

第3回佐賀県原子力安全専門部会 議事録

日時：平成29年1月19日（木曜日）9時30分～13時30分

会場：グランデはがくれ 2階 フラワーホールA・B

○事務局（諸岡原子力安全対策課長）

それでは、ただ今から第3回佐賀県原子力安全専門部会を開催いたします。

私、事務局の佐賀県原子力安全対策課長、諸岡でございます。よろしくお願いいたします。

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

皆様おはようございます。昨日の現地視察に続きまして、また今日は朝早くから委員の先生方御出席いただきまして、本当にお疲れさまでございます。ありがとうございます。

昨日現場を見ていただきました。それに加えまして、今日は第3回ということで次第にも書いてございますけれども、第1回に続きまして、3、4号機の新規制基準の適合性審査のうち、地震関係、津波、火山関係、竜巻、溢水、火災関係等々自然災害に関する説明を予定させていただいております。また、それに先立ちまして、第1回の会合での質疑に関する補足説明も九州電力さんのほうにお願いをしているところでございます。

御案内のように、昨日、規制委員会のほうから適合性審査の結果が公表されたところでございますけれども、そういうことも踏まえまして、今後、私どもが設置変更許可の内容を理解するために委員の皆様方からの専門的、技術的なアドバイスをいただくということで、この会議は進めていっておりますので、ぜひともまたよろしく御審議をお願いしたいと思います。

最後になりますけれども、委員の先生方、本日も前回、昨日に引き続き、活発な議論、御質疑を頂ますようお願い申し上げまして、非常に簡単で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。今日は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）

それでは、配付資料の確認を最初にさせていただきたいと思います。

一番上に専門部会の今日の次第があるかと思います。それから、配席図、それから、説明用資料としましては、右肩の資料番号で申し上げますけれども、3-1、3-2-1、3-

2-2、3-2-3、3-2-4、3-2-5、3-2-6、3-2-7、3-2-8、以上でございます。過不足等ございませんでしょうか。

あと、お手元のほうに補足説明資料という冊子を置いております。これにつきましては、説明で最初から使うというものではありませんけれども、質疑の中で使うかもしれないということで用意しております。

それと、先生方のところにDVDのメディアを置かせていただいておりますけれども、これは昨日、原子力規制委員会のほうから出されました玄海3、4号機についての審査結果をまとめた審査書でございます。紙資料につきましては、後ほどまた先生方にお送りさせていただき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、これから議題に入りますけれども、前回同様、発言のほうについてはマイクを御使用いただきますようお願いいたします。

それでは、部会長の工藤先生、よろしく申し上げます。

○工藤部会長

おはようございます。昨日に引き続いてでございますけれども、どうぞよろしくお願いいたします。

早速、議題に入らせていただきますが、第1回専門部会会合に関する補足説明についてということで九州電力さんから御説明があるということですので、よろしく申し上げます。

○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。座って説明させていただきます。

先日の第1回の原子力安全専門部会の会合の中で、シビアアクシデントの事故シーケンスのうちの過圧破損を例にとりまして御説明をさせていただいております。この中で幾つか御質問がありましたので、それについて御説明するとともに、前回、時間の都合、関係もありまして、なかなか十分説明できていなかった部分がありますので、本日は資料を準備いたしまして、御説明したいと考えております。資料につきましては、御紹介のありました3-1の資料でございます。その後も3-2-1からずっと大量の資料ですので、説明につきましては、できるだけ簡潔に効率よく説明をさせていただきたいと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

まず、資料につきましては、3-1の資料をまず補足なんですけれども、1ページをあげさせていただきますと、9つのテーマについて補足説明をさせていただきます。

事故シーケンス①、②というところでは、この前のお話の中で御説明ができていなかった分、それと補足で説明をさせていただきたい部分も含めて⑨番までありますので、早速中身のほうの説明をさせていただきたいと思います。

○九州電力（梶原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梶原でございます。

資料について、3-1の2ページをお願いいたします。

事故シーケンスごとの生起確率でございますが、今回の設置変更許可申請におきましては、新規規制基準に基づきまして、炉心損傷頻度を評価するレベル1 PRAと、格納容器の機能損傷頻度を評価するレベル1.5 PRAというものを実施してございます。これについて、我々としては放出放射能に評価するものをレベル2 PRAと、ちょっと資料の下のほうに略の意味を書かさせていただいているんですが、これについては今回実施してございません。

また、そのレベル1 PRAにつきましては、運転中を対象に内部事象、地震、津波を対象としたPRA、また、これとまた停止中のPRAというものも実施してございます。また、レベル1.5 PRAにつきましては、運転中の内部事象を対象に評価を実施してございます。評価結果でございますが、この3ページにレベル1 PRAとレベル1.5 PRAの評価結果をパイチャートで表しています。こういったものをあわせてちょっとごらんいただきたいんですが、ちょっと先日、前回申し上げましたように設計基準事項対象設備のみを対象としたPRAでございまして、レベル1 PRAにつきましては、原子炉補機冷却水喪失時にRCPシールLOCAが発生して炉心損傷に至るという確率が9割を占めていると。また、レベル1.5 PRAでございまして、これも過圧破損モードでございますδモード。水蒸気や非凝縮性ガスの蓄積による格納容器の破損確率が9割を占めているという結果となっております。

4ページをお願いいたします。

表1にレベル1のPRAの結果を、事故シーケンスグループの炉心損傷頻度としてお示ししているものでございます。

5ページをお願いいたします。

表2にレベル1.5 PRAの結果を格納容器の破損モード別の格納容器の機能喪失頻度として表示しているものでございます。

評価については以上でございます。

引き続き、6ページをお願いいたします。

セシウム137の放出量評価の事象選定についてでございます。

セシウム137の放出量評価につきましては、確率の観点ではなく、放出放射エネルギーが多くなる事象を選定してございます。選定の観点でございますが、まずは炉心が溶融する事象を対象としてございます。

また、次、格納容器のスプレイ設備の状況でございますが、これが作動しないほうがセシウムは除去されにくくなるということと、格納容器の漏えいの観点から、格納容器の内圧が高く維持されるため、格納容器スプレイに失敗している事象は厳しいと考えてございます。

また、炉心溶融が早く、アンユラス空気浄化設備のフィルターによる除去効果が有効になる前にセシウム137が放出される事象が放出量の観点から厳しくなるというふうに考えてございます。

以上の観点から、格納容器の過圧破損、大破断LOCA時に低圧注入系、高圧注入系、格納容器スプレイ機能が喪失する事故が最も放出量が多くなると考えられることから、これをセシウム137の放出量評価で想定する事象というものとして選定しているものでございます。

7ページをお願いいたします。

想定外の地震や津波によって、例えば、配管が破損したらどのようなことになるかについてでございます。

設計を超える地震によりまして、複数の一次冷却材配管が同時に破損し、大破断LOCAを上回るような規模のLOCA、我々はエクセスLOCAと呼んでございますが、これが発生した場合の評価を行ってございます。

下側の図に高温側配管の全損、すなわち4ループ分の配管が全て破損した場合の結果を示しているものでございます。

図1が格納容器の圧力、図2がベースマットの侵食深さの推移をお示ししてございます。

実線が大破断LOCAで、破線がエクセスLOCAの結果でございますが、この結果、両者に優位の差はなく、常設電動注入ポンプによる代替格納容器スプレイ、また、格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流によりまして、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ございます。

8ページをお願いいたします。

セシウム137の放出におけるほう酸の影響についてでございます。

セシウム137の放出量評価におきましては、保守的な条件、例えば、炉内蓄積量を評価するに当たりまして、炉心の熱出力に定常誤差を考慮した上限値を設定していること。また、放出量の観点からは、格納容器の漏えい率に余裕を見込んだ条件、図1に格納容器の内圧に応じた格納容器からの漏えい率を赤線でお示ししてございます。これを上回る評価用の使用値、黒い線でお示ししておりますが、これを設定して評価してございまして、結果に対して十分な保守性を有しているというふうに考えてございますので、ほう酸の影響については考慮していないというものでございます。

9ページをお願いいたします。

格納容器過圧破損において、静的触媒式水素再結合器、いわゆるPARと呼んでいるもの、また、及び電気式水素燃焼装置、イグナイタというものがございまして、この効果を期待していない根拠でございます。

格納容器過圧破損、大LOCA時に低圧注入機能、高圧注入機能、格納容器スプレイ機能が喪失する事故におきましては、原子炉格納容器の圧力上昇、温度上昇を抑制する観点から、常設電動注入ポンプによる代替格納容器スプレイ、格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却に期待した評価を行っております。

評価の結果ですが、図1の実線が格納容器の全圧、破線のうち横軸に平行になっているものがございまして、これが水素の分圧の表でございまして、格納容器内の水素分圧は0.01メガパスカル程度でございまして、全圧0.5メガパスカルに比べて十分小さいということが明らかとなっております。解析では圧力評価は厳しくなるようにPAR及びイグナイタの作動について期待してございませませんが、別途、PARによる発熱について評価してございまして、この結果、そのPARによる発熱量というものは崩壊熱の2%程度でございまして、原子炉格納容器圧力に与える影響は小さいことが明らかになっているものでございます。

次に、10ページをお願いいたします。

重大事故等対策の作業の時間と被ばく線量の関係についてでございます。

重大事故等対策の作業の成立性を確認するため、作業者の被ばく線量評価を実施してございます。

評価としては、炉心溶融が早く、事象の進展において格納容器の圧力が高く推移して、放出放射エネルギーが多くなる格納容器の過圧破損を対象として、3、4号炉が同時に被災している

場合を仮定してございます。

対象の作業といたしましては、作業に要する時間などを考慮いたしまして、昨日現場で御視察いただきました復水タンクへの給水確保、また移動式大容量ポンプ車の配備を対象としてございます。

具体的にその線量評価点は、11ページの図をごらんいただきたいと思っております。

ちょっと10ページにまた戻らせていただきますが、評価の内容でございますが、格納容器からの直接線、スカイシャイン線による被ばく、大気中へ放出された放射性物質による外部被ばく、大気中へ放出された放射性物質による内部被ばく、大気中へ放出された放射性物質の地上沈着、これによる外部被ばくを考慮してございます。

その結果、表1のとおりでございますが、3号、4号炉において同時に事故が発生した場合についても、いずれも100ミリシーベルトを下回ってございまして、基準を満足しているというものを確認しているものでございます。

次に、12ページをお願いいたします。

電気式水素燃焼装置（イグナイタ）による水素処理についてでございます。

格納容器破損防止対策といたしまして整備いたしましたイグナイタにつきましては、水素濃度の評価の観点で厳しくなります「大破断LOCA時に低圧注入機能及び高圧注入機能が喪失する事故」というものを対象としてございます。すなわち水蒸気を凝縮させ、水素濃度が高くなるようCVスプレイには成功している事故を対象としてございます。このときの水素発生量としては、全ジルコニウム量の75%が水と反応して水素が発生することがベースとなっておりますが、これに加えましてこの評価では、溶融炉心の広がりや不確かさを考慮した場合の溶融炉心とコンクリートが反応する作用、MCCIと呼んでございますが、これによって発生する水素を加えてございます。

図1に水素濃度の挙動を示してございますが、実線がMCCIの追加水素なしの場合、破線がMCCIの追加水素がある場合でございまして、イグナイタの効果に期待するというものの結果でございます。

この結果、イグナイタによる水素処理に期待することによりまして、原子炉格納容器内の水素濃度は最大でも約9.5%となり、13%を下回ってございまして、確認しているものでございます。

ここで説明者を交代いたします。

○九州電力（木元玄海原子力発電所技術第一課長）

九州電力の玄海原子力発電所の木元です。

13ページの説明をさせていただきます。

質問事項がございまして、湿潤火山灰や粘土の高い火山灰における、ホイールローダ等での除去についてということで、前回の説明の補足をさせていただきます。

火山灰の除去につきましては、実際に火山灰を用いて検証試験を行っておりまして、乾燥状態と雨天時を考慮した湿潤状態、いずれの場合もホイールローダにより除去できるということを確認しております。

下のほうは写真ですけれども、下の試験条件ですね、15cmの火山灰を道路上に蓄積しまして、それで乾燥状態と散水による湿潤状態をそれぞれ模擬しまして、ホイールローダによる火山灰の除去を検証しております。

15cmと言いましたが、玄海で想定しております火山灰の層厚は10cmでございます。乾燥状態、湿潤状態いずれにおきましても、除去できることを確認し、その後、車両の移動ができることも確認しております。

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）

引き続きまして、9番でございますが、九州電力発電本部、原子力電気計装グループの秋吉と言います。よろしくお願いたします。

熔融物質が原子炉下部キャビティに落下している状況での水位計の機能についてということで、これは前回、水位計がどういうものかというのは口頭で少し御説明させていただいてございますが、実際にどのようなものというのを、ちょっと補足説明させていただきたいと思ひまして記載してございます。

14ページに書いてございますように、原子炉下部キャビティでの熔融炉心冷却に必要な水量というのは、格納容器再循環サンプ水位計と、あと積算流量計等で注水量が分かりますので、格納容器内の水位の把握は可能であると考えてございますが、さらなる監視性向上のためということで、原子炉下部キャビティ室に直接検知する電極式の水検出器を設置することとしてございます。この検出器は、2本の電極間の抵抗値の変化によって水の有無を検知するものでございまして、また、ケーブルは無機物で絶縁したケーブルを使用しております、耐環境性にすぐれたものと考えてございます。

次のページに、イメージと、どういう構成であるかを書いてございますので、15ページをごらんいただきたいと思います。

ここに書いてございますのは、右のほうに書いてございますように、これは電極式水位検出器のイメージでございまして、これは電極部、これは2本の電極がございまして、これも金属製でございまして、ここに水がたまりますと2極間の抵抗が下がります。ということで水が入ったということで有無を感知するようになってございます。実際には外観にカバーが取り付けられた状態で影響がないようにして、下からの水を検知するようになってございます。

あと左のほうに書いてございます資料でございまして、格納容器内、原子炉容器から原子炉下部キャビティにもし炉心溶融、炉心が落ちるといったことが分かりましたら、まず、蓄水量、ここに記載してございますような水をためていこうということで作業しますと。そのときに、ここの要求のある流量につきましたたまっているかということで、電極式水位計の検出器で検知するようになってございます。

あと、ケーブルを通して中央制御室にたまっていることを出力して出すようになっていような構成となっております。

簡単でございまして、水位計の機能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。以上ですね。

ただいまの御説明につきまして、何かさらに御質問等がございましたらお願いします。どうぞ、片山委員。

○片山委員

昨日もお聞きして、何度もお聞きして恐縮なんですけれども、9ページの水素と水蒸気のところで、多量に水蒸気がある中で水素が少ないということで、ここは圧力の観点での話なんですけれども、一方で、12ページのほうは水素の爆発を懸念した評価ということだと思ってるんですけど、昨日お聞きしたんですけど、水素の濃度の測定というのは、熱伝導率の差で測定するということなんですけれども、濃度測定器に水蒸気が多量に入ってくると水素濃度が正確に測れないんじゃないかなというふうに思ってるんですけど、それは水蒸気を除去して、測定器に水素ガスを導入するというような仕組みなんですか。それとも、水蒸気が入っても分離して計測、定量評価できるというような仕組みになっているんでしょうか。ちょっと教えていただきたいと思います。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

測定の仕組みでございますが、まず、冷却水を通しまして温度を下げてガスを通します。したがって、ドライの状態にして水素濃度を測るというものの仕組みとなっております。水蒸気と一緒に測るので、まず水分を除去して水素濃度を測るという仕組みとなっております。

○片山委員

冷却水、吸着材を通してということですかね。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

説明が不足して申しわけございません。

水蒸気分を凝縮させて。

○片山委員

冷やして。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

非凝縮性ガスだけにして、その水素の伝導率で濃度を測っていくというものでございます。

○片山委員

そうすると、冷却水温度ぐらいの平衡分圧、水蒸気分圧ぐらいは存在している状況で水素を測るということですね。そういう条件で、一定濃度の水素も十分測れると。それに基づいて、イグナイタの着火なりというのを判断するという流れですかね。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

基本的には、イグナイタの着火の考え方につきましては、もう炉心溶融を検知した段階で直ちにイグナイタをつけるというように、それは、後ほどその判断に迷って入れたときに、かえって爆轟を招く可能性がございますので、積極的な水素燃焼という観点から先に入れるという運用をしております。

○片山委員

分かりました。水素濃度にかかわらず、その懸念された段階でイグナイタには通電してということですね。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

ちょっとすみません、今、炉心へ直ちに、もしくは高圧注入に失敗した場合には直ちにを入れるというような運用にしているというものでございます。

○片山委員

分かりました。

○工藤部会長

ほかにありますか。

これは、事故シーケンス、①の御説明についての確認ですけれども、シーケンス別の事象確率が書いてあるものの合計で言うと、10のマイナス6乗オーダーが幾つかあるんですけれども、前回の代表例として御説明になったものに対して、ほかに同じぐらいの、10のマイナス6乗レベルの幾つかのものについても、影響としては御説明になったものより小さいということを確認したいんですけれども。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

今回実施したPRAの結果ですけれども、CCW喪失によるRCPシールLOCAという起因事象が非常にちょっと大きくなってございまして、これをちょっと回復する操作というのは、今回のクレジットをとってございませぬ。そのため、この起因事象がそのまま炉心損傷確率というものになってございませぬ。したがって、10のマイナス4乗程度ということになってございませぬ。

一方、そのほかの事象につきましても、起因事象、大LOCAなんかは特に実際発生の実績もございませぬので、ある程度工学的な判断で確率を割りつけているんですが、それに比べますと十分小さいというものがございませぬので、支配的になっているのはCCW喪失という結果になっているものでございませぬ。それはもともと、DBA設備、設計基準設備のみのクレジットをとっているというものでございまして、こういった結果になっているというふうに考えてございませぬ。

お答えになっているかどうかちょっと自信がないです。何かまだ追加の御質問があればよろしくお願ひいたします。

○工藤部会長

この補機冷却系が非常に重要だということは、昨日実際物を見て再確認したところで、今のお話でよく分かりました。

それから、これも昨日のと関係したことですけど、9番目の水位計に関しての、これも確認ですけれども、キャビティの水位検出がこれであるということは分かりましたが、同じく格納容器の上のほうの上限というんでしょうか、上の水位を検出することについての

御説明があったんですが、これも原理は同じものであるということなんですという確認ですが。

○九州電力（秋吉発電本部原子力電気計装グループ長）

はい、同じ原理でございまして、電極式で2極間の水がたまりましたら抵抗が下がったということで、そこまで入っていますということで、昨日御説明しました流量、注水量まで入りましたということを検知するようにしてございます。

○工藤部会長

それで、その間の水位に関しては、あとは積算流量計で把握するというやり方を考えておられるということですね。

○九州電力（秋吉発電本部原子力電気計装グループ長）

はい。そうですね、必要な、まずどこで必要かという、ぜひ監視制御をしなきゃいけないキャビティの水位と原子炉上部水ですね、重要な機器等が没水しないような（水位）までというのがあって、それ以外につきましては注水量、もしくは水位計とかで判断していくようになっていくかと考えてございます。

○工藤部会長

はい、ありがとうございます。守田委員どうぞ。

○守田委員

7ページの③のところについて、確認をさせていただきたいんですけども、ここで「設計を超える地震により複数の一次冷却材が同時に破損し」ということで、非常に考えにくいような、厳しいような状況を想定されているというふうに思いますけれども、そういうような状況でも、格納容器内の自然対流冷却ができるという根拠をどういうふうにお考えなのか、教えていただけますでしょうか。非常に考えにくい厳しい状況でも、こういった自然対流冷却に必要な機器が動作しているということの根拠についてどういうふうにお考えなのかということでございます。よろしく願いいたします。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

基本的には運転員の訓練等々で、炉心溶融が発生した場合の対策という運転手順を定めて実施してございます。この場合、炉心溶融の判断基準として炉心出口温度350度C、CV内の高レンジエリアモニタが10の5乗ミリシーベルトを超えると炉心溶融を判断して、その後には格納容器を守りに行くという対策に移ります。

それはどんな起因事象、大破断LOCAのサイズであろうと、どのような破損形態であろうと、そうなれば、次に格納容器を守りに行くというのははっきりしていますので、そういった運転員の訓練を通じて、次は格納容器をどう守っていくか。1つは、スプレーによる冷却、また、最終的なヒートシンクとして海水を使うというのは明示的でございますので、格納容器自然対流冷却による海水通水による自然対流冷却を踏まえまして、長期的に格納容器を冷却していくと、こういう戦略をとるということをうたっております。

○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

ちょっと補足をしますと、過酷なこういう事故のときは炉心溶融するというのはまず間違いないということで、格納容器を守りに行くというのは御説明したとおりなんですけれども、自然循環がここで対流冷却ができるかということについては、格納容器再循環ユニットという冷却水を格納容器の中までコイルを引き込んである部分がありますので、これを利用することになります。ここにはいろんな、例えば、電源がない場合でも使えるように、いわゆる hidroサブという大容量の給水ポンプ車を使って、海水をコイルの中に流し込むということで、そこで冷却ができるということになりますので、その場合は、そのコイルの部分というのは、本当はファンのコイル冷却ユニットですので、そこを冷たい水が通ると、冷やされて下に循環していくということなんですけど、熱い空気が冷やされて下に行く。それがどんどん続くと循環していくということになりまして、その条件というのは、例えば、ダンパーを開くとか、いろんな行為が必要になるんですけど、そこはヒューズをつけていて、格納容器内の温度が120度くらいになると自動的に開くと。そうすると、コイルのところがツーツーになりますので、そのコイルさえ水が通っていて冷やされれば、自然と循環ができる。そのコイルそのものも非常に大きなものですので、水蒸気の雰囲気非常高い場合でも、そこで凝縮も当然しますけれども、冷却して対流ができるということについては評価をしておるということです。

○守田委員

ありがとうございます。

設計を超えるような非常に大きな地震が起こった場合でも、想定されるようなそういう地震の場合でも、ここで記載されているような常設注入ポンプとか、そういったものの機器が動作するというを前提としたお話だと思うんですけども、そのことについては、設計を超える地震が起きて、そういう機器の健全性は確認した上での評価という理解でよろし

いんでしょうか。

○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

設計を超えるといえますか、これから説明しますが、いわゆる非常に大きな基準地震動を設定しておりますので、その基準地震動には十分耐えると。実際に発生するであろうものはるかに超えた地震動ですので、それにも耐えるということを確認しているということでございます。

○守田委員

ありがとうございます。

○工藤部会長

ほかにございますか。よろしいですか。

それでは、この議題（１）を終わらせていただいて、次は議題（２）でございますが、玄海３、４号機に係る新規制基準への適合性確認についてですけれども、第１回目の会合で竹中先生のほうから津波の反射の影響シミュレーションの結果、それから、断層群が連動して起こるといった津波についての検討結果についての御質問がありましたので、関連するということで、まずそれを先立って説明をお願いしたいと思います。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

九州電力技術本部の赤司でございます。ここからは資料番号３－２－１及び３－２－２によりまして、基準地震動とそれに対する耐震設計について御説明させていただきます。

今、部会長から御指示のありました津波に関するところにつきましても、その後、資料３－２－３のほうで津波について御説明を差し上げますので、その中で順次御回答させていただきたいと思っております。

それではまず、資料３－２－１、基準地震動につきまして御説明をさせていただきます。

１ページ目を御覧ください。こちらにまず基準地震動の策定の流れ、全体を簡単にではございますけれども、示しております。

流れとしては大きく２種類がございます。左側、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動という流れ、これは何かと申し上げますと、このフローに沿って御説明をいたしますと、敷地周辺の地質の状況、あるいは地震の発生状況等を詳細に調査、あるいは観測した上で、どこでどれぐらいの規模の地震が起こるんだろうということをまさに特定した上で、そこから検討用地震、具体的にこの地震について計算をしようという対象を選定した上で、震源モ

デル、まさに地震の規模でありましたり震源の大きさ等を設定した上で、下段、応答スペクトルという手法、それから、断層モデルという手法、2つの手法によりまして計算によって地震動を評価するという流れが1つ目でございます。

それから、右側、もう一つ、「震源を特定せず策定する地震動」というものがございます。これは何かといいますと、左側の「特定して」計算するというものに対して、右側の「特定せず」というものは、過去、国内で震源と活断層が関連づけることがなかなか難しい、要はどこでどんなものが起こったんだろうというのがなかなかわからないという地震が起きております。しかしながら、そこでの観測記録というものは間違いなく得られておりますので、では、どこで起きるかわからないけれども、その観測記録が得られているものについて、こちらは計算によらずに、観測記録そのものを用いて基準地震動を策定するという流れでございます。

こちらは審査会合の中に、この地震について16の地震が挙げられておりまして、それらをモーメントマグニチュード6.5未満、こちらはもう全部共通に考慮するもの、それからモーメントマグニチュード6.5以上、こちらは地域性によって選別した上で考慮するもの、それぞれに分けた流れで策定いたしまして、結果といたしましては左にありますとおり、留萌支庁南部地震、それから鳥取県西部地震を考慮して基準地震動を策定するという結果となっているものでございます。

それでは2ページ目以降からまずは、震源を特定して策定する地震動につきまして、流れに沿ってご説明をさせていただきます。

まず3ページ目、こちらは策定に先立つ調査としての過去に敷地周辺、特に九州で発生した地震について調査・分析したものでございます。九州におきましては、内陸地殻内地震はもちろんプレート間地震、海洋プレート内地震それからその他の地震、これは地図上で赤丸で示しております雲仙普賢岳の噴火に伴います1792年の例地震でございますけれども、こういった種類の地震が発生いたしますが、それらの地震、過去の地震につきまして、敷地との距離及び規模等の相対関係で見ましたところ、やはり内陸地殻内地震の影響が特に大きいということが見えたところございまして、以降、過去の地震として念頭に置き考慮するものとして、2005年の福岡県西方沖地震、それから1700年壱岐対馬の地震、これらをまずこの段階でピックアップをしております。

それから4ページ目、3ページ目の過去の地震はあくまで有史以来の数百年に及ぶ記録に

基づくものですので、それ以前まで遡って、要は活断層を調査することによって、更にどこでどれくらいの地震が起こり得るのかという調査を行っております。

陸域のみならず海域におきましても、広範囲に亘りまして詳細な調査を行っているところをごさいます、具体的なところといたしましては、5ページ目をご覧くださいと、こちらは敷地の中での地質調査でございますけれども、敷地の中での地表の地質調査、更には右側の図で少々見にくくて恐縮ですけど、点々で示しております場所、それぞれでボーリング調査を行い、更に線で示しておりますけれども試掘坑、実際にトンネルを掘って直接岩盤を確かめるということを行った上で、敷地の中を詳細な調査を行っています。この結果といたしまして、敷地の中には活断層、いわゆる今後地震を起こし得る断層はないということを確認をしているところがございます。

それから6ページ目、こちら今度は敷地周辺に目を移しまして、海域におきます調査の内容でございます。海域におきましては、敷地を中心とします概ね半径100kmの範囲、更には100kmを超える範囲につきましても、海上音波探査によりまして調査を行っております。特に敷地の前面海域30kmの範囲、更には敷地から5kmの範囲は、測線、船が走る間隔を密にいたしまして、細かく調査を行いまして、また先ほど、敷地100kmを超える範囲と申し上げましたけれども、対馬の西方には文献の断層も確認されておりますので、そこを直交するような形で船を走らせて確認を行っております。さらに、福岡市の沖合警固断層帯の延長におきましても船を走らせて調査を行っております。

活断層につきましては、7ページ目の地質調査あるいは海上音波探査によります直接的な調査のみならず、文献によります知見の確認を行っております、7ページ目、こちらは文科省、地震調査研究推進本部によります活断層評価をまとめておりますけれども、こちらから玄海原子力発電所の周辺では、敷地に影響を及ぼすような大きな、長大な活断層は認められないということを文献におきましても確認しております。

以上の活断層の調査の結果に基づきまして、8ページ目、まずは敷地から30kmの範囲内で考慮すべき活断層をピックアップし、更に⑨ページ目、30kmより遠い範囲につきましても、これだけの活断層があるということ特定しているところがございます。

10ページ目、こちらはこれらの活断層、これは敷地にどれくらいの影響を及ぼすのかというのを、3ページ目の過去の地震と同じように相対的に敷地に及ぼす震度で見えておりますけれども、結果といたしましては、下の表にありますとおり、ハッチングを掛けているとこ

ろ、これは敷地に与える影響が小さいというふうに見てとれましたので、それ以外の活断層につきまして、基準地震動の策定にあたって考慮すべきものとしてピックアップをしたところであります。

以上、過去の地震、更にはピックアップした活断層に基づきまして、地震動の計算を進めていくわけですが、計算をするにあたって、そもそも敷地が載っている岩盤が妙な揺れ方をしたりするような性状であったりはしないかということにつきまして、11ページ目から、まずは、地下構造調査を行いまして、敷地の地盤・岩盤の性状、揺れ方の度合いの確認をしております。まず11ページ目、こちらは文献によりまして確認いたしました敷地の基盤、佐世保層群の広がりについてでございますけれども、この緑色で示しております佐世保層群、こちらは非常に硬質な岩盤、原子力発電所の基盤となり得るしっかりとした岩盤でございます、それが相当な広がりを持って分布するというを確認しております。

12ページ目、実際に敷地の中で、この緑色の佐世保層群がどのように分布しているかということ、ボーリング調査等の地質調査結果を基に見てとっておりますが、敷地の下におきまして、概ね水平かつ均質に広く分布しているということ、敷地の中の状況につきましての確認をしております。さらに、13ページ目でございますが、地質調査結果だけから見てとるのではなく、実際の揺れ方はどうなんだろうということ、まずはこの13ページ目、微動アレイ探査というものによりまして、敷地の岩盤の広がりを深さ方向に見てとっておりますが、この右側のせん断速度の同定結果をご覧くださいとおり、地下の岩盤は深くなるにつれて非常に硬くなり、地下-1,800mでは $V_s = 3,000$ という非常に硬い岩盤が存在するというを確認しております。さらに、浅いところにつきましては、14ページ目、この岩盤が固いといいながら硬いものの中に柔らかいものがある、でこぼこがあったりしますと、地震波が伝わってきたときに妙な増幅をしたりしますので、そんなことはないかなということを確認して見ているのですが、ここはS波速度の分布ということで、敷地の地下構造として大きなコントラストがないかどうかということを確認しておりますが、この調査の結果、極端なコントラストを示す領域はないと、非常に均質であるということを確認しております。

先ほど13ページ目の微動アレイ、非常に微小な揺れに基づく評価がございましたが、実際にもうちょっと大きな地震によってどれくらい揺れているかということにつきまして、15ページ目から確認しております。

この発電所の建設以来、地震観測を実施しておりまして、この設置変更許可を申請した時点で、合計76の地震観測の記録が得られております。

この76の地震観測記録を用いまして、16ページ目、まずはその地震が北からやって来る場合、南からやって来る場合、地震がやって来る方向によって増幅の特性、要は妙に大きくなってやって来るような性状がないかどうかということを確認しておりますが、この右側の図、これは何を表しているかといいますと、観測記録を応答スペクトルという手法で標準的に見積もられますスペクトルで割り算をいたしまして、その比率で見えてとっているものがございますが、この右側の図でご覧いただけますとおり、いずれの方向からやって来る地震も標準的に想定される地震を大きく超えるような揺れを示すような特性はない、特異な増幅は見られないということを確認したところでございます。

さらに、こちらは敷地での揺れ方はどうかと、敷地だけにフォーカスを当てたものでございましたが、17ページ目、今度は敷地の周辺、公的機関の観測点での観測記録と見比べまして、要は何を目的としているかといいますと、敷地はそんなに揺れにくいんだけど、実は他の周辺はもっと揺れにくくて、敷地だけが実は大きいとか、まさかそんなことはないよねということを見てとっているところでございますが、この右側の図、こちらは地震基盤下の増幅率で黒線が玄海の記録、色付けしております線が周辺の公的機関の観測記録でございますけれども、こちらを比較しましたところ周辺観測点の記録、増幅特性等大きな差異はないということで、そもそもこの辺地域的に非常に均質、かつ揺れにくい特性を持つということを確認したところでございます。

以上、この調査結果に基づきまして18ページ目、まずは解放基盤表面、こちらを地質調査結果に基づきまして敷地を支持する岩盤の特性といたしまして、せん断速度、S波速度1.35 km/sと設定いたしまして、これ以深、これより深い敷地の地下構造につきまして、19ページ目にありますとおり、当社の調査結果、更には深いところにつきましては、地震調査委員会の知見等を用いながら地下構造モデルというものを設定してございます。モデルの概要につきましてはこのページに示しておりますとおりでございます。

これらのモデルを用いながら地震動の計算を行っていくわけですが、地震動の計算に先立つお話ばかりで恐縮ですが、この地震が発生する領域、地震発生層と申しますけれども、その厚み、要は地震が発生する領域が厚さが厚いと地震の規模が大きくなる。薄いと地震の規模は小さくなるというのがございますので、地震が発生する場所の厚み、上側・下側はどれ

くらいの深さなんだろうということを20ページ目、まずは、各種文献・知見によります上端・下端の更に発生層の厚さの情報を収集いたしまして、これらを安全側、要は厚い方に包絡する設定といたしまして、上端が3km、下端が20km、厚さが17kmという設定をさせていただきます。

なお、これは文献に基づく設定でございますので、21ページ目、実際に起きている地震、その発生領域を見てみるとどうだろうというところも気象庁一元化震源のデータに基づきまして見てとっておりますが、敷地、玄海発電所の下では概ね5kmより深いところで地震が発生し、実際深いところももうちょっと浅めのところ、要は、薄い領域で発生しているということが確認できましたので、先ほどの3km、20kmの設定は、非常に保守的、安全側の設定であるということを確認しております。

それでは、ここから地震動の計算についてご説明をさせていただきますが、23ページ目、まずは、地震動の計算をするにあたり、先ほど過去の地震活断層、それぞれ23ページの左側にありますものをピックアップいたしましたが、この中から特に敷地に与える影響が大きいもの、これを応答スペクトルの相対比較によりまして、竹木場断層と城山南断層この2つを選定いたしまして、以降この2つの活断層につきまして詳細な地震動の計算を行っております。

地震動の計算につきましては25ページ目、冒頭でも申し上げましたが、応答スペクトル、こちらはNoda et al という知見に基づきます手法によります評価、それから断層モデルを用いた評価、こちらは過去敷地で得られた観測記録がございますので、経験的グリーン関数法と呼ばれる手法での計算を行い、更に理論的手法との結果を組み合わせたハイブリッド合成法による計算を実施しております。

26ページ目、応答スペクトルによる地震の評価、こちらにつきましては、このNoda et al と呼ばれる知見は観測記録との比率によりまして補正をすることが可能であるということになってございます。実際に下の図にありますとおり観測記録との比率を出しますと、特に短周期領域におきましては、敷地の性状はより小さくなるという傾向が見てとれております。しかしながら、当社の方針といたしまして、より安全側のスタンスで地震動を策定していくという方針に則りまして、この補正は行わず、すなわち比率は1で計算をするという方針で計算を実施しております。

それから27ページ目、断層モデルを用いた地震動評価、こちらは先ほど経験的グリーン

関数法による評価を行うと申し上げまして、更にハイブリッド合成法も行いますということ
を申し上げましたが、この下段にありますとおり、結果的にはございますけれども、計算結
果を見比べましたところ、ハイブリッド合成法よりも経験的グリーン関数法の評価結果が大
きくなりましたので、そちらの計算結果を採用するというようにしてございます。具体的
な計算を行うにあたりまして、敷地での観測記録と強震調査委員会の強震動予測レシピによ
りまして評価結果との見比べを行っておりますが、福岡県西方沖地震につきましては、地震調
査委員会によりまして、強震動予測レシピによって設定した特性化震源モデルが最も観測記
録との相関が良好であるというふうにまとめられております。

ですので、実際には29ページ目、敷地での観測記録と見比べたらどうだろうということ
を見比べておりますが、この赤線の計算結果と黒線の観測記録、これが非常によく対応す
ることが敷地でも確認できましたので、この地震動、断層モデルによる計算は強震動予
測レシピによって行うというふうに判断をしております。実際の計算の流れは30ページ目
のとおりでございまして、まず、巨視的パラメータといたしまして、断層長さや断層幅から
断層面積を算出いたしまして、そこから地震モーメントを求め、まずは断層面全体としての
平均応力降下量を求め、以降、微視的パラメータといたしまして、アスペリティ、更には背
景領域、それぞれのパラメータを細かく設定していきながら計算を行っております。なお、
この断層モデル、更に応答スペクトルも共通なんですけれども、地震動を計算するにあたり
まして31ページ目、不確かさというものを考慮しております。地震調査あるいは地質調査
の結果に基づきまして、基本的な断層のモデル、震源モデルを設定するわけですが、ここ
に①から⑤に挙げているとおり、断層の長さ、要はもうちょっと断層の長さが長いか
もしれない、もうちょっと敷地に近寄るかもしれないという不確かさ、更には、断層の傾斜
がより敷地に近づいてくる方向に傾斜しているかもしれないという不確かさ、それから、
応力降下量、震源との持つパワーがもうちょっと大きいかもしれないという不確かさ、それ
から、アスペリティのうち、より大きなエネルギーが放出される領域が敷地により近いか
もしれない、それから、破壊開始点、断層面の破壊が敷地に向かってくるような、波が重なり
合うような方向性を持っているかもしれない、これらの不確かさをそれぞれ考慮してあり
まして、このうち、①から③これにつきましては、事前の調査あるいは観測によりまして、ほ
ぼ基本的にはこの性状であろうということが確認できておりますので、これらはそれぞれ独
立に考慮し、しかしながら周りを見てみるとアスペリティの位置と破壊開始点に対して、こ

らは起こってみないとわからないというパラメータになりますので、この不確かさはすべてのケースに重ねて評価するというので、重畳させて評価を行っております。

具体的な不確かさを考慮するパラメータにつきましては、32ページ目に改めてまとめ直させていただいております。

なお、ここで断層傾斜角につきましては、基本ケースとしては90度、九州は横ずれ断層が中心ですので、基本は90度といたしまして、しかし、敷地に近づく方向に60度くらい寝ているかもしれないということで、不確かさを考慮しているのですが、33ページ目、竹木場断層こちらにつきましては、特に敷地に近い断層でございまして、この傾斜の度合いというのが非常に地震の評価に影響を及ぼしますので、そもそも基本ケースの設定にあたりまして、断層の傾斜角についてより詳細に確認を行っております。具体的には、34ページ目、さらには35ページ目に示しておりますように、敷地近傍のこの竹木場断層の露頭3地点におきまして、まず露頭に見てとれます傾斜の性状を確認し、まずここからは西傾斜、すなわち敷地に近づく方向の傾斜があるということを確認いたしまして、更に36ページ目、37ページ目、実際に西日本で起こっております規模の大きい横ずれ断層の地震、実際にそれがどれくらいの傾斜角度をもっていたのかということ进行调查しました結果、37ページ目にありますとおり、平均的には84度、やはり若干の傾斜を持つケースがあるということが見てとれましたので、結論といたしましてはこの竹木場断層、38ページ目に、そのケースを入れさせていただいておりますが、基本的なケースといたしましては80度敷地に向かって傾斜する方向を考慮しまして、更に、なお60度まで傾斜を考慮するという形で不確かさを考慮しております。具体的な竹木場断層の断層モデルにつきましては39ページ目に図を示しておりますが、今申し上げました断層傾斜角は、上端の真ん中にありますとおり、傾斜につきましてはそもそも敷地に近づく方向に傾斜させまして、不確かさに更に敷地の下まで潜り込むというような傾斜をつけさせた評価を行っているところでございます。

それから40ページ目、こちらは城山南断層の不確かさでございますけれども、こちらは41ページ目をご覧くださいますと、別の不確かさの観点でご説明させていただきますと、アスペリティ、強い揺れを放出させる領域の不確かさを先程申し上げましたが、上段の左側が基本的なケースとして地質調査から地表のリニアメント、断層が確認された場所にアスペリティを置いているケースを示しておりますが、これを敷地に最も近づくところまで、上段の真ん中、アスペリティ、敷地に近づく方向が更に最も浅いところに持ってくるというよう

な、敷地の揺れがより大きくなるようなケースも検討を行っております。

以上のケースにつきまして、応答スペクトル、断層モデルでの計算を行っておる訳ですけれども、42ページ目に、こちらは断層モデルで計算を行うにあたりましての要素地震、より小規模な地震を何を選定したかという事でございますが、観点といたしましては、地震の規模、それから発生様式、横ずれであるということ、到来方向、検討用地震と同様に東方から到来する地震があるという事に基づいて、最終的に3つの要素地震が候補として残ったものですが、それぞれにつきまして43ページ目にありますとおり、それぞれの要素地震を用いて実際の地震動の計算を行って、相対比較を行ったところ、この青線の波形及び応答スペクトルで示しております、2005年3月22日の地震を用いた評価結果が最も保守的になるという事で、この要素地震を用いた地震動評価を行っております。

44ページ目、こちらは応答スペクトルによる手法による評価結果でございまして、それぞれの竹木場断層を赤線、城山南断層を青線の評価結果、これらを包絡する応答スペクトルといたしまして、黒線の基準地震動 $S_s - 1$ というのを策定しております。

それから45ページ目、断層モデルを使う評価結果につきましては、それぞれ、ここで赤線で示しております竹木場断層、青線で示しております城山南断層、それぞれの断層モデルでの評価結果を、城山南断層が先ですけれども $S_s - 2$ 、竹木場断層を $S_s - 3$ ということを設定しております。

以上が震源を特定して策定する地震動でございまして、47ページ目、震源を特定せず策定する地震動、こちらは冒頭に概要は申し上げましたが、具体的には47ページ目の左側にありますとおり、16個の地震が審査ガイドに挙げられておりまして、このうちモーメントマグニチュード6.5以上の地震、2つございますけれども、こちらは地域差がある、要は地域性を踏まえて選定をなさいたいということが要求されておりまして、一方、モーメントマグニチュード6.5未満の地震につきましては、全国共通に考慮なさいたいという事を求められているというものでございます。

48ページ目、このまずは、モーメントマグニチュード6.5以上の2つの地震につきまして、下の表にありますとおり、地質学的背景、更には地震学的な背景のそれぞれにつきまして、地域特性、地域性の分析を行っております。

こちらの結果でございまして、鳥取県西部地震、こちらにつきましては、特に地震学的背景といたしまして、ひずみ速度が小さいということでありましたり、横ずれ断層タイ

プであるということで、玄海の敷地周辺との共通性がみられましたので、この鳥取県西部地震を対象として考慮するというふうを選定しまして、この鳥取県西部地震で岩盤上でしっかりした記録としております賀祥ダムというところの観測記録、こちらを基準地震動とし採用するというふうにしております。

それから49ページ目、今度は、モーメントマグニチュード6.5未満の地震でございますが、こちらは下のフローに有りますとおり、14個の地震、合計112の観測点の観測記録を、全てまず集めましてその中で、しっかりした岩盤で得られております観測記録を抽出し、更に特に敷地に及ぼす影響が大きいだろうという考えられる記録、最終的には5つを選定いたしまして、この中で、敷地での基準地震動として適用するに当たりましては、敷地での岩盤相当でどれくらいの揺れがあるだろうかということを経算する必要がありますので、その計算に可能な地盤情報が得られているかどうかということで、最終的な選定を行いました、しっかりとした地盤情報が得られています。北海道留萌支庁南部地震によります記録、こちらを基準地震動として採用するというふうに判断をしております。

以上を踏まえました震源を特定せず策定する地震動の結果が、50ページでございます、緑色の北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動から紫色の賀祥ダムの記録を、鳥取県西部地震の記録を基にした地震動をそれぞれ選定をしております。

以上、基準地震動の策定結果を52ページ目、まずは、応答スペクトルの形で、それから53ページ目、時刻歴波形の形で、54ページ目には、最大加速度を一覧表でまとめております。

なお、最後55ページ目、前回の部会におきまして、井嶋先生のほうから S_s-1 が非常に滑らかなスペクトルになっているけれども、実際の地震動はどうなっているのかというご質問がございましたので、この滑らかなスペクトルに対して実際の地震動をどう作っているか、いわゆる S_s-1 をターゲットといたしまして模擬地震波を策定しているんですけども、この55ページ目にありますとおり、まずはこのターゲットとなるスペクトルに適合する適合の比率が0.85を応答スペクトル比で下回らないような波を作り更にSI応答スペクトル、強さといたしましては、目標とするところから1を下回らないということで設定いたしまして、実際の振幅包絡形状といたしましては、55ページ目の上段右側にありますような摺動等を考慮した模擬地震波を策定しているというものでございます。

ここで説明者を交代します。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

続きまして資料ナンバー 3-2-2 に基づきまして、発電本部の村山と申します。どうぞよろしくお願いいたします。耐震設計の基本方針について説明させていただきます。

めくって頂きまして 1 ページ目、目次書いてございますけれども、今回の新規制基準によって施設の耐震設計の基本的な考え方は変わっておりません。ただし、適用する地震力とかいくつかの評価条件、設備等が変わっておりますので、このへんを中心に説明させていただきます。

また、現時点では許可を頂いたところでございまして、まだ、工事計画認可については審査中でございます。従って、今回は結果ではなくて、評価の方針についてご説明させて頂くこととなります。

めくっていただきまして 3 ページ目でございます。ここでは、耐震設計の基本方針として設置許可基準に対応したものを記載させていただいております。

一つ目は設計基準対象設備、すなわち通常運転状態から従前の設計基準事故までのプラント状態に対応するための施設について重要度分類と設計方針を述べておりまして、これは変わりません。従前と。

(2) は、設計基準対象設備に対応する地震力と機能維持の設計方針で、地震力が大きくなった以外には変わりません。

(3) は設計基準力に対する設計方針ですので、これも変わりません。

(4) は弾性設計用地震動 S_d の設定の考え方を書いておりまして、基準上は S_s の 0.5 倍以上としておりますけれども、玄海につきましては S_s の 0.6 倍と設定しております。

(5) は、今回の基準で新たに設定された浸水防護関係の施設、要は津波防護とか溢水防護ですね、これについての設計方針で、基準地震動 S_s に対して機能維持が求められております。S クラスでは弾性設計もありますけれども、そこはちょっと違うところになります。次のページ 4 ページでございます。

(6) も今回の基準で新たに設定された設計基準事故を超える重大事故に対処するための施設に対する設計方針で、常設のもの、可搬ではなく常設の重大事故等対処設備のうち重要なものについては、基準地震動 S_s に対して機能が損なわれるおそれがない設計とする方針としております。機能を維持する設計としております。

(7) も新しい概念なんですけれども、これは、そもそも重大事故等対処施設というのは、

冷やす施設とかそういうものに対して設計基準事故対処施設が何らかの要因で使えないということをご想定してございますので、その設計基準対処施設を代替する重大事故等対処施設はもともとの代替設備にあわせた耐震設計をしましょうということをおっしゃっています。

(8) は地震と組み合わせるプラントの状態、耐震設計では地震だけではなくて、プラントの状態、運転状態、通常運転状態や過渡変化の状態、事故の状態を適宜適切に組み合わせて地震力以外を含めて耐震設計をしてございます。

(9) は、水平2方向の要求でございまして、これはまた後ほどちょっと説明を実施させていただきます。2方向同時に発生することを想定してございます。

(10) は、許容限界の考え方ですが、地震力が增大しても許容限界の考え方は変わっておりません。基本的な事項を羅列した上で、技法とか方針を展開させていただいております。次のページ5ページ目ですけれども、これは、設計基準対処施設における重要度分類を整理した表になっております。

今回Sクラスのところの、hとiに津波防護施設に津波監視設備が入ってきましたのでこれは設計基準対処施設として新しい施設になり、それ以外は大きく変わりません。

次のページ6ページですけれども、設計用地震力の話を整理した表になってございます。

まずは、静的地震力が変わらず、動的地震力が今回変わってございます。

一番左の軸のところ、土木構造物の下に津波防護施設他が入ったこと、あと重大事故等対処施設が入ったことが今回新しい基準になってございます。

次のページは先ほど地震のところの説明しましたけれどもS_sの応答スペクトル、8ページは時刻歴波形、9ページはS_dの応答スペクトル、これはS_sを0.6倍したものになってございます。時刻歴波形も同様。

次のページでございまして。11ページですけれども、地震による荷重と運転時、事故時荷重との組み合わせ、ここで考え方を説明してございます。基本的には、建物・構築物、機器・配管、土木でございますけれどもこのへんは余り変わりません。

これは設計基準対処施設の考え方でございます、想定事象が地震の従属事象である場合につきましては、地震による荷重と事故による荷重を組み合わせることとしてございます。

独立事象である場合は、いわゆる独立というのは、想定事象と、LOCAと地震が例えば独立であると判断すると、そのような地震の発生確率と事象の発生確率及びその継続時間を踏まえて、この3つを掛け合わせて10のマイナス7乗/炉年以上であれば組み合わせる、そ

れ以下であれば組み合わせを考えないという考え方になってございます。

新たに導入された津波防護施設、dのところですが、これにつきましては地震と津波が同時に発生する可能性がある場合は、地震と津波の両方の荷重を組み合わせる方針としてございます。ただし、津波防護施設は屋外にありますので、ほとんど事故時の荷重というのとはかかってございません。ただし、地震と津波が同時に発生する場合は、その両方を考慮する。ただし、玄海の場合はですね、この発生場所を考慮することになっておりまして、基準地震動の検討用地震の震源と基準津波の波源の距離が遠くて時間差があることから実質的には組み合わせる必要はないということで判断されてございます。

あと、次のページが12ページでございますが、重大事故等対処施設の荷重の組み合わせの話でございます。重大事故等対処施設では、基本的には設計基準対象施設と同じなんですけれども、重大事故自体の発生確率は非常に低くございますので、しきい値を10のマイナス8乗にしてございます。そこで判断をして、ちょっと広めな判断をして組み合わせることとしてございます。

13ページでございます。許容限界と言うのは地震力に対する設備がどの程度の性能を確保するかということでございまして、基本的な考え方は、建物も、機器・配管も土木も津波防護施設も全部同じでございます。弾性設計用地震動S_dを適用するものに対しましては、弾性限界を適用します。基準地震動S_sに対しては、施設に要求される機能を維持できることが求められています。地震後の機能を維持していくことが求められています。で、それぞれの応力レベルとか機能維持レベルを決めてございます。加えて、例えば施設に要求する機能に応じて許容限界のレベルをもっと厳しくするものもいくつかはございます。それは、気密性が要求される施設とかそういうところは少し厳しめにしているところがございます。

次のページ14ページですが、基本的には先ほど説明したものと同じで、許容限界の考え方は同じになってございます。

15ページからが耐震設計評価に関わる主な確認事項として、16ページが表紙で申請の耐震性評価の考え方、17ページが評価方式でございますけれども、1つ目は今回動的地震力が変わったものでこれを適用するものを基本的な評価対象としておりますということを書いてございます。2つ目と3つ目は、今回評価対象設備が膨大であり基本的にだいたい3号機で700設備ぐらい、4号機で650ぐらい、これはすみませんアバウトな数字で正確な数字ではなく、きちんと数えたものではございませんけれども、その程度の設備を評価する

ことになっております。加えて、例えば原子炉容器ですと大きな設備になりますと配管の管台とか蓋の管台とかいろいろな評価部位が色々増えてございますので、非常に評価対象が増えてきます。そういうのをきちんと評価するということを述べてございます。4つ目はですね、評価をする手法、適用する手法の妥当性をきちんと説明すること。5つ目は、合理的に、例えば同じようなものであれば合理的に評価するということを述べてございます。

18ページですけれども今回の申請における耐震性評価の考え方の網羅性、評価項目の代表性、既工認との手法の差異、これも先ほど述べたとおりで、非常に評価対象設備が多いということから、そのへんを漏れなくきちんとやりますということに記載させていただいています。

19ページが具体的な施設の耐震評価で、まず建物・構築物を20ページに記載させていただいております。ここに記載しておるものが今回の設置変更許可申請における建物・構築物の代表施設とその重要度分類を示したものでございます。3号機と4号機は格納容器がPCCVのために分類上は建物・構築物に分類されてございます。川内とか鋼製格納容器の方は非構造物になります。

21ページがその配置図になってございます。22ページが建物構築物の耐震評価の評価方針、ご存知とは思いますが、基本は地震の応答解析、応力解析をそれぞれシーケンシャルに行っております。1回の解析結果で応力まで出すのもございますけれども、基本的な流れはこのようなものでございます。3つ目のぼつはちょっと新しい先ほどの話なんですけれども、このところの1行目の後ろの方から、建物及び地盤の物性のばらつきによる変動幅の影響、3次元応答性状の影響、水平2方向及び鉛直方向の地震力の組み合わせについて、影響を考慮することとしています。例えばばらつきですけど、ばらつきというのは、当然コンクリートとか地盤というのは、均一なものではないことから、その影響を考慮するということを述べています。だいたいこれだけで10%程度以上の評価が厳しい条件になってきます。あと2-2-1、次のページ、23ページこれフロー図を記載させて頂いています。基本的には応答解析のモデル化、応答解析の結果からせん断ひずみ、応力解析モデルの応力解析を行う流れをそれぞれ記載させて頂いています。24ページですけれども、これは建物・構築物の構造概要として、3号機の建屋の概要を例として記載させて頂いています。3号機と4号機はPCCVということで、コンクリート製のドーム中にテンドンと申しますPC鋼線を張っておりまして、これを締め付けることによって、このコンクリート部のところで耐圧

機能を持たせてございます。あと格納容器には、気密性が必要になりますので、コンクリートの中にライナーといいますプレートを内側に付けています。すなわち気密性についてはライナーで、耐圧性についてはコンクリート部で、機能を担保してございます。25ページですけれども地震応答解析モデルにつきましては、実績のある質点系モデル、曲げせん断棒モデルを採用してございます。26ページに応力解析モデルのいくつかの例を記載していただいております。建物・構築物では基本的にはFEMを使うことが多いです。27ページですけれども機器・配管系についても、基本的な考え方は同じでございます。ただ、機器・配管系につきましては、aとして、構造強度評価とは別に、bとして動的機能維持評価、この中には電氣的領域も含まれるのですけれども、地震が起きたときに動作する設備が、動いている設備の機能を維持すること、電気設備が誤動作しないことを確認することを方針としてございます。次のページにフローを書いておりまして、左側が構造強度評価、右側が動的機能維持評価、左側は、応答解析から応力解析を行って比較する流れ、右側は動的機能維持評価として、設備ごとにですね、いろんな種類の設備があるんですけれども、設備ごとに機能を維持できる確認、加速度というのが求まってございまして、その加速度以下であることを応答加速度で得られたその場所の設備の加速度と比較して、要は機能維持確認済加速度以下であれば、機能維持できることを確認しています。

次のページが29ページですけれども、静的地震力に対する評価ですけれども、弾性設計用地震動 S_d と静的地震力による評価でございます。 S_s というのは、 S_d の0.6分の1倍、要は S_s の方が大きいわけで、 S_s の評価結果を持って、弾性設計範囲に入っているものがあれば、 S_d の評価は省略しましょうという流が書いてございます。

30ページですけれども、屋外構築物につきましても考え方は基本的に同じで、評価する最小設備の地震動が基準地震動の S_s のみになります。弾性設計の方はございません。具体的な評価方法としては、31ページでございますけれども、これも同じで、応答解析、応力解析、それから許容限界以内であることについても確認してございます。ただし、土木構築物といたしましては、間接支持機能以外にも、間接支持というのは機器と機器との基礎となるそういう支持機能以外にも、非常用取水設備として、水路として水密性、通水機能が求められる場合がございます。その辺を考慮した設計としてございます。

32ページから、Sクラス施設への下位クラス施設の波及的影響なんですけれども、これは従前からこういう考え方はあったんですけれども、福島を踏まえまして、燃料プー

ルにクレーンが落ちたとか、そういうものを踏まえまして、新しい基準では、このページの下にぼち4つ書いてございますけれども、相対変位又は不等沈下による影響、接続部における相互影響、建屋内外の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響を確認するという観点が明確になりました。要はSクラスの重要な設備の周りに、下位クラスの設備があって、それが悪さをしないということを確認してございます。

34ページですけれども、これを受けまして設計方針を基本的に定めてございます。基本的には考え方は同じでございます。

次のページから具体的にどういうことをやるかということで、35ページでございますけれども、例えば事前準備を行なって、机上検討、設計資料で色々な配置、設備の状況等を確認した上で、プラントウォークダウン等を行い対象設備を評価し、遠くにある場合は全然問題ないですが、近くにある場合は、その設備はS sでも上位クラスの施設に当たらないとか、壊れてぶつからないとかそういうものを確認してございます。

36ページですけれども、元々基準上は4つの観点が書かれていますけれども、それ以外に無いかということを確認してございます。地震による被害情報、例えば、このページでいくと下の方にですね、対象した情報として宮城沖地震や能登半島、中越沖、駿河湾、東北地方太平洋沖地震、これに伴い色々なトラブル情報がございまして、地震に起因したその要因のトラブルが、新たな観点で、先ほど申しましたように4つの観点以外の物は何かを確認した上でやっております。基準自体が最近新しくできたものでございまして、新たな観点は今のところ見つかってございません。

37ページは、波及的影響を設計情報からプラントウォークダウンを行うときに、確認事項を整理したものになります。一応、こういうふうな観点で確認していきましょう。

次のページが判断基準になります。ちゃんと近くはないとか、問題ないとか、物理的な配置をメインに確認してございます。

39ページからは水平2方向、今回新しく導入された概念になります。新たな基準では水平2方向の地震力と鉛直方向の地震力を要求されております。そもそも、その方向性を持たない応答スペクトルによる基準地震動、S s-1と4なんですけれども、方向性を持たない地震力としてプラントの弱軸方向に入力して耐震設計を行ってきておりました。この要求によってですね、極端な話をさせていただきますと、プラントの2方向、直角2方向でS sが同時に発生したということ想定しても許容値に入ることを確認してございます。影響評価

という観点でやってございます。

方向性を持たない地震動として設定した S_s-1 と4は、この考え方になるんですけども、特定の震源を想定して方向性を持たせた S_s-2 、3及び2方向の観測記録を基に策定した S_s の5につきましては、それぞれの方向からプラントの弱軸に入力して同時入力した形で評価してございます。

41ページからは、玄海3号炉と4号炉における特徴的な施設について整理させていただいてございます。

新安全基準の適合性審査では、いくつか実績が出てきてございますけれども、審査実績がない施設について整理したものでございます。1つ目は42ページ、PCCVで、格納容器にプレストレストコンクリート製の格納容器を採用し、新安全基準で説明するのは当社が始めてになりますので慎重な審査が求められております。

次のページが43ページですけども、基本的な評価の概要、基本的にはプラント建設時に採用した手法がその後に制定された規格・基準のうち、国に認められた手法を採用してございます。したがって解析の手法は十分実績があるものを主に使ってございます。

44ページにつきましては、荷重の組合せを記載してございます。それぞれのモードによっていくつかの、例えば1つの施設につきましても、例えばこういう7種類の荷重の状態をいろいろ考慮した上で評価を行ってございます。

45ページにその解析モデルを参考で記載させていただいています。

46ページがですね、昨日現地視察のほうでご確認いただいたところもございまして、玄海3号炉及び4号炉につきましては、深層取水、深層放水の設備でございまして、海底の海水を取水しまして、安全設備としては取水側、放水側ではなくて取水側につきましては、非常用取水設備として、基準地震動 S_s による健全性の評価が求められてございます。この評価は実績がございませんでしたので、今回慎重に評価をする方針としてございます。構造を見ていただきますと、46ページの右下のところ、大体の概略図があるんですけども、配管としては岩盤上に盛り、砕石で埋め戻して、取水口につきましては岩盤上に設置してございます。

47ページに特徴的な施設の解析方針なんですけれども、これだけ大きな配管、構造物になりますと2次元的な評価ではなくて3次元的な評価をさせていただく方針とさせていただきます。

48ページにつきましては、その手法の適切性の概要を記載しております。

主な耐震設計の方針としては以上でございます。

○工藤部会長

どうもありがとうございました。では、ただいまの3-2-1及び2-2に基づきます御説明についての質問、あるいは指摘等をお願いしたいと思います。

○井嶋委員

まず、対象とされた断層、活断層の件についてお聞きしたいと思います。補足資料のほうがよく分かりますが、城山南断層ですか、この断層は、丁度唐津の相賀の所で止められている絵がどこかにありましたが、これより先には断層がないのかどうかお聞きしたいと思います。予め頂いた補足資料には呼子南リニアメントが示してございますよね。それが活動無しに判定されていますが、本当にそうなのか？ちょっと心配になる部分がそこではないと思います。この城山南断層は相賀の方からずっとこの線上に延びれば玄海発電所の近くを通ります。また、この城山南断層というのは、糸島半島沖断層、それから福岡西方沖の警固断層などと、大体平行に走っていますね。警固断層がこの前動いて、博多湾内の方向にずっと延びているということが分かったわけです。この左横ずれ断層系で、北側に延びて北西に動くという感じが共通するので、この城山南断層の隣にあるというか、それからの延長線にある呼子南リニアメントについて本当は地下で断層として繋がっている可能はないのかと。ちょっとそこが心配になりますので、先ず、その1点についてお聞きしたいと思います。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

今、先生から御指摘いただきましたとおり、この城山南断層、唐津湾を跨いで陸上に上がったところ、ちょうど呼子南リニアメントがございますので、こちらは今般の審査の過程でも、詳細な当社の調査結果を提示いたしまして審査をいただいております。当社の調査結果から得られましたところとしましては、まず、空中写真判読、それから系統的な横ずれを示すような地形、性状が見てとれないかということを見て調査いたしまして、まずそういった系統は見られないということ。さらには、鉛直成分といたしまして、上を覆っております玄武岩、こちらの分布を調査いたしまして、その玄武岩の分布に大きな想定されるリニアメントをまたいだずれは見られないということを確認しておりますので、こちら活動性があるようなものではないということをお断りしておきます。

○井嶋委員

もうちょっとそこら辺についてですが、この資料では21ページ左側の図の微小地震ですけれども、実際に福岡西方沖地震が発生したところは何のすごい数の微小地震が起こっていて、まさにリヒター・ゲーテンベルクの冪乗則が正しいことが分かります。したがって、地震のエネルギーとその頻度の関係からいけば、非常に小さい地震でも沢山起こるところには大きい地震が起こるといふ心配がこれから分かります。それで、その次がこの糸島沖地震で、その次に、若干ですが城山南断層の延長線上に微小地震が起こっています。これは少ないから多分まだ大丈夫と思いますが、今後、こういうふうな微小地震の観測結果が増えていったときには、やはり呼子南リニアメントも考えようという予定はないか？というか、そういうことは考えておられるのかどうかお聞きします。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

まず、この地震の観測という観点につきましては、現状といたしましては、周辺に設置されております公的機関の観測データをもとに分析を行っているんですけども、今後、当社といたしましても、高感度かつ広帯域で感度高く記録が収録できるような観測点を設けていきまして、まさにこの敷地の周辺で起きているような微小地震をより精度よく捉えて、より地震の起こり方、活動性の変化の度合いなどを見てとってまいりたいと考えております。

現状は、現状得られているデータに基づいて、先ほどの活断層の調査結果等をもとにしまして、活動性云々にかかわらず敷地周辺で想定されます最大の規模の地震を考えているところではございますが、もちろん、今後そういう観測のデータを収集、更に精度を高めながら、反映すべき知見が得られれば随時安全性を向上させていくという取り組みやしていきたいというふうに考えてございます。

○井嶋委員

それからもう一点は、この城山南断層の動きも左横ずれと考えてよろしいのか？それとあと、竹木場断層も左横ずれ系とすると、城山南に対してほぼ直交方向が竹木場ですから少しおかしいと思います。大体、横ずれ断層に直交するのは横ずれというよりも逆断層、あるいは正断層みたいなのが起こるのが通常の地盤の動きじゃないかなと考えますけれども、如何でしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

こちら城山南断層と竹木場断層、それぞれにつきましては、調査結果から得られておりますずれの系統的な性状といたしましては、城山南断層は、先生今おっしゃいましたとおり左

横ずれの性状が見てとれておりまして、一方、竹木場断層、こちらにつきましては、調査から得られましたところといたしましては右横ずれの性状が得られております。

○井嶋委員

分かりました。地震については竹中先生お願いいたします。

○竹中委員

私は、揺れのほうの専門ですので、その観点からお伺いしたいと思います。まず、9ページ、活断層の分布があつて、ここにこれだけリストアップをされていますが、10ページで茶色のマスクをかけたところは敷地に与える影響が小さい断層と評価されています。その中の水縄断層は、断層に沿って真っすぐ西に行くとならば佐賀平野の北縁断層帯がありますが、その2つが連動、あるいは誘発して起こるといふようなことは全く考え、想定されなかつたのでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

まず、この9ページ目、10ページ目で相対的に検討いたしましたところとしては、それぞれ別々に考えた上での評価をしております。これが連動した場合どうなのかということにつきましては、実際、具体的な計算は行っていませんけれども、別の観点で御説明させていただくと、この警固断層帯につきまして、いわゆる警固断層帯南東部から海域と、その沖合にあります壱岐北東部断層群、これらにつきまして、活断層の評価としては別々のものとして評価しているんですけれども、これが連動したらどうなるかという検討、計算も行ってございまして、この警固断層と壱岐北東部の断層の長さや敷地との相対関係、そこからいきますと、佐賀平野と水縄断層、これが連動した場合の評価は、恐らくこの警固断層の評価に包絡されるというふうには判断されますので、この長大な連動のケースというものにつきましては、この警固断層のケースで代表させた検討をやったところでございます。

○竹中委員

それについては私は少し見解が違います。警固断層の場合とは方位が違いますね。水縄断層と佐賀平野北縁は、もし水縄断層の東端から破壊が生じた場合には、この発電所の位置というのは破壊が進行する場所、方向にあります。そのため、アスペリティの位置、サイズによっては、非常に大きなパルスが出るのが予想できます。もちろん警固断層、その隣の大きな西山断層の影響についてはむしろ長周期のほうで見なくてははいけませんので、もし水縄断層と佐賀平野北縁帯の連動を想定されるのであれば、警固断層は参考にはならないと考え

られるのではないかなと私は思います。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

今の御指摘、そのとおりかと思えます。先ほど私が申し上げました警固断層との相対比較は、ある意味敷地との距離と規模の関係として、まさに短周期、最大加速度としての影響度合いはどうかという観点で申し上げましたが、今、先生おっしゃいますとおり、この水縄断層帯の東端から破壊してくれば、アスペリティ、あるいは破壊タイミングのありようによって長周期がかなり膨らんでくるのではないかというのは御指摘のとおりかと思えます。

こちら、御参考となるかどうかはございますが、城山南断層、敷地に非常に近い断層ではございますけれども、こちらにつきまして、現状はモデルでございまして、ページといましては41ページ目になりますけれども、ちょっと短い断層ではあるんですけれども、敷地に非常に、これ実はモデルとしては敷地にジャスト向かってくる形でモデル化しているんですけれども、さらに敷地に向かってくるということで非常に長周期側が200カイン程度まで膨らむような基準地震動になっているんですが、これが例えばアスペリティが2つになった場合、さらには破壊開始点をこの右端ではなくてもうちょっと別の場所にしてみたりと、いろんなケース、要は長周期の重なりぐあいがどうなるかというケーススタディーをこの中でやってみておりまして、その中で距離との相対関係から、結局アスペリティを最も近くに寄せたパターンがやはり一番保守的になると。もちろん最大加速度も考えてではございますけれども、というふうに判断されておりますので、その辺から類推されるころとしましては、先生御指摘のとおり、先ほどの佐賀平野と水縄断層も長周期は大きくなると思えますが、結果的に敷地に与える影響という観点でいきますと、この近傍の活断層のほうが影響度合いとしては大きくなるのかなというふうには現状考えているところでございます。

○竹中委員

断層長さが全然違いますので、それはそうはならないと思えます。というのは、アスペリティのサイズも変わってきます。もし水縄断層帯と佐賀平野北縁断層帯が連動した場合は違う結果になると思えます。

アスペリティから出るアスペリティ・パルスというのは、阪神淡路大震災のときに高速道路とか倒したようなパルスなわけですね。それは（地動速度で）幅0.5秒から2秒程度の（大きな）パルスです。ここでは正直、短周期ばかりを注目されておられるわけですが、ディレクティブパルス（アスペリティ・パルス）といえますか、キラーパルス（ア

スペリティ・パルス) といいますか、そういったものはあまり考慮されていないのでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

まず、原子力発電所といたしましては、昨日もごらんいただきましたとおり、硬い岩盤の上にごつい構造物ばかり。さらに機器系もがっちり固定されていますので、おのずと発電所の耐震設計にとって大きく着目すべきはごく短周期領域の揺れ、地震動になります。しかし、もちろん原子力発電所の中の重要構造物以外も視野に入れますと、比較的周期の長い、それでもせいぜい1秒、1秒未満ぐらいの揺れになりますので、基本的にはその1秒未満ぐらいの周期をターゲットに着目して特に基準地震動を策定しているというところはございます。

ただ、しかしながら今、先生に御指摘いただいたところは確かにごもっともかと思えます。例えば、昨日プールをごらんいただきましたけれども、あの辺のスロッシングという観点では、長周期も確かに重要になってくるところでございます。現状は基準地震動として長周期200カインという大きなパワーも見込んでおりますので、安全性というものはそれで確認できるのかなとは思いますが、先生の今御指摘のありましたところは非常に重要なポイントかとは思いますので、今後さらに安全性を高めていく観点で、この辺、実際問題そのパルスの重なりというのがどうなるんだろうというスタディはやってみたいと思えます。

○竹中委員

それから、もっと長周期の話を伺いたいのですが、例えば西山断層、これだけ長い断層がもし動いた場合は、距離的なことから、表面波がかなり出ると思われます。震源から出る表面波です。サイト自身は硬いということはよくわかるのですが、震源から出る表面波も変位として見ればかなり大きな変位になるかなと想像します。そうすると、ここでいろいろな（周期の）スペクトルが出されていますが、5秒だとまだ足りないというか、もっと長い周期まで見る必要があるのかなと。ここでは久田先生の波数積分法で計算されていますが、そのような理論計算は有限差分法などと比べると比較的短時間でできるような計算です。そういった方法で、表面波がどのくらい出るかというような評価もされたほうがいいのではないかなという気がいたします。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

この西山断層帯と、実は先ほど申し上げました警固断層帯もそうなんですけれども、実際、

断層モデルでの計算をやってみたことがございまして、一応スペクトルの表示としては2秒、あるいは5秒程度の表示でございますけれども、実際の地震動としてさらに長周期までどうだろうというところも確認はしております。やはり基準地震動に迫るほどのレベルにはならなかったものの、じゃ、それがどういう影響があるだろうという試みとして、施設に対する、建物としての観点でございますけれども、評価をやってみたりとしたこともございますので、特に先ほども指摘のありましたパルスの持ち方と、それから震源から出る表面波の考え方も、いろんなパターンがあるかと思しますので、今後またそれもさらに深めていながら、実際問題、実は当社のみならず、この長大断層の評価というものは、全国でも非常に課題、話題となっているところでございますので、この辺はより精度高く、さらに信頼性の高い評価ができるように取り組んでいきたいと思っております。

○竹中委員

確認ですが、基準地震動に達しなかったとおっしゃった周期は長いところはどこまでそれがあるのですか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

スペクトルの表示といたしましては、例えば52ページ目の基準地震動の表示といたしましても周期5秒で切っておりますが、実際の地震動、特にこの断層モデルの結果といたしましては、観測記録を用いた経験的グリーン関数法でやっていますので、もっと長いところ、要は10秒、20秒までこの絵を描こうと思えば、その周期の成分全て持っております。

○竹中委員

後で経験的グリーン関数法の要素地震のことも伺おうと思っておりますが、イベントが小さいので、そこまで長周期を合成するのは多分難しい、信頼性を持ってというのは難しいかなという気がします。それは後でまた伺いたいと思っております。

それから、これは17ページ。増幅率を見積もっていますが、その増幅率は、地震基盤からの増幅率であるというお話でした。これを見積もるのに基準点が必要になったかと思えます。基準点は、理想的には地震基盤が出ているところを選ぶか、あるいは（波形を）補正をして地震基盤に戻して、それとの比をとるということになるかと思っておりますが、それはどの点を選ばれたのでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

すみません、ちょっと確認をいたしますが、こちら手法といたしましては港湾技研の野津

先生が御提案されている経験的増幅率の手法によりまして見積もっているものでございますが。

○工藤部会長

もし今すぐ分からないいでしたら後でも結構だと思いますが。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

すみません、1つは基本の知見によって、震源のスペクトルの情報が得られているものにつきましては、その観測のスペクトルをもとに震源の情報をキャンセルして基盤からの増幅率を求めるということをやっておりまして、あとこれ、実は野津先生、長尾先生の知見によりまして、そもそもサイト増幅特性というのが周辺の地点で得られておりますので、その基盤の情報に割り戻して評価を行っているというものでございます。

○竹中委員

発電所の増幅率を評価するのに、ここで比較されている場所のスペクトルを使っているということでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

1つは、先ほど震源スペクトルが既知の地震というものにつきましては震源スペクトルが既知、さらに野津先生の知見で整理をされているものにつきまして、玄海でも共通に観測されているものをピックアップしまして、さらに、そもそも野津先生の知見では、経験的サイト増幅特性というのは、そのK-NET、あるいはK i K-n e tのサイトで、そもそもそのサイト特性が示されておりますので、それと、その特性から、何といたしますか、すみません、うまいところ説明できていないですけれども。

○竹中委員

確認ですが、このK-NETとK i K-n e tの観測点の増幅率は、これは御社のほうで出されたものですか、それともほかの文献で出ているものですか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

このK-NETさんのサイト増幅特性は、まさにこの知見で得られているものでございまして、その増幅特性から、いわゆる既知の増幅特性から割り戻した基盤情報を、基盤での揺れの情報をもとにサイトの増幅特性を評価していると。

○竹中委員

そうすると、御社のほうで記録を処理されて、波形記録を出されたものということですね。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

はい、そのとおりでございます。

○竹中委員

ということは、そのときに震源スペクトルなどが分かっている必要がありますが、震源スペクトルに関しては別の情報を使われてということですか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

震源スペクトルの情報も、この野津先生の知見で整理をされておりますので、その情報と
いいですか、いわゆるデータベースとして整えられておりますので、その情報をもとに整理
をしております。

○竹中委員

この結果自身にどうのこうのということはないのですが、具体的にどうされたのかという
のがよくわからないので、それでお伺いしたのです。例えば、K-NE Tですと、表層20
メートルしかP S検層がないですが、K i K - n e t ですと、多分もっとありますね、20
0メートルとかですね。このK i K - n e t のほうでこの増幅率を理論的に検証されたりな
どはされていないですか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

実際に、例えば、K-NE T、K i K - n e t の観測点でそれぞれの情報を検証されてい
る、もしかしたら文献、知見等あるかもしれませんが、系統的にそのような検証がな
されているかどうかというのは、ちょっと我々承知しているところでは。

○竹中委員

いいえ、そちらで出されたこれと。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

そもそもそのK-NE T、K i K - n e t の地盤情報等の検証という観点では、我々整理
は行っておりません。

○竹中委員

比較をされているので、簡単にできることなのではと思って伺ったのですが。

分かりました。では、私もこれはまた調べてみます。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

こちらの、すみません、私もちょっとなかなかうまい具合に説明できておりませんので、

できましたら、ちょっと簡単に整理をし直して、どこかしかるべきところで御説明させていただければと思います。

○工藤部会長

そのほうが、もっと詳しく意見交換もできるのではないかなと思います。その点は。

○竹中委員

次は18ページです。18ページの下から2行目にS波速度が平均0.7 km/s以上であると書いてあって、解放基盤表面を設定する、その下は地震動評価上、解放基盤表面におけるS波速度は1.35 km/sと設定すると書いてあります。上は0.7 km/s以上と書いてあって、下が1.35 km/s、ここでおっしゃっている基盤は1.35 km/sというのはわかるのですが、その上の0.7 km/s以上というのは、どういう意味なのでしょう。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

こちらの0.7というのは、いわゆる規制基準での規制要求でございまして、この硬さ相当以上かつ広がりのある基盤を解放基盤、施設を設置する基盤として設定しなさいという要求がなされているものです。

○竹中委員

工学的基盤という意味だと思いますが、ここのサイトの場合には、それが無いということなのですか、それとも、あるということなのですか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

無いといいますか、0.7以上の1.35という、よりしっかりとした基盤、岩盤でございませうというのを確認いたしましたというところの御説明のページでございませう。

○竹中委員

昨日見て伺った範囲では、場所によって、深さは違いますけど、大体海拔でマイナス15メートルくらいのところから、この佐世保層群が出ているということで、その上にも少しは軟らかい層がのっているわけですね。それについての情報が、資料を見た範囲であまりありませんでしたが、硬いところに建物が建っているということで必要ないのかもしれませんが、ただ、その上に軟らかいものがやはりあるわけですね。それに対する影響は、こういう原発では考えなくていいのかなという思いがあります。揺れのことを考えている立場ではそういうふうに思います。というのは、波が上にトラップされたりしますので。ほかの情報で

カバーをされているのかもしれませんが、これは分かりました、コメントです。

それから、地震の上端の深さですが、これはなかなか難しいですね。大体深さ3キロにしたりとかというのは、1つには、もし断層が地盤を切るような地震でも、地震の大きな揺れを発生する部分は、地殻といいますか、地震基盤より下の部分がほとんどです。大きな地震ですと、地盤まで割れてしまうわけですが、その地盤の部分は、地殻変動とか津波には影響がありますが、強い震動を出さないということがあります。また、上に堆積層が、地盤があると、なかなかその上まで（地震動を推定する地震の）断層モデルを延ばせないということもあります。こちらでは地震基盤が深さ1.8 kmからですので、それより上まで断層モデルを延ばしてもあまり意味がないということはあるかもしれません。シミュレーションで設定するいろいろな条件、例えば（断層モデルを）何キロメッシュにするなどいろいろありますので、この（断層モデルの）上端3キロこれ自身は妥当だと思います。ただ、地震の上限については、ほとんど震源域では分からないので、私の立場から言いますと、あまり前面に出さないほうがいくらかの信頼性がないものではないかなという気がします。

あと、これもコメントです。21ページに「また、微小地震が発生する下限は、浅くなる傾向にある。」とあります。これは多分、福岡県西方沖地震の震源域との比較でおっしゃっているのだと思いますが大きな地震が起きたところは、起きる前の状態よりも深くまで地震が起きるとい傾向が見られることが最近分かって来ています。そうすると、何を見ているかということ、本震のときに、それが起きる前の地震の下限よりも下まで壊れるということの意味しているかもしれないのです。そういう傾向もあるということなので、我々もしばしば、特に長周期地震動のシミュレーションしたりするときには、D90（下限）よりも少し下まで壊すというようなこともしています。（地震動予測で）そのようにされている機関もあるかと思います。これはコメントです。

25ページですが、これは確認です。ハイブリッド合成法というのは、短周期側が統計的グリーン関数法で、長周期側が久田さんの波数積分法ということでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

まず、25ページ目に書いておられますのは、実は短周期は経験的グリーン関数法、長周期は理論的手法のハイブリッド合成法でございますが、今お話のありました短周期は統計的グリーン関数法、長周期が理論的手法のハイブリッド合成法も行っております。

○竹中委員

こちらの資料を拝見すると、統計的グリーン関数法でされているので、どちらかなと思って伺いました。そうすると、経験的グリーン関数法ですと、ある程度2秒とか3秒とかぐらいまでは（合成波形中に）既にあるということですね。なるほど。

それでは、今の関連で、要素地震の話を先に伺います。42ページ、この要素地震は、ここでは城山南断層と竹木場断層に使われたということによろしいですか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

はい、そのとおりでございます。

○竹中委員

確かに（要素地震も想定地震も）方位としては東といえば東ですが、距離も場所も違います。パス（波線経路）が随分違うので、これを要素地震にしているのかなという気がします。

（想定震源域周辺は）あまりイベントがないところですので、他に適当なイベントがなかったのかなとは思いますが。これについては特に何かありますか。どうしてこれを選ばなければいけなかったのかということですが。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

まず、選択候補といたしましては、今、先生おっしゃいましたとおり、そもそもイベントが少ない場所でございますので、敷地の距離関係として、一番近くて要素地震として使えるものがこれだったというのが現状でございます。

おっしゃるとおり、距離関係がかなり異なりますので、実は審査の過程でも、この要素地震の適切性ということについてはかなり御議論いただきまして、例えば、結局、本震を再現することにはなるんですけども、福岡県西方沖地震の本震のサイトで観測記録が再現できるかどうかという観点でありましたり、実際のパラメータの見積りの適切性がどうなのかということでもございましたり、最終的な結論といたしましてが、この43ページ目のとおりでございまして、実際にこの候補となるもので、それぞれの検討用地震、竹木場と城山南もそうなんですけれども、評価してみて、保守的になるものを最終的な判断として選ぶということで、この43ページ目のような、これは実はさまざまあった検討の過程での最終的な局面なんですけれども、その保守性という観点で、この要素地震を選定しようということで、この3月22日の地震を要素地震として採用するという結論を得まして、さらに、先ほど先生がおっしゃいましたとおり、じゃ、統計的グリーン関数法と見比べて大外れしていたりすると、それはまたいかがなものかというのがありますので、そういう見比べもやって

みた上で、この要素地震でという判断をしたところでございます。

○竹中委員

3月22日を選ばれたのも、それは他の2つよりも22日を選ばれたというのを聞いて、これもちよっとどうかかなと思うのは、短周期だけに注目すればそれでいいのかもしれないですが、先程私が言った0.5秒、1秒とか2秒とか、そういう周期の長い範囲で言いますと、この1番ですと、観測点の位置はビーチボール（震源球）のこの白い領域の真ん中のほうに来ます。この位置は、横ずれ断層の場合に顕著な方向の揺れ（断層直交方向の揺れで、阪神淡路もそう）があまり出ない方向ですね。ラディエーションパターン、放射パターンと言います。私は、これはちよっとまずいのかな。でも、2番、3番があるので、そこはいいのかなとも思っていました。短周期では、放射パターンが2ヘルツぐらいから崩れていって指向性がなくなるというのがありますが、先程言ったディレクティブパルス、キラーパルスにとっては（周期も長く）放射パターンは重要なファクターになります。先ほどやや長周期というか、それについても御検討を今後されるというお話もありましたので、そのときには、別のイベントをぜひ試して見られることを勧めたいと思います。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

今の点、1点だけちよっと御参考になるかどうかですけれども、43ページ目の、これ、竹木場断層の評価結果ですので、必ずしも見てとりにくいところではありますけれども、下段、応答スペクトル、さらに上段の波形をごらんいただきましたら、この青線が3月22日の余震での合成結果なんですけれども、例えば、波形の指標とか後続の長周期のうねりでありましたり、合成結果の下スペクトルを見ましても、この3月22日の地震を使ったほうが長周期が膨らむという傾向が出ておまして、実はこれ、当初、我々評価をする中でも、先生がおっしゃる観点のとおり、要素地震のビーチボールを見ますと、ほかの地震のほうが長周期が膨らみそうなんですけれども、この3月22日の地震を使ったほうが膨らむと。実は、それで明解な結論が我々は得られているわけではないんですけれども、その辺の分析も今後さらに重ねていこうというふうに考えているところではございます。

○竹中委員

これを見ると、NSとEWで、EWのほうが3月22日は大きいですね。断層直交方向ですと、NSに近くなると思うのですが、逆なので、横ずれ断層の場合のパルスが非常に大きく出る向きではないので、NSがあまり出ていないのかなという印象を持ちました。

ということで、最終的な基準地震動は、ということは、経験的グリーン関数法のほうで出されているという、例えば、53ページの途中、こっちはまた別なのですね。

あと、震源を特定しないで策定するほうですけども、これはどういうふうにされたのか教えていただきたいのですが、乱数を使っていらっしゃるのですよね。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

特定せず。

○竹中委員

例えば、統計的グリーン関数法ですと、位相がランダムで、乱数を使っていらっしゃると思いますが、これは乱数を使っていないのですか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

いや、乱数を使っております。

○竹中委員

そうすると、乱数の種というか、シードで（結果が）いろいろ変わってきますね。何ケースぐらい（シミュレーションを）やられてそこからどういうふうに（グラフの結果を）選ばれたのかということをお教えください。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

実際には、乱数のケースは全部で20ケース計算を行いまして、その中で、何というんですか、最も平均的なところ、要は、そのばらつきの幅の中の最も平均的な特性を示すものを選んでおります。

○竹中委員

メディアンを選ぶとかそういうことですか。中央値を選ぶみたいな。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

そうです、はい。

○竹中委員

（グラフに）各成分が出ていますけれども、これは別々の乱数の場合ではなくて、同じ一つの乱数の場合の時刻歴ということによろしいですね。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

はい、そのとおりでございます。

○竹中委員

20ケースというのはい多いのでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

そこは、例えば、実はずっと前に別立ての審査で議論になったこともあるんですが、じゃ、それが100ケースだと、1,000ケースだと、あるいは万の単位だということのような議論もあったんですが、結果論、結果としてその中央値、メディアンとして抽出されるものの性状はそんなに大きく変わるものではないので、結果的に、もちろんそれで結論あるいは基準が引かれているわけではないんですけども、その程度じゃないかなという話が昔、あったことはございます。

○竹中委員

なるほどですね。分かりました。そういう統計的なものなので、はるかに大きな結果もあつたりしますので、どのように選ぶのかなということを確認だけさせていただきました。

以上です。

○工藤部会長

ありがとうございました。幾つかやはり御質問で、また次回、補足説明で少ししていただいたほうがよさそうなことがありそうなので、よろしくお願いします。先生、どうぞ。

○井嶋委員

もう一つ、地震動についてですけど、震源を特定せずの地震動のモーメントマグニチュード6.5未満の地震で、最後に残る候補が5つ選ばれていますが、原発敷地に大きな影響を与える可能性というのは、どういうところで選ばれたのかということをお聞きします。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

そちらにつきましては、50ページをごらんいただきますと、この選びました、色づけした留萌の地震、それから賀祥ダムの記録の下に点線で書かれている応答スペクトルがございませけれども、これ「加藤ほか（2004）」による応答スペクトル、要は「加藤ほか（2004）」という知見で示されております特定できない地震のレベル感というのは、大体これぐらいじゃないかというふうに示されているものでございます。今回の新規制基準の以前は、特定できない地震というのは、この「加藤ほか（2004）」のスペクトルによつていたんですけども、敷地に与える影響が大きいものというのは、この「加藤ほか（2004）」によるスペクトルを超えるもの、超える観測記録についてピックアップしていきまして、その結果がこの5つの地震であるというものでございます。

○井嶋委員

では、例えばこの原発の下の地盤の卓越振動数は約4ヘルツですよね。この卓越振動数というようなものというのは余り考えられていないんですか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

そのとおりで、まずはこの敷地への影響を与えるというそのスクリーニングの過程では、この「加藤ほか（2004）」のスペクトルとの対比によって選定をしております。

○井嶋委員

分かりました。私は、やっぱり4ヘルツ付近が一番大切で、この原発でのキラー振動数に当たるのではないかなと思ひ、そういう地震を選ばれるのではないかなと思っていたものですから。

○工藤部会長

よろしいですか。はい、ありがとうございました。

この件についてほかに。はい、どうぞ。

○竹中委員

今話が出たので、ついでに伺います。鳥取県西部地震を選ばれて、賀祥ダム（の記録）を選ばれています。賀祥ダムは、断層の走行方向に位置しているので、それ自身（選択）はいいと思いますが、震源の北側ですね。鳥取県西部の場合は、震源の南側と北側で断層性状が結構違って、実際には横にいろいろ断層が入っていたりとか、非常に複雑な形状をしています。

ですので、震源の南側の観測点、実際に日野とかいろいろあると思いますが、そういった記録も、途中までは使っていらっしゃるようなことが資料に書いてあったのですが、それで最終的な評価というのはされていないのですか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

例えば今おっしゃいました日野での観測記録等も収集して分析を進めておったところがございますけれども、例えば、地盤情報が十分ではなくて、いわゆる敷地の岩盤相当への剥ぎ取り解析を行うんですけれども、それがまだ精度高くできないということで、それ今採用しないというのではなくて、まだ現状採用できるところまでたどり着いていないので、今引き続きまだ検討を進めているという状況でございます。

○竹中委員

日野はK i K - n e t の観測点ですので、P S 検層があると思うのですが、それは使えないということでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

実際の観測記録をもとに同定をしてみると、K i K - n e t で得られている情報とちよつとあわないというところがありますので、まずは、じゃ、そこが何なのかということは今突きとめようという分析をしているところです。

○竹中委員

なるほどですね。分かりました。

○工藤部会長

よろしゅうございますか。どうもありがとうございました。はい、どうぞ、守田委員。

○守田委員

今日、冒頭に補足説明のところで内部事象について炉心損傷頻度、あるいは格納容器の機能損傷頻度についての御紹介があったんですが、福島の事故の教訓を踏まえますと、特に自然現象とかそういう外部ハザードに対して、それを想定しているものを超えるような事象が起こった場合にどういったことになるのか、安全裕度はどれぐらいあるのかということをやはり見ておくことは重要だと思うんですが、その意味で、今日、基準地震動のお話を中心に御紹介いただきましたけれども、実際に想定している基準地震動を超過する確率がどれぐらいだというふうに評価されているのか、その結果、炉心損傷頻度、C D F、あるいは格納容器の機能損失頻度のC F F がどの程度になるのかというようなことについて、これはこの後出てくる津波の話も同じだと思うんですが、その辺について御知見がございましたら御紹介いただきたいと思います。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

先ほど御説明いたしました3-1の資料をお願いいたします。

そこで、今回、地震のP R A というものを実施してございます。その結果でございますけれども、このシーケンス別C D F の4ページを御覧いただきたいんですが、4ページの地震のところのC D F、格納プラント別の炉心損傷頻度というものを求めてございます。これにつきましては、まず地震が発生する確率を求めまして、それから、機器がその振動ごとに壊れる fragility を評価いたします。その後、それを掛け算することによって、積をとることによって評価しておるんですが、その結果、合計いたしますと10のマイナス6乗という

結果となっておりまして、内的事象に比べると非常に起きは小さいということになってございまして、その結果は3ページのほうのパイチャートのほうにお示ししているんですが、レベル1 PRAについては、寄与としてはほとんど、ほかの内的事象に比べるとないということが今回のPRAで分かったという事実でございます。

ということで、これらの結果をもとにいたしまして、事故の対処として新たに追加する格納容器防護対策なり炉心損傷防護対策を抽出する必要はないというのが結論でございます。お答えになっていきますでしょうか。よろしくお願いいたします。

○守田委員

ありがとうございます。ということは、3ページにあるところのCDFとCFRについては、外部事象についても含んだ上のPRAの結果だというふうに考えてよろしいのでしょうか。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

レベル1 PRAについては、地震PRAの知見が入っております。ところが、レベル1.5 PRAについては、まだPRAを実施していく技術がちょっと追いついていないということがございまして、今回の新規制基準におきましても適応できる技術を使って評価しなさいということございまして、今回は外部事象につきましてはレベル1までということで実施しているものでございます。

○守田委員

分かりました。外部事象についてはCDFも非常に内部事象に比べて小さいことから、基本的には内部事象に対する対応でここは包絡できると、そういう理解でよろしいのでしょうか。

○九州電力（畠埜発電本部放射線安全グループ長）

そのような御理解でいいと思っております。よろしくお願いいたします。

○守田委員

はい、ありがとうございました。

○工藤部会長

はい、どうもありがとうございました。はいどうぞ。

○井嶋委員

構造物の方に入る前に、予め頂いた補足説明資料において、原発下の地盤の滑りの安全率

等の計算がなされているのがあったのですが、ここにはいのはどこかでまた説明があるのでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

今日は基準地震動そのものと構造物の安全性ということで御説明させていただきました。その辺、地盤の安定性については。

○事務局（諸岡原子力安全対策課課長）

次回以降、御説明をさせていただきたいと思います。

○井嶋委員

分かりました。

○工藤部会長

ということでお願いいたします。よろしいでしょうか。

○井嶋委員

地盤の方での安全率の件もあったものですから、ちょっと聞けるのかなと思って聞いたのですがけれども、この構造物での終局耐力を考えた安全率ですか、13ページの許容限界のところにあたると思いますけれども、特にこの弾性設計の後に書かれてある基準地震動 S_s による地震力との組み合わせに対する許容限界、これについてどの程度の安全率を考えておられるのかということをお聞きします。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

地盤の観点で。

○井嶋委員

地盤は今回ないということですので、構造物の上屋の方でお願いします。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

建物としましては、例えば、基準地震動 S_s に対するせん断ひずみとしての評価基準値が2.0掛け10のマイナス3乗、 $2,000\mu$ という判断基準になっているんですけども、これはいわゆる建物の最大耐力の知見として得られております4掛け10のマイナス3乗、それに対して2ですので、安全率としては2を見込んでいるというような考え方になる、例えばですけど。

○井嶋委員

格納容器そのものはPCCVの方ですけども、これはメタルと同じ基準ですか。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

どちらの部分、PCCVのコンクリート側でしょうか。

○井嶋委員

このところに、建物構築物の終局耐力に対して妥当な安全余裕を持たせることとするということで、全部を言われるのは大変でしょうから、大体のところでもいいですので、どの程度の安全率を持ってあるのかということです。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

基本的に鉄筋コンクリート構造物ではなくて、先ほどのPCCV、プレストレストコンクリート構造物についても考え方は同じでございます。

○井嶋委員

安全率2ということですね。分かりました。

鋼構造では3くらいですから、どちらかということ、よく分かるものほど安全率は高くなるということが分かりました。

それから、特に機器・配管系の検証法についてお聞きしたいのですが、28ページにフローチャートがあり、この動的機能維持評価というのは機器・配管系とかに関連するのかなと思います。この中で固有値解析を行なわれることになっていますが、どの程度の規模の固有値解析を行われる予定なのかをお聞きしたいのですが、如何でしょうか。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

どの程度。

○井嶋委員

例えば、有限要素法を多分使われると思いますが、どの範囲で、例えば、配管系を考えた場合には、支点と支点の間の部分だけであるとか、あるいはどこからどこまでを考えるか、あるいはもっと全体として、建屋と壁にくっついている配管として全部を考えるのか、どのような見方でとどうされるのか説明をお願いします。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

動的機能維持を確認するというのは、ポンプとか弁とか、部品、機器単体になります。ということで、機器のモデルを質点系モデルで作成したり、はりモデルで作成したりしてやってございます。

だから、仰られるような大きな全体をモデル化してするというのは、建物の応答解析の結

果を流用して、それぞれのフロアの床応答を求めて、設置されている設備の床応答から質点系モデルで解析を行ってございます。

○井嶋委員

それでは、地盤の卓越振動数は4ヘルツですから、建屋はそれよりもっと大きく、何ヘルツぐらいかも既にお分かりかと思えます。その建屋よりまた強くしないと部分共振というのが配管系で出てきますが、配管系の固有振動数についての規定が何かあれば、それが一番早く安全なところへの落とし所がはっきりし、最大加速度なり応力の求め方がすぐに出てきます。そういうのを何かお決めになっておられるのか。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

配管とかいうのは動的機器ではなくて静的機器になりますので、構造解析のほうになってございます。構造強度解析のほうになってまいりまして、その場合につきましては、基本的にはりモデルによるスペクトルモーダル法での解析とか、あと、一次冷却系モデルになりますと、原子炉があつて、蒸気発生器があつて、加圧器があつて、配管で繋いであつて、あと、建物の弁、そういうのにつきましては大がかりな建屋連成の時刻歴応答解析法を使ったりしてございます。

○井嶋委員

静的解析の配管系、あるいは振動の場合は、どれくらいの振幅が起こるかというのはいかがでしょうか。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

基本的に配管もサポートをいっぱいつけていて、肉厚が結構大きいので、剛に近いというか、剛ではないんですけども、大体、長くても固有周期0.1秒以下になるぐらいに設計してございます。

○井嶋委員

分かりました。

それから、あとは36ページの宮城沖地震の女川発電所とか、過去の発電所で発生したいろんな事故の事象ですが、これに少し補足していただけないかと思えます。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

こういう地震が起きたときに各電力から、こんなトラブルが起きましたという事例を共有するシステムができてございます。地震だけじゃないんですけども、いろんな不具合とか

情報を事業者間で共有して、原因分析とか対策等、事象の概要を説明したデータベースがございます。そういう中から地震に起因する事象というのを抽出しまして、その中で事象を分析して、これはもともと何をしているかといいますと、波及的影響に係る設計方針ですので、33ページを見ていただきますと、設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位または不等沈下で下位クラスの設備が上位クラスに何か影響を与えないかとか、この次のところは、下位のクラスの施設の接続部、要は上位クラスと下位クラスが接続している部分がございますので、下位クラスが崩れると上位クラスに影響を与えると。こういう検討、そのほか、転倒、落下とかで物理的影響を与える、そういうような下位クラスから上位クラスに影響を与える要因がほかにないかというのを抽出しているプロセスが36ページでございます。

○井嶋委員

この中に、地盤の不等沈下がございますよね。これは原発の基礎地盤の中で滑りとかが起ったのかどうか？大体、原発というのは硬い岩盤上にほとんどが建てられると思います。この中でも、基礎地盤の話はちょっと地震被害に関連しているものですからお聞きするのですが、どういうふうな現象が起こったのか説明をお願いします。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

まず、体系的に考えますと、基礎地盤というのは安定性があるということを確認してございます、原子炉及びその周辺の岩盤ですね。あとSクラスの建物があって、原子炉格納容器の周りにもいろんな、普通の設備もやっぱり建ててございます。本当は離れているので、影響は関係ないんですけど、例えば、補助ボイラーの煙突とか、そういうのはやっぱり建っているわけですね。それは岩着させているかというのと、させていなくて、要は岩着していないような設備があったりすると、それが地震で倒れたりする可能性はないかとか、そういう地盤の影響まで踏まえた検討を行うというのがこの検討でございます。今のは実際に起こっているわけではなくて、そういう例えばの話をしたということでございます。

○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

すみません。補足しますと、例えば、不等沈下の話とかは柏崎の地震のときに柏崎の発電所で、原子炉のSクラスがある建屋そのものはしっかり持っているんですけども、その周りの、例えば、変圧器を置いてある地盤等はそこで段差ができていて、アクセス、あるいは道路が落ちている、段差ができていてということでアクセスができない。そういうところで

実際のSクラスの、本来守るべきものに対して影響を与えていないかという観点での調査という意味でございます。

○井嶋委員

分かりました。

あと、三次元FEMのシェル解析にコマーシャルソフトウェアを使われますが、私はその中の嫌なところというのが、節点が要素端部がない、すなわち、一番大きいところの応力が出ないという欠点があります。その辺とか何かちゃんとやられているかなと思い、いかがでしょうか。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

まず、機器配管系でFEMを使っているところというと、配管の管台、接合部になります、配管と配管の。そういうところでFEMを使ったりする例はございますけれども、基本的にはメッシュをきちんと考えた上で応力が出るような解析手法をとっております。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

建物系では、すみません、ちょっとお答えになっているかどうかなんですけれども、建屋全体、シェル要素で建屋のある部分を取り出したモデルと、最近、計算機の性能が非常に高くなっていますので、建屋全体を評価した結果というのを見比べてみて、差異がないかどうか。あるいは、差異があるとすれば、そのよりどころは何なのかというところを確認しながら評価を進めているというところでございます。

○井嶋委員

分かりました。

○工藤部会長

ありがとうございました。大変長時間いただいたんですけども、先生方の御意見に対して、次回、追加して補足説明していただけるだろうと思うし、それで御理解いただきたいと思えます。

この議題は、これで終わらせていただきたいんですが、私からも一言ということで、これは質問じゃなくてコメントです。県のほうにお願いしておきたいということですが、今日のお話で、私はこの分野は専門でもないですけども、例えば、地震が連動したらどう考えるのかとか、長周期についてどういうふうに捉えるのかといったことは、これは今回の電力さんだけじゃなくて、共通の規制に関係したことだろうと私は思います。ですから、今度、規

制委員会からお見えになって説明を受けるときに、共通したほかのところの認可も含めてどのように考えたのかということ、もう少し御説明いただきたいと思います。例えば、要素地震をどう選ぶかといったことも、共通した理解が必要かなと思ったものですから、先生方も、特にお二方の意見なども踏まえて、説明いただく点というのをまとめていただいて、今度、規制委員会のほうにお願いしていただければと思います。

ということで、この議題を終了させていただくということでよろしゅうございますでしょうか。

それでは、ちょっと時間は過ぎましたけれども、でも、十分いろんな御意見いただけたかと思しますので、5分休憩ということでよろしいでしょうか。

○山口県民環境部長

承知いたしました。

○工藤部会長

12時15分から再開ということでお願いします。

<休 憩>

○工藤部会長

それでは議題のその次の3-2-3以降の御説明をお願いしたいと思います。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

九州電力技術本部の赤司でございます。まず、私の方から資料3-2-3で基準津波についてご説明をさせていただきます。

まずページ開いていただき、1ページ目、基準津波策定の大きな流れでございますけれども、基本的な流れ、スタートのところでありましたら、先程の地震と同じでございます、既往津波がありますけれども、文献あるいは観測記録をベースに、まずは過去にどんな津波が到来しているのかということ調べた上で、地震に伴う津波として、海域の活断層あるいはプレート間地震、海洋プレート内に伴う津波、それぞれどんな津波が到来するか、更には右側、地震以外、例えば海底の地滑りあるいは斜面崩壊、あるいは火山現象いわゆる噴火に伴って到来する津波があるのかないのか、あり得るのかということ調査、検討した上で、最終的には基準津波を計算によって求めていくという流れになってございます。

2ページ目、まずは既往津波、過去の津波でございますけれども、そもそも玄海の周辺、敷地の条件といたしまして、敷地前面にはプレート境界はございませんで、しかも水深は比

較的浅いというところで、津波の被害を受けにくい立地条件でございますが、既往津波による被害状況等を調べました結果、日本海東縁部で発生しております北海道南西沖地震、あるいは日本海中部地震、右側の表にありますとおり、敷地に到達していたとして、20cm、30cm、すみません、20cm、30cmは全振幅ですので、片振幅でいきますと、水位として、やはり10cm、20cm程度と非常に影響は小さいということ、チリ沖地震の津波もちろん、やはりこれらの遠いところの影響はかなり小さいということを確認しまして、やはり玄海原子力発電所の特徴といたしまして、顕著な被害及び影響を及ぼした既往津波は認められないということを確認をしております。

3ページ目は実際に調査しましたところで、一番左端は先程の地震でも登場いたしました、1792年雲仙眉山崩壊による津波による影響、これはもちろん有明海の湾内に限定されておりますし、日本海東縁部の北海道南西沖地震による津波、更にはチリ津波の影響等もこれらの知見によりまして発電所への影響、玄海への影響は小さいということを見てとったところでございます。

では、玄海に影響を及ぼす津波といたしましては、結局、海域活断層による津波というのが最も影響を及ぼすものになる訳ですが、それらの海域活断層、ピックアップした活断層によって最終的な基準津波を策定していくに当たって、まずは、簡易予測式、それぞれの活断層による津波を簡易予測式によって評価いたしまして、より及ぼす影響が大きいものをピックアップした上で、最終的に数値シミュレーション、細かい計算を行って、更に不確かさを考慮した上で、基準津波、津波水位を策定するという流れで検討をしております。

まず、5ページ目、こちらがまずは簡易予測式によって検討いたします活断層をピックアップしているものでございますが、敷地周辺で見てとれております海域活断層は左側の絵にありますとおりで、これらの海域断層から予測される簡易予測式によってそれぞれを相対的に評価しました結果、この網掛けをしております、警固断層帯、壱岐北東部断層帯、西山断層帯、対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群の連動のケース、この4つのケースをピックアップしたところでございます。

この4つのケースについて、更に6ページ目で、詳細なパラメータスタディで、傾斜角あるいはすべり角等を振った詳細なパラメータスタディを行いました結果、水位の上昇側は対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群の連動のパターン、それから水位下降側では西山断層帯による評価がそれぞれ、最も大きい評価となりましたので、こちらに基づいて基準津波を

策定していくという流れに、以降なっております。

なお、この5ページ目、6ページ目で、前回のこの部会の方でご質問がありました、対馬と宇久島の連動応答の考え方ということについて、補足させていただきますが、結論といたしましては6ページ目にありますとおり、それぞれを一気に破壊させる、それによりまして、初期のすべり量といたしましては、断層面のすべり量といたしましては、7 mを超える規模のすべり量を発生させて、津波を計算するという事を行っております。

これが、それぞれで破壊し、断層の遅れ破壊があった場合についてでございますが、まず6ページ目のパラメータをご覧くださいますと、それぞれで破壊をさせると初期のすべり量が、ほぼ、この半分程度、3 mから4 m程度の初期のすべり量になりますので、そもそも個別でやった場合、それが重なり合ったとしても、全体が一気に滑った場合に比べると小さくなるという事、それから、5ページ目の敷地との相対関係をご覧くださいますと、例えば敷地と断層との間に大きな障害物があって、先に破壊したものがそこで反射しているうちに後からやってきた津波が、その反射したものに対して追いつくという事があると、大きくなったりしてしまいますが、この敷地と断層の間に大きな障害物もありませんので、やはり、一気に直達した方が大きくなるという事で、この連動のケースを選択したというものでございます。

では、8ページ目以降から具体的な計算の内容でございますが、8ページ目にありますとおり、九州北部では、この緑色のビーチボールにありますような横ずれの断層が殆どでございます、どちらかという津波を起こしにくい性状が九州北部での性状でございますが、9ページ目、実際の津波計算におきましては、下の表の真ん中にございますとおりすべり角、これは、丁度0度という真っ直ぐ横に滑る、津波が起こらない滑りになりますが、それに対して、滑り角を30度まで持たせて、要は縦ずれの成分を持たせて津波を評価するという事を行っております。さらに、計算条件といたしましては、左側の傾斜角こちらは90度、最も立ったケースで評価をいたしまして、東落ち、西落ち、両方のパターンを計算し、断層の上縁の深さにつきましても、先ほどの地震発生層のときもございましたけども、上縁を深いところに置く場合と海底面0 kmに上縁の深さを置くというケースについても計算を行っております。10ページ目が実際に数値シミュレーションに用います水深。さらには11ページには、その計算の格子の分割図でございますが、11ページをご覧くださいますとおり、玄海から申しますと対岸にあたります韓国の所までモデル化をした計算を行って、

すなわち、韓国で反射してくる波も取り込んだ上で、検討ができるモデルを作った上で計算を行っております。

それから12ページ目、こちらは先ほどの対馬と宇久島の断層、これは単純にデータが大きくなるかということで連動させただけではございませんで、そもそもの議論といたしまして、左側の図をご覧くださいますと、まず、対馬の断層は西落ち、宇久島断層は東落ちということで、断層の性状が異なるということで、当初はそれぞれ個々で評価するというものにしてたものですが、左側の図の黒丸で囲っております宇久島断層の一部に東落ち部分もございまして、ここを契機に同じ東落ちの宇久島と連動するというのも考えるべきではないかという議論がございまして、最終的に対馬と宇久島の断層を連動させるという計算を行っております。なお、計算におきましては、東落ち、西落ちそれぞれ両方のケースを検討しております。以上を踏まえまして、上昇側と下降側それぞれ計算を行いました結果が13ページでございます。

ここはまず結果を示しておりますが、水位上昇側は対馬と宇久島の連動によりまして+2.3m、降側は-1.64mという結果が得られておりまして、14ページ目こちらは、左側が上昇側、右側が下降側のそれぞれ水位分布を示しております。なお、こちらの結果は、まだ初期水位を0m。要は、潮位を考慮しない結果でございますので、後ほど潮位を考慮したらどれ位になるかということをお示しさせていただきます。それから、まず水位を示しております場所といたしまして、左側上昇側は取水ピット前面、右側下降側は取水口をそれぞれ示しておりますが、水位分布の絵をご覧くださいますと、いやいやもっと津波の到達レベルが高い場所、あるいは、低い場所があるじゃないかということがあるかと思えます。昨日、敷地ご視察いただきましたところで分かりますとおり、敷地の主要施設は、ほぼ全てが高さ11mより上に設置されておりまして、そもそも津波が到達しない場所にあるのですが、上昇側につきましては、この取水ピットが、取水口を通じて津波が伝わってきて、そこから津波がやってくる可能性がある。要は、低い場所から水を取っていますので、そこを経路として津波が伝わってくる恐れがあるということで、津波の上昇側としては、この取水ピット前面を対象として水位を考えまして、さらに、取水口こちらは、水位が低くなって水が取れなくなるといけませんので、水を取る取水口の位置を選定した訳で水位というものを考えているところでございます。

なお、15ページ目、基準津波というのは、敷地に到達する前に地形、あるいは構造物等

の影響を受けない遠方で、沖合で設定しなさいということが要求されておりますので、この玄海、基準津波そのものにつきましては、敷地の沖合約3キロ、この赤丸で示した位置で右側に示しておりますそれぞれの水位波形で設定しているものでございます。中間長くなりましたけれども、16ページ目、こちらが潮位を考慮した場合の水位と波形の分布でございます。まず、16ページの水位上昇側でございますけれども初期潮位を考慮した上で、最終的に取水ピット前面で水位としては、3.93m、約4mという水位となりまして、17ページ目、水位下降側といたしましては、-2.6mという水位が得られているところでございます。

18ページ目は同じく、潮位を考慮した場合の基準津波策定をしている位置。沖合いでの波形を示しております。

最後、19ページ目、まとめでございますけれども、下の表にありますとおり取水ピット前面での上昇側の水位といたしましては、潮位を考慮して3.93m、下降側は、取水口におきまして、潮位を考慮して-2.6mという水位を求めたところでございますが、先ほど、申上げましたとおり、この津波による遡上波は重要な機能を有します施設に配置された敷地には到達、あるいは流入しないということを確認し、さらに、引く側につきましても、海水ポンプの取水性に影響はないということを確認しているところでございます。

以降、説明者を交代いたします。

○九州電力（猿渡発電本部原子力設備グループ課長）

発電本部原子力設備グループの猿渡です。よろしく申し上げます。

資料3-2-4に従いまして、耐津波設計方針についてご説明いたします。一枚めくっていただきまして、1ページ目は目次でございます。2ページに、玄海3号炉、4号炉の耐津波設計方針の全般的な評価の流れと津波防護対策の概要についてご説明をいたします。

左側は規制庁が定めましたガイドラインに従って評価フローを記載してございまして、基本的に評価はガイドラインに従った評価をしてございます。右側に具体的な評価のポイントについてまとめてございます。

まず、先程お話しした基準津波を選定いたしまして、それを踏まえて、設計上の保守性等を考慮した入力津波というものを設定いたします。内容については後ほどご説明いたします。

この入力津波、設定した入力津波に従って津波防護設計というものを行っていきます。基本方針としては、まず、津波が敷地に流入させないという設計をします。

2つ目が津波による漏水の影響、これが重要な安全機能へ影響を及ぼさないという設計をい

たします。

3つ目は、重要な機能を持つ施設に対して浸水防護対策を実施する。

4つ目につきましては、具体的には、海水ポンプが津波の影響で取水性を損なわないという評価をしています。

5つ目については、津波が監視可能な設計とするというものでございます。

津波防護対策の概要ですけれども浸水防止設備としては、水密扉、海水ポンプエリア周りの防護壁、あと取水ピット開口部の蓋、床ドレンラインには逆止弁の設置、貫通部には止水処置の実施というようなことをやってございまして、おおよそ貫通部については120箇所、逆止弁については約90箇所、水密扉については約15箇所、今回の対策として実施してございます。

津波監視システムにつきましては、津波監視カメラと取水ピット水位計の設置というものを行ってございます。

具体的な評価の中身でございますけれども、ページめくっていただきまして、7ページ目、こちらの方でまず、基準津波から設定する入力津波の設定の考え方をご説明いたします。基準津波に基づきまして、満潮と干潮の水位の変動、及び地殻変動を考慮したうえで、入力津波を設定いたします。

表の3-1が入力津波高さの評価結果の一覧表でございまして、左側に水位上昇側、右側に水位下降側というものをまとめております。

入力津波高さの表中で一番上の段につきましては、評価結果から求まる入力津波の数値を記載してございまして、その下に括弧書きで書いてあるもの、これらについては、さらに計算上のばらつき、あるいは取水ピットの構造等を考慮して保守的に、実際に耐津波設計で考慮する津波高さというものを記載してございます。

水位上昇側については、取水ピット3号炉側で最も高い7m、水位下降側については、4号炉の取水ピット側で最も低い4.5m、というものを設計で考慮する津波として設定いたします。

8ページ目ですけれども、時刻歴波形を載せております。9ページ目につきましては、防護設計の基本方針の考え方を載せておりますので、先程と同じ説明になります。

10ページ目、こちらの方で敷地の特性に応じた津波防護の概要というところで、実際に、こういった箇所に、こういった対策をしていったかというのをまとめた資料を付けてござい

ます。

まず、玄海3、4号炉の重要な施設が設置されている原子炉周辺建屋、及び原子炉補助建屋周りにつきましては、津波による影響による溢水が流入しないように、水密扉の設置、床ドレンラインに逆止弁の設置、貫通部に止水処置を実施しています。

また、重要な設備である海水ポンプにつきましても、防護するために、このエリアに水密扉を設置、逆止弁の設置、貫通部止水処置の設置、防護壁の設置、開口部に蓋を実施してございます。

こちら11ページ目から、具体的な対策の内容について、ご説明しておりますので、こちらについては、簡潔に内容のご紹介ということでご説明させていただきます。

まず、地上部から津波の流入防止の確認というところで、図中、基準津波による遡上解析結果を載せてございます。

表で見ていただきますと分かりますように、敷地周辺について、遡上してくる津波については、影響は軽微でございまして、重要な設備が設置されている敷地には遡上しないということは確認しております。

12ページ目、こちらは津波がそれぞれ想定されている流入経路から流入してきて、影響を与えないという確認をしたものございます。

表で左側から各流入経路、その位置での入力津波の設計の高さ、右側が浸水防護対策、或いは、ピット構造等々から影響ないと評価される津波高さを載せておりまして、充分2m以上余裕があるという評価結果になります。

13ページ目が具体的な海水ポンプエリア周りでの対策の内容を記載してございまして、左側の図で海水ポンプエリアの前面のところで、入力津波高さ7メートルという評価になります。

海水ポンプエリアの床面6mですので周囲からこのエリアに水が入ってこないように水密扉の設置と貫通部止水処置と床ドレンライン逆止弁の対策を実施してございます。

14ページ目は、そういった対策をした設備から津波が漏洩してくる設計上漏洩量、設計上想定すべき漏洩量が仮に入ってきた場合にどういった影響があるのか、といった評価したものでございまして、左側の表の7-1-1、一番下の所に漏水による水位を記載してございます。設計上漏洩量が継続的に入ってきた場合を想定しても水位としては、0.01m以下の評価になります。

次の15ページで、その水位がどういった影響を与えるのかという事で、海水ポンプエリアの配置図、床面6mに対して海水ポンプの機能を喪失する高さというのが、モータ下端高さが7.7mでございますので、0.01m溜まっても影響が無いという事を確認しております。

16ページにつきましては、先ほどご説明した資料とほぼ同じでありますので割愛いたします。

17ページ、こちらの方で屋内の浸水対策の概要をご説明いたします。重要な設備が設置されている原子炉補助建屋あるいは原子炉周辺建屋に対して、地震による津波、地震に伴う津波の影響で、タービン建屋内で、機器が破損して溢水が発生する影響を評価いたします。タービン建屋で発生する溢水については評価上約2.2mまで溜まるということになりますが、対策としましては保守的にE.L.8mまで浸水防護対策を実施するという事にしております。

18ページ目、19ページ目はそれぞれの対策箇所をのせている断面図を載せております。

20ページ目ですけれども、こちらは屋外の浸水対策ということで、地震に伴う津波で海水ポンプエリアまで発生する溢水に対する防護の設計の概要をご説明しております。右側の図で概要の説明をしております、やはり海水ポンプエリアの近傍で耐震クラスのない循環水ポンプが破損した場合の評価になります。こちらの方で水が循環水ポンプエリアを越えてきまして11mの敷地高さまで漏れだすという評価でございます。この発生した水が防護する海水ポンプエリアに入らないということで海水ポンプへの防護壁が14mございます。そのほかに水密扉の設置と貫通部止水処置を実施してございます。

21ページ目につきましては、こちらは海水ポンプの取水性の機能維持の確認でございます。津波の引き津波で水位が下降した場合に、海水ポンプの取水可能水位を下回らないという事を確認しております、評価による引き津波は-4.5mに対して試験等で確認した海水ポンプの取水可能水位-5.18mございますので取水ポンプの海水ポンプは機能を損なわないという評価になります。また、津波の2次的影響として砂の移動による海水ポンプへの機能の影響というものを評価してございまして、こちらについても解析し影響が無い事を確認しております。

22ページ目が、実際に砂の移動の数値シミュレーションした結果になります。ほとんど砂の移動について移動はないという事になります。

23ページ目から、発電所施設近傍の漂流物が津波で安全に影響を与えるかを確認しております。評価フローについて載せております。

具体的に評価した結果が24ページ、24ページは発電所構外における施設・設備の抽出ということで漂流物となり得る施設、設備について調査した結果。

25ページが、発電所敷地内にある漂流物になり得るものの施設・設備の抽出を行っております。

26ページ目から、そういった漂流物が実際に影響を与えるか与えないかの評価をしております。こういった漂流物が施設に遡上してきて、安全機能に影響を損なうのではないかと確認してございます。

28ページ目は、津波監視設備でございまして、具体的には津波監視カメラをそれぞれ3, 4号機側に3号側に1箇所、4号機側に1箇所ということで2箇所、あと取水ピット水位計を海水ポンプエリアのところに2箇所設置する事としています。

29ページ目、30ページ目につきましては、入力津波を設定する際に解析するばらつきを考慮したものでございまして、こういったばらつきを考慮したかを参考で載せているものでございます。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つの質疑をお願いしたいと思います。どうぞ、御質問。竹中委員どうぞ。

○竹中委員

津波の評価について、この資料を拝見すると、西山断層もいろいろ計算されているようですが、震源メカニズムなどの断層モデルの設定はどうされているのかというのを教えていただけないでしょうか。

今回載せていらっしゃるのと同様に、例えば、横ずれ90度だけれども、(変位の)上下動成分を出すためにすべり角30度までされているのかとか、あとは、断層のトップを海底まで延ばしていらっしゃるのかとか、そういったところを教えてください。

○九州電力(赤司発電本部原子カグループ長)

西山断層帯につきましても、計算の条件、先ほどの3-2-3の資料の9ページに示しております条件と同様でございまして、やはり30度の縦ずれ成分を持たせる、あるいは上縁深さはゼロで計算するというようなケースも行っております。

○竹中委員

かなりのすべり量になるのではないかと思います、西山断層はすべりは幾らで計算したのですか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

西山断層帯すべり量といたしましては、6ページ目のパラメータスタディの結果の表をごらんいただきますと、すべり量といたしましては、右側の表、真ん中あたり、すべり量にありますとおり、11m38cm、11mを超えるすべり量で計算を行っています。

○竹中委員

そうすると、海底面の上下変位はその半分ぐらいですね。それで、その場で5メートルぐらいの津波があって、その後、だんだん浅くなると大きくなるのかなというふうに予想してしまったのですけれども、そうはなっていないような感じですが、途中、どういう感じでだんだん小さくなっていっているのでしょうか。

○九州電力（森野技術本部原子力グループ長）

先ほど申し上げましたとおり、津波の電波計算に関しましては、通常よく行われている一般的な手法でやっております、水深の影響とかそういったものも考慮した上で計算しております、水深が浅くなる場所では当然大きくなることもあるんですが、直接回り込んでこない、直接来ないとか、そういった地形の影響もございまして、敷地の前面ではそういった波形になると。一概に全部大きくなるといったような形では計算上出てこないというような結果になってございます。

○竹中委員

壱岐があるのですけど、これが結構影響しているということですか。

○九州電力（森野技術本部原子力グループ長）

そうです。壱岐の影響もございまして、そういった影響、地形の影響、島の影響等によりまして、今の波形になっているということになってございます。

○竹中委員

計算のメッシュサイズは、西山断層帯で地殻変動で初期水位を与えられたところから発電所にかけてどのようにとられていますか。

○九州電力（森野技術本部原子力グループ長）

資料でいきますと、11ページに計算の格子分割を記載してございますが、大体波源域で

いうと100m、それから、2分の1ずつメッシュサイズを小さくしていきまして、敷地の前面大体6.25mという大きさをメッシュを区切ってございます。

○竹中委員

これがメッシュですか。

○九州電力（森野技術本部原子力グループ長）

こういったメッシュのサイズ等の妥当性につきましても、計算の中で確認するようにしてございまして、土木学会等で推奨されております格子サイズであったり計算の時間間隔だったり、そういったものを満たすような計算になってございます。

○竹中委員

分かりました。とりあえず、はい。

○工藤部会長

はい、どうぞ。

○井嶋委員

この断層の位置をちょっと変えたりすると、やっぱり波の高さは変わったり、例えば、一番この壱岐が邪魔して来なかったりしたところをちょっと変えたり、あるいは宇久島北西沖の断層の位置を変えると、回り込んだり、あるいは串崎と玄海との岬の間で副振動が発生するとか、そういうふうなことというのは観察はされませんでしたか。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

そういう観点につきましては、実は審査の中で、各断層を振ってみてどうなるのかという観点ではなくて、審査の中で、当時、島崎先生からの御指導もあったんですけども、敷地で津波を起こして、それがどう広がっていくのかというのを見てくださいと。そこで、例えば、いろんな今おっしゃられました壱岐でいろいろな回り込みであったり、反射であったり起こるのか起こらないのかであったり、各断層位置からどういう、各断層の位置に向かってどう伝わっていくのかということを見ても、今の設定が妥当なのか、もうちょっと違う伝わり方があるんじゃないかというのが見えるので、そういう見方をしなさいという検討を行いまして、その検討を行った結果、今の評価のやり方はおおむね妥当であろうという判断をいただいたところでございます。

○井嶋委員

分かりました。

○竹中委員

今の話は多分、波動方程式なので、相反定理というか、震源と観測点の位置を換えてというお話だと思います。ここ（津波を評価する点）はピンポイントですので、どこで津波が起きると、このポイントに影響が強く出るかというのは、それでわかるかなと思います。そういう評価をしっかりとやられていけばいいのではないかなと思いますが、一つ教えていただきたいのは基準津波の作成位置についてです。これは3キロメートル離れたところに今とっていらっしゃいますが、これは場所を変えると変わるものなのか、それとも、もうここ（場所）はユニークに決まるものなのか、（基準津波の作成位置は）どのようにして選ばれるのでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

この基準津波の策定位置というのは、新規制基準のガイドの中で、いわばまさに敷地というか、沿岸の地形の影響、あるいは海底地形への影響も含めまして、反射してきたものなんかの行き場を含め、そういう影響を受けない一定程度の沖合の位置で設定するということが定められておりまして、それに基づきまして、沿岸からの距離がある程度離れていて、海底地形がなだらかなところということを敷地の前面海域周辺を探して、玄海につきましてはこの場所を選んでいる。当然、敷地サイトが変わるとそれぞれ変わってくるというものでございます。

○竹中委員

その3キロということについて。例えば、もっと近くの、発電所から見て北西のこの40メートルのコンターがなだらかなところだとか、ほかにも幾らでも（考えられる候補点）ありそうな気がします。先程おっしゃった反射の影響についても全く反射が起きないということはありませんので、時間がたてばもちろん起きるわけですね。そういう意味で、具体的にどういうふうにして選ばれたのでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

おっしゃるとおり、この3キロの場所も当然反射の影響等あるかと思いますが、逆に海底地形等平たんなところを考えると、ほかの場所もあるかと思いますがけれども、これはガイドの定め、さらには基準地震動と同じように、ある場所でどれぐらいの波ですかというものを1つ基準として据えて、基準としてというよりも、見方としてあらわした上で、じゃ、それが敷地に伝わってきたときに、例えば、先ほどのピット前面だとどうなの、取水口位置だと

どうなのというような、更なる考え方になりますので、これは場所として、いろんな候補はもちろんある、一長一短はあるんですけど、もうこの津波のあらわし方として、この場所を選んで、この場所で一旦表現をしておきますと。その上で、それが、それも含めて敷地に伝わったものはこうですよというのを最高水位分布等で移行評価していくと。1つ、何ていうんですかね、マイルストーンとしての目印といいますか、そういう位置づけでこの基準津波の位置というものを定めているところでございます。

○竹中委員

複数のパラメータのケースを比べるときなどに、同じ場所で比べましょうねみたいなことであって、その津波計算自身はずっと時間を追ってやっていらっしゃるわけですね。実際にピットの位置で使われる波形はピットの位置の津波の計算の結果が使われているという、そういう理解でよろしいですか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

はい、そのとおりでございます。

○工藤部会長

ほかにございませんか。どうもありがとうございました。

事務局、どういたしますか。もう一つ進めますか。

○事務局（今村県民環境部副部長）

先生方の中には、委員さん方の中に昨日の視察に関して、今日御質問をしたいという部分がございますでしょうか。

○工藤部会長

はい、どうぞ。

○事務局（今村県民環境部副部長）

では、火山まで今日行っていただいて、そこでちょっと資料としては、資料説明はそこで一旦終わらせていただいて、その後、昨日の視察の関連で質問をいただいて、今日はちょっとそこまでという形をお願いしたいと思います。

○工藤部会長

ちょっとお疲れでございましょうけれども、一気にここまで行くということで、じゃ、よろしゅうございますでしょうか。3-2-5と6の御説明をよろしく申し上げます。

○九州電力（木元玄海原子力発電所技術第一課長）

九州電力の玄海原子力発電所の木元でございます。資料3-2-5の説明を行います。

ページめくって頂きまして2ページですね、こちらは火山影響評価の流れを示しております、この評価は原子力発電所の影響評価ガイドというものに基づいて、発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出、抽出された火山の火山活動に関する個別評価、発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価という流れで行ってまいります。で、次のページ以降、具体的な評価結果を示しております。

3ページ目でございます。検討対象火山の抽出です。左図の真ん中あたり、こちらが、黄色い四角です。玄海の場所を示しております、その周りに円が書いてございまして、こちらが160kmの範囲を示しております、まずこちらの範囲にある火山を抽出しております。三角がその火山となっております。一方、右側の方がカルデラの位置、カルデラにつきましては、九州で過去に破局的噴火が発生したものを抽出しております。

4ページ目は、3ページの抽出結果をまとめたものでございます。

6ページです。6ページは将来の活動の可能性のある火山の抽出ということで、判断根拠を示しております。判断根拠の1つ目ですが、最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い場合、将来の活動の可能性はないと評価、2つ目のほうは、100万年前以降の活動が認められない場合、将来の活動の可能性はないと評価を致します。

7ページに、その評価結果を示しております、7ページの図面で赤三角で示しているものが、将来の活動可能性がある火山を抽出したものです。

8ページにその評価をまとめたものを示しております。

9ページですね。9ページは運用期間中に噴火規模の評価をどのようにするかを示しております、左の図ですね、九州におけるカルデラの位置、こちらが対象となるカルデラ、考え方は10ページを御覧ください。10ページで、まず①の1ですね。噴火履歴の特徴ということで、破局的噴火の活動間隔と最新の破局的噴火から、経過時間の比較により、マグマ溜まりを形成するのに必要な時間が経過しているか、次①-2ですね、こちらは、火山の各ステージを示しておりますが、これらのカルデラが、どのステージにいるか、②の1のところ、マグマ溜まりの状況、これがどのような状況かということ判断しまして評価しております、その結果が11ページになっております。

11ページにつきまして、すみません。12ページの表をご覧ください。

12ページの表の横軸の方に、火山の影響ということで①から火山弾、溶岩流、最後、⑦

の火山灰等とございますが、将来の活動がある可能性がある火山を並べまして、それぞれの影響があるかどうかの確認した結果が最終的に37番の九重山。こちらの火山灰等ですね、文献地質調査では認められませんが、シミュレーション結果で、2.2cmという結果が得られておりますので、こちらの火山灰を10cmと設定しております。

13ページは今説明した内容をまとめたものでございますので、割愛します。

14ページ、先ほどシミュレーションという言葉が出てきましたが、九重の第1噴火を対象としまして、火山灰の降灰分布を示したものです。左端に黄色い四角が発電所になるんですけれども、こちら年間を通じて、偏西風の影響により、東側に降灰の分布は広まっているという状況になります。8月ですね。8月だけですね、ちょっと風の範囲が広がっております、8月の結果で、0.024cmの降灰が認められるという結果になっています。

15ページですね、先ほどのシミュレーションの結果をするにあたりまして、不確かさというものがございまして、まず①の噴煙柱不確かさ、それと②の風速に関する不確かさとあつと風向に関する不確かさ。これらの不確かさを考慮するとどのように動くかというものを評価しております。③の風向に関する不確かさですが、先ほど偏西風の影響で殆ど東側に流れると言いましたが、8月の風ですが、青い点が風の分布を示しております、25,000mより下の方でいきますと濃いところが、風の分布を示していますが、それより高いところ90度、ピンクのラインがですね発電所の方向を示しております、この高さのところに関しては、発電所に向かっている風があるということで、ざっくり言いますと発電所に向かっている風だけを抽出しまして、それを高さ方向を平均しまして、仮想風というものを想定しております。

それぞれ16ページではその結果を示しております、16ページでは噴煙高さ、噴煙柱高さの不確かさのばらつきにつきましては、大きな差は出ておりません。

17ページは風速の出し方ですね。風速は高くなると上がります。それでも1~2cmは越えないという状況です。

18ページの風向の不確かさをこちらを考慮しますと、先ほどの繰り返しになりますが、極端に発電所敷地側だけの風を抜き出した評価となっておりますので、もともと基本ベースで0.024cmだったものが、2.2cmという結果となっております。

これを踏まえて、10cmと評価しております。

19ページは、これまでのもの、不確かさをまとめたものですので、詳細説明は割愛いた

します。

20ページにつきましては、火山灰の密度と粒径をどのように設定したかという事で、文献に基づきまして設定しております。火山灰の密度につきましては、降水時を考慮しまして、密度 1.7 g/cm^3 。粒径につきましては 2 mm 以下と設定しております。

21ページからが、これまでの条件に基づきまして、施設側の影響評価を記載しております。21ページ、ちょっと繰り返したところがありますが、層厚は 10 cm 、密度は乾燥状態で 1.0 g/cm^3 、湿潤状態で 1.7 g/cm^3 、粒径は 2 mm 以下として設備の影響評価を行っております。

22ページは、その影響評価の流れを示しております、真ん中の2つ目の丸に書いておりますが、直接的影響ですね、構造物への荷重や水循環器への閉塞等、直接受ける影響の評価、それと右側ですね、外部電源喪失やアクセス制限等の間接的影響の観点で、それぞれの評価を行って問題ないかという確認を行っております。

23ページ目です。23ページ目は、じゃ、火山の評価をどの設備を対象に行うのかというものをフローにまとめておまして、ちょっと字が小さいですけども、クラス分けのところの右側ですね、①と書いているところです。火山灰の影響を最も受けますのは、やはり屋外に設置されているものです。その矢印で引っ張っているところでもどのようなものがありますかということで、海水ポンプ、海水ストレーナ、次、緑色の枠は屋内を示しているんですけども、屋外であっても屋内に通じている開口部を含む設備、例えば、フロー図の下のほうですね、主蒸気逃がし弁、安全弁であったり、ディーゼル発電機、換気空調系というものが開口しているものであります。さらに右側にいきますと外部から取り入れた空気を施設内、機器内に取り入れる設備、右下の③に書いておりますが計測制御施設、制御用空気圧縮機などを挙げております。

24ページ、25ページは今挙げました設備が、どこにあるのかを示しています。

26ページです、降下火砕物にどのような影響がでるかを左側に羅列しています。静的負荷であったり、粒子の衝突、閉塞とか化学的腐食、このようなものがあるんですけども、この中で粒子の衝突につきましては、この竜巻で飛来物に対する評価がそれよりも評価が小さくなりますので詳細の検討は対象外としております。あと、下から2段目の水質につきましては、補給水で水処理した水を使っておりますことと水質管理を適切に行っていることで詳細評価の対象外としています。

27ページ目からが、先ほど言いました①から⑧番までの影響をどのような影響があるのかというものを設備ごとにまとめておりました表の一番左、こちらは建物ですね、建物につきましては、屋根に灰が溜まりますので荷重、静的負荷の確認、それと灰が付着しますので化学的腐食⑦番です。海水ポンプにつきましては、同じく静的負荷、閉塞、摩耗、機械的影響、化学的影響、それと化学的腐食という観点で、それぞれ先ほど挙げました設備にどういふことが該当するのかということで丸印をつけています。

29ページからが、その結果となっております。29ページの一番上ですが建屋関係ですね。一行目の後ろの方からですけれども積載荷重の余裕は、ここは火砕物の体積荷重に比べ十分大きい。下から2行目のところですね。外装塗装および屋上防水がされていることから、降下火砕物と構造物が直接接触することがなく、化学的腐食による短期的な影響を持つことは考えられないということで、影響評価は○(丸)としています。同じく海水ポンプですね。荷重による発生する応力は、許容応力値以下、閉塞とか侵入もありません。後、防汚塗装により腐食の短期的に腐食する可能性がないということで、確認結果を○(丸)としておりました、先ほどと同じように、設備ごと評価結果を記載しておりました、30ページの一番下のところ。降下火砕物による影響はないと評価しております。

31ページ目が、間接的な影響ということで、こちらにつきましては、降灰によりまして、広範囲に亘る送電網の損傷や7日間の外部電源喪失、発電所内外の交通の途絶によるアクセス制限等の評価を行っておりますが、下の方の結果です。原子炉の停止、停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に関わる機能を担うために必要とされる電力供給が継続できるということで影響はないと判断しております。

32ページ目からは、運用的な話になります。降下火砕物の除去等ですね。(1)は通常し、(2)は九州地方で火山の噴火兆候がある場合は、情報を入手し連絡周知等を行いまして、(3)の降灰予報、これは気象庁のホームページ等ででてくるんですけども、こういった発令が出ますと、注意喚起のほか火山の非常体制の発令を行いまして建屋の開口部閉鎖等を行います。また、降灰が確認された場合は、状況把握、巡視点検、その他、降下火砕物の侵入防止・除去、アクセスルートの確保、施設の影響確認等行っていきます。

33ページ目からはモニタリングということに記載しております。カルデラにつきましては、先ほどから運用期間中に破局的な噴火が発生する可能性は十分低いと判断しておりますが、自然現象における不確かさや敷地への影響を考慮した上で火山活動のモニタリングを実

施しております。

左の図は対象となるカルデラ、右の方はマグマの供給のやつをステージごとに書いているのですが、赤で囲っている部分ですね。マグマの供給等兆候が出ますと地盤の隆起や地震の発生等が見られますので、このようなモニタリングを行います。

34ページは35ページの表を使って説明いたします。モニタリングの評価につきましては、公的機関の評価ということで、国土地理院・気象庁等の評価の収集、これと併せまして、今度は当社の評価としまして、地殻変動や有感地震の発生頻度等のデータ評価を踏まえまして、最終的に総合評価、公的機関と当社の評価に基づき、破局的噴火の兆候を総合的に判断するとともに、火山の専門家に助言をいただくようなことを考えております。

37ページ、38ページはこのモニタリング評価に用います、阿蘇カルデラのデータの一部。

39ページにつきましては、火山の噴火の区分ですね、それと過去の火山の噴火がどのような区分であったかを示したものです。火山関係につきましては以上でございます。

○工藤部会長

ただいまのことについての御質問等をお願いいたします。はい、どうぞ。

○竹中委員

最後のモニタリングのところを伺いたいのですけれども。

35ページにモニタリングを御社のほうで評価をされるというふうに書いてあります。その前のページには「既存観測網による地殻変動及び地震活動の観測データ」と書いてあって、例えば、次のページの35ページの地殻変動の基線長の変化のグラフがあります。このデータというのはどのレベルのデータでしょうか。国土地理院のほうでGPSのデータなどを皆さんダウンロードできるように公開されているわけですが、そこから起して35ページこういうプロットをされて、その火山の場所のデータから膨張などをモニタリングされるというのか、それとも他の例えば公的機関がルーチン的に出しているような結果を使おうとしているのか、どちらですか。それから、この基線長の変化の図は、どこの場所のものでしょうか。

○九州電力（赤司発電本部原子カグループ長）

まず、データといたしましては、国土地理院さんが公開しておりますデータをダウンロードいたしまして、その情報をもとに例えば35ページにありますような基線長変化のデータ

を我々のほうで作成しているというものでございます。

この35ページのデータがどの場所の基線長だったかというのはちょっとすみません、ぱっと出てこないんですけども、基線長変化の例といたしましては37ページ目にありますとおり、例えば玄海といたしますと阿蘇アルデラが最も近くになりますけれども、その周辺のGNSSの観測点をこの①から④のようなそれぞれの観測点間の基線長変化のデータをとって、さらに別の観測点間のデータなんかもとりながら、この基線長の変化の度合いを眺め、さらに38ページのように地震の観測データも合わせて、要は我々の観点といたしましては、この火山の活動状況に変化があるかどうかということについて継続的に監視、モニタリングを行っているというものでございます。

○竹中委員

御社のほうでこういう解析を御自身でやられているという理解でいいのだろうと思うのですが、例えば、火山のマグマだまり、多分こういうモニタリングをされるからには、阿蘇のどこら辺にマグマだまりがあって（幾つもあると思いますが）、こういう変動があったらどういふ変化がGPSのデータ、あるいは直接膨張、ひずみなどを計算されてもいいと思うのですが、どういふ現象が起きるかということは、定性的にでも事前にシミュレーションされていると思っていいのですか。そこまでされているのでしょうか。

○九州電力（香月技術本部原子カグループ副長）

カルデラのモニタリングに関しましては、阿蘇については現在、いわゆる我々が対象としている大きな規模のマグマの供給がないということで、本日このデータではお示しはできないんですが、我々が監視対象としている始良カルデラについては、カルデラの深いところである程度大規模なものが数十年以上、100年以上継続的にマグマが供給できるというデータがございます。そういったデータと海外の知見でございますが、破局的噴火に至る直前、大体100年とか1000年オーダーでマグマの供給が上がるというような文献をもとに、我々としてはこの監視している想定量のマグマが入ってくると、今見ているようなGPSの基線長の距離がどれぐらい延びるということで判断基準を決めて、それをもとに我々は今監視しているという状況でございます。

阿蘇につきましては、今全く大きな供給はないということで、具体的にはそれはある程度変動が出るとその供給の位置とか深さ、それから算定して、実際にはGNSS観測点の距離の数値に対してはどれぐらい変動が出るというのを随時やっていくということになります。

以上でございます。

○竹中委員

そのやり方というか、例えばシミュレーションをされた結果はどこかで検証されたのかということ。例えば、今実際に活動的な火山に対してのデータがオープンにされていますので、それを使って今おっしゃったようなことが御社でちゃんと把握できるのかということとどこかで検証されたのかということと、それから、今おっしゃったのは結構長い時間の変動ではないかと思いますが、どのくらいの時間というか期間、噴火までを対象にモニタリングされようとしているのか、その2点をお伺いしたいのですが。

○九州電力（香月技術本部原子カグループ副長）

まず検証につきましては、桜島に関しましては京都大学のほうで、おおよそですと100年ぐらい、水準測量データであるとかGNSSデータで、マグマの位置であるとかをその供給されているマグマの量であるといったものが一応推定をされています。それをベースに位置とか深さ、供給量で、我々が想定しているのはまた、現在、京都大学が想定しているのは桜島大正噴火、噴火の規模でいきますと、最後、39ページでいきますと、桜島の今の例でいきますと、桜島大正噴火が今後、近いうちというのが前回から100年ぐらいたっているんで、もうそろそろ起きるんじゃないかというのが、VEI5ということで、噴出物量だと10km³未満のボリュームになります。

で、我々が監視の対象にしているのがVEI7と言いまして、破局的噴火という、桜島大正噴火よりも2オーダーぐらい大きな規模の噴火で、基本的には九州がほぼ壊滅するような状況になるような噴火のみをモニタリングの対象としていますので、それに関しましては、先ほども言われましたように、今日・明日の変化でいきなり我々としてもこういった噴火が起きるといふふうには今のところは思っておりませんで、実際には数十年とか数百年オーダーの変状が出るだろうということで監視をしております。

ただ、実際にいわゆる人間、我々人類の計測器が発達した状態でこの規模の噴火というのは、実際には計測された実績が当然ございませんので、経過としては、そういった検証はございませんが、今ある知見の中で、我々としてはそういう変状が出るだろうということで日々監視をしているという状況でございます。

○竹中委員

VEIインデックスで7のような大きな噴火が出るというような予測を研究者がとるにし

ても、出すのは大変だと思います。例えば、気象庁など他の専門の機関に、火山、活火山の専門の方がいらっしゃいますが、そこがそういう判断を出す前に、御社のほうでこういうモニタリングをして、具体的に分かるのでしょうか。

もちろんこういうことをされること自身は非常に素晴らしいことだとは思いますが、これをもとに、具体的にどういう扱いをされるのでしょうか。九州が全壊滅するような場合は、もう多分我々も逃げる時間もないようなことになるかと思うのですが、具体的にどういうことを考えていらっしゃるのでしょうか。

○九州電力（大坪技術本部原子力土木建築部長）

今のモニタリングの件に関しましては、常時観測はしていくんですけども、その結果を取りまとめて年1回、これは規制庁のガイドに定められていることなんですけれども、有識者に御意見を伺って、その辺の結果をあわせて規制庁のほうにも年1回必ず報告して、そして、規制庁のほうに（原子炉）火山部会というのができていまして、それも火山の学識者がいらっしゃるところです。そこでその結果をまた評価して、状況を監視していくというような体制になっております。

○竹中委員

規制庁のほうにお話することなのかもしれませんが、普通に考えると、直接、常時モニタリングしていらっしゃる専門家の意見を取り入れたほうがいいように思ってしまうわけなんですけれども、御社のほうでこういう具体的なGPSの解析までされる必要があるのかどうかというのが、非常に不思議な気がしましたのでお伺いしたのです。

○九州電力（大坪技術本部原子力土木建築部長）

そうですね、まさしく気象庁さんがいろいろやられていたり、いろんな機関でやられているので、そういったデータを見て我々も常に監視していて、我々疑問に思ったときは、有識者に御意見を伺ったりしながら、そういった形で安全を確認していくというふうな形をとっております。

○工藤部会長

今、竹中先生がおっしゃったように、やはりこれは規制庁としてほかのケースも含めてどう考えているかということをお尋ねしてほしいということです。新しい知見が得られたときに、それをどういう形で認識、規制化していくかということも規制庁に聞いてみたいと思いますが、そういうことでよろしゅうございましょうか。

じゃ、大幅に1時間近くもたってしまいましたので、残りの資料については次回以降の御説明をお手数ですがお願いしたいということと、次回に幾つか補足説明もいただきたいということも出ておりましたが、それともう一つ、井嶋先生が何かあれというのは。

○事務局（今村県民環境部副部長）

昨日の視察の件で。

○井嶋委員

地震のほうのことでは、対象外だったものですから、ちょっと聞くのを忘れていました。昨日の見学のときもちょっとお聞きしたのですが、免震設計というのは阪神大震災以降、想定外の地震がやってきても壊滅的な被害を防ぐもので、私も橋梁とか土木構造物のほうの人間なものですからその意識が有り、それ以降、免震装置の良さというのが非常に認識されています。構造物の主要構造というのは、免震装置によって地震の作用慣性力というか地震加速度が低減されます。さらに、主要構造の内部についても作用加速度が非常に下がります。非常に安全になる。なおかつ、免震のよいところは、想定外の地震のとき免震装置が壊れ、壊れるところがそこに限定される。したがって、免震装置が壊れたらどうなるかということをおさえておきさえすれば、壊滅的な被害への対処ができるわけです。

一方、耐震設計というのは、想定する地震に限界があると考えます。私は1970年代から耐震をやっておきまして、そのころから、地震計がいろんなところで使用されるようになり、計測される地震加速度がどんどん大きくなりました。最初はエルセントロ地震とかタフト地震とかいうのが200～300ガル程度の加速度だったのですが、それがタコイアダム地震記録では約1,000ガルとなり、その行き着くところが阪神大震災になりました。そうなってくると、その想定外の入力加速度を持つ地震を受けると、それに耐えなければいけない耐震設計というのは、より強い構造物を作らなければいけないことになります。原発のすごいところは、地盤は非常に固い岩盤であって、その上に頑丈な構造物を乗せるわけですよ。それで地盤の卓越振動数4ヘルツであり、それを超える8ヘルツや10ヘルツぐらいの建屋になっていくと思いますが、そうやってどんどん固く、全部固くしていかなければいけないわけですよ。それで、想定外の地震が来たら、どこが壊れるかわからない。壊れる箇所がどこかということの予測ができない、まさに想定外になってしまうわけで、そういう面からいくと免震設計が合理的と考えます。聞くところによりますと、よその伊方原発などいろんなところでは、最初、免震にしようとしていたら審査をパスできないと聞きました。そういうのは一体

何が原因で、免震が採用されないのかというのをちょっとお聞きしたいと思います。だから、九電さんというよりは、何というか原発全体において一体どう判断されているのかということをお聞きしたいです。

○九州電力（赤司発電本部原子力グループ長）

今、最後お尋ねありましたところ、なかなか原子力の世界の中で免震が実現しない理由、ポイントとしては大きく2つございます。当社としても免震実現に向けてさまざまな切り口での検討を行ってきたわけですが、1つ目のポイントといたしましては、実際に観測されているレベル、あるいは一般建物で想定されているレベル以上に水平方向の地震動レベルが大きいと。今回の新規制基準の中でも、何か免震のような長周期構造物は特に注意して、別途基準地震動を設けなさいということがありまして、非常に大きな地震動レベルを、例えば、一般の免震建物ですと長周期80カイン程度、80カインから100カインの設計になりますが、その倍の200カイン、最低でもそのぐらいのレベルを求められ、さらに、先ほど耐震設計方針の中でありましたけれども、水平2方向、両方向から同時に作用させる。とすると、方向性を持たない免震層、構造物等はもろにその影響を受けますので、 $\sqrt{2}$ 倍、1.4倍ぐらいの地震動になってしまうということで、非常に大きな水平方向の地震動レベルになりまして、現状あります免震装置ではなかなか、変形量が非常に大きくなって、まさに審査の中での基準に耐えられないというポイントが1つございます。

それからもう一つのポイントは、原子力発電所の設計を行う、先ほどの基準地震動でございまして、上下方向の地震動が非常に大きいというのがございまして、免震装置につきましては、上下方向には一定程度の剛性がありまして、上下方向に地震動が伝達されるんですけれども、上下動が大きいと、非常に免震層で大きく上下動が増幅されて、結局、建物が浮き上がってしまう、飛び上がってしまうような状態に設計上ですけれどもなってしまいます。これも審査をなかなかパスできないという要因になっている現状でございます。実現できていない大きなポイントになっているところは、技術論としてはその2点でございます。

○九州電力（村山発電本部原子力工事グループ長）

すみません、若干補足させていただきます。

先生のおっしゃられるとおり、免震装置が壊れたら取りかえればいいのか、そういう弱部をつくって取りかえるような設計の方針もやっぱり施設によってはあるかと思います。ただ

し、原子力発電所の許認可という観点から申しますと、地震が起きた後も免震装置は健全でなければならないという大前提がございまして、先ほどありましたような、赤司が言ったような厳しい地震動に対して、免震装置まで含めて健全性を説明するというのが非常に難しいところがあるのかなと思っております。そういうふうな原子力特有の事象をもって条件があつて、なかなか難しいところがあるかもしれませんが、努力は今後とも続けていくという話でございます。

先生のおっしゃられましたとおり、剛構造とするということに関して、やっぱり我々も苦心してございます。特に緊急時対策所というのは、昨日見ていただきましたけれども、空気ボンベで加圧するとか、そういう気密性に関しても建物に要求が出てきてございます。そういうときは、貫通部というのは非常にそれなりに処置するんですけども、コンクリート本体もその地震動に対して弾性設計を行うというような設計を行いまして、非常に強固な設計を今やって信頼性を確保するというような設計手法をとらせていただいております。

今後はちょっと分かりませんが、今、技術基準とか原子力における設計のクライテリアを考慮すると、なかなか困難であるというのはちょっと補足させていただきます。

○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

もう少しだけ補足させていただきます。

実は、これは非常に悩ましくて、いろんなことで御心配もおかけいたしました件ですので。やはり原子力発電所の施設そのものは先生がおっしゃるとおり全部剛でつくってきた経験しかないんです。私どもが剛でつくって、ある地震動を想定して、それにもつよよとということやってきて、全ての原子力発電所の施設がそれでやってきている。今、まさに世の中はそういう免震という考え方もあるというのは重々承知してございますけれども、今の、どうしても先ほど言いましたような剛を前提としたような部分での規制、要するに機能を要求されますので、壊れちゃいけないという話になりますと、そういう部分もありまして、例えば、原子力特有なところは施設の強度だけでなくて遮蔽とかいうことを考えますと、例えば、緊急時対策所は1メートル以上の遮蔽圧を持った建物になるとか、非常に重たいものになるとか、そういう部分もありまして、今の規制の中で、この免震ということにチャレンジするというのは非常に厳しいということで、いろいろな変遷を経て、今回の件につきましては、まず規制基準をクリアして、しっかりした機能を持つものをできるだけ早くつくっていただくということで、今回はそういうことにしてございます。

○工藤部会長

私から感じとして、やはりこれも規制庁の考え方というのをひとつ我々の意見交換としてやってみたら、何か有益な認識が、共通の理解ができるんじゃないかなという感じがいたしますので、ひとつお願いしたいと思います。どうぞ。

○續委員

今日の話は僕の専門が全然違っていたので、余り質問できなかつたんですけども、昨日視察をさせていただいた印象を述べさせていただきます。代替緊急時対策所ですが、被ばくをしないような構造になっているとか、圧をちゃんとコントロールすることによって放射性の同位元素が入らないようにという工夫のことは十分理解できました。またそのためのポンベの準備もなされているということで、その意味では安心しました。視察中にその場でもちょっと質問させていただいたんですが、きちんとオーガナイズされていて、いろんな指令も出るようなシステムが構築されており、これは規制基準のクリアという観点からは全然問題ないんだろうと思いますが、やはり100人近い人数に対して休憩所がないような状況というのは、ヒューマンエラーを起こす可能性が生じるんじゃないかというのがちょっと危惧するところです。

それから、きっと玄海の発電所には医務官みたいな方が常駐されていると思うんですけども、代替緊急時対策施設の中では、ベテランの方達が集中・緊張して、いろいろやられるとは思いますが、やっぱり人ですので、長時間の緊張状態のもとでの作業ということになれば、ヒューマンエラーを起こさないためにも、医務官がきちんと配置されているのか、あるいはそういうちょっと休憩するようなコーナーが何とか確保できるのかという、そのあたりの御検討について知りたいと思います。すなわち、そういうことを含めて次にきちんとした緊急時対策所を計画されているというのは十分理解できましたが、現在の施設の中でそのことに関してどうお考えなのか、あるいは規制庁がそのあたりのことをどういうふうにご考えておられるのかということもあわせて、僕はちょっと知りたいなと思いました。

○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

規制庁がどう考えているかは、今後の話であると思いますけれども、基本的には7日間を100人で外部支援がなくても対応できるようにということで、いろんな対応設備をつくっている。

医務官の件ですけれども、保健師さんとか常駐していただいています。医師もおられます

けれども、じゃ、24時間いっちゃうかというのと、そうでもないわけですし、やはりそこは制約があると。我々としては、もちろん7日間というのは規制の基準としてありますけれども、いろんな手だてを使って、それは人命の部分でございますので、できるだけ外部支援をしながらやっていくというのが基本的な考え方です。もちろんそこに常にいないといけないというわけでもなくて、プルームが通るときの10時間は空気ボンベでしょうけれども、それはある一定の期間ですから、その離れたところからやってくるとか、交代をすとか、できる限りのことはしていくことが必要であろうというふうに思っております。

おっしゃられましたように、もうちょっとできるだけ早くつくりたいと思っておりますけれども、緊急対策棟のほうであれば、さらに、より作業性も考慮して、ゆっくり休憩できるエリアも設けてということになりますので、そういう方向で改善といいますか、今より、よりよくしていきたいというふうに考えてございます。

○工藤部会長

どうぞ。

○片山委員

昨日視察させていただいて、万が一を想定して、かなり可搬式の設備が充実しているということがすごくわかったんですけど、例えば、気温がかなり下がって路面が凍結とか、積雪とかがあって、あと、ホースを長距離敷くのにトラックを使うなんかということも説明されたんですけど、そういった路面の凍結とか、気温がかなり下がるというような、ちょっと異常気象というような状況というのは想定されているんでしょうか。その影響というのは。

○九州電力（林田発電本部原子力管理部長）

そういう道が滑るとかいうのもあるでしょうけれども、ほかにも自然現象、台風とか、そういう状況の中でそういう設営できるのかということもありまして、九州の場合、どちらかというと、台風というのを心配してまして、その風が吹いている中で、また、豪雨の中でもできるのだという観点からすると、そういうところも配慮して訓練等はやっていることはあります。

ただ、積雪はもうめったにないので、例えば、北海道であれば、そういう中での対応できるかという確認もされたりしておりますので、それと、基本的に可搬型設備というのはどういう状況であっても、例えば、ホイールローダもありますし、ショベルカーもある。どんな状況になっても、アクセス道路をつくっていけるとか、牽引していけるとか、四駆の大きなト

ラックがあるんですけども、そういうものを使えるとか、多様性を持っていろんなことを、想定していないことが起こっても、どうにかできるんだというのがもともとそういう福島の事故からの教訓でありますので、そういういろんな条件、厳しい条件を想定した対応の訓練等もやっていくということで、実際一部やっていますし、まだ今後もいろいろ考えられることについては工夫しながらやっていきたいというふうに思っております。

○工藤部会長

じゃ、もう御意見も大体出たようでございますので、これで、非常に遅くなりまして申しわけございませんが、いろいろお互いに非常に貴重な意見交換ができたのではないかなと思います。

じゃ、これで終了させていただきます。どうもありがとうございました。

午後 1 時 3 0 分 閉会