

柏崎刈羽原子力発電所の透明性を確保する地域の会第37回定例会・会議録

- 1 日 時 平成18年7月5日(水) 18:30～
- 1 場 所 柏崎市産業文化会館 3F大ホール
- 1 出席委員 新野・浅賀・阿部・井比・石田・今井・伊比(智)・伊比(隆)・金子・川口・久我・三宮・杉浦・千原・武本・中沢・前田・宮崎・元井・吉野・渡辺(仁)・渡辺(丈)・渡辺(五) 委員 以上23名
- 1 欠席委員 佐藤委員 以上1名
- 1 その他出席者 勉強会講師：東大名誉教授 溝上 恵氏  
柏崎刈羽原子力保安検査官事務所 金城所長  
柏崎刈羽地域担当官事務所 沼田所長  
新潟県 原子力安全対策課 飯吉主任  
柏崎市 田村防災監 布施防災課長  
名塚係長 関矢主任 藤巻主任  
刈羽村 中山企画広報課長 飯田副参事  
東京電力(株) 長野室長 伊藤部長 小林GM 村山GM 守GM  
杉山 武田 水谷  
柏崎原子力広報センター 押見事務局長(事務局・司会)  
木村 柴野(弘)

◎事務局

大変ご苦勞様でございます。

第37回の「地域の会」定例会をただいまから開催をさせていただきます。

いつものように、資料の確認をさせていただきます。

最初に皆さんのお手元、正面に用意させていただきました定例会の次第と、それから保安院さんの前回定例会以降の行政の動きというもの、それから新潟県の同じく行政の動き、それから、37回地域の会定例会資料という東京電力さんのもの、それから原子力安全委員会「発電所原子炉設備に関する耐震設計指針（案）」云々という地域の会からの意見書、それから、これは傍聴される方には、お手元にはございませんが、地域の会の平成18年度の視察についてのご案内、それから、地域の会第37回定例会の勉強会の資料、地震はなぜ起こるのかという資料、それから新潟県中越地震のメカニズムを探るの資料、それから特集の耐震設計審査指針の改訂という冊子、以上でございますが、皆さんお手元には、全部届いておりますでしょうか。

それでは、定例会を始めさせていただきます。

◎新野議長

では、これより37回の地域の会の定例会を開かせていただきます。

今日はたくさんの情報をいただくお客様もお見えですので、すぐ勉強会の方へ移りたいんですが、これはご案内にはなかったかも知れませんが、私どもの定例会の中の勉強会ということで、30分程度ちょっとおつきあいいただきたいんですが、37回を迎えましたけど、今までこういう形で前段で月に一度ずつ行われる会ですので、その間、先月から今月の間で、1カ月の間に起こったことの報告を前段でしています。

最初に30分ほどお時間いただいて、こんなふうに行われているというようことで、見ていただければなと思いますので、ちょっと時間をお借りします。

では、前回からの動きですけれど、保安院さんの方から。予定とすると、(1)が30分程度で終わる予定ですので、お伝えしておきます。

◎金城所長（柏崎刈羽原子力保安検査官事務所）

では、原子力安全・保安院の方から、前回定例会以降の行政の動きということで、説明させていただきます。

まず、一番目、お手元の1枚目のペーパーで、説明させていただきますが、これは前回の定例会に、伊比委員の方からのご質問に対する答えになるかと思いますが、東芝の流量計のデータ不正の件につきまして、事業者だけでなく、東芝の方の立入調査に6月20日に入りました。これまでの経緯としまして、4月20日に東芝に対して、原子炉給水流量計等の実流量計試験データの不正に対する徹底した原因分析を踏まえた再発防止策も報告を指示しておきました。

この指示を受けまして、東京電力も同じ日に出しましたが、5月18日に、その原因究明と再発防止についての報告が提出されました。それを受けまして、原子力安全・保安院としましては原因究明や再発防止策の妥当性及び再発防止策の実施状況を確認するために、東芝へ立入調査に入りました。

立入調査を実施した日、6月22日の木曜日には、磯子エンジニアリングセンター・京浜事業所、6月23日には東芝の本社の方にも入りました。

事務所としまして、柏崎刈羽原子力発電所に関係しておりますので、検査官を1人派遣して調査に入りました。

結果については、まだこちらの方で、検討中でありますので、公表され次第、説明の方を私の方で考えております。

2番目ですが、浜岡の原子力発電所第5号機蒸気タービンの羽根の破損に関する対応ということで、浜岡の方の一番新しい発電所であります第5号機で、蒸気タービン停止に伴って原子炉の停止が6月15日にありましたが、いろいろ調査した結果、このタービンの羽根が破損してしまし、他の羽根のつけ根部分にもひびが確認されたということでもあります。

当然のことながら、技術基準には適合しないということで、中部電力に対しては、さらに徹底した調査を求めましたし、同じ型のタービンを使っているところとしまして、やはりこれも新しい発電所なんです、志賀も2号機の方でも使っていましたので、タービンの羽根の点検を行うよう指示したところでもあります。

こちらの方としても、詳細な原因究明等の調査を進めて、わかり次第こういった詳しい内容を説明していく所存であります。これ両方とも3番目、4番目、本日の件で、まことに申しわけありませんが、まだ詳細を確認はしてないですが、我々の本業であります発電所の検査に関して、検討会を進めておりますが、本日、この中間報告書の案が提示されております。

同じく、本日ですが、今日の話も密接に関係しますが、耐震・構造設計小委員会の方に今日は新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認や、女川原子力発電所の評価等、審議が行われております。

こちらの方からの説明は以上ですが、前回の定例会で、六ヶ所のほうの放出について、ご質問がありましたが、今、いろいろ調べているところではあるんですが、やはり通常の原子力発電所と再処理の施設、これは中でやる事業は異なっていたり、各種放射性物質の種類も違ったりして、なかなか一概には説明は難しいところでもあります。

前回、いただいたような件については、まだはっきりと確認できてませんので、今日はこの後勉強会もありますし、またちゃんと情報がそろったら説明したいと思っております。

最後、一つ、資料を配らせていただいております。JNES、我々の関連機関である原子力安全基盤機構の資料なんです、これ実は私の方も一昨日手元に届いて見たところでもあります。

見たところですね、今回の耐震設計審査指針の改訂について、特に今日の話にも関係ありますが、基準地震動にいろいろと最新の地震学の知見を反映させるというところが、ポイントなんです、わりあい分かりやすく書いてあると思ったので、配布させていただきました。

今回、行われた設計審査指針は、今、パブリックコメントを踏まえて、原子力安全委員会で審議中でありまして、これは4月28日に示された案をもとに、作成したものでありまして、今後の最終的な安全委員会の結果を踏まえて、若干の内容の変更等はある

とは思いますが、今日の溝上先生の講義を聴く際に、耐震設計審査指針とはこういうところが審議されているんだなというのが、ある程度理解できる資料でありますので、配付させていただきました。

保安院の方からは以上です。

◎新野議長

ありがとうございます。質問はまとめてお受けしますので、新潟県から。

◎飯吉主任（新潟県）

県庁原子力安全対策課飯吉です。現在、議会中でありまして、上の方は出席できないので、私の方から説明させていただきます。

お手元の新潟県と書かれました前回定例会以降の行政の動きをごらんください。

1つ目として、安全協定に基づく状況確認等ですが、月1回定例で行っている月例状況確認を6月9日に県・市・村で実施しております。その主な確認作業ですが、上の2つは毎回同様ですが、1から7号機の運転保守状況と、あと不適合管理状況等について確認しております。

また6月9日に使用済燃料を搬出するための輸送容器が発電所に搬入されておりまして、その陸揚げ状況のもあわせて確認しております。

次に2つ目ですが、新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会ということで、6月13日に柏崎刈羽原子力発電所で確認されたハフニウム板型制御棒のひびについてということを経験として、技術委員会を開催しております。

その技術委員会での結果ですが、「制御棒のひびについては、運転上適切な対応策が講じられているので、安全性は確保される。また、今後の措置としての、ハフニウム板型制御棒を別タイプの制御棒に交換することや、制御棒の設計改良などは、再発防止対策として妥当である」と評価されております。

以上です。

◎新野議長

ありがとうございました。続きまして東京電力さんの方。

◎長野室長（東京電力）

東京電力の広報部の長野でございます。

それではお手元の資料でご説明をいたします。

今日は2件ございます。それぞれ公表した際のプレス文を添付してございますので、ご参照いただければと思います。

1枚めくっていただきますと、3、4号機における原子炉再循環系配管の点検結果という文面が添付されていると思います。

3号機、4号機とも現在、定期検査中でございますが、原子炉再循環系配管において、ひびが確認されております。

3号機につきましては1継手の1カ所、4号機につきましては1継手の5カ所ということでございます。

もう一枚めくっていただきますと、具体的なひびの場所等が図で提示してございますので、ご覧をいただきたいと思いますが、左側が3号機でございますが、矢印が書いてあるところが、今回の点検箇所でございます。

継手1と表示してございますところにひびがあるというものでございます。下に表示して、ひびの大きさ等、記載してございますので、ご参照ください。4号機についても右側のように表示してございます。

こちらの3号機、4号機、いずれのひびも前回点検時はひびはなかった。その後、ひびが発生した、あるいは検出限界程度のひびが存在した、そういったものと考えております。

ひびについては、これまでの知見の範囲というふうに考えてございます。

現在、健全性評価制度に基づいて評価を実施しているところでございます。

この結果につきましては、また結果が出次第、またお知らせをしたいと思っております。

2点目でございますが、1号機、2号機、5号機におけるストレーナに関する報告でございます。

こちらについては、この定例会で過去に同じ報告をさせていただいておりますが、万が一の原子炉冷却材喪失事故時に原子炉に注水をするためのポンプの水源となるサブプレッションプールに異物があるときにポンプに悪影響を与えないだろうか、調査しなさいという保安院さんからの指示に基づいて調査をして、評価結果がまとまったので、経済産業大臣の方に報告書を提出したというものでございます。

評価の結果につきましては、いずれの号機につきましても、ストレーナの目詰まりが発生しないというものでございます。

これで7基すべてについて、確認が終わり、同様の結果が出たということでございます。

なお、より一層の安全性向上の観点から、今後計画的にストレーナの大型化工事を実施する予定でございます。

報告書の概要を添付してございますので、ご参照いただければと思います。

以上です。

#### ◎新野議長

ありがとうございました。

私どもの地域の会でも、動きがありまして、先ほどから、耐震設計審査指針という言葉が出てますが、これに対するパブリックコメントが先月の6月22日で締め切られて、1カ月間、募集があったわけですが、私どももかかわりあう団体ということで、一応意見という形で出させていただきました。

前回の定例会は6月7日だったものですから、全委員の協議にかかる時間がとれませんでしたので、運営委員の方でまとめさせていただいて、提出する文面については委員の皆様にはお目通しいただいていると思います。今日、文書で初めて正式にお配りさせていただいておりますので、副会長の渡辺の方からざっと読んでいただくことになっております。

#### ◎渡辺（丈）副会長

それでは、私の方からこの文書を読み上げさせていただきます。

原子力安全委員会「発電用原子炉施設に関する耐震設計指針（案）」及び「原子力安全基準・指針専門部会の見解」に対する意見。

1つ、指針の見直しは、今後とも不断の姿勢を望む。

理由として、今回の改訂は25年ぶりとなるものであり、しかも改訂のとりまとめに5年近くを要している。指針ができたことで安心ということだけでなく、今後の新たな知見や経験の蓄積に対応して、いち早く指針に反映する姿勢を期待するところであり、これが地域住民の安心につながる。

2番目、適用範囲の例外規定は設定しないこと。

理由、耐震設計指針事業者が行う耐震設計が妥当かどうかを判断するための基準である。だれもが指針を基準に、事業者の判断をチェックできるものでなければならない。

よって、指針の2、適合範囲の例外規定は設定しない方が好ましい。

3番目、残余のリスクについての地元への説明責任と継続的な検討を望む。

理由、大きな地震を想定しても、それを超える規模の地震が起こり得る。想定を超えた地震の発生は、残余のリスクであるという現在の地球科学の知見も理解できる。

しかし、地元感情として残余のリスクの考え方が原子力発電所建設当初になかったもので、受け入れがたいものがある。

従って、このことへの地元に対する説明責任を果たしてほしい。また残余のリスクは検討途上であると認識しており、今後ともいろいろな見解に基づく議論・検討を継続していただきたい。

4番目、余震に対する記載がみられない。余震に伴う影響を追加されたい。

理由、地震は一回の本震だけで終わるものではない。新潟県中越地震では、本震と同規模の余震が何回も発生し、本震では倒壊しなかったが、傷ついた建物が、その後余震で倒壊した事例が数多くあり、地域住民はこれを目の当たりにした。

原子力施設の修繕は短期間には不可能であり、従って耐震指針では原子力施設は本震そして余震への一連の地震に耐えられるものでなければならないと考える。

耐震設計審査指針（案）は、こうした余震の効果の規定が見られないので、余震に対する検討項目を加えていただきたい。

これが先ほどもおっしゃいました6月22日に提言しております。

以上です。

#### ◎新野議長

これでパブリックコメントを締め切りまして、その大綱での多少の動きがありますので、事務局の方から新たに説明をお願いします。

#### ◎名塚係長（柏崎市）

一応、指針の案のご意見についての見解ですけれども、原子力安全委員会の方で、6月29日に臨時会議が開かれまして、その席で、それぞれの意見について報告がありました。

ちなみに、その報告の件数ですけれども、指針案につきましては、全部で680件あったというふうに聞いております。この件数といいますのは、それぞれ項目ごとに件数が上がっています。例えば地域の会の意見ですと、4件というふうにカウントされています。

これらは、ホームページに出ておりますけれども、全部で130ページぐらいのボリュームがありますので、ちょっと今日は資料はお持ちしておりません。それからもう一

つ、専門部会の見解に対する意見ですけれども、こちらの方は合計で31件、それから各種指針類における耐震関係の規定の改訂等に対する意見につきましては、全部で15件あったということで、これらもホームページに載っています。

この指針を取りまとめました分科会の方が開かれまして、どういう意見があったかというようなことを、具体的に示されまして、あわせて原子力安全委員会事務局の方で、それぞれの意見に対しての回答案、対応方針を作成してあります。

こちらの方も、ボリュームが80ページ以上ありましたので、今日はお配りしていません。

◎新野議長

これが前回からの動きの内容でした。

質疑のほうで、5分程度で残念なんですけど、東京電力さんからの報告は原子炉再循環系配管とか、こういう内容が調査中という報告なので、また今後、私どもも、もっと詳細に伺うチャンスがありますので、それを踏まえて、ご意見、ご質問があればお伺いしますが。

◎宮崎委員

保安院の方で、報告がありました2番目に書いてあります、浜岡発電所のタービンの羽根の破損に関する対応について。この5号機は改良型というんですか、ABWRですか。

その下に、また同機と同型式の蒸気タービン、志賀原子力発電所第2号機においても使用されていて、点検の指示をしたと書いてあります。ABWRだということだと柏崎も同じだと思うのですが、こういうところは同機とはならないのでしょうか。

◎金城所長（柏崎刈羽原子力保安検査官事務所）

まず簡単に説明申し上げますと、今回、不具合を起こしたのはタービンのほうですね。原子炉の方ではなくて、タービンのほう、発電所の中では全く別の機械と言ってしまうてもいいようなところで、発電機を回すたびにぐるぐる回る大きな扇風機みたいなものなんですけど、そこの羽根が壊れたということです。それで、こちらの方となぜ関係かないのかということについては、メーカーも違いますし、あと設計も全く違います。ですから、こちらの柏崎の方では今のところ、同じようなことは考えてません。

◎新野議長

他にございますか。

◎武本委員

新潟県にお聞きしたいと思います。再循環系配管のひび割れのことですが、福島ではこういうことがあるんですね。もう切って調べてみる、直すということをやっています。東京電力の説明で、いずれも前回なかったものが、今回新たに出ましたということです。4号なんかは、その1継ぎ手で5カ所も割れているということを聞いてるわけで、福島と同じような対応をぜひしてもらいたいと思います。次回に、なぜ福島で問題があったら切っているのに、新潟ではそれを放置しているのか、新潟県の考え方を福島と比較して、説明してもらいたと思います。今日は時間の関係で、お願いだけしておきます。

◎新野議長

お答えがあればお聞きをしますが。

◎飯吉主任（新潟県）

今、県議会中でして、その中で3、4号機の再循環系配管について同様の質問があり、知事が答弁しておりますので、お答えしたいんですけども、「3、4号機の問題につきましては、県民の安全と安心を第一義に対応する必要があると思っております。取り替えも含めた、慎重な対応を東京電力に求めているところであります。」と答弁しております。

また、この件につきましては、東京電力から報告書が出た段階で、技術委員会を開催する予定であります。

◎新野議長

はい、わかりました。

では、また8月2日の定例会でまたこの続きの、もし質疑があればお受けしますので、今日はこれでちょうど時間ですので、今日のメインであります勉強会の方に移らさせていただきますと思いますが、よろしいでしょうか。

今日は遠くからお出でいただきました溝上 恵先生をお迎えしたいと思います。

略歴でございますが、1936年の同じ新潟県内のお生まれだそうです。

東京大学大学院理学研究科地球物理専攻博士課程修了、1985年東京大学地震研究所教授、理学博士、地震予知観測情報センター長兼任。和歌山微小地震観測所長を経られまして97年定年退官をされました。東京大学名誉教授、96年より地震防災対策強化地域判定会会長をお務めです。他に中央防災会議委員、地震予知連絡委員等、お役職を歴任いたしている先生であります。

今日は短い時間なんですけれど、今日、原子力とはまたちょっと切り離して、その前段であります基本的な地震のメカニズムというんですか、素人にはとても難しいというふうにお聞きしてますので、そのいろんなことが、この先の理解が十分得られるようにということで、基礎の情報をいただければと願っておりますので、よろしくお願ひします。

◎溝上氏

溝上でございます。座って失礼します。

ちょうど42年前、新潟地震が起きまして、私が初めて現地調査へ出かけた地震でした。その後の地震学・地球物理学の発展を振り返ってみますと、当時では考えられないような、目を見張る進歩が遂げられました。まだわからないことがたくさんありますけれども、今でも日進月歩の学問領域だというふうに理解していただいて、よろしいかと思えます。

新潟地震が起きた前後で、地震学で画期的なことがございました。当時はまだまだ観測の技術が非常に素朴なものでありまして、東京から、いわゆるバスのようなものに無線機、無線機と言いましても、巨大な電源装置をしょい込んだ車で舗装されていない道を走るものですから、もうもうとした砂煙をあげながら、地震研究の機動部隊が地震計を沿岸部において、余震観測をして回りました。私は、その機動部隊には入れませんで、海岸を歩いて津波がどこまで上がったか、遡上高を測って歩きました。

そういうことを踏まえて考えてみますと、42年前、実はもう一方で地震学の理論の方で、私の先輩の丸山さんという人は大変な論文を発表しました。それは主に数理物理

学のような内容のものですが、転位論、ディスロケーション・セオリー(Dislocation Theory)。転位論というのは、くい違い理論といわれまして、この固い岩石のような弾性体にくい違いが生じて、そしてそれによって、その物体に変形が起きるといふ、そういうときに、どういう変形が起きるかということ、くい違いの起きた部分が今でいう地震の断層に当たるわけですが、それとそのくい違いを起こした物体にかかるストレス(stress)ですね、それと、その物体の変形というものをきちっと物理的に追及した、そういう論文でした。この論文は実は今の現代地震学の一番基礎にあります理論を支えておりまして、地震学の一番基本的なところは、この転位論に戻るといふことになって、これが今全世界の地震学の共通認識になっています。こういった理論的な背景がないことには、厳密な科学としての成り立ちといふのは、学問にはあり得ないことで、そういう理論というものが構築された、決して、アメリカが先陣を切ったわけではなくて、日本の学者が1960年代にきちっとした理論立てをつくったといふことは、まあ日本人として非常に誇りにしていいと思います。と同時にその後、急速に観測技術が進みました。今ではGPS、地震計のありとあらゆる精密な観測が全国に展開されるようになって、しかもデジタル化されたシステムによって、精密な地震波の計測を行いながら、地下の断層を探るといふこともできるようになってきた。

同時に、今度は実際の岩石のサンプルにストレスをかけまして、破壊を起こして、どんな破壊が起きるか、岩石破壊実験なども行われる。つまり理論と、それから観測と、それから実験という三位一体で地震学はずっと進歩し続けてきて、今後もどんどん進んでいくと思います。その過程の中で、ある飛躍的な発想の転換といふものも見られますが、基本的にはそうやって地道な一つ一つの積み上げの中で、厳密な科学的な検証を行いながら、今の現代地震学といふのは成り立っているといふことをまず前提としてお話ししたいと思います。

地震学者、あるいは地球物理学者の夢といふのは、どうしても地下の中を覗いてみたいという本能から発しています。

こういう商売を選ぶといふのは、結構、「おたく」めいたところがありまして、もっと他の職業を選べばいいようなものですがけれども、なぜか地球の中を覗きたくなる、そういう時期に、二十代、三十代の前半ぐらいを送ると、そういう人生でございます。そういう連中が集まると、とにかく地球の中を覗きたがる。覗こうと思ってもそう簡単に覗かせてくれないわけです。地下も、表面近くなるともかく、地球の中心部まで見たいといふ、この本能はなかなか満足されない。ただ頭の中で地球はこういう構造になっているだろうといふことで、やや古典物理学的なイメージを抱きながら、イギリスの著名な地球物理学者が地球のモデルをつくりました。それは相当うまい成功を収めたけれど、生きた地球の姿を見ることが、つまり46億年ずっと変化をとげながら、今のような大陸・海の分布をし、しかも地震の起きる場所と起きない場所はくっきりと見える。火山も噴火する。大小さまざまな島、大陸がある。それが今でも動いていると。こういったダイナミックな地球、その中に人類が誕生したわけですがけれども、地球の年齢を46億年を一日にたとえますと、人間は、いわゆる、爬虫類とか、あるいは昆虫と違ひまして、地球の1年の最後の除夜の鐘が鳴り終わるころに顔を出した新参者であります。ですから人間の、人類の運命といふものは、まあ言ってみれば、蜻蛉のように瞬

く間に消えていってしまう命かもしれないと思います。やたらに、まあ数は増えたわけですが、こんなに一種だけの生き物が増えてはびこったという例は、まあカビかなんかくらいしかないというふうに、私の友人の産婦人科の医者が言うておりました。

まあこれはこれとして、地球の中を覗いてみようという本能は、いまや満足されつつあります。パワーポイントで見させていただきますが、これは何もSFまがいの絵ではなくて、実際の、色はこんな色はしておりませんが、地球の中には殻というのがあります。外には我々の住んでいる岩石、まあ地殻が、プレートが覆っているわけです。中は、地球が生まれたときには灼熱の火の玉だったわけですがけれども、だんだん時間がたつにつれて、重いものは中心に沈み込んでいって、鉄とニッケルでできておりますが、で、核を作ります。軽いものは上澄みになっていくわけですね。そういう分化作用というものがずっと続いてきて、地球というのは、現在は相当生まれた当時とは、全く様変わりしているわけです。ところが中では、熱いものがありまして、実際には、地球の中では非常にダイナミックな現象が起きているということが、今知られております。

それをどうやって知るかというのは、皆さんが病院へ行った時に、ガン年齢になりますと、CTとか、MRIとか、いろいろやります。まあエコーもありますけれども、腫瘍がミリぐらいでも、見つかりますけれども、これをどうやって地球の中にできた、これ何でもよろしいのですが、マグマでも、癌の腫瘍でもいいのですが、こういうものを見つけたい。これをうまく小さいところまで見つけることができれば、それは地球の中を覗くということにつながります。病院に行きますと、今では、お医者さんがパソコンの画像を開いて、あなたの肝臓ここに小さいものが出てきているよ、なんて言いますけれども、同じような、いわゆるトモグラフィ、いわゆるCTをやります。地球内部は異常な物質があるといたしますと、X線の代わりに地震の波を使うことができます。地震は世界中至るところに起きるわけではありませんけれども、地震帯では、日本列島もその上にのっかっておりますが、毎日のように地震が起きております。大体、気象庁がつかむ一日の日本列島で起きる地震は何百というのをちゃんと決定しておりますが、そのくらい、小さな地震まで含めると、無数の地震をつかまえることができます。

地震計を今度、陸・大洋底などにおきますと、地震の震源と、それから地表におかれた地震計を結ぶ、この地震波が伝わっていくパスですね、この伝搬経路を模式的に描いてみますと、ここにまあ異常な物質があると、そこをよぎるような地震の波、それから外れる波、さまざまなルートを描くことができます。こうやっていきますと、ちょうど人間の身体を輪切りにした、CTと同じような絵を描くことができます。ここに書きましたように、例えば環太平洋の地震帯と、地震計の分布を繋いでみますと、無数の地球の中を伝わってくる、地震の波のルートというものを描き出して、その中にいろんな地下の異常な物質があると、それを地震の波が早いところ、遅いところというふうに区別していくことができます。

こうやって見てみますと、実は地球の中は実に複雑である。しかも動いているということがわかってまいりました。地球内部は、議論するときには2つの考え方があります。ここにテクトニクスと書きましたけれども、テクトニクスというのは、構造論とか、構造運動論といいます。どういう構造が中にあるか、どういう運動をしているかという、そういうことでありますけれども、この中にプレートテクトニクスという言葉をお聞き

になっているかと思いますが、地球の表面近くの現象を記載する、地球はプレートという、板状の岩盤で、隙間無く覆われていますが、その数は十数枚ありますけれども、そのことに集中する。そこに地震が起き、火山噴火が起きるわけですが、そのプレートテクトニクスの理論が当てはまる範囲というのは、地表から深さ670キロ、700キロぐらいまで、そこまで地震は実は起きます。日本の地震をずっとたどっていきますと、日本海をぐっと潜っていきまして、ウラジオストックの辺では大体600キロ、670キロぐらいの深発地震が起きます。プレートに沿ってきた地震の波は関東地方に非常に強く、減衰しないで伝わってきますために、結構、関東が揺れます。ウラジオストックの直上ではそれを感じません。なぜかという、その間は岩石が半分溶けているようなものですから。プレートそのものが非常に固い岩盤で、それが地球表面を覆っているわけです。この670キロより深いところは、実は地球の本当の内部のダイナミックな地球規模の現象が起きている世界であります。それをプレュームテクトニクスと呼びます。プレュームというのは、水柱のように上がってくる、柱のような流れだと思っていただいていいと思います。その中には、上昇流と下降流があって、そしてスーパープレューム（上昇流）それからコールドプレューム（下降流）、この上昇と下降というのは、実は組み合わせになっておりまして、地球の中を対流が起きているということになります。その対流に乗っかって、大陸がこう動いていくと。そういうその地表を動かすもともとの原因は、このプレュームという、沸き上がってくる上昇流と下降流というものの組み合わせで、実は我々は大陸を見、山を見、ヒマヤラ山脈というものが出来る。ですから内部に仕掛があって、そして地表がどんどん変化していく。日本列島はその姿をいみじくも、あらゆる場面で、地震や火山噴火として、観察する、うってつけの場だということになります。ここに日本があって、ハワイがありますが、タヒチがあって、このように日本列島から沈み込んでいった太平洋の海底の岩盤、やがて沈み込んで、地球の殻のところに澱むようにたまります。一方、スーパープレューム、南太平洋とか、あるいはアフリカの上昇流はどんどん上がってきて、そしてその中で地溝帯をつくり、火山噴火を起こす。場合によっては、このスーパープレュームが上がってきて、あまり溜まりますと、場合によってはデカン高原とか、かつてシベリアを全部マグマで埋めたような、単なる火山噴火ではなくて、地球の生命を全部もう皆殺しをするような、そういう大事件も起きます。つまりこれは循環系でありまして、定常的な循環をしているわけではなくて、長い地球の歴史を見ると、非常に大きな変化をするという、その原動力がこのプレュームテクトニクスの中に秘められているということになります。

これを、プレートの表面の我々の住んでいる世界、地表付近に絞って、ちょっと誇張して書いたものですが、弧状列島、これ日本列島ですけれども、太平洋の対岸付近にですね、太平洋海膨というのがありまして、そこから沸き上がってきたものが、日本列島の沖合の海溝が沈み込んでいる。アイスランドを乗せた大西洋中央海嶺というのが、スーパープレュームが上がってきまして、沸き出して、アイスランドでぼんぼん火山が噴火しますが、こういう状態で、大西洋は二つに切られて、大陸は、アフリカ大陸と、それから南アメリカ大陸にこう分かれてくる。そういったような非常に大きな、グローバルなスケールで、実は地球は今でも動いている。これを実はさまざまな手法で、実測できるという時代になりました。

こういうものを見てみますと、これは深尾（良夫）さんという方が、最近の新しいデータを使って解析したわけですが、千島、小笠原、ここに書いてありますが、日本列島、ここにありますが、このように沈み込んでいくと。タヒチやアフリカの下、ここに赤く描きましたが、温度の高いものが上がってきているということがわかります。こういうふうに、だんだんだんだん観測が進んでいきますと、ちょうど人体の輪切りが鮮明に、今では医療の世界で用いられるようになるのと同じように、CTスキャンの映像が今後さらに分解能を上げ、鮮明な地球の内部構造を手にとるように見ることができる、そのスピードがどんどんどんどん上がっていると言ってよろしいかと思いません。

こういう中で、こちらを見ていただきますと、いわゆる地球の、現在の地球のプレートというものが、このように日本列島を中心に見てみますと、太平洋プレートというのと、フィリピン海プレートというのが、日本列島の太平洋側にありまして、それが矢印のような方向にどんどん日本列島の方に押し寄せてきています。そして、海溝、青い線で描いたところから、日本列島の下に沈み込んでいきます。日本列島は、ここに日本海がありますけれども、北海道・東北地方は北アメリカプレートの一部でございまして、北アメリカ大陸を覆う岩盤がずっとカムチャッカから千島の方に延びてきまして、日本列島の関東以北、以東北東部を覆っています。一方、その西日本ですね、近畿地方、中部地方付近を含んだ地域は、これはユーラシアプレート、これはユーラシア大陸を覆っている大きな岩盤の一部になっています。この4枚のプレート、陸のプレートは、北アメリカプレートとユーラシアプレートですが、太平洋側には太平洋プレートとフィリピン海プレート。この速度ですけれども、太平洋プレートは西に向かって、東から西に向かって、移動していく。そのスピードは相対的に日本列島の位置と比べますと、大体年間9センチから11センチぐらいのスピードです。フィリピン海プレートは、3、4センチぐらいですが、ちょうど人間の爪が伸びるぐらいのスピードで、北西方向に押し寄せてきて、南海トラフという海溝から沈み込んで、姿を消します。

この太平洋プレートやフィリピン海プレートの上にくっついている海山、海山みたいなポリープみたいなものは、日本列島のお腹の下にずっと一緒にこう潜り込んでいて、吸い込まれるように、姿を消しますが、そのポリープみたいなものが、もしかしたら、日本列島の陸の岩盤の下に、こうフックのようにひっかかりをつくって、そこに歪みを溜めているという、そういう考え方もあります。そういう、地球規模での姿を一方で見ながら、地震の発生のメカニズムを見ていくということになるわけでございます。

こういうプレートの境界というところは、プレートとプレートがこうやってきて、海のプレートが陸のプレートに沈みこむときには、上に乗っかっている陸のプレートを一緒に引きずり込みます。引きずり込むときに野島崎とか、御前崎とか、あるいは潮岬とか、あるいは室戸岬というのは、岬のところの太平洋に出た先端部と一緒に、海のプレートと一緒に引きずり込まれて、押し込まれるように、ずっと頭を垂れていきます。スピードは大体年間5ミリぐらいですけれども、これが限界に来ますと、ポーンと跳ね返って津波を起こし、地震を起こす。これを海溝型の地震といいます。

中越地震などは、そういうものではなくて、その力がずっと内陸にしみ込んできて、波及効果として歪みが内陸に溜まって起きる。そういう内陸地震と2つあります。

このプレートの境界こそが、岩石に歪みを溜める場所になります。非常に細い、地震帯と呼ばれる、狭い範囲に地震が集中するというのは、そういうプレートとプレートの、つまり相互作用が、一つのプレート境界という狭いゾーンに集中しているから、そのために地震が起きるのだということを、良く示しております。

その沈み込む場所というのが、海溝というもので、アリューシャン、千島・カムチャッカ、日本海溝、伊豆、マリアナとか、あるいは南海トラフ、こういう弧状になった海溝ですね。そこから太平洋のプレートが沈み込んでいく。その真上の横のところに沿って日本列島は位置しているというのは、ニューヘブリデス、ソロモンとか、あるいはインドで大津波を起こした地震とか、ああいったものの場所は、みんな海溝に沿った弧状列島のところで、大地震が起きる。日本列島は典型的なものでありまして、その海底を見ますと、このように非常に深い、何千メートル、数千メートルの海溝、谷ができております。この谷の海側のものから、海底の岩盤が沈み込んでいって、陸の下に潜り込んでいくという、そういう場所。日本海溝の姿をここに表しておりますが、まさに地震が起きる場所の地形を見ますと、こういう形をしているわけです。このように世界の地震の分布図を見ますと、地震の起きている場所というのは実に細い帯状の地震帯というところに沿って地震が集中して起きていますが、それは図で示しましたプレートの境界だということになります。プレートとプレートは日本列島の場合、海のプレートが陸のプレートの下に沈み込んでいきますが、場合によっては、インド亜大陸のように、実はこの沈み込まないで、衝突してヒマヤラ山地をつくる、というように衝突をすることもありますし、横にずれる、北アメリカ大陸の太平洋岸、西海岸のような場所もあります。

いろいろなタイプのプレート境界があって、地震の起きる様は、メカニズムは、それぞれ地形によって違ってくるといふことになります。

日本列島の付近を見ますと、先ほど言いましたように、地下が非常に異常な構造をしております。他の地震のない国土、国の地下と違ひまして、日本列島はこのように4枚のプレートから成り立っております。それで太平洋とフィリピン海プレートという、2つのプレートが日本列島の下に沈み込んでいっているということ、これから見てとることができます。

地震というのは、こういうプレート運動によって、内陸でも、あるいは海溝沿いでも起きるものでありますけれども、直接、プレート運動によって起きるのは海溝型地震と言われるものでございます。

日本列島がどのくらい地震が多いかということ。特に死者が20人を超えるものを挙げてみますと、関東地震の14万2,000人、これ極めて数が多いわけですが、最近の兵庫県南部地震、阪神淡路大震災の6,500人というものも含めまして、まあ実人的被害も多いということがわかります。

ただ、ここで注目していただきたいのは、鳥取地震とか、東南海・南海地震、三河地震といった、安政の時代に一度起きて、そしてまた再びサイクルが来て起きた、ちょうど1944年、45年、46年ですから、終戦を挟んで、敗戦を挟んで起きたこの地震から以降、阪神・淡路大震災までは、いわゆる（被害者が）100人を超えるような地震というのは日本海中部地震を除いてなかったわけです。何千人という死者が出たのは、この兵庫県南部地震以前、たどっていきますと、この福井地震とか、いわゆる南海地震

といった、終戦の時期、前後を含んだ時期・以降、日本が復興する間、ほとんど1,000人を超えるような、数百人を超えるような死者の出る地震はなかったというところに兵庫県南部地震が起きたということになります。中越地震が46人という、人的被害が出ておりますが、こうやって見てみますと、日本の列島で、地震の本格的な活動期というものを昭和の時代に見てとることができます。鳥取地震が1943年です。44年東南海地震、45年三河地震、46年南海地震、48年福井地震、これで約1万人の死者がここから出まして、もちろん戦時中、空爆を受けて、そっちの方の戦争による被災の方が大きかったわけですから、これがあまり報道もされなかった。報道管制がしかれておりましたけれども、そういうことがあります、それ以降、今度、また再び東南海・南海地震というものが巡ってくる時期がまたぼつぼつ、サイクリックに起きる。それが今世紀の半ば、前半部に予想されるというのが、大体の地震学者の共通した認識でございます。

海溝型地震というのと内陸型地震を大きく2つにわけて考えるということが適当だと思われま。海溝型地震の仕組みというのはどういうことかということ、海のプレート、海底の岩盤が陸のプレートの下に沈み込んでいく、ということです。海溝型の地震は、年間数センチメートルというプレートの動きでもって起こされる。100年から150年ぐらいの間隔で起きるのが多いわけですがけれども、内陸の地震が例えば、中越地震のような1000年に一遍ぐらいの、いわゆる多分サイクルだと思います。阪神・淡路大震災の地震は2000年に一遍ぐらいのサイクルです。内陸の地震がそんなにインターバルが長いのはなぜかということ、歪みがたまる速度が1けた、2けた、海溝型の地震に比べて小さいということです。ですから、限界に達するのに長い時間、1けた、2けた長い時間かかる。1万年とか5000年に1回繰り返すぐらいの断層は、もう普通内陸の活断層というものはそういうものだと思っておくべきものだと思います。それに対して海溝型地震というのは、非常にサイクルが短いということになります。

海溝型の地震というのは、これに書きましたように、海のプレートが沈み込んでいって、その陸側の先端部を押し沈めて、限界にきて跳ね返す。こういうスタイルでございます。それに対して、内陸の地震というのは、この海溝型の地震の起こすプレート運動の歪みがじわっと内陸に波及していく。その波及効果として歪みがたまりますから、歪みの蓄積するスピードはぐんと落ちるわけです。ところがやはり岩石が歪んでいきますから、限界に達するのは長い時間がかかりますけれども、限界に達すると地震が起きる。あまりにも人間の一生と比べると、けた違いに期間が長い。少しずつしか変化しないために、ついつい見過ごしてしまう。阪神・淡路も2000年前ですから、日本の歴史に顔が出てくるはずがないわけで、阪神・淡路の地震に関しては神戸市民は自分の足元では地震が起きない、というふうに思い込んでいたわけですね。ところが実際には2000年に一遍ぐらいのサイクルで、縄文・弥生の頃に起きている。そしてまた1995年に起きたという、そういうぐらいのサイクルです。この2つの地震は、その他にもいろんなタイプのがありますけれども、防災上考えるときに、サイクルの短さ、長さ、極端に違いますから同列に考えてはいけません。つまり、タイムテーブルをちゃんと選別して、この地震はこのぐらいの間隔、この地震はサイクルがより短いというふうに見ていく必要がございます。

内陸地震となりますと、場合によっては地表が明らかに変化する。横にずれたり、縦にずれたりいたします。中越地震の場合もそうでございますけれども、断層が本当の足元にあるために、場合によっては、それが地表に顔を出す場合もままあります。しかし、地表近くに断層があっても、上にぎぶとんのように柔らかい地層が覆っている場合には、地層がこう変形しますけれども、連続的なゆるやかな変形で、ちょうどこの中越地方の丘陵地帯のような姿、形をして、一見断層がないように見えても、ある場合があるということになります。しかもそれが2000年に一遍ぐらいの、あるいは1000年に一度というような場合には、なかなかその慎重な探査をやりませんと、つい地震は起きないものと思ってしまうという、可能性もあるということです。

地震が断層運動によって起きるということは、もともと断層という切れ目がありまして、そして地震が起きるまでくっついておりますけれども、ゆっくりとこう両側、地震を挟んだ両側の地層がずれていって、極限にいきますと、ぱしっとここがずれ動いて、地震が発生する。このとき私たちは、あっ地震が起きたと思って、びっくり仰天するわけですが、実は、実に長い間、人間の寿命に比べますと、何世代にもわたってゆっくりと歪みをためて、そして地震が起きるときには、例えば阪神・淡路の場合には、2000年間かけてためた歪みを、たったの魔の10秒間ということですが、10秒間で、断層がぱっと突発的にずれる。その2000年間のエネルギーを10秒間で解消してしまう。その結果、一発の地震で一つの大都市が壊滅するというようなこともあるわけです。ですから、地震の原因は、そもそも断層運動によるものであって、その断層が、どこに隠れているかということ突き止めるということが、非常に重要なことになります。

岩石破壊実験といって、実際に、本物の地震ではありませんけれども、岩石に圧力を加えていって、どんな変化をするかということを見ていきますと、実際にやっぱり断層が生じて、そこで地震と同じような、波が発生するということがわかっております。

断層を考える上で、断層パラメーターというものを、ちゃんと測定しなければならない。そうしますと、ただ断層があるというだけではだめでして、実際に断層がどのくらいの面積を持った断層である。それから実際、どういうずれ方をしたのか。それから断層が果たして垂直なのか、どのくらい傾いているか。傾き、角度とか、そういったものを実際に観測でもって、きちんと量的に評価する。それをちゃんと測る、それを把握するということが、今の地震学では非常にスピードアップしまして、気象庁等かなり、かつては研究的なテーマでありましたけれども、今は、業務的にもそれが行えるようになってきております。

断層パラメーターですが、ここに簡単に描いてますが、一般に地震のマグニチュードというものを使いますけれども、マグニチュードも、いろいろな種類がありますが、この内訳を計算するとき、特に地震の規模という意味で、マグニチュードを考えると、今も言ったような断層という、パラメーターがございますが、断層の長さとか、断層の幅とか、どのくらい何メートルずれたのか、そのときストレスはストンとどれくらい落ちたのか。それから、どちら方向にこうずれ動いたのか、右横ずれか、あるいは上盤側がストンと落ちるのか、あるいは上盤側が下盤に対してせり上がってくる、そういう動きをするのか。断層運動のタイプ、こういうものをきちっと量的に測定することによって、

この地震はどのような地震であって、どのくらいの規模の地震で、どのようなエネルギーを持っていたかということが、きちんと定量的に評価できるようになるわけです。

巨大地震となりますと、実に大きい地震があります。チリ地震とかアラスカ地震、あるいはインド洋の大津波を起こしましたインドネシアの地震などはマグニチュード9クラスの地震です。日本列島ではこういう地震は起きません。まあ8.5ぐらいがせいぜいですが、マグニチュード9ぐらいになりますと、インド洋大津波と同じように、チリ地震の場合には、チリで起きた地震、沖合で起きた地震の津波が日本列島を襲って多くの死者を出したというぐらい、1日かけて、太平洋をよぎって津波が襲ってくる。その津波のパワーもそんなじゃそらのものじゃないというぐらいグローバルな変化を起こす。それから、プレート境界の地震の場合にはプレートが、ぐっと何メートルも、10メートルぐらいずれ動きますから、地球の中心に向かって、質量の大きいものが入るため、地球の自転が、スピンの変わって、自転が、小さい量でありますけど、スピードアップされるというような現象すら観測されております。

このように関東地震とか、十勝沖地震のような、日本でいう巨大地震に比べて、アラスカ、チリ地震などはスーパー巨大地震でありまして、ご覧になりますように、日本列島の半分ぐらい、本州の半分ぐらいを飲み込むような断層が、しかも10メートル、6メートルから10メートルぐらいずれ動くというような巨大地震まであるということになります。

この地震の長さ、大きさを見るとき、断層の長さというものがよく話題にのびります。これはあまり断層の長さだけにこだわってはいけません、本当は良くないのですけれども、一応の目安としてマグニチュード8クラスの地震になりますと、断層の長さは130キロ、ずれの量が6メートルぐらい。マグニチュード4クラスの地震、これは中越地方では、そう珍しくない地震であります。断層の長さは1メートルちょっと、そして0.06メートルですから、センチメートルクラス、こういった地震。もっと小さくなりますとマグニチュード0とかマイナスマグニチュードになる地震もありますが、そうなるともう鉱山の中の、いわゆる岩とかが割れてはねる。ごくミクロな地震。岩はねみたいなものまで含めると、それがすべて断層の運動によって起きる現象ということになります。

マグニチュード2つ違うと10倍長さが違いますが、エネルギーはマグニチュード1つ違いますと32倍違うというぐらい、マグニチュード1つ違うということは、もう地震の様子、スケールが全然違うというふうに考えておくべきであります。

もっと最近では、この考えが進みまして、同じ断層、こういう矩形であれなんであれ、一つの断層面を考えたときに、よくよく調べてみますと、断層面の中に特に強くついている場所というのがあります。そこは、地震が起きたときに特に大きなエネルギーがそこから発射されます。それから断層がずれる量も大きい。中越地震の場合の最大の固着した部分のずれの量は大体3メートルぐらいです。最大3メートルはある。周辺は1メートルぐらい。平均的に2メートル。平均値は2メートルぐらいですけれども、実は大きな地震になりますと、こういう固着している部分があつて、それが次々と壊されていって、一つの地震になる。こういう固着域はどこにあるかということは、単に断層の大きさを推定するだけでなく、事前にこういう強く貼り付いた部分が、いくつ

どこに隠れているかということを探りあてるのが、今の地震学のターゲットになっております。宮城県沖地震等々では、この固着域が、実は、ある場合には3つか4つあるんですけれども、かつて起きた地震は、その3つの固着域が次々と連動して、ひとつの大きな地震になった、巨大地震になった。ところがあるときにはこの1つだけが壊れて、残りの2つは壊れないまま、温存されている場合がある。そうすると、同じ場所で起きた同じタイプの断層地震であっても、1つはやけに小さい。なんでこんなに小さいのかと思ったら、複数の固着域があって、そのうちの1つだけが、今回地震で壊れた。宮城県沖地震ももっと大きいと思ってたのが、その半分とか、4分の1ぐらいの地震でしたけれども、これは他の固着域が、かつて昔起きた、以前起きた、30年ぐらい前に起きた1978年ですけれども、起きた地震の場合は、複数のものが連動して、壊れたのだけれども、今回一つだけが壊れた。あるいは場合によっては我々は知らない固着域があるかもしれない。といったような、この断層の実態というものを探りあてるという、そこまで地震学は今たどりついております。

これをアスペリティといいます。かつては、従来の見方は、何年にこういう地震が起きて、その断層はこの領域でした、ここに空白域があってそれを全部埋めるようにして地震が起きた。断層はこのぐらいの大きさで、面的にはこのぐらいのものだったということ議論していたのですが、実は新しい考えでは、それだけでは満足できなくて、その中にA、B、Cというように、幾つかの強く貼り付いた部分があって、そしてそれが何年のときには、この3つが、A、B、C全部が壊れた。ところが別の時期には、それが単独で壊れた。単独型と連動型といったようなものを区別する。その周辺部では、ずるずるずるずる広がって滑って、そこで小さい地震が起きますが、その小さい地震は同じプレート境界を滑りますから、地震の波形が、そっくりさんが出てくる。それをよくよく観測することによって、アスペリティにどのぐらいの歪みがたまっているかということ推定することができる。だから地殻変動で推定することもできますが、同時にその非地震性すべりが起きているところの地震を選別的に選んで、そしてそれを累積することによって、そのA、B、Cという、アスペリティの部分にたまっているエネルギーの量を見積もるという技術も今開発されつつあります。

地震のエネルギーですが、8.5というのは日本列島でいえば、一番大きいクラスの地震になります。東海、東南海、南海地震が束なりますとそれくらいですが、それはいわゆる、 $3.5 \times 10^{24}$ 乗エルグ、10万キロワットの発電所が100年かかって発生させる、作り出すことのできる電力に相当する。ところが、マグニチュード3.0ぐらいですと、10トンの水の温度を100度上げる熱量とかですね。それから6クラスになりますと広島原爆1個のエネルギー。このくらいけた違いに地震というのは、マグニチュードによってエネルギーの量が全然違う。一つマグニチュードが上がりますと、その30倍上がりますから、2つあがると1000倍変わるわけです。ですから地震と同じと言っても、どのぐらいの大きさの地震かによって、実際に発生するエネルギー、地震の波のエネルギーも桁違いに違うということになるわけです。

地震の揺れにつきまして考えてみますと、例えば海溝型の地震を考えてみます。そうすると、ここで大きなずれ、アスペリティによるずれが起こったとすると、当然のことながら、遠方では地震の揺れがだんだん小さくなる。ところが地盤が弱いと、その地盤

が弱いところに、下にある固い地盤にがっちり固定した建物は平気ですけれども、軟弱地盤の上にぽこっと建てた家は、たとえ建物をどんなに強くても、地盤と一緒に崩れて落ちていく。中越地震の場合には、むしろ地盤災害という側面がある。もしちゃんとした地盤の上に基礎を造っておけば被害はなかった、といってもいいと思います。軟弱地盤のところは特に地震の波が増幅されます。柔らかい地層の中に地震波が入ってきて、また地表で反射して、固い岩盤の基盤に戻っては行き、行きつ戻りつするうちに、どんどん地震波の震幅は増えていって、震度が1ぐらい周りより大きくなる。これは地盤の基礎の地盤はそんなに揺れてないのですけれども、上に乗っている軟弱地盤の上に、立地した建物、家屋というのは、非常に強く揺られて、場合によっては傾斜地と一緒にすべり落ちるようなこととなります。あくまで軟弱地盤のせいで、いわゆる固い地盤の上、あるいは基礎にがっちり造った構造物は大丈夫ということです。だんだん、距離が近づきますと、当然、地震の揺れは大きくなるということになるわけです。

ですから地震の揺れの大きさと、地盤の強い・弱いというのは非常に強く関連しております。同じ地域であっても、河川とか、かつての沼地とか、窪地というような地名のついたところは、大変被害が大きいと。ところが昔からあるちゃんとしたお宮さん、村の鎮守の森の神社のようなところは、昔から村人が知っていて、そこに村のお宮を建てる社を建てると。そういうところはだいたい、あまり地震が直下で起きましても、そう大きな被害にはならない。かつての人はそういうことをよく知っていたのですが、我々の先輩は。今はどんどん危険なところに足を伸ばして埋立しては、延びていく。そういうことをやっていることが、被害を大きくしている原因の1つになっていると思われれます。

発生が懸念される大規模地震というのを見てもみますと、こういうこととなります。

×印が付いているものは、最大震度6以上、過去30年遡って起きた地震でございます。この中には、もちろん大きな被害を伴った阪神・淡路の地震というものもあります。さらに、こういった状況を見ながら、今後、今世紀の前半くらいを考え、発生の懸念されている地震、というものを考えてみますと、ここに東海地震、これいつ発生してもおかしくないという状況にあると考えられています。それから東南海・南海地震、これは今世紀の前半の発生が懸念されるということで、中央防災会議で特段の大綱を作って、活動要領、対策を得ております。それから、東京直下、首都直下地震については、マグニチュード7クラスの地震が起きる可能性があるということが指摘されておまして、これも特別の対策を国あるいは地方公共団体ですね、東京都含めたところが、被害想定を行い、対策を練っております。

こういうものを見たときに、何を考えるべきかという、一つの地震だけをつまんでも、それはそれで良いのですが、阪神・淡路大震災が起きたときに地震学者がどういうイメージを持ったかという、この来るべき今世紀の前半で、発生が懸念される東南海・南海地震が繰り返す訳ですけれども、100年50年の間隔で、そのいきさつをずっと過去に遡ってみますと、まず内陸直下で地震がいくつか起きて、そして、40年ぐらいたちますと、沖合で巨大地震、海溝型の地震が起きるといって、そういうサイクルが見られます。ですから、阪神・淡路の地震が1995年に起きたあと、恐らく今世紀の前半で、発生するだろう巨大地震に向けて、西日本の内陸部で直下地震が次々と起きて

くるというイメージを持った地震学者はきわめて多いわけです。それはまさに、その後のいきさつとよくよく調和しておりまして、鳥取県の西部地震、それから広島芸予、福岡西方沖地震といったような内陸の地震が起きながら、今この東南海・南海地震に向けて、歪みが、特に海溝型の地震の発生に向けて、物事が推移しているという理解をしておいた方がいいと思われまます。

そういう意味で、まだ2040年ぐらいまでには時間がありますから、その間に西日本では内陸地震がまだ起きる可能性がある、そういうものは過去の地震の履歴とそれから最新の地震学の観測知見を両方合わせて考えると、こういう単独の地震を1つピンセットでつまんで考えるのではなく、列島スケールで地震がどういうふうに起きようとしているのかということ、推測することができる。これ、地震予知とは違いますけれども、そういう一つのシナリオというか、物理的な推移というものを列島規模で見るとということも一つの視点だと思われまます。そういう意味では、千島海溝、日本海溝周辺とか、あるいは内陸部のいろんな地域で、そういうものを一つ一つ明らかにしていかななくてはなりません。頭で考えるんじゃなくて、実測データにのっかって、しかも過去の日本列島の地震の起こり方とよく比べてみて、そういうイメージをきちっとつくっていく。そこに防災の対策の手法というのが、実に現実的で効果のあるものになってくるというふうに思われまます。悲しいことに、阪神・淡路ではこういうことが言われていたにもかかわらず、あまりそういうことに大きな目が地元では向けられなかったということがございました。

首都直下の場合について見ますと、どういうことになるかということ、これは関東地震というものを軸に内陸の地震が起きてくる、いうことを示しております。元禄の関東地震というのはここにあります。220年たって、大正の関東地震がありました。恐らくまた二、三百年たつと、次の関東地震が相模湾で起きる。これは巨大地震でございますが、その前にだんだんだんだん直下地震が規模が大きくなりながら起きてくる。そして、究極の関東地震が来ると、また地震活動が静穏化する。この間、220年ありますけれども、人生70歳、まあ70ぐらいで、そこそこにおさらばするとしますと、三分割してですね、関東地震が起きてすぐ産んでもらう。そして70歳で死ねば、地震の多い関東地域に住んでいても、そう心配する必要はない。次の70年に生まれた人は、そこそこに注意しておかないと、安政の江戸地震のように、江戸でも当時1万人ぐらい死者が出ましたけれども、そういう地震に遭遇する可能性が高まってくる。

最後に関東地震に流れ込む、最後の第3期ですね。ここで生まれて、70歳で死ぬということになりますと、死ぬ原因は関東地震、その前にもう東京には住んでおられないぐらい、したたかに直下地震に見舞われて不安にかられているところに、関東地震が起きて命を落とすというようなこともあるかと思ひまます。同じ場所でも、何百年ととりますと、活動期と静穏期という周期性が見える場所もある。こうくつきりで見せられるとすべてがこうだと勘違いしてはいけないので、必ずしもそうではありませんが、首都直下の地震を考える上では、切迫性をただ頭の上でいうのではなくて、こういったような状況をきちっと物理的に説明のできるそういうイメージ、そしてモデルを立てて対応していくということになります。政府は今、首都直下地震が、躍起になっているのは、こういった理由で、現在、首都直下で、去年、千葉で地震が起きましてエレベーターが一

齊に止まりましたけれど、シンドラーのエレベーターの話が出る前ですけれども、六本木ヒルズでは相当閉じこめが起きました。そういった都市特有の現象が起きる東京で、M7クラスの地震が発生いたしますと、これは死者の数が1万人を下らない。経済的損失も国家予算を超えるというようなことが、推測されております。

中越地震というのは、これ非常に特異な地震でございました。褶曲という構造、これは実際に景色を見てもらいますとわかりますが、このように、丘陵地と、それから隣の丘陵地の間、丘陵を超えるとまた、少しへこんだ土地があって、そして、また丘陵地があるという、そういう姿を見ることができます。実際に小千谷の辺でも信濃川のすぐ西側には、丘陵があって、ここに小国、そして渋海があって、川が流れています。それが信濃川の支流になっているわけですが、こういった褶曲のナマコが並んだような地形、その下に断層が隠れている。ただ、どれもこれも怖いのではなくて、実はこういう褶曲が生まれてくる、その古い順からいいますと、この柏崎の辺からだんだんだんだんだんこれが年老いて、活動的でなくなつて、今、この東の方にいくほど、新しい褶曲が生まれてくる。今回の地震は、まさにその一番東側の新しい部分の直下にある断層がずれ動いたということになります。小千谷の辺に行きますと、マグニチュード5クラスの地震がたまに起きますけれども、ずるずると小さな地震を起こしながら断層がずれ動くというスタイルに変わります。さらに、こう西の方に行きますと、そういう活動も減ってくる。動きもにぶくなる。ですから同じ領域をとりましても、その活動の度合い、新鮮さというものがそれぞれよく似てはおりますけれども、そういう地震に対する発生の状況といえますか、応力のたまり方、断層の姿、さっき言いましたアスペリティというのは摩擦の応力の強さというものは変化している可能性がございます。

さて、さっきの話に戻りますが、断層モデルというものが、GPSとか、地震の観測によって、ちゃんと定量的に評価できるようになっております。今回の場合も、余震がたくさん起きましたけれども、本震、余震も含めまして、断層の長さ、幅、そして地表からどのくらいの深さまで達しているか。どっちの方向に向いているか。どのくらい傾斜しているか。すべり量は何メートルぐらいか、というようなことを求めることができます。こういったものをきちっと評価することによって、地震の、中越地震なら中越地震の全体像を押さえるということが出来るわけです。

この活発な余震活動というものが、今回の特徴でございます。兵庫県南部地震の方が中越地震に比べると数倍大きな地震だったわけです。前者は7.3、こっちは6.8ですから、0.2違いますと、2倍、4倍、6倍と、まあ数倍違うわけですがけれども、余震の数からいくと、圧倒的に中越地震の方が多いたということがわかります。この表に書きましたように、6.8が本震のマグニチュードであります。6クラスのもの、5を超えるもの、そして震度からいいますと、最大震度は5強弱というのがずらっと並んでおります。6強のものも含めて相当の数の地震が頻発していることが、よくわかります。

こういうのは、中越地震の特徴だったということに着目しますと、実は、普通の地震、阪神・淡路大震災の場合、大きな断層が一つばあ一つと一発でずれて、そしてあと、そのずれたことによるひずみを少しずつ、余震によって調整して、すうっと余震は減っていく。で、最大余震でもマグニチュード4クラスの余震しか起きなかったぐらい、阪神・淡路の場合は余震が急速に減っていった。内陸地震の特徴というのは、おおむねそ

ういうものでございます。もうみるみる余震が減っていくというのですが、中越地震の場合には、一時期、余震が次々と起き、しかもそれが結構、本震に比べて必ずしも、格段に小さいというものではなかったということは、地下に幾つもの断層がこう刻み込まれていて、それがドミノ倒し型にずれていったということが、その原因だというふうに言っていていいと思います。で、その姿を、まあ色別にちょっと見てみますと、こんなふうに見ることができます。

色別にしてありますが、これは、全体の余震活動の平面図で見たものです。こういうクロスセクションに投影して見てみますと、その縦方向の深さ別がわかりますように、これは本震の黄色い印が、ここに隠れておりますが、このように余震でも本震が起きた、西に傾く断層に並行して、別の、すぐ接近して断層がずれる。さらに共役断層と言いますが、それに直角方向に断層が隠れておまして、直角方向、こんな形になっている断層がありまして、それで地震が起きる。といったように、次々と、複数の断層が、実は本震を起こす断層の周辺に隠れている。そして、次々と地震を引き起こしたというのが、この地震の特徴であったということが出来ます。それは、比較的柔らかい地層はですね。こう変形して、そのときに幾つもの断層が、魚沼丘陵のような、背骨のような丘陵地帯の盛り上がりの下に隠れていると。そこで歪みがたまるような条件、つまり西にいくほど、だんだんそういう条件は減っていくわけですけども、ここでは一番フレッシュな断層がここに隠れていて、1000年に一遍ぐらいの頻度の事件を起こしたということになります。そういう状況は、まあ特段に、その地表面にやわらかい地層があって、それが丘陵地の表面を覆ってますために、震度はべらぼうに大きくなる。いろんな悪条件、地表の悪条件がさらに、被害を大きくしたということになる訳です。

簡単に描きますと、こんなふうになります。小千谷、長岡、小出。本震を起こした断層があって、それに平行な断層があって、さらにそれに直行する断層もある。それ以外にも小さな断層が、幾つもお互いに接近しあって、断層が複数隠れていて、伏在していて、そして一つの断層がずれた時に、次々とドミノ倒しになった。こういう地震は、まああまり一般的な地震ではございません。ですから、この中越地震の特徴というのは、一般的に普遍化はできないということになります。

これは地質学的にずっと遡りますと、もともとここは海でありまして、そこに堆積した平らな地層に、日本列島をしめつける、プレート運動の波及効果として、力が加わって、だんだんこういうふうには波うつような地層が生まれ、やがて、波うつだけではすまなくなって、その間に断層が生まれる。断層も場所によって違うのですが、ある場所では、今回のような地震を起こすけれども、そのすぐ隣、数キロ離れた、小千谷の辺では小さな地震をしょっちゅう起こしながら、ずるずるずるずるすべってくれる。どちらかというところ安心。高柳でもそうですけれども、M5位の地震は起きるけれども、ずるずるすべる。もっと、先に行くとも地震を起こさないで、断層が勝手にまあ非地震的にすべる。そういうような同じ丘陵をとりましても、地震と、それから褶曲の成長の仕方は違う。そこまで突っ込んでよく見てみるということが、今後の一つのターゲットですね。この地域の地震の安全性に対応する、それをどう評価するかという。実は柏崎の方はずっと古いんですね。先輩方なんです。で、山古志の方に行くとだんだん新しいのが、まあ順繰りと、新しくなっていて、地震を起こしやすい。そういう一番フレッシュな状況が

東の方。西に行くほど、そういう状況はもう既に去ってですね、こちら側からかつてはこういうことが起きたのでしょけれども、だんだんだんだん古くなって、地震を起こしにくくなっている。そして東側ほど、いままだ活発な状況の地下構造になっている、そういうふうを考えてよろしいかと思います。事実、小千谷の片貝断層と、いわゆる山古志の丘陵地にあります、まあここに断層、知られておりますけれども、その地震の起こり方、今回、起きてみて初めてわかったのですけれども、随分違う。ところが、その地震の断層の滑る量からいいますと、大体1000年で、2メートル、そのくらいずれるのですね。垂直方向に。で、小千谷の辺でもやっぱり2メートルくらいずれている。なぜかという、私も30年間ぐらい、水準測量を繰り返しましたけれども、30年間で6センチぐらい滑っております。そうすると3000年で6メートル、2000年ぐらい、過ぎますと、1000年、2000年とりますと、大体2メートルぐらいのずれが、ずれの量としては同じなんですけれども、それを解消するための起こり方は、片方は今回のような地震、6.8ぐらいの地震を起こすということで、解消する。しかし、そのお隣さんはずるずるずるずるすべる、人間の性格でもぷつと切れるのと、日頃からぷつぷつ言いながら、小出しにストレスを出す。これ日本列島の太平洋側にもそういうのがあります。茨城県沖の地震はぷつぶつ型で、怖くないんですね。ところがぷつと切れるやつは、起きたとき、それまでは静かなのだけれどもぷつと切れる。で、それはさっきのアスペリティというものと関連します。同じ断層であっても、同じ大きさの断層であっても、ずるずる滑る断層と、小さな地震をたくさん起こしながら滑る断層と、じつとにこにこしてるように見えて、穏健そうに見えて、切れたときは怖い。ナイフがぐっとお腹に突き刺さるというような場所なのです。それをやっぱり選別していく。これはたとえば言うておりますから、もうちょっと物理学的にきちんと、それを評価するということが必要です。

見てみますと、今回の地震はこの信濃川の東のこのような断層がある。ちょっと離れた、これ4キロですが、たった4キロ離れた片貝断層、時水背斜という、魚沼の向斜がありますけれども、丘陵地帯ですが、同じようなことがずっと繰り返しながら、この柏崎の方まで行っているわけですが、ここでは、我々30年ぐらい、まあ水準測量や地震観測やりましたけれども、確かに地震は起きますが、まあ小地震とか、起きたとしても、マグニチュード5.2ぐらいの地震が起きる。長岡地震とか、関原地震というのがかつて起きました。長岡地震は2月2日で雪が降っている時に地震が起きて、で、半径、まあスパンとして2キロぐらいのところが強烈な揺れだったわけですがけれども、もう3キロ、4キロ離れると揺れない。しかしそこに集中して、被害が生じて、死者が5人、6人という地震がございました。雪の影響、雪の重みで家がつぶれたという説と、いや、雪が降っているということは建物を保護するのだという説と当時調査に来た地震研究所の論文には書いてあるんですが、今の評価では、やっぱり雪の重みというのはばかにならない。ですから恐らく長岡地震の被害というのは、2月2日で、季節から見て雪の影響もあったのではないかいうふうに言われております。マグニチュード5.2という地震、決して大きいではありませんが、集中的に局所的に、そういうぐらいの地震がさらに北の方で起きている。ですから同じ、こういう列を考えて、東西を見ても、少し北の方にいくと若干、そういう微小地震では済まないような場所もある可能性があります。

ところが片貝断層の場合には測ってみますと、ずるずるすべる。もっと東の方に行きますと、あまり地震は起きてない。もちろん、動きも鈍いようにみられます。そういうことを、もうちょっときちんと評価していくということによって、この地域全体の地震の発生の仕組みというものはっきりさせることができるのではないかと思います。

もっと広い繋がりで見ますと、今の褶曲というのはどういう位置づけになるかというところ、太平洋の方から太平洋プレートが沈み込んできます。こちらは太平洋側で、こちらは日本海側になります。ぐっと両側から押されますので、しかもこの潜っていく太平洋のプレートが100キロぐらいになりますと、そこで、プレートを作っている岩石が溶けて、垂直にこう上がってきます。ちょうどサイダーの栓を抜いたみたいに、その中に発泡して、マグマが軽くなって、そして上がってくる。周りの岩石と同じ密度になりますと、そこへマグマ溜まりを作りますが、やがてそれが地表にあらわれると、火山を作ります。これが火山フロントというもので、ずっと火山の列が並んで、この辺では群発性の地震、火山性の地震が起きます。もうちょっと、日本海に近づいてきますと、褶曲というものが見られます。これは中越地方だけでなく、酒田とか能代とか、そういった日本海に面した沖積平野は、同じような地層で、同じような褶曲が見られまして、ニッ井地震とか、そういう同じようなスタイルの地震が起きています。地震研究所では、もう何十年も前ですけれども、これを全部しらみ潰しにやろうという壮大な計画をたてて青森平野からずっと、この中越地方、小千谷、片貝断層も含めて、全部水準点を置いてやろうという、壮大な計画を持った訳です。ところが、能代の辺まで来ますと、今みたいに交通は便利じゃありませんから、ジープで行っても、疲れ果てるわけです。だんだん撤退して行って、最後に残ったのは、その小千谷地域というか長岡周辺ということになって、30年間頑張って測量してみたら今のように、小千谷周辺では、やはり断層はずれ動いてはいるけれども、しかし、そのずるずると、ぷつつん切れではなくて、小さな地震を度々起こしながら歪みを解消しているというふうに見られる。マクロで見ると、こういう日本列島の断面を見ますと、その地震の起きる、そういったいわゆる山古志のように、断層があって、そしてたくさんの断層が潜んでいて、それがドミノ倒しになるようなものが、褶曲の一番東よりのへりのところにありますが、そういう褶曲の位置づけは、こういった日本列島をぶつ切りにしたときの、太平洋から日本海にまたがる構造全体をきちんと押さえた上で、議論しないと、ただ一つのをピンセットでつまんでも、なかなか、その本質的なところに議論はいきつかない。そういう意味で地震学・地球物理学というのは、局所的なことも考えなきゃいけませんけれども、こういった日本列島、我が国土といったものの成り立ち、仕組みというものを全体として押さえながら、かつ、その各地域の特性を比較して、きちんと位置づけをしていくということでないで、やたらにこう議論を振り回すと、空転してしましまして、それは決して、ちゃんとした正しい地震像を理解するということにつながらない。阪神・淡路も実は、そういうことがございました。

地震のまあ今のような内陸地震に加えまして、日本海の東縁部の地震というものも考えておかなければいけないということになります。

中越地震の特徴をまとめてみますと、震源が浅いにもかかわらず、地震の際に滑った断層が地表に表れにくい。これは地表に堆積層が積もっているから。数十万年から数百

万年以内にできた新しい背斜構造を、地層がうねってますが、その山のように出っ張った、丘陵地の地下に断層が隠れている。その履歴は数十万年、数百万年という時間をかけて、生まれたものだという事になります。地震の発生のたびごとに、褶曲の背斜軸に沿って顕著に地殻が隆起するという事で、これもここにありますように、これは国土地理院の測量の結果でありますけども、地震が起きた丘陵地の背骨の部分が、このように大きく隆起していることが見てとれます。この隆起というのが、非常に大きな特徴であります。余震活動は極めて活発で、本震の断層上で発生するだけでなく、その断層の上下および縁辺に広がって発生するということがあります。そして災害のパターンとしては、軟弱地盤に覆われた丘陵地、中小河川の沢というような、そういうものを取り込んだ、褶曲地形の特徴というものは地震そのものではなくて、地表のその被覆構造、身にまわっている地表の地層の軟弱性によって、災害が何倍にもなる。地震そのものに原因があるというよりは、そこにやわらかい地層、水をたっぷり含んだような、あるいは急傾斜地がある、ということが、今回の地震（被害）につながる。だから建築屋が入ってきて調査して、これは建築屋の出番ではない。地盤工学の出番だということをおぼつんと言った人がおります。まさに地盤災害といって、一括りにしていいぐらいの特徴だと。それに加えて、地震の細部では複数の伏在断層が、次々とドミノ倒しになったということが、それに拍車をかけているということになります。

阪神・淡路の話で、ここでは褶曲地形という、こういう谷と、いわゆる丘陵地帯、こういう波うった地形ですが、阪神・淡路の場合、神戸市民は地震が起きないというふうに信じ込んでいた。2000年に一度の事件ですから。ところが大阪湾の海底の水を取り除いて、ヘドロも取り除きますと、ここに3000メートルの絶壁が現れます。これはまさに上下方向に限ってみますと、1回の地震で、2メートルぐらい、1メートルから2メートルぐらいずつ隆起する。それから100万年ぐらい経ちますと、六甲山が生まれ、六甲山の本当の姿は神戸市からこう北の方を見たときの六甲じゃなくて、実は大阪湾の海底の下に水を掻き出して見て、底に立って見たときの姿形が、六甲山の本当の姿。地震によって生まれたこの絶壁というのは、100万年、200万年というその間に2000年ごとに阪神・淡路のような地震を繰り返して、前回、おそらく縄文弥生のころに起きたであろう、そういうものが何度も繰り返してこの地形をつくった。そこに神戸市が立地しているということを理解していれば、相当状況は違っていたかもしれません。

このように、六甲の例をとりますと、六甲山があつて、大阪湾がありますが、1回の地震でずれ動いた水準測量の量は、まあ何十センチという量でありますけれども、それが積算されると、六甲山のような山になるということをお示ししています。

先ほどの、岩石破壊の実験に戻りますけれども、ここでは地表に断層があらわれておりました、こういう圧縮をかけますと、岩石の標本が、このようにX字型のひび割れを起こして、小さな地震をおこしますけれども、それが実際のフィールドでは、このように六甲・淡路の断層系と、山崎断層というX字型の断層として見る事ができます。

つまり実験等で調べられたことが、実際の日本列島の地殻の断層の中に、そのままスケールをものすごく大きくして現れる。こういう状況を見ると、やはり地震というのは、やたらに起きるものではない。やっぱりきちっとした仕組みがあつて起きてきていると

いうことを、まあ調べれば調べるほど、実感を深めていく。ですから、地震というのは、やっぱりでたらめに起きてくるのではないということ。その原点に立ち返りますと、きちっとした、深部にあたる調査を行うことによって、我々はやたらに地震に対して不安を持つのではなくて、本当に将来に渡って、次の我々の次の世代に、相当地震像をきちっと抑えた上での議論、今まだその過渡期でございます。わかっている場所は、わかっている。しかし、すべて日本列島、すべての場所に同じようにかかわっているわけじゃない。そういう意味で、わからないことも、5年、10年たちますと、日進月歩ですから、だんだんわかってくる。新しい知見をどんどんやっぱり新しく検証した上で、それをよく吟味して、実際の地震の姿というものは、どこまで我々は把握してるのか、ということ、自分自身で理解して、わかったことと、わからないことをちゃんと区別しながら、わからないことは5年後にはわからせようと、そういうことで、研究というものは、進展していく。研究の動機付けはそこにあると思います。

さっきのアスペリティの話ですが、野島断層に博物館ができています。淡路島の方では断層が地表に現れた。神戸の方では、現れなかった。なぜかという、この断層モデルから見ますと、淡路島の方の断層は地表の浅い部分が大きくずれ動いている。神戸の方では、深いところ、深さ10キロの辺で大きくずれ動いている。アスペリティの位置の場所が違うということがわかってます。実は阪神・淡路の地震は、断層がずれ動くときに破壊の開始地点というのがあります。最初に断層が割れ始めて、それが秒速3キロでバァーッと走るわけですね。一瞬にして断層が隅から隅まで割れるわけではなくて、ある場所が割れ始めて、それが秒速3キロぐらいバァーッと走るわけです。で、その阪神・淡路の破壊の開始点は、まさに明石大橋の直下だったのです。そこでもう数時間前に小さな地震が4つほど起きました。それが後になってみたら、実は破壊の開始点で起きた微少破壊だったわけです。その地震が起きたその場所は横ずれの断層がオフセットしておりまして、その阪神・淡路で起きたときに、このオフセットが、両側が両方向に向かってずれ動いたために、その明石海峡がわずかながら、1メートル強、広がったのです。そのためにちょうど工事中で、まだ橋のロープをかけてない橋脚が1.1メートルぐらい広がった。日本の橋梁構造はすごいものがありまして、そのくらいのこととはちゃんと、少し設計の吟味をし直す点があったけれども、きちんと事なく、そこを克服して、立派な大橋ができたということがあって、まさにこの淡路島とこのポイントですけれども、ここが破壊の開始点で、両方向に向かって断層がダーッと走った。一方はこのように、播磨灘側の断層の方は浅いところにアスペリティがある。一方は深いところにある。それによって、断層が一方は地表に現れたわけですけれども、片方は現れなかった。一つの地震でもそのくらいのバラエティに富んでいるということもできる。阪神・淡路を契機に、いろんな新しい知見がどんどん蓄積されつつあるというふうに言っていると思います。

最後に地震を考えるときには地表のところだけ触っていてもだめで、それも重要ですがけれども実際に地震を起こすその部分、歪みを溜めている部分は、存外地殻の深いところに潜んでいて、それが地表の断層にいろんな歪みを産む。そういうメカニズムに一番根っこの部分で寄与している、いうのではないかというのがこの図の言いたいところがあります。これはまだよくわかってはいないのですけれども、恐らく断層が幾つかある

と。その断層の幾つかは、地下の深いところの、一つのより大きな断層、あるいはずれ動きによって、幾つかの断層がサポートされている、変異がまかなわれておりまして、あるものはずるずる滑る、あるものは地震に繋がるといったような違いがあり得る。今回の場合は、恐らく阪神・淡路の断層の淡路島側ですけれども、淡路島の両側に断層があるのですけれども、一方側だけがずれ動いてる。片方はずれ動かなかった。

そういう意味で、より深い部分に起因した歪みが、選別的に、あるときには播磨灘側、あるときには大阪湾側の断層を選択的に動かすということもある。そういう意味で、いろんな活断層に対するアプローチの仕方がありますけれども、地表面をよく見るというやり方もあります。同時に深い部分の深部探査もやりましょうというようなことも含めて、地震の全体像を考えていくという、そういうことが最近の、こういう浅い地震に対する研究の手法として、今推し進められているということになります。以上で終わらせていただきます。

#### ◎新野議長

ありがとうございます。最初お伺いし始めたときには、理解できるのかどうかと思いましたが、比喩を交えて、とてもなんか引き込まれるような、ご講義だったかと思えます。せっかくですので、質問でもいいですし、感想でもいいですので、委員の方から先生に何かありますでしょうか。

#### ◎吉野委員

吉野でございます。日本列島は地学の参考書なんかを見ますと、今日の溝上先生の資料のちょうど5ページですかね、5ページの下の方の世界地震分布図のこれと同じような図がありまして、環太平洋地震帯に沿って、日本や台湾、フィリピン、最近大地震のあったインドネシア、アメリカ大陸、西海岸ですかね、そういう太平洋を取り巻く地域に地震が、周期的に、しかも集中的に発生する地震帯の真上に乗っかっていることで、今日のお話でも資料の14ページに右の方にいよいよ日本でも2000年から、この静穏期が終わって、活動期に入っているらしいというような、そういうお話もお聞きしますと、このような地域というのは、原発の立地条件が、原発の先進国である欧米などは全く異なっていて、この5ページで地図を見ましても、原発の立地に最も不適當の地域ではないかというような気がするんですが、溝上先生のお考えをお聞かせいただきたいと思うんですけれども。

#### ◎溝上氏

強震度のお話だろうと思います。地震による地盤の揺れですね。我々が普通使うのは計測震度6強とか、6弱とか7とか、川口ではその6、震度7というのが起きた。阪神・淡路でも震度7を記録していますね。あの場合の一つの内陸地震の特徴として、確かに震度という計測震度の量でいくと、かなり大きい加速度というのがありますけれども、多くの場合、例えば同じ揺れでも、構造物に対する影響というというのは揺れが何度も何度も続く場合に影響が出てきます。特に一般家屋の場合でも弱い建物がありますね。私の姉は神戸の東灘にいましたから、普通のマンション、集合住宅に住んでおりました、10階くらいに。で、ぼんときたときに、強い加速でぼんときて家具なんか床に傷を付けないで飛ぶと。ところが、家屋もそうですが、すんと一発くる、強烈な加速度。これは地球の加速度を超えるようなものが、伊豆の地震でも私体験しましたが、

たあつと地面から地震がきますと、砂塵が舞うんですね。一発ぼんと来ますと、腰にぐっときますけれども、これは物を壊さないです。私の姉が住んでいるマンションもほとんど無傷、ところが白蟻にくわれた周囲の瓦葺きの古い家はみんなペしゃんこで、東灘では多数の死者がでました。一般家屋という、まあある限定された強度のものであっても、震度7にちゃんと耐えるのですね。ところが白蟻に喰われているようなものは、もう見事にペしゃんこなんです。見たところ、かなり立派で、いかにも神戸のお金持ちが住んでいるように見えるけれども、実は柱は虫に喰われて、地盤の弱いところに建っていたということなのです。ですから、原子力発電所というのは、まあ言ってみれば、一般の老朽化した北朝鮮の漁船と戦艦大和くらいの強度の違いがありますから、同じ波が来ても、北朝鮮の老朽化した漁船は、アサリ船かシジミ船か、沈むかもしれない。錆び付いてボロボロな船で、船艦大和とは違うわけです。阪神で潰れた一般家屋というのは、どちらかという、北朝鮮の漁船のようなものですよね。私の姉の家はそういうものじゃなくて、一般舟艇、漁船ではありますけれども、一応波を切りながら進む。これ震動に十分耐える。実際に何度か行きましたけれども、ばたばた倒れている中に、自動車のいわゆるショールーム、ガラス張りの建物が、無傷なのです。特に強いわけではない。地震の強度というのは、内陸地震、とくに浅い地震が危険だと言われますが、あの波形を見ますとポンとパルス的なのがきて、そして10秒間にすべて終わるのです。魔の10秒間。この間に物が壊れる。壊れないものも沢山あるわけです。それは、何も戦艦大和じゃなくてもいい。戦艦大和を作ることはない。ちゃんとした家屋を作ればいい。で我々はそういうものを作りさえすれば、何も地震が怖いことはない。ところが本当に北朝鮮のような漁船に住んでいる人は、けっこういて、そしてなぜか耐震診断をしてもらわない。なぜかという、4つほど理由があるのです。自分だけは地震に対して大丈夫だという確信犯みたいなのがあります。夫婦で子供が居て、あと2〜3年したら子供が独立していく。その時に夫婦で考えましょうと。そのときに耐震の診断をしてもらって、住み替えをやるか、補強するか考える。

それからもう一つは、一般家屋の場合には、どうもすぐ騙されるんじゃないか。つまり耐震診断をしてもらおうと頼んだら、どうもよくわからない。何かごまかされる。それから、もう一つはやっぱり費用対効果ですね。やっぱり100万とか200万とかかかりますから。そういうことで、もしそういうネックを、克服できれば日本は地震国でありますけれども、死者が激減するということは、政府がメッセージとして中央防災会議から発信したのです。耐震診断をまずはやってみる。原発の強度というのは、これはまさに戦艦大和であって、普通の船ではない。しかも地盤に固定して、鉄心でどうやっても壊れないように、言ってみれば、かつての世界大戦のときのフランスのマジノ線みたいなものですね。トーチカのような、地下要塞。そこのところをある程度きちんと区分けして、私たちが自分自身の身を守るというのは、危険性というものは一般家屋です。一般家屋は地盤の問題も中越地震は考えなければならない。それから建て方においても屋根が重かったり、あるいは白アリ、湿地帯は必ず白アリが来ます。で、知らない間に食われているのです。新潟県北部地震というのが、笹神の方でありました。これは阪神・淡路の起きた年です。行って見たらですね、文化財の、そこの教育委員会が立派な屋根に葺き替えて、そしてつくられたばかりの建物。ところがですね、屋根だけりっ

ばに残ってる。見たら全部白アリに食われている。なんで白アリに喰われるのを知らなかったのか。その文化財のある敷地から一步出ましたら、田んぼの中に道が通っていて、その電柱に、「白アリ対策は我が社にご相談を」と広告が出ている。そういうような、いわゆる湿地帯は、白アリに注意。そういう次元でもって、我々は地震というものに対して備えれば、日本の震度6強、7とか、エレベーターの閉じこめの問題は、別の問題ですけれども、私の姉の住んでいるところを見ても耐えうる。そういうふうを考えます。ただ家具の固定だけはしておかなければ。加速度が重力を超えると、極めて重い物でも飛びますから。山の中腹にある倒木とか、家くらいの大きさのある岩も飛びます。長野県西部地震のときに、御嶽山のふもとで、倒木が飛んで、立っている木にぶつかって、粉々に割れて落ちて、倒木が倒れていた後にはくぼみに水が溜まっていた。岩石も飛びます。一瞬のことなのです。しかし、建物はそういうもので壊れるのではない。普通壊れるようなのは、やっぱり何か欠陥がある。ですから、そういう日常的に十分知っておくべきことというのがたくさんあって、やはり地震の怖さというものは、恐れなければなりませんけれども、我々がなすべきことは、我々の生活の中にまだまだ沢山ある。それを何とか克服してくださいというのが、政府のメッセージ。それだけの技術は、日本の住宅技術、木造であれ何であれ、十分にあるのです。

#### ◎吉野委員

今のお話で大変よくわかったところもあるんですけども、基礎や建物は相当戦艦大和みたい、かもしれないんですけども、今日のいろいろな事前報告にもありましたように、非常に複雑で繊細な構造が、原子力発電所の巨大なプラントにありまして、機器がひび割れたり、いろんなことがこう起こってきてるわけですね。そういう細かい構造まで考えると、非常に心配です。それは専門外のこととしましても、もう一つ、地震に関係しては、柏崎刈羽原発の場合は、特にマグニチュード7～8クラスの地震が起こる可能性がかなり高いとされる地震予知のために、特定観測地域という、これは新潟県から富山県の海岸の地域だということだったんですけども、その中に立地しているということであると、さらに原発の危険性が高い中にあるんじゃないかということを感じるわけですが。

#### ◎溝上氏

その特定地域というのは、随分もう、だいたいこれを決めた方は、この世に1人ぐらい生き残っているかもしれないけども、地震学は非常に早いスピードで進んでますので、何かかつてのまあノスタルジーといいたいでしょうか、それをただ、一遍つくりますと、なかなかそういうものは、改訂というのは、なかなか進まないのです。

東海地震の場合は私、判定会という、東海地震の24時間の監視をやっておりますが、東海地震の説が出た時代と今とでは、東海地震のなまずの像が全然違うのです。そういう知識の進展といえますか、地震に対するイメージというものからみますと、特定強化地域というのは、実はもう何とか、これはどっかにしまってもらって、文化財として、今の新しい知見による評価というものに、できれば改訂の探査をやる。やった、そういうものも踏まえて本当に科学的に、あのときにやったのは、大体もう亡くなった方が多いのですが、私の思い出すにこの辺に人口が多いと、この辺はかつて地震があつて、やっとなら子で決める。それはこれまでの地震をみて、何となくうまくそこで地震が起き

ているように見える。ところが今日お話ししましたように、同じその大きな四角の枠組みの中でも、1つずつ地域によって違うのです。災害のパターンも違う。ですからあの特定地域というのは、もうかれこれ大体まあ新潟地震ぐらいのころまで、松代地震あたりまで遡ってしまいますから、40年、もう5年刻みで進む地震学の世界から見ますと、なぜまだああいうものが生き残っているのだろうかなど。

◎新野議長

ありがとうございました。武本さん。

◎武本委員

おもしろい話だと思うんですが、中越地震がある10日前にですね、地震調査委員会が長岡平野西縁断層帯、断層の長さが83キロですか、で、マグニチュード8クラスが、最大で起きるという警告がありました。これは今の話では、新しい知見に基づく話だと思うんですが、そのことと、いま一つは、その辺のところを解説してもらいたいというのが一つ。

それから、その一帯といいましょうか、その周辺で地震考古学の視点で、最近、遺跡の調査等も進んでいます。その西側の方だと言われたところで遺跡がかなり埋没していたり、結構大きな礫が噴出していたり、液状化が起こしている起こしているというようなことも報告されています。

そういう、その物理的な地震現象と、最近のことで言えば、その地震考古学の片貝断層の調査が三、四十年、その経験ですると小さな地震は起こすけれども、大きな地震は起きないという話と、結構そういう視点からは、考古学ですから、2000年ぐらいの間だろうと、勝手に思っていますが、それぐらいの感覚では結構、地域に大きな地震があったという警告もされているんですが、その辺の、地域のこととはともかくとしてですね、そういう地震のアプローチの仕方も、ぜひここで話してもらえないでしょうか。

◎溝上氏

良い質問を受けました。文部科学省が、前の科学技術庁ですけれども、地震調査委員会というのを立ち上げました。それ以降、日本の活断層を、年度当たり何本かずつ始末をつけていくという作業が進んできましたけれども、今年で無理矢理ピリオドを、区切りを打ちました。なぜかという、この手法で活断層の評価、繰り返し間隔を統計的にやっていくと、とめどもなく本当に本質的なところまで探りを入れることができないまま、ホッチキス官庁と言いましょうか、年度末になると、5本断層の評価ができたということで終わってしまう。実際に評価したのを見ると、同じ東京あたりも活断層ありますが、1万年に1回から、1万5000年に1度というぐらいの評価から、5000年に一遍という評価、しかも最近起きたのは、まだ起きてから3500年まだ間があるというのと、1万5000年に一遍だけど2万年経ってるとか、そういうかなり主観的な、つまり地表面を触る。皮膚科のお医者さんのような、いらっしゃったら申しわけないですけれども、地下の深部のことでなくて、地表をずっと、しかも年度計画で必ず何本か必ず活断層を始末していくということについて、地震学者の方もだんだんだんだんこう批判的になりまして、そして、地震調査委員会の委員長だった、私の友人の方がこれほっておくと大変なことになる。とにかく一つ仕切をつけようということで、地震調査委員会の活断層評価というものについては、その評価をきちんとしたものもありますが、

そうでないものと、玉石混交で、今の地震研究所の若い世代のものが、やっぱり調査の仕方をもっと物理学的に地震学的にやらなきゃいけないということで、いろんな声があった、総合的な判断として、一応幕引きをしたのです。ですから、そういう意味では、六日町断層、十日町断層、いろいろ断層がありますが、断層の評価そのものが一体どういう手順で、どういうデータで、そういう結果が得られているのかということをよく吟味してみなければいけない、ということが地震学者の、特に若い世代に今沸々と出てきています。もともと地質学とか、地形学というのは、博物学ですから。考古学もそういうもので、決して学問を否定するわけではありませんが、その時代時代の地層の状況によって、水の含み方によって、いろんな現象が出るでしょう。しかし、根っこは私、地震学者としては、やっぱり断層の物理学に根ざすところまで目が当たっていないと、皮膚が少し傷んでいるなというので、皮膚の病気だと思ったらいけないので、実際、内臓にどういう原因があるのかということまで、ちゃんと立ち入った議論をすべきだと、それが日本の地震学の使命だというふうに思っております。

そういう意味で、私は、全て調査委員会のやった活断層評価が間違っているとは言いませんが、鵜呑みにはしないという立場で、これまでやってまいりました。

いろんな意見を、いろんなスタイルの研究者の意見を聞いて、どういうところに物事が落ちつくかなというのを見守ってまいりました。その結果、今年度をもって、このようなやり方で、ただずるずると評価を積み上げていくというのでは学問の進歩には繋がらないじゃないかという意見が、恐らくは委員会に直接関連している人の中にも蔓延して今の状態になったと思います。ですから、新しい出発というのは、活断層の評価にこれからは一步踏み出す、そっちへ踏み出すという良いきっかけになった。それは、ある意味で地震学の歴史の中で、これまでの流れと、それから一線を画した新しい出発というのが、この2006年度、2007年度の区切りになっている。同じようなことがあって、実は地球物理学の世界でもプレート理論が生まれる前と後とであったのです。1年間、地学の試験問題が大学で出せなかった。つまり地学がひっくり返ってしまった。それまでの地学というのは、全くペケがついてしまった。教科書もつくれないう。1年間入試問題がつくれなかったという革命的なことがありました。そういうものをどれだけ経験し、その前には、どれだけそういうものをきちんと見据えた研究者がそこにいて、そして本当の、本当の研究というものは何だ、ということをやちゃんと官僚とか、そういうところに教えこまないでだめだ。どうしても、政府が発表したいろいろな問題が学会の言っていることと違った場合に、何が優先するかというと、やっぱり公式発表のものが、今の情報社会では浸透していく。活断層の話でも、地震といえば、全て活断層だということで、日本は一時期、阪神・淡路大震災、活断層、地震は活断層、ところがどっこいそんなもんじゃない。もっともっていろんなタイプの地震があるということをやちゃんとやって、そして何とかそれが、相当広い範囲に行き渡るようになって、それがちゃんと、政府やそういうところでも通じるようになるまで、ものすごい時間がかかったのです。私も中央防災会議に出てて、田中真紀子さんが外務大臣で出てて、私は東海地震に関係してますから、何も東海地震の予知なんかできないわよと言って、地震計は深いところに埋めなきゃいけないということをいっていたときで、私はやっぱり地表は非常にノイズが高いから、できるだけ深いところにセンサーを埋めるべきだということ言っ

たら、盛んに真紀子さんが、言ってきて、小泉さんに、何言ってるか、こいつの言うことを聞くなと言ってですね、で、前に座っている総務大臣が、あんた何時から地震大臣になったんだという。あんまりまくし立てるんで、彼女がしゃべり終わったあとすぐ私は、あなたは間違ってると言ったのです。真紀子さんあなたは間違ってますよと。東海地震というのは海溝型の地震であって、阪神・淡路のような2000年に一遍の内陸地震ではないと。しかもプレート境界がすべるといって、わずかなセンチメートルのすべりでも、1000万倍の倍率でノイズをさっ引くことができる、そこまでソフトを開発したから、それがすべり始めたらかわると。そういうちゃんとした観測のロジックに立脚しているのであって、阪神・淡路のことを、そこに引き合い出すのは、もともとおかしい。そしたら彼女が言いたいことは、私は科学技術庁の長官だったときに阪神・淡路が起きて、そのときの官僚は地震予知はできないと言っていて、すべて予知という言葉全部公の看板から削除したのです。そういう流れは、ある意味では一面正しいところありますけれども、海溝型地震のことを言ってるわけじゃない。で、その後どういう電話がかかってきたかという、大臣が間違ってるというのは、どうもまずい。勘違いというふうにしてくれないかと。私断ったのです。私の方がずっと年上で、そしてしかも地震の研究者。何でそういうことを言うのかと。わかりましたとあって、またかかってきて、やっぱりまずいということで、勘違いになおしてくれと。3偏やったあと、あんまりしつこいので、いいよって言ったら、文言はあなた間違ってますではなくて、あなた勘違いされてますというようになっていたと。どこらでどのくらい違うかわかりませんが。その後、防災大臣が、会議に来まして、うちの閣僚の一人が大変失礼なことを申しまして、大変申しわけございませんでしたと。そこまでいくためには、やっぱり本当のことをしゃべって、本音でしゃべって、例え真紀子さんであろうと、間違っただけは間違っていると、会議のときに言わなきゃいけない。黙っていると、議事録に残って、それが正しいことになってしまう。で、僕は、ある意味で呆れ返ってたんですけども、後で同僚とか、いろんな人から言われまして、よくぞ言ってくれたと。あのときに大臣が言ったままで、ただ黙って、押し黙っていたら、恐らく東海地震の監視というのは、意味あることをやっても、全く無意味になってしまう。そういう世の中の仕組みになっている。だから、活断層という耳慣れた活字、それから政府の推進委員会、あれみんな、何となく権威のあるようなイメージを持ってしまっただけは、これはいけないので、やっぱり間違っているものは間違っている。正しいものは正しい。私たち研究者というのは、そういう、まあ一匹狼みたいなものです。皆様方は、一般の良民・市民で、私達は、我々の仲間はずれとおかしいのが多いです。私のように。ただ何がおかしいかという、間違っているものは間違っているということを言う。たとえ田中真紀子さんであろうと。公式の場であろうと、間違っていると思ったら言うということに、何の躊躇も感じません。

そういう意味で、今、おっしゃったお話、ご指摘のところ正しい面もありますけれども、一般的に言って、地震について、これだからこう、これなら、ここにもあてはまるということはないです。やっぱり一つ一つ個性があります。中越地震は中越地震の個性というものをよくよく見極めて、それを突きとめると他の地域に行っても、ちゃんとした判断ができる。そういう意味で、地震考古学というのは立派な学問です、体系ですけれども、やっぱり私が言いたいのは地震学の立脚するところは、断層の物理学だということ

とを言いたいと思います。

その上で、皮膚に異常があるとかですね、すごい変色してるとか、そういうことはその中に付加的な知識として、それに組み込むことはいいですけど、やっぱり原点は、地震は断層がずれ動いて起こるんだと。そこをきちっと押さえた上でないと、私はなかなか納得がいかないものがたくさんあります。ですから、これはあくまで私見でございますけれども、恐らく多くの地震学者が世界的に見ても、私の意見に賛同する人の方が多いと思います。ただ、いろんな学問分野がありますから、それを否定的にとっちゃいけない。地震考古学というのも非常に新しい、我々が知らない事実を見せつけてくれます。これを無視してはいけませんけれども、やはり地震考古学をやる人も、ある程度、地震学そのもの、本質の、一番根本の断層の物理を少し勉強してもらわないと困るというものです。

#### ◎武本委員

ありがとうございました。もう1つだけ、神戸の地震以降ですね、全国にGPSの基地が設けられまして、柏崎でも松浜中学校ですか、松波のですね、そこと鯨波小学校にGPSの基地があると思うんですが、その観測結果からですね、どうも信濃川沿いあたりに、こうひずみ帯がある。これはある意味で物理学だと思うんですが、その辺のこともちょっと解説してもらえればと思うんですが。

#### ◎溝上氏

GPSは今、国土地理院が全国に1000点以上展開してます。大潟というところに、実はやっぱりGPSの1つが置かれてまして、GPSで地殻変動を見るときには、どっかの1地点を動かない、固定点だと仮定しないと、他の点の移動がわからないわけです。実は東海地震の、東海地域の変動を見るために大潟を基準にしています。大潟の基準点の中越地震でずれ動いたわけです。その結果、東海地域の地殻変動を一時期見ることができなくなっちゃった。そういうふうに、全国のネットがリンクして、今観測が進められています。そういうことは、本当に始まったのは、まあこれ大学と国土地理院が競合関係になって、一時つばぜり合いをやったんですが、結局、国土地理院が勝利をおさめまして、今全国に1000点以上のGPSを動かして、日本列島のうごめきを時々刻々おさえてますが、今おっしゃった歪み集中帯というのは、1990年代の半ばごろから現在までのGPSの変化を見ると、歪みの集中している、というふうなパターンが出る帯状のゾーンが、中越地帯からずっと中部日本を通過して、阪神・淡路まで見えてる。これが見かけ上のものなのか、どうかということは今後の見どころです。というのは、GPSの変動というのは、場合によっては、北海道と東北日本が向こうへ回って、近畿地方と九州が回転するようなパターンが出てみたりですね、そうすると、地理院に聞くと、いや、実はこれは計算上の、というような話が出てきたり、いろいろあるのです。極めてプロフェッショナルな、GPSの変動を、我々が見てすぐわかるようなパターンに置きかえるためには、まず一つ、GPSそのものが衛星を使っていますから、衛星の揺らぎというものと、それから大気を通して電波が来ますから、大気の変動、湿度が変わると、その時間が変わるわけです。それによって地殻変動のパターンが変わることなのです。これまでも何度もGPSによる異常パターンが出ては、実はこれはこういう解析の結果、見かけ上出たのだということで、消えた事例がたくさん日本列島のパターン、

地殻変動のパターンで異常であったと言われていたのに、いろいろ話を進めてデータが積み重なっていくと消えたものもあります。

歪み集中帯の非常に興味のあるところは、それに沿って地震がずっと内陸地震が起きてるといことが一つあります。ただその歪み集中帯がここ1990年代半ばから2000年の初めまでを見たところ見えている現象でありまして、本当の地殻変動というのは、実際は日本は明治のころからずっと古典的な水準・三角測量をやってきましたけれども、やはり1世紀ぐらい見てみないとわからない。ですから短期間の歪み集中帯が果たしてずっと日本列島の地震、つまり2000年とか、1000年以上をかけて歪みを蓄えるものとどういう関係にあるかということは、これからの課題だと思っております。ただ歪み集中帯の存在というものを今の時点で、否定するよりは、これを肯定的に受け止めて、これはどういうふうな意味を持っているかを、もっと実はデータを蓄積してみる必要があって、今単純に最終結論を出すというのは、やっぱりこれはちょっと早とちりになりすぎると思っています。

歪み集中帯というのは、確かにGPSによって初めて見つかったものでありますけれども、この歪み集中帯の集中している、その期間が果たしてどのくらい続くものか、いろんな期間で、たち消えてはまた現れるというパターンが全国的にあっちこちで見えています。そういう意味で、歪み集中帯の話が今、ひとしきり、ひとつのテーマとなって、いろんな学会の発表で行われてますが、私が、今、興味を持っているのは、これは本物なのか、本物でないのかということ、一つ見極める必要がある。そのためには、もう今まで90年代の半ばからGPSはスタートして、今までに至りましたけれども、もうそのくらいの時間のデータを積み重ねてきたときに、果たして消えてなくなるのか、あるいは、さらにそれが期間を倍加したことによって、もっとくっきりと見えてくるものか、ということに特段の興味を持っています。地殻変動というのは、そのくらい気長なものでありまして、よく若い、はつらつとした地殻変動の研究者は、日本の地殻変動というのは、山に竪穴、横穴を掘って、そこにこもってそして定年まで迎えるわけですが、定年退官のときに教授は白髪を撫でながら、地殻変動は奥が深いという定年退官の記念講演を聞いて、若い地殻変動を志している研究者が青くなって、俺はあんなふうになりたくて、やめた。それは逆説的ですが、そのくらい一生かけてみないと、実は何千年に一遍という地震の実態に対応した地殻変動の歪みの状態をちゃんと判別することができない。急いではいけない。急がば回れということこそ、まさに地殻変動の実態であります。

我々の寿命はそれに比べてあまりにも短過ぎるのですね。私、別に長生きしたいというわけではございませんけど、地殻変動を志した人には、神様は特段に1,000年ぐらい生きるという、亀並みの寿命を与えてくだされば、今のご質問に対して、きちんとした回答ができるというような、まあ前向きの姿勢になれると思います。残念ながら、人間やっぱりバトンタッチしながら、100年ぐらいやると、今のような課題がちゃんと学問として定着する。その自信を持って、これは歪み集中帯と言え。ただ今はあくまで作業仮説なのです。学問というのは、イリュージョンというか、幻想から出発して、作業仮説に行って、作業仮説から、やや本物らしいという議論、そしてやっと定着するという、この4つぐらいの段階があります。私は歪み集中帯の話は科学的な話であ

って、決してその幻影、幻想ではないと思います。ただ、作業仮説の段階であることは間違いない。これはこういう仮説をたてて見たときにおもしろいじゃないかと。そういうおもしろい作業仮説を立てる能力がないと、なかなか喰っていけないんですね、この世界では。それはたとえ間違っているとしても、他の人が気がつかない脳みそを持っているということで、拍手喝采を得るわけです。そういう商売を何で選んだのかと、私は人生を誤ったと思います。

ここへ出てますね。中越地震のこれは、あまりはっきり見えませんが、なぜか歪み集中帯というのは、太平洋側から押してきた、この西方向のベクトルが、太平洋の岩手県の沿岸等よく見えますね。ちょっと薄ぼけて見えますけれども中越地震のベクトルが大きく出ているために、実はこの小さい矢印ですね、この帯のゾーンですね、これずっとこうつながっているんです。ここが大きく見えるというのは当然のことでありまして、ここに海溝があって、ぐいぐい押してきますから、この場所の変位が大きく出るのは当然のことなんです。それが丁度、海溝の変位をぐっと押し込みます。内陸の方に入ると、これが減っていくというのは、まあ当たり前。これを歪みに置きかえてみると、いかにもここに歪みが集中しているというふうに読み替える事ができます。この地殻変動というのは変位というのと、歪みというのと、応力と3つあります。変位というのは、ある地点の場所にあったものが、1年間、10年間に何センチ、この西の方向にずれるかという、位置が変わるといのは変位ですね。ところが机そのものをこうずらしても、歪みや変位は溜まらない。ですから、問題はこういうベクトルがだんだん減っていくという、その変化に目をつけた場合に、変容として、こういう状態からこういう状態が引っ張って、パラレルになっているということは、ここに、このずれ動き、西に向かってのずれ動きの状況がだんだん小さくなっているというようなことが、その歪みの量に置きかえられる。歪みが大きくなれば、当然、応力が大きくなるだろうという前提にたっている。変位で測るか、歪みで測るか、あるいは応力で測るかによって、変換はできますけれども、ある前提があるわけですね。歪みというものは、変位を空間的にも微分するわけですが、そのときに微分していいのだという、そういうここに何か一つのブロックがあって、また別の地層も、やわらかい地層もありますから、そういうものが、ここで一つ別の地殻の物性を持っているとすると、今の歪みの集中というのは、連続物体を仮定してますから、その仮定を取り除いてしまうと、今の成り立たなくなる。今度は歪みだけでは地震は起きません。歪みが実際に固いものに加わって、応力が蓄積されないと、応力というのは、エネルギーですから、それでもって地震が起きる。ですから、この絵は一番最初の原点のGPSの変位を見ているにすぎない。これをまず歪みに置きかえたときにどうなるか。歪みに置きかえるときに、この中間線に物を、これなんかはもう北上山地の固い岩盤ですからね。こちらは沖積層ですから。その上にGPSが置かれているわけですから、物性が違うわけです。それをどう地殻変動の研究者が、とり入れて評価しているかという、まだ何もしてない。そういう意味で、変位で見ているか、歪みで見ているか、それが歪みか応力で見るときに、そこに新たな合理的な条件を組み込んで、最終的な結論に達していれば合格なわけですね。ところがそうでないと、あくまで作業仮説の一つにすぎないということになります。そういう意味で、今歪み集中帯の話は鵜呑みにすべきものではなくて、十分評価して、それを今後の研究に結びつけて

いく、そういう課題ではありますけれども、今の段階で、これはもうもろに最終結果なものだというふうにつながるといことは、サイエンティストとしては、相当躊躇するところがあります。そういう議論をしながら、なおかつ生き残る説というのは作業仮説から、いよいよみんな研究者も、おっ、あいつの言っていることは本当だよというところに入っていく。まだ歪み集中帯は、その前の段階でして、大いに議論すべき問題であって、最終結論が出てるといふふうに、私は思っておりません。

◎新野議長

宮崎さんで終わりにさせていただいてよろしいですか。

◎宮崎委員

大変難しい話を聞かされたんで、ちょっと幼稚な質問で悪いんですが、先ほどの中越地震のメカニズムのところの、ナマコが並んでいるというふうにありました。その話の中に柏崎の方はもう古くて、収縮が収まっていると、古いという表現があって、むしろ、小千谷の方は新しいと、こういうふうに言っておる話を聞きながら、少し疑問があったんですが、この柏崎と長岡の間に曾地峠があります。曾地峠は、年間、2ミリずつ上昇していると聞いています。今その古いと言われたのと、私が聞いている話で2ミリも上がるという活動と、古いといふことは、もう褶曲活動とか、そういう力の加わる運動がなくなっているといふのか、弱くなって今みたいに、年間に2ミリが上がるのが弱いか強いかわかりませんが。

◎溝上氏

今の変位の話になりますが、いわゆる中越地帯、あるいは日本海東縁部のやわらかい地層はおおむね東西方向に圧縮されております。これは広域現象ですから、同じように、一様に、変位といふか、こう押されて、そして波打って隆起すると。こういう波打つ、山並みの尾根の部分が隆起して、へこんだところはより沈降する。それは今おっしゃったぐらいの量、あるいは場所によっては、地震に伴ってもいいし、ずるずるすべってでもいいのですけれども、まあ1000年に2メートルぐらいの量、その程度の量で動いている、隆起するところはより隆起する。高いところはより高くなる。低いところはより低くなる。そして波長が5キロぐらいのこう山並みになる。それと今度は地震の世界に入りますと、それをずれ動かしている地下の滑り面ですね、その滑っている面があると、上盤がこう上がりますと、上の乗っかっている、もともと平らな座布団が、こう皺をつくるわけですけども、その下に隠れている、そのずれ面が歳をとるに従って、つまりそれがかちとくつつき合って、我慢して、若いとベンと跳ね返るわけです。摩擦力が強い。断層の面と面の接着剤がものすごく効果が効いて、ぐっと食いしばって頑張っていて、ほとんど変位しない。だからずれ動いてない。そして2000年経つと、ポーンと2メートルぐらい一気に放出して隆起すると、先ほどお見せしました。ああいったような現象になるのは、言ってみれば、若いといひましようか、地震を起こすといふ、そういう仕組み、性状を持っている。これ古くなってきますと、そういうことがだんだん起こりえなくなって、ずるずる骨粗鬆症みたいなものです。応力がかかっても、骨粗鬆症ですから、びりびりとなって腰が曲がってしまう。動くことは動くのですけれども、ずれ動くのですけど、壊れていく。もっとひどくなると、もうほとんどそういうものに対して反応しない。これは何も中越だけの話ではなくて、実は太平洋側から見ると、千島

海溝、アリューシャン、千島列島、日本海溝、三陸沖から関東まできてますね。デカイ地震の起きるのはアリューシャン、千島列島が大きくて、だんだん三陸の方に来ると地震が大きいのがなくなり、福島県沖、茨城県沖にくると、もう、ぶつぶつぶつぶつで、M7クラスがせいぜいで、なぜかという、同じ千島海溝、日本海溝でも、海溝が生まれて、そして成長してきた年代が、北、千島、アリューシャンのほうが若い。どでかい地震がおきる。アラスカ行くともものすごい。ところが、ずっと日本列島に沿って南下するにしたがって、大きい地震がおきないで、ずるずるすべる。だんだん危険性が減る訳ですね。同じ海溝なのです。同じ太平洋プレートと、北米プレートの境界ですけれども、随分違うのです。そういうことを考えると、これはアナロジーというか類似法則からいって、断層が古くなってくると、地震を起こさなくなる。そして最後には地震が起きない、古いかつて地震を起こしていたようなところでも、今では地震のない国になっている場合はたくさんありますね。古い山脈なんてのは日本列島の日本アルプスと違って、もう浸食されてしまう。地震は起きない。かつては起きていたわけです。そのように年代によって新しい断層は地震を起こしやすいと。それだけ断層の摩擦応力が、摩擦抵抗がものすごく高い。ところがだんだん古くなると骨粗鬆症みたいになって、そして地震を起こしにくくなる。そういう段階的なものがある。ということを経推させる、そういう仕組みがあっちこっちにあるわけです。そういう意味で、今の中越地震と、それからさらにその西側とは比較してみるとどうなるかという、そういうことに繋がるわけです。それと、歪み集中帯の話とうまくかみ合わせて考えると、恐らくこの地域の地震像というものが東西方向に切ってみた場合に、どういう見方をすべきかという結論がだんだん浮かび上がってくるんじゃないかと思います。

もちろん高柳と小千谷が同じかという、必ずしもそうじゃない。高柳の褶曲帯の列は小千谷に大体つながっているのです。ところが高柳は小千谷よりも若干地震活動高いです。それでも、やっぱりマグニチュード5.0から4.8ぐらいの間に収まっている。群発地震がおきます。それはやっぱりある程度の断層活動があるということですが、そういうふうの一つの、断層帯、褶曲帯を見ても、東西に年代が違うということと、地震活動の違いを断層の摩擦力、摩擦抵抗の力の違いに置きかえて考えてみて、実際にそこで起きる地震の様から応力のドロップ、どのぐらいの地震が起きたときに応力が下がるかと、推定してみて、そしてやはりずるずる滑っているという、今ご指摘のあったのは、まさに1年に2ミリとかぐらいの程度で滑っているということは、10年たつと2センチ、そういう量になります。それはちょうど符号するわけね。ですから、やっぱりそういう事実と地震というものを結びつけるときに、今言いましたように、ある場所の断層はぐっと歯を食いしばって摩擦で歪みを食いとめて、蓄えて一瞬にして放出する。その隣ではその断層の摩擦が弱くて、ずるずる滑る。変位量としてはならしてみれば同じということになりますけれども、活動の様式が全く違うわけです。そういう意味で、同じ滑ってるというだけで、議論していると、変位でものを言ってるわけで、どれだけずれてるか。それはずるずるずる滑って、なし崩し的に滑ってくれるのが一番人間にとってはありがたい訳です。それが滑らないで、ぷつんと切れる地震というのは怖い訳で、そういう場所の違いというのは、その地域にはある地域と別の地域とそんなに場所は離れてなくても、比較してもみると見てとれるというふうに私は考えます。

◎新野議長

多分まだこれから無制限で続くんだろうと思うので、残念ながら閉じさせていただきたいと思います。

先生には、先ほどご紹介したたくさんの方の肩書がなるほどなあと、皆さん納得されたんじゃないでしょうか。何点かの質問させて頂いた溢れるような答えに圧倒され、また納得されたような感がいたします。

現在の地震学が、私たち素人にも、おぼろげながら、こういうふうな流れで新しいものに向かって行って、今こういう段階にあるのかなというのが、少し見えてきたんじゃないでしょうか。

とても参考になりました。ありがとうございました。（拍手）

地域の会の勉強会は今日で終わるわけですが、先生は今日お泊まりになられて、明日お帰りになるんですね。

地域の会とは別枠で、山古志の方の中越地震の現場を通りながら、小千谷を抜けて明日お帰りになるそうです。

たまたま私どもが今日勉強させていただいた流れから、その同行者をほんの小さい枠をいただきまして、それが急な話だったものですから、こちらでちょっと人選と言いますか、同行者をあてまして、副会長の渡辺委員と武本委員が地域の会の中から同行をさせていただくことになりました。事務局も数名出ますので、またこの続きの、明日は別件ですが、どこかで報告をいただきたいと思います。渡辺委員の方から報告をいただきたいと思います。

ありがとうございました。貴重な時間を割いていただきました。

これで今日は積み残しはさほどなかったかと思うんですが、前回の保安院に対する委員の答えとかいうのが、また先になりましたので、それぐらいでほとんど今日出ました質問は今日のうちにお答えをいただいたという形で閉じさせていただきたいと思います。

その他の部分で、まだ少し報告事項がありますので、もうしばらく5分ぐらいいただきたいと思いますが、事務局の方から。

◎事務局

どうもありがとうございました。

今日、大勢の方からお出でいただきました。資料の方は間に合わないという不手際がございまして、お許しをいただきたいと思います。

このホールを出たところに、パワーポイントで地震はなぜ起きるのかの資料についてはほぼ皆さんのお手元にお届けできたかと思いますが、新潟県中越地震のメカニズムを探るといのが、お手元に届いていない方もあろうかと思いますが。

ホール出たところに、用意してございますので、必要な方はお持ちいただきたいと思いますが。それともう一つ、次第の方も置いてございますので、必要な方はお持ちになっていただきたいと思いますが。

それでは事務局の方から、その他の項目で、委員さんの18年度の視察についての資料をお配りしてございますが、日にちは、9月の29日、30日の1泊2日、視察先は関西電力の美浜原子力発電所。それから日本原子力研究開発機構の高速増殖炉「もんじゅ」でございます。

視察内容につきましては、1日目が美浜原子力発電所、それから後半、4時から日本原子力研究開発機構の経営企画部長をされております広井博氏の講話をお聞きすることになっております。

それから2日目は、高速増殖炉のもんじゅを視察しまして、お昼に終わり、昼食を食べまして、柏崎の方に6時半ごろに帰ってきたいということになっております。

交通手段、逆になりましたが、大型の観光バスを使っていきたいと思っております。

かなりの長丁場ですが、しっかりとした形で行かせていただきたいと思っております。

それから今後のスケジュールにつきましては、次回定例会の日になりますが、8月2日に視察の詳細について、宿ですとか、視察先はどこだとかいうことも含めて、皆さんの方にご案内を差し上げまして、8月の末までには、参加者を一応確定をさせていただきたい。その後、変更とか、増えるといいますか、行かないと言っていたんだけど、行くことになったというのが難しゅうございます。関西電力発電所もしかりでございますが、名簿等を提出している関係上、よろしく願いいたします。

以上でございますが、質問等ございましたら。特になければ、また次回のまでにご案内をさしあげたいと思っております。よろしゅうございましょうか。

事務局からの方のその他事項については、これだけでございます。特になければ、これで今日の定例会を閉じさせていただきたいと思っております。

◎新野議長

ありがとうございました。

今日はとてもたくさん傍聴の方お迎えすることができたんですけど、私どもは常にほぼ公開でさせていただいてますので、今ほども申し上げました、8月2日が次回38回定例会になりますし、夏場は7時から開催になっております。

冬は6時半からなんですけど、第一水曜日にほとんどの場合は原子力広報センターでさせていただきますんですけど、大きな駐車場がありますので、またよろしかったら、いつでも傍聴の方、一人でも多くの方にこういう活動を見ていただきたいなあと思っておりますので、今後ともよろしく願いいたします。今日は遅くまでありがとうございました。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21 : 15 閉会 ・・・・・・・・・・・・・・・・