原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第913回

令和2年10月23日（金）

原子力規制委員会

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第913回　議事録

１．日時

令和２年１０月２３日（金）１３：３０～１４：３６

２．場所

原子力規制委員会　１３階　会議室Ａ

３．出席者

担当委員

石渡　明　　原子力規制委員会　委員

原子力規制庁

市村　知也　　原子力規制部長

大浅田　薫　　安全規制管理官（地震・津波審査担当）

小山田　巧　　安全規制調整官

佐藤　秀幸　　主任安全審査官

中村　英樹　　主任安全審査官

菅谷　勝則　　技術研究調査官

東北電力株式会社

羽鳥　明満　　執行役員　発電・販売カンパニー土木建築部長

小林　正典　　発電・販売カンパニー土木建築部　部長

広谷　浄　　発電・販売カンパニー土木建築部　部長

樋口　雅之　　発電・販売カンパニー土木建築部　副部長

福士　知司　　発電・販売カンパニー土木建築部　課長

【質疑対応者】

三和　公　　発電・販売カンパニー土木建築部　部長

河上　晃　　原子力本部原子力部　副部長

熊谷　周治　　発電・販売カンパニー土木建築部　原子力建築Ｇｒ主任

中満　隆博　　発電・販売カンパニー土木建築部　火力原子力土木Ｇｒ主任

４．議題

（１）東北電力（株）東通原子力発電所の地震動評価について

（２）その他

５．配付資料

資料１－１　東通原子力発電所　基準地震動の策定のうち海洋プレート内地震の地震動評価について

資料１－２　東通原子力発電所　基準地震動の策定のうち海洋プレート内地震の地震動評価について（補足説明資料）

６．議事録

○石渡委員　定刻になりましたので、ただいまから原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、第913回会合を開催します。

本日は、事業者から、地震動評価について説明をしていただく予定ですので、担当である私、石渡が出席をしております。

それでは、本会合の進め方等について、事務局から説明をお願いします。

○大浅田管理官　事務局の大浅田です。

本日の審査会合につきましても、新型コロナウイルス感染症拡大防止対策への対応を踏まえ、テレビ会議システムを用いて会合を行います。

それでは、本日の審査会合ですが、案件は1件でございまして、東北電力株式会社東通原子力発電所を対象に審査を行います。内容は、基準地震動の策定のうち海洋プレート内地震の地震動評価についてです。資料は、補足説明資料を併せて合計2点でございます。

事務局からは以上でございます。

○石渡委員　よろしければ、このように進めたいと思います。

それでは、議事に入ります。

東北電力から、東通原子力発電所の基準地震動の策定のうち海洋プレート内地震の地震動評価について説明をお願いします。御発言、御説明の際は挙手をしていただいて、お名前をおっしゃってから御発言、御説明ください。

どうぞ。はい、どうぞ。

○東北電力（羽鳥）　東北電力の羽鳥でございます。

東通原子力発電所基準地震動の策定のうち海洋プレート内地震の地震動評価について御説明いたします。

10月2日の審査会合におきまして、プレート間地震の審議をいただきました。その際に、東通は六ヶ所やむつ中間貯蔵と近く、それらの審査実績を踏まえることが効率的な審査につながるといったようなコメントをいただきました。当社といたしましても、重要なコメントと認識してございます。効率的な審査をお願いできるよう努めてまいります。

本日の説明の海洋プレート内地震につきましては、後ほど詳細を御説明しますが、資料1-1の21ページに評価フローを示してございます。沈み込んだ海洋プレート内の地震について、東北地方、北海道で発生する地震として計五つの地震、沈み込む海洋プレート内の地震として一つの地震、合計六つのタイプの地震から、東通の敷地に影響が大きい二重深発地震の上面の地震、これを最も重要な検討用地震として選定してございます。

この検討フローにつきましては、東北太平洋岸の先行サイトであります下北及び至近の女川の審査を踏まえて、今回実施しました東通の検討作業、これを示してございます。海洋プレート内の地震の評価作業が先行サイトと同様の枠組みであるというふうに考えてございます。

個々の評価作業におきましては、より詳細な説明を心がけた部分もございます。検討用地震として、二重深発地震上面の地震を選定した結果は、先行サイトと同一であることを確認してございます。

それでは、具体的な内容について、担当から順次御説明いたします。よろしくお願いいたします。

○東北電力（福士）　東北電力の福士です。

本日は、東通原子力発電所海洋プレート内地震について御説明いたします。資料は2部ございますけども、資料1-1、こちらをメインに説明させていただきたいと思います。

まず、1ページをお願いいたします。こちらは2014年に行いました審査会合でのコメントを記載したものです。この際、概要を説明したんですけども、その際いただいたコメントということで、こちらについても、本日説明を行う予定にしております。

2ページを御覧ください。こちらは本日の説明範囲を示したもので、ピンクで網かけしている部分、こちらが本日の説明範囲になります。海洋プレート内地震の地震動評価までという形になります。

3ページをお願いいたします。

こちらは2014年の申請時からの主な変更点を記載したものです。縦軸に検討用地震の選定、それから検討用地震の設定、地震動評価というふうに並んでおりまして、横軸に申請時、それから今回の資料という並びになっております。

主な変更点を赤で示してございますけども、まず、検討用地震の選定ですけども、今ほど羽鳥から説明があったように、申請時、こちらは上面の地震を選定してございますけども、こちらは本資料でも変更ございません。ただし、選考する過程で東北地方、北海道で6タイプの地震を選定して、少し丁寧な、説明性を向上した選定を行っているという点が変更点でございます。

それから、検討用地震の設定でございますけども、基本ケースとしてM7.2、こちらを踏まえたという点では共通でございます。それから、申請時、短周期レベル1.5倍という不確かさを考慮してございましたけども、こちらについては、今回、不確かさ係数に織り込んだと。さらに、地震規模M7.5という不確かさも加えてございます。

地震動評価につきましては、統計的グリーン関数法を用いているという点は共通でございますが、応答スペクトルに基づく評価につきましては、残差に裕度を考慮した検討を行っております。

6ページをお開きください。

こちらからは、敷地周辺の地震発生状況の説明になります。こちらは下北の先行サイトと共通の内容がございますので、説明は少し飛ばさせていただきまして、15ページを御覧になっていただきたいと思います。

こちらはまとめの部分ですけども、下の箱、敷地から100km以内の海洋プレート内地震の被害地震は知られていない、それから、敷地は海洋プレートまでの距離が比較的遠い場所に位置しているということで、海洋プレート内地震による大きな影響は受けていない場所というふうに考えております。

16ページからは、検討に用いる地盤モデルになりますが、こちらは地殻構造評価で説明した内容でございますので、説明は割愛させていただきます。

20ページをお開きください。こちらからは、敷地周辺の海洋プレート内地震の発生状況と特徴についてまとめた内容になります。

21ページ、こちらは先ほど羽鳥から説明があった内容ですけども、この資料の地震動評価フローを大きく記載したものでございます。

左側が全体の大きな枠組みを記載してございまして、まず、各種調査として、世界の主な海洋プレート内地震を踏まえた検討等を行っております。次に検討対象地震、こちらは検討用地震の候補という形になりますけども、6タイプの地震を想定しまして、具体的な想定を行っております。その結果、検討用地震として、二重深発地震上面の地震というものが選定されるという流れになっております。

22ページからは、世界の海洋プレート内地震等の状況でございます。

ページめくっていただきまして、27ページをお願いいたします。こちらは世界の主な海洋プレート内地震の知見をまとめたものになります。

上から二つ目ですけども、世界的に見た沈み込んだ海洋プレート内地震の最大規模は、1994年北海道東方沖地震のM8.2になります。

また、沈み込んだ海洋プレート内地震は、アウターライズで生じた正断層の再活動というふうに考えております。

このアウターライズの地震ですけども、正断層の地震としての最大規模は、東北地方の海溝東側で発生した1933年三陸沖地震の8.1というふうになります。

28ページを御覧ください。こちらは敷地周辺の主な海洋プレート内地震を記載しているものになります。

右の表を御覧になっていただきたいと思いますが、地震タイプとして、縦軸ですけども、沈み込んだ海洋プレート内地震として三つ、それから、沈み込む海洋プレート内地震としてアウターライズ地震、計四つに分類しております。それをさらに東北地方、北海道というふうにまとめております。

少しページめくりまして、32ページ、御覧になっていただきたいと思います。こちらは沈み込んだプレート内地震の北海道と東北の比較を行ったものになります。

東北では上面の地震、北海道では下面の地震が活発になりますが、箱書きの一番下、東北地方では海洋プレート上面から深さ21kmが応力中立面、北海道では上面から深さ9kmということで、応力中立面の深さに違いがございます。

北海道のほうでは下面の幅が広いということで、東北地方に比べて規模の大きな下面の地震が発生する可能性があるというふうに考えております。

次に35ページをお願いいたします。こちらは東北地方と北海道で発生するDC型あるいはDE型の深い地震の応力降下量を比較したものになります。

御覧のように、北海道と東北では応力降下量に違いがございまして、東北地方に比べて、

北海道の応力降下量は大きい傾向があるということが示されております。

39ページ、40ページをお開きください。こちらは地震調査研究推進本部の見解についてまとめたものでございます。

日本海溝沿い、それから千島海溝沿いという形でまとめてございますけども、いずれも共通しておりますのは、地震の発生場所、規模を特定するようなシナリオ地震というのは想定されていないという特徴がございます。

41ページ、お願いいたします。特徴のまとめでございます。

下の箱書きになりますけども、北海道で発生する地震は、東北地方で発生する地震に比べて敷地からの距離が遠いものの、地震規模や応力降下量が大きい傾向がある。したがいまして、東北地方と北海道の両方に同じタイプの地震を想定して、敷地に与える影響を比較した上で、検討用地震を選定することといたしました。

42ページからは検討用地震の選定になります。

43ページをお開きください。こちらは検討用地震選定の基本方針をまとめたものになります。

右側にフローを記載してございます。まずStep1として、検討用地震の候補、これを検討対象地震というふうに呼んでおりますけども、その候補を選定して、大小関係を比較すると。そのうち敷地に最も影響が大きい地震タイプを検討用地震として、Step2として評価していくという流れになります。

Step1の検討対象地震のフローの中で、まず特徴としては、東北地方、それから北海道のそれぞれの特徴を整理した上で、幾つかの複数のタイプの地震タイプを選定いたします。それぞれについてモデルの設定、ここでは基本ケース、不確かさケースを想定いたしまして、地震動評価を行うということを行っております。

このモデルの設定、地震動評価の考え方ですけども、左に考え方を記載してございます。

まず審査ガイドの要求ですけども、審査ガイドでは、地震規模、それから震源領域についての検討を行うということに加えまして、海洋プレート内地震につきましては、特に応力降下量、短周期レベルが適切に設定されているということが要求されております。

これを踏まえました基本方針ですけども、まず地震規模、それから震源地については、変動地形学・地質学的なデータによる評価が難しいということから、保守的な評価が必要なこと、また、応力降下量（短周期レベル）についても確定的に設定することは難しくて、保守的な評価が必要ということを考えております。

こういったことを踏まえまして、検討用地震選定の対象となる検討対象地震につきましても、パラメータ設定においては地震規模、震源位置、応力降下量（短周期レベル）、これらについて不確かさを考慮したケースを設定することといたしました。

その評価方法が次のポチに書いてございますが、例えば内陸地殻内地震であれば、地震規模と震源距離をパラメータとした距離減衰式を採用すると。これは、この大小関係というのは平均的なスペクトル特性に基づくという形になります。また、海洋プレート内地震の場合は、短周期レベルの違いが応答スペクトルに与える影響が評価できる手法を採用する必要があるということですから、次の①～③の評価方法のいずれかを採用するということといたしました。

まず、①番目ですけども、こちらは断層モデル手法で得られる平均的な応答スペクトル。断層モデルでは複数の波が得られますので、それを平均したというものになります。それから、②番目としまして、規模等の補正を平均スペクトルに対して行うというもの。それから、敷地で観測記録が得られている場合には、観測記録を距離減衰式で補正するという方法。この三つの比較的簡易な方法で評価を行いました。

45ページを御覧ください。こちらは検討用地震を選定する際の地震規模、想定位置、短周期レベルの考え方について記載したものです。

まず地震規模ですが、こちらは基本ケースとしては東北地方、北海道のそれぞれ各領域で、これまで知られている最大規模の地震を想定いたします。次いで不確かさですけども、地球物理学的なデータにより想定される規模、もしくは東北地方、北海道の領域の区別なく最大規模を考慮するということといたしました。

次に、想定する位置ですけども、こちらについては、確定的な位置が分からないということがございますので、基本ケース、不確かさケースとも、敷地に最も近い位置に地震タイプごとに想定することといたしました。

次に、短周期レベルになります。こちらはちょっとページ飛びまして、92ページを御覧になっていただきたいと思います。

こちらはNoda et al.の応答スペクトルに対する敷地で得られた海洋プレート内地震の応答スペクトル比をまとめたものになります。左側が水平成分、右が鉛直成分、上の図は各地震の応答スペクトル、下はその平均と標準偏差という図になっております。

Noda et al.は、プレート間地震の記録が多数含まれておりまして、このスペクトル比1というのは、ほぼほぼプレート間地震の大きさに相当するというふうに考えられます。

海洋プレート内地震の短周期レベルは、プレート間地震のほぼ2倍というふうに言われておりますので、そういうふうに考えますと、今、ピンクで引いた線、こちらが平均的な海洋プレート内地震のレベルというふうになります。

これに対しまして、敷地の赤い線は、少なくとも大きく超えている部分がないということで、特に特徴を持った記録ではないというふうに考えられます。

45ページになりますけども、そういった距離減衰式との整合を踏まえますと、基本ケースとしては、地震調査研究推進本部（2020）、こちらは強震動予測レシピになりますが、その平均的な値というのを採用することといたしました。

また、不確かさケースとしましては、北海道、東北それぞれに、各領域に発生した過去の大地震の応力降下量を採用するというふうにいたしました。

46ページ、こちらは各地震タイプごとの特徴の整理でございます。縦軸は地震のタイプ、東北地方、北海道というのを横軸に記載してございます。

例えば東北地方の上面の地震、左上の欄ですけども、地震規模の最大は、2011年4月7日宮城県沖の地震のM7.2。この地震につきましては、震源域の北側に低速度域を確認してございます。この地震の短周期レベルですが、海洋プレート内地震の平均的な値の約1.5倍という結果が得られております。こういった整理を各地震タイプについて行ったという表になります。

47ページをお開きください。こちらは、今ほどの整理を踏まえた上で、各地震タイプ、各領域に想定する地震を具体的に展開したものになります。

例えば東北地方の上面の地震ですけども、基本ケースとして、敷地の至近に東北地方の最大規模、4月7日の地震ですけども、そのM7.2を想定すると。短周期レベルは、平均的な値の1.0倍というふうにいたしております。それから、不確かさとしましては、4月7日の地震の低速度域の広がりを踏まえた、保守的に評価した7.5。それから、短周期レベル、こちらは4月7日の1.5倍というものを考慮するというふうにまとめております。こういったのを各地震タイプに想定してございます。

なお、北海道の上面の地震、それからアウターライズの地震ですけども、こちらについては、距離が遠い、もしくは規模が小さいということで、敷地への影響は小さいというふうに判断しまして、今回の想定からは除外しております。あわせて、六つのタイプの地震を評価するという形になります。47ページ、六つの地震にラベルを貼っておりますけども、これは各地震タイプの名称になります。

このラベルの色と合わせた形で、48ページ、各想定する地震の断層モデルをまとめたものになります。

49ページからは、具体的な想定と評価になります。まず、東北地方の二重深発地震上面の地震、敷地下方のDC型と言っている地震であります。

真ん中の表を御覧になっていただきたいと思います。まず、基本ケース（ケース1）ですけども、地震規模は、先ほど言ったように4月7日の地震のM7.2というのを考慮いたしました。想定位置は、敷地に一番近い海洋性マントル。短周期レベルとしては、標準的な値の1.0倍という形になります。ここで見方ですけども、黄色い部分が考慮する不確かさ、青はあらかじめモデルに織り込む不確かさという形になります。

ケース2としては、短周期レベルの不確かさということで、短周期レベルを1.5倍にしたケース。こちらは4月7日の地震の短周期レベル相当になります。それから、地震規模としては、4月7日の低速度域の広がりを踏まえたM7.5。

それから、ケース4としましては、マグニチュードの不確かさと、それから短周期レベルの不確かさを重畳したケースというのを記載してございます。

備考を御覧になっていただきたいと思います。評価ケースを記載してございます。例えばケース1につきましては、断層モデルの平均応答スペクトル、それからケース2につきましては、その平均応答スペクトルを補正したものを今回は採用しております。

50ページ、こちらが断層モデルの展開になります。

右側の断層配置図（断面）を御覧になっていただきたいと思いますが、赤で示した部分が敷地下方のDC型地震、上面の地震になります。敷地からプレートに垂線を下ろしておりまして、その一番近い、海洋性マントルの一番近い位置に想定しているという形になります。

51ページ、52ページ、53ページは、パラメータの設定になります。

評価した結果が54ページにまとめてございまして、色がついてございますが、こちらは各ケース、不確かさケースも含めたケースになります。同じ色で複数あるのは、これは破壊開始点の違いを評価したというふうになります。評価方法の違い、断層モデルの平均応答スペクトルについては太線、それを補正したものについては細線という形で記載しております。

次に55ページ、こちらは敷地下方DE型ということで、下面の地震になります。

真ん中の表を御覧になっていただきたいと思いますが、地震規模につきましては、東北で発生した最大規模である2008年岩手県沿岸北部の地震のM6.8を考慮してございます。

それから、短周期レベルとしては、ここと同じ地震の1.6倍、平均の1.6倍という数値を考

慮すると。

それから、地震規模につきましては、こちらは北海道で発生した1993年の釧路沖地震というのが、DE型の地震としては最大規模ということで、こちらを考慮したものになっております。

ケース4としては、地震規模、短周期レベルの重畳というふうにします。

56ページが断層モデル、57ページ、58ページ、59ページは断層パラメータになります。

60ページがその評価でございまして、見方は、先ほどの上面の地震と同じでございます。

次に61ページ、こちらは東北地方の沖合のやや浅い地震になります。

東北地方で発生した沖合のやや浅い地震と、大規模な地震は知られておりませんけども、比較的大きい地震として知られているのは、2011年7月10日三陸沖の地震ということで、M7.3が発生してございます。この地震規模を敷地前面に持ってくるということを考慮いたしました。

真ん中の表を御覧になっていただきたいと思います。

基本ケースは、今申し上げた地震規模M7.3。それから短周期レベル、この地震の記録が実は敷地で取られておりまして、それを評価しますと、平均の約0.6倍ということになりますので、その値を考慮した0.6倍というのを基本ケースにしております。

次に不確かさですけども、このやや浅い地震というのは、北海道で発生した1994年北海道東方沖地震M8.2と同じタイプでございますので、この東方沖地震のM8.2という地震規模を考慮いたしました。

また、ケース3ということで、地震規模、それから短周期レベル、先ほど0.6倍というふうにしましたけども、それに不確かさを見た1.0倍というものを重畳ケースとして考慮いたしました。

モデルは62ページに記載してございまして、御覧のように、敷地に正対する形で断層を配置しております。この7月10日の地震は記録が取られておりますので、基本ケースについては記録の補正、それから8.2のケースにつきましては、この断層モデルを用いた計算というものを行っております。

63ページから64ページは、パラメータの設定フロー、パラメータ表になります。

65ページ、こちらに7月10日の観測記録と、想定する地震の震央分布を記載してございます。

66ページ、こちらは観測された地震のはぎとり波になります。

67ページ、こちらが評価結果でございまして、黒い線、こちらが観測記録を補正したもの、赤い線と青い線、こちらは断層モデル波という形になります。平均応答スペクトルになります。

続いて、北海道の地震に移ります。

68ページになります。北海道の下面の地震、北海道DE型というふうに呼んでおりますけども、この地震について御説明いたします。

真ん中の表を御覧になっていただきたいと思います。

北海道DE型ですけども、こちらの最大規模は、1993年釧路沖地震M7.5という形でございますので、この地震を基本ケースとして考慮いたしました。想定する場所は、敷地に最も近い千島弧というふうに考えております。

また、この地震につきましては、短周期レベルが大きいという知見がございますので、不確かさケースとして考慮してございます。

規模につきましては、もう既に最大のものを基本ケースで見込んでおりますので、地震規模の不確かさは考慮しておりません。

69ページが断層モデル、それから70ページ、71ページがパラメータの設定になります。

72ページ、こちらが評価した結果になります。

次に、北海道で発生する沖合のやや浅い地震、73ページになります。

こちらの最大規模としては、1994年北海道東方沖地震M8.2というのが知られてございます。世界最大の地震というふうになります。こちらを基本ケースとして想定しまして、敷地に一番近い千島弧に想定するということを考えております。

真ん中の表を御覧になっていただきたいと思いますけども、基本ケースは、今申し上げたようにM8.2、短周期レベルは1.0倍というふうに考えております。

この地震、既に最大規模でございますので、不確かさケースとしては短周期レベルということで、1994年の地震の短周期レベル2.0倍というのが得られておりますので、こちらを不確かさとして考慮いたしました。

74ページが断層モデルになります。

75ページ、76ページはパラメータ表、77ページが評価結果という形になります。

続いて六つ目のケース、アウターライズ地震になります。78ページです。

アウターライズ地震の最大規模というものは、1933年三陸沖地震のM8.1でございますので、この地震をアウターライズ地震として考慮するというふうに考えました。

この8.1を基本ケースとしまして、敷地に最も近い海溝軸の東側、本来の三陸沖の地震はもう少し南側にありますけども、それを敷地の真正面に持ってきたという形になります。こちらが基本ケースになります。

それから、不確かさケースとして、地震規模の不確かさということを考慮します。津波評価におきまして、土木学会（2016年）の「1933年昭和三陸地震津波再現モデル」と、これを上回るM8.6というものを考慮してございます。この地震規模を不確かさとして考慮いたしました。

評価方法ですけども、このアウターライズの地震ですが、2011年3月11日に三陸沖地震の地震7.5という地震が発生してございますので、こちらの観測記録が得られております。この短周期レベルを採用すると。この地震記録を使った補正を行うというのがアウターライズの評価方法になります。

79ページが観測地震の震央分布とアウターライズ地震の配置になります。

80ページ、こちらがアウターライズ地震の3月10日の地震の観測記録、はぎとり波になります。

こちらを距離減衰式で補正した結果が81ページという形になります。

今ほど説明した六つの地震タイプ、検討対象地震の地震動評価をまとめたものが82ページになります。こちらでは、今御説明した全てのケースを書き出しておりまして、色の違いは、各地震タイプの違いと。複数線があるのは、こちらは破壊開始点であるとかケースの違い、全て記載したものになります。これを御覧になっていただきますと、黒い線、敷地下方のDC型、東北地方の上面の地震が一番影響が大きいということで、こちらについて、検討対象地震として選定することといたしました。

ここで、補足説明1-2の9ページを御覧になっていただきたいと思います。

今ほど説明した検討対象地震の評価は、平均応答スペクトルであるとか、あるいは観測記録の補正といった簡易な方法を採用しているということがございます。地震動評価の精度が多少劣るケースがあるかもしれないということで、それが基準地震動Ss策定にどのぐらい影響を与えるのかということを確認したという、参考のため確認したというのが9ページになります。先ほど本資料の82ページに記載した図と同じものを記載してございまして、これに2014年当時の基準地震動Ssというのを太い実線で重ね描いたものになります。レベル感としてはこのようなもので、かなり評価した結果は下回っているということがお分かりになるかというふうに思います。

また、これは平均応答スペクトルですので、代表波でやった場合にはどうかと。断層モデル波でやった場合にはどのぐらいになるんでしょうかということで、確認したものが10ページになります。

こちらは各ケースのうち最も影響の大きかったケース、例えばDC型の地震ですとケース4、重複させたケースというのを記載したものでございます。御覧になっていただくように、断層モデル波でも、基準地震動Ssに対してはこのようなレベル感だということがお分かりになるかと思います。

本資料に戻ります。

83ページからになります。こちらが選定した検討用地震の地震動評価になります。検討用地震としては、先ほど申しましたように、敷地下方のDC型、東北地方の上面の地震を選定してございます。

その基本ケースですけども、真ん中の表ですけども、やはり東北地方で最大のM7.2というものを基本ケースとして選定すると。想定位置は、敷地至近の海洋性マントルに置きます。

それから破壊開始点、こちらは文章中で言いますと上から四つ目になりますけども、断層面は概ね敷地の延長上にあるということで、ちょっとページ飛びますけども、86ページを御覧になっていただきたいと思います。86ページが基本ケース、87ページが不確かさケースになりますけども、いずれのケースも、御覧のように断層面の向きはほぼ敷地に向いた向きという形になっていると。さらに、破壊開始点を黄色で示してございますけども、破壊が敷地に向かう方向に何ケースか、複数ケースを想定しているということで、ディレクティビティ効果を考慮した配置というふうに考えております。

84ページ、戻っていただきまして、ケース2の不確かさとしては、こちらは先ほどと同様ですけども、地震規模M7.5、それから短周期レベル、4月7日を考慮した1.5倍というものを考慮する、重畳したケースを考慮するというふうに考えました。

それから、矢羽根の下から二つ目になりますけども、先ほどの86ページの図で申しますと、海洋プレート上面までちょっと距離があるのではないかと、ここまで持ち上げた場合のケースを考えないのかということがあるかと思います。それにつきまして、84ページの下から二つ目の矢羽根でございますけども、まず、地殻とマントルにまたがって断層面を想定した場合に、両者の物性、地殻がやや軟らかくて、マントルが硬いという、そういう物性を考慮しますと、SMGA（強震動生成域）は、剛性が高いマントル内に生成されるというのが自然だというふうに思われます。

それから、瀬野先生が2020年に出した文献になりますけども、これは宮城県沖の例ですけども、1978年の宮城県沖地震、プレート間地震ですが、こちらの応力降下量が大変大きかったんですが、こちらはプレート間地震が滑る際に地殻の上面まで、海洋プレートのスラブ近くまで破壊をしたと、一緒に滑ったということで、大きな応力降下量が出たと、短周期レベルが出たというふうに考察しております。

それから、地殻とマントル内の短周期レベルの違いも踏まえますと、上に持ち上げて考慮したとしても、影響というのは同等以下であると。こちらは後ほど御説明いたします。

そういった観点から、このケースを敷地に近づけたケースというのは、不確かさケースとしては考慮しないというふうに考えました。

こういった不確かさケースを含めまして、2ケースでございますけども、地震動評価を行っております。

すみません。85ページ、こちらは、議論が前後しますけども、認識論的不確かさ、偶然的不確かさをまとめたものになります。

86ページ、87ページが断層モデル、88ページ以降がパラメータ設定と。

地震動評価になりますけども、まず、応答スペクトルに基づく地震動評価ということで、こちらにつきましては、Nodaの方法に対して、敷地で得られた観測記録を補正係数として考慮するということを行っております。

92ページ、これは先ほど説明しましたので、説明は簡略化いたしますけども、下の二つの図で赤い線があるんですけども、御覧のように、1.0倍からちょっと超えている程度ということになります。これを踏まえまして、ピンクの線、全周期帯で2倍というのをサイト補正係数として考慮することといたしました。

考慮した結果、こちらが93ページになります。

それから、断層モデルによる手法ですけども、こちらは統計的グリーン関数法を用いております。その結果が94ページ、こちらは基本ケース、それから不確かさケース、両方合わせて記載したものになってございます。

95ページ、96ページは、基本ケースの時刻歴波形。破壊開始点が基本ケース、全部で四つありますので、それぞれNS成分、EW成分、UD成分を記載してございます。

97ページ、98ページ、こちらが不確かさケースの時刻歴波形になります。こちらは破壊開始点五つですので、それぞれ全ての成分を記載したという形になります。

ここで補足説明資料1-2の11ページをお開きください。先ほど断層面を海洋地殻まで持ち

上げた場合の影響は同等以下であるという説明をいたしましたけども、その検討内容をこちらに示しています。

11ページ、こちらはNakajima他の2011年4月7日の地震の知見でございますけども、4月7日の地震は、御覧のように、海洋性マントルの上面で止まった地震であったという形になります。

12ページ、こちらは海洋地殻と海洋性マントルの物性の違い、発生した地震の応力降下量の違いということで、右下の図を御覧になっていただきますと、明確な違いがあると。

その違いというのが、13ページ以降ですけども、物性の違いで説明ができるのではないかということをまとめております。

17ページですけども、こちらは海洋性マントル内に断層面を想定した場合の短周期レベルの考え方をまとめております。海洋性マントルに比べて約0.8倍小さいという形になりますので、地震調査研究推進本部の短周期レベルの1.2倍、こちらは不確かさ1.5倍を考慮した1.2倍、0.8を掛けて1.2倍という形になりますけども、そういった応力降下量を考慮すると。

18ページが、その評価のパラメータになります。検討ケースが、今御説明している断層面を海洋地殻まで近づけたケース。その比較として、短周期レベル以外、全く同じパラメータですけども、ケース4ということで、マグニチュードと短周期レベルを重畳したケースというのを記載してございます。

位置関係は19ページでございまして、青が本資料で説明したケース、今説明しているケースが赤という形になって、敷地に近づけたケースになります。

評価結果、22ページですけども、黒が本資料の結果でございますが、これに対しまして、短周期レベル、それから、近づけた距離を補正した結果が青という形になります。御覧のように、同等以下という結果を得ているというものでございます。

資料1-1に戻りまして、99ページ、まとめになります。東北地方、北海道で発生する海洋プレート内地震の特徴を整理して、地震タイプごとに想定を行いました。それぞれについて、基本ケース、不確かさケースを考慮した評価を行いまして、検討用地震として敷地下方DC型の地震、二重深発地震上面の地震になりますけども、こちらを選定しております。選定した敷地下方DC型の地震について、不確かさを考慮した地震動評価を行いました。

説明は以上でございます。

○石渡委員　それでは、質疑に入ります。御発言の際は挙手をしていただいて、お名前をおっしゃってから御発言ください。どなたからでも、どうぞ。

どうぞ、中村さん。

○中村審査官　原子力規制庁の中村です。

御説明ありがとうございました。

私のほうからは、検討用地震の選定について、大きく3点ほど確認とかコメントとかをしたいと考えております。

まず、今回、東北電力では、女川での審査実績というのを参考に、六つのタイプの地震について、断層モデル手法を用いて地震動評価を行ったと。それぞれについて、例えば資料で言うと82ページにまとめられていますけども、それぞれを、全てのケースを、平均応答スペクトルというのを示して、それを比較して選定したというふうな流れで選定しております。このことについては、こちらとしても理解いたしました。ただ、その進め方に従うということなので、次のこと、これからコメントしますけども、三つについて、ちょっと確認とかコメントをしたいというふうに考えております。

まず一つ目ですけども、検討対象地震のそれぞれについての整理ということでお願いしたいと思っています。

まず、先ほどの資料で、六つの地震タイプの検討対象地震について、断層モデルを設定したり、モデルの位置とか、不確かさ、基本ケース、パラメータをつくって、平均応答スペクトルを求めるというような形で、資料のほうは説明していただいていたんですけども、六つのタイプのそれぞれの地震のタイプで、選定の考え方とか位置づけというのが、ちょっと資料上、少し分かりづらいかなというふうに思っております。東北電力としては、審査実績として女川というのがありますので、女川の資料のとき、当然認識されていると思いますけども、女川のときと同様に、フロー図等で明確に選定の考え方とか位置づけというのが分かりやすい形で示していただきたいということで、記載の充実化という観点ですけども、図っていただきたいと思っております。

ただ、その際に、次の点については留意していただきたいということで、資料で言うと、61ページをちょっとお願いしたいんですけども、沖合のやや浅い地震、東北のものですけども、これは先ほども説明ありましたけども、ちょうど真ん中の辺りに表があって、短周期レベルが0.6と1.0というのがあって、0.6のところは観測記録の距離補正により評価、あと1.0のところは不確かさを考慮してという形で、説明はされていましたけども、これ、例えば資料で言うと65ページ、平面的な位置関係が示されていますけども、右下のほう、水色の丸で囲まれている2011年7月10日三陸沖の地震M7.3というのを観測したものを、東通の前面のほ

うに星印に持ってきているというところで、やっぱり敷地への距離というのが、この二つを比較すると2倍程度、半分ぐらい違っているというところとか、移動させると、実際に、本当に、そういう伝播経路とか、これで違いがないのとか、そういうところもあるので、そういうところ、当該地震に適用した位置づけというところとか、そういうことを意識した上で、先ほどの0.6倍とか1倍とか、そういうところを分かりやすいような形で、フローで記載していただきたいということで、まず、六つの地震について、女川の資料を基に、記載の充実化を図っていただきたいと思いますけども、まず1点目、いかがでしょうか。

○石渡委員　いかがでしょうか。

○東北電力（福士）　東北電力の福士でございます。

コメントの内容、理解いたしました。確かに女川の際には、考え方等を少し丁寧に記載したフローがございますので、それに基づいた形で、フローを整備したいというふうに思います。

○石渡委員　中村さん。

○中村審査官　規制庁、中村です。

まず1点目については、よろしくお願いします。

引き続き、2点目ですけども、資料で言うと、先ほどの82ページをよろしくお願いします。選定のまとめのところなんですけども、敷地下方DC型を選定した考え方のところをちょっと確認したいというふうに思っております。この図は、先ほど説明がありましたけども、全てのケースの平均応答スペクトルを比較して示していて、結論としては、一番、黒色のものが一番上に大きいところであるということで、検討用地震を選定しているという御説明はあったんですけども、これ、よく見ると、水平成分も鉛直成分も、どちらもですけども、特に短周期の辺りを見たりすると、黒と赤がクロスしているようなところが認められます。そういうところを考えると、我々の理解では、この図自体は、一番、黒色のラインというもの、ちょっと何本あるか分からないですけど、結構な数が示されていて、そのうち一番上のほうが、恐らく不確かさの重畳とか、そういう不確かさケースだと思いますけども、そういう黒色の不確かさケースというのが、それらの全てのスペクトルを包含しているということで、DC型地震を検討用地震として選定しているというふうに考えているのかなと思っているんですけども、そのような理解でよろしいのかというのを確認したいと思います。それであるならば、ちょっと82ページのところ、上のほうに文章ありますけども、今のところでは、ちょっと記載が足りない、分かりづらいというところがあるので、そういうようなところを記載の充実

化、していただきたいと思いますけども、2点目についていかがでしょうか。

○石渡委員　はい、いかがですか。どうぞ。

○東北電力（福士）　東北電力の福士です。

今ほど審査官からいただいたコメント、内容を理解いたしました。御指摘のとおり、82ページ、部分的に1本1本見ていくと、赤がちょっと顔を出すようなところもございますが、全体としては黒いDC型の線が全てを包絡しているというふうに我々考えております。なおかつ、この黒い線、グループで見た場合に、やはりほかの地震のグループ、ほかの地震タイプと比べて大きいということで、DC型を選んだと。こういった内容につきまして、少し、御指摘のとおり、82ページの記載ですけども、こちらについて充実させるように取り組んでいきたいというふうに思います。

○石渡委員　中村さん。

○中村審査官　原子力規制庁、中村です。

よろしくお願いします。

最後、3番目ですけども、今、東通は、先ほどから言っているように、断層モデル手法を用いて検討用地震というのを選定しているんですけども、82ページに示しているようなところも黒と赤が交差したりとか、そういう、きれいになっているわけじゃないというところもあるので、やっぱりちょっとその他の方法、二つのタイプの地震間の相対的な関係というのをちょっと確認したいかなというふうに考えています。例えばなんですけども、Noda et al.（2002）等、そういうようなものとか、ほかの方法で、応答スペクトルの結果というのを、比較した結果というのを示していただきたいと思いますけども、いかがでしょうか。

○石渡委員　いかがですか。

はい、どうぞ。

○東北電力（福士）　東北電力の福士です。

今ほどのコメントへの確認なんですけども、今ほど我々が説明した応答スペクトル、平均的な応答スペクトルのほかに、別な手法で大小関係を比較してはどうかという、そういうことでよろしいでしょうか。

○石渡委員　はい、中村さん。

○中村審査官　そうですね。誤解をしていただくといけないのは、今、東北電力で出している82ページのそのものと比較というよりは、別の手法で、そういう敷地下方DC型がやっぱり一番上にあるよとか、そういう、先ほども言いましたけども、例えばNoda et al.とか、そ

ういう事業者さんのほうで検討の仕方というのは考えていただいたらいいと思いますけども、それで、別の方法でも、そういう敷地下方DC型が一番上に来るのかとか、そういうところを確認したいということです。

○石渡委員　よろしいでしょうか。

はい、どうぞ。

○東北電力（福士）　東北電力の福士です。

御趣旨、理解いたしました。やり方はちょっと工夫が必要かもしれませんけども、先ほどの短周期レベルの不確かさというのも反映する必要があると我々思っておりますので、そういったものも含めて、適切な手法を工夫してお示ししたいというふうに思います。

○石渡委員　中村さん。

○中村審査官　中村です。

分かりました。ちょっと工夫は必要かもしれないですけども、御検討ください。

私からは以上です。

○石渡委員　ほかにございますか。

菅谷さん。

○菅谷調査官　規制庁の菅谷です。

中村のほうからは、検討用地震の選定のほうについてのコメントでしたけれども、私のほうからは、検討用地震の地震動評価のほうについて、大きく2点指摘させていただきます。

まず1点目、地震動評価における断層の位置の不確かさの取扱いについてです。資料1-1の85ページをお願いします。はい、ありがとうございます。事業者のほうは、検討用地震の地震動評価における不確かさの考え方の整理において、断層の位置の不確かさをSMGAがより敷地に近い海洋地殻内に想定したものを参考検討ケースとして扱っていますけれども、断層からの距離というのは、不確かさの中でも支配的な震源パラメータであることから、当方としては、断層の位置を不確かさとして考慮すべきと考えています。また、参考検討ケースという取扱い、これについては、審査上の位置づけも不明確であるということから、不確かさケースとして扱うべきというふうにして考えておりますけれども、この点いかがでしょうか。

○石渡委員　いかがでしょうか。はい、どうぞ。

○東北電力（福士）　東北電力の福士です。

御趣旨は理解いたしました。我々としても、先ほどの84ページに記載した理由として、ちょっと弱いかなという部分はあって、このようにさせていただきましたけども、不確かさケ

ースとして検討するということで考えたいというふうに思います。

○石渡委員　菅谷さん。

○菅谷調査官　規制庁の菅谷です。

よろしくお願いします。

あと、ちょっとこれに関連してですけれども、ちょっともう1点、付け加えさせていただきます。資料の84ページのほう、お願いします。はい、ありがとうございます。東通のほうでは、このページで示されているように、検討用地震の地震動評価において地震規模及び短周期レベルの重畳を行っています。ですが、地震規模及び短周期レベルは、ともに認識論的不確かさであり、保守的な設定であることから、否定はしないんですけれども、審査チームとしては重畳させる必要はないと考えておりまして、こちらとしては求めるものではないということに関しては、お伝えだけしておきたいと思います。

まず、ここまで1点目になります。

○石渡委員　その点はよろしいですね。

○東北電力（福士）　はい。

○石渡委員　はい、どうぞ。佐藤さん。

○佐藤審査官　規制庁、佐藤でございます。

今、菅谷からのコメントがございましたけども、ちょっと、ここの考え方を少し東北電力のほうから説明をしていただきたいと思っております。認識論的不確かさ、いずれもそうなんですけども、それらを重畳させるというのは、これは東北電力スペシャル、オリジナルというふうな考え方だというふうに理解してございますけども、この辺、何か思想とかあるのであれば、少しこの場で御説明をいただきたいというふうに思います。お願いします。

○石渡委員　いかがですか。

はい、どうぞ。

○東北電力（福士）　東北電力、福士です。

御指摘のとおり、認識論的不確かさは重畳させなくてもいいのではないかということは理解しております。ただ、我々、当社の先発といいますか、女川のサイトでもって、やはり4月7日、上面の地震を考慮しております。その際に、非常に地域性もございまして、低速度層の広がりということもあって、7.5という規模を考慮し、なおかつ1.5倍と、4月7日の地震の応力降下量相当ですけども、そちらも考慮したということがございまして、そちらを我々としては、同じようなことを東通でも考えたという形でございます。

○石渡委員　はい、佐藤さん。

○佐藤審査官　規制庁、佐藤でございます。

先行の女川の審査のときは、これは敷地のやっぱり目の前で起きているような地震ということで、それはそれなりに保守的に見積もったというふうなのは理解できるんですけども、今般、東通の場合は、我々、否定はしませんけどもというふうなところなんですけども、女川と同様な考え方で、こういうふうな重畳をさせたというふうなことは分かりました。これは東北電力スペシャルな考え方というふうで理解いたします。

以上です。

○石渡委員　ほかにございますか。

はい、どうぞ。大浅田さん。

○大浅田管理官　管理官の大浅田ですけど、ちょっと今の点で確認なんですけど、私の理解では、女川については、北側に低速度域というのがあったから、基本ケースの断面でマグニチュードを7.5にしているのであって、それで不確かさケースとして短周期1.5倍というのをやっているはずなんですけど、だから、この東通についても、基本ケースがM7.5だったら、今の説明は割と合理性があるのかなという気はしたんですけど、今は別に基本ケースは7.2のままなので、あまり説明上は合理性がないなという気がしているんですけど、そこはどうなんですか。

○石渡委員　いかがでしょうか。

はい、どうぞ。

○東北電力（福士）　東北電力の福士です。

おっしゃるとおり、女川では基本ケース7.5からスタートして、重畳というか、1.5倍を見たという形ですので、その点では、確かに重畳という意味では違うかもしれません。ちょっと、そういったものも含めまして、先ほど中村審査官からコメントがありました考え方のフロー、その辺をちょっと整理したいというふうに思います。

○大浅田管理官　ちょっと、その辺はよろしくお願いします。女川の審査の知見を参照される、それはそれで重要だと思うんですけれど、考え方がちょっとぶれてくると、じゃあ、内陸地殻内地震でも認識論的不確かさを重畳するのかみたいな話になってきますので、ちょっと、そこは考え方を分かりやすいように整理して、フローに入れていただきたいと思います。決して、この重畳ケースは要らないと言っているわけじゃなくて、それはそれで、もうやってこられたので、別にそれは我々としてはアクセプトしていますので、その点だけよろしく

お願いいたします。

○石渡委員　よろしいですか。

はい、どうぞ。

○東北電力（福士）　東北電力の福士です。

今日説明しました地震規模と不確かさの重畳の位置づけにつきまして、きちんと考え方を整理した上で御説明するようにしたいと思います。

○石渡委員　ほかにございますか。

はい、菅谷さん。

○菅谷調査官　規制庁の菅谷です。

私のほうから続いて2点目についてなんですけれども、2点目は、応答スペクトルに基づく地震動評価に係る補正係数についてコメントいたします。

資料1-1の92ページをお願いします。はい、ありがとうございます。事業者は、海洋プレート内地震のNoda et al.（2002）に対するサイト補正係数を設定するために、Noda et al.（2002）に対する観測記録の応答スペクトル比を示しておられます。今、このページですけれども、この図を見ますと、平均よりも大きな観測記録が認められます。スペクトルの比が固まりになっているところの上に、そこから離れて、少し大きめなものも示されてございます。これはヒアリングのときに事実確認させてもらったときには、この応答スペクトル比の最も大きい観測記録というのは、2008年の岩手県沿岸北部の地震のM6.8のものですということではあったと思いますけれども、これについて、補正係数、今、2.0だと思うんですけれども、この妥当性というものを、今、ここのページには、ちょっと説明はありましたけれども、しっかり説明がされていないと思いますので、まずは御社の考え方、資料のほうにまず落とし込んでいただきたいと思いますけれども、いかがでしょうか。

○石渡委員　いかがですか。

はい、どうぞ。

○東北電力（樋口）　東北電力の樋口です。

92ページのサイト補正係数のところについて御説明します。

今ほど審査官からお話ありましたとおりに、この大きいところは南側の2008年の岩手県沿岸北部の地震等の影響が大きいというところの図になってございます。このものに関しては、プレート内で起きたもののHigh Q、プレート内の一番減衰の小さいところをずっと通ってきてサイトまで届ているというふうな認識でおります。そうしますと、Noda et al.の減衰の

傾向と違ったような形になりまして、非常に大きめな形になっているというふうに思っております。

今回、私どもが最終的に選んだ検討用地震というところになりますと、4月7日型の地震に似た敷地下方DC型となりますけれども、それは敷地前面の海域に値するということでございまして、High Qのところを、プレート内のところをずっと減衰しないで来るというような伝播とはまだ違った形でございますので、この辺はタイプが違うというところも含めて似ているというところでございます。

ただ、あらかじめお話ししましたプレート内地震は非常に数が少なくて、こういった広い意味で取らないと、なかなか傾向がつかめない、またはつかみ切れていないところもあるというのが観測上仕方ないところだというふうには思ってございます。

以上です。

○石渡委員　菅谷さん。

○菅谷調査官　規制庁の菅谷です。

御説明ありがとうございました。今御説明いただいた点等を、まずは資料のほうに落とし込んでいただければと思いますので、よろしくお願いします。

○石渡委員　よろしいですね。

はい、どうぞ。

○東北電力（樋口）　承知いたしました。

○石渡委員　ほかにございますか。大体よろしいですか。

それでは、どうもありがとうございました。

東通原子力発電所の基準地震動の策定のうち、海洋プレート内地震の地震動評価につきましては、本日、幾つか指摘事項が出まして、記述を充実させていただくとか、少し考え方を整理していただくというようなことがございましたので、それらを踏まえて、引き続き審議をすることいたします。

以上で本日の議事を終了します。

最後に、事務局から事務連絡をお願いします。

○大浅田管理官　事務局の大浅田です。

原子力発電所の地震等に関する次回会合につきましては、来週、10月30日の金曜日を予定してございます。詳細については、追って連絡させていただきます。

事務局からは以上でございます。

○石渡委員　それでは、以上をもちまして第913回審査会合を閉会いたします。