

第7回高経年化技術評価に関する意見聴取会議事次第

日 時：平成24年2月13日（月）13：59～17：11

場 所：経済産業省別館1階 101～2、108、105会議室

1. 開 会

2. 議 題

- (1) 個別プラントの高経年化技術評価について
- (2) 原子炉圧力容器の中性子照射脆化について
- (3) その他

3. 閉 会

高経年化技術評価に関する意見聴取会 第7回議事録

原子力安全・保安院発電電検査課

甲第183号証の1

○石垣高経年化対策室長 時間になりました。これから、第7回目になります「高経年化技術評価に関する意見聴取会」を開催したいと思います。保安院の高経年化対策室の石垣でございます。本日は、お忙しい中、御出席を賜りましてありがとうございます。

会議の前に、傍聴の方にお願いでございます。事前登録の上、傍聴いただいておりますけれども、議事進行の妨げになるようなことが、もし、あった場合でございますけれども、1回目は警告、2回目で退出いただくこととなります。あらかじめ御承知置き方、お願いたします。

それから、今日の議題でございます、個別のプラントを評価で、伊方の2号、福島の新二の1号、美浜2号という3つでございます。

それと併せて、圧力容器の中性子照射脆化に関するものということになりますけれども、これまでの意見聴取会でいただいております御意見、それから、御質問、コメントに対する回答という格好になるかと思っております。よろしくお願いたします。

それから、今日の委員の出欠の状況でございますけれども、篠高先生、関村先生、JAEDAの更田さんが御都合により欠席ということでございます。

それから、司会進行役をお願いしております庄子先生でございますけれども、若干遅れという御連絡をちょうだいいたしましたので、庄子先生が到着されるまでの間につきましては、私が議事進行を務めさせていただきますと思います。よろしくどうぞお願いたします。

早速でございます。資料の方を確認させていただきます。

座席表、議事次第をお配りしてございます。その後、いつもの先生方の名簿を付けてございます。

これから今日の配布資料になりますけれども、資料の1番が、四国電力伊方2号炉についての委員のコメントという格好で、これまでいただいているコメントを一覧で整理したものでございます。

資料2が、それに対します四国電力の回答になります。

2-1が、委員コメントへの回答。

2-2が、指摘事項に対する回答という格好になります。

資料3、これは、福島第二の1号炉についての委員コメントの一覧でございます。

資料4、これが、それに対します保安院からの回答。

資料5、横型のパワーポイントの資料になりますけれども、東京電力からの回答になります。

資料6からが、美浜2号炉についてでございますけれども、資料6が、いただいております委員のコメントの一覧になります。

資料7、これは関西電力からの回答になります。

資料8、ここからが中性子照射の関係でございますけれども、玄海1号機の原子炉容器の健全性に関する委員コメントという形、今までいただいたコメントなり御質問なりを一覧にしたものが資料8でございます。

それに対しまして、資料9でございます。九州電力からの回答の資料になります。

資料10、これは、井野先生からいただいた御質問ということでございます。1月23日の資料への質問という格好で、資料10として配付させていただきました。

資料11が、井野先生からの御質問に対する回答ということで、九州電力から御用意いただいた資料になります。

その次に、1枚、恐れ入りますが資料番号を振ってございませませんが、関連温度のグラフの1枚の資料を御用意させていただきました。これは、九州電力からの追加の資料になりますけれども、資料11の資料2の追加の資料という形になります。1枚だけでございますけれども、玄海原子力発電所1号機の高経年化対策に関する報告書（平成15年12月）というグラフの1枚になります。

参考資料として、23日の第5回の意見聴取会でお配りしました資料3、九州電力からの玄海1号機の原子炉容器の健全性に関する資料、今、申し上げます資料11の関係で、改めて再度配付させていただきましたというものでございます。

してございますが、1、2、3とありますが、本日については、2番と3番について御説明させていただきたいと思います。

では、次の3ページ、まず、②番ですが、前回ターボポンプの高サイクル疲労と低サイクル疲労の重量についての計算結果を説明させていただきましたが、それについてのコメントでございます。

ターボポンプの高サイクル疲労と低サイクル疲労の重量については、弾性解析なのか、弾性解析なのか示されていないので、詳細な検討内容を示していただきたい。

評価に使用した疲労曲線は実力ベースなのか、設計に余裕を見込んだ設計値なのか明らかにしてほしい。

また、軸以外に3次元形状のインペラについては、どのように評価しているのか示していただきたいという3つのコメントでございます。

これに対する回答でございますが、下にあります回答のうち、上半分につきましては、前回と同様の内容でございますので割愛させていただきます。中ほど〇のところから説明させていただきますと思います。

〇のところからですが、ターボポンプの高サイクル疲労と低サイクル疲労の重量についての詳細な検討内容について、後ろの別紙に示します。別紙に示す評価内容につきましては、一般的な強度計算に基づくものでございます。また、評価に用いた疲労曲線は、試験データに基づき、表面粗さ等を考慮したものでございます。

次にインペラの評価についてでございますが、ここに書いていますように、インペラの形状については、水力効率を考慮して設計してございまして、また、インペラの羽根出口の先端寸法は、形状変化を緩やかにするとともに、十分な強度を有するものとしてございます。

伊方2号炉では、ポンプの分解点検時に、インペラについても浸透探傷検査を実施しており、有意な欠陥がないことを確認しています。

また、資料には記載していない点ですが、伊方2号炉も含め、加圧水型のECCS

以上が、お手元の方に配付させていただいた資料になります。

それから、机の上でございませすけれども、厚いファイルで、美浜の2号炉、それから伊方2号炉の評価書そのもの、それから紙ファイルで同じように美浜と伊方、それからガイドラインの類という格好で、いつものように御用意させていただいております。

資料の方は、以上でございます。審議の途中でも結構でございます。過不足ありません。事務局までお申し付けいただければと思います。

早速、議事の方に入らせていただきたいしたいと思います。

最初の議題は、四国電力の伊方2号炉についての高経年化技術評価という格好になります。

今回、資料1、2-1、2-2と用意しておりますので、事務局と四国電力から説明の方をお願いしたいと思います。

〇青山高経年化対策室（班長） それでは、資料1でございますけれども、今、申したとおり、これまでの委員コメントについてとりまとめたものでございます。

まず、最初の〇としたしましては、四国電力さんから紹介がございました技術評価の概要に係ることに対する回答に対するコメントをとりまとめたものです。

2つ目の〇でございませすけれども、これが指摘事項に対する、委員からのコメントに対する回答ということでもとりまとめたものでございます。

資料2-1、2-2に従いまして、順次、この内容について迫ってまいりますので、個別のコメントにつきましては、そちらの方で確認いただければと思います。

以上でございます。

〇石垣高経年化対策室長 では、四国電力さん、お願いします。

〇四国電力（松浦） 四国電力の松浦でございます。よろしくお願いたします。

まず、資料の1から御説明させていただきます。この資料では、伊方2号機の委員コメントに対する回答について御説明させていただきます。

ページをめくっていただきますと、今までいただきました委員コメントをリストアップ

系の関連ポンプにつきましましては、回転数も低く、インペラの径も 20cm から 50cm と小さいということもございまして、また、ほとんどのポンプが羽根のサイドを両側から側板で挟んだ構造の、いわゆるクローズドタイプのインペラでございまして、遠心力の影響は受けにくい構造となっております。

また、クローズドタイプでないポンプも一部ございしますが、これは、回転数は数百 RPM と低いため、これも遠心力の影響を受けにくい構造となっております。

また、NUCIA のトラブル情報及び品質保全情報を調べまして、日本の全プラントについて確認しましたが、古いプラントも含めて経年劣化事象としては、インペラに対して軽微なエロージョンはございしますが、その他有意な経年劣化事象はございませんでした。

以上のことから、インペラについて急いで対応すべき経年劣化事象が想定されるとは考えられないんですけども、今後ともポンプの分解点検時には、インペラの浸透探傷検査を実施して健全性を確認していかうとと考えてございます。

次のページでございしますが、ポンプの主軸に対する高サイクル疲労と低サイクル疲労の重量評価についての評価内容について御説明させていただきます。

まず、発生応力の算定方法です。当評価で考慮する応力のイメージを図 1 に示しておりまして、低サイクルについては、起動から停止を 1 つのサイクルとしまして、そのサイクルでポンプ主軸に発生する応力振幅を評価します。

ここでは、図 1 の σ 平均ではなく、変動成分も加味した σ_L で評価してございます。

また、高サイクルについては、運転中のポンプ主軸に発生する応力変動成分 σ_H で評価いたします。

(2) の低サイクル時の発生応力ということ、低サイクル時の発生応力 σ_L としましては、主軸に発生する引張応力、曲げ応力、せん断応力を考慮してございます。

次に計算モデルでございまして、右図に示すような単純な梁モデルに置き換えて計算を実施してございます。

また、応力評価に当たっては、条件的に厳しいインペラ部及び継手部について応力を算

出し、取付部の影響も考慮してございます。

次のページですが、引張応力についてでございますが、運転時の圧力と起動前の圧力差によるインペラの軸方向流体ストレス力により発生する応力を算出しまして、1 サイクルの応力振幅評価をしてございます。

次に、曲げ応力についてでございますが、運転時の圧力と起動前の圧力差による水力的なラジアル荷重により発生する応力、これを評価してございます。

せん断応力につきましては、起動前の軸トルクゼロの状態から運転時の軸トルク差による応力を算出し、1 サイクルの応力振幅として評価してございます。

以上のうち、まず、起動後にかかる定常応力としまして、引張応力とせん断応力がございまして、これらの等価応力を σ 平均として求めます。

次に、ポンプ運転に伴う変動応力についてでございますが、引張応力とせん断応力については、定常時の A% とした上で、曲げ応力と組み合わせて、等価応力を求めます。

ここで A% というのは、プラントメーカーの設計でございまして、

σ 平均に変動分を組み合わせて、 σ_{max} 及び σ_{min} を算出した上で、その差から σ' を求め、この σ' を繰り返し戻し応力 σ_L として評価しているものでもございます。

次のページでは、高サイクル時の発生応力 σ_H について御説明します。

考慮する応力は、低サイクルと同様に、引張応力、曲げ応力及びせん断応力であり、計算モデルも低サイクル側と同じです。

高サイクル側では、各応力について変動成分だけを考慮します。すなわち先ほど説明したとおり、引張応力とせん断応力につきましては、定常時の $\pm A\%$ とした上で、曲げ応力と組み合わせて等価応力 $\Delta\sigma$ を求め、これを σ_H として評価してございます。

次のページに疲労の評価方法について書いていますが、疲労曲線に基づきまして、運転開始後、60 年時点での低サイクル疲労と高サイクル疲労の重畳を考慮した場合の疲れ累積係数 UF 値を算出してございます。

すなわち、低サイクル時の疲れ累積係数と高サイクル時の疲れ累積係数をそれぞれ求め、

これらを足し合わせています。

評価のイメージは、下の図ですが、今回の評価では、発生応力、応力振幅が疲労強度を下回ったため、いずれものポンプにつきましてもUF値はゼロということになってございます。

結果は、次のページの表1に示しますが、これについては、前回から変更がございませんので、説明は増愛させていただきたいと思えます。

○四国電力（池田）では、続きまして、3番の御質問について回答をさせていただきます。四国電力の池田と申します。

質問内容でございますが、第6回意見聴取会、資料5、11分の3ページの表2の確認結果で、S1による評価のみとなっているが、弾性範囲を超えるものとしてS2、Ss地震力による評価結果はどうであるかということに対しての回答でございます。

資料の方を讀ませていただきます。

第6回高齢化技術評価に関する意見聴取会、資料5 四国電力伊方2号炉についての委員コメントに対する回答、③に対する委員コメントのうち、現行評価（PLM耐震安全性評価）で耐震裕度が最も厳しかった評価断面を含む配管要素に対して、限界曲げ荷重評価基準を適用した場合の限界曲げ荷重、これにつきましては、前回御説明致しましたように、S1地震時荷重の約3.95倍というものでございますが、こういう荷重に対して弾性範囲を超える状態を許容するS2、それからSs地震時の荷重等を比較した結果を今示してございます。

資料中、この表に示しているのが結果でございますが、並べ方として、まず、上段にS1地震時の荷重、それから前回説明いたしました限界曲げ荷重のときの倍率、それからS2地震時、Ss地震時の荷重というものをまとめてございます。

上からS1地震時に対して限界曲げ荷重が3.95倍、それに対して、S2地震時というものがS1地震時の1.35倍、Ss地震時につきましては、S1地震時の0.93倍というものでございます。

この表をごらんいただきますと、限界曲げ荷重評価基準に基づき設定しました限界曲げ荷重というものは、配管サポート系というものが健全であれば、S2、それからSs地震力に対して十分余裕があるということが確認できております。

ただ、今回の検討結果の中で、先の方からコメントいただきました弾性範囲を超える状態を許容する地震荷重、その大小関係において、S2地震時の荷重とSs地震時の荷重を比べた場合に、Ssの方が小さくなっていくという事実がありますので、その点を以下に考察いたしました。

現行評価、PLM耐震安全性評価、S1、それからS2地震に対する評価でございますが、このときにおける当該配管系の地震応答解析は、原子力発電所耐震設計技術指針、JEAG4601-1991に基づき、建屋1次固有周期制限を考慮した設計用減衰定数は、下限値の0.5%の一番厳しい値でございます。これを適用した評価となっております。

一方、当該配管系のSs地震に対する地震応答解析では、原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008に基づきまして、建屋の1次固有周期制限の合理化、それからJEAC4601-2008年版で規定します設計用減衰定数3.0%の減衰を適用可能というものでございますが、この両者の条件を使って評価していますので、S2地震時に比べて、1次固有周期に対応します応答加速度というものが大幅に低減されてまいります。大体半分程度に落ちてまいります。

この結果、地震時の1次応力も約30%程度低減されるというものでございます。

この減衰定数の効果を受けまして、今回のケースにつきましては、配管系の地震応答解析に適用します応答加速度が低減されて、このような評価結果の差異に表れたと考えてございます。

その辺の詳細な内容を10ページ以降の別紙の方に示してございます。

別紙の方の中身、こちらら概要の方と重なっておりますので、要点の方を御説明させていただきますかと思えます。

表2の方に、最終的なS2、それからSs地震におけるます応答加速度のまとめというもの

を示してございます。

表2の主給水配管の評価用地震加速度の算出結果でございますが、S2地震のときの応答加速度というものは、設計用減衰定数として0.5%を用いてございます。

一方、Ss地震に対しては、そういう条件が緩和されるといって、3.0%の床応答曲線での応答加速度をまとめてございます。

このように、X、Y方向、後ろのページで12ページ、13ページの図2の方に床応答曲線の比較図を示してございますが、このように比較していただくと、応答加速度としては、この減衰定数の効果を受けて下がってくるということが確認できます。

具体的事例といたしましては、12ページの図をごらんいただくと、こちら、X方向の床応答曲線を示してございますが、緑の線がSs、青色の線がS2でございます。青色の線は減衰定数が0.5%、緑色のSsは減衰定数が3%でございます。

もし、仮に緑色のSsが減衰定数0.5%というふうにはS2と同じ条件で評価しますと、この緑色の線が、青色のS2の減衰定数0.5%の線よりかなり上の方に来るといいうものがございます。そういう減衰定数の効果を受けて、今回、荷重としてはS2とSsを比べた場合には、S2の方が上回るという結果になってございます。

○四国電力（松浦） 引き続きまして、資料2-2の方に移らせていただきます。

ここでは、先ほども御紹介がありますように、指摘事項に対する委員コメントに対しての回答を御説明させていただきます。

表紙をめくっていただきますと、次のページに委員コメントのリストがございます。3点ございます。この3点について、本日、御説明させていただきたいと考えています。

次の3ページですが、指摘事項6、7に関連する質問でございます。

代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃PHケーブル及び難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験データのエビデンスを示してほしいということでございますが、これの回答につきましては、別紙1、2に試験データの概要を示します。ページをおめくりいただきたいと思えます。

まず、別紙1でございますが、次の4ページに代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃PHケーブルの試験データの概要を示してございます。

まず、試験のプロローですが、図1-1にありますように、60年相当の加速劣化、60年相当の放射線照射等を行った後に、最後に両面浸水耐電圧試験を行い、絶縁破壊しないことを確認するものがございます。

次のページでございますが、試験条件と試験結果を太い線で囲んでございます。試験条件は、表1-1、上の表の太線で囲んだ部分ですが、これらの条件を表の右側に記載しました伊方2号炉の実機の60年間の劣化条件を包絡したものでございます。

表1-2の下の表のとおり、試験結果が良くなってございますので、このケーブルは、伊方2号機、60年間の供用に耐えるものと判断してございます。

次の6ページでございますが、難燃三重同軸ケーブル1につきましての試験の概要を示してございます。

試験のプロローは、先ほどの難燃PHケーブルと同様でございます。

7ページに試験条件と結果を示しておりますが、難燃PHケーブルと同様に、伊方2号炉の実機の60年間の劣化条件を包絡した条件で試験を行い、絶縁破壊しないことを確認してございます。

次の8ページでございますが、前回、第6回の意見聴取会の資料の修正でございます。すなわち、指摘6、代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃PHケーブルについての評価を見直すこととの指摘事項に対する回答でございますが、今回、修正した箇所を下線としてございます。

この四国電力回答のうち、前半の部分につきましては、絶縁種別が同じである代表ケーブルで評価を代替できると考えていましたが、メーカーごとの評価が必要であるとの指摘を受けた経緯を記載してございます。

また、中ほどから下の部分の線を引っ張っているところがございますが、今回の状況を受けまして、製造メーカー別の評価は要求されているほかの機器、例えば電動弁の駆動部

設計運監管理等の観点から差別化でき、同様なトラブル発生の可能性が排除できることを確認してございます。

また、主軸の高サイクル疲労に対する疲労評価を行い、疲労割れが発生しないことを確認しています。

その結果、次のページの表 1 に示してございます。先ほども出てきた表でありますが、いずれも疲労強度より小さい応力となっており、疲労割れの可能性はないと言えらると思えます。

更に疲労評価の結果、疲労強度に対する余裕が最も小さく、連続運転をしている海水ポンプにつきましても、2 定検ごとに分解点検を行い、主軸の浸透探傷検査を実施していますが、疲労割れは確認されてございませんし、その他のポンプにつきましても、径変化部のうち、探傷可能範囲について浸透探傷検査を実施しており、異常を確認してございません。

以上により、伊方 2 号炉では、主軸の高サイクル疲労は高経年化対策上問題ないものと考えてございますが、今後とも定期的に主軸の浸透探傷検査を継続してまいります。

最後に、ページ 16 でございますが、前回の意見聴取会の資料のうち、指箇事項 12 の関連のコメントでございます。

ターボポンプ主軸の限界亀裂面積はどれくらいか、折損するときの面積はどの程度かとのコメントでございますが、これは、伊方 2 号炉の余熱除去ポンプに関する御質問でございましたので、余熱除去ポンプにつきましても計算いたしました。

すなわち、伊方 2 号炉の余熱除去ポンプ主軸の限界亀裂面積、これは、最終破断の延性破面面積というふうにとらえましたが、これは、主軸断面積の約 16% です。すなわち亀裂面積で考えますと、主軸断面積の約 85% に相当しますと、最終的に延性破断に至るということでございます。

また、参考までにポンプの諸元を記載しています。また、参考までにとということで、余熱除去ポンプの主軸における亀裂の大きさや振動の関係についても記載してございます。

等でございますが、これにつきましても、代表機器の評価で代替しているものがないと、同じようなことをしているものがないかという観点から確認しました。

その結果、いずれも伊方 2 号炉の実機と同じ製造メーカーの供試体を用いた長期健全性試験データを用いて技術評価を行っていることを確認できましたので、その結果を追記いたしました。

次のページでは、この指箇事項 6 に関する経年劣化技術評価書、すなわち総括評価書の変更分を記載してございます。

下線部は、この指箇 6 に関するところでございますが、変更部を見ていただきますと、健全性試験の結果、60 年時点においても絶縁機能を維持できるものと判断すると記載してございます。

次の 10 ページでございしますが、低圧ケーブルの評価書の修正部分を示してございます。前ページと同様、下線部が指箇 6 に関する箇所でございますが、これにつきましては、前回の意見聴取会と同様の内容でございますので、説明を割愛させていただきます。次に、11 ページでございしますが、難燃三重同軸ケーブル 1 に関する同様の指箇事項でございします。

これにつきましても、難燃 PH ケーブルと同様に、当初の回答を見直しました。

また、ページ 12、13 には、指箇事項に関連して評価書を変更した箇所を記載してございます。

次の 14 ページでございします。これは、前回の意見聴取会の指箇事項 11 の関連のコメントでございます。すなわち、ターボポンプで発生した 3 件のトラブルでは、軸の折損の兆候を把握できていたのか、できていない場合、高経年化技術評価として主軸の高サイクル疲労を設計で考慮しているだけでは不十分ではないかとのコメントに対する回答でございします。

コメントにある 3 件のトラブルとは、ここに記載しているトラブルでございます。

伊方 2 号炉のポンプに関しましては、これら 3 件のトラブルの発生原因につきまして、

以上でございます。

○石垣高経年化対策室長 ありがとうございます。それでは、資料の2-1、2-2、伊方2号炉の高経年化技術評価に対しますコメントと回答をいただきました。ここで、御意見、御質問をお願いしたいと思います。

○飯井教授 まず、資料2-2、16ページ、指摘事項12関連ということで、⑥です。これについて、今回、ターボポンプ主軸の限界亀裂面積を回答いただきました。

それで、ここで更にということで確認しておきたいのは、例えば亀裂面積が50%になつてから、下に書いてあるような70%等に亀裂が進展する時間というのは、どれくらい把握されているかと、それを確認したいと思います。

具体的には、どうということかと申しますと、静止機器と申しますか、圧力容器の亀裂と回転機械の亀裂というのは、性質が全然違うということなんです。いまや、圧力容器等については、維持規格というのができて、有害な欠陥でなければ存在してもいいということになっておりますけれども、いまだなお、回転機械については、亀裂の存在を認められたらというのではないと思います。それは、基本的に回転機械への亀裂と静止機械の亀裂の性質が違うからなんです。

つまり、同じ資料の14ページに3例のトラブル事例が紹介されておりますけれども、聞くところによりますと、振動のわずかな変化の兆候から、実際に折損に至るまで1日経っていないという話も聞えてきておりました、とにかく回転機械の亀裂というのは、非常に成長が早いということなんです。

それで、まず、そのことを指摘した上で、追加でどれくらいの時間で亀裂の折損に至るんですかと、亀裂断面積50%から折損ということになると、どれくらい時間で折損に至るんですかと、これは確認いただきたいというのが1つあります。

それから、資料2-1の3ページに戻りまして、質問事項②に対する回答です。

これは、資料2-2、14ページのコメント⑤に対する回答とも関連があるということと考えると、今回の回答は不十分であると考えます。

その理由は、そもそもこの検討の発端が2つあったということなんです。まず、1点目は、局所的に高い遠心応力が発生している場合に、それが低サイクル疲労損傷の原因となることはないのか。高経年化という観点で低サイクル疲労ということがあると思われましかれども、その低サイクル疲労損傷の原因となることがないのかと、こういう懸念が1つあったと思います。

2つ目は、回転機械についても、圧力容器に比較して、遜色ない保守性を考慮しているかと、こういう懸念があったと思います。

それで、1つ目の懸念ということに対する回答としては、ずばり言うならば、最大遠心応力はどこにどれだけ発生しているのかという回答を期待していたわけですが、どうも主軸の方だけに目がいかっていて、それも段付部という表現はありますけれども、余り評価部位がよくわからなないということがあります。

2つ目については、3ページの真ん中にありますように、評価に用いた疲労曲線は、疲労試験データに基づき、表面粗さ等を考慮したものですということと、いわゆる実力ベースの疲労曲線であつて、圧力容器等の低サイクル疲労評価で行われているように、応力に対して2あるいは繰り返しに対して20とかいった設計疲労曲線で評価をしているわけはなさそうだということなんです。

したがって、例えば今回出ている海水ポンプなんかでいきますと、もし、応力に対する安全率を考えると、疲労限を超えてしまうということと、いわゆるユース・フアクターUというのはゼロではなくということなんです。

そういうことがありまして、もう一度検討の発端に立ち返って詳しい回答をいただきましたと思います。実際に、心配している部位をきちんと示してほしいということと、まず、1番目の懸念については、少なくとも寸法のわかる組立断面図、特にキー溝とか、インペラの構造とか、それとか計算に使われるような回転数等、もう少し詳しい情報を提供いただきたいと思えます。

以上です。

間。

○飯井教授 いずれにしても、そこは計算なんですけれども、1時間とか非常に早い時間、ここで計算で出されている主軸面積の50%の亀裂が発生して、振動が5%くらい増加すると書いているんですけれども、その時点では、寿命がほとんどない、1時間あるいは数十分で折れてしまうということなんですね。

したがって、そういうことを踏まえたと、結局、該当機器については、亀裂の発生というのは、どうにかして防がないといけないということなんです。資料2-2の14ページの⑥に対する回答なんですけれども、実際に、これまでの発生事例でも振動の兆候や分解点検で亀裂発生の予兆を把握できていなかったということなので、これは高経年化評価として、設計がいいから、それでいいのだということでは、なかなか通らないんじゃないでしょうか。そこら辺については、たしかJNESさんの指摘があつて、高サイクル疲労は考慮する必要はないと、そういうことではなかったと思うんですけども、やはり高サイクル疲労を考慮するにしても、圧力容器と同等の保守性を持った評価を行うようにしていただきたいと思います。

以上です。

○石垣高経年化対策室長 何かございますか。

○四国電力(松浦) 今、御指摘いただいたのは、静的機器と同等な評価を行っていたんだけどということだったと思うんですけども、今回、資料2-2の15ページとかに書いていますように、ECCS系のポンプにつきましても、主軸の高サイクル疲労につきましても、詳細に評価させていただいて、その結果は載せさせていただいています。

○飯井教授 ですから、その保守性を、圧力容器同等の保守性を持った評価をしてほしいと、するべきではないかと、いうことです。あるいは今回、資料2-2の14ページではお示しいただかなかつたわけなんですけど、これらの3つのポンプの主軸折損例があるわけなんですけれども、これについては、例えば何定検に1回見えて見て見つけられなかったと、それに対して、見つけられなかったということを踏まえて、より点検間隔を短くしている

○石垣高経年化対策室長 ありがとうございます。2点いただきましたけれども、ターボポンプの主軸の語と疲労の語と、今日、コメントできることがあれば、どうぞ。

○四国電力(松浦) まず、2-2のページ16の話でございます。亀裂が50%から70%に行くには、どのくらいの時間がかかるかという質問でございますが、日本機械学会の論文集にございます、亀裂進展速度を用いて計算しますと、50%から70%になるのは、約60分、約1時間でございます。

次に、資料2-1に関する3ページ目の計算でございますが、ここは、まず、主軸の疲労に対する評価をやっているということで、部位につきましては、ページ4の下の方の計算モデルと書いていますように、条件的に厳しいと考えられるインペラ部及び継手部について応力を算出し、段付部の影響も考慮したものでございます。部位については、そういうことでございます。

あと、実力ベースで疲労曲線を求めているのではないかということでございますが、ここでは、使っている疲労曲線は、実力ベースのものを基にメーカーの方でいろいろ表面粗さとか、粗ければ疲労強度が下がるので、実機の表面粗さ等を考慮しまして、実力ベースの疲労曲線から設計に使えるように、メーカーさんの確認をもつて下げた疲労曲線でございます。

インペラの応力に関しては、先ほどこの資料になくて申し歌ないんですが、口頭で御説明させていただきましたとおり、ECCS系のポンプにつきましては、直径が20cmから50cm程度ということで、回転数も低いことから遠心力が厳しいところもないと考えておりまして、実際、ニューシアを見ましても、古いプラントでもインペラで特に顕微なエロージョン以外には有意な経年劣化現象はございませんでした。

よって、応力評価までには不要ではないかと考えてございます。現状保全のPTで健全性を担保できていければと考えてございます。

以上でございます。

○石垣高経年化対策室長 飯井先生は、50から70、それから70から折損までという御質

か、要するに点検で見つからなかった場合にはどうするかということも提示いただいていないというふうに思われまして、それにおいて設計さえよければ、点検は必要ないというようにも思える回答になっていて、不十分ではないかと思えます。

以上です。

○石垣高経年化対策室長 事業者さんは、PT 継続ということもありませうけれども、そういう現状保全と併せて、もう一度評価を整理させていただくということではないかと思えます。

どうぞ。

○山口参与 今の飯井先生の御指摘、ごもつともの話だと思ふんですけれども、平成 21 年の電事法改正以来、いつでも、何でも止めて検査するのが本当に安全かという反省の下に、状態監視というのを積極的に導入しているという動きになっていますね。

それで、この以前のポンプの折損事例は、恐らくまだ状態監視というものを導入する以前の事故例でございまして、ほとんどそういう系統立った振動判定等はなされていなかったんじゃないかと思えます。

確かに動的機器の軸の破損とか、あるいは軸受けの破損とか、破損寸前に急激に変化するということで、事象としては急激に変化するんですけれども、それ以前も状態の変化、これをとらえていこうというのは、状態基準保全のそもその設計でございまして、今、電力さんが取り組んでおられることだと思えますけれども、その辺、通常の値からずれた時点で異常状態をどう判断するか、それで、十分評価できるか、その辺も含めて考えていただければと思います。

それから、恐らくこれまで実例のない話ですので、是非、こういうデータはしっかり蓄積して、今後の検査の糧にさせていただければと、その辺も含めて検討していただければと思います。

○石垣高経年化対策室長 ありがとうございます。

○四国電力（松浦） ちよつとお時間取らせて申し訳ございません。資料 2-2 の 14 ペ

ージに書いていますように、15 ページの評価ですわ、海水ポンプが疲労強度に対して最も裕度が少ないと読めるんですけれども、これに關しまして、14 ページに書いてありますように、定期に 1 回分解点検をやって、PT をやって異常がないことを確認してございまして、これを代表としてやっています。

あとの、例えば ECCS の余熱除去ポンプ、高圧注入ポンプ等につきましては、通常待機状態でございまして、月に 1 回定期運転をするんですけれども、そのときには必ず振動測定をやっているということでございます。

ですから、3 件のトラブルでは書いていますけれども、連続運転しているポンプで 1 か月に 1 回振動測定だったので、見つからなかったけれども、余熱除去ポンプとか、注入ポンプの ECCS のポンプですと、定期運転のときには、必ず振動測定をやっているのです、異常兆候も見つけられる可能性があるかなと考えてございます。

○石垣高経年化対策室長 飯井先生。

○飯井教授 指摘の一番の前提は、ECCS 系のポンプについては、例えば振動が出ました、それから、では非常用として使うときに、さあ予備品に取り替えましょうということにならないわけですね。要するに、もう振動が出た時点で折損を覚悟しなければいけない、そういう性質のものであって、そういう非常用に使うようなポンプに対する保全というのは、3.11 以降、同じであつていいんでしょうかと、そういうことだと思ふんです。

ですから、やられていることはわかりますけれども、しかし、非常用として動かさなければいけない、それについて、もう少し何か考える必要があるんじゃないでしょうかという指摘です。

○石垣高経年化対策室長 では、引き続き検討すると、どうぞ。

○四国電力 先生の御指摘のとおり、設計サイドだけでは、どうしても製品関係でばらまきもありますし、当然、保全の中で確認していかなければいけないということは当然あると思います。

したがいまして、我々、今、説明したとおり、まず、分解点検をやるときには、きつち

高経年化の材料、機器に対して、こういうふうな規定が新しくなったものを前にさかのぼっていいかどうかということ、これは保安院の考え方にも関係すると思うんですけども、その点について、四国電力の方と保安院の方のお考えを聞きたいと思います。

○石垣高経年化対策室長 どうぞ。
○四国電力（松浦） まず、1点目、ポンプの振動についてでございます。50%から70%に亀裂が進展するのに約1時間という値を言いましたが、これについて、早いというか、検知できるのか、できないのかという質問だったと思うんですけども、まず、ポンプにいろいろな種類がございます。今、対象にしているのはECOS系のポンプでございます。ECOS系のポンプは通常プラント運転中は停止してございます。月に1回定期運転します。そのときには、10分から15分程度運転で異常がないことを確認します。

ということ、そのときにも、当社では必ず振動測定をすることとしています。ということは、毎回10分とか15分振動測定しておるわけですけども、50%から70%になるまで1時間で受けられども、そのあと、5回とか6回振動測定の結果があるわけですね。ですから、それを注意深く見ていければ、検出できる可能性もあるんじゃないかと、私どもは考えてございます。

次に減衰です。

○四国電力（池田） 減衰定数の考え方ですけども、建設当時とか、そういう古い世代のプラントのときも、勿論、減衰定数の考え方はあったんですけども、当時は、建屋の固有周期に対して柔側の配管については安全側に、一番最低値の減衰定数を取るということで設計は行ってございました。

その後、配管系の減衰定数につきましては、地震入力が増大に対する高度化の検討というところで、いろいろ試験とかを積み重ねていってございます。

そのときに、建屋の固有周期をまたぐ、またがないにしても、配管系の減衰定数として変わるか、変わらないかということ、いろいろ実験データの方が整備されてございます。

古い世代のJFAG4601につきましては、建屋の固有周期を超えた長周期側の配管系での

りそういうふうなインペナも含まれて、径変化部、すなわち一番応力が集中する箇所につきまはしては、肉眼、それからPT関係なんかで、そういうような有害な欠陥がないということも確認しておりますし、それから、通常運転状態につきましては、それもブラスレの点検の中で、いわゆるゆる振動であったりとか、油関係の方の、潤滑油関係のところの確認もしておりますので、そういうったような分解、あとは運転というふうなところで、十分保全ということをやりますが、一応健全性の方の維持、あとは異常兆候の早期発見という形で進めておることには理解していただきたいと思います。

以上です。

○石垣高経年化対策室長 それでは、ほかに今のターボポンプ主軸の話以外のコメントなり御質問なり、ございましたら、お願いいたします。

○井野名普教授 ちよつと別のところを質問したいんですが、その前に、今のところちよつと腑に落ちないんですが、今の御質問の中で、さつき50%から70%になるのが1時間という回答は、こういう振動変化がするから、これは何か検出ということに使えるというふうなお考えなのか、それとも、それはもうとても早く使えないというふうな考えているのか、今の回答は、どうも飯井先生の質問に対する回答がきちんとされていたのかどうかちよつとわからないので、その辺をちよつとお聞きしたいということ。

それから、私の質問は、減衰定数の話がありましたね。2-1の10ページのところなんですけれども、Ssの場合は、減衰定数を3%にすると、設計用では0.5%と、0.5%と3%というのはすごく違うわけで、2008年の規定で3%になったので、その3%を適用しているのかどうかということについて、これは、少し一般的なことになると思うんですけども、こういう30年前の機器に対して、当時と現在では材質も違うわけで、当時0.5%というふうなことにしていたのが、3%にとり結果にして、それをそのまま使っていたのかということ、この3%にしたときの規定の議論が本当に十分なのかどうか、その辺のことは、私は、私には、このケースではないかもしれないけれども、ちよつとデータを見たときに、本当にそうしているのかということ、ちよつと疑問に思ったこともありまして、そういう

減衰定数の実験データがございませんでした。それでは、いけないということで、長周期側の配管系の減衰定数がどんどん整備されて、今回の JEAC の 2008 年版を導入するときのベースとなった原子力発電所設計専門部会というものがあるとは思いますが、その最新のちららの方で減衰定数の妥当性というものを審議いただきました。その結果が、今の最新の JEAC4601 の方に反映されてございます。その反映された内容を、今回、評価の方に適用して、我々の方からお示ししているというものでございます。

○井野名誉教授 今おっしゃった評価は、一応、私も読んでおりますけれども、それは、ちよつと本当に十分なのかという気がしております。

それから、材料の古いもの、つまり、それは幾つかの材料について、実際のそういうことをやったらそうなのということ、それが、古い材料も含めて、本当にそうなのかなということについては、何かまだデータが十分ではないのではないかというふうにも思えます。勿論、いろいろな下限を取っているわけですね。それよりもっと大きいものも勿論ありますし、そういういろいろな下限を取っているという意味ではそうなんですけれども、特に試験を行った材料が十分なのかどうか、いろんな材料について、そういうこともちよつと考えまして、それは、四国電力さんということだけではなくて、保玄院の方で、そういう減衰定数のことを、今、どういふふうにかけるのかということ、もう少し、確かに今言ったチームでの検証結果はあるんですが、それだけで本当に十分なのかどうかというようなこと。外国の事例とか、いろんなことも含めて、もう少しそこは今の時点で検討し直す必要があるんじゃないかと思っております。

○石垣高経年化対策室長 ありがとうございます。済みません、司会ではなく、保玄院としてということになってしまいかもしれません。今、四国電力からの説明にありましように、耐震設計をどうするかということは、それ自体 1 つの大きいテーマ、難しいテーマでございますので、ちよつとここだけでどうだということでもないので、保玄院の中で、耐震なり、今回の福島を踏まえているんなことを考えている中の 1 つだと思えますし、全体の中で整理をさせていただきたいと思えます。

では、クロスチェックなどもされていきます、JNES からの立場から、どうぞ。

○JNES 1 点だけ、今の先生の御発言の中で気になることがございまして、今、材料が古いか、新しいかということでコメントされたと思うんですが、この設計で使っている減衰というのは、材料の云々ではなくて、強いていえば、構造減衰ということで、例えば配管と支持構造物との摩擦とか、そういうことですから、材料が古いか、新しいことよりは、むしろ設計の配管の支持の仕方とか、周りに断熱材が巻いてあるかないかとか、そっちの方に大きく支配されるものと思っております。その点だけ、1 点御理解いただきたいと思えます。

○井野名誉教授 わかりました。材料だけではなくて、いろいろそのときの設計のスタイル等も含めてということになりますね。材料の減衰は、それ自体はもう少し小さい値なので。

○石垣高経年化対策室長 ありがとうございます。ほかに、今の 2-1、2-2 の関係で御質問なりコメントなりありましたら、お願いします。

○飯井教授 今回の ECCS 系のターボポンプの保全ということに関しては、例えば今後、保玄院さん、先日の意見聴取会で提示されました非常用クラス機器の保全については、今後検討されるということなんですか、もういったところ、追加的に議論されたいかと考えてよろしいでしょうか。

○石垣高経年化対策室長 そういった中で考えていかないといい問題だと思えます。

ただ、ちよつと申し上げたかったのは、個別の四国伊方の 2 号炉の評価としてというところ、若干中長期的に考えなければいけない問題もあるのかなというところは、今、まだちよつと整理ができていないところがあるんですけども、いずれにしても、従来どおりの手法だけでは不十分だという御指摘だと理解をしております。

○井野名誉教授 今、石垣さんがおっしゃった問題ですけれども、やはり長期の高経年化というのをどう考えていくかということは、中長期的でいいのか、やはり現在既に問題が個別に出されているところで、きちんと議論をしていくという姿勢が、私は必要なんでは

ないかと思いきや、それが、中長期という、何か先の話という事で、先延ばしにな
ってしまって、今、高齢年化の評価の仕方が今まで60年というのを40年にしようとい
うような動きもありますので、そうすれば、当然30年のやり方はこれでいいのかわか
りませんが、問題もありませんので、それは、中長期という形で先延ばしするんではな
く、個別の中にも
そういう考え方をきちんと反映させて、その上で評価していくというふうにしていただ
きたいと思っております。

○石垣高齢年化対策室長 ありがとうございます。それでは、このくらいで、ちょっと庄
子先生がお見えになりましたので、司会進行を交代します。

○庄子教授 選れての参加で大変申し訳ございません。それでは、次の審議事項から、私
の方で司会をさせていただきます。

どうぞ。

○井野名譽教授 四国電力の話で、もう少しよろしいですか、今、次に移るといふふう
には、ちょっと思わなかったのですが、あれだったので、今回のことではないんですが、前
回に出されていたクラッドの検査の話が出ておりましたね。それで、加圧器の上のノズル、
そこは目視ができないので、超音波でやられたと。ほかのところは目視ができるのでそ
ちらをやって超音波をやっていないということをおっしゃったんですが、まず、どうしてそ
こが目視できないのかと、何かその辺の図とか、その辺を具体的に説明していただ
きたいのが1つ。

それから、UTかVTか、超音波をやるか、目視をやるかということのいるんな検査
方法に対して、どういってお考えで選択をしているのか、目視と超音波では、また検出の
仕方も違うと思っておりますので、そういうことの考え方を聞きたいというのが1つ。その
クラッドの検査に関しては、それが1つです。

それから、2番目として、それに関連して、アンダーラッドクラッキング、これは圧
力容器の方ですが、こういうことを含めて、圧力容器の検査、ひび割れの検査というのは、
実際にどういふふうに行われているのかということ、今日じゃなくてもよろしいんです

けれども、次回でも結構ですけれども、それについて御説明いただきたいと思
います。

維持規格などでみますと、一検査期間、10年に10%ずつ回ったというように
いうんですが、そういうことでやられて、それは全数やられているんだと思
いますが、実際にそれがどういふふうな圧力容器の検査をやられているのかとい
うことについてお聞きしたいのが2点です。

もう一つ、これは全般的なことですけれども、やはり溶接部のひび割れとい
うのが一番問題になると思うんです。これは、圧力容器とかに限らず、配管とかいろいろ
にあると思うんですが、それで、ちょっと評価書を拝見しても、実際にどの程度
の検査をやられているのかということが、よくわからないんですよ、代表検査で済
ます問題とか、いろんなことが書いてあるということ、溶接部の検査は、全
体に対してどれくらい検査しているのか、ここ10年の間にどういふふう
に行われているかというふうな全体像を、次回にお示
しいただければと思います。

以上3点です。

○石垣高齢年化対策室長 今、3点御質問いただきましたけれども、今、お答え
できるものがあれば。

○四国電力（松浦） まず、溶接部の検査の話ですが、包括的にどのよう
に行っているのかという話ですが、これは、日本全国どこのプラントも同じでござ
います。日本機械学会さんの維持規格に点検の供用期間検査のプログラムがござ
います。それに従って検査

を行っているのが基本でござ
います。その次に、加圧器のスプレイングが見難いというのは、どうい
うことなんでしょうかとい
う話ですが、この前に評価書がございまして、構造図が載
っていますので、別冊の2
分の1でござ
います。その4の容器で、耳たぶ2-1の加圧器本体の11ページでござ
います。

○井野名譽教授 それで、ここが目視できないというのは、

○四国電力（松浦） 通常、その横にあるマンホールから中をのぞくわけ
ですが、ちょう

ど天側に向いて見なければいけないので、着り付きが非常に悪いということがございます。

○井野名善教授 わかりました。ありがとうございます。

○四国電力 続きまして、RV のアンダーラッドクッキングですけれども、同じく別冊の22分の1の「4. 容器」、オレンジ色のタグですけれども、その1タグの9ページ目ですけれども、その一番上の「(2) 上部ふた等低合金鋼部の肉盛下層部のき裂」ということで、こちらが、いわゆる井野先生が御指摘してございますアンダーラッドクッキングの評価でございます。

それで、紙面上の中央部に図がございますけれども、こちらは、三菱重工の方が、いろいろと溶接の試験条件を変えまして、かつ、材料の成分等も変えまして実施した試験結果でございます。

純度がΔG 値ということで、モリブデンであるとか、Cr (クロム)、そしてバナジウム等、こういったものがございますと、析出しまして、粒内の強度が上昇、粒界の靱性が低下して、かつ溶接の入熱が高いと割れてしまうと、割れが入るという結果が、これまでの経験から得られてございます。

こういったことは、既におかかっていましたので、容器のステンレス鋼の肉盛りをする際には、当然、この割れが発生しない領域ということで、この図で、右斜め下に下りている線がございますけれども、これよりも下の領域で溶接をしまして、アンダーラッドクッキングは防げているというふうに、現時点では考えてございます。

以上でございます。

○井野名善教授 済みません、この肉盛りをしたのは何年ですか。

○四国電力 (松浦) 運開が82年でございますので、その少し前です。

○井野名善教授 ありがとうございます。

○石垣高経年化対策室長 よろしゅうございますでしょうか。それでは、改めまして、次の議題に移らせていただきたいと思います。

○庄子教授 それでは、次の議題は、東京電力株式会社福島第二の1号の評価についてです。資料は、3と4がこの議題に相当します。

最初に3と4について事務局から、それから資料5について東京電力から説明をお願いします。

それでは、まず、資料3についてお願いします。

○石垣高経年化対策室長 それでは、2番目の議題の関係2Fの1号炉については、資料3、4、5になります。

資料3は、前回御説明をした際にいただいたコメントを整理したものでございます。3については、コメントが2つあったと、それだけでございます。4と5で順次御説明をさせていただきます。資料4を御用意ください。

これは、阿部先生が実際のハードファイルにとじ込んだ技術評価書の中に、劣化のこれまでの評価の部分が抜けているのではないかという御質問でございました。

回答は、前段の方にいろいろ書いてございますけれども、安定停止状態を前提にした評価と、長期保守管理方針ということではございまして、ただ、先生御指摘のとおり、現在、どこまでどうなっているんだと、劣化の進展などはどうだということを発射台にして、この先の安定停止を維持した場合がどうかという評価が必要でございますので、前回も東京電力が御説明申し上げましたように、地震の前までは、通常の評価を途中までやっていて、ほぼ終わりにかけていたという状態でございますので、必要なデータはそろってございますので、そういった中から、一部なり必要な部分については、追加的に提出をしていただいて評価を進めるという格好で進めていこうというのが回答でございます。

今日、先ほど四国電力の伊方のときにも質疑をいただいたものは、評価書に追加をしていただいたら、新旧対照表で見えていただくという手法も取ってございますので、この2Fの1につきましても、必要なデータは、これから私どもと、それからJNESとで技術的妥当性の確認という作業を進めますけれども、その中で必要なデータを出していただいて、必

まして、安定停止の維持に必要な設備に対しては、当面の安定停止期間に着目して、安定停止中において進行すると考えられる継作劣化事象の影響評価をいたしまして、それ以外の設備に対しては、当面の安定停止には使用しないということから、原子炉施設の安全性に影響を与えないと評価したものでございます。

特別な保全計画につきましては、長期停止となった場合などの特別な保全計画が必要となった場合に作成するものと定めておりました。今回の2Fの1号機のような安定的な停止状態を前提とした、発電所全体の保全活動につきましては、被災した設備の復旧及び復旧後の維持を含めて、特別な保全計画で一元的に管理していくこととなります。

3ページ目に、参考までに、現在作成を進めております特別な保全計画書の一例を記載させていただいております。

日常保全による点検といたしまして、通常の保全計画と同様な保全活動を記載していただきますが、今回の高経年化技術評価で抽出されました長期保守管理項目を追加保全策として劣化の進展状況を確認するという活動を記載していく予定でございます。

簡単ではございますが、以上でございます。

○庄子教授 ありがとうございます。このコメントは、関村委員からのコメントで、今日は関村先生が御欠席ですけれども、これは、事前に先生には説明されて、この内容というのは、まだですか。

○東京電力(山田) 特段、正式には御説明しておりません。

○庄子教授 では、この資料を関村先生にお渡しして、あとはコメントをいただくということ。

○石垣高経年化対策室長 週末に送ってございませすけれども、今のところは、御連絡はいただいていないですけれども。

○庄子教授 わかりました。どうぞ。

○阿部教授 関村委員に対する回答書と関連しますが、資料4について、少しコメントをさせていただきます。

要なものは評価書に記載する、あるいは技術資料集の方にも入れていただく、そういう対応をさせていただきたいと思っております。

これは、これから審議を進めていく中で順次御紹介させていただければと思っております。ところでございます。

○庄子教授 ありがとうございます。それでは、引き続き、コメントに対する回答として、東京電力の方からお願いします。

○東京電力(山田) 東京電力の山田でございます。前回、1月18日に関村委員からいただきましたコメントに関する回答でございます。

コメント事項といたしましては、特別な保全計画、高経年化技術評価、復旧計画について、今後の保全の活動がどう実施されるのか、保全の全体的な関係を整理することとコメントでございます。

まず、めくっていただきました、右下の2ページがございませすけれども、これが、発電所における保守管理活動の全体像を示しております。

当社の保守管理基本マニュアルというものがございませす、こちらでは保守管理に対する要求事項といたしまして、JBACの4111に基づきまして品質保証体系を構築いたしました。JEAC4209に基づきまして保全を行うということを規定してございませす。

発電所の保全活動の基本につきましては、保全計画等がございませす。復旧計画、高経年化技術評価も、最終的には保全活動にフィードバックされるということになります。

1ページに戻りまして、2Fにつきましては、昨年12月26日に原子力緊急事態解除宣言を受けまして、1月31日に復旧計画書を提出いたしました。

被災した設備に関しまして、冷温停止維持をより一層確実なものとするために、原子力災害事後対策としてリスクを管理しつつ、必要な設備を復旧する計画としてとりまとめたものでございます。

今回のこのような安定的な停止状態の維持を前提とした2Fの1号機の今回の高経年化技術評価の位置づけといたしましては、震災の影響によるプラント停止の状態をかんがみ

資料 4 に書いてある保安院さんの回答というものが、保安院さんが策定されている高経年化対策実施ガイドラインに関しては何も触れておられなくて、これについては、少し奇異に感じるのでコメントいたします。

前回のコメントの意図は、以下のようなものです。この時点で 2F の 1 号機について高経年化技術評価をしなければいけないということではなくて、東京電力さんが、事故対応で非常にお忙しい中ということもあり、また、再稼働に向けて今のところ目途がまだ立っていない段階ということもあり、ある程度の行政的な配慮というのが必要であろうと私は考えております。

それに当たりまして、資料 4 の意味については悩みが大きいと思います。ガイドラインの限りにおいては、30 年目を経過する前までに高経年化技術評価を終えて、長期保守管理方針も策定して認めてもらわなければいけないということになっております。この内規に肅々と従うのであれば、これをきちんと遂行しなければいけないということになります。

ですので、今の段階において、すべての項目については審査を行わないという御判断なのであれば、きちんと附則の形でこのガイドラインに書き込んで、行政の方針としてきちんと示しておく必要があると思います。

このことについて、ご回答をいただければと思います。

○庄子教授 どうぞ。

○石垣高経年化対策室長 御指摘ありがとうございます。私も阿部先生の悩みと同じ悩みを表は持っております。また、東京電力の現在の状態のときに、どこまでやるかというのは、ちよつと言いつ方が変わすけれども、フルスベックのルールを適用する、当然、それは無理があると思いますし、実際には、冷温停止という普通の状態ではないことをやるわけですので、その実態に即した部分について、きちんと漏れなく見ることだとだと思います。

ただ、先生おっしゃるとおり、ガイドラインの上での位置づけなり、今回の 2F の震災に当たつての我々が自らつくったルールということとの関係で、御指摘のとおり、それはつきりさせないといかぬというコメントだとと思います。

ガイドラインも通常の状態だけを想定したものでございますので、今回の取扱いをどうするか。前回は、1 枚べらで、冷温停止状態に着目した評価をして、その前提が変わったらやり直しですよという 1 枚は出させていたいただいたんですけれども、ガイドラインとの関係で、その例外なり何なりという位置づけは、改めて整理をさせていただきます。

実際やる作業としては、今、申し上げたように、そんな関係のないところまで手を広げて全部フルスベックということではなくて、冷温停止に使う機器の劣化が今どうか、この先、冷温停止を維持する際に、どういう心配事があるかどうかということのをきちんと見る。それから、使わないものは、逆の言い方をするのかもしれないけれども、使わない機器が冷温停止の状態に邪魔をしないといったら変ですけれども、冷温停止状態に変な影響がないかという目で見るとは思いますが、そういうところは、きちんと見る。それから、ガイドラインとの関係は、自分でつくったルールは、自分でどう扱うかというのをきちんともう一回整理をするということです。

○庄子教授 どうぞ。

○阿部教授 このガイドラインそのものは、30 年目の基準評価を終わらないと、次の 10 年間の運転を認めないという内容になっております。おっしゃることの心はよく理解できるし、行政のお立場や、あるいは東京電力さんが実際に現時点でできる作業が何かということ、それとおおろだと思えます。ただ、今回の形で高経年化技術評価をやったことが、今後どういうふうな位置づけられるのかということを考えて不安です。再立ち上げの時期を迎えた時に、今の時点で実施した不十分な高経年化技術評価が今の時点で意図していない形で使われてしまうということは避けなければいけないし、あるいはその点で揚げ足を取られてしまう形にもなりかねないと思います。

そういう意味では、関村先生に対するコメント回答と全く同じことですが、今、行っていることと、再立ち上げまでの期間に行っていることに対する技術評価とか、長期保守管理方針というものと、通常運転のときの長期保守管理についての指針というものを、全く別立てのものをきちんとつくっておく必要があると思います。

ざいます。

これらの活動については、先般提出しました復旧計画書の方に、どういった内容をやりますとということを明確にさせていただきます。こちらを、まず、最優先にやるということやってきていますので、例えば復水系のタービン系の補機類について、現状で点検をしているかという点、これは、ほとんど放置しているというのが実態でございます。

実際に、止まった状態のままになっていて、海水が入った部分については海水を放りて、その状態で置いてあるということです。

心としましては、まず、安全を確保する、そのところにリソースを最優先に向けるという点で取り組んでいるのが実態でございます。

○庄子教授 よろしゅうございますか。通常の高経年化技術評価とは、全く違った状況にありますので、現状は、今、説明があったように、今の状態を十分安全確保することに全力を尽くしている。次の状況になれば、また、そのときに、従来の高経年化技術評価がいいのか、それを含めて、また次のステップで考えたいということですか。

ほかに御意見はございますか。よろしゅうございますか。

特に御意見がなければ、次の議題に移らせていただきます。

次は、関西電力美浜2号の評価についてです。まず、最初に資料6について事務局から、それから引き続き資料7について関西電力から御説明をお願いいたします。

では、まず、事務局から。

○石垣高経年化対策室長 それでは、次の議題になります。関西電力の美浜2号炉についてということでございます。

資料は6と7になります。資料6は、先生方からいただいたコメントを2点整理しただけでございます。回答の方は、資料7になります。

資料7は、関西電力から御説明をお願いします。

○関西電力(田中) ありがとうございます。関西電力の高経年化対策グループの田中と申します。よろしくお願いたします。

その上で、再立ち上げに至ったときには、通常運転のための長期保守管理方針、それから高経年化技術評価というものをきちんともう一遍やり直すと。そうすれば、再立ち上げに向けての基礎的基盤というものがきちんとしてき上がった形で再立ち上げに臨めるということで、行政の動き方としては、そちらの方が非常に素直に聞こえます。今のガイドラインに無理やり解釈を積み重ねてねじられた形にしてしまうよりは、素直に新しいガイドラインをつくって、冷温停止を保つためのものにしていくというふうな位置づけのものをつくった方がよろしいんじゃないかと思えます。

以上です。

○庄子教授 ありがとうございます。ほかにございますか。

それでは、資料3、4、5について、御意見、御質問をお願いします。

どうぞ。

○井野名啓教授 今の話と外れるかもしれませんが、前にも質問したかもしれませんが、これも、これは、現場の保全といいますか、地震・津波での現場の保全を、これは事故調査の方との関係で保全ということには必要なんだと思えますけれども、勿論、危険が生じるような保守ということには勿論必要なので、それ以外のことについては、保全ということはこちらとできているのかということについてはどうなんでしょうか。

○庄子教授 では、東京電力の方から回答をお願いします。

○東京電力(川村) 東京電力の川村でございます。実際に現場の状況でございますけれども、冷温停止を維持していく、要は、今の状態で安全を維持していくために必要な設備、例えば海水系の冷却のための設備ですので、そういったものが被害を受けましたので、これは安全確保のために、写真を撮り、あるいはウォークダウンの記録を撮すといった形を取った後に、安全な状態に復旧していくということをやっております。

それ以外にも、放射線管理ですとか、あるいはその周辺の放射線影響をモニタリングするためのモニタリングポストですとか、そういったいわゆる保安規定を守るための設備、これについても、やはり安全確保の観点から復旧が必要であるということでも復旧をしてご

2点、委員の方からコメントをいただいたということで、1点目が箕島先生、もう一点が渡邊先生からだと思います。

まず、資料7を見ていただいで、7枚ものでございます。7分の2ページを開いていただいで、まず、箕島先生の方からの御回答ですけれども、質問は、概要資料を全般説明させていたで、24ページの加圧器サージライン用の管台のU.F.疲労累積係数が大きく異なっている点の理由ということで、30年目のときの評価したのが0.002、40年目のときは0.088ということで、1けた違うので、その理由ということでございました。

回答で書いていますように、2点大きく相違点について書かせていただきました。

1点目は、疲労評価に用いた規格の変更によりまして、設計疲労線図のより繰り返し回数の多い範囲、10の6乗回から10の11乗回までのピーク応力強さを考慮するようになったことで、発生するピーク応力はより小さな過渡についても疲労累積係数としてカウントされるようになったということでございます。

もう一点は、内圧による応力算出に当たって、30年目の評価では、FEM解析をやっております。40年目のときには、設計・建設規格、添付1、次のページにも載せておきましたけれども、その応力係数を用いて規格計算により評価を行っているということでございます。

その差異については、下の表にありますように、こういうことなことでございますけれども、1けた違うということは、約2倍くらい数字が変わってきています。

もう一点、2番目の方は、FEM解析による解析値、これはやはり8倍くらい変わっていると、あくまでも設計・建設規格の方は簡易計算なので、FEM解析という詳細解析をしますと、やはり8分の1くらいになるということなので、逆にそれはやってございませんで、8倍くらいの値が大きくなったということで、両方合わせて16倍くらいになったということでございます。

実際に、30年目のときには、国の基準としては、告示の501で規定されておりまして、

40年目のときには、その告示が廃止されて、性能規定がされてございまして、その設計・建設規格が主要規格としてされたものであるということでございます。

もう一点の御質問は、渡邊先生からいただいたんですけれども、7分の4ページをめくっていただきたいと思えます。

ピーニングの有効性について、応力緩和の程度と効果の持続性について説明することというお話をいただきました。

保全実績の評価の説明で、蒸気発生器のセーフエンドについて、亀裂が見つかったものについては取り替えただんですけれども、そのほかのものは異常がないことをECTという渦流探傷検査において異常がないことを確認した上で、ショットピーニングを施しましたということを御説明したときに、御質問が出たものでございます。

この違いについては、水の中ではウォータージェットピーニング、それ以外のところでは超音波ショットピーニングを使っているというお話をさせていただいて、データの提示ということがございましたので、今回、敬啟お持ちしております。

まず、回答に書いてあることを読ませていただきますけれども、予防保全として施工しているウォータージェットピーニングと超音波ショットピーニングの効果につきましては、深さが0.5から1mmまで圧縮応力が付与されます。表面近傍では300から500MPaの圧縮応力になることが確認されてございまして、応力付与の程度に関して公開されているデータを次のページに記載しています。ここは、ちよつと緩和と書いてしまいましたけれども、次のページをめくっていただきまして、緩和というよりも付与というふうに呼んだ方がいいと思えます。

7分の5ページになります。7分の6と両方並べて見ていただいたらわかるんですけれども、7分の5の方は、図3、図4にお持ちしたのが、600合金の溶接金属のものでございまして。

図3に示していますように、上の左側にウォータージェットピーニングを施工なしの場合には、引張応力が残っているという状況です。

それで、420℃で約100時間くらいかけたということですが、これは、温度加速ラゾンミラ係数20として考えても、320℃で60年相当になるということでの想定の実験結果です。

ですので、ある程度落ちるんですけども、十分圧縮応力は残っているというデータだと御理解いただきたいと思います。

それでは、もう少し本文を説明したいので、7分の4ページを見ていただきたいんですけども、今、私が口頭で説明させていただいた応力繰り返し負荷、ラゾンミラーの件については、※で書かせていただきました。なおかつ、最後に添付資料の出典としまして、2つ、今回お持ちしたのは、これはオープンのものでございますので、どなたでも見られるような状況のデータでございます。

私からは、以上でございます。

○庄子教授 ありがとうございます。今の回答について、何か、御質問はございますか。どうぞ。

○渡邊雅教授 渡邊です。前回質問をしたときに、なるべく実機的环境下に近いようなデータをお示しくささいという質問をしました。

これを見ると、公表されているというデータということなんですけれども、これは、公表されていないような実機のデータがたくさん担保されていて、ここに公表できるのは、これだけだという意味でしょうか。

それで、私が申し上げたのは、実機的环境下というのは、非常に複雑な表面の形状もあるわけですので、それと複雑な応力の分布もあるわけですね。

もう一つは、中性子が長い間付加されると、中性子は全く無視されるということを含めて、もう少し詳しい御検討の結果というのは、どうでしょうか。

○庄子教授 どうぞ。

○関西電力(田中) まず、中性子と言われますと、実際に当該部というのは、一番近いところで、原子炉容器の出口管台ですけども、これは、コンクリート構造物が当然ながら

右側に書いているのは、欠陥ある、ない、要するに潜在欠陥がある、なしということ、約1mmぐらいの欠陥を入れたんですけども、欠陥があるの場合も、欠陥がなしの場合も、一応、表面は圧縮応力ということになっているとありますが、これで見取れるかと思えます。

超音波のショットピーニングの方も同じ状況になったということは、見て取れると思います。

もう一点説明したいのは、次の7分の6ページでございます。これは、ステンレス鋼の部材でございますけれども、これは、深さ方向にデータが取れましたというか、母材なので取れます。溶接は、測定法の問題がございまして、なかなか取れないということ、母材は取れましたので、これは、取れたデータを提示しているということです。

図の7に示しますように、深さ0、要するに表面ですけども、表面では400MPa以下の圧縮応力が加えられているということです。データで1mmくらいまでは、一応、圧縮の状態は残っているというのを見ていただけたかと思っております。

潜在欠陥あり、なしも更になんというの、このデータから見取れるかと思っております。

もう一点も、続いてデータで説明させていただきます。最後のページ、これは、応力緩和の効果持続性に関する公開されたデータということでございます。

このデータを見ていただきますと、一帯左側にピーニング施工直後と書いてございます。ここをあくまで応力比1としていているのは、一応材料といましようか、ウォータージェットピーニング、ショットピーニングの内表面の残留応力自体は420MPa、520MPaというところで、少し違いますので、無次元化して1.0という形でここに置きました。それによって大体何割くらい落ちるかというのを見やすいように、このグラフはなっております。

これを見ていただいたらわかりますように、約2割くらいは落ちていく可能性はあると書いていますけれども、この試験は、420℃で変動応力をかけたものです。約130MPaの応力をかけて、繰り返しの回数を大体800くらいかけてやっております。

らありますので、中性子は大幅低くなって影響がほとんどないと考えています。

ただ、先生おっしゃったように、現場でのどうか、実機のこと言われますと、まず、現場では、X線でそんな残留応力を測れるような大きな装置を持って行けませんので、実機で測っているというわけではない、実機の模擬という形でやっております。

最近、この点を御指摘される先生方も聞き及んでおまして、事業者として、現在、共通研究で試験をやっております。というのは、メーカーさんに実際に施工していただいた後、発電技術協会さんの方で第三者機関としてその結果の検証をお願いするという形を取っております。これは、公開性という意味でも非常にオープンでやりたかったので、そういうことをやっております。それは、もう今年度終わりますので、4月以降だと思えますけれども、学会論文等々、今後どんどん出ていくと思っております。そういうデータは、いずれ出てくるということで、今、申し上げたことでございます。

以上でございます。

○庄子教授 よろしゅうございますか。

○渡邊雅教授 わかりました。

○庄子教授 ビーニングによる圧縮応力というのは、高経年化のときの対策の大きな柱です。そこは是非確認をお願いしたいと思えます。

ほかに、資料7についての御質問は、よろしゅうございますか。

ありがとうございます。それでは、次は、本日の最後の議題になりますけれども、中性子照射脆化についてです。まず、資料8について事務局から、それから資料9について九州電力、その後、資料10について事務局から、更に資料11について九州電力から説明をお願いします。その後、一括して質疑の時間を設けたいと思います。

それでは、まず、資料8について、事務局、どうぞ。

○石垣高経年化対策室長 資料8は、これまで御議論いただいた中の質問事項を整理したものでございます。1枚で裏表になっております。

この回答が資料9という格好で、今日、九州電力から御用意をいただいたものという

ことでございます。準備はよろしいですか。

では、資料9の方は、九州電力から御説明をお願いします。

○九州電力(野崎) 九州電力の野崎といいます。資料9に従って御説明させていただきます。

まず、1番シャルピー破面観察結果(母材の照射前~4回試験)を提示することとということですので、シャルピー破面観察結果は、メーカー報告書に記載されています、シャルピー衝撃試験を実施した温度、その破面写真を次のページからの別紙に示しております。

なお、いずれの破面においても、遷移温度領域を境に低温側は平滑な面である脆性破面を、高温側では繊維状な面である延性破面を示す傾向にあり、特異性は認められていませんということを書いております。

注釈で語彙の説明を書いております。

1ページめくっていただきます。ここが照射前のシャルピー衝撃試験温度と、その破面写真を示しています。温度が低い方が脆性破面の傾向、温度が高ければ、延性破面の傾向を示しています。

図中の破面写真の中に括弧書きで数値を書いておりますけれども、これは、延性破面率が50%となる温度を記載しております。

3ページ目に、試験温度と延性破面率の関係を示していきまして、延性破面率が50%にある、照射前の場合ですと、マイナス4℃ということを示すグラフも付けております。

次に、4ページ以降が、第1回も同様です。第2回、第3回、第4回と、これまでの破面写真を付けさせていただいております。

次に、2番、照射量と硬さの関係は知られていることなので、硬さの試験結果を出してほしいということですのでけれども、現在、保管されている照射前、保管材ですが、第3回及び第4回監視試験片、これはシャルピー衝撃試験片の残材について実施した硬さ試験の結果を表に示しております。