

標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う

設置変更許可申請等の要否に係る会合

第2回

令和3年6月18日（金）

原子力規制委員会

標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う設置変更許可申請等の要否に係る会合

第2回 議事録

1. 日時

令和3年6月18日（金） 13：30～14：44

2. 場所

原子力規制委員会 13F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

市村 知也 原子力規制部長

大浅田 董 安全規制管理官（地震・津波審査担当）

内藤 浩行 安全規制調整官

名倉 繁樹 安全管理調査官

熊谷 和宣 管理官補佐

佐口 浩一郎 主任安全審査官

谷 尚幸 主任安全審査官

田島 礼子 技術研究調査官

九州電力株式会社

須藤 礼 上席執行役員 原子力発電本部 副本部長

大坪 武弘 執行役員 テクニカルソリューション統括本部 土木建築本部長

赤司 二郎 テクニカルソリューション統括本部 土木建築本部 部長（原子力土木建築）

今林 達雄 テクニカルソリューション統括本部 土木建築本部 原子力グループ長

木村 一成 テクニカルソリューション統括本部 土木建築本部 原子力グループ 副長

岡山 昂平 テクニカルソリューション統括本部 土木建築本部 原子力グループ

高田 将輝 テクニカルソリューション統括本部 土木建築本部 原子力グループ

【質疑対応者】

平野 和隆 原子力発電本部 原子力建設グループ長
廣渡 成幸 原子力発電本部 原子力設備グループ 課長
入江 政義 原子力発電本部 原子力工事グループ

関西電力株式会社

多田 隆司 執行役常務
山田 淳 土木建築室 建築部長
岩森 暁如 土木建築室 地震津波評価グループ チーフマネジャー
伏見 実 土木建築室 地震津波評価グループ マネジャー
松本 行平 土木建築室 地震津波評価グループ リーダー
山本 将真 土木建築室 地震津波評価グループ

4. 議題

- (1) 九州電力(株)玄海原子力発電所3号炉及び4号炉の標準応答スペクトルの取り入れに伴う基準地震動への影響について
- (2) 関西電力(株)美浜発電所の標準応答スペクトルの取り入れに伴う基準地震動への影響について
- (3) その他

5. 配付資料

- 資料1 玄海原子力発電所3号炉及び4号炉 標準応答スペクトルを考慮した地震動の確認結果
- 資料2 美浜発電所の基準地震動に対する標準応答スペクトルの影響検討

6. 議事録

○石渡委員 定刻になりましたので、ただいまから標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う設置変更許可申請等の可否に係る会合、第2回会合を開催します。

それでは、本会合の進め方等について、事務局から説明をお願いします。

○大浅田管理官 事務局の大浅田です。

本日の会合につきましても、新型コロナウイルス感染症拡大防止対策のためテレビ会議システムを用いて行います。また、緊急事態宣言の発令に伴い、一般傍聴の受付は行って

おりませんので、動画配信のほうを御利用ください。

それでは、本会合ですが、4月26日に改正施行された標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う解釈を適用したとしても、基準地震動 S_s の変更は不要として事業者から提出された審議を行うものです。

案件は2件ございまして、1件目は九州電力株式会社玄海原子力発電所の3号機及び4号機です。2件目は、関西電力株式会社美浜発電所の3号機についてです。

あと、資料は2点でございます。

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。

九州電力から、玄海原子力発電所の評価結果について説明をお願いいたします。御発言、御説明の際は挙手をしていただいて、お名前をおっしゃってから御発言、御説明ください。

はい、どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。聞こえておりますでしょうか。

○石渡委員 はい、よく聞こえております。

○九州電力（赤司） 私のほうからは、まず、資料1の評価内容の説明に先立ちまして、資料の1（別紙）と記しておりますA4、縦使いの資料で1点御説明をさせていただきます。

この表紙に記載しておりますとおり、玄海3号炉、4号炉の基準地震動の変更が不要であるということを説明する文書、これにつきましては、当社のほうから、4月26日付けにて提出させていただいております。その後、この記載内容の一部に誤りがあるということが判明いたしましたので、昨日、その正しい結果を取りまとめたものを、改めて補正ということで提出させていただいております。

具体的には、どこが誤っていたかと申し上げますと、ページは飛びますが、下、21ページと書いてあるページを御覧ください。このページの下段、鉛直方向の加速度時刻歴波形でございますけれども、これは補正いたしました正しい結果でございますが、時刻14秒付近に、▽で 400cm/s^2 という表示をしておりますけれども、この表示位置が誤っておりまして、誤っていた前は6秒付近の上方向のピークがあるところ、ここに誤って、この 400cm/s^2 、この表示を誤って示してございました。このような誤りがありましたこと、大変申し訳ございませんでした。

本日は、この補正を踏まえた、正しく表示された結果によりまして、評価の内容を御説

明させていただきます。

よろしく願いいたします。

○石渡委員 はい、どうぞ。

○九州電力（本村） 九州電力の本村でございます。

それでは、資料1を用いまして、玄海原子力発電所3号炉及び4号炉の標準応答スペクトルを考慮した地震動の確認結果について御説明させていただきます。

まず、2ページに本日の御説明の流れを記載しておりまして、この流れで御説明させていただきます。また、参考としまして、最後に、地震基盤相当面に関する検討、複数の方法による模擬地震波の検討、今回の既許可の地下構造モデルの精緻化に伴う、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動への影響評価の結果について御説明させていただきます。

3ページ、4ページにつきましては、今回の設置許可基準規則の解釈（別記2）の改正箇所を示してございます。

続いて5ページでは、平成29年1月18日に許可を頂いております基準地震動と、赤枠で囲んでおります今回の検討箇所を示しております。

6ページ以降におきましては、今回の標準応答スペクトルを考慮した地震動の検討について御説明させていただきます。

6ページでは、標準応答スペクトルを考慮した地震動の評価の概要を示しておりまして、左側のフローで、①地下構造モデルの設定、②地震基盤相当面の設定、③地震基盤相当面における模擬地震波の作成、④解放基盤表面における地震動の設定、最後の⑤で、その地震動と現行の基準地震動を比較しております。

7ページ以降で、地下構造モデルの設定について御説明させていただきます。

7ページでは既許可のときの資料を再掲しておりますが、既許可では、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の断層モデルを用いた手法において、地下構造モデルを設定しております。具体的には、断層モデルを用いた手法の「ハイブリッド合成法」による長周期帯の理論的方法を対象として設定してございます。

なお、既許可のQ値につきましては、既往の知見等を踏まえまして、10分のVsから15分のVsという慣用値を用いております。

8ページですが、当社としましては、既許可以降も、更なる安全性・信頼性向上を目的に、継続的に敷地地盤の地震観測を実施するとともに、最新の技術的知見やデータの取得に努めてまいりました。これらの既許可以降に取得した地震観測記録や最新の技術的な知

見等も踏まえた多面的な検討により、地下構造モデルの精微化を実施しております。

なお、既許可のモデルは長周期帯を対象にしておりましたが、今回の標準応答スペクトルを考慮した地震動では短周期側も含んでおりますので、これも踏まえ、次ページ以降、以下の①、②に示します検討及び検証を行いまして、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを設定しております。

9ページから、敷地地盤の鉛直アレイ観測記録による検討及び検証を実施しております。既許可の審査以降も、鉛直アレイの記録によって地震観測を継続して実施しておりまして、新たに、2016年熊本地震を含む79地震の観測記録を取得しまして、計155地震となっております。これらの地震観測記録を用いて検討を実施しております。

10ページですが、これは既許可の審査でも、敷地地盤で得られました主な7地震の観測記録の伝達関数を用いて地盤同定を実施しておりまして、具体的な検討については、11ページと12ページに示しております。このときに同定されております地盤減衰について、10ページ下の図に示しておりますが、同定された地盤の減衰の下限はQ値で4.7程度となっております。

13ページからは、既許可のときの審査と同様に、Noda et al. (2002)の適用範囲を参考に、M5.4以上、震央距離200km以内というような条件で、以下に示しております既許可以降に取得しました地震観測記録を加えた19地震の観測記録を用いて、伝達関数による地盤減衰の同定を実施しております。

14ページ、右下には地盤減衰の同定結果を示しておりますが、下限はQ値で6.3程度となっております。既許可の審査のQ値と同様に、大きな減衰を示しております。

15ページからは、既許可の審査以降の最新の技術的知見としまして、伝達関数による検討とは異なり、地下構造モデルを用いず、鉛直アレイ観測記録から直接地盤減衰を推定可能な地震波干渉法を用いた検討を実施しております。

具体的には、地中の観測記録には入射波と反射波が含まれておりますので、左下に示しておりますとおり、地表の観測記録に対して地中の記録をデコンボリューションすると、右下に示しておりますとおり、入射波と反射波は分離されます。この入射波に対する反射波の振幅の比率に基づきまして、地盤減衰の推定を実施しております。

16ページですが、地震波干渉法の検討は、伝達関数による検討と同様に、19地震の観測記録を用いて検討を実施しております。地盤減衰の推定にあたっては、Anderson(2004)による指標を基に、全地震の波形の平均と各地震の波形の相関がよいものを抽出してありま

す。

17ページに、地震波干渉法による地盤減衰の推定結果を示します。この図を見ますと、地盤減衰（Q値）の下限は8.6程度となっております。

18ページに、これまでの伝達関数による検討と、地震波干渉法による検討の結果を下のほうに再掲しております。これを見ますと、現手法で得られた地盤減衰（Q値）の下限は8.6程度となっております。これを踏まえまして、地盤減衰の不確かさを考慮しまして、標準応答スペクトルの評価で用いる表層の地盤減衰は、Q値で12.5を設定しました。

なお、今回の観測記録に基づくQ値の結果については震動数に依存しておりますが、保守的に、震動数によらず、一律12.5というQ値を設定してございます。

19ページでは、この設定したQ値の妥当性検証を目的に、左下の図に示しますとおり、EL. -90.0mの最深部の地震計の観測記録を入力波としまして、Q値12.5を設定した地下構造モデルを用いて、1次元波動論に基づき、推定した解放基盤位置の応答波の応答スペクトルと、EL. -17.0mの解放基盤表面相当の地震計における観測記録の応答スペクトルとの比較を実施しております。

19ページの下図～28ページまで、先ほど検討対象としました19地震の観測記録の応答スペクトルを用いた検証結果を示しております。その際、参考としまして、既許可のQ値100の結果も示しております。これを見ますと、青線の既許可のQ値100の結果より、赤線のQ値12.5のほうが黒線の観測記録に近づきまして、また、全体としましては、赤線のQ値12.5のほうが黒線の観測記録の応答スペクトルより大きい傾向にありまして、設定したQ値12.5の妥当性が確認されます。

次は29ページになります。前のページまでで設定しましたQ値12.5の設定範囲の検討です。

30ページ～32ページ目に、原子炉設置位置付近の速度層断面を示しております。これまでの検討で用いた鉛直アレイ地震計が設置されているEL. -90.0mより浅い部分と、EL. -90.0m～EL. -200.0mまでの速度層に大きな差異は見られないことから、鉛直アレイ地震観測記録に基づき設定した地盤減衰Q値12.5を、EL. -200.0mまで設定してございます。

続いて、33ページ以降になりますが、EL. -200mまで設定した地盤減衰Q値12.5の妥当性について、地震観測記録に基づく地盤増幅率による検証を実施しております。友澤ほか(2019)では、左下の図のとおり、九州地域周辺で発生した地震におけるK-NET、KiK-net、川内原子力発電所及び玄海原子力発電所で得られた観測記録を用いて、九州地域の震源特

性・伝播経路特性・サイト増幅特性について、ブロックインバージョン解析により推定されております。

34ページに検証結果を示します。友澤ほか(2019)の地盤増幅率の算出では、地中観測点が $V_s=3000\text{m/s}$ 程度の地震基盤とみなせるKiK-net（宇目東）とKiK-net（内之浦）を基準点とし、推定された地盤増幅率は、 $V_s=3000\text{m/s}$ からの地盤増幅率と考えられます。友澤ほか(2019)では、玄海のサイト増幅特性も推定されておりまして、これを用いて検証を実施しております。

具体的には、左下表に示しております、今回の標準応答スペクトルの評価に用いる地下構造モデルの $V_s=3000\text{m/s}$ 相当の層上面から地表までの増幅率を算出し、友澤ほか(2019)の地盤増幅率と比較しております。その結果、友澤ほか(2019)の地盤増幅率より大きい傾向にありまして、EL.-200mまで設定しました地盤減衰、Q値12.5の妥当性が確認されます。

以上を踏まえまして、35ページ目に、今回の標準応答スペクトルの評価で用いる地下構造モデルのまとめを示しております。

36ページからは、地震基盤相当面の設定になります。地震基盤相当面は、今回新たに定義されたものですが、地震基盤相当面の考え方についてまとめてございます。設置許可基準規則解釈、検討チーム報告書、その参考資料、あと、JEAG4601-2015のNoda et al. (2002)の解説を見ますと、地震基盤相当面の物理的な意味としましては、地震基盤からの地盤増幅率が小さく、地震動として地震基盤と同等とみなせる地盤の解放面と解釈できまして、 V_s でいいますと2000～3000m/s程度と解釈できると考えております。

この解釈を踏まえまして、37ページです。玄海の地震基盤相当面は、標準応答スペクトルの評価に用いる地下構造モデルの $V_s=2100\text{m/s}$ の層上面でありますEL.-200mに設定しました。

次に、38ページからは、地震基盤相当面における標準応答スペクトルに適合する模擬地震波を作成しております。

38ページの設置許可基準規則解釈別記2の標準応答スペクトルのコントロールポイントと、39ページの経時特性を用いまして、標準応答スペクトルに基づく模擬地震波を作成することとしております。経時特性については、検討チームにおいて、標準応答スペクトルの妥当性についてNoda et al. (2002)により検証されていますので、その諸元を参考にしまして、 $M_w6.5$ 相当の $M6.9$ 、震源近傍ということで $X_{eq10\text{km}}$ と設定しております。

40ページに水平方向と、41ページに鉛直方向の模擬地震波の作成結果を示しております。

それぞれ右上に応答スペクトル比、SI比を記載しておりますが、いずれも基準値を満足していることを確認しております。

42ページからは、解放基盤表面における地震動の設定ということで、先ほど作成しました地震基盤相当面の模擬地震波を、地震基盤相当面として設定したEL.-200mから、地下構造モデルを用いた次元波動論により、解放基盤表面までの地震波の伝播特性を考慮して設定しております。

43ページが、解放基盤表面の地震動の設定で、応答スペクトルと加速度時刻歴波形を示しております。水平方向 577cm/s^2 、鉛直方向 403cm/s^2 となっております。

44ページ、それと45ページに、現行の基準地震動の応答スペクトルと標準応答スペクトルを考慮した地震動の応答スペクトルの比較を示しております。今回の地震動は、現行の基準地震動に包絡されることを確認しております。結論といたしましては、今回の改正後の設置許可基準解釈を踏まえても基準地震動を変更する必要はないと考えております。

46ページに、現行の基準地震動と標準応答スペクトルを考慮した地震動の加速度時刻歴波形を示してございます。

47ページに、現行の基準地震動と標準応答スペクトルを考慮した地震動の最大加速度を示してございます。

48ページ以降は参考資料となります。

まず、48ページからは、参考1としまして、仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討ということで、37ページに示しました地震基盤相当面は $V_s=2200\text{m/s}$ の層上面に設定しておりますが、設置許可基準規則解釈別記2に示されております $V_s=2200\text{m/s}$ 以上を下回るため、次頁以降において、 $V_s=2200\text{m/s}$ の層を仮想的に設定しまして、解放基盤表面までの地盤増幅率の検討を実施しております。

49ページです。 $V_s=2100\text{m/s}$ の層は、7ページに示しておりますとおり、既許可において、地震調査委員会(2007)の知見に基づきまして設定しております。ただ、既許可の審査資料を再掲しておりますが、左下の図にも示しますとおり、 $V_s=2100\text{m/s}$ の層は微動アレイ観測に基づくせん断波速度の同定結果と整合していることを、既許可の審査において確認しております。

これを踏まえまして、50ページからの検討は、この微動アレイ観測に基づき実施しております。

具体的な検討は50ページですが、左の表の既許可の審査における微動アレイ観測に基づ

く同定モデルを示しておりますが、この同定モデルにおきます $V_s=2110\text{m/s}$ の層を、右側の表のように2分割しまして、新たに $V_s=2200\text{m/s}$ 、 $V_p=4200\text{m/s}$ の層を設けまして、この層上面の深度を変数とした再同定を実施しております。

51ページに再同定結果を示します。再同定した結果、 $V_s=2200\text{m/s}$ 、 $V_p=4200\text{m/s}$ の層上面は、EL. -884mという結果が得られております。

それを踏まえまして、52ページですが、前のページで得られた結果を、35ページに示します標準応答スペクトルに用いる地下構造モデルに反映した仮想的な地下構造モデルを設定しております。今回用いている地下構造モデルの地震基盤相当面から解放基盤表面までの地盤増幅率(①)を仮想的に設定しました $V_s=2200\text{m/s}$ の層から解放基盤表面までの地盤増幅率(②)を比較しております。右下の図は、地盤増幅率(②)を(①)で除した比率を示しておりますので、1を下回ると①のほうが大きいということになります。これを見ますと、短周期側では1を下回っておりますので、①の地盤増幅率のほうが大きい傾向にあります。これも踏まえまして、標準応答スペクトルの評価に用いる地下構造モデルにおける $V_s=2100\text{m/s}$ の層上面に、今回、地震基盤相当面を設定しております。

53ページからは、参考2として、複数の方法による模擬地震波の検討の御説明です。改正されました審査ガイドには、記載のとおり、震源を特定せず策定する地震動による基準地震動については、模擬地震動を作成する際には、複数の方法により確認すると記載されております。先ほど御説明しましたとおり、今回の標準応答スペクトルを考慮した地震動は、現行の基準地震動に包絡されておまして、基準地震動として策定しておりませんが、参考として本検討を実施しております。検討チームでは、正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法、実観測記録の位相を用いる方法、断層破壊過程を考慮した群遅延時間を与える方法が例示されています。以下、それぞれ方法A、方法B、方法Cといたします。

今回の標準応答スペクトルを考慮した模擬地震波は、38ページ～41ページに示しておりますとおり、正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法、ここで言う方法Aにより作成しておりますが、次ページ以降で、方法A以外に方法Bと方法Cによる模擬地震波を作成しまして検討を実施しております。

54ページですが、方法Bにつきましては、左下に記載していますが、敷地で得られた観測記録のうち、特に大きい記録として、2005年福岡県西方沖地震の本震や最大地震があります。以前の審査ガイドの14地震、それと、今回の標準応答スペクトルの作成に用いられた89地震を並べまして、その中でも、敷地での移動が最も大きい2005年4月20日の福岡県

西方沖地震の最大余震の敷地地盤における地表の観測記録を採用しております。

方法Cにつきましては、先ほどの福岡県西方沖地震を含めまして、玄海周辺の発生する地震の断層タイプは、横ずれ断層が主体ということもありまして、右下の壇ほか(2010)に横ずれ断層を想定した震源モデルを参照しまして、佐藤・岡崎(2013)の経時特性モデルを採用しております。

55ページと56ページに、方法Bと方法Cに基づく模擬地震波の作成結果を示しております。

57ページですが、方法A～Cにつきましては、標準応答スペクトルに適合するよう作成しておりますので、応答スペクトルでは大きな差異は見られません。ということで、応答スペクトル以外の指標で、構造物への影響の観点から比較・検討を実施しております。具体的には、①累積絶対速度（CAV値）、②地震入力エネルギースペクトル、③弾塑性応答スペクトルでの比較・検討を実施しております。

58ページは、CAV値の検討です。CAV値のイメージとしましては、加速度のある閾値に対して、それを越えたところの面積を分析していくというようなものでして、今回の検討では、300Galというのを閾値としてCAV値を算出しております。

59ページは、CAV値の結果です。左の表を見ますと、方法Aが方法B及び方法Cより大きいことが分かります。

60ページからは、地震入力エネルギースペクトルになります。地震入力エネルギースペクトルは、地震動の全継続時間において構造物に入力される総エネルギー量について、構造物の固有周期との関係を表現したもので、以下の式に基づいて算出されます。

61ページは、地震入力エネルギースペクトルの算出結果になります。これを見ますと、1秒程度以下の短周期側におきまして、方法Aが方法B、方法Cより大きいことが分かります。

62ページからは弾塑性応答スペクトルになります。これまでの検討は、弾性領域における検討でしたが、塑性領域を考慮した検討になります。弾塑性1質点系モデルを用いまして、塑性率が1～4になるように降伏せん断力を算出しまして、それを重量で除して、降伏せん断力係数を算出します。この降伏せん断力係数と周期との関係を表現したものを弾塑性応答スペクトルと呼んでおります。

63ページに、弾塑性応答スペクトルの算出結果を示しております。これによりまして、塑性率が大きくなるにつれまして、短周期側において方法Aが方法B、方法Cに比べ大きくなっていることが分かります。

64ページが検討のまとめです。前のページまでの検討から、方法B、方法Cに基づき作成

した模擬地震波に比べ、方法Aに基づき作成した模擬地震波のほうが優位性が確認されたため、標準応答スペクトルを考慮した地震動は、正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法を採用しております。方法A、B、Cのいずれの方法を用いた場合でも、現行の基準地震動に包絡されることを確認しております。

65ページからは参考3ということで、今回の地下構造モデルの精緻化に伴って、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」への影響評価に関する検討を示しております。

まず、一つ目は、現行の基準地震動Ss-2及びSs-3につきましては、経験的グリーン関数法による断層モデルの評価結果を採用しておりますが、既許可では、地下構造モデルを用いて理論的方法も実施しておりますので、今回も地下構造モデルを用いた検討を実施しております。

二つ目につきましては、既許可の審査で、経験的グリーン関数法の妥当性検証として、地下構造モデルを用いた統計的グリーン関数法との比較を実施しておりますので、こちらも、今回の地下構造モデルを用いた検討を実施しているものでございます。

一つ目の検討結果ですが、66ページと67ページに、既許可の地下構造モデルを用いた理論的方法と、今回の地下構造モデルを用いた理論的方法の比較をしておりますが、両者は同等であることを確認してございます。

二つ目の検討になりますが、既許可時審査の検討結果について、68ページと69ページに再掲しておりますが、この検討結果を基に、今回の地下構造モデルを用いた統計的グリーン関数法による評価結果を追加したものが70ページと71ページになります。こちらの図を見ると、今回の地下構造モデルを用いても、経験的グリーン関数法による評価の妥当性を再度確認できております。

以上より、既許可の地下構造モデルの地盤減衰を精緻化したことが、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に与える影響がないことを確認しております。

御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。御発言の際は挙手をしていただいて、お名前をおっしゃってから御発言ください。どなたからでもどうぞ。

どうぞ、熊谷さん。

○熊谷補佐 原子力規制庁の熊谷です。

44ページをお願いいたします。ここでは、現行の基準地震動との比較ということについて示されてございます。ここでは、現行の基準地震動は平成29年1月18日の設置変更許可

の応答スペクトルと、標準応答スペクトルを考慮した地震動の応答スペクトル、これらを比較した結果、全ての周期帯において、標準応答スペクトルを考慮した地震動の応答スペクトルが、現行の基準地震動の応答スペクトルに包絡されることから、改正後の基準規則解釈を適用しても基準地震動を変更する必要がないと考えるということで示されています。

一方、この現行の基準地震動との比較において、実際、この表を見ていきますと、周期0.1秒以下のところの周期帯では、基準地震動 $Ss-1$ を上回るような点が幾つか見られます。

ちょっと45ページのほうをお願いいたします。こちらのほうでは、加速度の表が示されていますので、具体的に、この周波数帯について、周期帯についてきちんと確認をしていきたいと思えます。

ちょっと画面を図示させていただきたいと思えますけれども、画面の一番左側のところには、NS方向のところがございます、これを一番左側のところ、ここについては、一番左側の周期帯0.02秒のところですが、ここでは、今回、水色の地震動、これが今回検討された地震動になっていますけれども、これに対して緑色の基準地震動 $Ss-4$ 、これに対して下回っているようなところがございます。これはEW方向でも同じように $Ss-4$ を下回っていますけれども、今度は一番右側のこのUDの、鉛直方向のところも、また周期0.02秒のところを見ていただきますと、こちらについては、水色の地震動が、緑色の $Ss-4$ 、これを上回っているという状況でございます。

鉛直方向についてはこの、今回、水色の地震動は紫色の $Ss-5$ に対して下回っているところではありますけれども、水平方向のNS、EWの方向では、逆に紫色よりも今回の水色のほうが上回っているというような状況になってございます。

なので、ここでは基準地震動に対して、方向別に分解して、比較検討されているところですが、各基準地震動自体は、方向成分をまとめ、それぞれ分類化しているんですが、ここでは分類化しているんですが、地震動の波としては、一つの地震動でございますので、これ、必ずしも同じ基準地震動によって水平動及び鉛直動は共に包絡されているということについては確認できないのではないかと、確認できませんと考えてございます。

例えば、この基準地震動を用いて基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価などをするときについては、安定性解析に用いる地震動としては、同一の基準地震動による水平動と鉛直動の組合せによって使用するようなものでございますので、したがって、水平及び鉛直動の一部であっても、異なる基準地震動でしか包絡されていないというような状況の地震動、この今回、標準応答スペクトルを考慮した地震動による評価については、現行のこの基準

地震動のみをもって評価するということが可能であるというふうなことにはならないのではないかと考えています。

また、このほかにもSクラス機器を内包するような土木構造物とか、そういったものが耐震設計においては同一波の水平動と鉛直動を用いるというものの中にはあるというふうな考えてございます。

こういったことを踏まえまして、今回、その改正後の解釈を適用しても、基準地震動を変更する必要がないというふうにしていることについては、なかなかそうとは考えられないのではないかなと思いますけれども、その点についてはいかがでしょうか。

○石渡委員 いかがでしょうか。どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

今、御指摘いただきました点、要は、ある方向別で見ていった結果のみならず、構造物の応答というのは、そもそも三次元的なもの、地盤しかりということなので、必ずしも、その方向別で判断できないのではないかと御指摘であったというふうに理解をいたしました。その観点で、おっしゃるとおりでございとも思います。

それに対する当社のお答えとして、じゃあ、ちょっと多次元的に見てみたらどうなのかというところの材料を現状持ち合わせておりませんので、多面的に考慮しても、収まるのかどうなのかという回答、ちょっとこの場で回答はいたしかねますが、できましたら、その観点での検討・整理をさせていただいた上で、改めて当社のほうから御説明を提示させていただければと思います。

○石渡委員 いかがですか。はい、内藤さん。

○内藤調整官 規制庁、内藤ですけれども、多面的なことということですのでけれども、その今の段階として、今回、御社が判断をされてきた全包絡、方位別NS、EW、UD、それぞれの方向で、全部の基準地震動を包絡した形でやることについては、我々としては、それはおかしいんじゃないんですかということに関して、まずはお答えいただきたいんですけれども。

○石渡委員 いかがですか。どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

御指摘の点は理解したつもりで、確かにおっしゃるとおりだと思います。

○石渡委員 それでは、どうぞ、内藤さん。

○内藤調整官 規制庁、内藤ですけれども、さらなる検討をしたいという話もあるんです

けれども、基本的には、応答スペクトルで比較をして、もう既に基準地震動を超えているという話ですので、そうすると、基準地震動を変更する必要はないというふうに今言われていますけれども、その考え方は、我々は首肯できないと考えています。そうすると、基準地震動変更が、基準地震動の変更が不要だと言われていることについては、我々は認められないというふうに考えております。

以上です。

○石渡委員 今の点について、何かございますか。どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

御指摘いただいた考え方は理解いたしました。要は、結局、地震動として設定した上で、応答を見ていくべきであるというふうな御指摘であるというふうに理解をいたしました。

○石渡委員 ほかにございますか。

どうぞ、大浅田さん。

○大浅田管理官 管理官の大浅田ですけど、一応、うちの考え方をお伝えしたんですけど、その、九州電力が言っていた、そのマテリアルをそろえたいとかと言っていましたけど、具体的に何をそろえようということを頭の中で想定しておられたんですか。一応、ちょっとそこだけは念のために確認だけしておきたいんですけども。

○石渡委員 いかがですか。どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

すみません、先ほどちょっと検討したいと申し上げたのは、御指摘の点は十分理解はしたんですけども、じゃあ実際に、応答とかを見てみたら実際どうなるんだろう。あ、やっぱりそうなんだ、いやいや、でもそうじゃないところがある等、ちょっと我々として確かめてみたいというふうに思ったというところでございます。すみません、それが、それをもって何がしかを主張したいというところではございませんでした。

失礼いたしました。

○大浅田管理官 分かりました。けど、そうするとね、地盤安定性のほうは許可の範囲かもしれないですけど、もうこれ、Sクラスの土木構造物とかになってきたら、そこはもう、いわゆるその設計工事認可の話になっちゃいますので、何かその応答値を見せてもらっても、それはもう許可とは別物になると思うので。

そういうことであれば、うちのほうとしては、この会合では、私どもの考え方としては、基準地震動を変更する必要がないというふうな、一応、九州電力さんの文書を受け取りま

したけれども、私どもとしては、そう考えられないので、それについては今後、ちょっと規制委員会にお諮りして、そこで審議をして、最終的な結果については九州電力宛てに通知したいと思います。

私からは以上です。

○石渡委員 今の点について、よろしいでしょうか。

それでは、どうもありがとうございました。

玄海原子力発電所につきましては、標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う基準地震動の変更の要否につきましては、引き続き確認をしていくということといたします。

それでは……。今、大浅田管理官のほうから発言がありましたように、引き続き、確認をしていくということですが、基準地震動の変更は不要であるということにつきましては、そうは認められないというふうに考えます。これについては、今後、規制委員会の判断を仰ぐということになるかと思えます。

それでは、九州電力については以上といたします。

関西電力に接続先の切替えを行いますので、5分程度、時間を置きたいと思えます。

2時20分を目処に再開したいと思えます。

九州電力については以上といたします。

(休憩 九州電力退室 関西電力入室)

○石渡委員 それでは、時間になりましたので再開いたします。

次は、関西電力から、美浜発電所の評価結果について説明をお願いします。

どうぞ。

○関西電力（多田） 関西電力の多田でございます。

美浜発電所の基準地震動に対する標準応答スペクトルの影響検討について御説明させていただきます。

説明は松本のほうからさせていただきます。よろしくをお願いします。

○石渡委員 どうぞ。

○関西電力（松本） 関西電力、松本でございます。

それでは、説明をさせていただきます。

まず、画面ですけれども、資料共有をさせていただきます。

今、資料を共有いたしました。御確認いただけますでしょうか。

○石渡委員 はい、大丈夫です。

○関西電力（松本）では、よろしくお願いいたします。

では、資料2番、美浜発電所の基準地震動に対する標準応答スペクトルの影響検討を御説明させていただきます。

めくっていただきまして、右肩1ページ目でございますけれども、この資料の構成を説明してございます。目次でございます。1.としまして、まず、検討方針を述べさせていただきます。その後、2.としまして、美浜発電所におけます標準応答スペクトルの基準地震動への影響検討内容を御説明いたします。その後、まとめとしまして総括をさせていただきます。

また、資料の後半には、参考資料としまして、新規制基準適合性審査の際の美浜の会合資料の抜粋、及び今回、当社からも発信いたしました回答文書、基準地震動の変更が不要であることを説明する文書の回答文書を添付しているという、こういう構成になってございます。

それでは、めくっていただきまして、資料、右肩2ページ目、1.検討方針でございます。検討方針でございますけれども、美浜発電所につきまして、今回、新たに制定されました標準応答スペクトルと美浜発電所の基準地震動 S_s との比較を行いまして、その影響を確認するという検討を行います。

2ページ目の真ん中の四角囲みの中に標準応答スペクトルの概要をまとめてございます。標準応答スペクトルというものは、敷地近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した地震基盤相当面における標準的な応答スペクトルとしまして、この資料中、右側に示していません応答スペクトルとして、図として与えられたものになってございます。

また、この応答スペクトルが定義されている面といたしますのが、この地震基盤相当面なんですけれども、真ん中の括弧書きで書かれておりますとおり、この地震基盤面と同等とみなすことができる地盤の解放面で、せん断波速度 $V_s=2,200\text{m/s}$ 以上の地層をいうという、こういう定義で定義されているものでございます。

これに対しまして、比較対象になります美浜発電所のほうでございますけれども、美浜発電所の基準地震動 S_s を策定している解放基盤表面のせん断波速度、こちらが矢印の下側の表に書いてございますが、 1.65km/s という数字になってございまして、先ほど申し上げました標準応答スペクトルが 2.2km/s 以上というところに対して、どちらも十分に硬質な岩盤ではあるものの、やや小さな値を取っているというものでございます。

そこで、資料、右下側になりますが、検討方針としましては、今回、新たに策定された

標準応答スペクトルに対しまして、地震基盤相当面から解放基盤表面までの地盤増幅特性を考慮したうえで、基準地震動 S_s -1番と比較を行いまして、その影響を確認してやる、こういう検討でもって進めてまいります。

めくっていただきまして、右肩3ページ目、ここからは検討内容でございます。標準応答スペクトルの影響検討としまして、先ほど申し上げましたとおりですが、美浜発電所の地震基盤相当面から解放基盤表面までの地盤増幅特性を、まず、どのように考慮するかというところから述べさせていただきます。

資料の下が出っ張っておりますこの表なんでございますけれども、こちらは原子炉設置許可申請書から抜粋してきているものでございまして、美浜発電所の地震動評価に用いる地下構造モデルというものでございまして、こちらは2016年に許可を頂きまして、現行の美浜発電所の基準地震動 S_s も、このモデルを使って作っているものでございます。この表なんでございますけれども、こちらは縦に幾つか番号が振ってございますが、19層でもって美浜発電所の地盤をモデル化しているものでございまして、その各層の物性値というのが、この表に書かれているというものでございます。

上の、表の一番上の行を見ていただきたいんですけれども、上の行の左から3列目の部分、S波速度と記載がありますが、これが先ほど申し上げておりますせん断波速度 V_s に該当するものでございまして、美浜発電所の第1層のここの数字が1.65km/sということで、この1層目の上限、緑の線で描いている部分の解放基盤表面でございます。

美浜発電所は、この解放基盤表面を上端にししながら、その下に各層が連なっているという、こういう地盤割り図ができていっているわけなんでございますけれども、この1.65という数字を、下に表を進んでいっていただきますと、1.7、1.8というように数字が上がってまいりまして、7層目に達したときに $V_s=2.2$ km/sという数字がここで出てまいります。

先ほどおっしゃいました標準応答スペクトルが定義されている地震基盤相当面、これが $V_s=2.2$ km/s以上という定義になってございますので、美浜発電所におきましては、この第7層目の上面、ここを地震基盤相当面とみなしまして、この地震基盤相当面から緑色の解放基盤表面、ここまで地震波が伝播する際の増幅特性、これを考慮していきたいというふうに考えております。

なお、今申し上げましたのは水平動に関する話でございまして、水平動は V_s 、S波速度によって増幅が定まっておりますが、上下動についてはその横、左から2列目のところがございますP波速度、 V_p でもって上下動は増幅する特性を持ってございます。で、先ほ

ど、冒頭で標準応答スペクトルの概要を御説明したんですけれども、標準応答スペクトルは、地震基盤相当面として V_s の値でも定義されておりまして、 V_p の値は定義されていないというものでございます。ですので、今回、上下動の増幅に関しましては、 V_s の1.65と2.2という数字に対応しております $V_p=4.0\text{km/s}$ と 4.7km/s 、すなわち V_s で決まりました地震基盤相当面から解放基盤表面と同じ層ですね、 V_p の、上下動に関しても7層目と1層目までの増幅で見てやるという、こういう方法で検討を進めます。

では、具体的な増幅率の出し方について御説明をいたします。めくっていただきまして右肩4ページ目でございます。少し図が変わりましたが、これは先ほどのS波速度とP波速度を図で表したものでございまして、先ほどの表と同じものをグラフで描いたものでございます。また、緑の線と青の線で解放基盤表面と地震基盤相当面を描いているのも同じでございます。

ここでの増幅率の考え方なんですけれども、緑の解放基盤表面のこの位置におきましては、弊社の基準地震動 S_s というのが許可済みのものとしてございますので、この基準地震動 S_s -1番を、この地下構造モデルを用いまして引戻しを、青の地震基盤相当面まで引戻しを行います。そこで出されました S_s -1番の引戻し波を、もともとの基準地震動 S_s -1番との応答スペクトル比を算出いたしまして、この応答スペクトル比を標準応答スペクトルに乗ずることで、地盤増幅特性を考慮してまいります。

めくっていただきまして5ページ目でございます。二つ図が提示してございますが、左側が水平方向、右側が鉛直方向の応答スペクトル比になってございまして、先ほど申し上げた計算を行った結果が、この比になりました。この比率をもって標準応答スペクトルに掛け算をしていくというものでございます。

では、結果でございますけれども、めくっていただきまして6ページ目でございます。6ページ目は、標準応答スペクトルと美浜発電所の基準地震動 S_s -1番との比較を示したものでございます。二つ図が貼ってございますけれども、左側が水平方向、右側が鉛直方向の図になっておりまして、トリパタイトの疑似速度応答スペクトル図を掲載してございます。凡例につきましては、黒の線で描かれているものが美浜発電所の基準地震動1番、その下に描いてございます赤い線が、標準応答スペクトルに先ほど申し上げました地盤増幅特性を考慮した、そういう標準応答スペクトルを描いてございます。御覧になっていただくと分かる通りなんですけれども、全ての周期帯におきまして、地盤増幅特性を考慮した標準応答スペクトルの基準地震動 S_s -1番が包絡しているということ、これをもって確認を

行いました。

めくっていただきまして7ページ目でございます。こちらは、先ほどお見せしましたグラフをデジタル値で表示したものでございます。二つ表がございますけれども、左側が水平方向、右側が鉛直方向という構成でございます、それぞれ疑似速度応答値を代表的なコントロールポイントのございます周期で抜き取って数値を書いたものでございまして、こちらにおきましても、地盤増幅特性を考慮した標準応答スペクトルを基準地震動Ss-1番が包絡していることを確認してございます。

なお、この基準地震動Ss-1番のほうですけれども、赤字で書いている数字がございます。こちらについては、基準地震動Ss-1番を定義していますコントロールポイントの前後のコントロールポイントから、両対数軸上で線形補間をする形で導いた数字を記載しているという注記でございます。

めくっていただきまして8ページの、最後、まとめでございます。美浜発電所について、今回新たに制定された標準応答スペクトルと基準地震動Ss-1との比較を行いました。標準応答スペクトルは地震基盤相当面、こちらがせん断波速度 $V_s=2.2\text{km/s}$ 以上というところですが、で定義されておまして、一方、美浜発電所の基準地震動を策定している解放基盤表面は、 $V_s=1.65\text{km/s}$ であることから、標準応答スペクトルに対して、地震基盤相当面から解放基盤表面までの地盤増幅特性を考慮したうえで、基準地震動Ss-1番との比較を行いました。この地震基盤相当面から解放基盤表面までの地盤増幅特性の考慮方法については、解放基盤表面で策定されています基準地震動Ss-1番と、基準地震動Ss-1番を地下構造モデルによって地震基盤相当面まで引戻した波との、この応答スペクトル比を標準応答スペクトルに乗じる手法を用いました。

以上の結果、地盤増幅特性を考慮した標準応答スペクトルは、基準地震動Ss-1番に包絡されたことから、基準地震動は変更とこのように当社は判断いたしました。

説明は以上でございます。

○石渡委員 それでは、質疑に入ります。どなたからでもどうぞ。

はい、谷さん。

○谷審査官 原子力規制庁、地震・津波審査部門の谷です。説明ありがとうございます。

4ページをお願いします。今回、この標準応答スペクトルの検討の手順として、標準応答スペクトルの地震基盤相当面から解放基盤面までの地盤増幅特性の考慮の方法として、解放基盤表面で策定された基準地震動Ss-1ですね、これについて、既許可申請で用いた地

下構造モデル、これは3ページになりますけど、それを使って、地震基盤相当面で引戻し波を計算。解放基盤表面での S_s-1 との、引戻し波との応答スペクトル比、こういったものを計算しているということですね。これが5ページに応答スペクトル比というのが出されています。この応答スペクトル比を標準応答スペクトルに乗じることにより、地盤増幅特性を考慮した標準応答スペクトルを作成したということで、この結果が6ページにあります。

その応答スペクトルと基準地震動 S_s-1 を比較していて、地盤増幅特性を考慮した標準応答スペクトルは、基準地震動 S_s-1 と比較して、 S_s-1 に包絡されることから、基準地震動の変更は必要ないといった評価をしたという説明が今行われたと思います。

ちょっとここで考え方を確認したいんですけど、まず1点目は、この地盤増幅特性の考慮と、地盤増幅特性考慮ということが、解釈別記2で示されるところの地震波の伝播特性を反映と、ここに当たるようなこととしているという、そういう理解でよろしいですか。

○石渡委員 いかがですか。どうぞ。

○関西電力（松本） 関西電力、松本でございます。

御指摘のとおり解釈で結構でございます。

○石渡委員 はい、谷さん。

○谷審査官 谷です。

続いてですけど、今回の伝播特性、この伝播特性を考えるに当たって、応答スペクトル比という、こういったことを介して考慮するという手法、これを用いた考えを確認したいんですけど、例えば、ほかにも地震基盤相当面に模擬地震波を入れて、その入力から解放基盤表面での応答を見るといった考え方もあるんですけど、現在の手法を採用したという考えについて、何かあれば確認させてください。

○石渡委員 いかがですか。どうぞ。

○関西電力（松本） 関西電力、松本でございます。

御指摘の点について回答いたします。今回、その標準応答スペクトルというものが、冒頭でも申し上げましたとおりスペクトルで提示いただいたものでございまして、また、最終的に比較するところも、この S_s との、スペクトルでの比較というのを考えましたので、基本的には、このスペクトル上で物事が完結するような考え方ということで、応答スペクトル比というものを使ったというふうに、使うという判断をいたしました。

で、附則にあるところなんでございますけれども、途中で御指摘いただきました模擬波

を使うようなやり方というところなんですけれども、仮に模擬波を使うようなやり方をしたとしても、もちろん、その応答スペクトルというものは、この振幅特性に加えまして位相特性も関与するものですので、今回、弊社で行った検討と全く同じスペクトルが出てくるものではないんですけれども、基本的には、その振幅の増幅率というものは、同じ地盤モデルを使っている以上は、同じような増幅の仕方をするものでございますので、そういう別の手法を仮に取ったとしても、今回出てくるような応答スペクトルが得られるというふうに考えてございます。

また、加えてでございますけれども、最後にお示ししました基準地震動 S_s-1 番と今回の標準応答スペクトルの比率、比べたものにつきましても、全体的に十分な余裕をもって包絡ができていますものでございますので、仮にそのやり方が幾つか変わったとしても、こういった S_s との大小関係が変わるものではないとこのように判断して、こちらのやり方で、今回、申請をいたしました。

○石渡委員 谷さん。

○谷審査官 規制庁、谷です。

お考えは確認しました。スペクトル、応答スペクトルで完結するような方法を取ったということ、地震基盤相当面に入力したとしても、少しばらつくかもしれないけれども、十分な差異が今あると考えているということは確認しました。

今ほどの説明や今回の資料から、今回示された評価というのは、既許可で設定された地下構造モデルを用いた伝播特性の反映として、一定の合理性がある手法だとは考えています。

ただ、先ほどもちょっとばらつきの話が出ましたけど、今回、この応答スペクトル比を算定するというので、 S_s-1 の1波のみを使ってこの応答スペクトル比を算定しているということなんですけど、この手法によって出す応答スペクトル比というのは、用いる位相特性の異なる地震動によって、引戻し波の算定の手順とかで、同じ比にならないのか、ならないことが考えられないのかと、一定のばらつきが生じないのかとあって、こういった説明が、今の資料には説明がないということで、応答スペクトル比の妥当性については、もう少し説明いただきたいと考えています。

先ほど説明がありましたけど、6ページを見る限り、現在の標準応答スペクトルと S_s-1 の比較には一定の差があるといった説明は分かるんですけれども、それでも、応答スペクトルの比が適切であるという説明については、しっかりと確認しておきたいということで、

例えばということで2点ほど、資料化をお願いしたい点をコメントします。

1点目なんですけれども、Ss-1以外の基準地震動の幾つかで、同じような手法で応答スペクトル比を算定した際に、Ss-1で算定した今の応答スペクトル比ですね、この応答スペクトル比と同じような比が算定できるのか確認していただきたいというところです。

例えば、C断層、白木-丹生断層のSs、こういったものがありますけど、これは断層モデル法による検討ではあると思うんですけれども、こういったSsに対して、Ss-1と同様に応答スペクトル比を算定して、見ていただくと話が早いのかと思います。

続けて2点目を言います。2点目は、既許可以降も含めて、実際の観測記録により、応答スペクトル比が適切かということが確認できることもあるのではないのかと考えています。今回、25ページ、26ページに、これは既許可申請でも示されているんですけれども、1Gal程度の小さな地震の観測記録、今出ますかね。そういったものは検討されていますけれども、それ以降のデータ、既許可以降のデータも含めて、応答スペクトル比を、ありますか、これ以降のデータも含めて、応答スペクトル比の分析に適切な観測記録があるのかというのを、まずは確認していただいて、分析可能な観測記録があるのであれば、分析結果も示していただきたいというのが2点目です。

以上、2点コメントをしましたけれども、よろしいでしょうか。

○石渡委員 いかがですか。どうぞ。

○関西電力（松本） 関西電力、松本でございます。

御指摘いただきました2点、拝承いたしました。

○石渡委員 はい、谷さん。

○谷審査官 谷です。

よろしく願いいたします。

それで、次回以降、地震基盤相当面と解放基盤面での応答スペクトル比、今出している応答スペクトル比の妥当性が確認できれば、標準応答スペクトルと基準地震動Ss-1との比較結果を確認して、それを確認することで、基準地震動の変更が不要であるとしている関西電力の評価の妥当性、これを次回以降、判断させていただきます。

私のほうからは以上です。

○石渡委員 よろしいですね。

ほかにごありますか。よろしいですか。

それでは、どうもありがとうございました。

美浜発電所につきましては、標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う基準地震動の変更の可否につきましては、今のコメントを踏まえて資料を準備していただき、引き続き確認をしていくことといたします。

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。

標準応答スペクトルへの規制への取り入れに伴う設置変更許可申請等の可否に係る次回会合につきましては、準備状況を踏まえた上で設定させていただきます。

事務局から以上でございます。

○石渡委員 それでは、以上をもちまして、第2回標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う設置変更許可申請などの可否に係る会合を閉会いたします。