

## 第18回女川原子力発電所2号機の安全性に関する検討会

日 時 令和元年8月2日（金曜日）

午前9時30分から

場 所 パレス宮城野 2階 はぎの間

## 1. 開 会

○司会 それでは、ただいまから第18回女川原子力発電所2号機の安全性に関する検討会を開催いたします。

## 2. あいさつ

○司会 開会に当たりまして、宮城県環境生活部長の大森から挨拶がございます。

○環境生活部長 皆さん、おはようございます。

本日は、朝から大変な猛暑の中、また大変お忙しい中ご出席を賜り、まことにありがとうございます。

6月7日に開催いたしました第17回目の会議では、新規制基準適合性審査申請のうち制御室や炉心損傷防止について活発な議論をいただき、ありがとうございました。

原子力規制委員会による女川原子力発電所2号機の審査状況についてですが、東北電力では7月中の説明終了を目指していたものの、一部の審査項目への回答が残っており、できる限り早期に説明を終えるべく対応するとの報告を受けております。

さて、第18回目となる本日の検討会では、新規制基準適合性審査申請のうち耐津波設計方針、炉心損傷防止及び放射性物質の拡散抑制等について東北電力からご説明いただき、委員の皆様にご確認いただきたいと考えております。

今回は、午前、午後と長時間の開催となりますが、皆様には、それぞれの専門分野に係る知見に基づく忌憚のないご意見を賜りたいと考えております。

以上、簡単ではございますが、開会に当たっての挨拶とさせていただきます。どうぞよろしくお願いいたします。

○司会 それでは、本検討会の開催要綱第4条の規定に基づき、座長の若林先生に議事の進行をお願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。

○座長（若林） 議事に入る前に、本日検討する論点項目について、事務局から説明をお願いいたします。

○事務局 原子力安全対策課長の伊藤と申します。

それでは、本日検討を予定しております論点項目についてご説明いたします。

A4判の資料-1というものと、A3判、カラーのものですけれども、資料-1（別添）というものをごらん願います。資料-1に論点項目を、そしてA3の資料-1（別添）に委員の皆様方からいただきましたご意見・ご質問を取りまとめております。この資料-1（別添）に

つきましては、検討会でいただきました質問につきましても関連質問として追加してごさいます。また、その質問は第何回の検討会で出されたのかを質問の末尾に括弧書でお示ししておりますのでご参考にしていただければと思います。

本日、検討を予定しております項目につきましては、A4判の資料-1の網がけ部分となっております。検討予定の論点は、新規制基準適合性審査申請のうち、(2)津波の「基準津波」「耐津波設計方針」、それから(8)重大事故対策の「炉心損傷防止」「格納容器破損防止」「使用済燃料プール、運転停止中の原子炉における燃料損傷防止」「放射性物質の拡散抑制」、このことにつきまして本日検討をお願いしたいと考えております。

A3判カラーの資料-1(別添)におきましては、オレンジの枠で囲った部分になりますが、具体的には2枚目の表側のほうに(2)津波と書いてございますが、この部分。それから、その裏面(8)重大事故対策と書いてありますが、その一部分となります。

多くの視点からご意見をいただき、より議論を深めるため、午前もしくは午後、本日ご欠席の委員でございますけれども、その委員に対しましては、事前に送付した資料をご確認の上、コメントをいただくようお願いしております。事務局からの説明は以上でございます。

○座長 皆様よろしいでしょうか。

それでは、早速議事に入らせていただきます。

○事務局 それでは、議事に入りますので、ここからはカメラによる撮影をご遠慮願います。カメラをお持ちの方は撮影をおやめください。

### 3. 議 事

#### (1) 各論点の説明・検討

##### 「2 新規制基準適合性審査申請について」

- ・ (8) 重大事故対策 (放射性物質の拡散抑制等)
- ・ (8) 重大事故対策 (炉心損傷防止)

○座長 それでは、(1)各論点の説明・検討のうち、(8)重大事故対策(放射性物質の拡散抑制等)につきまして、東北電力株式会社から説明をお願いいたします。

○東北電力株式会社 東北電力の菅原と申します。よろしくお願いいたします。

それでは、資料-2(8)重大事故対策の重大事故等対処設備についてご説明をさせていただきます。

資料－２の１ページ目をお願いいたします。本項の説明内容ですけれども、１の「はじめに」では、申請基準におけます重大事故等対処設備の全体概要についてご説明をいたします。２項目ですけれども、女川２号におけます主な重大事故等対処設備のご説明をいたします。それから、３項目、適合性審査の状況、４項目で、これまでのご意見に対する回答といたしまして３つについてご説明いたします。１つ目が重大事故等対処設備の多様性に関するもの。２つ目が、水素爆発による原子炉建屋損傷防止対策、３つ目が格納容器フィルタベント設備についてご説明させていただきます。

３ページ目をお願いいたします。はじめにということで、新規制基準におけます重大事故等対処設備の全体概要について説明をさせていただきます。

１つ目ですけれども、従来の重大事故対策は、事業者の自主対策として位置づけられていました。福島第一事故の教訓、海外の最新知見などを踏まえた新規制基準におきましては、重大事故が発生した場合に備え、重大事故の進展を防止するための対策を義務づけられました。図の黄色の部分が、重大事故対策として追加されている項目になってございます。

４ページ目をお願いいたします。図は新規制基準におけます重大事故対策の要求事項を示しておりまして、緑色のところに大きな項目としての炉心損傷防止、格納容器破損防止、放射性物質の拡散抑制の多段階にわたる防護措置が要求されてございます。

炉心損傷防止の中では、使用済燃料プールの防護対策強化について要求がされてございまして、また各項目の中では常設設備と可搬設備の組み合わせによる対策の信頼性向上も要求されてございます。本日は、赤枠にかかわる対応設備についてご説明いたします。なお、設備の運用につきましては、有効性評価にて確認を行ってございますので、有効性評価のテーマの中で適時ご説明をいたします。

５ページ目をお願いいたします。新規制基準における重大事故対策の要求事項を例示しています。１つ目の項目ですけれども、炉心損傷防止としましては、例１として代替電源により主蒸気逃がし安全弁を開して、代替注水設備による注水が可能となるまで原子炉を減圧し、例２として原子炉減圧後に代替注水設備による原子炉への注水をする対策が要求されております。

それから、２つ目ですが、格納容器の破損防止対策といたしましては、例１といたしまして代替循環冷却系の設置、それから例２といたしましては、原子炉格納容器圧力逃がし装置の設置、例３といたしましては、原子炉格納容器下部注水設備の設置が要求されています。

３つ目の項目ですが、放射性物質拡散抑制としましては、格納容器が破損したとしても、敷地外への放射性物質の拡散を抑制するための対策、これは放水設備、それから海洋への放射性

物質の拡散を抑制するための設備の配備が要求されております。

それから、4項目ですが、意図的な航空機衝突などへの対策としましては、可搬型設備・接続口の分散配置などが要求されてございます。

8ページ目をお願いいたします。ここから女川2号におけます主な重大事故等対処設備の概要を説明いたします。

まず8ページ目、本ページは原子炉停止対策の説明になります。原子炉スクラムができない事象が発生した場合、原子炉を未臨界にするための対策といたしまして、代替制御棒挿入機能を整備いたします。これは、既設の原子炉保護系と独立しました代替制御棒挿入回路によりまして、制御棒駆動水圧系の空気配管内の圧縮空気を排気し、スクラム弁を「開」することで制御棒を挿入させるものです。系統図のところで確認いただきたいのですが、青色の既設の原子炉保護系と異なるピンク色の代替制御棒挿入回路によりスクラム弁を動作させ、制御棒を挿入できます。

9ページ目をお願いいたします。原子炉スクラムができない事象が発生した場合のもう一つの対策として、代替原子炉再循環ポンプトリップ機能を整備します。これは既設の原子炉保護系と独立しました代替原子炉再循環ポンプトリップ回路によりまして、原子炉再循環ポンプを停止させることで、原子炉に負の反応度を印加し、原子炉出力を抑制した後に、ほう酸水注入系により原子炉にほう酸水を注入することで原子炉を未臨界にするものです。系統図を確認いただきたいのですが、ポンプトリップ遮断器というものを新設し、現状ある代替原子炉再循環ポンプトリップ回路の信号を受けて、原子炉再循環ポンプをトリップさせます。ポンプトリップ遮断器を新設した理由は、これまで設置されていた回路が、トリップ信号を受ける回路ですが、図のポンプトリップ遮断器の上下に記載されています受電遮断器と電源装置でありまして、これは非耐震でありましたので、新設する耐震化遮断器の採用によりまして信頼性の向上を図るものです。

それから、このページの図の中では、新設範囲ということで赤の点線で明記しておりますけれども、以降のページにおいても系統図などに同様に新設改造範囲を明示いたします。

11ページをお願いいたします。11ページですが、ここから原子炉への注水・除熱・減圧対策の説明になります。原子炉高圧時に既設の高圧代替注水設備が機能喪失した場合、原子炉を冷却するため、高圧代替注水系を設置いたします。高圧代替注水系は蒸気タービン駆動の高圧代替注水系ポンプを使用しまして、復水貯蔵タンクの水を原子炉に注水するものです。

系統図の赤のラインがポンプの駆動用の蒸気ラインを示しておりまして、青のラインが原子

炉への注水ラインを示しております。ポンプは蒸気タービン駆動のために電源が不要ですが、システムの弁操作に電源が必要でありますので、2つ目の矢羽根になりますが、新たに設置する代替直流電源設備からの給電を可能とすることで、既設の電源が喪失した場合でも運転可能であり、さらに仮に全ての電源が機能を喪失した場合でも、人力により蒸気ラインの弁を操作することで運転停止が可能です。

12ページをお願いいたします。減圧対策の説明になります。

原子炉高圧時に既設の原子炉の減圧機能が喪失した場合、原子炉を減圧するための対策として、代替自動減圧機能を整備いたします。これは既設の自動減圧系の回路と独立しました代替自動減圧系回路によりまして、主蒸気逃がし安全弁を作動させ原子炉を減圧するものです。

また、主蒸気逃がし安全弁の作動には、直流電源と作動用窒素が必要ですが、直流電源喪失時の対応として、2つ目の矢羽根のポツになりますが、新たに設置します代替直流電源設備からの給電を可能として、さらに主蒸気逃がし安全弁用可搬型蓄電池を新たに配備し、電源供給の多様化を図ります。

それから、3つ目の矢羽根ですが、作動用窒素喪失時の対応として、図にあります高圧窒素ガス供給系（非常用）の高圧窒素ガスポンペを供給源として、主蒸気逃がし安全弁の作動が可能です。

13ページをお願いいたします。マスキングの部分がございますので、委員限定配付資料公開ページの13ページを確認ください。

公開ページの13ページになりますが、さらに作動用窒素喪失時のもう一つの対策として、代替高圧窒素ガス供給源を設置いたします。右下の構造図を確認ください。主蒸気逃がし安全弁のアクチュエータ、駆動部のことですが、構造図の左のばねのところにピストンがありまして、その上側には常に格納容器圧力により押し下げ力が加わっておりまして、格納容器圧力が上昇すると、窒素の供給を行ってもピストンを押し上げる力が負けて、主蒸気逃がし安全弁を動作できない状況が想定できます。

代替高圧窒素ガス供給系につきましては、1つ目のポツになりますが、高圧窒素ガスポンペを供給源として、格納容器内の圧力が仮に設計圧力の2倍の状態に達した場合においても、主蒸気逃がし安全弁の操作が可能です。また、主蒸気逃がし安全弁はこちらの構造図で窒素供給ラインにあります電磁弁というものがありますが、通常この電磁弁操作によりまして、アクチュエータの窒素の流路を構成し、窒素を供給することで開操作しますが、代替高圧窒素ガス供給系は電磁弁操作を必要とせず、直接主蒸気逃がし安全弁のアクチュエータに窒素を供給す

ることで開操作することが可能であり、作動用窒素供給の多様化を図ってございます。

それでは、公開版の資料の14ページにお戻りください。

公開版資料の14ページですが、こちらからは注水の対策の説明になります。原子炉低圧時に既設の低圧注水設備が機能喪失した場合、原子炉を冷却するための対策としまして、低圧代替注水系を整備いたします。

1つ目の矢羽根の下ですが、交流電源が使用可能な場合に、復水移送ポンプを用いて、復水貯蔵タンクの水を原子炉へ注水いたします。

それから、2つ目は交流電源が使用できない場合に、直流電源駆動の直流駆動低圧注水系ポンプを用いまして、復水貯蔵タンクの水を原子炉へ注水いたします。

それから、3つ目は屋外に配備します大容量送水ポンプ（タイプI）を用いて、淡水貯水槽の水を原子炉へ注水いたします。

15ページをお願いいたします。こちらは大容量送水ポンプ（タイプI）を用いました原子炉注水につきましては、1つ目のポツですが、設置作業の効率化を図るため注水用ヘッドを使用いたします。図のとおり、注水用ヘッドは淡水貯水槽からの水を7つの異なる系統に分岐させるものです。これらの複数の系統は、全てを同時に使用することはありませんが、ほとんどの系統の同時使用が可能ないように設計をしております。

16ページをお願いいたします。除熱対策の説明です。原子炉や格納容器を除熱するための既設設備が機能喪失した場合、海または大気へ熱を輸送するための対策といたしまして、1つ目の矢羽根ですが、原子炉補機代替冷却水系を配備します。これは残留熱除去系が使用できる場合に屋外に配備する可搬型の熱交換器ユニット、それから大容量送水ポンプ（タイプI）によりまして、海を冷却源として除熱するものです。また、原子炉格納容器フィルタベント系、それから耐圧強化ベント系を整備いたしまして、これは残留熱除去系が使用できない場合に大気を冷却源として除熱するものです。こちらの系統図は22ページに記載しております。

図の熱交換器ユニット、写真がついておりますけれども、これは海水を冷却源とした熱交換器と淡水ポンプを搭載してございまして、熱交換器ユニットを既設の配管に接続し、大容量送水ポンプ（タイプI）により、熱交換器ユニットに海水を送水することで、原子炉などを除熱することが可能です。

18ページをお願いいたします。ここからは格納容器破損防止対策の説明になります。表題のほうには意見No.78と記載しておりますけれども、熔融炉心対策について説明することのご意見をいただいております。詳細は別の日の説明になりますけれども、関連設備ですので

明記してございます。説明に移ります。

既設の格納容器内の冷却設備が機能喪失した場合、格納容器内の圧力及び温度を低下させるための対策といたしまして、原子炉格納容器代替スプレイ冷却系を整備いたします。

1つ目は復水移送ポンプを用いまして、復水貯蔵タンクの水を格納容器内へスプレイするものです。2つ目は屋外に配備します大容量送水ポンプ（タイプⅠ）を用いまして、淡水貯水層の水を格納容器内へスプレイするものです。これらの2つの対策につきましては、スプレイした水が格納容器下部へ流入することで、格納容器下部へ注水し、落下した熔融炉心を冷却する機能も有してございます。

19ページをお願いいたします。炉心の著しい損傷が発生して、格納容器下部に落下した熔融炉心を冷却するための対策としまして、原子炉格納容器下部注水系を整備いたします。1つ目は、復水移送ポンプを用いまして、復水貯蔵タンクの水を直接格納容器下部へ注水するものです。2つ目は、大容量送水ポンプ（タイプⅠ）を用いまして、淡水貯水槽の水を直接格納容器下部へ注水するものです。

20ページをお願いいたします。格納容器の過圧破損防止対策の説明になります。炉心の著しい損傷が発生し、格納容器の過圧による破損を防止するための対策といたしまして、代替循環冷却系を設置いたします。これは格納容器の閉じ込め機能を維持しながら、圧力及び温度を低下させることが可能であり、代替循環冷却ポンプを用いまして、サプレッションチェンバのプール水を原子炉圧力容器へ注水、それから格納容器へスプレイするとともに、原子炉補機代替冷却水系を用いて除熱することで循環冷却を行います。スプレイした水が格納容器下部へ流入することで、格納容器下部へ注水し、またサプレッションチェンバのプール水を直接格納容器下部へ注水し、落下した熔融炉心を冷却する機能も有しています。

21ページをお願いいたします。格納容器下部への注水設備につきまして、18から20ページで説明した結果を表で整理してございますが、6つの手段を有してございます。6つの手段の選択方法はフロー図のとおりでありまして、外部の水を格納容器に持ち込むには制限があることから、格納容器のサプレッションプール水を循環させる代替循環冷却系を優先し、またスプレイによる格納容器の冷却にも期待できる⑤の代替循環冷却系を優先的に使用することとしています。

22ページをお願いいたします。格納容器の過圧破損防止対策の2つ目の説明になります。原子炉格納容器フィルタベント系についてですが、格納容器スプレイでの蒸気凝縮によりまして、格納容器ベント実施までの時間余裕を確保し、希ガスなどのうち短半減期の放射性物質を

減衰させます。その上で、格納容器内の圧力をサプレッションチェンバからフィルタ装置を通して、大気へ逃がすことを基本運用として、格納容器の破損、水素爆発による破損を防止し、排気中に含まれる放射性物質の環境への放出を低減いたします。

系統図を確認いただきたいのですが、格納容器ベントラインといたしまして、原子炉格納容器フィルタベント系と、耐圧強化ベント系というものを示してございます。炉心損傷後はジルコニウム-水反応によりまして水素が発生いたしますので、水素排出を考慮して設計しました原子炉格納容器フィルタベント系を用いることとしております。フィルタベントの詳細につきましては、ご意見に対する回答の中で説明をさせていただきます。

23ページをお願いいたします。格納容器の水素爆発による破損の防止の説明になります。炉心の著しい損傷が発生した場合に、格納容器内の水素爆発による破損を防止するための対策といたしまして、1つ目は運転中の格納容器に窒素を供給することで常時不活性化し、また2つ目は可搬型窒素ガス供給装置を用いまして、格納容器内に窒素を供給することで格納容器内に発生する水素及び酸素の濃度を可燃限界未満にいたします。また、3つ目は原子炉格納容器フィルタベント系によりまして、水素を格納容器外に排出でき、フィルタ装置出口に水素濃度監視設備、それから放射線モニタを設置いたします。さらに4つ目は、格納容器内の水素濃度及び酸素濃度監視設備を整備いたします。

図の右側にあります写真の可搬型窒素ガス供給装置につきましては、空気中の酸素を吸着除去して、窒素ガスの純度を上げて、系統内に供給するという車両になってございます。

25ページをお願いいたします。建屋の水素爆発防止対策の説明になります。炉心の著しい損傷が発生した場合、原子炉建屋の水素爆発による損傷を防止するための対策といたしまして、静的触媒式水素再結合装置を設置、それから原子炉建屋内水素濃度監視設備を設置いたします。設備の詳細は、ご意見に対する回答の中で説明いたします。

27ページをお願いいたします。使用済燃料プールの注水対策の説明になります。

大きな1つ目ですけれども、既設の使用済燃料プールの冷却・補給設備が機能喪失した場合、使用済燃料プールを冷却し、放射線を遮蔽するための対策ということで、燃料プール代替注水系を整備します。1つ目は大容量送水ポンプ（タイプI）を用いて、淡水貯水槽の水を原子炉建屋内の常設配管を通じてプールに注水するもの、2つ目は同じく大容量送水ポンプ（タイプI）を用いて、淡水貯水槽の水を、ホースを通じて使用済燃料プールに注水するものです。

また、2つ目の大きな項目ですが、使用済燃料プールの水位が異常に低下した場合、使用済燃料プールの著しい損傷を緩和するための対策として、燃料プールスプレイ系を整備いたしま

す。1つ目は、大容量送水ポンプ（タイプⅠ）を用いて、淡水貯水槽の水を原子炉建屋内の常設配管、スプレインズルを通じて使用済燃料プールにスプレイするものでありまして、2つ目は同じく大容量送水ポンプ（タイプⅠ）を用いて、淡水貯水槽の水をホース、スプレインズルを通じてプールにスプレイするものです。

28ページをお願いいたします。燃料プールの注水・スプレイの簡単な系統図になってございますが、①の代替注水系（常設配管）と③のスプレイの常設配管、これは建屋内を常設配管で構成してはいますが、②と④は可搬設備のみで構成し、対策の多様化を図ってございます。それから、プールのところに⑤ということで、使用済燃料プール監視設備を設置いたします。水位・水温監視としましては、検出方式の異なる2種類を設置しまして、そのほかに放射線モニタを2台、監視カメラを1台設置し、これらの監視設備を組み合わせることで状態の監視を行うこととしてございます。

29ページをお開き願います。使用済燃料プールの冷却機能が喪失することによりまして、発生する水蒸気が原子炉建屋内の他の設備に悪影響を及ぼすことを防止するための対策といたしまして、燃料プール冷却浄化系を整備いたします。これは、原子炉補機代替冷却水系を用いまして、燃料プール冷却浄化系ポンプ、それから熱交換器により使用済燃料プールを除熱するものです。

31ページをお願いいたします。放射性物質の拡散抑制対策の説明です。炉心の著しい損傷、それから格納容器の破損、それから使用済燃料プール内燃料体などの著しい損傷に至った場合、発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための対策といたしまして、1つ目ですが、放水設備（大気への拡散抑制設備）は、図のとおり大容量送水ポンプ（タイプⅡ）、それから放水砲を用いまして、原子炉建屋の屋上に放水するものです。それから、2つ目は放水設備（泡消火設備）ということで、航空機燃料火災に対応するために、上の放水設備に泡消火薬剤混合装置を接続して放水するものです。

32ページをお願いいたします。海洋への拡散抑制設備でございまして、原子炉建屋へ放水した後の放射性物質を含む水が海洋へ拡散するのを抑制するためのものでございまして、流出経路となる図の黄色の部分の4カ所にシルトフェンスを設置いたします。シルトフェンスは下の写真のものになってはいますが、海水中にカーテンを張ることで土砂などに付着しました放射性物質をシルトフェンス内で滞留、沈降させて拡散を抑制するものです。

34ページをお願いいたします。水源の確保対策の説明になります。重大事故などの収束に必要な十分な量の水を有する水源を確保し、その水を供給するための対策といたしまして、

1つ目の矢羽根ですが、既設の復水貯蔵タンクを重大事故等対処設備として使用しまして、2つ目の矢羽根ですが、代替淡水源として淡水貯水槽2基を設置いたします。海水は構内の複数箇所から取水し、また移送手段、移送ルートを確保いたします。

なお、有効性評価のシナリオにおきましては、最大でも3,800m<sup>3</sup>の水を使用いたしますが、淡水貯水槽が1基でも十分な量の水を有しているということになります。

36ページをお願いいたします。電源設備の説明になります。既設の電源設備が機能を喪失した場合、必要な電力を確保するための対策ですが、1つ目の矢羽根、常設代替交流電源設備としまして、ガスタービン発電機を屋外に設置いたします。それから、可搬型代替交流電源設備といたしまして、電源車を屋外に配備し接続口を設置いたします。所内常設蓄電式直流電源設備といたしまして蓄電池を設置し、必要な負荷以外の切り離しを考慮して、合計で24時間にわたり必要な電力を供給いたします。それから、可搬型代替直流電源設備として、常設の蓄電池、それから常設の充電器を設置し、常設の蓄電池、充電器と可搬型の電源車を組み合わせて24時間にわたり必要な電力を供給いたします。

最後ですが、燃料補給設備としまして、軽油タンクに加えて、ガスタービン発電設備軽油タンク、それからタンクローリーを設置いたします。

37ページをお願いいたします。代替交流電源の概要を示します。図の点線は既設の非常用ディーゼル発電機からの供給ラインを示しておりまして、図の実線はガスタービン発電機、電源車からの供給ラインを示しています。独立性などの詳細はご意見に対する回答の中で説明をさせていただきます。

38ページをお願いいたします。代替直流電源の概要を示しております。同じく図の点線は既設の供給ラインを示しておりまして、図の実線は代替蓄電池、それから電源車などからの供給ラインを示しております。代替蓄電池などの供給ラインは、既設の供給ラインに対しまして独立性を有した設計としてございます。

39ページをお願いいたします。計装設備の説明です。重大事故等が発生し、計測機器の故障により、監視が必要なパラメータを計測することが困難になった場合、当該パラメータを推定するための対策ですけれども、1つ目の矢羽根は必要なパラメータを整備いたします。次ページ以降で説明します。

それから、2つ目は必要なパラメータが機能を喪失した場合、推定するための代替パラメータを整備いたします。代替パラメータによる推定方法ですけれども、①として同一物理量による推定ということで、例えば表の中にあります原子炉压力容器温度が監視不能の場合には注水

系統の温度により推定したり、②の水位の注水源または注水先の水位変化による推定としては、例えば原子炉水位が監視不能な場合には原子炉圧力容器への注水量から推定するなどの手段を整備してございます。

40ページをお願いいたします。原子炉圧力容器、それから格納容器の主要なパラメータということで、温度、圧力、水位、水素濃度、酸素濃度、放射線量率について図のように整備いたします。

41ページをお願いいたします。先ほどの40ページのパラメータ整備の具体例をもう少し補足した説明となっております。

まず、例1としまして、表の真ん中の列にございます原子炉格納容器下部水位であるとか、ドライウェル水位、それからその下のほうですが、格納容器内水素濃度などの検出器を新たに追加いたします。それから、例2としましては、表内の原子炉圧力容器温度などにつきましては、測定範囲の見直しを行います。それから、例3といたしまして、格納容器に設置する検出器は、検出器から格納容器電気貫通部までの間に接続部を設けないことによりまして、水没により機能喪失しない構造といたします。例4といたしまして、重大事故等時に想定される環境条件におけます耐環境試験などによりまして、計器の健全性の確認をいたします。

43ページをお願いいたします。ここまでの女川2号におけます重大事故等対処設備の主な設備をご説明いたしましたが、3. といたしまして適合性審査の状況についてご説明をいたします。

1つ目の矢羽根ですが、原子炉格納容器圧力逃がし装置につきましては、これまで審査会合を8回実施しておりまして、水素爆発による原子炉建屋などの損傷を防止するための対策につきましては、これまで審査会合を3回実施しております。このほかに、有効性評価の審査会合において関連する重大事故等対処設備の説明を実施してございまして、直近の審査会合におきましては、過去の審査会合における指摘事項に対して回答を実施してございまして、特段のコメントはありませんでした。

45ページをお願いいたします。ここからご意見に対する回答のご説明をさせていただきます。

まず、意見No.67ですが、「電源系に関して、DGの冷却方式や分電盤がどこで一緒になっているのかといった共通原因故障についてどのように分析を進めているのか説明をしてもらいたい。また、電源系以外でも例えば地震による火災と溢水の同時発生のような共通原因故障もあり得るので、個別シナリオでの対策やリスク評価以外に共通原因故障の取り扱いの考え方を

説明してもらいたい」です。

回答になりますが、1つ目の項目です。既設の設計基準事故対処設備は、多重性、それから多様性を確保し、異なる区画に設置することなどにより安全機能が損なわれるおそれがない設計としています。今回整備します重大事故等対処設備は、共通要因によって既設の設計基準事故対処設備の安全機能と同時に、その機能が損なわれるおそれがないように、共通要因の特性を踏まえて可能な限り多様性を考慮しています。共通要因としましては、環境条件、自然現象、人為事象、溢水、火災及びサポート系故障を考慮してございます。以降に、交流電源設備、それから低圧注水設備における多様性及び位置的分散を例示いたします。

46ページをお願いいたします。交流電源設備の多様性、位置的分散について説明いたします。

1つ目ですが、既設の非常用ディーゼル発電機は多重性及び独立性を考慮しまして、3台を各々別の場所に設置し、共通要因により機能が喪失しない設計としています。今回整備しますガスタービン発電機の多様性ですけれども、1つ目として、ガスタービンにより駆動することで、ディーゼルエンジンにより駆動する非常用ディーゼル発電機に対して多様性を有する設計としておりまして、2つ目で冷却方式を空冷とすることで、水冷である非常用ディーゼル発電機に対して多様性を有する設計としています。また、原子炉建屋から離れた屋外に設置することで、原子炉建屋内の非常用ディーゼル発電機と位置的分散を図る設計としておりまして、最後のレ点ですが、ガスタービン発電機からの系統は独立した電路で構成することによりまして、非常用ディーゼル発電機からの系統に対して独立性を有する設計としています。

また、電源対策のもう一つであります、今回整備する電源車の多様性ですけれども、1つ目のレ点ですが、冷却方式を空冷とすることで、水冷である非常用ディーゼル発電機に対しまして多様性を有する設計としており、2つ目ですが、ディーゼルエンジンにより駆動することでガスタービンにより駆動するガスタービン発電機に対して多様性を有する設計としています。また、原子炉建屋から離れた屋外に保管することで、原子炉建屋内の非常用ディーゼル発電機と位置的分散を図り、ガスタービン発電機から離れた屋外に保管することで位置的分散を図る設計としています。

電源車からの系統につきましては、独立した電路で構成することによりまして、非常用ディーゼル発電機からの系統に対しても独立性を有する設計としておりまして、電源車の接続箇所は位置的分散を図った2カ所に設置する設計としています。

47ページをお願いいたします。これまで説明をいたしました内容を含めて、横軸に設備、それ

から縦軸に電源、電源供給先、冷却方式、燃料源として比較整理した結果を表に示してごさいます。

48ページをお願いいたします。ガスタービン発電機・電源車は非常用ディーゼル発電機と図の系統図の吹き出しの設置位置のとおり、位置的分散を図る設計としております。また、図の赤線で示してありますとおり、非常用ディーゼル発電機が機能喪失した場合でも、ガスタービン発電機、それから新設する緊急用母線によりまして必要な負荷に電力供給をすることが可能で、独立性を有する設計としてごさいます。

49ページをお願いいたします。低圧注水設備の多様性、位置的分散について説明いたします。

同じく横軸には設備として既設の残留熱除去系、低圧炉心スプレイ系、それから今回整備する復水移送ポンプ、直流駆動低圧注水系ポンプ、大容量送水ポンプを示しまして、縦軸にポンプ、水源、駆動電源、冷却方式として比較整理した結果を表に示します。上の四角の中に書いてありますが、今回整理します重大事故等対処設備は、設計基準事故対処設備と共通要因によって同時に機能を損なわないよう、多様性を有する設計としております。また、独立性の観点では、③の復水移送ポンプ、それから⑤の大容量送水ポンプは水源から残留熱除去系配管、これは①の系統に当たりますが、との合流点まで流路を独立する設計としてごさいまして、④の直流駆動低圧注水ポンプは流路を完全に独立した設計としてごさいます。

50ページをお願いいたします。低圧注水設備の位置的分散についての説明になります。図の青枠が既設の設備を示してごさいまして、赤枠が今回整備する設備を示してごさいます。今回整備する赤枠の設備は、既設の青枠の設備と位置的分散を図る設計としております。意見No.67への回答の説明は以上になります。

51ページをお願いいたします。意見No.76ですが、「水素発生防止策について確認したい」です。

回答ですけれども、1つ目ですが、これまで説明したとおり、炉心の著しい損傷を防止、これは水素発生防止に当たりますが、するため、高圧代替注水系、低圧代替注水系などを設置し、炉心の著しい損傷が発生した場合には、ジルコニウム-水反応などによりまして、水素が発生することから、格納容器の破損を防止し、これは建屋への水素漏洩を抑制するため、格納容器代替スプレイ冷却系、代替循環冷却系などを設置いたします。有効性評価のシナリオにおきましては、これらの対策により事故は収束いたしますが、最後の項目ですが、これらの対策を講じたとしても格納容器内で発生した水素が原子炉棟内に漏洩した場合に備えまして、対策を実

施いたします。

5 2 ページをお願いいたします。格納容器内で発生した水素が原子炉棟内に漏洩した場合に備えた対策としまして、1 つ目は静的触媒式水素再結合装置、以降 P A R と表現させていただきますが、P A R により格納容器内で発生した水素が原子炉棟内に漏洩した場合に、原子炉棟内で水素を処理し、2 つ目の項目は格納容器から原子炉棟内で想定を超える水素漏洩が確認された場合には P A R による水素処理に加えまして、原子炉格納容器フィルタベント系によるベントを行いまして、格納容器から原子炉棟内への水素漏洩を抑制いたします。それから、3 つ目は事業者の自主的な取り組みの位置づけになりますが、原子炉建屋ベント設備によりまして、水素の成層化などにより水素爆発に至る可能性のある場合に、オペレーティングフロアの天井部分から水素を排出いたします。

5 3 ページをお願いいたします。P A R の概要について説明をいたします。

P A R は運転員による起動操作を行うことなく、水素を触媒反応により酸素と再結合させる設備です。2 つ目の矢羽根ですけれども、P A R は水素処理の増加によりまして温度が上昇するため、動作監視装置として P A R の入り口側及び出口側に温度検出器を設置し、入り口、出口の温度差を確認することで、動作状況を把握いたします。

5 4 ページをお願いいたします。P A R の設計方針について説明いたします。原子炉棟内の水素濃度を可燃限界未満の 4 % 未満に抑制できるよう、P A R の設置台数を設定しています。P A R の設置台数は、格納容器からの水素漏洩量に対して、P A R の水素処理容量が上回るように設定し、その台数と配置について流動解析にて確認を行っています。

①の P A R の設置台数の設定についてですが、必要台数評価条件によりまして 1 7 台となり、必要台数に余裕を考慮し 1 9 台を設置いたします。P A R の必要台数の評価条件の表を確認いただきたいのですが、P A R 1 台当たりの水素処理量は機器仕様であります 0 . 5 k g / h に対しまして、反応阻害物質による性能低下を保守的に見込んだ 5 0 % の値といたしまして、0 . 2 5 k g / h に設定いたします。それから、下の格納容器漏洩率につきましては、格納容器の設計圧力の 2 倍であります限界圧力における格納容器漏洩率 1 . 3 % / d a y に余裕を考慮して 1 0 % / d a y に設定をいたします。

5 5 ページをお願いいたします。②として P A R の設置場所の設定についてですが、格納容器から原子炉棟へ水素が漏洩した場合、水素を含むガスが高温のため、原子炉棟内における水素は原子炉建屋 3 階のオペレーティングフロアに導かれるため、水素が最終的に滞留するオペレーティングフロアに P A R を設置いたします。配置は図のとおりですけれども、オペレーテ

ィングフロアの壁近傍に水平方向、それから上下方向それぞれに分散して19台を配置いたします。

56ページをお願いいたします。流動解析による妥当性確認についてですが、①の台数と②の配置場所をもとに、設計条件にて原子炉棟内における水素挙動を評価した結果、PARの起動により4%未満に抑制されることを確認いたしました。

2つ目のポツですが、PARは水素と酸素の反応のため、事象発生後約148時間でオペレーティングフロアの酸素が欠乏して、PARの起動に必要な酸素濃度、これは2.5%ですけれども、を下回ることによって処理が行われなくなり、水素濃度が上昇する結果となりましたが、この状態は酸素濃度が可燃限界未満の5%でありますので、水素燃焼は発生しません。

それからまた、原子炉建屋水素濃度が2.3%に到達した場合には、運用として格納容器フィルタベント系による格納容器ベントを実施しますので、格納容器ベントにより格納容器から原子炉棟内への水素漏洩が抑制されることから、水素濃度は可燃限界に到達いたしません。図の解析結果では、PARの起動に必要な水素濃度が1.5%であることから、そこから水素処理が開始されまして、可燃限界の4%に抑制されることが確認できます。

57ページをお願いいたします。こちらは非公開版の57ページをお願いいたします。

PARの反応阻害物質に対する影響について説明をいたします。炉心損傷時の核分裂生成物のハロゲンの大部分を占めますよう素の影響についてですけれども、よう素が存在しない状態に比較して約25%の水素処理性能の低下が、下の図の左側のほうで確認されています。重大事故時に想定されるよう素濃度は、グラフの下に想定されるよう素濃度ということで、0.015g/m<sup>3</sup>ということに記載してはありますが、このよう素濃度は試験条件と比べ、というのはマスクングの中にあります数字と比べまして十分に低いですが、PARの水素処理量は保守的に50%の性能低下を見込んでPARの設置台数を設定しています。

それから、水蒸気の影響についてですが、水蒸気濃度が50%の環境下においても、水素処理性能を発揮していることは、図の右側で確認がされています。重大事故等時に想定される水蒸気濃度は約21%でありまして、水蒸気による性能低下の影響は考慮いたしません。仮に多量の水蒸気が発生した場合においても、触媒には疎水性コーティングが施されておりまして、有意な触媒の劣化は起こらないと言えます。意見No.76への回答の説明は以上になります。

公開版の58ページをお願いいたします。公開版58ページから、意見No.77への回答になります。

意見No.77ですが、「格納容器フィルタベント設備の性能及び運用などについて説明するこ

と」です。運用につきましては、次回以降にて説明いたします。

格納容器フィルタベント系の概要についてですけれども、1つ目の矢羽根ですが、系統を構成する機器は、頑健な原子炉建屋に設置いたします。右側の、小さくて見づらくて恐縮ですが、系統図を確認ください。サプレッションチェンバからの赤の太い線、またはドライウェルからの赤の細い線から、MOと記載されております電動弁、2弁を経由して、フィルタ装置3台に入り、フィルタ装置から原子炉建屋屋上で放出される流れになっております。

2つ目の矢羽根ですが、サプレッションチェンバからのベントを基本といたしますが、長期的にも熔融炉心、水没などにより悪影響を受けないよう、ドライウェルからのベントの経路も設置することで、2つの排気経路を設置する設計としています。

3つ目の、ベントに必要な隔離弁の操作につきましては、次のページで説明いたします。

4つ目、他の系統と隔離する弁につきましては、系統図にも吹き出しで記載しておりますが、他の系統に漏れないよう直列で二重に設置する設計とします。

最後ですが、ベント開始時の系統内での水素爆発を防止するため、待機時は系統内を窒素で不活性化する設計としております。

フィルタ装置の主要仕様のところで、フィルタ装置につきましては、3台を1式として構成してございます。

59ページをお願いいたします。放射性物質の低減について説明いたします。女川2号のフィルタ装置はFramatome社製フィルタ装置でございまして、こちらは大規模試験装置によりまして実機使用条件を考慮した除去性能検証試験を行っており、その結果に基づきフィルタ装置を設計しています。粒子状放射性物質に対しては99.9%以上、それから無機よう素に対しましては99.8%以上、有機よう素に対しましては98%以上を除去する性能を有する設計としています。

非公開ページの59ページをお願いいたします。フィルタ装置の模式図を記載してございます。格納容器からフィルタ装置右側の真ん中の配管にベントガスが入りまして、ベンチュリノズル、それからスクラバ溶液を通りまして、緑色の金属繊維フィルタ、赤色の放射性よう素フィルタを通りまして、原子炉建屋屋上に流れる構成になってございます。

それぞれの役割ですけれども、左側の吹き出しで書いてありますが、ベンチュスクラバというのは、ベンチュリノズルとスクラバ溶液で構成してございまして、ベンチュリノズルにおいて粒子状放射性物質及び無機よう素を捕集しまして、スクラバ溶液に保持いたします。その後、金属繊維フィルタではベンチュリスクラバを通過した粒子状放射性物質を金属繊維フィルタに

よって捕集、保持いたします。その後、放射性よう素フィルタでは有機よう素、無機よう素を捕集する吸着剤を通過させることでベントガスに含まれる放射性よう素を捕集、保持いたします。

公開版の60ページをお願いいたします。隔離弁の人力操作について説明をいたします。ベントに必要な隔離弁、これは先ほどの系統図でありました2つの弁の操作が必要ですがけれども、全交流動力電源喪失時に代替電源設備より受電し、中央制御室から遠隔操作が可能な設計としています。

2つ目の矢羽根ですが、すべての電源が喪失し、中央制御室から操作できない場合には、原子炉建屋付属棟（非管理区域）から遠隔手動弁操作設備を用いまして、人力にて隔離弁を操作が可能な設計としています。左下の遠隔手動弁操作設備の模式図を確認ください。非管理区域のハンドルと弁の駆動部をフレキシブルシャフトという青で示したもので接続し、これを回転させることによって弁を操作するという構成になってございます。

3つ目の矢羽根ですが、遠隔手動弁操作設備の成立性及び操作時間をモックアップ試験により確認した結果、人力の場合のハンドル操作時間は最大で54分、それから電動ドライバを用いた場合のハンドル操作時間は最大で13分となっております。炉心の著しい損傷時においても、現場において人力で隔離弁の操作ができるように、放射線防護対策として遮蔽を設置する設計としています。意見No.77の回答の説明は以上となります。

62ページをお願いいたします。ここから参考資料の説明を簡単にさせていただきます。

参考1は、設置許可の審査が終わっております柏崎刈羽の6、7号機・東海第二と女川2号の主な重大事故等対処設備の比較結果を4枚にわたって整理してございます。表の欄外に書いています赤字が差異の部分でございますけれども、基本的には先行とほぼ同様の対策になってございます。

66ページをお願いいたします。参考2は、これまで説明しました重大事故等対処設備の全体像を4ページにわたって整理しております。赤字で示しますが、今回新設なり改造している系統の設備になります。説明は省略させていただきます。

以上で全体の説明を終わります。

○座長 ありがとうございます。

初めに、この件につきまして、欠席の先生から何かコメントがありましたら、事務局からご報告をお願いいたします。

○事務局 事務局でございます。ご欠席の先生からは、コメントにつきましてはなかったという

ことを報告させていただきます。

○座長 それでは先生方、何か質問等がありましたらご発言いただきたいと思います。関根先生、お願いいたします。

○関根委員 ありがとうございます。先日女川のベント関係の設備を見学させていただいて、水素濃度、これがやっぱり一番気になりました。福島でも似たような経験をしています。それをどうやって解決していくのかというのが非常に注目されることだろうなと思いました。

今、何らかのときに、何らかの稼働の能力、電源を使わないような静的にする設備は望ましいものだと思いますけれども、ただし一番気をつけなければいけないのは能力に関することであろうと思います。能力は今これをお示しされているのはわかるのですけれども、例えば寿命には配慮する必要があり、永久にそのまま触媒の機能が続くわけではないだろうと思うわけで、だから、寿命を含めた計算条件関係が一番気になりました。

私が最も気になったのは、どのぐらいの寿命期間、これは触媒能力が発揮できるのかと。1回オープンしたときから、確かにコーティングがされているとはいえ、触媒の寿命というのはやはり考えなければいけません。この計算の中では、ほかの条件によって130時間がでてくるという説明がありましたけれども、この触媒の自身の耐用日数、耐用年数、月数からは、それは関係がなかったように思いました。ですので、それをまず一つお伺いしたいなと思いました。

それから、水素の処理能力の関係でもう一つ、障害する要因が気になりました。障害する要因で、私最も気にしたのは水です。今外側の水の影響は、カバーによって覆われているから関係ないとおっしゃった。ただし水素は中に入っていく、中で水ができます。そうすると、中の水はカバーによって外に出て行けないのかというおかしな疑問にとどります。だから、蒸発で出て行くのだというご説明が不思議に思えるのです。確かに水が1モルできれば、液体の水だったら大体280キロジュールぐらいの発熱量になりますよね。そうすると、その蒸発熱が大体40キロジュールぐらいですから、十分それを補っているのですけれども、周りの温度によって凝縮はしますので、今のカバーがついていることによって、逆に内側に閉じ込められることになるため、能力はそのまま続かないのではないかというのが私の直感なんです。もう一つ、温度が非常に高い場合の計算でのみ、水蒸気濃度の高い算定をされていますが、低い場合では水蒸気濃度は低くなる、0%で計算されていますよね。だから、そのときに凝縮が必ず起こってくるんだろうなと考えるのです。したがって、この場所でもしも可能だったらテストしていただけると一番いいのだろうなと思われ、そうすれば一番安心です。大変危険な作業に

なりますけれども、何らかのもう少し緩い条件から、この場でテストして、この能力が確認できて、そうすれば皆さんどういう能力があるのかというのが実際にお示しできます。そういうことが可能であればお願いしたいなど、見学も含めて今日も思いました。以上です。

○座長 それでは、返答をお願いいたします。

○東北電力株式会社 東北電力の菅原です。

今ほどのご質問なりご意見に対する部分なのですが、まず1つ目のPARの耐用年数についてですけれども、明確にはございません。どうするかといいますと、定期検査ごとに、実際に水素を入れて触媒活性の状態を試験で確認いたします。その状況を見て触媒の交換を行うということで考えてございます。

それから、2つ目の中で発生した水の状況であるとか、蒸気凝縮に関する懸念というお話ですけれども、このPARというものはもともとPWRの格納容器に入れている製品でして、相当海外でも試験の実績はございます。その試験の実績をもとに検討を進めているのですけれども、例えば、PARの温度は300度まで上昇するだろうと考えてございまして、基本的には水蒸気的环境下でも一度PARが動けば、蒸発して行って、それが上昇気流になって建屋内を対流して、またPARに戻ってくるということで、処理が継続的に行われるような知見が出てございます。基本的には一度起動するまでの影響は考えなければいけないということで、それが今日お示しました57ページの右側の部分なんですけれども、初期の水蒸気の影響によって、PARが始動しないとPARが効いてきませんので、海外の知見なりを参照して問題ないということで確認しています。説明は以上になります。

○関根委員 ありがとうございます。実績があるということで、その点については理解をいたしました。

ただ、最後に一言残ったのは、起動するかしないかというところ、その条件づけをきちんとしていただいて、説明していただければいいと思います。

ただ、素人目から判断しますと、やはりそういうテストはちゃんと、その現場でやっていただけると安心感が全然違うなど私は思いましたので、可能ならば、またそれから耐用年数を比較するのに水素を注入して、その能力を実際に出して、それで交換などを考えるという非常に現実的なお話でしたので、全体的な今のシミュレーションに対するような試験をできれば一番我々も安心できるかなと思いました。以上です。

○座長 それでは、兼本先生、お願いします。

○兼本委員 非常にたくさんの対策を聞いて、全部を全て理解しているわけではないのですけれ

ども、非常にたくさんの新設の安全設備を入れて、安全性は福島事故も含めて、非常に高まっていると思うのですが、一つ懸念という意味で質問させていただきたいのですが、新設のものについては経験がないわけですから、想定外のことで、実際せっかくつけたんだけども使えなかったということはあり得ると思うのですよね。そういう意味で、1つ、2つ、ちょっと代表的な質問をさせていただきたいのですが、例えば11ページですね。冷却材圧力バウンダリですね。電源設備が喪失した場合に、バウンダリの人力で弁を操作するという記述があるのですが、先ほどの格納容器のベントの場合も人力で、これは遮蔽まで考慮しているということだったのですが、これも同じように、非常時にも立ち入れるような場所で人力で操作できるかどうかということ、もう一つ教えていただけますかね。4つぐらいあるのですが、順番でいいですか。

○東北電力株式会社 先ほどの高圧代替注水系の現場操作の確実性というお話だと思うのですが、今の想定は、全面マスクなどの放射線防護対策をしますと。それから、人数は2名で行きまして、基本的には事象発生初期にこの注水対策をやらないと事故収束はしませんので、事象発生初期ということで、被曝的には問題ないという評価をさせていただきます。

○兼本委員 早期に行くよ。

○東北電力株式会社 はい。

○兼本委員 わかりました。福島の場合でもおくれてアクセスできなかったような場所が結構ありましたので、そういうことでしたら、わかりました。

もう一つ、次が非公開資料の13ページ、これも圧力容器の、これも福島で同じように逃し弁が開かなかったという事例ですけど、最高使用圧力の2倍ということですが、これは854キロパスカルですね。圧力容器、格納容器内の圧力はこれ以上に上がることもあると思うのですが、そういうことは想定されていますか。

○東北電力株式会社 有効性評価のシナリオの中では、この854キロパスカルまで到達するようなシナリオはありません。厳しいシナリオをつくってもあり得ませんということで、基本的に格納容器の健全性は、設計圧力がこの半分なので、854キロパスカルまで耐えますということで確認しているということで、ここまでやればいいでしょうと考えております。

○兼本委員 それ以上になっても、格納容器はもつと思うのですが、その場合に逃し弁が開かなくなるというシナリオは、逆に言うと減圧設備がいろいろついているから、それはそれ以上のことは考えなくてもいいですと理解していいのですかね。

○東北電力株式会社 854キロパスカルになるようなシナリオは、炉心溶融をして原子炉の減圧をする必要がないような状況を想像できます。

○兼本委員 福島はどれぐらいまで、800キロパスカルぐらいまで上がりませんでしたか。半分ぐらいでしたか。結構上がった印象があったのですけれども、今その場では確認できないですけれども。

○東北電力株式会社 東北電力の田中と申します。

今のお話なのですけれども、我々格納容器につきましては、854キロパスカル以上にならないように、そこに到達するまでに格納容器ベントをしますということにしております。おっしゃるとおり、ベントに失敗するような事象を想定すれば、もっと2Pd以上に上がっていくというシナリオはあり得るのですけれども、そこは確実にベントをするという対応で考えております。以上です。

○兼本委員 わかりました。いや、この2倍だけで考えると、格納容器、それ以上に8気圧以上に上がることはあるのですけれども、ベントという設備も含めて、これでいいですよという説明であれば、まあ納得できるかなと。

もう2つほどあるのですけれども、あまり時間とって申しわけないですかね。27ページですか。燃料プールの代替注水系、ホースを通じて冷やしますよという表現があるのですけれども、このホースは緊急時に引くと解釈したのですけれども、そういう状況になるのでしょうか。福島の場合も冷やすときに俗にキリンと呼ばれるような非常に高い消防設備でようやく冷えたということなのですけれども、ホースを引けるような状況じゃないという気がするのですが。

○東北電力株式会社 ご指摘のとおりでございまして、ホースを敷設できないような状況も考えて、常設の配管で設備を構築しているのと、あと、ホースでもやれますと。ですから、状況を鑑みて対応するということになります。

○兼本委員 というのは、ちょっと言葉悪いのですけれども、新設でホースで引いて、それも代替の一つですよと言われても、実際にはそれができないような案を書いているとすると、架空の安心にしかならないので、そこは気をつけていただきたいなど。これも福島で経験したことですけれども、オフサイトセンターが近くに造ってあって、役に立たないというのは皆さん認識していたのですね、事前にね。安心材料としてそれを置いたのですけれども、それでは意味がなくて、そういうことを考慮して、こういう新設は、せっかくつくのであれば、現実的にできるような案をやってほしいなど。これはコメントで結構です。ないよりはあったほうがいいということで、わかります。

最後にもう一つだけ、少しこれは計測としてはちょっと懸念もあるのですが、39ページですね。代替パラメータをほかの物理量から推定しますよという、2番目の案ですね。これは非常に大事なことではあるのですが、運転員にそこまで任せられるのでしょうか。つまり、直接の計測値とこういう代替の推測の計測値があったときに、安全の専門家であれば理解できることでも、運転員であれば、逆に違う量が提示されると混乱することはないですかというところを、少しちゃんと考えてほしいなというところでご意見はいかがでしょうか。これが最後です。

○東北電力株式会社 こちらの推定手段につきましても、安全解析のわかる人じゃないとわからないような推定にならないように、例えば早見表をつくるなどの整備をして、手順化していきたいと考えています。

○兼本委員 運転員の方に全部わかってもらうのは無理ですから、そうでない専門家の発電所のサイトにいるわけですから、手順書の中で誰がどう解釈するかというところまで記載して、役に立つような情報提供をしてほしいなという気がします。これはコメントです。以上です。

○座長 ありがとうございます。そのほかご質問、首藤先生、お願いします。

○首藤委員 説明ありがとうございます。私から質問とコメントを含めて、3点申し上げたいと思います。

1点目は、今兼本先生がおっしゃったことと関連するのですが、今の39ページの代替パラメータのお話ですとか、いろいろな計測装置や設備が増えたりということで、運転員が見なければいけないものが相当増えているのではないかと思います。それらの設備は新設しますけれども、多分、中操のパネルを一新するとかいうわけではないと思うので、上手にお示ししないと情報過多になってしまったりして、運転員が一体何が起きているのかわからないという状況になりかねないと思うのですね。ですので、マニュアルでもそうですし、訓練でもそうですし、きちんと運転員がそれらの設備を使いこなせるようにということをしっかり確認していただく必要があるかなと思います。

ヒューマンファクターの専門家ともご相談されて、運転員のワークロードをしっかりと確認して、最終的に運用までしっかりやっていただきたいと思います。これはコメントです。

質問が2点ございまして、まず1点目は、すみません、27ページでご説明いただいた、使用済燃料プールの燃料損傷防止対策なのですが、これは私の理解があっているかどうかをちょっと確認させてください。

1つ目の四角のところは、要はプールに水を入れることができなくなった場合に、代替手段

として水を入れる手段を設けるとのことだと理解しています。使用済燃料プールで冷やせなくなるもう一つとしては、一生懸命水を入れても、プールから水が抜けていってしまう場合が考えられると思うのですけれども、2つ目のスプレイというのは、そういう場合でも冷えるという対策だと理解していいのかどうかということが質問です。

もう一つの質問は、31ページですね。発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための設備、これ正しいのかどうか、私もよくわかりませんが、要は施設の外に放射性物質が出ないようにという対策ということだと思うのですけれども、私のような素人からすると、フィルタベントというのはまさにそのためにあるのではと思うのですが、フィルタベントは別のところで説明をされて、大気中への拡散抑制設備という位置づけにされていないのはなぜなのかなというのが素人的に疑問に思いました。フィルタベントで触れられているのは、格納容器の圧力を減らすということで、もちろんその効果もあるということは当然わかるのですけれども、むしろ通常のベントではなくて、フィルタベントになった一番の理由は、放射性物質の拡散を防ぐということではないかと思うので、何かこちらに書かれていない理由があれば教えてください。以上、2点です。

○東北電力株式会社 まず、使用済燃料プールの対策に関して、27ページですが、こちらの1つ目につきましてはご理解のとおりで、水が足りなくなったときで、従来、補給する設備が機能喪失しているのです、これで注水をしますというのが1つ目の対策になります。

それから、2つ目のスプレイですけれども、これはシナリオがないような状況なのですが、例えばプールに穴があいて、急激に水がなくなるような状況においては、燃料自体にスプレイ水を吹きかけて冷却をするというものになります。ですから、これはシナリオにはなくて、念のための対策というような位置づけになります。先ほど、沸騰で減るのではないですかというお話がありましたけれども、沸騰で減りますので、最終的には29ページの燃料プール冷却浄化系というもので熱をとってあげるということも対策としてはやることになりますので、注水をしつつ除熱をして、水位を確保するということになります。というのが1点目の回答になります。

それから、2点目の31ページの放射性物質の拡散抑制の中に、フィルタベントが入っていないのはなぜでしょうかというご指摘ですけれども、新規制基準の枠組みでの整理をさせていただいておりますので、ご指摘のとおり、フィルタベントは放射性物質の環境への放出低減をするというのが重要な目的になってございますので、ご理解のとおりで結構だと思います。放射性物質の拡散抑制もシナリオがないような状況で、例えば航空機が突っ込んできたというと

きに、水を放水させて、放射性物質をたたき落とすというような効果を期待する拡散抑制対策になっております。説明は以上になります。

○座長 それではそのほか、鈴木先生、お願いします。

○鈴木委員 説明ありがとうございました。非常に多岐にわたって考えられていて、よく理解できました。ただ、私の質問、ちょっと一般的な質問なのですが、機械屋なものですから、すぐそういう心配をしてしまいますが、一つは代替の設備を随分たくさん、いろいろ機能も違いますけれども、ありますけれども、機能的な問題と構造的な問題でちょっとどうなのかなと思ったのが、まず代替設備というのは常時の運転ではなく、非常時に働くものですよね。ですから、実際にオペレートしているときには働かないものなのですが、それがきちとした機能をそのときに発揮するのかと。何らかの、さっき寿命の話もちょっと出てきましたが、寿命に限らず、実際には健全だと思っていたのが、何らかの要因で働かないということがあり得るわけで、そういうもののチェックをどういうふうに行われているかというのが一つ。

それからもう一つは、構造的な問題なのですが、要するに構造変更されるわけです。ですから、構造変更されますから、余計などとは言いませんが、付加的に構造をいろいろつけますので、その構造が変化することによって複雑になっているわけですよ。構造的に複雑になるというのは、性能的に見るとあまりいいことではなくて、例えばちょっとした、それほど過大ではないような地震でも、実際アメリカなんかでそういう事例があるのですけれども、大きく揺れてしまったり、そういうことによって、だから変更された構造としての動解析、そういうものがきちとやられているのかどうか、その2点について教えていただいて。

○東北電力株式会社 まず、非常時に確実に動かすことはできますかというご質問ですけれども、これまでの非常用……。

○鈴木委員 動かすかではなくて、動くと思いますよ、もちろん。動くと思いますけれども、そういうことをチェックする、点検するというか。

○東北電力株式会社 これまでの非常用炉心冷却系、既設の設備につきましても、運転中は定期試験ということで、頻度を決めて動くかどうかをチェックしておりましたということで、この新設する設備についても……。

○鈴木委員 点検中にやるの。

○東北電力株式会社 いえ、運転中に可能な範囲で試験をやりますし、当然、定期検査中にも試験をやりますということで、これは保安規定の中で決めて健全性を確認していくということになります。

それから、2つ目の構造強度のお話ですけれども、今回新設します設備は、当然耐震性の要求がございまして、耐震評価をやります。それから、構造強度の評価もやりますので、そういう確認の中で、問題ないということを確認していきます。

○鈴木委員 つまり、その下の例えば配管なら配管をつけたという、その配管の構造の強度だけではなくて、全体系として構造が変更されるわけですね。そういうことも考えて評価しますよとおっしゃっていると思ってよろしいですか。

○東北電力株式会社 ご指摘のとおりでございまして、既設の系統に新設の系統をつなげますので、当然、系としての強度評価、耐震評価をやっていくということになります。

○座長 岩崎先生、お願いいたします。

○岩崎委員 幾つかお聞きしたいのですけれども、まず順番にちょっと個別に、31ページの放水設備のことで、これも拡散抑制ということで設備になっているのですが、この性能はどういうふうに評価されるのでしょうか。

○東北電力株式会社 こちらは性能を評価する指標というのはなくて、放水範囲が建屋全体に放水できますかということの確認をもって放水設備の機能を期待します。ですから、放射性物質の除去性能がどうだとか、そういうところまでは、現実的には確認できないという設備になります。ですから、名前も抑制ということで、フィルタベントみたいに何%とりますとか、そういう設備ではございません。

○岩崎委員 いや、そうすると、実はさっきお返事になったところでちょっと気になった、海水の設備はおまけですよという発言をなされました。言われたのです。要するにそういう考え方なんです。要するに、海水を供給する施設は、おまけ的にといいませんでした。

○東北電力株式会社 おまけではなくて、基本的にはフィルタベントなり注水なりをやって、どうしようもない状況においてはこれを使うということで。

○岩崎委員 いやいや、言葉尻を捉えるようだけど、気持ちがあらわれていたと私は思います。後で確認してください。

それで、こういうふうに放水設備をつけたと。庭に水をまくわけじゃないんだから、放射性設備の抑制装置といたら、抑制性能を出してくださいよ。そうじゃなきゃ、ここに挙げちゃいけませんよ。

○東北電力株式会社 すみません、説明の中で誤解を招くような表現をいたしましたこと、おわび申し上げます。ただ、私どもはこの放水砲というのは最終手段として、いざというときとにかく放射性物質の拡散を抑制しなきゃいけない。こういうために設けているものでござい

して、基本的にはこうならないように、今までほかの重大事故の対応、対処設備、これで何とか抑えるというのが基本的な考えでございます。

福島を踏まえますと、そういうものだけではなくて、最後の最後までとにかくできるものは何でも考えて対応しなきゃいけない。そういう観点から、こういう設備についても事故の対象設備ということで挙げさせていただいております。

○岩崎委員 そうしたら、この文章を見ると、拡散を抑制するため原子炉建屋の屋上に放水または広範囲に放水とありますけれども、出した水がどの程度屋上に行くかわかるのですか。

○東北電力株式会社 当然、流量管理もやりますし、放水砲が、どういう放射曲線で散布されるかということについては確認してございます。

○岩崎委員 実際の条件で屋上にどの程度の水量を一定量で放水するか。それと、ブルームができてしまった後にまいてもしょうがないわけですね。ですけど、要するにここに入れるのであれば、きちっと性能評価を書いてもらって、後ろのPARのようにどのぐらいありますとか、そういうことを書いていただかなければ、ここに抑制にもならないものを抑制装置として書いては、気持ちですよということが、あれはありありとわかるんです。おまけのおまけでつけてありますと、皆さん、安心してくださいと言われたって、要らないものつけたってしょうがない。ないほうがいいですよ、これ。下の泡消火設備というのだったらわかりますよ。それは大体そのとき使いますというのはわかるけど、放水設備として抑制するのであれば、ちゃんと議論してくださいよ。そんなおまけのおまけだったら、ここ除いてくださいよ。

○東北電力株式会社 岩崎先生おっしゃることは理解できるのですけれども、ただこの設備に対して定量的に何%抑制されるのかといった評価というのはなかなか困難でございますので、この設備の位置づけとして、決しておまけというわけではなくて、我々もとにかく最後の最後までいかなる手段でも講じて、放射性物質の拡散は抑制しなきゃいけないと思っております。

○岩崎委員 そんなのダメですよ。福島を事故目の前にして、ダメですよ、そんなものでは。ダメです、そんなのは。

○座長 これは後で試験されるわけですか。放水の試験とか、そういうもので確認をするという手段をとるのでしょうか。そういう手段でどれだけ水が出てきたとか、どれほど濡れたとか、そういうことで確認をするのでしょうか。

○東北電力株式会社 まず、大気への拡散抑制設備自体につきましては、この絵にございますように、原子炉建屋のどこかしらわからないところから放射性物質が出てくることも、まず想定しましょうと。その際に、今定量評価をというご指摘がございましたけれども、どういった状

況になったら、そういった放射性物質が出てくるかというのは、なかなか想定しづらい部分がございます、ですので出てきた核分裂生成物をどれぐらい打ち落とせるか……。

○岩崎委員 もう終わりにします。想定外ということを言いたいんでしょう。

○東北電力株式会社 いえ、すみません……。

○岩崎委員 だから、もういいです。この質問、私コメントとして受け取ってください。答え返ってこないと思いますので、時間の無駄だと思う。

それと関連して、65ページの柏崎刈羽と東海第二は原子炉建屋放水設備と書いてあるのね。65ページに。それとはどう違うのですか。

○東北電力株式会社 基本的には同じでございます。

○岩崎委員 国の審査ではどういう評価になっているのですか。

○東北電力株式会社 先ほどご説明したとおりで、建屋の屋上なり建屋の全面に対して放水が可能かどうかというものを評価します。あと、消火については、航空機燃料の火災に対して、本水量であれば大丈夫というものを評価しています。

○岩崎委員 消火のほうはわかるんですね。国の審査いい加減ですね、という感じを持ちますね。つけてりゃいいかという印象を持ちます。以上、コメントです。では、ほかの質問に移ります。

それで、次にちょっとお聞きしたいのは36ページのところで、代替電源設備というのをいろいろ強化されて、これは非常に有効だと思うのですがけれども、福島の事故のときに一番問題だったのは、鉄塔が倒れて接続できなかった。全部鉄塔が倒れたということですがけれども、そういう対策というのは直接関係ないのですがけれども、東北電力としては、地震時に鉄塔の補強というのはされているのですか。

○東北電力株式会社 すみません、鉄塔については、私詳しくないのですが、こちらの対策でいますと、アクセスルートとして2ルート設けます。当然そのルート沿いに障害物であるとか、鉄塔であるとか、火災源であるとか、そういうものがあって、何かがあってルートを阻害しないようなことはないのかというのを評価しています。

○岩崎委員 そこは国の審査にはかかわっているのですか。

○東北電力株式会社 かかわっています。

○岩崎委員 そうですか。じゃあ、福島の結局は津波が来た後に、福島2号はぎりぎり第2はもったけど、第1がもたなかったのは、結局線が切れちゃったからなんですね。という一番の根本はそこなので、代替設備が2系統というのはわかるのですがけれども、しっかりとぜひとも東北電力管内の自分の施設なので、女川への電気供給は絶対維持するんだという、そちらのほう

をきちっとやっていただきたいというのが県民としては一番、代替設備よりも正当な電気が来たほうがいいわけですから、よろしくお願いします。

次、39ページですけれども、メインのパラメータの測定ができなくなったときに、代替のパラメータで推定するということが書いてあるのですけれども、これはやむを得ないと思うのですけれども、これの相関具合というのはどうなんですか。要するに、運転の直に入っている人が、どの程度の精度でこれが推定できると評価されているのでしょうか。

○東北電力株式会社 計測誤差という意味合いでしょうか。

○岩崎委員 例えば原子炉圧力温度というのがあって、一番上に、39ページの原子炉圧力容器温度、これがはかれなくなったと。すごく高温になっているかもしれないと心配するわけですが、例えば圧力、水位、入り口温度で推計しますよということですが、計算上は推定できるのでしょうか、現場の中で圧力容器温度をどの程度の推定精度があるかということも議論されているのでしょうか。

○東北電力株式会社 例えば、福島のと看でも話題になった原子炉水位については、たまっているか、たまっていないかというような判断の推定もあれば、ほかの同等の検出器などである程度あるでしょうという、それぞれの推定手段には確度が高いもの、低いものがある、それは整理しています。

○岩崎委員 結局、福島の事故のときに水がたまっているんじゃないかとか、たまっていないんじゃないかということを散々議論してわからなくてやっていたわけですね。実際もうすっかり炉が溶けちゃっていると。簡単な検査をすると溶けるといのは、福島の事故、熱量計算だけでわかるのですが、ここ極めて重要なところなので、事故になりました。代替、主の電源が切れまして。だけど、減少水位は例えばどうなっているかというのは、そんなに精度ないでしょう。おっしゃったように、燃料の上にあるかないかなんていうもの、全部抜けたか、抜けてないかというような精度の感じもあるわけでしょう。だから、そういうときに運転の訓練する人はここを訓練されているのですか。

○東北電力株式会社 訓練についてはこれからになりますので、先ほどもご説明したとおり、実行する手順はまだつくっておりませんので、今後手順をつくってまいります。

○岩崎委員 そのときに、福島の経験、苦い経験を生かすように、せめて水位とか、主要な温度はめくらでもどうやったら推定できるかと。少なくとも2通り、3通りの方法をBWRメーカーも含めて、きちっとマニュアルに書いておくぐらいのことをしていただかないと、ちょっと不安なんですね。はかれなからわからないということに絶対ならないようにしていただきたい

いと。そうしないと、水があるかないかというのがわからない限り、その後の対処は全然わからなくなっちゃうので。

それともう一つだけ、54ページに水素の発生にPARで抑制するというので、19台ということで、一様に水素が抜けて上に上がってくるという大前提で捉えれば、どこかにたまらなければ、これでいいのだと思うのですけれども、そのときに福島の、実際はどの程度の水素量、ここで前提にしているのが、有効燃料長の部分のジルコニウムだけが反応するという前提なんですけれども、本当にそれがいいのかなというのはどうなのでしょう。

○東北電力株式会社 福島の水素の発生量というのは、これまでいろんな調査をされていますけれども、実はまだ明確に出てないというのが実態でございます。ですから、ここに書いておりますけれども、先ほど、格納容器の圧力が限界までですかとか、そういう議論がありましたけれども、基本的に限界圧力で漏れるよりも保守的にとりましょうということで、1.3%/dayの10倍ぐらいをとりましたというのが、今国内のスタンダードになっているという状況です。

○岩崎委員 研究ベースでしょうけれども、実際に福島の事故の水素量は、福島の有効燃料長のジルコニウムを全部仮定したときの水素量で包含しているのですか。ほかの部分のジルコニウムとか、ほかから水素が出たとかということは、電力としてはどう考えているのでしょうか。

○東北電力株式会社 東北電力の田中です。

今ほどのお話なんですけれども、先ほど来、福島の再現評価などで実施されておりますけれども、ベント管を通して4号側に出ているのもありましたけれども、主たるところはジルコニウム-水反応による水素であって、現状の100%のこの想定でおおむね包絡できていると考えています。以上です。

○岩崎委員 そうなのでしょうけど、しっかりこれからもフォローしていただいて、ほかに要因が出てきたときに、せつかくのPARがあと何台かあれば助かったということのないように、19台を何台にすればいいか私もわかりませんが、きちっと最新の知見をぜひとも追いかけていただきたいということをお願いします。

それと最後にもう1点、鈴木先生からもあったのですけれども、たくさんの代替、新しい新設の設備をつけるということで、今までのBWRプラントの安全性は何だったのかということ、ちょっと頭をよぎりますが、それはともかくとして、既存の設備の、例えばものとの取り合いがうまくいかないとか、そういうことをちょっと私は懸念するのですが、つけた方がいいが、それは単独では動く。ところが、実際に何かフルに動かしてみたらだめでしたということのな

いようなチェック、保安規定みたいなのをやられるのでしようけれども、ぜひともそこを既存設備との連携の部分のところを、単独ではなくて、連携の部分のところをきちんと保安規定なり何なりでチェックするものを検討していただきたいと思いますので、よろしくお願ひします。以上です。

○座長 そのほかご質問ございますでしょうか。

ちょっと私1つ、67ページ、68ページ、69ページにわたっての全体の防止対策が書かれているわけなんですけれども、例えばこの事故が重なって起きている場合、どういうふうに対応するか。要するに炉心の損傷が起きました。格納容器が破損しました。燃料プールの燃料が破損しました。それが、複数の事象が同時に起きるようなことがあった場合に、その代替の例えば大容量の送水ポンプが何台かございますが、それだけの数のものがあれば、十分にこの並列的に起きたような事象の場合にも対応できるのか、ちょっとその辺を教えていただけますか。

○東北電力株式会社 炉心損傷防止対策と格納容器破損防止対策は対になっていて、流れで対策しますので、そこはいいと思うのですけれども、プールの対策につきましては、大容量送水ポンプで注水を行いますけれども、15ページに記載しているのですが、基本的には1台で原子炉への注水もできるし、格納容器へのスプレイもできるし、プールへの注水もできるというような系統構成を組んでいますので、やれると考えています。

○座長 1台で全部のところに水を送れる。

○東北電力株式会社 はい。1台で全部のところに水は送れます。

○座長 そのほかご質問よろしいでしょうか。それでは、ご質問ないようですので、この(8)重大事故対策(放射性物質の拡散抑制等)に関する議論を終了させていただきます。

ここで5分間の休憩をとりたいと思います。再開は11時26分にしたいと思います。

[休 憩]

○座長 それでは、時間になりましたので、再開したいと思います。

- ・(8)重大事故対策(炉心損傷防止)

○座長 次に重大事故等対処設備(8)重大事故対策(炉心損傷防止)につきまして、東北電力

株式会社から説明をお願いいたします。

○東北電力株式会社 東北電力、松藤と申します。よろしくお願いいたします。

本日は資料-3、こちらの資料に基づきまして、重大事故等対処施設の炉心損傷防止対策についてのご質問事項について回答させていただきます。本日は関連質問2点についての回答を予定してございます。

では、まず1ページ目をお開きください。1件目のご質問の説明となります。論点No.7 1 関連質問への回答ということで説明いたしますが、まずこちらの前回の検討会におきまして、論点7 1、こちらのP R Aの解析手法や解析結果、主要データの信頼性についてのご説明というものであったのですが、そちらの中でですね、P R Aの解析結果の品質を確保する目的で、国内外の専門家によるピアレビューを実施している旨、ご説明をしておりましたけれども、こちらにつきまして、こちらに記載のとおり、P R Aのピアレビューにおいてどのようなコメントがあったのか例示していただきたいとのご質問等でございます。こちらのまず回答を行います。1ページ目は、前回ご説明しましたピアレビューの目的や観点を再掲しているもので、説明は省略いたしまして、次の2ページ目をお開きください。

2ページ目、ピアレビューの結果の概要をご説明いたします。

まず、1番目の矢羽根に記載しておりますが、まずピアレビューの結果としましては、原子力学会標準への不適合や評価手法に問題があるとされるというような指摘事項はありませんで、P R Aの評価結果に影響を与えるような技術的な問題点がないということが確認されてございます。

一方で、2番目の矢羽根になりますけれども、海外のレビューアから、主に米国で実施しておりますP R Aの状況を踏まえましたコメントを頂戴してございます。1例はこちら資料の表の海外レビューアの主なコメント及び対応方針ということで掲載してございます。

コメントの内容ですけれども、運転時のレベル1 P R Aに対しまして、運転員が設備の操作等を失敗する確率の評価を行います人間信頼性解析について、その運転員のインタビューを行うことで評価に関する情報、手順書だけではわからないような運転操作を行う場所へのアクセス性や現場の警報発生の有無や現場環境ですね。明るさであったり、温度やこういった操作に当たってどういうツールを使っているのかといったような、そういった情報を得ることができますというコメントをいただいております。こちらについての対応方針ということになりますけれども、まず事実関係として、今回の審査に用いましたP R Aの評価におきましては、運転員に対するインタビューは実施していないということになってございます。こちらにつきま

して、今後運転員へのインタビューを行うことで、より適切な人間信頼性解析が可能になると考えてございますので、今後プラントの再稼働後に実施する予定であります安全性向上評価において、そちらのP R Aにおいてインタビュー等を実施していきたいという方針でございます。このように、本来実施したP R Aにつきましては、日本原子力学会標準に適合した手法を用いて評価をしているということになりますけれども、海外でのP R Aの実施状況や最新知見についても今後積極的に情報を入手しまして取り込んでいくということで、より品質の高いP R Aを実施していきますように、今後検討していくこととしてございます。

以上が論点7 1 番のご質問への回答説明となります。

では、3 ページ目をお開きください。ここからは、論点7 2 番関連のご質問への回答となります。こちら、前回検討会で論点7 2 番のご説明におきまして、各事故シーケンスごとの重大事故等対策について、設備や手順の改正等についてご説明をしておりましたが、こちらの説明に対しまして、まず1 点目として、各事故シーケンスの説明において、安全対策なしのP R A のシナリオと、安全対策ありの有効性評価のシナリオを対比させた形での説明をするということ、ご質問いただいております。2 点目として、重大事故等対策を実施する上で必要な要員につきましては、最終的な結果だけではなく、その積み上げ根拠も示すことということで、ご質問いただいております。本日は、まずその安全対策を考慮していないP R A 上のシナリオと、安全対策を考慮した有効性評価のシナリオを対比した形で、前回の第1 7 回安全性検討会においてご説明した4 シーケンスについてご説明することといたします。また、2 番目の矢羽根に記載しておりますように、事象発生から事象収束までのタイムラインと必要な要員の人数についてもあわせてご説明いたします。

では、4 ページ目をお開きください。ここでは、高圧・低圧注水機能喪失（T Q U V）シーケンスでのシナリオについてご説明いたします。

まず、資料の図の見方になりますけれども、上から順に、一番上が安全対策なしのシナリオとなりまして、その下が安全対策ありのシナリオになっております。また、その下に点線が引かれておりますけれども、その点線より下につきましては、今回整備する重大事故等対処設備のうち、有効性評価において、その効果に期待しない、考慮していない対策というものを点線より下に記載をしております。

では、まず安全対策なしのシナリオで、T Q U Vシーケンスの流れをご説明いたします。まず、一番左側にありますけれども、起因事象としまして、給水流量の全損失が発生して、原子炉に水が入らない状態がまず発生すると。その後、右側に参りまして、高圧注水機能と低圧注

水機能が喪失して、原子炉に水が入らない状況が続きますので、原子炉水位が低下して、最終的に一番右端の炉心損傷状態に至るといったシナリオになってございます。

これに対しましてその下、安全対策ありとした場合のシナリオはどういうふうになっているかということをご説明いたします。まず、起因事象である給水流量の全損失発生から、高圧・低圧注水機能喪失が発生しまして、原子炉の水位が低下する、ここまでの一連の流れは同様となっております。ただ、高圧注水機能の下に矢印で記載しておりますが、重大事故等対策として高圧代替注水系というものを整備してございます。ただ今回の有効性評価については、こちらには期待しないというような評価となっております。

続きまして、原子炉水位の低下以降の流れとなりますが、原子炉の水位が低下しますので、ここで逃がし安全弁の減圧と、低圧注水時間となります復水移送ポンプによる原子炉の注水を実施するということとなります。注水をして、こちらの減圧機能に対しましては、矢印の下の点線以下に記載しておりますが、可搬型代替直流電源設備や高圧窒素ガス供給系、代替高圧窒素ガス供給系、主蒸気逃がし安全弁の可搬型蓄電池など、電源と逃がし弁の窒素ガス等、こちらバックアップとして、さらに重大事故対策を整備してございます。

また、低圧注水手段となります復水移送ポンプにつきましても、矢印に記載しておりますように、可搬型設備となります大容量送水ポンプであったりとか、常設設備となりますけれども、ろ過水ポンプなどのこちらについてもバックアップ手段が整備されている状況となっております。

その注水をして原子炉水位が回復いたしますけれども、シナリオの前提として低圧注水機能が喪失している前提に立ってございます。そうしますと、残留熱除去機能が使えないという状況になりますので、格納容器の除熱が喪失しているという状況になります。そうしますと、格納容器の圧力温度が上昇していきますので、そちらの対策としてまず大容量送水ポンプを設置しまして、原子炉格納容器の代替スプレイ系、こちらによる格納容器除熱を実施するということとなります。可搬型設備を使用しますので、燃料補給ということで、その下に記載がありますけれども、タンクローリーによる燃料補給を並行して実施するという流れとなっております。

こちら、大容量送水ポンプによる格納容器スプレイは外部水源を使用しておりますが、外部水源の注水量には限界がありますので、その限界に到達するまでに格納容器の除熱機能が復旧できない場合につきましては、その右側の原子炉格納容器のフィルタベント系による格納容器除熱を実施するという形で、最終的には原子炉の安定冷却に持っていくといった流れとなっております。

ございます。また、このフィルタベント系につきましては、そのバックアップ手段として、耐圧強化ベントが整備されているという状況でございます。

以上のように、重大事故対策につきましては、多様な手段が整備されておりまして、有効性評価におきましては、保守的に一部の対策に期待しないという姿におきましても、炉心損傷が防止できることを確認してございます。以上が事故シナリオの説明となります。

では、次の5ページ目をお開きください。

5ページ目、ここでは先ほど説明しましたTQUVシーケンスの要員の積み上げについてのご説明となります。

まず、縦軸は各要員とその内訳を記載しておりまして、横軸は事象発生からの時間軸、タイムラインとなっております。

まず、1番目は発電所対策本部要員となっております、こちら事故対応指揮者1名を初め、合計6名ということで、そのタイムライン上にありますとおり、事故対応指揮や情報収集を実施することとなります。その下が運転員7名となりますが、こちらは中央制御室の運転員となっております、発電課長、発電副長以下は指揮を実施しまして、運転員は中央制御室と現場操作を実施するということとなります。

次に、その下は重大事故等対応要員ということで3つに分かれております。まず、1番上の対応要員6名の対応は、こちらアクセスルートの状況と復旧確認となっております。まず14ページ、最後のページを、お手数ですが、お開きください。

ここでは重大事故時のアクセスルート状況確認と復旧についてお示ししているものでございます。まず、重大事故対策要員は、資料の中央に事務本館という記載があると思えますけれども、こちらから二手に分かれまして、ルート1とルート2の確認ということで確認を実施いたします。図中では、復旧状況そのものにつきましては、ルート2をオレンジ、ルート1を緑でお示ししております。確認要員の確認ルートにつきましては、ルート1につきましては紫、ルート2については水色でお示ししておりまして、それぞれのルートに対しまして、事務本館からそれぞれのルートに沿いまして、第1保管エリアに向かいまして、ルートの確認を実施するということになってございます。また、別の事故対策要員2名は、第1保管エリアに記載がございませぬけれども、ブルドーザーやバックホウといった重機を使いまして、ルート1とルート2のいずれかの復旧を行うといった流れとなっております。

アクセスルートの確認の説明は以上でして、5ページにお戻りください。

アクセスルートの確認は以上ですが、その下の重大事故等対応の9名は、対応操作につつま

しては、先ほどのシナリオで説明しました可搬型設備となります大容量送水ポンプの設置準備を行うといったことで、ポンプの設置に3名、ホース敷設、接続に3名、注水用ヘッダ3名といった内訳で作業を実施いたします。またその下、重大事故等の2名につきましては、可搬型設備の燃料補給を実施するというので、そういった対応となっております。なお、この大容量送水ポンプを設置する場合は、先ほどご説明しましたアクセスルートと燃料補給がセットとなりますので、作業としては一連での組み合わせで作業が発生するということとなります。

以上のように、事故発生後の対応に必要な要員につきましては、事故対応指揮を行います発電所本部の要員6名、中央制御室や現場での操作を行う運転員7名、可搬型設備の運用を行う重大事故等対策要員17名、合計30名となっております。以上がTQUVシーケンスの要員の説明になります。

では、6ページ目をお開きください。ここでは全交流動力電源喪失、TBPシーケンスについてご説明いたします。

まず、安全対策なしのシナリオをごらんください。説明いたします。

まず、起因事象が全交流動力電源喪失ということで、これで交流電源が使えなくなるというふうになります。交流電源が使えませんが、電動ポンプは使えないという状況になりますので、蒸気を使います原子炉隔離時冷却系、こちらによる原子炉への注水を実施します。本シナリオでは、逃がし安全弁が開固着をするという想定となっております、逃がし安全弁の開状態が続くということで、原子炉から蒸気が格納容器側のほうに逃げていってしまうということになります。この状況が続きますと原子炉圧力も低下しますので、蒸気駆動であります原子炉隔離時冷却系が使えなくなるということで、注水手段がなくなりますので、最終的に炉心損傷に至るというシナリオとなっております。

こちらにつきましては、一方で安全対策ありのシナリオのつくりがどのようかと申しますと、起因事象であります全交流動力電源喪失から、逃がし安全弁の開固着、それに伴う圧力低下と原子炉隔離時冷却系の機能喪失までは同一の流れとなります。ですが、それ以降につきましては、注水手段としまして、直流電源駆動によるポンプを使いまして、原子炉への注水をするということで、逃がし安全弁による減圧と直流駆動低圧注水ポンプによる注水を実施するという流れとなっております。

また、こちらの直流駆動低圧注水ポンプにつきましては、水源が復水貯蔵タンクということになりますので、こちらの水源を補給するという目的で大容量送水ポンプを設置するという流れとなっております。その後、原子炉水位が回復しますが、24時間後に電源を常設代替

交流電源設備による電源を回復しまして、交流電源を復旧させまして、その後は復水移送ポンプによる注水を実施しまして、その後は原子炉補機代替冷却水系を用いました残留熱除去系による格納容器除熱を実施して、最終的には原子炉の安定冷却へ持っていくといった姿となっております。

なお、電源復旧に用います常設ポンプ代替交流電源設備に対しましては、電源車によるバックアップもございます。また、復水移送ポンプによる注水につきましても、大容量送水ポンプやろ過水ポンプといったものがバックアップとして整備されておりますし、格納容器除熱に対しまして、仮にそれが使えない場合につきましても、最終的には原子炉格納容器のフィルタベント系や耐圧強化ベントで一定の除熱がすることができるといった形になってございます。

以上がT B Pシーケンスのご説明となります。

では、7ページ目をお開きください。全交流動力電源喪失のT B Pシーケンスの要員積み上げのご説明となります。こちら、詳細は先ほどの要員の積み上げになりますけれども、重大事故等対策要員9名、2名のところをちょっと見ていただきたいのですが、こちら10時間後に、先ほどのT Q U Vシーケンスとの相違は、先ほどもご説明しましたが、原子炉補機代替冷却水系、こちら可搬型設備となりますけれども、こちらを設置するということと、こちらを使用するというので、燃料補給の対象にこちらが追加されるといった相違が生じております。ただ、対応要員の積み上げについては、先ほどのT Q U Vと変わらないということで、同じく30名という結果となっております。以上がT B Pシーケンスの要員の積み上げのご説明となります。

では、8ページをお開きください。ここからは崩壊熱除熱機能喪失、T Wシーケンスについてのご説明となります。

まず、安全対策なしのシナリオになりますけれども、一番左側、起因事象として給水流量の全喪失が発生しまして、その後取水機能が喪失することで全交流動力電源が喪失する。こちらは海水系による冷却機能が使えないということで、そういったことになるということになります。交流電源が使えませんが、原子炉の注水は原子炉隔離時冷却系を用いますけれども、海水系が使えないということで、崩壊熱除去機能が喪失している状況が続きます。そうしますと、格納容器の圧力が今度は上昇しますので、手当てができなければ最終的には格納容器の破損、それに伴う注水機能喪失に至りまして、最終的には炉心損傷に至るといったシナリオになってございます。

こちらについての安全対策ありのシナリオがどうなっているかといいますと、その下になり

ますが、起因事象から取水機能喪失による全交流動力電源喪失、原子炉隔離時冷却系による注水、崩壊熱除熱機能喪失までの一連の流れは同様となります。ただし、全交流動力電源喪失に対しましては、冷却水を用いない常設代替交流電源設備による受電をしまして、交流電源を回復しまして、電源を使えますので、逃がし安全弁の減圧と復水移送ポンプによる注水を実施いたします。復水移送ポンプは外部水系を用いますので、その補給のために大容量送水ポンプを設置しています。可搬型設備を使えますので、そちらに対する燃料補給も並行して実施をするというような感じになります。注水が行えますので、原子炉水位が回復しますが、格納容器除熱につきましては、可搬型設備となります原子炉補機代替冷却水系を用いた格納容器除熱を実施するということで、最終的に原子炉の安定冷却へ持っていくといったシナリオになります。

以上がシナリオのご説明となります。では、9ページ目をお開きください。

こちらは崩壊熱除去機能喪失TWシーケンスの要員の積み上げになります。使用する可搬型の重大事故等対処設備につきましては、先ほど説明した全交流動力電源喪失TBPシーケンスと内容が全く同じとなりますので、時系列と動きに多少違いは生じますけれども、同じく30名という積み上げになります。

では、10ページ目をお開きください。これは原子炉停止機能喪失、TCシーケンスでご説明いたします。

まず、安全対策なしでシナリオをご説明いたしますけれども、起因事象として主蒸気隔離弁の誤閉止が発生するというので、主蒸気隔離弁が閉止されますので、原子炉からその蒸気の逃げ場がなくなりますので、原子炉の圧力と温度が上昇します。そうしますと、出力を抑制する目的で原子炉再循環ポンプトリップが作動して、その後原子炉スクラムに至るわけですが、ここでは原子炉スクラムが失敗して、手動操作にも失敗をするといったこととなります。スクラムを失敗しますので、原子炉の出力抑制ができないという状況です。ですので、原子炉から蒸気が格納容器へ逃げていくわけですが、格納容器の圧力は上昇を続けまして、格納容器の破損へ、その後の格納容器破損に伴いまして、非常用炉心冷却系の機能喪失、最終的には炉心損傷に至るといったシナリオとなっております。

こちらに対しましては、安全対策ありのシナリオとしてどうなりますかと申しますと、起因事象が発生しまして、代替原子炉再循環ポンプトリップにつきましては、重大事故等対策で整備したものが作動するということとなります。その後、原子炉スクラムに失敗しますが、その後の流れとしましては、高圧炉心スプレイ系による注水を実施していくわけですがけれども、通常の注水が入りますと、時間がたちますと、原子炉を自動減圧するというようなインターロッ

クが組み立てられています。これが動作しますと出力が上昇してしまうということになりますので、このスクラム失敗のシーケンスに対しましては、原子炉の自動減圧と代替自動減圧を阻止するインターロックを今回重大事故等対処設備として整備をしております。その後、ほう酸水注入系によりまして、原子炉を出力抑制しまして、原子炉出力を低下させまして、最終的には残留熱除去系による格納容器除熱を受けまして、原子炉の安定冷却を実施することとなります。

なお、こちらのスクラム失敗に矢印が入っておりますけれども、先ほどのパートでもご説明ございましたとおり、スクラム機能に対しましては代替制御棒挿入機能ということで、重大事故等対処設備が整備されているといった状況となります。以上がシナリオのご説明となります。

では、11ページ目をお開きください。要員の積み上げにつきましては、可搬型設備は最初にご説明いたしました低圧注水機能喪失と使用する可搬型設備が同じ組み合わせとなりますので、必要となる要員はTQUVシーケンスと同じく30名といった積み上げとなっております。

以上がTCシーケンスのご説明となります。

では、12ページ目をお開きください。重大事故等対策の有効性評価を実施しております全事故シーケンスグループに必要な要員数を表にまとめてございます。重大事故等対策に必要な要員数は、原子炉運転中は最大で30名、原子炉停止中は最大で28名となっております、平日夜間や休日におきまして、原子炉運転中は30名、停止中は28名の要員を発電所に常駐させることで、重大事故等対策を実施可能な体制を整備していることとしてございます。

ご質問への説明は以上となります。

○東北電力株式会社 すみません、もう1点前回の検討会の中で、岩崎先生からご質問、コメントがございました有効性評価の結果につきまして、私どもの当初の設置変更許可申請からの相違点、そこはどのようなところがあるのかという、そこを提示するようというご指摘をいただいております。これにつきまして回答させていただきたいと思っております。

まず、私ども今説明しております有効性評価につきましては、当初の申請内容から大幅に変えております。これは、審査の中でいろいろ得られた知見の反映であるとか、先行プラントの審査の知見であるとか、あとは基本的に評価をより厳し目にするために条件を相当変えているというところがございます。今、安全性検討会で説明をさせていただいているのは、それらを踏まえた最終的な評価結果の説明をさせていただいております。今申し上げましたように、変更点が相当ございまして、どちらかという中途経過のような形にもなりますし、最終的にどうかというところをきっちりご議論いただくというところが重要だと私ども考えております

ので、変更前後の比較というよりも、今説明をさせていただいております最終的な評価がこうですというところで評価をいただければと考えてございます。以上でございます。

○座長 ありがとうございます。

初めに、この件につきまして、欠席の先生から何かコメントがありましたら、事務局からご報告をお願いいたします。

○事務局 特にございませんでした。

○座長 それでは、先生方、何か質問等がありましたらご発言をいただきたいと思います。岩崎先生。

○岩崎委員 今、最後の旧というのかな、今生きている申請書と現状のやつの比較ということで私はコメントさせていただいたのですけれども、その後いろいろ私なりに比べさせていただいて、特に今回のさまざまな機器が入っているもので検討させていただきました。その結果、今回の申請書は十分形としては新しいものになっていると確認、私自分なりにしましたので、私としてはこの新しいものの評価だけで結構だと思います。

○座長 それでは、ご質問、先生方からございますでしょうか。兼本先生、お願いいたします。

○兼本委員 私が質問したピアレビューなんですけれども、これを見ますと案外と、あまりほとんど大事な情報がないので、やらなくてもいいんじゃないかという感想まで持った次第ですけれども、いかがなんでしょうね。実際にはもっと役に立つ情報というのは得られたのでしょうか。つまり、これを見る範囲で行くと、ヒューマンファクターみたいなものしかないので、ほかは手順通りやりましたよということであれば、規制庁のレビューだけで十分で、今後こういうのをやってもあまり役に立たないような感想を持ったのですけれども、いかがでしょう。

○東北電力株式会社 すみません、東北電力の藤田です。今のは2ページのところです。ピアレビューの結果というところで、1例としてインタビューの件を書かせていただきました。こちらについても、我々としては非常に有益な情報だと思っておりまして、現状の人為過誤の評価においては、インタビューを反映していない。反映していない理由は、現状の人為過誤のモデル自体がまだ簡易的なものだと。先進的なものに比べれば簡易的なものだということです。こちらをより詳細なものに変えて、本インタビューの成果も入れ込んで、より詳細にしていくということになって考えております。これ以外にも非常に有益な情報はいただいております、安全性向上評価に全部入れていこうと思っております。

○兼本委員 これ以外にももしあるのであれば、本当はそれも聞かせていただきたいのですが、けれども、ヒューマンファクターの部分のこれぐらいの内容は、規制庁なり日本のいろんな大学

の先生から聞けば十分認識されていることじゃないかなという気がしたので、ほかの例えば共通原因故障なり、それから手順そのものが本当に今の原子力学会の標準でいいんでしょうかと。もう少し本当に安全に役立つという意味で、せっかくやるのであれば役立てていただきたいなという感想です。ここに書いてあるだけだと、形式的にやりましたよとしか受け取れないので、少し考えていただきたいなと思います。

○座長 そのほかご質問ございませんでしょうか。首藤先生、よろしくお願いします。

○首藤委員 ご説明ありがとうございました。資料の4ページ目以降のところの上にフロー図があって、下にその要員の積み上げのタイムラインがあるというのが4パターンあるのですけれども、大変基本的なことで申しわけないのですけれども、このフロー図の見方が私いま一つよくわかっておりませんで、一番上じゃなくて、2段目の安全対策を考慮したシナリオで有効性評価をしていますということは理解できました。安全対策がないと、例えば4ページでいけば、原子炉水位が低下して、すぐ炉心損傷にストレートに行くのですけれども、安全対策を考慮したシナリオでは、緑色の設備が働くので炉心損傷に至らないということかなと思うのですね。

それはそうだろうと思うのですが、例えば4ページで行くと、原子炉水位が低下して、2つ緑色の対策ができたから水位は回復するんだけど、しかしながら格納容器除熱機能が失われますという、何か快方に向かっているのに、また悪いことが起こるみたいなようにも読めてしまいまして、これはどうしてなのだろうとか、あるいは快方に向かっていくということが、だめだったらどうなのかという分岐はないのかなとか、多分私がわかっていないからだと思うのですけれども、ちょっと見方をもう少し説明していただくと、ありがたいなと思います。

あとは、要員についての積み上げは、根拠として示していただいたものは何となくわかるのですが、どのシナリオも皆同じということは、作業量が全部同じだからこの人数で足りるという意味なのか、アクセスルートの状況確認とか復旧というのも、シナリオによって急いでやったほうがいいとか、ゆっくりやれるからというので、人数はなぜ変わらないのだろうというのが、何だか疑問に感じてしまいまして、その辺何時間後までにやればいいのかというところの中で、幅がなぜ出なかったのかということ、少し教えていただくとありがたいなと思います。すみません。

○東北電力株式会社 まず、1点目のご質問についてご説明いたします。

まず、4ページ目の原子炉水位回復しましてから、格納容器の話が出てくるというのが、つながりがわかりにくいという趣旨のご質問と理解しました。

まず、格納容器除熱機能が喪失しますと、どういうことが起きるかということが、8ページ

目をちょっと見ていただきたいのですけれども、8ページのTWシーケンスのところを見ていただきたいのですが、こちら崩壊熱の除去機能が喪失しまして、格納容器が先に壊れてしまうという姿をお示ししております。こちらの格納容器が破損しますと、その破損に付随しまして、注水ラインが破壊されるおそれがあると。注水ラインが破壊されるとどうということになるかという、せっかく原子炉に注水した注水が断たれてしまうということがリスクとしてあるというケース。ですので、原子炉の注水に悪影響を及ぼすようなものは先回りをしてそれを防止していくという流れになっているというところが、ちょっと見にくいところなのかなと思います。

趣旨としてはそういうことでして、4ページ目に戻っていただきまして、このシナリオでは低圧注水機能、RHRが使えないという状況ですので、炉への注水はできるのですけれども、原子炉に注水した後、水が蒸気となって格納容器外へ逃げていくわけなのですが、それを外に逃がす手段がないという状況が、この状態になるということです。そうしますと、ほっておきますと、ですからその分岐という話にはなるのですけれども、そういった中ですので、格納容器の圧力温度を下げた後、上げる必要があるということで、格納容器の除熱が出てくるという姿になっているという流れとなっております。

繰り返しになりますけれども、原子炉水位回復の後も、格納容器除熱機能喪失というのが、この前段ですね。前段で高圧注水機能喪失、低圧注水機能喪失となっておりますけれども、低圧注水手段が全て使えないという状況になりますので、こちら低圧注水機能を担っている残留熱除去系も使えないという状況だということを、こちら注釈の位置で記載しているということになってございます。

○首藤委員 すみません、そうするとこの原子炉水位の回復から右側に出ている矢印は、単に時間の経過だけを示していて、因果関係はないということですね。

○東北電力株式会社 はい、そのとおりです。

○首藤委員 わかりました。ありがとうございます。多分その辺がちょっとわかりにくいところだと思います。何か不思議な感じがしました。ありがとうございました。

○東北電力株式会社 東北電力の関川です。

2つ目のご質問の要員についてのお話になりますけれども、主に首藤先生おっしゃっていた重大事故等対応要員の話かと思われるのですけれども、12ページを確認いただきたいのですが、この12ページに今回の有効性評価の中におきまして、全てのシーケンスの要員数を書いたものがございますが、左側の上から2つ目なのですけれども、高圧注水・減圧機能喪失につきましては、先ほど来話していますように、重大事故で可搬型の設備が登場しないシーケンス

になっていますので、その結果17名少ないということで、この場合は13名で足りるということになっております。ということでして、今回我々の有効性シーケンスにおきましては、この1つのことにおきまして、大抵の場合の重大事故等のモバイル設備が登場するという事なので、作業量的には同じものになりますので、その17名が登場したという形で、合計30名が必要ということになってございます。

あと、もう一つご質問がございました、アクセスルートについてなのですが、アクセスルートの4時間につきましては、確かにアクセスルートの復旧と申しますのは先生がおっしゃるとおりで、早い場合もあれば遅い場合もあるのですが、我々といたしましては最大限時間がかかったとしても、4時間でアクセスルートのいずれか、1か2は復旧できるということで、最大限の時間ということで4時間を積み上げさせていただいております。

○座長 そのほかご質問ございますでしょうか。

私から、10ページの原子炉停止機能喪失のところ、再循環ポンプトリップの機能作動、その次に原子炉スクラム失敗という流れになっているのですが、前の資料を見ると、原子炉スクラムが失敗して、その後再循環ポンプトリップが作動して、負の反応に入るという流れではないかと思うのですが、この順番でよろしいのでしょうか。

○東北電力株式会社 東北電力の菊池です。

ご指摘のとおり、時系列を考えますと、このようなことになるかと思うのですが、3つ目に記載している原子炉スクラム失敗というのは、一部運転員の判断の時間等もございまして、この事象、初期の動きが早いということで、代替原子炉再循環ポンプトリップというの、少しあわせて記載させてもらっておりましたので、こういうふうに想定させてもらいました。実際の流れにつきましては、ほぼ同等という形になるかと思っておりますけれども、表現でこういうふうにさせてもらったというところでございます。以上です。

○座長 いや、考え方としてスクラムができなかったから、最初にポンプトリップするんじゃないかなと。それで、代替の負の反応度が入るようにしたのかなと私は考えたもので、順番なのか、その辺少しわかりやすくしてもらえたらいいんじゃないかと思えます。

そのほかございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、以上をもちまして（8）重大事故等対処施設（炉心損傷防止）についての本日の議論を終了いたします。

（2）その他

○座長 引き続きまして、その他のほうを先にちょっと少し説明させていただければと思います。

その他で事務局からご説明をいただければと思います。

○事務局 原子力安全対策課長の伊藤と申します。

予定では、議事（２）のその他でご説明することとしてございましたが、その内容につきましては、岩崎先生から前回ご指摘いただいた内容につきましてのご回答ということになります。岩崎先生、午前中でお帰りになられるということもございますので、この午前中の最後に説明させていただくこととさせていただきたいと思います。資料は、参考資料と書いたものが一番後ろにあると思いますので、お開きいただきたいと思います。

前回の安全性検討会で岩崎先生からご質問がございました、女川原子力発電所が地震の影響を受けたプラントとしてどのような審査がされ、どのような評価がされたのか、県から国に対して確認をしていただきたいというご指摘をいただきました。そして、原子力規制庁の実用炉審査部門に確認してまいりましたので、その内容をご報告いたします。

女川２号機につきましては、地震の影響を受けたプラントとして審査を行うために、力が加わり始めたときの変形のしにくさでございます初期剛性が建屋のひび割れに伴って低下をしていること。それから、既に一部の施設で行っている耐震補強を考慮した地震応答解析モデルを策定して、当該モデルを用いまして建屋の耐震評価を行う方針であるということを確認しているということでございます。

耐震性の評価につきましては、全体概要をお示ししたいと思いますので、２枚目のカラーの資料をごらんいただきたいと思います。

従来の女川原子力発電所ですとか、現在のほかのプラントにつきましては、基本的には敷地条件から地盤のモデル化、プラントの全体仕様から建屋のモデル化、機器・配管系のモデル化を行いまして、建屋の動的解析、建屋の静的解析、機器・配管系の地震応答解析を行いまして、建屋の耐震性評価と機器・配管系の耐震性評価を行うものとなっております。

一方、女川原子力発電所ですとか、東北地方太平洋沖地震後の女川２号機の耐震設計につきましては、ほかのプラントと比較いたしまして、地震による影響を適切に反映するために、この赤枠でお示しさせていただいております耐震設計に対する反映事項の検討を行う中で、3. 1 1、それから4. 7の地震による施設への影響検討とか、施設への影響を踏まえた耐震性評価に反映すべき事項の検討が行われて、こうしたことを反映した地震応答解析モデルが策定されているということを確認しているということでございます。

1枚目の資料にまたお戻りいただきたいと思いますが、どのような評価が行われるのかということにつきましては、建屋ですとか、機器・配管系の耐震評価の方針、それからその方針に基づいて個別の建屋、機器・配管の耐震設計が成立する見込みであることについて、現在審査中であると回答を得てございます。

また、その他にございますけれども、設置変更許可後には国の審査担当者をこの安全性検討会に招聘いたしまして、審査全般に係る説明を受けることを予定しておりますので、改めてその際に直接、もし疑問点などがあればお伺いいただければと考えてございます。

なお、初期剛性の低下ですとか、耐震設計方針につきましては、今後この安全性検討会におきまして説明する予定としてございますので、その際にご議論いただければと考えております。

説明は以上でございます。

○座長 ありがとうございます。岩崎先生。

○岩崎委員 ありがとうございます。このように回答を得ていただきまして安心しているところでございます。特に3番で、ここに出てきていただいて、国から直接今後説明をいただけるということですので、幾つか私もそれなりの疑問を直接お聞きして、女川大丈夫なのかと、国が担保してくれるのかということを確認させていただければと思います。以上です。

○座長 ありがとうございます。はい、鈴木先生。

○鈴木委員 私、以前にもお願いしたような気がするのですがけれども、2ページ目のフローチャートなんですけれどもね、機器系の立場から言うとちょっと不満がありまして、今までの原子力プラントにかかわらずなのですが、機器と建屋の結合点、取り合いというか、そういうところの破損というのが非常に例が多いのですね。それからもう1個、配管系とかが漏洩して建屋に影響を及ぼしてしまう。そのようなこともありますので、機器系で配管系の地震応答解析が建屋のほうにも影響するというところを考慮していただかないと、一方的に機器はもう建屋が揺れたら被害がどうなるというフローに見えてしまいますので、その点のご配慮をひとつよろしくお願いします。簡単に言うと、建屋、機器の結合系としての解析の重要性というのがありますので、その点よろしくお願いします。

○事務局 ご指摘ありがとうございます。実態はそのとおりだと思います。ちょっと表記の仕方がうまくなかったところだと思いますので、ありがとうございます。

○座長 そのほかご質問ございますでしょうか。

ないようですので、ここで1時間休憩をとりたいと思います。再開は13時35分としたいと思います。

〔休 憩〕

○座長 それでは、時間となりましたので、議事を再開したいと思います。

・（２）津波（耐津波設計方針等）

○座長 （１）各論点の説明・検討のうち（２）津波（耐津波設計方針等）について、東北電力株式会社から説明をお願いいたします。

○東北電力株式会社 東北電力渡邊でございます。

そうしましたら、資料－４、津波（耐津波設計方針等）についてご説明させていただきます。ページをおめくりいただきまして、１ページ目に目次を示しております。

２ページをごらんください。２ページには、この説明で使います略語・用語の主なものを整理してございます。まず、１番目、２番目に関連する用語として、安全機能の重要度分類をお示ししてございますけれども、クラス１、２、３ということで３つに区分されてございまして、数字が小さいほうが、より重要な機能を有しているということを意味してございます。特に重要なものがクラス１と言われてございまして、いわゆる止める、冷やす、閉じ込めるの各機能を有している設備がクラス１というところでございます。

続いて、３ページをごらんください。耐震重要度分類を一番上段に示してございます。こちらはＳ、Ｂ、Ｃということで、同じように３クラスに分かれてございまして、先ほどご説明しました安全機能の重要度分類と同様に、止める、冷やす、閉じ込めるの各機能を有する設備が最上位である耐震Ｓクラスということで分類されてございます。ただし、前段でご説明した安全クラス、安全機能の重要度分類と耐震重要度分類、これは完全に範囲が一致しているものではないということだけご理解いただきたいと思います。

次に、基準津波という用語でございますけれども、こちらは施設の供用期間中に、極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波でございまして、女川の場合、施設から離れた沖合１０キロの沿岸域で定義をしてございます。ここで補足的な説明になりますが、基準津波が発生する起因となる地震動と基準地震動 $S_s$ と呼んでいるものは違うという点をつけ加えさせていただきたいと思っております。

次の用語として入力津波というものを挙げてございますが、こちらは基準津波が施設に到達

する際の津波でございまして、施設の設計に用いるために設定するものでございます。基準津波、入力津波に関しましては、説明資料、この中の12ページから19ページで詳しく説明させていただきます。

それでは、2枚めくっていただいて5ページにお進みください。5ページ、6ページ、規制要求事項を整理したものでございます。これらについては、具体的な対策、対応のご説明を後段でさせていただきますが、それぞれの冒頭において関連する要求事項の説明を加えさせていただきますと思います。

では、8ページにお進みください。8ページに基本方針を示してございます。ここで右上に意見No.4、51関連ということでございまして、No.4の意見といたしましては「3.11津波影響を受けた後の対応は妥当か」というもの。No.51に関しましては、「基準津波への対策は妥当か」というご意見でございます。これらのご意見の回答について、2章、あとはこの後の4章で説明をさせていただきますと思います。

ピンクの枠囲みで示しているところが基本方針でございますが、津波に対して安全機能を損なわない設計とするということが基本方針でございまして、詳細は4章でご説明させていただきます。

9ページへお進みください。9ページの図が、津波防護対策の全体をお示したものでございます。図中、ちょっと見にくいかもしれませんが、薄い水色が防潮堤とか、防潮壁などの津波防護施設を示してございます。さらに緑色で示しているもの、こちらが水密扉や貫通部止水といった浸水防止設備になります。黄色でお示ししている点、小さく示しているのを見づらいかもしれませんが、こちらが監視カメラや水位計といった津波監視設備となります。このページでお示しているのが女川における津波防護対策の全体像ということになります。

それでは、10ページにお進みください。ここから施設ごとの設計水位、先ほど用語のところでご説明しましたが、入力津波に関する説明になります。

ここで枠囲いの中に要求事項の7番ということですが、これがいわゆる規制の要求事項でございまして、赤文字で書いた部分、水位変動に対して朔望平均潮位を考慮すること。さらに、潮位変動についても適切に評価し考慮すること。あとは、敷地の地殻変動量を考慮して、設計水位である入力津波を設定することという要求でございます。

11ページへお進みください。

津波防護対象施設の選定の説明をしているページでございます。防護する対象としては、発電所のほぼ全ての設備としてございまして、その中から安全機能の重要度分類、クラス1、2

ということで上位に該当する設備、あとは耐震の最重要クラスであるSクラスの設備、さらに重大事故等対処設備、今後はSA設備と言わせていただきますが、SA設備でございまして、これらの設備について基準津波から防護する設計としてございます。

12ページをごらんください。今度は基準津波について説明させていただきます。

まず、冒頭用語のところでもご説明いたしましたが、基準津波は発電所の敷地から沖合で約10キロ離れた水深が約100メートルの位置における津波となります。右側にグラフを2つお示ししてございますが、右上のグラフが沖合10キロ地点における、いわゆる水位上昇側の地震で大きくなるのを考慮したときの津波ということで、このとき発電所の敷地前面に到達するときの最高水位として23.1メートルという値になるというものでございます。

ちなみに、この沖合10キロの地点では、下の米印の1番にも記載してございますが、8.63メートルという値に満潮位の1.43メートルを足して、丸めて10.1メートルという津波が沖合10キロの地点の津波高さでございますが、発電所前面に来るときには23.1メートルという見方になります。

同様に下のグラフ、こちら今度は水位下降側の大きくなる津波についてお示ししているものですが、この津波が発電所の取水口前面に来る場合の水位といたしまして、O.P. -10.6メートルということでございます。それぞれのグラフを見ていただくと、グラフが若干違うということ。あとは、グラフの注意書きのところにモデル③とか②と書いていますので、ここでそれぞれ上昇側と下降側では想定している地震動が違うということがご理解いただけるかと思えます。

では、次のページ、13ページへお進みください。ここからが入力津波に関する説明になります。まず、入力津波の設定位置について説明させていただきます。

基準津波に対して入力津波は、各施設の設計評価に用いるための津波高さとなりますので、右の図でお示ししています黒い太い線、あるいは黒い太い丸があると思えますけれども、これらがそれぞれの防潮堤、防潮壁の設置位置であったり、取水口前面あるいは海水ポンプ室ということで、施設の設計評価に用いる場所の津波高さを求めているという図になります。

14ページにお進みください。入力津波の設定において、影響する要因についての説明になります。前段で規制の要求事項をご説明しましたが、それを受けまして地震による地形変化、これは発電所前面のローカルな範囲における地形変化ということでございます。さらに潮位変動ということで潮位のばらつき、あとは地震による地殻変動、こちらは3.11地震時にもありましたが、広域な範囲における地盤沈下などを想定してございます。最後に管路と書いてい

ますが、いわゆる取水路、放水路の状態でございます、これらを影響要因ごとに保守的となるケースを想定して評価を行っているというものでございます。

15ページへお進みください。地震による地形の変化の説明になります。

まず、地震による地形変化でございますが、耐震性が確保されていない防波堤が損傷した場合の影響や、護岸付近の敷地の液状化による影響についてそれぞれ検討してございます。

まず、左側の図でございますが、こちらが防波堤の損傷、いわゆる防波堤がある場合とない場合によって、先ほど13ページでご説明しました入力津波の各設定位置における津波高さがどう変わってくるかという評価をしているものでございます。その結果、評価が厳しくなるようにそれぞれのエリアで設定しているということになります。

今度、右側の図でございますが、こちらは19ページに最後に整理した結果をお示ししますので、そこでも説明させていただきますが、まず敷地前面のローカルな範囲と先ほど説明しましたが、沈下を想定する範囲としては、この緑色で塗った部分、この辺の地形が地震によって液状化で沈下するということを想定してございます。

次に、16ページへお進みください。今度は潮位変動の考慮についての説明になります。潮位変動については、朔望平均潮位と、あとは潮位のばらつきをそれぞれ考慮しているというものでございます。

それでは、17ページにお進みください。地震による地殻変動の考慮についての説明になります。水位上昇側及び下降側の基準津波を発生させる地震では、いずれも地盤が沈降する傾向となります。したがって、評価を行う際はより保守的な評価となるように水位上昇側の評価を行う場合は、地盤沈下を考慮した評価を実施してございます。対しまして、水位下降側については、地盤沈下を考慮しない評価ということをしてございます。

18ページへお進みください。18ページ、19ページが、これまでご説明した入力津波、最初の説明内容を整理したページでございます。

18ページでは、まずは水位上昇側の入力津波の算定結果についての説明です。これまでの検討会において説明させていただきました23.1メートルという津波高さがございますが、こちらは敷地前面における最高水位でございます、津波による水位上昇量に朔望平均満潮位を加えた値ということで、23.01メートルを丸めて23.1メートルということでご説明してございます。

これに対しまして、この章で説明いたしました各施設の設計評価に用いる入力津波については、基準津波による最高水位に地震による地形の変化、潮位のばらつき、地震による地殻変動、

これをそれぞれ加えまして24.34メートルということになりますので、これを丸めて24.4メートルということで施設の設計評価を実施するというようになります。

19ページへお進みください。今度は水位上昇側、下降側の各評価位置における入力津波の算定結果を一覧表形式で整理したものでございます。上の図をごらんいただくとわかると思いますが、防波堤の損傷のところ、防波堤ありの場合となしの場合に分かれています。それぞれ例えば一番上の防潮堤発電所敷地前面においては、防波堤があるとした場合のほうが、入力津波高さが高くなりますので、こういう組み合わせを選定しているということになります。

それでは、20ページをごらんください。今度は、発電所の津波防護の中身のご説明になります。まず、4-1として敷地への浸水防止（外郭防護1）と書いてございますが、この規制の要求事項としては①ということで、基準津波による遡上波を地上部から到達または流入させないこと。取水路及び排水路等の経路から流入させないことが要求事項でございます。

21ページをごらんください。21ページに、女川の特徴を記載してございますが、まず敷地前面における入力津波水位が敷地高さを上回るというのが特徴になります。そのため重要となりますのが、下の図でお示ししてございます29メートルの防潮堤、あるいは湧き上がりを防止するための防潮壁というものが非常に重要になってまいります。

22ページをごらんください。遡上波の地上部からの到達、流入の防止についての説明がここから5ページほど続きます。ここで右上に意見No.53、55関連とございますが、まずNo.53のご意見は、想定される最高水位23.1メートルに対して、防潮堤高さを29メートルとした考え方。さらに、55番については、安全対策における23.1メートルの反映状況ということに対するご意見でございます。図中に数字をいろいろ書いていますが、まず防潮堤高さ29メートルとした点につきましては、①の入力津波高さに対して可能な限り余裕を持った設計としたものでございます。

安全対策におきましては、これまで23.1メートルというご説明をしてまいりましたが、設計評価に当たっては、入力津波高さである24.4メートルを使用しまして、設計評価を実施しているということでございます。この表中では、防潮堤高さ29メートルを許容津波高さとして設定し、評価を実施しているというものでございます。繰り返しになりますけれども、表の中の数字を見ていただくと、評価対象の各建屋、区画の入力津波高さ24.4メートルに対しまして、防潮堤高さ29メートルと、ここでは許容津波高さと呼んでいますが、こちらが高いので、津波が到達、流入しないということで確認してございます。

23ページをごらんください。水位上昇側における敷地及びその周辺の遡上状況を示してい

る図になります。建屋などが設置されている範囲、敷地レベルに、遡上及び浸水がないということが、白く塗られている部分が、建屋とかが設置されている範囲になりますが、浸水がないということが確認できるかと思えます。

24ページへお進みください。防潮堤の全体配置をお示ししてございます。青色の部分で示している盛り土堤防の部分、あとは赤、緑で示している鋼管式鉛直壁に分類されます。

25ページにお進みください。取水路からの津波流入に対する評価結果をお示ししてございます。2号機、3号機につきましては防潮壁により、さらに1号機については流路縮小というもの、こちら後でご説明しますが、それによりまして津波が取水路の経路から敷地に流入しないということを確認してございます。また、この表において許容津波高さとして2号機、3号機は防潮壁の高さ、1号機につきましては、海水ポンプ室の設置高さとして示してございます。

次のページ、26ページをごらんください。同様に、今度は先ほど取水側でしたが、放水路からの津波流入に対する評価結果を表でおまとめしてお示ししてございます。前ページ、25ページと同様に、2、3号機については防潮壁によりまして、1号機につきましては流路縮小工によりまして、津波が放水路の経路から敷地に流入しないということを確認してございます。

27ページをごらんください。取水路、放水路などの経路からの流入防止について、2号炉の取水を代表に説明させていただきます。ここで、左側にマスキングがかかっていると思えますが、お手元に配付している別資料の図をごらんください。津波の流入経路といたしまして、海水ポンプ室の床面の開口部、あるいは防潮壁の内側から外側への経路となる貫通部に止水処置を実施してございます。図中で黄色く示している部分になります。さらに、図1には海水ポンプ室、床面に設置してございます逆止弁付ファンネルの写真と図、図2には貫通部止水処置の写真として図を示してございます。

28ページをごらんください。2号炉の放水路を代表でご説明させていただきます。こちらも取水側と同様に、防潮壁の内側から外側への経路となる貫通部に対して止水処置を行います。また、左の中段の図をごらんいただきたいのですが、補機放水路というものがございまして、その先に黄色で逆流防止設備と示しているものがご確認できると思えますが、津波が発電所に来た場合には、ここから津波が逆流して敷地にあふれ出ることが想定されますので、この防潮壁との貫通部に対しては逆流防止設備ということで、左下に図を参考図として概要図③でお示ししていますダンパーを設置するというようにしてございます。

続いて、29ページをごらんください。こちらは、先ほど出てきました1号炉の取・放水路の経路からの流入防止に関する説明でございます。1号炉の取水路、放水路につきましては、

その流路部を縮小させ、これは図中の黄色の構造物になりますが、流入する津波の量を低減させる対策を講じてございます。ここもお手元に配付されている図がございまして、そちらの図をごらんいただくと、水路部がこのぐらい縮小しているというのがご確認いただけるかと思えます。

続いて、30ページをごらんください。今度は、漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）という説明になります。要求事項といたしましては、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止することという内容になります。

31ページへお進みください。前段の外郭防護1でご説明しましたとおり、防潮堤、防潮壁といった津波防護施設の設置や貫通部止水処置のような浸水防止設備の設置によりまして、津波が直接流入することは防止可能でございますが、浸水防止設備のうち、海水ポンプ室の床面に設置いたします逆止弁付ファンネルにつきましては、完全に止水することが難しいために、漏水を考慮した評価を実施してございます。その評価結果につきましては、次のページ、32ページでご説明いたします。

32ページでも、お手元の別の図をごらんいただきながらお願いいたします。

まず、図中の赤色で示した範囲に重要な安全機能を有する非常用系の海水ポンプが設置されてございます。このエリアにおいて逆止弁付ファンネルからの漏洩は、説明文中の2つ目の黒ポチに記載してございますが、0.3立方メートル程度とわずかな量でございますが、非常用系の海水ポンプ機能維持への影響はないということを確認してございます。

それでは、33ページをごらんください。今度は重要な安全機能を有する施設の隔離ということで、内郭防護に関するご説明になります。要求事項といたしましては、浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部及び貫通部など）を特定し、それらに対して浸水対策を施すことという要求事項になっています。

34ページをごらんください。まずは、浸水防護重点化範囲の設定についてご説明いたします。こちらは前の11ページでご説明いたしました津波防護対象施設が設置されております建屋、区画を浸水防護重点化範囲として設定いたしまして、津波による浸水などから防護することが必要となります。具体的な対象を図でお示ししてございますが、図中のピンク色で示した部分、もしくは肌色のような色でお示ししている部分、これらが具体的な対象でございますが、原子炉建屋、制御建屋、海水ポンプ室、軽油タンク、あるいは可搬型の重大事故等対処設備の保管場所などということになります。

35ページをごらんください。浸水防護重点化範囲における溢水として考慮が必要な事象、

これらに対する対応についてご説明をさせていただきます。これもお手元に配っている別の図をごらんください。

まず、図中の①のAとBということでお示ししているタービン建屋内における耐震性が低い配管の損傷に伴う溢水、さらに図中の②のAとBでお示ししてございますが、屋外建屋内における耐震性が低い配管、タンク類の破損に伴う溢水が挙げられます。それぞれについて次のページ、36ページ以降で説明をさせていただきます。

36ページをごらんください。こちらもお手元に配っている別の図をごらんいただきたいと思います。

こちらはタービン建屋内における溢水事象について説明しているものでございます。左の図をごらんください。まず、地震に起因いたしまして、基準地震動による耐震性が確保されていない循環水系配管の伸縮継手が破損することを想定してございます。この破損の状態のままでは津波が発電所に到達した場合には破損箇所から大量の津波がタービン建屋内に流入することになりますので、これを防ぐ対策が必要となるというものでございます。そのために、この循環水系の事象に対しましては、タービン建屋の復水器室において漏洩を検知した場合、循環水ポンプを停止させまして、さらに復水器水室の出入り口弁、こちらを全閉とするインターロックを追加設置することとしてございます。これによりまして津波が発電所に到達する前に隔離することが可能ということをごさいますして、津波が建屋内に流入することを防いでございます。同じような対策を、右の図で示してございますタービン補機冷却水系の海水系についても同じようにインターロックを設けて隔離に行くというようなことで考えてございます。

37ページにお進みください。今度は屋外の溢水で、海水ポンプ室での溢水への対応についてご説明いたします。海水ポンプ室に設置されてございます基準地震動による耐震性が確保されていない配管、具体的にはこちらも別でお配りしている図をごらんいただきたいと思います。循環水配管やタービン補機冷却海水系配管が損傷して、損傷箇所より津波が流入する事象を想定してございます。これらの屋外の事象に対しましては、海水ポンプ室に設置されている循環水系の配管あるいはタービン補機冷却海水系の配管について、基準地震動による耐震性を確保できるように耐震補強を実施いたしまして、地震による破損を防止するというように考えてございます。

38ページへお進みください。意見のNo.6 2 関連ということで、「重油タンク以外の液体貯蔵についての検討状況はどうか」というご意見でございます。これらについては、発電所敷内に設置されてございまして、基準地震動による耐震性が確保されていないタンクが損傷し、

内包する液体が全て敷地に流れ出る事象を想定し、影響について評価を行ってございます。タンク類については、現状、実際に満水保管としているものはございませんが、全てのタンクが容量いっぱい保管されているという状態を想定してございます。

また、上の右のほうに図を示してございますが、補機放水ピットからの溢水も加えた形で評価を実施してございます。こちらの補機放水ピットからの溢水というものは、先ほどご説明しましたとおり、津波が来た場合に、この補機放水ピットと防潮壁との間には、津波が来たときに閉まるようにダンパーを設置してございますので、これが閉まると、海水系で運転をした海水の行き場がなくなりますので、それが敷地にあふれ出るということになります。それらを加えた評価を実施しているというものでございます。

その結果について、右側の下に表でお示してございますが、全部を加えた浸水深というのが、表をごらんいただくと0.16メートルと記載してございます。それに対して、各建屋などのカーブ高さということで値をお示してございますが、このカーブ高さというのは、いわゆる入り口の敷居の高さ、今の住宅はバリアフリーということになってはいますが、バリアフリーにはなっていないで、敷居があるということでご理解いただきたいと思っております。それを超えないものですから、重要な建屋には浸水がなく、安全機能への影響はないということを確認してございます。

39ページをごらんください。39ページも同じように屋外の溢水になりますが、今度は地下水ポンプ、いわゆる揚水ポンプが停止した場合の影響について考えているものでございます。現状の揚水ポンプは、基準地震動による耐震性が確保されてございませんので、地震時に損傷することを考慮いたしまして、地下水が地表面まで上昇しても、浸水対策を施して、建屋内に流入しないように貫通部止水処置や水密扉を設置いたしまして、地下部からの浸水を防止しているというものでございます。なお、今回揚水ポンプ、地下水のポンプにつきましては、基準地震動による地震力に対して耐震性を確保するというようにしてございますので、地下水が地表面まで上昇することはないと考えてございます。

40ページをごらんください。今度は水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止についての説明になります。要求事項としては2つございまして、基準津波による水位の低下に対して、海水ポンプが機能保持でき、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計であること。基準津波による水位変動に伴う砂の移動、堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保でき、かつ取水口からの砂の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。2つ目といたしまして、津波による二次的な影響（洗掘、砂移動及び漂流物等）を

考慮することというものでございます。

4 1 ページをごらんください。非常用海水ポンプの津波時における取水性について説明をさせていただきます。こちらにも別にお配りしています図をごらんいただきたいと思っております。

図をごらんいただくとわかるように、図の左側に貯留堰を設置してございまして、貯留堰高さを下回る津波が発生した場合でも、図中の青の車線でお示した範囲に使用可能となる海水が貯留される構造となっております。基準津波によって、引き波発生時に貯留堰高さを下回る時間が183秒ほど発生いたしますが、貯留された水によりまして、非常用海水ポンプ約26分間の連続運転が可能ということでございまして、重要な安全機能が維持されるということで確認してございます。

4 2 ページをごらんください。今度は津波の二次的な影響による評価結果でございしますが、まず津波の影響によりまして、海水ポンプ室には砂が運ばれてくるということになります。この砂の量を評価しますと、水位下降側の津波において、最大10センチの砂が海水ポンプ室底面にたまるというような評価になります。ただし、この場合でも右の図A部詳細ということでお示ししてございまして、非常用海水ポンプの吸い込み口との距離が十分に確保されてございまして、堆積した砂がポンプの運転に影響を与えることはないという評価してございます。

4 3 ページをごらんください。ここでは、堆積する砂による影響を説明いたしますが、まず海水中に浮遊する砂による非常用海水ポンプの運転の影響について説明いたします。発電所周辺における海底の土砂の粒径を調査した結果、砂の中央粒径としては、資料にも記載してございますが、0.215メートルと微小であることを確認してございます。また、図でもお示ししてございますが、非常用海水ポンプの軸受には、海水中に混入してくる砂を連続排出させるための溝を設けてございまして、この溝の大きさが最小部で2.5ミリということですので、海水に含まれる砂によって非常用海水ポンプの運転に影響はないという評価してございます。これは、3.11の津波のときにも同様に海水ポンプ軸受等の損傷は確認してございませぬので、津波による影響はないと考えてございます。

4 4 ページをごらんください。4 4 ページから4 6 ページでは、津波の二次的な影響といたしまして、漂流物の漂着により取水口が閉塞し、非常用海水ポンプの取水への影響がないかということで評価してございます。

4 4 ページでは、津波漂流物となる対象施設等の抽出について説明しているものでございますが、女川湾に襲来した津波が引く際の流れの一部が発電所へ向かう流れもあるという評価をしておりますので、調査範囲としては図でお示ししてございますが、女川湾全体を対象として調

査をしてございます。

45ページをごらんください。45ページでは、実際に3.11津波時において、発電所敷地へ漂流してきた漂流物を整理したものでございます。小型船舶や木片、漁具などを確認してございまして、これらの漂着についても考慮し、取水への影響について評価を実施してございます。

結果について、46ページで説明させていただきます。46ページをごらんください。こちらもお手元に配っています別の図をごらんいただきたいと思いますが、まず漂流物による影響について評価をした結果、この図にお示ししておりますとおり、取水口の大きさが十分大きく、漂流物が取水口を完全に閉塞させることはなく、非常用海水ポンプの運転に影響はないと評価をしてございます。なお、補足的な説明になりますが、通常時において取水路の大部分、約94%程度は循環水ポンプの運転に必要なためのものでございまして、非常用海水ポンプの運転に必要な海水量というのは全体の取水の約5%程度と少なく、その点からも影響はないと考えてございます。

次に、47ページをお進みください。津波監視設備の設置のご説明になります。要求事項といたしましては、津波監視機能が保持できることという要求事項になります。

48ページをごらんください。津波監視設備としては、(1)にお示ししておりますが、津波監視カメラ、あとは(2)の取水ピット水位計ということで、この2つを設置いたします。監視カメラについては津波の影響を受けない2号原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置いたします。取水ピット水位計につきましては、海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置し、水位計の床面貫通部につきましては、津波による水圧にも十分耐えられる構造といたします。

49ページをごらんください。49ページには、実際の津波監視設備の配置場所、あとは右側の写真として、監視カメラについては、昼間だけではなく夜間についても監視可能だということでご説明している資料でございます。

それでは、50ページから適合性審査の状況についてご説明します。

51ページをごらんください。国の審査の状況をお示ししてございますが、国の審査においては防潮堤、防潮壁の構造設計に関する指摘を多くいただきまして、審査会合の場でご説明を行ってございます。耐津波設計に関する説明については、一通りの説明を終了しているという状況になります。

52ページから、これまでのご意見に対する回答ということで、53ページ、54ページのほうで、これまでの説明で回答ができていない部分についてのご説明をさせていただきます。

まず、53ページをごらんください。意見No.2ということでございまして、意見No.2は「3.11時の海水流入事象について、閉止板取り付けの対策で十分か、浸水するのにどのぐらいの時間がかかっていますか」というようなご意見でございます。現時点におきましては、真ん中の写真でお示ししてございますとおり、閉止板を取りつけてございまして、こちらの閉止板は4.7メートルの津波高さまで耐えられる構造として設置をしております。ただし、この閉止板については今後取り外しをいたしまして、コンクリートにより閉塞させ、海水ポンプ室と一体化することで、津波に対してより強度を持った構造とする計画でございます。ご意見にもありました、3.11時に原子炉建屋付属棟が最大で2.5メートル程度浸水してございますが、その浸水に要した時間は、右下にお示しいたしてございます3.11時の津波の波形、さらに津波到達後約30分で非常用系のポンプがトリップしているということを踏まえますと、津波到達後30分程度で浸水したと考えてございます。

54ページをごらんください。意見No.54関連ということでございまして、「津波の波力に関してどのように評価しているか」というご意見でございます。女川の防潮堤の設計で考慮する津波波圧につきましては、解析及び実験による検証を行ってございます。これらの結果をお示ししているのが左図のグラフでございまして、全てのケースにおいて津波波圧算定式である朝倉式①、赤の線を下回っているということを確認してございますので、この式を設計用津波波圧として考慮していくことで考えてございます。

あとは、最後になりますけれども、56ページから58ページ、こちら参考として防潮堤、防水壁の構造に関する資料をつけてございますが、説明は割愛いたしまして、59ページをごらんください。

先行BWRプラントとの比較ということで、女川2号と同じ原子炉のタイプでございます柏崎刈羽6、7号と東海第二発電所という2つのサイトが既に適合性審査を終えてございますので、それらの津波防護方針と女川との比較を結果でお示したものでございます。違いを赤字でお示ししてございますが、柏崎6、7との違いといたしましては、基準津波が敷地を越えるか越えないかによりまして、防潮堤を自主対策として設置しているか、あるいは基準適合のための設備として設置させているかという違いがあります。

さらに、表の中段で女川だけ赤字になってございますが、屋外設備、海水ポンプ室で耐震性が確保されていない配管類の評価に当たりましては、女川においては屋外設備の耐震性を確保するという事で溢水及び津波の流入を防止してございますが、ほかのプラント、東海第二ではインターロックによる津波の流入防止ということで対策に差があるということがわかるか

と思います。

きょう準備した資料のご説明は以上です。

○座長 ありがとうございます。

初めに、この件につきまして、欠席の先生から何かコメントがありましたら、事務局よりご報告お願いいたします。

○事務局 特にございませんでした。

○座長 それでは、何か先生方、質問等がありましたらご発言をいただきたいと思います。今村先生、お願いします。

○今村委員 ご説明ありがとうございました。本日の検討事項、またその検討結果、わかりやすかったと思います。その中で、3点、質問になるかと思いますが、疑問に思いましたので、発言させていただきます。

まず、43ページを見ていただいて、43ページは浮遊砂に関するものであります。基本的には異物逃し溝で出るだろうと書いてございますが、津波の場合は非常に浮遊砂濃度が高くなりまして、通常の河川の洪水を上回るだろうと。こういうときにも機能できる、この機能が維持できるかどうか疑問になります。これが1点になります。

次に、48ページに移っていただいて、こちらが監視カメラということで、49ページを見ていただいたほうがいいかもしれませんね。津波の来襲状況を見るということなのですから、恐らく今の監視カメラはズームアップとかかなり拡大することができるかと思います。そうしますと、例えば向かい側の山王島であったり、手前の防波堤などの拡大もできまして、例えばここにメジャーといたしましょうか、物差しを入れておくと、かなりカメラに移る水位計の数字の変化を見るだけで、津波の来襲状況がかなり正確にわかるかと思います。そういう可能性があるかどうか、お教えいただきたいと思います。

最後、3点目は54ページのところになります。54ページのご回答はこれで結構かと思うのですが、今回のいろんな対応で水圧、津波が浸入してきて、それに対する耐水性を上げたり、また縮小して影響を小さくさせるといういろんな検討をされて、設備装置的なものをつくられておりますけれども、その装置設備の強度が、今回例えば波圧がある程度推定できるならば、それよりも強度があるかないかという説明は必要かなと思います。ただし、状況に応じて津波の波圧の推定自体が非常に難しいという状況がありますので、どういうところであれば波圧が推定でき、それに対する設備、施設等の強度と比べて安全性を確保できるのか。細かいは要らないのですけれども、できるところと難しいところをご説明いただければと思います。

以上です。

○座長 それでは、お願いいたします。

○東北電力株式会社 では、私から最初の2点についてご説明させていただきたいと思います。

まず、1点目の43ページへのご質問、津波時の浮遊砂濃度に対して運転が大丈夫かということに関しましては、今回の資料中にはお示ししてございませんが、発電所に津波が襲来する際の浮遊砂濃度を評価してございまして、その濃度において実際にポンプの運転に影響があるかということについて、実際のポンプを模擬した試験装置を使った試験を実施してございます。その結果でも軸受の磨耗量はわずかでございまして、ポンプの連続運転には影響がないという試験結果を得てございますので、津波時も実際に運転継続可能と考えてございます。それがまず1点目でございます。

49ページ目で、先生からいいアドバイスのものをいただいたかと思っておりますので、物差しのような確認できる指標類を置いて、本当に把握できるかということにつきましても、今後検討させていただきまして、そのような対応ができれば、ぜひやっていきたいと考えてございます。

○東北電力株式会社 東北電力の橋本と申します。

最後のご質問ですけれども、十分強度を持っているかということをどのように確認していくかということでしょうか。

○今村委員 例えば29ページを開いていただくと、断面図がございまして、これ、一つの例なんですけれども、黄色い部分が例えば縮小工ということで設置すると、確かに断面積が小さくなるので、津波は絞られるかもしれませんが、非常に波圧が大きかったりすると、これ自体を壊してしまうとか、逆に断面積が大きいために縮流で射流的な効果があって、実はなかなか効果としては見られないとか、そういう定量的なところをされているのか、なかなかこういうところでさえ難しいのか、ご説明いただきたいと思います。

○東北電力株式会社 今例に挙げていただきました29ページの流路縮小工ですけれども、これに対しましては、想定する津波の高さから、その津波の水の圧力、それから流水による圧力、それからこの場合すっかり閉鎖してしまうものと違いまして、中を通るとき摩擦力も考えられますので、それらを足して、まず全体の構造が滑らないというか、安定しているようなことを確認いたします。あと、この構造としては、径よりも奥行き長さ方向がほぼ一緒ぐらいのものになっていまして、そういう意味では曲げとかによる破壊はほとんど起こりにくいような構造にしてございます。

あと、具体的に波圧がかかるものとして代表的なものは防潮堤がございますけれども、詳細ないろんなパラスタを行った計算につきましては、今後詳細設計の段階で確認していくわけなのですけれども、防潮堤に関しましては、ちょっと規模が大きいということと、構造が女川オリジナルということもございまして、構造成立性ということを事前に確認してございます。その中では、波圧等かけたとき、あるいはまた地震に対して、さらには津波が来た状態で余震のような地震動が来たときに対して、全体の構造であります鋼管杭ですとか、あと鋼管杭についている水を実際に防ぐ遮水壁といったものが許容応力度に対して、許容値に対して十分余裕を持っているということをあらかじめ確認しております。

○今村委員 わかりました。

○座長 そのほかご質問、首藤先生、お願いします。

○首藤委員 ご説明どうもありがとうございました。私の以前にお出した質問に対してのご回答で、ちょっとよくわからないところがあるので、一つ質問させていただきたいと思います。

22ページのところで、上の表に対して、①が入力津波高さ、②が許容津波高さと書かれているのですけれども、これが防潮堤の高さでもあると理解いたしました。こちらの米印の3番目のご説明に、入力津波高さに対して十分余裕を持った設計とすると。可能な限り余裕を持った高さとしたと書かれていまして、意味はわかるのですけれども、例えばこの余裕が十分であるということは、どのような考え方で言っていらっしゃるのかとか、可能な限り余裕を持ったというのが、どういう限界理由でここが可能な限界だったのかとか、そういうことを教えていただければと思います。

○東北電力株式会社 まず、十分余裕を持ったところなのですけれども、1つの目安として、ここではちょっと説明を省略させていただきましたけれども、女川地点及び近傍における高潮の潮位を過去にわたってとった統計を行っております。その結果、100年確率での潮位の変動というもの、台風とか高潮とかも入ったものになっているのですけれども、それでも36センチというものがございまして、それがこれは各サイト共通の考え方ですけれども、一つの裕度の見方となっております。

今申し上げました、14ページに入力津波に対する影響要因という表を示してございますけれども、その2つ目に潮位変動の「また、」以降で「高潮の評価を実施し、外郭防護の裕度評価に参照する」というのが、今申し上げました高潮のハザードと呼んでいますけれども、高潮の確率を踏まえた評価ということで参照しておりまして、それを考えましても十分余裕を持っているということで裕度としては十分あると思っておりますが、さらに可能な限り余裕を持

ったということに対しましては、当然入力津波あるいは基準津波に対して裕度を持っているということが前提になるのですけれども、それに対して、かける工事量と期間を無限にできれば、それよりも高いものはできると思うのですが、限られた中でつくっていく中で、なるべく高さを高くしたいという、我々も考えがございまして、その中で現実的などいいますか、可能な高さというような意味でこういった記載とさせていただきました。

○首藤委員 そうしますと、私の理解したところでは、余裕という点では、津波の予測の不確実さではなくて、潮位の不確実さとか、そういったものが余裕の裕度として考えられているという、そういう理解でよろしいですか。

○東北電力株式会社 この場合の裕度としてはご理解のとおりでございまして、津波の不確実さというものにつきましては、この前段に基準津波のところでは考えられるいろいろなパラメータスタディーをおこなっておりますので、その中で津波の不確実さというものを考慮しているという位置づけになるかと思えます。

○首藤委員 ありがとうございます。

もう一つなんですけれども、これも私の理解が十分でないからかもしれませんが、一旦この29メートルの防潮堤ができたなら、地上部からの流入がないことが確認されたら、私はさっきの説明を、多分(2)の地上部からの到達流入の防止ができますとご説明をされたと理解していますけれども、私ども一般に防災の立場からいきますと、例えば津波ハザードマップをつくって避難計画をつくる時というのは、防波堤は万が一壊れるかもしれないので、たとえつくっていても、防波堤がないシミュレーションもやって、その範囲は逃げましょうというようなことをやったりするのです。多分人の命を守るということと、また違うというのもとてもわかっているのですが、私の理解としては、防波堤があるという前提で、まず津波の影響がないことは確認しますと。万が一防波堤が壊れて津波で浸水したとしても、ほかの対策で影響が出ないようにできるから大丈夫だという位置づけで、ここでは防波堤がある前提で、浸水するかどうかということを確認されているという、このような理解で合っていますでしょうか。

○東北電力株式会社 ご質問に対しましては、まず原子力発電所への要求事項といたしまして、津波に対してドライサイトであることというのが要求されます。要するに、津波を地上から流入させないことというのが要求事項になりますので、まずはその要求事項に対して確実に対応可能な津波防護施設を設けて流入を防止するというのが、まず1つの考え方です。ですので、流入させないという前提での評価になるというものが、基準津波に対する評価はそういうことになります。

後段でありました、さらに今やっている評価ですと、防潮堤高さを超えてくる津波というものも、確率は低いのですが考えられますので、それらの津波に対しての評価はどうかということも確認してございます。その結果も、10のマイナス7乗の確率で発生する津波に対しては、炉心損傷に至らずに対応できるという評価まではしてございます。

- 首藤委員 多分技術的な評価の仕方がそれだということはわかったのですが、そうすると防潮堤、防波堤を超える津波が来ても、ほかの対処の仕方では炉心損傷に至らないことが確認できたということは、もし防波堤が壊れて、想定される津波が来て、流入しても炉心損傷には至らないという意味に理解しても大丈夫ですか。
- 東北電力株式会社 その仮定を、どういう仮定を置くかでございます、防潮堤の壊れる壊れ方をどう仮定するかで大分変わってきますので、全く防潮堤がない状態で基準津波が来たらどうなりますかということになれば、それはそのような対策はとられていませんので、確実に炉心損傷を防止できるかということ、そういうことにはならないと思います。なので、我々は設計裕度を確保しながら防潮堤をつくって、津波の流入を防止するというのが、まず第一だろうということで考えてございます。
- 東北電力株式会社 すみません、ちょっと一つだけ補足させていただきます。

今、もし壊れたらということでご心配があったということで、非常に理解できるのですが、実は設計的にはそれを起こさないために何をしているかということだと思っております。何回か説明の中に出てきておりますけれども、当然のことながら、防潮堤自体も耐震Sクラスでつくっておりますので、まず地震で壊れることはないように当然いたします。要は、津波を起こすような地震では絶対壊れないと。先ほど何回か説明しておりますけれども、その中でも地震として一番大きいものと、あと津波を起こす地震というのがちょっと違いますので、そういったものを全部考えた上でも、地震に対して防潮堤は絶対壊れないような設計をします。なおかつ、防潮堤自体だけではなくて、その周辺の斜面ですとか、そういったものが地震で影響を受けて、防潮堤に悪影響を与えるかどうかということまでちゃんと評価しておりますので、基本的にはそういった地震的なもので防潮堤が壊れるようなことはないというのを確認するというのが、まず大前提でございます。

あと、先ほども話題になりましたけれども、実際に津波が来るときには、ただ水深が高くなるということだけではなくて、実際に沖合から来たときに衝撃圧というのが当然ありますので、それについてもどの程度考えておけばいいのかというのが、先ほどの議論の中身でございますので、そういったものをいろいろ考えても、防潮堤の強度として、まず壊れないようにすると

というのが大前提の対策となっております、先ほどのもし防潮堤を越えるような場合というのは、防潮堤が健全に残ったとしても、津波の想定として、非常に確率は少ない、先ほど10のマイナス7乗みたいな話も出ましたけれども、全くゼロということはないかと思っておりますので、確率の世界ですね。そういったものを考えたとしても、実際防潮堤の上から流れ込んだ水の量とか、そういったものを一応評価として出しまして、敷地の中でそれをちゃんと処理できるかできないか、実際の炉心損傷に至らないような対策ができるかというようなところを確認しているということを我々としては評価しまして、ご説明しているというものでございます。

○座長 鈴木先生、お願いします。

○鈴木委員 ちょっと教えていただきたいので、ちょっとあれなのですが、重要度分類に関することと、それから私は機械系なので、特にどうとかね、特に福島の場合の重油発電機があれして、女川がちゃんとやっていたということがあったと思うのですが、確かにここに書かれていますように、放射線障害を及ぼすということを、重要な安全機能として考えているというのはいいのですが、今度対象になる設備、機器側から言うと、冠水、つまり津波によるタフネスさが違うのではないかと思うのです。冠水したことによって、もうすっかり機能を失ってしまうのと、それからタフなものとかあると思うのですが、その重要度分類をする場合に、この中にそういうような冠水に対して強いのか、強くないかというようなファクターは考慮されているのかということが一つと、それからロケーションの問題がありますよね。ですから、特に機器系の場合には、割合設置するところにフレキシビリティがある場合には、なるだけ高いところに置くと。高いところ置くといったって、もちろん制限……、その辺のことも考慮されながら対策を考えていくのかという、その2つについて教えていただきたいのですけれども。

○東北電力株式会社 まず、内部溢水影響評価、要は発電所の中で発生する、地震に伴う溢水とかを考慮して評価していく際には、その際は機械設備については、例えばポンプとか、そういうものについてはモーターまで水が来ると、さすがに機能を喪失しますので、そういう評価をしますが、一部の計装品類につきましては、皆さんもよく聞かれると思っておりますけれども、携帯なんかでもIP等級という防水と防塵の等級があると思っておりますが、IP等級の5以上があれば、ある程度被水などを受けても機能喪失しないだろうとか、そういう評価で反映しているというのがございますが、実際の先生のご質問の安全機能重要度分類には、その辺は全く反映されてございません。

あと2点目、配置の考え方につきましては、原子力発電所の場合には重要な安全機能を持つ系統が複数ありますので、その区画を分離、独立させているということ。あとは、多様性を持

った機器をそれぞれ別の区画に配置しているということで、あとそういう重要な機器が設置されているエリアは防水区画化されてございまして、入り口は水密扉なんかを設置していますし、配管貫通部については止水対策がされていますので、外からの溢水が流入しないというような対策は施してございます。以上でございます。

○座長 そのほかご質問、長谷川先生。

○長谷川委員 全くの素人の質問、とんちんかんなことを聞くかもしれませんが、許容津波高さと入力津波高さに差があるので、裕度があると言う。それはそれでよろしいかと思うのですが、単にプールに水をためておくような場合（深さの差異）とは違って波圧というのですか、何か衝撃力とかいうものがあると思うのですね。ここで考えられているのは、例えば許容津波高さ、例えば19メートルだとか、20何メートルとかあっても、その津波高さの津波であれば、それぞれの波圧というか、そういうのをちゃんとカバーできるように考えられているのでしょうかということです。

それともう一つは、ちょっとこれも素人であれなのですが、基準津波のときに10キロ沖合で水深が100メートルであると。それがたまたま10キロのところは水深が100メートルだったと思うのですが、その水深がちょっと変わったりするというようなことは考えなくてもよろしいのかどうかということと、（それに伴って）津波高さ、その津波の波圧というのですか、何か変わってくるのかどうか、素朴な質問なのですけれども。

○東北電力株式会社 まず最初のご質問が、設定している入力津波高さに対して、設備の強度というか、裕度をどういうふうに考えているかとか、あとその荷重としてどういうふうに考えているかということかなと思いますけれども、まず外に面しています防潮堤がわかりやすいかと思いますが、防潮堤では入力津波高さ24.4メートルと評価してございまして、防潮堤の高さとしては29メートルまであって、その高さまで津波が防止できますと。実際に荷重が、29メートルまでの高さの津波が来たとしても、強度的に問題ないような設計をしております。なおかつ、その波圧に対しても、本日ご説明しましたように、波圧としては裕度を持った式で算定するようにしておりますので、そういった意味でも裕度を確保できているかなと思っております。

それから、基準津波の算定で、水深のところなのですけれども、実際に底の水深が変わったパラメータ作業をやっているかということ、そちらのパラメータ作業はやってございせんけれども、例えば女川ですと、3.11の地震及び津波で、特に沿岸に被害を受けている地域が多いものですから、特に沿岸に復旧・復興工事が行われております。その計画を反映すると、若

干ですが、女川の津波にも影響があるということで、それらの工事を反映した場合に津波の高さ等がどう変わるかといったものは確認して、そういったものはやっております。

あと、基準津波の策定位置が具体的にどう変わったらというのは、ちょっと今そういったパラメータ作業はやっておりませんが、考えられる中ではいろんなパラメータ作業をやった中で、また津波に非常にきくのが、基準津波の説明であったかと思うのですが、断層モデルをどのように設定するかというのが、敷地に対する津波の影響に非常に影響があるということで、断層モデルの位置を、その前にサイズをいろいろ変えたり、断層の角度を変えたり、断層の位置を北へずらしたりとか、南へずらしたり、あるいはその幅とか、その中でも大きく変位するところとか、小さく変位するところなどを変えてやった中で、一番厳しいものを探しているといったことで、その敷地に来る津波としては厳しいものを探しているのではないかなという理解をしております。

○長谷川委員（基準津波の策定位置での）水深は、その場所がそうだった（原発敷地に来る津波として一番厳しいところだった）からそうだということでしょうか。

○東北電力株式会社 基準津波の策定位置というのは、津波が起こる場所とは違ってまして、津波の策定位置というのは海溝付近ですね。非常に深い場所になっていますので、若干の例えば誤差があったとしても、それほど津波の高さには影響がないのではないかと考えています。ちょっと質問の趣旨が合っていましたでしょうか。

○東北電力株式会社 すみません、東北電力の平川でございます。

恐らく、津波の策定位置という言葉が非常に紛らわしいのだと思うのですが、策定位置とネーミングはなっておりますけれども、基本的にこの位置はあまり深い意味がなくて、沖合の津波を起こす、地震を起こす波源から発電所に到達するまでの海底のモデルをつくって、それをずっと流動解析をしてきて、発電所近傍でどれぐらいの水位になるかというのを解析で求めているので、ただそのときに、基準上は最終的にうちで言うと防潮堤になりますけれども、防潮堤の計上とか場所によっては数字がかなり変わり得るので、最高水位としてはですね。なので、そういった最終的にぶつかる陸上の地形の形状なんかの影響を受けないように、とりあえず定義として決めなさいというところを、ただ策定という言い方をしておりますので、策定位置のものにあまり大きい意味があるわけではなくて、たまたまその策定位置を沖合10キロのところにしたときには、そういう数字の津波を基準として設定していますということですので、基準的な用語をそのまま使っておりますので、紛らわしいのは紛らわしいのですが、意味的にはそういうことです。

○座長 そのほか、はい、兼本先生。

○兼本委員 2つほど教えていただきたいのですが、先ほど10のマイナス7乗という、1,000万に1回ですか、そういう津波が来ても大丈夫という話をされていたのですが、どうして大丈夫かという説明は、この場でこれまでされていきましたか。今回の説明を聞いた安全機能の範囲で大丈夫という意味と捉えていいのですか。それとも、新たな別の安全機能がついているとか、リカバリー機能がついていて大丈夫といったのか、それがちょっと理解できなかったのです。

○東北電力株式会社 すみません、平川ですけれども、私のほうから少し説明いたしますと、そういう津波の設定といいますのは、設計基準事象として設定しておりませんで、それとはまた別ですね。先ほどちょっと出ました確率論的な評価の中で出てきているもののうちの1つです。評価の中身としましては、そういった津波が来たときに、当然防潮堤を超えて水が入ってくるようになります。そのときの水の量を評価いたしまして、その水量が敷地の中に広がったときに、先ほどもし水がこぼれても、カーブ高さが上回らないので建屋の中に入ってこない、そういった評価をお示ししておりましたけれども、そういった内容で全ての安全機能を持っている設備に対して悪さをするかしないかというのをまた別途評価しまして、その評価として先ほどの結果を申し上げたというものです。

○兼本委員 わかりました。そういう意味では、現状の機能設備の中で大丈夫という説明と捉えていいわけですね。

○東北電力株式会社 その辺のところを検討会の中で、津波のPRAの中でご説明をさせていただいております。

○兼本委員 わかりました。じゃあ、それはちょっと聞き忘れてしまったのかもしれませんが。

実はちょっと午前中の話と絡むのですけれども、放水設備、こういう工学的な安全性として意味があるかどうかというのが岩崎先生の質問だったと思ってね。今回津波の話は、きょう説明聞いた範囲は、工学的に全部定義できて大丈夫ですという説明で理解はできたのですけれども、さっきの仮に敷地まで水が入ったときに大丈夫かというのは、工学的にちゃんと説明できると今理解はしたのですけれども、それ以外の安心のための設備みたいなのが、実際に今回の3.11のときには水をくみ出したわけですよ。そういう対応というのはいっぱいあるわけですが、当然考えられているのだらうと思うのですけれども、そういう説明は今回なくて、それは一種の事前に準備してというものではなくて、安心のためのほかの手段がありますよという説明で、あってもいいのかなと思ったのですけれども、そういう説明も場合によって

は必要ではないかなと思ったりしますので、これはコメントで結構です。

もう一つ質問なのですけれども、47ページの津波監視機能が保持できることという要求事項が、ちょっと正確に理解できませんので、今村先生の画像カメラにスケールつけておいたらというような話がありましたけれども、監視機能の定義がちょっと理解できないのは、どの時点で何メートルの津波が来たのかというのをちゃんと監視しなさいというものなのか、大きな津波が来たり、引いたりしたというのは大体わかればいいのかと、そこを教えてくださいたいのですけれども。もし正確に把握するのであれば、この島に津波水位計を入れておけばいいだけの話だと思うのですけれども、その辺が理解できなかったということで教えてください。

○東北電力株式会社 津波監視機能が維持できることという要求事項でございますが、この要求事項は、まず津波が1回で来て、引くわけではないので、繰り返し襲来してきますので、その繰り返し襲来してくる津波をちゃんと監視できることというのが、まず要求事項です。

さらに、繰り返し襲来してくる津波に対しての水位も確実に捉えられることというのが要求事項です。これらの要求事項を達成するために求められる津波防護設備への要求といたしましては、先ほどもご説明してございますけれども、地震で壊れてはいけませんので、耐震Sクラスとしての設計をしているというのが大前提でございます。まず地震で壊れない上に、津波の影響を受けないところに設置するか、もしくは水位計のように実際に津波の影響を受ける場所に設置する場合は波圧を考慮した設計をしているということでございます。

○兼本委員 質問は、繰り返しの回数と水位、津波の高さということですね。その高さについては、取水ピット水位計で代替していると思っていいですね。監視カメラは水位の高さまではわからなくてもよくて、何回来たり引いたりということがわかればいいのかという理解でいいですか。

○東北電力株式会社 水位はおっしゃっているとおり、海水ポンプ室の水位計のほうで水位は確認します。津波監視カメラでは、津波の繰り返しの襲来と、それに加えて二次的な影響といたしまして、漂流物も来ますので、漂流物の監視もカメラで確実にできることということで考えてございます。

○兼本委員 せっかくこういう要求事項があったときに、具体的にイメージされているのであれば、それを具体出して書いておいていただけると、理解しやすいなと思えました。

○座長 そのほか何かございますでしょうか。はい、関根先生。

○関根委員 今の件に関連する質問なのですけれども、水位計については53ページのところで、ポンプ室のところに以前に設置してあったものが、ちょうど津波があったときに下から吹き上げて、流入したので、このような防止板をつけたと伺っています。今度またこれをコンクリー

トに変えて埋めてしまうことにされたということですね。そして、今水位計で監視されると言われたのですが、これとは別にまた水位計を設置してあるということでもいいのですね。

○東北電力株式会社 はい。設置位置を若干変えまして、この場所はコンクリートで閉塞させるわけですが、違う場所に水位計用の座を設けまして、そこはしっかりと波圧にも耐えられる構造として、新たに水位計を設置するという計画でございます。

○関根委員 わかりました。

それともう1点だけ、56ページから7ページについての防潮堤の構造の改定ですか、改良地盤を追加するという件に関してです。4月にも見せていただきましたけれども今はもはや29メートルのものを設置しました。そこからさっき滑り安定性をさらに向上させる工事をやるという、これだけ大きなものをつくってから、それから下の土台の部分を変えるという、非常に不自然さを感じるのですけれども、その辺についてはいかがですか。

○東北電力株式会社 防潮堤をつくり始めたのは、早期に対策を完了したいという考えもございまして工事を進めておったわけなのですけれども、その審査の過程で、沈下の可能性に対して、それを説明するのがなかなか困難ではないかというようなご指摘もございまして、よりわかりやすく安全性を高めるためにということで、わかりやすい構造ということで、剛な構造、沈下が発生し得ないような構造にするほうが、その説明性も高まるということで、途中で変更したということもございますけれども、工事としましては、既設の改良地盤もそうなんですけれども、高圧噴射攪拌工法と言いまして、ボーリングで穴を掘って、その周りの土を、セメントをまぜた固い土に置換していく、置きかえていくといった工法ですので、上に構造物があっても施工可能な工法ということでは考えております。以上です。

○関根委員 そうすると最初から不完全な構造を計画して設置したというように私には捉えられるのですけれども、十分に性能が担保されているものをつくって、それをさらにとり書き方になっていきますよね。その理解の仕方を皆さんにわかりやすくしていただければいいかなと思った次第です。以上です。

○東北電力株式会社 ちょっとこの構造のところについては、説明を少し簡略化しておりましたので、そういったところも丁寧な説明を心がけるようにしたいと思います。ありがとうございました。

○座長 はい、源栄先生。

○源栄委員 この防潮堤クラスのスケールの長い構造物をつくるときの、夏、冬の熱変形に対する対処はどういうふうにしているのですか。というのは、コンクリートは膨張するよね。それ

は途中切れているのですか、あれ。切れているならばいいのですけれども、切れているところから壊れるようなことはないですか。ちょっとそこだけ。

あと、下の地上と地中、やっぱり温度変化が違いますので、その辺に関する処理というか、考え、どうなっているのですか。

○東北電力株式会社 まず、温度変化はやはり鋼材のものが、伸縮率というのですか、長さの変化が大きいと思うのですけれども、鋼材につきましては、横方向はそれぞれ独立した構造になっていまして、間をねじでつなぐというような構造になってございます。それから、コンクリートにつきましては、鋼管杭何本分かごとに目地をつくって、構造としては切れるような構造になっておりまして、設置してから夏冬も超えていますけれども、今までそういった不具合は生じていないということでございます。

あと、上下での温度変化につきましては、それも実態としてあまり影響がないように考えてございますけれども、そういったことで、途中で目地等を加えることによって、そういった配慮をしているといったことでございます。

○源栄委員 津波が来たときの抵抗力なんですけれども、当然コンクリートのせん断弾力、それから引き抜きその他の変動ですね、いわゆる天候に対する耐久性とか、この辺は塩水ですので、ちょっと甘い考えやるとまずいと思うのですけれども、この辺はどうなっているのですか。

10メートルぐらいのうちはいいけれども、30メートルクラスになると、プロポーシオンで相当比が大きくなりますね。それに対して、引き抜きに対する設計というのはきちっとやっているのだと思いますけれども、ちゃんと考慮しているのでしょうか。

○東北電力株式会社 構造といたしましては、波力がかかる方向に関しては、断面で見ると1本になっていまして、強い引き抜きがかかる構造にはなってございません。それから、特に鋼材につきましては、津波が来なくても、常時潮風に吹かれている環境にございますので、十分な防錆の塗装をするように……。

○源栄委員 引き抜きがないというわけないでしょう、だって……。

○東北電力株式会社 それは当然地震動で引き抜きは発生するのですけれども、構造的に津波については、主に圧縮が発生するような構造になってございます。鋼管杭に対しては、そういった構造になっています。

○源栄委員 鋼管杭に対して。でも、モーメントに対して圧縮側と引っ張り側が出てくるよね。自重よりも引っ張り抵抗のほうが大きくなるんじゃないかな。引っ張りに対する設計は大丈夫なのですか。

○東北電力株式会社 それについては、当然確認しております、大きな構造として、鋼管杭の山側にコンクリートで、まずその波力に耐えるようにしております、波力をかけたところに、それぞれの鋼管杭の各部位の断面照査をしまして、十分余裕があるような設計をしております。津波のときには、やはり気中に出ている分といいますか、鋼管杭の根本のところが一番きつくなりますので、そのところでも十分余裕があるような設計をしております。

○座長 そのほかご質問ございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、以上で（２）津波（耐津波設計方針等）について、本日の議論を終了したいと思います。

皆様の貴重なご意見ありがとうございました。これで議事の（１）を終了させていただきたいと思います。もし本日の説明をお聞きになって、改めてご質問等がございましたら、事務局までご提出いただければと思います。

その他につきましては、午前中に説明をしていただきましたので、割愛させていただきます。

それでは、そのほか事務局から何かございますでしょうか。

○事務局 次回の開催日は令和元年８月３０日金曜日、仙台市内の会議室、ハーネル仙台にて午前１０時から開催いたしますので、どうぞよろしくお願いいたします。

○座長 それでは、今回は８月３０日に開催しますので、よろしくお願いいたします。そのほか、何か先生方からございますでしょうか。

それでは、特にないようでしたら、本日の議事を終了させていただきます。皆さん、ご協力ありがとうございました。

#### ４．閉 会

○司会 若林先生、ありがとうございました。それから、皆様方からの貴重なご意見、大変ありがとうございました。

それでは、これをもちまして第１８回女川原子力発電所２号機の安全性に関する検討会を終了させていただきます。本日は大変お疲れさまでした。