

第6回専門家フォーラム

日時：平成26年12月7日（日）13時～16時30分

場所：東京大学 農学部 セイホクギャラリー

テーマ：**立地自治体と語り合う「リスク」と不確実性と専門家の役割**

内容

1. 自治体からの質問に答えて	1
1. 1 地震リスクの捉え方	3
Q1.原子力規制委員会の議論の優先順位はリスクに応じているか?	3
1. 2 地盤変位の評価と工学的対応.....	7
Q2. 原子力発電所施設の損傷を引き起こす地盤のずれや変形について評価できるか?	7
Q3. 活断層が原子力発電所の近傍にある場合、工学的にどんな対応が考えられるか?	11
1. 3 耐震性や耐震評価について	16
Q4. 基準地震動の耐震性の評価では、揺れの長さは考慮されているのか?	16
Q5. 可搬型の事故対策設備は大きな地震で使えなくなることはないか?	16
1. 4 防波堤の強度の基準について.....	20
Q6. 防波壁の耐津波の強度について、静水圧の3倍を基準とする根拠は何か?	20
1. 5 想定を超える確率、確率論的リスク評価、リスク論の使い方について.....	22
Q7. 基準地震動や基準津波を超える確率をどう考えているのか?	22
Q8. 残余のリスクは現行規制基準ではどう扱われているのか?	22
Q9. 原子力施設も最終的にどこまでの安全を確保するかを議論すべきではないか。	22
2. 専門家の役割と活かし方.....	27
2. 1 活断層評価とは何か、なぜ専門家の意見が異なるのか.....	27
2. 2 変動地形学で何がどこまで分かるのか.....	33
2. 3 専門家間の議論は可能か.....	35
2. 4 自治体での取り組みと悩み、疑問	36
2. 5 リスクと不確実性を議論するには	40

G：立地自治体参加者 E：専門家フォーラムメンバー A：プロジェクトメンバー

1. 自治体からの質問に答えて

土屋：では時間になりましたので始めたいと思います。4つの原子力立地自治体の皆さんに来ていただきまして、実は各自治体さん、今は12月議会の真ただ中という機会にも関わらず、ご足労いただきました。ありがとうございます。このプロジェクトでは、専門家同士の議論というものを、今までやらせていただけてきましたけれども、先生方は、いつもこの問題は社会と一緒に考えるべ

きだということをおっしゃっていて、最後になりましたけれども、社会と議論するという形で、自治体の方々にお集まりいただきました。

資料ですが、今日はいろいろありますので、ご確認いただきたいと思います。まず次第です。後ろに参加者名簿があるのですが、先生方のお名前は、ホームページ上でも非公開としていますので、取り扱いにご注意ください。それから、その次に、事前に各自治体さんからお寄せいただいた質問です。議論の順番にあわせて並べ替えさせていただいたものがございます。それから、3人の先生からは、ご回答をいただいておりますので、お配りしております。しかし、たぶん議論の中でもう少し補足されるのではないかと思います。

それから、順番としては私の参考資料が最初に入っているかもしれませんが、後半、変動地形学の先生から、どうして議論がうまく噛み合わないのかということ、前提の問題として少しお話をいただくという資料をご用意いたしました。それから、残念ながら最終回なので、次回以降に生かせるかどうかわかりませんが、皆様のご意見をおうかがいしたく、アンケート用紙を用意しております。

今日は次第にありますように、最初に自治体の皆さんからの質問に答えるセッションを行います。各自治体さんでは、有識者会議や顧問会議など、いろいろなことをやっておられて、それから、各担当の皆さんは、いろいろ勉強もしておられるので必要ないかなと思いつつも、しかし、最新の学問的な知見や、あるいは、顧問会議等ではなかなか質問できないようなことや、先生方の議論を聞いていて疑問に思われることなどを、ざっくばらんに問いかけていただく、そういう質問に答えていただくセッションを最初にやりたいと思います。私が勝手に、この質問はこの先生に答えていただくのかなというので、割り振りをしています。それで先生方にお答えいただくのですけれども、もちろんほかの先生方もご意見がたくさんおありだと思いますので、補足をしていただくなり、議論をしていただくなり、ご発言ください。それから自治体の皆さんも、先生の回答に対して、さらに追加の質問がある、あるいは、もう少し説明してほしいというようなことがあれば、何なりと言っていたいただければと思います。

実は各自治体さん共通して、なぜ専門家の議論というのは難しいのだろうか、どうしていったらいいのだろうかというご質問が出ております。それは、やはり専門家の先生方の間でも、同じような議論が何度も繰り返されてきているものですから、後半はそれをまとめていきたいと思います。特に、やはり意見が違うなと感じられるのが活断層の話だと思うので、少しレクチャーしていただいた後で皆さんと議論をしたいと思います。

この場はリラックスして議論をしていただきたいので、少し寒いのですけれども、ネクタイや上着は脱いでいただいて、できるだけ垣根を取り払った形で議論をしたいと思いますので、よろしくお願いします。そのために、実は、先生方の間に自治体の皆さんが座っていただくようにしました。隣同士で議論をしていただくような感じでお願いいたします。

それから、議論の結果を公開していくのですけれども、それについては個人名がわからないように資料をつくってまいります。資料の作成のために、先ほど準備しておりましたが、録音しております。これは事務局の作業のためだけに使います。それからビデオも撮っておりますが、これはプロジェクト関係者のみが見ますので、外部には流出しません。今日初めてご参加の方もいらっし

やるので、進め方についてご質問がありましたら、いかがでしょうか。休憩も適宜取って、後ろにはクリスマスムード満点なお菓子をご用意してありますし、4時に終われるかどうかは不安ですが、4時に終われましたら、皆さんで親睦を深めていただくような場を用意しておりますので、よろしくお願いいたします。

1. 1 地震リスクの捉え方

Q1.原子力規制委員会の議論の優先順位はリスクに応じているか？

土屋：それでは始めたいと思います。座らせていただきます。まず、2番目にあります各自治体からのご質問、およびご意見の順番に沿って少し関係する先生方からお話をいただきたいと思います。

まず1番目、地震リスクのとらえ方という大きなテーマにしてみました。現在、原子力規制委員会で議論されているのは活断層の評価で、細々やられている。一方で、海溝型の地震というのは、繰り返し発生し、確実に何百年というオーダーでやってくる。何千年に1回というようなものについては細かくやっているように見えるけれども、何百年のところ少し手薄なのではないかなという感じがしています。この違いをどのようにとらえればよいとお考えでしょうか、というご質問です。これについては、最初に、海溝型地震がご専門だと私が認識しております先生から少しご意見をお願いいたします。

E1：海溝型地震ですが、東北地方太平洋沖地震の発生によって、我々、実際は今まで地震のことをよくわかっていなかったということが明らかになってしまったという問題はあったのですが、地震動に関しましては、東北地方太平洋沖地震についても、78年の宮城県沖地震と最大振幅がすごく変わっているわけではないので、地震動に関しては、海溝型地震に関してはある程度想定ができるレベルにあるのだろうというふうに考えています。

一方で津波に関しては、いろいろと難しい問題があります。原子力発電所を設置している直下だけではなくて、その周りでどのような地震が起こるのかということを検討しなければいけないので、設置場所の直下の断層だけを気にして済む問題ではないからです。

一方、直下の活断層に関しては気にしなければならないことが二つあります。一つは地震動で、これは距離に反比例したような形で減衰していきますので、距離が近ければ当然振動は大きくなります。あと断層の真上に建物があつたときは、断層が食い違つてしまえば、建物が受けるダメージは極めて大きくなるので、当然厳しめの評価になるだろうということです。

土屋：ありがとうございます。ある意味、建物への影響という意味では、地震動がどのくらいになるかということで、その発生源とサイトとの距離というのが、かなり大きなポイントですよという話です。地震動評価の先生から、何か補足等ございますか。

E2：資料に少し書きましたが、今のお答えとほぼ同じなのですが、海溝型地震は、今回東日本大震災で1000年に一度かどうかわかりませんが、非常に大きな領域が動きました。過去に何度も地震が起こっていて、それぞれについては、その起こる前から各（原子力）事業所さんは、それぞれのプレート境界地震ということで、いろいろ評価をしていました。その個別の評価と、全体の地震動の関係を見ると、継続時間の話もあるのですが、一個一個のターゲットとした海溝型地震としては、やはり規模が想定よりは少し大きかったかなと。

最近そのような検討をしていると、宮城沖、宮城県よりもう少し海溝より、あと、福島、茨城です。宮城県沖のところを見てみますと、やはり以前から言われている 78 年タイプの地震が起こる云々とはありましたが、それより当然規模は縮小していました。

もう一つ、海溝型、海溝軸側に大きな地震動を出したところがあったのですが、それもやはり過去にそこで起こった地震よりも少し大きかったことがありました。ただ、地震動としては、やはり距離が効くものですから、その規模の想定が過小評価であっても、地震動としてはそんなに大きな違いがなかったのではないかと。ただ、それが何個か連動したという、そのあたりの予測ができなかったということは事実です。

それと、(活断層型地震の場合) 内容が違うのは、やはり距離が近いということですね。特に近い場合に、震源断層の大きさなりが、活断層評価などいろいろなことから決められても、やはりまだ不確かさがいっぱい残っているということです。特に震源断層に近いということで、その辺の不確かな情報をどうするかというのが、非常に意見の分かれるところであるということです。

もう 1 つは、そこにも少し書きましたが、やはり断層変位の話ですね。最近、断層露頭の話がありますけれど、露頭だけではなくて、やはり地震の規模が大きくなると地殻変動が大きくなる。しかも不確かさが多いということで、やはり内陸とプレート境界では、かなり持っている情報もそうですし、今後予測されることにおいても、何か大きな違いがあるような気がします。

土屋：つまり、先ほど距離の話がありましたけれど、データの不確かさも、海溝型と内陸型ではだいぶ違って、意外に海溝型は繰り返しが多いので、データもあるというようなことでしょうか。自治体の皆さんから何か、今聞かれていて、すっきりした、いや、こういうことはどうでしょうかというのはありますか。あとでもまた追加で聞いていただいてもいいです。

G1：この質問は、私のほうから出ささせていただきました。かつては東海地震、今は南海トラフ大地震と原子力発電所のリスクというのに常々向き合っています。報道等で、例えば北陸や東北のほうの活断層で、それによって存続の是非が議論されているのを見させてもらっている中、そうはいつでも、何千年単位で起こるかかわからないというところの活断層がどうという話をしていています。私が生きている間には、たぶん、次の南海トラフが来るだろうなと思っている中、時間的スパンを含めたリスクというのをどう踏まえていくべきでしょうか。

たぶんそれは、純粋に工学的に言えば、もし起こった場合に大丈夫なようにするというに尽きるのだと思うのですが、リスクとしてのとらえ方を、人文科学的というか社会的というか、気持ちの問題も踏まえて、どうとらえていいのか非常に悩ましいということがあります。この辺りについて、もう少し何かコメントをいただきたいと思っています。

土屋：ご意見がありますか。先ほどお二人の先生から、データの不確かさということと、それから、サイトへの影響というところで違いがありますというのがありました。自治体の方からは、そういうリスクを考えたときのタイムスケールは、どういうふうに考えればいいのかというご意見ができました。

E3：私の資料の 1、2 ページのところと思うところを書きました。この疑問は何かというと、要するに、頻繁に起こる大地震の取り扱いと、それから、本当に 1000 年単位ぐらいで起きる地震、それらの取り扱いをどういうふうにすればいいのか、公平に扱えるのかどうかというところが、一番の

関心であり疑問の点だと思えます。

例えば我々は、原子力発電所や建物のものでづくりをしていて、そういうことをどうするのかということでもありますし、それから当然、自治体の方などは防災対策ということで、本当にどういふふうに対応すればいいのだろうと。もう少し言うと、人々の安全の意識というのは、どういふふうに考えればいいのか、どういふふうに安全を確保すればいいのかというようなこととも関係してくるのではないかと思うのですね。

それで、少し私が書かせてもらったのは、ある大きさの地震が必ず起きて、その地震動がきっちり予測できるのであれば、それ以上の対応をすればいいわけですね。そうすると、人々も工学屋も助かりますし、建物も壊れないと。ところが、その通り自然は反応してくれないわけですね。いつ起きるかわからない。それから、どこで起きるのかもよくわからない。そして、起きた場合にどれくらいの大さになるのか、どういふずれ方をするのかということもわからないと。

今は地震の話をしませんでしたけれども、地震があるところで起きて、波が伝わってきて建物をゆすったり、あるいは建物を壊したり、あるいは、いろいろ社会全体に影響を与えたりするわけですね。そうすると、地震動の評価と、揺れの評価ということが重要になってくるわけです。これも実はいろいろ予測がされているのですけれども、結構ばらつきがあります。おそらく、いま挙げた4つの不確定要因というか、わからなさ、不確定性は存在するのだろうと。

その中で先ほどの、頻繁に起きる地震と、本当に滅多に起きない、本当に起きるののだろうかというような、よくわからないような地震とがあるということで、今、耐震設計、あるいは防災対策は、どういふことをやっているか。そこだけに着目しますと、もう起きるといふ前提で対応するわけですね。実際そうですよ。東海地震は起きるといふことで、これぐらいの地震動は起きるだろうから、こういふふうにしましょうみたいなことをやります。原子力発電所でも、この活断層はこの大きさで滑るからということ、滑るといふ前提で話をしているわけですね。そうすると、本来1万年に1回のもの、こちらは100年に1回ぐらいのクラスで起きるものと、どちらも起きるといふ前提でいろいろな対策を取るといふことになります。

そうすると、滅多に起きないものに対しては、極端な言い方で言うと、かなり無駄なことをやっているかもしれない。安全に越したことはないのですけれども。ところが逆に言いますと、今度は100年に1回ぐらい起きるものに対しては、本当に起きるといふことだけで考えていいのでしょうか。もっと余裕を見ておかなくてはいけないのでしょうか。この問題も出てくるのですね。

今はとにかく対策です。防災対策にしても原子力の耐震設計にしても、起きるといふ前提で話しているがゆえに、100年に1回、1万年に1回という考え方が入ってこなくなるわけです。そこが悩ましいところでして、そこをどういふふうに考えるのか。これはリスクの考え方だと、発生頻度も考慮に入れてやりましょうということなのですね。

考えてみれば、地震動の確率マップ、地震動マップというのはありますけれども、例えば震度6強を超える確率が、ある点は10%、ある点は0.1%。そうすると、やはり10%のところは、より注意しなくてはいけないのです。なぜならば、0.1%のところと比較すると100倍その地震動の可能性が高いわけです。そうすると、それなりの対応をしなくてはいけないです。そういうふうな見方で地震動マップを見ていただくと、「注意しなくてはいけないね」、「これは注意する必要はないね」

というようなことがわかってくる。つまり頻度で安全を論じるというのが、やはり合理的な考え方ではないかということです。

頻度で考えることはなかなか難しいですが、我々がなぜ安全に生きていられるかという、安全を脅かすものの発生が極めて少ないから、こうやって安全に我々生活できるわけですね。つまり、頻度が非常に低いか、低くおさえられているがゆえに、我々の社会の安全が担保されているわけです。

例えばがんで亡くなる人が1万人に何人などという言い方をしますよね。1万人に1人なのか、1万人に100人なのかによって対応策が変わるわけですね。そういうふうな安全のとらえ方を考える必要があるのではないかということです。そういうふうにと考えると、防災対策あるいは耐震設計も、よりスムーズな、合理的な話で行くのではないかなと。

ところが起こる可能性があるものは全部考えろとすると、それはそもそも無理ですよ。それから防災対策においても、東海地震が支配的などころは東海地震だけを見ていればいいのかもしれないけれども、地域によってはAという地震が支配的で、Bという地震も支配的である地域があって、ただし、両地震は繰り返し間隔が違う場合には、どういうふうな対応を取るのかというようなことは、やはり問題になってくると思うのです。そういうときに、やはり頻度で重みをつけていろいろ対応策を検討するというのは、1つの賢いやり方ではないのかなと思います。

土屋：まさに、不確実性や、いろいろなりリスクが違うものを、全く同じに扱っているのが今の原子力規制行政ということですね。

E3：防災対策も同じだと思いますよ。

土屋：今のお話にも、4つの不確実性というのがちらっと出たように思います。4つとは？

E3：ここに書いてあるのですけれども、1つは、地震が起きるか起きないかという発生時期、発生時点ですね。それから、それがどこで起きるかという発生位置。それから、起きた場合にどういう特性があるのか、どう断層が滑るのか。マグニチュード6なのか7なのか、数字がまた違うでしょう。そういう地震そのものの不確実性。それから最後に、地震が起きた後、地震波として伝わってくるわけですが、その波の評価。つまり揺れの評価に関する不確実性。震源の発生時期、発生場所、地震の特性、それから地震の揺れの評価に関する不確実性です。

土屋：これがみんな違う。海溝型と活断層型では違うにも関わらず、同じに扱われていると。本来はそうではないでしょうということは、たぶん実際に皆さんもそう思っておられるし、専門家の皆さんもそう思っておられるけれど、規制はそうではないということですね。

E2：少し、さっき質問とは違う話をしてしまったような気がするのですが。今お話があったように、今の枠組みでは、活断層は12~13万年です。したがって12~13万年間動いていなくても、1回動いていても、それは起こるとしています。昨日起こっても明日動くというような枠組みで今は成り立っているわけですね。中越沖地震も1回起きていますから、普通はしばらくは動かない、というのが現実だと思うのです。しかし、そうではなくて、また動くということで基準地震はつくられているのです。そういう枠組みが本当にいいのかどうか。それは今おっしゃられたことだと思います。残念ながら今の枠組みはそうなっています。

E1：1000年や1万年に一度動くような地震について、時間のスケールが長すぎるということがいろいろと

難しい問題を引き起こします。海溝型地震であれば100年に一度起こると口にするときには、最後の地震が40年前に起こったとか、こっちは10年前に起こったのだとかということもわかって発言する人が多いかと思います。しかし活断層の場合には、たとえば3000年に一度大きな地震が起こるとわかったとしても、もう1つの情報、すなわち、最後にいつ起こって、今はそれからどれだけブランクがあるのかということが、わかっていない場合が多々あるわけです。つまり平均の頻度は海溝型地震よりもずっと小さくても、危険度や切迫度については、よくわかっていないことが多いということも意識するというのが重要だと思います。

あと、もう一つ。一度大きな地震が起こってしまえば、次に起こるまでの間はしばらく時間があると考えるのが普通でしょう。しかし、その活断層で発生する固有規模のものが起こっていればそのとおりなのですけれども、活断層にしる海溝型の地震にしる、固有規模よりひとまわり小さな地震も被害を起こすので、どれが固有規模の地震なのかかわかりにくい、という問題があります。たとえば、2004年中越地震は、六日町断層北部で起こる固有規模の地震の最新イベントなのか、それともそれよりひとまわり小さい地震なのか、よくわかっていません。そういうのを評価していかなければならないので、話は難しいし、単純にいかないところも残ります。どんな規模と再来間隔の地震を検討対象にしているのか、一方、得られているデータはどういうものなのか、というのをよく吟味して、安全かどうかの判断をするというのが必要と考えます。

1. 2 地盤変位の評価と工学的対応

Q2. 原子力発電所施設の損傷を引き起こす地盤のずれや変形について評価できるか？

土屋：ありがとうございます。では一応、これはまた、あとでもリスクの話が出てくるので繰り返されるかもしれないのですが、次の話も先ほど出たので、進めていきたいと思います。

次は地盤変位についてです。今までは揺れの話だったのが、このところ変位の話が非常に大きくなっていますので、これについて、ほぼ同じだとは思いますが、2つのご質問をいただいています。

まず1番目のご質問ですが、地盤のずれや変形について、原子力発電所直下の活断層の有無のみで議論されているような印象があるのですが、直下や近辺に活断層がなくても、損傷を引き起こすほどの地盤の変形が発生して、施設を損傷する可能性について評価することはできないでしょうかということ。それから、第1回専門家フォーラムの議事録を読んでいただきまして、その中に、活断層が原子力発電所の近傍にある場合に、工学的にこういうふうな対応が考えられますというのを、ご紹介いただいたわけですが、既存の施設の直下に活断層が存在する場合にも、想定される変位量が小さい場合は、工学的な、つまり、新設ではなく既存の場合でも対応は可能でしょうかという、大きく2つの質問があります。

1つずつお答えいただいても、関連するので2つ同時にお答えいただいても構わないのですが、まず地盤工学の先生からお願いいたします。

E4：最初のご質問からですが、3つの質問に分けられると思います。1つ目は、「発電所の直下の活断層の有無のみで議論されているような印象があるのですが」というところですが、私もそう思います。この印象は正しいと思います。付け加えて言うと、このような状態は正しい対応ではないと

思います。構造物が安全かどうかという観点に議論が行く手前で止まっているからです。

2つ目は、「直下や近傍に活断層がなくても、損傷を引き起こすほどの地盤の変形が発生して」というところですが、このような変形は発生します。典型的なのが、揺れや活断層の影響によって地滑りが発生した場合で、非常に大きな地盤の変形が出ます。そのほか、活断層というのは地図の上
に太い線で示してあると思いますけれども、その両側に分岐した短い活断層を伴うことがあります。太い線の両側、ある一定の幅の中に、地盤が変形しているゾーンが生じます。

3つ目が、地盤に変形が発生したときに、「施設を損傷する可能性について評価することができるのか」と。これは、基本的にはできます。ただし、どこまで精度よく評価できるのかということについて議論の余地はあると思います。変形のタイプは、断ち切れるような不連続な変形と、そうではない連続的な変形の2種類に分けられます。地面に亀裂が生じているか生じていないかという言い方もできますし、または、たわんでいるか断ち切れているかという表現でも分けることができます。連続的な変形は、工学では取り扱いやすいので、評価できると言ってもかまわないと思います。しかしながら、もう一方の、断ち切れた不連続な変形については、議論の余地があるところで、できると言い切ってしまう人もいるし、いや、それはまだ難しいと言われる人もいます。

評価ができないという立場に立ったときに、設計もできないのかということ、それは別問題です。地盤の変形は最大この程度だと上限値を設定をすれば、構造物を設計することは可能だと思います。

土屋：自治体の皆さんから追加でご質問がありますでしょうか。

G2：この質問を出したのは私なのですが、疑問に思っているところを素直に話していただいて、あるいはご回答いただいて、非常にありがたいと思っています。

1点おうかがいしたいのは、評価しようと思ったらできるということが、我々自治体から見ると、本当にそれが実務としてできるのか、ということがどうしても疑問に感じてきます。今、不連続の場合は難しいが、連続の場合は大体できると。連続の場合は、ある程度はできますと言ったときに、では、原子力発電所で、これから安全性を見ていかなければいけないものがあって、そこにそういう評価というのを実際やろうとすると、本当に大変な作業になってしまうのではないかなと。それは考えればできるけれども、実際、この現状の中で、そこまでやるということがいいのか。あるいはそれは理想的な話であって、実際にいわゆる発電プラントで、そういった評価でやっていくのは厳しいなど、その辺の感じも、もし教えていただければありがたいのですが。

E4：すごく難しいです。具体的なイメージがあったほうが良いと思います。個人的な意見ですが、あるサイトを点だと思ってください。その点から300mの範囲というのが1つ目の概念だと思います。ダム
の立地基準では、300m以内に活断層がある場合については立地をなるべく避けるという考え方があります。ただし、ダムの場合における活断層は、『日本の活断層』やデジタルマップなど、いわゆる文献に太い線で引かれている活断層を意味しています。原子力のいくつかのサイトで問題になっている活断層は非常に小規模なもので、ダムで対象とするようなものではありません。誰もが活断層だと認定している大規模なものが300m以内にある場合については、ダムのような重要な構造物の立地は不適切であるというのが社会の合意だと思います。

もう一つの概念は100mの範囲です。サイトから100m以内に大規模な活断層があった場合には、施設の直下に伸びてきていなくても、分岐して不連続な変位が及んでくる可能性があると考えた方

が良いと思います。不連続な変形が起こる可能性があるゾーンであるというので、100m の範囲については、適切な対応を取るべきであると思います。

したがって、300m という範囲は詳細な調査をして新規の立地はやめましょうという感覚です。100m という範囲は、既設の構造物があった場合には対応を検討しましょうという感覚です。

それより離れた範囲については連続的な変形のみを考えればよいので、従来の計算のやり方で構造物に与える影響の評価ができます。

土屋：実務も少しやっておられる先生から、何かご意見がありますか。

E5：断層も地震もそうなのですが、どこまで判断するか、です。まず断層の話をしめすと、活断層がある場合には原子力をつくらないと。これは決められていることであって、断層があるのを評価する、しないという話には立ち入っていないというのが、発電所をつくるときの基準になっています。それを、活断層、もしくは破碎帯等があった場合、どうするかというのは、これからの議論になっているわけです。

そこでこれからの議論を、断層から分かれている分岐断層や、破碎帯の分かれているのがあったということで、今はそれも、だんだんやめよう、今までの基準にしたがってやめようと言っているのが規制委員会の人たちです。本来はそういうものではなくて、太い断層があった場合にはやめよう、ということになっているはずなのですが、それは、どこまでどういうものを活断層というかというのが、やはりきちんと定義されてはいないので、たぶん、そういうふうに言っているのだと思います。

実際にものをつくる場合、そのようにやってきたわけなのですが、断層の評価を避けて言っているわけです。断層があるところで発電所をつくるというのはやっていませんから、断層についての評価というのは、基本的に原子力発電所ではやっていません。ただ、最近では、原子力発電所の建物にしても地盤にしても、振動モデルは地盤もすべてモデル化して、揺れる解析ができるようになっているわけです。したがって、基本的には地盤も、それからその先、岩盤もそうですけれど、すべてモデル化をしています。建物もそうですが、構造物も同じようにできるはずですが、先ほど、連続性、不連続性とありましたけれども、連続性というのは、断層が弾性体の場合には、全部モデル化すれば、それぞれがつながって動きますので、非常に簡単にできます。構造物もそうですが、鉄でできているものも、弾性解析は容易ですけれども、塑性解析になると非常に難しくなるので、どこで、破断するのかというのは、きちんとやっていかなければいけないわけです。地盤の場合もそうですけれど、同じようにモデル化して評価すればできるのですが、そのモデル化をして評価するようなデータがきちんと得られてないので、弾塑性解析を地盤でやるというのは非常に難しいと。

そういうことで建物、要するに原子力発電所を置いて、地盤がどういう動きをすると、その地盤がどういうふうに割れて、亀裂がどういうふうに伝わってきてというのは、これは難しい問題だということで、今はチャレンジをして、解析をもう始めているところもあります。これから、その辺のところは解決されていけば、もっと断層がそばにあっても、断層がどのように細かい変形が生じてきて、発電所に影響するかというところで、評価できるようになるだろうと思います。

そういう意味では地震動の話もそうなのですが、設計をしてつくる場合には、ここまで大丈夫ですと、ここまではこういう考え方で、こういうリスクならリスクですけれども、リスク評価をして、

この中においては担保できるといった、ほぼ確実にするようなデータをとって、きちんと評価できるような仕組みになっています。ただ、これを超えると、どこまで評価すればいいのか、どこまでの地震の大きさ、どこまでの断層の近くまでの大きさを評価すればいいのかというのは、リスクをどこで引くか、要するに、そこまではリスクをこれだけで考えていきたいと思いますというところを、我々が判断しなければいけないというふうに思います。よろしいでしょうか。

土屋：すいません。私の理解が間違っていたら言っていただきたいのですが、評価はできるけれども、それが本当にどのくらい正しいかということ、確認するためのものがないというご説明だったととらえてしまってもよろしいですか。

E5：まだ十分にできていないということです。構造物はそれがたくさん検証されているので、変形だけでなく、壊れてというところまで解析ができるようになっているので、評価はかなり精度よく、弾塑性解析、破断など、そういったところまで引くことができるのですが、地盤の場合はたぶん、そこまで進んでいないのではないかなと思います。ただ、モデルとしては、すでに我々は地盤モデルまで入れれば、こちらでつくって解析をしているわけですから、それは、これからの課題だと思います。

土屋：それと、もともとは、活断層のあるところには造らないという話だったので、ある意味、その辺りの、あったらどうするかというのは遅れているので、これからそういう破碎帯など、いろいろなものが近くにあったときにはどうするかというのが検討されるという状況でしょうか。

E5：十分に検討していくのではないかな。能力はありますから、やっていくのではないですか。

土屋：はい。わかりました。何か追加で、ご質問はいいですか。

G3：今の規制基準では直下に活断層等がなければいいということになっていると思いますが、今のお話ですと、活断層の数 100m 近くであれば、少し考慮しなければいけないと。今、規制基準で話されている内容と、今の議論で出たところと、少し差があるのかなと思ったのですが。そうすると、もし活断層が近くにあれば、工学的に対処するとなると、今、まだ難しいのではないかとわれている変位量の推測をして、その地盤の評価というものをきちんとし、対策を取らないと危ないというように考えられるのでしょうか。

E4：新しい概念になりますが、新設と既設では、対応を区別するべきだと思います。新設の場合には、立地をこれから決断するわけなので、たとえ対策が可能であったとしても、不確かさが大きいので、対策を取ってまで立地する必要はないと思います。ほかの地点に立地するという選択肢だっているからです。300m という範囲は、社会的に受容される条件だと思うのです。

しかしながら、300m 以内に既設の施設があった場合、すぐ止めるのかについては、新設とは異なる判断をするべきだと思います。工学的な対応も含めて詳細な評価を行い、「大丈夫だ」と言えるならば、稼働してもいいのではないかと思います。新設の場合の考え方と、既設の場合の考え方は、違うと思います。

既設の場合には、対策のことも考えて、きちんと評価しようというふうにストーリーがいくべきです。活断層かもしれないものがあつたから駄目だというのは少し拙速ではないでしょうか。しかも、動くか動かないか専門家の間で議論が分かれるような小規模な断層の場合については、施設に対する影響を検討するべきだと思います。

土屋：やはり新設と既設は違うということですよ。

E4：私はそう思います。

Q3. 活断層が原子力発電所の近傍にある場合、工学的にどんな対応が考えられるか？

土屋：それは原子力をどういうふうに利用していくかということにも関わってくると思いますし、リスクをそのときにどのぐらい考えるかということにもなると思いますけれど。少し私の時間配分がよくないので、その次の地盤変位の質問にお答えいただけますか。まさに対応ができますかというお話ですけれども。

E4：「できます」というのは1つ目の答えです。しかしながら、どんなものに対しても「できます」ということではありません。構造物には要求される性能がありますので、その性能が非常に厳しいものについては、やはりできません。それから想定される変位が大きければ、やはり対応できません。

私のイメージでは1mを超えるずれ変位が、構造物の真下で起きる場合には、工学的な対応も容易ではないと思います。1mを超えないならば、多くの構造物については、なんらかの対策で性能を満足することができると思います。

それから構造物の種類についても、タービン建屋や原子炉建屋は、結構対応が難しい構造物だと思います。一方、放水路など、空間が連続的に確保されているという性能ならば、予め空間に余裕をとっておけばいいわけですから、かなり大きい変位にも対応できます。

したがって、構造物の性質と想定する変位の性質によって条件は異なりますが、大概是1m以下のずれならば対応できるというのが、現状の技術だと思います。

E1：今1mとおっしゃったのは、地表での段差が1mですか。

E4：そうです。構造物の真下で1m。

E1：それは、地表での差ですか。

E4：地表です。

土屋：首を傾げておられる先生がいらっしゃいますが。

E5：ご質問の趣旨にかかわるのですけれども、何をもちいて対策なのかという話なのですけれど。

狙っているところが、例えば地表が1m浮くような大きな地震がきて、周りはみんな潰れているようなときに、原子力発電所の構造健全性、要するに変形を1mmであっても許さないような構造を維持できますかと言われると、それは非常に難しいと、今答えた通りなのですけれど、原子力発電所が安全を確保できるように、最低限どこまでできますかというのは、全然答えが違ってきます。

それで何をするのか。何をもちいて安全を確保するのかということは、よく考えなければいけません。安全を確保する方策はいくらでも取れるので、そういうことを考えてやってきているわけではないのだと。したがって、最低限どこまでやるのだと、我々はこれからそういうのを考えないといけないのですが、こういう条件のときにも、これだけ原子力発電所は安全、要するに放射性物質を放出しないだけのことは確保しましょう、と。そういうことをきちんとやっておけば、1mの変形があっても許せるようにすればいいわけです。

そういうことをきちんと決めていないので、今の安全設計はどういうふうになっているかと言えば、

変形は少しもあってはいけない、弾性変位の中におさめなさいなどというふうになっている。それで設計上の健全性、信頼性を保つことができる、ということになるわけです。そこまで求めるというのは、今のすべての評価が、壊れていないか、そういう基準になっているからです。しかし、変形しても壊れないように設計することはできます。

そういう意味でどこまで求めるかというのは、きちんと決めた上で評価をして、「ここまで大丈夫です」とやらなければ、皆さんの思いによって全く違うことを、いいか悪いかと言っているようになってしまうということです。

土屋：変位のことだけではないということですね。目的のところがまずあって。

E5：重要なのだと。

土屋：そういうご意見がありました。皆さんから何か。

E2：少し戻ってしまうのですが、この変位問題というのは新しい規制基準で、以前の指針から2つほど増えたのです。これは東日本大震災を受けての話と、それ以前に活断層問題で、要するに地表に出てくる断層という話で、それが新規規制基準に非常に厳しく入ったのです。

1つ目の変位ですね。東日本大震災で宮城県が非常に大きく水平に動いた。上下にも1m下がった。これを地殻変動と言うのですが、そういうものに対しても施設は大丈夫にしましょうというのが増えた。活断層が動いても当然地殻変動が起こります。全体的に滑ったり動いたり下がったりすれば、たぶん建物にとって大きな影響はないと思うのですが、もう少し波長が短いようなもので、少し傾斜するといったようなものも、やはりきちんと評価をなささいとのことで、地殻変動という言葉が追加された。

そしてもう1つは、先ほどの断層が真下にある・ないという話です。真下というのは、地表断層、要するに外へ出ているものが真下ということです。断層面は当然数キロから十数キロの間でできるわけですよ。その面自身は別に真下であっても、それは駄目だと書いていないのです。

それはなぜかという、そういうときに地下で数メートル滑ると、地殻変動で当然上に上がって出てきますよね。当然そういうものに対しては、評価をしないと駄目なのです。そういうことをすれば門前払いではない。そういうところは評価をして、いいかどうかをなささい。

ただ、地表断層が真下にあると困る。これはなぜかという、先ほどのお話にありました通り、評価はたぶん、今いろいろと進歩していますから、そういう不連続な計算はできます。ただ、もともになるその断層運動がどれぐらいか。例えば活断層評価の先生が、断層があれば、長さなり面積から規模を決める。規模を決めると、当然ある領域の滑り量が出る。その滑り量が大きいと地表まで出てきて、地表断層変位となる。そうするとずっと戻っていくと、最終的な地震の規模になってしまうわけです。それは断層情報などいろいろな情報で、少なくともある範囲内で予測ができればよいのですが、当然上流側ですから、そこが間違っていれば当然最後までいってしまうでしょう。

その辺がやはり、まだ我々非常に不安。そういう不連続の話で、下で2m滑るとしたら、それがどこで滑るかによっても当然違ってくる。浅いところで滑れば当然たくさん出るわけではないし、深いところで滑れば、あまり表には出てこなくて、部分的に盛り上がるだけで済むかもしれないというので、その辺の評価がより難しいのではないかとということで、なかなかそのコンセンサスが得られないのです。

今地盤工学の先生がおっしゃったように、その辺がある幅で評価できれば、工学的に十分対応できるようなこともあるかもしれません。たぶん、もっとその前には、工学というよりは地質学的な、そういうところの話が始まっていますから、そこでたぶん思考が止まってしまって、できないという話になっているような気もするのですね。そこがどういうふうに今後、そういう断層の真上に原発をつくる。新規はそんなことはあり得ませんけれども、現状いろいろとあちこちでそういう話をされていますが、ああいうものに対して、やはりもとになる規模が評価できない。過去の変位量だけで今は議論しているわけですね。ただ今は、そういう話も門前払いですから、1~2cm ずれていたら、そこで終わってしまうという話ですね。そこが非常に科学的ではないような気がします。

土屋：ただ評価は不確実だということもあって、非常に難しいということですね。どなたかご意見がありますか。

E5：僕は、基本的には、今、おっしゃったように、そういう評価を門前払いしているというわけではないと思っています。門前払いしている理由は、法律で決まっています、要するに、表面に断層があったところに、活断層のあるところに建てないということになっている、ということ盾にしているだけで、議論をする場をつくっていないということです。

E2：おっしゃる通りです。

E5：要するに、議論をするならば、その法律を決めるところでもう一度議論しないといけないのです。今評価をするときに、決まったことに対する評価をしているだけだというのは、厳しいご意見の専門家の立場ということなのだろうと思いますね。それはそれで 1 つの論理ではある。しかし、きちんとそこを議論しましょうという場をもう少し別につくる必要があるのではないかなと思う。

たぶん、私はもっと難しい問題がいろいろあると思います。女川が 1m 下がったこと、あれも変位とするのかしないのか。今おっしゃいましたけれど、全体として動いたというのは、どこかで全体として動くことについての評価をするとは一切なっていないですけど、それは本当にいいのですかというのは、また別の議論になると思いました。

土屋：議論の場がないというのは、後半でも議論しようと思っているところです。どうぞ。

G1：少し難しい話になっているのですけれども。我々もいろいろご指導いただいています。比較的原子力に対してネガティブな立場を評価されている著作物がある方や講演などをする方々から、話を聞くこともあります。特にそこ（原発）の直下に断層があった場合については評価できないから、そこはアウトですというようなことを必ず言う方がおられます。

その中で、例えば具体的なイメージで言うと、原子炉建屋のマット厚が 6m ぐらいだと思うのですけれども、その鉄筋コンクリートのマットの下には、(大きな) 活断層がないので、かつ緩和しているものですから大丈夫です。仮にそれが直下にあったとしても、6m もの鉄筋コンクリートの構造物の下の地盤が、1m の段ができたからといって、全体は傾くことがあっても、それが全部破壊されるということは、たぶんないのではないかと、感覚的には思うのです。その辺りが「直下にあったら即駄目です。どんなことでも起こってしまいますよ」という感じの、短絡的な感じのことを、一応専門家という人が言ったりもするものですから、そういうことに対して、今言った原子炉建屋の直下であった場合に、どんな感じのイメージにしているのかなというのを、教えていただきたいと思ったのですけれども。

E4：建屋の下には非常に剛な基礎盤があります。私の聞いている限りでは、数値シミュレーションが行われていて、30cm の縦ずれに対しては、ほとんど塑性変形は発生しないそうです。何が問題かという、おっしゃるように基礎の傾斜です。構造体としては損傷しないのですけれども、傾斜すると制御棒の挿入性が悪くなったりすることのほうが問題で、それが原子炉の安全性を保つ上で、どういう事態を引き起こしていくのか、そこで評価すべきです。したがって、構造的には壊れていなくて、傾斜だけで済むからいいです、ではなくて、その傾斜が原子炉にどんな影響を及ぼしていくのか、その上で安全性が保たれているのかという評価をすればいいと思います。

それからつけ加えて言うと、1m というのは、設計では作用に対して想定が必要ですが、その想定量が 1m ということです。この問題の場合には、不確かさが大きいです。したがって、設計で想定したものが 1m であっても、1m を超えることがあり得ると考える必要があると思います。

したがって 1m ずれて傾いて、それでどうだというだけの議論では不十分でしょう。不確かさを考えた上で、1m を超えることを想定して対処も考えるべきでしょう。しかし、それより小さい変位ならば、いろいろな対策を組み合わせれば、最終的に安全性を確認できるのではないかと思います。

E6：今から言うことが、今おっしゃったのとどういう位置づけになるかはお判断いただくとして。直下に活断層、つまりずれを起こすような原因があった場合には、その上で運転をさせないというようなことがずっと前から決まっています。そして、本当に真下で地震が起こって、1~2m ずれて全く安全だったのだ、今までつくってきたやり方で問題なかったのだ、だからその基準は少し厳しくて、ほかのところでもそういうのが見つかってもいいのではないのですか、というようなことであれば、うなずけます。しかし、真下に活断層があるというようなことは、ずっと想定されていなくて、原子力安全委員会での手引きのときに散々議論して、そして安心・安全を守るためには、そういう考え方をしようというふうにしたあと、また大きな災害となったあとに見直しをしているわけです。ここはシミュレーションでいろいろできるのだというようなことの新知見として、それをとらえるような場があつてしかるべきだとは思いますが、再稼働しないようにという目的をもって決められるなど、そういう議論がなされているわけではないという考え方もあるのではないかと思います。

E5：傾きについては、傾きが生じる前にスクラムして止まってしまうので、傾きが生じたあとで安全な対策がきちんと取れるかどうかというのは、例えば冷却系のシステムなど、そういうことを評価していかなければいけない。そういうのはあると思います。スクラムをするのに影響するのは間違いないことなのですが、いつそれができるか。それ（スクラム）ができればそれでいいというふうなことだと思います。

それで、どこがというのは、地面のところ例えば 30cm や 1m 動いたときに、どこでそれが起点となって動いて、地盤の中をどう伝わって行って、どういう変形があつて、建物にどれぐらい影響与えるかという評価は、やはりきちんとしてみることも 1 つ必要なのだと。そのためにはデータがどれくらいとれて、あるのかというのは、なかなか難しいのではないかなと、今実際、やはり思います。そういう変形評価ができるようになれば、建物の剛のマットの位置ですが、その剛体と、地面が動く力との、要するに伝播してきた変形とのバランスですから。ただ、地面の地殻は非常に

大きいので、そういう意味では大きい断層では駄目でしょうけれども、小さな断層、破碎帯、そういう亀裂の伝播をどういうふうに受け止めるかというのは、周りの地盤との関係で、もう1回評価していくことになるのだと思うのですが。建物そのものが真っ2つに割れるといったことはなくて、どこかに変形を与えて、その変形が建物の中で広がって行って、機器のシステムを変形させると。そういう評価をしてみる必要はあるかと思います。

土屋：今はまだ、そういうことはやられてないわけですね。

E5：やっていない。

土屋：そもそもそんなもの（原子炉建屋直下の活断層）はないことになっていたわけで。ただ、評価をやる上でも、やった結果がどのくらい精度がいいのかというのを検証するデータがないということも、なかなかネックになるかなと思うのですけれど。

E4：手引きの議論のとき、私も参加していましたが、対象としていた活断層は、今問題となっている活断層とは、規模の面で全然違うイメージだと思います。バックチェックで、これは活断層だ、活断層でないということを議論していたのは耐震設計上考慮する活断層であって、今、各発電所の下で活断層だ、活断層でないという議論をしている程度の規模ではなかったと思います。原子力の問題では、活断層のイメージが人によって違って、ここに誤解があると思います。

E6：まさにおっしゃる通りです。学際的な研究レベルならば、形容詞をつけたりしながら、例えば主断層や副断層、副次断層、二次断層、付き合い断層と、いろいろつけながら、もう少し研究者間でのイメージを議論することができますが、手引きのときに、原子力の言葉ではそうしたものを区別するものはなく、活断層という「後期更新世以降に繰り返し活動していることを否定できないもの」という定義で議論が進められていました。そして今から考えれば、そのときには思っていなかったようなずれだというのはおっしゃる通りですが、しかしそれなら二次断層のずれで壊れた場合に責任はないのか、と言われるとつらいわけです。スライドで少し持ってきましたけれども、地表に表れるずれが、地下でどのようにになっているのかというのは、あまり関係がないというふうに思えば、手引きの内容が不足だったということにはなっていないのです。今、慌てて不足分を補うというふうになってないというのは、（手引きの内容は）少し安全側という考えで、納得できるのではないかということも、私の思っていることなのです。

土屋：後半で地形学の先生から少し、その対立のことも話していただきます。変位はなかなか難しいですね。自治体の方がおっしゃるのもわかるのです。原子力発電所の説明資料などを見ると、基盤はものすごいすし、鉄筋もすごく太いのを使って、とても壊れそうにないものが原子炉建屋なので、そう思うのですけれど、やはり地面が動くという、あの広大なものを動かす力はどのくらいかというのは、なかなかわからないですし、それで影響があった施設というものを、私たちはまだわかっていないというところも大きいなというふうに思います。何かご意見がありますか。

E2：30秒だけいいですか。たぶん手引きのときの話、地盤工学の先生は少し誤解されている。地形学の先生が言われたように、あのときから、どれが主か、どれが副か、どれがどうというのはおいておいたとしても、それを全部ひっくるめて話したと思うのですね。それで今、議論になっているのは、どちらかという主ではなくて、小さな話なのです。ただそれは、活断層としては後期更新世以降、いくら副断層にしろ何にしろ、少なくとも動いていればそれは活断層ということで、今

あちこちで議論になっているのはそういうことです。

私が評価できないと言っているのは主断層の話で、そういうもので今、議論しているところは1つありません。敦賀もそうですし、東通もそうです。手引きの作成のときには、浦底断層は別として、(主断層ではないものも含めて) 議論していて、いろいろなものみんな含めて、少なくとも動いていればそれが活断層だということで扱いました。今、たぶんそれが活断層とおっしゃっている断層の先生方も、それは主(断層)だと思っていないのですよね。そこに大きな主断層があって、それ(主ではない断層)がどうなるのか、あるいは何かが動くと、それ(主ではない断層)が動くのではないかという、たぶんそういう懸念があって、今議論している。そういうことなのだけれど、実際今の枠組みからいくと、もちろんペケになってしまう。そういうことで、今議論されている状態は、皆さんご存知だと思うのですけれど。

1. 3 耐震性や耐震評価について

Q4. 基準地震動の耐震性の評価では、揺れの長さは考慮されているのか？

Q5. 可搬型の事故対策設備は大きな地震で使えなくなることはないか？

土屋：では、実際どのぐらい施設が地震に耐えられるのかということの1番のベースの地震動の話をやっていらっしゃる先生に、次の耐震性、耐震評価についての2つのご質問にお答えいただきたいと思います。

まず東海地震は、非常に強い揺れが長時間継続すると聞いていますけれども、基準地震動の耐震性の評価では、揺れの長さというのは考慮されているのでしょうかということと、それから今回、福島事故を受けていろいろな施設が導入されていて、可搬型のいろいろな対象設備も導入されているのですが、これらは重要度分類の対象外なのだけれども、大きな地震で使えなくなってしまうような、そういう損傷を受ける可能性はないのでしょうかというご質問です。お願いします。

E2：他の先生のほうからもあるかもしれませんが。地震動の質問の方ですけれども、ご存知のように、基準地震動をつくる時、いろいろな方法があります。今回、東日本の地震では非常に大きな面が動いたということで、トータルでは数分間動いていたと思うのですね。我々が基準地震動をつくる時には、そういうことが含まれるような方法、そういうことも今は義務とされていますから、当然非常に大きな地震の場合には、非常に継続時間が長い揺れは必要なデータです。それが建物にどう影響するかは、また別の先生のほうからしてもらうことにします。

建造物の応答計算は当然そういうものを考えてされていますから、たぶんそこは問題ない。継続時間の話は、関東平野や濃尾平野など、そういう盆地の構造だと継続時間が余計に長くなりますけれど、原発が立地しているような固いところでは、非常に大きな震源ができると、当然それに応じて長くなるというふうにはなるのですけれど、それ以上のことはたぶんないと思うので、その辺りはしっかりとそういう方法を使って予測すれば、たぶん予測はできます。そういう長い継続時間は当然プレート境界型地震だと思いますけれども。

それと可搬型の話なのですけれど、これも最近、規制庁が非常に脱線しているような話をしています。例えばブルドーザーなどが倒れたらどうするのかというようなことを言っているらしいけれど

も、当然、これは消防自動車などもそうだと思うのですが、ああいうものは、止めてしまうと逆に余計に悪さをしてしまいます。昔からそういう話をしているのですが、当然タイヤがあると固有周期が長くなりますから、ゆったりとした揺れで震動して倒れてしまうことがある。ところが逆に短周期の揺れの場合は、倒れにくいと思うのです。

そういうことを考えると、これがイコールかどうかわかりませんが、長周期の地震＝プレート境界だとすると、当然津波となりますね。内陸の地震でがたがたという強い地震であっても、それは当然津波はきませんので、現実には即して考えれば、その辺はうまく整理できると思うのです。

最近、可搬型のものもたくさんできて、一時はそういうものまでSクラスで、圧力容器よりも強く、という話もあったのですが、それは違うだろうということで、最近はその話は少しはおさまっていると思うのです。

ただやはり倒れたらどうするのか。消防自動車も倒れたらどうするのか。たぶんそれは何十人かでやれば起こせるとは思うのですが、その耐震を考えると、それがSなのか、Sを超えるのかという、その設計ということで出てきますから、そういうことが今混乱して議論されているような気がします。

土屋：逆に今、混乱をしているのですね。もっとしっかりやろうという話があつて。しかし先生のコメントをお借りすると、実はあまりがっちり固定しなくて、ゆらゆらと適当に受け流すみたいな感じにしたほうが、倒れないのではないかというお話もありましたけれど。

E2：目的がそういう使い方ですからね。

土屋：他の先生から何か追加でありますか。

E5：基本的に構造物はスタティックで評価します。つまり、ずっとその荷重が加わっていて、それでも大丈夫か、という評価をします。地震動評価の場合は、震源でどれだけの振動を与えて、どのように伝播してきて、どの程度の地震動になりますかという評価をするものですので、波を使って評価します。長時間の波が発生する場合は長時間のモデルをつくらなければいけないのです。要するに断層がどれぐらいの時間かかって亀裂が発生しているのか。そういうのができれば、当然長時間の波の評価をしているわけです。したがって入力幅はそのモデルが何かによって、時間は、要するに大きい場合はずっとそういう評価をしているわけですね。そういうことですので時間を区切っているわけではないです。長時間の記録できちんとしているということです。それから静的に加える評価をする場合には、時間は関係なしに評価をしている。基本的にはそういうことです。

可搬型は、基本的には最低なくともいいのです。どこかから持ってくればいいのです。ヘリコプターで持ってきてもいいわけなので。可搬型は、要するになんとかで言えば固定しないほうがいいというのは、そういうことなのですが、可搬型の基本的な概念は、どこからでも持ってこられるというのが可搬型ですので、地震の影響を受けなかったところから持ってくるようなことを考えておかなければいけないのです。そういうことで、山崩れがあるような所に置いておいたら駄目なのです。そういうことですので、そこはそれでも大丈夫などと、評価をしながら置いているということなのです。

土屋：私たちからすると、地震動評価を見せられると、1つのことでやられているような感じですが、いろいろなものを作って1番厳しいものが出されているということですね。しかし、いろ

いろなことをやっているということも教えてほしいなど、若干思います。割と電力会社は何とかガールを想定と、1つしか情報を出さないのです。

それと可搬型というのは、遠くから持ってくるというのも、私からすると目からうろこでした。しかし、福島第2は確か三重県から空輸してなんとかしたということもあり、電力会社さんの説明を聞いていると、なんでもかんでも自分の敷地の近くで、全部揃えてなんとかしようみたいなことになっていますが、意外にそうではないというなお話ですね。何か自治体の皆さんからありますか。

G2: 一番上の質問に追加で質問をしたいのですが。ある程度長時間の評価をしていると言いますが、本当に素人なので、私が持っているイメージなのですが、例えば、針金を持って振っていると、最初の30秒間もちましたけれど、あるときポキッと切れます。そういうのが時間的な評価というイメージをもっています。

ここの耐震性能評価というのも、それと同じようなものと考えていいのかどうかということ。それと地震は1回だけではなくて、本震のあとに、長期間続く、大きめの余震もどんどん起こってくるというのが地震だと思うのです。1回本震があった後の評価がどうなのか。そのようなところもしっかり評価されているのでしょうか。

E5: 本震のほうが基本的に大きいので、本震でもつものは、そのあともつのだと考えています。もたないというのは本震でもたないので、それより小さい場合、必ずもちます。というのは、値だけの問題です。したがって、波の性質が変わっていたら、また別なのですが、基本的には、そのサイトの特性で、同じところで同じような地震が起きたら、波の特性は同じなので、基本的には本震のあとはだんだん小さくなる。本震でもつ場合は、ずっともつのだという評価になっています。

ただ、疲労を考えなくてはいけない場合には、きちんと疲労を考えて評価するというで、その疲労を考えなければいけないかということを含めて評価をする。疲労というのは、何十万回、何百万回という回数ではなくて、もっと100回か200回ですね。数百回などという評価をしなければいけないような大きな荷重がどんどん来るようなことが、何回か続くという場合には、きちんと疲労を評価する。そういうことを考えながら評価をしているということです。たぶん今、ほとんどそういう評価がないのは、そういう評価をしなくてもいいという状況になっているから、つまり、評価するような大きなもの（地震）はないということです。要するに、たくさん来るのではなくて、一発来るかもしれないけれども、その後ほとんど揺れには耐えられるという評価になっていると思います。

土屋: 納得されましたか？

E4: 構造物については今のお話が正しいです。地盤の場合については、最近の研究開発でわかってきたことは、本震で液状化していなくても、すぐ後の余震によって、本震より小さいにも関わらず、被害が大きくなり得ることです。浦安では、本震の29分後に、本震よりはるかに小さい余震が来ましたが、被害は余震の後のほうが大きかった。クライストチャーチでも同じような事例があったので、液状化では余震の影響も考慮するように今、基準の改訂を検討しています。

土屋: ある意味、今日来ていらっしゃる方は、防災関係もやっという方が多いので、原子炉

だけではなくて、自然災害の液状化の話は本当に、私も千葉県民として関心があります。

E2: 先ほどの針金の話ですが、今、耐震性の評価について、スタティックに片押しですのと、実際に波を入れて地震応答解析をするのと、の2つの話がありました。そのときに、弾性が線形ではなくて、結構 S_s が大きいので、少し非線形に入るようになりました。こういう形で計算するわけですね。当然、疲労という話のサイクルはないので、特に疲労というところとはあまり関係ないと思うのですが、そういう話をしています。

それで、今回、女川も結構揺れて、壁にひびが入ったりして、弾性の剛性から少しなまっているみたいですね、当初思っていた弾性乗数からは。それで今、当然、そういうものをデフォルトにして次の想定される地震に対しては、もともとつくったときの設計の剛性ではなくて、(地震の影響を受けて) 実際(強度が) 落ちたものを使います。そういうことが今後新規でも、例えばそういうことも考えて、そういう状態になったあとに、次、また何か地震が起こるといったときには、そういうことをする必要はあるかもしれません。

当然、何年かするとまた少し戻るようなことを言っていますが、構造物の固さによって周期は変わるのですけれども、もともとの地震の前に測った周期と、実際地震の後に測ると、少し柔らかくなっているという現実もありますので、今後そういうこともやはり、考えていかななくてはいけないかもしれませんね。それで建物に非常に大きな影響があるとは言いませんけれど、やはり正しい評価としては、そういうことも考えなくてはいけない可能性があります。現にそういうことが起こっていますから。

土屋: 今までは、あまり原子力発電所が大きな地震を受けるという経験がなかったわけで、今回の地震でずいぶんいろいろなデータが取れたということですね。はい。どうぞ。

G1: 一番目の質問の、いろいろな長さというか、そういう繰り返し荷重というか、疲労等も含めたところなのですけれども。我々は電力会社などから説明を聞いている中で、いわゆる建物自体については、串団子モデルを作って、例えば南海トラフなら南海トラフの、実波を何分間というのをいれて、もつ、もたないというような評価をしているというのは聞いているのです。そこでいろいろやって、応答スペクトルにしたものを、各階層に展開して、そこからそこへ設置されている機器については、その最大加速度を上回っているか、上回ってないかというような感じの評価しかしていないような感じの説明しか受けていないものですから。

その建物自体、例えば原子炉や格納容器というのは評価をしていると思うのですが、そういう各階に設置されているポンプや、熱交換器などについては、そういう時間的なスパンや考え方も含めて、解析をしているかどうかわからないような感じの説明しか受けてないので、その辺りが本当はどうなのか、少し教えていただけたら。

土屋: 耐震評価の回を聞いていただければよかったですけれども、ご説明をお願いします。

E5: モデルは串団子をつくっています。串団子の団子が各フロアを表しています。各フロアで串団子モデルにしている理由は、各フロアに機器を置いていますから、フロアでどれだけの震動応答があるのかということを見て、それがそこに置いてある機器に周波数特性が入ると、その機器がどういう応答をしましたという評価をしているわけです。

したがって、地震波で入ってきた入力、どういう特性で来るかというのは、そこに、要するに

つなぎをそういうふうに行っているだけですから、機器を地震波をもってきて動かすというのを、周波数スペクトルで与えて評価をしているということです。ですから、何かある値を決めてやっているわけでもないし、加速度を何か与えただけでやっているわけではありません。そこで、応答波をきちんとスペクトルで与えて、機器のことを評価しているということなのです。

G1: システムについてもう少しお聞きしたいのですけれど。ということは、その周期や、そういうのを踏まえて、その機器自体、こういう周期に対してどうか、その割合をやろうとするというのは評価だと思うのですが、例えば、初めの断層型と海溝型の議論になると、断層型だとかなりバシッと数秒の世界だと思うのですけれども、海溝型の場合は、何分という中で影響を受けるのではないのでしょうか。断層型の場合については、一瞬力が加わって、その波によって、こういう周期だと評価されるのですけれども、海溝型の場合は長くなるので、それが何度となく、それを受けることになるのではないかと。その回数というのが、疲労破壊を考慮すべき回数なのか、はたまた、まあいっても何回かなので、そこまで考えなくていいのではないですかという議論というのは、あまり聞いたことがなかったものですから、それは大丈夫なのでしょう。

E5: スペクトルで与えるというのは、要するに時間がたくさん、どれだけあってもそういう応答をしなければいけないということです。したがって、重要なものによっては、波そのものを与えて応答を見るわけですが、ほとんどそういう場合には、応答スペクトルがかなり離れているので、そういう意味では、その中の成分だけで応答するという形になるわけです。それは成分で分けていきます。波を与えるほうが、実際どれだけ加速度が応答しますかと言っているのです。重要な機器については、必要な場合ではそういう評価をする。普通の機器は、今おっしゃいましたように、その時間ずっと振動していてもいいということです。応答スペクトル法では、振動しているという、同じ評価をしているわけです。

土屋: 一応機器についても評価しているというお話でした。ぜひ、電力会社から細かく説明を聞いていただければ。

E5: 1つだけ申し上げますと、いわゆるその辺で使っているトランジスタや電気製品というのは、基本的には3波加振で評価しています。3波とは共振周波数で3回に2つで壊れる、壊れないという評価をするのが、実際の試験法です。そういう評価をしているのは、普通の機器、電気製品というのは、そういう評価をします。というのは、そういうものは比較的周波数が高いのですが、その成分があった場合ということで。その成分で3波、共振周波数なら必ず大きくなりますから、応答が非常に大きくなりますから。それで3波を加振すれば、その機器の健全性はほとんど大丈夫ではないかと言われていました。それで評価をしています。

したがって、神戸のときもほとんどそういうことで壊れたものはなかったと思いますけれど、実証されているのではないかと私は思っています。原子力の場合は、そういう3波加振ではなくて、実際の周波数のデータで加振試験しています。それから評価の場合も、先ほど申し上げましたように、ずっとそれを震動していいのか、というのをとっています。

1. 4 防波堤の強度の基準について

Q6. 防波壁の耐津波の強度について、静水圧の3倍を基準とする根拠は何か？

土屋：ありがとうございました。私の時間配分が悪くて、予定を大幅に超えているのですが。防波堤の強度の基準について、これは少し簡単そうなので、お答えいただいたあとで休憩をとりたいと思います。よろしくお願いします。

E3：防波堤の外力の評価に関する話、静水圧の3倍ということですね。あの3倍の3というのを、結構誤解されている方がいるのではないかなと思います。静水圧で水がじわーっと上がっていきますと、当然壁は圧力を受けるわけですね。圧力を受けて、それに対して、これは重要な施設だから3倍ぐらいの外力にしましょう、というふうに考えるのが重要度係数みたいな考え方ですね。重要だから3倍にしましょうと。

しかし、Q6の3倍の「3」はそのような3ではありません。この3は、津波では、じわーっと波が高くなっていくのではなくて、わーっと押し寄せてきますよね。押し寄せてくると、すごい波力が生じるわけです。その波力を見積もるのはなかなか難しいです。いろいろ実験をやってみると、静水圧の3倍くらいとだいたい同じだということが経験的にわかっています。それで、3倍の静水圧というもので外力（壁に作用する力）の評価をしています。

したがって、じわーっと上がってくるのであれば3倍にもする必要はないのですけれども、押し寄せてきますので3倍にすると大体それくらいになってくるということですね。これは、重要度係数の3とは違いますので、注意して下さい。

土屋：今のご説明を私なりに理解すると、静水圧を3倍にしたものが、防波堤に作用する波力となるのですね。

E3：その通りです。従って、設計する施設が重要だから外力を割り増しましょうということにはなっていない。

土屋：重要度係数を考えてない。

E3：考えてないです。

土屋：考えなくてもいいですか。

E3：重要な施設であれば考える必要があります。その際は、津波の高さを高くすることによって、外力も高く評価することになります。

土屋：自治体の皆さんのところでも、原子力発電所の防波堤の高さを上げるという工事をたくさんやっていると思うのですが、今の説明でよろしいですか。

G2：すみません。では、東日本大震災で東北のほうでたくさん大きな堤防が倒れました。あれは3倍という基準があったのだけれど、何か別の原因で倒れたと考えていいですか。

E3：あれは、予想以上の津波の高さの波が来たということだと思いますね。

土屋：あと、確か、津波が（防潮堤の内側に）入ってかなり（基礎の地盤を）掘ってしまって、結局基盤のところ非常に弱くなってしまったという防波堤もあるのではないかと。

E3：そうですね。いろいろな被害をご覧になったと思いますけれども、津波が防潮堤を超えて、その波が今度引き波になりますよね。それで、防潮堤そのものが、後ろ（内側）からやられてしまったというようなことや、ずっと波が防潮堤を超えている間に、防潮堤の一番裏側の足元が削られて、それで安定性を失って壊れたと。この現象を洗掘といいます。いったん堤を超えてしまうと、いろいろな現象が起きるということだと思います。

土屋：ということは、想定外にならないようにしなければいけないということでしょうか。すみません。リスクの話について、ご質問は共通のものなのですが、もう1時間半もやっていますので、少し肩の力を抜いていただくためにコーヒープレイクにしまして、その間に少し、皆様の方に追加で聞けなかったところなども、聞いていただければと思います。

1. 5 想定を超える確率、確率論的リスク評価、リスク論の使い方について

Q7. 基準地震動や基準津波を超える確率をどう考えているのか？

Q8. 残余のリスクは現行規制基準ではどう扱われているのか？

Q9. 原子力施設も最終的にどこまでの安全を確保するかを議論すべきではないか。

土屋：それでは、自治体の皆さんからいただいたご質問の5番目から再開したいと思います。

これも割と共通して出てきたのかなと、私が勝手に同じ質問に分類しています。まず1番目としては、地震・津波の評価で、基準地震動や基準津波というものを設定しているわけですが、限界と言いましょうか、不確実性がありますので、それを超える確率というのは、どのように考えられているのでしょうか。確率論的リスク評価という話がありますけれども、それを超える確率というのは、どういう具合に反映されるのでしょうか。

それから、2番目も似たようなご意見かなと思って分類しました。残余のリスクというのが、前(2006年の耐震指針改訂時)にはあったわけですが、それは、今の規制ではどのくらい考慮されているのでしょうか。事業者はどこまで、何を求めているのでしょうか、ということ。裕度をどのくらいとるかといった議論も、あまりないのではないかとご意見がありました。

それから、3番目としましても同じように、活断層の有無のような議論に集中しているのではないかと。やはり、原子力発電所も産業施設なので、最終的にどこまでの安全を確保するのかというものを、一般のそのほかの施設とあわせて、相対的な問題も考えて、もっと工学的な議論をするべきではないでしょうかということ。下に、参考までにということで、一般産業施設ではこのぐらいのリスクを考える、災害を考えるなど、そういう統一的な考え方もあるのではないのでしょうか。ご質問とかご意見ということで、割と想定を超える問題をどう考えるのかというご意見や、ご質問ではないかなと思っております。

これは大変難しい質問ですが、前々回、リスク論についてお話いただいた先生に、全般的な話でお願いします。

E3：これは、実際に自治体の方からこういう質問が来たのですか。ずいぶん勉強されていますね。自治体の方は、非常に合理的だなと思っています。確かに原子力発電所を自分の自治体内に持たれている方は、かなり考えられているのだなというふうに思います。

まず、Q7ですけれども、基準地震動と基準津波を超える確率というのを、規制基準でも評価するようになっていきます。評価をして「参照する」ということしか書かれていないですね。これは2006年の耐震設計審査指針も同じような扱いをするとしています。「参照する」ということを、2006年

の耐震設計審査指針施行後、保安院の委員会の中でも、我々は大分議論をしました。「参照してどうするのか？」と。ところが、参照はするが参照するだけで何もしていないのです。参照して、将来生じるであろう地震動が基準地震動を超える確率が大きい場合には、基準地震動を本当はもっと上げなければいけないかもしれません。それから、もし大きいままであれば、今度は建物や機器の設計をする場合に、もっと裕度を与えるような設計をしなければいけないのだというふうなことが当然、次の対策として出てくるわけですが、そういう対応は取られていません。

これは、2006年の耐震設計審査指針のときに出てきました残余のリスクの話です。これはQ8にも関係しておりますけれども、残余のリスクを評価せよということが、規制基準でも書かれていると思うのですけれども、非常にトーンダウンした書き方になっているのです。つまり、残余のリスクをどう定義し、どう評価するかということが、十分議論されないままとなっています。それで、結局残余のリスクを評価することが謳われてはいますが、必ずしもこの部分が審査の対象とはなっていないのが現状です。

審査を受ける電力会社は、残余のリスクを評価して、できるだけそれを小さくするように努力を重ね、絶えず心がけてやるのだという姿勢を示すことはすごく大事なことでと考えています。

土屋：それでも、やってないのですね。

E3：電力会社はやっていませんね。規制基準の非常に厳しい基準のもとで、防災対策をやりました、防潮堤の高さを上げましたというようなことを言っているのですけれども、では、リスクがどのくらい減ったのかという部分は定量的にはっきり示されていません。一生懸命やっているのはわかるのですけれども、「これ本当に効果あるの？」というようなことに対しては、やはりきっちりと示してもらえると良いし、それには、残余リスクの評価ということが重要だと思うのですけれども、そこが十分にやられていないと思います。ということで、Q7、Q8、Q9の回答の一部を、交えてお答えしました。

土屋：ありがとうございます。自治体の皆さんからは、「えっ」というような回答だったかもしれませんが、何か追加でご質問があれば。どうぞ。

G3：そうしますと、安全目標として、セシウムの放出量が100TBqを超えるような事故の発生頻度が100万年に1回を超えないようにとされていますが、あれの計算を今後行うと言われてはいますが、現状として、評価をするツールがまだできていないというふうに考えていいのでしょうか。

E3：評価をするツールは原子力学会等で、もうできあがっています。ただ、それを如何に使っていくかというところで、事業者も審査側も躊躇している感じがあります。それから安全目標に関しての議論は、原子力安全委員会で、3.11前にずっと議論がなされ、日本では安全目標、性能目標というのを、こういうふうに考えたらどうでしょうかという中間報告が出たわけですが、それから議論は完全ストップしてしまっていました。その後、柏崎で地震が起こり、3.11が起き、というようなことで、安全目標も性能目標も議論が中途半端な状態のままです。

しかし、現在、規制庁のホームページを見ますと、安全目標、性能目標という言葉は出てきます。「これらの議論を開始したい」といった書き方になっているのです。そういうことで、まだ実際の審査にも反映されていませんし、睨んではいるけれども、実際の審査では使われていません。

やはり安全性の評価というのは、多面的に安全を確保するというのが一番ですので、決定論的な

今までのやり方は実施すべきとしても、やはり別の視点でチェックするというのですかね、別の方向からもメスを入れてみるというのは、すごく重要だと思いますね。それで安全性を、別の評価軸で見ても向上しているというのがわかるなど、そういうところもありますので。やはりこの安全目標、性能目標というのは、すぐにも議論を開始すべきと考えます。それから、この評価ツールはできあがっていますので、それを審査の中で使っていくような計画はあるようですけども、まだすぐには実用とはなっていませんが、状況はそういう方向に向かっているとは思いますが。

土屋：実は、7月と10月に、まさにこの議論をしていて、書いてくださったような方法でやるのが望ましいのではないかというご意見も、結構専門家の先生方から多かったですけど、実際は動いていないという現実もあるということです。何か追加でありますか。

G3：慎重派の方が、「対策を取っていると言うが、それを超えたらどうするのか」と言うのに対して、我々は、「規制委員会がこういう厳しい基準を設けているので、基準に適合すると認められた原発については、国が法令上求めている安全性を確認したものと受け止めています」という説明の仕方をするわけなのですが、どのぐらいの安全なのかというレベルがはっきりしていないと、少し説明しづらいと考えるのですが。

E3：全くその通りです。それは自治体の方からも、ぜひ規制庁のほうにいろいろ言っていただくと良いと思います。そもそも安全の目標をどこに設定して、何に向かって我々は安全性の向上をうたっているのかという目標がない中で、ただただ厳しくしている感じがありまして、それはおかしいでしょう。どこまでやればいいのかと、電力側も困ってしまうわけですね。それから自治体も、どこまでいいのか、いや、海外はそんなに要求していないなど、いろいろな比較ができそうです。「安全のレベルをどれくらいにすべきか？」といった議論を今後はもっとやって行きたいと思えます。

G4：3番目の質問は、私から出させてもらったのです。もともと原子力発電所も、書いてあるように産業施設なので、本当にどこまで安全性を高めていって、その高める原資というのは、誰が負担していくのかという、実は利用者が負担していると。本来、そうすれば、その産業は成り立つか、成り立たないかという、コスト論に行きつくと思うのですね。広い意味のコスト論でできると思うのですが、その議論が飛んでしまって、いきなり基準づくりに行ってしまうのかなという感じがしています。非常にバランスが悪いといえますか、そういうふう感じていて、こういう質問を出させていただいたのです。

E3：私も同感です。コスト論、安全論の議論が、原子力関係者の信頼回復論に押し負かされているようになっています。現在は、国民の信頼を回復するために、いろいろな施策を講じているという感じがしております。

やはり本来、安全性はどうなのか。それは先ほどの安全目標、性能目標との対比で議論すべき話ですね。それから、安全性を向上させるにはどれくらいお金がかかるのか、それをどういうふう考えていくのか。これはコストというもっと難しい要素が入ってきましたが、しっかりと議論しなければいけないことだと思うのです。自治体の方からコスト論の議論が出たのは、私は大変進んだ考え方をされているのだなというか、より現実的な考え方をされているのだなと、驚いているとこ

ろです。

住民からは、いつも安全性の話ばかりが出てくるのですね。安全性は規制基準で適合しているという状況であっても、原子力は嫌だ、など、いろいろなことを言われる方も多いということもあります。それは地元の住民なのか、もともと反対されている方なのか知りませんが、やはり、経済面を考えずに安全性の向上もあり得ないわけですから、そういう議論をできる場を考えていかないといけないのかなと思います。

土屋：ほかに、ご意見がありますか。問題なのは結局、何を目指しているのかがよくわからないままに、基準地震動や津波だけがどんどん大きく設定され、それを超える可能性についてはあまり議論されないままに進んでいるということで、また過去の繰り返しのような感じがしました。何かありますか。

E5：リスクの話は、最終的にどこでリスクをとるかというのは、社会的コンセンサスだというふうに思います。社会的コンセンサスをどういうふうにしてつくっていくかという仕組みができていないので、なかなかそういう議論に行かないのだと思います。それで私たちは、原子力の安全は、こういうふうにやりましょうと共有しているわけですが、それは、深層防護といわれています。深層防護というのは、設計して、ものをつくって、日常の点検をして、確実に安全を狙っていきましょう。それは、どれくらいのリスクかというのは炉心損傷で 10^{-4} 以下にしましょう。それから、格納容器損傷では 10^{-5} 以下にしましょう。そういうリスクにしましょうというようなところで設計をして、ものづくりをします。日常の点検をして、安全確保のものづくりをします。要するに、小さな事故が起きた場合でも、きちんと手を打てるようにしましょうということまでやってきたわけなのです。

そこに抜けていたのは、大きな天災が来たときです。たとえば設計基準を超えた津波が来た、設計基準を超えるような地震が来た場合、どうするかという、そういう考え方が抜けていたところがあったわけです。本来は、設計基準を超えた地震が来たときに、サイトの、人の運用、可搬型機器、消防車、そういったものを使って、どのくらいのリスクを下げられますかという議論をすべきでしたが、それが十分にできていなかった。

そういうところとして、今は 10^{-4} 、 10^{-5} といった炉心損傷の確率、それから格納容器損傷の確率は、何もしなければ今回の事故のように、あれだけの放出事故になってしまうのですが、手を打つと、それはアクシデントマネジメントといいますが、事故が起きたような場合に、可搬型の機器だったり、いろいろな用意をしておく、どれくらいまでリスクを下げられますかという議論をきちんとする。さらに、万が一うまくいかなくて、これが抜けていたというような想定外のことが起きて、放出事故が起きた場合に、今度は防災ということで、こういう 10^{-6} のマイナス何乗というリスクを落とすために、こういう手を打っておきましょうと、トータルで考えよう。

では、私たちが目指すところは 10^{-6} なのか、 10^{-5} のマイナス何乗なのか。そこを、規制委員会が昨年示したのが、100TBq (の放射性物質の放出事故)の発生確率が 10^{-6} というところを目指したらどうでしょうかといわれたところを、一つの性能目標でやっているわけなのです。これは福島で起きた放出量の 100 分の 1 で、フィンランド等で目標としている放出事故の目標値だそうです。

そういったようなことを皆さんと一緒に考えて、たとえば静岡ですと、津波の確率が非常に高

いので、こういう評価をして、津波の場合はこういうふうと考えていくと、ここまで落とせると。そのためにどういう方策をしたらいいのかと考えて、防潮堤の高さはこれだけします。本来はこうでなくてはいけないのだと思うのですが、そういう議論になっていないのではないかと。

ただ、場所によって何に対して考えなくてはいけないかというのは違うはず。地震に対して考えなくてはいけないところもありますし、火山に対して考えなくてはいけないところもあると思います。そういうふうにして皆さんと一緒に社会が受けるリスクはこれだけにする、そのための方策は、ものづくりとしてはこれだけにして、アクシデントマネジメントとして皆さんと一緒に考えていくのをこれだけにして、防災という領域ではこれだけ落としましょう、ということで目標を達成するという、そういう仕組みを本来はつくっていかなくてはいけないわけです。

そういうのは、これからたぶんできていくと私は期待しますけれども、それをやることによって、防災のときには、本当はどういうふうにするべきかというのが決まってくるはずなのですが、それなしに今、勝手に動いているのではないかなという、そういうことが気になっているんですね。これからそういうふうになっていくには、私たちが（安全目標を）決める必要性があります。

土屋：そうですね。想定を上げて、それに大丈夫と言っているだけで、想定を超えたときの対策については、なかなか電力会社も、しっかり伝えきっていないような気がします。

E5：設計基準、「基準をここまで考えましょう」というのが重要なことです。超えた場合にどういうふうにするかということを考えるのも一つなのですが、それを通して評価できるのがリスクという値です。最初から最後まで通して評価できるのがリスクの値なのです。基準地震動、基準津波を考えて、リスクをここまで抑えられますね。では、そこから先、超えた場合には、リスクをここまで抑えられますね。そこをしっかりと考えていくことが必要で、それでリスク論が極めて重要なのだらうと思うのです。

今は絶対的なことを言っていて、ここには余裕がどれだけありますか、と訊いている。余裕というのはリスクと全く違って決定論ですから、たとえば物が壊れる実験をして、今、10のところを壊れたところを考えると、5のところを基準として抑えましょうというふうに、2倍の余裕を取りましょうというのがある。それは、構造強度で評価する場合には、今まで4倍だったのが、大体今、2倍ぐらいの構造強度で壊れないという配慮。簡単に言えばそういうことなのですが、それが2倍の安全を、余裕を取りましょうというのが、構造的なところは、そういうのでやります。

そういうことで本当にいいのか。想定外を考えると、もっとリスクというふうに考えて、どこを詰めていかなくてはいけないかということも考えることも必要なのではないかと。余裕というのは、あるポイント、ある事象に対する余裕でしかないのです。いろいろなことを考えて評価することができるのがリスクというものですから、そういう意味で、残余のリスクというのは重要なのだということではないかと思うのです。

土屋：ほかに、どなたかありますでしょうか。

E3：リスクの評価というものを考える上で、原子力プラントは、今おっしゃった通りです。さらにもう少し言いますと、地震で原子力プラントが壊れるか、壊れないか、発電所のコアの部分が損傷するか、しないかという意味でも、我々は性能目標という形で目標値を決めてやりましょうという

ことで、リスク評価をいろいろやっているのです。しかし、それでは、自治体の方はよくわからないわけですね。原子炉が壊れた場合は大変なことになるのはわかると思うのですけれども、その後のいろいろな対策も実はしっかりと考えているわけです。

福島原発では放射性物質が原子力発電所から出たのですけれども、それが我々の人体にどれくらい影響を及ぼすのか。発電所が壊れる／壊れないではなくて、発電所から自分たちの身近なところに飛散してきた放射性物質による影響を提示していただけると、ずっとその自治体の方というのは議論しやすいのではないかなと。そこまでの話を今までしてこなかったのですよ。

そもそも発電所は壊れないと。絶対大丈夫なのだと。厳しい基準でやっているからということで、やってきたわけですね。福島の事故は、それが原因ではないですが、要するに、発電所が壊れて、その後どうなるのかというようなことを示して、実際の身近に扱える量を示してそれで議論をするというようなことをしていかないといけないのだろうと思うのです。

それには、このリスク評価、確率論での評価と、まさにそういうことをやっているのですけれども、確率で表現するとわかりにくいかもしれませんが、放射性物質が放出する確率、それから、人体にこういう影響を与える確率というのが出てきます。そうすると、非常に議論に入りやすいのではないかと思います。そこまでゆくとリスク評価のメリットというのも見えてくるようにも思うのですけれども。

G4：ありがとうございます。そのときに、私は、どうしても住民の人相手ということになりますので、わかりやすい言葉でお伝えする必要があると思っています。そうしたときに、たとえば、一般防災との比較、それから、人体に与える影響でございまして、たとえばレントゲン 1 回分など、そういうふうな何か身近な対象と比較できるようにして、一般の人にわかりやすい形でお伝えする必要があると思っています。

E3：全くその通りです。本日は、放射線の専門家がいらっしゃいますか。

土屋：いらっしゃらないです。

E3：そういうことを一生懸命に研究されている方もいらっしゃるかと思います。なかなか難しいところですね。

土屋：どうもありがとうございます。ここまでで大体リスクの話は終わったのですが、この場合は割とこれまで、今日入れて 6 回目なので、先生方も領域を超えて、いろいろな議論をしていただけるようになっているのですが、意外に専門家同士で議論ができていないのではないかというご意見をたくさんいただいています。まさにその通りですということなのですが。ここから少し、よく活断層屋さんがどうのこうのと言われている、その背景について、少し冷静に話していただこうかなと思います。

2. 専門家の役割と活かし方

2. 1 活断層評価とは何か、なぜ専門家の意見が異なるのか

E6：初めてお目にかかる方もたくさんいらっしゃいますが、私は、よくテレビに出ておられる変動

地形学の先生方と同じ学科で、同じ教育を受けた後輩になります。もちろん実力や実績には大きく差があるのですけれども、その分は人と自然に対する謙虚さで補っていかうという立場です。今日は少し難しいテーマに 20 分ほど時間をいただいたので、資料をつくってまいりました。意見が異なる理由はどうか、ということです。

活断層については下に書いてある通り、「繰り返しこれまで活動してきていて、これからも活動する断層」と、定義は決まっているわけですが、実際にある地形が変動地形、あるいは活断層であるか否かというような場合には、難しい問題があります。左側の写真のように、トレンチ調査で、大きな崖がもともとあって、その下に地層の変形の立派なものがあるというようなものもあります。一方右側のものは、散歩をしているときに海岸沿いで見つけた断層です。これは（活断層の位置を示す）赤い線がないところにありますけれども、これをもって活断層を新しく見つけたというようなことはない。それは、ほかのデータの見られるものから活断層でないことはわかるわけです。そういった変動地形、変動地形以外でそれらしく見える地形や、断層破碎帯、あるいは、動くことはないと考えられるような破碎帯といったようなところで、意見の相違がいろいろある。そのことについて少しスライドをつくったつもりでいます。

活断層の研究がいい加減なものかどうかということについて、まず初めに擁護しなくてはいけません。左側は 1990 年に出版された『新編日本の活断層』で、その前は 1981 年の『日本の活断層』に掲載された活断層図です。その間の研究の進捗が、この赤い本におさめられているわけです。それから、また十数年経って、2002 年に『活断層詳細デジタルマップ』というのが刊行されています。

この間に技量も上がったし、兵庫県南部地震で知見も増えたとし、それから、使える写真もまた増えてきたというようなところで、活断層の分布にいくらか差があるというのは、この分野の研究の進展というふうにも考えていただいても結構です。もちろん少し定義が違う。100 万年といったようなものを、後期更新世以降繰り返し活動したものであるというふうに、狭く定義していたというところもあります。

右側のものでもう完成したかということ、そんなことはなくて、またそれ以降に起こった地震の地形などをあわせて進歩しているわけで、たとえば、国土地理院の都市圏活断層図や、あるいは今、文部科学省でもつくっている活断層基本図というような作業が続けられているわけです。たとえそういうのができたとしても、これで全部わかったと言い切ることは難しいです。ただ、それは活断層に限らず、どんな研究分野でも、今の時点ではここまでわかった、さらにそのまま研究は続くのだというのは、同じことではないでしょうか。

どういうことをやっているかということ、最初、活断層には空中写真を用いた変動地形の判読という作業が必要で、写真を取り寄せて、そして、1 人の意見ではなく、みんなで作業をするというふうなことを行っています。左下にあるような変動地形の教科書に載っているような図を、それぞれの場所に合った地形に当てはめながら考えていくわけです。

右下にあるように、地形上に線を引いていく。この場合、2 万 5000 分の 1 の地形図に 1mm の幅で線を引けば、それは 25m ということになるのです。あとでトレンチで確認しようと思えば、それくらいの位置精度で頑張って線を引いているということになるわけです。右上の写真 2 枚は、一つは活断層の入っている地形、もう一つはそうではない、川がつくった崖の地形というわけですね

れども、この相違がわからなければ、何を変動地形学者の人がやっているかを理解するのは、なかなか難しい。

左上のほうは、阿寺断層の坂下というところですが。ここでは木曾川がつくった段丘を横切るように活断層があって、詳細は省略しますが、この地形をもって繰り返し動いているのだということがわかる。川の崖とは全く違うわけです。一方右側のほうは、群馬県の片品川の浸食による地形というわけです。変動地形学者、活断層の人たちが、この2か所に行って意見が割れるということは絶対にあり得ない。この2か所を間違っていたら、その人は変動地形学者ではないというわけです。

しかし、下のほうの新潟県中越地震で違う変位を生じた左側のところは、誰もが当てることができるといえるか、活断層の研究者の人なら、ここに断層があって、ここで変位が出てもおかしくないですよということはいえますが、右側のところに出た小さな変位を、事前に赤い線を引っ張っていたり、どうしてここに出たかというようなことをきちんと事前に言えたりという人は、ほとんどいないと言ってもいいでしょう。つまり、わかりやすいといえるか、きちんとした断層なら意見は一致する。しかし、意見が分かれているのは、なかなか難しい活断層や変動地形だというわけです。それを少し言葉足らずに、いい加減な学問だと言われるのは心外だというわけです。

写真で判読したあとは、ここにもあるように、実際に掘削をして、活断層による地層の変形というのが見られるかどうかを行います。鹿島断層、原発で見逃した活断層というような記事がある、有名な川辺のトレンチですけれども、この調査も、あると思ってやらないと、なかなか当りは出ないわけです。

左下にありますが、5月のゴールデンウィークに、「手伝いに来てくれ」と言われて、休暇をつぶして行ったときには、あまりきちんとした断層は出なかった。しかし、「絶対ここにあるはずだから」と中田先生はおっしゃって、「夏休みにまた手伝ってくれ」と言われたので、「どこで今度は掘るんですか」と言ったら、「同じところで掘る」とおっしゃったのです。「やはり別なところにしたらどうですか。ゴールデンウィークは外したじゃないですか」と言ったけれども、「いや、絶対そこにあるんだ」とおっしゃる。

図の黄色い所、ちやちや断層しかなかったほうは、その右下のほうから穴を掘る機械が登っていかなくてはいけなかったもので、本当に断層があるところにショベルカーがあって、自分を掘れないから、その大きさを掘れなかった。8月のときには、横からわざわざその機械が登っていく坂をつくって、崖を崩して、そこに板を渡して、横から上がって行って、あるべきところを掘り当てた、というような作業をした。

言いたいのは、やはりあると思わないと、なかなかそこまできちんとした調査はできないのだというわけです。もちろん右下にあるように、それ以降また原子力安全委員会などで議論したような場所で、追加の調査をやりました。百発百中というわけにはいかず、あると思っていたところに出ないということもあります。

ある先生にご質問いただきましたが、どういう調査をどこまでやれば、1回写真判読で赤い線を引いたものを、そこにはなかったのだと諦めることができるか。ここは、きちんとしたルールといえるか、答えはないのですが、まず重要なことは、あると思って行う調査と同じことをやるというこ

とです。それを全部、個人の研究者がやるというわけにはいきませんが、原子力安全委員会での私の提言などから、きちんとこういう調査をやって、あるかどうかを確かめてほしいというものに合致した調査が時々されていないようにも思います。

いろいろな意見の対立がありますが、原発賛成派と反対派というのではないのです。厳しい意見を言う人も反対派とは違います。事業者側と規制庁側というふうに書いてある記事などを見ますと、それも間違いで、規制庁は、いいものは動かしていいとお墨付きをくれるわけですが、そこで厳しい意見が出ているというので、こういう対立軸もおかしいだろうというふうに思うと、活断層の認定にすごく厳密な人と、わからないところにはやや自由度を持って、これは活断層かもしれないと、まだ調査が足りないのだという、認定に少し寛容、少し日本語がおかしいかもしれませんが、そういう分け方ができるのではないかと。

厳しい人は、活断層の認定というのは、ただ単に写真を見て赤い線を引っ張っただけでは駄目で、きちんとトレンチで出てくるまでは、「単なる写真判読図は予察の図なのだ。赤い線を引くのも慎重でないと、赤い線をいっぺん引いたら、それを否定することはなかなか不可能だから、いい加減なことを言うな」というようなお立場ではないでしょうか。

一方、まだまだわからないことも多いので、候補となるものはきちんと挙げておくべきだ、というふうに考える方は、これまでトレンチで出てきた 25m の赤い線の中にきちんと出してきたのだということで、「写真判読図であっても、経験と実績に裏打ちされた成果の図なのだ。むしろトレンチ調査のほうが難しい。そこで赤い線を引けても、本当にピンで出す。幅 10cm ぐらいの断層面を露出させるというのが、かなり難しい」というふうに考えている。これらの断層の研究作業、手順や考え方についての相違が、意見の相違の裏にあるというように考えることは公平だと思うのです。

上のほうは先ほどと同じですけれども、立派な断層が出れば、こういう新聞記事になるわけですし、一方、また別な例としては、浦底断層の認定の問題で、20 年前から言われていたのに、調査の結果を認めなくて、2008 年に活断層と認めた。この流れで、どうして認めたのかというのを、右側の 3 番目に書いてある、手引きができて後期更新世となったからだというような理由づけをされた方がいて、それは、浦底断層の存在を昔から強く主張された方には気に入らなかったのだと。見る能力がないのか、あることを知っていても隠していたのか、とにかく反省が足りていないという、この辺からは、もはや気持ちの問題になってくる部分があります。

少し事業者側に寄っている人は、「事業者の調査はこれまでも今でも十分で、手引きやルールが変わったから結果が違うのは当然ではないですか」と言われますけれども、それに反対する意見には、「自分たちが今までやってきたものだから、自分たちが間違ってきたとは言にくいでしょう」というような考えで対立することもあります。一方、「事業者の調査と解釈は恣意的であって、そういうのを指導した研究者の人にはモラルや反省が不足しているのだから、もうそういう公の立場には二度と出てこれませんね」という考え方は、またいろいろな意見というか、そういう考え方でいいのかどうかというところは、議論があるかと思えます。

専門家の人選が公平ではない。これは少しページされた人たちが出ていきたいというときに言うわけですけれども、その考え方の根底には、「今、選ばれないのは、前に違ったことを言った懲罰的な意味があるのではないかと。もっと広く意見を聞いたらどうですか」というようなことを言われて

きたのです。「過去の評価は原発稼働のための故意・隠蔽だ」というふうに言う人がいて、正しいか間違っているかはわかりませんが、結局、今の厳しい評価に合格した際に稼働すればいいのではないかと思います。こうした気持ちも入ったような研究者の立場、それから、そもそも難しい断層を見ているという中で、こういうリスクコミュニケーションが成り立つのか勉強しているところなんです。

また変動地形に戻りますが、野島断層、兵庫県南部地震からもうすぐ 20 周年で、左上のところに黒い線で、ここには断層があるというのは、もちろん地震発生の前からわかっていました。左下のところに淡路島の地形があって、そこの地下構造がどんなふうになっているかというのは、教科書に書いてあったことです。

一方、実際に断層が現れた真ん中下の写真ですけれども、これは 3m ぐらい出ていますが、先ほど上で活断層線を引いたのは、人のうしろの 20m ぐらいの崖。これが川でも海でもなくて、断層でできた崖なのだということを判読していました。そこにまさに出たのだと言いますが、その「まさに」の意味が、しかし人が立っているところとうしろの崖の間には、数 m ぐらい距離があるのですよ。これを「まさに」というのは、やはり空間のスケールというのが必要になります。

右側 3 枚も、いずれも兵庫県南部地震ですが、少し雁行して出てくるような、まっすぐ出てこなかった一番上の写真、あるいは、野島断層保存館で一本すばっと出ているところもありますけれども、50m 離れたところでは、二条になっていることもあります。これは、どんなふうに当てることが重要なのかというわけです。

つい先日の地震（長野県北部の神城断層が動いた地震）でも、ここは重点調査の領域になっていて、ほかの場所よりも非常に詳しい活断層分布図が事前につくられていました。それは右側のものです。青い点が打ってあるところに、今回の地震で変位が出たと言っていますが、全て変位が観測されたのが、事前の赤い線の上だけではありません。赤い線がなかったところにも変位が出ているというようなところで、どこに変位が、しかもどれくらい、マグニチュード 6.7 で最大 90cm というような変位というあたり、一生懸命研究しても、まだまだわからないところがある。

この図は今回の発表で一番重要なのですけれども、なぜ難しいのか。日本列島が垂直に変形していく平均のスピードは、およそ年 1mm というふうに言われています。浸食も 1mm だし隆起も 1mm です。そうでないと日本列島はどんどん太ってしまうことになるのですけれども、これはつりあっている。しかし、いろいろなサイドを見ると、たとえば A 級活断層というのは（変形のスピードが）年 1mm から 10mm だし、B 級活断層は 0.1mm から 1mm/year というスピードです。一方、青い線で囲ってある、少し字がつぶれていますが、地形を削るスピードというのもおよそ年 1mm ですが、ダム対策やそういうデータの値、少し少ないようなところに位置づけられています。

したがって A 級活断層、年 1mm 以上の平均変位速度を持つようなものは、浸食に打ち勝って地形が残るので、はっきりした断層で、ここで変動地形学者の意見が分かれることはないのです。わからないのだったら、その人には能力がない。しかし、B 級や C 級の活断層は、その土地の浸食のスピードとほぼ等価なので、残りやすさなどといったところが難しく、それは意見が分かれることもあるだろう。したがって、よりそれは活断層かどうかというような調査をしっかりとしないといけないというわけです。

さらに、これまでいろいろ話があった活断層の定義について、国際的には、副断層、二次断層、付き合い断層といったような修飾がつくときもありますけれども、このことについて、あまりしっかり原子力発電所の耐震安全性評価で分かれているとは思いません。ただ、活断層と呼べるかの矢印を引いてあるこの図では、地下まで連続しないところで地表の変形が出ているものを地表地震断層というふうに言われています。

どうしてそこに変位が出たのか。左下の写真で、赤い線を引いたところよりも位置がずれていた。あるいは野島断層保存館の中で、どうして二条になったのか。二条になったということを事前にきちんとわかるのかと言われると、わからないわけで、このあたりが、まだまだ地表変位の出現の仕方というのがわからないわけです。

浦底断層について、浦底断層というようにはっきりした断層がある。周りに破碎帯があって、その破碎帯の一部には、地質時代の若い時代まで活動した証拠があるのだというときに、次にどれが動くか、どこで動くか、動くものと動かないものがあるのかというのは、よくわからない。けれども、若い時代に動いたものは危ないと思うのは、今の知識や見解では、十分妥当な判断だというふうに思うのです。そのとき事業者の人たちが言うのは、右下にあるように、「地質時代に、若い時代に動いたといっても、それは確かに断層ですよ。しかし、ルールがいう 13 万年という時代よりも新しい時代に動いた証拠はないです」と。

あとは、私が関わっていたときにも、これは島根ですけども、あるところに断層線が引いてあって、その延長でトレンチをしたら、13 万年以前の砂礫層に変位を与えているものの、11 万 5000 年から 13 万年の地層には変位、変形は見られないので、活断層ではないというような議論がありました。しかし 13 万年というのは、何も地震や地殻変動に関係するのではなくて、断層があるかどうかを見るための真っ平らな地面をつくるような作用の周期なのです。13 万年というのは、左側にあるような地球と太陽の位置関係、日射量の変化で、これによって海水の高さが変わって、海沿いに平らな地形がつくられるか、つくられないか、あるいは、川の中流にも平らな地形がつくられないかということなので、あまり 13 万年より新しい時代には動いていないから、14 万年前には動いていたのだけれども活断層ではないという意見を聞くと、「それしかもうないのですね」というのが私の正直な気持ちです。その意見によって何かを判断されるということが選ぶ方であるとすれば、それはかなりハイリスク・ハイリターンな判断だと思います。

もう時間がないのでカットしますが、東北地方太平洋沖地震のあと、それ以前に活断層といわれていたものを、固結しているからという理由で否定していた湯ノ岳断層では変位が出現した。やはり変動地形の解釈が正しかったと思っている人はいますが、しかし、地震現象をよく理解しているとは言えない変動地形学者のみが入るかどうかの判断を握っているというふうに曲解されるのは、本意ではないと思うのです。

地震が起こったときの地表の変位について一番よく知っているのは、地震学者ではなくて変動地形学者です。その中に意見の対立があるのは、判断が難しいから。それは、変化のスピードが浸食と隆起とでつりあっていそうだからという、そのことをもって、いい加減な学問だとは思っていただきたくない。

原発に対する安全性評価が活断層だけではないというのは事実ですが、左側のように断層の真下

の部分だけダムが壊れている。もちろん、この変位量は、考えているものよりもずっと大きいですが、けれども、こういった写真を見れば、やはりずれのデータや、ずれの位置や量というのは重要なのです。

また、気象庁のマグニチュードで 6.8 までは地表の変位が出ないのだと、これまで考えていました。しかし先日の地震は、M6.7 で 90cm。この 90cm という値は、10km の長さの断層の最大変位量としては、別に今までのスケーリングから外れるものではありませんが、M6.7 なら大きく滑るところは地下にあるはずで、地表には出ないのだと考えて今まで議論してきたところは、これだけ見れば成り立っていないようにも思います。ただ、この地震は、立派な断層の一部が動いたというわけで、赤い線が引いていないところに、いつでもこんなことが起こるかということは、また違いますけれども、いろいろなことを考えれば、さまざまな議論があるのは当然だというわけです。

最後ですけれども、たくさん人を集めると、A という先生は、「これが断層かな。7 割ぐらいはそう思うのだけれども」と言うかもしれないし、C という先生は、「いや、これは活断層ではない」と言い切るかもしれないし、F という先生は、「これは全部活断層だ」とおっしゃるかもしれない。こういう結果を得たときに、どういう判断をするのか。安全側の判断というのは安易に使用すべきではありませんけれども、不確実性からして、経験や実績に基づく意見や判断と結論は重要だというわけです。

そして変動地形は、やはり難しい学問で、できる人はほんの少ししかいません。皆さんも勉強されればわかるのだと思いますけれども、そうでないうちに、もしも意見を頼ろうとするなら、まっとうな人の意見を頼るのが結局自分のため、自治体の方の場合には、住民のためという気がします。少し言い過ぎたところがあるかもしれませんが、以上です。

2. 2 変動地形学で何がどこまで分かるのか

土屋：はい、ありがとうございます。まず今日、変動地形学のことについて、初めて整理して聞かれた方もいらっしゃると思うので、何かご質問がありましたら。皆様のお近くの断層にも触れておられるので、何かありますか。

E4：私も活断層マップに書いてある線の位置だけが動くとは思っていません。動く可能性がある範囲として 300m とさっき申し上げたのですけれども、今までに、その線から 300m 以上離れたところで変位が現れた例というのは世界中であるのですか。

E6：2 万 5000 分の 1 のレベルに赤い線を引いておいて、そのあと地表地震断層と比べた場合には、いわゆる松田の 5km ルールというのは、どんな変動地形の人でも知っています。一方、サイエンスに載りましたが、ウェスノスキーという先生は 2km だと、その間に地表変位が表れて、くっつくかどうかは五分五分だというような論文がある。したがって、2 万 5000 分の 1 スケールの変動地形の写真判読から、どれくらいの範囲では地表地震断層が出現してもいいかというような、ざっくりばらんなのは 2km というようなものを持っています。

しかし、たとえば軟らかい地層を全部除いてなど、本当に先ほどの野島断層保存館の中でも二条などというようなもので、そのメートルなどといったようなスケールでの調査研究はないのです。そういう事例がなかったし、やはり大きく変位したところに研究者の人は行くので、経験も少ない

ですね。したがって、こういうことが重要なら、みんなで調査に行つて、経験や知識を積み上げれば良いと思うけれども、そうはなりません。ケンカしている人と一緒には調査に行きにくいですね。

兵庫県南部地震などで、各研究機関が、どれだけ変位したかという図を野島断層の10kmについて出したら、案外、値が違ったので、そのあと検証に行くというようなことがありましたが、同じように、もう少しいろいろ知識を積み上げないと、ご質問にきちんとお答えすることが難しいのではないかと思います。

E3: 非常にわかりやすく説明していただいたのですけれども。調査をすることによって不確定性を減らしていく。不確定性がなくなるくらいまで頑張つて調査をできればしたいのだと。こういったスタンスで、いろいろ臨まれているように思うのですね。

それはすごく正しいですけれども、リスクの議論をするときには、発生頻度という話が先ほども出ていましたけれども、発生頻度というのは、こういう調査をして、どれくらいわかるのか。さっき、「なかなか難しいよね」というお話をされていましたが、大きさだけではなくて、頻度の情報というのは、どれくらい得られるのですか。

E6: 活断層が何年にいつぐらい地震が起こるかというのは、一つにはトレンチ調査を行つて、地層の年代を決めると、直接的に得るデータがあります。それからもう一つは、長さから規模を求めたり、変位量を回帰式で求めたりして、割り算をして、計算で平均の活動間隔というのを出す方法があります。実際に多く行われているものを比べると、そう大きな違いはないというところになって、平均的な繰り返し間隔や平均的な頻度というのは、そうやってかなりいいデータが集まっている。だからこそ地震調査研究推進本部は、ポアソン過程と BPT 分布モデルで計算している。

ただ最後に動いたのはいつかというのは、トレンチで、上のほうの地層の情報が重要になるわけですが、地表に近い地層は、耕作等の人的な地層の擾乱というので、こっちを見つけるのがなかなか難しいので、リスクに確率をとるように、条件つき確率を求められると、かなり難しいところが多いのではないかと思います。

E3: 条件つき確率というと？

E6: 平均活動間隔と、最後の地震からの経過時間で、ポアソン過程よりももう少し個々の活断層の実態にそつて確率を求めて、リスクに持つて行こうという場合にはなかなか難しい。

E3: そのときに、少しお聞きしたいのは、発生頻度が高いものはしっかり調査をする。先ほど先生がおっしゃつたのですけれども、発生頻度が低いものは、この程度でいいよね、調査をこの程度しておきましょうというような判断はなされないでしょうか。

E6: 最近個々の発電所を止めています、全体で見ればマイナーな活断層を調べるのは、研究的には面白くないですね。何か目的があり、これは重要だというような、原子力発電所のマイナーな断層が知りたいのだと言えば、それは面白いかもしれないけれども、地形学的には、やはり大きな断層、立派な地震を調べたほうがいいので。お答えできるのは、調査の事例が少ないから、マイナーな断層はどこまで調べれば、どれだけ言えるかというほど、たまっていないのだということです。破碎帯というのを、活断層の人が一番近いから一生懸命議論したり考えたりしていると思いますが、

活断層かどうかを考えるような破碎帯の研究がどれだけ文献にあるかという点、ほとんどない。

土屋：ある意味、手さぐりですか。

E1：費用対効果の問題もある。B級やC級の活断層についてこのぐらいの労力でやって、きちんと結果が出てくれればいいけれども、それが出てこなかった日には、研究者としては結構大変なのですよね。したがって、やはりB級やC級の活断層の評価はなかなか難しいだろうなという気がします。

E6：電力会社などがトレンチをするという場合には、ものすごくお金をかけて、コンサルの人に頼んで、きちんとして、ここ（鹿島断層）で使っていたものの二桁上と聞いています。ここは軽い感じでやっているのですよね。お金はそんなににかかっていないのですが、それでも、原子力発電所のために変動地形を研究しているわけではないというのも、片方ではあるわけです。しかし、そういう先生方に頼んで会議に出てもらっているときには、それ相応のリスペクトは必要ではないかと思えます。少し余計なこともしましたが。

2. 3 専門家間の議論は可能か

土屋：先生は、いろいろな先生方を集められて、意見を聞かれる試みもやっておられるわけですが、その難しさというのは、単に意見がばらばらということでしょうか。結論はどうやって出すのかというのは、どうされたのでしょうか。

E6：これは、いろいろなところで時々話をさせてもらっているところですが、JNESの研究費をいただいて、5人の先生に集まっていたいただいて、活断層のいろいろな評価についての意見分布というのをやったことがあります。

難しさというのは、まず「あの先生とは一緒に座りたくない」という、どこの幼稚園の遠足ですかというのがあります。おかしいとは思っただけけれども、現実としてあるのですよ。

もう一つは、これまで研究を続けておられるので、ある程度言うことがわかる。それは何百人もいるわけではない。変動地形学者の数を数えたら21人だと言われているわけですから、それまでの論文や言動を見ればわかっていることなのです。したがって、それぞれの先生は自分が偏っているとは思っていないのだとしても、公平な席を設けるとすれば、いろいろな意見の人を募ってくることもできるし、逆に偏った意見の人を集めるということもできます。こんなことを考え出したときに、本当に土屋さんが考えておられるようなリスクコミュニケーションや、公平な委員会というのができるかどうかはわかりません。

意見を求めたあと、ここにあるように、白と言う人もいれば黒と言う人もいるし、五分五分だと言う人もいるわけです。あえて答えるとすれば、取りまとめの人を公平な人にして、その人の意見を信頼するということですかね。しかし、それをなし得る方が誰か、わかりませんが。これは単に足し算して平均を取っても、あまり意味がないような気もするのですよ。ここは考えどころではないかと思いますが、私は1回こういうことに散々懲りました。つけ加えると、二度とやらない。友達が減りましたから。

土屋：他の先生もご経験があるのではないかと。

E3：今、土屋さんが質問されたのですけれども、「結論はどうなったのですか」と言われましたよね。

こういういろいろな専門家を集めて、最後にどういうアウトプットを出すべきかというような、コンセンサスというか、皆が納得する取り決めがあって議論あるいは意見を出してもらおうというわけですね。

そうすると、別に答えはいくつあってもかまわないわけです。それをどう料理するかは別問題で、まずコミュニティ分布を評価する。専門家の意見分布と言われましたけれども、それを見せることが大事であって、そこからどういうふうに結論を、あるいは、どういう意思決定をしていくかというのは、また別の話なのです。先生がやられたプロジェクトに対しては、一定の結論をだすまではたぶん要求されていないと思うのですけれども。そこはどうなのですか。専門家の意見分布を出すまでで終わる、というふうに思うのですけれども。

E6 : JNES や原子力学会の手順書では、集めた専門家の人は、自分の意見を言うのではなくて、自分が所属しているコミュニティでは、この問題に対してどんな意見分布かというはず。ただ、この試行では、自分の意見とコミュニティの分布というのをそれぞれ出してもらって、違う人もいれば同じ人もいるという場合があります。

また、手順書には、取りまとめの人が見て数値を決めるというようなこともあって、その取りまとめの人が議論に関わっているその分野の人なのか、それとも、もっと大きな全体を統括する人が決めるのかというようなところで、手順や思いは変わるのかと思います。

E3 : そのときに、アウトプットとして何が要求されているかということが重要です。いろいろな意見が複数あります、5人いて、こう分布していると。そこでとどめておいて僕はいいと思うのですけれども。そこから先、何か一つに結論を導こうとすると、バトルが始まるというか、そんなふうになってくるような気がする。意見を出すだけに終始するというのが目的としたほうが、すごくストレスもないし、いいように思うのですけれども、いかがでしょうか。

土屋 : 一応アメリカの原子力規制委員会がやっている手法だと、一つの会議ではないけれども、意見分布を反映した評価をするということをやっているように思います。ただ、さっきおっしゃったように、足して割る算すればいいみたいな話よりも、むしろこういう違いが出てきたので、もう1回議論しましょう。何度も繰り返し議論をして、可能性の高いものはこれ、少し可能性があるのはこれというふうな感じで、地震のハザードを考えるというような手順をつくっていくように思います。先ほどおっしゃったように、誰が取りまとめをするかというのは、かなり大きな問題だと思います。

2. 4 自治体での取り組みと悩み、疑問

土屋 : 少しここで自治体の皆さんにお聞きしたいと思います。今、いろいろな専門家を集めるのは結構難しいのですというお話があり、それから、アメリカの原子力規制委員会も、どういう専門家を集めるのか、選択基準については、専門性だけではなくて、コミュニケーション能力がある人でないと駄目というのもある、あるいは、こういう会議に時間をかけてくださる意思があるかどうかというのも選択基準というのがあったのですが、各自治体では、どういうふうにして専門家の方々を選んでいらっしゃるのか。それから、何かお悩みが書いてあるので難しいのかなと想像しますが、専門家の方々の議論というのは、うまく噛み合っているのでしょうか。少しご意見をいただきたいなと思うのですが。

G1：私達の県でも、防災・原子力学術会議というのを組織していて、そこに原子力分科会というのと、地震・火山分科会というのと、津波分科会というのがあります、その委員の先生方がいます。この先生が一番、という感じで委員をお願いしています。

お聞きして少し思ったのが、あのようなトレンチがあるとすると、我々がテレビや新聞で見るのは、原子力規制委員会の島崎先生がああいうところに入って、断層かどうかということを確認されるというのが、今、我々の直面していることで、いつあれが地元へ来るのかなという感じですね。すでに来られた地域もあると思うのですけれども。そのとき 21 人いらっしゃるといふ変動地形学者さんというのがあって、それはどう関わっているのかなというのがある。すごく素朴に思ったのですが、おそらく私の知らないなりに、イメージとしては、地形図やいろいろ調査を含めて、どこにありそうかというのを見つけ、かつ、そこを掘ってみて確認するのが変動地形学者さんで、あったところがわかった後、それがどのように動くか、それはどう影響するかというのは、また違う人たち、地震学者さんなどにどのあたりでわかれているのか。どこにあるか確認する方と、あることを前提に、どう動くかなどという方で、分かれるような気がするのです。

それについて教えてほしいのと、そういう方々、専門家が、それぞれ原子力規制委員会で実際に審査や、活断層調査にどのように関わっているのか。たとえば、島崎先生は変動地形学者さんではないとは思いますが、どのような専門家の方々がどのように評価に関わっておられるのかを教えてください、イメージしやすいかなと思っています。

土屋：まず 21 人から。

E6：21 という数字に本当に意味があるかどうかはわかりませんが、変動地形学者も別に免許があるわけではないので、誰でも本を読めば、そう言えるのかもしれませんが。真面目に言うと、日本中の写真を渡されて、どの写真に活断層が入っているか。入っていない写真も何万枚もあるものを渡されて、一生懸命判読して、地形図に線を引ける人が一流の変動地形学者だと思います。「この写真に変動地形が入っていますよ」と言って渡されて読めるのが、それに続く人。「絶対この中には入っているのだ」と言われて、見て引ける人が、それに続く人です。それにまた、赤い線が引いてあるものを見て、なんで赤い線が引いてあるかと理由が言えるのが、またそれに続く人というので、レベルがあるのだと思います。

今の原子力規制委員会に関わっていらっしゃる先生方は、いろいろな反省のもとに学会に推薦を求めて選ばれた人たちですから、この点について疑いを持つ必要は全くなく、正当な議論がなされているというふうに考えています。

変動地形学者の人は、さっきも言ったように、原発のために研究しているわけではなく、その地域が、どんなふうに地形が変わってきて、今、人が住んでいるかという自然地理の分野に入っているので、変動地形の論文を書いたときには、「ここに断層がありますよ。しかし、こっちは川の崖ですよ。ここに人が住んでいるのは、いつの時代につくられた地形に住んでいるのですよ」ということを示します。活断層の部分については、30 年前、私がまだ学生の頃には牧歌的で、長さが 20 キロなので、松田式にやれば、もしここで地震が起これば M7.0 の地震ですよというので終了だったので。

一方、地震学のほうでパラメーターがほしいというときには、どこに断層があって、平均すると

どれくらい、何年にいっぺんで動くというというような形で、もともとの変動地形を超えたところで「頑張ってください」と言われて一生懸命調査をしたりしています。地震学の人たちとの間には少し隙間があるのです。実際の地形から地震動を計算するために、パラメーターをつくったりするところは。そこの隙間を、もっと協力をしなくてはいけないのですが、これはいろいろな本にも書いてありますけれども、そういう文化や下地がまだ少し足りていないのではないかと思います。答えになっているかはわかりませんが。

G1: ありがとうございます。活断層の有無につきまして、原子力安全・保安院の時代から、かなりシビアにやっていく地域があって、そこは、いろいろな専門家の方々の、地域ごとにチームがあって、やられていたのかなというふうに思っているのですけれども、そこに該当しないところの地域については、淡々と規制基準の適合性審査を出して、活断層調査をしているのです。そこで審査しているのは、本当に専門家と思われるのは島崎先生くらいで、ほかは、いわゆる審査官、役所側、という構図です。我々も毎回 You tube を見ているのですけれども、実は、その役所の人は、先生が厳しく研究されたような、変動地形学の知識をもって見ているのですよと、そういう話だと安心するのですけれども、役所の人はどこまで見ているのかという話まであるのです。

たとえば、志賀や敦賀などは、いろいろな有名な先生方が見られているし、そうではないところは、島崎先生がいらっしゃって、あとは役所の人、という感じなので、そこら辺が、どんな感じの方がやっているのかなと、疑問に思います。

E2: 昔と違って、原子力規制委員会になってからは、規制委員と規制庁、また JNES というところが統合されて、そこは基盤グループで専門的なところがあるかもしれない。それから、審査する側にも、その専門家という話でなくても、レベルはたぶん違うと思うのですけれども、地震にしる、断層にしる、最近の規制庁はいろいろとそういう人を雇っていますよね。そういう人が今やっていると思うのですけれども。

したがって、もう今は、そのガイドラインや、昔に比べれば、手引きなどがありましたけれども、それ以上に事細かく、イエス・ノーではないのですけれども、これはやっている、やっていないという、見ていると非常に機械的な作業ですね。そういう意味では、そのガイドラインの善し悪しという事で決まっているような気がします。

それと今、問題になっているのは、どっちかという、断層で議論しているサイトかと思うのですけれども、これは活断層か、そうではないかという議論では、あまりないような気がする。もう結構それはバックチェックでやられました。今、議論があるのは、連動するかどうかという話や、敷地内断層の話など、そういうところですね。全部優秀というわけではないのですけれども、審査側というのはそういう状況なので、非常に専門家の中でも、見ている人も本当に違和感がないと思っているのではないかと。

土屋: ありがとうございます。実態をぜひ。

E5: 今の大きな問題は、一つは、原子力規制庁、原子力規制委員会が何かを判断する判断基準を明確にしていないこと。これは非常に大きな問題で、それで何かを判断しようとしているのですけれども、それは今全てのところで非常に問題があります。判断基準をオープンにして、「こういうことで判断しましょう」ということを明確にすれば、それで対応していただくのでいいのではないかと。

それが一つ大きなことだと思います。

もう一つは、断層の問題について言えば、原子力規制委員会で専門の会社をつくって議論をしていくのもありなのです。あるところの断層問題を議論するのに、一方からはこういう議論をしたいといったことに対して、やはりもっと真摯に議論をする必要があるのではないかと思います。学会では、日本だとケンカすることはほとんどありませんが、意見の相違があって、私の大学の先生などはしょっちゅう議論しています。違いが明確にありますから。そういうのはもう議論しないといけないのです。

そういうところを原子力規制委員会の中で、本当に議論を十分にしているか。アメリカの学会では、本当に罵倒するぐらい議論をします。日本はあまりそういうことがないのですが、いわゆる議論をして、お互いのおかしいところをおかしいと言い合うことは、本当は必要なのだと思うのですよ。それは、それで結論が出るわけではないです。結論を出すのは誰か。結論を出すのは規制委員なのです。それは、そういう判断をして、規制委員はこういうことで、こういう議論の結果、こうだと明確にすればいいわけですから。

普通の発電所の場合でも、我々の意見を聞いて、誰が決定するか。発電所を運営している経営者などが判断をするわけです。それは責任を取るわけですから。責任をどう取ろうと、我々学問のところで議論をすることは基本的に違うわけです。学のところの議論はいろいろな考え方があります。

原子力学会でも、たとえば地震動がどれだけになるか、リスク評価するとき、幅広く意見を全て吸い上げることで、判断をするのが非常に難しいです。リスク評価の場合は、なるべく広く、いろいろな意見を吸い上げて、波をつくっていく。それこそ不確定さが非常に大きいのですが、ただ、幅広く議論ができる、幅広く評価できるようになっています。

我々は学としてそれをやって提示をして、判断するのは誰かというのは、たとえば、この場合は規制委員会だと思うのですが、そういう場合の判断基準が明確になっていないというのがやはり大きな問題である。それと、そういう判断を自分で下すということが本来は必要なのですが、そこを明確にしていないような気がします。議論を尽くして判断をする。それが今の世の中の断層問題の大きな点になっているのではないかというふうに思います。

土屋：「我が自治体では、幅広く、がっちり議論をしています」という自治体さんがいらっしゃれば、ぜひ事例をご紹介いただければと思いますが、いかがですか。あとは、幅広く意見を求めるために、こんな選定をしました、こういうことに気をつけていますなど、ありませんか。ぜひアドバイスを私たちにいただきたいのですが。

G4：非常に答えづらいのですが、一例としてお聞き願えたらと思うのですが、私どものところは、ここにご参加の先生に顧問にご就任いただいているのですが、いわゆるお答えいただくなど、そういうふうな位置づけにいたしませんでして、あくまでも知事が判断する上でアドバイスをいただくという位置づけで顧問に就任していただいております。

土屋：判断は知事が。

G4：はい。どういうふうを選定したかという、私も古い話はわからないのですが、やはり現実問題としてお願いのときには、前任の先生であることや、やはり国や他の自治体さんの顧問に就任の経験がある、あるいは現在顧問になっている先生方のご意見をお聞きして判断しているのが

実情でございます。

土屋：ありがとうございます。他の自治体さんから何かご意見はありませんか。

G5：意見ではないのですけれども、私どもの県には技術委員会という組織があります。出発は電力の検査データ改ざんなど不正問題で、技術委員会を立ち上げました。そのときは、やはりリスク的な議論が職員等ではできませんので、理解も低いということで、やはり知事の判断、市町村長もその会の会合の内容を把握しながら、それぞれの判断の材料にしたと。

その後、地震がありまして、さらに、地震・地盤の小委員会と、やはり建物が揺すられているということで、耐震安全評価の2つの小委員会がつくられて、その委員会に伴って地震後の再稼働について議論するという動きがありました。今、福島で、検証は終わっていないということで、また、それに関しての議論を、ワーキングを立ち上げてやっているのですけれども、なかなか先生方もお忙しい中、毎月のように会合をしています。

土屋：毎月ですか。

G5：3か月にいっぺん、おおもとの技術委員会をやって、その合間に数人の先生方でワーキングをつくって、事業者の考え方など、疑問をどんどん解決していくということで、まだ長丁場でありますけれども。

委員さんの選定につきましては、県の意向ということで、我々市町村は関与していません。どういう人選なのかというのは、少しわかりませんが、各方面の先生方に声をかけられました。

ただ、そこで、結論というものは、なかなか踏み出せないのが、先ほどもありましたように、こういう考え方というようなまとめ方で、最終的には1個の大枠にするのですけれども、こういう考え方があるというものを示して、まとめていくというような状況です。

土屋：違う意見があっても、それは、そういうことで扱われるということですね。他の自治体さんはいかがですか？

G3：人選的なものは、他県さんが先ほどおっしゃったようなことと大体同じだと認識しています。それから、何かを決定するというものではなくて、やはり知事が意見を伺うという位置づけです。中立的な委員を選んでいるのかというのは、よく慎重派の方からきかれることなのですが、そこは、選んでいると認識しています。

土屋：ありがとうございました。私の参考資料のほうは、今日はお話しないのですけれども、日本だと、公明正大で、清廉潔白な専門家がいて、その人を選んで議論すれば、公正な、中立的な意見にまとまるというふうに、なんとなく思われているかもしれません。

海外では、専門家といえども利益相反もあるし、個人的な価値観もあるし、いろいろバイアスもあるということを前提に、いろいろな方たちを議論に参加させなければいけないというふうに仕組みをつくっている。そこが少し違います。日本は、聖人君子が集まらないといけないみたいな議論の場の設計なので、難しいかなと思います。

2. 5 リスクと不確実性を議論するには

土屋：自治体の皆さんからいただいたご質問の中には、理学と工学の対立というのをおっしゃって

た方が多かったのですが、専門家からは「そうでもないんじゃないですか、議論はできるんじゃないですか」というご意見がきています。何か、理学と工学の議論で困っておられるようなことや、理学系の先生からご意見はありますか？

E1：先ほどのリスク論の話は、私も全く同感です。ここのフォーラムでも、何度か意見があったのですが、今の議論では、ベネフィットの議論が何もしなされていないのです。原子力発電所があることによって、どういうベネフィットがあるのか、ということを中心に議論した上で、ほかの発電施設のリスクとベネフィットと比べて、どちらがいいのかという議論をしないといけないはずなのです。それがされていないのは一つの問題だと思う。これはすごく難しいから、私はこのフォーラムで、この議論をしてくれ、というふうに、土屋さんにお願いをしたのだけれども、結局やはり難しいということで、とどまっているというのがあります。

もう一つは、先ほどの議論にもあったのですが、活断層があるか、ないかというのは、0か1かの議論になってしまっているのです。我々は地震のときもそうなのだけれども、地震が起こるか、起こらないかという0か1かの判断を求められるのだけれども、それは不可能です。やはり確率をもって議論をしなければいけなくて、活断層に関しても、非常に慎重に考えて推察してみれば、ないとは言えない。ないことを証明するのは、すごく難しいので、結局、慎重な方々は、「いや、否定できない」という形でもって、1の側に立ってしまう。理学の人は結構そういう人が多いので、工学の皆さんと、そういうリスク論で話をされる人たちと、なかなか噛み合わない人が一方ではいます。それは認めます。

しかし理学の人たちの中でも、やはりリスクの考え方は重要だ、と考える人はいます。そうすると今度は、理学屋さんはベネフィットに対する知識を大体持っていませんから、その辺で、なかなか議論は噛み合わないのです。きちんとそういうことの議論ができる場というのが、やはり必要だったろうなとは思いました。

何度も言いますが、0か1かで理学屋に答えを求めたら、絶対にああいいう状況になります。しかし、「答えが0か1かじゃなくていいんだよ」と言っていれば、理学屋も、精神的にはものすごく楽になりますし、もう少し健全な議論ができると思うのです。リスクとベネフィットでもって議論しない限り、どうしても社会は0か1かを求めてしまうので、そうすると、理学の方の中でも、非常に頑なな方との議論は、なかなか難しいことになります。

先ほど土屋さんがおっしゃったように、両方の立場でもって議論すればいいというのは、全くそうだけれども、アウトプットとして0か1かということを求められたら、それは絶対にまとまらないです。しかしアウトプットとして、0.1か、0.2か、0.3か、0.4か、そのぐらいの議論をなさないとわれれば、たぶんアウトプットは出せると思います。そこら辺は、理学屋の言い訳になってしまうのかもしれないけれども、そういうふうに我々に問いかけていただきたいというのは、理学屋の切なる希望です。

土屋：ありがとうございます。地震学の先生はこれで退席されるので、もし、何かご質問があれば、私のほうに連絡していただければ回答をお戻しできると思います。ぜひよろしくお願いたします。

もう少しだけ議論を続けたいと思います。まずは、いろいろな方から、「議論の場が必要」というふうにはなっていますが。おそらく規制委員会の審議の場は、皆さんが思っているような議論の

場になかなかないのかなというふうに思うのです。どんなふうにしたら、何を改善すればいいのですか。

E1：どなたかにベネフィットの議論をしていただきたいということがあるのです。福島にしろ、新潟にしろ、なぜ東北電力の管轄内で、東京電力のためにやらなければいけないのだろうか。すごく疑問に思っている方が多いと思うのです。そういうことも含めて、ベネフィットがどのくらいあるのかということを中心に説明していただかないと、なかなか議論も噛み合わないだろうと思うのです。

土屋：リスクコミュニケーションの原則に、リスクというのは、そもそもベネフィットがあるから取るのであって、「ベネフィットがわからないリスクを受け入れよ」と言っても、社会は全く受け入れられないというものがあります。

E1：私は、ここで最初に言ったのですけれども、一切ベネフィットがないのであれば、原子力発電所はやめればいいのです。それは、ものすごく簡単な話なのです。しかし、ベネフィットがあるからこそ、継続しようとしている人たちがいるわけです。そのベネフィットが、なかなか表へ出てこないから、議論が噛み合わない。やはりそれはすごく不毛だと思うので、ぜひどこかの場でやっていただければと思います。

E5：これまでも、多くの方がベネフィットの議論をしようとしたと、私は聞いていますけれども、国はそれをなかなかやりたがらなくて、やらないでいるのです。それは、原子力を利用することのリスクとベネフィットがある一方で、原子力を利用しないことのリスクとベネフィットがある。お互いの議論を戦わせなければいけないという問題と、ベネフィットとしてコスト面の話が必ず出てくるからです。コストの話は避けたいということでしょう。

先ほどコストの話がありましたけれども、どれぐらいの費用がかかるのかという話になると、なかなかデータが出てこないというか、出したくないのだと思います。そういうことで、なかなか本質的なベネフィットの議論にならないということで、たぶん議論にいかないのだと思います。また、社会的にどれぐらいのベネフィットがあるかというのは非常に難しい問題です。原子力の場合は、対象範囲が広く、社会的なベネフィットと社会的なリスクがどれだけあるのかというのを定量的に合意を得るように測ることがなかなかできていなくて、リスクとベネフィットの議論がなかなかできないのだと思います。それで、コスト論にいかなくてもいいリスク論だけになってしまう。

本当は、リスクに対して、リスクを低減するために、どれだけのお金を投入するかという問題が、もう一つあるわけです。その議論がなかなかできないと、リスクヘッジをどうするかを議論できない。本当は、もう一つ、リスクヘッジを知りたいわけです。たとえば「防潮堤、どれだけ高くなりますか」というのは、ヘッジのリスクがあるのです。リスクに対するヘッジは、ベネフィットとリスクのヘッジにあわせて、どうするかという議論をしていかなければ、本当はいけないのですが、その議論をきちんとしていないというのは、我々は、これから声をかけてやっていかなければいけないところではないか。アメリカは、そういうところは日常的に議論しています。

土屋：具体的に、どんなふうに行っているのですか。

E5：要するにアメリカの場合は、安全策を取るには、リスクはもちろん、ヘッジにお金がどれぐらいかかるかという、コスト評価をします。あまりにも高過ぎて、ベネフィットと比べてバランスが

とれない場合は、この安全策を取らなくて、別の安全策で、リスクをどれぐらい下げるかという議論になる。そういうことで、あまりにもお金をかけ過ぎて、その安全策を取らない、そちらのベネフィットも取らないという答えを出していく。やはり住民と話をしながら、そういうことを決めていくことをしなければいけない。

今の日本は、そういうことが欠けているので、住民とリスクで話ができるようになるのが一番いいのではないかと考えています。それは、私たちがこれからやっていかなければいけない。今、提案しているのですけれども、なかなか踏み込んでいないのですが。地元とリスクの話ができるようにするのが、本当は一番いい。国全体でリスクの話をして、なかなか進んでいないということだというふうに思います。

土屋：そういうときに、先ほどの想定を超える場合や、超えたらどんなことがあるのか。その対策として、どのぐらいのコストをかけて動かすのかというところまで、きちんと話すべきだということですね。住民と議論をするというのは、私も試みてはいますが、なかなか大変なところなので。

何か、最後にこれは言っておきたいという方がいらっしゃれば。今日は、結論が出なくて、うしろで聞いておられた方も、ご意見があると思うのですが、お2人限定で、ご意見があれば、ぜひお願いします。

A1：変動地形学の先生に、そして今日の議論の中であった、300mか2kmかの話は、私にも関係するので、他の先生にも聞きたいのですが。原発の具体的な個別サイドの断層の議論だと、やはり利害があって難しいです。

私は、12月1日に、11月22日の長野の白馬村の地震のときに出た地表地震断層を見に行ってきました。雪が降ってしまうと見えなくなりますから、雪が降らないうちにということで見に行きました。事前に活断層を詳細に調べた地域だという、お話がありましたが、あれが想定したところとどれぐらい違って地震断層が出たのかを確認すれば、地震断層に対する知識の検証ができるのではないかと思いました。12月1日の朝8時に行ったら、もう変動地形学のグループが測量しているのです。「雪が降るとわからなくなるから、急いでやっているんだ」ということで、そういう時間から調査しているのを見てきました。

たとえばああいう問題（2014.11.22 神城断層地震で出現した地表地震断層）を、いろいろな関係者が検証して、現在の知識レベルを明らかにするみたいなことがないと、なかなか一般には信用されないのではないかと。長野の現場であれば、あまり利益相反に関わりなく、今の知識が検証できるのではないかとこのように思いましたので、その是非が聞きたくて発言させていただきました。

E6：おっしゃる通りで、地表地震断層の出現と、その計測のデータというのは、たくさん事例があるわけではないですが、今まで趣味で活断層や地表変位を調べていたのに、ある目的を持って、こういったことを知りたい、どこまで言えるのかをわかりたいという形で見るとは重要で、神城断層を調べておられた先生方が、いずれ、そういう成果を出されるのだと思います。

そのためには、事前にここに赤い線を引いていたことを言っていた人でないとだめです。予測と結果の相違というのは、人の赤い線になんとかと言うのと、自分の赤い線がこうだったと言うのは、また少し違いますよね。この辺をきちんと読み解けるようなデータというか、それを活用しようと

いう人は、そういうところに注意をして、自分の目的に合うように判断してほしいというふうに思っております。

おっしゃる通り、あのデータで検証する。例えば、今度は、地震学の人たちから言えば、ある断層の精一杯の活動ではなかった、つまり、最大規模の地震ではなくて、もっと小さい規模の地震で浅いところだけが割れたのだなどということがあります。原子力発電所の中で、この断層がたくさん割れたらというような条件とは少し異なるところがあります。それは別にしても、十分にそのデータはやはり活用すべきだというふうに思います。

E4: 土木学会の調査団も現場に行っています。もともと神城断層として引いてあったところから、ほとんど離れていないところにしか出ていなかったと聞いています。もう少しきちんと測量をして、離れたところでも、有意な変形が出ているというきちんとしたデータが出てくれば、貴重だとは思いますが。ただ、構造物にどれだけの影響が出るのかという面では、構造物が少なかったため、検討が難しいですね。地形には影響が出ましたけれども、構造物に与える被害はなかったと聞いています。

A1: 被害が少ないことに驚きました。

E4: しかし、構造物がたくさんあるところでないと被害が出ないとは言えないでしょう。90cm というのは結構大きい変位だと思いますので、もし構造物があれば被害は出ると思います。

A1: 住宅の被害は、中越地震、中越沖地震に比べても、すごく少なかったというのが印象的です。

E4: 実は、住宅は被害を受けにくいです。たとえば先ほどのスライドに出ていた、野島断層の真上にあつた家にはなんの被害も出ていませんでした。むしろ固い構造物のほうが、実は影響が大きくなる傾向があります。今回は、そういう大規模で剛な構造物が立地していなかったため、その検証はできなかったと思います。

土屋: ありがとうございます。では、もう1人、ぜひというご質問があれば、いかがですか。よろしいでしょうか。

今日は、まとまりのない会になりましたが。自治体の皆さんは、日頃の疑問が少しでも解消できたでしょうか。アンケートに率直なご意見をお願いいたします。予想外に時間がかかってしまったので、私は反省しております。

もう一つ、このプロジェクトでの地震・津波に対するフォーラムは終わりなのですが、なぜ議論ができないのか、何が一番このリスクの問題について障害だとお考えなのかについて、ご意見をお聞かせいただければありがたいなと思っています。それを、報告書のほうに出して、こういう議論は試みたのだけれども、そもそも、もっと違うところに大きな問題があつてというようなことがあるのではないかと、示すこともあるかと思っています。

先ほどのベネフィットの話ですが、そもそも原子力発電所をなぜ使うのかという根本的なところの議論なしに、再稼働という話になっているということも、大きな問題かもしれませんし、規制庁にプロフェSSIONALがいらないというのも問題かもしれません。いろいろ問題があると思うので、ぜひお聞かせいただければと思います。今日は、どうもありがとうございました。