

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第813回

令和元年12月13日（金）

原子力規制委員会

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第813回 議事録

1. 日時

令和元年12月13日（金） 13：30～14：43

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

担当委員

石渡 明 原子力規制委員会 委員

原子力規制庁

山形 浩史 緊急事態対策監
大浅田 薫 安全規制管理官（地震・津波審査担当）
小山田 巧 安全規制調整官
内藤 浩行 安全規制調整官
熊谷 和宣 管理官補佐
三井 勝仁 上席安全審査官
田上 雅彦 上席安全審査官
佐藤 秀幸 主任安全審査官
永井 悟 主任安全審査官
佐口 浩一郎 主任安全審査官
谷 尚幸 主任安全審査官
呉 長江 主任技術研究調査官
菅谷 勝則 技術研究調査官

日本原子力発電株式会社

和智 信隆 取締役副社長
北川 陽一 執行役員
斉藤 史郎 開発計画室長

川里 健	開発計画室	室長代理
田中 英朗	開発計画室	建築技術担当
生玉 真也	開発計画室	地震動グループマネージャー
澤入 雅弘	開発計画室	地震動グループ
山口 真吾	開発計画室	地震動グループ
山本 晃太郎	開発計画室	地震動グループ

4. 議題

- (1) 日本原子力発電（株）敦賀発電所2号炉の地震動評価について
- (2) その他

5. 配付資料

資料1 敦賀発電所2号炉

震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価について

(コメント回答)

6. 議事録

○石渡委員 定刻になりましたので、ただいまから原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、第813回会合を開催します。

本日は、事業者から地震動評価について説明していただく予定ですので、担当である私、石渡が出席しております。

それでは、本日の会合の進め方等について、事務局から説明をお願いいたします。

○大浅田管理官 事務局の大浅田です。

本日の審査案件は、日本原子力発電株式会社の敦賀発電所2号炉、これを対象に審査を行います。内容は、震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価についてのコメント回答でして、資料は1点です。

事務局からは以上でございます。

○石渡委員 よろしければ、このように進めたいと思います。

それでは、議事に入ります。

日本原子力発電から、敦賀発電所2号炉の震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価に

ついて説明をお願いいたします。どうぞ。

○日本原子力発電（和智） 日本原子力発電の和智でございます。

先ほど御紹介ありましたけども、この会合は、今年の4月26日に地震動の前回の会合が開催されまして、その折に、先ほどお話がありましたとおり、敷地に極めて近いところに震源がある場合の地震動に関する知見の調整結果を御報告しておりますが、その折に、浅いところから短周期側の地震動が発生する、あるいは発生するのではないかということについての両論を整理するように、御指示をいただいております。今日は、その回答といたしまして、この知見の整理を行いましたので、本日、これについて御説明させていただきます。

また、前回は知見の整理結果を踏まえました震源ごく近傍での地震動評価の方法、それから余裕の考え方などについても御説明させていただきましたけども、今日は、原子炉施設の地震動評価において、重要な短周期側での余裕のとり方についても、より具体的に御説明させていただきたいと考えております。

それでは、担当の生玉さんのほうからお願いします。

○日本原子力発電（生玉） 日本原子力発電の生玉です。

では、説明を始めたいと思います。

2ページ目をお願いいたします。まず、ここは資料全般の今回の概要に近い部分になりますけれども、まず、地震動の特徴につきましては、知見の整理を踏まえて、これは浅部の影響から長周期のパルス波や永久変位が表れると。それから、二つ目として、短周期地震動、先ほど冒頭ありましたように、浅いところから短周期が出るのかどうかという知見を整理して、その結果、発生を考慮する根拠は、そういう知見はないというふうに判断してございます。それから、熊本の再現解析につきましても、前回の短周期側が、計算結果のほうが記録に対して過小評価になっているのではないかと御指摘がございましたけども、そこは今回モデルを一部変更いたしまして、改めて再現解析を行ってございますが、短周期も含めて再現できたことを確認してございます。それから、最後の地震動評価の考え方は、これは熊本の検証結果も踏まえて、どういった考え方がいいのかというところをモデルに反映してございますが、特に極めて近いということ踏まえて、不確かさの組み合わせに加えて、短周期側に十分な余裕を考慮したと。こういう内容でございます。

それでは、前回の会合のコメントということで、4ページ目をお願いいたします。No.3から次のページのNo.9までございますが、特にNo.3のコメント、先ほど冒頭ありましたよ

うに、浅いところから短周期が出るかどうかというところは、学協会でも議論が継続している。それで、浅いところから出る・出ない、両方の知見を整理した上で、その上で、改めて地震動評価の考え方を示すことという指摘がございましたので、それを今回説明したいと思います。それから、4番～9番につきましては、その具体的な点ということで指摘がございましたので、これも今回全て資料の中で御説明していきたいというふうに考えてございます。

それでは、ちょっとページを飛びますが、8ページ目をお願いいたします。これは今回の資料の構成ですが、2章で知見の整理をして、ここは幾つか知見を追加してございます。それから、3章は、今回新たに章を設けまして、2章は極めて近い場合の評価に必要な知見全般ですけども、その中から、浅いところから短周期が出るのかどうかという知見に絞って、それで考察を加えたというのが3章でございます。それから、4章は基本震源モデルとしてはどういう考え方がいいのかという章でございますが、基本的な考え方は前回から変わっていない。ただ、4.2節で、熊本の再現解析がございまして、ここで先ほどあった再度見直したやり方を御説明したいと思います。それから、5章でございますが、これまでの2章、3章、それから4章、この結果を踏まえて、敷地に極めて近い場合の地震動評価の考え方、どういう考え方がいいのかというところを5章で御説明して、それを受けて、6章で具体的に浦底断層の地震動評価のほうにどのように具体的に反映したかという流れで御説明していく予定でございます。

では、まず2章ですが、ページは12ページをお願いいたします。ここは知見の整理の重立ったところですけども、前回、地震学的な知見に偏っているという御指摘がございました。具体的にはボーリングでいろいろ分析した知見もありますので、そういった知見を追加して、これは2.4節で追加してございます。それ以外にも、全般的に追加している知見がございまして、コメント、指摘事項との対応を踏まえて、以降、御説明したいと思います。

では、13ページをお願いいたします。これは、まず2.1節ですけども、今回、つけ加えたのは、下から三つ目と下から二つ目のMa et al.、Wen et al.の知見でございます。

これは具体的には18ページのほうをお願いいたします。これは、18ページはMa et al.の知見ですが、台湾の地震が起きたときに、前回の御指摘として、北部のほうは、変位は大きかったけども、加速度がそれだけ小さかった。一方で、南部のほうは、変位は小さいけれども加速度が大きかったという特徴があったという御指摘がございました。それで、

これは台湾地震のときの観測記録をプロットしたものでございます。特に赤い三角のTCU129番につきましては、南部の、かつ断層に近いところの観測点で、1Gに近い記録が観測されたと。

これにつきまして、次の19ページで、この要因について考察したのがWen et al. でございます。これは観測装置が台座の上に乗っているんですけども、その台座の影響を受けて、この観測点に限って大きくなってしまったということが、Wen et al. の分析の結果から、いろんな比較を通して示されているということがございますので、これは震源の影響ではなくて、設置状況の影響だというふうに考えてございます。

それから、またページは飛びますが、今度は2.2節のところ、ページは35ページをお願いいたします。これは震源の過程、震源モデルをフォワードで推定した節になりますが、前は下の四つ、それから上段にあるIkutama et al. ですけども、それ以外の知見として、入倉先生たち、あるいは佐藤他、Oana他、こういったものを今回つけ加えてございます。

具体的には36ページから、つけ加えた入倉先生の知見になりますが、今回、つけ加えた知見につきましては、3章でも御説明しますので、2章ではちょっと割愛いたしまして、3章で改めて御説明したいというふうに考えてございます。

それから、次に、ページ、また飛びますが、52ページをお願いいたします。これは前回の指摘事項、コメント7番ですけども、いろいろな再現解析をやった知見の中で、必ずしも短周期側まで見ているものがないのではないかとこのところ、それぞれの知見が、それぞれ対象としている周期を整理して、この知見では何秒まで見ていると、そういったものを調べたものでございます。2.2節のインバージョン解析、フォワード解析は、ここに書いてありますように、基本的には1秒より長周期側を見ているものが多いと。それから、2.2節のフォワード解析. その2というところは、短周期側を、より短周期を見ているところがございますが、多いのが0.1秒より長周期側です。ただ、0.02秒を見ているものも、ここには今回つけ加えましたOana et al. (2019)とか、こういったものがあると。こういう、それぞれの知見が対象としている周期をまとめたものでございます。

それから、次は53ページ、次のページですけども、震源近傍における建物被害。これは前回、多くは久田先生の知見を中心に御説明しましたが、今回、いろいろな観点でつけ加えてございますが、これは鈴木他、あるいは山田と、こういった知見をつけ加えてございます。これも3章のほうの中であわせて御説明しますので、ここの中では、それを割愛したいと思います。

それから、ページをめくっていただきまして、64ページをお願いいたします。これは2.4節なんですけども、摩擦とすべりの関係で、これは前回ショルツの知見を御説明して、それで、速度－状態変数摩擦則、これに関する説明をいたしました。それに関して、この中の限界すべり距離 D_c 、これが非常に重要だという御指摘がございましたので、これに関する説明を充実してほしいということで、今回、ここの右上に書きましたように、つけ加えてございます。これはすべり速度のもとでもともとあった摩擦の状態が破壊されて、全く新たな摩擦面になるまでに置きかわるのに必要なすべり距離ということで、このように記載を追加いたしました。

それから、67ページをお願いいたします。ここでは2.4節、これはここのリストに挙げている文献は今回全て知見を追加したものでございますが、これは先ほど申し上げましたように、前回の会合では、地震学的な知見がメインだったんですけども、それ以外にも分野を広げて、実際にボーリング調査を行って、その調査データからすべりの挙動について分析した知見、これを集めてございます。これにつきましても、浅部の挙動を解釈する上で関連する知見ということで、これも全て3章で取り扱いますので、ここでは割愛いたします。

それで、具体的に、次は3章に移るわけですが、ページでいきますと、80ページをお願いいたします。ここでは、2章で取り上げた知見の中から、浅いところに短周期が出るかどうかというものに関係する知見を抽出したものでございます。節ごとにまとめてございますが、この表の中、一番右端の選定結果という欄に丸がついているものを3章で扱うということで、このページにはついていませんけれども、後半のほうの、これは同じようなページが84ページまで続きますが、その中で丸がついているものを3章で扱うと。ただ、類似の知見はありますが、それは代表させて扱っていくということをやっております。

最終的な整理としては、85ページをお願いいたします。ここで整理した結果ですが、ここで分類を分けまして、ここはA、B、C、Dというふうに付番していますが、まず、Aというのは、浅部から短周期地震動は発生するということが明確に指摘している知見。これにつきましても、該当はなかったというふうに整理してございます。次に、Bは浅いところから短周期地震動は発生するということが間接的に読み取れる。論文の趣旨からとして、そういう浅いところから出ることが研究のモチベーションにしているわけではないので、必ずしもそういうことが直接的に言われているわけじゃないんですけども、間接的に、そのようなことが読み取れるもの。これは2章で取り上げた佐藤（2017）というものがござ

いました。それから、Cは浅いところから短周期地震動は発生しないと読み取れる、またはそういったものが仮定されている知見でございます。これはここに挙げたとおりの知見でございます。それから、最後のDですけれども、その他ということで、直接浅いところから短周期地震が出る・出ないに関係はしないんですけども、浅部断層のふるまいを考える上で参考になる知見ということで、その他という欄を設けました。

ここに挙げた文献は、基本的に査読ですとか、そういう報告集で報告されたものでございますが、次の86ページ、これは学会の大会の梗概集とか、そういうところで整理されているもので、ちょっとこれは情報量が少ないところも、学会の梗概とかだと情報量が少ないところもありますので、前ページの分類には入れずに、こういうものがあつたということで、これは後ほど説明しますが、鈴木他といった知見がございました。これらについて説明していきたいと思えます。

まず、87ページは、これは分類Bの佐藤（2017）ですが、これは論文の中で熊本地震を対象にSMGAを推定したのですが、論文の中で、Aモデル、それからYモデル、二つ取り扱っていて、この中のYモデルにつきましては、ちょっと見にくいですが、SMGA5番が、これが地表近くに推定されているというものでございます。ここの赤枠で囲んだところがSMGA5の周辺の観測点になりますが、考察に書きましたように、SMGA5の周りの観測点が離れているところもありますので、深さを検討するには、ちょっと留意が必要だというふうに考えてございます。それから、Aモデルのほうは、浅いところになくても、記録の再現性は同じですので、ということを確認してございます。

それから、次の88ページは入倉先生、同じように、今度、比較対象として、同じ熊本地震を対象にした別の文献ではどうなのかということで、これは入倉先生の知見ですけども、これも同じように論文の中では2種類のモデルがあつて、この枠で囲んだところが、ちょうど先ほどのSMGA5番、佐藤さんの論文ではSMGA5番に相当するところですが、入倉先生の場合には、ここのところにSMGAそのものがないと。ないんですけども、記録の再現性はできているということでございます。

そうしますと、次の89ページにまとめましたように、以上の考察から踏まえると、浅いところから短周期地震動を考慮しなくても、評価できるのではないかというふうに考えてございます。

それから、次の分類Cの知見、これはOana他ですけれども、これは分類Cですので、浅いところから短周期が出ないことが仮定されている知見。これは熊本地震を対象にしたもの

で、これはIkutama et al.で、前回会合で紹介した文献をリバイスしたモデルでやったものですが、浅いところからは長周期は出ますけども、短周期は出ないという仮定で、記録のほうを再現したということでございます。これは後ほど4章のほうでも御説明したいと思います。

それから、同じく分類Cで91ページをお願いいたします。これは台湾の地震で、これは前回の会合でも御説明しました釜江・入倉先生の論文ですが、ここでは、二つ目の丸ですけども、浅いところ、浅部4km、そこからは高周波の地震動が生成されないという仮定を置くことによって、記録が再現できたということが記載されてございます。

それから、92ページと93ページ、同じく分類Cの知見です。これは久田先生の知見ですけども、地表地震断層の近傍では揺れによる被害は少なかったという知見でございます。

それから、94ページをお願いいたします。これはショルツの知見ですが、これも浅いところはすべり安定になるので、短周期が出ないということが推測される知見ということで分類Cで扱ってございますが、前回の会合で、速度－状態変数摩擦則というのは、もともとショルツの中では震源核形成に関して説明として用いているけれども、実際の地震時のときのすべりの進展には使っていないのではないかとということで、ここは文献をしっかり確認するよという指摘がございましたが、それに対して、文献を確認したところ、御指摘のとおりで、震源核形成に用いているというものでございます。ただ、「しかしながら」に書きましたように、断層面上におけるすべり安定、すべり不安定の領域分けに、こういった考え方を適用しているので、浅いところがすべり安定ということは、固着したすべりはないということが示唆されるので、これは浅いところからは出ないという根拠の一つとして取り上げるということで、分類Cとして整理いたしました。

それから、ページ飛びますが、96ページをお願いいたします。それから、同じような文献として、97ページもございますが、97ページのほうで代表させて御説明すると、これは実際の断層面を貫くようなボーリングのデータから、コアの試料を採取して、地震時にどのような力が加わっていたかという知見でございます。これらの知見では、地震時に大体1MPa前後の力が働いていたということが推測されるというものでございます。

これにつきましては、次の98ページで、当社の見解というところで書きましたが、ここで働いている力がどういう状態のものかというところで、この文献から考えると、一旦、力が、すべった後、動摩擦のところの力のことを推定しているということだというふうに認識をしております。地震時のときには、もとあった応力と地震後の応力の差分が地震

動にきくわけですが、そのことではなくて、地震後の動摩擦のところを指しているのだろうというふうに推測してございます。

それから、次の99ページをお願いいたします。これも台湾地震のボーリングデータから試料を使った検討ですが、Ma et al. (2006)の文献ですが、これは、もともとの論文は、実際、地震が起きたときのエネルギーがどういう割合で放出されていたかということで分析された知見でございます。そのときに、これは破壊エネルギーを求めるときにすべり弱化の局面を求めているわけですが、それがちょうどボーリング位置、断層面の北のところのボーリング位置のところで、断層面位置の直下で大体どのぐらいの破壊エネルギーが出たかというところを推定したのが右側になります。これは破壊エネルギーで、縦軸に Shear traction changeと書いてありますので、これが0から-5Mpaまで下がっているということから、応力の降下を示唆されるという知見でございます。これにつきましては、詳しく分析する考察が必要だと思しますので、次のページでも説明しますが、右側の図を求めるに当たっては、この欄に書きましたように、Ji et al.の知見、インバージョンの結果を用いているので、このJi et al.がどういうものかというのを次の100ページで御説明しております。

これは同じく台湾の地震のインバージョンで、ちょうど、すべり分布を求めて、このすべり分布から、先ほど言ったすべり弱化曲線を求めているというものでございます。

このインバージョンの結果が異なれば、最終的な結果もまた変わってくるので、類似の検討でどのようなものがほかにあるのかということで、これは次の101ページをお願いいたします。これはZhang et al.でございますが、これを台湾の地震を評価して、同じように、Ma et al.と同じような検討をしてございます。やはりベースはインバージョンが結果になって、これはIwata et al.を、このすべり分布を使って、最終的に応力降下量分布を求めておりますが、この応力分布のカラーバーを見ていただくと、一番左が-5~0という領域がありまして、ここは応力降下が負ですので、応力としては上昇するセンスになると。上昇するセンスは、浅いところでございますので、地震動の励起は抑制される方向になると考えられます。

最終的にまとめたのが次の102ページですが、知見の違いだけだと、なかなか、どちらが妥当かというのは考えにくいところがありますが、ここは観測点分布、先ほど2章で説明した分布ですが、もし浅いところに応力降下があれば、北部のほうですね、そのところの加速度が大きくなることが予見されるんですけど、この記録の分布を見ても、特に北

部で加速度が大きいという状況にはなっていないということと、それから、下から二つ目のポツに書きましたように、先ほど分類Cで御説明した釜江・入倉先生の文献では、北部の観測点の再現に当たって、浅いところからは高周波の地震動が生成されないと仮定したことで、記録の再現性はよくなったということが述べられていますので、以上のことを踏まえると、一番下のポツになります。浅いところから短周期地震動を考慮しなくても、地震動評価はできるというふうに考えてございます。

それから、以上が分類したものの知見の説明ですが、学会の大会論文で発表されたものとして、104ページをお願いいたします。これは鈴木他、中田他の文献でございしますが、ここで説明されているのは、従来の強震動のモデルでは、一般に浅いところからは強震動が出ないということを仮定しているにもかかわらず、熊本地震とか長野県北部では、浅部に大きなずれがあったのではないかという指摘がございました。それに関しては、弊社の見解としては、熊本の検証でやりましたように、浅いところにすべりがあるというところは、そのとおりでございますけど、それをモデル化して、記録の再現性をしたということで、こういった指摘は既に取り込んでいるというふうに考えてございます。

それから、次の105ページですが、同じく鈴木先生たちの文献として、熊本地震で「震災の帯」が観測されたのは断層線から概ね数百m以内と、こういう帯状に広がるということは、地下深部から地震動が出たというだけでは説明が付きにくいのではないかという御説明でございました。これにつきましては、山田（2017）という知見がございしますが、この文献の中では、鈴木先生たちが指摘された知見も踏まえて、こういう帯状になった被害がどういう要因なのかというところを、断層による影響なのか、あるいは地盤の影響なのかということ进行分析してございます。その結論として、山田さんの結論としましては、断層ではなくて、表層地盤の影響、それから建築年代の影響で、このような帯状の被害になったというふうに指摘してございます。

以上をまとめますと、これは106ページになりますが、いろいろ知見の整理をしましたが、浅いところから短周期地震動を考慮するという根拠となるような知見は、ないというふうに判断いたしました。したがって、地震動の評価は、浅いところから地震動は大きくないという前提で行うということと考えております。

それで、4章で基本震源モデルの考え方になりますが、考え方は、前回の会合と変わってございませんので、この中で、熊本の再現解析、そこを中心にご説明したいと思っております。

115ページをお願いいたします。知見の整理でも紹介した、モデルとしてはOana et al. をベースに用いて御説明します。ただ、一部のパラメータは、見直して修正してございます。これは前回の会合でIkutama et al. (2018) を修正したものがOana et al. (2019) になりますが、これはどういう観点で直したのかというところは、二つ目の丸に書きましたように、Ikutama et al. では、断層上端深さと、一般的な断層上端深さ、地震発生層の上端というのは、P波速度の6km層と大体対応があるということが一般知見として言われていて、我々の地震動評価も、そういう観点で設定してございますが、もともとIkutama et al. のほうでは、それが独立に想定されていて、必ずしも整合していないところがありますので、そこを地盤モデルのP波速度の6km層と断層上端を合わせたというのが、Oana et al. (2019) でございます。これを使って再現解析を行う、上端深さを見直して、その上で応力パラメータも再度記録に合うようなものに見直して再現解析を行いました。

その結果が、途中の時刻歴波形とかはちょっと割愛いたしますが、前回指摘のあった応答スペクトルでいきますと、123ページをお願いいたします。もともと、益城のほうは、それほど乖離がなかったと。そこにつきましては、今回、見直しをしても、再現性に変わりがないということを確認して、その上で、西原村につきましては、黒が観測記録、赤と青が計算結果。赤のほうを見ていただければと思いますが、特に西原村の短周期側（0.2秒以下）のところの乖離があったところは、今回の検討で、記録と合うようになったということを確認いたしました。

こういったことも踏まえて、次の5章で、地震動評価を極めて近い場合にどう考えるかというところを御説明したいと思いますが、これは126ページをお願いいたします。ここで、極めて近い場合の評価の考え方というところをまとめたページでございますが、まず、基本震源モデルとしてどうすべきかというのは、深部断層、ここは通常のやり方に従ってやるということで、レシピを参考に行うと。ただ、浅部の影響がありますので、それは浅部も取り入れた形でやると。これはもう基本ケースの段階で評価します。そうした上で不確かさを考慮するわけですが、特に影響の大きい不確かさにつきましては、組み合わせを考慮するというふうに考えています。その次の点として、十分な余裕の考慮ということで、基本的には、今まで前段で説明しましたように、知見の整理をしましたが、浅いところから短周期が出るような根拠となる知見はないということと、熊本の検討でも、短周期側も再現ができたということを確認したということで、浅いところから短周期が出るという影響というのは、深部に比べると十分に小さいというふうに考えてございます。ただ、「し

かしながら」で追って書きましたように、断層の近傍での観測記録というのは、数自体が少ないということと、先ほど2章のところで、文献ごとにどれだけ周期帯を対象にしているかという一覧表にも示しましたように、シミュレーションの数も少ないという点も踏まえて、不確かさに加えて余裕を考慮するということにします。具体的には、四角に書きましたように、原子力施設にとっては、短周期側が重要になりますので、敦賀の場合ですと、使用機器の周期が大体0.2秒以下に多いので、その周期帯に余裕を考慮するということで、具体的には、深部の影響が大きいので、深部の影響をより保守的に設定して、波の全体の短周期は大きくすると。それをイメージ的に描いたのが右側のポンチ絵ですが、青系統のところは、薄い青、濃い青、これは基本ケースで、考慮するもの。浅いところを考慮したものは、こういう濃い青の長周期側に表れると。それから、不確かさを考慮した影響というのは、短周期側、それから長周期側を含めて、緑色のようにかさ上げされると。さらに、ピンクで示しましたように、主要機器が短周期側にありますので、固有周期じゃなくて、短周期側にありますので、そこをさらに持ち上げるように、ここはピンクの領域に描きましたように、こういう形で余裕を考慮するというふうに考えてございます。

これを具体的に6章で、浦底断層に対してどういうふうに反映していくかというところは、6章で御説明していきたいと思えます。

6章は、127ページに中表紙がありますが、メインとなるのは6.4節の十分な余裕を考慮した地震動評価になりますが、6.3も一部関連しますので、この二つの節について、中心に御説明したいと思えます。

まず、不確かさのところにつきましては、174ページをお願いいたします。これは不確かさを考慮している数とか、これは前回同様ですので、特に変更はございませんが、改めて説明するという事です。ここに書いた不確かさ、2番～6番、これは単体で考慮するものでございます。この中から影響の大きいものを重畳するものとして選ぶと。

それは、次の175ページで、その考え方ということで書いてございます。これは先ほどの単体で考慮したものの中から影響の大きいものを選ぶと。そうすると、NS、EW、UD、どれかの一成分でも大きいものがあれば、それは影響の大きいものとしてピックアップすると、最終的に、この三つに書きましたように、まず「短周期レベルの不確かさ」、それから「破壊伝播速度の不確かさ」、最後に「すべり角の不確かさ」、これらが影響の大きいものとして三つ選定されて、選定されたものにつきましては、全部の組み合わせを考慮するという事で考えてございます。

このような不確かさを考慮すると、最終的には、185ページをお願いいたします。このような基本ケースと不確かさケースの組み合わせが、合計で、全部で9ケースあるということになります。

6.4節にちょっと飛びまして、ページは228ページをお願いいたします。ここは先ほど5章で御説明した考え方の再掲になっていきますので、詳細は割愛しますが、この書いた方針に従って、具体的にどのように深部のパラメータを保守的にやるかというところは、次の229ページで御説明したいと思います。

これは不確かさを考慮した全ケースを見ると、特に短周期側で影響が大きいというのは、短周期レベルと破壊伝播速度の不確かさを組み合わせたケース9になります。ケース9に対して十分な余裕を考慮するということにしますが、具体的に、②のほうなんですけども、短周期レベルと破壊伝播速度のうち、短周期側を増大させるという観点からすると、直接的に短周期側を引き上げる、短周期レベルについて余裕を考慮するということで考えてございます。具体的には、不確かさの組み合わせのときには、横ずれということも踏まえて、短周期レベルの1.25倍を考慮してございましたが、ここは余裕の考慮として、組み合わせにおいてもレシピの1.5倍を考慮するというように考えてございます。

これは、次の230ページをお開きいただきますと、これは不確かさの全ケースの重ね描きに対して、十分な余裕を考慮する対象としたケース9が濃い青の線で描いてございます。この中で、短周期側が大きいということを確認してございます。

具体的に、ケース9に対して余裕を考慮したのが、次の231ページをお願いいたします。ケース9までが不確かさのところですが、十分な余裕の考慮としまして、ケース10になりますが、これは短周期レベル、ケース9のときには1.25だったところを、ケース10では、これは不確かさではなくて余裕という位置づけで、1.5倍を考慮するというふうに設定いたしました。

その結果は、238ページをお願いいたします。これはケース9が青い線、これは不確かさケースのもので、これは青い線で、十分な余裕を考慮したものが赤の線になってございます。長周期側は変わりませんが、短周期側は、このように持ち上げられていると。

この図は、もう少しわかりやすくするために、次の239ページで、加速度軸で描いたものでございますが、黄色の網かけは主要機器の周期帯になりますが、その周期帯の中では、このように余裕の考慮として確保がなされているということを確認いたしました。

以上で浦底断層の評価の説明を終わりますが、まとめとしましては、266ページをお願い

いたします。これは全体のまとめですけれども、まず、ポツがありますが、最初のポツは、震源が極めて近い場合の特徴として、長周期のパルスが出るということと、永久変位が出るということを確認したということと、それを浦底断層に展開して、そういった特徴が表れていることを確認したと。それから、最後ですけれども、十分な余裕を考慮すると。これは極めて近いということを踏まえて余裕を考慮しますが、それは原子炉施設にとって重要な短周期帯に確保されているということを確認いたしました。

以上が本編ですが、最後に、補足のほうで、292ページをお願いいたします。熊本の再現解析のモデルで、見直し前後でどうなっているのかというところをまとめたもので、292ページは、これは見直し後ですけども、比較したのが293、見直し前後ということを示してございます。

それから、パラメータとしてどうかということが294と295。それから、応答スペクトルでの変化が296、それから297。こういう形で変わったというところを整理してございます。説明は以上になります。

○石渡委員 それでは、質疑に入ります。

発言される方は、お名前をおっしゃってから発言してください。どなたからでもどうぞ。どうぞ、谷さん。

○谷審査官 地震・津波審査部門の谷です。

御説明ありがとうございました。

私のほうからは、知見の収集・整理を踏まえた地震動評価という、知見を収集していただいた点についてコメントをさせていただきます。

85ページをお願いします。今回、浅部断層におけるすべりに関する知見を収集したと。その内容について、分類を行った上で、断層浅部からの短周期地震動の生成に関する整理を行いましたと。その結果が106ページに、その結果を踏まえた方針として書かれているんですけども、浅部断層からの短周期地震動を考慮する根拠となり得る知見はないと判断したと。そして、地震動評価は浅部からの短周期地震動は大きくないという前提で行おうとしています。

しかしながら、85ページへもう一回戻っていただいて、この中で、Bとしている、間接的ではあるが浅部からの短周期地震動が発生すると読み取れる知見、あるいは、その他の知見として、分類Dとしているもの、それに加えて浅部から短周期地震動が発生しないと読み取れる知見、分類Cですね、これにおいても、その対象とする周期帯が、原子力施

設・設備にとって重要な周期帯を対象としたものは少ないという状況です。また、震源ごく近傍の観測記録も、いまだ少ないということです。これは126ページに事業者さんも書かれている内容だと思います。

したがって、今後、浦底断層のように震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価においては、その短周期地震動に関わる評価については、こちらとしては慎重に判断させていただきますということで、これは特に回答を求めるコメントではないので、よろしければ、私のほうからは以上です。

○石渡委員 特に何かありますか。よろしいですか。

○日本原子力発電（生玉） 特にございません。

○石渡委員 ほかにございますか。

はい、佐口さん。

○佐口審査官 地震・津波審査部門の佐口です。

私のほうからは、前回、ちょっとコメントをさせていただきました、最終的には浦底断層の地震動評価ということをするところなんですけども、それに対して、じゃあ、今の評価手法、日本原電さんが提案されている手法について、前回の会合では、ちょっと、本当にこの手法が使えるのかどうかということも含めて、少し確認をさせていただきたいということで、いろいろコメントをさし上げたと思います。

まず一つ目なんですけど、124ページをお願いできますか。これは繰り返しになるんですけども、一番下の青の四角囲みにあるところで、まず、2016年の熊本地震の地表地震断層近傍の観測記録を再現できることを確認したことから、本評価方法を震源が極めて近い場合の地震動評価に用いると。これは前回の会合から特に変更はないと。じゃあ、前回コメントした、例えばこの一番下の4.2の2016年熊本地震の再現解析というところの一番最後の二つ目のポツ、この0.2秒以下というのが、ちょっとレベルとしては足りていないんじゃないかということで、何かやっぱり根本的なものが足りないんじゃないかということで、もう少し再考してくださいと前回コメントして、それに対して、今回は少しモデルの設定ですね、115ページ目以降から、その説明を今日もさせていただきましたけども、震源モデルの設定を少し変えられたと。具体的に何を变えたかということ、Oana et al. (2019) でされているように、地震発生層の上端というものを、今の震源モデルの深部断層とされている部分、これの上端深さに変えた。その結果、当然、各種パラメータが、若干、いろいろ変わってきて、その説明が116ページ目以降にあって、前回からの一応比

較といいますか、というのが、最後に御説明があった。293ページにあって、いろいろパラメータを変えましたと。パラメータの設定ですね。その結果、今回は前回よりも約0.2秒、周期で言うと0.2秒以下という周期帯において、123ページとかにあるような形で、よく再現ができましたということで、先ほどの124ページに書かれているように、前回から、再現性、これが向上したこともあって、この手法は震源が極めて近い場合の地震動評価に用いますという御説明だったと思います。

じゃあ、本当に用いていいのかという話に当然なるんですけども、これはあくまでも浦底断層を最終的に地震動評価を行う、いわゆるこれは予測の話ですね。当然、浦底断層による地震というのは、まだ起こっていないということで、予測の話ということになります。一方で、今、再現解析ということで実際やられているのは、もう実際に熊本地震というのは起こって、それに対して、どういう震源モデルであれば、特に震源からすごく近いところの観測点の観測記録を再現できるのかという観点で、いわゆるフォワードモデルとして、116ページですかね、で設定をされていると。

じゃあ、やっぱりあくまでももう起こったものに対してモデルを組むのと、これから起こるだろうと、起こるものとして考えたときのモデルで、実際にモデルの組み方がやっぱり違うんですね、当然ながら。それは、浦底断層については、当然、強震動レシピに基づいて震源断層モデルを構築していると。一方で、ここにあるようなモデルですけども、これはフォワードモデルですので、観測記録に合うように当然モデルを構築していくと。じゃあ、実際に浦底断層を予測する場合、この熊本地震で設定されているものがどのように反映させるべきなのか、それから反映させていく方法も含めて、これが、じゃあ、どこかに示されているかという、今、全く示されていなくて、要はモデルの組み方として、浅いところにこういった大すべり域、要は地表まで含めてモデル化をしますという部分と、特に浅い部分については、こういった大すべり域を設定してモデルをつくりますということはあるんですけども、要は深部のところも含めて、この各種のパラメータがどのように設定していくのか。実際に浦底断層の地震動評価を行うときにですね。これが今すっぱり抜けていて、このところがやっぱり明確になっていないと。

なので、当然、観測記録も含めて、事例がやっぱり熊本地震のこれだけしかないというところはあるんですけども、だからといって、もう、この熊本地震の各種パラメータ、フォワードモデルにおける各種パラメータ、これがどういう位置づけになっているのかというのは、ちゃんと分析することがやっぱり非常に重要になってくるわけなので、これが

今ない状態であると、じゃあ、要は熊本地震で再現できたから浦底断層にもこれは適用できますよと言われても、熊本地震で得られたものが、どういうふうに浦底断層に反映させていくのか。特にモデルのつくり方、パラメータの設定の仕方、ここがやっぱり、ちょっと繰り返しになりますけれども、すっぱり抜けていますので、これはきちんとフォワードモデルも含めて分析をしていただいて、どういうふうに浦底断層の地震動評価に、要は受け渡しといたしますか、反映させていくのかというところは、きちんと示していただかないと、当然、今後の浦底断層の地震動評価というものがやっぱりできないと。我々としても、少なくとも、今の段階では、浦底断層への適用、この手法の、というところの妥当性はまだ見えませんので、そこはしっかりまず分析をしていただきたいと思います。

続けてですけれども、じゃあ、今度、方針として、これは少し確認をさせていただきます。126ページで、ここに震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価の考え方ということで示されています。先ほどちょっと谷のほうからもコメントしましたけれども、浅いところの短周期地震動の影響、これは日本原電さんとしては、深部断層からの影響に比べて十分に小さいと一応判断されていると。ただし、ここにも書いてあるんですけども、地表断層の近くの観測記録自体がやっぱり少ないということと、特に原子力施設にとって重要な短周期帯まで対象とした検証シミュレーションも少ないということから、地震動評価に当たっては、不確かさ、これに加えて、さらに十分な余裕を確保するという考え方だというふうに説明はされているんですけども、少し確認をさせていただきたいんですけども、これはつまり地震動評価において深部断層の短周期成分、これについて保守的な設定を行うことで、要はよくわからない、まだ明確になっていない浅部断層からの短周期地震動、これの影響も含めて、余裕を十分に確保するという、まず考え方であると説明されているという理解でよろしいですかね。まず、そこを確認させてください。

○石渡委員　いかがですか。

○日本原子力発電（生玉）　そのように考えておりまして、浅部のところは、知見の整理の結果からは、短周期は大きくないだろうということは認識していますが、ただ、繰り返しになりますが、事例が少ないと、記録自体も少ないというところはありますので、そこは余裕として、これは深部のパラメータがあります、そういったものを保守的に上げて、短周期はかさ上げするようにして確保するという考え方で、おっしゃるとおりです。

○石渡委員　佐口さん。

○佐口審査官　佐口です。

じゃあ、書かれていること自体は、理解はしました。ただし、この方針が本当にいいかどうかというのは、まだ、当然、同意したわけでも何でもなくて、一応、今、仮にそういったような考え方で今後地震動評価を行っていくという場合、やはりこのサイトは、特に浦底断層が非常に近い、200mとか300mですね、施設から、これは、これまでのサイトにないような、そんな状況であって、数kmというオーダーで、多少近いというサイトはこれまで幾つかあったと思うんですけども、数百mオーダーというところは、当然、これまでにないという中で、やっぱりこれはほかのサイトとは違って、やっぱりそういった特殊な条件といいますか、事情を考えると、これまでに行ってきている、要は先行サイトといいますか、既許可のサイトというような、その中で実施されているような不確かさより、じゃあ、さらに踏み込んだ不確かさが必要なんじゃないかと考えているんですけども、今、実際に、そういったような不確かさが考えられているかということ、231ページとかですかね、一番下には、十分な余裕の考慮とありますけども、その上の不確かさの考慮及び組み合わせということで、じゃあ、抽出された不確かさのケース、これが既許可よりちょっとでも違うようなものがあるか、特に深部の断層についてですね、これがあるかどうかということ、やっぱりそこも特に考えられていないと。要はこれまでの既許可サイトより、さらに一步踏み込んだような、ほかの検討ケースというのか、特に短周期の地震動にきくようなケースがほかにも例えば考えられると思うんですけども、そこまで考慮されているかということ、そうでもなくて、今は既許可で出しているような組み合わせとか、同じような形で出されているにしかすぎないと。やはり今、敦賀という非常に特殊な環境にある浦底断層との関係、これを考えたときに、やっぱりどういった不確かさを考えて、それらをどのように保守性を考えて見込むのかということについて、やっぱりもう少し考えていただきたいと思っています。

さらに言いますと、当然、ここでされているんですけども、その不確かさの組み合わせの考え方として、175ページにありますように、ここでは不確かさの影響の大きい不確かさというのを、三つを選定して、これについて組み合わせると。それは何かといいますと、ここにありますように、短周期帯に影響が大きい短周期レベルの不確かさというものと、それから、NS、EW、UDと、多少違いますけども、あくまでも長周期帯で影響が大きい破壊伝播速度であったり、それからすべり角の不確かさ、こういったものを選定して、それぞれについて組み合わせを行うというところは書かれておりますけれども、じゃあ、なぜ短周期と長周期を組み合わせでいいのか。短周期が重要重要というところと、それから、短

周期の地震動がよくわからない部分があるというところも考えれば、短周期のレベルの大きい地震の不確かさ、これを組み合わせるといふこともあると思いますし、いろんな考え方が多分できると思うんですけども、そういったことも含めて、少しやっぱり考え方というのは一度整理をした上で、きちんと、もう一度考えていただきたいと考えていますけども、いかがでしょうか。

○石渡委員　いかがですか。

○日本原子力発電（生玉）　日本原子力発電の生玉でございます。

不確かさの組み合わせが先行並みではないかというところにつきましては、浦底が非常に近いというところを踏まえて、さらにより多くの不確かさを検討すべきじゃないかという御指摘かと思いますが、一つは、深部断層に限定していきますと、地震発生層との離隔距離分がございますので、そうすると、水平方向で見ると、確かに200mしか離れてございませんが、発生層との離隔からいくと、3km上端までは3kmと設定していますので、そこはあまり先行の近いサイトとも、大きな、極端に浦底が近いということにはならないのかなというふうに考えてございまして、それで、不確かさの組み合わせにつきましては、同様の考え方で選定しているというところでございます。

それで、近いということに限定して、何か浦底で固有のものが選ばれているのかというところにつきましては、今回、浅いところをモデル化しましたので、すべり角の影響、これはある程度離れると、今度、すべり角の影響はほとんどないと考えられますが、それは例えば178ページを見ていただくと、上下方向にすべり角を変更したときには、上下方向に、これは浅部をつけたことによって影響が出てきますので、こういったことで、近いということ踏まえた不確かさが、先行例にはないものとして加えているということでございます。

それから、二つ目の御指摘で、短周期・長周期という形で組み合わせている点と、重要施設が短周期だから短周期に配慮したということだとすると、短周期と短周期、そういうものが大きくなるようなものの組み合わせも考えるべきじゃないかと、そういう御指摘があったかと思えます。

それで、これは例えばですけども、176ページを見ていただきますと、短周期レベルが大きいというのは、これはもう当たり前の話ですが、これは当然見ると。それ以外のもので短周期が大きくなっているのは、どれが大きいかというと、傾斜角の不確かさのケースと、それから破壊伝播速度の不確かさのケース、これは破壊伝播速度の不確かさのケー

スは、長周期が特に1秒ぐらいのところでは影響が大きいんですけども、短周期側につきましても、持ち上がってございまして、これは短周期側のレベルの大きさとしては、短周期レベルの不確かさのケースに準じたぐらい。これは傾斜角の不確かさケースと破壊伝播速度の不確かさ、これはどちらも同じような短周期側の影響ということで、これは短周期レベルの不確かさと破壊伝播速度の組み合わせも、常に組み合わせの中に入れてことによって、短周期・短周期の影響が、これでカバーできているのではないかというふうに考えてございます。

ただ、御指摘がございまして、これで十分かという点につきましては、改めて検討して、もし、こういった組み合わせがあったほうがいい、あるいは別のパラメータも組み合わせるべきものがあるかどうかという観点で、再度検討していきたいというふうに考えてございます。

あと、それから、一番最初の冒頭で、熊本のフォワードでやった計算のやり方が、浦底断層の評価にどのように結びついてるのが欠落していて、よくわからないという御指摘がございました。それにつきましても、ちょっと補足させていただきたいと思いますが、ページは109ページをお願いいたします。109ページからが基本震源モデルの考え方が続くわけですけども、基本的に、ここで説明したモデルの考え方は、熊本の検証にも、この考え方に基いてやっているというのと、6章の浦底断層の基本震源モデルの考え方ににつきましても、同じ考え方を踏襲してございますので、そのところは、特に熊本で検証してやったものと全くつながりがないものを浦底に持ち込んでいるというわけではないので、ちょっと、そこは資料が離れている、4章と6章で分離してしまっているところもあって、つながりが明確ではなかったのかというふうに感じてございますが、一応、事実関係としては、そのような形で、熊本も浦底も同じ考え方でパラメータの設定をしているということは、ちょっと補足として申し上げたいと思います。

以上です。

○石渡委員 佐口さん。

○佐口審査官 御説明ありがとうございました。

基本的には、そういった検討をしていただけるということですけども、少し、私、断層が非常に近い近いと言い過ぎて、そればかり残ってしまったのかと思って、ちょっと誤解がないようにさせていただきたいんですけども、これは先ほど確認をさせていただきました126ページ、要するに浅いところから短周期が出るのか出ないのかというのが、やっ

ぱりよくわからない。まだ、そこを明確にするだけの知見も、それから観測記録もない中で、御社は、基本的には、そういったことも含めて、深部のところで短周期のレベルのところを十分な余裕を見ますよというところで、それで確認をさせていただきました。なので、当然ながら、深部から離隔距離があるとか、そういう話ではなくて、浦底断層全体を通して、それを深部によって短周期部分を賄うんだという考え方をもとにやられるのであれば、そういった組み合わせも、これまでの既許可でやったようなものではなくて、そこからさらに一步踏み込んだものをまず考えるべきではないのかという趣旨です。

それから、熊本地震なんですけれども、これは浦底断層も踏まえてということですけども、これが必ずしも正しくはないとは思いますが、あくまでも例を、じゃあ、こちらで示させていただきますと、例えば116ページ、お願いします。結局、浦底断層をやるときに、じゃあ、敦賀サイトの地震動を評価するということと、熊本地震との関係に照らし合わせると、ちょうど西原村とアスペリティ1というものが、今も敦賀と浦底断層のアスペリティというものに対応すると。この中の数字を見ていくと、応力降下量とかを見ると、これは標準的、もしくは標準より少し小さいかなと思うんですけど、すべり量としては、これ、5mって、非常に大きいですね。それから、破壊伝播速度というのも3kmという形で、これも速いと。そういったパラメータも含めて、じゃあ、どうやって浦底断層にこれを適用するのか。この知見を踏まえてですね。そういうところがやっぱりすっぱり抜けていますので、そこはきちんと分析をしていただきたいと。そういう趣旨ですので、それもやっぱり浦底も、それから熊本も見据えた上での評価法としていますということですけども、あくまでも我々の認識としては、浅いところ、ここで言うと浅部の断層、地表面まで震源モデルを考えて、それから、浅いところに大すべり域を置くというモデル化でしかないという理解でいますので、このパラメータの分析というのは、きちんとしていただきたいと思います。

以上、よろしくお願いたします。

○石渡委員 いかがでしょうか。

○日本原子力発電（生玉） 日本原子力発電の生玉です。

御質問の趣旨はわかりましたので、今のコメントを踏まえて、改めて検討して、御説明したいと思います。

○石渡委員 ほかにございますか。佐口さん、よろしいですか。

○佐口審査官 私からは以上です。

○石渡委員 ほかにございますか。大体よろしいですかね。

それでは、どうもありがとうございました。

敦賀発電所2号炉の地震動評価につきましては、本日、いろいろ指摘事項が出ましたので、これらの指摘事項を踏まえて、引き続き審議をすることといたします。

以上で本日の議事を終了します。

最後に、事務局から事務連絡をお願いします。

○大浅田管理官 事務局の大浅田です。

原子力発電所の地震等に関する次回会合につきましては、来週20日の金曜日を予定してございます。詳細はホームページで御覧ください。

事務局からは以上でございます。

○石渡委員 それでは、以上をもちまして、第813回審査会合を閉会いたします。