

千葉県地震・活断層・津波

吾妻 崇¹⁾・関口 春子¹⁾・佐竹 健治¹⁾・鎌滝 孝信¹⁾

1. はじめに

地質情報展の地震に関するコーナーでは、ここ数年、「地震発生メカニズム」、「活断層」および「津波」という3つのテーマで展示を行ってきました。今回、開催地となった千葉県は、太平洋プレート、北米プレートおよびフィリピン海プレートという3つのプレートが重なり合う地域(第1図)であり、プレート境界型をはじめとする地震が多く発生する場所となっています。しかし、活断層の分布は顕著ではありません。

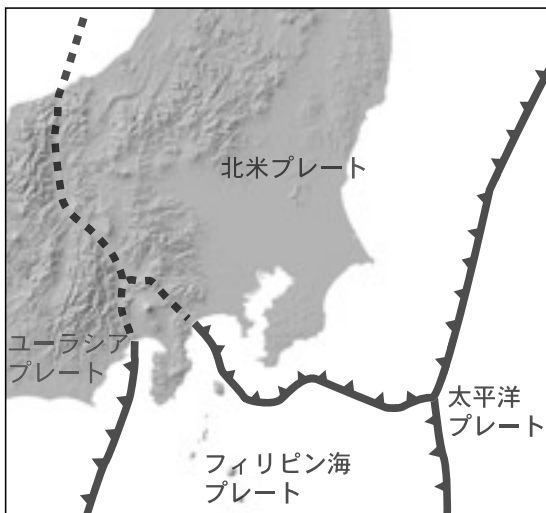
このような特徴を持つ千葉県の地震について、今回は「地震が発生する場所」、「千葉県の活断層を調べよう」、「津波のメカニズムとその痕跡を探る」というタイトルで、ポスターやパソコンを利用した展示を行いました。

2. 地震が発生する場所

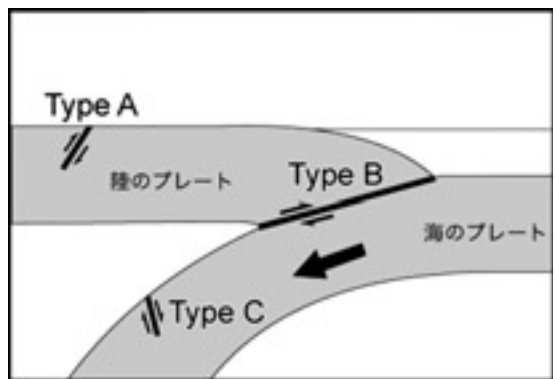
2.1 地震のタイプ

プレートテクトニクスの観点からみると、千葉県は北米プレートと呼ばれる地塊の上に乗っています。このプレートの下には南からフィリピン海プレートが潜り込んでおり、さらにその下には、東から太平洋プレートが沈み込んでいます。これらのプレートは互いにぶつかり合いながら動いているため、プレートの境界あるいはそれぞれのプレート内には長い時間をかけてひずみがたまっていきます。プレートを形成する岩石が蓄積したひずみに耐えきれなくなると破壊が生じて大地震が発生します。

プレートが沈み込んでいく地域において地震が発生する場所は、大きく3つのタイプに分けることができます。一つ目は、北米プレートやユーラシアプレートなどの陸のプレート内に蓄積したひずみが解放されて発生する地震(第2図のType A)で、活断層から発生する地震がこれにあたります。震源



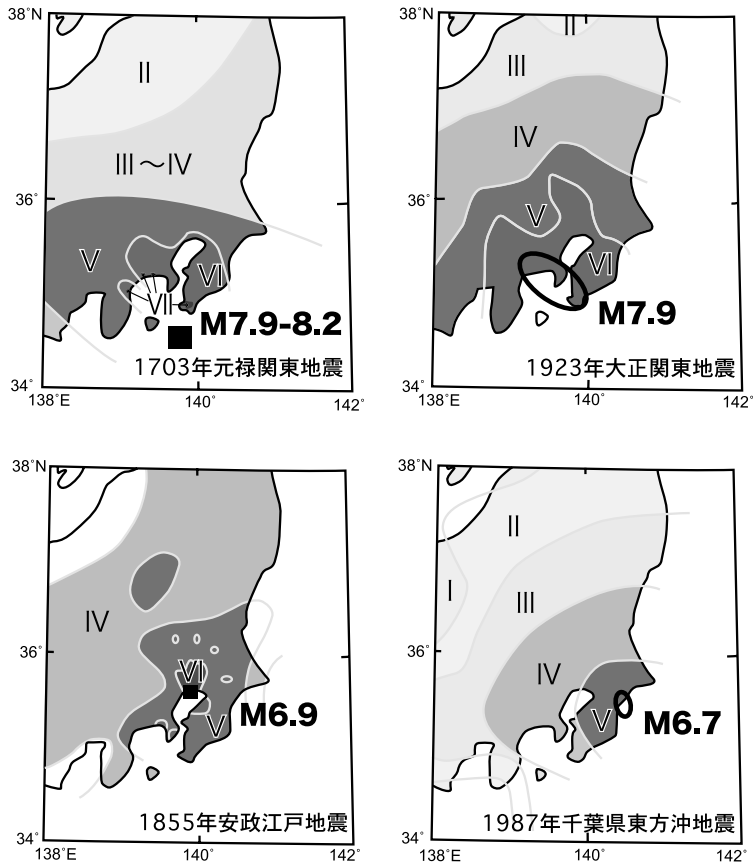
第1図 南関東周辺のプレート配置。



第2図 発生場所による地震のタイプ区分。

1) 産総研 活断層研究センター

キーワード: 地質情報展, 千葉県, 地震, 活断層, 津波, シミュレーション



第3図 主な歴史地震の震度分布。

が生活空間にごく近い場合、M6クラスの地震でも大きな被害を伴うことがあります。

巨大地震を起こす可能性があるタイプとしては、プレート境界で発生する地震(第2図のType B)があります。このタイプの地震は震源域が広く、低角な断層面を持つため、強い揺れが広範囲に発生するのが特徴です。

もう一つのタイプは、陸のプレートの下に沈み込んでいく海のプレート(太平洋プレートやフィリピン海プレートなど)に蓄積したひずみが解放される時に発生する地震(第2図のType C)です。とくに沈んでいった先の地下数十kmという深いところで発生した地震は「スラブ内地震」と呼ばれることもあります。

2.2 千葉県の被害地震

千葉県に被害をもたらした地震として、「1677年房総沖の地震」「1703年元禄関東地震」「1855年

安政江戸地震」「1923年大正関東地震」「1987年千葉県東方沖地震」の5地震が挙げられます。以下に、総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会編(1999)および宇佐美(2003)に基づいてまとめた、各地震の概要と千葉県における被害の様子を示します。

(1) 1677年房総沖の地震

1677年11月4日(延宝五年十月九日)に発生したM8と推定される地震です。震源は房総半島の東方沖合とされていますが、プレート境界なのか、プレート内なのかは分かっていません。通常の地震よりも断層破壊がゆっくりとした速度で起こる「津波地震」であったとの説もあります。この地震では、福島県から房総半島、八丈島にかけての地域で津波の被害が著しく、房総半島で246余名が津波により亡くなったとされています。

(2) 1703年元禄関東地震

1703年12月31日(元禄十六年十一月二十三日)

に発生したM7.9～8.2と推定される大地震です。地震の規模や房総半島南部における海岸の隆起量から、大正関東地震よりも大きな地震であったと考えられます。房総半島南部では震度VIIの揺れが発生した地域もあります。被害記録に基づく震度分布や海岸隆起量の分布から、1923年大正関東地震と同じ震源域に加えてさらに南東側で破壊が起こったことが推定されます。房総半島はこの地震により発生した津波に襲われ、6,500人以上の死者が出たと報告されています。

(3) 1855年安政江戸地震

1855年11月11日(安政二年十月二日)に発生したM6.9の地震です。東京湾北部のやや深いところで発生したとされていますが、詳しい地震発生メカニズムはわかっていません。東京都東部を中心に、埼玉県西部や千葉県北西部で震度VI相当の揺れがありました。津波の被害はありませんでしたが、各地で火災や液状化が起こり、全体で7,000人以上の死者が出ました。

(4) 1923年大正関東地震

1923年9月1日に発生したM7.9の地震です。震源は相模湾から房総半島の南沖合にかけての相模トラフと呼ばれる海域です。相模トラフはフィリピン海プレートが北米プレートの下に潜り込んでいく場所であり、この地震はこれらのプレートがこすれあうプレート境界で発生しました。関東地方の南部で大きな揺れが起こり、広い範囲で震度VIが観測されています。

千葉県では房総半島南部の館山周辺で被害が大きく、木造建物の倒壊率が50%を超える地域が広く分布します。千葉県における被害は死者1,300人以上、全潰家屋は3万棟を超え、被害域全体における死者と行方不明者を合わせた数は15万人近くに及んだ大震災でした。

(5) 1987年千葉県東方沖地震

1987年12月17日に発生したM6.7の地震です。震源は九十九里浜付近の深さ50km付近であり、北米プレートの下に沈み込んだフィリピン海プレート内の垂直な断層で発生したと考えられています。千葉市、銚子市、勝浦市などで震度Vの揺れが観測され、地盤の柔らかいところでは液状化による被害が多く見られました。

2.3 強震動シミュレーション

上述した被害地震のうち、1923年大正関東地震について強震動(揺れ)のシミュレーションを行い、その結果を用いて、地震が発生し地震動が伝播していく様子をアニメーションで表現しました。

できるだけ現実に近い地震動を再現するためには、震源断層における破壊の進展と地下の地質構造に関するデータが必要です。断層での破壊の進展は、当時記録された地殻変動や地震観測波形の解析より推定されたモデル(Kobayashi and Koketsu, 2004)を用いました。関東地方の地質構造モデルは、複雑な基盤(硬い岩盤)形状と基盤を覆う軟らかい堆積層の構造を3次的に表現したモデル(口絵1上, Afnimar *et al.*, 2002)を用いました。関東平野では基盤までの深さは、数kmから、深いところで5～6kmにも達しています。

関東平野の地盤構造は、深さ数kmから5～6kmで複雑な形状をした基盤形状や軟らかい堆積層の構造を、3次的にモデル化しました。

コンピュータでシミュレートした地震の揺れの、各地点における最大振幅の分布(口絵1下)を見ると、揺れの強さは、震源に近いところで大きいほかに、堆積層の厚いところで大きくなっています。これは、軟らかい堆積層が地震の波の振幅を増幅するためです。また、一旦堆積層に入った波は、堆積層外に出て行きにくいので、平野内部では揺れが長く続きますが、その様子(口絵2)をアニメーションで実感することができます。

3. 千葉県の活断層を調べよう

活断層コーナーでは、千葉県に分布する活断層について、その位置とその活動性に関する説明をポスター展示で行いました。千葉県に分布する主な活断層としては、鴨川低地断層帯と東京湾北縁断層があります(第4図)。いずれも活動性は高くない、あるいは明瞭な地形および地質的証拠に乏しく活動性の評価がされにくい活断層です。以下にこれら2断層の特徴を示します。なお、活断層に関する基本的資料としては、全国主要活断層の評価を進めている地震調査研究推進本部の評価結果を参考にしました。



第4図 千葉県に分布する活断層.

3.1 鴨川低地断層帯

鴨川低地断層帯は、房総半島南部を東西に横切る鴨川低地帯の南北両縁に分布しています。この断層については、まず昭和初期に山崎直方(1925)によって低地帯の南北の境界部に断層が存在すると論じられました。一方、同じ頃、大塚彌之助(1929)は、これらの断層の一部は南へ急傾斜した地層の境界に沿って侵食が進んで形成された組織地形であるという説を報じました。その後の研究(村井・金子, 1975; 1976など)で、これらの断層は「鴨川地溝帯北断層」と「鴨川地溝帯南断層」に区分され、そのうちの北断層については最近の活動を示す地形が認められず、組織地形と考えられました。

活断層研究会(1991)は、これらの活断層について、活動度がA-B級の活断層としています。断層の長さは鴨川低地帯北断層で約29km、鴨川低地帯南断層で約26kmです。断層の傾斜方向や断層運動のセンスなどについては分かっていません。

地震調査研究推進本部では、全国の主な活断層の長期評価(今後、地震が発生する可能性を確率で表したもの)において、「鴨川地溝帯南断層」を含む長さ25kmの区間を「鴨川低地断層帯」と定義し

ました。そのうえで、1回のずれ量(上下方向)が約2m、発生する地震規模はM7.2(いずれも長さに基づく)と想定していますが、活動時期および活動性に関する正確なデータがないため、長期的な地震発生確率は不明であるとしています。

3.2 東京湾北縁断層

東京湾北縁断層は、千葉県北西部、市川市から千葉市にかけて北西-南東方向に伏在している断層です。この断層は、長さが約22kmで北東側が隆起するセンスを持っています。この断層は地表に変形を与えていないため、その位置を確認するのが困難であり、「伏在断層」と呼ばれています。

地下の地質構造を調べる反射法地震探査と呼ばれる調査を千葉県が行った結果、この断層は新第三紀後期(数百万年前)から活動していないことがわかりました。この結果を受けて地震調査研究推進本部は、東京湾北縁断層は将来地震を発生させるような活断層ではないと評価しています。

関東平野は厚い堆積物に覆われているため、このような伏在断層がいくつか存在しています。伏在断層は地表の調査からはその位置や構造を明らかにすることが難しいうえ、関東地方は既に開発され市街地になっている場所が多く、調査が思うようにできないのが現状です。

4. 津波のメカニズムとその痕跡を探る

津波のコーナーでは、津波シミュレーションと津波堆積物について取り上げました。津波シミュレーションは、1923年大正関東地震と1703年元禄関東地震について計算した結果をアニメーション化し、パソコン画面上で実演しました。津波堆積物については、房総半島の津波堆積物を報じた論文(藤原ほか, 2003)に基づき、露頭柱状図と周辺の地形に関して取りまとめたポスターを展示しました。

4.1 津波シミュレーション

津波の波高や到達時間は、震源域における海底の上下変位量と海の深さから算出することができます。

1923年大正関東地震については、実際に生じた津波の波高データおよび断層運動に伴う地殻変動

のデータに調和するように波源域の断層モデルが設定されています(第5図の断層1)。このモデルでは、波源域は相模湾の範囲のみに限られているため、相模湾に面した神奈川県沿岸では大きな津波が現れますが、千葉県では内房の南部のみにやや大きめの津波が現れるにとどまります。

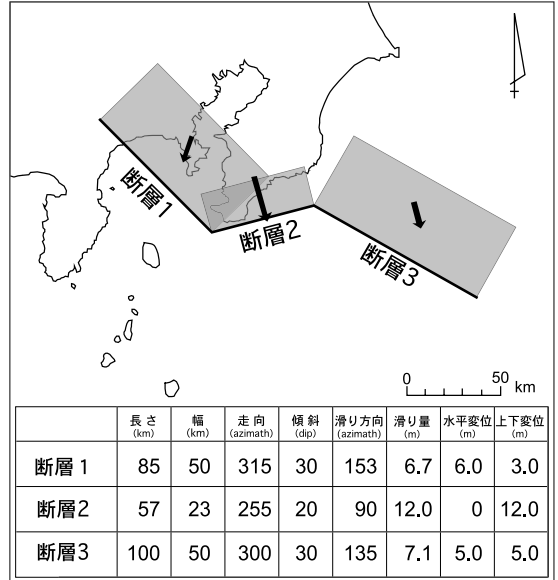
一方、1703年元禄関東地震では、外房においても津波の被害が著しかったことが記録されており、波源域は房総半島の南東まで広がっていたと考えられています。この波源域に対応する断層モデルについては、1923年大正関東地震の震源となった領域(第5図の断層1)に加え、房総半島の南東沖合に位置する東北東-西南西走向のプレート境界(第5図の断層2)が同時に動いたというモデルが、地殻変動のデータに基づいて提案されています。この断層モデルを用いて波源域を設定して津波を再現してみると、房総半島南部では当時の記録に見合う高さの津波を再現することができました。

ところが、この計算では銆子付近で記録されている波高4~5mの津波を再現することができませんでした(口絵3左)。そこで、さらに東のプレート境界領域(第5図の断層3)までが破壊するモデルを構築しました。このモデルにより、各地で記録されている波高の津波を、より良く再現することができました(口絵3右)。したがって、これらの津波シミュレーションの結果に基づくと、1703年元禄関東地震のマグニチュードは、地震被害や地殻変動から想定される規模よりも大きかったことが推定されます。

4.2 津波堆積物

津波が発生したときには、津波が押し寄せる時に波と一緒に海から砂を運んできたり、津波が引いていく時に陸上から削り取ったものを残したりします。このようにして形成された堆積物を「津波堆積物」と呼びます。津波堆積物を調べることで、過去に起こった地震による津波の規模と発生時期や発生間隔を推定することができます。

千葉県内では、房総半島南部で津波堆積物を観察できます。房総半島南部に位置する館山市の布良という集落の北を流れる巴川の周辺は、最後の氷河時代(最終氷期:約2万年前)に巴川の浸食によって深い谷が削られました。その後、縄文時代

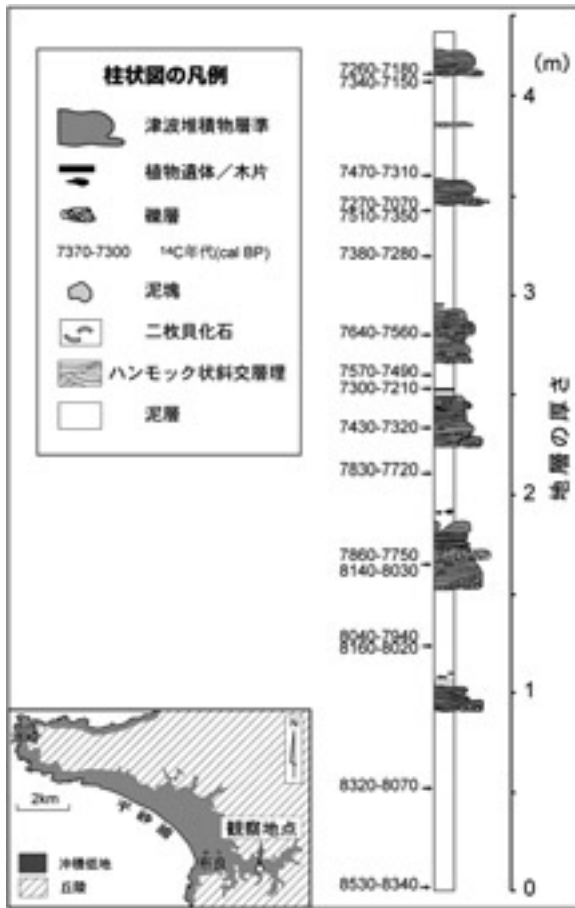


第5図 津波シミュレーションに用いた断層モデル。

に谷に海が入り込んで「おぼれ谷」と呼ばれる細長い入り江が形成されていました。

布良の集落の北を流れる巴川の川岸には、このおぼれ谷を埋めた地層が川に削り込まれて露出しています。この地層を観察すると、約8,500年前から7,000年前にかけての年代を示す貝化石が含まれた細粒な泥などが連続して堆積しており、当時はこの一帯が波の静かな入り江であったことがわかります。ところが泥層の中には、ところどころに粗い砂れき層がはさまっています。砂れき層の堆積構造を観察すると、周期が短い(10秒前後)嵐のときの波ではなく、周期が長い(10分程度)津波によって形成された津波堆積物であることがわかります(藤原ほか, 2003)。

津波堆積物中には、周囲から削り取られた泥の塊や植物の遺体や、もともとそこに棲んでいたものではなく津波によって運ばれてきた貝殻なども含まれています。この地点では約8,500年前から7,000年前の地層中に7枚の津波堆積物が確認されています(第6図; 藤原ほか, 2003)。概算すると約200年に1回の割合でこの地域を津波が襲ったこととなります。ただし、これらの中には、離れた場所で発生した地震による津波も記録されている可能性が含まれている点に注意する必要がありますでしょう。



第6図 津波堆積物の露頭柱状図とそれらの年代。

5. おわりに

千葉県には活動性の高い活断層は認められません。それにも関わらず多くの人が関心をもってこのコーナーに立ち止まって下さいました。このことは、日常的に有感地震が多い南関東という地域に住んでいることが大きな理由でしょうか。特に、東京湾北縁断層について、その存在を知っている人が以外と多かったことには驚きました。

地震動と津波については、それらの伝播の様子をアニメーションで示すことによって、直感的に感じ取ってもらえたと思います。アニメーションを実演しながら津波の高さや繰り返し襲ってくることを説明すると、小学生でもその凄さを実感しながら理解してもらえました。

千葉市や市川市など、東京湾に面した人口密集地付近から来られた方々からは、東京湾の中で津

波はどれくらいの波高になるのかという質問が多く寄せられました。東京湾は湾口が狭く、水深変化も大きくありません。このような地形条件を考慮すると、東京湾の外側に位置するプレート境界で発生する地震により、大きな津波が湾奥まで到達する心配はまずないと言えます。しかし、沖積低地や埋立地では海拔高度が低いので、1~2m程度の津波でも被害が出る可能性はあります。身の回りの自然災害のメカニズムを学び、自分が住んでいる土地の地形や地質の特徴を調べることで、災害は大きく減少させられると思います。

最後になりますが、ガラスケース内に展示されたポスターがあったのですが、見る人から距離が離れていたにも関わらず、説明の文字が小さく、大変読みづらかったことを申し訳なく思います。今後は、会場の配置などにも配慮しつつ展示を作成しなければ、と反省しています。

文 献

Afinimar, K. Koketsu and K. Nakagawa (2002) : Joint inversion of refraction and gravity data for the three-dimensional topography of a sediment-basement interface, *Geophys. J. Int.*, 151, 243-254.

藤原 治・鎌滝孝信・田村 亨 (2003) : 内湾における津波堆積物の粒度分布と津波波形との関連-房総半島南端の完新統の例-。第四紀研究, 42, 67-81.

活断層研究会 (1991) : 新編日本の活断層-分布図と資料。東京大学出版会, 437p.

Kobayashi, R. and K. Koketsu (2004) : ource process of the 1923 Kanto earthquake inferred from historical geodetic, teleseismic, and strong motion data, submitted to *Earth Planets and Space*.

村井 勇・金子史朗 (1975) : 南関東における活断層の分布。自然災害資料解析, 2, 77-83.

村井 勇・金子史朗 (1976) : 南関東における活断層・段列構造とネオテクトニクス。自然災害資料解析, 3, 27-38.

大塚彌之助 (1929) : 延命寺断層の東方延長について。地震第2輯, 1, 793-798.

総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会編 (1999) : 日本の地震活動-被害地震から見た地域別特徴-<追補版>。396p.

宇佐美龍夫 (2003) : 最新版 日本被害地震総覧 [416]-2001。東京大学出版会, 605 p.

山崎直方 (1925) : 関東地震の地形学的考察。震災予防調査会報告, 100乙, 11-54.

AZUMA Takashi, SEKIGUCHI Haruko, SATAKE Kenji and KAMATAKI Takanobu (2005) : Resent study on earthquakes, active faults and tsunamis in Chiba Prefecture - report of the 2004 Geoscience Exivision in Chiba - .

< 受付 : 2004年12月21日 >

東海地震予知のための地下水観測

松本 則夫¹⁾

1. はじめに

一般の方々は、「地下水による地震予知の研究」というと、なにか科学的ではない方法で地震予知を研究しているように思われるかもしれません。しかし、これからご説明するように、地下水位の変化は地殻変動と密接に関係があり、最新の計測機器と同様に用いることが可能なのです。

以下では、地質情報展2004 ちばで展示しました「地下水位による東海地震の予知研究」の最新の研究成果について、概要をご紹介します。内容については松本ほか(2004)に加筆・修正を加えたものです。

2. 「東海地震」とは

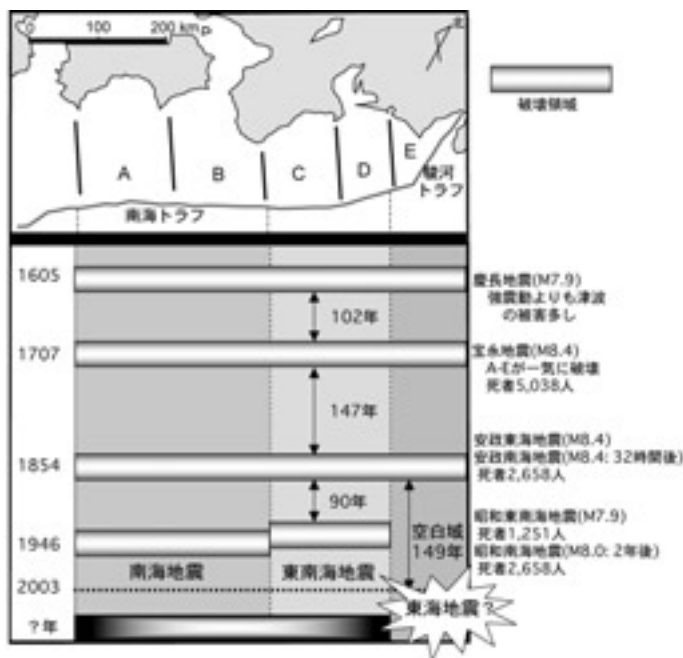
日本列島の南側にある駿河・南海トラフ沿いに、第1図のように巨大地震が100～150年ごとに発生しています。このうち、第1図のE領域(東端)が過去の巨大地震の震源域になっているにもかかわらず、1944年東南海地震の時に破壊されずに残りました。E領域は最後の破壊のあと、150年近く経っていますので、いつ巨大地震が起こってもおかしくない状態です(中央防災会議, 2001a)。

このE領域を震源域として発生すると考えられているのが「東海地震」です。地震の規模(マグニチュード)は8程度と考えられています。

「東海地震」の想定震源域は第2図の曲線で囲まれた領域です。駿河トラフから

プレート境界に沿って西に深くなり、浜名湖の真下までになると想定されています(中央防災会議, 2001b)。

「東海地震」は、前述の通り、歴史的にどのような規模・時期で発生したのかわかっており、さらに地震発生のメカニズムも一部明らかになっています。また、「東海地震」の前兆現象を捉えるために、気象庁などにより、地震や地殻変動の観測が整備されており、気象庁による観測データの24時間体制による監視も行われています。このようなことから、「東海地震」は現在、日本で予知できる可能性がある唯一の地震です(気象庁, 2003a)。



第1図 南海トラフ沿いに起こった大地震(中央防災会議(2001a)に加筆・修正)。

1) 産総研 地質情報研究部門 地震地下水研究グループ

キーワード: 東海地震, 地下水観測, 地下水位, 地震予知, 時系列解析



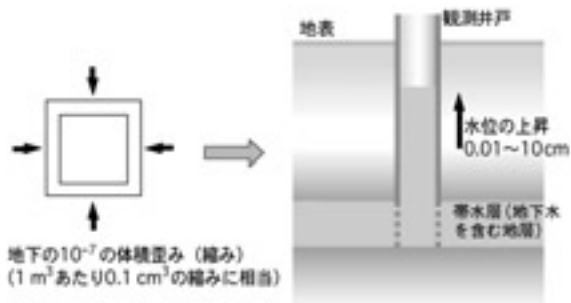
第2図 「東海地震」想定震源域と地下水観測井の位置。

3. 地震予知のための地下水観測

産総研 地質調査総合センターでは、東海地震の想定震源域近くに9地点14本の地下水観測井を展開しており(第2図参照)、東海地震予知の監視データとして、国の地震予知計画の一端を担ってきました。

地下水観測は深さ150-270mの深井戸で行っています。井戸の近くには観測建屋を設置して、地下水位・地下水温のほか、気圧・雨量なども計測しています。観測したデータは直ちに茨城県つくば市の産業技術総合研究所に電話回線を通じて送られます。その後、いくつかのデータは気象庁に送られ、東海地震の予知のため24時間監視が行われています。

なお、地下水位は気圧・地球潮汐・降雨によっても変化します。私たちは、最新の統計学的手法を用いて、観測した地下水位から気圧・潮汐・降



第3図 地殻ひずみと地下水位変化との関係。

雨などの変化を取り除く方法を開発しました (Matsumoto, 1992; Matsumoto et al., 2003)。観測したデータが異常かどうかを判定する際には、上記のデータ解析の後の地下水位を用いています。

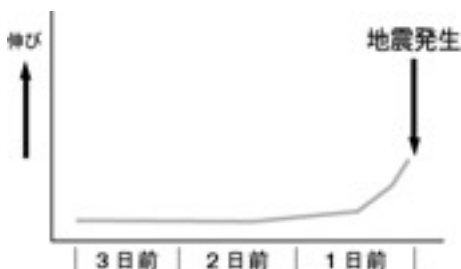
4. 地震予知研究と地下水位との関係は？

地面が伸縮する(ひずむ)ことにより、地下水位が変化します。たとえば、第3図のように、地下水が存在する深さで体積が1m³あたり0.1cm³縮んだ場合、井戸によって異なりますが、地下水位は0.01-10cm上昇します (Roeloffs, 1996)。この関係を使って、地下水位を測定することによって、その場所の地下のひずみを推定します。

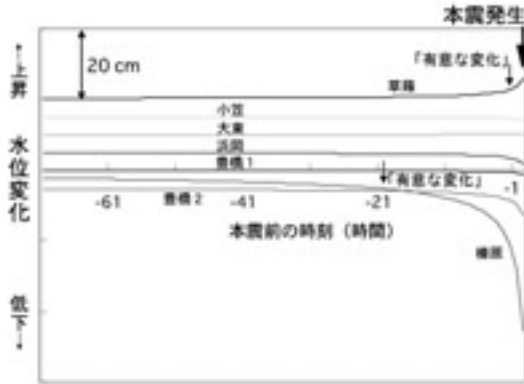
5. 東海地震前に予想される地下水位の動き

最新の研究 (Kato and Hirasawa, 1999) から、東海地震の前に、地下深くにある上側と下側のプレートの間で「はがれ」が起こり、地震を発生させない緩やかなすべり(前兆すべり)が起こる可能性があるということがわかってきました。このような地下の動きがある場合、前兆すべりがおこる場所の直上での地殻ひずみのデータが第4図のようになることが予測されています。

気象庁は、2004年1月5日から東海地震に関連する情報を一新しました(気象庁, 2003b; 内閣府・気象庁, 2003)。これによると、上で述べた前兆すべりによって体積歪計に「有意な変化」が観測された場合、「東海地震観測情報」「東海地震注意情報」「東海地震予知情報」のいずれかが発表されることになりました。



第4図 「前兆すべり」が起こる場所の真上で期待されるひずみ変化。



第5図 マグニチュード6.5に相当する大きさの前兆すべりが榛原観測井の真下で起こった場合、期待される各観測井の地下水位変化。

前兆すべりが起こった場合に、私たちが観測している井戸の地下水位がどのような変化となるかコンピュータで計算した一例が第5図です。榛原観測井の真下でマグニチュード6.5の地震に相当する前兆すべりが起こった場合、榛原観測井の地下水位が減少し、草薙観測井の地下水位が上昇します。気象庁の体積歪計と同様な「有意な変化」が観測されるのは、榛原観測井で本震発生前の20時間前、草薙観測井で2時間前になります。地下水位の「有意な変化」が観測された場合、東海地震に関連する情報を発表する際の参考データとして使用されることになっています。

6. おわりに

この研究の説明を差し上げた方から次のような感想をいただきました。

- 地下水で地震予知をするのですか。おもしろいですね。
- 初めて地震予知のために地下水を観測していることを知りました。

地質情報展にご来場いただき、私どもの展示をご覧いただいた方々に御礼申し上げます。

観測データのグラフは毎日1回自動的に更新され、インターネットで公開されています。ご興味のある方はぜひ <http://gxwell.aist.go.jp> をご覧ください。

地下水観測ネットワークには、たくさんの方のご協力をいただいております。特に、観測に関しては地元自治体や、住民の方のご協力が欠かせませ



写真1 地下水観測について説明している様子。

ん。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 中央防災会議 (2001a) : 中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」第1回資料2, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/1/siryou2.pdf>
- 中央防災会議 (2001b) : 中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」報告, 資料2-2, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/20011218/siryou2-2.pdf>
- Kato, N. and Hirasawa, T. (1999) : A model for possible crustal deformation prior to a coming large interplate earthquake in the Tokai district, central Japan, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 89, 1401-1417.
- 気象庁 (2003a) : 東海地震に関する基礎知識, http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/press/hantekai/index.html
- 気象庁 (2003b) : 東海地震に関する新しい情報発表について, 平成15年7月28日付報道発表資料, http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/press/0307/28a/20030728tokai.pdf
- Matsumoto, N. (1992) : Regression analysis for anomalous changes of ground water level due to earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 19, 1193-1196.
- Matsumoto, N., Kitagawa G. and Roeloffs, E. A. (2003) : Hydrologic response to earthquakes in the Haibara well, central Japan: I. Groundwater-level changes revealed using state space decomposition of atmospheric pressure, rainfall, and tidal responses, *Geophys. J. Int.*, 155, 885-898.
- 松本則夫・高橋 誠・小泉尚嗣 (2004) : 地下水観測-東海地震予知を目指して-, *地質ニュース*, no.594, 16-19.
- 内閣府・気象庁 (2003) : リーフレット「東海地震の予知と防災対応」, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/index_leaflet_print.html
- Roeloffs, E. A. (1996) : Poroelastic techniques in the study of earthquake-related hydrologic phenomena, *Advances in Geophysics*, 37, 135-195.

MATSUMOTO Norio (2005) : Groundwater observation in order to predict the future Tokai earthquake.

<受付: 2004年11月17日>