

もんじゅ廃止措置安全監視チーム

第27回

令和2年2月17日（月）

原子力規制庁

（注：この議事録の発言内容については、発言者のチェックを受けたものではありません。）

もんじゅ廃止措置安全監視チーム

第27回 議事録

1. 日時

令和2年2月17日(月) 10:30～11:28

2. 場所

原子力規制委員会 13階会議室BC

3. 出席者

原子力規制委員会

山中 伸介 原子力規制委員会 委員

原子力規制庁

山形 浩史 緊急事態対策監
小野 祐二 安全規制管理官(研究炉等審査担当)
細野 行夫 研究炉等審査部門 企画調査官
田中 裕文 研究炉等審査部門 主任安全審査官
有吉 昌彦 システム安全研究部門 主任技術研究調査官
小舞 正文 研究炉等審査部門 管理官補佐
堀内 英伯 研究炉等審査部門 安全審査官
内海 賢一 研究炉等審査部門 研開炉係長
佐々木 研治 研究炉等審査部門 技術参与

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

伊藤 肇 敦賀廃止措置実証部門長
田中 拓 敦賀廃止措置実証本部 副本部長
櫻井 直人 高速増殖原型炉もんじゅ 所長代理
長沖 吉弘 高速増殖原型炉もんじゅ 廃止措置部 次長
池田 真輝典 敦賀廃止措置実証部門 部門長技術補佐
澤崎 浩昌 敦賀廃止措置実証本部 廃止措置推進室 計画グループ 技術副主幹

文部科学省(オブザーバー)

原 真太郎 研究開発局 原子力課 核燃料サイクル室 核燃料サイクル推進調整官

飯塚 倫子 研究開発局 原子力課 課長補佐

米澤 重晃 研究開発局 原子力課 核燃料サイクル室 行政調査員

4. 議題

- (1) もんじゅ廃止措置の実施状況について
- (2) 廃止措置計画変更認可申請について
- (3) その他

5. 配付資料

資料1 「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況

資料2 「もんじゅ」廃止措置計画の変更内容（模擬燃料体の部分装荷）

6. 議事録

○山中委員 定刻になりましたので、第27回もんじゅ廃止措置安全監視チーム会合を開催します。

本日の議題は、もんじゅ廃止措置の実施状況について、及び廃止措置計画変更認可申請についてです。もんじゅの燃料体取出し作業の進捗状況と、前回に引き続いて、部分装荷に関する廃止措置計画変更認可申請に関するコメント回答などについて説明をしていただく予定です。

それでは、原子力機構から、資料に基づいて説明をお願いいたします。

○日本原子力研究開発機構（田中副本部長） 原子力機構の田中でございます。資料1に基づきまして、「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況を説明させていただきます。

めくっていただきまして、「はじめに」とございます。最後の行にありますとおり、2018年度の不具合への対策などを実施した上で、2月5日に燃料体の処理作業を開始いたしましたというところでございます。

次のページに少し詳しく記載してございます。2月4日に検査②の施設定期検査を完了いたしましたして、ホールドポイントにおきます燃料体の処理作業開始前の確認を完了いたしました。

その翌日、2月5日から燃料体の処理作業を開始いたしまして、ここには「2月12日までに15体を処理」と書いてございますが、本日17日朝の時点でプラス2体、17体の処理を完

了しているという状況でございます。そして、現在、18体目の処理を開始したというところでございます。

次の行へ参りまして、これらの間ですけれども、2月12日に燃料体の処理作業において本体Aのグリッパの爪開閉トルクの上昇を確認いたしましたことから、翌13日にドリップパンの交換を行った上で、「2月14日から」と書いてございますが、その翌日15日までの2日間、本体へのグリッパの洗浄を行いました。その後、昨日16日にまた処理を行いまして、2体進めたというところでございます。

また、最後の行になりますが、2月14日、検査②のみならず、全ての施設定期検査を完了いたしました。日程調整などの面におきまして、いろいろありがとうございました。

次のページに参ります。先ほど、2月4日にホールドポイントと申し上げましたけれども、左側でございますとおり、緑のところにありますホールドポイント、燃料体の処理作業開始前の確認でございますが、2月4日、所長が承認いたしました。

その内容が右のほうに書いてございます。4項目ほど挙げてございますが、一つ目が不具合対策の完了、それから、二つ目が缶詰処理の工程を削除するなどの自動化運転プログラムの変更に影響がないこと等の、リスク検討結果に対する対応の完了、それから、三つ目、検査②の完了、そして、四つ目、作業体制の確立ということ、これら4点について確認し、所長が承認したということでございます。

一番上の不具合対策につきましては、次のページに少し詳しく記載してございます。左上、対策A、本体Aのナトリウム化合物の対策ですけれども、これらのうち、1)の燃料洗浄槽の除湿対策、これにつきましては右のほうへ参りまして1行目の最後にございますとおり、12月に現地試験を完了いたしました。結果といたしましては、燃料洗浄槽の露点温度が-30℃ぐらいに改善しているということでございます。

これにつきましては、次の5ページを御覧いただければと思います。本体Aのグリッパの対策として燃料洗浄槽の除湿対策、ヒータの追設などを行ったわけでございますが、①にありますとおり、燃料洗浄槽内部の露点温度につきましては、除湿運転を行って一晩置いた後におきまして-30℃以下で安定しておりました。

下のほうに表がございまして、受入準備直前というところに青い字で-36、-33、-33と書いてある部分、これがこの記載に相当する部分でございます。

上へ戻りまして、括弧書きですけれども、昨年度は、次の行へ参りまして、除湿運転して一晩保持後には+16℃程度ということでしたので、これはそこそこ改善されているという

ところでございます。

それから、②のほうでございますが、「一方」とございますが、洗浄槽のガス置換、これら除湿対策を行った後、最後にガス置換を行うんですけども、ガス置換後に本体Aを接続いたしますと、本体Aの中の露点温度が接続を7分ぐらい行ったところだと-24℃ぐらいに上昇することもありました。これに加えて、グリッパの昇降を行いますと、下から水蒸気を拾ってくるというところがございます、-20℃ぐらいの露点温度になるというところがございます。こちらのほうにつきましては、引き続きちょっと、グリッパAのトルクなどを注視していきたいと、このように思っております、というところがございます。

すみません、前のページへ戻らせていただきまして、4ページ、その他の対策でございます。対策Aのうち、二つ目の自動化運転プログラムの修正でございますが、こちらのほうも右が、3行目へ参りまして、1月に現地試験を行って異常のないことを確認してございます。

なお、その下に書いてございます、爪開閉トルクの警報設定値ですけども、設計裕度を考慮して、昨年度は49N・mでしたが、今年度からは69N・mに変更してございます。これは本体Bの対策であります対策Bのほうにつきましても同様69N・mに変更してございます。

続きまして、対策Bのほうでございます。本体Bのグリッパ対策でございますが、下のほうのメカニカルシールの耐久性試験、こちらのほうが進みまして、右のほうへ参りまして、2行目～3行目ですね、新品のシールの耐久性試験を行いまして、1,000回の昇降試験を行いました。1,000回と申しますのは、1体処理するときには2回上げ下げを繰り返しますので、500体に相当するということですが、それを行ってもトルク上昇がないということを確認いたしました、というところがございます。

対策Cにつきましては既に終わっております、というところです。

最後でございます、8ページになります。今後の処理の計画でございますが、(1)にございますとおり、6月までの間に130体の処理を行っていきたいという計画でございます。ただし、作業が順調に進捗して6月とした終了時期までに工程余裕を生じた場合には、もちろん設備や体制の安全性等を確認した上で処理を継続して、その場合には130体を超えて処理することについても検討していきたいと思っております。

処理は一日2体程度を考えております。

4月から、下の絵にもございますが、4月中旬～5月中旬のときに約1カ月程度、処理作業を停止して、燃料取扱設備等の中間点検を行ってまいります。

それから、また6月までの間には約1カ月の工程予備を確保しております。それでもなお万一想定外の事象が発生した場合には、工程影響を最小限にすべく、まずは中間点検や工程予備、それぞれ1カ月ですけれども、にて対応しまして、実証本部が全面的にバックアップしてまいります。

そして、これらにより安全を最優先に慎重に作業を進めてまいりたいと、このように考えております。

以上でございます。

○山中委員 それでは、質疑に移りたいと思います。質問、コメントはございますか。

○堀内安全審査官 規制庁の堀内です。

今御説明いただいた中で、ホールドポイントの確認について発話をさせていただきたいと思っております。資料で示されているんですけども、今回、燃料体の処理作業の開始に先立ってホールドポイントを自ら定めてやるということだったんですけども、その確認においては、もんじゅの所長により燃料体の処理作業開始までに実施するとしていた不具合対策ですとか、リスクの検討結果に対する対応の完了ですとか、あと燃料体の処理作業に必要な機能検査が終了していることですとか、あと作業に必要な体制が確立されていることが確認されているということが記録により行われていることというふうな規制庁の現地の検査官によっても確認はしているところであります。

続いてなんですけども、トラブル対応についてという観点からちょっと御指摘をさせていただきたいと思っております。先ほどちょっと御説明があったかと思うんですけども、今回、燃料処理に関するナトリウムの付着物の影響については、前回作業からの懸案事項でもあったかと思うんですけども、今回、対策検討の結果、36体、当初処理を見込んでいるというふうなことで面談では聴取していたかと思っております。他方、先ほど御説明があったかと思うんですけども、数日前に15体で一度中断に至っているんですけども、これはあらかじめ事前に想定された事象、出来事であったかとは思いますが、この原因についてはよく検討していただきたいというふうに思っています。

他方、その燃料処理というのは同時に着実に進めていただく必要はございますので、トラブル予防の観点からも入念なグリッパの洗浄等を計画するなど、できるだけ、できる限りの対策を検討していただいて、今後の作業へのフィードバックを図っていただきたいというふうに思っていますけども、この点、いかがでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（田中副本部長） 原子力機構の田中でございます。

おっしゃられること全てごもっともと考えております。今回の場合ですと、確かに36体というのも考えてはありましたけども、とにかくトルクを常に監視して、トルクが上がってくれば当然洗浄しなければならないということで、36体と面談で申し上げたことについては目安と考えていたとお考えいただければと思います。もちろん今後もトルクを監視して上昇が起これば洗浄していくということとともに、それらを、少しデータを集めまして、その結果に基づいて適切な洗浄の間隔といったものを考えていきたいと、このように考えております。

また、御指摘はございませんでしたが、ドリップパンの交換の頻度、間隔につきましても、まずはドリップパン、今回はちょっと見なかったんですけども、取り出してみて、どれぐらいたまっているかというものを確認した上で間隔について検討していきたいと、このように考えております。

○山中委員 そのほかいかがですか。

○小舞管理官補佐 すみません、規制庁、小舞です。

今の件に関してなんですけれども、既に16体目、17体目がもう再開しているということで、現地からも、先ほども話もありました。これはナトリウム化合物の影響だろうということであらかじめ想定されていたことだと思うんですけれども、今、田中さんのほうからお話があったように、トルクの上昇とか、そういったところを見てますということで、これからも同じようなことが起こることが考えられますので、トルクの上昇といっても、一口に言っても、その度合いというんですかね、というのもよく分析して、今再開している作業においてフィードバックというか、十分な検討結果を生かしていくというような形にしていきたいと思います。

以上です。

○日本原子力研究開発機構（田中副本部長） 原子力機構の田中です。

まさにおっしゃるとおりに進めていきたい。トルクの監視を継続して、その傾向を見ながら、どんどんフィードバックをかけて適切な間隔などを考えていきたいと思っております。

○山中委員 そのほかいかがでしょう。

○田中主任安全審査官 規制庁、田中です。

今、堀内のほうからも計画的に入念な洗浄という話があったので、その点、せっかく資料もちょっとあるので、もうちょっと補足しておきたいのは、我々、その計画的な洗浄と言

っているのは、参考の13、22ページでせつかく資料をつけていただいているんですが、1月にある程度の作業が発生していたことが原因ではないかと、今回の計画どおり、ある意味想定、先ほど田中さんがおっしゃったような計画どおりに、想定どおりか、想定どおりいかなかったのはこういうのがあるんじゃないかということで資料をつけていただいているんだという理解なんで、我々が入念な計画的な洗浄というのは、こういうことをやっていることがわかっているのであれば、分析も既にすぐできている状態でもありますので、こういった作業が発生しているということであれば、これまでもよくグリッパを出入機の中で置いておいたためにトルクが上がったという事象は過去も起こっていたという認識を持っているので、こういった点も含めた入念な洗浄というのを計画的にやってくださいという趣旨でまずお伝えしたところです。

○日本原子力研究開発機構（長沖次長） 原子力機構の長沖でございます。

おっしゃるとおりでございます。単にトルクのデータを見るだけじゃなくて、グリッパの離液も含めて我々のほうは、やはりきちんと考察し、計画を立てていくということは大事だと考えてございます。今般の件もございまして、今分析をやっているところでございます。引き続き、よろしく御指導のほどをお願いいたします。

○田中主任安全審査官 規制庁、田中です。

今の計画的にという観点で、もうちょっと大きな観点で言うと、今後の作業という観点で、8ページのところで6月までの間の130体処理という説明、(1)の中では、今後、130体を超えて処理することを検討という説明書きが書いてあるんですが、決して130体以上処理することを否定するつもりもないんですけれども、ちょっとここでの記載が前のめり的な説明の感じがいたします。まず、我々、求めているのは計画どおりに130体を処理、多分そのつもりはあるんでしょうけれども、まずは計画どおりに130体を処理する、これがもうまず目標であって、その上でその後どうするかということは検討していただく必要があると思うので、今検討することを否定はしないんですけれども、もうちょっと進んだ形で目標が見えてから検討していただく必要があるのではないかなというふうに考えております。

○日本原子力研究開発機構（伊藤部門長） 原子力機構の伊藤でございます。

おっしゃるとおり、総合的に、それから安全最優先で作業を進めることが第一というふうに考えてございますので、御指摘を踏まえまして、我々はまた相談に乗っていただければと思っております。

○田中主任安全審査官 規制庁、田中です。

その点、よろしく申し上げます。今おっしゃったとおり、工程ありきでなく、まず安全第一、慎重に作業を進めていただきたいという前提で、我々、まずお願いをしたいということがあるのと、今言った、今後の作業については、ある程度終わりが見えてきた時点でそういった検討をしていただくことは構わないとは思いますが、終わりが見えてきて作業がまた中間点検後、作業が進んで作業の終わりが見えてきて、まだ余裕があると、ここで書かれているとおり、いろいろな作業の体制だとか設備、安全性を確認して、具体的に言うと、もう一度ホールドポイントをちゃんと示して、計画を立てて、つくっていただいた上で確認をして、さらに先に進んでいくと。少なくともその場その場で直前になってやりますと、場当たりの対応をせずに、きちんと計画を立てた上で、で、事前にそこをクリアしたら進めるという計画を事前に立てていただきたいということをお願いしたいと思います。

以上です。

○日本原子力研究開発機構（伊藤部門長） 原子力機構、伊藤でございます。

御指摘を踏まえまして、慎重に対応してまいります。よろしく願いいたします。

○山中委員 そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

今回起こった不具合というのは想定範囲内だったんだろうと思いますし、早目に御決断いただいて、グリッパの洗浄を行っていただいて作業が再開できたのはよかったかなと思います。

一つ質問なんですけども、5ページ目に本日説明をしていただいた出入機の、いわゆる露点上昇については、これはまだなかなか原因がわからないという、そういう理解でよろしいでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（田中副本部長） この件につきましては、ドアバルブの開け閉めを行った結果、本体へのほうまで水蒸気が入ってきているということですので、そのドアバルブとドアバルブの間ですとか、さらにその下の燃料洗浄槽、ここの部分は十分乾燥しているということから、何というんですか、ドアバルブの戸袋のようなところ、ここに若干水が残っていたのかなという気はしておりますが、まだ何とも言えないところでございます。御指摘のとおり、引き続き注視してまいりたいというところでございます。

○山中委員 この点についても原因究明等、慎重に進めていただいて、作業を進めていただければと思います。

それでは、引き続き資料の説明をお願いいたします。

○日本原子力研究開発機構（澤崎技術副主幹） 原子力機構、澤崎です。

それでは、資料2番、「もんじゅ」廃止措置計画の変更内容について説明いたします。

めくってください。1ページ目です。昨年7月に配置措置計画の変更申請を行った後、これまで監視チームの場、また審査の場でいろいろコメントをいただきました。本日は、それらの指摘を踏まえて、再度、模擬燃料体を部分装荷した場合の影響評価というのを再整理しましたので説明させていただきます。1ページ目で本日説明する概要を説明させていただきます。

1ページの右の六角形の図を見てください。もんじゅでは、燃料体を取り出す際には、その取り出した後に模擬燃料体を入れるというのが当初の設計でございます。これに対し、部分装荷ではその取り出したところに模擬燃料体を一部入れず、右側の六角形のような状態になります。これは当初設計では想定していない炉心体系でございますので、そういった場合、どのような影響があるか、安全にどのような影響があるか、これをいろいろ確認してきました。それが左上に書いてございます、部分装荷に対する影響を網羅的に抽出して、評価すべき事項を整理していますというものです。

まず、止める、冷やす、閉じ込めるの止めるですけれども、まず、止めるについては、原子炉は停止、制御棒は入っています。燃料体も部分装荷を開始するときには引き出されているので臨界にはならないというところ。

冷やす機能についても、もともとの廃止措置計画上、冷却機能が喪失しても被覆管が溶けるといった状態にはないということを確認してますし、部分装荷を開始する時点では燃料体が大分取り出されているので、9.7kWと当初よりも半分程度に低下していますというところ。ということで大丈夫でしょうということ。このところ。

閉じ込める機能につきましては、これは先ほど言ったとおり燃料体が部分的に引き抜いてなくなっていますので、炉心体系の維持という観点で地震時の燃料体の健全性の確認が必要でしょう。

また、あわせて、燃料体取出しをする際にも、その燃料体が地震で跳び上がったりして影響があるだろう、炉心の流量が変わったりすることで影響があるだろうといった影響を確認してございます。

その下に確認事項の評価結果ということで、閉じ込め機能への影響及び燃料体取出し機能への影響というのを確認しています。

閉じ込め機能の影響につきましては、解析コードを用いて評価してございます。

右側に表をつけてますけれども、地震時の燃料体挙動の解析結果ということで、衝突荷重、曲げ応力、跳び上がり量を評価してございます。

これで地震時においても燃料体のほうは健全性を保ってまして、閉じ込め機能を確認してございます。

また、燃料体取出し機能への影響ですけれども、地震時に燃料体の跳び上がり量というのは大体20mm程度でありまして、燃料体がパッド部で支えてるんですけれども、その外れもなく、体系は維持されているでしょうと。

炉心流量が増加した場合どうかということも、燃料交換装置の動きや冷却材の循環ポンプの運転というのができる程度の流量増加程度であるということ。

燃料体頂部の変位、傾くことに対しても、設計上、下の下部のところで傾きが制限されていますので、燃料交換装置がつかめる程度であるということを確認してございます。

また、その下に解析コードの適用性ということで、今回初めて許認可で使いましたコードでございますので、その適用性について確認してございます。このコードは、次期高速炉を想定して開発が進められたものでございます。

これは、適用性につきましては実験と解析とそれぞれ比較して、最初は実寸単体から徐々に縮尺を変えて多数体まで段階的に確認してきております。適用性については、高速炉の炉心の挙動の特徴である跳び上がり量、水平加振が入ったことによって跳び上がり量が低減します。流体力によって衝突荷重が低減します。内部流体が上向きに流れるときの燃料体の跳び上がり量、これも概ね再現できているということと、ばらつきを見てみますと、跳び上がり量の最大量の精度としては、実験結果と比較すると30%程度ありますということで、今回、解析結果としては20mmなんで、それに3割足してもクライテリアである40mmは超えないでしょうということです。また、別途、実寸単体試験から推定した跳び上がり量に関しましても、推定すると20mm程度なんで、今回、解析結果としては大体合っているということが言えます。

最後に開発課題と書いてますけれども、ここの次期高速炉で使っていくためには、まだどのパラメータをいじると保守性があるのかといったところを確認していく必要があって、そういったところは感度解析でやっていくということが課題として残っています、というものです。

そういった状況でございますけれども、それを踏まえて、万が一、燃料体取出しができ

ない状態になったとき、このときの対応はどうかということも確認してございます。そういった場合におきましては、今、炉内のナトリウムを引き下げて炉内を観察しまして、その状況を確認して燃料体の取出しに必要な治具を作成して、そういうことで回収見通しがあるということを確認しています。

こういった状況を踏まえまして総合的にどうかというところで、部分装荷の実施期間というのは、配置計画は今2カ月ですけれども、130体であると、結果で言うと1カ月ぐらいだと考えてございます。部分装荷は原子力施設の安全性に影響を与えることなく、模擬燃料体の取り扱いの不具合発生を低減して、ナトリウムと燃料が共存しているリスクというのを早期低減できると考えてございます。

それでは、中身の説明を、細かいのをさせていただきたいと思います。2ページ飛ばしていただきまして、3ページです。

まず、1.1で、模擬燃料体の部分装荷とはというところで、ちょっと繰り返しますけれども、最終段階の燃料取出し期間において、炉心から燃料を取り出した後に装荷する模擬燃料体を全部装荷せずに、部分的な装荷状態、一番右側の六角形が最終形でございます。

下に部分装荷を実施するための課題と書いてますけれども、部分装荷になることによって隣接する燃料体が減って、それが当初設計にないというところなんで確認が必要だということなんです。

続きまして、4ページです。これはもんじゅの炉心構造の特徴です。ちょっと重複しますけれども、下の図を見ながら確認ください。もんじゅの燃料体は炉心支持板というところがありますけど、そこに燃料体が差し込まれて自立していますというところ。地震では隣接する燃料体の六角形の面、スペーサパッド部というところが上部・中部とありますけれども、そこで支え合って維持しています。ただ、部分装荷は3面に減るというところで確認が必要だということなんです。

続きまして、5ページです。5ページでは、その確認が必要だということで、部分装荷による影響を確認するために、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能に、ここに示しています六つの影響について必要な評価を実施しました。

6ページが部分装荷に当たる影響の整理です。「止める」機能については、先ほど申し上げたとおり、制御棒は入っており、燃料体も減少していて臨界にはならない。「止める」機能は問題ないと考えています。

「冷やす」機能につきましても、廃止措置開始時点でも、冷却機能を喪失しても被覆管

は損傷しない。また、部分装荷を開始した時点では1/3に燃料体は減っていますので、当然、健全性を維持している。

「閉じ込める」機能については、確認が必要ということで、その後のページで確認結果を示します。

4. 燃料体取扱い機能の影響、これらについても跳び上がったことによるかというところの確認や、冷却材が流量が変わる、燃料体頂部の位置が変わる、実際、運転操作の手順が変わるといところで確認をしてございます。次のページ以降に説明します。

7ページです。7ページは、部分装荷における耐震性の確認ということで、左下の図で地震時の炉心の挙動を表しています。地震時には、水平方向、鉛直方向、それぞれ揺れがございまして、それらによって燃料体が跳び上がったり、横同士ぶつかったり、時には、燃料体が一斉にある一定方向に傾いたりといった複雑な挙動になります。これらを解析コードで評価してやりましたというものです。

結果ですけれども、燃料体に発生する荷重応力というのは、右下の表に書かせてもらいましたけれども、発生値は評価基準値を十分下回っておって健全性が維持されています。跳び上がり量についても20mm程度でございまして、ほかの機器にぶつかったりすることはないということを確認しています。停止精度の話は、解析コードの話で二、三割というところで、それを考慮しても大丈夫だと見えています。また、あと、跳び上がり量から、跳び上がって燃料体が着地したときに座屈とかは大丈夫かという確認も計算して、ラップ管及び被覆管は座屈しないということを確認してございます。

8ページです。8ページは、燃料体が跳び上がったときにどうなる、影響はどうかということを表した図でございまして。一番跳び上がり量で最初に確認しないといけなのは40mmということで、40mm跳び上がると、ホールドアームというのが燃料交換装置になりますけれども、そこ当たるといところが一番最初。次が、上部パットということで、これは燃料体の横を支え合うところですが、そこが外れると。以下、跳び上がり量としては記載のとおりでございまして。今、一番クライテリアは40と考えていますというものです。

続きまして9ページ目でございます。部分装荷における燃料体取出し機能への影響確認ということで、先ほど確認が必要でしたといった確認結果を示してございます。

(1)は、地震時の影響というところで、最大の跳び上がり量は20mm程度なんで、燃料交換装置のところには当たらないと、干渉しないということで大丈夫だろうと。

(2)流量変化への影響でございますけれども、もともと部分装荷をしなくても、燃料体

を引き上げたときに、そこから流れやすくなりますので、その流量が増えます。そこで、その状態でも燃料交換装置は、現在、使用できておりますので、部分装荷にした場合でも、それが最大ですので問題ないでしょうということ。また、燃料体が減ったことによって炉心部の圧損が減るので、冷却系の循環流量が増加します。ただ、循環ポンプはポニーモーター運転、定回転数運転でそれほど流量は増えないということで、冷却材の循環は維持できるということを確認しております。

(3)燃料体頂部変位の影響でございますけれども、これは部分装荷で抜けたときに燃料体が傾いたときに、それでも燃料体がつかめるかというのを確認したものでございます。幾何学的に傾きというのは最大で±1.9mmになりますので、実際、設計許容値20mmを持っていますので、その範囲内に入ることを確認してございます。

操作性への影響ですけれども、新たな操作があるというより、操作はこれまでやった操作の一部が省略されるということなんで、あまり問題ないと思っていますし、操作プログラムは変更しますけれども、ここでよく変更誤りとかが発生しますので、ここは実動作試験をやってきっちり確認してからやることで対応はできると思っています。

続きまして10ページです。ここからは、解析コードを用いて評価したんですけども、その解析コードが妥当かというところを説明する資料になってございます。

左側の図、二つありますけれども、地震時の燃料体の挙動ということで示してございます。地震時に燃料体というのは水平方向、鉛直方向にそれぞれ揺れまして、水平であれば横同士ぶつかったり、挙動としてはちょっとそれぞれが動く場合もあれば、燃料体が同じ方向に一斉に傾く場合もあったり、そういった複雑な非線形の挙動になります。

こういったところで、また、炉心には流体がありますので、それらの影響もありますというところが地震時にこういった影響が出ますということで、こういった非線形の難しい挙動を解析評価するには、何を模擬したらいいのかというのを右図に書いてございます。

ちょっと青色で書いてあるのが、まず、評価しないといけないものとして流体力を評価しないといけないでしょうと。薄い緑色で書いているのがパット部同士が衝突したり、落下したときの影響、摩擦で、地震ですので炉心支持板への加振力を評価しないといけないし、燃料体自身にかかる重力と浮力、これらを考慮しないと解析はできないというものです。これらを表現することで解析をしているというものです。

続きまして、11ページですけれども、こういった解析で評価しなければいけない項目をモデル化して、実際、解析を行っています。それに対して実験と合っているのかというの

を段階的に確認してきてございます。

最初は、実寸単体の試験で基本的な応答、挙動を見て、その次、37体の縮尺の試験体で集合体、何個かありますので、それらの集合体間の影響を見ました。

次は、列体系ということで、これは、次の次期炉の構想で一番最大列をとりまして、その列によって列効果というものがございまして。一斉に燃料体が寄ったときにどういった影響があるのかというのをこの列体系で見えていますし、さらに、縮尺多数体ということで、縮尺は2.5分の1スケールになりますけれども、313体でどうなるかというのを段階的にやって試験と解析結果を比較してございます。

12ページが、その解析結果と試験結果を比較して妥当性のところを見えています。一つ目の矢羽がそうで、試験結果と解析結果を比較すると、解析コードは、群振動の特徴である水平加振による跳び上がり量の低減効果、流路網流体力の衝突荷重の低減効果、内部流れにより跳び上がり量が増加する効果、最外周付近で水平方向の衝突荷重が増大する列配置の効果を模擬できていて、現象を概ね再現できていると思っております。

また、二つ目の矢羽ですけれども、多数体系にコードを適用した場合には、跳び上がり量が保守的に出ますというところがあります。これは、モデルの表現、どこまでモデル化したかによるんですけれども、燃料体の鉛直軸廻りの回転というのをモデル化していないところがあって保守的に出ますけれども、そういったところは、今後、設計開発の中で感度解析による確認が必要というところで、3番目の矢羽の中にも含まれますけれども、解析コードの信頼性に向けては、感度解析を行っていく課題が残っております。

13ページ目でございます。これは、耐震バックチェックで実施した燃料体の加振試験の結果から、今回、部分装荷になったときの跳び上がり量を推定して、解析結果は妥当かというのを確認してみたものでございます。①でもんじゅ燃料単体加振試験、このとき、運転時の流量でやっております。このとき加振したとき、Ss-Dで加振したときには、41mmでしたというところです。

ただ、②で廃止措置段階になると、炉心流量はポニーモーター運転になりますので、流量が10分の1になるというところで、上向きに燃料体を押し上げる流体力というのがない、ほとんどありません。これによって、見かけの重力加速度が下がるので、大体跳び上がり量としては20mm程度でしょうということが推定できるということで、今回の解析コードでも跳び上がり量というのは最大20mm未満というところなんで、解析コードで出した結果というのも大体合っているだろうというところを確認しています。

14ページが、そういった解析コードの信頼性の確認をしてきましたけれども、万が一、燃料体の取出しができないといった事態に対してどうするかという確認をしてございますというものです。

そのときには、炉心の燃料の崩壊熱というのは、今、部分装荷を開始するときでは9.7kWとなっていますので、あまり冷却を気にすることなく、炉内の液面を下げ、炉内の中を観察することができます。その観察結果を踏まえて、これまでもんじゅのIVTMのトラブルとか、常陽のMARICO-2の回収の知見がありますので、それらを確認して燃料体を回収できるものと考えています。

最後に、まとめですけれども、もんじゅの燃料体は、炉心支持板に差し込まれて自立しておいて、地震時には燃料体の六角形が支え合って炉心体系を維持しています。ただ、部分装荷では、その支え合う面が減るというところで、当初設計にはないので、安全性を確認して問題ないことを確認しました。地震時の挙動については、解析コードで概ね現象を再現できて、その結果から、燃料体の健全性や取出しに影響はないということの評価をさせていただきます。また、万が一、想定を超えた燃料体の取出しができない事態が発生しても回収できるという確認をしていますというところで、部分装荷となる期間は短いと。

総合的な評価としましては、原子炉施設の安全性に影響を与えることなく、模擬燃料体の取扱いに伴う不具合の発生を低減するものであって、燃料体とナトリウムの共存がリスク低減になると考えてございます。

機構としましては、今後、本日の説明内容を踏まえて廃止措置計画変更認可申請の補正を申請していきたいと思っています。

説明は以上になります。

○山中委員 それでは、質問、コメントをお願いします。

○有吉調査官 規制庁、有吉です。

ちょっと順番に確認をしていきますけれど、15ページ、まとめ、最後に説明がありましたが、部分装荷したときの影響、これが「冷やす」、「止める」、「閉じ込める」、体系的にやってくださいと。燃料交換機能についても忘れずに問題点を洗い出してくださいといったところを指摘しましたと。それについては答えてきたというふうに思います。

それから、この解析が必ずしも保守側とは限らず、REVIAN-3Dというのがまだ許認可に使えるレベルではないと認識していましたので、万一、部分装荷によって跳び上がったりして燃料が回収できなくなったときの対応を検討してくださいということ求めて、今回、

これが追加されてきたと。そういった点では、ほぼこちらの指摘に応じてきたものと思います。

あと、次に、細かい具体的な確認ですけれど、「止める」、「冷やす」という点では、6ページですね。結論だけ書いてありますけど、項目1、項目2が書いてある。詳しいのが、21ページですか。これは、こちらの指摘に対するキーワードが定量的ということだったんですけど、最初は、もう燃料は出ているし、崩壊熱が下がっているので問題ありませんという一言で終わっていたんですけど、それでは不足ですと、定量的にやってくださいということ求めたと。その結果、218℃とか、それから、冷却材が燃料に入っていなくても1℃ぐらいしか上がらないという答えが出てきた。それで確認できましたということですね。こちら、認識です。

それから、6ページ戻って、「止める」というのは、もうこれは、もともと去年から、一昨年かな、随分アメリカシウムが増えて臨界になりにくくなっている体系であると。燃料をたしか当初から10体ぐらいかな、抜けば臨界にならないという話を聞いていましたので、それが、今回、部分装荷になると、さらにこれが出ていくということで臨界にならないといったことは、自明かなと思っておりました。

次に、部分装荷によって拘束点が6方向から3方向に減るという説明があって、これが3ページにあったわけですね。4ページに書いてあることは、要するに、これ、地震がなければ、燃料が自立しているので特に問題ではないということが理解できた。しかし、地震があっても燃料が跳び上がってパットが外れなければ問題にはならないといったことが理解できたというのが7ページですね。パットが外れない条件でいろんな応力を評価しても、ほぼ弾性範囲内でおさまると。過大な変形もないし、燃料取扱上、困ることはないといったことが確認できた。

したがって、残る論点がほとんど跳び上がりだったわけですね。要するに、跳び上がりというのが炉心形状の崩れというか、話につながってきて、これが8ページにあるように40とか45mmを超えるといろんなところに影響を及ぼすといったところが、いろんな大きな論点であったと認識しております。

で、こちらの質問が、もともとこういう非線形で複雑な現象をREVIAN-3Dというのはちゃんと評価できるのか、できないんじゃないかといった投げかけをいたしました。

具体的に言いますと、今日説明になかった25ページを開けていただきますと、これは、将来炉、実証炉向けの体系ではありますけど、左側ですね。鉛直のみを加振したときに、

試験と解析というのが二つ比べられていて、時系列という点で行くと、全く再現性はないんですけど、ただ、跳び上がりの最大量でいうと、大体30mmにおさまる。だから、地震の加振条件が決まると、大体最大跳び上がり量という点では、解析評価にできるような話になってくるといったことが一つ整理できました。

それから、これの妥当性という点で重要なのは、やっぱり実験をやっていることですね。澤崎さんからさっき説明はなかったんですけど、11ページ、このREVIAN-3Dを開発するに当たって、いろんな体系で試験をしましたと。上に縮尺1.5分の1と書いていますけど、これがもんじゅ相当、一番近い体系で試験を行っている。実際にデータをとっているというのが大きいということだったと思います。

しかも、この左側に列だけでなくで群体系まで試験をやっているといったところで、実際に跳び上がり量というのがこのぐらいといったところが定量的に理解しやすかったということだと思います。

ただし、下の行ですけど、37体からやっぱり実体系313、もんじゅだと700体、それから実証炉だと1000体ぐらいですね。この体系が拡大することに対して問題はないのかといったところが、こちらの重大な関心事でありました。

それに対する説明が12ページにあって、やはり試験体数が増えると傾向は変わってくるという説明がありました。具体的に言うと、30ページですね、これの。模式的に書いていますけど、六角形、稠密配置しているんだけど、これが、体数が増えると右側に矢印を書いているようにくるっと回るといった効果が出てくると。これが、解析と実験がまだよく合っていない原因だと。これは、あくまで推察ですね。推察をされている。その辺りに課題があって、これは、まだライセンスコードという点には至っていないといったところで、こちらは、そういう判断をしております。

そして、この体系を使ってもんじゅに適用したということなんですけど、それだけの説明では、例えば係数を入れ間違ったり、何か間違っていると、20mmというのは本当に判断つかないわけですね。それで13ページのような検討を求めたわけですね。とにかく、もんじゅの実験データはないんですかと。それに基づいて考察をしていくとどうなんですかと検討を求めた。これは、実験データ41mmで、これは通常運転中だから冷却材がたくさん流れている、だから集合体に対して上向きの力が働くんだけど、今はもうポニーモーターしか回ってなくて、流量がほとんどないと。だから、跳び上がり量が小さくなって、これは、これまでの実験データからも定性的に確認されているといったところが一つ。

それから、13ページの一番下に書いていますけど、水平加振をすると、跳び上がり量が減る傾向にあると。これはなぜかといったところの説明があって、わかりやすいのが4ページですね。右側に燃料集合体の鳥瞰図がありますけど、水平に動くと、当然、上部パットが当たる。それから、エントランスノズルのつけ根部といったところで摩擦が生じる。これでもって浮き上がり量を抑制するという効果はあるんですけど、今回、エントランスノズルのところが摩擦力の効果が大きいといったところで、部分装荷をしてもそんなに大きくなる傾向は変わらないだろうといったことに理解できたということです。

こちらの理解はそういうことですが、何か不整合とかありますかでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（澤崎副主幹） 原子力機構、澤崎です。

御指摘、そのとおりです。ちょっと説明が不足していました。認識は同じです。

○田中審査官 規制庁、田中です。

今、有吉が説明したとおり、今回、整理していただいた内容というのは、部分装荷における影響がどういうものがあって、どういった点で安全性の確認をしていくかというコメントに対して、こういった、今回、資料を整理していただいたと思いますので、先ほど、今後、補正の話がございましたけれども、補正を提出する際には、今回の議論を会合で受けたコメントを含めて、まず、この今回整理していただいたストーリー、どういった影響でどういったことを確認すべきかという整理をしていただいたものと思っておりますので、そのストーリーをまず文書として、きちんと技術文書として整理していただいた上で、その補正を提出していただきたいというふうに考えております。

その内容を確認させていただいて、議論の必要があれば、我々、また会合で確認していきたいと思っておりますので、資料をよろしくお願いいたします。

以上です。

○日本原子力研究開発機構（澤崎副主幹） 原子力機構、澤崎です。

承知しました。まず、技術資料を取りまとめて説明したいと思います。

○山中委員 そのほかいかがでしょう。

○有吉調査官 規制庁、有吉です。

ちょっと苦言を呈したいところがありまして、2ページを開けていただけますか。一番冒頭に7月22日に申請を行った後、4回のチーム会合というのがありました。4回というのは、7月22日、それから9月、10月、12月というのが4回。最初のころは、この問題の洗い出しが体系的でないといった指摘をして、それが通じるまでに会合でいえば2回ぐらいは

かかりましたかね。さらに、その後、こちらがREVIAN-3Dということに対して、詳細なコメントを出したのが10月17日、これ、会合で申しましたけど、内容が細かいので、その後、面談で面談録としてインターによってアップをいたしました。

その後の12月までに面談が5回、それから12月、会合をやった後、9回、実は面談をしました。これはなぜ、こういう回数になったかといったところなんですけど、基本的に、最初の申請が、今、廃止措置中で炉心にほとんどないので問題ありませんと、ざっくりそれで終わっていると、定量的にでなかった。それから、跳び上がり量も20mmでした、解析しました、解析コードはこんなものですよとって、公開資料を束ねただけと。

要するに、論点が整理されていないんですね。それをこちらが一々、こうですか、ああですかと質問を出して細かく指摘しないと話が進まなかった。

途中、面談で失礼顧みず、かなり強い口調で私も申しましたけれど、伊藤理事にちょっとお伺いしますが、こういう経緯は、理事まで報告されているんでしょう。

○日本原子力研究開発機構（伊藤部門長） 都度、報告はもらってございます。私自身も、今おっしゃっていただいた指摘、ごもつともだということで、今回の資料等もいろいろ御指導いただいている部分、都度確認しながらやらせていただいております。

○有吉調査官 わかりました。話が通っていて安心しました。

それで、何が言いたいかというと、今後に向けて、これからの廃止措置で、これまでの設計にはないようなことをやるでしょうと。新しい装置も設計してつくるでしょうし、現場作業もある、試験もする、R&Dもあるでしょう。そういった意味では、やっぱり技術力の維持、向上というのが大事で、やっぱり若手の育成といったところが非常にこちらの関心事なんですね。

今回のことを踏まえて、そういったものにつなげていただきたいと思います。よろしくお願いいたします。

○日本原子力研究開発機構（伊藤部門長） 原子力機構、伊藤でございます。

いろいろ今回の件につきまして、多大な御協力をいただきましたこと、それから、今、御指摘いただきましたように、技術力の維持、向上、それから伝承というのは非常に大事な問題というふうに認識してございます。

今後、引き続き、こういったことを念頭にしっかりやっていきたいと思っておりますので、御指導よろしくお願いいたします。

○山中委員 そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。何か事業者のほうからご

ございますか。

それでは、本日の議題は以上となりますけれども、最後に私のほうから幾つかお話をしたいと思います。

まず、燃料体の取出し作業の進捗状況については、前回の監視チームで説明を受けた工程のとおり、ホールドポイントに基づく確認がされた後に、2月5日から開始をされているという報告が本日ございました。この状況につきましては、現地の原子力運転検査官も確認をしているところでございます。

また、本日の説明にもありましたように、数日前に発生したAグリッパのナトリウム化合物付着によるトルク上昇が発生した。このような軽微な不具合というのは、以前から、私、お話をさせていただいているとおり、今後も何度か生じる可能性がございます。決して工程ありきではなくて、安全を第一に慎重に作業を実施していただきたいというふうに思います。

また、模擬燃料体の部分装荷に係る廃止措置計画変更認可申請につきましては、閉じ込め機能の維持など、安全性に関する検討が行われていること、仮に燃料取出しができない状態を想定しても回収できる見通しがあることが説明をされておりました。規制庁からのコメントに対しても概ね回答がされたと考えております。

ただ、規制庁からのコメントにもございましたように、技術的な資料への取りまとめなど、今後もコメントが出ておりましたので、しっかりと対応していただくようお願いを申し上げます。

いかがでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（伊藤部門長） 御指摘いただいた点、しっかりとやっていきたいと思っておりますので、よろしく願いいたします。

○山中委員 それでは、以上で本日のもんじゅ廃止措置安全監視チームの会合は終了いたします。

次回の会合開催日時については、原子力機構の準備状況を踏まえ、規制庁にて調整をお願いいたします。よろしく願いいたします。