

# 佐賀県原子力安全専門部会報告書

平成29年3月

佐賀県原子力安全専門部会\*

\* 正式名称：玄海原子力発電所の再稼働に関して広く意見を聴く委員会  
原子力安全専門部会

佐賀県原子力安全専門部会 委員名簿

氏名	所属・職名	専門分野
工藤 和彦 (部会長)	九州大学名誉教授	原子力工学 (原子炉工学、原子力安全工学)
井嶋 克志	佐賀大学大学院 工学系研究科 教授	地震工学
出光 一哉	九州大学大学院 工学研究院 教授	原子力工学 (核燃料工学)
片山 一成	九州大学大学院 総合理工学研究院 准教授	原子力工学 (核融合工学)
竹中 博士	岡山大学大学院 自然科学研究科 教授	地震学
續 輝久	九州大学大学院 医学研究院 教授	基礎放射線医学
守田 幸路	九州大学大学院 工学研究院 教授	原子力工学 (原子炉工学、熱流動)

## 目 次

1	はじめに	1
2	開催実績	2
3	質疑及び意見	
(1)	平成 28 年 12 月 27 日（火曜日）第 1 回専門部会	
①	玄海 3、4 号機に係る原子炉設置変更許可申請の概要	3
②	玄海 3、4 号機に係る重大事故等対策の有効性評価	6
(2)	平成 29 年 1 月 18 日（水曜日）第 2 回専門部会（現地視察）	8
(3)	平成 29 年 1 月 19 日（木曜日）第 3 回専門部会	
①	第 1 回専門部会に関する補足説明	11
②	基準地震動、耐震設計の基本方針	12
③	基準津波、耐津波設計方針	21
④	火山影響評価	22
⑤	現地視察含めた全般	24
(4)	平成 29 年 2 月 2 日（木曜日）第 4 回専門部会	
①	九州電力との質疑応答	
(ア)	竜巻・内部溢水・火災	25
(イ)	第 3 回専門部会に関する補足説明	27
(ウ)	基礎地盤及び周辺斜面の安定性	28
②	原子力規制庁との質疑応答	29
(5)	平成 29 年 2 月 11 日（土曜日）第 5 回専門部会	33
4	県への助言	35
5	原子力規制庁の回答[平成 29 年 3 月 18 日（土曜日）第 6 回専門部会]	
(1)	確認事項及び回答	40
(2)	回答に対する意見	65
6	まとめ	70

### 【参考資料】

- 1 玄海原子力発電所の再稼働に関して広く意見を聴く委員会設置要綱
- 2 第 1 回～第 6 回専門部会配付資料
- 3 第 1 回～第 6 回専門部会議事録
- 4 用語集

## 1 はじめに

九州電力は、玄海原子力発電所3、4号機に関し、福島第一原子力発電所の事故の教訓等を踏まえて策定された新たな規制基準に適合するとして原子炉設置変更許可申請を原子力規制委員会に提出した。

原子力規制委員会ではこの申請内容について、規制基準に基づく審査を行い、現地調査やパブリックコメントの手続きなどを経て原子炉設置変更許可を行った。

玄海原子力発電所の再稼働に関して広く意見を聴く委員会原子力安全専門部会（以下、「当専門部会」という。）は、佐賀県（以下、「県」という。）がこの原子力規制委員会の審査結果について確認していくに当たって、当専門部会の委員から技術的助言を受けることを目的として設置されたものである。

本報告書は、当専門部会が平成28年12月から平成29年3月までの期間に行った活動についてとりまとめたものであり、県が当専門部会からの助言を踏まえて原子力規制庁に提出した確認事項及びそれに対する原子力規制庁からの回答も併せて掲載している。

なお、本報告書は、要綱に基づき、部会長から玄海原子力発電所の再稼働に関して広く意見を聴く委員会の会長に対して提出するものである。

当専門部会の部会長としては、これまでの活動における各委員の多大な御尽力に感謝するとともに、各会合において行われた質疑応答や助言等が、県の参考になれば幸いである。

原子力安全専門部会 部会長 工藤和彦

## 2 開催実績

原子力安全専門部会の開催実績については以下のとおり。

- 第1回
  - 日 時：平成 28 年 12 月 27 日（火曜日）13 時 30 分～16 時 20 分
  - 場 所：ホテルグランデはがくれ
  - 内 容：九州電力から申請内容（全体概要及び重大事故対策等）について説明・質疑
  
- 第2回
  - 日 時：平成 29 年 1 月 18 日（水曜日）12 時 00 分～16 時 55 分
  - 場 所：玄海原子力発電所 原子力訓練センター大会議室  
（玄海原子力発電所視察）
  - 内 容：玄海 3、4 号機の安全対策の実施状況等について視察
  
- 第3回
  - 日 時：平成 29 年 1 月 19 日（木曜日）9 時 30 分～13 時 30 分
  - 場 所：ホテルグランデはがくれ
  - 内 容：九州電力から申請内容（地震、津波、火山関係）について説明・質疑
  
- 第4回
  - 日 時：平成 29 年 2 月 2 日（木曜日）13 時 00 分～17 時 20 分
  - 場 所：ホテルニューオータニ佐賀
  - 内 容：九州電力から申請内容（地震、津波、火山関係）について説明・質疑  
原子力規制庁から審査概要について説明・質疑
  
- 第5回
  - 日 時：平成 29 年 2 月 11 日（土曜日）14 時 00 分～15 時 40 分
  - 場 所：佐嘉神社記念館
  - 内 容：県から国（原子力規制庁）への確認事項案について説明・質疑
  
- 第6回
  - 日 時：平成 29 年 3 月 18 日（土曜日）10 時 00 分～11 時 15 分
  - 場 所：佐嘉神社記念館
  - 内 容：県から原子力規制庁の回答について説明・質疑  
専門部会報告書について

### 3 質疑及び意見

原子力規制庁及び九州電力からの説明に対し、次のとおり質疑を行い、回答を得るとともに、意見を述べた。

#### (1) 平成28年12月27日（火曜日）第1回専門部会

##### ① 玄海3、4号機に係る原子炉設置変更許可申請の概要

委員	質問・意見	九州電力回答
出光委員	火山灰の想定で層厚10cmとなっているが、火山灰除去の対策として、ホイローダー等で除去するということか。	そのような対策を考えている。
出光委員	湿潤状態や粘性の火山灰について、どのような対策を考えているのか。	火山灰については、雪も一緒に考慮しており、荷重が増える状態で設備がもつという評価を行っている。
出光委員	内部溢水対策として、蒸気遮断弁を設置するということだが、この蒸気はユーティリティ側の蒸気なのか、二次側の蒸気なのか。	空調などを温める蒸気（補助蒸気）であり、基本的に二次側の蒸気である。
出光委員	漏えいを防止するため、蒸気遮断弁は重要であるが、蒸気を遮断することによって、供給先の機能が失われることを考慮しているのか。	補助蒸気なので、蒸気を遮断しても、供給先の設備に影響がないと評価している。
出光委員	冷却機能のうちタービン動の補助給水ポンプは、どれくらいの蒸気圧力まで稼働すると想定しているのか。	二次側の蒸気温度が134度、0.2MPaまで運転可能だと想定している。
出光委員	溶融等が起きた場合、キャビティでの温度監視はどのようになっているのか。また、下部キャビティの温度は測定可能なのか。	格納容器の中に、PAM計器の温度計を2つほど設置して、温度の状況を確認できる。下部キャビティについては温度計を設置していないが、格納容器の温度・状態から、圧力と飽和温度の関係で下部キャビティの温度を概ね推定できる。
井嶋委員	資料1-3-1中、5頁の基準地震動 $S_s-1$ についての説明をお願いする。また、玄海原発敷地下は玄武岩質なので非常に高い周期の地震動になると思うが、このことを考慮しているのか。	基準地震動 $S_s-1$ はコントロールポイントを定めて設定する応答スペクトル法に基づく地震動である。実際、設計に使用する地震動は、このスペクトルにフィッティングするような模擬地震波を作成しているので、もう少し凸凹したものになる。また、敷地の揺れの性状等をより詳細に考慮した断層モデルによる $S_s-2$ や $S_s-3$ の地震動も想定している。

委員	質問・意見	九州電力回答
井嶋委員	断層の動きが逆断層だと大きな津波が起こるが、津波を想定する際、近場の断層を選んだ理由の説明をお願いします。	<p>西山断層帯や対馬南西沖及び宇久島北西沖の断層群の連動想定では、地域的に横ずれ断層帯であるが、90度の縦ずれを想定している。</p> <p>日本海で発生する地震は逆断層系で、それによる津波も検討しているが、距離的な減衰等があるので、近くの西山断層帯あるいは対馬南西沖及び宇久島北西沖の断層群が連動して想定される津波がより大きくなる検討結果になっている。</p>
井嶋委員	地下水や、地下水が地盤に及ぼす影響等について検討しているのか。	地下水は、敷地の地表面よりだいぶ深いところを通っている。建物が載っている敷地の地盤の安定性を検討する際、地下水の影響が大きいケースとして、地下水が地表面まで達している条件で検討を行っている。
守田委員	熔融物質が、原子炉の圧力容器を貫通して原子炉下部のキャビティに落下している状況でも、水位計が機能することを評価、確認しているのか。	水位計の位置は、熔融炉心が原子炉下部のキャビティへ落下した際、下部キャビティの冷却水が確保されているかどうかという観点で決めている。電極式のものなので、環境性もあると考えている。
守田委員	福島事故のように複数号機が1つのサイトに立地する場合、共通の原因で事故が同時に起こる状況を十分想定する必要があるが、玄海原発の複数号機で同時に事故が起こった場合、どのような対処を想定しているのか。	資料1-3-2中、「4. 作業と所要時間」(10頁)において、3号炉、4号炉に同時被災が起こった場合、3号炉、4号炉に割り当てられた要員52名で対応することで、重大事故等に対処できる構成を組んでいる。
續委員	事故が起こった場合、何班構成なのか。また、事故によって勤務時間体制は変わると思うが、一班の活動時間はどれくらいなのか。	現在、班体制について整備中だが、1班52名の13班体制で対応できるよう訓練を進めている。月曜日から金曜日までの平日は、昼間の時間帯で要員が多く確保できるので、17時30分から翌朝の8時50分の始業時間までを夜間の52名体制とし、土曜日、日曜日は、朝8時50分から翌日8時50分まで、52名が発電所及び発電所近傍で待機し、事故対応が速やかに実施できる体制を組んでいる。
續委員	緊急時対策棟の整備状況、稼働時期の説明をお願いします。	工事計画認可申請では代替緊急時対策所の審査を受けている段階であり、緊急時対策棟については、再起動を行った後に改めて工事計画書を提出するので、数年要すると思う。

委員	質問・意見	九州電力回答
竹中委員	津波は、上昇があったら、下降があって、下降があったら、上昇がある。長い時間計算して、その結果たまたまトップが対馬南西沖断層群の地震による津波の海拔4m程度で、ボトムが西山断層帯の地震による津波というイメージなのか。また、どのくらいの計算時間で、その値なのか。	地震が起こって津波が生起してから180分間の計算を行っている。大きなものとして、引き波から戻ってきて今度は上昇側に転じる1つの波長の周期として30分～40分ぐらいの周期の波になっている。
竹中委員	津波が対岸で反射するなどの計算は行っていないのか。また、対岸の範囲は、どこを想定しているのか。	周辺の地形、詳細な地形データを盛り込んで計算しているので、例えば、敷地に到達した津波の反射の影響、その反射と重なった第二波、第三波の影響等も忠実にシミュレーションしている。また、対馬南西沖断層群の地震による津波の場合、反射先は韓国よりも中国になるので、ほとんど影響ないと考えている。
竹中委員	対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群の連動に対して、どちらの断層から破壊するのか、また、もう一方が破壊する際の遅れ時間など、様々なケースを検討したのか。	断層の連動の場合は時間差等があると思うが、時間差をつけると、波が分散して敷地への影響が小さくなるので、複数の断層群がすべて一気にずれ動いたということで最大パワーを持たせて検討を行っている。
竹中委員	南海トラフの連動など、遅れ時間があると大きな津波が出たりするが、遅れ時間を持たせて計算した結果、それが分かったのか。	例えば、南海トラフ等のような複数のアスペリティ、SMGAを持った大きな断層であれば、遅れ時間の影響等がかなり出てくると思うが、断層の規模等による感度などを考慮した結果、全部破壊させたほうが効くという結論になった。
片山委員	防護ネットの経年劣化のほか、潮風の影響によって、温度計、線量計、火災報知機等、多くのセンサーの劣化が起こるので、定期的な点検が必要になり、作業員の負荷が増えてくると思うが、各種センサー系のチェック体制はどのように検討しているのか。	今後、保全プログラムの中で計画を立てて、定期的に点検等を行っていくので、現状の体制でも特に問題ないと考えている。既に稼働している川内原子力発電所において、保全プログラムを作って、多くの計器や竜巻ネット等に対応しており、現在の点検頻度等で問題は生じていない。
片山委員	水素爆発防止対策として2種類の装置を設置している理由の説明をお願いします。また、それぞれの設置台数が異なるが、どのような状況を想定して、イグナイタは13台になっているのか。	放射線水分解で長期的に発生する水素を減らす観点でPARを設置しているほか、短期的に多量の水素を燃焼させ、水素濃度を13%以下に抑えるため、イグナイタを設置している。また、設置台数について、PARは、放射線水分解により発生して上

委員	質問・意見	九州電力回答
		<p>昇する水素を自然に処理するため、原子炉格納容器の上部に5台設置している。イグナイタは加圧器逃がしタンクや上部のループ室の上など水素の放出経路に設置するほか、水素の成層化のリスクも考慮して格納容器のトップに2台設置するなど、計13台となっている。</p> <p>想定水素の量として、75%のジルコニウム反応量であれば、玄海3、4号機はフリーボリュームが大きいので、水素濃度が13%以下を確認しているが、MCCIが発生した場合の水素の不確定性を考慮すると、13%を超える可能性があるため、イグナイタを使う想定にしている。</p>
工藤 部会長	<p>資料1-3-1中、18頁に「常設蓄電池及び重大事故等対処用蓄電池で24時間の電力供給が可能」、「直流電源用の発電機により24時間の電力供給等が可能」との記載があるが、24時間プラス24時間供給できるのか、それとも両方合わせて24時間供給できるのか。</p>	<p>常設蓄電池、DB側の蓄電池とSAの蓄電池で24時間の電源供給が可能である。</p> <p>それがない場合、直流電源用の発電機により24時間を通しての電源供給が可能であり、燃料補給すれば7日間は電源供給が可能である。</p>
工藤 部会長	<p>資料1-3-1中、19頁において、燃料タンクが1つしか図示されていないが、従来の燃料タンクに加えて増設していないのか。</p> <p>規制要求に対して全体の燃料容量がどれぐらいの余裕があるのか。この燃料は全ての発電機において共通なものか。</p>	<p>大容量空冷式発電機用に個別に燃料タンクを設置しているほか、DG用の燃料タンクや貯蔵タンクを新設している。大容量空冷式の地下タンクのほかに、200klの貯蔵タンクを1プラントごとに2台持っている。燃料は共通で使える。</p>

② 玄海3、4号機に係る重大事故等対策の有効性評価

委員	質問・意見	九州電力回答
守田 委員	<p>新規制基準において、重大事故のシーケンスを選定する際、これまでのPRAの知見、個別プラントのPRAの知見を踏まえた上で事故シーケンスを抽出することになっているが、玄海3号、4号の確率論的リスク評価において、具体的にどのような知見を踏まえたのか。</p>	<p>今回は設計基準事故設備を対象としたPRAを実施している。例えば、ATWSが起きた場合、通常は、緊急ほう酸濃縮などの対策をとるが、このPRAでは対策を期待しない。そのような評価をすると、CCW喪失によるRCPシールLOCAの確率がほとんどとなった。</p> <p>本当はCCWの復旧の効果などを</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
		<p>考慮すればある程度確率を下げることはできるが、今回の評価ではそのようなことを考慮できないので、若干、正直なプラントの姿が分かりづらい結果になっている。</p> <p>確率を下げる努力として、耐熱仕様のRCPシーلを採用するなどの対策を取ることが明らかになった知見の一つである。</p>
守田委員	<p>資料1-3-2中、2頁において、代表性のあるシーケンスとして「格納容器過圧破損」を選んでいるのは、結果が厳しいので設定しているのか。あるいは確率が大きいので設定しているのか。</p>	<p>どちらかという、確率ではなく、影響の大きさで選んでいる。事故の解析だけではなく、要員の事故対応能力も含めた評価なので、炉心損傷すると追い込まれた事象でもきちんと対応できる観点、事象の早さの観点から、この事象を代表的に選んでいる。</p>
守田委員	<p>資料1-3-2中、14頁において、重大事故等対策に関連する機器条件として、様々な機器条件を与えて結果を厳しくさせることも考えられる中で、どうして、「水素再結合装置とイグナイタ」の部分だけ効果を期待しなかったのか、その判断根拠について補足説明をお願いします。</p>	<p>原子炉格納容器圧力の観点から、常設電動注入ポンプと自然対流冷却による効果によってどれだけ圧力を抑えられるかという評価や、重大事故対策要員が新設の設備を使って事故を収束できるかという観点での有効性評価であるため、PARとイグナイタを考慮していない。</p>
出光委員	<p>シナリオでは、約4時間後に全ての燃料が原子炉下部キャビティに落下することだが、再臨界をどう考えているのか。</p>	<p>再臨界の可能性がないことを確認している。</p>
出光委員	<p>溶融燃料を冷却するとき、純水で考えられているのか、ほう酸水を混ぜるといことは考えていないのか。</p>	<p>最初、RWSTが動くときは、ほう酸水で冷却するが、最終的に冷却を優先するので、海水を入れる評価をしている。海水を入れた時の塩の析出による影響も評価した結果、実施可能だと見通している。</p>
出光委員	<p>セシウムの放出について、ほう酸とかの影響が上乘せになるかの検討結果を教えてください。</p>	<p>ほう酸注入の値を使って、格納容器の内圧を高目に設定してセシウム放出を多目にするよう、保守的に評価している。</p>
片山委員	<p>資料1-3-2中、21頁において、アニュラス97%は計算によるものなのか、模擬で実際に確認したのか。一方、アニュラス以外3%となっているが、これは保守的な評価なのか。</p>	<p>海外の知見や国内の古いプラントの知見により、漏えい試験の際、どちらにどれだけ漏れるのか評価している。配管貫通部、エアロック等もアニュラスにあるので、アニュラスへほとんど漏れるが、鋼板の格納容器からも3%ぐらい漏れると保守的に評</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
		価している。
井嶋委員	重大事故は、想定外の地震や津波で起こり得るが、地震の際に、プラントの設備にどれぐらいの加速度が生じるとか、配管のこの箇所が破損したらこうなるということ、を、次回の会合で説明してほしい。	プラント側の事故の選び方は、基本的に内的P R Aだが、一部では地震や津波などの外的P R Aを参考にしている。地震の加速度によって、全部の配管が破断するようなパターンの確率はゼロではなく、破損モードの影響についても議論を行い、この両端全部の配管が壊れても大丈夫だという評価している。
工藤部会長	資料1-3-2中、2頁の事故シーケンスグループの生起確率の相対的な起こりやすさが分かるデータ、セシウムの放出量の比較データについて説明してほしい。	本日はデータを用意していないので、次回会合にて説明させていただきたい。

(2) 平成29年1月18日(水曜日)第2回専門部会(現地視察)

委員	質問・意見	九州電力回答
續委員	代替緊急時対策所用の発電機は何時間運転が可能か。	燃料の補給なしに10時間稼働することができる。燃料の補給は、発電所構内の増設燃料タンクからタンクローリを使って行う。燃料はA重油。
工藤部会長	代替緊急時対策所内で対応するのは九州電力の要員だけなのか。	原子力規制庁の要員も対応することとなっており、原子力規制庁のブースも準備している。
工藤部会長	代替緊急時対策所と中央制御室間の連絡手段にはどのようなものがあるか。	保安電話、衛星電話、無線等の複数の通信手段を確保している。
續委員	本日の代替緊急時対策所のレイアウトはどういう想定か。	代替緊急時対策所内で最大の人数の要員が活動する場合のレイアウトである。
續委員	代替緊急時対策所内で作業員はどうやって休憩を取るのか。	寝袋等を使って休憩を取る。その場合、休憩用のスペースを空ける。
竹中委員	代替緊急時対策所内でキャスター付きの机を使用しているが、地震時にも機能は維持できるのか。	ワイヤーで固縛する地震対策を行っており機能は維持できる。なお、レイアウト変更が容易なようにキャスター付きにしている。
井嶋委員	代替緊急時対策所の地盤の安定性は評価しているのか。 また、代替緊急時対策所の斜面の安定性については、玄武岩の風化の程度を考慮して評価しているのか。	地盤の安定性については評価して、確認済みである。 玄武岩の風化については、一般的には数十年程度で顕著に進むものではないと考えられているが、風化部等を区分し、斜面の安定性を評価している。

委員	質問・意見	九州電力回答
片山委員	代替緊急時対策所用発電機の燃料をタンクローリで運ぶとのことであるが、代替緊急時対策所のアクセス用の坂道の斜面が崩れても対応できるのか。	代替緊急時対策所へのアクセスのために複数のルートを確認しており、別のルートを使って対応ができる。
井嶋委員	可搬型気象観測装置は通常時から使用していないのか。	通常は固定型の気象観測装置を使用しており、可搬型気象観測装置は防災訓練や定期点検時に稼働する。
井嶋委員	可搬型気象観測装置の設置高さはどれくらいなのか。	代替緊急時対策所の近傍、海拔 21m に設置する。
竹中委員	津波監視カメラの映像が白黒になっているのは何故か。	夜間でも監視可能な赤外線カメラを使用しているため。
竹中委員	海水ポンプエリアにあるクレーン基礎の杭の支持基盤はどこか。また、原子炉容器等の支持基盤と同じなのか。	佐世保層群まで杭を打ち込んでおり、原子炉容器等と同じように、岩着させている。
片山委員	海水ポンプの竜巻対策はネットになっているが、建屋だと不都合があるのか。	海水ポンプの排熱を考えた場合、建屋内だと熱がこもってしまうので、空冷ができるようにネットを設置して取り囲んでいる。
續委員	海水ポンプ防護用ネットの材質は何か。	鋼線製である。
竹中委員	竜巻はどこから来ることを想定しているのか。	発生場所を想定するのではなく、風速 100m/s の竜巻がどこから来てもいいように対策を実施している。
工藤部会長	ディーゼル発電機用の燃料油貯蔵タンクに避雷針は必要なのか。	危険物の一般取扱所として避雷針が必要となっている。
工藤部会長	使用済燃料ピットへの注水ラインの接続や流量調整に何度も現場作業が発生する場合、作業員の被ばく線量に心配はないか。	ここでの接続作業は手作業で行うが、一度の作業で完了するので被ばく量の心配は少ない。
井嶋委員	水素測定装置が非常時に作動するかチェックしているか。	定期的に機器を点検しており、動作チェックも行っている。また、故障の際に備えて予備の測定装置も用意している。
工藤部会長	格納容器水位計の上限はどれくらいか。	損傷した炉心の冷却を確実に確保するとともに、重要な計器が水没して機能を喪失しない高さとしている。4,000m <sup>3</sup> の注水を考慮した高さとしている。
工藤部会長	BWRでは、原子炉容器全体が水に浸かるまで注水するらしいが、PWRではどの程度格納容器内に注水するのか。	原子炉容器の半分が水に浸かる程度としている。
片山委員	水素濃度はどのような原理で測定しているのか。	熱伝導を利用した測定機器を使っている。

委員	質問・意見	九州電力回答
片山委員	水素濃度計を使用するときには、格納容器雰囲気には多量の水蒸気があると考えられるが、どのような水蒸気対策を行っているのか。	水素濃度計の入口に冷却器を設置し、湿分を分離してから測定する方法を採用している。
片山委員	重大事故時の水素の発生要因として、水の放射線分解を考慮しているのか。	水素の発生源として、水の放射線分解、MCCI等あるが、主な要因としては水-ジルコニウム反応である。短期的に発生する水素濃度の低減にはイグナイタの効果を期待し、長期的に発生する水素濃度の低減にはPARの効果を期待する。
片山委員	イグナイタはどのようなときに作動させるのか。	プラントの各種パラメータから炉心損傷の兆候が確認されたときに作動させる。
片山委員	火災報知器の作動時はどういう対応をするのか。	火災報知器が作動後、中央制御室のシステムで火災場所を確認し、現場に急行する。
井嶋委員	3号機原子炉において、使用済燃料ピットのスロッシングについては評価しているのか。	スロッシングが発生しても使用済燃料ピットに十分な水量が確保されることを確認している。
井嶋委員	3号機原子炉において、使用済燃料ピット用のクレーンはピット内に落下しないのか。	地震が起きても倒れないことを評価している。
工藤部会長	次回運転時の3号機のMOX燃料の本数や配置はどうなるのか。	現在検討中である。
續委員	使用済燃料ピットの余裕はどれくらいあるのか。	六ヶ所再処理工場に使用済燃料を搬出できない場合、4、5サイクル運転すると満杯になる。
續委員	使用済燃料の保管方法は乾式貯蔵に進めるべきという話がある。現状はなぜ水中で保管しているのか。	炉心燃料を取替える際、水中で行う。また、乾式貯蔵用の容器に使用済燃料を入れるためには、燃料取出後15年程度は水中冷却するので、使用済燃料ピットが必要である。
井嶋委員	原子炉補機冷却水クーラの基礎ボルトは基準地震動が大きくなっても大丈夫なのか。	評価した結果、当該箇所の補強は必要ないことを確認している。
片山委員	ハロン消火設備の消火剤は人と機器へ影響はないのか。	人と機器への影響はないが、スピーカーから退避を呼び掛けるアナウンスをしてから、タイマーで動作する仕組みにしている。
井嶋委員	3号機原子炉の常設電動注入ポンプは1台か。	1台である。設計基準事故対処施設の機能に期待し、万が一、その機能が喪失すれば、常設電動注入ポンプを使用する。更に、常設電動注入ポンプが使用できない場合には、可搬型ディーゼル注入ポンプを使用する。

委員	質問・意見	九州電力回答
井嶋委員	第5保管エリアにおいて保管庫の基礎は岩着させているのか。	岩着させている。
竹中委員	八田浦貯水池の水面高さは何mか。	水位は日々変動するが、堰の高さは海拔8mなので、それ以下である。
竹中委員	緊急時対策棟が完成した後、代替緊急時対策所はどう活用するのか。	緊急時対策棟内の緊急時対策所に対策本部が移転する。代替緊急時対策所は休憩所として利用することを検討している。
片山委員	緊急時対策棟は通常時に使うことはあるのか。	通常時に使用することはないが、防災訓練で使用する。
工藤部会長	代替緊急時対策所を造った後に緊急時対策棟を作ることとした理由は何か。	代替緊急時対策所は新規基準に適合しているが、事故対応が長期になった場合を考えて、休憩スペースや対策所以外のサポート機能も充実した施設を造ることとした。
井嶋委員	耐震構造だと想定を超える地震が来た時に保たないのではないか。また、中の人々の居住性も大きく違う。なぜ免震構造の緊急時対策所を作らないのか。 また、免震装置の課題は水平方向ではなく鉛直方向の揺れだと思うので、上下動に対応できる免震装置を開発すればいいのではないか。	玄海原子力発電所の厳しい基準地震動に耐えられる免震装置の製作が困難と考えたため、既存の原子力施設での実績が十分にある耐震構造にした。耐震構造でも居住性に配慮する設計ができると考えている。
井嶋委員	第4保管エリアにおける可搬ディーゼル注入ポンプの容量はいくらか。	150m <sup>3</sup> /hである

(3) 平成29年1月19日(木曜日) 第3回専門部会

① 第1回専門部会に関する補足説明

委員	質問・意見	九州電力回答
片山委員	水素濃度を熱伝導率の差で測定する際、濃度測定器に水蒸気が多量に入ると正確に測れないが、どのような仕組みで水蒸気を除去して水素を計測しているのか。	冷却水を通して温度を下げて水蒸気を凝縮させて除去し、非凝縮性ガスだけの状態にして、水素の伝導率で水素濃度を測る。
片山委員	冷却水温度ぐらいの平衡分圧、水素分圧ぐらいは存在している状況で、一定濃度の水素を測り、その水素濃度に基づき、イグナイタの着火、通電判断を行うのか。	判断に迷って通電したときに水素爆轟を招く可能性があるため、積極的な水素燃焼という観点から、炉心溶融後直ちに、もしくは高圧注入に失敗した場合直ちにイグナイタに通電する運用としている。

委員	質問・意見	九州電力回答
工藤 部会長	事故シーケンスグループ別の炉心損傷頻度について、シーケンス別事象確率の合計が $10^{-6}$ オーダーのものがいくつかあるが、前回の代表例として説明した事故シーケンスよりも、影響としては小さいのか。	PRA実施結果では、CCW喪失によるRCPシールLOCAの起回事象が非常に大きくなったため、この起回事象がそのまま炉心損傷確率になっており、CCW喪失によるRCPシールLOCAの事象確率は $10^{-4}$ 程度になっている。 その他の起回事象として、例えば、大LOCAなどは発生実績も無く、ある程度工学的な判断で確率を割り付けているが、十分小さいので、支配的なのはCCW喪失という結果になった。
工藤 部会長	格納容器の上限水位を検出する水位計の原理は、下部キャビティの水位検出原理と同じものか。	同じ原理を用いており、電極式で2極間の水がたまったら抵抗が下がり、そこまで注水されたことを検知する。
工藤 部会長	下部キャビティの水位検出位置から上部水位検出位置の間の水位は、積算流量計で把握することを考えているのか。	監視制御しなければならない水位として、キャビティの水位、重要な機器等が没水しない上限水位があり、それ以外については注水量、水位計で判断していく。
守田 委員	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するという非常に考えにくいような状況を想定しているが、そういう状況でも、格納容器内の自然対流冷却に必要な機器が動作する根拠についてどのように考えているか。	自然循環による対流冷却について、冷却水を格納容器の中までコイルを引き込んでいる格納容器再循環ユニットがあり、そこに水が通って冷やされると、熱い空気が冷やされて下に行き、それがどんどん続くと循環していく。格納容器内の温度が120度くらいになると、ヒューズがついているので自動的にダンパーが開き、コイルの中を水が通って、冷却対流ができる。
守田 委員	設計を超える非常に大きな地震が起こった場合、常設注入ポンプが動作する前提であったが、機器の健全性を確認した上での評価なのか。	非常に大きな基準地震動を設定しているため、その基準地震動には十分耐える。実際に発生するものをはるかに超えた地震動にも耐えることを確認している。

## ② 基準地震動、耐震設計の基本方針

委員	質問・意見	九州電力回答
井嶋 委員	城山南断層は唐津・相賀より先にはないのか。相賀からこの線上に延びれば玄海発電所の近くを通る。呼子南リニアメントは活動なしと判定しているが、どのようにして確認したのか。	城山南断層から唐津湾を跨いで陸上に上がったところに呼子南リニアメントがあるので、審査の過程でも、詳細な調査結果を提示して審査を受けている。 まず、空中写真判読を行い、系統的

委員	質問・意見	九州電力回答
	<p>城山南断層は、糸島半島沖断層、福岡西方沖の警固断層と大体平行に走っている。警固断層が動いて博多湾内へずっと延びている。左横ずれ系で北側に伸びて北西に動く感じが共通するので、城山南断層の延長線上にある呼子南リニアメントが本当は地下でつながっている可能性はないのか。</p>	<p>な横ずれを示すような地形、性状が見られないかを調査したが、そのような系統は確認できなかった。</p> <p>また、鉛直成分として、上を覆っている玄武岩の分布を調査したが、玄武岩の分布にリニアメントを跨いだずれは見られないことを確認したので、呼子南リニアメントは活動性があるようなものではないと判断した。</p>
井嶋委員	<p>資料3-2-1中、21頁の図では、福岡西方沖地震の発生場所は多くの微小地震が起きており、リヒター・グーテンベルクの冪乗則が正しいことが分かる。地震のエネルギーと頻度の関係から、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ことが分かる。</p> <p>若干、城山南断層の延長線上に微小地震が起こっている。これは少ないからまだ大丈夫と思うが、今後、微小地震の観測が増えたとき、呼子南リニアメントは考えないのか。</p>	<p>現状、周辺に設置されている公的機関の観測データをもとに分析を行っているが、今後、高感度かつ広帯域で記録できるような観測点を設け、敷地の周辺で起きている微小地震をより精度よく捉えて、地震の起こり方、活動性の変化の度合いなどを見ていく。</p> <p>現状、活断層の調査結果等をもとに、活動性にかかわらず敷地周辺で想定される最大規模の地震を考えているが、今後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るよう取り組んでいく。</p>
井嶋委員	<p>城山南断層は左横ずれなのか。竹木場断層も左横ずれ系とすると、城山南断層に対し直交方向だから少しおかしい。横ずれ断層に直交するのは逆断層、あるいは正断層が起こるのが通常の地盤の動きではないか。</p>	<p>調査結果から得られている系統的な性状として、城山南断層は左横ずれの性状が、竹木場断層は右横ずれの性状が得られている。</p>
竹中委員	<p>水縄断層と佐賀平野北縁断層帯が連動、あるいは誘発して起こることは想定しなかったか。</p>	<p>(水縄断層と佐賀平野北縁断層帯が) 連動した場合の具体的な計算は行っていない。別の観点から説明すると、警固断層帯南東部と壱岐北東部断層群は、別々のものとして活断層を評価しているが、それぞれが連動した場合の検討、計算を行っている。警固と壱岐北東部の断層の長さや敷地(玄海原発)との相対関係、佐賀平野と水縄断層が連動した場合の評価は、警固断層の評価に包絡されると判断される。長大な連動のケースは、警固断層のケースで代表させて検討した。</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
竹中委員	<p>警固断層の場合とは方位が違う。仮に水縄断層の東端から破壊が生じた場合、発電所の位置は破壊が進行する場所、方向にある。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ではないかと予想できる。</p> <p>警固断層とその隣の大きな西山断層の影響はむしろ長周期のほうで見なければいけないので、もし、水縄断層と佐賀平野北縁帯の連動を想定するのであれば、警固断層は参考にはならないと考えられないか。</p>	<p>警固断層との相対比較は、敷地との距離・規模の関係として、短周期類最大加速度としての影響度合いはどうかという観点からである。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によって長周期がかなり膨らむのではないかというのは、御指摘の通り。</p> <p>敷地に非常に近い城山南断層は少し短い断層だが、敷地に向かってくる形でモデル化しており、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。</p> <p>検討過程では、アスペリティが2つになった場合、さらに破壊開始点を動かしたり、長周期の重なりぐあいなど、様々なケーススタディーをやっており、その中で距離との相対関係から、アスペリティを最も近くに寄せたパターンが一番保守的になる結果になった。</p> <p>佐賀平野北縁断層帯と水縄断層帯も長周期は大きくなると思うが、結果的に敷地に与える影響という観点では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と考えている。</p>
竹中委員	<p>アスペリティから出るアスペリティ・パルスは、阪神淡路大震災のときに高速道路等を倒した（地動速度で）幅 0.5 秒～2 秒程度の大きなパルス。ここでは短周期ばかりを注目されているが、ディレクティブパルス、キラパルスはあまり考慮されていないのか。</p>	<p>原子力発電所の耐震設計にとって着目すべきは、ごく短周期領域の地震動である。重要構造物以外を視野に入れると、比較的周期の長い、せいぜい 1 秒未満ぐらいの揺れになる。基本的に 1 秒未満ぐらいの周期に着目して基準地震動を策定している。</p> <p>ただ、スロッシングという観点では、長周期も確かに重要。基準地震動として長周期 200 カインを見込んでいるので、安全性は確認できるが、ご指摘の点は非常に重要なポイントなので、今後さらに安全性を高めていく観点で、パルスの重なりを研究したい。</p>
竹中委員	<p>もっと長周期の話として、例えばこれだけ長い西山断層が動いた場合、距離的なことから、震源から出る表面波が大きな変位になると想像</p>	<p>西山断層帯と警固断層帯で、断層モデルでの計算をしたことがある。</p> <p>スペクトルの表示としては 2 秒、あるいは 5 秒程度だが、実際の地震</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
	<p>できる。いろいろな周期のスペクトルが出されているが、5秒だと足りないというか、もっと長い周期まで見る必要があるのではないか。</p> <p>久田先生の波数積分法で計算しているが、有限差分法などと比べると、比較的短時間でできる計算。そういった方法で表面波がどのくらい出るとかというような評価をしたほうがいいのではないか。</p>	<p>動としてさらに長周期まで確認している。</p> <p>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、施設に対してどのような影響があるか評価を行った。</p> <p>パルスの持ち方、震源から出る表面波の考え方など、様々なパターンがあるので、今後さらに深めていきながら、長大断層の評価について、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。</p>
竹中委員	<p>基準地震動に達しなかったと言われたが、周期は長いところはどこまであるのか。</p>	<p>スペクトル表示として、資料3-2-1中、52頁では周期5秒までだが、この断層モデルの結果は観測記録を用いた経験的グリーン関数法なので、もっと長い周期の10秒、20秒など全ての成分を持っている。</p>
竹中委員	<p>イベントが小さいので、そこまで信頼性を持って長周期を合成するのは難しいかなと思う。17頁で地震基盤からの増幅率を見積もっているが、基準点をどこに置いたのか。</p>	<p>(増幅率全般に関しては、次回改めて説明することとなった。)</p>
竹中委員	<p>18頁に「S波速度が平均0.7km/s以上」と書いてあり、一方、「地震動評価上、解放基盤表面におけるS波速度は1.35km/sと設定する」と書いてあるが、どういう意味か。</p>	<p>0.7km/sは、この硬さ相当以上かつ広がりのある基盤を解放基盤として設定しなさいという規制基準での規制要求の値であり、1.35km/sは、このサイトの基盤で確認した数値である。</p>
竹中委員	<p>昨日、現地を視察した範囲では、場所によって深さは違うが、大体海拔でマイナス15m位のところから佐世保層群が出ており、その上にも少しは軟らかい層が乗っている。</p> <p>それについての情報が、資料を見た範囲で余りなかった。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ないが、その上に軟らかいものがある影響は考えなくていいのか。</p> <p>波が上にトラップされたりするので、揺れのことを考えている立場ではそう思う。ほかの情報でカバーをされているのかもしれないが、どうか。</p>	<p>(コメントとしての発言であり、回答なし)</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
竹中委員	<p>地震の上端の深さはなかなか難しい。大体深さ3km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のは、地震基盤より下の部分がほとんど。大きな地震だと地盤まで割れてしまうが、その地盤の部分は、地殻変動とか津波には影響あるが、強い震動を出さないことがある。上に堆積層（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る。こちらでは地震基盤が深さ1.8kmからなので、それより上まで延ばしても余り意味がないということはあるかもしれない。</p> <p>シミュレーションで設定する条件、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るので、上端3kmは妥当だと思うが、地震の上限はほとんどこの震源域では分からないので、余り前面に出さないほうがいくらかの信頼性がないことではないかなという気がする。</p>	(コメントとしての発言であり、回答なし)
竹中委員	<p>福岡県西方沖地震の震源域との比較で、玄海原発周辺は「微小地震が発生する下限は、浅くなる傾向にある」とあるが、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きている。</p> <p>本震のときに、起きる前の下限よりも下まで壊れているということの意味しており、そういう傾向もあるので、我々もしばしば、特に長周期地震動のシミュレーションするときには、D90（下限）よりも下まで少し壊すというようなこともしているし、（地震動予測で）そうしている機関もあるかと思う。</p>	(コメントとしての発言であり、回答なし)
竹中委員	<p>城山南断層と竹木場断層の要素地震として、3月22日の福岡西方沖地震の余震を使っている。</p> <p>要素地震も想定地震も、方位としては東だが、距離も場所も違うので、パス（波線経路）が随分違うので、これを要素地震にしていいのかという</p>	イベントが少ない場所なので、敷地の距離関係として、一番近くて要素地震として使えそうなものを選んだ。距離関係がかなり異なるので、審査の過程でも、この要素地震の適切性についてはかなり議論いただいた。

委員	質問・意見	九州電力回答
	<p>気がする。余りイベントがないところなので、他に適当なイベントがなかったのかと思うが、どうしてこれを選んだのか。</p>	<p>福岡県西方沖地震本震のサイトでの観測記録の再現性、パラメータの見積の適切性などについて様々な観点から検討を行い、保守性という観点で3月22日の地震を要素地震として採用した。統計的グリーン関数法と見比べて大外れしていないかの検証も行い、この要素地震を適用する判断をした。</p>
竹中委員	<p>短周期だけに注目すれば、他の2つではなく3月22日でいいのかもしれないが、0.5秒、1秒とか2秒とか周期の長い範囲で言うと、この1番は、観測点の位置がビーチボール(震源球)の白い領域の真ん中のほうに来る。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。</p> <p>2番、3番があるのでいいかなと思っていたが、短周期では放射パターンが2Hz 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るが、ディレクティブィティパルスにとって放射パターンは重要なファクターになる。やや長周期についても今後検討される際には別のイベントをぜひ試すことを勧めたい。</p>	<p>資料3-2-1中、43頁の竹木場断層評価結果について、下段の応答スペクトル、上段の波形は、波形の指標とか後続の長周期のうねりや合成結果の下のスペクトルを見ても、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いる。</p> <p>要素地震のビーチボールを見ると、他の地震で長周期が膨らみそうだが、3月22日の地震を使ったほうが膨らんでいる。明解な結論が得られているわけではないが、その辺の分析も今後さらに重ねていく。</p>
竹中委員	<p>震源を特定しない地震動について、統計的グリーン関数法では、位相がランダムで、乱数を使っていると思う。シード(乱数の種)でいろいろ変わってくるが、何ケースくらいやってその中からどのように(グラフの結果を)選んだのか。</p>	<p>全部で20ケースの計算を行い、ばらつきの幅の中の最も平均的な特性を示すものとしてメディアンを選んでいる。</p>
竹中委員	<p>グラフに各成分が出ているが、これは別々の乱数の場合じゃなくて、同じ一つの乱数の場合の時刻歴ということでしょうか。</p>	<p>そのとおり。</p>
竹中委員	<p>20ケースというのは多いのか。</p>	<p>別の審査で、それが100ケースなら、1000ケースなら、あるいは万単位ならよいのかという議論になった結果、中央値(メディアン)として抽出されるので、性状はそんなに大きく変わるものではないとの話になった。</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
井嶋委員	震源を特定しない地震動のモーメントマグニチュード 6.5 未満の地震として最終候補に 5 つの地震が選ばれているが、原発の敷地に大きな影響を与える可能性についてはどういう観点で選ばれたのか。	特定できない地震のうち敷地に与える影響が大きいものとして、「加藤ほか (2004)」によるスペクトルを超える観測記録をピックアップし、この 5 つの地震を選んでいる。
井嶋委員	玄海原発の地盤の卓越振動数約 4 Hz は、考えられていないのか。	そのとおり。まずはこの敷地への影響を与えるというスクリーニングの過程では、「加藤ほか (2004)」のスペクトルとの対比によって選定している。
竹中委員	鳥取県西部地震で賀祥ダム (の記録) を選ばれている。賀祥ダムは断層の走行方向に位置しているのいいと思うが、震源の北側にある。鳥取県西部地震の場合、震源の南側と北側で断層性状が結構違っており、実際には横にいろいろな断層が入っているなど、非常に複雑な形状をしている。震源の南側にも日野などの観測点があり、そういった記録も途中までは使っていたようだが、最終的な評価はされていないのか。	日野での観測記録等も収集して分析を進めていたが、地盤情報が十分ではなくて、敷地の岩盤相当への剥ぎ取り解析を精度高くできないので採用できなかったが、引き続き検討を進めている。
竹中委員	日野は K i K - n e t の観測点なので P S 検層があると思うが、それは使えないのか。	実際の観測記録をもとに同定してみると、K i K - n e t で得られている情報と合わないところがあるので、それを突きとめる分析をしている。
守田委員	福島事故の教訓を踏まえると、自然現象など外部ハザードに対して、想定を超える事象が起こった場合にどうなるか、安全裕度がどれくらいあるかをみておくことは重要である。 実際に想定している基準地震動を超過する確率がどれくらいだと評価しているのか、その結果、炉心損傷頻度、あるいは格納容器の機能損失頻度がどの程度になるのか。	今回、地震の P R A を実施し、シーケンス別の炉心損傷頻度を求めている。 まず、地震が発生する確率を求め、次に、機器がその振動ごとに壊れるフラジリティを評価する。その積を取ったものを合計すると $10^{-6}$ という結果となった。 レベル 1 P R A については、ほかの内の事象に比べるとほとんど寄与がないということがわかった。この結果をもとに、事故の対処として新たに追加する格納容器防護対策、炉心損傷防護対策を抽出する必要はないという結論を得た。
守田委員	資料 3 - 1 中、3 頁の炉心損傷頻度と格納容器の機能損失頻度については、外部事象についても含んだ上の P R A の結果と考えてよいのか。	レベル 1 P R A は、地震 P R A の知見が入っており、外部事象も実施している。レベル 1.5 P R A は、まだ P R A を実施していく技術が追いつ

委員	質問・意見	九州電力回答
		いておらず、外部事象については実施していない。今回の新規制基準においても適応できる技術を使って評価する。
守田委員	外部事象については炉心損傷頻度も内部事象に比べて非常に小さいことから、基本的には内部事象への対応に包絡できるという理解でよいか。	そのとおり。
井嶋委員	地盤の滑りの安全率等の計算については、どこかで説明があるのか。	(地盤の安定性については、次回説明となった。)
井嶋委員	構造物の終局耐力を考えた安全率について、資料3-2-2中、13頁の弾性設計の後に書かれている基準地震動 $S_s$ による地震力との組み合わせに対する許容限界はどの程度の安全率を考えているか。	建物として、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は $2.0 \times 10^{-3}$ 、建物の最大耐力の知見として得られているのは $4 \times 10^{-3}$ なので、安全率としては2を見込んでいる。
井嶋委員	格納容器そのものも同じ基準か。	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。
井嶋委員	<p>鋼構造では3くらいなので、どちらかと言えば、よく分かるものほど安全率は高くなるのが分かった。</p> <p>機器・配管系の検証法について、動的機能維持評価の中で、どの程度の規模の固有値解析を行うのか。</p> <p>例えば有限要素法を使用する場合、どの範囲で、例えば、配管系の場合には支点と支点の間の部分だけを考えるか、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の全部の配管を考えるのか。</p>	<p>動的機能維持を確認するのは、ポンプ、弁、部品、機器単体。機器のモデルを質点系モデルで作成するほか、はりモデルで作成している。</p> <p>大きな全体をモデル化するのは、建物の応答解析の結果を流用して、各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いる。</p>
井嶋委員	地盤の卓越振動数は4Hzなので、建屋はそれよりもっと大きく、また、配管系はその建屋よりも強くしないと部分共振というのが出てくるが、配管系の固有振動数についての規定は決めているのか。	配管は、動的機器ではなくて静的機器なので構造強度解析になる。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や一次冷却系モデルになると、原子炉、蒸気発生器、加圧器があり、配管で繋いであって、建物の弁などについては大がかりな建屋連成の時刻歴応答解析法を使っている。
井嶋委員	静的解析の配管系の振動の場合、どれぐらいの振幅が起こるか。	基本的に配管もサポートを沢山つけていて、肉厚が結構大きいので、長くても固有周期約0.1秒以下になるよう設計している。

委員	質問・意見	九州電力回答
井嶋委員	資料3-2-2中、36頁に書いてある、宮城沖地震の女川発電所や過去の発電所で発生した様々な事故の事象について補足説明して欲しい。	<p>各電力会社でトラブル事例を共有するシステムがあり、地震だけではなく、様々な不具合などを共有し、原因分析、対策等、事象概要のデータベースがある。そこから地震起因事象を抽出し分析する。</p> <p>波及的影響に係る設計方針なので、例えば、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、不等沈下のほか、転倒、落下などで下位クラスから上位クラスに影響を与える要因がないか抽出し検討している。</p>
井嶋委員	資料3-2-2中、36頁に、「地盤の不等沈下」が書いてあるが、これは原発の基礎地盤の中で滑りとかが起こったのか。ほとんどの原発は硬い岩盤上に建てられると思うが、どのような現象が起こったのか。	<p>原子炉及びその周辺の基礎地盤は安定性があることを確認している。Sクラスの建物があって、原子炉格納容器の周りに普通の設備も建っている。補助ボイラーの煙突は岩着させていない。岩着させていない設備について、地震で倒れる可能性など、地盤の影響まで踏まえ検討している。</p> <p>不等沈下は、中越沖地震のときに柏崎の発電所で、Sクラスの建屋はしっかりしていたが、周りの地盤等に段差ができて、アクセスできなかったものであり、Sクラスのものに対する影響の調査という意味である。</p>
井嶋委員	三次元FEMのシェル解析ソフトにコマースナルソフトウェアを使用しているが、節点が要素端部でない、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るが、その辺をどのように評価しているのか。	<p>機器配管系でFEMを使っているのは配管の管台、配管と配管の接合部だが、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となっている。</p> <p>建物系では、シェル要素で建屋のある部分を取り出したモデルと、建屋全体を評価した結果を見比べて、差異がないかどうか、差異があるならば、そのよりどころを確認し評価を進めている。</p>
工藤部長	例えば、地震が連動したらどう考えるのか、長周期についてどう捉えるのか、要素地震をどう選ぶのかということは、共通した理解が必要だと思うので、原子力規制庁から説明を受けるとき、どのように考えたのかももう少し御説明いただけるよう県	(後日、県から原子力規制庁へ依頼した。)

委員	質問・意見	九州電力回答
	からお願いしてほしい。	

### ③ 基準津波、耐津波設計方針

委員	質問	九州電力回答
竹中委員	西山断層の震源メカニズムなどの断層モデル設定はどのようにしているか。例えば、横ずれ90度だが、変位の上下動成分を出すため、すべり角を30度にしたりしているのか。断層のトップを海底まで延ばしているのか。すべり量は幾らで計算したのか。	西山断層帯についても、計算の条件は資料3-2-3中、9頁に示した条件と同様であり、30度の縦ずれ成分を持たせる、上縁深さをゼロで計算するケースも行っている。すべり量は11mを超える計算を行っている。
竹中委員	海底面の上下変位はその半分ぐらい。その結果、その場で5mぐらいの津波があって、その後、水深がだんだん浅くなると津波が大きくなると予想したが、そうっていない。途中、どのようにすれば、津波が小さくなるのか。	津波の伝播計算は一般的な手法であり、水深の影響も考慮した上で計算している。水深が浅くなる所では津波が大きくなるが、津波が直接来ないほか、壱岐の影響、地形の影響、島の影響等により、敷地前面でそのような波形になる。一概に全部大きくなるという形で計算上出てこない結果となっている。
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るか。	資料3-2-3中、11頁に計算格子分割(メッシュ)を記載しているが、波源域では100mであり、1/2ずつサイズを小さくして敷地前面で6.25mのメッシュとなっている。 メッシュサイズ等の妥当性についても、計算の中で確認するようにしており、土木学会等が推奨の格子サイズ、計算の時間間隔を満たしている。
井嶋委員	断層の位置を少し変えることで、波の高さが変わったり、壱岐が邪魔して津波が来なかったところを変えたり、宇久島北西沖の断層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などの観察はされなかったか。	審査の中で、島崎先生から、「敷地で津波を起こして、それがどう広がるのか見てみなさい。例えば壱岐での回り込み、反射が起こるのかどうか、各断層の位置に向かってどう伝わっていくのかを見ると、今の設定が妥当なのか、違う伝わり方があるのかが見えるのではないか。」ということで、検討を行った結果、今の評価のやり方は概ね妥当であろうと判断をいただいた。
竹中委員	基準津波の作成位置を3km離れた位置に取っているが、これは場所を変えると変わるものなのか、それともユ	基準津波の策定位置は、新規制基準のガイドの中で、沿岸の地形、海底地形、反射した波の行き場などの影響を

委員	質問	九州電力回答
	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か。	受けない、一定程度の沖合の位置で設定することが定められている。 玄海では、それに基づき、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場所を敷地の前面海域周辺で探している。
竹中委員	例えば、もっと近くの、発電所から見て北西の 40m のコンターがなだらかな所など、他にも候補がありそうな気がする。反射の影響についても、全く反射が起きないことはあり得ないので、時間が経てばもちろん起きるが、そういう意味で、具体的にどのようにして選ばれたのか。	基準津波の位置として様々な候補があり、一長一短ある。策定した 3 km の場所も反射の影響等があるし、海底地形等平坦なところを考えると、他の場所もあると思う。 審査ガイドでは、ある場所でどれくらいの波を 1 つ定めたいと、敷地に伝わってきたときに、例えばピット前面や取水口位置でどうなるかを評価した上で、敷地に伝わったものを最高水位分布等で移行評価していく。
竹中委員	複数のパラメータのケースを比べる際に、同じ場所で比べるということであって、その津波計算自身はずっと時間を追ってやっている。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計算結果を使われているという理解でよいか。	そのとおり。

#### ④ 火山影響評価

委員	質問	九州電力回答
竹中委員	火山のモニタリング評価について、「既存観測網による地殻変動及び地震活動の観測データ」と書いてあるが、国土地理院の公開 GPS データを用いて、その火山の膨張などをモニタリングするのか、それとも他の公的機関がルーチン的に出している結果を使うのか。また、基線長の変化の図は、どこの場所なのか。	国土地理院の公開データをダウンロードし、それを基に基線長変化のデータを作成している。基線長変化の例として、玄海の場合、阿蘇カルデラが最も近く、その周辺の GNSS の観測点として、資料 3-2-5 中、37 頁のとおり各観測点間の基線長変化のデータを収集し、基線長の変化の度合いを眺め、地震観測データも合わせて、阿蘇の活動状況を継続的にモニタリングしている。
竹中委員	火山のマグマだまりをモニタリングするには、阿蘇のどこら辺にマグマだまりがあって、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が、どういふ現象が起きるかというのは、定性的にでも	阿蘇については現在、大規模なマグマ供給がなく、始良カルデラについては、カルデラの深い所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ある。 そのデータと海外の知見により、破

委員	質問	九州電力回答
	<p>事前にシミュレーションしていると思っ てよいか。</p>	<p>局的噴火に至る直前、大体 100 年、 1000 年オーダーでマグマの供給が上 がるという文献を基に、監視している 想定量のマグマが入ってくると、監視 している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 準を決めて監視している。</p> <p>阿蘇について、大きなマグマの供給 はないが、具体的にある程度変動が出 ると、その供給の位置や深さから算定 して、実際にはGNSS観測点の距離 の数値に対しどれくらい変動が出る というのを随時やっていく。</p>
竹中 委員	<p>シミュレーション結果はどこかで 検証されたのか。例えば、今実際に活 動的な火山のデータがオープンにな っているの、事業者がそれを使っ て、きちんと把握できるのかという ことをどこで検証されたのか。</p> <p>今説明されたことは結構長い時間 の変動ではないかと思うが、どれくら いの期間、噴火までを対象にモニタリ ングしようとしているのか。</p>	<p>桜島に関しては、京都大学が約 100 年の水準測量データやGNSSデー タで、マグマの位置や供給されている マグマ量を推定しており、それをベー スに位置や深さから、近いうちに桜島 大正（規模の）噴火が起きるのではな いかと想定している。噴火の規模はV E I 5、噴出物量だと 10 km<sup>3</sup> 未満に なる。</p> <p>監視対象としているのはVEI 7 の破局的噴火（桜島大正噴火よりもツ ーオーダーぐらい大きな規模）で、基 本的に九州がほぼ壊滅する規模の噴 火のみ。破局的噴火に関しては、今日 明日の変化でいきなり起きると思 っておらず、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。</p>
竹中 委員	<p>VEI 7 のように大きな噴火が出 る予測を研究者が出すのは大変だ と思う。例えば気象庁など他の専門機関 に火山、活火山の専門家がいるが、そ ういう判断を出す前に、事業者がモニ タリングして具体的に分かるのか。</p> <p>モニタリングすることは非常に素 晴らしいと思うが、九州が全壊滅する ような場合、具体的にどういうことを 考えているのか。</p>	<p>原子力規制庁のガイドに定められ ているが、常時観測して、その結果を 取りまとめて年 1 回、有識者に意見を 伺い、その結果をあわせて規制庁にも 年 1 回必ず報告する。</p> <p>原子力規制庁にある火山部会に、火 山の学識者がおり、その部会で結果を 評価して、状況を監視していく体制に なっている。</p>
竹中 委員	<p>原子力規制庁へ話すことも知れ ないが、普通に考えると、直接、常時 モニタリングしている専門家の意見 を取り入れたほうが良いと思うが、事 業者が具体的なGPSの解析まです る必要があるか。</p>	<p>気象庁など様々な機関が監視して いるので、そのデータを見て我々も常 に監視している。我々が疑問に思っ たときは、有識者に意見を伺うなど、安 全を確認していく。</p>

⑤ 現地視察含めた全般

委員	質問	九州電力回答
井嶋委員	<p>構造物の主要構造は、免震装置によって地震の作用慣性力、地震加速度が低減される。また、主要構造の内部でも作用加速度が下がり、非常に安全になる。</p> <p>なおかつ、免震設計の良いところは、想定外の時免震装置が壊れても、壊れるところが限定されるので、免震装置が壊れたらどうなるかをきちんと把握しておけば、壊滅的な被害への対処ができる。</p> <p>何が原因で免震設計が採用されないのか。</p>	<p>原子力分野で免震設計が実現しない技術上の理由は大きく2つ。</p> <p>(1)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こと。一般の免震建物であれば長周期80～100カイン程度だが、最低でも200カインを求められる。また、水平2方向から同時に作用させると、変形量が非常に大きくなって、審査の基準に耐えられない。</p> <p>(2)原子力発電所の設計上、上下方向の地震動想定が非常に大きいこと。上下動が大きいと、免震層で大きく増幅されて、設計上、建物が浮き上がってしまう。</p> <p>原子力発電所の許認可の観点からは、地震後も免震装置は健全だという大前提があり、免震装置まで含めて健全性を説明するのが非常に難しい。</p>
續委員	<p>代替緊急時対策所について、100人近い人数に対して休憩所がない状況で、長時間の緊張状態のもとでの作業というのは、ヒューマンエラーを起こす可能性があるのではないかと。</p> <p>代替緊急時対策施設の中に、医務官がきちんと配置されているのか、あるいは少し休憩するコーナーを確保できるのか。</p>	<p>基本的に7日間を100人で、外部支援がなくても対応できるような対応設備をつくっている。医療関係者は保健師が常駐している。医師もいるが、24時間いるわけではないので、様々な手だてを使って可能な限り外部支援しながら対応していくというのが基本的な考え方。</p> <p>常に緊急時対策施設にいなければいけないこともなくて、ブルームが通過する10時間は、施設に退避して空気ボンベで対応するが、応援要員が離れたところから来て交代するとか、できる限りのことをすることが必要である。</p>
片山委員	<p>路面凍結や積雪等、悪天候下におけるホースの長距離敷設などといった、可搬型設備の設営対応想定はしているのか。</p>	<p>台風や豪雨の影響を受ける状況で設営できるかという点も配慮して訓練等を実施している。</p> <p>基本的に、どのような状況であっても、ホイールローラー、ショベルカーなどの可搬型設備や、牽引可能な四駆の大きなトラックは、多様性をもって使用できるようになっている。想定していないことが起こっても、どうにかして、できるようにするというのが福島事故からの教訓である。</p>

(4) 平成29年2月2日(木曜日)第4回専門部会

① 九州電力との質疑応答

(ア) 竜巻・内部溢水・火災

委員	質問	九州電力回答
守田委員	森林火災等によって外部電源の供給が停止した場合、外部電源が復旧するまでにどのくらいの時間がかかると想定しているのか。	火災や台風などの自然現象で外部電源が喪失した場合、非常用ディーゼル発電機により7日間電源を供給し、発電所を安全に停止させることが設計上の要求となっている。
井嶋委員	使用済み燃料ピットの1次の固有周期はいくらなのか。	使用済み燃料ピットの固有周期は2秒～5秒ぐらいである。スロッシングの評価にあたっては、使用済み燃料体が入っているとスロッシングの軽減に働くため、保守的に評価するため、内装物がない状態で解析している。通常水位から機能喪失する高さまで1mぐらい余裕があるが、スロッシングにより、20cm位の水が失われるので、まだ十分余裕があるという結果になった。
守田委員	新潟県中越沖地震の際、柏崎刈羽原子力発電所内の変電所で火災が起きたが、どのようにして火災が起こらないようにするのか、仮に火災が起こった場合、どのようにして短時間で消火できるのか。	柏崎刈羽の経験を生かして、今回の新規制基準で移動式消火設備の要求があり、化学消防車、小型動力ポンプ付水槽車の2台を設置している。消火栓についても地震で壊れない構造や地上で確実に使える。消火用水源は1万立米の原水タンクを2台設置し、変圧器の火災消火も十分対応できる。新規制基準では、内部火災に加え、外部火災や様々な火災も考慮して規制が強化されており、それに対応した設備、対策を行っている。
片山委員	資料4-1-2中、6頁の「水が漏れた場合」と「蒸気が漏れた場合」の概要図は、配管破断で水が漏れいした場合でも、区画内に留めて外部へ行かないのか。万が一、漏れいした場合のルートなのか。	6頁左の図では、2階の防護対象設備Bの上で破断した場合の評価をしている。 貫通部があれば区域外に水が出るが、全量がいったん溢水防護区画2に溜まる評価、次に溜まった全量が貫通部から出ていく評価の2つを実施している。
片山委員	基本的に密閉性を保った状態で設計しており、止水しても漏れないということだが、万が一、漏れた場合、このような経路を想定しているのか。	防護対象設備がない区画で発生する水について、防護対象設備がある区画に入らないよう水密扉の設置や貫通部止水処置を実施している。防護対象設備がある区画については、

委員	質問	九州電力回答
		保守的に評価するため、全量がその区画で溜まると評価している。
片山委員	資料4-1-2中、6頁の右の図で、気密性が高いのであれば、蒸気が発生すると、空間内の圧力が高くなるが、蒸気を逃がす経路があるのか、それとも、気密性の区画では圧力が高くても問題ないのか。	水密扉で蒸気は止まらないが、火災の防護区画では伝播が止まるのを期待できる。蒸気が開口部から全部他区画へ流れる影響を見るほか、蒸気発生場所と防護対象設備が近い場合、蒸気の直接的な影響がないことも確認した上で、問題ないと評価している。
片山委員	水が漏れた場合、実際に他の区画へ流れ込んでいくことがあるのか。基本的に区画内気密でないのか。	<p>溢水について、上下区画では、上に溜まった水をドレンして、一番下の床ドレンタンクに落として、最終的に排水処理をするので、上下の間で完全に気密ということはない。溢水するタンクに堰を設けており、そこから外に出ないようにしているが、伝播して開口部から落ちたときの評価をしている。</p> <p>蒸気について、開口部があるほか、建物に換気空調系があるので、完全に気密ということにはならない。温度が高いままの大量の蒸気が発生するのではなく、一定量の蒸気しか漏れない対策であり、漏れたとしても伝播経路を確認して、影響がないと評価している。</p>
工藤部会長	竜巻について、135kgの飛来物を想定されているが、工事等で持ち込んだものや仮設のものについても、この範囲に収まるのか、あるいはそれ以上のものは固縛する対応なのか。	想定している設計飛来物は134kg、4.2mだが、これより大きい資機材が発電所にある。工事中の資機材については、トラックの上に乗せてすぐに持ち出せるものとか、点検中などで必ずしも全て固縛できないものもあるが、すぐに飛来しても届かない場所に持ち出せるような対策を行っている。
工藤部会長	常設クレーンの倒壊対策は考えているだろうが、関西電力高浜原子力発電所で起きたように、仮設の工事クレーンの倒壊対策はどのように考えているのか。風が強くなるときにクレーンは倒すなどのルールを考える必要があると思うが、いかがか。	風が10m/s強になると、仮設の工事クレーンの操作を中止する。風の状況次第ではあるが、夜間はクレーンを寝かせている。基本的に、海水ポンプ、屋外の防護対象施設の近くでは、倒壊しない対策を行っており、台風や暴風雨など、風が吹くときにクレーンを倒して寝かすというルールで対応していく。

(イ) 第3回専門部会に関する補足説明

委員	質問	九州電力回答
竹中委員	<p>事業者で震源スペクトルを推定された別のイベントもあるとのことだが、F-netや気象庁のCMT解と地震モーメントの比較を行っているのか。</p>	<p>資料4-2-2中、10頁において震源スペクトルを求める場合、K-NET、kik-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が、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を行っている。</p>
竹中委員	<p>経験的グリーン関数法に使用された要素地震だが、私の本当の意図は、ターゲットとされているイベントと、その地震動予測に使われる要素地震と、両者で空間的な位置が随分違うということ。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いう予想もあった。その評価のとき、放射パターンの補正はしていないということによいか。</p>	<p>周期帯ごとに分割してオービットを書き、短周期領域、概ね1秒程度まで非常にランダムということを確認して、放射パターンの補正を実施せずに計算した。</p>
竹中委員	<p>経験的グリーン関数法だと、通常は放射パターンの補正をしない。</p> <p>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。しかし、長周期の波では放射パターンが顕著。</p> <p>例えば、西山断層などの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。要素地震の場所が、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うので、（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る。そういう要素地震を使っているのかということが気になっている。</p> <p>ハイブリッド合成法と比べている点はもちろん評価する。しかし、S波のオービットだけから放射パターンの影響がないと判断するのは危険と思う。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ない（鉛直から傾いている）。入射角が（鉛直下</p>	<p>統計的グリーン関数法と経験的グリーン関数法の見比べは、まず、短周期領域の傾向を見るため、統計的グリーン関数法の放射パターンは補正せず実施した。</p> <p>もう一つの観点で長周期を見ると、統計的グリーン関数法を使って放射パターンを入れて、また、波数積分法で理論点を見積もって確認した。</p> <p>それでも経験的グリーン観測法の長周期側のほうが大きくなったので、結果としてこの要素地震がそのような特性を持っていたと理解した。</p> <p>規制庁の審査では、一番保守的な観点で説明を行い、審査の判断をいただいた。</p>

委員	質問	九州電力回答
	<p>向きから計って)おおよそ35度を超えると、P波とのカップリングが大きくなるので、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、角となったりする。</p> <p>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ぶのが基本ではないかと思う。</p>	

(ウ) 基礎地盤及び周辺斜面の安定性

委員	質問	九州電力回答
井嶋委員	地震応答解析では、本質的に減衰を考慮しても線形解析になるが、地盤の弾性定数は一定であるということによいか。	そのとおり。等価線形化法なので、時刻歴解析中は、同じ剛性である。
井嶋委員	安全率が1.5を超えるということであり、最低でも2.42なので滑りに関してはほぼ安全だと評価できると思う。傾斜が2,000分の1よりも下であることは、地盤が振動している間の最大傾斜という意味なのか。	そのとおり。
井嶋委員	最低でも安全率が2.42ぐらいなので十分に安全だが、仮に滑った場合、原子炉格納容器の建屋そのものはどの程度傾いても大丈夫なのか。	施設の中に様々な動的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であり、建物の傾斜の評価基準値の目安は、機器のクライテリア(基準)で決まっている。
井嶋委員	2,000分の1は、例えば建築基準法による規定ではなく、建屋内の機器が正常に動く基準ということなのか。	先ほどお答えした、正常に動く範囲というのは言い過ぎであり、機械を据えつける管理基準として使用しているだけであり、動作範囲を確認したものではない。動作範囲を考えると、もっと大きくなるかもしれないし、検証したものはない。
竹中委員	資料4-1-4中、61頁で地殻変動+地震動があまり大きくないという計算結果については納得したが、地震動による最大傾斜の評価において、モデルに下から入力するのは、加速度波形なのか、変位波形なのか。	加速度の時刻歴となっている。
竹中委員	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が、傾斜を考えると、地	加速度ベースで地殻変動も計算しているので、波数積分法による直接解として出てくる長周期成分の変位

委員	質問	九州電力回答
	<p>殻変動だけを考えるのではなく、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か。</p>	<p>は入っていない。</p> <p>そのような検討も必要だと思うが、これが2,000分の1に迫るような桁にはならない。</p> <p>地殻変動の計算に当たり、鉛直方向の変位を対象としているので、かなり保守的な条件を持たせるため、本来横ずれの活断層だが、縦ずれ条件で計算するなど、保守的な条件を持たせている。今後、ケーススタディとして長周期の成分を放り込んだ計算結果を確認する必要があるが、安全性に大きく影響を及ぼすようなものにならないと考えている。</p>
井嶋委員	<p>資料4-1-4中、35頁の動的解析時の図において半無限地盤の上に基礎地盤が置かれている。地表面で反射した波が半無限地盤と基礎地盤の間の粘性境界で全部吸収されることになるが、エネルギーの逸散を考慮するということなのか。半無限地盤から入ってきた地震動は、粘性境界で跳ね返りがあって、少しは基礎地盤内に閉じこもる部分の振動が起こると思うが、いかがか。</p>	<p>資料4-1-4中、29頁に速度層の図を記載しているが、③速度層以降は硬質な岩盤であり、基本的にこと表層の境界での反射は考慮している。下の半無限地盤については完全に硬質なので、逸散減衰の評価としている。</p>

## ② 原子力規制庁との質疑応答

委員	質問	原子力規制庁回答
井嶋委員	<p>PCCVの安全係数、地すべりでの安全係数などは、原子力規制委員会が提示されたのか。それとも九州電力が示したのか。</p>	<p>安全係数、許容限界、終局耐力の数値は原子力規制庁が示すものではなく、建築基準法等で示された数値を事業者の方で判断して提出し、原子力規制庁がその内容の妥当性を判断している。</p>
井嶋委員	<p>地盤の安全係数は大体1.5を使うが、原子力発電所なので、もっと高めの安全係数にすべきではないのか。</p>	<p>一般的な構造物であれば、静的な地震動が決まっており、重要性に応じて1.5倍、3倍にするが、原子力発電所の場合、設定する基準地震動の中に、発電所を襲う可能性がある中では非常に大きなものを設定して、その動的地震力に耐え得るようにと、特にSクラスとかBクラスの上位はそのような発想となっている。</p> <p>BクラスでもSクラスに影響を及ぼすものは動的な解析を行い、基準地震動を与えて評価することで、重</p>

委員	質問	原子力規制庁回答
		<p>要度に応じて適応の仕方を変えており、非常に重要なものは、基準地震動を与えて評価するのが基本的な考え方である。</p>
井嶋委員	<p>Sクラスの設備は、基準地震動では絶対壊れないが、基準地震動を超えた場合、どこが壊れるか分からないわけであり、その間が余りにも現象の格差が大き過ぎると思うが、それについて、どのように考えているのか。</p>	<p>Sクラス施設について、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ることがないようしている。</p> <p>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いるが、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、一般的に、終局耐力や破断延性限界に対して相当の耐力があると評価できると思う。</p>
井嶋委員	<p>発電所内の配管や機器類は非常に膨大であって、特に、原子炉格納容器内の機器、配管類について重要なものは相当数あると思うが、Sクラスの設備について、きちんと確認されたのかどうか、教えていただきたい。</p>	<p>Sクラス、Bクラス、Cクラスの分類は定着した考え方で、どれがどのクラスになるのかは相当程度はつきりしている。</p> <p>事業者はSクラスに該当する配管やタンクをしっかりと確認しており、規制庁においても、設置変更許可の中で方針を明確に確認している。今後、工事計画認可の手続きにおいて、具体的な設備を全部確認し、Sクラスがリストアップされているかどうか確認する。さらに、それがきちんと施工されているかどうかについては、使用前検査で確認する。</p> <p>確認方法として、全てを確認するより、品質管理がきちんと書面でできているかどうか、あるいは抜き打ち検査で確認し、許可と認可と検査とを組み合わせ、事業者がしっかりできることを確認するというのが、原子力規制の法体系となっている。</p>
竹中委員	<p>火山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。原子力規制庁において、事業者による火山モニタリングに、どのようなものを期待しているのか、教えていただきたい。</p>	<p>九州電力のモニタリング方法は認識しており、問題ないと考えている。火山モニタリングについて、現在、破局的な噴火を起こす状況にないが、その状況の変化については、事業者がきちんとデータを収集し、考えていく責務があり、分からないところや疑問点があれば、専門家の意見を参考に、どのように判断するのかを要求している。</p>

委員	質問	原子力規制庁回答
竹中委員	事業者が観測機器を設置して、データを公開して専門家に提供すれば、もっと詳細に予測の信頼性を高めることができるが、現状の火山モニタリングだけでは、中途半端だという印象を持っている。どのように考えているのか。	原子力規制庁が事業者へ求めているのは、「今の段階において破局的な噴火が起こる状況でない」と判断しているが、この状況に変化があるのかわからないかをきちんと押さえてください」ということ。単独で知見が足りない部分もあるので、火山学者の先生方から御意見を伺いながら、どういう形で判断していくのかについて検討を進めている。
竹中委員	「噴火の兆候がない」と判断するのは事業者であり、次の日突然噴火したとしても、そのように判断した事業者に責任所在があるということなのか。	原則、そのとおりである。
續委員	資料4-3中、38頁において、緊急時対策所の審査における主な確認結果として、「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。」と記載されている。100人が緊張状態ですと作業するときの休憩スペースがなく、気分が悪くなったときに医務官が対応するようになっていないが、原子力規制庁として、ヒューマンエラーを起こさないための要件をどのように考えているのか。	数時間あるいは10時間、加圧して、プルームが通過するとき、要員が緊急時対策所にとどまって、被曝しないよう耐える状況が生じ得る。その状況で、10時間100名がとどまっているのは相当きついなと思うが、非常に厳しい事象が起こったときでも、相当程度の冗長性がある。 非常に厳しい数時間あるいは10時間を除けば出入りは可能なので、他の事務棟から医務官や医師が駆けつけるほか、傷病者の搬出も可能。事業者においては、最低限の要求を超えた上で訓練等を通じて、スペースの使い方等の運営方法や運営体制を工夫してほしい。
守田委員	2013年に原子力規制委員会において安全目標、性能目標を決定しているが、この安全目標、性能目標について、現在どのように考えて、今後どのように活用していくのか、場合によって、見直すのか、それとも現状のままでよいのかなどの見解を教えてください。	新規制基準は、安全目標、性能目標を満たすよう定めているので、新規制基準を満たしているプラントは安全目標を満たしているが、まだ数値的に確認されていない。原子炉等規制法に安全性向上評価という仕組みがあり、例えば、川内原子力発電所では、新規制基準を経てワンサイクル運転を行った後、定期検査して、次のサイクルで運転を始めたが、ここから6カ月以内に安全性向上評価を提出して、初めてプラントの状況を踏まえた具体的な数値としてのPRAの結果が出てきて、安全目標をクリアしているかどうか少しずつ見えて

委員	質問	原子力規制庁回答
		<p>くる。</p> <p>ただ、安全目標が適切な規定かどうかという議論は、恐らくとどまるものでなく、安全性向上評価が出されて、事業者の努力が積み重なって、安全目標も改めて議論して、別の定め方をしていく。この議論はずっと続いて、事業者と規制当局の取組が相まって、より良いものになっていければと考えている。</p>
工藤 部会長	<p>安全性をより向上させることでバックフィットは非常に有効だが、新しい知見が得られた場合にバックフィットさせるプロセスや明確な手続、手法を教えてください。</p>	<p>新たな知見を新しい基準に入れるのかどうかは、専門家の先生方が入っている原子炉安全専門審査委員会に諮って議論され、原子力規制委員会が最終的に判断して条文に入れば、バックフィットされる仕組み。</p>
片山 委員	<p>万が一、放射性物質が漏えいした場合の挙動予測はどのようになっているのか。</p>	<p>放射性物質の拡散の議論は、原子炉等規制法の範疇ではなく、その情報を知りたいのは周辺の住民や地方自治体ではないのか。原子力規制庁や内閣府において防災を担当している組織で拡散予測をしていると思う。</p>
片山 委員	<p>予測技術をどのように活用するか検討している組織があるということなのか。</p>	<p>担当外なので正確に申し上げられないが、地方自治体が地域防災計画や避難計画をつくっているのも、その情報が最も必要なのは自治体ではないか。ただ、原子力規制庁は防災指針をつくって、原子力防災の中で特に考慮しなければいけないことを提供している。また、内閣府においても、地方自治体と連携して、防災計画づくりが円滑に進むようなサポート、訓練の協力などを行っている。</p>
工藤 部会長	<p>安全確保の責任は基本的に事業者にあるというのは理解できるが、例えば、火山の場合、事業者、全国に共通し、いったん起これば電力以外の影響も大きいことから、国として積極的に取り組むべき必要があると思うが、そのよう考えや方針はないのか。</p>	<p>当然、国土地理院や気象庁でずっと観測を継続している。</p> <p>一方、噴火が起きたとき、核物質を扱っている原子力発電所から放射性物質が出てしまうリスクがあるので、事業者として放射性物質を放出させないような対策について、判断する必要がある。</p> <p>火山の変化が出たとき、それを有意とするのか、どうするのかという判断の考え方も含めて、先生方のご助言をいただきながら、規制庁とし</p>

委員	質問	原子力規制庁回答
		て議論を進めている。
守田委員	PWRの場合の炉心重大事故対策として、蒸気発生器の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が、そのようなシーケンスをどのように取り扱われているのか。	事故を評価したシーケンスは全体で15。その中の一つの事象に、格納容器をバイパスしてしまうSGTRやISLOCAがあり、いずれも評価の対象としている。基本的な考えは、バイパスしているラインを隔離するが、どちらの場合もそこが特定できれば隔離すれば良いが、それができない場合、加圧器逃し弁で一次系の圧力を下げる努力をして、外への影響をできるだけ減らしていく手順が組まれていることを確認している。
守田委員	閉じ込め機能は失われているが、事故の拡大を緩和するAM策を講じるという理解なのか。	そのとおり。一次系の水がバイパスして外に出てしまうことによって、放射性物質が出ることは、恐らく一定程度は防げない。ただ、バイパスして出てしまう量は、多くはならないので、仮に一次系の水が出たとしても、それはわずかな放射性物質だと思う。ただ、そういう場合の手順や設備対策は組まれているので、できるだけの緩和がなされることを確認している。

(5) 平成29年2月11日（土曜日）第5回専門部会

委員	質問	九州電力回答
竹中委員	連動する場合のアスペリティ等の設定について、例えば、アスペリティを両方つなげるとか近付けたりと、そのようなことは考えてないのか。もう一点、水縄断層の傾斜角60度は北側に傾斜しており、南側の傾斜ということはあり得ないという理解でよいのか。	アスペリティの置き方について、まず、双方の断層で大きなアスペリティを置いて、大きなパルスが出る計算をしたが、先生のご指摘のとおり、両方をくっつけてみると、一連でより大きなパルスが出てきたり、あるいは、一つの断層帯でアスペリティが2つずつ置かれているケーススタディは非常に大事なので、今後その辺の検討も重ねていきたい。 また、水縄断層帯の傾斜角について、推本のモデルがこういう傾斜で設定されており、それを踏襲して計算している。傾斜角の置き方についてはいろいろな議論もあるので、推本の考え方も見ながら、今後検討する。

委員	質問	九州電力回答
竹中委員	<p>アスペリティをつなげて計算すると、長周期がさらに卓越してもっと大きくなると思うが、それだと多分、短周期が逆に出てこなくなるので、アスペリティの中で短周期を出すような工夫が必要だと思う。</p> <p>次に、警固断層のところが気になっている。警固断層北西部は2005年に実際に地震が起きたところだが、実際に起きた地震のアスペリティと今回のシミュレーションで置かれているアスペリティの場所がかなり違うが何か意図があるのか。</p>	<p>この警固断層のモデルについては、福岡県西方沖地震で実際に観測されたアスペリティの場所とは違うが、まずは今後起こる地震として、それぞれのセグメントでアスペリティを発電所の一番近いところに置くことで計算した。これもアスペリティの置き方などによって、例えば、短周期が出るように、あるいは、長周期でどんなパルスになるのかなど、ケーススタディはいろいろあり得ると思うので、今後検討を積み重ねていく。</p>
竹中委員	<p>アスペリティの端、下端から発電所の方に破壊が向かうような破壊開始点の場合の計算も重要と思うが、そういうこともされているのか。</p>	<p>警固断層帯と壱岐北東部の連動ケースでは、破壊開始点を一番端っこにしている。この計算では、アスペリティの端部から破壊した場合、さらには、この断層のちょうど真ん中あたりから破壊が広がったらどうなるのかという様々なケーススタディを行い、それが発電所にどのように到達するのかというのを見ている。</p>
竹中委員	<p>この地震は、断層が非常に大きいので、2つのアスペリティとも破壊開始点をアスペリティの端部に変えたケースの計算もされたほうがいい。</p> <p>例えば、この壱岐北部断層群の破壊開始点だが、これも必ずしも、東から西にする必要はなくて、これだけ大きな断層だと、破壊が東方向（南東）に向かうことは十分あり得るので、試されればいいと思う。ケースによって随分結果が違っていると想像する。</p>	<p>貴重なコメントに感謝する。今の御助言も参考にして、今後とも、継続的に検討を重ねながら、いろいろな知見、データを積み重ねていきたい。</p>

## 4 県への助言

県が原子力規制庁へ確認を行う項目について、次のとおり助言を行った。

項目	委員からのアドバイス等
1	<p>(竹中委員)</p> <p>最初のところは、解放基盤の設定です。これは確かにおっしゃるとおりだと思います。これは質問されていいと思うのですが、その次に「3号建屋直下の岩盤には、S波速度が約1.35を下回る1.30」とありますが、物理探査などではこの差はほとんど誤差に近いです。ただ、付けていただいた資料のこの箇所には非常に重要な指摘があると思います。4ページを見ていただきたいのですが、ちょうど1.3 km/sで囲ってありまして、その下が1.8 km/sとかになっています。要は、多分S波の速度がジャンプする、不連続がそこにあるわけなのですけれども、1.3 km/sから1.8 km/sにです。これ、色が塗ってありますけど、見てみますと、3号機のところで急に傾いています。かなり傾斜が急です。隣のもっと広い範囲で見ても、右に行くに連れてだんだん傾斜し深くなっています。3号機の少し左ぐらいから急に傾斜があって、徐々にまたということで、この地盤内に結構不整形性があるのではないかということです。</p> <p>私が申し上げたいのは、地盤増幅率とか、地震の波、波動について考えたときに、このような地盤の不整形性が気になるということです。上部は佐世保層群ということで、もちろん硬い地盤ではありますが、通常、地震が起きるのは、それよりもずっと下の地震基盤より深いところです。地震基盤の上面までが通常地盤と言われているところです。それは、この場所では厚さ1.8 kmぐらいあると言われていると思います。結構厚いのです。神戸で2 kmぐらいですから、薄くはないわけです。</p> <p>その地震基盤はどうなっているかということ、決して水平ではなく、九電で出された資料で見ますと、脊振山がすぐ近くにあります。脊振というのは地震基盤に相当するような岩盤、すなわちV<sub>s</sub>で3 km/sに近いような岩盤ですけれども、それがすぐ近くにあるということは、そこから急に地震基盤が傾いてこちらに来ているわけです。したがって、このあたりはかなり(地盤の)不整形性がきつい、なおかつ、こういうふうには地盤の中にも不整形性があるのです。では、その不整形性についてどのように評価されているかということ、この資料を見る限り、地震基盤については不整形性を考慮されていないです。この地盤のごく浅い部分については、2次元断面で有限要素法で計算をされていますが、地震が起きるのは地震基盤より深いところですので、きちんと地震基盤の傾きまで入れて、そして地盤内のこういう不整形性も入れて、2次元ではなくて3次元で評価すべきではないかと思います。</p> <p>というのは、このように不整形性が強いと、波がやってくる方向によって増幅が結構変わってくるのです。私は今回、要素地震について何度もくどく申し上げてきましたが、要素地震で使われているのが福岡県西方沖地震の余震なので、波は敷地に東から入ってきます。東ばかりです。敷地から見て脊振の反対側、すなわち西側は地盤が開いています。地震基盤が脊振山のところで急に上がりますから。基盤が傾いている、(地盤が)開いている向きと波がやってくる方向の位置関係で波の増幅は随分変わってきます。そういう地震基盤も含めた地盤の3次元性の効果も評価されなければいけないと思います。</p> <p>神戸の場合も震災の帯ができたのは山際からちょっと盆地というか、平</p>

項目	委員からのアドバイス等
	野側です。そういう大きな構造まで含めた不整形性を考慮することが必要だと思います。
3	<p>(竹中委員)</p> <p>最初のところで応力降下量を基本震源モデルの1.5倍するケースも評価されているということで書かれていますが、これを拝見したときに、この1.5に何か問題があるのかなというふうに最初受け取ってしまったのですが、そういう意図ではないのですか。もしそうだとすると、例えば、私たちは実際に観測波形から応力降下量を出すわけですけれども、実際にやると、正直申し上げて2桁くらい(値の分布に)幅があるのです。大きいと、100倍くらいです。多くの小さい地震とか余震とか観測して応力降下量を見積もってプロットしていくと、そのくらい幅があるのです。この1.5というよりも、はるかに大きなばらつきがもともとあるのです。したがって、この1.5というのが妥当かどうか、1.5が2倍になったらどうか、2倍じゃいけないのかという決してそんなことはないと思いますので、もしこれを訊かれるのであれば、一般的には応力降下量のばらつきははるかに大きいので、この地域でそれより大きな応力降下量の地震が起きることは考慮しなくていいのかとか、起きる可能性はないのかとか、そういったような訊き方をされると、ここはいいかなと思います。</p>
4	<p>(竹中委員)</p> <p>これは不確かさで、これもおっしゃるとおり、本当にそうです。20kmで上限ということは多分ないと思いますので、これは訊かれたほうが良いと思います。というのは、多分、断層の地表に現れている部分は短いけれども、地下に長くある可能性があるということで長めにしていらっしゃると思いますが、確かに地表に出ているのは19.5kmなのに、地下で0.5kmしか延びていないのかというと、それはもっと延びている可能性がありますので、訊かれたほうが良いと思います。</p> <p>通常、マグニチュードとか算定するのに地表の断層のトレースの長さで決めますが、実際、地下には、熊本地震もそうですけれども、熊本地震の震源断層も地表に現れている部分は短いですが、地下では断層の長さが50km近くあるわけです。したがって、ぱっと見には4.9kmは短いですが、それに対して20kmもとっているということは、地下にそのくらいの長さで断層があるかもしれないということで評価されたのではないかなというふうに思います。可能性としてです。</p> <p>次の城山南断層の場合は19.5kmなのに、これも20kmでやっているというのは、これは私の予想では多分そのままやったのではないかと。そのままというのは、19.5kmをそのままやるのですけれども、地震動の評価をする際に断層をメッシュや格子に切ったりとか、いろいろあります。そうすると、19.5kmを20kmに丸めるのが楽(便利)だったのではないかなと。そういうこともありますので、竹木場の場合は長くしているのに、なぜ城山南は長くされていないのかということやはり訊かれたほうが良いと思います。</p> <p>次にそれに関連しますが、40ページです。断層傾斜角の不確かさを考慮したケースで60度というのがありますが、どちらに断層を傾けるのかという問題があります。</p> <p>こちらの資料では、片側しかないのですが、反対側に傾斜させた場合に、どういう結果が出るのか評価されたのかどうかです。これは破壊開始点を</p>

項目	委員からのアドバイス等
	<p>どこに置くかにもよるのですが、場合によっては大きなパルスが出る可能性もあるかもしれませんので、60度傾けるのに両方向のケースをやられたほうが良いと思います。</p>
5	<p>(竹中委員)</p> <p>これは本当に重要な御指摘です。ただ、震源という言葉が使われていますが、御存じのように、地震というのは震源だけで起きるわけではなくて、もっと広い範囲で生じますので、この震源という言葉は多分、アスペリティという言葉に置きかえられると非常にいいのではないかなと思います。</p> <p>ここで、北海道留萌支庁南部地震が特に問題だと仰ったのですが、それだけではなくて、その前の鳥取県西部地震もそうです。ここに(記録を用いた観測点は)震源直上2kmと書いてありますが、これは震源の北側なのです。正確に言うと、震央の北西、断層に沿って北側なのですが、アスペリティはどこにあるかということ、震央の南にあるのです。したがって、もし(観測点が)震央の南側のアスペリティの直上付近であれば、もっと揺れの大きな記録が得られたかもしれない。実際に得られていると思います。地震計が設置されていますので。現在は震央の北側の、要はアスペリティじゃないところの記録が使われていますが、アスペリティの上の記録を使った場合にはどうなるのかということは非常に重要な御指摘だと思います。</p> <p>次の北海道留萌支庁もそうです。震源から12kmも離れていますので、アスペリティの直上ではありません。ですから、例えばアスペリティの近く、直上とか近くの観測記録がもしあったとしたら、どうかといったようなことを訊くのは非常に意味があると思います。</p> <p>震源という言葉のアスペリティに置き換えられて、あとは、鳥取についてはアスペリティと反対側の記録が使われているけど、アスペリティ直上の記録を使う必要があるのではないかと訊かれるといいのではないかと思います。</p>
6	<p>(片山委員)</p> <p>許認可の手続がどういうふうになっているのかというのが確認されたらいいのかなとか、規制庁のほうで工事する際に許認可が必要かどうかというのを判断されるのかどうかです。もしそこで判断されるということであれば、規制庁側で何かしらの、こういった評価が必要ということと言われるんだと思うので、手続を九州電力か規制庁のほうに確認してから、文書を検討されたらいいかなと思いました。</p>
7	<p>(井嶋委員)</p> <p>確かにこの一部塑性変形というのがどの程度までの塑性変形までを許したのか、終局時の変形に対してどこまで認めたのかという点は、大切なことだと思います。弾性限界を超えて、即崩壊に至る場合もあるわけですから、弾性限界を下回っているから絶対安全というのは危険です。昔の許容応力度法的な感覚から言えば、そのような点が気になり有り、危険に至る度合いというのが問題になってくると思います。</p> <p>また、格納容器はプレストレストでできていますが、このPCCVは、本来、非弾性ですから、本来弾性解析というよりは、非弾性解析により限界状態を考えるべきだと思います。御質問のように、確かにどの程度の余裕があるかという点を確認されたらよろしいかと思います。</p>

項目	委員からのアドバイス等
8	<p>(出光委員：書面)</p> <p>海水ポンプエリアの床ドレンライン（逆止弁付き）の排水能力が確認できれば、排水設備は必要無いことが確認出来るのではないかと。九州電力へ確認した上で、床ドレンラインの逆止弁が異物によって閉塞しないような対策がとられていれば対策は十分だと理解できるのではないかと。</p>
10	<p>(出光委員：書面)</p> <p>航空機落下確率は、発電所敷地全体の落下確率としてはいくらになるのかを確認し、基準値（<math>10^{-7}</math>回/炉）を超えるようであれば、火災対策として全搭載燃料の燃焼を想定することが妥当と理解できるのではないかと。</p>
11	<p>(出光委員：書面) (工藤部会長)</p> <p>水は4℃で最も密度が高くなる。水の温度や密度変化に伴う実効増倍率の変化を考慮した審査がされているかを確認することは重要。</p> <p>(守田委員)</p> <p>11番、23ページの使用済燃料貯蔵の臨界性のところについてなんですけれども、水の密度によって実効増倍率が異なるというのはそのとおりなんですけど、水の温度変化で密度が変わることによって、実効増倍率が変わるとするのは、恐らく効果としては物すごく小さいと思います。なので、使用済燃料貯蔵設備の臨界性のことについて懸念をされるのであれば、むしろ、プールの冷却機能が何らかの理由で喪失した場合に、当然、崩壊熱がございまして、水が沸騰するような状況が起こると思います。そういった場合でも、未臨界であることがちゃんと担保できるかということを確認されてはどうかと。この場合は、水の密度、実効的な密度としてはゼロから100%まで変わりますので、しかも、燃料集合体内だけにボイドができた場合と、燃料集合体の中も外もボイドができた場合で、実効増倍率に与える傾向は恐らく随分違うと思います。ですので、そういった場合でも実効増倍率の最大値がちゃんと未臨界を担保できるということを審査の中で確認されていますかというような質問のほうがいいんじゃないかなというふうに思いましたので、コメントをさせていただきます。</p> <p>(續委員)</p> <p>質問ではないんですけど、要するに燃料、使用済であれ新燃料であれ、臨界状態が起こらないように保管するというところで、規制庁の審査書の表記のところ、2行目に「新燃料を保管するラックが一定のラック間隔を有する設計とするため」という、ちょっと曖昧な、意味がある曖昧な表現だと僕は感じたんです。要するに、漏れ聞こえるところでは、規制委員会の委員長自体は乾式保管の意向であり、このことをかなり意識されているそうです。今回、玄海原発自体は初めて再稼働に踏み切るかという時に、何も1回きりのことを考慮してこういう取組をされているわけではないので、やはりもし再稼働ということで合意形成の上で進められる場合は、きちんと安定的に点検を挟みながら進めるというスタンスだと思います。視察の時にも僕は指摘したんですけど、「(使用済)燃料プールの残りの貯蔵キャパシティは、後何サイクル分ぐらいですか」と尋ねたら、「4回から5回ぐらい」との回答を言われ、余り時間的余裕がないと感じました。その時に、リラッキングということを言われたので、僕は専門じゃないからどれくらい可能か判断はできないんですけども、やっぱり規制庁としても、保管時にどれくらいの燃料間隔が適切とある程度きちんと意識</p>

項目	委員からのアドバイス等
	<p>してあるのかとか、そのあたりも含めて安定な使用済核燃料、あるいは新燃料の保管体制のことを、県としても把握されておいた方がいいのではないかなと感じました。</p>
13	<p>(守田委員)          前回の規制庁さんがいらっしゃったときに蒸気発生器の伝熱管破損のことで私質問をしたんですが、ここは非常に事故シーケンスの取り扱いの中では重要だというふうに考えてございまして、インターフェースシステムLOCA、IS-LOCAというふうに呼んでいますけれども、IS-LOCAとか蒸気発生器電熱管破損のシーケンスの場合は、深層防護の視点からいうと、「止める、冷やす、閉じ込める」の閉じ込め機能がきかないシーケンスになって、場合によっては非常に大量の放射性物質が環境中に直接出るような事故シーケンスになると思います。特にISLOCAの場合は、PWRの場合では、大量の放射性物質が外に直接出る最も頻度が高いシーケンスだという評価結果もございまして、いわゆる閉じ込め機能がきかない状況の事故として、こういった事故をどのように審査の中で取り扱われているのか。前回、規制庁さんとのやりとりの中で、これはできるだけ外に出る放射性物質が少なくなるような、アクシデントマネジメントで対応をしますというようなお答えをいただきましたけれども、実際にどのようなアクシデントマネジメント策が実施、考えられていけばこういった事故シーケンスであったとしても、許認可上よしとするのか、どういった判断基準になっているのか、といったところについて質問、確認をされるのは非常に大事なことかと思えます。ほかの炉心損傷防止対策、格納容器破損対策のところ、格納容器破損対策と関係ない格納容器バイパスになりますので、これを軽水炉の場合、どういうふうに審査の中で考えられているかということについて、確認を是非していただきたいというふうに思えます。コメントです。</p>
14	<p>(工藤部会長)          「地震等により貯水池が機能を失った場合」となっているが、地震じゃなくても何があるか分からないので、「何らかの理由で機能を失った場合」というふうに聞いてみたらいいのではないか。</p>
16	<p>(出光委員：書面)          審査書には、「燃料の種類、燃料装荷パターン及び燃焼度が異なる炉心間の比較解析により確認している。」とあるが、炉心の状態は、運転開始直後の初期と、運転終了間際の末期では、炉心を構成する燃料中の残存反応度と冷却水中のほう素濃度が大きく違ってくるので、どのような炉心状態(初期、中期、末期など)のパターンを審査されたのかを、プルサーマル炉心を含めて確認してはどうか。</p>
17	<p>(出光委員：書面)          放水砲に抑制効果があるとすると放水後の水は汚染水となる。仮に放水作業員やその他の屋外作業員に降りかかるような場合や、予期しなかった場所に集水した場合には、作業員の被ばく線量が高くなり作業に支障がでるおそれがあると考えられるが、そのような観点からの審査は行われているか。</p>

5 原子力規制庁の回答[平成 29 年 3 月 18 日（土曜日）第 6 回  
専門部会]

当専門部会の助言を踏まえて県は原子力規制庁へ 18 項目の確認を行い、これに対し原子力規制庁から回答が行われた。

(1) 確認事項及び回答

確認項目及び回答については、次ページ以降の表「審査書に係る確認事項  
1~18」にまとめた。

審査書に係る確認事項 1

1	<p>審査書Ⅲ－1. 1 基準地震動（第4条関係）</p> <p>1. (1) 解放基盤表面の設定</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>解放基盤表面の設定に関して、事業者は、敷地内で実施した地質調査及び試掘坑内弾性波探査の結果をもって「S波速度が約1.35km/sの岩盤が相当の広範囲にわたり基盤を構成していることを確認した。」としている。</p> <p>敷地内の調査結果をもって「相当の広範囲」としてよいのか。何か基準はあるか。</p> <p>また、地質調査及び試掘坑内弾性波探査の結果に地盤の厚さの急激な変化や地盤内部の構造に不整形性がみられる等、玄海の敷地周辺の地震基盤上面を含む地盤構造には大きな傾きや3次元的に不整形な構造がみられるように思うが、地震基盤を含む地下構造の不整形性の影響に対する3次元的な解析による評価は確認されているか。</p>	
<p>審査書記載箇所（P11）</p> <p>解釈別記2は、解放基盤表面について、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりを持って想定される自由表面であり、せん断波速度（以下「S波速度」という。）がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないことを要求している。</p> <p>申請者は、解放基盤表面の設定に関する評価について、以下のとおりとしている。本発電所敷地内で実施した地質調査及び試掘坑内弾性波探査の結果より、S波速度が約1.35km/sの岩盤が相当の広範囲にわたり基盤を構成していることを確認した。以上のことから、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋基礎底盤位置の標高（以下「EL.」という。）-15.0mの位置に解放基盤表面を設定した。</p> <p>規制委員会は、申請者が設定している解放基盤表面は、必要な特性を有し、要求されるS波速度を持つ硬質地盤の表面に設定されていることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。</p>	
<p>○考え方</p> <p>解放基盤表面は、地震動を評価する際に仮想的に設定するものであり、その広がりについて具体的な数値基準を設けてはいません。玄海原子力発電所では、硬質地盤である佐世保層群が広く分布していることから敷地において実施した弾性波探査の結果（<math>V_s=1.35\text{m/s}</math>）を用いて解放基盤表面が設定されています。</p> <p>他方で、御質問にある地下構造が地震動に与える影響については、解放基盤表面の設定とは別に確認しています。</p> <p>3次元的な解析は行われていませんが、上記のとおり速度構造等の要因で特異な傾向（増幅など）が無いということを確認しており、基準地震動を設定するにあたって必要な地下構造等の把握は十分に行われていると判断しました。</p>	

審査書に係る確認事項 2

2	<p>審査書Ⅲ－1. 1 基準地震動（第4条関係）</p> <p>2. （1）震源として考慮する活断層</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>申請者が当初、壱岐北東部の断層群を「震源として考慮する活断層ではない」としていたことについて、再検討するよう求めた理由は何か。</p>	
<p>審査書記載箇所（P14）</p> <p>規制委員会は、審査の過程において、申請者が当初、壱岐北東部に複数の断層が分布するが、震源として考慮する活断層ではないと評価していたため、断層評価を再検討するよう求めた。</p> <p>これに対して、申請者は、壱岐北東部に分布する断層群を一連の断層とし、震源として考慮する活断層として評価を見直した。</p>	
<p>○考え方</p> <p>申請者が、壱岐北東部に分布する複数の断層については、当初、震源として考慮する活断層ではないと評価するとともに、その根拠となる資料を示していませんでしたが、当該断層群は、警固断層帯の延長上に分布すること、仮に警固断層と連続するものとして評価した場合、基準津波の波源となっている西山断層帯よりも敷地に近く、敷地に大きな影響を与える津波の波源となる可能性があることから、その連続性や活動性の根拠となる資料の提示等、断層評価を再検討するよう求めました。</p> <p>これに対して、申請者が、海上音波探査結果等を提示するとともに、それを踏まえ、壱岐北東部に分布する断層群を一連の断層（壱岐北東部の断層群（長さ約51km））とし、震源として考慮する活断層として評価を見直した上で、壱岐北東部の断層群は警固断層帯と連続するものではないと評価していることを審査で確認しています。</p>	

審査書に係る確認事項 3

3	<p>審査書Ⅲ－1. 1 基準地震動（第4条関係）</p> <p>2. (3) ② 城山南断層による地震</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>震源を特定して策定する地震動について、不確かさの一つとして、「応力降下量を基本震源モデルの1.5倍」するケースも評価されている。これは新潟県中越沖地震の知見を踏まえて設定された値と認識している。</p> <p>実際の地震における観測波形から求められる応力降下量は、最大値と最小値では2桁くらいの幅(ばらつき)があるとも聞いているが、この地域では、基本ケースの1.5倍よりも大きな応力降下量の地震が起きる可能性を考慮しなくてよいのか。</p>	
<p>審査書記載箇所 (P16、17)</p> <p>c. 設定した基本ケースに対して、地震動評価に影響が大きいと考えられるパラメータの不確かさを考慮したケースとして、応力降下量を基本震源モデルの1.5倍としたケース、傾斜角を60°としたケース、断層長さ及び震源断層の広がりや断層長さを20kmとしたケースについても設定した。また、不確かさを考慮したケースのすべてにおいて、アスペリティを敷地に最も近い位置となるように配置し、破壊開始点は断層面下端及びアスペリティ下端に複数設定した。</p>	
<p>○考え方</p> <p>御指摘のとおり、プレート間地震、内陸地殻内地震といった地震の様式による違いなどにより応力降下量が異なることが知られています。また、こうした平均応力降下量だけでなく、断層の中でもすべり量が大きく強いエネルギーを放出するアスペリティとそれ以外の背景領域にも不均質性があるのも事実です。</p> <p>今回評価した内陸地殻内地震の地震動評価に当たっては、地震動に大きく寄与するアスペリティの配置とアスペリティの応力降下量等に注目しており、アスペリティをあらかじめ敷地に近い位置に配置した上で、新潟県中越沖地震の知見も踏まえて、一般的な応力降下量よりも大きいと考えられる場合も想定した不確かさケースとして応力降下量を1.5倍とした評価をするなど、保守的な地震動評価になることを確認しています。</p>	

確認事項 4

4	<p>審査書Ⅲ－1. 1 基準地震動（第4条関係）</p> <p>2. (3) ② 城山南断層による地震</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>竹木場断層の断層長さ4.9 kmに対して不確かさを考慮して20 kmとしているが、城山南断層においても、断層長さ19.5 kmに対して20 kmとして解析、評価が行われている。断層長さに関する「不確かさ」を考慮する場合、20km を上限としているのか。</p> <p>また、断層傾斜角の不確かさに関しては、発電所の方向へ 60° を考慮しているが、逆方向の傾きであっても破壊開始点の置き方によってはパルスが発生するかもしれない。逆方向への傾斜について、解析では確認されているか。</p>	
<p>審査書記載箇所（P17）</p> <p>b. 基本ケースにおける主なパラメータとして、(中略)。また、断層長さについては、地質調査結果に基づき19.5km、傾斜角については、地質調査結果及び原子力安全基盤機構(2005)に基づき傾斜角90° の左横ずれ断層と設定した。(略)</p> <p>c. 設定した基本ケースに対して、地震動評価に影響が大きいと考えられるパラメータの不確かさを考慮したケースとして、(中略)断層長さ及び震源断層の広がり考慮して断層長さを20km としたケースについても設定した。(略)</p>	
<p>○考え方</p> <p>竹木場断層については、地質調査の結果、長さ4.9kmと評価しています。また、断層の幅については17kmと評価しています。一般的には、断層の長さとの関係は、断層幅よりも断層長さが短いとは考えにくく、地表等に断層が現れていないことが想定されます。</p> <p>したがって、地震動評価の際には、断層長さを4.9kmではなく断層長さとして震源断層の広がり考慮し20kmとしたケースの地震動も評価されました。城山南断層についても、同様に不確かさを考慮したケースとして断層長さを20kmとしたケースの地震動も評価されています。</p> <p>今回のケースでは、両断層ともたまたま不確かさを考慮したケースの断層長さが20kmになりましたが、20kmを上限値としているわけではありません。</p> <p>また、断層傾斜角については、逆方向に傾斜させたケースの地震動評価は確認していませんが、地震動評価においては、玄海原子力発電所における安全上重要な設備の固有周期が短周期側であることに着目し、その地震動評価への影響が大きいと考えられる不確かさケースとして、震源距離が発電所に近くなるよう、断層傾斜角を発電所の方向に傾斜させて評価されています。</p>	

審査書に係る確認事項 5

5	<p>審査書Ⅲ－1. 1 基準地震動（第4条関係）</p> <p>3. 震源を特定せず策定する地震動</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>「震源を特定せず策定する地震動」に採用した鳥取県西部地震と北海道留萌支庁南部地震の観測記録については、いずれの観測点もアスペリティの直上ではない場所で観測されたものである。</p> <p>このため、アスペリティ付近では(仮に観測記録があれば、)さらに大きな加速度が観測されている可能性もあると思うが、そうした観点を踏まえた地震動の補正や不確かさの考慮はされているのか。</p>	
<p>審査書記載箇所（P18）</p> <p>解釈別記2は、「震源を特定せず策定する地震動」について、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定することを要求している。</p> <p>(略)</p> <p>(4) また、Mw6.5 未満の地震については、収集した観測記録を、加藤ほか(2004)の地震動レベルと対比させ、その結果から敷地に及ぼす影響が大きいものとして、5 地震(2004 年北海道留萌(るもい)支庁南部地震、2011 年和歌山県北部地震、2011 年茨城県北部地震、2011 年長野県北部地震、2013 年栃木県北部地震)を抽出した。このうち、2004 年北海道留萌支庁南部地震については、佐藤ほか(2013)でボーリング調査等による精度の高い地盤情報を基に基盤地震動が推定されており、これに不確かさを考慮した地震動を、「震源を特定せず策定する地震動」として採用した。</p>	
<p>○考え方</p> <p>活断層評価を行うに当たっては、より敷地に与える影響が大きい敷地近傍においては、精度の高い詳細な調査を実施することになりますが、それでもなお、敷地近傍の断層への考慮に万全を期すとの観点から、「震源を特定せず策定する地震動」を策定することによって「震源を特定して策定する地震動」と相補的に地震動を想定することとしています。</p> <p>「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な内陸地殻内地震について得られた震源近傍における観測記録を基に評価・策定されるものとしており、観測事実に基づいて策定する地震動です。</p> <p>御指摘のとおり、仮にアスペリティ直上に観測点があつて記録が正しく評価できれば、大きな地震動となる可能性もありますが、観測記録を地震動として用いる場合、精度の高い地盤情報によるはぎとり解析を行い、観測記録が適切に再現できることが必要です。</p> <p>玄海原子力発電所では、はぎとり解析が適切に実施できた観測記録を基準地震動として評価しています。具体的には、鳥取県西部地震については、震源近傍に位置する賀祥ダムの観測記録を、地盤補正を行わずにそのまま採用し、2004 年北海道留萌支庁南部地震については、観測記録からののはぎとり解析を行い、減衰定数を安全側(大きめ)に設定する等、裕度をもって策定されていることを審査で確認しています。</p> <p>なお、今後、今回、地震動として評価していない観測記録について新たな知見</p>	

○考え方

が得られた場合には、必要に応じて発電所の安全性への影響について検討することとなります。

審査書に係る確認事項 6

6	審査書Ⅲ－1. 2 斜面の安定性（第4条関係）
<b>○確認事項の概要</b>	
<p>敷地内では今後も造成工事等が行われる可能性があるが、全ての工事が許認可の対象となるわけではない。既存の斜面や建屋側面の地盤については確認されているが、許認可の対象ではない工事によって、耐震重要施設に影響を与える斜面が新たにできるようなおそれはないか。</p>	
<b>審査書記載箇所（P21）</b>	
<p>申請者は、耐震重要施設の周辺斜面の評価について、以下のとおりとしている。安定性評価の対象となる斜面は、耐震重要施設に対する周辺斜面の離隔距離及び斜面高さを考慮して検討した結果、対象施設と十分な離隔距離を有していることから、存在しない。</p> <p>規制委員会は、耐震重要施設の周辺斜面について、申請者が安定性評価の対象となる斜面は存在しないことを確認していることから、解釈別記2の規定に適合していること及び地盤ガイドを踏まえていることを確認した。</p>	
<b>○考え方</b>	
<p>九州電力は、規制基準（設置許可基準規則第四条第4項）に適合させるため、原子炉設置変更許可申請において、耐震重要施設を、基準地震動による地震力によって生じるおそれがある周辺の斜面の崩壊に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように設計する旨の設計方針を示していますので、この基本設計方針に基づかない耐震重要施設の周辺に、耐震重要施設の安全機能を損なうおそれがある斜面を造ることはできません。</p> <p>なお、質問は、敷地内の造成工事等によって生じた土砂で、耐震重要施設の周辺に盛り土などの斜面が生じることを仮定したお尋ねと思われませんが、このような場合は、崩壊させないための措置が求められ工事計画認可の審査対象となります。</p>	

審査書に係る確認事項 7

7	<p>審査書Ⅲ－1. 3 耐震設計方針（第4条関係）</p> <p>4. 荷重の組合せと許容限界の設定方針（2）機器・配管系② 許容限界</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>耐震Sクラスの機器や配管については、基本的には基準地震動<math>S_s</math>に対して弾性範囲内であることを求めているが、安全機能が損なわれることがなければ、一部塑性変形があっても許容されている。</p> <p>仮に地震によって一部塑性変形が起きた場合、その機器や配管の破断延性限界に対する余裕が十分ではなくなる可能性が考えられるとともに、基準地震動<math>S_s</math>程度の大きな地震が繰り返し発生した場合、破断限界に至ることも考えられないか。</p>	
<p>審査書記載箇所（P27）</p> <p>Sクラスの機器・配管系については、基準地震動による地震力との組合せにおいて、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能に影響を及ぼすことがない限度に応力、荷重等を制限する値を許容限界とする。なお、地震時又は地震後の機器等の動的機能要求については、実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とする。</p> <p>Sクラス、Bクラス及びCクラスの機器・配管系については、基準地震動以外の地震動による地震力又は静的地震力との組合せにおいて、応答が全体的におおむね弾性状態に留まることを許容限界とする。</p>	
<p>○考え方</p> <p>耐震重要施設の耐震設計にあたっては、繰り返しの荷重にも耐えられるよう、弾性設計用地震動及び静的地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲に収まる方針であることを確認しています。</p> <p>原子力発電所で起こり得る最大規模の地震動である基準地震動に対しては、施設の一部の変形が塑性領域に達する可能性もありますが、塑性変形の程度を小さなレベルに留める方針であることを確認しています。</p> <p>また、原子炉保護設備のひとつとして地震感知器を設け、弾性設計用地震動の加速度レベルを十分下回る計測値で原子炉を自動停止させる方針としており、さらに、地震により運転が停止した場合には、事業者は地震による施設への影響を確認するために点検を行い、施設の異常の有無や健全性を確認し、補修を行う等、必要な措置が講じられることを確認しています。</p> <p>例えば、地震加速度が大きいことによる原子炉の自動停止等をこれまでに経験した原子力発電所では、地震観測記録の分析や建屋の地震時の健全性評価を基に施設が、基準地震動、弾性設計用地震動の地震力を超える影響を受けたかどうか評価した上で、詳細な点検、補修等の特別な保全計画を策定し運用しています。</p>	

審査書に係る確認事項 8

8	<p>審査書Ⅲ－3. 2 耐津波設計方針（第5条関係）</p> <p>3（4）②浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>循環水管破損時の循環水ポンプエリアからの溢水水位が EL.+12.0m のところ、海水ポンプ防護壁をEL.+13.0m（※）まで高める対策を取っているが、それでも万が一海水ポンプエリアへの溢水があった場合に備えて、排水設備を設置しておいた方がいいのではないか。（※ EL.+14.0m の誤り）</p>	
<p>審査書記載箇所（P48）</p> <p>b. 屋外配管やタンク等の損傷による浸水防護重点化範囲の津波浸水量、溢水  ア. 屋外の循環水管の損傷箇所を介して、浸水防護重点化範囲に津波が流入することが考えられるため、循環水管から流出した津波が、浸水防護重点化範囲に及ぼす影響を評価する。  イ. 屋外の循環水管の損傷による海水ポンプエリア及び海水管ダクトへの津波の流入等を防止するため、海水ポンプエリア防護壁、水密扉、取水ピット搬入口蓋、床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。</p>	
<p>○考え方</p> <p>審査においては、溢水水位が EL+12.0m のところ海水ポンプエリア防護壁の高さを約 EL+14.0m としていること、仮に海水ポンプエリアに海水等が流入しても排出できるように排水設備として床ドレンラインを設置していることを確認し、万が一海水ポンプエリアへの溢水があった場合でも、海水ポンプの機能は維持されると判断しています。</p> <p>審査資料:「第9条:溢水による損傷の防止等」  <u>別添1 添付資料12 建屋外の防護対象設備の影響評価</u></p>	

審査書に係る確認事項 9

9	<p>審査書Ⅲ－4. 2 外部事象に対する設計方針（第6条関係）</p> <p>2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出をする際、火山影響評価ガイドに基づき「発電所から半径 160km」の領域を対象としているが、「半径 160km」の根拠となったものは何か。</p>	
<p>審査書記載箇所（P64）</p> <p>申請者は、本発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出について、以下のとおりとしている。</p> <p>(1) 文献調査等の結果より敷地から半径 160km の地理的領域内にある 49 の第四紀火山のうち、完新世に活動を行った火山として雲仙岳、阿蘇カルデラ、福江火山群、九重山、由布岳、鶴見岳の 6 火山を抽出した。なお、地理的領域外についても、九州において過去に火山爆発度指数(以下「VEI」という。)7 以上の噴火が発生した加久藤・小林カルデラ、姶良カルデラ、阿多カルデラ及び鬼界カルデラの 4 火山を抽出した。</p>	
<p>○考え方</p> <p>火山影響評価ガイドでは、原子力発電所のサイトを中心に半径160キロメートルの範囲を「地理的領域」として、この中から発電所の影響を及ぼしうる火山を抽出することとしています。</p> <p>お尋ねの火山影響評価ガイドにおいて160キロメートルとしている理由は、国内の最大規模の噴火である阿蘇4噴火(約9万年前)において火砕物密度流(火砕流、火砕サージなど)が到達した距離が160キロメートルであると考えられていることによります。</p>	

審査書に係る確認事項 10

10	審査書Ⅲ－４．２ 外部事象に対する設計方針（第６条関係） ３ 外部火災に対する設計方針、５ その他人為事象に対する設計方針
○確認事項の概要	
「外部火災に対する設計方針」においては、航空機が落下し搭載燃料が全て発火することを想定した評価を行っているが、一方、「その他人為事象に対する設計方針」においては、航空機落下の確率が低い( $10^{-7}$ 回/炉・年を超えない)ため、「航空機落下による防護については、設計上考慮する必要はない。」とされているのはなぜか。	
審査書記載箇所（P72、79）	
（Ⅲ－４．２．３ 外部火災に対する設計方針） 規制委員会は、申請者による航空機落下による火災の設定が外部火災ガイドを踏まえたものであり、航空機落下確率が $10^{-7}$ 回/炉・年以上となる範囲が設定されていること、搭載された全燃料が燃焼した場合を想定していること、その上で輻射強度が最大となる航空機の種類と落下地点を仮定することにより、航空機落下による火災が保守的に設定されていることを確認した。	
（Ⅲ－４．２．５ その他人為事象に対する設計方針） ３． 飛来物(航空機落下等)については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価について(平成14・07・29 原院第4号)」等に基づき、航空機落下確率を評価した結果、3号炉は約 $6.4 \times 10^{-8}$ 回/炉・年、4号炉は約 $5.9 \times 10^{-8}$ 回/炉・年であり、防護設計の要否判断の基準である $10^{-7}$ 回/炉・年を超えないため、航空機落下による防護については、設計上考慮する必要はない。	
○考え方	
「その他人為事象に対する設計方針」においては、航空機落下に対して安全上重要な構築物、系統及び機器 <sup>※</sup> の設置状況を考慮して標的面積を求め、これに対する航空機落下確率が、防護設計の要否判断の基準である $10^{-7}$ 回/炉・年を超えないことを確認しています。	
一方で、「外部火災に対する設計方針」においては、安全上重要な構築物、系統及び機器に対して最も厳しい火災が生じたとしても、これらの機器等に影響が及ばないことを確認するために、標的面積を広げ、航空機落下確率が $10^{-7}$ 回/炉・年を超える地点に航空機が墜落し火災が発生することを想定し、評価を行っています。	
※原子炉格納容器、原子炉補助建屋等、燃料取替用水タンク建屋(3号炉のみ)、海水ポンプエリア、中央制御室	
審査資料: <u>第6条:外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災) 添付資料6</u> <u>航空機墜落による火災影響評価について</u>	

審査書に係る確認事項 11

11	審査書Ⅲ－6 火災による損傷の防止（第8条関係） 6. 特定の火災区域又は火災区画における対策の設計方針
○確認事項の概要	
使用済燃料貯蔵設備において冷却機能が喪失し水が沸騰するような事故の場合、水の密度変化によって実効増倍率も変化すると思われるが、水の密度変化に関する未臨界性について審査で確認されているのか。また、新燃料貯蔵庫についても、水の密度変化に関する未臨界性を確認されているのか。	
審査書記載箇所（P96）	
(6) 使用済燃料貯蔵設備は、純水中においても未臨界となるように使用済燃料を配置する設計とする、また、新燃料貯蔵設備は、新燃料を保管するラックが一定のラック間隔を有する設計とするため、消火水が入ったとしても臨界にはならない。	
○考え方	
使用済燃料ピットは通常ほう酸水で満たされていますが、純水冠水状態で、かつ最も反応度の高い新燃料を設備容量分収容した場合でも未臨界を確保できることを審査において確認しています。また、純水で満たされた状態で使用済燃料ピット内の水が沸騰状態となり、水密度が低下する場合でも、未臨界は維持されるとの評価結果も確認しています。さらに、新燃料貯蔵庫についても、純水密度を変化させ、実効増倍率が最も高くなるような条件下においても未臨界を維持できるとの評価結果を審査において確認しています。	
審査資料： <u>「玄海原子力発電所3号炉及び4号炉 重大事故等の有効性評価」</u> <u>添付資料4.1.2「使用済燃料ピットの水位低下及び遮へいに関する評価について」</u>	
審査資料： <u>「第8条：火災による損傷の防止」</u> <u>資料10 放射性物質貯蔵等の機器等の火災防護対策について</u> <u>添付資料10「新燃料貯蔵庫未臨界性評価について」</u>	

審査書に係る確認事項 12

12	審査書Ⅳ 重大事故等対処施設及び重大事故等対処に係る技術的能力
○確認事項の概要	
<p>重大事故発生時には、線量の高い区域での作業が発生することも考えられるが、初期対応において被ばく線量限度(250mSv/年)を超えるような作業員が多数発生し、52名体制の確保が厳しくなるような心配はないか。</p> <p>事故シーケンスによっては、必要な要員数が、3号炉及び4号炉あわせて52名であり、運転員、緊急時対策本部要員等も52名で対応可能としているが、不測の事態に備えた余裕度は必要ないか。</p>	
審査書記載箇所	
<p>(Ⅳ-1.2.1.2 全交流動力電源喪失)</p> <p>申請者は、本重要事故シーケンスへの炉心損傷防止対策に必要な要員及び燃料等を以下のとおりとしている。</p> <p>① 本重要事故シーケンスの対応に必要な要員は、3号炉及び4号炉合わせて52名である。これに対して、運転員(当直員)、緊急時対策本部要員(指揮者等)及び重大事故等対策要員は52名であり対応が可能である。</p>	
○考え方	
<p>審査においては、3号炉及び4号炉で評価上最も厳しい重大事故等が同時に発生することを想定し、その場合でも、52名の体制で事故を収束させることが可能であることを確認しています。</p> <p>さらに、発電所において緊急時体制が発令された場合には、発電所外からも緊急時対策本部要員が複数のルートから通行可能なルートを選定して参集する手順となっており、最大で217名が発電所へ参集できる体制を整備していることを確認しています。</p> <p>また、原子炉格納容器から放射性物質が放出される事故が発生した場合、放射性プルームの通過中には、緊急時対策所内への放射性物質の侵入を防止するため室内を加圧するとともに、所外での作業を中断して緊急時対策所内にとどまることとするなど、対処要員に過度な被ばくが無いよう対策がとられていることも確認しています。</p>	
<p>審査資料:「1.0 重大事故等対策における共通事項」  <u>添付資料 1.0.10「玄海原子力発電所 3/4号炉 重大事故等発生時の体制について」</u></p>	

13	審査書Ⅳ 重大事故等対処施設及び重大事故等対処に係る技術的能力
○確認事項の概要	
<p>インターフェイスシステム LOCA による炉心損傷が防げなかった場合のような格納容器バイパス事故シーケンスについては、原子力規制庁からは、環境への放出を出来るだけ抑える対策(アクシデントマネジメント)によって、少なくとも数 TBq の放出量にはならない手順としていることを審査で確認しているとの説明があったが、具体的にどのようなアクシデントマネジメント策が講じられ、その手順の有効性をどのように確認されたのか。</p> <p>また、格納容器バイパス事故シーケンスについては、PWR においては放射性物質が環境に直接放出される比較的発生頻度の高い事故シーケンスと聞いており、今後とも更なる安全対策によってリスクを抑える努力を継続することが重要と考えるが、今後、どのような取組を事業者に求めるよう考えられているのか。</p>	
<p>審査書記載箇所 (P165～) ※参考 (格納容器バイパス事故の炉心損傷防止対策)</p>	
<p>Ⅳ－1. 2. 1. 8 格納容器バイパス (インターフェイスシステム LOCA、蒸気発生器伝熱管破損)</p> <p>事故シーケンスグループ「格納容器バイパス」(以下この節において「本事故シーケンスグループ」という。)では、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器の破損等の発生後、破損箇所の隔離に失敗した場合において、炉心損傷防止対策に有効性があるかを確認した。</p> <p>(略)</p> <p>以上のとおり、規制委員会は、上記の確認及び判断により、事故シーケンスグループ「格納容器バイパス」に対して申請者が計画している炉心損傷防止対策は、有効なものであると判断した。</p>	
○考え方	
<p>炉心損傷後の格納容器破損防止対策の有効性評価に当たっては、事象の進展に伴い生じる格納容器の健全性に影響を与える負荷を分析し、確率論的リスク評価を活用して、格納容器破損モードの選定が行われています。その結果、格納容器バイパス事象としては、蒸気発生器伝熱管破損及びインターフェイスシステム LOCA が検討対象に取り上げられています。</p> <p>これらの破損モードに対しては、有効性評価において、蒸気発生器2次側への注水及び主蒸気逃がし弁の開操作による1次冷却系の減圧並びに高圧注入ポンプによる炉心注水により、1次冷却系を減温・減圧することで炉心は冠水状態を維持でき、炉心損傷には至らないことを確認しています。なお、蒸気発生器伝熱管破損及びインターフェイスシステム LOCA の全格納容器破損頻度に対する寄与割合は、設計基準対象施設にのみ期待する仮想的なプラント状態で評価した結果、それぞれ 0.3%、0.1%未満程度であることを確認しています。</p> <p>さらに、それでもなお、炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損に至った場合も想定し、更なる対策として放射性物質の拡散をできる限り抑えるための設備及び手順が整備されていることを確認しています。</p> <p>原子力規制委員会としては、原子力施設の安全性は、最新の科学的知見に基</p>	

○考え方

つき不断に向上させるべきものと考えており、今後、新たな知見が得られた場合には必要に応じて基準に取り込み、事業者に対し追加対策を求めてまいります。また、原子炉等規制法の規定に基づく原子炉施設の安全性向上のための評価の届出制度を通じ、事業者に対して安全性向上対策の実施を促してまいります。

審査資料:付録1「I 事故シーケンスグループ及び重要事故シーケンス等の  
選定について」

14	<p>審査書Ⅳ 重大事故等対処施設及び重大事故等対処に係る技術的能力</p> <p>4. 1 3 重大事故等の収束に必要な水の供給設備及び手順等（第56条及び重大事故等防止技術的能力基準1. 1 3項関係）③ 手順等の方針</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>事業者は、敷地内の貯水地であり海側に堰のある八田浦貯水池を重大事故発生時に使用する淡水源としているが、審査では、貯水池の地盤や堰の耐震性や耐津波性、また、貯水地が利用可能かどうかを確認する手順について確認されているのか。</p> <p>また、重大事故発生時に水源として使用している最中に、何らかの理由で機能を失った場合、水源を海水に切り替えることになると思うが、発電機や水中ポンプの再配置、可搬型ホースの布設などの切り替え作業が速やかにできる体制となっていることについて、確認されているのか。</p>	
<p>審査書記載箇所（P350～）</p> <p>申請者は、①に掲げる設備を用いる主な手順等は以下のとおりとしている。</p> <p>重大事故等の発生時において、復水タンク又は燃料取替用水タンクが枯渇するおそれがあることを水位により確認等した場合において、蒸気発生器2次側による炉心冷却（注水）のために必要な水源である復水タンクへの供給等が必要になった場合には、代替水源から中間受槽に供給する手順に着手する。この手順では、取水用水中ポンプ、可搬型ホース等を準備、布設し、取水用水中ポンプを起動し、淡水又は海水を中間受槽へ供給する作業を計12名により約5時間20分で実施する。</p> <p>（略）</p> <p>規制委員会は、申請者の計画において、復水タンクが水源として使用できない場合、2次系純水タンクから海水までの代替水源の選択を明確化して水の供給が中断することがないように水源切替えの優先順位を設定し、重大事故等の収束までの間、十分な量の水を供給できることを確認した。</p> <p>また、代替水源から水を供給するための設備及び手順等について、可搬型ホース及び移送ルートの確保、接続作業等を定め、重大事故等時的確かつ柔軟に対処できるよう人員を確保するとともに必要な訓練を行うとしていること、ヘッドライト等により夜間等でのアクセス性を確保していること、無線通話装置（携帯型）等の必要な連絡手段を確保すること、復水タンク（ピット）補給用水中ポンプ等の運搬、接続等を行う作業環境（作業空間、温度等）に支障がないことなどを確認した。</p> <p>以上の確認などから、規制委員会は、申請者が①に掲げる設備を用いた手順等について、重大事故等防止技術的能力基準1. 0項（手順等に関する共通的な要求事項）等に適合する手順等を整備する方針であることを確認した。</p> <p>また、規制委員会は、申請者が①b.に掲げる対策について、第56条等要求事項ホ）、ト）に適合する方針であることを確認した。</p>	
<p>○考え方</p> <p>八田浦貯水池は発電所建設時において、発電所の補給水、雑用水に利用するために作られたものであるため、一般産業施設クラスの耐震性を有するものとして設計されていますが、今般の審査において、八田浦貯水池の堤体の安定性評価を行い、基準地震動 <math>S_s</math> に耐えることを確認しています。</p>	

## ○考え方

重大事故対処時の代替取水源としては、原水タンク等や八田浦貯水池の淡水、取水ピットから取水する海水といった複数のものを特定しています。重大事故等が発生した場合における代替水源の利用については優先順位が定められており、八田浦貯水池は、原水タンク等の常設設備が破損等で使用できない場合に使用することとなりますが、八田浦貯水池からの可搬型ホースの敷設ルートや現場のアクセス状況を考慮し、海水取水の方が適切であると判断すれば、海水を使用する手順としています。また、八田浦貯水池が何らかの原因で機能喪失した場合でも、取水用水中ポンプや水中ポンプ用発電機は複数台配備されており、海水取水に切り替えることが可能であることも確認しています。

審査資料：「1.0 重大事故等対策における共通事項」

添付資料 1.0.2 「可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて」

「1.13 重大事故等の収束に必要となる水の供給手順等」

添付資料 1.13.4 「代替水源から中間受槽への供給」

15	審査書Ⅳ－1. 2. 1 炉心損傷防止対策 1. (2) 解析手法及び結果、不確かさの影響評価
○確認事項の概要	
<p>事故条件として、RCP(1次冷却材ポンプ)シール部からの漏えい率は定格圧力において1台あたり109m<sup>3</sup>/hを4台考慮することとされている。</p> <p>これに対して常設電動注入ポンプの注水流量30m<sup>3</sup>/hで1次系保有水量が維持可能とされているのは、2次系強制冷却等により1次系が減圧されることから、RCPシール部の漏えい率が減少するためということか。</p>	
審査書記載箇所 (P139-140)	
<p>① 解析手法</p> <p>c. 事故条件:RCP シール LOCA が発生する場合、RCP シール部からの漏えい率は、定格圧力において1 台当たり約 109m<sup>3</sup>/h とし、4 台からの漏えいとする。(略)</p> <p>d. 機器条件:蓄圧タンク保有水量は、最低保有水量 26.9m<sup>3</sup>/基を用いる。 RCP シール LOCA が発生する場合には、代替炉心注水流量として常設電動注入ポンプの注水流量 30m<sup>3</sup>/h を用いる。これは、1 次冷却系圧力が 0.7MPa[gage]に到達した時点で炉心注水を開始することにより、想定する漏えい流量に対して1 次冷却系の保有水量の維持が可能な流量である。(略)</p> <p>② 解析結果</p> <p>RCP シール LOCA が発生する場合について、申請者が行った解析の結果は、以下のとおりである。</p> <p>a. 全交流動力電源喪失の発生後、RCP シール LOCA により、1 次冷却系の保有水量が減少するが、2 次系強制冷却による 1 次冷却系の減温・減圧及び代替炉心注水を行うことにより、PCT は約 390℃に、1 次冷却系の最高圧力は約 16.3MPa[gage]に抑えられる。</p> <p>b. RCP シール LOCA により、1 次冷却材が原子炉格納容器内に漏えいすることで原子炉格納容器圧力及び温度は上昇するが、A、B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を行うことにより、原子炉格納容器の最高圧力は約 0.130MPa[gage]に、原子炉格納容器の最高温度は約 100℃に抑えられる。</p> <p>c. 高圧再循環運転による炉心冷却及び格納容器内自然対流冷却による原子炉格納容器内からの除熱により、原子炉を安定停止状態へ移行させることができる。</p>	
○考え方	
<p>RCP シール部からの漏えい率を1 台あたり 109m<sup>3</sup>/h としているのは、定格圧力(15.4MPa)の状態における漏えい率であり、ご指摘のとおり、2次系強制冷却等により1次系が減圧されれば漏えい率も低下していくこととなります。</p> <p>常設電動注入ポンプによる注水は、蓄圧注入系による注水が終了した後、1次系圧力が0.7MPaに到達した時点で実施することとしています。これにより、図に示すとおりRCPシール部からの漏えい量と注水流量はバランスし、1次系保有水量は一定に保たれることを確認しています。</p>	

○考え方

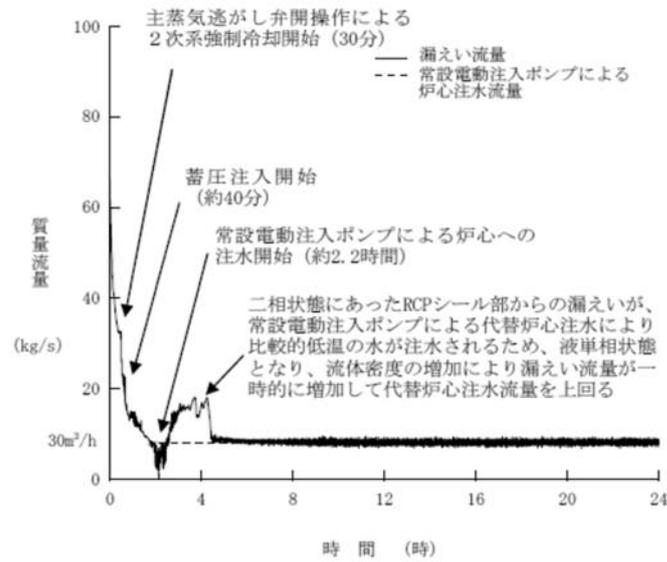


図1 漏えい量と注水流量の推移(RCP シール LOCA が発生する場合)  
(原子炉設置変更許可申請書より抜粋)

審査資料:「玄海原子力発電所 3号炉及び4号炉 重大事故等の有効性評価」  
2.2 全交流電源喪失 図 2.2.8～図 2.2.28

16	審査書Ⅳ－1. 2. 1 炉心損傷防止対策 5 原子炉停止機能喪失
○確認事項の概要	
<p>制御棒による原子炉緊急停止ができない場合の解析条件として、「ドップラ係数はウラン燃料を装荷した平衡炉心の特性を設定した標準値を用いる。」とされている。</p> <p>玄海3号機では MOX 燃料を装荷した炉心での運転も許可されているが、この事故シーケンスにおいては、MOX 燃料よりもウラン燃料のみを装荷した炉心の方が、厳しい条件になるということか。</p> <p>また、審査書においては、この事故シーケンス以外で、炉心構成や使用済燃料貯蔵施設に貯蔵された燃料の構成などについての記載がないが、いずれもウラン燃料だけでなく、MOX 燃料についても考慮し、更に炉心状態(初期、中期、末期など)も条件として考慮した上で、最も厳しくなる条件で解析、評価されたということか。</p>	
○審査書記載箇所	
Ⅳ－1. 2. 1. 5 原子炉停止機能喪失 (P151-152)	
1. (2) 解析手法及び結果、不確かさの影響評価 ① 解析手法	
c. 初期条件:炉心熱出力、1次冷却系圧力及び温度は、定格値を用いる。 減速材温度係数は、炉心サイクル寿命中の変化、炉心構成のばらつき等のプラント特性並びに解析コードの不確かさを考慮し、負のフィードバック効果が小さくなるように、 $-16\text{pcm}/^\circ\text{C}$ を用いる。ドップラ係数は、ウラン燃料を装荷した平衡炉心の特性を設定した標準値を用いる。	
Ⅳ－1. 2. 5 有効性評価に用いた解析コード	
2. (2) SPERKLE-2 ①申請内容 (P235)	
d. 不確かさ評価としては、「原子炉停止機能喪失」時の過渡変化に伴う原子炉圧力評価に対して影響が大きいと思われる減速材温度係数初期値、ドップラ温度係数について、減速材温度係数測定検査の解析による妥当性確認や感度解析による不確かさ評価を行っている。また、評価用炉心が実際の炉心の運転状態を包絡する根拠として、燃料の種類、燃料装荷パターン及び燃焼度が異なる炉心間の比較解析により確認している。	
○考え方	
<p>玄海3号炉については、申請に基づき MOX 燃料の使用を前提として、重大事故等への対策が新規制基準に適合しているかを審査しています。具体的には、重大事故等の進展に影響する核的特性、物性、照射挙動等に係る諸特性について、MOX 燃料を使用した MOX 炉心と、ウラン燃料のみを使用したウラン炉心とを比較し、事象進展がより厳しくなる条件のもとで、重大事故等対策が有効であることを確認しています。</p> <p>ご指摘の「原子炉停止機能喪失」についても、初期条件としてウラン炉心と MOX 炉心のそれぞれの場合の減速材温度係数及びドップラ特性を設定した解析が行われています。MOX 炉心の場合、減速材温度係数の絶対値が大きくなり負の反応度フィードバック効果が大きくなること等から、評価項目である原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最高値はウラン炉心の場合と比べて低下す</p>	

## ○考え方

るため、ウラン炉心のほうが厳しい条件となることを確認しています。

使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の有効性評価においては、使用済燃料の貯蔵条件として、3号炉には3号用燃料(ウラン燃料及び MOX 燃料)、4号炉には4号用燃料(ウラン燃料)及び1・2号用燃料(ウラン燃料)が貯蔵されている状態でそれぞれ解析のうえ、それらを比較し、評価結果がより厳しくなる4号炉の使用済燃料ピットにて評価されていることを確認しています。

また、有効性評価においては、炉心崩壊熱として、燃焼度が高くなるサイクル末期時点を対象に設定する等、事象進展がより厳しくなるよう設定されていることを確認しています。

審査資料:「玄海原子力発電所 3号炉及び4号炉 重大事故等の有効性評価」  
添付資料 1.5.9「使用済燃料ピットの水位低下及び遮へいに関する評価条件について」  
添付資料 2.5.10「ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の装荷を考慮した場合の1次系圧力に与える影響について」

審査書に係る確認事項 17

17	審査書Ⅳ－４． 1 2 発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための設備及び手順等（第 5 5 条及び重大事故等防止技術的能力基準 1． 1 2 項関係）
○確認事項の概要	
<p>事業者は発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための設備として放水砲を整備しているが、その効果についてはどう評価されているのか。</p> <p>また、放水砲に抑制効果があるとすると放水後の水は汚染水となる。仮に放水作業員やその他の屋外作業員に降りかかるような場合や、予期しなかった場所に集水した場合には、作業員の被ばく線量が高くなり作業に支障がでるおそれがあると考えられるが、そのような観点からの審査は行われているか。</p>	
審査書記載箇所（P347）	
<p>規制委員会は、申請者の計画において、a)移動式大容量ポンプ車、放水砲等は、放射性物質の拡散を抑制するために原子炉格納容器の頂部まで放水できること、移動式大容量ポンプ車、放水砲等は、車両等により運搬、移動できるため、原子炉格納容器等又は燃料取扱棟等に対して、複数の方向から放水できること、移動式大容量ポンプ車及び放水砲の保有数は、3号炉及び4号炉の同時使用を想定し、それぞれ、原子炉基数の半数以上を保管すること、b)航空機衝突による航空機燃料火災に対しては、移動式大容量ポンプ車内蔵の泡薬剤ポンプにより、泡消火薬剤を混合し、放水砲による泡消火ができる仕様であることを確認した。</p> <p>（中略）</p> <p>以上の確認などから、規制委員会は、申請者が①に掲げる設備を用いた重大事故等対処設備について第43条（重大事故等対処設備に関する共通的な要求事項）に適合する措置等を講じた設計とする方針であることを確認した。</p>	
○考え方	
<p>放水による効果については、空中の微粒子状放射性物質が降雨により捕らえられる効果があることが知られており、雨量と比べて多量の水量が確保できる放水砲により、拡散抑制効果があると判断しています。また、浮遊する微粒子状放射性物質を水スプレーにより捕集する実験が過去に行われており、その効果が確かめられています。</p> <p>放水砲は、複数の方向から放水が可能であり、原子炉格納容器の破損箇所が確認できる場合はその箇所に向けて放水し、破損箇所が不明な場合は原子炉格納容器頂部に放水する手順とされています。また、放水砲の容量は、性能曲線等により原子炉格納容器頂部まで放水できる容量であることを確認しています。</p> <p>また、屋外での現場作業を行う要員には線量計を着用させ、法令に定める被ばく線量限度を超えないよう線量管理を行うとともに、汚染防護服や全面マスク等の適切な防護具を使用させることで、要員の被ばく線量をできる限り低減させる手順となっていることを確認しています。</p>	
<p>審査資料：<u>「玄海原子力発電所 3号炉及び4号炉 重大事故等の有効性評価」</u>  <u>添付資料 3.1.1.11「スプレーによる粒子状物質の除去速度について」</u></p>	

18	<p>審査書Ⅳ－5 大規模な自然災害又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムへの対応（重大事故等防止技術的能力基準 2. 1項関係）</p>
<p>○確認事項の概要</p> <p>テロリズム対策に関しては、特に、近年はサイバーテロが高度化しているようなイメージがある。</p> <p>審査では、Ⅲ－14 安全保護回路（第24条関係）において、「安全保護系のアナログ回路」には物理的分離や機能的分離が適切に講じられていると確認されているが、物理的アクセスが許可されている作業員が回路等を不正に変更することは、どのように防ぐことができるのか。</p> <p>また、テロリズムへの対策については、規制の強化とともに、原子力規制委員会をはじめ、警察や自衛隊など国の関係機関における取組も必要ではないかと思うが、どのような対応がなされているのか。</p>	
<p>審査書記載箇所（P113）</p> <p>Ⅲ－14 安全保護回路（第24条関係）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 安全保護系のアナログ回路は、盤の施錠等により、ハードウェアを直接接続させないことで物理的に分離する設計とする。</li> <li>2. 安全保護系のアナログ回路は、外部ネットワークへのデータ伝送の必要がある場合は、ゲートウェイを介して一方向通信（送信のみ）に制限することで機能的に分離する設計とする。</li> <li>3. 発電所出入管理による物理的アクセスの制限により、不正な変更等による承認されていない動作や変更を防止する設計とする。</li> </ol> <p>規制委員会は、申請者の設計が、物理的分離及び機能的分離を適切に講じるとともに、出入管理による物理的アクセスの制限を行う等、承認されていない動作や変更を防ぐことができるとしていることを確認したことから、設置許可基準規則に適合するものと判断した。</p>	
<p>○考え方</p> <p>サイバーテロ対策については、実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第7条に基づき、不正アクセス行為を防止するため、適切な措置を講じる方針を確認しており、具体的な措置については、実用発電用原子の設置、運転等に関する規則（以下「実用炉規則」という。）第91条第2項第18号及び第19号に基づく防護措置として、核物質防護規定の認可において確認しています。</p> <p>内部脅威対策については、平成28年9月に実用炉規則の一部を改正し、防護措置の一環として、原子力発電所の重要な区域に立ち入る者等に対する個人の信頼性確認制度を導入しています。なお、事業者は、平成29年3月中に、同制度を実施するための核物質防護規定の変更認可申請をしております。</p> <p>原子力発電所の警備については、事業者による厳重な防護措置が講じられているほか、警察の銃器対策部隊が24時間体制で常駐警備などを実施するとともに、海上保安庁では、原子力発電所の周辺海域に巡視船艇を配備しています。</p>	

## ○考え方

また、テロや戦争等により原子力発電所が狙われる事態に対しては、武力攻撃事態対処法及び国民保護法に基づき、他省庁とも連携して必要な対策が講じられることとなります。

参考資料:「内部脅威対策の強化(個人の信頼性確認制度の導入等)のための規則等の制定について」(平成28年度第30回原子力規制委員会資料3)

(2) 回答に対する意見

原子力規制庁からの回答に関して、次のとおり意見を述べた。

項目	委員からの意見
1	<p>(竹中委員)</p> <p>1 番については、解放基盤についてはこの規制庁の考え方でいいと思うんですけども、不整形性については、ここには特異な増幅を起こすような地下構造等は認められずと書いてありますが、実際には地震動の三次元の評価というのはされていないわけですので、ここで認められないというふうな答えを出すためには、それなりの解析が行われなくてはいけないんですけども、そういうことは実際にはされていないということですので、これは疑問が残ることではあるかなと思います。</p> <p>それから、ここに、実際に敷地地盤で得られたM5以上の地震観測記録の分析と書いてありますが、これはこれまでも何度も出てきていますけど、地震の数が非常に少ないですね。福岡県西方沖ですとか、あるいは南のほうでも非常に離れた場所で起きた地震ですとか、到来の、地震の波がやってくる方位も、それから、波が敷地に入射する入射角についても非常にデータが少ないということがあります。昨年、熊本で地震がありましたので、そういった非常にたくさんの記録がとられているはずですので、そういったものを今後、九電のほうで解析されて、新たなことが分かればまたいいかなとは思いますが、そういうふうに非常に数が少ないので、逆に言うと、数が少ない場合は、三次元的なそういう、実際にモデル解析というか、シミュレーションとかをやって、そういったものを補って確認をするという作業が本来は必要なのではないかなというふうに思います。ですので、これについては考え方としてはどうかと思うんですけども、九電のほうで今後、ケーススタディをされていくということですので、そういったことでだんだん確認されていくのではないかなと思います。</p>
3	<p>(竹中委員)</p> <p>3 番ですけれども、これは考え方としてあるんですけども、一般的な応力降下量より大きいと考えられる場合も想定したと書いてあるんですけど、もともと自然現象として、この応力降下量自身が非常にばらつきの大きなもので、一般的なところ、要は 1.5 倍とか 2 倍も十分一般的なばらつきの範囲内に入るようなので、この 1.5 倍という数値の妥当性に関しては疑問、ちゃんと答えられてはいないのではないかなというふうには感じますね。ただ、もともと応力降下量自身がそういう量であるということですね。それは再度認識していただいたということでこの質問は非常に重要な質問であったかなと思います。</p>
4	<p>(竹中委員)</p> <p>これは 4 番の絡みで、県のほうから九電に依頼されて、断層の傾斜を逆方向にした計算をされましたけれども、これも実際には不整形性が入っていないんですね。成層構造で仮定されていて。ですので、実際にはそういったものを入れて評価をされていくと、また結果も変わってくるかもしれないというところはあります。これは今後を待てばいいのではないかなと思います。</p> <p>(竹中委員)</p> <p>4 番ですが、前半に関しては 4.9km ですが下にはあるとか、特にこういう計算されたんならということで、特に回答として問題ないと思いますが、後</p>

項目	委員からの意見
	<p>半の「断層傾斜角の不確かさに関しては」という、「発電所の方向へ60度考慮しているが、逆方向の傾きであっても破壊開始点の置き方によってはパルスが発生するかもしれない」ということで、逆方向の傾斜も重要ではないかという質問をしていただいた、これは大変、非常によかったと思います。</p> <p>規制庁のほうでは、短周期側だから地震動評価への影響が大きいと考えられる不確かさケースとして、震源距離が発電所近くになるように断層傾斜角を発電所のほうに傾斜させてというふうに書いてあるんですが、こういうことは、実際には非常に微妙なことで、計算してみないと分からないんですね。実際に、県のほうで九電に依頼して計算していただいた結果ですと、竹木場のほうで1 Hz付近で逆傾斜にしたほうが加速度のレベルが2倍ぐらい高くなっていますよね。ですので、これはやってみないと分からない。というのは破壊が進行していく方向には、短周期がどうしても出てしまうんです。というのは、ドップラー効果と似た現象なんですけれども、そういったようなこともありますので、必ずしも震源距離だけでは決まらないところがありますので、これは実際にやっていただかないと分からないことなので、規制庁のほうも、こういう思いこみではなくて、実際に計算とかそういったことをやって、それも含めて評価するということが重要なのではないかなということ、この県のほうでしていただいた結果は非常に貴重なことだと思います。</p> <p>1番の不整形性が、これになおかつ入ってくるわけですので、そういう評価、実際に計算をしてみることは非常に重要だというふうに思います。</p> <p>ということで、九電のほうでケーススタディをされるということですので、これも含めたことがされるのではないかというふうに期待をしております。</p>
5	<p>(竹中委員)</p> <p>5番ですけれども、5番に関しては、これも最後は実際に新たな記録を使った解析が進行中ということですので、最終的にはそれを待たばいいのかなというふうに思いますが、この規制庁の考え方で、鳥取県西部地震について、震源近傍に位置する賀祥ダムの観測記録ごとに書いてあるんですけれども、この「震源近傍」という言葉が、何かいいようにここでは一見、見えてしまうんですけれども、震源というのはあくまで破壊の開始点ですので、強震動生成領域とは違うんですね。強震動生成領域と破壊の開始地点というのは結構ずれている、離れているケースが非常に多いです。ですので、これは震源近傍ということではなくて強震動生成域、アスペリティと言いますが、アスペリティの近傍、あるいは直上の記録を本来は使っていただくほうがいいということで、鳥取県西部地震の場合は実際にそういう記録があるわけですね。それを現在、解析が進行中ということですので、その結果を待つということではないかなというふうに思います。</p>
7	<p>(出光委員)</p> <p>確認事項7番の部分が繰り返しのことを聞いていたわけですが、一応考え方のところは弾性範囲内と、あとは破断応力の3分の2以下の応力ですよということで、それはそれでいいんですけど、もともとの質問は、繰り返しについての話でしたので、そういう形の考え方で示されるとよかったのかなと思いますが、このぐらいの部分の応力であるということで、考え</p>

項目	委員からの意見
	<p>方についてはこれでいいと思いますが、ちょっと規制庁側の回答の仕方がもう少し丁寧にしていただいたほうがよかったのかなという気がいたします。</p> <p>(井嶋委員)</p> <p>7番についてなんですけど、やっぱり規制庁は弾性範囲に入るということを重要視しているわけですから、やはり九電さん側が弾性範囲を越えるような箇所があれば、それはやはりちゃんと補強をして、弾性範囲内に入らせるということが繰り返しに対しても十分安全になっていきますので、そういうふうに、構造物のほうはどちらかというと、耐震すれば、耐震設計という概念でいくなれば、強くすればいいわけですから、比較的地盤なんかよりは対応可能ですので、そういうふうに九電さん側が対応されるように申し上げられたほうがいいと思います。</p>
8	<p>(工藤部会長)</p> <p>8番の確認事項について、単なる数字だけのことなんですけれども、8番で、質問のときに海水ポンプの防護壁をEL+13mというようなことでの質問をしたところ、規制庁のほうからは、溢水水位が14mまで対応策しているからよいという意味で、安全側に評価されているという点では別にマイナスにはならないんですけれども、このままでよいのかどうかの確認です。</p> <p>(事務局回答後)</p> <p>必要な注釈がありましたら、加えていただくということでもよろしいかと思えます。</p>
12	<p>(續委員)</p> <p>12番に関してですけれども、一応マンパワー的にきちんと対応できるんだということを規制庁のほうで確認されていると。217名、すなわち52名体制のほぼ4倍ですよね。それができているということと、ブルームが通過すると、せいぜい半日ぐらいだろうけれども、そのときの加圧が、これは実際に視察したときにも確認しましたが、加圧できているし、被ばく量低減ということに対してきちんとされているということを確認されているという回答で、それはそれでいいと思います。</p> <p>そして、規制庁がこの前来たときに質問したんですけれども、こういうふうなことに限っては、どうしてもこれは最低限していただきたいということで判断をされているということなので、九電も私がいろいろとスペース的な問題で質問した際に、現在は代替施設ということで対応しているんだが、次に実際再稼働以降、またいろいろと施設をつくってというときには、その分も考慮するというので、作業人員の環境的なものが保障されるように県のほうからも要望を続けて行っていただきたいというふうに思います。</p>
13	<p>(守田委員)</p> <p>13番の確認事項のところについて、少しコメントを申し上げたいと思います。</p> <p>格納容器バイパス事象、ここでは蒸気発生器の伝熱管が破損及びインターフェイスシステムLOCAが挙げられてございますが、規制庁の回答の前段にございますように、格納容器バイパス事象が、通常、炉心損傷の頻</p>

項目	委員からの意見
	<p>度に対して重要な寄与にならないというのは、ここの前段で説明があるとおりでございます。</p> <p>一方で、格納容器バイパス事象というのは、格納容器による閉じ込めの機能が働かない事象ですので、放射性物質が直接外部に放出されるということで放射性物質の大量放出につながるような事象としては、重要な要因になるということが知られています。</p> <p>ここで注意をしなければいけないのは、新規規制基準の中では、ほかの事故シーケンスに対しては、深層防護の観点から、炉心損傷を防止して、さらに格納容器の破損防止、すなわち格納容器で放射性物質を閉じ込めるということを一様に求めているのに対して、この格納容器バイパス事象だけがそういう格納容器での閉じ込め機能が働かないということで、非常に大きな違いがございます。ですので、ここで確認事項でございます格納容器バイパス事象で炉心損傷に至った場合に、非常に大きな、大量の放射性物質が外に出るといふ、そういうシーケンスが確率が低いというだけで済ませてしまえば、やはりいけなくて、そもそも新規規制基準の中では、決定論的な評価で安全性を判断するのが原則になっておりますので、引き続き、この部分についてはアクシデントマネジメントの対策が有効に働いて、放射性物質が外部に出ていくことをできるだけ抑えるというような対策を打って、施設の安全性の向上を今後も継続的に図っていくということが非常に重要なことだというふうに思います。したがって、県のほうに要望をしたいのは、規制庁からのお答えにもありますように、原子力施設の安全性向上のための評価の届出制度を通じて、事業者に安全性向上対策の実施を促すということがございますが、この点について、今後もぜひどのようなアクシデントマネジメント対策を事業者のほうで考えていて、それによってどういうふうに安全性が向上していくかということについて、継続的にやはり確認なりをしていっていただきたいというふうに思います。</p>
14	<p>(出光委員)</p> <p>14番の貯水池のほうですけれども、八田浦貯水池のほうですが、基準地震動S<sub>s</sub>に耐えるようにということで非常に強くつくられているというのはよく分かりましたが、場合によっては、いわゆるオープンな貯水池ですので、スロッシングで中の水が抜けてしまったりとか、あるいは外から物が崩れ落ちてきて埋まってしまうとか、そういったことについても若干対策等はあると思いますので、そういったところも回答として入れていただければよかったですかなというふうに思いました。</p>
16	<p>(出光委員)</p> <p>16番の部分ですね、MOX燃料等が入って、その影響についてということで、いろいろやられているということが書かれておりました。これについては、場合分けの話で、例えば、臨界についていえば、燃焼度のあんまり上がっていないものでは厳しくなるし、冷却については逆に燃焼度の高くなっているほうが厳しくなる。そのあたりの組み合わせをいろいろやっているかどうかというのを聞いたかったんですが、回答としてはいろいろなケースを想定して、一番厳しい条件をいろいろ組み合わせてやっているということですので、これについては了解いたしました。</p>

項目	委員からの意見
17	<p>(片山委員)</p> <p>20 ページのところで放水作業時の被ばく対策のところですけど、線量計をつけて防護服、全面マスクをして作業ということで、ここに書かれていることとしては、作業を実際に行った後にどれくらい被ばくがあるかということを経験計で確認するような回答になっていますけど、実際には恐らく作業をやるに当たってどれくらいの被ばく量がそもそも想定されているというようなものに基づいて作業計画が多分つくられているということがあると思いますので、そういった作業計画に基づいてどれくらいの被ばくが想定されるのかというような、そういったことに基づいて行うというような文言もここに書かれてもいいのかなというふうに思いました。実際に作業して測ったら被ばくしていたということは多分恐らくないと思うんですね。この文章だとそういうことが想定されそうな文章になっているので、最大でもこれくらいというような評価も行われていると思いますので、そういった文言も入れたらよかったのかなというふうに思います。</p>

## 6 まとめ

当専門部会では、県から九州電力株式会社原子炉設置変更許可申請書（3号及び4号発電用原子炉施設の変更）や原子力規制委員会が取りまとめた同申請書に関する審査書などの各種資料の提供を受けた上で、九州電力から、申請の概要及び基準地震動や基準津波の設定と対策、重大事故対策といった主要な審査項目について説明を受け、質疑を行うとともに、玄海原子力発電所の現地において安全対策の実施状況の確認を行った。

また、原子力規制庁から、新たな規制基準の概要及び審査結果について説明を受け、質疑を行った。

その上で、県から示された「原子力規制庁への確認事項（案）」について、各委員がその専門的立場から様々な技術的助言を行った。

県では、当専門部会の助言を踏まえて原子力規制庁に確認事項を提出し、これに対して原子力規制庁から回答がなされた。

県から当専門部会に対して、原子力規制庁からの回答について説明を受けたところ、回答内容については、基本的に、県からの確認事項に対する国の考え方が、より詳細に示されていることを確認した。

原子力規制庁の回答では、「原子力規制委員会としては、原子力施設の安全性は、最新の科学的知見に基づき不断に向上させるべきものと考えており、今後、新たな知見が得られた場合には必要に応じて基準に取り込み、事業者に対し追加対策を求めていく」とされており、当専門部会としては、このことは非常に重要であると考えている。

また、県の説明によれば、事業者である九州電力（株）においても、更なる安全性・信頼性向上への取組を自主的かつ継続的に進める、とされていると聞いている。

県におかれては、今後とも最新の科学的知見に基づく、更なる安全性向上への取組を国と事業者に対して求めるとともに、その取組状況をしっかりと確認していただくことにより、関係者全体で安全性向上への取組を継続していただきたい。

以上