

平成28年度 原子力規制委員会 第23回会議

平成28年 7 月 27 日

10:30～12:50

原子力規制委員会庁舎 会議室 A

議事次第

- 議題 1 : 大飯発電所の地震動に係る試算の過程等について
- 議題 2 : 国立大学法人京都大学原子炉実験所の設置変更承認申請書（研究用原子炉の変更）に関する審査書案について（案）
- 議題 3 : 試験研究用等原子炉施設の新規制基準における「多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止」について（案）
- 議題 4 : 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の一部改正等、及びそれに伴う意見募集の結果について（案）
- 議題 5 : 原子力の安全に関する条約の日本国第 7 回国別報告について

○田中委員長

それでは、これより第23回原子力規制委員会を始めたいと思います。

最初の議題は「大飯発電所の地震動に係る試算の過程等について」です。

7月13日の原子力規制委員会で報告を受けた大飯発電所の地震動の試算について、先週20日の原子力規制委員会で指示した試算の詳細な過程等について、改めて事務局から説明をいただき、議論したいと思います。

まず、櫻田原子力規制部長から説明をお願いします。

○櫻田原子力規制部長

原子力規制部長、櫻田でございます。

御指示いただきました点について、資料1を用意しましたので、これを用いて説明いたします。

7月13日に報告いたしました地震動の試算結果についての試算の過程において、どのような問題があったかなどなどについて整理をさせていただきます。この7月13日の報告の資料を今回の資料の16ページ以降に参考として添付してございますので、必要に応じて御参照いただければと思います。

まず、武村式を使うことに伴う様々な問題点について御説明いたします。

今回の課題は、地震動の評価において、地震モーメントを計算することが必要になりますけれども、ここの部分を武村式を用いて計算して、あとは関西電力と同じやり方で大飯発電所の地震動を評価してみるとどうなるかと、こういう課題と認識して取り組みました。

この過程で関西電力は、地震本部が定めた「強震動予測手法レシピ」と言われてございますけれども、この手法を用いてやっております。

別紙1というのが4ページにありますけれども、これが今申し上げたレシピのフロー図であります。これは7月13日に御説明したもののの中にも入れたものなので、御記憶かと思いますが、今回やったことは、この赤丸で囲ったところ「地震モーメント M_0 （エムゼロ）」というのがありますが、これを求めることを関西電力は震源断層面積 S から入倉・三宅の式を使ってやっておりますけれども、この M_0 を求める式を武村式を使ってやると、こういう試みをしたということであります。

恐縮ですが、1ページ目の②に戻っていただきまして、まず、関西電力はどのように断層を設定したかというところから説明させていただきたいと思います。

対象となっておりますのはF0-A断層、F0-B断層、熊川断層、この3つでありまして、それを連動させるということを関西電力はやっています。その際、関西電力は、それぞれの断層長さを既存の文献にあるよりも長く設定した上で連動させるということにして、長さ全体を63.4キロメートルというふうにしております。

このあたりを少し御説明したいのですが、5ページ目を御覧ください。5ページ目に地図を載せておりますけれども、それぞれ3つの断層がどのような位置関係にあるかということで、赤く囲ってあるところの3つの断層であります。

F0-A断層については、上の四角の中に記しておりますが、今回、関西電力は約24キロメートルと評価をしておりますが、既往の文献では約18キロメートル、海上保安庁あるいは活断層研究会の文献ではこのような数字であったところを、6キロメートル程度長く評価しているということでもあります。

それから、F0-B断層、これは既往の文献には記載がありませんでしたけれども、詳細な調査を行っていく段階でここにも断層があるということが判明したので、約11キロメートルの断層をここに置いて、更にF0-A断層と連動するという考慮を行ったということでもあります。

それから、熊川断層につきましては、既往の文献、活断層研究会あるいは岡田・東郷の論文などでは9キロメートルあるいは12キロメートルと設定されておりますけれども、これも詳細な調査を行って、少し長く14キロメートルということで評価をしています。

さらに、次のページにちょっと書いてございますけれども、この熊川断層とF0-A断層は少し離れておりますが、この3つの断層を全て連動するというので、次のページにあるようなモデルを設定しています。全体が63.4キロメートル、F0-A断層と熊川断層の間は約15キロメートルありますけれども、ここも、確認されていませんけれども、震源となり得るということで、ここにもアスペリティを置くというような、そういう設定をしているということでございます。

1ページ目に戻っていただきまして、(1)の②の最初の3行が今の御説明したことであります。

一方、今回は武村式を用いるということなので、武村式は断層の長さ L から地震モーメント M_0 を算出するということなので、どのような長さをここで用いるかということになるわけでありまして、武村式の論文には、その長さというものはどういうものであるべきかということが明確にされていませんけれども、この武村式(1998)の断層長さ L と M_0 の関係式は、実は松田式という別の式がありまして、これと同等であることが分かっております。この松田式というものは、地表の断層の長さ、この分野の専門的には「断層線長さ」というふうに言うこともあるようでございますが、これをもとにしているということも踏まえると、武村式を使う場合には、地表の断層の長さをを用いるのが適切であるというふうに考えられるところであります。

しかし、今回は関西電力と同じ条件でということなので、地表で確認できない長さも含む、先ほど御紹介した63.4キロメートルという長さをを用いるということにしたというのが1点目であります。

この先、レシピのフロー図に従って計算を進めていくわけですが、まず、③に書いてございますところですが、計算を進めていくと、アスペリティの総面積が震源断層の総面積より大きいという矛盾が発生したということでもあります。ここを少し解説させていただきます。

7ページ目を御覧ください。7ページ目で今回行ったことを少し書いてございますけれ

ども、赤でⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳというのがあります。その流れの中で「×（バツ）」という印がありますけれども、ここでちょっとうまくいかなかったことを示しています。そのために青で書いてあるようなやり方で変更していったと、こういうことであります。

まず、最初のところから説明しますが、次のページ、8ページを御覧いただければと思います。

断層の形状は、先ほど御紹介したように、長さ63.4キロメートル、幅も面積も関西電力の基本ケースと同じように置きましたので、951平方キロメートルという面積になりました。ここからレシピに従えば、入倉式を使ってもう一度算出するのですが、ここを武村式に置きかえて63.4キロメートルのLから M_0 を計算すると、関電の3.49倍という数字が出てきたことになります。この先もそのレシピに従って短周期レベルAというものを算出すると、1.52倍になったと。ここからレシピに従って計算をしていくと、アスペリティの総面積 S_a というものが1,840平方キロメートルとなりました。これは上の方に書いてある断層面積951平方キロメートルの約2倍、1.9倍ということになって、イメージ図を右に書いてございますけれども、断層がこの四角でございますけれども、それよりも大きなアスペリティであるということになってしまいました。

実は、このアスペリティというのはどういうものかという、最近の地震学の知見で、断層全体が破壊するというよりも、断層の一部の部分が大きな地震動をもたらすような割れ方をしているというふうに考えた方が観測記録を説明できるということで、レシピにおいても、それを「特性化震源モデル」と言ってございますけれども、そのようなモデルを使っています。したがって、通常、アスペリティというのは断層の一部であるべきということになりますけれども、今回の計算結果でアスペリティの方が断層よりも大きいという、そういう矛盾が生じてしまったということでもあります。

ここで8ページの右下にちょっと書いてございますが、先ほど短周期レベルA、1.52倍と申し上げました。7月13日の資料ではここは「1.51倍」と書いてございましたけれども、すみません、ここは計算をもう一度確認してみると、誤記で、1.52倍というのが正しかったので、おわびして修正させていただきます。

話をもとに戻しますが、そういう矛盾は生じてしまったのですが、とにかく計算を進めるためには、アスペリティを何とか置かなければいけないということでもあります。

それで、1ページ目の④になるのですが、レシピにはこのような矛盾が生じた場合にどうすべきかということは規定されていないので、何らかアスペリティを置くということが必要になったので、どうするかということが問題になりました。

1つの考え方は、もう断層全体がアスペリティだと。アスペリティの総面積が震源断層と等しいと、こういうふうに置くというやり方も考えられましたけれども、これは一様に断層全体を破壊することにはほかならない形になりますので、先ほど御紹介した断層が均質ではないと。アスペリティで地震動が生成されるという特性化震源モデルと矛盾することになります。

また、このような形でアスペリティを置くと、その後に計算される地震動も小さくなるということが容易に予想されるということでありました。

さらに、今回は関西電力と同じモデルを使ってということもありましたので、⑤にありますように、アスペリティをどのように置くかということについては、関西電力と同じにするということをやるということにいたしました。

このあたり、7ページの絵で御覧いただくと、今申し上げました矛盾が、赤のⅢからⅣに至るところの矛盾でありましたので、ここを、青のⅣ'というのがありますけれども、右の上の方に「約22%」というのがありますが、断層の面積の約22%がアスペリティの総面積であるという、そういうものがあって、これを使って、これも関西電力がそういうふうに置いているのですけれども、そのような形でアスペリティの総面積を置いたということでもあります。

それから、ここからはもう直接アスペリティの応力降下量というものが求められなくなってきていますので、アスペリティの応力降下量については、加速度応答スペクトル短周期レベルAという、赤のⅢのところから右上の方に「変更」という青い矢印がありますけれども、このような形でアスペリティの応力降下量を求めるということをやったというのが青のⅤ'であります。そして、このⅤ'から最終的に背景領域の実効応力を求めるということで、Ⅵになったということではありますが、このあたりは10ページに解説をさせていただきます。

今申し上げましたところを最初から申し上げると、青のⅣ'でございますけれども、関西電力のアスペリティ割合0.22を採用してアスペリティの面積を設定し、地震モーメント M_0 から短周期レベルAが算出されますけれども、これを用いてレシピの式を使ってアスペリティの応力降下量というものを算出すると。そうすると、22.3メガパスカルというものが出てきますが、地震断層、断層全体の地震モーメントがもう決まっておりますので、このアスペリティにおける応力降下量だけではなくて、アスペリティ以外の部分を「背景領域」と言いますけれども、この背景領域でもかなり大きな応力降下量を負担しないと地震モーメントと整合しないということになってしまったので、結果的に7.6メガパスカルという背景領域の応力降下量になりました。

この背景領域の応力降下量7.6メガパスカルというのはどのようなものかということについて、左の下に表を書きましたけれども、これは2009年の「全国地震動予測地図」にまとめられている各種地震のデータでありますけれども、このデータの中では、最小で背景領域の応力降下量は0.7、最大で3.1、平均でも2.7ということでもありますので、7.6というのは最大の2倍以上でありますし、平均の3倍程度という形になってございまして、こういうデータから見ると、おおよそちょっと考えることが非現実的であるというようなものではあるのですけれども、何とか計算するためにはここから先に進まなければいけないので、こういう矛盾をはらんだまま計算を進めたというものでありました。

この過程において直面した問題と、最終的に残ってしまった矛盾点については、以上の

とおりであります。

続きまして、2ページ目に戻っていただきたいと思います。

もう一つ、関西電力が入倉式を使って行ったものと、我々が入倉式を用いて試算したものとの間に相違があるのではないかという問題であります。

ここは入倉式を使う計算でございますので、今申し上げたような矛盾とは関係のない話であります。ただ、最終的に地震動を求めるプロセスの中では、統計的グリーン関数法というやり方を使って基準地震動を関西電力は策定しておりまして、今回も同じやり方をやったのですけれども、この手法を用いたときに、後ほど少し解説しますが、要素地震波を作る過程でありますとか、それをまた合成するというプロセスがありまして、その段階で関西電力がとった手法についての詳細の情報を我々は持っておりませんでしたので、科学的・技術的に合理的であり、かつ、なるべく早く計算ができるということを念頭に置いて我々なりの考え方で計算をしたわけでございますが、このプロセスがおそらく関西電力の取ったプロセスとは違って、それが計算結果の相違を生んだということが考えられるということでもあります。

今申し上げたことのイメージ図を11ページに書いております。断層モデルから得られる地震が例えば発電所においてどのような地震動をもたらすかという評価をする際に行う手法でありますけれども、右下のひし形になっているのが断層の面をちょっと3次元的に見ていると、そういうふうにお考えいただければと思いますが、この断層を要素断層に区切って、それぞれの要素断層から発生する要素地震波を統計処理しなければいけないので、乱数を発生させて作っていくということになります。そして、これらの要素地震波が最終的には組み合わせさせて1つのサイトにおける地震動になるということなので、これを合成するというプロセスが必要になります。このあたりのやり方ですね、特に要素地震波を生成するということは、乱数の発生による違いもあるでしょうし、合成の仕方については、ある種のいろいろなアプローチがあり得ますので、このあたりに相違が生じているということかというふうに思っております。

この図は
大きな断層に
分けること
原因あり
2011年

続きまして、説明を続けさせていただきますが、2ページ目の2. を御覧いただければと思います。

以上、今回行った試算ですけれども、私どもが基準地震動の審査においてどのようなことを事業者に求めているかということでありまして、基準地震動の策定に当たってはやはり保守性を考慮する必要があるということがありまして、まず、基本となる断層の長さを保守的に設定するということを求めています。

12ページを御覧いただければと思いますが、まず、長さを設定するということも含めまされども、震源となり得る断層の調査を十分にさせて、そこから断層の位置とか、形状とか、そういったものを詳細に把握するように求めています。その結果を踏まえて、例えば、地表において分かっている断層の長さだけではなくて、ここから先は活動性が認められないというところまで、その間も含めて活動する可能性があるということで、断層の

長さを少し長目に評価をするというようなことをさせているというのが左上の図であります。

右上は、いくつかの断層が近くにあって同じような方向になっているという場合には、ばらばらに評価するのではなくて、全体をまとめて連動させる、つなげてしまうというようなことで、1つの断層として、一体の断層として長くとるというようなことをやっているということでもあります。

それから、同じ図に後ほど話をすることが書いてございますけれども、断層の幅についてもいろいろ保守的な評価をするように求めています。

断層の幅というのは、断層面の長方形で考えたときの長辺が断層の長さだとすると、短辺が幅ということになりますけれども、これは、ここに絵がありますけれども、地震発生層の厚さを高さとする三角形の斜辺のような形になります。三角形の斜辺ですので、この斜辺の角度が90度になれば地震発生層の厚さと断層幅は同じになるわけでございますけれども、この断層の角度が寝てくると断層幅は大きくなるということでもありますので、審査に当たっては、この角度を少し大きくとる（寝かせる）とか、そのとり方も、ここから出てくる地震動がサイトに大きな影響になるようにとってみるとか、そういうようなことを求めているということをやっています。

2ページ目の2.に戻っていただきまして、今回の対象の断層についても、先ほど御紹介したように、3つの断層について、少し長目に既往文献よりも長さを設定し、更に3つの断層の連動を考慮するということによって、これを基本として更にその上に断層幅であるとか、短周期の地震動レベル、アスペリティ配置といった不確かさを組み合わせるということで評価をしてきております。

続きまして、先日の原子力規制委員会で御指示ありました、関西電力がとっている手法以外の手法、入倉・三宅式以外の式を使ったやり方について調べるようにということで、それについて説明いたします。

このような方法につきましては、入倉・三宅式を用いる方法、これは実は先ほど来御紹介しているレシピの中で、2つ方法があるうちの（ア）という方法であります。このほかにレシピの（イ）という方法があります。それから、また、先日、島崎先生が7月19日の会談のときにお示しになった中央防災会議の手法というのもあります。これらについて、別紙3で御紹介いたします。13ページです。

レシピの図でございまして、これに右側に吹き出しを書いてございます。レシピには、実は左側の絵の中で2つの流れがあるわけで、それぞれの方法が記されています。入倉・三宅の式を使った関西電力のやり方は（ア）の方法でございまして、これは過去の地震記録などに基づいて震源断層を推定する場合、あるいは詳細な調査結果に基づいて震源断層を推定する場合ということで、原子力発電所においては詳細な調査結果を求めていますので、これに基づいて（ア）の方法で評価するというのが一般的かということでもあります。

一方、(イ)の方法というのは、そういう詳細な調査結果がなくてもできるというやり方でありまして、地表の活断層の情報をもとに簡便化した方法で震源断層を推定する場合ということでありまして、いずれもここまでやった後は同じやり方で地震動の評価まで持っていくことができると、そういう手法であります。

(イ)の方法については、次のページ、14ページでありますけれども、ポイントだけ申し上げますと、地表の活断層の情報というのは、例えば、いろいろな文献で地表断層長さが整理されているというのがございますので、この絵では地震本部は長期評価という活断層の活動性の評価を行っているのです、そこには活断層長さというデータがありますので、これを使って求めるという、そういうやり方であります。長さからマグニチュードというのを松田の式を使って求めて、ここから地震モーメント M_0 を武村の式を使って求めるということであります。

御注意いただきたいのは、武村の式というのは、先ほど来言っている武村先生の1998年の論文の式ではなくて、別の1990年の式であります。1998年の式は L から M_0 を求めるという式でありますけれども、ここで言っているのは M から M_0 を求めるのという違う式であるということで、御注意いただきたいと思います。

いずれにしても、この L から M_0 を求めると、そういう式でありまして、 M_0 を求めた後、レシピで地震動を評価するために断層面積が必要になりますので、そこについては、また入倉式を使って逆算するような形で断層面積を求めて、その後、少し複雑なフローがありますけれども、最終的に右下の震源断層モデル面積という S_{model} （エスモデル）というのを作って、これらのデータを使ってその先の計算を進めると、そういうやり方であります。

続きまして、15ページ、中央防災会議の手法であります、これは地震モーメント M_0 を断層の長さ L から持ってくるというようなものになっています。具体的には、モーメントマグニチュード M_w というのがありますけれども、 L と M_w の関係式を用いてそこからまた M_0 を求めると、こういうやり方になっています。 L と M_w の関係式というのは、松田式を使って L から M を求めて、 M と M_w の関係式というのは、「中央防災会議、2004」という文献がありまして、そこに示された式であります。

ということで、松田式を出発点にして L から最終的に M_0 を算出するというやり方については、先ほど御紹介した(イ)の方法と同じような取扱いということが言えると思います。

なお、ここでは、この先、この先といいますか、 M_0 を求めた後の地震動評価に至るまでに、やはり応力降下量でありますとか、アスペリティとか、そういうものを置かなければいけないのですけれども、そこはこの文献の中では3メガパスカルとか、20%よりやや大きな値とか、そういう形で置いているということになっているようであります。

2ページ目の3. の第2段落ですね、今申し上げましたように、(イ)の方法、中央防災会議の手法は、いずれも断層の長さとの関係で地震モーメントを求めるというやり方があります。

ただ、原発の審査におきましては、震源断層の詳細な調査を求めておりまして、その結

果を評価して、活断層の特に形状などが分かりますので、そこからその情報を使って地震動を求める際には、レシピの（ア）の方法を用いるのが普通であろうということで、そういうやり方をとってきているということでもあります。

これらのことを踏まえまして、私どもとしてどのようにすべきかということについて、1案書いてみたのが4.であります。

以上、御紹介しましたように、武村式（1998年）の式を用いた7月13日に報告した試算の②でございますけれども、これは元々、断層の長さについて、地表断層長さではなくて大きなものを用いたということがあって、結果、大きな地震モーメントが算出されています。これに端を発してその後のプロセスでいろいろ矛盾が生じて、結果として背景領域の応力降下量が通常の約3倍というところを消し切れずに残った非現実的なモデルとなっていることは否めないと思います。

こういったことを踏まえれば、この試算結果をもって、大飯発電所の基準地震動が妥当なのかどうかというようなことを議論することは適切ではないのではないかというふうに考える次第であります。

他方、大飯発電所の基準地震動については、これはまだ審査中ではございますが、今までのところ、レシピの（ア）の方法を用いているということ。この方法は断層の詳細な調査結果を使って最終的に地震動の計算まで行う一連の手法であって、合理性も検証されて広く用いられているということ。さらに、審査に当たっては、これまでの過程においていろいろな保守性を求めていますけれども、その際、入倉・三宅式は、ほかの関係式に比べて、同じ断層長さであれば地震モーメントが小さく算出されるという、そういう可能性も有しているということは頭に置いてやっています。それでもなお保守性が考慮されているかということについて、確認してきているものというふうに考えてございます。

以上を考えると、現時点において、大飯発電所の基準地震動、まだ審査中なので、この後、別の観点があるかもしれませんが、このような観点で見直すという必要はないのではないかというふうに考えるところであります。

なお、御指示いただいた入倉式を使う方法以外の方法については、否定するものではありませんけれども、その際、どのような保守性を確保して基準地震動を妥当なものにするかということ、具体的に申し上げますと、断層長さというのはどのような長さを用いればいいのかとか、複数の断層を連動させるときにはどういう扱いをすればいいのかとか、各種の不確かさをとるといっても、そのとり方について、入倉・三宅式を使う場合とはちょっと異なるようなことも考える必要があると思われませんが、それはどうすればいいのか、こういったことについて、妥当と言えるようなものが現時点で明らかになっているとは言えませんので、規制側から要求あるいは推奨するというようなものとして位置付けるまでの科学的・技術的な熟度には至っていないのではないかというふうに考える次第であります。

少し長くなりましたが、御説明は以上です。

○田中委員長

どうもありがとうございました。

かなり詳細に検討していただきましたので、質疑に移りたいと思います。どなたからでもよろしいですから、お願いします。

○更田委員長代理

ちょっと意見の結論みたいなことをまず最初に申し上げますけれども、強調しておきたいのは、この試算というのは意味を持った結果を与えないものであって、いわばやってはいけない計算だったということを示しているというのが、ある意味、私の意見の結論です。

ちょっと細かく順を追っていきますと、1. の(1)の①から順番にいくと、①は、そもそもこの課題に取り組んだとありますけれども、原子力規制委員会が指示した課題に無理があった。事務局の方もその無理に沿って混乱したということだろうと思います。

②については、詳細に説明がありましたけれども、特にこだわらない限り、武村式の1998の方を指してお話ししますけれども、武村式を用いた場合に、元々の断層長さを入倉・三宅式を使ったときの値をそのまま使うというのが適正なものかというのは、非常に大きな疑問があつて、24キロメートル、あるいはせいぜい35キロメートルを使うべきなのか、更にそれは議論があるのだらうと思います。

③の段階に行つてちょっと分からなかったのは、武村式というのは L から M_0 を求めるので、 S というのは別に計算の過程で出てくるものではないけれども、一方、アスペリティの総面積が震源断層の総面積よりも大きくなってしまふというのは、 S_a (エスエー) が S より大きくなってしまふから物理的に変だろつという話なのですが、そうであっても、震源断層の総面積というのは別のところから来ているものだから、気にせずそのまま計算するというやり方だつてあつただろうし、一応、④に出てくる震源モデルでやっていくという考え方もあつたのだらうと思います。

ただ、そこで特性化震源モデルというものが正だとすると、それと矛盾してしまふ。それから、そうやって計算していくと地震動は小さくなってしまふだろうと。ただ、ここでも小さくなってしまふからということで無理を重ねたというのは、結局、結果が意図せざるものになってしまうから無理な操作をするということで、これは科学とか技術とかでは通常あつてはならないことであつて、最初にその意図を持ってしまつて、その意図と違ふ結果が出そうになるから、では、パラメータをいじろつというのは、結果的にその結果に意味を持たさないと。このことだけを見ても、今回の計算というのはやってはいけない計算に当たるのだらうと思います。

それから、無理やり S_a 、アスペリティの総面積を入倉・三宅でやった基本ケースのときと同じにしたと。ですから、繰り返しになりますけれども、無理に無理を重ねて出てきた値を取り上げて議論をしてみても始まらないと。

それで、では、これは原子力規制委員会、原子力規制庁の仕事ではないのだらうけれども、では、武村式を使って、まず、 M_0 を求めるときの断層長さは入力として何が適正だろうか。それから、 M_0 は M_0 に違ひないのだから、その求まつた M_0 から地震動を求めるプロセス

というのは、こういったやり方が考えられるのか。それが一応、震源モデルなのか、ないしは武村式ならではの S_0 というのがあるのか。Lを正しく入れれば、何が正しいというのも議論はあるのですけれども、正しい長さを入れてやれば、そのまま自然な計算につながっていくのかというところは、ある意味、これは地震調査研究推進本部であるとか、学術界の方での議論を経てしかるべきものであらうと思います。

要するに、経験式を使うときには、適正なパラメータ、その式の成り立ちも踏まえて物理的に正しいパラメータの入力が行われる必要があるし、途中段階でそれが意図に反するものであらうとも、妙な操作が入るべきではないので、それはもう基本的に科学的手法の一般則から外れているので、結果が意味を持っていないと、そういうことだろうと思います。

ただ、ちょっと分野の違いかもしれないですけれども、通常、経験式というのはもともになったデータの範囲内で使う。要するに内挿に使うものですが、ただ、こういった自然現象の場合には、それでは、これまで経験していないものは予測できないということになってしまうので、多少の外挿というものがあるのかもしれないけれども、こういった入倉・三宅式や武村式というものが入力パラメータに対してこういった範囲を持っているのか。例えば武村式でいえば、Lから M_0 を求めるわけですが、Lに対して適用範囲というものが実験式なんかの場合には必ずあるわけですが、こういった経験式のときに、どこまでの大きさのLまでこの式は使えますというような定説があるのか、ないのか。そういったところも明らかにならないと、そもそも求めた M_0 が適正かどうか分からないので、そうすると、結果的に地震動も議論の対象になるかどうか分からないということなので、こういったところは、この分野での議論が進んでくれるということを期待するしかないのだろうというふうに思っています。

○田中委員長

どうぞ、田中知委員。

○田中知委員

まず、レシピの中で震源断層面積のSから地震モーメント M_s を求めるところに武村式を使って、それ以外のところは従来のレシピのままでやろうとしたときに、前の前のときでしたか、様々な工夫をしたとおっしゃっていたのですけれども、やはり工夫の中には、もちろん無理しての工夫とか、本当はやってはいけない工夫とか等もあったかと思うので、そういう意味では、今日の議題の話は分かったのですけれども、やってはいけない工夫というのはどの部分だったのでしょうか。

○櫻田原子力規制部長

規制部長、櫻田でございます。

多分、隣に座っている小林恒一企画官、無理があったというところはお答えできると思いますけれども、やってはいけないというのはちょっとなかなか言いにくいので、無理があったところということでお答えいただければと思います。

○小林長官官房技術基盤グループ安全技術管理官（地震・津波担当）付企画官

技術基盤グループの地震・津波の小林です。

確かにこのレシピで決まっている手法では、元々は過去の地震記録に基づいた経験則でございまして、断層面積と地震モーメントの関係には、過去の記録に基づいてできた関係式でございまして。その中の関係式よりも、 M_0 という地震モーメントだけを、通常の今までの観測記録で断層面積 S から出てくる地震モーメントよりも3.5倍という大きな値を入れたところから、全体を崩してしまったというのが大きな問題かと思っています。

そして、今のこのモデルの中で、無理やり地震モーメントの発生する地震波をこの中で発生させようとしたことで、最終的にその背景応力降下量という、通常はほとんど強震動が発生しない領域からも強い波が出るようなモデル化をしてしまったところになったのかなというところで思っております。計算的にはそうなったと思っております。

○田中委員長

ちょっと歯切れが悪いというか、聞こえが分かりにくいのだけれども、元々、武村式の出した地震モーメントを63.4キロメートルを保存したままやると、その後、本来ならば、こういった特性化震源モデルとか、いろいろなこういうレシピに基づけば、アスペリティを置いて強震動の計算をしなければいけないということになっているわけですね。地震学の常識として、これはルールみたいなものだ。それをやろうとしたらアスペリティの方が大きくなってしまいうという、そういうことが起こった。それでも無理やりアスペリティをセットしてやったら、今度は応力降下量が今までに観測されている値から見ると、10ページにあるように、大体3倍ぐらいになると。これももう地震学、今までの観測からいうと非常識だと。つまり物理的におかしいわけです。

でも、島崎先生はそれでもいいのだと言っていた。要するに、長い期間かかって確立されてきたレシピとか、こういったデータを、それでもいいのだというところが、やはりそれについて、様々な地震学をやっている人たちは決して納得していないと思うのです、私もいろいろ調べてみましたが。そここのところがまずおかしいのです。

それが、今回、無理やり計算した結果のことで、要するに結論から言うと、無理な計算をすると、非現実的な、そういう結果が出るということが分かったというのが1つの成果ですね。言い方はちょっとあれですけども、そういうことになるのではないかと思うのです。1点付け加えて言うと、そういうことです。

○更田委員長代理

よろしいですか。「やってはいけない計算」という言葉を使って、田中知委員からどこがというのがあって、私も私なりの判断でここがと思っているのは、入力 L に対して63.4を使うということに関しても、そもそも無理がある。無理はあるのだけれども、これは原子力規制委員会の出した方の指示がそういったような内容だというふうに聞こえるかもしれない。だから、 L として63.4というのを事務局が使ったというのは、これは指示がそういうものだからということで、ある意味、仕方がないのかもしれないけれども、その先で

今度は S_a が S よりも大きくなった時点で、もうこれはおかしいという形で報告するべきだったのではないかと。要するに、こんな計算は成立しませんという報告を受けるのがふさわしかったのだと思っています。

仮にですけれども、仮にここを通過したとしても、そうしたら、 S_a はそのまま計算していくか、要するに S より大きい S_a で計算していくか、ないしはそれは余りにも変だからということで、 $S_a = S$ 、一応、震源モデルで計算してみて、こんな計算をすると、最初の意図とは違うかもしれませんが、かえって小さな地震動を与えますと。

こういう結果が出てくれば、それはやはり何かそもそもの入力の問題であるとか、それから、 S_a が非常に大きく出てくる、アスペリティの総面積が大きく出てくるところに、何かおかしいよねという議論にそこで行ったのだらうけれども、やはり無理やりとにかく地震動を持っていかなければいけないというふうに、ある意味、強い責任感が逆方向に働いてしまったのではないかと私は思いますけれども、それがやってはいけない計算に結びついたのであろうというふうに私は思います。

○田中委員長

伴委員。

○伴委員

計算に関しては、今議論があったとおりで、私もそう思います。ですから、前回言ったとおり、科学的な範囲を逸脱してしまったというふうに思っています。

ちょっと私の理解が間違っていないかどうかを確認したいので、質問するのですが、そもそも論として、この入倉・三宅式というのは、地下で起きている断層のずれを面的に捉えて、そこから地震モーメントを推定しようとする。武村式が松田式と同等であるということであるとすれば、地表面に見えているずれの長さから地震モーメントを推定する経験式であると。ということは、当然、見えていないずれというものがあるわけで、その部分を経験的に上乘せしているだけだという、そういう理解でよろしいですか。

○小林長官官房耐震等規制総括官

総括官の小林でございます。

そのとおりだと思います。いわゆる武村式の場合ですと、地表面の断層だけを考えて、そこに、言ってみれば地震モーメントを押し込めているという表現がいいと思いますけれども、押し込めているような感じなものですから、今、伴委員が言われたように、言ってみれば地下の構造は余り見ていないというのが実際かと思っています。

○伴委員

そうだとすれば、当然、同じずれの長さを入力値として、初期値として入れれば、武村式、あるいは松田式の方が大きくなるというのは当たり前の話であって、だから入倉・三宅式が間違っているとかいう話にはならないですね。だから、そもそも、そのところの議論がおかしいのだと私は理解をしました。

ですから、今日の資料でほぼ結論になっているように、ずれる面積といいますか、どれ

ぐらいの長さがずれるのかという、その初期値をどうとるか、入力値をどうとるかというところが非常に重要になってきて、12ページのところですね。「基準地震動の策定における保守性の考慮」というところでこういう工夫をしているのだというお話でした。

つなげる方はわかるのですけれども、延ばす方に関しては、どういう考え方で延ばす、どの程度延ばすというのを決めているのでしょうか。

○小林長官官房耐震等規制総括官

総括官の小林でございます。

延ばす際ですけれども、12ページに書いてございますように、確実な否定根拠は見つからない場合、これは延ばしましょうということでやっています。確実な否定根拠というのは、例えば、地下の断層を把握するための地震探査とかですね。そういう探査をやった上で、それが否定できなければ、これは延長させましょうという考え方で、従来の審査でやっております。

○伴委員

それをどの範囲まで延長するかというのは。

○小林長官官房耐震等規制総括官

そこは、ここに書いてありますように、確実に否定根拠が得られないところまでは延ばしましょうという考えでやっております。

○伴委員

その否定根拠というのは、どんなことが根拠になるのですか。

○小林長官官房耐震等規制総括官

そこは、前の原子力規制委員会でも議論になりましたように、そもそもの基準上の文言が、活動性が否定できないものは活断層としなさいとなっておりますので、いろいろな調査をやった結果を見て、それで否定できなければ、そこは活断層としましょうというような規定になっていますので、これはちょっと定性的な言い方なのですけれども、定量的には、例えば、さっき言いました弾性波探査とか、地震探査とか、そういう探査をもって見ても否定できなければ、そこまで延ばすということでございます。

○伴委員

あと、もう一つなのですけれども、たしか前回の島崎先生との面談のときに、島崎先生が、これまで入倉・三宅式を使っていない例もあるとおっしゃっていたのですが、それについて、具体的に説明していただけますでしょうか。

○櫻田原子力規制部長

規制部長の櫻田でございますが、先ほど御紹介したものでもう一度申し上げますと、別紙3、13ページ、それから、15ページですね。13ページで御紹介した、これはレシピの方法ですけれども、（ア）の方法、（イ）の方法があって、入倉式を使っているのは（ア）の方法の一つであります、（イ）の方法は入倉式ではなくて、14ページにありますような松田式、あるいは武村（1990）という式を使っているということでもあります。それから、

中央防災会議も入倉式ではない別の式を使っているということでもあります。

○伴委員

いや、一般論ではなくて、原子力発電所の審査の中でどうであったかという話です。

○小林長官官房耐震等規制総括官

総括官の小林でございます。

少し話が長くなってしまうのですが、そもそも、このレシピを用いた断層モデル手法は、平成18年の耐震指針の改定のときに、今まで応答スペクトル法という経験式でやったものにプラス、こういう断層モデルの方法をつけ加えたのですけれども、そのときに、地震調査推進本部の方でこういうレシピがあったので、それを使うようになったということでございます。

具体的には、このレシピを当てはめる際には、(ア)の方法は、綿密な調査をして、地表面だけではなくて、地下の震源断層まで想定して、そこまで考えた上で適用しようというので採用されています。

一方、(イ)の方法は、これは後からつけ加えたのですけれども、言ってみれば文献調査だけで断層を想定して地震動評価をやっていくという方法でございまして、原子力は従来から綿密な調査をやって、地表面だけでなく、地下の広がりまである程度見て地震動評価しているものですから、(ア)の方法を使ってやっているというのが審査の上での実態でございます。

○櫻田規制部長

つけ加えます。規制部長の櫻田でございますが、ということなのですけれども、入倉式を使わない場合もあるということは審査の中でもありまして、例えば、川内原子力発電所の基準地震動については、川内原子力発電所の近傍で発生した大きな地震動についての観測記録がある意味きちんととれているということもあって、九州電力は(ア)の方法を使うのではなくて、地震記録をもとにした、別の独自の設定の仕方をやってきているということがございました。その妥当性について十分審査をして、不確かさをどうすべきかということも含めて、その場で、ある種、一品ものなのですけれども、議論を重ねた上で、これなら妥当ということで許可をしたということでございます。

それから、入倉式は、やはり適用範囲がございまして、余り長い断層について、逆に言うと M_0 が大きくなるような断層については使えないということがあって、その場合は、レシピの中で別の式が用意されています。レシピの中に M_0 を求める式が、(2) (3) (4)とありますが、これは M_0 の大きさによって使い分けをすることになっていまして、例えば、四国電力伊方発電所については、中央構造線という非常に長い断層が対象になってございますので、結果的に入倉式の範囲を超えたものが対象になってございますので、それは違う式を使ってやっているということでございます。

○田中委員長

ちょっといいですか。島崎先生は、先日の会合の後の記者ぶら下がりの中で、要するに、

40キロメートルも50キロメートルも長いLは、武村式、地表に出ている、見える断層の長さで評価するのだということをおっしゃっていたと思うのです。そうだとすると、先ほど資料1の1ページに書いてあるように、松田式と同じで、地表断層長さで考えるというのが、多分、島崎先生もそれについては特に異論はないと。そうすると、地表ではないけれども、海底面に出ている長さとして、大飯の場合はF0-A、F0-Bですね、つなげて。大体35キロメートルです。それで評価する。そのレベルで M_0 を、地震モーメントを評価するのが妥当ではないかという気がするのです。

一方、入倉・三宅の方は全部つなげて、途中切れているところもつなげて63.4キロメートルでやっていると、ほとんど地震モーメントは同じ値になってしまうのです。私の計算では。もともとが。

それから、もう一つ、島崎先生と話をしていて、非常に違和感を覚えて、私もその後、いろいろ勉強させていただきましたけれども、彼の根拠としているのは、国土地理院の暫定的な解で、すべり面が333から416平方キロメートルであると。それでやると、入倉・三宅は過小評価になる、3分の1とか4分の1になるということを主張されていたのです。ところが、地震が起こった後、このとき31キロメートルと言っているのですけれども、東京大学地震研究所の評価では54キロメートルで、深さ16キロメートルなのですね。島崎先生は、火山層だから、せいぜい10キロメートルとか12から13キロメートルだろうと言っていたのだけれども、16キロメートルなのです。インバージョン解析です。それから、京都大学防災研究所の方では、56キロメートル×24キロメートルと言っている。それから、国土地理院も、その後いろいろ解析したら、面積は1,200平方キロメートルという値も出ているのです。ということは、まだこの問題、熊本の地震について、どう解釈すべきか、全く決着ついていないのです、専門家の中で。それを国土地理院の一部のデータを先取りして、あたかもそれが真のごとく言うというのは、私は学者として余り納得できないのです。はっきり申し上げます、ここで。まず、そういうことを申し上げたいと思います。

ですから、先ほど申し上げましたように、もともと物理的に、要するに、地震学の常識を破るようなこともあってもいいのだとか、熊本の地震については、一部都合のいいデータだけで私どもにいろいろな宿題を出されましたけれども、いろいろ勉強させていただきました、おかげさまで。でも、やはりおかしいです。だから、島崎先生の御指摘は、私は素直に受け入れることはできないということだけ申し上げます。

そのほか、ありますか。石渡委員。

○石渡委員

それでは、私の意見を申し上げたいと思うのですけれども、私は今回の大飯の計算についてのみ申し上げますが、武村式を使ってやっていただいたわけですが、武村式というのは、断層の長さから地震モーメントを求めるという式でありまして、そこからさらに強震動を計算するという方法は確立されていないと考えます。今回、武村式から出た地震モーメントを無理に入倉・三宅レシピに入れて、地震モーメントの値だけを当てはめて

試算をしていただいたところ、いろいろな矛盾が生じたということがわかりました。断層の長さとか、あるいは面積でもいいのですけれども、これが同じ場合、武村式による地震モーメントを計算すると入倉・三宅式よりも大きくなりますということは、入倉・三宅論文の中にきちんと書いてあるわけですね。ですから、15年前の入倉・三宅論文にはっきり書いてあることで、これは既知の、既にわかっている事柄であります。これまで我々の、原子力規制委員会、原子力規制庁の地震動評価、基準地震動の策定に当たっては、そういう様々な不確かさを考慮して、安全を見込んだ数値を採用してきていると思います。

では、大飯はどうかと言いますと、大飯発電所につきましては、まず、地盤ですけれども、大飯発電所は日本で唯一、古生代という非常に古い時代の地層に立地しております。そういう意味で、しっかりした岩盤ですので、地震の揺れが割と大きくなりにくい地質であります。大飯発電所の近くにある、先ほどから話題になっている断層ですけれども、これは、今年4月の熊本地震、それから、平成7年の兵庫県南部地震と同じように横ずれ型の断層であります。今回、熊本地震の断層のすぐ近くの益城町の観測点で非常に大きな地震動が観測されたわけですが、地下の岩盤にも地震計が設置してありまして、地下における揺れというのは、前震、本震とございましたけれども、どちらも240ガル程度でございました。それから、兵庫県南部地震も非常に大きな災害をもたらした地震ですが、六甲山の花崗岩が出ている六甲山地側の断層に非常に近い場所での揺れ、岩盤の中の揺れは300ガル程度でした。軟弱地盤では、地表での揺れということになりますと、これらの数倍の揺れになるわけです。また、岩盤の揺れについても、岩盤のかたさはそれぞれ場所によって違いますし、地震波の周期帯の違いによっても単純に比較することはできませんけれども、大飯発電所の基準地震動は856ガルを設定しております。こういうことから見ましても、これらの地震における岩盤の揺れに比べて、安全を見込んで、相当程度大きな設定になっていると考えられます。ここで皆さん、いろいろ議論がございましたけれども、これらに基づいて判断しますと、大飯発電所の基準地震動の見直しを求める必要は、私はないのではないかと判断をいたします。

以上です。

○田中委員長

田中知委員。

○田中知委員

対応案の2つ目とも関係するかわからないのですけれども、2ページの項目2番に保守性の話があり、また、不確かさの話があるのですが、長さの話が先ほどあったのですけれども、幅とか、短周期の地震動レベル、アスペリティの配置等と書いているのですけれども、こういうものに対して、不確かさをどう考慮しているのか、あるいは適切さについて、どう考えているのかについて、細かいことですが、教えていただけたらと思うのです。

○小林長官官房耐震等規制総括官

総括官の小林でございます。

今、田中知委員から御指摘のあった点、具体的に申し上げますと、2ページに書いてある大飯発電所については、長さについて不確かさを考慮していますよということ。

それから、幅については、大飯だけに限らず、ほかのところもそうなのですけれども、少し角度を寝かせて、断層幅を大きくとることによって M_0 を大きくとるということもほかのサイトでやっております。

あと、アスペリティの配置については、通常、アスペリティというのは、いわゆる断層面の中央とか、そういったところに置くのですけれども、今回、大飯発電所の場合ですと、敷地に最も近づけたところにいわゆる強震動生成域を置いて、非常に強い地震をサイトの方に発生させるということもやっています。

それから、短周期の地震動レベルについては、安全余裕という観点から、中越沖地震の知見を踏まえて、これは1.5倍でやっているということで、様々な不確かさを考慮しているというのが実情でございます。

○田中知委員

不確かさの適切性についてはどう考えられているのか。

○小林長官官房耐震等規制総括官

総括官の小林でございます。

適切性については、過去の地震記録とか、そういったものを加味して、定性的ではありますが、それを上回るようなものを設定しているとか、そういうことで、言ってみれば定量的な評価ではなくて、過去のいろいろな記録等を踏まえて、相当程度、大きなものを想定しているというところで評価してございます。

○櫻田原子力規制部長

追加でよろしいですか。補足いたしますと、今、申し上げたアスペリティの話なのですが、大飯発電所の3連動ケースについて言うと、6ページ目に絵がありますけれども、これは関西電力の設定ですけれども、先ほど御紹介したように3つの断層の連動を考慮していますが、どこからどこまでがどの断層に相当するというのははっきりわからないのですけれども、左に位置図があって、3つの四角があります。真ん中の四角は、実は断層が確認されていない部分なのです。よく見ると、ここにもアスペリティを置くという設定をしているのです。したがって、現実問題としては、そこにアスペリティがあるということ置くのは、考えるのも難しいというか、そこまで考えるのかという感じもしないのですけれども、やはり連動させる以上は、こういうところからも強震動が出るということもあり得るだろうという想定をあえてして、大きな地震動が出る可能性を否定せずにやってみようということで求めている、そういうことでございます。

○田中委員長

安全サイドという意味では、今回の熊本地震の布田川・日奈久断層帯についても、92キロメートル同時に動くとして、マグニチュード8.1ですかね、それくらいを想定して評価し

ているということで、地震学の常識から見ると、はるかに安全サイドにとっている。大飯の方についても、普通であれば、熊川までは多分つなげなくていいというのが、私の知る限り。要するに、15キロメートルぐらい幅があるのですかね、F0-Aと。だけれども、それもあえてつなげてやろうということで、それは、島崎先生が当時、そういう判断をされたということでやっているということで、安全サイドにとっているという理解をしています。ですから、そういう意味で、地震動に関しては、相当セーフティサイドに見ているということかと思えます。

先ほど石渡委員から明確な結論のようなことがありましたけれども、最終的に、いろいろそういうことを考慮して、現時点で大飯発電所の基準地震動を見直す必要はないという判断を改めてしたいと思うのですが、何か御異議ありますでしょうか。

（「異議なし」と声あり）

○田中委員長

よろしいですか。では、本件については、そういう判断をさせていただきます。どうもありがとうございました。

次の議題は「国立大学法人京都大学原子炉実験所の設置変更承認申請書（研究用原子炉の変更）に関する審査書案について（案）」です。

いわゆるKURの審査書案の取りまとめについて御審議いただきたいと思います。

青木長官官房審議官、黒村安全規制管理官、小林耐震等規制総括官から説明をお願いします。

○青木長官官房審議官

原子力規制庁の青木です。

資料に基づきまして、田中委員長から紹介いただきました京都大学原子炉実験所の審査書案等について説明いたします。本資料では、審査結果案について当方から説明し、御了解いただいた上で、原子炉等規制法（核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律）に基づく原子力委員会及び文部科学大臣への意見照会について、原子力規制委員会の御決定をいただきたいと思いますと考えております。

では、資料2の本文でございます。まず、「1. 審査結果の取りまとめについて」でございますが、経緯が書いてございます。平成26年9月30日に京都大学から申請がございまして、その後、原子力規制庁による公開審査を行いました。審査の終盤には、田中知委員、石渡委員にも出席いただきまして、審査を進めてまいりまして、6月までに審査はほぼ終えました。その後、京都大学から累次にわたり審査の結果を踏まえた補正書の提出が行われまして、今回の取りまとめに至ったというところでございます。

1. の最後の段落を見ていただきたいと思いますけれども、審査書案に対する意見募集でございますが、中出力の水冷却型の試験研究炉に関するものでありまして、施設の特徴等から、科学的・技術的に重要な判断を要するものではないと判断いたしまして、意見募集は行わないこととしたいと考えております。審査結果に対する意見募集の有無につきま