

発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる
新安全設計基準に関する検討チーム

第3回会合

平成24年12月7日（金）

原子力規制委員会

（注：この議事録の発言内容については、発言者のチェックを受けたものではありません。）

発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新安全設計基準に関する

検討チーム

第3回会合 議事録

1. 日時

平成24年12月7日（金）10:00～12:30

2. 場所

原子力規制委員会（六本木ファーストビル13階）A会議室

3. 出席者

（原子力規制委員会 担当委員）

島崎 邦彦 原子力規制委員会委員長代理

（外部有識者）

釜江 克宏 国立大学法人京都大学原子炉実験所附属安全原子力システム研究センター 教授

鈴木 康弘 国立大学法人名古屋大学減災連携研究センター 教授

高田 毅士 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科 教授

谷 和夫 独立行政法人防災科学技術研究所減災実験研究領域兵庫耐震工学研究センター 研究員

谷岡 勇市郎 国立大学法人北海道大学理学研究院地震火山研究観測センター 教授

徳山 英一 国立大学法人高知大学海洋コア総合研究センター センター長

中井 正一 国立大学法人千葉大学大学院工学研究科 教授

平石 哲也 国立大学法人京都大学防災研究所附属流域災害研究センター 教授

藤原 広行 独立行政法人防災科学技術研究所社会防災システム研究領域 領域長

和田 章 国立大学法人東京工業大学 名誉教授

（原子力規制庁）

名雪 哲夫 審議官

（独立行政法人原子力安全基盤機構）

高松 直丘 耐震安全部 次長

ではない。あくまでも目標であって、さらに低くすることが我々に求められているというのが、基本的な考えです。それはちょっと確認しておきたいと思います。どうぞ。

○高田教授 高田ですけれども。要するに、電力事業者がより安全なものを求めるということに対しては、それをどんどん、やはり我々としてはエンカレッジしなければいけない、そういうふうな規制にすべきであるというのは、これは全くそのとおりです。

ただし、今、結構議論がちょっと混乱したり、うまく議論ができないのは何かといいますと、要するに、島崎先生が言われたように、どれくらい安全かどうかというようなことを我々が今議論をしたりしているんですね、そういうことも考えながら。それはもう既にこのシビアアクシデントのほうで、安全目標、これくらいを目標にしましょうよねというのは、もう一方で決まっているんですよ。

あるいは、それぐらいを見ておけば、原子力プラントの経済性だとか、費用と便益というんですかね、安全性と便益、リスクとベネフィットというような、当然そういう関係があるわけですから、こういう施設は、これぐらいを見ておきましょうよと、安全性はこれぐらいのレベルにしておきましょうよと決まったもとの、外力をどういうふうに決め、プラントをどういうふうに設計するかと。こういうふうな、まさに工学的意思決定の問題なんですよ。

そこをちょっと理解していただかないと、ここでこれぐらい安全水準を高くしましょう、もっと高いほうがいい、もうちょっと低くてもいいよというような議論をする場ではないんです、ここは。ここはもう既に安全目標は与えられているんですよ。その中で、どこでクライテリアを決めていきたいと思いますか、どういう安全確保の考え方があるかをここで議論をするということだと、私はそういうふうに認識しております。

○島崎委員 実は、安全目標はまだ決まっていないんです。ですから、ここでの議論もやはり安全目標の議論に、お互い関連していくというのが現状です。

○高田教授 そういうときには、やはりこれは、私の意見は、「安全目標の議論をしています」とか、何かちょっと区別して発言していただかないと、いろいろなものが混在した形で議論をすることになりますので、非常にいい議論ができなくなってしまうような気がしております。

○島崎委員 いろいろあるんですが、津波に関してはこれからも多分、御意見をいただくことになると思いますけれども、今日は地震関係の方もたくさんいらして……。

ごめんなさい、どうぞ先に。

○藤原領域長 地震動のところ、5ページの四角の中に囲まれている2項目めの中の言葉遣いで、ちょっと気になったところがありまして。この不確かさの扱い、今後、地震動のところの安全基準を定めるに当たっても、この不確かさをどう扱うかということが非常に重要になろうかと思っていて。

ここで「不確かさ（ばらつき）」と限定されているのは、これは今後の議論をすごく限定してしまうのではないのかという危惧がありまして、できれば「各種の不確かさを考慮して」とかというふうな形にしておいていただく。

これはなぜかといいますと、不確かさは、もう本当に自然現象として、ばらつきとして捉えられるような不確かさだけではなくて、認識論的な不確かさとか、あるいは、我々が持っているこのモデルや、そういった知見のもう至らぬところから生じる限界、そういったものも含めて今後議論をする必要があろうかと思えますので、ここはぜひとも、言葉のレベルですけれども、非常に重要だと思いますので。ここはまだ固まっていないんだと思うんですけれども、最初に言わせていただきました。

○島崎委員 ありがとうございます。今、実は津波の議論も続きますけれども、とりあえず地震動の議論にしたいということを……

○徳山センター長 ちょっといいですか。

○島崎委員 その前にまだありますか。どうぞ。

○徳山センター長 簡単なことなんですけれども、17ページの(4)なんですけれども、その①に「津波防護施設」と書いてあるんですけれども、「防護」だけではなくて「津波軽減施設」というのも入れていただきたいと思っておるんですけれども。今はまだ一般的には知られていませんが、津波の遡上高を軽減するような、そういう施設も世の中には考えているというか、考案している人がいるので、そういうものもこの基本的要求事項に、それを使って軽減して、さらに防護施設があるというような、そういうようなことが読み取れるような文章にさせていただきたいというお願いです。

慮ということでございますけれども、基本的要求事項については、これは旧原子力安全委員会の耐震指針の中に規定されていることを基本的要求事項として、現状このように規定しているところでございまして、これについてもさらに突っ込んだ規定とか、さらにいろんな留意点等、いろいろ御議論いただきまして、基準の中に反映することが適切なものがあれば、適宜反映させていきたいというふうに考えております。

震基3-3の四つの課題の背景、それから基準への反映において検討いただきたい点。それから、現時点での骨子案の中に、とりあえずですけれども、検討事項、それから基本的要求事項として規定させていただいているものの御紹介でございました。

以上でございます。

○島崎委員 ありがとうございます。それでは、御質問がありましたらどうぞ。

○釜江教授 ちょっとその前に、先ほど活断層ということで、私、専門ではないのですけれども、40万年以降云々という話があったのですけれども。たしか現状の手引きにもそういう、数値的にはなかったと思うのですけれども、そういう鍵層がない場合には、より古い時代に遡ってどうのこうのと、それと同じだと。「40万年」という言葉はないのですけれども、ちょっと。

○島崎委員 適用をきちんとすれば、同じ結果になります。

○釜江教授 すみません。それで本題の地震のところなのですけれども。三次元のところで、これは以前から、浜岡の駿河湾の地震とか中越の地震の起こる前から、当然そういう地下構造というのが非常に大事だということで、特にサイトも含めたサイト近傍の地下構造ですね、そういうことで、これまで地震からとれた観測記録をもとにいろいろと分析、多分それが一番だと思うのですけれども。

その後、浜岡についてはそういうことがあったということで、非常に詳細なオフセットVSPとか、非常に深いボーリングを掘られて、これは多分後で徳山委員のほうからも話があると思うのですけれども、そういうことで、今その動きが大きかったということ、地震学的にというか、シミュレーションでいろいろと。ただ、非常に高周波、少し周波数が高いということで、こういうものが、観測記録があったということの後でそれを説明するということは、いまは計算

の手法も開発されて、できていると思うのですけれども、やはり少し周波数が高いということもあって、こういう調査とともに、地震観測、そういうものがペアでいろいろとその辺の話をしていくべきではないかなと思います。

こういう測定方法も非常に高度化されていますから、ぜひ、特にこの褶曲構造が発達しているところとか、要するに東日本ですね、そういうところのサイトについては、より詳細な構造を、これまで地震観測記録のみでそういうことをやっていたところがあるのですけれども、よりそれを精度を上げるために、そういう調査は必要だと思います。

それで、今後、「どのような検討により地震波の伝播分析・検証し」とかとあるのですけれども、少なくともこういう地下構造がある程度わかれば、計算は確かにできないことはないと思うのですけれども、ただ、その精度なりなんなりというのは、何遍も申し上げますけれども、やはりそういう観測事例。ですから、事業者さんは一生懸命地震観測をされていますけれども、より稠密にそういうデータを積極的にとって、そういうもののフォローを継続的にやっていくということが、この三次元といいますか、地下構造の問題については非常に大事ではないかなと思います。

それともう一つ、サイト近傍の話で、これはまた藤原委員からいろいろ話があると思うのですけれども、地震発生層ということで、今一番問題なのは浅さ限界ということで、以前は、D10とかD90とか、微小地震の発生パターン等々からそういうものをやっていたわけですが、それにプラス、やはりそういうものだけではなくて、地震を起こす、要するに応力効果があるところから地震波が出るということで。そうすると、そういうものとの関係というのは、P波速度なり、物性ですね。そういうことで、多分、敦賀についてもいろんな調査をされて、VP層の地層構造ですね、そういうものが評価をされた上で、地震の発生状態、そこがやはり微動の観測なり評価なりというところを非常に科学的にできれば、そこは非常に大事な話だと思うのです。ただ、そこにどういう不確かさがあるのかというところが非常に重要なことなのだと思います、それをどう見るかですね。

ただ、安全性を向上するという意味で、より積極的に何かをするということ、は、全く私は否定しないのですという意味で、やはりまずは科学的な根拠で、

そういうものがきちんと評価できるのかどうか、そこがまず一番の問題ではないかなと思います。

それと、地震波の計算方法については、あまり近いところというのはまだ、そういうことを言いますとあれですけども、非常に、ああいう離散化された計算ですから、非常に問題が難しいところがあるのですが、その辺は、最近、御存じのように岩手、宮城とか、鳥取県西部とか、過去内陸で、地殻で観測記録があったりとか、ああいうものの説明を考えながら、その辺の方法の高度化もやっていく必要があるのではないかなというふうに思います。

時間がなくなりますので、これぐらいで。

○島崎委員 ありがとうございます。今お名前の挙げた方が多分、御意見を出されるのではないかと思います。よろしければどうぞ。

○徳山センター長 簡単に。私も、三次元地下探査を用いて構造を明らかにし、それでSsを計算するということが非常に重要だと思います。

それで、ここに今日資料につけていただいている3ページ目の浜岡ですけども、これは、完全な三次元ではなくて、疑似三次元で、4ページの解説のところの文章に、「三次元的な」と書いてあるのですけれども、まさにこれは三次元的、シェードウ三次元、疑似三次元、一2.5次元と言っている人もいますけれども。それでも、かなりのS波による低速度帯、これは実は、海底・河川の堆積物なのですけれども、粗い砂が結構卓越している、そういう堆積物なのです。決して、地殻の構造といって、褶曲とか断層とか、そういうものの影響ではないのですね。それで、この低速度層があるためにフォーカシングして、5号機でしたか、非常に大きな震動を受けたわけです。

このような環境に存在している原子炉は結構いっぱいあると思います。今までわからなかっただけで。それは、私、この手引きのときに参加しておったので、浜岡でこういうことがたまたま見つかりましたが、ほかの原発にもこのような異常堆積物があるというようなことが考えられるので、ぜひ三次元探査をして、S波、P波、両方ですけども、まず音波探査ですけども、して、三次元構造を把握してもらいたい。

それで、解説文でどこを変えればいいのかというと、簡単な話で、「特に」云々の、「特に」もまた問題なのですけども、「望ましい」ではなくて「把握する

こと」、そういうふうに変えればいいのですが、そこはちょっと、前回の手引きのときにそこまではちょっと言えなかったのですが、私、今までの反省を含めて、「把握すること」。だから、「不整形な地下構造が存在する場合」、これがまたちょっと全体をファジーにしてしまうかもしれませんが、これをぜひ積極的なほうに捉えて、ポジティブに捉えて、「地下構造を把握すること」にしてはいかがでしょうか。

それともう一つ。このような探査手法があるのですかというのですが、それはもう石油業界では一般的に陸上で三次元探査をしています。したがって、浜岡の場合は、オフセット vertical seismic profile を1本、1本だけではなかったかもしれませんが、ここに出していただいているのは1本ですけども、それだけではなくて、建屋の敷地とその周辺位置にレーシーバーを展開して、それで音を、発信点をいろいろ多数とることによって、建屋及びその周辺地域の地下構造。この構造の中には、当然、地層のアブノーマルな、異常堆積物及び、例えば断層の形態とか形状が全ていつもわかるとは言えませんが、イメージングできるのではと思いますので、今問題になっている原発も含めて、ぜひ三次元探査を実施して、安全性の担保を確認するということをお願いしたいと思います。

以上です。

○島崎委員 ありがとうございます。先ほどの津波でも、構造物を置いたときに遡上がどうなるかという話が出てきていますけれども、要するに、一番近いところがどうなっているかというのがキーポイントだったのですね。

だけれども、これまではなかなかデータがないので、成層的な、平面的な構造で大体話を済ませていたのがほとんどですけども、本当はここが一番キーポイントなので、ぜひ三次元構造を把握した上で、その三次元構造に基づくレスポンスまで、どの程度、堆積までいくかというのは多少問題があるかもしれませんが、ぜひやっていただくようにしたほうがいいんじゃないかと私は思っていますが。

藤原さん、どうぞ。

○藤原領域長 一つ質問と、あと、二つ意見ということで。一つ目の質問ですけども、この検討事項ということで、既にある程度限定されてしまっていた

のですが、そもそもの基準地震動を決める最初の部分で、幾つかの種類の地震に対して、検討用地震というものを選定すると。そのプロセスについての妥当性とか、そこに関しては、やはり3.11後のいろんな経験を踏まえて、ちょっと議論が必要ではないのかというふうに思っています。これはあと、また今後お願いしたいと思います。

今日のこの二つの地下構造の部分と活断層直近の部分で、それぞれについて、ちょっと私の意見を述べさせていただきます。

三次元の地下構造を考慮した地震動の評価を行うということは必須である。これはぜひともやっていただきたいというふうに思います。ただ、三次元の地下構造を、高周波のレベルまで説明できる形で、完全に決定論的に把握してシミュレーションを行うということは、現状では多分難しい。ですから、ある程度考慮できるところの三次元構造までは考慮する。しかし、できない部分については、さまざまなシミュレーションなりを援用して、そういった不確実さが残る中でどの程度上乗せをすればいいのかという検討をぜひ加えてほしいなと思います。

中越沖地震や浜岡の経験で、三次元の地下構造の影響ということが大変重要であるということがわかっていますし、古くは、兵庫県南部地震の震災のときも、その三次元の地下構造で説明されとかということも研究があって、三次元の地下構造を考慮するということが、もう常識的なことではあると思うのですけれども。

浜岡とあと中越の地下構造にも、また大きな違いがあって、中越のときの地震のときの地下構造については、事前の探査によって、もしかしたらある程度その大局を把握して、その効果を三次元シミュレーションの中で盛り込むことができるかもしれない。

ただ、浜岡の5号機に影響を及ぼしているような不均一性ですね、これを事前に適切に、この周波数特性、これも非常にバンド波の狭いところに局所的に表れるような、こんな現象について、これを事前にある特定の地点でそれを限定する評価が本当に今の時点で短期的に行えるかどうか、ここは大変疑問もある。

こういう現象があるということは、我々は知っているけれども、それを決定

論的に特定することは非常に難しいのではないのか。そういう場合に一体どういった形で安全性を評価するのかという手順づくりですね、ここを考える必要があろうかと思います。

三次元については、考慮すると。ただ、決定論的に扱える部分と、不確かさとして扱わざるを得ない部分に切り分けて、両方のアプローチでそうした影響が考慮できるような枠組みをつくる必要があろうかと思っております。

あと、2番目の活断層直近サイトの問題ですけれども、これについても、先ほど、「不確かさ（ばらつき）」というふうに書いているのは、ちょっと、それでは限定され過ぎと申しましたのは、現状の強震動の評価手法で使っているさまざまな計算手法ですね、これは、断層面を、ある種要素断層に分けて、それからの影響を重ね合わせるという、割と簡便、断層モデルを用いた方法といえども、近似手法がとられているということで、要素断層よりも距離的に近いサイトですね、数km以内、例えば1 kmとか2 km以内のサイトについては、物理モデルとして波動論的な計算手法が破綻する領域になっているということで、そんな近いところでの精度を保証する形での評価がこれまで行われてきていない方法論を用いた評価を実際行っていると。

そういう評価法は、兵庫県南部地震等で経験した内陸の活断層地震が持っている不均一さとか、破壊の特徴、そこから出る地震動の特徴を、それなりに評価するには有効で、ある程度離れたところで見れば、そういった評価法というものには十分に適用できるという、それも多くの地震でその実績は上がっていると。

ただ、それを本当の直近のサイトに近づけたときの妥当性については、まだわからないところも多いし、実際には、不均一さというふうなものが一体どの程度の大きさを持っているのか。これも遠くで見れば、それがだんだん平均化されてしまう。ただ、それが近くで、もしかしたら評価で用いている値以上の大きな不均一さを持っているかもわからない。この部分を何らかの形で考慮せざるを得ないのではないのか。

ですから、非常に一般の方の目線から見れば、もともと評価手法すら確立されていないような断層域直近に施設をつくられて、不完全な手法で安全性を審査するということが自体に問題があるというふうな議論もあろうかと思うのです。

けれども、そこはもし百歩譲って、それでも安全性を審査しなければならないというふうな基準づくりだというふうにすれば、恐らく今我々が持っている手法が破綻をしかけているようなところなので、その不確実さを何らかの形で定量的に上乗せをする。それで初めて、多くの人たちに説得できる値をつくることができるのではないのかということで、ここでは、どの程度の不確かさを上乗せすれば、少なくとも安全性を評価したと説明できるのかどうかという議論をしないと、短期的に手法を本当に改善するというのは難しいのではないのかと思っています。

本当にここ10年間で断層近傍の記録が幾つかとれています。岩手、宮城ですと、ほぼ逆断層真上でとれた記録は、深さ260mの地中ですら、時系列で加速度記録で1 Gを超えるような値にもなっている。そういう、たまたまとれた1点の記録でも、すごく大きな値、それが全てを語っているわけではないという、そういう不確実さの中に我々がいるということを考えますと、断層の本当に近いところにあるサイトについては、そういったものを十分な考慮をする方法、枠組みをさらに上乗せするということをしてほしいなと思っています。

以上です。

○島崎委員 ありがとうございます。これは、今、非常に問題になっている点で、活断層が近接している場合の、いろんな、これ以外にも問題がありますけれども、ここでは基準地震動が問題になっているわけですが。地震学というのは、もともと離れたところで地震の波をとって、それから地震の波の伝わり方と、その震源がどうなっているかというのを議論する学問であって、震源の中でいろいろ調べたということはないのですね、ある意味。外からずっと見ているので、中身がどうなっているかは問わないというのがもともとの地震学なわけです。

ですから、震源に非常に近づいてくると、我々、よくわかっていない領域なわけですね。特に不均一性がどうなっているのか。結局、モーメントレートがきいてくるわけですね。しかもそれが距離の逆数に比例するわけですから、 $1/R$ できいてくるので、近づけば近づくほど、まさに周りの本当に近いものだけが見えるような状況になるわけで、その見えるものがどうなっているかというのは、それこそ個々に、我々はまるっきり知らない。それを平均化したも

の、あるいは全体像はよくわかっているのですけれども。そういう意味で、未知の領域に入ってくると思っています。

ですから、ちょっと離れていれば、結構それなりに近似的にうまい解が出るのだけれども、近づけば近づくほど物が見えないというか、ローカルなものがまさにきいてしまうという領域になるので、それについては、活断層で時々表面に出てくるところを見て、どうなっているのかというのは見えますけれども、それ以上は、地下でどうなっているのかは実はわかっていない。

こういうときに、適切な手法を用いて考慮すべきということが、実は適切な手法がないのですね。

はい、どうぞ。

○和田名誉教授 もともとエンジニアリングは全部わかってからやるのではなくて、例えば万里の長城でも、それから東大寺の大仏だって、何も学問がなくてつくっていたのだから、人間が物をつくるというのはある程度許されるのでしょうけれども、今、島崎先生や藤原先生が話されていたような、まだわかっていないことをやっているのだという心が大切だなと、私自身、全く同感します。

それで、我々の場合、建築のコンクリートの壁や基礎をつくっているわけですが、全体の値段の中では10%ぐらいだと言われているのです。それを今よりもうちょっと厚くするとか、鉄筋を増やすとか、それで一遍に原子力発電所の値段が3,000億が6,000億になるわけではないわけで、壁なんかを丈夫につくるのは対応できると思うのですが、私、心配なのは、中の機器です。

前回、クレーンが外れても構わないようなお話をされていたのですが、あと、いろいろ配管の問題とか、もっと高価で、壊れると大変なものを、もっとちゃんとつくってほしいなど。その辺のクライテリアが、塑性変形しても過大な変形でなければいいとか、ちょっと甘いと思うのですけれども。

この原因には、建築物は一般的に誰でも入れますから、マンションでも事務所でも。地震が起きた後、その被害の様子がみんなに知れ渡るのですけれども、例えば石油プラントとか、大きな工場とか、三洋電機のLSIの工場とか、中で閉じていますから、一般の先生方や研究者が見に行こうと思っても、入り口でストップになってしまうのですね。