

東三河 地域研究

平成28年 1 月 4 日 発行

編集・発行：

公益社団法人東三河地域研究センター
住所／豊橋市駅前大通二丁目46番地
(名豊ビル新館6階)

TEL／0532-21-6647

FAX／0532-57-3780

通巻134号 2015. 7

公益社団法人東三河地域研究センター

東三河地域問題セミナー第3回公開講座

「古津波堆積物から超巨大地震・津波を読み解く

～過去最大クラスの地震・津波を知る～」

北海道大学 名誉教授 平川 一臣 氏……………2-12



平成 27 年 7 月 22 日開催 東三河地域問題セミナー第 3 回にてご講演される平川一臣氏

公益社団法人東三河地域研究センター 東三河地域問題セミナー第3回公開講座

講演：「古津波堆積物から超巨大地震・津波を読み解く～過去最大クラスの地震・津波を知る～」

北海道大学 名誉教授 平川 一臣 氏

平成 27 年 7 月 22 日（水） 14 時～16 時 30 分 豊橋市民センター6 階多目的ホールにて講演を行った。

講演「古津波堆積物から超巨大地震・津波を読み解く～過去最大クラスの地震・津波を知る～」

北海道大学
名誉教授

平川 一臣 氏



1. はじめに

(1) 本日の講演テーマ

本日の講演で期待されている話題は、①超巨大地震・津波を認識する視点・問題意識（規模、間隔）。②超巨大地震・津波の発生場所、③活断層の違いによる超巨大地震・津波の特徴、④南海トラフの超巨大地震・津波の情報の 4 点です。

(2) 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震から考えここに立ち戻る

3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の震源域は、日本海溝に沿った南北約 450km、東西約 150km の断層のすべり面であり、震央はその中心部です。津波は、北は根室半島から南は房総半島まで、宮城県・岩手県の沿岸部での最高の津波高は 43m くらいで、仙台湾付近で 20m、宮城県北部で 30m、岩手県沿岸で 35m を超えています。

(3) 今世紀最大の超巨大地震

超巨大津波を伴うような M9 クラスの地震は、今世紀では、2004 年のスマトラ島沖、2011 年の東北地方太平洋沖、1960 年のチリ地震の他に、1952 年のカムチャツカ、1957 年のアンドレアノフ、1964 年のアラスカで巨大地震が発生しています。

上記の超巨大地震を時間軸上で観ると、2000 年直後に東北（2011）、チリ（2010）、スマトラ（2004）と集中し、それ以前は、1950-60 ごろにカムチャツカ（1952）、アリューシャン（1957）、チリ（1960）、アラスカ（1964）に集中しています。すなわち、概ね 50 年の間隔で巨大地震が集中して発生しています。では 1900 年ごろにはないのかということですが、あるに違いないのですがわからないのです。

その 50 年ぐらい前、すなわち 1850 年前後には、『種の起源』のチャールズ・ダーウィンがビーグル号で世界を探検中の 1853 年にチリで巨大地震に遭

遇しています。従って、1900 年ごろにも、大地震があるに違いないのですが、知られていません。どうすればわかるかですが、それは津波堆積物に拠るしかないです。

今世紀の世界の超巨大地震＝超巨大津波



図1 今世紀の世界の超巨大地震＝超巨大津波

(4) 津波の運んだ地層（古津波堆積物）について

津波が運んだ地層はすべて過去の津波堆積物（古津波堆積物）です。津波堆積物を使うと超巨大地震がわかるのかということですが、「それは津波堆積物からしかわかりません」というのが私のつぶやきです。過去の超巨大地震についても津波堆積物を使えば議論でき、さらに、将来や近未来の超巨大地震はどこで起きるのかということも津波堆積物から議論できるでしょう。

津波が運んだ地層＝過去の津波堆積物から

なぜ Why?・いかにして How?

超巨大地震がわかる?

(津波堆積物からしかわからない)

いつ When?・どこで Where?

過去の超巨大地震は?

将来(近未来)の超巨大地震は?

* 南海トラフで超巨大地震はあったか?

(発生したら、(東三河では)なにが起きるだろうか?)

なぜ Why?

6000年間の津波履歴なのか?・・・、それ以前は?

What: 津波堆積物とは?

図2 津波が運んだ地層＝過去の津波堆積物から

その流れで、南海トラフで本当に超巨大地震はあったのか、仮にあったとしたら、今後発生したら東三河で一体何が起きるのかも古津波堆積物がわかれば、ある程度議論できます。

私は、6000 年、7000 年という、縄文時代にあたる時間を話題にします。6000 年間の津波履歴と言いますが、なぜ 6000 年なのかも含めて、津波堆積物への理解が進めばと思います。

(5) 東北地方太平洋沖地震の震源域の範囲と地震発生のモデル

3.11 の東北地方太平洋沖地震の震源域は、関東から東北の太平洋側の沖合にある日本海溝に沿った南北約 450km、東西約 150km の範囲であり、この断層面が約 30m のすべりを起こしたことが地震の原因であるといわれています。このようなことは、太平洋岸に設置された多数の地震計の記録から地震学、地球物理学的モデルに基づいて想定されています。そういう意味では、この想定にはある種の限界があり、頭から全部信じないことです。

津波というのは海底の突然変形に対する海水の反応です。例えば東北地方太平洋沖地震の場合、海底 5000m の 400km×100km の範囲で、深さ 10m くらいの巨大な落とし穴が、数分間でできており、この影響で海水は当然波を打ち、この海水の変形が津波で、波長が数十 km～数百 km、高さはほんの 10m です。この程度の波が、どうしてそんなすごい津波になって沿岸部を襲うのかということですが、津波の伝わる速さというのは深さで決まります。水深が 5000m の場所ではすごく速く、海岸近くで浅くなるとどんどん遅くなります。例えば、高速道路から出てきた自動車がランプを下りて普通の道に戻ったら渋滞しますが、それが津波です。

津波というのは、海水は動かず、エネルギーだけが伝わります。しかし、海岸近くで浅くなると、海水のボリュームに比して沿岸部の入れ物のボリュームが小さくなり、とんでもない高さまで登ります。エネルギーを持っている限り上がります。

それからもう一つ、津波の高さは何から決めるのかですが、すごく難しいです。どうやって決めるかというと、東京湾の平均海水面から何メートルという決め方をします。しかし実際の波は、一番低いところと高いところがあり、平均海水面を波の高さとします。そうすると、津波の高さというのは半分くらいにしか見積もられておりません。これはかなり大事な点です。

2. 津波堆積物による調査・考察

(1) 津波堆積物から考えるテーマ

津波堆積物から考えるテーマとして、①巨大津波

があるか、認められるか、評価ができるか、②再来間隔(スーパーサイクル)は、1000 年に一回なのか、数百年に一回なのか、④スーパーサイクルがわかれば、津波震源がわかるのではないかと、④海岸の地形を人間が変えており、これと津波との関係、以上の 4 点がポイントと考えます。

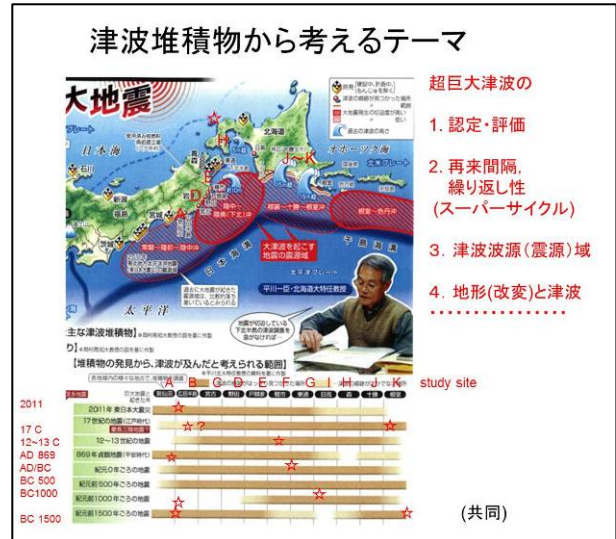


図3 津波堆積物から考えるテーマ

(2) 津波堆積物の時空間分布

私が、この 20 年くらい続けてきた日本海中・北部から千島海溝沿岸の調査結果を総括したものが図 4 です。縦軸は時系列になり、2011 年、2003 年十勝沖、1952 年十勝沖、1843 年・・・とあります (ka は 1000 年前の意味)。横軸は太平洋岸の地理で、仙台平野、石巻、気仙沼、宮古市田老、下北、噴火湾、日高の沿岸、十勝、釧路、根室です。

この表をみると、2011 年の東北地方太平洋沖地震による津波堆積物は、仙台平野から根室までの太平洋岸のほぼ全域で見出されています。2003 年の十勝沖 M8.0 では十勝から根室にしか津波が来ていません。1952 年の地震の津波もほぼ同様です。太平洋岸全体への津波は、17 世紀の M9 クラスと貞観地震 869 年などで、この時は日高や北海道一部を除いてほとんど太平洋岸に到達しています。

(3) 日本海溝、千島海溝の巨大地震・津波

これから何を導き出すかということですが、千島海溝で発生した十勝沖地震 (M8～8.2) も巨大地震ですが、その津波高は約 3～4m、範囲はせいぜい 200～300km です。一方、日本海溝で発生した明治三陸 (M8.3)、昭和三陸地震 (M8.1) は三陸地方北部が震源ですが、300～400km の範囲で、しかも相当高いところまで津波が行っており、最高 38m が記録されています。明治三陸津波では 22000 人くらいが亡くなっています。

つまり 2011 年東北地方太平洋沖地震、あるいは

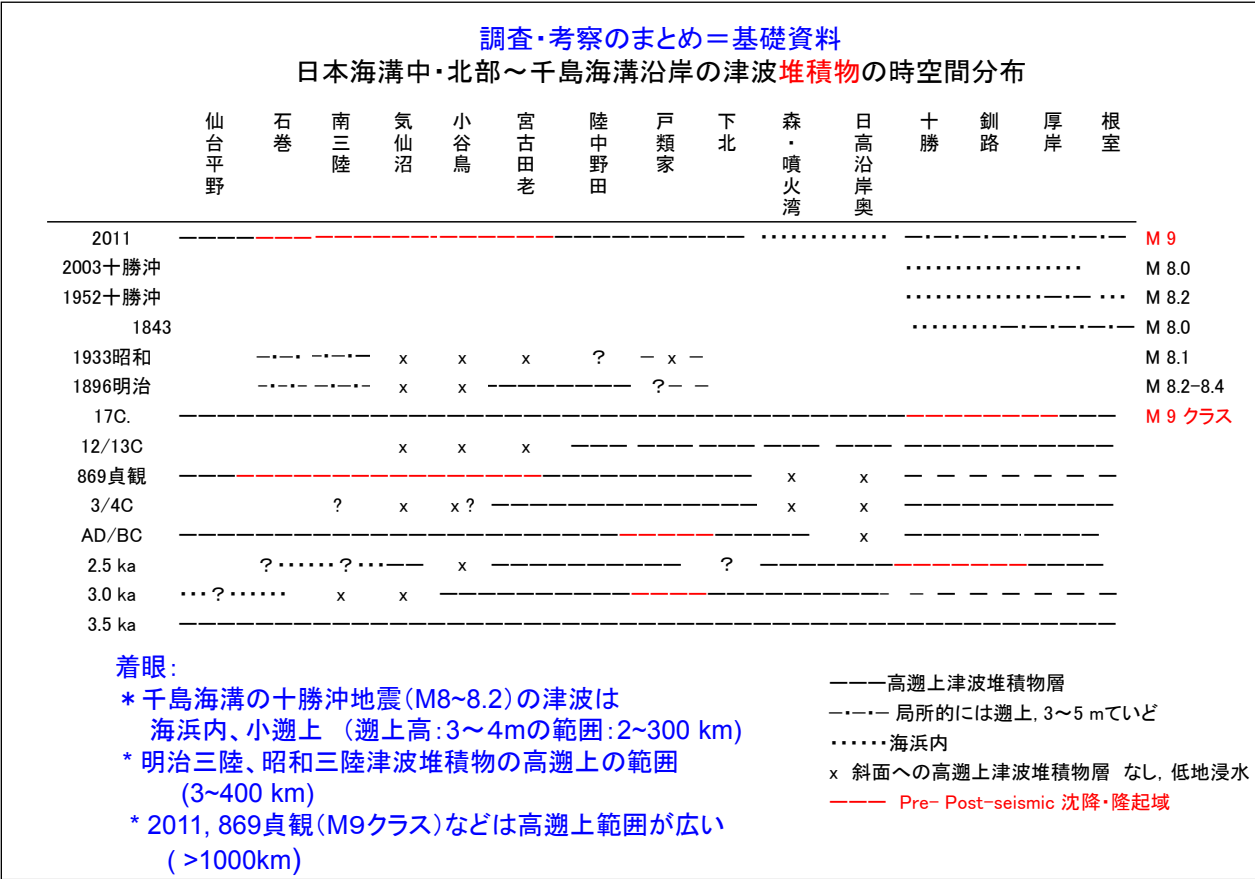


図4 日本海溝中・北部～千島海溝沿岸の津波堆積物の時空間分布 調査結果

869年貞観地震などのM9クラスだと1000km以上にわたり津波が発生し、M8.3~8.5くらいの地震では300~400km。M8~8.2くらいの地震では200~300kmという分析が、極めて重要なこととなります。



図5 日本海溝、千島海溝の巨大地震、津波

(4) 津波堆積物から導いた超巨大津波の震源域・波源域

1) 常磐一陸前-陸中沖

このエリアでは、2011年東北地方太平洋沖地震で津波が発生しています。さらに、869年の貞観地震、さらに、紀元前後、1100年前、その前は3500年頃のほとんど1000年ごとに四つの地震があり、これは信じてもいいと思います。すなわち、超巨大津波が起こるスーパーサイクルがあります。

2) 陸中一陸奥(下北)沖

このエリアで超巨大津波が起こったのは12~13世紀、その前はAD/BC、さらにその前には3000年

くらい前に発生しています。ここもほとんど1000年前後の間隔で、超巨大津波が発生しています。

3) 襟裳一十勝-根室沖

このエリアでは、17世紀、1611年慶長地震、3~4世紀ごろ、その前は2500年前など、1200~1300年間隔となっています。

このように、日本海溝中・北部から千島海溝沿岸では、少なくとも三つの地震、巨大な津波を起こすエリアがあって、それぞれが1000年前後くらいごとに津波を起こしています。こういうことが津波堆積物をやるとわかってきます。津波堆積物しか教えてくれません。

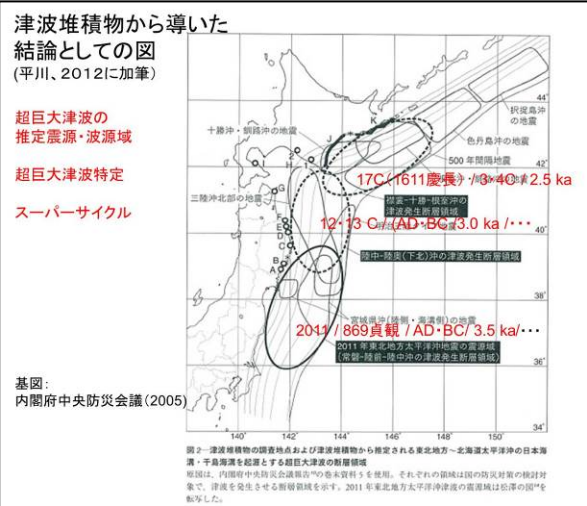


図6 津波堆積物から導いた結論としての図

(5) 津波堆積物とは：気仙沼の露頭の写真とスケッチ

津波堆積物の写真とスケッチを見て頂きます。

気仙沼の市街地の南の、リアス式海岸に小さな“でべそ”みたいな半島があり、ここは川などが絶対に影響しない余計な条件を排除できる場所があります。図7はその気仙沼の波に洗われて出てきた過去4000年間くらいの津波堆積物です。これをスイスアーミーナイフで徹底的に削り出し、5分の1の縮尺で3日くらいデント張ってスケッチします（図8）。

このスケッチには、何か書いてあります。9世紀中葉の須恵器がここに入っている、AD/BC から2200年前の土器のかけらがあるなど、日本の考古屋は一瞬見ただけでわかのです。その結果ここにどういいう津波の痕跡があるか、要するに津波堆積物があるかという、1~5、さらに5'、6と6枚~7枚があります。

ここには、神様がいたと言いたいくらい「時計」がこの地層の中に埋めこまれています。915年という時計が埋まっており、これは十和田湖が大きな噴

火をした時で、ここまで噴火物が吹き飛んできました。それから、9世紀中葉の須恵器という時計が埋まっていました。さらに、十和田湖の一番大きなカルデラができたのが6300年前というのがわかります。

時計のない地層は年代測定法で判定すると、2011年の下に慶長1611年、貞観869年、AD/BC ごろの2000年前、2400~2500年前、3500年前、4900年前、6500年前と、こういう年代をほぼ決めることができます。東北地方太平洋沖地震は、貞観地震以来1000年ぶりに来た地震・津波と言いましたが、慶長三陸（1611）津波から400年しかたっていないことになります。実は慶長三陸（1611）津波は北海道から来たものです。つまり、津波は北海道からも来るし、チリ地震津波も東北に来て20mも上がるわけです。

気仙沼で判明した、巨大津波のスーパーサイクルが、図9です。そのうち青字の地震は、よそ者、津波だけが来た。足下で地震が起こった津波ではないものです。この表から、この時点では見いだされなかった地震・津波がいろいろ想定され、事後に発見されているものもあります。



図7 津波堆積物から導いた結論としての図

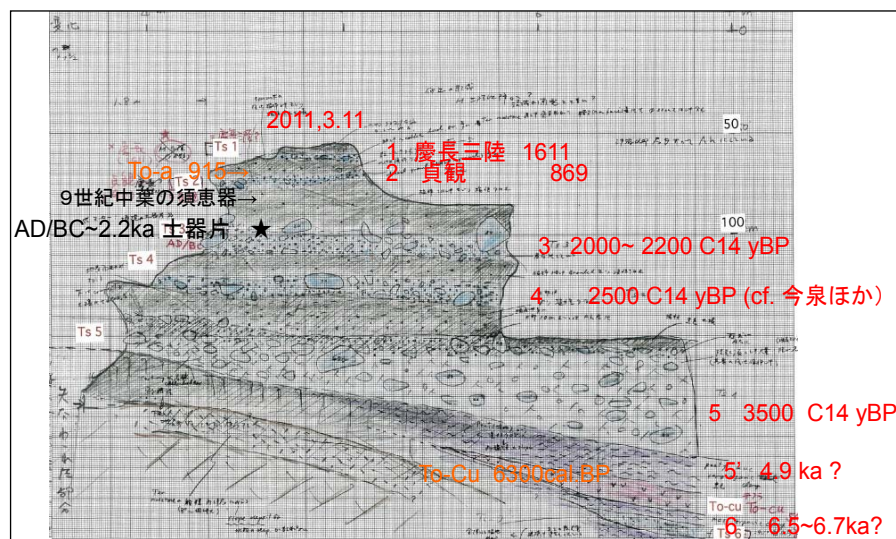


図8 気仙沼古津波堆積物スケッチ（部分）

気仙沼の津波堆積物と再来間隔			
“時計”	津波堆積物と年代	再来間隔	
	2011,3.11	2011/Ts1: 400 ys	
To-a 915	Ts1 (慶長1611)	2011/Ts2: >1100	
	Ts2 (貞観869)		
須恵器	Ts3 2000 + yBP	Ts3/Ts2: 1000 -	
弥生土器	Ts4 2400~2500 ?	Ts4/Ts3: 4~500? (cf 今泉ほか)	Ts4 は慶長型?
	Ts5 3500 yBP	Ts5/Ts3: >1300	
	Ts5' 4900 yBP	Ts5'/Ts5: 1400	
To-Cu 6.3 ka	Ts6 6500	Ts5'/Ts6: 1500	
* 7層/6500年間			
* 869貞観の再来と“1000 年来”の意味・解説			
異なる波源域の津波を記録: 2011,3.11, 869貞観タイプ			
1611慶長三陸タイプ			

図9 気仙沼の津波堆積物と再来間隔

(6) 日本各地での古津波堆積物の調査

私はいろんなところで憑かれたように調査をしました。順番からいえば北海道でもう 20 年くらい調査し、定年という時に東北地方太平洋沖地震が起ってしまった、引っ張り出されました。

1) 山田町・小谷島

山田町・小谷島は気仙沼から北に 75km のところ です。漁港から陸に約 300m 上がった標高は 1~2m しかなく、20m 以上の丘が低いところに下りてくる、山の裾、丘の裾です。はじめに、斜面の津波堆積物をみると、2011 年、慶長の 1611 年、貞観の 869、AD/BC、3000 年~3500 年前の値があります。そうすると、約 4000 年間に 5 層あり、1000 年弱のサイクルとなります。一方、低地の津波堆積物をみると、ここは 5000 年間くらいで 14 層もあります。本当に隣り合わせです。しかも海岸からいうと低地の方が斜面より 300m くらい奥にあります。

2) 宮古市田老

宮古市田老は気仙沼から北 110km にありますが、明治三陸、慶長 1611 年、貞観 869 年、3~4 世紀も出てきました。さらに紀元前後、2500 年、3500 年と思われる時計がでています。

3) 野田村

野田村は、気仙沼から北へさらに 145km の新幹線から降りて日本で一番遠い村です。ここでは、明治三陸、慶長、12~13 世紀、貞観 869 年、3~4 世紀、AD/BC、2500 年・・・とあるほか、6300 年前に十和田湖のカルデラが大噴火した時計が埋まっています。これを単純平均すると 350 年に一回の間隔で、過去 6000 数百年間ずっと着実に来ています。これは地球がやっていることだと言わざるを得ません。

4) 岩手・青森県境、戸類家

ここは崖地で、3500 年くらい前の超巨大地震で海岸が陸上に持ち上がったところですが、ここでは多分、慶長、12~13 世紀、貞観、3~4 世紀と、ほとんどの時計があるほか、新しい B-Tm947 年という時計が埋め込まれていました。B-Tm は、北朝鮮、中国国境にある白頭山の大噴火した噴石です。

(7) 古津波調査の(私的、経験的) プリンシプル

私の経験的な津波調査のプリンシプルは、津波は高いところまで海水が遡上するから、そういう高いところで調査した方がよく、低いところでは何が入ってもわからないということです。ふだんは小さな雑木林の黒い土壌ができるようなところ、津波と津波の時間的間隔に大きな変化は起きないところをねらって調査しています。

(8) 北海道太平洋沿岸で始めた調査

一方、小さい津波も津波であり、全部の津波履歴を見るためには、大小の津波を組み合わせる調査することが大事です。

古津波調査の(私的、経験的) プリンシプル

・津波は高所まで海水が遡上する現象だから

- 1 海岸の急崖・斜面、小規模な谷の奥などの地形環境
- 2 ゆっくりと、いつも土壌ができていく土壌形成環境
(津波間の現象、変化が安定していること)

巨大津波だけが達し得る高さ、地形:超巨大津波の認定に有効
(低地や沿岸湖沼では台風、高潮、河川洪水の影響を排除できない)

しかし、
小規模津波を含めてすべての古津波履歴を
検討し、浸水域の正確な予測のためには、
低地の調査を組み合わせることは必要:

図10 古津波調査の(私的、経験的) プリンシプル

1) 十勝海岸

私は 1998 年には北海道十勝海岸で始めていました。ここは崖が 30m あり、ちょっと行くと 25m、低いと 20m、10m、5m と選び放題です。そこへ行って、5m の上には津波堆積物があり、10m でもあり、15m でもありましたが、20m 以上はもう絶対ないということは、15m まで少なくとも上がったということになります。実は十勝海岸は、修士論文、博士論文以来の古戦場です。

2) 根室半島先端部

根室半島の先端は、ふだんは湿地で泥炭がたまっていくような、有機物がたまっていくようなところですが、時々かなり規則的に海の砂が入ってきます。これを全部調べると、過去 6500 年間くらいの津波の痕跡がわかります。2800 年以前が 9 層、2800 年前~1000 年前くらいで 7 層、1000 年前までに 2 層の全部で 18 層あるということがわかります。根室半島ではそれだけあるわけです。

3) 十勝川の河口部

十勝川の河口部では海岸線から上流に向かって、湿地のところも含めて数十 m~100m くらいに 6 か所の調査を実施しています。ここでは、農地開発のために水を抜いており、2m くらい縦横無尽に水抜き溝があり、この溝で調査しました。するといくつかの時計が埋まっています。樽前火山が 1739 年と 1667 年の時計を埋めてくれました。さらに白頭山から飛んできた 947 年の時計もありました。もっと前に樽前火山は 2800 年前にも時計をここに埋めました。

根室半島では 18 回の津波がありましたが、十勝川では全部調べると 15 回あります。過去 6300 年間で年代を調べると、測ったようにほぼ 400 年間置きに過去 6000 年間来続けているということがわかり

ます。

4) 北海道～東北の津波堆積物から導いた結論(平川、2012)

太平洋沿岸の各地での古津波堆積物の調査結果に基づいて、多様なモデルが想定され、その結果、図 11 のような、三つの津波・地震を起こす領域があると想定することが、津波堆積物で説明がつかます。この想定から、それぞれの地震を起こした領域で大体 1000 年ごとのスーパーサイクルがあるということがわかっています。

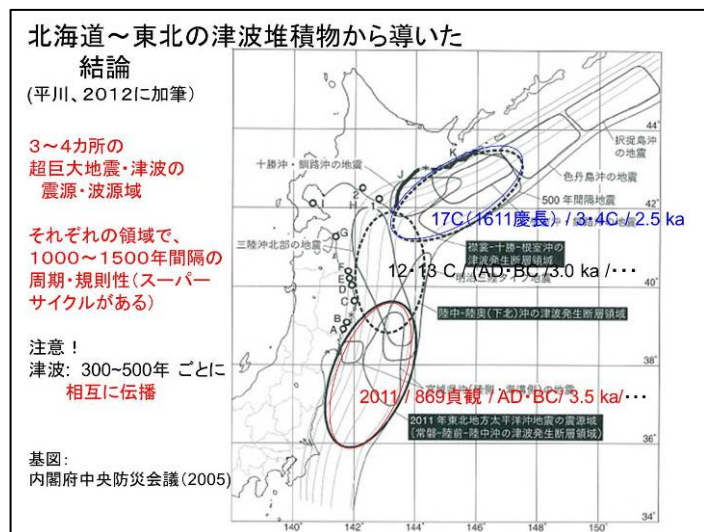


図 11 北海道～東北の津波堆積物から導いた結論

もちろん注意しなくてはいけないこととして、北海道の太平洋沿岸の超巨大津波は確かに 500 年間隔津波です。だけど、500 年間隔地震はないのです。地震は遠くで発生しています。三陸沿岸にも超巨大津波は 300～350 年間隔で絶対ありますが、地震は 350 年間隔地震ではなく、やはり 1000 年地震という整理がつくということです。

ただし、要注意！

北海道太平洋沿岸の超巨大津波
“500年間隔津波”は津波堆積物として存在
しかし“500年間隔地震”ではない“

三陸沿岸の超巨大津波
”300～350年間隔津波“
”350年間隔地震“ではない

図 12 要注意事項

3. もうひとつの現代的課題

(1) 地形(改変)と津波の挙動

津波災害には、もう一つの現代的な問題がありま

す。図 13 は宮古市田老の被災状況です。左側の写真の中央にあるのが、田老の有名なスーパー堤防で、堤防上の道路は軽四だったらすれ違いができるくらいすごい構造物です。宮古市田老は明治の三陸津波で住民の 82%が、1933 年の昭和三陸では 42%の人が亡くなりました。そこで、村の人たちは万里の長城とも呼ばれる防潮堤を作ったわけです。

東北地方太平洋沖地震の津波の直後の光景では、この防潮堤の左側の家は、屋根もみんなきれいに残っていますが、逆に右側の地区は、ほとんどさら地になっています。右側は津波の前は家がびっしり建っていました。どうしてこういうことが起こったのか。

宮古市田老は高度成長期に、スーパー堤防の外側に漁港ができて、漁港周辺が市街化しました。この新市街地は、右下の写真にあるように、45 度の法面を持つ巨大な堤防です。しかしながら、45 度の法面には、津波のエネルギーはぶつからずにすーっと越えます。

津波来襲時には、新しい堤防背後の新市街地には津波が入り、その背後のスーパー堤防で、旧来の市街地への津波の侵入を防ぎました。この点から、スーパー堤防は絶対意味があります。日本中どこでもそうですが、海岸浸食を防止するために、45 度の法面を持ったきれいな堤防・護岸が造られていますが、45 度の護岸壁は津波を導くように働いてしまうので、危ないともいえます。

もうひとつの現代的課題：地形(改変)と津波挙動：

宮古市田老
スーパー堤防
近年の防潮堤



図 13 もうひとつの現代的課題：地形(改変)と津波挙動

(2) 石巻市立 大川小学校の悲劇

全校生徒 108 名のうち 74 名が津波にのみ込まれた大川小学校の悲劇があります。海岸から 4-5km 内陸にあり、津波がやっと届くところです。裏山に逃げるべきか、教員が 40 分間議論している間に津波が来て大勢の生徒が亡くなりました。先生も大分亡くなりました。

この大川小学校の立地点は、明治から昭和9年にかけて流路変更した北上川の以前の流路が近接し、さらに縄文時代、6000年くらい前までは海域であった低地です。先生方や教育委員会はそういうことを知らない、しかもこの小学校が地域の指定避難場所でした。つまり土地条件について、無理解、無頓着、無関心が大川小学校の悲劇を導いてしまいました。

(3)次の超大地震は？“倍半分”を意識せよ

津波堆積物に基づく超巨大津波の推定震源域・波源域の3つのエリアでは、①常磐―陸前―陸中沖：2011、869 貞観、AD.BC、3.5ka。②陸中―陸奥（下北）沖：12.13C、AD.BC、3.0ka ③襟裳―十勝―根室沖：17世紀（1611 貞観）、3・4C、2.5 ka。というように、およそ1000年間隔で津波が来襲しています。

しかしながら、“倍半分”というのは覚えておいてください。内閣府の委員会や学会でもそうですが、津波は倍半分で、30年間の予測で15年目に被災、5mしか計算上出ないけども、実は10mまでいくという感覚を持つことが大事です。地震は1000年に一回なので、500年消費したところで、あと500年は大丈夫ということではなく、倍半分ですから、500年たったらもう半分過ぎており来てもおかしくない。ということなのです。

4. ここまでの要点

2011年3.11の津波に準ずる超巨大津波による過去の津波堆積物は、三陸沿岸、北海道太平洋沿岸各地に残っています。調査地点ごとの調査結果からは、災害間隔は自然現象としては規則性があり、500年間隔で津波はあります。津波の波源あるいは震源は三つか、日本海溝に二つといえ、さらに北の北千島、カムチャツカへも多分延びていくでしょう。

しかしながら、500年間隔地震ではないよということです。津波は相互に伝播・高遡上・高浸水しており、この見方を絶対にとらなくてはいけません。そして、スーパーサイクルはありそうだということです。

ここまでの要点

- ・ 2011.3.11津波に準ずる超巨大津波による過去の津波堆積物は三陸沿岸～北海道太平洋沿岸各地に残されている。
- ・ 要所ごとの津波の再来間隔（単純平均）は350～500年+-、自然現象としては規則性がある。“500年間隔津波”はある
- ・ 津波の波源（震源）域は3つ+か（日本海溝にふたつ）？さらに北方へも（北千島～カムチャツカ）”500年間隔地震”ではないつまり、
- ・ 津波は相互に伝播・高遡上・広浸水した（この観点が必要）
- ・ スーパーサイクル：各地震領域でM9クラス地震が1000～1500年のサイクルで
#津波堆積物：数千年間の超巨大津波＝超巨大地震を検出できる唯一の手段
もうひとつ
- ・ 沿岸の人工地形改変は津波の挙動を変える

図14 ここまでの要点

津波堆積物は数千年間の超巨大津波・地震を検出できる今のところ唯一の手段です。もう一つ、沿岸の人工地形改変は津波の挙動を変えてしまうということです。

5. 4月27日のネパール地震について

平成27年4月25日にネパールでM7.8の地震があり、多分1万人は亡くなっているだろうと思います。ネパールは、背後のヒマラヤ山脈を盛り上げている、インド・オーストラリアプレートの境界に位置しており、1803年、1500年代、1100年代にM8以上や7.5～8くらいの地震が頻発しています。さらに、カトマンズ盆地というのは地盤が軟らかく、泥の上の大都市です。7000年前までは湖で、その湖が干上がった後、広い湖の底だった泥のところ为首都になったわけです。従って、液状化は相当のものです。

さらに、煉瓦づくりの建物が多く、その煉瓦も日干し煉瓦です。もちろん耐震建築、基礎は何もないです。地震に弱い、備えがない。そういうことがネパールの地震から考えられます。

6. マグニチュードと震度

マグニチュードと震度は別物です。震度というのは、日本の震度と海外の震度は違うので一概に比べられません。東北地方太平洋沖地震は震度6強、M9です。一方、阪神淡路大震災はM7.2でしたが、瞬間にすごい揺れが来て、高速道路がぱたっと倒れました。このように、マグニチュードと震度というのは、マグニチュードが大きければすごいというわけではありません。

マグニチュードは0.2大きいとエネルギーが2倍大きく出ますので、M7とM8の地震は出しているエネルギーは32倍違うことになります。つまり32個一遍にM7の地震を起こさせるとM8の地震がようやく賄えるわけです。一方では、M9よりもM7のほうが直下型であつたら激震ということも当然あり得るということです。

それでは、超巨大地震はどう判断するのかというと、地震の大きさ（マグニチュード）は秒速2kmで地殻の破壊が進行することで、例えばスマトラ地震のM9.2のような大きい地震の場合、600秒（10分間）地殻が割れ続ける、1200kmの長さにわたって破壊されます。

一方で、東北地方太平洋沖地震は4分揺れました。これだけ揺れるとM9です。明治の中ごろ起こった明治濃尾地震というのはM8で、約1分、100kmくらい地表面に断層が現れるような地震でした。その

振動が 10～20 秒だったら断層の長さは 10～20km だから M7 で、阪神淡路大震災クラスです。三河地震が M6.4 ですから、せいぜい 10 秒です。つまり、東三河地域で、揺れている時間の長さで 1 分待ったら何かが起きると感じ、2、3 分たったら間違いなく南海トラフが来ているといえます。

7. 伊勢・志摩の古津波堆積物から南海トラフの津波履歴・巨大地震を読み解く

(1) 調査の試み

伊勢志摩の津波堆積物から南海トラフの津波履歴、巨大地震を読み解く試みを、2 年くらい前から始めています。南海トラフでは、1000 年ごろの永長・康和、1605 年慶長、1707 年宝永、1854 年安政、昭和三陸、昭和東南海 1944&46 が主な地震履歴になります。

そして、四国から紀伊半島の範囲が地震を起こすと南海地震、紀伊半島付近から渥美半島沖当たりが東南海地震、駿河湾の奥に入っていく範囲が東海地震の領域になります。

南海トラフでは、西暦 684 年の飛鳥時代の白鳳地震から記載されたものがあります。基本的に 200 年や 100 年くらいの間隔で確実に地震は来るけれども、津波はどうかというと、これはまだわかっていません。

東三河では 1944 年、終戦前に東南海地震があり、2 年後に南海地震がありました。これらは同じ地震と言ったりしていますが、津波は 2 年後と同じとはいきませんので、津波についてはそれぞれ考えなくてははいけません。

1854 年安政地震は巨大で、その前の 1707 年宝永地震は超巨大と言われています。けれども、東三河については 1854 年の安政地震の方が多分大きいです。そして、現在はこれらの地震から、すでに 160

図 15 くり返してきた東海地震、東南海地震、南海地震年たっています。過去 1400 年の流れをみると、巨大地震から既に 160 年を経た現在、“倍半分”を考えたらこれは大変なことです。

(2) 南海トラフ地震・津波の三つの課題

南海トラフの地震・津波には三つの課題があります。①超巨大、本当に超巨大と言われる津波・地震あったのかどうか。あったとすればいつなのか。再来間隔はどのくらいなのか。規則性は本当にあるのか。②歴史時代の巨大地震から対応はできてるのか、とれるのか。③超巨大地震が起こったら東三河はどうなるのか。

さて、最近 10 年間に、我が国周辺のプレート境界で発生した M4 以上の震源地の分布図(図 16)をみると、この 10 年間で紀伊半島から九州の四国沖までを除くと日本全国で地震が起こっていますが、紀伊半島から九州の四国沖までは空白で、それで慌てています。変な時期に、私達は生きていると思ったほうがよいです。

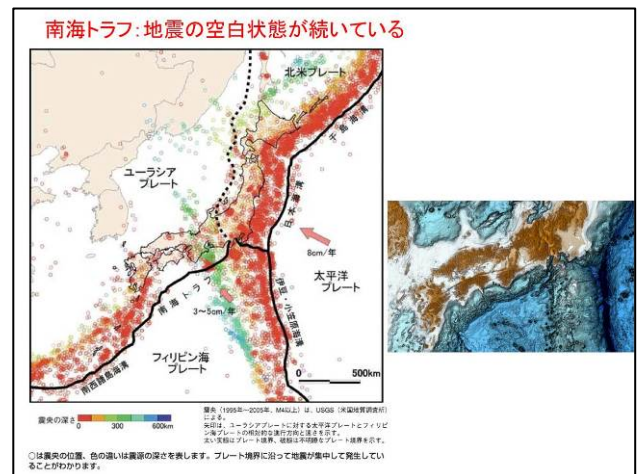


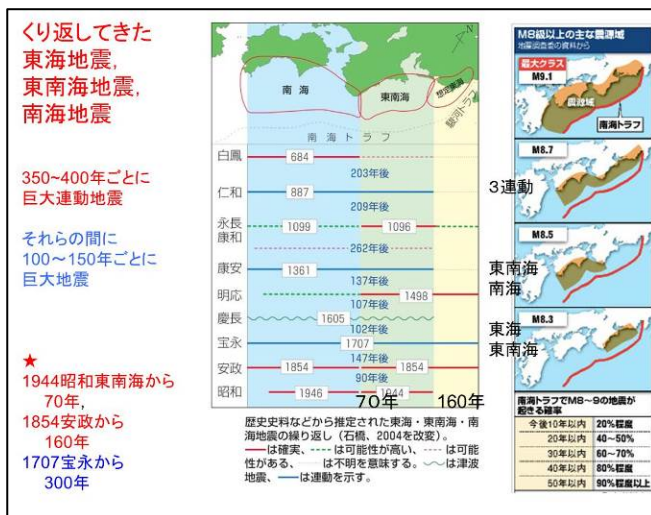
図 16 南海トラフ：地震の空白状態が続いている

(3) 南海トラフ地震の想定震度

内閣府の南海トラフを震源とする地震の想定は、東北地方太平洋沖地震以降、震源域がさらにトラフ深部に拡大し、想定震度も M8.7 レベルから M9.1 に強くなりました。この地震による渥美半島や豊橋地区の震度は、この 2 種類の想定のいずれでも、震度 6 強以上と想定されています。過去最大地震モデルと理論上最大モデルを内閣府の検討委員会では想定していますが、可能性の高いのは、歴史的な前例の多い前者であろうと考えています。

(4) 液状化による被災

こういう地震が起きると、豊橋市では当然液状化が起きると想定されています。豊橋市の被災想定図によれば、市内の低地ではどこでも液状化が多分起きるでしょう。豊橋港、大崎の埋立地にはフォルク



スワーゲンやトピー工業など重要産業が立地しています。

豊橋市の液状化可能性の想定は、250m ごとの方形の区域を想定し、深さ 20m くらいのボーリング調査結果に基づき、地盤が石でできているか、砂でできているか、泥でできているかを条件とした推計計算の結果です。250m 四方を 1 点で代表させるわけですから、誤差があるということを認識する必要があります。

液状化というと、1964 年の新潟地震 (M7.8) がありますが、東京オリンピックの年の 6 月でした。ほんの 20 秒程度の揺れですが、図 17 のようなことが起きました。液状化は、新潟地震を契機に注目されることになりましたが、それまでも間違いなく発生していますが、話題にならなかったのです。それは高度成長期以前でインフラがなかったからと想像されます。

もう一つ新潟地震の液状化では、5、6 階建ての鉄筋コンクリートのアパートがひっくり返ったのを記憶している方は多いと思います。あのアパートは、ガラス一枚も割れずにひっくり返りました。液状化というのは足下をすくわれて、地表の構造物が横倒しになるのです。

東北地方太平洋沖地震のときには 300km、400km 離れた東京湾沿岸の千葉や東京の埋立地で液状化が発生し、どろどろで動きがとれませんでした。阪神淡路大震災は、せいぜい 20 秒間の揺れでしたが、神戸港のポートアイランドは液状化で、神戸港は長い間、機能不全に陥りました。言いたいことは、東三河でも巨大地震が起これば、三河港でも液状化による惨状を呈することになるということです。



図 17 液状化：1964 年新潟地震で初めて注目された

(5) 土地の人工改変・埋め立て造成

土地の人工改変の状況は、過去の地図との比較で相当わかります。明治 23 年の地形図との比較でも、

いろいろ状況把握はできますが、もっと古くは、1700 年代の終わりごろ、伊能忠敬がつくった地図があります。これは海岸線について正確で今の地形図とほとんど狂ってないということがわかっています。

三河港では、海浜部にある砂州の上に、海軍の飛行場をつくっています。こういう石ころと泥の差は被災状況に見事に出てくるに違いありません。

揺れにももちろん反映します。だからこの三河港のレベルで液状化、震動予測を 10m メッシュでつくらないと対策をやったことになりません。



図 18 1800 年ごろの海岸線+現海岸線

田原市のホームページをみると、田原市はすごくよく対策をやっていると感じました。市中心部や福江の辺りはほとんど浸かります。一番の問題は、太平洋岸沿いの日出・堀切の集落にあります。ここは津波が 10 分、15 分で到達し、地表は低いためもろに集落を襲います。また赤羽根港は、大きな漁港が掘り込んでつくっていますが、これは津波がくるつもりでいないと大変です。

過去の 1400 年代からどういう津波がどれくらい入ったかというのは、東三河地域防災研究協議会が発行し、東三河地域研究センターがまとめ役をした「愛知県東三河地域における地震による津波の歴史」というパンフレットができています。非常にいいデータで、豊橋市役所で入手できます。

東三河の自然の海岸のいたるところで造成が行われ、海岸線が変更されています。ここで津波がどう振る舞うかはだれもわかりません。しかしながら、伊能忠敬が地図をつくったときの海岸線の状況で考え、現在の海岸線は人工構造物も含めて載せてあると理解することが必要です。

(6) 地形の人工的な改変が、大被害につながる事例

気仙沼の大正時代の地形図を見ると、気仙沼のまちは、リアスの海岸に入ってきて一番奥にあります。丘の上の狭いところに数戸ないし数十戸が軒々と集落をつくっていたというのが本来の気仙沼で、周辺の低地は田んぼでだれも住んでいません。

その後の高度成長期に、港が整備され、1995年の地図をみると、ほとんど田んぼも何もありません。気仙沼は東北随一の漁港ですから、波止場、漁業の埠頭が見事にでき、水産加工業の工場がいっぱいできています。

東北地方太平洋沖地震の津波の範囲をみると、以前だったらだれ一人住んでいない水田地帯、つまり高度成長期後の市街化の区域が被害を受けています。一方、古い商店街には津波は届いていません。

このように、人間の生き方と津波の関係は、津波が大きっただけではなく、どういうふうに我々は生活の舞台を移してきたかということで決まります。単にここに漁港として整備したのはけしからん、あるいは水産加工場がこんなところに来るからいかんとは言えないことです。それは時代の流れ、生活の場ということですが、ただこれを知っておくべきことです。

だからここでも明治の地形図、昭和の地形図、高度成長期の前の地形図と、現在の地形図をよく見比べることが大事だと思います。

(7) 表浜の海岸

もう一つ、私が本当に危ないと思っているのは、表浜の海岸線です。条件が悪ければ、ここは大混乱になると思います。ここには、サーファーがいっぱいおり、ほとんど真冬でもいます。それから、ウミガメを観察している小中学生やいろんな人、あるいは近くに少年自然の家があるので小学生がキャンプしたり野外活動したりするので、浜へ下りて遊びます。

そのときに地震が来たらどうします。逃げますと言うかもしれませんが、表浜の崖は50mぐらいの泥と砂の崖です。起こった瞬間にすさまじい崖崩れが起きるでしょう。地震が来たら元の道に戻って逃げますとは言えないくらいがたがたになると思います。

図19 津波の進入を受けてきた渥美半島先端部付近の地形

(8) 田原の堀切地区：貝殻ボタ山

堀切は6mの標高です。日出の集落、中山さらに福江などで津波がもろに入ってきます。堀切の海岸部には、貝殻ボタ山というものが、今も残っています。ここの集落の人たちが多分学んできたのでしょうか、少しでも津波が来たら防潮できるように、ここにボタ山をつくりましょうと、貝殻ボタ山があります。覚えておくべき象徴と思います。

(9) 渡會家の記録

堀切には渡會家という古い農家があり、「前代未聞の事」という文書があります。これは、明治の直前の1854年安政の津波でひどい目に遭ったので、税金免除してほしいという嘆願書です。この津波では、堀切村の93家の母屋・居宅を含む287棟が流れて、死者9人、牛馬7匹、地引き網、漁船、みんな流出して、田畑一円に土砂が流入し、すごい被害が発生し、これは税金免除してもらわなければならないということを書き記したものです。一方、1707年の宝永津波についても記録があります。宝永地震は、安政の地震よりもずっと大きかったのですが、渥美半島の津波に関しては、安政地震津波が宝永地震よりもずっと大きかったと思われます。だから必ずしも三連動よりも二連動だから小さいということではありません。いかに足下の近いところで大きな地震が起きるかということです。

こうした中、田原市の防災対策では、堀切小学校は高台に移転しようというのがもう決まっています。田原市の防災対策はよくできており、どこに何の問題があり、どういう対策をとるかができています。

(10) 伊勢・志摩から熊野で11地点・16露頭の調査

それで、もう一つの課題、歴史時代の巨大津波と津波堆積物は果たして対応するのかですが、これは私のホームグラウンドですので、伊勢・志摩から熊野で11地点・16露頭でことごとく古津波堆積物を記載しました。

1) 紀伊半島の長島の近くでの調査結果

紀伊長島のすぐ近くの崖を這い上ったところには、弥生式土器が見事に埋まって破壊されていません。これは2200年前のもので、その結果、2200年前には二層、2200年後に一つか二つ層の計四層の時計があると思います。

2) 志摩市田曾岬での調査結果

この田曾岬は、過去6000年間、ほとんど地形の変化が起きておらず、津波が来たらそこに確実に残される可能性が高いようなところなんです。ここでは、5～6世紀684白鳳と思われる時計があり、一番上にある安政か宝永かわからない時計のと、もう一つ下に紀元前の津波堆積物が1層あります。



3) 安乗崎での調査結果

安乗崎という標高の非常に高いところですが、BC300、2400～2200 年前、8 世紀・9 世紀、その上に宝永地震と思われる時計があります。とんでもないところには4層しかないということが分かります。

4) 熊野市浜堤

ここは標高 12m で、新熊野風土記にも取り上げられている場所です。ここでは 4000 年前頃、2200～2400 年頃、白鳳 684 年のほか、その後いくつかありますが、大きな時計は、やはりこうかなといういろんな証拠がありました。

5) 城ノ崎・トンボロの小島

城ノ崎のトンボロの小島は、伊勢に近く、現在は港につながっていますが、小さな岩礁みたいな 10m くらいの岩山がありました。ここには、6 層～7 層の津波堆積物があります。江戸時代くらいの常滑焼きのかけらが津波に運ばれてきて混じっています。

6) 鎧崎・国崎神社

鎧崎は、標高 15m ぐらいの伊勢に干し鮑を奉納するような由緒ある国崎神社があるところです。ここには約 23m まで安政の津波は来たということが分かっています。ここでは、製塩土器、須恵器が入っており、少なくとも7つの津波が運んだ石ころが見事に見えます。普段はざらざらと岩片が落ちてくるようなところに、海の丸い石ころが入ってきます。そうすると、製塩土器(13～14 世紀前半)や須恵器の対比から、宝永、明応、永長、白鳳、AD/BC という時計が見えてきます。

7) 紀伊長島、菅島

紀伊長島の近くでも同様に見事に時計が入ってきます。宝永か安政か明応かのいずれかのもの、永長のもの、年代が 680 年くらいの白鳳のものなどがあり、伊勢湾の入り口の菅島はこういうのがこう出てきます。

(11) 南海トラフの津波堆積物—まとめ—

一言で言うと、「ようわからん」ということです。津波堆積物は 5、6 層あって、対応しそうですが、超巨大津波の正確な同定はまだ困難と思います。6000 年間で四つか五つくらいの時計がどうもありそうという意見が多いけれども、まだわかりません。つまり、スーパーサイクルがあるのか、その検出は可能か、M9 クラスの地震は発生したのかはすべて未解明です。

南海トラフの津波堆積物—まとめ—: “ようわからん”

1. 歴史地震との対応

白鳳684以降の津波堆積物は5～6層くらい広く保存
正確な同定はまだ困難、

2. 超巨大津波検出は可能か?、いくつあるか?

4～5個/6000年間か?

* 白鳳684,宝永1707は超巨大だったか?

* 超巨大は弥生期以前に二回(2層)か?

(スーパー)サイクルはあるか?その検出は可能か?

M9クラス地震は発生したか? **すべて未解明!**

3. 東三河地方の自然、変貌を認識し、被害想定を熟慮しておく あとだしの“想定外”を言わないために!

図 20 南海トラフの津波堆積物 - まとめ -

8. まとめ

私の津波堆積物の調査研究方法によれば、北海道では、数百年～1000 年間隔で超巨大津波が発生し相互にひろく伝播・到達し、3～4 の波源域でそれぞれ 1000 年程度の巨大地震のスーパーサイクルがはっきりでています。一方、南海トラフというのはいろいろ見てきたけども、どうも本当にあるのか、ほとんどまだわかっていない状況です。さっき言いましたように、日本海東縁では M7.8 でも巨大津波が来ています。だから、30m の津波を食らった人にとっては、何百 km にもわたってすごい津波が来ようが、一点で来ようが同じで、覚えておかななくては いけません。少し議論すれば、「ただし」というのはいくらでも話是可以すると思います。

我々は 1000 年に一度の、本当に 1000 年に一度の自然のイベントに遭遇しました。少なくとも私の責務は、1000 年後にも使用に堪えられる 2011 年 3 月 11 日津波堆積物の正確な記載を残さないといけないと思っています。

ま と め

わたしの津波堆積物の調査・研究

十勝～根室の17世紀500年間隔津波から始まり、

2011.3.11以降三陸を観てきた。さらに日本海東縁、南海トラフへ・・・

北海道～三陸全体を俯瞰すると、過去3500年間(6500年間)

* 数百年～1000年間隔で超巨大津波が発生し、相互にひろく伝播・到達

* 3～4つの波源域・それぞれ1000年程度の巨大地震スーパーサイクル
(超巨大地震は1000年、津波は各地点で数百年間隔)

南海トラフ(伊勢・志摩～紀伊):(超)巨大津波の頻度・繰り返し間隔は?)

超巨大地震・津波(M9クラス)は本当にあるのか?ほとんどわかっていない。

注意! 日本海東縁の津波:M7.8の地震でも巨大津波

範囲は狭いが、局所的挙動(遡上)は変わらない。

★ 私たちは1000年に一度の自然のイベントに遭遇した。

責務: 1000年後にも使用に耐えられる 2011.3.11津波(堆積物)の正確な記録を残す!

図 21 まとめ