

第5回川内原子力発電所の運転期間延長の検証に関する分科会 議事録

日 時：令和4年9月6日（火）9:26～13:02

場 所：ホテル自治会館ホール

出席者：【 会 場 】 釜江委員，後藤委員，渡邊委員

【 リモート 】 大畑委員，橘高委員，佐藤委員，守田委員

1 開会

（事務局）

ただいまから，川内原子力発電所の運転期間延長の検証に関する分科会を開会いたします。お手元にお配りしております会次第に従いまして進行させていただきますので，よろしくお願ひいたします。それでは初めに，開会に当たり，鹿児島県危機管理防災局長の長島が挨拶を申し上げます。

2 危機管理防災局長挨拶

（鹿児島県危機管理防災局長）

皆さんおはようございます。分科会の開催に当たりまして，一言御挨拶を申し上げます。

皆様におかれましては，大変お忙しい中，御出席をいただき，心から感謝申し上げます。川内原発1，2号機につきましては，原子炉容器及び原子炉格納容器，それからコンクリート構造物を対象とした特別点検が行われているところですが，本日は，1号機の原子炉格納容器の特別点検結果を，九州電力から御説明いただくこととしております。

また，30年目高経年化技術評価結果の主要6事象のうち，熱時効，絶縁低下についても御議論いただくことといたしております。

皆様方には，毎回熱心に御議論いただいておりますが，本日も率直な御意見を賜りますようお願い申し上げます。簡単ではございますが，開会の御挨拶とさせていただきます。

本日はどうぞよろしくお願いいたします。

（事務局）

続きまして，会議開催に当たり，注意事項を申し上げます。会場の皆様におかれましては，新型コロナウイルス感染症対策の観点から，マスクの着用をお願いいたします。

次に，Web会議で御参加の皆様は，御質問や御意見等御発言の際は，カメラに向かって挙手し，座長の指名を受けた後，名前をおっしゃってから御発言をお願いいたします。なお，音声聞き取りにくい場合などはおっしゃってください。

また，御発言される時以外は，パソコン画面下の音声ボタンをミュートの状態にしていただきますよう，よろしくお願いいたします。

それでは座長，進行をお願いいたします。

3 議事

(1) 1号炉原子炉格納容器の特別点検（個別確認・評価）結果について

（釜江座長）

はい。釜江でございます。本日もまた、最後までよろしくお願ひ申し上げたいと思ひます。

それでは、議題の1ですが、前回に引き続きまして、今局長の方からも御紹介があつたように、特別点検の結果ということで、1号炉原子炉格納容器の特別点検（個別確認・評価）の結果について、九州電力の方から御説明をお願ひしたいと思ひます。よろしくお願ひいたします。

（九州電力）

皆さんおはようございます。九州電力原子力総合事務所の川江でございます。本日も御説明の機会をいただき、誠にありがとうございます。

川内1, 2号機につきましては、現在順調に通常運転を実施しております。引き続き、夏季重負荷期の電力安定供給に向け、しっかりと、安全・安定運転に努めてまいる所存でございます。

さて、特別点検の状況でございますが、1号機につきましては昨年10月18日、2号機につきましては本年2月21日に開始しており、このうち、1号機の原子炉容器、原子炉格納容器については、採取したデータに基づく個別の確認・評価が完了し、引き続き取りまとめを実施しているところでございます。2号機につきましては、1号機と共用のコンクリート部分を含めて、引き続き採取したデータに基づく個別の確認・評価を実施しているところでございます。

本日は、資料に基づきまして、現在も継続して取りまとめを実施している1号機の特別点検のうち、個別の確認・評価が完了した原子炉格納容器の状況について、御説明させていただきます。また、そのほか、前回に引き続き、過去の高経年化技術評価結果や、委員の皆様からいただいた御質問の御回答などについて説明させていただきたいと思ひます。本日はよろしくお願ひいたします。

（九州電力）

九州電力、上村でございます。それでは右肩資料の1番、川内原子力発電所1号炉原子炉格納容器の特別点検（個別確認・評価）について御説明させていただきます。

その前に、格納容器の特別点検につきましては、後藤委員の方から事前に御質問をいただいております。一通り我々が準備した資料を御説明させていただいた後に、御質問の回答をさせていただこうと思っております。よろしくお願ひいたします。

それでは1ページになります。初めに、本資料は、川内原子力発電所1号炉で実施しました原子炉格納容器のデータ採取及び特別点検について内容を取りまとめてございます。要求事項としましては、対象機器の構造物、その対象部位。着目する劣化事象及び点検方法につきましては、原子炉規制庁が定めております「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に関わる運用ガイド」、これから運用ガイドと申し上げますが、に定めら

れております。下の表にまとめてございますが、対象の機器・構造物としましては原子炉格納容器、対象の部位としましては原子炉格納容器鋼板ということで、接近できる点検可能範囲の全てとなっております。着目する劣化事象としましては腐食、試験方法につきましては目視試験、VT-4ということで、維持規格で定められている方法ですが、後ほどまた詳しく御説明しますが、これによります塗膜状態の確認ということになってございます。

めくっていただきまして2ページ目。まず、3.でデータ採取の方法、3.1でデータ採取の概要を示してございます。格納容器につきましては、鋼板、炭素鋼で構成されておりまして、溶接構造で気密性を高く保ち、万一、事故時に格納容器内に放射性物質が放出された場合においても、周辺環境への拡散を抑える役目を持ってございます。格納容器につきましては、耐食性、耐放射性等の観点から内外表面に塗装を実施しておりまして、塗膜が健全であれば金属表面は大気にさらされることなく、原子炉格納容器の健全性は維持されると考えております。原子炉格納容器の鋼板溶接部につきましては、建設時に非破壊検査、浸透探傷試験を実施しておりまして、有意な欠陥がないことを確認しております。また、運転開始後は、維持規格上のPWRの原子炉格納容器の鋼板は水に接していないことから、原子炉格納容器表面に対する定期的な検査要求はございませんが、我々としては、毎回の定期事業者検査時に格納容器鋼板の外観点検、通常点検と申し上げますが、を実施するとともに、必要に応じて塗裝修繕、至近では前回定検でございまして26回になりますが、これらを実施しまして、塗膜の健全性を維持してございます。今回のデータ採取におきましては、塗膜の状態として、目視試験VT-4で実施しておりますが、実施する内容としましては、上塗り下塗りに割れ、剥がれ及び膨れが認められるか、下塗りが健全か、母材に錆が出ているか等について確認してございます。また、採取におきましては、これまでの通常の点検に加え、高所につきましては、仮設足場、搭乗設備及び高倍率カメラを用いて、塗膜の状態を目視試験により確認してございます。

以下に、参考で維持規格の要求事項を抜粋してございます。VT-4につきましては、目視試験、IEというのは格納容器に対する目視試験の適用の項目ですが、格納容器の構造の劣化、腐食、減肉、塗膜の劣化、ボルト・ナットの破損等を検出するために行う試験ということと、(2)で、VT-4につきましては、塗膜上から試験を行ってもよいと。また、構造上の劣化が検出できる条件で行えばよいという規定になってございます。また、解説がございまして、試験条件につきましては、構造上の劣化を検出するために行う試験ということで、それらが検出可能である接近距離、照度で行えばよいということで、具体的な規定は規格上もされてございません。

3ページになりますが、これまで通常の点検をやってございまして、それらと今回のデータ採取方法の比較をしてございます。部位としましては原子炉格納容器の鋼板で、通常点検時は目視試験としまして、原子炉格納容器のフロアや機器の架台、内外に設置されました恒設足場より直接目視をしてございます。高所につきましては、双眼鏡を用いて遠隔で見せてございます。一方、今回実施しましたデータ採取につきましては、左に書いています通常点検に使用しているフロアや機器の架台、恒設足場に加えまして、場所によっては仮設足場、搭乗設備を使用し、より近くで見られるようにしてございます。あと点検時の照度、後ほど説明しますグレーカード、これらを用いて、より詳細な確認

をしてございます。高所につきましては、高倍率等のカメラを使用した遠隔目視を実施していきまして、これらの遠隔目視につきましては、事前にしっかりと検証した方法を用いてございます。今回データ採取しました範囲を下に記載してございます。格納容器の内外面で見られる範囲につきまして、データ採取をしてございます。

具体的なデータ採取方法を4ページから示してございます。3.3.1で直接目視ということで、試験につきましては、18%中性子灰色カード、グレーカードと呼んでいますけれども、こちらの右下の図で赤囲みしています、0.8mmの幅の黒線部が見えるかどうかという識別をしながら点検を実施しています。直接目視試験では、鋼板の1枚ごとに、照度、試験員と確認対象の鋼板の距離など、それぞれ鋼板ごとに条件が異なることを考慮しまして、試験前に点検対象となる鋼板1枚ごとに点検の位置に置いたグレーカード、先ほど申し上げました0.8mmの線が識別できることを確認しながら、試験を実施しています。

このグレーカードの使用に当たりましては、点検書が定義されている維持規格においては、VT-4で使いなさいという識別の要求は特にございません。また一番下に下線引いておりますが、川内1号炉のデータ採取につきましては、全ての鋼板に対し直接目視を実施してございます。遠隔目視は使用してございません。

5ページに、目の位置に対する角度等を記載しています。あと、不可範囲等についてこのページで御説明しています。目の位置に対する角度は30度以上150度未満ということで、図3.4を見ていただきますと、そのイメージ図を描いてございます。これらを基本的に原則としますが、鏡や拡大鏡を用いて手が入る隙間があれば、そういったものを用いて可能な限り確認を実施してございます。図3.4から3.8に具体的な不可範囲の例を記載してございます。3.4が干渉物が単独で存在する場合、この30度から150度、この矢印の範囲が不可範囲となります。3.5につきましては、干渉物が二つ並んでいる状態になります。

めくっていただきまして6ページ、3.6につきましては、干渉物としまして配管、電線管が並んでいる場合ですが、電線管の間から見られる場合は不可範囲なしということで、全ての鋼板を確認してございます。3.7、ケーブルトレイ中にケーブル又は配管があり隙間が一様でない場合は、見え方によっては不可範囲が生じてしまうという例でございます。3.8につきましては、原子炉格納容器と歩廊の間に隙間がある場合ということで歩廊が邪魔になりまして、目の位置から見られないということを模式図を描いてございます。下方における不可範囲というのは歩廊の構造等によって異なるということで不可範囲の下限は示してございませんが、なるべく鏡等を用いて、こちらの場合も見ることとしてございます。

7ページに3.3.2で遠隔目視試験というふうに書いてございます。こちら括弧で参考と書かせていただいておりますが、先ほど申し上げたとおり、1号炉では遠隔目視を使わずに全部直接見られましたので、参考としてございます。(1)で高所で遠隔目視が困難な場合に適用しますということで3.9に事前検証のイメージを書いてございますが、ビデオカメラでグレーカードが識別できる条件というのを決めまして、距離、倍率、照度、角度を検証しまして、それらの検証結果に基づいて遠隔目視を実施しています。(3)でビデオカメラで撮影したモニターに映してモニター上で塗膜を確認するという方法を書いてございます。

図3.10に、遠隔目視点検のイメージを記載しています。繰り返しになりますが、1号炉のデータ採取においては直接目視を全てしてございます。また、遠隔目視につきましては、維持規格におきまして、直接目視の要求を満足できる場合は、直接目視の代替として適用してもよいことが規定されてございます。当社におきましては、遠隔目視を用いる場合においても、先ほど申し上げましたとおり事前検証を実施しまして、直接目視の要求を満足できることを確認してございます。なお、遠隔目視の詳細につきましては、実際には川内2号炉では遠隔目視を使用して点検してございますので、そちらにおいてこの辺り少し詳細に御説明させていただこうと思っております。

次に8ページになります。3.4でデータ採取の体制及び時期を記載してございます。データ採取につきましては、採取箇所としては、川内原子力発電所。採取の担当者としましては、川内原子力発電所の保修課員。データ採取実施者につきましては、協力会社に委託をしております。その作業員が目視試験員としてデータ採取をしていただいております。3.4.2にデータ採取の時期を記載してございます。データ採取の年月日としましては、2020年の4月より2021年の12月ということで、半年以上かけましてデータ採取を実施してございます。3.5に試験の力量を記載してございます。データ採取自体は協力会社の方をお願いをしておりますので、我々も運用ガイド及び設計・建設規格、J SMEの設計・建設規格に基づきまして、特別点検に関わる教育訓練を受けた適切な視力を有する試験員が作業を実施しており、点検着手前に力量を確認してございます。ここで申しました適切な視力というものを下の適切な視力にて書いてございますが、ジャガー式チャートのうちJ 1を30cm以上離れた位置から読み取れることということで、右の方にジャガーチャートを載せております。実際の大きさは大体A 5版の大きさになりますけれども、こちらを見て読み取れること、及びその右に色覚検査表をつけてございますが、様々な点の斑点の中から形や数字を読み取り、正常に判別できることを事前に確認してございます。

上に戻りまして参考のところに書いておりますが、J SMEの設計・建設規格に試験技術者の要求事項がございまして、こちらを準用しておりますが、その中に、先ほど申し上げたジャガー式チャートが読み取れるか、また同様の近距離視力試験ということを確認することになってございます。で、近距離視力の再確認は1年を超えないごとに行うということが規定されてございます。なお、視力の測定は裸眼又はコンタクトレンズによる矯正でもいいということになってございまして、矯正により要求を満足した場合は実際もその矯正法を使わねばならないというふうになっております。ジャガー式チャートのJ 1がどれぐらいの近距離視力試験に相当するかというのを※2で記載してまして、溶接非破壊検査の技術センターの文献によりますと、J 1が30cm離れて読み取れる視力というのは大体1.3程度ということが確認されております。あと※3で1年を超えないごとに再確認を行うということになっておりますが、我々としましては、点検の前後において近距離の確認を行っております。J SMEで1年ごとということになっておりますが、我々は点検の前後で視力の確認をしているということでございます。

10ページを見ていただきまして、データ採取の範囲について記載してございます。ガイドで申し上げましたとおり、接近できる点検可能範囲全てということで、図の4.1、4.2、4.3、4.4にそれぞれ半球部内外面、円筒部内外面を記載してございますが、これら

の赤色の部分が、今回直接目視で点検をした場所になります。今回のデータ採取の鋼板につきましては、半球部が118枚、円筒部180枚ということ、かつ、それぞれの原子炉格納容器の内外面を見ますので、合計596か所についてデータ採取してございます。

11ページには円筒部を記載してございますが、中には灰色の部分がございます。こちらにつきましては、主な目視試験不可範囲ということで埋設部であったり、ダクトや電線管の移動に切断を要する干渉物が近接する鋼板というところは、一応目視試験の不可範囲があります。

12ページにつきまして、貫通部の説明をさせていただいております。原子炉容器貫通部につきましては、特別点検の対象外となっております。鋼板が運用ガイド上対象ということになってございますが、我々としましては、ガイドで要求されている以上の範囲を併せて目視試験しております。当て板、サポート、スリーブ等について、可能な限り特別点検、データ採取で見ました鋼板と同様の目視試験を実施してございます。図4.5にイメージ図を記載していますが、鋼板につきましては、青い部分、ガイドに要求されている部分になりますが、それ以外の格納容器、これ固定式配管貫通部の例ですけれども、スリーブだったり、端板ですね、そういった部分についても同様の試験を実施してございます。

13ページになりますが、判定方法になります。5.1としてフローチャートを、判定フローを載せていますが、上塗り下塗りに割れ、剥がれ及び膨れの有無がないか、下塗りの健全性、母材の発錆の有無等を確認することで、構造健全性又は気密性に影響を与える恐れのある構造上の劣化、我々が見ていますのは塗膜の劣化、鋼板においては腐食がないかを判断しております。

少しフローの方を御説明をさせていただきますが、まず、点検を開始しまして、上塗りの割れ、剥がれ、膨れが認められるか、ここで一つ判断しております。下塗りの割れ、剥がれ、膨れが認められるか、次に、下塗りの状況を確認しています。下塗りに異常が見られる場合は、鋼板自体に錆があるか。鋼板自体に錆がある場合は、またフロー下りまして、錆は母材への影響があるかということになってございます。

下の判定フローの考え方を記載しておりますが、①ということで、上塗りの割れ、剥がれ、膨れが認められない場合につきましては当然、劣化がないというふうに判断しております。上塗りの剥がれ膨れ等が認められた場合は、下塗りの状況を確認しますが、②、下塗りに異常が認められなければ、金属表面が大気にさらされないと、塗膜が健全な状態であると、下塗りにつきましては。原子炉格納容器の構造健全性又は気密性に与える影響の塗膜の劣化はないと判断してございます。下塗りに異常が認められる場合、③の判断になりますが、発錆が認められなければ、原子炉格納容器の構造健全性、気密性に影響を与える恐れのある腐食ではないと。ただ鋼板が見えているだけという状況であれば問題ないという判断をしてございます。最後、④、母材の鋼板、母材に錆が認められるという場合は、その錆の状況を確認しまして、錆が確認されたとしても、肌荒れ程度の表面錆であれば問題ないという判断をしてございます。一番最後はフローの四角の部分になりますが、劣化状況評価に必要な追加点検、母材に影響があるような錆が認められた場合には、劣化状況の評価に必要な追加点検や補修の実施などを、処置方針というのを協議して、対応を決めたいというふうに行っているフローでございます。

13ページ一番下の行になりますが、なお判定フローの②,③,④ということで、②が下塗りに異常が認められた場合、③が上塗りに異常が認められた場合、④が母材に錆があった場合となりますが、これらが認められる場合には、当社の担当者及び協力会社により状況の確認を行うこととしてございます。点検を行った協力会社社員が改めてその状況の確認を行うとともに、当社の担当者が、点検者と独立した目線で、その状況の確認を行ってございます。

14ページになります。ここからは特別点検の御説明になります。特別点検の個別確認・評価方法につきまして、6.1です。特別点検は、原子炉格納容器鋼板、接近できる点検可能範囲全てについて、運用ガイドの要求を満足できるよう、これまで御説明させていただきましたデータ採取における目視試験の結果を確認・評価することにより、格納容器の健全性を確認してございます。

6.2、体制及び実施時期に示す点検体制を確立した上で、確認チェックシートを用いまして、データ採取に関わる工事委託記録、こちらは運用開始35年以降に採取したデータに限られますが、こちらを使いまして詳細に確認評価を実施し、運用ガイドの要求が満足できているかということを確認してございます。

特別点検の体制及び実施時期ですが、実施箇所としましては、本店の原子力発電本部。点検実施責任者は、原子力発電本部の経年対策グループ長。特別点検担当者としてしましては、経年対策グループ員と川内原子力発電所の保修課員で実施してございます。特別点検の実施時期は、2021年10月から2022年の4月で実施してございます。

6.3で特別点検の結果を示してございますが、全ての点検範囲において、格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える塗膜の劣化や腐食は認められなかったということで、表に示してございますが、四つに分けて記載しています。半球部の内外面、円筒部の内外面、それぞれ直接目視を実施しまして、影響を与える恐れのある塗膜の劣化や腐食がなかったことを記載してございます。

なお、今回の特別点検におきましては、データ採取時に格納容器の健全性又は気密性に影響があるような塗膜の劣化腐食まで至らない軽微な塗膜の劣化、先ほど御説明しました判定フローで申し上げますと、②に該当するものが一部認められましたので、可能な範囲で塗装の修繕を実施したことも併せて確認をしてございます。

参考ですが、軽微な塗膜の劣化は、大体格納容器の内外面、約18,100㎡ありますけれども、それらの0.003%未満に軽微な劣化が見られたということで、15ページ以降、右肩参考1で結果の一部、データを具体的な例としてお示ししています。

点検記録の例の4分の1、15ページになりますが、1号機の円筒部内面、格納容器の鋼板の番号でいきますと6-9Aというものを例に御説明させていただきます。鋼板のサイズとしましては幅が約4m、長さが10m程度ある鋼板になりまして、今回A、B、C、Dと、またE、Fとありますけれども、これらに分割しまして確認を実施しています。この分割につきましては、フロアをまたいでいたり、仮設足場が立っている場所が違ったりというところで、分割して実施しているものになります。

次のページを見ていただきますと、直接目視をピンク色で示してありますが、遠隔目視をする場合にはここに青色が入ってくるということで、今回1号は全て直接目視ですので、ピンク色になります。干渉物がある場合には、このように灰色で不可範囲を示して

ございます。

17ページ、4分の3が鋼板の詳細な結果を示してございます。今回、6-9Aにつきましては、オレンジで囲った右上の方、赤で囲んでいます①というところを記載してございます。こちらにつきましては、左下のフローで、評価フロー番号②ということで、上塗りに軽微な劣化が見られたものになります。こうやって記録を残しております。

次のページが、その劣化の具体的な写真を残しておりますが、このような状態であれば、我々としては上塗りの劣化が認められるものとして、フローの②で管理をしていきます。こちらにつきましては、修繕塗装を実施してございます。

最後になりますが、参考2としまして、19ページ。格納容器鋼板の塗膜の状態について記載してございます。こちらにつきましては、川内原子力発電所に来ていただいた際に現場で御説明したものと変わらないものになりますが、格納容器の内外面で塗装の仕様が若干違っておりました。鋼板に対して、内面は下塗りから上塗り、外面につきましては下塗りのあとに中塗り、上塗りを実施している塗装の仕様となっております。格納容器の特別点検（個別確認・評価）の内容につきましては以上となります。

引き続き、後藤委員からいただいております御質問を御紹介させていただきながら、区切りながら御回答と考えておりますがよろしいでしょうか。

まず、一つ目でいただいている御質問であります。資料の1、2ページ目の5行目ということで、格納容器は耐食性、耐放射線性の観点から内外面に塗装を実施しており、塗膜が健全であれば金属表面は大気にさらされることがなく、と書いているけれども、少し言い過ぎな感が否めない。なぜなら、塗膜が健全であればということがどこまで言えるかが問題で、また、仮に塗膜が見かけ上健全であっても、鋼材の腐食や欠陥が見落とされる可能性は否定できないということを考えると、鋼板自身の健全性が維持されることとは相当な開きがあると。つまり、塗膜の健全性を確認することは、間接的確認であり、直接鋼板自身の表面及び材料の物性的な変化を見ていないので、格納容器の健全性が維持されるとするのは飛躍があるということで、ここで一旦切らせていただきますが、御質問いただいております。

我々としては、先ほど来御説明させていただいているとおり、まずNRAが示しています運用ガイドの中でも維持規格に基づくVT-4ということが記載されてございます。このVT-4につきましては、塗膜の上から行ってもよいという規定がございまして。この心は、我々としても塗膜の健全性というのを、しっかりグレーカード、あとは照度、そういったもので、実際維持規格上要求されているものではございませんが、試験員の視線がしっかり確認できるということを確認しながらやってございます。塗装がしっかりと下塗り含めて健全であるということであれば、繰り返しになりますが、鋼板がさらされているものではないということで、鋼板の劣化には至らないと。なので、格納容器自体の健全性は維持されるというところは、日本機械学会の維持規格が規定されている内容からも、特段目視試験の要求事項として足りないということは考えておりません。塗膜の状況で格納容器の健全性が確認されるというふうに考えてございます。

(後藤委員)

よろしいですか。

(釜江座長)

後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。どうもありがとうございます。一般的な意味で申し上げまして、目視点検だということですから、それで塗膜の上塗り、中塗りはあるかどうかはともかく下塗り、それで健全性を確認する。これで塗膜の健全性を確認するのは、私も格納容器をやっていたので、そういうふうにはやっていた。それ自身に異論があるわけじゃありませんで、何で飛躍と言ったかといいますと、この規格が良いとか悪いとかじゃないですけど、普通に考えて、この直径40mあって、高さ80mあって、ものすごい面積があるのですよね。これを見るのは本当大変なことだと思うのです。しかもそれが、表面だけではなくて、私が気にしているのはむしろ、見落とすのは、ペネの周囲とか溶接部とか、その周囲なのです。そこをちゃんと見ないと、見落とすのです。私は、まるで嫌がらせのごとく、何でこんなこと言うかと申しますと、自分で体験があるからなのです。沸騰水型と加圧水型はもちろん違いますけれどね。でも腐食するときには同じものであって、その時に実は、カメラを持って行って、ロボットでやっていたのですけれど、塗膜の点検を見たときに、先ほど写真がありましたね、軽微な劣化と。こういうものがあったのですよ、実は。その時に、ではどう考えるかっていいますと、その表面の劣化で、上だけだから大丈夫だろうとかそういう評価をしていくことが危ないということとか、それでは信頼性が足りないということで、どう考えたかといいますと、塗膜を全部剥がして全て見る。物性的に大丈夫だと確認して、それでもう一度塗り直すと、そういうくらいの慎重さを持つやり方をすべきだろうというのが1点です。

そういう意味で、ちょっと関連の話でお話したいのですが、余り直接ではないので申し訳ないですけれども、実は、塗膜がちゃんと健全であれば格納容器の本体が健全であるというのは、ダイレクトじゃない例があるのです。それは、多度津の工学試験所ありますよね。あそこで私がRCCV、鉄筋コンクリート製の格納容器の大体数分の1、8分の1の模型ですか、作ってやったのです。その時にライナーがありまして、そのライナーから、実は、揺すったら漏れたのですよ。当然試験体ですから、試験前に耐圧試験やって漏れ率試験やって、溶接部も調べてね、漏れていないことを確認してその後揺すったら漏れたと。調べたのですよ。ものすごく大変だったのですよ、どこから漏れたか分からなくて。溶接部だと思って見ていったら、実は溶接部ではないところの裏方で、金物を当てたところから漏れたのですけれど、実はね。それを見ると、何があったかっていうと、溶接の入熱が大きくて、小さな穴が空いたのですよ。それで、本来ならそこから漏れるはずですけど、塗装しましたから、塗膜が小さな穴をふさいで漏れない。その状態で試験に入って、揺すっていったら塗膜が切れて漏れたのですよ。それは何かっていうと、これは製作過程の話ではあるのですけれどね、溶接したり物を作ることと、それから塗装との関係は、一応ちょっと距離があるというふうに見た方がいいって意味なのです。そういう意味でダイレクトじゃないってことを言いたかったのです。ですからそのくらい慎重にした方がいいというのが私の格納容器に対する見方

だという意味で申し上げました。

だから、決してこれで何とかしろというわけではないですけど、塗膜が健全であるから格納容器は健全性が維持できましたというものの言い方はね、ちょっとダイレクトすぎないかって言っているだけなのです。もう一步、塗膜が健全なので、蓋然性ですね、かなりの確度を持って、多分本体も健全であると推測したっていうのが、正確なものの言い方だろうってのが私の見解。それが1点です。

(釜江座長)

続けてありますか。

(九州電力)

ありがとうございます。後藤委員のお考え、少し我々も読み違いをしている部分がありましたので、そういう意味であれば、後ほどまた、後の質問の中で御説明させていただこうと思いますが、我々も溶接部の入熱管理とかそういったところを実施していますので、確かに表現自体が塗膜から健全というところが、ダイレクトすぎるところは承知しました。ありがとうございました。

引き続き、いただいています質問を続けさせていただきますと、PWR型の格納容器については、BWR型と比べて、プール水に接触していないので腐食しにくい環境であるというふうに説明しているが、腐食環境といわれる場合、湿度の変化が影響するのではないかと。特に、格納容器の外周にコンクリート遮蔽があり、外気温が低下すれば、その狭い空間で結露が起り、外気温の上昇、下降が繰り返されれば、腐食しやすい環境になり得ると。また、アニュラス部については、格納容器からの排気が出てきて、外からの外気温で冷却されると、同様に結露することになると。こうして考えると、格納容器の下部のコンクリート部への埋め込みへ結露がたまることも想定されるべきであろうという御質問をいただいています。

これにつきましては、格納容器を設計する際に、当然アニュラス部、後藤委員から言っただいただいていますコンクリート部と、我々が点検をしております格納容器の外面の間にあります。これは2mくらいあるのですけれども、こちらにつきましては、結露するということは想定してございます。なので、塗装仕様につきましては、中と外、少し変わっております、外の塗装につきましては、そういったところも考慮しまして、防水性を考慮した塗装になってございます。あとは、結露水がずっとたまっていくことも考えられますので、アニュラス部の底部につきましては、それらのたまった結露水が逃げる逃げ道、ドレンラインを設けておりますし、一番下の部分につきましては、格納容器とコンクリートの間には、これまでも御説明させていただいた弾性材が入っておりますが、その弾性材の上には、止水を目的としたシリコンシーラントを施工してございます。当然結露というのは発生する可能性ございますが、それらについては対策を考慮した設計になっているということでございます。

(釜江座長)

はい、後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。ありがとうございます。そこの認識は、そんなに私もずれていません。おっしゃるように、結露とかそういうことも含めて対策を考えていると、常識的にそうだと思います。なぜ私がこんなこと言っているかと申しますと、先ほどと同じで、先ほど言った、確かに沸騰水型の格納容器は水に接しているから、それなりに腐食しやすい環境にあります。そのとおりです。相対的にそれに比べて腐食しにくいというのも、認めます。そのとおりですよ。ただ、そこで何をわざわざここで言わなきゃいけないかっていうのは、私がたまたま沸騰水型の作成の話をしたからだろうと思うのですけれど、あえて腐食環境として水の環境ではないからそれは問題ない、腐食しにくいのだというまでは認めますけれど、だからこれでいいのだというニュアンスを押し出すのはいかがなものかと思っっているのですよ。逆でしょうと。加圧水型の大きな格納容器で、あそこで健全だということを証明するには、何をどういうふうに考えてやるべきかって、そういうことが問題なのであって、相対的にこちらの方が楽だっていうのは、決して、何ていいますかね、本来持っている検査すべき事柄とは無縁なことであって、こちらの方が相対的にいいなんて言ったってしょうがないのですね、そんなこと。

特にこういう劣化問題というのは、例えば、もう一つちょっと言わせていただくと、先ほど面積ありましたね。その非常に広い面積があって、そのうちの0.003%、非常に少ないところしか劣化の可能性があるところがなかったと、面積的には。ですけれども、劣化のときには、ほんの小さなこのぐらい、数cmの穴が空いたら十分なのですよ、1mmだって駄目なのですよ、格納容器とかはね。そういうふうに考えると、これはこういう傾向があって大丈夫なんだと、だから劣化要因は少ないし、劣化しにくい、まではいいですよ。ですけれど、でもやはり、あるときには劣化することがあり得るから、だからこういうことやってるわけであって、そのことをきちんと言うべき。数字出したことはいいのですよ、もちろん。否定しませんけれど。そのときに、だから大丈夫だってものとのとらえ方は、私はちょっと違うのではないかと思っっているのです。なぜかという、前提条件が違うからです。もともと、ではこれを作ったのは何年前でしょうかって話になるのですね。40年近く前でしょうか。その時の建設の状態とか、工事の状態とか、今とは大分違うはずなのです。その環境の中でできていて、意地の悪いものの言い方をすると、溶接とかがちょっと余り良くない状態になっていて、それを塗装してしまっていて分からなくなっていて、毎回塗装したら分からない。ある時こうしたら出てくるって。その可能性も否定ができないところがありまして、そういうふうに考えると、私はこういうところは、その特性を考えてできる限り対策をしますと。ここまでは確認できました。ただそこから先は、そういう努力をしているということは言ってよろしいと思うのですけれども。くどいようですけれど、全体でいうと、劣化要因はほとんど無視できるぐらい維持できてるのだっていうふうにとらえられるようなものの言い方をするのは非常にまずい。

もしこれを言うのでしたら、はっきり申し上げて、床ありますね。床下の格納容器のシェルについて、どういうふうに御説明されるのですかという質問です、逆に。健全性ってのは、格納容器バウンダリ全部やりますから、コンクリートの中ずっとありますね。

その検査は、推測ではないですよ、その実態的な確認はどうされるのですかというのが一番元になるのだよ。そういうことを語らずして格納容器の健全性を語るというのは、非常に片手落ちだというのが私の意見なのです。

(釜江座長)

よろしいですか。九州電力さん。

(九州電力)

はい、九州電力の上村です。まず、今回軽微な塗膜の劣化のパーセントをお示しさせていただきましたが、確かに18,000㎡のうち0.003%未満ということで、我々としてはこの数が少なかったと評価をしているわけではございませんで、全体としてはこれぐらいの範囲だったと。ただ、おっしゃっていただいているとおおり、軽微な劣化の状況によりましては、当然対処しないといけないものもございしますので、決して数字で評価をしているというわけではございません。ただ、実態からすると、フローの②は上塗りの塗膜の劣化だったというところがありました、という御紹介になります。

最初にお話ありましたBWRとの比較のところにつきましては、こちら我々の資料2ページの6行目から記載しているところが該当になりますが、決してBWRとの比較をしたいという意味でPWRのことを記載しているわけではございませんで、まず、維持規格には、供用期間中検査という定期的な検査をやることが求められています。その中で、PWRについては接していないということで、具体的に定期検査の中で見なさいという規定がないというところをお示しした上で、そうであっても、我々としては自主的に、先ほど御説明しました通常の点検の方法で毎定検、格納容器については健全性を確認していますというところが御説明したかった主な内容でございしますので、そこはすみません、少し御説明をさせていただきたいところかと思えます。

あと、次の御質問にもなりますが、コンクリート部の埋め込みのお話が出ましたので、そちらも御回答させていただきたいと思えますが、こちらにつきましては、先ほど来、第3回の分科会るときから我々の考えを御説明させていただいているところになります。おっしゃっていただいているとおおり、格納容器の下部、皿型部と呼んでいますが、この円形の部分につきましては、直接見ることはできません。こちらについては、当然設計段階から点検をしていくことが難しいというのは当然把握をしておりましたので、我々が今まで御回答させていただいている内容、これは技術的にも、我々としてはこれで問題ないというふうに考えている内容になりますが、コンクリートの埋設部につきましては、まず、建設時に格納容器を作っていくときに、鋼板については塗装を施しております。その鋼板は塗装で保護された上で、コンクリートの中につきましては、強アルカリの環境を形成してございしますので、仮に塗装が不完全であった場合でも、鋼板、炭素鋼ですけれども、こちらについては不動態化をしているので、腐食速度としては小さい領域にあると考えています。

もう一つ、埋設部の鋼板については確かに見ることはできませんので、電気防食装置といった装置を備えておまして、仮にコンクリートがアルカリ領域から中性化を進行した場合でも、電気防食装置による電流というのは、毎月電流値が健全かどうか確認を

通常運転中にしていますので、こちらで確認することで、電位、ずっと電流を与えている状態ですけれども、こちらが保持できているというのは常に確認をしておりますので、技術的にも直接確認をせずに、腐食が進行していないというところは、こういったところからも言えるのではないかというふうに考えております。

(釜江座長)

後藤委員どうぞ。

(後藤委員)

はい。後藤です。ありがとうございます。防食をそうやっているのは分かりました。

ただ、私が気になったのは、コンクリートの中の埋設された金物、こういうものに対する非破壊検査は私の時代から課題だったので、結構研究されていると思うのです。確か三菱重工さんだったか忘れましたが、論文を何点か私は見たのですね。どこまでできているかというのを、私自身が確認をしていないのですけれども、そういう埋設物に対して非破壊検査を積極的にやるという、それがダイレクトに必要なだと思っ
ていまして、そういう視点はないのかなというのが、実は質問だったのです。

(釜江座長)

いかがでしょうか。

(九州電力)

はい。九州電力の上村です。

おっしゃっていただいているとおり、特にこういう複雑なコンクリートの中の鋼板の非破壊検査というのは非常に技術的に難しいというところは我々もメーカーとも話をしまして、なかなか今我々がこの格納容器の下部に適用できる非破壊検査というのは、非常に難しいというふうに考えています。ただ、技術がどんどん進歩して、我々のこういった格納容器の鋼板下部に使えるような技術が、もし我々も適用できるというようなものが出来たら、やはり適用の是非を考えていく必要があるのではなからうかというふうに思っています。以上です。

(後藤委員)

分かりました。

(釜江座長)

よろしいですか。

(後藤委員)

すみません。もう一つ、今の点でよろしいですか。

くどいようですが、何で私がこんなことを申し上げたかということ、劣化することに対して真摯に対策を正面から向き合ってやっていくということがあれば、基本

的に良いと思っているのです。

問題なのは、いやこういう健全な環境、劣化しにくい環境になっているとか、こういう対策をしたから、という形で落ちていくのが逆に危ないというか。大体ほとんど劣化要因はそういう例が多いものですから、今でこそありませんけれど、昔は海外では格納容器の水がたまって、シェルが腐食して穴が開いたというのがあるのです、実際に。それで、我々自身もすごく悩んだことがあるのですけれども、そういう要素があるのです。劣化ということが、実際に気が付かないで進むということです。

そのことを申し上げたいというのが1点で、それともう一つ、すみません関連で、少し文書で私が書いたのですけれども、考え方なのですけれども、安全性といいますか、健全性を確認する上で、どういう考え方を取るかというのはすごく大きな問題でありまして、安全のために、健全であるかどうかを確認するために非破壊検査をして、穴があいていない、欠陥がないのを見ました。実際そうやっているのです。それで、なるほど、穴はあいていないし、だから健全だとみなす、これが一般的な見方なのです。ですから、これは非破壊検査特有の問題なのですけれども、安全学的に見ますと、非破壊検査といって何か欠陥を見つけるというのは、欠陥検出型という、安全性の方から見ると、危険要因を検出することで、検出されたら対策を取る、これが危険検出型の考え方で、それはもちろん普段やっているのですけれども、実はそれに落とし穴があって、もし逆に、格納容器の全部を欠陥がないと見たと言うけれど、どこかで1か所見落としして、たまたまそこに欠陥があったらどうするのですか、ということになってしまうのです。

ですから、難しいことなのですけれども、概念として、そういう欠陥がある、その欠陥を見つけて、それで安全対策を取るのではなく、本来は、全体の安全が全部確認できて、間違いなくなっていて、それで初めて安全確認になったというのです。少し今の例は非常に分かりにくいのですけれども、よくあるのは、例えば車が走っていて、追突事故を起こしたと。それは前の車がブレーキを踏んで、ブレーキというのは後ろの車から見ると、危険なのです。危険要因があったら止まるのです。危険検出型の問題は、前の車がブレーキを踏まずに突っ込んでしまうと、後ろにいる車は、前の車はブレーキを踏んでいないから、衝突して、後ろから突っ込むのですよ。つまり、危険だということを検出して止まるという行為は、危険を検出できないときには危ないです、というのが安全学で教えるところなのです。

ですから、追突事故なんかでよくあるのは、危険検出型でなくて安全確認型でやっているのがある種の常識なのですけれども、意味合いは決してケチをつけてもないのです、仕方ないのです、格納容器の場合。そうやって全部、完璧な確認できないから。だけれど、危険検出型になっているのだということを認識しながらやっていかないと違うというのが、一番私の言いたかったことなのです。すみません、以上です。

(釜江座長)

今のよろしいですか。考え方の問題かもしれませんが。

(九州電力)

ありがとうございます。先生がおっしゃるとおり、我々も目視試験、今回特別点検と

ということで目視試験の要求がありましたので目視試験してございますが、先生の御質問の中にもありましたとおり、まだ後にありますけれども、決してその目視試験だけではなくて、漏えい率試験とか、そういったところも交えていろいろな方法で、格納容器の健全性というのは、通常の保全の中でもやってございますので、先ほどいただいたところも御参考にしながら、引き続き、保全を努めてまいりたいと思います。以上です。

(釜江座長)

すみません。ウェブの先生方とか、会場の渡邊委員もそうですが、少し事前に後藤委員からの質問について、委員の先生方には共有できてなかったと思います。今少し時間を取って、そのQ Aをやらせていただきましたけれども、今後の話としては、事前に先生方にも共有した上でこの時間を取るべきかなと少し反省をしています。今日は事前に後藤委員から、この資料についてのコメントをしていただいていたので、九州電力さんからいろいろと御回答をいただきました。

いろいろと御意見があり、少し難しい問題ですが、検出型であったり安全確認型といったものの考え方についてはしっかりと九州電力さんも御理解いただいたと思いますので、現在やっていることが全く間違っている話ではないということですが、是非今日の後藤委員からのお話も少し考えていただいて、今後のいろいろな取組に反映させていただきたいと思います。

すみません。先ほど申し上げましたようにW e bの先生方とか、渡邊委員も含めて、この件について質問時間は取れますので、よろしく願いいたしたいと思います。

いかがでしょうか。佐藤委員。

(佐藤委員)

佐藤です。ちょっと今、御説明聞かせていただいて思いついたことを少し質問させていただきたいと思います。

まず、原子力の塗装の場合、塗装の目的というか意味が、二つ重要なことがあるわけなのです。今の御説明していただいたのは、母材の金属を守るという機能について詳しく、それに関連した検査についての御説明だったわけですが、もう一つの重要な塗装の特徴としまして、設計基準事故が発生したときに、それが有害なデブリにならないことというのがあるわけです。これは格納容器の中に限定した塗装に対しての要求事項なわけです。

つまり、過酷な放射線レベルとか温度とか、そういう条件でどんどん剥離してしまったときに、E C C S系を閉塞させて詰まってしまうと、そういうことがあってはいけないというのが、この塗装に課せられた性質でないといけないわけです。

それについては、今回のこの話には全くなかったわけですが、今回の話では、外側が下塗り、中塗り、上塗り、内側は下塗り、上塗り、そういう構成になっていますということだったわけですが、これは分類上も、例えばアメリカでは、サービスレベル1と、それからサービスレベル3というふうに格納容器の内面、外面に適用される塗装に対してグレードが区別されているわけです。

そこら辺の御説明が全くなかったので、内面に適用されている塗装がそもそもどうい

うものを適用しているのか。当然、設計基準事故の環境に耐えられるというものを確認したものが主体でないといけないわけですが、そうでないものも全く使用してはいけないというわけではないわけです。ある程度面積を許容して適用してよいということになっているわけですが、今日の説明では、そのところが全く説明がなかったので、母材の金属を守るといふところのお話は結構だったのですが、事故の時の塗装の挙動についての話がなかったので、ちょっとその辺も今日すぐに説明してくださいと言っても無理かと思えますけれども、改めてそこら辺の御説明もお願いしたいというふうに思います。

それから二つ目ですが、実は、VT-4という検査法は、日本独特の検査法でありまして、アメリカにはありません。VT-3と比べますと、VT-3では距離と照度、これがしっかり、例えば距離であれば60cmだったのですか、それから照度に対しては100ルクスぐらいですか、こういうのが数字で決まっているわけです。VT-4にはそれがないとおっしゃっているわけです。ですけれども、試験を実際にやる時には照度も確認しているというふうにおっしゃっているわけです。少しそこら辺の数値的なところが分からないのですよ。実際規格では定めてないけれども、検査をやる時には明るさも確認しているという御説明なので。

それから、この検査の時に、この18%ニュートラルグレーのバックグラウンドで0.8mmの線を識別できるというのと、一方で検査員に対しては、ジャガーチャートでJ1がちゃんと読めることというふうに述べているのですが、同じ検査員が、結局、直接目視検査でやっているわけですから、人がやっているわけです。機械でやっているわけではない。人に対してジャガーチャートの要求があり、一方検査をするときには0.8mmのワイヤーを識別すると。おまけに、先ほどのように照度の決まりがあるのかわからないのがよく分からないということで、実際どういう状態で検査をしているのかが非常に分かりにくくなっていると。結局これは九州電力さんの問題というより、機械学会がVT-4を決めたときに細かいところまで十分詰めた規格にしていけないような感じがするのです。それは質問というか意見というか、少し混じり合ったコメントなのですが、いずれにしても、そういうVT-4に対するこの決め方が、実際の検査の実態を少し分かりにくくしているのではないかと思うのです。

それから、検査の不可範囲というのが結局あったということなのです。それは図示してありました。不可範囲に対してどう評価をするのかというのが、フローチャートの中に入らないのです。不可範囲があったら、その範囲に対してどう評価をするのかと。一方で、レポートの6.3のところ、結果としまして、全てについて問題ありませんでしたと書いてあるのですが、見た範囲について問題ありませんでしたというふうに述べるならばまだしも、見ていない範囲があるのに、全てについてというふうに書いてるのがちょっと違和感があるように思いました。その全てというのが18,100㎡だということも書いて、全てと述べられているのは、見ていないところに対してまで、それは言うてはいけないのではないのかなというふうに思います。

それから、あともう一つ、事故に関係した話なのですが、格納容器の内面に施されている塗装の下塗りは、何を使っているのでしょうか。無機亜鉛系の塗装を使っているのでしょうか。というのは、無機亜鉛が事故で露出した場合、これに事故の対策として水酸

化ナトリウムが噴射されると、両性金属ですので、水素が出てくるということもあり得るわけです。ということで、格納容器の内面に使われている下塗りについては、下塗りとして何を使っているのか、簡単で結構です。無機亜鉛を使っているのか、使っていないのか、それをお答えしていただきたいと思います。以上です。

(釜江座長)

はい。ありがとうございました。

シンプルな話も含め4点ほどありましたけれど、いかがでしょうか。

(九州電力)

九州電力の上村です。まず最初の御質問、デブリの件ですけれども、確かに御説明させていただき資料の中には記載しておりませんでした。デブリについては、おっしゃるとおり、設計基準事故においてもデブリになることがないように、あらかじめそういったことが確認された塗料を使っております。

具体的に言いますと、耐放射線性、あとは耐熱性、これらをしっかり確認した塗装だけを使用しているという状況です。あと、設計基準事故のお話ありましたけれども、新規基準になりまして、SA基準での条件も加味した上で問題がないということを確認している塗料になります。この二つでよろしいですか。

(釜江座長)

下塗りの塗料のことも併せて。

(九州電力)

下塗りにつきましては、エポキシ樹脂になる塗料になります。なので、亜鉛という意味では使っていないかと思えます。エポキシ系のそれも、同じように耐放射線性、耐熱性、耐薬品性、汚染除去性とか、こういったところがある塗料を使っております。4番目の質問になります。

2番目になりますが、VT-4につきましては、おっしゃるとおり、なかなか維持規格の中にも具体的な方法が記載してございませんので、我々がデータ採取をするときに要領を定めておりまして、まず照度につきましては500ルクス、遠隔については500ルクスです。ただし、直接目視のときも、先ほどグレーカードでも御説明させていただきましたけれども、グレーカードを鋼板のところに置きまして、照度計も併せて確認して、照度が確保できていることは確認しております。ただし、VT-4の規格にありますとおり、どれくらい以上の照度かというのは規定はしてございません、直接目視につきましては。遠隔目視につきましては、500ルクスと言いましたけれども、事前検証で確認できた照度を現場でも確認すると。これはまた、詳しく2号の方で御説明させていただきますが、そのような内容になってございます。

あと、ジャガーチャートとグレーカードの使い分けの御説明になりますけれども、我々が協力会社さんをお願いしているのは、作業員さんになられた方が、まず視力、あとは色覚、こういったものが我々の検査をしていただくことに対して、力量としてあるか

ということを確認いただくのにジャガーチャート、色覚の表を用いて事前に確認していただいているという状況です。実際にそれらの試験員の方々が現場に入っていたときに、先ほど1.3くらいの視力という話をさせていただきましたけれども、そういう力量を持たれた方が、実際に鋼板を見る時にグレーカードを鋼板に置いて、グレーカードの0.8mmの黒線が見える位置から鋼板を確認いただくというような、その距離をずっと保った状態で試験員の方に鋼板の確認をしていただくということで、使い方としては、事前の確認と実際現場で鋼板見ていただく時の確認ということで使い分けがなされております。

あと最後、不可範囲の話になりますが、こちら資料に入れられておりませんが、第3回の分科会の資料の中で、不可範囲については少し御説明をさせていただいております。内面については、大体全体の1.0%程度の不可範囲がありますと。具体的な不可範囲としては、干渉物だったり遮蔽のコンクリートで覆われている部分がありますので、それらが不可範囲になります。外面については、外面の面積の全体の大体2.2%ということで、こちら干渉物であったり、遮蔽コンクリートで覆われている部分ということになります。いずれも干渉物と鋼板との間というのは極めて限定的、幅の面で限定的で、大体最低でも10mm程度の空間が確保されているという状態ですので、当該範囲の周辺と同様の環境にあるという評価をしております、それらをもって、見られなかった範囲についても健全であるというふうに考えております。

なお、我々の資料の14ページ、6.3ですね、先ほど佐藤委員からもありましたとおり、ここについては、全て直接目視で劣化がなかったと書いてあります。ガイドの要求自体が接近できる可能範囲全てということで、見られる範囲において確認した上で、ということになりますので、我々は見えなかった部分についても先ほど申し上げたような評価をしておりますので、問題ないということで、このような記載をさせていただきます。以上になります。

(釜江座長)

佐藤委員、いかがでしょうか。

(佐藤委員)

どうもありがとうございました。最後については、解釈は合理的だと思うのです。見えなかったとしても、周辺の環境状態だとか、実際に施工したときの条件からすれば、周囲から推測できるだろうと。ですけれども、やはり書き方には注意してほしいなと思うのです。6.3を読めば、これは検査しなくたって、していないところも含めて全部OKというふうに明らかに宣言してしまっているわけですので、やはりそういうところは丁寧に表現してほしかったなと思います。

あと、塗装の設計基準事故に対する認定についてなのですが、これは実際には、銘柄プラス施工法なのですよね。つまり銘柄だけが良くても、施工する方が適切に施工しなければやはり駄目なわけですよ。ですので、この塗装の認定というのは、塗装の銘柄プラス施工法、これがセットですので、塗装さえよければ絶対OKなのだと、そういうふうにはならないわけですよね。ちょっとその辺も説明してほしかったなと思いまし

た。以上です。

(釜江座長)

最後の質問に対してですね。

(九州電力)

九州電力の上村です。不可範囲のお話につきましては、佐藤委員がおっしゃっているとおりで、我々その辺りをこの資料の中に織り込めておりませんでしたので、第3回で御説明させていただいた内容も踏まえて、少し見直しをしていきたいと思っております。

あとすみません、私の説明不足でして、先ほど内面の塗装につきましては、耐熱性、耐放射線性を持っているということでもしかお話させていただいておりませんが、佐藤委員がおっしゃるとおり施工法についても我々大事だと思っております、当然膜厚になりますけれども、膜厚の管理もしております、下塗りで125 μm 、上塗りで125と、これを割らないように管理をしておりますので、そういったところも含めて、デブリ評価は塗装に対してはしているということで、しっかり管理はした塗装になってございます。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございます。よろしいでしょうか。

目視点検というのは、先ほどからお話がありますが、人間がやることなので、当然しっかりと品質管理の下にやっていくとして、これはもう九電さん全体の品質管理の中の話ですので、それを疑い出すと全てが信用できなくなってしまうのですけれども、そこはしっかりと管理ができているということと、人間の力量が大事かと思っております。そこは試験をしてデータがあるわけではなくて、人が見て○、×と付けるわけですから、そこは品質管理、力量も踏まえての話だと思っております。今日御説明いただいたので、しっかりやられているとは思いますが、これは全ての特別点検にも当てはまる話なのでしっかりとやってください。

それと、表現の問題があるかも。私も事前に見せていただいたのですが、確かに今佐藤委員がおっしゃったように、言葉の表現ですね。しっかりと正確な表現をしていただくことをよろしくお願いしたいと思っております。

ちょっと後藤委員待ってくださいね。あとWebの先生、ほかの先生方よろしいでしょうか。もし質問があれば、挙手をしていただければと思うのですけれども。

はい、大畑委員。

(大畑委員)

大畑です。細かいことですが、特別点検で1か所、健全性には影響しないというような①か②に相当する異常が見られたということですが、これの要因について何か検討されていますか。この異常がどういったものかわかりませんが、どうしてこのようなものができたのか、見解があれば教えていただけますでしょうか。

また、それに対して塗裝修繕されたとおっしゃっておりましたが、具体的にどうい

うふうにされたかというお話はなかったかと思います。その部分の塗装を完全に剥がして再度塗装したのか、もしそうであればその際に母材の健全性も確認されているのか、その辺り教えていただきたいと思います。

(釜江座長)

ありがとうございます。

私も写真を見せていただいて、なぜこういうのができたのかということに興味があってあとでお聞きしようかと思っていたところでした。ちょっと今の大畑委員の御質問に対して御回答できますか。よろしく申し上げます。

(九州電力)

九州電力の上村です。例えば、今回御準備させていただいております18ページの例でいきますと、どうしても定期検査中はいろいろな工事が錯綜すると。格納容器の鋼板の周辺には仮設の足場を立てたりとか、場合によっては搭乗設備を使ったような点検がございます。ということで、どうしても鋼板に当ててしまうような傷ができてしまうことがあると。そういった他工事の干渉による傷だったり、そういうものが今回多かったと思います。

あとは塗装の修繕でございますけれども、今写真見ていただいているとおりの例であれば、まず上塗りを健全かどうかという確認をするのですけれども、ケレンですね。このくらいであれば手ケレンや工具によるケレンで大丈夫だと思うのですが、上塗りをまず除去します。今回②ということで、上塗りの部分だけの劣化に留まっておりますので、下に少し赤茶色が見えておりますけれども、こちらは恐らく健全な塗装の状態になりますので、鋼板は恐らく確認できていないと思います。なので、一番上塗りの塗膜を除去、劣化している部分を除去した上で、今回は上塗りの塗料を乗せているという修繕の方法になります。下塗りまで、赤茶色まで劣化をしているようなものが出てくれば、当然それを剥いだときに鋼板が見られますので、鋼板の健全性も確認することになりますが、1号の場合はそういう状況でございます。以上です。

(釜江座長)

大畑委員、よろしいでしょうか。

(大畑委員)

はい。どうもありがとうございます。

(釜江座長)

ほかに。守田委員、どうぞ。

(守田委員)

九州大学の守田でございます。御説明いただきありがとうございます。1点簡単な質問なのですが、先ほど釜江座長からも御発言ございましたが、目視検査という

ことで、ある程度点検される方の力量に依存するところもあろうかと思えます。それを担保するために、今日の御説明だと、適切な視力を持っている方を試験技術者に任命して検査をしていただいているという御説明でございました。実際には文字を見たり線を見たりということではなくて、上塗り、下塗りに割れとか剥がれとか膨れがあるかどうかの判別をしないとイケないので、それを実際の教育訓練で、どのような形で技術者の力量を担保されているのか。ここのところは、少し簡単で構いませんので、御紹介いただければよろしいのではないかと思います。よろしく申し上げます。

(釜江座長)

はい。九州電力さん、よろしく申し上げます。

(九州電力)

九州電力の上村です。その方のいわゆる定性的な技量については、先ほど申し上げた視力、色覚になります。我々も実際点検して、先ほどお示ししたとおり、0.003%くらいしか劣化がないということで、非常に少ない劣化ではありました。

なので、事前に我々が協力会社さんと準備して確認しているのは、①から、①というのは完全に健全ですけれども、④までの例を協力会社さんと共有しまして、こういった例であれば劣化しているという実例を、少し協力会社さんと打合せをしながら、少し力量を高めるという取組をしております。簡単ですが、以上です。

(守田委員)

どうもありがとうございました。

実例というのは、実際のプラントで起こった塗装の不具合というのを、実例として示されているということでしょうか。

(九州電力)

格納容器の鋼板において、なかなか我々も④、母材が錆で少し劣化しているというようなどころまで確認できておりませんので、どちらかというと同じ炭素鋼に下塗り、上塗りをしているような箇所の劣化状況ということで、他プラントを含めた格納容器の実例ではございません。

(守田委員)

分かりました。ありがとうございました。

(釜江座長)

今の守田委員の話、非常に重要だと思います。このジャガーシートで力量とかどうのこうのというよりは、実際何かによって付いた傷だとかっていう、そういう目で見られる人、単にそれがどうなのかというだけでなく、現場での力量を持った人が見るのが大事なかなと思います。

目が良い人が見るとするのも当然の話ですけれども、予断を持たずにどういう感覚で

それを見るかというのが大事なかなと思いますので、よろしくお願いします。

ほか、渡邊委員。

(渡邊委員)

今回の検査と少し関係がないかもしれないのですけれども、40年前に溶接で造って、欠陥がないという評価ですよね。P Tで検査していると。40年前の検査の手法と今の検査の手法、大分変わってきているのではないかと思うのですけれども、本当に健全であるかということをしかり示すことは可能ですか。

(九州電力)

九州電力の上村です。まず、後藤委員の御質問の中にも実はありまして、後ほど御回答しようと思っていたのですが、ちょっと資料上、少し言葉足らずなところがありまして、先ほど渡邊委員からお話いただいた点は2ページ、我々が建設時に非破壊検査、P Tをやっていますという記載をさせていただいています。これは実は、溶接を行う前の開先部のP Tになってございます。実際溶接をしまして、そのあと、実は本当はここに書いておくべきだったのですが、R Tを溶接線プラス熱影響部、大体15mm弱ですけれども、それが確認できるように、体積検査として、溶接線全数やっております。なので、まずはちょっとすみません、非破壊方法の検査が一つプラスがありましたというお話になります。

あとは、先ほど溶接線の健全性を見ることができるかということにつきましては、どうしても、溶接線P Tをする場合は塗装を剥がないといけないということもございまして。上からUTという方法もございましてけれども、かなりの枚数と高所ということもございまして、なかなか全数を、溶接部の健全性を確認するというのは非常にちょっと難しい状況かなというところがございまして。簡単ですが以上です。

(渡邊委員)

先ほどから鉄板の健全性だとか欠陥だとかいうことを議論しているのだけれど、炭素鋼が、あれだけの厚さのものが腐食によって破損したり劣化することは非常に考えにくくて、あるのだったら溶接部ですよね。そういうところの箇所が、何ていうのかな、40年前の浸透試験というやり方。非破壊試験も一緒にやっているということだけれど、それが非常に何か、きちんとしたデータで示されたり、それをお宅でやっていると言っているのですが、本当にやっていますかという。どのぐらいの精度でやっていますとか、もっと具体でもって示すことはできないですか。図4.4を見ると、ものすごい箇所ですよね。本当にそのところでできているのかという、40年前の結果が本当にしっかりとしたものですか、という質問にもなるのですけれども。開先でやっているという言い方ですが、それが本当に信頼性のあるものになっているのですかね。そこがやっぱ重要じゃないかなと思うのですね。具体的な検査の結果なんかというのを見せてもらえれば我々もある程度理解できるけれども、浸透試験というのは目視に近いようなやり方ですよね。傷があるかないかを見ただけのように見えるのですね。

(九州電力)

九州電力の上村です。建設時に実際に実施しました非破壊検査につきましては、我々も当時、国の使用前検査を受けまして、記録としては、すみません、非破壊検査自体が対象なっているわけがございませんけれども、そういった記録はしっかりとしてございます。PTもRTも記録自体がございますので、そういったところをお示しして、具体的にこういうふうにやっていますというところを一度見ていただくことを考えたいと。

(渡邊委員)

そういったものをちょっと示してください、示されるのだったらですね。よろしくお願ひします。

(釜江座長)

次回以降、よろしくお願ひします。よろしいでしょうか。この件が一番重要なのですが、ちょっと時間が過ぎていきますので。

はい。簡単によろしくお願ひします。

(後藤委員)

後藤です、一言だけ。関連で一つだけ申し上げたかったのは、サンディア国立研究所でございまして、あちらで日米の格納容器の破壊試験がありました。加圧試験です。その時に、PCCV、プレストレス製の格納容器のライナー、4分の1の板厚です。1.6mmですけれど、それが、実験をやりましたら、想定を大体3.7か3.5pdで破壊すると思ったのですけれど、2.4かそのくらいで、2.ちょっとで壊れてしまったのですね。調べたら何かっていうと、溶接部の肉盛りの部分をグラインダーで削る時に、削り過ぎたのです。その1か所ではなくてもう何十か所も。70%ぐらいまで破断ひずみが落ちているのですよ。そのことを全く気が付かないで実験をやってしまった、破断したのを見て調べたらそうだったと、そういう事例があるのですね。

これは実機ではないのですけれども、でも、格納容器の破壊試験ですからね。当然造るときものすごく慎重にやっているわけなのですよ、検査も。そのはずなのです。ところがそういうことがあるというのは、本当はあってはいけないのですけれど、そういうことがあり得るといふことなので、私はもうそういう体験を幾つもしているものですから、結局、予測ではこれ大丈夫だと思ひ込みしない方がいい。本当にそういうことはいっぱいありますので、是非それだけ確認していただきたい。

ですからそれが、どうしても先ほどのように、過去のものであっても、というのが、格納容器にとっては大事だと思います。格納容器は実際に事故が起こらないと使えませんか。起きたときに、駄目だったらおしまいになるという関係ですから、それだけはお願ひいたします。以上です、すみません。

(釜江座長)

はい。ありがとうございました。よろしいですか。非常に教訓的なことが、たくさん御指摘あったので、是非持ち帰って共有していただけたらと思います。

すみません、大分時間が経過しているのですが、今日は特別点検の報告が非常に重要で、メインテーマでしたので、当初から少し延長だと思っていましたけれど、取りあえずひとまず、この件については終了ということにしたいと思います。

(九州電力)

すみません、九電の本店からですけれど、ちょっと補足させていただいていいですか。

(釜江座長)

はい、どうぞ。よろしくお願いします。

(九州電力)

九州電力本店から楠本と申しますが、先ほど佐藤委員の方から、格納容器の下塗りの塗装の使用の件で御質問あったと思うのですけれども、ちょっと確認した結果、亜鉛は入ってございませんので補足させていただきます。以上でございます。

(2) 30年目高経年化技術評価結果について

① 熱時効について

(釜江座長)

はい。ありがとうございます。佐藤委員よろしいでしょうか。

すみません、これからもそういう形で、本店の方からフォローしていただけたらと思います。

それでは、次の議題の2ですけれども、これは御存じのように、もう3回目でございますけれども、30年目の高経年化技術評価結果の6項目の二つ、今日で最後の二つが終わるということで、まず熱時効についてということで、九州電力さんの方から御説明をお願いいたします。

(九州電力)

九州電力の石井でございます。それでは、資料2を御覧ください。川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価について、熱時効についてです。ページをめくっていただきまして1ページ目、こちら目次になってございます。1から6までの6項目で編成してございます。

ページをめくってください。右上2ページ目になります。まず、2相ステンレス鋼の熱時効ということで、代表機器の選定をまずこのページでやってございます。評価対象の機器及び代表機器ということで、まずステンレス鋼は、オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織となっています。高温で加熱されると、時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし、相分離が起こり、靱（じん）性が低下するという事象が発生します。熱時効による靱性低下の影響は、フェライト量が多く、使用温度が高いほど大きくなります。また、使用条件として、応力が大きいほど厳しくなるという特徴がございます。

これらを踏まえまして、該当する全ての部位に対してフェライト量，使用温度，地震時の発生応力を考慮し，評価対象機器・部位を抽出しました。条件としまして，使用温度が250℃以上，使用材料が2相ステンレス鋼，亀裂の原因となる劣化事象の発生が想定される部位ということで，その選定対象機器を表1に記載してございます。

1次冷却材ポンプと1次冷却材管，RHR余熱除去システムの入口隔離弁，蓄圧タンクの出口第2逆止弁を抽出いたしました。この中で，黄色でハッチングをかけていますが，先ほど御説明しましたとおり，フェライト量が多く，応力が高いというのが1次冷却材管になりますので，1次冷却材管をまず代表として抽出いたしました。

ページをめくってください。3ページ目になります。1次冷却材管の中でも，この評価点を抽出することといたします。熱時効による靱性低下の影響が，フェライト量が多いほど大きく，破壊評価は応力が大きいほど厳しくなりますので，1次冷却材管の全ての部位から評価点を抽出，選定いたしました。表を見ていただきまして，評価部位がホットレグ直管から，ずっと下の蓄圧タンク注入管台までであると思います。この中で，フェライト量が一番大きいものがコールドレグ直管，応力が一番大きいものがホットレグの直管となります。

この評価部位がどこの部位になるかというのを右の方の図に書いてございまして，それぞれどこの部位がホットレグの直管なのか，コールドレグの直管になるのかということを見ていただけたらと思います。

ページめくっていただきまして4ページ目になります。ここからが健全性評価になります。まず，評価対象期間の脆化予測として，プラントの長期間の運転により熱時効したステンレス鋼は引張り強さが増加し，材料強度の評価上の余裕は向上しますが，材料の靱性が低下いたします。ここでは，脆化予測モデル，H3Tモデルと呼んでございますが，このモデルを用いまして，熱時効の破壊抵抗値を予測いたしました。

まず最初に，想定亀裂の評価を行います。初期亀裂につきましては，日本機械学会の配管破損防護規格に準拠しまして，UTの検出能力を考慮して設定してございます。まず，板厚の20%深さで，板厚の2倍の想定欠陥を想定します。これの亀裂評価をやりま

す。それが，次のページめくっていただきまして5ページ目になります。配管内面に初期亀裂に，プラント運転時に生じる応力サイクル60年分を加えまして，進展する量を算出してございます。応力拡大係数は，使用状態A・B，3分の1Sd地震時における内圧と熱応力，曲げモーメント荷重を用いて算出してございます。この上式の定数C，mは，上記規格に基づく，軽水炉水環境下におけるオーステナイト系ステンレス鋼に適用される値を用いてございます。

疲労亀裂進展解析の結果は下記の表のとおりでございまして，60年間を想定しても貫通に至らないことを確認してございます。下表の左側の方がホットレグの亀裂進展解析結果，初期亀裂に対して60年後の亀裂深さ，亀裂長さを記載してございますが，特に大きく進展いたしません。右側の方が亀裂進展解析結果のコールドレグの分になります。こちらも初期と60年後の亀裂進展結果を載せてございますが，60年たちましても，そのような大きな進展というのは確認されてございません。

ページをめくっていただきまして6ページ目御覧ください。こちらからが破壊力学に

よる健全性の評価になります。評価対象部位の熱時効後の材料の破壊抵抗値、 J_{mat} と呼びますが、構造系に与えられた荷重から算出される破壊力 J_{app} を求めて、その比較を行います。結果は、運転期間60年での疲労亀裂を想定しても、 J_{app} と破壊抵抗値の J_{mat} が交差する点において、 J_{mat} の傾きが J_{app} の傾きを上回っていることから、配管が不安定破壊することはなく、母管及び管台の熱時効は、健全性評価内という結果になってございます。

右側の方に記載してありますのが熱時効に対する評価フローでございますが、まず、上から流していきますと、左側の方でまずフェライト量をミルシートから求めます。このフェライト量をもとに、脆化予測モデル、H3Tモデルを用いて、評価用の J_{mat} 、破壊抵抗値を決定いたします。

右側の方のフローに行ってくださいまして、プラント各部位での荷重をそれぞれ決めまして、進展解析を行います。亀裂進展解析に基づく評価用の貫通亀裂に対する J_{app} 、算出される破壊力ですね、この J_{app} を決定いたします。この J_{mat} と J_{app} の積分から、 J_{mat} の交点における J_{mat} の傾きが大きければ健全、 J_{app} 、破壊力の方の傾きが大きければ、不安定破壊という評価になります。

ページをめくっていただきまして、7ページ目の方御覧ください。こちらが具体的な健全性評価結果でございますが、左側の破壊力学による健全性評価結果（ホットレグ直管）でございますが、 J_{mat} と J_{app} 、この交差点のところ見ていただきますと、 J_{mat} の方が傾きが大きいので、不安定破壊は起きないと。右側のコールドレグ直管の方も見ていただきますと、 J_{app} に対して、 J_{mat} の方の傾きが大きいので、こちらも不安定破壊は起きませんということになります。以上が健全性評価になります。

最終ページ目、8ページ目御覧ください。まず、現状保全として、母管及び管台の熱時効に対しては、定期的に溶接部の超音波探傷検査を実施してございます。評価で想定した初期亀裂がないことを確認してございます。こちらが現状保全となります。

総合評価でございますが、健全性評価結果から判断しまして、現時点の知見においては、母管及び管台の熱時効は、高経年化上問題となる可能性はないと判断いたしました。内面からの割れは超音波探傷検査により検知可能であり、また、割れが発生するとすれば、応力の観点から溶接部であると判断されますので、点検手法として現在の超音波探傷検査、ISIが適切だと判断してございます。冷温停止状態においては、温度が低く事象の進展がありませんので、十分にこの現状の評価で包絡できると考えてございます。

5.高経年化への対応でございますが、母管及び管台の熱時効につきましては、現状の保全項目に追加すべきものはないと判断いたしました。

最後に6番でございますが、代表機器以外の評価ということで、熱時効による靱性低下の影響は、御説明しましたとおり、フェライト量が多いほど大きく、また破壊評価は応力が大きいほど厳しくなりますので、今回の1次冷却材管の評価結果に包絡できるという評価をいたしてございます。30年目の高経年化技術評価の熱時効について、御説明は以上です。

(釜江座長)

はい、ありがとうございました。

本日はこの部屋も延長は可能だということなので、ちょっと始まって1時間半過ぎたので、説明と質問・コメントの間で申し訳ないですが、ちょっと休憩を入れたと思います。事前に先生方にこの資料をお送りしていますので、多分御質問の方は既にお決めだと思いますので、申し訳ございません。

今から11時15分までの約7分ですが、休憩とします。再開後質問等から始めたいと思いますので、よろしくお願いします。

－ 休 憩 －

① 熱時効について（続き）

（釜江座長）

お揃いのようなので、再開させていただきたいと思います。それでは、先ほどの熱時効についての御説明に対して、御質問、御意見ございましたらよろしくお願ひいたします。はい、佐藤委員。

（佐藤委員）

はい、佐藤です。私は海外の情報との比較みたいなことを述べるという役目がありますので、その点からお話ししたいと思いますが、評価の方法がアメリカの方法とは大分違うなという印象を受けました。つまり、金属に対しては、フェライト含有量だけに注目しているわけなのですけれども、アメリカの評価のケースでは、フェライトだけでなく、モリブデンの含有率とか、それから鋳物の作り方も一通りではなくて、例えば遠心鋳造法だとかあるわけなのですけれども、その作り方によっても熱脆化の現れ方が大分違うというのがあります。なので、今日御説明いただいた評価法が、より保守的なのか、あるいは非保守的なのか、ちょっと簡単に判断することができないのですね。アメリカの場合には、いろいろなパラメーターの影響を受けるという、その結論は膨大な実験データに基づいているわけなのです。一方で、日本のフェライト含有量だけに注目したこの評価法が、どういう実験データに基づいてそのように単純化されているのかというのが分からないので、今日の段階で申し上げたいのは、こういう評価法もあるのだなということは分かるのですけれども、これで本当に十分判定ができる基礎データに基づいているのかなというところが、ちょっとまだ疑問として払拭できないという印象がありました。

それから、実は金属の熱脆化については、鋳物だけでなく溶接部分も熱脆化するというような知見があるのです。ステンレス鋳物が熱脆化の傾向を示すというのは、大分前から知られている知見ではあるのですけれども、同様のこの傾向が溶接金属においても起こるといようなことがありますので、そちらの方も同じような評価をする必要があるのかなということも疑問に思いました。

それから、熱脆化と中性子脆化が重なった場合どうなるのかということもあります。今日の資料の表にある材料は、熱だけでなくやはり中性子照射も重なるわけですので、

その相乗効果みたいなことについては全く言及されていなかったわけですね。なので、ちょっとその辺に対する考慮も必要なのかなというふうに思います。

はい、ちょっと私が気付いた点は以上です。

(釜江座長)

はい、ありがとうございました。そもそも論の話が2点あったと思います。アメリカと日本で少し違うという話ですが、どちらが保守的かというのがクリアであれば、議論もクリアなのですけれど。それが分からない中で、まずは非常に科学的というか基礎的な話なのかもしれません。よろしくをお願いします。あとは中性子の話ですね、そこは非常に大事なかなと思います。

すみません、2点お願いします。必要であれば本店の方からでもよろしくをお願いします。

(九州電力)

九州電力の石井でございます。今回御説明しました方法は、発電技術検査協会のプロジェクトの中で開発された方法でございます。そこに電共研でデータを追加しまして、当初200点ぐらいのデータの分を、電共研で400点追加して、データの的には拡充したものでやってございます。基本的には、国内で全て高経年化の評価としては、このH3Tモデルを使用するようになってございます。規格上もこのH3Tモデルを推奨してございます。国内での使用状況というのは以上になります。

次に、溶接部の金属の脆化の話でございますが、確かに溶接部についてもフェライト鋼が析出しますが、フェライト量が、母材側と比べて大体半分くらいしか増えませんが、母材側を評価しておれば、溶接金属側はそれに包絡できると考えてございます。以上でございます。

(釜江座長)

あと中性子脆化との。

(九州電力)

先生から御質問のあったフェライト量の算定につきましては、ASTM-A800の文献を用いまして算出しております。その中でモリブデンとか、そういう成分に関しても入力して、ASTMの文献に出ている曲線からフェライト量というのを算出しております。

もう一つですが、鑄造法、先生のおっしゃるとおりいろいろな鑄造法がございまして、MCPでいうと遠心鑄造法とかを採用しております。バルブでいうと静鑄造法、そのデータを、そういう鑄造方法の違いも含めてH3Tモデルに組み込まれて、脆性の式というのを作っているというのが現状でございます。

(釜江座長)

まず今の御回答、佐藤委員いかがでしょうか。

(佐藤委員)

はい、どうもありがとうございました。3ページの表に、評価対象として選んだ部品のリストがあるわけですが、これに実際の材料規格が載っていてもよかったと思うのですよね。JIS規格の例えばSCS-19Aだとか13Aだとかあるわけですよ。そのぐらい載せていても良かったのではないかなというふうに思います。実際にステンレス鋳物といっても、分かっていると思いますので、また、別にそれは機密情報でもないと思いますので、ちょっと教えていただきたいと思います。いかがでしょうか。

(釜江座長)

はい、よろしく申し上げます。

(九州電力)

九州電力の石井です。材料的には、SCS-14Aになります。佐藤委員からの御説明のとおり、そこら辺の材料の記載については、今後またこういう資料を作る際には反映していこうと考えています。ありがとうございます。

(釜江座長)

よろしいでしょうか。

(佐藤委員)

はい、ありがとうございました。

(釜江座長)

中性子照射脆化と両方考えるべきじゃないかという話もあったと思いますが。

(九州電力)

九州電力の上村です。佐藤委員からありました脆化との関連ですが、そこはちょっと部材が変わりますけれど、川内1, 2号機の炉内構造物の中に、ステンレス鋳鋼を使っているものの部材としましては、炉内計装案内管がございます。こちらについては、熱時効の対象、代表に挙げてございませぬけれども、MCPと比較することで確認はしていきまして、フェライト量、温度、応力というのはそれほど差がないというところで、問題ないことを確認しています。一方で、中性子の照射量としましては、MCPよりもございまして、促進させる可能性のある10の17乗/cm²と、それぐらいの照射量を浴びていますが、現在まで、この炉内計装案内管が損傷しているところは確認できていないというところを踏まえると、熱時効と中性子照射脆化の重畳が直ちに問題になるというようなことはないのではないかなというふうに考えてございます。以上です。

(釜江座長)

佐藤委員よろしいでしょうか。

(佐藤委員)

私もそんなに熱脆化の問題が致命的な問題になるというふうには、感覚的には思っておりませんが、この現象が0, 100の現象ではなくて、やはりこう、脆化の傾向があるわけですね。それに対して線引きをして評価をするわけです。結局、今回九州電力さんに示していただいた資料では、破壊力学的な評価をして、それでどうなのかということを書かれているわけですが、脆化そのものに関して言えば、決して0, 100ではないわけですので、ちょっとその辺の、なんですかね、見えにくさがあるのですよね。どのぐらい実際脆化が進んでいるのだろうか、というところが分かりにくいところがあるわけですが、ちょっとその辺どうしたらいいのかというのは、別に私も提案があるわけではないのですが、何かそういうモヤモヤ感のあるような説明になってしまうのかなというふうにはちょっと思っています。これは質問というか、私のこの問題に対するインプレッションの話をしているだけなので、別にお答えしていただかなくても結構なのですけれども、そういうことです。失礼いたしました。

(釜江座長)

ありがとうございました。またこういうことをする機会があったら、そのときは少し考慮していただくということで。後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。ちょっと教えていただきたいのですが、亀裂の進展速をやっている、適用しているものがありますよね。このときに乗数がCとmとございますけれど、この値が適用、機械学会の規格ではそれが推奨されている、そういう意味だと思いのですね。これってほかの環境から何か、適用の範囲というのですか、実際にこれで適用するのは非常に妥当であるという、そういうところは大丈夫なのでしょう。何が言いたいかっていうと、条件が変わったときにすごくこういう進展速ですかね、亀裂の進展ですから、特にmの値とか変わってくると、すごく動くわけですね、ちょっとしたことで。だからこれは妥当だと、非常に妥当なやり方をしているのだということを、御説明をもうちょっといただけたらなという意味です。規格にあっていますというだけではなくて、こういう意味でいいのではないかということがお分かりになれば、教えていただきたいと思えます。

(釜江座長)

いかがでしょうか。

(九州電力)

すみません、ちょっと規格の背景に遡らないといけないと思いますので、ちょっと調べさせていただいてよろしいですか。

(釜江座長)

よろしいですか。

(後藤委員)

それで結構です。

(釜江座長)

分かり次第，というか最悪次回ということになりますけれど。

ほかに。渡邊委員。

(渡邊委員)

2相ステンレスの熱時効という現象は，これは長い研究の歴史があって，恐らく原子力の材料よりも長い研究の歴史があって，我々は現象としては良く分かっているのですね。先ほど佐藤委員からも発言がありましたけれども，例えば熱時効という現象と，例えばニュートロンが入ってくる現象との重畳的な効果ということが，我々まだ理解できてないのですよ。私は先ほどの質問でどちらも理解できなかったのですけれども，オーステナイトでの溶接部のフェライト量というのは，入熱の状況によって，場所場所が変わってくるわけですよ，それが，その包絡しているという言い方が分からないのです。それと，熱時効という現象と，今度はニュートロンの量で17乗と言われた根拠が分からない。

もう一つまた分からないことを言われたのだけれども，例えばステンレスの2相で熱時効という現象が起きるのは圧力容器の一番内側で，前回は議論しましたけれども，2相ステンレスの肉盛り溶接をやっているわけですよ。それはフェライトとオーステナイトの2相の領域で，水に接していて，ニュートロンも非常に高いものがやってくるわけですよ。それをあなた方説明しないとイケない。オーステナイトの圧力容器の内側は構造材ではないから，強度的には大丈夫ですという説明になるかもしれないのですけれども，腐食が発生する可能性はある。

もう一つ，ちょっと長くなって申し訳ないのだけれど，高経年化の技術評価では，部材ごとに説明をして，それでもって評価を受けているわけですよ。例えばこの熱時効というのは，大部分は1次冷却管材という項目であなた方は説明して評価を受けているわけやけれども，1次冷却管材というのは熱時効だけではなくて，例えば応力腐食割れだとかいう現象も発生するわけですよ。いわゆる原子炉の中というのは，単純に熱時効が起こるのではなくて，いわゆる重畳効果で発生してくるわけですよ。それをあなた方は説明してなくて，熱時効ですと言われても非常に困るのですね。それをあなた方どう答えますか。

だからね，この分科会が例えば一つの，何というのかな，高経年化事象について議論していますけれども，やはり抜けているのですね。それをあなた方の説明の中にしっかり入れないとイケない。熱時効という現象は非常に分かりやすく，長い歴史があると最初言ったのだけれども，そういうものと，原子力材料というのはいろいろなことが複合して起きているのだということを説明しないとイケない。それを説明していないのですよ，あなた方は一切説明していない。どうですか。

(釜江座長)

どうぞ、九州電力さん。

(九州電力)

先生のおっしゃるとおり、熱時効を選んだプロセスとしては、1次冷却材配管については、腐食環境下にあるのかないかとか、いろいろな選定項目を、劣化モードとは別に調査して、省けると。今のPWRの環境下では、ステンレス鋼については、基本的にはSCCは起こらないと判断しています。こういう水質管理をやっているから起こらないというような説明をして、プロセスとして残ってきたのが、1次冷却材管だったら熱時効です。そのようなことについて、本来説明が抜けていると言われればおっしゃるとおりで。

(渡邊委員)

だからね、そういうプロセスは結構なのだけれど、それが本当に、現在の知見に対して合っていますかと、有効ですかということも、もっとしっかり考えてもらいたいのですね。これは30年時の実績で、もう随分前にやった評価で、それから随分考え方も変わってきているし、物事も進歩してきているのですね。そういうふうな、いわゆる最新の知見という言い方にしてもいいのだけれど、やはり抜けているのですね。

1次冷却管材の評価を受けるのだったら、なぜ、例えば高サイクルの疲労について言及しないのですか。低サイクルの疲労はある程度議論したかもしれない。でも、1次冷却管材というものに対しては、基本的にいろいろな事故、もんじゅの事故があったわけですから、熱流束によって、高サイクル疲労によって、ある一定の事故というか不具合事象が発生するわけですね。そういうものといろいろな事象が絡み合ってきて、原子力のある一定の不具合、事故に繋がるわけですから、それを全く無視して、この熱時効は炭素鋼鑄という、その鋼材というものの熱時効だと言われても非常に、何ていうのかな、原子力では一般的ではないと思うのですけれども。

だからそれはね、前回でもそうでね、前回は照射脆化だと、ただ圧力容器の照射脆化になってしまうのです。それは大きな間違いであって、ニュートロンがやってくるところは照射脆化、容器の外側の領域というのはニュートロンの量は少ないかもしれないけれども、やはりニュートロンがやってくるわけで、脆化するわけですよ。そういうことを一切無視してやっている。それは大きな間違いだと思うのですね。違いますかね。いろいろな現象が絡み合っている。

(九州電力)

先ほど言ったように、高サイクル疲労にしても劣化モードとして一応あるのですけれども、そういうのは、今までの設計上も含めて、考慮する必要がないということで、MCP側は排除されているというふうにご考慮しております。そういう意味では、先生がおっしゃるとおり、なぜ劣化モードからこの熱時効とかニュートロン、それもターゲットする部位はこうだということところが、いきなりちょっと結果だけが出てきているというところはちょっと否めないですが、そういうプロセスを踏んだ形で、一応我々としては技術評

価をしているというふうに考えております。

(渡邊委員)

私も高経年化技術評価、随分いろいろなところで携わってきたのですが、熱時効ということでは、例えば高サイクル疲労を扱いませんよね。

ところが1次冷却管材としては、例えば、熱のサーマルスリープだとか、非常に高サイクル疲労が顕著になる領域というのは、しっかりやはり扱わないといけないと思うのですよ。熱振動によって材料が破損するモードというのはあるわけですよ。そこはしっかりやはりしないといけないのではないですか。

(九州電力)

すみません、ちょっと説明のやり方が悪いのかもしれませんが、PLM評価の中で、配管の評価をやってございます。その配管の評価の中で、1次冷却材管に考慮しなければいけない劣化事象というのを全て抽出し、その中で高サイクル疲労、応力腐食割れ、低サイクル疲労割れ、これらについては健全性評価をやって、起きません、可能性がありませんという評価をやってございますので、本来ですとそちらとセットで御説明すれば渡邊先生に御説明しやすかったのだとは思いますが、配管の方で割れが起きないということが、きちんと技術評価でやってございますので、熱時効評価をやる際にはその割れとの重畳は考慮せずに、熱時効だけの評価になっているというのが、現状、事実でございまして。

(渡邊委員)

割れはいいのですけれども、例えばニュートロンとの兼ね合いの話というのはないですよ。私も考慮していないということを言っているのではないのですよ。やはり、いろいろな不具合事象というのが高経年化技術評価では評価されているわけですよ、それをやはりしっかり説明しないとイケないですよ。

あたかも一つの現象に対してこれはこうだという決めつけ方というのは、やはり非常に何ていうのかな、原子力の世界ではそぐわないと言ったらあれなのだけれど、いろいろなことが重畳して起きているわけですよ。

(釜江座長)

多分、渡邊委員がおっしゃったことは理解していて、当然最終的にはいろいろなことを検討した結果としてこういうアウトプットがあったということだとは思いますが、その辺をしっかりと説明してください、という話だと思うので、どうやればいいのだという、国というか、規制委員会の方針があるかもしれませんが、多分そこに至ったいろいろな過程というかプロセスがあつての話でしょうから、その辺は渡邊委員にお話しするよりも、最終的にはこの分科会での県民への説明というのが大事なので、そこは少し説明していただいたように背景があると思うので、そこは考慮していただいて、もし今可能であればお話していただいて。

(九州電力)

やはり資料か何かで、どういうプロセスでこうやっていますというところを一旦御説明して。

(渡邊委員)

だからね、プロセスは私も実際やっているから分かるのですよ。その説明の仕方がね、説明の仕方が問題です。

(九州電力)

はい。最初の出だしのところの、熱時効の部位に至る経緯ですよ。

(渡邊委員)

だから熱時効イコール冷却管材のいわゆるステンレスの鋳管ではないわけよね。

(九州電力)

はい。

(釜江座長)

いつも繰り返して言っていますが、一応30年といっても昔の話なので、今後そういう機会（40年）があれば、先ほども話がありましたし、今の渡邊委員の話も含めて、その機会にお話しいただくということもありかなと思いますけれど。

まず渡邊委員の今の御発言をちゃんと御理解いただいて、ということがまず大事なので、そこの行き違いがあるとまた手戻りしますから、しっかりした共通認識があれば、正確な御回答をいただけるのではないかと思います。よろしくお願いします。

よろしいでしょうか。

(後藤委員)

すみません。

(釜江座長)

はい、後藤委員。

(後藤委員)

ちょっと関連で、私こういうときに思うのですけれど、いろいろな破壊モードが分かかってきていて、ここはこういう破壊モードだからこれを検討しようってふうに、ある意味ルール化して絞り込んでいるわけですね。ものすごく限定しているのですね。それで私も疑問に思うのは、本当にそれでいいだろうか、総合的に見たときに。やはり、ある観点から見るときに、そういう見方をしろというまでは認めるけれど、だからといってそれが包絡しているかということと全然そんなことなく、違った現象が起こり得る。常識的にそうだと思うのですね。

そうすると、電力さんの方で評価されるときに、この熱時効についてはこういう経緯からこうでこうだというのは当然でしょうけれども、もう少し広い範囲とかもの見方で見ていかないと、ほかのものとの重畳であるとかほかの現象だとか、いや、もっとこんなものが起こるだろうと。

つまり、方法を細かく厳密にやればやるほど、やる範囲が狭くなるという感覚が私にあって、それはちょっと難しい話なのですけれどね。すごく難しいことだと理解しているのですけれど、でもそういう見方をしないと、本当の意味の劣化事象に対してきちんと対応するというのは難しいかなと。印象の話で申し訳ありませんけれど、私はそんなふうに印象を持っております。

(釜江座長)

はい、ありがとうございます。

はい、佐藤委員、どうぞ。

(佐藤委員)

はい、私も渡邊委員と後藤委員のお話を聞いていまして、ごもっともだなというふうに思っております、この場で、何か我々が攻撃側で、九州電力さんが守備側みたいな、確かになる傾向があるわけですが、原子力安全のために両者率直に話をしたいということなわけですので、やはり、何かこう不明な、現時点で、まだ不明が残っているようなことに対して、無理して包絡しているとか、それはOKということ無理して御発言される必要はなくて、やはりこういうところは少し不明なところとして、不明なファクターとしてあるということをおっしゃっていただいても別にいいのだと思うのですね。現にアメリカの、御承知だと思いますけれども、GALL Reportってあるわけですが、そのレポートの中にも、こういう点についてはまだ少し不明な要素もあるみたいな、そういうことって所々あるのですよね。例えば今の熱脆化と、それから中性子脆化の相乗効果みたいなことについては、そういう記述も現にあるわけなので、むしろそのように率直に言っていただいた方が、私たちとしてはかえってお話しやすいと思うのです。本当にこの正直ベースの議論をしているのだなというふうな感じになるので、ちょっとその辺を汲んでいただきたいなというふうに思いました。

それと、九州電力さんに宿題として受けていただきたいのですが、3ページの表に、材料は全てSCS-14Aだということは聞いたわけなのですが、これにモリブデンの含有量と、それから鋳造法、あと中性子照射量。そんなに問題になるところはそんなにはないのかなとは、この表を見る限り感じるのですけれども。あと、できれば炉内構造物でステンレス鋳物を使っているところですね。それもこの表に追加していただければと思いましたが、いかがでしょうか。そういう情報でこの表をアップデートしていただくことは可能でしょうか。

(釜江座長)

いかがですか。

(九州電力)

分かりました。持ち帰り、今御依頼いただいた項目を追加の上、表を改定して、次回以降お見せできるようにいたします。

(釜江座長)

はい、よろしいでしょうか。

(佐藤委員)

はい、ありがとうございます。お願いします。

② 絶縁低下について

(釜江座長)

聞き逃したことがあれば、あとでお願いしたいと思います。

それでは、もう1件、絶縁低下についてということで、結構膨大な資料になっていますので、要約をして御説明いただけたらと思います。

(九州電力)

それでは、資料3の川内1号機のPLM30年評価時の高経年技術評価のうち、絶縁低下について、審査会合資料を使用しまして御説明いたします。

今回第5回ということで初めて参加させていただきます、九州電力の右田と申します。よろしくお願ひいたします。

右上1ページ目でございます。目次を記載しております。まず、審査会合における代表機器の選定の御説明のあと、代表とした低圧ケーブルと高圧ポンプ用電動機の評価内容、その後代表機器以外の評価及び重大事故等を考慮した技術評価結果について御説明いたします。

2ページ目でございます。当時の審査会合説明における代表機器の選定について説明いたしますが、まず絶縁低下とはということで、概略を御説明いたします。電気計装設備には、絶縁性能を保つために、ゴムとか樹脂等の有機化合物材料が使用されております。この材料は、環境的、電氣的、機械的な要因で劣化いたします。この劣化によって通電部位と大地間、あるいは通電部位と他の通電部位間の絶縁性が低下するという現象になります。

さらに、絶縁低下には長期にわたって水が存在する状態で、かつ、高い電位にさらされている場合に起こる水トリ劣化というものがございます。なお、絶縁低下とは別に、長期間の使用に伴い、接点部分の電氣的摩耗などにより動作特性が変化する可能性があることから、同様に評価を実施してございます。

3ページ目でございます。当時の審査会合における代表機器の選定のステップについて御説明いたします。ステップ1は、まず通常のPLM評価対象設備のうち、機能維持に必要な絶縁性能を考慮すべき設備を評価対象として抽出いたします。

対象は、ページをめくっていただきまして4ページ、5ページ、表1に記載してござ

います。表中に、機器・構造物、評価対象、評価対象部位を記載してございます。このうち、設計基準事故時の雰囲気暴露下において、安全機能の維持要求がある設備は、表の右側に、設計基準事故を考慮する設備として丸印をつけて抽出してございます。

3 ページ目に戻りまして、抽出した全評価対象機器に対して、健全性評価と現状保全を確認して、各設備の総合評価を確認いたしました。評価結果につきましては、18ページから24ページ、表2として記載してございますが、説明は後ほど行います。

ステップ2ですが、高経年化技術評価において、機器・構造物ごとに電圧区分、型式とか設置場所、あと材料に応じてグループ化を行っており、設備の重要度、使用条件等を考慮して、グループ内の代表機器を選定いたします。

ステップ3では、そのグループ内の代表機器の中から、設備の重要性と評価の共通性を考慮して、二つの観点で、審査会合における代表機器を選定いたしております。一つ目は、長期健全性試験結果をもって絶縁性の維持を判断するものとしまして、低圧ケーブル。当該低圧ケーブルは一次冷却材喪失事故にて機能が要求され、使用環境が格納容器内であり、厳しい条件となるものでございます。

二つ目ですけれども、長期健全性試験と現状保全をもって絶縁性の維持を判断するものとしまして、高圧ポンプ用電動機を選定いたしました。通常の使用電圧が高く、環境としては、屋外に設置されております。また、通常、連続運転をしている設備になります。

具体的な評価について御説明いたします。ページ飛びまして、6 ページ目でございます。構造図、難燃PHケーブルというものを輪切りにした断面を示してございます。右の表には、使用部材と使用条件を記載してございます。使用条件といたしましては、通常運転時と設計基準事故時の使用環境、周囲温度、圧力、放射線を記載してございます。通常運転時の周囲温度については設計平均温度、圧力につきましては通常の格納容器の運用制限値、放射線につきましては、ケーブル敷設エリアでの計測の最大値としてございます。設計基準事故時の条件としましては、最高温度と最高圧力について事故時の解析値、放射線につきましては、I E E E で示されている事故時放射線量から川内の出力と格納容器の体積で算出した値を採用してございます。

7 ページ目でございます。米国の I E E E の規格を根幹に電気学会にて取りまとめられている、いわゆる電気学会推奨案というものをを用いて評価してございます。

8 ページ目でございます。8 ページ目から具体的な試験手順、試験項目を示しております。まず、供試ケーブルを60年相当加速熱劣化させます。その後、60年相当の放射線照射を行います。60年分の劣化をさせたあと、事故時相当の放射線照射、その後、格納容器スプレイを含めた事故時雰囲気に模擬した条件に暴露いたします。その後、マンドレルと呼ばれる円筒状の器具にケーブルを巻きつけ、1時間の水中に浸したあと耐電圧試験を行い、絶縁破壊が生じるか否かの判定を行います。

9 ページ目でございます。実施した試験条件と、川内1号炉の60年間の通常運転時の劣化条件と、設計事故時の環境条件を表で示してございます。通常運転中の温度については、※1をつけておりますが、エリアの温度に、通電による温度上昇と若干の余裕を加えて設定してございます。また、通常時の放射線は、※2をつけておりますが、敷設エリアの毎時の計数の最大値に24時間×365日に、60年分を掛けた値としてございます。

温度，放射線，圧力につきまして，試験条件は，川内1号炉の60年間の通常運転時の劣化条件と，設計基準事故の環境条件のそれぞれを包絡する条件となっております。耐電圧試験の結果を下の表に示しておりますが，良となっております。

10ページ目でございます。健全性評価結果としまして，先ほどの試験結果から，当該ケーブルは，運転開始から60年時点においても絶縁機能を維持できることを確認しております。現状保全につきましては，定期的に絶縁抵抗測定により許容値以上であること及び機能検査等で系統機器の動作，又は計器の指示等に異常のないことを確認し，絶縁低下により機能低下のないことを確認しております。

健全性評価と現状保全から総合評価を行った結果は，絶縁低下によって，機器の健全性に影響を与える影響はないと考えております。絶縁低下は絶縁抵抗測定，系統機器の動作確認などで検知可能であり，点検手法としては適切であるというふうに整理しております。高経年化への対応につきましては，絶縁体の絶縁低下については，現状保全の項目に追加すべきものはないということで結論付けております。

続いて11ページ目でございます。次に，高圧ポンプ用の電動機，海水ポンプの評価例を御説明いたします。左の表に，部位と材料を示しております。絶縁材料は，固定子コイルと口出線，接続部品が使用されております。右側に構造図及び使用条件を記載しております。構造は縦型のモーターの断面でございます。記載はございませんが，下部にポンプが接続されるというような構造になります。

続いて12ページ目でございます。健全性評価の準拠規格については，同種の一般的な固定子コイルの絶縁低下に対する評価方法を用いております。IEEEの規格に準じて実施した評価試験結果より，固定子コイルの長期健全性を評価いたしました。IEEEの規格では，熱，機械，環境，電気の各劣化要因について試験条件が述べられており，これらを複合した試験条件で長期健全性を評価いたしました。

13ページ目でございます。試験手順，試験項目並びに試験条件を記載しております。資料左側にフロー図と，資料の下の方に方法例というのを示しておりますが，まず固定子コイルの右の表の温度，電圧，振動，湿度，170℃と190℃の二つの試験条件で，表中の①から③を繰り返し実施し，コイルがチェック電圧に破壊するまでの試験を繰り返し実施しております。1サイクルは7日間で繰り返して，絶縁破壊した時点での寿命を評価いたします。

14ページ目でございます。14ページ目に，アレニウス則に基づいて試験条件1と条件2での寿命 Y 及び試験条件の温度 T を代入して，定数 A ， B を求めて，耐熱寿命曲線を得ます。この耐熱寿命曲線については，当時の審査会合の資料には記載なかったのですが，今回説明用として図を追加しております。定数 A ， B が求めたアレニウス則の式に，評価対象である海水ポンプ電動機の運転温度 T ，145℃を代入して，海水ポンプ用の電動機の寿命を求めます。なお，運転温度については，周囲温度40℃，コイル温度上昇限度100℃に5℃のマージンを設けて，145℃としております。この結果，固定子コイルの絶縁寿命は19.95年と判断しております。

15ページ目でございます。次に，別の健全性評価方法として，実際に使用していたコイルの破壊電圧の測定値の評価結果について御説明いたします。6.6kV級の使用旧機コイルの破壊電圧の測定結果及びその平均値から，稼働率を考慮した運転年数と絶縁破壊値

の関係が、下の図のように求められております。縦軸が絶縁破壊値、横軸が運転年数となっております。旧機コイルのデータがプロットされている状況です。このプロットの平均値と95%信頼下限値の線を引きますと、安全運転下限の電圧に達する運転期間が、18.5年から24年となります。固定子コイルの運転に必要な絶縁耐力を保有する期間は、95%信頼下限で評価した場合には、18.5年となります。

16ページ目でございます。健全性評価結果ですが、御説明いたしましたヒートサイクル方法及び旧機コイルの破壊電圧の測定値による評価結果の、より厳しい旧機コイルからの結果を採用して、18.5年と判断いたしました。なお、評価対象である海水ポンプ用電動機は屋外に設置されていますが、ヒートサイクル試験においては、吸湿は厳しい状況下にて実施していること、また破壊試験評価においては、サンプルの中に屋外機器の電動機も含まれていることから、屋内外の設置環境による評価年数に差はないと考えてございます。

現状保全につきましては、定期的に絶縁抵抗測定及び絶縁診断を行ってございまして、許容値以上であることを確認しております。また、絶縁抵抗測定・診断に基づいて、必要によって、洗浄、乾燥、絶縁補修処理、若しくは取替えを実施していくこととしております。なお、海水ポンプ、AからD号機、4台ございますけれども、絶縁更新を行ってきてございます。

17ページ目でございます。健全性評価と現状保全を踏まえた総合評価につきまして、固定子コイルの絶縁低下については、18.5年以降において発生の可能性は否定できないですけれども、絶縁低下は、絶縁抵抗測定及び絶縁診断で検知可能であり、点検手法としては適切であります。よって、現状保全を継続することで、健全性は維持できると評価してございます。

高経年化への対応といたしましては、引き続き、定期的な絶縁抵抗測定、絶縁診断を実施していくとともに、運転年数及び運転結果に基づき、必要により、洗浄、乾燥、絶縁補修処理、若しくは取替えを実施していくこととしてございます。

代表機器以外の消化につきまして、一覧で次ページに記載してございます。18ページ目でございます。表2は、左側から対象機器、グループ内代表機器、評価部位、健全性評価内容、現状保全、総合評価、高経年化への対応となっております。先ほど御説明いたしました高圧ポンプ用電動機を一番上に記載してございまして、同様にほかの機器につきましても、評価一覧で載せて、24ページまで記載してございます。時間の都合もございまして、一つ一つの説明は割愛いたします。電気計装品の絶縁低下に関して、いずれも長期保守管理方針で定めるものは、30年時点ではございませんでした。

25ページ目でございます。30年の評価時に、新規制基準において、重大事故等の事象が追加となりました。事故時の環境は設計基準事故と異なることから、重大事故時の評価が必要となります。

25ページ、26ページで、設置環境が厳しくなるものとして、格納容器内の機器を代表として選んでおりますので、評価内容を御説明いたします。まず、25ページ目、電気ペネトレーションの評価結果を記載してございます。電気ペネトレーションとは、電気を格納容器内に送るために、格納容器を貫通している設備でございます。

参考といたしまして、27ページ目に、今回説明用に追加いたしました構造図を記載し

てございます。格納容器鋼板に溶接されたスリーブに溶接で据えつけられております。本体内はエポキシ樹脂、シリコン樹脂が充てんしてありまして、両サイドに外部ケーブル、外部リード、ケーブルが出ており、内部は導体が貫通しているというような構造でございます。

絶縁低下の対象部位は、有機物であるケーブルの絶縁物と、本体のシリコン樹脂、エポキシ樹脂が対象となります。なお、格納容器の内封機能が要求される箇所につきましては、金属を使用しており、有機物の劣化による内封機能の損失はございません。

25ページ目に戻っていただきまして、評価方法につきましては、左側にフローで記載してございます。通常、運転期間相当の加速熱劣化、放射線劣化に加振試験を行い、事故時環境に暴露して、最後に健全性の確認を行います。

試験条件につきましては、右側の表に記載しております。実機の温度、放射線、加振、圧力について、いずれも包絡した試験条件で試験を実施しております。判定、良となっております。このことから運転開始後60年時点においても、絶縁機能を維持できると判断してございます。

続きまして26ページ目に、先ほど御説明いたしました低圧ケーブルの重大事故時の環境を踏まえた評価結果を示してございます。評価方法につきましては、左側にフローで記載しております。先ほどと同様に、通常運転期間相当の加速熱劣化、放射線劣化に加えて、事故時環境を暴露し、最後に健全性の確認を行っております。試験条件につきましては、右側の表に記載しております実機の熱、放射線、加振、圧力に重大事故相当の環境に対して、いずれも包絡した試験条件で試験を実施しており、判定結果、良となっております。このことから、運転開始後、60年時点においても、絶縁機能を維持できるというふうに判断してございます。

簡単でございますが、30年の高経年化技術評価時の絶縁低下についての御説明は以上でございます。

(釜江座長)

はい。どうもありがとうございました。

もう一つ議題があるので、この件については、簡単な質問、一つか二つだけにさせていただければと思います。申し訳ございません、何かございますでしょうか。

はい、佐藤委員どうぞ。

(佐藤委員)

ありがとうございます。ちょっと私が気付いたのは、ケーブルの劣化が、アレニウスの法則に従うということで、高温になると寿命も短くなるというわけです。そのことに関連してなのですけれども、現場に敷設しているケーブルに、建屋の換気がうまく回らなくて局部的に温度が上がったりだとか、あるいはケーブルトレイに載せているケーブルの中の方で、十分放熱できないケーブルがあったりとか、あるいは追加の工事でケーブルトレイに更にケーブルを積んだために、更に放熱性が悪くなるとか、あるいは消火設備を強化するために、ケーブルトレイの放熱性を阻害しているとかですね。そういったことがあって、局部的なホットスポットができるというようなことはあり得るし、実

際にアメリカの発電所でも報告されているものがあります。

あとは、このケーブルの敷設で、ケーブルには全て最小曲げ半径であるわけですが、これが施工のときに無理をして、ぐいっと折り曲げて、その劣化が進むというような現象もあります。それから、ケーブルが途中でトレイから離されて、重みで引っ張られてしまうという現象もあります。

そういったことが全て、設計時で考慮されていない現象としてケーブルの寿命に影響するということになるわけですので、そういう目からも、現場の点検が、ケーブルに対して必要ではないかなというふうに感じました。以上です。

(釜江座長)

九州電力さん。よろしいでしょうか。

(九州電力)

はい。九州電力の右田でございます。先生がおっしゃるように、ケーブル、ホットスポットがあるところもあるのではないかなということで、我々格納容器内で環境測定というものを実施してございまして、約30ポイント、ケーブルが敷設しているポイントを重点的に約30ポイントほど、温度と放射線をワンサイクル、約13か月、温度と放射線を計測した上で、この試験条件を実機条件として設定しているということでございます。ケーブルの敷設時のマニュアルにつきましても、施工時の作業要領書というもので、ケーブルごとの曲げRというものを設定しまして、それ以内で施工しているということの規定して実施してございます。以上でございます。

(釜江座長)

佐藤委員よろしいでしょうか。

(佐藤委員)

どうもありがとうございました。問題があったアメリカのプラントも、やはり最初は皆そうおっしゃるわけなのですよ。そのようにやっていたと。何か発覚したときに、そういう例外的なものが出てくるということなので、私が申し上げたのは一般的な話で、そういうお答えになるのだらうなというのはもちろん分かっているわけです。分かっていたわけですが、何か、例えば改造工事だとかそういうことがあったりするときには、配慮していかないといけませんねという、そういう心掛けをお願いしたいということです。以上です。

(釜江座長)

よろしいでしょうか。

(九州電力)

はい。おっしゃったことを加味して取り組んでまいりたいと思います。ありがとうございます。

(釜江座長)

しっかりよろしく願いいたします。
守田委員どうぞ。

(守田委員)

九州大学の守田でございます。御説明いただきありがとうございます。

8ページと25ページに評価の方法のフローが示してございますが、各試験の条件で、60年間の運転期間を想定した条件と事故時の条件を包絡しているということで、各試験の条件はそうなっておりますが、この順番で試験をするということ、電気協会の推奨案に基づくということもございますけれども、この順番で行うことでも保守的な側になっているかどうかということについて、まず補足をお願いできますでしょうか。すなわち、順番を変えることによって結果が変わるということにならないのでしょうかということが一つ目の質問でございます。

もう一つは、事故時の条件については、温度と圧力についての条件設定をされていると思いますが、冷却材の喪失事故を考えますと、実際には蒸気の状態、高温・高圧の蒸気への暴露が想定されると思いますが、その条件を加味しなくてもいい理由について補足をしていただければ幸いです。よろしく願いいたします。

(座長)

はい。九州電力さんよろしく申し上げます。

(九州電力)

はい。一つ目の御質問の試験のフローの順番でございますけれども、まず60年相当を劣化させた上で、60年目で事故が起きたという想定で、それで耐えうるかっていうフローにしてございますので、まず通常運転分の60年を想定したあとに、事故時の環境にさらして、健全性を確認しているというフローになってございます。

(守田委員)

分かりました。そうすると、加速熱劣化と放射線の照射のところですけども、放射線の照射を先にして、材料がある程度劣化した上で加速の熱劣化をした方が、より材料にとっては厳しいということにはならないと考えてよろしいでしょうか。

(九州電力)

この30年の評価のあとに、国の方でACAガイドというものが、ケーブルの劣化手法というものが、新しい知見として出てきております。その中では、熱と放射線を同時に劣化してやるという手法になってございますので、最近はそういうやり方で試験をやっているということでございます。

(守田委員)

その場合と比べて、加速熱劣化を最初にやって、放射線照射をやる場合というのは、結果に大きな違いがあるのでしょうか。

(九州電力)

より実機環境に模擬しているということで、熱劣化と放射線を同時に当てているということで、熱と放射線の順番を入れ替えてどうなるかというのは、ちょっと定量的なデータを持ち合わせてございません。

(守田委員)

はい。一応結論が、条件を包絡しているので大丈夫だという、そういう評価にはなっているのですけれども、その辺のところですね、本当に保守的な結果になっているのかどうかというところが、少しクエスチョンでしたので質問させていただきました。

また同時に、事故の条件も、高い放射線の状態から高温の状態、場合によっては、先ほど二つ目の質問にありましたが、水蒸気の状態ということになりますので、これは別々に起こるわけではなくて、同時に進行するということになりますので、ちょっとその辺の試験条件が本当に保守的な側の条件になっているのかということについては、何かお考えをやはり持たれた方がいいのではないかなというふうにちょっと思いました。

すみません。二つ目の質問は、水蒸気の暴露は考えなくていいのですかという質問でございます。

(九州電力)

九州電力の右田でございます。

事故時雰囲気暴露に関しましては、実機の解析条件を踏まえて、格納容器のスプレイを加味した条件で、実際にスプレイして、試験を実施しているというものでございます。

(守田委員)

ということは、ここにお示しされている試験条件の温度とか圧力については、これは水蒸気分圧も含む圧力というふうに理解してよろしいのでしょうか。

(九州電力)

申し訳ございません。そういう意味では、水蒸気条件というのは、この表にはちょっと記載しておりませんでした。

(守田委員)

ということは水蒸気暴露の試験をしているという、そういうことでよろしいでしょうか。

(九州電力)

はい、そうでございます。

(守田委員)

分かりました。ありがとうございます。

(釜江座長)

後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。一つは、最後のページに格納容器のペネの図を出していただいている、これで非常に分かりやすいですね。ただちょっと気になるのは、格納容器のペネって御承知のように、電気ペネは少なくとも3、4種類あると思うのですね、全く形態が違う。ですから、それはちゃんと出していただいて、これはこうだつていうふうに見させていただくと、その様子が分かるというのが1点。

もう一つは、やはり私は今議論がありましたように、特に格納容器の中の温度は、本当に予測可能なのかと疑っているのですよ。解析でやって、この何度って、これを超えないってことを言えるかっていうと、そんなことないと思うのですね。直接的にいろいろあったりする。そうすると、今やっているルールがこうなっているのかもしれませんが、現実にはこんなものは、こんなふうになると断定するのは無理だろうと私は思っております。それが重大事故の特徴といいますかね、そういうものでありますから。だから、条件をもうちょっと厳しい条件を。逆に言うと、これがどこまで、最終的な強度ね、温度をずっと上げてどこまでもつのだというのを出しておいて、それに対してこれはどうかっていう議論をする方が、本当は正しいのではないかというくらいに思っております。

それはなぜつていうと、実際に福島事故でどうなったかという、電気ペネかどうかはっきりしないところがありますけれど、温度条件が全く取れていないのですね。格納容器の温度、局所的な温度がどうだったからどうだつて議論ができていなくて、大勢だけ分かっているのですけれど、それは、今の大きな課題だというふうに理解しています。以上です。

(釜江座長)

はい。いかがでしょうか。

(九州電力)

九州電力の右田でございます。後藤先生おっしゃるとおり、電線貫通部につきましては、川内には3種類ございますので、そちらの構造につきましては、今後の御説明で示してまいりたいと思います。

(3) これまでの委員からの質問への回答

(釜江座長)

よろしいでしょうか。もう一つ議題があって、これも非常に重要な議題で、積み残すとまた次回って話になりますので、先に行きたいと思います。

それではこの件についても、後ほどコメントがありましたら事務局の方にお伝えください。それでは最後の議題の方に移らせていただきます。

ここは毎回ですが、これまでの委員からの質問への回答ということで、資料4にまとめられています。前回の分科会での質問ということで、開いていただきますと、次回以降に先送りした部分もあります。今回も既にコメントされた先生方には、事前にこの回答案を読んでいただいていると思いますので、また時間の節約もあって、一応九電さんからの説明はスキップさせていただいて、それぞれの御質問された先生方の回答のところに対して、この回答でいいのか、更なる御質問があるのか、ちょっと時間も過ぎていますが進めたいと思います。時間のこともありますが、先送りするとまた時間がかかりますので、できれば今日御理解いただけるところは御理解いただいた方がいいかなと思います。

挙手をしていただいて、御質問された先生方の方から、回答に対しての更なる質問とかコメントがありましたら、よろしくお願ひしたいと思います。

いかがでしょうか。橘高委員、よろしくお願ひします。

(橘高委員)

はい。2ページの、4-16ですね。私が前回質問したのが、サンプルを6個ぐらい圧力容器近辺に入れて、その経年変化を見ているってことをおっしゃっていたので、 K_{IC} といますか、破壊靱性値の実測値を是非知りたいという、それが低下するのか、あるいは同じような値なのか、それを知らなかったのですね。

4-16の回答を見ますと、要するに非線形の破壊力学パラメータを求めないと。要するに線形だけで、どちらかっていうと安全側ですけど、もう K_I と K_{IC} だけで評価するっていうので、それはすごくいいと思うのですね。

そうなるとなおさら、この K_{IC} 、材料の方ですね、破壊靱性値がどうなっているかというのを知りたいので、よろしくお願ひします。

(釜江座長)

いかがですか。今の橘高先生の御質問。

(九州電力)

靱性値につきましては、ちょっと確認させていただきたいと思います。よろしいでしょうか。

(釜江座長)

橘高先生、よろしいですか。ちょっと今即答できないようなので次回にでも。

(橘高委員)

はい、分かりました。

(釜江座長)

はい、渡邊委員。

(渡邊委員)

8ページと9ページで私と座長が質問しているのですけれど、このアトムプローブの測定結果で、転位のところに偏析しているように見えるのだけれど、これはリンですか。リンが偏析するとまた別のメカニズムになるように見えますけれど。それと、析出しているのは銅が析出、全部しているのですかね。マンガンとかニッケルとかというのが、普通は偏析しているはずなのだけれど、何かリンが偏析しているように見えるので、これも何かちょっとよく分からないのですね。ちょっと確認してもらえますかね。

それともう一ついいですか。17ページのバッファフォーマボルトの応力履歴、ちょっと前も説明してもらったのですけれども、この曲線は60年運転したときに、1個1個のバッファフォーマボルトに対しての応力の変化を示しているというふうに理解しているのですね。dpaが上がったときに応力が増加するのは、基本的にはバッフル板のボイドスエリングだと理解しているのですね。ところが、例えば85dpa照射して、ある一定のボイドが発生して応力になっているものと、同じぐらい照射量は高いのですけれど、70dpaぐらいのものがあるのですけれども、バッフルフォーマボルトの応力が非常に、ほとんど変化していないようなものもあるのです。これちょっと理解できないのですね。理解できないので、その一つ一つの例えば代表的なもので結構なのですけれども、その一つの線に対してのバッファフォーマボルトの位置というのを示すことは可能ですか。どのバッファフォーマボルトに対応したものがこの曲線に対応しているのだと。ちょっとこの曲線、私には理解できないのですね。

(九州電力)

九州電力石井です。御説明したように、ボルトが10何列ありますので、どこか1列分の位置と、1列分のやつを抜き出して、分かりやすくグラフを作ってみようかと思いません。

(渡邊委員)

照射量が高いのに応力が上がっていないというのは、ボイドスエリングが発生していないと見えるのですね。ボイドスエリングが発生しているのか、そのクリープみたいなもので変わってきているのかということなのですよ。そこを示してもらいたいのですね。

(釜江座長)

よろしいですか。

(九州電力)

はい、九州電力了解しました。

(釜江座長)

はい、よろしくお願いします。
最初の方の御質問は。

(九州電力)

本店から。

(釜江座長)

はい、よろしくお願いします。

(九州電力)

一つ目の御質問なのですが、9ページ目。炭化物と書かれている場所は、炭素になります。それから転位で矢印を引いてあるところは、おっしゃるようにリンの析出になっております。以上です。

(渡邊委員)

ちょっと聞き取れなかったのですね。

(釜江座長)

すみません、もう一度お願いします。

(九州電力)

再度御説明させていただきます。

9ページ目なのですが、炭化物と矢印が引いてあるところは、炭素になります。それから、転位の矢印が引いてあるところ、こちらはリンを示しております。以上になります。

(渡邊委員)

ちょっとまたよく聞けなかったのだけれど。もう一度。

(九州電力)

本店からですが、聞こえますでしょうか。

9ページの図の上の方の炭化物というところが炭素でございまして、その下の転位と書いてございますところが、リンの表示になります。

(渡邊委員)

これを見ると、リンがものすごく転位に偏析しているように見えるのですね。先ほども言ったのだけれど、例えば照射脆化の理論というのは、リンがこういうふうには偏析するのではなくて、銅のクラスターで脆化するという理論ですよ。何か非常に何ていう

のかな、こういう粒界だとか転位だとか偏析したら、ちょっと状況が違ってくるのではないかと質問したのですが。

リンというのは非常に少ない状況下しか入っていないわけだから、リンがこうやって非常に動き回ったら、例えば粒界のところに偏析して、リンの偏析による粒界破壊という現象になるのではないのですか。そこを聞きたいのですね。

(九州電力)

九州電力の中山でございます。今の御質問についてなのですけれども、確かにリンの偏析というものは、少なからず脆化のメカニズムに、わずかなり影響しているという文献等もございます。ですけれども、それは粒界に対してリンが偏析する場合があります。こちらの予測式については、一応もう溶質原子クラスターというのが、関連温度とか、脆化に支配的であるというふうにして予測式が策定されてありまして、この結果というのは、この予測式の策定に用いられているものでございます。

ですので、先生から御指摘ありましたとおり、溶質原子クラスターというのが関連温度、脆化の予測に支配的であるということになります。

(渡邊委員)

もう一つ質問したいのだけれど、ここで10の23乗個の数密度があるというのは、これは銅のクラスターを全部見ているのですか。マンガン、ニッケルのクラスターではないと。マンガン、ニッケルの表記がないのですが。

(九州電力)

すみません、九州電力の中山でございます。

こちらの手元には書いてございますが、銅は含まれてございます。あと、予測式には銅とニッケルが支配的であるということになっておりまして、ちょっとニッケルについては確認して回答させていただきたいと思っております。

(渡邊委員)

それと重要なのはマンガンで、マンガンはどうなっているのですか。だから重要なケースをここで示していないですよ。リンというのは、あなたがおっしゃるように、もちろん脆化に寄与するのだけれど、クラスターで寄与するものと、リンが偏析して寄与するものというのは、先ほども言ったけれどメカニズムが違いますよね。なぜここで転位のところにリンの偏析を注目して、こういうふうな図を示しているのですか。

(九州電力)

我々の回答の資料がちょっと説明不足なところもありますけれども、こちらはあくまでアトムプローブの1例を示しているものでございます。このアトムプローブから、溶質原子クラスター、クラスターの数密度というのを出して、体積率というのを算出します。算出して、監視試験片の関連温度と比較して相関関係があるといったところで、予測式が成り立っています。

ですので、こちらについては資料のサンプルといった形でお示ししております。

(渡邊委員)

それは分かっているのだけれど、この図の22を示すときには、もう少しその何ていうのかな、関連しているものを示さないと、転位のところにリンが集まっているものを示しても仕方がないですね。

(九州電力)

はい、ありがとうございます。

こちらの図の方に、確かにちょっとサンプルも悪かったところがありますけれども、こういった我々の川内1号機の4、5回の結果ですとか、川内1号機の第3回のアトムプローブの結果は、脆化の予測式の策定に用いられているということを御説明するために今回載せさせていただきました。以上になります。

(渡邊委員)

分かりました。

(釜江座長)

よろしいですか。

(渡邊委員)

はい。

(釜江座長)

ちょっと左と右の図のあれが違うのかな、私は素人なので。渡邊委員に御理解いただければ良いのですが。今の件はもうよろしいですか。またもう一度説明ということですか。それとも今の回答で御理解いただいたということでしょうか。

(渡邊委員)

バッファフォーマボルトの場所と、1本1本の曲線が示される場所というのは示されるわけですか。

(九州電力)

それは持ち帰り作成して、次回以降お見せするようにします。

(渡邊委員)

それと最初の9ページなのだけれど、これはポンチ絵として分かるのですけれども、これはだから、マンガン、ニッケルのクラスターとしては、ちゃんと入っているわけですね。本店の方にお聞きしたいのだけれど。

(九州電力)

九州電力の中山です。全てのアトムプローブの結果を見ているわけではないのですが、こちらに今回お示ししている部分については、マンガン、ニッケルといった含有物というのは確認はされておられません。以上になります。

(渡邊委員)

マンガン、ニッケルは確認されていない。

(九州電力)

アトムプローブの測定結果については、マンガン、ニッケルは測定されておられません。

(渡邊委員)

それはだから非常におかしな結果でね、銅のクラスターだけ確認されていて、マンガン、ニッケルのクラスターが確認されていないというのはものすごくおかしい結果なのだけれど。

(九州電力)

すみません、訂正いたします。失礼いたしました。マンガン、ニッケルの含有物というのでも確認はされております。ですけれど、こちらのお示しした図については、ちょっと代表的なものを載せているということになります。以上になります。

(渡邊委員)

ちょっと聞こえなかったけれど、だからこれは一体何を示したい。ここで例えば22のところ、マンガン、ニッケルクラスターと言っているものは、銅がある程度少ない材料としては、大部分はマンガン、ニッケルのクラスターですよ。そういうものを示さずに、なぜここでこういう図を示しているわけですか。

だから22のデータを示すのだったら、それに対応した組織の写真というのを示してくださいということですよ。別の写真を示しても仕方がなくて、ものすごく混乱して、これ非常に変な結果で、こういうことが本当に起きるのですかというふうに、僕は見るのですね。リンがものすごく偏析している。

(九州電力)

九州電力の中山でございます。ちょっと説明が不足しておりましたが、前回の御質問で、川内のアトムプローブの測定とか、そういったものをやられているのかという御質問がございました。そちらに対して、一応川内1号の第3回と4回、川内2号機の第3回というのでアトムプローブ測定を実施しておりますといったところの回答をまずさせていただきます。そちらに対して、こちらのサンプルで、1号機第4回の結果というのをお示ししております。

(渡邊委員)

それは結構なのだけれど、その図の説明と内容が一致しないのですね。これを見るとものすごく例えば、これはまた質問でもいいけれど、リンがものすごく偏析しているように見えるのですね。これも先ほど質問したのだけれど、本当にこれだけのリンが偏析していますかと。だから、脆化のメカニズムが変わるぐらいリンが偏析しているように見えるのですね、これを見ると。そういうものを本当に、説明としてやはりやってもらいたいのですね。

(釜江座長)

ちょっと時間もあるのでですけど、今この場でキャッチボールがちょっと十分じゃないかなと思うのですけれど。

(九州電力)

そうですね、ちょっと持ち帰り、再度また御説明できるように。

(釜江座長)

その方がいいですね。しっかりと。

(九州電力)

よろしく願いいたします。

(釜江座長)

本店の方もよろしく願いします。

(九州電力)

はい、承知いたしました。

(釜江座長)

ほか、何か。

(後藤委員)

よろしいですか。

(釜江座長)

後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。私からは、資料をお伺いしていて、ちょうど4ページですね。4ページに、P T Sの評価の温度条件と圧力条件ということで、それについて保守性を考慮してうんぬんかんぬんと、こういうふうに表現されているのですね。質問の意味は、言葉にちょっと書いてありますけれど、保守性って本当に保守的になっているかどうかというのが

1点、まずね。結構、圧力・温度についてどういうふうを考えるかって難しいところがありまして、本当にこれで納得できるのかどうかという、その御説明が欲しいということですね。それが1点。

そのときに、ストンとあるところに、一気に圧力が落ちる、あるいは一気に温度が下がると、そういう仮定をしている、それが保守性とおっしゃっているわけですが、それが本当にそれでいいのか。PTSそのものが、圧力によるものと、温度による熱応力の分と、更には溶接残留応力もあるかもしれませんけれど、そういうものの複合体になっているわけですよ。そうすると、保守的だ保守的だっていう言い方をするときにごく気を付けなきゃいけないのが、本当にきちんとそれがいいのかどうか。なぜそういう効果を比較したかって1点。

それともう一つは、私は重要なこういうことを説明するのに何でこれが伏せてあるのかが分かりません。何でこれが企業秘密で、こんなことが出せないのですか。その2点だけお願いします。

(釜江座長)

いかがでしょうか。

(九州電力)

九州電力の上村です。まず最初に、我々から申し上げないといけなかったのですが、後藤委員の方からは、先ほどのCVの質問に加えまして、今回の我々の資料4に対する御質問も実はいただいておりまして、御準備できてなかった部分がありますが、それも併せて、次回以降御回答させていただきたいと思えます。

その中に、先ほどいただきました保守性の話の御質問をいただいております。まず、温度条件につきましては、同じ御質問を実はいただいている部分もありまして、保守性については、右肩13ページの中でお示ししております。先ほど4ページで御質問があったのは温度条件ということになりますので、温度条件の話は上から3列目に記載してございますけれども、通常原子炉容器の中は、運転状態の温度から安全注入が入りますと、その水温に伴いまして、なだらかに下がっていくという状況になりますが、そこをより保守的に、図でお示ししていますようにステップ状、温度はちょっと申し上げられませんが、下がると。こういった温度過渡を受けるといふ仮定にしまして、それに伴いまして、非常に高い熱応力が出るというところを加味してございます。

なので、我々としては温度条件におきましては、4ページに示すようなステップ状の温度を持たせる方がより厳しいというところで、こちらについては問題なく保守性が取れているのではなかろうかというふうに思っております。

(後藤委員)

後藤です。よろしいですか。

(釜江座長)

後藤委員。

(後藤委員)

今の件ですが、保守性とおっしゃっているのが、ちょっと極端な形だけれどこういうふうになれば解析できるという意味でおっしゃっているわけですね。そうすると、これは保守性と言うけれど、逆に言いますと、こういう設定以外に、圧力・温度をPTSとして与える方法があるのですか。それを聞きたかった。現実はこのものではないと。保守性というのは何かというと、現実と比べて保守的だからこう言っているのでしょ。だったら、ほかの条件はどこにあるのだというふうになります。それはいかがですか。

(九州電力)

こちらについては、温度自体は運転温度に即した評価、先ほど後藤委員からおっしゃっていただいたとおり、我々としては保守的な条件と言っておりますけれども、技術的には、先ほど申し上げたとおり、温度分布的には正確な温度があると。それを解析条件、入力条件として用いることができるけれども、あえて保守的なやり方をとっているという説明になりますので、実際の温度の分布を入れて、より正確な方を出せる。

(後藤委員)

分かりました。そうすると、何で私がそれにこだわるかということ、保守性っていうものの中に、保守的にやっているからこういうふうに余裕なものって、解析をやっているという意味を含んでおられるけれども、現実これで解析できると、実態を現したのものね。それが、振れ幅なしにこれでいけるってことを言えるのですか。普通設計ってみんなそうでしょう。細かい議論なんかしないですよ。そんな無理ですよ、圧力・温度。ある一定の塊になってこれでやっていくかって、それで切るわけですよ。その時にこれに保守性が入っていますね、なんて馬鹿なこと言わないでしょ、設計の時に。おかしいのですよ、言っていることが。

だから、本当に現実が分かって、だからそれを簡易的にやって保守性と言うのだったら、では現実はどうなのだと必ずなりますから。そういう議論の仕方ではないと私は思うのですよ。もし、解析ができるのだけれど、それは余りに手間もかかるし、それやらないでこれをやるのだというのは、それは一つの技術的な手法として分かるのです。分かるのですけれど、そのときにいちいち保守的どうこうという枕詞を全部付けているでしょ。私はそれは、本当にそうなのでしょうか、と疑問を持っています。先ほど言ったように、くどいようですけど、現実のやり方があると。それをあえて、理由をつけてこれは保守的になっていると、そういうことなのですかということを知っているのです。

逆に言うと、今の極端なやつを除いて、現実起こる現象を解析できる、これで安全側にできるっていう圧力温度を示してくださいって、こう言っているのですよ。いかがでしょう。保守的と言うのだったら。

(九州電力)

先生がおっしゃる意味、十分理解いたしております。冷たい水が入る、そうしたときの流動解析、それが保守性があるかと問われると、非常に難しいところがある。そうい

う意味で、入れる水の温度をそのままRVの壁面に入れたというのが実情だと思っております。それに対して保守性っていう意味では、やはり温度管理と水の管理とかいうところで少しは保守性は入っているかもしれませんが、先生がおっしゃっている意味は十分理解しておりますので。

(後藤委員)

ですから現実には、これはこういうことではないと思う。私の感覚では、現実には温度の解析ね、時刻歴というか過渡変化としてやれば出るわけですが、計算上は。そんなもの出ますよね。ですけど、それで安全を保証できるかどうか、その条件がいいかって定めるのが難しいから、こういうやり方をするわけじゃないですか。それは保守性っていうものの本質ではないのですよ、実は。保守性ではなくて、保守性って言い方はちょっと違って、形として保守性ということになっているかもしれないけれど、問題は、そういう現実を現すというのは難しいからこうなるのだとか、そういう説明をちゃんとしないと。ほとんど素人の人をだましてるように見えるのですよ、はっきり言うと。汚い言葉で言うと、悪い言葉で言うと。そういうふうに見えてしまうのですよ。だから、もうちょっと丁寧に、これは説明の仕方一つですよ。私はこれではいけないと言っているわけではないですよ。これがこれしかないのかな、いや、もっとあるのだったら逆に教えてほしいと思うわけですから。そういう議論です。

(釜江座長)

ありがとうございます。今日はいろいろそういう話がいっぱい出てきたのですが、保守性という言葉は確かに、それを強調しておけば非常に安全だというふうに聞こえますけれど。今の話は非常に大事なかなと思いますし、言葉での表現というのは非常に大事なので、誤解のないような表現に、ということでよろしくお願ひしたいと思います。どうもありがとうございました。

もう予定よりも30分過ぎて、お昼も過ぎてしまったのですけれど。渡邊委員。

(渡邊委員)

最初に申し上げたのですけれど、材料の照射脆化というのは、圧力容器だけではないのですね。周りのサポート部、鉄鋼の部材はみんな、ニュートロンがやってくるころは多かれ少なかれ照射脆化しているのですね。そういう議論というのはやっぱりやっていないのですよね。

だから、やはりもう少し説明を加えて、スリーループでのニュートロンの量の実際を示してもらって。少し低温での、いわゆる照射脆化になるわけですよ、ニュートロンがやってくるころが。サポート部だとか、そういうところもしっかり評価してもらって、60年使っても割れないということをしかり評価してもらいたいのですね。

(釜江座長)

よろしいでしょうか、今のコメント。

(九州電力)

どういう形でまた説明するかというのを検討させていただきたいというふうに思います。

(釜江座長)

はい、お願いします。

(九州電力)

6事象の中には入っていないですけれども、原子炉容器のサポートの脆化とかの評価をやってございますので、そういう意味ですと、ほかにも脆化の評価もやってございますので、そこら辺ちょっとまとめて、御提示できるような形にしたいなと思います。

(釜江座長)

はい、よろしいですか。

また毎度のことですが、今日新たに説明された内容であったりとか、今のQAもそうですが、更に何か御質問、御意見ありましたら、事務局の方にお届けをいただけたらと思いますので、よろしく願いいたします。

(後藤委員)

すみません。残っているのですけれども、議論すべきことがね。ですけれども、時間の関係で後でというのは分かりましたので、それでよろしいですかね。

4 閉会

(釜江座長)

それでは、ちょっと時間を過ぎましたけれども、事務局の方から何かございますでしょうか。

(事務局)

はい。本日の議事録は事務局で作成し、委員の皆様にご確認をいただいた上で、県のホームページに公表することとしておりますので、よろしく願いいたします。事務局からは以上でございます。

(釜江座長)

すみません。どうも座長の不手際で、お昼も過ぎてしまいました。

それでは、これをもちまして本日の議事を終了したいと思います。どうもありがとうございました。

(事務局)

以上をもちまして、本日の会議を終了させていただきます。皆様ありがとうございました。