

第16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 平成31年4月23日（火曜日）

午後1時30分から

場 所 TKPガーデンシティ仙台勾当台 2階 ホール2

1. 開 会

○司会 それでは、ただいまから第16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、宮城県環境生活部の大森部長から挨拶がございます。

○環境生活部長 この4月に環境生活部長に就任しました大森でございます。皆様には大変お世話になっております。

本日は、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。

本検討会は、原子力規制委員会の審査を踏まえ、女川原子力発電所2号機に係る「震災後の施設の健全性」及び「新規制基準に適合することにより向上する安全性」という2つの視点について、各構成員の専門的見地に基づきご確認していただくため、平成26年11月に第1回目を開催し、これまで15回の会議と1回の現場視察をしていただいたところでございます。

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、現在まで審査会合は157回を重ね、説明終了時期は7月中とされております。

第16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「竜巻」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。

なお、明日は女川原子力発電所の視察を行いますので、発電所内の設備や屋外設備において最新の状況を確認し、検討会における議論の参考としていただきたいというふうに考えております。

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ますよう、改めてお願い申し上げまして、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。

なお、本日、出席者名簿で出席予定でございました岩崎先生につきましては、本日、急遽所用のため欠席ということになっておりますので、ご了承願います。

それでは先生、よろしく願いいたします。

○座長（若林） それでは、議事に入る前に、本日検討する論点項目につきまして、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でございます。

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をいたします。

A4判の資料-1とA3判の資料-1（別添）というものをお開き願います。

資料-1に論点項目を、それから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）、A3のものでですね、こちらには、これまで検討会の中で先生方から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をしております。また、その質問は、第何回の検討会で出されたものかを質問の末尾に括弧書きでお示ししておりますので、参考にいただければと思います。

本日、検討を予定しております論点項目と、ご質問、ご意見の対応につきましては、資料-1では網かけの部分、それから資料-1（別添）のほうでは赤い枠で囲った部分、2枚目の表側ですけれども、その部分となります。

検討予定の論点は、新規制基準適合性審査申請のうち、（3）その他の「竜巻」「火山」、それから（9）事故対応の基盤整備のうち「緊急時対策所」について検討をお願いしたいと考えております。

また、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、本日ご欠席の委員に対しては、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ございます。

事務局からの説明は以上となります。

○座長 ありがとうございます。

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。

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」

- ・（3）その他の自然現象等（竜巻）

○座長 それでは、（1）各論点の説明・検討のうち、（3）その他の自然現象等（竜巻）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 東北電力の阿部でございます。

それでは、新規制基準適合性審査申請、その他自然現象等（竜巻）（No. 60、63、64 関連）についてご説明いたします。

ページめくっていただきまして、1枚目、こちらは目次になります。

次のページ、2ページからですが、原子力発電所の竜巻影響評価の背景ということでご説明させていただきます。

ページめくっていただきまして、3ページになります。

こちらは、原子力発電所の竜巻影響評価の背景ということで、平成23年3月11日に、福島原子力発電所でシビアアクシデントが発生したことを踏まえまして、原子力発電所の安全に関わる新たな規制機関として原子力規制委員会（NRA）が発足いたしました。

新規制基準において、大規模な自然災害に対する対応の強化として火山、竜巻、森林火災に対する考慮が強化されました。

今回、こちらの規制要求事項に対する対応について、ご説明させていただきたいというふうに思います。

ページをめくっていただきまして、5ページをご覧ください。

こちらは、規制要求事項でございます。

規制要求事項ですが「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第6条において、自然現象に対して安全施設の安全機能を維持することが求められてございます。

これらに関して、発電用原子炉施設の供用期間中に極めて稀に突風・強風を引き起こす自然現象としての竜巻及びその随件事象等によって、発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、原子力規制委員会が発行している「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参照し、以下の竜巻影響評価が要求されてございます。

具体的には、下に書いております4項目でございまして、設計竜巻及び設計荷重の設定、女川原子力発電所における飛来物の調査、飛来物発生防止対策、防護対象施設の構造健全性評価及び対策となります。これらについて、以下に具体的に説明させていただきます。

6ページ目、まず初めに竜巻事象に対しての全体のご説明をさせていただきたいと思っております。

7ページ目をご覧ください。こちら竜巻の概要についての説明になります。

竜巻は、発達した積乱雲に伴う強い上昇気流によって発生する激しい渦巻きのことを言います。竜巻の発生メカニズムとしては、台風や寒冷前線、低気圧など積乱雲の発生しやすい気象条件に伴って発生しやすくなる傾向がございまして、また、発生の仕組みとして、地表面にあっ

た弱い渦巻きが積乱雲の強い上昇気流によって上下に引き伸ばされると、下図のように細く締められて回転スピードが速まるようになります。このような仕組みで、とても強くなった渦巻きが竜巻というものになります。

8 ページ目をご覧ください。こちらは竜巻による被害の特徴でございます。

竜巻は、短時間で狭い範囲に集中して被害をもたらすという傾向があります。被害は数分から数十分で、長さは数キロから数十キロ、幅は数十メートルから数百メートルの狭い範囲に集中するという傾向があります。また、移動スピードが非常に速いということも上げられます。過去に発生した竜巻の中には、時速約 90 キロで移動した事例もございます。また、竜巻の風の影響で建物が倒れたり、車がひっくり返るといった事象もございます。加えて、さまざまなものが竜巻に巻き上げられたりして飛散して衝突するということが特徴でございます。

これらの被害の特徴を踏まえて、原子力発電所の設備に対する影響を評価し、対策を検討するというようにしております。

9 ページ目をご覧ください。こちらからは、女川原子力発電所の竜巻に対する特徴を示したものです。

10 ページ目ですが、左の図を見ていただきたいんですが、こちらは気象庁の「竜巻等の突風データベース」というものを日本地図にプロットしたものでございます。こちらの傾向からですが、東日本の竜巻は関東平野に集中するという傾向が見られます。また、右下の図をご覧ください。こちらは竜巻が集中する地域をプロットしたものでございます。女川原子力発電所の周辺、三陸地方の沿岸になりますが、そこは竜巻の集中地域に該当しないということがわかります。

また、右上の図を見ていただきたいんですが、こちらは女川原子力発電所の航空写真になります。見ていただくとおわかり、敷地は三方を山に囲まれ、海岸線には防潮堤を設置しており、竜巻が接近・移動する間に減衰するような地形になっているということがわかると思います。

このように、発生数も少なく、竜巻の大きさも小さく、発生しても減衰するような、そういう地形であるということで、女川原子力発電所は竜巻の影響を受けにくい立地であるということがわかるかと思えます。

次めくっていただきまして、11 ページから、こちらから審査基準に基づいた竜巻影響評価についてご説明させていただきます。

12 ページですが、こちらは竜巻影響評価の全体のフローになります。

まず左側①ですが、設計竜巻の設定ということがございます。こちらは、施設の評価時に用いる竜巻の風速等を設定するものでございます。その右の箱に②設計飛来物の設定という項目がございます。こちらは、施設評価時に用いる竜巻による飛来物を設定するものでございます。一番右ですが、③防護対象施設の設定となります。こちらは、安全重要度を踏まえて竜巻に対して防護する対象を設定するものでございます。

①設定竜巻の設定、②設計飛来物の設定を踏まえて、④解析評価を実施いたします。ここでは、竜巻の風による荷重、気圧差による荷重、飛来物の速度やエネルギーの設定というものをを行います。これの得られた解析評価と防護対象施設を組み合わせ、⑤構造健全性評価を行います。解析で得られた荷重により、施設の健全性を評価することとして行います。この中で、健全性評価でOKとなれば評価完了となりますが、NGとなった場合には⑥防護対策というものをとっていきます。これは、竜巻防護ネットなどの対策になりますが、これらの具体的な項目については、以下からご説明させていただきたいというふうに思います。

ページをめくっていただきまして13ページになります。

まず初めに、設計竜巻の設定になりますが、過去に発生した竜巻の最大風速についての確認を行います。こちらは、先ほどお示ししました図と同じなんですけど、東日本で発生した竜巻の傾向を示したものでございます。先ほども述べましたが、女川原子力発電所の近隣で発生した竜巻としてはF1クラスでして、右下の表のところに書いておりますが、過去女川原子力発電所の近隣では、いわき市、気仙沼市、名取市でF1の竜巻が確認されております。一方、日本最大の竜巻の大きさとしては、F3クラスというものが実績でございます。

繰り返しになりますが、女川原子力発電所が立地する東北地方太平洋沖は、大規模な竜巻が発生しにくいという傾向が、これで確認できるかと思えます。

次、14ページをご覧ください。こちらは、竜巻影響評価に基づき評価を行う内容でございます。

ちなみに、この矢羽根に書いておりますが、申請時は発電所周辺地域の竜巻の発生実績を踏まえて、設計竜巻の最大風速をF2クラスということで、その上限値69m/sを設定しておりました。これに対して検討を行い、以下のとおり見直しを行ってございます。

初めに、設計基準竜巻(V_B)というものを設定します。設計基準竜巻とは、極めて稀に発生し、発電所の安全性に影響を与える恐れがある竜巻として、竜巻影響評価ガイド内で設計方法が定められているものでございます。

1つ目として、過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})を検討します。ここでは、国

内最大の竜巻がF 3クラス、最大風速が9.2 m/s という実績がございます。また女川原子力発電所の近隣の最大の竜巻はF 1クラス（最大4.9 m/s）ということがございます。

これらに対して、竜巻は観測の歴史が浅く、他の気象観測データに比べて不確かさがあるということを踏まえまして、日本で過去に発生した竜巻の最大風速9.2 m/s を V_{B1} と設定いたしました。

また2つ目として、確率論的に求めた竜巻の最大風速 V_{B2} というものを求めます。こちらは、発電所を含む太平洋側の海岸線における竜巻の発生頻度等から算出すると83.6 m/s という値が算出されます。

基準竜巻の最大風速（ V_B ）は、 V_{B1} 及び V_{B2} のうち大きな風速を設定するという観点から、設計竜巻を9.2 m/s と設定いたしました。

15ページをご覧ください。

次に、設計竜巻（ V_D ）の設定を行います。

設計竜巻とは、発電所の立地による特性、地形効果により竜巻が増幅する場合などを考慮して、基準竜巻に対して最大風速の割り増しを行った竜巻であり、施設の評価時に適用するものでございます。

初めに、地形効果による竜巻風速への影響ということで、海側から竜巻が侵入する場合、こちらは防潮堤があり、竜巻の風速は減衰するという傾向になります。また、山側から竜巻が侵入する場合、発電所周辺は森林により覆われますので減衰する傾向にあります。よって、地形効果による竜巻の増幅の影響は受けないというふうに判断してございます。

また、将来的な気候変動の考慮といたしまして、竜巻発生時の不確実性というものを考慮し、基準竜巻の9.2 m/s を安全側に切り上げることにいたしました。

これによって、設計竜巻の最大風速（ V_D ）は100 m/s としております。今後も、最新のデータ、知見をもって気候変動の影響に注意し、状況に応じて設計基準の見直しを行うというふうに考えてございます。

次に、16ページになりますが、設計飛来物の設定でございます。

めくっていただきまして、設計飛来物の設定において、まず初めに（1）竜巻飛来物現場調査を実施いたしました。これは、米国の規格等を踏まえて、防護対象施設から半径800メートル以内に存在する飛来物になる可能性がある物体について調査し、約2000個の物品を抽出してございます。

これらの物品に対して、現場調査での結果を代表化するというので、左側に書いておりま

すが、①形状で分類ということで、棒状、板状、塊状ということで分類を行います。また、②面積、従量、材質が同程度のものを代表化するという関係で類型化をしています。また、NRAの竜巻影響評価ガイドで例示する飛来物、この中には鋼製材等というものもありますので、それも含めて考慮することにしました。結果として32種類の代表飛来物というものを選定いたしております。

18ページをご覧ください。

次に、設計飛来物の設定ですが、先ほど整理いたしました代表飛来物32種類の竜巻の解析評価を行いまして、結果として運動エネルギー及び貫通力が大きい飛来物である鋼製材を設計飛来物と設定しました。鋼製材とは、下の絵に書いてございますが、断面が20センチ×30センチ、長さ4.2メートルの方形の角パイプのようなものでございます。

次、19ページをご覧ください。

こちらからは、防護対象施設の設定の過程になります。

20ページ、こちらですが、防護対象施設の配置を示したものでございます。防護対象施設は、機器の重要度を踏まえて竜巻の影響、屋外設備であるか、外気とつながる設備であるかなどに基づいて設定するものでございます。

21ページをご覧ください。

竜巻影響施設については、竜巻による損傷モードを検討し、機器の構造を踏まえ評価を実施いたします。

表は、竜巻防護施設と考慮する損傷モードについて整理したものでございます。

防護対象施設、表の左側ですが、まず初めに建屋内の重要機器の防護ということで、外殻となる役割を持つような施設を評価対象といたします。具体的には原子炉建屋、タービン建屋、制御建屋になります。

これらについて、考慮する損傷モードとしては風荷重、竜巻の風による荷重と、竜巻の気圧差によって発生する荷重と、飛来物が衝突することによる荷重、このような荷重を踏まえて、室内の設備を損傷するということを考慮いたします。

また、次の防護対象施設としては外気とつながる重要機器でございます。これらは、中央制御室の換気空調系等の換気空調設備になります。こちらも同様の評価を行います。

また、屋外に設置されている重要設備として上げておりますが、地下軽油タンク、ピット、復水貯蔵タンク、排気筒、非常用海水ポンプというものがございます。

地下軽油タンクにつきましては、地下化されておりますので、風の荷重、あと飛来物の荷重

は受けないとして評価をいたします。また、非常用海水ポンプ、こちらについては竜巻の飛来物の衝突による影響というものを考慮し、竜巻防護ネットを設置することとしてございます。

次、22ページをご覧ください。

ここでは、解析により竜巻の風による荷重、気圧差による荷重、あと飛来物の速度や設定を行うこととなります。

23ページ、こちら解析評価の内容になります。

まず風荷重についてですが、設計竜巻風速100メートルが、そのまま評価対象施設に加わるとして風荷重というものを算出いたします。また、竜巻の内部というのは気圧が低くなりますので、解析で得られた竜巻中心部の気圧と外気との差を気圧差荷重というふうにして設定をいたします。また、竜巻により吹き飛ばされた設計飛来物（鋼製材）が物体に衝突する時の衝撃荷重を算出いたします。

具体的には、表に示すとおりでございますが、風荷重としては建築基準法要求の30m/sを大きく上回る条件というふうを設定してございます。また、気圧差荷重としては、76hPaの気圧差ということで、強い台風の中心気圧並みの気圧差を設計条件といたします。また、飛来物の衝撃荷重ですが、こちらは水平速度でございますが約46m/s、時速で言いますと170キロの飛散速度を想定いたします。この場合の貫通力としては、厚さ20センチのコンクリートの板を貫通するほどの衝撃力を設定いたします。

このように、設備の評価においては非常に厳しい条件で設備評価を行うということとしております。また、これらの荷重については、竜巻影響評価ガイドの要求を踏まえて、上記の荷重を組み合わせて評価するといった手法をとります。

次、24ページをご覧ください。

こちらは、解析で得られた荷重により、施設の健全性を評価するという過程になります。

25ページになります。こちらは、構造健全性評価の例になりますが、竜巻に対する防護の設計方針といたしまして3つほど書いてございます。こちらは、竜巻影響評価ガイドに基づき評価する内容でございます。

1つ目が、設計荷重に対して構造健全性を維持すること。また、損傷した場合には、取りかえ、補修が可能であること。また、竜巻の波及影響、これは竜巻によって、竜巻の防護施設でない建屋、小屋みたいなものが損傷した場合に、悪影響を及ぼさないということが要求になりますので、そういう意味でも悪影響に対しても安全機能を損なわない設計とするということが要求されてございます。

施設は、許容限界に対して妥当な安全裕度を有することを確認することとしてございまして、設備の耐力などの詳細評価につきましては、工事認可申請段階においてご説明していくというふうにしてございます。

次、26ページをご覧ください。

こちらからは、竜巻の防護対策についてご説明いたします。

27ページをご覧ください。

こちら、非常用海水ポンプの防護として考えております竜巻防護ネットについてのご説明になります。

屋外に設置している非常用海水ポンプが飛来物による損傷を防止するために、竜巻防護ネットを設置するというのを計画しております。こちらは現在審議中の内容でございます。

左側の絵を見ていただくとわかると思うんですが、非常用海水ポンプは、半地下に埋められているピットの中に非常用海水ポンプが設置されているという状況になります。海水ポンプのピットは、コンクリート製のピットでございますが、その上面に竜巻の飛来物を防止するための竜巻防護ネットを設置して、侵入を防止をするという設計でございます。

28ページをご覧ください。

こちら、竜巻防護ネットのイメージを右の図で示してございます。竜巻防護ネットは、飛来物の大きな衝撃力を受けることを想定し、鋼製材のフレームと鋼製材のネット（3枚重ね）のもので構成されてございます。非常用海水ポンプの点検のために取り外しができる分割構造ということですが、右の図でご説明させていただきたいのですが、ピットの上に青色で示す梯子のようなフレームが5つあるかと思えます。これがそれぞれ取り外しができるということで、内部にあるポンプが点検ができるといった構造をとってございます。

次、29ページをご覧ください。

こちら、竜巻防護ネットの特徴でございます。竜巻防護ネットは、地震の影響を低減させるという観点で、支持部にゴム支承というものの採用を計画しております。ゴム支承というのは、橋梁等で多く採用されており、地震時にゴムが変形することで地震力を低減させる効果があるものでございます。

こちら、竜巻防護ネットの要素にゴム支承を採用するという事は、女川2号機が初めてであり、適合性審査の実績がないことから、特有の課題として設計・構造成立性について、現在ご説明中の内容でございます。

次、30ページをご覧ください。

こちら、軽油タンクの地下化について示したものでございます。給油タンクに対する竜巻対策として、申請当初はタンク周辺に防護ネット等を設置する計画でございましたが、先行プラントの審査状況を踏まえ、軽油タンクに対する外部火災による熱影響や地表面での火災発生を防止する観点から、軽油タンクを地下化することといたしました。これにより、竜巻や火山などの自然現象に対しても、非常用ディーゼル発電機の信頼性が向上するという状況でございます。

また、地下軽油タンクは、消防法に基づき設計しており、円筒型横置の構成タンクをコンクリート製の軽油タンク室内に設置している構造となっております。また、地下軽油タンク、地下軽油タンク室は竜巻等の荷重や基準地震動に対して耐震性を確保する設計としており、系統分離により信頼性を確保した設計としてございます。

次、31ページですが、こちらから竜巻防護の運用対策についてご説明させていただきます。

具体的な運用手順については、保安規定の審査の中でご説明させていただきますが、今回は、この対応方針についてご説明をさせていただきます。

32ページをご覧ください。

こちら、運用対策を実施するに当たっての運用基準の考え方を示しています。気象庁が発表する竜巻関連の気象情報を踏まえ、竜巻運用対策の実施基準（竜巻の警戒レベル）を定めます。具体的には、左の表の上のほうに示してございますが、気象情報である雷注意情報（竜巻）というもの、また竜巻注意情報という、そういう情報がございます。これらの情報の特徴や頻度等を踏まえ、活用するというふうに考えてございます。また、上記に加えて、気象庁の発表する竜巻発生確度ナウキャスト、雷ナウキャスト等の詳細情報についても活用することを検討してございます。

また、竜巻運用対策の実施基準は、竜巻関連の気象情報を考慮して段階的に作成することといたします。警戒レベルは、現段階では3段階に設定することを考えてございます。

警戒レベルが低いという場合、この場合は竜巻の発生の恐れがあるということを周知し、あらかじめ屋外作業中止の検討や連絡回線の確認ということを行うものでございます。警戒レベル中というものは、竜巻の発生の可能性が高いことを周知し、資機材の固縛や車両の避難を行うというものでございます。警戒レベルの高というものは、竜巻の発生の可能性が非常に高いため、車両や人の避難を行うというレベルを示すものでございます。

次に、33ページをご覧ください。

こちら、警戒レベルの発令の考え方を示したものです。女川原子力発電所周辺の竜巻関連の

気象情報を収集し、竜巻警戒レベルを発令いたします。

警戒レベルが低いという場合、こちらについては、女川原子力発電所周辺及び石巻市及び女川町で雷注意情報（竜巻）が発令するという場合を想定しております。また、警戒レベルが中の場合、こちらは対象地域（広域）、下の図で言いますと左側の図になりますが、発電所の位置に対して約40キロの範囲を広域と定義しておりますが、この中で竜巻発生確度ナウキャスト等による確度情報が発令された場合というふうに考えてございます。警戒レベルが高の場合、こちらは図で言うと右側になりますが、発電所上空で竜巻発生確度ナウキャストの確度情報が発令した場合というふうに考えてございます。

こちらの発生条件については、今後も気象の情報をもう少し整理して、的確なデータが得られるように検討していくというふうなことで考えてございます。

次、34ページをご覧ください。

こちらは、竜巻防護の運用に対する管理範囲の設定の考え方を示したものでございます。

防護対象施設の周辺に管理エリアというものを設定し、管理エリアの範囲内には原則として車両や資機材を配置しない運用を考えてございます。また、管理エリア内に車両や資機材を配置する場合には、解析評価を実施し、飛来物となる可能性がある場合には固縛対策を実施するという事を考えております。また、車両を固縛せずに停車させる場合には、即座に車両を移動できる体制を構築し、退避レベルとなった場合には退避場所に車両を移動するというふうに考えてございます。このように、運用対策は各社がサイトの特性等を踏まえて設定し、保安規定の審査の中で今後審査されるという内容になっています。

次に、35ページになります。

こちらからは、適合性審査の状況でございます。

36ページをご覧ください。

竜巻に対する設計方針につきましては、当社はこれまで審査会合を8回ほど実施してございます。審査の中では、飛来物の飛散評価手法の適用に対する先行プラントとの相違を踏まえた妥当性に関して質問・指摘を受けておりまして、こちらについての説明を実施してございます。竜巻に対する全体的な設計方針については、概ね終了してございます。

また、竜巻防護ネットの設計方針につきましては、先ほどご説明いたしましたが、竜巻防護ネットの支持部にゴム支承をつけるということ踏まえて、審査実績がないということがありますので、特有の課題として設計・構造成立性についてご説明をしているというところでございます。

以上で竜巻のご説明を終わらせていただきたいと思います。

○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します。

○事務局 あらかじめ、今村文彦委員からコメントをいただいております。

15ページをお開きいただきたいんですけども、気候変動などにより、過去の災害を上回るケースが生じている。このようなケースの評価を今後どのように考えるのか。将来的な気候変動の考慮（竜巻発生の不確実性）についての根拠を説明いただきたい。

以上でございます。

○座長 ありがとうございます。この件につきまして、東北電力からご回答をお願いいたします。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部でございます。

今ほどお話がありました15ページでの指摘でございますが、14ページのところに書いてございますけれども、まず基準竜巻の設定におきましては、将来の気候変動も含めて観測データが不足していると、あとは観測の歴史が浅いということもありまして、そういう不確かさがあるということをご認識しております。

そういう観点で、日本で最大に発生した竜巻のF3クラスというものを、女川の近隣ではF1クラスしかない、こういうことに対して設定しておりますので、この設定というのは、プラント供用期間中の気候変動というものを考慮しても、十分に保守的な設計であると考えます。なお、気候変動の確認という観点では、石巻市の降水量、積雪量、最大風速、あと気温等についても、過去のデータを調査してございます。1900年代ぐらいからの調査をしたところ、温度については数度ぐらい上昇傾向にあるという確認をしておりますが、それ以外については有意な変化というものご確認されてございません。ただし、さっきも申し上げましたが、今後の気象変動というものも含めて、今後の気象データの変化については継続して、必要があれば設計基準の見直し、そういうことを検討して適切に対応してまいりたいというふうに考えます。以上です。

○座長 ありがとうございます。

これは、今村先生のほうにお伝えしていただければというふうに思います。

それでは、委員の先生方、何かご質問がありましたら発言をいただきたいと思います。源栄先生、お願いいたします。

○源栄委員 基本的なことなんですけれども、この竜巻に対してどこが一番弱いですか。だんだん荷重が上がっていくと、どこから壊れますか。それに対して、どれぐらい余裕度がありますか。物に対して、何か一般の方にそういう説明なりするんだと思います。

それから、いろいろな衝撃荷重がありましたけれども、外部事象に対してどれぐらい、飛行機がぶつかるとか、そういう外部事象に対して、どれぐらいの割合、荷重の大きさはどれぐらいになっていますかというのが1つ。

それから、免震装置を用いているというんですけれども、地震のほうの免震というのは周期をずらすというのとダンピングを大きくするという2つの性質を利用していると思うんですけれども、風荷重と地震荷重の違いで、減衰装置って何がどういうふう to 効果があるんですかというあたりの、動特性からの説明が何か欲しいような気がいたします。以上3点です。

○座長 それでは、ご回答をお願いいたします。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部でございます。

まず一番最初のご質問で、一番どういうところが弱いのか、どういうところが壊れるかというところ、一般的にというご質問だったんですけれども、例で言いますと、建物のようなもの、そういうものが屋外にありますので、そういうものの影響について簡単にご説明させていただきたいと思います。

建物については、今、100メートルの風荷重というものが、まず最初に加わると言いましたが、やはり地震に比べて竜巻の風荷重というのは、それほど大きくないという傾向がわかっています。なので、その影響というのは評価した上で、対応ができるということで考えてございます。

一方、飛来物の衝撃荷重というもの、先ほどパワーポイントのほうでも設計条件をお示しましたが、パワーポイントの18ページにあるような鋼製材、こちら重さが135キロのものになります。これが23ページの解析評価のところを書いてありますように、時速約170キロで飛んでくるというふうになりますと、非常に強い衝撃力になります。そういった衝撃力に対しては、やはりなかなか、機器も建屋も機能を維持することが難しい場合があるということがあって、やはりそこが一番、竜巻の影響評価の中では厳しい条件かなというふうに思います。

ただ、そういうことに対しても、コンクリートの厚さだったり、あとは先ほど言いました竜巻の防護ネット、そういう対策を講ずることによって、厳しい条件に対しても安全性に影響を与えないような設計を今後進めていくということができると考えてございますので、そういう意味では、竜巻の影響評価というのは非常に厳しい面もありますが、我々としては対応できる

というふうに考えてございます。

○東北電力株式会社 東北電力の平川でございます。最後にご質問がありましたゴム支承の件について、私のほうからご説明させていただきたいと思っております。

資料の29ページをご覧くださいと思うんですが、ちょうど防護ネットの特徴ということで、図示させていただいております。ゴム支承ということで、ここにも書いておりますとおり、ゴム支承の採用については、風荷重というものを念頭に置いたものではありませんで、これにつきましては、下に設置しておりますポンプが耐震上重要なポンプになりますので、地震時でもこのネットが、要は何がしか損傷してポンプに影響を与えてはいけないということで、ネットに関しても相応の耐震性能を求めることとなります。ということで、耐震性を考慮した場合に、既存の海水ポンプ室と新たに設置するネットの力のやりとりということになりますので、そのやりとりを軽減するためにということで、ゴム支承を今回は採用させていただいたと思っております。

あと、このゴム支承、見ていただきますとわかりますとおり、建築なんかで採用しております免震装置と構造的にはよく似ておりますけれども、ゴムはかなり固いものを使っておりまして、固有周期的にはかなり速いペースになりますので、建築で採用しています免震ですと、結局、2秒とか4秒ぐらいが固有周期になろうかと思うんですけれども、こちらで採用しますものにつきましては1秒を切る、コンマ数秒のところには固有周期があるような設備になっておりますので、そういった意味では耐震と特性はちょっと違っているものになっております。

私からの説明は以上になります。

○源栄委員 回答いただいたんですけれども、竜巻で決まっているもの、ほかの事象いろいろ、ほかの荷重いろいろあると思う、地震その他。それで、竜巻で決まっているものは何ですか。ほかの荷重以下のものだったら、そっちでいいんですけれども、それも明確に、横からという意味のね。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部です。評価上決まっている竜巻で考慮する荷重というのは、先ほどの23ページに書いてございます風荷重、あとは気圧差荷重、飛来物の衝撃荷重と、こういうものです。それは竜巻としての荷重でありまして、あとは随件事象として、竜巻が起こる時にはかなり気候が変動というか、いろいろと不安定な状態になります。

○源栄委員 これは風荷重であって、これで断面設計するわけですよ。（「はい」の声あり）それで、この風荷重で決まっているものは何ですか。それが一番大事。最初に聞いたのは、そういう意味。

- 東北電力株式会社 それに関しては、風荷重の設計としては、そういうのではないという判断で
ございます。
- 東北電力株式会社 平川でございます。ちょっと説明が足らなかったかもしれませんが、既存
の建物も、先ほどちょっと説明にありましたけれども、耐震の荷重に比べますと非常に小さい
荷重で風荷重は済んでおりますので、そういった意味で、風荷重で決まっているというものは、
建物構築で特にございません。ただし、この中で先ほどのネットですね、ネットみたいなもの
は、最終的には今回竜巻対策として提示されるものでございまして、特にネットの強度みたい
なものにつきましては、飛来物のエネルギーで決まるようなところがございまして、そうい
った意味では、今回、新しく設置しますネット類については、今回の風対象ではないんですが、
要は飛来物の設計ということで決まっているというものであるかと思えます。
- 座長 よろしいでしょうか。それでは、兼本先生。
- 兼本委員 幾つかあるんですけども、今の質問に絡むんですけども、この3つの荷重のう
ちの衝撃荷重というのは、形によっても決まるんですか。今回は20センチ×30センチの柱
ということですけども、もっととがったものとかありそうな気がするんですけども、そう
いう考慮はしていますか
- 東北電力株式会社 東北電力の阿部です。設計飛来物の考え方、先ほど申しましたが、飛来物
となり得るようなもの、そういうものを現場で調査をして抽出してございます。こちら17ペ
ージになります。こちら右下のところに32種類の代表飛来物ということで、今、おっしゃら
れました、例えばとがったもの、電柱のようなものだったりとか、あとは鉄のこういうものだ
ったりとか、そういうものもいろいろ評価しております。その中で、評価の中で物が浮き上が
って飛んで、どれぐらいのスピードになるかということ、まずそれが第一前提になって、そう
いうものが何発飛んでいった時に、どれぐらいのエネルギーがあるかというような観点で調査
してございまして、結果的に鋼製材が一番厳しいという結果になってございます。
- 兼本委員 ただ質問の意味は、例えば同じ100キロの物が飛んできて、角がぶつかる場合
と、もうちょっと水平断面がぶつかる場合で、相当壊れ方って違うと思うんですけども、そ
ういう角と方向の評価もしているということですか。
- 東北電力株式会社 おっしゃるとおりでありまして、当たった時の角度、あと姿勢というもの
も、飛来物の衝撃荷重に対しては非常に重要なポイントになります。いろいろな文献とかでも、
防衛大とかそういうところの文献なんかでも、当たった時にどのような挙動を示すかとい
うのもやっております、やはり滑ったりするという場合だったり、ネットに当たるとか、タ

ンプリングするとか、そういういろいろな挙動もありまして、実際に一番荷重を伝達するという考えだと、垂直に当てる荷重がやはりかなり厳しいのではないかという、そういう傾向が見られたところでもあります。そういうのを踏まえて評価をしていただくことに至ったところでございます。

○兼本委員 そうような文献を調べて決めたということですね。

ちょっと別な質問で、一番簡単な質問というか、36ページの規制庁とのやりとりのところで、当たり前を受け取ってはいるんですけども、保守性というのはどういうふうに使われているのでしょうか。私自身もよく使っていたんですけども、こうやって見ると、ちょっと誤解されないかなと思ったりしましたので指摘させていただきます。要は質問としては、保守性というのは安全裕度ということで使われているんだろと思うんですけども、まだ壊れることに対する裕度がありますよという、文章だけ読むと、保守性というのは壊れても直せるとかそういうふうに、規制庁との間でかなりローカルな定義で言葉が使われていないかが、ちょっと気になりましたので。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部でございます。今ほどご指摘のあったとおり、安全裕度という観点で、いろいろな規制側と話をしております、やはり設備の評価だけでなく、風速の設定から運用までも含めて、全体としていろいろなそういう保守ファクターを積み重ねてやっていると、こういうことを規制側には丁寧に説明させていただいています。

○兼本委員 私も昔、いろいろなパラメーター、逐一決めるときに保守的にしましょうというのは、安全裕度を考えて少し高めにしましょうとか、安全裕度という意味で使っていたので、少し言葉を規制庁と相談されたらいかがでしょうかという、これはこれで通じているので問題ないと思います。

一番質問したかったのは、32ページのいろいろな、警戒レベルがあった後の対象マニュアルというのを作っているということなんですけれども、運転中と定期検査とか、特に大型工事みたいなのが入っていた時で大分違うのではないかなという気がして、その辺の配慮と、それから具体的な質問としては、防護ネットがありますけれども、点検の時に、これ多分外してどこかに置いておくんでしょうけれども、警報があると、それをもとに復帰して戻るのか、そのままにして戻るのかというような、例えばの事例ですが、どうなっているかというのを教えていただければと思います。

○東北電力株式会社 先ほどご指摘いただきました警戒レベルとか、そういう行動に関してですけれども、運転中と点検中のところで、そこは区別して対応していく必要があるかというふう

に思います。

警戒レベルというものは、竜巻に対しても完全に予測ができるというふうなものではないと我々考えておりますので、やはり非常に大物の重量物を吊って、すぐに作業が止められないような場合だったりとか、あとは屋外でそういうふうな大事な重要な作業をするような場合、そういう場合は、ある程度の、今回気象条件に竜巻が発生しそうだとか、低気圧が来て気象が乱れそうだとか、そういうのをあらかじめ判断して作業を中止するといったことも必要なのかなというふうに思っております。

そういう判断基準については、今後、少し詰めていく内容になるのかなというふうに思っております。

また竜巻防護ネット、取り外し等、あとは取り付け、プラントの点検に対する考え方というところですが、竜巻防護ネットは非常用の海水ポンプを守るものですので、取り外す前にはプラントを停止しておくという、まずは前提で、防護ネットが取り外した状態で運転するというのは、条件としては、今、考えてはございません。

そういう意味で、プラントが停止している状態であれば、非常用海水ポンプを竜巻防護ネットでわざわざ守りにいく必要はないので、プラントの停止している状態で取り外した場合には、即座に作業を止めて避難すると、そういうことを今は検討しております。

○兼本委員 わかりました。いずれにしても、そういう時は予想外のことが起こりますので、そこで指示系統をしっかりと作っておいていただければと思います。

○座長 首藤先生。

○首藤委員 ご説明ありがとうございました。

私も決してプロではないのですけれども、ちょっと素人っぽい質問になるかもしれませんが、4点ほど伺いたいと思います。

まず1点目が、14ページで設計竜巻の設定というところ、基準竜巻をこういうふうに設計しましたというご説明をいただいたかと思えます。冒頭にあるように、もともとはF2クラスを想定されていたのを、国内で最大というふうにされたという、それ自体は安全側に判断されたということで非常にいいことかなというふうには思うんですけれども、ご説明の時におっしゃった基準竜巻の設定は、規制委員会のガイドラインか何かに従って設定しましたと、補足の口頭のご説明があったと思うんですけれども、そうすると、最初はF2だったのも、多分同じガイドラインに従って設定されていたのではないかと思って、そのガイドラインの中身が違ったのか、それともガイドラインにもともとは反して設定していたのか、どうして同じガイドラ

インで考えたのに設定が変わったのかというところを、ちょっと教えていただきたいというのが1点目です。

それから2点目は、18ページにある鋼製材ですか、金属製の長い柱のようなものを飛来物に設定されているということなんですけれども、これももしかしたら違うのかもしれませんが、何となく竜巻のイメージというと、いろいろな物が一緒に飛んでくるというようなイメージがありまして、これ1つだけ飛んでくるということを設定されたのか、もっと複数のものがたくさん一度に飛んでくるというものを設定されていないのか、あるいはされていないのなら、それでなぜよしと考えられるのかということをご説明いただければというふうに思います。

それに関連してですけれども、多分その前の17ページで、いろいろな、例えば写真で見ると自動販売機であるとか、自動車であるとかも飛ぶ可能性があるということで、一旦考えられたということなんですけれども、その飛ぶ、飛ばないという判断は、どういうふうにやるのかなと思ひまして、なぜかということ、最終的には対策の1つとして防護ネットというものを置かれるということなんですけれども、そういう新しく置かれたものが飛ぶのか飛ばないのかというのは考えられないのかとか、そういう意味で、今あるものだけではなくて、今後いろいろな対策が増えていくものがある場合に、それは飛ぶものとして考えられているのかなとか、そういうことがちょっと気になるので、飛来物としてどういうものを設定したというのの考え方を少し教えていただければというふうに思います。

それから3点目が、これは単純な確認ですけれども、21ページのところに損傷モードを考えましたというふうなことが書かれています。ここのところがちょっと、こういう理解で合っているかどうかの確認ですが、非常用海水ポンプのところ、考慮する損傷モードというラインに、竜巻の飛来物による損傷を考慮し、竜巻防護ネットを設置というふうに書かれているんですけれども、この部分はまだ、考慮する損傷モードを記載する部分なので、飛来物による損傷というのがここに書かれているべきで、それを健全性評価をした結果NGだったので竜巻防護ネットを設置するという、⑥防護対策に進んだという、そういう理解で合っているかどうか、ちょっと確認させてください。

それから最後ですが、4点目が、竜巻防護の運用対策のところ、警戒レベルを注意喚起と対応準備と退避というふうに、およそ3段階に分けて設定されようと考えているということ、あとそれはどういう基準でやるかということも考えていらっしゃるということはわかりました。とはいえ、多分、竜巻の情報ってかなり確度が低い、だから警報になり得ない竜巻情報という名称になっていると伺っているので、逆に言うと、竜巻警戒レベル高、中、低というのは、少

なくとも過去の実績からいくと何年に1回ぐらい起こっているものなのかとか、なぜかという
と、しょっちゅう高レベルになって、退避レベルになってしまうと、それでは実際の運用とし
て非常にやりにくいということになりかねなくて、実用に耐えうる運用レベルかというのを確
認したほうがいいのではないかと思うので、そのあたりも、過去の状況だと退避レベルになる
のがどのぐらいの頻度なのかというのが、もしわかれば教えていただければと思います。以上
です。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部でございます。

質問について、順にご説明させていただきたいと思います。

まず初めに、設計竜巻、基準竜巻の設定の中で、当初F2だったということに対してガイド
が変わったのか、それともガイドを逸脱したのではないかというお話があったんですけども、
ちょっとご説明が足りなかったところがございますが、F2の竜巻を最初設定する時には、こ
れも13ページでございます、過去に発生した竜巻ということで、左側に図をプロットしてご
ざいますが、ガイド上では、女川原子力発電所を中心にした円を書いて、ここを竜巻の検討地
域ということで検討しなさいといったようなことがガイドに記されているということがござい
ます。

これに対して、補足資料の38ページになりますが、女川に対してガイドの要求はありますが、
竜巻の検討地域というものを、我々の中でももう一度再整理をしてございます。この気候
区分というところ、太平洋側というのは気候がかなり似ているというところもございまして、
そういうところや、あと発生実績というのを考えて、赤線で書いてあるように、竜巻検討地域
というのを女川原子力発電所の周辺だけではなくて、北海道から九十九里まで、そういう長い
範囲を竜巻検討地域として選ぶことにいたします。そういうふうに長く選ぶことによって、不
確実性を排除できるというふうに考えて、このように設定してございます。

ですので、ガイドの要求を単純に考えるとF2レベルというところがございますが、我々と
しては、気候区分とサイトの状況を考慮いたしまして、このように変更するというふうに判断
したという次第でございます。

2番目で、鋼製材の飛来物の設定に対して、1つだけ飛んでくるのか、複数のことについて
はどう考えているんだということがございます。

竜巻のハザードとして、こちらも参考資料の39ページになりますが、こちら83.6m/s
を選んだ時の年超過確率と風速の関係を示したものでございます。こちら 10^{-5} /年というこ
とで、10万年に1回ぐらいの確率にはなるんですが、そもそも、今考えている100m/sの

竜巻に対しての発生割合というのは、その分非常に低いと、数として非常に低いということは、これでわかるかと思います。

その風によって飛来物が吹き上げられて、それが衝突するという確率は、定量的に出すのは非常に難しいところがありますが、当然、それはもっと低い、それが複数回衝突するというところ、そこまでは、やはり我々のこの設計基準としては、あまり考慮していないというところでございます。

ただ、衝突する部材に対して、やはり一番影響の大きいものというのをしっかり調べて、それが鋼製材というものが影響があるというのを、他社も同じような評価結果になってございますので、我々だけが決めているというものではなくて、竜巻評価の中では一般的にそういう評価をしているということも踏まえまして、鋼製材を選んで設計をしているといったところでございます。

あと飛来物が飛ぶか、飛ばないかという判断については、電中研のほうで、そういう飛来物を飛ぶか、飛ばないかというのを判断するツールがございます。それをもって飛ぶか、飛ばないかという判断をさせていただきますので、これは他社でも実績があるものでございまして、審査会合でも説明している内容になります。

あと海水ポンプの竜巻防護ネットの評価の中で、損傷を考慮して、NGだったので防護ネットをつけるのかというお話があったと思うんですが、防護ネットがないと飛来物から守れないという評価になってございますので、お気づきのとおり、⑥ということで防護ネットを設置しているということになります。

警戒レベルのお話がありまして、非常に発生の確度が評価するのはなかなか難しいというご指摘のとおりだというふうに思っております。警戒レベルということで、33ページのほうには雷注意報（竜巻）が発生した場合とか、ナウキャストというふうにされてございますが、これだけですと、やはりしょっちゅう発生したり、あと全く発生しなかったりという可能性がありますので、今、我々としては過去のこういうデータを持ってきて、それを1つだけでなく組み合わせることで、どれくらい確度が上がるかというような検討をさせていただきます。1つの情報だけでなく、ある程度組み合わせることによって、先ほど言われたとおり、年に何回も発生しないようなもので、なおかつ確度が高いような情報を得られないかということで、気象協会等のデータ等、データの組み合わせ等を検討しておりまして、そういうところを踏まえて、この規定の中で、そういうものを設定していきたいなというふうに考えております。以上です。

○首藤委員 ありがとうございます。4点のうち、まず4点目については、多分これから基準を詳しく設定されるということですので、おっしゃられるように、実運用に耐えられるような、なるべくいい基準を設定していただいて、実態と合わないようなことにならないように努力していただきたいと思います。これはコメントです。

もう一つすみません、私のお尋ねの仕方がちょっと間違っていたのかもしれませんが、先ほど飛来物が複数あることを設定しないのですかというふうなお尋ねをして、ちょっと私の理解が間違っているかもしれませんが、確率が非常に低いので複数回ということはあまり想定されてないというふうなおっしゃられ方をしていたかと思うんですけども、私がイメージしていたのは、1つの竜巻で多くのものが同時にぶつかってくるということが想定されないのかなという意味でして、竜巻の発生確率とはちょっと違うのではないかというふうな気がするんですけども、そういうことはあまり、想定はされないものなんですか。

○東北電力株式会社 竜巻の発生確率も、実際に十分低いというところがございますが、竜巻で先ほどご説明したかったのは、飛来物になり得ること自体が、竜巻が起こっても飛来物が発生し得るという状態が、やはり、かなり稀なんだろうなというふうに我々は思っております。

なので、竜巻に対して風による荷重、それはもう100%竜巻が来るという前提で、そこは見ました。あと飛来物の荷重、飛来物がどういうふうに衝突するかというのは、やはりある程度確度が低いものだという前提を踏まえた上で、やはり設計基準としては1つの鋼製材が衝突する、それも非常に高いエネルギーを持って衝突するといった評価を行うことで、複数衝突ということも包絡されるのではないかなというふうな考えで、今、評価をしているというでございます。

○首藤委員 ありがとうございます。

○東北電力株式会社 ちょっと1つよろしいでしょうか。

今までのお話で、もうお気づきかと思えますけれども、竜巻の飛来物に関しましては、竜巻の風速を設定した後は、飛来物になり得るものにつきましては、基本的に先ほど飛ぶか、飛ばないかという話がちょっとありましたけれども、基本的には飛ぶという前提で評価をしています。飛んだ上で、要は極端に言いますと、竜巻が発生すれば必ず発電所に来て、発電所に来たら必ず物は飛んで、飛んだものは必ず発電所のどこかに当たるという前提での評価になっておりますので、先生が今おっしゃったように、確かに複数のものが巻き上げられる可能性は当然あるんです。ただ、巻き上げられたものが、1つの同じ箇所は何回もぶつかるということは、

非常に確率は少ないことだと思いますので、そこまではガイドとしても要求になっているものではないと思います。

ただし、その中で一番やはり影響が大きいものはどれかというのを選定して、それがぶつかった時でも、ちゃんと安全機能は損なわれないようにするというのが、ガイドの基本的な考え方というふうに認識しております。

○座長 それでは栗田先生。

○栗田委員 私から質問が2つありまして、1つは原子炉建屋の屋根トラス、これは秒速100メートルに対してどの程度安全であるのかというのと、あと飛来物のことも考えてOKだったのかというのが1つ。もう1つは、先ほどの防護ネットですか、鋼鉄製の3枚というような、これは実験で確認されたものなのですか。それとも計算で大体3枚程度、ネット3枚あれば貫通しないというふうにしたのでしょうか。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部でございます。

原子炉建屋の屋根トラスの件で、100メートルの風と、あと飛来物の衝突に関しては、現在でも崩壊するような、そういう評価にはなってございません。あと、竜巻防護ネットの3枚という件に関しては、先ほども言いました電中研のほうで評価をしております、実際に実験もしております。飛来物を当ててどれぐらいたわむとか、緩みの係数だとか、そういう中で、今、3枚の網でやるということが電中研のスタンダードになっておりますので、その実験結果をもって適用しているといったことになります。以上です。

○座長 鈴木先生。

○鈴木委員 どうもご丁寧な説明、ありがとうございました。私の質問は、私は竜巻の専門家でも何でもないのですが、今回の竜巻に対する影響の評価の感じ方について、ちょっとお伺いします。

1つは極めて簡単な、基本的な質問ですが、3ページでお話しになっている従来の規制基準から、NRAの新規制基準によって考え方を非常に前向きにしたというか、右のほうにしたということは大変よくわかって、特に左側では竜巻という言葉が明確には入れてなかったのが出ている、ちゃんとやれということになっている。それは大変結構なことではあるんですが、私がむしろ聞きたいのは、そこの従来の設計基準の上に書いてあること。シビアアクシデントを防止するための設計基準であって、単一の機器の故障を想定しても炉心損傷には至らないことを確認するという、つまり炉心損傷というのは極めて重要なファクターとするという考え方、基本的にはそこも新基準だと少し考慮したんですか。少しエクспанして、例えば、特に竜巻の場合は原子炉プラント、例えば女川の発電所の外、例えば送電ラインだとか、そういうとこ

るも、むしろそっちのほうが来てしまうかなというような可能性もありますよね、広いですから、ワイドスプレッドになっていますから。そういうことではないんですか。基本的な基準の上を書いてあるクライテリアも新規制基準では変わったんですか、変わらなかったんですか。それが1つ目です。ちょっとそれ、簡単な質問なのでお答えいただきたい。

○東北電力株式会社 東北電力の平川でございます。

今のご質問については、先ほど今、お話がありましたシビアアクシデントを防止するための基準、いわゆる設計基準で、それに対して対策を処方するという考え方自体は変わっておりません。

○鈴木委員 変わってない、特にエクспанもしていない。

○東北電力株式会社 ただし、考え方としましては、右のところを示しておりますのは、従来の設計の基準としては、今言いました自然事象みたいなものを強化しましたというものに加えて、従来は自主的な対策としておりました重大事故の対象施設、そちらのほうが新たに加わったというところが、今回の変更点、大きなところかというふうに認識しております。

○鈴木委員 わかりました。その上で次の質問なんですが、今日のご説明、大変明快にされてよくわかったんですけども、特に僕は耐震関係をやっていて、そっちとの関連で言うと、竜巻という難しい事象をどう考えて、それから吹き上げられるものをあれして、それから風速というものを1つの基準にして、竜巻の影響、これをきちっとこういうふうに考えるということ。それから、それに対する対策を、さっきの防護ネットも含めて考えるという、その流れのストーリーはよく理解できますけれども、一つだけ耐震関係と違うのは、今の平川さんのご説明の中にもあったように、例えば変わってないとすると、やはり炉心損傷という、つまり放射能の漏洩というようなことが大変重要なことなので、落ちていく落下物の被害想定物、それに重要度が関わりますよね。例えば炉心そのものに落ちる場合と、そうじゃない場合とでは違うので、重要度分類的な考え方というのとはとらないんですか。とらないのは、僕はちょっとどうかなと思うんですけども、そこは今日のご説明なかったですよね。飛来物が損傷を受ける対象の構造物とか設備、それが被害を受けた時の重要度、特に炉心損傷というような一番シビアなものから、それほどでもないもの、あるいはタンクでも例えば水のタンクなんかに落ちたとしても、それは重要度は低いですよね。その辺の考え方というのは、こういう新基準だとかガイドラインの中では、特には入らないというのはちょっとおかしい。その辺はどう考えたらよろしいんでしょうか。お願いします。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部です。

21 ページで、ちょっとご説明が足りなかったかもしれませんが、防護対象施設として外殻となるような原子炉建屋、あとはそのほかの施設も上げてございますが、そもそも防護対象施設というのは、安全重要度が非常に高いような、そういうものが前提でございます。原子炉建屋の中に入っている機材については、当然重要度が高いので、まずはその1つ1つというよりは、全体の外殻を守る。建屋について外殻を守るという観点で、原子炉建屋だったり制御建屋、あとタービン建屋であっても、重要な機器が入っているところ、そういうところをきちんと守れるということで、当然、先生が今おっしゃられたように、安全重要度を考慮して、その対象を決めているということになります。

○鈴木委員 つまり、重要度のクラスを、耐震なんかの場合幾つかに分けていますけれども、これは重要だというものと、とりあえずは対象外としようというもののバイナリで分けていて、重要度は全部高いんだと、そういう考え方でやっているんですか。そういう理解ですか。

○東北電力株式会社 はい。耐震の考え方とは基本的に同じような考えで抽出してございます。

○鈴木委員 了解しました。

○座長 長谷川先生。

○長谷川委員 12 ページのところに設計竜巻の設定というところ、竜巻というのは、そもそも風速と気圧差で大体決まるものなんですか。それとも何か素人考えでいくと、竜巻の持つエネルギー、パワーというか、そういうものがどこかに入ってくる、入っていないようなところがあるのではと思います。例えばどこかで見た記憶があるんですが、竜巻が連続して双子竜巻みたいなものが起こったりとか、何かそういうことがあるような気もするんですね。ですから、そういうことは考慮することはないだろうけれども、ちょっと気になります。例えば竜巻は巻いているそのごく近傍の半径というのはどの程度だとか、それから竜巻はどの程度上がっている（高さ）だろうとか、何かそれは気圧だけで決まるのかどうなのか、ちょっとわからないので、それがちょっと疑問なんですね。それが第1点。それから、第2点が、37 ページ、元が14 ページなんですけど……。

○東北電力株式会社 少し、補足説明資料でご説明させていただきたいと思います。

竜巻の評価のモデルのイメージを少しわかっていただいたほうがいいのかなというふうに思いまして、こちら、先ほども飛来物を、竜巻が来た時にどういうふうなモデルで飛ぶんだというものの飛来物の評価の手法、電中研のほうでやっている評価になります。

左側がモデル図なんですけれども、地表面から竜巻の風が中心に流れ、それが回転して上昇していくといったようなモデルで、右側に流線のモデルを書いております。ぐるぐる回りなが

ら上がっていくような形になっています。右下が気圧の分布ということで、中心でなおかつ地表面から少し高いところが、かなり気圧として低くなっていくというような状況がございます。

こちらのモデルをつくるに当たって、いろいろな検討をしております、今の風速100メートルの竜巻であると、竜巻の半径というのは大体30メートルぐらいということが言えます。そういう竜巻に対して、あとはこういうモデルを使って評価するというので、竜巻による飛来物の速度だったり、あとは竜巻の周囲の風速というものも、シミュレーションとして出すことができる。そういうものを使って出てきた数値に、あとはいろいろな保守ファクターを入れて評価していくといったようことで、竜巻の評価というものはやっているということになります。

○長谷川委員 それに関しては、例えばアメリカなんかで、もっと強い竜巻が起こっていますよね。そういう場合でも、そのモデルは使えるようなものなんですか。要するに、このモデルは国際的にちゃんとオーソライズされる（世界的にも学会で認められている）ようなものですかということをお聞きしたいんです。多分大丈夫だと思うんですけども。

○東北電力株式会社 はい。こちらは竜巻で有名な藤田先生、藤田先生が考えられたモデル、DBT-77という番号がついておりますが、こちらは藤田先生がワークブックの中に入っているものでございます。それを電中研のほうで適用して構造化したというものですので、シミュレーション自体は日本の電中研のものですけれども、元の考え方というのは藤田先生のハンドブックに、米国でも特に有名な、その中に入っているものを適用しているといったものでございます。

○長谷川委員 何かそういう時に、やはり、世の中電中研でやっているからといって、なかなかちょっと難しい……、いや、大丈夫だと思うんですが、そのやはりオーソライズの根拠をちゃんと示していただいたほうがいいような気がするんですね。

それから2番目の質問ですね。13、14ページのところ、39ページのハザード曲線というのがありますね。このハザード曲線というのは、何かこの線が非常に確定的な線のように書いてあるんですが、例えば歴史的に言うと92メートルまでしか観測されてない。その上のところもちゃんと書いてあるんですね。しかもこれは、本来観測に基づいた（外挿）予想値であるんだと思うんです。そのときのばらつきとか何か、確度というものはどの程度なんだろうと疑問になります。

ですから、ハザード曲線でこうなりますと言われても、そのハザード曲線はどういう根拠で求めたもので、（観測値）実績は、伺ったところによると92メートルまでしかない。その

先もちゃんと書いてあって、ハザード曲線というのをやっておられるわけで、その求めた根拠、それから確度というか、そこらをちょっと教えていただけたらと思うんですね。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部です。

39ページの説明を少しさせていただきたいと思います。

ハザード曲線を設定するに当たって、竜巻検討地域全体ということで、前のページ、38ページになりますが、先ほどご説明したとおり北海道から九十九里までのこの範囲、ここの沿岸のプラスマイナス5キロの範囲の竜巻の発生数というものを求めて、ハザード曲線ということで線を引きます。

○長谷川委員 そういうように理解していました。

○東北電力株式会社 それのほかに、間をもう少し細かく切って、1キロずつの範囲でのハザード曲線というものを、当然、そういうものを見なさいというふうなガイドになっておりますので、そういうものを確認するというふうになってございます。

そのハザード曲線の中で、このガイドでは、 10^{-5} ということで10万年という値をしきい値として……。

○長谷川委員 それはわかるんですが、前に92メートルが最大であったと、そう書いてあるんですね。

○東北電力株式会社 国内の実績として。

○鈴木委員 実績以外のところは、どうやって求めたんですかということを知りたい。

○東北電力株式会社 ハザード曲線の求め方ということですか。

○長谷川委員 はい。それと同時に、要するにこの実線、どの程度の確度のあるものかが気になります。。こっちの竜巻の風速の低いところはかなり確度がある。たくさんデータがある。一方風速が高くなるにしたがってだんだん頻度が少なくなってくる。

○東北電力株式会社 すみません、東北電力平川でございます。

仮にちょっと説明しきれるかどうかわからないけれども、私のほうで自信はありませんけれども、ハザード曲線、基本的には確率論ですので、その際には確かに実績のあるところまでは確かな曲線と確度で書いてある。ただし、ハザードの使い方と申しますのは、実績のあるところだけではなくて、まだ起こっていないところの事象が、どういった確率で、どんなことが起き得るのかというところを、まず予測するというふうな使い方が、までメインだと我々は認識しておりますので、確かに実際起きたところに近いようなところ、確かに確度といいますか、確度という言い方はおかしいかもしれませんが、曲線の信頼という意味では、確かに多少差はあるかもしれま

せんけれども、確率論の考え方に基づいて、それをはみ出したところを、どういう考え方に基
づいて想定するかということでやっておりますので、確かに今回のこれにつきましては、どれ
が一番要素として効いているかどうかというのは、私もちょっと詳しくはないところがあるん
ですが。

○長谷川委員 それはわかっているんです。その考え方を、どういう考えでこういう線が出たか
と、それがちょっと気になるんですよね。要するにぎりぎりなんですよね。あれでいくと90
何メートルで、何とか（超過確率： 10^{-5} /年）になる。それが桁違いに違うのなら何の問題も
ないんですけれども、割合ぎりぎりですから、ハザード曲線のとり方によっては、場合によっ
ては違ってくるのではないかというのが、ちょっと心配なんです。そこなんです。要するに、
これを確率論で扱おうとするのは、これはこうしなければいけないし、地震の時もそうなん
です。それはわかっているんですけれども、やはりそこに、そういうことをおっしゃるには、
何の根拠があるか。確率論だからって、何でもいいというわけではないので、ということをち
よっと気になります。素人考えだからいいです。

○東北電力株式会社 質問の趣旨は理解しましたので、このハザード曲線のつくり方、考え方に
ついてのご質問だと思いますので、我々もちょっとそこは確認させていただいて、恐らく日本
国内の実績だけではなくて、確認の範囲は全世界に広げて、そちらのデータも使った上で、最
最終的にこのハザードを作っていると思いますので、そこら辺、ちょっと確認させていただきます。

○長谷川委員 そういうことをしっかりおっしゃってほしいんですよ。そうでなしに、何か誰々、
一人の人の考え方ではないと思いますね。

それからもう1つは、先ほどのところに、首藤先生の話しにもあったように、やはり、今の
質問にもちょっと絡むんですが、低、中、高とあると。これは首藤先生がおっしゃったように、
こんなはっきりしたものではないだろうと。何かこの場合に電力さんでやられた時に、何か数
字的な基準というのは設けられているのかどうか。今後トライアンドエラーでしていく、そこ
らがちょっと気になるような気がする。難しいのはわかっているんですけれども、ただやはり、
そこを押さえておかないといけないと思います。

○東北電力株式会社 先生のご指摘というか、我々も重々承知して、理解しているところであり
ます。また、いろいろとデータの積み上げ等をした上で、確度の高いものを考えていきたいと
いうところもございますので、そういうところを積み上げをして評価をした上で、信頼性のな
るべく高いようなもので、それと組み合わせる、やはり、この状態になっても何もやらないと

いうわけではなくて、実際の基準等、あと実際に行動をどういう対応をするかというの、かなり柔軟に組み合わせてやっていきたいというふうに考えてございます。

○長谷川委員 私は、今おっしゃったことが一番大事だと思います。今すぐに完璧なものをつくれと、これはできない相談だと思います。ですが、やはりデータを、例えばこれに相当するデータを設定したことが何回あったと。ですから、これが運用になった後は、こういうことで何回こういうことがありましたと、やはり情報公開して行って、どんどんバージョンアップしていただきたい。それが私、最終的にはそうだと思います。何も今すぐ完璧なものをつくりなさいと言っても、これはあり得ない。だけど、何かそういうことがあまり見えてこないんですね。何かこう、気象庁か何かのがあって、もう決まっているんだよと、何かさらっと言われると気になります（言われることの根拠、妥当性を具体的に示していただきたい）。そこだけなんです。おっしゃることはわかっているんです。

○座長 活発なご議論、ありがとうございます。そのほか何かご質問、よろしいですか。

○兼本委員 1個だけ。さっき聞き忘れたので、今の議論、ちょっと聞き忘れたんですけども、運転中、点検中で対応は違うマニュアルという話をされていましたが、今回の話は、例えば運転中にかなりの竜巻が予測された時に、プラントを停止するわけではないですね。停止するのであれば、ちゃんとした基準がないと、運転員は迷ってしまいます。これは普通の台風、強い台風が来た時と同じような状況で、停止に関する規制はないと思うんですけども。停止については、ほかのいろいろな安全条件がありますので、そちらで停止すればいいと思います。その辺は、そういう解釈でいいんですね。

○東北電力株式会社 はい。そういった大規模な自然災害等も含めて、そういう基準について、今後検討していかなければならないなというふうに思っておりますので、こういうところの保安規定の審査も含めて対応していきたいというふうに考えてございます。

○兼本委員 伺ったのは、100メートルってものすごい竜巻が、高レベルだとすぐに来そうな、例えば10分とか1時間で来るというようなことを想定しながら、いろいろな解析をしているふうに見えるんですけども、その割に、運転中で、じゃあこの場合停止しましょうというところまでは出てないというところが、ちょっと違和感があるということです。ただそれは、大型台風でも同じようなことですし、やはり運転員が自分の判断で停止するかどうかというのは、かなり厳しい判断になりますので、むしろ国とか本店まで巻き込んで判断するようなことがあるか、ないかというのは、教えておいてほしいなと思いました。これは感想です。

○座長 ありがとうございます。

それでは、以上で（３）その他自然現象等（竜巻）に関する議論を終了したいと思います。
ここで10分間の休憩をとりたいと思います。

〔休 憩〕

○座長 それでは、ちょっと時間も押していますので、皆様おそろいですので議事を再開したいと思います。

・（３）その他の自然現象等（火山）

○座長 次は（１）各論点の説明・検討のうち（３）その他の自然事象等（火山）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 東北電力の阿部です。

火山についてご説明させていただきます。

No. 57、58 関連ということで説明させていただきます。

めくっていただきまして、1枚目が目次、2ページ目が原子力発電所の火山影響評価の背景ということになります。

3ページをお開きください。

こちら、先ほどの竜巻と同様になっておりまして、新規制基準において自然現象に対する考慮ということで、火山が新設されたということを示したものでございます。

説明のほうを少し簡単にさせていただきます。

5ページをご覧ください。こちら規制要求事項になります。

規制要求事項のうち、設置許可基準の6条において、自然現象に対して安全施設の安全機能を維持することが求められているということで、周辺の自然現象をもとに想定される自然現象の1つとして、火山の影響が上げられてございます。

こちらについても、原子力安全施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価するために、原子力規制庁で発行する「原子力発電所の火山影響評価ガイド」というものを参照し、影響を及ぼし得る火山の抽出や火山活動の影響評価を行うということにしております。

6ページからが、火山の分布・仕組みになります。

7ページをご覧ください。

右下の図になりますが、こちらは日本の活火山の分布となります。活火山は、日本に111個あるとされてございます。左上、こちらが火山の噴火の仕組みを示したものでございます。火山は、陸のプレートの下に海のプレートが入っていき、これによって、水の働きによって上部マントルの一部が溶けて、上昇してマグマが形成され、火山になるといったメカニズムとなっております。これらの火山に対する影響について、次から説明をさせていただきます。

8ページめくっていただきまして、9ページになります。

発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出の説明になります。

火山の抽出は、火山影響評価ガイドに基づき、女川原子力発電所から160キロの範囲の第四紀火山（約258万年前から現在までに活動した火山）というものを抽出いたします。

完新世（概ね1万年以内）に噴火活動があったかということ、当該の火山について確認し、これらについて、将来の火山活動の可能性について検討を行います。右の図に示すような11火山が、結果として抽出されてございます。

これらについて、女川原子力発電所への影響を検討するということをいたしました。

11ページをご覧ください。

こちらは、発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出ということで、考慮が必要な火山事象を記載してございます。火山ガイドに基づいて、発電所に影響を与える可能性がある13の火山事象について、火山の活動性や発電所との距離、地質調査等を踏まえて、事象ごとの評価を実施することとしてございます。

12ページが、これらの概要を示したものでございます。

一番上、1つ目、降下火砕物、これは火山灰による影響でございまして、広範囲に影響を及ぼすものとして評価対象としてございます。

2つ目、火砕物密度流、3つ目が岩石流、4つ目が岩屑なだれ、5つ目が火山性土石流、6番目が噴石、7番目が火山ガス、これらについては、火山との十分な距離があるということで、影響はなしというふうに判断してございます。

8番目、新しい火口の開口、こちらは周辺での火山活動はないということで、影響はないと判断してございます。

9番目、火山性津波、10番目、大気現象についても、火山との十分な距離があるということで、影響なしと判断してございます。

11番目、地殻変動、敷地周辺での火山活動はないため、評価対象外としてございます。

12番目、火山性地震、13番目、熱水系の影響ということで、こちらも火山との十分な距

離があるということで、影響はなしということにしております。

以上のことから、発電所に影響を及ぼし得る火山事象は降下火砕物のみというふうに評価をいたしました。

13ページをご覧ください。

こちら火山事象に対する評価、火砕物密度流の評価例になります。発電所に最も近い鳴子カルデラについて、過去に発生した最大規模の火砕物密度流の分布を調査した結果、発電所から十分に離れているということを確認してございます。

14ページから降下火砕物による影響の特徴について記したものです。

15ページをご覧ください。

1つ目、降下火砕物による設備への影響の特徴ですが、下の4つが上げられます。

1つ目が、降下火砕物が建物等に降り積もることによって、建物が倒壊する恐れがあるということ。2つ目が、降下火砕物に付着する腐食成分によって、設備を腐食させる恐れがある。3つ目が、降下火砕物が混入することによって、設備の閉塞、磨耗等を発生させる恐れがあるということ。4つ目が、降下火砕物を含む大気によって、人員の活動に影響を及ぼす恐れがあるということです。

また、降下火砕物の対応の特徴として、以下の2つが上げられます。

気象庁の噴火予測や降灰予報等を活用することで、降下火砕物の影響に対して、あらかじめの準備や対策を行うことができるということがございます。また、降灰後には速やかに除灰活動を行うことによって、影響を緩和することが可能でありますから、降灰直後の短期的な評価に対する対応が重要というふうに考えます。

また、発電所だけでなく、社会的に大きな影響を及ぼす恐れがある事象ということが上げられます。

1つ目は、送電網の損傷による大規模な停電、2つ目が広範囲の道路に堆積することによる大規模な交通途絶ということで、これらの特徴を踏まえて原子力発電所への対応をすることといたしております。

16ページから、火山影響評価の内容になります。

17ページをご覧ください。

火山事象に対する設計の基本方針ですが、火山影響評価ガイドを踏まえて、降下火砕物による直接的影響、間接的影響を評価し、原子力発電所への影響を評価することといたします。

直接的影響としては、降下火砕物による荷重、磨耗、閉塞、腐食等の直接的な設備への影響。

間接的な影響としては、降下火砕物による広域の送電網の損傷によって生じる外部電源の喪失や、原子力発電所内外に降下火砕物が降り積もることによって生じる発電所へのアクセス制限が上げられます。具体的には、実際のフローに基づいて評価を実施しております。

18ページをご覧ください。

こちらは、評価対象施設を示したものでございます。

降下火砕物の特徴、あと評価対象施設の構造、設置状況を踏まえて選定をいたします。

具体的には、表に示しておりますが、分類として、まずは屋外に設置している整備というものを対象にいたします。評価対象施設としては、原子炉建屋を初めとした屋外に設置してある設備になります。これらに対して、影響評価として降下火砕物が降り積もった時の荷重、また腐食の影響というものを確認いたします。

次の分類として、降下火砕物を含む海水の流路となる設備というものを評価といたします。非常用海水ポンプ等が上げられます。こちらの評価内容としては、海水中の火砕物による流路の閉塞・磨耗、または腐食、この影響を評価するものといたします。

分類の3つ目として、降下火砕物を含む空気の流路となる設備として、非常用ディーゼル発電機等が上げられます。こちらでも空気が流れる流路に対して閉塞・磨耗の影響及び腐食の影響を評価することとしてございます。

4つ目、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む設備ということで、屋内の電源盤についても評価をすることにいたします。

19ページをご覧ください。

こちらは、先ほど述べました評価対象施設の配置図をイメージを示したものでございます。

20ページから、影響因子の選定についてご説明させていただきます。

21ページ、こちらは降下火砕物の特徴及び評価対象の施設、降下火砕物の特徴を踏まえた影響のある可能性のある因子として採用したものでございます。

まず1つ目、構造物への静的負荷ということで、こちら降下火砕物による荷重が構造に与える影響というものは、降灰後に速やかに除灰することで低減することが可能であります、除灰による荷重の低減を考慮せずに評価するという評価方針で評価をしていきます。

次に、構造物への化学的影響（腐食）、これも同様に除灰によって低減が可能であります、除灰による低減降下を考慮せずに腐食による影響を評価するというふうにいたします。

3つ目、粒子の衝突ですが、こちらは竜巻影響評価における飛来物評価に包絡されるということで、詳細検討からは外してございます。

4つ目、水循環系の閉塞・磨耗について、海水中に混入する降下火砕物の影響は、海水中の砂等の影響に包絡されるというふうに考えますが、ポンプの狭隘部等における閉塞・磨耗の影響を評価するといいたします。

5つ目、水循環系の化学的影響（腐食）ということで、海水中に混入する降下火砕物の腐食影響については、海水中では耐食性のある材料を使用していることや、塗装を実施していることから、影響は小さいと考えますが、海水の流路における腐食の影響を確認いたします。

22ページをご覧ください。

上から1つ目になります。換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（磨耗・閉塞）とあります。こちらは、空気中に漂う降下火砕物の影響というものは、フィルタ等によって除去できる、低減可能でございますが、設備の狭隘部等の磨耗や閉塞の影響を評価いたします。

また、換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）という観点では、同様にフィルタ除去により低減可能であります。これらを考慮せずに設備内部の腐食の影響を評価するとなります。

3つ目、発電所周辺の大気汚染ということで、運転員が常駐する中央制御室は、空調機を循環運転することで、降下火砕物の影響を低減することが可能でございますが、この場合の居住性についても評価するといいたします。

4つ目、水質汚染、こちら発電所で使用する給水は水処理を行っているということで、詳細検討は不要というふうに判断してございます。

5つ目、絶縁低下、空気中に漂う降下火砕物の影響というものは、フィルタにより除去されて低減可能であります。屋内の空気を取り込む機構を有する電源盤への影響を評価するとしております。

これらの影響因子に基づいて適切に評価をしてございます。

23ページからが、降下火砕物の特性の設定となります。

24ページをご覧ください。

降下火砕物の特性については、文献調査及びシミュレーション結果等により、火山灰の層厚、粒径及び密度を設定してございます。また、降雨、降雪等、同時期に想定される気象条件の火山灰等特性への影響についても考慮することといたします。

火山灰の条件を表に示します。項目として層厚については15センチとしてございます。こちらは鳴子カルデラ、蔵王山、肘折カルデラ等を対象にシミュレーションを実施し、その結果、

最大となった12.5センチ、これは鳴子カルデラのデータですが、それを保守的に考慮して設定してございます。

密度については、湿潤密度の1.5 g/cm³ということで設定してございます。火山灰の乾燥密度は0.7 g/cm³程度であります。設備評価上は湿潤密度を適用して評価することとしてございます。

また粒径ですが、2ミリ以下というふうを設定します。こちらは、閉塞評価時に使用するものでございます。なお、外気の取り入れ口から侵入する火山灰の想定の小さいものについては、20ミクロンというものもございまして、概ね250から500ミクロン程度が主体的な評価と考えてございます。

また、化学的特性については、主成分は火山ガラスや鉱物結晶片ということで、硬度は砂と同等またはそれ以下というふうに判断してございます。また、火山灰には火山ガスの成分が付着しておりまして、腐食を引き起こす成分として硫化物イオン等を含むという結果が出てございます。

次、25ページから設備影響評価についてご説明いたします。

26ページが、構造物への静的負荷ということでの評価結果になります。対象建屋について、許容堆積荷重は降下物による荷重に対して十分な裕度を持っているということが確認できています。

また27ページ、こちらは構造物への化学的腐食の評価結果となります。

評価対象施設については、いずれも塗装しておりまして、これによって短期的な影響はないというふうに判断してございます。また、海水中の降下火砕物の腐食の影響についても、ゴムライニングや塗装等の対策を実施しているということを確認してございます。

28ページからは、間接的影響評価の内容でございます。

29ページをご覧ください。

間接的影響に対する設計方針及び評価結果ということで、まず1つ目ですが、送電線のがいしに付着することによる絶縁低下で生じる外部電源喪失というものを想定いたします。

外部電源喪失が発生した場合でも、非常用ディーゼル発電設備は7日間運転できる燃料を確保してございます。外部電源復旧後に原子力発電所が受電するに当たって、降下火砕物の影響を受ける開閉所のがいしの除灰を実施するということとしてございます。

30ページ、こちらは降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴うアクセス制限でございます。

外部電源喪失後、7日間以降の非常用ディーゼル発電設備の運転に備え、敷地内に降下火砕物が堆積した場合の燃料補給ルートを確認することとさせていただきます。構外からのタンクローリーなどの燃料輸送を想定し、当社所有のブルドーザによって燃料補給ルートの除灰が成立するというを確認してさせていただきます。

31ページ、こちらは降下火砕物の除去等の対策についての説明になります。

32ページをご覧ください。

降下火砕物が及ぼす影響に備えて、運用手順を定め、段階的に対応するというふうにしています。これらの詳細は、今後行われる保安規定の審査の中でご説明する内容となります。

まず初めに、火山の大規模な噴火兆候がある場合、この場合には、火山の情報収集ということで、火山の位置、噴火規模、風向、降灰予測等を収集・把握いたします。また、降灰予測による到達時間等も踏まえて対応を検討いたします。また、連絡体制を強化し、必要な要員についても確認を行うとしております。

次に、火山の大規模な噴火が発生した場合、または敷地内に降下火砕物が降り積もる状況となった場合といたしまして、そのようになった場合には、下の図のような対応を考えてございます。

まず一番右ですが、建屋・機器等の確認ということで、屋外の開口部の開放の有無を確認して、必要に応じて閉止をするということ。また2つ目として、空調系の対策ということで、非常用空調フィルタの清掃・取りかえができるような準備をするということ。また、必要に応じて火山灰除去用のフィルタを設置し、火山灰の取り込みを低減するということを考えてございます。また、火山灰が降り積もった場合、左になりますが、火山灰の除去として、除去に必要な資機材の準備及び体制の構築を行って対応することといたします。

33ページからが、適合性審査の状況になります。

34ページ、火山影響評価については、当社はこれまで2回の審査会合でご説明をしております。審査では、降下火砕物と組み合わせる積雪荷重の考え方等の質問・指摘を受けてご説明を実施しておりまして、火山影響評価に係る回答は概ね終了となっております。

以上で説明を終わらせていただきます。

○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 こちらのほうも、あらかじめ今村文彦委員からコメントの提出がされております。

28ページでございます。

火山による間接的影響について、送電、道路など限定的に捉えていると思われる。総論として、どのような影響が考えられ、今回の2事例になぜ絞れたのか、説明をいただきたい。以上でございます。

○座長 ありがとうございます。この件につきまして、東北電力からご回答をお願いいたします。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部です。

今ほどお話がありました降灰による影響ということで、降灰による社会的な影響については、内閣府を中心にいろいろな検討がなされてございます。我々としても、これらの検討内容を踏まえて対応することとしてございます。

具体的には、交通の分野、道路や自動車、あとはライフラインの分野、電力や水道と建物設備への影響、あと農林水産だったり、あとは健康被害というものが上げられます。

この中で、我々が発電所外でこういう事象が起きた場合に影響を及ぼすものとしては、やはり交通の発電所外からのアクセス制限というもの。また送電網の損傷による外部電源の喪失というものが大きく上げられているというふうに考えてございます。

水道については、先ほどご説明いたしました、発電所内で水処理をしているということで、直接的な影響はないと判断したところです。

そういう観点で、先ほども述べましたアクセス制限等、あとは外部電源喪失というものは影響があると評価してございます。

また、原子力規制委員会で定めます火山影響評価ガイドの中でも、間接的影響として、発電所へのアクセス制限と長期間の外部電源喪失ということを上げられておりますので、これらに対して評価ということは妥当な考えであると考えます。以上です。

○座長 ありがとうございます。

この点につきまして、今村先生のほうにお伝えいただければと思います。

それでは、先生方、何かご質問がありましたら、ご発言をいただければと思います。時間の関係で、16時5分ぐらいまでで終わらせたいと思いますので、よろしく申し上げます。

兼本先生、お願いします。

○兼本委員 21ページ、22ページで、影響因子というか、安全に影響を与える機器の選定をしているんですけども、特に空調関係で、空気の計測制御の影響が入っているんですが、空気冷却の機器、安全に影響を与えるような機器は、ほかにはないんでしょうか。つまり、空調

が止まって、加熱して止めないといけないとかというような機器というのではないのでしょうかという質問です。お教えてください。

○東北電力株式会社 建屋内にはいろいろな重要な機器がございます。そういうもののうち、やはり非常用ディーゼル発電機とか、そういうものは熱源となりますし、空気を多く使うということがございます。そういうものに関しては、対策のところでもご説明いたしましたが、32ページのところに、空調の対策ということで、非常用の空調フィルタの対策等、あとは火山灰のフィルタというものを取りつけますので、そういう対応をとることによって、建屋内の機器については防護ができるというふうに考えます。

あとは建屋外、屋外にあるようなものについては、閉塞でしたり磨耗、そういう影響もありますので、そういう内容も含めて、火山灰があるような状況でも影響がないということを確認してございます。

○兼本委員 例えばブルドーザで灰を除去するという話がありましたね。ブルドーザ自身が灰を浴びてエンジンが動かなくなるとか、軸受けが壊れてしまうというようなことはないんですか。これは何かかぶせておくというようなことですか。

○東北電力株式会社 ブルドーザとかそういう一般の資機材については、そういう影響がある可能性もありますので、その時にいろいろ養生するとか、あと点検するとか、そういう運用を考えた上で、清掃も含めて使用していくということ、そういう運用が大事なのではないかなというふうに考えます。

○兼本委員 わかりました。大体そういうのは外置きでよく見かけますので、手順で対応するということですね。ありがとうございます。

○座長 源栄先生、お願いいたします。

○源栄委員 将来の火山灰の問題、今、相談していますけれども、火口の火山灰の層厚というデータ、調達しているみたいで、これ地盤の安定性なんかで非常に大事で、仙台市内なんかでも地盤の安定性で火山灰測定をチェックしているんですけれども、女川では、周りの敷地内で、こういうのはどれぐらいあるのかと確認しているんですか。ちょっとそれだけ気になって。

○東北電力株式会社 東北電力の飯塚です。ご質問ありがとうございます。

女川原子力発電所の周辺の地層における火山灰の堆積状況の確認というのは実施してございます。牡鹿半島全体が比較的固い岩盤で、上層部が侵食されて残っている場所が限られている状況があるので、探せるように、敷地内の例えば原子炉建屋を設置する時、深く掘り込みますので、その断面を確認した結果、一番厚いところで10センチの層が局部的にだけ見つかる

と、そういう状況でございました。

○源栄委員 それよりは厚い、15センチというのは、それより超えていると。（「はい」の声あり）わかりました。地盤の安定性のほうは、前、チェックしていますか。

○東北電力株式会社 確認してございまして、結局、面的に広がりがございますので、局部的にその物性値が下がるという評価をして問題ないという確認をしております。

○座長 そのほか。では首藤先生、お願いします。

○首藤委員 2点教えていただきたいんですけども、まず1点は、18ページにある評価対象施設の、要は評価対象はこれにしましたというのはわかったんですけども、その右側に、どんな影響評価をするのかということが書いてありまして、私はここで何となく気になったのは、例えば屋外に設置してある設備の海水ポンプとか海水ストレーナは、荷重と腐食が評価されているんですが、そのほかの箇所でご説明されたパターンのうち、例えばストレーナというのは、私、どういうものかわかりませんが、多分、物をこすみたいなものだと思うので、そうすると、これはなぜ閉塞は評価しないんでしょうかということが、ちょっと疑問に思いました。

それを思いながら、ご説明を進めていただくと、その次の21ページ、22ページのところで、影響因子の選定とあって、またここで荷重とか化学的影響（腐食）とか、いろいろなものが出てきて、前が出てきた、この設備に対して想定する影響はこれですよという設定と、ここに出てくる影響因子というのが、どういう関係にあるのかなというのが、ちょっとよくわからなくなりました。

なので、この影響因子は、ここで全部で、丸がついているだけで8つありますけれども、そのうち、どれがどの設備に対して評価をされたのかということ、もしかするとご説明いただくと、もうちょっとわかるのかもしれないと思いましたので、そこを1つお尋ねしたいと思います。

もう1つは、最終的には火山灰影響を評価されたということだろうなというふうに思って伺っていると、24ページのところで、層厚というのは多分火山灰の厚さが15センチというふうに降り積もったということを設定されているのだと思うんですけども、この設計されている噴火の規模というのは、一体どのぐらいの規模なのか。そして、火山灰というのは一気に降り積もるだけではなくて、断続的に降ったりやんだりということが大いにあり得ると思うんですけども、どのぐらい継続して降ることを想定されているのかなというのが気になりました。

というのは、過去の噴火災害を見ていると、降り積もった火山灰が交通に影響するのではなくて、もう上から土砂のように降ってくる火山灰でワイパーも効かない状態になって、交通

ができないという事例も実際にあったので、その意味では、積もっているのではなくて降り方というものも、やはり気にしておいたほうがいいのではないかと思います、そのあたり、どんな規模の噴火で、どのぐらい断続的に降るということをイメージされているのかを教えてください。以上です。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部です。

最初のご質問で、影響因子と18ページの評価内容のひもつきがよくわからないというお話をされました。ちょっと説明というか、資料のつくりが悪くて申しわけございませんでした。

先ほどの海水ストレーナの閉塞は評価はしないのでしょうかというお話がありましたが、この表としては、左側を分類ということで書いておりまして、真ん中に評価対象施設を書いております。一番上の屋外に設置している設備として、海水ポンプ、海水ストレーナということに対して、この外面に関しては、荷重がかかったり、あと腐食という影響を上この2つで評価してございます。その下、降下火砕物を含む海水の流路となる設備ということで、ここにも海水ポンプと海水ストレーナというものがござります。ここでは、先ほどお話がありました火山灰の入った水を吸い込むことによる閉塞や磨耗、そういうものも評価しているということになります。

18ページと22、23ページの関連ということになりますが、21ページの構造物への静的負荷、構造物への化学的影響というものが18ページの上から2つ目となります。同じように、18ページの上から2つの海水に関わる閉塞・磨耗、腐食というものが、21ページの下から2つに該当するような形になります。

同様に、18ページの降下火砕物を含む空気の流路となる設備の閉塞・磨耗と、あと腐食というもの、こちらは22ページの上から2つというふうになります。

18ページの一番下の屋内の電源盤、こういうものについては、22ページが一番下という内容になります。

これが、内容のほうのひもづけが不整合がありまして、申しわけございませんでした。

○東北電力株式会社 東北電力の飯塚です。

2つ目のご質問にお答えさせていただきます。

降灰の評価を、どの火山を対象に行っているのかというのが1つと、その規模、あと降灰の15センチという評価も重要だけれども、それ以上にどれぐらい、要は一気に降り積もるわけではなくて、継続する時間とか降り積もり方というのが重要なので、その辺の評価の方法をというご質問と理解させていただきました。

15センチという評価なんですけれども、資料のほうでいきますと9ページで、発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出ということで、対象火山をまず抽出しているんですけれども、この15センチの評価を決定しているのは鳴子カルデラ、鳴子温泉の、まさに東南ですか、2キロほどのところにカルデラ形状が残っているんですけれども、そこを起源とする火山を対象にさせていただきます。

噴火の時期が9万年前ということで、噴出物、火山から噴き出したものの総量としては8立方キロメートル。要は1キロメートル四方のボックスが8つ分、これがその噴火で噴き出したという状態でございます。

ただ、総量を堆積物の痕跡とかから確認はできているんですけれども、それがどのように降り積もるかというのは、ご指摘のとおり、いろいろ想定次第で変わってくるというのがございまして、その辺は、お手元の資料、申しわけございません、お配りしていないんですが、審査資料のほうがあるので、少しそちらを使ってご説明をさせていただければと思います。

資料の14ページ、16ページ、左下のほうに図がございますけれども、火山から噴出物が火口から噴き上げると。そうすると、まず高さがどれぐらいの高さに噴き上がるのかというところで、いろいろなケース、不確かさがございます。またそこに、今度は風向がどういう向きで、風速がどれぐらいの速さなのかということで、同じ8立方キロメートルが噴き出しても、その中で降灰ですから、非常に粒子が細かいものなんですけれども、どれぐらいの遠くまで飛ぶかというのは、当然変わってまいります。

こういうところの不確かさを考慮して解析をした結果が、16ページのほう、資料をお願いいたします。このような形で、たくさんのケースをシミュレーションしているんですけれども、左側のほうにあるのが、噴煙柱の高さが変わった場合の火山灰の濃度分布を示しています。一番濃い赤になっているところが、当然、左端のほうが鳴子カルデラの噴火口になります。右のほうが太平洋になります。女川の原子力発電所が、途中、途中で図示で女川1.5センチとか0.9センチという記載があるかと思いますが、噴煙の高さによって、このように分布が変わると。

次に、真ん中の列に行きますと、風速が変わったらどうなるかということで、風速が当然速ければ、遠くまで広がります。風速がやや落ちついていれば、近場のほうに濃くたまると。あと風向きですね、一番右下がございましてけれども、女川原子力発電所のほうに強制的に向く風ということでシミュレーションした、この結果が12.5センチということで、女川原子力発電所に一番降灰がある状態になります。これの12.5センチという値をもって、そのほかに

も不確かさはあり得るだろうということで、今回、15センチという設計をしているという経緯でございます。

ですので、自然の風向とか風速からすると、噴火総量全てが降り積もった状態で、この一番左とか右側を見ていただくと、最大でも3センチとか、2.6センチとか、3.7センチとかぐらいですかね、2.6センチが最大ですかね。通常、考え得るのは2.6センチの降灰、ただし、強制的に女川原子力発電所に向く風がずっと吹き続けているということを想定すると12.5センチとなるという形ですので、例えば鹿児島市内で、よく桜島の噴火で降灰があって、さっきお話があったようにワイパーが効かなくなるようなとか、泥水のようなようになるというような総量ではなくて、噴火規模に対して、その噴火が例えば1週間なのか、1カ月なのか、継続時間、その噴き出し方によっていろいろあると思いますが、その期間の全部の総量で、最大見込んで12.5センチという評価をしているという形になります。

○座長 そのほかご質問ありますでしょうか。鈴木先生、お願いいたします。

○鈴木委員 質問というよりも、簡単な質問でしょうか。よくわかりました。大変わかりやすくあれだったんですが、先ほどの竜巻の時に、ちょっとご質問したことと少し関連するんですけども、この火山によって放射能が漏洩するとか、炉心が壊れるとか、そういうことはないというのは、もう重々わかるんですけども、原子力発電という一番重要なミッションを考えた時に、発電機能が安全に、かつ健全に機能して供給できるということが基本だとすると、その基本のラインから見て、そこに関わるシステムや設備なんかで火山に対する影響が、やはりウェイトがあると思うんですが、それが突然ここが大事だ、ここが大事だというのは、そういうふうな評価、先ほどは重要度分類と申し上げましたが、重要ということでもなくても結構なんですけど、そういう安全に供給するという機能から見た火山の影響というのは、そういうような切り口というのかな、そういうベクトルからの評価というのは、されていらっしゃるんですか。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部です。

ご指摘の内容、竜巻影響評価のほうとも、考え方としては基本的に同じでございます。重要度分類に基づいて対象機器を選んでいて、先ほどありましたとおり、影響因子というものがありますので、その中でも、特に影響を受けやすいもの、そういうところで竜巻のようなものは別に、腐食だったり閉塞だったり、そういう事象がありますので、そういうところを中心に評価をしていくといった形になります。

○鈴木委員 今、お話しになったようなことを、少しきちっと記述していただけるとわかりやすいと思うんですが、ちょっとこのレポートを見た限り理解しにくかったので、ご質問しました。

○座長 そのほか、ご質問。では長谷川先生。

○長谷川委員 今までの質問で、補足するような質問なんですけれども、24ページのところの文献調査及びシミュレーション結果等とあるんですが、やはり文献、それから実測で、東北電力さん調査をやっておられる、何かそういうことをきちんと書いていただけないかと思います。せっかくやられているのに、何かあっさり書いておられるんですよね。それから文献調査にも、どういう調査がどうなっているんだかということも、ちゃんと示していただきたい。説明いただいたようなことをきちんと示していただければと思うんです。

というのは、報道なんかで福井原発で話題になっていることがありますね*。福井じゃなくて京都でね。同じような距離で、そういうことが見つかったという、それはそういうこともあり得ることではあるんですが、ともかく、今わかっている情報はこうなんだ、東北電力さんが得られた情報はこうなんだということを、はっきり書いていただいたほうがよろしいのではないかというコメントです。

※福井県内に立地する3つの原子力発電所において、降灰量を10 cmと想定して対策をとっていたが、鳥取県の大山で従来より大規模な噴火があったとする新たな知見が得られた。

○座長 そのほか、ご質問ございますでしょうか。

私から1つだけ。24ページのところで、降下火砕物の粒径が2ミリ以下ということで、一番小さいもので20ミクロンというふうなお話だったんですけれども、フィルターの性能としては、20ミクロンもトラップする性能は持っているわけでしょうか。

○東北電力株式会社 東北電力の阿部です。

フィルターの性能、先ほど言いました、建屋に入るフィルターの現状の性能ですと、2ミクロンを80%とれるというふうな仕様になってございます。実力的には1ミクロンを90%以上でとれるような、そういう仕様になってございます。

○座長 そのほかご質問。

○源栄委員 29ページに、開閉所の絵があるんですけれども、開閉所って私、昔、東電さんの仕事で行ったことがあるんですけれども、建物の中にあるものと、外にあるものが両方あると思うんですけれども、これ外にあるものと中にあるものって、何で区別しているんですか。屋根で覆っているものと、そうでないもの。屋根で覆っておけば、このがいしの部分、関係ないですよね。

○東北電力株式会社 当社の場合は、ここに書いてあるように屋外に（「全部屋外ですか」の声

あり) 設置しております。

○源栄委員 東電さんなんか、屋内ありますよね。開閉所、屋根の設計、耐震設計やりましたから。

○東北電力株式会社 すみません、平川でございます。

基本的には、今、発電所の中にあるものは屋外タイプでございます。ただ、私の認識としては、要は設置する場所とか、自然環境なんかで考えなければならない、条件が違ったりですとか、あとは都市部に近いところにつくらなければいけない時に、例えば騒音ですとか、いろいろな条件がまた違ってくるといった時には、当然屋内タイプにすることはございますけれども、基本的には、発電所の中で使うような条件ですと、今は屋外だと思います。

○東北電力株式会社 開閉所、おっしゃるように屋内へ入れているものもございしますが、基本的には電圧に応じて、結局、建物を周りに建てるようになりますと、線からの離隔を10メートルとらなければいけないもの、電圧が低ければ5メートルでいいとか、もっと電圧が高ければ20メートル離隔をとらなければいけないという形になりますので、女川原子力発電所のように、非常に高压の電気を開閉所で介して外の送電線に送らなければいけないとなりますと、機器との離隔をたくさんとられなくてはいけないと、設備が大型化してしまうということがあって、逆に街中の電圧を民間の方がご利用になるように昇圧するようなところ、末端の部分であれば、逆に覆ってしまったほうが、騒音対策とか、外観とか、除雪の必要がないとか、そういうメリットもありますので、そこは、さっき話がありましたけれども、立地場所とか、あと設備の機能に応じて使い分けているという形で、女川・東通については全て屋外になっています。

○東北電力株式会社 今申し上げましたように、電圧、例えば女川ですと27万5千、東通ですと50万ボルトとか、相当高い電圧の送電線になっています。ですから、今申し上げたようなことと、あとケーブルを入り切りするだけではなくて、大概の場合、電圧を落としたりする、トランスもついていきますので、そうなりますと、トランスは冷却ファン等も必要になりますので、屋内で冷却ファンを回しても、なかなか、逆に熱が屋内にこもって冷却しきれないという場合もありますので、そういうところを全部合わせると、こういう設備であれば屋外にしておいたほうが、きちんと冷却もできるし、建屋の離隔という危険性という観点からも、こちらのほうが大丈夫だということで、大概の場合は屋外にしております。

○座長 ありがとうございます。何かほかに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(3) その他の自然現象等(火山)につきまして、本日の議論を終了いた

します。

・（９）事故対応の基盤整備（緊急時対策所）

○座長 次に、（９）事故対応の基盤整備（緊急時対策所）につきまして、東北電力株式会社からご説明をお願いします。

○東北電力株式会社 東北電力の堀江と申します。

ご説明に当たりまして、本日配付の資料－４と、あともう一つ、資料－４、大きく書いている委員限定配付資料、この２つを使用してご説明させていただきますので、よろしく願いいたします。

では早速説明に入りたいと思います。

まず、表紙をめくっていただきまして、１ページ目から３ページ目までは、前回の第１５回の資料をそのまま載せております。前回は昨年６月開催だということで、ちょっと冒頭、時間がたっておりますので、簡単に振り返りをさせていただきたく思っています。

まず１ページ目ですが、緊急時対策所の概要について、まず述べさせていただきます。

上の枠に書いてありますとおり、大規模な原子力災害が発生した場合の現地対策本部となる指揮所機能を持つ建物です。新規制基準では、指揮所機能を強化するために、中央制御室以外の場所に設置することとされております。

右側に文字で書いてございますが、現状ですが、故障・トラブル等の初動対応が発生した場合は、現在私どもの事務所として使用しております事務新館の対策室に集合しまして、情報収集をして、必要に応じて通報連絡対応を実施しております。

この緊急時対策所は、下側ですね、原子力災害対策特別措置法第１０条第１項に基づく通報すべき状態など、重大事故が発生する恐れがある場合に立ち上げるものでございます。

この法律第１０条第１項というのが、例えば敷地境界におきまして一定基準以上の高い放射線量が検出された場合などを指してございます。

委員の皆様は、先ほど申しましたお手元に配付されている資料をご覧いただきたいと思いません。

ここに、枠の中に絵で示しておりますが、緊急時対策所としましては、まず緊急対策室、あと関連して原子炉安全状態監視システムということで、その隣にSPDS室というもの。あとは、緊急対策室の有事の際の空気を加圧するための空気ボンベ室、あと関連して非常用フィル

タ室、あと燃料、通信機械、電気品室、その他。あとは、出入り関係の機能をつかさどるチェンジングエリア、こういったものを内包している建物が緊急時対策所になります。

次に、2ページ目をご覧いただきたいと思います。

こちらは、設計方針の変遷の概要としまして経緯をまとめたものでございます。

25年12月、女川2号の設置変更許可を申請した当時は、緊急時対策所は3号炉の建屋内に設置することで計画していました。かつ、将来的に免震重要棟を設置して、そちらに機能を移設すると、そういった計画で持って行っていました。

27年2月の審査会合で、この申請内容をご説明しております。

その後、27年9月に、以下の方針、25年当時の3号炉建屋の設置計画を取りやめて、将来設置としていた重要棟に一本化すること、重要棟を免震構造から耐震構造に変更すると、こういったことを社内で決定しています。

28年3月と4月に、審査会合で、3号炉の建屋内の設置を取りやめて、重要棟に一本化すること、あとは社内で決めた重要棟を免震構造から耐震構造に変更すること、これらをご説明しております。

3ページ目をご覧いただきたいと思います。

まず免震重要棟の当初の検討の折ですけれども、社内的に構造設計を進めていた段階で、その当時、地震応答解析結果が許容値に対して裕度が少ない状況というものを確認しておりました。その後、建屋設計条件の見直しということで、後ほど詳しく述べますが、建屋壁厚の増強ですとか、空調、通信、その他設備の耐震化、建屋内の加圧用ポンベの追加といった見直しがありまして、建物の重量が大きく増加する見直しがありました。

かつ、基準地震動の増大、追加ということで、先行プラントの審査を見ておきますと、基準地震動の増大ですとか、追加見直しがなされてありまして、女川も見直しが想定される状況にございました。

これらの状況を踏まえて、建屋の構造変更も含めた検討を行った結果、最終的に緊急時対策所については耐震構造を採用したものでございます。

これを受けて、4ページ目をご覧いただきたいと思います。

前回検討会における指摘事項ということで、枠の中になります。建屋構造を免震から耐震に変更した経緯・理由について、構造変更による設備への影響の観点や先行他社の構造変更との関係性も含めて詳細に説明してほしいと、こういうご指摘がございましたので、次ページからの資料にて、今回説明させていただくものでございます。

早速ですが、5ページ目をご覧ください。

こちらは、免震重要棟としての当初の検討を表してございます。

当初検討では、基準地震動の増大ですとか追加を想定して、かつ免震装置の特性のばらつきを考慮した解析により、この免震構造の裕度について検討しておりました。当初のレイアウトが、左側に示す平面図と断面図になります。

平面図のほうに、いろいろな記号がございますが、このように天然ゴム系積層ゴム、あるいは鉛プラグ入り積層ゴム、すべり支承、オイルダンパーを組み合わせた形で免震構造について検討しておりました。

この時点で、固有周期としては水平で約4秒のところ、鉛直方向で約0.06秒のところにあることを合わせて確認してございました。

次、6ページ目をご覧ください。

その当時の検討用地震動ですが、免震重要棟設置地盤、この設置地盤は女川の標高で62メートルと非常に高いところ、高台に計画しておりました。その特性を踏まえて、申請した時の基準地震動 $S_s - 2$ から入力地震動を算定しています。また、免震構造の特性を踏まえて、長周期成分が卓越する告示波というものを入力地震動に設定しております。

ここで補足説明がございます。下の※1をご覧ください。

先ほど申し上げた告示波というものなのですが、これは建設省の告示による極めて稀に発生する地震動レベルに重要度係数1.5を考慮して設計用として設定してございます。この告示波というものは、長周期成分が考慮されていて、免震の建物というのはゆっくり揺れるものでございますので、その長周期成分を持った振動の検討をする時は、この免震建物には厳しいんですけれども、このような検討を行っていたものでございます。

なお書きですけれども、基準地震動 S_s は女川サイトの硬質な地盤（せん断波速度1500 m/s）を踏まえて設定していることに対し、告示波というものは、一般的な免震建物にも適用される地震波になりますので、一般的な地盤（せん断波速度400 m/s以上）で設定される地震動ということになっております。

7ページ目をご覧くださいと思います。

次に、当時の応答解析結果についてご説明いたします。

この条件としては、免震要素のばらつきを考慮、 $S_s - 2$ の1.2倍については、水平1方向と鉛直方向、告示波については、鉛直方向の規定はないので、水平1方向の組み合わせで検討しておりました。

下の図をご覧くださいいたいたいですけれども、左側が水平方向の検討になります。右側が上下動方向の検討になりまして、それぞれ当初の最大値を示したものでございます。左側、水平方向の検討については、水平せん断ひずみで許容値250%のところは210%であるということ、あと上下動方向については、鉛直引張面圧で 1N/mm^2 が許容値のところに対して0.87と非常に裕度が少ない状況であることを確認しておりました。

この状況に加えまして、次からご説明する設計条件の見直しがありました。

8ページ目をご覧くださいいたいたいです。

まず建屋・設備の仕様変更などに伴う重量増加がありました。右側の黄色の枠内に示しましたが、まず空調・電源設備等の耐震化ということで、委員の皆様、別に配布されているお手元の資料をあけてご覧くださいいたいたいです。

矢印で示しておりますけれども、こういった空調関係の設備、あるいは通信設備、電気設備等については加振試験による検証だけではなく、従来と同様の構造強度計算が必要となって、免震構造として、これらについて一般汎用品の採用を計画していたのですが、原子力設備として実績のある機器を採用することに変更となりました。

さらに真ん中の黄色の枠の中ですけれども、建屋壁厚の増強ということで、重大事故の発生想定を変更して、遮へい能力を強化しています。もともと申請号機、2号機のみが運転中で、他の号機は停止中という条件で検討していたのですが、全号機が運転中ということで、重大事故の発生想定を変更ということで、このことに伴って、矢印で引っ張ってございますが、建屋の壁厚を増強する形での変更となりました。

さらに、一番下の黄色の枠内ですが、加圧ポンベの追加ということで、加圧ポンベの役割は、重大事故が起こった時に、建物の中を加圧して、外に浮遊している放射性物質を建物の中に取り込まないための加圧になるものなんですけど、当初、放射性物質放出継続時間10時間を想定していましたが、1時間をポンベ加圧、それ以降を空調機加圧で見えておりましたが、放射性物質の取り込みによる線量影響を低減させるために、全時間ポンベ加圧に変更ということで、ポンベが大幅に増えたということで、重量増加がありました。ということで、左上に記載してございますが、上部重量は、当初検討時の約1.3倍まで増加することになっております。

9ページ目をお開きください。

さらにということで、基準地震動の増大・増加ということで、先行プラントの審査を見守っていると、基準地震動の増大ですとか追加の見直しがされており、女川も同様の見直しが想定されました。さらに、免震構造、先ほども申し上げましたが、固有周期が長周期側にありまし

たので、それらの安全性、信頼性を高めるために、新たな基準地震動の追加も想定されたというところでございます。

下側にスペクトル図を載せておりますが、小さい点線が告示波と呼ばれるものです。水平方向、先ほど申し上げた、当時の免震建物の固有周期のところを見ると、大きいほうになります。一点鎖線で表したものが $S_s - 2$ になります。ただ、当初これで検討してはりましたが、これらが増大の可能性があったというところでございます。

さらには、参考として括弧書きしてありますが、実際に免震構造として先行して審査を受けたサイトでは、免震重要棟設計用基準地震動を新たに追加した検討も行っております。

関連する資料を、14ページと15ページ目に示しております。14ページ目は、当初の検討用地震動、水平と鉛直、あとこれに告示波を加えたもの、15ページ目については、ほかのサイトで要求された免震重要棟設計用基準地震動の例でございます。

10ページ目をご覧ください。

次に、機器設計条件の見直しということで設備関係、空調、通信、プラント状態監視、あと電源、各設備の設計条件の見直しをして、免震で考えていた時には、建屋の水平方向の揺れを大幅に低減できるので、これら設備が一般汎用品でも基準地震動に対する機能維持が可能というふうに判断してございます。

それに加えて、先行プラントの審査を見ていると、緊急時対策所の審査において、建屋が免震構造であったとしても、建屋内に設置される設備に対する耐震性については、従来と同様に構造強度評価結果を示すことが必須というような状況になってございます。

また、加振試験での検証によって、設備の耐震性を示すことを想定はしていたんですが、この試験のみでは、一般汎用品である設備の構造強度計算に必要なデータを整備することが困難であることが判明いたしました。

このことから、耐震構造ということで見直しまして、基準地震動に対して機能維持ができる耐震性を確保した、原子力設備として実績のある機器に変更してございます。

次に、免震構造による設計成立の見通しです。

これら、今までご説明したとおり、いろいろな設計条件の見直しがございました。左側の図が水平方向、右側の図が、同じように上下動方向のもの。設計条件の変更を加味したイメージ図になります。許容値は最大値でそれぞれ超えてしまっていたと。これ超えてしまっていたのが、既製品最大径の免震装置を採用した場合を想定してございまして、結果して、最大径の免震装置を採用しても許容値を超過して採用できない結果が得られたということです。

12 ページ目をご覧ください。

ご指摘の中にありました、先行他社の状況についてまとめたものが、この表でございます。

上から2つが九州電力さんの川内、玄海。その下が四国電力さんの伊方、ちょっと飛びまして柏崎刈羽、一番下が女川ですね。それぞれ、今お話ししたプラントについては、将来あるいは免震で新設、あるいは既設のものを流用というような形を考えていたんですけれども、いずれも、これらプラントについては、変更後は耐震構造とするというような選択をしております。

一番右側が、その変更の理由ですけれども、女川同様に、地震力の増大等に対し成立の見通しが得られないことを理由として上げてございます。

ここで補足説明ですが、※の下側をご覧ください。女川サイトの基準地震動は、同じように構造変更のあった他サイトと比べて大きい傾向にあるということで、ほかのサイトさんもかなり苦労されたのではないかなというふうな想像をしております。

次に13 ページ目、耐震構造への変更について、ここでまとめたいと思います。

免震構造では、設計条件見直しに対する試算の結果、既製品最大径の免震装置では成立しないこと、免震装置の新規設計は、検討期間の長期化・実現が困難となるリスクがあることから、原子力施設として実績があり、設計条件の変更に対して壁厚ですとか、あるいは鉄筋量の変更によって確実に対応可能な耐震構造へ見直しました。

下のイメージ図をご覧ください。左が免震構造の場合、設計当初の元値が真ん中の条件変更によって大きくなったとした場合、この場合、既設サイズを超える免震装置の新規設計ですとか実証が必要になると。かつ許容値に収める設計の実現が困難となる恐れがございます。

これに対して、右側は耐震構造の場合。条件変更で応答が増大したとしても、鉄筋による変更ですとか、壁厚の変更で許容値に収める設計が可能だということで、耐震構造へ見直したものです。

上の2つ目の丸へお戻りください。

建屋構造以外は、基本的な設計変更はいたしません。

構造変更による緊急時対策所の機能への影響については、一般的な免震構造によるメリット、このメリットについては建屋の水平方向の加速度を大幅に低減することを指しておりますが、それを補う対応とするとともに、十分な安全性を確保した設計といたします。

具体的には、設置場所は免震重要棟当時の計画のまま、女川の標高で6.2メートルの高台とすること。建屋の躯体については短期許容応力度以内に収める設計とすること。

設備は、原子力施設で十分実績のある強固な耐震構造とすること。

什器の転倒防止措置をすることと、あと天井ボードを設置しない等により、居住性に配慮をしております。

以上、免震構造の一番のメリットであります地震時の揺れの低減を念頭に、これまで採用の検討を行ったものの、本日ご説明の理由で耐震構造を選択するに至ったものでございます。

ご説明は以上でございます。

○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します。

○事務局 この件に関しましては、ご欠席の先生からはコメントはございませんでしたということで、報告させていただきます。

○座長 それでは、委員の先生から何か質問等ありましたら、ご発言をいただきたいと思います。鈴木先生。

○鈴木委員 よく理解できました。流れとしては、十分説得力があると思うんです。それでしかも、他社も、今、免震を想定してやっているのを耐震構造に変えているというのが流れであるということですね。ですから、そのこと自身は了解できますし、特に批判をするということは何もないんですが、私、機器系の耐震をずっとあれしているんで、多分、前回のここでご質問した時も、そういう視点から申し上げたと思うんですが、要するに、建屋を耐震構造化するというのは、剛性を高めて頑丈にして、構造物の地震応答を下げるということはわかりますけれども、一方の点から言うと、構造の地震の周期を短周期化するということは、機器系としては嫌なことなんです。機器系としては、やはり構造からなるだけ建屋の固有振動数から離れたいということですので、もし構造の固有周期が長周期化してくれると、共振したり転倒したりするものの確率はうんと下がるんですけども、その辺の視点から、さっきサポートですか、あれをつけるとかいうご説明もあったので、あれなんです、そういう点では、ちょっと残念なんです。せっかく従来から原子力施設で耐震構造というのは、極めてもともとからあれした考え方で、それでがっちりいくかも非常にわかるんですけども、なるだけそういう、むしろ免震とか制振の技術が発展してきているわけですから、という点では、ちょっと残念な気がするんですが、機器系の安全性という立場から何かコメントありますか。いろいろなものがあるんですね。機器の場合は、固有周期がばらばらですので、場合によっては、こういうふうになってしまうということがあり得るかなと思って心配しています。どうぞ。

○東北電力株式会社 東北電力の平川でございます。

今のご質問、ご指摘だと思いますけれども、機器担当から言いますと、非常におっしゃるとおりでございます、どうしても耐震構造になりますと短周期が卓越いたしまして、当然、機器は剛でつくるのを目指しておりますので、短周期が大きいと、当然機器にとっては厳しい。

免震構造にいたしますと、当然、長周期のほうが大きくなるわけで、機器にとっては固有周期の加速度が非常に小さく抑えられますので、機器側にとっては、非常にそれはメリットのあることだと思っております。

今回は、ただ選択肢としまして、我々がとり得る範囲ということで考えますと、例えば建屋は免震のままで、機器は一般汎用品か、耐震構造かと選択肢があればよかったです、いかにせん、今回、先ほど説明させていただきましたとおり、最大の免震装置を使っても、なかなか許容値の中に収めるのは難しいという検討結果になりましたものですから、建屋構造として、まず免震の道があまり好ましくないということになってしまいましたので、あとは、機器側としましては、免震にした場合には、やはり一般汎用品を使えるかもしれないというのが、非常に大きいメリットだと考えておりましたので、それにつきましては、従来のSクラスと違いまして、今回は重大事故対処施設としての耐震性を求められておりましたので、ちょっと説明外れるかもしれませんが、可搬型の重大事故対処施設のように、従来のような構造強度の耐震計算ではなくて、加振試験での説明というものは認められるという範囲とを考えておりましたので、そういった意味では、非常に汎用品を使った場合には、重量的にもそうですし、機器の単体のいろいろな性能もありますので、非常に選択肢が広がるというのが非常に大きなメリットだというふうには考えておりましたけれども、先ほど申しましたとおり、やはり建屋の構造自身が、なかなか免震ではもたないということがありましたので、それであれば、従来から実績のある耐震構造に全部変えてしまうという選択をしたものです。以上です。

○座長 そのほか、ご質問ございますでしょうか。栗田先生。

○栗田委員 8ページの図のことなのですが、この建物は緊急時対策所というのは、岩盤の上に基礎をつくったという理解でよろしいでしょうか。そこら辺、ちょっと。

○東北電力株式会社 そのとおりでございます。

○座長 そのほかご質問ございますでしょうか。首藤先生。

○首藤委員 これもまた素人的な質問になるかと思いますがけれども、免震にできない理由が、既存の汎用品とおっしゃったけれども、ほかにいろいろなところで使われている免震ゴムのようなものが対応しきれないというふうなことだと思うんですけれども、一般的に身の回りには、かなり大きなタワーマンションでも免震をうたっているところがかかなりあったりして、素人の

感覚だと、あんなに大きなものが免震が成り立つのに、そんなに多分、それほど高い建物でもないであろう緊急時対策所を入れるような建物が、なぜできないのだろうという感覚なんですね。

なので、これは確認ですけれども、要は、ものすごく大きなタワーマンションのような建物よりも、相当頑丈に作っていて、重くなってしまったので、既製品の免震装置が使えないという理解で合っておりますでしょうかという質問です。

○東北電力株式会社 基本的にそのとおりでございます。

例えば、遮へいのための壁厚が増大して重量が増加しましたと申し上げましたが、部位によっては、その壁厚が1,500ミリ、1.5メートルとかという、そういうちょっと普通の建物では考えられないような壁厚がございます。床関係についても重量物が乗りますので、それなりに厚いですし、多分明日、バスの車窓からご覧にいただくことになると思うのですが、今、工事を開始しております、基礎の厚さは6メートルでございます。そのような建物になっておりますので、重量が非常に多いということになりまして、確かにタワーマンションなんかでも免震構造の採用はございますが、重量に対しては、恐らく比べ物にならないほどの違いがあると思います。

○座長 そのほかご質問ありますでしょうか。

1つ、12ページの先行他社の状況のところ、柏崎刈羽で免震が既設で耐震が既設になっているんですけれども、これは耐震既設でよろしいのでしょうか。ほかのところは新設となっているので。

○東北電力株式会社 東北電力の菅原でございます。

こちら、公開の審査資料のほうで、弊社のほうで確認しまして、東電さんの柏崎刈羽のほうでは、既設の5号機の建屋の中に対策所の機能を持たせるということで説明されておまして、そういった意味で既設の耐震ということで、ここに記載してございます。

○座長 今まであるやつに、ここで使うと。

○東北電力株式会社 そうして使うということになっております。本館建屋の中に、そういった機能を持たせるということの説明になっております。

○座長 そのほかご質問ありますでしょうか。

よろしいでしょうか。

それでは、以上で(9)事故対応の基盤整備(緊急時対策所)についての本日の議論を終了したいと思います。

皆さん、貴重なご意見ありがとうございました。

それでは、議事（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いうふうに思います。

・（２）その他

○座長 次に（２）その他ですが、事務局から何かございますでしょうか。

○事務局 特にございません。

○座長 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。

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１６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。