

核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合

第343回

令和2年3月16日（月）

原子力規制委員会

核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合

第343回 議事録

1. 日時

令和2年3月16日(月) 15:30～17:00

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室B・C

3. 出席者

担当委員

山中 伸介 原子力規制委員会委員

原子力規制庁

山形 浩史 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム長

小野 祐二 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム長補佐

戸ヶ崎 康 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

三好 慶典 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

木村 裕一 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

上野 賢一 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

石島 清見 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

山田 顕登 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

国立大学法人京都大学

釜江 克宏 京都大学 複合原子力科学研究所 特任教授

三澤 毅 京都大学 複合原子力科学研究所 教授

北村 康則 京都大学 複合原子力科学研究所 准教授

小林 徳香 京都大学 複合原子力科学研究所 技術職員

4. 議題

(1) 京都大学臨界実験装置(KUCA)設置変更承認申請について

5. 配付資料

資料1-1 KUCAの炉心の安全設計の審査フロー

資料1-2 京都大学臨界実験装置（KUCA）設置変更承認申請について

6. 議事録

○山中委員 定刻になりましたので、第343回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合を始めます。

本日の議題は、議題1、京都大学臨界実験装置（KUCA）設置変更承認申請について審査を行ってまいります。

それでは議題1、京都大学臨界実験装置（KUCA）の設置変更承認申請について、審査を行ってまいります。

本件は前回の審査会合で規制庁から示した炉心の安全設計の審査フローに基づき、安全設計の審査方針を確認したところでございます。

前回、審査フローの1～3までの説明がございましたので、本日は4以降について確認を行ってまいります。

資料1-2のうち、4、核設計の妥当性の確認に係る説明をお願いいたします。

○京都大学（釜江特任教授） 京都大学の釜江でございます。本日はよろしくお願い申し上げます。

既に今、山中委員のほうから御紹介がありましたので、本日は資料1-1の審査のフォローといたしますか、我々も説明の流れの中の4、5について御説明申し上げるとともに、今後の評価の内容について簡単に御紹介申し上げたいと思います。

それではよろしくお願い致します。

○京都大学（三澤教授） 京都大学の三澤です。

それでは資料に基づいて説明をさせていただきたいと思います。

まず最初に核計算の妥当性の確認という項目についての御説明ということで、1ページ目からの説明になります。

前回、2月17日の審査会合におきましては、これらのことにつきまして、一応補足資料という形で資料としては提出させていただいたところでございますが、前回の審査会合のときには、その内容についてはほとんど御説明いたしませんでしたので、補足で追記したところもございしますが、今回改めて説明させていただくということにさせていただきたい

と思います。

それでは最初のほうからでございます。まず計算手法、そこに細かく書いてございますが、基本的にはSRACコードシステムという計算コード、これは決定論的手法に基づきます計算手法でございます、このコードを使って計算をいたします。計算フローというところがございまして、核定数から107群の衝突確率法によりまして均質化定数、縮約定数をつくりまして、そして20群拡散計算の3次元計算におきまして反応度、臨界量等を計算するというフローでございます。

制御棒の反応度計算につきましては、内部黒体オプションというものがございまして、これは制御棒の内部を黒体として扱って、熱エネルギー領域において制御棒表面での中性子束の微係数を与えて、実効増倍率を求めるという手法を使っております。これはこれまでKURの解析等でも用いている手法でございます。ここで使用する微係数の値については、既存の炉心での値、測定値と合うように値を定めるという手法で、値を決めているところでございます。

それで、このHEUの解析結果から本手法の精度を評価しなければいけないんですが、これにつきましては既存のHEUの炉心の実験値、そして今回、行います計算手法との誤差、これを用いまして、計算精度という形にしたいというふうに思っているところでございます。

2ページ目でございます。2ページ目、具体的な計算手法が記載しているところでございますが、固体減速架台につきましては、図に示しております3ページ目に炉心の図面を示しておりますが、これの下の方にあります図面の燃料のさや管の断面図、2次元でございますが、これを均質化して縮約して燃料に対する定数を求めるという手法で、そしてそれを用いて3次元計算を行うということでございます。

解析に用います定数等につきましては、7ページ目以降の表に記載しているところでございます。これについては詳細説明は省略させていただきたいと思っております。また、体系の寸法等につきましても、そこに図2から以降に記載しているところでございます。このようなものの体系について計算を行うということでございます。

軽水減速架台につきましても、ほとんどやり方は同じでございます、燃料フレーム、これは4ページ目のところに書いております。このフレームについて、均質化定数を作成するというので、5ページ目にはその詳細な断面、それからdimension等を記載しているところでございます。

前回の審査会合におきまして、専門の方が見たらこれで解析ができるようなデータを提出するよとということ御指示いただいているところでございますが、例えばこの軽水炉フレームでありましたら、ここにdimensionが記載しておりますので、これとこの後にありますnumber densityの値があれば、入力というのは十分つくれるというふうに考えているところでございます。

これらの計算手法によりまして、行いました結果について御説明させていただきたいというふうに思います。

10ページ目からでございます。10ページ目から、まず臨界量、それから制御棒の反応度についての解析結果を示しているところでございます。10ページ目の最初のところでございます。まず固体減速架台につきまして、既存の高濃縮ウランを用いた幾つかの体系について実効増倍率、制御棒反応度の実験値と今回用いたSRACコードシステムを用いた解析結果で比較を行っております。

ここで取り上げた炉心、これはKUCAで実験を行ってきた炉心をH/U-235をほぼカバーしているものございまして、12ページ目を御覧いただきますと、H/Uが53～319ということで、これはほぼこの中に入っている幾つかの炉心ということでピックアップした炉心が、ここに記載しているところでございます。

炉心形状につきましても、14ページのところに実験を行った炉心の形等を示しているところでございますが、比較的小さ目の炉心、そして一部、非常に例は少ないんですが、体系の非常に大きな炉心、左下のところがございます大きな炉心、こういうものも含めてピックアップして解析を行ったところでございます。

なお、炉心長につきましては、ほとんど40cm前後でございまして、一部体系の実験として50cm程度の炉心というのがございましたので、それもピックアップして解析を行っているところでございます。

なお、今回申請書では30cm以上ということで、もっと短尺の炉心というものも申請をしているところでございますが、それについては実験データとしてはほとんどないので、ここでは取り上げておりません。

実効増倍率につきましては、12ページ目のところに実験値が記載しているところでございます。これは、制御棒が全て引き抜かれた状態での実効増倍率ということで、これは臨界状態から過剰反応度を正ペリオド法により測定して得られた結果、それから求めた実効増倍率ということでございます。なお、反応度を求めるためには、当然逆時間方程式を使

ってペリオドを測定して、体系の実効中性子割合等のデータを使って解析したものでございます。なお、ここでの生ずる誤差というものにつきましては、これはペリオド法を測定時の誤差というものを考慮して記載しているところでございます。

計算値とともに、その表12のところに示しているところでございますが、ここを御覧いただきますように、C/Eの値は0.998～1.006という範囲におさまっているというところでございまして、一番悪い、離れている場合でも0.6%の差ということでございます。

なお、今回はノミナル値を使って解析しているところでございますが、実際にこの全ての材料の寸法や成分などの誤差を、全て考慮して評価した結果というものについても、実効増倍率の誤差というものを評価しているところでございまして、これについては0.062%程度と、これは炉心についてそういう評価しているところでございまして、これは計算値と実験値との誤差、先ほど言いました0.6%に比べて、十分小さな値だということでございますので、このC/Eの1からのずれというのが、体系の寸法等により生ずる誤差ではなくて、計算値の誤差に起因するものであるというふうに考えることができると考えております。

なお、±6%という、6%の実効増倍率の違いが、臨界質量にどういうふうに影響を及ぼすかということについて、検討した結果についてそこに記載しているところでございます。詳細な説明はそこにありますので省略させていただきますが、最終的には±6%という変化をしたときの臨界質量の評価では、±4%程度の質量の誤差を見込む必要があるということがわかりましたので、今後の解析においては臨界質量については±4%程度の誤差があり得るということを前提に、評価をしたいというふうに考えているところでございます。

続きまして制御棒の反応度の結果につきまして、11ページ目以降に記載しているところでございます。結果のほうを見ながら御説明させていただきたいんですが、これは13ページ目、表13に記載しているところでございます。計算値、反応度の誤差、実験値、それから計算値の誤差というのを、計算値を示しているところでございまして、C/Eの値は0.96～1.18程度という間に入っているということがおわかりいただけるかと思えます。なお、この体系は、過剰反応度が+0.35%というKUCAの核的制限値の最大値の炉心、過剰反応度を持った炉心での解析結果でございます。そのC/Eの結果から、制御棒の反応度については±18%程度の誤差を見込む必要があるだろうというふうに判断することができるということです。

なお、このC/Eにつきましては、モンテカルロ計算コードではどうなるかということな

んですが、我々の幾つかの炉心についてモンテカルロ計算コードの解析というのを見て、例えばある炉心について、これは昨年度実際に実験した炉心でございますが、モンテカルロ計算コードとの差はC/Eで1.17という値になっております。17%という誤差でございます。

ということで、SRACによる解析結果の精度というのは、今現状では炉心解析を行う上では、十分な精度であるというふうに考えることができます。すなわち計算モデルの違いというのを考慮しても、18%というものは妥当な数字だろうというふうに判断することができますと思います。

続きまして軽水減速炉心につきましても、同様に各結果をつけておりまして、それは15ページ目でございます。15ページ目、軽水減速炉心、軽水はあまりいろんなパターンがございませんで、燃料のピッチの違い、それから体系の違いというところでございますが、ここでの計算結果では0.996、997という程度の値になっておりまして、先ほど申しました固体減速架台の0.6%というところよりも若干はいいんですが、このくらいの誤差を持っているということでございます。

また、制御棒の反応度につきましても、そこに書いてあるとおりでございますが、先ほど固体減速架台のところでは±18%という誤差を見込みますというところでありましたが、軽水減速架台については、若干小さい値ではございますが、±18%という誤差を見込めれば十分この範囲に入っているというふうに判断することができると考えているところでございます。

続きまして17ページでございます。これは温度係数についての評価でございますが、これはKUCAで軽水減速架台については、温度係数の測定というものを行っております。これは実際に水温を変化させて、そのときの過剰反応度の値から、温度係数を求めるというところでございます。

この結果については18ページ目、19ページ目に書いてあるところでございますが、C/Eというところで見ますと、例えば表16というところでは0.89、0.68、0.95というところで、比較的合っているケースとちょっと違っているケースがございまして、一番離れているのは、ここの表16の0.68というケースでございますが、これが32%の誤差を持っているというところでございます。ということで温度係数については、この32%というものをもって解析精度にしたいというふうに考えているところでございます。

最後に、即発中性子減衰定数につきましてもなんですが、これについてはこれも実験値、

あまり多くございませんで、表19に書いてあります、幾つかの炉心についての即発中性子減衰定数、 β_{eff}/l の値についての結果でございます、ここを見ていただきますと、±8%程度の誤差を持っているというふうに考えられる結果になっているところでございます。

以上、結果をまとめまして20ページ目の上でございますが、固体減速架台と軽水減速架台について、既存の高濃縮ウランを用いた体系について、実効増倍率、制御棒反応度、温度係数、即発中性子減衰定数の解析精度についての評価を行いました。

その結果、各パラメータの精度として以下のように評価するという事で、実効増倍率では0.6%、臨界質量4%、制御棒反応度18%、温度係数32%、即発中性子減衰定数8%というところでございますので、添付8の代表炉心の解析においては、これらの精度を考慮した上で、成立性を評価するという事を行いたいというふうに思っているところでございます。

解析精度の説明については以上でございます。

○山中委員 それでは質疑に移ります。質問、コメントございますか。

○戸ヶ崎チーム員 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

今回の説明によりまして、フローの中で言いますと、特に4.の解析コードの不確かさとか、それをどういうふうに設定するのかとか、あと2.になるんですけど、その各パラメータに対して、どれだけ誤差を考慮するのかということが網羅的に説明できたと思います。

それで、特に1ページの下のほうに書いてありますが、今回の計算コードの妥当性を確認する上で、実験室との比較をやっておられますけど、それは高濃縮ウランの実験のデータと解析コードとの比較をされていますので、今回は低濃縮ウランの解析を行うということで、まずこういう高濃縮ウランの実験と解析の比較というのが低濃縮ウランにも使えるのかという観点。

それと、あと先ほどの各種パラメータの誤差が、今後、代表炉心の計算で考慮されますので、その各パラメータの誤差の考え方、20ページのまとめにあるような数字でよいのかということを確認するために、まずその観点で、これから三好のほうから事実確認をさせていただきます。

○三好チーム員 原子力規制庁の三好です。

今御説明のありました計算の妥当性、いわゆる今回幾つかお聞きするのは特にフローにあります誤差について、どういう考え方をしているのかという点を含めて、幾つか質問さ

せていただきたいと思います。

まず計算のモデルについては、大分均質化の方法とか、そういったところではわかりやすくなったというふうに考えています。ただ全体の、最終的に特にcitationでやる炉心について、まずここには詳しく高濃縮についての燃料板と、そのさやを入れる構造というのが書かれていますが、低濃縮についても今後その評価をするということで、そういったところの低濃縮についての記載を高濃縮と同様のモデルとして十分かどうかという観点で、もう一度見直していただければというふうに思います。

具体的には、最終的に全体の体系をcitationで評価しているわけですが、上下の反射体の厚さというのが、個々の炉心でどういうふうになっているのかとか、そういったところ、全体のcitationの計算モデルについて少し充実していただきたいと思いますというふうに思っております。ちょっと後でコメントいただければと思います。

それから、先ほどの高濃縮についての実験値の誤差ということで、ICSBP等引用されて評価されて説明されておるわけですが、今後、低濃縮の計算をする上で、どういうところに実験値の誤差、あるいは計算予測の誤差が入るかということを考えて、2点質問させていただきますと思います。

まず固体減速架台のほうなんですけれども、概念図が出ておりますけれども、固体減速架台については燃料のさや管と、あるいは燃料の板の間のクリアランスというのが結構数字としてはあるようなので……、例えばページの3ページを見て申し上げておるわけですが、このさや管がありまして、その中にある構造というか、燃料板が積み上がっていくわけですが、その辺のクリアランスというのが結構あって、炉物理的にはある種ストリーミングにもなる認証も受けておりますので、このギャップの効果というものが実効増倍率の影響についてどのように考慮されているか、検討されているかということの説明していただければと思います。

もう一つは、軽水減速架台については、これも燃料支持板のフレーム、4ページに絵があるわけですが、燃料支持板のフレーム、このフレーム同士の幅が描かれておりまして、あと燃料そのものの板のほうの幅がノミネートしてあるわけですが、これも数mm程度のクリアランスがあるという形になるんじゃないかと思います。

ここの部分については固体減速架台とは違って、水が入ってきて、水で充填されるという形になると思うんですけども、この辺についての感度が大きいということもあるんじゃないかということで、この軽水減速架台については、この辺の空気あるいは水のクリアラ

ンスに対して、どの程度、実効増倍率の感度があるのかということ、フローの誤差に対する考慮ということの一つとして検討していただければというふうに思うんですけども、いかがでしょうか。

○京都大学（三澤教授） 京大、三澤です。

citationの、それは反射体の厚さをどのくらいにしたかという設定を書けということでしたら、すぐ書けますので言いますが、少なくとも上の反射体厚さ以上の反射体をとっている。これは前にも既に説明しているところでございますので、それなりの長さ。縦方向で言いますと20cmとっております。横方向では5層とっておりますので、5×5、25cm程度の厚さをとっております。ですので今までの十分な反射体をとっているということで、御理解いただきたいというふうに思っております。

それから、固体減速架台のギャップというところでございますが、まず一番大事なことはこれが実効増倍率が実験値と合うか合わないかということかと思しますので、今こういうモデルでスミアをして、このエアといいますか、間のクリアランスといいますか、そのギャップを入れて考慮をして、このモデルでスミアをしたときに、実効増倍率が見ていただいたようにかなり合っているというところでございますので、これの取り扱いを実験値を再現できるということは、これで説明できているのではないかなというふうに思っているところでございます。

これは軽水についても同様でございまして、クリアランスといいますか、水のギャップの厚さ、それから水の量というのは、モデルの中で厳密に取り扱っているところでございまして、これで実効増倍率の0.何%の誤差の精度で合っているというところで、クリアランスの効果は、それなりに取り扱っているのではないかなというふうに思っているところでございます。

○三好チーム員 そうすると、今のクリアランスの話はノミナル値で計算して、特にそこは実際の実験との設定のばらつきとか、そういったことは考慮しないでも、とにかくノミナル値で計算をしているという理解でよろしいのでしょうか。

○京都大学（三澤教授） 計算についてはノミナル値でやっております。個々のパラメータの誤差が何についてどのくらいの精度を得るかという、これは御存じのとおりICSBPのところにも出て、このクリアランスというのは、アルミの厚さがどのくらい影響するかというところについては評価しているところでございまして、これについては先ほどちょっと数字を言いましたが、個々の数字の誤差というのも、実際全て出ているところでござい

ますが、これも非常に無視できる程度の小さいものというふうになっております。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

ノミナル値でやって、特にそこは調整していないということで、それは理解しました。あと、いわゆる実際の個々の誤差についての影響ということについては、ICSBPは高濃縮での実験データの精度を評価するという意味で評価されているわけですが、これについては今後の低濃縮をやる上に当たって、特に大きくは変わらないとは思いますが、低濃縮についてそういう、いわゆる今の製作誤差とか、いわゆる設計の許容誤差だとか、そういったものがどの程度Keffに効くかという、そういう評価は別に全ケースでは必要としないと思いますが、やはり高濃縮と同じように非常に小さいという、そういう評価は要るのではないかというふうに思っているんですけども、いかがでしょうか。

○京都大学（三澤教授） まず我々低濃縮ウランというのを製作しておりませんので、実験値というのは持っていないというところは、もう仕方がないところでございます。

ただ、ちょっと追加の説明になるかと思いますが、実は今回取り上げた炉心、これは見ていただきますと実は天然ウランを入れて、実効的に濃縮度を下げた炉心を幾つか入れております。

これは今回同じところで導入する予定の、20%以下という濃縮度のものを入れるわけですが、我々のところで今回のところには天然ウランを入れたものをやっています。これ実質的に低濃縮ウランの体系の計算結果にこれも入っているところでございます。その実験値がわざわざ入れたというところでございますので、低濃縮というところの効果は、ある程度今回の範囲でカバーできているんであろうというふうには思っているところでございます。

それから、実際に今回の導入予定、これは後で補足のところで図面で説明いたしますが、それらのところにもノミナル値の誤差というものについては、これはずっと若干解析はいたします。ただそれ以外のさや管とか、それらについては今までと同じものを使って、それが実はこのICSBPのベンチマークを入れた、これは見ていただくとわかるんですが、これは実は低濃縮なんです。

低濃縮ウラン入った結果で高濃縮とあわせたとところでございますので、そういう意味ではたまたまでございますが、計算というのは低濃縮をある程度カバーできるところでは評価していたというところではあります。ですので若干の新しいものでの誤差というのを考慮した計算については、改めて御説明いたしますが、そのような形で進めたいというふう

に思っているところでございます。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

今取り上げているものがナショナルウランを含んで、組成としては低濃縮に相当しているという、その点は理解いたしました。

ただ、実際に今回の燃料をつくって、御説明にもありましたけども、実際の燃料板の誤差だとか、そういったことは最終的には検査項目で、また後段でもやると思いますがけれども、いわゆる設計の許容誤差として、今の段階でそういったものが効くのかという部分については、やはり補足的というか、その部分についての感度解析というのは必要であるというふうに考えているので、どこまでやるかということはあるかと思えますけれども、その部分是对応していただければと思います。

○京都大学（三澤教授） すみません。一言だけ。

何の誤差がどれに効くかというの、当然評価しているんですが、一番効きそうなのは例えばポリエチレンの厚さとか、そういうところが結構反応度についてはかなり大きく効いているところがございます。ただそれについては今後これも全く同じものを使いますので、それらについては当然今のところ評価し直すつもりはございませんで、少なくともつくる燃料のサイズ、これについてdensityのばらつき、それについては大体こんなようなものにしようという案はございますので、それに基づいては評価をするということで、今のところ考えております。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

組成あるいは寸法、それが燃料なのか減速材なのか、特にどれが感度として効くか、いろんな経験値を持っておられると思えますけれども、その辺も含めて今回の低濃縮のウランに対してどの部分について感度解析をしてやるかという、そういう説明をこれまでの感度も含めて、またそれがある程度低濃縮に適用できるという、その適用する部分も含めて説明いただければと思います。必要な部分については、設計ベースでの感度というか、ばらつきを評価するという、そういう形をお願いできたらと思います。

○山中委員 そのほか、ございますか。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

あとちょっと似たような話なんですけども、そういう製作上のばらつきという意味では、特に固体減速架台というのは、そういう細かい板を重ねていって炉心を構成しているわけなんですけども、実際に先ほど計算の条件としてはノミナル値を用いているということですね

ども、実際に燃料体を何十枚か減速材と組み合わせて積み上げていったときに、そのノミナル値での寸法と、あと実際の積み上げて炉心燃料のさや管というか、それに入れたときの実際の炉心なり反射体、反射体はほとんど効かないと思いますけども、炉心の有効部の高さというのは、ノミナル値に比べてどの程度の差が出てくるのかという部分についても、最初の予測計算をする上での、ある種の炉心の高さの影響ということ効いてくると思うんですけども、その辺はどのような経験値というか、どのような考え方をしておられるのか、お聞かせいただければと思います。

○京都大学（三澤教授） 京大、三澤です。

組み方ということで若干御説明させていただきますと、さや管の中に当然燃料板を積み重ねてつくるわけなんですけども、最終的には上から板ばねで押しつけて、高さを調整しています。

そういうことで高さについては、これは例えば我々同じ燃料体20本、30本というふうにつくるわけなんですけども、高さ方向の違いというのが現れることは、まずほとんどありません。

ですので、ノミナル値として使っているというところで、その高さ方向のばらつきがどうなるかというのについては、すみません我々ほとんどそれは意識しておりませんが、先ほどのベンチマークの計算の中で厚さの誤差、これすなわち高さの誤差というところになりますけども、その評価というもので厚さのノミナル値が最終的にどう影響するかというところでは、評価結果は出ておりますので、それが我々のある意味誤差の範囲かなというふうには考えているところでございます。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

炉心が結構高さが低いので、割と燃料側のわずかな厚さの違いというのは、反応度に効く傾向にあるとは思っているんですけども、その辺についてベンチマークの結果を引用されても結構ですけども、もう少し説明をいただきたいというふうに思います。よろしいですか。

○京都大学（三澤教授） すみません。先ほど申したように、その影響がどうなるかということについて、この影響はこのくらいあるというものについては、ブレイクダウンについては次回説明いたします。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

少し話題が変わるんですけども、今日詳しい説明はありませんでしたけども、いわゆる計算値、10ページのところに、ここで中性子実効増倍率の計算誤差というのが0.6%だということ、それをもとにウランの臨界質量に対する誤差としては4%だという説明がございまして、これについては、これも高濃縮の結果を使ってそういう評価をしているわけですけども、これも同様の問題ですけども、こういういわゆる減速炉が変わったときに、どのぐらい β_{eff} の誤差が質量に影響するかというのは、ある意味それぞれの β_{eff} から臨界質量、こういったものを炉心構成範囲のH/U-235の範囲で評価をして、どこが一番効くのかということがそもそもあって、それで一番ハンドの高いところを低濃縮のウランについて評価するという、そういう手順になるのではないかと思うんです。

だからそういう意味では、今最初のところで高濃縮でやって4%という評価になっておりますけども、これ本当にここが最大になるのかという、その説明をもう少し全体の傾向を含めて、低濃縮においても4%でおさまるんだという、そういう説明をいただきたいと思っているんですけども、いかがでしょうか。

○京都大学（三澤教授） 京大、三澤です。

実効増倍率の差と臨界量の関係は、減速度というよりも、ほとんど燃料体の量で決まってくるというふうに考えています。

ここに書いてありますように、燃料体の重量がかなり大きな体系のほうが、単位質量辺りの実効増倍率の変化は小さくなりますので、当然ここでも臨界量の質量の誤差というのは大きくなるというふうに考えているんですが、今回取り上げた炉心というのは燃料体、これ図面で書いておりますが、燃料体の50余小体、60体近くある非常に大きな炉心、我々としてはある意味一番大きな炉心というところで取り上げて、そこでの値を4%というふうにしていたんですが、今回解析を行いましたLUの低濃縮の炉心については後で御説明します。これは大体同じように50~60体の炉心が一番大きな体系です。ですので、最終的にはほとんど同じ体系でも解析結果をもって、大体4%という評価をしたつもりでございまして、多分それを当てはめるところについては、あまり大きな問題はないのではないかなというふうに考えております。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

ここで示されているのは、B4/8”の、これについてやったということですよ。ですから、そういうところで大きな違いはないのかもしれませんが、今考えているのはLEUの体型についての解析ですから、同様の評価をしてLEUについて最大の影響を評価して、

それで後のいろんな、添10のところの評価へのベースにするということが必要ではないかと思うんですけども。

○京都大学（三澤教授） 確かにここのところは御指摘のとおりですので、それについては各炉心について、もう一回評価するというところですが、多分あまり変わらないだろうなとは思いますが。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

その点、LEUについての評価、厳しい範囲がある程度自明であるならば、その範囲にとどめるということも結構だと思いますけども、いずれにしても炉心構成範囲の中で一番厳しくて、低濃縮度は幾つかということをはっきりさせる必要がありますので、その点よろしくお願いいたします。

あと、この核設計についての話で言いますと、御説明を省かれたので、もし時間があれば説明いただいたほうが良いと思うんですが、31ページです。31ページの補足1で、従来議論になっていました反応度の核的制限値に対しての誤差の考慮の仕方ということで、今回、特に今までの評価の中では厳しかった最大制御棒に対する核的制限値について、今回提案をしていただいているので、ちょっとこれについて御説明いただいて、少し確認させていただきたいことがありますので、よろしく申し上げます。

○京都大学（三澤教授） 申し訳ありません。私のほうで勝手に、実はこの最大の1本の誤差の確認というのは、実際どこに出てくるかという、計算値の誤差の精度の問題ではなくて、次の代表炉心の解析の中で実際33%、1/3というのを満たすかどうかという話が出てきますので、そこで説明しようかと思っていたんですが、申し訳ありません。

○三好チーム員 じゃあそちらでも。

○京都大学（三澤教授） よろしいですか。

○三好チーム員 結構です。

○京都大学（三澤教授） じゃあそちらで説明させてください。

○三好チーム員 じゃあ一応核的計算の方法については。

○山中委員 じゃあ4.についてはよろしいですか。

○三好チーム員 はい。

○山中委員 それでは続いて5.の、代表炉心の計算の妥当性の確認について、説明をいただきます。

○京都大学（三澤教授） 京大、三澤です。

引き続きまして24ページから、代表炉心の解析についての説明をさせていただきたいと思えます。

取り上げる代表炉心につきましては、前回の2月17日の審査会合におきまして御説明しましたので、それについては省略させていただきまして、本日はこのうちの固体減速炉心の解析の一部について御説明するという形でしたいというふうに思っております。なお、全体の中で今回の説明がどの辺りのところを位置づけているかというところにつきましては、今日最後のところでもう一回御説明させていただきたいと思えます。

それでは23ページ目からになります。

23ページ目から、固体減速炉心の解析を行いました体系についての臨界量、動特性パラメータ、それから反応度の温度係数等の解析結果、固体減速についての解析結果を示しております。

なお、これらの体系については今までの審査会合、これ何回かの審査会合で解析結果を示していたところがございますが、一部の結果については制御棒の反応度も規制値を質的にオーバーしているといえますか、誤差を含めた形では満たしていなかったというところもございますので、今回、先ほど申しました解析精度の誤差を含めて考慮して、その中で核的制限値を満たしているかということを確認しておりますので、前回以前の解析結果とは一部は異なっております。申し訳ございません。

結果について、まず核的制限値の一つであります燃料装荷量というものがございまして、燃料装荷量は、申請書においてあるkg以下というところで定まっているところがございますので、まずそれを確認していきたいと思えます。

24ページ目の結果でございます。これ取り上げた代表炉心については、ここにあります18の炉心、これは前回の審査会合で申しましたとおり、これを取り上げるというところがございますので、各炉心、約30cm、約40cm、約50cmの3種類の高さの炉心について、それぞれの体系の計算をしたところがございます。

今言いました装荷量につきましては、そこにありますような ^{235}U のkgという値になりまして、先ほど申しました質量についても、臨界量についての誤差を4%というところを見込むということでございまして、申請書に書かれた値に4%という誤差を考慮した値、それを比較いたしますと、今回の解析結果は全てその規制値を満足しているというところを確認することができました。

ただしこれにつきましては、先ほど御指摘ありましたように4%というものについて若

干検討が必要というところですので、特にこのぎりぎりの炉心についても一度だけ解析を見直しますが、多分4%からそれほど変わらないというふうには思っているところでございます。

次に、核的制限値として反応度の温度係数というものについて、核的制限値がございませぬ。これは申請書に 2×10^{-4} 以下というような記載がございまして、温度係数の誤差は32%を見込むというところを先ほどの御説明で申しましたので、それを見込みますと温度係数というのは 1.36×10^{-4} 以下というところが核的制限値になるところでございませぬが、今回お示ししました結果については全て核的制限値、反応度については満たしているということを確認することができたところでございませぬ。

説明前後して申し訳ないです。25ページ目、26ページ目には計算を行った18の炉心についての配置を描いているところでございませぬ。

続きまして、制御棒の反応度についての結果でございませぬ。

制御棒の反応度は幾つかのパラメータが核的制限値でございまして、全反応度、それから最大の1本の反応度に対するもの、それから反応度印加率というようなものを核的制限値として入れているところでございませぬ。

反応度印加率の解析方法につきましては、これは以前の審査会合でもお示したところでもございまして、中性子束分布をコサインでフィッティングいたしまして、反射体節約の値を求めて、それを用いて摂動法によりまして反応度構成校正曲線等を求めると、炉心中心での最大微分反応度というのは幾つというのが式として定めることができます。それが規制値であります0.02% ($\Delta k/k/s$) 以下というのが求められるところでございませぬので、これについて確認するということになります。

結果について御説明いたしますと、29ページ目に示しているところでございまして、18の炉心について各炉心の高さ、それから炉調整用燃料長というのは、これは反応度を0.35%に調整するための燃料長の高さというのを記載しているところでございませぬ。

なお、前回の審査会合におきまして、この燃料長の長さを本来これ上下方向、対象といひますか、反射境界条件を使って設定しておりまして、2倍にするのを忘れていたところでもございまして、大変申し訳ございませぬ。一部この調整の数字は違っております。申し訳ございませぬ。

いずれにせよ1本、別途調整の燃料を入れて、0.35の過剰反応度にするような炉心をつくって、そしてそれについて先ほど申したような手法で計算をしたところでございませぬ。

全反応度につきましてはそこにありますように、1. 幾つから高いところで4. 幾つというような値でございます。

それらの値になっておりまして、核的制限値といたしましては、先ほど32%の誤差を見込むというところでは18%の誤差を見込むということでしたので、これを見込みますと全反応度価値については1.646%以上あることが求められます。ここにありました全ての炉心については、全て今言った規制値といたしますか、誤差を考慮した値を全て満足しているというところでございます。

それから最大の反応度の添加率につきましては、そこに書いてありますとおりの値でございます、これも1本の制御棒反応度の誤差を18%というふうに見込みますと、ここへの値は0.0169以下であること、ということが求められるところでございますが、ここについてもそれを全て満足しているということでございます。

最後、最大の1本の反応度が全体の1/3を超えないようにということを核的制限値として求めているところでございます。その値の評価につきましては、先ほどちょっと御指摘がありました補足1というところ、31ページ目にその評価方法について説明したところでございます。

補足1について若干説明させていただきたいと思います。制御棒反応度の1本について、今図にありますように1、2、3、4、5、6というふうに制御棒が配置されていて、そしてこの中の最大の値は②の制御棒、これが最大になるというふうに仮定します。そこにありますように最大の反応度を持つと仮定して、全体に対する割合、31ページの一番下にある「f」という値でございます。これが1/3以下であることが規定されているというところでございます。

fの誤差というものを考慮いたしますと、32ページの上のほうからありますように、誤差で式を使いまして、そのようにfの偏微分をとって評価するわけなんです、そこにありますような式をフォローいたしますと、最終的にfの誤差というのは各制御棒の値等によって求めることができるということを示すことができました。このdfという値について評価をした結果が、その一番下のところの表でございます、C1、C2、C3それぞれの制御棒トータルの値というのが書いておりまして、これに対して比率を求めますと、そこにありますような値になって、そして誤差はこの式から±2.7、3.1、3.2というような形で評価することができました。このような値を見ますと、誤差を考慮しても全体の1/3、すなわち33.3%以下ということが求められるわけなんです、全て誤差を評価してもその範囲

に入っているということを確認することができました。

元に戻っていただきまして、このようなことで最大の反応度が1/3以下であるということについても、誤差を考慮して満たすことができるということを確認することができました。

なお、ここでは反応度、この値が25%以上の、要するにぎりぎりのところの炉心についてのみ評価したところでございます。これらの小さい値については、もう十分余裕ありますので、これについては十分1/3を満たすことができるというふうに考えているところでございます。これは式を見たら明らかなんですが、これら全てについて1/3を満たすということを確認することができました。

以上、三つの考察によりまして、28ページ目の真ん中からのまとめでございますが、核的制限値について全制御棒反応度価値の値、それから最大反応度の臨界近傍での反応度添加率のこと、それから最大の1本が全体の1/3以下であるということ、これら全てにつきまして、誤差を含めて全て考慮した炉心を構成することができるということを確認することができました。

以上、今回の御報告いたします固体減速架台の代表炉心についての解析結果についての御説明でございます。

一つ補足、最後のところでございますが、今回、今取り上げた代表炉心というものは、30cm以上50cm以下というところで取り上げたところでございますが、今回取り上げた代表炉心の解析の値が、若干ここからずれているというのがございます。例えば最大の炉心長が30.8cmとか30.7cmというような、若干30より大き目の炉心が代表炉心として取り上げたというところがございます。

基本的に代表炉心は、申請書の値をカバーする範囲というところになるかと思っておりますので、これをもとに一番最初の設定であります。設置申請で規定する炉心高さについては、これをカバーするために30cm以上50cm以下ではなくて、31cm以上47cm以下とするというふうに変更したいというふうに考えているところでございます。

以上です。

○山中委員 それでは質問、コメント、ございますか。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

まず制御棒の1/3の考え方について御質問します。

まず計算の仕方なんですけども、ちょっと区切ってお聞きしますが、この31ページの資

料を見ますと、全部の体系についての評価というのは、これはそれぞれの制御棒をこの場合3通り評価しているわけですが、それを全部足して、実際はそれの2倍はあるということで、そういう形でトータルの評価をしているのでしょうか。ちょっとそれを聞かせてください。

○京都大学（三澤教授）　そうです。

○三好チーム員　わかりました。

それで、そうしますと一つ、いわゆる今までの評価の結果を示していただいた全反応度というのは、そういう形でやっているということだと思いますが、そうするとこの31ページの絵だと、そういうのもいいのかもしれないんですけど、実際のパターンを見ますと、結構例えば25ページ、26ページにパターンが出ていますけども、いわゆる右側なら右側を見たときに、結構近い制御棒、制御棒位置が近いところに配置されているものもあるんですけども、そういうもののある程度近いと、いわゆる制御棒の緩衝効果が出て、実際の個々のワースに対しての合計と、全部が同時に入ったときの合計というのは変わる可能性があるんですけども、その辺はどういうふうに考えていらっしゃるのか、まず確認したいと思います。

○京都大学（三澤教授）　すみません。私の説明がちょっと悪かったんです。全体の計算のところでは、全てこれ入れた形で計算しています。申し訳ないです。

それでこのところに、まず緩衝効果というところなんですが、確かに割と隣接しているようなんですが、原子炉の炉心、ポリエチレンの反射体の炉心ということで、正直緩衝効果、あまり大きくありません。ということで、これは実際、個々別々に足し算しても、個々にやっても、差はもうごくわずかです。非常に少ないところということで、要するに桁も一番下のところくらいですので、特に問題ないかなというふうに思っております。

○三好チーム員　規制庁の三好です。

実際の核的制限値としては、全部同時に入ったときのワースに対する割合なので、その誤差が小さいということであれば、トータルのそれぞれの和を使うのであれば、それが小さいということを示してもらえば必要があると思います。ただ、実際それはもう既に計算しているということであれば、それはその値を使っただけであればいいと思う。その考え方は合わせておいたほうがいいというふうに思います。

あともう1点、この評価について、これはこういう形での評価、この評価式そのものはこれで適用できるというふうに考えておりますが、ただこの評価をする上では、前提とし

て6本のうちの3本の制御棒というのが対象に配置されているということが前提になって、実際の配置パターンもそういうふうになっているわけだと思います。

具体的に特にそういう対象配置ということ制限をつけないと、また別の評価式でさらに誤差としては大きくなると思うので、こういう形での評価で現在の段階で核的制限値を守るとい、そういう見通しを得るといことであれば、基本的な制御棒配置についてこういう対象配置をするとい、そういった担保が必要になるんだといふう考えているんですけども、この点いかがでしょうか。

○京都大学（三澤教授） 京大、三澤です。

申し訳ありません。炉心配置の制限のところ、制御棒が対象といのは特に入れていなかったんですが、もしそういう御指摘があるといことがあれば、制御棒配置は対象にするといことについて入れることについては、特に、いわゆる実は対象じゃなかったことがないので、全てやっております。

といのは、全制御棒アッセイを確認するの、よくあるのは我々のときSの1、2、3といのだけを測定をして、4、5、6といのは対象位置にあるので、それで同じであるといことで、トータルの反応度を求めるとい手法で、いつも評価をしておりますので、対象位置にあるといものについては、入れることについては全く問題ないといふう考えています。

ただセンター長じゃなくて、点対称とい場合もありますので、ちょうどこれCの炉心の場合ですけど、点対称ありますけど、いずれにせよ制御棒のワースがそれぞれこれ対これとい対応ができるような配置にする。これは間違いないといことですので、それについてはそのようにしたいと思います。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

計算の審査の段階での前提になりますので、実際の実験上の制約にはならないといことですけども、そういう形での記載をお願いできればと思います。

それからもう1点、ちょっと先ほど御説明のありました24ページの表1なんですけれども、ここで ^{235}U の質量の部分についての御説明がありまして、質量が出ているわけですけども、これについてはこれの値をもってして炉心の高さを変更するとい、そういう提案が出てきているんですけども、先ほどのKeffの誤差とウランの質量の誤差、その議論にも絡みまんですけども、この誤差が、これもウランの質量に対する誤差にもよりますけども、それが20%といか、要するに最大挿入量を誤差を考慮すればカバーしているといような値で

あれば、特に炉心の高さを変える必要はないのではないかというふうにも思っているんですけども、今の京大の考え方としては、この値をもってして炉心の高さを変更を加えるという、そういうふうには受け止めてよろしいでしょうか。

○京都大学（三澤教授） 京大、三澤です。

すみません。もう一度お願いできますか。申し訳ありません。

○三好チーム員 すみません。ちょっと説明があれなんですけども、今のこの説明では²³⁵Uの量が最大挿入量に入っているから、この代表炉心はいわゆる炉心構成の制限を満たしたものになっているという説明なんですけども、代表炉心の選定の仕方としては、そういう何kg以下というような条件がありますから、最大挿入量に対応する炉心が含まれている必要があるのではないかという見方をしているところなんです。

ですから例えば極端な話、これが1/2の炉心が最大の炉心になったとして、1/2の炉心はもう当然、最大挿入量を満たしているわけなんですけども、ですからそれは炉心構成範囲の中の炉心なんですけども、じゃあもう少し大きい最大挿入量、燃料挿入量の炉心がなくていいかという、やはりそれでは不十分になるわけです。そういう意味で申し上げているんですけど。

○京都大学（三澤教授） 京大、三澤です。

最大挿入量は我々、先ほど言ったような値を一応最初に設定して、これ何kg以下ということにさせていただいておりますので、実際この代表炉心のところではこの値、誤差を含めると先ほどのようなもう少し大きな値というところになりますので、ここで今、文章のところでも示しました何分以内という数字がありますけど、この値を申請の中の最大挿入量ということで規定しろということの御指示であれば、特にそれについてはそういうふうに変更することは問題ないと思いますので、すみません。それについては御指示に従いますので、御検討いただけませんかでしょうか。

要するにここでカバーするのは、我々としたら、ある範囲を決めてずっときたわけで、その中でこれ誤差を含めて結構ぎりぎりのところなんです。ぎりぎりのところで設定して、大体これでいいのかなというふうには思ったんですけど、これではちょっとまずいということでありましたら、この値、ここに書いてある値を最大量にするというところでしたいと思います。要は御指示どおりということでもいいと思います。

○戸ヶ崎チーム員 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

今まで制限値と実際の計算での誤差の考え方が、あまり明確でなかったと思うんですけど

ども、今回誤差も考慮してちゃんと安全設計ができるというような方針になっていると思いますので、その制限値、例えばある制限値に対して、ちゃんと誤差を見込んだ量に制限するとか、そういう書き方もあると思いますし、先ほど言われたように、もう誤差を見込んである数字を決めて、それ以下になるように実際、炉心組むというやり方もあると思いますので、それについてはどういうやり方がいいのかというのは、京大の考え方も聞いた上で考えていきたいと思います。

○山中委員 そのほか、ございますか。

○三好チーム員 これ代表炉心とっていいのか、よくわかりませんが、また後で出てくるとは思いますけども、先ほどちょっと御説明になりました制御棒の反応度価値というか、微分反応度、それを求めるためのプロセスが示されていて、例えば30ページですか。フラックスに対して、こういうフィッティングをして求めているという御説明があったわけですが、まずこの絵については、このプロットがあるところの高速中性子に対してフィッティングをしたという意味だと思えるんですけども、このフィッティングする範囲によって Δ （デルタ）は多少変わるというふうには思っていますけども、この辺のフィッティングの範囲をどういうふうにしたのかということをお伺いしたいのが一つと、あと一応、今回添加反応度等については厳しい炉心とか余裕がある炉心とか、いろいろあるわけですが、基本的にはこれ、代表炉心として選んでいますので、こういったフィッティングする対象とした範囲だとかそれによる、 Δ （デルタ）の値は出ておりますけども、こういった情報は全炉心について出していただきたいというふうに思っていますけども、いかがでしょうか。

○京都大学（三澤教授） それほど重要なこととはあまり思えないんですけども、フィッティングの誤差、ここに書いてありますように非常に小さな値でということ、28ページのところに書いてあります。普通、我々考えて、これでフィッティング誤差がほかに影響するような値になるとは、ちょっととても考えられないんですけど、やれという御指示であればいたしますが、やはりその辺りは数字の大小を考えて、御指示いただきたいというふうに思うところでございます。

なお、フィッティング範囲につきましては、これはプロットした点というのは、サイズからいって反射体の影響を及ぼす範囲が大体5cm程度であろうというのが我々経験的にわかっていますので、バウンダリから5cm程度中の範囲をできるだけ点数を多くフィッティングするという方針で全てやっているところでございます。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

もちろん Δ （デルタ）についての影響が、最終的な反応度についての小さいということは承知しています。

ただ、こういったものをフィッティングするのは、これは高速エネルギー群でやっていますが、別にこれが一つのやり方じゃなくて、サーマルの熱群に対するフィッティングをしている場合もあるわけです。ですから、一応高速でやっていると、これで Δ （デルタ）を求めているということであれば、その考え方やそれが小さいということを示していただきたいと思います。

全部記載するかどうかは別にして、5cm程度と言われましたけども、これ例えばほかのエネルギーのとり方をすれば、結構この値が変わってきて、ある程度のところで落ちついて、落ちついた値をとるとか、結構そういう細かなフィッティングの仕方についての注意するところがありますので、今の出している結果について、それこそある程度のところで選べば収束しているんだと思いますけれども、そういったところについての情報と、あと、それに基づいて、どういう範囲をフィッティングの範囲としたという、その辺についての説明はいただきたいと思います。いかがでしょうか。

○京都大学（三澤教授） これ本当に必要ですかね、そういったところまで。ちょっとほかの方にも伺いたいんですけど。

基本モードになっていけば、高速だろうが熱源だろうがコサインになりますので、これはもう一般的にはそう思うんです。やれと言えやりますけれども、今誤差が非常に小さいというところを示しているところでございますので、どこまで求められるかというところについて、エンジニアリング的に考えて、あまり合理的ではないような気もするんですが。

○三好チーム員 ちょっと補足しますと、誤差が小さい、これを見れば、かなりコサインに乗っているということはわかりますけども、基本的にこのフィッティングコードというのは、そういう誤差を出せる機能を持っているんですか。逆にどの範囲を、ですから私が申し上げているのは、高速もフィッティングすれば、コサインに乗るのはわかっていますけども、そういう反射体の効果が出ないところを選んでいるんだということを示していただくとか、要するにフィッティング範囲をそれなりの理由でとっているんだという、そういう説明をしていただきたいということです。

○京都大学（三澤教授） すみません。まず、これはプログラムで、そういう既存のフィッティングコードを使って、フィッティングして誤差を出しております。ですので、まず

誤差が出るプログラムを使っているということは御説明させていただきたいと思います。

フィッティングの範囲については、若干考察を入れたものを御報告するという形にさせていただきたいと思いますが、ちょっとほかの方の御意見もそれは聞いていただけませんかでしょうか。要するにどこまでそういうところが必要かというところについて。

○戸ヶ崎チーム員 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

私の理解では、ここのフィッティングの前に、中性子束の分布の反射体節約の値というのを設定するときに、以前は全炉心で一律同じ数字を使っていたと思うんですけど、それを炉心ごとに変えたということがあったと思うんですけど、それで実際30ページのところでその炉心の高さがいろいろな高さがある中で、中性子束の分布というのは、こういうコサインカーブではなくて、実際、反射体のところは分布が変わるところがあると思うんですけど、そういうことを考慮して、まずどういう範囲でフィッティングをするのがいいのかとか、あと炉心高さとの関係とか、まずそういう確認をする必要はあると思ひまして。

このデータですと、実際の中性子分布はわからないと思いますので、それとこのフィッティングの、フィッティングの範囲というのは、この点のところだと思うんですけど、そこだけ見ておけばいいというような、そういう説明は必要なのではないかというふうに思ひます。

○京都大学（三澤教授） 承知いたしました。じゃあそのような形で説明するようにしますが。

○山中委員 そのほか、いかがですか。よろしいですか。

そのほかにも何か確認しておきたいことございますか。

○戸ヶ崎チーム員 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

本日はフローの4.と5.の核計算の妥当性の確認と、それと代表炉心の計算の説明をしていただきましたけど、代表炉心の方は固体減速架台の説明がありましたけど、特に添8の関係の説明だと思ひますので、添付資料10の関係の説明とか、あと軽水架台の方の説明がまだありませんので、ちょっと今日用意していただいていると思ひますので、今どこまで説明されて、これからどこを説明されるのかということをお説明していただきたいと思います。

○京都大学（三澤教授） どうもありがとうございます。

すみません。じゃあ資料一番最後のページ、37ページで説明させていただきたいと思ひます。

解析パラメータを何をやるかということにつきましては、この前の審査会合におきまして、これらのパラメータについて解析を行うということを御報告させていただいたところでございます。

解析方法については、SAと書いたのは、これはSRACコードシステム、MOはモンテカルロ計算コードでございますが、一応ベースはSRACを使いますが、一部モンテカルロで妥当性について確認するというところで進めたいというふうに思っているところでございます。

添8では多分主に核的制限値というものに着目して、記載するというふうに考えているところでございますが、核的制限値となりますのは、そこに○で書いたような項目、×は核的制限値には入っておりません。

固体減速架台、軽水減速架台につきまして、結果につきましては固体減速架台については若干説明不足しているところもございますが、○で書いたのは本日の審査会合において記載したところ。それから△については、これは次回以降説明するというところでございます。

添付10の解析につきましては、それぞれのパラメータを過渡解析でありますとか温度評価でありますとか、質量評価等で使用するということで考えているところでございますので、これらを実際使って添付10を解析するということになると思います。軽水減速炉心につきましては、そこに書きましたとおり今回のところではまだ説明しておりませんので、次回以降、核的制限値を満足しているということについて御説明したいというふうに思っているところでございます。

○山中委員 今後の説明の予定と計算等について説明いただきましたけれども、質問、コメントございますか。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

今の37ページの表について、2点御質問します。

まずこれは最初の計算モデルのところにも絡みますけれども、この中の解析パラメータの中の中心架台の反応度、これについては中心架台についての仕様というのは、これまで示していただいていないと思いますので、計算できる程度の設計仕様なり、その構造なり、それを示していただきたいというふうに思います。

また、中心架台の部分は相当なボイド領域になりますので、それについての今のcitationでのやり方、その部分をどういうふうにやっているか、その辺についての説明は充実していただきたいというふうに思います。

それから2点目は、ここには項目としてありませんけども、中性子束分布というのが最後にあります。これ固体減速架台で○で（一部）というふうになっていますけども、ちょっとこの意味がよくわからないんですけれども、先ほどの軸方向のフラックス分布を求めているという意味でおっしゃっているのかもしれないんですけども、この中性子束分布、解析項目については、先月の前回の審査会合でもそれぞれ説明をされていまして、中性子束分布の中で、要するにいわゆるピーキングを中性子束分布を用いてどこに現れるかということの評価するという、そういうことになっているというふうに理解していまして、ピーキングについてはもちろん添付10で、いわゆるここに書かれているように温度解析で用いるわけですけども、どこの部分が一番燃料温度として高くなるかということで、重要な評価なので、この辺の位置づけは明らかにした上で、今後評価なりをしていただきたいと思います。

中性子束分布だけにピーキングを含めるというのは、無理があると思うので、当然評価する量ですので、それについての位置づけを、この表について検討いただければというふうに思います。

以上です。

○京都大学（三澤教授） 中心架台の反応度の評価、中性子束分布の評価について御指摘、承知いたしました。

まず中心架台の「（一部）」と書いてあるのは、先ほど分布を一部出したというところで、すみません。これは特に若干反射体節約のところに使っていますというところだけで、一部という形をさせていただいております。

出力ピーキングの温度評価につきましては、次回以降といたしますか、しっかりと説明したいというふうに思っているところでございます。

○山中委員 その他、ございますか。よろしいですか。

○戸ヶ崎チーム員 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

本日3.の核計算の妥当性の確認、それと5.の代表的炉心の計算の妥当性の確認の一部の説明をしていただきました。

4.の核設計の妥当性につきましても、先ほどのHEU、高濃縮ウランの実験と解析を比較されたということですが、LEUの方でも使えるかということで、例えば計算誤差の、先ほどの実効増倍率と臨界量の関係の4%の妥当性とか、そういう質問をさせていただきましたので、そういう回答とか、あと先ほどの代表的炉心で、まだ御説明いただいていない

添付資料10の関係とか、軽水架台の説明をしていただく必要がありますので、次回以降に確認したいと思います。

○京都大学（三澤教授） 一つだけ確認させていただきたいんですが、今後の進め方の中で、まず添付8の内容について、ある程度確定してからというふうにしたいというふうになっているところがございますが、私の理解では添付8では、核的制限値等満足した炉心を組むことができるということを示すのが、添付8の一番重要なところかなというふうに思っておりますので、先ほどの中性子束分布等の微細なところについては、特に添付8ではあまり言及せずに、それから内容については添付10のほうで詳しく解析するというような形で進めさせていただきたいと思うんですが、それでよろしいでしょうかということです。

○三好チーム員 規制庁の三好です。

先ほど言及しましたピーキングについては、添付10のところで使い始めますので、その添付10を解析する前までに評価をしていただくということで、作業上は問題ないと思います。

あともう1点補足させていただきたいのは、先ほどの Δ （デルタ）については、一応基本的なデータ解析しているわけですから、どういうフィッティング範囲をとっている、その考え方について説明していただきたいということを申し上げたわけですが、もう少し、直接的に言うと、基本的に今の Δ （デルタ）というのは、制御棒のいわゆる微分反応度を求めるときに使っているわけです。

それで実際に私が思うには、制御棒の微分アースというのは実験値をいっぱい持っておられると思いますので、それに対してその実験値を使って、今回の評価の方法のやり方については説明いただくとして、それを使って Δ （デルタ）を使って実験値と比較してどの程度今のやり方が妥当なのかということを示していただくのが最も直接的で、かつ Δ （デルタ）も含めて、ほかの反応度の評価も含めて妥当かということが判断できるんじゃないかと思うんですが、その辺について検討いただくということにはできないでしょうか。

○京都大学（三澤教授） 京大、三澤です。

制御棒については、今言いましたとおり、これかなり一番厳しい状態での微分反応度、センターになります。実際xSが一番厳しいところでそうなるわけなんですけど、そのセンターでの微分反応度の実験値というのは、実はそのところはあまりございません。というところですので、微分反応度のその実験値と計算値と比較するというのは、ちょっと今す

ぐにお示しできないかなと。

次に出るワースについてもデータ、先ほども示しております。これ個々について全てございましてあれなんです、微分反応度の詳細な非常に細かいデータについては、今すぐにお示しすることはできませんので、それについてはこの解析の、先ほどフィッティング等の誤差等のところで評価をしっかりとやるというところに対応していきたいというふうに思っております。

○三好チーム員 データとして一番厳しいところというんじゃないで、S字カーブとしていろんな比較法で炉心の制御棒の位置に対して反応度がどうかという、そういうデータはあるんじゃないかと思うんですけど、そういうものもないということですか。

○京都大学（三澤教授） いえ、それはあります。S字カーブとか、それは当然ございませぬ。

○三好チーム員 ですから、一番厳しいところの点を、点で比較するというのではなくて、基本的に Δ （デルタ）を使ってS字カーブを評価して、それで今速度に対する核的制限値について議論しているわけですから、今回の方法で求めた Δ （デルタ）を使って、実際の実測のS字カーブと比較してどの程度再現性があるかどうかと、そういう評価はできるんじゃないかというふうに思うんですけども、いかがですか。

○京都大学（三澤教授） 今の微分反応度につきましても、今これかなり余裕を持って設定しているところでございますし、実験値の誤差というのについては、それなりにちゃんと評価しているところでございますので、できればそういうところの値の比較というところは、今のところでこの範囲でやらせていただきたいというふうに思っております。

○戸ヶ崎チーム員 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

いずれにしても添付資料10の説明で使うパラメータということですので、次回その説明をしていただくときに、フィッティングとか誤差の妥当性については説明していただきたいと思っております。

○山中委員 あと、よろしいですか。

○京都大学（三澤教授） 承知いたしました。よろしく申し上げます。

○山中委員 そのほか何か確認しておきたいこと、よろしいですか。

それでは以上をもちまして本日の審査会合は終了いたしたいと……、どうぞ。

○京都大学（釜江特任教授） 京都大学、釜江でございますけども、この審査につきましても昨年の6月に第1回目があって、今日で多分10回目ぐらいだったと思うんですけども、

なかなか我々の対応があまりうまくいかなかったというところも大きな原因かとは思いますが、前々回管理官からのお申し出があって、こういう機会が審査フローなり、我々の説明の流れ、こういうことに対して対応してきて、私が見ている範囲はかなりコンセンサスが得られてきたということで、まだ少し細かなところであれが要るかなというところはあるんですけども、ただかなり時間がたっています。我々はこれからこのまま添10とか、一番安全上大事なところに入りますので、迅速な対応をしてまいりたいと思いますので、できれば迅速な審査のほうを今後ともよろしくお願ひしたいと思います。

○山中委員 あと、よろしいでしょうか。

今後ともよろしくお願ひいたします。