

## 日本の巨大地震と超巨大地震

東京大学地震研究所教授 島崎 邦彦



地震研究所の島崎です。これから1時間ほどお付き合いをお願いします。そのあとで、深尾先生から大変おもしろい話がありますので、それまでの時間、気楽に聞いていただければと思います。

まず、地震の話をしていただきますが、いろはの「い」の字から話をさせていただきますので、よくご存じの方は目をつむって聞いていただければと思います。

東京は大変地震の多いところで、地震の少ないところからいっしょだと大変驚かれます。地震学というのは実は、一つは地震を起こす源を調べる地震学と、それからもう一つは、地震の波を使って地球の中を調べる地震学との二つに分けられます。今日のお話も最初が前者、次が後者となっています。ですから、地球の中を調べる人は必ずしも地震を起こす源の近くにはいないわけで、地震の揺れに慣れている訳ではありません。たとえばイギリスの方などは、東京の付近で起こる地震の波を観測して地球の構造を調べる。実際に地震の波が最初に観測されたのは、日本付近で起きた地震がヨーロッパで捉えられたものです。というわけで、「地震の揺れを感じたい」と思って、日本へいっしょの地震学者もいるわけです。

話が脱線しましたが、東京では地震がよく起こるので、電車などに乗っていても「昨日の地震大きかったね」という話を耳にすることがあります。この場合の「地震」とは何かと考えますと、大きかったのはたぶん地震の

揺れだろうと思います。多くの方が日常使う地震という言葉は、多くの場合はそのような「揺れ」を指しています。ところが、私どものような研究者、地震学者は、多くの場合「地震」を「揺れ」の意味では使っていないで、むしろ、地震を起した源のことを指して言います。たとえば「地震のマグニチュード」のように使います。それで、一般の方と専門家の間でずれが生じるわけです。

それでは、地震の震源についてお話しましょう。昔、ナマズだと言われていました。そこで何が起きているかは、いまから40年ちょっと前、1960年代の半ばに当時東大の大学院生でいらした丸山先生が、それまでの論争の決着をつける論文を書かれました。震源で起こっていることは、非常に単純なことです。ちょっと暗いので、ここには何となく地下のイメージがありますが、地下に閉じ込められていると想像してください。皆さんは地下の岩盤にいっしょって、私も実は地下の岩盤にいて、両者の間に見えないカーテンが下がっていると思ってください。地震が起こるときに何が起こるかという、皆様の岩盤に対して私側の岩盤が、ちょうど人が歩くぐらいの速さでずれるのです。横にずれたので、これが横ずれの地震です。縦の方は、実演じぶらいので普通やりませんが、上下の方向にずれると縦ずれです。

ずれが起こるので、岩盤や地層などが断ち切られて、ずれてしまいます。ずれた地層は、地質学者が以前から「断層」と呼んでいまし

た。その言葉を借用して、地震の震源で起こる動きを「断層運動」と、言います。「見えないカーテン」は断層面です。

皆さんご記憶にあると思いますが、阪神・淡路大震災を起こした地震、その震源は、明石海峡の地下十何キロと言われています。しかし、実際に地震の波を出したところ、そういう意味での震源は、点ではなくて広がりを持っています。いま「見えないカーテン」と言いましたが、これが震源です。このカーテン（断層面）は、あの地震で言うと差し渡し40～50キロあって、深さ方向に十何キロあります。これを境にして、だいたい1～2メートルずれたという事件が、あの地震の震源で起こったことです。そのことによって「見えないカーテン」から波（地震波）が発生して、それが皆様の足元まで伝わっていくということになります。

ですから、神戸の人は、確かに明石海峡の地下十何キロのところを最初に壊れ、その波を最初に感じました。ですけれども、壊れた場所はだんだん神戸のほうに伝わってきます。これは、毎秒2キロ3キロとか、非常に速い速度で伝わってきます。そうして、神戸の直下がずれて発生した強い揺れが、神戸を大きく揺らしたわけです。広がりをもつ震源、震源域と呼ぶべきでしょうか、その中で最初に壊れた場所が、気象庁の発表する「震源」に他なりません。

いま差し渡しが40～50キロで深さ方向に十数キロと言いましたが、面積で言うと、たとえば対馬という島がありますが、あの島の面積にあたります。それぐらい広いところが1～2メートル横にずれたということになります。これがだいたいマグニチュード7という地震の震源の大きさ。ナマズの図体がそのぐらいあるということになります。正確に言うと、阪神・淡路大震災を起こした地震、兵庫県南部地震と呼ばれていますが、そのマグニチュードは7.3です。なお、地震は自然現象、震災は社会現象なので、両者を区別して、違う呼び方をします。

ここでマグニチュードという数字が出ましたが、皆さんご存じのように、震度とマグニチュードと二つの数字があって、混同されがちです。震度のほうは、揺れを感じると放送などで震度が発表されますので、割となじみがあると思います。震度は、揺れの大きさを示しています。一方、マグニチュードのほうは感じる事ができないので、なかなかなじみがないかと思えます。震源の大きさを示しているパラメーターだと思って下さい。マグニチュード7というのはだいたいナマズさんの大きさが一つの県に入るぐらい。兵庫県南部地震という言葉からわかるように、兵庫県の南部にナマズさんの図体がいっていた。震災はそれより一回り広いところで起こったということになります。

それで、マグニチュード8といいますが、それよりも一回り大きいので、複数の県にまたがるぐらいの大ナマズになります。日本の陸の場合ですと、明治24年の濃尾地震がマグニチュード8です。いわば地震学の幕開けをつくったような地震です。美濃と尾張、現在の岐阜県と愛知県をまたがるぐらいの、差し渡し80キロぐらいの断層ができました。美濃の濃と尾張の尾を取って濃尾地震と呼ばれています。

これは大変な地震で、濃尾平野が非常に大きな被害を受けて、「ギフナクナル」という電文が打たれたということを聞いていますが、たくさんの方が亡くなって、これが本当の身の終わりであったということになっています。これは実は、明治時代の新聞にそのまま書かれていたのですが、最近学んだところ、何とこの駄じゃれというか、「美濃尾張（身の終わり）」というのは、中世の旅日記で使われていた常套句だそうです。ですから、皆様は実は非常に長い文学の伝統にちらっと触れられたということになります。

余計な話はそれぐらいにしまして、地震国日本の話をしたいと思います。最初に、日本全体でどれくらい地震のリスクがあるかということをお話しして、それから巨大地震のお

話に移りたいと思います。

地震のお話をするときは、いつも皆様にアンケートに答えていただくことにしています。地震災害の特徴は何かというと、低頻度巨大災害ということです。ところが、低頻度巨大災害というのはなかなか実感としてわかりません。そこで、巨大のほうはちょっと置いておいて、身近な低頻度災害を考えてみましょう。実際に運が悪ければ、起こるような災害。皆様のおうちが火災に遭うという災害です。これはどのぐらいの低頻度なのか、皆さまに答えていただきます。これはあくまでも火災保険の対象となる火災についてです。皆様ご存じだと思いますが、地震のときの火災は火災保険の対象ではありません。お見舞金として1万円ぐらいもらえると聞いたことがあります。地震保険に入らないと地震のときの火災はカバーできません。もちろん、戦争のときの火災も同様ですので、それは除かせていただきます。

多くの方が火災保険というかたちでリスクに対処されている火災は、どのぐらいの低頻度なのだろうか。50年から100年に1回。いや、数百年に1回。いや、1,000年以上に1回なのかという3択の問題で、棄権はなしです。よろしいでしょうか。まず、Aの50年から100年に1回だと思われる方。ありがとうございます。自信を持って挙げていただきます(笑)。次は、数百年に1回だと思われる方。自信をお持ちですね。じゃあ、1,000年以上に1回だと思われ

る方。ありがとうございます。

答えは1,500年に1回です。これはボヤも含まれているようで、全焼1、半焼0.5などとするともっと長く3,000年ぐらいになるそうです。1,500年に1回というと、まさかそんなことはないだろうと皆さん思われますが、実際にお金を払われてリスクに対処されています。もちろんこれは消防力が大変よくなったということもあります。30年の発生確率で言うと2%です。なお、現在の消防力をもってしても、本当の大火になると消し止められないそうです。

ここで一つの物差しをつくりたいと思いますが、火災に遭う可能性よりも1けた上、30年で20%というのが交通事故で負傷する確率。逆に、30年で0.2%は交通事故で死亡する確率。あるいは火災で死傷する確率。けがをする方も含まれている。こんなものです。少ないようでも、やはり万一のことを考えるというのが皆様の生活ではないかと思います。地震調査委員会のほうで用意した図(図1)をお目にかけてみます。それ以外にもがんで亡くなるとか、空き巣だとか、最近では自殺が非常に多い

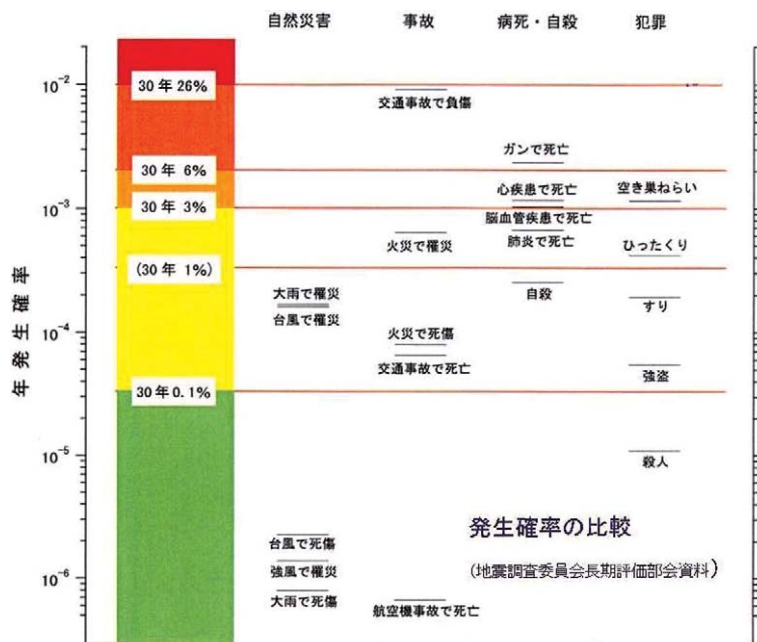


図 1

ようですが、いろいろあります。

さて、次は低頻度巨大災害、地震です。皆さん地震保険に入っていないらしいですよ。火災保険に入らないと地震保険には入れませんが、火災保険に入る方のうち地震保険にも入られる方は、全国平均で4割を少し上回る程度で、どちらかというに入っていない方が多いということになります。入っていない方になぜ入らないのかと聞きましょう。答えは高いからです。

私はローンで家を買ったことがあります、そのときには、火災保険は、20年だったか30年だったか忘れましたが、とにかくローンの期間中の保険料を一遍に払えと銀行に言われて払いました。ずいぶんお金がかかるものだと思いますが、地震保険はそのときはどちらでもいいという感じでした。実は、地震保険は5年までしか払えません。10年、20年なんかになると、すごい額になると思います。それから、地震保険は火災保険の半分までしかカバーできません。例えば2千万円の火災保険に入った時は、地震保険は1千万円までです。というわけで、相対的に額が少なくなるようにはなっていますが、同じ額に対する保険料で火災保険と地震保険を比べると、地震保険のほうがはるかに高いです。10倍とはいきませんが、結構高い、それで地震保険には加入していないという方がいらっしゃるのだろうと思います。

次の質問は単純な質問で、なぜ地震保険は高いかということですから……。答えは簡単ですね。火災のリスクよりも地震のリスクのほうが高いから、当然、地震の保険料は高いのです。それではなぜ火災保険に強制加入させられるのに、地震保険は加入しなくても良いのでしょうか。おそらく地震のリスクが正しく理解されていないのだと思います。皆さん火災のリスクのほうが高いと思われているから、火災は強制加入させますが地震はしない。私だったら地震は絶対強制加入させます。こちらのほうがリスクは高いのですから。

日本の建物がそれほど強くないことは、阪

神・淡路大震災で明らかになりました。特に昭和56年よりも前に建築された建物、いわゆる新しい耐震基準よりも前の旧の耐震基準によって建てられた建物が多く倒壊しました。実際に阪神・淡路大震災で即死された方はだいたい5,500人ですが、9割近くは圧死です。1割強が焼死であると言われていますが、本当の原因はわからない。焼けたお骨で出てくる場合もありますし、逃げたかったが潰れた家に閉じ込められたという大変な悲劇もあったかと思います。これは私の偏見ですが、9割9分までは自分の家が凶器となったのだと思います。この間の中越沖地震でもやはり、死者のほとんどは家の下敷きになった方でした。

これは国交省の調べですが、平成15年の調査で、住宅総数の25%の耐震性が不十分であることが、わかっています。4軒に1軒の家は、あの阪神・淡路大震災のような揺れに襲われれば潰れます。あの地震から12年たっていますが、この現状はあまり変わっていません。もし今晚でもあのような地震がどこかの都市の直下で起こるならば、同じ悲劇が繰り返されると思います。

いまや、まだ残っている多くの弱い建物をどう耐震化したらいいかが一番重要であるということは、メディアや政府の共通認識となりました。しかし震災直後は、メディアの報道は、いかに非常持ち出しを用意するか、乾パンや水を用意するかに集中していました。私は勝手に「非常用品キャンペーン」と呼んでいましたが、建物が重要だという認識が10年たってやっと皆さんのところに行き渡った。小泉首相のところには達したのには8年かかったということです。ところが、実際に耐震診断をされているか、耐震改修をされているかということ、ほとんどの方はどちらも行ったことではないということです。

改めて申し上げますが、地震の特徴は低頻度の巨大災害ということです。過去100年間の理科年表で、地震による全壊、全焼、流出などを数えてみると、少ない被害の震災は割

と頻繁に起こります。しかし、全体を支配しているのは巨大災害です。1万棟以上の住宅の全壊を起こした地震6つを見てみましょう。6つのうちの2つ、すなわち関東地震と兵庫県南部地震による全壊が、そのほとんどを占めています。これが地震のリスクをわかってもらふことを困難にしています。非常に大きなものが起こると、それが支配的になってしまう。しかし、非常に大きなものはなかなか起こらない。だから日常生活では無視されてしまう。こういうことではないかと思っています。

火山の専門家である荒牧先生が、メディアの取り上げ方から言うと、風水害は超横綱級で取り上げる。地震は関脇である。火山は幕下であるというお話を書かれていました。実際の被害は全く逆です。損害保険の方の計算によると、地震と台風の損害額、個人の損害額だけですが、最大級の関東大震災と伊勢湾台風とを比べると、地震のほうが25倍大きい。それから、最大期間の30年間を比べると、地震のほうが19倍です。年平均にすると違いはもう少し小さくなりますが、それでも7倍違います。ですから、こういうマスコミの取り上げ方は、短い期間では正しいかもしれませんが、本質的に間違っていると思います。

低頻度で巨大災害であるために、皆さん、「そりゃいろいろあるが自分は大丈夫だ」と思われるわけです。本当に自分は大丈夫でしょうか？ここでもう一回アンケートをしたいと思います。私は1,000人以上の死者、行方不明者を出す震災を大震災と勝手に呼んでいます。もちろんこれは日本国内に限りますが、大震災というのは何年に1回ぐらいでしょうか。10年に1回、数十年に1回、100年以上に1回の3択問題です。よろしいでしょうか。棄権なしでお願いします。10年に1回という方。あ、自信を持って手を挙げてください。数十年に1回だと思われる方。ありがとうございます。100年以上に1回だと思われる方…。

答えは12年に1回です。死者、行方不明

50人以上は、兵庫県南部地震のような陸の地震でだいたい10年に1回、これからお話しする巨大地震のような海の地震で20年に1回。ですから、6、7年に1回は起こります。これは過去200年の統計です。それから、1,000人以上の大震災と呼ばれるものは、陸では20年に1回、海では30年に1回なので、12年に1回ということになります。ですから、最初にこわごわ手を挙げていただいた方が正解者です。

しかし、このお話をすると、多くの方は首をかしげます。そうです。私と同じくらいの年配の方、たとえば60歳であれば、12年に1回ですと、60割る12は5になるわけですが、そんなに大震災があったらどうか。いや、ないですね。阪神・淡路大震災は1995年です。その前は1948年、福井の大震災です。これはGHQが日本を占領していた時代です。勤務先の図書室でこの福井地震の報告書を見ると、GHQの報告書になっています。

戦後の復興期、そのあとの経済成長期、続く繁栄の時代、その50年間、日本は大震災を経験していないのです。そして私を含めて、この幸せな期間に人生の大半を過ごした世代の人は、地震のリスクがまるっきりわかっていないのです。そういう世代に育てられた人ももちろんわかっていない。だから自分は大丈夫だと思うわけです。

でも、この統計が間違っていないとしたら、いったい何が起きているのでしょうか。先ほど申し上げた福井の大震災を最後にして、6年間で5回大震災を繰り返しています。1943年鳥取大震災、1944年東南海大震災、1945年三河大震災、1946年南海大震災、そして1948年福井大震災です。鳥取、三河、福井が陸の地震です。東海（または東南海）地震、南海地震、これらは海の巨大地震ですが、これらの巨大地震が起こる前後に集中して起こります。一つ前のサイクルは江戸時代末期のことでした。期間はもう少し長いですが、真ん中に集中しています。1847年善光寺大震災、1854年伊賀上野大震災、1854年安政東

海大震災、1854年安政南海大震災、1855年安政江戸大震災です。常願寺川の氾濫で二次的な犠牲者が出た1858年飛越震災も含めて良いのではないかと思います。先ほどの分類で言えば、善光寺、伊賀上野、安政江戸、飛越が陸の地震で、安政東海、安政南海が海の巨大地震です。次から次へと大震災が起っています。今世紀の前半には間違いなく次の南海地震が起こるだろうと思います。その前後には中部日本から西日本にかけて大震災を繰り返すでしょう。これは架空の話ではありません。必ず起こります。

なぜ1943年から1948年までの大震災の連続、これが伝えられて来なかったか？なぜ日本人の記憶から抜けているか？それは明らかです。戦争があったからです。戦争の被害のほうはずっと大きかった。それからもう一つ、被害が秘密だったことがあります。この1944年東南海地震の際には、名古屋付近の飛行機の工場などが震災でひどくやられました。もちろん軍事機密です。この地震が起きたことも軍事機密です。ですから、新聞には大地震が起きたという報道は一切ありませんでした。実際にこの地震の被害を詳しく伝えようとして写真屋さんが被害をカメラに収めました。その人は憲兵に逮捕されました。スパイ容疑です。そういう時代でした。勤務先の図書室のこの地震の報告書には、まる秘のハンコが押してあります。また、同じ村から津波で亡くなった人よりも戦災で亡くなった人のほうが多かったという時代です。ですから、日本人の記憶からすっぱり抜けてしまいました。もし平和なときにこんなことが起こったら、必ず記憶に残っただろうと思います。

この戦争を中に挟んだ昭和の大震災の連続の一つ前、幕末期の大震災を見てみましょう。1854年安政東海大震災の翌日、32時間後に安政南海大震災がありました。そして1年以内に安政江戸大震災が起きています。これらと同じ地震について、どれくらいの被害が想定されるか、中央防災会議が推定しています。これによると、計206兆円になります。これ

は一つひとつの震災の足し算ですが、実際には複合的な効果があるでしょうから、もっと巨額になるだろうと思います。国家予算80兆円をはるかに超す金額が、1年たたないうちに消えてしまいます。

それ以外にもいろいろなことが起こるだろうと思います。たとえば、阪神・淡路大震災の前、神戸港というのは日本で第一位の港であり、アジアでも有数のハブ港として非常に栄えていました。ところが、あの地震のあと、当時アジア諸国が発展して力をつけてきたということもあるかと思いますが、釜山などのハブ港が誕生して、神戸港はその地位を失いました。いまや到底回復できないでしょう。神戸港が機能しない間に、その機能は他の場所に移ってしまったわけです。そういう取り返しのつかない様々なことが、次の南海地震の前後に起こるのではないかと私は心配しています。

ですから、「自分は大丈夫」ではありません。日本全体の問題だと思っています。このまま地震に対する備えをしないでいけば、日本は世界の孤児になるでしょう。日本の地位はこの地震を機に失われてしまうだろうと思います。政府は、現在耐震化されていない全国の25%の建物を10年以内に10%に下げる数値目標を掲げました。このためには耐震化されていない約500万戸を耐震化しなければなりません。実際にどこから手を付けたらいいでしょうか。地震学者の提案は、一番揺れそうなところからです。政府の地震調査委員会では、今後30年以内に震度6弱以上の揺れに襲われる確率の図を公表しています（全国を概観した地震動予測地図 <http://www.jishin.go.jp/main/index.html>）。この図で、確率の高いところ、地震に襲われる可能性の高いところからどんどん建て替え、あるいは補強していけばいいのではないのでしょうか。後でお話する東海地震、東南海地震、南海地震の揺れの大きいところは最も確率が高い地域です。この予測図は、どこでどのような地震が起るかという調査と、地震が起ると、どこがどの程度

揺れるかという調査の結果に基づいて作られました。前者の調査は主に、私が部会長を務める長期評価部会で行われました。

先ほどからお話しているように、日本の地震には陸で起こる地震と海で起こる地震とがあります。今日のトピックスですが、沈み込むプレートによって起こる海の巨大地震です。それでは、これから巨大地震の話を始めましょう。プレートの沈み込みによって、海と陸のプレートの境目で起こる地震です。マグニチュードは7か4分の3以上を巨大地震と言うということになっています。巨大地震というと、何と言ってもまず、金森博雄先生のお話をしないわけにはいきません。本年度の京都賞を受賞されていますが、受賞理由の最初に巨大地震の研究があげられています。

金森先生は、34歳で地震研究所の教授に抜擢されましたが、そのあとカリフォルニア工科大に移られています。金森先生が教授になられた頃の日本の地震学の中心というのは、微小地震学でした。戦後浅田敏先生が手づくりの地震計をつくって、小さい地震がたくさんあるということを証明されました。皆さんご存じかと思いますが、マグニチュードが1小さくなると10倍、地震の数が増えます。それで、非常に速い地面の動き、それから非常に感度のいい、倍率の高い地震計をつくることによって、全然感じない地震がたくさん日本で起きているということを示されたわけです。マグニチュード3未満の地震が微小地震です。たくさん地震が起きますので、観測も大変です。解析も大変です。というわけで、微小地震の分布だとか活動の変化など、いろいろな研究があって、それが当時の日本の地震学の正統派であったかと思います。

金森先生はその逆を行いました。感度の低いゆっくりした揺れを描く地震計の記録を解析されたわけです。1964年アラスカ地震と1963年千島列島地震を皮切りに、1923年関東地震を始めとする日本列島の巨大地震について解析され、まさに巨大地震がプレートの運動、そのものを表していることを如実に示

されました。ここでは、カリフォルニア工科大に移ってから解析されたチリ地震を例としてお話しします。

金森先生の論文には、非常に感度の低い、ゆっくりした揺れを記録する、特別な地震計の記録が示されています。普通の地震計では最初のところから大きく振れて、真っ黒になってしまいます。たとえ記録が見えたとしても、非常に複雑で、到底何かをしようという気が起こらないような記録となります。ところが金森先生は、地震波の中で表面波という地球の表面を伝わってくる波に注目されました。カリフォルニアのパサディナ、ロサンゼルス近くですが、そこにカリフォルニア工科大があります。その観測点でチリの地震の記録中に、チリからカリフォルニアへ、南から北へと地球の表面を伝わってきた表面波が見えます。さらに、その波がカリフォルニアを通過してアラスカのほうへ行って地球を1周してまた戻ってくる。さらにまたもう1周して戻ってくるという波が次から次へと見えます。表面波は距離が遠くなくても、余り小さくならないので、このように長い距離を伝わった波も見えるのです。チリで起きた地震ですから、その表面波が南極のほうを通り、地球の裏側を回ってカリフォルニアまで来る。それがもう1周する。またもう1周するという波も見えます。このような波を見ると、比較的簡単な形をしています。ゆらゆらとゆれているような格好で、これなら理論的に計算できる地震波と比べることができるのではないか、という気が起こるような地震の波の形をしています。

震源で実際に起こっている細かいことは抜きにして、震源域全体で何が起きているのか、その大きさをとらえるにはこれが非常によい方法です。震源の近くで観測された地震計の記録紙は真っ黒になって何も見えないけれども、ぐるぐる波が回っているうちにだんだん揺れ幅が小さくなって地震計に記録できる。それを使って巨大地震の解析を始められたわけです。

この記録のS波（横波、主要動）のところは非常に複雑な格好をしています。地震が大きく、断層面（見えないカーテン）の差し渡しが800キロぐらい、縦方向には200キロぐらいあって、ずれの量は何と20メートルを超えます。このような広い震源域ですから、凹凸もあるでしょうし、20メートルずれるうちには、速くなったり遅くなったりするでしょう。そういった複雑な動きのために、地震計の記録も複雑になります。

それから、地面の近くで地震が起きると、S波が地面で反射し、その反射波が記録されます。また、地面の近くはいろいろ複雑な構造があり、そのために、反射したり屈折したりする波が生まれて、これらも地震計に記録されます。このため、非常に複雑な記録となって、なかなか解析が難しいのです。一方、ゆっくりと揺れる表面波は、震源全体の動きを示します。

ただし適当な大きさで深い地震だと、非常にきれいなS波の記録が得られて、それは理論的にきちんと計算できて、解析が可能になります。それを最初に示されたのが、次にお話しされる深尾先生です。

巨大地震と超巨大地震という題名を付けましたが、超巨大地震の方は学術用語ではありません。このチリの地震は、金森先生の論文には英語でグレート・アースクエークと書いてあって、単に巨大地震としか呼ばれていません。大きさから言えば、巨大地震では足りないくらいに大きい。そこで、インチキな言葉ですが、超巨大地震と呼ぶのが相応しいと思います。このような次第で、巨大地震よりも大きい地震をここでは、超巨大地震と呼べて下さい。

日本付近の巨大地震に関しては、政府の地震調査委員会から各地域でどのくらいの大きさの地震が起こるかということと、30年以内に起こる確率とが予測されています。先ほど触れました長期評価部会が主に行った仕事です。最初にうまくいった例をお示しします。

北海道は、実はあまり地震の記録が残って

いません。たとえば十勝沖では1952年、その前は1843年に巨大地震が発生していて、その間隔は109年です。北海道東方沖では1969年、その前が1893年らしく、間隔が76年としかわかっていません。太平洋沖、千島海溝沿いの4地域（十勝沖、根室沖、北海道東方沖、択捉島沖）で2回ずつ、すなわち、繰り返しの間隔が一回だけしかわかりません。そこで、かなり大雑把ですが、どの地域も同じぐらいの平均間隔を持っていると考え、それぞれの地域の繰り返し間隔の違いは、平均値のまわりのばらつきによるとして、千島海溝沿いの巨大地震の長期評価が行われています。そして、2003年の3月に十勝沖の30年発生確率が60%と公表されました。これは新聞の北海道版などでは大きく取り上げられています。千島海溝沿いの4地域の巨大地震のうち、最も確率の高いのが十勝沖でした。そしてわずか半年後に、実際に十勝沖で巨大地震が起きました。津波がそれほど大きくなかったので、幸い大きな被害にはなりませんでしたが、2人の方が行方不明になっています。

同じ半年前に、将来北海道のどの地域が大きく揺れるだろうかを示した地図も公表されています。30年以内に震度6弱以上になる確率を計算したものです。2003年十勝沖地震で実際に6弱以上となっていたところを見ると、全て確率が高いとされた地域です。揺れもだいたい想定したとおりでした。十勝沖の巨大地震のマグニチュードは8.1と想定されていました。これも大した根拠があるわけではなく、前の地震のマグニチュードが8.2（1952年）と8.0（1843年）だから、8.1の前後だろうというぐらいです。実際には8.0でした。震源域は十勝沖で、政府の地震調査委員会では、想定していた地震が起こったと言っています。

先ほど申し上げたように震源域は広がりを持っていますが、十勝沖地震の場合、震源域の中で大きくずれたところはどこかを、地震研から名大に移られた山中先生とお亡くなり



になった地震研の菊地先生とが解析されています。2003年の地震で大きく、ずれた個所は、一つ前の52年の地震でも、実は記録があまりよろしくありませんが、一番大きくずれているということがわかります。

結局、プレートの境界がくっついていますが、プレートは常時動いていて、この場合は50年ぐらいたって、くっついていた境界が壊れたというわけです。同じところが同じように大きくずれている。それを繰り返した。こういうことから、非常に大雑把ですが、長期的な予測が可能になっています。このように大きくずれた場所は、アスペリティと呼んでいます。いつも同じアスペリティが破壊してずれることにより、巨大地震が繰り返し発生するという筋道が見えてきました。

プレートの境界を見ると、或る程度広い領域がくっついている、固着している、その個所が、プレートが常時動いているため、ある時点までいくと、耐えきれなくなって、バリッと壊れてずれます。これが巨大地震です。そのあとまたくっついて、何十年かたつとまたバリッと壊れてずれるということを繰り返しているわけです。

このプレート境界での繰り返し、くっついて壊れてずれる、くっついて壊れてずれる、ですが、最近いろいろなバリエーションがわかってきました。非常に狭い個所がくっついていて、周りはずるずるとゆっくりずれ動いていると思われる場合が見ついています。これがバリッ、バリッと数年ごとの間隔で繰り返しずれて、小さな地震を起こします。この場合も次の小さな地震が起こる時期が推定でき、実際そのとおり起こった例が知られています。それから、特に深いところで数日続きますが、ゆっくりずれる。ずるずる一と数日間ずれる。それが半年に1回ぐらい起こるといった場所もあります。ゆっくり地震、或いはスロースリップなどと呼ばれます。プレートの境界ではプレートの沈み込みに伴って、最終的にはどこもずれないといけないのですが、地震を起こさず、平常ゆっくりとず

れているところと、ときどきずるずると、これも地震を起こさずれるところと、バリッと割れてずれて巨大地震を起こす領域、バリッと割れてずれて小地震を起こす個所など、それぞれが共存し、繰り返しの間隔もいろいろあるということです。

さて場所を移して、西日本へ行きましょう。潮岬の沖から西の海域、四国沖で起こった巨大地震を南海地震、潮岬沖から東の海域、東海沖で起こった地震を東海地震と呼びます。先ほど昭和の南海地震の前後に大震災が続いたという話をしました。また、その一つ前の安政の南海地震の前後も同様でした。その一つ前は、宝永の地震と呼ばれています。この時は、南海と東海を含む、非常に広い地域が一遍にバリッと壊れてずれたようです。我が国で知られている最大の地震、超巨大地震と呼んでもよいのではないかと思います。またそれ以前にも、数々の南海地震が記録されています（図2）。

例えば、白鳳の南海地震と呼ばれる天武天皇十二年、すなわち684年の南海地震、こんなに昔の地震がなぜ南海地震だとわかるのでしょうか。その仕組みは次のとおりです。海のプレートが沈み込むことによって陸のプレートがどのように曲げられるかを見てみましょう（図3）。だんだん曲げられていって、あるところで耐え切れなくなって、プレートの境界が破壊して元に戻ります。海岸付近では地震の前にずっと沈んでいて、地震のときに一気に跳ね上がります。室戸岬などがその例で、年間5 - 7 mmで沈降していますが、地震の時に1 - 2 m程度、持ち上がります。ところが、それよりちょっと奥に入ると逆のことが起こります。地震の前には少しずつ上がっていき、地震のときに一気に下がる。高知市はちょうどそういうところに当たります。

このため高知市付近では地震の時に沈下して、海水が田畑に入ってくるので大被害になります。これが記録に残るのです。684年白鳳南海地震では、土佐で約10平方キロの田が沈下して海となったことが『日本書紀』に記

## 南海地震・東海地震の繰り返し

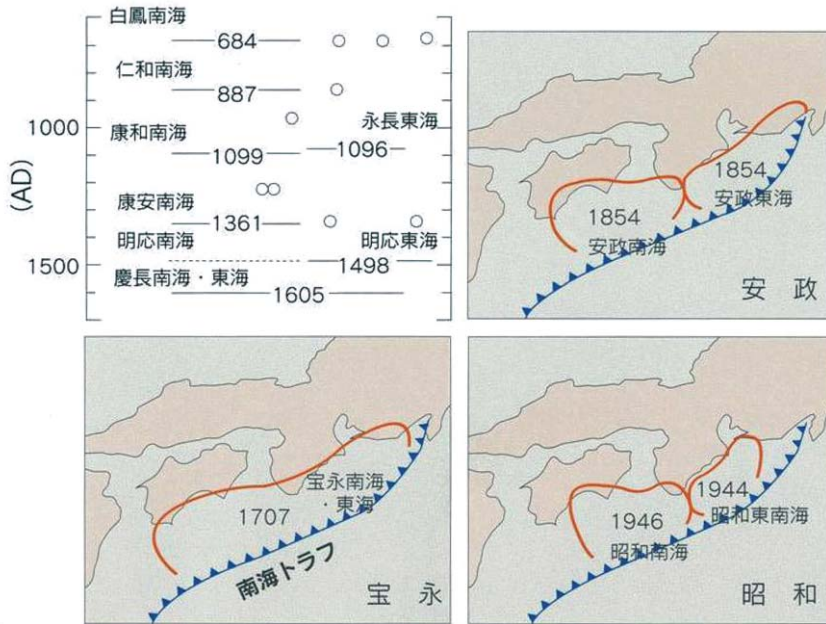


図2

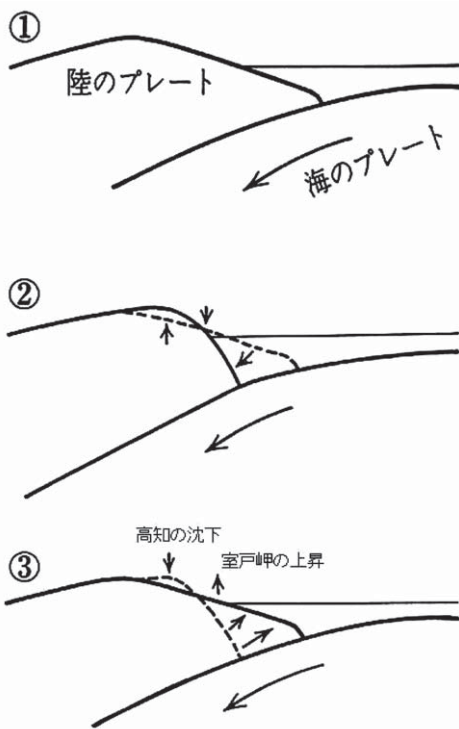


図3

録されています。津波の被害が記録されて残り、その分布から震源域が推定できる場合もあります。また、温泉が止まったという記録も残されています。白鳳南海地震では『日本書紀』に伊予の温泉が止まったとあります。1707年宝永南海地震等では、紀伊半島の真ん中にある湯の峰温泉が止まる等、いくつか共通の特徴があります。

安政の地震では、時代が明治に近く、たくさんの方が記録を残っていて、どこがどのくらい揺れたかを、被害記録から詳しく知ることができます。しかし、昔に戻れば戻ると、記録は少なくなって、震源域の広がりやの推定は難しくなります。

このように繰り返し、地震が起こっていることは、東京帝国大学教授で地震学教室を率いていた今村先生が調べていらっやあって、1933年に将来、東海地震や南海地震が起こるということを警告されています。そして将来の巨大地震に備え、地震予知を目指して、地震観測網を提案されましたが、軍備拡張の

時代で予算がつきません。ご自身のポケットマネーで観測点をつくられて、これらの地震が起こる前に何とか予知したいと、いろいろ努力されました。残念ながら、戦争中の非常にモノがない時代となって、思うように観測ができません。地震計の記録に使うアート紙の紙すらも、なくなっていき、すずを付けて使うわけですが、地震がないときは煤を払ってもう一回使うという時代でした。そのような状況で、残念ながら1944年の<sup>とうなんかい</sup>東南海地震の発生を迎えました。この地震は浜名湖沖より東の部分を割れ残したので、中途半端な“東南海”という名前と呼ばれています。そして、東南海地震のあとは必ず南海地震が起これると思われていましたが、発生は1946年、これも戦後の大変な混乱期でした。南海地震の警告はなかなか伝わらなかったようです。苦労が水の泡だったと落胆され、南海地震後にお亡くなりになりました。割れ残った浜名湖沖より東の部分がいつ起こってもおかしくないと言われる「想定」東海地震の震源域にあたります。

地震学者だけではなく。人々も南海地震の繰り返しを知っていました。一例は、高知県の大方村の安政津波の碑です。このときにまず東海地震が起きて、翌日南海地震が起きた様子が記されています。地震の揺れや、津波の様子等が詳しく書いてありますが、最後のところに何が書かれているかというところ、宝永の地震から148年たってこの地震が起こったということが書かれています。同じような地震であるということをこの土地の人は知っていたということです。さらに最後には、「百有余年の後 此言を知るべき也」と書いてあります。「これから100年以上たつとまたこのような地震が来るに違いない。注意しなさい」ということを言われているわけです。なお、歴史資料の研究は、地震研にいらっしゃった宇佐美先生が続けられ、『日本被害地震総覧』（東大出版会）という本に成果がまとまって示されています。

先ほど地震の時に高知市付近が沈むと申し

上げましたが、室戸岬の突端では、逆に、地震の前は沈降して地震のときには一気に持ち上がります。たとえば、室戸岬のごく近くに室津港という港があります。これは、紀貫之の『土佐日記』に登場するぐらい古くから良港として使われています。江戸時代には、港役人という方がいて、宝永地震の前と、そのあと港内と港口で満潮のときと干潮のときに海の水深を測っています。残念ながら地震のすぐ後ではなくて50年ぐらい後です。補正が必要ですが、地震前後の差から、室津港では宝永地震のときにだいたい1.8メートルくらい土地があがったことがわかります。安政のときは1.2メートル上がったことが記録されています。昭和のときは、高知大の沢村先生という方が測られ、1メートル15でした。

これらのデータから、大きく動くときと次の地震まで長い間隔があって、小さいと短いという規則性が認められます。時間予測モデルと呼んでいますが、その前のずれの量によって次の地震までの時間が決まるというモデルが成り立っているように見えます。これは私と現在広島工大に移られた中田先生（当時東北大）とが1980年に提唱しました。現在では、そのモデルと、ブラウン運動とを組み合わせたモデルが使われています。ブラウン運動とは、酔歩運動とも呼ばれますが、酔っ払いが前に行ったり後ろに行ったりする、そのようなランダムな運動のことです。

すなわち、私は「動く歩道の酔っ払いモデル」と呼んでいますが、動く歩道はプレートの運動です。一定の時間で向こう側に着きます。ところが、その上に酔っ払いが乗っていると、早く着いたり、遅く着いたりするわけです。これはおそらく、周辺で起きている地震やゆっくり地震などのいろいろな影響が、あるときには南海地震の発生を早めて、あるときには遅くするということだろうと思います。そして、動く歩道の長さは、前の地震の大きさで決まるという時間予測モデルが組み込まれています。

そういう大雑把なモデルですが、次の南海

地震の30年の確率は、最初に発表したときには40%ぐらいだったのですが、現在は50%を超えるようになりました。東南海地震のほうは、実はあまりいいデータがありませんが、一応推定すると南海地震よりも少し確率が大きくなります。現在さらに大きくなって、東南海地震は30年確率が60%から70%になっています。このような状況ですので、中央防災会議では被害想定をして、それに対する対策を着々と打っているということです。

それから、今日深尾先生がこのあとで話していただけたと思いますが、先ほどお話があった掘削船の「ちきゅう」ですが、東南海地震の震源域での調査が開始されました。将来は、このプレートの境界まで掘削して、その場所の岩を採ってきて詳しく調べることが計画されています。将来の地震がいつ来るかということが、より精密にわかると大変いいと思っています。

さて3番目、超巨大地震のお話に移ります。先ほど申し上げましたが、これは専門用語ではありません。巨大地震よりもさらに大きいということを申し上げたかったというだけです。

北海道は十勝の海岸の15メートルの高さの崖、海に面しているところで、北海道大学の平川先生から津波堆積物を見せて頂きました。修士論文を書いているときに、おかしい、不思議なものがあると気に留められたのですが、あとから調べてこれは津波の堆積物であることがわかりました。津波によって、海岸の小さな丸くなっている黒っぽい砂利が層になってこの15メートルのがけの上にあります。この津波は、だいたい16世紀ごろと年代がわかっています。

そのあと、産業技術総合研究所の七山さんや佐竹さん達が詳しい調べをされ、現在では根室沖と十勝沖の両方が一遍に壊れた地震ではないかと言われていて、500年間隔地震と中央防災会議では呼んでいます。正確には400~500年程度の繰り返し間隔ですが、それはともかく、モデルを立てて、海岸でどの

ぐらいの津波の高さになるか予想した図を公表しています。十勝沖では、確かに15メートル近くになっています。もうちょっと大きいのではないか思っていますが、マグニチュードにすると9という数が出てくる。先ほど長期予測などでお話しした巨大地震の場合は、津波の高さは3メートルくらいです。場所によって異なりますが、せいぜい6メートル程度です。一方、この超巨大地震の場合は、20メートル近いという非常に大きな津波をもたらします。このとんでもない地震は、アルマゲドン地震と呼ばれたこともあります。

ここはよく調べられているので、すでに中央防災会議でモデルを与えて被害想定をするというところまで達しています。それ以外の地域ではまだ調査が十分ではありませんが、こういった地震が起こることがわかっています。たとえば仙台平野です。これは実は歴史の記録に残っていて、貞観の地震と呼ばれている869年の地震ですが、記述にも「津波によって溺死者が1,000ばかり」と書いてあります。実際に津波のときに運ばれた砂が、海岸から何キロも行った陸地に残っています。非常に大きな津波を起こした地震です。これ以降の地震の津波はせいぜい海岸から1キロも行かないところまでしか達していません。

大阪市立大の原口先生を中心として私も加わり、東北沿岸の宮古から気仙沼まで、過去7,000年間の津波堆積物を5カ所で調べて比べました。各地でほぼ同時に津波の跡があって、これを一つの津波と考えるのは、現段階ではやや雑駁な議論ですが、ひょっとしたら大きな津波が同時に各地を襲った可能性があります。先ほどの貞観津波も、このような調査から浮かびあがってきます。東北沿岸のこの範囲では、あまり小さくなくて、むしろこれよりも南の沿岸で大きかったようです。後藤先生（福島大学、現広島大学）によると常磐海岸の北部まで、押し寄せたようです。また、この貞観の津波以外に、常磐海岸でもやはり過去の超巨大地震を想像させる大きな津波の堆積物が発見されています。

南海地震ではどうでしょう。図2をもう一度見て頂くと、震源域の大きさが昭和の南海地震、安政の南海地震、そして宝永の南海地震について示してありますが、それぞれ異なっています。よく見て頂くと、西の端が少しずつ違ってきます。昭和の南海地震については、最近室谷さん（東大地震研）達と私とが、震源域内のずれの量がどのように場所によって異なるかを詳しく調べました。ずれの量は、室戸岬の沖合が最大で5メートルあります。また、紀伊水道沖でも大きなずれが推定されています。すなわち、大きくずれた場所が2ヶ所。2個のアスペリティが破壊してずれることによって、昭和南海地震が発生したことが明らかとなりました。それだけではありません。ずれの量がほぼゼロとなる場所が、足摺岬の沖合で見つかっています。破壊がなぜか、ここには及ばなかったようです。足摺岬の沖合に破壊しない強い場所があって、そこにぶつかって破壊が止まったように見えます。

安政のときも、津波の記録から、足摺岬の沖合までは震源域が達していないだろうとされています。宝永のときだけは別で、明らかにこの西端の部分、足摺岬の沖合が大きくずれています。これは津波の被害からわかるわけですが、以前地震研にいらっしゃった相田先生が津波のモデルをつくって計算すると、こここのところは宝永地震の際に、何と14メートルもずれたことがわかります。これは南海地震3回分にほぼ相当します。昭和の地震では、2つのアスペリティが破壊してずれたの

に対し、宝永の地震では、3つのアスペリティが破壊してずれたのではないかと思います。すなわち、第3のアスペリティが足摺岬沖にあって、かなり大きな強度を持っている。宝永では破壊したが、安政や昭和の南海地震では破壊せずに頑張っているようです。これが破壊してずれると、津波を発生する超巨大地震が起こるというストーリーができあがります。

大津波は四国だけではなく、九州でも記録されています。大分大の千田先生が大分県佐伯市米水津の方々と津波を記録した古文書の調査をされました。それによりますと、やはり宝永の津波は安政よりもずっと大きかったことがわかります。米水津には海岸近くに池があるので、そこで津波堆積物の調査してはどうかと、千田先生が提案されました。それではと、一緒に仕事をしてきた仲間の高知大の岡村先生、松岡先生を中心として私も加わって調査が行われました。

地元では単に池と呼ばれていますが、龍神様が祭られていますので、龍神池と呼ぶことにしました。海岸に沿って高い砂丘があり、津波がそれを越えることはないと思いますが、南東端に小さな水路があり、現在海とつながっています。この池の底の堆積物を採るわけです（図4）。流入口から近いところから遠いところまで数ヶ所で採取しました。円筒上のアルミパイプを突き刺して取りますが、採取された試料は、このようになります（図5）。一番海に近い地点のものですが、深さ1メ



図4

ートルおきで、約40cmの厚さの部分が拡大されています。左が浅く、底から0-40cmの部分、左から2番目が深さ100-140cmの部分、次が200-240cm、一番右が深さ300-340cmの部分です。それぞれに厚い砂の層が見えます。津波が収まると浮いていた比較的軽いものが水を含んで重くなり、底に溜まります。砂の層の上部に入っている木材はそ

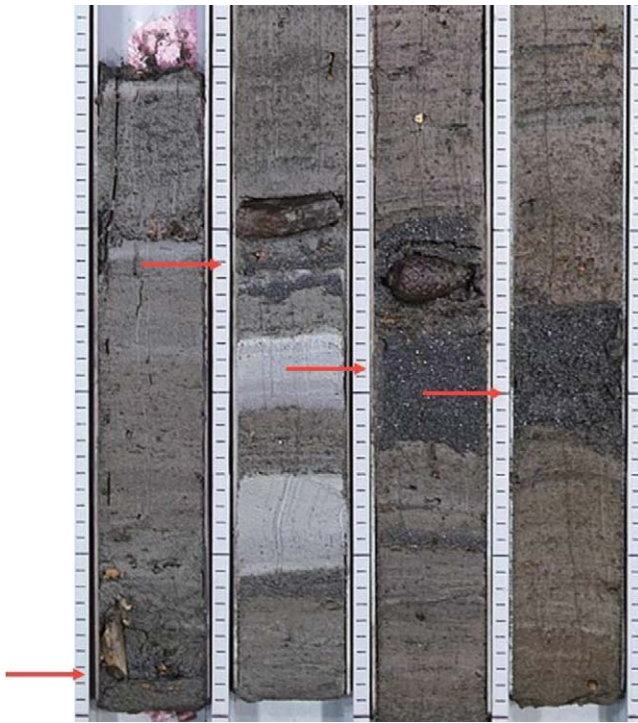


図5

のようにして底に堆積しました。松ぼっくりまで入っています。

このようにして得られた試料を海に近いほうから順番に並べていくと、これらの砂の層は、海の入りに近いほうが厚くて、中に行くほど薄くなっていることがわかります。また、下の地層を削って堆積したこともわかりますので、津波堆積物であると思われます。これら以外に風によって運ばれたと思われるたくさんの薄い砂層（場所によって厚さは変わりません）があるので、異なる試料間での地層の対比は容易で、かなり精度良く行うことができます。地層に挟まっている大きな葉っぱなどの年代を測定すると、それぞれの試料で、深さと年代の関係が求まります。このようにして全ての試料を総合しますと、津波堆積物と考えられる厚い砂の層は全部で7枚あります。過去約3,500年間に7回、特大の津波が龍神池に来たことがわかります。最新のもは宝永地震、その一つ前は1361年の地震、もう一つ前は684年の地震に対応しま

す。

歴史資料から南海地震は、100年から120年ほどの間隔で繰り返り起きていることがわかりますが、この大きな津波はだいたい300-350年ぐらいの間隔で、時折700年ぐらいの間隔で繰り返すことがわかりました。これまで歴史上知られている南海地震の中に、宝永地震のように四国西部や九州南東部に大きな津波をもたらしたと思われる超巨大地震が、1361年や684年にもあったということです。これから、次の南海地震を予想しますと、過去6回の南海地震の繰り返しの様式に従うならば、次は宝永型となります。或いは、ひょっとして684年の白鳳型かもしれません。これは、かなり

不確かな話となりますが、津波堆積物を見ると、白鳳型は宝永型よりも大きい可能性があります。また684年から、次の887年の仁和の南海地震まで200年近く間隔が空いていることも、この684年の地震が大きかったことを示しているのかもしれませんが、この200年の間にまだ発見されていない南海地震が存在するのではないかとと思われるかもしれませんが、この時代は六国史の時代と言われ、日本の国史が存在しました。各地の大きな地震は漏れなく記録されているのではないかと思います。なお、887年と1099年の間、および1099年と1361年の間には、歴史に残っていない南海地震が存在する可能性が、考古学的に産業技術総合研究所の寒川さんによって示されています。

実は1498年の南海地震は、いまだいつ起こったか確定していません。たぶんこの年に起こったろうとされているだけです。ひょっとすると1512年かもしれないという文書があります。ただし、津波の記事だけで

揺れはわかりません。というわけで、図6はいまのところ作業仮説ですが、大きな地震が起こるとしばらく地震が起きないという規則性が成り立つとすると、時間間隔から超巨大地震の可能性が示せるのではないかと考えています。

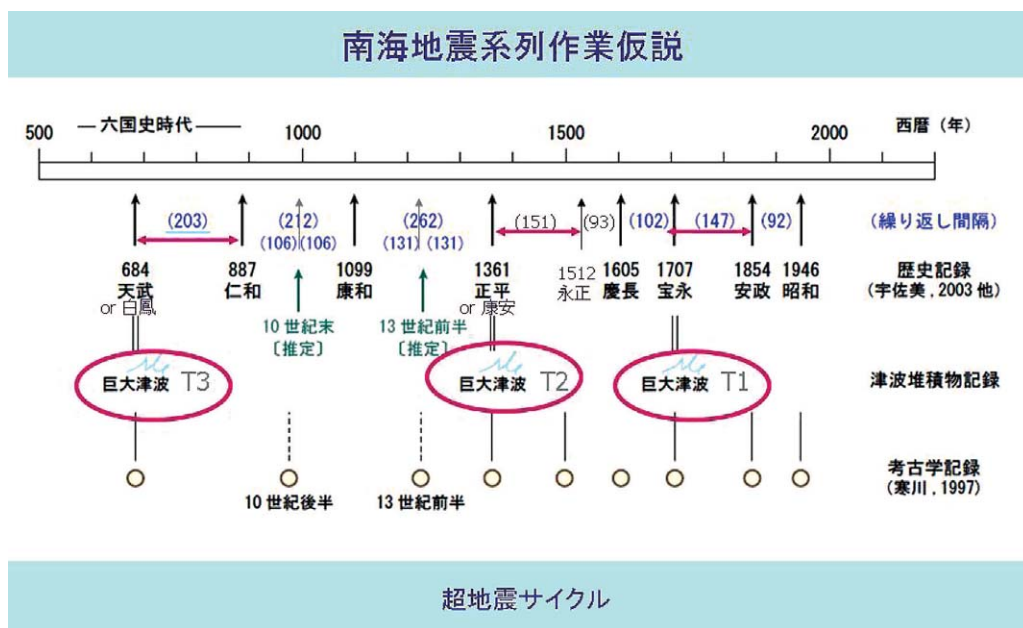
というわけで、南海の超巨大地震については、さらに調査、研究が必要です。いまのところ、北海道の釧路沖+根室沖の超巨大地震がおそらく最も詳しくわかっているだけで、それ以外、東北日本の太平洋岸、常磐海岸まで、それから四国、東海地方等についてはいま一生懸命調査、研究を進めている段階です。私たちも、11月の前半に龍神池の堆積物について、さらに深いところを調べて、もっと長い期間の繰り返しを知りたいと思っています。

このような超巨大地震ではない、巨大地震に関しては、かなり大ざっぱな推定ではありますが、だいたい繰り返しの状況がわかっています。ただ、30年の発生確率が何%ということを書き上げることができるだけで、実はそろそろ近づいているとか、まだだとか言うだけの能力がありません。そのような予測

には、もっといろいろな知識を入れる必要があります。今日は時間がないのでお話ししませんが、実際にコンピューターの中でプレートの境界でのずれをシミュレーションして、今日お話ししたような、あるときは一遍にずれる、あるときは別々にずれるという巨大地震の起こり方が再現できることが示されています。深尾先生の研究室の堀さんという方のお仕事です。それから、先ほど紹介された「ちきゅう」による掘削等から、いろいろな情報が得られて、もう少し精度の高い予測が可能となればいいなと思っています。

本日は、最初に、多くの方が地震のリスクを正しく認識されていないと申し上げました。また、なぜそうなるかという理由もお話ししました。やはり将来のことを考えると、耐震というのはオプションではなくて標準仕様であって、日本の常識というか、基本的な、何も考えなくてもそうなっているという状況にならなければいけないと思います。そうしないと日本は大変なことになるのではないかと考えています。

日本はプレートの沈み込みの場所にあるこ



### 超地震サイクル

図6

とによって巨大地震が起きます。それ以外にもたくさん被害地震が起こりますが、特に南海地震の前後には中部日本から西日本にかけて続けざまに大震災が日本を襲うわけです。おそらく今世紀の前半には、間違いなく私たちはそれを見ることになるでしょう。そのときまでに被害のない日本にする必要があると思います。

毎年のように大震災を繰り返すとどうなるでしょうか？最初は世界中の人が援助の手を差し伸べてくれるでしょう。2年目に大震災が起こっても、やはり援助の手を差し伸べてくれると思います。3年目、私の顔も3度までという言葉がありますが、いったい日本という国は何をやっているのだと、だんだんあきれられるでしょう。そうならないように、もし皆様のお宅が地震に対して安全でないなら、補強するなり、改築するなりして下さい。今日お帰りになってから、寝るところの周りを見渡して頂いて、いろいろなものが落ちてこないかお確かめ下さい。少しでも安全な日本にしていだければと思います。

だいたい時間になりましたので、これで終わりとさせていただきます。今日はどうもありがとうございました。