

原子力発電所の高経年化技術評価等に係る審査会合

第14回

議事録

1. 日時

平成30年9月26日（水）14:00～16:58

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

原子力規制庁

山田 知穂	原子力規制部長
天野 直樹	安全管理調査官
池田 雅昭	上席技術研究調査官
塚部 暢之	管理官補佐
臼井 暁子	廃止措置専門官
中野 光行	高経年化対策専門職
河野 克己	主任技術研究調査官
小嶋 正義	主任技術研究調査官
橋倉 靖明	技術研究調査官
北條 智博	技術研究調査官

中国電力株式会社

北野 立夫	常務執行役員	電源事業本部部長（原子力管理）
桑田 賢一郎	島根原子力発電所	保修部 部長
臼井 利光	島根原子力発電所	保修部（保修技術）課長
橋本 隆	島根原子力発電所	保修部（建築）課長
小西 克文	島根原子力発電所	保修部（土木）課長
豊嶋 好輝	島根原子力発電所	保修部（保修技術）高経年化 副長

幸 真	島根原子力発電所	保修部（保修技術）	高経年化	主任
美濃 邦勇	島根原子力発電所	保修部（保修技術）	高経年化	主任
舛岡 弘基	島根原子力発電所	保修部（保修技術）	高経年化	担当
兼折 直樹	島根原子力発電所	保修部（保修技術）	高経年化	担当
中野 陽介	島根原子力発電所	保修部（保修技術）	高経年化	担当
船田 康太朗	島根原子力発電所	保修部（保修技術）	高経年化	担当
吉岡 哲兵	島根原子力発電所	保修部（保修技術）	高経年化	担当
高橋 駿介	島根原子力発電所	保修部（建築）		担当
磯田 隆行	島根原子力発電所	保修部（土木）		担当
加藤 広臣	電源事業本部（原子力設備）			担当係長

4. 議題

- (1) 中国電力(株)島根原子力発電所2号炉の高経年化技術評価について
- (2) その他

5. 配付資料

- 資料1-1 審査会合における指摘事項の回答一覧表
- 資料1-2 審査会合における指摘事項の回答（共通事項）
- 資料1-3 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（共通事項） 補足説明資料
- 資料1-4 審査会合における指摘事項の回答（2相ステンレス鋼の熱時効）
- 資料1-5 審査会合における指摘事項の回答（コンクリートおよび鉄骨構造物）
- 資料1-6 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（コンクリートおよび鉄骨構造物） 補足説明資料
- 資料2-1 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（低サイクル疲労）
- 資料2-2 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（低サイクル疲労） 補足説明資料
- 資料3-1 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（中性子照射脆化）
- 資料3-2 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（中性子照射脆化） 補足説明資料
- 資料4-1 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（照射誘起型応力腐食割

れ)

資料4-2 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（照射誘起型応力腐食割れ）補足説明資料

資料5-1 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（電気・計装設備の絶縁特性低下）

資料5-2 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（電気・計装設備の絶縁特性低下）補足説明資料

資料6-1 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（6事象以外の劣化事象）

資料6-2 島根原子力発電所2号炉 高経年化技術評価（6事象以外の劣化事象）補足説明資料

6. 議事録

○山田部長 定刻になりましたので、これより第14回原子力発電所の高経年化技術評価等に係る審査会合を始めます。

本日は、本年2月7日に中国電力から申請のありました島根原子力発電所2号炉の30年目の高経年化技術評価に係る3回目の会合となります。

それでは、本日の配付資料について説明をお願いします。

○天野調査官 規制庁の天野です。

それでは、配付資料の確認をさせていただきます。議事次第の4.でございますけれども、一覧が記載してございまして、資料1のシリーズ、1-1から1-6、これが審査会合における指摘事項の回答ということで、共通事項、熱時効、コンクリートについてのパワポと補足説明資料でございます。それから、2-1、2-2、これが低サイクル疲労のパワポと補足説明資料、以下、同様の構成で、3-1、3-2が照射脆化、4-1、4-2がIASCC、5-1、5-2が絶縁低下、6-1、6-2が6事象以外の劣化事象でございます。

それから、参加メンバーへのいつものお願いでございますけれども、会合で御発言される際には、最初に御所属とお名前をおっしゃってから御発言のほう、よろしく願いいたします。

以上でございます。

○山田部長 それでは、最初の話題ということで、前回の審査会合における指摘事項の回答ということで、資料1のシリーズ、説明をお願いします。

○中国電力（北野） 中国電力電源事業本部の北野でございます。

本日は、前回審査会合における指摘事項の回答及び低サイクル疲労等について御説明させていただきますので、よろしくお願いいたします。

なお、本日、御紹介のとおり、説明項目が大変多いので、要点を踏まえて説明をしたいとは考えておりますが、説明項目に応じて、順次説明者が交代することは御了解いただきますよう、よろしくお願いいたします。

それでは、まず、前回審査会合における指摘事項の回答につきまして、発電所保修部の幸のほうから説明させていただきます。よろしくお願いいたします。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

それでは、審査会合における指摘事項の回答について説明させていただきます。

資料1-1のほうを御覧ください。前回、7月4日の審査会合では、共通2件、熱時効2件、コンクリート4件の計8件の指摘事項をいただいております。これらの指摘事項について、資料の1-2から1-6を用いて、共通事項、熱時効、コンクリートの順でまとめて説明をさせていただきます。

それでは、共通事項の説明をさせていただきます。資料1-2、1-3で共通事項については説明させていただきます。このうち、主な説明は、資料の1-2で説明させていただきます。

1ページめくっていただきまして、1ページ目になります。こちらでは、先ほど資料1-1でお示ししました指摘事項のうち、共通事項の指摘事項を表に示しております。

次のページをお願いいたします。こちらでは、指摘事項の1番目の高経年化技術評価に係る全体業務フローについて図に示しております。フローに沿って、高経年化技術評価の流れを説明いたします。まず、発電所において高経年化技術評価の実施計画書を制定いたします。計画書で定めた体制のもと、発電所の設備主管箇所が高経年化技術評価書を作成し、作業結果を保修部(保修技術)が取りまとめます。評価書の作成に当たり、本社は、新規制基準適合に係る設備、条件・仕様等の情報を提供するとともに、その他、作成に当たっての技術的な支援を行います。また、所内会議体の高経年化対策検討実施連絡会において、情報の共有を行うとともに、工程管理を行っております。作成、取りまとめを行った評価書に対して、本社のほうで妥当性確認を行いまして、確認結果を発電所に伝え、評価書の修正を行います。これらの作成過程について、品質保証部はQMS手順に沿って高経年化技術評価が行われていることを確認します。最後に、高経年化技術評価書及び長期保守管理方針を原子力発電保安運営委員会、保安委員会に付議し、発電所長が承認します。承

認められた結果を受けて、原子力運営が保安規定変更認可申請手続を行っています。

以上が高経年化技術評価における全体業務の流れの説明になります。

次のページ、お願いいたします。続いて、トラブル情報等のPLM評価書への反映の流れを説明いたします。高経年化技術評価は、最新の劣化メカニズムまとめ表を用いたり、至近の技術評価書を参考にするとともに、期間を定めて知見を整理し、高経年化技術評価への影響の確認を行っています。島根2号炉の高経年化技術評価における知見の整理範囲について、下図に示しております。2012年10月までのトラブル情報等については、劣化メカニズムまとめ表に整理された情報を評価書に反映しております。また、2011年4月以降のトラブル情報については、知見の整理を行い、高経年化技術評価への影響を確認しております。

次のページ、お願いいたします。次に、新たに発生したトラブル情報等の処理の流れを説明いたします。新たに発生したトラブル・品質保全情報については、図の左側の流れに沿いまして、JANSI主催のエキスパート会議において電力各社の現場技術者により整理され、PLM分科会において新たに審査を終了したPLM評価書の知見とあわせて、PLM実施基準を改定することで、劣化メカニズムまとめ表に取り込まれております。この劣化メカニズムまとめ表を用いることで、経年劣化関連の知見については、高経年化技術評価に取り込むことができると考えておりますが、図の右側の矢印として示しておりますように、高経年化技術評価の実施時にもスクリーニング作業を行い、確認を行っています。

次のページ、お願いいたします。こちらのページは、前ページで示しました図について、各項目の実施主体の活動概要をまとめて示しております。

次のページ、お願いいたします。トラブル情報等のスクリーニングの流れを説明いたします。まず、日常的に実施している最新知見、運転経験に対する活動を踏まえ、知見の収集を行います。収集した知見から経年劣化評価に関連する知見をスクリーニングし、リスト化します。リスト化した知見について、定量評価等の実施時に考慮しているか、劣化メカニズムまとめ表を用いることで抽出できているか等、資料の中ほどの表に示す観点で、反映済、反映不要となる知見を整理し、新たに反映が必要と判断した知見を抽出します。抽出した知見について、劣化メカニズムまとめ表とともに、高経年化技術評価書に反映します。これらの検討の結果、2016年4月以降に新たに反映すべき運転経験が1件確認され、この事象について、対策品への取替え及び保全の追加を評価書へ反映しました。

次のページ、お願いいたします。最後に、全体の流れを図に示しております。最新の劣

化メカニズムまとめ表や至近の高経年化技術評価を参考に、社内QMSに基づく活動を反映して、高経年化技術評価書を作成しております。こちらが図の左側に示しておる流れになります。また、それらの作業とともに、知見に対するスクリーニング作業を実施しており、こちらが図の右側の四角で囲ってある部分になります。このスクリーニング作業では、日常的に実施している最新知見、運転経験に対する活動を踏まえ、情報収集を行い、経年劣化関連の知見を抽出し、リスト化します。リスト化した知見に対して、高経年化技術評価書の作成に当たり用いている情報を参照し、反映済み、または反映要否を判断します。その結果、反映要と判断した知見について、高経年化技術評価に反映しています。

以上がトラブル情報等のPLM評価への反映の流れの説明になります。

共通事項の指摘事項についての回答は以上です。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

続いて、2相ステンレス鋼の熱時効の審査会合における指摘事項回答について、資料1-4に沿って説明させていただきます。

それでは、資料1-4の1ページめくっていただいて、熱時効に関する指摘事項2件のうち、一つ目の製造時検査及び現状保全、ガンマプラグ等の溶接箇所について、に関する内容は、本日回答させていただきます。

二つ目の2相ステンレス鋼の熱時効について、現状保全の検査結果を理由に、仮想欠陥を想定した破壊評価をしなくてよいということであれば、その妥当性について説明することという指摘事項については、仮想欠陥を想定した評価を行うことで考えております。本日は、評価方針のみ御説明させていただきます。

次のページをお願いいたします。初めに、平成30年2月7日に申請した高経年化技術評価書における評価概要を表に示しております。このうち、下線を示した箇所につきましては、後ほど説明をいたしますが、定量評価を実施することもありまして、申請済みの高経年化技術評価書から今後変更を行っていく箇所を示しております。

下段に記載している審査会合指摘事項への回答のうち、コメントNo. 13-3の回答につきましては、3ページ目から7ページ目に、No. 13-4の定量評価に関する方針回答につきましては、8ページ目、9ページ目に示しております。

続いて、説明に入ります。次のページ、お願いします。2相ステンレス鋼の熱時効評価の代表機器の製造時検査について表1に示します。原子炉再循環ポンプのケーシングについては、放射線透過試験、浸透探傷試験を実施し、合格しております。原子炉再循環ポン

プ出口弁の弁箱についても、放射線透過試験、浸透探傷試験を実施し、合格しております。判定基準について、次のページで説明させていただきます。

次のページ、お願いします。製造時検査の判定基準について表2に示しております。ケーシング、弁箱の放射線透過試験につきましては、告示第501号の放射線透過試験に関する規定に適合することとしております。弁箱開先部の放射線透過試験については、JIS Z 3106に従って、当該欠陥の等級分類を行い、等級が1級の基準を満たすことを確認しております。ケーシング、弁箱の浸透探傷試験については、告示第501号の浸透探傷試験に関する規定に適合することとしております。

次のページをお願いいたします。次に、製造過程の溶接箇所ということで、原子炉再循環ポンプの製造時の溶接箇所を図1に示しております。当該箇所は鋳物であるケーシングを製作する際に使用中子を外部から支持するために必要となった穴を溶接で閉止した箇所になります。当該箇所の製造時検査では、鋳造後に当該部を溶接で閉止した後に放射線透過試験及び浸透探傷試験を実施し、健全性を確認しております。また、現状保全としては、ポンプケーシングの耐圧部分の溶接継手として、維持規格に基づき、浸透探傷試験を実施しております。

次のページをお願いします。代表機器の現状保全について表3に示しております。原子炉再循環ポンプのケーシングについては、内表面の目視点検、耐圧部の溶接継手の浸透探傷試験、配管との溶接部の超音波探傷試験を実施しております。原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱については、内表面の目視点検、配管との溶接部の超音波探傷試験を実施しております。試験結果は、いずれも合格となっております。判定基準については、次のページで説明させていただきます。

次のページをお願いします。検査方法ごとの判定基準について表4に示します。まず、維持規格に基づく目視点検ですが、ケーシング、弁箱ともにVT-3で試験を実施しております。分解点検時の目視点検は、社内基準で定めた判定基準に基づき点検を実施しております。浸透探傷試験については、溶接規格の浸透探傷試験に関する判定基準を満たすことを確認しております。超音波探傷試験については、NISA文書に基づき、JEAC4207に準拠して試験を実施しております。また、あわせて、溶接規格の判定基準を満たすことも確認してございます。

次のページをお願いします。次に、2相ステンレス鋼の熱時効の今後の評価方針について御説明させていただきます。疲労評価結果から、経年劣化によるき裂が発生する可能性

はないと評価しましたが、製造時の非破壊試験の判定基準未満となる欠陥が存在する可能性は否定できないこと。また、現状保全について、非破壊試験を実施し、き裂がないことを確認しているものの、検出限界未満の欠陥については、非破壊試験による確認ができないことから、念のため、初期欠陥を仮定した定量評価による健全性の確認を行いたいと考えております。

次のページをお願いします。定量評価の概要としては、一つ目のポツですが、評価対象機器は、フェライト量、発生応力の観点から、評価上厳しくなる機器を代表として選定したいと考えております。二つ目ですが、評価用初期欠陥から60年間のき裂進展を考慮した評価用想定欠陥を決定します。そして、脆化予測モデルを用いて決定した材料の延性き裂進展抵抗と、発生応力とき裂長さから算出されるき裂進展力を比較することにより、延性き裂進展性評価及びき裂不安定性評価を実施し、健全性を確認いたします。

説明時期についてですが、本評価に使用する発生応力は、耐震条件を踏まえて算出する必要があるので、工認の補正申請後に説明をしたいと考えております。

2相ステンレス鋼の熱時効の指摘事項についての回答は以上です。

○中国電力（峠越） 中国電力の峠越です。

引き続きまして、コンクリートおよび鉄骨構造物に係る指摘について、資料1-5を用いて回答いたします。また、お手元に御用意しております資料1-6につきましては、補足説明資料となります。

次のページをお願いします。前回の審査会合で、コンクリートおよび鉄骨構造物について、こちらに示す4件の御指摘をいただきました。本日は、この4件について、次ページ以降で順番に回答いたします。

次のページをお願いいたします。初めに、凍結融解によるコンクリートの強度低下の評価について御説明いたします。島根2号炉高経年化技術評価では、想定される経年劣化事象は、「経年劣化メカニズムまとめ表」を基にして、プラント条件を踏まえて抽出しております。また、凍結融解によるコンクリートの強度低下については、「高経年化対策実施基準」附属書Cで、評価すべき経年劣化要因として挙げられておりますが、各ユニットの個別評価においては、ユニットの条件等を考慮して、評価すべき経年劣化要因を抽出するとされています。これらを踏まえまして、島根2号炉における凍結融解によるコンクリートの強度低下につきましては、JASS5により、凍結融解の危険性がない地域であることから想定不要と判断しては、評価すべき経年劣化要因の抽出過程を明確にするた

め、想定される経年劣化事象として改めて整理いたしました。

3ページ目～5ページ目をお願いします。3ページ目～5ページ目にかけて、コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象及び劣化要因をまとめております。凍結融解によるコンクリートの強度低下を想定される経年劣化事象として整理しましたので、4ページ目の下線部を追加しております。

6ページ目をお願いいたします。想定される経年劣化事象として、改めて抽出した凍結融解によるコンクリートの強度低下については、凍結融解の危険性がない地域であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）として評価いたしました。

次のページをお願いします。凍結融解に関する評価について御説明いたします。日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説」では、凍害危険度が2以上の地域は、凍結融解を含む凍害を考慮する必要がある地域とされております。また、JASS5に示されております凍害危険度の分布図によると、2号炉周辺地域は凍結融解の危険性がない地域に該当しております。

次のページをお願いします。先ほどの凍害危険度の分布図にある凍害危険度は、気象資料を用いて外気温上の凍結融解作用の強さに日射等の影響と含水程度を考慮して算出したものであることから、気象資料から島根2号炉周辺地域の凍害危険度を確認いたしました。JASS5、26節には、凍結融解作用を受ける部分に使用するコンクリートの仕様が示されており、その適用に当たっての目安が表に示されております。

次のページをお願いします。2号炉周辺地域で観測された最低気温は、凍害危険度が0である新潟の最低気温よりも高いことから、2号炉周辺地域の凍害危険度は0となり、凍結融解作用を受ける危険性はない地域と判断いたしました。

次のページをお願いします。続いて、排気筒の金属疲労評価について御説明いたします。金属疲労評価の実施に当たっては、日本建築学会のS規準に記載の疲労損傷評価法を参照し、応力の繰返し数と繰返し応力範囲を算定し、許容疲労強さ並びに打切り限界と比較することで評価しております。

次のページをお願いします。疲労評価に用いた諸条件について示しております。理科年表には、日最大風速10m/s及び15m/s以上の日数の月別平均値が掲載されております。これらのうち、島根近傍の観測点として松江の記録を、また、保守的評価の観点から浜田の記録を用い、検討用風速10m/sと15m/sの計4ケースで検討いたします。

次のページをお願いします。排気筒に作用する応力の繰返し数は、先ほどの諸条件を用いて算定した累積時間を排気筒の一次固有周期で除した値といたしました。各ケースで算定した応力の繰返し数は、表に示すとおりとなります。

次のページをお願いします。閾値となる基準疲労強さ及び応力の打ち切り限界については、S規準を参考に、表のとおり設定しております。また、許容疲労強さについては、S規準記載の7.1式を用いて算定いたします。

次のページをお願いします。検討用応力は、工事計画届出書記載の設計用風荷重による曲げモーメントに検討用風速と基準風速との比を乗じて算定しております。

次のページをお願いします。検討用応力範囲は、工事計画届出書記載の断面算定結果を用いて、最大風速が正負交番荷重として作用した場合を想定して算定いたしました。各ケースで算定した検討した検討用応力範囲は、表に示すとおりとなります。

次のページをお願いいたします。算定しました検討用応力範囲と許容疲労強さとの比較結果を示しております。いずれのケースにおいても検討用応力範囲が許容疲労強さ及び打ち切り限界以下であることから、疲労を考慮する必要はないことを確認いたしました。

次のページをお願いします。続いて、熱による遮へい能力低下の評価に用いた温度分布解析について御説明いたします。ガンマ線遮へい壁のガンマ発熱による温度分布は、まず、放射線照射による強度低下と同じく2次元輸送計算コードDORTにより算出したガンマ線束を用いてガンマ線発熱量を算出し、熱伝導方程式を解いてガンマ線遮へい壁内の温度分布を求めています。解析条件としては、ガンマ線によるコンクリートの内部発熱量、格納容器雰囲気温度などの境界条件、物性値としてコンクリートの熱伝導率を設定しています。

次のページをお願いします。温度分布解析の結果、ガンマ線遮へい壁の最高温度は、図に示しますとおり71.6℃となりました。

次のページをお願いします。次に、評価に用いるガンマ線遮へい壁の最高温度について御説明いたします。温度分布解析結果は71.6℃であります。建設時の工事計画認可申請書では78℃としていることから、保守的な評価となる工事計画認可申請書の78℃といたしました。

次のページをお願いします。最後に、塩分浸透における鉄筋の腐食減量の算出過程について御説明いたします。塩分浸透によるコンクリートの強度低下について、拡散方程式の同定にあたり一般的な最小二乗法により回帰分析を実施していましたが、先行プラントの審査状況を踏まえて、Levenberg-marquardt法により改めて回帰分析を実施いたしました。

LM法により同定した拡散方程式から得られた塩分浸透における鉄筋の腐食減量は表のとおりであり、取水構造物は運転開始後60年時点においてもかぶりコンクリートにひび割れが発生しないことを確認いたしました。

次のページをお願いします。LM法により回帰分析を実施した際の方法、条件、パラメータ及び鉄筋の腐食減量の算定結果は、表に記載のとおりとなります。

次のページをお願いいたします。取水構造物の気中帯、干満帯、次ページに海中帯の回帰分析結果をグラフに示しております。

最後の24ページ目をお願いいたします。調査時点、運転開始後60年時点及びかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の前後5年の鉄筋の腐食減量を示しております。海中帯においては、127年後にかぶりコンクリートにひび割れが発生する結果となりました。干満帯、海中帯においては、計算上10,000年経過時点においてもかぶりコンクリートにひび割れが発生しない結果となりました。

コンクリート及び鉄骨構造物の回答は以上となります。

○山田部長 1の資料、以上でしょうか。

それじゃあ、今の説明について、質問、コメントあればお願いします。

○中野専門職 規制部の中野でございます。

最初の共通事項に対する質問、これ、前回会合で私が指摘させていただいたんですけども。最初に思った疑問は、この3ページのところで、それぞれの期間においてトラブル情報を収集しているという説明があったときに、スクリーニングの結果が七百何件で1件だけだったということだったので、質問したんですけども、今の説明を聞くと、この③のところの部分が1件だという御説明だったと思うんですけど、そういう認識でよろしいですかね。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

その御認識で合っています。

○中野専門職 ですと、例えば4ページの説明というのが、これは①の期間の説明ですか。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

そうです。劣化メカニズムまとめ表に取り込まれる流れを示したものになります。

○中野専門職 ですよ。すると、7ページの説明は、③の説明ですか。②も入っているということですかね。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

7ページ目の説明につきましては、②と③、両方の説明になります。②の期間については、すべからく7ページ目の右側の四角で囲ってありますスクリーニング作業を実施しており、それ以降の作業についても、適時実施をしているという状態になります。

以上です。

○中野専門職 この期間は劣化メカニズムまとめ表にないけれども、日常的にやってて、件数はこの件数じゃないにせよ、何千件かあって、それを反映しているということによるしいですかね。

○中国電力（幸） はい、そのとおりです。

○中野専門職 わかりました。それでは結構です。ありがとうございます。

○橋倉調査官 原子力規制庁の橋倉でございます。

二つほどコメントさせていただきます。熱時効の指摘事項に対する回答でございますけれども。

まず一つ目は、確認ということで、ポンプケーシングの溶接部の話、御説明ありましたが、この辺りに関しては、中子しかなかったということで、これはしっかりと図面等できちっと確認をされて、そこしかなかったという認識でよろしいでしょうか。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

製造時の溶接点について、図面を確認して、溶接点としては中子の閉止の溶接点のみということを確認してございます。

○橋倉調査官 わかりました。

もう一つなんですけれども、今回の指摘事項に対する御回答としまして、熱時効を評価していただけるということで、パワーポイントの最後でございますけれども、評価時期の記載がございます。これは一応、工認補正後に説明をいただけるということなんですけれども、例えばなんですけれども、熱時効の評価に関しては、評価手法、例えば亀裂の考え方であるとか、想定亀裂であるとか、それから、亀裂の進展力であるとか、そういったものに関して、もちろん最後の工認の最後の計算結果が出てからというものわかるんですけれども、もちろんその前段階の評価手法に関しては、ぜひ前広に、その部分だけでも構いませるので、順次準備ができれば、ぜひ御説明していただいて。

最後の計算結果に関しては、お話しのとおり、工認補正後、内容は確認はさせていただきますけれども、その熱脆化に対する考え方を少し、今申し上げたとおり、前広に考えていただいて、ぜひここで御説明していただければなというふうに、ちょっとこれはコメン

トということでさせていただきます。

以上です。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

御指摘のとおり、御説明させていただきたいと思います。

○小嶋主任調査官 原子力規制庁の小嶋です。

コンクリートおよび鉄骨構造物のうち、排気筒の金属疲労評価について質問します。

解析によって金属疲労の発生の可能性を検討されていますけれども、そこで、鉄塔及び筒身の使用材料に関する健全性がこの金属疲労の解析でどのように考慮されているのか説明してください。特に、鉄塔及び筒身に溶接部があるような場合は、その溶接部位の健全性がどのように考慮されているのか、具体的に説明してください。

○中国電力（峠越） 中国電力の峠越と申します。

排気筒の溶接部の健全性につきましては、建設時に排気筒、工場で溶接してきたものを現場で溶接して組み立てているんですけども、工場溶接部、それから、現場溶接部、計46カ所につきまして、排気筒の溶接の放射線透過試験を実施しておりまして、欠陥がないことを確認しております。

以上になります。

○小嶋主任調査官 原子力規制庁の小嶋です。

では、工場溶接のとき及びその後、現場でも溶接されていると。それはRTで確認されているとともに、溶接の施工の健全性というか、そういったものも当然確認されているというふうな理解でよろしいのでしょうか。

○中国電力（峠越） 中国電力の峠越です。

溶接の施工に関しましては、ちょっと当時の記録がどこまであるか、確認しないといけないのですが、改めて御説明させてください。

○小嶋主任調査官 原子力規制庁の小嶋です。

わかりました。

○天野調査官 すみません、規制庁の天野です。

共通事項の最新知見の反映のところちょっと確認をさせていただきたいんですけど。6ページのところで、細かい点ですけども、表の反映不要のところの1行目で、規制基準に取り込まれていない経年劣化事象の研究成果等については、反映しないというふうに読めて、これだと、基準に取り込まれるまでは研究成果等は反映しないというふうにもちょ

っと読めるんですけども、ここの趣旨はどういう考えで書かれているのでしょうか、ちょっとお願いします。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

こちらの規格基準に取り込まれていない経年劣化事象の研究成果等を反映不要としている理由につきましては、現在、研究成果等を規格に取り込むかということを確認している最中である知見であるということを確認していますので、それらが知見として取り込むべきであるかということ判断された時点で取り込んでいくというふうに判断しております。現時点では反映不要というふうにしております。

○天野調査官 規制庁の天野です。

(1)に日常的に最新知見の反映については取り込まれているということで、それを踏まえた技術評価をやられているということだと思っておりますけれども、ここの新知見の対象は、ガイドのほうでも、劣化事象だとか、部位の抽出だとか、現状保全の反映だとか、いろんな項目で最新知見の反映を求めているところもありまして、必ずしも規制基準に確定した段階でなくても、トラブル事例だとか、いろんなところで最新知見の反映というのはあるんだらうと思いますので、一応そういう活動はやりつつ、ここの反映については、また別途取り組まれているという、そういう考え方でよろしいのでしょうか。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

今おっしゃられた認識で合っていると思いますが、基本的には、日常的に知見に対して収集活動等を行っており、それらの技術的知見の収集、反映、日常保全に対する反映等を行っていますが、PLMに当たって再度それらの知見について確認を行っている、スクリーニングを行っているという状況です。

以上です。

○天野調査官 わかりました。ちょっと表現が誤解を与えるようなところもあると思いますので、適宜修正していただければと思います。

以上です。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

了解しました。

○山田部長 ほか、いかがでしょうか。いいでしょうか。

じゃあ、次、お願いします。

○中国電力（美濃） 中国電力の美濃です。

低サイクル疲労について御説明させていただきます。

資料番号2-1のパワーポイント資料と資料番号2-2の補足説明資料を準備しておりますが、資料2-1のパワーポイント資料に沿って御説明いたします。

次のページの目次にて資料全体の構成について御説明いたします。

次のページをお願いします。初めに、1項、2項で、概要と基本方針を述べた後、3項で評価対象と評価方法、4項、5項で技術評価、6項で全体のまとめについて御説明いたします。

次のページをお願いします。本資料では、高経年化技術評価のうち、低サイクル疲労の評価結果を御説明いたします。低サイクル疲労とは、プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化によって機器に発生する応力が供用期間中に繰り返された場合に、疲労割れの可能性に至る可能性がある劣化事象であり、この影響について、これまでの運転実績を考慮し、運転開始後60年における疲労割れの発生有無の観点から評価を実施いたしました。

技術評価の概要を表にまとめております。注記に記載しておりますが、申請済の評価書から評価内容を変更した箇所について下線を引いております。具体的には、評価書では、疲労割れについて「可能性は小さいと判断する」としておりましたが、定量評価において疲れ累積係数は許容値を下回ることから、疲労割れについて「可能性はないと判断する」に表現を見直しております。

次のページをお願いします。基本方針ですが、設計時の疲労評価点と運転経験を考慮して定めた評価点に対して、低サイクル疲労の発生または進展に係る健全性評価を行い、要求事項に適合することを確認することとしております。低サイクル疲労の要求事項は、表のとおりであり、健全性の評価、現状保全の評価、追加保全策の抽出の三つとなります。

次のページをお願いします。評価対象について御説明いたします。プラントの起動・停止時等に温度・圧力変化の影響を受ける機器を評価対象とし、原子炉冷却材圧力バウンダリに属する機器及び炉内構造物を抽出いたしました。プラント安全上の重要性を考慮し、原子炉冷却材圧力バウンダリの機能上、最も重要である「原子炉圧力容器」を代表機器とし、具体的な評価内容を御説明いたします。

なお、原子炉圧力容器以外の評価結果は、5項の代表機器以外の評価結果にて御説明いたします。

次のページをお願いします。図は、代表機器である原子炉圧力容器の評価対象部位を示

しております。右上、A部のスタッドボルトと主フランジ、左側、B部詳細の給水ノズル、右下、C部詳細の下鏡と支持スカートとの5部位となります。スタッドボルト、主フランジ、支持スカートは接液しない部位、給水ノズルは接液する部位となります。

なお、下鏡はクラッドにより非接液部となりますが、保守的に接液部として評価を実施しております。選定理由は次のページで御説明いたします。

次のページをお願いします。評価対象部位の選定理由ですが、いずれも建設時工認の低サイクル疲労割れの評価対象部位であり、主フランジ及びスタッドボルトは熱過渡に加えスタッドボルト締付による影響を受ける部位であるため、給水ノズルは、温度変化が大きく比較的大きな熱応力が発生し、原子炉圧力容器の各ノズルの中で建設時工認の疲れ累積係数が最大となる部位であるため、下鏡は、スタッドボルト及びノズルを除く原子炉圧力容器構成機器のうち、建設時工認の疲れ累積係数が最大となる部位であり、原子炉圧力容器の荷重を受ける部位であるため、支持スカートは、原子炉圧力容器の荷重を受ける部位であるため、それぞれ選定しております。

次のページをお願いします。次に、評価の流れを御説明いたします。初めに、過渡条件及び過渡回数を設定します。次に、疲れ累積係数を算出し、許容値1を下回ることを確認します。最後に、原子炉冷却材に接液する部位については、環境疲労評価手法に基づく環境を考慮した疲れ累積係数を算出し、許容値1を下回ることを確認します。次のページから、それぞれの詳細について御説明いたします。

次のページをお願いします。過渡条件の設定として、評価期間は60年時点、過渡事象については、本ページから次のページまで続く表2に示しております。発電所の様々な運転条件による過渡事象をカウントして設定しております。

次に、10ページをお願いします。実績過渡回数の設定方針は表のとおりとなります。No. 1の実績過渡とした期間は、運転実績に基づく過渡回数として2015年7月末までの回数をカウントしております。

No. 2の試運転時の過渡回数については、実績としてはカウントしておりますが、試運転時特有のものであるため、実績過渡発生頻度の算出時には考慮しておりません。

なお、低サイクル疲労評価を実施している機器で取替えを行っているものはございませんので、No. 3の取替機器の過渡回数はございません。

次のページをお願いします。推定過渡回数の設定方針は、表のとおりとなります。No. 1の推移の考え方ですが、現在の長期停止を考慮し、2012年3月末までの期間として推移を

算出しております。

No. 2の今後の過渡回数については、2015年8月1日から運転開始後60年時点までの期間から算出しています。

No. 3の評価時点～プラント再稼働までの期間は、保守的に断続的な運転を想定し、推定過渡回数を算出いたしました。No. 4の未経験過渡回数は、運転実績において、未経験であることから、0回として評価しております。

次のページをお願いします。評価において考慮している過渡回数を表に示します。プラントの起動・停止時の過渡について、これまでの運転実績に基づき、60年時点の過渡回数を設定しております。

次のページをお願いします。本図は、これまで御説明いたしました過渡回数の設定についてのイメージ図となります。実績過渡回数発生頻度となる一点鎖線の傾きは、非保守的にならないよう、図の下側の緑の長期停止期間を除いた期間から算出しております。青色の斜め線の推定過渡回数の設定においては、現在も長期停止中ではありますが、保守的に評価時点の2015年7月までを実績とし、2015年8月から断続的に運転していると仮定して設定しており、60年目の青線と一点鎖線の差が評価における裕度となります。

次のページをお願いします。本ページから、代表機器である原子炉圧力容器の技術評価内容について御説明いたします。

健全性評価結果については、表に示しますとおりであり、設計・建設規格の疲労線図による評価については、疲れ累積係数が1を下回ることを確認いたしました。また、接液環境にある評価点について環境疲労評価法に基づき、環境を考慮した疲労評価を行った結果、疲れ累積係数が許容値1を下回ることを確認いたしました。

次のページをお願いします。原子炉圧力容器の現状保全ですが、原子力規制委員会文書及び維持規格に基づき実施しております。供用期間中検査では、超音波探傷試験及び耐圧試験により健全性を確認しており、また、実施基準に基づき、次回の高経年化技術評価時に実績過渡回数の確認による疲労評価を行うこととしております。評価対象部位に対する具体的な保全内容を次のページに記しております。

次のページをお願いします。各評価対象部位に対する試験の結果は、以上のとおりとなります。問題となるものはございませんでした。

次のページをお願いします。代表機器の総合評価ですが、60年間の供用を想定した原子炉圧力容器の疲労評価結果は、疲れ累積係数が許容値1を下回ることから、疲労割れの発

生が問題となる可能性はなく、引き続き現状保全を継続することで60年間の健全性は維持できると判断しております。高経年化への対応としては、現状保全の項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続してまいります。

次のページをお願いします。代表機器以外の疲労評価結果についても、設計・建設規格の疲労線図による評価及び環境疲労評価手法による評価のいずれの機器においても疲れ累積係数が許容値1を下回ることを確認いたしました。

次のページをお願いします。最後に、まとめといたしまして、審査ガイド適合性について、要求事項の対比を表に記載しております。健全性の評価については、運転開始後60年時点の推定過渡回数を用いて健全性を評価いたしました。現状保全の評価については、現状の保全策が妥当であることを確認いたしました。追加保全策の抽出については、現状保全項目に、高経年化策の観点から追加すべき保全策はありませんでした。

以上の技術評価結果により、保守管理に関する方針として策定する事項はありませんでした。

以上で低サイクル疲労に関する説明を終わります。

○山田部長 それでは、今の説明について、質問、コメントをお願いします。

○中野専門職 規制庁の中野でございます。

最初の2ページ目のところで、評価書の記載を変更するという説明がありましたけども、可能性が最初、小さいとしていたものをないと言い切ってしまうというのは、ちょっと大きなロジックの変更に見えるんですけども、その理由について教えていただけますか。

○中国電力（美濃） 中国電力の美濃です。

小さいに変えているんですけども、60年目を想定した疲れ累積係数、これが許容値を下回ることから、「可能性はないと判断する」というふうに表現を見直したものであり、評価内容については変更はございません。

以上です。

○中野専門職 ごめんなさい、その評価内容について変更がないのに、変えた理由を教えてください。

○中国電力（美濃） 中国電力の美濃です。

失礼いたしました。先行プラントでの審査状況を踏まえて反映したものとなります。

以上でございます。

○中野専門職 ちょっとこれ、概念的な話になっちゃってあれなんですけど、下回ってれ

ば全く起きないという考えということなんですよね、そうすると。全く起きませんよと言
い切っているということではないですか。

○中国電力（美濃） BWRの環境下では起きないというふうに考えております。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

すみません、補足させてください。

疲労評価については、規格基準に従って評価を実施してございます。評価に当たっては、
いろんな規格上も想定、例えば過渡回数の想定とか、いろんなところで保守性を見込んで、
60年目はこれぐらいだろうというところをもって、評価をしてございます。その結果、疲
れ累積係数が許容値よりも下回っておりますので、事業者としては発生の可能性はないだ
ろうというところで評価をしましたというところになります。

○中野専門職 例えばこれ、この後、耐震度評価ですとか、あっちの、ここの下の評価に
行くと、可能性のないものというのは、例えば耐震評価しなくていいというスキームにな
ってるじゃないですか、御社の仕分けの考え方って、共通事項で説明されましたけども。
ということ、耐震評価ではもう評価しないということですか。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

疲労割れの評価につきましては、供用期間中の起動・停止等の過渡による疲労と、あと、
地震が発生した際の耐震による、地震による疲労というものを足し合わせて、その上で、
さらに許容値を満たすかどうかというような確認をするというようなロジックで耐震評価
を実施すると考えております。ですので、地震動を足し合わせても大丈夫かという確認は
実施する方向で考えております。

○中野専門職 規制庁の中野です。

そうすると、耐震のときに考慮する事象の選定のときに、そもそも発生する可能性がな
い事象はやらないという分類だったと私、考えているんですけども、いわゆる黒三角事象
みたいな扱いというふうに読めるんですけども、可能性がないと言い切ってしまうと。そ
こら辺、どうお考えですか。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

耐震評価につきましては、先ほども御説明したとおり、黒三角事象と同等の扱いとはせ
ずに、実施をしたいと考えております。ちょっとこちらの総合評価の表現につきましては、
また検討するというところにさせていただきたいと思います。

○中野専門職 じゃあ、御検討いただきたいと思います。

○橋倉調査官 規制庁の橋倉でございます。

3点ほど質問させていただきます。

まず1点目ですけれども、パワーポイントの13ページ目でございます。過渡回数の考え方が記載されておりますけれども、過渡回数の中で、裕度ですね、裕度をどのようにお考えになられているのかということをしちよっと御説明してください。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

13ページのスライドで、基本的には評価上の裕度について説明してございます。一点鎖線の線で示しておりますのが実績過渡回数の発生頻度ということで、実際に発生する過渡の頻度を示しております。現在、島根2号炉は長期停止中でありまして、2012年の3月から、将来ちょっと再稼働の時期はまだ明確になっておりませんが、再稼働までの間は、本来は停止しているだろうと。その後、再稼働した場合には、これまでの運転実績に近い形で、また過渡が推移していくというところで考えております。一方で、高経年化技術評価におきましては、青色の線で示しておりますとおり、2015年7月を、ここを評価時点というところで基軸にしてありますが、ここから再稼働をしたというふうな想定で、2015年7月から運転を断続的に行っているというところで評価してございます。その差分が図2の右上の評価における裕度というところの差になっておりまして、その部分が保守性というふうに考えております。

○橋倉調査官 わかりました。結局長期停止をしている分が差分の分として裕度になっているという認識で間違っていないですか。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

そのとおりです。

○橋倉調査官 わかりました。

○中野専門職 すみません、規制庁の中野です。

この2015年7月というのは何の日なんですか。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

すみません、特にここに何の日ということはないんですけども、我々のほうで定量評価を実施した際に、ここまでをというふうに決めたところでして、すみません、特にこれといった基軸があるわけではございません。

○中野専門職 わかりました。

○橋倉調査官 ちょっと私もそれを確認したかったんですけど、停止しているのは2012

年の3月から停止されているんですよね。ここからは、別に裕度をとって延ばされるのかな、別にどうなのかなってちょっと思ったんですけど、その辺りの考え方って特に何か決まっているわけではないということなんですか。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

2015年7月の評価時点の段階で、それよりも昔の2012年3月から2015年7月までというところは、もうその時点で間違いなく停止をしているところです。そこから先については、恐らく停止はまだ続くんだけれども、保守的に運転をしているというふうな前提で評価をしたというところでございます。

○橋倉調査官 わかりました。

じゃあ、ちょっとほかの質問をさせていただきます。

1点目は、建設時に考慮されていない応力変動ということで、低サイクル以外に考えられるべきものということで、補足説明資料に高サイクルが記載されております。ちょっと高サイクルに関する質問になってしまうんですけども。

まず、1点目ですけども、補足説明資料の別紙の2-11ですね、原子炉再循環ドレン配管に関してなんですけども、これは高サイクル疲労対策ということで、恐らく設計を考え直されて、このように設計、変更されているんだと思うんですけども、恐らくその部分において、ここの温度分布をとっていらっしゃると思うんですね。つまり、高サイクル疲労を対策をしたということで、工事前と工事後に対する温度の流れが変わっているということが多分とられていると思いますので、そのように対応されたというエビデンスを、今日は多分ないと思いますので、御説明していただきたいというふうに思っています。まず1点目がそのことです。

それから、2点目、同じように高サイクル疲労の点なんですけども、その後の別紙2-16のところでございます。恐らく御存じだと思うんですけども、残留熱除去系の出口配管とバイパス配管に関しては、非常に高サイクル熱疲労が厳しいということで、他プラントの水平展開としては、配管を設計自体を変えるというような対応をしているプラントもございます。

島根さんの場合は、2号機の低温側の温度が126℃という温度が出ているんですけども、これは本当でしょうかというか、低温側の温度がこれで本当に126℃だったのかということを確認させていただきたい。今日もないと思いますので、この辺りについても、その辺りの考え方ですね、他プラントさんとちょっと違うというところがありまして、非

常に厳しい部位でありますので、どのように計算をされたのかというその辺りを説明して
いただきたいと思っております。すみません。

以上です。

○中国電力（中野） 中国電力の中野です。

御指摘いただいた点について確認の上、別途御説明させていただければと思います。

以上です。

○山田部長 ほか、いかがですか。いいですか。

じゃあ、次、お願いします。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

島根原子力発電所2号炉30年目高経年化技術評価のうち、中性子照射脆化について説明
させていただきます。

資料といたしまして、資料番号3-1のパワーポイント、資料番号3-2の補足説明資料を準
備しておりますが、資料番号3-1のパワーポイントに沿って説明させていただきます。

次のページをお願いします。初めに、概要と基本方針を述べた後、3項にて評価対象と
評価方法、4項にて原子炉圧力容器の技術評価、5項で全体のまとめについて説明させてい
たいただきます。

次のページをお願いします。一つ目のポツですが、本資料では「実用発電用原子炉の設
置、運転等に関する規則」に基づき実施した高経年化技術評価のうち、中性子照射脆化の
評価結果について説明します。

二つ目のポツになりますけれども、炭素鋼、低合金鋼等のフェライト系材料は、高エネ
ルギーの中性子照射により、強度、硬さが増加し、延性、靱性が低下します。右図は、横
軸に温度、縦軸に吸収エネルギーの関係を表した図であり、照射前の関係を実線、照射後
の関係を破線で示しております。フェライト系材料である原子炉圧力容器の炉心領域部
においては、中性子照射とともに遷移温度の上昇及び上部棚領域の靱性が低下することは広
く知られており、中性子照射脆化と呼ばれております。

三つ目のポツですが、原子炉圧力容器について、遷移温度の上昇及び上部棚領域の靱性
低下の観点から、中性子照射脆化について評価を実施しました。

次のページをお願いします。まず、基本方針ですが、評価対象機器について中性子照射
による脆化予測及び健全性評価を行い、実用発電用原子炉施設における高経年化審査ガイ
ドに定める要求事項に適合することを確認します。中性子照射脆化を評価するにあたって

の要求事項を下表に示します。高経年化審査ガイドからの要求事項としましては、先ほどの低サイクル疲労と同様ですので、割愛させていただきます。

次のページをお願いします。評価対象機器は、原子力压力容器とします。次に、評価手法についてですが、概要でも述べさせていただきましたとおり、遷移温度の上昇と上部棚領域の靱性低下の二つの観点で評価をしました。まずは、①の遷移温度の上昇についてですが、JEAC等の規格上では、遷移温度のことを関連温度としておりますので、以降は関連温度とします。①についてですけれども、日本電気協会発行のJEAC4201の2007年版及び2013年追補版により関連温度移行量の予測を行い、監視試験結果を包含することを確認します。また、関連温度移行量より、日本電気協会発行のJEAC4206、2007年版に従い、最低使用温度を算出するとともに、圧力・温度制限要求を満足することを確認します。①につきましては、4.(1)の関連温度に基づく評価にて御説明します。

続きまして、②の上部棚領域の靱性の低下についてですが、JEAC4201により上部棚吸収エネルギーの予測を行い、プラント運転開始後60年時点において破壊靱性の要求を満足することを確認します。②につきましては、4.(2)の上部棚吸収エネルギー評価において御説明します。

次のページをお願いします。まず、関連温度に基づく評価について説明します。

まず、①の評価点の選定についてですけれども、運転開始後60年時点における中性子照射量が原子炉压力容器内表面で $1 \times 10^{21} \text{n/m}^2$ を超えると予測される原子炉压力容器の炉心領域において、以下に示す中性子照射量または応力が高い点を評価点の候補としました。初めに、a.の中性子照射量の観点ですが、中性子照射量が最大となる炉心領域として、円筒胴(炉心領域部)を抽出しました。円筒胴(炉心領域部)内表面の中性子照射量の最大値は、運転開始後60年時点で $3.23 \times 10^{22} \text{n/m}^2$ 程度と予測しております。

なお、この値は、発電所実効運転時間を46.68EFPY、将来の設備稼働率を90%として算出しております。

次に、b.の応力の観点ですが、 $1 \times 10^{21} \text{n/m}^2$ を超えると予測される範囲に含まれる構造不連続部として、低圧注水ノズル(コーナー部)を抽出しました。中性子照射量は、運転開始後60年時点で $6.28 \times 10^{21} \text{n/m}^2$ 程度と予測しております。c.の評価点の選定結果についてですが、上記のとおり、中性子照射量及び応力の観点から、円筒胴(炉心領域部)、低圧注水ノズル(コーナー部)を評価点の候補として抽出しましたが、低圧注水ノズル(コーナー部)よりも円筒胴(炉心領域部)のほうが中性子照射量は多くなります。また、応力の観点から

構造不連続部である低圧注水ノズルを評価点の候補として抽出しましたが、低圧注水ノズルは面積補強されており、応力は胴部と同等であるものと考えております。このため、円筒胴(炉心領域部)を代表として、以降の評価を実施します。

次のページをお願いします。まずは、島根2号炉の監視試験結果について説明します。JEAC4201の規定に基づき、これまで監視試験を2回実施しております。監視試験結果を以下に示します。初期値、第1回、第2回、監視試験のそれぞれについて、取出時期、中性子照射量、関連温度、上部棚吸収エネルギーを表に整理しております。

次のページをお願いします。次に、関連温度移行量の予測値と実測値の比較について説明します。JEAC4201の国内脆化予測法により、関連温度移行量の予測を行いました。その予測値と先ほど御説明しました監視試験結果による実測値の関係を下図に示します。母材、溶接金属、熱影響部ごとに関連温度移行量の予測を行いました。母材と熱影響部は予測値が同様であったため、左の図にまとめて示しております。表の見方ですが、縦軸は関連温度移行量、横軸は中性子照射量、実線が国内脆化予測法による予測値になります。点線が2015年7月末時点と、運転開始後60年時点の位置を示しており、黒丸が監視試験結果を示しております。この図より、当該部位の中性子照射脆化は、国内脆化予測法による予測の範囲内であることを確認しました。

次のページをお願いします。次に、最低使用温度の算出結果について説明します。JEAC4206により、2015年7月末時点及び運転開始後60年時点の関連温度移行量、関連温度、最低使用温度の評価を実施しました。その評価結果を下表に示します。各評価時期について、母材、溶接金属、熱影響部ごとに関連温度初期値、関連温度移行量、関連温度、破壊力学的検討によるマージン、最低使用温度を示しております。これより原子炉圧力容器の円筒胴(炉心領域部)の最低使用温度は、破壊力学的検討によるマージンを考慮すると、2015年7月末時点で8℃、運転開始後60年時点で9℃となりました。

次のページをお願いします。次に、運転上の制限に関する評価について説明します。JEAC4206により算出した運転開始後60年時点の関連温度を踏まえて作成した圧力-温度制限線図を以下に示します。縦軸は内圧、横軸は金属温度を示しております。左上の斜めの曲線が円筒胴の線形破壊力学に基づく制限曲線を示しております。真ん中の太い実線がJEAC4206に基づく運転条件の制限を示しております。脆性破壊防止の観点から、原子炉圧力容器の運転においては、圧力-温度制限線図より高温側の条件で運転温度の管理が要求されております。原子炉圧力容器の運転は、図の右下に示しております飽和圧力-温度線

図に従いますので、中性子照射脆化を考慮した運転制限は、遵守可能な圧力-温度であるとともに、十分な安全性が確保されていることを確認しました。

次のページをお願いします。続きまして、上部棚吸収エネルギー評価について説明します。JEAC4201の国内プラントを対象とした上部棚吸収エネルギーの予測式を用いて、2015年7月末時点及び運転開始後60年時点での上部棚吸収エネルギー予測値について評価を実施しました。その評価結果を下表に示します。母材、溶接金属、熱影響部について、初期値、2015年7月末時点の予測値、運転開始後60年時点の予測値、許容値を示しております。これよりJEAC4206で要求されている68Jを上回っており、十分な上部棚吸収エネルギーがあることを確認しました。

次のページをお願いします。次に、現状保全を説明します。一つ目のポツですが、原子炉圧力容器に対しては、各保全サイクルのクラス1機器供用期間中検査として、日本機械学会の維持規格に基づき、超音波探傷試験及び耐圧・漏えい試験を実施しており、有意な欠陥は確認されておられません。

二つ目のポツですが、炉心領域部の中性子照射による機械的性質の変化については、日本機械学会の設計・建設規格及びJEAC4201に基づき、計画的に監視試験を実施し破壊靱性の将来の変化を予測しております。

次のページをお願いします。次に、総合評価及び高経年化への対応について説明します。総合評価としては、先ほど御説明しました健全性評価結果から、円筒胴(炉心領域部)の中性子照射脆化が問題となる可能性は小さいと判断しました。今後も適切な時期に監視試験を実施し、破壊靱性の変化を把握するとともに、JEAC4201の脆化予測式に基づき、耐圧・漏えい試験温度を管理していくことより、健全性は維持できると判断します。高経年化への対応についてですが、円筒胴(炉心領域部)の中性子照射脆化に対しては、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はありませんでした。引き続き、現状保全を継続してまいります。

次のページをお願いします。最後に、まとめとしまして、審査ガイドの適合性を説明します。(1)の表の左側には、基本方針で御説明しました審査ガイドの要求事項を示しております。右側には、要求事項に対する技術評価結果を示しております。表に記載のとおり、審査ガイドへの適合性を確認しました。(2)の保守管理に関する方針として策定する事項ですが、原子炉圧力容器については、保守管理に関する方針として策定する事項は抽出されませんでした。

以上で中性子照射脆化の説明は終わります。

○山田部長 それじゃあ、今の説明について、質問、コメントをお願いします。

○北條調査官 規制庁の北條です。

先ほどのパワーポイントの5ページの部分で書いてあります関連温度の評価の評価点の選定について、確認させてください。

評価点を抽出する際に、中性子照射量が最大となる炉心領域と、あと、 1×10^{21} を超えると予測される範囲に含まれる構造不連続部のみを抽出されていますが、それはなぜなのでしょう。というのも、補足説明資料の7ページの図2においては、照射脆化を考慮する必要がある 1×10^{21} を超える部位というのが結構多く存在しまして、それらの部位について、考慮しなくていい理由について御説明ください。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

パワーポイントに記載させていただいておりますのは、こちらの補足説明資料で、抽出した代表の機器を今載せてございます。補足説明資料の7ページ、6ページの文章でちょっと記載させていただいておりますけれども、図2の図を見ていただきたいのですが、赤線の部分が先ほどの 1×10^{21} を超える線になりまして、それ以上の照射量の部位としまして、おっしゃられるとおり、確かに部位としてはたくさんございます。ちょっと1個ずつ御説明しますけれども、まず、円筒胴溶接線というのが真ん中にあると思うんですけれども、こちらにつきましては、パワーポイントでは確かに抽出しなかったんですけれども、評価自体は、先ほどパワーポイントで円筒胴として溶接部の関連温度や上部棚吸収エネルギーの評価は実施しておりまして、評価はしております。

続きまして、右側のほうに低圧注水ノズルのコーナー一部、溶接線というのがあると思うんですけれども、こちらについては、先ほどパワーポイントのほうで抽出をしております。その隣に計測ノズル溶接線というのがあると思うんですけれども、こちらについては、6ページ目のほうに少し記載させていただいているんですけれども、6ページ目の下から3行目になるんですけれども、計測ノズルというのがいわゆる高ニッケル合金を使用しております。脆化しやすい材料としまして、フェライト系材料がやはり主に評価対象というふうに考えておりますので、高ニッケル合金につきましては、設計・建設規格にも書いてあるんですけれども、評価対象外にしてございます。

また、図のほうで、再循環入口ノズルを記載させていただいているんですけれども、こちらにつきましては、ちょっと少し図が見つらくて申し訳ないんですけれども、ノズルの

コーナー部と溶接線というのがあります。そもそも再循環水入口ノズルというのがRPVに10個あるんですけども、角度的に中性子照射量最大値という黒い実線と中性子照射量平均値という青い実線を引かさせてもらっているんですけども、RPVの角度的に照射量があまり大きくない角度に取りつけられていますので、再循環水入口ノズルに関しては、中性子照射量平均値のほうをちょっと御覧いただきたいんですけども、こちらのほうを見ますと、ノズルコーナー部につきましては、しきい照射量は超えていないというふうに考えております。一方で、ノズルの溶接線につきましては、若干ではありますけれども、超えてるところではありますけれども、このノズルに対して低圧注水ノズルのほうが照射量的にもかなり多くて厳しいことになっておりますので、今回、パワーポイントの資料上では、低圧注水のノズルコーナーのほうを評価点の候補として記載させていただきました。ちょっと説明が長くなり、申し訳ありません。

以上でございます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

今説明していただいた内容が、全て補足説明資料に入っているわけではなくて、それで質問させていただいているんですけど、ちょっと今抜けていた話で、計測ノズルの溶接線についてはどうですかね。あと、それと、低圧注水ノズルの溶接線とコーナー部については、胴部と同等の応力であるから、評価をしていないようなんですけど、それについてちょっと御説明ください。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

まず、計測ノズルのほうにつきましては、6ページ目のほうの下から3行目のほうから、文章で記載はさせていただいておりますので、補足説明資料上も一応記載はさせていただいております。

○北條調査官 すみません、溶接線についてです。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

溶接線につきましても、確かに溶接線につきましては、一部、記載が不足しておりますので、この辺は補足説明資料の記載の充実を図らせていただきます。

あと、もう一つの御質問の件で、低圧注水ノズルのほうなんですけれども、パワーポイントのほうでc.の評価点の選定結果のところ、応力は胴部と同等と考えていますというふうな説明をさせていただいたんですけども、そもそもノズルというのは、RPVに穴をあけてノズルを溶接するんですけども、穴をあける関係で、少し応力集中がノズルのコ

一ナ一部にかかります。

そうしますと、少し応力的に弱い部位になりますので、設計・建設規格のほうで、RPVを作成するときに、板厚を少し厚くして、胴部より厚くしまして、応力集中の影響を軽減するような設計・建設規格に今なっておりますので、その補強した分、応力的には、我々としては胴部と大体同等になるというふうに考えております。あと、ノズルにつきましても、評価は実施しております、その評価結果を見たところ、円筒胴のほうと大体同等の結果になってございましたので、今回は円筒胴、代表して、資料上はちょっと御説明をさせていただいた状況です。

以上でございます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

低圧注水ノズルについても、もう既に評価済みということで、その評価を見て、なお、胴部、胴を代表部位として選定されているということなので、それについて、ちょっと補足説明資料なりにしっかりと記載していただかないと我々も判断できないので、そこら辺のほうをお願いします。

それと、あと、面積補強の結果、胴部と同等の応力だということについてなんですが、その何か根拠みたいな、計算による比較などはされているのでしょうか。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

定量的には評価は実施しておりませんが、そもそも設計・建設規格の要求としましては、応力集中の影響を軽減するように板厚を厚く設定するような要求になっておりますので、胴部と応力については同等ぐらいになっているというふうに考えまして、今回御説明はさせていただきます。

以上でございます。

○北條調査官 わかりました。

ちょっと設計・建設規格どおりに設計しているから、胴部と同等であるというのが、ここでは読めない、そこら辺も何で同等と言えるのかというのを詳しく教えてください。多分今ちょっと難しいと思うので、今後お聞きしたいと思います。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

補足説明資料等のほうに反映しまして、今後御説明させていただきます。

○中野専門職 すみません、規制庁の中野です。

この図2というのは、この横軸と縦軸、数字がないのでわかんないですけど、この横軸

は右のほうが上ということでもいいんですよ。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

申し訳ございません。ちょっと値が消えておりますので、上が高いほうになります。中性子照射量でいいますと、上のほうが高いほうになります。申し訳ございませんでした。

○中野専門職 わかるようにしていただいたほうがいいと思います。

○山田部長 ちょっと一言、今の御説明で、このノズル部は厚くしてるので、胴部と同じ応力になっていきますというお話なんですけど、厚くすると、その分、熱応力的には厳しくなると思うので、ちょっと説明がよくわからないので、いずれにせよ、きちんと説明していただくということですので、ちゃんと説明をお願いします。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

承知いたしました。

○北條調査官 すみません、ちょっと今の点で、もう一つなんですけど、その図2で、図2の再循環水入口ノズルの設置位置の関係で、中性子照射量は、この平均値、青いラインを使うというふうに口頭でお聞きしたんですが、それについて、補足説明資料で読み取れないので、それについても記載のほうをお願いします。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

承知いたしました。

○北條調査官 もう一問、質問なんですけど、また関連温度に関する質問でして、パワーポイントの6ページになります。先ほどパワーポイントのほうの説明していただいているときに、すみません、8ページの予測の結果、母材と熱影響部が計算が一緒になったというふうにお聞きしたと思いますが、6ページの監視試験の結果を見ていただくと、熱影響部のほうが1回目、2回目ともに母材より高くなっているという結果が出ております。それについて、理由というか、評価の結果が同等になる理由について説明をお願いします。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

7ページのほうで少し御説明したいんですけども、先ほど同等になると説明しましたのは、関連温度移行量の予測値が同等になるというふうな意図でございます。母材と熱影響部で同等になる理由ですけども、ちょっとJEACの規格上、式が化学成分の銅とニッケルの含有量に依存した式になってございますので、母材と熱影響部においては、化学成分的には同等ですので、予測値も同等になるといったことでございます。

先ほど、6ページ目のほうで母材よりも熱影響部のほうが関連温度的に厳しい結果にな

っているといった御指摘もあったんですけども、確かに結果だけ見ますと、そうなっています。この辺、例えば第2回のほうは、照射量としましては5.5EFPY程度のものになっていまして、あまり脆化が進んでない状況の監視試験結果になります。そうしますと、やはり衝撃試験とか、落重試験で結果を見ますので、どうしても試験のばらつきが多少なりとも入ってきているのかなというふうには考えてございます。

以上でございます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

JEAC4201の規定に基づいて計算すると同等となるということですが、この監視試験の結果を取り入れた評価はしていないということですかね。化学成分の数値と、あと、照射量の数値のみを使って、一定のマージンを足して計算しているということではないんですかね。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

7ページのほうで、予測値と監視試験の実測値を比較させていただいているんですけども、予測値がこの黒線のカーブになりまして、黒丸が実測値になりますので、監視試験結果を踏まえまして、ちゃんと予測値の範囲内になっているということを確認しているという意味で、監視試験結果は使っているというふうな状況でございます。

以上でございます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

ちょっと聞き方がまずかったのかもしれないんですけど、マージンの設定というのは、実測値を使った複数回の監視試験片がある場合には、実測値を使ったマージンの設定というのが可能だと思うんですが、今回それを使用しなかったという理解でいいですか。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

補足説明資料の別紙2に記載させていただいているんですけども、ページでいいますと、別紙2-1になります。真ん中のほうに③でマージンは22℃であるというふうに設定しておりまして、確かに監視試験していますけども、実測値を使わずに、島根2号機の場合は、もうマージン、最大値の22℃を適用して評価は実施してございます。

以上でございます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

ということは、ちょっと理解の問題なんですけど、複数回の監視試験片がある場合のマージンよりも、この22℃のほうが高いので、保守的に22℃を使って評価をしているという理解でいいんですかね。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

その理解で問題ないと考えております。

○北條調査官 わかりました。そこの部分もこの資料から読み取れないので、もうちょっと記載の充実を図っていただけると助かります。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

承知いたしました。

○塚部補佐 規制庁の塚部です。

1点、パワポで御説明のなかった点なのですが、補足説明資料の別紙の1のほうになりますが、加圧熱衝撃の評価に当たります。先行プラントでも同様な評価をされていて、私の質問は、一つは、先行と同じ、構造等も含めて同じということで、このような説明をされているということかということと。

あと、今、供用状態については、Dまでが書いてあり、設計事故まで書いてあるんですが、SA条件等については、そちらが決まった段階でまた評価をして、御説明いただけるという理解でいいか、その2点を教えてください。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

まず、1点目の御質問の件ですけれども、先行プラントと島根2号機は、同様な構造になっていますので、この加圧熱衝撃評価については、先行プラントと同様になるというふうを考えております。

二つ目の重大事故のときの件ですけれども、確かに先行プラントでもいろいろと議論されているのは承知しておりますが、島根2号機の場合は、ちょっと重大事故の環境条件がまだ決定していないのもありますので、その工認が審査が終了した段階で、PLM側も重大事故の評価を実施しようというふうには考えております。

以上でございます。

○塚部補佐 塚部です。

わかりました。

○山田部長 ほか、いかがですか。よろしいですか。

じゃあ、次、お願いします。

○中国電力（吉岡） 中国電力の吉岡です。

照射誘起型応力腐食割れについて説明します。

資料といたしまして、資料番号4-1のパワーポイント、資料番号4-2の補足説明資料を準

備してございますが、資料番号4-1のパワーポイントに沿って説明いたします。

次のページをお願いします。目次になりますが、初めに、概要と基本方針について説明させていただき、3項にて評価対象と評価手法、4項にて炉内構造物及び制御棒の技術評価、最後に、5項で全体のまとめについて説明いたします。

次のページをお願いします。本資料では「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」に基づき実施した高経年化技術評価のうち、照射誘起型応力腐食割れの評価結果について説明いたします。オーステナイト系ステンレス鋼は、高い中性子照射を受けると材料自体の応力腐食割れの感受性が高くなるとされています。照射誘起型応力腐食割れは、この状況に引張応力が作用すると粒界型応力腐食割れが生じるという現象でございます。照射誘起型応力腐食割れの発生要因としては、材料、環境及び応力の三つの要因が考えられ、運転時間が経過し、比較的高い累積中性子照射量を受けたステンレス鋼において発生する可能性があるため、これらの要因の観点から照射誘起型応力腐食割れの評価を実施いたしました。

表に炉内構造物の健全性評価、現状保全、総合評価の概要を示しております。詳細は後ほど説明しますが、下線部については、先行プラントの審査状況を反映し、平成30年2月7日に申請済の高経年化技術評価書から記載を変更しております。

次のページをお願いします。基本方針ですが、評価対象部位において照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性について評価し、その発生の可能性が将来にわたって否定できない場合は、その発生または進展に係る健全性評価を行い、実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイドに定める要求事項に適合することを確認します。

表に、照射誘起型応力腐食割れを評価するに当たっての要求事項を示しております。高経年化対策審査ガイドからの要求事項といたしましては、高経年化技術評価の審査として、健全性の評価、現状保全の評価、追加保全策の抽出の三つの内容が上げられます。

次のページをお願いします。炉心を取り囲む機器である炉内構造物は材料がステンレス鋼であり、比較的高い累積中性子照射量を受けた場合に照射誘起型応力腐食割れの感受性が現れると考えられています。比較的高い累積中性子照射量を受ける範囲として、ピンク色で囲っている範囲、機器名称でいいますと、赤枠で囲っている炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管及び制御棒を評価対象といたしました。

次のページをお願いします。評価手法について説明いたします。炉内構造物の評価手法

については、まず、①として、炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、周辺燃料支持金具、制御棒案内管について、運転開始後60年時点の予想中性子照射量を算出し、照射誘起型応力腐食割れの感受性が現れると考えられているしきい照射量を超えるか確認します。次に、②として、しきい照射量を超えると予想された機器については、材料、環境及び応力の観点で照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性を評価します。最後に、③として、評価した結果、照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性が否定できないものについては、その発生または進展に係る健全性評価を行い、実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイドに定める要求事項に適合することを確認します。制御棒の評価手法については、中性子照射量に応じた核的寿命及び構造材の高速中性子照射量の最大実績値に対して保守的に定めた運用基準に基づき取替えを実施していることから、この運用基準に基づく取替えによって制御棒の機能が維持できることを評価し、高経年化対策審査ガイドに定める要求事項に適合することを確認します。

次のページをお願いします。健全性評価といたしまして、初めに、照射誘起型応力腐食割れのしきい照射量について説明いたします。表を御覧ください。照射誘起型応力腐食割れのしきい照射量は、表中の値のとおり、SUS304では 5×10^{24} 、SUS316では 1×10^{25} としており、これらのしきい照射量以上の照射量を受けた場合に、照射誘起型応力腐食割れの感受性が現れると考えられています。

次のページをお願いします。表中に炉内構造物の評価対象機器、使用材料、60年時点の中性子照射量を記載しております。材料については、SUS316L、またはSUS304Lを使用しています。炉心シュラウドの中性子照射量については、※として、表下に補足しておりますが、中間胴の母材部の値を記載しております。炉心シュラウド中間胴の溶接継手のうち構造維持に必要な周溶接継手では、中間胴の中央に位置するH4周溶接継手が最も照射量が高く、その値は内面で 2.6×10^{25} 、外面で 1.5×10^{25} であり、内外面ともしきい値を超えると予想されます。表に記載のとおり、しきい照射量以上の中性子照射量を受ける評価対象機器は、黄色で着色している炉心シュラウド中間(胴母材、H4周溶接継手)及び上部格子板グリッドプレートとなります。

次のページをお願いします。表中に炉内構造物の評価対象機器及び照射誘起型応力腐食割れの可能性評価を記載しております。表中に記載している黄色の着色部については、しきい照射量を超えると予想された部位になります。まず、表の1段目の炉心シュラウド中間胴H4周溶接継手については、しきい照射量は超えますが、内外面ともにウォータージェ

ットピーニング施工による残留応力の改善を行っていることから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないと判断しております。

次に、表の2段目、3段目の炉心シュラウド中間胴の母材部及び上部グリッドプレートについても同様に、しきい照射量は超えますが、溶接による残留引張応力はなく、運転中の差圧、熱、自重等に起因する引張応力は低いことから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないと判断しております。

最後に、表の4段目の未着色としている炉心支持板、周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については、しきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れの発生する可能性はないと判断しております。

次のページをお願いします。しきい照射量を超えると予想された炉心シュラウドと上部格子板の現状保全について説明いたします。炉心シュラウド中間胴H4周溶接継手及び母材部の維持規格に基づく点検内容として、点検方法、点検頻度、至近の点検実績と点検結果を表に記載しております。炉心シュラウドの現状保全についてですが、維持規格に基づき定期的に水中カメラによる目視点検を実施しています。

次のページをお願いします。図に示している赤線の着色範囲が維持規格に基づく炉心シュラウド中間胴H4周溶接継手の点検範囲になります。図にハッチングで示している範囲が維持規格に基づく炉心シュラウドの点検範囲になります。

次のページをお願いします。上部格子板の現状保全について説明いたします。上部格子板につきましても、維持規格に基づく点検内容を表に記載しております。現状保全につきましても、水中カメラによる目視点検を実施しております。

次のページをお願いします。図にハッチングで示している範囲が維持規格に基づく上部格子板の点検範囲となります。

次のページをお願いします。炉心シュラウド及び上部格子板の応力腐食割れに対する予防保全対策を表に示しております。応力腐食割れについては、発生因子である応力、材料、環境を改善することで、発生を抑制する効果が期待できることがこれまでの知見から得られています。応力面の予防保全対策として、炉心シュラウドについては、ウォータージェットピーニング施工により残留応力の改善を行っております。材料面については、いずれも応力腐食割れに対して感受性の小さい低炭素ステンレス鋼の使用、環境面では、腐食環境の改善を目的として水素注入による腐食電位の低減を図っております。

また、表の下に記載してございますが、2003年に、NISA文書に基づきMVT-1による目視

点検を実施したところ、炉心シュラウド周溶接継手H4内面にひび割れを確認しましたが、研削によってひびを除去後、ウォータージェットピーニングを施工し、応力改善を図っております。

次のページをお願いします。本ページでは、応力面の予防保全対策として実施した炉心シュラウドへのウォータージェットピーニングの施工範囲を炉心シュラウドの内外面の展開図にそれぞれ示しております。ウォータージェットピーニングの施工範囲を赤線の着色範囲で示しており、しきい照射量を超える範囲が緑色の着色範囲になります。しきい照射量については、運転開始後60年時点のもの、また、周方向で照射量に分布がありますが、その最大値を適用して図示しております。

次のページをお願いします。総合評価といたしまして、表の1段目、炉心シュラウド中間胴H4周溶接継手については、しきい照射量を超えるものの、残留応力の改善を行っていることから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はなく、60年の健全性は維持できると判断します。表の2段目、3段目の炉心シュラウド中間胴の母材部及び上部グリッドプレートについても同様に、しきい照射量は超えるものの、溶接による残留引張応力はなく、運転中の差圧、熱、自重等に起因する引張応力成分は低いことから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はなく、60年の健全性は維持できると判断します。表の一番下、未着色の箇所については、しきい照射量を超えないことから、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はなく、60年の健全性は維持できると判断します。

高経年化への対応につきましては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はなく、今後も現状保全を継続してまいります。

以上が炉内構造物の技術評価になります。

次のページをお願いします。ここからは、制御棒の技術評価について説明いたします。

島根2号機で使用している制御棒は、ボロン・カーバイド粉末型制御棒及びハフニウム棒型制御棒を使用しており、上部に位置する比較的高い照射量を受ける範囲は、いずれもステンレス鋼を使用しています。

表を御覧ください。表中に比較的高い照射量を受ける部位及び型式ごとに使用している材質を記載しております。ボロン・カーバイド粉末型制御棒の制御材被覆管は、当初使用していたものから材質変更があったため、当初装荷時の材質のものと、取替品の2種類の材質を記載しております。

次のページをお願いします。制御棒の照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性評価につい

で説明いたします。通常運転中、全引抜運用としているボロン・カーバイド粉末型制御棒は核的寿命に対して保守的に定めた運用基準に基づいて取替えを行っております。出力制御用として炉心に挿入しているハフニウム棒型制御棒は構造材の高速中性子照射量の最大実績値に対して保守的に定めた運用基準に基づき取替えを行っており、いずれもしきい照射量を超える値を取替基準としていることから、照射量の観点から、発生の可能性は否定できないと考えております。

続いて、応力の観点ですが、各部の溶接による引張残留応力及び制御材被覆管には、制御材の熱中性子捕獲による核反応でヘリウムが発生することに伴う内圧の上昇、制御材の体積膨張による引張応力が想定されるため、応力の観点からも発生の可能性は否定できないと考えております。

次のページをお願いします。制御棒の点検、予防保全対策について説明いたします。現状保全のうち、①は、点検状況を記載しております。定期検査毎に実施している原子炉停止時余裕検査、制御棒駆動水圧系機能検査、制御棒駆動機構機能検査により、制御棒の制御能力及び動作性に問題が生じていないことを確認しています。制御材被覆管に割れが発生した場合は、内部のボロン・カーバイドの流出によって、炉水のトリチウム濃度の上昇が考えられますが、定期的にトリチウム濃度の測定を行うことで、制御材被覆管に照射誘起型応力腐食割れによるボロン・カーバイドの流出がないことを確認しています。

②は、応力腐食割れに対する予防保全対策について、表に記載しております。発生因子のうち、応力面については、溶接方法の見直しによる溶接部の残留応力低減、製造時の不純物管理及び他社プラントの事例から、ピン穴の改良を行っております。材料面については、応力腐食割れの感受性にすぐれた低炭素ステンレス鋼の使用、環境面については、炉内構造物の対策と同様に、水素注入による腐食電位の低減を図っております。

次のページをお願いします。制御棒の総合評価及び高経年化への対応について説明いたします。総合評価ですが、制御棒は、照射量及び応力の観点から、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性は否定できません。しかしながら、現状保全として、運用基準に基づく制御棒の取替え、定期検査毎の機能確認を行うことで、健全性の確認は可能と判断します。また、トリチウム濃度の測定により、照射誘起型応力腐食割れによるボロン・カーバイドの流出がないことを確認しています。したがって、これらの運用を継続することで、制御棒の機能は維持できると判断します。

高経年化への対応ですが、高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき

項目はなく、今後も現状保全を継続してまいります。

次のページをお願いします。まとめになります。要求事項である健全性の評価、現状保全の評価及び追加保全策の抽出に対して、技術評価結果は満足しており、現状保全項目の高経年化対策の観点から追加すべき保全策はなく、保守管理に関する方針として確定する事項はないと判断いたしました。

以上で照射誘起型応力腐食割れの説明を終わります。

○山田部長 それじゃあ、今の説明について、質問、コメントをお願いします。

○中野専門職 規制庁、中野でございます。

資料の14ページです。応力腐食割れに対する予防保全対策として、ウォータージェットピーニングを施工していますという説明ですが、これはしきい照射量を超える範囲に対して実施したということですが、このV5の外側というのは、これは線引かれていないんですけども、実施してないということよろしいですか。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

V5の外面につきましては、ウォータージェットピーニングは施工はしておりませんが、ちょっと説明が不足しましたが、資料のつくりも悪かったんですけども、V5につきましては、しきい照射量は超えない評価になっております。といいますのは、補足説明資料を少し御確認いただきたいんですけども。

別紙の1-5の図3を御確認いただきたいんですけども、今パワーポイントでお示ししておりますのは、周方向で分布があるんですけども、パワーポイント上は分布の最大値を今、記載をさせていただいております。こちらのV5の方向につきましては、14ページの角度を見ていただきますと、V5は120° と約300° の位置にV5はございます。

別紙の図3を少し見ていただきたいんですけども、こちら、中性子照射量の解析結果の周方向の中性子束の相対値を表しているんですけども、今、横軸で角度で0° ～90° としております。90° までとしておりますけれども、90° 対象に炉がなっておりますので、0～90° で4分割されているようなイメージを持っていただければいいと思うんですけども。

この中で、今50° のところに縦線が引っ張ってあると思うんですけども、こちらの相対値が約2.2となっておりまして、こちらの値を今パワーポイントのほうでちょっと記載をさせていただいている状況になります。

V5につきましては、120° と300° の位置にあるんですけども、0～90° の範囲でいい

ますと、約30° の方向にV5は存在することになります。そうしますと、相対値としましては、30° の方向を見ていただきますと、1より下になっておりまして、約0.6程度になると思うんですけども、この値を用いますと、V5の方向に関しましては、しきい照射量を超えない評価になります。資料のちょっとつくりが悪くて申し訳なかったんですけども、V5につきましては、しきい照射量を超えない評価になってございます。

以上でございます。

○中野専門職 ちょっとよくわからなかったの、わかるように説明してください。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

○中野専門職 今じゃなくていいです。図がないとわからないので、口頭でも言われてもちょっとよくわかんないので、適切に説明をお願いします、もう一度。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

補足説明資料に記載を追加させていただきます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

同じくウォータージェットピーニングの施工についてですが、パワーポイントの13ページの表の下に、炉心シュラウドの溶接継手の内面にひび割れを確認したとありまして、その後、研削してひびを除去したというふうに記載があるんですが、これ、ひびを除去した後、検査、点検というか、除去したことを確認していると思うんですが、その方法について、どういう方法で確認されているか、お聞かせください。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

ひびを除去した後は、きちんと、目視確認にはなると思うんですけども、ひびがなくなっている……、失礼しました。評価のほうで、ひびの長さをもともと、亀裂の長さですね、亀裂の長さを求めているんですけども、それに、ひびの長さに対して、ひびの長さよりもさらに研削をしていますので、ひびは、そういう意味で完全に除去はされているというふうには考えております。

以上でございます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

ちょっと今の説明だけでは、我々としても納得できない部分ではありますので、次回、詳しく説明していただければと思います。

さらに、ウォータージェットピーニング施工後、この部位について点検を行っているのかということと、あと、ピーニング施工時点での中性子照射量について、その際に説明

していただければと思います。というのも、中性子照射量、結構、照射を受けた後でのピーニング施工というのでも、応力緩和が問題なくなされるのかというのを確認したいということです。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

補足説明資料のほうに記載は充実させていただきますけれども、まずは点検に関しましては、パワーポイントの9ページを御覧いただきたいんですけども、炉心シュラウドの中間胴の内面の点検の結果を記載してございます。至近の点検実績としまして、17回定期検査、2017年になりますけれども、このときに内面を点検しまして、ひびの再発とか、それがないというのはMVT-1で確認はしてございます。

以上でございます。

○北條調査官 わかりました。そのひび割れを確認された箇所を重点的にというか、ちゃんとその部分にひびが今現在あるかどうかというのを確認されたということですが、MVT-1で細かいひびとかが見れるということなんですかね。ちょっとそこら辺、再度確認させてください。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

確かに御指摘のとおり、MVT-1は、規格上は0.025mmのワイヤが見れる試験となっておりますので、その検出限界よりも小さい欠陥というのは確認はできないかもしれませんが、もう少し亀裂となって大きくなってくると、MVT-1でも十分に検出はできるというふうには考えてございます。

以上でございます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

つまり、現状保全を継続していくことによって、健全性は維持できるという理解でいいですか。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

その理解で問題ないと考えております。

○北條調査官 すみません、続けてなんですけど、同じく、ウォータージェットピーニングではないんですけど、現状保全についてお聞かせください。

11ページもそうなんですけど、9ページと11ページで、炉心シュラウドの母材と、あと上部格子板について、VT-3で検査を行っているという記載があるんですけど、ここの部位については、国内外で亀裂状の欠陥が検出されている事例があるのは御存じかと思いますが、そこ

ら辺の評価とか、あと、保全上の対応というのがどういう状況になっているのかというのをお聞かせください。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

格子板のほうですけれども、海外のほうで、グリッドプレートに亀裂が発生した事例は、承知はしております。

上部格子板につきましては、資料上は、維持規格に基づく点検内容を記載させていただいてございまして、自主的にグリッドプレートの点検、MVT-1で点検はしてございます。ちょっと資料には記載してなくて、申し訳なかったんですけれども、記載の充実を図らせていただきたいと思います。

以上でございます。

○北條調査官 わかりました。

炉心シュラウドの母材部についてはどうですかね。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

炉心シュラウドの母材部につきましては、現状ではMVT-1で点検は実施はしてございません。

以上でございます。

○北條調査官 そうすると、トラブルというか、欠陥が生じているという事例に対しては、対応されていないということでしょうか。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

島根2号機の場合ですと、先ほどもパワーポイントの8ページ等で健全性評価の部分で御説明させていただきましたけれども、しきい照射量を確かに超えるんですけれども、母材部といいますのは、残留引張応力はなくて、あと、差圧とかの自重もかなり低くて、我々としては、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないというふうに考えてはおりますので、点検につきましては、現状の保全で妥当というふうな評価をしてございます。

以上でございます。

○北條調査官 規制庁の北條です。

わかりました。ちょっとその点については、我々のほうでも、もう一度確認させていただいて、いろいろ損傷事例など確認させていただいて、またお聞きすることになるかもしれませんが、その際はお願いします。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

承知いたしました。

○中野専門職 規制庁、中野です。

制御棒について、ちょっと御確認したいんですけども、直接IASCCじゃないんですけど、ハフニウム棒型制御棒というのは、以前、恐らく10年前だと思うんですけども、ステイフナとハフニウム棒の間に腐食生成物が発生して、引き抜き動作がスムーズにいかないといった事故事例が報告されているというふうに認識していますが、この件については、当然、御社の最新知見の取り込みの中で評価されているとは思いますが、今回の評価書見たときに、劣化事象のところに特に書いてなかったもので、それについて御社のほうでどう考えているのかというのが一つ。

このハフニウムって、板型とか、いろいろあるんですけど、かなりトラブルが多発しているという認識で、このハフニウム棒型の制御棒について、今後、御社としてどういう方針でやっていくのか、ずっと使われていくのか、交換するのか、そういう方針と。

あと、今現状、このハフニウム棒型の保全というのはどういうふうにやっているかって教えてください。

○中国電力（吉岡） 中国電力の吉岡です。

まず、1点目の質問について回答します。補足説明資料の12ページ、13ページにかけて、その記載がありますので、御覧ください。12ページ後段の他プラントにおいて、制御棒上部のハンドルローラ近傍において、製造時の残存不純物と照射量の蓄積の相乗により、照射誘起型応力腐食割れと想定されるひびが発生しているという、こちらの事象が他プラントのピン穴に不純物が滞留していたことで、スムーズな動作がいかなかったというところだと考えておりますが、当社として、この事例に対して対応したことといたしまして、13ページにかけて記載しておりますが、制御棒上部のハンドルローラピン穴に通水溝付のピン穴構造というふうに設備改良をしております。こちら、もともと他プラントの事例といえますのが、製造時に不純物がピン穴に付着していたもので、そこから照射量の影響もあって、ピン穴内面からひびが発生したというふうに考えられております。

当社としては、まず、製造時の不純物管理の徹底を建設時から行っており、まず、製造時の不純物に対して対策は実施しております。その上で、他社の事例を踏まえて、ピン穴、ピン穴の部分に不純物が滞留しない対策として、ピン穴に通水溝付という構造に改良しております。

図で、補足説明資料の14ページにピン穴、ピンの拡大図が記載してございますけど、そ

この下の図の左側、A-A断面と書いてある部分ですけど、こちらに通水溝と……。

○中野専門職 すみません、遮って申し訳ないんですけど、今のって、ハフニウム棒型の話じゃないですよ。ボロンの話ですか。

○中国電力（吉岡） どちらの対策もこちらでは実施しております。

○中野専門職 私、言っているのは、ハフニウム棒の腐食生成物の発生の話で、ちょっと今、これですと違うと思うんですけど。もし今すぐ回答できないのであれば、また調べて回答していただいて結構なんですけど。

○中国電力（吉岡） 他社事例の件も踏まえて、改めて回答いたします。

○中野専門職 あと、2点目について何かあれば。

○中国電力（吉岡） ハフニウム棒型の制御棒の現状保全について説明させていただきます。補足説明資料の13ページを御覧ください。こちらの資料の中段部、(2)現状保全という記載がございます。こちらの現状保全の上から6行目になりますが、ハフニウム棒型の寿命の考え方について記載してございます。

読み上げますと、通常運転中出力制御用として炉心に挿入しているハフニウム棒型は、構造材の高速中性子照射量の最大実績値に対して保守的に定めた運用基準に基づいて取替えを実施しています。

こちら、具体的に申し上げますと、高速中性子量の最大実績値といたしますが、 $10 \times 10^{25} \text{n/m}^2$ になります。こちらに対して、保守的に、当社では $4 \times 10^{25} \text{n/m}^2$ で取替えを実施してございます。しかしながら、この運用基準では、当初説明しているIASCC発生のしきい照射量は超えます。こちらの取替えまでの期間の現状保全といたしましては、先ほど説明したところの下の段に定期点検といった記載がございますけど、定期検査毎に原子炉停止余裕検査、制御棒駆動水圧機能検査、制御棒駆動機構機能検査、こちらで制御材の制御能力に異常がないことと、駆動の動きに問題がないことということを確認してございます。

また、さらに、パワーポイント資料には記載がなかったんですけども、こちらの現状保全の一番下の段に、制御棒を取り替える場合は、取り出した制御棒について外観点検を行っております。こちらといたしますが、照射量を多く受けた制御棒に対して、外観点検を行うことで外表面に異常がないことを確認するということで、そちらの確認をすることで、現在装荷している制御棒も同様に異常がないだろうということで、そういった保全を実施しております。

以上です。

○中野専門職 規制庁の中野です。

ということは、ハフニウム棒型については、交換までは外観を見ないということではないですか。

○中国電力（吉岡） 中国電力の吉岡です。

そのとおりです。外観点検自体は、取り出し後に行うことになってございます。

○中野専門職 ちょっと心配しているのは、いざというときに、腐食生成物が起きたりして動かなくなる、抜けなくなるのはいいのかもしれないんですけど、そういうことがないのかなと思って心配して聞いているんですけども、ちょっと、トラブル事例も含めて、また別途御回答ください。

それと、あと、今のお話で、ここ一番下を書いてあるんですけども、ボロン・カーバイドの場合は、仮に割れが起きると、ボロン・カーバイドが流出して、トリチウムでわかるということですが、当然このハフニウムの場合は、仮に何か起こってもわからないということですかね。

○中国電力（吉岡） まず、制御材の違いによって寿命の考え方が違ってきてございまして、ハフニウム棒型というのは、そもそも構造が違ってございます。ボロン・カーバイド型のほうは、ボロン・カーバイド、ホウ素を制御材被覆管に装荷しまして、制御材被覆管に割れがあった場合に、炉水に流出してトリチウムに変動が見られるということでございます。

ハフニウム棒型は、ハフニウムという金属ハフニウム棒を制御棒に挿入しておりまして、制御材が流出といったことはございません。材料自体が制御材として機能しますので、流出といったことはございません。

○中野専門職 善し悪しはともかく、説明はわかりました。

○山田部長 ほかにいかがでしょうか。

ちょっと先ほどのやりとりで気になったのでなんですけど、上部格子板でひびがあったというの、例があったということについては把握されているということだったんですけども、今日のこの御説明の中では、上部格子板グリッドプレートには、IASCC発生する要因がないという説明なんですけども、前例があったというのは、何か特殊なケースであるということ、その理由は把握をされているということですか。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

申し訳ございません。もう一度、御質問お願いしてもよろしいですか。

○山田部長 先ほどのやりとりの中で、上部格子板グリッドプレートで、過去にひびが入ってる例があったというのは把握されているというお話だったんですけども、今日のこの御説明の中では、上部格子板グリッドプレートにはIASCCが発生する要因がないので、発生しませんという御説明なんですけれども、過去に例があったということは、過去の例は特殊ケースであって、通常は起きませんということについて、把握はされているのかどうかということをお伺いしたかったんです。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

海外プラントでグリッドプレートに亀裂が発生はしておりますけれども、島根2号炉につきましては、先ほど御説明させていただきましたけれども、グリッドプレートは溶接部等ございませんので、我々としては、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないというふうに今は判断はしてございます。

○山田部長 いや、海外で発生したものと、島根で物は違うということの説明がないと、海外で発生したのも、もし同じような、島根と同じような設計だとすると、それは一体何なのかというのは追及しないといけない事項になるんじゃないかと思うので、それでちょっと気になってお伺いしたんですけど。

○中国電力（兼折） 中国電力の兼折です。

ちょっと申し訳ないんですけども、海外プラントの上部格子板の構造を少しまだ把握できてない部分がございますので、その点は、整理して、別途御説明をさせていただきます。

以上でございます。

○山田部長 はい、わかりました。お願いします。

もしほかになれば、じゃあ、次の項目お願いします。

○中国電力（舩岡） 中国電力の舩岡です。

電気・計装設備の絶縁特性低下と6事象以外の事象については、関連する項目が多いため、あわせて説明させていただきたいと思います。資料としては、5-1、5-2、6-1、6-2になります。主に5-1と6-2に沿って説明いたします。

まず、電気・計装設備の絶縁特性低下から説明させていただきます。

資料5-1の1ページを御覧ください。初めに、概要と基本方針を述べた後、3項にて評価対象と評価方法、4項にて代表機器の評価、5項にて代表機器以外の評価、6項にて全体のまとめについて説明させていただきます。

2ページ目をお願いいたします。本資料では、高経年化技術評価のうち、重大事故等における評価を除いた電気・計装設備の絶縁特性低下の評価結果について説明いたします。重大事故等時の耐環境評価については、第13回審査会合において御説明したとおり、工認補正後に説明させていただきたいと思っております。

3ページ目をお願いいたします。絶縁特性低下は、電氣的独立性を確保するために介在させている有機物が、環境的、電氣的及び機械的な要因で劣化し、絶縁性を確保できなくなる事象です。絶縁特性が低下した場合、電気・計装設備の機能が維持できなくなる可能性があるため、電気・計装設備の絶縁特性低下について評価を実施いたしました。

次のページ、お願いいたします。基本方針について説明します。評価対象機器について、絶縁特性低下の発生の可能性を評価し、その可能性が将来にわたって否定できない場合は、その発生または進展に係る健全性評価を行い、高経年化対策審査ガイドに定める要求事項に適合することを確認いたします。

5ページ目をお願いいたします。評価対象について説明します。電気・計装設備の絶縁特性低下の評価は、絶縁特性低下の可能性のある全ての機器を対象にいたします。代表機器は、絶縁特性低下の可能性のある機器の中から、環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある機器を抽出し、その機器の中から電気・計装設備の動作に共通して必要となる電力・信号伝達機能を有した難燃PNケーブル及び核計装用電気ペネトレーションを代表として選定いたしました。

6ページ目をお願いいたします。評価対象機器について説明いたします。電気・計装設備の絶縁特性低下の評価対象機器を5ページから8ページに表にまとめております。

10ページ目をお願いいたします。評価対象機器としました難燃PNケーブル及び核計装用電気ペネトレーションの絶縁特性低下の評価手法について説明いたします。評価に当たっては、IEEE323、317、383、電気学会推奨案及びACAガイドなどをもとに実施した長期健全性試験の結果及び各機器の点検実績などから健全性について評価をいたします。

11ページをお願いいたします。代表機器に選定した難燃PNケーブルの使用材料、使用条件について説明いたします。左図は、難燃PNケーブルの構造図、右上は使用材料、右下は使用条件について記載しております。難燃PNケーブルは、原子力格納容器内に敷設されているケーブルで、絶縁体は難燃エチレンプロピレンゴムを使用しております。

12ページをお願いいたします。難燃PNケーブルの電気学会推奨案に基づく設計基準事故時における長期健全性評価について説明いたします。設計基準事故時に機能要求のある難

燃PNケーブルは、電気学会推奨案に基づき、熱及び放射線による劣化を付与した後、設計基準事故時雰囲気による曝露試験を行い、最後に、屈曲浸水耐電圧試験により健全性を評価します。

13ページ目をお願いします。電気学会推奨案に基づく設計基準事故時における長期健全性試験の試験条件、試験結果について説明いたします。長期健全性試験の条件は、60年間の通常運転時及び設計基準事故時の環境条件を包絡しております。健全性が維持されることの判定として、屈曲浸水耐電圧試験に合格していることを確認いたしました。

14ページをお願いいたします。続いて、難燃PNケーブルのACAガイドに基づく設計基準事故時における長期健全性評価について説明いたします。設計基準事故時に機能要求のある難燃PNケーブルは、通常運転期間に相当する熱と放射線による劣化を付与した後、設計基準事故に相当する放射線照射、設計基準事故時雰囲気による曝露試験を行い、最後に、耐電圧試験により健全性を確認いたします。

15ページ目をお願いいたします。ACAガイドに基づく設計基準事故時における長期健全性試験の試験条件、試験結果について説明いたします。長期健全性試験の条件は、通常運転時及び設計基準事故時の環境条件を包絡しています。また、ACA研究において得られた難燃PNケーブルの試験データをもとに、島根原子力発電所2号炉の環境条件に展開して評価した結果、試験条件は、37年間の運転期間を想定した環境条件を包絡しております。健全性が維持されることの判定として、耐電圧試験に合格していることを確認しました。

16ページをお願いします。難燃PNケーブルの健全性評価の結果を説明します。原子炉格納容器に敷設されている設計基準事故時に機能要求のある難燃PNケーブルは、37年間の通常運転期間において健全性を維持できることを確認いたしました。

17ページをお願いします。続いて、もう一つの代表機器である核計装用電気ペネトレーションについて説明します。左の図は核計装用電気ペネトレーションの構造図、右上に使用材料、右下に使用条件を記載しております。代表機器に選出した核計装用電気ペネトレーションは、原子炉格納容器を貫通する形で設置されており、絶縁シール部のエポキシ樹脂、ケーブルの絶縁体である難燃架橋ポリエチレンにて維持されております。

18ページをお願いします。核計装用電気ペネトレーションの設計基準事故時における長期健全性評価について説明します。核計装用電気ペネトレーションの評価手順は、通常運転時に相当する放射線、熱サイクル、熱による劣化を付与した後、設計基準事故時に相当する放射線及び設計基準事故時雰囲気による曝露試験を行い、最後に、耐電圧試験により

健全性を確認します。

19ページをお願いします。核計装用電気ペネトレーションの設計基準事故時による長期健全性試験の試験条件、試験結果について説明します。長期健全性試験の条件は、60年間の通常運転及び設計基準事故時の条件を包絡しています。健全性が維持されることの判定として、耐電圧試験に合格していることを確認しました。健全性の評価結果として、核計装用電気ペネトレーションは、60年間の通常運転及び設計基準事故時において健全性を維持できることを確認しました。

20ページをお願いします。難燃PNケーブル及び核計装用電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対する保全内容、総合評価について説明します。難燃PNケーブル及び核計装用電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施し、健全性を確認しております。また、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、取替えを行うこととしております。

総合評価としては、設計基準事故時雰囲気において機能要求のある難燃PNケーブルの絶縁体については、使用開始から37年を経過する前に取替えを行うことで、運転開始から60年間の通常運転及び設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断しました。また、運転開始から60年間の通常運転及び設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断しました。

21ページをお願いします。難燃PNケーブル及び核計装用電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対する高経年化への対応について説明します。難燃PNケーブルについては、健全性評価で得られた37年を経過する前までに取替え、または60年間の通常運転を考慮した事故時耐環境性に関する再評価を実施することとします。核計装用電気ペネトレーションについては、高経年化対策の観点から、現状の保全内容に追加する事項はなく、今後も引き続き、現状保全を継続することとします。

22ページをお願いします。代表機器以外の電気・計装設備の絶縁特性低下に関する評価を説明いたします。環境条件が著しく悪化する環境における機能要求の有無により、評価手法が多少異なりますので、その2種類について説明いたします。

まず、評価条件が著しく悪化する環境において機能容器のある機器の評価について、電動弁駆動部を例に説明いたします。代表機器と同様に、長期健全性試験の結果をもって、通常運転及び設計基準事故時における劣化に対して、評価対象部位の健全性評価を実施いたします。電動弁駆動部については、長期健全性試験の結果により、絶縁性能を維持でき

ると評価しており、その内容を健全性評価の欄に記載しております。

次に、評価対象部位の絶縁特性低下に対する保全内容を確認いたします。電動弁駆動部の現状保全の内容を現状保全の欄に記載しております。健全性評価、現状保全の内容から総合評価を行います。電動弁駆動部については、運転開始から60年間の通常運転及び設計基準事故時雰囲気において、絶縁性能を維持できると判断しており、その内容を総合評価の欄に記載しております。

最後に、これらの評価を踏まえて、高経年化対策の観点で対応すべき項目の評価を実施いたします。電動弁用駆動部については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき事項はないと評価しており、高経年化対応の欄にその旨、記載しております。

以上の評価を環境条件が著しく悪化する環境において機能要求のある機器全てに対して行っております。

23ページをお願いいたします。続きまして、環境条件が著しく悪化する環境条件において機能要求のない機器について説明いたします。高圧閉鎖型配電盤を例に説明いたします。まず、健全性評価として、評価対象部位における絶縁特性低下の要因の推定及び兆候の確認可否について評価を実施いたします。高圧閉鎖配電盤については、絶縁特定低下の要因としては、環境的劣化が考えられ、長期の使用を考慮すると、絶縁特性が低下する可能性は否定できません。しかし、絶縁抵抗測定を行うことで、絶縁特性の低下またはその兆候を確認できると評価をしており、その内容を健全性評価の欄に記載しております。同様に、現状保存、総合評価、高経年化への対応について評価を実施しております。

24ページをお願いいたします。続きまして、保守管理に関する方針に抽出についてです。本ページは、代表機器以外の技術評価の中から保守管理に関する方針の抽出について説明しております。健全性評価、現状保全及び総合評価の結果、保守管理に関する方針に反映すべき事項がある場合、その評価内容を赤枠で囲っております高経年化への対応の欄に記載しております。例として示している同軸コネクタ接続（ポリエーテルエーテルケトン）については、実機相当品を用いた長期健全性試験によって健全性評価を実施していることから、実機同等品を用いた長期健全性試験により再評価を行うことを記載しております。

なお、代表機器以外で保守管理に関する方針に反映する評価対象機器としては、当該機器のみが該当いたしました。

25ページをお願いいたします。まとめになります。電気・計装設備の絶縁特性低下に対

する審査ガイド適合性について、25ページから26ページに記載しております。審査ガイドに要求されている電気・計装設備の絶縁特性低下に対する要求事項について評価した結果、適合していることを確認いたしました。

27ページ目をお願いいたします。保守管理に関する方針として策定する事項について説明いたします。No. 1は難燃PNケーブルについてです。16ページで説明したとおり、難燃PNケーブルについては、電気学会推奨案による試験結果では60年間の健全性を確認いたしました。もう一つの試験方法であるACAによる試験結果では37年間の健全性を確認するにとどまりました。この結果から、健全性が確認できている期間内に取替えを行うか、または、60年間の通常運転及び設計基準事故時雰囲気における劣化を考慮した評価を再度行うことを長期保守管理方針として設定いたしました。

No. 2の同軸コネクタについては、24ページで示したとおり、実機相当品を用いた長期健全性試験により健全性評価を実施しております。したがって、実機同等品を用いた試験を再度実施することを長期保守管理方針として設定いたしました。実施時期については、運転開始30年目から10年以内を実施する中長期として設定をしております。

以上で電気・計装設備の絶縁特性低下に対する説明を終わらせていただきます。

○中国電力（船田） 中国電力の船田です。

続きまして、6事象以外の劣化事象について、資料6-1に沿って御説明させていただきます。

次のページをお願いします。初めに、概要と基本方針を述べた後、3項にて評価対象と評価手法、4項にて代表機器の技術評価、5項で全体のまとめについて説明させていただきます。

次のページをお願いします。本資料では「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」に基づき実施した高経年化技術評価のうち、6事象以外の劣化事象の評価結果について説明します。

次のページをお願いします。6事象以外の劣化事象抽出フローに従い高経年化対策上、着目すべき経年劣化事象の抽出を行った結果、電気ペネトレーションのシール材及びOリングの気密性の低下が抽出されました。

次のページをお願いします。基本方針について説明します。評価対象機器において気密性の低下が発生する可能性について評価し、高経年化対策審査ガイドに定める要求事項に適合することを確認します。6事象以外の劣化事象についての高経年化対策審査ガイドの

要求事項といたしましては、高経年化技術評価の審査として、健全性の評価、現状保全の評価、追加保全策の抽出の三つが上げられます。

次のページをお願いします。評価対象と評価手法について説明します。評価対象は、低圧用及び高圧用電気ペネトレーションのシール材及びOリングの劣化による気密性の低下が対象となります。電気ペネトレーションの評価手法については、IEEE規格等をもとに実施した長期健全性試験の結果及び点検実績等から健全性について評価しております。

次のページをお願いします。続いて、代表機器の技術評価のうち、使用材料及び使用条件について説明いたします。本ページでは、低圧用電気ペネトレーションの使用材料と使用条件について、構造図及び表を用いて示しています。低圧用電気ペネトレーションの主要部位の使用材料は、上の表に示すとおりで、シール材とOリングについては、シール材がエポキシ樹脂、Oリングがエチレンプロピレンゴムとなっています。使用条件につきましては、下の表に示すとおりです。

次のページをお願いします。本ページでは、高圧用電気ペネトレーションの使用材料と使用条件について、構造図及び表を用いて示しています。高圧用電気ペネトレーションの主要部位の使用材料につきましては、上の表に示すとおりで、シール材の材料はエチレンプロピレンゴムとなっています。使用条件につきましては、低圧用電気ペネトレーションと同じでございます。

次のページをお願いします。続いて、代表機器の技術評価のうち、IEEE規格による健全性評価及び試験手順について説明いたします。低圧用電気ペネトレーションの試験手順はフローに示すとおりです。

次のページをお願いします。前ページで説明しました試験手順による健全性評価についてですが、試験条件は、表のとおり、60年間の通常運転期間及び設計基準事故時を想定した条件を包絡しており、リーク量測定の結果、良となっております。よって、低圧用電気ペネトレーションは、60年の通常運転期間及び設計基準事故時において気密性を維持できることを確認しました。

次のページをお願いします。続いて、高圧用電気ペネトレーションの長期健全性試験手順について説明します。低圧用電気ペネトレーションと同様に、IEEE規格に基づく試験を実施しており、試験手順はフローに示すとおりです。

次のページをお願いします。前ページで説明しました試験手順による健全性評価についてですが、試験条件は、表のとおり、60年間の通常運転期間及び設計基準事故時を想定し

た条件を包絡しており、リーク量測定の結果、良となっております。よって、高圧用電気ペネトレーションは、60年の通常運転期間及び設計基準事故時において、気密性を維持できることを確認しました。

次のページをお願いします。続きまして、電気ペネトレーションの現状保全、総合評価、高経年化への対応について説明します。現状保全ですが、電気ペネトレーションの気密性の低下に対しては、定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し、漏えい率が基準を満たし、増加傾向にないことを確認しています。

なお、電気ペネトレーションに有意な気密性の低下が認められた場合には、必要により、取替え等の処置を行うこととしています。

総合評価として、健全性評価結果及び現状保全より運転開始から60年間の通常運転及び事故時雰囲気において機密性能を維持できると判断しました。よって、高経年化対策の観点から、現状の保全内容に追加すべき項目はなく、引き続き現状保全を継続していくことで対応していきます。

次のページをお願いします。最後に、まとめになります。要求事項について評価した結果、審査ガイドに適合していることを確認し、保守管理に関する方針として策定する事項はありませんでした。

以上で6事象以外の劣化事象についての説明を終わらせていただきます。

○山田部長　じゃあ。

○池田上席調査官　規制庁の池田です。

絶縁低下のスライド、27ページについて質問します。

ここでは、PNケーブルのところ、保守管理項目を上げていますが、まずは「評価寿命までの取替または」で、「または」になっていまして、その後、保守管理として、この後、また、実機同等品で60年相当の評価を再評価をするということになっています。実機同等品でやられているのであれば、なぜ再評価をされるのか。何を目的にやられるのか。またはというのは、だから、交換はしないで、そのまま何か、その後、評価によって変えるのか、そこら辺を説明してください。

○中国電力（舩岡）　中国電力の舩岡です。

評価に関しては、実機同等品を用いて評価をしておまして、またはというのは、取替えまたは37年間で評価だったものを60年間相当になるような試験を、また別の試験として行ってみるという意味でございます。

○池田上席調査官 すみません、規制庁の池田です。

別の試験というのは、今ここで電気学会推奨論があつて、それでACAやっているんで、そのほかにまた何をやろうとされているんですか。

○中国電力（舩岡） ACAと同じ試験を、同じ手順に沿った試験でやって、評価条件をもっと厳しいものをやってみるという趣旨でございます。劣化させている期間が島根の2号機に展開させると37年間の評価になりますので、島根の40年分の評価になるような劣化処理をした後にもう一度試験をしてみるとかというような意味合いで、そういうような試験をしてもよいのではないかと趣旨でございます。

○池田上席調査官 確認なんですけど、さらに厳しい条件でやったら、多分さらに短くなるような気がするんですけど、それは、だから、まだこの条件では甘いから、さらに厳しいとこで見たいこうという意図なんでしょうか。

○中国電力（幸） すみません、中国電力の幸です。

今、舩岡のほうから申しあげましたのは、通常の期間として想定している熱劣化及び放射線劣化の分が今の島根2号機の通常環境の条件に置きかえると、37年分を包絡した試験になっているのが現時点で確認されている試験の内容になります。

ですので、この通常の熱劣化と放射線劣化をより長い期間、2号機でいうところの60年間を包絡するような条件で再度試験をやってみることで、それに合格することが確認できれば、現在の2号機で使用している難燃PNケーブルの寿命として、今より長い寿命を確認できるのではないかと確認する試験をしようとしているということです。

○中野専門職 規制庁の中野です。

高経年化技術評価って、そもそも60年までの運転を想定して評価しているんじゃないんですか。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

すみません、現在、難燃PNケーブルに対して実施している試験データというものが、ちょっと1種類、ACAデータについては1種類しかなくて、そのデータを用いて、今回評価をしたところ、ちょっと37年間分しか確認ができなかったんで、その期間までに置きかえることで60年間もたせるという評価は、一応の形としては完了はしています。

ただし、37年を迎えるまでのところで、ちょっと試験には時間がかかりますので、もう少し長い時間をかけて、再度試験を行うことで、長い寿命が確認できるのではないかと考えているということです。

以上です。

○池田上席調査官 すみません、あんまりよく理解できてないんですけど、どういうことをされるのかなって。それで、あくまでも37年という寿命を否定したいというか、今のACAの話、その評価をどういうふうに考えているのかなと思うんですけど、そこら辺は。

○山田部長 ちょっと私が言うのもなんですけど、試験の時間が短かったので、37年間分までしか確認ができてないけども、もう少し長い試験をすると、37年以上もつというデータをとれるので、その試験をしたいという、そういう意味ですか。それだとすると、今やってる試験の内容をもう少しきちんと説明をして、37年間たったときでも機能は喪失していない、さらにもっともつはずだという試験しかしていませんという説明をしっかりといただかないと、我々、理解できないと思います。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

現在実施している試験は、申し訳ありません、限界を知る試験はちょっとできないものですから、ある期間を想定して、熱と放射線の劣化を課して、試験をして、その期間でもつかというような試験を行っております。

その試験結果が、ちょっとうちのプラントに対して60年間を想定して試験を設定したものではない試験データを用いて評価をしているので、その試験データを用いた結果、うちでは37年間分の寿命を確認しているというふうにとどまっているということです。

今後、試験をする際に、ちょっと37年間を超える寿命を確実に確認できるかということとは約束はできないんですけども、そういう試験を実施することによって、より長い寿命が確認できれば、現在の評価結果を見直して、難燃PNの評価寿命としてはより長い期間を用いるということです。

以上です。

○山田部長 今やっている試験をもう少しきちんと説明していただかないと、多分説明が理解できてないと思うので、そこをちょっと説明して、改めて、どういう試験ですかというのをもう少し詳しく説明していただく必要があると思います。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

わかりました。その辺りを説明できるように準備してまいります。

○池田上席調査官 規制庁の池田です。

すみません、ちょっと理解が足らなくて、次回、またそこら辺をしっかりと説明していただけたらと思います。

次の質問なんですけれど、同じところの2番目、同軸コネクタのどこなんですけれど。健全性評価では、実機相当品を使われて、それで、健全と言われてて、それで、保守管理のところを見たら、実機同等品というふうに書いて、さらにやらないといけない、再評価するというふうに書いてあるんです。

そうした場合に、相当品と同等品で何が違うか、あるいは、それを相当品でやる妥当性というのはちゃんとあるのか、そこら辺を説明してください。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

本ケーブル接続部、同軸コネクタになりますが、こちらにつきましては、評価に用いた試験データとしては、相当品、この相当品というのは、同じ絶縁材料は使用しているものになるんです、同じメーカーの同じ絶縁材料を使用しているものにはなるんですけども、若干構造が異なる同じようなものの試験データを少し用いております。

ですので、構造が若干異なりますと、それによって、基本的には同じ絶縁材に対する評価になりますので用いることはできているとは思いますが、その辺りを、その構造の若干の差異によってどの程度影響があるのかを確認するために実機同等品による再試験を行うということを考えているということです。

以上です。

○池田上席調査官 規制庁の池田です。

要するに絶縁材としては、ポリエーテルエーテルケトンを使って、それで、おおよそ同じ材料だから、活性化エネルギーはいいんだけど、機械的な構造というのかな、構造が違うから再度確認するという意味でよろしいのでしょうか。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

そのとおりです。

○中野専門職 規制庁の中野です。

今の試験って、いつごろやる予定なんですか。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

長期保守管理方針として対応しますので、この10年間の間に確認をするという予定でいます。

以上です。

○中野専門職 今すぐやらない理由は何ですか。

○中国電力（幸） 試験品に対して準備して、試験場の準備ができましたら、適時実施は

していくんですけども、それを60年間としては、一応実機相当品としてですが、確認をできているので、さらなる評価の充実として実施するものですので、ちょっと10年間の間というふうに期間は設定していますが、できるだけ早い時期に実施しようとは考えておりません。

○池田上席調査官 規制庁の池田です。

わかりました。

次、電気ペネトレーションのところの質問をさせていただきます。

スライドの18番、こここのところに加熱劣化の1、2つてあります。この1、2というの、裏のほう、条件、温度条件がないんで、多分その他の事象のところの温度条件と同じだと推定はするんですけど、まずは、ここ、書いてないんですが、そうすると、こここのところ、1、2に分けた理由は何かということと、あともう一つ、普通、電気ペネトレーションの試験をやるときに、加振試験があるかと思うんですけど、ここではない。そこら辺の試験の考え方を説明してください。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

まず、熱加速劣化が1、2と分けられていることにつきましては、補足説明資料で説明させていただきます。こちらの補足説明資料の12ページを御確認ください。こちらのほうに熱加速劣化の条件を記載しております。

先ほどおっしゃられましたとおり、熱加速劣化1、2では、加速劣化の温度条件自体は変わりません。これを2回に分けましたのは、試験の熱加速劣化分として、まず、40年相当に値する日数の熱加速を行った後に、一度健全性を確認しまして、問題がないことを確認した上で、さらに60年分相当になるように熱加速劣化をしたために、2回に分けられているものです。

また、加振試験につきましては、本経年劣化事象の絶縁特性低下を評価するにおいて、耐震とか地震による振動による影響はあまり大きくないというふうに判断して、本試験では省略しております。

以上です。

○池田上席調査官 規制庁の池田です。

そうすると、気密性のほうに対しても耐震、加振というのは関係ないというふうに判断されているわけですか。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

経年劣化としては影響が大きいというふうに考えているということです。

以上です。

○池田上席調査官 規制庁の池田です。

理解しました。

○天野調査官 すみません、規制庁の天野です。

本日予定の時間を超過していますので、ちょっとコメントだけにさせていただきますけれども、絶縁低下については、まだSAがまだ工認の反映ができてないということなので、今日出た指摘も含めて、改めて整理をしていただきたいというのが1点と。

あと、先ほど議論のあったケーブル接続部の24ページですかね、実機相当品の健全性評価というのと、長期保守管理方針としての実機同等品がどういう違いがあって、今、健全性評価の妥当性として、何が妥当で、今後どこをどう変えて、何をしようとしているのかというのをもうちょっと整理して説明をお願いします。

以上2点です。

○中国電力（幸） 中国電力の幸です。

承知いたしました。

○山田部長 ほかにいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それじゃあ、今日のいただく御説明は以上ということでしょうか。

それでは、今日審議すべき内容は一通り終わったということなので、以上をもってこの審査会合を終了させていただきたいと思います。今後の会合については、時期は未定ですが、準備が整い次第ということで開催をしたいと考えます。

それでは、終了いたします。御苦労さまでした。