

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会

議事録

令和2年10月16日（金）14：00～16：18

愛媛県水産会館 6階 大会議室

1 開会

○福井防災安全統括部長

防災安全統括部長の福井でございます。委員の皆様方には、大変お忙しい中、本会議にご出席をいただきまして、誠にありがとうございます。

また日頃から本県の原子力安全行政に対しまして、格別のご協力を賜わっておりますこと、この場をお借りして厚くご礼を申し上げたいと思います。

なお、本日は伊方原子力規制事務所の村上所長様にもご出席をいただいております。どうぞよろしくお願いをいたします。

さて、本日の議題でございますが、使用済燃料乾式貯蔵施設、それから2号機廃止措置計画につきまして、ご審議をいただくことになっておりますけれども、この二つの議題につきましては、国の審査と並行しまして、当専門部会でご審議をいただいておりますところでございます。

原子力規制委員会において、9月16日に使用済燃料乾式貯蔵施設が新規規制基準適合性審査に合格するというところで許可を出されたところでございます。また10月7日には、2号機廃止措置計画が同じく認可をされたところでございます。

県といたしましては、絶対に事故は起こさせないという強い決意のもと、安全性を独自に追求しております。この二つの計画につきましても、安全性にかかる審査を国任せにするのではなく、当専門部会において、地元の視点からしっかりと確認していくことが重要であるというふうに考えております。

このようなことから、委員の皆様方には、引き続き技術的、専門的観点から厳しくご審議をいただきますようお願いを申し上げまして、簡単ではございますが開会のご挨拶とさせていただきます。本日はどうぞよろしくお願いをいたします。

2 審議事項

(1) 伊方発電所の使用済燃料乾式貯蔵施設について

○望月部会長

ただいまから、伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会を開始いたします。

まず審議事項の1の伊方発電所の使用済燃料乾式貯蔵施設について、事務局及び四国電力から説明をお願いいたします。

○事務局

愛媛県原子力安全対策推進監の大橋です。伊方発電所の使用済燃料乾式貯蔵施設について、国は6月24日の原子力規制委員会において、11回にわたる審査会合で新規制基準に適合するとして取りまとめた審査事案を了承し、その後、30日間の意見募集で提出された61件の意見等も踏まえ、9月16日に許可しております。

本日は、前回9月8日の乾式キャスクの安全機能等に関する審議において、委員の皆様からいただきましたご質問について、四国電力から回答をいただくこととしております。

それでは四国電力から説明をお願いします。

○四国電力

四国電力原子力部の榎尾でございます。9月8日の前回の部会でいただきましたコメントに対する弊社回答についてご説明させていただきます。失礼して着座させていただきます。

本日は、3種類の資料をお配りしております。資料1はコメント回答の一覧で、別添1は、9月8日ご説明からの追記箇所を赤文字で示した資料で、別添2は補足説明書です。説明の進め方としましては、資料1に沿ってご説明させていただき、補足説明としてその都度、別添1及び別添2を用いてご説明させていただきます。

まず資料1の1頁をご覧ください。コメント番号38番として、各解析の初期の条件はどのように設定しているのか。例えば収納制限48GWd/t以下に対して、解析は48GWd/tで保守的に実施しているのか。各解析結果の精度、信頼性、ばらつきを説明すること。特にレジンについては、基準値に対し、他と比べ解析結果が近い値であり、問題がないのか説明すること、とのコメントをいただいております。

弊社回答としましては、各解析の初期条件として、濃縮度、燃焼度及び収納配置等は、全ての収納制限を満足した上で、保守的に設定しております。具体的には、別添2を使用してご説明いたします。別添2の右下の番号で2頁をご覧ください。

この頁では、収納条件及び解析条件の設定の考え方を整理しておりまして、線量当量率及び温度は貯蔵開始時が最も高く、その後、時間の経過とともに低下していきます。

これを踏まえ、最も厳しい貯蔵開始時において実施するとともに、各解析は着目点に応じて、パラメーターを保守的に設定しております。なお、各解析の解析条件の設定の考え方については、既設の使用済燃料ピットや従来の輸送キャスクにおける設計・評価の手法と同様でございます。

また下の表には、具体的な解析条件の設定の考え方を整理しておりまして、考え方の概要としましては、表の上から2段目をご覧くださいまして、臨界解析、遮蔽解析、除熱解析のいずれも解析結果が大きくなるように解析の初期条件を保守的に設定しております。

この考え方を踏まえて、上の凡例に記載しておりますとおり、オレンジ色で示している項目は、解析条件を高めに設定することにより、解析結果が高くなる項目であり、解析条件は高めに設定しております。一方、黄緑色で示している項目は、解析条件を低めに設定することにより、解析結果が高くなる項目であり、解析条件は低めに設定しております。

例えば、初期ウラン濃縮度について、表の上から3段目をご覧くださいまして、臨界解析におきましては、収納制限の上限値としております。理由としましては、ウラン濃縮度が高い。つまり核分裂性物質であるウラン235の量が多いほうが核分裂の確率が高くなり、実効増倍率が大きめとなるためです。

一方、遮蔽解析及び除熱解析におきましては、製造公差を考慮しまして、低めの設定としております。理由としましては、ウラン濃縮度が低い、つまりウラン235の量が少ないほうが、ウラン238の量が多く、燃焼後にアクチニド各種、例えばプルトニウム238、アメリカシウム241、キュ

リウム 244 などの量が多くなり、線源強度や発熱量が高くなり、遮蔽解析結果や除熱解析結果が高めとなるためです。

次に燃焼度の段、上から 5 段目をご覧くださいまして、臨界解析におきましては、収納制限の下限値、つまり燃焼度は 0、新燃料としております。理由としましては、燃焼度が低いほうが核分裂の確率が高くなり、実効増倍率が大きめとなるためです。一方、遮蔽解析におきましては、収納制限の上限値に設定しており、具体的には、平均燃焼度の上限を無視し、燃料集合体の燃焼度を中央部と外周部、それぞれの最高燃焼度に設定しております。理由としましては、燃焼度が高いほうが、線源強度が高くなり、遮蔽解析結果が高めとなるためです。

また除熱解析におきましては、キャスク 1 基あたりの平均燃焼度の上限を満足しつつ、中央部の燃焼度を制限の上限値に設定しております。理由としましては、発熱量はキャスク全体に広がっていきますが、伝熱経路が長いほうが除熱しにくく、乾式キャスク部材温度や使用済燃料温度が高めとなるため、中央部の燃焼度を高く設定しております。

このように臨界解析、遮蔽解析、除熱解析、いずれも解析結果が高くなるように解析の初期条件を保守的に設定しております。具体的な数字としましては、3 頁に整理しております。

3 頁をご覧ください。例えば、この頁上側の表には、1、2 号炉ウラン燃料用キャスクについて、収納制限や解析条件等を示しております。収納制限としては、キャスク 1 基あたりの平均燃焼度である中央部 45GWd/t 以下、外周部 33GWd/t 以下を満足するよう収納しますが、遮蔽解析においては、遮蔽解析のところの配置図をご覧くださいまして、保守的に中央部を 48GWd/t、外周部 39GWd/t の燃料を配置して解析を行っております。

なお、配置図のそれぞれの四角い枠の中の数値は、燃料の燃焼度を示してございます。また、右側の除熱解析におきましては、中央部 16 体には、平均で 45GWd/t となるように燃料を配置し、外周部には、33GWd/t の燃料を配置しております。キャスク 1 基当たりの平均燃焼度制限をなしとしておりますが、中央部につきましては、中央 4 体には、48GWd/t 燃料を配置することにより伝熱経路を長くなり、除熱解析結果を保守的に高めに評価するよう配置を考慮しております。

次に資料 1 の 1 頁をご覧ください。資料 1 の 1 頁でございます。レジンの解析結果につきましては、設計貯蔵期間中 60 年間の中性子照射量を貯蔵開始時から一定として、保守的な評価を行っております。また解析に使用するコードは、検証された許認可実績のあるコードでございます。したがって、仮に初期条件を現実的に設定した場合、温度等の解析結果が低めとなり、時間の経過とともに、さらに低下していきます。具体的には、別添 2 でご説明いたしますので、別添 2 の右下の番号で 4 頁をご覧ください。別添 2 の 4 頁でございます。

この頁では、左上のグラフには、横軸は設計貯蔵期間、縦軸を乾式キャスク表面から 1 メートルの位置における線量当量率、左下側のグラフには、横軸を設計貯蔵期間、縦軸を乾式キャスク 1 基当たりの崩壊熱量として 60 年間の推移をグラフに示しております。いずれも貯蔵開始時が最も高く、その後、時間の経過とともに低下していくことがご確認いただけるかと思っております。

また頁の右側には、設計貯蔵期間における部材温度の推移として、燃料被覆管や金属ガasket 等の温度推移のグラフと下側に乾式キャスク全体の温度分布図を示しております。いずれも貯蔵開始時が最も高く、その後、時間の経過とともに低下していくことがご確認いただけるかと思っております。

次に資料 1 の 1 頁にお戻りください。資料 1 の 1 頁でございます。弊社回答欄のなお書きの部分でございますが、臨界解析につきましては、乱数を用いた統計処理を含むモンテカルロ法であり、計算結果に統計誤差を有するため、平均値に統計誤差として 3σ を考慮した値を解析結果としております。

その他の解析につきましては、決定論的に一つの解が得られるため、統計誤差はございません。また解析結果における有効桁数の処理は、基準値を満足することを適切に確認できるよう解析結果は、必要な有効桁数とするとともに、基準値に近づく方向に保守的に桁処理しております。コメント番号 38 番に対する回答は以上でございます。

次にコメント番号 41 番として、資料 1 の 2 頁をご覧ください。資料 1 の 2 頁でございます。

真空乾燥・ヘリウム充填の時点で最も温度が高く、その後 60 年間下がっていくと思うが、その下がり方、経過を説明すること。乾式キャスクに封入した使用済燃料は、しばらく経つと発熱量と放射線量は下がっていくところに関心がある。直接線やスカイシャイン線にも効いてくる。とのコメントをいただいております。

弊社回答としましては、先ほどのコメント番号 38 でご説明した内容と同様ですが、線量当量率及び温度は、貯蔵開始時が最も高く、その後、時間の経過とともに低下していきます。これを踏まえまして、各解析は最も厳しい貯蔵開始時において実施するとともに、解析条件は解析結果が厳しくなるよう保守的に設定しております。

コメント番号 41 番に対する回答は以上でございます。

次にコメント番号 42 番としまして、除熱解析について、軸方向を含めた 3 次元の結果や熱の伝わり方、内部から一次蓋やガスケットも含めて説明すること。2 次元断面の結果は、どこの断面か示すこと。除熱解析について、縦断面も示すこと。乾式キャスク内では、ヘリウムの対流でも熱伝導するが、計算方法について示すこと。断面温度分布はなぜ対称になっていないのか。また乾式キャスク表面 130℃であるのに対して、周辺温度は 45℃であるが、この間にギャップがあるのはなぜか、とのコメントをいただいております。

弊社回答としましては、別添 1 を使用してご説明いたします。別添 1 の 37 頁をご覧ください。別添 1 の 37 頁でございます。

前回のご説明から左下に除熱解析で求められた 1、2 号ウラン燃料用乾式キャスク全体の温度分布図、右下に B 部断面図、各評価部位の最高温度を追加してございます。右下の B 部拡大図、つまり下部周辺を拡大した図をご覧くださいまして、除熱解析におきましては、使用済燃料の発熱量が構造部材による熱伝導及びヘリウムガスによる熱伝導により乾式キャスク内部から一次蓋や金属ガスケットの熱が伝達されるとして、各部材の温度を計算しております。

次に 38 頁をご覧ください。38 頁でございます。この頁の上側には、3 号ウラン燃料用乾式キャスク全体の温度分布図等を追加しております。下側には、各燃料集合体断面での温度分布を示してございます。上側真ん中の D-D 断面図とその収納位置 F の部分の燃料温度分布図である右下の図をご覧ください。乾式キャスク中心部を星印で示しておりますが、ここを中心に温度分布は対称となっており、また燃料集合体断面図では、キャスク中心に近いほうが温度は高めの分布となっていることがご確認いただけるかと思っております。

なお、乾式キャスク内部のヘリウムガスによる熱伝導は考慮しておりますが、乾式キャスク内部の温度が高くなるよう、ヘリウムガスの対流は考慮しておりません。考慮していない旨を 36 頁に追記しております。

以上のように環境温度を 50℃として、乾式キャスクの除熱解析を実施した結果、乾式キャスク表面温度は、130℃となっております。一方、建屋の除熱評価の結果、周囲温度は 45℃となっており、建屋が乾式キャスクの除熱機能を阻害しないことを確認しております。なお、空気は熱伝導率が小さいため、キャスク表面から離れるにつれて温度が大きく低下します。コメント番号 42 番に対する回答は以上でございます。

次にコメント番号 43 番として資料 1 の 3 頁をご覧ください。資料 1 の 3 頁でございます。まず遮蔽材として使用している物質と放射線（荷電粒子、ガンマ線、中性子）の関係、エネルギーや

中性子量も含めて示すこと。解析でどのように設定しているのか説明すること。どのような粒子線が使用済燃料の貯蔵年数に対して、どのような割合で存在するのか。保管中の温度分布が貯蔵年数に対してどのようになっているのかを示すこと、とのコメントをいただいております。

弊社回答としましては、別添2を使用してご説明いたします。別添2の1頁をご覧ください。別添2の1頁でございます。

この頁の右側に放射線の種類と特性を整理してございます。使用済燃料に由来する放射線としては、 α 線、 β 線、 γ 線、中性子線がありますが乾式キャスクの主な遮蔽機能としましては、放射線の特性を考慮して、 γ 線は、炭素鋼製である乾式キャスクの胴、外筒、一次蓋及び二次蓋で遮蔽し、中性子線は外筒の内面のレジン及び一次蓋に充填するレジンで遮蔽する構造としております。

次に解析条件の設定についてご説明いたします。資料1の3頁をご覧ください。資料1の3頁でございます。

解析条件の設定としましては、先ほどのコメント番号38番でご説明した内容と同様ですが、各解析の初期条件は、全ての収納制限を満足した上で保守的に設定しております。また解析は、保守性を考慮して実施しており、線量当量率、温度は貯蔵開始時が最も高く、その後、時間の経過とともに低下していきます。なお、レジンについて、文献には実機照射試験に基づき、重量減損が見られない照射量の制限値が示されており、設計貯蔵期間中の中性子照射量は、これを超えないことから中性子照射による影響はございません。コメント番号43番に対する回答は以上でございます。

次にコメント番号44番としまして、照射脆化は温度が低いほうが悪くなるとの知見もある。同じ中性子量だと、温度が低いほうが脆化しやすい。60年間の間に温度の低下とともに中性子量や γ 線量は変化し、照射脆化も変化していくが、問題ないことは確認しているのか、とのコメントをいただいております。

弊社回答としましては、中性子量は時間の経過とともに低下していきませんが、照射量の解析においては、貯蔵初期の照射量で一定、つまり低下しないとして解析しております。このような保守的な解析条件においても、燃料被覆管等の照射試験結果において、照射脆化に影響のあることが確認されている中性子量と比べると、解析で得られる乾式キャスクにおける照射量は十分小さく、照射脆化の影響は無視できる程度でございます。コメント番号44番に対する回答は以上でございます。

次にコメント番号46番としまして、資料1の4頁をご覧ください。資料1の4頁でございます。

レジンは、照射により劣化していくが、60年貯蔵を踏まえて基準値149℃は、どのような考え方で設定したのか。またレジンは経年による分解でガスがでるが、問題が生じないか説明すること。基準値は、34年前の文献を基に設定しているが、レジンは改良されているのか。性能は上がっているのか。とのコメントをいただいております。

弊社回答としましては、文献には、実機照射試験に基づき、重量減損が見られない照射量の制限値が示されており、設計貯蔵期間中の中性子照射量はこれを超えないことから、中性子照射による影響はありません。

一方、試験の結果、設計貯蔵期間中の熱影響による質量減損が2%程度と評価されるため、遮蔽解析においては、保守的な中性子遮蔽材の質量減損を考慮した評価を実施しております。また、構造強度の評価においては、乾式キャスク側部、蓋部、底部の中性子遮蔽材を配置する領域に、レジンの熱分解により発生した水が水蒸気となり、内圧が発生するものとして、各部材の健全性評価を行い、十分な強度を有していることを確認しております。また、使用する予定のレジンの

仕様は、エポキシ系レジン仕様の範囲内であり、レジンの性能は当時と同等でございます。コメント番号 46 番に対する回答は以上でございます。

次にコメント番号 48 番として、封入している使用済燃料にリークが発生した場合、どのように対応するのか。仮に取扱い時に乾式キャスクを落下させた場合、内部のガス回収など、具体的な対応はどのように考えているのか、とのコメントをいただいております。

弊社回答としましては、乾式キャスクの取扱いにおいて、設計上想定される事象が万一発生した場合でも、使用済燃料に発生する応力は、弾性範囲内であり、使用済燃料の健全性は維持されることを確認しております。最初に内部のガス回収等の対応につきましては、別添 2 でご説明いたします。別添 2 の 6 頁をご覧ください。別添 2 の 6 頁でございます。

真空乾燥及びヘリウム充填手順のイメージを示しております。まず①排水の準備として、右の図の①の端にあるドレンバルブ部排水ポンプ、ベントバルブ側には、真空乾燥装置及びヘリウム供給系統を接続します。次に②乾式キャスク内部水の排水として、排水ポンプを起動し、キャスク内部水を排水します。次に③乾式キャスク内部の真空乾燥として、真空乾燥装置を使用し、キャスク内部の真空乾燥を行います。この際、キャスク内の気体を真空乾燥装置内のガス回収タンクに回収します。最後に④乾式キャスク内部のヘリウムガス充填として、真空乾燥系統からヘリウムガス充填系統へ切り替える。キャスク内部のヘリウム充填を行います。仮に想定事象を超えるような乾式キャスクの落下等が生じた場合には、当該燃料は使用済燃料ピットに戻して、適切に保管しますが、燃料を使用済燃料ピットに戻す際には、このような真空乾燥及びヘリウムガス充填と同様に使用済燃料ピットエリアにて、乾式キャスクの内部ガスをガス回収タンクに回収し、燃料漏えいの有無を確認することになると考えております。コメント番号 48 番に対する回答は以上でございます。

次にコメント番号 49 番として、資料 1 の 5 頁をご覧ください。資料 1 の 5 頁でございます。

乾式キャスクに衝撃が加わったとき、収納している燃料は大丈夫か。破損したと思われる時、事後の対策はどうか。設計上想定される事象に対して、使用済燃料の健全性に問題はないのか。加速度 20～30G がかった際のジルカロイにどの程度の応力が発生するのか計算すること。燃料被覆管の周方向応力が 100MPa を超えないことを数値で示すこと、とのコメントをいただいております。

弊社回答としましては、当社は伊方発電所敷地内に使用済燃料を乾式キャスクに収納して貯蔵する乾式貯蔵施設を新たに設置することについて、原子炉設置変更許可申請を行うとともに、愛媛県に安全協定に基づく、事前協議の申し入れを行い、現在、安全専門部会で審議をいただいております。乾式キャスクは、輸送・貯蔵兼用キャスクであるため、設計としては、貯蔵に対する許認可要件と輸送に対する許認可要件に適用する必要があるため、原子炉設置変更許可申請とは別に、輸送について設計承認申請を行っております。輸送については、従来の輸送専用キャスクと同様の許認可要件に対する設計でございます。

また乾式貯蔵施設では、地震により乾式貯蔵建屋は損壊せず、乾式キャスクを床に固定して設置することに加え、乾式キャスクを取り扱うクレーンや搬送台車については、クレーン構造規格等に基づき、一般産業施設や公衆施設と同等の安全性を有するよう設計することとしております。これを踏まえ、設置変更許可申請においては、設計上想定される状態として、通常取扱い時の作業員の誤操作を想定しております。

次に設置変更許可申請における想定事象及び燃料健全性については別添 1 でご説明いたします。まずは、別添 1 の 43 頁をご覧ください。別添 1 の 43 頁でございます。

前回の部会におきまして、下の表のとおり a から e の想定事象に対して、燃料の健全性が維持されることを説明させていただきました。検査架台や貯蔵架台の近辺で乾式キャスクを移動させ

る場合、低速又はインチング操作を実施しますが、想定事象に対する評価としては、保守的に乾式貯蔵建屋天井クレーンの走行速度 18.0m/分、乾式貯蔵建屋天井クレーンの巻上/巻下速度 1.2m/分で検査架台や貯蔵架台への衝突等を想定しており、想定としては妥当であると考えております。

これらの場合で生じる加速度は、1～3G程度であり、燃料被覆管に発生する応力は弾性範囲内であり、使用済燃料に過度な変形が生じず、燃料ペレットは燃料被覆管から脱落しないことから、使用済燃料の健全性や再取出性に問題がないことを確認しております。

具体的には、別添2でご説明いたします。別添2の5頁をご覧ください。別添2の5頁でございます。

この頁には、想定事象「a. 検査架台への衝突」における1、2号炉ウラン燃料用乾式キャスクの主な構成部材及び使用済燃料の健全性について具体的に評価方法や評価結果を整理しております。

まずは表の上の段をご覧くださいまして、乾式キャスクの構成部材については、ABAQUSコードや材料力学の公式等を用いまして、想定事象において発生する応力を評価し、弾性範囲内であることを確認しております。表の下の方段をご覧くださいまして、燃料被覆管については、想定事象における燃料被覆管に発生する応力は、弾性範囲内であることを以下の方法で確認しております。具体的には、想定事象における衝撃加速度は、エネルギー保存則、及び運動方程式によって算出します。算出した衝撃加速度は、表中の①3.3Gになります。この衝撃加速度は、輸送にかかる許認可において燃料被覆管に発生する応力は、弾性範囲内であることは確認できている衝撃加速度、つまり表中の②の0.3m落下における衝撃加速度、21.4Gを下回ることを確認しております。

なお、輸送にかかる許認可では、輸送時において燃料被覆管に発生する衝撃加速度はCRUSHコードを用いて算出し、発生する応力を工学式を用いて算出しております。その結果、衝撃加速度 21.4G、発生応力は 200MPa となり、弾性範囲内であることを確認しております。

次に想定事象における水素化物再配向への影響としましては、資料1でご説明いたします。資料1の6頁をご覧ください。資料1の6頁でございます。

18.0m/分で衝突した際にも、燃料被覆管の周方向には応力は増加しないため、貯蔵時と同じであり、1、2号ウラン燃料用乾式キャスクの場合は、約95MPa、3号ウラン燃料用乾式キャスクの場合は、約86MPa程度であり、100MPaを下回ることを確認しております。具体的には、18m/分の場合は、横方向の衝突であり、燃料棒の曲げ方向に応力が作用するのみで、貯蔵時と比べて周方向応力は増加しません。また、1.2m/分の場合は、軸方向の衝突であり、燃料棒の軸方向に対して圧縮応力が作用するのみで、貯蔵時と比べて周方向応力は増加しません。

最後に輸送時に対しては、輸送中の事故、例えば乾式キャスクの落下などを想定した安全性を確認するよう求められており、設計承認申請において評価し、安全性を確認しております。この評価のうち、乾式キャスク 0.3m落下において、20～30Gの加速度を発生しますが、燃料被覆管は弾性範囲内であることを確認しております。資料1のご説明は以上でございます。

○望月部会長

どうもありがとうございました。各委員のコメントに対しまして、それぞれ説明をしていただきました。この内容につきまして、欠席の委員から何かコメントとか、質問とかいただいておりますでしょうか。

○事務局

事務局でございます。本日の資料につきましては、事前に各委員に送付させていただいておりました。本日、ご欠席の宇根崎委員及び岸田委員からは、本資料及び四国電力の回答内容に関する意見等はない旨、回答を頂戴してございますのでご報告させていただきます。

○望月部会長

ありがとうございました。それでは、委員の先生方、何かご意見、ご質問ございませんでしょうか。

○森委員

私の前回の部会での意見に対するご回答につきましては、丁寧にお答えいただきまして、よく整理されているのでよく分かりました。どうもありがとうございました。

その上でなんですけれども、ちょっと全部を見たら、表現は大きな問題はないんですけれども、気になる表現と言いますか、言い回しがありまして、資料1－別添2の2頁でオレンジ色と薄いグリーンで凡例とともに表が作成されています。ここの特に凡例のところ、解析結果が高くなるとか、途中で解析結果が大きくなるとかあるんですけれども、「解析結果が」というよりは、むしろそれぞれの解析目的である応答指標が高くなるということじゃないかと思いました。解析結果が大きくなる、解析結果が高くなるというのが、仲間うちでの話であれば、口頭で分かるような気がするんですけれども、文書で書いた場合に論理的に何を意味しているのかが、分かりにくくなると。例えば英語に訳そうと思うと訳せないという、つまり論理的に「これはおかしいんじゃないか」というふうな、その表現ですね。安全性の確認ということで、それぞれ資料1－別添1のところフルセンテンスで書いてあるところは、例えば臨界解析であれば、実効増倍率、あるいは遮蔽解析であれば線量当量率、あるいは除熱解析であれば使用済燃料の温度というものが、判定する際の指標になると思うんです。その指標がつまり、安全性を検討するのに、その対象となる指標が高くなるとか、大きくなるという表現であれば、いいと思うんですけれども、この「解析結果が」というふうに書いてある言い回しが外部に出ていくと、とても分かりにくくなるなと思ったので、ちょっとコメントいたしました。以上です。

○望月部会長

ありがとうございました。多分色分けして高くなるのと低くなるのと分けて、どちらについても保守的という意味では同じだと思うんですけれども、返って分かりにくくなる面もあるかもしれないというふうなことのコメントだったのですが、何かございますか。

○四国電力

四国電力、榎尾でございます。森委員のご発言のとおりでございまして、解析結果とすると全部一緒になってしまいますので、分かりにくかったとは思いますが、先生のおっしゃるとおり、臨界解析は実効増倍率でございますし、遮蔽解析でいきますと線量当量率でございますし、除熱は温度でございます。それぞれの指標は高くなるというか、大きくなるように設定しているとおりでございます。以上でございます。

○望月部会長

ありがとうございます。これは、言い回しを応答指標というように変えたほうがよろしいですか。

○四国電力

四国電力、古泉です。表現の問題だと思いますので、私どもとしては、資料を修正したものを最終版としてご提示することでもいいのかなと思っていますが、それでよろしいでしょうか。

○森委員

ええ、それで結構だと思います。とても短い言葉でまとめて内容を一般の方に説明する際に、低いとか高いとか言われても、内容が全然判断がつかない。それよりは、安全側、危険側だとか、あるいは、最も都合が悪いように考えて、それをもクリアする考え方だとかという、分かりやすい説明というのが四国電力さんにとっても、愛媛県民にとっても、みんなにとっていいだろうと思いますので、表現、できれば吟味していただいて、修正していただくとありがたいと思っています。以上です。

○四国電力

四国電力、古泉です。分かりました。今2頁、表の中の解析条件設定の考え方（概要）というところには、臨界解析がありましたら、文書中ですけれど、実効増加率が大きくなる。こういったことを凡例のところにも入れるように。ちょっと長くなるかもしれませんが説明が、そういう修正をしたいと思います。

○望月部会長

ありがとうございます。詳しく説明したつもりが、分かりづらくなる可能性もあるので、その辺をどうぞよろしくお願いいたします。そのほか、ございませんか。中村先生どうぞ。

○中村委員

今の件、私は賛成なんですけど、日本語の使い方として、例えば解析条件設定の考え方、概要の除熱解析のところでは解析結果が大きくなるようにと書いてありますね。それは、さっきの表現の中の、解析結果が高くなるという項目と日本語として、大きいとか高いとかいうことだけなんですけど、温度が大きくなるという表現はしないので、今、森先生がお話になったパラメーターの特性に応じて、それぞれに最適な言葉をお使いいただければと思います。

○望月部会長

よろしく願いいたします。渡邊先生。

○渡邊委員

先ほどの森先生の質問とも関連するんですけども、燃料が貯蔵期間中に破損、割れるメカニズムというのが大体分かっていて、それはその燃料棒がクリープでもって破断するというのは、これまでの知見から分かっているわけですね。じゃあ、クリープが何で効くかというところ、ここでも森先生が指摘されたような除熱だったり、断面の中心の温度分布の評価ですよ。今ここでの評価というのは、非常にマクロな部材、中心部という評価で、二百何十度という評価をしているわけですけども、実際材料のクリープに効いてくるのは、その材料の例えば表面温度だったり、内側の温度で、48GWのような非常に高燃焼度になっているような燃料の内側というのは、我々も想像がつかないんですけども、それが温度がある一定に下がった状態で、いわゆるこれまでの知見があるような、ペレットクラッド・インタラクション（ペレット-被覆管相互作用）でペレットが表面を押し出すような状態になっているのか。そのときの隙間の状態だとか、非常に微細

な温度の勾配だったりするものが最終的には、材料が割れる、クリープで割れるか割れないか、というところに効いてくるわけで。そこまでの評価というのは、もっと詳しいミクロの評価をしてもらわないと、材料的にはなかなか評価できない。

もう一つ言いますと、一応評価している 275℃という、いわゆるクリープの限界というのは、クリープ試験からもちろんやってくるわけですが、クリープの材料評価の試験というのは、非常に厳密な試験であって、例えば恒温槽を作って、ある材料を中に入れてやって、保持して、275℃ぴったりの条件でのクリープという現象を評価しているわけで。ここで例えば、大ざっぱな評価でもっての温度とは、随分開きがあると私は思うんですね。だから二百何十度というのは、もちろん安全側に評価しているんでしょうけれども、一体実際の状況というのは、どういうふうになっているかというのを検証されているわけですか。というのが、今の、最初の質問に対しての私の考えです。

○四国電力

四国電力の樫尾でございます。非常にミクロの話がいろいろ出てきてますが、資料1－別添1の42頁のところにも前回の部会でもご説明しましたとおり、いろいろな文献等を弊社で調査しまして、先ほど先生のおっしゃる熱的影響の部分だと思っておりますが、275℃というものは、クリープひずみとか、照射硬化、燃料被覆管の水素化物再配向、応力腐食割れ、それぞれの現象を調べまして、一番厳しい燃料被覆管中の水素化物再配向の温度を基準として考えております。ちなみに、クリープひずみの進行につきましては、320℃というのがありますので、それよりも低い温度で 275℃と基準値が決まっておりますので、長期健全性では、そういった基準値が採用されて、今回の評価結果はそれに対して低い温度であると確認しております。ですから、この試験につきましては、クリープひずみの場合も、実機PWRの使用済燃料の被覆管を用いておりますので、実態に即した試験はされていると思っておりますが、特にこれが問題あるとは考えてございません。先生のおっしゃることを意図を掴みかねているかもしれませんが、こういう回答でよろしいでしょうか。

○渡邊委員

あまり答えてないんですけれども。例えば水素化物の再配向と言われたんですけれども、ある一定の温度になったら、水素化物が固溶してなくなってしまうわけですね。そういうところで実際の温度は決まってくる。これは実験的に決まっているところがあるんですね。ところが、この評価というのは、材料一個一個の評価ではないんですね。「一個一個の材料を見たときに、実際の温度というのは、何度になっているのですか」というのが私の質問なんです。だから、材料ですので、1か所弱いところがあれば燃料はリークするわけですし、例えば燃料棒ですと前に話しましたがけれども、溶接の問題も発生しているわけですね。そういうところが1か所でも原因となればリークが起きるわけで、そういうところまで本当に考慮しているように、ちょっと見えないんですね。

○四国電力

四国電力、樫尾です。先生のおっしゃるのは、別添1の38頁のことをおっしゃっているんでしょうか。

○渡邊委員

38頁でいいんですけども、それは全体のマクロな話であって、材料一個一個の、さっきも言いましたけれども、燃料とペレットとの隙間が幾らで、伝熱がどうなっているのか。それが接触した場合と、離れた場合での、例えば熱伝導の違いだとか。そういうことは、多分考えてなくて、ある一定のものがあって、それから熱が出る計算をしている。そうですね。それでは材料の個々の評価、クリープの評価にはならない。

○四国電力

四国電力の古泉です。ご質問、言われている内容がまだ理解ができてないですが、例えば先ほどご説明しましたように、実証試験等の知見に基づいて、我々設計に反映しておりますけれども、その実証試験自体の中で、先生が言われる、ミクロな確認がされているかどうか、そういうことでしょうか。

○渡邊委員

ここの計算としては、非常に大ざっぱな計算ですよ。ある一定の発熱体があって物があつての計算だと思うんですね。それが燃料棒全体に対して、例えば中心部でいいですよ。それが本当にある一定のクリープに影響したり、水素化物がなくなったりしないような、温度の条件をしっかりと、全体として満足していますかと。非常に微視的な話で。そこまで考慮されていますかね。

○四国電力

四国電力の勝村でございます。今、先生がおっしゃったように、我々の解析評価につきましては、割とマクロな評価というところかというのは、認識はしてございます。おっしゃるとおりミクロな視点というのは、なかなか解析では表現しづらいというところもありまして。我々がこれまでかき集めている文献に、その中から、マクロな視点ではありますけれども、影響がない温度範囲に解析評価の結果が収まっているというのを確認してございます。ミクロの範囲というのは、なかなか解析のほうでは押さえることが難しいというところもありますので、先行貯蔵の試験というのはウォッチしておりますし、そういったところで何かしらミクロな観点での知見というのがありましたら、我々の運用管理の中にも、しっかり反映はしていきたいと思っております、今設計段階ですので、設計として反映できるところは、しっかりやっていると考えてございます。

○渡邊委員

よろしいですか。材料の除熱だったり、温度評価というのは、非常に重要で、そこが全部の現象を多分決めてくるんですね。そのときにミクロの話をしてもらわないと、我々、材料としては分からないですね。だからクリープのことをしっかりと、この前、説明されたかどうか、ちょっと分からないんですけども、それは非常に限定的な温度領域での話になってきて、1%のひずみだったり、そういう議論になってるんですね。それに対して、ここの評価というのが非常にマクロな話であって、その現象についていってないと思うんですけど。

○望月部会長

渡邊先生、多分そういう評価が難しいというのが分かって、そういう質問をされているのかなと思うんですけど。例えば、最近ニュースになった宇宙ステーションですね。宇宙ステーションから空気が漏れてると。そういうのをどこが漏れているか調べると、船外で調べるというミッションがあるようなんですけど。計算でいろいろ出してみても実際に大丈夫かなというところの盲点というか、そういうところを渡邊先生が指摘されたんじゃないかなと、解釈したんですけど

も。そういう文献とか、自分たちでできることがあれば、追加してということかなと思ったんですけども。渡邊先生これから、どういようにしたらよろしいですかね。

○渡邊委員

もう少し微視的な評価というのができるかどうか。これは除熱だったり、そういうことに対しての評価というのをやっているだけであって、個々の材料の評価にはなっていないんですね。燃料ピンが割れるというふうに現象的にクリープだと言われているわけですから、クリープで破断することが本当はないのかどうか。もう少し検討してもらいたいんですけど。だから、そういう現象です。だから、例えば、詳しい話になりますけれども、金属の六方晶の材料ですから、軸方向には延びて、半径方向には収縮しているわけですよ。軸方向に伸びているから、上でバネで抑えているというのが燃料棒の構造ですよ。非常に複雑な応力分布をしているわけで。それが、こういうふうなものになったときに、本当に温度だったり応力の状態を満足しているのかという状況ですよ。そういう状況というのが、私、以前の燃料がぶつかったときにも、いろいろ指摘したんですけども、四国電力の回答というのが、燃料棒というのが、単なる丸棒だと。丸棒の評価であって、例えば物がこう落ちてきても、円周方向の応力が変わらないという評価をするわけですよ。それは、違うと思うんですね。いろんなもっと詳しい評価をやってもらわないと、現象が複雑なんで、ちょっと分からないんですけど。それは分かるでしょ。そういう状況に実際の燃料棒がなっているのは、理解していると思うんですよ。

○望月部会長

中村先生、どうぞ。

○中村委員

今の渡邊先生のご懸念は分かるんですが、私どもも私の専門の流体のだけではなくて、燃料とか材料もみんないっしょにやっていたんですね。そういう議論を結構しているんですね。それで、多分この使用済燃料の状況といいますのは、一度運転は止めて、それでまだ少しというか結構発熱しているものを水のプールの中にジャパンと入れますよね。そうするとあのプールは冷たいから、一度に下がっちゃいます。多分室温よりも少し高いぐらいまで下がるんじゃないかと思うんですけども。そうすると周りのプールの水には対流が生じて、それをクーラーで冷やして除熱していると思うんです。そうしますと、この燃料の温度履歴は、最初運転中は中心の温度は、 $1,000^{\circ}\text{C}$ を超えて非常に高温なペレットの状態、今おっしゃった、各軸方向の伸びがもっとたくさんあるはずなんです。上でスプリングで押さえて、運転を制御棒を入れて止めてしまうと、中心の発熱がなくなりますから、なくなるというのは、変で、崩壊熱がありますから、その分だけになるんですけども。それを今度は、水に入れると、先ほど申し上げたように温度は下がります。それでもペレットの中心は、温度が高いと思うんです。その状態を今度、さっきここで説明いただきましたキャスクに入れて、水を抜いて、真空に引くと、そうすると今度また温度が上がってきます。その温度が上がってきたときの分布が38頁で示されているような、非常にマクロな計算だと思うんですが、その状態になりますよね。そのときの燃料ペレットと被覆管の温度は、ここでは非常にマクロな状況を計算されているので、上の段のD-D断面図というところにあるような、それから軸方向の全体図といったふうには書いてるところに、こういった形で見ますと、計算の資源から、つまりこの体系を細かいメッシュに切ってABAQUSで計算するんですけど、その計算資源からすると、38頁の下の段のこのくらいのサイズにしておかないと、なかなか計算できないぐらいのたくさん数になるということで、こういったサイズを書いていっちゃ

と思うんですが、今の渡邊先生のご懸念は、この一つ一つの燃料棒の温度分布が真ん中でペレットと被覆管の温度がどんなふうになるか、例えば半径方向になっているかといった分布を見た上で、軸方向の応力分布がどうなるかといったようなことをもう一度考えたらどうかということだと思ったんです。それで、この38頁の下の段の図をよく見てみると、これちょっとおかしいんですね。今私が申し上げた、燃料ペレットの真ん中は発熱していますから、温度が高いと思われるんですね。それで周りの被覆管の部分と、それから燃料棒と燃料棒の間は隙間があいているんですね。本当は、そこに多分これはガスが詰まっているんだと思います。一辺真空抜いてからヘリウムを詰めますから。そうしますと、そこのところは、多分、温度分布がそういったかたちで材料（ガスの特性）に即したかたちで出てくるはずなんですね。だからこれは、全体の計画といえますか、イメージとして、こういうふうな温度分布になるというところまでは分かるんですけど、今渡邊先生がおっしゃったような材料の特性をもう少し見てみるということからすると、この図では多分、不十分なんですね。今、気が付いたんですけど、38頁の右下の最高温度という矢印が書いてある、矢印の先の部分ですね。これって何もない空間のところを指しているじゃないですか。これは、ペレットの真ん中が多分最高温度になると思うんですが、この辺の。でもそうじゃないから、これはそういう意味でいうと、矢印を指しているところの位置がちょっとずれているのかもしれないなと思ったんですが、そういったところも含めて、これはマクロで全体の状況を解析した。これはこれで、要素としてはよくて、これと資料の別添2のほうの4頁の出しただけのグラフがありますよね。これと合わせてみるんですね。そうしますと初期条件でこの38頁に書いてあります解析結果3号炉のウラン燃料用という約220℃というのが、多分4頁の燃料被覆管の温度であって、これが初期値、設計貯蔵期間（年）の0というところの温度と同じなので、ここから下がっていくと。だから、今のお考えでは、275℃というのが、これより上回っているから、絶対にそこを上回らないし、ずっと下がる一方なので、大丈夫だということだと思うんですが、そこのところ、ローカルな局所的な温度分布が本当はどうだったかということをもっと詳しく見たもの（今回は出されていない資料）が補助的に準備されていて、それでご説明いただくほうが、もう少し安全についてきちんと考えることができるんじゃないかと、そういうふうなことだと私は理解しました。

○渡邊委員

材料が割れるとか、割れないかという局所的な分布に沿って割れてるわけです。そこを示さないと。大きなもので示しても分からない。

○四国電力

四国電力、榎尾でございます。別添1の38頁でございますが、右下の図ですね。最高温度のところの中村先生がおっしゃったように、燃料のところを示してございません。そこは確認しますが、メッシュにつきましては、一つ一つの丸が燃料棒を示してございますので、こういった単位でもって解析をしてございます。その中の分布になりますと、今手元にはございませんので、正確に回答できませんが、今マクロの結果しか示してございませんが、今回お示ししているのは、燃料棒単位でのマクロな結果を示しているところでございます。

○森委員

中村先生の今のご指摘のところ、今のやり取りなんですけれども、少し確認したいのは、資料1-別添2の1頁に載っている図で、1本1本の燃料棒は、全部ばらばらなんですけれども、燃料棒と燃料棒との間に空いている隙間の部分が、ここではモデル化されて、資料1-別添1の38

頁のところでは、この燃料棒と燃料棒の間の隙間の位置で最高温度がまはずは出ているという表示になっていて、この隙間は、隙間としてモデル化されているのかどうか、それはモデル化されているという理解でいいんですよね。

○四国電力

四国電力、樫尾です。森先生がおっしゃるとおりモデル化してございます。

○森委員

そういうふうに隙間としてモデル化されているにせよ、この燃料棒1本は、ちょっと見えにくいですが、円柱部分を8等分に分割していて、その8等分の分割だと、要するにちょうどミカンを輪切りにしたときの房のようにもなっている。ところが真ん中のほうが温度が高くて、端っこのほうが温度が低い、つまり房の中心部の硬いところが高くて、側の柔らかい部分が本当は温度が低いはずなのに、これぐらいのメッシュだと、全部高温になっているから、その温度差が反映されないだろうという、そういうマイクロな話をされていると、そういう理解でよろしいですか。

○中村委員

この図を拝見しますと、本当は細かく解析するときは、ペレットがあって、ペレットの中心から同心円状に分割して行って、次に理想的には、初めにヘリウムが詰まっていて、非常に薄い空間の部分があって、その外側に金属（被覆管）があって、その外側に今回は、空間になっているんですね。その部分は、直線的に書かれているんですが、「被覆管はどれ」というふうにこれで言われるとですね、「さあどれでしょう」という感じに見えるので、これは、マクロに計算するときは、こういうことでもいいと思うんですけど、マイクロには、もう少し細かくメッシュを区切らないといけないわけです。

○望月部会長

マクロはすごくよく分かるようになって、全体像もゆで卵の立て切りというか、そういうような感じで森先生のリクエストに応じて、我々もすごく分かりやすくてできたんですけど。これを例えば100倍、1万倍とかしたような、そういうところは大丈夫かという話に概念的にはなるかなと思うんですけど。

○森委員

恐らくですけど、この資料1-別添1の38頁の図で、もともとモデルは、38頁の左上のようなモデル、キャスク全体があって、その中で、どういう分布をしているかということ、真ん中上のD-D断面のようなものがある、そしてそのうちの一つの四角っぽい、メロンパンのようなへたみたいなものがある、その中が38頁の右下のように表されているので。私は、そういう解析だとすると十分に細かいんだというふうに理解していました。けれども、今のご質問を聞いていると、燃料棒1本、1本の中での、ひずみの違い、温度の違いというのを検討するのであれば、要するに38頁の右下のようなものを今度は、境界条件にして、さらにこれを分割としては、100倍ぐらいの細かさにしないと、今も渡邊先生がご指摘されているような問題の懸念には、答えられないなというふうに理解しましたが、そういう理解でよろしいですか。

○中村委員

今の議論にしたがって、この議論に対する答えを出そうとしますと、もう一回、付加的に計算しなきゃいけないと思うんですが、今計算しなきゃいけないと思われているところ、議論の対象が高温部分だけなので、境界条件は全部かかっていますから、そこだけに集中して細かくすればいいので、そうしますと、あまりたくさん領域を見なくてもいいような気がします。例えば、全体図の38頁の左上の図がありますけれど、本当に中心領域の外だけで、半径方向も一つの燃料集合体の中心部分の少しの部分ぐらいでいいと思うんですけれども、一度それをされると、ものすごくはっきりと条件が分かると思いますので、それでペレットの中心温度がこのくらいとか、それから被覆管がこのくらいということで分かれば、それで皆さんも納得されるんじゃないかと思うんですけど。

○四国電力

四国電力の勝村でございます。趣旨は理解いたしますけれども、熱解析は3次元でお出ししてありますけれども、キャスクの熱解析、これまで2次元が一般的で、3次元というのは、このキャスクで審査したというのが、正式には初めてなのかなということで、割と新しいモデルと思っています。先ほどおっしゃったように、燃料棒を例えば100倍とかして、さらに細かくみていくということで、何を判断するのかというところだと思います。

今回の熱解析は、細かくやっているつもりでして、さらに基準値275℃、おっしゃるとおりマクロの観点での水素化物再配向とかクリープそれぞれを全て満足する判定基準を作っています。さらにそれを50℃以上、十分下回る温度であることを、マクロ的には確認できています。そこを細かくより見ていくことで、何が確認したいのかというところにつけるんだと思っています。これが判定基準に近ければ、そういったところも必要というところも理解はできますけれども、十分低いということも確認できておりますし、解析としては押さえられてはいると。十分低く押さえられていると。実際の貯蔵に入って、先行貯蔵例、アメリカのアイダホでは、20年、30年、PWR燃料、ジルカロイ被覆で、20、30年先行貯蔵している実績もございます。そこでは全くリークというのは見られておりませんし、静的にしっかりと置いておくというのが乾式キャスクでございますので、こういった燃料棒の温度勾配とか細かく見ていく必要というのが、正直分かりかねているところでございます。

○望月部会長

どこまでやるかということだと思うんですけど。渡邊先生。

○渡邊委員

皆さん指摘されているようにPCIという、ペレットクラッド・インタラクション（ペレット-被覆管相互作用）という歴史は、非常に長い歴史があるわけで、非常に厳密なペレットから発生する熱の問題と、それを取り巻くジルカロイの熱の流れという長い歴史があるわけですね。だから、非常に厳密なものが恐らく出てくるわけ。それはしっかりやってくださいと。もう一つは、それは熱の問題であって、今度はこれに書いてある応力の問題があるわけですね。100MPaという、ある一定の基準があって、内部に加わっている応力が95MPaと、ほとんど達しているような状況なんですね。先ほどのクリープの話は、非常に長い原子力の歴史の材料の中で注目されてたわけですが、この100MPaに起因するような水素の再配向の問題というのは、これは歴史が短いんですね。それに対する我々の知見というのは、ほとんどなくて、エイヤーという基準でもって100MPaという基準を決めたんですね。ところが今の状況というのは、これが95MPaとギリギリの状況に今もう既になっているわけですので、応力の評価と同時にやはりこの95MPaというの

をもう少し、しっかりやってもらいたいです。それは先ほど言ったように、非常に厳密な応力の評価ですよ。四国電力のように丸棒を仮定したようなものではなくて、先ほど言ったように上からのバネの圧でピンは抑えられているわけです。

○四国電力

四国電力の古泉です。今2点ありましたけれども、まず、水素再配向のほうですけれども、100MPaというのが一つのクライテリアで、95MPaという評価結果を我々書いてますけれども、水素再配向については、応力の条件と温度の条件というのがあります。275°C以下、それと100MPaというのがありますので、その応力の観点でいうと100に対して95は近いというご指摘ですけれども、一方の温度については、先ほどマクロという話がありましたけれども、275に対して220ということですので、水素再配向に起因するような機械特性の低下ということは起こらない設計にしているということでございます。それが一つです。

もう一つが、先ほど来、出ていますクリープの話ですね。クリープの話は先ほど勝村が申しましたように、今回の解析値は、従来に比べると細かいメッシュでやっているものです。マクロという見方もご指摘があるかもしれませんが、割と細かく見た上で、評価結果の温度としては、220°Cと。これはこの資料にございましたけれども、クリープに対しては、クライテリアが320°Cですので、100°C以上、下の数字になっております。ここは工学的判断といっても十分だと思えますが、設計上ここは問題ないものと考えております。その上で、細かいマイクロな検証も今後はやってみてはどうかということであれば、そこは引き続き取り組んでいくのは、そこは我々やぶさかではないと思っております。

○森委員

私もコメントしたいんですけれども、原子力分野でのクリープどうのというのは、ご専門の先生方のご意見を聴いて、一般的な熱だとかこういう解析という意味では分野にかかわらず似たようなものですから、そういう観点でちょっとコメントをしたいんですけれども。先ほどの説明を聴いていて2点あるんですけどね、一つは、その基準値275°Cに対しての220°Cの十分な安全かどうかという判断。

それからもう一つは、いわゆるメッシュサイズの問題。メッシュサイズの問題で言えば、私自身は、最初はモデルがすごくマイクロな、マクロというよりはマイクロなものだと思っていましたけれども、ただそういう1本の燃料棒というふうに見た場合には確かにマイクロとは言えないと、確かにそうだなと、それもわかりました。

ただ、ここではあくまで工学的な判断ということが求められるのであれば、問題は275°Cという基準値に対して220°Cという値が出てきて、その220°Cの信頼度というんですか、それがどれぐらいなのかというのが議論になってくると思うんですね。

つまり、例えばこの38頁の右下のメッシュを、例えば2次元で10×10の100倍にしたとして解析したとするとというような仮定もありますし、あるいは半無限にして理論的に求めることもできると思います。そうやって求めてきて、それこそ安全側といいますか不都合な側に計算して、最大どれぐらいばらつくかというようなことを考えると、この220°Cと今出ているものが、例えばプラス8、プラス10°Cぐらいは高まる可能性はあるけれども、それ以上になる可能性は極めて小さいとか、仮に検討をしていただければ工学的には270°Cよりも下回っていることで、下回るんだということを言えるので、そういうような答え方もあるのかなと思いますし、あるいは今後の技術的な傾向という意味では、ここでの安全性の判断ではなくて精度を高めるための一つの努力と

して、もう少し時間をかけて例えばやっていくとか、この2つの解決する方法が今の議論の行き先にはあるのかなと感じました。以上です。

○望月部会長

ありがとうございます。

渡邊先生、それでよろしいでしょうか。今、森先生が言われた2点ということで、どうぞ。

○渡邊委員

それでいいですよ。

○望月部会長

有効数字というか、この桁数が150°Cとか220°Cとか書かれているということは、10°C単位ではそういう信頼度がある感じかなと思ったんですけど、その辺もちょっと教えていただければと思うんですけど、「約」と書かれていて、それはしかも最高温度ということだから安全側にたつての温度の推定ということだとは思いますが。

○四国電力

四国電力の古泉ですけれども、先ほど森委員からお話がありましたA案、B案みたいなお話がありましたけれども、私が先ほど申し上げたのはB案といいますか、設計方針としては、今我々がやっているところで工学的にそこは問題ないと判断できるものと見ておりますので、この資料にもどこか書いてましたけれども、我々は引き続きこの乾式貯蔵については先行の状況ですとか、国内外含めて幅広く情報収集して運営管理に反映していくということを言っておりますので、その一環としてもう少しミクロな検証ということについても取り組んでいくというようなことで考えたいと思いますが、どうでしょうか。

○渡邊委員

四国電力が言われる工学的な判断というのは一体なんですか。それ、私は全く理解できないんですけど。何をもちょう工学的な判断と言っているわけですか。工学的な判断というのはある一定のデータを示してもらって、そうですよというのが判断です。外挿するなり。

○四国電力

四国電力の古泉ですが、先ほども申しましたけれども、320°Cに対して220°Cであるという100°Cも低いということです。メッシュの切り方は、10倍ぐらいしたらもっと非常に細かい勾配が見えるかもしれませんが、今それが平均値として表れてきているとしても、それだけの温度差があれば十分制限値内に収まると見て、私は差し支えないということを申し上げています。

○望月部会長

どうぞ。

○村松委員

今の温度差の議論のところだけ、ちょっと非常に簡単な計算を頭の中でしてみるといいんじゃないかと思います。渡邊先生がおっしゃっているのは基本的な化学的であったり、金属学的であ

ったりするような特性のばらつきというものまで考えたときに、本当にどこの部分もそれにあたっていますかということをおっしゃっているんだと思うのですが、今ちょっとずれてきて温度の推定の仕方の精度の話になってしまっているんで、ちょっとだけ自分はこちら考えるということをお願いします。定常運転時で 100%出力のときは被覆管の表面温度とペレットの中心温度との差というのは、1,800℃ぐらいでしたっけ、平均的には、1,000℃ぐらいとか何とかだと思わなければ、それに対して崩壊熱は 100 分の 1 以下になっているわけですよ、この時点では。そうしたら、熱伝導度が同じだとしたら、比例的に、それだけで 20℃とかそこら辺ぐらいのマイクロなばらつきになっているわけだから、そうするとこのキャスクのモデル化をするときに総括的な熱伝導度とか総括的な熱伝達率みたいなものが、そのペレットと被覆管とそのギャップの中の気体とかそういうものをきちんと分けたようなモデルを使ったとき、このモデルとで、全体のマクロな温度分布がそんなに違ってないということを確認してさえいれば、せいぜい 10℃とか 20℃との差しか出ないはずなんですよ。こういうモデルを作るときにそういう確認をしていないはずはないので、私は温度については、それほど問題ないんじゃないかなとは思いますが。

温度が問題ないとなれば、今度は渡邊先生がおっしゃるのは金属としての特性についてのばらつきの話になってくると思います。通常時にはペレットが 1,000℃とか何百というときに、ここで使っている条件は 220℃とかになるわけですから相当低くなっていると、だから化学的なことによってペレットの内側から攻撃されることというのは非常に少なくなっている。それから、外側からの何かの作用というのは水という非常に反応性の高いものの中で運転している状態に比べて、ヘリウムの中でやっているんで影響はあまり大きくないんじゃないかと思われる、ということを見ると、大きな条件としてはそんなに特殊なところで何か起きるという可能性はあまりないのではないかと思われる。それでも疑問があるかということに関して、総合的な試験を 30 年以上やってきていますというご説明があったということで、いいんじゃないかなと思うんです。ただ、渡邊先生がおっしゃった問題というのは、今回の説明の資料の中では乾式貯蔵という技術を開発したときに、一体どこまで考えたかということが分からないんですね。温度の話、遮蔽の話、それから放射線の話と、その 3 つ、つまり安全解析のことになっているので、事故やトラブルを起こさないための信頼性という観点での説明というものはほとんどなかったと、私は思うんですね。だから、今後そういう説明をされるときに、そのことが専門である人はほとんどいないわけだから、むしろ歴史的に確認をしたことに関してちょっと整理を出してもらってれば、こういう議論にならなかったんじゃないかなと思うんですけど、どうでしょうか。

○望月部会長

村松先生、どうも助け舟というか論点の整理をしていただきましてありがとうございます。ちょっと違う方向に、確かに力点がいったような気がするんですけど、本来の渡邊先生が言われたような渡邊先生が目で見ると、大丈夫かなというところは村松先生が言われるように、歴史的というか実績というかそういうものも踏まえて、いいかなというところかなと思います。

渡邊先生。

○渡邊委員

村松先生がおっしゃるとおりなんですね。非常に歴史的なある分野というのは原子力のこういう世界ではあって、それはもう 30 年来研究をずっとやってきたんですね。ところが、新しく発生したようなものというものがあって、それが最近になって 10 年来ですよ。いわゆる高燃焼度の燃料というのがいろいろできて進んできて、それに対して材料が破損、外部割れという燃料の破損

ですね。表面の外部から割れるという現象。これは中に入っている水素化物というのが影響していて、高燃焼度化の燃料に対して起こるような事象というのが新たに加わってきたんですね。

だから長い歴史にあるものと、非常に最近分かって、解析は今やっているという現象が2つあって、彼らが説明しているのはそれが全部ごちゃ混ぜにしてこうだという、四国電力の言う工学的な知見というふうに見えるんですね。それは1個1個の事象は随分違ってきているんですね。それが最終的にこの現象、割れを決める原因になっているんですよ。そこをしっかりと分かってもらって説明をしないと分からない。長い歴史のものと非常に最近わかってきた歴史のものが2つあって、それはよろしいですか。

○望月部会長

新しい時代に関しては、ミクロの目で見ないとわからない面もあるよというような警告というか、気を付けておいてくださいねというようなことだとは思いますが。

○四国電力

四国電力古泉です。今日の議論の趣旨は、理解しました。そういう視点で継続的に取り組んでいく必要があるとは当然思っています。

確認ですけれども、先ほど村松先生からもありましたけどもご説明の仕方として、いろいろ試験結果とか文献を確認してやっていますけれども、その文献を確認した上での当社としての信頼性という意味で少し考察も入れたようなかたちの整理したものをご提示したら議論が進むという、そういうことでしょうか。

○村松委員

今、この議論が進むということよりは、今後こういうふう特定の課題に関して追求したときに、議論が立ち往生してしまうことを防ぐために基礎的な説明を最初にちょっと入れていただくと、ずっと議論がスムーズにいくんじゃないかということなんです。基礎的なという意味は、学生に簡単なモデルで教えるということではなくて、どういうことを問題意識として悩んでその技術が開発されてきているのかということ、少し短く説明していただければよかったのかなということなんです。例えば、今の場合であれば被覆管に対して本当に中性子脆化だけでいいんですかとか、いろんな被覆管が貯蔵中に損傷する可能性について、どの程度のことが考えられてきているのですと、既に解決済みのことはこれだけあるんですということを言っていただければ、もっとスムーズにいったかなということなんです。

○望月部会長

中村先生。

○中村委員

なるべく早くあの議論を終わらせたい気もあるんですけど、今の話で2つあって、一つは、資料1の別添2の56頁に設置許可基準規則への適合状況に係る補足説明の8番(8/12)のところで、アイダホで乾式貯蔵使用済燃料の長期健全性評価を非常にたくさんの種類のキャスクを使ってされていますよね。つまり、これだけ新しい設計のものを作ってみてテストをしてみて、例えばそのほかにも、福島第一では津波の中に6mの水深に沈んでしまったものが横置きになっていたけれども、少しサンプリングしてみたら中は健全であったから問題ないとか、そういった歴

史的な経緯があって今の設計になっていると思うので、そういったところは既に説明されているんですけども、もう一度振り返っていただくことが折に触れて大事だと思うところがあります。

それから、もう一つの点は、先ほどから細かい点で申し訳ないのですが、38頁の細かいメッシュになっているように見えるところを、丸棒とおっしゃっていましたが、多分保守的な評価だと思うんですが、被覆管とペレットを一緒にしてそれで熱的には混合されていると思うんですけど、それをこの図では8分割でされていて、ある意味計算の手法自身が保守性を担保したもののなかのどうかということと、それともう一つは、さっきちらっと申し上げたのですが、燃料棒と燃料棒の間は空間なんですよね。それは、熱伝導度は金属でもないしペレットでもないから、丸棒にした金属とペレットも熱伝導度が違うところがここにあるわけです。そこを計算上どういうふうに扱ったかとか、そういった細かい話だと思うんですけど、その辺はもしも解説していただければもう少し議論がこういうことにならずに進んだのではないかと思いますので、計算条件だとかその辺を言えるところまで構わないですけど、こっちにいただいてそれで議論をすともう少し円滑かなというふうに思います。以上です。

○望月部会長

ありがとうございます。別添資料の最初の1頁の1-2の別添の1頁目なんかは、僕がいつも学生に使っているような図なんですけど、これは皆さん、こういうのをやっていない人たちにとっては大事なことだと思いますし、中村先生も村松先生も言われたように、最初のいわゆるみたいな前置きも少ししていただけるとより分かりやすいというか、議論ができるかなとちょっと感じましたので、今後とも姿勢はちゃんと見えてはいるんですけども、そういう点もちょっと考えていただけたらと思います。

○森委員

もう1点質問がございます。

資料1のコメント38に関することです。安全性の確認の方法、それからその方法の中でのことで、特に資料1の別添1の33頁について、今回、質問に対してこの臨界解析評価手法のところモンテカルロ計算コードであるということをはっきりとさせていただきました。それがさらにご回答では許認可実績のあるコードであるということもご回答いただきました。その上での質問なんですけれども、判断する基準値0.95に対して中性子の実効増倍率というのが0.91とか0.92とかというような数字であると。しかも、これは標準偏差(σ)の3倍(3σ)を平均値に対して足したものであると、そういうようなコメントが書いてあります。

そこで質問は、標準偏差(σ)が幾つか、平均値とその標準偏差(σ)が幾つかという点、それとモンテカルロ計算の回数がどれぐらいの回数なのか、この2点についてお聴きします。

○望月部会長

わかりますか。

○四国電力

四国電力榎尾でございます。森先生のご質問に回答としまして、まず 3σ でございますが、評価結果としては有効桁数は小数点以下2桁、2桁書いてございますが、偏差はその下の3桁目の数字でございまして、大体オーダー的に言いますと0.001から0.002ぐらいの間になってございます。非常に小さい数字になってございます。

もう1点の計算回数、モンテカルロといいますので中性子を発生させます熱の計算回数ということで、先生にご質問いただきましたけども、回数につきましては商業機密を含んでおりましてこの場でのご回答は控えさせていただきたいと思っております。具体的な数値については申せませんが、非常に多くの回数を使いまして計算してございます。回数については、申し訳ございませんが、この場では回答を控えさせていただきたいと思っております。

○森委員

回数について、非常に大きな数字でかつそれは許認可だとか、そういうようなときに普段から使うような回数であると、つまり既に閉ざされた中にせよ、世界的に認知されたような回数であると、そういう理解でよろしいですか。

○四国電力

四国電力榎尾でございます。そのご認識で結構でございます。

○森委員

そうしますと、33頁の0.95に対する0.92というのは0.91に対して±0.001があつてのプラス側の0.92だと、こういう理解でいいんですよね。

○四国電力

四国電力榎尾です。ちょっと具体的な数字として手持ちちょっと持ち合わせてございませぬが、考え方としてはそのとおりでございます。

○森委員

了解しました。ありがとうございました。

○望月部会長

そのほか、ございませぬでしょうか。

村松先生、どうぞ。

○村松委員

先ほど四電さんのほうから、私が言ったことについて何を付け加えればいいのかというご趣旨でご質問があったと思うんですけど、私はこの資料1の別添1は非常によくできている資料だと思うんです。安全評価のために何を考えてどういうふうに計算をしているか、それから実際のものがどういう構造になっているかということ、非常に丁寧に説明していただいとると思うんです。だから、付け加えていただきたいと申し上げたのはほんの少しなんです。

そのほんの少しというのは、主として材料の健全性、安全性に至る前のむしろ健全性の問題が中心だと思うんです。これを維持するためにどういうことが考えられて開発がなされてきたかということが、ここには抜けていたんじゃないかなと私は思いました。だから、そういう観点でちょっと、今後同じようなことがあったときに見ていただくといいのではないかなと思いました。

○望月部会長

村松先生、ありがとうございます。その辺は、森先生のコメント、前のコメント、レジンはどれぐらいの劣化があるのかというような、もともとの材料に対しての疑問というか、大まかにど

れぐらいなのかなというのがわかれば安心するというか、それなりの理解で聴くことができるということだと思います。

○森委員

先ほどの村松委員がおっしゃったのも結局信頼性というような言葉で、私が今聴いたのもその信頼性という意味で、つまり皆さんは結果だけ、例えば μ プラス 3σ の結果を示して結果がいいでしょと言われても、やっぱり我々は μ が何で σ が何でという、 σ が 3σ を取っているから信頼度が高いねと、0.92 から 0.95 まで σ でやったら 10σ ぐらい離れているから、これは十分安全だねと判断ができる。でも結果の値だけを示して、安全でしょと言われてもなかなかその内容がわからないので、その内容が平均的な姿とばらつきという、そのばらつきが信頼性という観点で十分安全だという、そういう議論を全部にわたって記載していただくと、多分、渡邊委員の懸念も、皆さんの懸念も全部この辺にあるのだと思うんです。そこのところを細かく説明していただければ、資料自身はとても丁寧に私も作られていていいなと、だからあとちょっと付け加えて記載していただくとみんながハッピーになれるんじゃないかなと思った次第です。すみません、最後に一言。

○望月部会長

渡邊先生。

○渡邊委員

材料の健全性から言うと、例えば燃料ピンが割れるという現象は非常に現象的にある確率でもって起きるとというのが分かっているわけですね。こういう現象があったときに、保管中に割れるという確率だったり、それはどういうふうに理解しているのですか。

もう少し詳しく言うと、例えば、その供用期間中に燃料棒が割れるというのはいわゆる燃料ピンの製造工程にあると言われていて、それがその供用期間中が終わって保管の領域に入ったときに、燃料ピンが破損する確率というのがあるわけで、これは一体なんだろう。

例えば先ほどから議論しているように、その温度が不均一であったり、応力かもしれない。いろんなメカニズムでもって破損する確率ということが発生するわけで、必ずしも一定の条件でずっと進んでいるというのはわからないので、これはどういう知見というので整理されているのですか。例えば事故によってある温度を超えたものというのが、発生する場合もあるし、それはいろんな発生する確率というのが評価されているわけではないのですか。

○四国電力

四国電力榎尾でございます。確率というのはちょっとすみません、今手持ちにないので申し上げられませんが、それまで SFP（使用済燃料プール）とか供用期間中の事例を踏まえまして、燃料がいろんな事象でリークを起こしますので、そのリークを発生している割合としましては、今までの実績としましては 0.001% 程度と考えてございます。

○渡邊委員

0.001 というのは供用期間中に燃料ピンが割れる確率とほぼ同じくらいですよ。違いますか。

○四国電力

すみません。供用期間中でございます。

○渡邊委員

供用期間中と同じですよ。それをそのまま持ってきたんですか。

○四国電力

おっしゃるとおりでございます。

○渡邊委員

だから供用期間中と同じ確率でもって燃料ピンが割れると考えているんですが、そういうふうな確率でもって。

○四国電力

四国電力の樞尾です。貯蔵乾式貯蔵中でございますので、内部は不活性な状態で貯蔵してございますし、先ほど申しました静的に安全なキャスクに入れてございますので、それよりもっと低いとは思ってございますが、仮にそれぐらいでもということで考えてございまして、その値を使いまして今回は、閉じ込め機能等を評価しているところでございます。

○望月部会長

なかなか数字で示して 10 のマイナス 6 乗の確率とかだったら許容範囲とかというのはなかなか難しい判断と言うか、数字では何か言い切れない面もあると思うんですけど、数字で出るものは出してもらったらいかなと思います。

そのほか、ございませんでしょうか。

まだ突っ込んで議論したら、わからないところもいろいろ出てくると思うんですけど、姿勢という方向性というのはわかるのではないかなと思いますので、よろしく願いいたします。

(2) 伊方発電所 2 号機の廃止措置計画について

○望月部会長

それでは、審議事項 2 の「伊方発電所 2 号機の廃止措置計画について」に移りたいと思います。

本計画につきましては、2 月 18 日に本部会で基準への適合性等の確認が一通り終了しているところですが、本日はその後の国の審査状況について事務局及び四国電力から説明をお願いいたします。

○事務局

愛媛県原子力安全対策推進監の大橋です。

伊方発電所 2 号機の廃止措置計画について、国は 7 回の審査会合で審査した結果、基準に適合すると判断し 10 月 7 日に認可してございます。

本日は、国の審査経緯等について四国電力から説明をしていただくこととしております。

よろしく願いします。

○四国電力

四国電力 原子力本部の津村です。よろしく願いいたします。

それでは、お手元の資料2に基づき、伊方発電所2号機の廃止措置計画の審査状況についてご説明させていただきます。失礼して着座させていただきます。

1枚めくっていただきまして、1頁をご覧ください。

これまでの経緯ですが、伊方発電所2号機は平成30年5月に運転を終了し、同年10月に廃止措置計画を原子力規制委員会へ提出するとともに、愛媛県及び伊方町に対し安全協定に基づく事前協議の申入れを行っております。

本部会においては、平成31年2月8日に申請の概要をご説明し、また令和2年2月18日には国の審査状況や委員の皆様からの質問回答をご説明させていただいております。

その後の国の審査状況につきましては3回の補正を行い、本年10月7日に廃止措置計画が認可されましたので、本日はその補正内容についてご説明させていただきます。

審査の状況に記載しておりますとおり、令和2年5月18日に検査制度見直しによる法令改正に伴う必要な記載などの変更を行っております。令和2年8月31日に審査での指摘事項などを反映した記載の明確化、適正化を行っております。令和2年9月18日に第1段階で実施する使用済燃料の搬出先の1つである使用済燃料乾式貯蔵施設の設置変更許可に伴う必要な記載の変更を行っております。

2頁をご覧ください。

これまでの部会にてご説明させていただいておりますが、参考として廃止措置計画の全体像について記載しております。2号機の廃止措置も1号機同様、全体工程を4段階に区分いたしまして約40年かけて実施する予定としております。

3頁をご覧ください。

こちらも参考になりますが、2号機の使用済燃料は1号機同様、第1段階の期間中に全て2号機から搬出する予定ですが、搬出先は六ヶ所再処理工場、3号機の使用済燃料貯蔵施設、使用済燃料乾式貯蔵施設に搬出することを計画しております。

簡単ですが、本資料の説明は以上となります。

○望月部会長

ありがとうございました。

それでは、ただいまの件に関しまして、欠席の委員から何か質問とかコメントとかございますでしょうか。

○事務局

本日の資料につきまして、事前に各委員に送付させていただいており、本日欠席の宇根崎委員及び岸田委員からは本資料に関する意見等はありませんでしたので、ご報告させていただきます。

○望月部会長

ありがとうございます。

それでは、委員の先生方から質問、コメント等はございませんでしょうか。

一応、2月のこの部会では承認はされているけど、それから国のやり取りがあったということでもう一度説明していただきました。

どうぞ、渡邊先生。

○渡邊委員

原発の廃炉をするときにいろんな議論が必要なんですけども、例えばこれまで1号炉の例ですと、処理と処分の問題だとか議論してきたわけですよ。もう一つは、管理委員会で話題になって議論しましたが、それに伴う40年間にわたっての人材の育成を地元なり四電がどうするのかという問題は管理委員会で取り上げてきたわけですよ。

そういうふうなことについて、どういう状況になっているかというのをお聴きしたいですが。

○望月部会長

よろしいですか。

○四国電力

四国電力の古泉です。

○渡邊委員

廃棄物の処理・処分の問題。燃料の問題ではなくて、壊したときに発生する廃棄物の問題。

○四国電力

処理・処分については、廃止作業を進める上で大事な課題だと思っております。現状具体的な構外への処分というのは、具体的な計画というのはまだありませんけれども、それまでは敷地内に一時保管するというので考えておりますし、最終的にはそういう処分の方法、処分地についてもこれはそういったものを発生させる事業者としての責任として、しっかり取り組んでいきたいと考えております。

人材のほうについても、廃止措置としましては専属の部署を作りまして取り組んでいるところでございます。引き続き技術の継承にも取り組んでいきたいと考えております。

○渡邊委員

原発の廃炉に関してですけども、先行炉というのがあるわけで、そういう先行炉というのはここで言う第2段階が過ぎて第3段階に入っているような炉が国内ではあるわけで、そういうところの現状を見るといわゆる内部の炉内の廃棄物の処理・処分ができなくて作業がとまっている、進行が非常に緩やかになっているというのが状況として国内ではあるわけですけども、そういう状況がもう始まっているわけですからもう少し何て言うかな、やってもらいたいですね。

あとは、いわゆる一定基準のものはリサイクルすると言われてはいるわけですけども、そのリサイクルに関しては多分地元の問題になると思うんですけども、そういうふうなものが進行しているようにはちょっと見えないんですね。というのが、私の考え、意見ですね。

もう一つ、人材育成に関しては、いろんな例えば文科省にしても規制庁にしても原子力人材育成事業というのが数年前から始まってきたわけですけども、どこの人材育成も出口戦略というかそういうところに立ち至って、すでに開始から5年なりある一定の年数になってきたわけです。そのときに出口戦略で何をするかとなったときに自分たちの地域でやりなさいと、ある一定の期間だけは国が補助金等で助成しますけども、それから先は地元が中心とした人材育成の道を作りなさいと言ってるわけです。大学ではそう言われているわけですよ。そういうふうなことになったときに、地元や例えば四国電力は部署を作っていると言いました。それは当たり前で部署を作らないと廃炉は進まないわけで、それは部署だけで本当にいいのかというのにはちょっと説明が必要だと思うんですけども、以上です。

○四国電力

四国電力の山田でございます。廃棄物の問題は、本当に重要な問題だと思っています。我々、事業者がこれは発生者責任という原則で、しっかり取り組んでまいりたいと思います。2号機はこれからですけど1号機もまだ第1段階で、実際発生するのは第2段階以降ということでもう少し時間もありますけども、各電力会社とも協調をとってしっかりやっていきたいと思っています。

それと、人材育成につきましては、やはり廃止作業というのは廃炉研究会というものをやっています、地元の大学とか地元の企業さんを入れて研究をやっています、今、防護服等の2件の商品開発をやっているということもありますし、それと色々な作業を極力地元の皆さんを使って作業をやっているというのが基本ベースでございますので、これからも地元と共生しながら廃炉作業についてはやっていきたいと思っております。

○望月部会長

森先生。

○森委員

この資料で、2頁に書いてありますように40年かけてやると、それと最初の解体工事の準備期間とか解体撤去期間というのが10年、15年くらい続いて、技術者がどれくらいきちんといつもいるのかなというのは気になるんですけど、机の上に配付されています令和2年5月の書類の中で、5の1頁というところに10年以上の経験年数を有する特別管理者が、平成30年現在の補正前は75人、補正後の令和2年3月で66人ということで、2年間で10人減っているんですけど、そうするとまた2年経ったら10人減るのかなと、ちょっと心配で。そうすると2年で10人減ったら10年で50人減ることになって、そうすると10年で10年以上経験する人は誰もいないじゃないかという単純な、そんなふうにはならないとは思いますが、質問は何かというと、そういう10年以上の経験年数を有するというような形容詞のように、つまり責任が取れるような十分な技術を持っている技術者というのが、働いている人300人とかあるいは作業として雇っている人を入れてまた何百人というのではなく、そういう高度な技術を判断できる方が何人くらい常駐させるのかといったような、体制について少し教えていただければと思います。

○四国電力

四国電力の古泉です。ちょっと数字的な話は今すぐにはあれですけども、状況としまして人数が少し減っているというのは事実でございます、それはちょうど団塊の世代と言いますか、ちょうどベテランの方が退職される人数が多い時期に今差しかかってきておまして、現状ではベテランの方が辞められて新しい方が入ってくるというバランスが、ちょっとまだ辞める方のほうが多いということですけども、いずれ平衡してくると思っています。

業務、仕事のほうも、これはもともと3基あったプラントが今動いているのが1基と、プラス廃炉作業があるということで、業務の中身も従来3基運転した時代とは少し違うということで、業務の内容とそれからどういう人員を充てるかというのを検討しながら適切に配置しているということでございます。

○望月部会長

よろしいですか。

○森委員

つまり、そうすると廃炉ということに関わる部隊といいますか、そういうグループを設置されているというご説明がありましたし、そういうグループについては一定数、高度な技術者を含めあるいはその下の技術者も含め、そういうグループはずっと維持できるんだというような、そういう計画であるという理解でよろしいですね。

○四国電力

四国電力の古泉です。おっしゃるとおりですので、もともと運転中のプラントの仕事をしてきた経験のあるものを集めて、そういう専門の部署をつくっているということでございます。

運転側の仕事というのは減っておりますので、そういうところから人が集めてこられるということでございます。

○森委員

わかりました。

○望月部会長

ありがとうございました。

私の私見ですけど、原子力関連に大学に入っていた人は非常に優秀な人が多くて、頭のいい人がすごくたくさん入っていたとか人気もあったし、最近はどうかなという、優秀な若い人は大学に入ってくるかなというところも含めてちょっと心配な面があったんですけど、廃炉をするために大学に行って勉強をしてというのはモチベーションどんなのかなと思って、余談ですけど、その辺もちょっと心配されているのではないかなと、渡邊先生とか森先生とかされているのではないかなと思うんですけど、私からいかがですかということではないんですけど、どんどん若い人もちゃんとそういう大事な作業ですので、そういう中に優秀な人をどんどん取り入れてチームにしてほしいなというふうに思います。

そのほか、ございませんでしょうか。

どうぞ、中村先生。

○中村委員

原子力発電所の廃炉と申しましても、放射性物質を含んでいる部材があるところは非常に少なく、非常に限定的なところだと思うんですね。それで、このバインダーでいただいております中で1つだけ関心がありますのが、54頁に書かれている低レベルの放射性廃棄物の廃棄、そればかりだと思うのですが、比較的放射能レベルの高いL1と呼ばれている中深度処分の対象のもの、それも含めてL2、L3に区分して区分処理、性状に応じて廃棄事業者の廃棄施設に廃棄すると書いてあるんですね。多分、これから廃棄物が出てくると思いますので、それを全国で並行的に出すとかいろいろあると思うんですけど、L1の対象に対して、今後L3は極めて低いものはすぐに対象から外れてくると思うのですがL1は意外と長く残っちゃいますので、それも廃棄事業者が廃棄施設に廃棄するという部分のところ、何となくこれから徐々に問題としては挙がってくるような気がするんですね。それで、多分まだ長い話なので今後の話になるようにも思えるところはあるんですが、この冊子のもっと前のほうに除染の方法というのがありまして、それで徐々にそういったところを分離しながら系外に出していくという作業が工程上出てくるときに、L1の部分ここで書いてあります60頁ですと、90トンですから大したことはないと思うのですが、どうやって処分していくかということも方針をまた改めて別の機会に説明いただけたらなと思うんですけど。

○四国電力

おっしゃるとおり、L1 というものにつきましては、まさに国の基準もできつつありますので、いずれにしましてもこのL1 というのは各電力会社共通の廃棄物になってきますので、これは電力会社全体でこちらについては検討を進めているところでして、今のところちょっとお答えするような内容は現時点ではないという、特にL1 につきましては、当然第3段階ぐらいから出てくるもので、我々としてはL2 とかL3 とかももう少しレベルの低いやつについては、こちらは割と近い将来の課題かなと思っております。

○中村委員

その意味で、今人材育成の話がありましたけど、多分、今日ここにいる方々は第3段階になると誰もいないんじゃないかと思っておりますので、そのときになってもちょうどこういったことが担保できるように、うまく将来の展望をもってやっていただいて、お願いいたします。

○望月部会長

中村先生、遺言ありがとうございました。どうぞよろしくお願いいたします。

そのほか、ございませんでしょうか。

どうぞ、村松先生。

○村松委員

一つ教えていただきたいのですが、この作業をずっと続けていく間に考慮すべきことの一つは被ばく線量の管理であると思います。1号の議論のときに実績を説明していただいているのですが、ちゃんと記憶していないので、もし可能でしたら簡単に教えていただきたいのは、被ばく線量に関するマネジメントというのは作業をする前に計画をし、それを実際にやってそれから測定をして監視をし、必要に応じて修正していくという、そういうサイクルをやってらっしゃるんだろうと思うのですが、その結果として今までの1号のご経験ではどの程度フィードバックというものが大事であったかということ、目標の線量とか実際の線量制限値との比較からものすごく小さければあまり重視してやられていないかもしれないと思うのですが、大体どんな感じか、その線量制限値に比べてどの程度であって、だからその毎年低くしようということで作業方法を変えるとというのはそれなりにコストのかかることでもあるし、失敗も生じるかもしれないので、変えればいいというものではないとは思いますが、その辺りはどのようになっているかということと、それから諸外国に比べて同じようなPWRの廃炉の実績があるならば、そこ作業員の被ばくの実績というのは比較をされているかというようなこと、その辺りを教えていただけるとありがたいです。

○四国電力

四国電力の古泉です。ちょっと今日、手元に資料がないので記憶の範囲内でこれまでご説明したことを申し上げますと、被ばくについては計画値よりは低めの実績で挙がってきております。ギリギリとかそういうことではなくて、ある程度余裕を持った実績であったと思います。

ただ、1号機ですけど現在は第1段階ということで、あまり線量のあるものを扱うのは作業物量としてあまりないというのがあります。この第1期間中にいろいろ調査しまして、管理区域中の作業が第2段階以降となりますので、その作業に当たっての物量の検討、被曝の検討なんかもして、第2段階以降の作業計画を立てていくのがこの第1段階でやることですので、第2段階

は調査結果に基づいて策定していく。現状、第1段階については計画線量よりはわりと低い実績で挙がってきたと思います。

外国との比較はなかったと思いますが、他プラントの線量の結果と比較しても、そう差はないというようなデータだったと思います。

○望月部会長

ありがとうございました。作業に携わる人たちが実際に自分たちがどれぐらい線量を浴びているかというのが、それがどれぐらい人体の影響を及ぼすのかというデータは原子力船がありますよね、原子力船の船を直すというような人たちの大きなデータがあるし、それぐらいでどれぐらい癌のリスクが増えているのかとか、そういうような具体的な数字もありますので、そういうのを示して、それぐらいだったら全然大丈夫なんですよということを安心させながら作業してもらったらいんじゃないかなと思います。

そのほか、ございませんか。高橋先生なんか高所に立ったもの。よろしいですか、まとめ。それでは、事務局のほうから今後の流れについて説明をお願いいたします。

○事務局

本日いただきました伊方発電所使用済燃料乾式貯蔵施設、2号機廃止措置計画については国における審査が終了していることから、次回部会には国の担当者にも出席いただき審査結果を説明いただくこととしております。

また、本部会では乾式貯蔵施設について5回、2号機廃止措置計画については3回にわたり審議を重ねてきたところであり、委員の皆様から提出された意見等に対する四国電力の考え方がおおむね示されたことから、次回部会では本日いただきましたコメントの回答をご確認いただくとともに、これまでの審査内容を踏まえた部会報告書案についてもご審議いただきたいと考えておりますので、よろしくお願いいたします。

○望月部会長

ありがとうございました。

以上で、本日予定している議題は終了いたしました。委員の先生方から何かほかにごございませんでしょうか。

中村先生、どうぞ。

○中村委員

四電さんの話ではないんですけども、ご存じのように関西電力の発電所で溶接部分に亀裂が見つかってるんですね、配管部に。多分あれは、計測間違いということではないかという話も出てたぐらいでして、よくわからないところがあるんですけども、もしもあれが実際にそういった問題が、つまり溶接をしているところは材料的に劣化していつてみたいなのが、SUS316だったら鋭敏化はないかもしれないですけども、同じようなことが伊方3号でもあり得るのであれば、どんなふうに対処されるのかといったようなことを、もしもそういうことになればですけども、また四電さんの方針を聴かせていただければなと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。

○四国電力

四国電力の山田でございます。大飯3号機の件につきましては、あらゆる情報を入手しておりますけれども、今現在、規制庁のほうでワーキンググループが、5回ぐらい開かれていまして、原因とかその辺りが検討中というふうに認識しておりますので、ちょっとその辺りも踏まえて我々としてもしっかり対応していきたいと思っております。

○望月部会長

ありがとうございます。

そのほか、ございませんでしょうか。

特にないようですので、本日の専門部会を終了いたしたいと思っております。委員の先生方、それから四国電力の皆様、それから傍聴して下さった皆様、お疲れさまでした。ありがとうございました。