

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会

議事録

平成 25 年 3 月 21 日（木）

13:30～

愛媛県水産会館 6 階大会議室

1. 開会

○司会 定刻となりましたので、ただ今から伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会を開催いたします。

初めに、傍聴者の方に傍聴に際しての順守事項を申し上げます。

会議の開催中は静粛に傍聴すること。写真・ビデオなどの撮影・録音などはしないこと。その他、会議の秩序を乱すなどの行為をしないこと。などとなっておりますので、ご協力をお願いします。

また、携帯電話などをお持ちの方は、マナーモード等に設定いただきますようお願いいたします。

それでは、上甲県民環境部長から、ごあいさつを申し上げます。

○上甲県民環境部長 伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会の開会に当たりまして、一言ごあいさつを申し上げます。

委員の皆様方には、大変お忙しい中を当部会にご出席を賜りまして、誠にありがとうございます。また、日ごろから本県の原子力安全行政に対しまして、格別のご協力をいただいておりますことを厚く御礼を申し上げます。

これまで、環境安全管理委員会の審議事項のうち、技術的な事項につきましては、技術専門部会でご審議いただいておりますが、さらに検討体制を強化するために、これまでの技術専門部会を、原発の安全性を確認する、この原子力安全専門部会と、環境放射線等を確認する環境専門部会に再編いたしましたので、委員の皆様方には今後ともよろしくお願いいたします。

さて本日の議題ですが、まず当部会の部会長ついて選任をお願いいたします。

次に、昨年 9 月の技術専門部会で四国電力から概要の報告がありました、伊方 3 号機の耐震裕度 2 倍確保に係る取り組みについて、ご審議をお願いいたします。耐震裕度 2 倍確保の取り組みにつきましては、県から四国電力に対しまして、国の基準を上回る追加的安全対策を求めまして、同社からこの取り組みの実施について報告があり、昨年 6 月に伊方

3号機分について確保したとの連絡があったものでございます。このほか、長期間停止しております伊方原発の安全対策と、これまで技術専門部会等で確認しておりました安全対策の実施状況につきまして報告があります。これらは伊方発電所の安全確保に係る重要な案件ですので、技術的に専門的観点から、忌憚のないご意見をいただきますようお願い申し上げます。

本日はよろしくお願いたします。

○司会 原子力安全専門部会委員につきましては、事前に管理委員会設置要綱に基づき、会長が指名しておりますので、この場を借りてあらためてご紹介いたします。

まず、五十音順に。京都大学教授の宇根崎さん。

○宇根崎委員 宇根崎でございます。

○司会 愛媛大学名誉教授の濱本委員さん。

○濱本委員 濱本でございます。

○司会 京都大学名誉教授の吉川委員さん。

○吉川委員 吉川です。

○司会 九州大学准教授の渡邊委員さん。

○渡邊委員 渡邊です。よろしくお願いたします。

○司会 なお、愛媛大学教授の高橋委員さんと、准教授の森委員さんは、ご都合により遅れてのご出席となります。なお、愛媛大学教授の岡村委員さん、北海道大学教授の奈良林委員さんが、本日はご都合によりご欠席されております。

議事に入ります前に、お手元にお配りしている資料の確認をお願いいたします。

原子力安全専門部会資料の目次に示しましたとおり、資料は1から6までございます。このほか、前回の技術専門部会の議事録を参考配布しております。資料の不足等がございましたら事務局にお申し出ください。

これから審議に移りますので、報道機関の方は事前にお知らせしましたとおり、カメラでの撮影は取材区域でお願いいたします。

2. 議題

(1) 原子力安全専門部会長の選任について

○司会 それでは、議題1の原子力安全専門部会長の選任についてです。

まずは、事務局から伊方原子力発電所環境安全管理委員会設置要綱の改訂について、説明いたします。

○事務局 原子力安全対策推進監の山口でございます。ただ今から、委員会設置要綱の改訂につきまして、説明をさせていただきます。座ってさせていただきます。

それでは、本日お配りしております資料の後ろの方でございますが、資料の5をご覧くださいませでしょうか。「委員会の設置要綱」になります。

伊方原子力発電所環境安全管理委員会につきましては、委員会設置要綱の第2条に規定しておりますとおり、環境放射線調査や温排水影響調査などの伊方発電所周辺の環境保全に関する事項でございますとか、プルサーマル・耐震安全性など、伊方発電所の安全確保に関する事項につきまして、これまでご審議いただいているところでございますが、要綱にはこれまで大まかな任務は規定されてございましたが、一部明確になってなかった部分もございました。このため、これまでも委員さんから任務につきましてご質問いただいたこともございましたので、その後ろの方に付けてございます「新旧対照表」の方ご覧いただければと思います。「新旧対照表」の左側の方でございますけれども、こちらの方の第2条において任務が規定されてございます。こちらの任務の方に、委員会設置要綱の中に明確に、今、申し上げたようなことを記載するとともに、技術的な事項につきまして検討を行っていただきました技術専門部会につきましても、さらに安全確保と環境保全の確認体制を強化するため、同じく要綱の中の第6条でございますが、こちら新旧で申し上げますと裏側のページになりますけれども、環境放射線などの調査・測定結果などの環境保全に関する事項を検討いたします「環境専門部会」と、伊方発電所の安全対策などの安全確保に関する事項を検討いたします「原子力安全専門部会」に再編することといたしました。

当原子力安全専門部会につきましては、同じく第6条でございますように、要綱第2条3号のうち、放射性廃棄物の保管管理状況に係る内容。4号の発電所に主要な施設の設置、変更等に係る安全対策。5号の発電所の保守及び運転に係る安全対策の技術的事項につきまして、ご審議をお願いいたします。

なお、部会長につきましては、第7条に規定してございますとおり、委員の互選により選任していただき、部会長代行は部会長からのご指名となっております。以上でございます。

○司会 専門部会長につきましては、管理委員会設置要綱に基づき、当部会委員の互選となっております。ご推薦等がございましたら、お願いいたします。

○宇根崎委員 宇根崎でございます。僭越ではございますが、濱本委員に部会長をお務めいただくのが適任かと思っております。

濱本先生は、長年にわたりまして伊方原子力発電所の環境安全管理に深く携わっておられて、長年のそのご経験・知見、それから深いご見識を持って、今回新たに設けられました原子力安全専門部会の議論を取りまとめていただけるんじゃないかと思っておりますので、まさにご適任かと存じますので、ご審議のほどお願いしたいと思います。

○司会 ただ今、部会長には濱本委員さんにとの、ご発言がございましたが、皆さんいかがでございますでしょうか。それでは、濱本委員さんに原子力安全専門部会の部会長をお願いいたします。申し訳ございませんが、濱本部会長さんには席の移動をお願いいたします。

それでは、以後の議事進行につきましては、要綱に基づき、濱本部会長さんをお願いいたします。

○濱本部会長 ただ今、部会長に選任されました濱本でございます。委員の皆様方のお力

添えをいただきながら、職責を精いっぱいしっかりとやっていきたいと思っておりますので、ご協力のほどよろしくお願いいたします。

それでは、まず部会長代行の指名ということが私の責任になっておりますので、指名させていただけたらと思います。宇根崎委員、恐縮ですが部会長代行として、一緒にこの会の運営をよろしくお願いいたします。

(2) 伊方3号機耐震裕度2倍確保に係る取組みについて

○濱本部会長 それでは、議事に入らせていただきます。

まず議題の2、伊方3号機耐震裕度2倍確保に係る取組みについてでございますが、このことにつきましては、昨年9月の旧技術専門部会において、四国電力から説明を受け、いろいろ議論をしましてまいりましたが、四国電力では、その取組みについて外部有識者による評価方法だとか、それから結果の確認をもらっておられるようであります。

今日は、四国電力の方から評価結果についてご説明を受け、当部会で議論してまいりたいと思います。

まず、四国電力の方から説明をお願いします。

○四国電力 四国電力原子力本部長の柿木でございます。説明に入らせていただきます前に、一言ごあいさつを申し上げます。

原子力安全専門部会の委員の先生方には、日ごろから伊方発電所の運営につきまして、ご理解とご指導賜りまして誠にありがとうございます。今回より、先ほどご説明ございましたように、従来の技術専門部会が2つの部会に分かれまして、発電所の安全に関する事項につきましては、当部会でご審議をいただくということになりました。委員の先生方におかれましては、今後ともご指導のほど、よろしくお願いいたします。

当社は、東京電力福島第1原子力発電所の事故以降、緊急安全対策やシビアアクシデント対策といたしまして、津波対策、電源確保対策、原子炉の冷却対策などを進めますとともに、免震総合事務所の建設や、当社独自の取組みでございます安全上重要な設備の耐震裕度確保などの地震対策を進めるなど、伊方発電所のより一層な安全性向上に取り組んでございます。

この取組みの一環といたしまして、昨年11月には、恒設の非常用発電機、それからフィルタ付きのベント設備を設置することなどを公表させていただきまして、現在その準備を進めているところでございます。

また、この3月14日には、伊方発電所3号機のさらなる安全性・信頼性向上を目指しまして、安全上重要なポンプの信頼性向上、冷却用水源の多様化などの追加対策の実施につきまして公表をさせていただいたところでございます。

本日は、これらの取組みのうち、伊方発電所3号機におけます安全上重要な設備の耐震裕度2倍確保に係る取組みの詳細。また前回の技術専門部会でご質問いただきました、

伊方発電所の長期停止に伴う保全対策。そしてこれまでに行ってまいりました安全対策の実施状況につきまして、ご説明をさせていただきます。

現在、原子力規制委員会におきまして、新安全基準の策定作業が進められ、今年の7月にも施行される見込みでございますが、私どもといたしましては、この安全基準の策定状況も踏まえまして、今後とも伊方発電所の安全性・信頼性の向上に努めてまいり所存でございますので、引き続きご指導のほどよろしくお願いをいたします。

それでは、原子力部の耐震設計グループリーダーの梅本から、ご説明をさせていただきます。

○四国電力 耐震担当の梅本です。よろしくお願いいたします。

伊方3号機耐震裕度2倍確保に係る取組みについて、座ってご説明させていただきます。

まず、目次のところを見ていただきます。「1. はじめに」、「2. 取組みの基本的な考え方」、「3. 検討の流れ」、「4・5・6に耐震裕度評価結果」を示しております。「7. 建屋非線形応答の影響に関する検討結果」、「8. 外部有識者による確認結果の概要」、「9. まとめ」。最後に耐震裕度の詳細な内容について添付しております。次ページへお願いします。

2ページ目、はじめに。

ここでは、全体の流れですね、去年の9月の部会でも説明させていただいています。愛媛県知事からのご要請を踏まえて、安全上重要な設備に対して、2倍以上を確保するというふうな取組みをやっております。このうち伊方3号機について裕度の確認をしまして、去年の6月18日に2倍以上の裕度があることが確認できたということを公表しました。

その後、外部有識者2名を委員とした検討会を開催して、今回の取組みの内容の妥当性について確認をいただいております。次ページをお願いします。

3ページ目、取組みの基本的な考え方。

これは今回の取組みの趣旨等について書いてきております。上の方から順番に読んでいきます。

伊方発電所では、安全上重要な設備に対して、基準地震動(570ガル)を入力条件として、それぞれの設備にかかる力を算出し耐震評価を実施しております。今回の取組みでは、基準地震動を入力したときの設備にかかる力が2倍になったとしても、設備が実力的に耐えられるかどうかを確認したものです。安全上重要な設備が、実力として2倍程度の耐震裕度を持っていることをお示しできれば、地域の皆さまの安全・安心感に繋がると考えたものです。

耐震評価は、基本的に基準地震動を入力したときに、設備にかかる力が、それに耐える力(評価基準値)を超えないこと(裕度でいえば、1倍以上あれば良いこと)を確認してきております。

一方、今回の取組みでは、耐震バックチェック等の既往評価結果を用いて裕度を算出し、裕度が2倍未満となっている設備に対して、現時点の知見も踏まえた実力評価(基準地震動を入力したときに設備にかかる力と、それに耐える力について、より実態的な評価)、

あるいは耐震性向上工事を実施することにより、実力として2倍以上の裕度を確保しようとするものです。

なお、耐震設計に関する技術的要求を定めた、原子力発電所耐震設計技術規程（日本電気協会）は、「本規程は、既設プラントの耐震性安全評価にも用いることができ、その場合、運転実績・計測データ・実証試験結果等により得られた知見を反映して差し支えない」と記載されており、今回の耐震評価は、これを参考に実施したものです。ということで、一番上のところには、今回の取り組みの趣旨を書いています。安全上重要な設備が、実力として2倍程度あるということをお示しできれば、安全・安心感に繋がるんじゃないかと。

2つ目の黒丸のところでは、どういうふうな耐震評価をしたかということでございますが、既設の評価結果をベースとしながら、一部の設備については実力評価、あるいは耐震性向上の工事を実施しております。こういうふうな耐震評価をしたよりどこでございませうが、技術規程。学会です。我々、「J E A C」って呼んでいます、この規程に明確に、こういうふうなことが書いております。ここを評価のよりどころとさせていただいているということでございます。次ページお願いします。

4ページ目。ここは大きな流れについて書いております。対象設備、全部で134設備、そのうち120設備については、耐震バックチェックとかストレステストとか、この既往の評価を用いて、2倍の裕度があることを確認しております。

残りの14設備のうち、12設備については実力評価を実施し、2倍以上の裕度を確保しております。あとの2つの設備については、耐震性向上工事を実施いたしました。次ページお願いします。

5ページ。耐震裕度の評価結果。既往評価結果を用いた評価。下の方に一例として、設備名と裕度を示しております。これは例として挙げていまして、こういうふうなシートが何枚かございます。左の方から設備名があつて、その評価結果の引用元。「S T」というのはストレステストです。「B C」というのは、耐震バックチェック。それから評価部位・損傷モード・単位・発生値・許容値・裕度を示しております。この裕度につきましては、この許容値を発生値で割ったものでございます。

ここはたまたま、全て「2」以上になっていますが、「2」を割っている設備についてピックアップして、それについては実力評価あるいは耐震工事をやっているということでございます。次ページお願いします。

6ページ目。耐震裕度評価結果の実力評価。結果だけ記載しております。設備を左にずらつと書いてます、12設備。そして真ん中の欄のところは、既往の耐震裕度。右の方の欄が、現時点の知見も踏まえた耐震裕度ということで。これ前回の部会で、同じ耐震裕度といつても、設計基準に従うのと実力評価したのとは意味合いが違うだろうというご指摘がありまして、言葉で使い分けをすることにしました。「既往の耐震裕度」、それから「現時点の知見も踏まえた耐震裕度」、実力評価ということでございます。

これで既往の評価結果を見ますと、「2」を割っているという設備がございます。今回、

後ほど詳しく、その評価内容についてご説明しますが、裕度「2」以上になっております。

それから、欄外で※の2で出典を書いております。これも前回の部会で出典を書くようにというご指摘がありまして、今回出典についてもお伝えしております。次ページお願いします。

7ページ目。ここからは、前回の部会ではご説明できなかったところがございます。実力評価の1件1葉で説明しております。

まず、再生熱交換器でございます。左の方の絵が、既往の評価、右の方が今回の評価。この熱交換器は、こういうふうな2本の支持脚で支持してるもの、横型のこういうふうな容器でございます。緑のところを見ていただきますと、脚部の摩擦力を考慮しない、簡便な手法で評価をしております。それから地震力を保守的に設定する。その結果、左下の裕度でいいますと、2を切っていると。

今回の評価は、右側なんですけど、熱交換器ですから、熱の吸収による変位を吸収するために、一方の支持脚は少し動くようになっています。ボルト穴を少し大き目でやっていると、いわゆる長穴ってやつですね。それで支持すると。そうしますと、地震があったときに、この床面と支持脚の底部に摩擦力があると。この摩擦力を考慮しますと、支持脚にかかる力が軽減できるようになるということを行いました。あと、より現実的な地震力の設定をしております。また、この評価内容については、添付の資料で詳しく説明したいと思います。その結果が右下、裕度が2倍以上になっております。次ページお願いします。

8ページ目の実力評価。これ原子炉格納容器の本体の評価内容でございます。左側が既往の評価ということで、その技術規程の中に、こういうふうな座屈の評価式がございます。ここに代入してやって、1以下になっていればいいということです。既往の評価結果を見ますと、2倍の裕度という観点からは下回っているということで、右が今回の評価です。格納容器をこういうふうなFEM解析モデルを構築して、たくさんのメッシュを切って、この中に材料特性等を入れております。それで地震力を徐々に大きくして行って、格納容器全体の挙動を見ております。

そうしますと、今の基準地震動の2倍をちょっと超えたぐらいから、この右の絵のように赤い部分が座屈の起こる可能性がある部位がございます。そのときの値を見てやりますと、右下のグラフでございますが、このグラフは縦軸に「荷重」を示しています。横軸に「頂部の変位」格納容器てっぺんの変位ですね。この黒の曲線がございますが荷重を大きくしてやれば、当然変位が大きく出て、ある大きさから変位が加速される、その点を見てやっただけですね。それがこの赤い線。

それに対して、青のところというのは、今の基準地震動 S_s の荷重ということでございます。それで今回は、この赤の部分と青の値を比べますと、裕度が2以上になったというふうな結果になっております。次ページ、9ページ目をお願いします。

これはアニュラスシールの実力評価でございます。

アニュラスシールといいますのは、左下に簡単に漫画を描いてますが、原子炉格納容器

本体があって、その周りのこういう外周をコンクリート、鉄筋コンクリートの壁があります。この間にシールの施工がございます。このアニュラス部といいますのは、事故時に原子炉格納容器の中の圧力が高まった場合に、このアニュラスの方に、その圧力を逃がしてやる、というものでございます。耐震評価は、ここのシールを下から支持してるんですけど、ここに梁端ボルトというボルトがございまして、ここが一番耐震評価が厳しいと。既往の評価結果を見ると、「2」を割っているということで、右の方の今回の評価は、現時点の工認のやり方でやると、評価基準値がアップするんじゃないかということを考えまして、その結果、裕度が 3.10、これだけではちょっと分かりづらいと思いますので、また後で添付資料の方で詳しくご説明したいと思います。次ページをお願いします。

10 ページ目。これは動的機器の実力評価でございます。

動的機器といいますのは、基本的に振動台で揺らして、どこまで機能が確認できているかっていうことを使うような、そういう評価でございます。それを「機能維持確認済加速度」と呼んでます。

今回は、この加速度を使って、そのぐらいの加速度が来たときに、設備がどれぐらいの裕度を示してるものかというのをみまして、その加速度に一番厳しいところの裕度をかけ合わせた、そういうふうな加速度まで耐えることができるのではないかとことを考えました。左下の絵で見ていただきますと、まずこの緑の部分が振動台で揺った加速度の大きさのイメージと考えてください。この緑で揺ったときに、この設備がその評価部位ごとに、どのぐらいの裕度があったっていうのを見てやってるんですね。一番厳しい裕度のところを見てやって、その裕度と元々の機能維持確認済加速度をかけてやる。ですから緑と青の部分の数値をかけてやる。そうすると、この赤の部分になります。赤のところまでは、機能維持が大丈夫だということでございます。具体的にいきますと、この右下に横型ポンプの例が載ってますが、この一番右の「軸継手 1.6」という値がある。これが一番部位としては厳しいんですよ。この 1.6 に、もともとその水平方向で 1.4[G]と。[G] っていうのは重力加速度でございますが。これで揺ったときに、1.6 の裕度があるということで、1.4 と 1.6 をかけて、その値を今回評価基準値としたということでございます。次ページをお願いします。

11 ページ。これは実際に耐震の工事をやりました。この左の方が工事前の状態です。こういうような盤に対して、右側にあるように、上部にこういうようなサポートを設けて、全体として揺れは小さくしてということで、こういう工事をやった結果、裕度が 2 倍以上にできております。次ページをお願いします。

12 ページ。今までは評価のラインについてご説明しましたが、ここはちょっと観点を改めて建屋の非線形応答の影響に関する検討結果ということで、この右の方の絵を見ていただきますと、青い部分が線形というイメージで書いて、縦軸が応答加速度、力ですね。横軸が周期を表しています。こういうような応答スペクトルを使って施設を設計するわけですが、普通ですね、線形だと α 倍とかいいますが、今回は 2 倍というふうに見て

いただいて結構なんですけど。青いこの細い線があります。これは基準地震動 S_s で揺ったときの床応答というイメージです。これに2倍の力がかかるんじゃないかと。これは線形で考えておりますが、ここで建屋の応答を考えてみますと、 S_s 基準地震動は、もともと非常に大きい地震動でございます。それを2倍した地震動という、かなり大きい地震で、建屋が非線形の応答を示すようになります。柔らかく揺れるような感じ。そうすると、この青の部分が右の方に寄っていくイメージです。緑の、こういうふうな床応答を示す傾向があります。そうしますと、この普通は線形で考えた方が大きく出るんですが、逆転しているところ、この黄色い部分が逆転しているところなんですけど、こういうような非線形の影響を受けて設備が線形で考えるより、より一層、力がかかって厳しい側になる。そういうものをですね、今回ピックアップして検討をして、それが次のページ、13 ページでございます。今の、その黄色いところに該当する設備を抽出してやりますと、12 設備ほどございます。これが表にしているものです。左に線形応答による裕度を書いてまして、真ん中の方が非線形応答による裕度ということで、裕度が下がっています。下がっているんですけど、もともと裕度がたくさんあるものについては、落ちたとしても2倍以上は確保できていると。でもやはり、その「2」の周辺にある設備については影響を受けて、「2」を割っている設備が出てきます。そんな設備が3つほどございました。「再生熱交換器」と「非常用予備発電装置機関本体」と「加圧器安全弁」、この3つでございます。上の2つにつきましては、先ほど実力評価の方で少しご説明しましたように、今回そういう実力評価をしまして、裕度がアップしていますから、線形の応答の影響を考慮しても「2」以上あるということを確認できております。

加圧器安全弁、下の加圧器安全弁につきましては、これは耐震評価をもう一度やり直しております。84.21、これはかなり大きな値が出てまして、ちょっと「えっ。」という感じの値なんですけど、この加圧器安全弁といいますのは、原子炉容器のラインにつながっている安全弁でございます。原子炉容器が、何か事故とかで圧力が上がった場合に、ここの安全弁を開いて圧力を逃がすというふうな弁でございます。ですから非常に高圧、それから高温に耐えられるような設備になっているんですね。ですから、これを耐震評価でやり直すと非常に裕度があると。ですから、厚くごつい設備になっているということでございます。次ページお願いします。

14 ページ目。外部有識者による確認結果の概要。今回ですね、第三者的な立場から、この評価内容について確認いただいております。お二人の先生に確認いただいております。現在まで4回ほど検討会を開催しております。次ページお願いします。

15 ページ。まとめでございますが、伊方3号機 134 設備について、耐震裕度が2倍以上あったと確認できました。それと外部有識者2名の委員により、その後、妥当性が確認できております。

それから引き続いて、これは今日ご説明しているのは3号なんですけど、1、2号機についても、同様な耐震評価を進めております。必要に応じて耐震性向上工事を実施するこ

とにしております。ここまでが本文です。次のページ、16 ページお願いします。

16 ページ目からは、添付として先ほど1件1葉でも説明しました実力評価の少し詳しい評価式も示しながら、どういう値を使っていたかということを説明しております。

まず、再生熱交換器でございますが、左下のモデルでございます、その脚の周りのモーメントを考えてやっています。実際にその第1脚・第2脚に、どれぐらいの力がかかっているのだろうということを計算式によって求めております。次のページ、17 ページお願いします。

この脚の方にかかるモーメントが鉛直方向の荷重です。そういうのを見てやって、③のところ脚の応力を算出してあります。これは、各種応力をですね、「圧縮」それから「曲げ」「せん断」と、これらを組み合わせた応力というものを、こういうふうな評価式で算出します。これは「J E A C」、先ほどお見せしました技術規程ですね。そちらの方の評価式そのままでございます。そこに値を入れていくと、一番下のところに座屈の評価を入れてあります。ここまでは既往の評価でございます。18 ページをお願いします。

ここからは、今回の評価でございます。「温度」とか「地震力」とか、あと先ほどちょっとご説明しましたように「摩擦」、こういうものを考慮してあるということで。評価式は既往の評価と全く同じものを使いますが、入力値について、上のような実力値にて評価をしておりますから、値は変わってはおります。19 ページ目お願いします。

同じように算出すると、「組み合わせ応力」が106MPa ということで、少し小さくなります。それから「座屈」の評価で0.49 ということで、少し小さくなっております。次ページお願いします。

20 ページ。これは原子炉格納容器本体の実力評価でございます。格納容器は、直径40mほどのこういう容器でございます。部材厚さはですね、大体44mmくらいです。鋼板を使っております。ここが既往の評価結果で「0.88」と右下に書いてありますが、こういう値が出ております。

それに対して、21 ページ目以降は、こういうような解析モデル「FEMモデル」を構築しまして、そこに右下の材料物性値。今回、円筒部については、実際に設置されている部材の強度を使っております。いわゆるミルシートを見ております。

こういうふうな物性を解析モデルに入れて、22 ページ、次のページ、水平荷重・鉛直荷重を、こういうふうな比率で、どんどん大きくしてやる。まず「0」からスタートして、どんどん大きくしてやる。漸増させて、その挙動を見ております。

「最大初期不整量、38.4mm」と書いてますが、これもともとこれをつくったときに、建設時にですね、どれだけその不整量があったと。ですから、こういう大きいものをつくりますと、真円にはならないんですね。若干ですね、不整が出てくるんです。その値は、このモデルに座屈がしやすいところに、そういうふうな値を入れております。ですから、最初からこういうふうなゆがみがあったような、座屈が起こりやすいような解析条件としたということです。次のページお願いします。

23 ページ目。これは、先ほど見ていただいたものを拡大したものでございますが、変位が進むところが、175.5MN という値になっておりますが、それに対して S_s で発生する荷重は 87.24 ということで、この比を見て2倍裕度が確認できたということでございます。次のページをお願いします。

24 ページ。アニュラスシールの耐震裕度評価内容でございます。既往の評価の内容とですね、次のページ 25 ページは今回の評価の内容と。ちょっと時間の関係で、1つずつは見えないんですけど、次のページ、26 ページにイメージ図を入れております。左の方の絵にはですね、既往の評価の内容ということで、ボルトは部材と部材をこういうふうに結んであります。そうすると、この部材と部材の間に、この青いところで示すような摩擦力があるんですね。ボルトで締めつけていますので。地震力がかかると、まずこの摩擦力で頑張ろうとするわけですね。この摩擦力と地震力が一致したところを、そのボルトの許容基準値としたのが以前の評価でございます。右の方は、とはいっても部材がずれてですね、力がボルトに実際かかるのはここからということで、今回はこのボルト自体を考えて、どれぐらいの力かかるかということを考えました。そうしますと当然のことながら、許容の基準値が上がりました。そういうふうなことでございます。次のページをお願いします。

27 ページ。これは先ほどご説明しましたように、振動台で揺らした、その加速度に、裕度の一番少ないところの値をかけ合わせています。これは、ポンプが 27 ページです。

次のページ、28 ページは、非常用予備発電装置です。これも考え方は同じです。機能確認済加速度に一番小さい裕度のところをかけ合わせていくと。

それから、29 ページ目は、ファンの実力評価ということで、ここも考え方は全く同じでございます。この場合、「インペラ」が一番裕度が小さいところになり、この値を使って評価をしております。

それから最後のページになりますが、原動機の実力評価。これも全く考え方が同じでございます。

説明は以上でございます。

○濱本部長 どうもありがとうございました。ただ今の伊方発電所の四国電力の方からの説明について、ご意見・ご質問がありましたら、よろしく申し上げます。はい。森先生。

○森委員 ご丁寧なご説明ありがとうございました。

初めに、今回の見直しで J E A C 4601 ってものが、頻繁に出てくるのですけれども。確かご発言の中では、「J E A C」って話をやりましたが、これは使われているものが、この J E A C 4601 っていう1つなんでしょうか。

○四国電力 そうです。

○森委員 分かりました。基本的に、これ1つということで。これは、我々には配布していただけないんでしょうか。これを用いて判断されてるわけですね。

○四国電力 そうですね。

○森委員 その根底となる性質だとか、あるいは根拠となる数字っていう面が分からない

と、我々はあくまで、技術的な判断をしようってものですから、もともとの判断基準をちょっと用意していただきたいかなというのが1つお願いします。

それから、まずそれがあったとしての2つ目の質問にいきますが、これも途中「裕度」という言葉ですが、裕度という言葉が5ページ目のご説明のときに、「許容値÷発生値」、これを「裕度」と言うというご説明がありました。これは途中のご説明で、今度は「評価基準値÷発生値」だとか、いろんな割り算がいっぱい出てくるんですけども。つまりこれまで、この「裕度」という言葉が出てくるのであれば、安全率というような非常に明快な技術分野では、明快な定義のある言葉で議論していたわけですが、今回この「裕度」という言葉が、ご説明の度に何か定義が少しあやふやな感じがするんですけども、「裕度」には何種類のまず裕度があるのかっていうことを説明願えませんでしょうか。

○四国電力 ちょっと何種類かというのは分からないんですけども、ここで明確にしたかったのは、この取り組みは、まず既往の評価結果をベースにしています。それについては、設計ベースを基本としています。今回は少し踏み込んで、実際にものはできてますから、そのものを見て裕度を確認していったというところはございます。今回その現時点の知見も踏まえた耐震裕度というふうに言ってますが、実力評価をしてるということでございます。

○森委員 分かりました。限られた時間ですので、質問内容にだけお答えいただければいいんですけども。

まず「裕度」の定義が1つの先ほどの「許容値÷発生値」という、そのご説明だけは定義が分かったんですが、その後、いろんな割り算が出てきますし、それに対して同じ言葉で「裕度」というような言葉が出てきますので、ぜひその用語の概念と定義、それをぜひ一覧表のような形でご説明いただかないと、1つ1つ判断が難しいというふうに思いました。もちろん検討の趣旨は分かっているつもりではありますが、その言葉がしょっちゅう出てくるものですから、ぜひお願いします。

それとですね、あと次に今度「許容値」という言葉、これも5ページで発生値はよく分かるんです。どのような応力なり何なりが発生したかということで、1つはこの発生値がある規定されている評価式で評価したとか、あるいは有限要素法であるFEMで評価したとか、その評価方法がそれぞれありますから、それらが明らかにされればまた判断できるんですけども。この「許容値」ということなんですが、従来ですと「許容値」っていうのは、安全率で割った言葉を「許容応力度」っていうふうに、恐らく理工系でここにいる年代の方々は習われたと思うんです。そうすると、この「許容値÷発生値」っていうのは、やっぱり教科書的には「安全率」っていうふうになってしまいますので、これを裕度として説明されると、それじゃ「安全率」と「裕度」というこの概念が、いったい何が違うのかっていう、本当は技術的な判断をしたいのに、何かまた少し哲学的なものが、うやむやになったもののような形ですんで、ちょっとそのご説明もまとめてお願いします。

それから、今度細かい点にいきますが、ごめんなさい、質問これでいったん終わっておいて、その質問にだけまずお答え願えないでしょうか。

○四国電力 5ページ目にも「許容値」という言葉使っています、6ページ目の評価基準値というふうにしてますが、これちょっと言葉を変えてしまったんですが、意味合いは同じです。ですから6ページのところも「許容値」という言葉を使っても良かったかなとは思っております。

今回、実力評価をしていますから、いわゆる設計から安全率がかかったですね、そういうふうな許容値に対して、その許容値自体がそれだけ裕度があるかということを見て、その許容値が若干上がっているところがございます。これは実力評価でやったということでございます。以上です。

○森委員 今のは「評価基準値」を「許容値」というふうに言葉を変えてもいいということで、全部を仮に「許容値」というふうに書いたとすると、そうするとこの「許容値」という言葉はいったいどういう定義なんですか。

○四国電力 なかなかですね、言葉で意味するところを表現するのは難しいところもあるんですが、ここの6ページ「評価基準値」と書いてますが、この真ん中の帯のところの、ここを「評価基準値」というふうにしてますが、これは5ページの「許容値」と同じ意味合いのものでございます。もっと言いますと、右側の「評価基準値」と書いてありますが、こちらの方は、そのままですから「許容値」という言葉使いましたけど、それをそのまま使っているとすれば、今回少し実力評価をして、その「許容値」について安全率を、そのあたりを考慮したら、少しその「許容値」の値が上がったというふうなところはあります。

○森委員 結局、私、定義を聞いてるんですが、定義がお答えできないようですので。そうすると、「許容値」という言葉は、この「評価基準値」というような言葉と置き換えられるとすれば、我々はこの「評価基準値」というもの、引用されてます※2である、結局J E A C 4601 というものを見ない限り理解ができないという、論理的にはなってしまいますので、ですから「評価基準値」というこの言葉では、今日は私は判断することができないんじゃないかと思いました。仮に「許容値」というふうに置き換えてもいいというような、先ほどご発言があったので、じゃあ「許容値」という言葉が、従来いわゆる理工学で使われている、その強度を安全率で割ったものを仮に「許容値」というふうに、そういう定義であるとするならば、「許容値」という言葉で置き換えて考えていくことができるんですけど、どちらなのでしょう。

○四国電力 ここで書いてます「許容値」というところは、今、森先生が言われたように、安全率を考慮したような厳しめな値を使うのが普通だと思うんですね。そういう意味合いです。ちょっと繰り返しますが、今回はその「許容値」をベースにしてるんですね。そこ「発生値」を比べてやっています。一部の設備について、裕度は若干小さい設備がありますから、そこは少し見直した、そういう「許容値」を使わせてもらっているところがございます。

○森委員 分かりました。そうすると確認ですけども、仮に応力であれば、応力の「許容

値」っていうのは、今までの概念でいう「許容応力」と思ってよろしいわけですね。

○四国電力 それで結構です。

○森委員 はい、了解しました。

2つ目、質問してもよろしいでしょうか。今度、具体的な例をお示しいただいた7ページの「再生熱交換器」という機械のものですが、これは後ろの方でページを使って詳しいご説明がありました、ここではどの部位を検討されたかが見えないところがあったんですけれども。つまりこの絵を見たときに、安全を確認するためには、通常ですと、この交換器という機器の応力度。それからその下にある支持脚というもの。そして、それらを接合している箇所ですね。この4つが通常ですと安全性の評価対象になると。先ほどの細かいご説明は、どこだったかを教えていただけますか。

○四国電力 森先生が言われるように、耐震評価っていうのはいろんな部位でやっています。この容器でいいますと、もともと容器本体の耐震評価をしております。いろいろやっていて支持脚が一番耐震上、厳しい箇所なんですね。ほかの箇所は特に実力評価をしなくても、2倍以上になってございます。ですから今回は、この支持脚について実力評価をして2倍裕度を示したということでございます。

○森委員 ありがとうございます。そうすると、この支持脚については、支持脚が折れるか、もしくは支持脚と床の間の箇所が折れるか、この2カ所というようご説明でいいですね。はい。そうやって考えた場合、例えば7ページに示されているような、左の既往の評価というものですが、支持脚の右側、2つある支持脚のうち評価対象となる方を固定として、それから他方の可動側を摩擦力、完全に無視して、一方の脚だけ持たせて、安全性を検討するという考え方は、設計の考え方として、至極合意の得やすいまっとうなものだと思うんですけれども、例えば、今回の評価では摩擦力を見るということですから、摩擦力を見るということは、摩擦力が働くことを前提とした計算ということになっていますので、そうすると今度はその前提のためには、右側の可動側が摩擦力が働いているということを示さないといけないということになりますね、論理的に。ところが、これは左側の既往の評価ですと、完全無視していますので、上下動であるとか、もしくは位相差の上下あるいは水平位相差の地震動が入ってくることによって、応答として生じる例えば回転、そういったようなものの影響を、逆に全て評価しないと、右のこの摩擦力を考慮するというようなことの是非が検討できないような気がします。ですから、ある意味そういう多くの想定が逆に言えば入ってるっていう理解ができるんじゃないかと思えますけど、その点についてお伺いします。

○四国電力 左の方の既往の評価というのは、摩擦力とかそのあたり全く考慮してないので、この支持脚にかかる力というのは総合的に見ても大きいと思っております。それはそういう評価なんですね。そういう評価を基本として、実際に支持脚の可動側に地震があったら揺れるだろうと。底板と床面の間で、それは揺れは当然あると思うんですね。そこを今回は実力としてどうかということを検討してるわけですから、その摩擦力があるとして、

どのぐらい脚にかかるかと、そういうような実力評価をしたものでございます。

○森委員 ですから、私は、もう1つの質問は「実力評価」という言葉がありますけど、それ今ここで置いておいて。その実力評価をされる時の前提条件は、いわゆる都合のいいって言ったら変なんですけども、必ずしも、いわゆる安全側を考えるとといったような、安全設計の思想には、あまりなじんでこないんじゃないのかっていうのが。つまり、摩擦力が働くという前提条件がどうしても必要になってくるから、その前提条件を踏まえた上での評価でしかないんじゃないのかっていうのが私の質問ですけれども、その点についてどうですか。つまり、都合のいい、都合のいいって言い方をすれば、いろんな意味で語弊がありますが、前提条件を必要とする計算条件ではないんでしょうか。

○四国電力 実際のものを見てですね、やはりこういう力が働くんじゃないかとか、もちろんそこで森先生言われるように、その1つの仮定を置いた評価ではあるかもしれませんが。我々は、ここで摩擦力を考えるのは、妥当なことかなと思ってまして、このあたりは外部有識者にも確認いただいておりますので、またそのあたりご説明したいと思います。

○森委員 ちょっとこの細かな、1つの例でありますので、例でもって考え方とか、運用の仕方をご説明されたわけですので、この例によってしか答えることができませんけれども、例えばこれはどういう構造の支持脚かは分かりませんが、例えば組み合わせ応力と座屈に関して、ここで書いてある既往の評価で裕度がほとんど同じだとか、そうすると、この座屈は通常こういうずんぐりむっくりしたのって、座屈って考えられないのですが、これは薄っぺらいスチール鋼部材でできたようなものなのか、そういったご説明もなかったんで。もし薄っぺらいもので、できてるとすれば、むしろ長年使うことによつての補正とか、例えば考慮する必要があるのではないのか、いろんなものが出てくるように思いますけれども。つまりお聞きしたかったのは、繰り返しになりますが、実力評価というときの実力で、その評価する前提条件が必ずしも実力を発揮したい側の論理でしか見られてなくて、実力がなかったときにどうするのかといったときの、つまり安全性を心配する側の論理に、もう少し立ったような前提条件の設定の仕方が必要じゃないかっていうふうに考えた次第ですけど、それについていかがでしょう。

○四国電力 おっしゃること、ごもっともだと思います。今回の取り組みの元に戻ることになるんですが、そういうふうな既往の評価結果は、我々非常に大事にしたいと思っております。その上で、今回の取り組みというのは、もともとがその耐震裕度だけ見て、例えば1.2とかいう値が出ていたとして、地震力がその1.2倍の地震がもしも来た場合には、その設備の機能がすぐに失われるんじゃないかというようなご心配されている方もおられるんですね。実際は、そういうふうな厳しい基準でやると1.2かもしれないけど、だけど実際のものに当たってみると、ものっていうのはこういうふうにできているということを少し見て、そこで実力としてどれぐらいあるかというのを、今回示してるような取り組みなんです。そういうような説明性のない実力評価しかできないのであれば、我々は工事しようと思ってるんです。今回も2つの設備については、ちょっと実力評価、そういうことを

お示しすることはできないということで、それだったら設備対応していきたいということ
で工事をやっています。ですから、取り組みの考え方がそういうふうな考え方でやってお
りますから、そのあたりはご理解いただきたいと思うんです。

○森委員 よろしいですか。例えば、この7ページの1つに着目して今お話してるのが、
考え方の基本をどうあるべきかっていうことを確認し合うっていう、そういう目的で今お
話をしていますが、例えば7ページの既往の評価っていうのは、地震の影響評価をするの
に水平方向に静的に力をかけて、こうやって2本の脚だけけれども、片方の脚の影響を完全
に考えずに評価をすると。こういう簡単な評価で、十分安全性が担保できるという、そう
いう思想のもとに、これは考えられていますからね。ところが、実際にそのご説明がずっ
とある工学的には、恐らくどの学術分野でも、「実力」という言葉をあんまり論文で見た
ことはないんですけれども。つまり、学術的に定義されていない「実力」といったような
ものを評価しようという場合には、実力の前提になる条件を全て出してこないと、まず議
論ができない。ですから、一般の方に説明するように実力評価しましたっていうときには、
それはそれで一向に構わないと言いますか、むしろリスクコミュニケーションとしては適
切なことだと思いますが、少なくとも我々専門部会の中で、ご説明していただくときには、
ここでいう「実力」という言葉をそれぞれの定義でもって、つまり実質的な方法で定義を
していただかないと、この実力の意味がまず分からないということです。この既往の評価
の方で言えば、例えばこれは水平方向の地震力を静的に一方向にだけ考えているという方
向ですけども、これには安全率というもので、さまざまな不確定性を担保されているわけ
ですね。さまざまな不確定性を担保せずに、実力を評価しようとすると、やはり安全性が
不安な側になった視点での前提条件であるとか、あるいはこの安全性を高くなってほしい
という立場に立った前提条件の設定の仕方は、全く逆方向になる可能性がありますので、
そういう意味でここでは、いわゆる実力評価をするときの前提条件の設定の仕方っていつ
たような、基本的方針をまずきちんと示していただければ、そういう方針にしたがって多
くの機器をご検討なさるんだなというふうに、我々は理解することができると、そういう
ふうに思っていますが。そういう意味で前提条件を何らかの基本的な方針として示すこと
できないんでしょうか。

○四国電力 言葉を繰り返すようになるかもしれないですけど、その既往の評価は、いろ
んな安全率が入っている評価なんですね。ここはですね、やっぱり守っていく。ですから
新たにものを造ったりとか、工事をしていく場合は、これと同じような考え方ってのは、
安全率を取ったそういうものをつくっていきたくて思っています。結局そういうことをし
ますと、結果として優れたものができると思っています。ここからは、また繰り返
しになりますけど、今回の評価というのは、できたものに対しての評価をちょっと試みて
いるところがあるんで、一部の設備について、こういうふうな力を考えれば、それはちょ
っとある程度、前提条件みたいになっちゃうかもしれないんですけど、こういうふうな
条件で考えると、これぐらいの力がかかっているんじゃないかというふうな取り組みの内

容でございます。

○森委員 この点については、時間限られてますから、最後に統括して。

12 ページを参照して確認をしたいと思いますが、例えば 12 ページの場合は、建屋の応答をこれまで線形応答で行ってきた。しかもそれを前提にするようにして、静的な計算で地震応答の評価をしてきたというのが、これまでのパターンなんですね。それに対して、建屋が非線形応答した場合でも、もしもそれが大きくなるのであれば、それについて注目していくと。つまり、12 ページに書いてある内容の理解は、線形応答とともに、非線形応答を行って、それらを包絡するような大きめの応答に対して、どれも大きめの方の力を使って裕度を計算すると。それによって裕度というものをお示しになるという、そういう理解でよろしいですか。

○四国電力 そういうことで結構です。

○森委員 ですから、例えばこの非線形応答に対する検討結果であれば、地震応答というものに対して線形応答するのか、あるいは非線形応答するのか。非線形応答は本当の実構造物で、どれぐらいしたかっていうのは確認されていませんので、あるいはそういう意味で、もしもした場合にでも大丈夫なようにという、そういう考えでですね、線形と非線形を包絡する、つまり条件がどちら側に転んでも、大きく出た方を取るという。そういう意味では、思想的に余裕をどれぐらいみるのかという意味で、実力評価するという言葉には、かなったものだと思いますが、先ほどの分はそういう意味で、ある限られた前提条件を置いていて、その前提条件は必ずしも安全性を考えると、より安全性に対してセンシティブな立場を取る人の見方には必ずしもなっていないんじゃないかというふうに思いましたので、あらためて確認しますが、前提条件の考え方、つまり安全性に関してセンシティブな側に立った見方も考慮するといったようなことが必要だと私は思いました。以上です。

○濱本部長 どうもありがとうございます。今の議論について、その前提条件っていいですか、そういうのはやっぱり少し検討して、より安全側に立った前提条件も加えながら、ということですね、森先生のご意見。ご検討いただいたらと思いますが。宇根崎先生。何かご意見。

○宇根崎委員 森先生がだいたい、言いたいことはおっしゃっていただいている。前回、9月の専門部会の議事録のときにも、やはり裕度という議論があって、その議事録っていうのをもう一度思い出して見ていたんですけど、やっぱり森先生のご指摘というのも、私自身の指摘で、前回2倍いってないものを無理やり2倍にしたような印象を受けるというのは、ちょっと発言させていただいて。それから渡邊委員の方も、マージンを切り詰めるということに対して、そういう意味合いを十分説明していくということが非常に重要というご指摘があったので、その点はやはり裕度を従前のものと今回のものとで、明確に違えて表記しているという形は、かなり改善はされているが、やはりその根本的な要素というところが、もう少し説明が必要なのかなと。そういう感じがしましたので、もう一度前回のときの議論も、もう一度思い返していただいて、森先生からご指摘になった点ですね。

そのあたりを最終的な報告書の前に十分に取り入れていただければと考えてます。

○渡邊委員 詳細な検討でちょっと1点質問があるんですけども、添付の原子炉容器の耐震評価、20 ページなんですけども。これまでのいろんな例えば容器、あるいは建物では、串刺しのモデルというので、いろんなものを評価しているんですけども。今回その実力評価として、有限要素の具体的なABAQUSを用いられているわけですけども、これが本当にその実力評価として適するかどうかというのをお聞きしたいんですね。我々の認識では、有限要素法は非常に特殊な場合、例えばこれまで電力会社でやってきた、数年前にやりましたけども、湿分分離加熱器のいわゆる溶接箇所の不良をABAQUSを使って評価したんですね。そういうような非常に特殊な場合で、大きな評価が非常にできにくい場所でもって評価するには、有限要素は非常に有効な手法で、実力評価とおたくがおっしゃるんだったらそういう評価ですけども、こういうふうな大きな部材でもって評価をするとき、本当にそれがきちんとした評価になっているかというのをお聞きしたいんですね。

もう1つは、例えば材料の物性のときに、例えば21 ページを見ますと、円筒部のところはJ SMEの公称値で σ_y を評価している。半球部はですね。ところが円筒部は、ミルシートの平均値でもって σ_y で評価している。じゃあその全体をJ SMEで評価したときには、どうなるのかですね。やっぱり具体的なことを示してもらわないと、先ほど森先生が言われたように、手前みそで評価しているんじゃないかという指摘を受けるわけでありまして。そこはやっぱり皆さんに分かるように、きちんとやってもらいたいので、私が前回申しましたけども、電力会社が同一のいわゆる評価をするという、電力会社のやられるの結構なんですけど、それが非常に分かりにくいというのになっていますよ。そこはやっぱりきちんと明らかにしてもらいたいんです。

○四国電力 今回このFEMモデルを使ったというのは、これはたくさんのメッシュに切って、つまり物性値を入れて全体の挙動を見ると。FEMモデル自体は、耐震の世界でも使われていまして、原子炉容器とかですね、そういうふうなところに使われている、詳細を見るような、そんなモデルだとは思っています。実際に格納容器にですね、使った例があるかといったら、他プラントで実際にこのFEMモデルを使って評価して、国の方に確認をいただいているという事例もあって、FEMモデルを使うこと自体は、我々妥当ではあるかと考えております。

2点目のこの物性値ですね。確かにその半球部は、設計の値をそのまま使っています。ですから厳しめの値を使っています。座屈ということを考えますと、あまり半球部のところは座屈は起きないというのは、今までもいろんな実験から分かっております。今回円筒部が座屈をしやすいというのが、既往の評価結果から分かってましたんで、ここもそういう意味では、物性値は実力値で。実際にこれ鋼板150枚ぐらいでできています。その1つ1つのミルシートの値を見て、平均的な値をここに入れたと。その方が全体の挙動としては、実態がよく出るんじゃないかと。それも含めて全体として実力的な評価をしたということが言えるとは思っております。以上です。

○渡邊委員 私別にABAQUSが間違っているということは、もちろんないんですけども、最初に申し上げましたように、いろんなところで串刺しモデルでもって、いろんな評価をして、いろんな説明をされているわけですよね。それからしても、やはりその信頼性というか、そういうふうなことはどうお考えなんですか。

それと2点目もそうなんですけども、説明をお聞きすれば実力という意味は、都合がいいと言えば失礼なんだけど、ミルシートの平均値を持ってきましたとしか聞こえないんですね。これが本当にその意味があるのかなのかというのも、やはりきちんと判断してもらえないでしょうか。以上。

○四国電力 繰り返しになりますが、実際の材料がどういう材料を使っているかということは分かっておりますので、今回はその実際にある値、ですからもともとその厳しめな値というのは、設計の時点では当然使っております。これからもその評価をベースにしたいと考えております。この取組みは、その裕度が少なめに出ているものに対して、実際に材料がどういうものでできているから、その値を入れたらどうなるかということを見たような評価ということで、ご理解いただきたいと思います。

○渡邊委員 材料というのは、ものが決まればね、いわゆる公称なり決まってくるわけですよ。それはきちんと評価をすとか、実際に、いわゆるその裕度をマージンを減らして、全体の構造物としての裕度を上げるというやり方は、なかなか納得できない。

○四国電力 先生方のご指摘も踏まえまして、外部有識者の確認もございますし、ちょっとそのあたり、まとめてまた次回にでもお答えしたいと思います。

○吉川委員 今回初めて参加しましたので、これまでの経過も分かりませんし、専門も計測とヒューマンファクターなので、構造解析の詳細についてどうこう直接ありませんが、日本電気協会が発行しているJEACは、民間規格でありまして、私もこの規格策定に携わっております。私は安全設計の方で、こういう構造解析ではありませんが、規格策定の委員会には参加しておりました。民間の方では構造設計上の安全審査でJEACをベースにして設計しておられます。その内容につきましては、日本電気協会の方から、規格を市販しております。それほど値段の高いものではなく、JEACの内容については日本電気協会から取り寄せて、調べることはできると思います。さきほどの四国電力さんの回答ではJEACについてはお答えがなかったもので、四国電力さんの方の補足をいたしました。

それから、私はいままでの全体の流れを知らないですが、ストレステストというのは、保安院の時代に相当やられていました。大飯発電所のストレステストは保安院だけでなく安全委員会の方でもチェックされておりますし、保安院だけで止まっているものありますけれども、四国電力さんのストレステストの方は、どこまでいっていたのでしょうか?その内容は知りませんが、多分知事さんがおっしゃっている耐震裕度の2倍というのは、どういう意味で知事さんは期待されたのかどうか分からないですけど、多分そのストレステストの性格から、何かそういう希望がでたのでしょうか?リクエストする側の前提はどういうことかも理解しておかないといけないと思いますし、ストレステストそのものは、どうい

う考え方でやっているのかよく知らないですが、素人が聞きますと耐震裕度2倍というのは基準地震動を2倍にしても大丈夫と受け取るかもしれない。要するに裕度というものの定義について、リクエストする側と受ける側とで意思疎通しておくことも必要ですね。

さらにもう1つは、ストレステストというのは今となっては新規制委員会の方では、それをベースにしないということをおっしゃって、それでは何をベースにするのかちょっと分からない。その辺のことを踏まえると、ここでは裕度ということの定義が大事ですね。説明するときの理解のしやすさも希望したいと思います。

それからもう1つは、四国電力さんのほうでは外部有識者が同意したという言い方もされておられますが、多分この短い発表時間の中ではできないのかもしれませんが、どこかで公開されるとか、そういう先生方のおっしゃっている話とかもちょっと確認したいなと思いました。以上です。

○濱本部長 2人の外部有識者の方とも、何回が会合されてチェック受けておられるように承知しておりますけども、いつかはこの席に来ていただいて、説明いただくのがいいんじゃないかと。この委員会としては思っておりますけど、事務局と相談して、また検討しておきます。

それから今日、各先生から実力であるとか、裕度であるとか、許容量であるとか、そういったものについて、定義が1つ議論する上で不足しているんじゃないかと。もう一度整理して、定義を明確に言って、今ので良いんだと思いますけど、きちっとした形で定義していただけたらと思います。

それから、J E A Cの4601ですか、これは森先生最初に言われたんですけど、その中で使われたところがどういうところなのか。含めてもし明らかにできるようであれば、資料をいただけたらと思いますが。あるいは、吉川先生さつき、市販で売っているからということですので、事務局の方で準備するかもしれませんが。そういうことでよろしいでしょうか。どうぞ、まだお時間ありますし。

○森委員 私も、渡邊先生の方が質問されたFEMの有限要素法の取り扱いなんですけれども、20ページで、つまり伝統的な安全性を評価する式が書いてあって、それに対応させて21ページ以降、有限要素をお使いになってると。私もこのABAQUSという解析コードは使ったことはありませんが、研究では多くの方が信頼性の高いものとして使われているのは存じております。私自身、今、老朽化した橋梁の評価っていうような問題で、たまたま同僚と使う機会があったんですけども、このABAQUS以外に、ほかの有限要素コードを使ったりした経験でびっくりしたのは、ここでは座屈ということで、座屈ですから対応したモードを重畳させ、こういうようなことが書いてありますように、座屈にもいろいろなモードがあるわけで、それから振動にも振動モードがあるんですね。ある有限要素を使ったときに、ABAQUSではない、ある具体的な有限要素を使ったときに、振動で1次モード・2次モードっていう低い方から、確実な答えが出ていって、それが高いものになってくると、もう計測なんかでは難しくなってきますんで、基本的にはその振

動モードはどのような形で、それからどれぐらいの特性値を持っているのか、固有値、振動数ですが、それが本当に基本になってきて、それらは正しいかどうかというのは、19世紀に既に出された、いわゆる厳密解で確認をするといったようなことが基本的に必要になってくると思うんですね。私の経験では、2次モードがある有限要素法では20何次になって出てきたんですね。入力条件も境界条件も、大学に教員がチェックを全てしたけれども、やはり例えば大学院生のやったものは正しかった。つまり、そのプログラムにとって正しい入力をしたにも関わらず、答えは正しくなかったと。何でだろうっていうことで考えていくと、こっちがそれに対して結論が分かったのは、1893年に有名なフォークト先生が出された厳密理論解でつくられたモノグラムっていうある表で、異なる振動モードがクロスする時点で、たまたまそのそばにいたので、2次モードであるものが、どのような流れで出てくるのか、20何次モードっていうような、あとの方で出てくるのだという、コンピューターが判断ミスじゃなくて、そういうことでした。そういうことを考えてみても、有限要素を使う場合には、ぜひ例えばこの座屈であれば、ちゃんと座屈モードを低次から高次まで出して、それらがきちんと出てくるのかどうかっていうのを確認をしていただくと。そういう確認が済んでいますよっていう基本的な情報を提供していただくと。こういうことがまず必要かと思います。

それから例えば22ページで、いくら有限要素法でやったとしても、円筒の鉛直荷重を均等分布にかけるっていうのは、円筒の最も力強い力が発揮するときの形でありまして、これは押し引きで、例えば鉛直作用がですね、荷重が作用していながら、水平を受けるっていうのは、円筒系にとってはほとんど危険な状況ですから、やっぱり一番都合のいい条件を採用してるとしか、力学的にですね、これは思えないと。ですから、なぜここで細かいことやっていながら、最も都合のいい条件を入れるのかっていう、これが解せないと思えました。だから、なぜこの22ページで、こういう条件を入れたかっていうことだけ、例としてお答えいただいたらと思います。個別の振動を確認したのかどうか。それからなぜ、この鉛直荷重としたのかという2つ。

○四国電力 最初のご質問は、1次・2次と、その個別の確認はしておりますので、またそれは次の機会にでもご説明したいと思います。

それから、鉛直荷重でございますが、これは鉛直荷重は、自重は一定なので、そういう最初からかけているんですね。鉛直荷重は、その水平荷重と鉛直荷重の一番厳しいところ、両方厳しいところを見て、その比率でずっと増やしていっています。ですから、そういう意味では水平・鉛直、両方とも一番厳しい条件で、その割合でずっと漸増させていますと。そういうことが言えると。

○森委員 もしそれであるとすると、それはいわゆる地震時の解析理由、一方向に一定の割合で押しながら解析するというのを、プッシュオーバー解析といったような言い方しますが、それと同じような解析の仕方されているんですね。ところが23ページを見ますと、このカラーで非常に誰が見ても分かりやすいものですが、これはどう考えても、その1次

モードが卓越するようなものではなく、複雑なモードの重畳されてるようなことから、そうすると複雑なモードが、重畳するのは足し合わせされているんですが、複雑なものを足し合わせたときにこうなるのであれば、1次、つまり単純に押していくこと、の正当性は何も担保されてないわけで、各モードに対して、それぞれ最も危ないようにして足し込んでいきましたっていうんだったら、まだ分かりますが、やはり今のご説明と、いわゆる先鋭的な数値解析を使う「使い方」と、これがバランス取れてないんじゃないかと。つまり、ものすごく高度なツールを使っているんだけど、これならバランスが取れた解析とは言えないので、見せかけはきれいだけれども、やっぱりその道具をきちんと使いきれないんじゃないかというふうに思いました。

○四国電力 今日データとして不足してるところがございますので、そのあたりを補ってですね、お示ししたいと思います。

○森委員 もう1点よろしいですか。先ほど初期不整という言葉ありまして、実際にはあまり聞かないでしょうけども、22 ページに最大初期不整を、最も都合の悪いところに入れたっていう話だったんですけども、これも私自身が実構造物の設計のときに、この初期不整のところを設計を審査される側に立ったときに、散々いろんなところをやった経験があるんですけども。コンクリートをつくるときに、実はこれは日々コンクリートを打っていく訳でして、その都度真っ直ぐにはつくるんだけど、やはりプラプラプラ動くわけですね、やっぱりミリ単位では。ですから、初期不整が最も都合の悪いところに入れているってことですが、最も都合の悪いと自分たちが思っているところに入れているわけであって、その構造物にとって本当に都合の悪いところに入れているということで担保されていない訳ですので、この最大初期不整の不整分も、振動いわゆる座屈モードで最も反映される場所に、最も都合の悪いように入れたことをやらないと駄目だというふうに思います。その辺についてはどうでしょうか、初期不整って言い方。

○四国電力 そこも今回のこの資料の中には、データとして入ってないので、実際にどういふところにどういふ不整量を入れたということを、次回にでもお示ししたいと思います。

○濱本部長 宇根崎先生。

○宇根崎委員 今の細かい技術的な話ではないんですが、この2倍裕度の議論で常々思っているのは、知事さんが2倍裕度ということをおっしゃったときに、必ずしも「2」という数字をクリアしなさいということが真意ではなかったかと思うんですね。その従前ならば、ここにあるように、基準値を超える、要するに「1」以上であれば合格であったものを、そこで安心することなく、より安全に対して取り組みを行って行って、よりただ自分たちが行ってきた解析に抜けがないのか、それから本当にその自分たちが持っている機器というのが、どの程度まで信頼性があるのかということ、きっちり見つめ直して、それを客観的に評価することによって、よく評価して、それでこういう場で議論することによって、安全・安心を高めていきなさいということが、知事さんの真意であったかと思えます。それがですね、この「2」という数字にこだわってしまう、とらわれてしまうような

形が、私自身しているのがですね、ちょっとそういう感じがするんですよね。ですから、その「2」をクリアするためにいろいろな前提をつくって、それで妥当かもしれないですが、その無駄なマージンというところを削っていくというふうなことになってるので、当初の知事さんの考えがあって言ったってことと、今ちょっと方向的、あまり数字にちょっととられすぎてるのかなという感じがしますんで、そこは本当に先ほどから議論になってます「実力」というものは何なのか、それからそのマージン・裕度というものというのは、そういうふうなものはないんだろうかというところを、やはりもう一回聞いて、それはどうか。例えば極端な話、いろいろやりましたが、やはり「2」には届きません。ただ、我々が評価してること、値としたところ、「1.8」ぐらいまでは分かります。ところがここまでは安心していけますということを示せたら、それは例えば「2」に届かなくても、それは十分安全に対する考え方をより公表していくという、そういう姿勢は十分見えるのかと。そのあたり、もしかしたらこれはこういう、もうちょっと全部が四国電力さんだけじゃなくて、我々全体としても考えて、数字をどういうふうに解釈していくかというのを議論しないといけないのかもしれないんですけども、あまり「2」という数字の呪縛に陥ってしまわないということが重要じゃないかなと。そういう気がいたします。すいません。ちょっとこれは感想みたいなことになってしまいましたが。

○森委員 私も今、宇根崎先生のご発言、重要だと思います。例えば安全率っていうのを、分野によっては全く違ってまして。私、随分以前に原子力分野のっていうふうにして聞いたときには、安全率が10ぐらいあるんだというような話もしていますし、それから土木構造物で言えば、通常は安全率3を使っていますが、ところが同じ土木の中でも、斜面だとかっていうのは、1.5とか1.2なんですね、安全率は。それは、そんな小さいのかと思うのかも分かりませんが、実はその数字にはいろいろな意味がありまして、皆さんご承知のように、平均値とばらつきっていうんですね。ですから工業製品で品質管理が徹底された場合は、ばらつきはとても小さいわけですので、安全率は高くしないといけない。これは、その土っていいですか、斜面のように何でできてるのか、まずさっぱり訳分かんないと。それを数字で表したら、一応平均値が出てきてばらつきが出る。そういったものは、安全率1.2でも1.5でも、十分に歴史的にもってきているわけです。ですから、安全率ってのはあくまで、やっぱり経験に照らし合わせて出てきたという数字で、ある意味100年以上経って、定着してきたそういう意味では、安全性を評価するという1つの基準として技術者と、それからそうでない人が共有してきたっていう意味では、歴史ある指標だと思うんです。新たにやっぱりその裕度っていうのが出てきて、裕度と安全率だとか、裕度とそれから現在性能設計・施工している信頼度、信頼性ですね。信頼性指標データといわれるもの。それに今、移ろうとしているにもかかわらず、また別の裕度っていう言葉が、しかも技術者ではない方が「2」って言ったっていうのは、その「2」がどういう意味があるのかっていうことを、一度も議論しないままにきていることに、最も大きな問題があるんで、安全率の「2」は安心感が2倍ぐらいの、多分感覚的にはそんな意味だと思うんですけれど

も。実は例えば、破壊確率で言えば安心感「2」どころじゃなくて、「2」を増やすというのは、破壊確率で言ったら、100分の1や1,000分の1ぐらいにまで、さらに小さくしているぐらいの、とてつもないことをやっぱりやろうとしているんだという技術側のことを、本当はここで議論していくべきだと思うんです。だから、何も1.2だから1.8だから駄目じゃなくて、1.8ってことは、きちんとした根拠で確認された、あるいは1.5であっても、きちんとした最悪状況でも1.5が確認できたってということの方が、やっぱり重要で、あんまり私もその数字には、数字は規定としてこれまでコンセンサスが得られているものとして、そういう設計式で入ってればいいという、その思想はあまり変わらないわけで、今回3・11があったからといって、じゃあ与える外力をどうしようかっていう議論が、また別にそれはあるわけで、常に出来上がっているものをどう見るっていうことであつたとしても、やはり指標値としていくらの必要指標値、だから必要裕度っていうことは、まだ議論あまりされてなかった。あんまり「2」という数字には、こだわらなくていいんじゃないかという宇根崎先生の考え、私も賛成します。

○濱本部長 やはり「2」っていう数字で、四国電力の方が振り回されているっていうことはないんでしょうか。技術的に確かに今、お話がありましたように、「2」を切っても十分安全だということと言えるって数値ってあるはずなんで、根拠をきちっと示す。「2」っていう値をクリアしていたら、安心感を一般住民の方に与えるって意味で「2」っていうのがあるんであろうと思いますし、よしんば、きちんとした根拠を示しながら、今日議論あつたように、きちんとした根拠に基づいて危険側っていいですか、都合の悪い側に立って、原発としては評価して、数値が「2」を例えば切ったとしても、これはやっぱり一般住民の方に分かりやすく今度は説明する責任があるわけですけども、説明して理解を得ていくってことをやっていいんじゃないかと思うんです。どうでしょうか。

○森委員 この話ではないんですが、例えば巨大南海トラフ地震っていうのが、今、検討されていて、確かそれにも愛媛県なんかでも参加していますけれども、巨大南海トラフ、それこそ想定外をなくすために過去の経験にないぐらい、ものすごく大きなものが設定していると。そしたらそれに対して、例えば津波では、どういう防潮堤をつくるかっていえば、それに対して2倍の裕度を考えますかって、そんなことはやっぱりないわけで、とてつもないものを考えられる最高のものを考えたら、一応そこまで持っていれば、これはもう人間の想定っていいですか、考えられ得るっていうことをしているわけで、そのときにやっぱりそれまでの安全率を持ち込むって議論は、やっぱりおかしい話ですね。ですから、必ずしも「2」っていうものが、あまりとられる必要はないんじゃないかと、そういうふうに思いました。ですから今は、設計地震をどうすべきかっていう、あるいはこれでいいのかっていうような見直しっていうのを、絶え間なくやっていくことが必要で、例えば今、設計されている570ガルなら、570っていう数字は、やっぱりこれで良かったのかとか、あるいはそれが大きくなったときでも、安全裕度の数字ですかね、それがカバーしているかどうかを、普段からチェックできるための数値としてあるということで、やはり大

きな具体的な数字には、こだわる必要がないんじゃないかという気がします。

○濱本部長 「2」の問題はよろしゅうございますか。

○事務局 事務局から、今、先生方ご議論いただきました内容につきまして、ちょっと補足させていただきますと、今の四国電力のこの資料1の冒頭、2ページ目ですね。こちらの方にもございますけれども、愛媛県知事からのご要請を踏まえ、いうことで、これ踏まえているとこまで諮っているかいうところはあるんですが。知事の方が震災直後に申し上げましたのが、やはり今回も地震による大きな事故というのを、直接的な原因がどこにあったかにせよ、津波・地震という、津波と地震の影響が非常に大きかったであろうということで、伊方発電所について見れば、やはり津波の影響というものよりは、やはり揺れに対する備え、地震に対する備えといったものが非常にやはり心配と申しますか、やはりそういったものが県民の不安があるのではないかということから、そういったことについて四国電力さんにおいて、さらなるその取り組みといったものをお願いしたいというような趣旨からですね、特にその「2倍」だとか、そういった具体的な数字をもってお願い申し上げたわけではないということは、まず補足をさせていただきます。こういうお願いをさせていただいた中で、四国電力さんのお取り組みのということで、今の現状の状況から、まず2倍程度の耐震の安全性を確保をしますというお申し出をいただいたということが定義でございます。ただ、いずれにいたしましても、今、先生方ご議論いただきました、デジタル値としての「2」というものに、あまり意味と申しますか、とらわれる必要がないんじゃないかというようなご指摘もございまして、やはり安心感を得るためには、どういった設備が必要なのかといったことについては、四国電力さんの方から、次回、数字的なご説明も含めて対応をしていただきたいというふうに考えております。

○濱本部長 そのようなことですので、今日出ました議論、いくつかきちっと論点というのは整理できていると思いますので、今後、ご検討をお願いしたいと思います。この専門部会としても、引き続きこのことについては、議論を継続してまいりたいと思っております。よろしいでしょうか。今日の議論っていうのは。これで、議題というか、あとは報告事項があるんですけど、議題は終わりましたので、いったん10分間ぐらい休憩を入れたいと思うんですが。35分から。

<休憩>

○濱本部長 それでは、再開いたします。

議題は終わって、これから報告事項に移らせていただきます。その報告事項の1番「長期停止に伴う保全対策について」。全国のわずかな発電所を残して、ほとんど全部が止まっているという状態で現在あります。伊方の原子力発電所も、現在3機とも停止している状態です。先般の専門部会で、渡邊先生の方から質問がございましたけれど、プラントの長期停止による影響、あるいは、その保全と申しますか。その対策について、質問がございまして、このことについて四国電力の方から、ご説明をお願いしたいと思います。

3. 報告事項

(1) 長期停止に伴う保全対策について

○四国電力 四国電力原子力部の多田でございます。

それでは伊方発電所における長期停止に伴う保全対策について、ご説明させていただきます。着席させていただきます。

まずは1ページをお願いします。先ほど部会長からもありましたが、現在伊方発電所は、1号機から3号機の全プラントが停止中ですが、停止中の保管管理に当たりましては、機器の健全性に影響を与えないように徹底した水質管理を行うとともに、待機中の機器については定期的な運転の実施、またプラントパラメータの監視、巡視点検により機能確認を実施し、常に機能が発揮できる状態で維持しております。

また制御面でございますが、定期検査開始に先立ちまして、次回の定期検査までに実施する機器の点検・改造工事等を取りまとめた保全計画を国に届けて、本内容の妥当性について国に確認いただいております。また、プラントが概ね1年以上停止する場合におきましては、主要な設備の保管対策、運転している機器の監視・巡視点検ならびに、保管状態、停止期間に応じた追加保全をまとめた特別な保全計画を策定しまして、国に変更届出を行っており、同様に妥当性を確認いただいております。

以上の手続きにつきましては、下表の方に示しておりますが、伊方3号機につきましては、第13回の定期検査を平成23年4月29日から開始しておりますので、平成24年4月27日に国に変更届出を行いまして、その妥当性を確認していただいております。次のページをお願いします。

「保管対策の考え方」を示しております。まず、その考え方でございますが、原子炉等、1次系の系統・設備、下の図の方では、緑の線で囲まれている領域でございますが、これにつきましては、停止中においても腐食を抑制する観点から、冷却材の溶存酸素を制限するなど、プラント運転中と同様の運転管理・水質管理を実施しております。また、待機中の安全系の設備につきましては、定期試験による健全性確認。運転中の機器につきましては、振動診断等による状態監視を実施しております。

一方、蒸気タービン等の2次系の系統・設備、下の図では緑の枠外に当たりますが、これも腐食を抑制する観点から、系統構成や機器の構造を考慮し窒素封入をする。それから乾燥空気置換による保管、それから薬品添加による脱気水の水張り保管、いずれかによって保管を行っております。

また、右下に原子炉周りの1次冷却材の圧力・温度を表で示しております。運転状態と保管状態に分けて、デジタル値を示しておりますが、保管状態においては圧力・温度とも、運転時に比べて非常に低い値での管理を行っております。続きまして、次のページをお願いします。

次のページにつきましては、追加保全の考え方を示しております。まず、右側の「追加

保全検討フロー」をご覧ください。次回の定期検査における点検を計画している機器を対象に、追加保全の要否を検討しております。3号機につきましては、現在、第13回の定期検査ですので、まず冒頭の検討対象の機器につきましては、第14回定期検査で計画している機器ということになります。それで下に下がってもらいますと、消防法などによって規制されている機器、これにつきましては、当初計画どおり点検を実施していきます。それ以外の機器につきましては、下の方に移っていくわけですが、プラント運転中の運転環境、具体的には海水とか淡水等の流体の種類、また温度、それから運転時間を考慮しまして点検を実施する機器と点検内容を策定しております。例えば、腐食環境となる海水を送水する海水ポンプにつきましては、分解点検を計画し、2次系設備である蒸気発生器へ給水するポンプ等につきましては、乾式で保管されているため、経年的な変化がないことから、今回保全は行わず、次回の定期検査に点検を計画するというようにしております。また、さらに停止期間が長期化した場合、次回の定期検査の点検計画を対象として、同様なフローに基づきまして追加保全を策定しております。

以上、追加の点検や運転している機器の監視・巡視点検により、健全性を維持しております。次のページをお願いします。

まず、追加保全の実施時期というものを、左側の表で示しております。各号機、上段につきましては、当初の定期検査の計画。下段が追加保全の実施計画を示しておりますが、追加保全は当初の定期検査時期を目安に実施する計画としております。ただし3号機の第2回目につきましては、追加の安全対策関係に伴いまして、燃料の取り出しを行いますので、その燃料の取り出しに合わせて実施するというので、第15回の点検の計画しているところよりも、幾分早い時期から、第2回目の追加保全をやる計画を立てております。右側の図の方をご覧ください。追加点検項目ということを記載しております。主な追加保全の対象機器でございますが、海水環境の下にある海水ポンプ、それから熱交換器等、またプラントの状態を監視している計器等につきましては、分解点検や校正等を実施しております。私からの説明は以上でございます。

○濱本部長 ありがとうございます。どなたか、ご質問・ご意見ございますでしょうか。どうぞ。

○森委員 ご説明ありがとうございます。私は地震工学というのが専門でして。ところが最近、健全性ということも研究し始めましたら、この点検というのが、とても重要な業務だっというのが良く分かって参りました。そういう観点で、ちょっと教えていただきたいんですが。こういった点検、分解点検・開放点検とか校正とか、こういういろんなことをやってきていますというようなご説明だったんですけども。つまり点検をおやりになったら、一応安全っていうのを確認して、多分手順を進められると思うんですが。こういう際には、例えば材料の特性を表すような弾性速度の比だとか、あるいは強度は分からないにしても、そういう劣化度といいますか、材料特性を何かチェックするようなことはなさっているんですか。

○四国電力 この点検というか、材料の特性の変化といいますと、まずは原子炉容器においては中性子の脆化、管理があります。これにつきましては、定期的に試験をやりながら脆化関係の推移というのをみていくようになっていきます。

それから通常の機器、海水系の機器であったりとか、蒸気系の機器関係、これについては当然、腐食とか減肉とかやっております。それについても、定期的な検査により、トレンドを使いまして、所定の肉厚なり、そういう減肉が認められたときには取り替えをやったりとか、そういったような形で、常に健全性というものを確認していくというふうな形で点検を実施しております。以上です。

○森委員 そうすると、例えばこういう保全対策を実施するっていう報告のときに、仮にその定期点検というのを定期的におやりになって、今回 28 回だとすると、28 回中で一度も取替えていないものっていうのは何らかの測ったものが全く変化ないか、あるいは変化量が少しであって、ただ余裕も上にあるんだっていう、こういう経時変化みたいなものが書けると思うんですね。あるいは、これが 28 回中、2 回ございましたとかって言うのであれば、こう下がってきて何かある基準値に達したから、達しそうだから、あらかじめ変えました。またこうきて、また今度はいっぱいやるべきものがあつたので、予算上ぎりぎりまで持つという次の点検まで見ようとして、次にやりましたとか、何かそういう管理している状況が、もちろん定性的なものもあるんでしょうけれども、定量的に管理できているものが、何かこういう 28 回・29 回っていうおやりになってきているものが、技術的な目線で結果の経緯みたいなものが分かるような形で報告していただくことは可能なんですか。

○四国電力 今、保全計画について国へ届け出ていると、冒頭お話ししましたけれど、保全計画の中で毎回毎回、定検時に、そういう劣化であったりとか、それらの進展が分かったやつについては、その状況について保全の有効性評価というふうな形で評価をしまして、それに応じまして、周期を短くしてやるとか、それから取替えを行うとか、点検した全てについて評価をやりまして、国の方に届出やっておりますので、それを見れば部分的ではありますけれど、我々がどういうふうな点検をやって、どういう評価をやって、どう保全管理やっているのか、分かると考えています。

○森委員 つまり、国に提出されているものを見れば分かるというような、それでいいんですか。

○四国電力 そうですね。

○森委員 例えば、そういったものの一部っていいですか、変な話、恐らくはとんでもないようなボリュームであるんでしょうから、何かそういう点検的なものか、あるいはそれを例示していただくような格好で報告いただくと、いわゆる経年劣化の問題を議論するとき一気にブワッと見るよりは、何か普段からそういうのを送っていただく、仮に見ることができたら、信頼度が高まるんじゃないかなっていう気がしました。

○四国電力 すいません。原子力本部の川西と申します。森先生おっしゃっていただきました、こちらの多田もご返事さしていただきましたが、配管の腐食・減肉とかですね、そ

れからポンプの物性的な経時変化につきましては、長期的なスパンで管理してございまして、本委員会でも中長期的なプラントの健全性評価ということで、ご報告させていただいていると認識してございます。

今日のご報告は、先ほど部会長からもございましたが、伊方1・2・3号が今、長期停止でございまして、長い間止まっているという観点から、今どのようなメンテナンスをやっているかっていう、ちょっとご報告させていただいたと認識してございまして、森先生がおっしゃっている、トレンドまでは今日はご用意してございません。

○森先生 それはすいませんでした。厳密な議題の理解をしないままで申し訳ありませんでした。

○濱本部長 渡邊先生。

○渡邊委員 渡邊です。確認とご質問があるんですけども、2ページを見ますと、1次冷却水の配管については、これは通常ですと280℃～320℃ぐらいで、しかも15MPaぐらいの圧力がかかっている状態で運転されているという状態を仮定して、今回は保守・保全をやっていると、いわゆる安全サイドで評価して、減肉なんかも評価しているということによろしいわけですね。

○四国電力 ここは、運転状態と保管状態のところも、デジタル値の差っていうふうなものを示しております。実際のこの停止期間中につきましては、主に減肉関係っていうふうなものにつきましては、蒸気系に蒸気は通っておりませんので、それについては点検というか、そういう減肉管理をやっているわけではありません。

一方で、海水系関係のそういう腐食環境にある機器、これについては当然運転しておりますので、定検と同じような形で同じ頻度で分解点検をやって、その劣化度を確認するというふうな形にしております。

○渡邊委員 その蒸気が通ってないところはそれでいいんでしょうけども。例えば1次冷却水の配管のように、通常の状態でない水が流れているときの配管の減肉の様子というのは、その安全サイドに通常のもので仮定されているという理解ですね。それに併せて定期点検で同じようにやるということなんですよ。ではないんですか。

○四国電力 今、渡邊先生がおっしゃったものが、1次系の配管のところ、1次系の配管、冷却材系統関係は、ほとんどステンレス製の配管を使っております。これについては今の状態でいきますと、この0.4MPa、40℃というのは、通常の水の流れというところなんで、減肉っていうふうなことというのは、考えられないため、これについて、通常の定検と同じような点検でなく、これらについては巡視点検、それから運転している機器については、状態監視、振動関係ですね。そういうような管理を行うことで健全性を確認しているということでございます。

○渡邊委員 だから、その説明だと、この書いている内容と随分違いますよね。停止中においても1次冷却機器の腐食を抑制する観点から同様の水質管理を実施しているというふうに書いているわけで、それであたかも今回説明があったように、減肉が行われてないと

いう前提の下で、保全計画をやっているという内容とは随分違う気がするんですけども。

○四国電力 ここで書かさせていただいたのは、水質管理ということで、ここでは溶存酸素の話を書かさせていただいております。それから、この「プラント運転中と同様の運転管理」というふうに書いておりますけれど、これについては水質を維持するために浄化を常にやってることで、そういうふうな機器の方に悪さを与えないような運転の管理と水質の管理を維持していると、この文書では書かさせていただいております。

○渡邊委員 だから、それだったらもう少し詳細な議論になりますよね。どのぐらいの、そのステンレスの配管に何℃の水がどれぐらい流れて、どれぐらい減肉が実際起きるのか、起きないのかという議論をしっかりとしてもらわないと。

○四国電力 このステンレス配管等、主要な部位につきましては、定期検査におきましては、供用期間中検査において、非破壊検査関係をやっています。それは傷を見つけたりですね、そういうふうな劣化度を診断するやつなんでございますが、そういったようなところを定期的にやることによって、特に問題はないというふうなことに結果が得られておりますので、停止期間においてはそういうふうな1次系の配管等につきまして、同様な検査というようなものは割愛しております。その代わり、環境面というようなことを配慮しながら、あとは巡視点検の実施により健全性を確認していくと。こういう形で、我々は管理を行っております。

○渡邊委員 分かりました。あともう1点目は、例えば、いわゆるその機器の運転に関して、振動の検査をやっていると。これは具体的には、どういう検査なんですか。

○四国電力 この振動関係の検査でいきますと、回転機器につきましては、やはり一番損傷の可能性がある箇所が、軸受部という回転するところ、具体的にはベアリングのところになります。そういったようなところに、振動計により振動のパラメータを取ることによって、異常兆候を早期に発見して、機器が機能喪失に至らないような形で、これもトレンドを見ながら、機器の健全性を確認しているというもので。だいたい運転している機器については、1か月に1回から、3か月に1回と、そういうふうな範囲の中で実施しております。

○渡邊委員 それで、これも確認なんですけども、その機器の保全に関しては、運転中だろうと、そうでないものと同じの評価によってやってるということでもよろしいんですね。

○四国電力 はい。

○渡邊委員 それと、もう1点目は、1号炉の場合だけですかね。燃料を取り出しているという状態なんですけども、これはそれでよろしいんですか。

○四国電力 このところで、恐らく1ページ目の国の変更届出に書いているところで、今、渡邊先生からご指摘があったかと思います。これにつきましては、国の変更の届出については、まず停止が概ね1年を超える場合に、特別な保全計画を届け出る、それから、その保全の届出の中で、保管状態を記載しておりますので、1号機については、燃料というものを今年取り出しましたので、それより以前に、燃料を取り出す前の保全対策の変更

ということで届出させていただいております。それから、2号機につきましては、平成24年12月25日に変更届出を出しております。実態としましては、3月に燃料を取り出しておりますので、この際の変更届出につきましては、概ね1年間を経過する時期に特別な保全計画と、それから燃料の取り出し前後の保管状態を示したものを織り込みまして、2つをセットにして、届出については1回やっております。ご質問の趣旨から言いますと、現在1・2号機については燃料を取り出しております。3号機については、今後4月上旬を目途に燃料を取り出していくという計画でございます。

○渡邊委員 燃料の取り出しに関して、例えばその高経年化した、恐らく1号、あるいは2号の原子炉容器、新たに点検すると、そういうことは実際の予定としてはないわけですか。

○四国電力 まず、燃料を取り出しまして、後は次に燃料を装荷する断面で、機能試験等で、健全性を確認していく。当然、先ほど実績でお示ししましたが、1号機については、現在第1回の追加保全をやっておりますし、2号機については平成25年の夏ごろに第1回目の追加保全として点検と機能試験を行うことにより、健全性を確認しながら維持していきます。

○渡邊委員 分かりました。

○濱本部長 そのほか、どなたか。はい、宇根崎先生。

○宇根崎委員 ちょっと質問になるんですけども、伊方発電所の場合はですね、今回のような長期にわたる運転停止、そういうご経験はございますでしょうか。

○四国電力 ないです。

○宇根崎委員 そうですか。そうしたら、他事業者さんの、ほかのプラントでは、こういったとき、例えば1年を超えて停止状態っていうことがあろうかと思うんですが、そういう場合にも、多分同様の長期停止に伴う保全対策というのは行われているかと思いますが、それらとの整合性とか、整合性っていうよりも、そういう長期にわたるプラント停止における保全対策特有のですね、何か事象。それから、それがもしあるのか、ないのか。もしあったとしたら、今回対策の中に何らかの形でフィードバックされてるのか。そこはいかがでしょうか。

○四国電力 これにつきましては、従来この保全の計画というものが、概ね1年というようなところで、この特別な計画を立てるということで、その中で保管状態であったりとか、追加の保全っていうようなところを国の方にお示していくというようなところで、これにより、長期間の停止中の管理については、国の方とも横並びで見られるかなと考えております。我々としては、水質管理であったりとか保管状態、これは大事だと思っておりますし、それからあと、起動前においては、2次系の方は広範囲のクリーンアップというふうな形で、水質について、改善していくと。それから後は、1次系の機器につきましては、機能試験というようなものやっていくことによって、機能がきちり発揮できるかどうかといった確認を今後我々は行っていく計画でございます。

○宇根崎委員　そういうアプローチというのは、ほかの事業者さんなども、大体同じような形でやっておられると。

○四国電力　同じだと思います。

○渡邊委員　先ほどの質問で、その国に届出を出すというのは、よく分かるんですけども、我々非常によく分からないのは、おたくの社内でのマニュアルでもって規定してるものというのは随分ありますよね。それは非常に分かりにくくて、例えばこの期間でその減肉の量はいくらだと実際仮定して、その材料、に対してどのような寿命評価してるのかというのは、非常になかなか出てこないわけですよ。それはどういうふうにお考えなんですか。もちろん横並びであるというのは、よく分かるんですけども、そのマニュアルに従っているものというのは、非常によく分からないんですね。それは本当に、実態で即しているでしょうけども、本当にそれが科学的な根拠に基づいているものであるかどうかというのを、お示しできないかということですが。だから例えば、その 40℃の水で減肉はしないという判断されているわけでしょうけども、本当にそれがそうなんですかという質問なんですけども。

○四国電力　マニュアルにつきましては、そういう水質管理等も、他産業、それから我々も 30 年以上の運転経験はありますので、その中でどういうふうなことを守っておれば、一番材料にとっていいかというふうなことは把握できておるつもりです。そういう中で、それに準じた管理もするし、それから減肉についても、我々の方から確かにマニュアルをご提示してないので、その中身がどのようになっているのかと思いますけど、社内的には経験に基づいた形で、先行して予防保全的なことをやりながらやっておりますし、それから他社のトラブル関係や知見につきましても、社内の会議体の中で、伊方発電所に対してどう保全に反映するかといった協議を行っております。そういったような技術的な知見も踏まえて、現在実施している管理をやることによって、健全性を維持しているということでございます。

○渡邊委員　その 30 年の蓄積があるというのは、よく分かるわけですし、普通のその運転の状態だと定期的に検査することによって、減肉量というのが評価できるわけですよ。ところが今回のように、思わぬことによって非常に長引いた場合の、例えば材料の機器損傷具合というのは、やはりちょっと違うんじゃないかと思うんですけども。ここはある程度、根拠に基づいて、やはりもう少し示していただくのが適切かと思いますが。

○四国電力　いわゆる経年変化の度合いっていうものは、やはり環境にすごく影響される、材料と環境というようなところで、どう経年変化が生じるかっていうふうなことがございますので、そこの材料をどういうふうに選定しているか、それから環境っていうのは、今回の場合は非常にマイルドな状況になっておりますので、そこのところで同じ点検をするというふうなことまでは考えておりません。

○森委員　ご専門の委員の先生だと、こういった資料でいろんなことが見えてくるのかも分かりませんが、必ずしもそうではなくて、私は専門外ですから、ちょっと見えない部分

がありますので、基本的なことをご質問しますけども。

少なくともこのタイトルですね。「長期停止に伴う保全対策」っていった場合の、この「保全」は、メンテナンスという意味での保全ですよ。それでよろしいですか。まずは1ページ目からいきますと、ここに書いてあるのも全部「保全」というようなことで、それで保管中の長期停止中の保管状態にある機器・材料の健全性を維持する観点から、つまりメンテナンスという観点から、あくまで材料とか機器のメンテナンスを行うっていったようなことが私には読み取れたわけです。ところが、この2ページ目になってくると、ほかは「保全対策」なんですけども、ここでは逆に保管対策の考え方と、主要システムの保管状態という、今度は「保管」という言葉が使われているんですね。「保管」というのは、安全に管理するという意味であって、これはメンテナンスとはまた少し、微妙にニュアンスが異なると。つまり何を申し上げたいかといいますと、長期停止に伴って1年以上になると、要するに通常の運転状態とは状態が変わるんだと。ですから状態が変わった中で、安全を確保するということと、それから維持という面から、材料・機器のいわゆる劣化の速度を決して早めることのないように見ていくという、そういう意味があると思うんですが、その意味において後者の方で議論が主だったんですけど、例えば仮に今、出している状態だというときに、今、地震が来たときの対策だとか、そういったものが、つまり安全観点での対策ってのが何か評価に出てくるものがあるのか出てこないのか。それは保管対策にはならないんですか。あるいはどこかに説明があるんでしょうか。

○四国電力 これにつきましては、プラントの方の健全性というふうなところで書いておりますので、今、森先生がおっしゃった、そういうふうな安全という形で、もし地震が起きた場合、地震が起きて津波が起きたりとか、そういった場合の安全っていうのは、我々は緊急安全対策等で対応しているんで、全然問題なく燃料を冷却できるというふうな考えでおります。

それで、もう1点のいわゆる「保管」と「保全」というふうな考え方でございますが、これ3ページのフローをご覧になっていただきたいと思います。上から2つ目のところで、運転環境・時間を考慮して点検の必要があるか、ここは判断の要素になっております。四角・三角・三角の三角の2つ目です。ここの中で、その運転環境、すなわち普通の水、低温の水が流れているのか、それからあとは、海水とかで腐食環境にあるのかというふうなことと、それから運転時間ですね。そういったようなところで、点検が必要であるものについては追加保全を計画するというふうなことになっております。ただ、今回のデータ、3号機の第14回でいいますと、だいたい5,400機器ぐらいの機器が対象の評価になりました。点検については、1,600機器ぐらいやっております。だいたい30%。だから残り70%につきましては、マイルドな環境というふうなところで、今回の追加保全は必要ないと判断しています。だけど、次回の定期検査、当然立ち上げ後の検査ありますから、その検査の中で確認していく、いずれもその両方により設備等の健全性が維持でき、プラント全体の安全性が担保されるという考えでやっております。

○森委員 今のご回答は、材料とか部材とかっていう意味での健全性の確認、そういう意味でのメンテナンスっていう観点からのご回答だったと理解をしましたが、一番上位の質問は、「保全」「保管」っていうのが違って、保管状態にあるときの安全性っていうのが、これだけ長期になってくると確率論的に言えば、やっぱりいろんなことを考えていかなくちゃいけないって思いますし、それは考えられてるかとかどうかって質問だったんです。

○四国電力 すいません。ちょっと私の方の回答が不十分でした。保管中の安全性につきましては、これも先ほど言いましたが、停止中であっても待機中の安全系の機器ですね。余熱除去ポンプであったりとか、安全系の設備については定期的な運転・試験をすることによって、いつでも機能が発揮できる状態にあることを確認しておりますので、安全性の観点から、いわゆる劣化するということは考えられません。いつでも安全系の機器の機能が発揮できる状態で維持できていると、我々は考えています。

○森委員 分かりました。じゃあ前提条件として理解すればいいのは、安全性を考える上で、耐震設計だとか何とかで考えられているような、安全設計を考えるときの前提条件が何も変更がないので、通常の健全性だけをメンテナンスだけをやっておけば自動的に安全対策ってというのは特に変わったことを取る必要はないと、そういう意味でよろしいですか。

○四国電力 そのとおりです。

○森委員 分かりました。了解しました。

○濱本部長 吉川先生。

○吉川委員 これだけ長い間運転していない状態でも、いつでも再起動できるようにするため機能の維持を中心にしておられるというふうに解釈しました。

あと1つ残っているのは燃料です。燃料の方は、新燃料、使用済燃料はどういう状態なのか、止めている間はどのように管理しているのか。それともう1つは、MOXは長い時間原子炉を止めていると反応度が下っていきます。昔、もんじゅが長いこと止まっている間に、臨界にならなかったというような話がありました。そういう問題も含めて、使用済燃料の方の関係の保管について教えてください。

○四国電力 使用済み燃料の保管のことでございますか。

○吉川委員 それからMOXですね。

○四国電力 先ほどちょっと多田の方からもありましたが、1号機・2号機については、既に燃料を出しております。ということで、使用済燃料ピットの方に使用済燃料は今いった状態にございます。3号機の方につきましては、先般ですが、追加の安全対策の工事をやらしていただくということを発表させていただきます。次の議題で出てくるんですが、その工事をやるために、燃料を出した方が効率的にやれるということもございまして、4月の上旬ぐらいに準備ができましたら、いったん燃料を使用済燃料ピットの方に移すということで、次の議題でご説明をすることになると思います。

MOX燃料が入ってございますのは3号機でございまして、いったんそのMOX燃料も使用済燃料とともに移すということで、考えてございます。先ほどの1次系の水質管理に

つきましても、燃料がある間は、運転中と同じ水質管理をしております。燃料が出ましたら渡邊先生のお話でございますが、運転中とはちょっと違った状態になるとは思っておりますが、状態としては通常の定検中と同じような1次系の保管状態になったと思っております。

○吉川委員 使用済燃料プールの方は量が問題になっていますが、そういう面でどういう保管状態になりますか。

○四国電力 使用済燃料ピットの方は、定検中でも原子炉容器の中にご置きます燃料をいったん全部外に出すこともございまして、この資料で言いますと2ページにございまして、海水系と、ちょっと書いてませんが、原子炉補機冷却水系という冷却系がありまして、それは定検中でも運転中でも、常時冷却をするように計画してます。海水系も、4台あります海水ポンプのうち、点検するにしても2台ずつになっておりまして、冷却は常に行われる状態でシステムを維持してございます。

○吉川委員 冷却は確保されているということですね。他に水質の管理についてはどうですか。

○四国電力 使用済燃料ピットも、その冷却系で水質管理できますので、ずっといつも同じ水質管理を、使用済燃料ピットの方はしてございます。

○吉川委員 それから燃料が減っていくというMOXの場合はどうですか。

○事務局 いったん燃料外に出しますので、また炉心については再計算することになると。

○吉川委員 足りなかったら調達するということですか。

○四国電力 3号機にありますMOX燃料の割合が、もんじゅみたいに多くはございません。

○吉川委員 1・2・3号機がいつから止まっているのかを書いておかれた方がいいと思いますね。地震が起こってからでも運転されていたんじゃないでしょうか。

○四国電力 1/4ページにございます。定検開始時期を書いておりますが、ここで止まっております。

○吉川委員 23年の4月29日かな。一番早く止まったのが、3号炉ですね。

○四国電力 はい、そうです。

○吉川委員 そうですね。その次が1号・2号ですね。

○濱本部長 よろしゅうございますでしょうか。森先生。

○森委員 ちょっとついでに教えてほしいんですけど、この使用済みの燃料ピットっていうのは、水の中で。これはどれぐらいのサイズですか。

○四国電力 大きさですか。

○森委員 はい、そうです。プールの大きさです。

○四国電力 1～3号でちょっと違いがあるんですが。

○森委員 オーダー的なものをちょっと教えてほしいなど。

○四国電力 多分、10数m,10mとか。

- 森委員 10m、20m 程度の四角いプールなんですか。
- 四国電力 はい。
- 森委員 長方形のプール。それにその水は動いても全然平気なんですか。
- 四国電力 動くというのは。
- 森委員 動くってというのは、つまり地震のときの、スロッシングなんかで動いても問題はない。それに水にさえつかってけばいいんだと。水の中でも使用済燃料ってというのは、動かないようになってるんだと、そういう理解でよろしいしょうか。
- 四国電力 はい。
- 濱本部長 そのほか、どなたか意見ございますか。じゃあ、この議題はこれでよろしいでしょうか。四国電力においては、保全対策は引き続いて実施していただいて、同時に休んでいる炉の安全対策ですかね。それも引き続いて確実に行っていただきたいと思えます。

続きまして、議題、報告事項の2番目ですが、「伊方発電所の安全対策の実施状況について」この安全対策の実施状況については、前の当部会としては現地調査を含めて、これまで適時実施してきておりますけれども、一番最後にお知らせいただいたのは、昨年9月の部会だったと思うんですけど、それ以後の安全対策についてご説明いただきたいと思えます。

(2) 伊方発電所の安全対策の実施状況について

(3) その他

○四国電力 それでは、伊方発電所の安全対策の実施状況について、ご説明いたします。着席させていただきます。

まず、1ページをお願いします。これは冒頭であいさつにあったとおり、当社におきましては、東京電力の福島第一原子力発電所事故を踏まえまして、伊方発電所の安全・信頼性の向上に取り組んでおりますが、その一環として昨年11月5日、伊方3号機について「恒設の非常用発電機」、それから「フィルタ付ベント設備」というものを、平成27年度までに設置することを公表しております。また、さらなる安全性・信頼性向上に関する検討を進める中で、先般公表されました新安全基準の骨子案に盛り込まれている事項を先取りいたしまして、伊方3号機の追加安全対策の実施につきまして、本年3月14日に公表しておりました。本日は前回、昨年9月の技術専門部会以降に計画しました、伊方3号機の主な追加対策、それと対策の進捗状況についてご報告します。次のページをお願いします。

ここでは、伊方発電所における安全性・信頼性向上に関する対策項目を示しております。前回の技術専門部会以降に計画した、伊方3号機の追加対策、これにつきましては赤線で囲んでおります。本日は、左側の方に示しております、「原子炉停止・冷却対策」について、4対策。それから「格納容器の破損防止および破損時の緩和対策」につきまして、3対策。

それから「電源確保対策」につきまして、3対策について対策の内容を説明いたします。その他の対策につきましては、進捗状況についてご説明します。次のページをお願いします。

まず、原子炉の停止および原子炉冷却対策ですが、下の図をご覧ください。赤線で囲んだ対策について説明いたします。

まず右側にある装置ですが、原子炉に異常が発生しまして、停止信号が発信した際に、通常ですと制御棒が自動的に挿入するんですが、それが挿入されなかった場合、自動的にタービンのトリップ、それから主蒸気隔離弁の閉止、それと補助給水ポンプ、これはタービン動と電動2台ということで、計3台ありますが、そのポンプを自動的に起動させるなどによって、これは原子炉の特性になるんでございますが、原子炉の温度が上がると核分裂が抑制されるというふうな特性を利用して、出力の抑制・冷却を行いまして、原子炉の自動停止失敗の影響を緩和する装置を設置いたします。

それから、右下にあるポンプでございまして、既存の補助給水ポンプ3台ですが、使用できなかった場合にも蒸気発生器へ給水できる、それで原子炉の冷却を継続的にできるポンプを設置いたします。

それから、左側の2つのポンプの信頼性向上対策ですが、原子炉に注水する充てんポンプ、それから格納容器に注水する格納容器スプレイポンプ、これらについて冷却水が喪失した場合にもポンプが運転継続できるよう、ポンプの出口から冷却水を確保する配管を設置いたします。

それから左上の冷却水源多様化でございまして、原子炉および格納容器の注水に用いる水源であります、燃料取替用水タンク、これ左側のところに示しておりますが、これは十分な容量を用意しておりますが、このタンクの水が枯渇した場合においても、これは図で右側に示している補助給水タンクも使用できるよう、補助給水タンクから燃料取替用水タンクへの補給配管を設置いたします。以上、4つの対策ですが、このうちポンプの信頼性向上と冷却水源多様化につきましては、格納容器破損防止対策を兼ねるものでございます。次のページをお願いします。

続きまして、格納容器破損防止および破損時の緩和対策ですが、同じく下の図をご覧ください。右側にある装置ですが、伊方発電所を含めて加圧水型のプラントにつきましては、格納容器の容積が大きく、事故時においても圧力上昇が緩やかであって、また格納容器の冷却手段も複数有しているものの、万一の炉心が損傷した場合を想定しまして、格納容器の圧力が大幅に上昇した際、内圧を低減して、損傷を防止するとともに、放射性物質の放出量を低減するフィルタ付ベント装置を設置いたします。

それから、中央に示している格納容器冷却水源の多様化でございまして、事故時に格納容器の除熱や内部圧力の低減を図るため、格納容器内に設置された空調設備を活用します。その空調設備の熱交換器の冷却水が破損した場合にも、冷却用に海水が使用できるよう、海水供給配管を追加・設置いたします。

それから、左側の設備ですが、先に説明しましたフィルタ付ベント装置により、格納容

器の破損っていうものは回避できますが、仮に格納容器が破損した場合においても、破損部から放射性物質の放出を抑制するため、格納容器の破損部に向けて放水できる可搬式の放水ポンプおよび、それに海水を供給するための大型ポンプを配備いたします。

以上、3つの対策を講じることとしております。次のページをお願いします。

電源確保対策を示しております。下の図をご覧ください。まず左側の設備ですが、事故時に現在設置されている開閉設備・変圧器、これが使用できなくなった場合、発電所外から受電できるように、耐震性の優れた受電設備っていうものを、標高15m以上のコンクリート製の基礎の上に設置いたします。

それから、中央の2つの設備。左から2番目・3番目になりますが、非常用電源のさらなる信頼性の向上のため、既設の非常用ディーゼル発電機、これは水冷式でございますが、新たに冷却方式の異なる空冷式の恒設ガスタービンの発電機を高所の方に設置いたします。それとこの発電機から、電源を各機器に供給するための給電設備を、既設の設備から離れた高台に設置いたします。

それから、右側の2つの設備でございますが、非常時に原子炉の計測・制御等に使用する直流電源を長時間供給できるよう、蓄電池を増強します。この増強によりまして、通常で8時間、それから不要な機器の負荷を切り離すことによって、24時間の電源の供給というものが可能となります。次のページ、お願いします。

このページにおきましては、伊方発電所の安全対策の進捗状況を示しております。グレーの表示につきましては、既に対策を完了しているものでございます。黄色の部分が、先ほど説明した追加対策でございます。

黄色で示した対策については、完了時期が3つに分かれておりますが、まず黄色の上から2つ目の蒸気発生器の代替注水ポンプ。これにつきましては本年5月末、設置完了でございます。

それから、2番目の原子炉停止対策、原子炉冷却対策のうち、安全上重要なポンプの信頼性向上、冷却水源の多様化。また3番目の格納容器破損防止対策のうち、冷却水源の多様化、放射性物質の放出抑制、ならびに4番目の電源確保対策のうち、非常用直流電源の増強につきましては、本年6月末設置完了予定としております。残りのフィルタ付のベント設備、それから恒設非常用発電機等につきましては、平成27年度末に設置完了の予定でございます。

それと中央に表記しております、水素爆発防止対策設備、これにつきましては完了時期を前倒しして、本年6月末に完了予定ということになっております。

次のページでございますが、このページにつきましては、これまで実施してきた対策でございます。全て計画どおり進んでおりまして、水密扉の設置、それから構内の通信手段の確保につきましては、今月末に完了の予定でございます。次のページをお願いします。

次のページにおきましては、伊方3号機において、これまで実施した安全対策ならびに、本日説明しました追加安全対策について、右上の凡例で5つの対策群に色分けして全体像

を示しております。これらの計画につきまして、先ほどのスケジュールのとおり、すでにできてるもの、それからあと一番長期になるものが27年度の完成ということになっております。

最後になりますが、当社におきましては引き続き、さらなる安全性・信頼性の向上を図るとともに、県民の皆さまにご安心していただけるよう、安全対策の一層の充実に努めてまいります。新安全基準につきましては、骨子案のパブリックコメント期間が終了した段階で、今後新安全基準の詳細が明らかになってくるというふうに考えておりますので、当社といたしましては、基準が正式に示されれば、それへの適合性について、これまで実施した対策を含めて評価・確認していくこととしております。私からの説明は以上でございます。

○濱本部長 ありがとうございます。ただ今の説明について、ご質問・ご意見ございますでしょうか。森先生。

○森委員 ご説明ありがとうございます。まず、2ページなんですけれども、耐震性向上対策というところに、福島事故の教訓を反映した耐震性向上対策っていうふうにもとめて書いておられて、それらの詳細が、今回ご説明されてきたことだと思います。

実は、私の質問は、その他の対策のところと同じような福島事故の教訓を反映した例えばソフト面の対策とかっていったような文言っていうか、そういう考え方、それが必要なんじゃないかというのが1つです。

それともう1つは、やはりこれはどこに入れるべきかっていうことは別にして、柏崎刈羽の経験を反映した教訓といいますか、それを反映した諸対策っていうのが必要じゃないかっていうふうに実は考えていて、そのへんはここに書かれてないだけで、考慮されているのかどうか、そういったことをちょっと追加で聞かせてもらえれば。

○四国電力 まず、一点目、福島関係は、その他の対策でございますが、全般的な対策に呼応した体制、それからあとは、いろんな設備を配備しておりますので、そういう訓練を含めて、ここではハード面を中心に書いておりますが、ソフト面についても充実を図っていくということでございます。

それから、柏崎刈羽につきましては、その他の対策の一番上のところに、免震総合事務所と書いてますが、これが柏崎の反映のところでいち早く、我々としては免震構造の建屋をつくって、その中に緊急安全対策所という、トラブルが起きたときの総合指揮所を置いております。

それから、あと柏崎刈羽のところで、道路関係の液状化関係の方も多々ありましたので、それにつきましては、構内の道路につきまして、液状化関係のところを回避すべく、耐震性の向上工事を既に行っております。以上でございます。

○森委員 ありがとうございます。ですから、そういったようなご努力が分かるような格好で、きちっとそういう柏崎刈羽の直下で起きたようなことも、やっぱり教訓として既に取り入れられてるところは、そういうものを取り入れた状態であるっていうことを明示

していただければ、福島以降の総合的な耐震性向上ってことはもちろんですが、それ以前からもやっぱりきちんとやっているんだということだとか、あるいは抜けがないかどうかというように、それをチェックする上で重要だなというふうに思いましたので、ぜひ表示の仕方に工夫をしていただけたらありがたいと思います。

その関連で、私自身はこの県の委員会の関連で、柏崎刈羽の確か事故の1年後に訪れたときに、説明をしてくださった東電の方とのやり取りで、一番印象に残っているのは、あまりにも揺れが大きすぎて、自分たちが身動きができないんで、それを反映して手すりをつくったというのは、とって印象に残っているんです。つまり、ハードに対する対策っていうのは、割といろんな人が、つまり経験をしてもしなくても気付くもんですけれども、ソフト対策っていいですか、そういったものっていうのは経験に基づくものがとても大きい。しかも経験してないクライアントはかなり気付かない。ですから気になったのは、例えばパソコン、それから電話機、人などの転倒落下防止対策っていうのは、免震棟においてもきちんとされているかどうか。あるいは通信についても、例えばその機器を動かす電源はいろんな電源があるんでしょうけど、もちろんそれから100ボルトへの変化ももちろん押さえてるんでしょうけども、実際に全員が連絡し合わないといけないときに、携帯電話を全部充電できるための電源確保が、本当に十分あるのかとか、あるいはリスクコミュニケーションっていう観点で、県の窓口とそのホットラインっていうものが、本当に確保されているのかどうかとか。あるいは県との、例えば何か起きたときの担当者っていうのは、確実にそれにだけ専従できる環境にあるのかどうか。つまり、いくらハード的な情報ラインが確保されていたとしても、要するに電話は鳴るけれども出てくれない、例えの話ですけれども、そういうことがないように、必ずそのリスクコミュニケーションとして人間の対策もなされているのかどうか。つまり、この人は絶対に県とか国とかの情報担当として、ほかでは決して使わないということが確定してるか。何かそういうソフト対策の面についても、充実とか抜けとか、あるいは確保ができているんだというようなことを、何らかの形でお示しいただければ。それも安心できるかなと思いました。

○濱本部長 いかがですか。

○四国電力 先生のおっしゃること、ごもっともだと思います。今回の資料の2ページにも書いてますけれども、主な対策ということで記載してますので、ご主旨のようなものが記載できておりませんが、そういうことも読めるような、実際に福島事故、いろんな事故報告書があったり、それから東京電力の方の話も我々お聞きしてですね、いろんなこと教訓として抽出して反映できることを反映しております。ですから、そういうのは実態としてはハード面だけじゃなくてソフト面でも反映をして実証するようにはしておりますが、そういうことがより分かっていただけるような、資料の構成に今後は気を付けてやっていきたいと思えます。

○森委員 よろしくお願ひします。例えば、やっぱり今回の3・11では、国でやるっていうふうに決まっていたシミュレーションとやった結果を、それぞれのところに報告するっ

ていうのが完全に国側が握りつぶしてしまっていて、県にすら入ってこない。ここにも入ってこないっていうのは、そういういわゆる情報の超過疎状態をつくられたわけで、そういう情報がないことが、ますますその後の不適切行動というかですね、誰も避けられることができない不適切な避難計画の実施、避難行動に移れなかったわけですし、いろんな意味で起きてしまったらっていうようなことを前提として、この対策立てられてるわけですけども。それは本当にこの伊方原発っていうものの、ハードだけじゃなくて、それをその周辺にある、県だとか県民だとか含めた格好で、そういうことを例えば四国電力さん側で担保できるものは担保していくのかとか、そういうチェックができるようにするのが、本来の県の環境安全管理委員会であって、かつ、その技術的な物の見方ができる我々が、議論することではないかと思しますので、ぜひまたの機会にでも、ご準備なんかをしていたいただければと思いました。

○濱本部長 吉川先生。

○吉川委員 原子炉が自動停止失敗時の緊急緩和ですが、自己制御性を利用して影響を緩和するというお話でしたがどんなやり方をするのが正確に分かりませんでした。これは割合に早く実現されるスケジュールですね。普通、制御棒が入らない場合だと、あとはボロン水の注入くらいしかない。制御棒が入らないATWS状態になったら大変ですね。これは福島事故でも起こっていないものですけども、これを入れられているのでちょっとびっくりしたんですけども、これは本当に効力はあるのでしょうか。それはすぐに実証できるのでしょうか。PWRは全部このようにやるのですか。BWRはどうなんですか。これはあまり聞いたことない。補助給水ポンプを自動起動させたら冷えてしまう。要するに原子炉の温度が上がらないといけないわけでしょう。要するに、タービントリップする。タービントリップはバイパスして運転員が落とす。かなり時間的に遅れてくる感じがするが、これはヒートシンクがなくなるから温度が上がりますね。それで、負の反応度は入ってくるだろう、当面は減るかもしれないが、そんなに効果があるのだろうか。このような自己制御性だと臨界自体は変わらない。その後やっぱりボロン水が入らないと結局はいかんわけで。昔、敦賀原発の主蒸気管破断事故のシミュレーションで、制御棒は入るのだけど臨界になる。ボロン水が入るのが遅いから10分ぐらいそのままの臨界状態が持続する。これは計算上の話ですが大変危ないなっていう話があった。安全解析で使うコードよりもう少し進んだ最適推定シミュレーションコードだったら、こんなことにはならないだろうから確かめて下さいといったことがあります。そういうふうなことを今、懸念したのです。随分早く実現できるように書いてありますが大丈夫でしょうか。

○四国電力 これについては、海外の方のプラントの方で、こういった原子炉の自動停止の失敗というふうなことがあります。アメリカのプラントです。国内につきましては、いろんな管理を実施する中で、こういったような自動停止失敗という事象については、議論しなくてもいいんじゃないかというようなことで、国は昭和60年代ぐらいに、そう結論付けしたわけです。今回、我々の方としましては、この原子炉の停止失敗ということで、

今、吉川先生がおっしゃったとおり、タービントリップする、それから後は主蒸気隔離弁にて完璧に蒸気を遮断しますと、結果的に流れるところが主蒸気逃がし弁系のところのみということで、どうしても蒸気の流れが少なくなりますから、蒸気発生器を介して熱のバランスがとれず、当然1次側、原子炉の方の温度は上がってきます。温度が上がってくると、これは中性子のウラン 238 の吸収、ドップラー効果、それから後は水の密度の関係のところ核分裂が抑制されるというふうなことで、出力は下がっていると。これは自己制御性といいます、そういった中で、逃がし弁の方から蒸気が出ますから、補助給水ポンプの給水により蒸気発生器2次側の水位を一定レベルにするということで、原子炉の方の出力の方と、それから冷却で、まずバランスを取ります。以降につきましては、吉川先生がおっしゃったように、臨界状態ですので、高濃縮のほう酸を充てんポンプ、これは160kg/cm²程度の高圧ポンプがありますので、それでほう酸を注入することによりまして、未臨界状態にしていく。未臨界状態になれば、蒸気発生器の2次側を介しまして、除熱をして、炉の温度を低温的な状態に達成できる。これについては一応解析コード等を使いまして検証しまして、手段、手順が、適切に対応できるということで、今回自動的な装置を設置しております。設置する前は、運転員の方が、手動でトリップをかけたりとか、手動で制御棒の落下を試みたりとか、それから当然、主蒸気隔離弁を閉めることによって、核分裂を押さえてやっていくと。それから後は、充てんポンプによるほう酸を注入することによって未臨界と。全て、運転員が同様な形での操作をおこなうこととしておりましたが、それを弁の閉止と、それからポンプの起動というものを、この装置によって自動的に起動させるということで、信頼性を上げる。当然、パラメータにつきましては、運転員の方が常に監視しているということで、迅速化を図ったというふうなことで、安全性についても決して問題ないというふうな、我々は判断しております。

○吉川委員 アクシデントマネジメントを導入したときに、マニュアルによる操作法としてそういうものを入れた。今回はそれを自動化するという趣旨で国の方も、保安院時代から分かってるというようなものですか。

○四国電力 これについては、新しい安全基準がパブリックコメント中で、どういうふうな形の基準ができるかということと、また我々、こういうふうな対策を施しますけど、それがまだ全然審査っていうようなところまで行きついておりませんので、その条件につきましては、また恐らくその国の審査で確認されるだろうと思っております。

それから、冒頭にありました、どこのプラントかですけど、米国のセイラムでした。

○吉川委員 だいぶ昔からアメリカではそれを入れてるわけですか。

○四国電力 アメリカは、それを入れてます。

○吉川委員 いつごろからですか。

○四国電力 1984年に、NRCの方から、こういったような規則が発行されてますので。

○吉川委員 規則でしたらやっていますね。

○四国電力 はい。

- 吉川委員 それでは日本もやっていたのですか。
- 四国電力 そういうところで、国の方が議論はしたんだけど、そういう運転管理の面で、そこまではっていうふうな形だったんだろうと思います。これは推測ですけども。当時の国の判断は、ちょっと分かりません。
- 吉川委員 これは全国のPWRでやられるべきだと思いますね。それが基本でしょうね。ここだけで使うのはもったいない。そうするとあとはその全体のシステムが地震のときにも大丈夫でしょうか？
- 四国電力 耐震性を有した装置ということで、地震時にも信号を発信するという形になっております。その信号を受信する設備についても、全て耐震性を考慮したものになっておりますから、系として、耐震性については、耐力のあるシステム構成であると我々は考えております。
- 吉川委員 例え大きな地震が起こってすぐさま制御棒が入らなくても、これがうまく動けばPWRでは原子炉は止まる。そういうことでしょうか。
- 四国電力 そうですね。制御棒が入らないというふうには思っていませんが。
- 吉川委員 私はちょっと心配しすぎでしょうか。
- 四国電力 考えにくいんですけど、失敗した際にも、影響を及ぼさないというところの装置でございます。
- 吉川委員 本当にそういう効果があればありがたいですね。今までの安全審査では多分検討されていなかったですね。ストレステストでもそんなのはやってないということでした。
- 濱本部長 よろしゅうございますでしょうか。
- 渡邊委員 先ほどの議論で、裕度2倍って議論があるわけですよ。それと例えば、前回・前々回の議論で、クリフエッジの議論とか、ずっとやってきたわけですよ。そういう議論があるわけです。今回例えば、その制御棒が入らないという議論というのは、そういう前提になるものを随分壊してるんじゃないかと思うんですけど、その辺、議論というのは、どう理解すればよろしいんですか。大きな地震があったときに、これまで2秒で制御棒が入って止まるというような議論をされてきたわけで、それに対していわゆる緊急安全対策と。あるいは、そのクリフエッジをきちんと議論してきたかと思います。今回はそれどういうふうに説明されるわけですか。
- 四国電力 従来、そういう安全性の設備につきましては、いろんな多重性であったりとか、多様性であったりとか、そういうふうなもので、我々はきっちり安全性というか、担保できるというふうな考えております。今回、設計を超えるようなシビアアクシデントというふうなところで、こういった安全系の設備が機能できなかったとしても、炉の冷却を行う、燃料の冷却を継続するであったりとか、それから格納容器の健全性を確保する。また格納容器が、もし破損した場合にも、放射性物質の環境へ放出抑制をするというふうなことでも、バックアップ、バックアップ、バックアップと、言い換えれば信頼性向上、向

上、向上というふうな形をとったものであり、従来我々が評価していた制御棒の方の挿入性であったりとか、安全系の機器のいわゆる機能発揮とかいうふうなところが、一部揺らいだというふうなことは、我々は考えておりません。そういった過酷事故で、想定外というふうな、我々が想定外という言葉のも何なんですけど、それがあつたとしても、影響を回避していくと。影響を及ぼすのを回避していくというふうなところも、信頼性向上を目指した対策というふうな形で、我々は捉えています。以上です。

○渡邊委員 シビアアクシデント対策、それで結構なんですけども、そのときのやっぱり前提になるものは、制御棒で非常に早い時期に、入って止まるというようなことが前提ですよ。それを今回、そうではないというのは変ですけども、そこまで考慮するというふうにおっしゃるのは、これまでの大きな前提を随分壊してますよね。そこをやっぱり違うと思うんですけど、それは例えば格納容器全体が破損するということを想定するようなシビアアクシデントは、随分違う。持ってる意味合いが違うんじゃないですか。

○四国電力 その設備自体、我々は、安全系の設備っていうものが、十分機能を発揮できるような形で維持もやっております。したがって、このところで説明をしましたが、万が一というふうなところで、そういうものが機能しなかった場合にも、バックアップは取れるというふうなところをやったわけで、今、渡邊先生がおっしゃった、前提の制御棒が挿入する、それから安全系の機器が機能するというふうなことは、我々はそこは機能するというふうな形で考えております。それが破壊されとか、そういう機能喪失・失敗するというふうなことを考えて、それを設計として折り込んだわけではないということだけ、ご理解いただければと思います。

○濱本部長 よろしいですか。この報告事項について、四国電力においては引き続いて確実に安全対策を実施していただいて、またこういう機会に、その結果をご報告いただきたいと思います。よろしく申し上げます。

4. 閉会

○濱本部長 今日は、長時間にわたって、活発なご議論いただきまして、大変ありがとうございました。何か、この際一言というご意見がございましたら。よろしいでしょうか。

○濱本部長 これで、本日の専門部会は終わりにしたいと思います。どうも長時間、ご苦労さまでした。