

第8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12月23日（金）9:28～12:50

場 所：アートホテル鹿児島「桜島」

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，橋高委員，守田委員，佐藤委員

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，よろしくをお願いいたします。

それでは，はじめに，開会に当たり，鹿児島県危機管理防災局次長の籠原が挨拶を申し上げます。

2 危機管理防災局次長挨拶

(鹿児島県危機管理防災局次長)

鹿児島県危機管理防災局の籠原でございます。

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の開催に当たりまして，一言御挨拶申し上げます。

皆様におかれましては，年末のお忙しい中，御出席いただきまして，心から感謝申し上げます。

さて，川内原発の運転期間延長については，当分科会において，今年1月から特別点検結果等について御議論をいただいているところでございます。

本日は，劣化状況評価結果の主要6事象のうち，低サイクル疲労，原子炉容器の中性子照射脆化について，九州電力から御説明をいただくこととしております。

皆様にはこれまでも熱心に御議論をいただいておりますが，本日も忘たんのない御意見を賜りますよう，よろしくお願い申し上げます。開会の挨拶とさせていただきます。

本日はよろしくお願い致します。

(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会議で御参加の方は，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) 劣化状況評価結果について

① 低サイクル疲労について

(釜江座長)

はい。座長を仰せつかっています釜江でございます。それでは今日も半日よろしくお願いいしたいと思います。

非常にタフな内容でございますので、早速議事の一つ目に移りたいと思います。

ただいま御紹介ありましたように、本日は、劣化状況評価の結果のうちの2項目ということで、まず低サイクル疲労について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)

皆様、おはようございます。

九州電力原子力経年対策グループの石井でございます。

本來說明に入る前に川内原子力総合事務所長の川江の方から一言御挨拶を述べさせていただくところではございますが、移動に時間を要しております、少し遅れております。申し訳ございません。

それでは本日は、運転開始から40年を踏まえた高経年化技術評価のうち低サイクル疲労及び原子炉容器の中性子照射脆化の評価結果等について御説明させていただきます。よろしくお願いいたします。

では、早速資料の説明に入らせていただきます。

(九州電力)

九州電力原子力発電本部の上村です。よろしくお願いいたします。

資料1を用いまして、川内原子力発電所1, 2号炉の劣化状況評価結果のうち低サイクル疲労について御説明させていただきます。

低サイクル疲労につきましては、第3回の分科会で30年目の評価を御説明させていただいております。今回は40年、劣化状況評価で特に変わったところを中心に御説明させていただければというふうに思っております。

ページをめくっていただきまして1ページ、目次でございます。この流れで御説明をさせていただきます。

2ページになります。第3回の御説明では国の審査会合資料を使用していたということもありまして、この辺り低サイクル疲労というところの御説明が余りしっかり書かれていなかったことも踏まえまして、概要を記載してございます。

少し読ませていただきますが、低サイクル疲労につきましては、プラントの起動停止等に受ける温度圧力により機器の構造不連続部等に局所的に大きな応力変動が生じ、それが供用期間中に繰り返された場合に、疲労割れの発生に至る可能性がある劣化事象でござ

ざいます。

このような応力変動の影響を考慮しましても、評価対象期間、今回運転開始後60年ですが、疲労割れの発生に至らないことを確認する必要があります。ここでは後ほど御説明しますが、原子炉容器を代表としまして具体的な評価を、その他の評価対象につきましては後段で代表機器以外の技術評価ということでお示しをしております。

ページをめくっていただきまして3ページになります。代表機器の選定につきましては、30年と同様ですが、まず低サイクル疲労割れにつきましては、先ほど申し上げた温度・圧力の変化によりまして、機器の構造不連続部等に応力が生じるということで、下の方、劣化状況評価書におけるグループ内代表機器の選定としましては、評価対象機器を構造（型式等）、あとは使用環境を材料に応じてグループ化を行っておりまして設備の重要度（高い）、あとは使用条件（温度、圧力が厳しい）等を考慮しまして代表機器をグループ内で選定しております。

代表機器の選定でございますが、少し繰り返しになりますが、今回原子炉容器本体を以降御説明させていただきます。

ページをめくっていただきまして4ページ目です。こちらに原子炉容器の評価対象部位をお示ししております。右の表でございますが、①から⑩ということで評価対象部位を10か所選定して評価をしております。少し小さくて見づらい部分がございますが、※1ということで後ほど評価の内容も御説明しますが、設計・建設規格に基づく疲労評価対象部位ということで大気中の評価になりますけれども、こちらをまず※1で記載しております。※2につきましては、これもJ SMEになりますけれども、環境疲労評価手法というのがございまして、こちらに基づく評価を※2で示している部分で評価をしております。

次の5ページ目になりますが、健全性評価の内容の御説明になります。適用規格等につきましては、30年前と変更ございませんで、日本原子力学会の原子力発電所の高経年化技術対策実施基準に基づき、以下に示しますJ SMEの設計・建設規格、あとは環境疲労評価手法、こちらを用いて評価をしております。

疲労評価に過渡条件が必要になりますが、その過渡条件の設定を3.に示してございます。過渡条件の繰り返し回数は実施基準に基づき、算出しておりますが、運転実績に基づく2019年度末、2020年3月までの過渡回数を用いまして、60年時点の過渡回数を推定してございます。

原子力容器につきましては、②で示しています上ぶた、それに伴います管台、空気抜き管、スタッドボルト、こちらを取り替えておりますので、未取替機器、あとは取替機器という形で、過渡回数の算出を分けてございます。

この過渡回数の算出の考え方も基本的には、30年目の評価と変わりませんが、後ほど御説明させていただきますが、この余裕というところが、それぞれありますけれども、この余裕の考え方が30年と40年で異なっている部分がございます。

その御説明を次の6ページ以降させていただきます。グラフを示してございますが、1号炉の過渡回数の設定のイメージ、これは停止の過渡があるのですけれども、こちらでお示ししております。まず運転開始が1984年7月ということで、それから東日本大震災のところの2013年1月の長期停止開始というところまでは年平均の過渡回数を実績頻度を

まずは考えてございます。長期停止期間がございましたので、下の帯の部分になりますが、1号でいきますと21回定検、この部分が②で記載しておりますが、評価上は長期停止期間として取り扱って、過渡の発生回数というのは0回にしております。

その後、再稼働を迎えまして、2020年3月まで実績の過渡を考えてございますが、③ですね、それ以降の部分になりますと、文書を書いてございますが、評価上、通常の断続運転、これは通常運転のことですが、通常運転状態が継続している期間として取り扱っております、①の期間における年間過渡回数に余裕を考慮した頻度で、過渡回数が発生するものと想定してございます。

30年目の評価は上のグラフで青い点線のような過渡回数の考えをしていたのですが、赤で示します傾きというのは実績頻度について、1.5倍の余裕を取っておりますが、30年目は1.0倍、40年目の評価1.5倍ということで、ここの過渡回数をより厳しめに評価しているものになります。

次の7ページになりますが、過渡回数の策定方針の特記事項を記載してございます。基本的な特記の内容は変わりございませんが、11番に先ほど申し上げました評価過渡回数の余裕について記載をしてございます。

繰り返しになりますが、評価用過渡回数というのは、年平均過渡回数に残年数をかけた後に十分な余裕ということで、川内1、2号炉につきましては、1.5という数値を採用して評価してございます。

以降、疲労評価に用いた過渡回数を示しますが、下側になお書きで記載してございますが、設定する過渡回数というのは、運転状態Ⅰ、通常運転の状態、あとは運転状態Ⅱ、供用期間中に予想される機器の単一故障等における通常運転状態の逸脱状態ということで、これも規定に決められているのですが、この過渡回数を計算してございます。

8ページ以降、過渡回数を記載してございます。まず8ページは、1号炉の1/4ということで、まずは未取替機器の疲労評価に用いた過渡回数を記載してございます。今回40年目の評価ということで、右の2列に30年目の評価結果との比較をしてございます。

9ページになります。9ページは未取替機器の疲労評価に用いた過渡回数のうち、運転状態Ⅱに基づくものになります。同様に、次のページ、1号炉の3/4ということで、今度は取替機器ということで、先ほど申し上げました上ぶた、それに伴います取替え箇所の運転状態Ⅰの過渡回数、11ページは運転状態Ⅱの取替機器の過渡回数を示してございます。同様に12～15ページは、その2号炉に相当するものをそれぞれ記載してございます。

実際の具体的な代表機器の技術評価を16ページから示してございます。今、御説明させていただいたところまでで過渡の回数が決まりました。ここから解析等によりましてピーク応力を求めて許容繰り返し回数というところを求めていきます。それに基づいて60年目の推定値との比を取りまして、疲労の係数を出していくというようなやり方ですが、そのやり方につきましては参考資料で、29ページに付けておりますが、また後ほど触れたいと思いますけれども、実際の技術評価の内容としましては、3.5から先ほどの過渡回数を踏まえて記載してございます。

設計・建設規格に基づき、大気中での疲労評価を行った結果、疲労累積係数、U_fと呼んでおりますが、これが1を下回ることを確認しております。また、もう一つ方法がござ

いまして、接液環境にある評価点につきましては、環境疲労評価手法というものをを用いまして、同じように疲労累積係数を求めまして、こちらも1を下回るということを確認してございます。

左下の表にそれぞれ1号炉の大気中の疲労累積係数、右側に環境疲労評価ということで、接液部については、疲労累積係数を出した結果を記載してございます。括弧の中に30年目との比較ができるように30年目の評価結果も記載してございます。

今回、17ページ以降、その中でも比較的高い疲労累積係数でありました出口管台の評価結果を少し詳細に記載してございます。1号機の例ですが、先ほど申し上げました設計・建設規格に基づき、評価点①～⑭と書いていますが、すみません誤記がございまして①～⑱になります。申し訳ございません。①～⑱につきまして、大気中環境での疲労評価を行った結果、先ほど申し上げたとおり、全ての評価点において許容値を下回る、1より小さいですけれども、それを確認してございます。

原子炉容器の出口管台において最大になったのは、赤字で右下の図に記載してございますが、出口管台の凹部ですね。17ページになりますが、ここが一番厳しいところでしたが、この係数としましては、0.042でございました。

また、ここにつきましては、クラッド施工していますので、接液部ではございませんが、右側の方のセーフエンドと書いている部分、上部胴、出口管台まではクラッドの施工がございまして、出口管台セーフエンドにつきましては、接液している部分になりますので、先ほど御説明しました接液部に関する環境疲労評価手法を用いまして、その中でもまず、大気中の疲労係数が高かった評価点①について、環境疲労評価手法を用いた結果、こちらの結果もU e nで示してございますけれども、0.001ということで、許容値である1を下回ることを確認してございます。

次のページですが、これまで分科会の場合でも特別点検を御説明させていただいておりますが、実際に実施しました特別点検のうち、先ほど申し上げましたノズルコーナーにつきましては、クラッド部の疲労を確認してございます。点検内容につきましては、6か所のノズルコーナーに対して、渦流探傷試験、ECTを実施してございます。検出精度としましては、1mm程度のECTを用いまして確認をした結果、1、2号炉ともこれまで御説明させていただいておりますとおり、有意な欠陥を認められてございません。

これから何が言えるかといいますと、もともと今の低サイクル疲労というのは、母材の疲労を確認してございますが、今回の特別点検の結果からも実際、ステンレスクラッドにおいても、疲労割れ等の有意な劣化というのが確認されておりませんので、母材部については、しっかりとステンレスクラッドにより適切に保護されているということが確認できておりますので、我々が先ほど申し上げました非接液部についての評価をしてございますけれども、この辺りの評価についても妥当であるというふうに考えてございます。

19ページ以降、現状の保全について御説明をさせていただいております。こちらも30年から大きく保全の内容が変わるものではございませんが、実際の原子炉容器の評価部に対する広がりでの保全というのは、原子力規制委員会の文書でございまして亀裂の解釈と呼んでおりますが、こちらと維持規格に基づいて、我々検査プログラムや試験方法、範囲というのを、供用期間中検査、ISIとして実施してございまして、それぞれ種々の方法、UTであったり、PT、目視検査を用いて健全性を確認してございます。

クラッドにつきましては、開放した時に目視点検を実施しまして損傷がないことを確認してございます。

次のページに実績を記載してございますが、これまでの点検の結果、問題がないということを実況保全の中で確認ができております。

今後の高経年化技術評価につきましては、実績過渡回数に基づく評価というものを引き続きやっていきたいというふうに思っております。

次の20ページに先ほど申し上げました現状保全のうち供用期間中検査，I S Iの内容を整理してございます。比較的至近の定検で1，2号とも確認ができておまして、定検の実績と年度を記載してございますが、それぞれ良好な結果を得ております。

21ページに総合評価を記載してございます。運転開始後60年の供用を想定した原子炉容器の疲労評価につきましては、累積係数が1を下回りまして、疲労割れの発生が問題となる可能性はないというふうに考えてございます。また、先ほど御説明しました特別点検におきまして、出入口管台においてE C Tを実施した結果、有意な欠陥は認められなかったということで、このことも疲労評価の結果の妥当性の確認の一つにできているというふうに思っております。ただし、疲労評価というのは、実績過渡回数に依存するものでございますので、今後も実績過渡回数の把握をしながら評価をしていく必要があるというふうに思っております。そういったところも踏まえまして、6.で高経年化評価への対応ということで記載してございます。

これまで御説明させていただきました疲労割れについては、実績過渡回数を継続的に確認をしていくということ踏まえまして、我々申請時に出しました施設管理方針の中にも実績過渡回数の確認を引き続きやっていきまして、運転開始後60年時点の推定過渡回数、我々が考えている過渡回数を上回ることがないかというのを引き続き確認していきたいというふうに思っております。

22ページ以降、先ほど原子炉容器で御説明させていただきましたけれども、代表機器以外の技術評価について御説明をさせていただいております。分類としましては、ポンプ熱交換機容器につきまして22ページに、配管につきまして23ページ。弁、炉内支持構造物、重要機器のサポート類につきまして24ページに記載してございます。いずれも許容値の1を上回るような疲労累積係数は確認されませんでした。

25ページ以降は、代表機器以外の現状保全の内容も記載させていただいております。先ほど申し上げました分類に対しまして、現状保全の内容とその至近の定検での結果を、25ページ以降、26ページ、27ページに記載してございます。

28ページになります。まとめになります。40年目ということで、原子炉規制委員会から実用発電用原子炉の運転期間の延長審査基準というものが出ていまして、これに基づいて評価をしていますが、その中で、低サイクル疲労というものにつきましては、要求事項としましては、先ほど申し上げた累積係数が1を下回ることということで、これまで御説明させていただいた結果のとおり、全ての部位で1を下回ることを確認してございます。説明は以上になります。

この後29ページ、先ほど申し上げました、低サイクル疲労の技術評価のフロー、30年目における機器の結果というものを御参考でつけております。30、31、32ページになります。33ページに応力解析、今回、評価に用いていますが、応力解析であったり、疲労累積係数

の算出というところを、参考のフローをつけております。スタッドボルトを除く部位と、スタッドボルト少し変えておりますので、最後のページ、34ページで、スタッドボルトの評価のフローをつけてございます。以上で説明を終了いたします。

(釜江座長)

はい。ありがとうございました。それでは、ただいまの御説明に対して、御質問、御意見等ございましたらよろしくお願ひいたします。佐藤委員、どうぞ。

(佐藤委員)

はい、佐藤でございます。どうも御説明ありがとうございました。幾つか確認させていただきたいことと、質問させていただきたいことがあります。

まず資料の29ページに評価フローが示されているわけですね。これを見ますと、フローの下から二つ目に、この疲労累積係数 U_f の総和を求めというふうに書いてありますので、この繰り返しピーク応力と、それから繰り返しの発生回数ですね。これを個々に計算をして、それを積算すると、そういう手法であるというふうに解釈されるわけです。その前の、これは8ページ以降ですかね。繰り返し回数の過渡回数ですね、これのリストがずっと載っているわけですが、結局、この表にあるこの回数にある繰り返し応力を掛けて計算すると。そういう単純化した計算ではなくて、実際にはそれぞれの過渡現象で発生する繰り返し応力というのはそれぞれ違うわけですので、それぞれに対して評価をした上で積算していると。それがフローチャートの趣旨なわけで、本来そうやって計算するというふうには理解しているわけなのですが、そこで食い違いがないということを確認したいと思います。

つまり単純化して計算したものではなくて、ここに評価したものの積算値として求めたのが、最終的に疲労累積係数として評価した値だと。そうになっているということを確認させていただきたいと思います。それが質問の一つ目です。

それから16ページ目の環境疲労評価手法による解析結果が表1の右側にあるのですが、こちらの方がより厳しくない数字になっているのですが、これの理由を説明していただきたいと思います。

それから三つ目ですが、今回評価する、評価した箇所ですね。これが4ページ目に10か所示してあるのですが、これは低サイクル疲労の観点から10か所抽出したということなわけですが、部位によって、この高サイクル疲労を受けるところもあるわけですよ。質問したいのは、この低サイクル疲労で疲労にさらされる部位と、それからこの高サイクル疲労にさらされる部位、それが重複する部位というのはないのだろうかということ。

例えばこの4ページ目の絵で言いますとこの①の冷却材入口管台。ここはちょっとPWRの知識がなくて申し訳ないのですが、かつてBWRではここに熱サイクル疲労が発生して、熱サイクル疲労というのは高サイクル疲労になるわけですが、それで亀裂が発生したという事象が1970年代に多発しているわけです。そのように高サイクル疲労と低サイクル疲労の条件が重なる部位というのはないのだろうか、という視点でレビューしたのだろうかというのが、三つ目の質問です。

それから最後、四つ目ですが、24ページ目に解析結果として0.915とか0.916という高い数字が出ている箇所があるわけですね。こういうところに対して、1を超えないということを確認するために、例えばこの数字がどこまで近づいてきたら、特に注意した検査をするようにするのかというような目安みたいなものをお考えであれば、その辺もお聞かせいただきたいということです。以上です。

(釜江座長)

はい。ありがとうございました。四つ質問があったと思いますが、よろしく願いいたします。

(九州電力)

九州電力の上村です御質問ありがとうございます。

まず29ページのフロー図の下から2番目、Uf値の総和というところのお話ですが、佐藤委員のお話されたとおりでございます。過渡回数どおり、それぞれ応力を求めて、また、実際の繰り返し回数というのも過渡ごとに決まりますので、その比を求めまして、最終的に足し込んで、1を超えないかという形で、いろいろな過渡に対する係数を出しまして、最終的に累積係数として出しているということになります。

二つ目に頂きました、16ページでいきますと、実際に接液部に対して評価を行っております、環境疲労評価手法の方が低くなっているという理由でございますが、環境疲労の評価につきましては、環境効果補正係数というものをを用いております。実際に先ほどまで御説明させていただいていたUfの方ですね。Ufに対して先ほど申しあげました補正係数というものを掛け算するのですけれども、実際にこの補正係数というのが、例えば一次系冷却材に含まれます溶存酸素であったり、環境の温度、材料の利用の含有率、こういったものを踏まえて算出するケースになります。ですので、それらと過渡の組合せというところを評価しますと、RVについては、この0.01とか0.004という結果になったということになってございます。後ほど、先ほど頂いていました弁の方とかは高いのが出ている部分もありますので、それぞれの環境に応じた係数を算出しますので、低くなったり高くなったりするものになります。

三つ目の高サイクル疲労との重畳でございますが、先生がおっしゃったとおり、熱成層とかキャビティフロー、こういったものが高サイクル疲労の対象になる。あとは高サイクルで言えば、回転機器の軸だったり、そういったものも高サイクルとしてありますけれども、我々劣化状況評価を行う中で高サイクルという事象についてもしっかり確認をしております、PWRのRVにつきましては、高サイクル疲労を考慮すべき部位というのはないというふうに考えてございます。なので、低サイクルと高サイクルが重畳する部位としてはございませんので、そのような評価になってございます。もちろん配管とかポンプ、こういったものは高サイクルとして確認しているものはございますけれども。そういう状況でございます。

最後の御質問になりますが、24ページ。具体的な設備名で言いますと、蓄圧タンク出口第2逆止弁弁箱ということで、1、2号とも環境疲労評価手法が1に近いという状況になってございます。RVと違いまして、ここは環境疲労の方が高い状態になってございます

が、先ほど申し上げました趣旨のパラメーターがございまして、違うという部分と、この弁につきましても、実際に評価をしています過渡の中で、我々川内としては未経験ですけれども、蓄圧タンクの例えば出口弁の誤動作であったり、一次系冷却材の異常な減圧と、こういったものを過渡として考慮してございます。これらが先ほど申し上げました余裕というところを踏まえると、我々こういった未経験の過渡も1回という形で評価をしているのですけれども40年、1.5倍をしますので、1.5という数字でなく2倍というものを使っています、非常にこの過渡が影響しているというところがまず一つでございます。

御指摘のとおり1に近づいてきた時にどうするかというところでございますが、我々先ほど申し上げたとおり、今から運転をしていく中で、評価をしました先ほどの過渡が変わりがないかというところをずっとウォッチしていくことにしてございます。ですので、先ほど申し上げた出口弁の誤動作であったり異常な減圧、これらが未経験ではあるものの、出てきた時に1を超えるということになりますので、そういうものが出てきた場合には、先生がおっしゃったとおりどういった確認をすべきか、もちろん異常な過渡を経験しましたら取替えも含めて、そういった保全というものをその時にしっかり考えていくものというふうに考えてございます。以上になります。

(釜江座長)

はい。ありがとうございました。佐藤委員いかがでしょうか。

(佐藤委員)

はい。結構だと思います。どうもありがとうございました。

(釜江座長)

はい。ほかに。守田委員。

(守田委員)

九州大学の守田と申します。御説明いただきましてありがとうございました。

一つ教えていただきたいのが、今日御紹介いただいたのは、プラントの起動停止に伴って、材料にどのように疲労がたまっていくかを、疲労累積係数という形で評価された結果についての御紹介だったと思います。

この経年劣化による疲労累積係数に、想定を超えるような地震によって発生する荷重が重畳した場合に、どのような信頼性の評価になるのか、この部分について御紹介をいただけますでしょうか。よろしく願いいたします。

(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。御質問ありがとうございます。

今回、例えば8ページ、9ページに運転状態Ⅰ、Ⅱの過渡を記載してございます。御指

摘のとおり、この中に地震というものはございませんが、実際には劣化状況評価と併せて各部の地震による影響というものも評価をしてございます。なのでここに挙げています部位につきましては、実際に地震が起きた時の疲労の係数というものも確認をしております、それらが1を超えないということも併せて確認をしているものになります。簡単ですが、以上になります。

(守田委員)

分かりました。ありがとうございます。

もう一つ、先ほど佐藤委員の方からの質問の中でも出てきましたが、高サイクル疲労のお話については、少し口頭で今日御紹介いただいたのですけれども、この分科会では特に高サイクル疲労の評価結果については、御紹介いただく予定はないのでしょうか。

(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。

もちろん劣化事象としましては、申し上げたとおり高サイクル疲労の確認をしてございます。ただ、我々が劣化状況評価を行っていく上で日常の保全であったり設計の段階である程度対応ができていく事象というものにつきましては、別途評価しているのですけれども、対応が可能、いわゆる低サイクルとか脆化とか、IASCCのように、応力の評価というよりもそういった設計、あとは保全でカバーできる範囲に入っているということで、それを考えて今回御準備をしていないということになります。以上になります。

(守田委員)

承知しました。どうもありがとうございました。

(釜江座長)

よろしいでしょうか。すみません、ちょっと確認、先ほど地震に対しても、多分川内はそんなに大きな地震荷重を受けたことはないと思うのですが。やっている、やりますという話でしたか。

(九州電力)

はい。やって評価をしてございます。

(釜江座長)

やっているということですね。はい、ありがとうございます。ほかに。大畑委員。

(大畑委員)

大阪大学の畑です。御説明ありがとうございました。

今回、疲労累積係数を算定するに当たって応力解析をされているということですが、資料の中にこれが弾性解析なのか、弾塑性解析なのか、そういった記述が見当たらなかったように思いますので、どういう解析をされているかということをお教え下さい。加えて、実際には各局所的なところに生じている応力は、やはり弾性域で収まっているものだったのかどうかということをお教えいただきたいと。

もう一つは、この疲労累積係数の意味が、結局先ほど説明いただきましたけれども、許容回数に対する実回数の積算ということで、いわゆる分母が限界繰返し回数でなくて、ある許容繰返し回数を設定されているかと思えます。その意味、思想をお話していただいた方が、疲労累積係数が今回のほとんどの結果で1を大きく下回っているのですけれども、例えば1に近くなった時には、壊れる限界に近い状態になっているのかという誤解も招くようなことにもなるかと思えますので、許容値としてどういうものを設定されているかということのお話はあった方がいいかなと思いました。

(釜江座長)

はい。ありがとうございます。九州電力さんよろしくお願いたします。

(九州電力)

九州電力の上村です。

まず一つ目の御質問についてですけれども、恐らく弾性だったと思えますけれども、詳しくしっかり正確に御回答させていただきたいというふうに思えますので、また御回答させていただければと思えます。実際の繰返し回数、分母にくる繰返し回数というものにつきましては、先生がおっしゃったとおり許容の部分になります。限界ではなく許容ということになります。それらの思想については、それぞれの過渡に応じてちょっと違いがございますので、また先ほどの御質問と併せてその辺の考え方を、また改めて御説明させていただこうかと思っております。許容であることは間違いございません。

(大畑委員)

そうですね。その方が一般の方にも誤解なく意味が伝わるのではないかと思いますので、よろしくお願いたします。ちなみに、分母に関しては、固定値を使われているのかどうかということも併せて後日教えていただければと思えます。いわゆる限界値、そしてそれに基づく許容値というものが、何十年たっても同じ値を使い続けているのかどうかということですね。よろしくお願いたします。

(九州電力)

承知いたしました。ありがとうございます。

(釜江座長)

それは次回でよろしいですか。

(九州電力)

すみません。九州電力本店からよろしいでしょうか。

(釜江座長)

はい。どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店の牟田です。

大畑委員の一つ目の御質問について補足させていただきます。資料の33ページを御覧ください。資料33ページで評価の流れ、フローを示しておりますが、弾性解析なのか弾塑性解析なのかという御質問ですが、フローの左下の方、通常は弾性解析を行うのですが、弾性域を超える場合については、詳細に簡易の弾塑性解析を行いまして、満足するかということの評価しています。補足は以上になります。

(釜江座長)

ありがとうございます。すみません、ちょっと聞き逃したのですが、資料のどこでした。

(九州電力)

資料1の33ページです。

(釜江座長)

資料1のですね。

(九州電力)

その33ページです。

(釜江座長)

ありがとうございます。

(大畑委員)

結局、今回は弾塑性解析に至らないようなものばかりだったということによろしいですか。

(釜江座長)

いかがでしょうか。どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店の牟田です。

その認識で間違いございません。

(大畑委員)

ありがとうございます。

(釜江座長)

佐藤委員どうぞ。

(佐藤委員)

佐藤でございます。

今、九州電力さんが回答を保留にされたことだと思うのですが、私の理解では、累積係数が1の状態というのは亀裂が始まる状態というふうに、少なくともアメリカではそのように定義しているのです。確か九州電力さんの資料にもそのような趣旨で書いてあったようにちょっと見受けたのですが、なぜ今それについて保留されたのか、ちょっと不思議に思ったのですが、普通は累積係数1というのは亀裂の始まりというふうなことだったと思うのですよね。それを本当に保留されるのですか。

(釜江座長)

いかがですか。

(九州電力)

九州電力本店からよろしいでしょうか。

(釜江座長)

どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店から牟田です。

おっしゃるとおりでして、設計疲労線図を元に、その線に至りますと疲労が発生するというしきい線になりますが、それに余裕を持った値でもって、許容回数の分母を定めております。以上でございます。

(釜江座長)

疲労割れの発生ということですね。

(九州電力)

九州電力本店から牟田です。

そのとおりでございます。それを今回の資料に記載しておりませんので、それをちょっと保留させていただいております。以上でございます。

(釜江座長)

佐藤委員いかがでしょうか。

(佐藤委員)

ちょっと私も定かでないのですけれど、何かそういうことを、亀裂の発生というふうに読めるような記載がどこかにあったような気がしたのですけれども、ちょっと私の気のせいかもしれません。

(釜江座長)

21ページの総合評価のところ「疲労割れの発生が問題となる」と書いてありますがそこではないですか。

(佐藤委員)

そこだったと思います。

(釜江座長)

発生が問題ということ、発生するということと同じなのか同義なのかちょっと分かりませんが、意味はそれでよろしいのですか。九州電力さん。

(九州電力)

九州電力の上村です。

意味としてはそうなりますが、もともと用いているのは先ほどの牟田と重なりますけれども、許容繰り返しというところになりますので、その許容の部分が限界かというところの考え方の部分を整理させていただきたいということで、ちょっと保留にさせていただいているものになります。

(釜江座長)

佐藤委員よろしいですか。「許容」で縛っているのです、それを超えればすぐ割れが発生するという話ではないと。そこに安全率があるということらしいですが。佐藤委員、アメリカとの違いがあるのかどうかちょっと私も存じ上げないのですが、いかがですか。

(佐藤委員)

どうなのですかね。亀裂が発生したからたちまち壊れるというわけではないというのは、もう常識ですよ。そこからどこまで亀裂が進展していったら、もつのかもたないのかと、そういう判定にいくものだというふうに理解していますので、私は、特にこの疲労累積係数が1になったということが、その機器として限界を迎えたというふうには解釈していなかったのですけれども。今問題になったのは、U f、疲労累積係数が1になったら、もうこれは本当に破損するぎりぎりのところじゃないかと、そういう誤解もあるかもしれないから明確化した方がいいでしょうという、そういう話だったわけですので、そこはもっと明確にお答えしてもらってもよかったのかなというふうに思ったので、ちょっと提起させてもらったわけなのです。

(釜江座長)

ありがとうございます。ちょっと何かコメントありますか。九州電力さん。

(九州電力)

九州電力の上村です。

佐藤委員，ありがとうございます。我々もその趣旨で今後資料を明確に作らせていただきます。ありがとうございました。

(釜江座長)

多分1に近い時には少しその辺が問題になってくると思うので，よろしくお願ひします。

(後藤委員)

すみません。

(釜江座長)

後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。

疲労のことなのですが，私も機械設計の方で疲労のことをやっていたことがあります。疲労というのは，御承知のように繰り返しのために，亀裂の発生を基本的に見るわけですが，その時にある材料を持ってきて，それに亀裂が発生して破断って，その距離ですね。発生から破断までの。材料でいくともう破断で見ているのですけれど，それは構造体の方としては亀裂の発生というふうに考える。

その時に，安全率として応力で大体2倍ですか。繰り返し数で20倍とかそういう非常に幅のある判断をしている。だから余裕があるのだと。佐藤委員がおっしゃったように余裕がある。それはそのとおりだと思います。

ただし，今の累積疲労係数，例えば1に対してという話になった時，設計する立場から考えると，通常はそれが0.00幾つとか小さい値はもちろん全然問題ないでしょうけれども，1桁になる，0.幾つとなってきた時には非常に注意をするというのは常識だと思います，疲労をやっている人にとって。

その上でいろいろなことを申し上げますと，私の経験ですけれどもね，私はダムの水門といいますか，スクリーンのですね，そのデータを取って振動解析と疲労解析とシミュレーションと全部やっていたのです。その時に，大体これだと30年から50年はもつというシミュレーションで出ていたのです，答えが。ところが，それが10年以下で壊れています。私困ってしまって，どうしたかといいましたら，やはり一つは，疲労そのものが本当に通常の評価であるか。今回はその議論はいいのでしょうけれどもね，腐食疲労だったのですね。

そうすると，腐食が絡んだ疲労ってそういうことがあるんだとか，そういうことから桁違いにずれてくることがある。通常，鉄鋼材料は，いくら繰り返し数を増やしても，疲労

が発生しない疲労源があるが、腐食疲労では疲労源がない。つまり言いたいことは何かというと、疲労そのものがすごく分かりにくいことと同時に、いろんなモードが入った時に難しくなるというのがあるだろうと。だから、値が小さいから大丈夫だというものの見方だけではちょっと、もちろんそれ自体を否定はしませんけれど、今回の場合はこうだと認めますけれども、ですけれども注意しなければいけない部分がある。

実際に結構軸が疲労でやられていますよね。あれは設計上はそのようなことは起こり得ないと考えてやったのですけれど、実はよく調べていくと非常に亀裂が発生しやすいところがあって、たまたまね。それによって、あと荷重の方もあるかもしれませんが、そういうことで実際疲労というのが起こる。

実際の産業で損傷事例を見ますと、材料の疲労というのはいわゆる圧倒的に多いわけですよ。疲労強度によるのがものすごく多いわけですよ、機械では。それは常識なわけですね。そう考えると、原子力の場合には非常に通常よりはよくやっているとは、そここのところは検討しているとは思いますが、余り安易に見ると非常に危ないというのが私の認識です。もしそれがなければ、軸が切れるなんてこと、結構大きな軸ですからね、あれが疲労でやられるなんてことはありえないでしょう。これは何かというと、最初の予測ができていなかったということに尽きるわけですから、そういうことをもって大丈夫だということより、むしろどこがどうなったら危ないかということを知るのが一番大事じゃないか。その上で、今回はそれを見たところ大丈夫だったと、そういう意味になると思うのですね。すみません、余分なことを言いました。

(釜江座長)

ありがとうございます。非常に良い示唆だと思いますが、そういうところは長期計画と見えますか、保守計画と見えますか保全計画と見えますか、そういうところでしっかりと見ていくというのが大事だと思いますが、何かコメントよろしいですか。九州電力さん。

(九州電力)

ありがとうございます。大変参考になります。我々もおっしゃるとおり、これが1を切っているからもう大丈夫だというふうに思っていることはまずなくて、併せて御説明させていただきました現状保全であったり、先ほど回転機器につきましては我々も疲労というところに着目して振動の解析、振動を採取したりしてございますので、また引き続きそういった一面的な見方ではなくて、全面的に見て対応していきたいというふうに思っております。ありがとうございました。

(後藤委員)

すみません、一言だけちょっと付け加えさせてください。

(釜江座長)

どうぞ。

(後藤委員)

BWRの方で大型の再循環ポンプが壊れた、疲労でやられたものがあるのですけれども、その時を考えてみますと、本来はすぐ止めてやればよかったですけれども、ずっと引きずってしまったわけです。そうすると、何を言いたいかというと、疲労で大丈夫だと思っていたのだけれど、それがたまたま何か、例えば共振して振動が増幅するとか、とんでもない状態が入って、それをすぐ気が付けばいいのだけれど、見落としてそのまま続けると、結果としてなるというパターンといいますかね。

それが一番起こり得るといふふうに私は認識してまして、もちろんほかのパターンもあるかもしれませんが、ですからそういうところをどうやってそういうことにならないようにできるかという保全の計画が大事だろうというふうに、私は老婆心ながら思っております。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございます。

渡邊委員。

(渡邊委員)

渡邊ですけれど、前にも申し上げたのですけれども、原子力の材料の環境というのは非常に複雑な環境で、単に今回のように低サイクルの疲労という現象ではないのですね。例えば中性子もやってきますし、その高サイクルの疲労ももちろん付加されますし、熱時効の現象というものもやってくるわけですよ。これは経年化技術評価の不備と私思っているのですけれども、そういうものの評価というのがやられていなくて、低サイクル疲労だとかこういうふうな評価になってくるわけですよ。

その時に、ある一定の裕度で評価しなさいということですが、最終的にはいろいろな現象を理解した上で、この裕度が正しいかということ議論しないといけないのですけれども、それは電気事業者さんとしてどういうふうな考えですか。

(釜江座長)

よろしいでしょうか。九州電力さん、よろしく申し上げます。

(九州電力)

九州電力の石井でございます。

渡邊委員がおっしゃっています各劣化モードの重畳とかそういうところは、今後やはり注視していかなければいけないところだと思いますけれども、現状のところ、例えば照射脆化と低サイクルが重畳して何か劣化が起きたかということ、現状点検の結果等を確認しましても見られておりません。ただ、今後そういう何か劣化モードを確認せねばならないところが明確になってくるようであれば、それは対応しないといけないと思っておりますし、そこら辺は研究成果とか各情報を、今後電気事業者として注視してまいりたいと思っております。

(渡邊委員)

よろしいですか。

(釜江座長)

どうぞ。

(渡邊委員)

今回は、熱サイクルの疲労ということで照射脆化は関係ないと思っているのですけれども、例えば熱サイクルの疲労だって、ここで言う出入口管台は溶接しているわけですよ。溶接しているところは、ステンレスの溶接部というのはフェライトとオーステナイトがあって、フェライトは熱時効によって非常に脆くなるという現象というのは、非常によく知られている現象、何十年も前にもう知られている現象で、そういう熱時効という現象というのがあって、ニュートロンもやってくるわけで、その部位は割れるという現象は、非常によく分かっている現象ですよ。

それを何と言うのかな、現象として現れていないから我々は知りませんというふうに聞こえるのですけれども、それは間違っているのではないですか。例えばフェライト系の熱時効という現象は、もう原子力が始まる前からよく知られている現象ですよ。違いますかね。

だから、例えば下の方の炉内計装管というのは、これも溶接しているわけで、いろいろなところでウォータージェットピーニングだとかというふうな応力を調整しながら、どこの原子力発電所も保守管理というのをやらないといけない状況になっているわけですよ。ある一定の高経年化が進んだものに対しては。それをこういうふうに低サイクル疲労で、何と言うのかな、全体を調整して1より下回っているというふうな評価をすることが、本当に合理性があるかということをやったり示してもらいたいのですね。

(九州電力)

九州電力本店からよろしいでしょうか。

(釜江座長)

どうぞ。

(九州電力)

九州電力の本店の牟田です。御指摘ありがとうございます。

先ほどの重畳に関してなのですが、中性子照射脆化との兼ね合いはどうかということなのですが、次の資料2になるのですが、資料2の2ページ目を御覧ください。御指摘のようにフェライト系の材料等を使っておりますが、2ページ目の1ポツの記載なのですが、炭素鋼、低合金鋼などのフェライト鋼の材料は、言われますように中性子の照射により強度、硬さが増加するということになっています。

そのかわり延性、脆性の方が低下するということで、照射を受けることによって、今回の低サイクル疲労に関しましては、強度が増すという方向に働くと考えております。疲労上としてはですね。

ですので、良い面、悪い面があるのですが、低サイクルと考えましても、良い方に働くというような考えもあります。ですので、現状の保全等でそういう有意な欠陥とかそういうものは発見されていないのですが、今後も研究成果等、いろいろ知見を確認しまして、保全・評価等に展開していきたいと考えております。以上でございます。

(渡邊委員)

よろしいですか。原子力の方にこういう質問すると必ずそういうQ&Aができていますね。原子力材料というのは、使えば使うほど材料は脆くならず、大丈夫だというふうな誤解を受けるわけですね。それは間違っていますよね。

ここでは基本的には、鉄鋼材料ではなくステンレスの話だと思って、照射脆化の話をしなかったのですが、例えば熱の時効はどういうふうにお考えですか。熱の時効とニュートロンとの重畳効果、それは本店、どうお考えですか。

(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。こちらからよろしいですか。

(釜江座長)

すみません。まず、会場の方から。はい、よろしく申し上げます。

(九州電力)

先生のおっしゃる中性子照射脆化と熱時効の重畳につきましては、以前より御指摘を頂いておりまして、先ほどちょっと石井の方からもありましたとおり、資料でもう一度御回答させていただいているのですが、やはりちょっと我々も分からない部分があり、引き続きその辺りは知見を収集していかないといけないとは思っているところです。

今、何か明確に回答があるわけではないのですが、実際に時効とあとは、先ほど少しウォータージェットのお話を頂きましたけれども、SCCですね。こういったところにつきましても、引き続きそのような検討をしていく必要があるのですが、第3回の分科会の中で一度、ここのお話を頂いておりまして、低サイクルの部分と中性子照射脆化、あとは低合金鋼部分にはなりますが、熱時効との重畳、あと、出入口管台につきましては応力腐食割れ、あと、クラッド下割れという、川内で経験はありませんが、ほかの海外プラントで経験がありましたので、そういったクラッド下割れ、UCCと呼んでいますけれども、あと全面腐食と。こういったものとの重畳についての御回答を一度、分科会の中で御説明をさせていただいておりますので、我々としては、低サイクルとの重畳という意味では、ないのかなと。

ただ、おっしゃるとおり、脆化と熱時効、特にステンレス溶接部材、我々としては、フェライト量としてはそんなに高くないというところで現状問題ない、あとは、我々炉心領域とノズルコーナー、それとECT、UTをやって、割れが出ていないというところから

考えると、現時点で直ちに問題になるものはないというふうに考えていますけれども、そういうのははっきりと分からない事象については、引き続き知見を収集していきたいというふうに考えております。以上になります。

(渡邊委員)

知見を収集するのはもちろんですが、今60年先での議論をして、その裕度が本当に正しいのかということをやっているわけですね。そういうふうな議論がもう進んでいるわけで。やっぱりしっかりやらしてもらわないと、裕度の議論になっているわけですから。分からない知見がたくさんあって、本当に裕度がこれでいいのかということを示してもらわないと困るのですね。

基本的には、我々は構造物（例えば橋）の議論をしているわけではなくて、原子力ではいろいろなものが重畳している環境下での裕度を出さないといけないわけで、そこはやっぱりしっかりと対応するというか、それは電力会社、国も含めての対応になって、そこがやっぱりやっていないのですよ。

今の高経年化技術評価そのものが、そこはあなた方が中心になって、こういう状況になっているというのを国に対して要求したり、あるいは県が要求するのかもしれませんが、足りない問題に関してはやらしてもらわないと。我々もいろいろところで言っているのですけれど、なかなかそれがやらしてもらえないという状況にあるわけで。そうしないと議論が進まないというか、裕度が決定できないのですね。以上です。

(釜江座長)

はい。ありがとうございます。この件は私も専門でないのですが、以前の30年目のPLMの説明の時から重畳の話はあって、今、渡邊委員からも高経年化技術評価そのものに不備があるというような話もありましたし、ここの検証というのは、そういうことを規制委員会にもそうですし、九電さんは別途事業者としては、前向きにいろいろ考えなければいけないとともに、今後規制委員会にこの検証結果を出す上でも非常に重要な話だと思います。

ただ内容が非常に大きいですね、高経年化技術評価の不備ということが本当にあればそれは九州電力さんだけの問題ではないので。少し九州電力さんには考えていただくとともに、今後この検証結果をまとめる中でも非常に大きな問題かなという今印象を持ちました。今後また御相談させていただけたらと思います。

九州電力さんは今、渡邊委員からの御示唆があったので、その辺を含めて、非常に難しい問題なのかもしれませんが。やはり20年間延長するということで60年目までの評価をするということですから。そこは高経年化技術評価そのものが現状、それでいいのかどうかという指摘があったということは非常に大事な話なので。今後このまとめの中でも議論させていただけたらと思います。はい、後藤委員どうぞ。

(後藤委員)

すみません。簡単に一つだけ疑問といいますか、気になっているのは、今の評価する時に外力による評価と、熱応力もありますけれども、あと溶接の先ほどのお話の、材質もあ

るけれど、荷重で溶接残留応力がどう影響するかとか、そういうことは評価、ちゃんとできているのでしょうか。つまり疲労については、溶接残留応力が影響あると思いますので内力として。それはどういうふうに評価されているかと、ちょっと出てこないのが非常に気になったのですけれど。

(釜江座長)

いかがでしょう。九州電力さん。本店どうぞ。

(九州電力)

はい。九州電力の本店の牟田です。

溶接による残留応力については入っていると思われませんが、ちょっと再確認させてください。以上でございます。

(釜江座長)

はい。よろしく申し上げます。次に大きな問題もございますので、まずこの件についてはここまでということで、また後ほどもし御質問があれば、また事務局の方によろしくお願いいたします。

②原子炉容器の中性子照射脆化について

(釜江座長)

それでは引き続きまして、議題の二つ目でございます。これも劣化状況評価結果についてということで、非常に重要な原子炉容器の中性子照射脆化について、まず九州電力さんの方から御説明をよろしく申し上げます。

(九州電力)

九州電力の原子力発電本部の上村です。

引き続き私の方から資料2を用いまして、川内原子力発電所1, 2号の劣化状況評価結果のうち、原子炉容器の中性子照射脆化につきまして御説明をさせていただきます。

今回、次の1ページ、目次になっておりますが、この流れで御説明させていただきますが、資料の後段で補足説明資料、そのあとシャルピー衝撃試験結果、参考資料3では靱性の結果、4ではビッカース硬さ、参考資料5ではアトムプローブ測定及びTEM観察結果ということで、我々としては出せる限りの情報をこの資料に織り込ませていただいておりますので、その辺りも用いながら御説明させていただければと思っております。

次のページ、2ページからになります。中性子照射脆化の評価の方法等につきましては、30年の時から基本的に変更はございませんので、前回第4回で御説明させていただいておりますが、そこからの追加部分等について御説明をさせていただければと思っております。2ページの中性子照射脆化の概要につきまして変更はございません。脆化の御説明をさせていただいている部分になります。

3ページ、評価点の抽出ということで、この評価点につきましても基本、変更はござい

ませんが、実際、中性子照射量が高いほど関連温度が上昇し、上部棚吸収エネルギーが低下するということを踏まえまして、中性子照射量が 1×10^7 n/cm² を超える部位ということで、炉心領域の下部胴部分になりますけれども、こちらを評価対象としてございます。

これまで1号炉の部分を参考で第4回分科会で御説明させていただいておりますが、今回1, 2号炉ということで、2号の情報を追加してございます。当然ながら後段の表にあります中性子照射脆化に与える化学成分というものは、前回から1号について変更はございません。2号を新たに載せております。

4ページより健全性評価のページになりますが、まず監視試験結果ということで、30年目の時につきましては、1号は第4回、2号は第3回のものまでお示しさせていただいております。40年の評価につきましては、1号は第5回、2号は第4回の監視試験結果までございますので、そのデータを追加してございます。

6ページになりますが、関連温度の評価を記載してございます。J E A C 4201-2007/2013年追補版を使用し、国内脆化予測法によります関連温度予測値及び監視試験結果から、当該部位の中性子照射脆化につきましては、国内予測法に基づきマージンを見込んだ値を逸脱しておらず、特異な脆化は見られないということを確認してございます。

国内脆化法によります関連温度予測値を下表、脆化に対する関連温度の国内脆化予測法による予測と監視試験の結果というものを次ページ以降、グラフにしてお示しをしております。1号、2号、このような値になってございますが、次のページを見ていただきますと、中性子照射脆化に対する関連温度の国内脆化予測式による予測と監視試験結果ということであらうとすみません、左に監視試験結果、右に予測という形でお示しをしております。

まずは7ページでいきますと母材ということで、左のグラフになりますが、縦軸が ΔR_{TNDT} の移行量を縦軸としまして、右に中性子照射量ということでお示ししております。第1回取出しから第5回の監視試験片まで、黒い実線がマージンを含んでいますけれども、その中に入っているということを確認してございます。右のグラフが実際の予測のグラフとなります。

8ページにつきましては、溶接金属においても同様の結果をお示ししてございます。溶接金属につきましても同様に予測の範囲内にあることを確認してございます。

9ページ以降、2号炉のものになりますが、2号も同様に1回から4回まで範囲内に母材、溶接金属、10ページになりますが、母材とも予測の範囲内に入っているということになってございます。

11ページより、上部棚吸収エネルギーの評価を記載してございます。こちらも国内プラントを対象とした予測式が J E A C にございまして、そちらを用いて評価をしております。その結果、4206、「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」という中に要求がございまして、68 J 以上というところが要求事項になりますが、こちらを満足していることを確認してございます。下表がその予測式の結果になります。

12ページからは3-4ということで、加圧熱衝撃の評価を記載してございます。P T S 評価になりますが、この評価の内容も30年の時の手法自体は変わりございませんで、真ん中ほど、「ここで、」というところからございますけれども、T p という個別の定数を算出してございますが、これらの結果というものは、2019年度の末におけます値としまし

て、1号炉は58、2号炉は66、またプラントの運転開始後60年における値としましては1号が89、2号が95という数値となっております。健全性評価の方法も当然ながら30年と変わりませんで、 K_{Ic} と呼ばれます、少し省略してしまいましたが、実測の破壊靱性は K_{Ic} と、PTSの遷移曲線、応力拡大係数 K_I ということで比較をしてございますけれども、 K_{Ic} が K_I よりも大きいということで問題ないというところを確認しております。

次の13ページに、具体的にそれらを実測したグラフを載せております。いずれも K_{Ic} の曲線が右下の K_I の曲線、材料自身の持つねばり強さを K_{Ic} としておりまして、脆性破壊を起こそうとする値を K_I としておりますが、それらが接していないというところをもって、脆性破壊が起こらないというふうに評価をしてございます。

次の14ページになりますが、低サイクルと同様、中性子照射脆化に関わる特別点検というものを実施してございまして、点検内容としましてはこれまで御説明させていただいておりますとおり、炉心領域、実際はもう少し広い範囲を取っておりますけれども、そちらにつきまして超音波探傷試験UTを実施してございます。

本UTの精度としましては5mm程度ということで、全炉心領域を100%に対して実施した結果、PTSの評価に影響を与えるような有意な欠陥というのは認められてございません。

これらの結果より、我々が今、PTSの評価というものを実施してございますけれども、その評価に影響を及ぼすような欠陥というものがないことも併せて特別点検で確認してございます。

15ページになりますが、RVの脆化に係る部分の現状保全というところで記載をしてございます。1号炉につきましては、先ほど第5回まで試験をしているということをお説明させていただきましたけれども、当初監視試験カプセルというのは6体装荷をしてございまして、現在まで5体取り出しております。将来の運転期間に対する予測をこれらで行っていると。2号につきましては、6体中4体を取り出して評価を行っております。

後ほど参考資料の中に入れておりますけれども、監視試験の結果からですね、JEAC 4206を用いまして運転上の制限として加熱冷却運転時に許容する温度、圧力の範囲というものを定めてございます。加熱・冷却制限曲線のいわゆるP-Tカーブと呼んでおりますけれども、こちらを用いて耐圧漏えい試験時、運転時、それぞれの制限を設けて運用をしてございます。運転開始後、60年で関連温度を想定しまして通常の一次冷却材、一次冷却系の加熱冷却時の温度圧力制限と、また、RCPに対する、繰り返しになりますけれども供用中漏えい、若しくは開発検査の最低温度についても評価をしてございます。

これらの温度圧力の制限に対して、先ほど申し上げましたとおり、起動停止の工程に基づく曲線と試験時の曲線というものをを用いて、発電所では順守範囲というものを想定しておりますけれども、それぞれですね、通常運転時、試験時において、制限範囲を遵守可能である範囲に入っているというところを確認しております。後ほど参考資料でお示しいと思います。

後は16ページに保全のお話、引き続き書いておりますけれども、RVにつきましては、クラス1の供用期間中検査、ISIとしまして維持規格に基づいてUTを溶接部に対して実施してございます。その結果を下の表にまとめてございますが、それぞれカテゴリーを分けておりますけれども、溶接の部分についてUTを実施して、問題がないことを確認

してございます。

17ページになります。総合評価としまして、これまで御説明させていただきました健全性評価の結果から判断しまして、現時点の知見において、胴部、炉心領域部の中性子照射脆化が機器の健全性に影響を与える可能性はないというふうに考えてございます。

胴部材料の機械的性質の予測は、監視試験により把握できているというふうに考えておりました、また有意な欠陥等がないことというものも、UTにより確認をしているということで、保全も引き続きこの内容で適切に実施していけば、適切であるというふうに考えてございます。

高経年化の対応としまして、胴部の中性子照射脆化に対しましては、維持規格に基づき、定期的にUTをこれまでどおり実施していきます。また、監視試験片の結果からJ E A C 4206に基づきまして、運転上の制限としまして、加熱冷却運転時に許容し得る温度圧力の範囲及び試験時の温度というものを設けて運用していくこととしております。

なお、健全性評価の結果から胴部の中性子照射脆化が原子炉の安全性に影響を及ぼす可能性はないというふうに考えておりますが、今後の原子炉の運転サイクル照射量を勘案しまして、1号は第6回、2号炉は第5回の監視試験の実施計画というものを今後策定していきたいというふうに考えておりました、こちらにつきましては、運転延長の申請をした際に施設管理に関する方針として策定をしているものになります。

18ページにまとめとして記載しておりますが、低サイクルと同様、審査基準の中に中性子照射脆化に関する要求事項が三つございまして、PTSの評価、健全性に問題がないこと、中段、上部棚吸収エネルギーの評価の結果、健全性に問題がないこと、遵守可能な温度圧力の制限範囲が設定可能であること。この三つが要求されておりましたそれぞれ先ほどまでに御説明させていただいた内容から基準自体を満足できているということも併せて確認をしてございます。

19ページ以降、参考資料をつけさせていただいております。詳細な御説明は割愛させていただきますけれども、我々が評価に用いた式であったりそういったものをまず示していますのが参考資料の1ということで、20ページに、我々E F P Yと呼んでおりますけれども、定格負荷相当年数の算出の方法、1号でいけば51 E F P Yというふうに、60年時点ですべてありますが、それをどう算出したかというものを記載しております。

21ページにつきましては、1号を代表にしておりますけれども、評価対象部位の中性子照射量ということで、このページでは深さ4分の1位のところの算出方法を参考でお示ししているものになります。

22ページも同様になります。

23ページは特別点検の中でも少し御説明させていただいたのですが、評価点の抽出ということで、 $1 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$ を超える範囲というのがどの領域かというものをお示した図になります。

24ページは横軸に炉心中心の高さを示してございますけれども、原子炉容器内表面の軸方向の中性子の分布というものをお示ししております。

25ページにつきましては、先ほど御説明しております監視試験のカプセルがどのような配置をしているか、どこを取り出しているか。あとは右側に一つのカプセル当たりどのような試験体が入っているかということをお示ししてございます。

26ページは、PTSの事象では、大LOCAを選定してございますが、その大LOCAの選定の理由というものをお示ししてございます。こちらにつきましては、30年の時から御説明させていただいている内容と変更はございません。それぞれ条件等を記載しております。

また、27ページには、ステップ状に温度・圧力というものを解析上入れておりますけれども、そちらの値、あとは過渡条件としてそれら、あとは応力解析と応力拡大算出係数の算出に用いた考え方等を記載してございます。

28ページは、これも質問回答とかでいろいろとお示ししてはありますが、再掲に近い形になりますけれども、二次系の冷却からの除熱機能喪失時のというものを、この中でどのような挙動を示すかというものを御説明させていただいております。

29ページにつきましては、先ほどTpの話も少しさせていただきましたが、その計算過程というものを参考でお示ししております。

30ページから33ページまで、1号の例を載せておりますけれども、それらで算出したTpの計算過程から算出したTpの結果ですね。監視試験の回次から合わせてお示しをしております。

34ページから、通常運転時の試験時に加圧冷却制限曲線を設けて、この中で発電所の点をやっていくという御説明をさせていただきましたけれども、それらの話を34ページ、あと35ページ、36ページには、1号及び2号、それぞれの制限の範囲、実際この評価から出てきた範囲ということで、例えば1号の例を35ページで見いただきますと、青い部分が可能な範囲ということで運転制限範囲と呼んでおりますけれども、範囲を示しております、通常の運転の起動時ですね、あと停止時等、実線で引いておりますけれども、こういったところを運転しているということで、青の中に入っているということを確認してございます。

37ページから、これまでの分科会での議論を踏まえまして、我々が可能な範囲でデータの提示を以降させていただいております。詳しい説明というのは割愛させていただきますけれども、参考資料の2でシャルピー衝撃試験結果というものを、37ページ以降を載せさせていただいております。1号炉の照射前から5回、2号炉の照射前から4回までのデータをそれぞれ載せております。

ずっとデータが続いていくのですが、56ページになりますけれども、まずデータを示して、その後、56ページ、57ページ、58ページまでが遷移温度の推移ということで、母材、溶接金属、熱影響部、それぞれの結果を整理したものを載せております。

その後、59ページ以降は、シャルピー衝撃試験の破面の状況ということでお示ししております。2号も同様の構成でシャルピー衝撃試験結果を載せてございます。それが103ページまで続きます。

その後、104ページには、破壊靱性試験の結果ということで、まず靱性試験の結果、試験回次からその結果と、107ページからはCT試験を用いますけれども、その破面というものを1、2号を載せさせていただいております。構成としましては1、2号、一緒の構成となります。これが126ページまで続きます。

その後、参考資料の4ということでビッカース硬さの試験結果を載せております。硬さの試験結果自体は載せていないのですが、その中でどのような傾向を示すかとい

うことで128ページ、129ページにその結果を試験力、試験条件と合わせて記載をしてございます。

130ページから参考資料の5ということで、参考資料の最後になりますけれども、アトムプローブ、これ我々、電中研でやっている部分ありますが、アトムプローブの測定及びTEMの観察結果ということで、131ページに少し概要を記載してございます。1、2号炉の監視試験について試験済みの残材というものを用いまして、電力中央研究所にてミクロ化、組織の観察、アトムプローブの測定、TEM観察を行うことによって脆化予測手法の知見拡充に取り組んでございます。

アトムプローブの測定実績としましては、アトムプローブで溶質原子クラスターの測定というものやっていますけれども、川内1号炉は3回及び4回、2号炉は3回の試験片を使って実施してございますTEM観察実績につきましては、これ転位ループの測定しておりますけれども、同じように1号においては3回、4回、2号炉は3回を使って実施してございます。

補足になりますけれども、J E A C 4201の2013年追補版までに定められている脆化予測手法の開発には、これらのアトムプローブの結果も用いられているということでございます。

我々、先ほど申し上げたとおり、第1号でいけば第5回、2号でいけば第4回の試験片も取り出しておりますが、今後も同様に脆化予測手法に関する試験拡充にこういった試験も活用しながら取り組んでいきたいというふうに考えております。

132ページから実際のアトムプローブの測定の結果を記載してございます。

134ページには、測定のとめということで、溶質原子クラスターの体積率の平方根というものをを用いておりますけれども。それらのデータというものをまず表で整理してございます。それが134ページ。

135ページには、国内監視試験ということで、我々だけではなくいろいろな監視試験がございましてけれども、それらの体積率と遷移温度の上昇の相関というものをお示ししております。135ページになります。

あと、これまでも質問回答等でお示ししている部分ございましたが、136ページに、1号の第4回で取り出したアトムプローブの観察マップ、これは例示になりますけれども、それぞれ銅、ニッケル、マンガン、ケイ素、リン、これらの分布、マップを出してございます。

137ページから、今度はTEM、透過型操作顕微鏡の観察試験結果ということで、次のページ以降に示してございますけれども、二つの視野を観察してございます。視野によっては、最後の○ですけれども視野によっては、観察されるグループの数が異なるため、二つの資料に対して視野を変えて観察を行って平均して数密度というものを算出してございます。

それらが143ページまで写真をつけておりますけれども、続きまして、最後にTEM観察結果というものを、転位ループの数密度の関連温度の移行量への寄与という形で表としてお示ししてございます。最後、参考資料の御説明、簡単になりましたけれども、以上で中性子照射脆化の御説明を終了します。

(釜江座長)

はい。ありがとうございました。

ちょっと時間押しているのですが、この件非常に重要なのでちょっと休憩の前に少し議論したいと思います。ただいまの御説明に対して、御質問、御意見等ございましたらよろしくお願いします。

(後藤委員)

はい。

(釜江座長)

はい、後藤委員。

(後藤委員)

幾つかあるのですが、この問題ですね、私、何回も質問させていただいているのです。それで、その意図するところが何かと言いますと、例えば2ページ目に、照射脆化の、何か模擬的なカーブがありますね。要するに、その吸収エネルギーと温度との関係から見た時に、照射前と照射後が異なると。こういうカーブになるだろうと。このことが実際のデータでどのくらい分かっているのでしょうかというのが基本的な問題です。

私は、結構傾向としてこうなるといえるのは、大体そうになっているのかなというのは、データを見てそう思うのですが、ほかのデータを取っていった時に、回数ごとに非常にばらつくわけですね。そうすると最後に評価をする時に、例えば何ページかな。これでいろんな処理をしてデータを作って解析した結果が13ページ。13ページにその左方に二つある照射前と照射後の60年から、その時期によりまして、そのカーブのずれがあると。これ綺麗な線が出ているわけですね。これで、PTSの方と比較するというふうに言っているのですよ。

それは概念としては私も理解しているのですが、こんな綺麗に、この線のように本当になっているということは、データを処理した結果としてそうになっているだけですね。どのくらいばらついていて何が分からないと。やっていることの意味がはっきり言って、それでいいのかっていうふうに疑問を持つ。

なぜかといいますと、この照射による脆化のカーブとPTSのカーブは、技術的にちゃんと評価した時に接しないと、基本的に接しなければOKだとそういう考え方ですね。ですからそれは、こんな綺麗な線ではないわけですよ。バンドを持っているでしょ。しかも相当幅広い。私がちょっと調べただけでも相当動く。いろいろな動く要素がある。

そうすると、そういうことを「いや、こういうふうに仮定してやるとこうなる」ということまでは仮に正しいとしても、本当にそうなるということは、データを持って示せるのかどうかという基本的な問題なのですね。

私はそういうふうに見た時に、今回いろいろ出していただいて、数字を出していただいている、それはそれでいいのだけれど、解釈しないと駄目ですよ。ここの出ているカーブがこの数字の羅列が、これがどういう意味を持つのかと。だからここはこうなっていて、例えば母材と溶接金属の違い、一つありますね。それだけではないですよ、熱影響もある

でしょ。熱影響部はどう評価しているのか。

私は、例えば1例で言いますとシャルピー値、ちょっと途中でありましたけれど、シャルピー値の辺りを見る時には、試験片の亀裂の先端のところの位置が問題になるので、そこを母材で見るか溶接金属で見るか、常識的に当然あります。溶接金属のところまではね。幅があるから何とか入ると思っっているのですよ。

ですけど、熱影響部となってくるとこれはすごく微妙で、非常に幅の狭い範囲ですから、熱影響部というのは。溶接によって変わりますから。そうすると、熱影響部を調べましたというの、本当にどうやって調べるかというのはすごく疑問を持つ。クエスチョンが出てくるわけです。そういう非常に不確定な要素がありながら、評価をしているということは大前提で、だからそれを解釈を変えてこうだということを説明しないといけないわけですよ、というふうに理解している。

だからそのところが本当にこれで分かるのでしょうかというのは基本的な問題、私はそう思うのですね。

ですから、そのデータが多ければいいという、もちろんデータを出していただくのも、そのとおりで構わないですけど、それをもとに解釈をしてこれはこうだと。ここまでは言い切れる。ここまでは言い切れない。その幅がこのバンドとして幅としてこうなって出てくる。でも大丈夫だと、こういう操作になるはずですよ。そこが繋がっているとはちよっと思えないのですが、いかがでしょうか。

(釜江座長)

はい。九州電力さんいかがでしょうか。

(九州電力)

はい。

(釜江座長)

本店よろしく申し上げます。

(九州電力)

すみません、九州電力本店の中山です。

まず御指摘ありがとうございます。まずシャルピー衝撃試験片で、まず脆性遷移温度を出しているといったところのばらつき、まず御指摘があったと思うのですが、そちらについては確か衝撃試験のばらつきがありまして、脆性遷移温度を出す時は平均値、平均というか、平均に近いような値で脆性遷移温度のグラフを書きます。

実際それから関連温度の予測を行う時には、今回で言いますと、7ページとか8ページにお示しをさせていただいているのですけれども、実際に測定したデータから計算式によって求めますけれども、更にマージンという、ばらつきを考慮したマージンを設定して、ちょっと厳しめに評価をするというような手法になっております。

これから、先ほど御指摘のありました13ページの破壊靱性試験なのですが、破壊靱性試験を60年時点まで移行すると、各データを全て60年時点まで移行して、更にばらつ

きがありますので、一番厳しい下限点をこの曲線にフィットさせるといったところで、ちょっと厳しめに評価をまずしております。

もう一つ、熱影響部について御指摘がありましたけれども、J E A Cでは熱影響部については母材に代表できるというふうに規定されております。その理由というのは母材と同等に熱履歴が与えられておりますし、母材と同等成分ということもございます。

更に、今回、シャルピー衝撃試験片の結果が、4ページを御確認いただきたいのですが、 T_{r30} という値が実はシャルピー衝撃試験から求めてきた値になります。

こちらが御確認いただければ分かる通り、全て母材の方が熱影響部より高くなってございます。こういったことを確認しまして、母材の方で代表できると我々は考えております。以上になります。

(釜江座長)

はい、ありがとうございました。いかがでしょうか。

(後藤委員)

後藤です。

今のマージンの見方なのですけれども、どの段階で決めているのですしたかね。つまり、あるデータでマージンなるものを設定すると思うので、全体を通して言っているのか、あるいはある範囲に限定されているのか、いかがでしょうか。

(釜江座長)

はい。よろしいですか、本店。

(九州電力)

九州電力本店の中山です。御質問ありがとうございます。今マージンの決め方をどのようになっているかということなのですけれども、こちらは規格で決まっております。こちらは国内の脆化予測、国内の監視試験データとか、そういったものを統計的に使って、ばらつきというのを設定しております、そこでマージンを決めているということになります。以上になります。

(後藤委員)

すみません。なぜそういうことを聞いたかということ、2007年度とか年度によって変わってきていますよね。つまりデータを取り込んでいくと、非常に下限値がどんどん下がってくるデータが出てきて、今までの評価法だと、まずそうだというので修正しているわけですね。

つまり予測というものは最初からこうだというふうに想定して、その範囲内に入っていればいいのだけれど、それを出てしまうということは何かということ、そもそもその予想方法は本当に正しいと言い切れるかが問題なのです。それは絶対それでないといけないと言うつもりはないけれども、少なくともそういう予測として不確定な部分がいっぱいあるということをお前提に物を見ないとおかしいのではないですかということ。

れはどうやって確かめるのでしょうかということですよ。

(釜江座長)

はい。本店どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店中山です。御指摘ありがとうございます。

下限値が出るというところが関連温度の予測式の御指摘だと思うのですが、こちらについてはデータが拡充されることによって精度というのは確かに上がってくると考えております。ですけれども今現状、かなりの高照射領域までのデータというのが拡充されておりまして、過去、2007年、2013年までの時点でも、それなりのデータが取れていると我々認識しております。ですのでそれではつきを踏まえて予測式ができておりまして、それで評価するといった部分に対しては、十分、問題ないのではないかなと考えております。以上になります。

(釜江座長)

よろしいですか。

(後藤委員)

後藤です。

評価法に幾つかあって、こういうやり方が下限で引いたり、あるいはマスターカーブ、このもともと平均的なものからするとかいろいろなやり方があるのは多少は知っておりますけれども、大切なことはそれで本当に妥当かどうかということを確認するためには、何が必要かということ、今おっしゃったようにその試験の数ですよ。

試験の数で決まるわけじゃないですか。そうすると試験の数が今本当に足りているのかという話になると、先ほど試験片を幾つ入れたとありましたよね。これはいつの時点でどう設計して、何個取り出していつ評価するということまで読んで、そういうふうにしたのでしょうか。試験の数とその評価の仕方、それとの関連はいつの時の設計なのかということを知りたい。

(釜江座長)

はい。本店どうぞ。

(九州電力)

九州電力中山です。御指摘ありがとうございました。

今ちょっとすみません、どれほどの量の試験片でデータが策定されたかというのはすぐちょっとお答えできないのですが、結構何百といったオーダーのデータから、試験から、予測式ができておりますので、こちらについては2013年の規格をエンドースする時点までに取れたデータというのはございます。以上になります。

(後藤委員)

はい、後藤です。

そうすると、今の2013年のでいいですけども、このプラントが作られて、その時に考えたものと、それから進んできてデータを調べていった時に、どうしても実態といいますかね、そこから出てくるずれが生じてきているだろうと思うのですね。

そうすると、そのことが結局、当初例えば試験片の数をこんなものだろうと、仮にこれは予測だからそうするしかないのですけれどね、ある数を決めてやったと。その時に、今見ると例えば、今寿命延長という話がどんどん出てきている。その時に何をもってするかというと、試験片の数によるわけですよ。その時に、そのばらつきによるわけですよ。

そういう状態になっている時には、もしそれで今の状態でやった時には、本当は数をいっぱい取りたいけれど取れないからこれやるという限定されたデータから判断する時には、すごくマージンとか幅が広がるわけですよ。確保しなくちゃいけない。

そういうことのお考え方として、九州電力さんとしてどうお考えなのかということをお聞きしたい。今で十分だと思っていらっしゃるのかどうか。データの数とかその時期とか含めまして、トータル。その照射脆化による、今のマージンとか考え方やり方とかいうことについて、どういうふうに認識されているかをお聞きしたい。

(釜江座長)

いいですか。どうしましょう。どちらから。

(九州電力)

九州電力の木元です。

私たち、御質問の趣旨がちょっとよく分からなかったのですけれども、残っている試験片の数に対してどうすべきかという御質問でよろしかったですか。

(後藤委員)

それでも結構です。

(釜江座長)

本店どうぞ。

(九州電力)

九州電力の中山です。御指摘ありがとうございます。

確かに試験片というものは、数に限りがありますけれども。再装荷して再生するといった規定とかもございますし、小型の試験片というのも今研究とかそういうのが進められておりますので、そういったことで、電力内でいろいろ研究だったりとか知見というのを拡充してございます。ですので先生から御指摘がありましたとおり、データを拡充することは我々にとってすごく大事だと思っておりますので、今後とも知見拡充等に取り組んでいきたいというふうに考えております。以上です。

(後藤委員)

後藤です。

今の試験片が足りなくなったらその部分を、小型の試験片をもって代替するという方針、そういう検討されているのは知っています。問題は、その時の制度とかいろいろことが心配になってくるわけですね、当然。今、限定されたやり方でこれでいいかどうかというのが評価の対象になってくるので、そういう考え方は広く見ると、私に言わせるとリスクを広げているわけですよ、はっきり言うと。リスクが広がる、大きくなる。

だから、そういうふう限定された範囲で試験片も小さくなってやったことによって、エラーリスクが出てくる可能性が高くなって、そういうことも含めてトータルとしてこれでいけるかどうかというのが問われているわけですよ。そういう議論しているんだと思う。理解していますので。

そういうふうに見た時に、今の九州電力さんが出されているこのシナリオで見ていくと、あたかもそういうことはもう奇麗に決まった路線で決まったことをやっているんだというふうにおっしゃっているけれども、そういう決まったことでやっていることがいいのかどうか問われていると私は理解しています。

だから何年か前に、これは応力の方の解析ですけど、PTSの方ですけど、そちらの方の解析をやる時にその手法も含めて、マージンの問題とかそういうことが議論になって、だから、そのままルールとしては一応棚上げになったりしているわけですよ、その議論のあるところに対して。そういうことになっているというのは基本認識だと思うんですけど。その辺はいかがでしょうか。ちょっと分かりにくいですかね。

要はこのところ、エンドースしなかったですよ、これが2017年頃。それで、例の正に今、いろいろ議論していますけれど、クラッドの話とかクラッドを入れないというのが議論になっていますよね。2007年版にはクラッドなんて言葉一言も入っていない。

ですけど電力さんはそれを入れているわけですよ。入れているのが本当に正しいかどうかの議論の対象になると私は思うのです。

そういうことも含めて議論しないといけなのではないでしょうかというのが私の言いたいことです。つまりエンドースされているかどうか、エンドースするために、「いや、技術的にはクラッドがあるのだからクラッドは計算に入れる方が正しいのだ」とおっしゃるけれど、クラッドを計算に入れるのだったらクラッドの温度による熱応力が入ってくるとするならば、溶接残留応力はどうするのですか。溶接残留応力が大きいでしょ。下手すると場所によっては。それどうするのですか。それをあたかも保守的にやったとおっしゃるでしょ。だから私は怒ったのですよ。非常に違和感を覚えたのですよ。保守的だと言わなければまだ、要はこれでいいのだけれど、「更に溶接残留応力があります」とかそういう説明を全部されていて、こうであるなら私はこんなことをグチャグチャ申し上げません。ずっと言っていることが自分たちの都合のいいことだけ言っているというのは明らかなので。それが問題だって言っているわけなのです。以上です。

(釜江座長)

はい。ちょっとQAがだんだんと発散しているような気がしないこともないのですが。今の後藤委員のコメントに対して何かありますか。どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店の中山です。御指摘ありがとうございます。

我々、J E A C 4206-2007年版というエンドースされた方法で評価をやってございます。当時から、今御指摘のありましたとおり、クラッドの熱伝導分布の解析においてはクラッドを考慮しております。それは変わっておりません。ですけれど、2016年版が今発行されておまして、さらにクラックの残留応力、圧縮方向にかかる残留応力が発生したりとか、応力拡大係数を算出する時にクラッドを考慮すると、亀裂が閉じる方向に働くとか、こういった知見というのは普及されていて、J E A C 2016年版として発行されております。

我々できると思っていたのですがけれどもN R Aの方からももう少しデータ拡充が必要ではないかというふうに御指摘を頂いているといったところで、今は2007年版の規格に従って評価をしております。今後そういった知見とか、今まで我々確認して取り組んでいきたいと。以上です。

先ほど試験の話もございまして、再装荷とかミニチュア、こちらについても我々は今、それでいけるとは思っているのですがけれども、やっぱりエンドースされていませんので、その辺の技術的な説明とか補足を加えて、今後国と議論していきたいと思っております。以上です。

(釜江座長)

はい。ありがとうございます。それは今、小型化することによるリスクとおっしゃったので、当然そんな数が増えてもリスクが増えるんだったら意味がないのでね、そこはしっかりとそういうものはないという前提で試験をやるべきだと思うのでしっかりとお願いします。

(後藤委員)

あと一つだけ。今の話で、これ以上続きません、やめますけれども、私の方から幾つか文書で出ささせていただいております。それは何かというと、もちろん私が全部正しいと言うつもりはありませんけれど、私の理解の仕方、照射脆化、それから解析の仕方についての意見を書いていますので、それを見て評価していただきたいと思っておりますので、こういう文書は是非出していただきたいのです。公表していただきたいのです。以上です。

(釜江座長)

はい。ありがとうございます。渡邊委員。

(渡邊委員)

先ほどの九州電力本店の発言に対してですけれども、現状で監視試験の数が足りてないのは、基本的にはBWRですよね。先ほどの話で随分反論したいのですけれども、あなた方が後藤先生から質問があった時に、Q & Aはそれで結構ですよね。

ところが実際、監視試験片が足りていないのはBWRで、BWRの電力会社が基本的に

やっているのですよ。あなた方の状況を見ていて、そういうものに対して対応しているようには一切思えないのですね。それをこういうふうな公の場で、あたかもやっているようなことを言うのはやめてもらいたいのですよ。違いますかね。

電事連としては取り組んでいますけれども、九電として取り組んでいない。九電としては監視試験片があと一つ残っているわけだから。そういうものをしっかり評価しても、現在の例えば4回目、5回目だってもうそのEFPY110何年ですよ。これでもう一つあったら、あなた方、一体何年間原子炉を使うつもりだと。そういうことをしっかり、やはり説明しないといけない訳で、小型の監視試験片の話ではないと思いますが、違いますかね。

(釜江座長)

いかがですか。本店どうぞ。

(九州電力)

九州電力の木元です。

渡邊先生のおっしゃることもごもっともでございますが、今運転延長のルールは、今議論されている現行のルールで、10年ごとにPLMで照射試験片を抜いて確認を行わないといけない。あと、運転中は必ず1個は入れておかないといけないというのがあります。仮に50年目のPLMを実施する際に抜きますと、運転中1個は入れておかないといけないというのを満足できなくなりますので、その辺は我々も、もう少し先の話にはなるのですけれども、ほかの電力会社、メーカーさんと一緒になって、再装荷絡みの研究については参加しております。以上です。

(釜江座長)

いかがですか。

(渡邊委員)

玄海1号の時に散々議論しましたけれども、あなた方はこれまで、まず複数回取り出しているわけですよ。1回目、2回目、3回目というふうな物を取り出してきたわけですよ。玄海1号の時に我々びっくりしたのですけれども、そういうものはもう既に廃棄したという言い方をするわけですよ。過去の監視試験片は廃棄済みだと。最近のものはもちろん保管されているでしょうけれども、あなた方の監視試験片に対する認識というのはその程度だと我々思っているのですね。

(釜江座長)

いかがですか。これはしっかり反論しておいた方がいいと思いますけれど。

(九州電力)

九州電力本店の中山です。御指摘ありがとうございます。

先生の御指摘のとおり、過去に廃棄しているものも確かにございます。ですけれども、

我々知見拡充のためにとっているものも当然ございまして、その中には再装荷といった規定がありまして、その中で評価するようにとっているものもございまして。

あと、少し前の御指摘になるのですけれども、確か今の監視試験はかなり、1号は5回取り出しておりまして、それが約114E F P Yという現象に換算すると、単純にずっと運転すると114年相当ぐらいのものが取り出されているのかなと、そういったところは確かに御指摘のとおりであります。ですけれども、我々はそういった制度的なところはありませんけれども、監視試験をやって、再装荷して知見拡充をやっていくといったところに対して必要ではないのかといったところもございまして、今取り組んでいる状況になります。以上になります。

(渡邊委員)

よろしいですか。

(釜江座長)

はい、どうぞ。

(渡邊委員)

知見拡充にとって大事なものは、非常に照射量の少ない低照射量の1回目、2回目のところですよ。そういうものをしっかりと大事に保管していなくて廃棄している。本当にびっくりするのですよ。そういうことをあなた方やってきているのですね。以上です。

(釜江座長)

いかがですか。

(九州電力)

最初の頃のものを廃棄したというのは、そこはちょっともう今更なのですけれども反省しておるのですが、ちょっとどうしようもないところもあります。その中で今できることとして、作業会としても、これからもちょっと検討していきたいと思っております。御指摘ありがとうございます。

(渡邊委員)

それでは、ほかの質問でよろしいですか。

いろいろデータを出してもらったのですけれども、破面が非常に見にくくて、我々は破面率で全体を評価して、破面率と脆性遷移温度が一致しているかというのを我々よく見ないといけないのですね。そういうものがちょっと見えませんね。

もう一つは、128ページのビッカース硬さの変化を1号、2号炉出してもらっているのですけれども、1回目、2回目というのは、ずっとここではEnglishの相関式でもって評価しているのですけれども、例えば川内1号、2号でも結構なのですけれども、例えば4回目、5回目とこれのEnglishの相関式から外れてきているのですね。この理由をお聞きしたい。

それと、135ページのところのクラスターとの相関、ここはなかなか見にくいのですが、例えば川内のクラスターデンシティに関して、ある一定の遷移温度の上昇というのがあるわけですね。多分このところで高いのは玄海のデータもあるわけですね。例えば玄海1号の高いデータと、今回のお宅のデータで比較してみると、その溶質原子クラスターの平方根が同じようなデータになっているのに、なぜこれだけの違いが出てくるのかというのを示してもらいたいです。

それともう一つは、最後の方に電子顕微鏡の結果を出してもらっているのですが、例えば川内のところでいいのですが、3回目、4回目というふうになっているのですが、例えば転位ループの数密度やサイズが3回目、4回目母材でほとんど変わっていないのですね。3回目、4回目の照射量が随分と違っているのですが、それが実際の組織に現れていない理由をお聞きしたいです。以上です。

(釜江座長)

いかがでしょうか。

よろしく申し上げます。

(九州電力)

九州電力中山です。

最初の御質問、写真の件ですね、今ちょっと私の方から御回答させていただこうと思います。確かに紙にしているというところもございまして、時代の話もございまして、非常に見にくいものになってございます。大変申し訳ないところなのですが、資料にまとめるに当たって、例えば1号の5回とか2号の4回というものは、もう少しちょっと綺麗な拡大写真をお見せできるというふうに思っています。

破面の写真としてはこの種類しかないのですが、どのような形かで、電子であったり拡大したものというのを御提示させていただきたい。ただ、実際にシャルピー衝撃試験の破面を観察するというのは、この写真をもって現場でも確認をしているというところを確認ができておりますので、我々もこの写真、メーカー委託していますけれども、をもって延性破面率を出しているというところもございまして、少し大きめ、綺麗な写真を御提示するというのを考えていますが、いかがでしょうか。

(渡邊委員)

破面率で評価しないといけないのですね、実際は。だから、何%という具体のその数値ですね、それがちょっと分かるようにしてもらわないと理解できないのですね。

(九州電力)

写真と併せて破面率を御提示させていただこうと思います。以上になります。

(釜江座長)

ほかにありましたよね。

本店どうぞ。

(九州電力)

御指摘ありがとうございます。今128ページにございましたビッカースの硬さ試験について、我々も具体的なあれはまだありますけれど、知見のばらつきも考えられますし、Englishの相関式から外れているといったちょっとありましたけれども、我々この初期値のところではEnglishの相関式というものをまず切片ですね、相関して一定程度の値で上がってくるという相関式になりますので、ここの初期値の設定によってこう上がってきたりとかで、そういったこともちょっと考えられると思っております。

ですけれど、ビッカースの硬さというのは、規格とか法令とかに定められているものではなくて、我々脆化すると固くなると、その結果脆くなるといったところで、硬くなって関連温度が上がっているといったところの傾向は、1、2号とも傾向があるのではないかと考えております。以上になります。

135ページの溶質原子クラスターと関連温度移行量の関係について御指摘ありがとうございます。先生の御指摘は、例えば川内1号機とか玄海1号との関連温度の差をいうことを御指摘いただいていると思っております。溶質原子クラスターについては、銅とニッケル、マンガン、シリコンと、そういったものでクラスターを形成するといったところが知られております。比較的玄海1号機などは銅の含有量が結構大きくて、それがちょっと関連温度の移行量が川内に比べて大きくなっているというのが要因ではないのかというふうに考えております。

144ページで転位ループの平均の数密度についてちょっと御指摘がありましたけれども、今第3回から4回で照射を見ているところで、平均の数密度というのは余り上昇が見られないといったところで、すみません、ここに対してまだ具体的には持ち合わせていないです。以上になります。

(渡邊委員)

よろしいですか。その溶質原子クラスターの話ですけれども、玄海1号炉と今回の川内の材料で銅の含有量が違っているというのは、それは非常に明白なのですね。それによって脆性遷移温度が変わってくるという言い方なのですね。それ間違っているのですね。

それは最終的には、ここでいう電中研のモデルでは、溶質原子のクラスターの体積の平方根でまとめられているのですね。そうですね。だからそれは、あなたの認識が間違っているのですよ。違いますかね。

電中研のモデルは、先ほどの転位ループの数密度、サイズと溶質原子のクラスターの数密度とサイズによって決まってくるわけですよ。その時に銅の濃度は関係ないですよ。なぜこういう違いがグラフ上で現れてくるかということ、本店は説明しないといけません。違いますか。

(釜江座長)

どうぞ本店。

(九州電力)

本店九州電力中山です。御指摘ありがとうございます。

次の質問の意図を理解しました。同じ溶質原子クラスターの値にあつて、川内と玄海1号機ではちょっと差があるといったところは、おっしゃるとおりで、今はちょっとばらつきが出ているんじゃないかというふうに考えております。

(渡邊委員)

あなた方はね、例えば先ほどの後藤先生の考え方、意見としてマージンに対してばらつきは御説明したわけですよ。ところが、実際例えばその具体的な組織の方からしてくるとこれだけばらついているわけですよ。これはあなた方はどう考えているわけですか。

(釜江座長)

本店どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店中山です。ありがとうございます。

ばらつきというものは確かにございます。実際に溶質原子クラスターの測定する時のばらつきもあり、シャルピー衝撃試験の時のばらつきというのでも考えられます。ですけれど、予測式のそもそもの策定のことにはなるのですけれども、こちら溶質原子クラスターが増えていくにつれて、関連温度の移行量というのが増えていくというところに相関が見られるということで、その前提のもと予測式が策定されているということになります。

それで、確かそれだけではなくて、実際に先ほど申し上げましたとおり、国内の監視試験のデータというのをマージンを取って、関連温度の最終的に予測グラフに直して評価をするといった手法で今規格に取り込まれていて、エンドースされていると。それを我々使って評価していくということになります。

(渡邊委員)

あなた方がどういうふうに理解してやっているのか分かりませんが、我々は具体的な内部組織変化から関連温度として評価できるわけですよ。もう、そういうふうな議論になってきているわけですよ。

ところが、実際関連温度の上昇と組織が不一致な状況にもなっているのですね。だから、それをあなた方にしっかり理解してもらって、現実はそのようなのですよ。そういう状況ですので、何て言うのかな、Q&Aは結構なのだけれども、実際そのようなのですよ。というのが私の考えというか、意見ですね。

だからその脆化予測式に入れてマージンを設定をすると、 2σ なりの範囲に収まっているように見えるのですよ。それは脆化の予測式がそういうふうになっているから。ところが、あなた方もよく分かっているように、実際は組織によって依存していて、転位ループと溶質原子クラスターによって脆化が進んでいるのですよ。それが電中研のモデルなのですよ。ところが実際そのデータを入れてみると、データが合っていない。だからこれは、脆化予測式の問題ではありませんか。

(釜江座長)

よろしいですか。

本店，どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店中山です。

御指摘ありがとうございます。今の御指摘は，こちらの表，グラフでばらつきがあるといったところで，ばらつきがちょっと悪いとかそういうふうなことで，式が成り立っているわけではなくて，こちらに溶質原子クラスターの平方根と関連温度の移行量が正の相関があるといった関係性から，先生から御指摘ありましたとおりの関連温度の移行量は溶質原子クラスターとマトリックスダメージが寄与するところで今成り立っていて，その相関からそういった係数とかも含めて予測式が成り立っているというふうに。

(渡邊委員)

この予測式はそれで結構なのですよ。ところが，例えばその下の軸が，玄海1号でいろいろ問題になったものと，その川内1号で今やっている評価というのが体積密度，同じなのですよね。ところが脆性遷移の量は違っている。相関はもちろんあって，そういうふうな議論になっているわけですけど，それが違うわけですよ。内部組織の評価方法などが違っているわけですよ。

だから私は，前にも申し上げたかもしれないですけども，この内部組織の評価というのはやはりしっかりやってもらいたい。例えば内部組織の評価というのは，例えばKURでも立派なホットラボがあってできるし，九大でもできるわけですよ。こういうものをやはり電事連というか，電力の中で評価をするのではなくて，大学などの公平・中立な機関でもってしっかりやるような体制を作ってもらいたい。九大でも，サンプル試験片があれば我々評価しますよ。そういうものの評価の体制というのを，やはり地元で評価できる体制というのを作ってもらいたいと思います。

(釜江座長)

いかがですか。どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店中山です。御指摘ありがとうございます。

最初の御指摘についてなのですが，恐らく溶質原子クラスターの関係性ではなくてマトリックス損傷のうちの転位ループとかの寄与というのもしっかり明確にしているのではないかと御指摘だと思ひまして，そちらについては確かにおっしゃることはごもっともかなといったところではございます。しかし予測式については，一応マトリックス損傷という形で考慮されていることにはなります。なので，それがTEMとかいうのも我々実施して知見拡充とかいうのも取り組んでいきたいと考えております。まず一つ目以上になります。

(渡邊委員)

あなた方ね、マトリックス損傷という言い方をされたのですけれども、脆化の予測式で転位ループの寄与というのは非常に少ないという評価なのですね。それはあなた方よく分かっている。ところがその次、実際データが合わなかったらマトリックス損傷だという言い方をされるわけですよ。それも間違っている。今、マトリックス損傷の話をしているのではなくて、溶質原子クラスターでも違っているという言い方になっているのですよ。何十℃も違っている。

(釜江座長)

いいですか。本店どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店中山です。御指摘ありがとうございます。

確かに先生御指摘のとおり、溶質原子クラスターの体積平方根が同じ程度の値でも、ちょっとばらつきがあると。確かにそれはおっしゃるとおりで、シャルピー衝撃試験とか溶質原子クラスターの実測の測定のばらつきとかそういったのも考えられて、こういった形にはなっているかなというふうに思います。

(渡邊委員)

でもそういう議論になると先ほどの後藤先生の話と同じで、衝撃試験でばらつきがありますという言い方になって、全体の根本が狂ってくるのですよ。それはQ&Aとしては間違っていますよ。

(九州電力)

九州電力本店中山です。御指摘ありがとうございます。

確かにばらつきがあるといったところは、ばらつきの考慮といえば先ほどちょっと御説明させていただきましたのですけれども、国内のJ E A C策定当時までの監視試験片とかを使って統計的にマージンを設定しておりますので、そちらについては、十分厳しめの関連温度予測式になるというふうに我々考えております。それをもって評価することで、原子力の健全性というのを我々今確認しております。以上になります。

(九州電力)

九州電力本店木元です。

試験片の観察に関しましては、ちょっとこの場では何ともお答えできかねますので、改めてちょっと調整させてください。

(釜江座長)

時間がかかり、休憩の時間を過ぎてヒートアップしてきたのですが、渡邊委員から「間違い」という言葉は非常に厳しいというか、過激な話なのですが。

それに対してロジックとして何か整合しないのか、本当にその考え方に間違いがあるのか、そこはまだなかなか、私は今の議論聞いていてよく分からないところがあるのですが。ちょっと休憩して、まだ議題もありますので。

この話はもう何度も聞いたことがあるような気がするので、少しそこの整理をしないといけないかなと思います。ちょっとほかの委員の先生方もこの件に対するコメントがあると思うのですが、冷却期間をおくために5分ほどちょっとトイレ休憩ということにしたいと思います。その後、時間があれば少しこの件を続けてやりたいと思います。よろしくをお願いします。

－ 休 憩 －

(釜江座長)

まだ議題もありますし、いろいろなことがあるのですが。

今の中性子照射脆化というのは、この分科会の最初からいろいろ議論があって、今日の議論を聞いていても30年P L Mの時もそうだったし、結構その辺のQ & Aがかみ合っていない部分もあるようです。

ただ、予測としては非常に重要な項目なので、今日で全てをとと言うつもりはないので、ほかの委員の先生方からもコメントあるかもしれませんので。

この資料2については後藤委員、渡邊委員からいろいろコメントがあったのですが、Webの先生方から何かありますか。はい、佐藤委員。

(佐藤委員)

佐藤でございます。

私の質問は全然アカデミカルな話ではなくて、現場の実務の話としてなのですけれども、35ページですね。ちょっとこれを見ていただいて、グラフが四つ示してあるのですけれども、その中の左下のグラフを見ていただきたいのですけれども。

知りたいのは、耐圧漏えい試験を実際に現場でどうやっているかということなのですけれども。このグラフを見ますと、この耐圧漏えい試験の温度が100℃を超えているのですね。ということは、この漏えいが実際にあった時に水が気化してしまうということで、実際に目視で漏えいが確認できないのではないかというふうに思うわけです。

ほかにもこれだけ温度が高くなっていきますと耐圧漏えい試験を目視で、いわゆるこのVTという試験法ですよね、これで確認するというのがどうやってやるんだろうかという非常に素朴な疑問が出てくるわけなのですが。

ちょっと、二つ質問あるのですけれども、まずその一つ目として、今の件をお答えいただければと思います。

(釜江座長)

よろしいでしょうか。

(九州電力)

九州電力の上村です。

まず御質問に対してですけれども、耐圧漏えい試験ということで、我々RCS漏えい検査と呼んでおります。実際この辺りの圧力・温度まで昇圧・昇温をいたします。おっしゃるとおり、実態からいきますと何チームか作って、RV周りであったり、RCP（ループ室内）ですね、そういったところの目視をずっと行っていきます。

御指摘のとおり、内圧・温度が高いので見つけきれないのではないかというお話もありますけれども、我々検査圧力をずっと監視しております、その圧力に低下がないかというところも監視しております。なので漏れがある場合というのは目視で確認できる場合もございますし、実際の検査圧力が下がらないというところも当然併せて確認をしておりますので、見つけきれないということはずがないというふうに思っております。

御想像のとおり、圧力だけ下がった場合どこから漏れているかというのを探するのは難しいことにはなりますけれども、ただ漏えい検査という意味ではそのような形で実施しておりますので、問題がないというふうに考えてございます。以上になります。

（釜江座長）

はい。佐藤委員いかがでしょうか。

（佐藤委員）

この検査が、この圧力の低下をゲージで見てというのは、ちょっと私はそれは本当にその精度としていかなものかなというふうに思うのですね。

体積として非常にボリュームが大きな容器の耐圧試験をやっているわけですね、実際にバウンダリーから1分間に何滴というオーダーの漏えいの際には、とてもゲージの圧力低下としては検出できないと思うのです。

やはりいろいろな継ぎ手の辺りに懐中電灯を当てて、目視で確認するというのが私のイメージしている耐圧漏えい試験でですね。それってやはり100℃を超えると蒸発の問題とか、それから作業環境の問題とかで、ちょっと実務は非常に大変なんじゃないかなという疑念は今頂いた回答では十分払拭できないなというふうに感じました。

（九州電力）

九州電力の上村です。御指摘ありがとうございます。

私の説明も拙い部分があったのですけれども、先生がおっしゃるとおり、もちろん目視、それは先ほどおっしゃったようにSGのマンホールであればそういった鏡を使って裏面まで見てそういった形でやっていますし、触診も含めてやりますし、サンプルとの境界であればサンプルに流れ込みがないとか、その弁からの漏えいも含めてですね、そういったところも確認しておりますので、当然ながら目視が前提でありプラスでゲージも見ていると。

どうしても系統の中で漏れているものとかはですね、なかなか外に出てくるものを捕まえられませんので、そういったものはゲージで見ることもあるということで、当然VT-2が前提になった検査をしておりますので。そこだけはちょっと補足させていただければと思います。

(釜江座長)

いかがでしょうか、佐藤委員。

(佐藤委員)

メタルの表面温度が100℃を超えているのに、そこで水滴がポタポタ出てくるというのは、漏えいが大きければ、そういうこともあるでしょうけれども、漏えいが少ない時には漏えいと同時に気化が起こってしまっていて、見落としてしまうということにはなるのだと思うのですよね。

それから、結露というのはこれも同様に、漏えいが大量にあって、相対湿度が100%を超えるようなところまでいけば、そういうこともなるわけでしょうけれども。完全に、この格納容器を閉じた状態でやっているわけでもなくて、換気系も働いている状態でそういうそのテストをするのであれば、それも十分な検出の手段にはならないのではないかなど。

実務として、やはり100℃に迫っていくあるいは100℃を超えるということが起こった時には、耐圧漏えい試験も随分やりにくくなっていくのだらうなというふうには、せっかく今お答えいただいたわけですからけれども、ちょっとそこら辺の疑念と申しますか、そのところは十分納得しかねるところがありました。ですけれども、次の質問をさせていただきたいと思います。

(釜江座長)

ちょっとすみません佐藤委員。今の件は余りグレーにしておかない方が良いので、ちょっと本店の方から何かコメントしてもらいます。はい、どうぞ。

(九州電力)

先ほど言っていました漏えい試験ですね。まず圧力が15.4MPa掛けておきまして、検査時間は4～5時間ぐらい掛けて見ております。したがって、目視、保温が被っているところであっても4時間程度あれば出てくるのではないかなんと思っています、その辺がJSME（機械学会）の方でもやり方決まっています、それなりに漏えいがあったら、我々は分かるものだと考えております。以上です。

(釜江座長)

いかがですか。佐藤委員。

(佐藤委員)

もっと念入りに話をしたいということであれば結構なのですけれども。現に、メタルの温度が100℃を超えていて、そこから微小の水の漏えいがあった時に、それがどうして分かるのですか。そこをずっと観察していて、そこにホウ酸の結晶が析出してくると、そういうことがあれば、それは分かるでしょう。ですけれども綺麗な水がですね、100℃を超えるメタルに接触して出てきた時に、それがどうして気化しないで、水滴となって見える

というふうに言えるのですか。

(釜江座長)

本店，どうぞ。

(九州電力)

耐圧試験を行う水は濃いホウ酸水を用いてやっています。それはやっぱり漏えいが出たら，ホウ酸の析出も見えろと考えております。

(九州電力)

すみません佐藤先生，九州電力の川江でございます。

100℃を超えた中で，一応中は水の状態で圧力を掛けているということになります。万が一漏えいが発生すると，気化率40%ぐらいだったと思いますが，後は水で出てくるというような状態になると思われま。

それで我々としては，先生がおっしゃるとおり，母材自体はしっかり見ていくのですが，実際はその耐圧部材じゃなくてフランジ部とか，そういうところに対して先生は御懸念，御心配があると思いますが，我々としてもそういうところは念入りに，鏡とかを付けて蒸気漏れがないかとかいうようなことはしっかり確認しながら，試験をやっているというような状態になります。

(釜江座長)

佐藤委員どうぞ。よろしいですか。

(佐藤委員)

いいえ。そのおっしゃることは予想としておっしゃることで，これはやっぱりデモンストレーションとして，実証されなければいけないと思うのですよ，本当はね。まだ100℃を超えるまでには，時間があるわけで，今すぐそれをやるべきだというふうなことは申しませんが，そのフランジから漏れるといても，その手前にボルトがあつて見えにくいところだとか，そのフランジ全周全部が見えるわけでもないですよ。

ですからその概念，それからそのおっしゃっていることも分かりますけれども，やっぱりそれは理屈として説明するよりも，実際のデモンストレーションとして示されるべきだと思うのですよね。どうですか。

(九州電力)

九州電力の木元です。

実際に先生が言われたように，まず大気圧の状態から少しずつ圧力を上げていきます。ステップごとにも見ていって，それでキープしている状態で見っていくという流れになります。この検査をどのようにやっているかというのを，ちょっと今空中戦になっていますので，お示しさせていただきます。以上です。これは毎年やっていますので，お示しできると思います。

(釜江座長)

すみません、佐藤委員。そういうものを見ていただいてから再度また議論ということでもよろしいでしょうか。

(佐藤委員)

それは100℃を超えていない状態での話ではないのですか。

(九州電力)

今の式の115℃になっていますので、先生おっしゃる100℃を超えている状態になります。

(釜江座長)

よろしいですか。本店から提案があったように、その辺の具体的なところを後ほどお示しいただくということで、今日のところはそれでよろしいでしょうか。

(佐藤委員)

今の温度が100℃を超えているというのは、そうするとこの曲線とはまた違う運用をしているということなのですか。

(九州電力)

この辺の制限値に対して、低温過加圧にならないように制限を設けていますので、その辺も併せてちょっと絵を使いながら説明させてください。

(釜江座長)

すみません、よろしいでしょうか、取りあえず。

(佐藤委員)

それは次回以降ということですね。はい、結構です。是非それは納得させてください。

(釜江座長)

すみません、まだ何かありますか。

(佐藤委員)

もう一つは簡単なことです。ちょっと気になった文言なのですけれども、2ページ目に、書き出しが「炭素鋼、低合金鋼などのフェライト系材料は、高エネルギーの中性子の照射により強度、硬さが増加し、延性、靱性が低下する。」と、この書き方なのでも。

これは読み方によっては、フェライト系材料特有の物性の変化だというふうに読めるわけです。ですけれども実際には、オーステナイト系のステンレス鋼でも起こるわけでし

て、炉内構造物でもこういうことが起こっているわけですね。

ですので、ちょっとこの書き方は、私にとってはミスリーディングしているような書き出しかなというふうに感じました。

(釜江座長)

いかがでしょう。本店どうぞ。

(九州電力)

本店九州電力中山です。

こちらは原子炉容器の中性子照射脆化ということで、すみませんちょっと言葉が足りなくて申し訳ないのですけれど、原子炉容器のことで記載させていただいております。以上になります。

(九州電力)

本店九州電力木元です。

先生がおっしゃるように、「原子炉容器で使用しているフェライト材料は」というような記載にすれば、誤解を与えなくなると思いますので、その辺を注意しながら文章を作っていきます。ありがとうございます。

(釜江座長)

よろしいですか。この中性子照射脆化については先ほど少しありましたように、渡邊委員からの質問とその回答の中でも少しそごがあるようなので。

これは多分九州電力さんは渡邊委員がおっしゃっていることを理解した上での回答だと思うのですが、まだ少し食い違っているように思います。今日はちょっと時間もないので。この件非常に大事で、特に予測式の問題ですから、しっかりとコンセンサスが取れないとその結果についての検証もできないことになりますから。

確認ですが、九州電力さんにとっては、渡邊委員のコメントは正確に御理解いただいていますね。ただ、それに対する回答が渡邊委員にとっては少し不満だということが今日の話であったと思います。

間違っているうんぬんの言葉もありましたし、そこに少し特化したコメント回答でも結構ですし、是非お願いしたいと思います。

この件非常に重要な話なので、今日御発言いただけなかった先生もいらっしゃいますが、もう一度見ていただいて、何かコメントありましたら事務局の方にお届けいただきたいと思います。

すみません。ちょっと途中で切って申し訳ないのですが確認したいことがあります。

この後、いつものコメント回答があるのですが、ちょっとその前に、途中退席される先生もいらっしゃるので、1点だけ少し挟ませていただきます。

前回のこの分科会で、以前から後藤委員をはじめ、商業機密についての取扱いをどうするかということで、九州電力さんもいろいろとメーカー等との協議で、より公開できるような取組をやっていただいて、そういうふうになりつつあると思っています。

やはり、どうしてもというところはあるということで、その点について、私は前回、後藤委員以外の委員の先生方にこの問題に対してのお考えを伺うということで、事前個別にお話を伺ったところですが、この公開の場で先生方の御意見を伺いたいと思います。これは議論する話ではないのかもしれませんが、またお考えを一度お聞きしているのですが、再度簡単にそれぞれ先生方からこの商業機密に対するこの分科会の取扱いについて御意見を伺いたいと思います。

委員の先生方には全て公開されていますが、外部への公開ということですので、その誤解のないようお願いしたいと思います。それでも、後藤委員からもう一度これまでの御意見を伺いたいと思います。簡単に結構です。

(後藤委員)

はい。後藤です。

簡単に、事の発端はもともとデータが直接見えない状態だったと。それはただし、委員に対しては、ちゃんと見せるということなので。一つはその分科会としては、委員は見ていたっていうところで、一応一つ切っているのですね。

ただし、私がちょっとコメントしましたのは、何かというと、その分科会として、独立した分科会の一員として見る分には、それはもちろん支障がないのですけれども。当分科会は、その専門の科学・技術的な意味合いの内容を評価しながら、それが、県民の人たちに分かるように説明するというふうに書いてある。

そうすると、私は結構複雑で難しいけれど、一応ここまで理解したということの説明しようとするのです、県民の人に。その時にデータを出すと、「いやちょっとそれ待ってください。それは出せない。」ということになる。だから、その議論ができないのですよ。

それはですね、今までずっと今ちょっと調べたのですけれど、随分電力さんとずれがあったのは何かというと、そのデータがきちんと特定できていないから。その状態で議論するというのは無理があって、だからそこはまず出してほしいというのがあって、その時に、電力さんのというかメーカーの方の要請ですか、企業秘密という意味があって、それで出せないという話なのですね。

そうすると、すごく社会的な問題になってしまうのですよ。そういう話をすると、本当にこれは商業上機密であるということと、それから外から見て、市民、県民から見た時にこれは本当にそれで妥当であるかというふうに見ようとした時に、伏せられるということは何かという、これが普通の商業的なものだったら問題ないのですけれど、原子力の安全性に関わって、その当事者である被害を受ける可能性のある人たちに対して、説明しないということは、通るはずがないのですよ。誰が見たって。というのが私の意見なのですね。そういう意味できちんとそのことは評価すべきでしょうというのが私の意見です。以上です。

(釜江座長)

はい。今の内容はもう何度かこの場でもお話されていますので、委員の先生方も多分御理解いただいていると思います。この件はそれぞれの先生方の考え方があってと思うので、申し訳ないですが順番に簡単に結構ですので、委員の先生方のお考えをお聞かせいただ

けたらと思います。ちょっと私の方から指名して申し訳ないのですがこの画面の上から順番にお願いします。佐藤委員お願いします。

(佐藤委員)

はい。佐藤です。

簡単に説明しようということなのですが、簡単に説明するのは難しい問題かなというふうに思うのですね。まず原子力の問題ですから、この公開性透明性、これはもう最大限確保しなければならないというふうに思います。

その一方で、機密性も重要であると。その機密性の理由として認められているものが、セキュリティに関係するもの、あるいは個人情報に関係するもの、あるいは商業上の機密に属するものと。機密性に関しては、残念ながらこれは情報を得る人に対しての、性悪説を適用しないといけない。つまり情報が出ることによって、そのセキュリティが破られる、個人情報が悪用される、商業上の機密がcompetitorに利用されてしまうと、そういうことを想定しないといけないと。ですのでそのバランスを確保しないといけないと。そういう難しい問題があると。

それで我々委員としては、特権的に、そういう情報もむしろ性善説的に提供してもらっているということで、それに応えるべく、十分知恵を絞って、いろいろ検討に参加して、それに触れることができない人たちに代わって、責任を果たしていかないと。それが私の考えです。いいのか悪いのかというふうなストレートな答えになっていないですけども、以上が私の考えです。

(釜江座長)

はい、ありがとうございました。大畑先生。大畑委員。

(大畑委員)

はい。どうも大畑です。

最初に委員長からお話ありましたように、ちょっと議論するようなことではないかなというのがまずあるのですけれども。個人的には商業機密に関わる内容については、分科会員以外の外部に、一般公表するように、我々から申し入れる権利はないのではないかなと、公表する必要はないのではないかなと考える次第なのですが。

一般公表文書には、もちろん商業機密に関わる部分があるということで、目隠しはされているのですけれど、そういう目隠しがあることによって、基本的にはその情報というのは技術的に、あるいは科学的に検討を行うこの分科会とかそういう機関、あるいは今後規制庁さんとか、そういったところできっちり提示されていると。そのデータをもとにしっかりと議論されているということの一つの証拠にもなるということかと思しますので、公表しなくていいといいますか、そういう商業機密に関わる内容については、公表を強要できるものではないのではないかなというふうに考えているところです。

先ほど、佐藤委員のお話もありましたように、公表いただいている我々が、しっかりと責任を持ってすべきかなというふうに考えております。はい。以上です。

(釜江座長)

はい、ありがとうございました。守田委員。

(守田委員)

九州大学の守田です。

分科会は川内1号、2号の運転期間の延長に関わる事項について、科学的・技術的な検証を行って、その結果を委員会に報告するというのが役割になっていると思います。ですので、まず検証を行うのは分科会であって、外部の個人とかあるいは組織ではないと理解をしております。

分科会だけで科学的・技術的な検証ができないとか、あるいはその判断ができない、運転期間の延長の是非に関わるような重大な事項が出てきた場合には、そのしかるべき手続を経て、分科会の委員以外の適切な有識者の方に御意見を求めるなどの対応をとればよいと思います。

分科会で開示された機密に関わる事項を一般に公開するということになる、九州電力や関連する企業さんとかそういったところが何らかの不利益を被る可能性があると思われま。その分科会の設置者である鹿児島県がそのことについて責任を負えない以上、分科会として機密に関わる事項を一般に公開することを、九州電力さんに要求するべきでは私はないと思います。

分科会が機密に関わる事項にであつても、これまで必要に応じて情報は開示されておりますし、九州電力さんが機密に関わる事項を一般に公開しないことをもってその分科会での検討に消極的であるとか、非協力的な姿勢であるとも考えていませんし、機密に関わる事項を一般に公開しないということが、分科会での科学的・技術的な検証の妨げになっているとも考えておりませんので、分科会として機密を一般に公開するということはすべきではないと個人的には思っております。以上です。

(釜江座長)

はい、ありがとうございました。橘高委員よろしく申し上げます。

(橘高委員)

はい。結論から言いますと非公開、商業的な機密に関わる事項は非公開というのは、仕方がないかなと。その中で電力さんのそのルールにのっとってちゃんとその公開というのはちゃんとやられているというのが前提で、それは性善説によるしかないということですけど。

本来、第三者的にその辺のこのデータ、一番心配するのはやはり、ちょっと不都合なデータ等の非公開というのがあるとまずいのですが、第三者的に何かその辺の評価ができる必要があるかなと思いますが。これは我々、分科会の中で一応判断ということていくしかないかなということ。以上です。

(釜江座長)

はい、ありがとうございました。渡邊委員。

(渡邊委員)

私もずっと参加させてもらって、いろいろこれはこうだと言ってもらって随分、全体で進歩していると私は考えているのですね。だから私、別にその会社の秘密のデータを出してほしいとは考えていないのですけれども、その電事連にとって何か不都合なデータというのは、やっぱり感情として伏せたいという状況は分かるのですけれども、それはやっぱり、しっかり公表してもらって、不都合なデータも含めて公表するようなことをやっぱりやってもらいたい。

今日も照射脆化の議論になりましたけれども、一番何て言うかな、核心の部分というのはやっぱりあなた方は公表したくないというのが多分心情のどこかにあるのですね。やっぱりそこはしっかり含めて先ほど申しましたけれども、公平・中立の機関がしっかり評価できるようなシステムというのを作ってもらいたい。

それは地元の問題ですので地元でしっかり、例えば監視試験片の結果だったり、評価できるようなものを作ってもらいたい。それは九大でもできるし、KURでもできるわけですが、そういうものをしっかりしてやっぱり秘密のないような社会というのを最終的には作ってもらいたいというのが希望ですね。はい。以上です。

(釜江座長)

はい。ありがとうございます。私の意見はもう以前からずっと申し上げていましたので、改めては言いませんが。今委員の先生方から、この件についての御意見をそれぞれ伺いまして、商業機密についてやはり、委員以外に公開することは今の枠組みではなかなか難しいと。そういう御意見だったと思います。そういう意味ではこれまでも先ほど冒頭で申し上げましたように、そういう商業機密があるものも、電力さんやメーカーの協力を得て少し公開の方向にいつている部分もありますので、今後もその辺は積極的に可能なものは是非公開していくというところは御協力と尽力いただきたいと思います。

それと、先ほども橋高委員もおっしゃっていましたが、やっぱり商業機密かどうかというのも、これはもう性善説なので、我々がそういうこと言われれば、なぜ商業機密かということも併せて、この場で御報告を頂いてそれを信じることは信頼関係のもとに成り立つことで、都合の悪いというだけで商業機密だと言われるとまずいので、しっかりと棲み分けをして、信頼関係の下でしっかりと今後も引き続き可能なものは公開できるようにお願いしたいと思います。特にこの件について何か九州電力さんからお話ありますか。よろしいですか。

(九州電力)

特にありません。

(釜江座長)

ありがとうございます。この件については、これまでどおりの運用としたいと思えます。繰り返しになりますが、商業機密であるということの理由についてはしっかりと、この場で透明性を持ってお話をいただきたいと思います。

(後藤委員)

すみません，座長。

(釜江座長)

最後，どうぞ。

(後藤委員)

一つだけ誤解がないかどうか確認したいのですけれども，解析ですね。ある温度でも，何でもいいのですけれど，その解析手法が秘密であるということは，そういうふうにはつきりおっしゃっているのですけれど，これは間違いないですか。それでいいのですか。解析手法とか解析のデータも含めてね。そういう考え方も伏せるのですか。私はそこがとても信じられない。

(釜江座長)

その商業機密うんぬんのところは，前回まとめて回答いただく中にそういうのが入っていたように思いますが。

(九州電力)

入っております。解析は明確に対象として挙げさせていただいております，機密の一つとしてやはりその解析に関わる部分は，競合他社に知られると我々が協力してもらっているメーカーの不都合な情報なり得るということで，しっかり，すみません。

第7回に御説明させていただいた資料の中に，高度なソフトウェアに係る技術という文言で書かせていただいておりますけれども，解析の部分をそこに該当するというふうに考えています。

(釜江座長)

分かりました。

(後藤委員)

はい。だからということは，そういう解析に関わるところが高度なものがあつた場合にはそれは，国民に知らせないということがやむを得ないのだと，そういう意味ですね。分かりました。

(釜江座長)

いいのですか。

(九州電力)

九州電力の上村です。

当然物によりますが，高度なものを機密性の高いものはそうなります。ただ今回，P T

Sの部分はメーカーと話をし、解析の条件を一部公開させていただいているということにはなりません。以上になります。

(2) これまでの委員からの質問への回答

(釜江座長)

はい。どうもすみません。御都合のある委員の方がいらっしゃったので、ちょっと先に割り込ませていただきました。予定の時間は12時半ということなのですがもう少しお時間をいただきたいと思います。

これまで後藤委員はじめ、委員の先生方から質問を頂いていまして、その回答ということで、本日は3-1から3-3まで3種類の資料があります。この中で、3-1、3-3というのは後藤委員から分科会の前後で頂いていて、そこにありますように4回、6回のものに対する質問ということと、3-1につきましては、1、6、7ということで、これは全体の委員の先生方から頂いている質問に対する回答ということです。少し先延ばしされているものもございます。毎回ですが事前にこの資料をお配りしていますので、御自分の質問に対する回答として、適切なかどうか、これでは足りないというようなことやこの回答では十分理解できないということがありましたらよろしく願います。また追加の質問がございましたら、時間の許す限り議論したいと思いますので、いかがでしょうか。

はい。後藤委員。

(後藤委員)

3-1、私の質問に対してなので、格納容器のペネですね、ペネの温度による評価について、これを見ると蛇腹になっていて軸方向の評価をしているのですね。それは分かりません。

私の質問したのは、実はそうではなくて、上下方向、例えば温度が高くなると、鋼板の方が伸びますから、そうすると鋼板とそれからペネの空間、これが狭まる可能性があるわけですね、それについてお聞きしているのです。設計は何mm空いていて、設計上はどういうふうに考えているかということをお聞きしているつもりなのです。ただ、今でなくて結構ですけど、そこちょっと御確認を願いたい。

(釜江座長)

今できますか。

(九州電力)

九州電力の上村です。

鋼板とペネトレーションの縦側の変位。

(後藤委員)

鋼板が伸びるのですね。

(九州電力)

今回御質問を頂いていたのは、配管、実際今までずっと鋼板と各種格納容器内の話をさせていただいておりますけれども、今回、アニュラスを出て、すみません、4ページでいきますと、外壁コンクリートの外に出てきた部分というところの熱変位というところをどのように吸収しているのかというふうな御質問かというふうにちょっとすみません捉えていたところがありまして、配管そのものはお示ししているとおり、曲がり部サポートがありますので、ゴムベローズというのは、先ほどおっしゃったとおり軸方向、配管が例えば格納容器から伸びてきた時に、配管と各貫通部は繋がっていますので、そこを吸収するのがこのベローズですけれども、縦側の変位についても、砂場みたいなサポートと、あとは曲がり部というところで吸収ができるというふうに思っておりますけれども、先ほどの御質問、ちょっともう一度御確認させていただきたいのですが、鋼板というのは格納容器鋼板。

(後藤委員)

はい。格納容器の鋼板が伸びるということですね。そうするとペネと一緒に上がりますよね。ペネとコンクリートの間が近くなるのではないですか。それはどうなっていますでしょうか。そういう意味です。

(九州電力)

分かりました。また例をちょっとお示しして、ゴムベローズで持っている部分もあるかと思しますので、その辺りもう一度確認します。

(釜江座長)

そうですね。この図には多分現れていないと思うので、ちょっとその図を修正するなりしてください。

(後藤委員)

ちなみに一つだけ追加です。当然その過酷事故の時には問題になるので、そこが一番私心配しているのですね。その設計条件との問題もありますので、どうお考えなのかということ、後で結構です。

(九州電力)

はい。承知いたしました。事故についてもそういう過酷事故も考慮して設計しておりますので、その辺りも資料に表したいというふうに思います。

(釜江座長)

よろしいですか。

(後藤委員)

はい。

(釜江座長)

はい。委員の先生方で、資料3-1について、渡邊委員。

(渡邊委員)

何点かよろしいですかね、質問させてもらっているのですけれども、例えば5-3のところで検証試験をやられているわけで、どこか委託しているわけですね。その委託された時に、こういうものが実機と本当に同等であるかという検証というか、最初に考えるのは、例えば実機とその同じ材料を使って同じ溶接手法をやって、同じ溶接後熱処理をします。それで実機としてのこういう試験で妥当かというのを検証するわけですねけれども、それが本当に実機と同じ、例えば溶接後の熱処理も含めて同じようになっているのかどうかというのをお聞きしたい。

それと、例えば実機の場合には手動でもってやっているわけですねけれども、その当時の例えば溶接条件だったり、どういうふうな、例えばその人間でやった時のその態勢(姿勢)だとか、手動でやったかというのが具体的に残っているか、それを再現しているかどうかですね。

あと例えば8-2でいろいろな場所でのニュートロンの量を評価して出してもらっているわけですねけれども、少し検討してみますと、やっぱり60年の時点では、照射脆化が顕著になるような部材になっているわけですね。で、その压力容器と違って照射の温度が数十℃から100℃ぐらいだと思えるわけですね、そういうふうな低温での照射脆化という現象をどういうふうに九電というか、電事連でもいいですねけれども、理解して、60年の評価になっているのかということですね。

それと最後の方にコンクリートの評価をしてもらって非常に分かりやすい説明で助かりました。以上です。

(釜江座長)

よろしいですか。最初の方の。

(九州電力)

九州電力の上村です。

最初の御質問ですねけれども、具体的な質問回答の番号で言いますと、恐らく6-10の試験片の妥当性のお話かというふうに思っております。

先生から御指摘を前回頂いて、我々なりに整理したものがこちらの表になりますけれども、UTを例にとりまして御説明させていただきますと、11ページになります、まず実機がASMEによりまして低合金鋼ということで、まず一番左の列に書いております。

検証試験につきましては、同じように低合金鋼JISの規格を書いていますけれども、そちらを使っております。で、対比試験につきましてもASMEの試験ということで、完全なる一致という材料ではないものもございます。

当然建設時のロットの材料がないという物もございますので、当然我々としては、今

回、UTを例にとって御説明させていただいていますが、UTの場合は波の伝搬性になりますけれども、波の伝搬性を考慮した時に、実機と同等であるかというところを判断しております。

右側の評価の部分に書いておりますけれども、JSME等々で、実際の伝搬性が同等であるという材料をまず使っているというのが一つ回答になります。

後、溶接の手法ですけれども、溶接の手法もおっしゃるとおり、伝搬性に影響するものになりますので、今回サブマージアーク溶接、エレクトロンスラグ溶接と2種類ありますけれども、こちらの溶接方法についても、同じような帯状電極肉厚溶接法と肉盛溶接法となっていますので、こういったところは、名前こそ違いますが、同じような状態を作ることができているというふうに思っています。

我々が先ほどの御指摘の中で記載できていないのが、溶接後熱処理と入熱管理も含めてなのですけれども、そちらにつきましても、当然ながら同じように、この場合は母材低合金鋼にSUSのクラッドを溶接しますけれども、その場合の溶接の入熱管理、後は、その後の溶接を熱処理についても同じように施しまして、状態を同じにしているという状況でございます。

ですので、そのあとECTの試験体も書いておりますが、基本的な考え方は一緒になりますので余り違いが出ないようにしております。

(渡邊委員)

試験片を切って、同じような断面になっているということは、比較できるような物はないのですか。例えば、そういうことは可能ではないですよね。本当にその実機と同じような、例えば、実際の断面写真がないのに、どうやって我々は確認できるのですか。同じような熱処理をやって、同じようなことをやったら同じですよという評価ですよ、それはどうやって確認が持てるのかということなのですね。それは確認出来なくなっていますよね。

(九州電力)

九州電力上村です。

当然ながら実機クラッド下も切り出してもおりませんし、御指摘を頂いているとおりの検証試験、対比試験においても、その輪切りにして組織まで見ているわけではないですけれども、少なくともUTの検出性という意味では、材質、溶接方法その後の処理、入熱管理を含めた処理が同じであれば、検出性に影響はないというふうに評価をしています。ですので、そこまでその組織とかこう見るところまでは、必要ないのかなというふうには今考えているところです。

(渡邊委員)

はい。

(九州電力)

あと今回、すみません、この前の資料で、まずは6-11の御質問かと思っております、

中性子分布に対するいろいろな設備の照射量なのですけれど、我々の分布を出したのみになっておりましたので、今回、それぞれの60年時点での評価対象部位の照射量というものを記載させていただきました。

今の御指摘はすみません、具体的な設備で言いますと、恐らく低温域の照射脆化ということで、R Vサポート等のお話かというふうにちょっと推察していますけれども。

(渡邊委員)

いや低温脆化等の、私の6-13のところ、例えば、熱の脆化と中性子の熱時効と中性子脆化等の重畳ですよね。ある場所場所でのニュートロンの量を出してもらった時に、熱時効と中性子の脆化というのが、その溶接部で顕著になるというふうに私は思っているのですけれども、そういう物も含めて、どういうふうな回答になっていますかという。

(九州電力)

失礼しました。6-13は同じ資料の中の7-3ということで、ページとしましては41ページからになります。この時に頂きました御質問がちょうどI A S C Cの分野で頂いた質問になっていまして、やはり脆化という、重畳というお話も頂いておりますが、基本的にはこの炉心槽の溶接部の話ですけれども、炉心槽の安定性というのは、まずI A S C Cが発生したという仮定をしまして、そこから脆化が進んだ時に不安定破壊をするかどうかという、まず評価が前提に、前回お示しした時にさせていただいています。

その時に、溶接線は影響するはずだということで、御指摘のとおり影響しますので、その回答を合わせて書かせていただいているということになります。

まず42ページ、43ページをすみませんちょっと2ページまたがりませんが、見ていただきますと、前回のI A S C Cの時に、1号と2号で最終的にその不安定破壊をするかどうかというところで、応力拡大係数が変わってきますという御説明をさせていただいた上で、2号が高いですという御説明をさせていただきました。

この42ページ、43ページを見ていただきますと、溶接のパスとそれに伴います残留応力の分布図を記載しております。2号が自動T I G溶接、1号がサブマージアーク溶接ということで、ちょっと時代のその時のいろいろな要因を踏まえてこのような溶接方法の違いがございますけれども、2号を見ていただきますと、比較的開先面が狭くなっているということが分かるかと思えます。

それを踏まえた上で、43ページの右の図を見ていただきますと、青い部分が残留応力的には圧縮になっている部分になります。図の下が内面、外側が外面ということで炉心槽の内外面を示していますけれども、1、2号比べていただきますと、2号の方が、中に青い領域、圧縮の領域が少し入り込んでいるということがございますので、1、2号の違いで拡大係数が違うというところにつきましては、溶接の手法によりまして、応力場が少し圧縮と残留、圧縮、引張、その応力差が1、2号で違うため、2号の方が結果として厳しくなっていると、高くなっているという状況でございます。

(渡邊委員)

これは応力場という観点から、その有限要素法でやったわけですね。溶接ですから冷

却のスピードによって、材料の組織組成が変わってくるわけですね。ある場所ではオーステナイト層になるし、その冷却のスピードによっては残留オーステナイトだったり、フェライトになったりするわけですね。

そういうことの観点からお聞きしているのですね。それとやっぱりニュートロンとの重畳、やっぱり答えていないのですよ。それに答えられないのはやっぱり答えられないというふうな評価にしないと、これで満足はできないのですね。

これは熱の入力を有限要素法でやっているだけで、実際は熱を加えて冷却のスピードによって組織が変わって、オーステナイトだったり、フェライト層の残留がオーステナイトになっているという現象が実機で発生しているわけですね。それをやっぱり答えないといけけないので、それに対してニュートロンがこれくらいの量だからこういうふうになっていますというのをさっと答えないといけけない。

(九州電力)

分かりました、ありがとうございます。先にちょっとこれまでの回答の中で、脆化を、中性子を当然照射されると、ステンレスについても脆化がある程度進むということで、そういった時に亀裂が起きた場合に破壊するかということで、中性子照射を全く考慮していないかとそういうわけではないのですけれども、先にそういう評価があった上で、後付けでこういう御説明をしていますので、すみませんちょっと分かりづらくなっていましたし、先生の御指摘のとおり、入熱の冷却によってこういう違いが出ているというところは、確かに記載してきてごさいませんので、その辺り前回までに御回答したものと合わせて、再度、お示しをしたいと思います。新しい内容はないのですけれども、ちょっとこれまでの回答を整理させていただきたいというふうに思います。ありがとうございます。

(渡邊委員)

それと先ほど言いましたけれども、低温でのサポート部の具体的にどういうふうに、その評価の手法は、これまでお聞きしたわけですけれども、これだけの沢山のニュートロンの量を浴びているわけですね、監視試験片をある程度我々は重要視して、その評価していろいろ議論になってきたわけですけれども、その周辺部の領域が非常にニュートロンで照射されているという状況になってきているわけですね。

それをどういうふうな評価、どういうふうなことが起きているかというのをささっと示してもらいたいのですね。次回でも結構ですので。

(九州電力)

分かりました。ちょっと御確認だけさせていただければと思いますが、これまで第6回で御指摘を頂いていましたR Vサポートの脆化と、これ炭素鋼の脆化なのですけれども、こちらについては、我々が原子炉容器を使う最低温度ということで21℃というものをお示ししつつ、中性子照射脆化が進むとやはり炉心槽と同じように、靱性が低下するということがありましたので、その評価を示させていただいているのですが、物理現象として断層がどのように脆化をするかというところのお示しということによろしいでしょうか。

(渡邊委員)

はい。

(九州電力)

分かりました。ちょっとそこは今持ち合わせておりませんのでちょっと次回、また御説明させていただければと思います。以上になります。

(釜江座長)

よろしいでしょうか。

(渡邊委員)

はい。

(釜江座長)

よろしいですか。Webの先生方、何かございますか。よろしいでしょうか。はい。それで少し時間を超過しましたが、いろいろと今日は重要な話がありましたので、次回以降、今日の質問回答とともに、やはり繰り返しますが中性子照射脆化の部分は、これには予測式の問題でもあるので、しっかりと質問を理解した上で、回答をお願いしたいと思います。

それでは、本日の議事を終了したいと思います。事務局の方から何かございますか。

(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、よろしくお願いたします。事務局からは以上でございます。

(釜江座長)

はい。それではこれもちまして本日の議事を終了したいと思います。どうも長時間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。ありがとうございました。