

玄海原子力発電所3号炉、4号炉審査資料	
資料番号	TTG-049
提出年月日	2023年10月25日

玄海原子力発電所3号炉及び4号炉

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価について (補足説明資料) 【追加箇所抜粋版】

本資料は、TTG-045からの追加箇所を抜粋した資料である

2023年10月25日
九州電力株式会社

既許可及び当初申請書からの補正申請書（案）の変更点の概要

- 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価における補正申請書(案)について、既許可及び当初申請書からの変更点を下記の通り整理(青:当初申請書で記載を変更した箇所、赤:補正申請書(案)で記載を変更した箇所)

A. 基準等改正に伴い当初申請で記載を変更した箇所

A-1 基準等の改正に伴う記載の反映

「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」(以下、「設置許可基準規則の解釈」という。)及び「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」(以下、「基準地震動審査ガイド」という。)の改正(令和3年4月21日)により、「地域性を考慮する地震動」及び「全国共通に考慮すべき地震動」の記載が追加されたことに伴う記載の反映。

A-2 標準応答スペクトルを考慮した地震動の検討の追加

「設置許可基準規則の解釈」の改正(令和3年4月21日)による標準応答スペクトルを考慮した地震動の検討結果について当初申請段階での検討内容。

A-3 S_s-6の追加に伴う変更

B. 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価における審査を踏まえ記載を見直した箇所

B-1 標準応答スペクトルを考慮した地震動の設定に関する記載の充実

B-2 標準応答スペクトルを考慮した地震動に用いる地下構造モデルに関する記載の変更・充実

B-3 地震基盤相当面の見直しによる記載の変更

B-4 模擬地震波の作成及び選定に関する記載の変更・充実

B-5 既許可の地下構造モデルの見直しに伴う変更※

(※既許可の地震動評価に用いた地下構造モデルについて、今回見直した地下構造モデルに統一)

B-6 既許可以降に取得した地震観測記録等の反映

C. その他 記載を見直した箇所

C-1 加藤ほか(2004)に関する記載の削除

既許可においては、「震源を特定せず策定する地震動」として、加藤ほか(2004)による観測記録に基づいた疑似速度応答スペクトル(以下「加藤スペクトル」という。)を既往の知見として考慮。今回、「設置許可基準規則の解釈」の改正(令和3年4月21日)により、「全国共通に考慮すべき地震動」の策定に当たっては、「2004年北海道留萌支庁南部の地震」と「標準応答スペクトル」の2つの知見をすべて考慮する旨の記載が追加。標準応答スペクトルは全周期帯において加藤スペクトルを上回ることから、加藤スペクトルは「震源を特定せず策定する地震動」として考慮する必要がないものと判断し関連する記載を削除。なお、「全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」に関する検討 報告書(令和元年8月7日)」において、「標準応答スペクトルは全周期帯において加藤スペクトルを上回ることを確認した。」とされている。

C-2 原子力安全基盤機構(2005)に関する記載の削除

既許可では、加藤スペクトルの妥当性確認として、原子力安全基盤機構(2005)との比較により年超過確率が 10^{-4} ~ 10^{-6} 程度であることを確認。今回、加藤ほか(2004)に関する記載を削除したことを踏まえ、関連する記載を削除。なお、「震源を特定せず策定する地震動」については日本原子力学会(2007)の方法に基づいて算定した領域震源による一様ハザードスペクトルの比較により妥当性が確認されており、削除したことにより判断が変わるものではない。

C-3 14地震に関する記載の削除

既許可においては、Mw6.5未満の地震について「基準地震動審査ガイド」の収集対象となる内陸地殻内の地震の例示の記載を踏まえ、収集対象となる14地震に関して記載。「基準地震動審査ガイド」の改正(令和3年4月21日)により、収集対象となる内陸地殻内の地震の例示が削除されたことを踏まえ、14地震の例示に係る記載を削除。

C-4 「震源を特定せず」基準地震動の策定に関する方針(S_s-1との比較)の見直し

既許可においては、S_s-4及びS_s-5について、S_s-1~S_s-3を一部の周期で上回ることから基準地震動として策定していたが、今回「震源を特定せず策定する地震動」のそれぞれについて、S_s-1と比較する方針へ見直した。なお、方針の見直しを行っても既許可時の判断に影響はなく、基準地震動S_s-4及びS_s-5は既許可時と同一である。

C-5 わかりやすさ向上の観点から、構成を見直し・記載の充実を図った箇所

【B-6の補足】 既許可時審査以降に取得した地震観測記録の更新について

- 既許可時審査以降、継続的に敷地地盤において地震観測を実施。敷地で得られた地震観測記録は76地震から156地震に増加している（4頁）。今回、既許可以降取得した地震観測記録を含めて、以下の①、②についてデータの更新を実施。

- ①地震の到来方向による増幅特性の検討
- ②地震観測記録とNoda et al. (2002)による応答スペクトルの比

- ①・②のデータを更新した結果は以下のとおり。

- ①地震の到来方向による増幅特性の検討（5頁～8頁）
 - ・ 既許可時審査と同様に、地震の到来方向による特異な地盤増幅の傾向は見られない。
 - ・ ただし、南方向は2016年熊本地震により数が増加し、既許可時審査に比べて短周期側の比率が大きくなる傾向があるが、地震波の距離減衰特性の一般的な傾向を示している。
- ②地震観測記録とNoda et al. (2002)による応答スペクトルの比率（9頁～11頁）
 - ・ 既許可時審査と同様に、Noda et al. (2002)の内陸地殻内地震の補正係数を長周期帯で上回っているが、全周期帯で概ね1を下回る傾向。
 - ・ ただし、①の検討において、伝播距離が近い場合、短周期側の比率が大きくなる傾向があるため、伝播距離の違いが短周期側の比率に与える影響について検討した結果、伝播距離が近い地震は短周期側の比率が大きくなる傾向にあるが、地震波の距離減衰特性の一般的な傾向を示しており、概ね1を下回る傾向は変わらないことを確認。

- 以上、①・②を踏まえ、①地震の到来方向による特異な地盤増幅の傾向はなく、②地震観測記録とNoda et al. (2002)による応答スペクトルの比率が概ね1を下回る傾向は変わらず観測記録の補正係数を用いない既許可の判断が変わるものではないことを確認。

※なお、既許可以降に得られた観測記録は地下構造モデルの設定に用いていることから、既許可以降に取得した地震観測記録を申請書上記載し参照する。

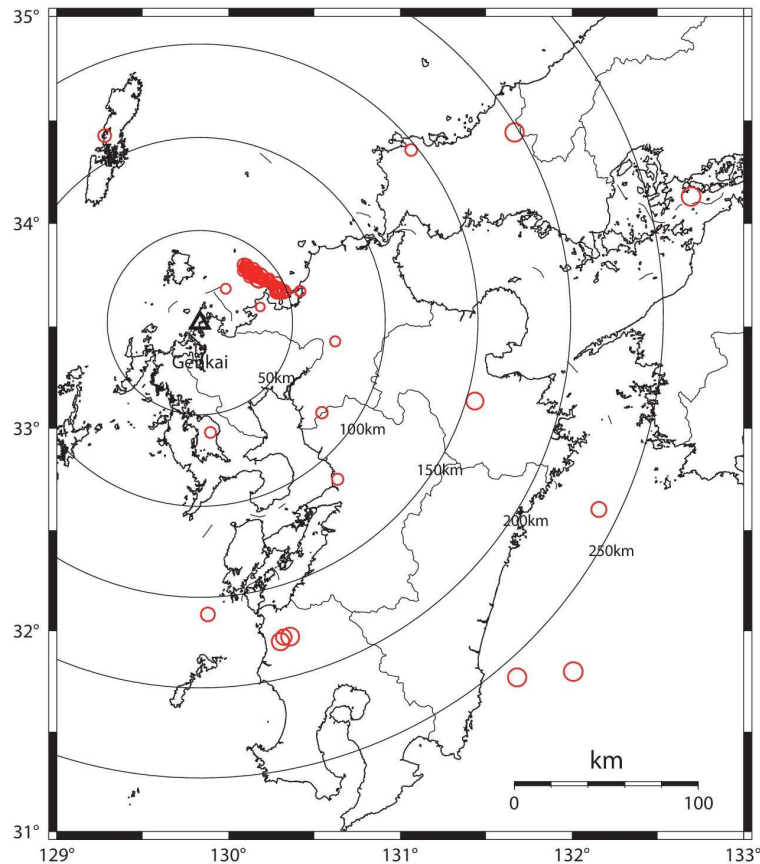
【B-6の補足】 既許可時審査以降に取得した地震観測記録の更新について

追加

- 既許可時審査から敷地で得られた観測記録は地震は76地震から156地震に増加。
- 既許可時審査以降に増加した観測記録を含め、①地震の到来方向による増幅特性の検討及び②地震観測記録とNoda et al. (2002)による応答スペクトルの比についてデータを更新。

計76地震

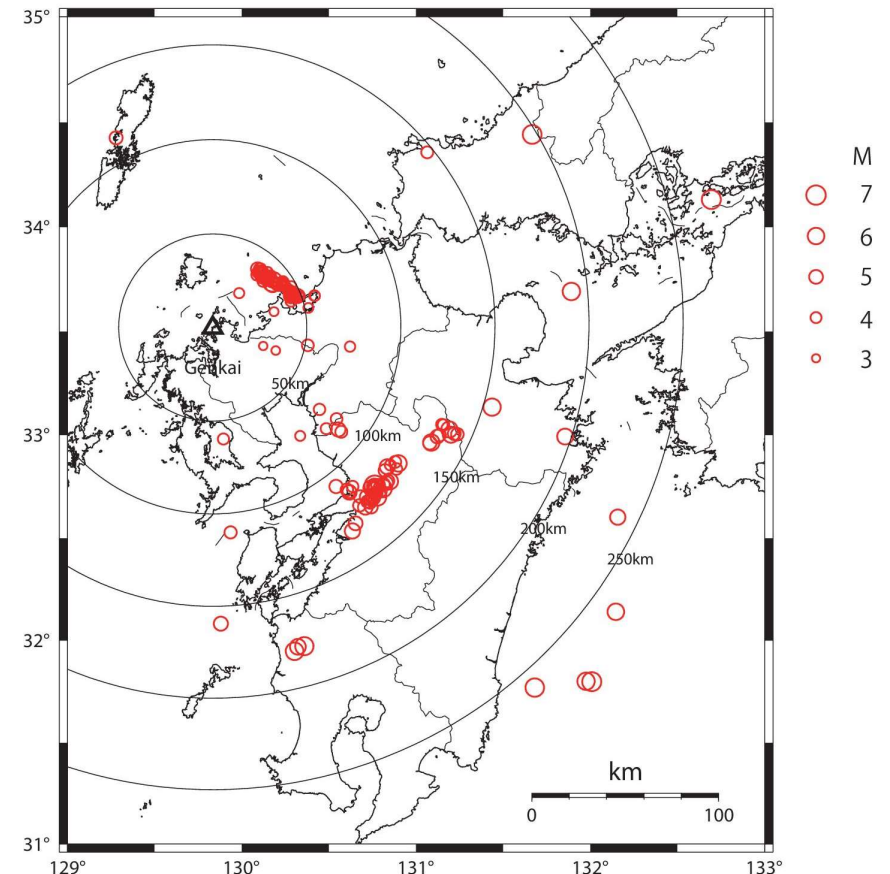
※2000年鳥取県西部地震は図の枠外



敷地地盤における観測地震の震央分布
(観測開始～既許可時審査)

計156地震

※2000年鳥取県西部地震等は図の枠外



敷地地盤における観測地震の震央分布
(観測開始～2019年度)

+80地震

①地震の到来方向による増幅特性について

- 既許可時審査と同様に、敷地で得られた地震観測記録のうちM5.0以上の内陸地殻内地震及び内陸地殻内地震以外の地震を対象に、地震の到来方向による増幅特性について検討を実施。
- 敷地で得られたM5.0以上の観測記録は既許可時審査から23地震増加。(下表参照:ハッチ部は既許可審査時の地震)

到来方向	地震名	発生日	M	震央距離(km)	深さ(km)
内陸地殻内地震以外	日向灘	1996年10月19日	6.9	279	34.0
	日向灘	1996年12月3日	6.7	260	38.0
	瀬戸内海安芸灘	2001年3月24日	6.7	273	46.5
	日向灘	2006年3月27日	5.5	240	34.8
	大分県西部	2006年6月12日	6.2	155	145.2
	伊予灘	2014年3月14日	6.2	192	78.0
	日向灘	2014年8月29日	6.0	265	18.2
	大分県南部	2015年7月13日	5.7	197	58.0
	日向灘	2019年5月10日	6.3	277	25.0
北東方向	山口県	1997年6月25日	6.6	198	8.3
	鳥取県西部	2000年10月6日	7.3	377	9.0
	九州北西沖	2005年3月20日	7.0	40	9.2
	九州北西沖	2005年3月22日	5.4	39	10.5
	福岡県中部	2005年4月10日	5.0	45	4.7
	福岡県中部	2005年4月20日	5.8	46	13.5
	福岡県中部	2005年4月20日	5.1	45	13.3
	福岡県中部	2005年5月2日	5.0	48	11.4

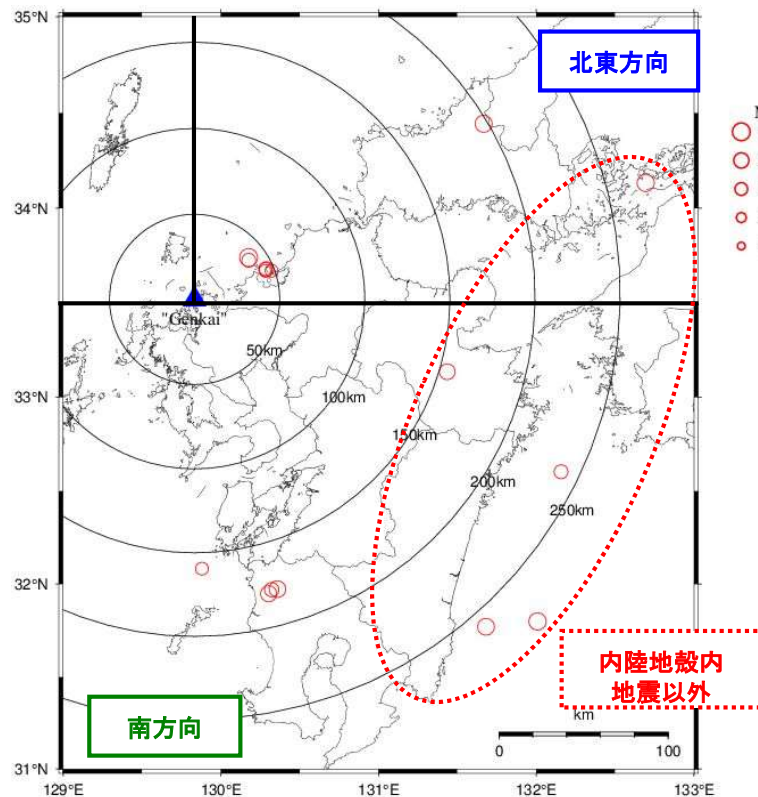
到来方向	地震名	発生日	M	震央距離(km)	深さ(km)
南方向	鹿児島県北西部	1997年3月26日	6.6	178	11.9
	鹿児島県北西部	1997年4月3日	5.7	178	14.8
	鹿児島県北西部	1997年5月13日	6.4	180	9.2
	天草灘	2006年2月4日	5.1	159	11.6
	熊本県熊本地方	2016年4月14日	6.5	125	11.0
	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.8	126	8.0
	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.0	126	11.0
	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.1	125	14.0
	熊本県熊本地方	2016年4月15日	6.4	126	7.0
	熊本県熊本地方	2016年4月15日	5.0	125	11.0
	熊本県熊本地方	2016年4月16日	7.3	121	12.0
	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.3	126	11.0
	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	121	15.0
	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.9	123	11.0
	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.9	132	7.0
	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.8	138	11.0
	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	119	16.0
	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	123	12.0
	熊本県阿蘇地方	2016年4月18日	5.8	140	9.0
	熊本県熊本地方	2016年4月19日	5.5	132	10.0
	熊本県熊本地方	2016年4月19日	5.0	130	11.0
	熊本県熊本地方	2016年8月31日	5.2	115	13.0
	熊本県熊本地方	2019年1月3日	5.1	86	10.0

【B-6の補足】 既許可時審査以降に取得した地震観測記録の更新について

追加

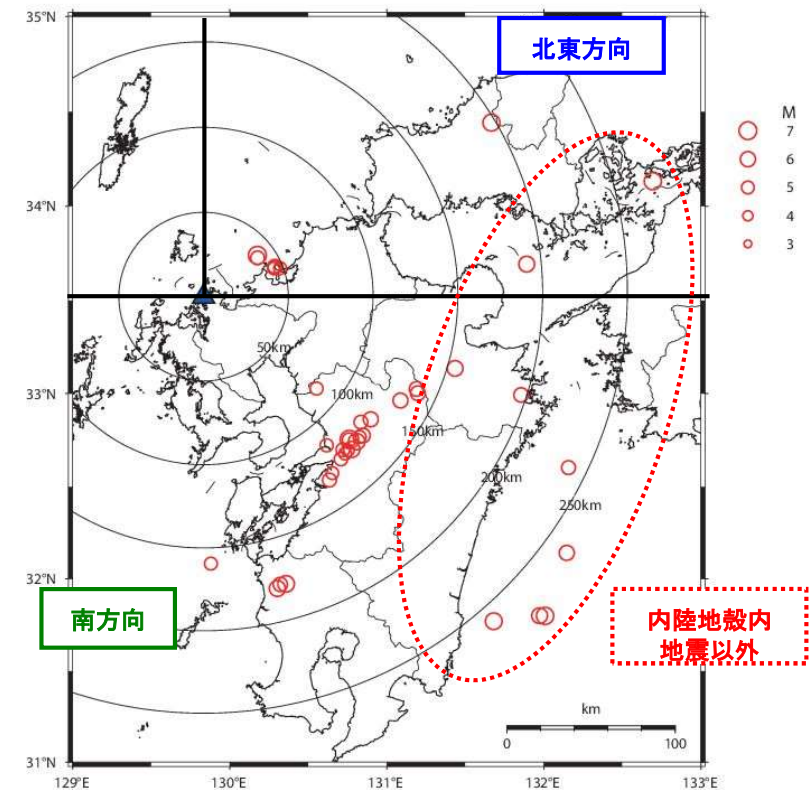
- 既許可時審査以降、計23の地震観測記録が増加している。地震観測記録の内訳は以下の通り。
 - 北東方向の地震観測記録は増加していない。
 - 南方向の地震観測記録は、19地震増加している。(2016年熊本地震前震・本震・余震)
 - 内陸地殻内地震以外の地震観測記録は4地震増加している。

方向	既許可時審査	既許可時審査以降
北東方向	8	8 (0)
南方向	4	23 (+19)
内陸地殻内地震以外	5	9 (+4)



※2000年鳥取県西部地震は図の枠外

敷地地盤における観測地震の震央分布
(観測開始～既許可時審査)



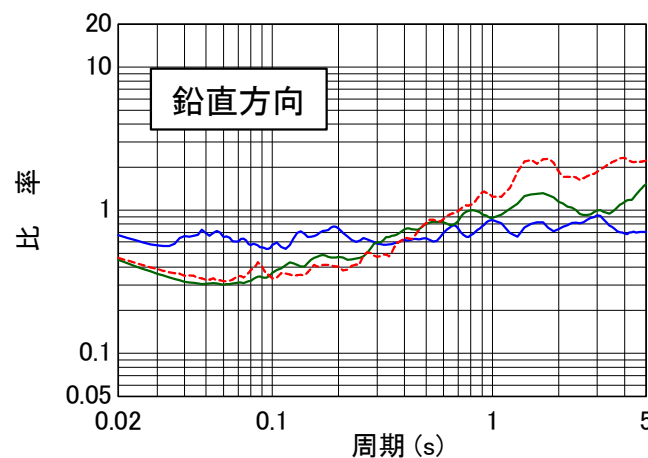
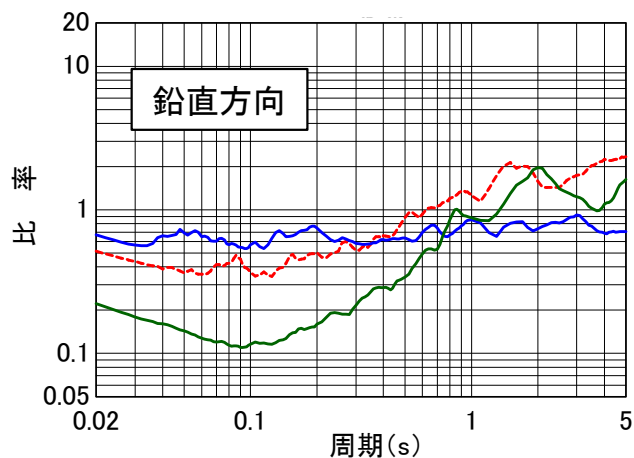
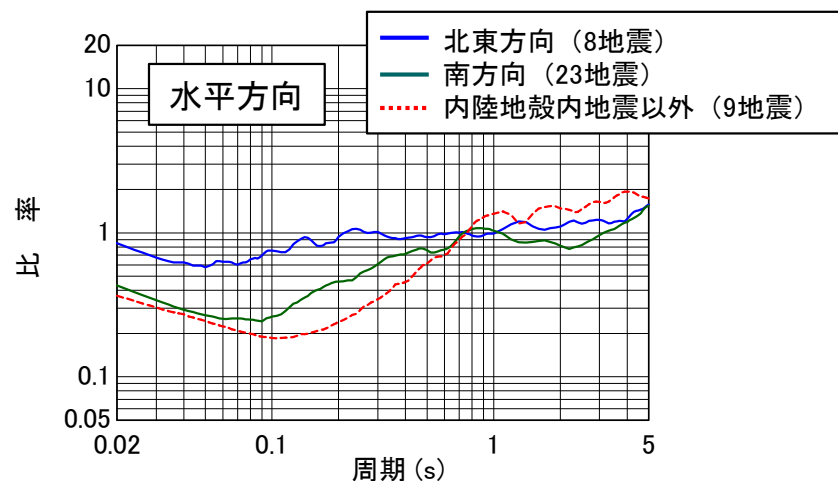
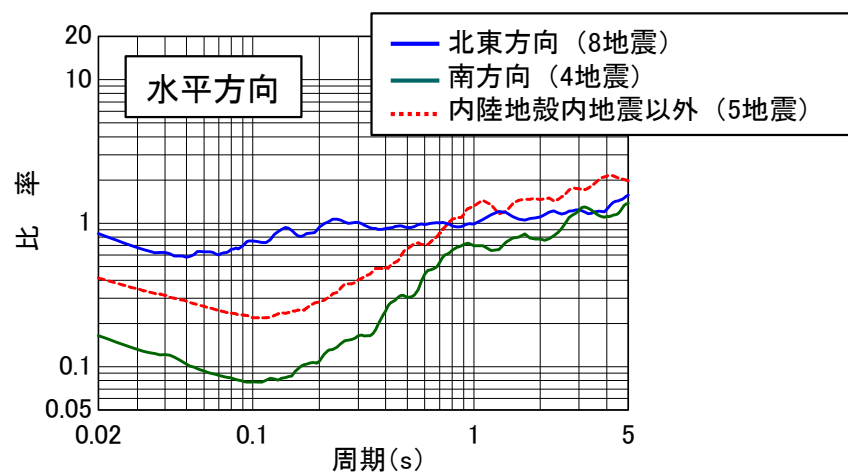
※2000年鳥取県西部地震は図の枠外

敷地地盤における観測地震の震央分布
(観測開始～2019年度)

【B-6の補足】 既許可時審査以降に取得した地震観測記録の更新について

追加

- 既許可時審査以降に取得した23地震を加えたM5.0以上の地震により、敷地地盤で得られた地震観測記録（EL. 11m）と Noda et al. (2002)による応答スペクトルの比を到来方向別に比較・検討した結果、内陸地殻内地震の既許可時審査と同様に、各方向のばらつきはあるが、短周期側で概ね1を下回っており、特異な地盤増幅がないことを確認した。
- ただし、南方向は2016年熊本地震により数が増加し、既許可時審査に比べて短周期側の比率が大きくなる傾向があるため、次頁でこれらの要因を分析する。



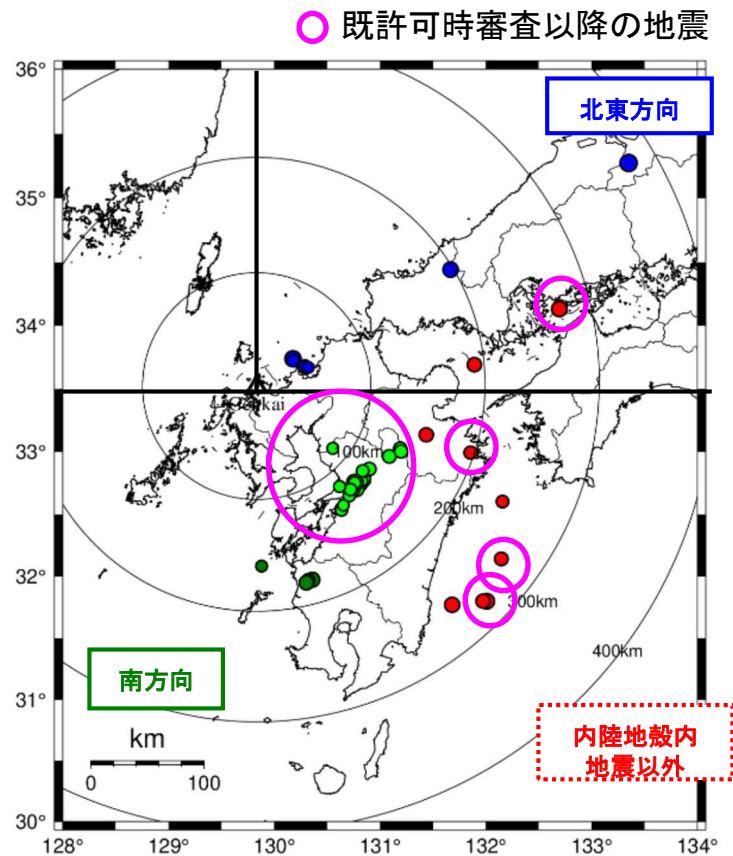
既許可時評価
(観測開始～既許可時審査)

今回評価
(観測開始～2019年度)

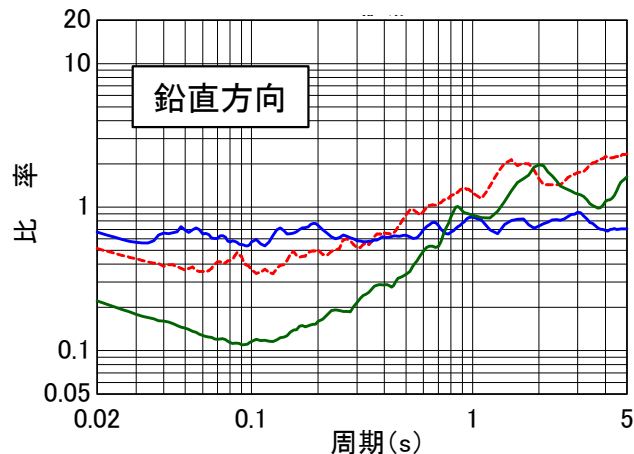
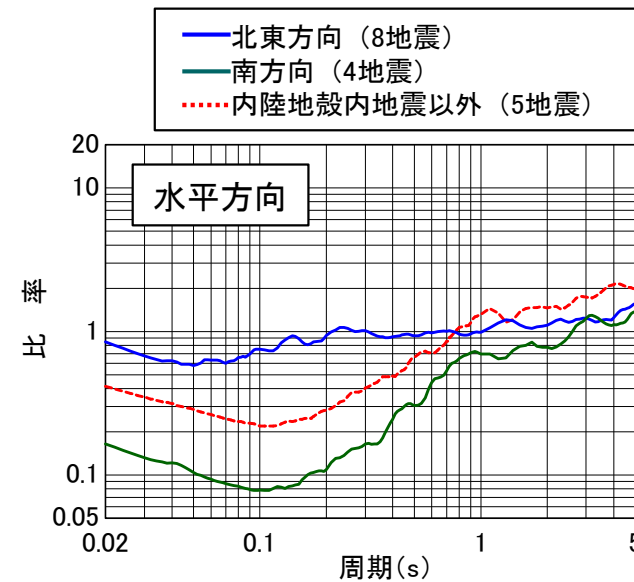
【B-6の補足】 既許可時審査以降に取得した地震観測記録の更新について

追加

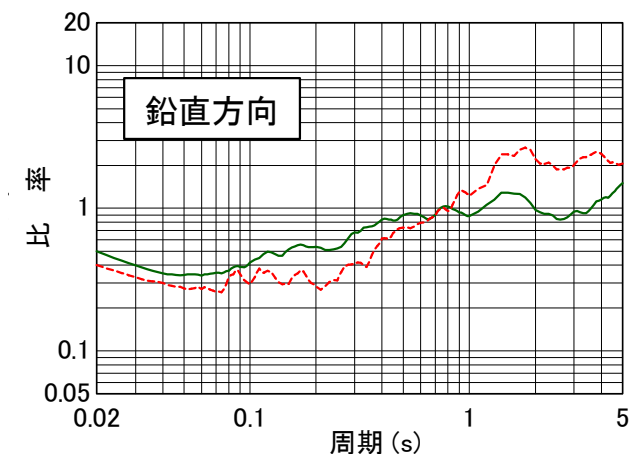
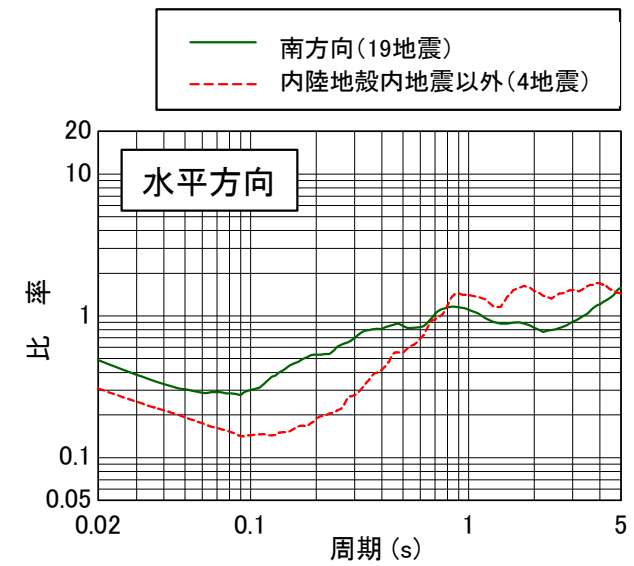
- ここでは、短周期側の比率が大きい傾向が見られた南方向に着目して、既許可時審査時と既許可時審査から2019年度までの比を算出。
- 既許可時審査の南方向では1997年鹿児島県北西部地震の地震群（震央距離180km程度）が主であり、伝播距離の減衰効果により短周期側が小さい比率になっていた。一方、既許可時審査以降の南方向は2016年熊本地震の地震群（震央距離120～130km程度）であり、1997年鹿児島県北西部地震の地震群より震央距離が短いため、伝播距離の減衰効果がなく、短周期側の比が大きくなったと考えられる。
- いずれも、地震波の距離減衰特性の一般的な傾向を示している。



敷地地盤における観測地震の震央分布
(観測開始～2019年度)



既許可時評価
(観測開始～既許可時審査)



今回評価
(既許可時審査～2019年度)

②地震観測記録とNoda et al. (2002)による応答スペクトルの比較

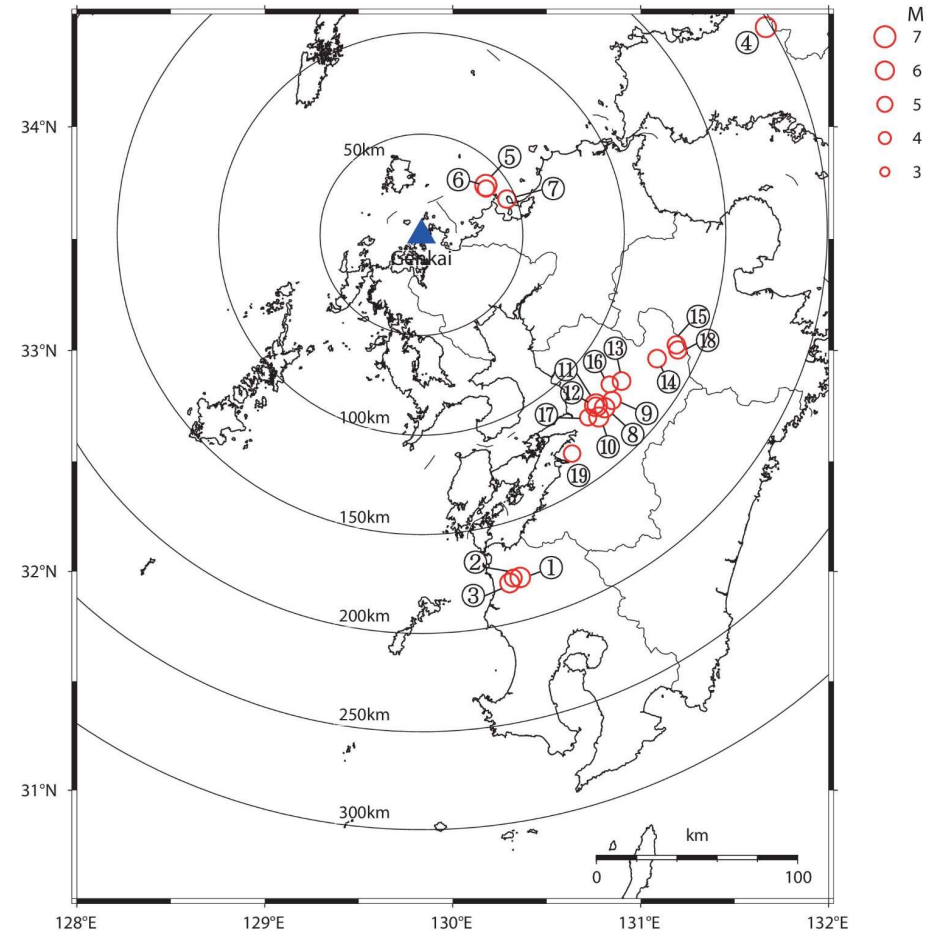
- 既許可時審査以降に取得した地震観測記録を加えた計19地震※の地震観測記録とNoda et al. (2002) による応答スペクトルとの比を算定。

※ Noda et al. (2002)の適用範囲を参考にM5.4以上、震央距離200km程度以内の内陸地殻内地震を選定

地震諸元 (計19地震)

番号	地震名	発生日	M	震央距離 (km)	入射角 (°)
①	鹿児島県北西部	1997年3月26日	6.6	178	23
②	鹿児島県北西部	1997年4月3日	5.7	178	23
③	鹿児島県北西部	1997年5月13日	6.4	180	23
④	山口県	1997年6月25日	6.6	198	23
⑤	九州北西沖	2005年3月20日	7.0	40	22
⑥	九州北西沖	2005年3月22日	5.4	39	22
⑦	福岡県中部	2005年4月20日	5.8	46	22
⑧	熊本県熊本地方	2016年4月14日	6.5	125	23
⑨	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.8	126	23
⑩	熊本県熊本地方	2016年4月15日	6.4	126	23
⑪	熊本県熊本地方	2016年4月16日	7.3	121	23
⑫	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	121	23
⑬	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.9	123	23
⑭	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.9	132	23
⑮	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.8	138	23
⑯	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	119	23
⑰	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	123	23
⑱	熊本県阿蘇地方	2016年4月18日	5.8	140	23
⑲	熊本県熊本地方	2016年4月19日	5.5	132	23

既許可時審査
↑
今回新たに追加

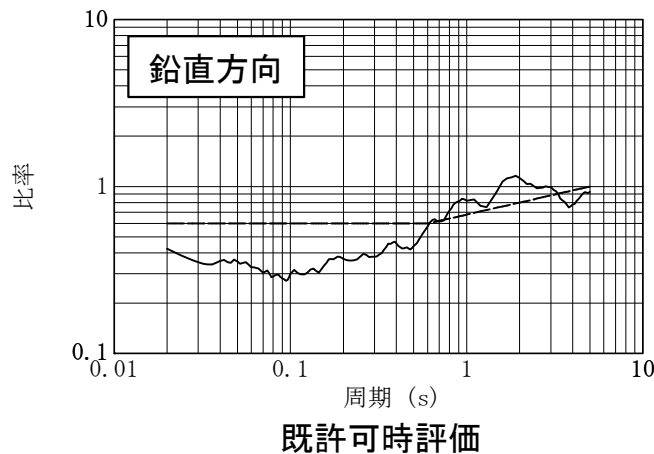
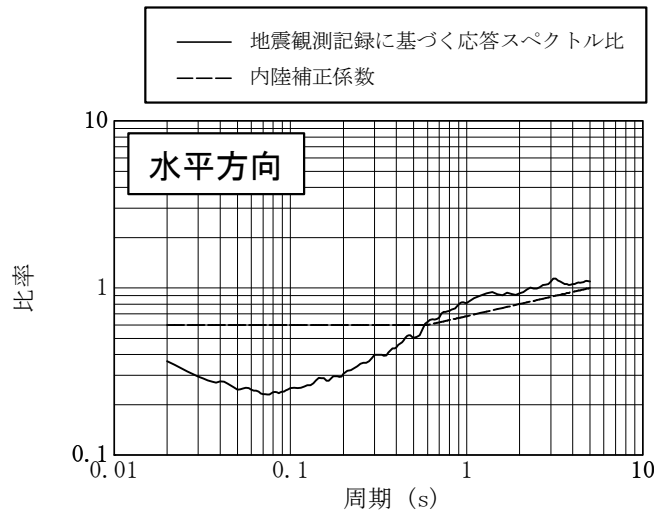


敷地地盤における観測地震の震央分布
(観測開始～2019年度) (計19地震)

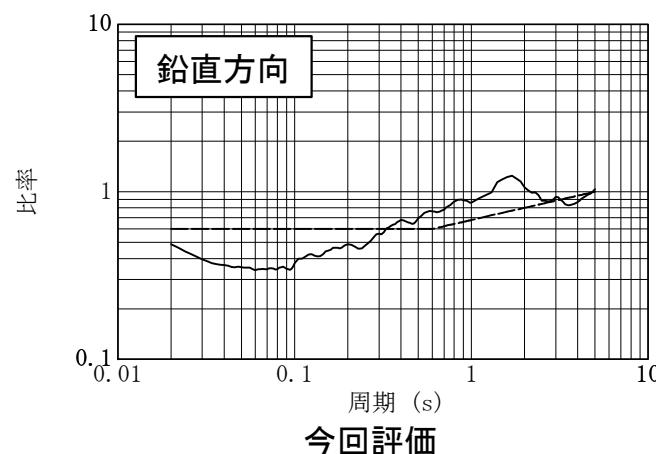
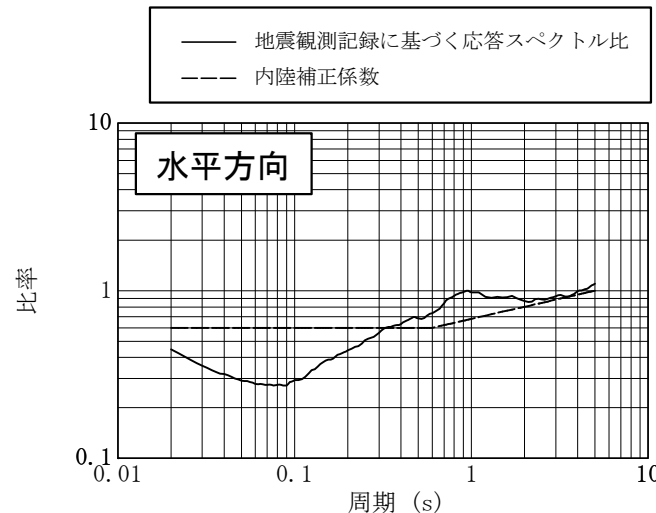
【B-6の補足】 既許可時審査以降に取得した地震観測記録の更新について

追加

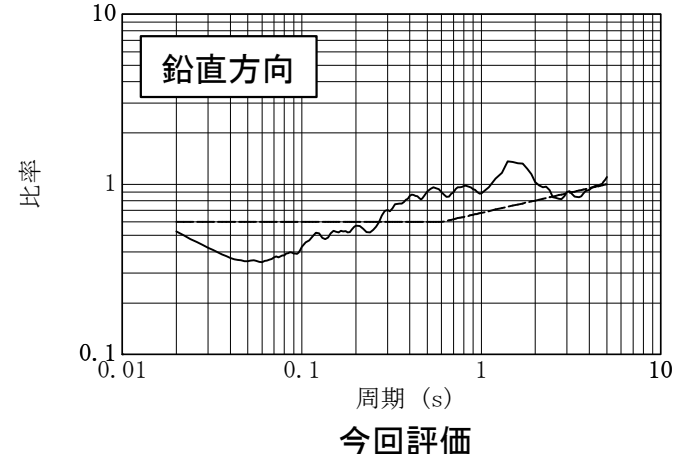
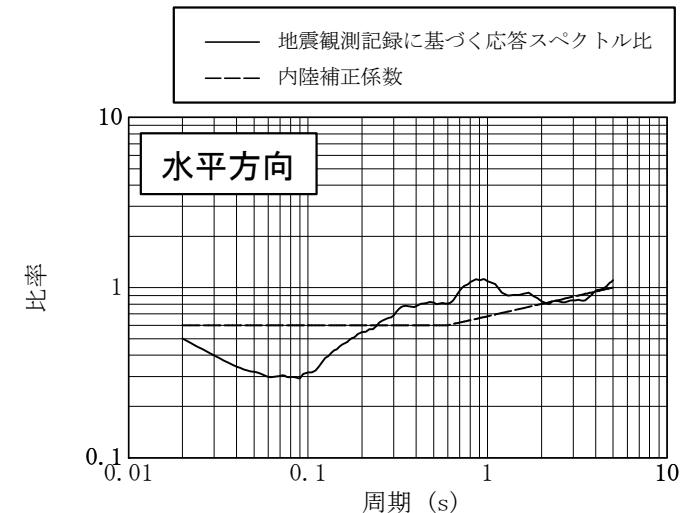
- 既許可時審査までと2019年度までに敷地地盤で得られた内陸地殻内地震の地震観測記録（M5.4以上の地震、震央距離200km程度以内）とNoda et al. (2002)による応答スペクトルとの比を比較・検討した結果、既許可時審査と同様に、Noda et al. (2002)の内陸地殻内地震の補正係数を長周期帯で一部上回っているが、全周期帯で概ね1を下回る傾向であることを確認した。
- なお、既許可時審査に比べて、若干短周期側の比率が大きくなっているが、①で示したとおり、2016年熊本地震の地震群が増加したことによる伝播距離の減衰効果によるものと考え特異な傾向の変化ではない。



既許可時評価
観測開始～既許可時審査(①～⑦)



今回評価
観測開始～2019年度(①～⑱)



今回評価
(参考)既許可時審査～2019年度(⑧～⑱)

【B-6の補足】 既許可時審査以降に取得した地震観測記録の更新について

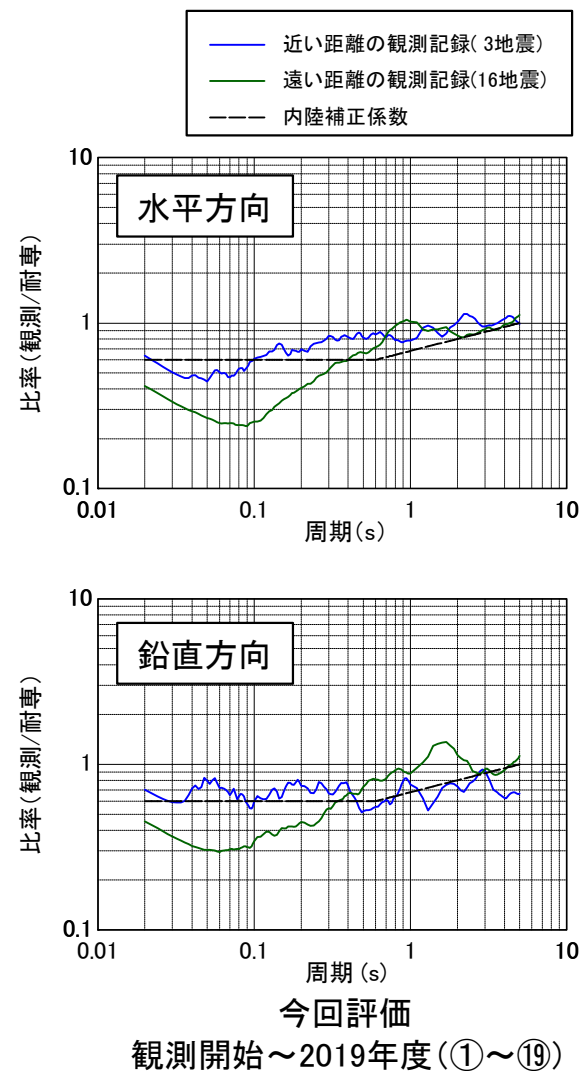
追加

- ①の検討において、伝播距離が近い場合、短周期側の比率が大きくなる傾向があるため、伝播距離の違いが短周期側の比率に与える影響について検討を実施。伝播距離が近い3地震(⑤⑥⑦)と、遠い16地震(①~④, ⑧~⑱)に分類。
- 検討した結果、伝播距離が近い地震(青線)は、伝播距離が遠い地震(緑線)より短周期側の比率が大きくなる傾向にあるが、地震波の距離減衰特性の一般的な傾向を示しており、概ね1を下回る傾向は変わらないことを確認した。

伝達関数(周波数依存型)による
地盤同定に用いた地震諸元(計19地震)

番号	地震名	発生日	M	震央距離(km)	入射角(°)
①	鹿児島県北西部	1997年3月26日	6.6	178	23
②	鹿児島県北西部	1997年4月3日	5.7	178	23
③	鹿児島県北西部	1997年5月13日	6.4	180	23
④	山口県	1997年6月25日	6.6	198	23
⑤	九州北西沖	2005年3月20日	7.0	40	22
⑥	九州北西沖	2005年3月22日	5.4	39	22
⑦	福岡県中部	2005年4月20日	5.8	46	22
⑧	熊本県熊本地方	2016年4月14日	6.5	125	23
⑨	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.8	126	23
⑩	熊本県熊本地方	2016年4月15日	6.4	126	23
⑪	熊本県熊本地方	2016年4月16日	7.3	121	23
⑫	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	121	23
⑬	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.9	123	23
⑭	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.9	132	23
⑮	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.8	138	23
⑯	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	119	23
⑰	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	123	23
⑱	熊本県阿蘇地方	2016年4月18日	5.8	140	23
⑲	熊本県熊本地方	2016年4月19日	5.5	132	23

既許可時審査
↑
今回新たに追加



【C-5の補足】 2004年北海道留萌支庁南部地震に関する記載の充実について

【C-5の補足】 2004年北海道留萌支庁南部地震に関する記載の充実について

追加

- 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動評価の記載について、不確かさ及び保守性に関する記載の充実を図った。
- 既許可時のまとめ資料のうち、各記載の該当箇所を整理。

当初申請書 (令和3年8月23日申請)	今回補正申請書 (案)
<p>7.5.6.2 震源を特定せず策定する地震動 (2) 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集 b. 「全国共通に考慮すべき地震動」 (Mw6.5程度未満の地震)</p> <p>(中略)</p> <p>その結果、2004年北海道留萌支庁南部地震では、震源近傍のK-NET港町観測点において加藤ほか(2004)⁽²⁵⁾による応答スペクトルを上回る観測記録が得られていること、さらにこのK-NET港町観測点については、佐藤ほか(2013)⁽²⁵⁾により、ボーリング調査等による精度の高い地盤情報が得られていることから、これらを参考に地盤モデルを設定し解放基盤波を算定する。この解放基盤波にさらに不確かさを考慮した上で地震動を設定する。設定した2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動の応答スペクトルを第7.5.6.34図及び第7.5.6.35図に示す。</p>	<p>7.5.6.2 震源を特定せず策定する地震動 (2) 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集 b. 「全国共通に考慮すべき地震動」 (Mw6.5程度未満の地震) (a) 2004年北海道留萌支庁南部地震</p> <p>□ 2004年北海道留萌支庁南部地震では、震源近傍のK-NET港町観測点において□佐藤ほか(2013)⁽²⁵⁾による精度の高い地盤情報を参考に地盤モデルを設定し、<u>地盤モデルの不確かさを踏まえて基盤地震動</u>を算定する。 <u>敷地の解放基盤表面のS波速度は、K-NET港町観測点のS波速度の0.938km/sを上回る1.35km/sであることから、敷地の解放基盤波は保守的にK-NET港町観測点の基盤地震動を採用する。この解放基盤波にさらに保守性を考慮した上で地震動を設定する。</u>設定した2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動の応答スペクトルを第7.5.6.32図及び第7.5.6.33図に示す。</p> <div data-bbox="902 1310 1447 1433" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 20px;"> <p>青：当初申請書で記載を変更した箇所 赤：補正申請書(案)で記載を変更した箇所を示す。</p> </div>

①2004年北海道留萌支庁南部地震に関する地盤モデルの不確かさに関する記載 (15頁、16頁)

②敷地の解放基盤波を保守的に設定するため、K-NET港町観測点のS波速度の0.938km/sを上回る1.35km/sの敷地の解放基盤波として、K-NET港町観測点の基盤地震動を採用する旨を記載。(14頁)

③K-NET港町観測点の基盤地震動を採用した解放基盤波に、さらに余裕(10ガル程度)を持たせた地震動を2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動として考慮した旨の記載 (15頁、17頁)

■ まとめ資料の再掲（赤四角囲みの部分が記載の充実に該当する箇所）

2004年北海道留萌支庁南部地震の「震源を特定せず策定する地震動」への反映

第89回審査会合
資料再掲

[検討全体の流れ](電力大での検討)

佐藤ほか(2013)⁷⁾の知見

- ボーリング、PS検層により、深さ-41mまでの地盤モデルを構築
- 室内試験により、非線形性に係るデータも取得
- それらのデータにより、解放基盤波 ($V_s=938$ m/s)を推計 **【P343】**

解放基盤波の妥当性に係るこれまでの整理

- はぎとり手法(SHAKE)における不確かさの検討(有効ひずみの補正係数 α のケーススタディ)
- その他のはぎとり手法による検討
- 観測事実(H/Vスペクトル)再現の試み
- ⇒ 現状の解放基盤波の妥当性(観測事実をよく説明できること)を確認

今後の取り組み

- 深さ-6m以深で追加取得したデータ(非線形特性等)を踏まえた妥当性の確認
- 深さ-500mまでのボーリングデータを踏まえた、より深い(硬い:当社解放基盤相当)位置での解放基盤波の確認

現時点における当社としての判断 (当社独自の判断)

- 佐藤ほか(2013)⁷⁾の知見[現位置で直接確認したデータに基づいていること]、これまでの整理[手法の不確かさについての確認]から、現状の解放基盤波の信頼性は高いと考えられる
- また、当社解放基盤(川内: $V_s=1500$ m/s、玄海: $V_s=1350$ m/s)よりも軟らかい位置での地震動であり、現状の解放基盤波は保守性を有している
- これらの妥当性・保守性については、今後の取り組みによって更に明らかになっていくもの
- しかしながら、それまでにはある程度の時間が必要
- よって、それが明らかとなっていく途上である現時点においては、一定の余裕を持たせた地震動を「震源を特定せず策定する地震動」として新たに設定し、それによって施設の安全性を確認していくこととする

〈新たな地震動の設定の考え方〉

- 一定の余裕を持たせた地震動を設定することを目標とし、パラメータスタディを実施

【P344~P352】

- その結果を踏まえ、「震源を特定せず策定する地震動」として設定

■ まとめ資料の再掲（赤四角囲みの部分が記載の充実に該当する箇所）

現状の解放基盤波に余裕を持たせた当社独自の新たな地震動の設定

第89回審査会合
資料再掲

- 2004年北海道留萌支庁南部地震の現状の解放基盤波については、現時点においては、更なるデータによってその妥当性・保守性が明らかになっていく途上であることに鑑み、当社独自に一定の余裕（保守性）を持たせた地震動を設定することを目標として、以下の流れで整理・検討を実施した。

【余裕を持たせた地震動を設定するための対象となるパラメータの選定】

- ・ 佐藤ほか(2013)⁷⁾の知見においては、深さ-6mまでの非線形特性に係るデータを取得し、深さ-41mにおける解放基盤波を推計している。
- ・ 現在、深さ-6m以深の非線形特性について、追加取得したデータを基に更なる検討が進められているところ。
- ・ 深さ-6m以深の非線形特性を考慮する場合、傾向としては、減衰の増大によるはざとり結果（地震動レベル）の増大、剛性の低下によるはざとり結果（地震動レベル）の低下が見られることが想定される。

この2つの傾向が深さ-41mではざとり結果にどのような影響を与えるかは今後の更なる検討を待たねばならないが、現状の解放基盤波が観測事実(H/Vスペクトル等)をよく説明できていることを踏まえると、大きな変動をもたらすものとはならないと考えられる。

- ・ ここでは、上記の2点の傾向を踏まえ、はざとり結果（地震動レベル）が大きくなるパラメータ：減衰のみを対象として、そのパラメータスタディを実施し、余裕を持たせた地震動を設定することとした。
- ・ なお、現在-41m以深（-500mまで）のボーリングデータを踏まえた更なる検討も進められているが、現状よりも硬い岩盤上での解放基盤波の推計であり、地震動レベルはより小さくなる方向であることから、ここでは考慮しないこととした。

佐藤ほか(2013)⁷⁾における地震動評価モデル

上面深度 (m)	P波速度 Vp(m/s)	S波速度 Vs(m/s)	密度 ρ (10 ³ kg/m ³)	層厚 H(m)	減衰定数 h	非線形特性				
0	457	200	1.90	0.5	0.02	砂				
0.5		200	2.00	0.5	0.03	凍湿じり砂				
1		200	2.00	1.0	0.02	礫1				
1.5	952	290	2.00	1.0	0.01	礫2				
2						風化砂岩1				
3						風化砂岩2				
4						風化砂岩2				
5						風化砂岩2				
6	1722	473	2.00	1.0	0.01	—				
7						549	2.00	9.0	0.01	—
16						604	2.06	7.0	0.01	—
23						653	2.06	18.0	0.01	—
38	2215	938	2.13	—	0.01	—				
41						—				

【余裕を持たせた地震動の設定】

- ・ 深さ-6m～-41m範囲の減衰定数について、既往の知見を踏まえたパラメータスタディを実施。
- ・ その結果を踏まえ、余裕を持たせた地震動を設定。

①
③

■ まとめ資料の再掲（赤四角囲みの部分が記載の充実に該当する箇所）

現状の解放基盤波に余裕を持たせた当社独自の新たな地震動の設定

第89回審査会合
資料再掲

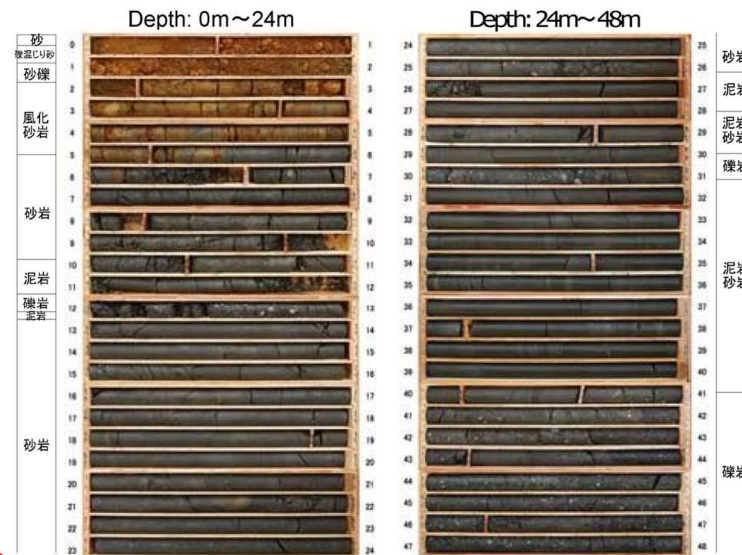
■ 前頁での知見の整理を踏まえ、余裕を持たせた地震動を設定するための減衰の値を以下のとおり判断。

・ 前々頁の知見では、岩盤の亀裂やランダム性等の不均質性の影響により、室内試験の結果よりも減衰が大きくなる場合があるとの指摘。

・ 佐藤ほか(2013)⁷⁾の知見では、留萌のボーリングコア写真からは深さ-6m以深は比較的均質な性状であることが見て取られ、深さ-6mまでの室内試験結果による非線形特性からも減衰の値は1%程度以下であることが見て取れる。すなわち、ある程度の不均質性を考えたとしても、岩盤としての減衰はそれほど大きなものではないと推察される。

・ しかしながら、深さ-6m以深の減衰については、現在、定量的なデータの評価が進められている途上であり、現時点で確定的に判断することは難しい。

・ よって、前頁で整理した減衰の実例を参考として、3%まで減衰を大きくしたパラメータスタディを実施し、その結果を踏まえ、余裕を持たせた地震動を設定することと判断。



①

佐藤ほか(2013)⁷⁾におけるボーリングコア写真（左：深さ0m~24m、右：深さ24m~48m）

佐藤ほか(2013)⁷⁾における地震動評価モデル

上面深度(m)	P波速度 Vp(m/s)	S波速度 Vs(m/s)	密度 ρ (10 ³ kg/m ³)	層厚 H(m)	減衰定数 h	非線形特性
0	457	200	1.90	0.5	0.02	砂
0.5		200	2.00	0.5	0.03	礫混じり砂
1	952	200	2.00	1.0	0.02	礫1
1.5		290	2.00	1.0	0.01	礫2
2		290	2.00	1.0	0.01	風化砂岩1
3	1722	370	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
4		400	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
5		473	2.00	1.0	0.01	—
6	2215	549	2.00	9.0	0.01	—
7		604	2.06	7.0	0.01	—
16		653	2.06	18.0	0.01	—
23	—	938	2.13	—	0.01	—
38		—	—	—	—	—
41	—	—	—	—	—	—

■ まとめ資料の再掲（赤四角囲みの部分が記載の充実にあたる箇所）

現状の解放基盤波に余裕を持たせた当社独自の新たな地震動の設定

第89回審査会合
資料再掲

■ 前頁までの検討に対し、当社独自の「読み取り」による解析であることの不確かさを踏まえ、さらに余裕(10ガル程度)を持たせた下記の地震動を震源を特定せず策定する地震動として考慮する。

③

