

原子炉安全小委員会燃料ワーキンググループ（第13回）  
議事録

日 時：平成 22 年 10 月 15 日（金） 13：30～17：00  
場 所：経済産業省別館 9 階 944 共用会議室

出席者：	主査	寺井 隆幸
	委員	阿部 弘亨
		天谷 政樹
		大橋 弘士
		木下 幹康
		杉原 淳
		更田 豊志
		古田 照夫
		前田 誠一郎
		三島 嘉一郎
		山口 彰
		山本 章夫

敬称略・順不同

枠囲みの内容には商業機密が含まれますので公開できません

寺井主査 皆さん、こんにちは。まだ時間よりも少し早いのですが、本日、山本委員はそもそも遅れて来られる御予定と承っておりますので、ただいまから「原子炉安全小委員会燃料ワーキンググループ第13回」を開催させていただきます。

それでは、まず初めに、事務局から定足数の確認、事務連絡及び配付資料の確認をお願いいたします。

青木統括安全審査官 まず、定足数を確認させていただきます。本日、12名の委員に御出席をいただく予定となっております。このうち臨時委員が8名でございます。定足数である臨時委員6名以上の要件を満たすことになっております。山本委員が遅れて見えませんが、山本委員を除いても定足数には足りておりますので、御報告申し上げます。

それから、本日の会合でございますが、保安院における委員会等につきましては原則公開となっておりますけれども、本会議につきましては、企業秘密、知的財産にかかわる情報を取り扱いますことから非公開とさせていただきます。

配付資料の確認でございます。座席表、委員名簿の下に議事次第がございます。議事次第の4番は配付資料のリストになっております。

燃料W13-1「17×17 A型高燃焼度燃料 信頼性向上燃料設計について」。

燃料W13-2「浜岡原子力発電所第4号機 ウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)燃料について」。

燃料W13-3「浜岡原子力発電所第4号機 MOX燃料に係る輸送システムの変更に伴う燃料健全性への影響について」。

燃料W13-4「高燃焼度17行17列A型燃料からの一次冷却材中への放射性物質の漏えいについて」。

こちらの資料につきましては、前回のワーキングで御審議いただきまして、委員の皆様からいただいたコメントを踏まえて修正し、保安院として決定したものでございます。9月15日の燃料ワーキングの後、皆様からコメントいただきまして、17日には保安院として決定し、申請のございました対策A型燃料の燃料体の設計認可をした上で、私どものホームページにその旨を掲載してございます。併せて今の資料、私どもの考え方ということで掲載させていただきました。ありがとうございました。御紹介でございます。

それから、机上配付資料といたしまして、第9回から前回までのワーキング、それから、連絡会、一回ワーキングが成立しませんでしたけれども、そこで配付いたしました資料一式と、それから、10月12日付で三菱原子燃料株式会社から申請がございました、今回御審議いただきます抜本対策燃料、「信頼性向上燃料」と言っておりますけれども、これの燃料体設計認可申請書の写し、それから、浜岡4号機の輸入燃料体検査申請書の内容の変更についてというものをお配りしてございます。

配付資料については以上でございます。

寺井主査 どうもありがとうございました。

燃料W13-1に別添が1、2と2つございますので、それも含めて御確認をいただければ

ばと思います。もし不足等ございましたら、事務局までお申出いただければと思います。

それでは、早速でございますが、議事に入りたいと思います。本日の議題は、これまでと同様、高燃焼度 17 行 17 列 A 型燃料からの一次冷却材中への放射性物質の漏えいについてということで、本日は恒久対策燃料、先ほど申請書が出てきているという、机上配付資料でございますけれども、この設計に関する御説明をいただきまして、そのほかといたしまして、中部電力株式会社浜岡原子力発電所第 4 号機のウラン・プルトニウム混合酸化物 (MOX) 燃料について御説明いただく予定としております。

それでは、事務局から御説明お願いいたします。

木原安全審査官 それでは、燃料 W13 - 1 「17×17 A 型高燃焼度燃料 信頼性向上燃料設計について」の資料を基に御説明させていただきたいと思います。

まず、表紙をめくっていただきまして、目次としまして「はじめに」の後、今回の資料構成としまして、まず「信頼性向上 A 型燃料の仕様」として、「フレットング摩耗対策設計」と「フレットング摩耗対策に伴う副次的な設計変更」と「その他の設計変更」の 3 つの設計変更点を説明しております。

「3. 信頼性向上 A 型燃料設計におけるフレットング摩耗対策設計の取り込み」ということで、こちらの方は、前回までのワーキング等で今回のフレットング摩耗が発生している要因に対して、それぞれどのような対策を取り得るかというのを表として整理しておりましたが、それぞれの要因に対して、今回の信頼性向上 A 型燃料で取っている対策の整理をしております。

「4. 対策効果の確認」として、「励振力測定による確認」「流動解析による確認」「振動測定による確認」の 3 点からの確認を行っております。

これらの確認を踏まえて、「摩耗評価」として、「評価方法」「評価条件」そして「評価結果」を資料を準備しております。

「影響評価」としまして、「燃料集合体の水力振動への影響」「混在炉心における燃料集合体への影響」「燃料の機械的健全性への影響」ということで、3 点から影響の評価を行っております。

最終的に「7. まとめ」としております。

本資料の後ろに別添 1、別添 2 として、まず、別添 1 「信頼性向上 A 型燃料隣接時における B 型燃料の健全性」ということで、B 型燃料の設計の方からの健全性の確認資料を添付しております。別添 2 としまして「基本設計時の設計および評価への影響について」を添付しております。

それでは、1 ページ目「はじめに」になりますが、17×17 A 型 55 G W d / t 燃料において、近年、燃料漏えいが発生しているということで、推定要因分析の結果、下記の ~ までの要因によって、特定セルでフレットング摩耗が発生していると考えられております。

本資料につきましては、これらの要因に対して本格的な対策を施した燃料、以降「信頼

性向上 A 型燃料」と表記しておりますが、これに関して効果及び影響評価についてまとめたものとなっております。これらの対策を施した燃料は、机上配付させていただいております、三菱原子燃料株式会社が 10 月 12 日に申請しております燃料体設計認可申請で対策を取られている設計となっております。

2 ページ目「信頼性向上 A 型燃料の仕様」としまして、主要な仕様につきましては、4 ページに、従来の A 型燃料と今回の信頼性向上 A 型燃料を左右に比較する形で仕様の比較表を示しております。これらの比較表の中から主な変更点を以下のとおり示しております、まず「2 - 1 フレッシング摩耗対策設計」としまして「(1) 下部ノズルの変更」を行っております。

下部ノズル自体の概要図につきましては、5 ページ目、6 ページ目に構造比較を示しております。5 ページ目の方が下面、上面の上から見た図で、(2) が下部ノズル構造の詳細ということで載せております。本設計につきましては、均質多孔型の流路孔を適用した下部ノズルを採用しております、炉心入口圧力損失の適正化、これは A 型燃料に比べて圧力損失を増加させる設計となっております。及び炉心入口の流れの整流化を図る目的での設計変更を行っております。

5 ページ、6 ページを御確認いただきたいと思いますが、左側が A 型燃料の下部ノズル、右側が信頼性向上 A 型の下部ノズルになりますが、下面等で四角囲いの注意文を書いておりますが、均質多孔型の流路孔により炉心入口の圧損を適正化し、流れを整流化ということで、流路孔の変更を行っているのが確認できるかと思っております。

6 ページ目の方は、従来の異物フィルタの代わりに、ノズルプレートの上に薄板、ブレードを設置することによって、異物捕獲性能を確保しております、その詳細図として載せております。

2 ページ目、本文の(2)になりますが、「最下部支持格子軸方向位置の変更」ということで、信頼性向上 A 型燃料では、最下部支持格子を A 型燃料よりも若干下げることにより、B 型燃料の最下部支持格子に近づけ、隣接時の最下部支持格子軸方向位置の違いによる横流れの低減を図る設計としております。

その図につきましては、7 ページ、8 ページに図 2 - 3 として示しておりますが、まず 7 ページの方で、支持格子軸方向の位置の比較ということで、従来の A 型から、信頼性向上 A 型に変更している点を四角囲いのところで示しております。今回の下部支持格子、左側のところの位置を、異物フィルタを外しております関係から、信頼性 A 型の方では、下部ノズルのすぐ上のところに最下部支持格子の位置を近づけております。

併せて、燃料棒の突出し量、最下部支持格子から下に突き出している燃料棒の長さですが、これについても A 型燃料よりも短くして、燃料棒下端に働く流体力を低減する設計としております。

次に「(3) 下部端栓形状及び燃料棒軸方向位置の変更」としまして、信頼性向上 A 型燃料の方では、先ほどの最下部支持格子軸方向位置の変更と併せまして、下部端栓長さを

A型燃料よりも長くしまして、最下部支持格子は下部端栓を保持する構造と変更しております。これによりペレット有効部から離すことにより、照射による最下部支持格子ばね力の緩和が小さくなるようにしております。

具体的なこの下部端栓の位置図につきましては、9ページに集合体下部構造の比較ということで示しておりますが、A型燃料の左側に比べて右側の下部端栓に相当する部分が長尺化したものを取り付けるという形になっております。

具体的な寸法等につきましては、4ページの左端と右端のところに燃料棒の下部端栓の寸法つきの図を載せております。左側の下部端栓の長さに対して、右端の信頼性向上A型の方の下部端栓の長さが長い形になるのがわかるかと思えます。

また、この長尺化によりまして、最下部支持格子が保持する位置が従来の燃料棒の該当個所から、今回の下部端栓のところを直接保持する形に設計の変更がなされております。

また、下部端栓下端と下部ノズル上面との距離、以下「下部ギャップ」としてありますが、この下部ギャップをA型燃料よりも短くするという設計変更をしております。

具体的な寸法変更につきましては、これは4ページになりますが、A型燃料の中央の表のすぐ左側、右側にそれぞれ集合体の寸法つきの図を載せているかと思えますが、これのスパン、長さの反対側に記している数値が下部ギャップの長さの変更値となります。

この下部ギャップの短縮によりまして、寿命中に燃料棒が照射成長しても、燃料棒が下部ノズルに接することにより、それ以上、燃料棒が下方にずれなくなり、寿命を通じて最下部支持格子が下部端栓を保持するように設計を行っております。

この下部端栓の先端はテーパ状とし、下部ギャップが閉塞しても下部端栓と流路孔が重ならないようにしております。

寿命を通じて最下部支持格子は下部端栓を保持する構造であることから、万フレッシング摩耗が発生したとしても、被覆管が貫通することはない設計となっております。

次に「フレッシング摩耗対策に伴う副次的な設計変更」としまして、まず「上部ノズルの変更」を行っております。この上部ノズルの変更につきましては、下部ノズルの変更によって圧力損失の増加が発生しておりますので、これを全体の圧力損失を低減する目的で、流路孔の形状及び流路面積を変更しております。

具体的な図につきましては、10ページに構造図の比較を載せております。これの上面の方で形状の変更が行われているのが確認できるかと思えます。

次に、3ページ目になりますが、「燃料棒全長、プレナム長および初期ヘリウム圧力」の変更を行っております。信頼性向上A型燃料の燃料棒の全長につきましては、寿命中のトータルギャップを確保できる範囲内において、A型燃料よりも若干長くしております。燃料棒全長の伸長は下部端栓長さの伸長に比べて小さいため、結果として燃料プレナム長さはA型燃料よりも短くなる設計となっております。このため、燃料棒の自由体積がA型燃料よりも小さくなり、燃料棒内圧は増加する方向になっておりまして、これの対応として初期ヘリウム圧力を低減することで燃料棒内圧の増加を抑制する設計とされております。

これらの数値的な変更は4ページの中央の表のところで示しておりますが、これの黒い太枠のところでは初期ヘリウム圧力の変更値を示しております。燃料棒全長の長さの変更につきましては、それぞれその左右にある集合体の寸法の一番外側のところの3856mmが3863mmに変更されている。その燃料有効長は変わらないのですが、その上部に設けられているプレナム部の寸法が短くなっている設計となっております。

次に「(3)燃料有効部位置の変更」ということで、下部ギャップの変更及び下部端栓長さを変更したことによって、信頼性向上A型燃料の燃料有効部の位置がA型燃料よりも高い位置に移動する形となっております。こちらは、4ページでその実際の寸法、9ページで位置関係を示しております。

「(4)中間支持格子軸方向位置の変更」としまして、上記2-1(2)の「最下部支持格子の軸方向位置の変更」で示しておりましたが、最下部支持格子の軸方向を下側に下げているため、支持格子間距離の最適化の観点から、併せて中間支持格子の軸方向位置についても、それぞれわずかですが、位置の変更を行っております。これにより中間支持格子間の距離は最大で□mm程度広がることとなります。

具体的なそれぞれの支持格子の変更量につきましては、8ページの図2-3(2)のところで、A型燃料から信頼性向上A型燃料、そしてB型燃料との3体の比較をしております。それぞれの支持格子位置に対して変更した変更量を四角囲いのところで示しております。A型と信頼性向上A型を比べた場合、下から7、8番目の支持格子の軸方向は変更していない形での設計変更を行っております。ですので、下側、第1、第2、第3から順に位置を変更している形となります。

「(5)異物フィルタの廃止」ということで、下部ノズルの流路孔に薄板を埋め込んだビルトイン異物フィルタ下部ノズルを取り付けたことにより、A型燃料と同等の異物捕獲性能を確保できるため、A型燃料で採用していた異物フィルタを廃止しております。こちらは、先ほどの7ページのところで比較図を置いておりますが、A型燃料でつけていた濃い青色の異物フィルタが、信頼性向上A型の方では下部ノズルの方でその性能を確保しておりますので、取り付けていない形での設計となっております。

最後の「2-3 その他の設計変更」としまして「ペレットの仕様(ペレットL/D)の変更」となりますが、ペレット直径に対するペレット長さの比を変更しております。本変更はペレット品質向上のために行ったものとなっており、A型燃料のペレット長さ、従来11.5mmであったものを、信頼性向上A型燃料では9.5mmと変更し、これに伴い、ディッシュ・チャンファ割合をA型燃料と同等とするために、ディッシュ寸法も合わせてA型燃料から変更しております。

これらの変更に伴いまして、11ページになりますが、「信頼性向上A型燃料設計におけるフレティング摩耗対策設計の取り込み」としまして、信頼性向上A型燃料で取られているこれらの対策に対しまして、燃料棒のフレティング摩耗の推定要因に対して対応できる設計として採用されているものでございますので、その対応表を整理しております。

13 ページになりますが、表 3 - 1 信頼性向上 A 型燃料設計のねらいということで、従来のワーキングで対策 A 型燃料等で示していたものになりますが、それと燃料設計で対応できる対策としての適用のところの項目を作成しております。それぞれ、まず推定要因とし、集合体内の流動要因として、A 型燃料における推定メカニズムで、集合体内横流れによって下部炉心板流路孔を通過した一次冷却材の流速分布が下部ノズルで整流化されにくいため、流速分布が残ったまま燃料棒下端に至り、その分布により横流れが生じるという要因に対応しまして、先ほどの均質多孔型の下部ノズルを採用することで、下部ノズル部での整流効果を上げることで横流れを低減する設計としております。

その下の項目、隣接燃料による流動要因とし、隣接要因との圧損差による流況変化、A 型燃料の炉心入口部圧損が B 型燃料より低いため、A 型燃料への一次冷却材流入量が増加するという要因に対応しまして、下部ノズルの圧損を B 型燃料程度に増加させることで、A 型燃料への一次冷却材流量増加を抑制する設計としております。

隣接燃料との構造差による流況変化として、A 型、B 型の最下部支持格子軸方向位置が異なるために、当該部で一次冷却材の流動分布が生じ流況が変化する要因に対応しまして、A 型燃料の最下部支持格子軸方向位置を B 型燃料にできるだけ近づけることで一次冷却材の流況変化を抑制する。

構造、照射要因として挙げられておりました流体力によるモーメントに対応しまして、の一次冷却材流れが下部ノズルで整流化されにくいため、集合体内の横方向に発生する静圧差が大きくなる。また、隣接燃料との圧損差により静圧差が更に大きくなるという要因に対応しまして、下部ノズル部での整流効果を上げ、圧損を増加させ、燃料棒が流体力によって受けるモーメントを低減する。これは対策燃料で取られていた対策でもありますが、同様に対策を行っております。

、最下部支持格子から下に突き出した燃料棒下端部に流体力が作用するという要因に対して、最下部支持格子からの燃料棒下端部の突き出し長さを短縮することで、燃料棒下端部が受ける流体力を低減する設計としております。

最下段の欄の最下部支持格子の照射によりばね力低下が大きい場合に、リフトオフ発生の一因となる要因に対応しまして、最下部支持格子軸方向位置の変更と下部端栓の長尺化により、燃料有効部との距離を広げることで照射量を低減し、ばね力の緩和を低減する設計を取っております。

これらの対応による具体的な図を、図 3 - 1 から図 3 - 3 まで示しております。図 3 - 1 につきましては、下部ノズルの変更による横流れの現象と、燃料棒が受けるモーメントの低減を図っている図としております。図 3 - 2、図 3 - 3 につきましては、それぞれ炉心入口部の一次冷却材流れの模式図と集合体下部構造図を示しております。

16 ページになりますが、これらの各要因に対する対応策を取った設計につきまして、それぞれの対策効果の確認を行っております。まず、信頼性向上 A 型燃料のフレットング摩耗に対する対策効果を確認するとしまして、確認方法とし、3 つの手法を取ってお

ります。

まず、部分モデル二体流水試験により、A型燃料で特に大きい3-2、3-3セル位置での励振力が信頼性向上A型燃料で低減していることを確認するとしまして、4-1の項で整理しております。

また、試験で得られた励振力測定結果の傾向を流動解析（CFD解析）においても確認しております。こちらは4-2章で整理しております。

更に、励振力の低減により信頼性向上A型燃料の燃料棒振動応答が低減することをフルモデル流水試験により確認を行っております。

なお、これらの試験及び解析につきましては、17×17型燃料を装荷する3ループ及び4ループ炉心の平均的な流速を包絡した条件、注釈でその下段のところに飛ばしておりますが、CFD解析とフルモデル流水試験での流速条件は4ループを代表して5.0m/sとしており、また、部分モデル二体流水試験では、励振力の測定精度の観点より、より大きな流速条件5.5m/sの条件での試験を実施しております。

「4-1 励振力測定における確認」としまして、「(1) 信頼性向上A型燃料の励振力測定試験について」、励振力の低減効果を確認するため、部分モデル二体流水試験にて確認を行っております。

試験装置の概要につきましては、18ページの上の図に全体図、その下の方でモデル化している供試体の例を示しております。信頼性向上A型燃料とB型燃料が隣接した形で、赤枠の範囲を模擬した形で試験の実施を行っております。

これらの試験装置と供試体のモデル化範囲につきましては、A型燃料の漏えい原因究明の際に使用したものと同一ものを使用しております。

励振力の測定セル位置につきましては、図4-1-3として19ページに示しております。赤印のところが下端突出し部ということで、緑の枠囲いのところが支持格子間の励振力をそれぞれ測定しております。これらから、A型燃料で漏えいの生じた流路孔の周縁部の3-2、3-3のセル位置と、流路孔の中央部5-5と、集合体の中央部になる8-8の大きく3つのセル位置での測定を行っております。

これらの励振力の測定結果につきましては、信頼性向上A型燃料とB型燃料が隣接した場合での測定結果と、信頼性向上A型燃料単体での測定結果を比較することで、B型燃料が隣接することによる励振力の変化を確認しております。

また、信頼性向上A型燃料と、A型燃料の測定結果を比較することで、信頼性向上A型の励振力低減効果の確認を併せて行っております。

これらの結果につきましては、20ページの図4-1-4と図4-1-5でそれぞれお示ししておりますが、図4-1-4が信頼性向上A型燃料の単体とB型が隣接した条件での励振力測定結果、図4-1-5がA型燃料単体とB型燃料が隣接したときの測定結果を示しております。

この図から確認できる点としまして、信頼性向上A型燃料の下端部の励振力につきまし

ては、A型燃料に比べ半分以下に低減している。両図とも1のところに破線を引いておりますが、A型燃料単体5-5セル位置での燃料下端を1.0として相対化しているものですので、この下端部の右側の図を比較することで、信頼性向上A型燃料の方での励振力が半分以下に低減していることが確認できるかと思えます。

信頼性向上A型燃料、A型燃料ともに、支持格子間の励振力が下端部よりも小さい。信頼性向上A型燃料において励振力の測定セル位置の依存性がほとんど認められず、A型燃料で漏えいが発生した3-2、3-3位置の励振力と、漏えいが発生していない燃料棒位置、5-5、8-8のセルとほぼ同程度となっている。こちらの方は図4-1-4のところで、各セル位置に発生している励振力の相対比がほぼ変わらない状態になっていることで確認できるかと思えます。

信頼性向上A型燃料では、B型燃料の隣接による励振力の増加がほとんどないという点につきましては、白丸と濃い青丸がほぼ重なっている点から、B型の隣接によって単体の励振力がほとんど変化していないことがわかるかと思えます。

これらの結果より、信頼性向上A型燃料の励振力は、燃料棒位置に依存することなく、A型燃料の半分以下に低減しており、また、B型燃料が隣接したとしても、その影響はほとんどないことがわかったとしております。

21ページに移りますが、こちらで「流動解析による確認」を行っております。「流速に関する解析結果」としまして、部分モデル二体流水試験における励振力測定によって、先ほどの16、17ページで確認された点に対応しまして、励振力の低減効果を更に流動解析により確認したとしております。

この流動解析の前提条件につきましては、その下のそれぞれの評価軸方向位置、流体の流速等のポツで示しております。これらの前提条件につきましては、対策A型等で設定している前提条件と同じものとなっております。

この信頼性向上A型燃料にB型燃料が1面隣接した場合での軸流速分布の解析結果を23ページに示しております。図4-2-1が信頼性向上A型燃料、その下、図4-2-2がA型燃料のB型燃料隣接時の流速分布の結果となっております。

これらの図から、A型燃料に比べまして、信頼性向上A型燃料の方で赤い部分が減っていることから、信頼性向上A型につきましては均質化がされていることがわかつております。

次に、各セル位置での燃料棒周りの軸流速を整理したものとしまして、24ページに最下部支持格子下での軸流速分布の図と、横流れ強度の図を示しております。これらのヒストグラムから、両者とも緑のものがB型隣接、赤のものがA型でのB型隣接ということで、赤に比べて緑の信頼性向上A型の方が、軸流速及び横流れ強度が低減していることが確認されるとしております。

また、それぞれの、青と緑になりますが、信頼性向上A型の方の軸流速及び横流れ強度の大きさがほぼ一樣になっていることから、各セル位置での均質化が起こっているとして

おります。

これらのことから、部分モデル二体流水試験における励振力の測定結果の方では、励振力のセル位置に対する依存性が小さく、B型燃料が隣接した場合でも励振力はほとんど増加することがないことが確認されている。これに対して、CFD解析の結果においても、信頼性向上A型燃料はA型燃料に比べて軸流速及び横流れ強度のセル位置に対する依存性が小さく、B型燃料が隣接しても、軸流速及び横流れ強度がほとんど増加していないことから、励振力の測定結果の傾向と一致するとしております。

「また」以降のところ、燃料W12-1で示しておりましたCFD解析による流速と単位長さ当りの励振力の相関式を(1)として示しておりますが、この式を用いまして、信頼性向上A型燃料の励振力測定結果を再現するように評価式の係数a及びbを求め直しております、それぞれa、bの数値をお示ししております。

この式において、CFD解析による流速を用いて励振力を評価した結果を25ページの図4-2-5で示しておりますが、印が試験結果、印が解析結果を整理しておりますが、CFD解析に基づく励振力の(1)式を用いた評価結果につきましても、試験結果と解析結果がよく一致していることから、試験結果を再現できているものと判断しております。

この式を用いた同じ方法によりまして、集合体内の各セルの励振力を評価したものを、その下の図に示しております。この図のところ、集合体内の計算による励振力につきましてはほぼ均質であり、他のセルでも有意に大きい励振力が発生していないことを確認しております。これらの結果から、信頼性向上A型燃料のフレットング摩耗に対する対策の有効性を確認することができたとしております。

26ページで「静圧分布に関する解析結果」を載せております。こちらは、燃料棒の保持状態が燃料棒が受ける流体力によるモーメントに影響を受けることから、信頼性向上A型燃料にB型燃料が1面隣接した際の静圧分布をCFD解析により求め、その結果をその下の方に示しております。

(b)の方がA型燃料とB型燃料の隣接、その上の(a)が信頼性向上AにBが隣接したものとなりますが、A型燃料において漏えいが発生した3-2セル位置での燃料棒周りの静圧差が約  MPaと評価されていることにつきまして、静圧分布に基づき、燃料棒下端に作用する流体力モーメントを評価し、信頼性向上A型燃料では約  N・mmとなり、A型燃料の流体力モーメント約70N・mmよりも低減していることを確認しております。

この静圧分布に関する解析から、燃料棒が受ける流体力によるモーメントが低減していることから、信頼性向上A型燃料のフレットング摩耗に対する対策の有効性を確認したとしております。

4-3で、今度は「振動測定による確認」を行っております。振動測定による確認におきましては、実機、フルサイズの模擬燃料を用いた単体でのフルモデルの流水試験で確認しております。このフルモデル流水試験では、最下部スパンでの燃料棒の振動を測定しまして、燃料棒の振動速度がA型燃料でのフルモデル流水試験結果と比較し、その対策効

果の確認を行う手法としております。

その試験の結果を 28 ページで示しておりますが、この測定結果より、信頼性向上 A 型燃料の流路孔周縁部のセル位置、3 - 2、3 - 3、2 - 2 のセル位置になりますので、図の右側の方の測定点になりますが、このセル位置においては振動速度が低下している。これは印の位置が信頼性向上 A 型では下の方に見られることから、振動速度が低下している。信頼性向上 A 型燃料における振動速度はセル位置による差がなく、ほぼ同程度であり、均質化しているということで、5 - 5、2 - 6、2 - 3、3 - 2、2 - 2 のそれぞれのセル位置の測定点の振動速度の相対比がほぼ一様になっていることから、均質化しているものと判断をしております。

これらの結果から、燃料棒の振動は燃料棒位置にほとんど依存することがなく、A 型燃料で漏えいが発生していない燃料棒位置の燃料棒振動と同等以下に低減していることを確認しております。これらの振動速度が均質化したことにつきましては、励振力の均質化によるものであり、信頼性向上 A 型燃料の効果によると考えられるとしております。

29 ページで「摩耗評価」をしております。こちらの摩耗評価におきましては、最下部支持格子は下部端栓を保持する設計に変更していることから、仮に摩耗が進展したとしても漏えいが生じる構造ではないのですが、ここでは信頼性向上 A 型燃料の摩耗量の低減効果を確認する目的で、フレッティング摩耗評価方法を用いての評価を実施しております。

評価としましては、保守的に 4 ループ条件で評価を行う場合と、3 ループプラントで A 型燃料のガドリニア入り燃料棒に漏えいが発生した燃料集合体の炉心装荷履歴に基づいた場合の 2 つのケースを実施しております。

「評価方法」につきましては、燃料 W10 - 2 の評価方法と同じものを用いております。ただし、この評価方法で用いているモデルに入力する励振力につきましては、W12 - 1 の資料で示したとおり、実測の励振力測定結果を時刻歴波形に変換し、評価を実施しております。全体のモデルの図につきましては、31 ページに示しております。

かつ「評価条件」としまして、信頼性向上 A 型燃料では、先ほどの 4 - 1 節で示したとおり、各セル位置で励振力に有意差がなく、また、隣接燃料による励振力の増加もほとんど認められていない点がありますが、評価には、実測された励振力の中で、わずかな違いではあるものの、最大のものとして 3 - 2 のセル位置での値を用いております。

また、信頼性向上 A 型燃料のウラン燃料棒 3 - 2 の位置になりますが、これとガドリニア入りの燃料棒 3 - 3 の位置になりますが、これらは A 型燃料に比べ流体力モーメントが低減するために、リフトオフ時期が A 型燃料に比べて遅れると推定されるものの、保守的に A 型燃料のウラン燃料棒と同一の 18 G W d / t でリフトオフすると仮定をしております。

更に、信頼性向上 A 型燃料の最下部支持格子の位置は A 型燃料に比べて燃料有効部より離れるようにされておまして、照射によるばね力の緩和が減少することが考えられるものの、保守的にばね力の緩和は A 型燃料と同様として評価を行っております。

ガドリニア入り燃料棒については、対策 A 型燃料の摩耗評価と同様に中間部の支持格子部でわずかな隙間が生じることを仮定して、第 2 サイクル以降、ワークレートが 2 倍になる効果を考慮した評価を行っております。

4 ループ、3 ループのそれぞれの評価条件につきましては、32、33 ページにそれぞれ条件を、表 5 - 2 - 1、表 5 - 2 - 2 で示しております。

これらの評価結果としまして、34 ページで 4 ループ条件での信頼性向上 A 型燃料の摩耗評価結果を示しております。信頼性向上 A 型燃料の摩耗量につきましては、この図から、右側の四角囲いの中に入りますが、大幅に低下している。更に 3 ループプラントでの摩耗量につきましては、35 ページで示しておりますが、ガドリニア入り燃料棒の方の四角囲いになります。そちらも同様に大幅に低下していることの確認を取られております。

36 ページの「影響評価」としまして、今回の設計変更に伴っての「燃料集合体の水力振動への影響」を確認しております。「(1) 混在時の影響」としまして、集合体構造と圧損の異なる燃料が隣接することにより、燃料棒の水力振動への影響を評価する必要があるとしまして、B 型燃料との隣接による信頼性向上 A 型燃料の水力振動への影響を 4 章において確認しておりますが、一方で信頼性向上 A 型燃料が隣接したときの A 型燃料への影響について、この章において確認しております。

確認方法としましては、4 - 2 節と同様に、A 型燃料が B 型燃料及び信頼性向上 A 型燃料と隣接したときの CFD 解析を用いて確認をしております。その結果が 37 ページの図 6 - 1 となりますが、軸流速の方につきましては、B 型隣接、信頼性向上 A 型が隣接した場合、ほぼ同等の結果となっております。

横流れ強度につきましては、B 型が隣接する場合に比べて、信頼性向上 A 型が隣接した場合が同等以下の結果となっております。これらの (a) (b) の横流れ強度、軸流速を合わせたものとして (c) の励振力の確認結果を載せております。励振力の確認結果としまして、B 型隣接時に比べて\*の信頼性向上 A 型隣接時の方が励振力の相対比が低くなっていることが確認されるかと思えます。

併せまして、信頼性向上 A 型燃料が隣接したときの B 型燃料への影響については、別添 1 で確認を取っております。この別添 1 につきましては、「信頼性向上 A 型燃料隣接時における B 型燃料の健全性」としまして、原子燃料工業株式会社が信頼性向上 A 型燃料隣接時における B 型燃料の健全性に関し解析評価を実施した結果をまとめたものとしての整理をしております。

B 型燃料の構造自体は、これまで御説明してありましたところと一緒ですので割愛させていただきますが、サブチャンネル解析による影響評価としまして、信頼性向上 A 型燃料採用による影響として、圧損係数が変更されることとなりますので、これに起因する横流れへの影響が考えられるとして、サブチャンネル解析においてその確認を行っております。

サブチャンネル解析の解析体系としましては、別添 1 - 5、1 - 6 にそれぞれ A 型燃料と B 型燃料の隣接、信頼性向上 A 型と B 型の隣接ということで順にお示ししておりますが、

別添 1 - 5 の A 型燃料との隣接につきましては、従来の資料と同じものとなっております。

今回、別添 1 - 6 として、信頼性向上 A 型が隣接した場合の解析体系を整理しております。ここで大きく違っておりますのは、先ほどのとおり最下部支持格子位置を移動しておりますので、従来、下部ノズル、下部炉心板の上のスパンのところに置かれていた最下部支持格子の圧損が信頼性向上 A 型では一番下の下部ノズルのところで合せて圧損係数を計上する形として変更されております。

これらのサブチャンネル解析体系を用いた解析結果としまして、別添 1 - 7 を示しておりますが、上図が軸方向の流速、下図が横方向の流速になります。黒線が A 型燃料のセット、赤線が信頼性向上 A 型燃料とのセットで、B 型の影響を確認したものとなります。こちらからわかるかと思いますが、A 型の隣接時に比べまして、赤線の信頼性向上は A 型の方が、軸方向流速につきましても、軸方向位置の左側の方で、従来、流速が出ていたものが 5.0 の近傍で収束している。また、4.0 の上方につきましても流速が小さくなっている。

また、その下図の横方向流速につきましても、従来、0.0 の上のところで A 型の方は高く流速が出ていたものが、赤線のところで 0.0 の余り変わらない状態で収束している。上方の 4.0 の右側に近づく場合においても、横方向流速自体が小さくなっている傾向が確認できるかと思えます。

これらの解析結果等も踏まえまして、別添 1 - 3 の「まとめ」のところで、信頼性向上 A 型燃料隣接時における B 型燃料の健全性に関し、解析・評価を実施した結果、B 型燃料につきましても、構造上、高いフレット耐性を持っていること、信頼性向上 A 型燃料の採用により圧損係数が変更となっても問題とならないこと、流動解析においても B 型燃料に問題がないことより、信頼性向上 A 型燃料との隣接時においても B 型燃料の健全性は維持されるとまとめてございます。

これらの別添 1 も踏まえまして、混在時の影響として、信頼性向上 A と A 型、更に B 型の混在時についても問題ないとまとめております。

36 ページに戻りますが、「信頼性向上 A 型燃料の支持格子間の距離変更に伴う影響」としまして、支持格子間の距離が、最下部支持格子位置を下にずらした関係で、中間部の方も位置を変えております。その影響でスパン長自体も変わっております。このスパン長が最大で約 mm 増加しているところがございます。この支持格子間での水力振動への影響が考えられるとして、その確認を行っておりますが、この最大支持格子間距離となる下から 7、8 番目のスパンの支持格子間の距離よりも、今回の位置の変更によってスパンが伸びた部分は短いことから、その水力振動は実績に包含されると考えられ、問題ないとしております。

次の 38 ページになりますが、「混在炉心における燃料集合体の共存性への影響」としまして、信頼性向上 A 型燃料は、燃料構造が A 型燃料から変更となっていることから、構造的、核的、熱水力の評価に対する他型式燃料との共存性への影響が考えられるということで、以下のとおり「(1) 構造的共存性」「(2) 核的共存性」「(3) 熱水力共存性」

のそれぞれについての確認を行っております。

まず「構造的共存性」につきましては、支持格子軸方向位置の変更を行っていることから、中間支持格子の隣接燃料集合体との軸方向位置の違いを照射成長を考慮して確認する必要があるとして確認を行っております。この結果としましては、信頼性向上A型燃料では、第8、第7の支持格子軸方向位置はA型燃料から変更していないため、A型燃料と同様に支持格子の軸方向位置の違いは問題ないと整理しております。

「核的共存性」につきましては、燃料有効部の軸方向位置の違いが増倍率や軸方向ピーキング係数やサイクル長さへ影響することが考えられるとして、その確認を行っております。

信頼性向上A型燃料につきましては、A型燃料に比べて燃料有効部の位置が上方へ□mm移動しております。この移動量を踏まえて、炉心の半分が信頼性向上A型燃料であった場合でも、出力ピーキング係数の増分がわずかであり、設計の不確定性で考慮している範囲内にあることから、信頼性向上A型燃料装荷による出力ピーキングへの影響は問題とならないと整理しております。

「熱水力共存性」につきましては、混在時におけるDNB性能を確認するために、支持格子の軸方向位置の違いによる横流れの影響を評価する必要があるとして、上記1に示したとおり、中間支持格子の軸方向位置の違いが最も大きくなるB型燃料隣接時の第8支持格子部での評価をしておりますが、この第8支持格子での位置につきましては、A型燃料から変更していないことから、寿命を通じて重なり合った状態にあることは変わっておりませんので、支持格子軸の方向位置の差に起因する横流れは生じないとして問題ないと整理されております。

39ページ以降は「燃料の機械的健全性への影響」として、A型燃料からの主な変更点となる上部ノズルと異物フィルタの廃止を含む下部ノズルの変更、下部端栓の変更を含む燃料棒の変更、支持格子軸方向位置の変更を踏まえて、それぞれ6 - 3 - 1で(a)～(f)までの「燃料中心最高温度」「燃料棒内圧」「被覆管応力」「被覆管引張歪」「被覆管累積疲労」「その他の項目」の各項目についての確認を行っております。

39ページ中間の位置になりますが、「燃料中心最高温度」に関する影響につきましては、初期ヘリウム圧力をA型燃料よりも低減しているため、ペレット被覆管間隙におけるガスの熱伝導率が低下する一方で、燃料棒の内外圧差が大きくなるため、被覆管内径が小さくなり、ペレット被覆管間隙はA型燃料より小さくなる。このことから、信頼性向上A型燃料のペレット被覆管間隙における熱伝達率はA型燃料と同等となるということで、42ページにこれらの評価結果を一覧として示しておりますが、その一番上の燃料中心最高温度等に示されるように、基準値の値自体が変更されておらず、基準値に対してもそれを下回っていることを確認しております。

「燃料棒内圧」につきましては、プレナム体積が減少していることに対して、初期ヘリウム圧力を低下させております。しかし、初期ヘリウム圧力を低下させた状態でも、燃料

棒の内圧評価値は、先ほどの表 6 - 3 - 1 でも示されておりますが、A 型燃料に対して信頼性向上 A 型燃料の評価値はわずかながら上昇しております。ただ、この上昇分、増加分につきましては、設計比において 0.01 ~ 0.05 程度と小さく、結果としての評価値も基準値に対して余裕があることから、内圧評価に対しての影響は軽微であり、基準値を満足しているとまとめております。

「被覆管応力」につきましては、異常な過渡変化時における被覆管応力評価値が A 型燃料と同等であり、基準値を満足しているとしております。この結果につきましては、表 6 - 3 - 1 のところで同じ数値になっていることが確認できるかと思えます。

「被覆管引張歪」につきましても、異常な過渡変化時における被覆管引張歪評価値につきましては A 型燃料と同等で、基準値を満足しているとしております。

「被覆管累積疲労」につきましては、ペレットと被覆管の接触時期が早くなることにより、被覆管に係る応力が大きい期間が長くなるため、累積疲労評価の結果が厳しくなる方向となっております。信頼性向上 A 型燃料の燃料棒の累積疲労損傷係数の評価値につきましては、表に示されるように、A 型よりも高くなっております。ただし、その増加分につきましては、設計比において 0.01 ~ 0.05 程度と小さく、また評価値自体も基準値に対して余裕があるということで、仕様の変更をした場合でも、被覆管の累積疲労評価への影響は軽微であり、基準値を満足しているとしております。

「その他の項目」としまして、被覆管の腐食及び水素吸収とペレット被覆管相互作用 (PCI) の確認を取っておりますが、まず、被覆管の腐食及び水素吸収につきましては、被覆管の温度に依存するものでもあり、冷却材温度条件等に変更がなく、被覆管の温度も同等であるため、信頼性向上 A 型燃料の腐食及び水素吸収評価への影響はないとしております。

PCI 評価につきましては、異常な過渡変化の結果、到達する局所線出力密度と過渡変化中の局所線出力密度変化幅を求めて、それぞれが PCI 破損しきい値を同時に逸脱しないことをもって評価しておりますが、今回の設計変更によって燃料有効部と制御棒の相対位置関係が変更されております。この変更を含めても出力分布への影響がわずかであり、PCI 評価結果に影響を及ぼすことはないという整理をされております。

41 ページの「また」以降のところになります。過去に低密度ペレットかつ非加圧の燃料棒について、大きなペレット焼きしまりが発生することでペレットスタックの一部に軸方向ギャップが生じて、一次冷却材圧力による外圧クリープによる座屈、コラプスになりますが、これが発生し、破損に至った例が認められております。しかし、このような被覆管のコラプスにつきましては、初期ヘリウム加圧とペレットの高密度化によるペレット焼きしまり特性の改善により現在では発生していないことから、今回の信頼性向上 A 型燃料でも同等の設計を採用していることから、被覆管にコラプスが起きることはないという整理をしております。

43 ページ以降が燃料集合体の全体の評価への影響を確認しているものになります。「燃

料集合体伸び」につきましては、制御棒案内シンプルの照射成長に燃料棒と制御棒案内シンプルの照射成長の差、これに支持格子の燃料棒拘束力に応じた軸方向のクリープ伸びが加わったものとして集合体伸びを整理しております。信頼性向上 A 型燃料におきましては、最下部支持格子の軸方向位置変更に伴う当該部の照射中の燃料棒拘束力の緩和が小さくなる傾向にあること、また、燃料棒下端位置を下げたことにより下部ギャップが小さくなるため、寿命中期以降に燃料棒下部が下部ノズルに接触することで、燃料棒の伸びによる制御棒案内シンプルの軸方向のクリープ伸びが大きくなることが考慮されます。これらの差につきましては、中間部格子の拘束力の緩和が大きいため、軸方向のクリープ伸びへの影響は小さく、集合体伸びへの影響は小さい。これは寿命中のボトムオンした燃料集合体の伸びがその他の燃料集合体の伸びの挙動と大きく異なることがないという実績からも確認できるとし、また、燃料集合体伸びの実績に対し、上下部の炉心板間との隙間には余裕があり、閉塞することはなく問題はないとまとめております。

「燃料棒とノズルの間隔変化」につきましては、今回、燃料棒とノズルのトータルギャップを変更しておりますが、燃料棒の伸び及び燃料集合体伸びにこれらは依存するものとなります。トータルギャップの設定に当たって、A 型燃料のフォローアップデータに基づいた燃料集合体伸びと、燃料棒の伸びについては改良被覆管の伸びデータをそれぞれ考慮して設計をしております、これらのデータからトータルギャップの評価を行い、燃料棒の全長を結果として 7 mm 伸長しておりますが、A 型燃料の寿命末期におけるトータルギャップの実績から、この 7 mm の伸長に対しても寿命を通してトータルギャップが閉塞することはないということで、問題はないという判断をされています。

「燃料棒曲がり」につきましては、燃料棒伸びが集合体伸びよりも大きいため、支持格子の拘束力によって燃料棒に軸力が作用し、この軸力によって燃料棒に曲げモーメントが発生するために生じるものとなりますが、この燃料棒の曲がりには支持格子の拘束力のほかに燃料棒の下端が下部ノズルに接触することによる軸力の変化の影響を受ける。また、支持格子間の距離の変更を行っておりますので、スパン剛性の変化の影響も受けるということで、これらの変更を踏まえた燃料棒曲がりの評価を行っております。

これらの影響を評価した結果につきましては、47 ページの図 6 - 3 - 2 ( 4 ) に示しておりますが、燃料棒曲がりが最も厳しくなるスパン、クリティカルスパンとなりますが、このスパンにつきましては、A 型燃料と同様に支持格子の拘束力が強い寿命前半に軸力が最も大きくなる中央スパンの部分になります。中央スパンの支持格子間距離の増加はわずかであり、その燃料棒曲がりへの影響は軽微であるとしております。

また、ジルカロイグリッド燃料の燃料棒間隔閉塞割合の実績を次の 48 ページに示しております。ボトムオン燃料の色を変えている部分になりますが、これらの燃料とそうでない燃料を比較した場合でも、ボトムオンの発生前後で閉塞割合の増加傾向はほとんど変わっていないことから、照射実績からもボトムオンの発生による燃料棒曲がりの影響は軽微であるとしております。

「(4) 輸送・取扱い時の燃料集合体強度」につきましては、今回の変更で上部ノズル、下部ノズルで構造が変わってきている点も含めまして強度の評価を行っており、その許容値との比較を確認しております。

その結果につきましては、49 ページに示しております。それぞれ許容応力に対する最大応力の比等で示しておりますので、1 未満であることから許容値を満足していることを確認しております。

「(5) 通常運転時および運転時の異常な過渡変化時の燃料集合体強度」につきましては、上部ノズルと下部ノズルの変更、更に異物フィルタの廃止に伴う集合体の揚力変更を踏まえまして、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時の荷重はほとんど変わらない。

一方で、これらのノズルの変更に伴って、流路孔の大きさと配置が変更となりますので、その強度評価を行っております。その結果が 50 ページになりますが、こちらも許容応力値に対する最大応力の比で示しておりますので、1 未満であることから、永久変形を生じないことの確認を取っております。

「上部ノズル押さえばねの機能評価」としまして、上部、下部ノズルの変更、異物フィルタの廃止、これらによって揚力が変わった場合の押さえばねの機能評価の影響を確認するというので、その確認結果を 51 ページに示しております。これらも、要求される力に対する押さえばね力の比を示しておりますので、1 未満ということから、浮き上がり評価の上部ノズル押さえばねの基準を満足していると確認しております。

以上のことから、最終ページの 52 ページになりますが、フレットング摩耗対策設計により燃料棒の振動が低減しており、A 型燃料で認められたフレットング漏えい事象の対策として十分なものとなっているとしております。併せて、共存性及び機械的健全性への影響についても問題ないことを確認したとしてとりまとめしております。

以上が本体資料及び別添 1 の御説明となります。

寺井主査 どうも長い時間ありがとうございました。

青木統括安全審査官 別添 2 があるんですけども、どうでしょうか。基本設計の影響になります。今と話がダブるところがあります。

寺井主査 では、これも続けてお願いします。引き続きお願いします。

薦澤審査班長 それでは、続きまして、お手元にございます別添 2 の資料「基本設計時の設計および評価への影響」について御説明させていただきます。

こちらの資料の位置づけでございますけれども、前回、下部ノズルを形状変更しました対策 A 型燃料について、設置変更許可が要らないかどうかということで御質問いただきました。その際、口頭で必要ないということで御回答させていただいた次第でございます。その際は下部ノズルの変更だけで、それ以外の変更箇所がございませんでしたので、口頭で説明させていただきましたが、今回、端栓の長尺化、あるいはそれに伴いまして内圧が変更されている等、以前に比べまして変更箇所も多くなっておりますので、我々の方でどうという評価を行ったかということをお報告させていただく次第でございます。

結論から申しますと、お手元に燃料体設計認可申請書、このような詳細設計の申請書が出ていることから、設置変更許可は要らないだろうと我々は判断しております。その判断に際しまして、どのような評価を行ったのかということはこの別添 2 の資料に基づき審査しておりますので、この内容について御説明させていただきます。これまでの説明と重複するところが多くありますが御勘弁いただければと思います。

まず、別添 2、最初のところで、今回の燃料の主要な仕様の比較でございますけれども、大きく変わっているところが初期ヘリウム圧力。こちらは、下部端栓を長尺化したということで、プレナム体積が少なくなっております。そして、それに伴いまして内圧をもともと下げているということでございまして、UO<sub>2</sub>燃料ですと約□□MPa、ガドリニア入り燃料ですと□□MPa。現行燃料が□□MPaですので、若干内圧を下げてございます。また、圧損につきましても、炉心の出口の方の圧損は下げますけれども、逆に入口、炉心の下部でございまして、こちらの方は圧損を上げて、B型燃料等の横流れの防止等を図っているものでございます。

このような主要な設計変更がございまして、どのような影響があるのかということも別添 2 - 2 の図にまとめてございます。大きく申し上げまして、集合体構造変更と燃料棒の変更がございまして。

集合体構造変更につきましては、下部ノズル変更、上部ノズル変更、あと異物フィルタの廃止、燃料棒位置の引き下げ、最下部支持格子位置の引き下げ、中間部の支持格子位置の変更、こちらは最下部格子が引き下げられたことによりまして中間部の支持格子の間隔が広がってございます。あと、下部のギャップが変更されて、従来よりもギャップが少なくなっております。

燃料棒の変更につきましては、プレナム長さの変更、初期ヘリウム圧力の変更、あと、燃料有効部位置の上昇ということでございまして、下部端栓を長尺化することによりまして燃料全体の有効部が上の方に上がっておりますので、従来に比べまして約□□mm上昇しているというものでございます。あと、ペレットの長さの変更となっておりまして、それによりましてDNB評価への影響、圧力損失の影響、燃料集合体が落下したときの破損本数の影響、集合体のそもそもの強度の影響、燃料棒の変更によりまして燃料棒健全性評価への影響、燃料温度評価への影響、あるいは炉心核特性への影響、これらの影響が考えられるのではないかとということで評価を行ったものでございます。

まず、評価に際しましては、お手元の資料の後ろの方になりますが、別添 2 - 21 に記載させていただいております従来の解析コードや、あるいは設計基準値がそのまま適用できるかどうか、その検証から始めました。どういうものを検証しなければならないのかということで、別添 2 - 29、後ろから 3 枚目から 4 枚目ぐらいになりますが、表 1 に今回の設計変更が、解析コードおよび基準値類へどのような影響を及ぼすか整理しております。プレナム長やヘリウム圧力が影響することによって、がっているところを考慮したものでございます。また、支持格子の間隔の影響によりまして、解析コードや基準値類の影響が

考えられるところも をつけております。また下部ノズルや端栓の形状等によります影響はどのようなところのコードに影響を及ぼすのかというところで をつけております。

詳細な説明はこれからさせていただきたいと思っておりますけれども、別添 2 - 21 ページに戻っていただきまして、まず「解析コードの適用性」については、解析コードにおきましては、燃料の挙動や応答に係るモデル等について、試験のデータから構築しているもの、または試験データから妥当性を確認しているものがございます。また、変更後の設計及び評価につきましては該当する燃料特有のモデルが適用できるかどうかにつきまして、試験を実施した燃料の仕様と設計変更前後の燃料仕様との対比を含め確認いたしました。

「判断基準値、制限値への変更の要否」につきまして、具体的な判断基準値につきましては、燃料を対象とした試験データより設定されているものや、燃料特有の挙動応答モデルを含む解析コードから設定されているものがございます。

そして、これらの判断基準等がそのまま適用できるか否かにつきましては、まず前者につきまして、これは試験データから設定しているものでございますけれども、試験を実施した燃料の設計変更前後の仕様との対比を中心に、そのまま適用できるかどうかを確認いたしました。後者の解析コードから設定しているものにつきましては、解析コードの評価を基に、そのまま適用できるかどうかということの評価した次第でございます。

その評価結果につきまして、別添 2 - 22 にございます。まず、試験により構築され、または妥当性を確認しているモデル相関式でございまして、最初に「1.1 燃料挙動モデル」は高燃焼度用の F I N E コードでございますが、初期ヘリウム圧の影響によりまして、従来のコードがそのまま適用できるかどうかということを検証いたしました。こちらの方は、初期ヘリウム圧  M P a の燃料棒の照射データによって実証されているということでございますけれども、今回の改良型変更燃料は  M P a、ガドリについては  M P a ということで包絡されていることで、コードの適用性が確認されました。

続きまして「1.2 燃料棒の水力振動により発生する応力」につきましては、燃料棒の水力振動振幅測定試験による実験式により求められております。こちらも試験データの範囲内であり、適用性が問題ないことを確認いたしました。

「D N B 相関式」につきましても、現行の M I R C - 1 相関式の開発に用いられました D N B の試験データベースに包絡されていることが確認されておりますので、その適用性について確認してございます。

また「燃料温度モデル ( F A C T R A N コード ) 」につきましても、ペレット被覆管ギャップの熱伝達については、こちらの方は理論式を使っているということでございまして、内圧とは特段影響がないということで、そのまま使えるものと判断いたしました。

そして「燃料温度モデル ( L O C T A - M コード ) ですが、こちらも同様にペレットと被覆管ギャップの熱伝達に初期ヘリウム圧の影響が考えられますけれども、こちらは理論式を使っております、圧力の変更による影響は受けないだろうということで、信頼性向上燃料につきましてもそのまま適用が可能と判断しております。

そして「LOCA時の燃料挙動モデル（LOCTA-Mコード）」でございますけれども、燃料被覆管バーストについては炉外の試験データに基づきまして内外圧差の関数としてモデル化されてございます。そして、バースト発生時には、バーストモデルのベースとなります試験条件の内外圧力差約1～10MPaの範囲内であることから、信頼性向上燃料につきましても適用は問題がないということで判断してございます。

続きまして「集合体落下時の諸特性」でございますけれども、コードを構築するに当たって実際の燃料の解析データを使っております。こちらは下部ノズルが変更されることもございまして、新たに試験を実施してデータを取得しております。

垂直落下では燃料棒が下部ノズルと衝突し、最下部スパンにおいて座屈が生じ、被覆管に大きなひずみが発生するものと考えられます。

そして、燃料棒最下部スパンの挙動変動では下部ノズルの変形及び下部スパンの座屈特性を適切に評価することが重要だということでございまして、下部ノズル変形と下部スパンの圧縮変形、2つの挙動につきまして、試験によりデータを取得して、解析のパラメータを変更してございます。

また、斜め落下時の横方向の変形につきましても同様に、試験結果の入力モデルの設定を新たにやり直しております。

続きまして「2. 試験に基づき設定されている基準値類」でございます。「PCI破損しきい値」につきましては、初期ヘリウム圧力約  MPa の燃料棒に対するランプ試験データに対する適用性が確認されておまして、信頼性向上燃料の圧力はこの範囲に包絡されてございます。また、ペレット直径と長さの比でございますけれども、こちらにつきましてもランプ試験データに適用性が包絡されております。これらのことによりまして、従来と同様の破損しきい値を使えることを確認してございます。

続きまして「反応度投入事象時の燃料の許容設計限界」でございますけれども、こちらNSRRの大気圧実験の中で確認されている許容設計限界の範囲内でございます。適用性には問題ないことが確認されてございます。

また「反応度投入事象時のPCMIの破損しきい値」につきましても、NSRRのPWR実機照射燃料によりまして、ペレットのL/D、こちらは約1.1～1.7の範囲で試験されておまして、信頼性向上燃料はこの中に包絡されておまして、PCMI破損しきい値の適用性についても問題がないものと評価してございます。

続きまして「ECCS基準」につきましては、こちらは、LOCA後の急冷時に燃料棒が軸方向に収縮する際に、支持格子ばね板によって拘束された燃料棒に引張力が働くということが考えられますが、こちらの拘束力は44kgf以上とならないことが確認されております。それによりまして支持格子間の距離の増加による影響は生じないことが確認されてございます。

続いて「3. 解析に基づき設定されている基準値類」でございますが、これまで御案内させていただいたとおり、解析はこれまでどおり適用できるということでございまして、

「内圧基準値」、「1%塑性歪と燃料棒中心溶融との関係」あるいは「反応度投入事象時の燃料棒の許容設計限界」等につきましては、従来の基準値類を適用できることが確認されております。

以上、長くなりましたけれども、当初、従来の解析コードの適用性や判断基準がそのまま使えるかどうかを検証して、それがそのまま使えるだろうということを確認させていただきました。その結果、このようなコードや制限値を適用しまして、燃料の健全性について確認させていただいた次第でございます。

別添2 - 3に戻りますけれども、まず、機械設計につきましては、「燃料中心最高温度」につきましては、こちらの評価値は現行と同じであることが確認されております。

「燃料棒内圧」については、解析を行った結果、燃料棒内圧の増加が設計比において0.02程度と小さくて、基準値に対して十分余裕があるということで確認されております。

また「被覆管応力」につきましても、こちらは基準値に対しまして十分余裕がある。こちらは別添2 - 6に一覧表がございますので、こちらを見ていただければと思います。

また「被覆管の引張歪」につきましても、現行燃料と同等の値となっております。

また「被覆管累積疲労」につきましては、先ほど詳細設計のところの説明がございましたけれども、信頼性向上燃料の二酸化ウラン燃料棒はペレットと被覆管の接触時期が早くなることによりまして、累積疲労評価結果は厳しくなる方向にございますが、現行からの増加の割合でございますが、0.06程度と比率は小さく、基準値に対して十分な余裕があることが解析結果から示されております。

そして「その他の項目」としまして、被覆管の腐食及び水素吸収並びにペレット - 被覆管相互作用（PCI）がございます。

まず、被覆管の腐食及び水素吸収評価への影響については、入力値に変更はないことから、信頼性向上燃料の腐食及び水素吸収評価への影響はございません。

また、信頼性向上燃料導入によりまして、燃料の有効部と制御棒の相対位置関係が□mm変更されております。有効長が大体□mm上に上がっておりますが、出力分布への影響はわずかでございますが、PCI評価結果に影響を及ぼすことはないだろうという結論になってございます。

実は、先ほど御案内させていただいた詳細設計段階における評価値と若干数値が異なっております。設置許可の審査において、評価する出力履歴は代表的な炉心を想定して評価しますが、詳細設計の場合は実際に設計される炉心をすべて包含するような形で出力履歴を設定しておりますので、詳細設計の方が保守的な解析条件となっておりますので、若干数値が異なっております。

続きまして、核設計の評価を行いました。別添2 - 7でございますが、核設計において設計変更による影響が考慮されるパラメータは、燃料の材料の種類、被覆管の種類、燃料棒の構造（ペレット直径、被覆管外径、被覆管厚さ、燃料棒有効長さ等）でございます。これらに加えて、燃料被覆管の構造にかかわる仕様、こちらは本数や配列、燃料棒ピ

ッチ、燃料集合体ピッチ、制御棒との高さ関係等をパラメータとして入力いたします。また、プラントパラメータとして炉心入口温度や炉心熱出力、炉心内冷却材流量等も入力してございます。

その結果でございますけれども、熱流量及び炉心バイパス流量には変更がありませんで、核設計については従来値と変わるものではございません。ただし、燃料の有効部が現行よりも□mm上昇するということでございまして、制御棒から影響を受けやすくなりますので、これらの影響を受ける核パラメータ、つまり、制御棒クラスタの挿入、あるいは引き抜きに関係するものにつきましては、核設計を行った評価結果が若干変わってございます。

こちらは次の別添 2 - 8 の表 3 - 1 に記載してございますけれども、反応度停止余裕、制御棒飛び出し時  $F_0$  値、あるいは飛び出し制御棒値、これらについては燃料部の有効長が□mm上昇したことによって数値が変わってございます。ただし、これらの解析結果はすべて制限値に入っておりますので、特段影響があるものではございません。

続きまして「熱水力設計への影響」でございますけれども、熱水力設計を評価しました結果、まず、一次冷却材流量及び炉心バイパス流量への影響については、特段変更するものはございません。

また「DNBR 評価への影響」は、支持格子板の間隔が若干広がるということで影響があるのではないかとということで評価しましたが、こちらはオープンチャンネルで、最小 DNBR が発生する炉心中間部から上部の領域では流量が再分配されるということから、評価に影響がないことが確認されております。

また、燃料中心温度評価につきましては、これは現行燃料と同じという結果が出てございます。こちらにつきましては評価結果については、別添 2 - 11 の表 4 - 1、表 4 - 2、表 4 - 3、表 4 - 4 に記載させていただいております。

続きまして「5. 安全評価への影響」でございます、事故等の解析評価について評価を行っております。こちらの安全評価につきましては、まず、信頼性向上燃料が全炉心に装荷された場合において、核設計へ影響を及ぼすことがないため、安全評価で用いる核パラメータへ影響がないことを確認しております。

その他、炉心部の圧力損失が約 1% 増加するため、安全評価に用いる一次冷却材流量への影響を確認するとともに、LOCA 評価では、集合体種類ごとの圧力損失の違いを考慮して燃料混在時の評価を行っていることから、信頼性向上燃料が他燃料と混在して装荷された場合の影響を評価する必要がございます。

DNBR 評価につきましては、支持格子間距離の変更による影響、信頼性向上燃料が他燃料と混在して装荷された場合の影響を確認する必要がございます。

また、燃料集合体落下評価では、下部ノズル、支持格子間距離及び集合体重量の違いによりまして破損本数が異なる可能性があるということで、燃料棒の破損本数を評価いたしました。

また、信頼性向上燃料では下部端栓の形状変更に伴いまして燃料棒自由体積が変更され、

初期ヘリウム圧力も変更されることから、温度の影響を評価する必要があると判断しております。

これらの影響が安全解析評価にどのような影響を及ぼすかということで、別添 2 - 18 にまとめてございます。

別添 2 - 19 に書いてございますけれども、こちらは炉心部の圧力損失が増加した場合、炉心流量に及ぼす影響について、影響があろうところを と書いてございます。 のところにつきましては圧損による影響、 と書いてあるところは D N B R の影響があるであろう事象が該当いたします。 は燃料ペレットの影響でございます。温度変化で解析結果変更があるであろう事象でございます。 は L O C A 時の解析です。そして は燃料集合体の落下解析による影響があるであろうものでございます。

別添 2 - 13 に戻らせていただきますけれども、まず最初に の信頼性向上燃料を全炉心に装荷し、炉心部の圧力損失が増加した場合でも、一次冷却材流量が熱設計流量を満足するかどうかを確認しました。

続きまして、2 番目、炉心部の圧力損失の増加でございますけれども、こちらは設計上考慮している余裕よりもかなり小さいことを確認してございます。

また、D N B R 評価への影響につきましても、支持格子間の距離の変更による影響はないことを確認してございます。

また、燃料ペレットの初期温度につきましては、現行使用値と比べて同等であることを確認してございます。

これらの影響は考慮する必要がないということもございまして、結論的に申しますと、L O C A 評価と燃料集合体が落下したときの破損本数、こちらの 2 つを再度評価する必要があるのではないかとということで確認をした次第でございます。

その結果につきましては、別添 2 - 15 に記載してございますけれども、L O C A 解析につきましては、圧損の上昇がブローダウン過程において影響してくることと、あと、再冠水段階につきましては、流量が入っていくのが非常に緩やかでございますので、圧損の影響は受けないという評価結果になっております。

これらを考慮しまして評価した結果、被覆管の制限温度は 1,200 でございますけれども、それに対しまして、評価値は、現行の設計では 1,027 、信頼性向上燃料では 1,028 ということで、1 の上昇となっています。実際には評価すると 1 未満の上昇でございますけれども、数字を丸めまして 1 上昇という形になっており、制限値を十分に下回るものです。

また、燃料集合体落下につきましては、先ほど御説明させていただいたとおり、下部ノズルが変更されたこともございまして、再度試験を行いまして、モデルを再構築して評価した結果、現行の 22 本の破損本数、垂直落下で 16 本、斜め落下で 6 本でございますけれども、こちらにつきましては変更がないことが確認されてございます。

「その他」でございますけれども、平常時及び事故時の被ばく評価で想定されている燃

料被覆管の欠陥率につきましても、変更するようなものはなく、平常時被ばくについて見直す必要はないだろうということを書かせていただきました。

以上のような評価を行った結果、設置変更許可は本文変更するような事項はございませんでした。添付八のところで燃料棒のペレットの長さを変更させていただくとともに、添付十のLOCA解析、これまで1,027 ということで申請されてきましたが、こちらは1,028 として修正が必要となります。ただし、添付書類の変更につきましては、こちらは設置変更許可の対象とはなりません。また、健全性を確認して申請書に何か反映しなければいけないような項目については、本文に何か有意な変更を必要とするようなものはございませんでした。従って、保安院といたしましては、今回の設計変更の案件につきましては、設置変更許可は特段必要がないものと判断した次第でございます。

以上でございます。

寺井主査 どうもありがとうございました。

今の別添2の説明は、設置変更許可の必要はないということを保安院が御判断された根拠に関する御説明であります。これは前回の改良A型のときにも一応、検討されていて、そのときには口頭で簡単に御説明いただいただけですけれども、今回は少し詳しいところまで資料をお出しいただいて御説明いただいたということでございます。

そういったことをベースに、事業者の方から、燃料体設計認可申請書が出ておりまして、これが机の上に配られている資料でございます。それについての御説明の資料を先ほど燃料W13-1ということで、保安院から御説明いただきましたけれども、この資料のクレジットは、ここにありますように事業者になっておりまして、一応、保安院の方では、この内容についての御確認をしていただいた。プレリミナリに保安院の方で御検討されたところ、さほど大きな問題はなさそうであるということで、今日、審議をさせていただいて、委員の先生方の御意見を伺いたいと、こういった趣旨でございます。そういうことでよろしいですね。

青木統括安全審査官 はい。

寺井主査 ということでございまして、資料をたくさん一度に御説明いただいたんですけども、御質問とか、コメントとか、あるいは御注意をいただく点がございましたら、お願いをしたいと思います。基本的な変更の箇所は、燃料W13-1の2ページと3ページが、いわゆる通常A型、現行A型というんですか、それから変わっているところということになります。それでは、御意見お願いします。

大橋委員、どうぞ。

大橋委員 御説明の流れは理解したと思っております。1つお伺いしたいんですけども、これは今日の議論の内容には含まれないことなんですけれども、39ページに「冷却材入口温度などが異なる泊3号機を除く」という括弧書きがございますけれども、これは具体的にはどういうことが教えていただけるとありがたいと思います。多分、冷却材の入口温度が低いので、安全性はほかの場合に比べてうんと高くなるから、これは言うに及ばな

いと、そういうことかなと推定はしているんですけども、よろしく願いいたします。

木原安全審査官 この表記につきましては、3ループプラントとしての評価を行っているのですが、今回の申請自体が川内の1、2号機装荷用ということで設計の確認を行っております。泊3号機につきましては、同じ3ループではあるんですが、冷却材の入口温度と出口温度、あるいは一次冷却材流量の定格値等が若干異なる数値で設計されておまして、今回の確認を取っている川内1、2号機ベース、あと伊方3号機になるんですが、その数値結果とは、また改めて評価する必要があるかと思ひまして、この表記をさせていただきます。

大橋委員 ありがとうございます。

寺井主査 よろしゅうございますか。要は、パラメータと申しますか、条件が若干違うので、それについては今回特には触れないというスタンスだと思います。

阿部委員、どうぞ。

阿部委員 大きな質問を2つさせていただきたいんですけども、13-1の資料の1ページなんですけど、そもそものこの話の出発点が、今回の漏えいがフレットング摩耗によるものであると決めてかかっているところがあって、この部分についてきちんとエビデンスが確定されていないと思いますが、いかがでしょうか。今までの過去の資料を見ても、フレットングの跡はあったけれども、そこでリークを起こしているという検証データがないわけです。あと、このワーキングでの検討事項も、これまですべて流動解析、あるいは模擬体での実験を通して、そこで大きく摩耗する可能性があるというところを示しただけであって、一度もフレットングによって貫通して、そこから漏えいしたという結論に至っていないというのが現在の理解ではないかと思ひます。その点がまず1つ。私自身は恐らくフレットングが原因だと思ひますので、そういう意味では、今回の改良は妥当な改良であると思ひますけれども、第1番目の点については、どうもまだ納得が行っていない。

それから、16ページ以降のフレットングに関して改良がなされたということの証明についてですが、これは論理が全然おかしいですね。なぜかというところ、この論理構成の仕方は、A型燃料で問題となった3-2、3-3について、模擬体を使った試験を行って、実際にワークレートが低いことを確認した。そして、CFD解析を使って、同様の場所、その他の場所も含めて、励振力が低いことを計算的に求めた。その2つをもって、恐らく、フレットングに対しては改良がなされたという証明をしたとなっていると思うんですが、これは論理的には正しくないです。

論理的に正しいことを言うのであれば、励振力が信頼性向上型の変更に伴って、それでもやはり3-2、3-3セルがシビアな条件であるということを示さないと、これ以降の話は何も成立しないことになってしまいます。つまり、今の場合だと、3-2、3-3については確かに低減されました。では、ほかの場所は大丈夫なんですかという疑問に対して、きちんと答えられていない、そういう資料になってしまっています。その2つの点に

についてはどういうふうにお考えなのか、教えていただきたいと思います。

寺井主査 まず、1点目の方からですね。フレットング摩耗が原因であるという、これは多分、前回のステートメントとの絡みかなと思うんですが、お願いします。

青木統括安全審査官 これまで調査をしてもらって出てきている燃料の状況からしてフレットング摩耗であろうと我々は思っているわけなんですけれども、ここが貫通部ですというところまでしっかりエビデンスが取られておりませんので、そこはまだ確定をしていないというのはおっしゃるとおりだと思います。

照射後試験の方は計画どおりに進めてもらっているようなんですけれども、まだ切って断面を見るというところには至ってなくて、寸法測定だとかいったところを今、やっているようです。今回、御用意はできませんでしたが、次回にはその辺の最新情報をお示しをしたいと思います。我々がフレットング摩耗であろうと思っている状況証拠はあるんだけど、そうではない、何かほかのものがありませんかという、それは何も報告されていないので、ほぼフレットング摩耗であろうなと思いつつ作業を進めているという状況だと思っております。

寺井主査 まず、1つ目の御質問に対する御回答として、阿部委員、いかがですか。

阿部委員 私自身も、先ほど申し上げましたように、恐らくフレットングが原因であろうということは、大方のところ、納得はしているところでもありますし、それ以外のところに有意な原因となるものが見つかっていないということも理解している上で話を申し上げているところです。ただ、そうであるというふうに、半ば思い込みみたいなところで始まっているところもありますので、そこは少し注意を払っておかれた方がいいかと思えます。ただ、今までのファイバースコープなどで見たものであると、やはり摩耗なども結構大きいみたいですので、それに対する対策は必要であろう。だから、そういうものを含めて、このところに信頼性向上型という改良が入っているんだというふうには理解をしております。

寺井主査 よろしゅうございますか。その辺のところは多分、最終的にまたポジションペーパーを出されますから、そこで保安院の正確な御判断とお考えを書いていただくということでもいいのではないかと思いますけれども、よろしゅうございますか。

それでは、2つ目の御質問ですね。これは先ほどの3丁目2番地、2丁目3番地のところだけを押さえればいいのかという御質問だったと思うんです。

木原安全審査官 3 - 2、3 - 3等の代表として示しておるところではあるんですが、一応、その他の部分の確認を取るというスタンスもありまして、CFD解析の方で実験の励振力測定等を踏まえた数値を代入しまして、CFD解析で3 - 2、3 - 3以外の部分も、その分布図等で確認を取らせていただいて、その結果を資料として示させていただいているところではあるのですが。

寺井主査 阿部委員、どうぞ。

阿部委員 分布図なんですけど、これは実は軸方向の流速分布だけしか出ていなくて、以

前も指摘しましたけれども、励振力の測定には横流れの分布も必要なんです。この2つをちゃんと出していただいて、場合によっては励振力の分布みたいなものもちゃんと出していただかないと、ここの部位で代表できるんだということの結論にはならないというのが一般的な論理構成ではないかと思えますけれども、いかがでしょうか。

寺井主査 どうぞ。

青木統括安全審査官 済みません。確認させてください。19ページが実験で求めた測定点になります。赤で囲っているところが最下部支持格子から下に突き出た部分を実際に測定した部分。それから、緑で囲っているのが第1スパン、支持格子間の励振力を測ったものであります。

それで、測定結果につきまして、20ページに掲載されております。3-3と3-2の位置の下に突き出た部分についての測定もありますが、5-5、8-8といったところの測定もあるということで、ポイント、ポイントは見ているのかなと思っております。

24ページに軸流速の分布、それから、横流れ強度をグラフ化したものが掲載されております。これらを例の計算式でaとbを実験値に合うようにチューニングを改めて今回やり直しまして、新しい体系ですから、新しいa、bを用いて計算式をもう一回作り直しまして、励振力を求めた結果が25ページの上のグラフになります。当然ながら実験値に合うようにチューニングしておりますので、とがよく一致するのは当たり前なんですけれども。

CFD解析で求めた流速から励振力を求めたのが今のグラフになります。失礼しました。それから、実験で求めた数値がグラフ化されたのが20ページですね。済みません。ですから、25ページの計算で求めた励振力と、20ページの実験で求めた励振力を比較して差がないですねということで、特定のセルのものしか実験では求めていないので、CFD解析で求めたものとよく一致するねということを確認した上で、改めて集合体全体に広げて見たところ、特異点はありませんでしたというのが25ページの下だというのが流れです。済みません。実験で求めたものに軸流速と横流速のデータがないという御指摘ですね。

寺井主査 どうぞ、阿部委員。

阿部委員 今、おっしゃられたことは全部理解した上での質問で、どういうふうに論理立てて科学的根拠を積み上げるかという観点では、今の積み上げ方がおかしいということを申し上げます。このデータの中から話をするとすれば、全体での励振力の分布というものを、例えば、25ページの下の方ですね。こういうものが出てきて、特異なところがない。それであれば、2-3とか3-3を使って、ある程度対比をさせて実験値を取って、その実験値の励振力と比較してもよかろう。それでも大丈夫であった。要するに、全体の分布を見て改良がなされていることを確認をした上で、代表的な点として、2-3、3-3が取れるんだということを確認をして、そして実験的にも大丈夫であったというふうに説明をするのが論理ではないですか。今、逆になっていきますよね。

寺井主査 三島委員、関係しますか。どうぞ。

三島委員 阿部委員の最初の御質問なんですけれども、私も同じことを思っていて、以前、フレッシング摩耗ということで話を進めたときに、あと、PIEをやられるときなどにも、フレッシング摩耗と決め打ちせずに、ほかの複合要因がないかどうかも確認してほしいということを申し上げたと思うんです。その点、まだ確認はされていないので、やはり阿部委員がおっしゃったようなことは、そうでないということを確認はお願いしたいと思います。

それから、第2点ですけれども、23ページにCFDの解析結果がございます。これを見ますと、A型燃料と信頼性向上A型燃料の解析結果は、確かに2-3とか3-3のところの解析の結果は流速が落ちています。これは軸流速だけですけれども、落ちていたので、そこは多分、大丈夫だと思えるんですけれども、赤い部分の分布を見ますと、それ以外のところでまだ赤いのが残っているところがあります。そうすると、これを見る限り、以前、3-2、3-3が厳しい条件だったのが、違うところに移っている可能性もないとは言えないです。

それと、もう一つ気になりますのは、信頼性向上A型燃料と隣接したB型の方を見ますと、上の右側はかなり赤い濃い部分が増えているような気がします。逆に今度はB型の方が流速が上がって、こっちの方が厳しくないのかという疑問も出てくるわけです。その辺、確認されたのかどうかお伺いしたいんです。

寺井主査 阿部委員の2番目の御質問との絡みで、ロジックを、まず特異点がないことを確認した後、代表的なところで議論をすべしというお話ですね。今、この説明では、これまで問題になっていた場所、2-2、2-3、あるいは3-3、あとは対称性等も考慮して、5-5とか、8-8とか、その辺も一応、取って、多分、それで包絡できるという御判断で論理を組み立てておられるんだろうと思うんです。多分、その辺の理解の違いだと思うんですが、ここはいかがでしょうか。その後、三島委員の御質問への御回答をお願いします。

青木統括安全審査官 事業者の説明によりますと、2-3辺りに漏えいが多く発生しているので、そこが特異点であるというのはこれまでの調査でわかっているわけですから、今回の設計変更した燃料について、まず実験でそこが改善されていることを確認をした上で、CFDで念のためにそこをチェックした、併せて、ほかのセルについても問題ないことを確認した、そういう流れで作業をやりましたという説明になっておりまして、私も逆かなという気はいたしましたけれども、事実そういう考えの下でこういう作業をやってきたということなので、それ以上は何とも言えないのかなと。それでもっていけないということではないので、そこはよしとしようかなと考えたところであります。

寺井主査 ですから、論理が逆といいますか、プロシージャーが逆になっていますけれども、結果的に特異点はなくて、先ほどの2-3、3-3、5-5、8-8、これで全体の条件としては包絡できていると、そういう御判断ですね。

ということですが、阿部委員。

阿部委員 そのように御判断されたのであれば、それはそれでよろしいと思います。

あと、三島委員が御指摘の点は私も非常に気になっていまして、お答えいただければありがたいです。

寺井主査 では、三島委員の御質問に対してお願いいたします。23ページの辺りの図に関する御説明だと思えます。

木原安全審査官 B型燃料の健全性につきましては、別添1でB型燃料サイドの方から検証している資料を準備しております。別添1-8、1-10のところではそれぞれの軸流速と流速分布等をお示ししているんですが、特に別添1-10の方になります。下の図と上の図のところでは信頼性向上A型が隣接することで、B型燃料の方でも赤い部分が若干増えているというところの確認は取られています。ただ、これらの流速が一部早くなっているところを含めて、B型燃料の製造メーカーとしても、その流速が変わる部分については影響を受けるものは小さいと判断をされているところがございます。

青木統括安全審査官 23ページの、先ほど三島先生からB型燃料の赤いのが気になるというお話がありましたけれども、これはもともと横にA型燃料があって、そちらの方に冷却材が流れ込んでいたために、B型の方は当初は非常に緩い条件で使われていた。逆にA型の方が厳しい流れの中にさらされていたということですが、信頼性向上対策A型燃料でB型燃料と同等の圧損を持った燃料が横にあれば、今まで楽をさせてもらっていたけれども、これからはそうはいかないよということで、普通に一人前に働けということになっているんだと思っております。

別添1の御説明で、前段部分は御説明して、後段のCFDのところは御説明を飛ばしてしまったようなんですけども、別添1-10ページ、あるいは別添1-11ページはグラフ化したものですが、B型単体と、それから、信頼性向上A型を隣接した場合と、要するに、B型の隣にB型が並んでいる場合と、B型の隣に今回の信頼性向上A型燃料が並んだ場合とではさほど変わらないという評価になっております。ブルーのA型と隣接したときには多少でこぼこなっています。クリーム色のB型単体が薄い水色の信頼性向上A型と隣接した場合ですけれども、B型単体というのは横にまたB型が並んでいるのと同じ状況になりますけれども、これはさほど変わらないということなので、その程度の影響しかないということだと思っております。

寺井主査 三島委員、よろしゅうございますか。

三島委員 23ページの解析と別添1-10の解析は同じコードを使われたんでしょうか。コードは違うんですか。

青木統括安全審査官 別添の方は原子燃料工業から提出を受けているものなので、そちらのコードになると思えます。

三島委員 違うコードですか。

青木統括安全審査官 違うコードです。

三島委員 それの違いが出てきているような気がしますけれども。

寺井主査 確かに、やや違いますね。同じものを行っているんでしょうけれども、やや違いますね。これは使っているコードの違いなんでしょうね。燃料仕様については、情報は一応、原燃工の方には行っているんですね。

青木統括安全審査官 済みません。あと、もっと大きな違いが、評価点がどうも違っているようで、別添1 - 9ページ、破線で示しているところが評価位置になっています。それから、23ページのものにつきましては、信頼性向上A型燃料の最下部グリッドの下が評価位置になっていたと思うんですけども、評価点が違うというのも多少あります。

寺井主査 そうですね。原燃工の方は、最下部支持格子の上のところですね。元のA型の下ぐらいのところですか。

三島委員 ということは、原燃工の解析は少し最下部グリッドでかき混ぜられたというか、抵抗があって、流れが均質化しているところを解析しているということですね。

寺井主査 そうということだと思います。やや上の方ですね。

三島委員 ということは、一番下の方は、原燃工の解析より、もう少し厳しくなっている可能性があるわけですね。

寺井主査 多分、23ページの方がそれに近い、そういうことだと思います。

三島委員 わかりました。

寺井主査 ただ、横流れの分布が書いていなくて、縦方向だけですから。

三島委員 横流れが本当はデータとしては欲しいんです。

寺井主査 そういう意味で、阿部委員がおっしゃったように、本当は励振力の分布が一番知りたいということだと思うんですけどもね。

山口委員、挙手されていましたが、どうぞ。

山口委員 今のポイントなんですけれども、多分、1つ重要な図というのは、20ページの励振力の測定結果という、ここをまず注目しなければいけないということ、それが1つと、それを見ていく上で、今、議論になっています23ページの解析結果、それに、別添1の資料の解析結果ということになると思います。今のバンドルの解析は、以前にお話を伺ったときにも、非常に構造の細かなところまできちんとメッシュを切った解析でして、このような評価は单相流の場合には相当精度がよいというのが、学会の中では定着した認識になりつつあると思います。

それで、23ページの図の本来の見方なんですけど、先ほど青木統括もちらっと触れられたんですが、もともとこういう軸流速の励振力というのは非常に小さくて、クロスフローの励振力にきちんと着目しなければいけないということです。そういう観点でこの図を見ますと、本来、軸方向流速の差分が横方向流れとして寄与してくるわけで、23ページの図の、例えば、B型燃料のところでも少し速くなっているというのは先ほど御議論にあったとおりで、本当に着目するところは集合体間の中で軸流速の偏差が非常に大きいようなところがちゃんと押さえられていますねと、そこを見るべきだと思います。

そういう観点で言うと、23ページの図4 - 2 - 2の下のところ、2 - 3とか、3 - 2と

か、3 - 3とか、この辺りは明らかに軸方向流速のバンドルの中の周辺の分布が相当ついでいるところで、これは図が24ページの1枚だけしか書いていないので、なかなか見にくいんですが、横流れ強度とかを見てみますと、もともとA型燃料で集合体間で偏差が非常に大きく出ているというのは、そういうことから裏づけられていると思います。

そういう観点で、先ほどの議論の中で、本当に注目するのは、23ページの軸流速の大きいところを、流量自体が大きいか、大きくないか。これは、トータルとして集合体に幾ら流れているかということなんで、冷却能力の話であります。それに対して軸方向流速がどれくらい平面的に分布しているか、あるいは偏差の度合いがどれくらい大きいか、そういうところに注目するという意味では、23ページから見る限りでは、これは相当改善効果があるというふうに読めると思います。

もう一度、24ページの軸流速分布と横流れ強度という図を見ますと、本来、もともとのA型燃料というのは、平均流速5 mに対して、5 - 5のところは8 mぐらい流れていて、一方、ここの中では余り低いところがないので、どこかここにあらわれていないところで軸流速が低いところが出ているはずで、その辺りが今、阿部委員がおっしゃったように、全体を見てということになるんだと思うんです。

もともとA型が、もしこういうことが事前にわかっていたとすれば、これはもうちょっと事前に改善しておくべきだということ認識しなければいけないということがわかるのと、下の横流れ強度の図を見てみると、むしろこの図がやはり注目すべきところで、横流れの流速が非常に小さいところと、極めて大きい、これが3 - 2というところになるわけですが、その部分がどれくらい改善されたのかと、そこを注目するという意味では、今回の改善は効果が相当上がっているということだと思います。

その上で、先ほどPIEをやって、複合原因による破損がなかったかを確認するという話ですが、それについては、この流動の評価からだけでは言えない話になります。今のお話ですと、次回にPIEの結果が出てくるということです。試験片を取ってきて測る話なので、必ずしもPIEですべてがわかるのかどうかわからないんですが、こういうところを補強されるデータが取得されて御紹介されることを期待したいと思います。

以上でございます。

寺井主査 どうもありがとうございました。

今のはむしろエンカレッジいただく御意見、どの先生方もエンカレッジいただいていると私は理解しているんですが、あえて嫌われ役になっていただいている先生もおられるような感じがしますけれども、いかがでしょうか。

山口委員 言いたかったところは、議論の論点が、どうしてもこの図を見ると、軸流速の高い赤いところに注目しがちであるんですけれども、ここでもやはり燃料破損という現象をとらえたときには、違う観点で是非いろいろ御議論いただいて、その上でPIEと比較したりと、そういうことをやっていただくことが非常に理にかなった方法かなと考えたところです。

寺井主査 ありがとうございます。

多分、そのとおりで、むしろ軸流速よりは、その分布、あるいはその偏差といいますか、もうちょっと直接的には横流れ強度が本当は重要なパラメータで、そういうことを考えますと、例えば、今回の信頼性向上によって、いろんなロケーションでの横流れ強度の分布が大分なくなっているというところが非常に大きな改善効果ではないかと思うんですけれども、事務局の方から何かございますか。

青木統括安全審査官 ありがとうございます。

私ども、強調すべきところをしっかりと強調せずに御説明してしまって申し訳ありませんでした。おっしゃるとおりだと思います。以前は5 - 5の位置に損傷が出ていなくて、対策燃料はそこまで改善したので、まあ、よかろうという判断をしたんですけれども、今回は損傷が起こっていない5 - 5の位置の半分ぐらいまで更に改善が進んでおりますので、対策燃料よりは更に改善が進んでいる。もっと言えば、一番下の支持格子で握っているのが端栓部分だということで、そこではもうリークは発生しないということなので、相当に改善が進んだものだという理解をしております。ありがとうございます。

寺井主査 関係しますか。では、三島委員、どうぞ。

三島委員 今の山口委員のコメントに反論するわけではないんですけれども、私が23ページの上の絵を見てちょっと心配だと申し上げたのは、軸流速が速いということだけではなくて、軸流速の分布の濃淡の差を見ますと、赤い部分とブルーの濃い部分が割と近接しているんです。ということは、山口委員がおっしゃるように、軸流速がその部分で大きいんじゃないかと思ったので、それでちょっと気になると申し上げたんです。結果を見ますと、下の図よりむしろ上の方が、特にB型の燃料の方が、赤い濃い部分と、それから、ブルーの濃い部分が割と隣接して、かなりくっきりとコントラストを描いているわけです。これを見ますと、速度差が大きいということは横流れが大きいんじゃないかと、そういうふうに思ったので、先ほどのコメントを申し上げたんです。

寺井主査 横流れ分布というのは、測定は今、できないんですか。CFDの解析しかできないんですね。

青木統括安全審査官 実測するのは非常に難しいので、結局、解析で求めるしかないようです。

寺井主査 山口委員、関連する御質問ですか。

山口委員 少し学会のような話になってきたんですが、1つは、こういう評価を出されるときに、結果のところだけ出ているので、そこまでなかなか踏み込んだ議論ができないという問題があります。今、ちょうどこのモックアップというか、模型が回ってきて、多分、解析上は、その非常に低いところは閉塞といいますか、要するに、ギャップの非常に狭隘部のところになっていて、これを図でどう表示するかという問題もあるのかと思います。基本的には、先ほど軸方向の乱流の励振は非常に小さいというお話をしたんですが、これは三島委員御指摘のとおりで、このところはやはり狭い部分のところ、相当時

間的に変動しているというところは、多分、そうなんだろうと思います。

ただ、それはここだけではなくて、こういう燃料集合体のスパーサーで拘束しているところは共通の特性でありまして、私の方で申し上げたのは、こういう横流れの変動成分は、こういうローカルに非常に乱れの強い部分と、マクロに、バルクに流れているところがあって、振動に効くというのは、バルクな横流れが出ているところということで、この場では、この図だけでそういう細かなところまではなかなか議論できないんですが、やはり励振力が非常に効いてくるというのは、時間的にもほぼ一定しているような、バルクな流れが出ているところに注目するということは申し上げたいと思います。その上で、今、三島委員が指摘されたような構造的な狭いところとかで非常に乱れ成分が出てくるというのは、それはまた事実としては多分あるんだろうと思います。

寺井主査 いろいろと難しい現象のディスカッションになっておりまして、この辺のところは事務局でも十分御注意いただきながら、必要に応じて事業者、あるいは燃料メーカーに御確認をいただくという形でお願いできればと思います。

更田委員、どうぞ。

更田委員 ちょっと話が飛びますけれども、先ほど統括が既におっしゃったように、このものすごい下部端栓を採用した時点で漏えいはとりあえずないだろうと。ただ、これはいかにもあつものに懲りてなますを吹いた印象があって、燃料のパフォーマンスという意味では、プレナムをこれだけ小さくして初期ガス圧を下げているのは、漏えい対策にはなっているかもしれないけれども、燃料設計にとって余りいいことではないだろう。例えば、下をプレナムにしてもよかったかなとも思うんですけども、そこを無垢の端栓でつなげて、ここでは何があっても漏えいは起きませんと。そういう反応が出るのも無理からぬところなのかなと思いますけれども。

39 ページ、これは質問でもなくて、コメントで、対応も求めないんですけども、表現の問題なんですけど、プレナム容積を小さくして、初期ヘリウムの圧力を小さくしたことの影響について述べられていて、燃料中心最高温度、これは寿命末期の話だと思えますけれども、異常過渡時の解析をやったときで、2行目から3行目にかけて「燃料棒内外圧差が大きくなるため被覆管の内径が小さくなり」と書いてある。これは要するに、内圧が低くなると言っているんです。一方、その下のBの燃料棒内圧の方では、燃料棒内圧評価値は、表に示すように、A型燃料よりわずかに高くなると言っている。これは別々の解析ですから、そうなっているのかもしれないですけども、Aの説明は内圧が低くなると言っていて、Bの説明では内圧は高くなると言っていないか。

寺井主査 多分、評価時点の違いだと思うんですけども、クリープダウンして小さくなる部分の話と、FPガスがいっぱい出てきてという話だと思うんですが、どうぞ、お願いします。

竹内建設班長 今日、御説明の資料だと詳しくないので、机上配付資料の分厚い方の燃料体設計認可申請書をお開きいただいて、2 - 50 ページに燃料棒の温度評価結果を表で示

した内容が記載してございます。

更田委員 そこを見て質問したんです。

竹内建設班長 二酸化ウラン燃料棒の場合ですと、燃焼初期に温度が最高になるということで、更田先生の御発言の中で、末期のことをおっしゃられたので、そこを正確にお伝えしたということでございます。

ちなみに、今回の設計変更といたしましては、一番影響が大きいのは燃料中心温度であるということ、そこを変えないようにするには、どこをいじるかということ、プレナムが減った分、ヘリウムガス圧力を少し下げていって、温度が前よりも上がらないところにガス圧を設定したということのようでございます。

更田委員 先に2 - 50の方を見たんですけれども、ちょっと誤解がありましたけれども、要するに、初期が一番内圧が低い状態、初期圧力が効く状態だからということの説明なんですね。一般に中心温度の解析と内圧の解析は言ってみれば別個立ての解析で、同じ解析のある値を取ってくるというものでもないんだらうと思うんで、一方は多分、59.1とか、非常に高い線出力での中心温度、一方は普通の履歴を経てきたときの最後の内圧の話という、要するに別のものだと思うんで、解析がどうこうというのではないんですけれども、39ページのように並べて書かれて、片一方は内圧が低いので、片一方は内圧が高いのでと書かれると、事情を承知していなければ、これは矛盾していると思いますので、これがまた外へ出ていくものだとも余り思っていないんですけれども、こういう説明ぶりはいかかなものかということで申し上げた次第です。むしろ本質はちょっと、あつものに懲りてなますを吹いてしまって、長い目で見たら、これでいいのかなというのは思いますけれども、ただ、漏えい対策に関しては、何せ漏えいしそうところがロッドでないんですから、そういう意味では間違いないと申し上げざるを得ないと思います。

寺井主査 私も、それで対策は終わってしまっているのではないかなと、あとは余りこんな議論しなくてもいいのではないかなと思うんです。今、おっしゃるとおりですが、ただ、事業者から申請が出てくると、こちらからカウンタープロポーザルを出すわけには当然いきませんので、それは学会とか、別のチャンネルで事業者にお伝えするしかないのかなと思います。

それで、先ほどの表現の問題ですけれども、これは事業者のクレジットで出てきている資料なので、保安院で直すわけにはいかないんですよ。これは御指導されて、修正版とかいうことはあり得ますか。

竹内建設班長 おっしゃるとおりで、前回、阿部先生からも御指摘ありましたように、できるだけ資料として、見てちゃんと判断できる内容にすべきということでございます。ただ、どこまで詳細に書くかという、非常に大部になるところもありまして、今回、必要があれば申請書も引用しながら御説明できればということで、その辺のバランスも考えながら、今、更田先生がおっしゃられたところも、条件が、設計線出力履歴と実際使っているものが違うだらうという御指摘もごもっともですので、できるだけそこは盛り込むよ

うな方向で改訂したいと思っております。

寺井主査 どうぞ、更田委員。

更田委員 私のケースの場合は明白に誤りというのではないんで、最初に対処も必要ないと申しあげましたんで、ついでにあればという感じで結構です。

寺井主査 では、そういうスタンスでお願いいたします。

関連する御質問、では、木下委員、どうぞ。

木下委員 更田委員が使われた図、燃料体設計認可申請書の中の2 - 47に今の議論の、いわゆる機械設計で見られた被覆管内径及びペレットの外径変化という図があったので、関連質問というか、コメントということでお話しさせていただきたいんです。今回、フレッティング破損という現象そのものをしっかり見ますと、例えば、四国電力の燃焼最終期に破損したケースで典型的なんですけれども、その漏えい燃料はガドリ入りの燃料だったわけです。これまでの振動試験とかでわかっていることだと思っんですけれども、要は、ギャップが、つまり、支持格子の燃料棒保持部で燃料棒の外径が減少して、外径と、今、言った燃料棒の支持部との間に隙間が起きている場合は壊れるけれども、起きなければ壊れない。限られたPIEではそういうことがわかっているわけです。

ですから、話はさっきのプレナムの長さの減少と、内圧を下げたことにつながるんですけども、内圧を下げるということは、被覆管のクリープダウンが大きくなります。つまり、燃料棒の外径が減少するわけです。ということは、先ほど申しましたようなスペーサーと燃料棒外面との間の隙間が広がりやすくなることにつながります。特にガドリ入り燃料の場合には出力が低いので、もともとギャップ閉塞、さっき引用させていただいた図が、燃焼度が高いところまで遅れるわけです。したがって、スペーサーとの接触が弱くなっている、そういうケースなわけです。

ですから、今回、新しい設計でヘリウム圧力を下げたということは、逆に最初に申しあげました振動が発生してフレッティング破損が起きる条件をより可能性を高くしたということになると思います。主査がおっしゃったように、今、一番下で壊れていることだけを見て、そこを金属で置き換えたから壊れないというのは結構だと思うんですけども、それ以外の部分での発生可能性は逆に増えているということをしっかり把握した上で、今回のことはよいのではないかと私は思いますけれども、その辺はちゃんと把握した上で判断していただきたい。コメントでございます。

寺井主査 ありがとうございます。

内圧を減らした加減上、クリープの量が増えて、それで押えねと被覆管の間のクリアランスができやすくなる方向になるという御指摘ですが、この辺については検討はされておられましたか。いかがでしょうか。

竹内建設班長 今回、資料では用意してございませんが、今、木下先生がおっしゃられた2 - 47ページの外径変化の、同じユニットのA型燃料との図を、事業者との打合せの中では確認しておりますが、今回、ガドリ棒の場合ですと、ウラン棒ほど初期圧、ヘリウム

加圧量は大きくは下げておりませんで、その評価結果によりますと、ガドリ棒の外径変化というのは大きくないといえますか、違いはそれほどないというところは確認しております。この辺はまた次回お示しできればと思っております。

先生おっしゃられました、一番下以外のところについてどうなのかという点につきましては、グリッドそのものが被覆管とほぼ同じジルカロイの材料で、一番下のところはインコネルのグリッドということで、インコネルは非常に硬いので摩耗が非常に進んでしまったというのが当初からございまして、前々回のワーキングの中でも、PIEの外観観察の写真をお示ししてございますが、そこでも第8グリッド、下から2番目のところはこすれ跡らしきものがありましたということで、跡はありますけれども、特に摩耗しているわけではございませんでして、いずれにせよ、隙間があいたとしても、大きくそこに摩耗が発生するのではないのではないかと言えるかと思えます。そういうことですので、特に影響はないのではないかと考えています。

青木統括安全審査官 済みません、あと1点。

寺井主査 どうぞ。

青木統括安全審査官 ペレットと被覆管がコンタクトして、あとはギャップがない状態で寿命末期を迎えるわけですけれども、伊方の場合ですと、寿命末期、最外周の一番発熱しないところで、熱膨張のない燃料ピンのやせている状態で、あんなに流速が弱いにもかかわらず、燃料ピンがやせたがゆえに隙間が広がって摩耗に至ったんだろうという評価をしたわけです。今、ヘリウム初期圧を下げたにしても、最後はペレットの大きさで被覆管の外径は支配されると思いますので、寿命末期でそういう現象が起こるかということ、そこは余り影響はないのではないかと考えております。

寺井主査 その辺のところは次回また資料を出していただいて詳細を御説明いただけるということですので。

関連する御質問ですか。では、更田委員、どうぞ。

更田委員 手短かに。もし改めて資料を出していただけるのであれば、こういった外径変化であるとか、内圧の履歴等を、A型と今回の申請のものとの比較で見せていただければと思います。

それから、今の木下委員の御指摘も、要するに、初期内圧を減らした効果と、それから、プレナムが小さくなった効果とどっちが勝っているかですけれども、先ほどのお話で、寿命末期でかえって内圧はやや高くなるということだったので、寿命末期で見ると、恐らくそんなにクリープダウンは変わらないぐらいになっているのかもしれない。それは履歴を見てみないとわからないですけれども。ですので、A型と、この新しいものとの比較を見せていただければと思います。

木下委員 ちょっと誤解があるといけないので。今、更田委員が言われた、いわゆる機械設計というのは安全審査用につくっているもので、今、我々が議論しているのは、事業者が使ったときの全履歴に対して包絡して議論しているわけです。ですから、見ているのが

ちょっと違うんです。むしろ出力が低い燃料棒の方が壊れやすいというのが、さっき私が言った基本的な趣旨であって、だから、内圧が低いというのは問題だという指摘なんです。だから、さっき更田委員が矛盾した議論があったと言われたのもそこにつながっていて、安全審査上は一番出力が高くて内圧が高くなるものを見ているんですけども、今、見ているのは逆で、今というのは、フレット破損については逆で、内圧が低くて、出力が低くて、ペレットが膨張しなくて、スエリングもしないで、支持格子等のギャップが開くという話なので、その辺は一応、把握していただきたいと思いました。

寺井主査 ありがとうございます。

その辺のコメントも踏まえて、次回、御説明資料をお願いできればと思います。

ほかに関連する御質問ございますか。もしないようでしたら、その他の御質問をお受けしたいと思いますが、いかがでしょうか。

では、杉原委員、どうぞ。

杉原委員 今回、改善が見られたという結果が出ているわけですけども、全体のレポートの仕方について、冒頭、阿部委員から言われたように、論理性とか、そういうところがぐちゃぐちゃになっているような感じがするわけです。例えば、目次にある対策効果というので3つの確認試験があります。それぞれについて、当然、試験ですから、前提条件とか、そこに使うパラメータとか、そういうものが大事になってくるわけです。4 - 1が励振、4 - 2が流動解析ですが、流動解析のところは、一応、いろんな条件が書いてあるわけです。モデルとか、一番重要な流速も書いてあるわけですが、4 - 1の励振には書いていなくて、もう一つの4 - 3振動測定もそういうことは余り書いていないわけです。つまり、レポートの仕方として、どういう前提で、どういう試験パラメータで解析するか、そのところが抜けているような気がするわけです。そうすると、先ほど言われたように、2 - 3なのか、3 - 2、あるいは真ん中辺かとか、そういうことも当然波及してきますし、それに対する根拠もある程度仮説として最初に書いておいてもいいわけです。もし2 - 3とか3 - 2がいいんだったら、それはそれで最初に書いておけばいいわけです。それで結果を評価される。

私が一番不思議だったのは、例えば、別添2 - 19は、四角の中に 印をしたり、横棒が引いてあるところがあります。それから、別添2 - 29は、 印と、ブランクになっているところがいっぱいあります。こういうものは、報告として一体どういうことなんだろうか。つまり、ここはデータがないのか、ノーアベイラブルなのか、そういうのが必ず必要だと思うんです。そうしないと、これはやったのか、やらないのか、やらなくていいのか、そこがわからないわけです。先ほど申し上げた別紙2 - 19のところは横棒が引いてある。横棒の意味は何なのかということです。別紙2 - 18もそうなんです。

こういうことが、冒頭、阿部委員が言われたように、論理性とかいうこととも関係してくるわけです。せっかく評価試験の結果が出ても、フレットとまさに言われたんですけども、そういう仮定の下でレポートをつくっているとしたら、その仮定に対する、

もう少しはっきりと明確にしておいた方がいい可能性があるんです。これからPIE試験とか出てきたときに、それがまたリビジョンされていくわけですから、もう少しレポート、要するに、W13-1のつくり方ですか、大事なところは、試験計画というか、主にパラメータですね、どういう解析をするのかと、そこをもう少しかいつまんで書いておいた方がいいんじゃないかというのが私のコメントです。

寺井主査 ありがとうございます。

コメントの趣旨は、レポートの表現の仕方をもう少し論理的に、かつ客観的に見てわかりやすくしなさいということかと思えます。それから、W13-1は事業者の資料なんですけど、この辺り、必要があれば改訂をお願いすることは可能でしょうか。いかがでしょうか。

鳶澤審査班長 まず、別添2の基本設計時の御説明は、レポートとして客観性をきちんと確保するというので、御指摘いただきましてありがとうございます。空欄のところは評価する必要がないということでございますけれども、これはデータがないのかどうか、これを見ただけでははっきりしないという御指摘もございましたので、この辺りにつきましては、明確にわかるように修正させていただきたいと思えます。御指摘どうもありがとうございます。

寺井主査 では、そういうことで、よろしく願いいたします。

ほかに御質問は。

更田委員、どうぞ。

更田委員 ペレット長が変わっているんですけども、単に品質向上のためにと書かれていて、密度も変わっているようでもなし、これは特段理由があるものではない、どさくさに紛れてという表現は悪いんですけども、別に漏えい対策、品質向上というよりは、たまたまペレットがそういう時期に来たからついでにということなんでしょうか。

寺井主査 どうぞ、お願いします。

青木統括安全審査官 今回の対策とは全く別のようです。ペレットの長さが長ければペレットの数が少なくて済みますので、製造が楽、コストダウンということだと思います。ただ、ペレットを焼くと鼓状に変形しますので、それを削って形を出すんですけども、長いと削りしろが多くなりまして、そのときに欠けが発生する危険性が増えるということなので、そこのバランスで、どれぐらいの長さにするかという、製造のやりやすさの話なんですけれども、それで決まっているようです。高燃焼度化のタイミングでは長かったようなんですけども、やはり製造時に欠けが多くなっているようで、元の長さに戻して、歩どまりをよくしたいというような趣旨のようです。性能には余り影響のないところでございます。

寺井主査 どうぞ、古田委員。

古田委員 今の関連で、かなり前の話だから私も忘れてしまっていますが、ペレットのL/D比をどうのこうのするという話で、たしかPWRだったと思うんですけども、やった記憶があるんです。役所の方には資料が残っていると思えますので、調べてい

ただいて、それとの関連を見ていただければありがたいと思います。よろしく願います。

寺井主査 これは直接安全審査にかかわる話ではございませんけれども。

関連しますか。では、木下委員、どうぞ。

木下委員 今、L/Dの話がありました。それから、青木統括から製造の話がありましたけれども、私がこのフレッシングの関係で一番重要だと思っているのは、先ほど言いましたペレットの直径の安定性です。昔からペレットの高密度化は必ず照射初期に生じていて、そのコントロールをするために焼結をきちんとするわけです。ですから、さっきおっしゃったように、L/Dの比を変えるということは、焼結において若干変わるわけで、本来、見るべきところは、そのプロセス変更によって、高密度化、デンシフィケーション特性も変わっていないんだということと、ある意味で改善される要素があるわけですから、その辺は把握しておく必要があると思います。

寺井主査 その辺りのところは、あからさまにこの申請書に出てきている話ではございませんので、どういうふうに対応していいか難しい部分があるかと思うんですが、保安院の方で少し、その辺は事業者から聞き取り等していただいて、影響等、もしあるようであれば説明を求めるということをお願いいたします。

青木統括安全審査官 密度は非常に重要なパラメータなので、当然ながら製造段階で検査で確認していくことになります。そこは保証されていますので、むしろ、こういうふうな製造の変更をしたときに、密度に対してどんな影響があるんだろうかといったことだと思いますので、そこは確認をしたいと思います。

寺井主査 よろしく願います。

天谷委員、どうぞ。

天谷委員 今の密度の関係で、コメントというか、経験上の話なんですけれども、L/D比が大きくなると、ペレットを製造するときに軸方向の密度分布が起りやすい。焼結しますと、最後に研削するにしても、やはり軸方向の密度分布が残りやすい。そうしますと、照射中に変形をしやすいということがありますので、短くする方向だったら、そういう密度分布が減る方向なので、いい方向に行くんじゃないかと思います。

寺井主査 ありがとうございます。

では、その辺のノレッジも含めて、事業者との御対応をお願いいたします。元事業者の方がおっしゃっているので、間違いはないかと思うんです。

三島委員、どうぞ。

三島委員 細かな話なんですけれども、下部ノズルで、細い薄板を孔にまたがせているんですけれども、これは整流のためと書かれているんですけれども、これは必要なんでしょうか。固定とかの方法によっては、それが悪さしないかというのがちょっと気になって、固定方法とか、流水試験でいろいろ実績があるとかが、その辺はどうなんでしょうか。

木原安全審査官 下部ノズルの上部につけています薄板につきましては、異物の捕獲を

行うために設置しているものでして、実績としましては、他のノズル構造のときにも採用されているものではあるとのこと。

三島委員 こういう設計は実績があるわけですね。

木原安全審査官 はい。

寺井主査 よろしゅうございますか。これは薄板を入れて、溶接か何かでとめているんですかね。

青木統括安全審査官 はめた後で、隅っこのところを溶接でとめているものです。高燃焼度化する以前の燃料でも採用されていた設計でございますので、高燃焼度化でちょっと孔径広げて、仕方ないので異物対策フィルタを乗せた経緯がありますけれども、それ以前はそういうふうな設計だったので、元に戻す内容になります。

寺井主査 阿部委員、どうぞ。

阿部委員 関連してなんですけど、この薄板を入れるところは私もちょっと気になったので、実績があるということですので特に問題なからうと思うんですけども、高燃焼度化に合わせて設計変更したものを元に戻すというのは、変えたときに何か理由があって変えたんだらうと想像するんですけども、それを元に戻して、高燃焼度化対応としては問題ないと御判断されているんですか。

青木統括安全審査官 はい。高燃焼度化に伴って中間部の支持格子の材質を変更したので、金属的に弱くなりましたということで、圧損が中間部で増えたというのをどこで吸収するかということで、下部ノズルの孔径を広くして、低圧損型の下部ノズルで対応されたというのが今回の高燃焼度化で、そこが間違いの基だったんですけども、ですから、そこは従来圧損の下部ノズルに変えますということで、そうしますと孔径が小さくなりますので、従来どおりの異物対策が可能になりますので、異物フィルタはもう要らなくなる。そうすると、あそこにスペースができますので、最下部支持格子は下に下げることができて、これも元の設計に近づくことにはなるんでしょうけれども、そういうことで、下に突き出ている部分が短くなるし、端栓を直接握ることもできるしということで、いいことづくめということです。ですから、高燃焼度化のときに設計変更した部分についての、余りよくない変更だったということがわかった部分は、元に戻した方がいいところは戻しました、更に改善できるところは改善したという設計内容になっていて、そこは問題ないんだらうと理解をしております。

寺井主査 よろしゅうございますか。ほかに御質問、コメント等ございますか。

山本委員、どうぞ。

山本委員 2点あるんですけども、まず1点目は、今回の信頼性向上燃料は有効長が□cm上がっていると思うんです。□cmという量は、制御棒のステップにすると多分、2ステップ分ぐらいに相当して、後段の規制で考慮しなければならない可能性がある量だと認識しています。今回の設認と工認の話には直接は多分、関係しないと思うんですけども、後段の事業者の運転管理の話になるのかもしれませんが、その辺で、例えば、グリッドと

有効長の位置関係が変わってきたりしますので、例えば、インコアの処理が正しくできないとか、そういうところでトラブルが起こる可能性があるので、その辺は後段規制で御留意いただければと思います。それが1点目。

あと、もう一点目は、今回の設計変更はいろいろハード的に変えられているということなんですけれども、対策していない燃料が実際、炉心の中で現在、燃烧しているわけで、それを使い続けることには当然リスクがあって、今回みたいに設計変更した燃料を新しく入れるということにも当然ながらリスクがあるわけです。そのバランスだと思うんですけれども、今回のように現在進行形のことに関しては、ある程度スピード感も必要だと思いますので、その辺も加味してこの話を進めていただければと思います。

以上です。

寺井主査 ありがとうございます。

2件コメントいただきましたが、事務局の方から、いかがでしょうか。1件目は制御棒の話で、多分、設工認ではなくて、運転管理といいますか、後段規制の方で行けるんじゃないかと、その辺での御注意をお願いしますということですが、これはいかがでしょうか。

竹内建設班長 今日、ちゃんとしたお答えができないんですけれども、挿入限界というのが、反応度がどれだけ入るかということで、運転制限値として決めているところがあるかと思しますので、影響ないということは聞いているんですが、具体的な理由までは確認していなかったなので、次回説明したいと思っております。

山本委員 ほかの運転管理なども含めて影響がないことを御留意いただければと思います。

木原安全審査官 承知しました。

寺井主査 2つ目のコメントは何でしたか。スピード感を持って進めてくださいということですね。

山本委員 そうですね。現行のA型燃料を使い続けることのリスクがあって、新しいのを入れるのもリスクがあって、今回の案件についてはスピード感を持って対応する必要があるんじゃないでしょうかというコメントです。

寺井主査 従来も使うんだけれども、あれはたしか燃烧度制限でやるという話でしたね。その辺りも含めてお願いします。

青木統括安全審査官 現行燃料につきましては、燃烧度制限をかけながら使ってまいりますということで、本来4サイクル燃せるものが2サイクルで取り出すことになります。前回、対策燃料は下部ノズルだけ、現在製造中の燃料については取れる対策は取りたいということで、下部ノズルの取替えだけでもかなりの効果が期待できるということで、これはOKしましたので、大飯につきましては対策燃料が入っていきます。今回は川内ですが、まだほかの会社がこれを採用すると決めたわけではないので、今回は川内だけの申請を受けて御審議いただいておりますが、4ループにも3ループにもある程度適用できるという、そういうのを包絡した条件でやってもらっていますので、ある程度、ほかのプラントでも

使えるなということは認識したところでございますけれども、これもいずれ採用されていくであろうなと思っております。

3ループプラントについては余り影響はないんですけれども、やはりいい燃料をなるべく早く使っていきたいということで、九州電力が先に手を挙げて出てきたものです。確かに現行燃料、対策燃料、前回OKしました下部ノズルだけ取り替えた対策燃料、それから、今回の信頼性向上燃料、そこに更にB型燃料も混在することになりますけれども、今回のトラブルの教訓で、ほかの燃料との共存性をちゃんと見ると、細かいところも見なければいけないんだということで、毎度毎度確認させていただいておりますので、これらが共存しても、特に現行燃料が一番弱い燃料ですけれども、これは2サイクルで取り出すという条件なので、共存しても大丈夫だという確認をしているところでございますので、順次、弱い燃料は取り出していただいて、対策の取れた燃料に早く置き換えていただければいいと思いますし、おっしゃるとおり、事業者もそういうことで申請してきておりますので、我々もタイムリーに対応していきたいと考えております。ありがとうございます。

寺井主査 ありがとうございます。

ほかに。阿部委員、どうぞ。

阿部委員 今の御説明に対して確認ですけれども、3ループプラントも2サイクルで取り出しという運用制限になるんですか。3ループは関係ない。4ループだけですか。

青木統括安全審査官 舌足らずで申し訳ありませんでした。流速の速い4ループについては、2サイクルというか、燃焼度制限をかけます。3ループについては流速が遅くて、ガドリ燃料ピンはやせていて、出力の出ない最外周のコーナー部分に置くと緩んでフレッキング摩耗が起こるんじゃないかということなので、最終サイクルに、最外周のLコーナー部分に置かないという配置制限をかけております。これは4サイクル燃やしても構わないということになっております。

寺井主査 ありがとうございます。

ほかに、全般的でも結構ですが、御意見、御質問ございますか。

天谷委員、どうぞ。

天谷委員 1つ確認ですけれども、川内の方に現行のA型というのはどれくらい入っているんですか。

寺井主査 これは調べないとわからないですか。あるいは次回御回答いただきましょうか。では、次回御回答いただくことにさせていただきます。

青木統括安全審査官 次回回答させていただきます。

寺井主査 ほかはいかがでしょうか。

更田委員、どうぞ。

更田委員 非常にジェネラルなコメントですけれども、山本委員がスピード感とおっしゃったんで、そのスピード感が非常に大事で、前回、対策燃料というのは、つくりかけの燃料があったら、それに対する応急措置であるということで、それこそある程度のスピー

ド感を持って検討が進んだんだと思いますけれども、そうすると、MNFにしたって、まさか対策燃料を一からつくりたいとは夢にも思わないだろうし、買う方だってそんなものは買いたくはないわけです。私たちも、絶対だということは工学的にあり得ないけれども、ベターであることはおよそ見てわかるだろうという範囲の設計が示されているんだったら、それが早くきちんと計画に沿って入っていくことが非常に大事だと思います。一方で、これに対して、さっき、なますを吹くと申し上げたけれども、ずっとなますを吹いていて、例えば、プラントの運転が遅れるとかというのは、それこそばかげていると思います。私は既に下部端栓をああいうことにしたという時点で十分ななますを吹いていると思いますので、是非スピード感を持った対処をしていただきたいと思います。

寺井主査 ありがとうございます。

山口委員、挙手されていましたが。

山口委員 今、A型、B型混在の話とか、いろいろありましたけれども、別添1の資料を見てみても、B型燃料の健全性というのはみんなシミュレーションで示されているわけです。フレットングを分析するところでもシミュレーションの話がされています。実験データを示していただく場合には、それはエビデンスとしていいんですけども。先ほど流動解析のところでは条件が示されているというお話を杉原委員がおっしゃっていましたが、実は、先ほど少し議論がかみ合わなかった原因は、流動解析条件が示されずに結果の図だけを見ていることにもあります。この場で議論するときミスリードにならないように、資料のつくり方をちゃんとしていただきたいというお話があったんですけども、流動解析でも結果の絵だけぼんというのではなくて、その前提となるところがわかるような資料になるよう是非御指導していただきたいという要望と、燃料の中というのは、いろいろ測るのは難しいところなので、これからこういうシミュレーションを多用して推論していくことが多くなるかと思しますので、その点は是非、事業者に注文をつけていただければと思います。

寺井主査 ありがとうございます。

資料のつくり方に関する御提言、あるいはコメントでございまして、事務局の方でこの辺りのところは十分ケアをしていただいて、必要に応じて事業者にも御指導いただくということをお願いをしたいと思います。

杉原委員、どうぞ。

杉原委員 全体的なことなんですが、これは燃料ワーキンググループですから、ただ、原子力安全・保安院という立場というか、そういうことで言いますと、当然、製造者がいろんな検査基準とか、要するに、品質管理ですね、それも変わってくるんじゃないかと思うんですけども、その辺は製造者はきちんと対応しているかどうかです。これは、ここに御列席の皆さんの範疇ではないのか、その辺、わからないのですが、ただ、原子力全体に関する大事なことだと思うので、原子炉の中で問題が起こった、つくり直さなければいけないということで、そういう設計をしたけれども、その検査基準とか、その辺は大丈夫

なのかという質問です。

青木統括安全審査官 品質保証については、たしか品質保証に関する説明書というのが申請書についていると思いますけれども、当然ながら事業者側から厳しくデータチェックがなされる、勿論、我々の検査も、ちゃんと確認をさせていただきますし、そののところにについては心配する必要は余りないのではないかと考えております。

杉原委員 その前の検査基準というのは、実はこれはまだいろんな試験段階の話ですよ。設計変更はね。その段階で、一応、こういうところをこう変えましたとかいうときに、一体そのクライテリアとか、検査するときの、例えば、細かいことを言うと、抜き取りなのか、全数検査なのか、品質保証は勿論あるんですけども、それに対する品質管理みたいな、そこら辺まで、私、見ていないのでわからないんですけども、それも大事なかなと思うんです。

石垣統括安全審査官 一言だけ。後段規制の燃料体の検査の話に大分関係してきますので、僕らの方で燃料体検査をするときに、ロッドの管理だとか、サンプリングの抜き取りのレートだとか、品証の体制だとか、その後の実績だとか、後段の検査の中で見ていくことにしてしまして、今回の設計変更は、まだ詳細を聞いていないからわからないですけども、検査の手法なり、検査のクライテリアなりに影響するんであれば、当然、どこまで、何を変えてというものは、今度の新しい検査のときには一から見ていくという格好になります。

寺井主査 よろしゅうございますでしょうか。では、そこも御注意いただきながらお進めいただくということをお願いします。

この議題に関しまして、ほかに御意見ございますか。

木下委員、どうぞ。

木下委員 既に議論されたと思うんですけども、今、更田委員が言われましたように、下部端栓部分の形状が大きく変化しておりまして、多分、今までのシナリオと少し違うのは、下部端栓が燃料棒の中に約□mm重なって入っていて、そこが接続しているわけです。今回破損した原因となったフレットング振動がそこにモーメントとして加わる可能性があります。ですから、疲労的な問題にはなるかもしれませんが、もしそこが少し、検査もかわるのかもしれませんが、弱いと、可能性もある。勿論、疲労の評価はして、普通の条件では問題ないということは了承しての話なんですけれども、若干気をつけた方がいいのかなという気がいたしました。コメントです。

青木統括安全審査官 振動による燃料棒、チューブの部分と端栓との溶接部分に応力が発生する、疲労ということは私も気になったんですけども、疲労限に達するほどの応力は発生しませんので、そこも全く心配する必要はないということのようです。

木下委員 ありがとうございます。

寺井主査 ありがとうございます。

それでは、これで1つ目の案件が終わりまして、「その他」の議題に移りたいと思いま

す。今日の予定は5時までなんですが、予定としては35分遅れていまして、やや遅れる可能性がございます。お時間が来られた先生は御退席いただいて結構かと思しますので、引き続き「その他」の議題ということで、「中部電力株式会社浜岡原子力発電所第4号機 ウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)燃料について」事務局から御説明をお願いいたします。

青木統括安全審査官 浜岡原子力発電所4号機のMOX燃料の設計につきましては、平成20年2月の第7回燃料ワーキングで御審議いただいております。今回御説明いたしますのは、中部電力が2回目の製造分のMOX燃料を国内に輸送する際の欧州での陸上輸送容器や海上輸送容器など、輸送方法を変更するということございまして、これに伴う燃料設計の影響について御説明、御報告させていただくものです。輸送方法が、安全確保上妥当かどうかという点につきましては、別途の安全規制で確認されることになりまして、これは保安院のミッションではございません。ここで御審議いただく対象ではないと考えておりまして、あくまで、当初、この設計でよしとした設計への影響がないということの確認を私どもでさせていただきましたので、その点、御報告をしたいと考えております。それでは、担当から御説明いたします。

正岡安全審査官 それでは、燃料W13-2及び13-3を使って、浜岡原子力発電所第4号機のMOX燃料に係る輸送システムの変更に伴う燃料健全性への影響についてを説明させていただきます。

まず、資料燃料W13-2の方をごらんください。1枚めくっていただきまして、1ページですが、先ほど統括から御説明いたしましたように、浜岡4号機のMOX燃料の設計につきましては、平成20年の2月に開催いたしました第7回の燃料ワーキングにて審議をしていただきました。

こうした中で、今年4月に第2回製造分の輸入燃料体検査申請が中部電力からありまして、MOX燃料の設計といたしましては、ワーキングで議論いただいたものと同じになっておりまして、一方、先ほど申しましたように、MOX燃料を国内に輸送するに当たりまして、輸送の効率化を図ることを目的に、欧州での陸上輸送容器と海上輸送容器、輸送システムと呼ばせてもらいますが、これを変更するということから、昨日になりますが、輸入燃料体検査申請書の内容変更を説明する書類の提出が中部電力からありました。その書類は机に配付させていただいている資料の一番下に置いてあります。この変更に伴いまして、第7回燃料ワーキングで説明した資料の一部に変更が生じることから、その内容を御説明、御報告させていただきます。

具体的には、13-2の資料の2ページ目からになっていますが、左側に第7回燃料ワーキング資料のうち、輸送に係るところを抜き出しまして、右側に今回の変更を反映したバージョンを記載しております。点線で囲んだところが第7回の燃料ワーキングの資料から変更になる箇所になっております。この資料は単に第7回のワーキング資料に今回の変更を反映したらこうなりますという比較表だけですので、具体的な変更内容につきましては、

次の資料であります燃料W13-3、中部電力の資料になりますが、これを使って御説明させていただきますと思っております。

燃料W13-3といたしまして「浜岡原子力発電所4号機のMOX燃料に係る輸送システムの変更に伴う燃料健全性への影響について」です。

1ページめくっていただきますと、「1.はじめに」ですが、ここでは先ほど申し上げましたように、14日付で輸入燃料体検査申請書の内容変更を説明する書類が提出されたことと、また、この資料が、その変更がMOX燃料の健全性に影響を与えるものではないことを説明するものであるということが記載されております。

次に、2に具体的な輸送システムの変更内容が書いてありまして、輸送容器の収納効率及び発電所での作業効率の観点から、下に書いてあります(1)(2)になりますが、大きく2点ほど変更しております。

「(1)固縛機構の変更による収納効率の向上」の内容といたしましては、燃料を45°傾けて固縛することで固縛機構を小さくすることができまして、それによって輸送容器に入れられる燃料の体数を増加させるというものです。

「(2)金属セパレータの廃止による作業効率の向上」は、輸送時に燃料体に挿入していた金属セパレータを、作業時間の短縮や作業員の被ばく量の低減という観点から削除するというものです。

これらについて、3ページ目の添付1になりますが、これを使って説明させていただきます。3ページの図の真ん中に燃料ホルダ収納部というのがありまして、この図を見ていただくと、右側の従来輸送システムでは燃料体が水平に置かれているのに対しまして、左側の新輸送システムでは45°傾けて設置されているのがわかると思います。45°傾けることで、横からの振動に対してより安定させることができるということで、3ページの下図になりますが、燃料ホルダ固縛装置といたしまして、従来は非常に大がかりな固縛装置を使用していたんですが、新システムでは、振動に対しより安定するというので、固縛装置を小さくしております。小さくすることによって収納体数が増やせるということで、従来輸送システムでは2体でしたが、新しいシステムでは10体収納可能となっております。

次に、4ページになります。先ほどのが陸上輸送容器で、今回が海上輸送容器になります。先ほどの欧州での陸上輸送容器同様、45°設置、固縛装置の小型化ということを通じまして、収納体数が12体から21体増加しております。

続きまして5ページですが、ここでは燃料ホルダと燃料集合体との固定機構について比較しております。右下にありますように、従来はホルダと燃料は金属セパレータを通して動かないように支えられておりまして、燃料体の荷重は金属セパレータが支持するという形になっておりました。一方、新システムではセパレータを廃止することから、燃料体の荷重は支持格子で支持する形になっております。また、固定方法も上部と下部のタイププレート及び□が所の支持格子の部分でホルダと固定されるという形になっております。

1ページに戻っていただきまして、下の方になりますが、「3.MOX燃料の輸送およ

び燃料取扱い時の健全性」です。先ほど申しました2点の変更を受けた新輸送システムで輸送した場合でも、燃料の健全性が確保される、燃料の設計を変える必要がないことがこれ以下に書かれております。

内容につきましては、6ページの添付2で御説明させていただきます。ここでは、MOX燃料の強度評価結果として、許容される加速度を記載しております。第7回ワーキングで審議いただいた際には、右側になります。従来輸送システムのところに記載しておりますように、燃料体の断面方向で約□G、軸方向で約□Gまでは許容されるということで説明させていただいております。

新輸送システムの方でも、断面方向で約□G、軸方向で約□Gという、最終的な加速度の許容値は変わってはいないんですけれども、断面方向の□Gにつきましては、見ていただくように、従来システムでは□の評価で出てきていたのですが、新システムの方では□の評価結果を断面方向の最小値として、許容値として定義しております。どちらの輸送システムでも断面方向で約□G、軸方向で約□Gという最終的な判断基準は変わらないということになっております。

今は許容値の話で、次は発生応力の方なんですけれども、一方で燃料の取扱い試験や輸送試験の結果から、MOX燃料に発生すると想定される加速度は最大でも断面方向で□G以下で、軸方向でも□G以下ということで、先ほどの許容値、□Gと□Gになりますが、これを満足するとしております。

次に、7ページに行ってくださいまして、添付3になります。ここでは金属セパレータを廃止することによる燃料健全性への影響を評価してございまして、主にセパレータに期待していた役割、左の3つになりますが、これらについて一つひとつ検討してございまして、

1つ目ですが、フレットングについては、輸送試験の結果から、その深さが最大で□μmと、従来システムと同様で、中部電力の社内管理値であります被覆管の10%の□μmより十分小さいということで、燃料の健全性への影響はないとしております。

2つ目ですが、支持格子に係る荷重については、先ほどの許容値の繰り返しになりますが、許容値が約□Gに対して、発生加速度が最大でも□G以下ということ、また、輸送試験の後の支持格子の検査から支持格子に変形等がないと、これらのことから影響がないとしております。

次に、3つ目の燃料棒間隔の保持ですが、輸送試験中に燃料棒に設置されている加速度計に燃料棒同士の接触による特異な変化がなかったことや、輸送試験後に燃料棒間隔がきちんと確保されていることから、影響はないとしております。

2ページに戻っていただきまして、「4. 発電所における確認」ですが、これは従来輸送システムのときと同様に、実際の輸送では発電所に到着した後に、輸送時の加速度の確認や検査を実施するということで、従来どおりやっていくということです。

これらのことから、最後の「5. まとめ」といたしまして、今回の輸送システムの変更はMOX燃料の健全性に影響を与えないものではないとしております。

最後になりますが、このような輸送システムの変更に伴う第7回の燃料ワーキングの資料の変更箇所をまとめたのが、最初に見ていただいた燃料W13-2ということで、先ほどの許容値の数字とか、セパレータを外すとかいうところが新旧でつけてあるという形になります。

御説明と御報告は以上になります。

寺井主査 どうもありがとうございました。

これは平成20年に審議された内容についての案件で、それに対する変更ということでございます。保安院の方で確認をされまして問題ないという御判断をされておられます。それに対する御報告でございまして、特に審議案件ではないかと思いますが、御質問、コメント等ありましたら、よろしくお願いをしたいと思います。

前田委員、どうぞ。

前田委員 資料の添付3のところにフレット抑制というのがあるわけですがけれども、今回、セパレータというものがピンの振動を抑制して、格子と被覆管のフレット抑制する機能を持っていたという形で、実際やってみたら、 $\square\mu\text{m}$ という形で問題ないレベルですということなんですが、たしか輸入燃料体検査において、最終的な完成品を検査する際に、フレットの程度というものはある程度検査として見える状況になっているんでしょうかという質問です。

石垣統括安全審査官 輸入品の場合ですと、日本に来たときはもう集合体が組み上がっていますから、外観をカメラで見るしかないんです。燃料体の一番外側の棒のところにもフレットがあれば、それは見られます。ただ、今回みたいに検査で $\square\mu\text{m}$ ぐらいだと、かつかつ見えるぐらいかもしれせん。基準値の $\square\mu\text{m}$ は、はっきり見えるような大きさなんです。そんな傷はついていないのはよくわかるんですけども、集合体の中まで見るかということ、それは現実的に見られないです。

前田委員 ということは、基本的には代表的な輸送試験において、なかったということをもって、こういったセパレータがなくても大きな傷はないだろうという判断に至ったと、そういうことでよろしいでしょうか。

石垣統括安全審査官 はい。そういう判断をしていくしかないと思っています。

寺井主査 よろしゅうございますでしょうか。それでは、この件は保安院の方でそういう御判断をされて、御報告を承ったということにさせていただきます。

本日予定をしておりました議題は以上でございますけれども、ほかに何か、全般的なことでも結構なんですが、御意見等ございますでしょうか。よろしゅうございますか。

それでは、事務局から次回予定等の事務連絡をお願いいたします。

青木統括安全審査官 本日はありがとうございました。

本日いただきましたコメントにつきましては、検討の上、次回回答させていただきたいと思っております。

次回は11月9日火曜日午後の開催を予定しております。よろしくお願いたします。

それから、机上配付資料でございますけれども、申請書は、特に情報公開用の、ここの箇所が抜粋箇所とかという表示もないものですから、申請書類、机上配付資料で置かせていただいたものは、恐縮ですが、置いていっていただきたいと思います。あと、これまでの資料につきましては、置いておいていただければ、今回分を差し込んで次回御用意させていただきます。

以上です。ありがとうございました。

寺井主査 どうもありがとうございました。

もともとの議事次第では5時になっていまして、遅れるかと思いましたが、5分前に終了を迎えました。本日は非常にたくさんの貴重な御意見をいただきまして、ありがとうございました。先ほどスピード感を持ってやるようにという委員の御発言もございましたけれども、是非、この案件、次回、何とか片づけて、動き出せるようにしたいと思っておりますので、引き続きよろしく御協力をお願いいたします。

それでは、これをもちまして本日の会合を終了させていただきます。長時間にわたる御審議、誠にありがとうございました。