

## 第8回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会 議事録

日 時：平成30年10月31日（水）10：00～13：15

場 所：ホテルウェルビューかごしま 潮騒

出席者：浅野委員，相良委員，佐藤委員，地頭菌委員，塚田委員，松成委員，  
宮町委員，守田委員，山内委員

### 1 開会

（事務局）

ただいまから，鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会を開会いたします。本日の司会・進行を担当させていただきます，原子力安全対策課の本村と申します。よろしくお願いいたします。

それではお手元にお配りしております，会次第に従いまして，進行させていただきますので，よろしくお願いいたします。

### 2 議事

（事務局）

それでは，ここからは宮町座長に議長として議事の進行をお願いいたします。

#### (1) 講演会の概要報告

（宮町座長）

それでは，皆さん，おはようございます。今日はお集まりいただき，どうもありがとうございます。それでは，議事に入りたいと思います。

2番，議事の(1)講演会の概要報告についてですが，専門委員会主催による講演会を27日に開きましたので，私の方から簡単な報告をさせていただきます。まず，当委員会による初めての講演会を薩摩川内市のホテルの会場で開催して，約100名ぐらいの県民の方々にお越しいただきました。大変多くの方に集まっていたので，良かったと思います。委員の講演者ですけれども，釜江委員からは「原子力発電所を地震からどう守るか」，相良委員からは「基礎から学ぶ放射線とその影響」という演題で，それぞれ45分程度ですけれども，御専門の立場からお話をしていただいたところです。講演の後の質疑応答では，30分程度，40分近くになりますか，最終的には，質疑応答がありまして，その場では説明が専門過ぎて分かりづらかった，分からなかったという意見の方がいらっしゃいましたけれども，皆さんにお配りしている資料1のアンケート集計結果というところで，よく理解できた，おおむね理解できた人というのが50%を超えるような方々，そのようにアンケートに答えていただいているので，ある程度は県民の皆さんに，少しでも良かったのかなというふうに判断しています。ただ，今回は初回ということで，我々の方も手探りの状態で，どのような内容でどのような方々にお話しするのかということ十分に検討する時間がありませんでしたので，このような結果になってしまいましたけれども，今後は，できれば，これから事務局とよく相談しなければいけないんですけれども，年に1回ぐらいの割合でこのような講演会を継続的に開いていきたいと思っています。また，参加していただく県民の方々は，一般の方々ですので，できるだけ分かりやすく，あるいは事前に，どのような内容を聞きたいかと，ただ，それをそのままやるわけではありません。いろいろな分野にまたがってしまっていて，講演という形ではなくて，我々委員だけでは多分対応しきれない範囲までになりますので，この中から我々委員の中で，対応できるようなテーマを選んで講演いただくというような形になるかとも思いますの

で、委員の方々の御協力もよろしく申し上げます。以上ですけれども、何か講演について御質問、御意見ございますでしょうか。

それでは、次に(2)です。川内原子力発電所の安全性の確認のうち、①として、更なる安全性・信頼性向上への取組に関わる進捗状況ということで、九州電力から説明をお願いします。

## **(2) 川内原子力発電所の安全性の確認について**

### **① 更なる安全性・信頼性向上への取組に係る進捗状況**

(九州電力)

九州電力の中村でございます。御説明に入る前に、一言御挨拶を申し上げます。

委員の皆様には、川内原子力発電所の運営に関しまして、様々な貴重な御意見をいただきまして、本当にありがとうございます。心から御礼申し上げます。

川内原子力の状況でございますが、2号機につきましては、4月23日から定期検査に入りまして、蒸気発生器の取替えなどの大工事を終了しまして、9月28日に通常運転に復帰しております。

現在、1、2号とも、安定・安全運転を続けております。

本日は、川内1、2号機の安全性・信頼性向上への取組、川内2号機の定期検査の結果、それから前回委員会での御質問について、御説明させていただきますので、よろしくお願いいたします。ここからは座って説明させていただきます。

ではまず、更なる安全性・信頼性向上への取組に関わる進捗状況につきまして、でございます。右側の欄の「現在の状況」でございますけれども、下線が引いてあるところが、前回委員会から変更があったところでございます。

補足をさせていただきますと、まず1番上の緊急時対策所につきましては、工事の都合上、2分割で工事認可を申請させていただきます。1分割目は、メインとなる、「緊急時対策棟(指揮所)の設置」に関わる工認でございまして、これにつきましては、9月27日と10月23日に補正を実施しまして、今、鋭意審査に対応しているところでございます。

2段目の、特定重大事故対処施設の設置につきましては、これは大工事でございますので、3分割の工事認可を申請してございます。1分割目が既設であります「原子炉補助建屋等に設置する設備」でございます。そして2分割目が「新たに設置する建屋」等のいわゆる建物、土木工事に関わるものでございます。3分割目がその新たに作った建物に設置する設備の工認ということで、3分割で出させていただきます。1分割目と2分割目については認可をいただいております。そして、8月1日より着工いたしまして、今現在、工事中でございます。3分割目につきましては、10月23日に補正を出して、今、審査、ヒアリングに対応しているところでございます。

3段目の常設直流電源設備につきましては、工事認可をいただきまして、今現在、現地で工事中でございます。受電系統の変更につきましては、設置許可をいただきまして、今、工事認可を申請する準備をしているところでございます。工事にあたっては、安全を第一に、環境、周辺の安全も含めまして、しっかり対応していきたいと考えてございます。

次については、担当者が説明しますので、よろしくお願いいたします。以上でございます。

(宮町座長)

はい、どうもありがとうございます。委員の方々から、何か御質問、御意見ございますか。

前回の委員会の、私の方で確認はしたのですけれども、この工事日程、本当に間に合うのかというのが、おそらく、1番、我々が気にしているところで、例えば、特定重大事故等対処施設の設置ということで、1分割目、2分割目がもう工事が行われていると。これの工事完了予定というのは、いつなんですかね。

(九州電力)

左側に記載してございますように、設置期限が32年の1号が3月、2号が5月でございます。まだ工事認可の3回目も下りていませんので、その辺が下りてからまた工程を詳細に詰めていきたいと思っております。

(宮町座長)

いや、今工事をやっている1分割目、2分割目に関しても、完了予定日は明確ではないと、そういう、3月17日なり、5月21日までは完了しないと駄目なんでしょうけれども。

(九州電力)

そうです。そこを目指してやっております。

(宮町座長)

ああ、そういうこと。

(九州電力)

はい。3分割でやっていますけれども、建物と一緒に設備の工事もやりますので、全体として工事を見ていかないと、1つ1つが終わるというものではなくて、相互関係しながら終わるという形になりますので、そのこの工程につきましては、今後見ていきたいと思っております。

(宮町座長)

はい、分かりました。どうもありがとうございます。他に何かございますか。ないようでしたら、次、②ですね、川内原子力発電所2号機の定期検査結果について、ということで、九州電力と原子力規制庁さんから説明をしていただきます。まずはじめに、九州電力から説明をお願いします。

## ② 川内原子力発電所2号機の定期検査結果について

(九州電力)

川内原子力総合事務所の藤原でございます。座って説明をさせていただきます。

資料3-1「川内原子力発電所2号機の定期検査の結果について」御報告させていただきます。これまで数回ほど「定期検査結果について」は報告をさせていただいておりますが、同じ記載部分は、割愛して説明をさせていただきます。

まず1ページは割愛させていただきます。2ページ目をお開けください。2号の定期検査の実績でございます。川内2号機は、前回の発電再開から約422日ほど経て、本年4月23日に発電停止しまして、第22回の定期検査を開始しました。タービンや発電機、制御設備は、発電を止めてからすぐ点検を開始し、一次系の弁や機器類については、燃料取出後に点検を行いました。一次系の弁や機器の点検の終了後に燃料装荷をしまして、原子炉等を組み立て、各種機能検査を行い、本年8月29日に原子炉を起動、8月30日に原子炉が臨界に到達、翌日の8月31日に発電を再開いたしました。その後、出力を上昇させながら各種点検等を行い、定格熱出力一定運転を経て、国の検査である総合負荷性能検査を終了し、9月28日に通常運転に復帰いたしました。

続きまして、3ページは割愛させていただきます。4ページを御覧ください。3の定期検査、施設定期検査及び定期事業者検査の項目でございます。川内2号機第22回定期検査におきましては、国が行う施設定期検査は59項目でございます。一方、事業者が行う定期事業者検査項目として、今回の場合は105項目でございます。

続いて、5ページを御覧ください。前回同様、表のとおり、定期検査の主な設

備としては、8項目ございます。

6ページを御覧ください。4の主要検査及び点検結果でございます。本ページから9ページにわたり、(1)原子炉本体、及び原子炉冷却系統設備、(2)計測制御系統設備、(3)燃料設備、(4)放射線管理設備、(5)放射性廃棄物処理設備、(6)原子炉格納施設、(7)電気設備、(8)蒸気タービン設備については、各設備の点検等により、異常は認められませんでした。

(9)プラント総合ですが、定格熱出力一定運転において、総合負荷性能検査を実施した結果、各設備の運転状態に異常はなく安定した運転ができることを確認しました。

続いて、10ページをお開けください。5の定期検査中に実施した主な工事でございます。

1つ目が、燃料については、燃料集合体157体のうち、52体を新燃料に取り替えました。

(2)蒸気発生器取替工事及び(3)海水ポンプ取替工事については、次ページ以降で御説明いたします。

11ページを御覧ください。まず、蒸気発生器の取替工事の概要を示しております。長期的な安全・安定運転、定期検査時における伝熱管点検の際の被ばく量低減や予防保全の観点から、より耐食性に優れた伝熱管材料(TT690合金)を使用した最新設計の蒸気発生器に取替えを行いました。

①でございます。伝熱管支持機能の向上のため伝熱管振れ止め金具を2本組から3本組に変更しております。

次に②ですが、耐食性の向上のため、伝熱管材料をインコネルTT600合金からインコネルTT690合金に変更しております。

③ですが、伝熱管長変更による支持数増加に伴い、伝熱管支持板を7枚から8枚に変更しております。

12ページを御覧ください。海水ポンプの取替工事の概要についてでございます。1号機と同様、これまで海水ポンプ起動時に軸受潤滑水を供給する必要がありましたが、今回の定期検査で軸受部への潤滑水供給が不要な無給水軸受を用いたポンプへ取替えを行っております。

13ページをお開けください。6の定期検査期間中の線量の状況でございます。

(1)定期検査期間中の放射線業務従事者の線量で、2号機の定期検査期間中のものがございます。この表中の放射線業務従事者の数は、放射線管理区域に入った人数でございます。社員が384人、社員外が2,659人で、トータル3,043人で総線量が1.07人・シーベルト、平均しますと、0.4ミリシーベルトでございます。最大線量は、社員に関しましては1.0ミリシーベルト、社員外については7.8ミリシーベルトと、差はございますが、作業内容は社員、社員外とも、蒸気発生器取替工事によるものがございます。

(2)は定期検査期間中の放射線従事者の線量分布ということで、これは、1年間の線量限度が50ミリシーベルト以内となっております。今回は、5ミリシーベルトから15ミリシーベルト以下の方が15人いましたが、これらの方も、蒸気発生器の取替工事等によるものがございます。

(3)定期検査期間中の放射線業務従事者の内部被ばく測定対象者数でございます。これは延べ人数となっております。トータルが7,067人となっております。

ホールボディカウンタで計った結果、異常はございませんでした。

最後でございますが、今後とも、安全確保を最優先に発電所の安全・安定運転に努めてまいりたいと思っております。どうぞよろしく願いいたします。以上でございます。

(宮町座長)

はい、ありがとうございました。質問の方はまとめてやりますので、ここではお待ちください。続きまして、原子力規制庁から、川内原子力規制事務所の川ノ上浩文所長さんと、本庁の方から、川内原子力発電所の定期検査に携わった水戸

尙哉検査技術専門職にお越しいただいておりますので、説明をお願いします。

(原子力規制庁)

原子力規制庁川内原子力規制事務所の川ノ上と申します。よろしくお願ひいたします。座って御説明させていただきます。

それでは、お手元の資料3-2に基づきまして、九州電力株式会社川内原子力発電所2号機の施設定期検査の結果につきまして、御報告させていただきます。表紙をめくっていただきまして、裏の1ページ目を御覧ください。こちらは施設定期検査に関わる法令の規定につきまして、抜粋して記載しております。施設定期検査は、事業者が規則で定める時期ごとに受けなければならない検査でございます。事業者が行う定期事業者検査に立ち会い、又はその記録を確認することにより実施しております。検査につきましては、法令に定めた項目につきまして、国の原子力施設検査官が実施しております。御参考といたしまして、別に作っております資料3-2の、下にページ数を記載しておりますけれども、4ページ目の別紙1に、確認する検査項目等を定めた規則の抜粋を添付しております。内容につきましてですが、説明は割愛させていただきます。

次に2ページ目を御覧ください。こちらは先ほど御説明いたしました、施設定期検査の概要ということで、事業者が実施する定期事業者検査と、国が実施する施設定期検査の関係を示してございます。主にポンプやバルブなどの機器を分解し、部材の健全性を確認する分解検査と、機器の作動状況や運転性能などを確認する機能・性能検査等を実施しております。

続いて3ページ目を御覧ください。こちらは、今回の川内原子力発電所2号機の施設定期検査につきまして、施設定期検査の申請の受理から施設定期検査の終了証の交付までを、時系列に記載しております。今回の施設定期検査につきましては、九州電力株式会社より、平成30年4月23日から同年9月28日までの期日におきまして、第22回の施設定期検査を受けたい旨の申請を受理しております。この九州電力からの申請内容に基づきまして、平成30年6月5日から同年9月28日までの間におきまして、施設定期検査を実施しております。また、2号機に係る施設定期検査を実施した結果、終了と認められることから、平成30年9月28日に、九州電力株式会社に対し、施設定期検査の終了証を交付しております。今回実施しました施設定期検査につきましては、別につづっております資料の3-2の中に、これも下にページを打っておりますけれども、7ページ目の別紙2に概要をまとめております。こちらは検査項目、検査内容の概要、検査実施日、検査結果につきまして、一覧で記載しております。今回川内原子力発電所2号機の第22回施設定期検査につきましては、59項目の施設定期検査を約3か月にわたりまして実施し、特段問題となる点はございませんでした。以上で川内原子力発電所2号機の施設定期検査の結果の説明を終わらせていただきます。ありがとうございます。

(宮町座長)

どうもありがとうございました。それでは、ただいまの九州電力及び原子力規制庁の一連の説明について、質問等ございませんでしょうか。

(佐藤委員)

佐藤でございます。九州電力さんと規制庁さんにそれぞれ質問がありますけれども、まず九州電力さんの方から。蒸気発生器のことについて教えていただきたいと思ひます。交換する前のインコネルTT600を使っていた方ですけれども、交換する直前までのプラグ率、それから、交換した後にはTT690になっているわけですけれども、チューブの数ですね。要は材料の違いで熱伝導率が、例えば低下して、チューブの数を増やすとかそういうことをしているのか、全く同じなのか、チューブの数が同じでも許容できるプラグ率が低下しているとかそういう違いがありましたら、教えていただきたいと思ひます。それから、設計が変わっている

わけです。図を見ますと補強を追加しているわけですので、剛性が高まっていると見受けられるわけですが、必ずしも剛性を高めて全ていいことばかりとは限りません。そうすると固有振動数だとかも変わってくることになるわけです。流体振動の振る舞いというのが非常に分かりにくい。実際に、2013年だったのですか、カリフォルニアのサンオノフレの蒸気発生器が壊れています。そういうこともあるわけですし、流体振動の振る舞いというのは非常に、コンピュータでも予知しにくいところがあるわけです。そういうところも踏まえて、取り替えた蒸気発生器に対しての次の定検の検査をチューブの何%に対して予定しているのか。

アメリカですと、この蒸気発生器のチューブの検査に対して、相当細かい規則が定められておりまして、ちょっと覚えておりませんが、100%やるというのは大変かなとは思いますが、何%ぐらい検査を予定されているのか、それから、運転中に、例えば漏れいとか起こるような兆しに対しての監視状況ですが、どんな取組をしているのか教えていただければと思います。原子力規制庁さんの方にはまた後で。

(九州電力)

藤原でございます。3つほど質問があったのですが、まず1つ目の交換の直前のプラグ率ですか。少し原点に戻って、1号機と2号機は若干、管板部の伝熱管の拡張方法が違っていて、2号機の方がより進歩しておりまして、応力腐食割れは2号機にはございません。そして、もう1つの要因は、伝熱管のU字のトップのところで振れ止め金具というのを2本から3本にしたところが、かつて平成3年ぐらいに、17本ぐらい、19本だったか、それが見つかりまして、そこで一応既存の対策を一度打って、10何年した後、今度は高感度のECT（渦流探傷検査装置）の検出装置ができて、それで、400本近く出て、計455本がちょうどU字の部分で出てまして、それで施栓をしております。もう1つの質問は、新しいSGでございますが、伝熱管が50センチほど伸びております。というのは、TT690は600に比べて、伝熱性能が悪いということで、伝熱面積だと6%ぐらいアップして、旧SGと同じ性能を持つような形で、やっております。

(九州電力)

すみません、説明変わります。池田と申します。流体振動につきましては、蒸気発生器、従来から振動というのは重要なところだということで、流体振動の評価をやって、当時は保安院さんでしたけれども、そちらの方にも工事認可の中で評価をして、「振動は起きません」というのを確認した上で、認可をいただいたような内容で、きちんと評価をしております。（振れ止め金具を）3本組にしまして、前は2本だったのですが、より振動が起きにくい対応を取っております。それから、伝熱管の検査をするのかというのは先ほども言いましたけれど、TT690合金という耐食性が非常にいい材料に変えております。機械学会の維持規格というものがございまして、この690合金については、検査頻度を下げてもいいという規定になっております。川内1号機の蒸気発生器も同じ690ですが、2定検に1回、伝熱管のECT、渦流探傷検査をやるということにしております。それから、漏れい監視の件なんですけど、蒸気発生器の漏れいがかもともと設計上あったら駄目だということで、監視をするということで、蒸気発生器から1次冷却材が漏れれば、2次側の蒸気の中に放射性物質が入ることになります。主蒸気管に、蒸気を見るモニタを付けてまして、そのモニタ、高感度主蒸気管モニタというものがあるのですが、そのモニタで監視します。さらに、蒸気タービンに行くと、復水器に落ちるんですけども、復水器にもモニタを付けて、常時監視するようにしております。回答は以上になります。

(佐藤委員)

ありがとうございます。交換する前のインコネル600、これはインコネル600に

も2種類あって、TTというのが熱処理を改善して、耐SCC性を向上させたと、そういう材料なわけでした。現にSCCは発見されていませんでしたと、そういうお話だったわけです。ですので、Uになっているところのインディケーションが出たというのでも、ちょっと説明がなかったわけですが、SCCということよりは流体振動が原因だったということですか。

(九州電力)

池田でございます。おっしゃるとおりで、古い川内2号機の蒸気発生器は2本組の振れ止め金具というものだったので、伝熱管が振動して、振れ止めの金具と接触して、摩耗減肉していました。貫通までには至らないですけど、表面が削られるという状況になっていました。

(佐藤委員)

そうしますと、そのインコネル690にして、検査頻度を低減するという正当性が、耐SCC性の向上だという御説明があったわけですが、それがあまり当てはまらないわけです。金属化学的な比較をすれば、690の方が勝つというのは、認められているわけですが、その実績的にTT600とTT690の材料を変更したことによる向上は、SCCの問題よりもむしろ流体振動の方がドミナントだったということが実績的にあるわけですので、この690に変えたからこの検査頻度を低減していいというのが、ジャスティフィケーションがいまいちしっかりしたものでないと感じるわけです。それで、2年おきでいいという御説明だったわけですが、ということは次回は検査しないと、次々回に検査すると。次々回に100%するという意味でしょうか。

(九州電力)

すみません、池田でございます。説明が悪かったかもしれないのですが、蒸気発生器の損傷というのは今まで2種類大きくあります。管板部に伝熱管を固定するという「拡管」というのをやるんですが、昔は機械的に管板の厚みに沿って、22個のローラーで伝熱管の内側から広げて、管板に固定すると。その22か所に応力が残ってしまうので、そこでSCCが発生していた。それで、工法を変えて、1回しか機械拡管をしない。あとは、液圧拡管というのをやるんですが、風船を膨らませるようにして、伝熱管を広げると。そういうことをやって、その管板部で損傷が、SCCが起こるというのが大きく1つ目です。もう1つが先生がおっしゃられる流体振動。振れ止め金具のところ、伝熱管が振れて、減肉してしまうと。そういう大きく2つの損傷を今まで経験しております。それに対応するというので、順次設計を変えてきて、振れ止め金具の方は3本組みにして、流体振動の対応を取って、減肉は確認されてません。もう1つの材料を変えるというのが、管板部のSCCの対応ということで、流体振動、応力腐食割れ、それぞれの対応をするということにしております。次々回は100%になります。

(佐藤委員)

機械学会のルールだとおっしゃいました。それとの整合性がいまいち、今の御説明で分かった気がしないんですけども。管板のところの拡管をすることで、応力が残ったので、それでSCCが発生した。それでその方法を変えた。それは結構なんですけど、最初の説明で、SCCがなかったということだったんですけど、あったということなんですか。ポテンシャルの話がされたのですか、今のは。

(九州電力)

ちょっと言葉が足りませんでしたけれど、2号機に関してはSCCがなかった。1号機はSCCがトータルで62本ありました。そして、1号と2号では、先ほど説明したとおり、拡管方法が1年しか変わらないのに、進歩していた。そして、私も変えるとしたら、基本的には新しい標準的なものに変えるということで、TT69

0に変えたということで、1号の説明が足りなくて申し訳ございません。1号に関してはSCCが62本出まして、先生がおっしゃいますとおりです。400弱の先ほど、振れ止め金具からありまして、そういうのを含めまして、10年前に新しいSGに変えた。2号機は今回、新しいSGに取り替えたという経緯がございまして、川内1、2号機じゃなくて、蒸気発生器に関しましては、玄海1、2号、よその会社のプラントもあるんですけど、かなり蒸気発生器の伝熱管損傷で苦労した経緯がありまして、各電力PWRの電力は共同研究して、そういう形の新しいSGが今の標準になって、玄海1号のSGも取り替えていますけれども、それ以降そういうトラブルというのは起こっていないと。十分に実績はあるということで、川内2号機についても変えた、というのが今までの経緯で、川内1、2号だけ取ると、2号だけ話をすると、どうしても経緯が分からないというところがございまして、申し訳ございません。

(宮町座長)

この場で結論を出すのは、難しいと思いますので、損傷というのは、何かアクシデントが起こるといえるのは、想定外というか、シミュレーションでは再現できないときに当然発生するわけで、今九州電力さんの御説明だと、交換して安全性が確認されているので、定期点検で2年後にしか、検査しないという言い方でしたけれども、経費がかかるのは分かりますけれども、ちょっと会社に持ち帰って、できれば毎年、本当にそうなのかということを示すためにも、1年ごとに検査していただけたらどうかということを検討いただけませんか。要するに、2年後にやったときに、実際に九州電力さんがおっしゃったように、何も問題がありませんでしたということであれば、喜ばしいことですが、若干摩耗して、減ってましたという話が出てきた場合に、じゃあ今日の委員会でお話したのは何だったんだという話になってしまうので、そうならないように、もしも可能であれば、定期検査ごとにその点をチェックしていただければと。この場でしますという言い方はできないと思いますので、会社に持ち帰って、御検討いただければと思います。

(佐藤委員)

是非考え直していただきたいと思うんです。問題が起こるのは最初です。こういう場合ですね。なるべく早くこういうものは、見つけた方がいいわけで、実際先ほども言いました、サンオノフレの方も、何号機の方が先だったかというのは覚えていないんですけれども、後で検査した方も確か、漏えいはなかったけれど、大分減肉が進んでしまっていたということを見つけたわけです。それで、減肉がかなり進んでいる状況で、運転中には漏えいがなくて、二次系に漏えいがなければ、分からないわけです、運転していても。そういう状況でどんどん減肉が進んでいて、地震が発生したということを考えれば、これは、よろしくないわけです、こういうことは。ですので、検査をするならば、まず、初年度にやって、それからインターバルを変えて、2年に1回とするのがリーズナブルだと思うんですけれども。最初から、2年ルールで、最初の年を検査しないというのは、SCCだけの問題でなくて、特に流体振動が原因の大きなところを占めてきたという実績に照らしても、リーズナブルだと思うんです。この日本の高度なそうだからというのを盾に取らないで、ちょっと安全の考え方の原点に戻って、ちょっと考え直していただきたいものだというふうに思います。

(九州電力)

九州電力でございまして、今のお話につきましては、サンオノフレは違う設計のSGでございまして、今採用しているSGにつきましては、玄海3、4号、それにいろいろ実績もございまして、その辺の御説明を座長からの御意見も含めまして、させていただきたいと思っております。



(宮町座長)

お願いします。初期不良というのは、必ずあるので、それを踏まえると、玄海の3, 4号機にも使っているから大丈夫ですというのはナンセンス、という認識ですので、2号機に沿ったお話で、御検討をお願いします。

(佐藤委員)

原子力規制庁さんの方でいいんですけれども、あまりシリアスな質問ではないんですが、総合負荷性能試験、結構識者の間で批判もありまして、これをやる意味、公衆の安全の視点から、どう安全に寄与しているものなのか。特にこれは再起動してから1か月後となっているわけですけれども、1か月というタイミングも含めて、どういう正当性があるか、逆になんかこれがないことによって何が違うのか、電力会社としては日常的にこのパラメータというのは監視しているわけですし、これがあろうがなかろうが監視はしているわけですし、これがそれほど重要な意味のある検査なのか、ちょっとそこをお教えいただけたらと思います。

(原子力規制庁)

原子力規制庁専門検査の水戸と申します。御質問いただいた総合負荷性能検査についてですけれども、総合負荷性能検査は法令に基づく検査でございます、定格熱出力一定運転で所定の項目、例えば一次系流量ですとか、放射線モニタや原子炉の中性子束の量ですとか、そういったパラメータに異常がないということを確認しております。それらのパラメータが制限値を満足して、安定しているということをもって、技術基準を満足しているということを確認して、終了証を交付したところでございます。

(宮町座長)

あの、すいません。私の方からも1つだけ、規制庁さんにお伺いしたいんですけれども、定期検査の結果、駄目だということが、今までで世の中に存在しているんですかね。

(原子力規制庁)

総合負荷性能検査において、制限値を満足しなかったということは、私の記憶する範囲ではありません。

(宮町座長)

何と答えればいいのか。質問や御意見ございますか。

九州電力さんに私から1つだけ。素人なんで、海水のポンプ取替え、これ大変よろしいかと思うんですけれども、ポンプ自体は何台あるんですか。

(九州電力)

1号機が4台、2号機が4台でございます。

(宮町座長)

全て交換したという理解でよろしいのでしょうか。

(九州電力)

はい、全て交換しております。

(宮町座長)

はい、ありがとうございます。その他、何か。

(相良委員)

放医研の相良といいます。資料3-1の13ページの被ばく線量のところで少し教えていただきたいのですが、確か前回、1号機の時も教えていただいたんですけど、最大線量の方というのが前回、一次ポンプの解体をなされている方というふうに伺ったんですが、この高い線量の方、同じようにその皆さんでしょうか、特に専門性を要するのでどうしても集中してしまうとお聞きしたんですけど、今回もそのような結果になったんでしょうか。

(九州電力)

1号機の際の最大線量の方は、1次冷却材ポンプというシールのところの点検をする方で、5.7ほどございました。今回は、蒸気発生器の旧SGを格納容器から運搬する際の被ばく線量でございまして、当然SGを運ぶというのは配管を切断して、1回吊り上げて、寝せて、外に出すというような格好ですので、それなりに専門的な技術、運搬の技術が要ということで、若干メーカーさんが、これ15人はみんな三菱重工さんとそのグループ企業の日本建設工業さんの方で、基本的に運搬で被ばくしたという方で、5.08から7.8程度の被ばくの線量でございました。

(相良委員)

分かりました。どうもありがとうございます。

(宮町座長)

他にございませんか。特にないようでしたら次の議題に移りたいと思います。原子力規制庁の方はここで退席されます。大変お忙しい中、御出席ありがとうございます。

(原子力規制庁)

どうもありがとうございました。

### ③ これまでの委員からの質問への回答について

#### 1号機で発生した燃料漏えい対策について

(宮町座長)

それでは議事の③、これまでの委員からの質問への回答について、のうち、1号機で発生した燃料漏えい対策について、九州電力から説明をお願いします。

(九州電力)

九州電力の中村と申します。それでは資料4-1の御説明をさせていただきます。タイトルにつきましては、川内1号機で発生した燃料集合体の漏えいの対策についてというものでございます。こちらにつきましては、表紙の次のページでございすけれども、前回の委員会におきまして、黒文字で書いてございますが、川内1号機での燃料集合体の漏えい発生に関して、他社における同様の事象を踏まえた対策はどのようになっているのか、また今回の漏えいを踏まえて対策は十分であることをどのように担保しているのか、という御質問に対する回答でございます。

次のページに目次ということで記載してございます。大きく5章に分けております。1章で前回の報告概要、2章で他社における同タイプ燃料集合体の漏えい事象、3章で今回の川内1号機漏えい燃料集合体について、4章で今回の川内1号機の漏えい燃料集合体に対する対策、最後にまとめということで5章構成の資料となっております。

それでは資料をめくっていただきまして右下、1ページでございす。まず前回の報告概要でございす。これは前回報告したものと同じ中身でございすの

で、簡単に紹介をいたします。最初の段落のところでございますが、通常運転中のところ、1次冷却材中のヨウ素131濃度がこれまでの測定値に比べて若干上昇したことが認められましたというものでございました。次の段落にまいりますけれども、第23回定期検査におきまして調査を実施した結果、17×17型A型55GWd/tウラン燃料集合体、A型燃料というふうには呼ばせていただきたいと思いますが、このA型燃料1体で漏えいがあることが確認されました。ちなみに、燃料棒については1本の漏えいがあるというのが確認されました。調査の結果、下の一番右側の絵になりますけれども、燃料集合体の一番下の支持格子、最下部支持格子におきまして、燃料棒と、その燃料棒を支えるばね板、又は支持板との間に入り込み、隙間というのが見られておりました。そういったことから、原因としましては、燃料棒と支持格子の間に隙間が生じ、燃料棒の微小な振動が起きたことにより、燃料被覆管の摩耗によって微小孔が生じたというふうに推定をいたしております。最後の段ですが、対策といたしまして、当該燃料と同じ製造時期の燃料集合体を再使用する場合は、炉心の中央領域に構造の異なる燃料集合体を隣接して装荷しないこととするというふうにいたしました。その横に小さな文字で※で書いておりますが、燃料にはA型といわれるもの、あとB型といわれるものがございまして、これは作っている会社が違っていて、構造も若干ですけれども違いがあるというものになります。なので最後の段落でありました、構造が違う燃料集合体というのはB型燃料集合体のことをさしております。

続きまして、右下2ページになります。ここから、他社における同タイプの燃料集合体の漏えい事象を説明しております。4ループプラントにおける漏えい事象でございます。(1)で事象概要として説明しております。読ませていただきますと、国内の他社4ループにおいて、平成20～22年にかけて今回の川内1号機で漏えいが発生したものと同一タイプの燃料にフレットング摩耗が要因と推定される漏えいが発生しております。これは、3プラントで合計5体の燃料集合体で漏えいが発生しました。この推定要因を(2)以下でまとめてございます。まず、aの炉内の1次冷却材の流れによるものとしたしまして、下の図を見ていただきたいと思っております。これは原子炉内の1次冷却材の流速分布を表したものでございます。黄色のところがおよそ平均の流速を表しております。赤色に近づくほど流速が早く、また、緑色に近づくほど流速が遅いというのを表しております。この1つ1つのマス目ですね、これが燃料集合体の装荷位置を表しております。漏えいが発生した燃料の装荷位置は丸を付けたところでございます。この丸を付けたところを見ていただきますと、いずれもこの青の線で囲んでいる真ん中付近の領域ですね、これを炉心中央領域というふうに呼ばせていただきますが、この中央領域で発生したということから、炉心中央領域の流速が早い位置に装荷されたということで、燃料棒の振動が大きくなったものと推定をしております。これが1つ目の要因でございます。

次に3ページを見ていただきまして、次にbといたしまして、燃料集合体の種類の相違によるものがあるということで推定をしております。具体的には左上の図を見ていただきたいと思っております。これはB型燃料とA型燃料が隣接したときの1次冷却材の流れのイメージを示したものでございます。A型とB型が隣接しますと、燃料集合体の下部の流れやすさがA型とB型とで違っていて、A型が流れやすいということから、1次冷却材はA型の方に流れ込みが多くなるということを示しています。結果としまして、軸方向の流速がA型の方が高くなると、また、A型B型の最下部支持格子の位置が、これにずれがございまして、結果としてA型からB型の方に向かう横方向の流れが大きくなるということが分かっております。その流れの変化の様子を示したものが下の2つの棒グラフでございます。左側が軸方向の流速の変化、右側が横方向の流速の変化を示しております。青で示したものがA型単体のときの流れ、緑で横に書いてございますが、これがB型が隣接したときの流れの変化でございます。横方向縦方向いずれもB型が隣接しますと流れが大きくなるということが分かりました。燃料棒位置としまして、①から④で示したものにつきましては、右上の碁盤状の図を見ていただきたいと思

ますが、これが燃料棒①を表した図でございます。右下に青色で四角で囲んでいるところがございます。その中にさらに黒い太枠で①から④と示したところがございまして、ここでの流速を表したものでございます。この中で①、②につきましては、燃料棒の漏えいが発生した位置でございます。③、④につきましては、その比較対象、位置として選んでおります。特に右下の棒グラフを見ていただきますと、①、②のところはもともと横の流れが強いところでございます。さらにB型の燃料が隣接しますと、流れの増加も大きいということが分かりました。こういった影響によりまして燃料棒の振動が大きくなったものと推定をいたしております。

次に4ページでございますけれども、cの摩耗の発生でございますが、これも下の図を見ていただきたいと思っております。この図は支持格子の中で燃料棒を支持している様子を書いたものでございます。支持格子では燃料棒をばね板と支持板で保持をしております。ばね板というのは、この名のおりばねになっておりまして、燃料棒を押さえ付けている、そういった構造でございます。このばねの力は中性子を照射されることによって低下をしていきます。これは材料の特性で通常の働きになります。このばね力の低下などによって最下部支持格子で燃料棒と支持板やばね板との接触が一部離れるような状況が発生すると。そうしますと燃料棒の振動が大きくなり、赤丸で示した部分で摩耗が大きくなった可能性があるというふうに推定をいたしました。このように3つ要因を申し上げましたけれども、これらが重なりまして、結果としまして燃料棒の振動が大きくなり、摩耗が進行いたしまして微小孔が生じたものというふうに推定をしております。こういった事象の対策としまして、4ループにおきましては下に示しました2つの対策を取っております。1つ目が、1次冷却材の流速が速い炉心中心位置、2ページで示しました、色でいうと赤くなっている部分でございますけれども、この位置には燃料を装荷しない。また、②としまして、燃焼度を抑制することで、フレティング摩耗が大きく進行することを防ぐことができ、また支持格子のばね力の照射緩和の進行を防止することができるということから、これまで漏えいが発生した燃焼度以上とならないように、燃料の燃焼度の管理をしていくということで対策を取っております。これが他社における漏えいの発生状況でございます。

こういった状況を見まして、3ループプラント、これは川内の3ループプラントに該当しますが、同じような状況が発生するのかということで検討したものが5ページ以降になります。まずはaとしまして、1次冷却材の流れの違いによる推定ということでまとめてございまして、下の方の左側の絵を見ていただきたいと思っております。これは3ループと4ループの炉内の1次冷却材の流速分布を示したものでございます。左側は3ループになりますけれども、4ループに比べて全体的に流速が遅く、また緑がかっているというのが分かるかと思っております。炉心の絵にH列と書いて青色で囲んだ範囲がございまして、この部分の流速を折れ線グラフとして表したものが右側の絵になります。これを見ていただくと、炉心の中心位置で流速が最も高く、外に行くほど流速がだんだん低くなるということが分かります。黒丸が4ループ、白丸が3ループでございますけれども、この3ループと4ループを比べますと、3ループの1次冷却材の流れは炉心の中心位置の1か所を除きまして4ループで漏えいが発生した炉心中央領域の流速を下回っております。このことから、3ループにおきましては、フレティング摩耗の推定要因とされている燃料集合体内部での1次冷却材の流れは4ループと比較して相対的に小さいということから、燃料集合体の漏えいが発生する可能性は低いというふうに考えております。次の6ページでは、解析による摩耗の評価をしたものを記載しております。まず左側の少しカラフルな図が並んでおります。これは3ループと4ループでのワークレートの比較でございます。前のページを見ていただきますと、3ページに戻っていただきまして、右上に燃料棒の配置の図がございまして、ここで右下の水色の四角で囲んだ部分がございまして、この部分のワークレートの分布を表しております。先ほどからワークレートという言葉を使っておりますが、ワークレートとは何かということは絵の下に解説をしておりま

す。この解説は難しいので少し簡単に申しますと、ワークレートとは被覆管と支持格子が擦れ合う度合いというふうに申し上げたらイメージが掴めるかと思いません。ということで、このワークレートが大きければ摩耗が進行する方向に行くというものでございます。この3ループと4ループの絵を比べてみますと、3ループではこのワークレートが大きいことを示すオレンジ色のエリア、あとは赤色のエリアが4ループに比べて小さいということが分かります。また4ループで燃料棒の漏えいが発生した位置を丸の位置で示しておりますけれども、ここの位置については比較的ワークレートが高いところにあったというのが確認ができます。次に、この右側の棒グラフの図でございしますが、これは、被覆管の摩耗堆積を評価しまして、3ループと4ループで比較をしたものでございます。左側の棒グラフが、4ループでの評価結果になります。その結果を1としまして、3ループの評価結果を右側に示しております。ここで示してあるとおり、4ループに比べて、相対的に3ループでは小さくなるというのが確認できております。また、下に4面、3面と数字を書いておりますが、これはB型との隣接の数でございまして、B型との隣接の数が少なくなると摩耗評価上も小さくなっていくというのが確認できております。こういったことから、3ループでは特別な対応は必要ないというふうに判断しておりました。

次の7ページから3章に入ります。これは、川内で起きた燃料の漏えいについて書いているものでございます。真ん中上の方に、図がございしますが、漏えいが発生した燃料の装荷位置は炉心のほぼ中央に近いところ、赤色で塗っているこの部分でございました。この集合体のどの部分の燃料棒がリークしたかというのはその下の燃料棒配置図でございしますが、そこに赤色で示したもので、ここの位置で漏えいが発生しておりました。こういった状況でございします。先ほどの支持格子においては燃料棒と支持格子のばね板とか支持板との間に入り込みとか、あと隙間、こういったものが見られるというのが状況でございました。

次のページになりますけれども、漏えいが発生した燃料集合体に何か異常なところはないかということで調査をしております。(1)に表で示しておりますけれども、運転履歴とか水質の履歴、これは1次冷却材の水質の履歴ですね。あと製造の履歴、あと燃料を受け入れたり、炉心に装荷したり、取り出したりするときの取扱いの履歴を調査をいたしまして、異常なものはないかと確認をしております。結果としては異常はないということが確認できております。

その次、(2)としまして、燃料集合体の追加の調査をしております。まず、①の方が、漏えいがあった燃料集合体に対して追加の調査をしております。実施した内容については読ませさせていただきますが、漏えい燃料棒以外の最下部支持格子内の燃料棒全数について、ファイバースコープによる調査を実施しております。調査を実施した結果、最下部支持格子内の燃料棒と支持板及びばね板との間で隙間及び入り込みというのは見られていないという結果でございました。

1ページめくっていただきまして、次に今度は漏えいがあった燃料集合体と同じタイプの健全だった集合体を調査しております。これは合わせて6体調査をしております。左側の燃料の配置の絵でございしますが、左側で示す赤が漏えいがあった燃料の位置を示しておりますが、それと同じ使用条件となる水色で示した燃料集合体3体、あと違う使用条件で使ったものということで、黄色で示した3体につきまして、同じようにファイバースコープで追加の調査をしております。ファイバースコープを使いまして、最下部支持格子での入り込みとか、隙間がないかを調査しております。どの部分を調査をしたかというのは右側の配置図の水色で塗ったところでありまして。漏えい燃料棒があったところ、及びその周辺について調査をいたしました。調査をした結果、入り込みとか隙間というのは見られませんでした。

次のページにまいりまして、今度は漏えいした燃料集合体に対して、被覆管の摩耗評価をいたしております。下の絵が漏えいした燃料集合体の装荷の履歴でございします。20サイクルから23サイクルまで4回して連続で装荷をしております。23サイクルで漏えいが発生したわけでございます。このときのB型との隣接の履

歴を右側を書いておられますけれども、20サイクル、21サイクル及び23サイクルでB型との隣接を経験しております。この履歴を用いまして摩耗評価をしたものが右側のグラフになります。被覆管が貫通するほどの摩耗を1といたしまして評価したところ、評価結果は0.67ということでした。ということで、摩耗評価上は漏えいに至らないという結果でした。従いまして、今回の漏えいにつきましては、製造のばらつき等による偶発的な原因が重畳したものであるというふうに推定をいたしました。ですが、何も対策を取らないということではなく、次のページ以降で取っている対策を示しています。

11ページを見ていただきまして、まず(1)でございますが、対策は先ほど説明したものと一緒でございますが、同じ製造時期の燃料集合体は炉心中央領域に構造の異なる、B型燃料になります。B型燃料と隣接して装荷しないという対策を取りました。それがどのぐらいの効果があるのかというのを評価したのがaの評価結果のところでございます。ここで、上の方の段落でございますが、漏えい燃料集合体を対象に4回目のサイクルにおいて、B型燃料との隣接をなくす条件で摩耗評価をいたしました。摩耗評価をいたしました結果を、前のページで摩耗評価した0.67というのがございますが、これを1としまして、その評価結果がどのぐらいになるかを示したものが下の図でございます。評価の結果、摩耗体積は大きく低下しており、十分効果があるということで確認をしております。

また、もう1つ対策を取っております。次のページ、12ページでございます。もう1つの対策としましては、フレッシング摩耗に対して、信頼性を向上させた改良型のA型の燃料を順次導入をしております。その燃料を信頼性向上A型燃料と呼んでいますが、どのような改良か、どのような設計をしたものかというのを下の図で示しております。まずは左側の図を見ていただきたいんですけども、信頼性の向上A型燃料につきましては、燃料下部の流れやすさですね、これをB型と同程度にしまして、このB型側からA型へ流れ込んでくる1次冷却材の流入を抑制いたしました。また、最下部の支持格子の位置を下に下げることによって、ずれを解消しまして、横流れが発生するのを抑制しております。こういった改良をしております。また、さらに右側の図を見ていただきたいんですけども、ここも最下部の支持格子のところを表しております。最下部の支持格子を下に下げました。先ほど申し上げました。それにプラスして、一番右端の燃料棒のところを見ていただきたいんですけど、この支持格子が保持する部分を、今までは燃料ペレットがある部分を保持していたわけですが、下部の端栓を延ばすことによりまして、下部の端栓の部分を保持するように変更いたしました。こうすることによりまして、中性子の照射が減るということで、最下部支持格子でばね力の緩和を抑制することができると。また、フレッシング摩耗が発生したとしても燃料の被覆管は貫通しないというような構造、設計に変更したわけでございます。こういった設計を変更した燃料を順次導入をしております。

次のページに、この信頼性向上A型燃料の摩耗評価をしてみました。設計変更する前のものと比較したものが、この図でございます。この図を見ていただきますと、摩耗体積は大幅に低減されているということが確認できます。

最後にcとしまして、信頼性向上A型燃料の使用実績ということでございますけれども、現在運転中の川内1号機の原子炉には、今回燃料漏えいが発生した燃料集合体と同タイプの燃料集合体は装荷されておらず、A型55Gwd/t燃料は全て信頼性向上A型燃料に置き換わっているという状況でございます。

最後にまとめとしまして、当社は、今後とも、安全確保を最優先に、発電所の安全、安定運転に努めてまいります。説明は以上になります。

(宮町座長)

ありがとうございました。それではただいまの説明に対して、質問や御意見などありましたら。

(守田委員)

九州大学の守田と申します。前回の御報告に対しまして、具体的にどのような検討をされて、最終的に改善を図ろうとされているのか、詳しい説明をいただきましてありがとうございました。

3つほどお伺いしたいんですけども、まず6ページ目の、ちょっと細かい話なんですけど、ワークレートの比較のところ、右側が4ループ、左側が3ループの場合についてのワークレートの比較の図がございまして、4ループの方では、これは他社のプラントということでしたが、漏えいの発生位置のピン位置が、ワークレートが高いところは、赤いところからオレンジのところから黄色のところにかかって、実際に漏えいが発生したと。一方で、3ループの方は、全体的に4ループと比べてワークレートが全体的に下がっているんで、燃料集合体の中での摩耗の割合が相対的にはポテンシャルが低くなるだろうと、そういう評価だという御説明でしたけれども、漏えいが発生している位置は、4ループの場合は赤い部分と、オレンジ、黄色の部分がかかっているんで、やっぱり3ループでも同じように黄色の部分よりも上のワークレートの高いところが出ているんで、ワークレートで見てみると、破損が、摩耗が起こっても同じように摩耗して漏えいが発生するようなことが起こってもしょうがないのかなと、この図を見て思いましたけれども、私の図の見方が間違っていれば、その部分を教えてください。それが1点目でございます。

2点目は、10ページ目のところで、摩耗の評価をされて、当該の燃料集合体は0.67という数字で、1には至らなかったんで、評価上は漏えいに至らないということで、B型とA型を並べて置くようなことをしたということ、結果的にこれが漏えいに至ったのは、製造上のばらつき等による偶発的な要因が重畳したものという御説明でしたけれども、実際に製造上のばらつきが原因だったということを確認されたのかどうかということなんです。偶発的な要因が重畳したのであれば、幾ら評価をしたとしても壊れるということについては、避けられないということになってしまいますので、ここをしっかりと製造上のばらつきが原因だったということを確認されたのか、されていないのであればされるのかということも教えてください。

3つ目の最後の質問でございますけれども、最終的にはこれまでの評価、漏えいが起こった後の見直しをした上で、対策を取られたということの御説明がありましたけれども、仮に偶発的なことが原因であれば、A型とB型を並べて使わないということが、それを避ける方策かと思われましてけれども、最後のところで、現在運転中の川内1号機では漏えいが発生したものは使っていないんで、信頼性が向上した改良型のA型を使っているという御説明でしたが、他の川内の2号機、玄海の3、4についての状況がどういうことになっているのかも、今回起こったようなA型とB型が、古いA型とB型と一緒に並べるようなことはしていないのかどうか、この点について御説明をいただければと思います。よろしく願いいたします。

(山内委員)

併せて質問いたします。今回の技術的な問題につきましては、今御説明されたとおりだと思いますし、また守田先生からお話がありましたが、マネジメントの面から考えると、このように形式の違う燃料を合わせて入れたことから起こった事故というのは、偶発とは言えないのではないのでしょうか。特に、B型と合わせて入れることによって、流量が制限されるということを知っている燃料製造メーカーがあるとすると、それは異なるタイプの燃料を付けることから起こる損害が生じるということを知っているか、あるいは知りうるべきだと思いますので、当然この2つのA型、B型を製造している三菱原子燃料と、原子燃料工業に対して、何らかの抗議なり、あるいは損害の賠償を求めるべきだと思いますが、違いませんか。あるいは、このような可能性があるということを知っている間に時間がかかり過ぎるのではないのでしょうか。もし、長い間運転を行っている燃料で、

この炉型，あるいは同じ燃料，同じ原子炉で基本的な問題が見つかるまでに時間がかかり過ぎとすると，同様の問題がさらにあると考えるべきではないでしょうか。これについて，どのように考えられますか。

(宮町座長)

それでは九州電力さんの方から。

(九州電力)

九州電力の中村です。まず最初の3つの質問でございます。

1点目がワークレートの図では，3ループでも，4ループで漏えいが発生した黄色のところがあるけれども，同じように摩耗が発生して漏えいしないのかという御質問でございました。ここにつきましては，確かに3ループの方が傾向としては小さくなっているということではございますが，評価上は多少幅は小さくなったりしてございますが，黄色の部分があるということではございます。ただし，黄色の部分があったからということで，直ちに漏えいに繋がるのかということではございますが，これは，このA型燃料，従来型のA型燃料というのは，4ループだけで使用していたものではございません。3ループでも同じように使用してございまして，特に問題なく使われていたという背景もございました。ということで，同じようには，やはり，これはあくまでも，評価で絶対値を全て映し出しているところではないということと，あとは，実際に使っている状況で3ループでは燃焼度が結構高いところまで問題なく使われていたという結果を踏まえまして，このように3ループでは起きる可能性は低いということで判断をしたものでございます。

次に10ページで，ばらつきの確認はしたのか，今後する予定があるのかということでございますけれども，特にばらつきということであれば，燃料の製造ということに関係してくるかと思えます。この燃料の製造の履歴は，8ページで調査項目の対象としております。実際に，燃料の製造履歴は，全て判定基準を満たしているものということは確認をしております。それ以外のばらつきということになりますと，この製造履歴だけでは判断しにくい，例えば，照射によるばね力の緩和が少し大きかったりとか，表面の粗さが判定基準では満足するものであったとしても，多少大きかったりと，そういったなかなか判定基準として数字に表れないところで，こういった摩耗が起りうる側にばらついたのでなかろうかということで，そういう推定をしております。それが何かということは，明確にできないというふうに考えております。

あと，3つ目の川内2号と玄海での信頼性向上のA型燃料の使用の状況等がどうなっているかということでございましたけれども，川内2号機におきましても，川内1号機と同じ状況でございまして，今原子炉内に入っているA型燃料につきましては，この信頼性向上のA型燃料になってございます。古いタイプのものは，今現在炉心には入っていない状況でございます。また，玄海につきましては，55GWd/t燃料と，これは燃料を使える燃焼度の制限を表しているものでございますけれども，玄海につきましては，これは48GWd/tというタイプの燃料を使っております。燃料の設計も，川内で使っているタイプとは違った設計となっております。そちらの燃料につきましては，最下部支持格子で燃料棒が振動することによって小さな穴が空いたものといわれる，こういうふうに考えられるような漏えいは発生していないという状況でございます。あと，マネジメント関係の御質問ですけれども，燃料の供給者として片一方に偏りますと，何かそこであったときに燃料の供給ができなくなるということで，燃料の供給先を複数にしております。これは大切なことだと思っております。それぞれ，燃料のメーカーさんにつきましては，当社が要求している要求事項は満足した上で，燃料を供給いただいております。ということで，もちろんそれが満足できていないものがあつたとするならば話は別でございまして，当社が要求したものは満足したものがあつてきているということでございまして，賠償云々ということは考えられないのかな



というふうに思っております。あと、こういった事象が発生するというのを認識するのに時間がかかり過ぎているのではないかとということでございますけれども、他社の燃料漏えいは、平成20年から22年にかけて起こった事象でございます。この改良型のA型燃料という設計も平成22年ぐらいにはもうしてあったわけでございます。それで、それを使うということも決めていたわけでございます。そのちょっと前ぐらいにこの55GWd/tまで燃やせる、いわゆる高燃焼度燃料というのも使用が始まりまして、割とすぐにこういう事象が多発をしたということでございます。なので、決して放っていたとか時間がかかっていたということではございませんで、発生した当時、割と速やかに原因を究明して、実際対策を取っているものというふうに考えております。以上でございます。

(守田委員)

九州大学の守田でございます。どうもありがとうございます。解析の評価に加えてですね、これまでの使用実績等も踏まえた上で総合的に御判断をされているというような御説明でしたので、それはこれまでの使用実績というのは1つの知見でございますので、そういったことに基づくというのは理解できるところでございます。ただ、ばらつきのところに2つ目の質問でしました、偶発的な要因、製造とのばらつきが重なったことで起こったのではないかと推定されているということは、逆に言うと確認ができていないのであれば、解析評価では大丈夫なはずだったけれども、よく分からない理由で壊れてしまったというようにも聞こえてしまいます。それで、そのところがやはり心配なところでございまして、もちろん解析だけではなくて、今までの使用実績等の知見というのでも重要な話なのですが、ただ、今回は評価上は大丈夫だったということで、実際に使用してみたところ、予想に反して想定外で壊れてしまったということだと思っておりますので、是非、どういった原因で、そういった評価の仕方が悪かったのかもしれませんし、他に原因があったのかもしれません。そういったところを、やはり突き止めておくということが大事なことなのかなというふうに思いました。もう1つは、玄海の話も、燃焼度が55GWd/tではなくて48GWd/tなので、仕様が違っていてこれまで発生していないという、そういう実績がございましてという御説明でしたけれども、それが今後発生しないということの担保には多分ならないと思っておりますので、やはりその辺のところをしっかりと、評価なり、そういったものをした上で、あるいは定期検査のときの確認をしっかりとするというようなことをしていただいて、同じような事象が起こらないように気を付けていただいて運転をしていただきたいと思っております。

(山内委員)

どうもありがとうございます。今の御説明はよく分かりました。しかし、もしこの2種類の、2つの会社に対して、この燃料の仕様、つまりスピシフィケーションが九州電力の方から出したものであって、九州電力の仕様で止まっていたから、その2つの会社に対して責任はないという、全般的に責任を九州電力が負う必要はないんじゃないでしょうか。つまり、仕様は出したにしても、その2つを合わせるとどのような現象が起こるかということは、燃料会社は両者の協議によって予測すべきことだったと考えるべきではないでしょうか。つまり、福島第1のときもそうでしたけれども、東京電力の方にGEを損害賠償するおつもりはありますか、と聞いたときに、それは全くないというふうに東電の方は回答されまして、原子力発電所の事業者の中では機器メーカーに対して十分にグリップが効いてないんじゃないかなという気がしたんですが、その点についてはどうでしょうか。きちんとそのことについては、原因となった燃料メーカーに対して抗議をし、また、今後はこのようなメーカーであってもきちんと協議をするということ、確約は取られましたでしょうか。と申しますのは、同じ仕様スピシフィケーションを使ったにしても、あまりにも出てくるものの型が違うわけですから、それを合わせて入れればどのような現象が起こるかということは予想できたんじ

やないかということなんですが。

(九州電力)

ちょっとお答えがなかなか難しい御質問かなというふうに思っております。燃料集合体、当社の場合2社から供給を受けております。これは同じような形はしておりますけれども、実際細かいところは、企業ノウハウがかなり詰まったものでございますので、公開できない情報等もたくさんございます。例えば、この支持格子というのは、川内で使っているタイプですと、9個、全部に付いています。この9個の間隔がどれくらいなのか、これも実はそういう企業ノウハウに係る情報ということでなかなか相手には開示できないようなところもございますので、そういう意味ではなかなか難しい、御指摘はありますけれども、なかなか難しいところではあるのかなというふうに感じております。ということで、当社としてはそれを両方知る立場にございますので、使う私どもがより注意をしていかないといけないのかなということで、今の御質問に対しましては感じるところでございます。以上でございます。

(宮町座長)

その他に何かございますか。

(佐藤委員)

佐藤でございます。前回に比べて非常に充実した資料を提供していただきましてありがとうございます。それと、この現象がロジカルかということだと思えますけれども、幾つか疑問に思うところもあるわけなので、それを先に言わせていただきます。照射の効果があるというふうにおっしゃっているわけですが、炉心全体3次元的に、円柱の炉心があったときにこの径方向に対して、それから垂直方向に対する燃焼度の違いは相当ある、いわゆるピーキングファクターというのがあるわけですね。それで、今起こったのは、一番下だと、つまりこのピーキングファクターが、非常にこう小さいところなんです。ということで、照射は真ん中にある、真ん中の方まで径方向では高いのはそうなんですけれども、この垂直方向のピーキングファクターが一番低いところなので、そうなのかなと思いました。あと、フレティングという現象は燃料棒とこれを押さえているスプリング、これがくっついたり離れたりくっついたり離れたり、これを頻繁に繰り返して、燃料被覆管の表面にできている固い酸化ジルコニウムのような不動態が削られて、減肉が進んでいくと、こういう現象であると理解するわけですが、これが一番下で起こると、9か所でこのグリッドがあるという御説明だったわけなんですけれども、4mぐらいの長尺物ですから、一番振れるのは当然真ん中辺だろうというふうに思うわけですね。一番下というのは、一番振れないところだろうというふうに思うわけですね。ですので、フレティングが一番活発に起こるとというのが、なぜ下なのかということもよく理解できませんでした。ただ、総合的にこの問題は、安全上の問題からすれば非常に軽微な問題だったと、一方この発生頻度につきましても、しばらくなかった現象が徐々に起こった現象でありますし、17×17×157の数からすれば、非常にレアなものだということで、これ以上のリソースで説明を求めたいという気は、私はないですけれども、1つ感じましたのは、流速が1.1倍とか1.2倍とか、それで起こってしまうと。決してロバストな設計ではないんだな、非常に微妙なところで、4サイクルもっている、そういうものだったのかと、ちょっとこれは驚きです。そうしますと、LOCAが発生したときなんかは、急速に減圧してボイド率50%ぐらいで、上の方はボコボコ沸騰して、もっと乱暴な振動が起こるわけですね。それで、それから次の資料4-2の方、さっき見ていたときに気付いたのですが、フィードアンドブリードの運転も言及されておりました。フィードアンドブリードの運転をしますと、やっぱり沸騰が起こって、燃料棒がガタガタガタガタ揺さぶられながら、もっと激しく振動を受けるということは想像できるわけですね。それで、たかだか平均の1割増し2割増しでこんなことが起

こるといふときに、そういうもっと過酷なモードで使われたときに、あつという間にいつてしまうんじゃないかと、そういう心配を抱いてしまうわけです。今日はお答えしにくいかもしれませんが、今回の御説明、非常に充実した資料で結構ですが、私としてはそういう心配も抱いたところではあります。以上です。

(宮町座長)

今の指摘に関しては、九州電力さんの方で検討していただいて、次回の委員会で回答できる範囲内で結構ですので、回答を御検討ください。よろしいでしょうか。

(相良委員)

放医研の相良といいます。先生方の御質問に比べると、すごく素人の質問で申し訳ないのですが、B型の燃料ではこのような事象は起きないのでしょうか。それからこの、平成20年から22年にかけて出てきたということで、これはさっきのお話を伺うと、A型の55GWd/tの高燃焼度のやつになってから使われたものということだったので、私の素人考えですけれど、高燃焼度の燃料だとその分核分裂がたくさん起きて、中性子がたくさん出る。そのせいで支持格子が燃料棒を保持する力が低下したので、このような事象が起きてしまったのかと思いました。それと関連して、B型というのはもしかして燃焼度が異なるやつなのかなと、その点も教えていただきたいと思いました。お願いします。

(九州電力)

九州電力の中村でございます。まず簡単にお答えできるものから。このB型につきましても、A型と同じく最高燃焼度は55GWd/tまで燃焼できるものでございます。B型でなぜ起こらないのかという御質問でございましたけれども、例えば、3ページの絵を見ていただきたいと思っております。これは先ほどいただいた御質問の一部、回答にもなるかもしれませんが、まず右側の燃料棒の断面図が、燃料集合体断面図ということで、燃料棒の配置図がございまして。燃料集合体は下部炉心板という板の上に乗っているわけでございます。その下部から1次冷却材が燃料集合体の中に流れ込まないといけませんので、下部炉心板には穴が空いております。その下部炉心板の穴の位置が燃料集合体のどこに来ているかというところで破線丸を書いておりますところ、ここら辺りから、下の方から冷却材が流れ込んでくるということでございまして。流れ込んできた冷却材は燃料集合体に流れ込みまして、次第に、例えばA型とB型で、最初入り口のところでは流れ込み、流速が違ったとしても、今度は上に流れていく上に、それが拡散して、ほぼ均一の流れになってまいります。ということで、特に横方向の流れが発生するというのは、燃料に1次冷却材が入ってきた部分、ここで主に横方向の流れというのが発生いたします。これが上に行くと、だんだん拡散されて均一な流れになって横方向の流れというのはほとんどなくなってまいるといような状況でございまして。ここでB型とA型を比較いたしますと、B型の最下部支持格子というのは、下部ノズルといわれるところにほとんどくっついて燃料棒の下端、一番下の部分を掴んでいるものになります。それに対してA型はもう少し上の位置になります。この絵だと少し見にくいですが、最下部の支持格子からさらにA型は燃料棒が少し出ている、こういった構造でございました。ということで、横方向の流れにより感受性というか、感度が高いのはA型の燃料ということになります。B型につきましても、そういった構造上、横方向の流れに感度が低いという構造でございまして、これまでもそういった燃料棒が振れることによる最下部でのフレッキングというのは起きていない、又は起こりにくい構造であるというふうにご覧いただいております。

(宮町座長)

よろしいでしょうか。それでは、燃料集合体の漏えいの解析についてはこれで

終了とします。ここで、11時44分ですけれども、6分間、短い時間ですけれども休憩を取りたいと思います。次は11時50分からまた再開します。

－休憩－

### ③ これまでの委員からの質問への回答について リスク低減効果について

(宮町座長)

それでは、時間となりましたので、議事の方を進めていきたいと思います。私のコントロールが悪くて、当初の予定よりも1時間ほど遅れた進行となっています。九州電力さんには申し訳ないのですけれど、次のリスク低減効果についてポイントを絞った形で御説明をお願いしたいと思います。急な話で申し訳ありませんけれども、よろしくをお願いします。それでは、議事の④ですね、リスク低減効果について、ということで九州電力から説明をお願いします。

(九州電力)

それでは、資料の4-2に基づきまして説明をさせていただきます。九州電力の米丸でございます。1ページを御覧ください。前回の委員会におきまして、シビアアクシデント対策のリスク低減効果を分かりやすくすることという宿題となっておりましたので、御説明を1ページ以降でさせていただきます。2ページに目次を書いておりますが、まず最初、1番のはじめに、のところでこれまで我々はこういった対策を取ってきたかを御説明させていただきます。そして、2番で内部事象、すなわち偶発的な故障を想定して炉心損傷あるいは格納容器の機能喪失に至った頻度について御説明いたします。3番、4番のところでは、外部事象、すなわち地震と津波に対する炉心損傷頻度と格納容器の機能喪失頻度レベル1と2について御説明をさせていただきます、最後にまとめを説明させていただきます。4ページを御覧いただきたいと思います。4ページの方には、これまで我々が対策を取ってまいりました①の建設時の設計基準事故対処設備の整備、②のアクシデントマネジメント対策の整備、③の今回の新規制基準適合のために我々が取りました対策、これには②で触れましたアクシデントマネジメント対策を含むということになりますから、こういった対策を整備してまいりました。②のアクシデントマネジメント対策は、ここに書いておりますとおり、スリーマイル・アイランドの事故を踏まえて考えられたものです。ページをめくっていただきまして、5ページ、6ページの方でアクシデントマネジメント対策の概要を少しだけ御説明をさせていただきます。

5ページの方は、炉心損傷防止対策に対するものです。先ほど、ちょっと質問の中にも出てまいりましたが、右下の方にあるフィードアンドブリードという対策を書いております。また、左側の方には、2次系、すなわち、蒸気発生器を使った冷却として、2次系の強制冷却、それから、主給水系を使った2次系の冷却、こういったものの整備をしてまいりました。

6ページの方は、格納容器の機能喪失防止に対するアクシデントマネジメント対策ですが、左上に書いておりますような、格納容器を自然対流によって冷却する手立て、あるいは、左下に書いております、格納容器の隔離弁が自動で閉まらない場合に手動で閉止をする対策、こういったものを整備してまいりましたところ

です。4ページにお戻りいただきまして、4ページの②の2つ目の・(ポツ)でございますけれども、当時、このアクシデントマネジメント対策につきましては、内部事象に係る確率論的なリスク評価を活用して、その低減効果が確認された対策ということになりますので、地震や津波といった外的事象に対しては、効果が見込まれない、結果的には対策も含まれるということになります。

③のSA対策の整備につきましては、福島事故以降に整備をしたものでございますが、2つ目の・(ポツ)に書いておられますとおり、強化された地震・津波のハザードの規制要求に対しての適合確認がされておられますので、地震や津波などの外的事象に対しても効果が見込まれるということになります。なお、今回の評価におきましては、適合性審査において整備をいたしました常設設備を中心としたシビアアクシデント対策とDBA設備を評価対象としてまいりました。これは、全ての可搬型の設備、すなわち、ポンプや電源車とかいろいろなものを現場に配置しておりますが、これらを全てPRAの中に取り込んでいるわけではなくて、例えば、移動式の大容量ポンプ車、これは可搬型ですが、こういったものは、PRAの試算の中に取り入れている結果でございます。以上のことから、下に書いておられますとおり、内部事象につきましては、①から②の効果、②から③の効果について御説明いたします。外部事象の地震と津波につきましては、①から③の低減効果を次ページ以降で御説明させていただきます。

7ページ、8ページのところで、SA対策についての、こういったことを行ったかを少し説明をさせていただきます。7ページの方は炉心損傷に対するSA対策でございますが、右上の方に書いておられます、常設電動注入ポンプを用いて、炉心への注水を行う、このためには、右端の方に書いておられます、大容量の空冷式の発電機、こういったものを用いるということになります。また左下に書いておられます、多様化自動作動設備、これは、原子炉をトリップしなければならないときに、それがトリップしないということを受けて自動起動する設備、こういったものを整備したところでございます。

8ページの方には、格納容器の機能喪失防止に対するSA対策としましては、左上に書いておられます、格納容器内を自然対流冷却するために、移動式大容量ポンプ車を用いて冷却する、あるいは、右の方に書いておられます、格納容器内への注水を行うための常設電動注入ポンプ、こういったものを整備してきたという状況でございます。

9ページをお願いいたします。こちらが、内部事象に係るレベル1 PRAということでございますが、左側の図を御覧いただきますと、DBA設備、②のAM策、SA対策ということで、それぞれ95%減、おおよそ半減ということで下がってきております。その理由につきまして10ページの方に書いておられます。下がった数字は、下の表の方に書いておられますとおりですけれども、DBA設備からAM策に対して95%の低減が図られておられますが、この表の中にもありますとおり、2次冷却系からの除熱機能喪失が最大の寄与を示しております。これに対しては、表の中の右側にあります、主なSA対策として、フィードアンドブリードを行う、あるいは、主給水系による2次系の冷却を行うということを整備することによって、炉心損傷頻度が大きく下がった主な理由ということになります。一方で②から③のおおよそ半減した分につきましては、2次冷却系の除熱機能喪失が最大の寄与を示した部分がATWS緩和設備を整備することによって、その割合が下がったということが理由でございます。9ページの右側の方は、③のSA対策が整った状態で、事故シーケンスグループ別にどれが一番効いているかを整理したものですけれども、当初、①のDBA設備では、下の表にありますとおり8割程度あった2次冷却系からの除熱機能の喪失の部分が、丸い円の中では、(1)番の約15%程度に下がってきたという状況でございます。

11ページと12ページで、レベル2の内部事象に関するPRAの結果を書いておられます。資料の構成は同様でございます。DBAからAMに対して97%、さらにSA対策で約82%低減をしてきておられます。その理由につきましては、12ページの方に書いておられますけれども、こちらの下の方を御覧いただきますと、格納容器の機能喪失モードとして、どれが効いてくるかということですが、①から②につきましては、 $\beta$ モードと呼ばれます、格納容器の隔離失敗が最大の寄与をしております。一方でこれがAM策を対応したことによって、その比率が下がってきた、大きく下がったというのが、このAM策を実施したことによって格納容器の機能喪失頻度が下がったという理由でございます。一方、②から③の対策につきまして

は、格納容器の機能喪失頻度が大きく下がって、 $10^{-7}$ 程度になっておるわけですが、こちらの方は、もう1つの $\delta$ モードと呼ばれる最大の寄与を示しているものが下がっていったということになります。

資料の構成の説明で抜けてしまいましたが、23ページ以降に、事故シーケンスグループと格納容器の機能喪失モードの名称と事象の概要、最後の25ページの方には、格納容器の機能喪失の図面を付けておりますので、適時、参照いただければと思います。

13ページと14ページの方では、地震PRA、レベル1 PRAを実施しております。地震PRAの方では、内部事象と同様に事故シーケンスグループを設定をして、それぞれの炉心損傷頻度を出していることとなります。①から③にかけて、おおよそ半減をして、 $1.7 \times 10^{-6}$ 程度ということになりました。ここで、この低減をした理由につきましては、14ページに書いておりますが、表の中にありますとおり、2次系の強制冷却、常設電動注入ポンプ、移動式大容量ポンプ車、こういったものを整備することによって、頻度が低減したというものでございます。また、現在は安全系のメタクラ、高電圧の電源スイッチのことですが、この保護継電器のデジタル化の実施を終えております。すなわち、機械的な接触が発生して損傷に至るものが、デジタル化したことによって耐震性が優れていることから炉心損傷頻度を計算した場合でもさらに半減をして、6乗台のものが7乗台に下がったという実績でございます。

15ページと16ページの方で、レベル2 PRA、格納容器機能喪失に対する地震PRAの結果でございます。こちらは、内部事象と同様に行っているわけですが、DBA設備から③のSA対策に対して、こちらもおおよそ半減しております。その理由につきましては、16ページに書いておりますけれども、格納容器の機能喪失モードとしての格納容器隔離失敗の $\beta$ モードがSA対策を実施し、格納容器隔離弁の手動閉止という対策を取ったことによって大きく下がったということになります。こちらにつきましても、メタクラ保護継電器のデジタル化によりまして、 $10^{-7}$ オーダーに下がったという状況でございます。

17ページ、18ページでは、津波のPRAを書いております。津波のPRAといえますのは、内部事象と同じような考え方で、津波によって物が壊れて、どうなっていくかということを経験していきることになります。それぞれの事故シーケンスグループを設定して、炉心損傷頻度を計算したものが、17ページの左側の絵となりますが、DBA設備からSA対策を実施したことによって、大きく下がりまして、 $10^{-8}$ オーダーということになりました。その理由につきましては、18ページの下の方に書いておりますけれども、DBA設備では、原子炉補機冷却機能の喪失レベルが非常に大きかったものが、これが、海水ポンプエリアの防護壁、常設電動注入ポンプ、移動式大容量ポンプ車、こういったものを整備したことによって、大きく下がったという状況でございます。

津波のレベル2 PRAにつきまして、19ページと20ページに書いております。こちらの方では、内部事象PRAと同様に実施をして、格納容器の機能喪失頻度を算出しておりますが、③のSA対策を取ったことによりまして、 $10^{-9}$ オーダーまで下がったという状況でございます。20ページの表の方に書いておりますが、従来のDBA設備では、津波のレベル2 PRAに対しては、100%格納容器隔離失敗 $\beta$ モードが占めておりましたけれども、この割合が、大きく99%下がったということから、全体としての頻度も下がったという状況でございます。

21ページの方にまとめを書いておりますけれども、少し早足になりましたけれども、①DBA設備、②AM策、③SA対策、これは、②のAM策と新規規制基準対応を行ったものを含みますリスク低減に寄与する主なものとしては、内部事象PRA、地震、津波のPRAに対して、レベル1、レベル2では記載のと通りの対応が、その効果があったというふうに考えております。

以上、申し上げますとおり、これらのPRA結果からこれまで整備してまいりましたSA対策のリスク低減効果の確認ができたというふうに考えておりますが、ただ、PRAにつきましては、その手法そのもの等の不確実さ、特に外部事象は、

事象そのものの不確実さや想定等に大きい不確実さも含んでおりますので、今後ともPRAの高度化に取り組んでいきたいというふうに考えている所存です。以上でございます。

(宮町座長)

はい、どうもありがとうございます。それでは委員の方々、何か御質問、御意見ございますでしょうか。

(佐藤委員)

佐藤でございます。これも、前回の御説明から大分中身が充実しております、非常にありがとうございます。ちょっと中身を教えていただきたいところが幾つかあります。

まず、7ページのATWS緩和のところですが、この場合のATWSは、原子炉がスクラムしない状態で、MS、主蒸気隔離弁は、どういう状況ですか、原子炉が定格出力で運転している状況で、この補助給水ポンプの方から2次系の冷却水を送って冷やすような、そういうこの運転のことを言っているのでしょうか。後にでも説明してください。

それから9ページ目の右のこのグラフで、今、一番大きいのが、このECCSの再循環モードでの運転が喪失するというのを、今、これが半分を占めているわけですけれども、これも具体的には格納容器のストレーナーの閉塞のことを言っているのか、ストレーナーのさらに下流で炉心が閉塞することを言っているのか、それも追加で御説明していただきたいと。

それから後は、一番最後の21ページで、PRAが不確実さを含んでいると、全くそのとおりなわけですし、御承知のように、アメリカではこのPRAの高度化に対するピアレビューとか、産業界でのピアレビューをやったり、また、アメリカの場合には、規制機関にも独立に、このPRAを評価するという規制側のPRAもあるわけですし、この突き合わせが2重、3重でできるような仕組みがあるわけですね。そこら辺を踏まえて、九州電力さんのPRAは、ピアレビュー、他の電力さんとのピアレビューをやっているのか、そういうことも計画しているのか、その辺り、おそらく規制委員会の方はまだそういう体制にはなっていないんだと思うんですけど、せめて産業界内部でピアレビューのような制度が検討されているのか、その辺りをお教えいただければと思います。

(九州電力)

はい、御質問3つありまして、7ページのATWSは、御質問がありましたとおり、原子炉が本来はトリップしなければならない条件下において、予期せずにトリップしない、そのための解決策として、自動起動信号を補助給水ポンプに与える、あるいは、主蒸気隔離弁の方に与えるといった設備でございます。

2つ目の9ページの全CDFと書いております、右側の円グラフにおきまして、一番ウエイトを占めているのが、(6)の48.7%、ECCS再循環機能喪失ということになっている、この内訳はということなんですけれども、基本的には、事故進展が進んで、最終的には再循環のモードに切り替えていくわけですけれども、ここで評価しておりますのは、川内のプラントでございますので、その再循環の切替えの際に、運転員による手動切替えということを行ってまいります。そこに失敗するというので、この再循環機能喪失に至る確率が非常に高いというような評価をしているということになります。

21ページの不確実さをはらんでいるということで、アメリカにおいては、ピアレビューが行われたり、規制当局、あるいは、事業者、それぞれがPRAのツールを持っているというような状況になっているというのは、我々も見聞きしておりますのでございます。日本におきましても、新検査制度が、2020年の4月から始まりますので、そこに向けてこういったPRAの手法の活用ということが言われておりますので、我々も電力として、あるいは、九州電力としても取り組んでいる

ところでは、従いまして、現在持っておりますPRAの手法につきましても、メーカーのレビューを受けたり、あるいは、電力によってはアメリカからのレビューを受けたりということで、お互いに磨き合って、先を目指していくという体制を取っているところでございます。以上でございます。

(九州電力)

九州電力の疇津です。ちょっと1点補足をさせていただきます。ATWSというのは、ここで言うと、主蒸気を隔離して給水するような手段になっていますけれど、出力が高い状態から、いわゆるその反応度の降下を、要は、炉心温度をちょっとずつ上げながら、負の反応度を加えて、少しずつ出力を落とすという対策として、整備をしているものになります。あと、最後に言った、今回のPRAの結果なのですが、これ自体も一応、海外の専門家等による、ピアレビューをやった結果、このような最終的な結果になっているような状況でございます。

(佐藤委員)

ありがとうございます。ATWSについては、定格ではないということですね。ちょっと思ったのは、この補助給水ポンプなので、その流量が主給水ポンプに比べれば全然、この流量が少ないわけなので、原子炉の熱出力がどういう状態のときに、この水を送って、バランスさせようとしているのかということがよく分からなくて、補助給水ポンプからの流量では、少なくとも定格では、あれなんですけれど、今のお話では、反応度が下がって、出力が何%か分かりませんが、ある程度抑えられた状態での運転になっているということですのでよろしいですね。それから、あと、ECCSについては、これは、そもそも運転が失敗する、起動できない確率であって、閉塞の話ではないということですね。私の今の理解でよろしければ。

(九州電力)

九州電力の疇津です。初期状態として考えているのは、適合性審査もそうなのですが、100%なのですが、先ほど申し上げたように、ちょっとずつ負の反応度が加わりながら、負荷を落としていき、けれど給水しながら冷却は取っていると、それで炉心を冷やしていくという対策になります。

(佐藤委員)

すいません。具体的には、少しずつ出力を下げていくというのは、どういうことをおっしゃっていますか。

(九州電力)

いわゆる減速材温度係数とか、ドップラー係数とかという、その燃料の温度を若干上げながら、けれどそうすると、燃料の温度が上がるとドップラー効果というのが発生して、ちょっとずつ負の効果加わってきますので、それで100%から徐々に出力が下がっていく、けれど、補助給水で給水することによって炉心は冷却をしていくと、そういった出力を下げながら炉心の冷却も両方やっていくと、SGの方から。そういった手段になります。

(佐藤委員)

何かそのドップラー効果というのは別に、そのコントロールするというふうなことでなくて、温度が上がれば反応度が下がると、負の反応度が印加されるという現象ですから、何かそれをコントロールしてというところが、よく分かりにくいんですけど、そこはいいのですが、結局その場合の炉心出力って何%ぐらいまでなるのですか、この場合。

(九州電力)



初期状態として102%を想定して、そこから徐々に下がっていく。このATWS緩和設備の効果でちょっとずつ出力は下がっていく。

(佐藤委員)

ですから、補助給水ポンプでこの水がまかなうところで、炉心出力は何%ぐらいですか。

(九州電力)

九州電力の疇津です。解析上、ちゃんと補助給水ポンプの流量を流すことによって、ちゃんと炉心が冷却できるということを確認しています。先ほど言った102%の状態から、ある程度の出力の状態のところまで、徐々に補助給水ポンプで入れることによって炉心が冷却できているということを確認しています。

(佐藤委員)

ですから、ある程度の出力というのは何%ですかということです。

(九州電力)

九州電力の疇津でございます。適合性審査の際に、大体5～6分ぐらいで数%ぐらいまで出力を下げていくような能力があるということでございます。

(佐藤委員)

実質、スクラムで停止したときと同じぐらいのレベルまで下がっているということですね。

(九州電力)

そのとおりでございます。

(佐藤委員)

分かりました。

(守田委員)

九州大学の守田と申します。実際にこれまでされてきたアクシデントマネジメントあるいは、SA対策の結果、リスクが具体的にどういった事象に対してどういう低減効果があったのか、具体的に御説明いただきましてありがとうございました。私の方から幾つか質問があるのですが、今回はそういったAM策とかSA対策がリスクの低減効果にどう寄与したかということの御説明でしたけれども、これでPRAはおしまいではなくて、今回いわゆるレベル1.5までのPRAの結果かと思いますが、リスクというのはその頻度と影響のかけ算ですので、結局リスクプロファイルがプラントごとにどうなっているのか、リスクプロファイルから、プラントの弱いところを見付けるということにこれから使っていく必要があるかと思えます。そういった意味で、このPRAを今後九州電力さんとしてはどういうふうにリスク情報を活用した、安全上の重要度に応じた活動に生かしていくというところに関して、どう使っていくかと考えられているのか、そのスケジュール。

それからもう1つは、今回は内部事象と外部事象のPRAのお話でしたけれども、福島地震の結果、津波が起こって非常に大きな事故に至ったという教訓から、地震と津波が重畳したような場合のPRAも今後必要でしょうし、さらに、多数基の立地がある場合のPRAをどう取り扱っていくのか、というようなことも重要になるかと思えます。そういったものが現在どこまで検討が進んでいるのかということについて、教えていただけますでしょうか。

(九州電力)

今日の説明の中では、レベル1.5までの説明になっているということですから

ども、安全性向上評価の届出におきましては、レベル2すなわち放出量までを考慮したものを届出をさせていただいております。それと今後のPRAの活用ということですが、今非常にリスクを、発電所の安全性を常に向上させていくために非常に重要なものだという認識の元で取り組んでおります。すなわち、プラントの脆弱性を詳細に把握するためには、やはりPRAの手法の高度化を進めていく必要があるというふうに考えているということでございます。全電力大では、電力中央研究所の方のセンターの方を中心に、アメリカ等の最新の知見を取り入れた、いわゆるPRAモデルの高度化、こういったものを実施されておりますけれども、その中に電力として参画をしていって、一緒に向上していくと、いうことを考えているという状況でございます。

(九州電力)

九州電力の疇津でございます。先ほどおっしゃられた多数基立地とか、そういったところはまだ世界的にも研究を進められているところなので、我々としては今後もPRAの研究、今いただきましたようなものをどんどんと、これだけではなくて、それ以外に溢水とか火災とか、そういったものもございまして、そういった事象にも今後広げていきながら、脆弱性を確認していくと、把握して必要な対策を打っていくと、というのを今後も続けたいというふうに思っております。

(守田委員)

どうもありがとうございます。是非ですね、PRAの評価についてはまだなかなか評価手法が定まっていないというのは私も理解しております。最新の知見を取り入れながら、是非プラントの安全性の向上にPRAを使っていくと、いわゆるリスク情報を活用した、安全活動に生かしていただきたいと思っておりますし、その都度、プロセスがあれば、こういうような評価を、PRAも含めた、安全上の自主的な活動に生かされているということ、是非オープンにさせていただいて、皆様からの御意見をいただくような活動をしていただきたいと、これはコメントでございます。よろしくお願いします。

(山内委員)

どうも御説明ありがとうございます。私、質問とコメントがありまして、質問の方は格納容器機能損傷に関するPRAが、結局レベル2でどこからどこまで下がったのかというふうに、具体的な数値として考えればいいのかということをお話いただきたいということです。今回は非常に詳細な御説明をいただいたものですから、おそらくこの中に答えはあると思うんですけども、結局どうだったのかということをお話いただきたいのが1つと、それから、公衆個人平均急死死亡リスクは、このレベル2のPRAが決まればその大体10分の1だというふうに考えればいいのか、3つ目の指標についてはどう考えておられるのか、ということです。コメントの方は、従来の3.11の前の原子力事業者がゼロリスクということをお話として、実際にはしておられなかったわけですが、公式にそうなることを前提として、今回からはリスクがあるということをお話として、事業を運用されるということになり、非常に大きな方針の転換だと思いますが、それによってある意味では、リスクを認めることが公衆個人から非常に攻撃を受けるのではないかと、いうふうな逆にリスクを電気事業者の方が感じておられるのではないかと、いうふうに思います。しかし、そうではないということをお話として、日本社会全体が理解しなければいけないと思っておりますので、できればリスクを話すときも柔らかく、決して事業者の方が責められているわけではないということをお話として、何と申しますか笑顔で話していただきたいと思っております。

(九州電力)

先ほどの説明が少し早口になってしまいましたので、もう1回説明をさせていただきます。格納容器の機能損失頻度レベル2 PRAにつきましては、内部事象11

ページの方に記載をしております。11ページを開いていただきまして、左側の方に棒グラフを載せておりますが、①、②、③に従ってだんだん下がっていきまして、現状は $2.5 \times 10^{-7}$ というのが数字でございます。あと2つございまして、15ページに地震PRAのレベル2 PRAがございまして。こちらと同じく左側のグラフを御覧いただきますと、おおよそ半減いたしましてSA対策後は $1.5 \times 10^{-6}$ というのが最終的な状況ということになります。最後の1つは19ページにありますが、津波PRAのレベル2 PRAの結果でございますが、こちらにも左側にありますとおり、現在はSA対策後を含めた考え方を取りまして、 $9.2 \times 10^{-9}$ という結果でございます。

(九州電力)

九州電力の疇津でございます。死亡リスクとかの評価についてですと、PRAの成果でいうとレベル3 PRAというものになります。それにつきましては、先ほども米丸が申しましたように、リスク研究センターというところを中心として、研究を進めている段階でございます。

(九州電力)

最後、コメントいただきました、こういったリスクを認めることによるリスクもあるということを電力がどうとらえているかということですが、極力柔らかい表現を使って、笑顔で説明できるように努めてまいりたいと思います。よろしくお祈りいたします。

(守田委員)

すみません、九州大学の守田でございますが、1点、先ほどのお答えの中でレベル2のソースタームの評価までは届出をされていると御回答にあったと思うのですが、その内容自体は公開されているのでしょうか。

(九州電力)

公開されております。

(守田委員)

今日はレベル1.5までのお話だったと思いますので、できればその話も、結果的にどういうリスクプロファイルになっているのかということについても、機会がございましたら、この委員会でも御紹介いただければと思います。

(佐藤委員)

すみません、もう1つだけ教えてください。段階的にこのDBA、AM、SAとこういうふうにごう3段階で御説明されているわけですが、SAに移る段階で、地震については設計基準地震動を引き上げになっているわけですね。そういう場合の評価の仕方として、今の設計基準地震動を過去にバックフィットさせて評価をした確率と比較しているのか、設計基準地震動が違うもの同士でこの数字を出しているのか、おそらく前者でないかなと私は感じたんですけども。と言いますのも、津波の場合、津波は前全然見てなくて、ゼロだったのじゃないかなというふうな思われるわけですね。今の設計基準に合わせて過去を評価してそれと比べているのか、どうなのか、ちょっとそれだけ教えていただければと。

(九州電力)

九州電力の疇津でございます。この地震PRAというのは、ある特定の数字、基準地震動を使って評価するわけではなくて、地震動が変わっていったらどれぐらい物が壊れやすくなりますか、という結果を使って、要はどれぐらい故障しますかというのを評価した上で、どれぐらい炉心損傷しますか、格納容器破損しますか、という評価をやっていますので、当然以前の地震動も評価の数字に入りますし、今回上がった数字も入って、さらにそこから上の地震動でどれぐらい壊

れますかという評価をして、トータルとしてどれぐらい頻度が下がりましたか、という御説明をしているような状況でございます。

(九州電力)

すみません、ちょっと補足いたします。例えば津波の方ですと、津波が1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 mということで、だんだんケースを分けていって、それぞれ高くなったときにどうなるかということを考えていきますので、結果的に我々が安全対策として取ったときのレベルがどこであったかというのは最終的な評価の中には生かすことにはなりますが、解析をする中では、レベル分けをしていって、行くと、それも地震と、今御説明したような考えと一緒にということになるかと思えます。

(佐藤委員)

はい、分かりました。地震については、本来は確率論的リスク評価の前に確率論的ハザード評価というのがあって、そのハザードの確率との組合せでリスク評価をしないと本当は精度としてはいまいちなわけです、その辺も将来の課題なのかなというふうに受け止めました。結構です。

(宮町座長)

それではよろしいでしょうか。

(相良委員)

すみません、放医研の相良です。先ほど、竜巻とかその辺もお話されたと思うんですけど、出せるかどうか分からないですけど、テロ対策のPRAというのはやっているものでしょうか。

(九州電力)

九州電力の疇津でございます。PRAは、結局ハザードを決めないといけないという話になりますので、何かしらの確率が必要になってきます。テロになってくると、その確率というものをお出しするというのはなかなか難しいような状況だと思いますので、PRAをテロに対しての確率というのは、難しいのではないかなというふうに考えます。

(相良委員)

分かりました。

(宮町座長)

それでは、この件については、これで終了とさせていただきます。次に前回委員会を御欠席だった浅野委員から火山灰対策について、御意見をいただいておりますので、浅野委員から御説明をお願いします。

(浅野委員)

浅野です。前々回に火山灰の原子力発電所への影響ということで、検討結果を出してほしいと申し上げたのですが、桜島の噴火ですが、地元では大正噴火の前の安永噴火が230年前でしたので、もう南海トラフと同じような形で今後30年間で桜島が大正噴火クラスの大噴火が起こるんだということが、非常に懸念されていますので、そういった大噴火が起きたときに、降下火砕物で非常用発電機の損傷が起こらないかということを検討してほしいということを前々回申し上げました。

前回、計算結果をお示しいただきましたけれども、5年間の桜島上空の風の場合を解析されておりまして、災害時に敷地内で幾ら幾らセンチメートル、具体的な値も出していただいた。大変ありがとうございました。ただし、結果は提出して

いただいたのですが、どのような具体的なモデル、噴火量のボリュームというのを使ったのか、あるいは計算のパラメータ設定、例えば火山灰が川内まで飛んでいくということになりますと、粒度分布というのは、どういう構成であったのかというのは非常に大きいと思うのですが、そういったことが全然示されていなかったものですから、この委員会というのは、九州電力さんからの報告の妥当性を検証する委員会ですので、より詳しい検証作業が可能なような形で、詳しい説明とか解析資料を出していただけないかと思えます。より高性能なモデルで再計算ということが特に必須とは考えてませんが、桜島大噴火のときに、この市内は大変なことになっているのですが、少なくとも川内原発は心配がないというような結果を出していただき、それが本当なのか検証できるような形で提出いただきたい。作業はかなり複雑になるので、次回以降になるのであればそれでも結構ですので、そういった議論ができるような資料を提出していただきたいと思えます。以上でございます。

(宮町座長)

今の浅野委員からの件に対して、九州電力から説明をお願いします。

(九州電力)

九州電力土木建築本部の赤司と申します。今の浅野先生からの御指摘、これまでの当社からの説明、確かに十分なデータ等付けない中での御説明にはなっておりましたので、まずは当社がこれまでの委員会の中で御説明させていただきました、計算自体は2次元の解析コードを用いた計算でございましたが、用いているパラメータ、モデル、例えばどういうデータ、どういう文献に基づいてやったのか、どういう検証してやったのか等々、それが詳しく御理解いただけるように、さらにデータを付けさせていただきたいと思えます。さらに、先生、1つコメントとしておっしゃいました、より直近の課題として認識されております大正噴火クラスで、どのような状態になるのかということにつきましては、特に当時残っているデータ等、さらに検証できるものがたくさんございますので、それとも突き合わせながら、さらに最近解析コードといたしまして、三次元的な風の分布でありましたり、噴火の経過を追いかけてながらシミュレーションできるものもございまして、是非そういった結果も付けさせていただいて、より川内における降下火砕物の状況、それに対する対策の合理性といえますか、安全性が御理解いただけるような御説明をさせていただきたいと思えます。よろしくをお願いします。

(宮町座長)

よろしいですか。それでは、次回以降、適切な時期にですね、事務局の方と相談して、そういう説明の時間を取ってください。

それでは、川内原発の安全性の確認に関する議論を、一応終わらせたいと思えますけれどもよろしいでしょうか。

大したことではなく申し訳ない、本当に。私の方から1つだけ簡単に確認したいのが、最近、免震とか制震のデータで改ざんされてどうだって大騒ぎに世の中なっていますが、九州電力、本社でなくて、川内原発に関してそれに関する影響は一切ないという理解でよろしいでしょうか。

(九州電力)

はい、そのとおりでございまして、今、不正が出てきているものについては、当社でメーカーに確認して、使っておりませんので、大丈夫だと思います。

(宮町座長)

はい、どうもありがとうございました。あと、後日、本日の資料で、別の意見がございましたら、事務局の方に伝えていただくと、事務局から九電の方に連絡が行く体制になっていますので、その形でよろしくをお願いします。

それでは、議事の3番目、原子力防災対策のうち①平成30年度原子力防災訓練の案の概要について鹿児島県から説明をお願いします。

### **(3) 原子力防災対策について**

#### **① 平成30年度原子力防災訓練（案）の概要について**

(鹿児島県原子力安全対策課長)

鹿児島県原子力安全対策課の籠原です。よろしくお願ひいたします。それでは、平成30年度原子力防災訓練案の概要について、資料5により御説明いたします。

今年度の訓練の内容につきましては、これまで専門委員会からいただきました御意見をはじめ、昨年度の反省会での参加機関からの御意見などを踏まえまして、現在、関係市町や関係機関などと調整を進めているところでございます。

本日は、現時点における県としての検討案につきまして、今年度拡充等を検討しているものを中心に御説明させていただきます。

まず、訓練日時でございますけれども、来年2月9日、時刻につきましては初動対応訓練拡充のため、昨年度より開始時間を30分早めて7時から18時までを予定しており、県及び原子力発電所周辺の関係9市町の主催により実施することとしております。

訓練の想定につきましては、昨年同様、ここに記載の状況を想定いたしまして、事故の進展に応じて、段階的避難に係る住民理解や関係機関との連携の習熟を図るための訓練を実施することとしております。

それでは、主な訓練内容の検討案につきまして、順次、説明してまいります。資料左側の方に昨年度の訓練内容を、中央に今年度の内容案を、右側の方に今年度拡充等を検討している訓練について、その理由等を記載しております。

また、表中の二重丸につきましては、今年度拡充等を検討している訓練を示してございます。

それでは、1ページの表中、1の時系列についてでございます。

(1)の警戒事態についてでございますけれども、昨年度も地震発生後、警戒事態に入ってから訓練を一部行ったところでございますけれども、反省会において「初動対応は重要な訓練であり、省略せず訓練を行うことが重要」との御意見があり、今年度は、昨年度より30分早めまして、①、②のとおり、発電直後の発電所から県や関係自治体への情報伝達訓練や関係職員への情報伝達、参集訓練、③のオフサイトセンターの立ち上げ訓練を行うこととしております。

2ページをお開きください。

一番上の災害対策本部の設置以降は、昨年度と同様の対応に係る訓練をすることとしておりまして、その後、事態の進展に応じまして、順次昨年度と同程度の訓練を実施することとしております。

具体的にはお目通ししていただければと思います。

4ページをお開きください。

訓練種目ごとの説明となります。

今年度の訓練種目につきましては、昨年度と同様の項目で考えておりまして、本日はそのうち、(3)、(6)、(7)、(9)、(11)及び5ページの(14)の主なものにつきまして検討案を御説明いたします。

6ページをお開きください。

(3)オフサイトセンター参集・運営訓練でございます。

①の要員参集訓練におきましては、新たに発電直後の初動対応訓練としてオフサイトセンターの立ち上げ訓練を行うこととしております。

②のオフサイトセンター運営訓練では、「より実践的な訓練に取り組むべき」との反省会での御意見を踏まえ、防護措置の実施方針案の作成に関する訓練を行うこととしております。

(6)緊急時モニタリング訓練でございます。

これまでの訓練においては、全面緊急事態に進展した後、放射性物質の放出から放射性物質の沈着までをスキップし、OIL2になったとして避難することとしておりましたが、今回は、放射性物質の放出、プルームの通過、沈着といった各事象におけるモニタリングデータの情報伝達訓練などを行うことを考えております。

また、このモニタリングデータを用いまして、防護措置の実施方針案を作成することとしております。

7ページを御覧ください。

(7)の避難退域時検査・原子力災害医療措置訓練でございます。

①の避難退域時検査訓練につきましては、昨年度より1か所増やして3か所開設することとして、調整しているところでございます。

内容につきましては、反省会や専門委員会からの御意見も踏まえ、複数の汚染箇所を想定した検査、簡易除染で除染できなかった場合の対応、車いすの利用者が多い場合の対応に係る訓練を検討しており、また、原子力災害医療協力機関による検査支援についても、現在検討しているところでございます。

②の安定ヨウ素剤の配布につきましては、専門委員会や住民アンケートでの御意見等を踏まえ、配布時の説明のあり方を工夫することとしております。

8ページをお開きください。

③の被ばく傷病者対応訓練につきましては、昨年度同様、鹿児島大学病院や、関係医療機関の参加を得て実施したいと考えており、具体的な訓練内容については、現在、検討中でございます。

(9)の避難・避難誘導・屋内退避訓練につきましては住民の方々を対象として、実際に避難等をしていただく訓練であります。

①の要配慮者等への対応につきましては、PAZ、UPZとも具体的なところは現在調整中でございます。

また、UPZ内では、昨年度、九州電力が追加配備した福祉車両35台を活用した避難行動要支援者の避難訓練についても、現在、調整しているところでございます。

9ページを御覧ください。

②の一般住民への対応につきましては、PAZ内4地区は、昨年度と同様、鹿児島市への避難を行うこととし、UPZにつきましては、6市町において、市外への避難を検討しており、そのうち2市につきましては、昨年度に引き続き熊本県への避難を検討しているところでございます。

③の保育園等につきましては、昨年度に引き続き、保育園等から保護者への情報伝達、園児等の保護者への引渡し訓練を実施することとし、実施施設の増についても検討しているところでございます。

10ページをお開きください。

④の観光客等一時滞在者への対応につきましては、宿泊施設以外の観光施設等の一時滞在者への情報伝達、外国語による情報伝達を行うこととしております。

それから⑤の離島、道路閉塞に伴う孤立化への対応、また、⑥の屋内退避訓練につきましては、昨年度と同様の訓練を検討しているところでございます。

11ページを御覧ください。

⑦の放射線防護施設運営訓練につきましては、今年度は、14か所、全ての施設において実施する方向で調整を行うこととしております。

次に、⑧のその他でございますが、住民や一時滞在者等への情報提供につきましては、住民アンケートでの御意見等を踏まえ、住民等への分かりやすい情報提供として、情報内容を工夫するとともに、一時集合場所や避難所、移動中のバスの中での広報の充実について検討しております。

12ページをお開きください。

移動手段等につきましては、避難対象地区の住民の方々から自家用車による避難訓練の御要望があったことを踏まえ、自家用車又はレンタカーを使用した避難訓練について、車両台数を増やすことを検討しております。

また、高速道路の使用につきましては、避難時間の短縮など、UPZも含め高速道路の使用を検討しているところでございます。

(10)の避難所設置等訓練については、PAZ、UPZともに、それぞれ避難計画で定める避難所までの避難等を円滑に実施できるよう、関係機関が連携して避難所設置・運営等の訓練を行うものでございますが、反省会での御意見等を踏まえ、避難元、避難先市町との連携強化のため、避難先を増やすとともに、より多くの住民の方々にも体験していただきながら、実施することとしております。

13ページを御覧ください。

②の防災講習会につきましては、その内容については、反省会での御意見等を踏まえ、質疑応答の時間を設けるなど講習内容の充実を図ることとしております。

また、講習会場につきましても、昨年度より増やす方向で調整しております。

③の避難所での健康相談窓口についても、開設場所の増について調整しているところでございます。

14ページをお開きください。

④の備蓄物資の避難所への搬送訓練につきましては、県トラック協会等との連携により昨年度と同程度の訓練を行うこととして調整中であり、⑤の避難所での防災用品等備蓄物資の展示につきましては、反省会での御意見等を踏まえ、複数の避難所での展示や、資機材の組立体験などを検討しております。

(11)の避難施設等調整システム活用訓練につきましては、本県が整備した調整システムを活用して、要配慮者等の受入先を調整するものでございますけれども、昨年度と同程度の施設の参加による訓練を検討しているところでございます。

最後に(14)の自衛隊緊急派遣訓練につきましては、訓練内容としては15ページにかけて記載してございます。

訓練につきまして昨年度と同程度の訓練を考えているところでございます。今後、自衛隊等と具体的に調整していくこととしております。

以上が現段階の県としての検討案でございますが、冒頭で申し上げましたとおり、現在、関係市町や関係機関など検討、調整中でありまして、今後、委員の皆様からの御意見も踏まえまして、関係市町や関係機関などと協議・調整を行い、内容を詰めてまいりたいと考えております。

以上でございます。よろしくお願いいたします。

(宮町座長)

ありがとうございます。今の御説明、何か御意見や御質問ございますでしょうか。

(相良委員)

放医研の相良といいます。毎年見させていただいて、すごく、どんどん進歩しているというふうに思うのですが、毎年やはり同じような訓練、基本的な考えが同じなので、例えば、夏の台風とか、それから火山の噴火とかもその辺のこともいろいろやられているので、そういったものを入れた訓練というのは、今後実施される予定はあるでしょうか。

(鹿児島県原子力安全対策課長)

先ほどの説明資料の方にも書かせていただきましたけれども、原発がシビアアクシデントに至る主な外部事象を地震によるものと想定いたしまして、訓練をこれまで実施しているところでございます。

原子力防災訓練につきましては、住民の方々、それから関係者の方々に、まずもって原子力災害時における基本的な防護措置、手順等を理解していただく、ということが重要であると考えておりまして、関係自治体におきましては、毎年異なる地域の住民に参加を呼びかけまして、数年かけて地域の方々の皆さんに訓練を経験していただくというような御意向もございまして、あまりその条件を複雑化しないで、現在のような想定で訓練をしていくのが望ましいと考えているとこ



ろではございますけれども、委員からの御指摘についても、これから検討課題として受け止めてまいりたいと思います。

(相良委員)

どうもありがとうございました。

(宮町座長)

他にございませんか。

(松成委員)

すいません。13ページの防災講習会の内容についてお願いしたいのですけれども、27日に我々が講演会を開催したところで質問が出ましたけれども、住民の方からは、「避難時の内部被ばくが怖いんだ」というようなことをおっしゃっていました。できましたら、避難時にどういう服装、マスクを着けるとか、そういうこともきちんと御説明していただいて、避難していただく方がいいのかなと思いましたので、それを付け加えさせていただきたいと思います。それからもう1点ですけれども、鹿児島県には、せっかく立派な防護施設がありますので、できましたらそこを使った、例えば、避難しなければならぬ方が、重症でちょっと鹿児島市内まで搬送するには、無理があるのではないかと、というようなことを設定して、例えば済生会病院の防護施設に搬送するとか、そういう訓練もしていただきたいなと思いました。やはり、重症な人を遠方まで避難するという事は、かなりリスクを伴いますので、そういう訓練も入れていただきたいなと思いました。よろしくお願ひします。

(鹿児島県原子力安全対策課長)

関係機関などとも調整いたしまして検討してまいりたいと思います。

(地頭菌委員)

鹿児島大学の地頭菌です。13ページの防災講習会に関してコメントします。ちょっと原子力災害とは離れますけれども、今年、西日本豪雨災害がありました。鹿児島でも7月7日に桜島で2の方が崖崩れで亡くなりました。桜島の災害箇所は急傾斜地の土砂災害警戒区域に指定され、災害発生時は土砂災害警戒情報が出ていました。そのような中で大きな災害になってしまいました。防災技術が進歩しても、防災情報が住民に伝わらなければ災害はなくなりません。原子力災害の防災訓練や防災講習会においても、防災情報を広く住民に伝え、住民の意識を高めることが重要であり、その検証もしないといけないと思います。13ページで防災講習会等の計画の際は、そのようなことも考えなければならないと思います。

(宮町座長)

他に何かございますか。

(佐藤委員)

私も、この防災講習会と関連して、屋内退避という選択が、相当、屋内退避には屋内退避のメリットが確実にあるわけなんですけれども、それを選択肢、自分のこの避難する立場の人からして、選択する、しないというその判断の基準として、この放射線の有害性という理解が非常に重要になってくるんだと思います。10月27日に相良先生がその辺りの講習会をなさってくださったということなわけですけれども、非常にこの問題というのは、バイアスのかかっている情報もたくさんありますし、最近の国連の発表もありますし、非常にこれ難しいことだと思うのですが、屋内退避を選択肢として、有力なものに考えていただくというためには、本当に、丁寧に説明を繰り返していかないといけない問題だと思うわけです。ですので、この講習会のこのサブジェクトもいろいろ今後考えるということ

だったわけですが、この放射線のリスクに対するディスカッションというのは、これは、是非、毎回、毎回テーマとして入れてもらって、今回、相良先生以上の適任者はまずいっしょにないぐらいでして、ベストな選択だったと思うのですが、繰り返し、繰り返し、このテーマは語っていったって、屋内退避に対するフェアな考え方を醸成していかないといけないんだと思います。これは、次回の訓練とは関係ないわけですがけれども、非常に重要なテーマではないかというふうに私も思います。

(宮町座長)

他にございますか。特にないようでしたら次の議題に移りたいと思います。

次は②避難時間シミュレーションについてということで鹿児島県から説明をお願いします。

## ② 避難時間シミュレーションについて

(原子力安全対策課 籠原課長)

原子力安全対策課 籠原でございます。よろしくお願いたします。避難時間シミュレーションにつきまして、資料6に基づき御説明いたします。

2ページをお開きください。

こちらが、本日説明いたしますアウトラインでございます。

一番上の方に「前回第7回専門委員会のおさらい」と書いてございますけれども、念のためお付けさせていただいておりますので、後ほどお目通ししていただきまして、ローマ数字のⅡの方、前回の委員会でいただきました御意見への対応につきまして、説明させていただきまして、その後、ローマ数字のⅢの方で、前回委員会以降、検討いたしましたシナリオ、それから自然災害のシナリオの想定につきまして、現在の検討状況を説明した後に、最後、今後の進め方ということで御説明してまいりたいと考えております。

それでは、早速ですけれども11ページを御覧ください。

まず、前回、第7回の専門委員会におきまして御意見のございました避難退域時検査につきましてでございます。佐藤委員の方から、「避難退域時検査が、避難の際のボトルネックになるのではないかと懸念している。検査の迅速化を図るためのプランを提案しているの、参考としてほしい。」との御意見をいただきました。このことにつきましては、今回の避難退域時検査における検査のシミュレーションにおきましては、あらかじめ検査の流れや検査方法を決めて行うこととしておりまして、その後、佐藤委員からの御提案も参考とさせていただきながら、シミュレーションの結果の検証や検査の迅速化を図るための検討を行いたいと考えているところでございます。

続きまして12ページをお開きください。

指示に基づかない避難について、お二人の委員の方から意見をいただいております。山内委員の方から、「シミュレーションにあたっては、UPZの方々の行動に関する係数をどのように取るかが、結果を大きく分けるのではないか」という御意見、それから、松成委員から、「自主的に避難をされる方をいかに抑えていくか、ということが大切だ」という御意見をいただいております。このことにつきましては、UPZの一部の住民が指示に基づかない避難をすることにより、本来迅速に避難しなければならないPAZの住民の避難の妨げとなる可能性も考えられますことから、指示に基づかない避難者の割合を0～100%と変化させたシナリオでシミュレーションを行いまして、その結果の検証、阻害要因の分析等を行うこととしております。

13ページを御覧ください。

事故の進展の想定、広域災害時の信号機の状態に関する御意見をいただいております。

松成委員から、「事故が起こってから、どれくらいで避難命令の指示が出るのか、その時間をシミュレーションでも出してほしい」との御意見をいただきました。このことにつきましては、本避難時間推計におきましては、福島での事例を参考に、警戒事態の1時間後に施設敷地緊急事態となり、また施設敷地緊急事態の3.5時間後に全面緊急事態となると想定いたしまして、施設敷地緊急事態、それから全面緊急事態となった場合、直ちに避難指示が出され、住民は避難を開始することとして、避難開始から避難所までの避難時間をシミュレーションすることとしております。

続きまして、古田委員の方から、「広域災害時の場合は信号機が消灯状態になることもあり得るので、このことも加味するのが良いのではないか」という御意見をいただきました。このことにつきましては、地震や津波など、広域における自然災害を想定したシナリオにおいては、広域的に信号機が消灯状態となる場合を想定した、シミュレーションも検討することとしております。

14ページをお開きください。

自然災害の影響を踏まえたシナリオについてでございます。

これは宮町座長の方から、「火山が噴火した際、火山灰によって車両がほとんど動けない状態となる可能性があり、火山が噴火した状況下における避難のシナリオを実施することを希望する」との御意見がございました。このことにつきましては、自然災害による影響を検証するためのシナリオの1つとして、降灰による影響を考慮したシナリオについても検討したいと考えております。降灰による道路状況や混雑による交通状況の変化によって車両速度が変化することや、代替経路の選定を行うことを想定いたしまして、その避難時間を推計することを考えているところでございます。

以上が前回委員会からいただいた意見に対する対応でございます。

それでは、15ページから、前回委員会以降新たに検討しているシナリオについて、御説明をいたします。

16ページをお開きください。

まず、発電所からの距離に応じて、避難地区として特定される圏域の違いを検証するため、UPZの避難のシナリオにおいては、5～30km圏の住民が避難するシナリオの他、5～10km圏及び5～20km圏の住民が避難するシナリオを検討しているところでございます。

次に、観光ピーク時における観光客の増加による影響を検証するため、観光ピーク時における観光客数を考慮したシナリオを検討しているところでございます。

また、特別な行事の際の観光客の増加による影響を検証するため、川内大綱引き、又は花火大会における観光客数を考慮したシナリオも検討しているところでございます。

17ページを御覧ください。

自然災害のシナリオの想定でございますが、まず、地震のシナリオの想定について説明いたします。

地震につきましては県地震等災害被害予測調査の結果において避難経路への影響が最も大きい、すなわち避難経路上で震度6弱以上に該当する箇所が最も多いと考えられる県西部直下地震を想定した上で、この地震による避難経路への影響を考慮したシミュレーションを実施したいと考えております。また併せて、この地震に起因する津波による避難経路への影響も考えることといたします。

右下の地図におきまして、震度6弱以上の箇所を赤色で、浸水深が0よりも大きい箇所を青色で示してございます。

18ページをお開きください。

ここでは、津波のシナリオの想定について御説明いたします。津波につきましては、先ほどと同じ県地震等災害被害予測調査の結果において避難経路への影響が最も大きいと考えられる津波として甕島列島東方沖地震を想定し、この地震に起因する津波による避難経路への影響を考慮したシミュレーションを実施したい

と考えております。また、併せて、この地震による避難経路への影響も考えることといたします。

地図がございますけれども、震度6弱以上の箇所を赤色で、浸水深が0よりも大きい箇所を青色で示してございます。

19ページを御覧ください。

これは台風等による大雨のシナリオの想定についてでございます。

大雨のシナリオにつきましては、大雨に起因する土砂災害による避難経路への影響を考慮したシミュレーションを実施することといたします。

県の土砂災害警戒区域等マップにおける土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域等を参考としつつ、避難経路への影響が考えられる箇所を考慮した上で、シミュレーションを実施したいと考えております。

次に、20ページをお開きください。

ここでは、方位別の避難の想定について、御説明いたします。

OILに基づく避難対象地区の特定は、放射線モニタリングなどの計測された値により判断されることを考慮し、OILに基づくUPZの避難シナリオにおいては、方位別の避難を想定することとしております。

具体的には、UPZのシナリオにおいては、全方位を16分割したうち、特定の2方向において避難指示が発出された状態を想定します。甕島が含まれる西方向については、隣り合う方位に避難地区が存在しないため、1方位の範囲となります。

このパターンの11につきましては、右下の地図に濃い赤色で示してございます。

また、各方位ごとのシミュレーションにおいては、他方位からも指示に基づかない避難が、特定方位の避難経路や避難退域時検査場所を利用する場合もあることから、交通負荷になることとして、推計することとしております。

21ページを御覧ください。

これまでの検討状況を踏まえましたシナリオ案の一覧を示しております。

表の上、オレンジ色で示している、圏域、観光ピーク時、特別な行事、地震・津波による影響、桜島噴火による影響の条件を追加し、行の色付け表示されている部分、番号12, 13, 17, 19, 20, 26, 27, 31が、前回お示ししたシナリオ案に、新たに追加した部分となり、計31のシナリオについて実施していくこととしております。

それでは最後に、今後の実施内容について、御説明いたします。23ページを御覧ください。

今後の実施内容としましては、引き続き、赤枠で示してございます部分、シミュレーションモデルの構築を行い、その後テストを行った上で、シミュレーション解析を行い、解析後はシミュレーション結果の分析を行います。その結果につきましては、委託業者の構造計画研究所から提出いただいた後、阻害要因の分析と対策検討を行うにあたりまして、各委員から御意見等賜りたいと存じますので、改めて各委員へ御意見を御照会させていただきたいと考えております。以上でございます。よろしく願いいたします。

(宮町座長)

はい、ありがとうございました。本日、実際のシミュレーションの委託先の構造計画研究所の方からも列席していただいているので、専門的なことでもお答えいただけるかと思えます。

それでは今の説明に対して、質問や御意見ありましたらどうぞ。

(山内委員)

座長ありがとうございます。御説明ありがとうございました。

今の御説明の中で、今回新たに付け加えられた、この20ページの、方位別の避難の想定というところですが、これは、風向きによって、プルームの移動が特定されるため、避難の方向が変わるといふふうを考えてよろしいでしょうか。もし、天候、取り分け風向きを考えるとすると、このシナリオの数ももう少し多くなる

のではないのでしょうか。

2つ目として、おそらくこのようなシナリオを考えると、それぞれについて、確率と、そこから生ずる損害額というものが算定されると思います。そうすると、先ほどのPRAと同じように、期待値が計算されますので、ワーストシナリオというものが考えられるのではないのでしょうか。その場合、最も確率的に妥当なところを、次回の原子力防災訓練の中で選ぶということが、この、原子力防災訓練のシナリオを正当化することになるとと思います。以上です。

(宮町座長)

県の方から何かありますか。

(構造計画研究所)

構造計画研究所の米山と申します。どうぞよろしくお願いいたします。ただいま御質問2点、承りました。まず1点目、ブルームについて、風向きによって、避難する方向が変わるということで、このように、現在、20ページの方で、11パターンを示しておりますけれども、それによって、それぞれのパターンについて全てのシナリオをするということであれば、シナリオ数としては膨大になるのではないかといたした御指摘いただきました。こちらにつきましては、20ページ目に書いておりますように、他方位からの指示に基づかない避難が、特定される2方位の避難経路や、避難退域時検査場所を利用する場合もあるということを想定いたしまして、結果的には、シミュレーションといたしましては、他の方位からも同時に出るということを行います。その上で、技術的に集計の上で、2方位における避難時間というものを推計いたしまして、そちらを特定の2方位における避難時間ということで用いたいと考えております。

また、2点目でございますが、ワーストシナリオといったところを算出できるのではないかと御意見いただきました。こちらにつきましても、確かに避難時間という点で申しましても、避難時間のワーストケースというものは当然出てくることかと思えます。さらに加えますと、そのシナリオが起こる場合、例えば特定の、非常に観光客が多い時期とか、また、特定の行事におけるシナリオにおきましては、これは毎日起こる状況ではございませんので、そちらの部分は、特定の日が起こる確率を考慮いたしまして、では実際にどういった場合が起こりえるのか、起こりやすいのかといったところは、改めて検討してまいりたいと考えております。以上でございます。

(宮町座長)

はい、ありがとうございます。他に委員の方から何か御指摘。

(地頭菌委員)

地頭菌です。19ページの自然災害のシナリオの土砂災害が避難経路に及ぼす影響を考慮する件ですが、土砂災害警戒区域は基本的には人家があるところの指定ですので、避難経路に関しては道路部局が持っている道路沿いの危険区域の情報を使用しないと正確なシミュレーションができないと思います。御検討願います。

(構造計画研究所)

構造計画研究所 米山でございます。ただいま御指摘いただきましたように、具体的に、どの場所を道路の被害箇所といたしまして、またそれに対して、迂回路を検討するか、こういったところにつきましては、県との協議において、具体的なところを特定した上で、シナリオとして反映させてまいりたいと考えております。以上でございます。

(浅野委員)

浅野です。実際にこういった事態が起こるとなると、例えば昼間ですと、みんな

な、そこに住んでおられる住民の方は均一な行動をしていなくて、子供さんは学校に行ったり、おじいさん、お母さんは他所へ行ったり、あるいは勤務先の工場だとか、いろんなところで、PAZにいる人がUPZにいたり、逆もありますから、そういったものは大きな問題にならないのか、それは、結果的には指示に基づかない避難者というような行動としてまとめられているのか、その辺りが、実態に即した形に持っていくのが、どんなふうにしておられるのか、他の場所でもこういったところをやっておられると思うんですけども、そういったものはいかがでしょうか。

(構造計画研究所)

はい、ただいまの御質問につきまして、構造計画研究所 米山の方からお答えさせていただきます。お手持ちの資料の、7ページ目を御覧いただけますでしょうか。こちらの避難開始タイミング、それから、避難準備時間及び避難手段というふうにあります。上の表で、避難者区分ごとの避難開始タイミング、それから、避難準備時間の考え方を、本シミュレーションにおける考え方として記載してございます。

まず先ほど、前提としてございました、発災時の時間帯において、人が、大きく、どのような行動を取られているか、どのような状況にあるかといったことに関しましては、まず、昼のシナリオ、夜のシナリオと分けまして、昼間であれば普通の就業人口を考慮した形の、いわゆる昼間人口、そして、夜間につきましては、いわゆる夜間人口を用いまして、これをベースとしてシミュレーションを行います。その上で、実際に避難開始指示が発出されまして、避難を開始するといった段階で、おっしゃられるとおり、個々人の行動というのは、人それぞれ異なるところが大きいかなと思います。こうしたところはあるのですけれども、まず、本シミュレーションに関しましては、そういった個人の動きを一人一人その瞬間の動きを正確に予測すること、これは実際に、事実として不可能に近いと考えておりますので、そういったところを大きくまとめまして、まず、避難準備時間につきましては、まず、避難指示が出るまでの間に、前のフェーズがございまして、そういったところで避難準備がされているものとして想定をいたしまして、さらに、避難開始が、避難の指示が出たときに、それから、その後に、各皆様が避難を開始されるということを想定しておりますが、こちらの上の表の、下に※で書いておりますように、いきなり避難指示が発出された瞬間に、全員、皆様が、家を出るということはなかなか考えにくいので、シミュレーション上では、1時間の幅を持って、皆様が出発されるという想定で行っております。こちらの1時間というところが、果たして本当に実際起こって見たときにそうなのかというところ、そこが、1つ論点になるかなとは思いますが、ただ、一度に、一斉に出るというよりは、ある程度幅を持たせて出すといったところが、こちらが、一般的ないわゆるETEの方式でございまして、今回もそれを踏襲した形で実施させていただきたいと考えております。以上でございます。

(宮町座長)

他に何かございませんか。

特にないようでしたら、これでシミュレーションに関する議事は終わりたいと思います。

本日の全体を通して、何か疑問や御意見がありましたら、直接事務局の方に御連絡ください。

では、事務局から何かございますか。

(事務局)

本日の議事録は、事務局の方で作成しまして、委員の皆様にご確認いただいた上で、県のホームページに公表したいと考えておりますので、よろしくお願いたします。

### 3 閉会

(宮町座長)

それでは、今日また長時間、皆さん、お疲れでしょうけれども、どうもありがとうございました。

(事務局)

それでは、以上をもちまして、終了させていただきます。

(以上)