

東海地震及び南関東直下地震などを

巡る最近の状況と防災対策

—平成 14 年度防災安全中央研修会講演録—

東京大学名誉教授 溝 上 恵

○溝上 溝上でございます。どうぞよろしくお願いたします。きょうはお手元の資料の 81 ページ「東海地震及び南関東直下地震などをめぐる最近の状況と防災対策」という見出しがありますが、それ以降、110 ページまでの文章及び図面に沿ってお話しさせていただきます。

日本は世界有数の地震大国です。日本の国土の面積は地球全表面のわずか 0.3%ほどに過ぎませんが、そこで放出される地震エネルギーは全地球の 10%を越えます。火山噴火のエネルギーについてもほぼ同様です。このことから、日本では地震と火山の活動が大変に活発なことが分かります。日本列島は、地震や火山噴火を伴って誕生し、成長してきました。日本の国土のそのような特異性を考えれば、私達は、日頃から大地震に備えておく必要があるのは当然のことでしょう。

この図は、西暦 599 年から現在までに日本に被害を及ぼした地震の分布を示した地図です。日本列島の太平洋沿岸に沿って大きな丸印で示した地震が多数並んでいます。これらは地震の規模を示すマグニチュード M(以下単に M と記します)が 8 クラスの巨大地震です。それらに比べて小さな丸印の地震も内陸部を中心に多数見られます、このような被害地震の発生状況を見ると、日本中どこへ行っても地震から逃れることはできないと悟るしかありません。それでも比較的被害地震の少なそうな地域といえば、北海道北部、宍岐・対馬、山口、岡山、香川、佐賀、富山、群馬などの各県です。これらの地域では、1400 年ほどの歴史に限って見れば、確かに被害地震が少ないのですが、はたして本当に足元で被害地震が起きないのかというと、必ずしもそうではありません。

1995 年 1 月 17 日の阪神淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震、M7.3 が起きるまでは、神戸市民の多くが「神戸では大地震は起こらない」と思い込んでいました。兵庫県南部地震のように内陸直下で起きる地震を内陸地震と呼びますが、この内陸地震が同じ場所で繰り返す間隔は、千年、二千年、数千年、場合によっては数万年と大変に長いのです。このこと事実から、歴史上ある地域で被害を伴うような大地震が起きていないからといっても、決して安心できません。歴史上、神戸では直下地震が発生していませんでした。しかし今回の地震は、約二千年に一度の割合で繰り返す直下型の大地震が再発したというわけです。

日本全国では、いたるところで大小の地震が度々起きていますが、もっと広い目で日本列島の地震が起きている様子を見るとどのようなことが分かるでしょうか。

この図は、日本列島を含んだ地球の半球での地震の震央分布を示した図です。赤い小さな点の一つ

一つがそれぞれの地震の震央の位置を示しています。この図から地震が集中して発生する場所は幅が狭くて長い帯状の地域を形作っていることが分かります。このように地震が集中する帯状の地域を地震帯と呼びます。日本列島の周辺を見ると、地震帯はアラスカからアリューシャン列島、そしてカムチャツカ半島から千島列島をへて北海道の根室半島沖・浦河沖を通り、それから本州に沿って東北地方の三陸沖、宮城県沖、福島県沖、茨城県沖から関東地方の沖合へとつながります。もちろん地震は太平洋沿岸だけでなく日本列島の内陸部にまで広がっています。さらに関東地方から南へ、伊豆・小笠原諸島からマリアナ諸島へとつながっています。一方、伊豆半島から西では、東海、中部、近畿地方から四国、九州、南西諸島を通して台湾、フィリピン諸島へとつながります。このように日本列島は地震帯とぴったり重なり、しかも関東地方周辺は地震帯の交差点になっています。ではこの細長い地震帯は、どのような原因によって形作られているのでしょうか。

地球の表面はあたかも敷石を敷き詰めたように、十数枚のプレートと呼ばれる巨大な板上の岩盤で覆われています。この敷石にあたるプレートは厚さ約 100 キロメートルですが、その大きさは径が数百キロメートルのものから一万キロメートルを超えるものまでさまざまです。これらのプレートは地球の表皮にあたるリソスフェア(岩石圏)という強くて固い層を構成しています。リソスフェアの下には、流動性の高いアセノスフェア(岩流圏)があり、その上を各々のプレートは異なる方向に異なる速度で移動しています。そのため隣り合ったプレートの境界ではずれが生じます。このずれは、プレートの境界面やその近傍のプレート内部の歪となって蓄積され、その歪は長い時間の経過とともに増大していきます。やがてこの歪が限界レベルに達すると、プレート境界やプレート内部で急激な断層運動による岩石の破壊すなわち地震が発生して、長年にわたって蓄積された歪が一気に解放されます。地震集中して発生する細長い地震帯は、まさにこのプレート境界と一致しています。

日本列島は、北海道と本州東北部が北アメリカプレートという大陸プレートの上に乗っており、本州西南部、四国、九州、南西諸島はユーラシア大陸という大陸プレートの上に乗っています。日本列島を乗せたこれらの大陸プレートの下に、太平洋プレートとフィリピン海プレートという海洋プレートが沈み込んでいます。日本列島とその周りではこれら 4 枚のプレートが接し合い巨大で複雑な力を及ぼし合っています。そのため日本列島とその周りでは地下の岩石に歪が蓄積され、それが原因となって活発な地震活動を引き起こします。こうしたプレートの動きは宇宙観測技術によって実測することができます。日本列島に向かい太平洋プレートは西方へ 1 年間に 9~11 センチメートルの速度で移動し、日本海溝から日本列島の下に沈み込んでいます。またフィリピン海プレートは北西方向へ 1 年間に 3~4 センチメートルの速度で移動し、相模トラフ駿河トラフ・南海トラフから日本列島の下に沈み込んでいます。日本海溝から日本列島の下に沈み込んだ太平洋プレートは日本海の下をくぐりウラジオストクの直下の深さ約 600 キロメートルにまで達し、そこで太平洋プレート内部の地震を引き起こします。ウラジオストク直下で M7 クラスの地震が起きるとウラジオストクで有感になるかというところではなく、日本列島の北海道、東北、関東地方の広い範囲にわたり帯状に震度 1~2 ないし 3 の揺れになります。これは、日本海溝から沈み込んだ太平洋プレートの固い岩盤の中を地震波があまり減衰しないで日本列島にまで伝わることを示しています。ウラジオストクからその直下の震源までの間に

は、高温で柔らかく地震波を伝えにくい部分があるため、ウラジオストクでは地震の揺れを全く感じません。

さて、再び兵庫県南部地震の話に戻ります。皆さんの中にはテレビ番組でご覧になった方々がいらっしゃると思いますが、地震が発生すると同時にコンビニの棚が激しく揺れて、それが一瞬止まったかと思ったら再び二度目の強い揺れが襲い、棚の商品がほとんど全部床に落ちて店内がメチャメチャに壊れる状況の映像が、店内に設置された盗難防止のための監視カメラが捉えていました。地震計の記録にも二度続けざまに大きな振幅の揺れが読み取れます。また各地点の地震計の記録を解析し、震源から放出されたエネルギーの時間系列を見ても大きなエネルギー放出のピークが二度あったことが明らかになりました。この二度にわたる揺れのピークを含み、この地震の揺れの始めから終わりまでの時間間隔はたったの 10 秒間でした。一体これは何を意味しているのでしょうか。

地震は断層破壊に伴って起こりますが、その断層破壊には必ず破壊の開始点があります。兵庫県南部地震を引き起こした断層の破壊開始点は、明石大橋の直下に位置の海底下の岩盤、深さ数キロメートルの地点でした。断層破壊は、この破壊の開始点から一方は北東方向へ向かって西宮付近にまで達し、他方は南西方向に向かって淡路島の北淡町に達しました。断層破壊が進行する速度は毎秒約 3 キロメートルですが、明石海峡直下から始まった断層破壊は、北東と南西に向かって一気に駆け抜けて約 10 秒間という一瞬の間に、全長約 40 キロメートルに及ぶ断層運動となって終結したのです。この「魔の 10 秒間」に大都市神戸が壊滅的な被害を蒙りました。この膨大な地震エネルギーは約 2000 年間で蓄積され、それがわずか 10 秒間で放出されたわけです。この約 10 秒間に二度大きな揺れが襲ってきたのは、兵庫県南部地震を引き起こした断層で、断層面を挟んで両側の岩盤が特に強くくっつき合った部分が二箇所あり、それらがごく短い時間をおいて次々とずれ動いたためと考えられます。

兵庫県南部地震は約 2000 年に一度の割合で繰り返し発生しますので、兵庫県南部地震を引き起こした六甲淡路断層系では、百万年、二百万年の間に何百回も何千回も今回と同様な地震が繰り返し発生することになります。地震が一回起きる毎に 1~2 メートル地殻が隆起するので、それが度重なると山や谷といった大規模な地形の起伏を形つくります。実際に今回のような地震が起きる度に、縦方向と横方向への断層ずれが積み重なって行き、長い地質時代が経過するとどのような地形が生まれるのでしょうか。これは神戸付近の現在の地形ですが、これが六甲山と淡路島、それから明石海峡と大阪湾です。これが六甲・淡路断層帯です。いま大阪湾の海水を全部汲み出し、海底にたまった厚いヘドロも取り除くとすると、大阪湾の深い海底の谷が現れます。この図はその地形の姿です。大阪湾の海底から六甲山の頂上までは急峻な崖の壁になっていてその高度差は約 3000 メートルもあります。この急峻な崖地形は地震に伴う地殻の上下変動が、百万年といった長い期間にわたり積み重なって出来上がったものです。日本列島の各地で、これと同様に地震に伴う地殻変動の累積によって形作られた特徴的な地形が見られます。

日本列島では、様々なメカニズムやタイプの断層運動による色々な種類の地震が発生します。その一つが兵庫県南部地震のように内陸直下の浅い部分にある断層がずれ動いて起きる内陸直下地震あるいは内陸型地震といわれる地震で、図の④に例示する地震です。それとは別の種類の地震である③に

例示する海溝型地震があります。すでにお話しましたように、海洋プレートつまり海底を覆う板状の岩盤が太平洋沖から日本列島に押し寄せてきて、海溝の谷筋に沿って日本列島の下に沈み込んでいます。日本列島を乗せた陸のプレートあるいは大陸プレートが上盤となり、その下に沈み込む海洋プレートが下盤となります。この海溝軸に沿った陸と海のプレートの境界、つまりプレートの境界面がずれ動いて発生する地震のことを海溝型地震といいます。プレートの境界面では上盤と下盤が摩擦力で固着していますから、上盤の下に下盤が沈みこむと、上盤が下盤によって下方に引きずり込まれます。この引きずり込みによって上盤が押し縮められて歪みます、この歪が時間とともに蓄積されると、上盤の反発力が増大してきます。その歪が限界に達すると、プレート境界面の摩擦力に抗して上盤が急激に跳ね返ります。この時、上盤と下盤の境界、つまり海溝軸に沿うプレート境界面で断層運動が起こり、海溝型地震が発生します。上盤の先端部は沿岸の海底に位置していますから、上盤が急激に跳ね返ると海底の岩盤が何メートルも隆起・沈降し大規模な地殻変動が起こります。それと同時に海底で地殻変動が起きた場所の真上の海水が大きく持ち上げられたり下げられたりします。この海水の運動が津波となって沿岸を襲います。

日本では、今世紀に入ってからほぼ 30 回大きな被害地震に見舞われています。平均すると 10 年間に 3 回程度になります。このうち 2 回は海域を震源域とする地震で、図の①②③のような断層の破壊過程により、1 回は内陸直下を震源域とする地震で図の④のような断層の破壊過程によるものです。内陸直下地震としては、兵庫県南部地震が神戸市を壊滅させたと同様に、1943 年鳥取地震、M7.2 は鳥取市を壊滅させ、死者行方不明 83 名がでました。1945 年三河地震、M6.8 は死者行方不明 2,306 名、1948 年福井地震、M7.1 は福井市を壊滅させ、死者行方不明 3,769 名がでました。こうして見ると、M7 クラスの内陸直下地震によって県庁所在地のような大きな都市が壊滅するという事例はさほど稀なことではないといえます。

最近に起きた大きな規模の海溝型地震は 1994 年 12 月 28 日に発生した三陸はるか沖地震です。この地震は M7.5 で、青森・岩手県境の沖合の日本海溝付近から沿岸近くまでの東西に延びた広い範囲にわたり、太平洋プレートと北アメリカプレートとのプレート境界を震源域として発生しました。青森県八戸市付近を中心に強い地震動が生じ、八戸市では震度 6 が観測されました。検潮所で観測された津波の高さは岩手県の宮古市の 55 センチが最大で、三陸沖で発生した被害地震による津波の中では小さいほうであり、津波による大きな被害は幸いにもありませんでした。しかし地震動によって、八戸市を中心に建物の倒壊などの被害が生じ、全体として死者 3 名などの被害が生じました。この地震の発生 20 日後の翌年 1 月 17 日兵庫県南部地震が発生しました。三陸はるか沖地震が起こり、その余震が翌年 1 月に入ってもまだ続いている中で、青森県や岩手県の太平洋沿岸の地域では津波対策を深刻にとらえて、「津波計を設置してほしい」という要望が出されました。しかし、直後に起きた兵庫県南部地震に世の中の注目が移ってしまい、三陸はるか沖地震のことは忘れ去られてしまいました。

日本では比較的短い期間に、一定の地域に集中して大地震が立て続けに発生することがまあります。例えば最近の 1990 年代には、北海道から東北地方北部にかけて①のタイプの釧路沖地震、M7.8 が、1993 年 1 月 15 日に発生し死者・行方不明 230 名を出し、それに引き続いて②、③の複合したタイプの

北海道南西沖地震、M7.8が1993年7月12日に発生し、次に②のタイプの北海道東方沖地震、M8.1が翌1994年10月4日に発生し、さらに先ほど述べた③のタイプの三陸はるか沖地震、M7.5が1994年12月28日に発生しました。これらの大きな被害地震が立て続けに発生したため北海道から東北地方は地震活動の活動期に突入したのではないかと考えていた矢先に、神戸で④のタイプの兵庫県南部地震、M7.4が1995年1月17日に発生し、死者行方不明6,435名という大被害となりました。

これらの地震はそれぞれタイプの異なる地震でして、タイプが異なるだけでなく災害の模様も大きく異なっています。大都市の直下で起きて家屋、建物の倒壊や火災による大被害を伴った地震、太平洋沿岸や日本海沿岸の海域を震源域として起きて地震の揺れだけでなく津波による大被害を伴った地震など様々です。これら日本の各地域で発生する地震に対しての防災対策を考えるには、各地域で起きる代表的な被害地震がどのようなタイプの地震であるか予め十分に調べた上で対応を講じることが大切だと思います。奥尻島で津波による大被害を生んだ北海道南西沖地震の震源の破壊過程を見ると、断層破壊が拡大しながら幾度も繰り返し、その度毎に強い地震波のエネルギーが震源から放出され、その結果強い揺れが繰り返し約80秒間も続きました。これに対して兵庫県南部地震による強い揺れは約10秒間という短いものでした。地震による強い揺れの続く時間の長さばかりでなく、揺れの強弱の度合い、揺れの周期なども震度と被害の大きさを左右します。

日本の代表的な大規模地震といえば、M8クラスの海溝型巨大地震ということになるでしょう。M8クラスの巨大地震はM7クラスの地震の10倍から30倍あるいは数十倍のエネルギーを放出します。

駿河トラフおよび南海トラフでは、海溝型巨大地震が繰り返し発生してきたことが歴史記録から読み取ることができます。これらの海溝型巨大地震の最も古い歴史記録は、684年天武天皇・白鳳時代の地震についてのものです。その語、887年仁和の地震、1096年・1099年康和・永長の地震、1361年正平の地震というように遡ることができますが、時代を古くまで遡るほど地震の記録は不確かさが増えてきます。15世紀以降については、確かな歴史記録から1498年明応地震、1605年慶長地震、1707年宝永地震、1854年安政東海・南海地震、1944年・1946年昭和東南海・南海地震などが発生しました。1707年宝永地震の49日後に富士山が大噴火し江戸の空も暗闇となり、大凶作が起きました。1854年安政東海地震・南海地震は開国前夜で、黒船の来航と幕末の政情不安の時代と重なりました。1944年東南海地震と1946年南海地震は、1945年の敗戦を挟んで起きました。このように、南海トラフの巨大地震は100年ないし150年の間隔で規則的に繰り返し発生します。では、次の南海トラフの巨大地震は何時起きるかといいますと、ここに書いてありますように今世紀の半ば、およそ2040年前後に起きるだろうと予測されます。

では、東海地震はどうかというと、実はちょっと事情が違いまして、1944年東南海地震の時、浜名湖以東の東海地方では断層破壊が起きなかったため、1854年安政東海地震から現在まで148年間も地震空白域として取り残された状態が続いています。そのため、東海地震はいつ起きても不思議ではないということで、気象庁は東海地方の地殻活動について24時間連続の監視観測を行っています。東海地震の発生の仕組みを考えると最も重要なことは、この地震が海溝型地震であるということです。海溝型地震は、上盤の下に下盤が沈み込んで行くというプレート運動によって発生します。このよう

な地震発生の仕組みを手がかりにして、地震発生の直前に確実な前兆シグナルを検知し、東海地震が目前に迫ってきたことを知らせる警報を発信する。そのような手法によって地震の被害を出来る限り軽減しようということが、東海地震の直前予知の手法と目的です。

東海地震の仕組みというのは、また繰り返しになりますが、東海沖から沈み込んでくるフィリピン海プレートが上盤である東海地方を乗せた陸の岩盤をグッと内陸の方へ押し縮め上盤の先端部を下方へ押し下げています。なぜこのように引きずり込まれるかと言いますと、ここに矢印を書きました海底の岩盤が沈み込むときに、上盤側との間に固着域というものがありまして、上盤と下盤はこの固着域によってしっかりとカップルしている、すなわち咬み合っているわけです。この咬み合った状態が続く限りは、ここの矢印に書きましたようにこの上盤側をグッと引きずり込みますから、上盤側の先端部が1年に5ミリ程度の割合でゆっくりと沈み込んでいきます。それと同時に、内陸側にも押し込まれる。そういう地殻変動が現在まで148年間もずっと続いてきたわけです。そういう状態がいつまでも続くはずはなく、この地殻変動によってひずみが限界レベルにまで溜まってくると、上盤側には跳ね返ろうとする力がどんどん増してきます。やがてこの固着域の一部分に緩みが生じプレート境界が剥がれてきます。そういう状態になると、下盤側は沈み込んでいっても上盤側はもう下盤によって引きずり込まれなくなり、上盤の先端部が沈み込まなくなる、つまり沈降がストップしてしまうわけです。そして、やがてこれが反転して隆起に転じます。その後、数時間か数十時間かすると上盤の先端部が急激に跳ね返って東海地震が発生します。

こういう状況の進み方は、モデルの数値シミュレーションをやってみると「なるほどな」ということが描き出せるわけですが、しかし、モデルによるシミュレーションはあくまで単純なケースについての推論であり、実際にはそれぞれ地域によりまた個々の地震により差異があり、そのときそのときの状況を観測によって、どういう振る舞い方をするか追跡する必要があります。88ページにそのシナリオを示してあります。

東海地震の監視観測や被害想定を行う上で重要なことは、東海地震の震源域がどのような形状をしているかということです。これについては非常に詳しい調査が行われて、最近見直されました。実際に東海地震説が出た20年ぐらい前には、まだ観測データはほとんどないわけで、駿河湾を中心に空白域があるということで、とりあえず長方形の断層を前提に各地の震度予測などを行ってきました。その後観測が積み上げられてきた結果、もっとリアルな震源域が浮き彫りにされてきました。その結果、実はこういう茄子形をした震源域の断層が大きくずれ動き東海地震が起きるのだということがわかってきたわけです。こういうことがわかってくると、かなり現実味を帯びた形で、戦略を立てられるようになるわけです。

もう一度話を戻しますが、東海地震が近づいてきたらどうなるのだろうかということが大変気になるわけです。一つは、先ほど先端部がずっと引きずり込まれていって沈降していくという話をしました。実のところ、上盤が太平洋に突き出した場所というのは東海地方の御前崎に限ったものではなく、房総半島の野島崎とか、三浦半島の先端の油壺、それから潮岬、室戸岬、そういったところは皆太平洋のほうへ突き出しています。これら上盤の先端の部分、太平洋の沖合からやってくる海の岩盤が目

と鼻の先で沈み込んでいきますから、それに引きずられて1年間に5ミリメートル程度の割合でゆっくりと沈み込んでいくわけです。ですから、これは次の巨大地震に向かって歪のエネルギーをどんどん蓄えているという状況を示しています。その状況が続いている限り、ひずみを蓄えている段階ですから地震は起きてこないわけです。

例えば関東地震の場合どうだったかと申しますと、当時のかなり素朴な観測、検潮儀によって観測したデータがありますが、それによると油壺はこのように、年間数mmで沈降している。ところが、ある時点まで来ると沈降が止まってしまう。つまり、上盤側はひずみをたくさん蓄えてしまって、もう下盤と一緒についていけなくなって跳ね返ろうとしている兆しなのです。そしてやがて反転し跳ね返って、関東地震が発生しました。こういう状況を念頭において、いま実際に観測されている東海地方の御前崎の状況を見てみますと、このようにずっと沈降が引き続いています。これが少しこのようになってくると、ボンと跳ね返るということで、この御前崎の沈降は非常に気になる点の1つです。

そういうものについて、いろいろな方が最近のデータを使って解析した事例をご紹介します。

この2つのグラフを見ていただきます。上のほうは五十嵐さんという方が、実際の粒々と丸を書いたのが実際の観測データですが、御前崎の沈降のデータに合わせて予測モデルを当てはめてみたわけです。そうすると、データの当てはめ方にもよりますが、ここでこのように沈降してきたものが、ある時点になると沈降が停滞しその後急激に跳ね返ります。ここに矢印がついています。ここで東海地震が起きるという意味ですけれども、これをこうやると2003年ぐらいになるでしょうか。これをこのまま信用したら真っ青になってしまうわけですが、とにかくそういう状態、長期間続いてきた緩慢な沈降がいったん停滞してから急激に跳ね返って隆起する、そういうプロセスを念頭に置きながら監視する必要があります。その一方で海溝型地震が繰り返し起きる状況シミュレーションの結果と観測事実と比較して検討することもできます。88ページの左下の「地面の上下変動の時間変化」と書いてあるのがここに述べた話に対応するものです。

では東海地方の状況は現在どうということになっているのかということが、大変気がかりになります。

現在の状態は、実はこうなっています。日本列島の地殻変動の状況は、GPSによって最近非常に詳しく、ほぼ連続的に追跡することができるわけですが、ここで示してありますように、内陸に向かって北西方向にずっと押し縮められるようなパターンの水平変動が続いてきたわけです。この状況が続いている間は、ひずみがどんどん蓄えられていく方なのですが、実はその状況に最近になって表れてきました。この北西方向とまったく逆方向の変動つまり、内陸に押し込まれるのではなくて、むしろ太平洋沖へ向って南東の方向へせり出すような変動が現れてきました。そのような異常な地殻の水平変動が現われ始めたのは、2001年3月頃からです。先ほど言いましたセンスから言いますと、このように進んできたものが停滞し始めたということの意味をしています。このように、矢印がずっと北西方向だったものがひっくり返っているということ、これは何を意味しているかと言いますと、東海地震の発生の仕組みの話に戻りますけれども、下盤が東海地方の下にずっと沈み込んでいくわけですが、その沈み込みは現在でも続いているのですけれども、それによって一緒に押し縮められ、引きずり込まれていた上盤側、これが現在どうなっているかということ、プレート境界の一部が緩んできて

しまったために、これがどんどん沈み込んでいってもこの矢印に書いたように一緒に引きずり込まれなくなってきたということを意味していると考えられます。上盤はすでに跳ね返るバネの力を一杯蓄えていますから、やがてこれが反転する。そういう状況に至る直前の段階に現時点はあるのではないかという可能性を孕んだデータが、最近の東海地域の地殻変動の状況なわけです。

これを別の表現で書き表してみると、これはちょっと図の説明を要するわけですが、例えば東海地域の掛川とか袋井という観測点がありますが、例えばこの袋井を見てみましょう。そうすると、それまでずっとこのように押し縮められていたものが、本来はこのように進んでいくはずなのですが、2000年、2001年、特にこのポイントではほぼ三宅島の噴火が始まった時点と一致するのですが、そこから横ばいになってきているわけです。つまり、こう来てここで横に寝始めたということ、そこが1つの重要なポイントです。それを、例えば先ほど申しましたこういうものと比べてみますと、このようにずっと続いてきたものが三宅島噴火の時点の2000年6月頃から停滞し始めた。いま我々が見ているのは、この状態なのです。それまでずっと続いてきた状態とは非常に大きく違うということを十分念頭に置いて、この後の推移を見ていく必要があるということになります。

それが現在の東海地域の状況の一番注目点でして、こういった状況が続いていく中で、どういう状況が次に現れてくるかということをシミュレーションで推定してみるということが試みられています。現在がこのあたりのどの段階にあるか、わかりませんが、いつ状況がさらに急変し、東海地震の発生につながるかも知れません。現在は、そのような可能性を念頭に置いておかなければいけないという心構えをもちつつ監視観測に当たる必要がある段階にあると思います。

再び話が戻りますが、固着域が形成されて、そしてどんどんひずみが蓄えられていって、やがて金属疲労のようなものを起こして剥がれ、地殻変動が停滞し始める。おそらくすでにこのような段階には入っていて、そしてやがて次の段階へ突っ込んでいくわけです。

この前兆滑りというのはどういうものかと言いますと、東海地震が起きる数十時間ぐらい前になると、東海地震を引き起こす巨大な断層が東海地方の下に横たわっているわけですが、その一部分が実際に滑り始めます。最初の時点では非常にわずかな滑りですけれども、一度滑り始めたら、それがどんどん加速的に拡大していって、そしてこの断層全体を滑らせて東海地震に至ることになります。

ですからその時点の最初のスタートの滑りを「前兆滑り」、プレスリップと言うのですが、これをつかんでやろうというのが東海地震監視のポイントになるわけです。

それを89ページに示しました。今年9月1日の訓練用のデータですから実際のものではありませんが89ページの下に書いてありますように、非常に感度の高い、数億分の1ぐらいのひずみ変化があるとそれをキャッチできるような歪計が、東海地域に19点配置されています。東海地方直下のプレート境界に沿った巨大な断層、その断層が少しでも、何cmかでもずり動き始め、それが加速し始めると、気象庁が24時間監視をしている現業室のモニター上に、89ページに示してあるような異常なデータが検知されます。つまり、変化が実際に現れてくるわけです。その変化のレベルがレベル1、2、3と区分けしてありますけれども、レベル1では現業室の観測担当者が気がつきます。まもなくレベル2の段階に入ってくると、それは担当課長に通知されます。レベル3になりますと、判定会招集されます。

地震発生までの経過をもう少し長い時間について描いたものが、90 ページに書いてあります。最初に気がつくのは、8月29日ぐらいから、現業の観測室のモニター上で変化が出てきたということに気がつきます。例えば、浜岡、御前崎、藤枝、榛原というようなところに観測点がありますが、そのひずみ計が少しずつ動き始めるわけです。その時点で、気象庁は観測情報を1号、2号と出していくわけです。そしてどんどん変化が大きくなって、ある基準、レベル3に達すると、判定会が招集されるわけですが、今年の訓練の場合には、招集の時点からまた事態がちょっと変わってきて、データの異常がそのままどんどん進むのではなくて、一時停滞するという設定になっています。停滞をしても、一度動き出して、しかも上盤には150年近くのひずみが目一杯溜まっているわけですから、いつまでも停滞が続くわけがなく、再びすぐにひずみの異常な変化が現れ始めます。これが8月31日から9月1日の早朝にかけてです。そしてそれが加速的に増えていって、東海地震に至る。不正変化がグッと加速的に急上昇が始まった時点で気象庁長官は小泉総理大臣に警戒宣言の発令を要請します。そうすると閣議が開かれて、警戒宣言の発令ということになります。そうすると、このように前兆滑りを捕まえて、地震発生の直前に警報を発信する時点では、まだ東海地震は起きていませんから、社会はまったく無傷ですので短い時間の間でも、テキパキと行動し効果的な防災行動をとれば大きく災害の軽減に役立つと思います。津波については東海地震が起きると、津波が1、2分で襲ってくる地域が非常に広い範囲にわたります。津波警報を聞いてから避難を始めるのでは間に合わないのです。「地震が来た。揺れた」と思ったら、逃げる間もなく大津波が押し寄せてくるというのが東海地震ですから、沿岸部の人は皆津波に飲み込まれてしまうわけです。ですからそれを避けるためには、東海地震を引き起こす断層そのものがずれ動き始めた時点でそれを早期に察知して行動に移らなければなりません。

そのためには、その行動を立ち上げるときのシグナルをきちんと観測でとらえる必要があります。それが前兆滑りの早期検知でして、その前兆滑りを検知するためには数億分の1というような超高感度の歪計を設置して24時間常時を監視を行うことが必要になります。そういうかなり手の込んだ作業をすることによって、何千人か、あるいはもっと多くの人の生命を救う、命を落とさないで済むような状況を人間の努力でつくり出すことが、東海地震監視の仕組みです。そういうことを実際にいま、大震法という法律もつくって実行に移しているわけです。その中で、先ほど言いましたように、これまでは見れなかった異常な地殻変動が現れてきているというのが現状です。

東海地震が発生した時に、強い地盤の揺れがどのくらい広い範囲に及ぶのか、予め詳しく調べておく必要があります。そのためには、東海地震の震源域の形状を正確に把握して、その震源域でどのような断層運動が起り、その時に震源域から放出される地震波の波形を推測し、その地震波が地中を伝わって地表に到達した時、地表の各地点ではどのような揺れとなるのか、明らかにしておく必要があります。これを地震動予測といいます。その結果が図に示されていますが、揺れの強い地域は当然のことながら震源域とその近傍≡になりますが、実はそうとばかりも言えず、河川の流域や内陸盆地などの軟弱地盤など、地盤条件が悪い地域では、震源域からの距離が大きくてもかなり強い地盤の揺れが生じることが示されています。

さらに津波による被害の問題はきわめて重大です。東海地震では、地震発生の約5分後には、すで

に駿河湾沿岸の全域から天竜川河口付近、浜松平野沿岸にまで第1波が到達します。25分後には、東は伊豆諸島、西は志摩半島にまで第1波が押し寄せます。このCGの画像の白い波頭が津波の第1波ですが、地震が起きたと思った直後のアツという間に津波がやって来るという状況が示されています。

また大変に広範囲な地域にわたり波高が数メートルから10メートルといった津波が来襲することが予想されています。このような津波から身を守るためには、日頃からの用意周到な心構えと速やかな避難行動立ち上げる準備が必要です。東海地震の監視観測では、最新の観測技術により東海地震の前兆を一刻でも早期にとらえ、津波からの避難を呼びかける情報を即刻発信するために、24時間連続体制で観測が続けられています。津波が伝わる速度は水深によります。水深2,000メートルで時速500キロ、水深4,000メートルで時速700キロとジェット機並みの速度です。そのため海岸で遠方沖合からやってくる津波の波頭に気づいた時には、その人が津波から逃げ切れる可能性はきわめて低いと考えられます。

東海地震の起きる仕組みや起き方については、これまでなかなか把握できなかった点が多くありましたが、まだまだ十分だとは言いえないものの、最近になってかなり詳しく正確な観測データや知識が得られるようになりました。現在の大きな課題の一つは、観測から得られた東海地震に関わる様々な情報や知識を、どのような形で社会一般に伝えることが最善なのかという問題です。特に、東海地震が2~3日以内に発生する可能性が高まってきた時、どのようにしてその緊急事態の情報を正確、迅速に分かりやすく、さらに誤解を生まないように伝えるかという問題が重要な課題です。事をせいて早まり過ぎては、不確実な情報を出すこととなります。慎重になり過ぎて手遅れになっては、後悔してもし切れません。

現在、気象庁は東海地方の地震・地殻活動と東海地震の監視観測の結果について様々な情報を発信する仕組みを作り、それに従って実際に一般社会や防災機関に向けて情報が出されます。その情報には、即時および定期的に発信される東海地方の地震・地殻活動についての情報に加えて、何か目立った現象が観測された時、それが東海地震と直接的な関係はないと判断される場合には、その旨を明記した上で観測事実とその解釈を述べた「解説情報」が発信されます。もし異常現象が観測されて、その現象がさらに今後も引き続くと、東海地震の前兆、つまりプレート境界の「前兆滑り」につながる可能性がある場合には、観測情報を発信して今後の推移についての情報を聞き漏らさないよう促します。さらに自体が進み「前兆滑り」の可能性が高まると、判定会が召集されますが、その時「判定会招集要請情報」がマスメディアを通して発信されます。いよいよ「前兆滑り」が発生したことが確認されると、気象庁長官は予知情報を出し、その旨を内閣総理大臣に報告します。内閣総理大臣は、閣議に諮って「経過宣言」を発令するかどうか決断します。これが情報発信の概ねの形です。実際には、出来る限り早目、早目に事を立ち上げるようにすることが肝心です。最近では、観測精度が日進月歩で向上しています。その一方で、社会状況の変化が急速に進んでいることから、情報発信の仕組みを根本から見直し、現実起きてくる緊急事態により効果的に対応できる仕組に改める作業が、中央防災会議の専門調査会で現在進められており、近々その結果が報告されるでしょう。

99 ページに「現在の警戒宣言時の対応」がリストになって上っています。避難からライフライン、

電話、JR、私鉄、バス、タクシー、船舶、道路、高速道路、金融、百貨店、病院、劇場、学校、幼稚園と、社会の様々な機能あるいは施設にわたって、東海地震に対してどのようにしたらよいかということをお互いに考えていかなければならないわけです。と言いますのは、同じ大きな揺れが襲ってくるという強化地域の中を見ても、実は非常に強烈な揺れが襲ってくる、すごい津波の直撃を受けるというところもあれば、さほどでもないところもいろいろあります。そのときに、その施設あるいは個人個人を取ってみると、その人がどういう立場、どういう状態にあるかとなると誠に千差万別でして、国が一律に「こうすべきだ」と1つの系統で1つの指令を出すということでは不都合な場合が極めて多いわけで、実際に地域による対応のしかた、企業による対応のしかた、病院であるか学校であるか、1つの病院を取ってみても他の病院とはまた違う対応を取らなければいけないというような、そういう個性が非常にありまして、しかも強化地域から外れたところであっても、場合によっては相当の影響を受けるかもしれません。それから愛知県の場合には名古屋市として見ているだけではだめで、つまり経済的、産業的、いろいろな面で名古屋市を中核とする領域は三重県、岐阜県、静岡県と非常に広く、その中で人間が活動しているわけで、そういう意味では自治体一つひとつの枠組みの中で考えるだけでは必ずしも適当ではないというような点もあります。そういう意味で、東海地震に対応するしかたというのは、社会の現状、仕組み等、それから個々の市民がどういう考え方を持って地震に立ち向かうかという、非常に複合した複雑な問題を提示していると思われまふ。以上が東海地震の現状です。

全国各地ではそれぞれの地域特有の地震の問題を抱えています。その中で度々話題になる地震の一つが南関東直下地震です。南関東直下地震は、関東地震と取り違えられることがよくあります。しかし関東地震と南関東直下地震とは異なるタイプの地震ですから、両者をきちんと区別して取り扱わなければなりません。では先ず関東地震について概観することにします。1923年に発生した関東地震は、相模トラフを震源域とするM7.9の海溝型巨大地震です。この大正の関東地震の1サイクル前の地震は1703年元禄関東地震です。元禄関東地震の規模はM7.9～8.2と推定され、大正関東地震よりもやや規模が大きく、震源域の位置は大正関東地震に比べて房総半島寄りだったと推定されています。

元禄関東地震と大正関東地震との間隔は220年です。この220年間を約70年刻みで3等分し、第1期、第2期および第3期に区別することにします。

1703年元禄関東地震からの約70年間を見ると、南関東直下では大きな被害を伴うような目だった地震が起きていません。これは、元禄関東地震という巨大地震の発生に伴って、南関東の全域に蓄えられていた歪のエネルギーがほとんど全部放出されてしまい、地震を起こそうにもそれに必要なエネルギーの蓄えがないために、地震が起きないのだと考えられます。元禄関東地震の直後にはしばらくの間、余震活動が発生しますが、その後の約70年間は南関東一円で地震活動の静穏期が続くこととなります。この第1期に一生を送った人は、南関東は地震の少ない安全な場所だと思い込んだまま生涯を終えることでしょう。この静穏期が第1期です。しかしその次の第2期の約70年間では、相模トラフから南関東の直下に沈み込むフィリピン海プレートの運動によって、南関東の直下には再び歪のエネルギーが徐々に蓄えられてきます。第2期に入った時点では、南関東全域での歪エネルギーの総量は関東地震を引き起こすために必要な歪エネルギーの量をEとすると、そのほぼ3分の1に達します。

それに伴って南関東直下の地震活動も徐々に活発化してきます。第 2 期の終わり頃には歪エネルギーの総量は歪エネルギー E の 3 分の 2 程度にまで回復します。これが第 2 期です。さらにその次の第 3 期の約 70 年間では、南関東直下では歪エネルギーの蓄積が E の 3 分の 2 以上に達します。このくらいのレベルにまで歪エネルギーが増えてくると、南関東の随所でかなり強い揺れを伴い、しかも場合によっては被害を生むような地震がしばしば発生するような状況になります。東京に住んでいるのが不安になり、「関西方面にでも引っ越そうかな」というひとが出てくるかも知れません。これらの直下地震は関東地震の露払いともいえる地震であり、次の関東地震が次第に近づいてきたというシグナルでもあります。これらの直下地震の中には、M7 クラスの地震が何個か含まれる可能性があり、もしそのような大きい規模の直下地震が人口が超過密な首都圏で発生するようなことになると大災害につながりかねません。

元禄関東地震から大正関東地震の間の第 2 期、第 3 期にあたる活動期に発生した直下地震の代表例は 1855 年安政江戸地震です。南関東では、1703 年元禄関東地震の発生後の約 70 年間は、地震活動はきわめて静穏でした。しかし 1780 年頃から小さな被害を伴った M6 クラスの地震が江戸を中心とした半径百キロ圏内で発生するようになりました。その後、地震活動は急に活発化して 1850 年以降には被害地震が年に 2~3 回も発生するようになりました。それらの中には、M7 前後の規模の大きい地震も含まれています。こうした一連の地震活動の活発化の中で、1855 年安政江戸地震が荒川河口付近を震源として発生し江戸で約 1 万人の死者が出たと推定されています。この地震の規模は M6.9 と推定されています。

現在は、大正の関東地震から約 80 年が経過していますから、概ね静穏期は通り過ぎ第 2 期に入ったと考えてよいと思います。実際にそういう目で南関東の地震の状況を見てみると 1980 年から 1992 年にかけて 103 ページに示すように南関東直下で M6 クラスの地震が次々と発生しました。つまり 1980 年千葉県中部の地震 (M6.4)、1983 年茨城県南部の地震 (M6.0)、山梨県東部の地震 (M6.0)、1985 年茨城・千葉県境の地震 (M6.1)、1987 年千葉県東方沖 (M6.7)、1988 年東京都東部の地震 (M6.0)、これは新宿直下でしたけれども、それから 1992 年浦賀水道で起きた東京湾南部の地震などです。

これらの地震の中で、1985 年茨城・千葉県境の地震と、1992 年東京湾南部の地震は、いずれも東京で震度 5 になりました。これらの地震では東京は相当てんやわんやの状態になりました。千葉県東方沖地震の場合には、これは九十九里沿岸で起きたにもかかわらず、東京湾沿岸で液状化現象が起きました。東京電力の送電も一時止まったり、あるいは鉄道、私鉄、新幹線が止まったりしました。茨城・千葉県境の地震では秋葉原の駅のプラットフォームが人で満杯になり、電車は止まってしまう。押せ押せで来るので、非常に危ない状況になったので機動隊が出動したということがあります。それから東京湾東部、新宿直下の地震だったと思いますが。これは新宿の超高層ビルがユラユラと揺らいで、ちょうど夕刻で、40 階あたりのレストランに入っている人たちが悲鳴を上げて飛び出した。店からは飛び出してもビルからは飛び出せないわけですが、それから、東京ガスのマイコンメーターが作動して、ガスの供給が自動的にストップして、朝から大変だったというのがこの 92 年 2 月 2 日の東京湾南部、浦賀水道を震源とする地震です。2 月でしたから、ちょうど私立中学などの入試も始まっていて、その

前の日から雪が降っていて、東京は一日中てんやわんやになったわけです。その地震は M5.9 で M6 に満たない地震でしたが、東京という稠過密の巨大都市ではいったんちょっとした揺れが来ると、1 日中交通が乱れ思わぬ事態になるということが、よくわかります。「わあ、東京というところは本当に大変なところだな。マグニチュード 6 クラスのやや顕著な地震というぐらいでも、やはり相当なことが起きるのだな」ということがわかります。

これら最近発生した M6 クラスの南関東直下地震は震源が数十キロと深かったり東京湾南部あるいは東京都東部の地震を除きますと、首都圏からちょっと外れたところで起きていました。それでも相当の混乱を首都圏で引き起こしましたから、もし比較的深さの浅いところでもうちょっと大きい地震が起きた場合には、例えば安政江戸地震の例をひくまでもなく、大変な状況になる可能性があるわけです。そういうことを考えると、やはり東京あるいは首都圏は直下地震がいつ起きるわからない、その入り口に立っているという、状況を日頃から十分に頭に置いて対応していく必要があると思います。

その次のページを見ていただきますが、現在その切迫性が指摘される東京の直下地震では震度 7 になることはどうもなさそうです。と言いますのは、立川断層のような東京にある活断層がずれ動くとき震度 7 となりますが立川断層がずれ動くのはそういう(まだ、1000 年とか 2000 年先の話です。)ところが地下のやや深い所に潜んでいる断層がずれ動いて起きる地震、ここで書いた 1 番というのは例えば立川断層のようなものですが、2 番、3 番、4 番、5 番というやや深いところで起きる地震がどうも切迫していて危険なのです。こういう 2、3、4、5 というタイプの地震で M7 前後のものが起きようになります。そのような地震が起きると概ね震度 6 弱、場合によっては 6 強ということになりますが、震度 6 弱や震度 5 強でも決して侮れないのです。それは東京という大都市の社会状況、都市構造などが問題なのでして、地震の規模や揺れの度合いと地震災害とはこの場合区別して考えなければいけないわけです。地震というのは自然現象ですから、これは止めるわけにもどうにもなりません、地震災害というのは人間の側が予めどの程度防災対策を構築して対応するかということによって、大きくも小さくもなり得るわけです。

私達にとって最も身近な防災対策の一つとして家屋の耐震診断を必要な場合には補強をするということは非常に重要なこととして、かつちりとした壊れない家に住んでいる人は、地震が来ても飛び出す必要はない、家の中にいればよいのですけれども、地震が来たら間違いなく倒れそうな家に住んでいる人は何とかしなければいけません。その何とかするために一番効果が高いのが耐震補強ということになるわけです。こういう問題もこれまで繰り返して強調されていますけれども、なかなか進まないのが現実です。

南関東地の地震活動については、相模トラフを震源域とする M8 クラスの巨大地震である関東地震の発生は今後 100 年以上も先のことですが、それに先立つ直下地震が起きる可能性はだんだん増えつつあると考えられます。その他の地域、例えば北海道周辺では、十勝沖や根室半島沖で大地震がいつ起きても不思議ではないと考えられています。宮城県沖地震の 2020 年末までの発生確率は 81%と推定されています。日本海東縁部では、秋田・山形県沖や新潟平野南部などに地震空白域が存在し、そこを震源域として大地震が発生する危険が高まりつつあるとの指摘があります。

このように、日本列島のあちらこちらを見ると、大地震の切迫性に対して、地域によってその度合いには差があるかも知れないけれども、相当の警戒心を持って対応する必要があると思います。そこで念頭に置く必要があるのは、過去の大地震とこれから起きてくる大地震とでは、社会構造や生活環境が大きく異なっていることです。21世紀に入り、本格的な少子高齢化社会を迎えることとなり、それだけ災害に対する社会の回復力、復元力や耐久力が落ちてきます。それに不況が追い討ちをかける。さらに電力供給不足や食料問題、自然環境の悪化、地球温暖化による海面上昇、国際テロなどあらゆる問題が複雑に絡み合った社会状況が現実です。それだけに災害に対する多くの弱点を多く抱えることになり、災害がその盲点や死角から忍び寄ってきても気づかない。その結果、災害が突発的に襲いかかってくるという恐れがあります。

災害の軽減・防止に特効薬はないでしょう。地震災害の軽減・防止の手立ては、第一に十分な予防処置を講じること、つまり病気の予防と同様に日頃からの心構えが大切だということです。第二に実際に大地震が発生した時には、すぐさま救急救援活動を立ち上げるということでしょう。さらに、21世紀には科学技術の目覚ましい進展に応じた第3の手法を用いることです。その第3の手法とは、東海地震に対するように大地震の強い揺れや大津波が襲ってくる少し前に地下の異常を察知して、事前に対応を取り被害の軽減・防止を図るということです。日進月歩の知識・技術を活用しながら、しかも地震という現象はもともと突発的に発生するという性質のものだということを念頭に置きながら対応していくという、なかなか難しいことですが、そういう努力を積み重ねることが地震災害の軽減・防止につながる道だと私は考えています。以上でございます。どうもありがとうございました。