

九州電力株式会社 玄海原子力発電所3号炉及び4号炉 発電用原子炉設置変更許可申請 に関する審査の概要

原子力規制庁

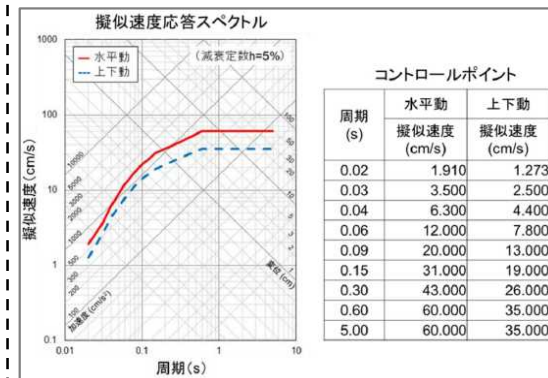
※ 本資料は、審査結果の概要を分かりやすく表現することを目的としているため、技術的な厳密性よりもできる限り平易な記載としています。正確な審査内容及び審査結果については、審査書案をご参照ください。

玄海原子力発電所の審査の経緯

2017年 1月18日※1 九州電力株式会社玄海原子力発電所原子炉設置変更許可※2

2021年 4月21日 許可基準規則解釈※3の一部改正を施行

- ①上記の「震源を特定せず策定する地震動」※4の策定に当たっては、「全国共通に考慮すべき地震動」及び「地域性を考慮する地震動」の2種類を検討対象とすること。
- ②上記の「全国共通に考慮すべき地震動」の策定に当たっては、震源近傍における観測記録を基に得られた次の知見をすべて用いること。
 - ・2004年北海道留萌支庁南部の地震において、防災科学技術研究所が運用する全国強震観測網の港町観測点における観測記録から推定した基盤地震動
 - ・震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した地震基盤相当面（地震基盤からの地盤増幅率が小さく地震動としては地震基盤面と同等とみなすことができる地盤の解放面で、せん断波速度 $V_s = 2200\text{m/s}$ 以上の地層をいう。）における標準的な応答スペクトル（以下「標準応答スペクトル」という。）として次の図に示すもの



2021年 4月26日 原子力規制委員会から各事業者へ指示文書を発出

2021年 8月23日 九州電力株式会社から原子炉設置変更許可申請書を受理

2022年 1月21日～ 計15回の審査会合※5を実施

2023年 10月27日～ 九州電力株式会社から原子炉設置変更許可申請書の補正を受理 (計2回)

※1 新規基準適合性審査による玄海原子力発電所の発電用原子炉設置変更許可日(以下「新基準許可日」という。)

※2 基準地震動による評価を伴う直近の許可は、2021年4月28日(使用済燃料乾式貯蔵施設の設置)である。

※3 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の解釈(原規技発第1306193号(平成25年6月19日原子力規制委員会決定))

※4 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した地震動をいう。

※5 原子力発電所の新規基準適合性に係る審査会合のうち、2022年1月21日(第1026回)、同年5月20日(第1049回)、同年7月1日(第1057回)、同年10月7日(第1080回)、同年10月28日(第1088回)、同年12月2日(第1097回)、同年12月16日(第1103回)、2023年2月10日(第1113回)、同年3月17日(第1126回)、同年4月14日(第1136回)、同年4月28日(第1142回)、同年6月16日(第1160回)、同年9月1日(第1180回)、同年9月1日(第1181回)、同年10月5日(第1192回)の計15回。

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価(概要)

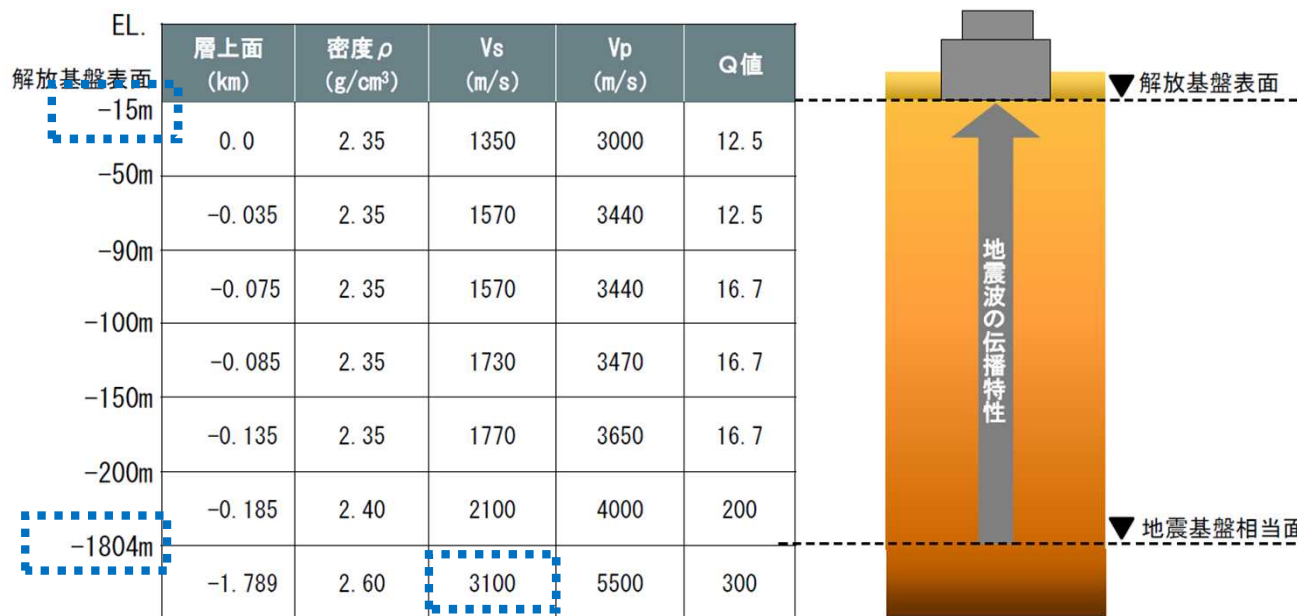


図 標準応答スペクトル用地下構造モデル

(出典: 第1160回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料(2023年6月16日)より抜粋、一部加筆
 <<https://www2.nra.go.jp/data/000436374.pdf>>)

表 玄海原子力発電所における標準応答スペクトルを考慮した地震動評価

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価の手順	玄海原子力発電所
地震基盤相当面 ($V_s \geq 2,200\text{m/s}$) の設定	$V_s=3,100\text{m/s}$ の層上面(EL.-1,804m)に設定
地震基盤相当面における標準応答スペクトルに基づく模擬地震波の作成(複数の手法により検討)	地震基盤相当面における標準応答スペクトルに基づく模擬地震波の作成(一様乱数を用いる方法)
地下構造モデルを設定	既許可地下構造モデルを基に標準応答スペクトルに使用する地下構造モデルを検討(次頁参照)
解放基盤表面における地震動の算出	解放基盤表面(EL.-15.0m)における地震動の算出
既許可申請書の基準地震動と比較、上回る場合基準地震動の変更(追加)	既許可申請書の基準地震動 S_s-1 と比較した結果、一部周期帯で上回るため、基準地震動 S_s-6 を策定

<審査結果の概要>

- 標準応答スペクトルに適合する模擬地震波の作成にあたり、位相特性については、一様乱数の位相を有する正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法及び実観測記録の位相を用いる方法の複数の方法を検討。
- その結果、両者の応答スペクトルに差異はないものの、最大加速度が大きく、強震部の継続時間の長いことから、一様乱数を用いる方法による模擬地震波を採用していることを確認。

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価(評価に用いる地下構造モデルの設定)

【標準応答スペクトル用地下構造モデルの検討】

- 既許可地下構造モデルを基に、新基準許可日以降に取得したデータを含む地震観測記録を用いた検討により地盤減衰(Q値)を設定。
- 審査の過程で、ボーリング孔内減衰測定を行うなど追加検討により、EL-200m以浅の地盤減衰(Q値)の設定根拠を拡充。
- 地震観測記録と地下構造モデルを用いた応答波の比較などにより、地下構造モデルの妥当性を検証。

長周期帯の理論的手法による
地震動評価に用いる地下構造モデル
(既許可の地下構造モデル)

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデル
(標準応答スペクトル用モデル)

EL. 解放基盤表面	層上面 (km)	密度 ρ (g/cm ³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q値
-15m	0.0	2.35	1350	3000	100
-50m	-0.035	2.35	1570	3440	100
-90m	-0.085	2.35	1730	3470	100
-150m	-0.135	2.35	1770	3650	100
-200m	-0.185	2.40	2100	4000	200
-1804m	-1.789	2.60	3100	5500	300
-3015m	-3.0	2.70	3500	5900	300
-20015m	-20.0	3.00	3800	6600	500
-33015m	-33.0	3.30	4300	7600	500

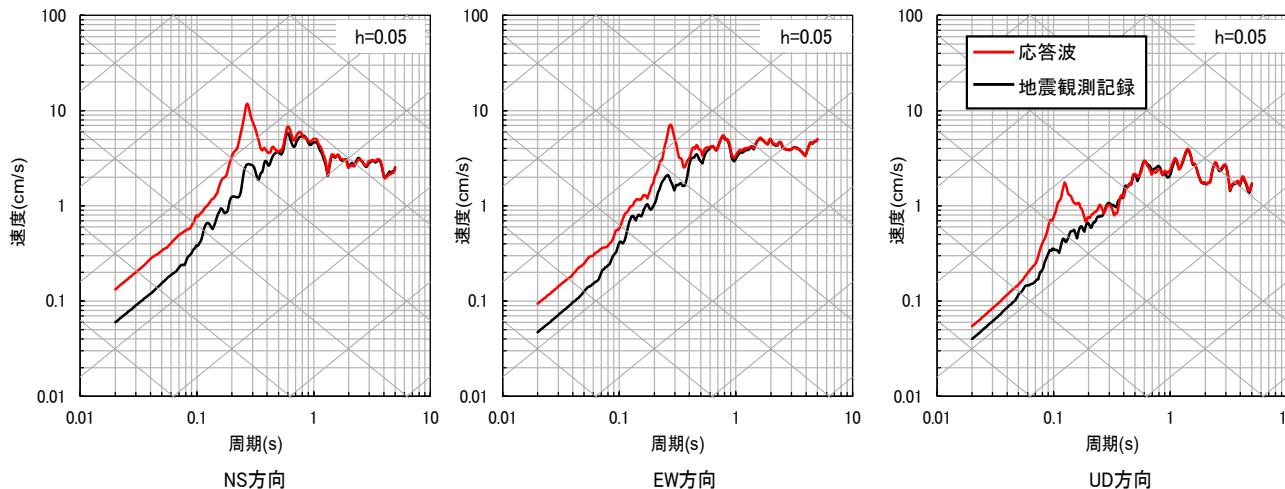
層上面 (km)	密度 ρ (g/cm ³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q値
0.0	2.35	1350	3000	12.5
-0.035	2.35	1570	3440	12.5
-0.075	2.35	1570	3440	16.7
-0.085	2.35	1730	3470	16.7
-0.135	2.35	1770	3650	16.7
-0.185	2.40	2100	4000	200
-1.789	2.60	3100	5500	300

地盤減衰(Q値)の設定

- 【EL.-90m以浅】
 - 熊本地震等を含む19地震の地震観測記録を用いて設定。
- 【EL.-90m~EL.-200m】
 - 審査の過程で、ボーリング孔内減衰測定を追加で実施して設定。

図 既許可地下構造モデル(左)と
標準応答スペクトル用地下構造モデル(右)

(出典: 第1160回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合資料(2023年6月16日)より抜粋、一部加筆
<<https://www2.nra.go.jp/data/000436372.pdf>>)



地下構造モデルの妥当性検証

- 標準応答スペクトル用地下構造モデルを用いた応答波の応答スペクトル(左図「応答波」)が、地震観測記録の応答スペクトル(左図「地震観測記録」)と同等若しくは上回るなどにより、地下構造モデルの妥当性を検証。

図 解放基盤表面における応答スペクトルの比較結果
(2016年熊本地震本震の例)

(出典: 第1160回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合資料(2023年6月16日)より抜粋、一部加筆
<<https://www2.nra.go.jp/data/000436371.pdf>>)

基準地震動(第4条) <基準地震動の変更>

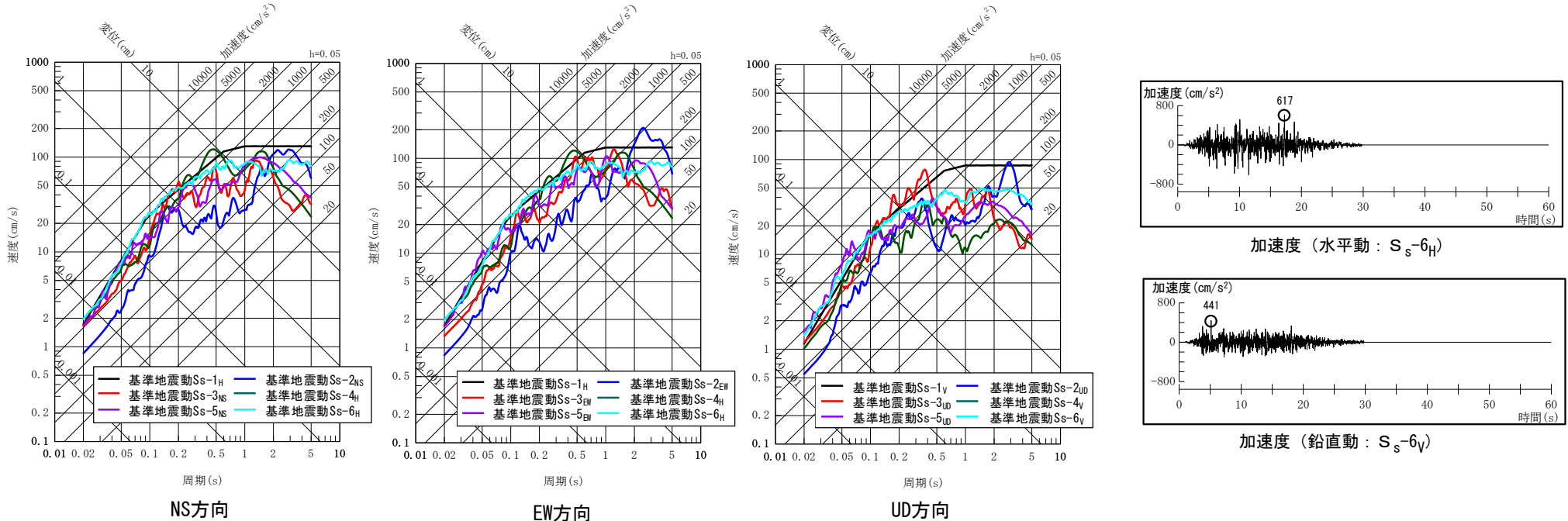


図 基準地震動の応答スペクトルと基準地震動Ss-6の加速度時刻歴波形

表 基準地震動の最大加速度 (cm/s²)

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動		Ss	水平方向 NS成分	水平方向 EW成分	鉛直方向 UD成分
応答スペクトルに基づく手法		Ss-1	540		360
断層モデルを用いた手法	城山南断層	Ss-2	268	265	172
	竹木場断層	Ss-3	524	422	372
震源を特定せず策定する地震動		Ss	水平方向 NS成分	水平方向 EW成分	鉛直方向 UD成分
全国共通に考慮すべき地震動(Mw6.5程度未満)	留萌地震	Ss-4	620		320
地域性を考慮する地震動(Mw6.5程度以上)	鳥取県西部地震	Ss-5	528	531	485
全国共通に考慮すべき地震動(Mw6.5程度未満)	標準応答スペクトル	Ss-6	617		441

<審査結果の概要>

- 標準応答スペクトルに基づく地震動評価結果が一部周期帯でSs-1を上回るため、基準地震動Ss-6として策定していることを確認。

(出典:第1160回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合資料
(2023年6月16日)より抜粋、一部加筆
<<https://www2.nra.go.jp/data/000436374.pdf>>)

基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

【設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の地盤安定性(第3条及び第38条関係)】

<審査結果の概要>

- 地盤の変位及び変形については、既許可申請書の審査において確認した内容から変更する必要がないことを確認。
- 地盤の支持については、基準地震動Ss-6を用いた評価結果が各々の評価基準値又は評価基準値の目安を満足していることから、基準に適合していることを確認。

表 基準地震動Ss-6を用いた評価結果

	第3条(耐震重要施設及び兼用キャスク)		第38条(重大事故等対処施設)	
	評価結果	評価基準値又は 評価基準値の目安	評価結果	評価基準値又は 評価基準値の目安
①支持力	地震時最大接地圧 1.67N/mm ²	評価基準値(極限支持力) 13.7N/mm ² を下回ること	地震時最大接地圧 3.83N/mm ²	評価基準値(極限支持力) 13.7N/mm ² を下回ること
②すべり	最小すべり安全率 2.9	評価基準値 1.5を上回ること	最小すべり安全率 2.9	評価基準値 1.5を上回ること
③傾斜	基礎底面の最大傾斜 1/31,000	評価基準値の目安 1/2,000を下回ること	基礎底面の最大傾斜 1/14,000	評価基準値の目安 1/2,000を下回ること

【設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の周辺斜面安定性(第4条※及び第39条関係)】<審査書案P. 6及びP. 16～17>

<審査結果の概要>

- 重大事故等対処施設の周辺斜面について、基準地震動Ss-6を用いた評価結果から得られた最小すべり安全率は10.4であり、評価基準値(1.2)を上回ることから、基準に適合していることを確認。

※ 耐震重要施設及び兼用キャスクについては、斜面法尻から評価対象施設までの離間距離が十分にあることから当該施設に必要な機能に影響を与える斜面は存在しない。

基準地震動の追加に伴う耐震設計方針等

<審査結果の概要>

- ① 基準地震動の追加に伴い、第4条及び第39条(地震による損傷の防止)の耐震設計方針については、下記の事項を確認
- 第4条の弾性設計用地震動 S_d-6 については、以下の工学的判断に基づき、基準地震動 S_s-6 との応答スペクトルの比率を0.5として適切に設定する方針^(注1)
 - (1)弾性限界と安全機能限界に対する入力荷重の比率を考慮^(注2)
 - (2)基準地震動 S_1 の応答スペクトルをおおむね下回らないように考慮
 - 上記以外の耐震設計方針については、既許可申請書の内容から変更する必要がないこと
- ② なお、関連する下記の項目については、既許可申請書の内容から変更する必要がないことを確認
- 火災による損傷の防止(第8条関係)
 - 溢水による損傷の防止(第9条関係)
 - 火災による損傷の防止(第41条関係)
 - 特定重大事故等対処施設(第42条関係)
 - 重大事故等対処設備(第43条関係)
 - 電源設備(第57条関係)
 - 緊急時対策所(第61条関係)
- また、重大事故等対処に係る技術的能力については、手順に変更はなく、既許可申請書の内容から変更する必要がないことを確認

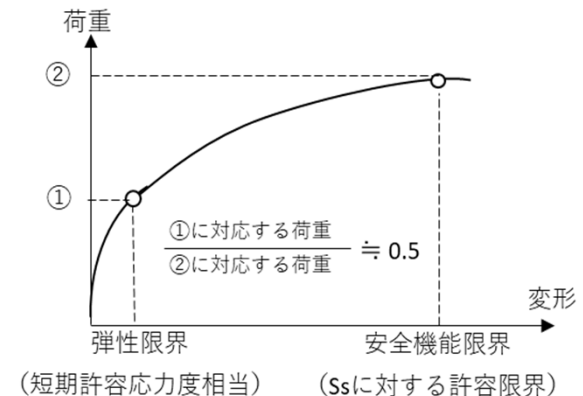
(注1):

その他の弾性設計用地震動については、申請者は、既許可申請書において基準地震動との応答スペクトルの比率を0.6として設定。

(注2):

弾性設計用地震動は、許可基準規則解釈において、基準地震動との応答スペクトルの比率の値が、目安として0.5を下回らないような値で、工学的判断に基づいて設定することとしており、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」で引用している「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(平成18年9月19日原子力安全委員会決定)」では、施設、もしくはその構成単位ごとに安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率[#]を考慮などとしている。

[#]「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針の改訂についての技術的解説の作成と今後の研究課題等の調査(平成18年度報告書)」に添付されている分科会資料(震分第30-4号)で、安全機能限界と弾性限界に対応する入力荷重の比率は0.5程度(右図参照)とされている。



<参考>令和5年10月5日第1192回審査会合資料の抜粋

- 基準地震動 S_s-6 追加に伴う施設への影響について、新規制基準適合性設工認以降の既設工認申請書に評価結果が記載された施設を対象として、網羅的に確認した結果、いずれも認可実績のある評価手法の適用及び支持構造物の追設等が可能であることから、耐震安全性を満足する見通しであり、既許可の設計方針を変更する必要はないことを確認した。
- なお、設計及び工事計画認可申請においては、認可実績のある評価手法を採用し、必要に応じて支持構造物の追設等の耐震工事等を実施することで、設置変更許可申請書の設計方針に基づいた申請を行う。