

静岡県の活断層・地震・津波

吾妻 崇¹⁾・関口 春子¹⁾・下川 浩一¹⁾・佐竹 健治¹⁾

地球の表面は、東西南北、そして上下に、わずかずつですが常に動いています。これは地球表面を覆うプレートがその下部のマントルの動きによって移動しているためで、このような考え方を「プレートテクトニクス」と呼びます。2枚のプレートがぶつかったり、擦れ合ったり、一方が沈み込んだりするプレート境界と呼ばれる地域では地震が多く発生します。またプレートが押し合う力はプレート内にも伝わり、活断層が形成されます。

静岡県周辺では、陸地を構成するユーラシアプレートの下に、海底を構成するフィリピン海プレートが沈み込んでいます(第1図)。伊豆半島は、主に火山からなる島がフィリピン海プレートに乗って南の方から移動して、現在はユーラシアプレートおよび北米プレートとぶつかって陸続きになったものです。

以下では、2003年9月19日から21日にかけて静岡県のグランシップ展示ギャラリーで開催された地質情報展2003しずおか「プレートの出会う場所で」において展示を行った、静岡県に分布する活断層と静岡県で発生する地震の特徴、さらに、現在想



写真1 地質情報展会場での活断層関係の様子。

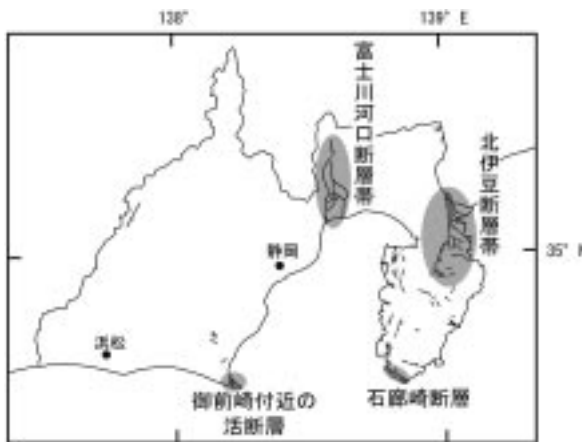
定されている東海地震が発生した際に起こりうる地震動と津波の伝播のコンピュータ・シミュレーション結果について説明をしていきます。

1. 静岡県の活断層

構造地質学の観点からみると、静岡県は、沈み込み型のプレート境界(駿河トラフ-南海トラフ)、



第1図 静岡県周辺のテクトニックセッティング。トラフを示した線のケバは、プレートが沈み込んでいく向きを表す。



第2図 静岡県に分布する活断層。50万分の1活構造図「京都」(第2版)及び「東京」(第2版)の本図を基に作成。

1) 産総研 活断層研究センター

キーワード: 地質情報展, 静岡県, 活断層, 地震, 津波



第3図 北伊豆断層帯の活断層と1930年北伊豆地震の地表地震断層の分布。太線は宇佐美(2003)に示された1930年の地震断層の分布を、灰色の線は活断層研究会(1991)によって示されている。北伊豆断層帯以外の活断層を、白丸印はトレンチ調査が実施された地点をそれぞれ示す。A: 箱根町断層, B: 丹那断層, C: 浮橋西方断層, D: 浮橋中央断層, E: 大野断層, F: 加殿断層, G: 姫之湯断層。

衝突帯(伊豆半島の北側)、大規模な地質構造線(中央構造線, 糸魚川-静岡構造線)に囲まれるようにして存在しています(第1図)。これらの大きな地質構造を反映して、いくつかの活断層(帯)が県内に存在しています(第2図)。

(1) 北伊豆断層帯

伊豆半島北部に分布する複数の断層で構成された断層帯です(第3図)。これらの活断層は、南から移動してきた伊豆半島のブロックが、衝突後もフィリピン海プレートの動きによって南東から押され続けているために形成された共役な横ずれ断層の集まりです。1930年にこの断層帯を震源として、北伊豆地震(マグニチュード7.3)が発生しました。この地震に伴って、箱根の芦ノ湖付近から修善寺の南まで全長約35kmにわたり、地表地震断層が現れました。地表地震断層は、ほぼ南北～北北東-南南西方向に伸び、丹那盆地で最大2.7mの左横ずれを記録しています。丹那盆地の北に位置する



写真2 1930年北伊豆地震による地表変位で階段と鳥居がずれた火雷神社。破線は壊れる前の鳥居の形を復元したイメージ(写真提供:太田陽子横浜国立大学名誉教授)。

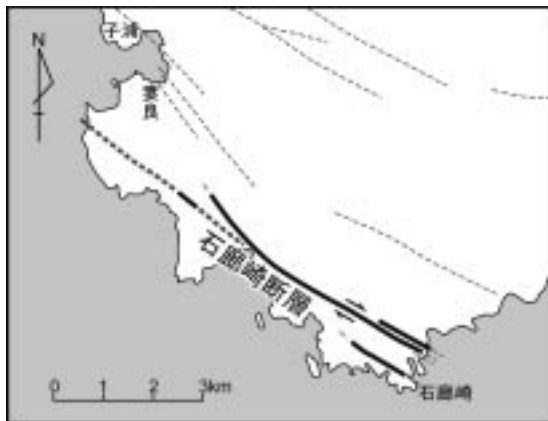
田代盆地にある火雷神社では、神社の境内にあがっていく階段と鳥居とが断層によりずれてしまいました(写真1)。この断層帯の過去の活動を明らかにするために、断層帯上の各地点においてトレンチ掘削調査が行われてきました。断層帯の主体をなす丹那断層(第3図, B)では、過去6,000年間程度の平均をみれば活動間隔が800年から1,200年(丹那断層発掘調査研究グループ, 1984)ですが、最近の4回をみると約500年間隔で活動を繰り返しています(近藤ほか, 2003)。一方、断層帯南部の浮橋中央断層(第3図, D)と姫之湯断層(第3図, G)では、活動間隔がそれぞれ数千年に及んでおり、丹那断層ほど活動的ではないことがわかっています。

(2) 石廊崎断層

伊豆半島南端部に位置する右横ずれの活断層です。空中写真判読などの調査により1970年頃には活断層であることが知られていました。1974年伊豆半島沖地震(マグニチュード6.9)のときに、石廊崎断層の南東側半分約5kmの区間と、その南端部の南北両側に並行する約1kmの区間に地表地震断層が現れました(第4図)。地表地震断層の最大変位量は、水平方向に45cm、上下方向に25cmと記録されています(写真3)。これは地震前に活断層と認識されていたところで地表地震断層が発生した、日本で初めての例でした。

(3) 富士川河口断層帯

富士市から富士宮市にかけて南北方向に走る活



第4図 石廊崎断層と1974年伊豆半島沖地震の地表地震断層の分布. 垣見ほか(1977)をもとに作成. 太実線は1974年の地表地震断層を, 破線は村井・金子(1973)による活断層をそれぞれ示す.



写真3 1974年伊豆半島沖地震で民家の裏に現れた地表地震断層(地質ニュース, no.240).

断層です(第5図). この断層は伊豆半島とユーラシアプレートとの衝突部の西側境界に位置しており, 東側境界をなす国府津-松田断層(神奈川県)とともに活動度の高い活断層として知られています. この活断層は, 西側が隆起する逆断層で, 沈降側の富士川の東では地下にある富士山から噴出した溶岩が, 隆起側では地上に現れています(写真4).

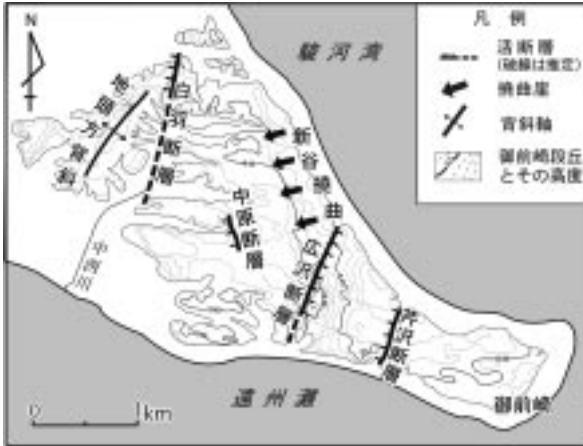
断層帯中部の大宮断層で行われたトレンチ調査では, 約3,000年前に活動した正断層が確認されました. 一方, 断層帯南部の入山瀬断層で行われ



第5図 富士川河口断層帯とその周辺の地形・地質(Yamazaki et al., 2002に加筆). 1: 入山瀬断層, 2: 大宮断層, 3: 安居山断層, 4: 入山衝上断層, 5: 芝川断層. a: 沖積層, b: 古富士泥流, c: 富士溶岩, d: 鷺の田礫層, e: 岩淵安山岩, f: 蒲原礫層, g: 先第四系, h: 地質断層, i: 褶曲軸.



写真4 富士川河口断層帯の活動で河床に現れた新期富士溶岩(写真提供: 下川浩一).



第6図 御前崎周辺における活断層分布図。

たボーリング調査では、この断層はほぼ1,500年間隔で活動を繰り返しており、最新活動時期は約1,500年前の可能性があると指摘されています(Yamazaki et al., 2002)。

1854年に安政東海地震(マグニチュード8.4)が発生した際には、富士川の下流域で「地震山」と名付けられた隆起した地形が現れており、断層帯南端部はこの地震のときにも活動したと考えられています。

(4) 御前崎周辺の活断層

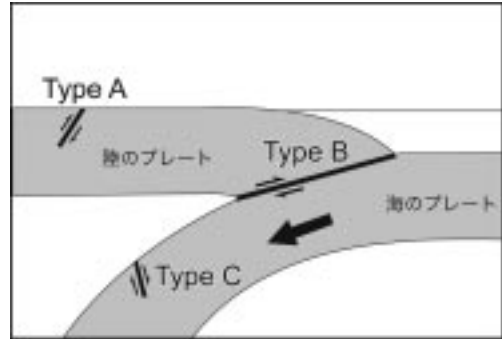
御前崎は、牧ノ原台地から駿河湾へ向かって突き出した岬です。御前崎周辺には約8万年前に形成された段丘が分布しており、その段丘上に北北東-南南西方向の複数の活断層が平行して分布しています(第6図)。それぞれの長さが2km以下と短いため、これらの断層が大きな地震を起こすことはなく、東海地震や東南海地震といった海溝型地震に伴って活動するものと考えられます。

2. 静岡県の地震

(1) 地震発生源の種類

私たちが「揺れ」として感じとっている地震は、地下で岩石が破壊し、ずれあうときに発生する振動が地表に伝わってくる現象です。地震が発生する場所や深さおよびメカニズムの違いにより、地震の発生源は大きく3つのタイプに区分されます。

1つめは、前の章で紹介した活断層で発生する



第7図 地震の発生タイプを示す模式図。

地震です(第7図, TypeA)。このタイプの地震は、プレートが押されてできた地殻の割れ目が繰り返し動いて起こるもので、あとの2つに比べて震源の深さが浅い(約15km以浅)ことが特徴です。1995年に阪神大震災を起こした兵庫県南部地震は、淡路島北西部の野島断層等を震源とした直下型地震でした。活断層から発生する地震では、震源が浅いことから、地表で強い震動が生じるとともに、断層上でのずれが地表まで達することにより、大きな被害がもたらされることがあります。

2つめは、プレートとプレートがずれ合っている地震で、「プレート境界地震」と呼ばれるものです(第7図, TypeB)。日本周辺の主なプレート境界は、沈み込む形態を取っており、海底に深い海溝を形成していることから、このタイプの地震は「海溝型地震」と呼ばれることもあります。駿河トラフでは、1年間に約4cmというスピードで、フィリピン海プレートがユーラシアプレートに近付いて来て、沈み込んでいます。沈み込んでいくプレートの上面の一部は、陸のプレートに固着しながら押し込んで行きます。押し込まれたプレートの歪みが限界を超えると、プレート境界で破壊が生じ、巨大な地震が発生します。このタイプの地震は、破壊する領域の長さが100km以上に達することがあり、その破壊のエネルギーは活断層から発生する地震と比べると数十倍~数百倍に及びます。静岡県周辺では、近い将来に発生が想定されている東海地震や1944年、1946年に続けて発生した東南海地震、南海地震がこのタイプの地震にあたります。このタイプの地震では、震源が沖合にあって陸地から遠いことが多いのですが、地震の規模がきわめて大きいため、広い範囲で強い揺れが長い時間にわたって続くの

第1表 静岡県周辺で発生した主な地震の記録. 17世紀以降のマグニチュード6.5以上の地震に限定した. 括弧書きのものは, 特定の名称がなく, 地域名のみが示されているもの.

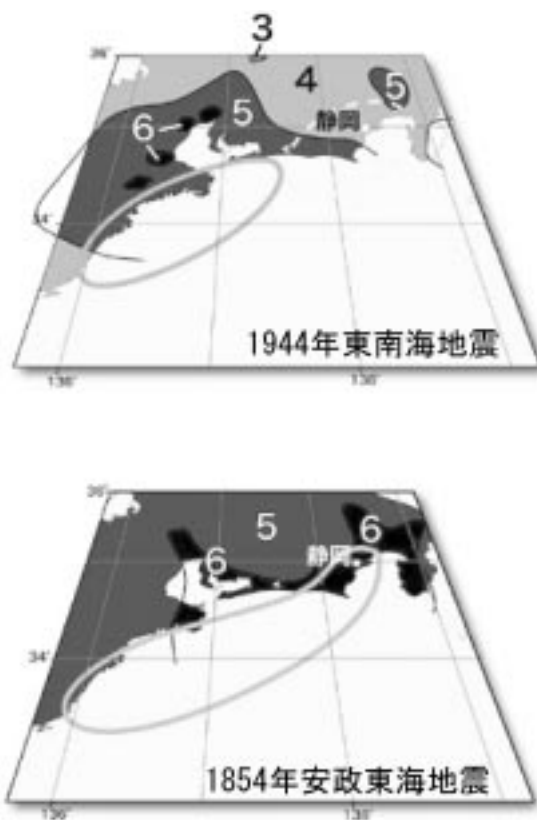
西暦	名称(地域)	地震規模
1978	伊豆大島近海地震	7.0
1974	伊豆半島沖地震	6.9
1944	東南海地震	7.9
1930	北伊豆地震	7.3
1924	丹沢地震	7.3
1923	大正関東地震	7.9
1891	濃尾地震	8.0
1854	安政東海地震	8.4
1782	(相模・武蔵・甲斐)	7
1718	(信濃・三河)	7.0
1707	宝永地震	8.6
1703	元禄地震	7.9~8.2
1686	(相模・駿河・伊豆)	6.5~7
1633	(濃江・三河)	7.0
1605	慶長地震	7.9

が特徴です. また海底が上下に動くことによって津波が発生します.

3つめが, 沈み込んだプレートが割れたときに発生する地震です(第7図, TypeC). 沈み込んでいったプレートの先は「スラブ」とも呼ばれるため, 「スラブ内地震」と呼ばれます. 地下数十kmから数百kmといった非常に深いところで地震が発生するため, 地表で観測される地震動の大きさは横方向への差が少なく, 広い範囲に強い揺れをもたらすのが特徴です. このタイプの地震は震源が深くて観測に困難な点が多いため, その発生のメカニズムについてはまだ不明な点が多い地震です.

(2) 静岡県周辺で発生した地震

地震の観測や解析は, 現在, 主に気象庁が行っています. 気象庁が観測を始める以前の地震については, 「歴史地震カタログ」がいくつか作られています(例えば, 宇佐美, 2003). これは, 役所の文書や個人の日記等に残された歴史記録(いわゆる古文書)をもとに, いつ地震が起こったのかをとりまとめたもので, 静岡県周辺では主に第1表のような地震が記録されています. 歴史記録に基づく地震の震源位置や地震規模は, 地震による被害の程

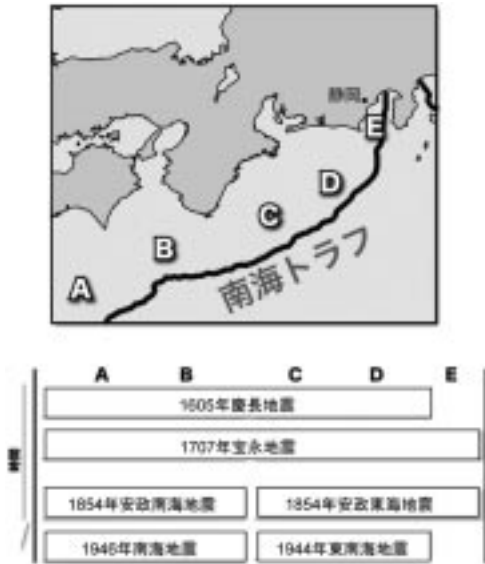


第8図 1944年東南海地震(上)及び1854年安政東海地震(下)における震度分布.

度と分布を広域に調べた結果に基づいて決められています. 以下では, 17世紀以降に静岡県周辺で発生したマグニチュード7以上の地震について, 時間をさかのぼりながら, その特徴や被害の状況について記述していきます.

1978年の伊豆大島近海地震は, 伊豆半島東岸の稲取沖合で発生したマグニチュード7.0の地震でした. 震源は海域ですが, 震源が陸地に近いごく浅いところに位置しており, 前述の分類にあてはめるとすればTypeAがもっとも近いです. この地震にともなって, 震源断層から派生した断層と思われる東西方向の地表地震断層が, 稲取西方に長さ約7kmにわたって現れました. 伊豆半島の山岳地では, 山崩れや落石が発生して25名の方が亡くなりました.

1944年の東南海地震は, 静岡西部から和歌山に至る南海トラフを震源域とする海溝型地震で, マグニチュードは7.9でした. 静岡, 愛知, 岐阜, 三重な



第9図 南海トラフ・駿河トラフに沿って発生した海溝型地震.

ど各県で併せて、死者は数千人、全壊家屋が約2万軒あったと言われています。被害記録に基づく震度分布を第8図上に示します。地震による被害は、震源からの距離よりも、むしろ地盤の影響が大きく、沖積地や埋立地での被害が多くみられました。

1930年の北伊豆地震は、前述の通り、北伊豆断層系を震源としたマグニチュード7.3の地震です。伊豆半島北部地域では震度6が記録されています。被害は断層沿いの各村と韮山で多く、全壊した家屋が2,000軒以上、亡くなった方は250人以上に及びました。

1923年の大正関東地震は、相模湾から東京湾にかけての相模トラフを震源とする海溝型地震で、東京や神奈川で10万人を超す犠牲者を出した大震災をもたらしました。静岡県では震度6ないしは5が記録されており、県東部を中心に2,000軒以上の家屋が全壊し、300人以上の方が亡くなりました。

1924年の丹沢地震は、神奈川県と山梨県の県境付近で発生したマグニチュード7.3の地震で、大正関東地震の余震と考えられています。静岡県では、震源に近い県東部で震度5が記録されたほか、広い範囲で震度4が記録されました。

1854年の安政東海地震は、静岡から和歌山に至る広い震源を持つマグニチュード8.4の海溝型地震でした。揺れの分布や津波などの記録から、このと

きの破壊域は1944年の東南海地震と、現在想定されている東海地震を合わせた範囲と推定されています(第8図下)。被害が著しかったのは、沼津から伊勢湾にかけての海岸地域でした。この地震による家屋の倒潰及び焼失は約3万軒、死者は2千から3千人と言われています。この地震の32時間後に、紀伊半島か四国にかけての沖合で、安政南海地震(マグニチュード8.4)が発生しています。

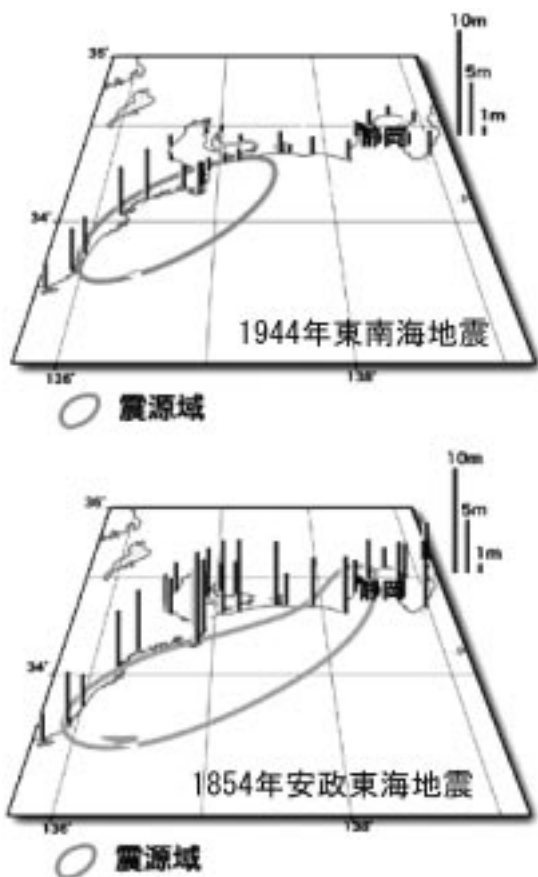
1707年の宝永地震は、駿河湾から四国沖にかけて南海トラフの広い範囲で発生したマグニチュード8.6の海溝型地震でした。震源域は想定東海地震、1944年東南海地震、1946年南海地震のすべてを合わせた領域にあたります。この地震は、静岡県から九州にかけて死者5,000人を超す被害をもたらしました。静岡県では、特に袋井や浜松などの東海道沿いの地域で被害が著しかったとされています。この地震の1か月半後には富士山が噴火しました。

1703年の元禄地震は、伊豆半島東方の相模トラフで発生したマグニチュード7.9-8.2の海溝型地震でした。震源は1923年大正関東地震よりも東へ広がっていたと考えられています。この地震により、相模湾沿岸や房総半島南部では海岸の隆起が生じました。静岡県では県東部で家屋の倒潰がみられたほか、伊豆半島東岸で津波等による犠牲者が600人以上出たと記録されています。

1605年の慶長地震は、南海地震と東海地震の2つの地震がほぼ同時に発生したマグニチュード7.9の海溝型地震と考えられています。この地震の揺れによる被害はほとんど記録されていませんが、津波により多くの被害が出ました。そのため、大きな地震動を伴わない「津波地震」であったとの説もあります。

(3) 想定東海地震とその強震動

南海トラフ沿いで発生した過去の地震をみると、100年から150年のサイクルで巨大地震が起きています(第9図)。さらに、1サイクルで第9図のAからEまでが一度にずれを起こして大きな地震になる場合と、部分的にずれを起こし小さめの地震になる場合があります。最後のサイクル(1944年東南海地震、1946年南海地震)の推定破壊域を見ると、一番東のEの部分が破壊せずに残っていることが推測できます。このことから、Eの部分では地



第10図 1944年東南海地震(上)及び1854年安政東海地震(下)で発生した津波の各地における高さ。

震を発生させる力がまだ蓄積しており、駿河トラフを震源とする東海地震が近い将来に発生する可能性が指摘されています。(石橋, 1976など)。一方、E(駿河トラフ)を震源とする地震は、AからD(南海トラフ)で破壊が生じた時に一緒に活動するのみであり、Eの領域のみが単独で地震を発生させたことはないという見方もあります。この考え方に立つと、静岡県の沖合で巨大地震が発生するのは、次の南海・東南海地震の周期(今から数十年後)になります。地震防災の観点からは、東海地域の地震はいつ起きてもおかしくないと考えた方が無難です。

想定東海地震が発生したときの揺れ(地震動)の伝わる様子を、コンピュータでシミュレーションしたものを口絵1に示しました。これは想定されている震源で起こる破壊過程の計算に基づき、そこから発生する地震動の伝わる速さと大きさを計算した

ものです。ここでは、想定東海地震の震源として、中央防災会議が2003年に公表した「東海地震に関する専門調査会報告」のモデルを使用しています。上段の図が震源領域及び破壊開始地点を、中段の図が破壊開始15秒後(地面の揺れ)の地動速度の分布を、下段の図が破壊開始30秒後の地動速度の分布を示します。破壊は震源の断層面に沿って広がり、地震動はその移動する震源から地層の中を波として広がっていきます。このモデルでは、破壊開始地点(図の星印)の浜名湖付近から断層面が広がる南東に向かって地震動が広がって行き、破壊開始30秒後に強い地震波が静岡に到達します。

3. 遠州灘・駿河湾の津波

津波は、地震によって海底に上下方向のずれが生じた時に発生します。津波の高さは、海底に生じたずれの量だけでなく、海の深さと海岸線の形によって変化します。奥に行く程幅が狭くなり、海の深さが急に变化する駿河湾の沿岸は、津波が高くなりやすい場所といえます。

1944年東南海地震のときは、伊豆半島から紀伊半島にかけての沿岸で津波が発生しました。この地震では震源域が駿河湾奥深くまで入っていなかったため、静岡県沿岸の津波の高さは1~2mと低いものでした(第10図上)。

1854年の安政東海地震では、津波が房総半島から高知にかけての沿岸を襲い、下田、遠州灘、伊勢志摩、熊野灘の沿岸では波高10m程の波が押し寄せ、被害が生じました(第10図下)。

想定東海地震が起こった時に予想される津波の高さと到達時間を、コンピュータを使ってシミュレーションした結果を口絵4に示してあります。計算に使うデータは、海の深さを示す海底地形と、地震が発生した時に想定される海底でのずれの量です。シミュレーション結果をみると、地震発生から約10分後で駿河湾の奥の部分で波高2mを超す津波が発生しています。その後も海に突出した部分を中心に何度も津波が沿岸を襲い、場所によっては地震発生後1時間以上経っても波高2mを超す津波が生じることがあります。

4. あとがき

活断層から発生する地震は、人間の一生に比べてはるかに長い発生間隔を持っており、特定の活断層だけをみれば、そこから発生する地震により周辺地域の人々が被害を受けることは非常に稀であるといえます。また、活断層は地形から位置が特定できるので、地面の食い違いによる被害を避けることは可能ですし、トレンチ調査などによって、近い将来に動く可能性が高いかどうかを判断することができます。例えば、北伊豆断層帯は活動間隔が1,000年以下の可能性があり、日本の活断層としては活動度が高い断層の一つですが、1930年に活動したので近い将来に再び動く可能性は非常に低いと考えられます。それに対し、富士川河口断層帯の入山瀬断層は、約1,500年間隔で繰り返し活動し、最新の活動時期が約1,500年前と言われているので、地殻変動等に注意しておく必要があると思われる。

プレート境界で発生する海溝型地震については、地震の発生間隔が活断層と比べて短く、私たちが生きている間に遭遇する可能性は高いといえます。駿河トラフ及び南海トラフで発生する地震については、歴史記録から発生間隔が約100～150年であると推定されており、その最後の活動は1944年、1946年に起こっています。単純な計算ではまだ60年しか経っておらず、あと40年以上は心配ないようにも思われます。しかし、地震の発生については現在の地球科学の知識では、まだ不確かな部分もあり、いつ起こっても十分に対応できるように普段から心しておくことが重要でしょう。

今回の地質情報展は、30年近く前から大地震の発生が議論されている静岡で行われたということもあり、地震・活断層・津波のコーナーにも大勢の方が立ち寄って下さいました。特に東海地震による強震動と津波のコンピュータによるシミュレーション結果の展示に対する関心が高かったように思われました。到達時間や想定される津波の高さなど具体的な数値が示されることにより、地震に対す

る実感が高められたのではないのでしょうか。今後もできるだけ実態に則したデータを提供することにより、防災への意識を高めてもらうとともに、地球科学としての地震学・古地震学に対しても関心を持ってもらえるよう、日々の研究を進めていきたいと思えます。

文 献

- 石橋克彦(1976):東海地方に予想される大地震の再検討-駿河湾大地震について-。地震学会講演予稿集, No.2, 30-34.
- 垣見俊弘・衣笠善博・鈴木尉元・小玉喜三郎・三梨 昇(1977):1974年伊豆半島沖地震に関する地質学的調査。地調特別報告, No.6, 1-35.
- 活断層研究会(1980):日本の活断層-分布と資料-。東京大学出版会, 437p.
- 活断層研究会(1991):新編日本の活断層-分布と資料-。
- 近藤久雄・遠田晋次・今泉俊文・堤 浩之・杉下一郎・中田 高・奥村晃史・島崎邦彦・高田圭太・池田哲哉・原口 強(2003):丹那断層の過去3,000年間の活動履歴と単位変位量-田代地区における3Dトレンチ・Geoslicer調査-。地震第2輯, 55, 407-424.
- 水野清秀・寒川 旭・吉岡敏和・杉山雄一・菊谷愛彦・栗本史雄・吾妻 崇・須貝俊彦・栗田泰夫(2002):活構造図(本図)。50万分の1活構造図「京都」(第2版)説明書, 産業技術総合研究所, 地質調査総合センター, 2-16.
- 村井 勇・金子史朗(1973):南関東のネオテクトニクスノート。関東大地震50周年論文集, 125-145.
- 下川浩一・山崎晴雄・水野清秀・井村隆介(1996):富士川断層系の活動履歴及び活動性調査。地質調査所研究資料集No.259(平成7年度活断層研究調査概要報告書), 73-80.
- 杉山雄一・寒川 旭・下川浩一・水野清秀(1987):静岡県御前崎地域の段丘堆積物(上部更新統)と更新世後期における地殻変動。地質調査所月報, 38, 443-472.
- 杉山雄一・須貝俊彦・井村隆介・水野清秀・遠藤秀典・下川浩一・山崎晴雄(1997):活構造図(本図)。50万分の1活構造図「東京」(第2版)説明書, 地質調査所, 1-8.
- 丹那断層発掘調査研究グループ(1984):丹那断層・名賀地区トレンチ調査。月刊地球, Vol. 6, No. 3, 146-154.
- 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, 605p.
- Yamazaki, H., Shimokawa, K., Mizuno, K. and Tanaka, T. (2002): Off-fault paleoseismology in Japan: with special reference to the Fujikawa-kako fault zone, Central Japan. Geographical reports of Tokyo Metropolitan University, No. 37, 1-14.

AZUMA Takashi, SEKIGUCHI Haruko, SHIMOKAWA Koichi and SATAKE Kenji (2004): Earthquakes and Tsunami disasters around Shizuoka Prefecture.

<受付:2004年1月15日>