

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第1131回

令和5年4月4日（火）

原子力規制委員会

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第1131回 議事録

1. 日時

令和5年4月4日（火） 10:00～11:17

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

担当委員

杉山 智之 原子力規制委員会 委員

原子力規制庁

小野 祐二 長官官房審議官
渡邊 桂一 安全規制管理官（実用炉審査担当）
戸ヶ崎 康 安全規制調整官
奥 博貴 企画調査官
塚部 暢之 上席安全審査官
中川 淳 上席安全審査官
雨夜 隆之 上席安全審査官
森田 憲二 上席原子力専門検査官
西内 幹智 安全審査官
中野 裕哉 安全審査官
藤川 亮祐 安全審査官
日高 慎士郎 安全審査専門職

九州電力株式会社

林田 道生 常務執行役員 原子力発電本部 副本部長
田中 正和 原子力発電本部 部長（原子力建設）
石井 朝行 原子力発電本部 原子力経年対策グループ長
上村 佳広 原子力発電本部 原子力経年対策グループ 副長

中原 弘	原子力発電本部	原子力経年対策グループ	担当
山下 隆徳	原子力発電本部	原子力工事グループ	長
南 直樹	原子力発電本部	原子力工事グループ	副長
中ノ園 真誠	原子力発電本部	原子燃料技術グループ	副長
吉永 祥	原子力発電本部	原子燃料技術グループ	副長
松木 喜彦	原子力発電本部	原子燃料技術グループ	担当
柴田 裕介	原子力発電本部	原子燃料技術グループ	担当

4. 議題

- (1) 九州電力(株)川内原子力発電所1号炉及び2号炉の運転期間延長認可申請等に
係る審査について
- (2) 九州電力(株)玄海原子力発電所第3号機の燃料体(17行17列A型燃料集合
体(ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料))に係る設計及び工事の計画の審
査について
- (3) その他

5. 配付資料

資料1-1	川内原子力発電所1, 2号炉	特別点検 (原子炉容器の特別点検要領書における試験対象範囲図について)
資料2-1	玄海原子力発電所第3号機	燃料体(17行17列A型燃料集合体 (ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料))に係る設計及び工事計 画認可申請について
資料2-2	玄海原子力発電所第3号機	設計及び工事計画認可申請書 【ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料体】 補足説明資料
資料2-3	玄海原子力発電所第3号機	設計及び工事計画認可申請書

6. 議事録

○杉山委員 定刻になりましたので、ただいまから原子力発電所の新規制基準適合性に係
る審査会合、第1131回会合を開催いたします。

本日の議題は、議事次第に記載のとおり、2件ございます。

また、本日はプラント関係の審査のため、私、杉山が議事を進行いたします。

それでは、議事に入ります。

最初の議題は、議題(1)九州電力(株)川内原子力発電所1号炉及び2号炉の運転期間延長認可申請等に係る審査についてです。

では、九州電力から資料の説明をお願いいたします。

○九州電力(上村) 九州電力の上村です。それでは、資料の御説明をさせていただきます。よろしくお願いいたします。

資料1-1を用いまして、川内原子力発電所1,2号炉特別点検(原子炉容器の特別点検要領書における試験対象範囲図について)、御説明させていただきます。

ページをめくっていただきまして、1ページ目になります。

1. 概要です。特別点検要領書(原子炉格納容器)における半球部内面板割図の鋼板の配置が正確でなかったこと、こちらにつきましては、2020年の12月1日にヒアリングで、1月24日に審査会合で御説明をさせていただいておりますが、このことを受けまして、当社にて、原子炉容器等についても同様の事象がないか確認してございます。その結果、運転期間延長認可申請書添付書類一の特別点検結果報告書のうち、川内原子力発電所1,2号炉特別点検要領書の原子炉容器に記載してございます自主点検範囲図、こちらにつきましては、格納容器と同様に、点検内容を分かりやすくすることを目的に、プラントメーカーにて作成した簡略図でございましたけれども、こちらにつきましては、溶接線の配置が正確には実機と異なっていたことを23年の3月13日に発見してございます。

お手数ですが、ページをちょっとめくっていただきまして、右肩3ページ目に1号機、4ページ目に2号機の当該範囲図を示してございます。

左側の図になります。3ページの1号機を用いて御説明させていただきますけれども、左側に原子炉容器の簡略図を載せておりますが、それを右側のほうに展開してございます。この右側の展開図の赤のくもくもの部分でございますけれども、こちらに炉心領域の長手溶接線が、本来であれば、Cの入り口側のところにもう一本あるべきところ、1本不足しており、溶接線の配置が正確的には実機と異なるという状況が確認されました。

4ページ目の2号機についても同様でございます。

1ページに戻っていただきまして、概要の一番下でございますけれども、そのため、当該簡略図を使用しました点検結果への影響の有無等について、御説明をさせていただきたいと思っております。

2. 点検結果への影響の有無でございます。特別点検要領書の自主点検範囲図につきましては、溶接線の配置について、正確には実機と異なる箇所があったものの、申し上げましたとおり、点検範囲を視覚的に分かりやすく示す図でございます。実際のデータ採取における超音波探傷試験及び点検記録の作成には用いていない図でございます。特別点検要領書に基づく点検の記録、後ほど御説明しますが、こちらにつきましては、溶接線の配置を正確に反映しました点検範囲図を使用していることを点検する際に確認してございまして、また、今回の要領書の溶接線の不足の事象が発生した後にも、当社にて、正確な溶接線の配置と点検記録が正確な配置となっていることを確認しており、点検結果への影響はないというふうに考えてございます。

すみません。再度、お手数ですが、3ページ、4ページを用いて御説明をさせていただきますけれども、3ページ、1号機、右側の図が点検結果として使っている展開図でございます。赤いくもくものところに記載しておりますけれども、今回、点検範囲図、1/4から4/4あるうちの当該溶接線を点検記録に載せています、4/4で御説明させていただいておりますけれども、この赤いくもくもの部分を見ていただきますと、Cの入り口のところに溶接線が正確に入っているということでございます。点検範囲図につきましては、4/1から4/4、同様に、これらの図を用いておりますけれども、ほかの図につきましても、点検結果用の図につきましては、正確な溶接線を記載してございます。2号機についても同様でございます。こういったことから、点検結果への影響はないというふうに考えてございます。

すみません。1ページ目に戻っていただきまして、今後の対応でございます。

格納容器につきましても同様でございますが、当社の改善措置活動基準に基づきまして、特別点検要領書及び特別点検報告書の修正を行ってございます。当然ながら、この事象を発見したときに、こちらにも改善措置活動に基づいて、状態報告、CRを発行してございます。

(2)でございます。格納容器と同様に、先ほど申し上げました修正した特別点検報告書を運転期間延長申請の補正をさせていただく際に、運転期間延長認可申請書の添付書類一として提出させていただくことを考えてございます。

続きまして、2ページになります。こちらでは、当該簡略図を使用した経緯と自主点検範囲図の使用の箇所を示してございます。

右側の使用箇所から御説明させていただきますが、まず、赤の部分が、実際にこの簡略図を使っている部分になります。特別点検要領書でまず使ってございまして、そちらを特別点検の報告書として読み込んでございますので、こちらの部分にも使われてございます。

一番下の図になりますけれども、最終的に、原子炉容器、格納容器、コンクリート構造物の各特別点検報告書をまとめたものが特別点検結果報告書になりますけれども、こちらにも特別点検報告書そのものを読み込んでございますので、実際に、溶接線がなかった要領書を含んだ形で、今、出来上がっておりますので、先ほど申し上げたとおり、この申請書の添付書類一を修正したものに替えて、補正をさせていただく予定でございます。

最後に、この簡略図を使用した経緯でございますが、まず一つ目ですけれども、当社は、特別点検、データ採取を含む特別点検に関わる検討を行うに当たりまして、原子炉容器の点検範囲を視覚的に分かりやすく示すための炉心領域の簡略図を作成する必要があると考えてございまして、点検を行うプラントメーカーに作図を依頼してございます。依頼を受けたメーカーは、この図は簡略図として使用するという認識を持ってございまして、正確な溶接線の配置となっているかまで、確認できていなかったという状況でございます。

三つ目ですが、当社は、当該簡略図をメーカーから受領した後、特別点検要領書を作成する際に確認はしてございましたけれども、用いている目的が視覚的に分かりやすく示すためということが念頭にありまして、作成したメーカーと同様に、正確な溶接線の配置となっているかというところまで意識が及んでおらず、実機と異なる箇所を見逃していたということが経緯でございます。

簡単ではございますが、当社からの説明を終わらせていただきます。

○杉山委員 ただいまの説明に対しまして、質問、コメント等ございますか。

藤川さん。

○藤川安全審査官 原子力規制庁の藤川です。

本件、1月に審査会合で説明のあった件の水平展開と思うんですけど、これは、今、何をどこまで調べられたのか。要は、申請書類全部、もう調べ——水平展開し終わって、本件、これが最終報告なのか、それとも、まだ途中の経過の報告なのか。これはどちらでしょうか。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

我々が格納容器で簡略図が使われていたことを、水平展開を受けまして調べたところは、範囲としましては、特別点検につきましては、このような簡略図を使用している箇所があるだろうということで、残りの原子炉容器及びコンクリート構造物について、調査をしてございます。特別点検の、当然ながら結果まで含めて確認をしてございます。

で、我々としましては、今回の実証の水平展開の範囲としましては、特別点検の部分に

関わるものというふうに考えております。その理由が、実際、劣化状況評価、高経年化技術評価ですけれども、こちらにつきましては、我々、規定文書の中で、実際に確認する観点というのを定めて、これまでも運用してきたところがございます、しっかりと確認できているというところを考えておりました、対象外としております。

我々が、今、原因分析中でございますけれども、今回、特別点検の要領書でこのようなことが見つかったというところは、劣化状況評価、高経年化技術評価のそういった確認の項目に比べまして、若干、明確に定められていなかった部分があるんじゃないかということが一因というふうに考えているところもございますので、そのような形で、特別点検の範囲を確認しまして、一応、我々としては、格納容器の水平展開としましては、最終報告というふうに考えてございます。

以上になります。

○藤川安全審査官 規制庁、藤川です。

格納容器、水平展開としては最終報告ということなんですけど、原因とかは分析中ということなので、それは改めて会合の場で説明いただけるということでしょうか。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

今、改善措置活動に基づきまして、QMSの中で、水平展開も含めて、検討中でございます。当然ながら、その確認を終えまして、最終的な水平展開の結果、是正措置の内容が決まりましたら、改めて御説明をさせていただきます。

○藤川安全審査官 規制庁、藤川です。

はい、承知しました。

○杉山委員 ほかにございますか。

雨夜さん。

○雨夜上席安全審査官 はい。規制庁、雨夜です。

パワポの2ページに、ここで経緯ということで、当該簡略図を使用した経緯というのが記載されております。で、今の御説明で、書類の流れというのは、この図で描かれているんですが、どうも、やっぱり腑に落ちない点がありますので、ここで、もう一度、質問をさせていただきます。

3ページの自主点検範囲図、これが1号炉の例ですが、ここで、図1で試験対象範囲と書いて、括弧書きで「母材及び溶接部」と書いてあります。通常、何か検査とか点検とかをするときには、計画書があつて、要領書があつて、それに基づいて報告書があるというの

が基本的なパターンだと思うんですが、こちらでは、要領書のこの図が報告の一部である、この点検記録、これがそのまま使用されなかったというのは、つまり、要領書に基づいて、そして、点検されるというこの流れがちょっと見えない、ぼやっとしているところがあるかと思うんですが、その点につきまして説明をしてください。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

御指摘の部分もございますけれども、我々が、格納容器もそうだったんですけれども、特別点検というところ、今回、川内1,2号炉につきましては、特別点検の形態が発電所で取りました、データ採取をしました自主点検記録を、記録を確認するということが特別点検の内容になってございます。その際に、特別点検の要領書自体は、この範囲が特別点検の範囲図であるという、実際、簡略図であったというところが一番の原因でございまして、実際に、この要領書が、要領書を開きながら、特別点検の実施、発電所にあります自主点検記録を確認したというものではございませんで、実際にこの範囲を点検するという部分だけを示した図になってございます。

実際に、発電所にあります自主点検の記録も、当然ながら確認はしておりますが、要領書も含めまして。その要領書の中にも、このように、溶接線が正確でない図は入ってございまして、もう少ししっかりと溶接線まで含めた要領書を使っていることは、特別点検の中で確認はしておりますので、そういった意味からも、本来であれば、要領書にあるものが点検記録に入っているというところもあるのかもしれませんが、我々の今の特別点検では、実際に発電所で確認した記録が正しいかどうか、しっかりしたものかというのを特別点検で確認した上で、点検記録につきましては、この要領書から持ってくるのではなく、特別点検の記録は特別点検要領書から持ってくるのではなく、どちらかといいますと、発電所の自主点検の記録に沿って間違っていないかという確認をしておりますので、要領書と記録が違う図になっているというのが実情でございまして、よろしいでしょうか。

○雨夜上席安全審査官 規制庁、雨夜です。

つまり、まず、点検記録があって、それをどう確認するかという要領書が後から作られたという、そういう理解でよろしいのでしょうか。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

そうですね。今おっしゃっていただいているのは、発電所の記録があって、それを特別点検としてどう確認するかということであれば、今おっしゃっていただいたとおりになります。

○雨夜上席安全審査官 はい。規制庁、雨夜です。

御説明の内容は分かりました。

○杉山委員 戸ヶ崎さん。

○戸ヶ崎安全規制調整官 はい。規制庁の戸ヶ崎です。

今までのちょっとやり取りで、今まで何がどこまで分かっている、どこまで調べられたのかということと、あと、今後の話があったと思うんですけど、まず、原因につきましては、このパワーポイントの2ページにあるように、本来は、この特別点検要領書というのは範囲を示せばよかったものであるものが、ここに書かれているように、簡略図を作成する必要があると考えて、それを正確でない情報で作ってしまったというところに原因があるというふうに考えてよろしいんですか。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

御指摘のとおりかと思っております。なので、今後、今、原因分析で、最終的には是正措置を考えていく必要があると思えますけれども、その辺りもしっかり踏まえて、是正措置をしていきたいというふうに思っております。

○戸ヶ崎安全規制調整官 規制庁の戸ヶ崎です。

で、その、同じような原因が考えられる範囲というのは、先ほど御説明があった、前の会合でも御説明がありました特別点検の原子炉格納容器の点検要領書、それと、先ほど御説明があった特別点検の今回の原子炉容器の範囲、それと、あと、コンクリートの範囲というふうに同じ原因が想定される場所はそういうところで、それについては、もう全て調べられたという理解でよろしいんですか。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

そのとおりでございます。

○戸ヶ崎安全規制調整官 はい、分かりました。

そうすると、もう今回の原因は大体分かっている、その同じ原因の範囲については、もう調べられて、今回御説明があった部分が追加であったというふうに理解してよろしいでしょうか。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

その御認識で結構です。

○戸ヶ崎安全規制調整官 はい、分かりました。

規制庁の戸ヶ崎です。

そうしましたら、その点につきましては、先ほど、前回の原子炉格納容器の修正と併せて補正をされるということですので、補正の際にまた間違いがないように、ちゃんと確認をしていただきたいと思います。

あと、もう一つ、先ほど質問させていただいた、本来は要領書に従って点検記録というのは作られると思うんですけど、その要領書が間違っていた状態で、なぜ正確な点検記録ができたということについては、別途、発電所の点検記録があって、それを基に点検されていたということだったんですけど、発電所の点検記録というのは、点検をする人にどういう形で伝わっていたんでしょうか。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

まずは、我々のほうから自主点検の依頼を本店のほうからしておりまして、それをもちまして、発電所のほうで自主点検を実施してございます。発電所につきましては、日常のコミュニケーションの中で、実際に、ガイドの中で、実際、炉心領域の100%、それは母材部と溶接線というところも共有していた部分もございまして、また、お示しさせていただき記録を見ていただくときも、実際見ていただければと思うんですが、発電所の要領書に記載しています範囲図というのは、実際に炉心領域、あとは、母材、溶接線も含めてですけれども、ある程度、どのように探傷（試験を）するかというふうに、かなり詳細にRVの場合は書かせていただいている要領書を作っておりますので、その中でも点検範囲自体はしっかりと明確にできているというふうに考えてございます。

以上です。

○戸ヶ崎安全規制調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

ちょっと補正のときの考え方になると思うんですけど、本来は、点検要領書でちゃんと範囲とかを示して、それに基づいて点検をやるというのが本来の流れだと思うんですけど、その補正というのはちゃんとそういう本来の形に戻して、じゃあ、ちゃんとした図面に要領書のほうも直して、それで、それに基づく点検記録というのが作られたというような流れになるのか、それとも、先ほど言われた発電所の点検記録というのを別途エビデンス資料として要領書とかにつけられるのか、そこら辺についてはどういうふうにお考えですか。

○九州電力（上村） 九州電力の上村です。

どちらかというと前者になりまして、もともと我々が作っております特別点検の要領書のまず間違った部分に、この部分が正確ではないというのを示した上で、要領書の最後に正確な図を添付しまして、それをもって、要領書の修正をかけております。

○戸ヶ崎安全規制調整官 はい。原子力規制庁の戸ヶ崎です。

分かりました。そうしましたら、ちゃんと補正のときに、ちゃんとそういう流れとか関係がちゃんと分かるようにしていただければと思います。

以上です。

○九州電力（上村） ありがとうございます。承知いたしました。

○杉山委員 ほかにございますか。よろしいですか。

（なし）

○杉山委員 はい。それでは、以上で議題(1)を終了といたします。

ここで一旦休憩時間を取ります。再開は10時35分といたします。

（休憩）

○杉山委員 審査会合を再開いたします。

次の議題は、議題(2)九州電力（株）玄海原子力発電所第3号機の燃料体（17行17列A型燃料集合体（ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料））に係る設計及び工事の計画の審査についてです。

では、九州電力から資料の説明を始めてください。

○九州電力（松木） 九州電力の松木でございます。それでは、お配りしております資料2-1を用いまして、本件について御説明させていただきます。

まず、スライド、右肩1ページ目ですが、こちらは目次のため、説明を割愛させていただきます。

続きまして、スライド2ページ目、1.燃料体に係る法令等改正内容について、御説明いたします。

2020年4月1日に実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則が改正され、設計及び工事計画認可に、設備として燃料体が追加されております。また、実用発電用原子炉に使用する燃料体の技術基準に関する規則が廃止され、その内容が実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈に移行されております。

当社では、玄海原子力発電所3号機のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料体の加工を2023年度下期より計画しており、これらの法令等改正を踏まえまして、設計及び工事の計画に関わる手続を実施いたします。

続きまして、スライド3ページ目になります。2.燃料体に関わる技術基準規則への適合性についてです。

今回の申請にて、適合性を確認する必要がある技術基準規則の条文選定理由及び確認状況をこちらの表に示してございます。

技術基準規則第5条、6条、7条、11条、14条、15条、19条につきましては、既設工認にて適合性を確認済みです。第23条につきましては、改正された実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈に対して、新たに要目表対象設備とする申請対象の燃料体の適合性を確認する必要があることから、本設工認にて適合性を確認しております。

続きまして、スライド4ページ目になります。技術基準規則第23条への適合性についてですが、本資料のスライド10ページ目以降に記載の4.燃料体の強度に関わる評価、5.燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐食性その他の性能にて確認してございます。こちらの内容につきましては、後ほど御説明させていただきます。

今回申請したA型MOX燃料体は、玄海3号機で使用しております現行のA型MOX燃料体と、主要な構造、材料は同一です。燃料体の強度に関わる評価方法及び評価結果、燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐食性その他の性能については、現行のA型MOX燃料体の同様となっております。

続きまして、スライド5ページ目になります。今回の申請で、原子炉本体の基本設計方針に追加した内容について御説明いたします。

本スライドに、原子炉本体の基本設計方針を抜粋して記載しております。追加内容は、下のほうですね、下線で示してございます。「燃料体は、「加圧水型原子炉に用いられる17行17列型の燃料集合体について」及び「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について」に基づき設計しておりますが、MOX燃料体の設計に当たっては、「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」にも基づく設計とすることを記載しております。

続きまして、スライド6ページ目です。今回申請していますA型MOX燃料体の構造について御説明いたします。

左の図に燃料集合体の構造概要図、右に燃料棒の構造の概要図を示してございます。今回の申請では、現行のA型MOX燃料体から、右側の燃料棒の図になりますが、下部端栓の形状の変更、また、燃料材の水素含有量、不純物含有量の規定値の緩和を行っております。この変更点3点につきましては、次のスライド以降、御説明いたします。

続きまして、スライド7ページ目になります。現行のA型MOX燃料体からの変更につきましては、先ほど申し上げました3点ございますが、いずれの変更につきましても、「4.燃

料体の強度に関わる評価」、「5.燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐食性その他の性能」の内容に影響はございません。

まず、下部端栓の形状の変更について、御説明いたします。

今回、燃料棒の浸透を抑制、フレッティング摩耗の低減を図るため、そちらに記載の変更後の図に記載のとおり、下部端栓を大テーパの形状に変更しております。この変更に関わる影響についてですが、実機の流速を模擬した流水試験により、燃料棒の振動及び冷却材の流況に関連するパラメータとして、励振力及び圧力損失係数を測定しております。いずれのパラメータも、大テーパ化が適用されている既認可済の48GWd/tウラン燃料と同等であり、期待される効果が得られ、機械的特性等に影響がないことを確認しております。

なお、励振力、圧力損失係数と関連する項目は、以下の表のとおり、まとめております。

続きまして、スライド8ページ目になります。水素含有量規定値について、御説明いたします。

水素含有量規定値の変更の背景、変更前後の水素含有量につきましては、そちらの表に記載のとおりでございます。ペレットに含まれる水素は燃料健全性（被覆管の機械特性）に影響を及ぼす可能性があります。図に記載のとおり、ウランペレットにおいては、そちらの図に記載の破損限界の帯以下の水素含有量では、被覆管内面平均温度にかかわらず、ペレットに含まれる水素に起因した破損には至らないことが分かります。MOX燃料体におきましても、被覆管内面平均温度はウラン燃料体と同等であり、また、ウラン燃料体とMOX燃料体の被覆材は同じため、ウラン燃料体と同様に、水素含有量規定値を設定しております。

続きまして、スライド9ページ目になります。不純物含有量規定値について、御説明いたします。

変更の背景、変更前後の不純物含有量につきましては、そちらの表に記載のとおりでございます。当該不純物元素は、熱中性子吸収断面積が大きく、中性子経済に影響を及ぼす可能性はございますが、その影響につきましては、そのほかの不純物による影響も含めて、別途、ボロン当量として管理しており、ボロン当量は、従来の仕様から変更しないことから、中性子経済に影響はございません。

以降の説明につきましては、説明者、別の者から御説明させていただきます。

○九州電力（柴田） 九州電力の柴田でございます。スライドの10ページ目から御説明させていただきます。ここからは、燃料体の強度に関わる評価に関する内容となっております。

して、まず、燃料棒の設計方針について御説明いたします。

燃料棒の構造設計基準につきましては、「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について」、「加圧水型原子炉に用いられる17行17列型の燃料集合体について」にて、次のように定められております。

今回申請しましたA型MOX燃料体におきましては、燃料設計及び設計手法につきまして、現行A型MOX燃料体から変更はございません。

(1)燃料最高温度は二酸化ウランの融点未満であること。(2)燃料棒の内圧は、通常運転時におきまして、被覆管の外向きのクリープ変形によりペレットと被覆管のギャップが増加する圧力を超えないこと。(3)被覆管に係る応力は、ジルカロイ-4の耐力以下であること。(4)被覆管に生ずる円周方向引張ひずみの変化量は各過渡変化に際して1%を超えないこと。(5)被覆管の累積疲労サイクル数は設計疲労寿命を超えないこと。

なお、原子力安全基準専門部会報告書「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」にて、MOX燃料体に関する設計の考え方、判断基準等につきましては、「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について」、「加圧水型原子炉に用いられる17行17列型の燃料集合体について」等に示されるものを適用することは妥当であると判断されております。

続きまして、スライド11ページにて、燃料棒の強度評価について御説明いたします。以下に燃料棒強度評価のフロー図をお示ししております。燃料棒の強度評価は、二酸化ウラン焼結ペレット及びガドリニア入り二酸化ウラン焼結ペレット及びウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレットの照射挙動並びにSn-Fe-Cr系ジルコニウム合金（ジルカロイ-4）被覆管の照射挙動をモデル化したFINEコードを用いて行います。

FINEコードは、燃料棒が原子炉内で示す挙動（核分裂生成物ガスの生成及び放出、ペレットの熱膨張、焼きしまり及びスエリング、被覆管の熱膨張、クリープ、照射成長、弾性変形等）をモデル化しまして、燃料温度、燃料棒内圧、被覆管の応力、ひずみ、疲労等を計算することができ、これらの評価結果につきまして問題がないことを確認しております。

続きまして、スライド12ページにて、燃料集合体の設計方針について御説明いたします。

燃料集合体の構造設計基準につきましては、「加圧水型原子炉に用いられる17行17列型の燃料集合体について」にて、次のように定められております。通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時におきまして生ずる荷重に対する応力は、原則としてASME Sec. IIIに基づいて評価されること。輸送及び取扱い時の6Gの荷重で著しい変形を生じないこと。

なお、「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」にて、MOX燃料体に関する設計の考え方、判断基準等につきましては、「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について」、「加圧水型原子炉に用いられる17行17列型の燃料集合体について」等に示されるものを適用することは妥当であると判断されております。

ただし、燃料輸送及び取扱い時の強度評価におきましては、MOX新燃料集合体は、輸送中に高温となり、強度が低下することから、燃料輸送及び取扱い時の荷重を4Gと制限しまして、構成部品がこの荷重に対しまして、十分な強度を有し、燃料集合体としての機能が保持できることを確認いたします。

続きまして、スライド13ページにて、燃料集合体の強度評価方法について御説明いたします。以下に燃料集合体強度評価フロー図をお示ししております。

燃料集合体の強度評価におきましては、燃料輸送及び取扱い時に加わる4G（常温時は6G）の設計荷重並びに通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時におきまして加わる荷重に対しまして、各構成要素が著しい変形を生じないための強度を有しており、その機能を保持していることを確認しております。

続きまして、スライド14ページ目ですけれども、ここからは燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐食性その他の性能に関する内容となっております。燃料体には、ウラン・プルトニウム混合酸化物、Sn-Fe-Cr系ジルコニウム合金、析出硬化型ニッケル基合金、オーステナイト系ステンレス鋼を使用しております。これらの材料はそれぞれの使用条件における耐熱性、耐放射線性、耐食性その他の性能について問題がないことを確認しております。以降、各材料について御説明させていただきます。

続きまして、スライドの15ページにて、ウラン・プルトニウム混合酸化物について御説明いたします。

使用部品としましては、ウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレットが該当しまして、この耐熱性につきましては、二酸化プルトニウムの添加及び燃焼に伴う溶融点の低下を考慮したうえで、計算モデルの不確定性及び燃料の製造公差を考慮しまして燃料中心最高温度を評価し、燃料溶融に至らない性能であることを確認しております。そのほか、耐放射線性、耐食性につきましても試験データ等により問題がないことを確認しております。

続きまして、スライド16ページにて、Sn-Fe-Cr系ジルコニウム合金について御説明いたします。

使用部品としましては、被覆管、制御棒案内シンブル、炉内計装用案内シンブル、燃料

被覆材端栓、制御棒案内シンプル端栓が該当しまして、これらの機械的性質につきまして、試験データにより照射等の使用環境による機械特性への影響を確認しております、これらを考慮した上で強度評価を行い、健全性を確認してございます。そのほか、耐熱性、耐食性等につきましても試験データ等により問題がないことを確認しております。

続きまして、スライド17ページ目にて、その他の部品について御説明いたします。

以下にお示ししております(1)、(2)のその他の部品の耐熱性につきましては、プラントの使用条件下で熔融や材質変化が生じることはなく、耐放射線性及び耐食性につきましても試験データにより問題がないことを確認しております。

続きまして、スライド18ページ目ですけれども、スケジュールについて御説明いたします。

こちらのスライドでは、当社が希望するスケジュールをお示ししてございます。2023年1月13日に設公認申請を実施しまして、2023年12月を認可希望として考えてございます。

続きまして、最後、スライド19ページ目でございますが、まとめを記載しております。

玄海原子力発電所3号機におきまして、A型MOX燃料体に対し、法令等改正内容を踏まえまして、燃料体に係る基本設計方針の追加、関連する要目表の追加を行うとともに、燃料体の強度に係る説明及び燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐食性その他の性能に係る説明により、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則に適合するものであることを確認いたしました。

資料の御説明は以上でございます。

○杉山委員 ただいまの説明に対しまして、質問、コメント等ございますか。

中野さん。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。私のほうからは、先ほど説明のあった内容の中で、設計変更を生じる申請の内容について確認させていただきたいと思います。まず、事実関係の確認ですけれども、資料2-2の63ページ、お願いします。

今回、端栓の形状が変更するというふうに御説明ありましたが、今回の変更後の下部端栓の形状については、改良48GWd/tウラン燃料を基に大テーパ化したというふうに説明されていましたが、改良ウラン燃料のその下部端栓と同一の形状ではないという理解で、まずはよろしいか、回答をお願いします。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

今回の変更では、大テーパの形状となっておりますが、改良48GWd/tウラン燃料体の

大テーパの、下部端栓の形状とは異なる仕様となっております。

以上です。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

承知いたしました。

続けてですけれども、今回変更後の端栓の形状に充てる同一の形状の端栓を使用している実績というものもない、という理解で間違いはないでしょうか。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

はい。今回変更でお示ししました形状につきまして、同一の設計のものが使われたという実績はないということになっております。

以上です。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

承知いたしました。

それを踏まえてなんですけれども、次に、端栓の形状変更に関する申請書の添付資料の記載内容について、流動振動の関係で2点、強度計算の関係で1点、確認したいところがあります。

まず、流動振動の関係の1点目なんですけれども、資料2-3の268ページをお願いします。端栓の形状変更による流動振動の影響評価について、燃料棒の流動振動への影響において説明されているんですけれども、その中で、「本申請の燃料集合体は、これまでに多数の使用実績があるが、最下部支持格子位置においてフレットング摩耗を起因とする漏えいは発生していない」というふうに説明されている点について、先ほど確認しましたけれども、今回の申請内容で形状変更を生じて、その実績自体はないと、同一の形状で実績自体はないというふうに説明されていますけれども、その今回の申請内容に沿っていないというふうに説明内容を考えているんですけれども、この点について、その記載の意図を、御説明をお願いします。

○九州電力（柴田） 九州電力の柴田でございます。

ただいま御指摘のありました資料2-3の268ページの記載でございますけれども、ここで記載している意図としましては、改良、今回設計変更する前のMOX燃料体の使用実績について記載をしているというものになってございます。ですので、ちょっとここの記載としては分かりにくい表現となっているのかなというふうに考えます。

以上でございます。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

変更前の改良ウラン燃料の実績をということでしたけれども、そうであれば、まず、それが読めるように、記載を適正化いただく必要があると思っています。

あと加えてですけれども、概要の説明のときに、流水振動によって端栓の流動振動の影響評価については評価をされていて、問題ないというふうに評価されているものであれば、その内容も踏まえて申請書の添付資料を適正化していただく必要があると思っていますけれども、御検討いただけますでしょうか。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

はい。御指摘の点につきまして、記載、検討いたします。

以上です。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

よろしく申し上げます。

次に、流動振動の関係の2点目なんですけれども、資料2-3の330ページ、お願いします。

こちらですけれども、耐食性の項目の中で耐摩耗性の説明について記載されているんですけれども、この中で、330ページの一番下の部分ですけれども、「MOX燃料は燃料棒や支持格子の材料及び形状が二酸化ウラン燃料と同一であること」について説明されているんですけれども、この点についても先ほどと同様に、事実関係で確認した今回の申請内容に沿っていないんじゃないかというふうに考えていますけれども、同様に記載の意図について確認させてください。

○九州電力（柴田） 九州電力の柴田でございます。

ただいまの……

○杉山委員 すみません。マイクに近づけて発言をお願いします。

○九州電力（柴田） はい。失礼いたしました。

ただいま御指摘いただきました資料2-3の330ページの記載についてでございますけれども、ここに記載した意図としましては、二酸化ウラン燃料と形状が同一であるという、この趣旨につきましては、先ほど下部端栓の形状ですね、同一ではないという御説明をいたしましたけれども、テーパ化の形状にするというコンセプトとしては同じコンセプトでございます。そういった意味で、ここでは、「同一」という表現が適切ではないかもしれませんが、同じコンセプトで設計した形状であるという意味合いでございます。

以上です。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

大テーパ化する形状の方針が同じであるということは理解しておりますけれども、同一の形状ということは言えないんじゃないかなというふうに思っています。まずはそちらの点、同じように記載の適正化をお願いしたいと思っています。

で、具体的なその適合性の確認なんですけれども、こちらについても、先ほど確認した内容と同様に、恐らく流水試験によって確認しているものかと思えます。そちらの中身の説明についても、先ほどの私の発言を踏まえて、同じように修正の検討をしていただければと思います。よろしいでしょうか。

○九州電力（柴田） 九州電力の柴田でございます。

ただいま御指摘いただきました件につきまして、今後、申請書の記載について検討したいと思えます。

以上でございます。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

よろしく申し上げます。

続きまして、強度計算の観点の質問に移りたいと思えます。資料2-3の275ページ、お願いいたします。

こちらですけれども、燃料集合体の強度計算の、4.1の燃料集合体の設計基準のところですけれども、1ポツ目において、「ウラン燃料集合体と同一の構成部品を使用しているため、ウラン燃料と同様に、燃料輸送及び取扱い時の常温における6Gの設計荷重に対して、著しい変形を生じないこと」というふうに説明されておりますけれども、先ほど確認した内容と同様ですけれども、今回、少なくとも今回の設計変更に伴って、燃料体って質量の変化が生じているはずなんですけれども、その点を踏まえると、今の申し上げた記載については、今回の申請内容と説明が整合していないかなというふうに考えております。まずは、今回の変更によって生じる質量変化が荷重に対する評価結果に影響するのか、しないのかの点について、説明を伺いたいと思えます。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

御指摘のありました件につきましては、今回、下部端栓の形状は変更してございますけれども、質量の変更という意味では、全体の質量の0.1%以下程度の質量の変更にしかなってございません。したがって、燃料集合体の強度評価につきましては、影響のあるものではないと考えてございます。

以上です。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

今回のその全体の質量変化自体は0.1%で、影響は生じないということは承知いたしました。であれば、まず、そういった内容が資料上読めるように、適正化いただく必要があるのかなというふうに思っています。こちらについても記載の適正化を検討いただければと思いますけれども、いかがでしょうか。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

承知いたしました。御指摘のありました件につきまして、記載内容を検討いたします。

○中野安全審査官 はい。原子力規制庁の中野です。

よろしく申し上げます。

続きまして、不純物の規定値の緩和に関する設計変更について確認させていただければと思います。資料2-3の325ページ、お願いします。

今回、御説明もありましたけれども、燃料材の不純物含有量の規定値を一部緩和することで変更されていますけれども、この325ページの表の中で、一部の不純物は融点が高いため、局部溶融によるペレットの寸法安定性に影響を及ぼす可能性があるということで、その影響の評価を行われているものもございましてけれども、今回のその規定値を変更する元素についても、それぞれの融点自体は通常運転時のペレットの中心温度よりも低い温度の融点を有しているものだと理解しています。

経済性の観点でボロン当量の説明はされていますけれども、今回変更する元素については、寸法安定性について評価されているものではないというふうに記載されていますけど、含有量や融点について、寸法安定性の影響を評価している元素と差を比べると、影響が大きなものが生じるものとは考えてはいませんが、寸法安定性の影響評価の考え方についてどういうふうな考え方をもって評価しているのか、もしくは評価していないのかというところについて説明をお願いします。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

御指摘のありました件、今回変更してあります当該不純物元素につきましては、通常運転中のMOXペレットの温度よりも高い融点のものでございまして、寸法安定性に影響のあるような元素ではないと判断してございます。したがって、先ほど御指摘のございました、この325ページ目に記載の寸法安定性に影響する可能性のある不純物とは取扱いが違うのかなと考えてございます。

以上です。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

今、御説明の中に、中心温度の想定よりも高いものというふうにお話がありましたけれども、それは酸化物の状態での評価ということですかね。ちょっと私のほうで調べた限りだと、一番低いもので800℃程度のものがあつたと思うんですけども、中心温度よりも高いという評価をされているということですか。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

失礼しました。すみません。私が先ほど申し上げましたのは、中心温度ではなくて、すみません、中心温度という観点でちょっと申し上げたのではなくて、中心温度と比較すると一部融点が、MOXペレットの中心温度よりも融点が低い元素も出てくるかな、まあ、出てくるかなと思います。

先ほど私が申し上げましたのは、ちょっと、中心温度との話とはちょっと、その話をしはございませんで、MOXペレットの温度、ちょっと平均的な温度と比較して、融点、平均温度と比較して融点が高いというふうにちょっと申し上げております。

以上です。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

今、御説明、先ほどあつたのは、中心温度よりも高いというもので御説明ありましたが、中心温度ではなくて、ペレットの平均的な温度よりも高い温度を融点として有しているものだから、寸法安定性の評価をしているわけじゃない。そういう理解でよろしいですか。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

はい。御理解のとおりで、そういう意味で先ほど御発言させていただきました。

以上です。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

そうしましたら、先ほど回答いただいたペレットの平均的な温度というのは、今、資料上、どこか記載で読めるところってありますか。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

その温度につきましては、今、この申請しております資料上、記載はございません。

○中野安全審査官 原子力規制庁の中野です。

そうしましたら、今、回答ありましたその平均温度と、あとは今回の規制値を変更する

元素の融点比較と、あとはそれに対する影響、評価の考え方について、資料の中に明確に
していただければと思いますけれども、よろしいでしょうか。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

承知しました。御指摘のありました件、記載内容を検討いたします。

以上です。

○中野安全審査官 はい。原子力規制庁の中野です。

承知いたしました。

私からは以上です。

○杉山委員 はい。すみません。今のやり取りでちょっと確認させてください。この不純物の元素というのが、金属元素が単体で、何だろう、金属としているという話でしたっけ。それとも、途中でありましたけど、酸化物として存在するという意味ですか。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

すみません。そちらにつきましては、ちょっと確認させていただきまして、またちょっと確認させていただきたいと思います。

○杉山委員 はい。要は、それによって、それ自体の融点といったときに、金属としての融点と酸化物との融点と全然違うと思いますので、それを、金属としての融点を引っ張り出して何か議論すること自体が適切なかどうか、ちょっと分からなかったものですから。はい。じゃあ、よろしくお願いします。

ほかにございますか。

西内さん。

○西内安全審査官 すみません。規制庁、西内ですけども。

ちょっと2点ほど確認なんですけど、1点目は、先ほど確認している不純物の寸法安定性の話ですよね。さっき話があった平均温度って、まず、何の平均温度の話をしていますか。どの部分の、どういう状態での平均を取っているものかというのが、よく、まず分からなくて。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

すみません。先ほど私が申し上げましたのは、MOXペレット全体のといいますか、中心だけじゃなくて、半径方向全体にわたっての平均温度という、そういうイメージで御回答させていただきました。

以上です。

○西内安全審査官 いや、ごめんなさいね、規制庁、西内ですけど、ちょっとさっきから、イメージとか、先ほどの杉山委員からも話があった、そもそものどういう状態であるかというのを把握しないままに、融点はその中心ないし平均よりも低いと言われても、何も納得できないんですけど、というのが素直なところでして。しっかりちゃんと、その燃料の状態ですよ。特に元素、今回、不純物という、不純物の元素に対しての話をしているのであれば、しっかりその元素の状態からしっかり把握をしていただいてからしっかり説明をいただくというのが基本かなと、まず思います。

その上で、今の話だと、少なくともペレットの温度、今は少なくともペレットの寸法安定性の話をしているので、燃料平均温度と言われると、どこの部分を取っているかもよく分からないワードになるんですよ。しっかりその一つ一つの用語、意味合いというのをしっかり固めてから説明いただくというのが前提かなと思います。

○九州電力（松木） 九州電力の松木です。

承知いたしました。御指摘ありました件踏まえまして、また記載内容等を検討いたしまして、対応させていただきたいと思います。

以上です。

○西内安全審査官 はい。規制庁、西内です。

ちょっと不純物の元素の話については、少なくとも今の点がまず不明確であって、現時点で何か我々も確認ができたとは正直思っていませんというところかなと思います。

で、ちょっと今回の不純物の元素は、そもそもほかの、いわゆるほかの元素、組成元素と比較すると、そもそもの含有量も少ない、比較的少ないというところもありますし、多分そういう点も含めて概ね影響はないのかなとは思っているんですけども、そういうところをしっかりと一つ一つ御説明いただく必要があるとは思っていますので、そういったところ、漏れなくまず説明をいただくようお願いいたしますというのが不純物の話でしたと。

あと、すみません、もう1点、強度の話なんですけど、先ほど強度の話で、0.1%くらい重量の差がありますよと御回答いただいたと思いますけど、まず、今、資料2-3で、申請書で、強度の評価結果を出してもらっていて、具体的には287ページと286ページですかね、多分この二つの表がいわゆる応力の評価結果だと思うんですけど、輸送時の荷重と、あとは常温における荷重と。

で、この評価結果は、いわゆるその0.1%の影響も踏まえて、ちゃんと今回の燃料、変更後の燃料に対して、変更後というか、追加する、新しく新規作成する燃料に対して評価

したものという理解をしていいんでしたっけ。先ほどその影響はないという説明をされたので、ちょっと意味合いを確認したいんですけど。

○九州電力（松木） 九州電力、松木です。すみません。少々お待ちください。

九州電力の松木です。

今回、今、御指摘のありました結果につきましては、今回やり直したわけではございませんで、まず従来の内容から変更するものではなくて、従来の内容から影響がないということを確認しております、こちらの記載にしております。

以上です。

○西内安全審査官 はい。規制庁、西内です。

これは全般的な話なんですけどね、今日の九州電力の回答を聞いていると、どうも今回申請しているものに対してちゃんと確認をしたのかというのが、すごいよく分からなくなっていて、申請書って、基本、申請された内容についての説明ですよ。その添付資料なので、その強度とか、例えば応力、あとはさっきの耐放射線性、耐熱性とか寸法安定性とか、そういう対物理的な性質とかについても、変更後のもの、今回追加で登録する燃料体についての説明があるべきですよ。なのに、何か今の説明を聞いていると、変更前の情報を載せて説明をしていて、そこから変わりませんよという説明が来ていて、何か順番が逆なんではないかと。そう説明したい、そういう説明の仕方はあると思いますけど、少なくともそういったつながりがしっかり申請書上に書かれていないと、普通は変更後のもので見ますよね。だって、それが申請されているんですから。やっぱりその説明が不足しているなという印象を受けました。

別に、説明の仕方は自由です、これは。別に、決まったものはないです。説明いただいているように、変更前の状態を書いて、そこから今回変更することによる影響という観点で書く。それで基準適合性を説明する、変更後の状態について、というやり方ももちろんあると思いますし、普通は、通常の基本的なやり方は、変更後の状態を書く。で、参考で、変更前からこれが変わりましたよといったように、補足説明資料とかでもらう。多分そういう説明の仕方、いつもされていると思いますけど。まあ、どちらでもいいです。いいんですけど、どっちかちゃんと明確にして説明をしてくださいというところ。

多分、今日話を聞いていて、一番共通認識が取れていない部分はそこかなと感じました。まず、その観点、しっかり九州電力としての説明のスタンス、今回どういうふうに適合性を説明しているのかというスタンスをしっかり決めて、その上で説明を、改めていただ

いてもいいですか。よろしいでしょうか。

○九州電力（田中） 九州電力の田中です。

御指摘の内容、理解いたしましたので、まずはこちらのほうでしっかり整理をして、その上でまた御説明さしあげたいと思います。

以上です。

○西内安全審査官 はい。規制庁、西内です。

よろしく申し上げます。多分、今日の話聞く限りは、少なくとももう一度しっかり改めて会合で確認をする話なのかなという気はしていますが、しっかり、まずは説明内容を固めて、我々事務局としても事実確認はしたいと思っています。

で、今日の審査会合、あくまで設計部分、燃料体の設計部分を中心に確認を今させていただいていますので、その部分について今日やり取りをさせていただきましたけれども、設計及び工事の計画なので、いわゆる工事、工事の方法とか、そういった部分についても今後引き続き事務局で事実確認をして、何か論点があれば会合でというふうに考えていますので、引き続きよろしく申し上げます。

私からは以上です。

○杉山委員 ほかにございますか。よろしいですか。

（なし）

○杉山委員 はい。

九州電力から何かございますか。

○九州電力（田中） はい。九州電力の田中です。

特にございません。

○杉山委員 はい。それでは、以上で議題(2)を終了いたします。

本日予定していた議題は以上となります。

今後の審査会合の予定についてですけれども、本日の13時30分からプラント関係の非公開の会合を予定しております。

それでは、第1131回審査会合を閉会いたします。ありがとうございました。