

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会
耐震・構造設計小委員会
構造WG（第60回）議事録

日 時：平成22年12月3日（金）17：00～19：30
場 所：経済産業省別館10階 各省庁共用1028号会議室
出席者： 主 査 西川 孝夫
委 員 岡村 甫
壁谷澤 寿海
橘高 義典
久保 哲夫
柴田 明德
西谷 章
原 文雄
藤田 隆史

<敬称略・五十音順>

○西川主査 ほぼ定刻となりましたので、WGを開催したいと思います。

定足数の確認をお願いいたします。

○小林耐震安全審査室長 本日はお忙しい中、御出席いただきましてありがとうございます。

それでは、定足数の確認をいたします。当WGの定足数は委員 14 名に対しまして過半数でございますので8名となっております。ただいまの出席委員は8名でございますので、定足数を満たしております。

以上でございます。

○西川主査 壁谷澤委員と高島委員はお見えになっていないのですが、壁谷澤委員はお見えになると思います。高島委員は電車が動かなくなっているのが柏崎から来られなくなったということで、本日は御欠席です。

それでは、ただいまより第60回「構造WG」を開催いたします。

配付資料の確認をお願いいたします。

○小林耐震安全審査室長 それでは、お手元の資料を確認させていただきます。

一番上に座席表がございます。次に委員名簿、本日の議事次第がございます。この議事次第に基づきまして配付資料の確認をさせていただきます。

構造W60-1は新知見の反映等のための取組みについて(案)。平成21年度、原子力安全・保安院のクレジットのものでございます。

構造W60-2は柏崎刈羽3号機のコメント回答でございます。

構造W60-3「駿河湾地震を踏まえた浜岡原子力発電所5号機の耐震安全性の影響確認のうち施設の評価について」。中部電力のクレジットのものでございます。

構造W60-4「駿河湾地震において5号機の観測記録が他号機に比して大きかったことの要因分析等に係る審議状況の整理について(案)」。原子力安全・保安院のものでございます。

構造W60-5は第59回の議事録(案)でございます。

参考資料1「駿河湾地震を踏まえた地震動増特性に係る論点整理メモ」。

参考資料2は合同W56-3改ということで、合同WGで出させていただいた資料の改訂版の資料でございます。

参考資料3「『駿河湾の地震を踏まえた5号機の耐震安全性への影響確認』に用いた地震動の一覧」。

参考資料4「設計時の許容限界と耐震余裕」。

机上資料1は柏崎刈羽の地震記録でございます。

机上資料2は指針類をとじたものでございます。

中部電力から提出されました浜岡原子力発電所のバックチェックの報告書本体、構造WGと合同WGの資料一式でございますが、これは机上には用意してございません。事務局の方で用意してございますので、御入り用の場合にはお申し付けください。

配付資料と机上資料の確認は以上でございます。

○西川主査 資料等に不備はございませんでしょうか。よろしいでしょうか。

議事録ですが、後で御確認いただきましてお気づきの点がございましたら 12 月 10 日、来週の金曜日までに事務局へ御連絡をお願いいたします。

それでは、早速議事に入らせていただきます。最初の議題は原子炉施設の耐震安全性に係る新たな科学的・技術的知見の継続的な収集及び評価への反映のための取組みについてでございます。保安院から説明がございます。お願いします。

○渡邊課長補佐 原子力安全審査課の渡邊でございます。よろしくをお願いいたします。お手元の構造WG60-1をごらんいただきたいと思っております。

本年6月に構造WGでも、新しい知見に関する知見の収集結果について一度御報告をさせていただきましたけれども、このたび保安院の方でも収集結果についての見解をまとめましたので、御報告をさせていただきたいと思っております。

2 ページ、簡単に経緯等を御説明させていただきます。平成 21 年 5 月に保安院は「原子力施設の耐震安全性に係わる新たな科学的・技術的知見の継続的な収集及び評価への反映等について」という内規を定めまして、これらに基づきまして原子力事業者さん、JNESさんに耐震安全性に係わる新たな知見の収集、保安院の報告を毎年度行っていただくようお願いをしているところでございます。

今年4月27日ですけれども、平成21年度に出されました新たな知見に関する収集結果につきまして、原子力事業者さん、JNESさんから保安院に報告がなされました。こちらにつきましては合同WG、構造WGでも一度御紹介をさせていただいております。その後、委員の皆様からのコメントなども踏まえまして、本報告をとりまとめさせていただいております。

次に知見の収集方法などにつきましては、一度御紹介をさせていただきましたので省略をさせていただきまして、11 ページをごらんいただきたいと思っております。こちらは収集された情報に対する保安院の対応方針ということでまとめさせていただいております。こちらにつきましては原子力事業者さん、JNESさんで整理した情報を基に、専門家の方々の御意見を踏まえた結果、保安院としても直ちに耐震安全性の評価に反映すべき新知見情報は、21年度の報告についてはなかったと判断をしております。

そのほか新知見の情報以外に、これは正式な報告の対象外ではあるんですけれども、新知見情報までは至らないような新知見関連情報あるいは参考情報も御報告いただいておりますので、それらについても併せて対応方針を決めさせていただいております。こちらにつきましては(1)～(3)まで簡単に御説明させていただきます。

(1)「新知見情報」でございますが、こちらは「国内の原子力施設への適用範囲・適用条件が合致し、耐震安全性評価及び耐震裕度への反映が必要なもの」と定義をされております。こちらにつきましては原子力事業者さん、JNESさんからの報告はなかったということでありまして、次年度以降新知見情報が報告された場合には関係する審議会

を開催して、耐震安全性評価に直ちに反映すべき新知見であるかどうかを御判断いただきまして、関係する原子力施設の耐震安全性の評価への反映方針についてとりまとめて、事業者等に対して耐震安全性の再確認など、具体的な反映を指示するとさせていただきたいと思っております。

(2)「新知見関連情報」というものがございまして、こちらは「原子力施設の耐震安全性評価に関連する新たな情報を含み、耐震安全性の再評価や耐震裕度の評価変更につながる可能性のある」ものと定義をさせていただいております。上との比較で言いますと、直ちに反映が必要なものであるかどうかというところが、異なるポイントになっておりますけれども、今回は①～⑤に挙げておる5件が報告されておりました。構造WGの関係で言いますと④と⑤になります。新潟県中越沖地震への対応ということで、構造WGでも御審議いただいております関係のものでございますけれども、床の柔性の考慮あるいはロッキング振動の考慮といったことについては、JNESさんから新知見関連情報に該当するものではないかということで報告をいただいております。これらにつきましては保安院としてもバックチェックの中で一部その有用性が認められておりました。耐震安全性評価の手法の改良や変更につながっていく可能性があるために、引き続き研究動向を注視していきたいと思っております。

最後に(3)「参考情報」でございますけれども、こちらは新知見情報、新知見関連情報には該当しないものですが、耐震安全性評価に関連する情報ということで念のため報告されているものでございます。こちらは140件ございますけれども、今回の参考情報の中には委員の先生からも既に汎用技術になっているようなものとか、原子力施設との関連性が薄い地域とか、技術に関連するような文献も含んでいるという御指摘もございましたけれども、こちらは技術の適用性の拡大とか新規性がある程度含まれている、あるいは地震ハザードの算定に必要な情報ですとか、一部の技術評価の改良につながる等の可能性があることから、今後も必要に応じて研究動向を注視していくとさせていただきたいと思っております。

13ページ、次年度以降に向けての対応でございますけれども、こちらは論文の収集範囲につきまして構造WGのときに西川主査から国外の論文について、もっと対象を広げていくべきではないか、国外の知見についても収集すべきではないかという御意見をいただきましたので、国外の文献の収集対象範囲を拡大していくようお願いしていこうと思っております。

事業者さんとJNESさんの作業分担でございますけれども、こちらについては基本的に世の中にある文献というものを一次情報として検索している関係上、基本的に母集団は余り変わらないところでありまして、最初のスクリーニングの部分についてはある程度作業を分担していくことも差し支えないと考えておりますので、そういう情報の収集のやり方につきましては、次年度に向けて関係者の間で調整を行っていききたいと思っております。

こちらからは以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。

ただいまの御説明ですけれども、何か御質問等ございますでしょうか。先ほどもありましたが、今年6月ぐらいに説明いただいたものの追加の説明でございます。今年度は新知見が余りなかったということでございますけれども、新知見というのは実際のエビデンスがないとなかなか新知見にならないので、一遍に出てこないところでございますが、観測とかそういうものをずっと続けていければ、また新知見が出てくる可能性がありますので、そういうものは続けていっていただきたいと思いますが、関連情報の方がいろいろ研究論文が出ていますので、更に収集に努めていただければ、ここでの議論の参考になるのではないかと考えております。これについてはよろしいでしょうか。また何かそういう情報がおありになれば保安院にお伝えいただければ、新知見情報をどうしたらいいかという集め方について、参考にさせていただければと思います。

それでは、中身の方に行きたいと思いますが、次の議題は新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所の建物・構築物の健全性評価についてでございます。東京電力から御説明がございました。資料は構造W60-2になります。これは前回ここで質問があったりしたもののコメント回答だろうと思いますが、よろしくお願ひします。

○東京電力（菊地） 東京電力の菊地でございます。本日もよろしくお願ひします。それでは、構造W60-2の資料について御説明します。

（P P）

1 ページ、前回 59 回のときに柏崎 3 号機の設備健全性に係る点検・評価状況ということで排気筒について御説明したとき、2 つコメントをいただいてございます。排気筒の基礎杭の杭頭部分のひび割れが確認されておりました、そのときに質疑応答として私の方から、ひび割れの幅については従前から計画書の中で直接の評価はしておりませんというお話をさせていただきましたけれども、そのときに日本建築防災協会の復旧技術指針の中では、そういった関係のことがどう記載されているのか、確認してくださいという御指摘をいただいております。

もう一つは、そのひび割れが確認された基礎杭の補修の方法を教えてくださいということがございまして、2 つのコメントをいただいております。

本日の資料としては、それをちょっと整理させていただきまして、1～3 という形にしております。

1 つ目は御指摘の復旧技術指針の中で、杭基礎構造の評価方法がどういうふうになっているかということ。

2 つ目については当社の方で定めております点検評価計画書において、この杭基礎構造物の評価方法をどういうふうにしていたかということです。

3 つ目としては、ひび割れが確認された基礎杭の補修及び耐久性の確保についての考え方ということで、3 つにして御説明をさせていただきたいと思ひます。

（P P）

2 ページ、まず最初に復旧技術指針の中で杭基礎構造の評価方法というのは、どういふふうにされているかということでございますが、まず1つ目は杭基礎構造の被災度区分というのは、最初に原則として基礎の沈下量と傾斜を用いて区分するという考え方をおとりまして、この被災度区分を基にその後の補修・補強の要否を判断するとなっております。

杭基礎部材の補修の方法については後ほど御説明しますが、被災以前の状態に復旧することを原則にして、個別の杭の損傷度に応じた補修方法を示しているという形でございます。

(P P)

具体的には3 ページに表で書いてございます。縦方向、横方向それぞれありまして、基礎の傾斜が 300 分の 1、150 分の 1、75 分の 1 というのがありまして、一方で横の方には基礎の沈下量というものがございます。当然ながら基礎の傾斜が 300 分の 1 より 75 分の 1 については大きくなるわけですが、そちらに行くにしたがって杭基礎としては大きな破壊になっている。一方で横の方に行くと沈下量が大きくなるにしたがって、基礎構造の被害が大きい。こういった関係になっているわけですが、まず最初にスクリーニングとしては基礎の傾斜と基礎の沈下量で評価をするのが、復旧技術指針の中の考え方でございます。これ以外の情報として大きい場合には基礎杭が損傷を受けている可能性があるということで、その場合に個別の杭についての損傷度の調査をやって、評価を行うという流れになってございます。

(P P)

4 ページに示してございますのは、復旧技術指針の中に書いてある杭の被害のイメージ図でございます。復旧技術指針の中では損傷度Ⅲ以下というものと、ⅣあるいはⅤという類型になっておりまして、非常に被害の大きい事例という形のイメージ図が示されているということでございます。

(P P)

5 ページ、復旧技術指針全体でどういう形になっているかということで、まとめということで書かせていただいておりますけれども、杭基礎構造の被災度を沈下と傾斜で判断して、個別の杭の点検・復旧の要否を判断する。

沈下量と傾斜が大きい場合には、状況に応じて杭の調査を行う。そのときには損傷度というのは4 ページのところに書いてありますように、特段ひび割れの幅が幾つとかということで、その分類をするという考え方は復旧技術指針の中ではとってございません。そういった評価の方法になってございます。

後半、真ん中から下のところに書いてありますのは、復旧技術指針そのものにこういうことは書いていないんですが、全体を読んだ中で当社としての推測込みで書かせていただいております。杭基礎構造の最も重要な目的というのは構造物の自重、上部の構造を支持することです。支持性能を確保できる状態にあるかどうかを判断基準にして

いるものと推定してございます。

一般的に杭構造というのは地中にございますので、目視点検が直接的にはできないということで、仮に目視点検を行うとすると多額の費用が必要になってくることがございますので、個別の杭の点検の実施というのは最初からやるのではなくて、沈下量と傾斜を基に判断して、それが大きい場合にやるとされている基準ではないかと推定してございます。

個別の杭の評価についてはひび割れの幅ということではなくて、イメージ図の中にもございますが、コンクリートの剥離とか鉄筋の座屈という損傷状況で判断しているわけでございますけれども、これは基礎の沈下量と傾斜が大きい場合に杭を改めて掘り出してみることが前提になっていると思われまますので、もともと小さな被害というのは想定されていないといえますか、それはイメージ図の中には書かれていないのではないかと推定してございます。

ここまでが復旧技術指針の中身の話でございます。

(P P)

6 ページからは2つ目として、当社の点検・評価報告書の中ではどういうふうにしていたかということでございますが、今、御説明しました復旧技術指針を基本とはしてございますけれども、それ以外にほかの文献等で補完して計画をつくっているということでございまして、沈下量と傾斜の評価基準値については、日本建築学会の技術報告集の中の「兵庫県南部地震における震災建物基礎の被災度調査」という文献を参考にしております。

もう一つは杭の損傷度分類については、先ほどの中でⅠ、Ⅱとありませんけれども、それも含めて書いてある建設省の建築研究所で出されている「建物基礎の被災度区分判定指針及び復旧技術例」という資料も参考にしているということでございます。ちなみに、この建築研究所の資料は復旧技術指針でも参照して、出典にしていることが書かれてございます。

(P P)

7 ページ、具体的にその文献をどう使ったかということですが、まず最初に沈下量と傾斜の評価基準値につきましては、復旧技術指針の中で幾つかありますけれども、傾斜としては一番緩い数字 300 分の 1、評価という意味では最も厳しいということになりますが、その 300 分の 1 の傾斜を評価基準値として採用してございます。

もう一方で、沈下量の中で一番小さな数字というのが 0.1m というのがございまして、これは 100mm になりますけれども、これにつきましては先ほど御紹介しました文献を参考に、沈下量が 50~100mm の間ぐらいだと、杭基礎に被害がある可能性が高いという知見もございまして、それを参考にしまして復旧技術指針の 100mm を更に半分にして、50mm 未満という評価基準値を設定してございます。

杭の損傷度分類につきましては後ほど御説明しますが、建築研究所の資料を参考に損傷度の比較的少ないⅠ、Ⅱを被害がないという内容で評価しているということでございます。

(P P)

建築研究所の資料から抜粋してきたものが8ページになります。横の方にⅠ～Ⅴとありまして、縦の方向に軸力と曲げの組み合わせ、軸力とせん断、軸力による被害と3種類ありますけれども、今回は杭頭を見ているということで、一番上の軸力と曲げによる被害を参考に判断してございます。ここの中に書いてあるのがそれぞれひび割れの幅が大体このぐらいの幅の中に何本ぐらいとか、幅として何 mm ぐらいとか、剥離がどのぐらいとか、そのようなイメージ、損傷パターンが示してございますけれども、ちょっと当社なりの判断が入ってございますが、9ページをごらんください。

(P P)

9ページに損傷度Ⅰ～Ⅴというのが、どういった状態かということで整理させていただいたものでございます。損傷度Ⅰというのが細かいひび割れが発生している軽微な状態ということかなと思っております。

損傷度Ⅱというのは鉄筋が見えない程度の表面付近の剥離が発生している状態で、これは断面欠損としてはわずかでございますけれども、支持性能への影響はほとんどないと考えられる。

損傷度Ⅲというのは、鉄筋が見える程度のコンクリートの剥離が局部的に発生していることがございますので、数%程度の断面欠損が生じていると思っておりますけれども、一般的に杭構造は杭そのものというよりは、杭下端の地盤の方で大抵支持性能が決まっておりますので、杭の断面欠損が多少生じたとしても杭の支持性能というのは地盤側で決まっている場合が多いので、支持性能としての影響はないと考えられるのではないかと考えてございます。

Ⅳを参考までに申し上げますと、表面コンクリートが大幅に剥落して鉄筋の局所的な座屈が発生している状態で、断面欠損が大きくて、この場合は支持性能が低下していることも考えられるのではないかと。

Ⅴはそれ以上大きな場合ですのでコンクリートで圧壊が生じていたり、座屈があったり、場合によっては鉄筋が破断する状態ですので、支持性能はかなり低下しているという状態のことを想定されているのではないかと考えてございます。

(P P)

10ページ、今回の当社の点検計画書の中で考えていることと、復旧技術指針の中で若干差がございまして、復旧技術指針の中ではⅠ～Ⅲ以下まで、これについては耐久性の回復を目的とした補修を行う。Ⅳ～Ⅴというのは構造的にやや問題があるので、これについては性能回復を目的とした補修が必要だという区分けになってございますけれども、当社の計画書の中ではこれより少し厳しい評価という形をさせていただいております、ⅠとⅡについては耐震性能への影響はない。Ⅲから先のところは耐震性能への影響があるという判断をしてございます。

(P P)

それを計画書の中のフローで御紹介しますと 11 ページになってございまして、まず基

礎の傾斜と沈下量の調査ということで、先ほど申し上げました傾斜については 300 分の 1、沈下量については 5 cm、それより小さいかどうかというのを 1 つ判断して、小さい場合は問題なし。あと先ほどの復旧技術指針の考え方で言いますと、これを超えているような場合に例えば杭基礎の調査と流れていくわけですけれども、我々の計画書の中ではそれとは別に、杭基礎の調査は杭基礎の調査でやりましょうと 2 本立てにしておりまして、その場合で杭頭部に剥離・剥落、鉄筋が見える程度のひび割れがあるか否かというところで、ない場合は損傷度Ⅰ、Ⅱ程度であろうということで問題なしという計画書にしております。

(P P)

実際の前回の構造WGでお示した内容を、次から重複して再掲させていただいておりますけれども、12 ページにあるのが沈下量と傾斜量でございます、いずれも小さいものでしたというお話です。

(P P)

13 ページにございますのは、柱脚 1 本辺り杭を掘り出しまして、そのときのひび割れ幅、長さを整理した表でございます。いずれも鉄筋が見えるようなひび割れはなかったという評価をしております。

(P P)

14 ページは解析的に今回の状態を評価したもので、コンクリートにはひび割れが発生する程度ですが、鉄筋が降伏するのにはまだ随分余裕がある程度の応答結果ではなかったという推定をしているものでございます。前回御説明しているので省略します。

(P P)

15 ページは 3 つ目のお話で、今回の基礎杭の補修及び耐久性確保についてどう考えているかということでございます。

まず 1 つ目でございますけれども、一番大きなひび割れ幅として 2.0mm のひび割れが確認されてございますが、これは損傷パターンに当てはめると断面欠損がない状態ですので、支持性能への影響がないと考えておりまして、これは損傷度Ⅱと判断したものでございます。

すべての杭を掘り出しているわけではございませんけれども、それ以外の杭についても同程度の損傷であろうと想定してございます。当初定めております計画書による評価ということでは損傷度Ⅱでございますので、対策不要ということで判断してございます。

しかしながら、復旧技術指針の中で損傷度Ⅲ以下については耐久性の回復などと書かれておりますので、当社としては念のために基礎杭に対しては鉄筋腐食に対して、耐久性確保の観点から以下のような対策をとっているということでございます。

これは今回中越沖地震の評価ということで、実は来年以降ぐらいになると思いますが、耐震バックチェックのお話をするときには、この辺を細かく御説明させていただくことになりすけれども、将来にわたってという対策では、当社としては杭基礎周辺は地盤改良をしております。上部については鉄骨を更に増やすような耐震補強をやってございまして、

上部構造は今回は関係ないのですが、下の杭基礎周辺については地盤改良によって杭の負担を減らそうということで、杭の周辺をアルカリ性の環境にしてございますので、鉄筋腐食に対する耐久性の確保という観点に対応しているということでございます。

点検によって確認されたひび割れについては、更に念のためエポキシ樹脂注入によるひび割れ補修を実施してございます。

(P P)

具体的には 16 ページに図で書いてございますけれども、杭周辺のもともと砂で埋め戻されているところに、後で穴を掘って鉄筋コンクリートの杭を設置しているというものでございますが、今回先々のことを考えて基礎杭周辺をセメント系固化剤で地盤改良を実施してございます。当然ながらセメント系固化剤ですので、この周りというのは高いアルカリ性を示してございまして、3号機では測定していないんですが、同様の施工方法で実施している1、2号の排気筒で測定した結果では、 $\text{pH}11.2$ ということでかなり強いアルカリ性を示すような形で地盤改良がなされてございます。

こういったことでございますので、アルカリ環境下にあるということで鉄筋腐食に対する耐久性が確保されていると考えてございます。

(P P)

17 ページに書いてございますのは参考まででございますけれども、原子炉建屋の壁の補修と同様の考え方で、ひび割れ幅に応じてエポキシ樹脂の注入ということで、補修を行っているということでございます。

説明は以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。ただいまの説明ですけれども、何か御質問はございますでしょうか。これは杭の被害の調査は一般的には余りないんですが、沈下で見るのが一般的なんですね。そういう指針は何個かあります。今回は掘ってみたところ少し杭にひびがはいっているということで、杭の補修をするということでございます。

学会の人なんか聞いてみると、杭の被害の確認のための何かをつくらなければいけないとか、神戸の地震のときに被害があった杭もあるんですが、何ともなっていないので、その辺を併せてどうしたらいいかというのはこれからやると伺っていますが、いずれにしても沈下と傾斜しか今のところ判断する材料はない。それでいくとほとんど問題は今の話ですとない範囲にあるということです。

実際にはひび割れは 2 mm 程度ですから、それを補修して周りをセメント系の材料で地盤改良されて固くして、しかも杭の周りはアルカリ性にするということで経年に対してはもたせるといふことと、現地に行かれた方は御存じかもしれませんが、既に鉄塔自身はすごい補強がしてあって、今やられている S s に対して杭の辺りの力が軽減するような応答になっていると聞いておりますが、実際は既にすごい柱が沿えて立ってあって、補強してあるものです。そういうふうになってはいますが、この調査とその辺りについて何か御質問があれば。原委員、どうぞ。

○原委員 15 ページのところで確認をしたいんですけども、杭頭部の点検した杭にはひび割れが点検されていますので補修されているんだと思いますが、そのほかのものは特にエポキシ樹脂の注入等はできないと考えてよろしいですか。

○東京電力（菊地） お答えします。基本的には今回周りのところを地盤改良しております、それで耐久性の確保としては十分であろうと考えてございまして、すべて掘り出しはございませんので、残りのところにもひび割れがある可能性はありますけれども、その対策で十分であろうというのが当社の考えでございまして、ただし1回掘り出した杭については補修は可能なので、そこは更に念を入れてエポキシ補修をしているという考え方でございます。

○原委員 どうもありがとうございました。

○西川主査 ほかにございませうでしょうか。杭の調査というのは非常に難しいということございまして、実績としては神戸の地震のときのものぐらいしかない。後で新潟地震のときは壊すときに掘ってみて、杭が被害を受けているという例はあったみたいですが、上は何ともなくて20年ぐらい使われていたという例はあります。非常に難しいところではございますが、今回については周辺を地盤改良されて、しかも上も補強されるということですので、安全性については別途3月ごろ説明されるということですが、安全性については問題ないと思いますけれども、これについての御質問はよろしいでしょうか。

○小林耐震安全審査室長 保安院から1つですか。5号機のとくに、これは耐震壁のことだと思ふんですが、杭基礎とは違うので直接的には比較できないんですけども、杭基礎の場合、勿論傾斜と沈下量を見て判断することになると思ふんですが、8ページが復旧技術指針で損傷度分類をⅠ～Ⅴまで定めている。9ページのところで更に今度は東電さん独自の点検・評価計画書をつくって損傷度に分類している。この辺の8ページを基礎にして9ページをつくったというときの説明性を高めないと、耐震壁とは違うんですけども、以前ひび割れの幅とかいろいろ言われているものですから、少し説明性を高めるようなことを東京電力さんに求めたいと思っておりますので、いかがなものでしょうか。

○西川主査 これについて何とかできますか。なかなか難しいことは難しいんですね。結果的にはⅢまでですと余り被害とは言っていないんです。要するに杭というのは支持性能だけ、建物を支える性能があればいいということですので、杭が沈下したりしない限りは多少ひびが入っても問題はない。壁の場合は横方向の力をためますから、余りそれはひびがいつているとまずいという話で、建築防災協会の評価基準があると思ふんですが、そういう意味で評価のやり方が違うところがあります。ここでは支持性能への影響はない。

おまけにもう一つ、杭の場合は周辺地盤も自重を支えてくれますので、ちょっとぐらいという言い方はおかしいんですけども、沈下してもそれほど建物には影響はない。ですから軟弱地盤ですと、杭と地盤と両方持たせて設定するというのはよくやられるわけですが、この辺りが何 mm ぐらいだったらどうかと言われると、これについては多分データは全くないと思ふます。

ですから、これぐらいのひびだったらば、これはかなりひびが入っていますけれども、支持能力には関係ない。右の方のⅣとかⅤですとコンクリートが剥落していますから、剥落すると鉄筋が少し曲がったりして沈下してくるということで、Ⅴですと完全に沈下しますからかなり問題がある。Ⅳもせん断のひびが入っていますから、これも支持能力には若干問題がありますよという分類になっているんですけども、この辺りは難しいですね。Ⅰ～Ⅲまではなかなか耐震性能への影響はないのではないかと思います、不可能ではないかという感じがします。

横力に耐えるようにやったものと、自重にやったものと構造的にはちょっと違う。これについてはよろしいですか。何かございますか。

○岡村委員 ちょっと違うではなくて、全く違う。杭は構造物の安全性のためにあるわけです。壁はそれ自体が力を持つ部分ですから全く違います。

○西川主査 ですから、そこがちょっと違うというものです。

よろしいでしょうか。それでは、これについてはまた3月ごろにS sに対するチェックということで出てくると思いますので、その辺りと一緒に併せてもう一度健全性について評価していただこうと思います。

それでは、続きまして次の議題は駿河湾の地震を踏まえた地震動増幅特性に係る論点整理について保安院から説明がございまして、参考資料1になります。これは今年8月ぐらいに一度御説明いただいて、ある委員の人から地震動の辺りの説明が不十分だから、もう一度合同WGで見てもらって、それからもう一度見たいという話があったものだと思いますので、まず論点整理の辺りから合同WGでどう議論されて、どう整理をされたかという辺りについて御説明をいただきたいと思います。

○名倉安全審査官 それでは、参考資料1(合同W56-2改)をお手元に御用意ください。それから、本日事務局と中部電力から説明させていただく資料等、全体像を少し簡単に説明させていただきたいと思いますので、構造W60-4も併せてお手元に御用意いただければと思います。

まず最初に、前回の8月の審議を御欠席された先生も若干名いらっしゃいますので、駿河湾の地震以降の経緯を少し最初に説明させていただきたいと思います。後で説明する資料を少し先出して申し訳ございませんけれども、構造W60-4の資料の一番最初のページに「0. 駿河湾の地震の発生とその後の経緯」を記載しております。これを少し流用させていただきますまして、説明をさせていただきたいと思います。

昨年8月11日に駿河湾を震源とする地震が発生いたしました。浜岡発電所の周辺におきましては、周辺市町村で震度6弱を記録しました。浜岡原子力発電所におきましては3号機は停止中でありましたけれども、運転中の4号機、5号機につきましては地震度加速度大により自動停止したということでした。

浜岡原子力発電所の被害につきましては軽微でありまして、安全上重要な施設につきましては地震時及び地震後に所定の機能を確保しておりまして、現在においても安全な状態

を維持しているということでございます。地震の発生に伴う外部への放射性物質の影響はなかったということでございます。

当院といたしましては、観測記録を3～5号機で確認をさせていただきまして、5号機の一部の階におきまして観測記録が当初設計の S_1 による応答値をわずかに超えている。これは1階の最大加速度値と応答スペクトルのごく短周期側となります。そういったこともございまして、5号機の耐震設計上重要な設備の地震応答解析による設備健全性の結果、5号機の設備の点検評価結果を報告するよう指示しております。

5号機の観測記録が他号機に比して大きかったことから、その要因の分析を行いまして、その結果得られる知見を耐震安全性評価、バックチェックに適切に反映するよう要請しております。そのうちの設備関係の話につきましては、地震応答解析による設備健全性評価結果につきましては昨年10月、設備の点検評価結果につきましては今年3月に中部電力から報告がありまして、その内容を確認した結果として地震時において当該施設が弾性状態にあったということ、設備点検が適切に行われていること等から、施設の健全性が確保されているものと判断しました。

2ページ、5号機の観測記録が大きかったことの要因分析の検討につきましては、昨年11月から合同WGで中部電力の検討結果を提示させていただきまして、専門家による審議を継続的に実施している状況でございます。

その下の方に状況整理の資料の位置づけが書いてありますけれども、要因分析に係る審議が進展いたしまして、主要因の推定の信頼性が徐々に増してきたことを踏まえまして、この資料におきましては審議でおおむね確認できた事項、今後審議において検討すべき事項を整理したということでございます。

論点整理メモに戻っていただきまして、こちらの論点整理メモにつきましては審議を進めていく過程におきまして、項目ごとに論点を整理いたしまして審議を進めてきたものをまとめたものでございます。この論点整理メモの資料におきまして●を記しているものについては、審議において提示されておおむね確認された事項、○につきましては、今後審議において説明がなされるべきと考えられる事項ということで、●についてはほぼ確認できたということで記しております。

5号機の観測記録が大きかったことの要因分析につきましては、1ページ目の敷地内の観測記録の分析につきましては、ほぼ特徴をとらえてそれを整理したという状況でありまして、ただ、若干検討が必要になった事項等ございまして、○を記したところでございます。主要因の推定につきましては深い方から推定を絞り込みしまして、浅部のS波低速度帯の存在とその形状が要因であると、推定の絞り込みをしている状況でございます。

2ページ、その後(3)主要因と考えられるS波低速度帯の分布領域の推定、(4)主要因の検証、これは観測記録の再現性検討でございますけれども、こちらにつきましてはオフセットVSPで東西方向の断面におきまして、分布領域は高い信頼性で推定できておりますが、それ以外の方向につきましては3次元の分布等を押さえるための検討がまだ不足

しているということで、中部電力で追加調査をしているという状況でございます。

それに伴いまして主要因の検証につきましても、本震の傾向についてはほぼ再現できたとしておりますけれども、それ以外の余震等の観測記録については分析はこれからということと、増幅のメカニズムの推定と検証ということにつきましても、解析的な検討が必要でございますので、モデルの構築のために追加調査の結果を反映しなければいけないということで、こちらについてもまだこれから検討するという状況でございます。

3 ページに駿河湾の地震において得られた知見の明確化、駿河湾の地震において得られた知見を反映した基準地震動 S_s の策定ということで、こちらにつきましては1番の要因分析に係る検討の結果を見ながら、論点を更に詳細に検討していくということでございまして、これは現状では暫定的に今後検討する内容を記載している状況でございまして、駿河湾の地震を踏まえた基準地震動 S_s の策定につきましては、今後行うこととしてございまして、こちらの構造WGで5号機のバックチェックの確認をしていただくことにつきましては、基準地震動 S_s が策定された後ということで、来年度以降となるかと思っております。

その次のページの添-1からでございますけれども、これは合同WGでの審議状況といたしまして、コメントとその対応状況等について整理した結果でございます。最初の方の1~17ページまでがバックチェックのコメントの整理でございまして、18ページは5号機の耐震安全性への影響確認に係るコメントと、その対応状況等についてということで記載をしております。5号機につきましては昨年地震で自動停止してから点検等、保安院から指示をした内容につきまして、いろいろ検討したということもございまして、その後まだ運転を再開していないという状況でございます。地元等からいろいろと中部電力が個別に求められていることもございますが、駿河湾の地震を踏まえて5号機の耐震安全性にどのように影響するかということについて、今後の見通しということで中部電力の方で自主的に検討をした結果を合同WGに提示しております。その結果につきまして審議した状況といたしまして、このコメント整理表を作成しております。

今年8月に1回、合同WGで検討した状況を構造WGに報告させていただきました。その際にいただきましたコメントを添-23ページに記載してございます。まず最初の方でございますけれども、高島委員からいただいたコメントがございまして、資料のまとめの部分、下の※2に記載してございます。これに関連いたしまして断層モデルに増幅率の係数を安全側だとしてかけたとしても、実はそれほど厳しい地震動にはなっていないと感ぜられること、地震動の増幅要因についてまだわかっていない部分があること等も踏まえると、説明性向上のための検討が必要であるというコメントをいただいております。これまでこのところについては高島先生のコメントをそのまま発言した内容を記載してございますけれども、合同WGの検討もある程度進んだということも踏まえまして、高島先生に少しお話をいたしまして、コメントにふさわしい記載に修正していただきたいという話も高島先生からいただきましたので、少しこちらにつきましては修正をさせていただいております。

西川先生からもコメントをいただいております、その下の黒字で記したものでございます。高島委員からコメント等ありましたので合同WGで検討していただきたいということと、施設評価に関しましては5号機につきましてはまだ厳密には中身の方をやっていませんけれども、3、4号機のバックチェックと基本的に同じやり方と理解したということ、それから、3～5号機のバックチェックとその枠外の安全性への影響確認の位置づけについて、もう一度議論したいということでコメントをいただいております。

それらに対しまして合同WGで検討いたしまして、右側の方に赤字で記載しておりますけれども、5号機の増幅要因、5号機の耐震安全性への影響確認の位置づけ、影響確認に用いた地震動評価手法等につきまして、合同WG第51～56回会合にかけて審議を実施しました。今回合同WGにおける審議状況につきまして構造WGに報告するということと、前回報告した以降で5号機の耐震安全性への影響確認の参考として、新たに実施されている耐震余裕の検討内容、事務局による審議状況の整理案等について、本日御確認いただきたいという趣旨でございます。

構造W60-4、審議状況の整理ということで、これは後ほど説明させていただきますけれども、こちらにつきましては実際にバックチェックの中でやっていることといたしまして、要因分析等に係る内容ということで、これを資料の題名として整理しております、10ページ目以降におきまして添付という形で、中部電力が自主的にWGに提示しました5号機の耐震安全性への影響確認につきまして、WGに提示された内容と審議を踏まえた保安院としての現時点での見解という形で示させていただいております。

前回第56回会合におきまして、先生方から御指摘いただいた内容も踏まえまして合同WGで検討をした結果につきまして、主に中部電力からこの後説明していただきまして御審議していただく。その後、保安院の方からそれらも含めました審議状況につきまして整理した結果の中で、特に構造WGで確認していただくことを絞り込みしておりますので、それについて記載を御確認いただくということで、審議を進めさせていただきたいと考えております。

説明は以上でございます。

○西川主査 今の説明で何か御質問はございますか。おわかりになりましたでしょうか。

10ページの線が引いてあるところ、下の方に「具体的には」と書いてありますが、想定東海地震の地震動評価結果に対して、5号機の顕著な増幅の影響を暫定的に反映した場合においても問題はないことを我々に見てほしいということでございまして、S_sについてはまだ地下構造探査が終わっていないので、来年以降出てくれば正式なバックチェックになると理解していますが、それでよろしいですか。

○名倉安全審査官 はい。そのように理解しております。

○西川主査 それで今日、御説明いただくのは今のところの5号機の顕著な増幅の影響を暫定的に反映した場合においても、施設の機能維持に支障がないかどうかという辺りの検討についてお話をお聞きしたいと思いますので、資料としては構造W60-3について中部

電力から御説明をいただきます。

○中部電力（中川） 中部電力の中川でございます。本日はただいま御説明いただきましたように、8月16日に開催されました第56回の構造WGにおきまして1回御説明をさせていただきました、駿河湾地震を踏まえた浜岡原子力発電所5号機の耐震安全性の確認に関して、1つとして合同WGにおけるこれまでの報告状況というものと、施設の評価について御紹介させていただいたんですが、その後、合同WGにおきまして御審議をいただきました内容を踏まえて、今回再度御説明をさせていただきたいと思っております。なお、先ほどもお話がありましたが、これらの検討はバックチェックとは別に5号の運転再開に際して、暫定的に増幅を評価するという形で行っているものでございます。

資料の説明に先立ちまして、施設評価を行っております地震動が幾つかございまして、それを1回整理させていただきたいと思っておりますので、それを参考資料3ということでA3判の資料でございますが、それを補足資料として準備をさせていただいておりますので、先にこれを御紹介させていただきたいと思っております。

参考資料3の上側の太い枠、実線で想定東海地震という枠で囲ってございますのが、8月16日の構造WGにおきまして既に御説明をさせていただきましたものでございますが、既許可における基準地震動の策定において支配的な地震でございます南海トラフ沿いのプレート間地震の中でも、想定東海地震というものは浜岡発電所が震源域に含まれる地震ということで、耐震設計上重要な施設の周期帯でございます短周期の地震動において支配的な地震ということでございますので、この想定東海地震を対象として中央防災会議による震源モデルに基づきまして、駿河湾の地震で見られた5号機の顕著な増幅の影響を暫定的に反映した場合、これは地震動の名称として影響確認用地震動という名称を用いておりますが、具体的には断層モデル図のアスペリティ位置がございまして、これで赤いアスペリティについては増幅を考慮する、青い増幅については増幅を考慮しないということで評価をしてございます。

なお、この資料につきましては資料の中に表記がございませんが、中部電力で作成させていただいたものでございますので、あらかじめ御了解ください。

このアスペリティにつきましては赤いものの増幅は地震観測記録を反映させて、暫定的にですが水平で2.3倍、鉛直方向で1.7倍の増幅を考慮した地震動ということでございまして、この地震動に対しても安全上重要な施設の機能維持に支障はないかということで検討をしてございます。

求めた地震動の応答スペクトル図を併せて示してございます。

下に2つ、参考ケース1と2というものがございまして、参考ケース1は増幅を考慮するアスペリティを更に保守的に設定して、すべてのアスペリティを増幅があるものとして考慮したものでございます。

参考ケース2は更に増幅の程度を保守的に設定ということで、水平について3倍、鉛直の方向につきましては2倍ということで、更に保守的に設定をしたものでございます。こ

うしたものにつきまして施設の影響評価を行っておりまして、報告させていただいております。

下に太い破線で（参考）仮想的東海地震という枠でございますが、これが本日御説明させていただくものでございます。耐震設計審査指針の改訂がなされましたけれども、その趣旨は耐震安全性への信頼性の一層の向上を図るということでございます。新指針に基づくバックチェックでの基準地震動 S_s の策定に関して、これまでの合同WGの審議におきまして浜岡のサイトに最も影響を及ぼす震源のモデルというのは、アスペリティを敷地の直下に仮に配置したということをやっております、それを仮想的東海地震と呼んでございますが、その仮想的東海地震であることがわかってきてございます。

駿河湾の地震の増幅の要因とされております低速度層というものが、5号機の近傍に分布しているということでございますが、そのことに関して敷地直下からの揺れの増幅も考えられるのでございますけれども、現時点におきましては敷地直下からの揺れの増幅に係る定量的な検討というものが難しゅうございます。そこで施設の安全性への影響の観点から、既に御報告をさせていただいております仮想的東海地震の耐震安全性評価結果を用いて、5号機の耐震設計上重要な主な施設の耐震余裕に関する検討を、参考として実施しております。それが左側の仮想的東海地震ということで、増幅を特に考慮しないものに対して、施設の耐震余裕がどれだけあるかという形でまとめさせていただいております。

右側の図面でございますが、更に審議においていただきました御指摘を踏まえまして、耐震余裕に関する説明性をより一層高めるために、仮想的東海地震の震源モデルにつきましても5号機の顕著な増幅を暫定的に反映した地震動、これは名称として5号機増幅を暫定的に反映した仮想的東海地震と呼んでございますが、それを仮想的に算定いたしまして、バックチェックと同様の方法で5号機の重要な主な施設の評価を実施してございます。

今後、浜岡発電所では駿河湾の地震を踏まえたさらなる追加調査をやってございますので、その結果に基づきまして5号機の増幅要因に係る課題点につきまして検討して、知見を明確にした上で耐震バックチェック評価を行っていきたいと考えてございます。

本日は下の方の、主に仮想的東海地震の耐震余裕に関する検討に基づいて、御説明をさせていただきたいと思っております。

○中部電力（成田） それでは、まず参考資料2、合同WGにおけるこれまでの報告内容のまとめを説明いたします。中部電力の成田です。よろしく願いいたします。本資料は合同W56-3の改訂版となっております。

（ P P ）

1 ページ目は本日の報告内容です。上段の箱書きですが、第 50 回合同WGでは5号機の運転再開に際し実施した5号機の耐震安全性への影響確認について、影響確認に用いる地震動の設定及び施設の評価結果などについて報告し、第 56 回構造WGでは第 50 回合同WGにおける報告内容のうち、主に施設の評価方法、評価結果などについて報告しました。その後、5号機の耐震安全性への影響確認、位置づけなどを再整理し、合同WGに報告し

ております。その主な内容を中段の箱書きに示しております。5号機の耐震安全性への影響確認における5号機増幅の地震動評価への反映方法について、駿河湾の本震及び余震の観測記録の分析結果との関係、増幅特性の比率の評価において3G1を基準とした理由を整理しました。今後の基準地震動 S_s の策定との関係について整理し、参考として施設の安全性への影響の観点から、浜岡サイトに最も影響を及ぼす震源モデルである仮想的東海地震に対する耐震余裕の検討を実施しました。これら報告を踏まえ、第56回合同WGではこれまでの報告内容をとりまとめております。

そこで、本日の報告ですが、本資料では5号機の耐震安全性への影響確認について、合同WGにおけるこれまでの報告内容のまとめを説明し、構造W60-3では合同WGにおけるこれまでの報告内容のうち、施設評価に関連する事項として仮想的東海地震に対する耐震余裕の検討内容について説明いたします。

(P P)

本編を御説明する前に、2～9ページでは耐震安全性評価に関するこれまでの検討について紹介いたします。2ページ目は耐震安全性評価の主な経緯です。赤色が中越沖地震に関する経緯、青色が駿河湾の地震に関する経緯です。中段にお示しした駿河湾の地震の発生を受けまして、駿河湾の地震を踏まえた追加調査を行い、平成21年11月から中越沖地震及び駿河湾の地震を踏まえた検討に関する報告、審議を行ってまいりました。

一番下に書いてございます平成22年8月より、駿河湾の地震を踏まえたさらなる追加調査を実施中でございます。

(P P)

3ページでは、中越沖地震及び駿河湾の地震を踏まえて検討したこれまでの報告事項について、基準地震動 S_s の策定に関わる検討フローとの関係を整理したものを示しております。駿河湾の地震の地下構造特性に関わる検討は黄色のハッチング箇所です。5号機増幅要因の分析や地震観測記録の分析を行っており、これについて次ページ以降で説明いたします。

(P P)

4ページ目は地震観測記録の分析結果のうち、地震波到来方向ごとの増幅特性です。現状得られた地震観測記録の分析より、駿河湾の地震の方向から到来する地震波については、5号機の揺れは他号機に比べ大きかったですが、その他の方向から到来する地震波については、5号機の揺れは他号機に比べ同程度でございました。

(P P)

5ページ目は駿河湾の本震の経時特性及び周波数特性です。号機間における顕著な揺れの差はS波主要動部のみ、また、周期0.2～0.5秒付近の短周期側にのみ見られております。

(P P)

6ページ目は駿河湾の本震の増幅特性の程度です。最大加速度を周期別に被災地の指標を用いまして、3号機に対する5号機の増幅特性の比率を検討した結果、水平方向ではP

NS方向で1.4～1.6倍程度、PEW方向で2.2～2.3倍程度、鉛直方向では1.6～1.7倍程度となっております。

(P P)

7ページ目は地下構造調査結果に基づく5号機増幅の主要因の分析です。オフセットVSP調査により、5号機の地下300～500m程度にS波速度が700m/s程度と、周囲の岩盤に比べ3割程度低下している部分(低速度層)を確認しております。

3次元有限差分法による解析検討を行った結果、駿河湾の本震を含め浜岡サイト周辺で発生した地震の観測記録の傾向を定性的に説明できたことから、5号機増幅の主要因は低速度層であると推定しております。

(P P)

8ページ目は駿河湾の地震を踏まえたさらなる追加調査の全体計画です。低速度層の分布、形状を詳細に把握することを目的とし、緑でお示ししたオフセットVSP調査や、赤丸で示しました大深度ボーリング調査を複数実施しております。

(P P)

9ページ目はこれまでの検討状況を踏まえた5号機の耐震安全性への影響確認実施についてです。現時点で確認できた事項として、5号機増幅の主要因は低速度層と推定しており、地震観測記録に基づく検討より駿河湾の地震の観測記録の特徴などを整理しております。ただし、課題点等もございまして、信頼性の高い低速度層の分布や性状を把握する必要があることから、駿河湾の地震を踏まえた更なる追加調査を実施することとし、この調査結果を踏まえ、駿河湾の地震において得られた知見を明確化し、基準地震動 S_s の策定に反映していきます。

一方、5号機の耐震安全性への影響確認では、観測記録が得られていない方向については増幅特性を考慮するなど、地震観測記録の分析結果より現時点で確認できた事項を、安全側に地震動評価を反映することにより、暫定的に駿河湾の地震の知見を反映した地震動評価を実施しました。

(P P)

10ページ以降では、まず5号機の耐震安全性への影響確認における検討内容について説明いたします。

(P P)

11ページ目は位置づけです。5号機の耐震安全性は既許可における基準地震動 S_2 に対して、耐震設計上重要な施設の機能維持により確認されていることを鑑み、5号機の運転再開に際し既許可における基準地震動の策定において支配的な震源を対象として、駿河湾の地震で見られた5号機の顕著な増幅の影響を暫定的に反映した場合においても、耐震設計上重要な施設の機能維持に支障がないか検討しました。

(P P)

12ページ目はその概要でございます。既許可における5号機の基準地震動の策定におい

て支配的な震源である南海トラフ沿いのプレート間地震のうち、想定東海地震は浜岡発電所が震源域に含まれる地震であることから、耐震設計上重要な施設の周期帯である短周期の地震動において支配的な震源です。

この想定東海地震の震源モデルは中央防災会議により、安政東海地震の震度分布と整合するよう設定されております。5号機の運転再開に際し中央防災会議による想定東海地震の震源モデルに基づき、地震観測記録の分析より現時点で確認できた事項を安全側に反映した地震動及び更に保守的に設定した地震動を暫定的に算定しました。その結果が一部周期帯において S_2 を上回っていたことから施設評価を実施し、耐震設計上重要な施設の機能維持に支障がないことを確認しております。

(P P)

13 ページ目は想定東海地震の地震動評価結果です。

(P P)

14 ページ目は地震観測記録の分析より現時点で確認できた事項を示しておりますが、これらを5号機の耐震安全性への影響確認に用いております。

(P P)

15 ページ目は5号機増幅の反映方法です。5号機の増幅は各小断層から発電所敷地に到来する地震波のうち、増幅特性を考慮する地震波を割り増すことで暫定的に地震動評価へ反映しております。

(P P)

16 ページ目は地震波の割り増し方法です。5号機増幅要因に係る検討が進行中である状況を鑑みて、地震動評価として安全側の評価となるよう地震波の割り増しは暫定的に、統計的グリーン関数法による地震動評価結果を係数倍することにより行っております。

(P P)

17 ページ目は想定東海地震の震源モデルと観測記録の分析結果との関係です。5号機増幅が見られた駿河湾の地震の震源近傍のアスペリティに加え、観測記録が得られていない方向のアスペリティから浜岡サイトに到来する地震波についても、増幅特性を考慮しています。

(P P)

18 ページ目には、以上の検討を踏まえ設定した観測記録の分析結果を安全側に反映したケースを示しております。赤でお示ししました5つのアスペリティに増幅特性を考慮し、増幅特性の程度として水平動の振幅を2.3倍、鉛直動の振幅を1.7倍としております。

(P P)

19 ページにはこのケースの地震動評価結果。

(P P)

20 ページには耐震設計上重要な施設の固有周期との関係を示しております。

耐震設計上重要な施設の固有周期において、基準地震動 S_2 を上回っている「破壊開始

点2「NS」を影響確認用地震動とし、5号機の耐震設計上重要な主な施設の耐震安全性への影響確認を実施しました。

(P P)

21 ページにはその結果を示しておりますが、耐震設計上重要な主な施設について、発生値が許容値以下であることを確認しました。

(P P)

22 ページ目は参考検討の概要です。念のための検討として観測記録の分析結果を安全側に反映したケースを基に、増幅特性を考慮する到来方向、増幅特性を考慮する程度について更に保守的に設定した参考ケースを2つ設定し、そのケースに基づき算定した地震動を用いて施設評価を実施しました。

(P P)

23 ページには参考ケース1、2を示しております。

参考ケース1は増幅特性を考慮する到来方向を更に保守的に設定する観点から、6つのアスペリティに増幅特性を考慮し、参考ケース2は増幅特性を考慮する程度を更に保守的に設定をする観点から、水平動の振幅を3倍、鉛直動の振幅を2倍としています。

(P P)

24 ページには参考ケース1の地震動評価結果。

(P P)

25 ページには参考ケース2の地震動評価結果。

(P P)

26 ページには、これら地震動評価結果と耐震設計上重要な主な施設の固有周期との関係を示しております。

参考ケース1、2の地震動評価結果のうち、耐震設計上重要な施設の固有周期帯において基準地震動 S_2 を大きく上回っている「ケース1 破壊開始点2 NS」、「ケース2 破壊開始点2 NS」を代表波とし、5号機の耐震設計上重要な主な施設の評価を実施しました。

(P P)

27 ページには参考ケース1の施設評価結果。

(P P)

28 ページには参考ケース2の施設評価結果を示しておりますが、いずれのケースにおいても発生値は許容値以下であることを確認しました。

(P P)

次に2つ目の報告内容として、5号機の耐震安全性への影響確認における5号機増幅の地震動評価への反映方法に関する整理について、要点を説明させていただきます。

(P P)

30 ページ目は概要です。駿河湾の本震の分析結果を用いた5号機増幅の暫定的な地震動

評価への反映方法として、先ほど御説明した地震波の割り増し方法と増幅特性を考慮する程度がございます。以降のスライドでは、まずこれら2項目について駿河湾の本震及び余震の観測記録の分析結果との関係について、整理した内容を説明いたします。

次に増幅特性の比率の評価において、3G1を基準とした理由について整理した内容を説明いたします。

(P P)

32 ページ目、このスライドは地震波割り増し方法に関する整理です。5G1の揺れが3G1に比べ大きかった周期帯は、余震では本震に比べ短周期側に見られており、本震と余震の周波数特性には若干の違いが見られております。

5号機の耐震安全性への影響確認では、地震波の割り増しは暫定的に、統計的グリーン関数法による地震動評価結果を係数倍することにより行っており、本震と余震の周波数特性の違いを踏まえても、地震波の割り増し方法としては安全側の評価となっていると考えられます。

(P P)

次に増幅特性の程度に関する整理について説明いたします。34 ページ目をごらんください。こちらのスライドでは加速度フーリエスペクトル比及び応答スペクトル比に基づく検討結果を示しております。水平 2.3 倍、鉛直 1.7 倍の基本ケースと水平 3 倍、鉛直 2 倍の参考ケース 2 は、本震のスペクトル比はおおむね上回っており、本震に対しては安全側の評価となっております。

一方、余震のスペクトル比については全体としてはおおむね上回っておりますが、一部周期帯、例えば特徴(1)、(2)では基本ケース及び参考ケース2の増幅特性の比率より多くなっております。代表として特徴(1)に関する考察について 35 ページで説明いたします。

(P P)

左には先ほどお示ししたスペクトル比、右には加速度波形、フーリエスペクトル、応答スペクトルを解放基盤表面、G.L.-100m ごとに示しています。PNS 方向の周期 0.1 秒付近の揺れについて、G.L.-100m では5G1と3G1で同程度ですが、解放基盤表面では5G1の揺れが3G1に比べ大きく、周期 0.1 秒付近のピークは解放基盤表面からG.L.-100mの深さ方向の増幅特性の違いなどに関連すると考えられます。この考察を踏まえた今後の対応方針を 37 ページに示しております。

(P P)

今後、G.L.-100m 以浅の深さ方向の増幅特性に関して更に分析を進めていき、G.L.-100m 以浅の浅部地盤構造及び解放基盤表面相当深さにおける地震動の推定に係る検討についても行っていきます。

(P P)

次に増幅特性の比率の評価において3G1を基準とする理由につきまして、その趣旨を

説明いたします。

(P P)

3 G 1 を基準としている理由を整理する上で、まず 39 ページには 3 G 1 が自由地盤観測点のうち、こういった位置づけの観測点なのかを示しております。

(P P)

40 ページには 3 G 1 を含めた自由地盤観測点において、駿河湾の地震の揺れの比較及び低速度層等の位置関係を示しております。

(P P)

これ以降のスライドでは、駿河湾の地震における 3 G 1 と周辺観測点の揺れの傾向を把握するため、41 ページでは 3 G 1 と他機関観測点である K - N E T、K i K - n e t との揺れの比較。

(P P)

43 ページでは 3 G 1 と R K - n e t との揺れの比較を示しております。

これら検討のまとめについて 44 ページで説明いたします。

(P P)

3 G 1 はこれまでの基準地震動 S s の策定に関わる地震動評価で用いている主な観測点であること。また、低速度層から最も離れており、揺れが相対的に小さかったことを踏まえ、浜岡サイト内の各地点の揺れの差を定量的に把握することを目的として、3 G 1 に対する 4 G 1、5 G 1 の増幅特性の比率を評価しました。

次に駿河湾の本震における浜岡サイト地盤観測点と他機関観測点の最大加速度、周期別 S I 値を比較した結果、3 G 1 の揺れは他機関観測点の平均レベルと同程度となっており、司・翠川による最大加速度の距離減衰式に比べおおむね同程度となっておりました。

最後に駿河湾の本震における耐専スペクトルに対する R K - n e t の揺れと、耐専スペクトルに対する 3 G 1 のはぎとり波を比較した結果、周期 0.3 秒より長周期では 3 G 1 のはぎとり波の方がやや大きいものの、耐震設計上重要な施設の固有周期ではおおむね同程度となっておりました。

これら検討結果より、現時点においては 3 G 1 を基準として増幅特性の比率を評価することは、おおむね支障がないと考えられます。

(P P)

次に 3 つ目の報告内容として、駿河湾の地震を踏まえた 5 号機の耐震安全性への影響確認における地震動評価と、今後の基準地震動 S s の策定との関係について、その趣旨を説明いたします。

(P P)

48 ページ、ここでは 5 号機の耐震安全性への影響確認における地震動評価と、今後の基準地震動 S s の策定方針との関係を示しております。

まず S s 策定の基本方針ですが、5 号機については今後、駿河湾の地震を踏まえた更な

る追加調査に基づく検討により、駿河湾の地震において得られた知見を明確化した上で、基準地震動 S_s の策定に反映することといたします。また、下の緑の枠で囲った部分に示しておりますが、更なる追加調査に基づく検討より低速度層の分布、性状を詳細に把握するとともに、浜岡サイト周辺観測点を含めた駿河湾の地震などの観測記録について、更に分析を進めていきます。

これら検討結果を踏まえまして、地震観測記録の分析より確認できた事項を説明できる地下構造モデルを作成し、5号機増幅のメカニズムの詳細を把握します。次に作成した地下構造モデルに基づく解析検討及び地震観測記録の分析結果を踏まえまして、保守性を勘案し S_s の策定に係る地震動評価への反映事項を整理します。そして整理した反映事項に基づき、 S_s に係る地震動評価を行っていきます。

一方、5号機耐震安全性への影響確認について更なる追加調査結果が得られていない現状においては、 S_s の策定方針の中でピンクで塗った部分、現時点における地震観測記録の分析結果を安全側に地震動評価へ反映することにより、暫定的に駿河湾の地震の知見を反映した地震動評価を実施しております。

(P P)

51 ページ、ここでは5号機の耐震安全性への影響確認における地震動評価と、今後の S_s の策定との関係を示しております。各項目ごとに影響確認と S_s の策定について整理しております。

実施の趣旨につきまして、影響確認では5号機の運転再開に際し、既許可における基準地震動の策定において支配的な震源を対象として、駿河湾の地震で見られた5号機の顕著な増幅を暫定的に反映した場合においても、耐震設計上重要な施設の機能維持に支障がないか検討しました。 S_s 策定では指針改訂の目的を踏まえ、新指針に照らした耐震安全性の評価を行うことにより、耐震安全性への信頼性の一層の向上を図っていくものと位置づけられております。

震源モデルについて、影響確認では中央防災会議による想定東海地震の震源モデルを対象として、 S_s 策定ではプレート間地震、内陸地殻内地震、海洋プレート内地震の基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデルを対象とします。

増幅特性を考慮する範囲、程度について、影響確認では地震観測記録の分析結果を踏まえ、5つのアスペリティ、参考検討として6つのアスペリティに増幅特性を考慮し、その程度は水平動の振幅を2.3倍、参考検討として3倍としております。 S_s 策定では更なる追加調査などを踏まえた地下構造モデルに基づく解析検討及び基準地震動 S_s の策定に関わる各震源モデルの増幅特性の程度について検討し、観測記録の分析結果を踏まえて保守性を勘案した上で地震動評価へ反映していきます。

(P P)

52 ページ目には施設の安全性に関するまとめを示しております。まず既許可における基準地震の策定において、支配的な震源である想定東海地震に対する施設の安全性について、

影響確認では中央防災会議による想定東海地震の震源モデルに基づき、地震観測記録の分析より、現時点で確認できた事項を安全側に反映した地震動及び更に保守的に設定した地震動を暫定的に算定し、耐震設計上重要な施設の機能維持に支障がないかを検討しました。

一方、今後のS sの策定の中ではさらなる追加調査などに基づき、想定東海地震の増幅特性の程度について検討し、地震観測記録の分析結果を踏まえ、保守性を勘案した上で地震動評価へ反映し、施設の安全性を確認してまいります。また、S s策定に係る震源モデルのうち、浜岡サイトに最も影響を及ぼす震源である仮想的東海地震に対する施設の安全性については、耐震余裕に関する検討を行っており、詳細説明は合同W60-3で行います。

本資料の説明は以上となりますので、説明者を交代いたします。

○中部電力（竹内） それでは、引き続きまして構造W60-3により説明いたします。中部電力の竹内です。よろしく申し上げます。

なお、本資料は第56回構造WG資料の改訂版となっております。

（P P）

1 ページ目は先ほど御説明いたしましたので、割愛いたします。

（P P）

2 ページ目をごらんください。1～3項及び添付資料につきましては、前回56回の構造WGにて審議いただいた資料を再掲しておりますので、説明は割愛させていただきます。

本日は一番下の「(参考) 既往の地震動評価結果（仮想的東海地震）を用いた耐震余裕に関する検討」について説明をさせていただきます。

（P P）

108 ページは仮想的東海地震の震源モデル図を示しております。こちらの位置づけの詳細につきましては冒頭に説明させていただきますので、割愛させていただきます。

（P P）

109 ページ、現時点の調査結果と仮想的東海地震との関係について説明します。5号機の増幅要因と推定しているオフセットV S P調査により確認された低速度層が、5号機近傍に分布していることを踏まえ、敷地直下からの揺れの増幅も考えられることから、仮想的東海地震についても駿河湾の地震で得られた知見を反映することにより、地震動レベルがより高くなる可能性があります。

浜岡サイトに最も影響を及ぼす震源モデルである仮想的東海地震について、地震動レベルがより高くなる可能性があること、及び現時点では地震観測記録や地下構造のデータに限られており、敷地直下からの揺れの増幅に係る定量的な検討が難しいことを踏まえ、これまで報告した仮想的東海地震の耐震安全性評価結果を用いまして、5号機の耐震設計上重要な主な施設の耐震余裕に関する検討を行いました。

（P P）

110 ページ、111 ページには仮想的東海地震の地震動を示しております。

（P P）

111 ページの地震動のスペクトルにおいて赤い太線で示しております破壊開始点 1、E W方向の地震動が、耐震設計上重要な施設の固有周期帯において最も応答加速度が大きいことから、これを代表波といたしまして施設の余裕に関する検討を行いました。

(P P)

次に施設の評価方針について説明いたします。評価対象施設は原子炉を「止める」「冷やす」「閉じ込める」の機能を有する施設のうち、原子炉圧力容器や格納容器などの主要な施設を評価対象とします。配管系につきましては耐震バックチェックにて評価したものを対象といたします。

評価方法につきましても耐震バックチェックと同様です。具体的には仮想的東海地震の代表波を地震応答解析モデルのN S方向とE W方向に入力して解析します。原子炉建屋及び大型機器の地震応答解析モデルは、設計時と同様に建屋－地盤の相互作用を考慮した多質点系並列地盤モデルである格子型モデルとし、モデル境界条件及び減衰定数は耐震バックチェックで用いた条件とします。

評価基準につきましても耐震バックチェックと同様とします。例えば原子炉建屋では耐震壁のせん断ひずみによる評価、機器・配管系では許容応力状態IV_ASを評価基準としております。

(P P)

113 ページには原子炉建屋の地震応答解析モデルを示しておりますが、こちらにつきましては耐震バックチェックで用いたモデルと同様です。

(P P)

地盤定数につきましてもバックチェックと同様のモデルであり、表層のせん断剛性及び減衰は地盤の等価線形解析結果を基に算定しております。

(P P)

こちらは大型機器の地震応答解析モデルです。こちらについても耐震バックチェックで用いたモデルと同じです。

(P P)

116 ページに耐震設計上重要な主な施設の評価結果を示します。いずれも発生値は評価基準値以下となっております。また、本評価では地震力に対する余裕度を算定するために、発生値を地震力以外によるものと、地震力によるものに分離したものが併記しております。地震力に対する余裕度の詳細につきましては、後ほど説明させていただきます。評価方法、評価基準値はバックチェックと同様ですけれども、制御棒挿入性の評価基準値につきましては、より精緻に耐震余裕を確認する観点から、耐震バックチェックでは評価基準値を40mmとしていたものに対し、試験により確認された値である43mmを適用しております。

(P P)

続いて5号機の耐震設計上重要な施設のうち、地震時または地震後に動的機能が要求される設備について、動的機能に関する評価結果を示します。評価方法及び評価基準値であ

る機能確認済み加速度は耐震バックチェックと同様です。いずれも応答加速度が機能確認済み加速度を十分下回っていることを確認いたしました。

(P P)

地震力に対する余裕度について、余熱除去系配管を例に説明いたします。こちらは今回評価を行いました余熱除去系配管の解析モデルでありまして、矢印で示しております配管と弁の取合部が最大応力点となっております。この評価点において内圧や自重による地震以外の発生値、及び地震による曲げなどの地震による発生値を、それぞれ評価基準値を100%とした場合の棒グラフで表しますと、右の図のようになります。このとき、地震力に対する余裕度をA分のBで定義しております。

(P P)

先ほど御説明した評価結果を、地震力による発生値と地震力以外の発生値に分けて棒グラフで示し、その下に地震力に対する余裕度を数値で表しております。いずれの施設につきましても地震力に対する余裕度は2.5倍以上あることを確認いたしました。なお、原子力発電所の耐震設計は、設計の各段階で種々の保守性を有していることから、実際の耐震余裕は今回評価した耐震余裕よりも大きいと考えられます。こちらにつきまして次ページ以降の補足資料に示しております。

(P P)

120 ページは耐震余裕のイメージ図です。青の実線は今回の評価による発生値を示しており、こちらは当社が行った耐震バックチェックと同様の手法により算定した値です。緑の実線は今回の評価で用いた規格基準値等による評価基準値になります。先ほどのスライドでお示した耐震余裕は青と緑の実線の中の赤い矢印で示す範囲になります。一方、今回の発生値の算定に当たっては解析手法や減衰定数の設定などにおいて保守性を考慮しているため、実際の発生値は青の破線で示すように、今回の発生値よりも小さくなります。また、評価基準値につきましても規格基準の値は実際の破損限界に対し、保守的に設定されております。したがって、実際の耐震余裕は一番右側の両矢印で示した範囲となり、今回評価した耐震余裕よりも大きいと考えられます。

(P P)

この実際の耐震余裕につきまして、今回評価した耐震余裕が比較的小さかった余熱除去系配管を例に、試算した結果を121ページに示しております。試算では今回の評価結果をベースに、発生値の算定や評価基準値の設定における余裕を積み重ねることにより算定いたしました。

- ①として解析手法をスペクトルモーダル解析から時刻歴解析に変更しました。
- ②として減衰定数を多数の試験や解析値の下限値から平均値に変更いたしました。
- ③として評価基準値に破損限界である引張り強さ（S u 値）を採用いたしました。
- ④として引張り強さ（S u 値）について、規格値ではなく実際の材料証明書の値を採用いたしました。

①～④それぞれの地震力に対する余裕度を試算したものを、右の図に棒グラフで示しております。なお、こちらは各余裕を積み上げたものでありまして、例えば④の結果は①～④をすべて適用した結果となっております。このように実際の耐震余裕は今回試算した耐震余裕よりも、十分大きくなることを確認いたしました。

(P P)

今お示ししました実際の耐震余裕の試算について、解析条件の詳細を説明いたします。解析では余熱除去系配管の設置位置における水平方向、鉛直方向の加速度時刻歴波を解析モデルへ同時入力し、時刻歴応答解析を実施しました。減衰定数は規格基準値の2%または試験及び解析の平均値である7.5%を適用しました。なお、これは試算例ですけれども、実際に耐震評価において時刻歴応答解析や規格基準値以外の減衰定数を適用する際には、当該機器・配管系への適用の妥当性を詳細に検討する必要があります。

下の表に各ケースの評価結果の詳細を示しております。

(P P)

続きまして、もう一つ補足資料といたしまして、同様に耐震余裕が比較的小さい制御棒挿入性について耐震余裕を説明いたします。こちらは地震時の制御棒挿入試験の試験装置の概要図です。試験では共振正弦波にて目標とする変位を保ったまま加振して制御棒を挿入し、挿入にかかる時間を計測しております。挿入にかかる時間が大体2秒程度でありますので、共振正弦波の場合にはその間に最大変位が十数回繰り返し発生します。その一方、実地震波の場合には最大変位は1回のみ、同程度の変位も数回程度と考えられますので、試験条件としてはかなり保守的となっております。

(P P)

こちらは5号機実機を模擬した試験体による試験結果です。横軸が燃料集合体の相対変位、縦軸がスクラム時間です。5号機では100%挿入、すなわち全挿入にかかる時間と60%挿入にかかる時間の2つで規定時間が定められておりまして、また、試験では挿入用のアキュムレータの圧力条件として、公称値と最小値の2ケースで行っておりますので、グラフでは4本の線で示しております。

試験では燃料集合体の相対変位が約43mmまでの範囲で実施し、規定時間以内に挿入されることを確認しております。この43mmという値は試験装置の性能上得られた値でありまして、43mmにおけるスクラム時間は規定時間に対してまだ十分な余裕があることがわかります。

仮想的東海地震による相対変位は17.5mmですので、43mmに対して十分な余裕がある。また、規定時間に対しても更に余裕を有していることがわかります。

(P P)

続きまして、仮想的東海地震に5号機で確認された増幅を暫定的に反映した地震動による評価について御説明いたします。

(P P)

126 ページは仮想的東海地震に増幅を考慮する到来方向及びその程度を示します。右の図に示しますとおり、増幅特性を考慮する到来方向としまして、赤色で塗った5つのアスペリティに増幅特性を考慮し、増幅特性を考慮する程度としましては水平動の振幅を2.3倍、上下動の振幅を1.7倍としました。

(P P)

128 ページ、129 ページに地震動を示しております。

(P P)

129 ページのスペクトルの図におきまして、赤い太線で示しております破壊開始点1、E W方向が耐震設計上重要な施設の固有周期において最も応答加速度が大きく、施設への影響の観点から、短周期側でおおむねほかを上回っていることから、これを代表波としまして施設評価を行いました。

(P P)

130～132 ページにつきましてはモデルを示しておりますが、こちらは先ほどと同様ですので割愛させていただきます。

(P P)

この地震動による評価結果を133 ページに示します。評価方法及び評価基準は当社の耐震バックチェックと同様です。いずれの施設につきましても、発生値は評価基準値以下であり、これらの施設について機能維持に支障がないことを確認いたしました。

(P P)

次のページは動的機能維持評価の結果です。評価方法及び評価基準値はバックチェックと同様です。いずれも応答加速度が機能確認済み加速度を十分下回っていることを確認いたしました。

(P P)

続いて補足資料といたしまして2つほど説明させていただきます。

まず1つ目は仮想的東海地震による応答に関する考察です。5号機の原子炉建屋は静的地震力3 C i と基準地震動 S₁ による地震力に余裕を見て設定した設計用地震動に対し、弾性範囲となるように設計されており、その上で S₂ に対する機能維持検討を行っております。

左の図は5号機原子炉建屋の層せん断力の比較を示したものでありまして、黒い線が仮想的東海地震、赤が静的地震力3 C i、オレンジが S₁、水色が S₂ です。仮想的東海地震による層せん断力は S₁ 及び S₂ を下回り、3 C i と同等となっていることから、仮想的東海地震によるせん断ひずみは、機能維持の評価基準値まで十分に余裕があることがわかります。

右の図は原子炉建屋、耐震壁のせん断ひずみを示したものであり、紫の三角が増幅を暫定的に反映した仮想的東海地震、水色が S₂ のプロットです。増幅を暫定的に反映した仮想的東海地震によるせん断ひずみは、機能維持の評価基準値までに十分な余裕があります。

(P P)

次の補足といたしまして、燃料集合体の相対変位に関する考察です。こちらは仮想的東海地震と、増幅を考慮した地震動の解放基盤表面によるスペクトル及びそれぞれの地震による燃料集合体相対変位を示したものです。燃料集合体の固有周期 0.206 秒において増幅を反映した仮想的東海地震の加速度は、反映していないものに比べ 2 倍強の大きさとなっておりますけれども、燃料集合体の相対変位はその比率ほどは大きくなっておりません。この要因について考察いたしました。

(P P)

まず、それぞれの地震動と地盤モデルの関係について説明いたします。先に結論から申し上げますと、応答が逆転した要因は表層地盤モデルの違いによるものです。表層地盤のせん断剛性及び減衰は地震動の入力レベルに応じて設定しております。各ケースの表層地盤のせん断剛性及び減衰定数を表-1 に示しております。

(P P)

各ケースの大型機器地震応答解析モデルの固有値解析結果を説明いたします。上から順に 1 次から 4 次モードの固有周期を示しております。このうち 1 次から 3 次モードは地盤・建屋系の 1 次から 3 次モードであり、全体の 4 次は燃料集合体の 1 次モードになります。その下に燃料集合体 1 次の刺激係数及びモード減衰を記載しております。ごらんいただいておりますとおり、燃料集合体の 1 次固有周期はもともと地盤・建屋の 3 次の固有周期に近接しているため、燃料集合体の応答は地盤・建屋からの応答の影響を受けやすいという特徴があります。

地盤・建屋の 3 次固有周期を比較しますと、仮想的東海地震の方が燃料集合体の 1 次固有周期に近く、また、刺激係数も仮想的東海地震の方が大きい値となっております。このことから、増幅を暫定的に反映した仮想的東海地震による燃料集合体変位がそれほど大きくなっていない理由は、表層地盤の物性値の違いにより増幅を反映した仮想的東海地震では、相対的に共振しにくくなったためと考えられます。

(P P)

最後にまとめです。駿河湾の地震で見られた 5 号機の顕著な増幅を踏まえた現時点における検討として、浜岡サイトに最も影響を及ぼす震源モデルである仮想的東海地震の耐震安全性評価結果を用いて、5 号機の耐震安全上重要な主な施設の耐震余裕に関する検討を行いました。その結果、5 号機の「止める」「冷やす」「閉じ込める」に関する耐震設計上重要な主な施設の地震力に対する耐震余裕は 2.5 倍以上あり、駿河湾の地震で見られた顕著な増幅を踏まえましても、これらの施設については耐震余裕を有していることを確認いたしました。

なお、今回評価した耐震余裕は、当社のバックチェックと同様の手法により算定しており、実際に耐震余裕は今回評価した耐震余裕より大きいと考えられます。

また、上記に示した仮想的東海地震による耐震余裕に関する説明性を一層高めるため、

仮想的東海地震の震源モデルに基づき、駿河湾の地震における5号機の顕著な増幅を暫定的に反映した地震動を仮に算定し、当社のバックチェックと同様の手法により5号機の耐震設計上重要な主な施設の評価を実施した場合におきましても、これらの施設の機能維持に影響がないことを確認しました。

今後、浜岡原子力発電所では駿河湾の地震を踏まえたさらなる追加調査に基づき、5号機増幅要因に係る課題点について検討し、駿河湾の地震において得られた知見を明確化した上で、耐震バックチェック評価に反映していきます。

引き続きまして、今回耐震余裕につきまして御説明させていただきましたので、これに関連しまして参考資料4によって少し補足説明をさせていただきたいと思っておりますので、A3縦長の参考資料4をごらんください。この資料は耐震設計上重要な施設の設計用の地震力と許容限界並びに設計における余裕について、中部電力がとりまとめた資料でございます。

上から順に説明させていただきます。まず設計時に考慮している地震力と許容限界の関係について御説明します。原子力発電所の耐震設計上重要な施設は、静的地震力と基準地震動 S_1 による地震力に余裕を見て設定した設計用地震力に対して、弾性範囲の許容限界以内となるように設計されており、その上で基準地震動 S_2 による地震力に対して機能維持するよう設計されています。

これを踏まえまして、次に具体的な施設の設計について御説明します。一番上は建物・構築物のせん断ひずみとせん断応力度の関係を示したものです。建物・構築物の実際の耐震設計におきましては、 S_1 と静的地震力(3Ci)に余裕を見て設定した設計用地震力に対して、弾性範囲となるように設計しておりますので、結果的に S_2 に対する応答値は弾性値を若干超える程度の大きさにとどまることが多く、 S_2 に対する許容限界である 2×10^{-3} を十分下回っております。

その右には過去に多度津工学試験所にて行われた、原子炉建屋耐震壁の動的性能に関する試験の事例を示しております。耐震壁の終局応答試験において最大耐力時のせん断ひずみは、終局せん断ひずみとされている 4×10^{-3} の1.5倍程度となる結果が得られており、 S_2 に対しても十分な安全余裕を有することを確認されております。

次に機器・配管系の設計について説明します。中段の図は原子炉圧力容器の一次一般膜応力の許容値の例です。機器・配管系は静的地震力の1.2倍、3.6Ci及び S_1 の設計用地震力に対して降伏点または同等な許容限界以下になるように設定しております。 S_2 の地震力に対しては変形等が機能に影響しない塑性域の許容限界以下となるように設定しております。なお、塑性領域では塑性変形に伴うエネルギー吸収が期待されますが、一般的に線形解析を行っておりますので、この効果を期待しない保守的な評価となっております。

その右には多度津試験所で行われた配管の終局強度試験の事例を示しております。試験では S_2 の許容応力に至る地震波を8.5倍した地震波にて配管系を加振し、破損までには大きな余裕があることが確認されています。なお、試験では1回の加振で破損しなかった

ので繰り返し加振し、5回目の加振中にエルボ部にて低サイクル疲労によるき裂が貫通いたしました。

最後に動的機能維持評価について説明します。設計では上記の構造強度評価のほかに、地震時または地震後に動的機能が要求される機器について、動的機能評価を行っております。左下の表に示しておりますポンプやタービン、電動機などの多数の機器におきまして、地震応答解析により機器の応答加速度を算定し、機能確認済み加速度以下であるか確認しております。その右には機器耐力試験の事例を示しております。試験では横型ポンプを運転しながら加振し、横型ポンプの機能確認済み加速度を大きく上回る、最大 $6 \times 9.8 \text{m/s}^2$ までの地震波加振に対し、動的機能に異常がなかったことが確認されています。

ちなみに左下の※2に記載しておりますけれども、制御棒駆動機構の機器耐力試験では、従来の試験で確認された燃料集合体変位の2倍以上の相対変位83mmに対して、制御棒が規定時間以内に挿入されることが確認されております。

説明は以上です。

○西川主査 ありがとうございます。ただいまの膨大な説明ですが、内容について御質問等がございましたらお願いします。想定東海、仮想的東海地震、当社のバックチェック、新指針によるバックチェックというのを何となくぐちゃぐちゃと説明されて、バックチェックは多分全部当社のバックチェックですね。新指針によるバックチェックではないと思います。想定東海と仮想的東海というのはネーミングがどういう意味かはわかりませんが、そういうものについていろいろやられているということで、余裕度の検討をされていますが、いかがでございましょうか。何かございますでしょうか。

この断層モデルで地震動をつくると、統計的グリーン関数法を使うと上下動がほとんど出てこないんだけど、それはどういうふうにバックチェックに反映されているんですか。スペクトルを見ても水平動の数分の1ですね。普通の応答スペクトルからやると半分とか3分の2とか決めるんですが、その辺りの考え方はどうなっているのか。見ているとやけに小さいんです。1,000ガルに対して180ガルとか、その辺は合同WGの方で何かなかったんですか。こんなもんだろうということになったのか。我々が余り言うのも変なんですけれども。

○中部電力（鈴木） 今の鉛直動に関してお答えいたします。鈴木と申します。

もともと観測された駿河湾の地震につきまして、水平に比べて鉛直が少ないことを踏まえて、今回この仮想的東海地震につきましては暫定的に増幅を考慮してやったものであり、一応こういった形で合同WGで説明させていただきました。

私の方から今、主査が言われましたように設計ということで簡単に御紹介いたしますと、もともと機器の設計につきましては鉛直地震力につきましては、当然自重とともに動的の2分の1ですけれども、それを静的な地震力として水平と不利な方向に組み合わせるということで、もともと鉛直に大きな影響を及ぼさないようにしておりますが、浜岡5号機に

つきましては自主的なものでございますが、水平の 1,000 ガルの地震動の約 3 分の 2 倍の約 700 ガルの鉛直動につきまして水平と併せて評価しており、一部改造工事をした上で Ss の評価報告書を提出しているものでございます。

今回の一連の評価の中で鉛直動につきましては構造 W60-3 の、8 月の構造 WG で説明したのもでございますが、56 ページに鉛直方向の影響ということで説明してございまして、180 ガルぐらいでそれほど鉛直動のレベルは大きなものではございませんが、これで配管の影響度合いを確認してございまして、その結果が 58 ページに載ってございまして、水平方向単独と水平、鉛直合わせてやった結果を載せてございまして、鉛直の影響が小さなものということを確認してございます。

更に機器への影響ということで併せて言えば、先ほど御説明した中で 122 ページですが、もともと 121~122 ページにかけて配管の余裕を説明している中で、時刻歴解析など実際に使うときは少し検討を加えて当然やる必要があると考えていますが、精緻な解析を行えば問題になることはないということで考えてございます。

○西川主査 という御説明ですが、いかがでしょうか。久保委員、どうぞ。

○久保委員 8 月のときから参考資料 3 にある下の 2 つが合同 WG でいろいろ議論されて、検討波の対象に含めたと思うんですけども、参考資料の 26 ページに今回の 5 つの代表波の性質が応答スペクトルという形で書かれているわけです。その理解は正しいですね。26 ページの図が今回の下の 2 つを含めた 5、先ほど主査のおっしゃった想定東海と仮想的東海。これはどこで評価したかという解放基盤表面での波だと思っていいますね。

○中部電力（中川） お答えいたします。まず表示位置は解放基盤表面の位置で結構でございますが、ここで示してございますのが参考ケース 1 と参考ケース 2 ということで、先ほど御説明させていただいた参考資料 3 の真ん中の 2 つの地震につきまして、これは計算すると破壊開始点が 2 つ、方向的に EW、NS と水平的には 2 つ出てきますので、これは参考ケース 1、2 で計 8 つの地震が出てまいりますので、その代表波をここでは御紹介しております。

○久保委員 それで浜岡のバックチェックがやや特殊というのか、一度解放基盤表面の波を 100m 下に降ろしてもう一度上に上げて、そこの間に表層を含めて地震応答計算をやった結果が、今日の我々のやるべき構造の方でやっている後ろの方の施設評価となるわけです。よくまああるケースは、上のシェイクを使っているところは建物には入らない深さになるんですか。一部でシェイクを使っていますね。そのシェイクを使うことによって入力を過大にするとシェイクというのは、たまたま減衰を大きくしたりして、波形の周波数成分を長めに持っていったりすることによって、原子力施設で問題となる短周期領域を増幅しないで、長周期領域を増幅するということがまま考えられるんですけども、そういうことは起こっていないんですか。

もう一つの資料の 114 ページみたいに下に戻して上げて、マットはシェイクを使っているよりも下の部分に据えられているという位置関係ですか。

○中部電力（中川）お答えいたします。浜岡の場合は原子炉建屋の基礎底面のレベルと解放基盤表面のレベルというのは、大体同じ程度の-20m 程度ぐらいのレベルにございますので、結局1回下げてもまた格子モデルでまた戻るということでございます。

○久保委員 もう一方の資料の114ページにあるように、下に上げて戻っているけれども、結局今ある26ページのような応答スペクトルの波がマットに入っている応答をやって、施設の評価がされている。

○中部電力（中川） 構造物との相互作用がございまして、おおむねそういう御理解をしていただければと思っております。

○久保委員 もう一点いいですか。26でいろいろあるのは去年8月の地震のときに5号機のEW方向が、ほかの号機よりも大きな加速度を出したという事実で、そちらの方向にあるアスペリティに対するグリーン関数を2.何倍した。それがNSもEWも上がってしまうわけですね。

○中部電力（中川） そうでございます。

○久保委員 今回はその中で言えば、EWがほかの号機に比べて大きかったんだけど、NSも係数倍されているから今回の参考ケースで代表と使っているのが、プラントノースの関係になっている。

○中部電力（中川） お答えいたします。増幅の比率としてはNS、EWそれぞれ、最初の記録の方からの検討では求めておりまして、その検討の結果、EWの方向がラディアル、トランスバース成分でいくとトランスバース成分で、今回の駿河湾の地震はトランスバース成分の増幅が大きかったということで2.3倍でございますが、それをNSもEWも全部使っておるということでございます。

○久保委員 その結果が後ろの方の今回の構造で出てきていた、施設評価の計算応力値が出ている。

○中部電力（中川） そうでございます。参考ケース1、2は今の26ページで示した赤い太線と、紺色の太線でございますし、増幅を暫定的に反映した仮想的東海地震につきましては、例えば参考資料3の右下の方にございますスペクトルが、やはり破壊開始点とNS、EWがございまして4つあるんですが、その中で短周期領域で支配的なものということで選定した地震動を示してございます。

○久保委員 わかりました。

○西川主査 よろしいですか。これは前に1,000ガルでバックチェックを一度やられていて既に補強をされているわけです。そのときのどういうレベルの地震、特に上下動が気になったんですが、それを3分の2ぐらいでやられているので、上下動については今これのやり方でいくと小さくなるけれども、かなり大きい値で補強している、安全性を確認しているということと余裕度も入っているという意味で先ほどおっしゃったんですか。

○中部電力（鈴木） そうでございます。

○西川主査 実際は1,000ガルでやられたときに、どんなふうなスペクトルになってどの

ぐらいの応力レベルになっていたのかということと、今回の地震動でやったら水平は少し足らなくなったけれども、大丈夫だった。上下はこれだと論点にならないのだが、総合的にはどうだというのがないとなかなか、これだけ見てしまうと上下をほとんど無視しているみたいな感じになってしまうんですけれども、そういうものは資料としてはできればまとめていただいて、実際はどうなっているかというのがわかるといいんです。

これだと上下が非常に小さいものでやっているように見えてしまうんです。本当は先ほど言ったように違いますね。1,000 ガルのときにやっているんでしょう。だからもっと大きいわけです。その辺の組み合わせがよくわからないので、これだけ見てしまうと上下が小さいのではないかと行ってしまうんですけども、よくわからなくなってしまうので。

○久保委員 本来、今の地震動評価に関しては合同WGの地震の方で議論して、先生のおっしゃったような水平と上下の比率だと思うんですけれども、浜岡というのは基本的には断層境界面に沿った地震動で、あの辺りでそんなに傾斜角を持っていないから、内陸の活断層タイプみたいに上下動が出るメカニズムはないというのが多分、合同で議論されているのではないのでしょうか。水平断層が動く限りは余り上下は励起されないと私たちは思っているんですけれども。

○西川主査 それについては理解しているつもりで、計算すればそうなるよという話と、実際はどうなったか、どういうふうにして補強されてどうしているかというのがわかれば、いいなということでございます。

そのほか何かございますか。原委員、どうぞ。

○原委員 2つほど確認したいんですけれども、1つは構造W60-3の122ページに耐震余裕の計算例があるんですが、そのとき減衰定数の保守性として平均値を用いているという趣旨がわからないところがあるんです。どういう立場に立っての耐震余裕なのか。要するに設計レベルでの耐震余裕なのか、それとも実際のプラントが持っている耐震余裕なのか、その辺がちっとわからないので御説明願いたいというのが1つです。

○中部電力（鈴木） お答えいたします。122ページは、その前のページの棒グラフをつくるに当たってこういった計算をしています。ここにつきましてはあくまで減衰を現実もう少し実際の配管系に置き換えれば、発生値が下がって保守的な評価となっているというイメージをお示しするための補足資料でございます。実際には右側に示す減衰の試験解析から求められた平均値を使っているわけですが、現実には耐震評価に使うときには、例えば余熱除去系配管の現実の減衰をきちんと測って適用することになるかと思えます。あくまでここは余裕のイメージということで試算させていただきました。

○原委員 どうもありがとうございます。そういう意味合いだということですね。

もう一つ、139ページを確認しながら御質問をしたいかなと思っているんですけれども、■が3つありまして、一番最初のところの件ですが、仮想的東海地震というのは実際の5号機での地震動の増幅の効果が入っていないですね。アスペリティだけを動かしたという理解でいいですか。

○中部電力（中川） それで結構でございます。

○原委員 そうしますと「以上の検討より、5号機の耐震設計上重要な主な施設は、駿河湾の地震で見られた顕著な増幅を踏まえても、耐震余裕を有している」という結論がどこから出てくるのか。それが少し読み取りにくいのではないかと考えております。その辺少し説明なり何かをもう少しなされた方がいいかなと思うんです。ちょっと御説明を伺ってからにしたいと思います。

○中部電力（中川） 御指摘ありがとうございます。こちらで示してございます耐震余裕として、増幅を考慮しない仮想的東海地震に対しまして最低でも2.5倍以上あるという1つの耐震余裕としての答えが出ております。

もう一つは暫定的でございますけれども、駿河湾の地震の増幅を考慮する場合に水平で2.3という形の数値が出ておりますので、その増幅特性を比較して考慮したとしても、これだけ耐震余裕があるということで書かせていただいているということでございます。

○原委員 そうですか、わかりました。片方の2.5倍というのは実際の耐震余裕けれども、もう一つの方は増幅倍率のことなので、それがここに直接的に耐震余裕に反映するというのは、少し説明が要るのではないかなと思うんです。むしろ真ん中の■の検討をされたから、要するに駿河湾の顕著な増幅を見て考慮しても耐震余裕があると考えたんですけれども、その辺のところを少し御検討されたらどうかなと考えています。

○中部電力（中川） 御指摘ありがとうございます。ここの表記の仕方とかが少し説明が足りないことがあるかと思いますが、2つ目のところはやはり耐震余裕を示したときに、それが具体的にどういう結果になっているのかということを実例的であれ示した方が、説明性の向上につながるという御指摘もいただきまして、なかなか直下からの増幅というのが現時点で定量的に評価することが難しいことではあるんですが、仮に2.3倍をそのまま今回は増幅する方向のアスペリティを考慮する形でやってみて、それでやはりこれだけ耐震余裕があるということが、安全性につながるということの説明性の向上で書かせていただいたということでございます。

○名倉安全審査官 済みません、ちょっと事務局の方から。今、原先生から御指摘していただいた2点について補足させていただきます。

まず1点目、構造W60-3の121~122ページの話で、121ページに耐震評価で一般的に適用可能と考えられる範囲ということが、右側の図のグラフの10と15の目盛の間に書いてございます。これは②で減衰定数ということで注意書きはちゃんとふっていただいているんですけれども、これと122ページとの関係において減衰を試験の平均値を使っているかということについては、これは今のところバックチェックでは余り適用していないとか、認められておりません。使えるかどうかまだ検証しておりません。

したがって、121ページで一般的に適用可能と考えられる範囲として書いてある減衰定数というのは、例えば使用済み燃料ラックとか燃料取替機といったものを解析的に、もしくは試験から知見を持ってきて、実態に応じた減衰を使うというものについては一般

的に適用可能な範囲となる。ただ、ここの平均を使っていかどうかについては 212 ページとの関連ではまだ読めませんので、ここら辺の説明は少し足りないだろうと考えております。

139 ページ、これは多分 119 ページとの関連で 2.5 倍以上あるというのを 119 ページから持ってきているんですけども、この中で入力に対して応答が線形的に伸びていかないものというものもある程度含まれております。例えば原子炉建屋、制御棒挿入性については加速度的に伸びていく場合もあれば、地盤の減衰と非線形化、いろんな関係で応答がプラスになる効果とマイナスになる効果がいろいろ入ってきますので、線形的に伸びていかない場合もある。頭打ちになる場合もある。だからそういう意味で 2.5 という数字と 2.3 倍という数字を直接比較するということについては、余り適切ではないという趣旨で原委員はコメントされたということでありますので、その趣旨に照らし合わせると先ほどの説明は 2.3 倍という数字を出しましたけれども、重要なのは今回の駿河湾の本震の観測記録で数値だけではなくて、比率だけではなくて、ある特定の周期帯だけ、ある波の成分だけ、ある波の時間帯だけ増幅された非常に選択性の高い増幅であったことも踏まえた上で、少し話をしないとイケない。

今 139 ページで表示している資料で、「以上の検討より」というところで 1 つ目の項目の最後の方に書いてありますけれども、多分重要なのは実際に 2.3 倍の入力でやった場合に、その余裕の具体例として実際には線形的に伸びていかないものもここで判明するわけでありますので、そこら辺を含めて「以上の検討より」とすべきだということでありますので、「また」を中に入れるか「以上」を後ろに出すか、そういうことをしないと論理的になっていないのではないかということだと思いますので、そここのところは適正に直すように事務局で指導させていただきたいと思っております。

○西川主査 岡村委員、どうぞ。

○岡村委員 私がよくわかっていないので、わかっていない人間が言うのはよろしくないのかもしれないんですが、検討したプロセスを書いてあるんですね。それは非常にわかりにくくなるんです。そうではなくて今回の観測結果を説明するには、こういうふうにすればできる。したがって、それを基にして耐震設計を考えるときの地震の特性は、このように扱うべきである。扱った結果 OK だったというふうな単純なストーリーを 1 つつくっていただいた方が、つまり検討されているときにいろんな検討をして、ここにたどり着いているというのはわかるんですが、多分私が今、言ったようなシンプルな考えに到達していないから、こういうふうになっているようなのか、シンプルな結論に到達しているかがびんと来なかったんです。

○名倉安全審査官 事務局からお答えさせていただきます。今日は合同 WG で結論が出た内容を 1 回少し報告して、その後こちらの方に上がってきた経緯を揚げて、もう一回戻した経緯もありますので、今までの審議との連続性を意識しまして大体数珠つなぎに全部御紹介させていただいた状況でありますけれども、全体像としてはほぼ御理解いただいて、

ある程度今、現状で反映できる知見を考慮した評価用の地震動を設定して、それで大体問題ないだろうというところまでは、全体像としてはやっているとは思いますが、その説明の仕方ですね。例えばここで審議していただいた結果を実際に私ども保安院が国民に説明する、地元で説明するとか、そういったときによりシンプルにわかりやすい説明をするための論理を、しっかりつくった方がいいのではないかと岡村先生の御指摘だったと理解させていただきたいと思います。

○西川主査 おっしゃるとおりだと思いますし、もともと建物が既に補強されていますので、その辺りがどういう考えでやられたかということを含めて流れの一環ですので、でないと何もやっていないところからやっているみたいでわかりにくいので、我々は何回も聞いていますけれども、そういう流れがわかるような説明を簡単につくっていただくと、わかりやすいのではないのでしょうか。

ほかによろしいでしょうか。これは駿河湾の地震において先ほど言いましたように5号機の顕著な増幅を暫定的に反映した地震動でも、安全性は問題ないという御説明だったわけですが、これに関わる審議状況の整理について保安院から御説明をいただきたいと思います。構造W60-4、先ほどの続きです。

○名倉安全審査官 それでは、構造W60-4の資料をお手元に御用意ください。こちらの題名といたしましては要因分析等に係る審議状況について（案）としておりまして、これは合同WGで11月16日に紹介させていただきましたものに対しまして、合同WGの先生方からコメントを多数いただきましたので、そのコメントを反映したということと、記載の適正化を事務局で念入りにチェックをさせていただきまして、修正をさせていただいたものでございます。それを一体の形でこちらのWGに提示させていただいております。

この資料の中で先ほども西川先生から少し言及していただきましたけれども、下の方に四角書きがしてありまして、構造WGにおきまして主に確認していただく箇所につきましてはアンダーラインを引いてございます。合同WGにおきましては施設のところまで含めて保安院の見解を記しておりましたが、少し合同WGの所掌以外のところも含めて書いておりましたので、今回確認をしていただいて案をとるということとございまして、案というものが入っていたということで、そこまで記載していただきました。ただ、少し最後の保安院の見解のところですが、今後のバックチェック等について触れていない部分もございましたので、今後はバックチェックをしっかりやっていきますということで、最後の見解のところについては少し合同WGの資料から、合同WGの先生方の了承も得た上で記載を修正させているというものでございます。

資料の中身を少し簡単に説明させていただきます。1ページ目の最初の方に資料の位置づけ等を記載してございますけれども、一番最初のパラグラフにつきましては要因分析等に係る合同WGにおける審議状況につきまして、論点整理メモにおける論点ごとに整理したということで、審議状況につきまして事務局の方で整理をさせていただいた結果ということで、記載をさせていただいております。

資料の末尾の方にある、中部電力が自主的に検討した5号機の耐震安全性への影響確認につきまして、提示内容を整理して当院としての現時点での見解を付したということで、構造WGに関係するところということでアンダーラインを引いてございます。

「0. 駿河湾地震の発生とその後の経緯」について2ページまで記載してございます。先ほど少し説明させていただきましたので、こちらは説明を省略させていただきます。

2ページ目から「1. 5号機の観測記録が他号機に比して大きかったことの要因分析」に関しまして、先ほど少し簡単に説明させていただきました論点整理の項目ごと、記載内容ごとに、その内容を詳細に記載してございます。基本的には審議においておおむね確認できた事項と、今後必要になった検討事項等、WGの審議を踏まえまして事務局の観点から書かせていただいております。

2ページからが(1)敷地内の観測記録の分析、4ページに(2)主要因の推定、6ページに(3)主要因と考えられるS波低速度帯の分布領域の推定、7ページから(4)主要因の検証ということで、現状の内容等を記載させていただいております。

6ページ(3)主要因と考えられるS波低速度帯の分布領域の推定につきましては、課題として認識されている事項を、6ページの真ん中やや下のところに3項目記載しております。これらの課題の対応ということで6～7ページにかけましてオフセットVSPの複数の断面での調査、ボーリングとかPS検層、地質学的な特徴をとらえるための調査、陸域から海域にかかる部分につきましても、5号機の南側はすぐ海の方になりますけれども、そういったところ、地下の速度構造を調べるのも、なかなか難しい面もありますので、海上での音波探査も活用して調査をするということで、ここに追加調査等を記載させていただいております。

8ページに「2. 要因分析等に係る審議状況のまとめ」を記載してございます。これは合同WGの審議状況につきまして、当院としてまとめたものでございます。このところについては参考情報ということで一通り説明をさせていただきます。

第2パラグラフ目、駿河湾の地震(本震及び余震)における敷地内の地震観測記録の分析を実施した上で、深部から浅部の地下構造調査結果を基に5号機の増幅の主要因を分析した結果、5号機の下方からやや東方の地下200～400m程度の深さにS波速度が700～800m/sec程度と、周囲の岩盤に比べ3割程度低下しているS波低速度帯が局所的に存在し、領域の断面形状として下に凸の形状であり、かつ、東に向かってやや分布深度が浅くなっていることを確認したとしております。

中部電力は「S波低速度層」を使っておりますけれども、中部電力は最初からいろいろと層ということで使っているんですが、少しなじみが私どもはありませんし、層かどうかはまだわかりませんので、私どもの表現は「S波低速度帯」とさせていただいております。

その次のパラグラフでありますけれども、また、東西断面におけるS波低速度帯の分布領域及びその形状等と5号機との位置関係を、暫定的にモデル化し実施した主要因の検証について、本震方向の解析結果として5号機の位置において、3～4Hzの周波数帯で顕

著に増幅する傾向をおおむね再現できていることを確認したとしております。

その後、課題関係を挙げておりますけれども、敷地内外の地震観測記録の分析、S波低速度帯の3次元の分布領域の推定及び増幅メカニズムの推定と検証に関して、今後より詳細に確認すべき事項があるものの、5号機の増幅の主要因に係る中部電力の現時点の推定は、将来的な耐震バックチェックにおける検討方針を踏まえても支障がないものと考えたとさせていただきます。この場合の「将来的な耐震バックチェックにおける検討方針を踏まえても」という部分につきましては、下の方の参考を参照していただきたいのですが、こういった今までの要因分析に係る分析を通しまして、今後の基準地震動 S_s の策定に向けての検討内容とその論点等が若干見えておりますので、こういったことを踏まえても支障がない。方針としての見通しはある程度、今後しっかりやっていけば得られるだろうという見通しを持って、現状で支障がない要因の推定と判断しております。

こちらが構造WGで確認していただくことかもしれないですが、10ページ目から5号機の耐震安全性への影響確認についてということで記載しております。先ほども少し説明させていただきましたが、中部電力が5号機の運転再開に際しまして合同、構造両WGに自主的に提示しました5号機の耐震安全性への影響確認につきまして、両WGの審議において提示された内容をⅠ～Ⅲに整理するというのと、両WGの審議を踏まえた当院としての現時点での見解をⅣに示しております。

10ページの「Ⅰ．影響確認の位置付けと概要」につきましては、基本的には中部電力の検討内容として今日、説明をした内容とほぼ同様の表現となっておりますけれども、前回8月の会合におきまして西川先生から位置づけに関して少しコメントをいただいておりますので、そういったところでここにはアンダーラインを付させていただいているものでございます。

10ページの真ん中やや下のところに「Ⅱ．影響確認に関する検討内容」とございまして、その下の(i)、(ii)、(iii)につきましては合同WGの検討内容となっておりますので、12ページに(iv)ということで「i)基本ケース」、「ii)参考ケース」ということで結果を記載してございます。

最初のパラグラフには評価の内容ということで概要を記載させていただいておりますので、代表波もしくは影響確認用の地震動といたしまして、複数のケースをやった上で選定をしておりますけれども、基本ケース、参考ケースどちらにおいても破壊開始点2、NS方向を波として選定しておりますので、その波を用いまして5号機の耐震設計上重要な施設の機能が維持されるかどうか検討している。その結果といたしまして、いずれにしても両方のケースそうでありますけれども、発生値が許容値（機器・配管系では許容応力状態 $IV_A S$ ）以下であることを確認しております。

「Ⅲ．耐震余裕に関する検討」でございます。こちらにつきましては中部電力が参考ということで実施しております内容につきまして、その位置づけの概要と検討結果を記載しております。

まず検討の位置づけと概要でございますけれども、新耐震指針に照らした浜岡原子力発電所の基準地震動 S_s の策定に係るこれまでの中部電力の報告においては、不確かさを考慮した震源モデルとして基本震源モデルである想定東海地震のアスペリティの一部を、仮想的に敷地直下に配置した仮想的東海地震を設定しており、仮想的東海地震が浜岡サイトに最も影響を及ぼす震源モデルであることが把握されております。

オフセットVSP調査によりますと、5号機増幅の主要因と推定されるS波低速度帯が5号機近傍に分布しており、敷地直下からの揺れの増幅も考えられることから、仮想的東海地震について駿河湾の地震で得られた知見を反映することにより、地震動レベルがより高くなる可能性があるとしております。

現時点では地震観測記録や地下構造のデータが限られており、敷地直下からの揺れの増幅も考えられ、定量的な検討が難しいことを踏まえ、施設の安全性への影響の観点から、駿河湾の地震で得られた5号機の顕著な増幅を踏まえた現時点における検討としては、仮想的東海地震の耐震安全性評価結果を用いて、5号機の耐震設計上重要な主な施設の耐震余裕に関する検討を実施しているとしております。

検討結果でございます。こちらにつきましては先ほど中部電力の資料で順番が少し違うというお話がございましたけれども、そちらは事務局の資料は最後の方で「以上のことから」ということで、最終的な結論ということを書かせていただいております。

バックチェックにおける評価では地震荷重と地震以外の荷重による発生値を合算し、評価基準値と比較しておりますけれども、今回の検討では地震荷重による発生値と地震以外の荷重による発生値を分離し、地震荷重に対する余裕度を評価しております。その結果、5号機の耐震設計上重要な主な施設について、地震荷重に対する余裕度は2.5倍以上あることを確認している。

今回の検討において評価した耐震余裕につきましては、これまでの耐震バックチェックと同様の手法により算定しておりますけれども、実際よりも大きめの発生値を算定するような種々の配慮を行うとともに、実際の破壊限界に更に余裕を見込んだ評価基準値を採用していることから、実際の耐震余裕は更に大きいと考えられるとしております。なお、耐震バックチェックにおいては、より現実的な発生値を算定するため、適用性に留意した上でより実状を踏まえた解析条件、より詳細な解析手法等を用いることが可能でありまして、また、より現実的な評価基準値として、既存設備の実測データや最新の知見等の根拠を明示した上で、妥当性が認められる範囲で設定することが可能であるとしております。

上記の耐震余裕の検討に関する説明性をより一層高めるため、仮想的東海地震の震源モデルに基づきまして、駿河湾の地震における5号機の顕著な増幅を暫定的に反映した地震動を仮に算定し、バックチェックと同様の手法により5号機の耐震設計上重要な主な施設の評価を実施した場合においても、これらの施設の機能維持に支障がないことを確認している。

以上のことから、5号機の「止める」「冷やす」「閉じ込める」に関する耐震設計上重要

な主な施設につきまして、駿河湾の地震で見られた顕著な増幅を踏まえても、耐震余裕がある程度有しているものと考えられるとしているとさせていただきます。

その後が「Ⅳ．当院としての現時点での見解」ということで、こちらにつきましては5号機の耐震安全性への影響確認を（Ⅰ）、14 ページを（Ⅱ）といたしまして、先ほど冒頭で説明させていただきましたとおり、今後のバックチェックについてもここで記載をさせていただきます。

13 ページ（Ⅰ）の耐震安全性への影響確認につきましては、当院としての現時点での見解につきましては以下のとおりであるとしておりまして、まず1つ目が駿河湾の地震において5号機の顕著な増幅が認められたが、駿河湾の地震における観測記録に係る現状の分析結果を踏まえ、顕著な増幅の影響を想定東海地震に対して暫定的に反映した場合においても、5号機の耐震設計上重要な施設の機能維持に支障がないことを確認したとしております。

新耐震設計審査指針に照らした基準地震動 S_s の検討を実施中である状況にかんがみ、5号機の耐震安全性に対する説明性のより一層の向上の観点から、これまでの耐震バックチェックに係る検討において、浜岡サイトに最も影響を及ぼす仮想的東海地震に対して耐震余裕を検討しており、その結果として仮想的東海地震に対して増幅を仮に考慮したとしても、耐震設計上重要な主な施設の機能維持に支障がないものとする。

なお、駿河湾の地震における観測記録に係る現状の分析結果を踏まえた増幅特性の設定、増幅特性の考慮方法等の地震動評価方法については、現状を踏まえた方法として安全上支障がないものとするとしております。こちらにつきましては合同WGの検討内容ということでございます。

また、構造WG所掌の内容について記載しております。施設の評価条件、評価方法及び評価基準値につきまして、耐震バックチェックと同様のものを用いており、現状における検討として安全上支障のないものとするとしております。

（Ⅱ）ということで今回追加させていただきましたバックチェックに係る内容ということで、こちらにつきましても少し説明をさせていただきます。

5号機耐震バックチェックについての全体ということで、第1パラグラフ目を書かせていただいております。今後、浅部地下構造に係る追加調査の結果や地震観測記録のさらなる分析の結果を踏まえて、地震動の増幅メカニズムの検証等を実施するとともに、地盤増幅特性を詳細に検討した上で、それらを考慮した基準地震動 S_s を策定し、基準地震動 S_s に対する耐震設計上重要な施設の安全機能保持を確認することにより、耐震安全性評価を実施する必要があるとしております。

その下の方でございますけれども、こちらは今後のお話でございますが、少し補足的な内容ということで記載している内容でございます。今回の駿河湾の地震を踏まえた5号機の耐震安全性への影響確認においては、これまでの耐震バックチェックに係る検討を踏まえ、仮想的東海地震に対して耐震余裕を検討しているが、その具体的例示として仮想的東海地

震の震源モデルに基づき、駿河湾の地震における顕著な増幅を反映した地震動を仮に算定し、バックチェックと同様の手法により5号機の耐震設計上重要な主な施設の評価を実施している。その際に評価した地震動については浅部の地下構造調査を実施中であること、増幅メカニズムの検証等を今後実施すること等を勘案して、評価として十分安全側となるように地震動を設定している。今後の基準地震動 S_s の策定過程においては詳細な調査、分析の結果を踏まえて地震動レベルを明確にすることにより、より安全性が確保されていることを説明できるものと考えているとさせていただきます。

その後、括弧付けではありますけれども、今後の基準地震動 S_s の策定に向けての検討内容ということで、今回の5号機の耐震安全性への影響確認の検討の中で見出された内容につきまして、15ページに参考ということで記載をさせていただきます。これはいずれも合同WG所掌の内容となっております。

ということで、これが資料といたしましての要因分析に係る審議状況の整理ということで、バックチェックに主に係る内容ということで増幅要因の審議状況を整理させていただきます。その中の添付ということで10ページ以降におきまして、中部電力が自主的に提示させていただきました5号機の耐震安全性への影響確認につきまして、合同WG、構造WGの両グループの検討状況を踏まえた上で、事務局で見解を書かせていただいたというものでございます。

こちらの見解につきましては検討の性格も考慮いたしまして、保安院の方で今後説明に活用させていただくものでございます。

説明としては以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。こういうことで保安院の方でまとめていただきました。何かこれについて御質問とか、こうしたらいいということがあればお願いします。原委員、どうぞ。

○原委員 ちょっと理解しにくい表現のところは13ページにありますので、御説明していただければいいかなと思います。

上から2行目のところは先ほどから議論になっていました「増幅に係る定量的な検討が難しいこと」を踏まえた上で、更に下の行に「5号機の顕著な増幅を踏まえた現時点における検討としては」という2つ踏まえるものがあるんですけども、そうしたときに仮想的東海地震の耐震性評価結果というのは、増幅を考慮していないものかなとは思っているんですが、その辺が読み取りにくいのでもし御検討いただいたらいいと思っています。

以上です。

○名倉安全審査官 今、質問の中でございましたとおり、こちらの仮想的東海地震の耐震安全性評価結果につきましては、今までのバックチェックの中でやっているケースに対しての結果でございます。耐震余裕の検討につきましては基本は仮想的東海での検討。それに対して具体的な耐震余裕の例示ということで、仮想的東海地震に対して増幅特性を考慮した検討があるという構造になっておりますので、そこが先ほどの結論に導くところの

ルートとしてもわかりにくいということでもございましたので、こちらにつきましては少し文章としてどうするかという話と、説明上どうするかという話につきまして、今後検討をしっかりとさせていただきたいと考えております。

以上です。

○西川主査 西谷委員、どうぞ。

○西谷委員 13ページの(Ⅱ)として一番最後にある「耐震余裕をある程度有している」という表現なんですけれども、「ある程度」というのはぎりぎりというニュアンスにもとれるし、それなりにというニュアンスにもとれてしまう気がするんです。これは私の個人的な感じかもしれないですけれども、「ある程度」という言葉が必要ないと思います。「耐震余裕を有しているものと考えられる」ではまずいのかなという気がしたんですが。

○名倉安全審査官 この「ある程度」という表現は、実は先ほどの仮想的東海地震に増幅率を考慮している場合の前に耐震余裕があるというところで、「ある程度」と最初にもし入れるんだったら必要だということで、参考的な検討が後ろにある場合の書き方だったんです。これは「以上のことから」ということで、増幅率を考慮した検討が先に来るのであれば、「ある程度」というところはあえて付ける必要がないのではないかと。ですから、これは取り忘れと思います。

実は中部電力の方は、これを付けていないという状況であります。ですから、中部電力と事務局の資料の違いがここに今、出ているところを御指摘いただいたことになりまして、ただ、耐震余裕を有しているという言い切り方が、この場合そういう言い方をしているかどうかについては、それはこういう言い方をした方がいいという御意見ということによろしいでしょうか。

○西谷委員 私が申し上げたのは、ある程度という言葉がさまざまにとれるので、保安院としてこれがもし地元とか国民の方に説明しているんだとすると、ぎりぎりと考えているかのようにもとられかねないということに気がしたんです。保安院がもしぎりぎりとして考えているととられたら、かなりいろいろまずいですね。御検討いただければ結構です。

○西川主査 その辺は保安院がぎりぎりだと思っているのであれば、それはしょうがないのでありますし、どういう性格か。

○名倉安全審査官 この場で答えておかないと少し問題になるかもしれません。先に答えさせていただきます。

今回の検討では、実際の耐震余裕としていろんな評価にあらわれること以外の枠組みも、中部電力の方でA3の方で説明もしておりますので、そういったことも踏まえると、評価上実は増幅率を仮想的考慮した場合のものについては、配管系についてはバックチェックと同じ手法を使っているのでぎりぎりのところはあるんです。だから、そういうものを見てしまうと「ある程度」という表現かもしれないですけれども、いろんな余裕に対して今後の可能性も含めてまだいろいろと実状を踏まえた解析条件、解析手法を適用できる余地がまだあるということも一緒に説明しておりますし、耐震余裕の試験の結果等も今回参

考資料で引用しておりますので、このところは「ある程度」と入れなくても全体の趣旨としてはいいのかなと思っておりますので、ここは削除させていただきたいと思います。

○西川主査 わかりました。これはいずれにしてもS sのバックチェックがかかってきますので、そのときにはもう少し詳細な検討をされる。現在は仮想的東海で暫定的に決められて、合同WGでも認められた地震動に対して余裕があるかどうかというのが、やり方ですけれども、詳細評価をやっていないところもありますから、配管系ではあるよということで書かれたんだと思いますが、そういう意味だと思います。とにかくトータルとしては安全側があるということをお願いしたいですね。そうだと思います。

ありがとうございました。今後の基準地震動S sの策定に向けての検討内容等の説明もありましたが、今回駿河湾の地震を踏まえた5号機の耐震安全性の影響確認、先ほど言いましたけれども、5号機の顕著な増幅の影響を暫定的に反映した場合においても、耐震設計上重要な施設の機能維持に支障はないことを今日説明いただきましたが、それにつきましてはいかがでございましょうか。御了解いただきましたでしょうか。応答倍率法なんかを使っていますのでぎりぎりのところもありますけれども、そういうふうなことで地震動が合同WGのS sの策定を見なければいけません、不確実性を一番下に持ってきていますので、かなり大きいのではないかという感じもしないでもないんですけども、それは我々が言うてはいけなくて、合同WGの方で決めていただきたいと思います。

それでは、本日の審議はこれで終了したいと思います、最後に保安院から今後の予定等、事務連絡をお願いします。

○小林耐震安全審査室長 構造W60-4の資料については今、御審議いただいた点を加味して、保安院としての見解をとりまとめたいと思います。なお、先ほど60-4の末尾にありましたように、今後新耐震指針に照らした耐震安全性評価、いわゆる耐震バックチェックでございまして、これについては追加調査等の結果を踏まえて基準地震動S sの策定、S sに対する施設の評価について確認していくこととします。引き続きよろしくお願ひしたいと思います。

本日の資料につきましては机上に置いたままで結構でございます。

なお、次回のWGでございまして、現在調整中ですので決まり次第、別途保安院から連絡させていただきますので、よろしくお願ひいたします。

保安院からは以上でございます。

○西川主査 時間が大幅にオーバーしましたけれども、どうもありがとうございました。

以上をもちまして第60回の「構造WG」を終わりにしたいと思います。どうも御苦勞様でした。