

## 第6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10月17日（月）9:27～13:01

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，守田委員，渡邊委員

【リモート】大畑委員，橘高委員，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，よろしくお願いたします。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，お忙しい中御出席いただき，心から感謝申し上げます。

九州電力は先日，川内原発1，2号機の運転期間延長認可に係る申請書を，原子力規制委員会に提出しました。川内原発の運転期間延長につきましては，九州電力による申請を見据えて，今年1月から当分科会におきまして，特別点検の結果等について御議論いただいているところでございます。

県としましては，今後，原子力規制委員会による判断が行われる前に，当分科会における科学的・技術的な検証の結果や，専門委員会の意見等を踏まえまして，原子力規制委員会及び九州電力に対して，厳正な対応を要請してまいりたいと考えております。

皆様方には引き続き，川内原発の運転期間延長に関する科学的・技術的な検証に御協力を賜りますようお願い申し上げます。

本日は，1，2号機コンクリート構造物などの特別点検結果につきまして，九州電力から御説明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いただいております。本日も忌憚のない御意見を賜りますようお願い申し上げます。挨拶とさせていただきます。

本日も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会議で御参加の委員の方は，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あと，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, 2号炉コンクリート構造物の特別点検（個別確認・評価）結果について

（釜江座長）

釜江でございます。おはようございます。それでは、今日も議事次第にありますように非常に中身が濃いございますので、早速始めていきたいと思っております。

それでは、議事の一つ目でございますけれども、今回初めてでございます。1, 2号炉コンクリート構造物の特別点検（個別確認・評価）の結果についてということで、九州電力さんの方から御説明をよろしくお願いいたします。

（九州電力）

説明に先立ちまして一言申し上げます。皆様おはようございます。九州電力川内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頂き、ありがとうございます。

資料の説明をする前に、川内1, 2号機の運転延長認可申請を行ったことについて、御報告させていただきます。川内原子力発電所は、1号機が今年の10月18日から、2号機が今年の2月21日から特別点検を実施し、10月12日に完了しました。また、特別点検の結果を含め、発電所設備に関わる劣化状況評価を行い、それを踏まえて施設管理方針を策定いたしました。

これにより、運転開始後60年時点においても健全性が確保されていることを当社として確認したことから、今月の12日に、運転延長期間を20年とする申請書を、原子力規制委員会へ提出いたしました。当社は引き続き、当分科会における科学的・技術的な検証に対し、丁寧に御説明させていただきますとともに、国の審査にもしっかりと対応してまいります。

本日は、資料に基づきまして、特別点検のうち、1, 2号機のコンクリート構造物及び2号機の原子炉格納容器、原子炉容器の点検結果について御説明させていただきます。また、委員の皆様からいただいた御質問への回答などについても説明させていただきます。よろしくお願いいたします。

（九州電力）

九州電力土木建築本部の生貞と申します。コンクリート構造物の特別点検の結果について御説明させていただきます。

まず資料の1ページ目でございますが、経年劣化事象と劣化要因について記載しております。コンクリート構造物につきましては、この下の表にございますように、これまでに30年目の高経年化技術評価におきまして、様々な劣化事象に対する技術評価を行い、その健全性を確認しております。具体的には、強度低下につきましては中性化、塩分浸透、アルカリ骨材反応、熱、放射線照射などを、それから遮蔽能力の低下につきまして

は、熱による劣化要因に着目しまして、評価を行いました。詳細な内容につきましては、4月の第3回分科会で御説明させていただきましたので、本日は時間の関係もございまして、割愛させていただきたいと思っております。

続きまして2ページ目ですが、特別点検の位置付けについて御説明いたします。30年目の高経年化技術評価におきましては、劣化事象ごとに最も厳しい使用条件にあるコンクリート構造物を代表構造物として選定しまして、技術評価を行い、健全性を確認しております。この技術評価におきましては、評価の入力値となります中性化や塩分浸透の値、それから強度を確認するためにコアサンプルによる点検を実施しております。

今回の特別点検では、これまでにコアサンプルによる確認がなされていない範囲、例えば遮蔽能力やアルカリ骨材反応につきましても、点検を実施しております。なお、通常の点検との違いでございますが、下の表にまとめておりますけれども、通常の点検では目視によるコンクリート表面のひび割れや剥離等の異常がないことを確認しておりますが、今回の特別点検では、コンクリートの内部の状況を詳細に確認するという目的で対象となる構造物からサンプルを採取して、各種の試験を実施しております。試験の内容につきましては、強度低下に関する試験といたしまして、中性化深さ、塩分浸透、アル骨反応、強度。遮蔽能力の低下に関する試験としましては、乾燥単位容積質量の試験を実施しております。

次に、3ページ目になりますが、対象の構造物、部位、それと点検の項目について御説明いたします。特別点検の点検箇所につきましては、次の4ページ目の表にございますが、これは原子力規制委員会の運用ガイドから抜粋してきてございまして、この記載を踏まえて劣化要因ごとに選定しております。具体的には、遮蔽能力につきましては、放射線防護の要求があります原子炉格納施設と原子炉補助建屋を対象としております。塩分浸透につきましては、発電所の敷地の形状やレイアウト上、海岸から最も近く海風が直接当たります取水ピットに加えまして、ガイドの要求がございます原子炉格納施設と原子炉補助建屋、さらには屋外に設置しておりますタンクや貯油槽の基礎などを対象にしております。それから中性化深さとアル骨反応につきましては、全ての構造物で起こり得る事象でありますので、全構造物を対象にしております。強度につきましては、劣化要因ごとに強度低下への影響の有無を確認するために、全ての構造物を対象にしております。以上の対象構造物のレイアウトを4ページ目の下のプラント配置図に示しております。また、コンクリートに使用しております主な材料を、参考として記載させていただきます。

次に5ページ目になりますが、点検の体制について御説明いたします。コンクリートの特別点検につきましては、本店の土木建築本部を主体とした体制を組んでございまして、品質マネジメントシステムに基づき、特別点検の実施に必要な力量を有する社員が従事しております。また、データの採取につきましては、現地の川内原子力発電所の土木建築課、並びに協力会社であります第三者機関の認定を得ている試験事業所にて実施しております。なお、試験員の方々は各種の資格を保有しております。

続きまして、6ページ目に試験方法とコアサンプルの採取箇所について記載しております。各種の試験は、点検対象の構造物より採取しましたコアサンプルを用いまして、下の表にありますとおり J I S などの規格に基づき実施いたしました。以降、それぞれ

の試験について具体的な考え方を御説明いたします。

7 ページ目には、中性化深さについて記載しております。まず、コアサンプルを採取する上での着眼点でございますが、中性化は二酸化炭素の作用に伴い進行しまして、アルカリ性を失うことにより鉄筋が腐食し、コンクリートにひび割れや剥離が発生する可能性がございますので、二酸化炭素や温度、湿度などの環境条件に着目しております。次に、コアサンプルを採取する範囲につきましては、空気環境は構造物や部位によって異なりますので、約400か所で空気環境の測定を実施し、その結果により、影響度の値が最も高い範囲を選定しております。

次の8 ページに、1号炉の原子炉補助建屋の具体例を示しております。空気環境の測定結果から、環境条件に及ぼす影響度の値、下のグラフの縦軸になりますが、これは二酸化炭素や温度、湿度などで構成される森永式による係数の値になりますが、この値を算出しまして、最もこの値が大きい場所を選定しております。原子炉補助建屋の内壁及び床の場合は、139の測点の中から選定しております。ここに記載しておりますのは地下1階のフロアでございますが、このフロアでは26か所の測点がございます。その中でも⑨のホウ酸タンクポンプ室が最も影響度の値が大きいことから、まずはここを選定しております。

また7 ページ目に戻っていただきまして、この範囲からコアの採取箇所を絞り込むに当たりましては、コンクリートの強度が低い箇所は相対的に単位体積質量も小さく、中性化が進行しやすいと思われまので、リバウンドハンマーと呼ばれます非破壊試験の値が最も小さい箇所を選定しております。

この具体例を9 ページ目に示しております。先ほど御説明しましたホウ酸タンクポンプ室の4か所の壁で試験をしまして結果、No. 4の箇所が最も値が低くなりましたので、この箇所からコアサンプルを採取いたしました。

また7 ページ目に戻っていただきまして、試験の方法でございますが、2018年のJ I S A 1152という基準に基づきまして、割裂させたコアサンプルにフェノールフタレインの溶液を用いまして、染色しなかった領域、すなわち中性化している領域の測定を、下の写真のように実施しております。

それから、(1)の一番下に括弧書きで「温度が高いほど、湿度が低いこと進行しやすい」という記載をしておりますが、先般、橘高先生の方から、「湿度が極端に低いと中性化は進行しにくい」という御指摘をいただいております。御指摘のとおりと思っております。一般論としては適切でないもので、誤解を招く恐れもありますので、この部分は後日修正をしたいと思っております。これまで環境測定の結果では湿度が極端に低い箇所はなかったことと、森永式の特長からこういう記載をしておりました。失礼いたしました。

続きまして10ページ目に、塩分浸透について記載しております。まず、サンプルを採取する上での着眼点でございますが、塩分浸透は、塩化物イオンの浸透に伴う鉄筋の腐食により、コンクリートにひび割れや剥離が発生する可能性がございますので、海からの塩分量や屋外設置等の使用の環境に着目しております。まず、範囲につきましては、海風が直接当たる範囲の取水ピットや建屋の外壁を選定しまして、そこから採取箇所の絞り込みにつきましては、下の写真にございますように飛来塩分を捕集する器具や、エックス線により表面の塩分量を測定する器具を用いまして、塩分量が最も多い箇所を選

定しております。試験方法につきましては、2020年の J I S A 1154 という基準に基づきまして、下のイメージ図にありますようにコアサンプルを20mm間隔でスライスしまして、それを粉砕して試験溶液としたものに硝酸銀溶液を滴定して、塩化物イオン量を測定するという方法でございます。

次に、11ページ目にアル骨反応について記載しております。アル骨反応につきましては、1986年と87年にモルタルバー法という試験を実施しております。骨材は有害ではないということを確認しております。また、通常の点検におきましても、アル骨反応に特有のひび割れは発生していないことを確認しておりますが、今回は改めてコンクリートの内部の状況を確認するという目的で、サンプルを採取しております。採取上の着眼点につきましては、アル骨反応は、反応性骨材が水分やアルカリ分により反応しまして、骨材が膨張することでコンクリートにひび割れが発生する可能性があります。また、その反応は放射線照射の影響によって促進される可能性もありますので、外部からの水分、アルカリ分、放射線照射量に着目しております。採取範囲と採取箇所を選定につきましては、水分につきましては、環境測定の結果から湿度が最も高い箇所を選んでおります。アルカリ分につきましては、塩分量の最も多いところを選定しております。放射線の影響につきましては、照射量が最も大きい一次遮蔽壁の炉心領域部を選定しております。試験の方法につきましては、実体顕微鏡を用いまして、コアサンプルの切断面を下の写真のように顕微鏡で拡大して、反応リム・ゲルと呼ばれる物質があるかないか、またその程度がどうなのか、それから骨材等へのひび割れの状況を詳細に観察する方法をとっております。

次の12ページですが、強度について記載しております。着眼点につきましては、強度低下に繋がる劣化要因全てに着目しております。採取範囲と採取箇所の絞り込みにつきましては、対象部位ごとに代表的な劣化要因に着目しております。例えば原子炉格納施設の内部コンクリートにつきましては、遮蔽能力、すなわち単位容積質量の試験のサンプリング箇所での強度のサンプリングを行っております。取水ピットについては塩分浸透に着目しております。次に試験方法につきましては、2018年の J I S A 1108 という基準に基づきまして、下の写真やイメージ図にありますように、一様な荷重を加えて、供試体が破壊するときの最大荷重を測定しており、これを圧縮強度というふうに定義しております。

次に13ページ目ですが、遮蔽能力について記載しております。サンプル採取上の着眼点につきましては、遮蔽能力は、熱による水分逸散に伴うコンクリートの質量減少により低下する可能性がありますので、単位容積質量に着目いたしました。まず範囲の選定につきましては、建設時に単位容積質量の試験を細かくやっておりますので、その値の小さい範囲を選定し、さらに、単位容積質量が小さい箇所は相対的に強度低いことが想定されますので、リバウンドハンマーの非破壊試験を実施して、その値が小さい箇所に絞り込んでおります。試験方法につきましては、2013年の J A S S 5 N T-601 という基準に基づきまして、供試体を約65℃に保った乾燥器内で、質量減少がほぼなくなるまで乾燥させて、単位容積質量を下の写真のような電子天秤を使って測定して算出しております。

次の14ページには、点検箇所の選定結果をまとめております。対象構造物の対象部位

ごとに1号と2号の具体的な場所を取りまとめて、劣化要因ごとに記載させていただいております。

次に15ページですが、試験の結果について御説明いたします。15ページは中性化深さの結果をまとめております。下の表には、試験により得られました1号、2号それぞれの中性化深さの3本のコアの平均値を記載しております。これを対象構造物の対象部位ごとに取りまとめております。また、備考欄にはそれぞれの部位のコンクリート表面から鉄筋までのかぶり厚さを記載しております。全ての対象部位において中性化深さがかぶり厚さを下回っており、鉄筋位置までは到達していないことを確認しております。

次の16ページですが、塩分浸透の点検結果を記載しております。評価の手順でございますが、まず、測定しました塩化物イオン量につきまして、鉄筋位置の値を表の5.2に1号、2号それぞれ記載しております。こちらを対象構造物の対象部位ごとにまとめております。この鉄筋位置の塩化物イオン量をもとに、上のイメージ部にありますように、森永の式という算定式を用いまして、鉄筋の腐食減量を算定します。その値を表の5.3に記載しております。また、この表の備考欄には、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点での鉄筋の減量の値、これを許容値として記載しております。これも森永式で算出されるものでございますが、この許容値に対しまして、全ての対象部位において鉄筋の腐食減量が許容値を下回っていることを確認しております。なお、表の一番下の※2に書かせていただいておりますけれども、取水ピットの塩化物イオン量は、ほかの部位と比較して、表の5.2にありますように大きな値になってはいますが、森永式の鉄筋腐食減量がかぶり厚さの2乗に反比例するという式でございますので、取水ピットのかぶり厚さは他の部位と比べても大きいことから、鉄筋の腐食減量は、他の部位よりも小さい結果になっております。

次に17ページでございますが、アル骨反応についての結果でございます。まず判定の基準についてでございますが、アル骨反応は進行段階に応じてiからvの五つの項目について、劣化の程度の観察を行っております。表5.4にありますように、まず段階のiでは、骨材の周りに反応リムと呼ばれる殻みみたいなものが形成されます。iiの段階になりますと、セメントペーストに生成物でありますゲル状の物質がにじみ出てきます。iiiの段階になりますと、骨材にひび割れが発生して、そのゲルがひび割れを充てんするような現象が見られます。さらに進展していきますと、そのひび割れがセメントペーストにも進展していき、さらに顕著な状況になっていきますと、それが複数発生して、セメントペーストの気泡を埋めるような現象が見られることがございます。この中で、i、ii、iiiにつきましては非常に軽微なもので、健全なコンクリートにも一般的に見られるものでありますので、反応性はなしというふうに判定をし、ivとvの段階になりますと、かなり顕著な傾向が見られますので反応性ありというような判定をする基準を使っております。下の写真に、観察結果の一例としまして1号の原子炉格納施設の外部遮蔽壁における実体顕微鏡の写真を載せておりますが、二つとも骨材に反応性リムの形成iや、ゲルのにじみiiが認められるという結果でございました。

次の18ページでございますが、これらの結果をまとめておりますけれども、全ての対象部位におきまして、1、2号ともに進行段階はi若しくはii、さらにはiも認められ

ないものをなしというふうに記載しておりますが、こういった段階でございまして、アル骨反応の反応性がないことを確認し、岩石学的評価の必要性、すなわち有害な膨張の可能性はないというふうに判断しております。

なお、今回の点検の方法や点検結果の妥当性を確認するという目的で、進行段階 ii のサンプルの一部について、偏光顕微鏡を用いました岩石学的な検討も実施しております。鉱物や岩種の同定も行いましたが、進行段階については実体顕微鏡の評価と同等であるということを確認しております。

次に19ページですが、強度の結果についてまとめております。こちらは1号、2号の圧縮強度の3本のコアの平均値でございまして、全ての対象構造物の対象部位ごとにまとめております。備考欄には建設時の設計基準強度を記載しておりますが、全ての対象部位において設計基準強度を上回るということを確認しております。

次に、20ページは遮蔽能力の点検結果でございまして。上の表は1号、下の表は2号でございまして、それぞれにつきまして、乾燥前の単位容積質量と乾燥後の単位容積質量の値を、こちらを対象構造物の対象部位ごとにまとめております。また、備考欄には遮蔽計算に用いている設計値を記載しておりますが、全ての対象部位において設計値を上回るということを確認いたしました。

最後に、それらの結果を取りまとめたものを、21ページに総括としてまとめさせていただいております。説明は割愛させていただきます。

最後の22ページ、まとめになりますが、これまでの30年目の高経年化技術評価では確認していなかった範囲も含めまして、使用条件が最も厳しい箇所からコアサンプルを採取して、中性化深さ、塩分浸透、アル骨反応、強度、遮蔽能力の五つの点検項目について点検を実施しました。その結果、運転開始より約40年経過した時点において、コンクリートの健全性に与えるような劣化は認められなかったということを確認しております。

今回の特別点検の結果を踏まえまして、30年目以降の新たな知見も反映した上で、60年の時点での高経年化技術評価を改めて実施しておりますが、そちらにつきましては、次回以降の分科会で御説明させていただきたいと思っております。長くなりましたけれど、以上で説明を終わらせていただきます。

(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質問、御意見等よろしくお願ひしたいのですが、まずすみません、御指名して申し訳ない。この分野は橘高委員が御専門なので、まず先陣を切っていただいて、少しコメント、意見がございましたらよろしくお願ひします。

(橘高委員)

はい。結果を見ますと、特に問題はないなということかと思うのですが、1点やはり気になるのはアルカリ骨材反応、アルカリシリカ反応が正確なのですが、今回用いている骨材が安山岩ということなので、アルカリシリカ反応というのは、ある特定の安山岩にやはり見られるということで、慎重に判断した方がいいかなということなので、いろいろ評価はされているのですが、最後に18ページ、岩石学的試験で偏光顕微鏡観察も行い、と

あるので、これをやっていただくのが多分一番正確なのですが、やはりある種、岩石の同定とか、反応性のある特定の物質があるかどうかというのを判断するのが、この偏光顕微鏡の観察なので、その辺を少し記述していただければありがたいかなということ。これは進行を判断するのもあるのですけれど、むしろ岩石の種類とか、その辺のものを判断するというのが目的だと思います。以上です。それ以外は特にありません。

(釜江座長)

ありがとうございました。今のコメントに対して、九州電力さんよろしく申し上げます。

(九州電力)

九州電力の生貞でございます。なお書きで参考までに書かせていただきましたが、次回、この偏光顕微鏡観察の写真や観察の結果につきまして、コメント回答という形で御説明させていただきたいと思います。

先生の御指摘のとおり、やはり安山岩は我々も注意しております、建設当時にモルタルバー法等の試験もやっておりますが、今回、偏光顕微鏡で見ましたところ、安山岩の鉱物の詳細も見えてきております。

そのほか、砂の部分についても見られるところは見ておりますので、その辺りについて、しっかりとデータに基づいて御説明させていただきたいと思います。よろしく願いいたします。

(釜江座長)

ありがとうございました。橋高委員よろしいでしょうか。

(橋高委員)

はい。了解しました。

(釜江座長)

ありがとうございます。それでは、後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。一つちょっと気になったと言いますか、データの中で、データを平均値でまとめていますよね、三つの平均とかね。あれはある面で、ばらつきがあるときに、平均って傾向を見るためにはそういうことやるのだろうというふうに推測しているのですね。それはそうなのだと思うのですが、少し気になるのは、劣化要因とかそういうことを絞って、それでその環境があって、その環境の一番厳しいものをサンプル取るという方法をとっていらっしゃるのですね。それは分からないではないのですが、かなりのばらつきがあるというふうに考えている。あるいは、その環境が一番厳しいところだけが必ず劣化するなんて、そんなことはありえないのですね。劣化要因というのは本当によく分からないので、現実にはいろいろなところが起こる可能性があるかと、私はそういう

ふうに理解しているのですね。

それは、そんなこと言っても全部見るわけにいかないからこうやってサンプリングしているということも重々理解した上で申し上げているのですけれども、やはりできる限り、対象によりまして、できる限り広げて、本来ならば個別に全部を見るべきなのですね。そういう理屈で攻めないで。というのが劣化における原則だと私は思います。

ただそれができないので、現実的にはこう絞り込んでいると、そういう限定がついているというふうに理解してまとめていかないといけないのではないかというコメントです。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございます。コメントということなのですが。

(九州電力)

先生がおっしゃるのもごもっともだというふうに認識しております。ただ一方で、コンクリートにたくさん穴をあけるといっても構造を痛めることになりますので、我々としては極力絞った上でやるという方向でやっております。

ただ御指摘のとおりでございます。例えば8ページに中性化の影響度のグラフを示しております。その一番大きな値のところコアサンプルを抜きましてという御説明させていただきましたが、No. 1でなくてNo. 2のところは何箇所かございます。3か所そういうものがあるのですけれども、仕上げがある場所だとか、あとCO<sub>2</sub>が低いところもあります。CO<sub>2</sub>がある程度高いところ、例えば10番の測定につきましても、リバウンドハンマーもやったりしております。その値は今回選んだところよりも若干高いというようなところも確認しながら、本当にその場所でいいかという目で我々も見ながら、調査を進めていっております。以上、回答というか、補足させていただきました。

(釜江座長)

ありがとうございます。

(後藤委員)

後藤です。どうもありがとうございます。それで、今のそういうことを理解した上でですけれども、今のお話にありましたように、一番厳しいところということと、本来であれば何番目くらいまでのところをカバーすると、そういう考え方をする方が無難だというのが私の意見、以上です。

(釜江座長)

いかがでしょうか。

(九州電力)

ありがとうございます。例えば強度や塩分浸透につきましては、強度であればリバウンドハンマー、塩分浸透であれば塩化物の塩分量を測っていますが、それは直接的なも

ので比較的精度が高いかなと思っておりますが、先ほど申し上げました中性化等につきましては、我々も慎重に見ながら検討をしてきております。そういった状況でございます。

(釜江座長)

ありがとうございます。ちょっと私も、今の8ページ言及されたのですけれども、9番が一番環境が悪いといえますか、それでセレクションされたと思うのですけれども、多分追加で10番といえますか、この差がどれぐらい有意なのかという、中性化が与える影響という意味ではですね。ある線を引いて、この9番が一番だからこれだけをやるというのではなくて、今10番も少し言及されたような気がしたので、そこはやはり一番厳しいところだけというのではなくて、このデータを見るとやはり、ここは有意と見るのかどうか分かりませんが、もう少しそういうことも配慮されているという御回答だったと思うので、私はいいと思うのですけれど。

それと1点だけ、このホウ酸タンクポンプ室の環境が一番悪いのですか。これは、この場所がそういうことを想像できるような場所なのか、ここが選択されたということは、何か当該場所の環境的なことで、全く予期せぬ場所がそうなったというのではないのですね。もし今分かれば教えてください。

(九州電力)

二酸化炭素の濃度が高いところがやはり厳しくて、先ほど申し上げたように温度が高いとか、湿度も関係あるのですけれど、そういった目を見た時にやはり、屋外よりも屋内の方が、そういう閉じられた空間であるほど二酸化炭素が滞留しやすいというふうに考えています。

その中でもこの場所は、ほかに比べても部屋が狭かったりしますし、密閉されていたり、人の出入りの影響とかもあると思っており、そういった結果でこの箇所が一番高くなっているというふうに考えております。

(釜江座長)

なるほど。全く意外な場所ではないということですね。

(九州電力)

そうです。14ページに1号と2号の選定した結果を載せておりますが、この原子炉補助建屋の内壁及び床を、細かいのですけれど御覧いただきますと、どちらも地下1階のホウ酸タンクポンプ室ということで、それぞれ独立して選定をしていった結果、結果として同じ場所になっているというのは、やはり傾向としてそういうものがあるのかなというふうに考えております。

(釜江座長)

ありがとうございます。すみません、ちょっと先に。

ほかに先生方、よろしいですか。すみません、ちょっと今佐藤委員が先に手を挙げられたので、佐藤委員どうぞ。

(佐藤委員)

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。御説明をお聞きしまして、ちょっと思っていることをお話しさせていただきます。

コンクリートの劣化というのは、主に今御説明いただいたような化学的な要因と、それから実は機械的な要因もあって、それが複合的に起こるのではないかなというふうに思うわけです。現実にはコンクリートの構造物の、例えば橋脚だとか、川の水にさらされているような、そういうところを見ましても、そういう機械的な要因もあるだろうと。

それで、今いただいた御説明は化学的な評価を中心にお話しされたわけですがけれども、私は機械的な評価のことについてちょっとお伺いしたいと。具体的には、例えば、アメリカのE P R Iなどが、C A V, Cumulative Absolute Velocity, 要は地震加速度の波のあるしきい値、0.025Gという値ですがけれども、これを超えるような加速度があった場合には、これを全部時間積分して、その積分値が0.16G・secを超える場合を一つの有意なポイントというふうにみなすという考え方がありました。

日本の場合には、地震がアメリカに比べて、平均的にはかなり頻繁で多いわけですので、弱い地震といえども、この時間積分値がどんどん増えていくと。したがって、40年から60年というふうになれば、一層この積分値が増していくということになるわけです。

そこで九州電力さんにお聞きしたいのは、このC A Vに対しての管理がどのようになっているのか。具体的には、この測定装置、記録装置、そういうものが発電所に具備されているのか、それに対するレビューを行ってきているのかといったところをお伺いしたいと思います。

冒頭申しましたように、私はこのコンクリートの評価に対して、単なる化学的评价だけでなく、機械的な評価も複合的に考えるべきだというふうに思うわけですがけれども、その点についてのお考えもお伺いしたいと思います。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございました。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)

九州電力の生貞でございます。御指摘につきましては、正にそのとおりかと考えております。まず、いわゆる機械的な振動につきましては、この特別点検では取り扱っておりませんが、高経年化技術評価につきましては、比較的振動の大きな部位、タービンの架台や非常用D Gの基礎等を評価対象としまして、例えば、基礎ボルト周辺のコンクリートの健全性を評価しております。

また、地震につきましては、1990年代に鹿児島県北西部地震という比較的川内の近傍で起きました地震がございまして、2回ほど大きな地震が起きていますけれども、その地震のあとに、構造物のコンクリートに新たなひび割れがないとかいうのもしっかりと点検をしております。そういうものは基本的に認められていないということを確認しております。その後には熊本地震も5年ほど前に起きておりますけれども、その時にも同様な点検をやっているという状況でございます。

アメリカのその基準の考え方につきましては、もう少し我々も勉強していきたく思っておりますが、発電所の中には地震計を各フロアに設置しておりますので、そういったデータを参照しながら検討することは可能かと考えております。

以上ですが、お答えになっておりますでしょうか。

(釜江座長)

ありがとうございました。

佐藤委員。今のアメリカのうんぬんのところは、まだそういう評価をされていないみたいですが、今の御回答でいかがでしょうか。

(佐藤委員)

佐藤です。このCAVという考え方も、アメリカでもいろいろ考え方の変遷がありまして、当初思っていたよりも相当保守的ではないかなという、そういう考え方も出てきているというふうには承知しているところなのですが、やはり日本の場合、地震に関しては敏感になって、よく見ていく必要があるのではないかなというふうに考えまして、それで質問させていただいたわけなのですけれども。

ほかの金属の劣化だとかは、経過的に、解析的に評価するというやり方をしているわけなのですが、今伺った話では、目視点検一辺倒に頼っているという印象があるわけですね。そうしますと、やはり目視で見落とすところというのは必ずあり得るわけですので、こういう解析的な方法を取り入れるというのは、全体を網羅する意味で重要だと思うわけです。

ということで、最近のCAVに対する知見をよく研究された上で、それを採用するのにかしないのか、これを検討に加えていただければと、そのように思います。

(釜江座長)

どうぞ、九州電力さん。

(九州電力)

はい。御指摘ありがとうございました。我々もこれから確認しまして、どういう方針を取るか、また御説明したいと思います。よろしく願いいたします。

(釜江座長)

本店の方から手が上がっていますので。よろしく願いします。

(九州電力)

九州電力本店から土木建築本部赤司でございます。佐藤委員御指摘のありましたCAVにつきましては、先ほど生貞の方から御説明しましたとおり、詳細な計算結果は今手元にはございませんけれども、実態として申し上げますと、これまで川内の原子力発電所で観測された最大の地震動が1997年の鹿児島県北西部地震、これが基礎の上でおよそ66ガルという大きさですので、その当時シミュレーションをやっておりますけれども、

上部構造まで計算をしても、先ほど先生から御指摘ありました積分値に至るような加速度のレベルにはなっていなかったということは確認をできております。

さらに、先ほど熊本地震もございましたけれども、基礎の中で10ガル程度ですので、それほどの増幅はございませんので、感触ベースではございますけれども、CAVのしきい値を超えて、エネルギーの蓄積が累積しているという状態ではないのではないかなというふうには考えております。いずれにしろ、ちょっと検討した上での御報告が必要だとは思いますが、補足でございました。以上でございます。

(釜江座長)

ありがとうございます。佐藤委員よろしいでしょうか。

(佐藤委員)

どうも御説明ありがとうございます。注目しないといけないのは、その基礎岩盤だけでなく、上の構造物全体に対してだと思えるんですね。そこら辺を、また詳しく調べてみますという御趣旨だったと思っておりますので、どうも回答ありがとうございます。

(釜江座長)

どうもありがとうございます。

後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。2点ありまして、1点は先ほど申し上げた平均値の話ですけれども、趣旨は分かったのですけれども、例えば、3点あったら3点のばらつきを見たいのですよね。要するに、このくらい広がっているのだというのがやはり出た方がいい。そういうものがあると、そのデータの、何ていうのですかね、信頼性とか許容値との関係って考えるときに分かるという意味で、平均したものだけを出すというのは、解釈が入ってしまいますから、その前のデータをなるべく付けるようにしていただきたい。1点です。

あと、一言。最後のページ、まとめの21ページに、まとめで総評という形になっておりますが、これ時期を書いているわけですね。この時期にこうあったよという趣旨のこと。それはいいのですけれども、やはり総評と言うからには、項目ごとにそれなりの見解を出さないといけないというふうに私は思うのですが、いかがでしょうか。

(釜江座長)

九州電力さんよろしくお願ひします。

(九州電力)

ばらつきにつきましては整理しておりますので、御説明していきたいと思っております。

もう一つの御質問につきましては、すみません、ちょっと理解しきれていないので、もう一度よろしくお願ひします。

(後藤委員)

総評という意味で、総評というのならば、例えば中性化についてはどうだとか、そういうことが一応その背景にあってというふうに理解していて、そうするとこの中では、点検結果のところでは問題なしということだけ書いてあるのですね。問題がないというのは結論として語らずとも、データが語るわけですから、その前の手前のところをちゃんと書くことをしないと、ちょっと総評になっていないのではないかというのが私の感覚です。

(九州電力)

九州電力生貞でございます。その前のページまでにデータを記して記載しておりました。

(後藤委員)

それは理解しております。

(九州電力)

もう少し丁寧に、この表の5.9に、点検結果と時期の間にそれぞれ一つひとつの評価結果を、概要を記載するようにしたいと思います。ありがとうございます。

(後藤委員)

よろしく申し上げます。

## (2) 2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)

ありがとうございます。ほかによろしいでしょうか。またお気づきの点があれば、最後でも結構ですので、よろしくお願ひしたいと思ひます。

それでは、二つ目の議事に進みたいと思ひます。2番目は、2号炉原子炉格納容器の特別点検（個別確認・評価）結果ということで、1号炉については前回お話をしていたいただきましたので、今日は2号炉ということでよろしく、説明をお願ひします。

(九州電力)

九州電力原子力発電本部の上村です。よろしくお願ひいたします。資料の2、川内2号炉原子炉格納容器の特別点検（個別確認・評価）ということで御説明させていただきます。資料の構成につきましては、前回、第5回で御説明させていただきました1号炉と同じでございます。そのため、前回委員の先生方から御指摘いただいた部分と我々が分かりやすく修正した部分、あとは2号炉、1号炉とは違う点検を一部しておりますので、その部分に特化して御説明させていただきたいと思っております。

それでは2ページになります。すみません、1ページは1号と変わりございません。2ページですが、3.1、5行目ほど、1号では、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，ちょっと断定をしておりましたが，不可範囲の部分もございまして，表現がちょっと断定的すぎるという御指摘もいただいておりますので，「維持されるものと考えられる」ということで，少し表現の記載を変えてございます。

その次の行ですが，建設時に非破壊試験，浸透探傷試験，P Tのみを記載してございましたが，記載漏れしておりました。放射線透過試験，R Tを記載してございます。追記してございます。

また，下から7行目ほど，これまで塗装の修繕のみ記載しておりましたが，また書き以降，定期事業者検査においては，原子炉格納容器漏えい率検査，A種と呼んでおります格納容器全体，あと局部，B，C種と呼んでいますが，こちらを記載しております。A種につきましては3定検に1回，局部につきましてはA種を行わない定期検査時に実施しております，原子炉格納容器の閉じ込め機能の健全性を確認しているという文言を追記してございます。そのほか維持規格の要求事項等につきましては，変更ございません。

3ページになります。通常点検方法との比較ということで記載しております。記載内容自体は変わりませんが，今回は2号機，後ほど御説明させていただきますけれども，通常点検，一番下ですね，高所又は双眼鏡を用いた遠隔目視。通常でもやっておりますが，今回の特別点検のデータ採取におきましては，下から二つ目，高所につきましては，高倍率カメラ等を使用した遠隔目視，それと遠隔目視につきましては，事前の検証をしっかりと実施しているというところで，この辺りの御説明を後ほどさせていただきたいと思っております。

4ページ，5ページにつきましては，1号炉より変更ございません。直接目視の説明になります。2号機でも直接目視しております。

6ページ目も変更ございません。

7ページですが，1号炉につきましては，遠隔目視試験を参考として，概要だけ記載してございました。(1)，(2)，(3)は変更ございません。直接目視が困難な部分の遠隔目視の適用について，あとはビデオカメラでグレーカードが識別できる条件，距離，倍率，照度，角度を事前に検証しまして，遠隔目視を実施していることを(2)で記載しております。(3)ではビデオカメラを撮影した映像をモニターに映しまして，モニター上で塗膜の検査を，状態を確認してございます。

その下ですが，川内2号炉のデータ採取につきましては，高所であります半球部内面及び円筒部の内面の一部の鋼板に対して遠隔目視を実施してございます。なお書きで記載しておりますが，遠隔目視を実施した箇所につきましては，特別点検自体は，運用のガイドで35年以降のデータをとることになっておりますが，それ以前になりますけれども，第24回の定期事業者検査，これは2020年の11月28日以前のものになりますけれども，前回御説明させていただきました1号炉と同様に，先ほど遠隔目視を適用したと申し上げた半球部内面及び円筒部の一面につきましても，直接目視を実施してございます。

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には，直接目視の代替として適用してもよいということが規定されてございますので，当社におきましては，事前検証を行いまして，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。

8 ページから具体的な遠隔目視の試験方法を記載してございます。半球部内面に対する試験方法ですが、使用する照明器具、LEDライトが最長距離32mにおいても500ルクス以上あることを、照度計にて確認しております。確認につきましては、試験の前後それぞれで、試験の条件変更がないことも確認しております。あと、CV内にはポーラクレーンという旋回できるクレーンがありますが、その上の中心にビデオカメラを設置しまして、レーザー距離計にて試験範囲までの最長距離を測定しております。事前の検証によりまして、下表に示す設定倍率、一番遠い部分で32m、68倍、ここまではしっかりと見えるということを事前に確認しておりますので、この倍率の中で試験を実施しております。

9 ページになりますが、半球部内面には事故時に使用します格納容器スプレイのためのスプレイリング、配管がございまして、その裏に対する遠隔目視の試験方法を記載してございます。スプレイリングの配置図を下に記載してございますが、これの裏の鋼板につきましては、試験を実施する場合には、先ほど申し上げたポーラクレーンの中心から、レーザービームをスプレイリングの上又は下の部分に照射しまして、レーザーの光が確認できる位置からビデオカメラで撮影するというところで、8 ページに示しております倍率に基づいて試験を実施してございます。

10 ページになります。円筒部の内面一部につきましても、高所において遠隔目視を使用しております。使用する照明器具が、先ほど申し上げたとおりの試験範囲で、試験前後で確認してございます。具体的には下の図になりますが、点Qから確認したい点Rまでの距離aが、QからSということで、円筒部に伸ばした距離bの2倍以内であることをレーザー距離計にて確認し、試験範囲との角度が30°以上であることを確認するというところで、この距離が2倍以上になりますと30°、6 ページ、5 ページ等で30°を確保するということが記載しておりますので、角度がこれ以下にならないように、こういった距離の確認しながら、試験を実施してございます。

11 ページになります。データ採取の範囲ですが、青い部分が今回ビデオカメラにて遠隔目視を実施した部分、赤が直接目視を実施した部分になっております。データ数、採取の対象の鋼板につきましては半球部117枚、円筒部180枚でございまして、それぞれ内外面から確認しておりますので、594か所確認してございます。内面については遠隔、外面については直接目視しております。

次のページ、12 ページに円筒部記載してございます。円筒部の内面ということで、青い部分ですね、ここが高所でちょっと直接目視は難しいという部分については、青で記載してございます。そのほかは全て直接目視を実施してございます。

13 ページになりますが、ここは1号機と変わらない範囲になります。運用ガイドの範囲と、それ以外にも自主的に見ている範囲を青と赤で記載してございます。

14 ページから判定方法を記載してございます。判定方法自体は1号炉と変わりございません。上塗りの割れ、剥がれがあるか、下塗りの割れ、剥がれ、膨れが認められるか。そういった場合には錆が認められるか、錆が認められた場合には母材に影響があるかというところを確認しながら、試験を実施してございます。判定フローにつきましても1号と同じになってございます。

15ページにつきましても、体制等につきましてもは1号と変更ございませんが、データ採取の時期が、2号炉につきましてもは、今年2022年の2月25日から5月24日にてデータ採取を実施してございます。試験員の力量につきましても、遠隔目視を実施しますが、要求する力量自体は1号炉と変更ございません。使用しましたジャガーチャート、色覚表につきましても、同じものを使用しております。

17ページですが、特別点検につきましても変更ございません。体制、内容につきましてもは変更ございません。特別点検の実施時期につきましてもは、5月23日から今年の9月20日ということで実施してございます。

18ページになりますが、特別点検の結果を記載してございます。原子炉格納容器鋼板、ガイド上接近できる点検可能範囲全てにつきましてもは、原子炉格納容器の構造健全性又は気密性に影響を与える塗膜の劣化や腐食というものを確認した結果、そういったものは見られなかったということで、下表に試験の方法と、影響を与えるかどうかということをもとめてございます。

今回の特別点検においては、データ採取時に、格納容器の構造健全性又は気密性に影響を与える恐れのある塗膜の劣化や腐食に至らない軽微な塗膜の劣化、1号炉と同様に数か所見られておりました、判定方法におきましてもは②又は③ということで、1号炉につきましてもは②しかなかったのですけれども、今回2号では③ということで、下塗りの一部剥がれが見られて、鋼板が見えていたものもございましたけれども、それらが見られたため、可能な範囲で修繕塗装を実施してございます。軽微な劣化の割合につきましてもは、全体の約0.001%未満ということでございます。参考で後ほど御説明させていただきます。

18ページの下ほどより、不可範囲についてということで記載をさせていただいております。前回の5回の分科会でも御指摘いただいたとおり、全てを見ているかというような表現になってございましたので、実際はガイド上接近できる可能範囲と言われているものの、点検範囲については一部評価をしているものがございますので、その内容を記載させていただいております。

格納容器内外面、19ページには、格納容器鋼板の埋設部ということで記載させていただいておりますが、こちらにつきましてもは、第3回分科会にて御回答させていただいた内容を記載させていただいているものになります。内容につきましてもは割愛させていただきます。

20ページより点検の結果、2号炉の例を載せさせていただいております。

23ページに、今回③と案内したものの写真を載せております。こちらにつきましてもは、20mm×15mmの部分の塗装が剥げているということで、こちらにつきましてもは、下塗りの赤茶色の部分がちょっと黒く写真に写っていますが、赤茶色のものが見えておりました、一部、非常に見づらいなのですが、鋼板が見えたため、前広に③で整理しているものでございます。

最後に24ページ、25ページになりますが、こちらにつきましてもは、1号炉でつけておりませんでした、遠隔目視を実施しております、そのときに事前検証しております。その中で、今回の遠隔目視に使用しましたLEDライトとビデオカメラの倍率と照度を確認したときの検証の記録を参考でつけてございます。最後の塗膜の状態につきましてもは

は、1号炉と変更ございません。

簡単でございますが、2号炉の格納容器特別点検の個別確認・評価の説明となります。

(釜江座長)

ありがとうございました。それでは、ただいまの説明に対して質問、御意見等ございましたらよろしくお願いたします。

いかがでしょうか。後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。私が見落としているかもしれませんけれども、今の補修したところ、その補修の方法が記載されていますよね。

(釜江座長)

九州電力さん、よろしく。

(九州電力)

九州電力の上村です。補修の方法につきましては、具体的には記載してございません。

(後藤委員)

なぜですか。

(九州電力)

すみません。それにつきましては、22ページに再塗装の方法だけ書いていて、実際にはケレンして、下塗り、上塗りという形で、最後の26ページのように元に戻るような塗装しているのですが、記載できておりませんので、記載をしたいと思います。

(後藤委員)

分かりました。是非記載していただきたいということと、あともう一つ、補修と申しますか、若干だけれども劣化と申しますか、異変が見つかったところがパーセンテージで、面積で記載されていますが、何か所というのを入れられたら入れていただきたいのですけれど。入っていましたかね。

(九州電力)

今回ちょっと入れきれれておりませんので、入れさせていただきます。

(後藤委員)

そうですか。

(釜江座長)

よろしくお願いたします。

よろしいでしょうか。佐藤委員。

(佐藤委員)

佐藤でございます。これは九州電力さんの問題というよりも、日本機械学会の規格の問題かなというふうにも思うのですが、例えば超音波探傷検査の場合には、スキャンする時のパターンが決まっていて、オーバーラップ率だとか、それから探傷速度だとかが決められるわけですが、目視検査の場合、特に今回のような検査の場合には、溶接線に沿って検査をするというふうな、そういう検査でなくて、全面検査なわけですね。結局、直接目視検査もそうですし、ましてや双眼鏡を使った間接目視検査というふうになりますと、どういうふうに視線がスキャンしているのか。直線的に動かして見ているのかとか、どのぐらいの速度でやっているのか。人間ですから、まばたきだっしてするわけですね。そこら辺が分からないわけです。ですので、普通の非破壊検査のような検査だと、非常にその辺が規格化されていて、あるいは手順書の中で明記されるわけですが、全体を見ましたと言っても、本当にこの視線が、どこもスキップしないで機械的に全部カバーしているのか。あるところで急に視線が早く動いてスキップしていないのかとか、そういう裏付けがないわけですね。規格の話なので、必ずしも九州電力さんだけに当てはまる問題ではないのかもしれないのですが、もしその辺に対して、検査する人たちに何かガイドしているような情報がありましたら、書かれているもの等がありましたら、ちょっとその辺をお伺いしたいというふうに思います。

(釜江座長)

ありがとうございます。九州電力さん、いかがでしょうか。

(九州電力)

九州電力の上村です。佐藤委員御指摘のとおり、VT-4と呼ばれる規格上の目視試験を使いなさいというものが規定をされているものの、おっしゃるとおり維持規格上でも、ほかのVT-1, 2とかに比べると、ほとんどそういった具体的なものが規定されていないというのが実情でございます。直接目視につきましては、前回の1号炉の時にも少し御説明させていただきましたが、まずグレーカードを見る段階から、しっかりとグレーカードが見える位置をキープしながら見ていくというところを、1人の試験員ではなく、数名でやっているというところで、ある程度しっかり、直接目視の方、実際に人の目で見ていきますので、抜けがないことを確認しながら見ていくという要領にしてございます。遠隔目視側の方が特に機械を使いますので、そういったところの御指摘かというふうに思っておりますが、遠隔目視につきましては、先ほど申し上げたとおり、ビデオカメラ（の映像）を映しましたモニターで塗膜の状態を確認しているという状況でございます。確認の方法として我々が作業要領書で定めているのは、点検対象が抜けなく確認できるかというところをどうやって確認すればいいかということで、具体的には、ディスプレイに映し出される映像が、ディスプレイの約3分の1ずつ重なるようにカメラを動かしていくようにしております。なので、モニターに映った部分から3分の1重なるように次の確認の時にカメラを動かしまして、そこで止めて確認をすると。確

認が終わったらまた次動かしていくという形で、ラップしろを3分の1設けて確認をしております。遠隔目視につきましては、ビデオカメラで撮っておりますので、映像としても残しているというところで、そのように抜けがないことを要領の中に定めて確認をしております。以上です。

(釜江座長)

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)

どうも御説明ありがとうございました。対象物が目の前にあって、30cm×30cmぐらいのものだったらこういう問題は全く起こらないわけですけども、格納容器の壁面のような、本当にだだっ広い面積に対して、座標の設定の仕方も難しく、所々に何か識別できるようなマーキングのポイントがあるわけでもなくて、大変難しいだろうなというふうに思って御説明をお願いしたわけなのですけども、なかなか今の御説明を、こういうふうに指導はしている、こういうふうに指示はしているというものがあっても、そのエビデンスとなるものというのは、結局ないわけですね。ですけど、それは求めるべきだということをお話しているわけではなくて、そういう困難のあるちょっと特殊な目視検査なのだというふうに認識しているところを共有したかったのですけれども、概して言えば、塗装の検査ということで、非常に欠陥は見つけやすいのだと思うのですね。そういう意味で、検査の信ぴょう性を必ずしも疑うものではないのですけれども、ちょっと構造上の不明確さのある検査だなというふうに思っております、その問題提起をさせていただいたというふうに理解していただければと思います。

(釜江座長)

どうもありがとうございます。

この件、以前私からもこういう目視とか、直接にしても間接にしても人が介在するというので、非常にその辺の力量管理と、実際の要領ですかね、先ほど作業要領書という言葉が出たのですけれど、これ結構膨大なものなのですか。

(九州電力)

そうですね。やはり結構な厚みがありまして、そういう作業要領を管理しているものなのですが、ちょっと御説明、実際に鋼板を見るだけの話をさせていただきましたが、その前にはやはりポークレーンに乗って、鋼板の起点になる部分にやはりマーキングをずっと打って位置決めリストというものを決めまして、この鋼板見るときにはこの位置にポークレーンがないといけないと、そういったところも事前に決めておりますが、そういったところも含めた作業要領書になってございます。

(釜江座長)

その作業要領書に従って、当然誰かがやってそれを誰が確認するという、そういうところまで多分書かれた要領書なのでしょうね。

(九州電力)

はい、そのような要領書になってございます。

(釜江座長)

分かりました。

どうぞ、後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。私も格納容器を、BWRですけれども体験したことから、一つだけ気になったのは塗膜の管理。塗膜の厚さの管理どういうふうにされていますか。

(九州電力)

九州電力の上村です。塗膜につきましては、まず建設時に下塗り、中塗り、上塗り、それぞれ膜厚の管理をしております、膜厚の計測をしております。先ほど申し上げた補修塗装する場合も、同様に膜厚の管理を要領書内でしっかり確認をしていくということで管理しております。

(後藤委員)

分かりました。そのとき、塗膜の厚さの上限は抑えていますか。下限だけですか。

(九州電力)

要領書をしっかり確認しないといけません、少なくとも下限は確認しております、当然塗料を塗り過ぎても、御指摘ありますように垂れたり、そういった厚ければ良いわけではないというところは理解しておりますので、しっかり数値にして確認は書いていないかもしれませんが、塗り過ぎないように確認をしております。

(後藤委員)

後藤です。塗膜、私も管理していたけれど、薄い側を気にしていて、全体にそういう傾向になっていて、そのときに塗膜が厚過ぎて剥がれるということが実際あったのです。それから下限だけではなく、上限を決めてやりました。それは管理上重要だというふうに認識しているのですが。多分やってらっしゃるのではないかとは思いますが。盛んに薄い方を我々気にしますが、厚いのもやはり剥がれやすくなりますので、是非そういう管理をしていただきたいと思います。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。

ほかに。渡邊委員。

(渡邊委員)

渡邊ですけれど、私前回ですかね、1号炉のときに格納容器の溶接部の非破壊検査について質問して、その答えが例えば今回の資料4-1の22ページぐらいにずっと来ているのですね。私が質問をしたのは、どういう試験の結果を示すことと書いているのですけれども、そういうことよりももっと具体的に、例えばどのくらいの精度の検査を行い、当時の検査手法も踏まえて現在に立ち返ってきたときに、本当にそれが適切な現在の知見、何ていうのかな、見方にしたときに、本当に十分なのかということをお聞きしたかったのです。

これを見ると、やはり非常に、何ていうのかな、当時の検査の手法というのは非常にマニュアル的で、例えばエックス線の検査にしても、ある条件を決めて、フィルムで撮って現像するという昔ながらのやり方ですよね。そういうやり方とは今、随分変わってきて、例えばコントラストを自由に変えたり、ある程度できるようになってきているのですね。そういうことを見たときに本当に、例えばお宅の評価ですと、欠陥はないという評価で、劣化もないという評価になってしまうのですけれども、もう一度、何ていうのかな、現在の検査の手法だとか、非破壊検査のやり方に立ち返って見たときに、本当に40年前にやった検査というのが正しかったということ、やはりきちんと示してもらいたいのですね。そういうことは可能ですか。

(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。今回は溶接部を含む塗装の劣化の状況を確認するということが特別点検の要求になってございますが、先生がおっしゃるとおり、溶接線そのものが大丈夫かというところになるかと思うのですが、前回そういった御指摘を頂きまして、今回も、先ほどおっしゃっていただいたとおり、資料4の中に建設時の記録を載せさせていただいています。我々も40年前の検査が、今の最新技術とどのように違うかというところの確認をメーカーと共にやってございますけれども、今回まとめていますのは、溶接前後の記録を資料4にまとめていますが、放射線透過試験のRT、あとはPT、磁粉探傷のMT、これらを使用しております。PTとMTというのは分かりやすく、実際赤い液を塗ったり、磁粉探傷をやるということで、技術的にさほど進歩しているものがあるかという、実際変わらないと。RTも我々もメーカーに確認して、今、機材、線源、フィルム、そういったものがやはり進歩していて、精度が良くなっているかということを確認しております。結果から言いますと、やはり機材、位置決めをする精度だったり、見られる範囲、そういったものはやはり少し広がっていたり良くなっているということなのですが、実際の検出性という意味では、40年前に使っているものと、現在我々がRTを使うときに使うものというのはさほど変わりはないというところを聴取しております。

ですので、記録様式等々はやはり、もう少ししっかりしているものになっているというところもございますが、技術的には建設時と変わりがないものと、RTも含めて思っておりますので、建設時に欠陥が見られなかった溶接線につきましても、現在、そこに

については問題がないものというふうにご考えてございます。以上です。

(釜江座長)

いかがですか。

(渡邊委員)

問題ないということ、余り進歩していないということですけど、それは随分、何か反論したいのですけれど、やはり検出器の感度が随分変わってきているわけですよ。これまで見えなかったものというのは随分、微細な欠陥も含めて見えるようになってきているわけですよ。だからやはりもう少し立ち返って見たときに、本当はないのかということをもう一度検査をすることは、だからそういうことをお聞きしているのです。やはり、40年前に比べて随分世の中進歩しているし、小さなものが随分見えるようになってきているのですよね。それが、やり方は変わっていないでしょうけれども、何ていうのかな、見える見方、分解能は随分上がってきているわけですよ。

(釜江座長)

いかがですか。

(九州電力)

先生がおっしゃるとおり、感度とかいう面では、デジタル化されていますので、いろいろな面で技術の進歩はあるというふうには考えてはおりますが、今回我々建設時のRTを持ってきて、建設時の健全性の方をお示しさせていただいたのですが、そのやり方が、メーカーの方とも打合せをして、現状のRTのやり方とそこまで大きな変化がないという回答を頂いたので、先ほどそういう形のお答えをさせていただきました。

(渡邊委員)

それはメーカーの言うことをうのみにしているだけであって、ではどれだけの分解能がちょっと違ってきますかという、やはり議論をしないといけないのですね。これを見ると、例えば現像液の温度だとか、昔の写真の撮り方ですよ、それが随分やはり変わってきたのですね。そういうことも含めてやはりしっかり、何ていうのかな、例えば感度の問題だとか、やはりそれはメーカーの言うことをうのみにしているからではないのですか。

(九州電力)

我々としては認められたRTを採用しているというのが現状ではございます。先生がおっしゃるとおり、最新のRTがどういう形のものであるか把握しておりませんので、その辺についてもメーカーと相談して、今の世の中のRTがどのような形になっているのか検討させていただきたいというふうには思っております。

(渡邊委員)

だからね、これまでの議論というのは、例えばもう欠陥がないものだと評価をして、周りのペイントが剥げているか剥げていないかとかいう議論をやっているわけですよ。ところが40年前に立ち返って、我々の技術随分進歩してきたわけで、そういう欠陥をやはりもう一度あるのかないのかということをしっかり見直すような努力というか、やはり必要ではないのですか。あなた方が例えばPT, RTをきちんとした規格でもってやっているということは十分我々分かっているのですよ。それは疑う余地がない。ところが、そういうものがやはり技術とともに変わってきているのですね。欠陥はないのだと言われたらそれは、ないことはない、やはりしっかりしてみればあるのですよ。と思うのですけれど。

(九州電力)

先生のおっしゃるとおり、微小な欠陥という意味ではもしかしたらあるかもしれませんが、そういう意味で、建設時から定期検査の中で、溶接欠陥に問題がないかということ、耐圧や漏えい検査をやりながら確認してきたところですよ。いわゆる日々の点検の方で、そういうところを補完しながら、我々としては健全性が維持できているというふうに考えております。だから、何もせずに我々として格納容器は健全であるというわけではなくて、日々の点検、年に1回ある定期検査の中で、いろいろな手法をしながら全体を評価しているというのが現状でございます。

(釜江座長)

ちょっと私もそういう専門ではないのですけれど、当時も当然検査方法があって、当然判定基準があって、当然その判定基準とその分解能というのは、当然1桁、2桁という言い方もどうかもしれませんけれど、かなりの裕度のもとに欠陥があるかないかを見てきたと。だから当然、今の時点で検査をしたときの例えば判定基準であったりというところも関係すると思うのですが。当然この40年間で欠陥ができたか、そこも非常に大事だと思いますが、当時の方法で、ある分解能を持った方法で、欠陥がないと判断してきた。現在もその判定基準が変わっているわけではないですよ。確認させてください。

(九州電力)

九州電力の上村です。川内1号機の建設時は、当時、昭和39年に制定されたものになります。が、「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」というもので、実際の透過写真を具備すべき条件であったり、格納容器に求められる、先ほど申し上げられた判定基準、そういったものが制定されています。現行につきましては、溶接規格について同様に定められているのですが、我々前回の5回から、そういう基準類の比較もやっているのですが、基本的に、細かいところまで見て、規格類が大幅に変わった、判定基準が変わったというところは確認できてございません。細かいところでいくと、溶接部の示す記号、そういったものを変えなさいという規格の変遷はありますけれども、大きくは変わっていないというところでございます。

(釜江座長)

すみません、Webの先生で。御指名していいのかわかりませんが、大畑先生、今の渡邊委員の御発言も非常に重要だと思うのですが、何か御見解ございませんか。突然振って申し訳ございませんが。

(大畑委員)

すみません、特に私から申し上げることはないのですが、先ほど九州電力さんの方がおっしゃってありましたように、日々の点検、そういった結果も踏まえての判断ということで、そういうことにならざるを得ないのかなという気はいたします。具体的に、それ以上何か申し上げることがなくて恐縮です。

(釜江座長)

すみません、突然振りまして申し訳ございません。  
佐藤委員、よろしいですか。

(佐藤委員)

佐藤です。先ほどの渡邊先生のおっしゃっていた技術の進歩ということについて、私も聞きながら聞いていたのですが、特にRTに対して、ちょっと私の経験的などころをお話しますと、RTフィルムを観察するための暗室に入って、そのフィルムを透過させる光源があって、それを使って目を慣らしてからやるわけなのですが、資格のない人が、私もRTの資格は持っていませんのですが、5人いて、5人に聞いても、その判定は分からないのですね。つまり、有資格者がここに欠陥を見つけましたというふうに書くのですが、評価を書くのですが、それが分からないぐらいかすかなのです。非常に難しいのです。決してRTの教本にあるような写真のように、ブローホールだとかタングステンインクルージョンだとかそういう欠陥の写真があるのですが、あんな綺麗なものというのは実際はなくて、非常に見付けにくいのです。ですが、それが実際のRT技術の現状だと思うのです。それに対して、どんどん最近のテクノロジーの進歩でデジタル化が進んで、拡大もコントラストも調整できるようになって、有資格者でない人でも大分客観的に分かるようになってきたと。そのテクノロジーの差というのは、本当に渡邊先生が御指摘されたことに全く、私としては同感です。

ただし、元々の建設当時のこの記録というのは、いわばPSIの記録というふうに言っていて、その後ISIでフォローアップするようになっていくわけですので、そのISIの記録を日々管理ということで、先ほどおっしゃいましたのですが、こういう定期的な検査でフォローアップされているということで、私は判定基準も変わっているわけではないわけですので、技術的な問題はないのかなというふうに思います。

ただ、そのテクノロジーの進歩という点では、ちょっと九州電力さんの御説明で不足があったかなというふうに思いました。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございます。ちょっと説明不足があったのではという言葉がございました

けれど、何かコメントありますか。

(九州電力)

先ほど渡邊先生が言われたように、もう少しメーカーとも、RTに関してどれだけ技術が進歩しているとかというのは、確認させていただきたいというふうに思います。

(釜江座長)

是非よろしく。はい、後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。私もこのことを気にしております、実は当初から塗膜の話は、それなりに分かったわけですが、渡邊先生がおっしゃる溶接部の問題は、非常に非破壊検査の問題がありますけれども、同時に、やはり昔の溶接部は脆化が心配なのです。溶接部の脆化がどのくらい起きているかとか、そういうことをすごく気にするのです。実は昔から、そういうことについてシャルピー試験をやったり、調べているはずなのですが（そういうデータは示されていません）。さらに問題は、実際に圧力をかけて健全性を確かめるのがやはり最終的な確認なのです。格納容器に実際に圧力をかけます。

ただ、問題はそれだけではないのです。現在は、過酷事故のときには、設計圧の2倍まで上がる想定なわけですが、一応基準上は。そうすると、そこまで圧力かけられませんから、もし欠陥があった場合、2倍の圧力に対してもつかとかいう議論をされたとき、証明のしようがないのですよ、はっきり言って。それが格納容器というものなのです。そういう認識をされているかということをお聞きしたい。設計条件の倍まで超えているわけですが、はるかに。そういう状態で健全性を保証し得るかということをお聞きしたいのですが。

(釜江座長)

いかがですか。

(九州電力)

九州電力の上村です。先生がおっしゃるとおり、我々が震災を受けて新規制基準に適合する上で、格納容器の設計条件というのは見直しております。おっしゃるとおり、200℃及び2Pd、いわゆる設計の2倍で破損するかどうかというところで評価をしています。おっしゃるとおり試験自体は、通常のA種の格納容器の全体漏えいの試験でも、実際にかけているのは最高使用圧力程度ですが、やはりそういう評価を使って、実際に試験をしているわけではございませんが、施設工認の認可を頂く際に、そのように格納容器の健全性、あとは設計条件、そういったところを先ほど申し上げた200℃及び2Pd、最高使用圧力の2倍で確認をしているということで、我々としても、そういう過酷事故のときにそのような状態になるというのは十分把握をした上で評価をさせていただきます。以上になります。

(釜江座長)  
後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。評価をしているのは、私もやっていたから理解していますけれども、問題はそうではないのですよ。評価をするではなくて、過酷事故というのは、実証できないのですよ、格納容器にとっても。だから問題なのですね。似たような格好のものを実験することはできるのですけれども、実機で設計上の圧力の2倍まで加圧できない。本来は耐圧試験で確認すべきですが、それが無理なのです。だからそれが1点ね。

欠陥がもしあったときどうなるかって非常に気になるわけですよ。それで、余りこういう例を出すのはいかがかと思えますけれど、今ちょっとたまたま私が調べたのがあったので紹介します。1959年から運転していて、1980年頃に出光興産(株)徳山製油所で、反応容器が水素脆化で、溶接部から脆性破壊を起こしています、バーンと飛び散っています(大小44の破片になって最大飛距離115mまで飛散)。その時のレポートを見てみますと、異材継ぎ手で補修して盛り込んだところがあって、その評価をしていたみたいなのですね。これ大丈夫そうだと。ところが実際にはそれが思ったより、欠陥というかダメージ(水素脆化)が大きかったのでしょうかね。結果として大事故になったという事例がありまして、そういうところを見ていくと、やはり欠陥がないということを言い切るというのはすごく難しいことだと。ほかにも調べた方がいいと思うのですけれども、圧力容器とか船舶なんかもそうですけれども、やはり大型構造物は発見できない欠陥がいっぱいあるのですよ、過去に。しかも、古い物でしたら特にそうですよね。先ほどの何十年も前の状態が、それで本当に欠陥がないと言い切れるかというのは、(当時の検査精度に対する懸念も含めて)私はちょっと自信がないのですね。

そう考えますと、決して今回欠陥が見つからなかったからこうだとおっしゃるのは別に否定しませんけれども、欠陥が見つからなかったことを前提として、そういう見落としの可能性を潰していくことは、極めて問題だと考える。原子炉圧力容器や格納容器は、たとえ見落としがあっても、(事故を確実に)防ぐための努力をしないと、いつか(また大事故を)やってしまうというのがまず一番の危惧なのです。

それで、繰り返しになりますけれども、設計条件を超えるなんていうのは、普通ではありえないのですよ。ほかの産業ではあり得ません。設計条件が最初にあって、格納容器が実際にあって、それで設計条件を倍にしてしまうというのは、理屈上の問題だけでやっているわけですから。そうしないともたないから、ほかの過酷事故対策としてやりようがないからやっているというだけにすぎなくて、そのことによるリスクというのはものすごくあるのですよ。というふうに私理解しているのですね。

その理解の仕方が、私は九州電力さんと大分違うなというふうに思っているのです。この格納容器の報告を見ましてですね。私の意見はそういうことです。

(釜江座長)

いかがですか。

(九州電力)

先生がおっしゃるとおり、モックアップの格納容器で試験を実施して、2Pd程度はもつだろうという形で基準になっていると思います。我々としては、過酷事故が起きたときにどういう状況になるかということで、今はSA対策とかテロ対策とか万が一のことを考えて、でもフィルターベント等を設置しているところで、想定外が起きたとしても対処できるよう物事を進めないといけないというふうに考えています。

先ほど先生がおっしゃるとおり、最初の欠陥があった場合に、格納容器はどのような形で劣化状況として進展してくるかというのが大きな課題だと思っております、我々はそういう意味では、格納容器自体は、我々が確認したところ、今のところ大きな進展があつてないという結論をいたしたところでございます。

先生がおっしゃるとおり、万が一のことを考えて、想定外も含めていろいろな対策を、技術評価以外にも実施してきているというのは御理解していただきたいというふうに思っております。

(後藤委員)

分かりました。今のところで二つあるのかな。今の過酷事故の条件の設定の時に、BWRは私が実験と解析をやっていますので、それでああいうふうな設定にしたのですね。ですけれども、それは実験もやっていますけれども、現実には実機と同じことなんかできないのですよ。標準化しているのですね。だから、蓋然性として大体こういう格好だったらもちそうだというレベルです。それが1点。

それと、今の劣化要因というか、進展するかどうかということよりも、やはり欠陥が、気が付かないことがあるというのが一番怖くて、しかもそのときに、先ほど言いました脆化との関係があるので、靱（じん）性がどこまでいっているか、溶接部ね、特にHAZですね、熱影響部の脆化がどうなっているかとかそういうことを、全体を調べきれるかということ、実は圧力容器は大事だから、20cmぐらいの厚さでこうやって見えていますよね。格納容器は40mmぐらいですよ。でも40mmというのは、脆性破壊するにはもう十分な厚さですから、そうすると40mmの鋼板がバーッとあつて、全部そこに欠陥がないとか、それから脆化は大丈夫だとかね、元の溶接による脆化、残留応力もありますからね、そういうことを考えたときに気になることが一つと。

もう一つは、普通のものは、運転しているのだから、通常はもし欠陥があれば、今頃もう事故を起こしているのですよ。ところが格納容器というのは、御承知のように、事故を起こすことが滅多にないわけですよ。だから、逆に起こった時（、最も必要とされている時）に（破壊してしまうことが）心配なのです。そういう関係になっているのですね。だから格納容器ってすごく慎重にやらなきゃいけないというのが私の理解です。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございました。よろしいですか。

ほかの委員もよろしいでしょうか。

(渡邊委員)

よろしいですか。先ほどの議論ですけれど、あなた方はマニュアルに従ってやっているのはよく分かるのですよ。ところが、そのマニュアルというのが本当に正しいものかというのは、やはり何ていうのかな、規制委員会なりに、やはり僕らも質問をやりたいのですよね。だから、そういうふうな観点でもって我々は、何とていうのかな、評価をやっているのですよ。ところが、あなた方はマニュアルに従ってやっているだけで、安全だという評価をするわけですよね。だからその辺のところのギャップというか、やはりあるのですよ。だから、やはりこういう機会ですから、規制委員会も含めてしっかり我々は質問したいと思っているのですよね。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございます。非常にそれは重要なことだと思いますので、その辺はまた機会を見つけて、事務局とも相談しながら、あるタイミングで、是非お伺いしたいと思います。ありがとうございました。

それでは、まだあと議題残ってございますので、ちょうど今中頃ということなので、このあと10分ほど休憩をさせていただきたいと思います。今、11時10分ですから、あとスムーズに行くことを祈って、11時20分まで休憩にしたいと思います。よろしくお祈りします。

－ 休 憩 －

### (3) 1, 2号炉原子炉容器の特別点検（個別確認・評価）結果について

(釜江座長)

それでは、少しだけ早いですけれど、再開したいと思います。議題の3ですけれども、資料としては3-1, 3-2がございまして、1, 2号炉原子炉容器の特別点検（個別確認・評価）の結果についてということで、1号炉については既に御説明あったので、その時にいろいろとコメントを頂いたということもあって、それを2号炉の方に反映させていただいたとともに、恐らく1号炉の方にもブラッシュアップをされたかと思えます。そういう意味で是非、必要なところだけをしっかりと御説明いただけたらと思えます。よろしくお祈りします。

(九州電力)

九州電力の上村です。資料の3-1, 3-2を用いまして、川内1, 2号炉の原子炉容器の特別点検（個別確認・評価）について御説明させていただきたいと思っております。その前に、先ほど釜江座長よりお話ありましてとおおり、第4回で1号の原子炉容器の結果について御説明させていただきましたが、その時パワーポイントを使って御説明させていただいておりました。今回、格納容器と同様に、A4縦の資料を使って御説明をさせていただきたいと思っております。ただし、第4回で御説明させていただいた部分につきましては、適宜割愛させていただきながら御説明をさせていただきたいと思

ております。

また結果につきましては、1号炉については御説明させていただいておりますが、今回3-1, 3-2は、中身につきましては計算方法等同様でございますので、代表で1号炉について御説明させていただいたあと、2号炉で異なる部分を御説明させていただこうと思っております。

最後に、資料が飛びまして大変申し訳ございませんが、資料4-1の右肩1ページ。第4回の時に、1号炉について御説明させていただいたときに頂いておりました質問事項につきまして、4-1から4-6に記載してございます。これらの質問回答につきましては、今から御説明させていただきます資料3-1, 2の中に内容を含めまして作成しておりますので、適宜その場所に来ましたら、この御質問内容と併せて御回答させていただこうと思っております。

それでは、右肩3-1につきまして御説明させていただきます。めくっていただきまして1ページ目。はじめにと要求事項、及び3. データ採取方法、炉心領域まで、4回で御説明させていただいた回答から変更ございません。

2ページになりますが、こちらに質問事項に対する回答を幾つか載せさせていただいております。2ページですが、原子炉容器については、建設時に母材と溶接部に対して有意な欠陥がないことを確認してございます。また、運転後は供用期間中検査、ISIとしまして溶接部に対するUTを実施しており、現状欠陥は確認されてございません。さらに原子炉容器胴部では、クラッドにて母材が覆われており、応力腐食割れ、SCCの懸念はなく、また不連続部がない円筒構造であり、疲労の懸念もございません。SCCや疲労割れといった損傷モードにより欠陥が発生、進展することも想定されてございません。

したがって、今回PTS評価、加圧熱衝撃の評価において想定する原子炉容器内表面の深さ10mmの欠陥につきましては、十分保守的というふうに考えてございますが、今回のデータ採取では、このような欠陥想定、SCCや疲労割れというのがないというふうに申し上げておりますが、それらの妥当性も改めて確認をするため、これまでのISI、供用期間中検査では試験対象としていなかった母材部分まで試験範囲を広げまして、欠陥の有無を炉心領域全域にわたって確認してございます。

なお、原子炉容器胴部については、内圧や急冷に対して生じる周方向応力を考慮しまして、強度や靱性の観点から、周圧延方向が周方向になるように配慮して、異方性にも考慮してございます。こちらにつきましては、後藤委員よりいただいております原子炉容器の破壊モードの関連性と材料の異方性について回答を織り交ぜて説明させていただいております。

もう一つ参考で、PTS評価というところで記載しておりますが、こちらも後藤先生に頂いておりますが、クラッドは強度部材ではないので強度評価で存在を無視しているというところですが、それが非保守的にならないかというところを交えて記載してございます。

PTS評価について、温度分布、解析によってPTS事象の進捗に伴い生じる原子炉容器内表面に接液する冷却材の温度変化に対して、クラッドの存在を考慮して、胴部板厚内の温度分布を時刻歴で計算しています。それらより求めた温度分布の変化に対して

熱応力を、また、PTS事象で冷却材の圧力の変化に伴いまして生じる内圧による応力を求めまして、時刻歴で応力分布を把握しております。

応力評価におきましては、強度部材ではないクラッドの存在を考慮していないと、これまで申し上げておりますが、実際は、母材とクラッドにおいては、クラッドの熱膨張係数、線膨張係数といいますが、これがクラッドの方が大きいので、PTS評価で対象とする低い温度領域につきましては、母材表面に圧縮側の応力が生じていると考えられます。そのため、応力評価においてクラッドを考慮しないということにつきましては、非保守的とはならないというふうに考えております。

このように得られた分布から、JEACに基づきまして時刻歴で応力拡大係数を算出しております。前回の御説明でも説明させていただきましたが、応力拡大係数の算出においては、ある程度亀裂の開口に抵抗する効果が期待できるクラッドの存在を無視しているということで、こちらについても保守的な値になっているというふうに考えてございます。

3 ページの図につきましては、パワーポイントの資料から変更ございません。

4 ページ、通常の点検方法との比較につきましても、同様の説明をさせていただいております。

5 ページ右下に、試験範囲の図を新たに追加してございます。こちらにつきましては、渡邊委員より、試験範囲について示すことという御質問を頂いておりましたので、今回追加をしてございます。緑に該当する部分が燃料有効高さ、赤に該当する部分が中性子の量として10の17乗を示す部分となっております。本来ガイドで要求されているのは緑の部分になりますが、我々としましては、自主的に10の17乗の部分、赤い部分まで範囲を広げて、炉心領域として確認をしているものになります。

6 ページになります。着目する劣化モードであります中性子照射脆化は、PTSの観点から内表面の欠陥が特に重要になることから、内表面近傍、クラッドと母材の境界部から母材側に25mm程度の範囲で実施しています。この25mm程度のところに括弧書きで追記しておりますが、こちら渡邊委員より頂いておりました、熱影響部は幾らかということを書いておりますが、クラッドを溶接した際の熱影響部というのは、5mm程度と考えておりますが、それらを含む部分に対して有効な超音波探傷試験でございます、斜角法の70°を実施してございます。

また、通常の供用期間中検査で実施している、もう少し角度を変えた斜角法の45°、60°及び垂直、0°によるUTについても、全板厚に対して実施してございます。炉心領域に対するUTにつきましては、JEAC 4207を準用して実施してございます。試験対象範囲については、下部胴の母材部と長手溶接線の各領域に分割をして実施しております。それぞれの領域につきましては、探傷試験装置、UTマシンと呼んでおりますけれども、こちらのマニピュレータの可動範囲におさまる長方形のブロックに分割をして、UTマシンはブロック内の探傷が完了したら、移動して次のブロックに行っております。

これも前回御説明させていただきましたが、そのブロック内は鉛直方向、円周方向、両方探傷をしてございます。それぞれのブロックに対する探傷範囲につきましては、位置評定制度による探触子の位置誤差等を考慮して、それぞれ鉛直方向・円周方向に一定幅を加えて拡張しており、隣のブロックとの探傷漏れを防止しています。また、ブロッ

ク内の鉛直方向・円周方向の探傷はそれぞれ走査ラインの振動子の50%以上が重なるように実施しておりまして、探触子の速度は1秒間当たり150mm以下ということで実施してございます。

探傷前に実施する基準感度の校正につきましては、J E A C 4207に基づいた右の7ページに記載している感度校正要領及び後ほど御説明します対比試験片を使用した反射波の抽出基準を出しておりまして、その基準としましては、斜角法、垂直法をそれぞれ距離振幅特性曲線、距離振幅補正曲線ともいいますが、こちらDACと呼んでおりますが、それが20%を示す部分から抽出をしております。

7ページの基準感度の校正要領、斜角法、垂直法をそれぞれ記載しております。今回追加した部分になります。

8ページの装置の概要は前回どおりでございます。

9ページに、試験片について詳しく述べさせていただいております。こちらにつきましては、佐藤委員より、検出能力と試験片と実機で予想される結果の同等性ということ、及び試験片の加工方法というところの御質問を頂いておりましたので、併せて記載してございます。

基準感度については、探傷前に、下の水色で示します対比試験片を用いて調整をしております。探傷中及び全ての探傷が完了したあとの感度校正も基準感度を用いています。対比試験片については、実機の母材と同等材にクラッドを施工した試験体に、横穴及びEDM放電加工によるスリットを付与してございます。なお、探傷期間中には、UTマシンに搭載した簡易試験片を用いて調整した中間感度確認用の感度により、探傷中にも感度の変化がないというところを自主的に確認してございます。

なお、先ほど表面近傍、母材を25mm確認できると申し上げました斜角法70°のUTにつきましては、国の原子力発電施設検査技術実証試験、国プロと呼んでいますが、こちらの「超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認に関するもの」、以下UTSと言いますけれども、こちらによりまして、表面近傍の深さ5mm程度の欠陥が、J E A Cで規定されていますDAC20による抽出基準により、十分検出可能であることを確認しております。そのため、PTS評価の想定10mmの表面欠陥に対して、十分な検出性を有しているというふうに思っております。

10ページに、UTSと呼ばれる国プロの実証試験のデータを少し載せてございます。10ページの下ほど、大畑委員より頂いておりました、検出性5mmに対してPTS事象評価で10mm深さの欠陥を想定する意味を説明することということで、今回UTSで確認しました検出の方法と実際に想定する欠陥の関係性というのを、10ページの下に記載してございます。今回実施しました70°のUTというのは、クラッドにおける表面近傍の欠陥、それと母材、左の図でクラッドが灰色になります。母材がオレンジ色で示しておりますけれども、その中の欠陥に対してそれぞれ5mm程度の検出性を有するというので、今回PTSの評価で想定していますのは、オレンジの部分に深さ10mm、長さ60mmの欠陥を想定していますが、今回用いましたUTは、クラッド部分の欠陥も、オレンジ色の母材部の欠陥も5mmの検出性を有するというを事前に確認した方法を取っているということになります。

それらのサマリーがその上の表、UTSの報告書を一部抜粋しております。今回我々

が用いたのは、70°，50°縦波ということで、上から2列目のところに赤線を引いておりますが、クラッド表面の欠陥は5mmと申し上げておりますが、正確に申し上げますと3.8mm，これ以上の欠陥は抽出できるというふうに考えております。まとめの中に記載していますが、赤い線を引いております。欠陥高さ2.4mm，ちょっと表現が分かりづらいですが、4.8mmというのが欠陥の長さになりますが、こちらについてはクラッド内表面近傍の内部欠陥ということで、3.8mmと4.8mm，それらを丸めまして5mmというふうに記載をしてございます。

次の11ページに、それぞれの結果の部分を確認ができる表を掲載しています。上の表がクラッド表面の欠陥を確認したときの試験内容，下の表がクラッドの中にあります母材の欠陥に対して、UTの精度を確認した時の試験内容というふうになってございます。

12ページにつきましては、データ採取の体制と実施時期につきまして、格納容器と同じように記載しております。データ採取の体制は、採取箇所としまして川内原子力発電所，担当者としましては川内原子力発電所の保修課員。データ採取の実施者は協力会社作業員ということで、UTの試験，実施していただいております。データ採取の時期としましては、2020年の4月から5月までということで、試験の力量も確認しております。非破壊検査，UTに従事していただく方には、JIS Z 2305に基づきまして、認定されたUTレベル2以上の試験にて実施しており、認定された試験については、データを最初の作業員名簿にて、データ採取前に確認を実施してございます。以上が炉心領域のUTの説明になります。

続きまして、13ページより、一次冷却材ノズルコーナー部の検査の説明をさせていただきます。13ページに記載しています内容につきましては、第4回で御説明させていただいたとおりになります。

14ページ、データ採取の方法を少し詳細に記載しております。試験対象につきましては、次のページに示しますとおり入口管台，出口管台を全数ということで、それぞれ3か所，スリーループですので3か所ずつありますが、を選定してございます。一次冷却材ノズルコーナー部としまして、維持規格に記載されている原子炉容器管台内面の丸みの部分を対象に、この範囲のクラッド内表面を試験の対象としてございます。運用ガイドでは、表面検査としまして浸透探傷検査，PTの適用を認められておりますが、放射線環境厳しいことから、水中環境で自動探傷可能なECTを用いてございます。一次冷却材ノズルコーナー部に対するECTは、J E A G 4217を準用して実施しております。また、探傷及び解析に使用した装置につきましては、それぞれJ E A G 4217にて要求されている事項に対して適合していることを事前に確認しております。

ECTで用いたプローブにつきましては、クロスコイルというものを採用してございまして、出口管台ノズルコーナーの凸部，右側の15ページの図でいきますと、出口コーナーの一番Rが厳しい部分になりますけれども、ここにつきましては、曲率半径が小さく、探傷性を確保することが難しいため、形状に沿うようなクロスコイルを複数配置した専用プローブを適用してございます。その他の試験部につきましては、比較的曲率半径が大きいということもありまして、平坦部のプローブを適用しております。

また、試験部は、クラッド施工時の影響による透磁率変化，溶接金属中にフェライト偏析や析出などの局所的な材料の材質のばらつきにより発生します透磁率変化に起因し

たノイズ信号が発生するという事を考慮しまして、通常プローブに加えまして、磁気飽和型、MAG型と呼んでいますが、こちらのプローブを併せて適用しております。MAG型プローブは、プローブ近傍に磁石を配置することで、試験部の透磁率変化によるノイズ信号を緩和できることから、通常分とMAG型の試験結果と対比することで、これらのノイズ信号の判定として、参考として用いることによって、評価精度の向上を図ることができてきております。

なお、サンプリングレートにつきましては、先ほど申し上げた一番曲率の厳しい部分については走査距離25mm当たり(※)、そのほかの部分につきましては、25mm当たりになるように設定をしてございます。こちらの数字はJ E A G 4217に要求されている25mm当たり30点というレートを十分に満足している値になります。分解能につきましては、1点あたり(※)ということで、こちらについても規定されております12ビット以上を満足してございます。

16ページになりますが、こちらにも試験片を記載しております。出口管台ノズルコーナーの凸部に適用した専用プローブの校正というのは、上の図になりますけれども、クラッドを含め、試験部の表面形状を模擬した対比試験片に付与したEDMスリット、深さは1mmと幅25mmを用いて行っております。その他の試験部につきましては、下の図になりますが、平板校正試験を付与したEDMスリット、深さ1mm、幅0.3mmで実施しております。

感度校正につきましては、探傷前、探傷後に、これらの試験片を使って実施しております。なお、曲面を有する試験部についての平板対比試験を適用することの適切性についても、事前にJ E A Gで規定されておりますので、それらを確認して、曲面と平面の感度差により確認をしております。

先ほど申し上げましたMAG型、磁気飽和型で取った波形の例を17ページに記載しております。こちらについては、前回第4回で御説明させていただいた図から変わっておりません。

18ページになります。データ採取の体制及び実施時期につきましては、炉心領域と同じになりまして、時期につきましては、5月13日から5月23日に実施しております。試験員の力量につきましても、UTと同様にJ I Sに基づき認定されたレベル2の試験員の方に作業実施していただいております。認定された試験については、採取前に力量を確認しております。

最後になりますが、炉内計装筒、BMIについて、データ採取の概要を19ページより記載してございます。19ページは第4回で御説明させていただいた内容から変更ございません。

同様に20ページも変更ございません。

データ採取の方法につきましては、全数50本を対象としております。運用ガイドに基づきまして、BMIの内面に対してはECTを、溶接部に対してはMVT-1を適用してございます。BMI内面に対するECTはJ E A Cを準用して実施しております。

BMIデータ採取に使用した装置を、次ページに示してございます。こちらにもノズルコーナー部のECTと同じで、探傷解析に使用した装置については、それぞれ適合していることを事前に確認しております。

BMIの内面に対するECTにつきましては、全ての信号振幅波形を確認しまして、周辺のノイズレベルに対して有意に変化した指示に対して、リサージュ波形を確認することによる欠陥信号成分の有無を確認してございます。BMIにつきましては、MAG型は使用してございません。

ECTのサンプリングレートにつきましては、走査距離25mm当たり(※)、こちらもJ EAGを十分満足しております。分解能につきましても、ノズルコーナーと同様で、J EAGを満足しているという状況です。

溶接部に対するMVT-1、目視試験につきましては、維持規格に従い、0.025mm幅のワイヤー、1ミルワイヤーと呼んでいますが、こちらが識別可能な手法を用いて実施してございます。

データ採取の体制、実施時期につきましてはですが、体制につきましてはそのほかの検査と変わりございません。実施責任者がECT試験員と目視試験員になってございます。データ採取の実施時期につきましては、2020年6月6日から6月15日となっております。試験員の力量につきましては、ECTにつきましてはノズルコーナーと同様です。また書き以降ですが、BMI外面溶接部MVT-1の従事者につきましては、国のガイドの要領、目視試験の要領、装置概要等に関する教育を実施しまして、かつ、JIS Z 2305に基づき、視力の要求を満足する試験員が作業を実施しており、データ採取前に力量を確認しております。

記録について少し補足を記載してございますが、近方視力を要求しておりまして、格納容器と同様に、ジャガーチャートのうちJ1を30cm以上離れた位置から読み取れること、色覚につきましても、石原式の色覚表等を用いまして、色彩又はグレースケール、灰色の濃淡間のコントラストを見分けて識別ができることを確認してございます。

25ページ以降、特別点検の結果をまとめてございます。まず特別点検の方法ですが、格納容器と同様に、特別点検は、原子炉容器について、運用ガイドの要求を満足できるよう、データ採取におけるそれぞれの試験結果を確認・評価することにより健全性を確認してございます。下の4.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、運用開始から35年以降に採取したデータを使って、詳細に確認評価をしまして、運用ガイドの要求を満足できるかを確認してございます。

特別点検の体制と実施時期につきましては、体制としまして、実施箇所は原子力発電本部、実施責任者は原子力発電本部の経年対策グループ長、特別点検の担当者は原子力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おります。特別点検の実施時期は、2021年の10月18日から2022年の4月22日まで実施しております。

26ページ以降、個別の確認、評価結果を記載しております。まず、4.3.1で炉心領域になります。母材及び溶接部、炉心領域100%において、5mm程度の欠陥が検出可能なUT、斜角70°により確認した結果、有意な欠陥は認められませんでした。このことから、PTS評価の観点から考慮すべき欠陥、深さ10mm、長さ60mm、このような欠陥が原子炉容器内表面の近傍になく、既往のPTS評価で安全側に包絡されているということを確認できたと思っております。

なお、70°に併せて、通常の定期事業者検査で実施しています斜角45°、60°でも、

有意な欠陥は見られておりません。また、垂直法におきまして、先ほど抽出基準にDAC20%というふうに申し上げましたが、それらを超える反射波が、母材部の2か所及び溶接部の2か所検出されておりますが、これらの反射波につきましては、製造時に生じた偏析部によるものというふうに考えられておりまして、反射波の指示の長さは、設計建設規格の判定基準に対して十分小さく、設計建設規格に適合しているものと判断しております。

27ページに、一次冷却材ノズルコーナー部の結果を示してございます。ノズルコーナー部のクラッド、出入口それぞれ3か所において、1mm程度の欠陥が検出されるECTにより確認した結果、透磁率変化に起因したノイズ信号、形状変化によるノイズ信号が検出されたものの、割れに起因した欠陥信号が検出される有意な欠陥は認められませんでした。ノズルコーナーのECTの結果、色調図と呼んでいますが、そちらを参考で例で示してございます。上が出口管台、下が入口管台になっております。

28ページにBMIの結果を記載してございます。全50本のBMI内面において、0.5mm程度のSCC欠陥の検出が可能なECTにより確認した結果、透磁率変化に起因したノイズ信号というものはほとんどなく、割れに起因した欠陥信号も検出されておらず、有意な欠陥は認められませんでした。また、全50本の溶接部において、0.025mm幅のワイヤーが識別可能な目視試験、MVT-1により確認した結果、こちらにつきましても割れ状の欠陥はなく、有意な欠陥は認められませんでした。

28ページにECTの色調図の例、29ページにBMI溶接部の目視試験、MVT-1で撮りました画像の例を示してございます。以上が結果の御説明になります。

30ページ以降、30ページ、31ページに原子炉容器に対する予防保全活動を川内1号炉では実施しておりますので、その予防保全の内容を参考で記載してございます。3-1については以上になります。

続きまして3-2、2号炉の結果になりますが、違いの部分で御説明させていただきたいのですが、具体的には、データ採取の日時はそれぞれ1、2号で異なっております。炉心領域のデータ採取日、12ページになりますが、2022年の3月16日から3月24日に炉心領域、続きましてノズルコーナーにつきましては18ページ、データ採取の日付としましては2020年の3月28日から2020年の4月7日。最後に、BMIのデータ採取日になりますが、こちらにつきましては24ページ、2022年の4月14日から2022年の4月23日になってございます。

特別点検の実施時期も1、2号で異なっておりまして、体制は同じですが、25ページ、2020年の5月23日から2022年の9月20日に実施しております。

最後になりますが、26ページの炉心領域におけます結果で、一部1、2号で違いがございますので、御説明させていただきます。母材溶接部の表面近傍において実施した斜角70°のUTにつきましては、1、2号とも変わりございませんで、有意な欠陥は認められておりません。なお書き以降、斜角45°、60°において認められなかったことについても、変わりございません。違うのは垂直法になりますが、DAC20%を超える反射が溶接部2か所ということで、1号は母材部2か所、溶接部2か所であったものが、2号機は溶接部の2か所のみということで、こちらも1号と同様の評価をしておりまして、設計・建設規格に適合しているものというふうに考えております。

最後に31ページの予防保全の内容，こちらは，1，2号で予防保全の実施した内容は一緒ですが，実施時期が違いますので，こちらが1，2号の違いとなります。資料3-1，3-2につきましては以上です。

(釜江座長)

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意見，コメント等ございましたらよろしくお願いたします。

いかがでしょうか。後藤委員。

(後藤委員)

後藤です。2ページのところのPTSの評価の話です。ちょっと確認をさせてください。絵があった方がいいのですが，4-1の方で入れていただいているかもしれませんけれども，そちらを引用した方が早いかな。4-1の13ページにその結果が載っていますよね。PTSとそれから脆化の進展の60年後のお話かと思うのですがけれども，この時のPTSの話として，再確認ですけれども，クラッドはない状態で計算しているのか，それともある状態なのか。考慮しているしていないって意味でいうと，どういう状態なのかね，解析は。クラッド自身です。

(九州電力)

九州電力の上村です。2ページに今回それを記載させていただいたのですが，参考の部分で記載をしております。まず温度分布解析のことを書いておまして，温度分布解析では，クラッドの存在を考慮して温度分布を出しています。そこから，まず2ページでいきますと，温度分布解析より求めた温度分布の変化に対して熱応力を求めまして，あとはPTSの事象で冷却材の変化に対応していないやつと，この二つを応力として求めますけれども，そちらについてはクラッドを考慮しておりません。最後にそれらを用いて出します応力拡大係数の算出，こちらについてもクラッドを考慮していないという状況でございます。以上です。

(後藤委員)

後藤です。そうしますと，クラッドを考慮してと言っている温度分布を求める時には，クラッドを考慮したというお話ですよ。それ以外は考慮しない。ただ，K値を求めるとき，K値は温度分布によって発生する応力によって発生するK値ですよ。クラッドの先端の方がね。そうすると，K値を計算するときには，そのクラッドの存在をある一部，特性として考えに入れているという，K値を求める時，というふうに見えるのですよ。それはよろしいでしょうか。

(九州電力)

はい。

(後藤委員)

温度分布とかそうですね。そうすると、何が言いたいかという、これの解析って、かつてはクラッドのない状態でやっていたからね。クラッドがない状態でやると、クラッドを入れた時の違いは何かというのが一番ポイントなのですね、と思うのですね。そのときに保守的な格好になっていると、クラッドを一部考慮しているわけですが、それが安全側の仮定になっているというような理解に聞こえたのですけれども、本当にそうになっていますかというのが私の質問なのです。クラッドのあるなしの違いが、明確な差が見えないですね。明らかにクラッド、今の熱応力のところ、温度分布のところだけを解析したのが、その安全側の扱いをしているというのが、本当にそうになっていますかという質問です。

(九州電力)

九州電力の上村です。今回そこを2ページでちょっと御説明をさせていただいているところになります。温度分布につきましては、クラッドの存在を考慮したというところなのですが、実際、2ページの参考の5行目のなお書き以降、まずは応力の部分に対して記載していますけれども、母材とクラッドでは、クラッドの熱膨張係数が大きいということで、温度に対する伸び縮みがクラッドの方が大きいということで、PTSでは実際に冷たい水が入ってきた低温域というのを考慮していますので、実際この時にクラッドの方が縮んでいると。なので、母材側には圧縮、今回引っ張りが問題になりますけれども、圧縮の応力が生じていると。ただし、その圧縮の側の応力というのは考慮していませんというのがまず一つ目になります。

もう一つは、そのあとに評価します亀裂拡大係数の算出の部分では、これもこれまで御説明させていただいた繰り返しになりますが、ある程度その亀裂面に蓋があるような状況になります、クラッドというものにつきましては。なので、その開口に対して抵抗することが期待されるクラッドというものの存在を無視しているという状況ですので、こういうところからも、非保守的にはなっていないというふうに思っております。

(後藤委員)

後藤です。これちょっと複雑な感じなのですね。と言いますのは、最初に温度解析をやる時にクラッドを入れるというのは、一つの考え方であるのは分かりますけれども、もともとはクラッドというものは5mmくらいだけでも、腐食を防ぐための強度部材ではないので、通常は考慮しないというのが今までやってきたやり方ではないですか。それに対してクラッドを入れて、入れたけれどそれを保守的だとおっしゃるけれども、クラッドは両面があるではないですか。温度分布の問題、それから応力の問題ありますけれども、実際はそのクラッドの表面、クラッドの場所のK値を計算するときの温度勾配がありますから、その亀裂の先端の位置、それがクラッドを考慮するしないで変わってくるわけですよ、いろいろ。そうすると、その評価上、言葉で言うところの温度による応力が、温度勾配が、クラッドを考えた方が悪いという表現と、でも実際にクラッドを考慮しないときの結果、K値については、私はちょっと疑問を持っていて、ですから、逆にほかの要素を全部なくした状態でクラッドを考慮して温度解析やった場合に、ないときの状態とK値は、本当に保守的になっているのですかという質問。

(九州電力)

九州電力の上村です。後藤委員のおっしゃっている部分につきましては、温度解析によってはクラッドを考慮しているのではないかとこのところですので、実際クラッドとして存在をしていますので、温度分布についてはクラッドの存在を考慮した解析を実施しているというところ、ここについては保守性を持たしているわけではございません。なので、より実機に近い形の解析の結果になっているということにはなりますが、ただ、だからといってK値を出す部分について温度解析でクラッドを外さねばならないということでもございませんので、温度解析については考慮している。ただし、それから圧力、亀裂拡大、応力拡大係数については考慮していないというところで、特に非保守的な部分が入っているということではな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。もう一度、少し落ち着いて評価をした方がいいと思います、絵を見た上で。私、そういうふうになるかなとちょっと疑問を持っているところもありまして、ですから端的に、考慮するときとしないときに、K値の結果が知りたいということなのです。単純にね。それが1点です。それでその上で、ということでもいいと思います。

それともう一つは、何でもこういうことを申し上げるかと言うと、クラッドの問題は、もしクラッドを評価上入れると決めると、すごく難しい要素があるわけですが、御承知のように。単に熱、その温度の勾配だけではなくて、クラッド自身が、その欠陥がどうか、それから熱応力もありますよね、溶接による。それも必ずしも安全側になるとは限らない、状態によってはね。そうすると、そういう要素を入れたら難しくなるので、通常はそれを省いてやっているというのが私の理解だったのですよ。それを入れるときには、ほかの要素も全部入れてきちんとしないと、部分的なつまみ食いになる可能性を持っているということに気になっている。こういう複雑な要素ですからね。温度が変わってこうやって熱応力があって、亀裂の位置があって、それをどこでどう評価するかといったら、つまみ食いになってしまうのですよ。このことだけを持ってくるとするのは、都合のいいところだけを使うという可能性が出てしまうので、それで私はちょっとくどいようですけど、再度確認をしたかったと、そういう意味です。以上です。

(九州電力)

九州電力の上村です。後藤委員がおっしゃっていることは理解しています。ちょっとすみません、資料またぐのですけれども、資料の4-2で、後藤委員より事前に頂いていた質問に対して少し御回答させていただいている部分があります。右肩5ページになりますけれども、あるシーケンスにおいてですけれども、過渡条件につきましては、このような形で評価をしています。模式図的に記載しておりますけれども、左側で先ほどから申し上げている温度分布、右側で圧力分布とこれらの設定をしています。今お話させていただいたのは、左側の温度の分布を出す時にはクラッドを考慮しているというところになります。つまみ食いというお話もありましたけれども、温度については、より実態の状態に近い解析をしているというふうに思っただけだと思います。

それから、これらの温度、圧力分布を用いまして、先ほどから後藤先生おっしゃっていただいています熱応力の算出、内圧の応力算出、ここではクラッドを考慮していないと。最終的には応力拡大係数を出しますけれども、ここについてもクラッドを考慮していないというところ、確かに考慮している考慮していないというところ、違う部分がございますけれども、ではクラッドを考慮しているからその評価が、繰り返しになりますが非保守的になっているというふうにはちょっと思っておりませんで、この中の一部にはクラッドを考慮しているけれど、そのほかは有意に働く部分についても考慮していないというところを御説明させていただいたものになりますので、問題はないのかなというふうに思っております。以上です。

(後藤委員)

後藤です。すみません、もうこれ以上あれなのですけれども、今の私の質問は、その内表面からの応力分布がどう変わっているかという、クラッドがあるときないときで、確かにこうなっているかどうかと、その辺の結果だけです。それを確認していただいて、私が気にしていたのは違うということであれば、それは納得しますので。

(九州電力)

分かりました。確認させていただきます。

(釜江座長)

よろしいですか。よろしく申し上げます。

(渡邊委員)

よろしいですか。

(釜江座長)

渡邊委員。

(渡邊委員)

渡邊ですけれど、ちょっと今の議論で、クラッドと言っていますけれども、私前から言っているのですけれど、熱影響部があるわけですね。熱影響部の影響というのは、一体その評価の中にどう入ってきますかという質問で、その評価の時にクラッドを入れるというのはそんなに難しいことではなくて、ところが熱影響部、ここに書いてありますけれども5mmと書いてあるので、本当言うと私ももう少しあると、10mmぐらいはあると思っていますのですけれども、まず、何ていうかな、そういう非常に均一でない層が表面の近くにあるわけですね。そういうものの評価というのは、まだ我々の知見というのはそこまでいっていないのですね。だからそういうことも含めて、しっかり何とていうかな、説明されないと、完全なものではないのですね。だから、そういう説明をしてもらえませんか。

(九州電力)

九州電力の上村です。おっしゃるとおり、まずクラッドの熱影響部というのは前回も御質問を頂いていまして、5mmかというところ、第4回で頂いておまして、5mmというふうに答えさせていただいているのですが、当然約5mmということで、4mmであったり、大きくてもメーカーと話している限りでは10mmまではないかなというふうにちょっと思っていますが、確かにそういう組織の偏析部というのがあると。

今回10ページになりますけれども、UTの実施したイメージを記載させていただいております。今回適用しましたUTというものにつきましては、クラッドが5mm、オレンジの部分につきましては約25mm、合計30mm探傷ができる手法を使用させていただきます。それで炉心領域の全面にわたってUTをしているということで、確かに熱影響部がどのような影響を与えるかと、おっしゃっていただいたように分かっていない部分も当然ございますが、少なくとも我々としましては、クラッドを含めた表面から30mmにつきましては、今回有意な欠陥はなかったと、5mm以上の欠陥はなかったと言っても問題ないというふうに思っておりますので、熱影響部が大きかったとしても、表層のクラッドから5mm以上と、10mm程度組織が分からない部分があったとしても、表面から30mmの部分にはなかったということを確認したのになります。以上です。

(渡邊委員)

それはその欠陥の大きさですよね。いろいろな評価というのと、あと材料の評価というのは、いろいろな性質が熱影響部で変わってくるわけですよね。ところが、例えば材料の評価というのは、基本的には母材で評価をやるしかできないのですね。そういうふうなものも含めてやっぱりいろいろな、何ていうのかな、分からない知見というのはまだあるのですね。

それと私何度も言ったのだけれど、やはりステンレスの内張りという言い方だったり、クラッド溶接という言い方で、あとの方には何と書いているのかな。例えば先ほどステンレス内張り材という表現を添加資料の1に書いていますよね。よく分からないのですね。実際どういう溶接をして、どういう条件でもって使って、そうしないと我々は評価できないのですよ。我々の知見では、この材料でこういうものをクラッド溶接したらどれだけの熱影響部があって、どういう熱影響部ができるかというの、もう我々の知見としてあるのですね。ところが、それを教えてもらわないと分からないのですね。だから、何度も言いますけれども、材料指定して溶接方法を言ってくださいよ。何回か前に佐藤委員が溶接ですか、爆接ですかと言われたのですね。それと同じことをまた言わないといけないのですよ。なぜそれがしっかりと示されないのですか。

(九州電力)

九州電力の上村です。まず、クラッドとかステンレス内張りというふうに文言が統一できなかった部分は、大変申し訳なく思います。クラッドで統一して、資料を修正したいと思います。

実際のクラッドの施工方法になりますが、ちょっとすみません、口頭で御回答させていただいた部分をしっかりとまとめきれてないので、また次回に向けてまとめたいと思

ますが、まず母材に溶接をする際に、SUS309系の溶剤を使います。それを、溶け込みを考慮してSUS304相当のクラッドになるような溶接を考えていまして、実際はサブマージアーク溶接を使って自動溶接をしております。層につきましては、重なりがある部分はありますが、一層溶接をしております。

(渡邊委員)

一層。二層にはなっていない。

(九州電力)

はい、なっていないです。この辺り、クラッドの溶接、溶剤、あとはそういった組織の変わったところとか、溶接工法含めてまとめます。

(渡邊委員)

それと、胴部のところを溶接しているわけですよ。例えば溶接はサブマージ、同じようにサブマージですか、サブマージでも自動と半自動があって、やはりやり方違うのです。だからそういうことも含めて、もっと何ていうのかな、しっかり示してもらって、きちんと評価できるようにしてもらえませんか。そうしないと分からないのです。

(九州電力)

九州電力の上村です。1，2号含めてまとめさせていただきたいと思います。

(渡邊委員)

溶接方法ですね。

(九州電力)

はい、工法も含めてですね。

(渡邊委員)

溶接金属でどういう材料を使っているのか。

(釜江座長)

ありがとうございます。そういうところは御専門の先生方がたくさんいらっしゃるのでもう少ししっかりと書けば多分御理解いただけれると思うので、是非よろしくお願ひします。

(後藤委員)

すみません、一つだけ補足させてください。何でこだわるかと言いますと、実は前も申し上げたかもしれませんが、PTSのカーブと脆化のカーブ、脆化の方もちゃんと御説明いただきたいのですが、シフトの量をどうやって出したか、あとにデータありましたけれど、それはあとで議論するとして、あれが接する接しないということで評価

をしようとしているのですね。そういうルールになっているわけですね、今。私は非常に疑問に思っているのですよ。技術的な評価で、このカーブとこのカーブが当たる当たらないという議論を本当にできるのか、不思議でなりません。いろいろなところで不確定要素があるわけですね。それで、全部安全側に持っていかなければいけないわけですよ。これすごい大変なことやっているわけですよ。ですから、近づいていくともものすごく心配になるわけですよ。ところが実際には、九州電力さんでいえば玄海ですか、あちらの方でシフト量が全然変わったでしょ、大幅に。私の理解が違うかな。脆化の程度が想定していたよりも大分違うとか、そういうことも起こりうるわけですよ。そうすると、そんな不確かな状態のもの、そんな曖昧な状態のやり方、ルールで、あるときに、例えばクラッドの問題もどういうふうになるか、クラッドだったらその材質は、今の話ではないけれど材質（解析に使う物性値）と溶接もどうで、厚さはどうで、どういうふうに測れて、表面はちゃんとなっていて、物理的にそれは設計上想定できるものになっているとか、では熱に対する特性とかそういうものも全部含めてきちんとなっているかが評価できないとおかしいでしょう。それを部分的に（不確かな条件の物性値を）こうだこうだというのは、非常に違和感があるのですよ、私は。ということが一番、私の根底の疑問です。

（釜江座長）

いかがですか。

（九州電力）

先生の御心配、よく分かります。そういう意味では、やはり我々のCT試験片のデータをしっかりまとめてお見せして、いわゆる曲線の引き方、こういう形のデータからしっかり引いていますというような御説明をさせていただきたいというふうに思っております。今後しっかりしたデータを出していきたいと思っておりますので。

（渡邊委員）

よろしいですか。

（釜江座長）

はい。

（渡邊委員）

そのときにやっぱり内部の先生方ではなくて、やはりしっかりと公に公表してほしいのですね。その圧力容器に関わるものというのは非常に何か、何ていうのかな、風通しが悪いのですね。風通しが悪いところでもしっかりと公表して説明してもらいたいのですね。だからそれも含めて、それは電力がしないと誰もしない事項です。玄海1号炉脆化問題の時はいろいろ東京で議論しましたがけれども、あなた方公表できたのですよ。玄海の時にできたことがなぜ今回できないかというのが、理屈が分からないのですね。もっともっと規制緩和というのは進んでいるはずなのだけれど、あなた方は公表していな

いのですよ。私は思うのですけれど、いかがですか。それは会社の秘密と書いているけれども、企業秘密と書いているけれども、それは例えば重工の秘密なのかあなた方の秘密なのか、それとも電事連全体の秘密なのかとか、やはりしっかり明らかにしてもらって、もっと風通しの良い議論にしてもらえませんか。

(釜江座長)

いかがでしょうか。

(九州電力)

先生のおっしゃるとおり、情報を出せるものについてはしっかり出していきます。ただし、やはりどうしても公表できない部分もあります。先生たちに対してはしっかりデータをお見せいたしますけれど、やはり企業秘密等もありますので、その辺は御理解をさせていただきたい。ただし、玄海の時に先生がおられて、しっかりした議論ができていたと思いますので、積極的にお示しして、理解を深めていただきたいというふうに思っています。

(渡邊委員)

玄海の時の方が脆化の量も含めて、やはり条件的には随分厳しかったのですね。そういう議論があって、今回のというのは、脆化の量というのはそんなに脆化していないのですね。中性子の量は高いですけれど。ただ、そういう歴史があるわけですから、あなた方がやはりしっかりと皆さんに説明して大丈夫だということを説明するだけの力量を持ってもらいたい。それはやはり皆さんにしっかり公表してもらわないと、我々では分からない。

(九州電力)

分かりました。渡邊先生のおっしゃるとおりでございますので、我々としても歴史がございまして、玄海1号からの銅の含有量とか、新しい川内1、2号についてはやはりちょっと違っております。そういう意味で、1号は5回、2号は4回取り出してきております。そういういわゆるデータを御説明させていただきたいというふうに思っていますので、よろしくお願い申し上げます。

(後藤委員)

すみません、私も一言。今の関係で大事なことなので申し上げます。今までPTSの関係でデータ出されているものの説明は、ほとんど全部白抜きになっていて、委員にはもちろん示されていますけれど、一般公開していませんよね。これね、どういうことかという、委員には評価してくださいというのがきているかもしれないけれども、県民の皆さんから見ると、全部これは白抜きで伏せられているわけですよ。

例えば私が仮に納得して、これを県民の皆さんに説明する。例えば、知事に説明する義務が私にあるとして、説明しようとしたらこの図の数字も言えないし、詳細なデータも分からないのですよ。説明にならないでしょうが。一体何を考えているか分からない

のですよ、そこのところは。だから、(情報開示しているかしていないかは) 安全性というところの根底に関わるのです、これは。安全性を確認するというのは、秘密があったら駄目なのです、1か所でも。1か所でもここに秘密があったら、それはもうその段階でここが分からない(証明できない)ということになりますから。はっきり申し上げて、その状態で皆さんにそれを説明することは無理なので。だから、電力さんとしては事情があるかもしれない。でも、それは説明できないのだったら、その安全性は説明できませんということになるから、それをよく踏まえてお考えいただきたいということです。

(釜江座長)

いいですか。

(九州電力)

九州電力、上村です。先ほどから川江が申し上げますとおおり、我々も開示できるものについては、開示をしていきたいというふうに思っています。

ただし、やはり繰り返しになりますが、どうしてもメーカーの競争力に影響する部分については、やはり先生方に技術的な観点から検証いただくこの分科会でお示しすることは当然だと思っておりますが、一般市民の中にはやはり競合他社がいて、それらのデータの扱いというのは非常に難しいものがございます。

ですので、後藤先生からは、前回追加質問で、マスキングの考え方を示すことという御質問を頂いております。今我々は、今回分科会で御準備して、質問回答を御準備したもののの中から、実際にデータを整理しまして、ここはこういう理由だということのある程度具体的に御説明をさせていただく準備をしておりますので、次回の分科会以降、そのような形でまた御議論させていただければというふうに思っています。

(後藤委員)

お願いします。

(釜江座長)

この件についてはこの分科会で、以前から延々こういう話があるのですけれど、今、後藤委員からそういうのがなければ安全だと言えないとなると、外から見ていると非常に違和感があるし、だからといって全て表に出してというのもまた別な事情があったりします。この分科会の役割を少し事務局とも相談をして、どこまでがそういう努力をしてもらわなければいけないのか、どうしても相手のあることですから、不可能な部分もあったりして、そこをどこで落とし込むか。その辺は後藤委員始め委員の先生方にもある程度は納得していただかないといけないし、当然それを分科会の中で検証した結果として、それがなければ結果が出ないという話もまた適切ではないと思いますし、この件は以前から私も重々理解をしているので、ちょっと考えさせていただきたいと思います。九電さんの方もその辺もう少し努力をしていただいて、メーカーさんともいろいろとお話をさせていただきたいと思います。最終的な検証結果が出ないというのはまずいので、分科会としても検討しますし、九電さんの方も前向きに考えていただけたらと思います。す

みません。

佐藤委員からずっと手が挙がっていたのですけれど、佐藤委員、もうちょっと時間もないのですが、何かあれば簡単によろしく願います。

(佐藤委員)

はい。どうもすみませんでした。私が意見とそれから質問をちょっと述べたいと思ったのは、非破壊検査の力量と方法に関してです。

まず質問は、UTとECTの記録です。これ全部、膨大なデジタル情報だと思うのですが、これは全部記録されて、ずっと保管される体制になっているのでしょうかというのが質問です。

それから力量に関しての私の意見ですが、九州電力さんの説明でレベル2の資格を持っていますというお話と、それから疑似欠陥をEDMのスリットで加工していますという説明があったわけです。ところが実際の亀裂というのは、SCCにしてもそうですし、疲労にしてもそのようなのですけれども、非常にジグザグで、疲労は割とストレートですけれども、特にSCCはギザギザで、緻密なわけです。なので、この亀裂の先端部がなかなか捉えにくいということが現実の問題としてあるわけです。それをEDMのストレートなスリットで模擬しているわけですので、その差があると。

これがアメリカではその検出の技量とか問題になりまして、要はDAC20%、25%とかそういう一律に決められないというのがあって、これもEPR Iが中心になってPDIというのを立ち上げたのです。PDIというのはPerformance Demonstration Initiativeというのですけれども、ここで特別な資格を導入するわけです。その中で、欠陥があるのに欠陥があると判定できないアンダーコール、実際は欠陥がないのに欠陥ありというふうになってしまうオーバーコール。この二つの現実合わない判定をする可能性があるわけですが、それぞれに対して判定基準を設けて資格を与えるという制度を導入しまして、要は非破壊検査の水準を1段引き上げたわけです。日本の中からも、その資格に挑戦しようとしてアメリカに渡って受けたのですけれども、必ずしも芳しい結果でもないというくらい、これはまた厳しい条件になっていると。

今申し上げている話は、最近の話というわけでもなくて、結構もう前の話なのです。なので、九州電力さんの非破壊検査技術も、ただレベル2というだけで満足するべきではなくて、次の進んだ技術の取り入れだとか、力量の向上アップだとか、非破壊検査は、今回のUTに関して言えば固定角度の超音波でやっているわけですが、これもフェーズドアレイというもっと感度のいい技術、これになるとまたデジタル情報が多くなるとかいろいろ大変なことがあるのですけれども、要はそういう技術は日進月歩進んでいるし、精度を上げるための技術やら、それからその資格制度、そういうものが出てきているということを踏まえて、特にこの長期、これから40年、60年というふうになれば、そういうこともやはり取り入れないといけないのではないかというふうに感じておりますので、九州電力さんにもそういう取組をしていただきたいというのが意見です。

(釜江座長)

ありがとうございます。何か、御意見ありますか。

(九州電力)

九州電力の上村です。佐藤委員がおっしゃった部分については、幾つかございましたけれど、まず記録の保管については、これまでもちょっと御説明させていただいてますとおおり、膨大な量にはなりますけれども、我々九州電力で取っているもの、また実際に試験をいただいたメーカーで取っているものありますが、当然保管をしていくこととしております。

少し細かい話になりますが、試験片、EDMのスリットを入れているということで、今回いろいろとUT、ECTをお示している部分がございますが、今回絵でお示した水色の試験片は、あくまで探傷を実施する前の対比試験片ということになってございます。種々の検出性等を確認しました国プロだったり、我々の共同委託だったり、そういったところにつきましては、やはり人工欠陥、おっしゃっていただいたとおおり、SCCであったり疲労、そういったものを人工的に模擬した、いわゆる奇麗ではない欠陥を使って検証しているものでもございますので、EDMスリットだけではないというところはちょっと御理解いただければというふうに思っております。

最後になりますが、我々も当然ながら、海外の動向、EPR I等を通じて、そういったものは知見を収集しているところでございます。先ほどありましたとおおり、いろいろな知見拡充というのは引き続きやっていって、検証、検討等をしていかないといけないというふうに思っておりますので、引き続きそのような形で対応していきたいと思っております。以上です。

#### (4) これまでの委員からの質問への回答

(釜江座長)

はい。佐藤委員よろしいでしょうか。

もう一つ、いつも最後に回されるQAに関する議題がございます。それで、取りあえず、三つ目まではよろしいでしょうか。何かありましたら、またいつものことですが、事務局の方にお届けいただけると次回回答することができると思いますので、よろしくをお願いします。

それでは最後です。資料4-1と4-2ということで、少し先ほどの説明の中で、資料の中に既に回答が盛り込まれたというところもありました。いつものことですが、事前に御質問された先生方は見ていただいていると思いますので、その回答でいいのか、また新たな質問があるのか。最近のやり方としては、特にこの回答の中身の説明は省いていますので、先生方の方からこの回答に対しての御意見、また更なるコメントがあれば、是非お願いしたいと思っております。

はい、守田委員。

(守田委員)

九州大学の守田でございます。資料の4-1の質問のNo. 4-17のところに、私の方から、設計の経年化について、長期運転を踏まえた取組を説明することということで質問

させていただいておりました件につきまして、今回御回答いただきました。ありがとうございます。幾つか質問がありますので、質問させていただきます。

まず、回答の方で言いますと、14ページから御回答いただいておりますが、今回、15ページのところに、①、②、③に加えまして、④の非常用炉心冷却系、ECCSの再循環切替方式の変更のところについての御説明を頂いております。これはPRAの結果を使って、設計の違いによって、このECCSの再循環の切替方式を手動であるものを自動にすることによって、安全性に与える影響が大きい設計の差異ということで抽出されて、その結果、導入計画を検討するということの御説明を頂いております。

これに関する質問の一つといたしましては、資料の方にもCDFの低減効果が確認できたということが記載されてございますけれども、その安全性の向上にどの程度の重要性があったのか定量的に、CDFを出されているということは、定量的に安全性がこれぐらいCDF換算で向上したということが言えると思いますので、そのことについて、どの程度の低減効果があったのかということについて、定量的なデータを教えていただきたいというのがまず1点目でございます。

続きまして、今回①から④まで、設計の経年化に関することで例をお示しいただいておりますが、元々のATENAのガイドラインによりますと、安全性に与える影響の大きい設計の差異を広く抽出して、安全性の重要性を評価して、その重要性に応じた対策を検討するということがうたわれております。

その意味からして、広く抽出してというところが、九州電力さんとしてはどのように捉えて実施をされているのかというところが、非常に大事ではないかなというふうに思っています。ガイドの方ではその直接的な設計の情報の比較から抽出するという上流側のやり方と、PRA等の評価結果から注視する下流側のアプローチというものが二つ示されておりましてけれども、このガイドに沿ったやり方で、今回この④のECCSの再循環切替方式の変更のところについての例をお示しいただいておりますが、果たして幅広に見たときに、設計上の差異というのがこれだけだったのか、それとも、今検討を進めているところで、今の時点でこのことが評価されているということでお出しになったのか、この辺のところを幅広に設計の差異を抽出して、安全性の重要なものはどういうものがあるのかということなどをどのように分析、評価されているのかということについて教えていただきたいというのが2点目でございます。

(釜江座長)

2点ありましたけれど、よろしいでしょうか。  
どうぞ、九州電力さん。

(九州電力)

本店からよろしいでしょうか。

(釜江座長)

本店の方ですかね。どうぞ。

(九州電力)

御質問ありがとうございました。本店から安全性向上グループの砂田と申します。先ほど頂きました2点の御質問について、御回答させていただきます。

まず1点目のCDF、炉心損傷頻度への影響としましては、弊社としましては、PRAを用いまして評価しております。事故シーケンスグループ、いわゆる炉心損傷に至る可能性のあります事故シナリオについて、起因事象、安全設備や緩和操作の成功、失敗の組合せで評価するものですが、この事故シーケンスグループは複数ございまして、その中でもECCS、再循環機能喪失、これに伴いますCDFの寄与が、数字としまして10のマイナス6乗のオーダーで効くということで評価してございまして、事故シーケンスグループ全体の中で数値として、58.6%、6割ほどの寄与、いわゆるマトリティに相当するものとして評価してございます。これをPRA評価上、これを自動切替えにした場合、そのほかの事故シーケンスグループが、10のマイナス7乗でありますとか8乗とかそういったオーダーがございすけれども、それに相当する程度まで低減できるという評価をしてございます。御質問一つ目の御回答としては以上、そういった内容になります。

二つ目の広く抽出しているかといったところについては、資料に記載してございす適合申請済みのPWRの16プラントを対象に設計の比較を行ってございまして、もちろん様々ございすので、設計の違いとして抽出されるものはございすけれども、安全機能に寄与する重要度の大きさということで、例えば、ATENAガイドに記載のありますブースター方式でありますとか、直接取水方式といったものについては、CDFの寄与が、機器の故障割合が十分低いということでPRAの評価上は効かないということで、広く設計差異については抽出した結果、その結果効くものとして最終的に選定されて、今前向きに評価しているものとしてECCSの再循環方式を選定してございますというのが回答となります。回答としてはこういったものになります。

(釜江座長)

ありがとうございました。守田委員。

(守田委員)

どうもありがとうございました。CDFのところの効き方につきましては、今御説明あったとおり非常に影響が大きいということで、やはりガイドで規定されているような設計の経年変化によるものが、やはり長期の運転を踏まえた取組として、こういったような評価が非常に重要であるということを示している例になるのかなというふうに思いました。

それから幅広にというところにつきましても、今御説明ありましたように、幅広に評価した上で注視された事例ということで承知をいたしました。実質、今回で終わりというわけでは恐らくなくて、自主的かつ継続的に行う安全性向上の対策として一つの重要なツールであるというふうに思いますので、これからもこういった手法を使って、安全性の向上の取組をしていただきたいと思いますというふうに思います。

それからもう一つ、ATENAのホームページを見ますと、安全な長期運転に向けた

経年劣化の管理の取組のところでは三つほど挙げられているのですが、そのうちの 하나가、製造中止の管理というものに関するガイドも載っております。今日の資料の中では、16 ページのところに、計測制御設備の制御盤等更新工事のところに、製造中止等により取替え部品の調達が困難になっているうんぬんという御説明があるので、これがそれに一つ相当するのかなというふうに思ったのですが、こういったところも、長期運転する上で、機器の製造中止などによって発電所の信頼性とか運転継続に対して与える影響というのを回避するということが、今後必要になってくると思います。ですので、九州電力さんとして、安全対策の実施計画とか管理のプロセス、今の製造中止の管理に関してもどのような取組をされているのか、これももし何か機会がございましたら御紹介いただければよろしいのではないかなというふうに思います。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございます。九州電力さん、本店よろしく。

(九州電力)

九州電力の木元です。先生おっしゃるように、製造中止、これは原子力業界全般の課題となっていて、取組について、機会がありましたらまた改めて御紹介いたします。

(釜江座長)

ありがとうございました。ほかにコメントいただいている、渡邊委員。

(渡邊委員)

これは佐藤委員の質問の答えですけれども、試験片については加工方法を示すことと書いているのですけれども、実際はそのページのところにどういう溶接をやったかとか、そういうふうな記載がないですね。それとやはり重要なのは、同じ材料を使って同じような施工方法で溶接しましたと、そういうことまで含めてしっかり示してもらえますか。そういうことは可能ですかね。当時の鉄板が残って、番号が決まっているわけですね。同じような材料で本当に同じようにやっているのか。

それと私の質問で、4-13のところニュートロンの量の分布を示してくださいとあるのですね。それを示してもらっていますけれども、その代表的なところで、XとYとZがあるわけです。これ非常に分かりにくいのですよね。例えば、圧力容器胴部がどこの照射量に相当するのかとか、今評価をしているところのバッファフォーマボルトがどこの照射量に相当するのかとか。それと今度は、照射脆化と言うとサポート部ですね。サポート部がどこの位置に相当するのかというのを、やはり分かりやすく示してもらえませんか。これは全体の分布を示しているだけなのですね。よろしいですか。

(九州電力)

よろしいでしょうか。

(釜江座長)

まずその点。

(九州電力)

まず4-1の御回答の部分になります。確かに今回、試験片の形状とか試験の条件と  
いうのを入れさせていただきましたが、御指摘いただきましたとおり、材料や溶接が、  
実際の母材であったり、その辺りとどう違うか同じなのかというのをちょっと整理した  
いと思います。この場でお答えできる部分もありますが、併せて、UTとECTと御説  
明をさせていただきます。

(渡邊委員)

国プロのデータを持ってくるのはいいのですけれども、国プロのデータとお宅のデー  
タの違いが分からないのですね。

(九州電力)

分かりました。

(渡邊委員)

だからそういうもっと、何というのかな、分かりやすい説明をするようにしてもらえ  
ませんか。

(九州電力)

分かりました。やはり同等材を使っている部分はありますが、それが溶接規格で、例  
えばUTの伝播性、波の伝播性の観点からそれで問題ないということがしっかり規定さ  
れたものを使っているとかそういった部分まで含めて、我々の考えをまとめてきたいと  
思いますので。

(渡邊委員)

そうしないとちょっと意味がないのですよね。

(九州電力)

分かりました。あと4-13ですが、すみません、御指摘のとおり大分不親切な分布にな  
っております。バツフル板であったり、ボルト、あとはRVの壁面がどこかというところ  
と、御指摘いただきましたとおりRVサポート、こういった脆化であったりIASC  
C、そういったもので評価をしなければならないものがどこに位置するかというのを踏  
まえまして、少し肉付けした資料にさせていただきます。

(渡邊委員)

もう1点よろしいですか。

(釜江座長)

どうぞ。

(渡邊委員)

32ページの中性子脆化と熱時効との重畳ですよね。照射脆化のしきい値というのは、照射の温度で変わってくるのですよね。そういうふうな記述がなくて、例えばこれも先ほどもちょっと言ったのだけれど、炉心槽溶接部が該当するというふうには書いているのだけれど、実際例えばどの合金とどの合金を溶接しているのかとか、やはりもう少し詳しくしてもらわないと分からないのですね。要は、脆化をするし熱時効が発生するわけですけれども、それは溶接の条件だったり材料によるのですね。

それと、重要なのはステンレスの溶接部の配管ですよね。そういうふうなもののしっかりとした記述がなくて、「熱時効の影響による損傷事例は報告されていない」と書いて終わっているのだけれど、報告事例はないかもしれないけれども、まだ我々の知見というのは、そこまでいっていないのですね。だからそういうことも含めて、もう少し説明してもらえませんか。

(九州電力)

九州電力の上村です。承知いたしました。重畳の話はここにまとめさせていただいていますが、先生のおっしゃるとおり、我々もメーカーとも協議していますが、国内外でなかなか知見の拡充が図れていない部分でもありますが、現時点で御説明できる部分、炉心槽の評価につきましては先日御説明させていただきましたが、確かにおっしゃるとおり、何でできていて何の溶接をやったかというところはお示しできていません。なので、評価を行っている部分については、少し材料特性と溶接の部分も含めて整理いたしたいと思います。

(渡邊委員)

それに関連して、佐藤委員の質問にもちゃんとあるのだけれども、例えばモリブデンの量とか中性子の量が赤抜きになっていますよね。これもよく分からないのですけれども、材料というのは名前があって、名前が決まればモリブデンの量が決まるのですね。だから、材料をしっかりと明らかにしてもらいたいのですね。そうしないと、なぜこのモリブデンの量が秘密になるのですか。そういうやり方がよく分からないのですね。ホットレグの直管だったらステンレスの鋳鋼というようなものですよね。だから、ステンレスの鋳鋼で材料が一体何だというふうに、しっかり書いてもらえませんか。そうしたらモリブデンの量が決まるから、これでモリブデンの量を赤抜きにする必要はない。

それで、またその次がよく分からないのですね。全体、またフェライト量、使用温度も含めて全部赤抜き、赤に囲まれていますよね。だから、その何ていうのかな、やはりもっと具体的に示してもらって、炉内計装の案内管はステンレス鋳鋼でと言うのだったら、一体物は何だと。さっきも言ったけれども、その次は溶接部は一体どういうものの溶接で、としたら、こういうふうにする必要はないじゃない。クラスターとあるのは、これはフェライトマルテンサイト鋼ですかね、よく分からないのですけれども、だからそういうふうな具体的に名前を示してもらって、分かりやすくしてもらえませんか。そう

しないと評価できない。

(九州電力)

承知しました。1点モリブデンがですね、我々もメーカーと協議している部分があって、少しだけお話させていただきたいのですが、どうしてもモリブデンは、先ほどおっしゃったように、材料が決まれば規格として決まるところがございます。ただ、その規格値を示すことは当然できるのですが、その中で、どの辺のモリブデン量を入れて製作するかというのは、どうしてもやはり商業機密に該当するものがあるというのが現状のメーカーとの協議の内容でございますので、おっしゃるとおり技術的に評価をいただく上で必要な数値であるというのは重々認識しておりますが、もう少しそのマスキングの部分は協議した上でと。ただおっしゃるとおり、物そのものがどんな材料でできているかというのはお示しできていませんので、お示しできる部分を増やして整理をしていきたいと思えます。

(渡邊委員)

そのマスキングの部分ですけれども、例えば電中研の44ページのもので全部マスキングになっていますけれども、これでは評価できないのですよ。マンガン、ニッケルは測定されていますかと言ったら、マンガン、ニッケルは測定していますと、こういうことを我々言っているのではなくて、照射脆化というのは、内部組織が分かれば我々は評価できるのですよ。だからそういうことデータをやはりしっかり開示してもらって、内部組織が照射の脆化量に対して合っているのだということを、我々が評価できるようにしてもらえませんか。これでは何の意味もないのですね。

それともう一つ、ちょっとまたいろいろ言うのですけれども、バッファフォーマボルトのいろいろ評価してもらっているのだけれども、これまでの説明で、ニュートロンの量は違っているけれども、照射の温度そのものを変えているというふうな説明はなかったのですね。これを見ると、何というのかな、温度の評価をやっているのですね。それによってニュートロンの量でスウェリングがどうなるかという評価をしているのですね。我々の知見というのはここまではなかなかいってなくて、例えば温度が変わったときのスウェリングの量というのは、我々ちょっとなかなか評価できないのですね。本当にこれは正しいのですかと言われたときに、あなた方はこういうふうなマニュアルでもってやっているかもしれないのですけれども、本当にそのマニュアルが正しいのですかと我々思っているのですね。だから、このところのバッファフォーマボルトの1と2でいいですけれども、スウェリングの量は幾らという評価をしていますかと。その評価の基準になっている式はどのような式を使って評価をしていますか、という質問になるのですね。

(九州電力)

まず5-7で御質問いただいた件につきましては、スウェリング、今まではフォーマボルト自体を御説明させていただきましたが、今回は温度によってバッフル板のスウェリング量が変わるという御説明をさせていただいています。そこにつきましては、

また改めて御説明させていただきますが、大体一番厳しいところで3%ほどひずみが出ているというようなところ、約60年のところですね。そういったところも少しデータを示しながら、御回答をさせていただきます。

式については、すみません、確認させていただきますが、実際そのような評価をしていますので、お示しできます。

(渡邊委員)

スウェリングによって増加する部分と、照射下のクリープで減少する部分があるのですね。それをきちんと評価をするというのは大変ですよ。そういうのはなかなか知見がなくて、だからこういうふうになってくると、本当にこれが正しいのですかと我々思うのですね。バッフル板の上と下をとっているけれど、中間は一体どうなっているのだというような評価も、やはり疑問が発生するのですね。

(九州電力)

分かりました。ちょっと御確認ですが、IASCCにつきましては、そのような中性子照射レベルと温度、温度につきましてはボルトとバッフル板でほぼ変わりませんが、応力については、やはりどうしてもバッフル板のスウェリングの話をさせてもらっていますが、それから受けるボルトの応力が高いということで、ボルトを評価する上でバッフル板の確認をしているということなので、どうしても最終的に評価をするのはバッフルフォーマボルトにはなるのですけれども、その評価に至るまでのバッフル板の評価等を今後お示ししていこうと思っっているのですが、そのような形でよろしいですか。

(渡邊委員)

だからね、そういうふうな説明ですけれども、最終的にはバッフル板がスウェリングを起こしているわけですよ。そのバッフル板のスウェリングの評価が間違っていたら、バッファフォーマボルトの応力の評価も間違っているわけですよ。そういう言い方をすればね。だから、最終的に重要なのはバッフル板のスウェリングの挙動。

(九州電力)

分かりました。そういう形で御説明させていただきます。

(釜江座長)

九州電力さん本店、どうぞ。

(九州電力)

本店から九州電力の中山と申します。資料の44ページのところなのですけれども、こちら川内1号機の第4回の母材のアトムプローブ測定結果というところで、前回もちょっと御説明させていただいたのですけれども、この結果を用いて今の予測式ができて、規制基準も認められているというものになります。先生がおっしゃったのは、その予想式の流れとかそういったデータ、今規制委員会でも議論されているものがありますので、

このデータをどういうふうに使って予測式に反映されているのかといったところをお示しすればよろしいのでしょうか。

(渡邊委員)

いや、脆化の予測式は我々分かっているのですよ。ところが、脆化の予測式に入れるものが、例えば転位ループのサイズと数密度ですよね。もう一つはクラスターのサイズと数密度が入れば、我々は脆化の予測式からこれはこれだけ脆化してますね、というのは分かるのですよ。そういうものを全く示さずにこのアトムプローブの結果を示されても、我々は分からないと言っているわけですよ。

だから脆化の予測式を説明する必要はなくて、しっかりとした組織の写真を示してくださいということなのですよ。これは電中研がやっているわけですよ。そのデータをしっかり公表してもらえば我々は評価ができるし、分かるのですよ。

(釜江座長)

どうぞ。

(九州電力)

九州電力本店中山です。承知いたしました。ミクロ組織観察なのですけれど、アトムプローブでしたり、TEM観察とかいった測っているデータというものがございますので、公開については電中研さん知財ということで今回マスキングをさせていただいておりますけれども、先生にはちょっと御提示するようになりたいと思います。以上になります。

(釜江座長)

ありがとうございます。よろしいですか。

(渡邊委員)

それと脆化の、後藤先生も言われたのだけれど、照射脆化というのはいろいろな要因があって、引張試験片だとかCTの試験片も全部入っているはずですよ。そういうものをやはり公表しないといけないと思うのですけれど、それはどうですか。例えば破面だとか、そういうものは見たらやはり、大丈夫だなという評価を我々はできるのですよ。ところが、そういうものを示さずに大丈夫ですと言われても、これは分からないのですね。

(釜江座長)

いかがですか。本店どうぞ。

(九州電力)

九州電力の中山です。先生の御指摘に関してなのですけれど、例えば4-1, 38ページとか、温度と破壊靱性値のデータをプロットさせて今回お示ししているものになります。

す。こういったC T試験片だけではなくて、シャルピー衝撃試験片とか、そういった結果というものをお示しするという事で承知いたしました。ありがとうございます。

(釜江座長)

よろしく申し上げます。Webの先生方、特によろしいですか。

(後藤委員)

一言だけ。ちょっと今のページが出ましたので、資料4-1の38ページ。照射脆化の靱性値の実測値というのが出ています。これを見た時に、これから何が言えるかということなのですね。このカーブから何が分かるかということだと思いのですね。しかも、この対象は全部同じ母材であるとか溶接部であるとか、それからHAZの部分を別にしているかもしれませんけれども、そういう要因も含めて、どこまでが説明できるかということがポイントなので、ちゃんとそういう示し方をしていただきたい、そういう説明もほしいと、そういうことです。以上です。

(釜江座長)

ありがとうございます。よろしいですか、今の38ページ。本店ですか。

(九州電力)

承知いたしました。HAZ、母材とか、熱影響部というのもありますので、確認して御回答させていただきたいと思います。以上になります。

(後藤委員)

よろしく申し上げます。

(釜江座長)

ありがとうございます。よろしく申し上げます。

もう予定の時間を過ぎたのですが、特に後藤先生、4-2はよろしいですか。

(後藤委員)

それはもうあとで出しますので。

(釜江座長)

これはいいですか。そうしたら、資料4については一応見ていただいたということで、いつもと同じですけれども、このあとまたもう一度見ていただいて、何かありましたら事務局の方に、それは今日の議題にあった三つの内容も同じですので、中身についても何かありましたら、事務局の方にお寄せいただきたいと思います。

後藤委員、簡単によろしく。

(後藤委員)

後藤です。冒頭に申し上げるべきだったかもしれませんが、九州電力さんが今回申請を出されたと。私実はちょっとびっくりしまして、なぜかと言うと、申請を出される可能性、当初いつ申請されるか分からないというニュアンスだったんですね。それはあったのですけれども、ずっと分科会で何回も議論してきて、佳境に入ってきたと。私は当然ここの議論を踏まえて出されるというふうに、勝手にですけれど、私は思ったのです。それは勝手な私の思い込みかもしれませんが、ですけれども、常識的に、今の技術的に評価をしている分科会において審議が進んでいる途中で出すということは、私はちょっといかがなものかというふうに思いまして、非常に違和感があったのです。そのことは今更しようがないのですけれども、一言申し上げておきたいと思ひまして、あえて申し上げます。

それはやはり信義則に反すると思うのですよ。もし出されるのであれば、もちろん知事の方には連絡されたり、県の方にだって、ということはやってらっしゃると思いますけれど、私たちとしては、例えば今日分科会があるのは分かっているのです、何日か前ですけれど。何でここまで待てなかったのか。ここで一言、いや、急かもしれないけれど申請しますということと言われたら、そうですか、びっくりするけれども、それはそれできちんとした手順を踏んでいると思いますけれども。私は、このやり方では（九州電力さんは）ものすごく信用を失うと思いますよ。私はすごく違和感がありましたけれど、例えばほかの県民の方から見ても、そういうことは当然問題になるというか、感覚を持たれるのではないかと、そういうふうに思います。

ですから、そういうやり方はしていただきたくなかったと申し上げます。済んだことなので、それ以上言いません。ただし、こうなった以上、これからはきちんと技術的な中身の議論をきちんとやりたいというふうに思いますので、時間に追われてどうこうというのではなくて、きちんとした議論ができるように、是非、私たちも努力するし、九州電力さんも努力していただきたいというお願いです。以上です。

（釜江座長）

ありがとうございます。特にありますか。

（九州電力）

先生、本当に御意見ありがとうございます。我々としては、特別点検、延長に関しましては、特別点検及び劣化状況に関してしっかり入念に確認をしながらやってきて、その結果が取りまとまったということで、12日に申請させていただきました。

分科会においては、やはり運転延長に関する科学的・技術的な検証が行われておりまして、これまでも申請に関わらず、特別点検のうち終わったもの、個別に確認・評価されたものについては説明をさせていただいております。

今後、我々データを取りまとめ申請も行いましたが、分科会、先生たちから御指摘を受けたように、しっかりしたデータを示しながら御説明をさせていただきたいというふうに思っていますので、よろしくお願ひ申し上げます。

（後藤委員）

分かりましたけれども、結局ここで中身の技術的な議論をしているわけですよ。それで疑問も出たりしているわけではないですか。その段階で出すということは、出されるということは、(分科会の存在を)相当無視された感じが強いのですけれども。つまり、(分科会の意見を)取り入れる気がないというふうに受け取れるのですけれど、いかがでしょうか。

(九州電力)

これまでも、終わったものに関しては逐次説明してきておりますので、これからも先生たちの御意見を賜りながら、説明資料のブラッシュアップを図っていきたいというふうに思っていますので、よろしくお願い申し上げます。

(釜江座長)

ありがとうございました。分科会の役割は決まっているわけで、九電さんは申請をされましたが、今後我々としては独自に検証ということで、今後規制委員会がいつから審査を始められるか分かりませんが、それまでにしっかりとこの分科会として意見をまとめたいと思います。その結果は親委員会の方で議論していただき、最終的には県の方に答申というか結果をお出しするということになります。検証が我々のミッションなので、是非そこにはしっかりと科学的・技術的な検証ができるように、先ほどの公開の話もありましたが、是非御協力いただいて、透明性のある検証結果が出せるようにしたいと思いますので、よろしくお願いしたいと思います。

ということで、1時になってしまいました。それでは事務局の方、特に何かありますでしょうか。よろしいですか。

#### 4 閉会

(事務局)

事務局からお知らせいたします。本日の議事録は、事務局で作成いたしまして、委員の皆様にご確認いただいた上で、県のホームページの方に公表することとしておりますので、よろしくお願いいたします。事務局からは以上でございます。

(釜江座長)

どうもありがとうございました。少し遅くなりまして申し訳ございません。

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。ありがとうございました。

※の部分は商業機密に関わる部分であるため非公開 (34, 35ページ)