

令和 6 年 8 月 日

鹿児島県知事

塩田 康一 殿

鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会

座長 地頭菌 隆

川内原子力発電所における「震源を特定せず策定する地震動」  
の策定に係る意見書について

これまでの議論等を踏まえ、川内原子力発電所における「震源を特定せず策定する地震動」の策定について、意見及び質疑をとりまとめたので、別添のとおり提出します。

(経 緯)

- ・ 令和 3 年 7 月 15 日 第 15 回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会
- ・ 令和 3 年 12 月 23 日 第 16 回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会
- ・ 令和 5 年 11 月 21 日 第 22 回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会
- ・ 令和 6 年 3 月 13 日 第 23 回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会

川内原子力発電所における「震源を特定せず策定する地震動」  
の策定に係る意見書  
(令和6年8月21日)

原子力安全・避難計画等防災専門委員会

**1 震源を特定せず策定する地震動の策定に係る意見について**

- (1) 震源を特定せず策定する地震動の策定について、令和3年7月15日に開催した第15回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会において、九州電力から説明がなされた後、質疑応答を行い、同策定に係る設置変更許可申請の内容について確認を行った。【2(1)参照】  
また、同委員会において、県から、同策定に関し、安全協定に基づいて九州電力から県及び薩摩川内市に対し「川内原子力発電所における新たな基準地震動の策定について」として協議がなされた旨の報告があった。
- (2) 震源を特定せず策定する地震動の策定に用いる標準応答スペクトルの策定について、令和3年12月23日に開催した第16回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会において、原子力規制庁から説明がなされた後、質疑応答を行い、確認を行った。【2(2)参照】
- (3) 震源を特定せず策定する地震動の策定に係る設置変更許可申請の補正について、令和5年11月21日に開催した第22回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会において、九州電力から説明がなされた後、質疑応答を行い、設置変更許可申請の補正内容について確認を行った。【2(3)参照】
- (4) 震源を特定せず策定する地震動の策定に係る設置変更許可と今後の取組について、令和6年3月13日に開催した第23回鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会において、九州電力から説明がなされた後、質疑応答を行い、確認を行った。【2(4)参照】

**【事務局案】**

- (5) 上記(1)、(2)、(3)及び(4)に係る確認の結果等を踏まえ、震源を特定せず策定する地震動の策定について、鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会として、特段の問題はないことを確認した。  
なお、九州電力による川内原子力発電所の耐震安全性の向上に係る考え方や実際の対応については、同委員会で継続的に確認していく。

## 2 過去の専門委員会における各委員からの意見及び質問に対する回答

### (1) 震源を特定せず策定する地震動の策定（設置変更許可申請内容の確認）について

意見・質問	九州電力の回答
<p>確率論的ハザード評価として選んだ一様ハザードスペクトルから、設計基準地震動を定めるわけだが、今回の地震動見直しにおいて、この一様ハザードスペクトルはどういう位置付けになっているのか。</p>	<p>一様ハザードスペクトルについては、国の基準で参照する位置付けになっており、超過確率は、これまでの地震動と変わらない<math>10^{-4}</math>から<math>10^{-6}</math>の範囲であることを確認している。</p>
<p>琉球海溝を震源とした設計基準地震動 Ss - Lは、地震加速度は小さいが、変位量が大きく、ゆっくり大きく揺れる地震動であるわけだが、Ss - Lについて考慮しないといけないう事象というのではないのか。</p>	<p>Ss - Lは非常に長い周期、2秒から更に長い領域で、大きな変位をもたらす揺れをターゲットにした地震動であり、Ss - Lがターゲットにしている長い周期に特性を持った設備はない。現状のSs - 1が1、2秒程度の周期では、150カインという非常に大きな速度、変位をもたらす地震動であり、Ss - 1で適切に設計を行っている。</p>
<p>地下の地盤EL. -200mのところを分割し、Q値（減衰の弱さを表す量）だけが12.5と100と違うが、地震観測EL. -118.5mと層の分割EL. -200m、新たな層とQ値設定12.5の妥当性について説明を求めたい。また、今回のモデル化で示された増幅特性は友澤らの増幅特性とどの位違うのか、同じなのか。</p> <p>追加されるSs - 3は短周期帯でSs - 1やSs - 2を上回っているが、安全上問題はなくとも施設の安全裕度が減るわけであり、今後施設にどの程度影響があるのか。</p>	<p>地震観測はEL. -118.5mまでであるが、深さ200mのボーリングを敷地内で複数行っており、そのデータに基づくと、-118.5から-200mまでは、ほぼ特性が一緒であることが確認されていることから、-200mまでの地盤モデルをブラッシュアップする範囲として設定した。また、サイト増幅特性の比較を行い、友澤らの特性より保守性が見られ、妥当性について確認している。</p> <p>これまでの確認の中でも非常に余裕があるというのは確認しており、安全確保に影響するものではないと考えている。今後の設計及び工事計画認可の申請、審査の中で詳細に評価を行った上で、必要に応じて対応していくところ。</p>
<p>地震波が鉛直の一次元モデルで設定された理想的な条件で、地震波のサイト増幅特性を比較されているが、本来、入射角が違えば比較できないのではないのか。サイト増幅を調べるなら色々な角度からということも検討すべきではないか。</p>	<p>友澤らの知見も鉛直下方からの一次元波動論、一元的な入射を仮定した上での増幅特性として求められているものである。再稼働時の審査においても、まず一次元モデルで、斜めの入射を考えた場合どうなるか、更には二次元の地盤モデルを構築して、逐次増幅する過程をたどるとどうなるかというような検証を行った上で、一次元のモデルで十分表現できており、一定の保守性を持っていることが確認されている。</p>

意見・質問	九州電力の回答
<p>友澤らの知見（九州地方の震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性の推定）にあるQ値を見ると、100から1000という非常に大きな数値になっているが、これは見ている地盤のポイントが違うということなのか。</p>	<p>友澤らの知見では、観測点下の伝播について横方向に伝わる過程での増幅・減衰をとっており、地震の基盤、非常に深い硬いところの伝播をターゲットにし、Q値としては非常に大きな値となっている。</p>
<p>Ss - 3の水平方向は、従来のSs - 1に完全に包絡されるのに対し、垂直方向については、周波数の高いところで卓越している。今後、詳細解析をしなくても、従来の解析で包絡されるケースもあるように聞こえたが、実際はどうなのか。</p>	<p>今後、地震動が確定したら、設計及び工事計画認可の申請手続きを行い、当然その中で詳細な解析評価は行っていく。</p>
<p>鉛直方向の加速度が、従来より大きくなった要因は、標準応答スペクトルの影響で大きくなったのか、どの要因で大きくなったのか。</p>	<p>これまでの観測記録に基づいた知見では、水平方向に対して鉛直方向が2分の1程度であるが、原子力規制委員会で策定された標準応答スペクトル（水平600ガル、鉛直400ガル）において、水平に対する鉛直の比率が若干高めに設定されており、それを基に計算をし、相対的に鉛直の方が上がった結果となった。あと計算過程で水平と鉛直の減衰の効き具合も相まった結果となっている。</p>

(2) 標準応答スペクトルの策定について

意見・質問	原子力規制庁の回答
<p>標準応答スペクトルが過去の地震データに基づいて十分保守的に設定されているということを結論として期待したいわけであるが、年超過確率別スペクトルの<math>10^{-5}</math>の確率よりも実際に超過している地震動がたくさんあるが、どのように解釈すれば良いのか。</p>	<p>標準応答スペクトルを超過している山谷というのは、比較的人工的な要因が多いということが分かっている。この人工的な要因の介在の判断として、原子力規制委員会の検討チームでの議論を踏まえて、もろもろの年超過率の観点とか、他の経験的な距離減衰式とか断層モデル法、いろんなものに関して、<math>2\sigma</math>の線で標準応答スペクトルを設定した。</p> <p>統計処理していることから、地震強さの確率密度の観点で、対数正規分布の仮定が成り立ち、このことが結構重要で、検討チームでもいろいろ御指摘いただき、<math>2\sigma</math>までであれば対数正規分布の仮定が成り立つというところで捉えたもの。</p>
<p>問題は、「保守的なスペクトルレベルになっているから最大包絡する考え方は採らない」ということ。地震記録を最大包絡する考え方を採るという考え方も当然あるわけですが、最大包絡するものを採ったときにどうなるかということを示すべきではないか。</p>	<p>よりデータを正確に解析できているかどうか、対数正規分布に乗っているかどうか、その仮定が成り立つかという観点で<math>2\sigma</math>を選んだところ。最大包絡を採った場合にどうかということについては、回答できていないところ。</p>
<p>多くのデータから、確率密度分布を特定するというところ、また、その確率密度分布を使って予想を行うということが決定的になる。対数正規分布で正確にフィットできるのかがキーになると考えるが、例えばレヴィ分布のような正規分布ではない非対称正規分布を使ってフィッティングをするという可能性はないのか。</p>	<p>基本的に地震学の分野では、地震動は対数正規分布によっていることは一般的にサポートされており、頂いた意見は、認識していなかった部分であり、今後の安全研究の1つの新たな着眼点として捉えさせて頂きたい。</p>
<p>対象とした地震は89であるが、当然その数が増えることによって結果が変わるという分析もされると思うが、バックフィット制度ということも含めて、標準応答スペクトルの位置付けはどうか。</p>	<p>今後、規制に改めて取り入れるときにどういう仕組みでやるのかは、議論されていない。</p>

(3) 震源を特定せず策定する地震動の策定（設置変更許可申請の補正内容の確認）について

意見・質問	九州電力の回答
<p>基準地震動の評価とそれを使った地盤・斜面の安定性が併せて審査されたのか。その結果はどうだったのか。</p> <p>周波特性が大分違うので、余り盛り上がっているところの周期帯というのは余り影響しなかったという結果か。</p>	<p>地盤・斜面の安定性についても併せて審査を受け、概ね妥当という判断を頂いている。これまでの基準地震動Ss - 1とSs - 2が地盤・斜面の安定性の結果をほぼ支配しており、Ss - 3が大きくなったという結果はほぼなく、評価結果として大きく変わる結果にはならなかった。</p> <p>そのとおりである。</p>
<p>標準応答スペクトルはどのように決められたのか。震源スペクトルと伝播のスペクトルをかけ合わせたものだと考えればよいのか。</p>	<p>標準応答スペクトルは、地表面の地震観測記録を深いところの地震基盤相当面まで戻して、サイト増幅を剥ぎ取った形でのスペクトルにした上で、それらを統計処理したものであり、意味合いとしては、震源と伝播を掛け算したものと理解してよい。</p>
<p>地震波形とSs - 3の応答スペクトルはどちらを先に作成しているのか。</p> <p>波形とは、時刻歴波形のことか。</p> <p>追加されたスペクトルの周期、0.1秒位までのところであるが、これまでの地震動に比べてスペクトルが大分上に上がっている。これの影響というのはどんなものなのか。</p> <p>応答スペクトル図を見たときの視覚的な印象ほど大きくないということか。</p>	<p>標準応答スペクトルが地下の地震基盤相当面で定義されており、その標準応答スペクトルに適合する波形を作り、その地震波形を地盤モデルを介して、解放基盤表面の波形になるよう計算をする。計算結果としての地震波形を解放基盤の応答スペクトルとして表すという手順をたどっている。</p> <p>そのとおりである。</p> <p>評価結果はこれまでの基準地震動よりもレベルは上がっているが、それを踏まえた耐震安全性については、最新の知見も踏まえた検討を行い、新しい基準地震動に対しても耐震安全性を有することを確認している。</p> <p>応答スペクトルの大きさ、これ位大きく、何倍位大きくなっているとか、そういう比率を基にした概略評価を実施し、耐震安全性の確保については、原子力規制委員会の「震源を特定せ</p>

意見・質問	九州電力の回答
<p>過去の耐震解析を、また新たにSs - 3をベースに解析作業を行っていくものなのか、スクリーニングして解析を簡素化してやるのか、これからの方針を伺いたい。</p>	<p>ず策定する地震動の規制導入の経過措置に係る意見聴取会」でもその概略評価を説明し、一定の理解は頂いているところ。</p> <p>Ss - 3に対する評価を行い、設計及び工事計画認可に係る手続を行うことになる。ただし、評価に当たっては、これまでの評価結果を活用し、スピーディーかつ確実に安全性を示していくことができるような工夫は取っていくこととしている。</p>
<p>地震動の方で幾ら保守性があっても、最後、目につくのは材料安全率なので、材料安全率が余り下がらないように、精度の高い計算や補強なりでより安全性を高めていただきたい。</p>	<p>安全性、信頼性の向上を第一に進めてまいりたい。</p>

(4) 震源を特定せず策定する地震動の策定（設置変更許可と今後の取組）  
について

意見・質問	九州電力の回答
<p>津波対策については、ハード的には防護壁、防護堤でガードはできているが、津波の到達時間はどのように評価しているか。</p> <p>また、大津波警報が出た際の原子炉の対応について伺いたい。</p>	<p>発電所周辺海域の活断層による地震を受けて想定される津波は規模的に小さいが、短時間（約10分）で発電所に到達する。</p> <p>一方、基準津波となる琉球海溝におけるプレート間地震による津波については、九州の西側にかなり回り込んでくるので、それ相応の時間（約90分）がかかる見込み。</p> <p>また、大津波警報が発令された場合には、保安規定に基づき、原則、原子炉を停止する。</p>
<p>能登半島地震では、志賀原子力発電所の変圧器が壊れたが、外部電源設備などの耐震基準はどのようになっているか。</p>	<p>外部電源設備である開閉所設備（常用電源設備）については、原子力発電所耐震設計技術指針の耐震重要度分類（耐震クラス）において、Cクラスに分類され、建築基準法の規定に基づき算定される地震力の1.2倍を耐震設計に用いている。</p>
<p>新たな基準地震動に基づく設計及び工事計画認可において、耐震安全性の向上に係る考え方や実際の対応について、我々としてもしっかり確認することが大事であり、それを意見書に記載するべきである。</p>	<p>-</p>