

## 第4回佐賀県原子力安全専門部会 議事録

日時：平成29年2月2日（木曜日）13時～17時20分

会場：ホテルニューオータニ佐賀 鶴の間（西）

### ○事務局（諸岡原子力安全対策課長）

それでは、ただいまから第4回佐賀県原子力安全専門部会を開催いたします。

開会に当たりまして、佐賀県県民環境部長の山口のほうから一言御挨拶を申し上げます。

### ○山口県民環境部長

県民環境部長の山口でございます。今日は4回目の部会の開催に当たりまして、一言御挨拶を申し上げます。

委員の先生方におかれましては、公私とも大変お忙しい中、今日で4回目の開催となりましたこの会合に御出席いただきまして、大変ありがとうございます。

これまで現地視察も含めまして3回行いました会議におきましては、先生方から数多くの御質疑を行っていただいております、おかげさまでこの会合も非常に有意義なものになっていると大変感謝申し上げますところでございます。

今日の日程は前半と後半に分かれてございまして、まず前半では、前回の会議で残っていた部分、竜巻、溢水、火災等々の説明をいただきまして、質疑をいただきます。それから、3回のときの補足説明事項というのを2番目に予定しております。

ここまでは事業者の方に御出席をいただきまして、それから、3番目の審査の概要につきましては、原子力規制庁の審査担当者の方々に説明が代わりまして、引き続き御質疑をお願いしたいと思っておりますところでございます。

今日も委員の先生方におかれましては、前回までと同様に専門的な立場から活発な御議論をいただきますようお願い申し上げます、簡単ではございますけれども、開会に先立った挨拶にかえさせていただきます。どうぞよろしくようお願い申し上げます。

### ○事務局（諸岡原子力安全対策課長）

ありがとうございました。

それでは、まず配付資料の確認をさせていただきたいと思えます。

過不足がございましたら事務局職員がお持ちしますので、挙手をいただければと思えます。

まず、一番上に次第が1枚載っているかと思います。それから、出席者名簿です。それから、配席図。それから、会議資料としまして、右肩の資料番号でいきます。資料4-1-1、4-1-2、4-1-3、4-1-4、4-2-1、4-2-2、最後に4-3、以上でございます。よろしいでしょうか。

それでは、これから議題に入りますけれども、前回同様、発言の際はマイクの御使用をお願いしたいと思います。

それでは、工藤先生、よろしく申し上げます。

#### ○工藤部会長

どうも今日はよろしくお願いいたします。

それでは、早速議題に入らせていただきます。

前回からの九電からの御説明の持ち越しについてであります、議題(1)の新規制基準への適合性確認のうちの竜巻、溢水、火災関係についての御説明をお願いしたいと思いますので、よろしくお願いいたします。

#### ○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

九州電力発電本部の林田でございます。今、御紹介いただきました件につきまして御説明いたします。座って説明させていただきます。

今日のお手元の資料で説明いたしますけれども、4-1-1が竜巻影響評価、4-1-2が内部溢水防護について、4-1-3が火災対策についてということで、これは前回説明できなかった分について御説明させていただきます。

4-1-4は、追加としまして御説明させていただきますけれども、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性についてということで御説明いたします。

まず、ここまで御説明した後、第3回での御質問、会合に関する補足説明ということで説明させていただきたいと思います。

それでは、4-1-1の竜巻影響評価について御説明いたします。

#### ○九州電力（野崎発電本部原子力設備グループ課長）

九州電力発電本部の野崎です。玄海原子力発電所の竜巻影響評価について説明させていただきます。

資料は4-1-1を御覧ください。

まず、1ページ目ですが、最初に竜巻影響評価を行う対象施設の抽出の考え方、その後、

基準竜巻、設計竜巻、設計荷重の設定について説明させていただいた後、構造健全性の概要とその結果、また、竜巻による飛来物対策、竜巻随件事象に対する確認結果について説明させていただきます。

2 ページ目です。

竜巻影響評価を行う対象施設の抽出の考え方を記載しています。

竜巻に対してどのような施設を防護するか。ここでは「竜巻防護施設」と記載していますが、1 行目に記載していますように、「安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス 1 及びクラス 2 の構築物、系統、機器、これを竜巻防護施設としています。

簡単に言いますと、原子炉の安全性を確保するために必要な重要な機器、これを竜巻から防護する施設としています。

これを踏まえまして、竜巻の影響評価の対象施設としましては、3 つポツを記載していますが、竜巻防護施設のうち、竜巻の影響を受けると考えられる屋外に設置されている施設、また、屋内の施設であっても外気と繋がっている施設など、また、竜巻防護施設を内包する施設、それと、そのものは竜巻防護施設ではないのですが、倒壊等によって竜巻防護施設に波及的な影響を及ぼし得る施設、これらを竜巻影響評価の対象施設として抽出しています。

次の 3 ページ目、その次の 4 ページ目には、評価対象施設の抽出フローを示しております。

まず 3 ページ目、赤枠で囲っている部分ですが、屋外の竜巻防護対象施設として海水ポンプ、海水ストレーナ等を抽出し、屋内の施設で外気とつながっている施設としては、換気空調設備などを抽出しています。

また、青枠で囲っている下の部分ですけれども、竜巻防護施設を内包する施設として、原子炉格納容器、原子炉周辺建屋等を抽出しています。

4 ページ目です。

竜巻防護施設に波及的な影響を及ぼし得る施設の抽出フローを記載しています。

倒壊により竜巻防護施設に波及的な影響を及ぼし得る施設として、廃棄物処理建屋、タービン建屋、橋型クレーンを抽出し、また、竜巻防護施設の附属施設として、主蒸気逃がし弁の消音器、ディーゼル発電機に燃料を補給するために必要となるタンクローリ等を抽出しております。

次の 5 ページ、その次の 6 ページには、抽出した評価対象施設の配置を外観の写真とあわせて載せております。

7 ページ目ですが、設計竜巻を設定するまでの基本的な流れを示しております。

まず、原子力発電所が立地する地域、それと原子力発電所が立地する地域と気象条件が類似する地域、これらの地域を竜巻検討地域としまして設定して、その次に竜巻検討地域における竜巻の発生頻度等を考慮して基準竜巻の最大風速を設定します。

次に、設定した基準竜巻の最大風速に対して、地域特性を考慮して設計に用いる設計竜巻の最大風速を設定しております。

8 ページ目、図の 2.2 ですが、青い点で竜巻が発生した場所を示しています。1961 年から 2012 年までの約 51 年の間に 841 個の竜巻が確認されています。赤で示していますのが竜巻検討地域でございます。

9 ページ目、図の 2.3 では、玄海原子力発電所が立地する九州北部で竜巻が発生した場所とその大きさを示す藤田スケールを示しております。

過去、日本において発生した最大の竜巻は、藤田スケールで F3 と言われるもので、風速が最大 92 m/s、埼玉県や千葉県等で発生しています。

九州北部においては、有明海側で最大風速 69 m/s の F2 の竜巻が発生していますが、発電所が立地する日本海側ではこれまで竜巻の発生は確認されておられません。

10 ページ目です。

基準竜巻の最大風速の設定についてですが、全国で過去に発生した竜巻の最大風速が 92 m/s で、竜巻の最大風速のハザード曲線から算出した最大風速が 76 m/s、これらの大きいほうを基準竜巻 92 m/s として設定をしております。

次の 11 ページですが、設計竜巻の最大風速の設定です。

基準竜巻の最大風速 92 m/s というふうに設定しましたが、竜巻の観測数が少ないことも考慮しまして、ここでは安全側に切り上げて 100 m/s というものを設計竜巻の最大風速というふうにしております。

設計竜巻の特性値につきましては、ガイドに示す方法に基づきまして、表 3.2 のとおり設定をしております。

12 ページ目ですが、評価に使用する風圧力、それと気圧低下によって生じる評価対象施設内外の気圧差による圧力の算出式を示しています。詳細は割愛します。

13 ページ目ですが、設計飛来物の選定フローとその結果について示しております。

竜巻防護のための対策施設を設計する上では、何が飛んでくるかという観点で設計上の飛

来物を決める必要があります。

発電所で実施した現地調査において飛来物となる可能性があるものを選定した上で、運動エネルギー等を考慮しまして、長さが4.2m、幅が30cm、奥行きが20cmの重量135kgの鋼製材というものを設計飛来物として設定しております。

14ページ目ですが、設計荷重と設計竜巻荷重と組み合わせる荷重について記載していません。

設計竜巻による複合荷重、 $W_{T1}$ と $W_{T2}$ というものを竜巻影響評価ガイドに基づき算定しまして、評価対象施設にはその両方の荷重を作用させて評価しています。

また、竜巻以外の荷重につきましても、それぞれ組み合わせるべきかどうかを検討した上で設定しております。

15ページ目です。

構造健全性評価の概要について記載しています。

設定した設計荷重によって評価対象施設である建物、構築物、また、設備に生じる変形、応力等を算出して、評価対象施設が許容限界に対して妥当な安全余裕を有していることを確認しております。

16ページ目です。

16ページからは、評価対象施設の構造健全性の確認結果について記載しています。

まず、16ページ目ですが、冒頭に選定しました評価対象施設の配置を図の6.1に示しています。

17ページは、竜巻防護施設を内包する施設の構造健全性の評価フローとその結果を示しております。

竜巻防護施設を内包する施設に対して、複合荷重 $W_{T1}$ と $W_{T2}$ を作用させ、骨組みや外壁、屋根等の評価を行って、また、飛来物が衝突することによる貫通評価、あと裏面剥離評価を行った結果、構造健全性が確保されていることを確認しています。

18ページは、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の評価フローとその結果を示しています。

波及的影響を及ぼし得る施設に対して、先ほどと同様に $W_{T1}$ と $W_{T2}$ を作用させ、骨組みの評価を行い、構造健全性が確保されていることを確認しております。

19ページ目は、設備側の評価フローとその結果を示しています。

これも評価対象施設に対して応力評価、機能評価等を行って、その結果、構造健全性が確保されていることを確認しています。

20ページからですけれども、飛来物対策について記載しています。

先ほど選定しました設計飛来物である鋼製材よりも大きな運動エネルギー、もしくは貫通力を有するものにつきましては、竜巻によって飛来して衝突した場合に防護建屋等で防護できない可能性があります。

そのため、図の7.1に示すような固縛、図7.2に示すような固定、図7.3に示しますような保管庫内への収納、または図7.4で示しています竜巻防護施設から離れた場所に置いて竜巻により飛散したとしても防護対象施設に届かないようにするといった対策が必要になります。

21ページ目ですが、ここに示しますマンホール、もしくはチェッカープレート等につきましては、設計飛来物である重量135kgの鋼製材よりも運動エネルギーは小さいんですけれども、飛来したとしましても防護建屋等で防護が可能なものですが、極力竜巻防護施設への影響を軽減するという観点から、図7.5に示しますような飛散防止対策を実施しております。

22ページ目、これは新規制基準を受けて、今回新たに設置した重大事故等対処設備の配置を示したものです。

これらの設備につきましても、赤のハッチングで示しています竜巻防護対象施設からの距離等を考慮しまして、固縛または固定、また建屋内収納というものを実施しております。

23ページ目からは、設備による防護対策について記載しています。

23ページ目ですが、海水ポンプ等を防護するために海水ポンプエリアの防護対策として設置しました竜巻防護ネット、竜巻防護壁を示しています。

左側の図ですが、ピットの中に海水ポンプがありますが、ピット上面、赤色で示しています竜巻防護ネットを設置しまして、側面に青色で示しています防護壁を設置しております。

24ページは、竜巻防護施設である換気空調設備の竜巻防護対策について示しています。

原子炉補助建屋等の屋上には、図の7.8に示すような塔屋がありまして、その側面に空気の取り入れ口が設けられています。これらの空気の取り入れ口から飛来物が侵入することを防止するために鋼板を空気取り入れ口に設置しています。

25ページです。

図 7.9 は、ディーゼル発電機の防護対策を示しています。

ディーゼル発電機の入り口に頑健な竜巻防護扉を設置しまして、飛来物の侵入によってディーゼル発電機の安全機能が損なわれないようにしております。

26 ページ目、これはタンクローリの竜巻防護対策です。

タンクローリは、ディーゼル発電機の燃料の補給に必要なものなんですけれども、飛来物によって損傷を防止するために頑健な建屋の中に収納することとしています。

これまでは設備による対策を説明してまいりましたが、27 ページからは運用による防護対策について記載しています。

排気筒、もしくは消音器、蒸気大気放出管、排気管、ベント管、これらのものにつきましては、風圧力による荷重によって損傷することがないことは確認していますが、飛来物の衝突によって損傷した場合は、必要によってプラントを停止するなど保安規定に沿った措置を行って、損傷箇所の修復をするということで対応することとしています。

28 ページ目は、海水ポンプエリア近傍にある橋型クレーンが万一竜巻により転倒した場合のイメージを記載しています。

橋型クレーン自体は守るべき施設ではないのですが、竜巻から防護すべき海水ポンプの近傍にありまして、海水ポンプに悪影響を与えないことが要求されますので、竜巻の襲来が予想された場合には運転を中止して、海水ポンプから離れた停留位置に固定することによって、仮にクレーンが倒れたとしても海水ポンプに影響を与えないようにしております。

最後、29 ページ目ですが、竜巻の随伴事象として想定される火災、溢水、外部電源喪失について、その影響評価結果を示しております。

火災や溢水につきましては、別途実施している外部火災の評価、溢水評価で包絡されているということから、安全機能に影響がないということを確認しています。

また、竜巻によって送電線等が損傷して外部からの電源が期待できないような外部電源喪失といった状況になったとしても、今、ディーゼル発電機を竜巻から守るということとしておりますので、ディーゼル発電機から受電できて、原子炉の安全停止に影響を与えることはないというふうにして竜巻随伴事象の評価をしております。

以上、竜巻に対する影響評価に関する説明でした。

#### ○九州電力（猿渡発電本部原子力設備グループ課長）

九州電力発電本部の猿渡でございます。説明者が代わりまして、資料 4-1-2 で内部溢

水防護について御説明させていただきます。

まず、1 ページ目ですけれども、内部溢水の基本方針について御説明いたします。

内部溢水としましては、発電用原子炉施設内で溢水が発生した場合においても、原子炉停止に必要な設備の安全機能を維持する設計とする方針としております。

また、使用済燃料ピットの冷却機能、給水機能を維持できる設計といたします。

また、放射性物質を含む液体については、当該液体が管理区域外へ漏えいしない設計とすることを基本方針といたしております。

2 ページ目、お願いします。

こちらで溢水影響評価のフローを御説明します。

評価ガイドに従いまして、まず、防護対象設備を抽出します。次に、溢水源及び溢水量の設定をいたします。溢水防護区画及び溢水経路の設定をいたしまして、具体的な溢水評価をします。

溢水としては、まず没水ということで、水没することで施設が壊れないという評価、被水ということで、水が上からかかることで壊れないということの確認、蒸気ということで、発生する蒸気による熱で設備が壊れないということの影響評価をいたしております。

想定する溢水としましては、溢水の影響を評価するために評価ガイドの要求により想定する機器の破損等による溢水、こちらのほうは「想定破損による溢水」というものの影響評価、あと「消火水を放水することによる溢水」影響評価、あと地震起因によって発生する水評価というものを評価いたします。

また、管理区域外に漏えいがないということの確認をいたします。

3 ページ目です。

こちらのほうで、具体的な評価の内容の御説明をいたします。

まず、溢水から守る防護対象設備の抽出の考え方です。

(1)重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その機能を維持するために必要な設備を守ります。

具体的には、原子炉停止に必要な設備、あるいは主給水喪失、外部電源喪失といった原子炉外乱に対処するための設備を防護対象設備とします。

(2)使用済燃料ピットの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な設備を防護対象設備といたしております。



4 ページ目、溢水源と溢水量の設定の考え方です。

まず、(1)想定破損による溢水についてです。

こちらは、単一の配管の破損による溢水を想定します。95度を超えるような高エネルギー配管については、原則「完全全周破断」、低エネルギー配管については原則「貫通クラック」を想定いたします。また、応力評価を実施する場合には、発生応力と許容応力を比較しまして、以下の式で書いてある破損形状を想定することが可能となっております。

溢水量の設定に当たりましては、破損箇所は溢水影響が最も大きくなる位置として、溢水量は隔離により漏えい停止するまでの時間を適切に考慮します。流出量と隔離範囲内の保有水量を合わせて溢水量として設定いたします。

5 ページ目、(2)消火水につきましては、消火設備からの単位時間当たりの放水流量と放水時間から溢水量を設定いたします。

(3)地震起因による溢水につきましては、基準地震動による地震力により破損が生じる機器及び使用済燃料ピットのスロッシング、スロッシングと申しますのは、使用済燃料ピットプール内の水が地震で波打つことによってピット外に漏れるという事象を想定しておりますが、これらの漏れい水を溢水源として設定いたします。溢水量の考え方については、先ほどの想定破損と同じになります。

(4)その他の溢水としまして、地下水の流入、竜巻による飛来物の衝突による漏えい、あと地震以外の自然現象といった溢水の影響を評価いたします。

6 ページ目、こちらのほうで溢水防護区画及び溢水経路の設定の考え方を御説明いたします。

図は、評価ガイドにあります図でございまして、こちらのほうで概要を御説明いたします。

左側の図が溢水伝播の概要図でございまして、発生した溢水が発生した区画から開口部を伝播して、各フロア及び最下層に伝播して、それぞれのフロアで全量溜まるという評価をいたします。このときに防護対象設備にどのような影響があるかという没水と被水の影響というのを見ております。

右側が蒸気伝播の概要図でございまして、発生した蒸気が開口から上下階全てに伝播するという評価をしまして、発生した蒸気が防護対象設備に対して影響を与える、与えないというのを確認しております。

7 ページ目、具体的な溢水の影響に対する評価と防護設計の考え方について御説明いたし

ます。

まず、(1)没水の影響に対する防護設計方針の概要でございます。

破損を想定する機器については、耐震対策工事を実施して溢水源から除外することにより溢水量を低減するという対策がございます。

また、防護対象設備の機能喪失高さ、機能喪失高さというのは、その高さまで水が没水すると設備や機能を失う高さなんですけれども、この高さを発生する溢水水位より高いところに持っていくという対策がございます。

それから、壁、扉、堰等を設置することで溢水の伝播を防止して防護対象設備を守るという対策がございます。

8 ページ目、(2)被水の影響に対する防護設計の方針でございます。

同じように、耐震対策工事を実施して溢水源を除外するという対策がございます。

それから、被水に対する保護構造、いわゆる防滴仕様を持つ設備に取替を行うという対策がございます。

最後に、被水条件を考慮しても安全機能を損なわないことを被水試験により確認して、そういったカバーやパッキン等で防護対策を行うという対策がございます。

(3)蒸気放出の影響に対する対策方針ですけれども、蒸気の漏えいを検知して、中央制御室からの遠隔隔離を行うための自動検知・遠隔隔離システムを設置し、漏えい蒸気を早期隔離することで蒸気影響を緩和するという対策がございます。また、これらの対策だけでは不十分な場合には、蒸気の破損想定箇所に対して保護カバーというのを設置しまして、漏えい蒸気量を抑制するという対策がございます。

また、蒸気の放出の影響に対して耐性を有しない防護対象設備につきましては、試験、あるいは机上評価を実施して、耐性を有することが確認された機器へ取りかえを行うという対策がございます。

9 ページ目、(4)使用済燃料ピットのスロッシング後の機能維持の方針でございます。

基準地震動による地震力によって生じるスロッシング現象を評価しまして、スロッシングによる溢水量からスロッシング後の使用済燃料ピットの水位を求め、ピットの冷却機能、給水機能、遮へい機能に必要な水位というのが確保される設計とします。

最後に(5)、こちらのほうは放射性物質を含んだ液体が管理区域外へ漏えいしないように、溢水経路に壁、扉、堰等を設けて漏えいを防止する設計といたしております。

10 ページ目、こちらのほうで内部溢水防護対策を実施しました概要の例を御説明いたします。

防護対象設備が設置される原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋に隣接するタービン建屋、あるいは廃棄物処理建屋といったところで発生する水量というのを評価して、溢水水位を評価します。

この溢水水位に対して十分余裕があるように、開口部、あるいは連絡通路に貫通部の止水処置、水密扉の設置という対策を実施しております。具体的には、貫通部については約300か所、扉については220か所、対策を実施しております。

11 ページ目です。

こちらのほうは、実施しました貫通部止水処置の例を記載してございます。

貫通部につきましては、止水性を確認したシール材、あるいは水密ブーツ、モルタルといったもので止水処置を実施してございます。

12 ページ目、こちらのほうで蒸気影響緩和対策の概要を御説明いたします。

蒸気漏えいの自動検知・隔離システムで十分でない箇所、具体的には補助蒸気のターミナルエンド部、固定点については防護カバーというのを設置して、発生する漏えい蒸気を抑制する対策を実施しております。

右下のほうにイメージがあるんですけども、対策しなかった場合には発生した蒸気が出続けるという評価になりますが、対策をすることで検知して、隔離して、防護カバーを設置することで、青線のように発生する蒸気の温度というのを低減する対策を実施しております。

最後のページ、13 ページですけれども、こちらのほうは、蒸気影響緩和対策として実施した自動検知の遠隔隔離の対策の概要でございます。

破損想定箇所の近傍に温度検出器というのを設置してございまして、蒸気の漏えいを検知した信号を中央制御室の監視盤に送ります。こちらのほうで警報を出して、補助蒸気の遮断弁というものに対して自動で隔離する信号を出すと、こういうことで補助蒸気の発生を遮断して、蒸気の影響を低減するという対策を実施してございます。

内部溢水防護についての御説明は以上でございます。

#### ○九州電力（秋吉発電本部原子力電気計装グループ長）

九州電力発電本部の秋吉でございます。お手元の資料でございまして、4-1-3、火災対策について御説明させていただきます。

お手元の資料をあけていただきまして、1 ページ目でございますが、ここに記載してございますように、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設につきましては、火災によるその安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なうおそれがないように火災防護対策を講じる設計としてございます。

まず、火災防護対策を行う前に、電気室、蓄電池室、ポンプ室等を区域、区画として設定します。

その設定しました区域、区画につきましては、火災の発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計としてございます。

続きまして、2 ページ目をお願いいたします。

ここに記載してございますのが、まず、火災の発生防止につきましての対策でございます。

ここに書いてございますように、発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域につきましては、例えば、漏えいしました潤滑油及び燃料油の拡大防止のために、オイルパン、これは受け皿でございます、漏れたときに油を受ける受け皿、もしくはドレンリム、これは縁に溝を設けまして、油がそこに溜まるようにしてございます。もしくはその外に堰を設けて、これ以上進まないようにする、または油回収装置を設けて油を回収するような対策を講じてございます。

それとあわせまして、空調機器による機械換気を行うということで、油等は蒸発しまして火災の発生源となりますので、機械的な換気を行うようにしてございます。

また、ここに書いてございますように、蓄電池室は水素の発生、わずかではございますが、蓄電池は水素発生がございますので、そこにつきましても機械換気を行うとともに、水素ガスの検知器、これは4%が燃焼限界濃度でございますので、その4分の1以下で感知するような感知器を設けまして、中央制御室に警報を発信させるようにしてございます。

続きまして、電気系統につきましては、過電流を検知する計器、これは保護継電器といたしますが、それを設置するとともに、遮断器により故障回路を早期に遮断しまして、過熱や損傷を防止するようにしてございます。

また、不燃性材料または難燃性材料使用機器につきましては、そういう材料を使用しまして、火災の発生防止対策を講じてございます。

最後に書いてございますように、落雷、森林火災等の自然現象につきましても、落雷による火災発生を防止するために避雷針を設置するとともに、発電所でも見ていただきましたよ

うに、森林火災による火災発生を防止するため、防火帯による防護をしてございます。

続きまして、3ページ目でございますが、こちらは火災の感知設備について記載させていただいております。

火災の感知設備でございますが、これは放射線、取付面高さ、温度、湿度等の環境条件や炎が生じる前に発煙する等の予想される火災の性質を考慮しまして感知器を設置してございますが、感知器としましては、煙感知器、熱感知器、あと炎感知器を主として使用してございます。

また、ここに記載してございますように、条件等によりましては、水素の影響があるようなことがございましたら防爆型をする、湿度の影響等を考えまして違う感知器を設置してございます。

感知設備につきましては、外部電源喪失が発生した場合においても感知ができるようにとして蓄電池を設置してございます。

感知設備につきましては、中央制御室及び緊急時対策所で監視できる設計としてございます。

引き続きまして、4ページ目を御覧いただきたいと思っております。

こちらは、火災の消火でございます。

これは以前にも御説明いたしましたように、当社としましては、火災の消火としては「全域ハロン消火設備」、これは中央からの手動操作でございますが、あわせて自動消火設備ということで、感知器が動作しましたら全域ハロンで自動消火する設備を設置してございます。

あと格納容器内につきましては、原子炉格納容器スプレイ設備を活用した消火も考えてございます。

消火も同じでございますが、火災の消火が可能となるように、ハロン消火設備には蓄電池を設置してございます。

移動式消火設備としましては、化学消防自動車及び小型動力ポンプ付水槽車も準備してございます。

続きまして、5ページ目を御覧いただきたいと思っております。

これが当社で使用してございますハロン消火設備の概要を書いたものでございますが、煙感知器、熱感知器が動作しますと、中央で警報を発信いたします。そうしましたら、手動起

動操作、中央からの操作でハロン消火設備を動作させまして、区域内にハロンを出すことで消火するように考えてございます。

続きまして、6ページでございますが、火災の影響軽減ということで、設計基準対象施設、これは御存じのとおり多重化を備えてございまして、A系、B系となっておりますが、この設備を使用しまして原子炉の高温停止、低温停止をするようになってございまして、そういう設備につきまして、下に書いてございますように、同じ区画にケーブル等が、通路等ございますが、そういうところにケーブル等が敷設されてございましたら、片方のケーブルトレイには耐火隔壁、断熱材等を設置いたしまして、両方同時に火災が発生するようなことがないような対策を講じてございます。

右のほうでございますが、これは原子炉補機冷却水ポンプ室、これも発電所で見てくださいましたように、A系とB系のポンプが同じ部屋にございますが、そこは鉄板プラス発泡性の耐火被覆の区画ということで、影響がないように対策を講じてございます。

最後に7ページでございますが、外部火災影響評価、これは防火帯を設置してございますが、この防火帯につきましては、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイドライン」に基づきまして、その火線強度を算出いたしまして、その火線強度から防火帯幅、これは実際には29.7m以上あれば十分でございますが、当社としましては、約35mの防火帯幅を確保して防護措置を実施してございます。

あと、下に書いてございますのが防火帯の範囲でございます。

火災対策については以上でございます。

## ○工藤部会長

ありがとうございました。

それでは、ただいまの3つの説明についての御質問等をお願いしたいと思います。守田委員どうぞ。

## ○守田委員

火災のことについてちょっとお伺いしたいんですけども、まず、自然現象として森林火災等を想定した場合、送電線とか鉄塔の健全性、外部電源を供給するという視点から、そういったものの健全性をどのように評価されているのか。

それから、それに関連いたしまして、火災が鎮火した後、復旧後にそういった送電線とか鉄塔といったものがどの程度再使用可能なのか、そういったものが外部電源の復旧にどうい

うような影響を及ぼすというふうに評価をされているのかについて教えてください。

#### ○九州電力（秋吉発電本部原子力電気計装グループ長）

送電線等につきましては、御存じのとおり、過電流、継電器等を設置してございますので、一つのケーブルというか、電線にもし火災等の影響が出ましたら、そこで遮断いたしまして電流が流れないようにするというので、その一部の部分については火災というか、熱により溶ける、御存じのとおり、ケーブルというよりも電線でございまして、火災でそのものが燃えるということとはございませんが、森林等に影響を及ぼして溶けるというか、そういう影響があるかと思いますが、遮断することで、まずはその部分を切り離すようになると考えてございます。

あと、基本的には発電所で行って、内部への影響がないようにするのを原則として考えてございますので、先ほど竜巻でも御説明いたしましたように、非常用ディーゼル発電機を使用して、必要なもの、原子炉につきましては高温停止、低温停止させていくようになるかと思いますが、あわせて外部につきましても、変電所等と調整をとりながら、一旦送電してみて受電ができるか、できないか等の系統の確認はしていくかと思いますが、それは最終的に発電所側が停止して以降、必要であればそういう対応をしていくものだと考えてございます。

以上でございます。

#### ○守田委員

ちょっと私がお伺いしたかったのは、実際にそういう外部からの電源の供給が、森林火災等によって、そういうことが起こることも想定されているのか、それが短時間の間に復旧が可能である、非常用D/Gで交流電源を供給されるのはそのとおりかと思いますが、復旧にどれぐらいの時間がかかるというふうに想定をされているのかということが質問の趣旨でございます。

#### ○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

外部電源につきましては、火災も含めていろんな自然現象で、台風とかそういうものもありますけれども、喪失するということが設計上もともと考慮されているということになります。

したがって、そういう場合でも非常用ディーゼル発電機によりまして、7日間は電源が供給できる、安全に発電所を停止させていくことができるということが設計上の要求になっていますので、まずそれでできます。

それと、火災でありますと、全域が燃えるというのもなかなか考えにくいんですが、外部電源の送電ルートというのは複数ありますので、それによりまして全部が一遍にやられるということは基本的にはなかなか考えづらいということで、万が一、なかなか復旧ができないとしましても、外部支援的なもので、先ほど7日間と言いましたけれども、燃料の供給さえあればもっとできますので、そういうものを供給していくことで、発電所の安全性は基本的に確保できるということでございます。

#### ○守田委員

どうもありがとうございました。

#### ○工藤部会長

よろしいですか。はい、井嶋委員どうぞ。

#### ○井嶋委員

内部溢水の防護のほうについてちょっとお聞きしたいのですが、使用済燃料ピットのスロッシングの固有周期は、ここの地盤の4Hz前後から外されているのかどうか。燃料棒が入っていると若干理論どおりにいかないでしょうけれども、矩形のタンクですから、お分かりかと思って質問します。スロッシングの1次の固有周期とかはお分かりでしょうか。

#### ○九州電力（猿渡発電本部原子力設備グループ課長）

まず、固有周期ですけれども、こちらのほうは使用済燃料ピットの形状と、あと地震の波で決まるんですけれども、およそ2Hzから5Hz、基準津波が幾つかございますので、形状によって2Hzから5Hzぐらいの固有周波数があります。

こちらのほうで使用済燃料ピットのスロッシングで波が発生して、漏れる水の量を見ているんですけれども、結果としては通常水位から機能喪失する高さまで1mぐらい余裕があるんですけれど、20cmぐらいの水が失われるので、まだ十分余裕があるということになります。

あともう一つ、評価手法のお話がちょっと、御質問があったと思うんですけれど、使用済燃料ピットプールの中には燃料体が入っているんですけれども、燃料体が入っていると、スロッシングを起こすのを逆に軽減させるような、非保守的な側の評価になってしまいますので、実際には入っているんですけれども、解析の状態では保守的に評価するために、そういった内装物がないという状態で、箱の状態で解析して、それでも十分余裕があるという確認をしてございます。

#### ○工藤部会長



よろしいですか。まだありますか。どうぞ。

#### ○守田委員

すみません、もう一つ質問させていただきたいんですが、火災のことをございますけれども、中越沖の地震のときに、柏崎刈羽で所内変電所が火災を起こす事例がございましたけれども、今回のこういった新規制基準に基づいたいろんな火災対応等、火災に対する対策等が、実際に起こったそういった事例に対しては、どのような形でそういった所内変電所での火災が起こらないようになるのか、あるいは、仮に火災が起こった場合にこういった形で短時間の間に消火ができるのか、そういった実際に起こった事故に対して、新規制基準の中でとられた対応がどのように効果的に働くというふうにお考えなのか、その辺のところを教えてくださいませんか。

#### ○九州電力（秋吉発電本部原子力電気計装グループ長）

そういう意味で、今回の中では移動式消火設備ということで、先ほども御説明しましたように、2台の化学消防車と1つ小型の動力ポンプ付水槽車、これは今回の新規制基準でも、移動式消火設備を用意するよという要求がございます。もともとこれは柏崎のときの経験を生かしまして、化学消防自動車を1台設置するということ。さらに、こういう小型の動力ポンプで消火剤を用いて長期にというか、引き続き消火ができるよというということで、2台（会合後補足：化学消防自動車、小型動力ポンプ付水槽車の合計2台）設置して対応してございます。

それとあわせて、消火栓につきましても地震で壊れないよというということで、機械式というか、壊れにくいよな構造にするよとか、あと、外に、地上で逆に、柏崎の経験で、中に入ったために消火栓が壊れて使えなくなったよということを、逆に今度は地上でちゃんと確実に消火栓を使えるよな形をとってございます。

あと、これは以前と一緒なんですけど、消火剤等も要求してありますし、消火ポンプ、要は必要な水源として確実によというということで、原水タンク2台あって、これは変圧器の消火もできるよというということで、十分な容量、2時間は使えるよというということで、実際には2時間と計算いたしますと1,680m<sup>3</sup>/hでございますが、これは10,000m<sup>3</sup>の原水タンクが2台ございまして、十分消火できるよな機能としてはございますよというということで、新規制基準と、この新規制基準も柏崎等の経験を含めて基準がなっているのかと思っておりますが、当社としてもその対策をとらせていただいております。

**○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）**

少し補足させていただきますと、柏崎のときの変圧器は安全系の変圧器ではなくて、発電用に使う変圧器であったということで、もともと変圧器そのもの、安全系の変圧器は地震動に耐えられるようにつくられているというので、基本的にはそういうことにならないというようにしているのと、不等沈下という形で、原子炉建屋そのものは非常に岩盤に岩着してありますけれども、変圧器の部分、あれはそういう意味で安全系でない変圧器は通常的地盤に置いてあったということで、不等沈下して、そのジョイントの部分で油が漏れて、それで火災が発生したという部分もありまして、そういう波及的な影響、まさに波及的な影響が起きていますけれども、そういうことで安全系に影響がないようにということで規制基準には規制要求が入っておりまして、それに耐えられるようにそういう審査も受けております。

したがいまして、柏崎のときの変圧器の火災、それについてはここの火災の部分については従来の内部からの火災というのが主でしたけれども、外部からの火災とか、そのほかのいろんな影響による火災というものも考慮して、実際の対策をとるということで規制も強化されておりますし、事業者としてもそれに対応した設備、対策をとっているということであります。

**○守田委員**

どうもありがとうございました。

**○工藤部会長**

ほかにありますか。はい、どうぞ、片山委員。

**○片山委員**

水が漏れた場合と蒸気が漏れた場合で伝播の概要図というのが6ページのところに書いてあるんですけど、これは基本的には配管破断で水が漏れ出した場合でも、区画内にとどめて、外部には行かないが、外部というか、ほかの区域には行かないけれども、万が一、漏れ出した場合はこのようなルートになるというような図になるんですか、この説明。

**○九州電力（猿渡発電本部原子力設備グループ課長）**

没水の具体的な評価としましては、この左の図の2階のところで見させていただきますと、防護対象設備Bというのがございまして、この上で破断するという評価になっていまして、評価としましては、貫通部があった場合は出ていくんですけども、一旦この防護対策設備Bの区画に全量溜まるという評価をしまして、その上で、その後伝播したときの影響をさら保

守的に見るために、今度、この貫通部の分から全量出て行って他区画に伝播すると。そういう2つの、一旦全部たまって、それが全量出ていくという評価をさせていただきます。

#### ○片山委員

基本的には、後半であったように止水して漏れないけれども、万が一漏れた場合ということで想定されて、こういった経路を想定しているということなんですよ。基本的には気密というか、密閉性を保った状態で通常は設計というか、設備ができているということではないですよ。

#### ○九州電力（猿渡発電本部原子力設備グループ課長）

そうですね、10ページ目のところで見ていただきますと、防護対象設備がない区画で発生する水については、もう全量入らないように水密扉を付けたり、貫通措置をすることで入ってこないという、そういう評価をするんですけど、防護対象設備がある区画については、保守的に見るためにその区画で一旦全量溜まると、そういう評価をして、非保守的にならないように確認しながらやっているという評価でございます。

#### ○片山委員

気密性を保つというのと、右のほうで蒸気が出ると、今度、気密性が高いと空間内の圧力がかかなり高くなると思うんですけども、それは意図的に逃がすような経路があるのか、前提としてはもう気密性の区画になっていて、圧力が高くなったとしても問題ないというような対策になっているのか、どういうふうな対策になっているのでしょうか。

#### ○九州電力（猿渡発電本部原子力設備グループ課長）

蒸気の伝播評価につきましては、開口部から蒸気が漏れいしていくということで、基本的に水密扉では蒸気はとまりませんので、期待できるのは火災で防護するような、火災の防護区画になっているようなところについては伝播がとまるのを期待できるという評価をしています。開口部からは蒸気が全部他区画に流れて行って影響を見るということと、あと、先ほどお話のあったように、防護対象設備が近いというような評価については、伝播と別に蒸気の発生源から防護対象設備に直接的な影響がないというのを別途確認した上で、問題ないという確認をさせていただきます。

#### ○片山委員

ここでの開口部というのは、もともと貫通部があるという前提なんですか。

#### ○九州電力（猿渡発電本部原子力設備グループ課長）

部屋の区画にもよるんですけども、通路の開口部でありましたり、貫通部でありましたり、そういったものはモデル化に入れまして、蒸気の伝播を見るという評価になります。

#### ○片山委員

そうすると、水が漏れた場合はそういったところから実際にほかの区画に流れ込んでいくこともあるということでしょうか。基本的には区画内気密ということじゃないですか。

#### ○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

気密の話ですけども、溢水のところは普通、上下の区画みたいなところは、上にたまった水を別に溢水しなくても、例えば掃除していて水がたまったとかいうのをドレンとして、一番下に床ドレンポンプとありますが、こういうところに落とす。そして最終的に排水処理をするということになるので、基本的に上下の間で完全に気密ということはないです。開口部もありますので、今言ったような評価をします。ただ、溢水するようなタンクのところは堰を設けてありますので、基本的にはそこから外に出ないようにしますが、さらに伝播して開口部から落ちたときの評価をしている。

一方、蒸気のほうは、蒸気も開口部がありますので、出ていきます。それと、建物そのものも換気空調系がありますので、完全に気密ということにはなりません。だから、蒸気が、温度が高いまま、非常に大量の蒸気がそもそもここで発生するというだけでもなくて、主要基幹みたいなものは別の隔離ができるようにしている。だから、一定の量の蒸気しか漏れないようにするというのが一つの対策でありますし、漏れたとしても伝播経路を確認して、それで影響がないことを考えているということでございます。

#### ○片山委員

分かりました。

#### ○工藤部会長

よろしいですか。私から、今度は竜巻について確認ですけども、飛来物のことで、135 kgの飛来物というのを考えておられますけど、発電所内に保管されているものというふうに書いてあるんですが、仮設というか、工事等で持ち込んだりするものについても、こういうふうな範囲に収まる、あるいはそれ以上のものは固縛するとかいったようなふう解釈してよろしいのでしょうか。

#### ○九州電力（野崎発電本部原子力設備グループ課長）

今、想定しています設計飛来物、135 kg、4.2 mのものなんですけれども、当然これよ

り大きい資機材について発電所にあります。工事中については、そういう資機材もありますけれども、そういう工事中の資機材につきましては、例えばトラックの上に乗せてすぐに持ち出せるとか、必ずしも全て固縛できない、点検中なんかできないものもありますけれども、すぐに飛来しても届かない場所に持ち出せるような、そのような対策をしたりすることとしております。

#### ○工藤部会長

最近ですけれども、関西電力で起きた、工事用のクレーンだろうと思いますが、倒壊じゃないけれども、倒れたという話。あれは飛来物ではないにしても、非常に大きなものが補助建屋に落ちかかったということで、心配をしているんですけれども、例えば常設のクレーンの倒壊は考えられておられますけど、ああいう仮設のものは、工事中はしばらくの間あると思うんですけど、そういう対策はどのように考えておられますでしょうか。

#### ○九州電力（野崎発電本部原子力設備グループ課長）

仮設の工事クレーンにつきましては、今どうしても、いろんなクレーンがありますけれども、基本的に風が、10m/s強いところになると、もうクレーンの操作自体をやめると。また、夜間使用しない場合にはクレーンを寝かせたり、風の状況によりますけれども、そのような対策をします。また、基本的に、ここでは海水ポンプ、屋外の防護すべき施設のようなところの近くにはそういう状態で置かないというふうなことになるかと思います。

#### ○工藤部会長

そうしてほしいところです。実際にああいうことが起きてみると、やはり対策としてきちんと風が強くなるときにはクレーンは倒しておくとかいったルールなり管理を考える必要があるんじゃないかなと思います。

#### ○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

そのような管理をするということで、先ほども申しあげましたような風が吹くときにはちゃんと倒して寝かしておくという、通常の台風とか、そういうときはそのような対応をしますし、暴風雨でも同じ対策をとっていくということで、そういうルール化をしてきちっとりやっていくということです。

#### ○工藤部会長

それはお願いしたいと思います。ありがとうございました。

よろしいですか。

事務局のほうから進行の都合ですけれども、この次の4-1-4に関する資料の御説明について、後に回してさせていただきたいということで、規制庁さんのほうが何か時間の御都合もあるということなので、そちらをこの次に始めさせていただきたいという相談がありました。

そちらすみません。4-2-1、4-2-2の御説明していただいて、質問等に時間がないときには次回に回させていただくということで、よろしく願いいたします。

#### ○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

それでは、4-2-1と4-2-2を説明させていただきます。ちょっと説明者かわりますので、少々お待ちください。

それでは、4-2-1、「第3回原子力安全専門部会会合に関する補足説明」ということで、まずは「重大事故等対策の有効性評価」関係で補足の説明をさせていただきます。

#### ○九州電力（島笠発電本部放射線安全グループ長）

九州電力発電本部放射線安全グループの島笠でございます。前回の専門部会に関する補足説明、ちょっと少し説明が足りなかった点を補足させていただきたいと思っております。

資料につきましては、資料の4-2-1をお願いいたします。1ページをお願いいたします。

想定を超える非常に大きな地震が起こった場合の対応について、ちょっとエクセスLOCA関連でございます。

原子力発電所の重要な設備につきましては、基準地震動に対して十分な耐震性を有してございます。レベル1のPRAの結果からも基準地震動を超えるような地震によりまして炉心損傷に至る頻度の寄与というものは非常に小さく、内部事象に対する対策を実施することで十分な安全性を保たれるというふうに考えてございます。

この結果、前回もお示ししたように、2ページのパイチャートと、あわせて3ページのデジタルデータをお示ししているものでございます。また、ちょっと1ページに戻ります。

一方、エクセスLOCAのような想定を超えるような事故が発生した場合でも、今回重大事故等対処設備として整備した代替格納容器スプレイだとか、格納容器内の自然対流冷却を活用することによって格納容器の健全性が確保できるというものを確認しているものです。これらの過渡挙動については4ページのほうで前回また御説明していたものでございます。以上が前回の御説明でございますが、またちょっと1ページに戻っていただきまして、さら

に、基準地震動を超えるような地震によりまして、常設電動注入ポンプによる代替格納容器スプレイドとか、格納容器自然対流冷却に期待できない場合、これらを使用できない場合についても屋外に分散配置してございます可搬型のディーゼル注入ポンプなどの多様性を有する設備を使ってこれらの事態、シビアアクシデントに対して対処ができるというふうにご考えてございます。

その上、格納容器の破損防止に必要な設備が損傷した場合、格納容器の健全性が確保できず、発電所外に放射性物質が放出されるおそれが考えられます。格納容器が破損した場合におきましても、前回、前々回でも御説明しました放水砲などの可搬設備を中心とした対策によりまして発電所外への放射性物質の拡散を抑制でき、影響を緩和できるというふうにご考えているものでございます。

御説明は以上でございます。

#### ○九州電力（赤司技術本部原子カグループ長）

説明者かわりまして、九州電力技術本部の赤司でございます。

続きまして、資料4-2-2によりまして、基準地震動関係で前回頂戴いたしました御質問への回答を含めまして、補足説明をさせていただきます。

ページめくっていただきまして、1ページ目、こちらが本日補足説明をさせていただきます事項でございまして、大きく3項目、1つ目は佐賀平野北縁断層帯と水縄断層帯の連動について。この中身につきましては、御質問といたしまして、周期0.5秒から2秒程度のパルス、それが生成するのではないかということでごございましたので、まずはその周期帯のパルスが施設へどういった影響があるんだろうという整理、それからこの2つの断層帯がそもそも連動する可能性如何ということについて、最後にこの2つの断層帯が仮に連動した場合、どういったパルスが生成するだろうという観点、以上3点について補足説明をさせていただきます。

続きまして、地盤増幅率の算出方法について。こちらは、この算出の考え方、中身について、前回詳しく御説明できておりませんでしたので、改めて資料を整え直ささせていただいて御説明させていただくものです。

最後、要素地震につきましては、こちら前回、口頭でざっと御説明になっておりましたので、前回の御説明内容を簡単にまとめさせていただいております。

ではまず、2ページ目、佐賀平野北縁断層帯と水縄断層帯の連動に関し、まずはこの0.

5秒から2秒程度のパルスというものについて、施設への影響がどうなんだろうということについての整理でございますが、下の図、こちらは縦軸、加速度で表示しておりますけれども、 $S_s - 1$ から5まで、要は基準地震動 $S_s$ と縦軸、少々薄くなっておりますけれども、水色の点線であらわしておりますのが安全上主要な設備の固有周期でございます。特に機器関係につきましては、かなり固有周期の短い固い施設となっております、建屋につきましても、長いものでも0.25秒程度の固有周期、これら重要な設備につきましてはおおむね0.3秒以下の固有周期となっております、0.5秒から2秒程度のパルスの影響はそもそも小さいというような施設になってございます。

なお、このような剛構造を主体とした施設の設計が行われておりますので、基準地震動の策定におきましては短周期に着目した検討、整理がなされるというような体系となっております。

それから3ページ目、この佐賀平野北縁断層帯と水縄断層帯、この2つがそもそも連動するかどうかということについて、こちらについては地震調査研究推進本部のほうで長期評価としてまとめられておまして、3ページの右側、抜粋を載せさせていただいておりますけれども、まず、この佐賀平野北縁断層帯に沿う重力異常の急変帯、それから同じく水縄断層帯の急変帯、これは連続せずに両者の構造には不連続があると考えられるとされております。

さらに、この両断層帯の傾斜につきまして、佐賀平野北縁断層帯は北側隆起の正断層、南傾斜、水縄断層帯は南側隆起の正断層、北傾斜ということで、それぞれ傾斜が異なる。簡単に申し上げますと、地下ではハの字型になっているというような傾斜となっております。

したがって、この2つの断層帯は連続しないと考えられるとされておまして、まず、そもそも連動の可能性としては非常に低いというふうに考えられると思います。

また、この両断層、正断層として長期評価では評価されておりますので、正断層として活動した場合、玄海の発電所の方向にパルスは生成されにくいというような性状とはなってございます。

さはさりながら、4ページ目でございます。仮にこの2つの断層帯が連動した場合、どうなるだろうという確認を現在進めているところでございまして、1つ目の丸に書いておますとおり、現在、波数積分法による地震動評価を計算中でございます。結果につきましては、次回の部会で御報告させていただければと考えておりますが、ここではパルスのレベル、あるいはパルスの置き方の参考とするために既往の知見を参考として整理させていただいてお



ります。

まず1つ目、a. と書いておりますけれども、原子力発電所耐震設計技術指針、この中でNFRD効果、これは何かといいますと、右側※で書いておりますけれども、「震源近傍では断層破壊の伝播と震源メカニズムの影響により、破壊の進行方向で断層走行と直交する水平地震動成分が長周期で大きくなる効果」があるということが知られておりますので、そのNFRD効果があらわれるのはどの範囲になるだろうということが見積もれるような考え方がこの技術指針、J E A Gと呼んでおりますけれども、その中で整理されておまして、その概要は左下に書いてありますとおり、横ずれの場合、縦ずれの場合で整理をされております。

このJ E A Gの整理に基づきまして、佐賀平野北縁断層帯、水縄断層帯がそれぞれ連動した場合、これ赤枠で囲っておりますのは正断層として連動した場合、それから青点線、これは水縄断層帯の東端から佐賀平野北縁断層帯のほうに向かって横ずれとして伝播した場合のそれぞれNFRD効果、長周期が大きくなる効果があらわれる範囲を示しておりますが、このJ E A Gの規定から考えますと、このNFRD効果があらわれる範囲から玄海原子力発電所は外れるというふうに見て取ることができます。

しかしながら、その長周期のパルスというのがゼロなんだろうかということについて、この5ページ目、こちらもあくまで参考ではございますが、地震調査研究推進本部のほうで佐賀平野北縁断層帯単体の評価が実施されておりますので、これ地震ハザードステーションから情報を取り出してお示ししておりますが、この単体の評価について参考として眺めてみたいと思います。

それぞれ波形と応答スペクトルを5ページ目に示しておりますが、応答スペクトルを御覧いただきますと、2秒程度にぼこっと山が見られますので、こちらでやはりパルスというものは生成しているということが認められるかと思えます。

さらに、長い周期にも6秒、7秒程度のところにもパルスが見られます。これが水縄断層帯と連動した場合、アスペリティの置き方等にもよるかと思えますが、パルスのレベルは恐らくさらに大きくなるだろうと考えられます。

しかしながら、佐賀平野北縁断層帯単体の評価と基準地震動 $S_s$ との差の度合いを勘案すれば、恐らく連動して評価したとしてもパルスはもちろん出るとは思うんですが、基準地震動に迫るようなレベルにはならないのかなというふうにご考えているところでございます。

いずれにしる、今計算中でございますので、結果は次回御報告させていただきたいと思  
います。

以上、6ページ目にまとめておりますが、安全上主要な設備の固有周期帯は非常に短い  
ということと、そもそも地震調査研究推進本部では連動しないと評価しているということ。そ  
れから、先ほどJ E A Gで見ましたとおり、N F R D効果の影響範囲から外れているという  
ことと、佐賀平野北縁断層帯の結果から類推すると、それほどS<sub>s</sub>に迫るレベルにはならな  
いのではないかということから、仮に連動したといたしましても、原子力発電所の安全性と  
いう観点では問題となるものではないのかなというふうには考えているところでござい  
ます。

それから、7ページ目、こちらはさらに参考としてでございますが、前回の御議論の中  
で、さらに長い西山断層帯につきまして、アスペリティの置きようによっては、より長い周期帯  
でパルスが生成するのではないかという御議論もございました。

こちらにつきましては、西山断層帯について波数積分法で長周期帯の特に検討をした結果  
がございましたので、そちらを御紹介としてここへ載せさせていただいております。

7ページ目右側が応答スペクトルとしての評価結果でございますが、御覧いただいて分か  
りますとおり、10秒程度の周期帯に大きなパルスが生成している様子が認められるかと思  
います。

しかしながら、これもパルスのレベルといたしましては、基準地震動に対しまして低いレ  
ベルにありまして、こちらも原子力発電所の安全性という観点では問題になるところではな  
いというふうに考えているところでございます。

それから、話題変わります、8ページ目から地盤増幅率の算出についてでございます。

こちらは、まず地盤増幅率については、野津先生、長尾先生による知見、これを参照し、  
それと同じことを敷地での観測記録を用いてやるということによって、地盤増幅率を相対的  
に見るということをやっているものですが、まず8ページ目には、野津・長尾の知見の中で、  
どんなことがやられているかということを中心にまとめさせていただいております。

ざっと大きな流れを申し上げますと、港湾地域強震観測点、さらにK-N E T、それからK  
i K - n e tの観測点による観測記録を収集した上で、その観測記録を震源スペクトルと伝  
播経路特性で割り戻すことによってサイト増幅特性を求めるということがなされているわけ  
ですが、もうちょっと細かく御説明させていただきますと、まずデータセットといたしまし  
ては、これらの観測点の観測記録のうちS/N比、要はノイズがそれほど入っていないもの

ということで、マグニチュード4.5以上の記録を選び、さらに震源断層の破壊過程の影響を避けるためにマグニチュード6未満の記録とし、さらに記録として非線形挙動が入っていると計算が難しくなりますので、非線形挙動の影響を避けるために、100ガル以下という考え方でこの条件を満たすデータセットを整えた上で、まずはこのデータセットの観測スペクトルをそろえる。ただし、震源に由来する表面波の影響を避けるために、震央距離150km以上の記録は除外し、震源スペクトルについては、この観測記録を用いたスペクトルインバージョンによって求められているものですが、ここで前回御質問もございました基準観測点の考え方につきましては、この中段、ポチで3つ書いておりますとおり、まずこの文献の中では予備解析というものを実施した上で、サイト増幅特性の最も小さい地点を選び、さらに、この観測点そのものの表層付近のS波速度が十分に大きい地点。それから、そこで複数の観測記録が得られている地点、こういう条件に当てはまるところが基準観測点としてこの知見の中で選定されております。

この基準観測点の設定に基づいて算出された震源スペクトル、これがF-net、要はこの知見以外のところで得られているもの、両方から地震モーメントを求めまして、その地震モーメントがおおむね一致するというので、ほかの観点から見ても大丈夫だということで、その基準観測点選定の妥当性の確認も行われております。

最後、伝播経路特性につきましては、ここに上げられております式、特にQ値につきましては、九州地域についての研究の論文から持ってくることによりまして算出し、最後、このサイト増幅特性を、観測スペクトルを震源スペクトル、伝播経路特性で割り戻すということによって求められているものでございます。

ここまでのそもそもこの野津先生、長尾先生の知見の中でなされていることとしまして、9ページ目から。こちらは前回も御説明させていただいたところとさせていただきますが、基本的に当社のほうでも玄海原子力発電所のサイト増幅特性を求めるために、この野津先生、長尾先生の文献と同じようなこと、ほぼ同じことをやろうとしてやっているものでございます。

敷地で観測記録が得られておりまして、この野津先生、長尾先生の知見でも震源スペクトルが評価されていけば、もう震源スペクトルが分かる、観測記録もある、伝播経路特性も求められますので、すぐサイト増幅特性が求められるというものなんですけれども、この野津先生の文献と共通する観測記録が2つしかございませんでしたので、より観測記録をふやすために、さらに5つの地震観測記録を選んでおります。

ただし、K-NETの観測点あるいはKiK-netの観測点のいずれかにおいて、野津先生の知見と共通するものということで選んでおりまして、具体的にどう計算しているかというのが10ページ目でございます。野津先生の知見と観測記録が共通するもの、震源スペクトルが求められているものについては、先ほど申しましたとおり、敷地での観測スペクトルを震源スペクトル、伝播経路特性で割り戻すということをやっているわけですが、野津先生、長尾先生の知見で震源スペクトルが求められていないというものについては、まず当社にて震源スペクトルを求めるということをやっているんですけれども、下段の上、このフロー図の真ん中の震源スペクトルの算出というところを御覧いただきますと、K-NET、KiK-netそれぞれの観測点の観測記録、それからまず観測スペクトルを引っ張り出しまして、そのK-NET、KiK-net観測点のサイト増幅特性はこれこれこの大きさだよというのは野津先生の知見で求められておりまして、伝播経路特性も求めることができますので、このK-NET、KiK-netの観測記録を野津先生のサイト増幅特性と伝播経路特性で割り戻すということによって、震源スペクトルを求めるということを行っております。

こういう過程を経た上で、玄海原子力発電所の敷地での観測スペクトルからサイト増幅特性というものを求めまして、その結果が11ページ目、こちらも前回御説明させていただきましたとおり、野津先生の知見から得られておりますK-NET、KiK-netそれぞれの観測点の増幅特性と同じやり方で求めた玄海原子力発電所の黒線のサイト増幅特性と大きな差異は見られないというような確認をやっているものでございます。

最後12ページ目、要素地震についてでございます。

こちらは、前回の会合で口頭で御説明させていただきましたところを箇条書きでまとめさせていただいておりますが、ステップといたしましては、敷地での観測記録、非常に限られた観測記録ではございますが、その中から3つの要素地震の候補をまず選定した上で、この3つの候補の中から、もうそれぞれ波形合成をやった上で、継続時間、あるいは上下動の特徴などの観点から、特に保守性のあるもの、大きくなるものというものを要素地震として選んでいるものでございます。

なお、この中段には選定した要素地震それぞれにつきまして、理論スペクトルと観測記録の震源スペクトルの対比を示させていただいておりますが、こちらで御覧いただきまして分かりますとおり、一番左側の赤点線で囲っておりますのが、最終的に選定した要素地震でござ

ございますが、特に低振動数、要は周期としては長い領域におきまして、理論よりもかなり大きめの観測記録でございます。

この要素地震を用いた結果がそれ以外の2つよりも非常に大きくなったというものでございます。

さらにステップといたしましては、この選定した要素地震で福岡県西方沖地震の本震が再現できるということと、この要素地震を用いた経験的グリーン関数法による計算結果を、特に長周期側におきまして統計的グリーン関数法、さらには波数積分法による理論計算結果とも見比べまして、結果として経験的グリーン関数法、この要素地震を用いた結果が最も大きくなるという判断を得まして、こういう多面的な整理・確認を行った上で、この要素地震を選定したというものでございます。

御説明は以上でございます。

#### ○工藤部会長

ありがとうございました。

とりあえずこの2つのことについての質疑をして、これでこの九州電力からの説明については今日はいったん残り次に回させていただきたいと思うんですが、この2つについて、主に竹中委員、井嶋委員が御質問になったことなんですけど、何かあるかと思うんですけども、いかがでしょうか。

#### ○竹中委員

計算していただいたのは大変これでよかったと思っております。

最初のほう、パルスのお考えですが、この破壊指向性パルス、NFRDと仰っていますけれども、基本的にはそれができるのは特性化震源モデルですと、アスペリティを置くことによってできるわけですね。アスペリティを置くことでできるので、それはアスペリティパルスとも呼ばれているもので、それが地震動の評価にとって重要だとみんな思っています。それは孤立したパルスで、そのパルスのために阪神淡路で震災の細い帯ができたわけです。そういう特殊なパルスがこの施設にとってどういう影響があるのかというのは、私自身はよく存じませんが、通常の固有周期とかで評価できるようなものではなく、それ自身は孤立したパルスですので、その周期帯しか含んでいないわけではもちろんないわけですね。特性化震源モデルから出るものであるにもかかわらず、特に（今回の）建物などの施設に対して評価されていないということは、私としては非常に不思議に思っているというのが正直なところ

です。それでお伺いしました。

それがコメントです。次に、佐賀平野北縁断層帯と水縄断層帯です。メカニズムが正断層ではありませんが、例えば、警固断層帯は前回2005年にすべった海側とすべっていない陸側では表層の活断層の調査では傾斜方向が違いますね。ですが、いろいろ重要な施設の評価のためには海側と陸側両方がすべった場合も評価されています。そういった意味では、こういう原子力のような重要な施設の場合には水縄断層帯と佐賀平野北縁断層帯くらいですと、連動あるいは一回で一つの断層としてすべった場合の地震動も評価するという事はやってもいいのではないかと考えて伺いました。

あとは細かいことですので、計算していただいたりして確認をしていただければそれでいいと思います。

次に、西山断層の場合です。パルス幅10秒くらいのアスペリティパルスが出ていますが、実際、パルスの幅が10秒といったらものすごい幅です。孤立した10秒幅の山（パルス）が突然来るとするのは、普通の建物ですととんでもないことなわけです。通常はそのぐらい大きな幅のパルスになると、スーパーアスペリティと呼ばれる、アスペリティの中にまたアスペリティを設定するといった工夫をしないと、多分現実的な地震波形になりません。これは現在、実際にいろんなところでされつつあることですので、そういうものが出て来だすと御検討いただければというふうに思います。

あと、これも参考程度です。私も野津さんの論文を拝見しましたが、方法自身は非常にポピュラーな岩田・入倉のスペクトルインバージョンで、野津さんたちの工夫というのは、基準観測点の取り方にありまして、基準観測点を周波数ごとにいろいろ取られています。通常の岩田・入倉の方法ですと、基準観測点というのは決め打ちで、岩盤の観測点選ばれます。野津さんの場合は周波数ごとに基準観測点をとっていらっしゃるんで、論文にも基準観測点がどこの観測点かということは書かれていません。

何となく前回、私も（岩田・入倉の）スペクトルインバージョンではないかなと思っていましたので、基準観測点として使われた岩盤の観測点があるのではないかなと思って、どこを使われたのかお伺いしたわけです。ただ、論文に書いてありますとおり、基準観測点は1か所だけではなくて複数使っていらっしゃるようです。そして、この九州においては、九州だけでは（基準観測点に選定できる観測点の）数が少ないので、中国地方と四国も入れて、その中で基準観測点をとられているということで、理解をしたわけです。

それから、確認のためにお伺いします。今回、震源スペクトルを（御社で）別に推定されたイベントもあるというお話ですが、それについては、F-netや気象庁のCMT解と地震モーメントを比べられたりとかという、そういうチェックはされているのですか。

○九州電力（赤司技術本部原子カグループ長）

例えば、10ページで当社で震源スペクトルを求めている場合、実際この計算の過程では、もう単純にK-NE T、K i K-netの観測記録から震源スペクトルに割り戻して求めているんですけども、結果、それがF-net等の地震モーメントと大外れしていないという確認はしております。

○竹中委員

我々も地震モーメントを求めるなど震源過程の解析を普段していますが、観測点によって推定値が倍半分異なる場合がしばしばで、数値はlogをとって表示します。方法のチェックのためにも、そのようなばらつきの範囲内で、（地震モーメントの値を他機関の推定値と）比較してみられたのであればよかったです。

次に、（経験的グリーン関数法に使用された）要素地震についてですが、私の本当の意図は、ターゲットとされているイベント（想定する大きな地震）と、その地震動予測に使われる要素地震と、両方で空間的な位置が随分違うということです。それを多分規制庁のほうで問題とされたのではないかとこの予想もあって伺ったのです。

それから、その評価のときに、確かラディエーションパターン（放射パターン）の補正はされていないということだったですね。

○九州電力（赤司技術本部原子カグループ長）

統計的グリーン関数法。

○竹中委員

（統計的グリーン関数法）ではしていないということですか。

○九州電力（赤司技術本部原子カグループ長）

はい。経験的グリーン関数法の場合も、特に先ほどのターゲットは短周期だという話もありましたけれども、周期帯ごとに分割をいたしましてオービットを書いて、もう短周期領域、おおむね1秒程度まで非常にランダムだということを確認いたしまして、もうラディエーションパターンの補正は実施せずに計算をしております。

○竹中委員

経験的グリーン関数法ですと、通常は（放射パターンの）補正をしないですね。実際の地震では、周期が1秒くらいより短いS波の放射パターンは、崩れてランダムに近いです。しかし、長周期の波では放射パターンが顕著です。例えば、西山断層など（のように長大断層の地震）では、長い周期帯の波も顕著になるため放射パターンの効果も重要です。要素地震の場所が、そのターゲット地震（想定地震）のところにあって、なおかつ両者の震源メカニズムが似ていれば（放射パターンも似ているので）問題ないですが、今回の場合、震源メカニズムがただ横ずれというだけで、想定地震と要素地震の位置が全然違いますので、（地震動の評価地点における）両地震の放射パターンが大きく異なります。そういう要素地震を使っていいのかということが気になってお伺いしたのです。

#### ○九州電力（赤司技術本部原子カグループ長）

ちょっと御説明が足りておりませんでした。まず資料にございました統計的グリーン関数法と経験的グリーン関数法を見比べのところは、まず主目的として短周期領域の傾向を見るために、まず統計的グリーン関数法のラディエーションパターンの補正は実施せずにやるということをやってございました。

もう1つの観点で、じゃ、長周期がどうだろうと見るときは、統計的グリーン関数法、特に長周期帯域はラディエーションパターンを入れるということと、さらに波数積分法で理論点見積もってきて、見てどうだろうというところまで確認を行いまして、それでもEGF（経験的グリーン関数法）の長周期側のほうが大きくなったもので、結果として、この要素地震がそういう特性を持っていたということだったんだなというふうに理解はしているところと、審査の中では、結局一番保守的なものという観点で最終的には我々も御説明をし、審査の判断をいただいたというものでございます。

#### ○竹中委員

ハイブリッド合成法と比べていらっしゃるという点はもちろん評価します。ただ、さっき仰ったオービットを根拠にされるは危険です。（震央と観測点が）あれくらい離れていると、地表面における波の入射角がそれほど立っていません。入射角がおおよそ35度を超えると、S波はもう線偏向ではなくて、オービットは円とか楕円に近くなったり、角となったりします。地表では入射角が大きくなるとP波とのカップリングが大きくなるからです。そのため、単にオービットだけで判断されるのは危険と思います。そういったこともあるので、本来はやはりターゲットとなっている（想定地震の）震源域領域内に近い（位置で発生し



た) 要素地震を選んでいただくというのが基本なのではないかなと思います。

#### ○工藤部会長

ありがとうございました。井嶋委員のほうはいかがですか。よろしゅうございますか。ほかには。

それでは、資料の4-2-1と4-2-2の説明が終わったということで、この次の残っております4-1-4は次回にさせていただくということですね。とりあえずここで一旦5分ほどの休憩を入れて、今度は規制庁のほうの御説明をお願いするということでよろしゅうございますね。

<休 憩>

#### ○工藤部会長

それでは、会議を再開させていただきます。

議題3でございますけれども、玄海原子力発電所3・4号炉に関する審査の概要を規制庁のほうから御説明いただきますが、本日は規制庁から6名の方々に遠路おいでいただきまして、どうもありがとうございます。

皆様方の御氏名、所属等については、お手元に配付しております名簿がございますので、省略させていただきます。それでは早速、規制庁の御説明をお願いしたいと思いますので、よろしく願いいたします。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

それでは、私、原子力規制庁の安全規制管理官をしております市村と申します。

今日、まず私のほうから1時間弱ぐらいをかけて玄海原子力発電所3・4号炉に関する審査の概要というのを御説明申し上げたいと思います。

我々原子力規制委員会のもとの事務局で原子力規制庁というのがありまして、そのもとに審査をしているメンバーは、およそ120名います。その中で、玄海原子力発電所の審査に携わってきた者は、ちょっとなかなか数え方は難しいですけれども、30名から40名ぐらいの人数がかかわってきたものでございます。そのうちの今日は6名でお伺いをしているという状況でございます。よろしく願い申し上げます。

今日の説明は、先生方御案内のところ多いかもしれませんが、原子力規制委員会に

ついて、ちょっと紹介をさせていただきまして、その後、基準の策定経緯であるとか、お話をさせていただいて、その後、新規制基準について改めて御説明申し上げ、その後に玄海原子力発電所の審査の結果というものを御説明申し上げたいというふうに思います。

最初に、原子力規制委員会の発足の経緯でございますけれども、2011年3月に東京電力福島第一原子力発電所の事故が発生をいたしました。この事故の反省を踏まえて、その翌年になりますけれども、2012年の9月、新たな規制当局として我々原子力規制委員会というものが発足をいたしました。

原子力規制は、御案内のように、福島事故の前は経済産業省、文部科学省、それから、内閣府等々の各機関が分担をしておりましたけれども、福島事故後にそれぞれの機関から、安全規制に係る部門が切り出されたような形で統合されまして、独立性の高い形で原子力規制委員会というものになったというものでございます。

原子力規制委員会自体は、5人の委員で構成をされております。委員は、国会で同意をされた方々が務めるということでございます。我々、原子力規制庁というのは、規制委員会の事務局を務めております。およそ1,000人の職員が所属をしておりまして、委員をサポートするという形でございます。

2012年の9月に発足したときは、500名弱だったのではないかと思いますけれども、その後、2014年の3月ですけれども、独立行政法人で原子力安全基盤機構というのがありましたけれども、これは原子力規制のサポート機関として、約500名ほどの職員がおりました。この組織が統合をされまして、現在はおよそ1,000人という組織になってございます。

規制委員会は、発足以降、さまざまな取り組みを進めてきたわけでございますけれども、特に力を入れたのが、この規制の徹底的な見直しでございます。福島事故のような事故を二度と起こさないために、あの事故からの教訓、それから、そのほか海外の事例を含め、さまざまな指摘を取り入れまして、発足後1年弱をかけて新しい基準を策定いたしました。発足が2012年の9月で、基準ができたのが2013年の7月でございます。

4ページでございますけれども、この新しい規制基準は、福島事故の反省をもとに、これまでの基準を大幅に強化したものでございます。

幾つかポイントがありますけれども、最大のポイントは、(2)に書いてございます、万が一重大事故が発生した場合の対策というのを求めているというものでございます。重大事故

というのは、いわゆるシビアアクシデントでございますけれども、核燃料が溶けてしまったり、あるいは放射性物質が外部へ出てしまうというような可能性のある事故のことを指しておりますけれども、以前は、重大事故を起こさないための対策というものをやっております、それを重視しておりました。もちろん、起こさないことというのは、引き続きもちろん重要であって、それは(1)に書いてございますように、この部分も大幅に強化をしているわけでございますけれども、それに加えて、そこを強化してもなお事故は発生し得るというふうに考えて、あらかじめ可能な限り対策を講じておこうと、こういうふうに発想を転換したわけでございます。

もう一つの特徴は、下のほうの○でございますけれども、バックフィット制度と書いてありますけれども、これは過去に許可を受けた施設に関しても、基準が新しくなるたびに、それに合っているかどうかの確認を求めるということございまして、新しい基準に合致していないという場合には、発電所として運転することを認めないと、こういう制度でございます。

今回新しい規制基準をつくりまして、まさに今回の審査は何をやっているかというところ、このバックフィットを全ての発電所について求めて、既に許可を受けているもの、運転をしているものもありましたけれども、そういうものについても求めていると。玄海原発もまさにこれに当てはまっているわけで、このバックフィットによって、新しい基準への適合性を求められていると、この確認を我々がしましたと、こういうことでございます。

次に、規制基準の中身を少し御説明申し上げたいと思います。

今回の基準づくりに当たって最も重要なことは、とにかく福島事故の教訓をしっかり酌み取るということでございます。事故の反省として、まずは地震・津波などの共通の要因によって安全機能が一斉に失われてしまったということが挙げられます。福島事故では、地震発生後、核分裂反応をとめることはできた、原子炉をとめることはできたんですけども、同時に、外部の鉄塔が倒れたり、電気設備の一部が行われまして、外部からの電力を受け取ることができなくなったと、これが①に書いてあるところでございます。

ただ、①が発生した時点では、発電所内に設置された非常用発電機などによって、電力は確保できておりましたので、冷却を継続することはできていたということでございます。しかし、その後、大規模な津波が来まして、発電所のほぼ全域が浸水をしてしまったということで、全ての電源が失われてしまったというもので、これが②に書いてあるところでござい

ます。この結果、原子炉を冷却できなくなってしまうということで、地震、あるいは津波といった共通の要因によって、安全機能が一齐に失われることになってしまったということなので、そういうことがないようにしっかりとした対策が必要となると、これが一つ目の大きな教訓であったというわけでございます。

もう一つは、やはりそういうことが起こってしまったときに重大事故の進展を食い止めることができなかったということでございます。これは右のほうに③からずっと書いてありますけれども、電源がなくなって、冷却できなくなって、燃料が溶け落ちて、溶けた燃料との反応によって水素が発生をして、この水素が爆発をして、建屋を飛ばしてしまったということが起きました。この結果、発電所の敷地の外にまで放射性物質を大量に放出させるということになってしまったものでございます。

この一連の事故の進展について、従来の基準では、発生させないことというのを重視しておりましたので、起こってしまったからの対応というのが規制としては入っておりませんでした。今後は、こうした事故も発生し得るといふふうに考えて、あらかじめ対応をとっておこうと、こういうことが第2の教訓であったということでございます。

この教訓を踏まえてつくったのが、新しい基準でございます。7ページでございますけれども、これはイメージ図でございますけれども、左側の柱が従来の基準、右側の柱が新規制基準というものを示しております。

1つ目の見直しは、重大事故の発生防止対策の強化というものでございまして、先ほど申し上げた安全機能が一齐に失われてしまうということを防止するために、資料では、1つ目は一番下の青いところでございますけれども、地震・津波への対策を強化するということ。それともう1つは、緑色の部分でございますけれども、火山、竜巻などの自然現象への対策、あるいは火災、電源確保の対策など、こういうものを新設したり、あるいは強化をしたというものでございます。

その上に乗っかっている黄色い部分が、万が一、重大事故が発生した場合への対処ということで、青い部分とか、緑の部分があっても、なお事故が発生し得ると考えて、黄色い部分を積み重ねたというものでございます。

この新しい基準に対して、玄海原子力発電所が適合しているかどうかというのを確認したというのが今回の一連の作業でございまして、最初に、これは先生方御案内かもしれませんが、9ページでございますけれども、この新規制基準適合性確認に関する手続につい

て、ちょっと御説明を申し上げておきたいと思えます。

原子炉等規制法のもとでは、この基準への適合性を確認する作業としては、設置許可というものと、工事計画認可、保安規定認可、それから、使用前検査等という、こういう手続から成っております。

従来は、これらは順番に手続をしておりましたけれども、この新規制基準においては、先ほど御説明申し上げましたように、シビアアクシデント対策、重大事故対策というのを求めておきまして、重大事故対策になりますと、緊急時の手順であるとか体制であるとか、いわゆるソフト的なものを一緒に審査する必要があるとございますので、順番に審査をするというよりは、同時期にこれらの申請を出していただいて、一括して審査を進めようという、こういう体制をとってございます。

同時平行的に審査を進めて、ただ、そのうち、その許可の部分だけ今回、まずは基本的な設計方針について確認できたということで許可をしたということでございます。これに連なる工事計画認可、あるいは保安規定認可というものについては、引き続き審査を進めている段階でありますということでございます。

したがって、今日の説明は、この設置変更許可に至ったこの内容を御説明するというところでございますけれども、この手続の経緯が10ページに書いてございます。

2013年の7月に新規制基準ができ上がりまして、その直後に九州電力からは玄海3、4号炉に関する申請がなされました。その後、我々も直ちに審査会合というもので審査を開始いたしまして、その後、現地調査であるとか、あるいは公開の審査会合に加えて、事務的な確認、ヒアリングと呼んでおりますけれども、この作業を相当数繰り返していただきまして、昨年の11月9日に審査結果を取りまとめたということでございます。この取りまとめた審査結果は、規制委員会で審議をいたしまして、では、科学的・技術的意見の募集をしようということで、翌日、11月10日から1か月間、科学的・技術的意見の募集を実施いたしました。

12月9日に締め切りましたが、いただいた意見の総数は4,200件に上ったというものでございます。

この意見募集の結果を踏まえて、我々は全て目を通しまして、必要なものは審査書に取り込んで、審査書案の修正などをいたしまして、それから加えて、原子炉等規制法の手続としては、許可をする場合には、原子力委員会への意見聴取、それから、経済産業大臣への意見

聴取をせよということになっておりますので、こういう手続を踏まえまして、ことしの1月18日に設置変更許可を決定したと、こういう流れでございました。

それでは、11ページ以降から、審査の結果を御説明申し上げたいと思います。

まず、先ほどの基準で御説明したように、重大事故の発生を防止するための対策、ここも大幅に強化をしておりますので、この部分から御説明を申し上げたいと思います。

一番最初は、この原子力発電所の設計上最も基本的な事故の一つであります地震の問題でございます。発電所を設計するために設定する地震、これは先生方御案内のとおり、基準地震動と呼んでおりますけれども、この設定が適切に行われたかどうかということに関する説明でございます。

新規制基準では、2つの方法によって基準地震動を定めることを求めています。

1つは、敷地ごとに震源を特定した上で、その震源から受ける地震動を定めるものでございまして、もう一つは、震源が特定できないけれども、発生する可能性が否定できないという地震動を定めるものでございます。

震源を特定して策定する地震のほうにつきましては、九州電力は、地形学、地質学、地球物理学といったような科学的な知見を用いて、玄海原発周辺の断層等の調査を行いまして、将来活動する可能性のあるものを選択しているというものでございます。

その上で、この玄海原子力発電所に影響を与えると予想される地震としては、竹木場断層、それから、城山南断層の2つの断層を選定し、その上で、不確かさを考慮した上で、地震動策定をしております。これにより定められる基準地震動の大きさは、ガル数で申し上げれば、最大で540ガルということでございます。

それから、もう一つの震源を特定せず策定する地震動のほうでございますけれども、こちらは九州電力は、審査の過程における我々規制委員会からの指摘を踏まえまして、当初申請から2つ加えておりまして、2004年に北海道で発生した地震を考慮した地震動、それから、もう一つは、2000年に鳥取で発生した地震の観測結果による地震動を追加してございます。

これによる特定せず定める地震動のほうについては、基準地震動は最大620ガルになるということでございます。

結果として、玄海原発については、5種類の基準地震動が策定をされてございまして、最大加速度は、申請当初は540ガルということございましたけれども、この審査の過程を

経て、審査の結果、620ガルに引き上げられたということでございます。

我々規制委員会は、この九州電力の地震動の設定が、最新の知見を踏まえて検討されていて、規制基準に適合しているという判断をしたということでございます。

15ページでございますけれども、この地震動を設定をした上で、大切なことは、その発電所の設備等がこれらに耐えられるようになっているかどうかということでございます。

玄海3・4号炉の耐震設計の方針についても審査をいたしましたけれども、発電所の設備を耐震重要度に応じて分類をしてございまして、Sクラス、Bクラス、Cクラスというものに分類をしてございます。そして、それぞれに適応する地震力に応じて、安全上の機能が損なわれないように設計する方針を確認してございます。

それから、浸水防止対策についても同様の確認をしてございます。

また、3つ目の矢羽に書いておりますけれども、水平2方向と鉛直方向について適切に組み合わせるといことで地震動を適応するということも確認をしてございます。

こういう九州電力の方針については、適切であるということを確認しているものでございます。

続いて、津波の対策の話でございます。16ページでございます。

原子力発電所に対して影響を与える可能性がある津波を適切に定めまして、このための対応をしておくということは、これは福島原発事故のかなり直接的な教訓でございます。新規規制基準では、海底で発生する地震に伴って発生する津波、地すべりなど、地震以外の要因で発生する津波、また、これらが組み合わさって発生する津波、これらについて検討するということを求めています。

九州電力は、玄海原発に影響を与えると予想される地震による津波として、対馬南西沖断層群、それから、宇久島北西沖断層群、この連動による津波、それから、西山断層帯による津波、この2つを選定してございます。

一方、海底の地すべりなどによって発生する津波は、この玄海原発に及ぼす影響はないと考えられるというふうにしております。

これらの結果、地震による津波と地震以外の要因による津波の組み合わせ、これについては考慮をしない。結局、対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群、この連動による津波、これは断層の長さが88.5kmということでございます。それから、西山断層帯による津波、この断層の長さは136.9kmということでございますけれども、これらを基準津波として

設定をするということでございます。

この津波による結果、取水ピット前面での入力津波高さ6mとなりますけれども、この玄海原発敷地高さが11mでございますので、津波は敷地には遡上しないということを確認したということでございます。

それから、敷地には、直接遡上はしないんですけれども、取水路等から水が入ってきてしまわないかという観点から、床ドレンラインの、例えば、逆止弁を設置するというふうなことで津波の流入防止対策も図るという方針を確認しているものでございます。

次に、17ページは、もう一つの自然現象であります火山の話でございます。

新規制基準では、原子力発電所の安全に影響を及ぼす可能性のある火山について影響を評価し、必要な対策をとるということを求めております。

九州電力は、発電所から半径160kmの範囲に存在する49の火山がございますけれども、このうち、発電所に影響を及ぼし得る火山として、阿蘇カルデラを含めた17の火山を抽出してございます。これに加えて、半径160km以遠ではございますけれども、加久藤・小林カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラ、鬼界カルデラと、こういう4つの火山も抽出をしているものでございます。

過去に噴出物の量が100km<sup>3</sup>と、大変大きな量になるような、この大きなカルデラ噴火が発生したものについては、過去の活動履歴、地下構造による検討などに基づいて、総合的に検討した結果、カルデラ噴火の発生の可能性が十分に小さいという評価をして、火砕流密度流とか、溶岩流など敷地に影響を及ぼさないと評価していることを確認してございます。

それから、九州電力はそう評価をされるんですけれども、カルデラ噴火の可能性が十分小さいという、現状の火山活動の状況を、今後も変化がないということを継続的に確認をするために、モニタリングを適切に実施をするということとしてございます。

火山活動によって、発電所の安全性に影響を与える可能性があるものとしては、降下火砕物の火山灰でございますけれども、これが想定をされます。火山灰の影響については、この文献調査、地質調査等の結果を踏まえまして、九重第1火山を対象としたシミュレーションによる検討を行いまして、この玄海原発の敷地における最大層厚は10cm程度と評価をしていることを確認してございます。

我々規制委員会は、これら九州電力の火山事象の影響評価が最新の知見を踏まえたものであって、その評価が妥当であるというふうに判断をしたものでございます。



18ページに、火山灰対策の評価結果を掲げてございます。先ほど九重第1火山を対象とした評価によって、10cm程度火山灰層厚があり得るという評価をしたというのが出てきましたけれども、この10cm程度の火山灰が降ったときに、安全機能が損なわれないということをお求めしておりますので、それに対する評価結果ということでございます。

九州電力は、火山灰はもとより、そこにさらに雨とか雪が降って、水分を含んで重くなった状況も考えて評価をして、それでも建屋等々は、その重さに耐えられる設計であると、こういう方針であるということを示しております。

また、その火山灰が施設の内部に入り込んで、機械に影響を与えたり、空気の取り入れ口に詰まったりするということがないように、フィルターを設置するというところでございます。

また、それでもなお、設備の中に入り込んだ灰というのがあった場合でも、その安全機能に影響を及ぼさないということも確認をしているものでございます。

それから、こういう火山灰が発電所に降り注いだときの直接的な影響に加えて、外部の影響、間接的な影響というのも考慮をしてございまして、火山灰が降り積もるような状況になった場合には、発電所に送電線が来ているわけですが、それが故障をしたり、あるいは交通が遮断をされたりということがあるということで、このために、玄海原発所では、少なくとも7日間は内部の設備は燃料によって電気を確保できるという体制を組んでいるということを確認してございます。

これらを踏まえて玄海原発は、火山影響に対する新規制基準に適合しているという判断をいたしました。

19ページでございます。

ここまで、主に地震、それから、津波、火山という3つの大きな自然現象についてお話を申し上げましたけれども、玄海原発に発生する発電所を取り巻く環境条件というのは、これだけではございませんで、これらのほか、さまざまな自然現象、人為現象についても当然審査を行ったということでございます。

例えば、洪水とか、台風とか、竜巻等を想定して、安全機能が損なわれないように設計をするということを確認してございます。

それから、これらの自然現象が組み合わさって発生する場合も考慮して、安全機能が損なわれないように設計するというところでございます。

例えば、最近よく話題になる台風とか竜巻とかということですが、日本国内で過去に発生

した最大の竜巻の風速というのは、92m/sということでございますけれども、玄海原発は100m/sの風速の竜巻に耐えられる設計をするということでございます。

それから、竜巻によって発生する飛来物への対策ということで、重要な設備には防護ネット等を設置するというところでございます。

それから、発電所周辺で発生する森林火災の影響を受けないように、発電所周辺に35m以上の幅の防火帯というのを設けるということでございます。防火帯の中には、可燃物を置かない、これを撤去いたしまして、モルタル施工をするということで、ここから中に火が入ってこないようにするという対策を講じるということでございます。

それから、自然現象だけでなく、人為的な事象である、例えば、航空機落下等、あるいは航空機落下等による火災についても、安全機能が損なわれないような設計をするということでございます。

これらを確認いたしまして、玄海原発については、自然現象や人為事象に対して、適切に設計される方針であるということを確認したものでございます。

それから、ここから幾つか個別の事象について審査した結果をお話申し上げますけれども、20ページに掲げているのは、火災対策でございます。発電所内部で火災が発生しますと、安全のための設備が同時に幾つも壊されてしまうということが考えられますので、このため、火災対策を求めています。

火災対策としては、具体的には発生を防止すること。それから、発生をした場合に、その感知を早急にすること、あるいは消火をすること、さらには、影響軽減をするというような対応を求めています。

この玄海原発では、燃えにくい電線の使用であるとか、異なった種類の火災感知器を置く。これは例えば、熱感知器と煙感知器を置くとかいうことですが、こういうことで確実に火災を発見できることとしております。

それから、ハロンを使った消火設備など新たに設置をいたしまして、区画全体を直ちに消火できるように設計をするということでございます。

それから、影響軽減という観点からは、例えば、同じ用途のポンプ、これは先生方御案内のように、同じ用途のものが、A系、B系というのがあったりするわけですが、これが同時に燃えてしまわないように、それらを耐火性能を持った壁で分離するというような対策を講ずるということでございます。これらの審査の結果、この発電所は火災防護に対して

基準に適合するという判断をしたものでございます。

21 ページは、内部溢水対策についての件でございます。

発電所の内部には、大量の水がタンクとか配管にあるわけでございますけれども、これらが例えば、地震の影響によって溢れ出るということを想定して、これを内部溢水と呼んでおりますけれども、これを防止すると。水が溢れ出てしまいますと、機械が水に浸ってしまったり、あるいは水がかかってしまって、故障を起こしてしまうということがあって、これで安全機能が損なわれてしまわないようにしてくださいと、こういう要求でございます。

玄海原発の場合は、内部溢水が発生した場合を想定して、必要なものについては、例えば、設備の設置高さを上げて、水が溜まっても機能が損なわれないようにするということであるとか、あるいはその水がかかってしまう可能性があるというものについては、設備にカバーを設置するといった対策を講ずるという方針を示してございます。

これらについて審査をして、その方針が基準に適合するという判断をしたものでございます。

22 ページから何枚か続くんですけれども、電源対策についてお話を申し上げたいと思います。

冒頭に申し上げましたように、福島原発事故の大きな原因は、地震と津波によって、電源全てを失ってしまったということでございました。このため、新規制基準では電源設備については、厳しい要求を課してございます。電源強化には、幾つかの段階がございますけれども、この最初の22 ページで御説明をしているのは、いわゆる外電、外部からの電源の強化でございます。発電所が何らかの事情で停止をした後、特に地震等でとまった後ですけれども、これは当然熱を持っていますから、それを冷却し続ける必要がございますけれども、そのとき、みずから発電をしていませんから、自分の電気を使えないので、外部からの電源が必要になるということでございます。

玄海原子力発電所の場合は、独立した50万キロボルトの送電線2回線、22万キロボルトの2回線と接続をして、その中のどれかの2回線が停止しても電気が途絶えないという設計をするということでございます。

それから、外部から電気を受けとめるための発電所内の設備でございますけれども、地震に対して十分耐えることができるように設計をするという方針でございます。

これらについてを確認いたしまして、まず外部から電気の供給を受ける設備については十

分な信頼性を有しているだろうという判断をしたものでございます。

その上で、次のページですけれども、それでも外部からの電気が受けられないということ  
を想定した対策を求めてございまして、もちろんこれも福島からの教訓として非常に大きい  
もので、これも御記憶のところと思いますけれども、あのときに電源車等をたくさん現地に  
持っていきましてけれども、なかなかうまくアクセスできない、つなげないとか、あるいは  
電源盤が水につかってつなぐところがないんですというようなことを大変苦勞をいたしました  
ので、これに対する対策でございます。

非常用電源整備というものが玄海発電所には設けられておりまして、1つの号炉に2台ず  
つのディーゼル発電機が設置をされてございます。1つの設備が故障しても残りの1つで安  
全性を確保できるというものでございます。今回、特に強化をしたのは、先ほども出てまい  
りましたけれども、7日間の燃料をみずから持っていてくださいということで、7日間外か  
らの供給がなくても自分でこのディーゼル発電機を動かせるだけの燃料を持っているとい  
うことでございます。もともと玄海発電所の場合は3.8日分の燃料というのは持っていたわ  
けですけれども、今回増設をしていただいて、7日間分以上の燃料を持っているというこ  
とでございます。

それから、増設したタンクに備蓄される燃料についてはタンクローリーで輸送すること  
になるのですけれども、このタンクローリーというのは発電所内に2台設置をいたしまして、  
これも同時に使えなくなってしまうないように分散をして配置をするというふうな工夫をす  
るということでございます。

これらを確認いたしまして、この発電所については、非常用電源については必要な信頼性  
を持っているだろうと、こういう判断をしております。

さらに、24ページでございますけれども、それでもなお、外部電源もだめ、あるいはも  
ともと持っている非常用発電機もだめということ想定いたしまして、その場合でも電気が  
途切れないように、こういう対応を求めているものでございます。これが今回の新規制基準  
の特徴でございます。

ここに幾つか掲げてございますけれども、玄海原発では十分な電力を供給できる大容量の  
空冷式の発電機、これはもしかしたら先生方も現場で御覧になっているかもしれませんけ  
れども、大型トレーラーほどの大きなものでございます。これを3号炉、4号炉に1台ずつ設  
置をするということでございます。

それから、これに加えて、もう少し小ぶりのものがございますけれども、電源車を合計6台発電所内に分散して配置をする。これらについても電源盤を複数用意してすぐにつなぎ込めるといふ準備をしているものがございます。

それから、交流電源を接続して電気を供給する。これを再開するまでの間についても必要な電気の供給が途切れないようにということで、蓄電池、直流の電源の設備の増設も求めています。これらの審査をした結果、玄海原発の電源対策を新規制基準に適合しているという判断をしたというものでございます。

25ページは、これまでの説明を割と総括的にポンチ絵に落としたものでございまして、上からの外電が入っていて、それから非常用D/Gが入っていますけれども、これらが使えない場合、バツになった場合でもこれだけの電源対策を多重に講じることとしていると、こういうことでございます。

26ページからは、これらの対策を講じてもおお重大事故が発生するとした場合の対策ということでございます。

28ページに、このシビアアクシデント、重大事故に対する審査の流れを書いてございます。ちょっと分かりにくいかもしれませんが、上から下のほうに審査が流れていくようなイメージでございます。事故に至る契機となる事項、事柄としては、厳しい自然現象とか機器の故障といったものがあるわけでございますけれども、これによって発生し得る事故を確率論的リスク評価という手法によって網羅的に把握をいたしまして、事故をグループに類型化をいたしまして、そのグループごとに最も厳しい事故を選定して、それらについて対策を講じて考えるというものでございます。炉心損傷防止とか格納容器破損防止、あるいは使用済燃料プールの燃料損傷防止とか、そういうものに分けて整理をして、それらを防止するための対策を検討して、有効性を評価するというものでございます。有効性評価というのは、こういう事象が発生したときに対策を講じていって、原子炉等々の挙動がどうなるかというのを分析するものでございます。その対策によって、その事象が防止できるかどうかと、燃料の損傷、あるいはその格納容器の破損を防止できるかどうかというのを整理するもの、評価をするものでございます。その対策の有効性評価ができれば、それでは、それを実現するための設備、手順、体制等を確認すると、こういう流れによって審査を確認していったというものでございます。これらに加えて、一番下に書いてございますのは大規模な自然災害、故意による航空機の衝突、その他のテロリズムに対する対応と、こういうものを確認したと

言うこととさせていただきます。

これらの審査を経て確認した内容について、主要なものを具体的に御説明を申し上げたいと思いますけれども、最初に書いてあるのはとめる対策でございます。通常であれば、何らかの事象が起こって原子炉をすぐにとめなきゃいけないという場合には、その制御棒をずっと入れてとめるわけですけれども、この制御棒が入らないという場合に、それでもなお原子炉がちゃんと停止できるようにということを求めているものでございます。玄海3、4号炉の場合には、そういうことが起こった場合には、蒸気を閉じ込めて強制的に水の温度を上げて原子炉の出力を下げるという方式をとるということとさせていただきます。これは先生方御案内のように、負の反応度の投入効果を活用したものでございます。加えて原子炉の出力を下げる効果のあるほう酸水、これを注入いたしまして、確実に原子炉を停止させるということとさせていただきます。これによって、原子炉を通常の手法によって停止できない場合についての対策も講じられているという確認をしたものでございます。

次、30ページでございますけれども、ここは原子炉を冷やす対策でございます。新規制基準では、既存の対策が機能しない場合であっても炉心注水、あるいは減圧によって炉心損傷に至らせないための対策というものを要求してございます。玄海原発では、ほかの原発と同様に高圧注入ポンプなどの、いわゆるECCS系の設備が備わっているわけでございますけれども、これらが機能しない場合にも、その加圧器逃がし弁を操作いたしまして、原子炉を減圧して、新たに設置をした常設電動注入ポンプ、あるいは可搬型ディーゼル注入ポンプといったものによって炉心へ注水を行うことができることとされております。審査では、このような従来の注水設備が機能しなくても原子炉を冷やすことができるということについて確認をしたものでございます。

それから、31ページも冷やす話の続きでございますけれども、これはむしろ熱の逃がし場の話、最終ヒートシンクについての話でございます。

玄海原発は、いわゆるPWR、加圧水型でございますので、原子炉を冷やすための位置づけの冷却水が通る配管、これが破断をして、一次系で原子炉を直接冷やせなくなった場合であっても、二次系に注水をすることによって間接的に原子炉を冷却することができます。この場合は、原子炉の熱は最終的には水蒸気の形で大気に逃げていくということになります。

配管破断をしてしまった後、発生する蒸気によって格納容器内の温度が上昇して、格納容器がその圧力で破損してしまわないようにするというところで、やはり最終的な熱の逃がし場

を確保する必要がありますけれども、玄海原発では通常は海を熱の逃がし場としておりまして、海水ポンプなどの設備を用いておりますけれども、今回の審査では、これらの海水ポンプ系の設備が機能しない場合というものも想定をいたしまして、移動式大容量ポンプ車などを用いて海水を格納容器再循環ユニットに送り込んで、最終的な熱の逃がし場を確保するというのを対策として講じるということでございます。

このようなことを確認いたしまして、原子炉を確実に冷やすということができるといふものを確認したものでございます。

これでとめる、冷やすという対策を講じたわけですけれども、新規制基準ではそれでもなお燃料の損傷に至るような事態が避けられない場合というものを想定いたしまして、放射性物質を閉じ込める対策というものを求めてございます。例えば、急激に原子炉の水が喪失すると非常に大きな大LOCAと呼ぶような大きなLOCAが発生をして、水の補給がもう間に合わないというふうな場合、原子炉の燃料が溶けて原子炉容器の外に溶け落ちるといふ事態が考えられます。その場合には、溶け落ちた燃料がコンクリート、床面のコンクリートを侵食して格納容器の閉じ込め機能を損なってしまうということも考える必要がございます。

玄海原発では、格納容器を冷却するため、再循環ユニットへ海水を供給する。あるいは格納容器の上部からスプレイ、水を降らせまして、格納容器内の圧力と温度を下げるということの対策を講じております。このスプレイの水が格納容器の下部にたまって、熔融した燃料を受けとめて冷やすことで、コンクリートの侵食を抑えることもできるということでございます。

それから、炉心損傷、炉心の熔融が起きて、その場合には、熔融燃料と水が反応をして水素を発生させる可能性があります。この水素は冒頭に福島原発事故のお話をさせていただいたように爆発をしたりする可能性がありますので、これを防止する必要があるということでございます。この水素爆発を起こす、これを防止するための対策として、玄海原発の場合は静的触媒式水素再結合装置、これは英語のイニシャルをとってPARというふうに我々呼んでおりますけれども、こういうもの、あるいは水素を強制的に燃焼させて減らすための電気式の水素燃焼装置、とにかく火を強制的につけて水素を消費するものですが、これは我々イグナイタと呼んでおりますけれども、こういうものを設置するというふうなことでございます。

これらの対策を講じることによって、玄海原発の場合は、この格納容器の閉じ込め性能を

守ることができるという方針を確認したということでございます。

それから、ここからさらに細かくなって恐縮でございますけれども、水素爆発を防ぐための対策について、少し玄海3、4号炉の特徴に触れておきたいというふうに思っています。新規制基準のもとでは、これまでに川内1、2号であるとか、あるいは伊方3号などについても許可をしまいいりまして、特に川内1、2号とか伊方3号などについては、もう既に運転を始めているという状況は、これは御案内のとおりでございます。これらはいずれも出力が80万キロワット級のプラントでございます、玄海3、4号は120万キロワット級のプラントということで、この大きさのものの許可を出すのは今回が初めてでございます。

この玄海3、4号は、プレストレストコンクリートという技術を用いて格納容器が作られておりまして、その大きさ、容量ですけれども、それはこれまでの80万キロワット級のプラントとほとんど変わらないというものでございます。したがって、その出力に対して相対的に格納容器の大きさが小さいということになります。このため、事故時の解析の不確かさとかを考えると、水素爆発を防止するためには、先ほどのPARという設備だけではなくて、イグナイタの効果にもしっかり期待をする必要があるということが解析結果として示されております。この議論をしている中で、やはり審査の過程では、イグナイタの確実に作動するというを確認するという趣旨から、信頼性を上げる対策を九州電力に対して求めたものでございます。九州電力からは、この対策として、イグナイタの電源系統を2系統化すると、2系統の独立した電源設備によって給電できるというふうに設計を変更するという方針が示されました。そして、その2系統の電源設備はそれぞれ異なる区画に設置をすることによって、互いに位置的分散を図るとともに独立した設計とするということでございます。

この追加の信頼性向上対策によって、イグナイタによる水素処理はより確実に実施されるだろうと我々も判断をしたというものでございます。

もう一つ、似たような論点でありますけれども、御説明申し上げておきたいと思えます。

新規制基準においては、水素爆轟を防止するための対策として、格納容器内の水素濃度が、事故時であっても13%以下であるということを求めております。玄海3、4号炉においては、事故時に原子炉下部キャビティ区画において、この濃度を一時的に超える可能性があるということが示されました。これもPCCVに由来する下部の形状の違いというものには帰着すると思えますけれども、こういう、一時期であるけれども、濃度を超えるという可能性が示されましたので、それでもなお、爆轟が発生しないということをしっかり説明するよう



に求めたというものでございます。

審査の結果、この原子炉下部キャビティ区画には、爆轟を発生させるために必要な衝撃波を与えるような強いエネルギー源がないということであるとか、あるいは配管やダクトのような細長い形状にはないということで、火炎が加速して爆轟に至るといふようなこともないということから、爆轟に至ってしまうということはないということは、その実機の形状に照らして評価をして確認したというものでございます。

それからもう一つ、ちょっと同じようなあれで恐縮ですけれども、もう一つだけ説明をさせていただくと、35ページでございますけれども、これもPCCV由来の話でございます。

このPCCVというのは、御案内の先生も多いと思いますけれども、鉄筋コンクリート部と、気密性を確保するために内側にライナプレートという鋼板が張られているものでございます。重大事故時に炉心が熔融をして原子炉容器が落下、破損をして熔融炉心が下に落ちてしまいますと、原子炉容器の下で原子炉下部キャビティ室に燃料が落下するわけですが、このキャビティ室には一部ライナプレートが直接出ているところ、むき出しになっているところがございまして、そこに熔融した燃料が当たってしまうと、このライナプレートが破損をして、格納容器の閉じ込め機能を壊してしまうんじゃないかという懸念があるという観点からございまして、この観点から審査を実施いたしました。

次の図を見ていただくと、さらに細かいですが、熔融炉心が側面のライナプレート、このむき出しになっているライナプレートに接触した場合に、その先に連なっているコンクリートの中を通過してリークパスが形成されるかどうかということなのですが、この最短距離は20メートル程度になりますので、この基礎コンクリートの中にこれほどの長大な割れが生じるとは考えがたいというのが、まず1つでございます。

それから、基礎コンクリートとライナプレートというものも強固に接着をしておりますので、ここを割って貫通リークパスをつくるというのもやはり考えにくいだろうということを判断してございます。

また、その上で、それでもなお、仮にリークパスができるというふうに仮定した場合に評価をしても、他の事故評価シーケンスにおいて評価される放出量評価の保守性に包絡をされるであろうということを考え、評価をしてございます。

これらのことから、熔融炉心が側面のライナプレートに接触したとしても、熔融炉心落下後における原子炉格納容器の閉じ込め機能は確保されるというふうに判断をしたものでござ

います。

これに加えて、一番下の図で、小さくて見にくいですがけれども、九州電力はさらなる安全性向上対策として、これは自主的に設けるといってございますけれども、原子炉下部キャビティ室内に防護壁というものを張りますということで、キャビティ室側面のライナプレートと熔融炉心の接触を防止する対策を講じるということを示してございます。

37ページでございます。

これまでの前のページは、どちらかというとハードの説明が中心であったと思います。ただし、これらのさまざまな対策を講じるといったものが有効に機能するためには、それらを使うための要員というものが確実に確保されているとか、あるいはその体制が整備されているとか、手順が整っているとか、実際にその手順があったとして、それを要員がちゃんと実施できるように教育されているとか、訓練されているかという、いわゆるソフト的な対策というのが非常に重要になります。

これらについて、事業者には詳細な説明を求めまして、審査の中で、今まで冷やす、閉じ込めるとか、いろんなものが出てきましたけれども、それぞれ個別の事故シーケンスに沿って、手順とか体制とか細かく確認をさせていただきまして、それから整っているということの評価いたしました。

また、これらいわゆるソフト的な対策は、今、審査をしている保安規定というのがありますけれども、保安規定の中で具体的な手順とか体制とか組織とか、あるいは訓練というものをしっかり記載していただくことになりまして、それは我々も審査をしますし、それから、保安規定というのは、これは事業者の、こういう体制で安全確保しますという、いわば宣言文書なものですから、その保安規定がしっかり遵守されているかどうかというのは、我々の保安検査という形で定期的に確認をいたします。

今回の新規制基準のもとでは、訓練も保安検査の対象に入れておりますので、訓練もしっかりされているということを確認することということなどが規定されておりますので、こういうものによって設置変更許可の段階で宣言されたものが確実に実現されていくということを、継続的に我々としても確認をしていくという体制になっているものでございます。

それから、38ページは緊急時対策所の話でございます。

これは事故時の対策拠点として、原子炉制御室以外の場所にこういう対策所を設けるというのが今回の基準でございます。

九州電力は今回の申請におきまして、代替緊急時対策所というものと、それから緊急時対策棟内に設置をする緊急時対策所、この2つを用意するという内容を記載してございました。

御案内のとおり、まず、代替緊急所というものをつくって、その後、時間はちょっとかかるようございますけれども、緊急時対策棟というのをつくって、緊急時対策棟のほうができ上がったら、その代替緊急所のほうは、もう緊急所としては使わないという方針でございました。

ただ、この申請にはこの2つが明記されてございましたので、審査においては2つを対象に我々確認を行い、今、いずれにしても、新規制基準への適合性があるということを確認したというものでございます。具体的な評価の内容は、ここに幾つか書いてありますけれども、設置場所であるとか被ばく評価、あるいは構成、主要設備等、この通信設備とか電源設備を含めた設備を確認したというものでございます。

それから、これも、特にこの発電所の場合には、よく議論をされるポイントでございますけれども、緊急時対策棟内につくる緊急時対策所というのを後刻つくりますということですが、この緊急時対策棟に適用する技術を、もともと免震構造の技術を適用してつくると言っていたものが、その審査の過程で耐震構造のものに変更をするという方針変更がなされたものでございます。

もとより新規制基準においては、技術を特定しているわけではないので、免震棟であっても、あるいは耐震棟であっても、これは構わないわけですが、我々が求めているのは緊急時対策所という機能が維持されるということでございますので、そういう観点から審査をいたしました。

ただ、免震から耐震に変えるというのは重要な変更ではございますので、その理由については詳細に事業者にただしたところ、審査の過程で彼らの説明は、今の段階では免震装置の設計の成立の見通しを得ることができないということと、それから、耐震構造であっても免震構造と同様に建屋の構造体全体の信頼性を確保すること、あるいは地震時の居住性について、設計上の工夫により改善を図るといような方針を示して、耐震棟であっても緊急所としての機能を十分に満たすものをつくることができますということでもございましたので、審査の結果、彼らの説明が新規制基準をしっかりと満たしているであろうという判断をしたというものでございます。

それから、最後でございますけれども、放射性物質の拡散を抑制する対策についても御説

明申し上げておきたいと思います。

これまで御説明申し上げたのは、まず、事故の発生防止対策というものを強化いたしますということ。それから、それでもなお、重大事故が発生すると仮定した対策、この炉心損傷防止を図る、あるいは格納容器破損を防止するという説明を申し上げましたけれども、それでもなお、放射性物質の拡散というものが避けられない事態になるということを想定して、それでも、その放射性物質の拡散をできるだけ抑制する対策というのを求めているというものでございます。

審査に当たっては、大気への拡散抑制、あるいは海洋への拡散抑制について対応を確認したというものでございます。具体的には、ここに幾つか挙げておりますけれども、例えば、移動式の大容量ポンプ車とか放水砲を使って、敷地外の放射性物質の拡散の抑制であるとか、あるいはシルトフェンスというものを海に張って、海洋への拡散防止対策を図るというようなことを確認したというものでございます。

それからもう一つ申し上げておきたいのは、大規模な損壊への対応、大規模損壊と我々は呼んでおりますけれども、これに対する件でございます。

新規制基準では、これはもともと福島事故を教訓としたものですから、とにかく安全追求のための思考をとめないことというのが大事だというのが大きな教訓でございましたので、縷々申し上げた防止対策であるとか、それでもなお、発生している対策を講じるということをするわけですが、それでも、それをさらに超えるような大規模な自然災害が発生すること、あるいは故意による大型航空機の衝突、あるいはテロリズムといったものというものも、これは否定できないであろうということで、そういうものを考えて体制や手順等の整備を求めているものでございます。

ただ、これはなかなか説明が難しいのですけれども、どのようなものでも食いとめられませうということは、とても言うことができません。しかし、そのような厳しい状態になった場合でも、何とか放射性物質の放出をできる限り低減するという、そこまで考えるということが重要であろうと。あるいは、そういうことを考えることをやめないということが重要な教訓であろうということで、できる限りの体制を講じてもらっていると。それを我々としても審査したということでございます。

非常に長くなりましたけれども、以上、玄海3、4号炉の許可申請にかかる審査の概要について御説明を申し上げました。結果として、冒頭申し上げましたように、2017年1月

18日付で玄海原子力発電所の変更を許可したということでございます。

まず、私からの説明は以上でございます。

#### ○工藤部会長

はい、どうも御説明ありがとうございました。

それでは、ただいまの御説明についての質疑をさせていただきたいと思いますが、余り順番を考えずにどうか、各委員の関心のおありのところからということでもよろしいかと思っておりますけれども、どうぞ。井嶋委員どうぞ。

#### ○井嶋委員

構造物について地震による安全評価についてお聞きしたいのですが、安全であるかどうかは安全係数、基礎地盤の場合、例えば地すべりでの安全係数の設定とか、あるいはPCCVの安全係数とかは、規制委員会さんのほうからこういうふうな安全係数でいきなさいとか、それとも九電さんのほうがこうやってやりました、どちらなのかお聞きしたいと思います。

#### ○原子力規制庁（日南川安全審査官）

原子力規制庁の日南川でございます。よろしくお願いたします。

今の安全係数等々の質問だというふうに理解をしております。安全係数、許容限界とか終局耐力の数値とかいうのは我々規制庁が示すものではなくて、建築基準法等々で示された数値を事業者のほうで判断しまして、私どものほうに提出をし、その内容が妥当かどうかについて私のほうが判断をしていると、そういうふうな状況になっております。

以上でございます。

#### ○井嶋委員

原発ですね。事故が起こったら大変ですから、例えば、地盤の安全係数は1.5を使用されており、私は土木の者ですから1.5は妥当な値と思います。しかし、地震が来たときに高速道路の盛り土構造が壊れたことがあります。1.5の数値は、特に土の場合は材料定数のばらつきが大きいですから安全係数としては小さすぎると思います。原発ですから、安全係数はもっと高目に設定すべきものと考えられませんか。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

ちょっと直接お答えになっているかどうか分かりませんが、恐らく一般的な構造物であれば、ある種の適応する地震動というのが、多くの場合は静的な地震動が決まっていて、その後は重要性に応じて、これは重要だから1.5倍にするとか3倍にするとかという発想

なのだと思いますけれども、原子力発電所の場合は、そもそも設定する地震動から、先ほど基準地震動の設定の話申し上げましたけれども、この基準地震動の中に、そもそも発電所を襲う可能性がある中では、頻度でいけば小さいものも含めて、非常に大きなものを設定して、その動的地震力を与えて、それに耐え得るよという、特にSクラスとか、あるいはBクラスの上位のものは、そういう発想をしています。S、B、Cとしていて、Cクラスというのは、設備そのものは放射性物質を内包しないようなもので、もちろん発電所の運転全体には必要なんですけれども、放射性物質を内包しないので、それが壊れたとしても、直ちに放射性物質の拡散とかいうものには至らないもの、これは割と一般産業レベルのものに近いわけですけれども、これについては静的地震力を与えて設計をさせておりますので、Cクラス、一般産業レベルのものは1倍と。Bクラスのものは1.5倍とか、それから、BクラスでもSクラスに影響を及ぼしてしまうようなものは動的な解析をしていただいて、基準地震動を与えて評価をしていただくというようなことで、重要度に応じて適応の仕方を書いている。それで、非常に重要なものについては、基準地震動という非常に大きなものを与えて評価してもらっていると、こういうような基本的な考え方でしております。

#### ○井嶋委員

私も少し誤解している部分があるかもしれませんが、例えば、橋梁の場合、道路橋示方書で定めるレベル2地震動では、阪神・淡路大震災のタイプIと東日本大震災の長周期を含んだタイプIIとか、それらが来ても崩壊に至らないことを、耐震性能で設定されています。そのような設計の仕方をするわけです。

これらの地震動は、定められた基準地震動よりもっと大きな加速度を持っています。基準地震動に対しては安全ではありますが、それを越えた地震が来たときのために、重大事故としてきっちりと想定してあるとは思いますが、どう言ったらいいのでしょうか、基準地震動に対して安全であることと重大事故との間が余りにも現象としての格差が大きいと思います。Sクラスでは基準地震動でも絶対壊れない、だけれども、それをもし超えたりするとどこが壊れるか分からないわけですね。重大事故でも大丈夫だからいいというのではなく、もうちょっと何かその間というのを考えるべきではないかなと思いますが、いかがでしょうか。

#### ○原子力規制庁（内藤安全管理調査官）

まずは神戸の地震の話で、橋梁設計をやって崩壊しないという話がありましたので、そこ

の部分についてちょっと御説明させていただきますと、今御説明したのは、基準地震動というものについては、これは施設に入れる入力地震動ではなくて、解放基盤とって、一般に言う工学的基盤と言われているのとほぼ同じですけれども、 $V_s = 700\text{m/s}$ 程度のところの地震動になります。その部分で出たものを、当然、建屋とかに入れる場合については、それが地盤に応じて増幅するんだったら増幅させますし、減衰するんだったら減衰させるという形で入れていきます。ただ、この玄海の場合ですと、ほぼ直接入力になりますので、この $S_s$ をそのまま建屋等には直接入力をしている形になりますけれども、一般のところ、神戸とかでやっているようなでかい……というのは、地表波、地表を出た記録になりますので、我々が $S_s$ と言っているものについては一般のところでは工学的地盤における地震動という概念で理解していただければというふうに考えています。

その上で、それにどう耐えるのかというところですが、そこはちょっと市村のほうから。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

先生の持っている専門性と我々の話しているバックグラウンドが違うところもあるので、若干あれかもしれませんが、硬い地盤のところでは基準地震動というのを設定して、それが発生したときに地中を伝わって入力地震動になって、原子力発電所の建屋に伝わるということです。それで、基準地震動が伝わって、その評価を我々はどうしているかというところ、Sクラス施設については、基準地震動が入力されたときにも、それに対して安全機能が損なわれないようにしてくださいということで、破壊耐力を聞いているわけではなくて、例えば機器や配管については一部塑性ひずみが生じることも許容しておりますけれども、おおむね $S_s$ という非常に大きなものが入っても安全機能が損なわれないこと、例えば、塑性ひずみは小さなレベルに留まることを要求しておりますので、もちろんそれを超えたときの話はなかなかしにくいところではありますが、終局耐力や破断延性限界に対して相当の耐力というものがあるのであろうと評価できるということは一般的には言えると思います。

#### ○井嶋委員

私も見学に行き、格納容器内には配管とか機器類が非常に膨大な数有り、Sクラス以外のものもきちんとチェックがなされているか、大丈夫なのでしょうか。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

まず分類は、先ほどSクラス、Bクラス、Cクラスの話をしましたけれども、またこの世

界ではと言うと怒られますけれども、これは非常に定着した考え方でございまして、どのものがSクラスになるのか、Bクラスか、Cクラスかというのは相当程度はつきりしております。どういうものがSクラスに該当するか、数多くある配管なりタンクがみんなちゃんと確認できているかどうかということについていえば、これは事業者もしっかり確認をできていますし、我々もこの設置許可の中では方針を明確に確認しますけれども、この後、先ほど申し上げた工事計画認可というのは具体的な設備について全部確認をしますので、Sクラスというものはちゃんとリストアップされているかどうかというのは我々も確認をします。

それから、それが施工としてちゃんとできているかどうか、宣言したものとおりにできているかどうかというものは、これは使用前検査というもので確認をします。多分、配管の総延長は何キロとかという世界だと思いますけれども、これは全てを確認するというよりは、書面で品質管理として全てちゃんとできているかどうか、あるいは抜き打ちで幾つかのものについては物を確認するというようなことで、許可と認可と検査というものを組み合わせて、事業者がしっかりできるということを確認するというのが原子力規制の法体系だということでございます。

#### ○井嶋委員

どうもありがとうございました。

#### ○工藤部会長

どうぞ、竹中委員。

#### ○竹中委員

私のほうから火山の影響のところについて伺います。例えば、御用意いただいた資料だと、17ページで、「現状の火山活動状況に今後も変化がないかを継続的に確認するためにモニタリングを実施し」というのがありますが、九電さんのほうで何をやられるかということ、気象庁の一元化処理震源を見たり、国土地理院のGEONETのGPSの観測点間の基線長を計算してプロットしたりということ。そのような火山のモニタリングによって（噴火の）予測・解釈するのは、火山学者でも非常に難しいです。それから、大体火山に本来はホームドクターみたいな専門家がいらっちゃって、いろいろ判断をするというのが望ましい形だというふうに我々は理解していますが、九電さんのほうでされるこういう火山のモニタリングというのは、ちょっと例えは悪いですが、大学の学部の実習ですとか卒論の導入程度にしか私からは見えないのですけれども、規制庁ではどういうものをこのモニタリングに期



待していらっしゃるのか、そこら辺をお伺いしたいのですが。

#### ○原子力規制庁（内藤安全管理調査官）

モニタリングですけれども、九電さんがどういうモニタリングをやっているのかというのは我々も認識はしていますし、それで問題はないと思っていますけれども、ただ、外のデータを使っているということですが、それでも構わないと思っています。というのは、今までというか、新規制基準をつくる前の基準の考え方というのは、規制をとっていけばいいというところで止まってしまっていて、その後、事業者さんが安全を追及するという発想がなかったと。それによって、いわゆる1Fの事故で、津波等のところで思考がストップしてしまって施設改善等が進まなくなってしまった結果として起こったという最大の反省があると思っています。

それを世界のところでIAEAという国際機関がありますけど、そこで安全基準として基本安全原則というのを定めていて、この考え方に従ってやるのが諸外国における原子力規制のスタンダードなんですけれども、ここの中では原子力施設における安全の一義的な責任は許認可取得者であるというふうに言われています。今回、我々はこの世界のスタンダードに合わせるということと、1Fの反省も踏まえまして、炉規法の中で、今までは何も書いていなかったんですけれども、新たに原子力事業者等の責務という項目を設けまして、安全に関する最新の知見を踏まえつつ、災害の防止に必要な措置を講ずる義務が原子力事業者にあるということを明確にしております。このモニタリングについても、現状を噴火というか、破局的な噴火を起こすような状況にはないという評価をしていて、我々もそれは妥当だと考えておりますけれども、その状況に変化がないのかどうなのかということについて、ほかの人が言ったからそう考えますということではなくて、自分たちできちんとデータを収集して、その状況に変化があるのかないのかということをきちんと自分たちで考えていくというのが事業者の責務だというふうに考えていますので、その中で、事業者としてどういう情報をもって、そのデータに基づいて、自分たちでどう考えるのかというのは、まず思考していただくと。その中で、当然分からないところとか疑問点とかありますので、そういったところについては専門家の意見を聞いた上で、その意見を参考としながら、自分たちでどう判断するのかというのを続けていただくということでモニタリングというのを要求しているということでございます。

#### ○竹中委員

正直、私はこのモニタリングを拝見したときに、どちらかというとオーバーアクションなのではというふうに思いました。実際に火山でせいぜい面ひずみを求めるぐらいまではできますが、その後の解釈をしようと思ったら大変です。例えば、そこ（業者）に火山学でドクターをとった方がいらっしゃるなら、また別なのですが、そうではなくて、ただ見ているだけです。仰るように、前は何もなかった（モニタリングすらなかった）わけですから、それに比べれば、責任を持つということでも重要なかもしれませんが、そのモニタリングを解釈して、例えば（噴火について）こうですよということを行うのが目的であれば、現在のモニタリングではちょっと中途半端かなと思います。

今後、先程仰ったように、自分たちで観測機器を設置して観測までされるのであれば、私はいいと思います。それ（新たに得られた観測データ）を公開されて、火山を専門に研究していらっしゃる方がそれを使えるようにされるのであれば、その火山のより詳細な知見を得たり、噴火予測の信頼性を高めるなどの貢献が期待できますので、そこまでされるのであればいいと思います。しかし、現状は、GEONETの基線などをただモニタリングしているだけで、どうなのかなという印象を持っている次第です。

#### ○原子力規制庁（内藤安全管理調査官）

特に我々として、モニタリングで求めているのが、火山の研究をしてくださいということ求めているわけではなくて、今回、許可おろすことにしましたけれども、今の段階において破局的な噴火が起こるような状況ではないという判断をしているわけですが、その状況に変化があるのかなのかということをごきちんとしてくださいと。変化があるという兆候があった場合にどうするのかということについてのアクションは、当然、保安規定等で求めていく形になりますけれども、まずはモニタリングとしての部分については、現状、噴火を起こすような状況ではないという状況に変化があるのかなのかということをごきちんとしていただくと。その部分については、当然、火山学者の先生などからも意見を聞いておりますけれども、現状でやっているのは、GEONETとか、そういう記録に基づいたりとかをベースにして地殻変動の状況を押さえていて、そういう状況の中で、現状はそういう状況ではないと判断をしていて、そのデータのバックというのが今までの記録の積み重ねがありますので、それと比較をして、今後、未来へ向かってどういう状況になっているのかということをごモニタリングすると。当然、変化があった場合についてどうするのかということをごまず考えなきゃいけないですし、変化があれば、我々のほうにも報告をする形に

なっておりますので、我々のほうとしても事業者さんの判断が是と、問題がないとした場合においてでも我々のほうで判断をした上で、より安全かの判断が必要だということを我々が判断した場合については、当然適切な措置を求めるということを行っていこうという形で考えています。

その部分については、我々も単独で知見が足りない部分もありますので、火山学者の先生方から御意見を伺いながら、今どういう形で判断をしていくのかということについて検討を進めているという状況にあります。

#### ○竹中委員

分かりました。私も火山には多少関わっていますので、かなり専門の火山学者でも自分はずっと見ている山でなければ（噴火の予測は）大変難しい判断ですし、過去の記録と比べて違うかどうかという判断さえも、いろんなエラーバーとか条件を考えたときに非常に難しくなるのではと思います。今後どういう形が望ましいかというのは、これから考えるということで、最低、今仰ったことで理解したことは、噴火の兆候がないと判断するのは事業者であるということです。ですから、次の日突然噴火したとしても、判断した事業者に責任所在があるということ、そういうふうに理解してよろしいでしょうか。

#### ○原子力規制庁（内藤安全管理調査官）

原則的にはそうです。ただ、ある日突然ということ、破局的噴火の議論ですので、当然、いろんな火山の先生方にも我々聞いていますけれども、いつ噴火するのかということについて、その部分を想定することは現在の知見ではできないというのは共通した先生方の認識ですけれども、かといって、何の前駆現象も起こらないで起こるのかということに関しては、何らかの前駆現象が起こるはずであるということで伺っておりますので、モニタリングをきちんとやって、その前駆現象として捉えたのかどうかなのかというところをきちんと判断をしていくということになるかと思えます。

#### ○竹中委員

どうもありがとうございます。

#### ○工藤部会長

よろしいですか。じゃ、續先生どうぞ。

#### ○續委員

設置変更許可に至る細かい説明、どうもありがとうございました。

私がちょっとお尋ねしたいのは、38ページにあります「緊急時対策所の審査」ということで、要求事項に掲げてあることに対して主な確認結果ということをきちんと1番から4番までサマライズされています。それで、それはよく分かるんですけども、3番の構成のところ、**「100名が収容できる広さとし、最大人数を収容した場合でも酸素濃度等の居住性を確保。」**ということが書いてあります。確かにきちんとボンベとかが設置されているというのは現地視察でもよく分かりました。このことは九州電力にも聞いているんですけども、代替緊急時対策所においては、この居住性という言葉にどういう意味合いが持たされているのか、僕はいま一つよく分かりません。第61条等に要件は書いてあるというふうにありますけど、100人も人数が、代替施設ではあっても、ベテラン作業員が訓練を受けられているとはいえ、緊張状態でずっと作業される時の休憩スペースとか、ちょっと気分が悪くなった時に医務官に対応していただくようなスペースの確保ができていないように僕は思ったんですね。

もちろん九州電力もそのことは認識してあって、次に計画されている緊急時対策棟内に設置するところではその居住性のことをきちんと対応できますというふうに言われています。線量管理とかはきちんとされているのは分かるんですが、規制庁としてその設備とかいろんなファシリティについて、ヒューマンエラーを起こさないために必要な要件ということに関してどのような点を押さえてあるのかをちょっと僕は知りたいと思いました。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

規制で求めることと、恐らく安全確保というものに切りがないというか境がないので、規制でどこまでまず求めて、それでもそこで思考をやめてしまわないで、さらに一層の安全を求めてほしいというのは我々もそう思っていますし、その恐らく全スコープを先生は御覧になられて御質問されているんじゃないかというふうに感じました。緊急時対策所について取り上げていただきましたので、我々の考えは、まずはこれは重大事故が発生をしたときに対策拠点としてしっかり機能するということですので、先生にも上げていただいたように、必要な要員がとどまって、あるいは通信設備があって必要な指示をできるとか、状況を把握できるとかいうこと、これが我々がまず求めている最低限というのは語弊があるんですけども、規制の要求であって、それについては十分な対応はとられているだろうというふうに思います。

ただ、実際我々の評価の中でも非常に厳しい状況の中では、数時間あるいは10時間にわ

たつて加圧をして、プルームが通過するようなどときには外で作業はできないということで、そこは要員が緊対所にとどまって、加圧した中で被ばくをしないように耐えるという状況が生じ得ます。その状況を考えますと、先生御指摘のように、例えば10時間100名の人があそこにとどまっているのは相当きついだらうというのは、ある種そういう状況が本当に続けば厳しい状況はあろうかと思えます。ただ、そこは事業者がスペースの使い方を工夫するとか、あるいはより大きな緊対所をつくるかということ、より一層の安全を求めていく世界であって、我々としてはちょっと語弊はありますが、とにかく耐えろとは言いませんけれども、緊急時対策所として機能すること、それをまずは求めていて、そこが規制の要求です。それ以上より休憩スペースがつけられるかどうかとかというのは、さらに事業者にも工夫をしていただきたいところだと思っています。

ただ、評価の中で我々もそこは投げ出しているわけではなくて、非常に厳しい数時間、あるいは10時間を除けば人の出入りは可能なわけですので、例えば、どこかのほかの事務棟にいる医務官とか医者がちゃんと駆けつけるとか、あるいは本当に搬出をすべきような患者が、要員があらわれれば、それは10時間は外に出ないほうが良いと思えますけれども、それ以外の時間に搬出をすることは当然可能ですし、それから100名がとどまることができると言っておりますけれども、実際この発電所は非常に厳しい事象が起こったときでも、まず52名で必要な対応はできるということですので、例えば100名いるということは、どういうことかということ、相当程度の冗長性があるというか、人のリダンダンシーがあるわけですから、そこは例えば傷病者が発生をすれば、その方は外に出せるタイミングが訪れれば出して、あるいはほかの方も休むローテーションが組めれば外に出ても大丈夫なときにはほとんどかわっていただくというようなことを、我々の最低限の要求を超えて、事業者にはよりよい運営方法とかいうものを工夫していただきたいし、そういうものは訓練とかを通じてよりよい体制を組めるように工夫をしていっていただきたいというようなことを思っています。

ちょっと御回答になっていないかもしれませんが、やはりその境目がないので、我々が求めているのはここ、さらにそれを我々はそれ以上をやっていただきたいというのは我々も思っているということでございます。

#### ○續委員

理解しました。どうもありがとうございました。

## ○工藤部会長

よろしいですか。はい、では守田委員どうぞ。

## ○守田委員

安全目標とか、性能目標のことについてお伺いしたいんですが、安全目標とか性能目標というのは、事業者さんがアクシデントマネジメントの実施をする上で、意思決定する上での1つの目安なりそのよりどころとして非常に重要だというふうに理解をしております。規制委員会のほうでは、2013年に安全目標、あるいは性能目標についての決定をされているというふうに承知はしておりますけれども、いま一度、こういった安全目標とか性能目標を、現状どのようにお考えなのか。安全性向上を図る上でこういったものをどういうふうに活用していけばいいのかというふうにお考えなのか。今後、自主的な安全性向上の中でそういったものを見直すなり、どういうふうに、現状のままでいいというふうにお考えなのか、今後そういったものを見直すようなことがあるのか、その辺について少し御見解をお伺いできればと思います。

## ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

先生御指摘のように、安全目標の議論が非常に重要だということで、これは我々の委員も恐らく設置当初のときの挨拶というか、見解から安全目標をぜひ議論しようということを書いていたと思います、その5年前ですね。これはなぜかというと、福島事故というものが起こって、規制としてもシビアアクシデント対策を求めるということは、やはりさっきの議論にも通じますけれども、じゃ、どこまでのものを要求するんだということはある程度認識を持っておかないと、規制が構築することができないということで、安全目標の議論が始まりました。そして、先生御指摘のように、この審査では最初に基準をつくっているときに安全目標の議論も並行して行って、ある種の数値を御提示して決定をさせていただきます。これはベースとなっているのは、御案内のように原子力安全委員会というものが2000年の初めごろでしたか、90年代か、安全目標の議論を大分して、これは安全委員会が独自に始めたということよりは、国際的にはIAEAであるとか、もっとただせばTMIがあり、チェルノブイリがあり、やはりその安全目標という議論が国際的にも盛んになり、それを日本も取り入れて安全目標の議論をし、ただ、安全委員会の時代にはそれほど深まらなかったけれども、実際に福島事故というものが起きてしまって、改めて規制委員会というのができて、また安全目標の議論というのが出てきたと。これは先生、多分御案内の歴史であると思います

けれども、なってきた、決めました。

ただ、今、こういうものを定めて、新規制基準もそれを満たせるようにということで定めておりますので、新規制基準を満たしているプラントについては、少なくとも今安全目標を満たしていると考えておりますけれども、数値的にまずこれが確認されているわけではないということなので、実は原子炉等規制法の仕組みの中には、安全性評価、安全性向上評価、F S A Rと我々普段呼んでいるんですけれども、安全性向上評価という仕組みがありまして、これは設置許可を受けて、工事計画認可を受けて、今後、発電所は運転を始めるわけだと思っておりますけれども、例えば、最初に動き始めた川内発電所の例で言えば、川内の1号機というのは新規制基準を経て運転を始めてワンサイクル運転を行って、定期検査もして、また次のサイクルで運転を今始めています。

1月の最初に定期検査が終わって、次のサイクルに入っていますけれども、そうすると、ここから6か月以内に安全性向上評価というのを事業者みずから評価をしたものを提出することになっています。この中にはまさにP R Aを、今の自分のプラントの状況を踏まえたP R Aの結果を出すことになっていますので、これが始めて具体的な数値としてのP R Aの結果が出てくると。そうすると、これが我々が定めた安全目標と、ある種、これは安全目標の議論を余り数値で言い出すとちょっと難しいんですけれども、例えば、オーダーとして見れば、大体その安全目標をクリアしているとかいうことは、少しずつ数値としては見えてくるんだと思います。

ただ、この安全目標というのはなかなか、先生御指摘のように難しい議論ですので、例えば、安全目標というものが、今、例えば、100テラベクレルで10のマイナス6乗と言っていますけれども、それでいいかどうかですね。それが、例えば、社会的な需要との関係で適切な規定と言えるかどうかとかという議論は、恐らくとどまるものではないと思いますので、そういう意味では先生御指摘のように、これはここで1回限りで終わるということではなくて、恐らくこの事業者の安全性向上評価というものも出てきて、それから、さらに事業者のような努力が積み重なって、そうすると、安全目標というものもまた改めて議論をして、別の定め方とかいうものをしていくんだと思いますので、これは安全目標を議論しているけど、我々はスパイラルで、何というか、向上していくようなイメージを書いていたけれども、この議論はずっと続いていくんだろなという意味で、今は定まっていますけれども、これは事業者の取り組み、それから、規制当局の取り組みが合わさって、よりよいものに

なっていければいいなというふうに我々も考えております。

#### ○守田委員

どうもありがとうございます。新規制基準については、世界でも一番厳しい基準だというふうに言われてございますので、ぜひ世界標準となるような安全目標なり、性能目標の考え方をぜひ規制側のほうからぜひ発信をして、今後御検討いただければというふうに思います。よろしく願いいたします。ありがとうございました。

#### ○工藤部会長

私からですが、今の御発言に関連したことで御説明いただきたいのは、バックフィットに関してです。バックフィットするということは、安全を向上させるということに非常に有効であると評価するものです。ここでバックフィットすると書いてございますけれども、例えば、ある何か新しい知見、地層でもいいし、あるいは材料や構造物のことについて得られた場合に、それがああるプラント特有のものであるか、あるいは全てのプラントに共通のものとか、いろいろあると思うんですけれども、そういう知見をバックフィットさせるかさせないかとか、させるプロセスとかいったやり方についての明確な手続なり手法というのは定まっているのでございましょうか。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

ありがとうございます。幾つか論点がございまして、1つは手続的には非常にざっくり言ってしまうと、我々は規制基準という明確な、いわゆる省令というか、委員会規則としての明文化された基準を持っていますので、そこに加えればバックフィットを求めるということになります。ここに加えたものは新しい基準が書きかわるわけですから、あるいは追加されるわけなので、その新しく加わった条文についての適合性を一定期間内に説明をしると、証明をしろというような形でバックフィットを求めるとなると思います。

恐らく先生の質問を聞いて難しいなと思ったのは、その条文に加えるかどうかという判断をどうするかというほうが恐らく難しいのだと思います。世界でもこれだけの原子力発電所が動いているわけですし、日本でもこれだけの動きがあるわけなので、新たな知見はいろいろ出てきます。実際に今でも新規制基準で施行していますけれども、今でも日々いろんな情報が入ってきて、これを新しい基準に入れるのかどうかというような議論をしています。例えば、例として適切かどうか分かりませんが、今議論しているのは、火山灰の影響などについてはまだ議論が継続している部分はございます。もちろん、今は今の基準で適合性



をしっかり確認をして許可を出しておりますけれども、特に火山灰の濃度ですね、もっと濃くなる状況があるんじゃないかと。そういうときに、例えば、ディーゼル発電機のフィルターが耐えられるのかどうかとかいうのは、もっと確認の仕方があるんじゃないかという議論はあります。これは我々としてしっかり規制委員会、規制庁として議論を重ねて、やはり新しい基準として入れようという議論に固まれば条文が書きかわるというようなこと、ちょっとどこが書きかわるかよく分かりませんが、なると思います。

したがって、その議論は、やはり規制委員会の中での議論に尽きるのだと思っていて、余り答えにはなっていないんですけれども、これはやはり規制に入れるかどうかというのはさまざまな情報、知見を踏まえた上で、最後は委員会に御判断をいただくということになるろうと思いますし、そのために必要な、より下部のところでは、我々は炉安審と呼んでいるのは、原子炉安全専門審査委員会というのを持っております、ここは専門家の先生方に入っていていただいておりますけれども、そういうところにも諮って、これはやっぱり新たな知見として加えるべきかどうかというような議論もなされると思いますし、そういう仕組みも使って、最終的には委員会として判断をして、条文に入れば、それがバックフィットされると、こういうような仕組みになっております。

#### ○工藤部会長

規制側からの指示によるバックフィットに限らず、事業者の自主的なバックフィット的な作業もあると思うんですけれども、やはり法規制の形でのバックフィットが重要だと思うので、その辺の、両者のバランスをどうとっていくかということが重要と思うので、ぜひ今後重視していただければと思っております。

片山委員どうぞ。

#### ○片山委員

いろいろと詳しい説明ありがとうございました。先ほどの緊急時対策所のやりとりの中で、プルームが通過するようなときは中に退避したほうがいいというようなことがありましたけど、万が一漏れいした場合の放射性物質の挙動予測といったような技術の位置づけというのはどういうふうになっているか、ちょっと説明いただけますでしょうか。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

今の先生の御質問、格納容器から漏れるときの挙動予測という意味でしょうか。

#### ○片山委員

漏れた後、どう動くかというのも含めてです。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

まず、我々の今説明をさせていただきました事故の挙動ですけれども、このときの放射性物質が出る量というのは、炉の挙動を解析していますけれども、結局、格納容器は、評価上はこの対策を講じることによって、いわゆる破損をせずに守ることができるということの評価結果ではあります。しかしながら、格納容器は守れるんですけれども、やはりその圧力が相当程度高くなってくると、一定程度の割合で出るだろうということで、ある種、放出量は仮定を置いて0.16%/dayという、その率で出てしまうという仮定を置いて評価をしています。それは出てしまう量を評価しているのですけれども、恐らく先生のもし御質問が、その先のどういうふうにならざることを拡散していくかということであるとすると、恐らくその議論そのものは、原子炉等規制法の今の許可のための世界を若干逸脱しておりまして、むしろ、その情報を知りたいのは、周辺の住民の方ではなからうかと。地方自治体の方も含めてですね、ということじゃないかと思います。それについては、我々の今このメンバーではない、別の防災を担当している組織、あるいは内閣府にも防災の組織がありますけれども、そういうところで拡散予測というのはしております。あるいはJAEAかな、規制庁も僕らとはちょっと別のグループですけれども、防災を担当しているグループがその発電所から放射性物質が拡散されたときの放出のシミュレーションというのは御提供させていただいております。典型的な気候、気象状況であるとか、あるいは地形を投入して放出予測をするというのはしております。ちょっとその分野については、私も専門ではないものですから、ちょっと御説明を細かくはできませんけれども、そういう役割の1つとしてそういうことをやっている部局も我々の中にもございます。

#### ○片山委員

基本的にはそういった予測技術というの、どういうふうにご利用しようかというような検討も含めていろいろ話し合いはなされている場所があるということですかね。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

なかなか難しい議論に入っていますけれども、この防災の議論は、私もちょっと正確に申し上げられないところがありますけれども、恐らく一番の要は、まずは自治体の御検討というのは重要だと思います。基本的に自治体が地域防災計画をつくり、避難計画をつくりということになっていますので、その最も情報が必要なのは自治体なのではないかと思っております。

ただ、その原子力というのは、ある種、特殊な事情がございますので、技術的な情報というのは当然お出しをしないと自治体のほうも作業ができないということで、規制庁のほうは防災指針というのもつくらせていただいて、原子力防災の中で特に考慮しなければいけないことというのは提供させていただいています。

それから、規制庁の技術的な情報、それは少しシミュレーションみたいな話も入るんですけども、そういうものと、それから、自治体の橋渡しというのと違うかもしれませんが、それをする作業の舞台としては、内閣府の防災というのがありまして、自治体とも連携をさせていただいて、自治体の防災計画づくりというものが円滑に進むようなサポートでありますとか、あるいは訓練のときの協力でありますとか、そういうものをさせていただいているということで、地方自治体と政府が協力をする体制があるということと、政府の中にも内閣府という組織であるとか、原子力委員会という組織というものがあるって、これらが役割分担をしている状況にあります。

恐らく先生の御質問は、この協力体制のこの辺にどこかに落ちているということじゃないかと思えます。

#### ○片山委員

大体、様子は分かりました。

#### ○工藤部会長

よろしいですか。何かほかに。

では私からもう一点、確認です。先ほどの火山モニタリングについてですけれども、基本的にこういうことの安全確保の責任は事業者にあると、そのために火山のモニタリングをなさいということも分かるんですけれども、火山モニタリングになると、全事業者、全国に共通するわけなんですけれども、事業者任せじゃなしに、一旦起こりましたら電力以外の影響も大きいところから、国として積極的に取り組むべき事項ではないかなと。それで、事業者と国のモニタリングの比較をやると、例えば、放射線なんかはそういう形で見ているわけなんですけれども、こういう体制のほうが、国民の信頼というか、安心感というのは得られるのではないかなと思っているんですけれども、そのようなお考えなり、方針というのは考えられないものなんでしょうか。これは直接の審査に関係した話ではないんですけども、お考えをお聞きしたいのですが。

#### ○原子力規制庁（内藤安全管理調査官）

工藤先生仰るとおりに、これ最終的にどこ、そういう大噴火が起こった場合に誰が影響を受けるのかということを見ると、当然その周辺に住まれている住民の方たち、特にカルデラ噴火なんか九州で起こってしまいますと、縄文のころの規模で考えれば、九州地方ほとんど人が住めなくなってしまうというふうに言われるような規模のものでございます。ですので、当然、国としては先ほど九電も説明していると思いますけれども、国土地理院とか気象庁のほうでそういう観測というのはずっと続けてきていて、国としても注目はしている、火山の状況についてのウォッチは継続的に行っているという形です。

一方で、当然、そこが噴火をしたときに、これって低頻度で影響の大きい事象なわけですがけれども、当然そういうものが起こったときに原子力発電所という、いわゆる核物質を扱っているところで考えたときに、それによってさらに放射性物質を出してしまうリスクということで、さらにリスクを重ねる形になるという状況の中で、当然それは事業者としてそういうことがないようにどういうふうにしていくのかという部分も含めて、今の状況がどうなっているのかということを含めて、事業者としての判断も必要だということでございます。当然、じゃ、規制庁は何するのかと、規制庁は規制機関としてどうするのかという議論だと思いますけれども、その部分については、先ほどあった炉安審の下に今、火山部会というものを設けまして、今日も午後、議論は今しているところでございますけれども、当然、事業者が出しているデータというのは国土地理院とかのデータですので、我々も見られる形になっていて、その中で、当然変化があったのか、なかったのかという事業者の判断というのは年1回必ず報告を受けるという形になっていまして、もう既にワンサイクル運転した川内については、1回報告を受けています。その中で特に有意な変化はなかったということを知っているんですけども、じゃ、有意の変化というものが出たときに、それを有意とするのかどうするのかというところの判断の考え方も含めて、当然、規制庁、規制委員会としても持つておくべきだということで、今、火山部会のほうで先生方の御助言をいただきながら議論を進めているという状況にあります。

#### ○工藤部会長

ぜひ、そういう方向をお願いしたいということですね。

よろしいですか。もうほかに、遠慮なくというか、何かこの際お聞きするのがいいかと思うんですけども。どうぞ。

#### ○守田委員

ちょっと細かい話になるかもしれないんですけども、PWRの場合の炉心重大事故対策の話で1つお伺いしたいんですけども、今日「止める」「冷やす」「閉じ込める」の考え方に沿って規制側がどのようなお考え、事業者さんがどのような対応をとられているのかということを知りやすく説明していただいたんですけども、1つ、蒸気発生器のところで伝熱管が高温ラプチャーした後に、炉心損傷が起こるような場合は、いわゆる格納容器バイパス事象になると思うんですけども、その扱いというのは、PWRの中では、要するに格納容器の閉じ込め機能がきかないシーケンスになると思うんですが、それは審査の中では、そういったシーケンスというのはどのように取り扱われているのか教えていただけますでしょうか。

#### ○工藤部会長

インターフェースLOCAのことですね。

#### ○原子力規制庁（市村安全規制管理官）

今日はこのリストをつけておらないんですけども、事故を評価したシーケンスは、全体で15とかそういう数がありますけれども、その中の一つの事象の中に、先生の言うような、格納容器をバイパスしてしまうような、SGTRのようなものもあるし、あるいはIS-LOCAみたいなものがありますけれども、こういうものは、いずれもその評価の対象としております。基本的な考えは、そのバイパスをしてしまっているラインを隔離することなんですけれども、SGはそのものが特定をできれば、SGチューブラプチャーでも外に出してしまっているSGが特定できれば、それはそこを隔離すればいいし、IS-LOCAの場合もそこが特定できればそこを隔離すればいいですけども、恐らくそれができる場合はいいケースで、それができなければ全体の圧力を下げていくとか、一次系の圧力を下げるためのほかの努力をする、加圧器逃し弁でその圧力を下げるとかいうことで、その外への影響をできるだけ減らしていくということをしないとイケないと思いますけれども、いずれにしろそういう手法を用いてバイパスをされてしまっていることが認知された場合にも、できるだけその影響を下げるということは、そういう手順が組まれているということは確認しております。事故シーケンスとしても評価をしているものでございます。

#### ○守田委員

ということは、閉じ込め機能としてはもう失われてはしまうんですけども、その事故の拡大を緩和するというほうのAM策のほうに行くと、そういう理解なんですか。

**○原子力規制庁（市村安全規制管理官）**

それはそのとおりでございます。そういう意味では、一次系の水がバイパスをして外に出てしまうことによる放射性物質が出るということは、恐らく一定程度は防げないんだと思います。ただ、先ほど非常に厳しい場合には数テラベクレルという話が出ましたが、バイパスをして出てしまう量というのは、とてもそういう量にはなりませんので、一次系の水が仮に出たとしても、それはわずかな放射性物質だと思いますけれども、いずれにしろ、そういう意味では出てしまうことは確かだと思います。ただそれは、そういう場合の手順というのを組まれていて、あるいは設備対策というのは組まれておりますので、できるだけ緩和がなされるということは確認をしております。

**○守田委員**

よく分かりました。ありがとうございました。

**○工藤部会長**

ほかはないようでございますので、それではこれで御説明は終わりということにしてよろしいですか。

どうも御丁寧に御説明いただきましてありがとうございました。

**○工藤部会長**

この残っている4-1-4の部分を、とにかく御説明なり、あるいは質疑までいくか分かりませんが、やろうかという事務局の提案ですが、あとの時間の御都合だけをお聞きしてどうするか決めたいと思いますが、いかがですか。何か、制限があったら時間でとめるということで。もう繰り越すのは別にちっとも構わないので、先生よろしいですか。

それでは、よろしく願います。

では、大変お待たせしましたけれども、やれるところまでやってみようということでよろしく願います。

**○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）**

それでは九州電力の林田でございます。残っておりました4-1-4の資料、「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性について」というところで御説明させていただきます。

**○九州電力（大熊技術本部原子力グループ副長）**

九州電力技術本部の大熊と申します。よろしく願います。資料につきましては、ナン

バー4-1-4で御説明いたします。

まず、1ページ目に目次を書いてございまして、方針、概要から評価の方法、結果という流れでまとめてございます。

3ページをお願いいたします。

3ページのほうには、今回の設置許可基準規則、これの地盤に対する要求事項を整理してございます。設計基準対象施設の地盤につきましては、第3条第1項第1から第3項で規定されてございまして、基準地震動が作用した場合においても十分に支持することができる地盤ということと、あとは変形した場合においても安全機能が損なわれるおそれがない地盤、それと変位が生ずるおそれがない地盤ということになってございます。

斜面につきましては、第4条第4項のところ耐震重要施設について、斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものという規定になってございます。

重大事故等対象施設の地盤につきましては、38条で規定されてございまして、設計基準対象施設と同じ要求事項ということになってございます。

斜面につきましては、39条の第2項で設計基準対象施設と同様の規定となっております。

地盤につきましては、設置許可基準規則の別記1のほうで若干詳細にされてございまして、そちらの要求事項を4ページのほうにまとめてございます。

まず、1のところなんですけれども、接地圧に対する十分な支持力、あと基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、支持性能が確保されていること。あと、「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う不等沈下等の周辺地盤の変状ということと、3番につきましては、「変位」については、将来活動する可能性のある断層の露頭が無いことを確認した地盤ということになってございます。

ページめぐりまして、5ページのほうには審査ガイド、こちらの概要を示してございます。地盤の評価項目としましては、基礎地盤のすべり、支持力、あと基礎底面の傾斜、下の(2)のところ、これらについての要求事項がまとめられておりまして、例えば、地盤のモデル化で御説明しますと、各種調査・試験結果の総合的判断によってモデル化が適切にされていること。あと地盤物性のばらつきを考慮すること等が確認事項ということになってございます。

次の6ページのほうにも基礎地盤の安定性評価に続く確認事項が整理されてございまして、周辺斜面の安定性評価につきましては、崩壊が対象施設に影響を及ぼすおそれがある斜面を選定していること。なお、すべり安全率が1.2以上であることが規定されてございます。

これらの設置許可基準規則及び審査ガイドを踏まえまして、7ページのほうに評価方針をまとめてございます。

基礎地盤につきましては、まず1つとして、活断層の有無ということで、将来も活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認することと、2番につきましては、基礎地盤の安定性としまして、すべり安全率が1.5を上回ること。あと、基礎底面の接地圧が極限支持力度を下回ることと、基礎の傾斜が1/2,000以下であることを確認いたします。

あと、周辺地盤の変状による重要施設への影響としまして、地震発生に伴いまして、不等沈下、液状化、揺すり込み等の影響がないことを確認するということと、地殻変動による基礎地盤の傾斜、撓みの影響がないことを確認いたします。

周辺斜面につきましては、想定すべり線における安全率が1.2を上回るということを確認するという評価方針としてございます。

8ページのほうには、設計基準対象施設上の対象施設の位置図を示してございまして、続く9ページのほうが重大事故等対処施設の位置図となっております。

次の地質の概要でございしますが、11ページお願いいたします。

11ページに評価結果の一つを示してございまして、この図から地質調査の結果、敷地内及び敷地近傍には将来活動する可能性のある断層等が分布していないということを確認してございます。

次に、敷地内の地質の概要について御説明します。

12ページが敷地の全体の平面図をあらわしておりまして、黒い丸と青い丸、こちらのほうが地質調査をしたボーリングの位置図となっております。

これらの結果をもとに、13ページのほうに、原子炉格納容器を設置しています標高EL-15mの地質水平断面図を示してございます。基礎地盤を構成するのが佐世保層群なんですけれども、こちらの佐世保層群につきましては、おおむねN20°~60°Eと、20°~40°のNWの走向・傾斜を示す同斜構造を成してございます。

佐世保層群につきましては、主に砂岩・頁岩から構成されておりまして、佐世保層群の地層の傾斜にほぼ直交し珩岩が岩脈上に貫入している部分がところどころに存在するというよ



うな地質構造でございます。

続きまして、14ページのほうが、これらの敷地の同じEL-15mの水平断面図なんですけれども、こちらは岩級区分を示してございまして、水色の部分が㊤級岩盤ということで、一番固いグレードの岩盤ということで、㊤級を主体とした硬質な岩盤が広く分布しているということが確認できます。

ページめくりまして、15ページのほうなんですけれども、今御説明したのが水平断面の話でございまして、今度は地質の鉛直断面図を御説明いたします。

断面図の位置が15ページに示されてございまして、3号を通るY<sub>3</sub>断面、4号を通るY<sub>4</sub>断面と、3号、4号を通るX<sub>34</sub>断面というところで整理をしております。

16ページのほうが3号断面になってございまして、佐世保層群が広く分布してございまして、全体的に同斜構造を示しているということが分かります。

次の17ページのほうが、4号のY断面でございまして、こちらも3号のY<sub>3</sub>断面と同様の同斜構造を示してございます。

18ページのほうが、その3号断面、4号断面と直交するX断面なんですけれども、こちらにつきましても、同じように佐世保層群が分布してございまして、玢岩がところどころ貫入しているというような地質状況でございまして。

次に、評価対象断面なんですけれども、20ページをお願いいたします。

今御説明しました地質断面図、こちらのほうを今回評価対象断面としてございまして、Y<sub>3</sub>とY<sub>4</sub>とX<sub>34</sub>の断面を評価してございます。

次の21ページのほうが、これらの重要施設に対する周辺の斜面の評価の概要になってございます。対象施設の周辺には紙面上左下と右上に小さな斜面が存在いたします。これらの斜面につきまして、文献等に基づく斜面崩壊に伴う土砂の到達距離、これらを考慮しますと、対象施設とは十分な離隔距離を有するということが判断できましたため、安定性評価を行う対象とすべき斜面は存在しないというふうに整理をしております。

次に、地盤の解析のほうに話を進めまして、23ページのほうをお願いします。

先ほどY<sub>3</sub>、Y<sub>4</sub>、X<sub>34</sub>断面につきまして地質断面図をお示ししましたけれども、23ページ以降が岩盤分類図に基づく断面図となっております。EL-15mの水平断面で硬質な岩盤が広がっていると御説明しましたけれども、鉛直方向につきましても同じような硬質な岩盤が広く分布しているということが分かります。

24 ページが 4 号の断面でございます。

25 ページが 3 号と 4 号の通し断面の X<sub>34</sub> 断面となっております。

26 ページには解析用物性値の一覧を示してございまして、それぞれの岩種、岩級ごとに物性値を設定してございまして、これらの物性値につきましては、各種試験結果等をもとに設定をしてございます。

27 ページは岩盤の物性値をとったところでございまして、基本的には現位置の岩盤せん断試験、岩盤変形試験等により設定をしてございます。

次の 28 ページなんですけれども、こちらにつきましては速度構造を調査するために、28 ページの図に示しています青枠で示したボーリング孔において P S 検層を実施してございます。

その P S 検層の結果をもとに設定しましたのが 29 ページでございまして、左上が 3 号断面、右上が 4 号断面、左下が 3、4 号通し断面となっております。

P S 検層の結果と地質構造に基づきまして、基礎地盤の速度構造を①から④速度層に区分してございます。②速度層と③速度層、V<sub>s</sub> でいいますと 1.44 km/s と 1.80 km/s なんですけれども、速度層に顕著な差が認められないということから、速度構造としてはおおむね水平と判断してございます。

原子炉格納容器及び周辺建屋等につきましては、V<sub>s</sub> = 1.44 km/s 程度の②速度層の硬質な岩盤上に設置されているということが確認できます。

次、30 ページにつきましては、地盤物性のばらつきの考慮についてまとめてございます。

解析用物性値につきましては、各種試験における平均値を使用してございます。ただし、調査及び試験に含まれる不確かさ、あと地盤の不均質さ等を考慮しまして、すべり安全率に支配的である強度特性について、そのばらつきを考慮した評価も実施してございます。

ばらつきの考え方につきましては、この 30 ページに示してございます 2 つの文献を主に参考としまして、岩盤の強度特性に関するばらつきを考慮し、ばらつきとしましては代表値 - 1σ で考慮しているということになってございます。

続きまして、31 ページ以降が評価の方法をまとめてございます。

32 ページには、基礎地盤のすべりと支持力と傾斜についての概要をまとめてございまして、すべりにつきましては、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和とすべり線上のせん断力の和で除して求めたすべり安全率、これが評価基準値 1.

5を上回ることを確認してございます。

②番の支持力につきましては、地震応答解析から求まる最大接地圧、これが岩盤の極限支持力を下回ることを確認してございます。

③番の基礎底面の傾斜につきましては、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の基礎のそれぞれの鉛直方向の変位の差を基礎底面幅で除して算定した傾斜、これが評価基準値の目安である $1/2,000$ を下回ることを確認してございます。

続きまして、33ページのほうにすべり線の選定のイメージを記載してございます。左上の図で示してありますが、基礎底面沿いのすべり線、こちらをまず1つ考慮するということ、右側につきましては断層・シーム、これらを通すすべり線を設定してございます。断層すべり線につきましては、表層に抜けるすべり線で岩盤内を通る線がございましたけれども、そこにつきましては、岩盤部の局所安全率や応力状態等を考慮して設定してございます。それらを複合させたすべり線やいろんな地表に抜ける角度を振ったりとかいろんなケースを想定してすべり線を選定してございます。

34ページには全体の評価フローを示してございます。

地盤の評価につきましては、2次元動的FEMによる地震応答解析により評価を行ってございます。

地震応答解析につきましては、周波数応答解析としまして、等価線形化法により断層・シームと埋戻土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存を考慮してございます。

フローにつきましては、まず静的解析により常時応力を求めまして、あと地震時荷重としまして、基準地震動からFEMへの入力地震動を作成しまして、それを入力して地震応答解析を行います。地震時増分と常時応力を加えまして、すべりと基礎底面の支持力を計算すると。あと、地震応答解析から求まる変位につきましては、基礎底面両端の傾斜を評価するという流れとなっております。

続きまして、35ページ以降が解析の条件を整理してございまして、地下水の設定につきましては、保守的に地表面、あるいは建屋基礎上端に設定してございます。

境界条件は、動的解析では、側方をエネルギー伝達、底面を粘性境界としてエネルギー逸散を考慮してございます。

36ページは静的解析についての説明をしてございまして、静的解析では、施工過程を踏まえてステップ解析を行っているということを整理してございます。

37ページにつきましては、断層のモデル化についてなんですけれども、基本的にはボーリングで確認できるところまでは解析上は断層を延ばす。あと、先のほうに断層がある場合には、それを繋いで保守的な評価になるように延長させるという内容になってございまして、38ページのほうに実際の断層の分布が上にありますけれども、解析上は保守的な評価となるように、下のよう断層をつないで評価を行っているという内容でございまして。

39ページは、地盤のモデル領域について御説明した資料でございまして、基本的には境界の影響を受けないように全体をJ E A Gに基づいて解析領域を確保しているということと、地盤のモデル化につきましては、平面ひずみ要素でモデル化しまして、要素の高さは最大周波数20HzとVsより求まる最大要素高さを上回らないように設定してございまして。

断層のモデル化につきましては、ジョイント要素でモデル化しまして、ばね定数 $K_s$ 、 $K_n$ は表記の式で与えることにしてございまして、層厚についても考慮しているということになってございまして。

40ページが3号の $Y_3$ 断面の解析用要素分割図を示してございまして、41ページが4号断面の $Y_4$ 断面。42ページが3、4号通し断面の $X_{3,4}$ 断面の解析用要素分割図を示しています。

43ページ、44ページが評価に用いた地震動なんですけれども、こちらについては基準地震動の $S_s - 1$ から $S_s - 5$ 全てを考慮するという内容にしてございまして、地震動につきましては位相の反転も考慮しているという評価内容になってございまして。

45ページまで地震動が続きます。46ページが実際にFEMモデルの中に入れる入力地震動なんですけれども、入力地震動につきましては基準地震動が解放基盤表面のEL-15メートルで定義されていますので、解析モデルがEL-215メートルまでモデル化してございまして。そちらのほうに次元波動論にて引き戻しているということを記載してございまして、あと、入力地震動としましては水平と鉛直、これらを同時に解析モデルに作用させると、同時加振をしているということにございまして。

48ページ以降が、この地震応答解析の結果を示してございまして、見開き49ページと50ページのほうに3号断面の $Y_3$ 断面のすべりの結果を示してございまして。

49ページ、50ページで、すべり線番号1から5まで表示してございまして。この表の見方なんですけれども、一番左の列につきましては、すべり線番号とその断層の設定タイプを記載してございまして、2列目が実際の想定したすべり線と、あと、その横がすべり安全率

で、例えば1番の上でいきますと $S_{s-1}$ の(正、正)というのがそのままの地震動で、(逆、正)と書いていますのが水平動を逆位相にしたということと、その下の(正、逆)というのは鉛直動を位相反転させたという結果を示してございます。

この49ページ、50ページで見ますと、一番最小となる安全率が、すべり線番号の2番の $S_{s-1}$ の水平、鉛直、逆位相の場合の計算ケースでございまして、安全率としましては4.0、括弧に記載している、同じ4.0の数字があるんですけども、こちらは応力再配分を実施した場合の安全率でございまして、安全率自体に変化はございませんので、基本的に応力再配分をしましても進行性破壊がないということが確認できています。

一番右のほうに「強度 $-1\sigma$ 」と書いていますけれども、こちらのほうが物性のばらつきを考慮したケースでございまして、このときの安全率が2.8ということになってございます。

すみません、ちょっと説明が抜けたんですけども、今回、この5つのすべり線をお示ししてございますけれども、これ以外にいろんなケースですべり線は設定して計算評価してございまして、その中で一番安全率の低いものについて、ここで表示をしてございます。

続きまして、51ページと52ページのほうが4号断面の $Y_4$ 断面でございまして、こちらの最小すべり安全率が、すべり線番号の2番の $S_{s-1}$ で2.42、応力再配分の結果が2.7、「強度 $-1\sigma$ 」が1.8ということで、評価基準1.5を上回るということが確認できています。

53ページ、54ページが3、4号通し断面の結果でございまして、こちらも最小安全率がすべり線番号3番の $S_{s-4}$ の2.7、「強度 $-1\sigma$ 」で2.2ということで、1.5を上回ることが確認できています。

次の55ページのほうは、支持力について整理をしてございます。

こちら3号炉と4号炉で分けて記載してございまして、3号炉はそれぞれ3号の断面と、3、4号断面の値を示してございます。この中で最大の接地圧をとりますのが、3号炉の3、4号通し断面の $X_{34}$ 断面でございまして、 $S_{s-4}$ で $1.98\text{N/mm}^2$ ということで、この支持地盤の極限支持力は $13.7\text{N/mm}^2$ でございますので、大きく下回るということを確認してございます。

次の56ページのほうが基礎底面の傾斜でございまして、こちらにつきましては4号炉の $Y_{34}$ 断面の $S_{s-4}$ で、相対変位でいきますと5.5mmと。傾斜でいきますと1万4,000

0分の1ということで、1/2,000を大きく下回るということを確認してございます。

58ページのほうには、周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価のうち、周辺地盤の変状による影響について整理をしてございます。

原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋以外の対象施設につきましても、基本的に直接またはマンメイドロックを介して岩着させていますので、不等沈下、液状化、揺すり込み等の沈下等の影響はないというふうに整理してございます。

こちらが、右側に大容量空冷式発電機エリア基礎の断面図から、燃料油貯蔵タンクの断面図を示してございまして、59ページのほうが非常用取水設備の取水ピット及び海水管ダクトの岩着の図を示してございます。

60ページのほうが取水口、取水管路を示してございます。

61ページのほうに地殻変動の影響について整理をしてございます。

当該地点は、敷地内、敷地近傍には活断層が分布していませんので、顕著な地殻変動や影響を受けるということはないと思いますけれども、確認のために、地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜について、敷地近傍の活断層としてS<sub>s</sub>-2及びS<sub>s</sub>-3を定義する城山南断層及び竹木場断層を対象に検討を実施してございます。

地震発生に伴う地殻変動による地盤変動量は、半無限成層地盤に生じる変位量を弾性条件で求めるWang et alの手法を用いて算出してございまして、その算出結果が下の表の①番の数値になってございます。

それと、先ほど御説明しました基準地震動による最大傾斜、これを②番に整理してございまして、保守的に単純にそれらを足し合わせて、地殻変動による傾斜を算出したということで、最大の傾斜となりますのが1万7,000分の1ということで、評価基準値の2,000分の1を大きく下回るということを確認してございます。

以上で、63ページにまとめを記載してございまして、発電所の中には将来も活動する可能性のある断層が存在しないこと。あと、すべり、接地圧、傾斜について評価基準値を満足することと、評価対象となる斜面が存在しないということ。あと、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響はないこと。あと、地殻変動の傾斜の影響についても評価基準値を満足しているということで、基礎地盤及び周辺斜面の安定性が十分に確保できているというふうに考えてございます。

64ページ以降に参考資料を記載してございますけれども、基本的に敷地全体が同斜構造でござ

ございますので、原子炉周辺の3号断面、4号断面、3、4号断面で代表して我々評価をして  
ございますけれども、緊急時対策棟と代替緊急時対策所につきましては、原子炉周辺から若  
干離れているということで、これらにつきましても全て評価を行ってございまして、全て評  
価基準値を満足するということを確認しておりますので、御説明としましてはちょっと割愛  
させていただきます。

以上で御説明を終わります。

#### ○工藤部会長

ありがとうございました。

それでは、ただいまのことについての、関係委員から御質問があるかと思いますが。ど  
うぞ。

#### ○井嶋委員

私はあんまり地盤のほうの動的解析は経験がないのですが、ちょっとお聞きします。

この解析は本質的に、減衰を考慮しても線形解析になりますよね。地盤の弾性定数は一定  
であるということですよ。

#### ○九州電力（大熊技術本部原子カグループ副長）

仰るとおり等価線形化法ですので、基本的に剛性は、時刻歴解析の時間中は同じ剛性です。

#### ○井嶋委員

分かりました。安全率が1.5を超えるということであり、最低でも2.42ですから、す  
べりに関してはほぼ安全だと評価できると思います。

それからあと、この傾斜が2,000分の1よりも下であるということは、地盤が振動し  
ている間の最大傾斜という意味ですね。

#### ○九州電力（大熊技術本部原子カグループ副長）

仰るとおりです。

#### ○井嶋委員

最低でも安全率が2.42くらいで、十分に安全ですけれども、もし、地盤が滑った場合  
には、原子炉格納容器の建屋そのものはどの程度ぐらい傾いても大丈夫なのか、ちょっとそ  
れをお聞きしたいと思います。

#### ○九州電力（大熊技術本部原子カグループ副長）

この傾斜の評価基準値の目安というのが、施設の中にはいろんな動的機器が、動的な機能

を持つ機器が内包されていて、その機器が正常に動くのが2,000分の1ということで、そっちのクライテリアで評価のほうは決まってしまうというのが現状です。

**○井嶋委員**

それでは、2,000分の1というのは何かほかの、例えば建築基準法によるとかというのではなくて、建屋内の機器が正常に動くためということですか。

**○九州電力（大熊技術本部原子力グループ副長）**

そうですね、それで評価基準値は決まっていると。

**○井嶋委員**

どの程度傾いても安全なのか、例えば原子力潜水艦は大きく傾斜しますよね。

**○九州電力（村山原子力工事グループ長）**

今ちょっと正常に動く範囲というのは言い過ぎでございまして、物を据付ける基準、要は機械を設置するときの設計として、据付ける基準としてそこを使っているというだけであって、動作範囲を確認したものではございません。当然、動作範囲というものを考えますと、もっと大きいところになるかもしれませんが、そういうのを検証したものはございませんで、我々が機械を設置するとき、据えつけるときにこの範囲内で設置していますというのが、管理基準みたいなものになってございます。だから、動作性能の基準ではちょっとないかなと。

**○工藤部会長**

これについて、守田先生が前、非常に大きな地震があったときにも機器が正常に動くかどうかということを確認できるのかというふうな質問があったように思うんですけど、あれと関係しますね。

**○守田委員**

そうですね。

**○工藤部会長**

今のお答えに関係しているような感じがするんですけどもね。どうぞ。

**○竹中委員**

最後の61ページの地盤の変状及び地殻変動による影響評価のところです。計算結果は、あまり大きくないということは、これで私も納得しました。ただ、地震動のほうの評価ですが、モデルの下から入れられるのは加速度波形ですか。何を入れられているのですか。変位



波形でしょうか。震動による最大傾斜を評価される場所では、入力地震動を（モデルの）下から入れられているのですよね。これは加速度記録を入れられているのですか。

○九州電力（大熊技術本部原子力グループ副長）

加速度の時刻歴です。

○竹中委員

それに対して、地殻変動というのは周波数がゼロの変位ですが、その傾斜を使われていますね。普通に、例えば、波数積分法などで地震動を計算して、変位にしたらよく分かるのですが、地震動には遠地項と近地項、中間項とありまして、通常、皆さんがP波とかS波とか仰っているのは遠地項です。御存じだと思いますが、その（遠地項の）他に、中間項があって、それから、近地項がありまして、近地項はP波とS波の間にあるのですけれども、それがそのまま地殻変動（永久変位）に（つながって）行くのですね。要は地殻変動までの時間変化の部分が近地項です。通常、地震動をそのままダイレクトに計算されますと地殻変動まで出てきます。私が確認したかったのは、（地殻変動が）ダブルカウントになっていないのだろうなということです。加速度で入力されていて、なおかつ、基準地震動には変位が顕著になるような長周期は入っていないという御説明ですので、多分（地殻変動を含む）近地項に当たるものは入っていないというふうに理解しました。先の熊本地震（の断層近傍の被害）では近地項の存在が問題になったという経緯があるのですけれども、傾斜を考えると、ただ地殻変動、すなわち周波数ゼロの変位だけを考えるのではなくて、途中の周期の長い変位の部分（近地項）は考えなくていいのでしょうか。それは、2,000分の1までいかないとは思いますが、この評価されている、地殻変動プラス地震動という、このロジックが波動論的にはあまり正しくないような気がして、今のお話をしました。

○九州電力（大熊技術本部原子力グループ副長）

先生が仰るダブルカウントというのは。

○竹中委員

地震動がもし、例えば、波数積分法などで変位で出されているとしますと、地殻変動まで入っています。よく久田さんはリングステップと仰っていますけれども、それがちょうど地殻変動の部分です。要は波数積分法で地殻変動まで計算できるのです。ゼロヘルツの部分がそうです。にもかかわらず、ここでまたWangさんの方法で地殻変動を計算されていますので、それで地震動をどうされたのですかと伺いました。ここで評価されている地震動に

は、長周期の部分がないので、ダブルカウントにはなっていないだろうということは分かりました。ただ、実際には地殻変動（永久変位）まで至る長周期の変位の成分もあるのに、それがここでは無視されています。例えば、4号なんかはそれでもうすこし大きくなるだろうということが予想できます。途中の長周期の部分（永久変位に至るまでの時間的に変化する変位成分）がありますから。そのため、急にゼロヘルツの変位である地殻変動だけぽっと入れられているのが、私には不思議だなという気持ちがあります。

地震が起きている間の最大傾斜の評価として、地殻変動プラス地震動、そういうやり方があるのかもしれないですけど。

#### ○九州電力（赤司技術本部原子カグループ長）

先生、御理解されているとおり、ここでは加速度ベースで地殻変動も計算しておりますので、まさに波数積分法で、直接、解として出てくるような長周期成分による変位というのは確かに入ってございません。ただ、ちょっと、もちろんそういう検討も必要かと思えますし、ただ、また先生仰いましたとおり、これが2,000分の1に迫るような桁になるかという多分そうじゃないと思うんですけども、この場の計算といたしましては、例えば、この地殻変動を出すに当たりまして、まさに鉛直方向の変位を対象としていますので、実際問題としては、この活断層の成分としては横ずれなんですけれども、これを縦ずれという条件でやってみるということで、かなり保守的な条件を持たせて計算をしておりますので、あとはちょっとスタディの中で長周期の成分を放り込んでみるとどうなるかという確認は必要かと思えますけれども、大きく安全性に影響を及ぼすようなものにはならないかなというふうには考えてございます。

#### ○竹中委員

ここではなくて、またほかに、もしそういうことが重要になることがあれば、こういうロジックだと多分まずいと思って、コメントしました。

#### ○井嶋委員

ちょっとよろしいですか。35ページの動的解析時の図ですね。半無限地盤上に基礎地盤が置かれています。ここに書いてある図の粘性境界は、地表面で反射した波を全部吸収することになります。エネルギーの逸散を考慮するというで書かれているのかどうなのかなと思ってお聞きします。半無限地盤と基礎地盤の境界は、 $V_s$ が大きく変わるところですよ。この境界で跳ね返りがあってから、上層内に閉じこもる部分の振動が起こるのではない

かなと思います。

**○九州電力（大熊原子力グループ副長）**

基本的にこれはエレベーションで言うとマイナス215mまで地盤をモデル化しています。もう硬質な岩盤で、速度層の図を29ページに記載していますけれども、基本的に③速度層以降は基本的に硬質な岩盤となっていますので、基本的には、この③、②ですね、ここあと表層の境界での反射はあります。その反射については、基本的には考慮されていると。下の半無限地盤につきましては、もう完全に硬質ですので、逸散減衰の評価としています。

**○工藤部会長**

御質問、よろしいですか。

それでは、これで4-1-4の御説明を終了したいということで、どうもありがとうございました。

**○事務局（諸岡原子力安全対策課長）**

それでは、委員の皆様方におかれましては、本日も長時間にわたり御議論……

**○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）**

すみません、ちょっと1点だけ、九州電力から。

先ほど1つだけ訂正をさせていただきたいと思っております。スロッシング、内部溢水のところで井嶋先生から、SFPのスロッシングの件でお尋ねがありまして、回答した中で、2～5Hzというふうに申し上げましたが、実はこれは2～5秒というほうの間違いでした。単位を間違っておりましたので、訂正させていただきます。どうも失礼いたしました。

**○事務局（諸岡原子力安全対策課長）**

それでは、本日の会議はこれで終了ということでございます。

次回、第5回の会合ですけれども、2月11日の午後を予定しております。時間やその内容については、後ほど御案内いたしたいと思っておりますので、よろしく申し上げます。

それでは、これもちまして、第4回佐賀県原子力安全専門部会を閉会いたします。ありがとうございました。