

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第1026回

令和4年1月21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1026回 議事録

1. 日時

令和4年1月21日（金） 13：40～16：04

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

市村 知也 原子力規制部長

大浅田 薫 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

熊谷 和宣 管理官補佐

佐口 浩一郎 主任安全審査官

呉 長江 地震・津波政策研究官

九州電力株式会社

林田 道生 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

本村 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

【質疑対応者】

金子 武臣 原子力発電本部（原子力建設） 部長

山下 隆徳 原子力発電本部 原子力工事グループ長

4. 議題

- (1) 九州電力(株)川内原子力発電所の標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う地震動評価について
- (2) 九州電力(株)玄海原子力発電所の標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う地震動評価について
- (3) その他

5. 配付資料

- 資料1 川内原子力発電所1号炉及び2号炉
標準応答スペクトルを考慮した地震動評価における地下構造モデルの設定について(コメント回答)
- 資料2-1 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評価の概要について
- 資料2-2 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評価における地下構造モデルの設定について

6. 議事録

○石渡委員 それでは、ちょっと遅れましたけれども、これから始めます。

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1026回会合を開催します。

本日は、事業者から、標準応答スペクトルの取り入れに伴う地震動評価について説明をしていただく予定ですので、担当である私、石渡が出席をしております。

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。

本日の審査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会合を行います。また、事業者側も感染症対策のため、会場を分けての開催となります。

それでは、本日の審査会合ですが、案件は二つでございます。議題1としまして、九州電力株式会社川内原子力発電所を対象に審査を行います。内容は、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価における地下構造モデルの設定についてのコメント回答です。

議題2としまして、玄海原子力発電所を対象に審査を行います。内容は、同じく標準応答スペクトルを考慮した地震動評価における地下構造モデルの設定についてです。

資料は、議題1が1点、議題2が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、川内原子力発電所の標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う地震動評価について、説明をお願いします。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。

どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

先ほど、管理官のほうからもお話しいただきましたけども、弊社、感染症対策に鑑みまして、本日は分散した形での御説明とさせていただきます。もしかしたら若干もたつくところがあるかもしれませんが、できるだけ的確に対応してまいりたいと思いますので、何とぞよろしくお願いいたします。

それでは、まず川内のほうにつきまして、私のほうから御説明をさせていただきます。資料の1でございます。川内原子力発電所1号炉及び2号炉の標準応答スペクトルを考慮した地震動評価における地下構造モデルの設定につきまして、コメント回答させていただきます。資料、若干ボリュームもございますので、途中、ちょっと説明も割愛するところもございますけども、一通り全体を通して御説明をさせていただきます。

まずは2ページでございますが、こちら、本資料の目次でございます。

まず、1.で昨年6月11日の審査会合で主要な論点として御提示いただいたものをコメントリストにまとめております。続いて、2.で地下構造モデルの設定。3.で地震基盤相当面の設定。4.で設定した地下構造モデルによる既許可の基準地震動への影響評価を実施しております。こちら、順次御説明をさせていただきます。

では、3ページをお願いいたします。ここでは、昨年6月の審査会合におけるコメントを記載しておりますが、今回は、主にNo.1～No.3について御説明をさせていただきます。

No.1といたしましては、今回の標準応答スペクトルを考慮した地震動評価において、地下構造モデルを設定してありまして、既許可の地下構造モデルから一部範囲の地盤減衰を精緻化しておりますので、その地下構造モデルの設定の妥当性について。

それから、No.2は、その地下構造モデルの精緻化に伴う既許可の基準地震動への影響について御説明をいたします。

No.3は、地震基盤相当面の設定の妥当性についての説明でございます。

コメントと該当ページとの対応は、このページに記載しているとおりでございます。

では、4ページをお願いいたします。今回新たに設定する標準応答スペクトル用の地下構造モデルの設定方針でございますが、特に、既許可の地下構造モデルと今回の地下構造モデルの位置付けについてまとめております。既許可の地下構造モデルは、特定するほうの断層モデルの理論計算で使用してありまして、長周期帯の地震動評価への適用を目的として設定していたものでございました。一方、今回の標準応答スペクトルは、0.02秒から5秒までの応答スペクトルで定義されておりますので、短周期も含んだ地震動評価への適用を目的として、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価のための地下構造モデルを設定しているというものでございます。

5ページをお願いします。このページ、5ページは新たなモデルの設定方針でございます。短周期帯では、長周期帯に比べて地盤減衰、いわゆるQ値の影響が顕著に表れますので、地盤減衰を精緻化しております。検討に当たりましては、原子炉設置位置付近のPS検層データが得られている直接確認できるという範囲につきまして、その範囲に設置されております鉛直アレイの地震観測記録に基づきまして検討を実施しております。既許可以降にも、さらなる安全性、信頼性の向上を目的として継続的に地震観測記録を取得してありまして、最新の技術的知見も取得しておりますので、これを含めた多面的な検討を実施しております。

では、6ページにまいりまして、このページでは、既許可の地下構造モデルの設定について、過去の審査会合資料を再掲しております。今回は、このモデルからQ値を精緻化していくというところでございます。

7ページをお願いいたします。ここからは、今申し上げたQ値の検討の方針でございます。PS検層データがEL. -200mまで得られておりますので、この範囲についてQ値を精緻化しております。次のページ以降に示しておりますが、速度層断面ではEL. -200mまでの範囲は、概ね⑤速度層に分類されるということを確認しております。概ね同じ速度層に分類されま

すので、このEL.-200mまでの範囲には同一のQ値を設定しております。設定するQ値の検討は、この範囲に設置された鉛直アレイ地震計による観測記録に基づいて実施しております。

なお、既許可の地下構造モデルにおいては、EL.-28.5m～EL.-480mまでは単一の層としておりましたが、EL.-200m以深ではPS検層結果が得られていない、要は直接物性を確認できないということも踏まえまして、直接見てとれることのできるEL.-200mを境界といたしまして、EL.-200mから、それより深い480mまでのQ値は現行どおりというふうにしております。

精緻化する範囲は、次の8ページの表のとおりでございます。このページ以降、今申し上げました精緻化する範囲、さらに、その次のページでは、先ほど申し上げましたPS検層、9ページ、10ページ、11ページはPS検層のデータをお示しさせていただいております。

それでは、12ページをお願いいたします。ここからは、具体的なQ値の検討・設定について説明してまいります。ラインナップを示しておりますが、まず(1)で鉛直アレイ観測記録を用いて二つの手法、A.に書いてあります伝達関数による検討とB.の地震波干渉法による検討を実施いたしまして、その結果からC.でQ値を設定しております。

次に、設定したQ値が問題ないかということを確認するために、(2)といたしまして三つ、A.の伝達関数による確認、B.の応答スペクトルによる確認とC.の地盤増幅率による確認をそれぞれ実施しております。

14ページをお願いいたします。ここからは、まずA.、先ほど御説明しました伝達関数による検討でございます。敷地で観測した地震のうちM5.4以上、震央距離200km以内の内陸地殻内地震を選定いたしまして、計20地震を対象に地盤同定を実施してございます。

15ページをお願いいたします。ここは解析条件を示しておりますが、同定方法といたしまして、今回Q値のみを同定するため、層厚や密度、 V_s 、 V_p は既許可の地下構造モデルの値を参照しております。

それから、16ページにまいりまして、ここでは青線の観測の伝達関数と赤線の同定結果の理論伝達関数を示しております。同定のターゲットとしては伝達関数ですが、川内原子力発電所の鉛直アレイは深さ方向に四つの地震計を設置してございまして、その深さに応じた三つの組合せの伝達関数で同定を実施しております。なので、この3段組みの掲載になっているというものでございます。

17ページをお願いいたします。同定結果のQ値についてでございますけども、方向別、層別の同定結果を示しておりますが、全体の下限值を見てとったところ、Q値としては5.9

程度の結果となっております。

それから、18ページをお願いいたします。ここでは、伝達関数と観測記録の整合性につきましてまとめております。赤線の今回の同定結果によります理論伝達関数と青線の観測記録による平均伝達関数の比較では、1次卓越周波数におけるピークは両者ほぼ整合しておりますけれども、水平方向の4Hz以上では部分的に整合しておりません。この理由として、スムージング処理の影響、それと、今回同定ではQ値のみを同定しているのですけれども、 V_s 、 V_p も含めて同定してみるとどうなるかという影響などが考えられますので、その影響検討を次ページ以降で実施しております。

影響検討の方法といたしましては、伝達関数の比較でもってどれほど観測との整合関係に影響しているかということを確認しているものでございます。

19ページでございますが、まずは、こちらからしばらくはスムージングの影響についての確認でございます。今回の同定解析では、Parzenウィンドウによるスムージングを実施しております。このスムージングの目的は、生の観測伝達関数は細かくギザギザした形になっているということで、全体の傾向が分かりにくいという部分を解消し、ピークの位置を明瞭にするというために処理していたものでございました。しかし、スムージングによって、むしろ山谷がはっきりしなくなって同定が困難になったりしていないかということも考えられますので、その影響を確認しております。青線がスムージングなし、赤線がスムージングありの結果でございますが、滑らかさは当然異なりますけれども、大局的には、山谷の傾向は差異はございません。

次ページ以降でスムージングなしの伝達関数を用いて同定解析を実施しております。22ページまでちょっと飛びます。このページ、22ページはスムージングありとなしの同定結果を伝達関数で比較しておりますが、青線の観測と赤線の同定結果の整合関係、これは上下の図を比較して大きな差がないということが確認できます。

24ページをお願いいたします。続きまして、ここからは、b. でQ値に加えて V_s 、 V_p を念のため同定してみたらということをお願いしておりましたので、その検討、影響確認でございます。 V_s 、 V_p を同定することによって、伝達関数で部分的に整合していないところがありますけれども、改善される可能性もあるのではないかとということで検討しております。

26ページをお願いいたします。このページでは、Q値のみの同定結果と V_s 、 V_p も含めた同定結果をそれぞれ上下で伝達関数で比較しております。青線の観測と赤線の同定結果の

整合関係は、上下の図を比較して、もちろん傾向の違いは出ておりますが、整合が良くなった部分があれば悪くなった部分もありまして、全体としては大きな差がないのかなというふうに確認をしております。

もうちょっと具体的に申し上げますと、10Hz付近では、上のQ値のみの同定結果が観測に近く、それより右側の谷の部分では、下のVs、Vpまで含めた同定結果のほうが観測に近いような傾向でございます。

また飛びまして、28ページをお願いいたします。このページは伝達関数による検討のまとめでございます。20地震の平均伝達関数で同定した結果は、下限値でQ値5.9程度となりました。しかし、観測との整合が部分的に合わないというところもあって、スムージングやVs、Vpの同定解析による影響について確認しまして、これらの影響でもないということを確認しております。なので、今回の同定結果で問題となるものではないだろうというふうに判断しております。しかしながら、依然として観測と整合していない部分があるというところについては、やはり気になるところではございますので、伝達関数による同定とは別の手法での検討といたしまして、地下構造モデルを用いずに直接Q値を推定できる地震波干渉法による検討を実施しております。両手法による結果を比較いたしまして、それぞれの手法の結果がおかしな値でないかということを確認いたします。

29ページ目からは、地下構造モデルを用いない手法としての地震波干渉法による検討でございます。鉛直アレイの記録から直接Q値を推定するものでございまして、地表の記録に対して地中の記録をデコンボリューションすることで入射波と反射波を分離いたしまして、入射波に対する反射波の振幅の比率に基づき推定しているというものでございます。

31ページをお願いいたします。地震波干渉法で初めに対象といたしました地震では、先の伝達関数の検討と同様の20地震でございます。

32ページをお願いいたします。地震波干渉法では、Q値推定の解析を安定させるためにSN比が低いなどの性質が異なる地震を取り除くということを目的に、前のページの20地震からさらに抽出するというところを行っております。この抽出に当たりましては、Andersonの指標に基づきましてスタックしたデコンボリューションの波形との一致度が高い地震の記録を選定しております。このAndersonでは、二つの波形の一致度等を表す適合度指標が提案されてございまして、その値に応じて適合度が示されております。今回の検討では、そのうちの一つ、コヒーレンスを10倍した値を用いてございまして、適合度がexcellent fitに該当するGOFが8よりも大きな波形を抽出しております。例を右下に示し

てございますけども、複数の波形をスタックしたものがグレーの線でございます、これとの一致度が高いものが赤線のGOFで8より大きい波形、一致度が低いものが黒線の8未満の波形でございます、赤線に該当するようなものを抽出し、黒線は除外するというところを行っているものでございます。

33ページをお願いいたします。Andersonに基づき抽出した結果がこちらでございます、先の20地震から19地震を抽出し、これを用いてQ値を推定しております。

では、35ページに飛びまして、地震波干渉法による推定の結果でございますが、下限値は、Q値といたしましては8.0程度となっております。先ほど、A. で実施いたしました伝達関数によるQ値と地震波干渉法によるQ値は、両手法で大きく外れておりませんので、どちらの検討結果もおかしな値とはなっていないかなというふうに判断しているところでございます。

それでは、36ページをお願いいたします。伝達関数による検討と地震波干渉法による検討結果を踏まえ、下限値でQが8.0程度となります。この結果を踏まえ、地盤減衰の不確かさ等を考慮して、解放基盤表面からEL.-200mまでのQ値を保守的に、周波数によらず一律にQ値12.5と設定をしております。

37ページには、設定したモデルにつきまして示しております。

それでは、38ページ、お願いいたします。ここからは地盤減衰、Q値の設定につきまして、設定したものの妥当性について確認を実施しているというところでございます、まずは、このページでは伝達関数による確認を実施しております。右の図を御覧いただきますと、緑線が今回設定したQ値12.5による理論伝達関数、赤線が今回同定いたしました結果、それから、周波数依存で同定した結果、そのままの値ですが、理論伝達関数を示しております、緑のQ値12.5が卓越周波数において大きなピークを有することが確認できるところでございます。

39ページをお願いいたします。ここからは、応答スペクトルによる確認を実施しております。図は1ページ以降、順次示しておりますが、ここの検討におきましては、EL.-118.5mの一番深いところの地震計の観測記録を入力といたしまして、1次元波動論に基づいて、EL.-18.5mでの応答波を推定いたしまして、同じ震度のEL.-18.5mの観測記録と応答スペクトルを比較しております。具体的な観測結果は次ページ以降でございますけども、大きな傾向としては三つ、本ページにそれぞれポツで記載させていただいております。

まず、赤線のQ値12.5の応答波と緑線の同定結果の応答波を比較して、Q値が12.5のもの

が同定結果を上回るということを確認しております。

次に、12.5の応答波と黒線の観測記録を比較いたしまして、大半の地震において同等もしくは12.5が上回るということを確認しております。

なお、ということで最後のポチに示しておりますけども、青線の既許可の $Q=100$ の応答波では、黒線の観測記録と比較して、特に短周期帯でやはり整合していないということ、要は過度の保守性を持っているということも併せて確認をしております。

40ページをお願いいたします。今ちょっと、言葉でずらずら申し上げておりましたので、1例としてお示しさせていただきますと、右上の①の地震、こちらのEW方向、右側ですね、こちらは全体の傾向と近い結果でございます、今回設定いたしました赤線の Q 値=12.5のもの、これは緑線の今回の同定結果よりも大きい傾向でございます、かつ黒線の観測記録と比較して同等もしくは上回るような結果となっております。

一方、特異的に赤線の Q 値=12.5が黒線の観測記録を下回るというものがございまして、これが下にあります②の地震のNS方向でございます。この記録は大半の地震の傾向と異なりまして、0.25秒程度以下の短周期帯において、赤線の Q 値=12.5のものが黒線の観測記録を下回るというような結果となっております。

すみません。飛んで、48ページをお願いいたします。先ほどお話しいたしました②の地震、NS方向で観測記録を下回っていたものにつきまして、48ページ以降では、観測記録を下回る要因として考えられる影響を二つ確認しております。考えられる要因については、この真ん中辺り、aとb、二つ書いておりますけども、aとして理論の卓越周波数付近の入力波の振幅特性に注目いたしまして、さらにbでは、加速度時刻歴波形に見られる特徴的な位相に注目いたしまして、これらの影響を確認しております。

なお、このページで先んじて結論を申し上げさせていただきますと、このaとb両方の影響が重なり合ったことで、先ほどの②の地震は観測記録を下回るという結果になったものでございます。

それでは、51ページをお願いいたします。まず一つ目、aの影響の確認でございますが、個別の②の地震、このNS方向の記録を分析する前に、全体の傾向を確認しております。青線の観測の20地震の平均伝達関数と緑線の Q 値12.5の理論伝達関数を比較いたしますと、3Hzや9Hzの卓越周波数付近では Q 値=12.5のものが観測を大きく上回る傾向でございます。

一方で、卓越周波数付近を除く周波数帯では、 Q 値12.5のほうが下回るという傾向。これ、全体的な傾向としてそうなのだなということが確認できるところでございます。

52ページをお願いいたします。前のページで確認した伝達関数の傾向、それと応答スペクトルによる傾向の差異を見ているところですが、大半の地震の例といたしまして、②の地震の今度はEW方向をこのページ掲載しております。赤線のQ値が12.5の応答スペクトルを見ると、伝達関数で大きなピークが見られた卓越周波数付近で同様にやはりピーク、この緑線で示しておりますけども、同様にピークが見られまして、伝達関数のピークが反映されているということが確認できます。

一方で、伝達関数では下回っていた周波数帯では、伝達関数の計測法とは異なりまして、応答スペクトルでは、赤線のQ値=12.5のものが黒線の観測を上回るという傾向になっているということが確認できるかと思えます。

53ページをお願いいたします。この傾向、一般的な応答スペクトルの傾向としてでございますけども、Q値=12.5の理論伝達関数の卓越周波数付近のピークは非常に大きなものでしたけども、そちらの大きなピークが周りの周波数帯にも影響を与えて、Q値=12.5の応答波の応答スペクトルの短周期側がかさ上げされるということになっておりまして。例えば、②の地震のEW方向のように、一般的な傾向となっております。ただし、入力波であるEL.-118.5mの観測記録において、卓越周波数付近の振幅が小さい場合には、一般的な傾向と異なってピークの影響が反映されない、要はかさ上げされないということになったというふうに考えられるところがございます。

54ページをお願いいたします。実際に観測を下回った②の地震のNS方向の記録を見てまいります。入力波でございますEL.-18.5mのフーリエ振幅スペクトルを見ますと、NS方向では卓越周波数の3Hz付近で振幅が小さくなっております。EW方向と比較していただくと分かると思えますけども、この振幅特性の影響で、前のページで申し上げましたとおり、ピークの影響が反映されない、短周期側でかさ上げされないというようなことになったというふうに考えておりまして、これが応答波が観測を下回った一つの要因というふうに考えております。

それから、55ページをお願いいたします。このページは二つ目の要因についてでございます。②の地震のNS方向の加速度時刻歴波形を分析しておりますが、右下のEL.-18.5mにおける観測の応答スペクトルを見ますと、0.15秒付近で特異なピークがびよこっと出ているところが見られます。左下の加速度時刻歴波形のEL.-18.5mを見ますと、赤枠で囲ったところ、時刻歴の6~7秒付近で単一周期の正弦波が繰り返しているというような特異な位相が確認できます。0.15秒程度の周期の正弦波が繰り返しているというふうに考えられま

す。このような単一周期が連続している位相、これは応答スペクトルを増幅させますので、応答スペクトルのピークは、時刻6～7秒の正弦波が連続するということによって生じているものでございまして、この影響で観測側の短周期側がかさ上げされたということが二つ目の要因として考えられるところでございます。

56ページをお願いいたします。ここでは応答スペクトルによる確認をまとめております。Q値=12.5の応答波は、大半の地震において観測記録に比べて同等もしくは上回るということを確認いたしました。観測を下回った②の地震については、先ほど御説明いたしました二つの影響が重なった特異な地震であるというふうに判断しておりまして、これも踏まえまして、設定したQ値=12.5という減衰は妥当なものであろうというふうに判断をしております。

では、57ページをお願いいたします。前のページまでの応答スペクトルによる確認が終わりまして、ここからは地震観測記録に基づく地盤増幅率、友澤ほか(2019a)という文献を参照いたしました確認でございます。友澤ほか(2019a)の手法概要については、参考の1という形で後ろのほうのページにまとめておりますので、ここでは、すみません、詳細な説明は割愛させていただきます。

概要をざっくり申し上げさせていただきますと、友澤ほか(2019a)では、川内、玄海も含めた九州周辺で発生した観測記録を用いましてブロックインバージョン解析を行いまして、震源、伝播、サイト増幅の特性をそれぞれ推定しております。このページ以降の地盤減衰の確認といたしましては、この友澤ほかで推定された川内サイトでの地盤増幅率とQ値が12.5で今回設定いたしましたモデルを用いた次元波動論に基づく地盤増幅率との比較を実施しております。

59ページがその比較の結果でございますが、Q値=12.5を用いた次元波動論による地盤増幅率、赤線でございますけれども、こちらは友澤ほかによる地盤増幅率に比べて、一部周波数帯で同等もしくは大きいということを確認しております。

60ページをお願いいたします。これまでの検討・確認を踏まえて設定した地下構造モデルの表を掲載してございます。

それでは、61ページにまいりまして、ここからは話題変わりをしまして、地震基盤相当面の設定でございます。このページにおきましては、地震基盤相当面の物理的意味合いについての考え方、これ、当社のほうで当社なりに整理させていただきましたところとして、検討チームでの報告書でございましてたりJEAG等を整理しております。

一番下、枠で囲った部分でございますけども、あくまでこれ、当社の理解としてではございますけども、地震基盤相当面の物理的意味といたしましては、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面と同等とみなせるような地盤の開放面。Vsでいいますと2000～3000程度の地層なのだなというふうに改めて理解をしております。

62ページでございますけども、当社、地震基盤相当面は $V_s=2150\text{m/s}$ の層の上面に設定しております。先ほど、物理的意味合いとは申し上げましたけども、とはいいいながら、基準として定められております $V_s=2200\text{m/s}$ というところを下回っておりますので、では $V_s=2200\text{m/s}$ の層を設定したらどうなるかという観点で増幅率を検討しております。具体的な検討の内容は、参考の2として掲載しておりますが、現状の $V_s=2150\text{m/s}$ に設定した場合よりも増幅率が小さいという傾向を示しております、この傾向を踏まえまして、要は小さくなるほうよりも、やはり大きくなるほうを選択すべきであろうということで、当社の判断といたしまして、 $V_s=2150\text{m/s}$ の層上面に地震基盤相当面を設定しております。

63ページをお願いいたします。このページからは、標準応答スペクトル用に設定した地下構造モデルの既許可の基準地震動への影響の確認でございます。この確認に当たりましては、既許可のどの評価が影響を受ける可能性があるのか、どの評価で地下構造モデルを用いているかという観点で、63～65ページまでで整理しております。

まず、この63ページでは、既許可の基準地震動の概要を記載しております、このページで文字で記載している内容を65ページに図で示しておりますので、ちょっと65ページに飛んでいただければと思います。

既許可の基準地震動、こちらは敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による S_s-1 と震源を特定せず策定する地震動による S_s-2 を策定しております。この「特定して」のほうでは、検討用地震の応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果を包絡いたしまして、 S_s-1 を策定しているものでございます。この S_s-1 、断層モデルを用いた手法による評価結果を上回りますので、「特定して」のほうの基準地震動は、 S_s-1 で代表しているものでございます。

ちょっとページ戻りますけども、64ページには、既許可における地下構造モデルの位置付けとして記載しておりますが、すみません、こちらも行ったり来たり申し訳ございませんが、引き続き、また65ページの図を見ながら御説明をさせていただきます。

既許可におきましては、「特定して」のほうの断層モデルを用いた手法で長周期帯の評価への適用を目的に設定しているものでございまして、このモデルは、65ページに朱書き

で示した部分に使用しているものでございまして、断層モデルを用いた手法のハイブリッド合成法のうち長周期帯の理論的方法による評価に使用しているものでございまして、既許可時の審査においては、EGF、経験的グリーン関数法と理論のハイブリッドの妥当性の確認のため、SGF、統計的グリーン関数法と理論のハイブリッドにも使用しているものでございました。

なお、「特定せず」のほうではモデルを使用しておりませんので、以降は「特定して」のほうのみについて御説明をいたします。

66ページをお願いいたします。前のページの位置付けを踏まえまして、今回同定した標準応答スペクトル用の地下構造モデルを用いまして、既許可の基準地震動への影響を確認しております。影響評価を実施いたしましたのは、先ほど朱書きで示した地下構造モデルを使用している部分でございます。

まず一つ目は、標準応答スペクトル用モデルを用いて経験的グリーン関数法と理論のハイブリッドの評価を実施いたしまして、この結果と既許可の結果及び S_s-1 との比較を実施しております。

それから、二つ目は、標準応答スペクトル用モデルを用いて、今度は統計的グリーン関数法と理論の評価を実施いたしまして、この結果の見比べを行っているものでございます。

67ページをお願いいたします。このページと次のページが経験的グリーン関数法と理論との比較でございまして、標準応答スペクトル用のモデルを用いた結果が青線、緑の既許可時のものと比較して同等もしくは小さいということ。さらに、黒線の S_s-1 には包絡されるということを確認しております。また、 S_s-1 に影響を与えるものではないということを確認しております。

それから、71ページをお願いいたします。このページと次のページが、今度は二つ目の統計的グリーン関数法と理論との比較でございまして、標準応答スペクトル用に設定しましたモデルを用いた結果が青線でございまして、緑の既許可時のものと比較して同等もしくは小さいということを確認しております。また、赤線の経験的グリーン関数法と理論の評価結果との関係性は、方向ごとに違いはございますけれども、例えば、この71ページのNS方向で見ますと、今回の結果が既許可時よりも、乖離はいたしますけれども、EW方向では近づいていると、総合的には関係性に大きな差はないということを確認しております。

なお、黒線の S_s-1 には包絡される結果となっております。また、 S_s-1 に影響がないということを確認しております。以上、全体から既許可の基準地震動への影響はないというふう

には判断をしております。

では、73ページにまいりまして、このページでは、既許可と基準地震動への影響評価結果を踏まえて、既許可と今回の地下構造モデルの位置付けをどう考えるかということについての整理でございます。既許可のモデルは長周期帯における理論的方法による評価への適用ということを目的に設定しておりまして、今回のモデルは短周期帯も含む地震動評価への適用を目的に設定しているというものでございます。今回の標準応答スペクトル用のモデルを用いた評価結果の結果、既許可と比べても同等もしくは小さいということになっておりまして、影響はないということを確認しております。さらに、すみません、ここ、文言としては記載しておりませんが、しかし、今回いろいろな様々な同定をしてモデルをある意味精緻化、ブラッシュアップしたところですので、モデルを統一するという考え方も当然選択肢としてはあったものではございますけれども、既許可の計算結果を小さい方向に見直すということになりますので、そこまでのことはやらないということも当社としては考え合わせまして、既許可のモデルは現行どおり置いておきまして、今回のモデルは標準応答スペクトルに適用する形で、並列するという形で判断をしております。

74ページをお願いいたします。ここからは参考でございます。ざっとまいりまして、参考の1としては、友澤ほかの概要。参考2としては、仮想的な地震基盤相当面の設定。それから、参考3といたしまして、既許可審査時の鉛直アレイの観測記録の検討でございます。

ここでは、参考2の仮想的な地震基盤相当面について説明させていただきまして、ほかの参考資料は、ちょっと割愛をさせていただきます。

82ページでございますけれども、川内原子力発電所の地震基盤相当面は、先ほどお示ししたとおり、 $V_s=2150\text{m/s}$ の層の上面に設定をしております。これは、先ほど申し上げましたとおり、2200を下回っているというものでございますので、では2200を仮想的に設定してみるとどうなるかという増幅率の検討を実施しているものでございまして、83ページにまいりまして、こちらは過去の審査会合の資料の再掲でございますが、そもそも $V_s=2150\text{m/s}$ はどうやって設定していたかということについては、微動アレイの速度構造を基に設定していたものでございまして、84ページ、今回の仮想的な地震基盤相当面の設定に当たりましては、標準応答スペクトル用のモデルにおける $V_s=2150\text{m/s}$ の層を2分割いたしまして、仮想的に2200の層を設けるとどのようなことになるかという再同定を実施しておりまして、85ページ、こちらは再同定の結果でございますけれども、仮想的な2200の層の上面はEL. -999.5m

というふうになっております。

86ページでございますけども、前のページの結果を踏まえて、2200の層を加えた地下構造モデルを用いて2150の層上面から解放基盤表面までの地盤増幅率と2200、仮想的な層の上面から解放基盤表面までの増幅率、それぞれ①、②を比較しておりますが、結果、御覧いただきますとおり、短周期側では仮想的な2200からの増幅率のほうが小さいという傾向になっているものでございます。これらも考え合わせまして、大きくなるほうの2,150で行こうというふうに判断をしたものでございます。

すみません、長くなってしまいましたけども、川内についての御説明は以上でございます。

○石渡委員 それでは、川内についての質疑に入ります。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、内藤さん。

○内藤調整官 規制庁調整官の内藤です。

中身に入る前に、ちょっと1点だけ確認をしておきたいのですけれども、川内の標準応答スペクトルの初回会合は6月に行って、今回コメント回答にも書いてありますことについて、きちんと説明をしていただきたいという形で開いて、今回が2回目ということで、本日という形になったのですけれども、結局、事業者からの検討で結構時間かかって、半年ぐらい間が空いてしまったという形になっているのですけれども、検討に時間がかかったのが、何に時間がかかったのかということだけ、ちょっと教えていただけませんか。

○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。

今、内藤調整官から御指摘ありましたとおり、前回の会合から今回まで、かなり時間が空いてしまいました。申し訳ございませんでした。その間、何をやっていたかということ、ある意味、正直ベースの話も踏まえて申し上げますと、川内のコメントをいただいたのと並行して、当社、玄海についての申請の検討等も行っておりまして、一時期ちょっと、すみません、当社の検討の部隊が玄海のほうに注力していたという時期が正直ございました。とはいいいながら、川内のほう置いておくわけにはいかないもので、今年の夏秋以降という実態ではございましたけども、川内のほうの検討もペースアップいたしまして、さらに、併せて玄海のほうも同時に、やっていることは一緒ですので、同様の検討を行っていたとい

うものでございます。

さらに、何の検討、特に時間かかっていたのが何かといいますと、一つ、先ほど御説明もさせていただきましたが、応答スペクトルの適合におきまして、観測記録に対して評価結果が下回るというものがございまして、これがなぜなのかということを中心に多角的に分析をしておりました。例えば、もちろんこれ、一つ一つの観測記録というのが、もともと眺めてみていたものでございまして、それをさらに丁寧に洗い直すということ。ちなみにこれ、玄海も同じようなことがあったのですけども、丁寧に洗い直すということをやるとともに、今回、具体的な結果として提示してはおりませんが、もしかしたらこれ、何がしか観測記録をグルーピングしてみると、傾向の違いが出たりしないか。結果的にはなかったのですけども、そういった傾向も見てとれるのではないかとということで、幾つか分析・解析を重ねながら、原因は何なのかというような分析をしておりましたので、申し訳ございません、実態としては、そこはかなり時間を要していたというものでございます。

以上でございます。

○石渡委員 内藤さん。

○内藤調整官 規制庁です。ありがとうございます。

赤司さんの説明にもありましたけど、玄海も同じやり方でやっていて、川内の検討の結果を玄海にも反映して、齟齬がないかということもチェックをやりながらということで時間かかったということは理解はしました。ただ、九州電力も御存じだと思いますけど、これ、いつまでに入れますということで、お尻、3年という形で決まっている形になりますので、事業者のほうで検討して答えられるようなものが出来上がってきたら、可能な限り早い段階できちんと説明していただくような形で今後も続けていただければと思いますので、よろしく願いいたします。

○石渡委員 よろしいでしょうか。

どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

御指摘ありがとうございます。今後、妙に焦って検討してはいけないとは思っておりますが、かといってのんびり構えていいものではないということは重々承知しておりますので、着々と検討を進めながら、検討が整ったところでいち早く御説明できるように対応してまいります。

以上でございます。

○石渡委員 よろしいですね。ほかにもございますか。

どうぞ、熊谷さん。

○熊谷補佐 原子力規制庁の熊谷です。

私のほうから、まず地震基盤相当面の設定について、確認させていただきます。

では、資料の62ページをお願いいたします。62ページについては、地震基盤相当面の設定というところが示されていますけども、62ページの画面示していただいてもよろしいでしょうか。続けますけども、地震基盤相当面の設定として、地震基盤相当面というのは、解釈別記2においては、地震基盤からの地盤増幅率が小さく、地震動としては地震基盤相当面と同等とみなすことができる地盤の開放面で、せん断波速度 $V_s=2200\text{m/s}$ 以上の断層を言うというような形で定義されています。という中で、今回川内におきましては、 $V_s=2150\text{m/s}$ の層上面に設定しようとしているという形でして。この設定をするに当たっては、先ほど御説明ありましたけども、仮想的に地震基盤相当面を2200のところにおいてみて、地盤増幅率の比較などを検討した上で行ってはいらっしゃるのですけども、実際にこれ、 $V_s=2200\text{m/s}$ というのを同定した地盤モデル自体は設定をしていないような状況において、こういったものを用いられるというのは、あまり妥当性は認められないのではないかとこのように考えております。

ちなみに、今回、地下構造モデルにおいては、 2200m/s 以上として 3010m/s という層がもう既に設定されていまして、御社比較検討としても、友澤ほか(2019)ということでも比較検討されているということで、ここで地盤増幅率の比較をした中では、この $V_s=3010\text{m/s}$ の層上面と、こちらと比較をして同等もしくは大きいということについても確認をされているということを考えますと、今回の地下構造モデルにおきまして、地震基盤相当面の設定というのは、 2200m/s 以上の $V_s=3010\text{m/s}$ の層上面に設定するというような考え方が妥当ではないかと思っておりますけども、いかがでしょうか。

○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。

まず、すみません、先に。先ほど、ページの表示御指定いただきましたけども、ちょっとパソコンを操作している担当者のパソコンの調子が悪くなってしまったようで、すみません、表示できておりませんでした。申し訳ございませんでした。

今、御指摘いただきましたところの回答でございますけども、当社がなぜ2150に設定したかというのは、先ほど御説明をさせていただいたとおり、改めて実態を申し上げますと、2200というものに対して、まずは一番近いところ、2150に設定をした上で増幅率をとり、2200というところを求めにいくとどうなるかとやってみたら小さくなるので、では大きいほうを採ろうというふうにしたというのが実態ではございました。ただ、基準で要求されているところは2200、2200とは2200以上でございますね、その2200以上というところに合致していない以上、やはり妥当なものではないというふうな御指摘というふうに理解いたしました。それは当社、我々としても十分理解するところでございます。

こちらは今後、我々としてまた検討し、社内で判断し、結論を御提示させていただきたいと考えますが、選択肢といたしましては、今、御指摘にもありました、下のほうの $V_s=3000$ の層から取るという考え方もございますし、今この場でどんなやり方というのは、なかなか具体的に難しいところではありますけども、2200以上相当になるようなところを改めて層を求めにいくというやり方も選択肢としてはあり得ると考えますので、選択肢を比較・検討を行った上で、こういった形で行きたいということを改めて御提示させていただければと思います。

以上でございます。

○石渡委員 内藤さん、どうぞ。

○内藤調査官 規制庁、内藤です。

我々の趣旨は理解していただいた上で、今の3100になる層に入れるのか、もしくは2200を超えるような層を設定できるのかと、速度構造全体を見直すということも視野に入れてという話で、そのどちらかでやるのかというのは、ちょっと検討したいということは、それは理解しました。ただ、今日もちょっと確認はさせていただきますけれども、既許可でやった地盤モデルと、また別途に短周期に着目したものとして地盤モデル設けますということで、そこは速度構造も含めて変えるということであれば、なんで変えられるのかということも含めて、その妥当性はきちんと説明していただきたいと思います。

あとは、ちょっと気になるのは、今使っている既許可でやった理論的な方法に用いる形で一次構造モデルという形で作ってはいるのですが、そのときには、微動アレイでも1018から上のところでは2200出ていないという結論を作られているという中で、微動アレイとかも含めてやり直して同定するのかとか、そういうことも考えられるという、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。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

内藤調整官おっしゃるとおり、既許可で御議論し、許可をいただいているもともとのモデル、これを変えにかかるとなると、おっしゃるとおり、元のモデルを何ら新しい知見、データなしに都合よく変えにかかるといふのはあり得ない話だと思いますので、今、内藤調整官おっしゃったような、微動アレイをとり直すなり何か新たなデータを取得して層を設定し直すというふうなことも選択肢としてあり得るだろうと思います。ただ、先ほども冒頭も御指摘ありましたとおり、あとはどういった手段でどういった時間をかけてどういった妥当なものを見定めていくかということの判断になってくるかだと思いますので、すみません、先ほど私、選択肢と申し上げさせていただきましたけども、それに取り得る時間のかけ方というカリソースのかけ方なんかも踏まえて、ちょっと判断をさせて御説明をさせていただければと思います。

以上でございます。

○石渡委員 内藤さん。

○内藤調査官 規制庁、内藤です。

現時点のお考えは理解はしました。でも、赤司さんも言われたように、やはりお尻のある話ですので、どういう形で標準応答スペクトルを地震動として定めるのに十分な地盤モデルであるのかということ念頭に、ベストフィットさせることを求めているわけではなくて、地震動を策定するに当たって十分に保守性を持った地盤モデルをどうやって作るのかというのが目的だと思いますので、その辺を念頭に置いて、スケジュール感も考えて御回答いただければと思います。よろしく申し上げます。

○石渡委員 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、承知いたしました。しっかり検討の上、だらだらと時間かけることなく対応いたします。

以上でございます。

○石渡委員 ほかにございますか。

どうぞ、熊谷さん。

○熊谷補佐 規制庁、熊谷です。

私からは、今度、地下構造モデルの今回設定されているところについて、確認をさせていただきます。

先ほど、ちょっとお話もありましたけど、川内原子力発電所の地震動評価については、例えば65ページのところだかでも説明ありましたが、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動については、短周期側を経験的グリーン関数法、長周期側を理論的方法とのハイブリッド合成法によって評価をされていて、既許可の地下構造モデルについては「特定して」の地震動評価のために長周期帯の地震動評価への適用を目的として、65ページにおいては、長周期帯の地震動評価への適用を目的として理論的方法に用いて設定されたモデルであるというような御説明だったかと思えますけども、こういったものを今度、短周期帯も含めた地震動評価にそのまま用いるということは適切ではないと考えて、既許可以降に今回多数の地震観測記録も取得できているということも踏まえて、新たな今回地下構造モデルを追加で設定されているというようなお考えで設定されているのでしょうか。その確認をまずさせてください。

○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。

基本的な御理解としては、今、熊谷さんのほうから御指摘いただいたとおり、もともとは長周期帯を目的に作っていたので、短周期帯に適用するに当たっては、より短周期が適切に評価できるようにブラッシュアップすべきだろうということで、今回のモデル、資料では精緻化というふうに表現しておりますけども、ブラッシュアップしたというものでございます。

今、別個のものとして設定したということかという事実関係、御確認でございましたけども、当社判断としては、もちろん今、御理解いただいたとおり、別個のものとして設定しているのですが、本日の御説明でもちらっと申し上げましたが、資料上、文言としては書いておりませんが、今、私も口頭で申し上げましたとおり、ブラッシュアップしたというモデルになっておりますので、そちら側に既許可のモデルも含めて統一すると、一本化するという考え方も当然あるかというふうに当社の中では議論をしたところでございます。しかしながら、これ、既許可の評価結果を小さい側に見直すということになるということが一つと、既許可の中で種々かなりの数の地震動評価、これ、申請書等にも記載させていただいておりますけども、それをやり直すとなると、やはり、そこで何がしか

のミスが生じるようなことも懸念されなくはないということで、既許可のものは小さくなる方向でもあるし、現行のまま置いておいて、今回のものを新たなものとして標準応答スペクトルに適用すると。結果として、別個のものとして存在するような形にするという判断をしたというものでございます。

以上でございます。

○石渡委員 熊谷さん。

○熊谷補佐 規制庁、熊谷です。

御説明ありがとうございました。今お話ありましたとおりののですが、今回の地下構造モデルについては、短周期側も含むような地震動評価への適用を目的に設定されているということで、今回、長周期のものを一部Q値なりを変更して設定されているのですが、どういう目的で短周期側についてもきちんとそういう設定をした上で、短周期側のものとして作っているのか。検討内容としても、今いろいろな検討されているということをお話しされていたのですが、どういう目的でどういう検討内容をどういう資料に基づいて行っているのかというのも、きちんとそういったものもお示しいただいた上で御説明いただければと思っています。そこら辺については、きちんと明確にしていればと思いますが、いかがでしょうか。

○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。

承知いたしました。そもそも本日の御説明が、今回、先ほどブラッシュアップしたと申し上げましたけども、そちらのほうのモデルの説明に軸足を置きまして、もともとのモデルがどういった目的で、どういった検討を背景にしたものだったのか、今回はどうなのかという対比をしながら、ちょっと位置付けがはっきり御説明できる形にはなっておりませんでしたので、まずは、そこをしっかりと整理した上で、きちんと御説明をさせていただきたいと思います。

以上でございます。

○石渡委員 熊谷さん。

○熊谷補佐 規制庁、熊谷です。

では、きちんとそこら辺も整理していただければと思います。

あと、私からもう一点だけちょっと確認だけなんですけども、これは既許可の以降、新

たに地震観測記録が得られたりとか、知見をいろいろと取得されて、そういったものを踏まえて対応されているかと思うんですけど、具体的にどういったものが新たな知見とか、データを取られているのかというのを御説明いただければと思うんですけども。例えば、大深度のボーリング結果ですとか、あとは、地震観測なども、今、地震計、EL.-118.5mのところ設置されていますけども、それよりもより深いような地震観測記録とか、そういったのも何か検討されたりとか、取得されたりしているんでしょうか。お願いします。

○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。

既許可以降のデータであったり、知見の取得についての御質問でございましたが、ちょっといろいろ話していると長くはなってしまうんですけども、そもそも既許可の段階で、当社として、いろいろ幾つか地震動評価について、課題認識を持っていたところございまして、今回の減衰もしかりでございまして、もともとの既許可のときも減衰がやっぱり大きそうだというような傾向が見てとれておりました。ただし、やっぱりデータが当時限られていたということと、減衰を多角的に見る、今回、地震波干渉法等の知見を基に検討しておりますけども、当時は、そういう多角的に見てとることの知見がなかったもので、当時は、その減衰で置いていたんですけども、今回、既許可以降、データが増えるとともに、地震波干渉法等、減衰を多角的に分析することができる知見が出てきたということで、その知見を合わせて、今回の評価に至ったというものでございます。

さらに、当時、当社として、課題認識を持っておりましてところ、この減衰に限ったものではございませんで、地震動評価、大きく震源特性、それから、震源から伝わってくる伝播経路特性、最後、今回の地下構造モデルにも表れるようなサイト増幅特性がございまして、例えば、川内におきましては、地震動評価のモデル自体がレシピによらない独自のモデル化、アスペリティが大きくなるようなモデル化を行っておりますけども、その震源特性をより深掘りしていかなきゃいけないという課題認識を持っておりまして、伝播経路特性につきましても、九州は特に火山フロントを通過したらどうなる、こうなるという議論は、これは昔からあるところございまして、その辺の伝播経路特性についても確認をいろいろしていきたいよねというところもありまして、結果、既許可から今までの間、当社、軸足を置いて、データを集めてきたのは、深い方向よりも広い方向、水平方向

に対して、できるだけ観測点の展開であったり、既存の大学等、研究機関の観測点もありますので、できるだけ幅広く広範囲にデータを集めて、面的な検討によって、震源特性であったり、伝播経路特性、さらに、今回もやっておりますようなサイト増幅特性を深めていきたいというようなことを検討しておりましたというのが実情でございます。

その中で、現状として、大深度ボーリング等、直接深いところを確認しに行くということとはやってございません。何となれば、先ほど、まずは、優先順位として水平方向の展開を重視しておりました。しかしながら、今後とも、大深度ボーリングの、現状、まだ計画はないんですけども、それを排除するものではありませんので、例えば、本日というか、今回のような議論も踏まえながら、鋭意、今度は水平方向に続いて、鉛直方向についても何らかの取組はやるべきであろうというふうには考えているところでございます。

ちょっと御質問の趣旨から外れたかもしれませんが、以上でございます。

○石渡委員 熊谷さん。

○熊谷補佐 規制庁、熊谷です。

優先順位をつけられて、いろいろと調査をされているということで理解しましたので、今後も、継続的にいろいろとデータを拡充して、検討していくようお願いいたします。

私からは以上でございます。

○石渡委員 ほかにございますか。

どうぞ、佐口さん。

○佐口審査官 規制庁、地震・津波審査部門の佐口です。

私のほうからは、前回の会合で、コメントというか論点提示等をさせていただいた3ページにあるコメントNo.1ですね、こちらに関連して、地盤減衰の、つまりQ値の設定、これについて、幾つかコメントをさせていただきたいと思えます。

まず、このQ値の検討方針のところなんですけれども、7ページに幾つか方針として示されていて、これによりますと、今回の地下構造モデルというのが原子炉設置位置付近のPS検層結果を踏まえた速度断面、これがこの後の9ページから11ページにかけて示されているんですけども、こういった断面で、EL. -200m以西の範囲というのは、おおむねS波速度が同程度である⑤層というものに分類されているということから、特に、解放基盤からこのEL. -200m以深のところというのは、同一の地盤減衰、つまり、Q値、これが設定できると判断されて、そういったところに設置されている鉛直アレイ地震計、これによる観測記録に基づき、地盤減衰の精緻化、赤司さんはブラッシュアップという形でおっしゃりまし

たけど、そういうことを行ったとされています。

その際に、既許可の地下構造モデルにおいて、鉛直アレイですとか、それから、微動アレイの速度構造を基にして、この辺りというのは設定されているんですけども、特に、この大きい丸の二つ目ですかね、EL. -28.5m~EL. -480mというのは、単一の層であるんですけども、特に、EL. -200m以深では、PS検層も行っていないと。なので、直接、物性値を得ていないというところもあって、このEL. -200mで層境界を設けて、分離するということとしたとされているわけですけども。

こういった方針に基づいて設定された地下構造モデル、全体を見てみますと、これが37ページですかね、一番最初に出てくるのは。もしお示しできたら示していただきたいんですけど、示せないようでしたら、そのまま結構です。

この37ページに示されているんですけども、いわゆるVsとかVp、それから、層厚もそうなんですけれども、こういったものというのは、先ほど示されていましたPS検層、こちらを用いているわけではなくて、鉛直アレイですとか、それから、微動アレイの観測記録を基に、要は、既許可の設定方法というものを踏襲して、EL. -28~-480mまでというのを同一の速度層と設定しているというところなんですけれども、特に、最終的に、今、設定されているQ値、-200mまでは12.5で、それより深いところでは100という形で設定をされているんですけども、こういった形で、同じような速度層であるにもかかわらず、ちょっとこのQ値が急激に変化をしているような地下構造モデルを最終的に設定されていると。

このQ値なんですけれども、ちょっと戻りますけれども、既許可では、どういう形で設定されてきたかというところ、6ページに示されているんですけども、速度構造等は備考のところを書いてあるもので、設定に基づいて、設定をされていると。Q値というのは、このページの一番下のアスタリスクで書いてありますけど、慣用値としてVsの15分の1だったり、から10分の1ぐらいですか、程度に設定をされているというところなんですけれども。やっぱり今回のいろいろ地震観測記録を用いて、これは伝達関数であったり、地震波干渉法であったりとか、そういったもので検討されているんですけども、やっぱりQ値としては、地震観測記録のある-118.5mより深いところ、これについては、明確には評価できないという状態というのは、ちょっと理解はしているんですけども、最終的に設定する地下構造モデルの中で、こういった速度構造と、いわゆる減衰構造の関係をどのような考えによってちゃんと整合しているようなモデルかどうか、これは一般的というのか、科学的にというのがちゃんと示せていないと考えています。

当然ながら、この地震観測記録のない-118m以深について、どう設定するかというのは、幾つか方法があると思うんですけども、例えば、さっき、ちょっと一般的とか科学的とかと申しあげましたけど、そういうところは割り切って、あくまでも地震観測記録として得られているここまでを、その得られた結果を用いて設定して、それより深いところは、慣用値と先ほどされていましたが、これまで、既許可で設定していた値を用いるという設定の仕方もあると思いますし。逆に、当然、深いところは、先ほどの既許可のモデルでして、この-200m、-118m~200までをこの12.5とか、浅いところで得られたものと深いところで得られた100の中間的なQ値を設定するという考え方もありますし、さらに、もっと突き詰めて、地下構造モデルをほかの形で同定をしてやるという形もいろいろあると思いますけれども、先ほどの人員だったり、時間だったりというリソースのかけ方という関係もありますので、この辺り、どういうふうに設定したのが一番合理的であったり、科学的にというのをきちんともう一度整理していただいた上で、どう設定するのか。その設定値は幾つがいいのかということも含めて、示していただきたいと思いますけれども、いかがでしょうか。

○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。

御指摘ありがとうございます。まさに、ここ、我々も設定するところに悩んだところではございまして、実態といたしましては、これは、EL. -28.5~480mまで、これを途中でPS検層を確認できる200mで切るという形、切るというか、そこで分けるという考え方を取っておりますけども、地質の性状等を考えますに、これはEL. -200よりも深いところも多分同じような減衰であったり、性状であろうというふうには考えられたところでございます。といいながら、まさに、直接確認しているもの、データ等があるわけではないので、まさに本日御説明させていただいたようなPS検層が確認できる200mまでというふうに判断をしたというのが実態でございました。

これに対して、今、御指摘は、ただ、このQ値の急変でございまして、同じVs、Vp、密度なのに、Q値だけ変わっているということについての科学的な観点での整合性というのは、確かにおっしゃるとおり、御指摘のとおりだというふうには考えますので、今、御質問いただく中で、観測記録がある場所までという考え方であったり、段階的なQ値の設定の考え方であったり、御指摘もありましたとおり、考え得る選択肢は幾つかあるかと思

いますので、その選択肢も整理しながら、考え方をいま一度整理し直して、改めて御説明、御提示をさせていただければと思います。

以上でございます。

○石渡委員 佐口さん。

○佐口審査官 規制庁、佐口ですけれども。

じゃあ、その辺りのちょっと考え方というか、Q値の設定の方針の考え方ですね、そこはきちんと整理をしていただければと思います。

引き続き、じゃあ今度は、今、検討の方針についてコメントさせていただきましたけど、今度、実際に設定する値、12.5という値について、幾つかコメントをさせていただきたいと思います。

資料の1、資料1の17ページですね、お願いできますでしょうか。ありがとうございます。

先ほどもちらっと申し上げましたけれども、今回、Q値の検討に当たっては、伝達関数からQ値を求めていたり、この後の地震波干渉法でQ値を求めているというところですが、例えば、このページ、伝達関数、こちらのほうから求めたQ値の下限は5.9程度、これは下限じゃなくて、多分、上限だと思いますけど、ということと、それから、同じような形で、ごめんなさい、35ページとかですかね、地震波干渉法では、8.0とされているんですけれども、ちょっとどちらも14とか15Hzぐらいになるんですかね、それより上というのが示されていないくて、当然、これは観測する地震計の機器の特性でしたり、あと、いろんな設定条件、例えば、サンプリング幾つですとか、そういったものに関連して、これぐらいまでしか得られないというところだとは思いますが、

じゃあ、こういった下限とか上限という話になってきますと、特に、35ページで示されていますけれども、今、大体、ここで8程度というふうに書かれていて、伝達関数だと6.幾つとかという形で書かれていますけども、結局、ここをよりどころとか根拠にして、次の36ページでは、8.0程度なので、それにプラスアルファをして、12.5にしますとされているんですけど、ちょっとこのページで、14.5Hzのところ、大体、8なんですけれども、ただ、この先って、何か一定の値に収束しているような傾向も特に見えなくて、実際の地震動評価では、これよりさらに高周波数、いわゆる短周期の部分というのも当然評価して、御社は、今回、そういった短周期の地震動評価というのを目的としてモデルをブラッシュアップされるというところなので、この14.5Hzですとか、こういった先のもっと高周波数、いわゆる短周期の部分が本当に一定として、それまでに設定してきたものと一定のもの

して評価が本当にできるのかどうかということも含めて、これはきちんと御説明いただきたいとは思いますが、ちょっとその辺りって、いかがですかね。

○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。

今の御指摘のところ、図面、今日の資料では、周波数、おっしゃるとおり、15Hz程度までしかお示ししておりません。なんで15Hzかという、これも佐口さん御質問の中でありましたとおり、記録の精度でございましたり、1次卓越周波数を中心に見たいということで、幅を10Hzまでという幅での表示を決めていたところでございます。さらに、じゃあ、この15Hzより上になったらどうなるの。一般論としては、高周波になると頭打ちになるという傾向もございますけども、これも図で御覧いただいたとおり、まだどこかで15Hzで擦りついているようなイメージでもございませぬので、ここは、すみません、もう資料がない中で、いろいろ私が論じていてもしょうがないと思いますので、15Hz以上のところについても、検討整理を加えた上で、当社の減衰の設定の考え方、妥当性について、改めてちょっと御説明をさせていただければと思います。

以上でございます。

○石渡委員　佐口さん。

○佐口審査官　規制庁、佐口です。

その点は、じゃあ、よろしく願いいたします。

ちなみに、確認なんですけれども、多分、36ページとかで、12.5というふうに設定されたのは、例えば、干渉法だと多分これって直接出しているの、いわゆる0.02秒、50Hzは幾つかと分からないんですけども、と思うんですけどね。ただ、伝達関数だと、 $Q=Q_0 \times f^\alpha$ でしたっけ。こういう条件の下で同定されているので、多分、ここの周波数、fに50Hzを入れたりすると、恐らく私もちょっと計算しましたけど、10以下、9.幾つとか、それぐらいの値にはなるということも含めて、今は12.5という数字を決められているのか。それとも、ちょっとそこは何か根拠がなく、アバウトに決められているのか、そこだけ少し教えてください。

○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。

この12.5という数字、まずは、12.5という、なんでコンマ以下の数字かと。これはQ値、逆数を取って、2倍して逆数を取るとというのがこの減衰の数字になりますので、減衰の数字として、4%というような切りのいい数字として12.5が来ているというところはございます。ただ、これがアバウトに決めたものかというところ、そうではございませんで、先ほど、佐口さんからありましたとおり、伝達関数での検討でありましたり、この地震波干渉法による検討の結果を踏まえながら、さらに、これは全てというか、今回の資料の中での表示は、取り上げました、抽出しました地震を検討した平均的な結果としてお示ししておりますけれども、一つ一つの個別の観測記録、これで減衰を同定して見ても、地震の数からして、ばらつきという論じ方までしていいかどうかはありますけれども、それを取ったとしても、この大体、12.5ぐらいの数字だなというような確認もしております、そういったもろもろの情報データを踏まえて、12.5という設定をしたというものでございます。

以上でございます。

○石渡委員 佐口さん。

○佐口審査官 規制庁です。

分かりました。設定というか、設定値のお考えというのは、一応、確認できました。

引き続き、じゃあ、これは、本当に12.5がいいのかどうかという話ですけども、今度、伝達関数で推定されたものところで、ちょっとコメントさせていただきたいと思うんですけど、16ページをお願いできますか。ありがとうございます。

これは、同定結果の理論伝達関数と、それから、地震観測記録の伝達関数との比較ですね。これをちょっと細かく見ていくと、上のほうから下に降りていく段階で、山谷、特に、今回、重要な高周波数、いわゆる短周期の部分の山谷が特に一番下の水平ですね、NS方向とか、EW方向とか、こういうところでちょっと逆転をしているような形になっていて、これを、やっぱり、山谷逆転しているんですけど、これを観測と合わせにいこうとすると、どうしてもQというのは小さめに設定をしなければいけないという部分もあって。そういうところも含めて、九州電力も、今、18ページとかに具体的に書かれていますけど、二つ目の丸ですかね、水平方向の4Hz以上というのは地震観測記録の平均伝達関数と部分的に整合していないということが書かれていて、結局、これって速度ですとか、層境界というのを固定して、今回はQ値のみを同定しているので、当然、こういう山谷まで合わせ込むことはできないと。ただし、こういった値ですね、特に速度とかについては、当然、地盤増幅度、これはインピーダンス比というものとも関係してくるんですけども、という観点

から、それは重要というのの一つあります。

ただ、ちょっと今、誤解のないように申し上げておきますけど、だからといって、じゃあ、この伝達関数を合わせにいくべきだというふうに言っているわけじゃなくて、それはちょっと繰返しになりますけれども、時間ですとか、人員のリソースの関係もあるので、ちょっとその辺りは含めて考えていただきたいんですけど、こういった、いわゆる、あんまりよく整合していない部分もある中で、言ってしまえば、多くの不確かさを含んだ、今回、この検討ということになるんですけども、そうした中で、本当に、EL. -200までの一律で $Q=12.5$ という値を本当に設定していいのかどうかという、そこに十分な不確かさがちゃんと考慮できているのかどうかというのは、ちゃんと示していただきたいんですけど、それプラス、そういった十分な不確かさも含めて設定をして、何回か、先ほどのいろいろQ値のごく短周期側、高周波数が得られていないとか、それから、科学的に200辺りで8倍とか8分の1になるという急激に変わるとか、そういうところ、あと、伝達関数があんまり整合していない部分もあるよねと、短周期の部分で。というのも含めて、もうちょっとこの辺りは、本当に十分に不確かさが考慮できているのかというのをちゃんと示した上で、もし、そこがやっぱり示せないんだったら、もう少し十分な不確かさというのを積んだ上で評価をしていただきたいと考えていますけれども、いかがでしょうか。

○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。

ただいまの御指摘、Q値の値についてはございましたけども、先ほども佐口さんから御指摘いただいた地下構造モデルそのもの、Q値だけではない科学的な整合性とはいいながらも、判断としての合理性があるものとしてのモデル、結局、モデルとしての仕上がりといいますか、そういう観点での御指摘の一つというふうに理解をいたしました。

今もありましたとおり、一律、 $Q=12.5$ でいいのかどうか。例えば、段階的にやってみたらどうなるのか。何となれば、先ほども御指摘ありましたとおり、例えば、この18ページの山谷を合わせていくに当たっては、Q値をいろいろ動かしてやってみるということも当然一つでございますので、そういったことで、 V_s 、 V_p を変えてみたらという検討も今回やっておりますけども、例えば、どこまでリソースとして踏み込めるかはありますけども、層厚辺りに目をつけるとどうなるかという観点も当然あるかと思えます。そこは、できるだけ科学的整合性をより上げるということと、とはいいいながら、いたずらに時間ばかりか

け過ぎないというような観点で検討をちょっとさらに整理を行った上で、改めて、総合的な地下構造モデルとして、科学的かつ合理的なモデルとして、改めて御提示させていただきたいと思います。

以上でございます。

○石渡委員 どうぞ、佐口さん。

○佐口審査官 規制庁、佐口です。

幾つか申しあげましたけども、我々の求めるところは、赤司さんが最後に言われたところですので、その辺りを踏まえて、検討のほうをよろしくお願いいたします。

私からは以上です。

○石渡委員 ほかにございますか。

呉さん。

○呉政策研究官 原子力規制庁の呉です。

私のコメント、先ほど佐口さんのコメントと関連していますが、お示しした18ページに比べて、例えば、90ページに飛んでいただいて、これは90ページのほうが、既許可時の審査結果で、比べると、今回の結果が精緻より前の結果が観測とよく合っているのを印象を受けています。

○石渡委員 内藤さん。

○内藤調整官 規制庁、内藤ですけれども。

ちょっと補足いたしますと、呉が言ったのは、これは90ページにあるのが前の地盤伝達関数でやったときのものなんですけども、こっちのほうが全体としての地盤構造として見たら、伝達関数としては合いがいいように見える状況になるので、だから、今回は、200から上の部分だけQをいじりに行っているんですけども、ここの部分で、Qをいじって、佐口もさっき言いましたけども、これが本当に今言っている数字で仕上がりの地盤としていいのかというところにも影響するので、その辺も含めて、きちんと説明性があるモデルなりの説明の仕方というのをよく考えていただければというふうに思います。

○石渡委員 よろしいでしょうか。

どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

すみません、ちょっとページを見比べながら、「うん？」と思いながら、リアクションできずに、申し訳ございませんでした。

今、呉さんから、さらに内藤調整官から御指摘ありましたところ、十分理解いたしました。これは、既許可のときから母集団の地震の記録が増える、変わる等のところ、大きく傾向が変わっているものではありませんけども、そういったところもありますので、そういったところ、ちょっと一旦、丁寧に整理した上で、内藤調整官おっしゃるとおり、仕上がりとして科学的、合理的、説明性のあるモデルになるように、改めてちょっと整理を行います。

以上でございます。

○石渡委員 ほかにございますか、川内について。

大浅田さん。

○大浅田管理官 管理官の大浅田ですけど。

2点ありまして、1点目は、これは先ほど熊谷から言った資料の明確化に相当するところ、もうちょっと丁寧に言うと、なんで今回、新たに地盤構造モデルをつくったのかということころは、4ページのところがちょっとちらっと書いてあって、あと、後ろのほうにその詳細が書いてあるのかもしれないんですけど、この4ページのところに、一番最初に、既許可では一体どうだったんだというのをちょっと明確に最初に書いてほしいんですよ。要は、短周期側というのは、経験的グリーン関数を使っているから、 V_s が1,500の解放基盤に入れ込んで、それで評価をしていると。長周期側については、ハイブリッド法を使っているから、これは接続周期とかもちゃんと書いてほしいんですね。どこで接続して、理論的に使っているから、解放基盤から幾らまでのモデルをつくっているんだと。さらに、留萌の場合は、 V_s がちょっと幾らか忘れましたが、800とか900だったかな。なったので、それをそのまま解放基盤に持ってきたんだとか。そういうモデルをつくったので、今回は短周期側も入ったような標準応答スペクトルの、標準応答スペクトルというのは2200m/s以上に地震基盤相当に入れるから、それを解放基盤まで持ち上げる必要があるから、その標準応答スペクトルをという、短周期も含めたものをつくるために、新たに地盤モデルを設定したんだという。そういうのをちょっと図でも入れながら、きちんと書いてほしいんですよ。

ここは、ちょっと若干、赤司さんが言っているのと私が言っているのは見解の相違があるんですけど、九州電力が言っているのは、精緻化とかブラッシュアップと言っているんですけど、私が思っていることはそういうことなんですよ。今回、新たに地盤モデルというのを、地下構造モデルというのをつくったんだと。長周期側だけ見たら、その精緻化

とか、ブラッシュアップしたのかもしれないんですけど、それは結局、最後、使わないんだったら、別にそれは精緻化したモデルを使ったわけではないので、どちらかという、新たにそれをつくったんだと。

ここが、九州電力には直接関係しないんですけど、先週やった泊発電所の場合とは、そこがちょっと違うんだというところがきちんと分かるように、泊の場合は統計的ということで短周期側も含めて、あるいは、泊の場合は既許可じゃなくて審査中なんですけど、「特定した」のときにつくったモデルというのは、そもそも短周期側も含めてあったんだというところとは、川内の場合は違う、違っているんだということもよく分かるかと思うので、ちょっとそこは4ページ目にきちんと書いてほしいと思いますけど、その点は、よろしいですか。

○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。

ただいまの御指摘の点、先ほどの御指摘があったとき、熊谷さんから御指摘があったときに回答いたしましたけども、今回の資料、今回のモデルについての説明に終始しておりまして、もともとのモデルがまさに目的であったり、背景であったり、何だったかというのが何ら詳しく示されておられませんので、ここは、管理官から御指摘ありましたとおり、4ページ、プラスアルファ、しっかり整理させた上で、それぞれの位置付けを明確化したいと思います。

なお、私なども、ブラッシュアップ、精緻化と申し上げましたけども、これは実作業といたしまして、もともとあった既許可のモデルを見ながらやっていったと。位置付け、立てつけはちょっと当然整理いたしますけども、実作業としてそうでしたので、先ほど申し上げたような私の説明になりましたけども、見解、考え方として、私は管理官とあんまり相違しているつもりはございませんので、そこもしっかり明確に把握できるように整理をさせていただきます。

以上でございます。

○大浅田管理官 よろしく申し上げます。

したがって、目的に戻るんですけど、要するに、この標準応答スペクトルをつくるために、新たに地盤モデルをつくらないといけないと。これはもう事実だと思うんですよ。それで、今、議論しているとおり、Q値を12.5にして、周波数でやらず12.5にして、全て

一律に設定するというやり方が妥当かどうかということを示してくれということを行っているんですけど。

ちょっと一応、もう少し確認したいんですけど、36ページ。ここで最終的に二つの方法、地震波干渉法と鉛直アレイ、その二つによって、Q値の下限が大体8程度であろうと。だから、12.5にすると。12.5というのは、4%という数字を採用されていて、別にこの4%が、我々、ニュートラルで低いんだの、高いんだのということは、まだそれは感触として別に持つてはいるわけじゃないんですけど、なんで12.5に設定するのかと。別に切りのいい数値は3%もあるじゃないかと。さらに、逆でいうと、5%もあるじゃないかなという気もするんですけど、これは何かあれですか、トライアル・アンド・エラーみたいなことをされたんですか。それとも、もうこれは決め打ち的にやられたんですか。

○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。

12.5という数字は、これは先ほども申し上げましたとおり、4%の逆数から最終的に来ているところではございますけども、そこを決め打ちにしたというものではございませんで、例えば、今、御指摘いただきました、この36ページしかりなんですけども、いろんな記録の平均値として、減衰を取っておりますので、これを一つ一つ見ていったらどうなる、ばらつきなんかも見てみた上で、それをカバーできる範囲でありましたり、あと、先ほど佐口さんのほうからも御指摘ありましたけども、伝達関数でありましたり、地震波干渉法の検討の中、さらに、これは15Hzよりも先のところを今後お示ししなきゃいけないところだと思いますけども、その辺の検討を全体像を考え併せた上で、妥当なところとして、12.5という数字が来ているところでございます。

決め打ちではありませんでしたけども、現状の資料、何か12.5がぼっと湧いて出てきているような形には確かになってしまっておりますので、ここは、まさに資料の明確化、丁寧に御説明をしたいと思っております。

以上でございます。

○大浅田管理官 ちょっとその前に、だから、じゃあ、値としてもっと大きいなものを用いたら、これはもうこういう点で不都合なんだというところというのは、あんまり見えなくて。12.5だと、まあまあこれはいいんじゃないかと言われても、それは比較対象がなかなかないので、我々も判断しにくいところだと思っているんですよ。

最後、これ、設工認に用いるようなもっと浅いところの精緻な地下構造をつくろうとしているわけじゃなくて、やっぱり地震動評価として用いるので、やはりQ値というのは、今回は、直接、大深度ボーリングを掘ったわけでもないのに、地震基盤相当面と解放基盤との別に減衰比とか伝達関数があるわけじゃないので、ある意味、やっぱり多少は「えいや」で決めるところはあるんじゃないかというふうには思っているわけなんですよね。ぴったり合うような、これが正解だというのは、多分、それは地盤モデルなので、ないとは思っているんで、その中で、どう不確かさを積むのかというところで、そういうときに、ちょっと不確かさという言葉だけだと、じゃあ、どれだけそれがプラスアルファというか、余裕を見ているんだというところが非常に読み取りにくいので、これだと、こういう点で不都合が起こるといえるのであれば、そういうのも出してもらったらいいいし、もし仮に何かトライ・アンド・エラーで幾つか値を今後やられるのであれば、そういったものも出してもらえればいいかなと思いますので、その点は、よろしくお願いします。

○石渡委員 よろしいですか。

どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

承知いたしました。

おっしゃるとおり、先ほども、私、ちょっと口頭で申し上げたところなどを検討を重ねながら、おっしゃるとおり、最後は「えいや」と決めたところもありますので、比較対象とおっしゃいましたけども、見てとれたところがどういうところなのか、見てとれたところからまさに不確かさ、「えいや」とどうやって決めたかというところ、審査の中で御覧いただけるように、しっかり整理をいたします。

以上でございます。

○大浅田管理官 よろしく申し上げます。

○石渡委員 ほかにございますか、川内について。

大体よろしいですか。

議論を聞いていると、やはりモデル全体として、科学的に妥当なものであって、合理的なものでなくてはならないというふうに思いますので、その辺、再検討をよろしくお願ひしたいと思います。

特に九州電力のほうからなければ、川内については、この辺にしたいと思います、よろしいですか。

川内原子力発電所の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につきましては、本日のコメントを踏まえて、引き続き審議をすることといたします。

それでは、引き続き、九州電力から玄海原子力発電所の標準応答スペクトルの規制への取り入れに伴う地震動評価について、説明をお願いいたします。

どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

玄海のほうにつきましては、資料2-1、標準応答スペクトルを考慮した評価の概要とともに、資料2-2、もう中身は、やっていること、検討の内容は川内とほぼ同様のものがございますけれども、要は、何となれば、玄海、やっている検討の内容が一緒だからというものでございますけれども、二つ資料を準備しております。まずは、資料2-1、玄海の評価の概要について御説明させていただきまして、続けて、資料2-2、地下構造モデルについて、御説明させていただきたいと思っております。

それでよろしいでしょうか。

○石渡委員 どうぞ。

○九州電力（赤司） ありがとうございます。

それでは、まず、資料2-1につきまして、玄海の標準応答スペクトルを考慮した評価の概要について、御説明をさせていただきます。

資料2-1、2ページをお願いいたします。ここは、本資料の目次でございますけれども、まず、1ポツ、これは基準地震動の概要といたしまして、既許可のSsと今回追加するSsについて。2ポツで、標準応答スペクトルを考慮した地震動につきまして、地下構造モデルの設定、それから、⑤基準地震動の策定までをお示しし、最後に、3ポツで、基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価についての御説明でございます。できるだけちょっとスピードアップをして説明させていただきます。

まず、3ページでございますけれども、基準地震動の概要でございますが、既許可では、「震源を特定して」のほうで、Ss-1～3、それから、「特定せず」のほうで、Ss-4と5を策定しております。今回は、右下に朱書きで示した部分、この「特定して」として標準応答スペクトルを考慮した地震動評価をいたしまして、新たにSs-6を策定しております。

4ページでございますが、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価。検討の流れは、左下のフローのとおりでございます。①地下構造モデルを設定し、②地震基盤相当面を設定し、③そこでまずは模擬地震波を策定して、④では、この模擬地震波を地下構造モデ

ルを考慮して解放基盤表面まで上げる。⑤では、この上げた結果と基準地震動Ss-1～5と比較した上で、同一の基準地震動の水平方向及び鉛直方向の応答スペクトルに包絡されないということで、新たに基準地震動Ss-6として策定するというような流れとなったものでございます。

5ページをお願いいたします。こちらは、①地下構造モデルの設定でございます。これは、Q値をターゲットとして設定しているところと基本的な考え方といいますか、それを踏まえてやっていること、これはもう先ほど来出てきておりました川内と同様でございます。

続けて、このページ、②の地震基盤相当面の設定、これも、結果論という言い方はおかしいですけども、川内と同様でございますして、 $V_s=2100$ の層上面でありますEL.-200m、要は、 $V_s=2200$ よりもちょっと小さい層の設定となっているというものでございます。

6ページをお願いいたします。地震基盤相当面における模擬地震波の作成についてでございます。標準応答スペクトルに適合する模擬地震波、これはガイドにもありますとおり、正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法、実観測記録の位相を用いる方法などの複数の方法について検討を行った上で、一様乱数の位相を有する正弦波の重ね合わせ、これにより作成をしております。

作成に当たりましては、振幅包絡線の経時的変化の設定につきましては、Noda et al. (2002)に基づきまして、設定いたしまして、結果として、水平方向600Gal、鉛直方向の400Galの模擬地震波を作成しております。

7ページ、解放基盤表面における地震動につきましては、先ほど作成いたしました地震基盤相当面の模擬地震波を次元波動論によりまして、解放基盤まで上げまして、設定いたしました結果といたしましては、水平方向577Gal、鉛直方向403Galの地震動を設定しております。

8ページでございます。基準地震動の設定でございますけども、先ほど設定いたしました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と現行の基準地震動Ss-1～5の応答スペクトルの比較を実施しておりますが、こちらを見ますと、一部の周期帯で、現行の基準地震動Ss-1～5のうち、同一の基準地震動の水平及び鉛直の応答スペクトルに包絡、いずれも包絡されていないということでありまして、これを踏まえて、今回の標準応答スペクトルを考慮した地震動、これを基準地震動Ss-6として追加しております。

9ページをお願いします。このページは、前のページから縦軸を加速度に変更して、包

絡関係を見やすいようにお示ししているものでございます。

10ページをお願いいたします。ここは、先ほど追加いたしました基準地震動Ss-6を含めまして、基準地震動の最大加速度を示しております。

それから、11ページ、こちらは基準地震動によります基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価についてでございます。基準地震動Ss-6につきましては、評価対象施設の基礎地盤の安定性評価を実施した結果、基礎地盤のすべり・基礎の支持力・基礎底面の傾斜について、いずれも評価基準値を上回るということを確認しております。また、周辺斜面の安定性評価を行った結果、斜面のすべりについて、評価基準値を上回るということを確認しております。

資料2-1、概要は以上でございまして、資料2-2、続けまして、地下構造モデルについて御説明をさせていただきます。

まず、これは先ほども私申し上げましたとおり、やっていることは一緒、川内と一緒、先ほど川内のほうでも御議論いただきましたとおり、同様の御指摘ではあろうかと思いません。その前提ではございますけども、一旦、この資料によりまして、特に、川内と玄海の差分を中心に御説明をさせていただきます。

2ページ、こちらはもう目次ですので飛ばさせていただきます、3ページ、こちらの方針も、基本的には川内と、基本的にはというか、もう方針は川内と同様でございます。

それから、4ページ、こちら4ページの内容につきましても、こちらも川内と同様でございますので、ちょっとどンドン先にまいりまして、5ページ、こちら地下構造モデルの設定についての過去の審査会合資料の再掲でございます。当然、モデルとしては川内と玄海でももちろん違うモデルでございますけども、これは先ほど、立てつけの明確化のコメントを頂戴いたしましたけども、玄海のほうも長周期帯への適用を目的に設定したというのが既許可のときのモデルでございます。実際の作業としては、このモデルからQ値を精緻化するという作業をやっていったというものでございます。

6ページでございます。こちらもQ値の検討方針、こちらも川内と特に変わるところではございません。同様にPS検層の結果を踏まえまして、-200mまでの範囲の地盤減衰を精緻化しているというものでございます。

それから、ページ飛びまして、11ページにまいります。ここからは、具体的なQ値の検討、設定で、検討している内容、ラインナップは川内と同じですけども、用いているデータ等が違いますので、玄海の結果を中心にちょっと御説明をさせていただきますと、13ペ

ージ、すみません、今、結果を中心にとは申し上げましたけども、13ページで、こちらは伝達関数による検討に用いている地震でございまして、当然、川内と玄海では対象となる地震は、観測記録は違いまして、玄海では19の地震の観測記録を対象に地盤同定を行っております。

飛びまして、15ページをお願いいたします。ここでは、青線の観測の伝達関数と赤線の同定結果の理論伝達関数を示しております。こちらもしし方、こちらは深さ方向に玄海は三つの地震計を設置しておりますので、この二つの組合せの伝達関数で同定を実施しております。

16ページが同定の結果でございすけども、下限値は、玄海ではQが6.3程度という結果となっております。

17ページ、ここでは伝達関数と観測記録の整合性について、まとめております。こちら、川内と比較して整合性はかなりいいなというふうには考えておりますが、黒線の今回の同定結果による理論伝達関数、こちらと青線の観測記録による平均伝達関数、こちらの比較では、1次卓越周波数におけるピークは両者整合してございまして、一方、水平方向の7Hz以上、こちらでは、部分的に整合しております。若干、合い具合が悪いというような形になっております。やっぱり部分的に整合しないという部分については、川内と同様の理由が考えられますので、次ページ以降で検討を行っております。

18ページ、こちらからは、まずはスムージングの影響でございすけども、結論、もう、やっていること、検討の中身というか、データは違いますけども、検討の手法は川内と同様ですので、結論、21ページを御覧いただきますと、やはりこちら川内と結論は同様でございすけども、スムージングあり、なしでも、上下の図を比較していきますと、大きな差はないということは確認しております。

それから、23ページ、ここからは今度は、 V_s 、 V_p を対象としてやってみたという結果でございすけども、25ページが結果でございすけども、こちら同定結果を伝達関数で比較してありますが、青線の観測記録と赤線の同定結果、こちらの整合関係は、上下の図を比較して、そんなに変わらない、差がないということが確認できてございまして、27ページ、こちら結論としては、川内と同様ではございすけども、伝達関数で同定いたしましたQ値=6.3程度というもの、これはおかしな値ではないということを確認したところでございます。

続いて、地震波干渉法による検討でございすが、ページ飛んで、30ページに行ってい

ただきまして、玄海のほうでは、地震波干渉法で対象とした地震は、こちらでも伝達関数と同様の地震でございまして、32ページ、こちらは、Anderson(2004)に基づき、抽出した結果でございまして、19地震の中から16地震を抽出しております。

この16地震を用いて、Q値を推定いたしました結果がまた飛びまして、34ページでございすけども、地震波干渉法による推定結果、こちらは、Q値=8.6程度というふうになっております。

35ページでございす。この伝達関数による検討と地震波干渉法による検討結果を踏まえまして、玄海のほうにつきましても、Q値、最終的に12.5という値を設定しております。こちらでも、先ほど川内のほうでも御指摘ありましたとおり、この辺の説明は、改めて充実はしてまいります。

それから、36ページをお願いいたします。このページは、以上、設定しましたモデルを示しているもので、37ページ目から、こちらは地盤減衰、Q値の設定についての確認をやっているところ、こちらをやっていることは川内と同様で、伝達関数による確認を実施しておりますが、傾向、こちら川内と同様ではございすけども、右側の図で御覧いただきますと、緑の線が今回設定したQ値=12.5の理論伝達関数、黒線が今回の同定結果、この緑のQ値=12.5の結果が、卓越周波数において、大きなピークを有する、まさに、川内と同じような傾向であるということを確認しております。

38ページ目から、ここからは応答スペクトルによる確認を実施しております。図は、順次、次のページ以降に示しておりますけども、最深部の地震計がEL. -90mにありますので、その記録を入力として、EL. -17.0mでの応答を求めまして、EL. -17.0mの観測記録と応答スペクトルを比較しているというものでございす。

具体的な確認結果は次のページ以降示しておりますが、こちらでも大きな傾向は川内と同じで、Q値=12.5の結果が同定結果を上回るということと、このQ値=12.5の結果が観測記録と対比して、同等もしくは上回るということが確認できているものでございす。

ページ飛びまして、46ページに行ってくださいまして、玄海でも大半の地震では、今述べましたような川内と同様な傾向だったんですが、玄海でも、やっぱり、これも一つの記録だけだったんですけども、赤線のQ値=12.5の結果が、黒線の観測記録を下回るというのが一つだけございまして。これが、この⑩の地震のEW方向なんですけども、こちらで御覧いただきますと分かりますとおり、赤線、特に0.25秒程度以下の短周期帯で、赤線の12.5の結果が黒線の観測を下回るという結果になっております。

こちらにつきましても、川内と同じように、一つは、49ページをお願いいたします。こちらも川内と同じように、じゃあ、この原因は何だろうという確認を行っているわけですが、49ページで御覧いただけますとおり、この⑩番の地震のEW方向は、大半の地震と異なりまして、0.25秒程度以下の短周期帯において、観測を下回る傾向になっております。この影響として、理論の卓越周波数付近の入力波の振幅特性に注目しまして、影響を確認しております。

50ページをお願いいたします。個別のこの⑩番の地震のEW方向の記録がこちらでございますが、その前に、まずはすみません。こちらは、まず、全体の傾向を確認しているものですが、青線の観測の19地震の平均伝達関数と、緑線の $Q=12.5$ といたしました理論伝達関数を比較すると、3.5Hz程度の卓越周波数付近では、 $Q=12.5$ とした場合が観測を大きく上回るという傾向ですが、一方で、卓越周波数付近を除く周波数帯で、 $Q=12.5$ が下回る傾向が確認できます。

次の51、52ページの詳細な説明は川内と同じですので、割愛いたしますが、理論伝達関数の卓越周波数、玄海でいう3.5Hz付近の大きなピークの影響で、やっぱり $Q=12.5$ の応答波の応答スペクトルの短周期がかさ上げされているということが傾向でございます。一般的な、全体的な記録の傾向です。しかし、入力波において、3.5Hz程度の卓越周波数付近の振幅が小さいと、ピークの影響が反映されずに、応答スペクトルがかさ上げされないということ、こちらが原因になったんだなというふうに考えるところでございまして。

53ページをお願いいたします。実際に、観測を下回った⑩番の地震のEW方向の記録を見てみますと、入力波であるEL. -90mのフーリエ振幅スペクトルを見ますと、EW方向では、卓越周波数の3.5Hz付近で数Hzの間にわたって、この黄色のところでございますけれども、がぼっと振幅が小さくなっておりまして、NS方向と比較して、小さくなっているというのが、へこんだ状態になっているのがお分かりいただけるかと思えます。この影響で、短周期がかさ上げされないということが起きているというふうに考えられるところでございます。

54ページをお願いいたします。前のページまでの傾向が、じゃあ、この⑩番の地震だけなのかという観点で、この⑩番の地震の震源近傍で発生しております⑫、⑬、⑰番の地震について、同じような傾向が見られるかどうかというのを確認しておりますが、このページで確認しましたところ、同じようながぼっとへこむような傾向にはなっておりませんで、やはり先ほどのような傾向は⑩番の地震のみで発生した特異な傾向だというふうに判断を

しております。

55ページは、以上の検討のまとめでございますけれども、Q値=12.5という応答波は、観測記録と同等もしくは上回るというものでございますので、このQ値の設定は妥当というふうに判断をしているものでございます。

それから、続いて、友澤ほか(2019a)による検討の結果でございます。こちら、58ページからになりますが、こちら、検討内容は川内と同様ですので、早速、比較した結果をこちらの58ページでございますけれども、Q値=12.5を用いた次元波動論による地盤増幅率、こちらは、友澤ほか(2019a)による地盤増幅率に比べて、同等もしくは大きいということ、やはり川内と同様に確認をしております。

59ページは、これまでの検討、確認を踏まえまして設定した地下構造モデルをお示ししております。

それから、61ページにまいりまして、ここからは、地震基盤相当面の設定でございます。地震基盤相当面は、 $V_s=2100$ の層の上面に設定しております。これは、考え方でありましたり、その後の検討、こちら川内と同様ではございますが、2200に近いところとして、2100で設定した上で、でも、やっぱり2200という数字を頭に置いて、仮想的な2200の層を設定して増幅率を検討し、こちら結論といたしましては、2200の仮想的な層のほうが小さくなったので、大きくなるほうの2100のほうを採用したということではございます。

それから、62ページをお願いします。このページからは、標準応答スペクトル用に設定した今回のモデルの既許可の基準地震動への影響確認でございます。まず、川内と同じように、どこの影響にするのということでございますけれども、こちら、図で御覧いただいたほうがよろしいかと思っておりますので、64ページをお願いいたします。こちらが川内と同様に、「特定して」のほうと「特定せず」のほうをお示ししておりますが、玄海につきましても、地下構造モデルはこの断層モデルを用いた手法による評価による経験的グリーン関数法と理論的方法のハイブリッドをやる上でのこの理論的方法の計算に用いるとともに、ただ、ちょっと川内と違いがありますのは、玄海の場合、この理論的方法を組み合わせた結果、ハイブリッドよりも経験的グリーン関数法のほうがより大きな結果となりましたので、断層モデルの結果を踏まえた基準地震動 S_s-2 と 3 といたしまして、経験的グリーン関数法のみで策定をしております。

この妥当性を確認するために、こちら統計的グリーン関数法による確認を行っていましたが、この統計的グリーン関数法での確認を行う際に、この地下構造モデルを用いて

いたというものでございます。

じゃあ、具体的にどの程度の影響があるのかどうかという結果を早速御覧いただきますと、ページといたしましては、すみません、こちら、ちょっと戻ってもらいまして、まず、理論的手法との比較のところでございますけども、こちらのほうが、まず、理論的方法による評価結果を比べたものでございますけども、既許可のときによる評価と比較して、今回のモデルで計算をすると、同等もしくは小さくなるということを確認しております。

さらに、統計的グリーン関数法での確認結果でございますけども、そちらも同様でございますけども、同様でございますけども、こちらはすみません、70ページをお願いいたします。この70ページが実際に今回確認した結果でございますけども、標準応答スペクトルモデルを用いた結果が青、緑のこちらが既許可時のSGFと比較して、同等もしくは小さいということ、結論としては川内と同様でございますけど、同じような傾向を確認しております。

72ページ、このページでは、この既許可への基準地震動の影響を踏まえた地下構造モデルの位置付けを示しております。こちらも説明の中身は川内と同様でございますけども、先ほど、こちら、管理官のほうから位置付けでありました、そもそも既許可のときがどういった位置付けで、どういった目的で示したのかという、それを対比しながらの御説明が必要というところ、御指摘もいただきましたので、そこで改めて整理をいたしまして、玄海のほうにつきましても、御説明をさせていただきたいと思っております。

73ページ目以降、こちらは、もう川内と同様、参考資料でございます。参考の2のほうにも、仮想的な地震基盤相当面についての検討内容、御説明を入れておりますが、こちらも内容は川内と同様、さらに、この辺の仮想的云々は置いておいて、地震基盤相当面の設定の考え方についても、川内で御指摘をいただいていたところでございますので、玄海も同様な観点でしっかり整理をした上で、また御説明をさせていただければと考えております。

御説明は以上でございます。

○石渡委員 それでは、玄海について、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。

御説明ありがとうございました。

今、いろいろと御説明ありましたとおり、川内原子力発電所と方針は同様であるということで、いろいろと川内でお話しした内容について対応するというお話でありましたので、そのようにしていただきたいんですが、やはり地震基盤相当面の設定については、2200m/s以上であるということとか、地下構造モデルの設定について、既許可でどういった位置付けで設定されていて、今回、それについて、どういったことを目的に短周期のことを考えたりとかした上で、何を検討したのか、どういう検討内容だったのかということをごきちん示した上で、今回の地下構造モデルの設定がきちんできているというふうな考え方を、科学的とか、そういった観点からきちん整理をして、お示しいただくということですか、あと、地盤減衰のQ値の設定についても、観測記録がEL. -90mのところ設定されて、地震観測されているとかということとか、さらには、Q値の設定についても、短周期側の50Hzのところでの評価についてもきちんお示しいただくとか、今回、地震波干渉法のところは、一部、ちょっと値が頭打ちになっているようなところにも見えましたけども、御社として、どういう評価をされているのかというところが記載されていないので、そういったところもちゃんと含めて、整理をしていただきたいというふうに考えてございます。

ということで、あと、Q値の不確かさのところについても、今お話しした90m以深の話とか、短周期への外挿の話とか、そういった考え方もありますし、あと、同定結果の値は、確かに川内よりは比較的整合的ではあるんですけども、水平方向で7Hz以上の短周期帯では、部分的に整合していないというところもあるということをお踏まえて、きちんQを一律12.5と設定していることについては、不確かさというのがどういったものなのかということも、先ほども話がありましたので、きちんそういったところも整理をしていただきたいと思っております。

Q値のところについては、玄海については、1点だけ追加がございまして、58ページを見ていただければと思いますけども、友澤ほか(2019a)と比較をされているということをお示しいただきましたけども、この右側の図のところ、赤い次元波動論による地盤増幅率と緑の友澤ほか(2019a)による地盤増幅率というのが比較されていまして、大体、一番右側の10Hzを超えたようなところ、ここを見ますと、緑のほうは、少し上のほうを上回っているように見えまして、今回、次元波動論による地盤増幅率が下回っているようなところがありますので、こういったところも踏まえて、Q値が一律で12.5というふうな

形で考えてもいいのかということについては、きちんと御説明いただきたいと思いますけど。

あと、それと、追加ですけれども、今回、玄海については概要説明いただいていますので、前回、川内での概要説明のときにコメントさせていただいたような模擬地震波の作成についてのコメントですとか、あと、先週とかも他サイトもありましたけど、他サイトの審議内容とかの中では、地震継続時間の考え方とか、そういったこともいろいろと議論になっていますので、そういったことも踏まえて、必要な説明をきちんとするようにしていただければと思います。

私からは以上ですが、いかがでしょうか。

○石渡委員 どうぞ。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

私、御説明する中でも、もう川内と同様にと説明をいたしましたけども、今、熊谷さんからも御指摘が改めてありましたとおり、川内で御指摘いただいたことをしっかり玄海でも同様の観点で反映、整理の上、今後、御説明をさせていただきます。

今、御指摘のありました58ページ、こちらはおっしゃるとおり、ここを見比べると、緑と赤とが出っこみ引っ込みだなというふうには確かに見えるかと思います。そこも踏まえて、モデルの仕上がりとしての不確かさとしての見方、考え方であったり、科学的、合理的なモデルとしての在り方というか、まさに仕上がりだと思しますので、ここの単体の整理とともに、そういった要素を踏まえながら、最終的なモデルの仕上がりとしてどうなのというところを、要は単発ではなく、全体をきちんと整理して御説明をさせていただければと考えております。

それから、最後に、模擬波でございましたり、あるいは、他サイトの審査状況も踏まえてという御指摘がございました。こちら、私ども九州電力のほうでも重々認識しておるところでございますので、そこも踏まえながら、今回、まずは地下構造モデルを今後引き続き御説明をさせていただきますが、その後の模擬地震波等の説明の中でも十分留意、踏まえた上で、御説明をさせていただきます。

以上でございます。

○石渡委員 よろしいですか。

内藤さん。

○内藤調整官 規制庁、内藤ですけれども。

今、熊谷のほうから川内と同じようにという形で、だあっと述べたんですけども、コメントとした、何がコメントしたのかと、あまり明確じゃないので、ちょっと一つずつ項目として挙げさせていただきますけれども。

まずは、地震基盤相当面が2200以上としているところに対して、それよりも遅いところに入れているということに関しては、川内と同様に、玄海の場合は3100という層があるので、そこに入れるべきというのが一つ。

地下構造モデルを今回新たに設定したということですけども、先ほども管理官からも話がありましたけれども、既許可のときの地下構造モデル、どういう考え方でつくっていて、今回のやつは短周期に着目したということで、つくりましたというところが明確に分かるようにということと、着目した結果として、Q値に着目したという話なんですけれども、Q値を変えることによって、今はQ値を変えるという形だけやっているんですけども、それによって出来上がった地下構造モデルが適切に設定できているんだということについて、諸々のデータも含めた上で、きちんと説明をしてくださいというのが二つ目。

三つ目が、Q値の設定についてですけども、玄海はEL. -90までで測定したもので決定、同定をしているという話なんですけど、その下まで使うということに関して、十分な妥当性があるのかということとをきちんと説明するということと、あとは、短周期帯ですと、50Hzまで使わなきゃいけないんですけども、そこまで取れていない中で、今取れている中で、上限としての部分で設定されているQ値が8.6ということですけど、それがそのまま使えるのかということについて、説明をいただきたいということ。

あとは、Q値の不確かさの考慮ということで、これは川内のときに佐口のほうから説明を、コメントしていますけれども、Q値、短周期側の外挿とか90m外挿とか、いろいろやっていますけれども、部分的に整合していないと、7Hz以上という中であるということと、あと、追加でコメントしましたけども、友澤ほかとの、友澤ほかの正の値かということではないんですけども、整合しないという中で、不確かさということについて、どういう形で取るべきなのかと。今の12.5できちんと不確かさが考慮できているのかということについて、根拠も含めて、きちんと説明をしていただきたいというのが、地盤モデルとしてのところのコメント。あとは、先行でもあるように、模擬地震波の作成のときにマグニチュード、Mjをどういう形で設定、継続時間という観点の中で、Mjをどう設定するべきなのかも含めて、模擬地震波の作り方ということについては、今後、きちんと説明をしてくださいということが、大きなコメントですけども、それでよろしいですか。

○石渡委員 いかがですか。

○九州電力（赤司） 九州電力の赤司でございます。

改めて調整官に整理いただきまして、ありがとうございます。

当社、九州電力の認識として、今、御指摘いただいた項目、それぞれ齟齬はございませんので。特に、最後の不確かさのところですね、あまり我々といたしましても、単体に引きずられないように、結局、全体の仕上がりとしてと。モデルのまさに科学的合理性に十分に留意をして、整理、御説明をしたいと考えております。

さらに、最後の地下構造モデル、プラス、模擬波の話、これも他サイトでの議論等も十分承知しておりますので、しっかり検討を進めてまいります。

以上でございます。

○石渡委員 内藤さん。

○内藤調整官 よろしくお願いたします。

○石渡委員 ほかにございますか、玄海について。

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。

玄海原子力発電所の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につきましても、本日のコメントを踏まえて、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28日金曜日を予定しております。議題等は追って連絡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 以上をもちまして、第1026回審査会合を閉会いたします。