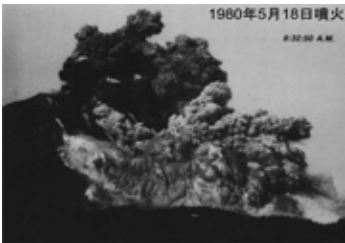


図16 1980年5月18日に発生したセントヘレンズ火山の山体崩壊を伴った噴火 / Corcoran, T. (1986). *Mount St. Helens*. KC Publications.

だけだと思えます。溶岩が噴出する場合もあるし火山灰が噴出する場合もあります。それから、火山泥流がその後流れる場合もあるということで、火山の災害というのは枝分かれがたくさんあり、それが対応を難しくする要因のひとつであります。

十火山爆發指数

地震の場合は、巨大地震が起きた時など「マグニチュードいくつくらいの地震だ」と、地震の大きさをマグニチュードで話することができますが、火山は今お話ししたように大変複雑です。なかなか良い指標、マグニチュードのようなものが無いのですが、国際的に使われているのが火山爆發指数 Volcanic Explosivity Index とごうものです(図17)。0から8までの尺度になっています。

これは、先ほどのピナツポ

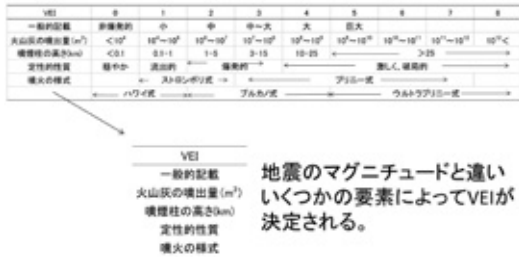


図17 火山爆發指数

の噴火のように、たくさん火山灰を噴き上げるような爆発的な噴火は大きな値になるのですが、静々と溶岩が流れる噴火は爆発的ではないため、たくさん溶岩が出て0など小さな値になります。なかなか一つの指標で噴火を表すのは難しいのですが、このような指標が使われています。

噴火予知技術の進歩

ここからは噴火予知の技術ということで、これまでのいろいろな噴火のたびに技術が進歩してきたというお話をします。主に一九八三年の三宅島、八六年の伊豆大島、八九年の伊東沖、この三つの噴火により、今の噴火予知の技術の方向が決まったというような内容です。

十事前観測なし——一九八三年三宅島噴火

まずは最初の八三年の三宅島ですが、実はこの時は観測がほとんど行われていなかったため、予知という意味では全く役に立っていません。ただ、噴火の直後は私も現地に入りましたので、当時の様子は鮮明に記憶しています。

一九八三年の一〇月三日に噴火して、五日の船で島に渡り、六日に現地に入りました。大した噴火ではなかったの

ですが、水蒸気爆発の被害を目の当たりにすると、木々が吹き飛び、池だった所の水が全部無くなっていたり、電話ボックスや車が埋もれていたりしました(図18)。

それから、噴火の時には地震と一緒にたくさん起きるため、がけ崩れが起きて道路が塞がることもあります。火山の災害というと、溶岩が静々と流れるようなイメージですが、行ってみると道路が塞がり、火山灰が降っていたらスリップして動けなくなるなど、頭で想像するより現実というのはもっと厳しいことが起こります。

溶岩が流れてから三日目くらいに溶岩の上を歩きました。割れ目の中に赤色が見えます。三〇cmくらいはまだまだ真つ赤な高温のままなのですが、もう表面は冷めていて、熱はあまり伝わらないので、普通の靴でもこの上を歩きました。普段噴火を見たことのない私達は、三〇cm下がこんなに真つ赤なのだと興味深く眺めてい



図18 1983年三宅島噴火の状況

ましたが、この時の噴火は観測網も無く、事前にも何事か起きていたのか、ということがほとんど分かりませんでした。

† 観測機器の導入——一九八六年伊豆大島噴火

それから三年たって伊豆大島が噴火をしました。この時は一月に噴火しているのですが、火山の噴火の観測に役立つのではないかということで、防災科学技術研究所が九月に、カルデラの外輪に傾斜計という機械を設置していました。

この機械は振り子のような原理で、振り子のおもりは真つ直ぐ下の方、重力の方を向きます。山体が傾くと、この振り子はそのままになっていて、周りの岩盤が傾くため、ものすごく精度の良いセンサーを付けておくと、どれだけ傾いたかという傾きの変化がわかるといふものです。そうしたところ、この機械がその噴火のときの岩盤の変化を捉えたのです。

一月一五日に山頂火口から溶岩流出が始まり、二一日に山腹で割れ目から噴火。島民約一万人がおよそ一か月間島外に避難しました。

噴火の予知という意味では、その年の七月くらいから、

火山の連続的な振動、火山性微動といいますが、振動という前兆はありましたが、的確な予知というのは当時まだできませんでした。

この時、傾斜計が図19に示すような記録を書きました。周りの岩盤が傾くと、その振り子の向きとの違いを検出し、それがどれだけ傾いたか、だいたい1km先が1mmの100分の1くらいの割合、そのくらいの変化も検出できるものです。そういう機械を地中へ埋めて取ったのがこの記録です。横軸が八六年の一月二日の一日で、南北の傾きの変化と東西の傾きの変化があるので線が二つあります。

線が真っ直ぐなところは、岩盤が何も変動していないことを表しています。一四時一〇分頃から急に岩盤が動き始めました。そしてこの枠の中からスケールアウトしてまた戻ってきて、一六時くらいに噴火が起こっています。噴火する前か

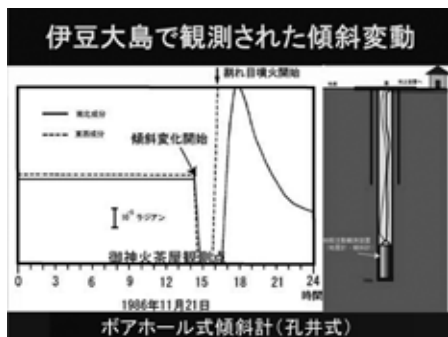


図19 1986年伊豆大島噴火の際に観測された傾斜変動

らこの傾斜計が岩盤のわずかな動き、傾きの関係からといって1km先を1cm上げるくらいの傾きですが、この機械で検出するレベルとしてはすごく大きな変動が起こり、それを捉えました。地面の上で立っていても全然分からないのですが、このような機械を付けて初めて分かる変化です。このように噴火の前に大きな変化が起こりましたが、当時は記録を現地で収録していたので、噴火予知には役に立たなかったのです。

傾斜計は感度が非常に良いので、地表に置いて日が当たり計器が膨張したりすると、それだけで傾きが変わってしまいます。そうするとそれは傾斜計ではなく温度計になってしまうので、温度が一定で気象の影響を受けない100m下とか200m下に埋めるようにしています。センサーの精度というのは、日本はものすごく高性能なものを作れますから、そのマグマが山体に入ってきたことによる岩盤のわずかな変化を、電気的に捉えられるようにしておく、と、ただけ山体がどちらの方向に傾いたのかということが分かれます。

機械一台だけの記録ではあまり詳しいことは分かりませんが、当時取られた記録を分析すると、最初は溶岩が流れていたのですが、その後どこかでマグマの流れの栓が詰まっ

てしまったため、マグマの溜まりが膨張し、山腹に割れ目を作って、そこから溶岩が噴き出したというようなことが地下で起こったらしいということが、この機械によって分かるようになりました。

ここで大事なものは、当時（二十数年前）の機械で、地下のマグマの動きを捉えることができるだけの技術を持っており、この技術をいろいろなところに使えば噴火の予知ができるのではないかという希望を私たちが持てたということです。

＋現代火山観測・予測の幕開け——一九八九年伊東沖海底噴火

それから三年後、伊豆半島の東側、伊東で海底噴火が起きました。当時、伊豆半島では地震がたくさん起きていたので、いろいろな機械が設置されていました。そのため、この八九年の伊東沖の噴火が起きるに至る地下の動きというものが分かったのですが、それについてお話しします。

一九七〇年代末から、地下からマグマが伊豆半島の東側の上がってくるという活動が何度もあり、そのたびに群発地震が起き、震度三とか震度四の揺れが観測されていました。

一九八八年の群発地震では約一万回の地震が観測され、

さらに一九八九年六月から七月の群発地震では二万回を超え、噴火に至りました。図20はその時の地震の記録です。地震計の針がずっと横に進んでいきます。地震が起きると振動が起こり、一分経つと一本下に下がってまた揺れを書いていくのですが、ほとんど真っ黒になるくらいの地震が頻発、連発しています。

川奈に設置してあった傾斜計の記載例も図20に示します。三か月の記録で、少し波打っている線が観測されたものです。五月に一回小さな岩盤の傾斜変化があり、それから七月に

大きな傾斜変動→
激しい地震活動↓

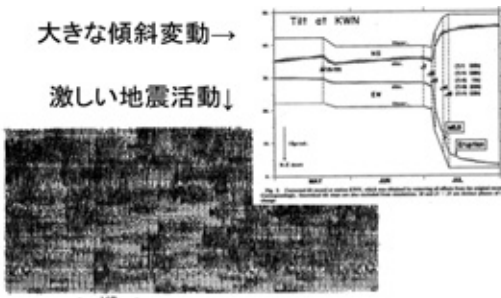


図20 防災科学技術研究所で観測された1989年7月の群発地震の記録と傾斜変動／傾斜変動はOkada and Yamamoto(1991)による

一八時四一分二八秒、三〇秒、三七秒、このように噴火が起こったのですが(図21)、後で調べたところ、地下から泡が出ていたことも分かりました。

傾斜計などの地殻変動観測をもとに、地下のマグマの動きがモデル化されました。図22は推定された地下のマグマの動きを示すモデルです。

五月に小さな割れ目を作ってマグマが上昇しました。七月には長さ3km、幅が1mくらいの割れ目を作り、マグマが割れ目の中を上昇しました。マグマは

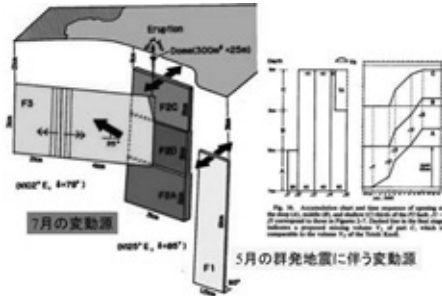


図22 1989年に発生した伊東沖火山活動のモデル化 / Okada and Yamamoto (1991)に得られた結果に加筆したもの

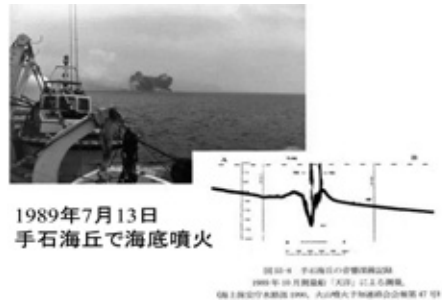


図21 1989年7月13日18時に観測された伊東沖の海底噴火 / 海上保安庁撮影

薄い壁のようになって上がってきます。これを専門家は岩脈と呼んでいます。もう一息で地表(海底)まで来るところだったので、いったん止まり、止まったけれど最後のほんのわずかな部分が、海底で堆積物の中の海水と接触し、それで噴火を起こしたということが、いろいろなデータを分析することで分かるようになりました。

↑ 噴火予知の戦略

地下のマグマの上昇が、伊東の沖合で起こったということがデータから分かるようになり、同様の手法を使えば、地下のマグマの動きを知ることができるようだと考え、噴火予知の戦略を描きました(図23)。今から二十年ほど前のことです。

火山の地下にはマグマの溜まりがきつとあると考えています。マグマの溜まりが一杯になったら噴火すると思われます。マグマの溜まりがどのくらい大きかで、今どれだけマグマが溜

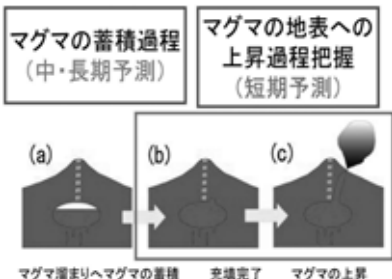


図23 噴火予知の戦略

まっけていて、マグマがいつもどのくらい地下から上がって
くるのか、ということが分かれば長期予知ができますが、
今のところ我々の学問水準では全くできません。しかし、
いったんこのマグマの溜まりがマグマで充填されて一杯に
なり、割れ目を作ってマグマが上昇し始めると、ここで地殻
地盤が歪んだり地震が起きたりするため、このマグマの動
きを捉えることができます。これを観測することができれ
ば、短期予知には結びつくだろうという方針で進んでいま
す。

十二〇〇〇年三宅島噴火

ある程度うまくはいったけれど、最後は人間の能力を超
えてしまっていると感じたのが二〇〇〇年の三宅島の噴火
です。もう十数年前になりますが、二〇〇〇年六月二十六日
から三宅島噴火が始まりました。

その頃、防災科学技術研究所では、三宅島の噴火が
二〇〇〇年の中頃に起きるかもしれないということで、傾
斜計を五台設置して観測していました。六月二十六日の噴火
前後の様子は捉えていたのですが、その後の予測はできま
せんでした。噴火の後、三宅島の上に大きなカルデラ火口
ができ、そこから火山ガスが大量に放出されたことで、島

民が四年余り島から出なくてはいけなくなつたのです。

六月二十六日、三宅島にマグマが上がってきましたが、山
頂では噴火をせず、地下を神津島（北西の方向）に向けて
岩盤を割って進んでいきました。そのため、山頂の火口に
つながる地下のマグマ溜まりのマグマが流出してしまい、
山頂を支えることができなくなり山頂が沈下、陥没してい
きます。

七月から八月にかけてどんどん深くなり、直径が一・六
km、深さが六〇〇mほどのものすごい火口が、熔岩や火山
灰を出さずに地下をマグマが横に逃げてしまったことで、
七月八日には図24のよう

な大きなカルデラ火口が
できてしまいました。さ
らに九月になると、日量
数万トン以上という、大
量の二酸化硫黄ガスが噴
出してきて、内地でも臭
う事態になりました。

その六月二十六日の地下
でマグマが動いた様子
を、傾斜計五台が観測し

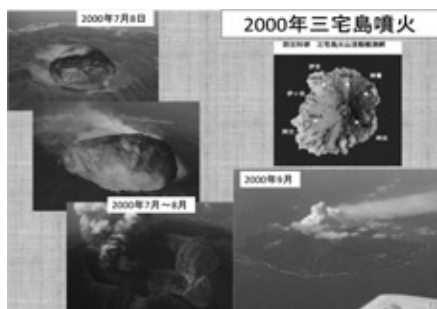


図24 2000年三宅島噴火に伴う山頂火口の変化／中日本航空および津久井雅志氏提供

たのが図25です。これは一日分の記録です。一八と書いてあるあたりから、五か所の傾斜計それぞれ南北と東西があるもので一〇本線があり、それらがいろいろな方向に動いています。地下に入ってきたマグマと、観測点の位置関係で変化の仕方が違うためいろいろ違うのですが、逆に、このいろいろな違いから地下の様子を推定することができます。推定してみたところ、地下一〇kmくらいにマグマの溜まりがあり、いったん島に向かって上がってはきたのですが、マグマはそこで上昇をやめて水平に動き、あわや噴火というような、海底すれすれのところを水平に動いていたことが、この観測データから分かりました。

最初は、これら傾斜計で地下のマグマの動きを捉え、それをもとに島の中で、こっちの方に避難したほうが良いなどの判断ができて、結構うまく成功したと喜んでいたのでありますが、それは最初のうちだけでした。このようなデー

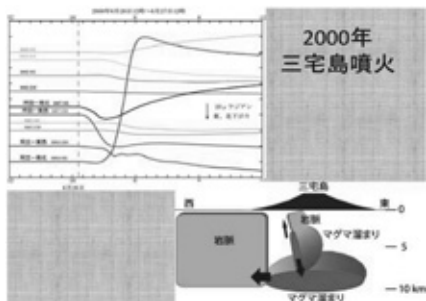


図25 2000年6月26日12時から1日の三宅島の傾斜変動／防災科学技術研究所の観測点

タあるいは地震活動が避難勧告につながり、多少役に立ったと思ったのですが、七月の中頃からマグマがどんどん水平に流れ、山頂が陥没してくるということは当時想像できず、データを見ながら今後何が起きるのか、最悪のシナリオというのはもちろんありますが、それを考えていいのかどうかもわからないような状況でした。ある程度予想している動きならば地下の動きを推定できますが、それを越えてしまった時に、なかなか地下で起こっていることを推定しにくい、そんな経験をしました。

噴火予知の考え方

噴火の長期予知は、今の段階では観測の方から実現するというのは難しいのですが、地下でマグマが動き始めたらそれを捉えて、噴火の危険が高まっているということは観測から言えるだろうと思います、二〇年やってきました。

マグマが上がってくると群発地震が起きたり、地殻変動、地盤が歪んだり、それから火山性微動や低周波地震といった変わった地震が起きます。また、温度の異常が起きたりするため、これらを観測し、たくさん寄せ集めることで、地下で起こっているできごとを総合的に判断しましょう、というのが噴火予知の今の基本になっています。

十二〇一二年霧島山噴火の経験

観測さえすれば、大きな噴火に不意打ちをくらうことはないだろうと思っていたのですが、二〇一一年の一月に霧島山が噴火した時には驚きました。霧島山にも防災科学技術研究所は観測点を作っていました。噴火したのは新燃岳という火山で、そこから数キロメートルの所に観測点を作り、私がたまたま観測点を見に行った直後に、規模の大きい噴火が起きました。噴火が起きることが分かっていたのではなく、たまたま行ったら噴火が起きてしまったのです。

大噴火の時は、その前にマグマがたくさん動いたため、地震活動が活発化し、地殻変動の異常が出るだろうと思っていましたが、この時はそういうことがほとんど起きなかったのです。大噴火の一〜二時間前でも、地震はほとんど起きていないのです。どうやらマグマは火口直下で噴火の準備を整えて待っていて、一気に大噴火になったようです。規模の大きい噴火でも静かに始まることがあるのです。

このあとお話しする富士山ではたぶんないと思いますが、この霧島山みたいな特徴のある火山群ではそのような経験をしました。それから、当時の状況を考えると、噴火の初期は情報があるのすごく混乱します。これは当たり前のこと

で、いかにこれを早く收拾するかが大事です。噴火予知に関わる人たちに伝えなくてはいけないのですが、混乱するのは当たり前だと思っただけで対処した方が良さそうだというのがこの時の経験です。

富士山を考える

十 噴火の歴史

次に富士山について考えていきたいのですが、富士山は歴史的な古文書からはつきりとした噴火はこれまで一〇回記録されていると言われています。一番古い記録が七八一年、一番最近、といっても三〇〇年以上前ですが、一七〇七年の宝永噴火が一番新しい噴火です。

図26の絵図は富士砂防事務所というところ

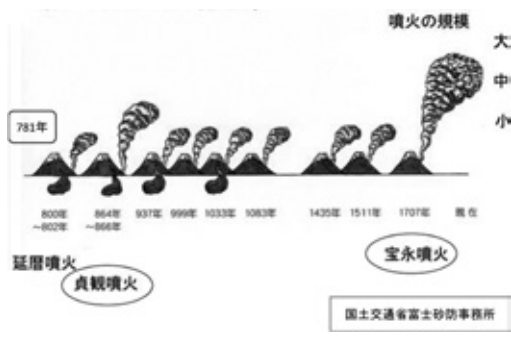


図26 富士山の歴史上の噴火／国土交通省富士砂防事務所の図に加筆

が作ったのですが、噴火の大きさや噴煙の高さが書かれています。溶岩が出たかどうかというのも書かれています。それから、よく見ると噴火している場所が昔は低く、だんだんと山頂に近づいているように見えます。これは実際はどこから噴火したのかということを相対的に書いているようですが、一番大きな特徴は、二〇〇〇年間富士山は山頂から噴火していないということです。だんだんと山頂に近づいているので、次は山頂かと言う人もいます。まだそこまで予測する技術は持っていませんが、このような傾向があります。

この絵から、溶岩を出さない噴火がたくさんあったことが分かります。約1kmの噴出物が出た大きな噴火というのは、一〇〇〇年余りの間では、八六四年の貞観の噴火と一七〇七年の宝永噴火の二回です。富士山が噴火すると大変だといろいろ騒がれますが、過去の噴火を見てみると、噴火の影響というのは局所的なものの方が多いということも、統計的には分かります。

±低周波地震とふつうの地震

表面上は、ここ数十年活動は無いと言われていますが、富士山の地下では、低周波地震というゆっくりとした振動

の地震が起きています。それが分かったのがちょうど三〇年前頃です。

普通の小さな地震を地震計で捉えようと、一秒間に一〇回から二〇回くらい振動します。図27が普通の地震の波形です。富士山の下で観測されている低周波の地震というのは、普通の小さな地震よりすごくゆっくりしていて、一秒間に二、三回、あるいは一、二回くらいしか振動しないような少し変わった地震で、火山の下でよく起きると言われています。

±富士山の低周波地震

図28の震源分布図の中央付近が低周波地震の起こっている場所です。山頂の北東を中心にして、深さが一〇kmから一五kmくらいが中心なので、少し深いです。少し深い所でそのような地震が起きているので、今の富士山の活動は、だいたい厚さ三〇kmくらいの地殻の真ん中あたりで火山活

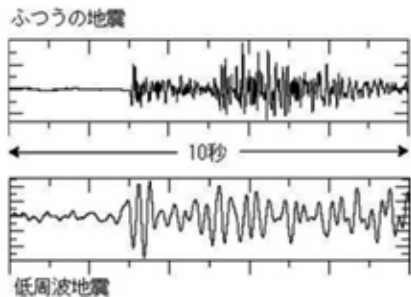


図27 低周波地震とふつうの地震の波形の比較

動を行っ
ているの
ではない
かと想像
していま
す。

低周波

地震の特徴は、深さ一〇kmから二〇km、大きさはマグニチュードが大きくても二くらいの微小地震です。これは地震計が無いとわからないため、観測していなかった三〇年以上前のことは、記録が無くわかりません。でも、ずっと富士山ではこのような地震が起こっていたのだらうと思っています。私が観測し始めた三〇年くらい前から、一年間にこんな活動が、それは一回起きると五分から一〇分の間に低周波地震が一〇個から二〇個連発するのですが、二〇回から四〇回程度発生と書いていました。なぜこのような地震が起きるのかまだ分かっていません。

普通の地震は、岩に力がかかると断層に左右のずれが起こり波が出るのですが、こういうゆっくりとした波を出すにはどうしたらいいのか、岩盤が暖められて柔らかいからゆっくり動くのか、それとも、マグマのようなものが岩の

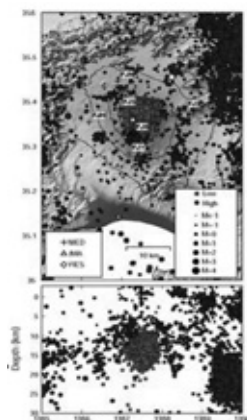


図28 富士山の低周波地震の特徴とその震源分布

間に入り込むからゆっくりなのかまだ分かっていません。けれども、火山活動が活発化する前に、このような地震が起きたりするという事例が、日本の国内にも、また海外にもあるので、火山活動と地下のマグマの動きが関係していることは確かだらうと思っています。

ナピナツボ火山との比較

フィリピンのピナツボ火山が、九一年の六月一五日に大規模噴火をしましたが、大規模噴火の起きる一〇日くらい前に、深さ三〇kmくらいの所でこのような低周波地震が起きています。フィリピンやアメリカの研究者によると、噴火を起こしていたマグマ溜まりは浅い所にあつたのですが、この六月四日、五日に深い所から熱いマグマが上昇し、その時に起こつたのがこの低周波地震で、熱いマグマが浅いマグマ溜まりに入り込み、一気に浅いマグマ溜まりが熱せられて、大爆発に至つたんだと言っています。

低周波地震の原因はまだはつきり特定できていないのですが、火山の下でよく起きるといふことと、噴火や火山活動が活発化したときに、深さ二〇kmから四〇kmの所でこのような地震が起きることがよく観測されているので、地下のマグマの動きと関係しているのだらうと考えています。

でも今のところ分かっているのはここまでです。

＋富士山の地下構造

低周波地震が富士山の地下一〇kmから二〇kmの所で起こっており、その下二〇kmくらいの所にマグマの溜まりがあるのではないかと、というのが今の研究者たちのイメージです。研究者によって多少違いはありますが、富士山の地下は概ね図29のようなイメージです。

＋富士山の観測状況

私が防災科学技術研究所にいた時、富士山で噴火が発生したら社会的影響も大きいため観測をしましょうという提案をして、富士山の周りに傾斜計や地震計を付けた観測点を、九〇年代に四か所作りました。その後しばらくは何も起こらず、このままいくのかと思っていたところ、

二〇〇〇年、三宅島や有珠山が噴火した年の九

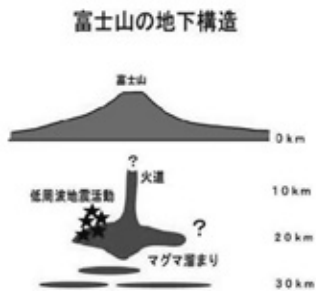


図29 富士山の地下のマグマ溜まりの想像図

月頃から、低周波地震の回数が増えました。図30は一九七九年から二〇一〇年までの月別低周波地震の回数を示したものです。普段はひと月に一〇回を超えることは無いのですが、二〇〇〇年頃からぐっと増え、翌

二〇〇一年の六月頃まで活発になり、その後また元に戻ったということがありました。

当時は、今後どうなるのだろうと心配しましたが、傾斜計が動かなかったため、地下からマグマが上昇してきている兆しは観測されていないと言っていました。それは、その時点でマグマは上がってきていないということを言っただけで、今後マグマがいつ上がってくるかということは、やはり分からず気が気ではなかったのですが、二〇〇一年の六月からは元の活動に戻っています。

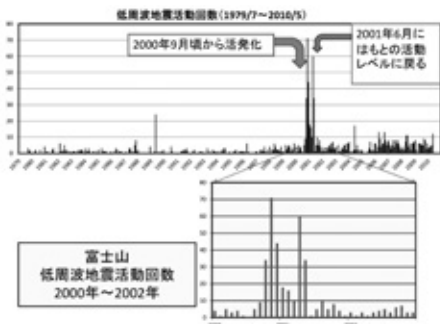


図30 富士山の低周波地震活動の月別発生頻度

†富士山の新しい観測体制

こういう事が起きると、
国としてもきちんと観測を
しなければいけないという
ことで、観測網が強化され
ました(図31)。

山頂から一〇km範囲の所
に、点線の円が書いてあり
ます。一九九〇年代までは
富士山の山頂近く、山腹と
いわれる所にはほとんど観
測点が無かったのですが、
これを機会に、山腹にもい
ろいろな機関が自分たちの得意とする観測の仕方でも
貢献するようになりました。

防災科学技術研究所も、山頂から四kmの所に、太陽電池
と無線を使った観測点を作り、山頂付近、山腹の観測網が
一気に強化されています。

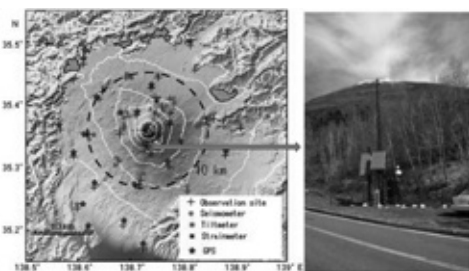


図31 現在の富士山の観測点配置(左)と防災科学技術研究所の
富士山南麓の観測点概観(右)

富士山のハザードマップと噴火予知

†ハザードマップの対象とする災害

観測を強化すると共に、ハザードマップを作るという作
業が並行して進みました。ハザードマップについてはイン
ターネットでいろいろなところから取れますので、もしご
興味のある方はぜひ活用してみてください。

火山ではいろいろな災害が起きるといってお話をしてくま
した。一つの火山で全部が起きるわけではないのですが、
富士山では過去にいろいろなことが起きています。溶岩流
や降灰、噴石、火砕流、火災サージ、融雪型泥流、それか
ら降灰後の土石流など、かなり大きな災害を与える事例と
して、これらを富士山のハザードマップ作成の時に考慮し
ました。

†災害ごとのハザードマップ

富士山は、この二〇〇〇年間山頂で噴火をしていません
が、過去三〇〇〇年くらいの間に起きたことが今後も起き
るだろうということで、まず火口がどこで起きるかという
範囲を決めました(図32)。山頂だけではなく、どの範囲
で火口ができるのか、富士山の山頂を挟んで北西と南東側

に延びた範囲で過去の噴火は起きていますので、このくらいの範囲で起きるだろうということを押さえ、そこから溶岩が流れたらどうか、一日で流れる範囲や、どの辺で止まるかといった計算をしています(図33)。富士山全体が溶岩流で覆われるわけではなく、こちらの方向に流れたらこのくらいの時間でここまで、という図です。

また、富士山でも火砕流が起きる可能性があります、富士山で噴出した熱い溶岩みたいなものが急角度の斜面に溜まると、それがそこで安定して留まらずに斜面をなだれ下ります。斜面を下りながら壊れて火砕流になるのです。



図32 富士山の火口が形成される可能性のある領域／富士山ハザードマップ検討委員会報告書より

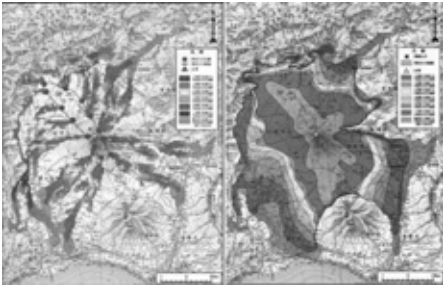


図33 富士山の溶岩流の流下範囲を示す図(左:大規模溶岩流のドリルマップ、右:溶岩流の可能性マップ)／富士山ハザードマップ検討委員会報告書より

が、流下範囲は、概ね山頂から一〇kmの範囲内なので、登山者には注意が必要です。

そして融雪型泥流。やはり冬は雪が積もっているのですが、その時に噴火が起きると泥流が起きます。融雪型泥流がどの範囲まで影響を及ぼすかなどいろいろ調べていますが、どの方向にどれだけの人を避難させるのかという判断がなかなか難しく、今検討が進んでいます。

火山灰は季節によって流れる方向が異なるため、季節ごとの降り方も考慮して計算し、どのくらいの危険度があるのか予測をしました(図34)。

溶岩流の流れる時間と範囲、それから火砕流との関係など、このようなものが各市町村のハザードマップに出ています。観測の強化と、それから防災という意味ではハザードマップを作り、災害が起きた時に役立つということを並行して進めてきたわけです。

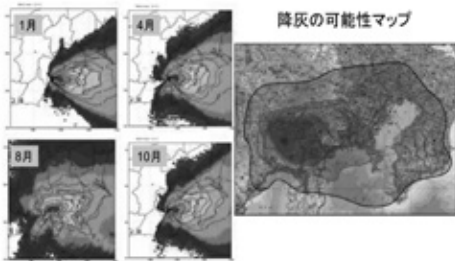


図34 富士山の降灰予測図(左)と降灰可能性マップ(右)

†噴火予知情報

富士山の噴火予知は今どんな状況で、富士山の活動はどんな様子かということについてお話をします。噴火予知と一言で言いますが、だいたい五つの項目について、情報を出さなければいけないことになっています。

一つが噴火の時期「いつ」、それからどこでという「場所」、どのくらいの噴火かという「規模」、そして火山はいろいろな噴火をするため「噴火の様式」、火山灰が出る噴火か溶岩が出る噴火か、そして噴火がどれだけ続くのかという「噴火の推移」、この五つの項目について予測をしなくてはいけないというのが、噴火予知に課せられている課題になっています。

今の予知の戦略、地下のマグマの動きを捉えて予測することですが、その戦略で、時期と場所については成果が上がるだろうと思っています。ただ様式や推移、どんなことが起きるのか、いつまで続くのかということは噴火が起きてみないと分からないというのが今の実力です。もちろん噴火が起きてからずっと観測をし続けますから、その情報を取り込んで、その都度判断をしていくため全く手が出ないという訳ではありませんが、噴火が起きる前に次の噴火はどの場所から、どれだけの規模でどういう噴火かとい

う情報は今の実力では出せません。

†富士山で考えられる噴火に至るマグマの経路

富士山で言うなら、過去に溶岩流あるいは火山灰を放出する噴火が多いので、そういう噴火は起きるでしょうという、過去に起こった噴火をもとにして、次の噴火を推定することはできますが、今こういう観測があったから、次の噴火はこういう大きさだと予測することは、今の科学水準では達成できていません。すぐにはできないと思います。

図23に示したように、マグマ溜まりにマグマが充填してその後上昇してくる。ここを捕まえることができれば予測につながると思っはいますが、それもまだはつきりとしていないところもあります。マグマ溜まりからマグマがどのようにながっていくのかということを考えると、山頂に向かって中心火道がありますが、そこを使って上がってくるのか、それとも最初から割れ目を作って、噴火地点に向かって上昇してくるのか、ここで大きな違いがあります(図35)。

山頂ではなく側噴火の場合、山腹から噴火するとき、新たに割れ目を作り、次の噴火地点に向かって一直線上がってきてくれると、どこにマグマの先端があるのかということを観測しながら追っていけば、いつ頃どこから噴火する

のかという予測につながります。この場合が一番予測しやすいのですが、そうではなく、中心火道をずっと上がってきて、ある深さまで上がった時点でどっちへ出るのか、マグマが決めているとすると、噴火地点は直前まで分からないかもしれない。異常は山頂の直下で起こっているのですが、噴出する地点はどこなのか、いったい火山はどこで決めるのか、ということが実はまだ分かっています。

あるいは静かに、静々と山頂から噴火が始まるかもしれませんが。前兆は地殻変動で検出できると思いますが、あまり大きな地震活動などを起こさずに、山頂から噴火が始まるかもしれません。

一番起こりやすそうなのは図35上のパターンで、何らかの情報は出して、不意打ちということはないと思います。それでも、どのくらいの精度で次の噴火を予測できるのかということはまだ分かりません。富士山の噴火の特性というのを実

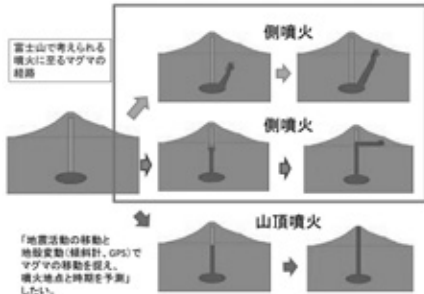


図35 富士山のマグマの上昇形態の可能性を示す図／富士山ハザードマップ検討委員会報告書より

は知らない。ひよっとすると一回目が本番になるかもしれませんが。本番にならなくても、情報を出す时必须大きな社会的な影響が出ますから、どのような予測に対して社会がどう反応するのか、ということがよく分からない。富士山の噴火予知というのは、繰り返しすることにより技術を向上できるものではなく、一回目でうまくやらなくてはいけない、そういう難しさを持っています。

最近の富士山の活動

十三・一一地震による変形

最近の活動はどうかというと、一番気になるのは三月一日に起こった東北地方太平洋沖地震の影響です。この地震で東北地方は数メートル、大きいところで5m、東の方へずれました。メートル級のずれではありませんが、富士山周辺も十数センチメートルから二十数センチメートル、東北東に向かってずれています。みんなが同じだけずれたら平行移動で岩盤は歪まないのですが、伊豆半島の方ではあまりずれずに、山梨の方が大きくずれたため、岩盤に歪みが生じています。そのせいで岩盤への力のかかり方が変わってしまいました。

おそらくそのせいだと思っておりますが、三月十五日、地震の四日後に富士宮で、富士山の南東斜面を震源としたマグニチュード六・四の地震が起きました。これには私たち関係者も驚いたのですが、地震自体はマグマのせいではなく、岩盤にかかっている力のかかり方が変わったせいで起きたのだと考えています。

図36は横が時間で、縦軸がマグニチュードです。マグニチュード六・四の地震が起こり、その後余震がずっと続き、今も起こってはいますが順調に減っています。

富士山だけではなく、箱根も三・一一の地震が起こった数分後、大きな地震波が届いたため地震活動が活発化し、マグニチュード四・九の地震が起きました。それもひと月ぐらいで収まっています。それから、伊豆東部火山群でもやはり地

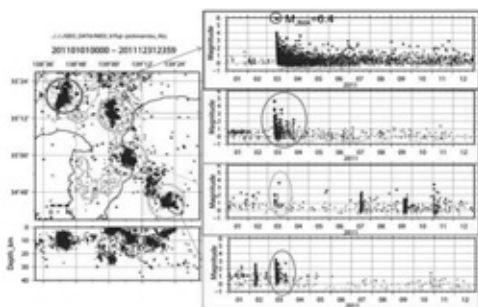


図36 2011年の伊豆半島周辺の震源分布図(防災科学技術研究所による)と東北地方太平洋沖地震により活発化した火山地域のマグニチュードと時間の関係

震が活発化しましたし、伊豆大島でも活発化しました。日本中の火山地域二十か所ほどが、三・一一の地震の揺れ、あるいは地盤の歪みで地震活動が活発化しています。けれども噴火まで至った火山はありませんでした。

＋富士山噴火と南海・相模トラフ地震

では富士山は大丈夫だろうかというお話です。気になるのは、静岡大学の小山教授によると、一七〇七年の宝永噴火の四年前、元禄地震が起きたとき、元禄地震というのは相模湾周辺で起きた巨大地震ですが、そのひと月後ぐらいに鳴動という現象があったということです。鳴動は鳴く動きと書きますが、浅い所で地震が起きると音が聞こえるので、それが鳴動だと言われています。この時は噴火には至らなかったのですが、活動が活発化したと言われています。

そして一七〇七年の宝永噴火の時は、東海・東南・南海トラフの巨大地震である宝永地震が起きた三六日後に、富士山の下で鳴動が聞こえたといえます。地震計が無い時代のことなので、本当に富士山の下での地震か、宝永地震の余震かはつきりしないところもありますが、富士山の地震の可能性が強いです。四八日後に、今度は明らかに富士山の下ですが大きな地震が起き始め、四九日後に大噴火し

ました。珍しいことですが、これは最初から大きな噴火で、南海トラフの地震と富士山、相模トラフの地震と富士山は関係しているのではないかと思わせるものです。

東北の地震が富士山にどうい影響を与えたのかということも、現在も計算している人はいます。しかし、実際どうい影響がマグマに与えられて噴火に近づいているのか、それとも噴火を遠のくといか遅らせているのか、それはまだ分かりません。

では過去はどうだったのかということ調べてみます。富士山では一〇回も大きな噴火があり、その他富士山では鳴動が起きたり、あるいは火映現象とい山頂が赤く変わる現象が起きたり、そういうことを小山先生が調べていますので、それと地震を比較したものが図37です。相模湾の地震がこのSと書いてあるところす。それからA、B、C、Dは南海トラフの地震です。横軸が西暦です。南海トラフの地震が奈良時代、平安時代、それから鎌倉時代、安土桃山や江戸時代など、何回も記録されています。噴火も一〇回あります。それから相模トラフの巨大地震も、一三〇〇年以降回数記録されています。

これだけの中、地震後五年以内に富士山が噴火したといものは二例しかありません。一四三三年の相模トラフの

地震と一四三五年、三六年の噴火、それから一七〇七年の宝永地震と宝永噴火。もう少

し延ばして一五年以内だとすると、一四九八年の南海トラフ地震と一五一一年の噴火とい

うのが入ってきます。過去に一〇回噴火がありましたが、地震と

関連がありそうなものは三例で、本当に地震が影響して噴火したのかといことは誰にも分かりません。少なくとも、地震が起きたからといって富士山が必ず噴火するというものではないといことで、影響するとしても、富士山の方に噴火の準備が整っていなければ噴火には至らないといことが言えます。

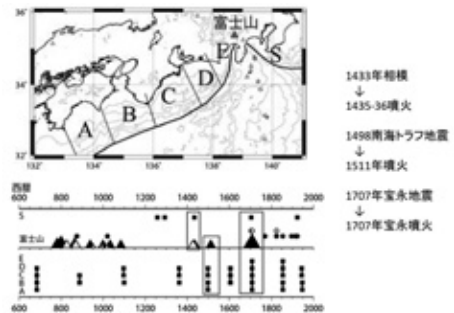


図37 富士山噴火と相模トラフから南海トラフの海溝型巨大地震の時間関係

巨大地震と噴火の関係

次に日本の話ばかりではなく、世界的にはどうなのかを調べた研究のお話をまとめてみました。マグニチュード九クラスの地震というのは、一九五〇年以降、東北の地震を入れて五回あります。東北を除く四回について見てみます。

✦チリ地震

一つは一九六〇年に起きたマグニチュード九・五のチリ地震です。チリには海溝があり(図38)、マグニチュード八クラスの地震がたくさん起きています。また、一八〇〇年くらいからですが、この火山が噴火したかという記録が残っています。

この地図の中に、地震後三年以内に噴火したものを、塗りつぶしたやや大きい

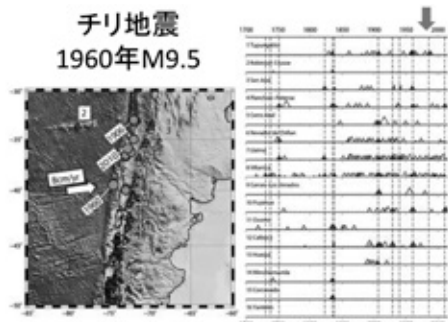


図38 チリ沈み込み帯の巨大地震の震源と噴火した火山の位置図(左)と噴火と地震の時間関係(右)

三角で書いています。この図は横軸に西暦をとり、縦が火山ごとで、点線のところが地震の起きた場所、地震の起きた地点、時間で、塗りつぶした三角形が三年以内に噴火したものです。少し見にくいですが、チリは地震後に近接して噴火する事例が割合多く見つかっていて、一八三五年の地震に対しては七つの火山で活発化しています。

これらの噴火は、ダーウインの『ビーグル号航海記』の中に出ていますが、七というのは本当に信じていいのかどうか、やや怪しいところがあります。その後、一九〇六年のマグニチュード八・三の地震で八個の火山が噴火しています。

いつも確実に噴火するわけではありませんが、一九六〇年のマグニチュード九・五の超巨大地震では六個の火山で活発化しており、チリの巨大地震は噴火を引き起こしやすい性質があるようです。

✦カムチャツカ地震

二つ目の例はカムチャツカ半島で、一九五二年のマグニチュード九の地震です。このときは七つの火山が三年以内に活発化しました(図39)。

三年というのは便宜的に区切っただけで、三年噴火しな

かったらもうそれで関係ないのかというところというわけではなく、統計的にははっきりしませんが、目安として三年ということまで記号を塗りつぶしました。たくさん活火山はありますが、その中で活発化したのは七例、七火山です。

この中で一番劇的なのがベズイミアニという火山で、ずっと静かだったのですが、この後、一九五四年、地震から二年くらい経って、山体が崩れるような大噴火を起こし、その後活発に噴火が続いています。こういう事例を見ると、やはり巨大地震が噴火の引き金になることがあるのだという気がしてきます。

＋アラスカ地震

ただ、どこの場所でもそうかというところではないと

カムチャツカ地震 1952年11月4日M9.0

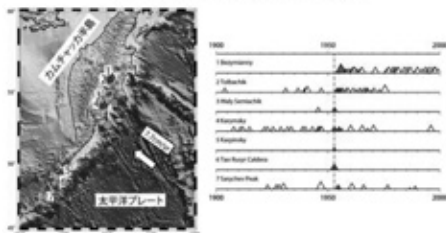


図39 カムチャツカ地震の震源と噴火した火山の位置図(左)と噴火と地震の時間関係(右)

ころもあります。マグニチュード九・二のアラスカ地震です(図40)。アラスカ地震の震源域周辺にもたくさんの活火山があります。三年以内に噴火したのは三つです。その中でも、番号2と3の火山は頻繁に噴火しているため、地震のせいと言い切るのは少し難しい気がします。

＋スマトラ地震

最近起きたインドネシアのスマトラ津波地震です(図41)。マグニチュード九・一。インドネシアは日本以上に火山大国ですが、マ

スマトラ地震 2004年12月26日M9.1

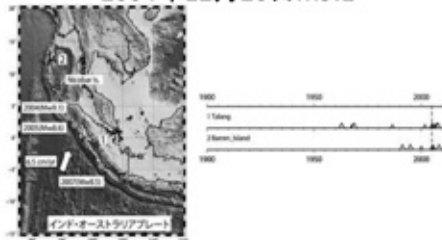


図41 スマトラ地震の震源と噴火した火山の位置図(左)と噴火と地震の時間関係(右)

アラスカ地震 1964年3月28日M9.2

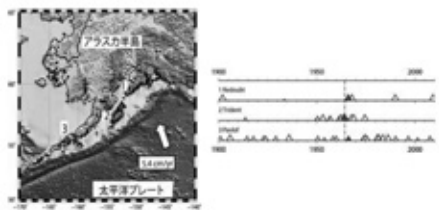


図40 アラスカ地震の震源と噴火した火山の位置図(左)と噴火と地震の時間関係(右)

グニチュード九・一の震源断層周辺で活発化したのは二例です。ですから、どこでも巨大地震が起きると噴火の引き金が引かれるのではなく、場所によってその違いはあるし、引き金を引かれる火山はそれほど多くはないということが分かります。

＋統計的にみる地震と噴火の関係

三・一一のあとに桜島が噴火していますが、桜島はその前から活発化していたため、三・一一が直接関係あるとは思えません。また、霧島も三・一一の前に大噴火しており、関係ないと思います。三・一一のマグニチュード九の地震以降、噴火を開始した火山はまだありません。

もうすぐ三年経つわけですが、三年経ったら安全というわけではなく、巨大地震が何年前の地震と関連しているのか、統計的な調査をした研究者がいて、三〇年から三五年前の地震と巨大地震が関係していることが統計的に出てくるといふ論文もあります。巨大地震がいったいつ頃まで影響しているのか、あるいはどういう風に影響しているのか、というのはまだ解明できていないのが現実です。過去のマグニチュード九の地震の例を見ると、やはり影響することはあるというのは確かだと言えます。

＋地震動とマグマ溜まりの関係

どういうメカニズムで、物理的にどんなことが起きているのかというと、図42のようにいろいろな関係の仕方があります。地震が起きると上の岩盤が圧縮される時もありますし、東北地方のように引き伸ばされる時もあります。

＋増圧

岩盤が圧縮されるとマグマ溜まりも圧縮されるため、マグマが上に押し上げられます。ただし、計算するとそれだけでは足りないようですが、押し上げられたマグマが上のマグマ溜まりに入り込み、一気に爆発が進む。それを発泡（加熱発泡）といい、熱すると泡が出やすくなるため爆発につながるのです。

＋減圧

地震が起きて横に地盤が引き伸ばされると、マグマ溜まりが広がり、例えば二酸化炭素ガスが圧縮されて溶け込んでいるコーラみたいな炭酸飲料の栓が、突然抜けたようなことになって、それで泡がたくさん出て（減圧発泡）、一気に噴火につながることもあります。

※その他

他にもマグマの道、火道が広がるため噴火につながるという考え方、あるいは地盤の歪みではなく、巨大地震で、マグマ溜まりのある地盤の振動が長く続くことにより、炭酸飲料を振ると中で泡がでくるように、マグマの圧力が高まって爆発するなど、いろいろな考え方、いろいろな場合があると思います。いずれもこの噴火がこれによって起こったということはまだ解明されていません。けれども、地震と噴火の間に関係がありそうだということは考えられています。

まとめ——今日の富士山

最後に、今日の富士山です。以前いた防災科学技術研究

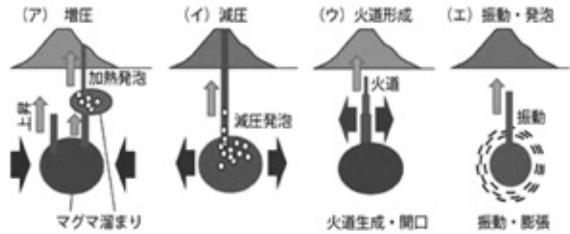


図42 巨大地震による噴火の活発化のメカニズムを示す図

所では、火山情報として、観測しているデータをウェブで公開しています。誰でもご覧になれるので、「防災科学技術研究所」「火山」などのキーワードで探されると、いろいろな火山の地震の震源や、地盤の傾きの変化の図などを見ることが出来ます。

防災科研の震源分布図を見ると、低周波地震は三・一一と関係なく発生していることが分かります。「富士山の低周波地震はマイペースですね」ということを言われた人がいますが、本当に影響されずマイペースに起こっています。

一方、富士山の地震の余震は、今もまだ小さい地震が続いております。本当に山体が壊れなくて良かったというのが正直なところです。断層の端が富士山の火道と重なっているため、断層の破壊が止まったのは富士山の構造と関係しているのかもしれない。

気象庁が火山のレベル化というのをやっており、5・4・3・2・1という分類をしています。この5と4は避難に関わるようなレベルですが、富士山の現在のレベルは1で静穏となっています。

最後に、今の富士山の様子をご紹介します。どうもご静聴ありがとうございました。

質疑応答

質問——前に、おそらく今度噴火する所は側火山だけではないか、また、側火山は一回噴火した場所では二回目は噴火しないというような話を聞いたことがあります。先生によっても考えが違ふと思ひますがいかがでしょうか。それと、今防災の関係で話題になつてゐる東海地震と三連動と南海トラフの巨大地震ですが、これは話がごちゃごちゃになつてゐる感じがして、私の考えでは東海地震は駿河湾の地震で、三連動は三つです、そして南海トラフは日向灘沖と海溝軸、この五連動だと思つてゐるのですが、そのあたりの区別を教へてもらへますか。

鶴川——まず側噴火の話からですが、ここ二〇〇〇年山頂噴火は起こつてゐなくて、側火山から起こつてゐます。では次は山頂から起きないのかと言われると、それは誰も答へることはできませんが、確率からいふと脇から出てくる確率の方が高い。それは過去の噴火の数からいつてもそうなります。けれど、本当に山頂から出ないという理由はないので、山頂噴火も十分警戒しないといけません。

側噴火は一回しかその火口を使わないということですが、これもほぼ確かで、側火山の割れ目というのは、薄い割れ

目を作つて、割れ目と地表が接した所が噴火口になります。噴火が終わるとその割れ目が固まつて閉じてしまうため、次またそこに弱い穴ができるかというところでななさそうなので、同じ地点から噴火することはあまりありません。あまりというのは、同じ岩脈の中にもう一回マグマが入つてくるといふ、重複岩脈と地質学的には言つていますが、全く無いかといふとこれもあるかもしれないのですが、おそらく違ふ場所を選ぶと思ひます。例えば伊東沖でも、伊豆東部火山群の火口がいろいろな場所にありますが、同じ場所をしません。ということでのその通りだと思ひます。

それから三連動のお話ですが、三連動という意味は、図37でEとCDとABが連動するという話です。さらに日向灘までというお話もされましたけど、マグニチュード九クラスが起きるかどうかは、南海トラフのどこまでが一度に破壊するかにかかつてゐます。それも東北の地震と同じようにどこまで想定するかですが、過去の事例からいふと、確率は低けれども否定することはできないということだと思ひます。それに富士山が連動するかというのは、今日お話ししましたように関係はすると思ひますが、富士山の都合といふのか、マグマが溜まつてゐるかどうかという都合もあるので、富士山が連動するかは分かりません。ただ

A B・C D・E が連動するというのは過去にもあるため、それはかなり連動すると考えた方がいいと思います。

質問——三連動は百年単位の地震で、南海トラフ巨大地震は千年単位。なので地震がごちゃごちゃになっているのではないかと思うのですが。

鵜川——いろいろな考え方があってと思いますが、個々のブロックで地震が起きる間隔は、九〇年から一五〇年と言われていています。そういう間隔で大地震が起きながら、これらが一緒になってさらに大きい地震が起きることを、私たちは「階層」という言葉を使ったりしますが、もう一つ上の階層でこれが一緒になるパターンというのが生まれる場合があります。研究者によっていろいろな仮定で計算すると、二つのグループではなく、もう一つ一緒になってさらに大きい地震が起きる場合が出てくる、という可能性を指摘する研究者もいます。なかなか検証するのは難しいです。

質問——著者を忘れましたが、富士宮の湧水や、富士山の何合目かで噴気が出たなど、いろんなデータを自分で集めて、二〇一一年プラスマイナス四年には噴火しますよと書いてある本を読みました。やはり湧水なども噴火の前兆現象でしょうか。

鵜川——一般的に富士山の湧水は降雨との関係が深いので、

マグマの活動あるいは火山活動によって湧水が変わるといふのは考えにくい現象です。それよりは、その年やその前の年に雨が多かつたかというの方が、はるかに影響しています。

山体の噴気はまた別の問題があり、普段からいつも噴気が出ているかを観測されているのかという問題と、よく気を付けるようになる、小さな噴気にも気が付くようになるということもあるため、本当にいつも同じ均質なデータが取られているのかが分からないのではつきりしません。たしかに二〇一二年の二月に噴気が見つかったということがありました。その原因としては、二〇一一年三月一日の地震あるいは二〇一一年三月一五日の地震で、富士山に亀裂が入ったと考える方が良いと思います。そうすると地下の風の通り道が変わり、それが湯気的なものの原因となった可能性があります。地下のマグマから何か上がってきている証拠というのは、マグマから二酸化炭素ガスが出てきますので、それが検出されれば分かりますが、その時は、そのガスを分析するだけの量が出ていなくて分かりませんでした。二酸化炭素ガスが出たからといって、噴火につながるかというわけではありませんが、その増減を見ながら火山活動を見るということはできます。

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えます。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、ということの研究しています。

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、災害になつてくると今度は社会現象となり、社会が物理現象によつてどういった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。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、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入ると、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こと。この危険性をまず認識することが一つ重要です。

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

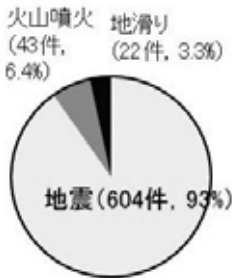


図1 津波の発生原因(1790-1990)

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こりました」という情報が流れてくることとがあります。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。

＋地震が起る場所

次に地震が起る場所です。大きな地震が起れば、大きな津波が起るかもしれないという話ですから、地震が起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

アプレートと呼ばれる四つ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になっているのかと

いう、断面を表した絵が図3です。



図2 地球表面上のプレート／Illustration by Washucho.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、地球の中身です。中に非



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っている所で、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、ずれるといふことが起こります。これが、東海地震が起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。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。二年前に東北では、実際に凄く大きな地震が起りましたが、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る地震は、プレート間地震や海溝型の地震という呼ばれ方

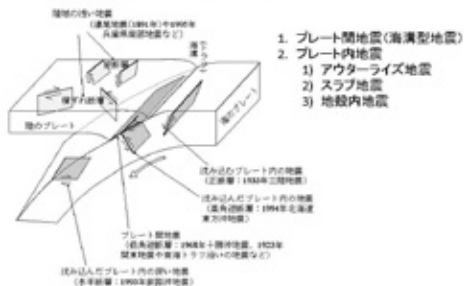


図4 日本周辺で発生する地震のタイプ/地震調査推進本部

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、そのすぐ真上にあつ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ふ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

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とって、 $9 \cdot 1$ を引いて $1 \cdot 5$ で割るといふ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の数式のように、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一だけですが、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

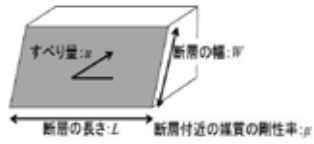


図6 地震モーメントの計算式

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、何が起るのかというと、ずれです。ここでずれた時、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、硬い地盤と柔らかい地盤とでは、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-

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

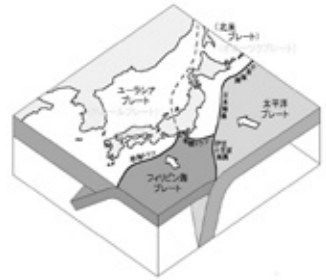


図8 日本周辺のプレート

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。

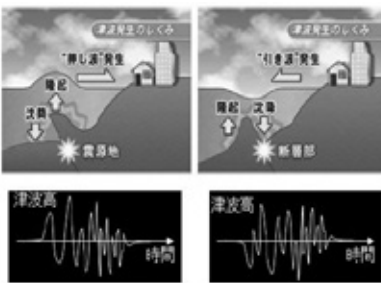
南海トラフと呼ばれるフィリピン海プレートと、ユーラ
シアプレートとの境界部分を見ても、四国や紀伊半島の沖、
駿河湾などで大きな地震があれば、当然津波が起こります。
そういう状況だという認識が必要になります。では、津波
がどのような特徴をもった波なのかをまず紹介しておきた
いと思います。

↑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
ということも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だ
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
で起こるの
かというこ
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ことですよ。

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時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、現象としてどう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わかります。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ります。

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が。ジェット機並みのスピードでやってくると聞いたことがあるかもしれません。これも非常にシンプ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

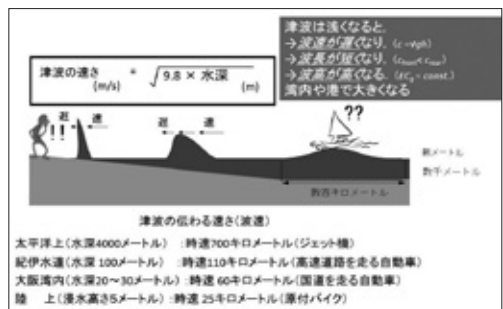


図10 津波の伝わる速さ(波速)

下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。水深一〇〇メートルや二〇〇三〇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だ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いきます。

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やって来るといことが起こります。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いました。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る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ら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くという考え方です。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

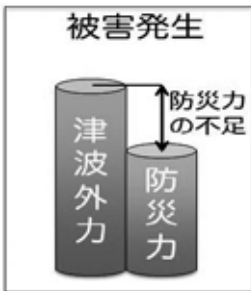


図11 津波の被害と防災力

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るということなのです。

図11の棒の力比でいけば、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ても、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くと思います。

＋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る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、そのままでは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と、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	4	8	16	32
津波高(m)	1	2	4	8	16	32
津波の 種類	縦斜面 岸で登上がる	沖でも水の壁 第二波到達	空海に 砕ける 津波の増え 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)			
響			浜での巻き戻し音による大響 (轟鳴、遠方では認識されない)			
木造家屋	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-レ	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%			
防波林被害 防波林効果	被害軽減 津波軽減	津波物阻止	部分的被害 津波物阻止	全面的被害 無効果		
雲網沈	被害発生					
沿岸高層		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せん。

一般的な住宅で二メートルというところ、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えます。

＋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なんです。

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

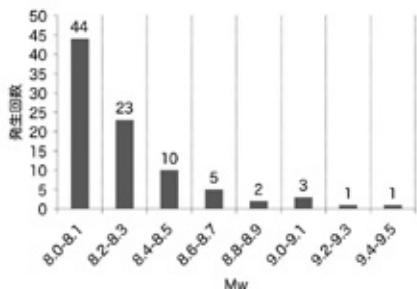


図14 西暦1900年以降における全世界での巨大地震の地震規模と発生回数／USGSのデータより

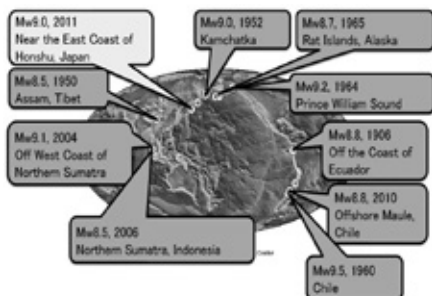


図13 世界で発生した巨大地震(1900年以降)／USGS

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四五〇キロメートル、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。

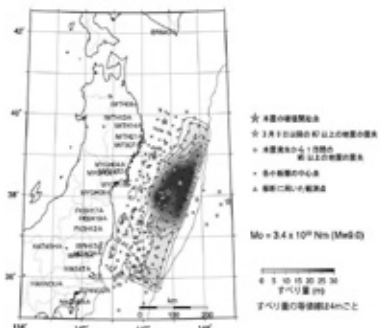


図15 震源過程解析から推定された断層面上のすべり量分布／気象研究所

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、その真上であれば、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っ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。

十 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だけなのかという図で、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となります。

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。もとは海の上の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、

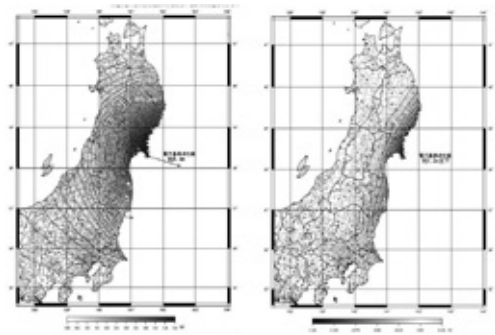


図16 陸上での地殻変動量／国土地理院

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てら流されてしまい、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。このような状況が、も

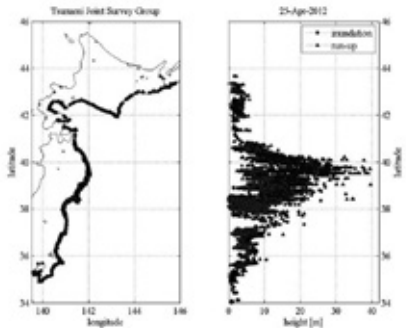


図18 計測された津波高

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。自動車写真が写っていますが、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、



図19 宮城県名取市を襲った津波／毎日新聞



図20 千葉県旭市を襲った津波

しかし、車というのは、だいた

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、中に衣類があったりして、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ばば、爆発的に燃え広がるのです。そ



図21 津波来襲後の火災(宮城県名取市)／読売新聞

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おうことになると思いますが、見ていただくとは分かるように、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

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、注意が必要かと思ひます。

十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っかりとすればもう安心だ、というわけにはいかないのです。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。

十 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

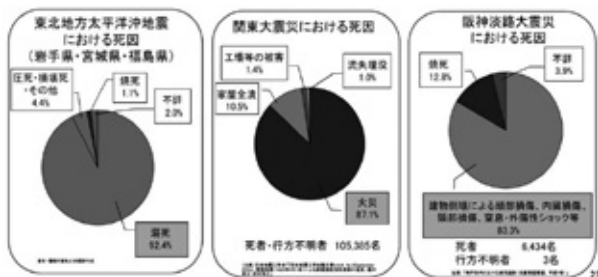


図22 津波災害による死因 / 中央防災会議専門調査会より

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、ちょ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お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

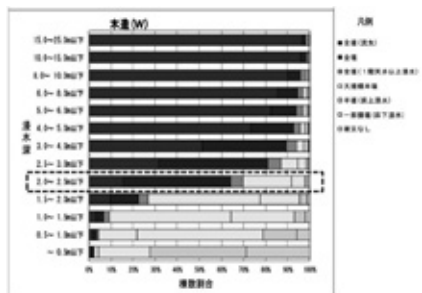


図23 東日本大震災における建物被害(木造) / 国土交通省 都市局

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、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たいと思いますという意味で、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、対策をしっかりといきましょうという部分。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やるのか」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。

静岡県の被害想定の中で、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きました。しかし、さらにより強力に進めましょうというのが法律の持つ意味です。

十二の想定レベル

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がなりました。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ょ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ところに関係してきます。

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ょうという考えです。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、命だけは守りましょうという考えです。町は流されるかもしれませんが、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ょ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対して、どれだけ我々はお金を投じることができるとか考えると、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、そもそも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く、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きています。

＋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、ど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、被害想定の本格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、そのとおりに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。どんな
ことを準備したらいのかということ、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る
うという考えになっています。

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。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この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、一ケー
スしかやっていません。この一ケースの中のどれかが次

に起こるといっわけではなく、各地域で被害が大きくなりそうな条件として、一一ケースを選びましたというものです。ですから、この一一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、被害をもたらし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。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っわけではなく、目標設定と

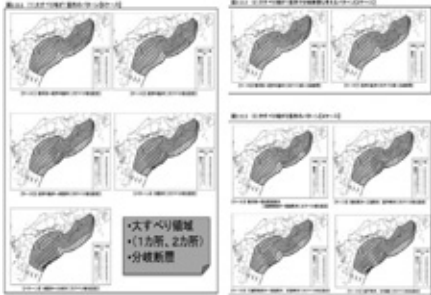


図27 検討ケース(11ケース)／南海トラフの巨大地震による震度分布:津波高について(第11次報告)、内閣府、2012



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きています。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ければ、こういう想定結果も単に色塗りをしただけということに終わってしまいます。ですから、これをどう利用しているのかということが、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なるのか。どのくらいになるのかを想定しているものです。

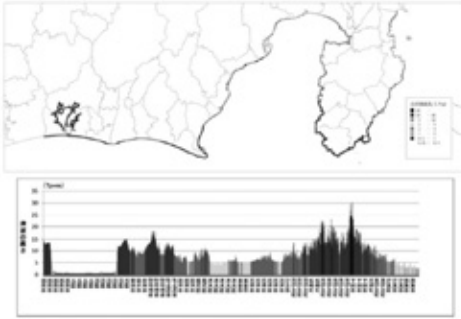


図29 南海トラフ巨大地震の津波高さの帯図／内閣府

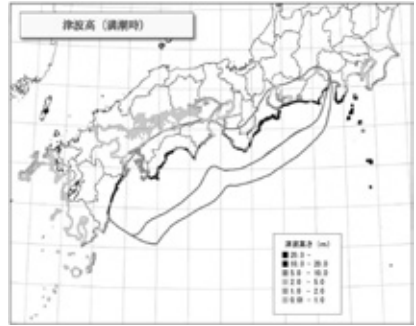


図28 満潮時の津波高／内閣府

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えますし、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えます。

＋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す。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、被害が大きくなる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きています。

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、重なるの部分で災

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。

†ハザ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あります。

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、どちらがよ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うことです。

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や、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かっかけとして、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事です。

緊急地震速報とはどういう意味か分かりますか。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きますか。そういったきっ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。しっかりと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す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、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つたり、五〇センチメートルしか来なかつ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、三分以内は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ことをすぐに認識し、たとえ小さな数字であつたとしても危ないということ、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、堤防がどのくらいあるから、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つていただくと思います。

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やは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。

大地が伝える津波と地震の記憶

——静岡・伊豆の堆積物調査から——

北村 晃寿

はじめに

本日の話は、五つあります。

一番目に、二〇一一年三月十一日に発生した巨大津波と、貞観津波の津波堆積物についてお話しします。二番目に、二〇一三年五月に公表された、南海トラフの地震活動の長期評価の第二版を紹介します。この評価で、伊豆半島南部の津波高が変更されたわけです。三番目に、静岡・清水平野の津波堆積物調査の結果を紹介します。四番目に、下田・南伊豆周辺の津波堆積物・古地震調査の結果をお話しします。そして、五番目は私の研究ではありませんが、今回沼津市でお話ししますので、沼津西部の浮島ヶ原の津波堆積物の研究をご紹介します。

二〇一一年三月十一日に発生した巨大津波と貞観津波の津波堆積物

↑宮古市を襲った大津波

図1は宮古市を襲った大津波です。海から押し寄せてきた真黒な泥水が堤防を乗り越えていきます。秒速は八メートルにも達します。一〇〇メートル走で一三秒を切る人は助かりますが、私もちょっと自信がありません。気付いてからでは、逃げ切るのはかなり厳しいのです。

さて、津波に似た事象には



図1 宮古市を襲った大津波 / 山田・藤野 (2011). ナショナルジオグラフィック (http://www.nationalgeographic.co.jp/news/news_article.php?file_id=2011031604)

高潮があります。図2の上段が津波で、下段が高潮です。

図3は、東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波の有様を記録したもので、マグニチュード九クラスの地震に伴う巨大津波では、世界で初めての記録です。

釜石沖のGPS波浪

計で観測されたものですが、左側に潮位偏差があります。目盛は1・2・3・4・5・6・7メートル。下に向かってマイナス1メートルからマイナス4メートルです。今回の津波の場合には、第一波が二メートルに達し、安定した後、いきなり非常に高い津波が発生しました。

図3の横軸は時間を表していますが、一目盛は一時間です。沖合では、第一波が三月十一日一五時を少し過ぎてからです。それから第七波までであり、それが静まったのは夜の九時です。

改めて図1を見ていただきますが、海面の高さはずっと

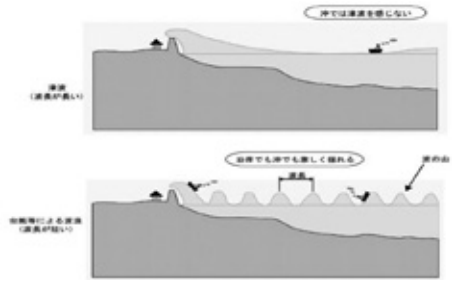


図2 津波と高潮の模式図／国土交通省四国地方整備局(<http://www.skr.mlit.go.jp/bosai/jishin/tounankai/kisochishiki/tunamikankei/douchigauno/douchigauno.html>)

沖まで同じです。波には見えません。

日本人の場合は、津波の「波」という言葉のイメージに引っ張られてしまい、普通の波のイメージを持ってしまいます。ご存知のように、津波は英語になった日本語です。英語では、津波と高潮を区別せずにマリNFLラッドと呼びますが、マリNFLラッドは海の洪水ですから、波という認識ではないのです。

一時間に一つの波なので、二〇分く三〇分以上ずっと一方向に流れ続けます。そのため、すごい破壊力があります。

図4は仙台平野の海岸の様子ですが、電信柱が津波で倒され、さらにコンクリートがはがされて、中の金属棒がむき出しになっ

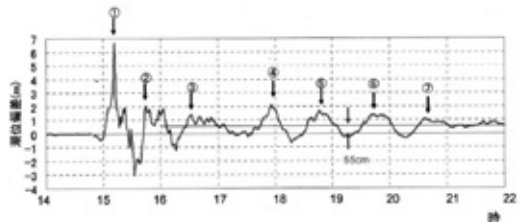


図3 釜石沖GPS波浪計で観測された海面変動／港湾空港技術研究所(<http://www.pari.go.jp/files/items/3527/File/results.pdf>)



図4 津波の威力

てしまいました。

さて、今回の津波が被害を大きくした理由がもう一つあります。

それは地震で東北の沿岸部が沈降したことです。最も沈んだ牡鹿半島の沈降量は一メートルです（図5）。他の所でも二〜三〇センチ

メートル沈降したので、その分だけ波の高さは高くなったのです。ところが、広域が一瞬で沈降したため、その事実が気が付かなかったのです。

＋東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波と津波堆積物

私は、東北新幹線が復旧してから、仙台の海岸低地を調査しました（図6）。大沼という比較的人工物が無い所で調査しましたが、人工物がある所ではその影響を受け、津波の流れ方が変わるため、そうではない所で津波堆積物を調査したのです。図中の7・6・5・4・3・2・1という数字は浸水した高さです。

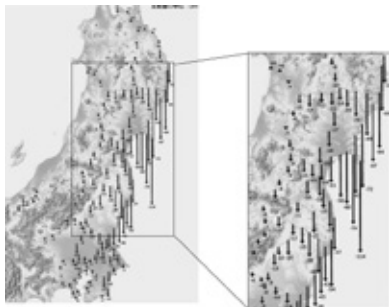


図5 東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動(上下, cm) / 国土地理院 (<http://www.gsi.go.jp/common/000062923.pdf>)

図7は稲刈りを終え

た田んぼでした。田んぼの所にうすら白く見えるのが、津波が運んだ海岸の砂です。右上に自動車があります。これは道路に停まっているのではなく、田んぼのど真ん中にあるのです。もう地震から二か月経っていますが、まだ放置状態でした。

この辺りは、海岸の砂が一面に広がり、その砂の上を薄い泥が覆っています。この泥が津波を真っ黒くした物質です。この場所では、水田や堀や水路の泥を、津波が巻き上げて持ってきた。その下に、砂質の津波堆積物があります。三月十一日、

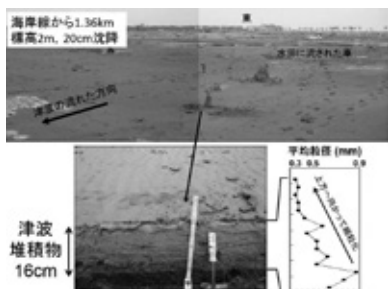


図7 津波の跡



図6 東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波と津波堆積物 / Google earth
※白線はTakashimizu et al. (2012)による東北日本太平洋沖地震に伴う津波の浸水深

津波の来る直前の地表面は黒い層の上面で、砂層の厚さは二〇センチメートルです。

堆積物は、上に向かってどんどん粒が細かくなります。これは、津波の流れがだんだん弱くなり、水が停滞したことを示します。津波は、内陸部に向かってだんだんパワーが落ちるので、津波堆積物は薄くかつ細かくなり、最後はヘドロになります(図8)。

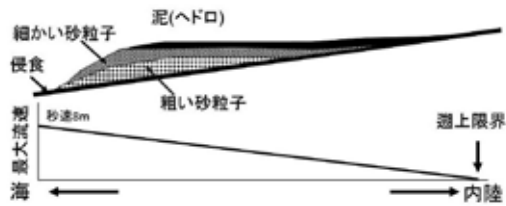


図8 最も単純な津波堆積物の断面図

さて、この三月十一日の巨大津波ですが、東北大学の箕浦先生が二〇〇一年に、非常に似ているものとして八六九年の貞観津波というのを明らかにしています。

『三代実録』という古文書によれば、貞観津波は「地震があり、その当時の家屋・城壁が非常に崩れた後、津波が来襲し海水が城下にいたり、とにかくいろいろな被害が出て、死者が約千人。岩沼の千貫山付近に十メートル近くまで波

が来た」とされています。また、福島県相馬郡でも高所に津波が這い上がって来た伝承があります。この古文書記録を科学的に調査して津波堆積物を発見し、二〇〇一年に論文として発表したのです。

英語の論文ですが、和訳すると「東北日本の太平洋沿岸における八六九年の貞観津波堆積物と大津波の再現間隔」です。

＋巡検

今年(二〇一三年)九月に日本地質学会が仙台で開催され、その時に巡検に参加しました。図9の真ん中にいらっしやるのが箕浦さんと、直に津波堆積物について説明しています。

図10の見方ですが、図中に1・0・1・2・3メートルとありますが、これは標高です。仙台平野の沿岸部は、三メートル以下の低地がずっと続きます。海岸から三キロメートル内陸の所で、二・五メートルくらいの低地になっています。静岡県という



図9 巡検で説明する箕浦博士

と、これと似た所は浜松市の南区です。

図11をご覧ください。地表面があり、掘るとこのように層になっていきます。中央部の層は、十和田a火山灰という西暦九一五年に噴火した火山灰層で、その直下に海岸の砂とそっくりなものがあります。これが貞観の津波堆積物なのです。

箕浦さんは、貞観の津波堆積物は、内陸部に向かってだんだん薄くなって細粒化すると述べています。実際に、今回の巡検では、遺跡調査のトレンチで、貞観津波の堆積物を観察しました。

一番上の色の薄い層が、二〇一一年三月十一日の津波堆積物です。この場所は、遺



図11 2013年9月13日の巡検(仙台平野)



図10 西暦869年の貞観津波の堆積物 / Minoura et al. (2001)

跡調査のため、津波堆積物を除去してありませんが、多くの場所では、塩を含むので除去されています。

十和田a火山灰の下の黒ずんだ層が、八六九年の津波の堆積物です。貞観の津波の時には、仙台平野は今より少し海岸線が陸側にあったのですが、それを差し引いても、八六九年の津波は、二〇一一年三月十一日の津波と同じような粒の大きさ、同じような厚さで分布しています。

十貞観津波の研究

八六九年の津波堆積物の分布を元に、箕浦さん達は、津波の遡上の範囲を推定し、津波の波源域を復元しました。

図12の左中央に「Tsunami Source」と

書いてありますが、ここで津波を起こした海底の地殻変動があったと推定したのです。今回の地震の波源域と一致します。そして、マ

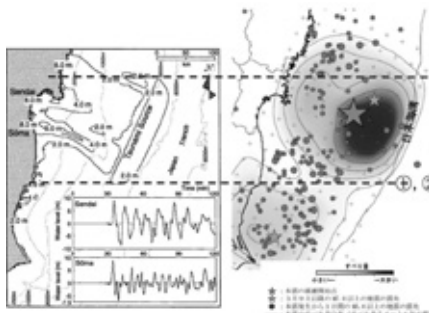


図12 気象庁報道発表資料「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第28報) / Minoura et al. (2001)

グニチュードを八・三と推定しました。

図13は柱状図

といい、地層の積み重なりを表すもので

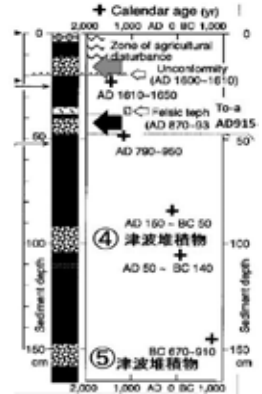


図13 柱状図/Minoura et al. (2001)

ですが、上から二つ目の矢印が貞観の津波堆積物です。その下の地層にも津波堆積物があり、箕浦さん達は二〇〇一年の論文の中で、貞観の津波と同じ規模の津波が、だいたい一〇〇〇年間隔で起きていること、そして、貞観津波が起きてから既に一一〇〇年経っていること、近いうちに大津波の押し寄せる可能性が高いことを記していました。

ただし、地震の発生予測は難しく、一〇〇〇年に一度の現象の場合、一〇パーセントずれると一〇〇〇年もずれてしまいます。したがって、誤差があるものを、どうやって防災に活かすかが問題でした。通産省の産業技術総合研究所の専門家が東京電力に対して、福島第一原発・第二原発に関して、ディフェンスをもっと強化するようにと地震前に提言していたのですが、活かされませんでした。

貞観の津波堆積物の下の地層にある津波堆積物は、日

本地質学会の巡検で掘られたトレンチでも観察できました。図14はその時の写真ですが、十和田a火山灰の直下が貞観津波（八六九年）の堆積物です。

トレンチの底からは水が湧いてくるので、ポンプで水を吸い

上げています。図中央付近に砂が上がってくる様子が見え、これを拡大したものが図15です。これが、貞観津波の一つ前の津波の堆積物です。

津波堆積物は海岸の砂なので、粒の大きさが揃っています。そのため水を通しやすいので、地下水が出てくるのです。地震があると、この津波堆積物は液状化を起こすこともあるでしょう。

十 研究のその後

箕浦さんたちの研究の後、産業技術総合研究所のグルー



図14 巡検で確認された津波堆積物

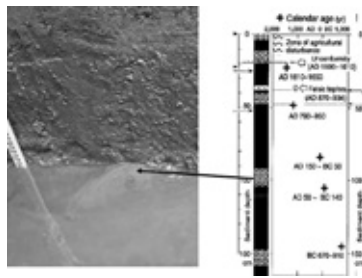


図15 貞観津波の津波堆積物より下位の津波堆積物

プ（穴倉さん達）が、福島第一原発あたりまで調査し、二〇一〇年八月の段階で、南相馬市小高区における貞観津波の遡上距離は、少なくとも一・五キロメートルと推定しており（図16）、このようなデータを元にして、問題意識は高まっていました。

図17は島崎邦彦さんの研究ですが、島崎さんは今、原子力規制委員会の委員をされています。二〇一一年から二〇一二年の間、

静岡大学防災総合センターの客員教授だったので、私もその時に初めてお会いしていろいろお話を伺いました。その後、原子力

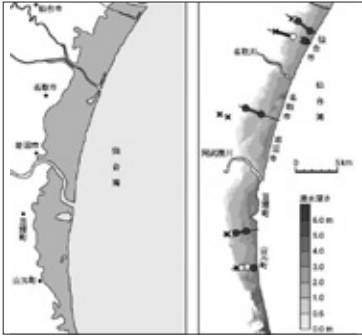


図17 宮城県仙台市から巨理郡山元町までの海岸の浸水範囲概況図と貞観地震の断層モデルによる浸水域（左：今回の浸水域、右：貞観の津波の浸水域）／島崎（2011）

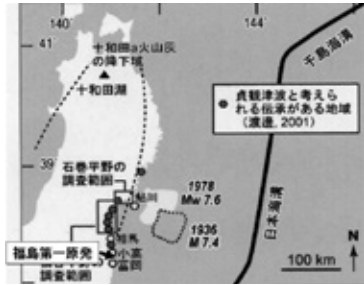


図16 平安の人々が見た巨大津波を再現する一西暦869年貞観津波一／穴倉ほか（2010）

規制委員会の委員になり、静岡大学を辞められたのです。この島崎さんが、今回の浸水域の状況と、貞観津波の津波堆積物から推定した浸水域とが、非常に良く似ていることを指摘しています。したがって、貞観津波の情報をきちんと活かしておけば良かった、ということになっているのです。

南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）

十南海トラフ

今回の事象は、日本観測史上最大規模のマグニチュード九という地震であり、観測史上最大の津波高ということですから。そして二万人もの死者が出るものでした。また、物凄いや量の音声や画像が残っており、それらへのアクセスが容易なため、静岡県を含めた南海トラフ沿いの地域住民に与えた影響が強かったのです。さらに福島第一原発でメルトダウンが起き、そこが首都圏に近いので、今回の災害を教訓として、南海トラフの地震についての想定が見直されました。

図18は、二〇一三年五月に出された、南海トラフの地震活動長期評価の第二版です。左側は前回の評価で、

二〇〇一年九月二十七日に公表されましたが、今回大幅に変更されました。日本の地震学者が、今回の地震は想定外だったというので、今後想定外ということがないようという方針に変えたためです。もちろん、貞観津波の津波堆積物の情報を十分に考慮しなかったという反省も踏まえています。

地震の最大規模はマグニチュード九・一クラスに引き上げられました。また、破壊領域をかなり広げました(図19)。さらに、南海トラフの地震活動の東端について、新しい考え方も紹介しています(図20)。すなわち、「遠州灘く銭州海嶺付近く新島・神津島付近く相模トラフのどこかに、巨大地震の震源域に含まれる領域が存在する可能性はある。ただし、科学的知見の収集・整理が不十分であるから、駿河トラフのトラフ軸

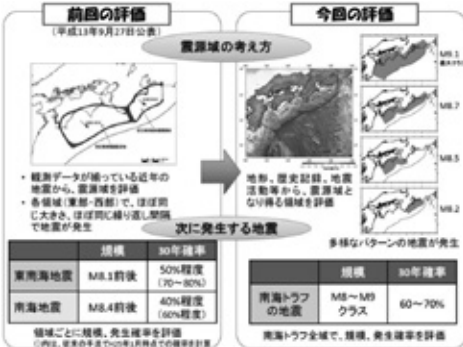


図18 南海トラフの地震活動の長期評価(第二版) 2013年5月 / 地震調査研究推進本部 (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf)

から富士川河口断層帯を結ぶ線を東端とする」ということです。

伊豆半島はフィリピン海プレートの一部であり、それが本州に衝突しているため、フィリピン海プレートはユーラシアプレートの下に沈み込めなくなっています。そのため、伊豆半島沖に新しい沈み込み帯ができつつあると考えられているのです。

十歴史地震

図21は歴史記録から見た震源域の多様性です。一番古い記録は六八四年の白鳳(天武)

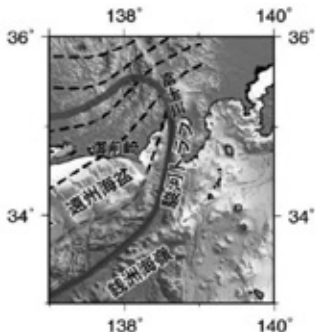


図20 南海トラフの地震活動の東端について / 地震調査研究推進本部 (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf)

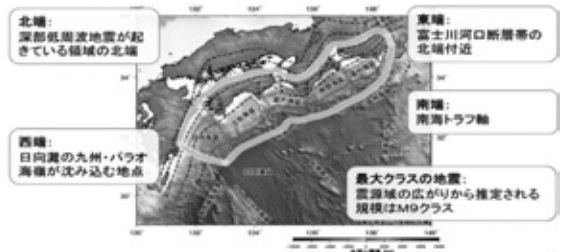


図19 評価対象領域 / 地震調査研究推進本部 (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf)

地震で、その後、大規模な地震が南海トラフで何回も起きています。この震源域が複数のブロックにまたがるのが連動で、一つのブロックで地震があると、破壊が伝播して隣ブロックも破壊されることがあるのです。

例えば、一八五四年には、安政南海地震の三〇時間後に安政南海地震が起きました(図22)。また、一九四四年の昭和東南海地震の二年後の一九四六年に昭和南海地震が起きました。このように連動は、ほぼ同時に数年のインターバルで起きるのです。古い地震の状況は、古文書記録だけではよく分かりません。そこで、いろいろな地域の遺跡に見られる液状化の跡も、古地震の重要な情報となります。とにかく、南海トラフで起こる海溝型地震の震源域は、様々なパターンがあるのです。

歴史記録の中で最大の地震は、一七〇七年の宝永地震で、西日本一帯が津波に襲われました(図23)。

一八五四年の

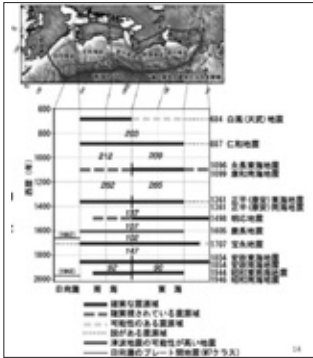


図21 南海トラフで発生する地震の多様性／地震調査研究推進本部(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf)

安政東南海地震と、その三二時間後の安政南海地震には時間差がありますが、この宝永地震の場合は一気に津波が起きたのです。また、発生直後に富士山の直下で地震があり、四九日後に富士山が爆発するという展開になってくるのですが、そういう意味で、宝永地震のような地震が起きると大変なことになるわけです。

二〇一一年十二月二十七日の段階で、南海トラフの様々な地域から津波堆積物が報告されており、特に和歌山から高知にかけては、

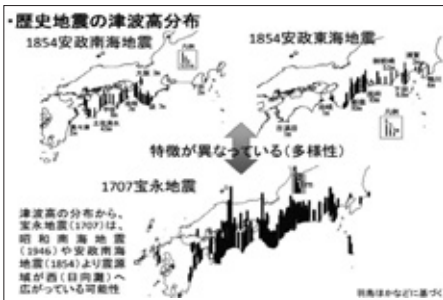


図23 歴史地震の津波高分布／地震調査研究推進本部(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf)

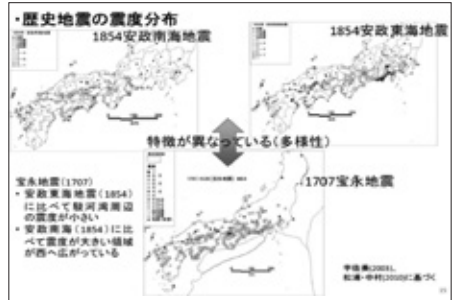


図24 歴史地震の震度分布／地震調査研究推進本部(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf)

高知大学の岡村眞さんと松岡裕美さんのグループが重要な仕事をしています(図24)。

静岡県に関して は、西部は主に産業技術総合研究所の藤原治さんたちが、津波堆積物を調査しています。古文書や遺跡に見られる液状化の跡も、データとして収集しています。遺跡は考古学的資料が豊富で、液状化がいつ起きたのかを詳しく調べることができます。

これらの情報から得られた重要な知見

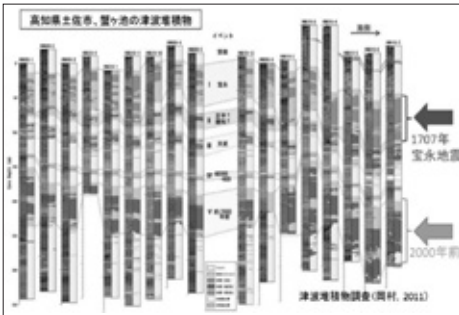


図25 地形・地質学的情報(津波堆積物)／地震調査研究推進本部 (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf)

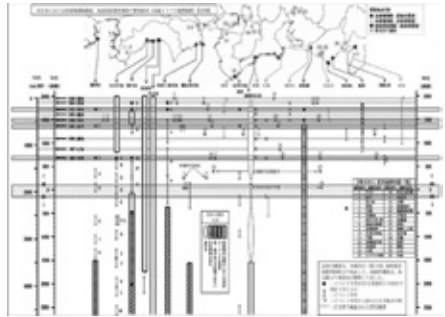


図24 各種調査による南海トラフでの過去地震の発生履歴／内閣府 (http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/chukan_matome.pdf)

は、次のようになりま す。高知県土佐市の蟹ヶ池から、一七〇七年の宝永地震の津波堆積物が見つかりました。ここからは二〇〇〇年前の津波堆積物も見つかり、それが宝永地震の津波堆積物よりも厚いので、この津波は宝永地震を超える規模だった可能性がある、ということになったのです(図25)。そのため、宝永地震の津波よりも、さらに巨大な津波を発生させる地震を想定することになり、今年出された評価では、南海トラフ全域で、マグニチュード八から九クラスの地震の、三〇年以内の発生確率が六〇〜七〇パーセント、一方、マグニチュード九クラスの地震の発生頻度は、一〇〇年〜二〇〇年の間隔で繰り返し起きている大地震に比べ、一桁以上低いとされました(図26)。



図26 南海トラフで次に発生する地震の発生確率／地震調査研究推進本部 (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf)

※今後に向けて

南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）の最後には、次の通りに提言されています。「過去に起きた地震像を明らかにする為の調査研究を推進する。すなわち、過去地震の痕跡データである津波堆積物・歴史記録等の網羅的な収集・シミュレーションとの比較による、過去地震の地震像把握等を行うこと。これが、地震の多様性を考慮したひずみの蓄積と、地震の発生を結びつける物理的なモデルの構築の一助となつて、長期評価の信頼性の向上に役立つのです。」

この課題を踏まえて、現在、日本の各地で津波堆積物や、古地震の調査が活発に行われているのです。したがって、数年後見直しをする時に、二〇一二年に出た津波の最大規模等の数値が下がることになるかもしれません。

静岡・清水平野の津波堆積物調査の結果

※津波堆積物の認定について

いよいよ津波堆積物についてお話しします。まずは、その認定の難しさについて説明します。

二〇一一年三月十一日の津波堆積物は認定が簡単です。見ただけで分かります。ところが、過去の津波堆積物の認

定はとても大変です。どうして大変なのかを図でお示します。図27左は先ほどの仙台平野ですが、地表の年代は0年前です。そのすぐ下に二〇一一年三月十一日の津波堆積物があり、ここを一メートルも掘れば、十和田a火山灰や、貞観津波堆積物が出てきます。ところが、南海トラフ沿いの沿岸の低地の地面は乱されています。

例えば、図27右は、静岡平野の大谷低地という所ですが、三メートルも盛り土がしてあります。そのため、ボーリングコア試料を観察する際には、盛り土とその下の地層の境界を認定しなければなりません。

この写真は、静岡市の事業で掘った縦穴を観察したのですが、このくらいの大きさの断面だと、盛り土とその下の地層の境界がよく分かりません。しかし、縦穴を掘るのに数十万円かかります。私たちの調査では予算が潤沢にあるわけではないので、ボーリングコ



図27 日本海溝沿いの低地と南海トラフ沿いの低地の人間攪拌の差(左-仙台平野、右-大谷低地)

アで地層を掘るため、その直径はせいぜい七〜八センチメートルです。そのため、盛り土とその下の地層の境界を認定するには注意が必要となります。

つまり、南海トラフ沿いの沿岸の厄介な点は、古くから人が住んでおり、地表を攪拌していることです。一方、仙台平野は低地に湿地が広がり、そのような所に人はそれほど住んでいません。その上、東北地方の場合には、寒冷なため人口も多くなり、そのために土地改変がそれほど進んでいません。

さらに、日本海溝沿いの東北地方や、北海道東海岸の低地の堆積物からは、たくさんの火山灰層が見つかります。これらの火山灰層の積もった年代は詳しく分かっていないので、火山灰層と津波堆積物の上下関係から、津波堆積物の堆積した年代を推定できるのです。ところが、



図28 日本の活火山分布／気象庁HP

図28のとおり、南海トラフ沿いに火山はありません。九州にはあるのですが、南海トラフの津波堆積物の年代決定に役立つ火山灰層はほとんどありません。

一方、古文書記録に関しては、長らく日本の都は京都・奈良にありましたから、南海トラフ沿いの地域では、古文書記録は非常に豊富に残されています。

まとめると、南海トラフ沿いの低地では、津波堆積物を含む地層は、人が乱してしまう上に、火山灰層が極くわずかしかないのです、非常に調査がしにくい。一方、日本海溝沿いの東北から北海道の太平洋沿岸は、古文書記録は少ないのですが、人為攪拌は少なく、火山灰層も多いので、津波堆積物の調査がしやすいのです。

さらにもう一つ、津波堆積物の認定を難しくするものがあります。それは高潮です。海からの強い流れは、津波だけではなく、高潮もあるのです。実は、高潮の堆積物と津波の堆積物の識別は非常に難しいのです。

† 静岡県内の津波堆積物調査

なぜ私が静岡県内の津波堆積物を調査することになったのかというと、私が静岡市に住み、しかも海に近い所に住んでいるからです。また、静岡県西部では、高知大学のグルー

プや、産業技術総合研究所の研究者が調査していました。静岡県の多くの地域は調査されていませんでした。

図29は二年前に作ったスライドですが、沼津から御前崎にかけて、浮島ヶ原のデータを除くと、津波堆積物の調査のデータはほとんどありません。この状況を解消しようと思いい、調査を始めたわけです。

図30は清水平野の沿岸部ですが、お寺で掘削しました。お寺は他の場所よりも土地改変がされていない上に、いつからお寺があるのかといった情報も得られるため、調査しやすいのです。それに、ボーリ

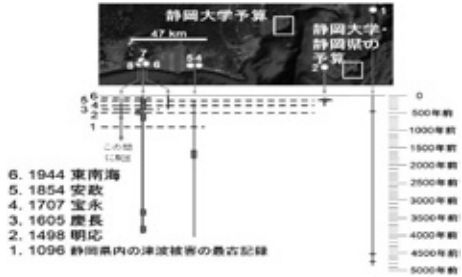


図29 静岡県内の津波堆積物調査(静岡県防災・原子力学術会議 2011年度第2回津波対策分科会資料) / 小松原ほか(2006)、藤原ほか(2008)、上写真(Google Earth)



図30 ボーリングコアの掘削

ング掘削の同意もとりやすいです。

ボーリングコアの掘削だけでなく、トレンチ調査を行うこともあります。

図31は、清水平野の沿岸部の、安政東海地震で隆起したことが分かっている場所で行ったトレンチ調査の様子です。

また図32は、伊豆半島の下田周辺の海食洞における、隆起した固着動物の調査ですが、脚立を使って調査しました。こんな具合にいろいろな調査をしております。

十 安政東海地震の調査

静岡県は今まで、安政東海地震の津波を想定して、津波対策を行ってきました。

古文書記録によると、静岡の場合は五メートル、沼津の場合は三〜四メートルの津波が押し寄せました(図33)。この安政東海地震に伴う地殻変動は、地震防災の観点からとても重要なので調査しております。



図31 トレンチ調査

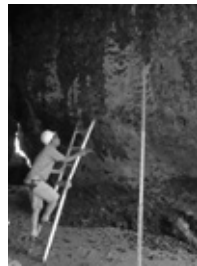


図32 野外調査

図34は、安政東海地震直後の清水平野の沿岸の様子を記した古文書ですが、中央図、巴川の両岸は火災で焼け落ちました。そして、折戸湾沿岸の黒く描かれている所は、地震によって隆起して浅くなった所です。現在の清水区の総合運動場も、安政東海地震で隆起した場所です。

図34右は総合運動場で掘削したボーリングコアです。下はざらざらした砂ですが、矢印のところ物凄く明瞭な境界で粘土に変わります。

一般的に、粗い粒の堆積物から細かい粒の堆積物に変わるのは、流れが弱くなっていく時に起きます。そのような時は粒が徐々に小さくなるので、このような明瞭な境界、つまり、いきなり変わるといふのは非常に珍しいのです。そして、砂層と粘土層の年代を調べたところ、その境界が安政東海地震のタイミングに当たることが分かりました。

地元住民から聞くと、ここは埋め立て前は、海水がしばしば入ってくる

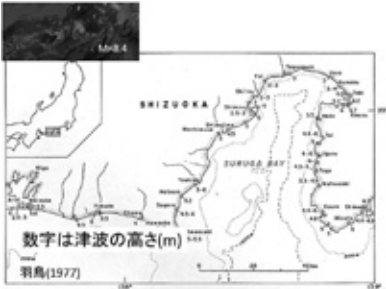


図33 安政東海地震の津波の高さ／羽鳥(1977).左上写真(Google Earth)

湿地帯だったそうです。つまり、ボーリングコアで採取した粘土層は、安政東海地震の時に隆起してできた泥地に当たるわけです。このように、古文書記録と地層の記録との整合性が取れてくると、過去の事象を正確に復元できるわけです。

清水平野の調査

清水平野は低地で、

二〜三メートルの標高の所が広がっています。ここは上の方が砂礫ですが、掘るとすぐに海の貝の化石が出てくる地層になっています(図35)。しかも、その海の貝の化石が出てくる位置は、現在の海面より高いのです。ここは安政東海地震の時に隆起している、つまり駿河湾で海溝型地震が起きた時に隆起するのです。そして、次の地震までの間は



図34 安政東海地震の隆起に伴う環境変動で形成された堆積物の境界／左:As published (1891).中:As drawn(1854).(just after Ansei-Tokai earthquake)

沈降します。地震性隆起と地震間の沈降を数千年間で合計すると、隆起量の方が上回ります。

さて、内湾の貝の化石を含む泥の堆積物の間には、非常に粗粒な砂層が挟まれており、それらは津波堆積物の特徴を持っています。海の中で溜まった津波堆積物なのです。

今回の二〇一一年三月十一日についても、いろいろな湾で東海大学の先生たちが調べているのですが、通常は泥が溜まる海底に、数十センチの厚さの津波堆積物と推定されるものが見つかっています。現在までに我々の得たデータによると、清水平野では、約六一〇〇年～五六〇〇年前、五六〇〇年～五四〇〇年前、四二〇〇年～四一〇〇年前、三六〇〇年～三四〇〇年前に、少なくとも四回の津波があったと推定されます。

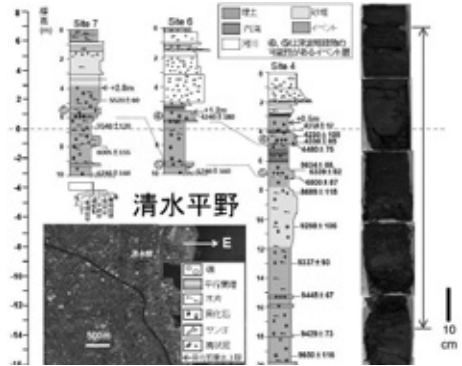


図35 清水平野の津波堆積物／左上写真(Google Earth)

静岡平野の調査

図36は静岡平野の大谷低地です。私が勤務しているのが右端の静岡大学ですが、私が津波堆積物の調査を大谷低地でやることにした理由は、息子が通っている小学校が近くにあるからです。

小学校は海拔一一メートルですが、海岸からの距離が六三六メートルです。このあたりは静岡市が砂丘のような所を平らにし、一〇メートルの所を七メートルにならし、区画整理をして家を沢山作つたため住民が増えました。

小学校の保護者会で、地域住民が巨大津波に対して神経質になっていた状況を知り、ここで津波堆積物の調査をしなければ悔いを残すに違いないと思い、静岡大学の予算も緊急についたので調査を行いました。

大谷放水路

図37は大谷の放水路です。一九七〇年くらいに工事が行われました。

過去に清水で巴川の氾

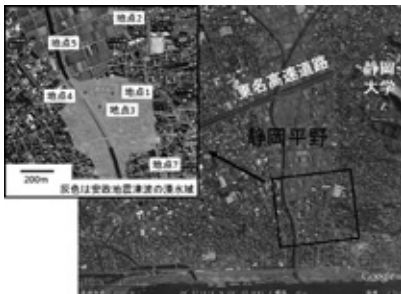


図36 静岡平野での津波堆積物調査／(Google Earth)

濫した七夕豪雨が、今後そのようなことがないように、巴川の水の一部をこの放水路に流すという計画を、県庁が立てました。しかし、地域住民の強い反対があったため、山から土砂を持ってきて、放水路の周辺の土地を二メートルも盛り土したのです。ですから、昔このあたりは五メートル程度の標高だったのです。

一方、図37左の海岸付近には一〇メートルの等高線があります。これを平らにして七メートルにしてしまい、そこにたくさんさんの家が建ったのです。

私たちは、静岡市区画整理事務所からボーリングコアの掘削を開始しました。その結果、非常に粒が揃っていて泥が入っていない砂層を見つけました(図38)。この砂層は他の地点にも出ており、砂層を構成する砂粒は海岸の砂によく似ています。海岸の砂は泥がほとんど入っていないし、砂粒は丸みを帯びているものが多いです(図39)。



図37 大谷川放水路

図40は珪藻のデータです。珪藻というのは植物プランクトンです。海に住んでいる珪藻や、海水と淡水が混じっている所を好む種があります。

津波堆積物と推定される砂層の下では、混じっている所を好む種が多いのですが、それよりも上からはなくなり、淡水性の珪藻が多くなります。つまり、津波堆積物の堆積した頃に地面が隆起したと解釈されるのです。

安政東海地震の時には、この辺りは二メートルくらい上がったと推定されています。一方、高潮の場合には隆

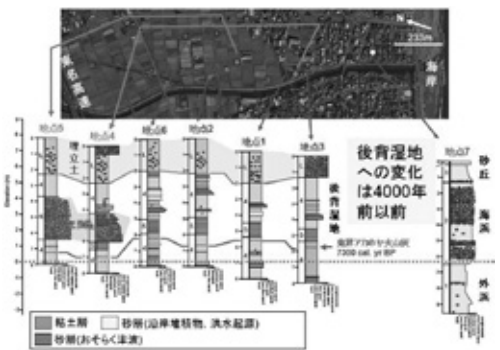


図38 堆積環境／上写真(Google Earth)

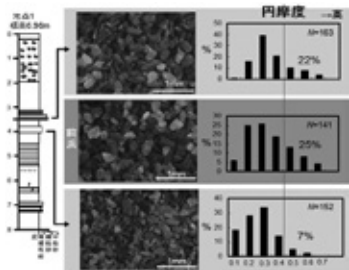


図39 砂粒子の円摩度の比較

起しません。これらのことから、非常に粒が揃っていて泥が入っていない砂層は、津波堆積物と考えるのが妥当なので

す。
さて、津波堆積物は、現在の標高で四〇五メートルまで分布しますが、その規模を評価するには、

当時の標高に換算し直さなければいけません。地殻変動の影響を、どうやって評価するかが難しいのです。

今のところ、静岡平野からは三枚の推定津波堆積物が検出され、それらの年代は、西暦一〇〇〇年とか、三五六五年〜三四八六年前、四〇〇〇年前と推定されます。この結果は、『ザ・ホロシシ（The Holocene）』という国際誌に公表しました。

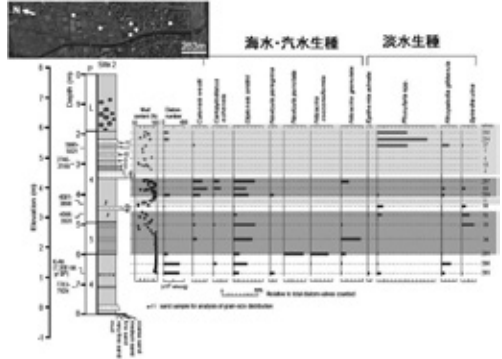


図40 珪藻の群集解析／左上写真(Google Earth)

下田・南伊豆周辺の津波堆積物・古地震調査の結果

経済のグローバル化が進んでいるため、世界各地の会社では、日本の製造業や工場と取引する際には、取引先の地震や津波への防災対策の確認は重要です。そういう観点に立つと、津波堆積物の調査結果を英語の論文で発信する必要があります。そのため英語の論文を準備していたのですが、執筆のスケジュールが二〇一二年に大幅に変わってしまいました。

駿河湾〜紀伊半島沖の大きく域十分岐断層を考慮すると、下田市や南伊豆町の周辺は、最大二五メートルの高さの津波に襲われるという想定を国が公表したからです。

下田・南伊豆での調査

今までは安政東海地震を想定していたのですが、新たな想定では、場所によって津波高はかなり違ってしまいました。特に変わったのが南伊豆町・下田市周辺です(図41)。

県の担当者から、「波高が急に大きくなったため、観光に影響が出ています。このような状況だが、南伊豆町・下田市周辺では、津波堆積物の調査は全く行われていないので、県と共同で調査してほしい」という要望があり、早速共同

研究に着手しました。

まず、南伊豆町のやや内陸部で調査しました(図42)。そして、今年(二〇一三年)はより海岸に近い場所
で調査を行います
が、このあたりは、
二〇メートル級の

津波が来た時に逃げる場所がないと、住民が困っている所です。

図43は下田の調査ですが、右図中央に伊豆急下田駅があり、安政東海地震の時に津波が押し寄せています。

去年(二〇一二年)の調査は、国が想定

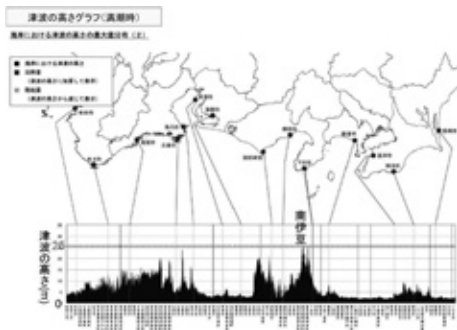


図41 津波の高さグラフ 駿河湾～紀伊半島沖の大すべり域十分岐断面

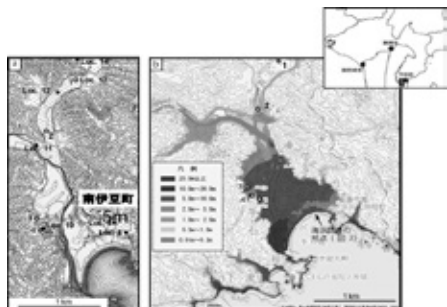


図42 南伊豆町の津波浸水域(左:レベル1 安政東海地震の津波、右:レベル2 2012年内閣府)／羽鳥(1977)、太田ほか(1986)

した最大規模の津波が、過去数千年の間に発生したことがあるか否かを調べるのが目的だったので、比較的内陸で調査を行いました。今年(二〇一三年)は海岸の市街地でやります。そして、この南伊豆・

下田の両地域共に、調査した結果を柱状図(図44、45)で示しますが、津波堆積物は今のところ見つかっておりません。

安政東海地震に伴う津波の運搬した堆積物も見つからなかった理由は、

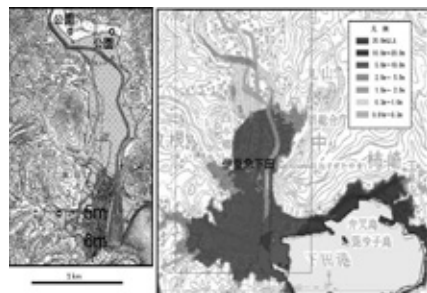


図43 下田市での完新統の津波堆積物の調査(左:レベル1 安政東海地震の津波、右:レベル2 2012年内閣府)

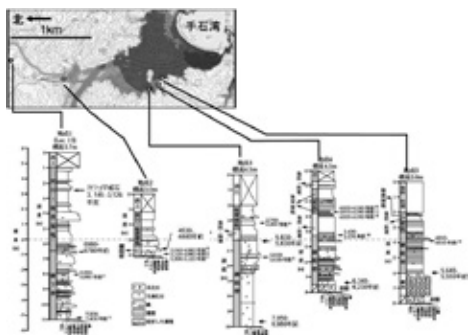


図44 南伊豆町での調査結果(暦年代補正には、下田産の海生貝類の¹⁴C年代測定から得られた $\Delta R = 109$ (Yoneda et al. 2000)を使用)／北村ほか「静岡大学地球科学研究報告」40, 1-12 (2013)

津波の直後に堆積物があつたとしても、復旧のため速やかに除去されてしまったからです。

さて、下田市・南伊豆町の海岸低地では津波堆積物が検出されなかつたという結果は、私と静岡県庁の担当者である板坂さんたちとの共著で、今年（二〇一三

年）の静岡大学地球科学研究報告に公表しました。これは私のホームページでも見ることができます。とにかく、下田市・南伊豆町にとっては非常にウエルカムな情報ですが、実は、長期的な歴史を調べると、別の厄介な自然災害のあつた事が明らかになってきました。それは地震です。

†伊豆半島の古地震

一九七四年の伊豆半島沖地震は、石廊崎断層の活動によります（図46）。この断層は水平方向にずれるタイプですが、垂直にも若干変動していて、一〇センチくらい隆起し

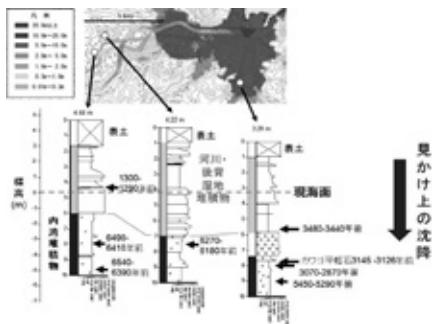


図45 下田市での調査結果

ました。一方、石廊崎断層の北には上賀茂断層があり、一七二九年に活動した可能性が指摘されています。

ところで、一九三四年に福富さんという研究者が、下田湾の弁天島の隆起貝層を報告しています（図47）。左図上の左端に人が立っており、その手前に石垣があります。この枠を拡大すると、二枚貝のケガキの死んだ殻が写っています（図47右）。

潮間帯、だいたい平均海面と同じくらいのところの岩場に張り付いている二枚貝が、今は潮が満ちても海水がかからないくらいの高さにくっついていきます（図48）。

福富さんが報告した頃は、年代測定ができない時代だったため、一七〇三年の元禄地震で隆起したと考えました。

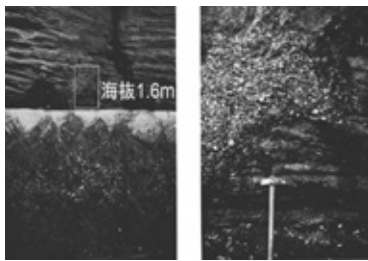


図47 弁天島のケガキ遺骸群(1280±75 yBP)/太田ほか(1986)、福富(1934)

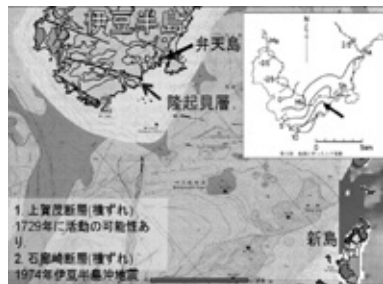


図46 伊豆半島南端の古地震

その後、石橋克彦さんたちが、14C年代（放射性炭素年代）を測定し、元禄地震よりも古い化石だったことが判ったのですが、古地震との関係は分からないままでした。

石橋さんは、東海地震はいつ来てもおかしくはないという説を出した方です。石橋さんたちが下田周辺の隆起貝層を調査した理由ですが、下田周辺は相模湾に面しているので、その周辺で起きた地震によって津波が発生した場合には、首都圏の鎌倉周辺に津波が襲来するためです。しかし、調査は一九八六年以降はほとんど行われていませんでした。

次に研究を再開したのは私たちなのですが、弁天島に行き、離水したケガキを探しましたがありませんでした。先日、石橋さんと一緒にした時に、ケガキがなくなっている事を話したところ、石橋さんたちは化石の一部を採取しただけとのことでした。

今の年代測定の技術は、石橋さんたちの頃よりも格段にレベルアップしていますが、弁天島に関してはもう化石が残っていないので、この隆起についてははっきりしたことは分からなくなっていました。

さて、先ほどケガキの話をしました。こういう波打ち際の所は、ちょっとした高さの違いでも環境が物凄く変わります。引き潮近くになってようやく干出する所、満潮近

くになって水没する所、潮が満ちた状態でもよく波がかかる所などがあります。

図48のように、平均海面くらいの所にはケガキがくっついていて、それより上の所にフジツボがいます。平均海面よりやや下に、ヤッコカンザシというゴカイが固着しています。ただし、波が強く強い所では固着していません。これらの無脊椎動物は、幼生時には海水中を漂い、成長に適した場所が見つかったら固着するのですが、波が強いと固着できないのです。

一方、下田湾のような波が比較的穏やかな所だと固着でき、しかもそういう所はエサも採りやすい。固着する無脊椎動物は帯状に分布するので、それを利用すると、離水した固着動物の種類から当時の海面の高さが分かり、現在の海面の高さと比較することでどのくらい隆起した



図48 現生の潮間帯の固着動物の帯状分布



図49 吉佐美の海食洞／左上写真(Google Earth)

のかが分かります。こういうところで化石は大変役に立ちます。

さて、図49は下田市南西部の吉佐美の海食洞です。石橋さんたちは、この海食洞の隣にある、全長四〇メートルに及ぶ大きな海食洞内の隆起貝層を調査しました。

その海食洞は暗すぎて調査できなかつたので、私たちは隣の小さい海食洞内の隆起貝層を調査したのです。そこには、海面から高さ二・六メートルまで白いものがくつついています（図50）。

上の方は白い塊になっていますが（図中a図）、スライズにして顕微鏡で見るとフジツボが入っているのが分かります（図中b図）。下に行くほど化石の保存状態は良くなります（図51）。つまり、この場所は隆起しているので、上に

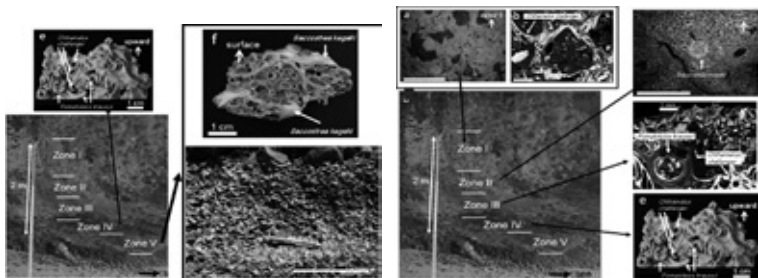


図51 吉佐美の隆起貝層

図50 吉佐美の隆起貝層

行くほど古い年代の固着動物なのです。

＋化石の年代測定

これらの固着動物の化石の年代測定を行います。その結果が図52で、横軸に年代をとります。山のようなこの形は、一つの化石試料の年代値の範囲を示し、高いところほどその年代である確率が高くなります。

図を見ると、同じ年代値の範囲をとる試料が固まっています。これは、突発的な隆起により、固着動物が一斉に死んで化石になったためと考えられます。そのように考えると、西暦五〇〇年頃、一〇〇〇年頃、一五〇〇年頃に突発的な隆起があったと推定されます。

現在の下田周辺は、水準測量やGPSによって、ゆっくりと沈降していることが分かっています。この沈降速度が過去も同じ速度と仮定し、年代の誤差などを考慮すると、最新の隆起量は一・九ㄱ

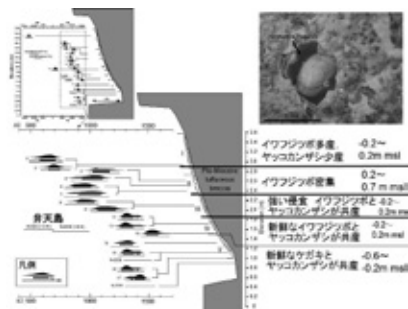


図52 化石の年代測定

二・二メートルと計算されます。二メートル近くも一気に上る現象は、地震性隆起以外には考えられません。したがってこの地域では、一五〇〇年前以降、三回の地震性隆起があり、最後の事象から五〇〇年経過しているのです。これらの地震を起こした断層は陸上には見られませんので、おそらく下田周辺の沖合に断層があるのでしょう。

＋伊豆マイクロプレート

今日の話の中で、南海トラフの東端に関する新しい考えを紹介しました。GPSのデータを元に西村さんたちは、伊豆のブロックが周囲のブロックとは違う動き方をしていることから、伊豆マイクロプレートという考えを出しています(図53)。

マイクロプレートの南限の境界は、横ずれの断層です。下田周辺を隆起させた海底活断層は、伊豆マイクロプレートの南限よりも、下田に近い所にある逆断層です。

南伊豆町・下田市に関し

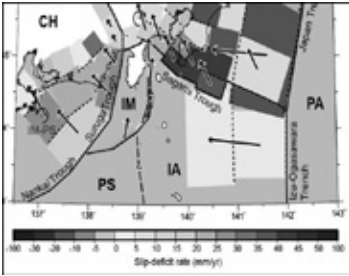


図53 伊豆マイクロプレート／Nishimura (2011)

では、少なくとも二〇一二年に国が公表したような巨大津波は、過去数千年間に発生したことはないようです。むしろ、下田周辺を一気に二メートル近く隆起させる地震のほうが、憂慮すべき問題だと思います。

沼津市西部・浮島ヶ原の津波堆積物

今日のお話の最後に、沼津市の浮島ヶ原における津波堆積物の調査をご紹介します。

産業技術総合研究所の藤原治さんたちが、二〇〇七年に論文を公表しております。そのタイトルは「静岡県中部浮島ヶ原の完新統に記録された環境変動と地震沈降」、雑誌名は『活断層・古地震研究報告』です。この論文のPDFは、ホームページからダウンロードできます。

浮島ヶ原の幾つかの箇所、ボーリングコアを掘削しました(図54右

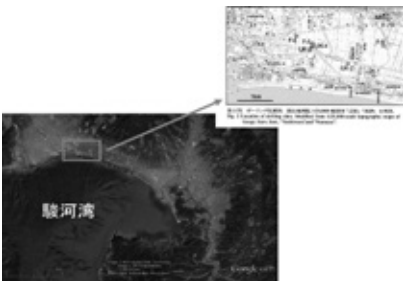


図54 静岡県中部浮島ヶ原の完新統に記録された環境変動と地震沈降／藤原ほか(2007)、『活断層・古地震研究報告』No. 7, p. 91-118. 左写真(Google Earth)

上)。柱状図(図55)に記された矢印は、津波堆積物の可能性のある層です。また、星に似た見慣れない記号もありますが、これは矢印で表したかったのですが、津波堆積物と推定される層が薄すぎてこのような形になったものです。複数のボーリングコアから、津波堆積物の可能性のある層が見つかっています。図中の数字は西暦を表します。

まとめ

現在まで得られたデータをまとめると、清水平野と静岡平野からは、今から三四〇〇年〜三五〇〇年前の津波堆積物が見つかっており、これは浜松平野でも見つかっていました(図56)。したがって、過去数千年間では、この時の津波が一番大きかったと思います。

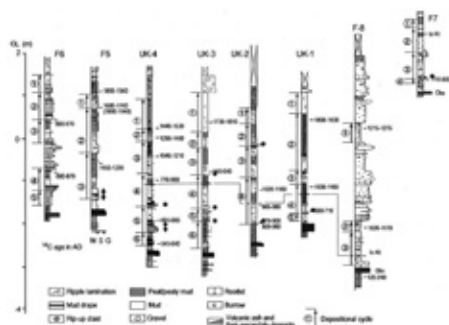


図55 津波堆積物の可能性のある砂・砂礫層 数字は西暦を表す／藤原ほか(2007)

それから、高知県の蟹ヶ池で見つかった、宝永津波よりも規模が大きかった可能性があるという二〇〇〇年前の津波堆積物ですが、今のところ静岡平野から清水平野、伊豆半島では見つかっていません。もっと調べなければなりません。高知では規模が大きくても、駿河湾での規模はそれほどではなかったのかもしれない。

私たちの調査では、伊豆半島南部で過去一五〇〇年間に三回地震があったと推定されます。こういった情報をより詳しく集めていくことで、今後の国の見直しの基礎データになるのです。ただし、これらは論文になっていなければならぬので、早急に論文にしようとして努力しています。

おわりに

最後に、静岡大学の防災総合センターの取組みについて

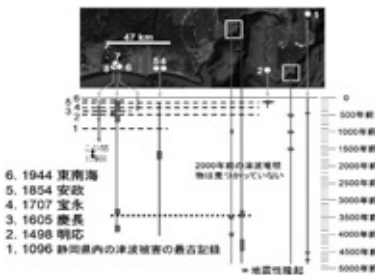


図56 静岡県内の津波堆積物／小松原ほか(2006)、藤原ほか(2008)、上写真(Google Earth)

ご紹介します。前回の原田さんの講演でもご紹介されたかもしませんが、沼津市周辺の津波堆積物や古地震の研究というのは、実際にはあまりやられていないという状況にあります。その一番の理由は、研究者が少ないことです。静岡県に関しては、産業技術総合研究所の藤原治さんと私の二人で担当しているようなもので、なかなか進みません。

特に骨が折れるのは、ボーリングコアを掘る際の地権者との交渉です。掘るのに適当な場所を見つけても、その土地の所有者を探すのにかなり時間がかかるのです。遠方になってくると、その分だけコストパフォーマンスが悪くなります。

そういった観点からすると、静岡大学防災総合センターでは「ふじのくに防災フェロー養成講座」を開講していますので、履修者になって頂いて、このように沼津市周辺の所を調査して頂ける方がいらっしゃったら、作業が非常に進むかと考えています。

現在、静岡市では一人の方が防災フェローをやっておりまして、その方と一緒に、大谷地区の津波堆積物の調査を行っています。静岡県東部の方にも、「ふじのくに防災フェロー養成講座」を利用して頂けると、この周辺の情報を得

ることができません。

それから、現在は津波ばかりが注目されていますが、今まで見落とされていたような自然災害、例えば伊豆半島南部の古地震の話がありました。そういった事象が出てくると、むしろそちらの事象の方が重要で、その地域の防災に役に立つと思います。ぜひとも、「ふじのくに防災フェロー養成講座」をご利用いただけたらと思います。

質疑応答

質問——地層で年代を特定するには、スケールのような元になる物がないと決められないかと思えます。堆積物の場所や時代によって違うからだと思いますが、そのスケールをどうやって作るのですか。

また、図52を見ると誤差範囲がありますが、それが均一ではなく、規則性が見られません。プラスマイナスの誤差は、古くなるほど大きくなるのではと想像つきますが、この場合は全く誤差の幅に規則性がありません。これはどのような理由ですか。

北村——まず、基本的に年代を決めるやり方としては、14 C年代、放射性炭素年代というものが基準になります。

完新世、つまり今回対象にしているのが数千年間の地層になりますので、その地層で火山灰の年代をどうやって決めるのかというと、それも放射性炭素年代を使っています。

年代が分かっている火山灰層が見つければ、それで地層に年代を入れられます。分からない場合には、地層の中に含まれている貝や木片、一番良いのは植物の葉っぱですが、そのような物を採取し、放射性炭素年代測定でその年代を決めます。

後はその得られた年代間には、基本的に堆積物が変わっていない限り、堆積速度一定とみなしています。今のところそれ以外の方法はありませんので、そのように年代を割り出しています。

年代の誤差のばらつきですが、それは非常に鋭い質問で、それを説明するのは非常に難しいです。

図52の山の形は年代の確率分布ですが、14Cを基準に決めるので厄介です。例えば平均点五〇点の試験で、五五点の人や四〇点の人がどのくらいの割合でいるのかということとは、基本的には正規分布という対照な分布になります。しかし14Cの場合には測定値に数字の誤差があり、これを暦年代に直す時に凄く厄介なのです。なぜなら14Cの生成量が年によって違うからです。14Cの生成量は、太陽活動

や地球磁場の影響を受けるので毎年一定ではありません。暦年代に直す時には、14Cの生成量で補正するので、誤差の大きさが変わるので。

質問——高さが高いほどその年代だということ確率が高いのは、そこで中央に集まっているからということですか？

北村——そうです。この場合だと、14Cの年々の変化があまり無かった時には、比較的富士山のようなきれいな山を作るため、年代を精度よく決められるのですが、おっしゃるように調子の悪い時には、年代誤差が広くなるという場合が出てきます。

質問——有機物が無ければもつといいのですか。葉っぱなどがあるときやすいということはありますか。

北村——木の場合はセルロースで作られているので、なかなか分解しません。そのため、津波堆積物など含めて、どこか別の所にあつた物が洗い出されて出てきてしまうのです。その点、葉っぱの場合は一度堆積物に入り、それが洗い出されて出てくるとバラバラになるので良いのです。葉っぱが出てきたのなら、それはそこに溜まって、そのままだったという証拠になります。そのためできる限り葉っぱとか甲虫、カブトムシとかオサムシなど、硬い殻をもつた虫の羽を使うと、その後動いていないということが言えるので、

リワーク（再堆積）していかないということになるのです。
そういう物から得られる年代が一番良いのです。

静岡大学公開講座ブックレット

イノベーション社会連携推進機構（地域連携生涯学習部）では、二〇〇八年度より、『公開講座ブックレット』の刊行を開始しました。当センター主催の公開講座の記録を講演録という形でまとめて発行するというものです。公開講座を実施してそのまま終わりにするのではなく、記録として残し、公開していくことによって、知の蓄積と

共有を図ろうと考えています。

これらのブックレットは、静岡大学附属図書館や静岡県内の公共図書館で閲覧することができます。また、静岡大学学術リポジトリ (<http://ir.lib.shizuoka.ac.jp>) でも公開されています。

1 身近な自然環境・里山との付き合い方

富田 昇「里山の性格とその変貌——史資料に見る山林利用の変遷」
小嶋睦雄「海岸林と人の共生関係論」
小南陽亮「里山の自然環境——生態学からみた里山の森林」

2009年3月刊
74ページ

2 浜松の戦争遺跡を探る

荒川章二「浜松の陸軍基地」
村瀬隆彦「浜松空襲について」
竹内康人「浜松の戦争遺跡」

2009年11月刊
76ページ

3 高齢化社会における地域とまちづくり

中條暁仁「高齢者は弱者なのか？」
矢野敬一「祭りを継続させる・町屋のまちづくりを立ち上げる」
南山浩二「家族・地域社会のゆくえと高齢者介護」

2010年3月刊
72ページ

4 いま、再び〈いのち〉を考える

松田 純「検証生命操作の現在」
田島靖則「検証いのちの「はかなさ」をめぐる」
石川憲彦「検証現代人に突きつけられた生と死の課題」

2012年1月刊
62ページ

5 〈いのち〉と環境を考える

宗林留美「海のしくみと駿河湾深層水」
松田 純「遺伝子技術のゆくえと〈いのち〉の現在」
芳賀直哉「いのちの森を守る闘い——南方熊楠の思想」

2012年3月刊
74ページ

6 沼津の古代遺跡を考える

滝沢 誠「古墳出現期の沼津」
篠原和大「農耕文化形成期の沼津」
菊池吉修「古墳時代後期の東駿河の様相——埋葬施設からみる特徴」

2012年3月刊
68ページ

7 食と健康を科学する

竹下温子「食の安全・安心を考える」
木寄暁子「食とバイオサイエンス」
日野真吾「食物繊維の効能——免疫とアレルギー」

2013年3月刊
92ページ

【講師紹介】

鵜川元雄（日本大学文理学部教授、静岡大学客員教授）

1954年三重県生まれ。名古屋大学大学院理学研究科博士課程後期中退。博士(理学)。(独)防災科学技術研究所研究員などを経て2012年より現職。専門は火山物理学、地震学。主な著書に『自然災害の事典』（共著、朝倉書店、2007年）、『日本の自然災害1995年～2009年』（共著、日本専門図書出版、2009年）、『地球ダイナミクス』（共著、朝倉書店、2014年）。

原田賢治（静岡大学防災総合センター准教授）

1975年静岡県生まれ。東北大学大学院工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。京都大学防災研究所COE研究員、(財)人と防災未来センター主任研究員、埼玉大学大学院理工学研究科助教を経て2011年より現職。専門は津波工学、津波防災、海岸工学、水工学。主な著書に『TSUNAMI -To Survive from Tsunami-』（World Scientific Publishing、2010年、分担）、『津波から生き残る—その時までには知ってほしいこと—』（土木学会、丸善、2009年、編集）、『津波の事典』（朝倉書店、2007年、分担）などがある。

北村晃寿（静岡大学理学研究科教授）

1962年長野県生まれ。金沢大学大学院自然科学研究科物質科学専攻修了。静岡大学理学部地球科学科助手を経て2013年より現職。学術博士号。専門は古生物学、地質学、第四紀学。近年の論文に「Identifying possible tsunami deposits on the Shizuoka Plain, Japan and their correlation with earthquake activity over the past 4000 years」(The Holocene 23、2013年)、「Abrupt Late Holocene uplifts of the southern Izu Peninsula, central Japan: Evidence from emerged marine sessile assemblages」(Island Arc、印刷中)がある。

静岡大学公開講座ブックレット8

災害を知り、防災を考える

発行日——2014年3月20日

編集・発行——静岡大学イノベーション社会連携推進機構

〒422-8529 静岡市駿河区大谷836

☎054-238-4817

印刷——株式会社三創

