

伊方発電所3号炉

地震動評価

令和4年10月17日

四国電力株式会社

0. 全体構成 P2
1. 敷地周辺の地震発生様式 P5
2. 活断層の分布状況 P13
3. 敷地地盤の評価 P17
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	... P44
5. 震源を特定せず策定する地震動 P100
6. 基準地震動の策定 P113

1. 敷地周辺の地震発生様式

敷地周辺で過去に発生した被害地震

- 内陸地殻内地震：大分県別府周辺でM7程度の地震が発生
- 海洋プレート内地震：瀬戸内海の西部から豊後水道付近のやや深いところでM7程度の地震が発生
- プレート間地震：南海トラフ沿いでM8程度の大地震が約100年から150年の間隔で発生

敷地周辺の地震活動

気象庁一元化震源(2005)のうち2002年から2004年までの間に発生したM5未満の地震の特徴を整理

その他の知見

- 海洋プレート内地震：海洋プレート内地震の地震規模の再評価など
- プレート間地震：南海トラフの巨大地震モデル検討会(内閣府, 2012)など

1章・2章の整理を踏まえ、4章の「検討用地震の選定」において、地震動評価に用いる検討用地震の候補を選定する。

2. 活断層の分布状況

敷地および敷地周辺の活断層

文献調査等に基づき、敷地および敷地周辺の活断層の分布を把握

地震調査委員会による知見

地震調査委員会による知見を整理(中央構造線断層帯, 別府一万年山断層帯)

3. 敷地地盤の評価

地震観測記録を用いた分析

伊方発電所で観測した地震記録を分析し、到来方向や地盤構造による特異な増幅がないことを確認

深部ボーリング等による評価

深度2,000mのボーリング調査等により、地下構造を原因とする顕著な地震動の増幅がないことを確認

4章の「地震動評価」では、3章の検討結果を反映した地盤構造モデルを用いる。

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震の選定

「1. 敷地周辺の地震発生様式」, 「2. 活断層の分布状況」を踏まえ、敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震を選定する。

内陸地殻内地震

敷地前面海域の断層群による地震
(中央構造線断層帯)

海洋プレート内地震

1649年安芸・伊予の地震(M6.9)

プレート間地震

南海トラフの巨大地震
(M9.0 内閣府検討会 陸側ケース)

基本震源モデルの設定

内陸地殻内地震

中央構造線断層帯と別府一万年山断層帯が連動する480kmを基本震源モデルの長さとするが、部分破壊も考慮することとし、130km, 54kmについても評価を行う。

海洋プレート内地震

地震発生位置の不確かさを考慮して敷地真下での発生を想定し、地震規模としては既往最大の規模であるM7.0(1854年伊予西部)を採用する。

プレート間地震

内閣府検討会(2012)の南海トラフの巨大地震(陸側ケース)(M9.0)を採用する。

地震動評価(審査ガイドに従い種々の不確かさを考慮して評価)

(EGF: 経験的グリーン関数法, SGF: 統計的グリーン関数法)

内陸地殻内地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルを基本に、その他距離減衰式も踏まえた評価を実施する。

断層モデルを用いた手法による評価

EGFにより評価を行う。しかし、観測記録は海洋プレート内地震であるため、SGFによる影響評価も実施し、EGFによる結果との比較・検証を行う。

海洋プレート内地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルにより評価を行う。

断層モデルを用いた手法による評価

EGFにより評価を行う。

プレート間地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルにより評価を行う。

断層モデルを用いた手法による評価

SGFにより評価を行う。

5. 震源を特定せず策定する地震動

地域性を考慮する地震動について

審査ガイドの例示2地震

2000年鳥取県西部地震は活断層の成熟度、2008年岩手・宮城内陸地震は軟岩・火山岩・堆積層の厚さ等について、伊方発電所立地地点との地域差を検討する。

鳥取県西部地震における賀祥ダムの観測記録を震源を特定せず策定する地震動に設定

全国共通に考慮すべき地震動について

既往の知見

震源を事前に特定できない地震に関する既往の知見を整理する。

加藤ほか(2004)の地震基盤における地震動レベルを震源を特定せず策定する地震動に設定

北海道留萌支庁南部地震

2004年北海道留萌支庁南部地震におけるK-NET港町の観測記録に基づく解放基盤波を検討する。

2004年北海道留萌支庁南部地震におけるK-NET港町の観測記録に基づく解放基盤波の検討結果を踏まえ震源を特定せず策定する地震動を設定

標準応答スペクトル

震源近傍の多数の地震記録に基づいて策定した地震基盤相当面における標準的な応答スペクトルから策定する。

伊方発電所の敷地の地盤物性を踏まえ標準応答スペクトルを震源を特定せず策定する地震動に設定

6. 基準地震動の策定

震源を特定して策定する地震動(4章)*

内陸地殻内地震

応答スペクトルに基づく評価

基準地震動 S_s-1 (650ガル)を設定

断層モデルを用いた手法による評価

S_s-1 を上回る7波を基準地震動 $S_s-2-1 \sim S_s-2-7$ に設定
また、EGFの評価に用いた要素地震の特徴を踏まえ、 S_s-2-2 のNS方向とEW方向を入れ替えたケースを S_s-2-8 に設定

*海洋プレート内地震・プレート間地震はいずれの検討ケースも S_s-1 (650ガル)を下回るため基準地震動に設定しない

震源を特定せず策定する地震動(5章)

K-NET港町の観測記録に基づく解放基盤波の検討結果が S_s-1 を上回るため、基準地震動 S_s-3-1 に設定

鳥取県西部地震における賀祥ダム(監査廊)の観測記録が S_s-1 を上回るため、基準地震動 S_s-3-2 に設定

標準応答スペクトルが S_s-1 を上回るため、基準地震動 S_s-3-3 に設定

基準地震動の超過確率の参照

日本原子力学会(2007)に基づいて算定した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルと基準地震動の応答スペクトルを比較する。

1. 敷地周辺の地震発生様式

1. 敷地周辺の地震発生様式

敷地周辺で過去に発生した被害地震

内陸地殻内地震：大分県別府周辺でM7程度の地震が発生

海洋プレート内地震：瀬戸内海の西部から豊後水道付近のやや深いところでM7程度の地震が発生

プレート間地震：南海トラフ沿いでM8程度の大地震が約100年から150年の間隔で発生

敷地周辺の地震活動

気象庁一元化震源(2005)のうち2002年から2004年までの間に発生したM5未満の地震の特徴を整理

その他の知見

海洋プレート内地震：海洋プレート内地震の地震規模の再評価など

プレート間地震：南海トラフの巨大地震モデル検討会(内閣府, 2012)など

1章・2章の整理を踏まえ、4章の「検討用地震の選定」において、地震動評価に用いる検討用地震の候補を選定する。

2. 活断層の分布状況

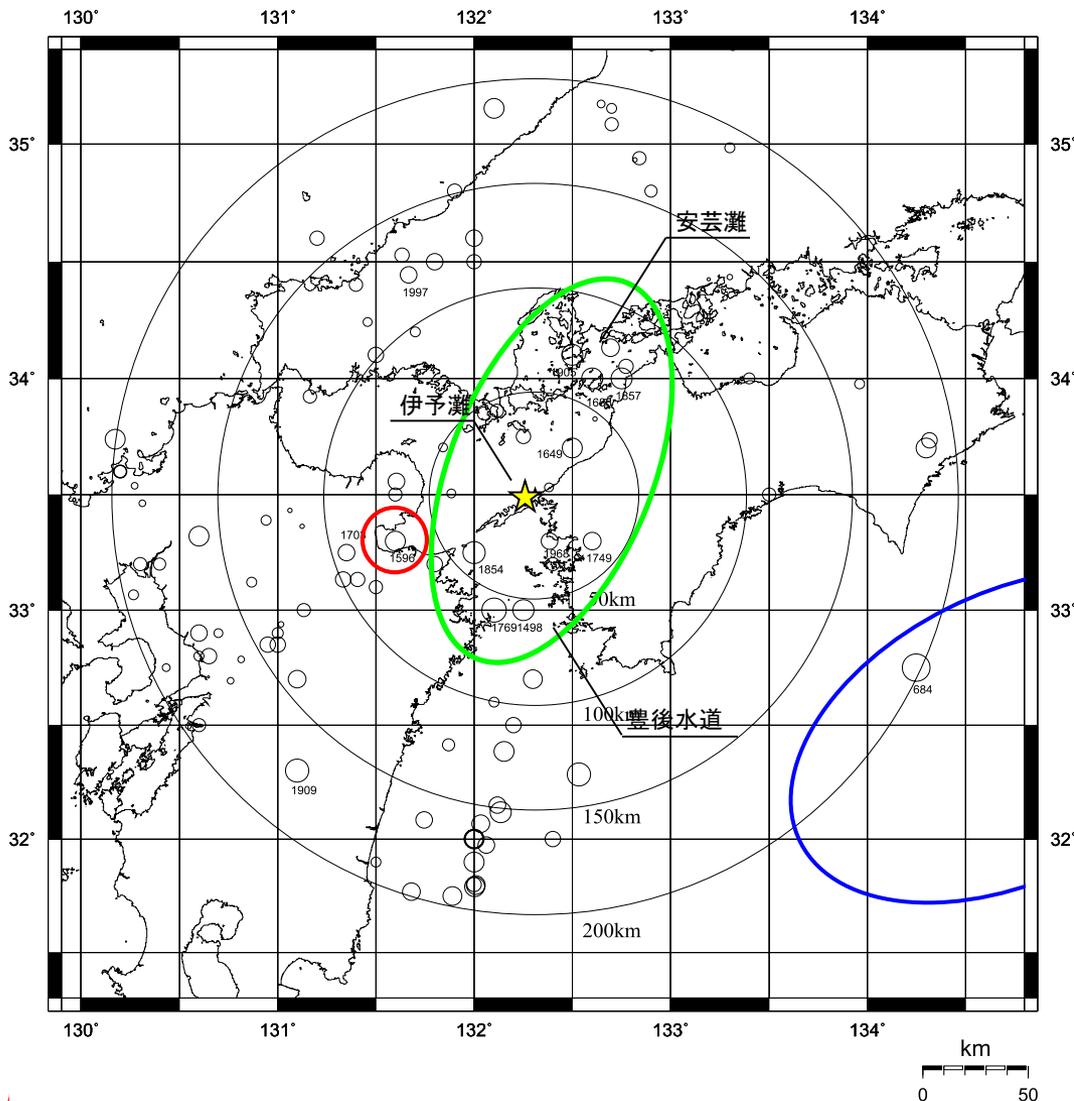
3. 敷地地盤の評価

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

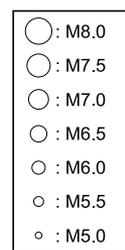
5. 震源を特定せず策定する地震動

6. 基準地震動の策定

敷地周辺で過去に発生した被害地震の震央分布



- プレート間で発生する地震としては、南海トラフ沿いでM8程度の大地震が約100年から150年の間隔で発生
- 海洋プレート内で発生する地震としては、安芸灘や伊予灘など瀬戸内海の西部から豊後水道付近のやや深いところでM7程度の地震が発生
- 内陸地殻内地震については、大分県別府周辺でM7程度の地震が発生

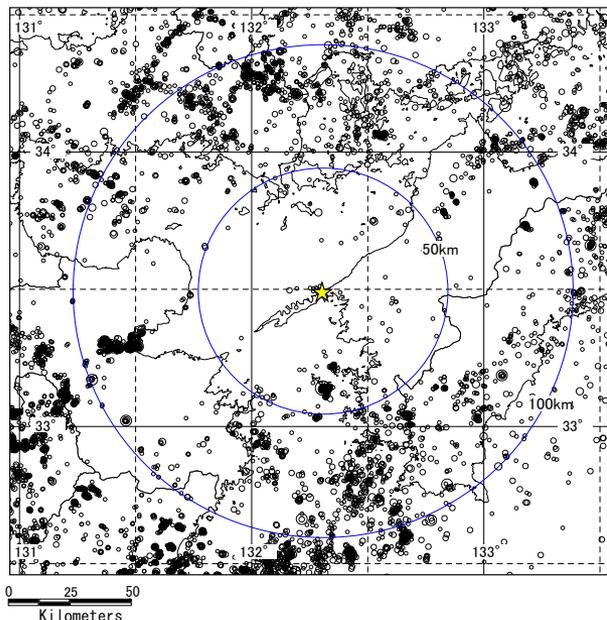


【諸元】

- ・ 気象庁一元化震源(2005)
- ・ 対象期間：2002年～2004年
- ・ 敷地周辺で発生したM5未満の地震

- 4.0 ≤ M < 5.0
- 3.0 ≤ M < 4.0
- 2.0 ≤ M < 3.0
- 1.0 ≤ M < 2.0
- 0.0 ≤ M < 1.0

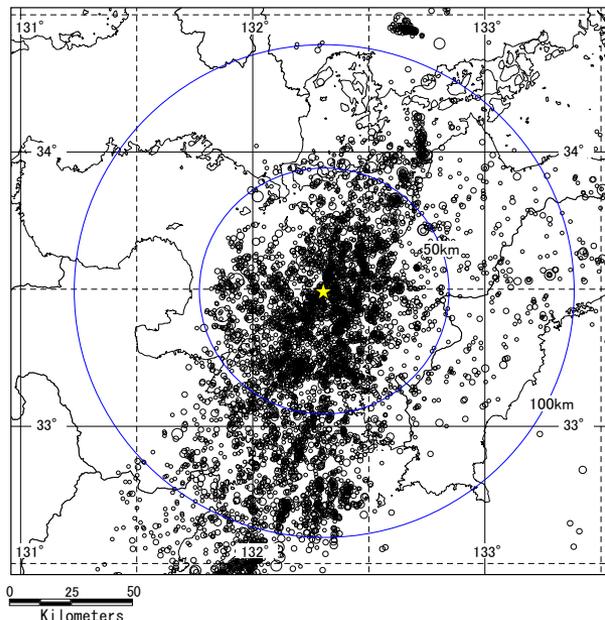
【震源深さ 0 ~ 30km】



特徴

- 敷地近傍では内陸地殻内地震はあまり発生していない
- 敷地近傍で若干発生している地震の規模はM2未満

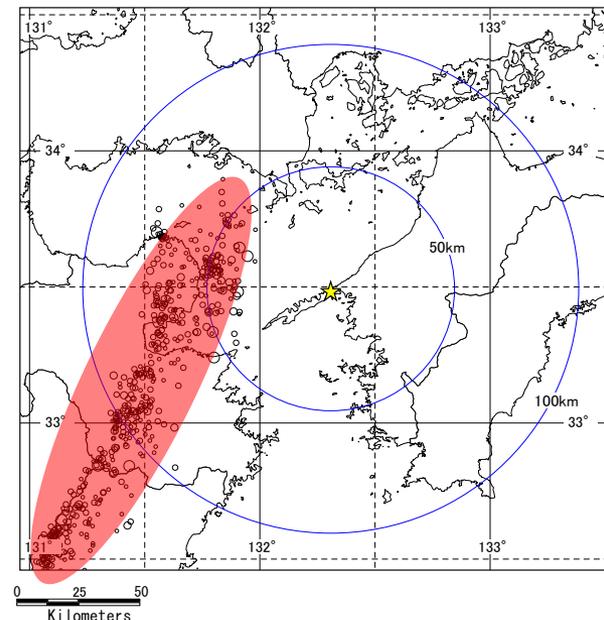
【震源深さ 30 ~ 70km】



特徴

- 深さ30~70kmにおいては顕著な地震活動が認められる
- フィリピン海プレートに沿って発生している

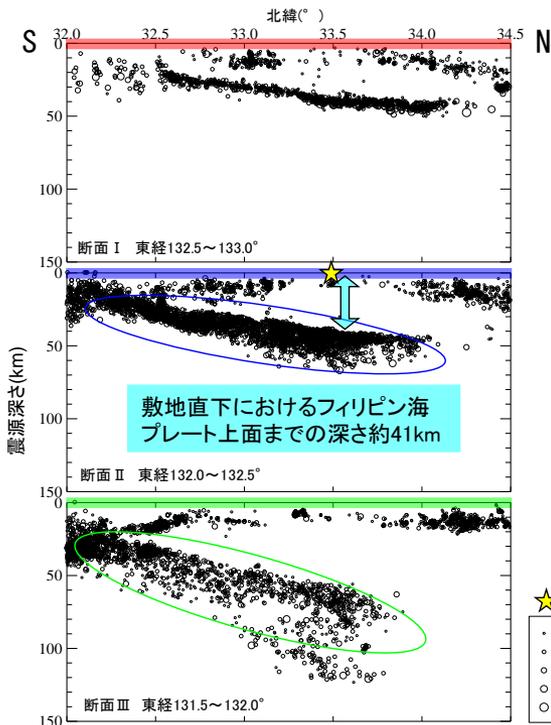
【震源深さ 70 ~ 150km】



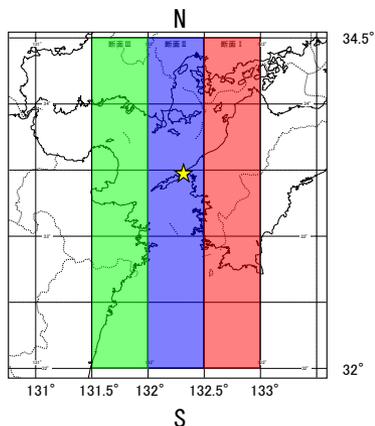
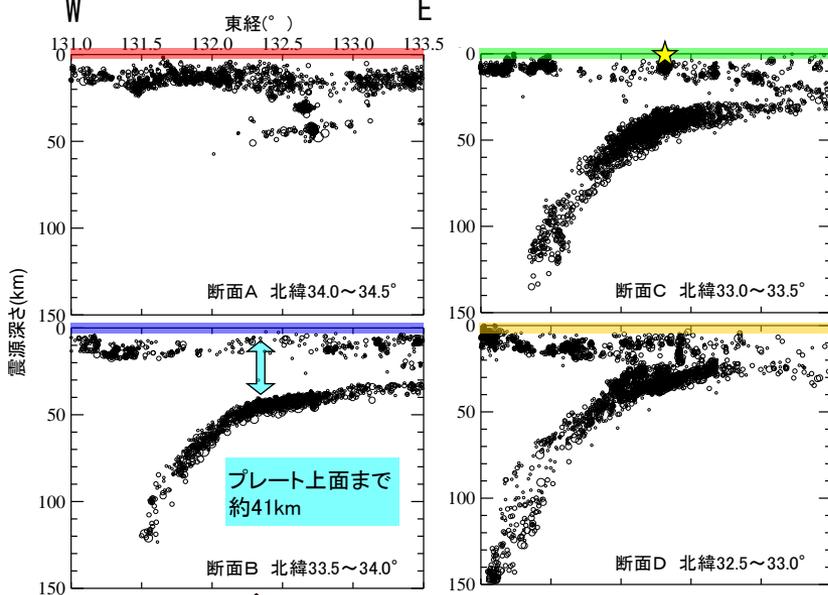
特徴

- 東経132度付近より東においては、深さ70km以深の深い場所での地震活動は認められない
- 東経132度付近より西においてはフィリピン海プレートに沿って国東半島付近から南西方向にかけて帯状に多くの地震が発生

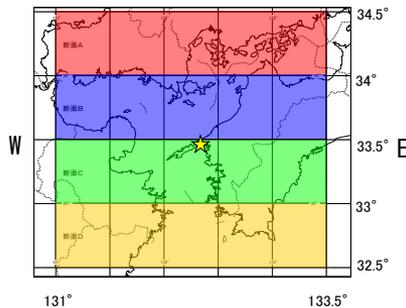
【鉛直分布(NS方向断面)】



【鉛直分布(EW方向断面)】



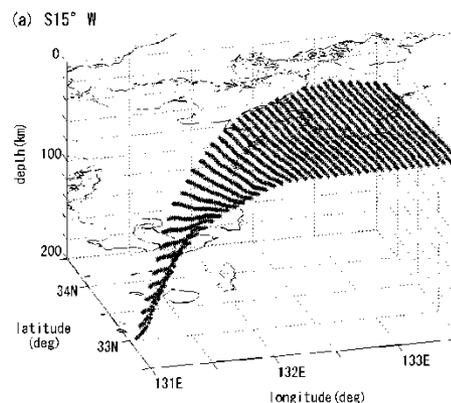
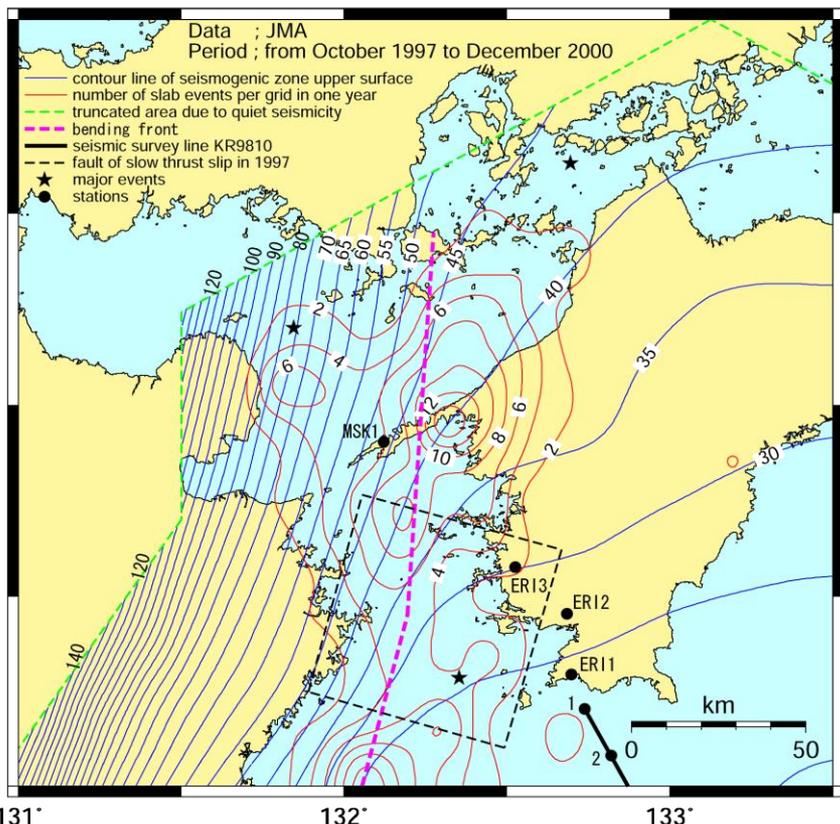
- フィリピン海プレートに沿って発生
- 敷地直下におけるフィリピン海プレート上面までの深さは約41km
- 九州側の領域では深い場所での地震活動が目立つ



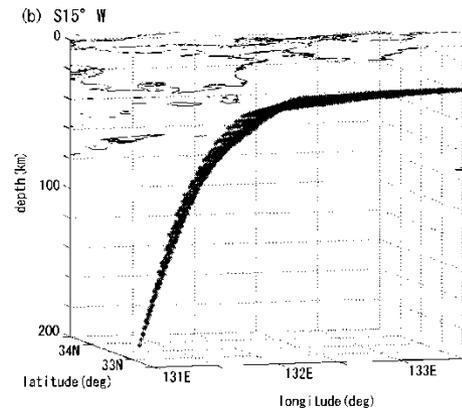
- フィリピン海プレートに沿って発生
- 九州側に向けて沈み込むプレート 形状が確認できる

松崎ほか(2003)

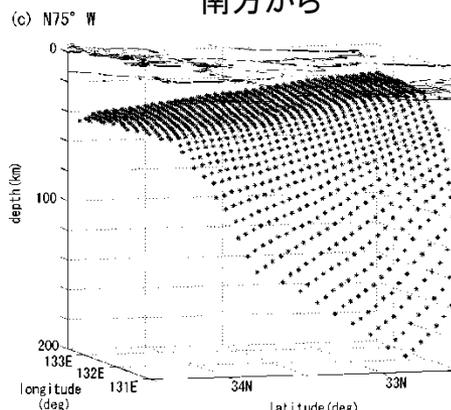
微小地震の発生状況からプレート上面形状を推定した。
敷地周辺は、プレート形状が大きく変化する位置にある。



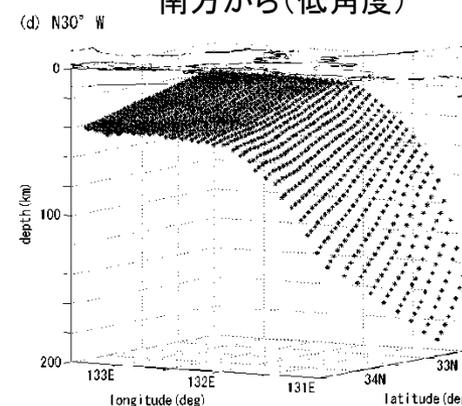
南方から



南方から(低角度)



国東側から



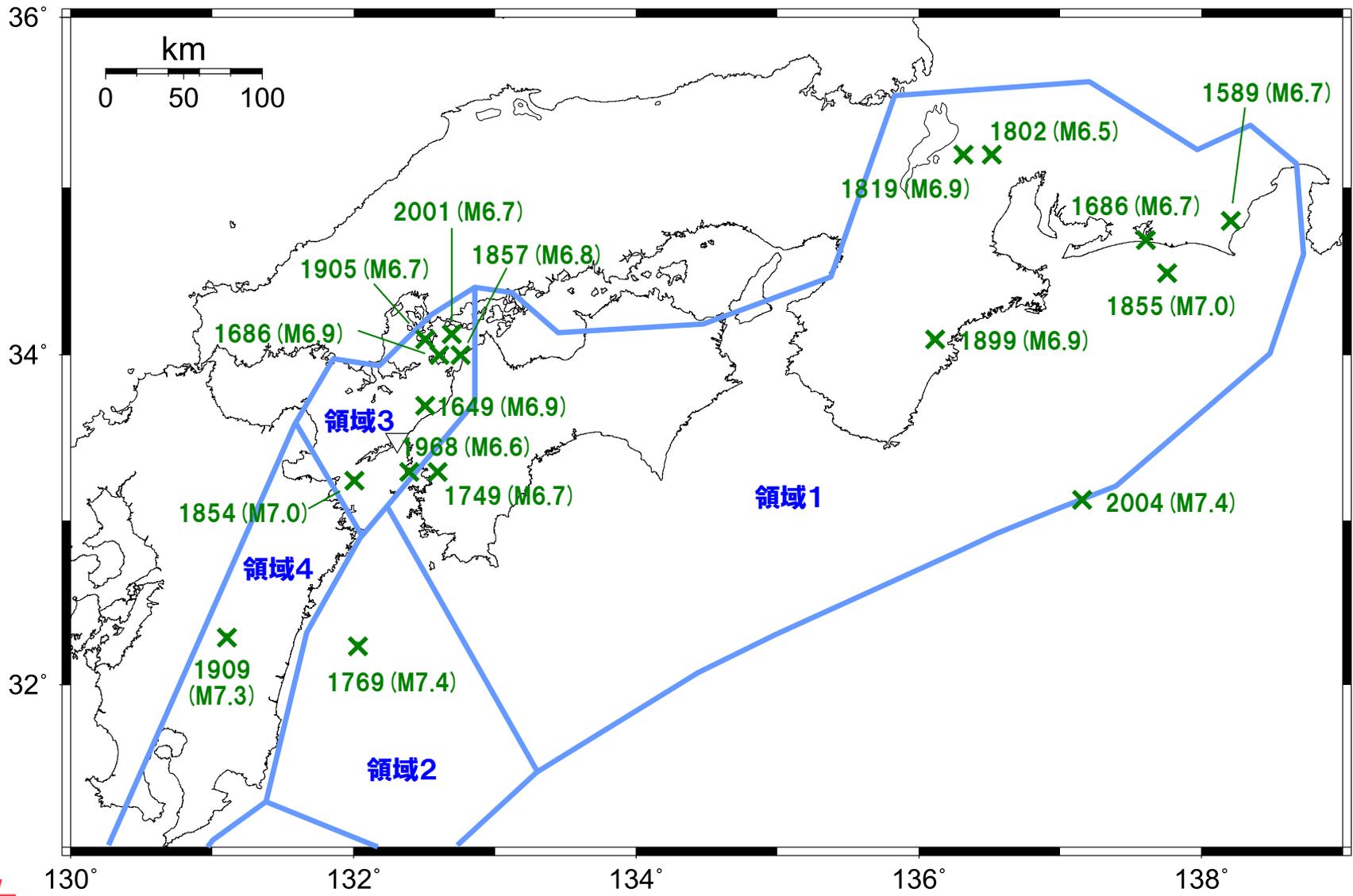
山口側から

3-D view of the upper surface.

⇒敷地周辺はスラブの形状が大きく湾曲する位置にある

海洋プレート内地震に関する知見 - フィリピン海プレートの地震規模 -

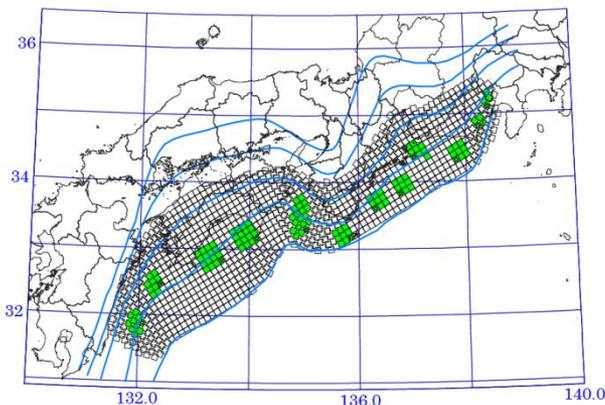
海洋プレート内地震の地震規模評価の結果を下図に整理する。



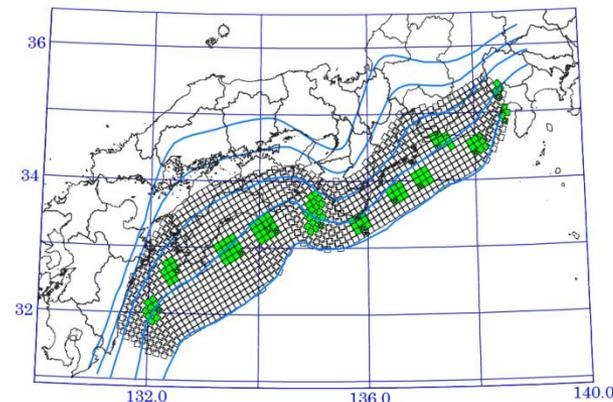
※神田ほか(2008)等による再評価結果を反映

プレート間地震に関する知見 ー内閣府による知見ー

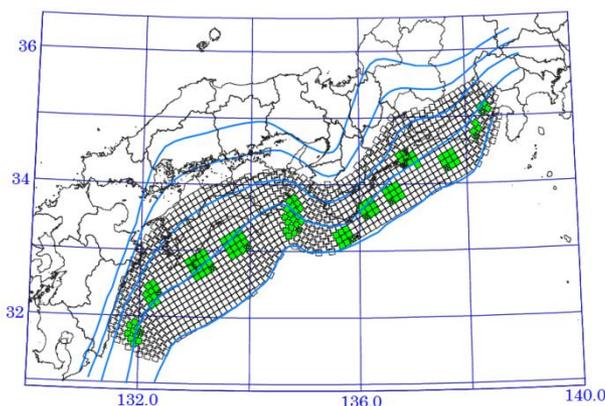
○内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」は、過去に南海トラフで発生した地震の特徴やフィリピン海プレートの構造等に関する特徴など、現時点の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震として、駿河湾から日向灘までを震源断層域とするモーメントマグニチュード9クラスを想定した検討を行っている。



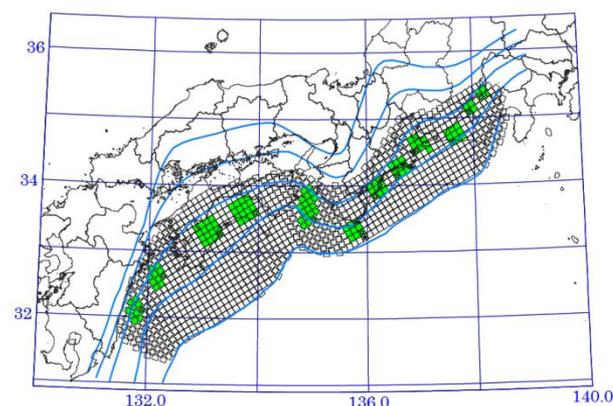
基本ケース



東側ケース



西側ケース



陸側ケース

2. 活断層の分布状況

1. 敷地周辺の地震発生様式

2. 活断層の分布状況

敷地および敷地周辺の活断層

文献調査等に基づき、敷地および敷地周辺の活断層の分布を把握

地震調査委員会による知見

地震調査委員会による知見を整理(中央構造線断層帯, 別府一万年山断層帯)

1章・2章の整理を踏まえ、4章の「検討用地震の選定」において、地震動評価に用いる検討用地震の候補を選定する。

3. 敷地地盤の評価

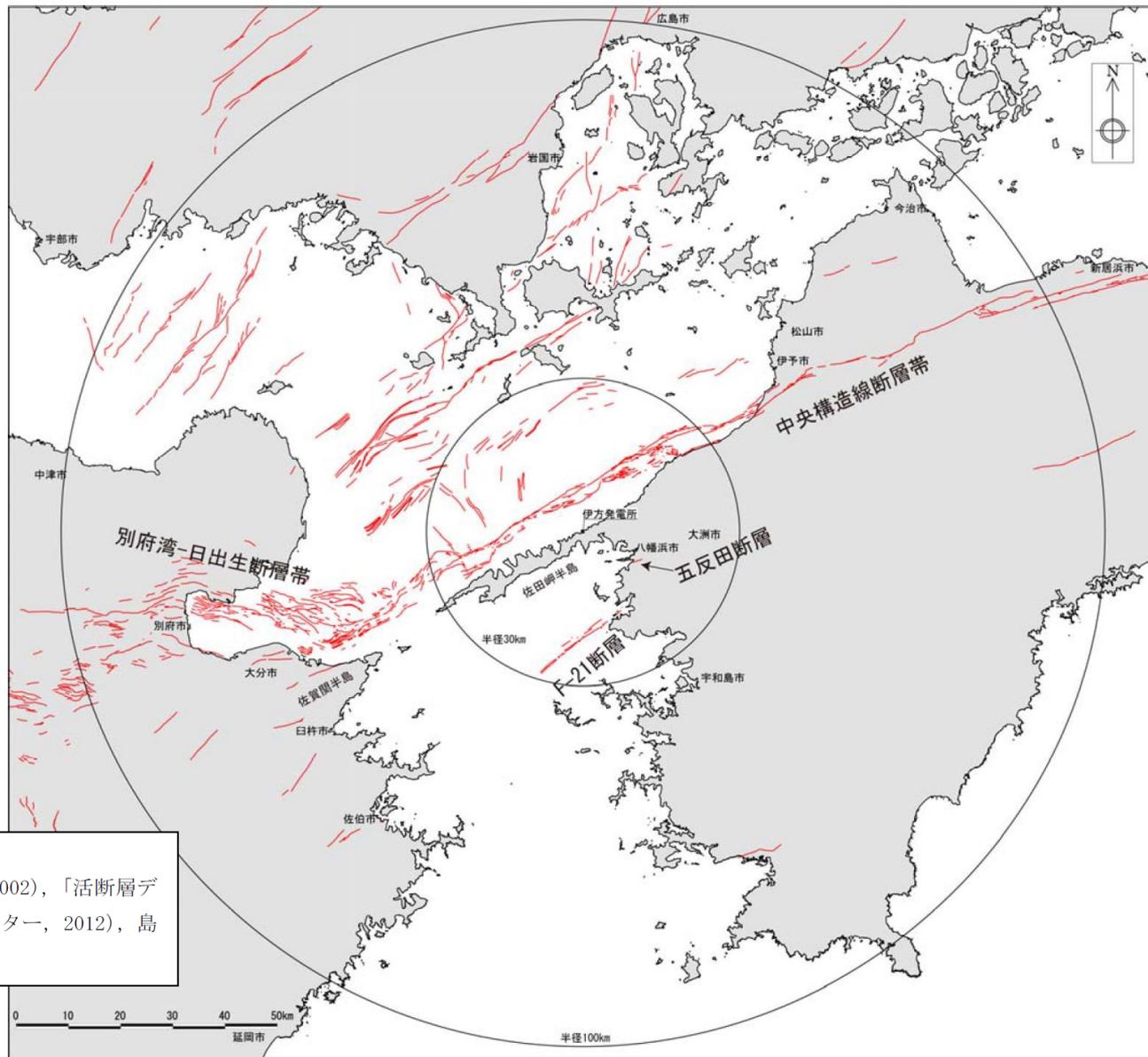
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

5. 震源を特定せず策定する地震動

6. 基準地震動の策定

敷地および敷地周辺の活断層

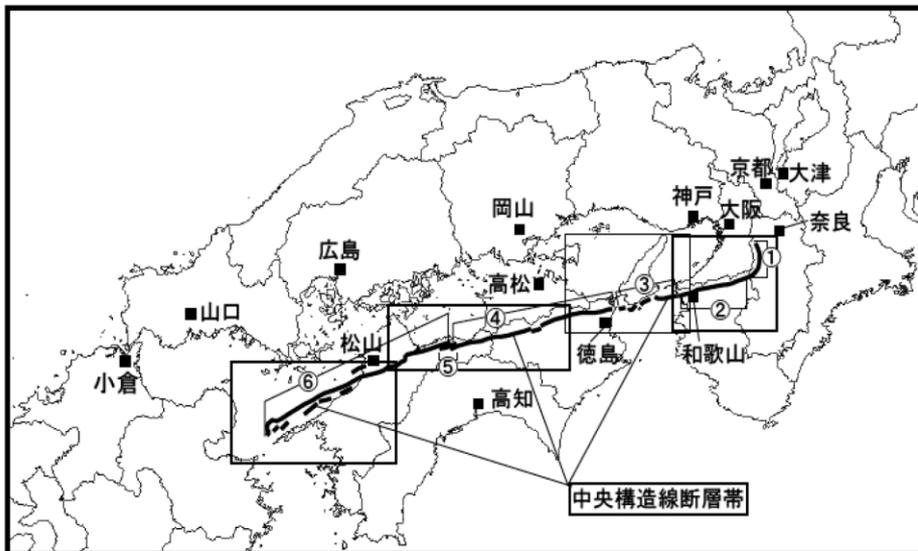
■ 敷地に最も影響の大きいと思われる活断層は中央構造線断層帯



※活断層分布は以下の文献に基づいて作成

「活断層詳細デジタルマップ」(中田・今泉編, 2002), 「活断層データベース」(産業技術総合研究所・地震研究センター, 2012), 島崎ほか(2000), 七山ほか(2002), 田中ほか(2010)

中央構造線断層帯

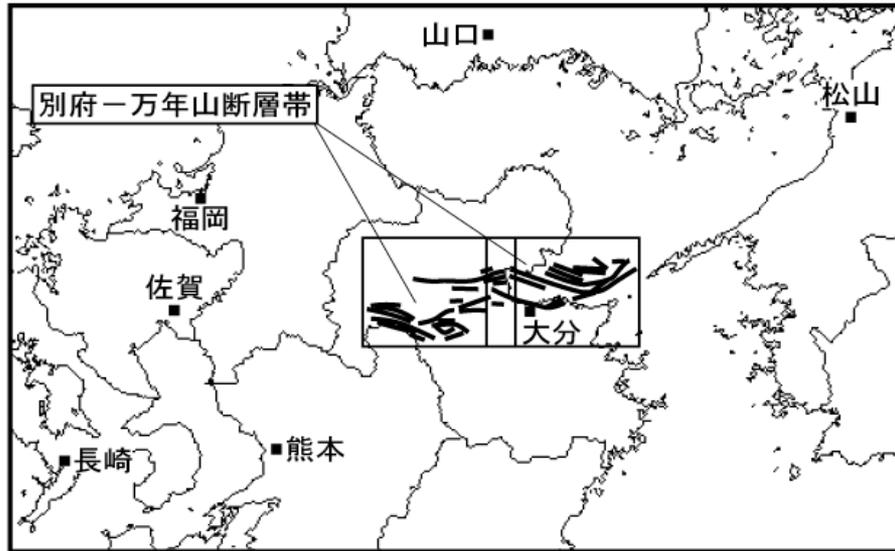


(地震調査委員会(2011)より)

- ①: 金剛山地東縁 ②: 和泉山脈南縁 ③: 紀淡海峡-鳴門海峡
- ④: 讃岐山脈南縁-石鎚山脈北縁東部 ⑤: 石鎚山脈北縁
- ⑥: 石鎚山脈北縁西部-伊予灘

■中央構造線断層帯は、近畿地方の金剛山地の東縁から、和泉山脈の南縁、淡路島南部の海域を経て、四国北部を東西に横断し、伊予灘に達する長大な断層帯である。

はねやま ひじょう
別府-万年山断層帯(別府湾-日出生断層帯)



(地震調査委員会(2005)より)

■別府-万年山断層帯は、大分県東部の別府湾の海底から大分県西部にかけて分布する活断層帯である。

※これらの長期評価は、2017年に「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-由布院)の長期評価(第二版)」などとして評価が見直されているが、第二版を踏まえても中央構造線断層帯を対象とした地震動評価に影響がないことについては、P62~P64のとおり確認している。

3. 敷地地盤の評価

1. 敷地周辺の地震発生様式

2. 活断層の分布状況

3. 敷地地盤の評価

地震観測記録を用いた分析

伊方発電所で観測した地震記録を分析し、到来方向や地盤構造による特異な増幅がないことを確認

深部ボーリング等による評価

深度2,000mのボーリング調査等により、地下構造を原因とする顕著な地震動の増幅がないことを確認

4章の「地震動評価」では、3章の検討結果を反映した地盤構造モデルを用いる。

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

5. 震源を特定せず策定する地震動

6. 基準地震動の策定

地震観測記録を用いた分析 ー地震波の到来方向による分析(1/5)ー

検討内容

伊方発電所で観測した地震記録の分析を行い、地震の到来方向や地盤構造によって特異な増幅が見られるか否かの検討を行う。

○増幅特性の検討(規模の大きい地震)

伊方発電所で観測した比較的規模の大きい、Noda et al.(2002)の適用が可能な内陸地殻内地震を用いて、『観測記録の応答スペクトル』と『Noda et al.(2002)により推定した応答スペクトル』の比をとって、増幅特性の検討を行う。

○増幅特性の検討(規模の小さい地震)

地震規模の小さい内陸地殻内地震を対象として、地震波の到来方向による特異性について検討を行う。

○増幅特性の検討(規模の大きい地震)

伊方発電所で観測した比較的規模の大きい, Noda et al.(2002)との比較が可能な内陸地殻内地震を用いて、『観測記録の応答スペクトル』と『Noda et al.(2002)により推定した応答スペクトル』の比をとって, 増幅特性の検討を行う。

増幅特性の検討に用いた地震

No.	年月日	地震名	M _{JMA}	深さ (km)	震央距離 (km)	最大加速度 (cm/s ²)	観測地点
1	1995. 01. 17	兵庫県南部地震	7. 3	16	280	2. 1	①
2	1997. 03. 26	鹿児島県北西部の地震	6. 6	12	249	0. 9	①
3	1997. 06. 25	山口県北部の地震	6. 6	8	121	2. 7	①
4	2000. 10. 06	鳥取県西部地震	7. 3	9	220	3. 4	②
5	2005. 03. 20	福岡県西方沖地震	7. 0	9	200	1. 9	②

観測地点①: 3号原子炉補助建屋基礎上端EL+3. 3m

観測地点②: 微小地震計GL-20m

最大加速度はNS・EWの大きい方

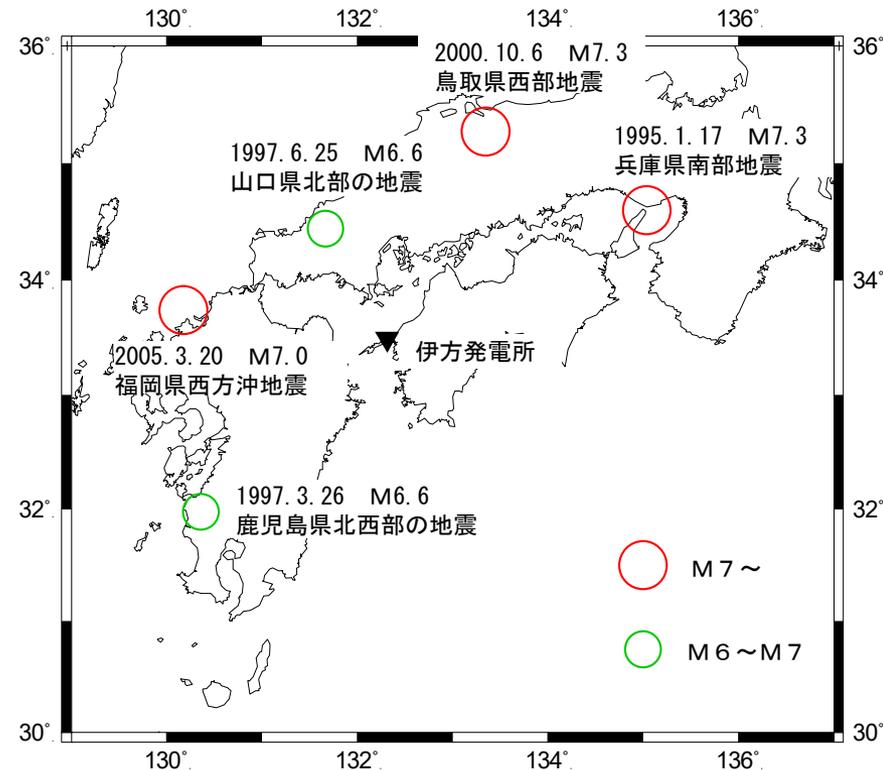
【Noda et al.(2002)が回帰に使用したデータセット】

→ M=5.5~7.0, 等価震源距離 $X_{eq}=28\sim 202$ km

【Noda et al.(2002)が適用性の確認に用いたデータセット】

→ M=5.4~8.1, 等価震源距離 $X_{eq}=14\sim 218$ km

これらを勘案すると, No.1,2,4の地震は震央距離が遠いため, 厳密にはNoda et al.(2002)の適用範囲外。



検討対象地震

評価結果(増幅特性の検討)

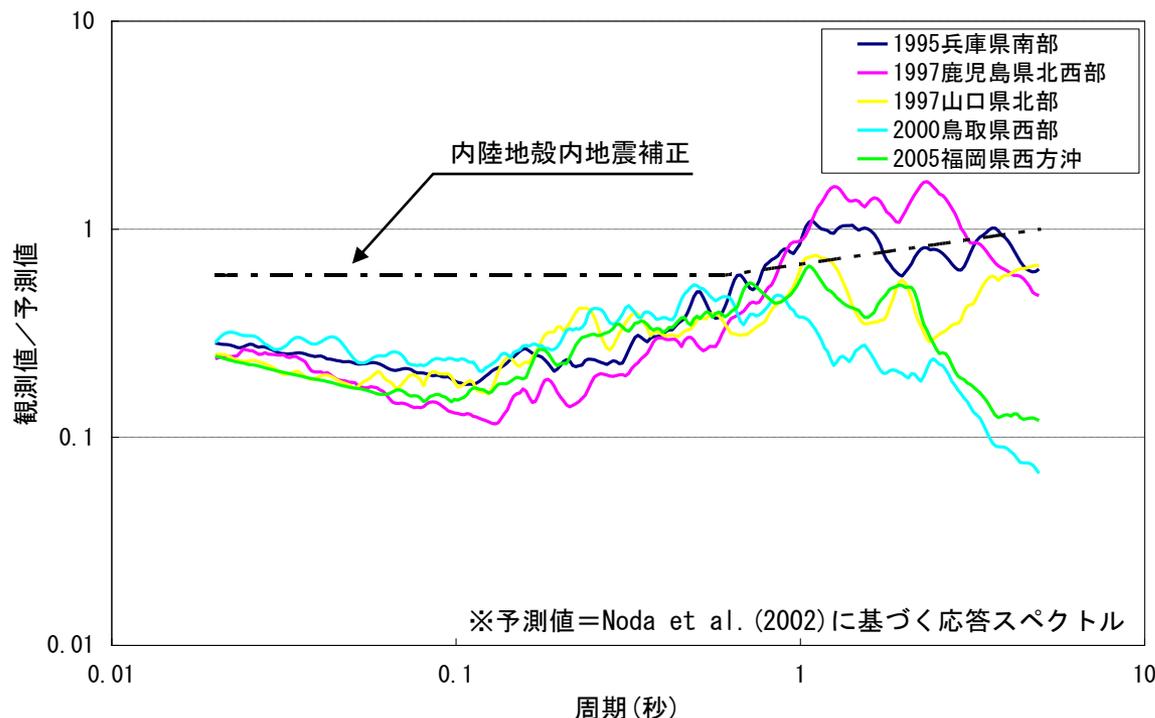
どの地震においても、短周期側では観測値は予測値よりも小さい傾向を示している。観測値が予測値よりも小さい理由としては、

○検討に用いた地震が遠地の地震ばかりであり、観測記録の最大振幅が小さいこと

○サイトの岩盤がNoda et al.(2002)の想定する地盤よりも硬いこと

が挙げられる。

小さい記録ばかりのため断定的なことは言えないが、特異な増幅特性を示す地震はない。

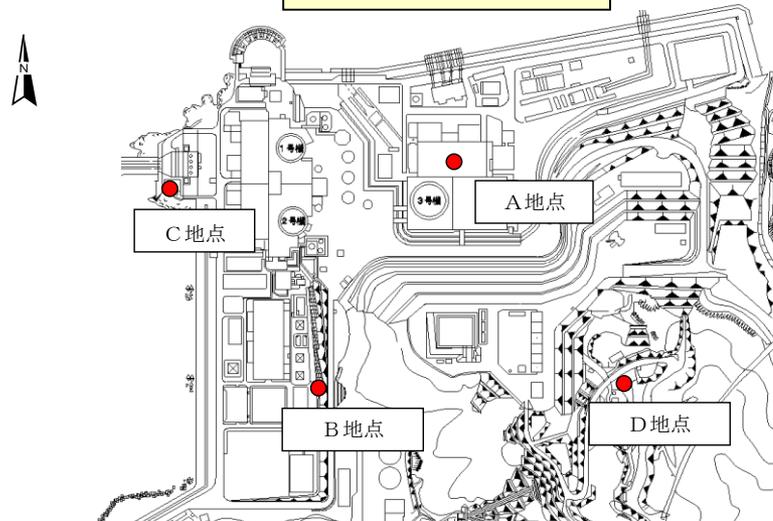


観測記録とNoda et al. (2002)による予測値の比較 (NS・EW平均)

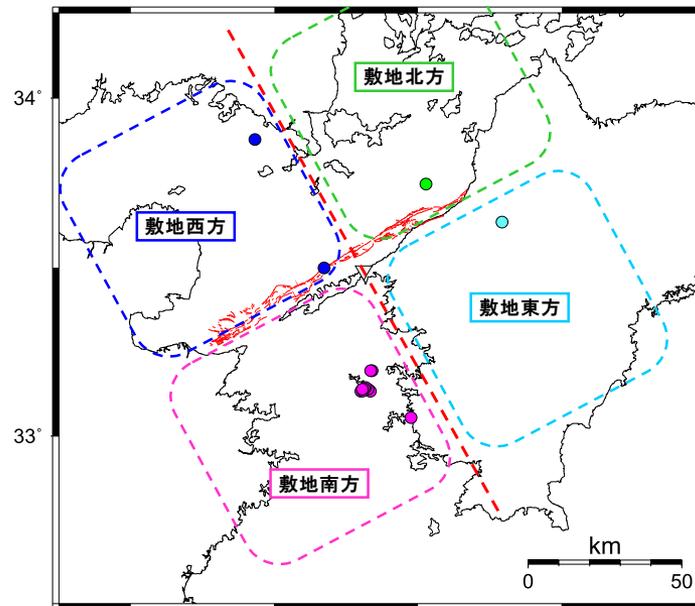
○増幅特性の検討(規模の小さい地震)

微小地震計で観測した地震記録を用いて、地震波の到来方向によって特異性が見られないかの検討を行なった。

地震計設置位置図

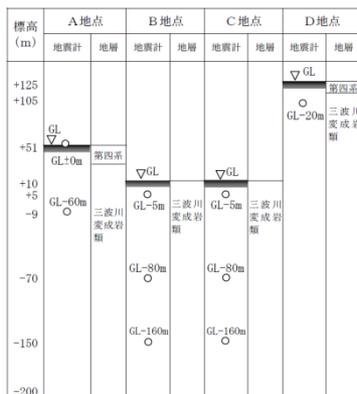


到来方向による増幅特性の検討に用いた地震



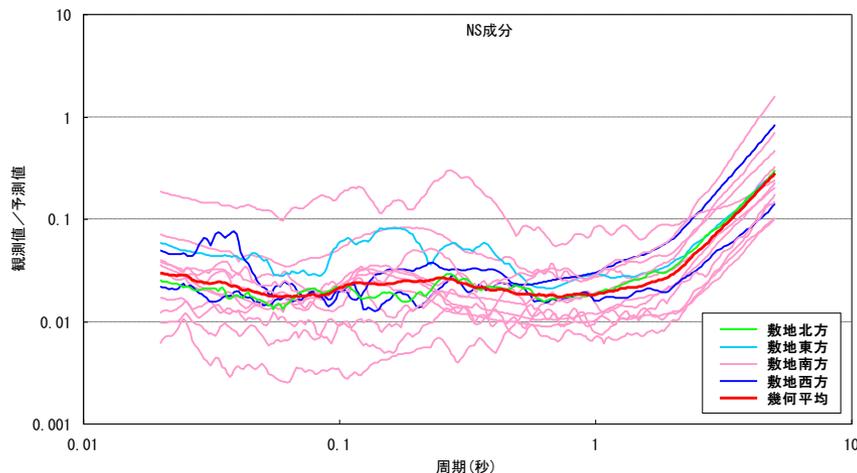
観測点	観測期間
A地点	1975~1982
B地点	1982~1994
C地点	1999~
D地点	1998~

A-C : 強震観測
D : 微小地震観測

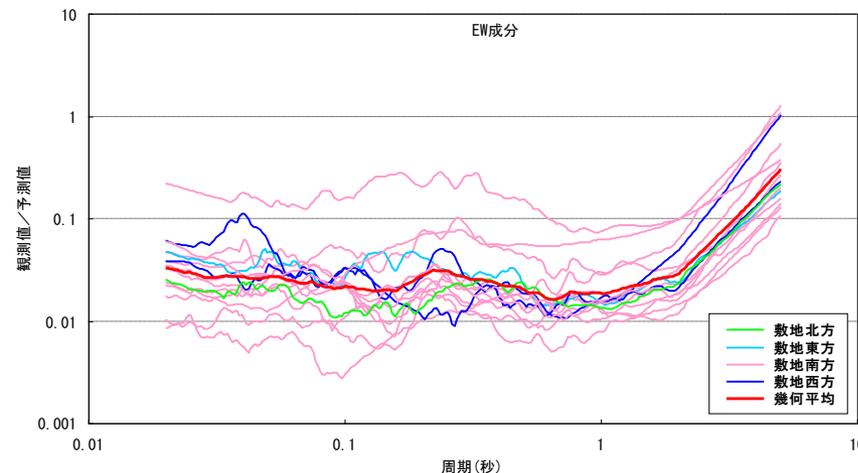


No.	年	月	日	時	分	震央地名	M	震央距離(km)	深さ(km)	最大加速度(cm/s ²)
1	1998	7	27	17	53	豊後水道	4.0	39.30	13.8	0.52
2	1998	9	6	6	6	豊後水道	3.2	39.70	13.3	0.14
3	1999	3	9	2	30	豊後水道	2.9	39.00	14.1	0.16
4	1999	9	1	59		豊後水道	2.2	38.4	11.2	0.03
5	2000	11	4	23	13	豊後水道	3.1	39.7	11.0	0.05
6	2000	12	31	23	37	愛媛県南西部	3.5	47.50	11.4	0.28
7	2001	3	14	20	46	豊後水道	3.2	39.6	11.4	0.11
8	2001	3	21	1	7	伊予灘	2.2	12.90	3.3	0.44
9	2001	4	29	10	13	周防灘	3.2	55.50	14.4	0.13
10	2001	8	14	5	45	豊後水道	2.5	33.00	12.1	0.10
11	2001	8	14	5	54	豊後水道	2.8	33.00	14.2	0.16
12	2002	4	4	17	59	愛媛県南西部	2.8	50.80	15.0	0.19
13	2002	12	6	22	31	豊後水道	2.9	38.70	10.2	0.08
14	2003	3	26	4	8	豊後水道	4.5	38.90	10.0	2.28
15	2003	4	30	16	37	伊予灘	3.0	34.8	7.1	0.13

到来方向による増幅の検討(NS成分)



到来方向による増幅の検討(EW成分)

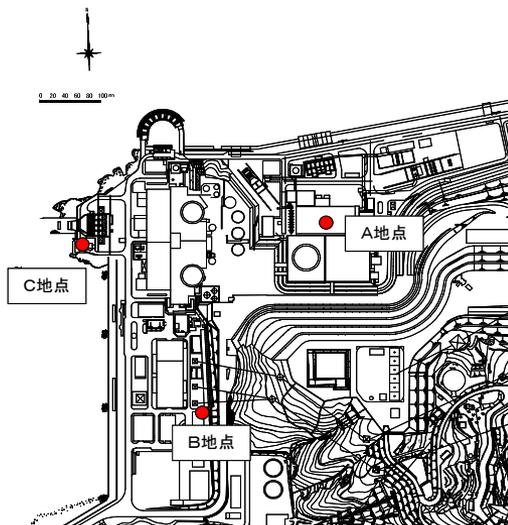


観測記録の応答スペクトルと耐専スペクトルにより推定した応答スペクトルの比をとって増幅特性の検討を行なった。

観測された地震の発生地域を、敷地の北方・東方・南方・西方の4方向に区分けして到来方向による影響を検討したところ、到来方向によって増幅特性が異なるような傾向は確認されなかった。

伊方発電所における地盤系地震計の設置位置，観測期間および主な観測記録を示す。

地震計設置位置図(配置図・柱状図)



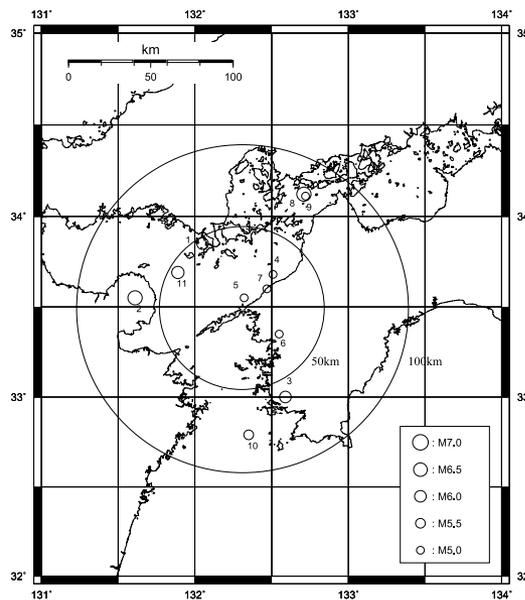
観測点	観測期間
A地点	1975～1982
B地点	1982～1994
C地点	1999～

標高 (m)	A地点		B地点		C地点	
	地震計	地層	地震計	地層	地震計	地層
+51	▽GL	第四系				
	GL±0m					
+10			▽GL		▽GL	
+5			○GL-5m	三波川 変成岩 類	○GL-5m	三波川 変成岩 類
-9	○GL-60m	三波川 変成岩 類				
-70			○GL-80m		○GL-80m	
-150			○GL-160m		○GL-160m	
-200						

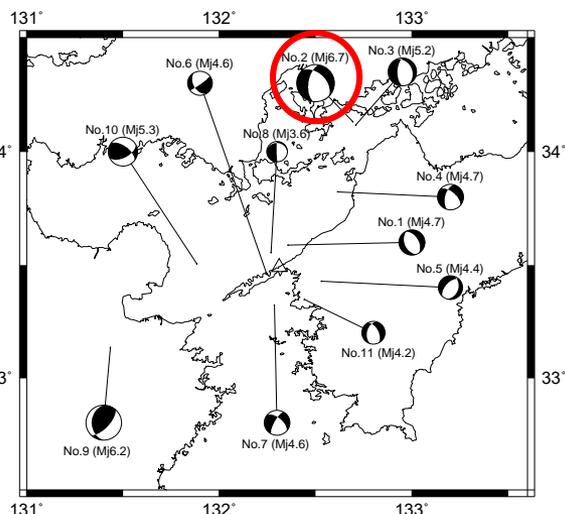
敷地における観測記録

番号	震央位置 又は地震名	発生日時
1	周防灘	1979年 7月13日 17時10分
2	大分県北部	1983年 8月26日 5時23分
3	愛媛県南予	1985年 5月13日 19時41分
4	伊予灘	1988年 7月29日 18時59分
5	伊予灘	1991年 1月 4日 3時36分
6	愛媛県南予	1993年 8月14日 10時29分
7	伊予灘	1993年 8月31日 0時 8分
8	安芸灘 (2001年芸予地震)	2001年 3月24日 15時27分
9	安芸灘	2001年 3月26日 5時40分
10	豊後水道	2001年 4月25日 23時40分
11	伊予灘	2014年 3月14日 2時 6分

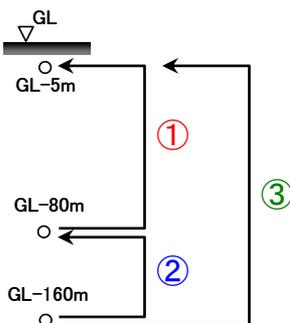
○経験的グリーン関数法による地震動
評価では、
No.9地震 → 内陸地殻内地震およ
び海洋プレート内地震
の要素地震に採用



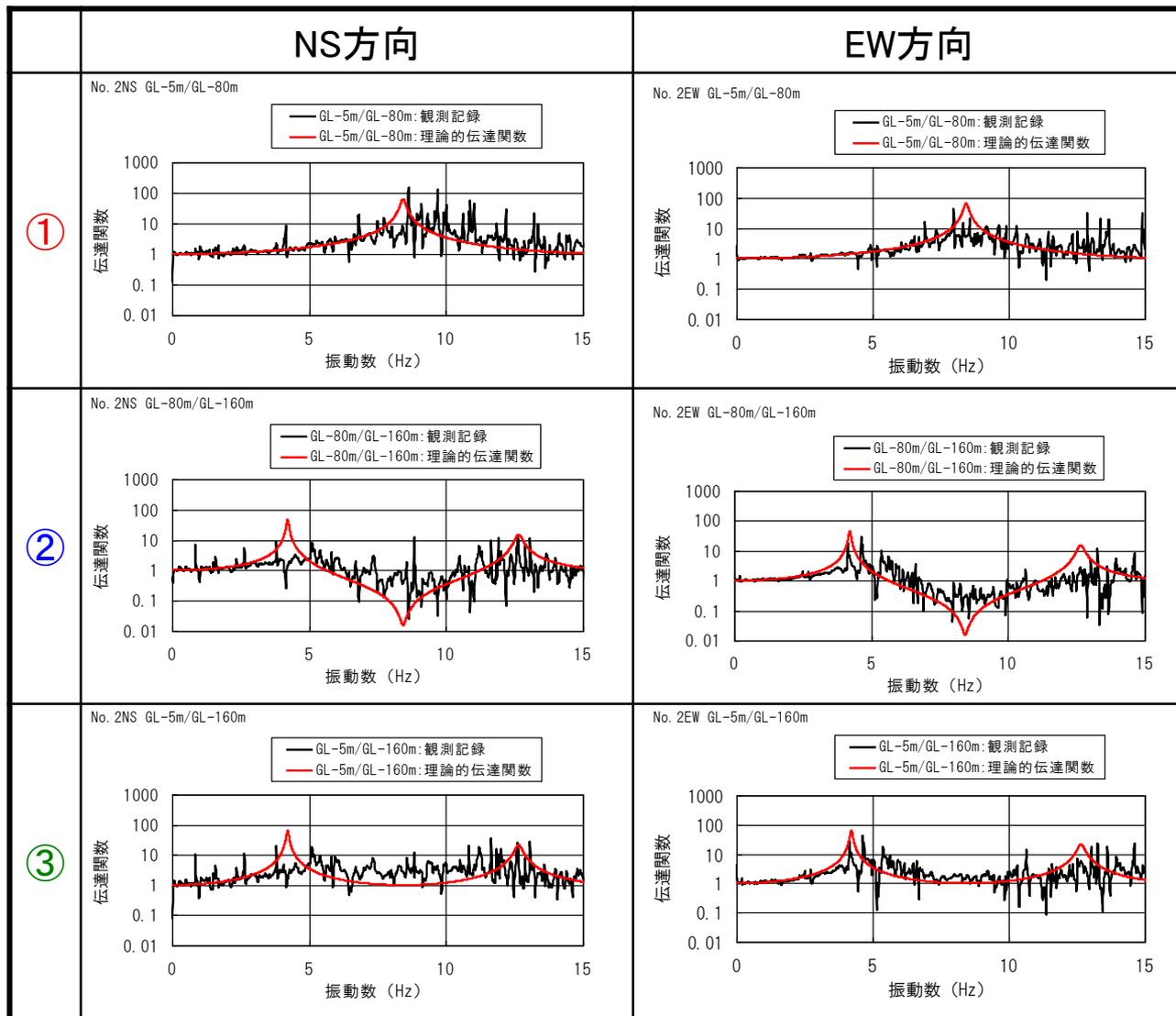
■ 2001.3.24 Mj6.7 安芸灘(2001年芸予地震)における伝達関数の分析



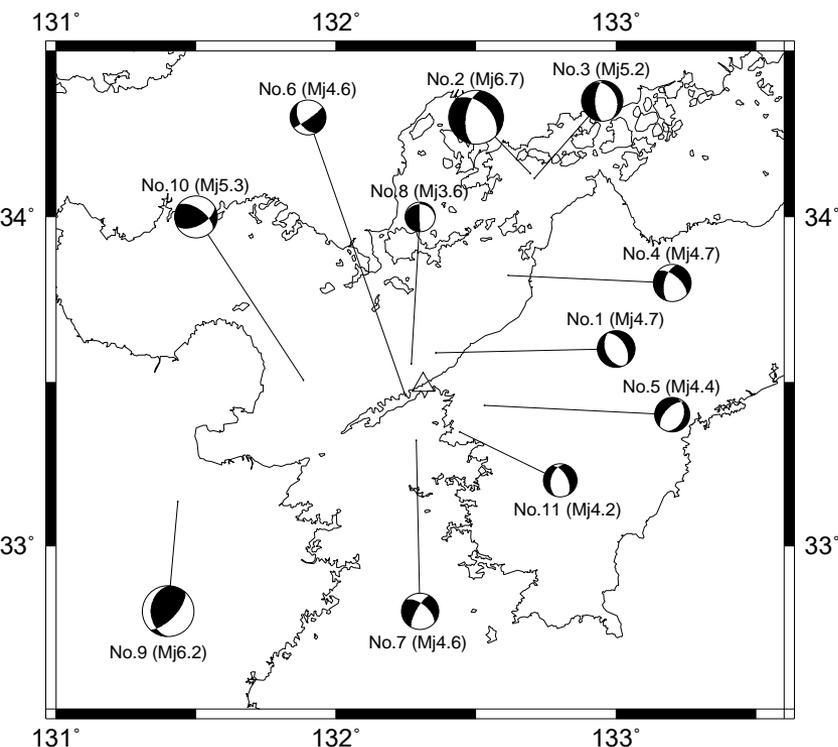
地震位置図



伝達関数検討位置



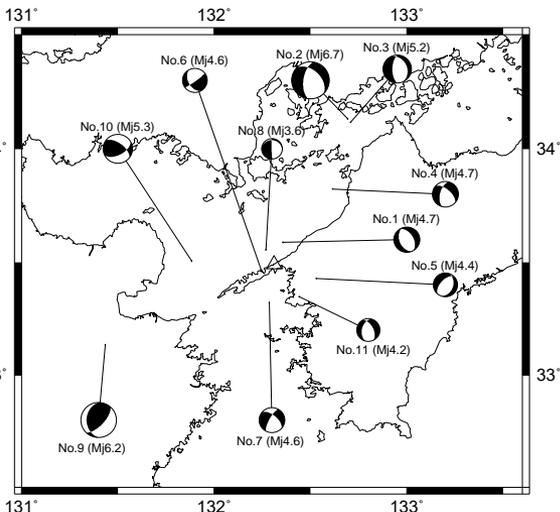
地盤系地震計(C地点)における観測記録のうち、GL -5mの位置における最大加速度が10Gal以上の11地震の記録を平均して伝達関数の検討を行う。



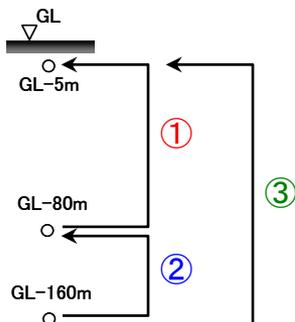
地震の震央位置およびメカニズム解

観測地震の諸元

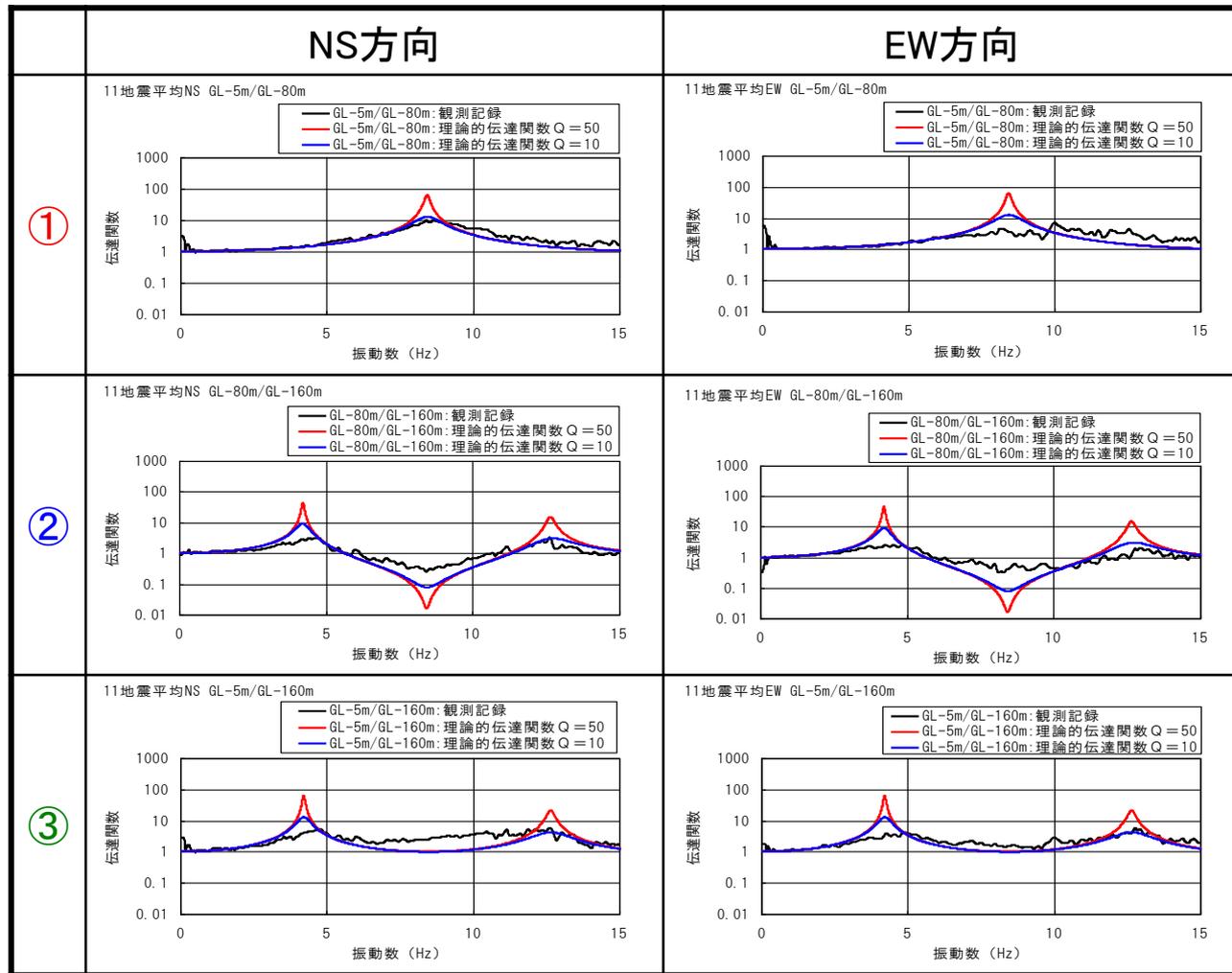
No.	年月日	時刻	北緯	東経	深さ(km)	Mj
1	2001/01/09	13:37	33° 35.3''	132° 21.4''	46	4.7
2	2001/03/24	15:27	34° 07.9''	132° 41.6''	46	6.7
3	2001/03/26	5:40	34° 07.0''	132° 42.5''	46	5.2
4	2002/03/25	22:58	33° 49.4''	132° 36.9''	46	4.7
5	2002/04/06	1:57	33° 25.7''	132° 31.8''	42	4.4
6	2004/04/20	22:26	33° 28.1''	132° 14.6''	48	4.6
7	2005/05/25	20:31	33° 19.4''	132° 17.2''	54	4.6
8	2006/06/06	23:28	33° 33.3''	132° 16.1''	49	3.6
9	2006/06/12	5:01	33° 08.1''	131° 26.1''	146	6.2
10	2006/09/26	7:03	33° 30.3''	131° 53.0''	70	5.3
11	2006/11/19	13:29	33° 20.8''	132° 26.4''	41	4.4



地震位置図



伝達関数検討位置



設定した地盤構造モデルによる理論的伝達関数(図の赤線)は、観測記録の伝達関数とほぼ整合していることを確認した。

なお参考までに、観測記録の伝達関数のピークレベルと整合するQ値を算定すると、10程度と求まる(図の青線)。

深部地盤に起因する地震動の増幅について検証するため、深部ボーリングにより深度2,000mまでの地盤物性を測定するとともに、深井戸で地震観測を実施する。

掘削時に取得する
地盤物性

地震観測データ

地盤構造モデルの精度向上

地盤増幅特性の把握

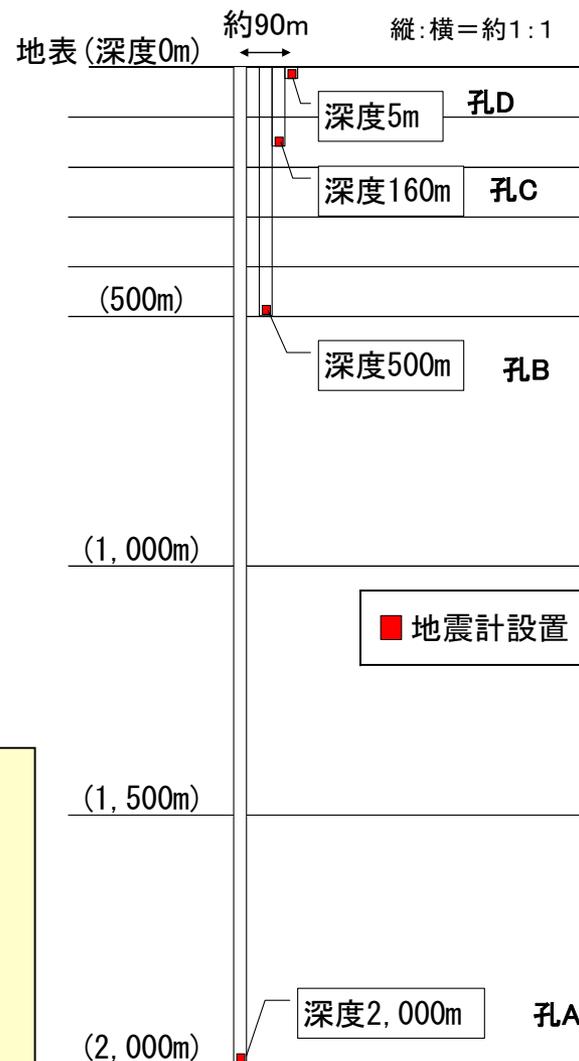
以下の項目からなる深部ボーリング工事を実施

【掘削工事】

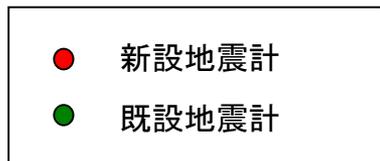
- ・地震計設置を目的とした孔A～Dの4孔の掘削
- ・岩石コアの採取による地質状況の確認

【地盤物性取得】

- ・孔、岩石コアを利用した地盤物性取得

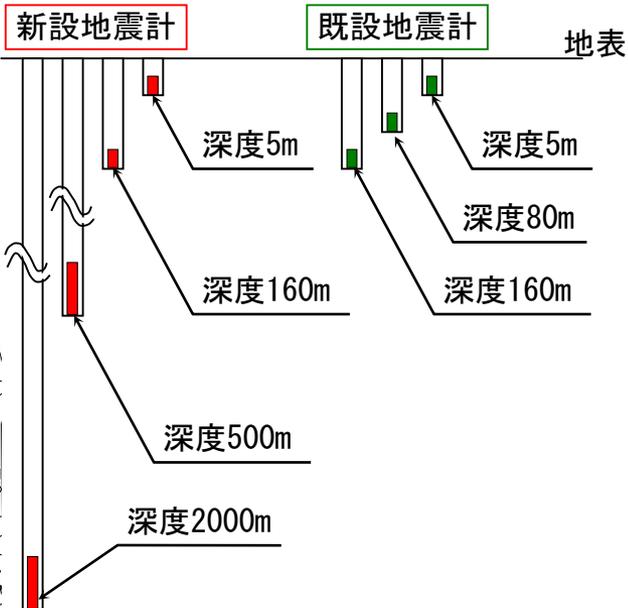


地震計設置断面図



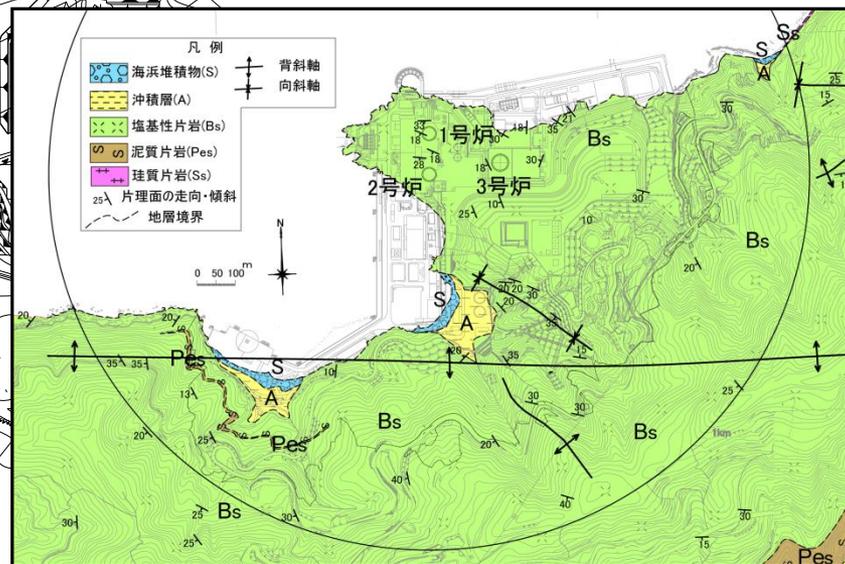
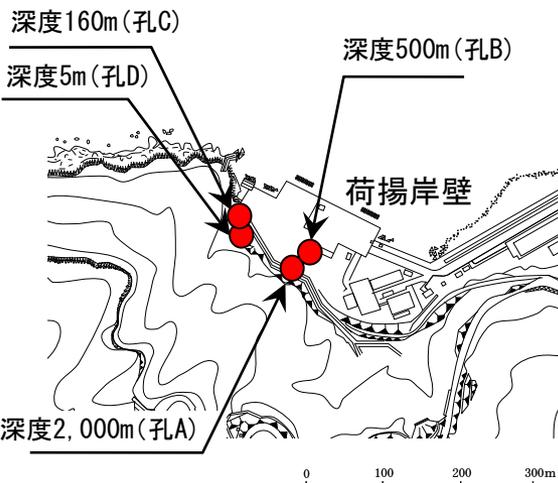
既設地震計

深度 5m, 80m, 160m



深部ボーリング
(新設地震計)

伊予灘



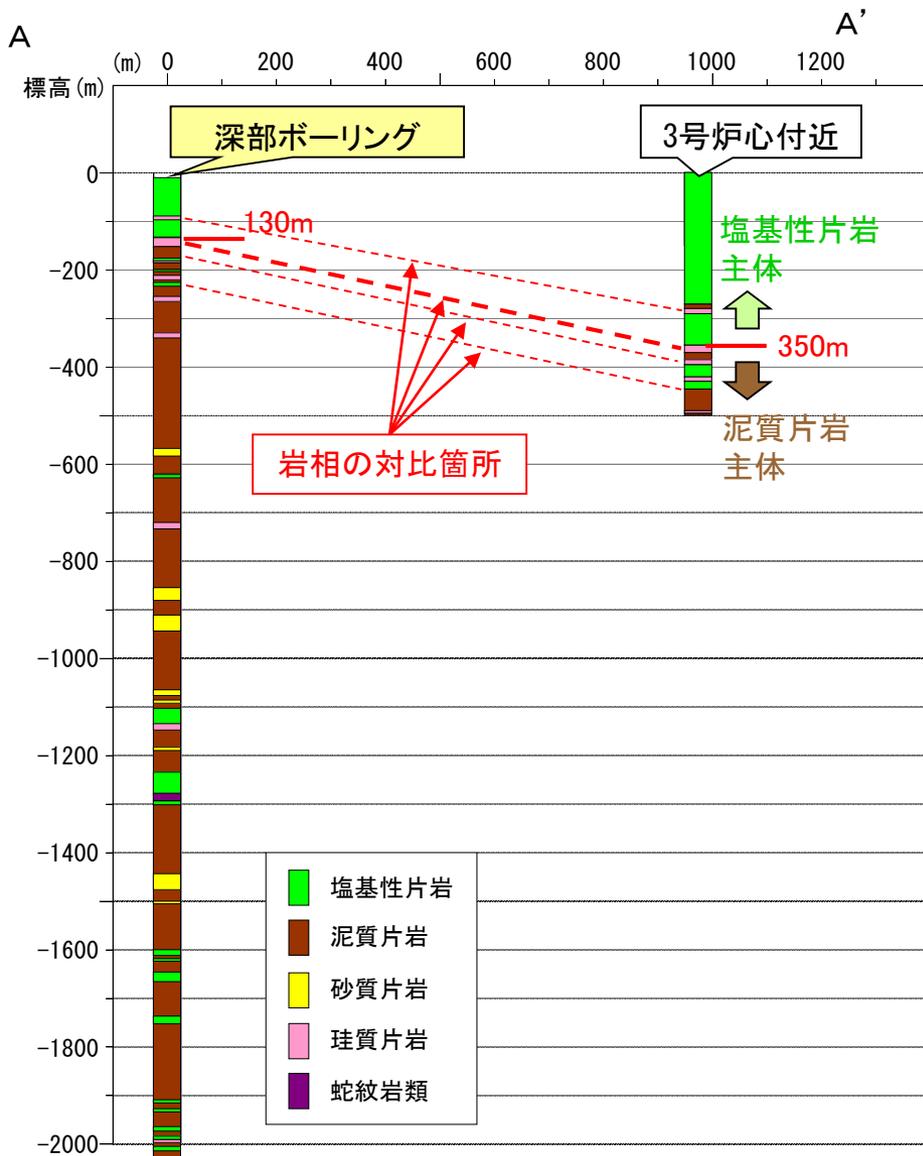
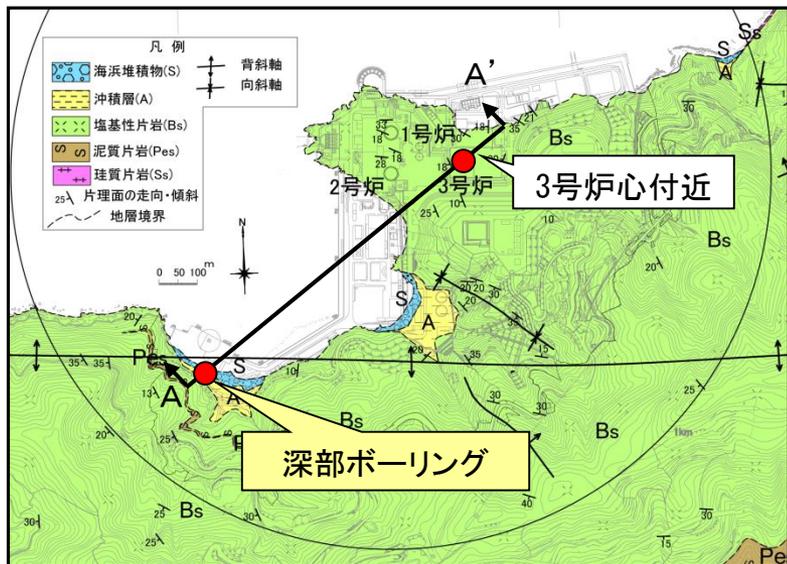
地質・地質構造

- ・岩石コア観察
- ・敷地内地質構造の検討(既存ボーリング調査結果等を踏まえて)
- ・敷地近傍および周辺の地質構造の検討(地表踏査等を含む)

地盤物性

測定方法	測定物性	目的
PS検層 (ダウンホール法)	P波・S波速度 減衰特性	地盤構造モデルの精度向上 (深度方向)
PS検層 (サスペンション法)	P波・S波速度	
密度検層	密度	
オフセット VSP探査	P波速度 (速度構造)	地盤構造モデルの精度向上 (2次元断面)

- ・敷地内のボーリングデータや地表踏査から、地下浅部に広く塩基性片岩が分布することを把握している。
- ・3号炉心付近の500mボーリングと岩相を対比した結果、本調査で確認した荷揚岸壁における泥質片岩主体層の上面(深度約130m)は、3号炉心付近における深度約350mに対比され、境界面は地下深部で北へ緩く傾斜しているものと評価される。



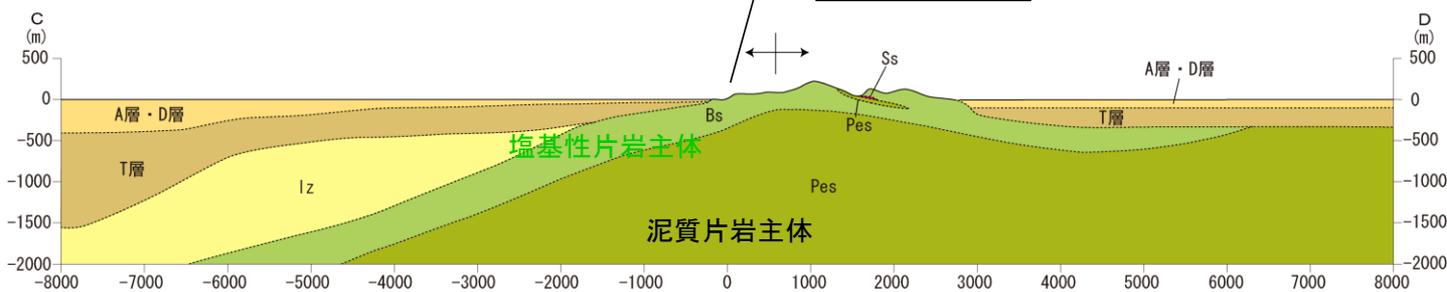
・敷地近傍には広く塩基性片岩露頭が分布し、地下浅部に厚さ数百m程度の塩基性片岩主体層が分布する。

・敷地近傍における地表踏査結果と深部ボーリング調査結果を総合すると、地下深部には泥質片岩主体層が分布し、佐田岬半島に沿って開いた背斜(緩く凸状)を示すと評価される。

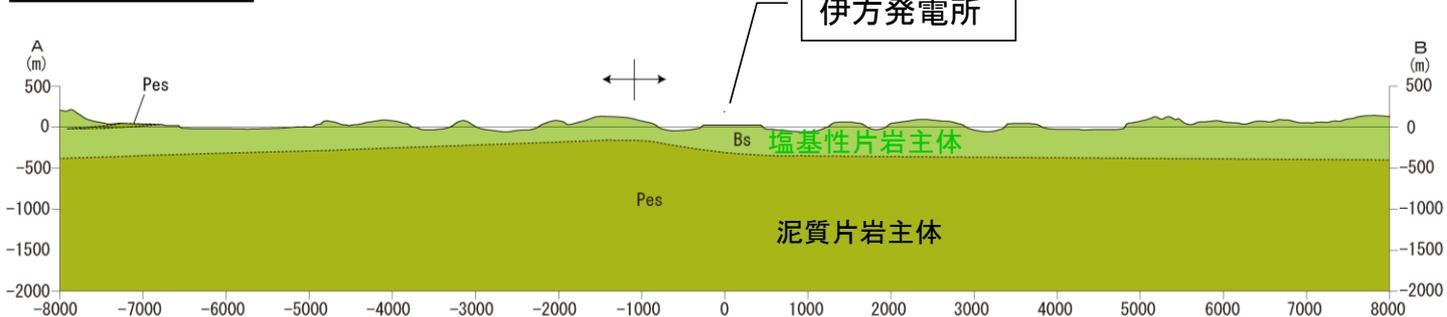


凡例	
	沖積層
	段丘堆積物 (段丘堆積物にはM, H1, H3が含まれる。)
	珪質片岩
	塩基性片岩
	泥質片岩
	和泉層群
	背斜軸
	向斜軸
	断面線
	片理面の走向・傾斜

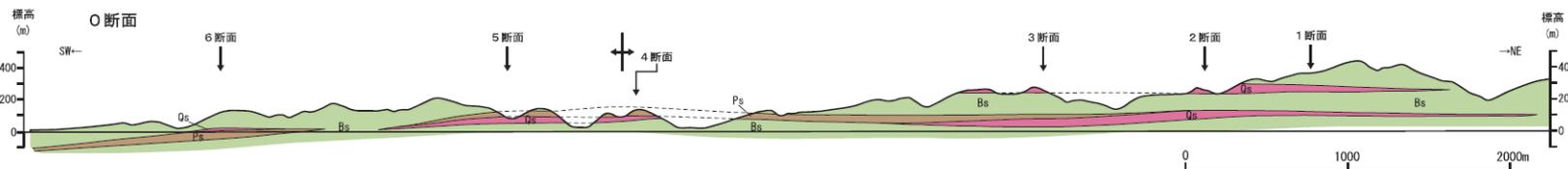
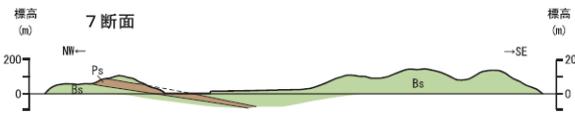
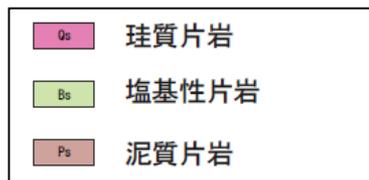
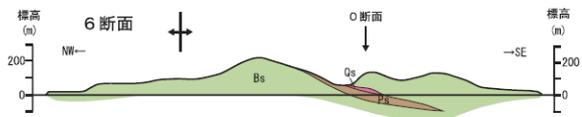
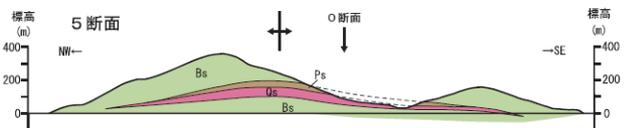
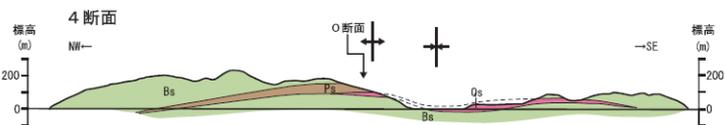
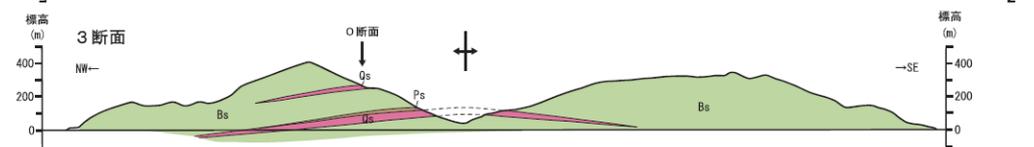
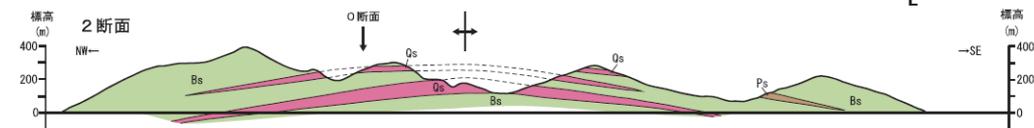
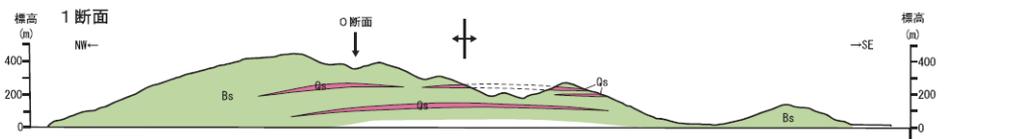
南北断面

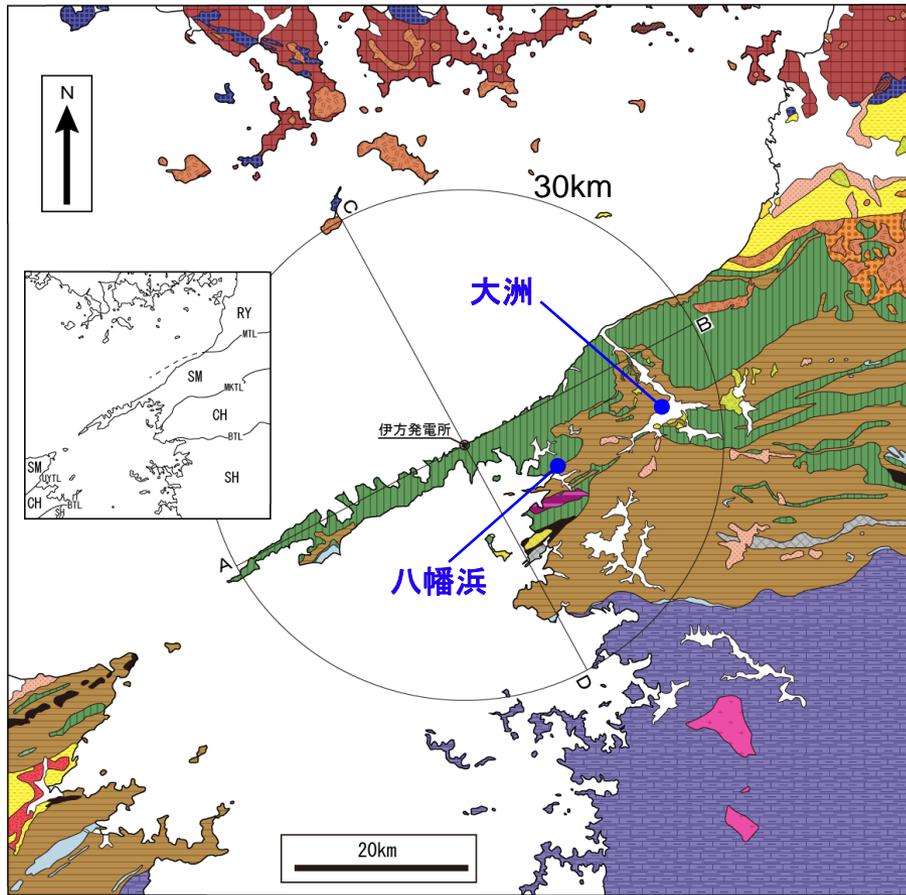


東西断面

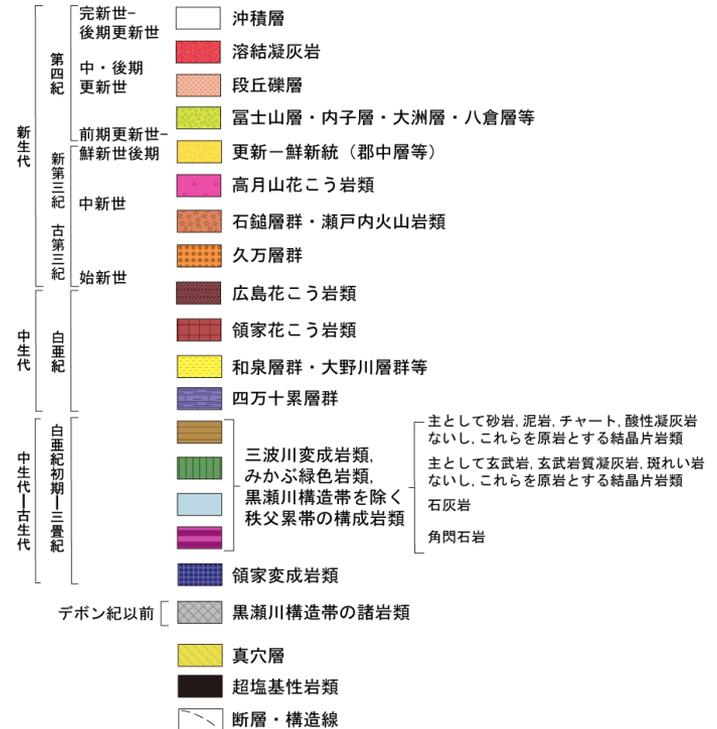


・地表で確認される珪質片岩、泥質片岩の薄層を鍵層として地質断面図を作成し、敷地近傍の三次元的な地質構造がほぼ水平であることを把握している。

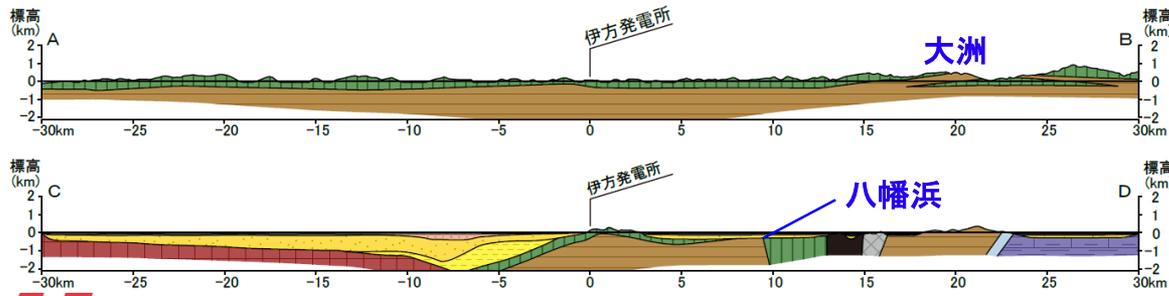




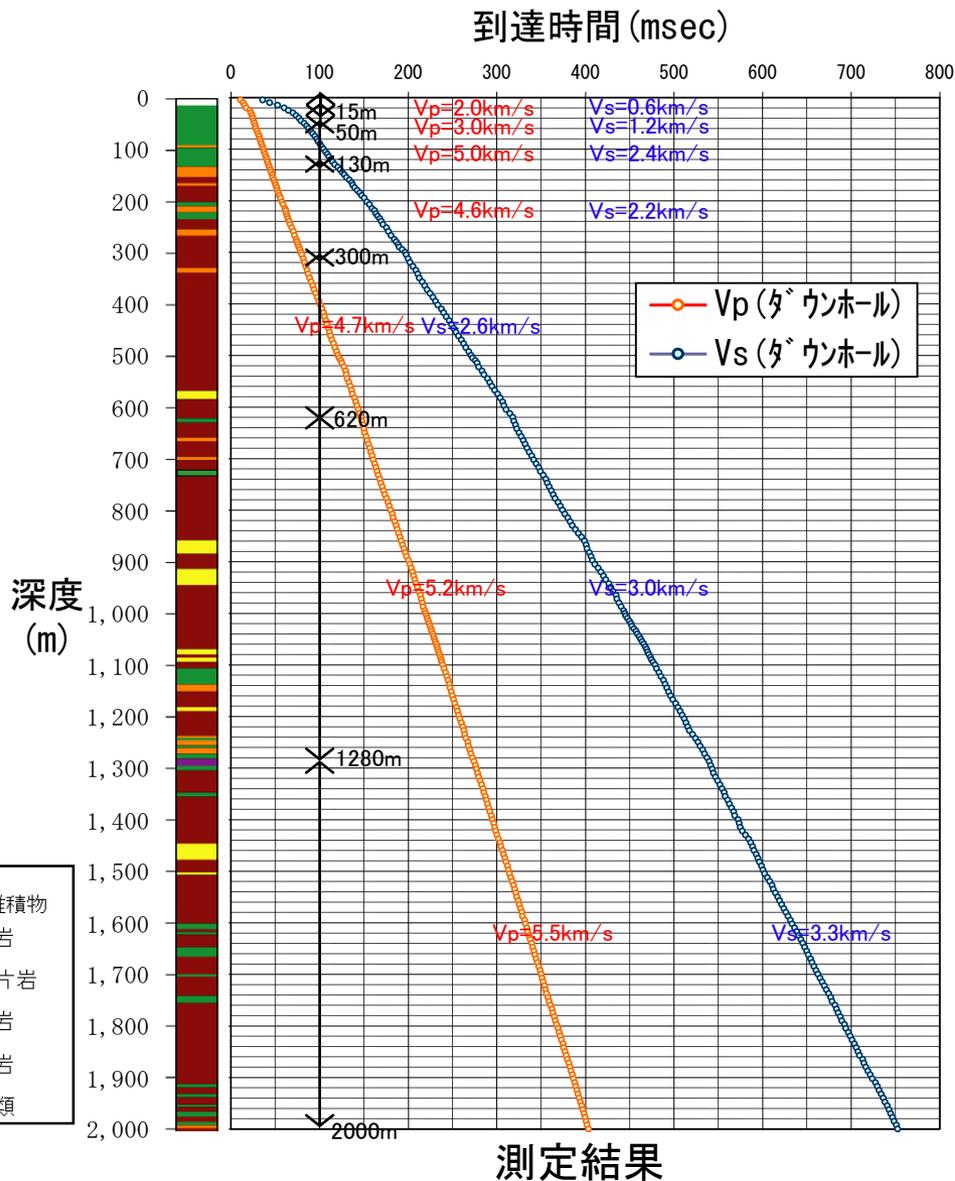
凡例



RY:領家帯 SM:三波川帯
CH:秩父累帯 SH:四万十帯
MTL:中央構造線 MKTL:みかぶ構造線
BTL:仏像構造線 UYTL:臼杵-八代構造線



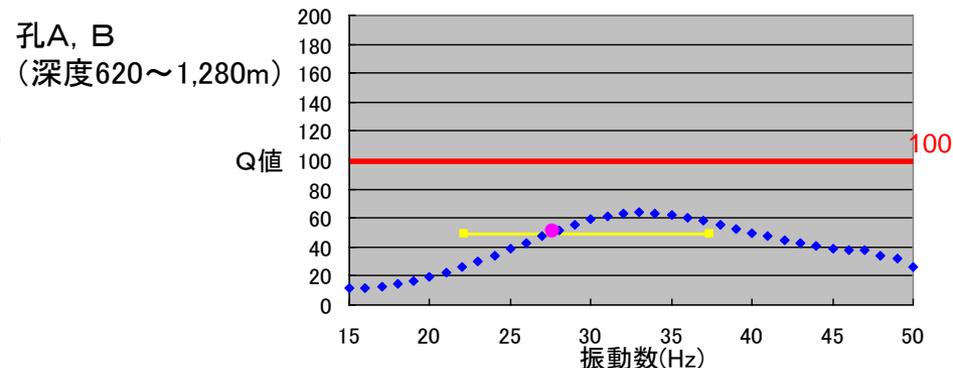
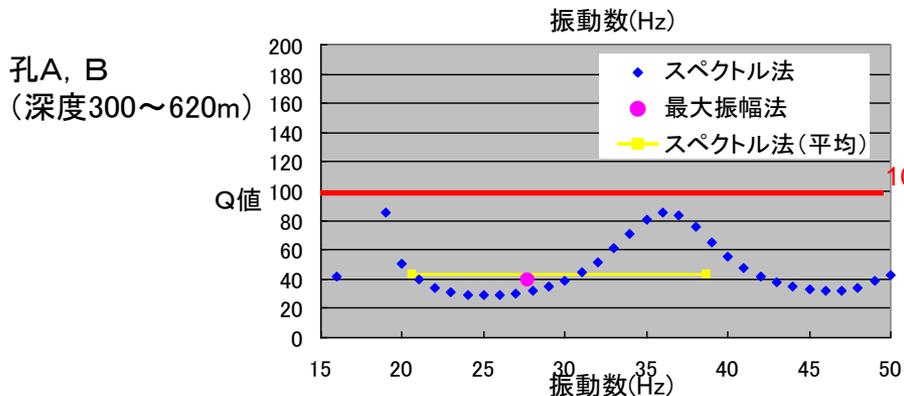
伊方発電所深部の泥質片岩主体層は大洲や八幡浜に分布する泥質片岩層と対比され、地質構造は極めて水平である。



・地下浅部でVs=2km/sを超え、地下深部ではVs=3km/s超の非常に速い速度を示し、深度方向に漸増する。

深度 (m)	Vp (km/s)	Vs (km/s)
~15 (埋立土等)	2.0	0.6
15~50 (風化した塩基性片岩)	3.0	1.2
50~130 (塩基性片岩主体)	5.0	2.4
130~300 (泥質片岩主体)	4.6	2.2
300~620 (泥質片岩主体)	4.7	2.6
620~1280 (泥質片岩主体)	5.2	3.0
1280~2000 (泥質片岩主体)	5.5	3.3

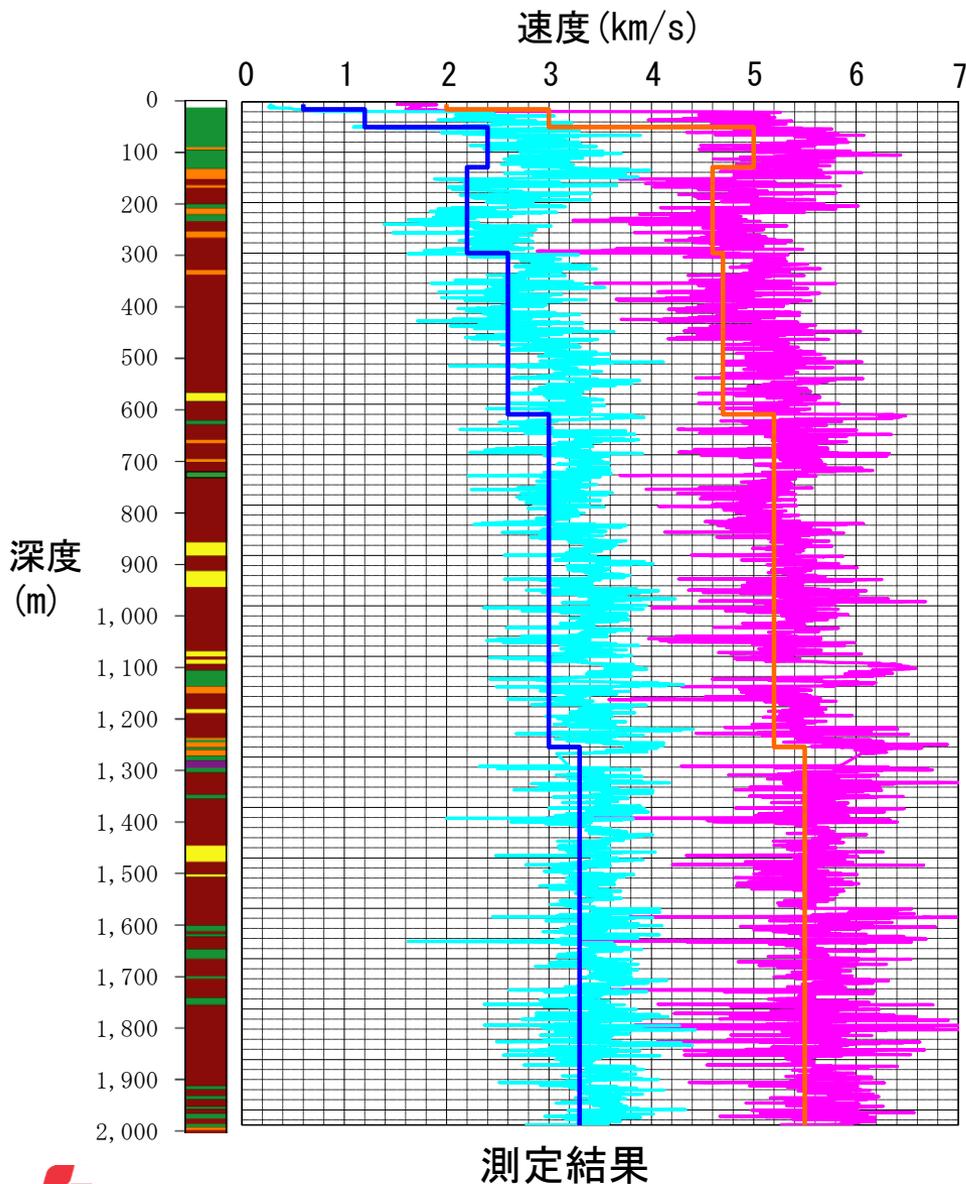
・Q値は深度方向に大きくなる傾向にあり、深度1,280m以浅のQ値は100以下である。



孔	深度 (m)	Q 値			卓越周波数	スペクトル法 評価に用いた 周波数範囲
		最大振幅法	スペクトル法 最大値	スペクトル法 平均値 ^{※1}		
A, B	15~130	6.3 ^{※2}	6.3 ^{※2}	6.3 ^{※2}	26.3	20~38
	130~300	18.8	発散	36.9	26.1	18~38
	300~620	38.7	85.6	42.3	27.7	21~39
	620~1280	50.0	63.8	48.3	27.7	22~37
	1,280~2,000	101.8	発散	163	28.5	24~38

※1: スペクトル法の平均値は、卓越周波数における振幅スペクトルの $1/\sqrt{2}$ 以上の振幅スペクトルを示す周波数範囲において得られたQ値を調和平均して求めた。Q値は減衰係数 α の逆数から決定されることから、Q値の平均を評価するにあたり、逆数の平均である調和平均を用いた。

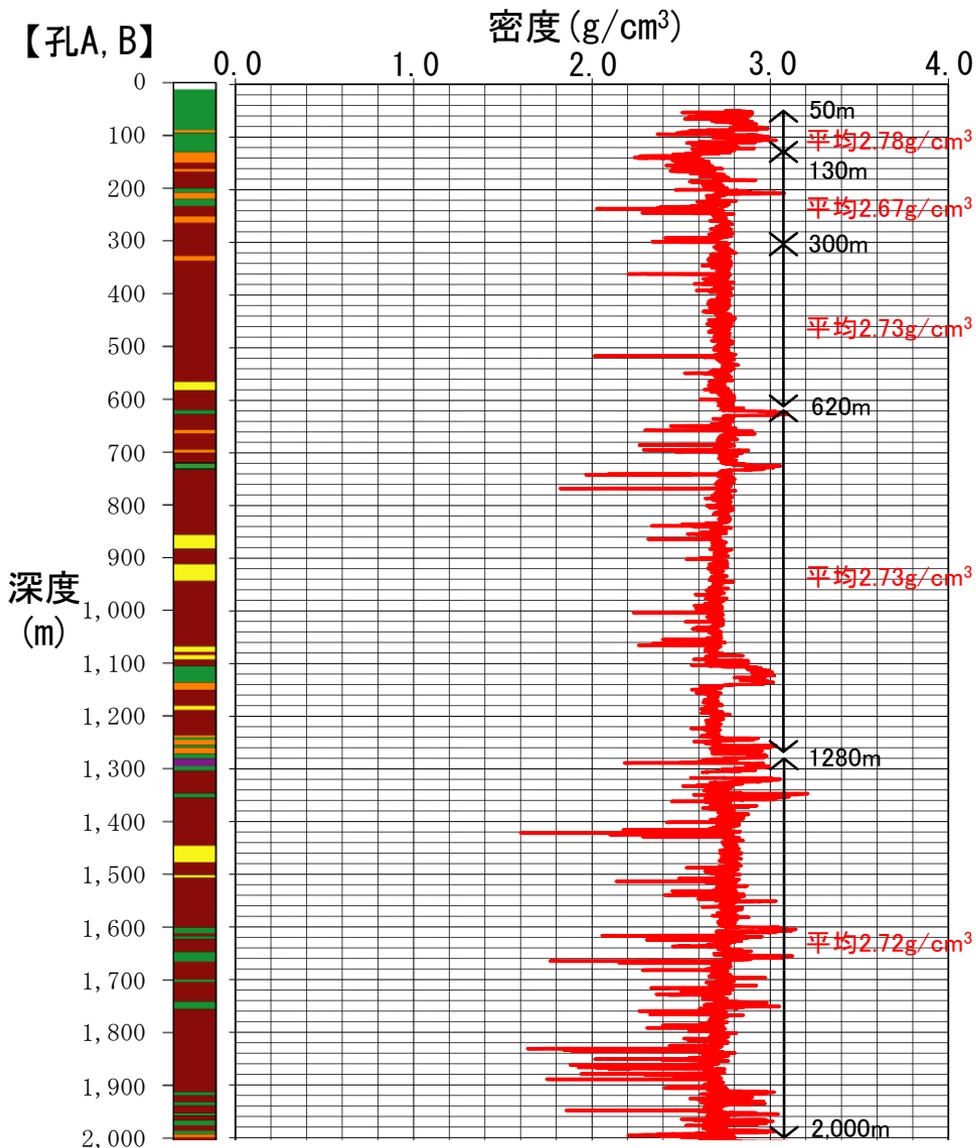
※2: Q値の適用範囲を考慮して下限を6.3($\cong 2\pi$)とした。



- ・ダウンホール法およびサスペンション法による速度値はほぼ同等である。
- ・地下浅部から地下深部まで非常に速い速度 ($V_s=2.2\sim 3.3\text{km/s}$) を示し、深度方向に漸増するものの、地震動増幅の要因となるインピーダンス比は小さい。
- ・深度2,000mは地震基盤 ($V_s=3.5\text{km/s}$) に相当する。

- Vp (サスペンション法)
- Vs (サスペンション法)
- Vp (ダウンホール法)
- Vs (ダウンホール法)

- 埋立土・未固結堆積物
- 泥質片岩
- 塩基性片岩
- 砂質片岩
- 珪質片岩
- 蛇紋岩類



・密度は2.7～3.0g/cm³を示し、岩種に応じてやや変化するものの、深度方向への大局的な増減傾向は認められない。

- 埋立土・未固結堆積物
- 泥質片岩
- 塩基性片岩
- 砂質片岩
- 珪質片岩
- 蛇紋岩類

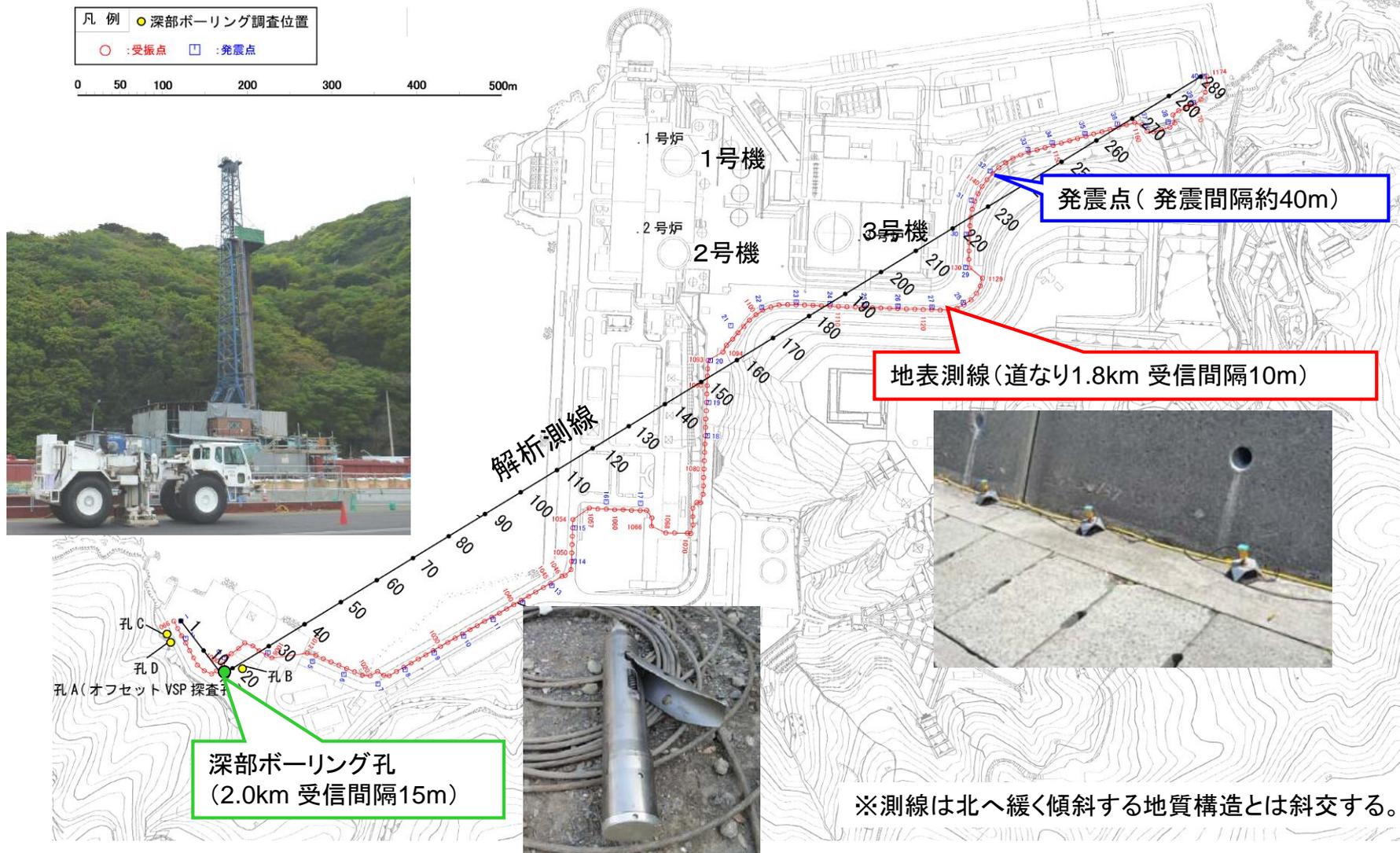
測定結果



(耐震バックチェックにおける地盤構造モデルでは深度0～2,000mで密度3.0g/cm³)

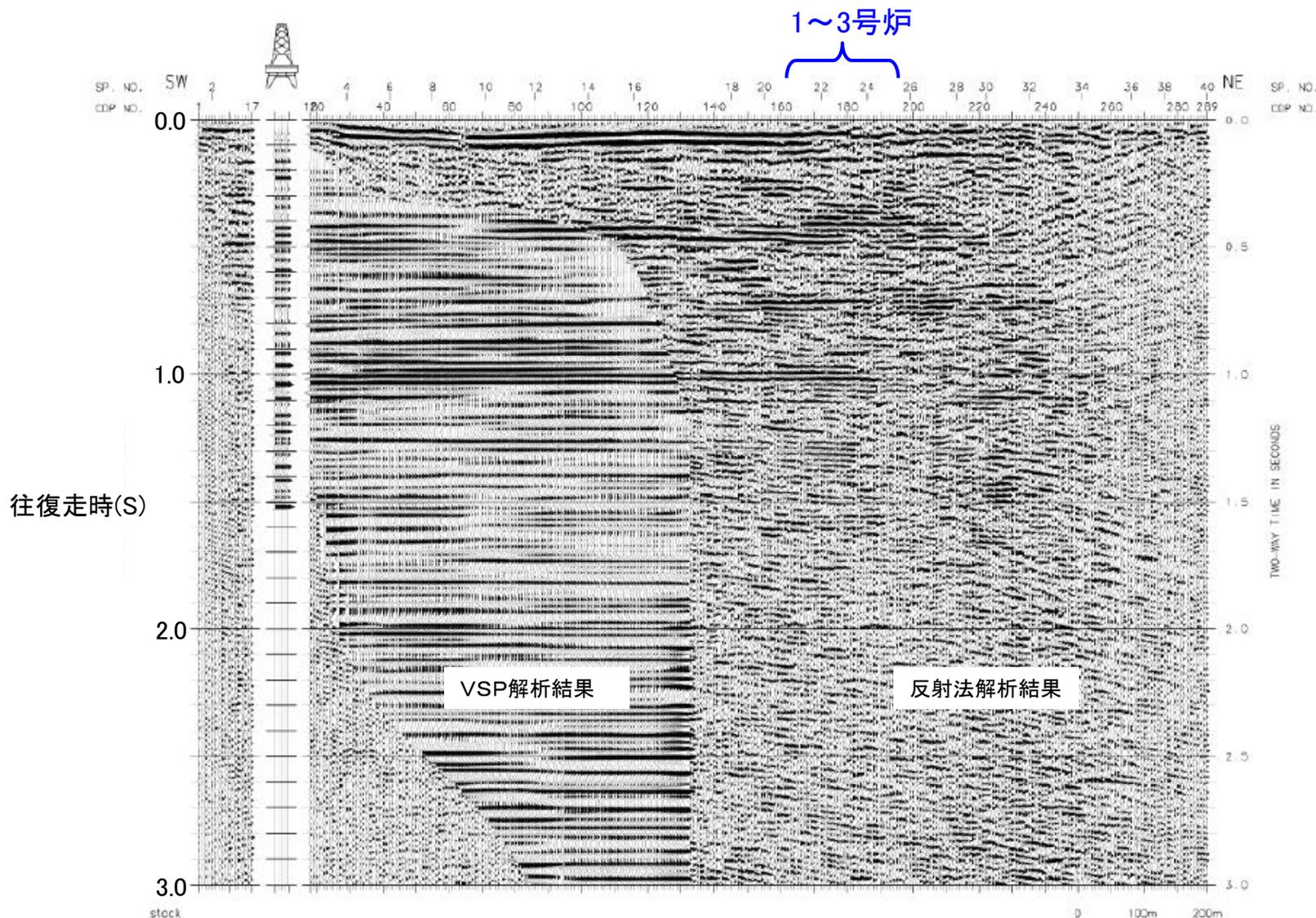
オフセットVSP探査測線図

・孔A(深度2,000m)と3号炉心付近とを結ぶ測線でオフセットVSP探査(Vertical Seismic Profiling : 鉛直地震探査)を行い、反射法解析、VSP解析、トモグラフィ解析により敷地の速度構造について検討した。



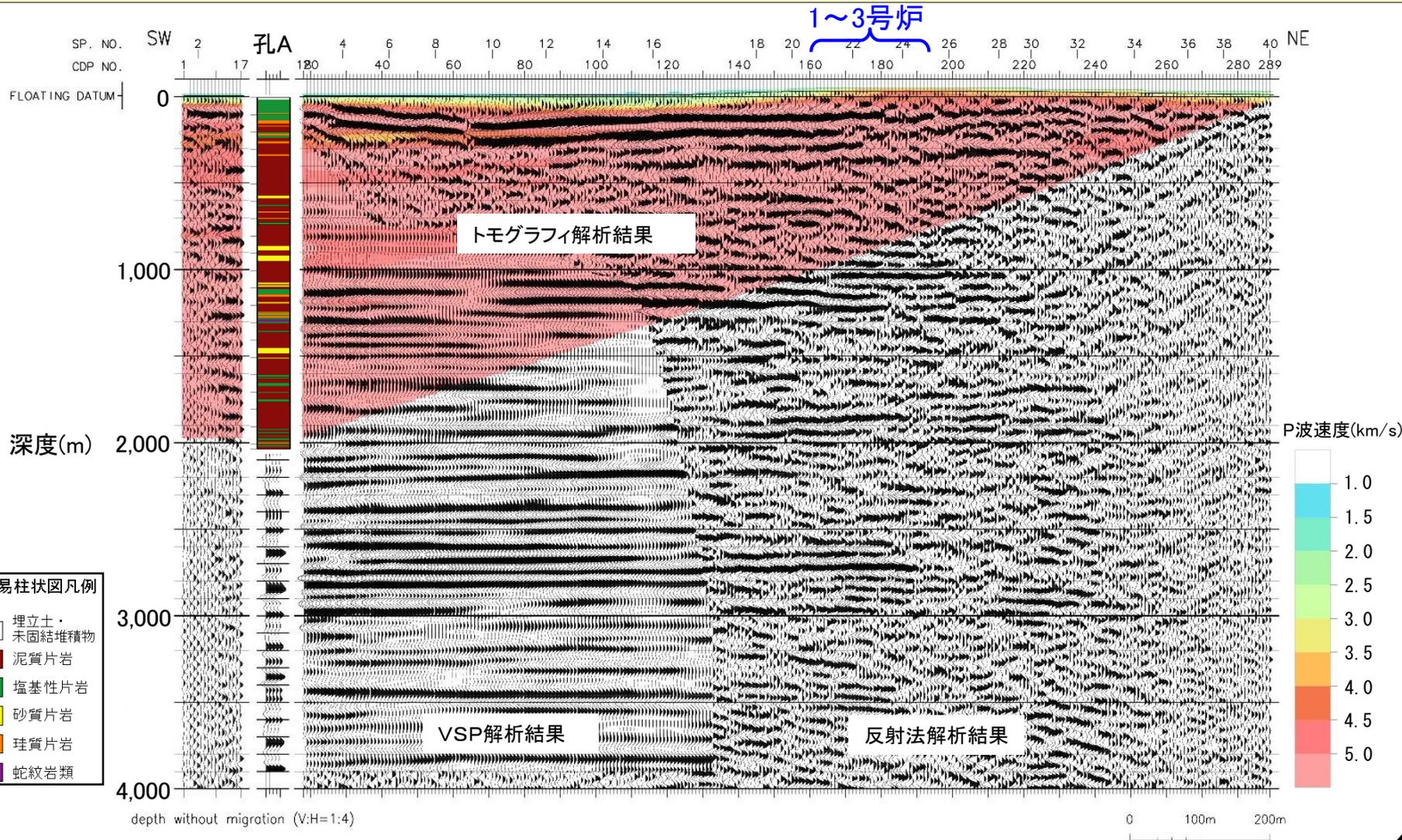
オフセットVSP探査結果(時間断面)

・地下深部までほぼ水平な反射面が連続し、地震動の特異な増幅の要因となる褶曲構造は認められず、敷地の地盤の速度構造は水平成層かつ均質と評価される。1～3号炉の下方に水平な反射面が連続し、各々の地下構造に差は認められない。



オフセットVSP探査結果(深度断面)

・敷地の地盤は極浅部を除けば $V_p=5\text{km/s}$ を上回る。地震動の特異な増幅の要因となる低速度域及び褶曲構造は認められず、敷地の地盤の速度構造は水平成層かつ均質と評価される。1~3号炉の下方に水平な反射面が連続するとともに $V_p=5\text{km/s}$ 以上で均質であり、各々の地下構造に差は認められない。



- ・地震観測記録の分析によると、敷地の浅部地盤（GL-160m～地表間）による増幅はほとんどなく、到来方向によって増幅特性が異なるような傾向も確認されない。
- ・敷地近傍には広く塩基性片岩露頭が分布し、地下浅部に厚さ数百m程度の塩基性片岩主体層が分布する。地下深部には泥質片岩主体層が分布し、佐田岬半島に沿って開いた背斜（緩く凸状）を示す。敷地近傍の三次元的な地質構造はほぼ水平であり、敷地の地質構造としては地下深部で北へ緩く傾斜しているものと評価される。
- ・地下浅部から地下深部まで非常に速い速度（ $V_s=2.2\sim 3.3\text{km/s}$ ）を示し、深度方向に漸増するものの、地震動増幅の要因となるインピーダンス比は小さい。深度2,000mは地震基盤（ $V_s=3.5\text{km/s}$ ）に相当する。
- ・オフセットVSP探査結果によると、地下深部までほぼ水平な反射面が連続し、地震動の特異な増幅の要因となる低速度域及び褶曲構造は認められず、敷地の地盤の速度構造は水平成層かつ均質と評価される。また、1～3号炉の各々の地下構造に差は認められない。
- ・これまで情報量の少なかった深度200mから地震基盤（深度2,000m）の地盤物性データを充実させ、地下構造を原因とする顕著な地震動の増幅がないことを確認できた。
- ・今後、深度2,000m孔を用いた鉛直アレー観測、さらには既設地震計を加えた水平アレー観測を行い、地震観測記録を蓄積して地盤増幅特性の評価をさらに高度化し、信頼性向上に努めていく。

地震動評価に用いる地盤構造モデル

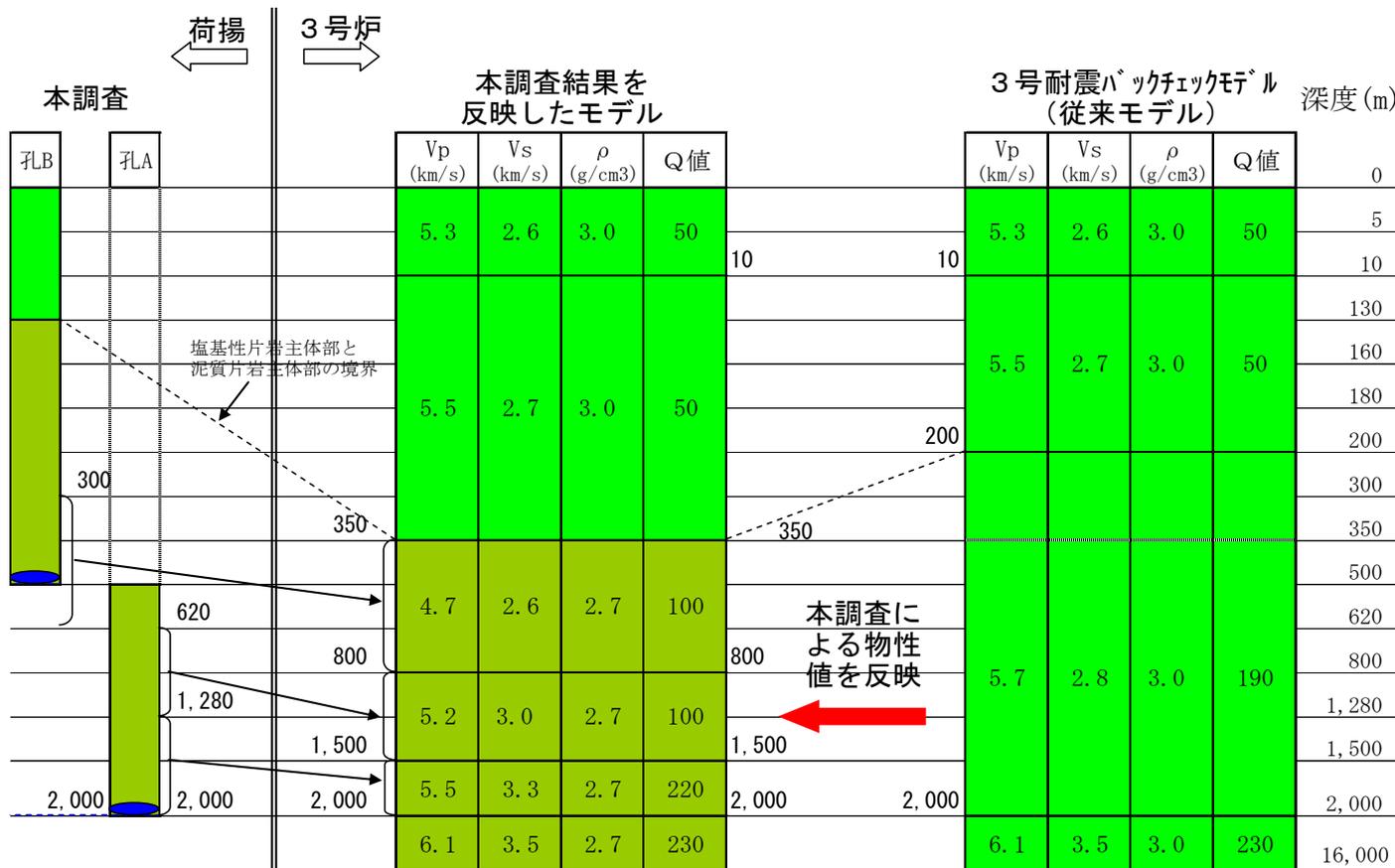
地震動評価に用いる地盤構造モデルは大深度ボーリングにおける地質調査結果を反映したものとする。

大深度ボーリング

3号炉心

【凡例】

-  : 地震計設置位置
-  : 塩基性片岩主体層
-  : 泥質片岩主体層



←解放基盤表面 (標高10m)

←地震基盤 (地下2km)

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 全体構成

1. 敷地周辺の地震発生様式

2. 活断層の分布状況

3. 敷地地盤の評価

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震の選定

「1. 敷地周辺の地震発生様式」, 「2. 活断層の分布状況」を踏まえ、敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震を選定する。

内陸地殻内地震

敷地前面海域の断層群による地震
(中央構造線断層帯)

海洋プレート内地震

1649年安芸・伊予の地震(M6.9)

プレート間地震

南海トラフの巨大地震
(M9.0 内閣府検討会 陸側ケース)

基本震源モデルの設定

内陸地殻内地震

中央構造線断層帯と別府-万年山断層帯が連動する480kmを基本震源モデルの長さとするが、部分破壊も考慮することとし、130km, 54kmについても評価を行う。

海洋プレート内地震

地震発生位置の不確かさを考慮して敷地真下での発生を想定し、地震規模としては既往最大の規模であるM7.0(1854年伊予西部)を採用する。

プレート間地震

内閣府検討会(2012)の南海トラフの巨大地震(陸側ケース)(M9.0)を採用する。

地震動評価(審査ガイドに従い種々の不確かさを考慮して評価)

(EGF: 経験的グリーン関数法, SGF: 統計的グリーン関数法)

内陸地殻内地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルを基本に、その他距離減衰式も踏まえた評価を実施する。

断層モデルを用いた手法による評価

EGFにより評価を行う。しかし、観測記録は海洋プレート内地震であるため、SGFによる影響評価も実施し、EGFによる結果との比較・検証を行う。

海洋プレート内地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルにより評価を行う。

断層モデルを用いた手法による評価

EGFにより評価を行う。

プレート間地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルにより評価を行う。

断層モデルを用いた手法による評価

SGFにより評価を行う。

6章「基準地震動の策定」
に反映

5. 震源を特定せず策定する地震動

6. 基準地震動の策定

検討用地震の地震動評価は、「**応答スペクトルに基づいた地震動評価**」および「**断層モデルを用いた手法による地震動評価**」の双方を実施。

➤ 応答スペクトルに基づいた地震動評価手法について

- ・解放基盤表面における水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ・水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ・震源の拡がりを考慮できること
- ・地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できることから、**Noda et al. (2002)の方法を用いることを基本とする。**

➤ 断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について

○内陸地殻内地震

- ・敷地で地震観測を実施しており、周期5秒程度まで信頼性のある観測記録が得られていることから、「**経験的グリーン関数法**」により評価を行うこととする。
- ・しかしながら観測記録は海洋プレート内地震であるため、「**統計的グリーン関数法**」でも評価し、「**経験的グリーン関数法**」と比較・検証することとする。

○海洋プレート内地震

- ・敷地で地震観測を実施しており、周期5秒程度まで信頼性のある観測記録が得られていることから、「**経験的グリーン関数法**」により評価を行うこととする。

○プレート間地震

- ・内閣府検討会と同じ「**統計的グリーン関数法**」で評価する。

検討用地震の選定 ー選定対象とした地震の整理ー

被害地震から敷地で震度5弱程度以上と推定される地震を選定

- 684年 土佐その他南海・東海・西海諸道の地震(M8_{1/4})
- 1707年 宝永地震(M 8.6)
- 1854年 安政南海地震(M 8.4)
- 1498年 日向灘の地震(M 7_{1/4})
- 1649年 安芸・伊予の地震(M 6.9)
- 1854年 伊予西部の地震(M 7.0)
- 1968年 豊後水道の地震(M 6.6)

敷地に影響を及ぼす可能性のある活断層・地震の選定

当社調査から選定

- 中央構造線断層帯による地震
・敷地前面海域の断層群
・伊予断層
- 宇和海F-21断層による地震
- 五反田断層による地震

その他の評価から選定

- 中央構造線断層帯による地震
・金剛山地東縁ー伊予灘 L=約360km
・石鎚山脈北縁西部ー伊予灘 L=約130km
- 別府湾ー日出生断層帯による地震
- 中央構造線断層帯と別府湾ー日出生断層帯の連動 L=約480km
- 上関断層(F-15)
- 上関断層(F-16)
- 想定南海地震(地震調査研究推進本部 M 8.4)
- 想定南海地震(中央防災会議 M 8.6)
- 南海トラフの巨大地震(内閣府検討会 M 9.0)
- 日向灘の地震(地震調査研究推進本部 M 8.0[※])
- 九州の深い地震(M 7.3)
- 日向灘の浅い地震(M 7.4)
- アウターライズ地震(M 7.4)

※ 日向灘地震の地震規模は、日向灘及び南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価(第二版)を踏まえてM8.0を代表して記載

地震発生様式毎に整理

内陸地殻内地震

- 内陸地震として、以下の地震を選定
- 中央構造線断層帯による地震
・敷地前面海域の断層群
・伊予断層
 - 金剛山地東縁ー伊予灘 L=約360km
 - 石鎚山脈北縁西部ー伊予灘 L=約130km
 - 別府湾ー日出生断層帯による地震
 - 中央構造線断層帯と別府湾ー日出生断層帯の連動 L=約480km
 - 宇和海F-21断層による地震
 - 五反田断層による地震
 - 上関断層(F-15)
 - 上関断層(F-16)

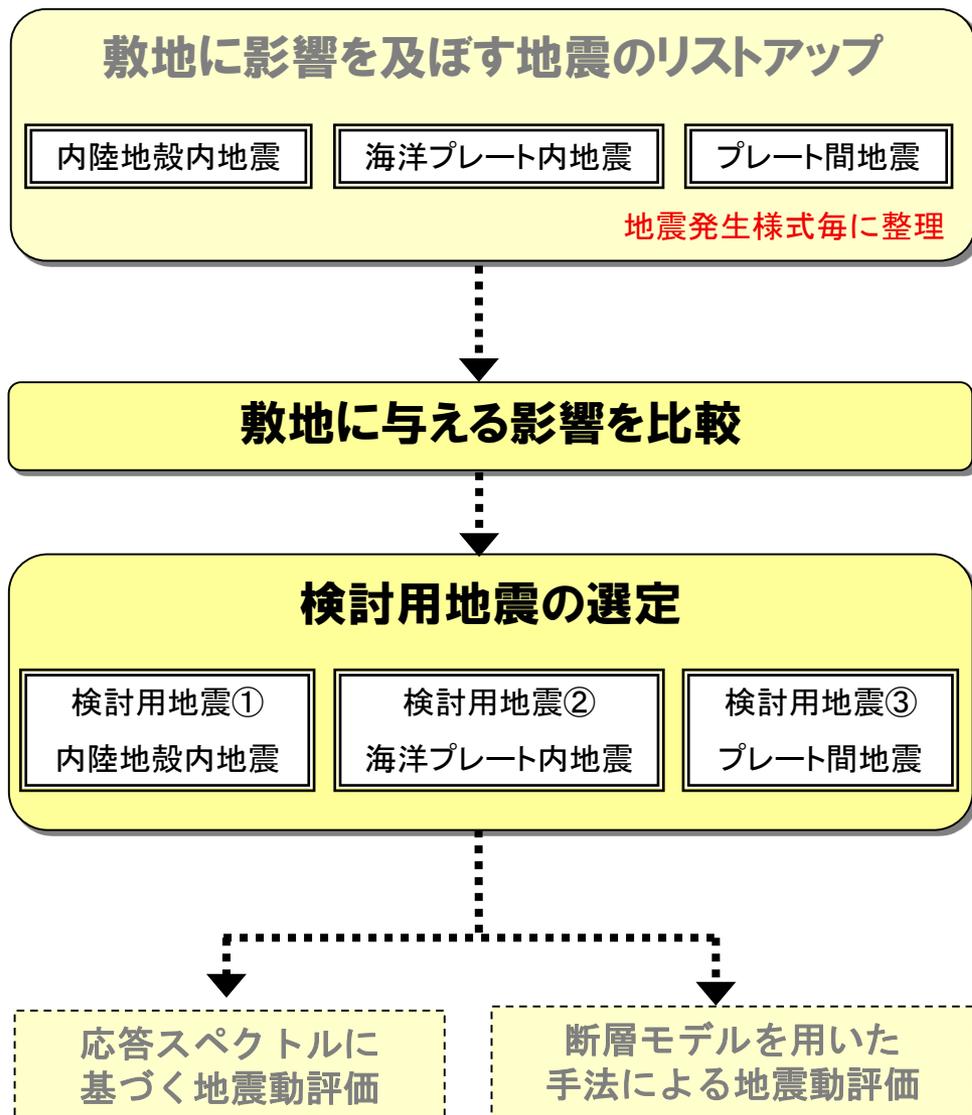
海洋プレート内地震

- 海洋プレート内地震として、以下の地震を選定
- 1649年 安芸・伊予の地震(M 6.9)
 - 1854年 伊予西部の地震(M 7.0)
 - 1968年 豊後水道の地震(M 6.6)
 - 九州の深い地震(M 7.3)
 - 日向灘の浅い地震(M 7.4)
 - アウターライズ地震(M 7.4)

プレート間地震

- プレート間地震として、以下の地震を選定
- 684年 土佐その他南海・東海・西海諸道の地震(M8_{1/4})
 - 1707年 宝永地震(M 8.6)
 - 1854年 安政南海地震(M 8.4)
 - 想定南海地震(地震調査研究推進本部 M 8.4)
 - 想定南海地震(中央防災会議 M 8.6)
 - 南海トラフの巨大地震(内閣府検討会 M 9.0)
 - 1498年 日向灘の地震(M 7_{1/4})
 - 日向灘の地震(地震調査研究推進本部 M 8.0)

検討用地震の選定 ー選定の流れー



○リストアップ方針

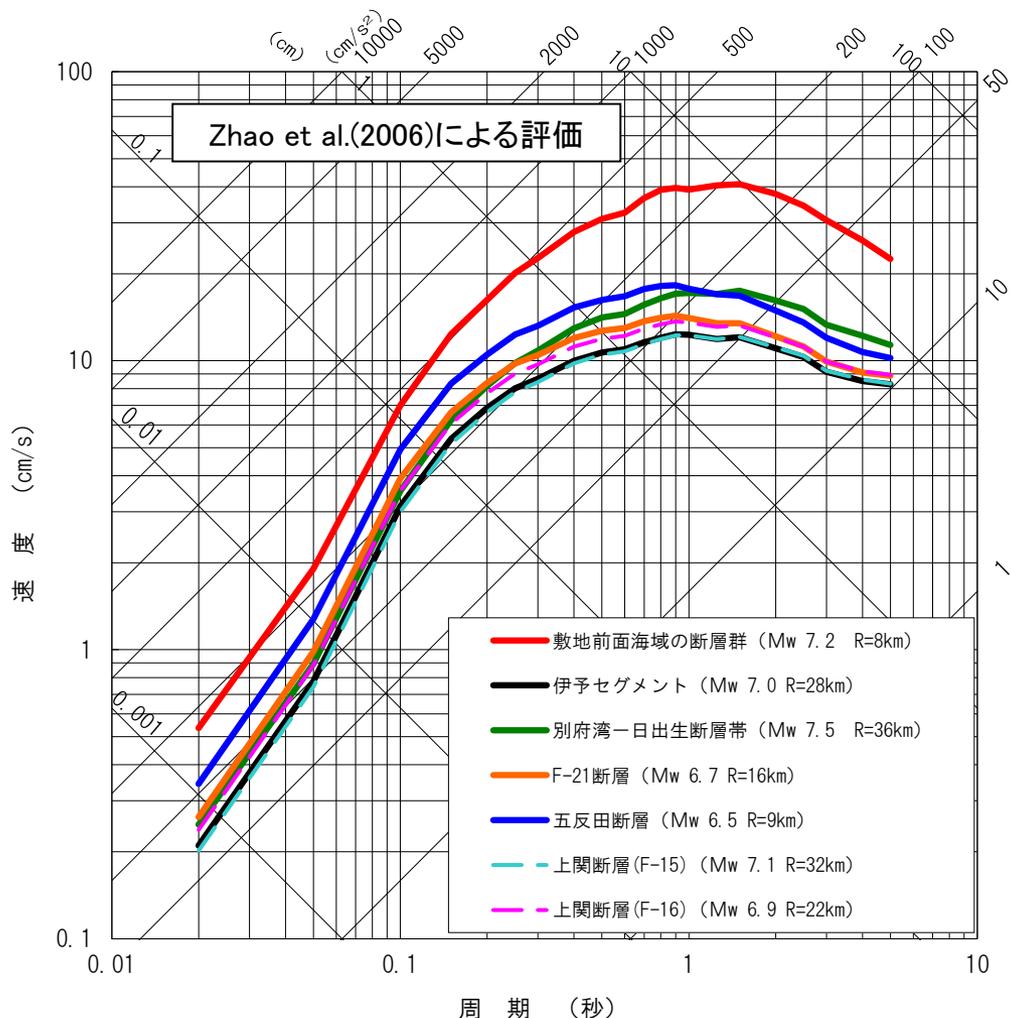
- ①敷地に影響を及ぼす可能性のある活断層・地震
- ②被害地震から敷地で震度5弱程度以上と推定される地震

○地震発生様式毎に距離減衰式を用いて、敷地で予想される地震動を比較

○距離減衰式には、断層近傍のデータを用いており、地震発生様式を考慮できることから Zhao et al.(2006)を使用

○地震発生様式毎に最も影響の大きい地震を検討用地震として選定する

【内陸地殻内地震】



R:断層最短距離

地震規模は基本的に断層長さから松田式で設定する。ただし五反田断層は、審査ガイドに示される「震源を特定せず策定する地震動」の考え方に鑑み、 $M_w 6.5$, $M_0 = 7.5 \times 10^{18} [N \cdot m]$ の地震規模を想定した。

中央構造線断層帯による地震は、敷地前面海域の断層群 (L=54km) で代表させて検討



敷地前面海域の断層群 (L=54km) による地震が、五反田断層やF-21断層による地震など、他の敷地周辺の断層による地震と比較して、敷地により大きな影響を与えることを確認。



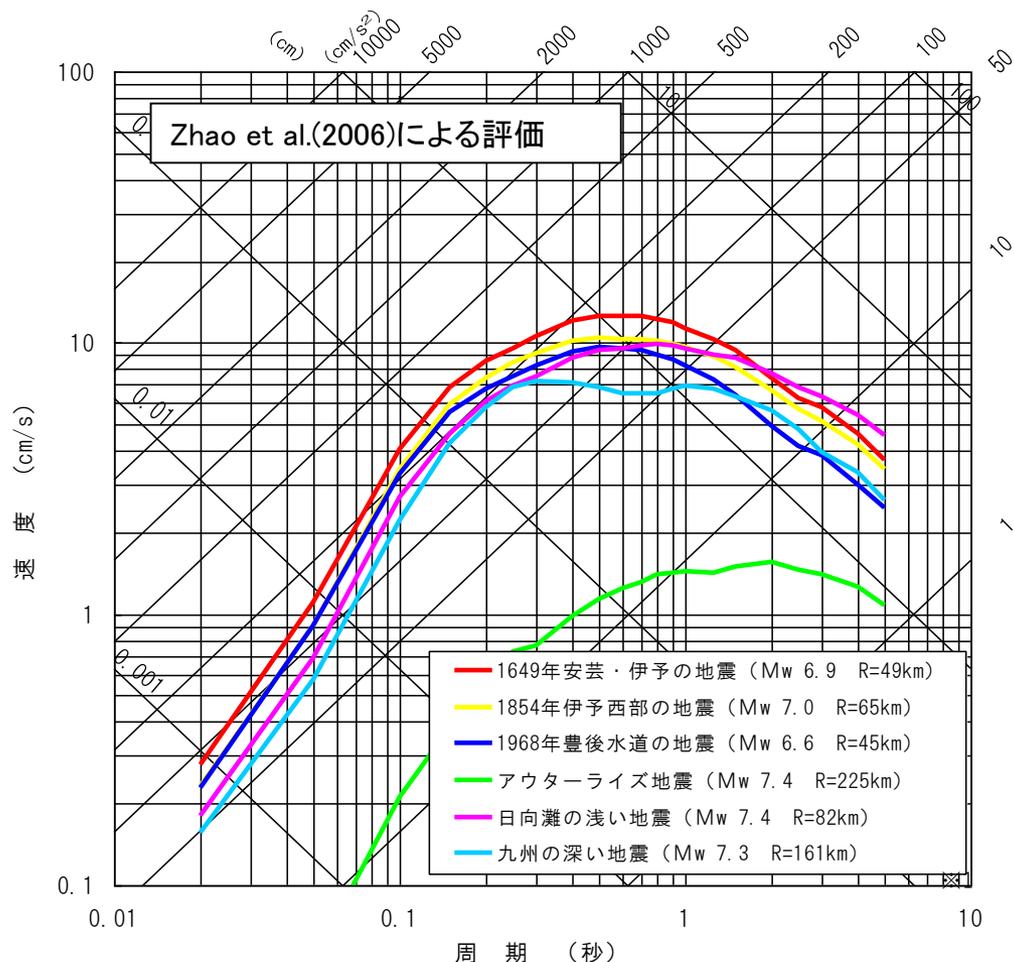
敷地前面海域の断層群は中央構造線断層帯の一部であり、地震調査委員会(2005・2011)において中央構造線断層帯の連動や中央構造線断層帯と別府-万年山断層帯の連動の可能性が言及されている。



これらの連動を含む
敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震

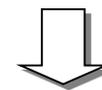
を検討用地震として選定

【海洋プレート内地震】



R: 断層最短距離

過去に安芸灘～伊予灘～豊後水道海域にて発生したと考えられる、あるいは発生する可能性のある海洋プレート内地震について評価を実施



1649年安芸・伊予の地震が敷地に与える地震動が短周期側で最も大きいため、これを検討用地震として選定する。

1649年 安芸・伊予の地震
 を検討用地震として選定※

※「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価(第二版)(地震調査研究推進本部, 2022)」を踏まえても、海洋プレート内地震の検討用地震の選定に影響がないことについては、P51～P52のとおり確認している。

日向灘第二版を踏まえた海洋プレート内地震の検討用地震の選定への影響

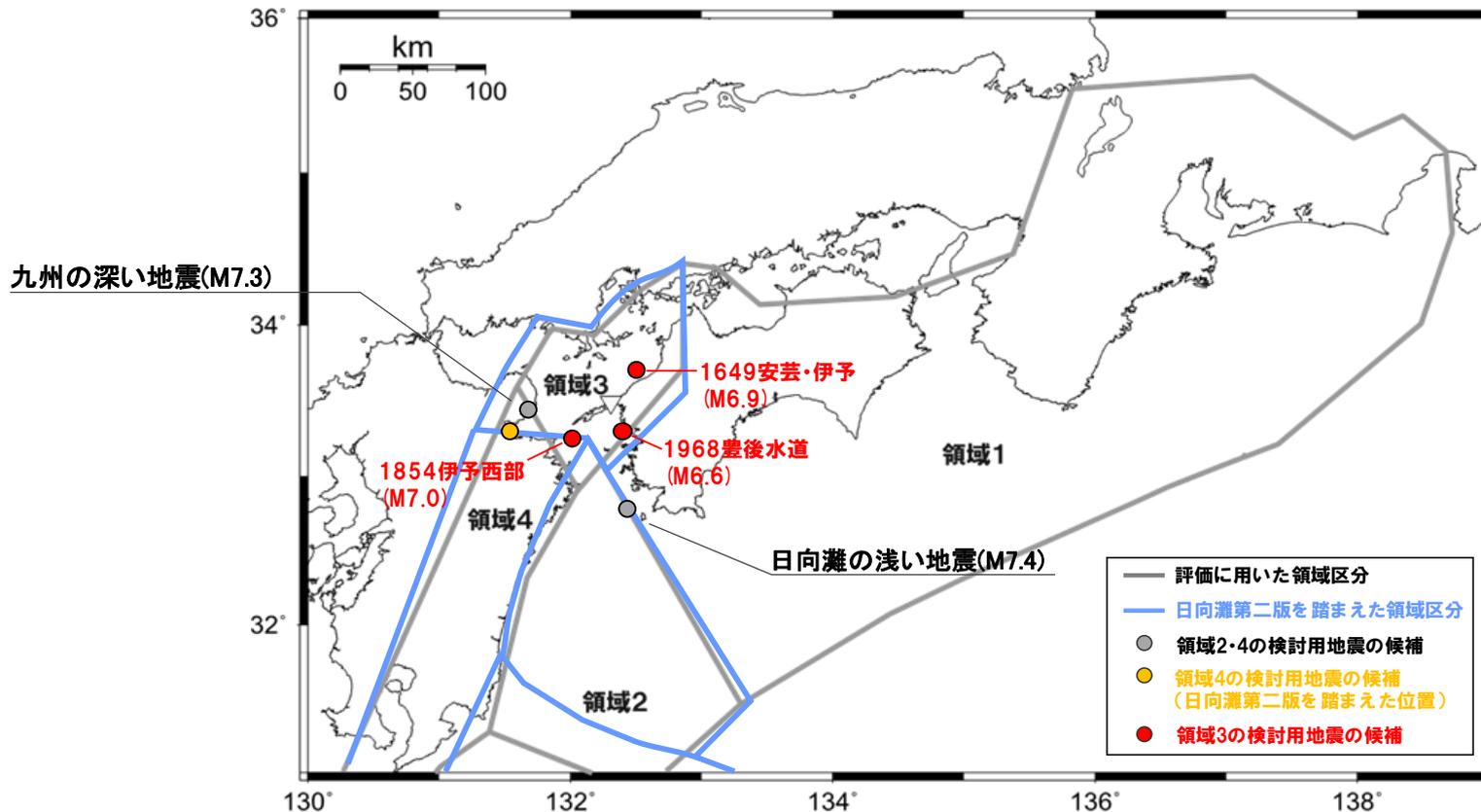
- 「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価(第二版)(地震調査研究推進本部, 2022)」(以下, 「日向灘第二版」)において, 最新の知見を踏まえて過去の被害地震が再編された。
- しかしながら, 日向灘第二版で再編された地震は全て検討用地震の選定過程において考慮しており, 各領域において新たに考慮すべき被害地震がないことから, 第二版を踏まえた影響はない。

■ 日向灘第二版で再編された地震の検討用地震の選定における考慮 (日向灘周辺について抜粋して整理)

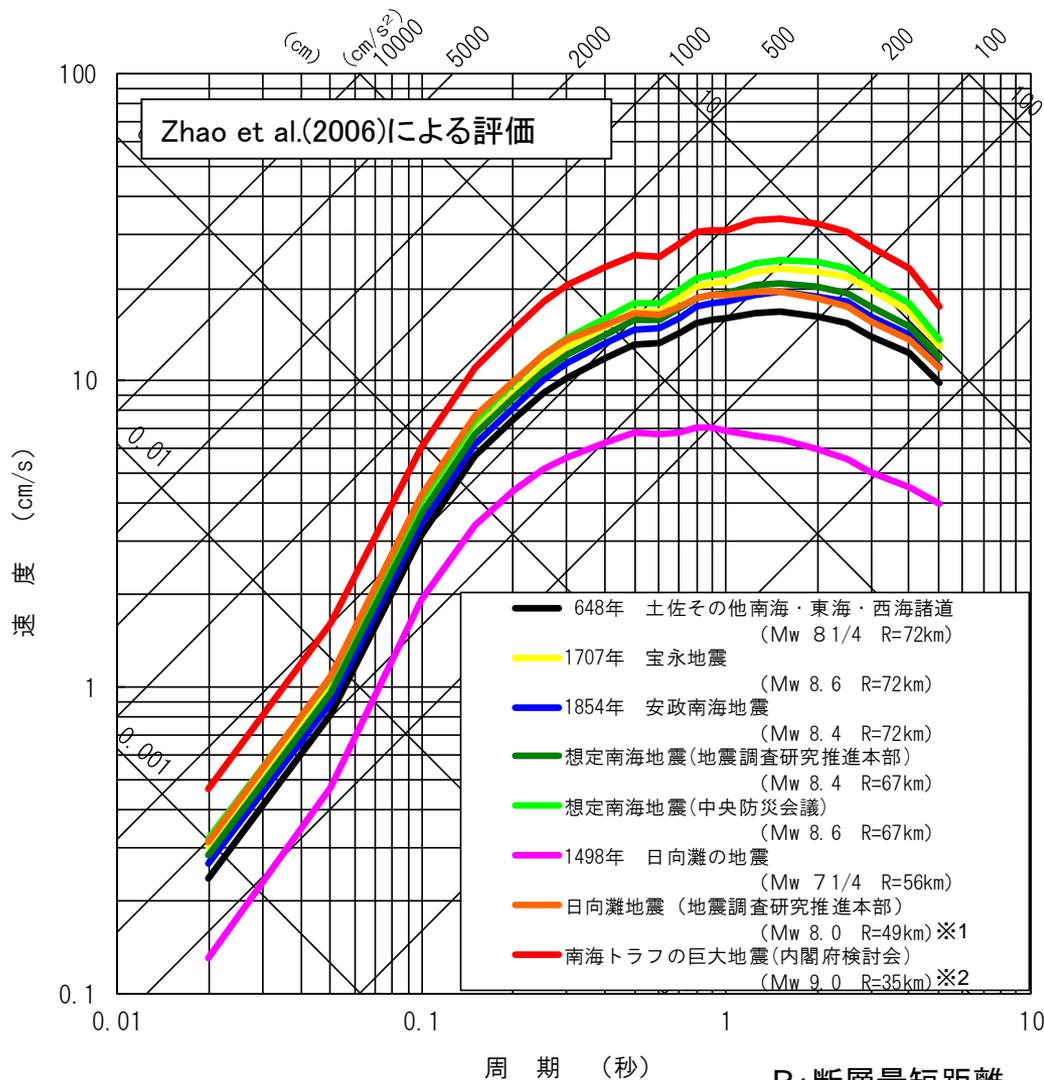
	発生日時	検討用地震の選定における考慮
日向灘のひとまわり小さい地震	1662/10/31	敷地からの震央距離が200km超と影響が小さいためリスト化対象外
	1769/8/29	検討用地震の候補として選定
	1899/11/25	リスト化のうえ敷地で震度5弱程度未満と影響が小さいため対象外
	1931/11/02	同 上
	1941/11/19	同 上
	1961/2/27	敷地からの震央距離が200km超と影響が小さいためリスト化対象外
	1968/4/1	リスト化のうえ敷地で震度5弱程度未満と影響が小さいため対象外
	1984/8/7	同 上
安芸灘～伊予灘～豊後水道の沈み込んだプレート内のやや深い地震	1649/3/17	検討用地震として選定
	1686/1/4	リスト化のうえ敷地で震度5弱程度未満と影響が小さいため対象外
	1749/5/25	同 上
	1854/12/26	検討用地震の候補として選定
	1857/10/12	リスト化のうえ敷地で震度5弱程度未満と影響が小さいため対象外
	1905/6/2	同 上
	2001/3/24	同 上
九州中央部の沈み込んだプレート内のやや深い地震	1909/11/10	検討用地震の候補として選定

日向灘第二版を踏まえた海洋プレート内地震の検討用地震の選定への影響

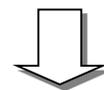
- 日向灘第二版において、最新の知見を踏まえて領域2～4の区分が下図のとおり見直された。
- 検討用地震の選定にあたっては、領域2及び領域4について地震の発生位置の不確かさも考慮し、プレート上面等深線に沿って領域内でスライドさせたうえでZhao et al.(2006)による評価を行っているため、発生位置が変更となる。
- しかしながら、図のとおり、日向灘第二版を踏まえても、領域2(日向灘の浅い地震)は検討用地震の候補の位置に変更はなく、領域4(九州の深い地震)の検討用地震の候補の位置は敷地から遠ざかる方向となることから、検討用地震の選定(領域3の1649年安芸・伊予の地震の影響が最も大きいとの評価)に変更はない。



【プレート間地震】



過去に発生した南海トラフ沿い、日向灘のプレート間地震および他機関で評価している当該地域のプレート間地震について地震動評価を実施



**南海トラフの巨大地震
 (内閣府検討会)**
 を検討用地震として選定

※1 日向灘第二版において、日向灘域でマグニチュード8.0程度の規模の地震が想定された(第一版ではマグニチュード7.6程度)ことを踏まえ、日向灘地震については地震規模をMw8.0として評価を行った結果を代表して示している。なお、南海トラフの巨大地震(内閣府検討会)の断層モデルは、日向灘域でMw8.4の地震規模を想定しているため、第二版を踏まえた影響はない。

※2 南海トラフの巨大地震のマグニチュードは9.0であるが、内閣府検討会は東北地方太平洋沖地震の震度分布が8.3でよく説明されたとして、南海トラフの巨大地震の経験的手法(応答スペクトル手法)で8.3を採用していることから、ここでも8.3を採用した。なお、断層モデル評価においては、9.0を設定して詳細評価を行った。

内閣府検討会(第二次報告)[平成24年8月29日]

『Mw9.0の2011年東北地方太平洋沖地震の震度分布に適用されている経験式的パラメータMwは8.2~8.3であることから、第一次報告と同じく、南海トラフの巨大地震の検討に用いる経験的手法のパラメータMwは8.3と設定した。』

検討用地震の選定 ー選定結果ー

内陸地殻内地震	: 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震
海洋プレート内地震	: 1649年安芸・伊予の地震(M6.9)
プレート間地震	: 南海トラフの巨大地震(M9.0 内閣府検討会 陸側ケース)

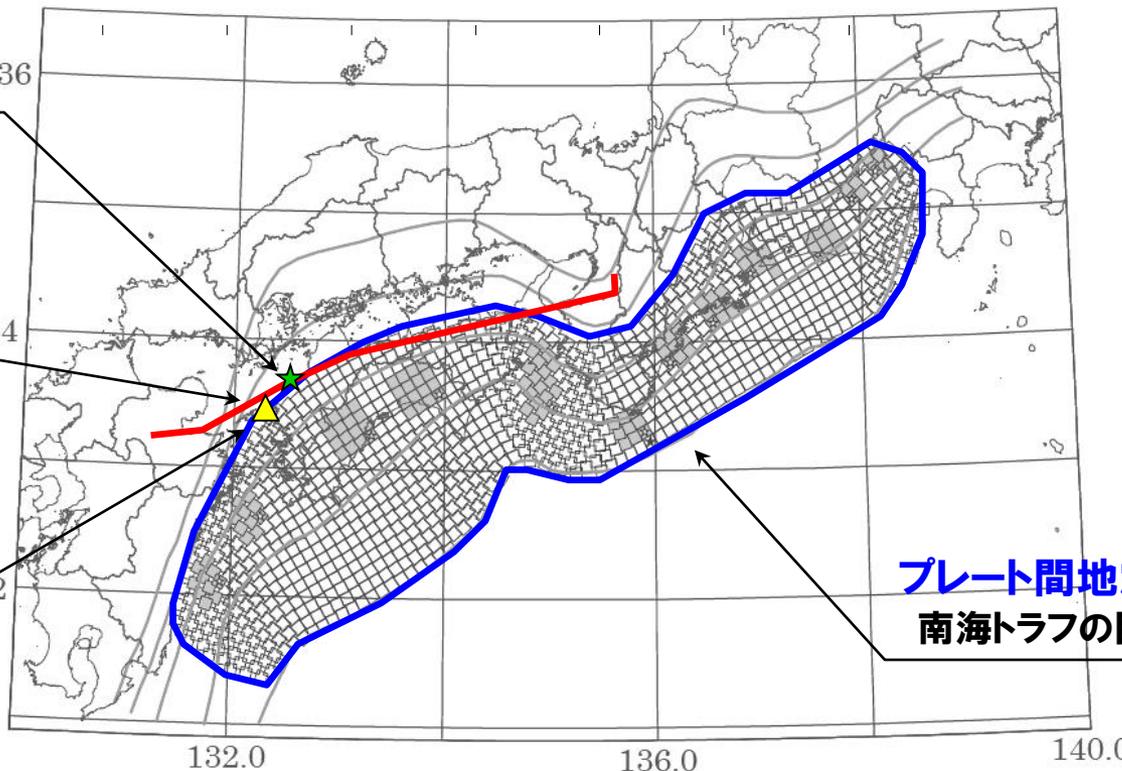
海洋プレート内地震

1649年安芸・伊予の地震³⁶

内陸地殻内地震

敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震³⁴

伊方発電所³²



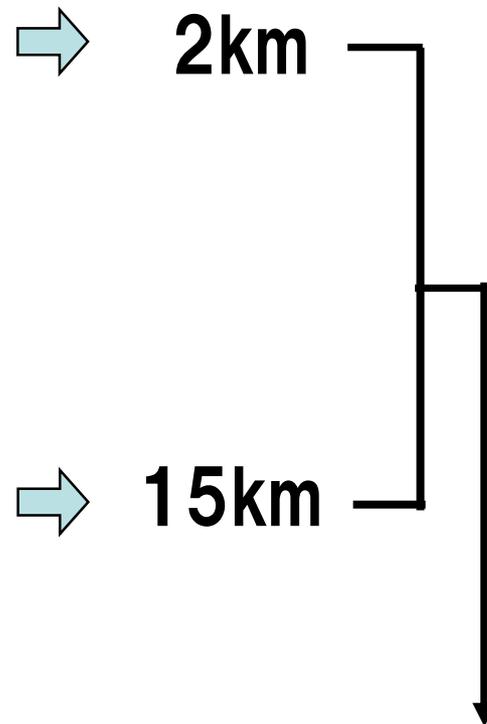
プレート間地震
南海トラフの巨大地震

○地震発生層上限深さ

- ・微小地震の発生状況
(2~12kmで発生, D10%は5~6km)
- ・敷地周辺の $V_p=6\text{km/s}$ 相当の深さは5km程度
- ・中央構造線断層帯における断層上端深さ(2km)
(三波川変成岩類と領家花崗岩類の会合部深さ:
屈折法調査結果より)

○地震発生層下限深さ

- ・微小地震の発生状況(2~12kmで発生)
- ・D90%(12~14km程度)
- ・地震波トモグラフィー(高 V_p/V_s 領域上端:13km)
- ・キュリー一点深度(10~11km)
- ・地震本部(15km)



地震発生層の厚さを13kmと設定

内陸地殻内地震の地震動評価 —不確かさの分析(1/4)—

平成25年6月19日 原子力規制委員会決定

基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド

地震動評価においては、震源特性(震源モデル)、伝播特性(地殻・上部マントル構造)、サイト特性(深部・浅部地下構造)における各種の不確かさが含まれるため、これらの不確かさ要因を偶然的な不確かさと認識論的な不確かさに分類して、分析が適切になされていることを確認する。

➡ガイドの記載に従って不確かさを分類し、不確かさとして考慮するもの、しないものの評価を行う

不確かさについては、以下のように解釈することとする。

○認識論的な不確かさ：調査精度や知見の限界を要因とする不確かさ

①事前の調査や経験式等に基づいて平均モデルを特定できるもの

→ 不確かさを独立で考慮

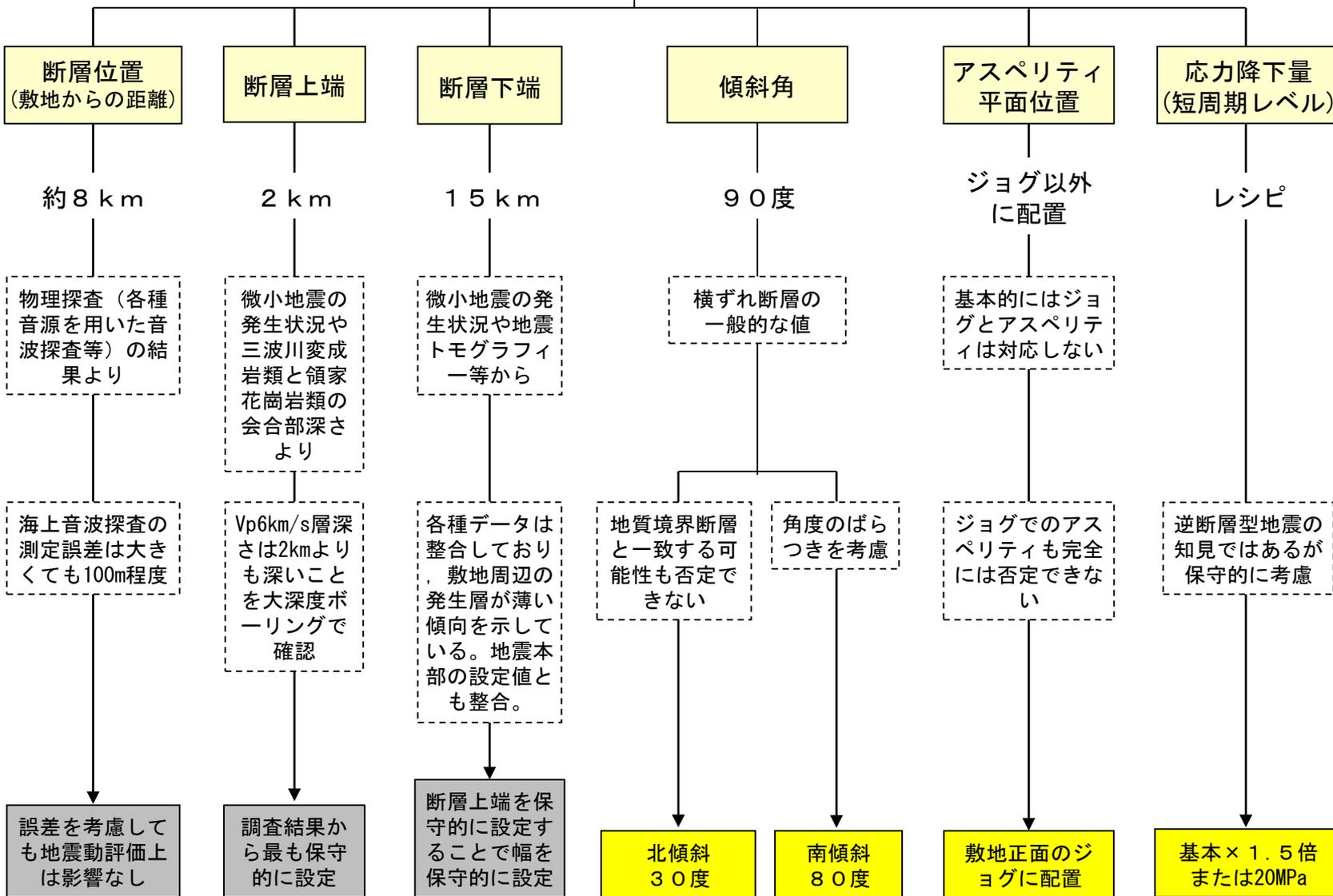
②平均モデルを事前に特定し難いもの

→ 不確かさを基本モデルに考慮(重畳)

○偶然的な不確かさ：地震発生時の環境に左右されて地震の度に変化する不確かさ(平均モデルを事前に特定困難)

→ 不確かさを基本モデルに考慮(重畳)

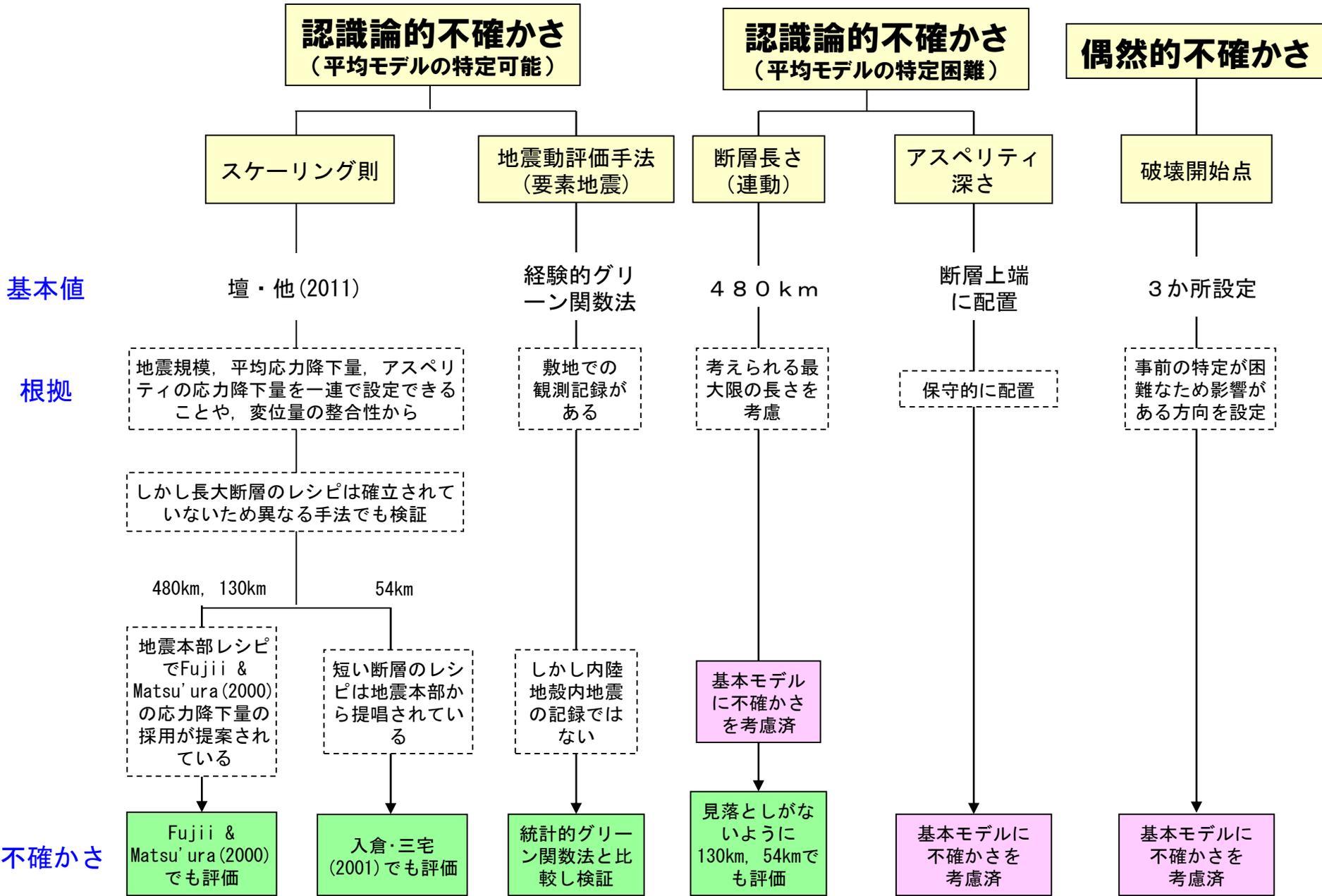
認識論的不確かさ
(平均モデルの特定可能)



基本値

根拠

不確かさ



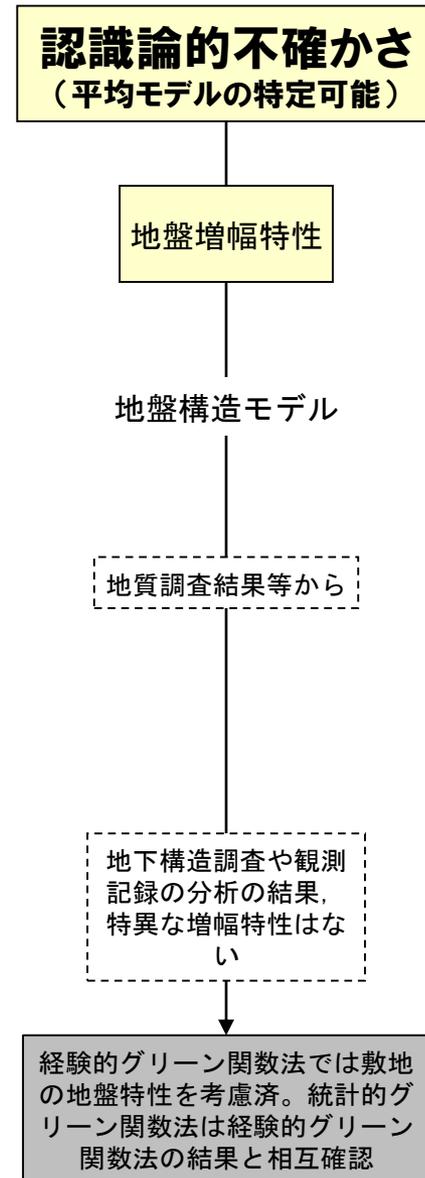
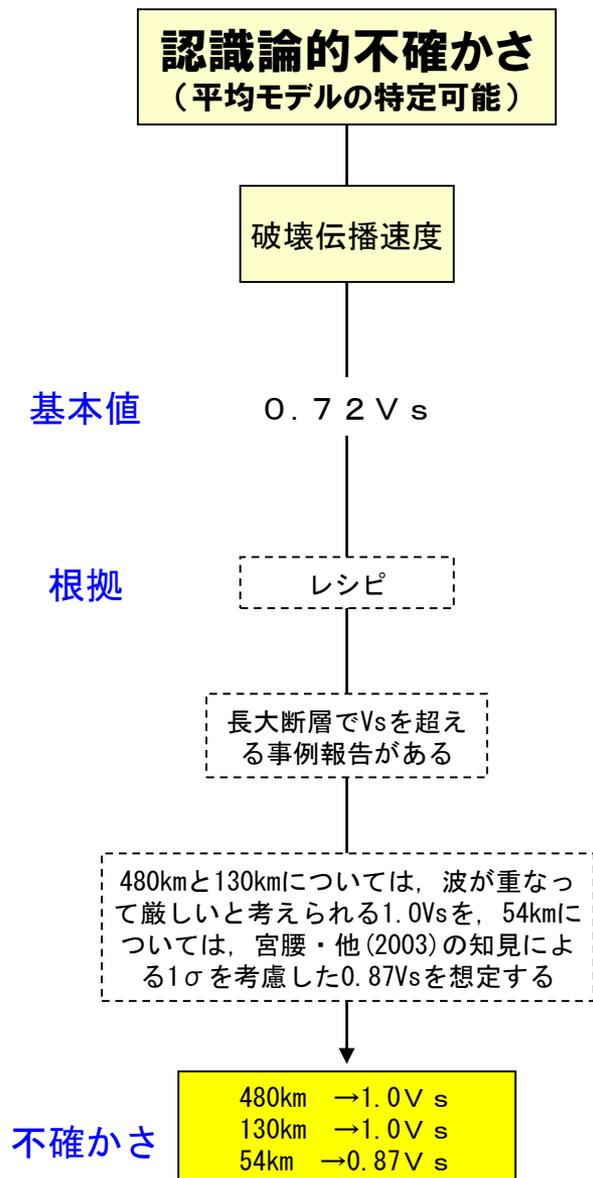
基本値

根拠

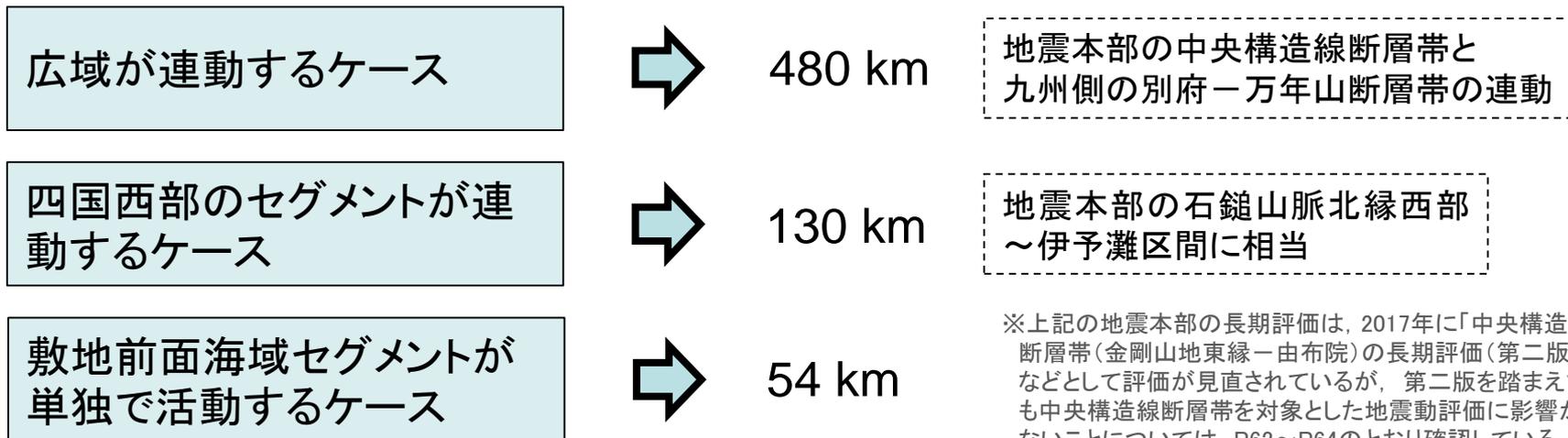
不確かさ

伝播特性(地殻・上部マントル構造)の不確かさ

サイト特性(深部・浅部地下構造)の不確かさ

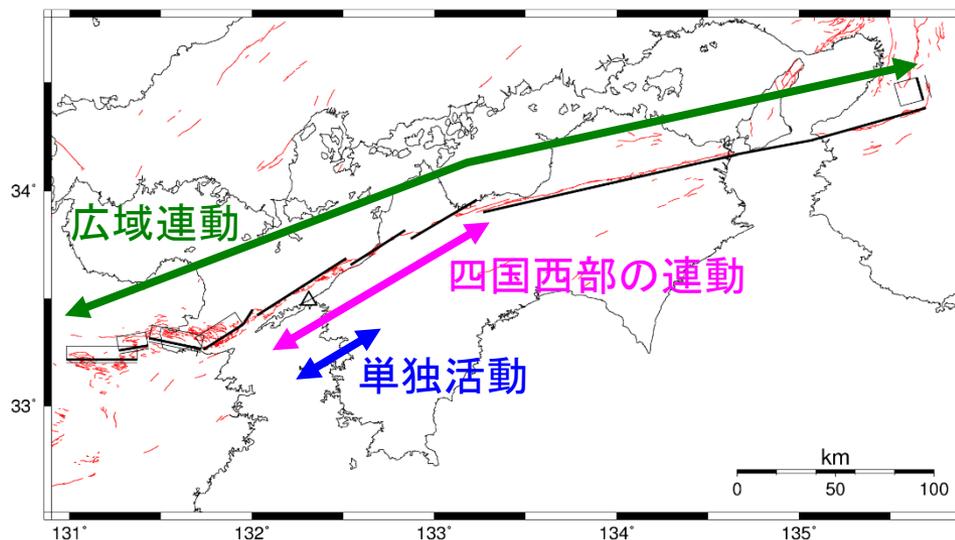


活動区間としては、



※上記の地震本部の長期評価は、2017年に「中央構造線断層帯(金剛山地東縁—由布院)の長期評価(第二版)」などとして評価が見直されているが、第二版を踏まえても中央構造線断層帯を対象とした地震動評価に影響がないことについては、P62～P64のとおり確認している。

が想定されるが、最大規模を想定するとの観点から、480kmを基本震源モデルの長さとする。しかし、部分破壊も考慮することとし、130kmモデル、54kmモデルでも評価を行う。



内陸地殻内地震の地震動評価 ー断層モデルで考慮する不確かさー**【①影響評価を行う不確かさ】**

- ・評価手法（経験的グリーン関数法と統計的グリーン関数法の比較）

【②地震動評価における不確かさ】**②-1 基本モデルに考慮する(重畳させる)不確かさ**

- ・アスペリティ上端深さ
- ・破壊開始点（断層東下端，敷地前面海域セグメント中央下端，断層西下端の3ケース）

[厳しいケースでは破壊開始点（アスペリティ下端2ケース）を追加]

②-2 独立で考慮する不確かさ

	考慮する不確かさ	設定する値
	断層長さ	480km, 130km, 54km
	スケーリング則	壇・他(2011)を基本とする。 Fujii & Matsu'ura(2000)や入倉・三宅(2001)でも評価を行う。
①	応力降下量(短周期レベル)	基本×1.5倍または20MPa
②	傾斜角(地質境界)	北傾斜30度
③	傾斜角(ばらつき)	南傾斜80度
④	破壊伝播速度	480km・130km → $V_r = V_s$ 54km → $V_r = 0.87V_s$
⑤	アスペリティの平面位置	敷地正面のジョグに配置

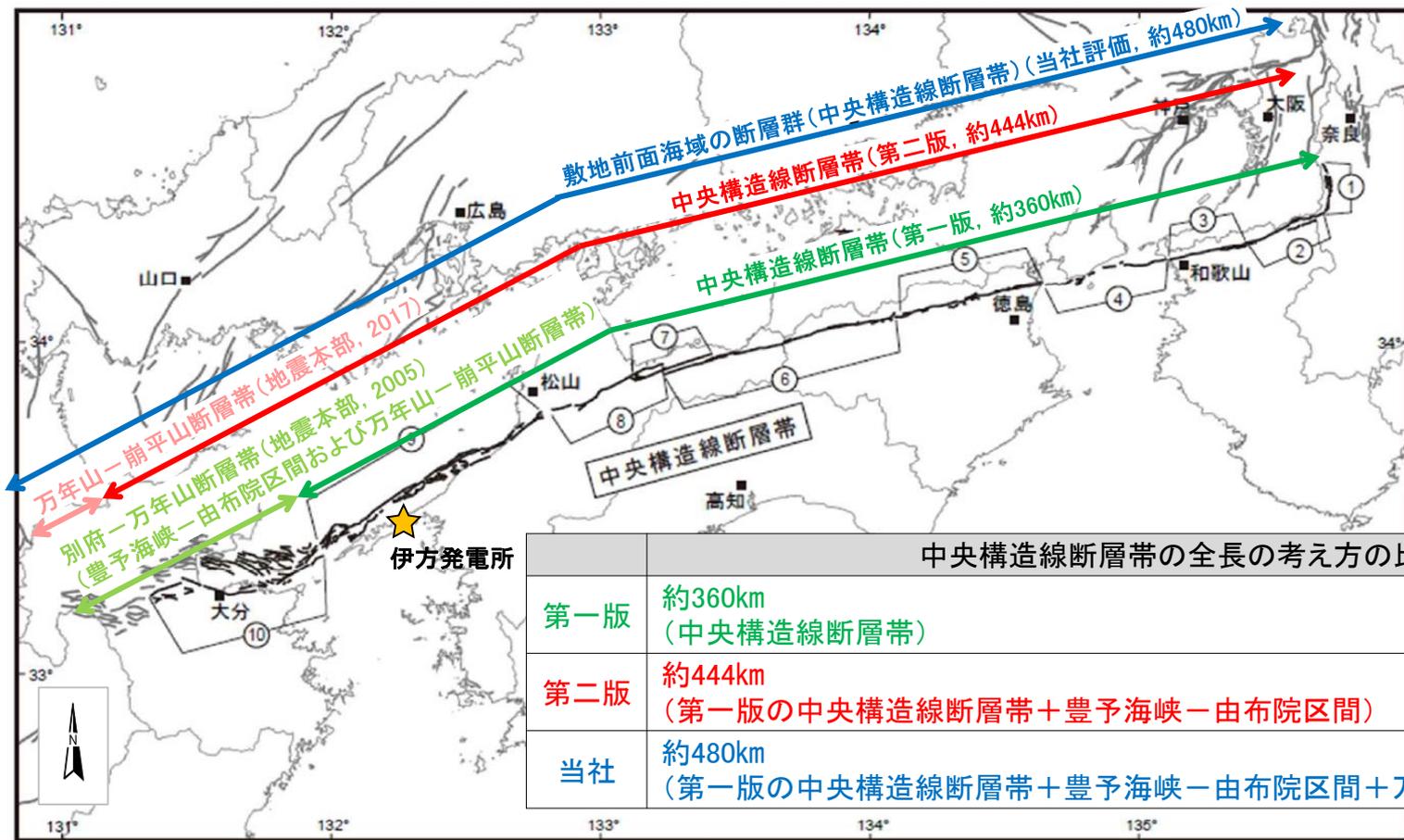
【③基準地震動 S_s-2 策定の際に考慮する不確かさ】

- ・理論計算で長周期側の地震動を検証

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

中央構造線第二版を踏まえた影響 - 断層全長の変更 -

- 中央構造線断層帯(金剛山地東縁-由布院)の長期評価(第二版)(以下、「中央構造線第二版」)において、「断層全長の変更」として、中央構造線断層帯の長期評価(平成23年2月)(以下、「中央構造線第一版」)が中央構造線断層帯の全長を約360kmとしていたのに対し、中央構造線第二版では西端が由布院断層まで延長され全長が約444kmに変更されている。
- 当社における中央構造線の地震動評価においては、中央構造線第一版の中央構造線断層帯(約360km)に、地震本部(2005)による別府-万年山断層帯(地震本部(2017)における豊予海峡-由布院区間および万年山-崩平山断層帯に相当)を連動させた約480kmの断層を基本震源モデルとしている。
- 下図のとおり、中央構造線断層帯の連動の評価は、中央構造線第二版における中央構造線断層帯と万年山-崩平山断層帯とを連動させたものに対応しており、中央構造線第二版よりも長い断層を想定していることから、中央構造線第二版を踏まえた影響はない。

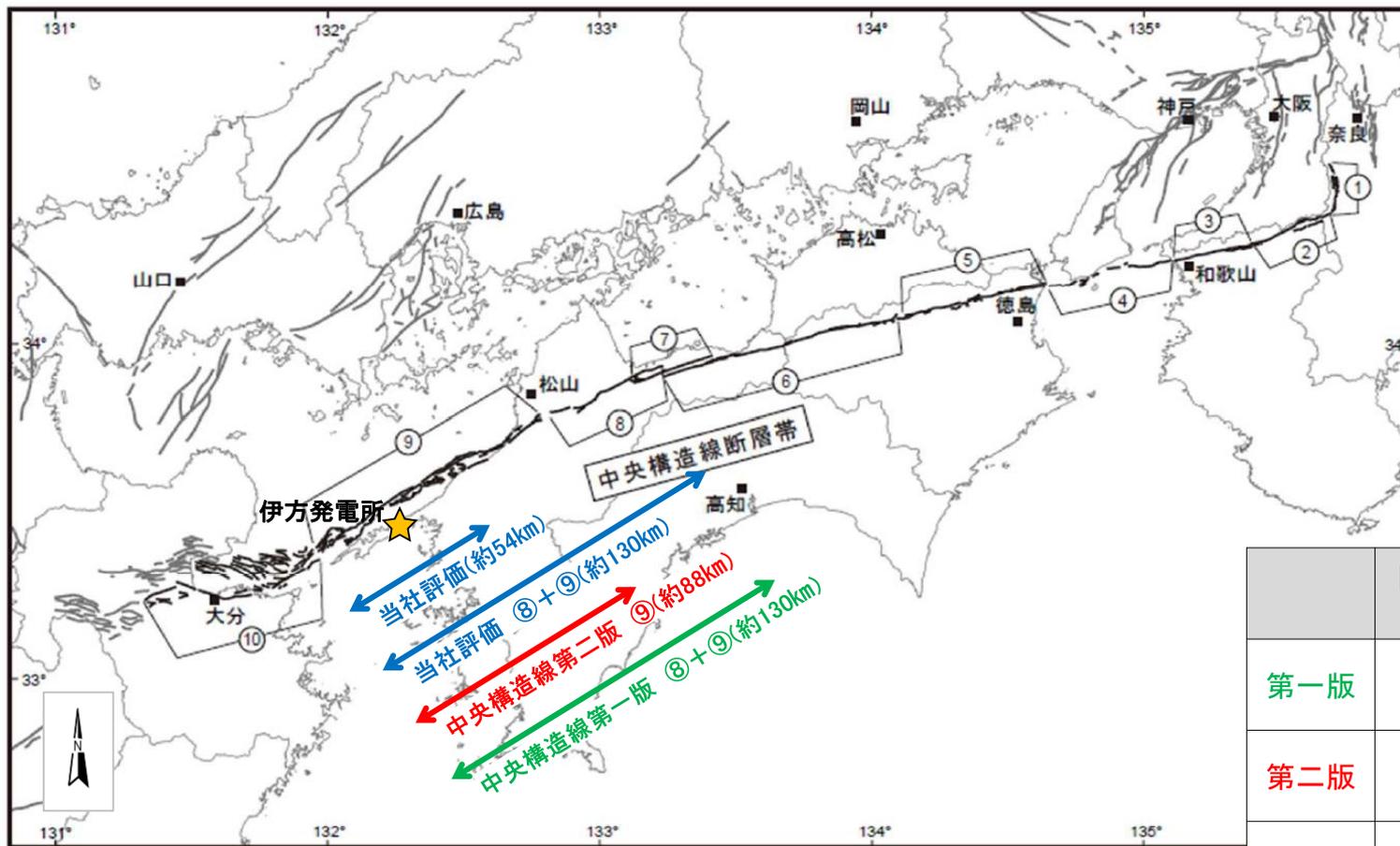


中央構造線第二版
に一部加筆

中央構造線断層帯の全長の考え方の比較	
第一版	約360km (中央構造線断層帯)
第二版	約444km (第一版の中央構造線断層帯+豊予海峡-由布院区間)
当社	約480km (第一版の中央構造線断層帯+豊予海峡-由布院区間+万年山-崩平山断層帯)

中央構造線第二版を踏まえた影響 -断層の活動区分の変更-

- 中央構造線第二版において、「断層の活動区分の変更」として、中央構造線第一版が全長を6区間に区分していたのに対し、中央構造線第二版では10区間に区分しており、伊方発電所の敷地前面区間では中央構造線第一版が約130kmだったのに対し、中央構造線第二版では約88kmに変更されている。
- 当社における中央構造線断層帯の地震動評価においては、敷地前面区間については当社調査に基づく断層長さ約54kmおよび中央構造線第一版の知見を踏まえた約130kmの断層区分を考慮しており、中央構造線第二版より長い場合も短い場合も両方考慮していることから、中央構造線第二版を踏まえた影響はない。



中央構造線第二版に一部加筆

	断層区分の比較 (敷地前面区間)
第一版	約130km
第二版	約88km
当社	約130km 約54km

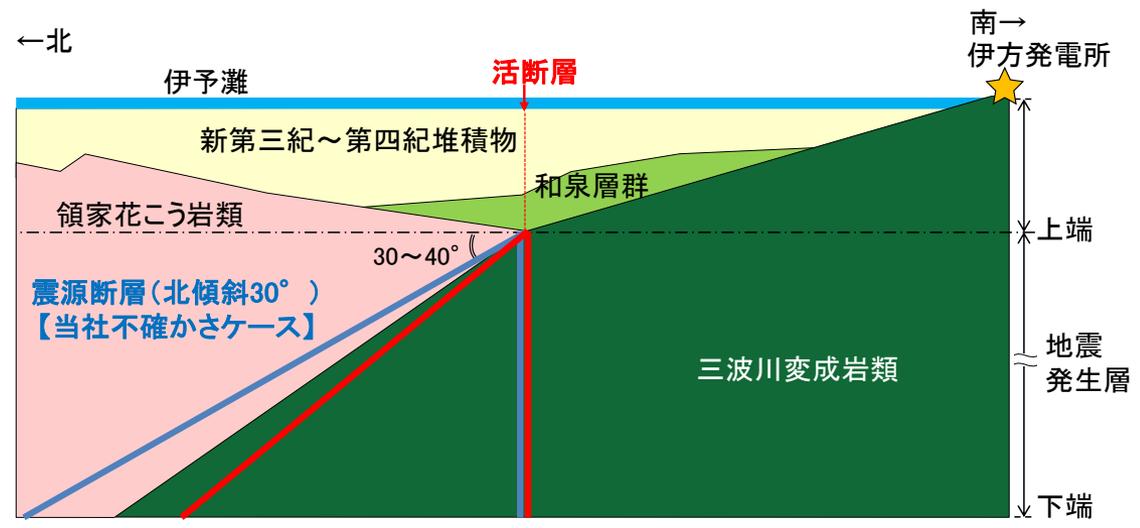
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 中央構造線第二版を踏まえた影響 –断層傾斜角の変更–

- 中央構造線第二版において、「断層傾斜角」については、中央構造線第一版が敷地前面区間を含む四国中部～西部区間の傾斜角を高角度(鉛直)と想定していたのに対し、中央構造線第二版では中角度の可能性が高いとすうえ高角度(鉛直)と中角度(北傾斜40°)の両論を併記している。
 - これについては、
 - ・中央構造線第二版は高角と中角の両論を併記したものであって高角を否定するものではなく、文部科学省・京都大学(2017)による調査結果から、当社が実施したアトリビュート解析結果と同様に、**北傾斜する地質境界断層が高角度の活断層によって変位を受けている可能性が示唆されている。**
 - ・中央構造線断層帯の震源断層は北傾斜の可能性が高いと判断された理由の1つとして、「断層の強度や摩擦係数等が他の断層より小さい」ことを挙げていることを踏まえ、北傾斜する断層が横ずれ運動を起こすためには断層の応力降下量は相対的に小さくなると想定されることから、敷地との位置関係も踏まえれば、**断層傾斜角は鉛直を基本と想定する方が保守的**と考えられる。
 - ・当社の地震動評価では、敷地前面海域の詳細な調査結果等に基づき、震源断層をほぼ鉛直と評価している。しかしながら、地質調査結果等により地質境界断層の傾斜角が北傾斜30°から40°とする知見も得られたことから、震源断層は鉛直を基本ケースとすうえで、不確かさケースとして北傾斜を考慮している。そして、地震動評価モデルの設定においては、**北傾斜ケースの傾斜角は地震規模(断層面積)が保守的な設定となるよう30°を設定している。**
- ことから、鉛直を基本ケースとし、北傾斜を不確かさケースとする当社評価に問題はなく、中央構造線第二版を踏まえた影響はない。

■断層傾斜角(敷地前面区間)

	断層傾斜角
第一版	鉛直
第二版	鉛直 北傾斜(40°)
当社評価	鉛直 北傾斜(30°)※

※ 不確かさケースとして設定



震源断層(北傾斜40°) 震源断層(鉛直) 震源断層(鉛直)
【第二版】 【当社基本ケース】 【第二版】
“可能性が高い”

(断面は敷地前面海域を模式的に描いたもの)

○経験的グリーン関数法と統計的グリーン関数法の比較

No.	検討ケース	主なパラメータ								
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	評価手法	スケーリング則
1	影響評価①	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	EGF	壇・他(2011)
	経験的グリーン関数法 ～統計的グリーン関数 法の比較	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	SGF	壇・他(2011)

○壇・他(2011)でパラメータを設定する。

○破壊開始点は、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。

○SGF: 統計的グリーン関数法, EGF: 経験的グリーン関数法

: 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

: 影響を評価する不確かさ

解析ケース① 480kmシリーズ by 壇の手法

断層モデル図とパラメータ表は<添付資料>参照

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	スケーリング則
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5 ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の 不確かさ	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに 配置	壇・他(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端、中央下端、西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

 : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

 : 不確かさを考慮するパラメータ

解析ケース② 480kmシリーズ by Fujii & Matsu'uraの手法

地震動予測レシピでは、長大断層の知見としてFujii and Matsu'ura(2000)の平均応力降下量を用いる手法が提案されていることに鑑み、480kmケースについては、この手法によるモデル化も行い、不確かさも考慮して影響評価することとする。

不確かさとしては、壇・他(2011)による検討結果から、影響が比較的大きい応力降下量と破壊伝播速度を考慮する。

断層モデル図とパラメータ表は<添付資料>参照

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	スケーリング則
ー	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5 ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端、中央下端、西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

○FMはFujii and Matsu'ura(2000)。Sa/Sはアスペリティ面積比。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

解析ケース③ 130kmシリーズ by 壇の手法

断層モデル図とパラメータ表は<添付資料>参照

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	スケーリング則
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 中央構造線断層帯石鎚山脈 北縁西部—伊予灘区間	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	130	断層上端	5 ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の 不確かさ	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに 配置	壇・他(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

 : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

 : 不確かさを考慮するパラメータ

解析ケース④ 130kmシリーズ by Fujii & Matsu'uraの手法

地震動予測レシピでは、長大断層の知見としてFujii and Matsu'ura(2000)の平均応力降下量を用いる手法が提案されていることに鑑み、130kmケースについては、この手法によるモデル化も行い、不確かさも考慮して影響評価することとする。

不確かさとしては、壇・他(2011)による検討結果から、影響が比較的大きい応力降下量と破壊伝播速度を考慮する。

断層モデル図とパラメータ表は<添付資料>参照

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ(km)	アスペリティ深さ	破壊開始点	応力降下量(短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度	アスペリティ平面位置	スケーリング則
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 中央構造線断層帯石鎚山脈 北縁西部—伊予灘区間	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	130	断層上端	5 ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

○FMはFujii and Matsu'ura(2000)。Sa/Sはアスペリティ面積比。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

解析ケース⑤ 54kmシリーズ by 壇の手法

断層モデル図とパラメータ表は<添付資料>参照

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリテイ 平面位置	スケーリング則
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群	54	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	54	断層上端	5 ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	54	断層上端	3 ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	54	断層上端	3 ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	54	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.87Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇・他(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の 不確かさ	54	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに 配置	壇・他(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端、中央下端、西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

 : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

 : 不確かさを考慮するパラメータ

解析ケース⑥ 54kmシリーズ by 入倉・三宅の手法

地震動予測レシピでは、入倉・三宅(2001)のスケーリング則とFujii and Matsu'ura(2000)の平均応力降下量を用いる手法が提案されていることに鑑み、54kmケースについては、この手法によるモデル化も行い、不確かさも考慮して影響評価することとする。

断層モデル図とパラメータ表は<添付資料>参照

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	スケーリング則
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	54	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.87Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の 不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに 配置	Mo : 入倉・三宅 Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

○FMIはFujii and Matsu'ura(2000)。Sa/Sはアスペリティ面積比

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

検討用地震の地震動評価は、「**応答スペクトルに基づいた地震動評価**」および「**断層モデルを用いた手法による地震動評価**」の双方を実施。

➤ 応答スペクトルに基づいた地震動評価手法について

- ・解放基盤表面における水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ・水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ・震源の拡がりを考慮できること
- ・地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できることから、**Noda et al. (2002)の方法を用いることを基本**とする。

➤ 断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について

○内陸地殻内地震

- ・敷地で地震観測を実施しており、周期5秒程度まで信頼性のある観測記録が得られていることから、「**経験的グリーン関数法**」により評価を行うこととする。
- ・しかしながら観測記録は海洋プレート内地震であるため、「**統計的グリーン関数法**」でも評価し、「**経験的グリーン関数法**」と比較・検証することとする。

○海洋プレート内地震

- ・敷地で地震観測を実施しており、周期5秒程度まで信頼性のある観測記録が得られていることから、「**経験的グリーン関数法**」により評価を行うこととする。

○プレート間地震

- ・内閣府検討会と同じ「**統計的グリーン関数法**」で評価する。

種々の応答スペクトル手法

応答スペクトル手法の採用条件

- 解放基盤表面における地震動評価ができること
- 水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- 震源の拡がりを考慮できること
- 地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できること

耐専スペクトルを基本的に採用

敷地が断層近傍に位置する場合は、
適用性の検証が必要

『審査ガイド』
○基準地震動及び耐震設定方針に係る審査ガイド
(平成25年6月19日)
『応答スペクトルに基づく地震動評価において、用いられている地震記録の地震規模、震源距離等から、適用条件、適用範囲について検討した上で、経験式(距離減衰式)が適切に選定されていることを確認する。』

○敷地前面海域の断層群が敷地から約8kmの位置に分布することから個別に距離・地震規模の適用性を吟味



適用不可

○その他距離減衰式や断層モデルを比較対象として使用

適用可

耐専スペクトルで評価

その他距離減衰式で評価

内陸地殻内地震の地震動評価 — 応答スペクトルに基づく地震動評価方針 —**○検討ケース**

先に示した地震動評価の解析ケースの中から、応答スペクトル評価において評価可能なものとして、右のケースを想定する。すなわち、断層長さは想定される3ケースを設定し、鉛直と北傾斜を考慮する※。

$$\begin{pmatrix} \text{断層長さ} \\ 480\text{km} \\ 130\text{km} \\ 54\text{km} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \text{傾斜角} \\ \text{鉛直} \\ \text{北傾斜} \end{pmatrix}$$

保守的に長さ69kmについても応答スペクトル評価を行う。

69kmケースについては、連動ケースに含まれるものと考え、解析ケースとして想定していない。断層モデル解析においては長さを変えても地震動は変わらないことを確認したが、耐専スペクトルにおいては地震規模と等価震源距離の関係により影響がある可能性も考えられることから、保守的な観点に立ち、応答スペクトル評価においては念のため69kmについても検討を行うこととし、基準地震動はこれも考慮して設定するものとする。

※：南傾斜ケース、アスペリティ正面ケースについては、130kmと54kmでは等価震源距離ではなく、断層最短距離を用いた距離減衰式で評価することとなるため、地震動は鉛直ケースと同じになる。480kmについては、等価震源距離が大きいいため、その値が多少変わっても地震動に与える影響は小さい。

○パラメータ設定(地震規模・距離)**【地震規模】**

地震規模は断層長さから松田式で算定する。長さ480km、130kmについては、長さが80km以下になるようにセグメント区分し、セグメント毎に地震規模を算出し、合計して算出する。

【距離】

耐専スペクトルにおいては、断層の不均質破壊を考慮して算出した等価震源距離 X_{eq} を用いる。その他距離減衰式については、断層最短距離 X_{sh} を用いる。

○耐専スペクトル(Noda et al. (2002)) に用いる補正係数

敷地周辺の観測記録がないため観測記録による補正は行わない。 z

敷地での地震動評価に適用が考えられる主な応答スペクトル手法(距離減衰式)を以下に示す。

距離減衰式一覧

距離減衰式	データベースの 対象地域	地震タイプ	主なパラメータ	Mの範囲	距離の範囲	地盤条件・種別	その他
耐専スペクトル [Noda et al.(2002)]	国内	主に太平洋沿岸の60km以内の浅い地震	Mjma 等価震源距離 Vs, Vp 地盤の卓越周期	Mj5.5~7.0	28~202km (震源距離)	500 ≤ Vs ≤ 2700 m/s	NFRD効果を考慮可能 水平動・鉛直動を評価可能
Kanno et al.(2006)	主に国内	内陸 プレート間 プレート内	Mw 断層最短距離 震源深さ、Vs30	5.5~8.2	1~500km	100 ≤ Vs30 ≤ 1400 m/s	Vs30による補正が可能
Zhao et al.(2006)			Mw 断層最短距離 震源深さ	5.0~8.3	0.3~300km	Soft soil ~ Hard rock (Hard rock Vs=2000m/s)	
内山・翠川(2006)			日本周辺	Mw 断層最短距離 震源深さ	5.5~8.3	300km以内	150 ≤ Vs30 ≤ 750m/s
片岡ほか(2006)	国内	内陸 海溝性	Mw 断層最短距離 短周期レベル	陸: 4.9~6.9 海: 5.2~8.2	250km以内	I種、II種、III種地盤 および工学的基盤	
Abrahamson and Silva(2008)	主に国外	内陸	Mw 断層最短距離 Vs30, 断層上端深さ	4.27~7.9	0.07~200km	100 ≤ Vs30 ≤ 2000m/s	Vs30による補正が可能
Boore and Atkinson(2008)			Mw 断層面の地表投影面への最短距離、Vs30		0.1~400km	NEHRP分類A~E	Vs30による補正が可能
Campbell and Bozorgnia(2008)			Mw 断層最短距離 Vs30, 断層上端深さ		0.1~200km	150 ≤ Vs30 ≤ 1500m/s	Vs30による補正が可能
Chiou and Youngs(2008)			Mw 断層最短距離 Vs30, 断層上端深さ		0.07~70km	100 ≤ Vs30 ≤ 2000m/s	Vs30による補正が可能
Idriss(2008)			Mw 断層最短距離、Vs30		4.5~7.7	0.3~200km	450 ≤ Vs30 ≤ 900m/s

Vs30: 表層30mにおけるS波速度の平均値

内陸地殻内地震の地震動評価 —耐専スペクトルの適用性検証結果—

平成27年6月3日
まとめ資料再掲

内陸補正を適用してもその他距離減衰式との乖離が大きく耐専スペクトルの適用は不適。その他距離減衰式で評価する。

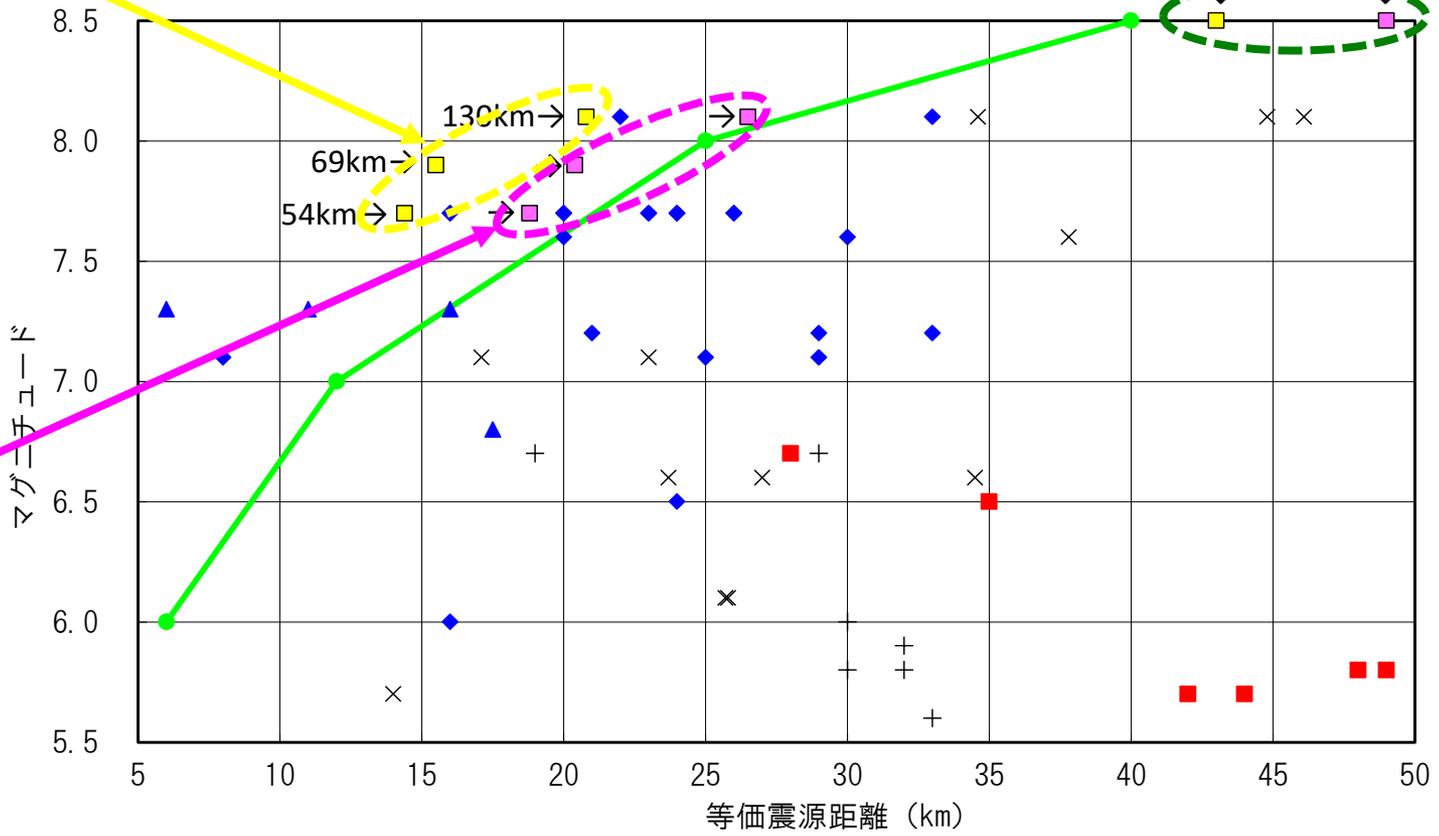
その他距離減衰式との対比からは内陸補正を適用した評価が適切。

内陸補正を適用しない耐専スペクトルはその他距離減衰式との乖離が大きく過大評価。

しかしながら保守的に耐専スペクトル(内陸補正なし)で評価する。

- 耐専回帰式作成に用いた観測記録 (107記録)
- + 耐専の適用性検討に用いた他地点観測記録 (国内: 23記録)
- × 耐専の適用性検討に用いた他地点観測記録 (海外: 14記録)
- ▲ 震源近傍の適用性検討記録 (国内: 4記録)
- ◆ 震源近傍の適用性検討記録 (海外: 22記録)
- 耐専スペクトル極近距離
- 伊方 鉛直
- 伊方 北傾斜

耐専スペクトル(内陸補正なし)で評価する。

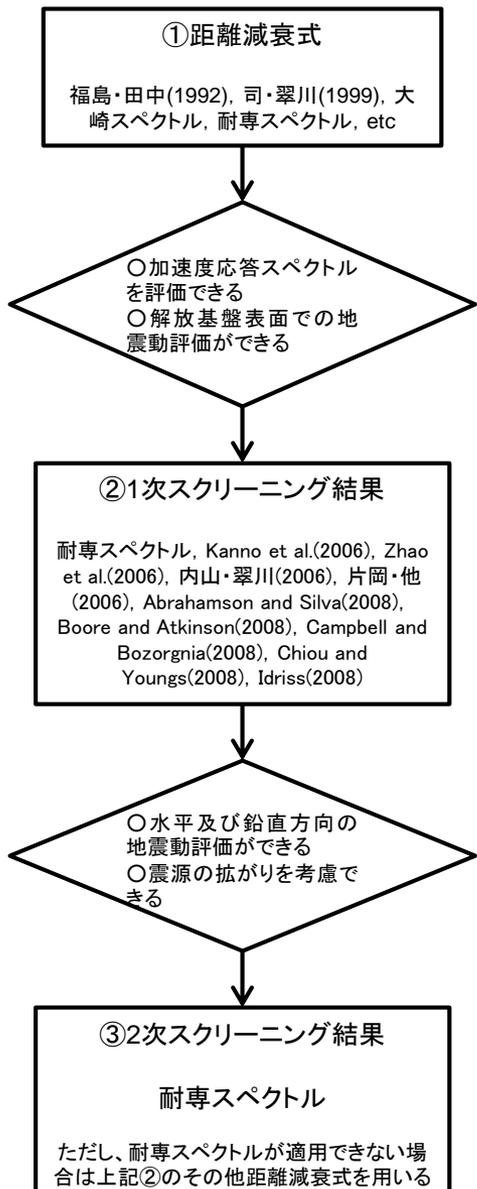


応答スペクトル手法(距離減衰式)の適用性の検証結果を以下にまとめる。
耐専スペクトルについては内陸補正は適用しない。

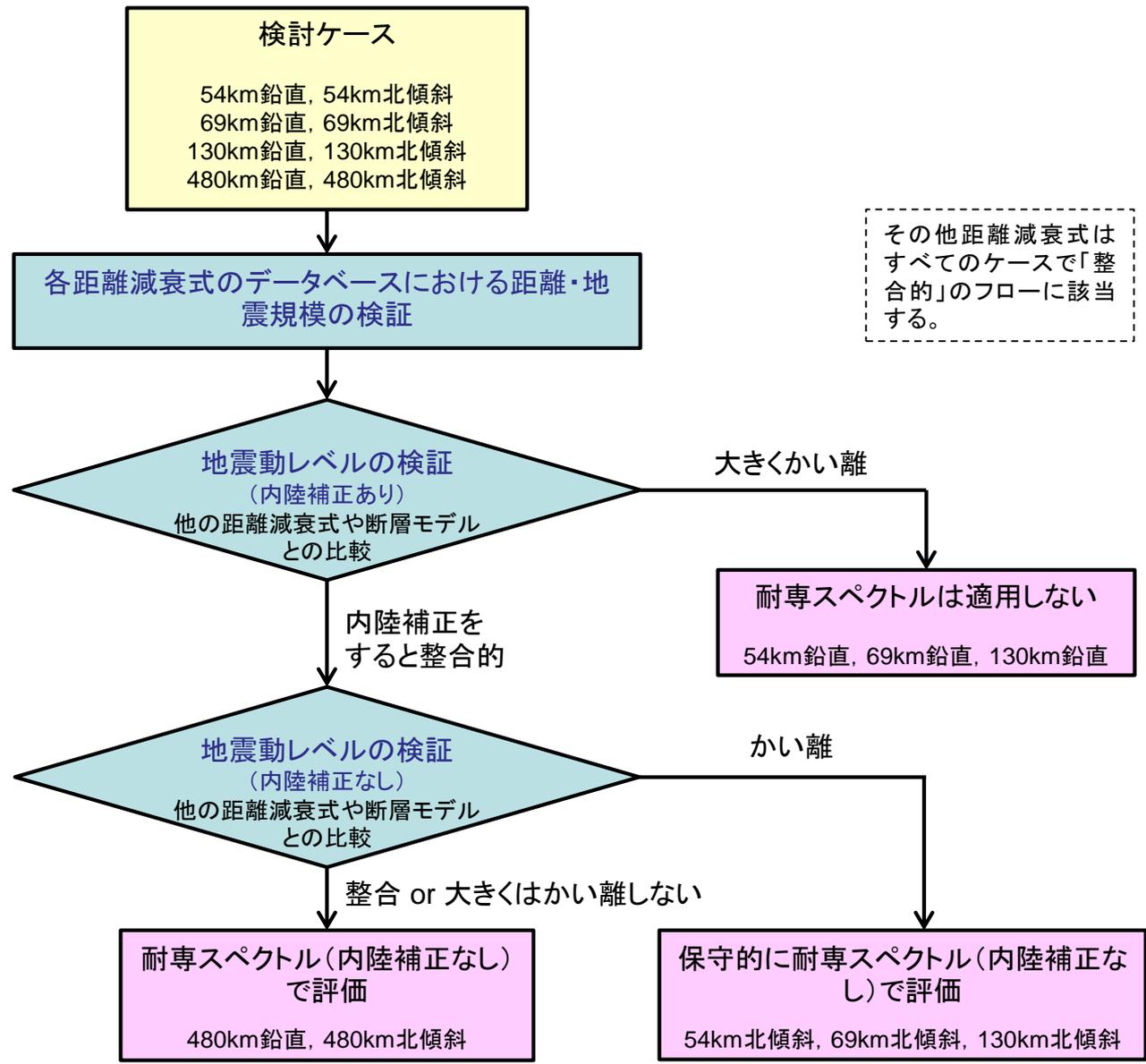
	54km 鉛直	54km 北傾斜	69km 鉛直	69km 北傾斜	130km 鉛直	130km 北傾斜	480km 鉛直	480km 北傾斜
耐専スペクトル	×	△	×	△	×	△	○	○
Kanno et al.(2006)	○	○	○	○	○	○	○	○
Zhao et al.(2006)	○	○	○	○	○	○	○	○
内山・翠川(2006)	○	○	○	○	○	○	○	○
片岡・他(2006)	○	○	○	○	○	○	○	○
Abrahamson and Silva(2008)	○	○	○	○	○	○	○	○
Boore and Atkinson(2008)	○	○	○	○	○	○	○	○
Campbell and Bozorgnia(2008)	○	○	○	○	○	○	○	○
Chiou and Youngs(2008)	○	○	○	○	○	○	○	○
Idriss(2008)	○	○	○	○	○	○	○	○

○:適用可, △:保守的に適用, ×:適用不可

距離減衰式のスクリーニング



耐専スペクトルの適用の判断

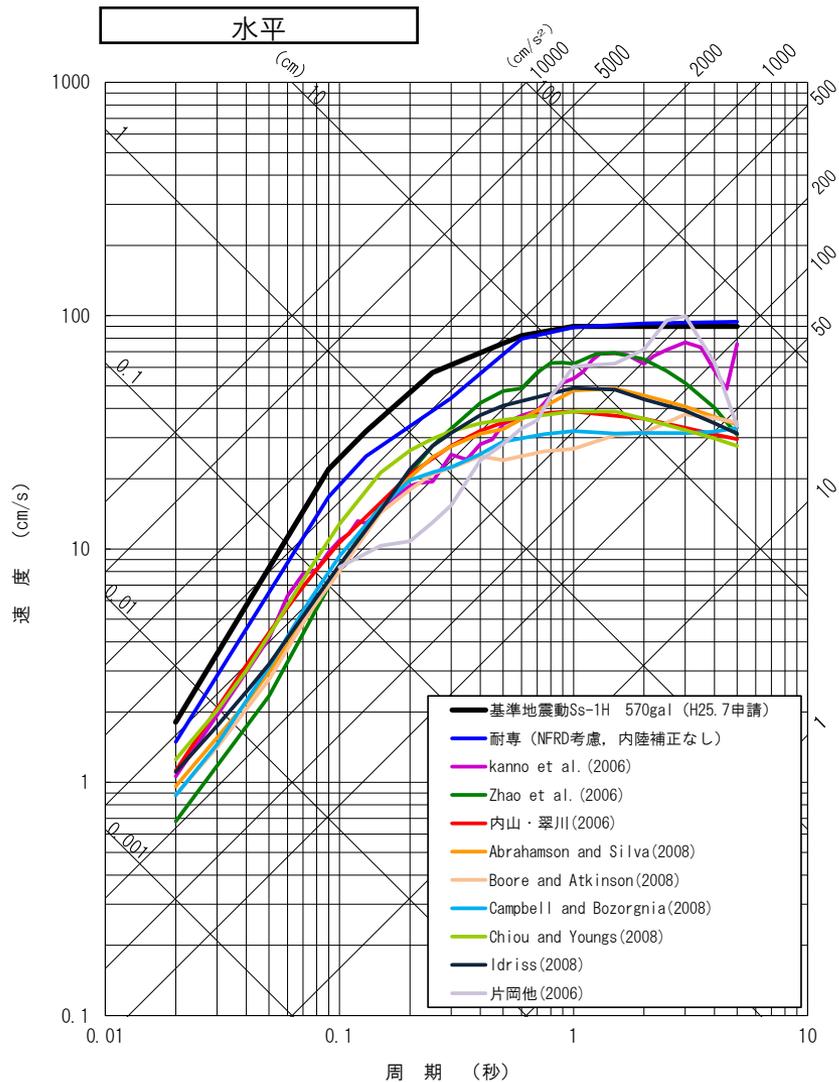


その他距離減衰式はすべてのケースで「整合的」のフローに該当する。

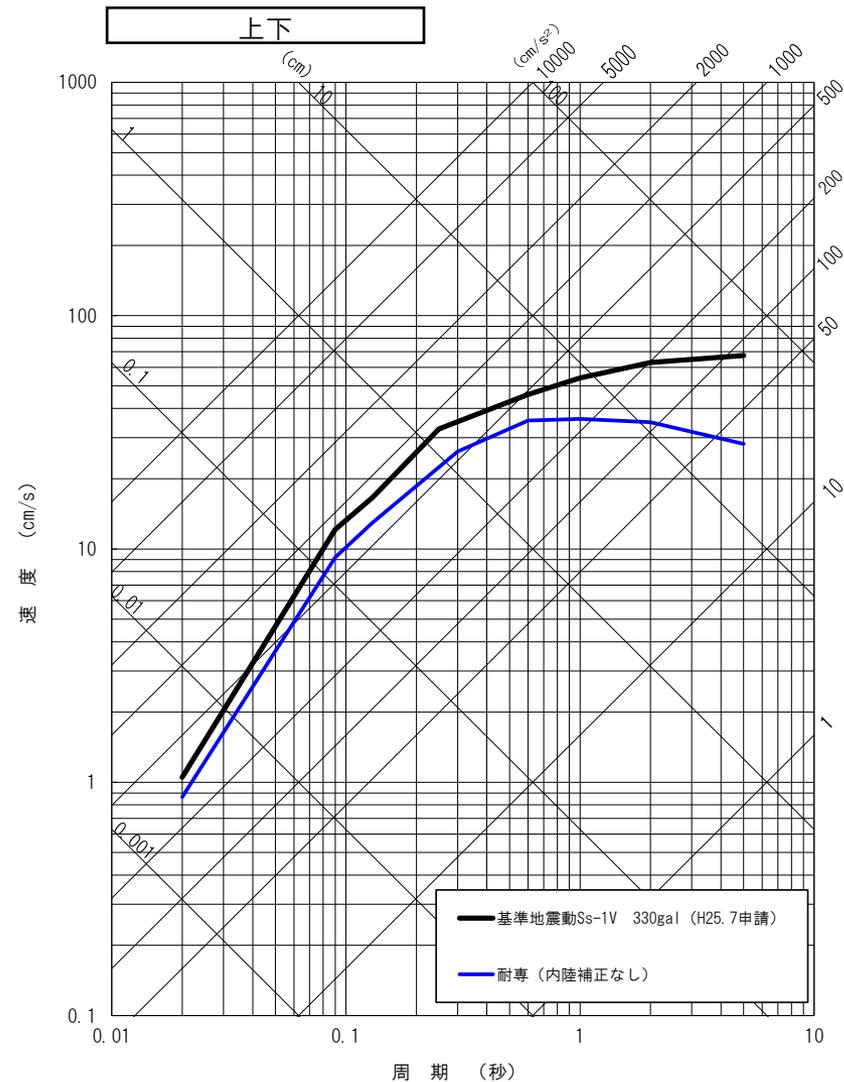
応答スペクトルに基づく地震動評価には以下の手法を採用することとする。

検討ケース	採用する手法	
	水平動の評価	鉛直動の評価
480km鉛直	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル
480km北傾斜	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル
130km鉛直	その他距離減衰式	—
130km北傾斜	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル
69km鉛直	その他距離減衰式	—
69km北傾斜	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル
54km鉛直	その他距離減衰式	—
54km北傾斜	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル

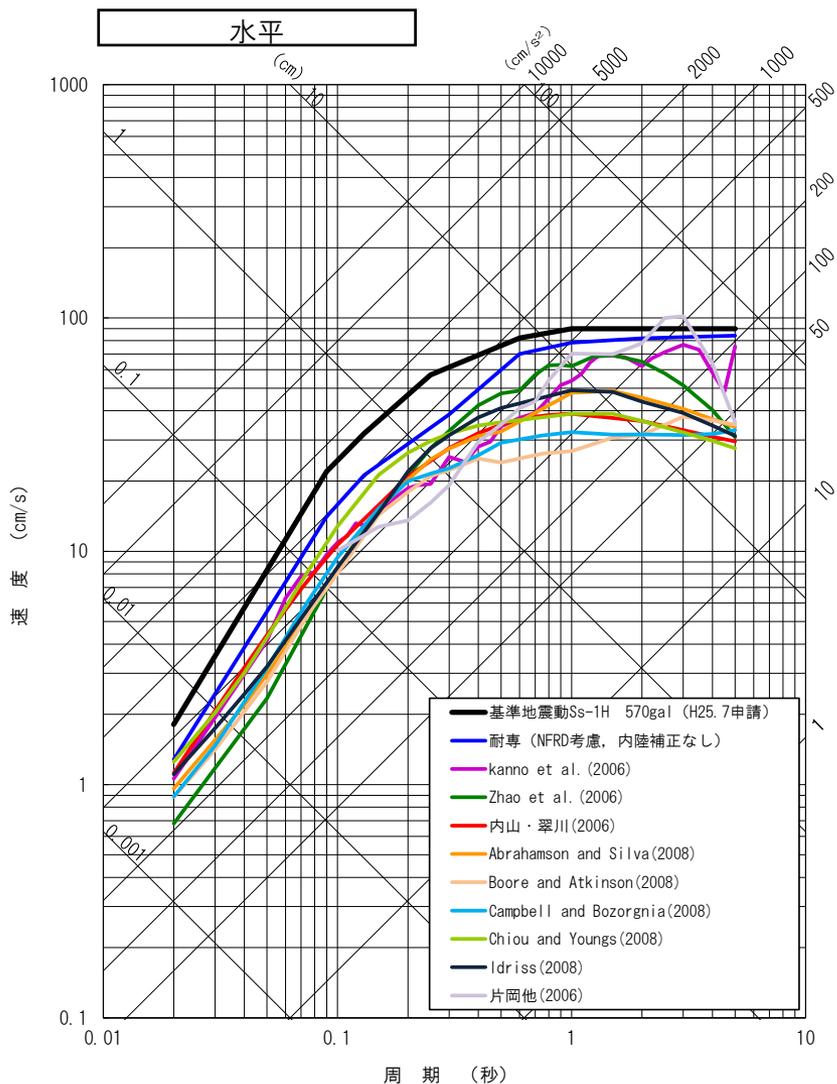
○その他距離減衰式 : Kanno et al.(2006), Zhao et al.(2006), 内山・翠川(2006), 片岡・他(2006), Abrahamson and Silva(2008), Boore and Atkinson(2008), Campbell and Bozorgnia(2008), Chiou and Youngs(2008), Idriss(2008)



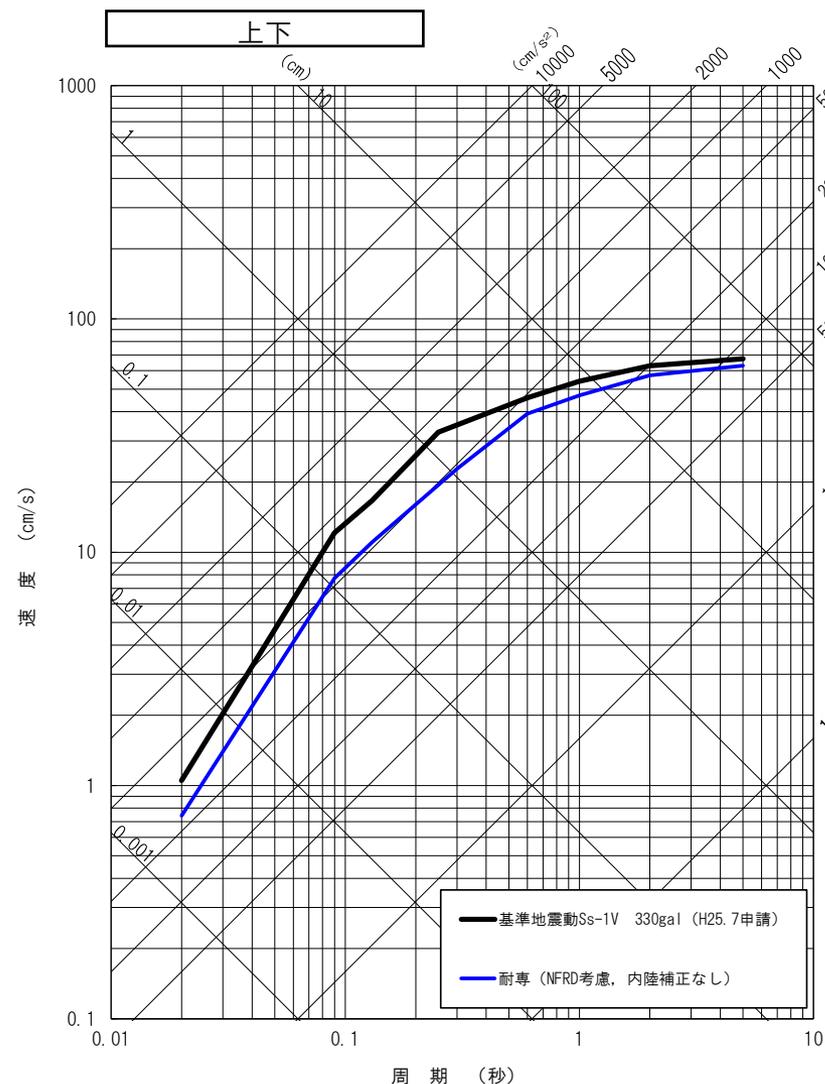
水平方向



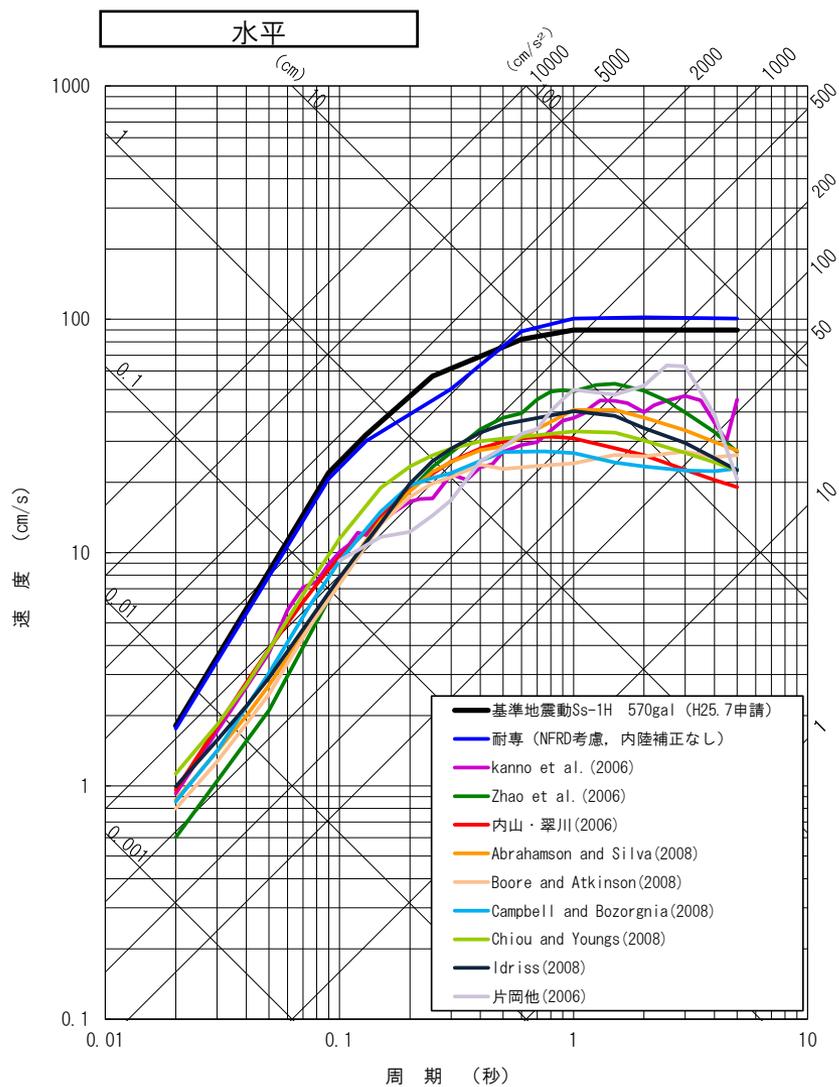
上下方向



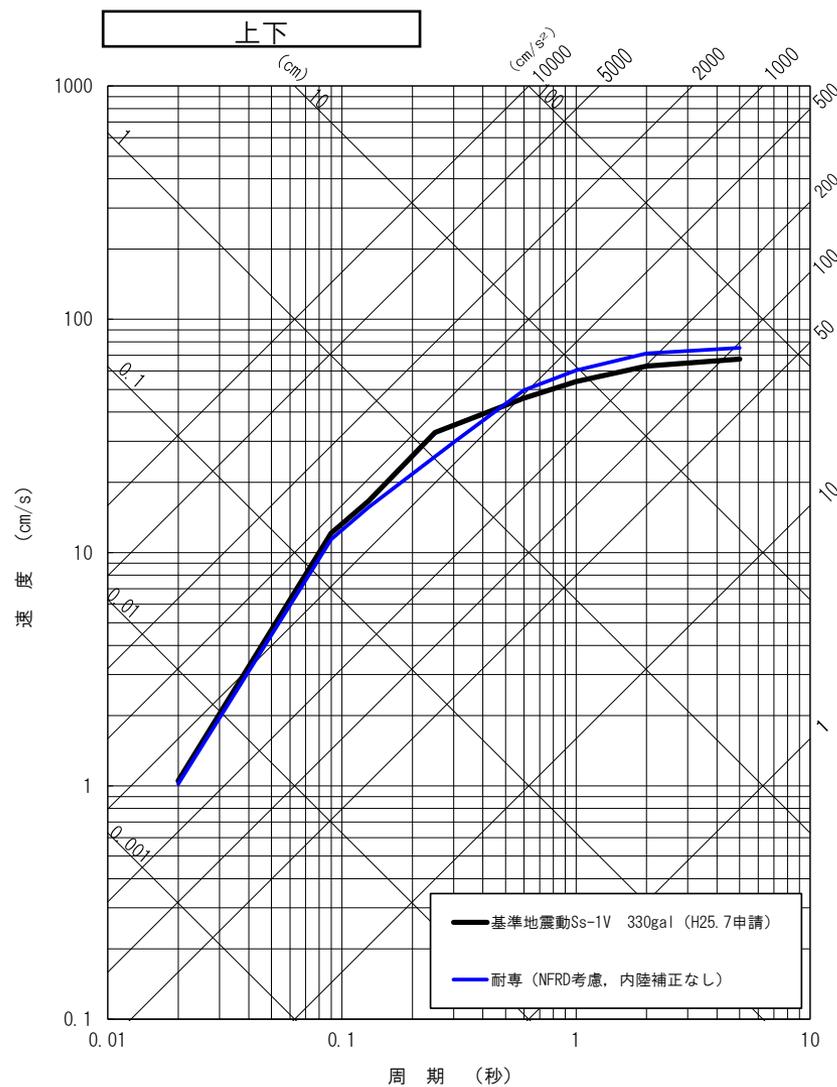
水平方向



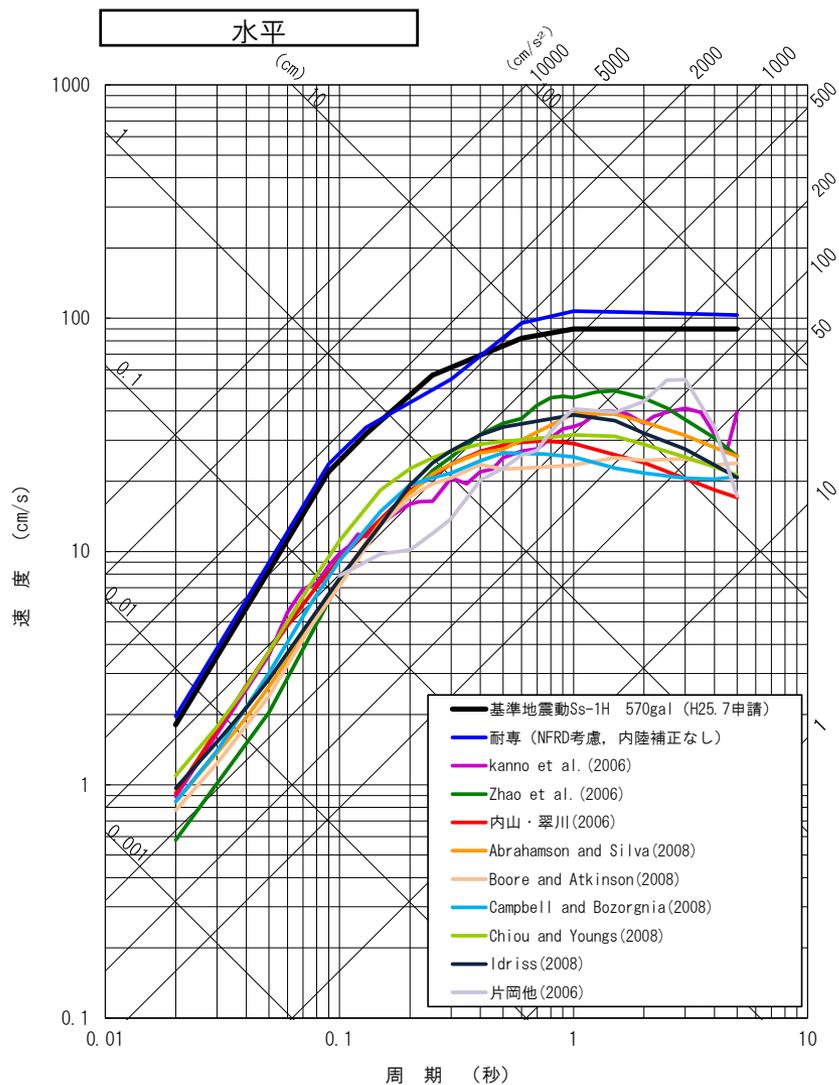
上下方向



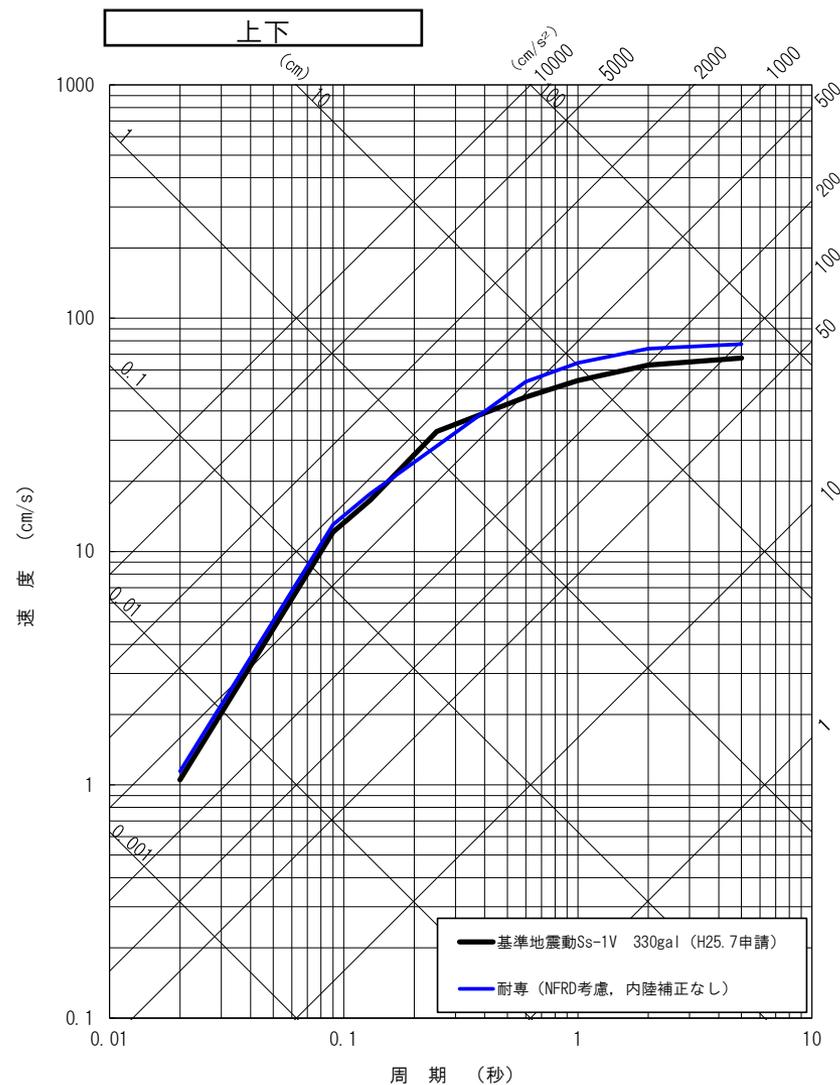
水平方向



上下方向



水平方向



上下方向

検討用地震の地震動評価は、「**応答スペクトルに基づいた地震動評価**」および「**断層モデルを用いた手法による地震動評価**」の双方を実施。

➤ 応答スペクトルに基づいた地震動評価手法について

- ・解放基盤表面における水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ・水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ・震源の拡がりを考慮できること
- ・地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できることから、Noda et al. (2002)の方法を用いることを基本とする。

➤ 断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について

○内陸地殻内地震

- ・敷地で地震観測を実施しており、周期5秒程度まで信頼性のある観測記録が得られていることから、「**経験的グリーン関数法**」により評価を行うこととする。
- ・しかしながら観測記録は海洋プレート内地震であるため、「**統計的グリーン関数法**」でも評価し、「**経験的グリーン関数法**」と比較・検証することとする。

○海洋プレート内地震

- ・敷地で地震観測を実施しており、周期5秒程度まで信頼性のある観測記録が得られていることから、「**経験的グリーン関数法**」により評価を行うこととする。

○プレート間地震

- ・内閣府検討会と同じ「**統計的グリーン関数法**」で評価する。

断層長さ

考慮する不確かさ

$$\left(\begin{array}{c} 480\text{km} \\ 130\text{km} \\ 54\text{km} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \textcircled{1} \text{応力降下量} \\ \textcircled{2} \text{北傾斜} \\ \textcircled{3} \text{南傾斜} \\ \textcircled{4} \text{破壊伝播速度} \\ \textcircled{5} \text{アスペリティの平面位置} \end{array} \right)$$

パラメータ設定に用いるスケーリング則は、壇・他(2011)を基本とする。

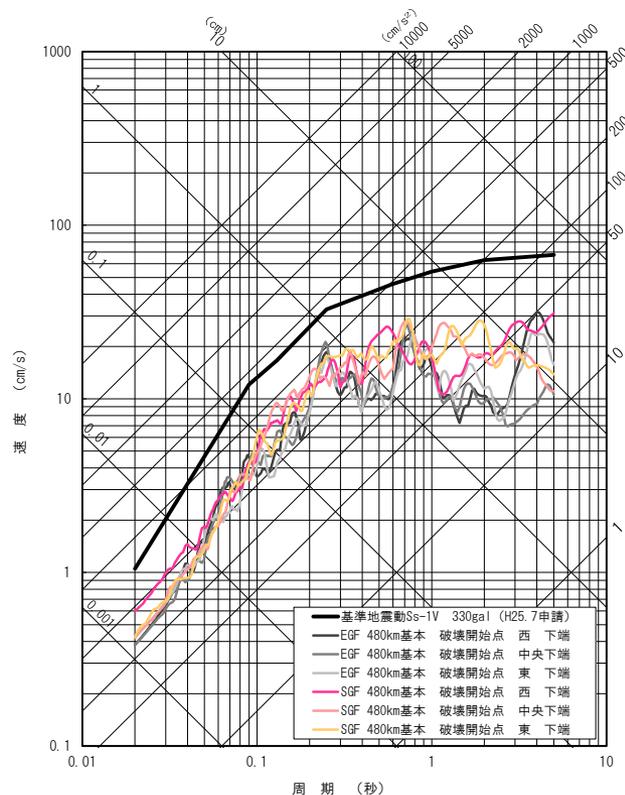
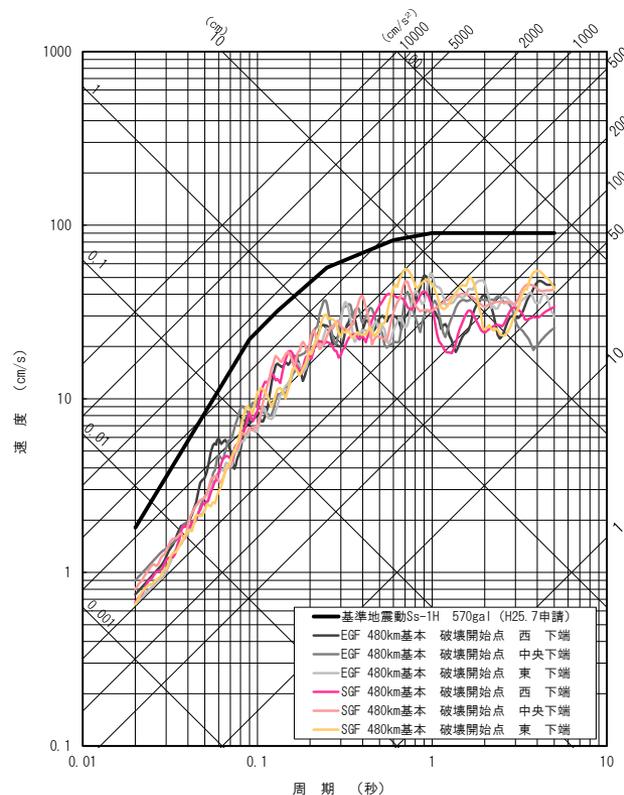
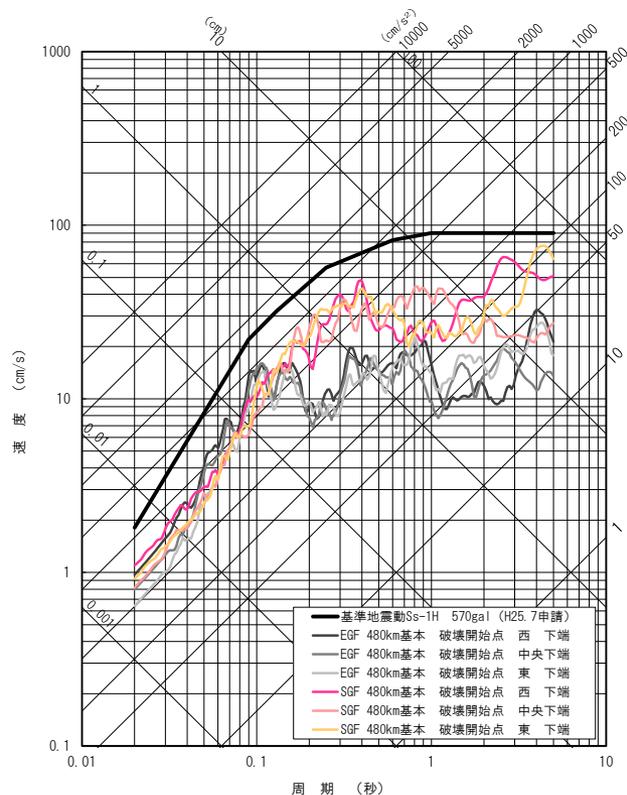
そして、480kmと130kmについては、Fujii and Matsu'ura(2000)も用いて不確かさを考慮した検討を実施する。

54kmについても、入倉・三宅(2001)を用いて不確かさを考慮した検討を実施する。

内陸地殻内地震の地震動評価 —影響評価結果(480km 基本ケース)—

○ 経験的手法と統計的手法による結果を比較した結果、EW方向とUD方向についてはほぼ同等の結果を得た。NS方向では、要素地震の特徴から長周期側で統計的手法の結果が大きいですが、主要周期帯である周期0.1秒付近に着目すると経験的手法の方が厳しい結果となっている。

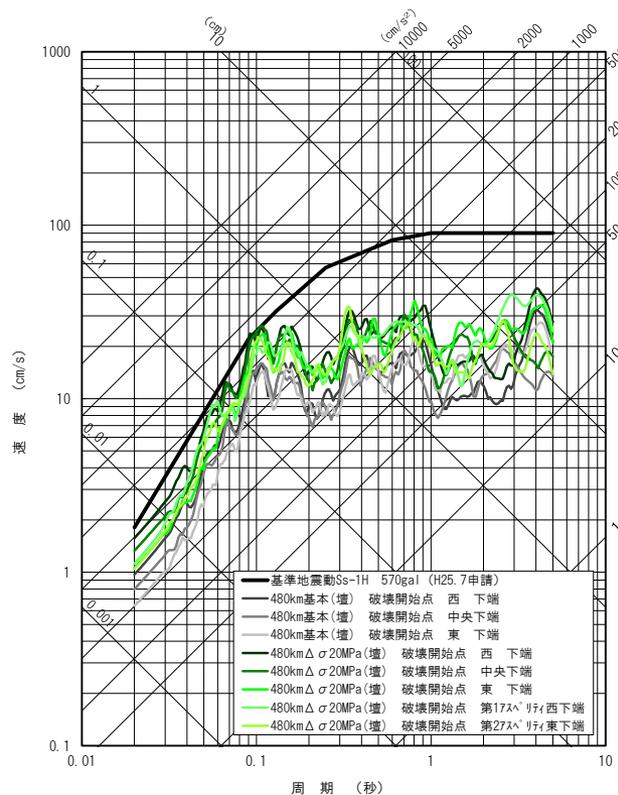
○ したがって、不確かさを考慮した地震動評価においては、施設への影響度の観点から、経験的手法を採用することとする。



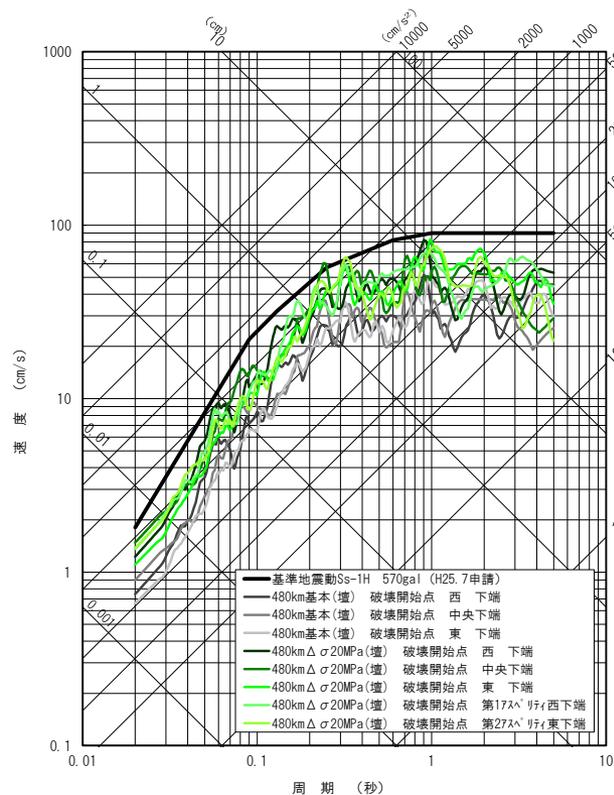
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

内陸地殻内地震の地震動評価 —評価結果(480km 壇 ①応力降下量)—

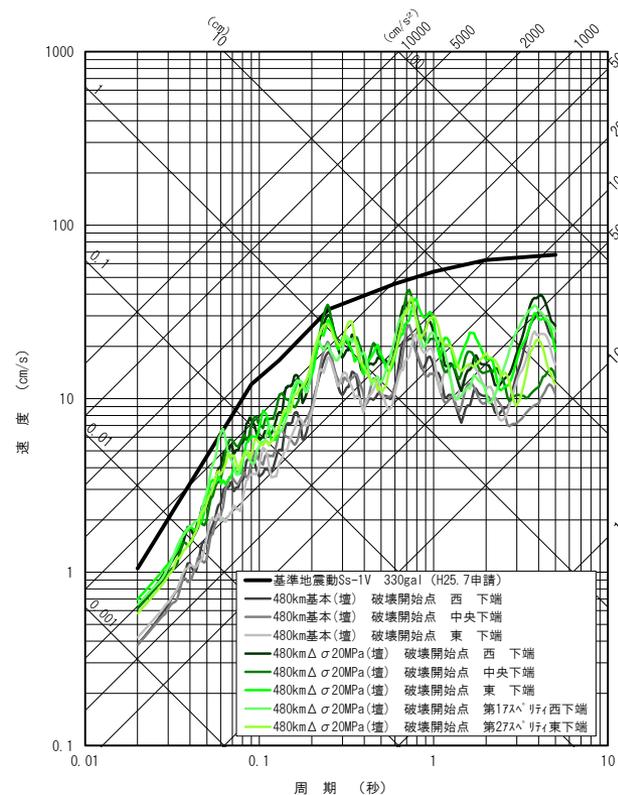
平成27年6月3日
まとめ資料再掲



NS

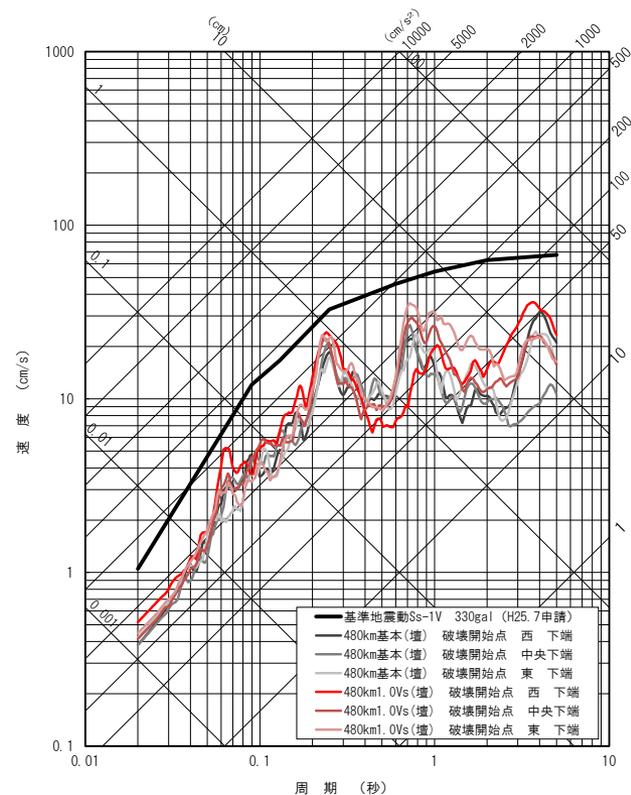
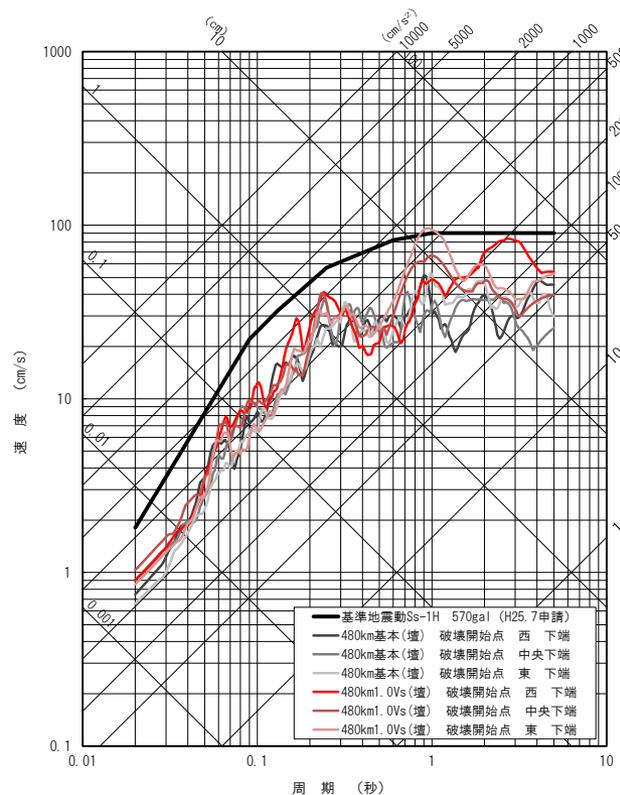
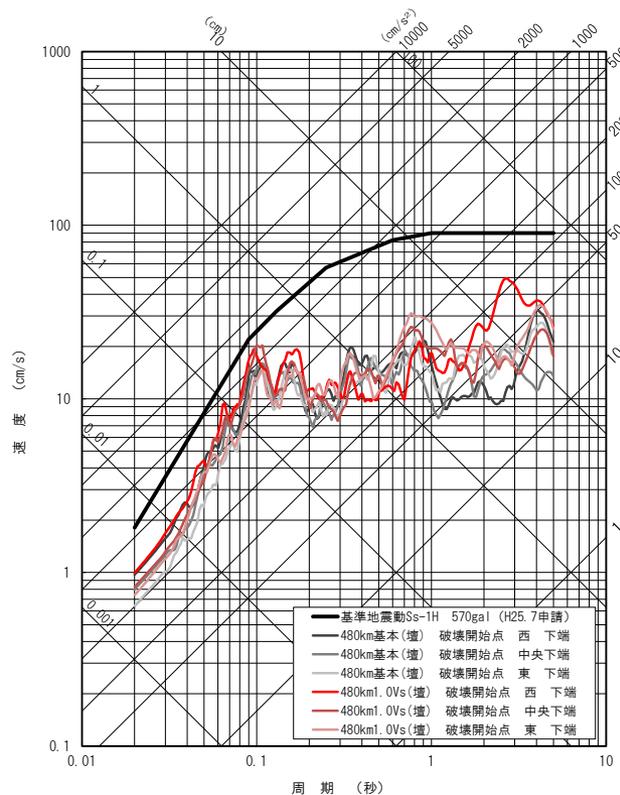


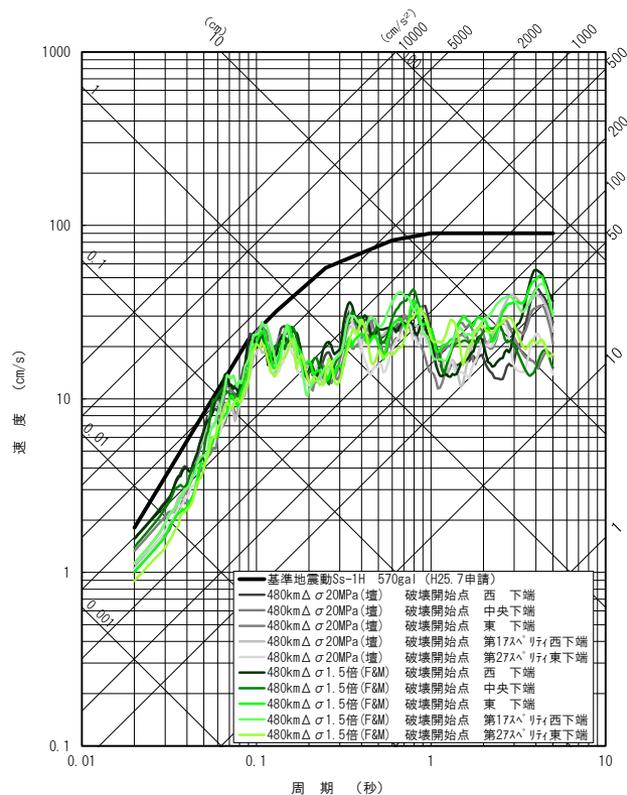
EW



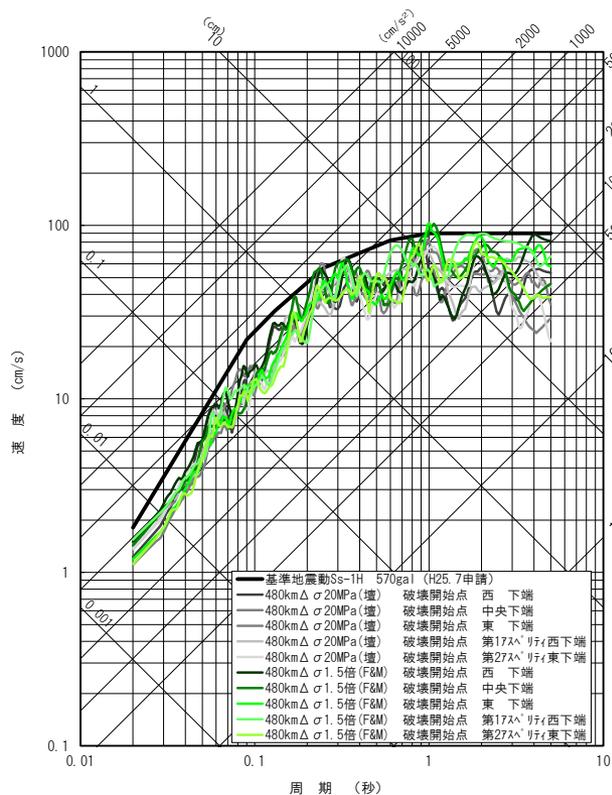
UD



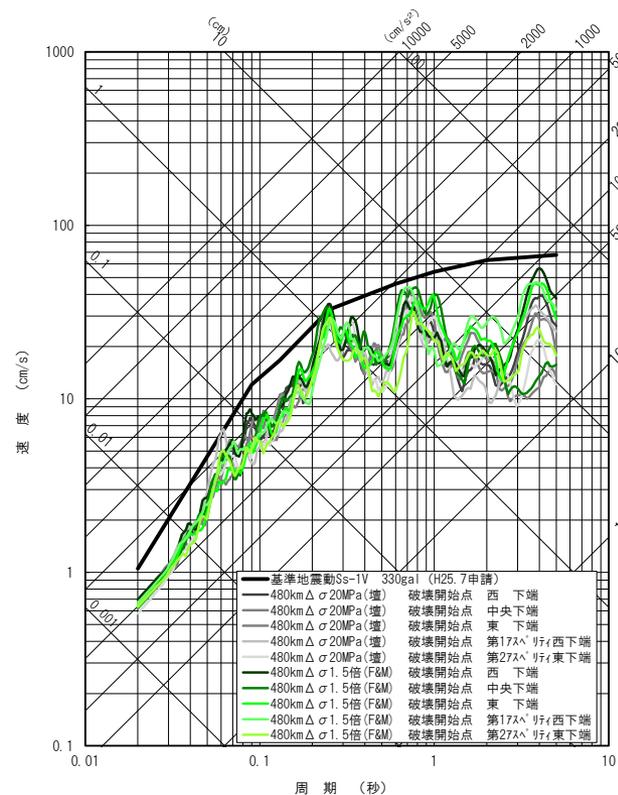




NS

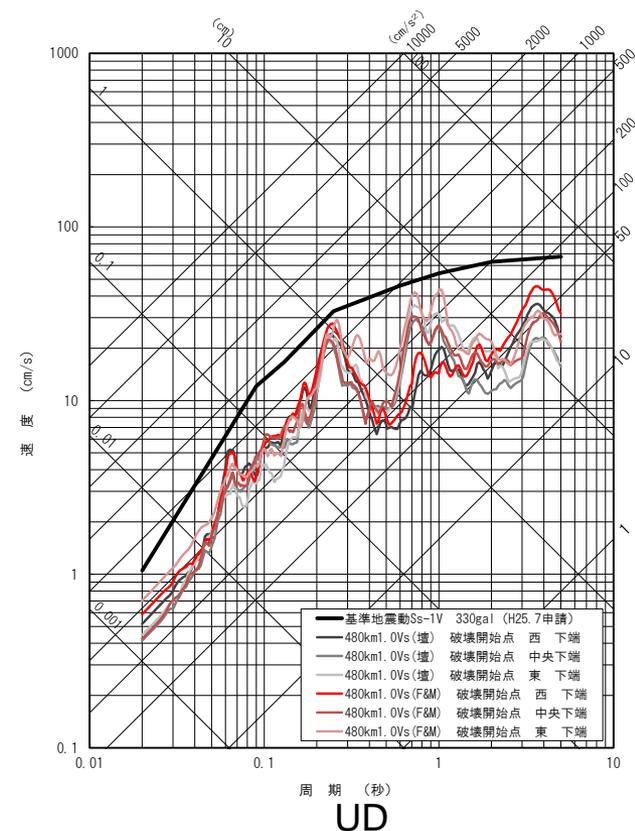
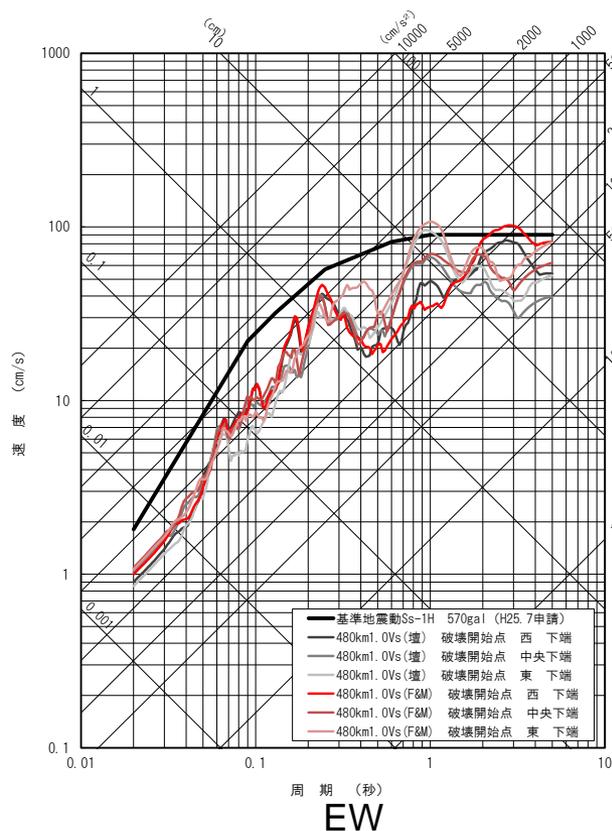
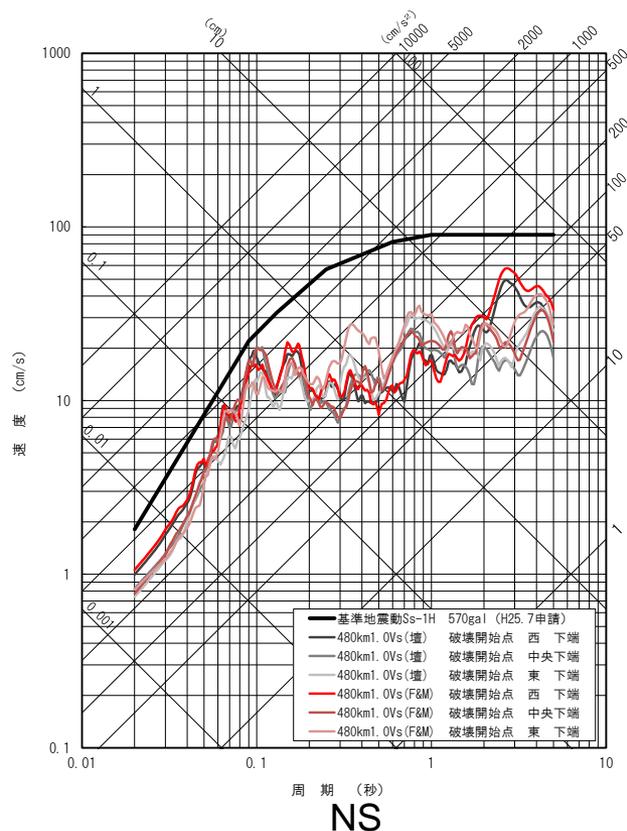


EW



UD

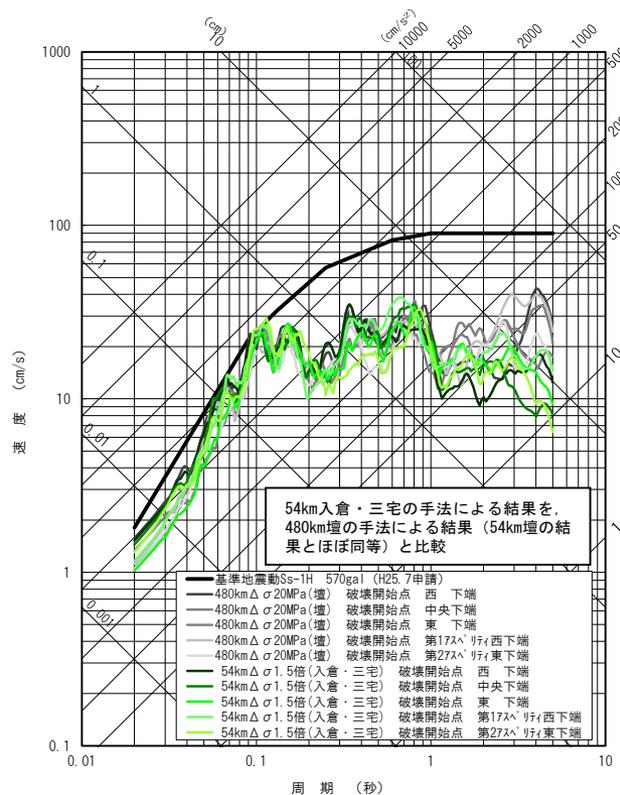




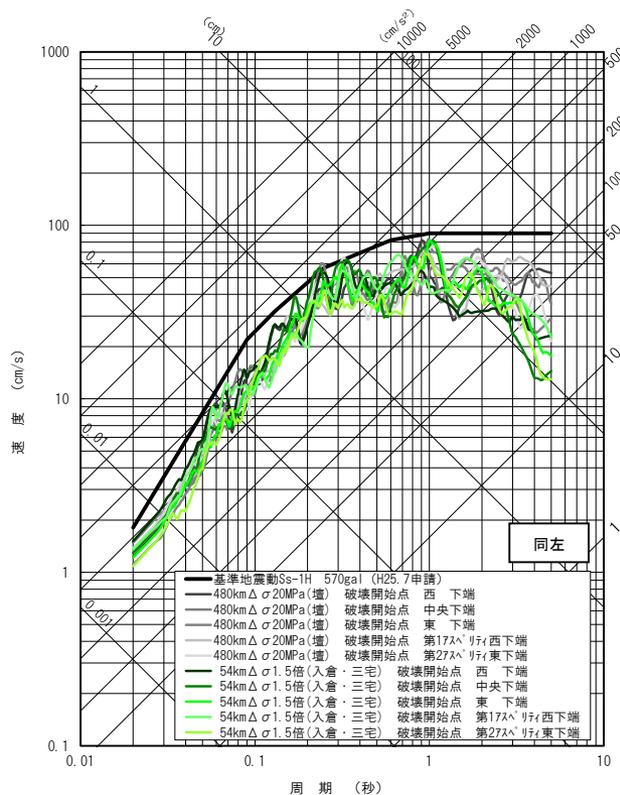
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

内陸地殻内地震の地震動評価 —評価結果(54km 入倉・三宅 ①応力降下量)—

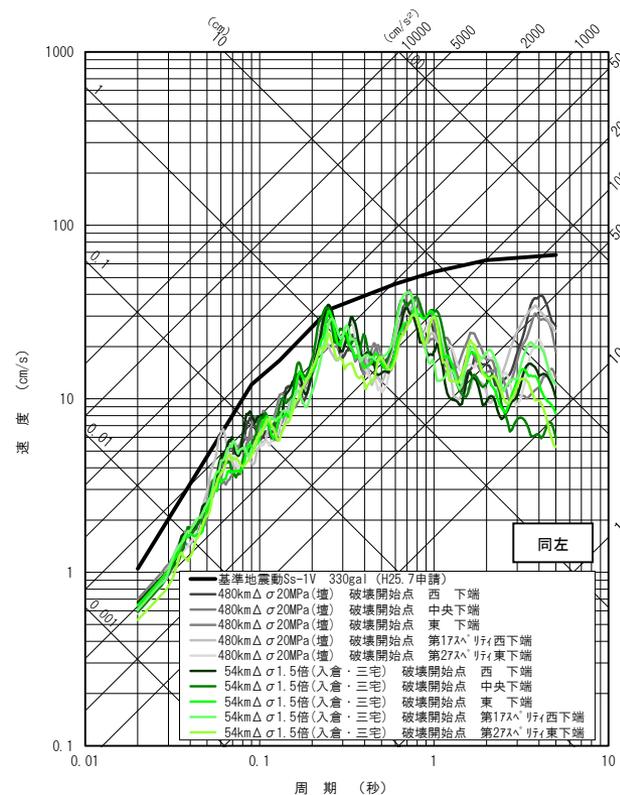
平成27年6月3日
まとめ資料再掲



NS



EW



UD



断層モデル図とパラメータ表は<添付資料>参照

No.	検討ケース	震源モデルの設定条件					備考
		地震規模	断層面の位置	破壊開始点	アスペリティの位置	傾斜角	
—	検討用地震 1649年安芸・伊予の地震	M6.9	1649年の地震の 震央位置	— ※	— ※	— ※	
0	基本震源モデル 想定スラブ内地震	M7.0 既往最大	敷地真下	破壊開始点 2箇所	海洋マントル上端に 配置	90°	
1	不確かさ考慮① 芸予地震の知見を反映	M7.0 既往最大	敷地真下	破壊開始点 3箇所	2001年芸予地震の知見		2001年芸予地震の再現 モデルをM7.0にスケールアップ
					2001芸予	2001芸予 55° W	
2	不確かさ考慮② アスペリティ深さの不確かさ	M7.0 既往最大	敷地真下	破壊開始点 2箇所	アスペリティを断層 上端（海洋性地殻上 端）に配置	90°	
3	不確かさ考慮③ 地震規模の不確かさ	M7.2	敷地真下	破壊開始点 2箇所	海洋マントル上端に 配置	90°	
4	不確かさ考慮④ 共役断層を考慮	M7.4	敷地東方	破壊開始点 2箇所	海洋マントル上端に 配置	30° (低角共役断層)	

※: 検討用地震の選定では断層最短距離を用いた距離減衰式で影響評価を行ったため想定していない

 : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

 : 不確かさを考慮するパラメータ

○パラメータ設定(地震規模・距離)

【地震規模】

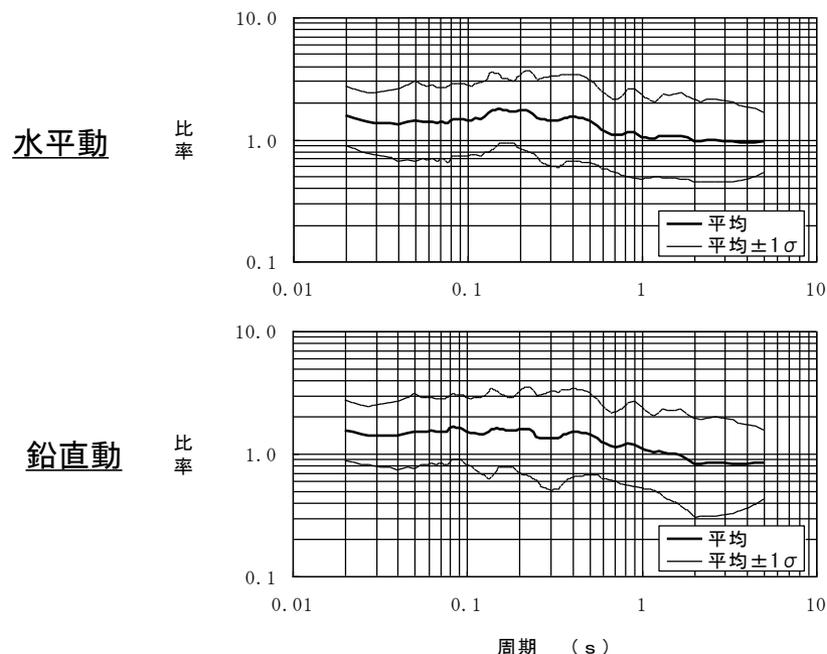
各解析ケースにおいては、地震規模を与条件としているため、この値を用いる。

【距離】

耐専スペクトルにおいては、断層の不均質破壊を考慮して算出した等価震源距離 X_{eq} を用いる。

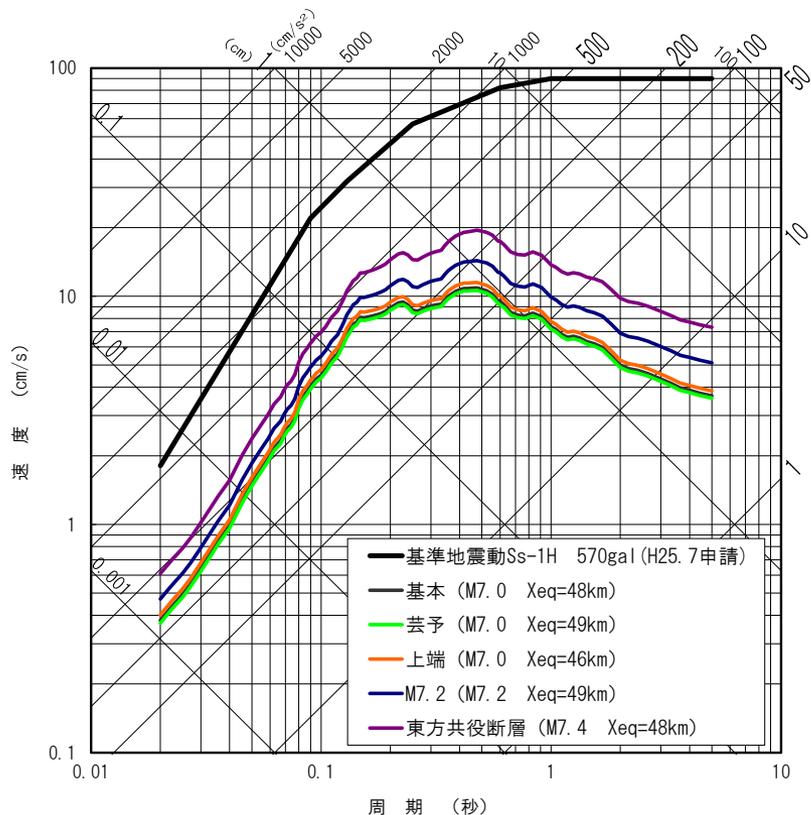
○耐専スペクトル(Noda et al. (2002))に用いる補正係数

敷地周辺に比較的規模の大きい観測記録(下表)があるため、解放基盤表面のはざとり波の応答スペクトルを求め、それらをNoda et al.(2002)により求めた応答スペクトルで除して補正係数とした。

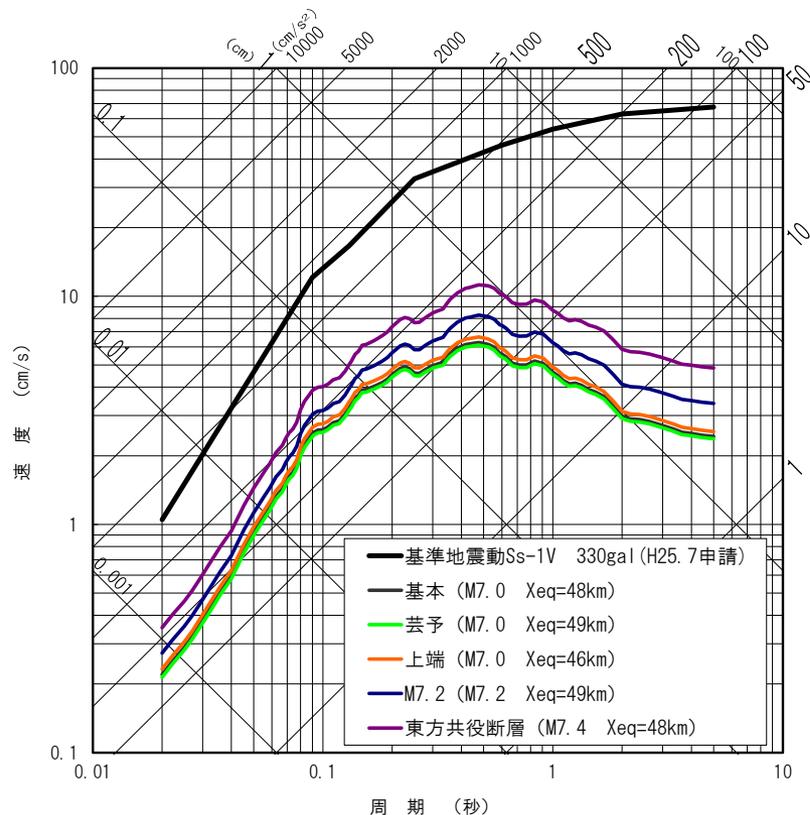


補正係数の算定に用いたM5.1以上の海洋プレート内地震

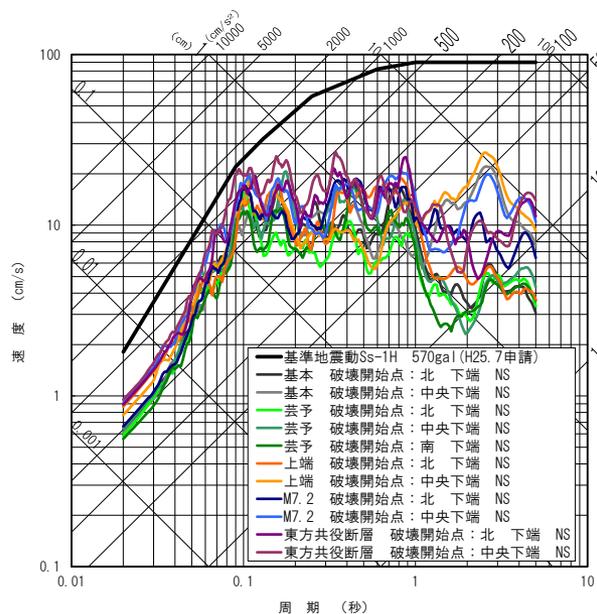
番号	震央位置 または地震名	発生日時	M	深さ (km)	震央 距離 (km)
1	周防灘	1979年7月13日	6.0	70	47
2	大分県北部	1983年8月26日	6.6	116	66
3	愛媛県南予	1985年5月13日	6.0	39	61
4	伊予灘	1988年7月29日	5.1	53	28
5	伊予灘	1991年1月4日	5.3	58	6
6	愛媛県南予	1993年8月14日	5.3	47	27
7	伊予灘	1993年8月31日	5.1	62	19
8	2001年芸予地震	2001年3月24日	6.7	46	80
9	安芸灘	2001年3月26日	5.2	46	78
10	豊後水道	2001年4月25日	5.7	39	77



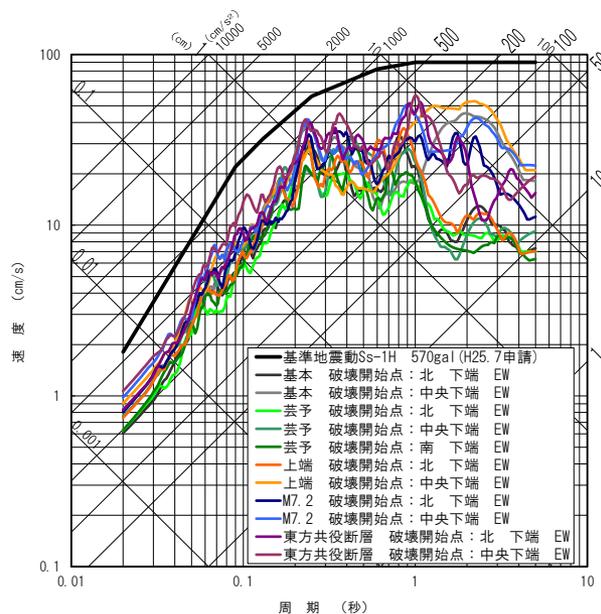
水平方向



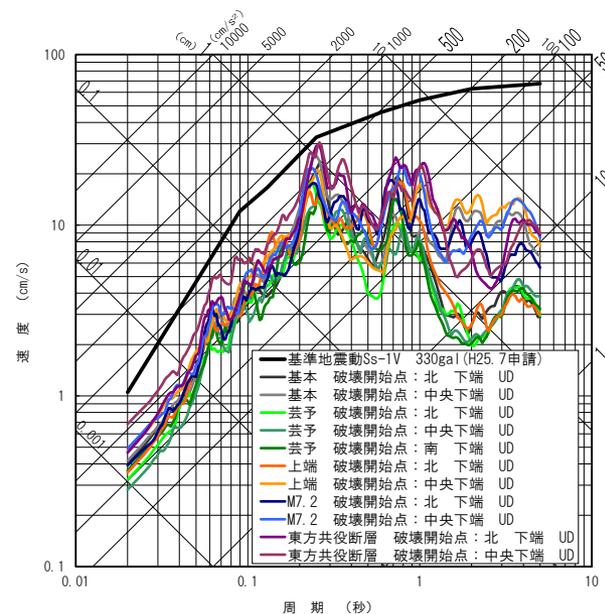
上下方向



NS方向



EW方向



UD方向

断層モデル図とパラメータ表は<添付資料>参照

No.	検討ケース	震源モデルの設定条件				備考
		地震規模	断層面の位置	破壊開始点	アスペリティの位置	
ー	検討用地震 南海トラフの巨大地震 (内閣府検討会による断層モデル)	M9.0	内閣府検討会による断層モデル	ー ※	ー ※	
0	基本震源モデル 南海トラフの巨大地震 (内閣府検討会による断層モデル)	M9.0	内閣府検討会による断層モデル	内閣府検討会による 破壊開始点 :1箇所	陸側ケース	
1	不確かさ考慮① SMGA位置の不確かさ	M9.0	内閣府検討会による断層モデル	内閣府検討会による 破壊開始点 :1箇所	陸側ケース + 敷地直下に配置	

: 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

: 不確かさを考慮するパラメータ

※: 検討用地震の選定では断層最短距離を用いた距離減衰式で影響評価を行ったため想定していない

プレート間地震の地震動評価 一応答スペクトルに基づく地震動評価方針一

○パラメータ設定(地震規模・距離)

【地震規模】

内閣府検討会(2012)のモデルの地震規模に準拠する。ただし、南海トラフの巨大地震のマグニチュードは9.0であるが、応答スペクトル手法による地震動評価に用いる地震規模は内閣府検討会(2012)の事例にならい8.3を用いた。

内閣府検討会(第二次報告)[平成24年8月29日]

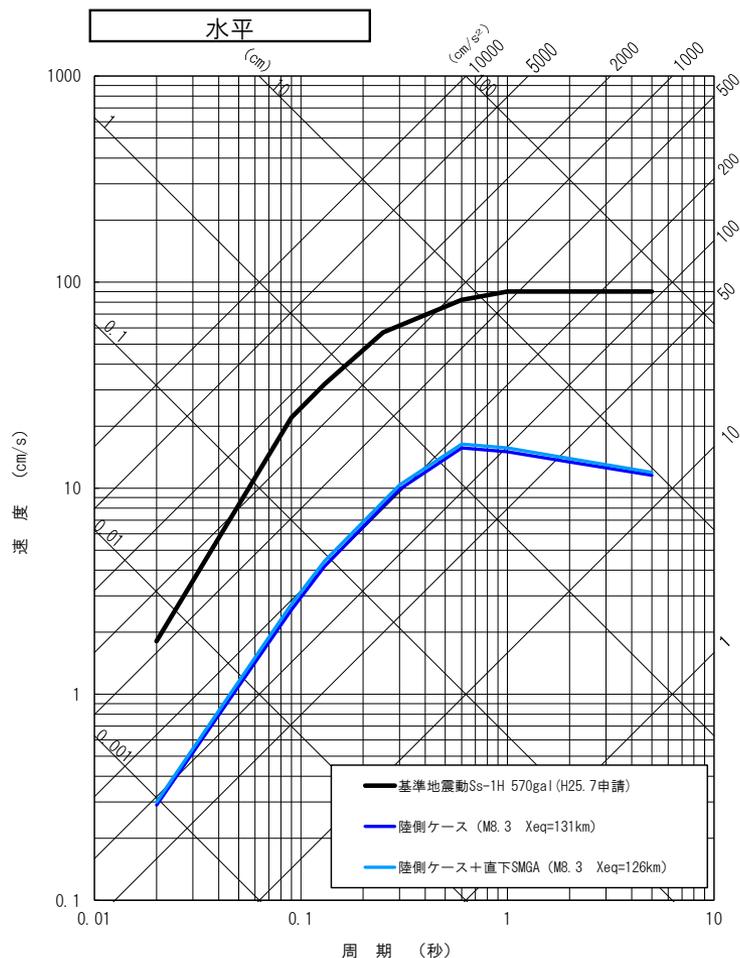
『Mw9.0の2011年東北地方太平洋沖地震の震度分布に適用されている経験式のパラメータMwは8.2~8.3であることから、第一次報告と同じく、南海トラフの巨大地震の検討に用いる経験的手法のパラメータMwは8.3と設定した。』

【距離】

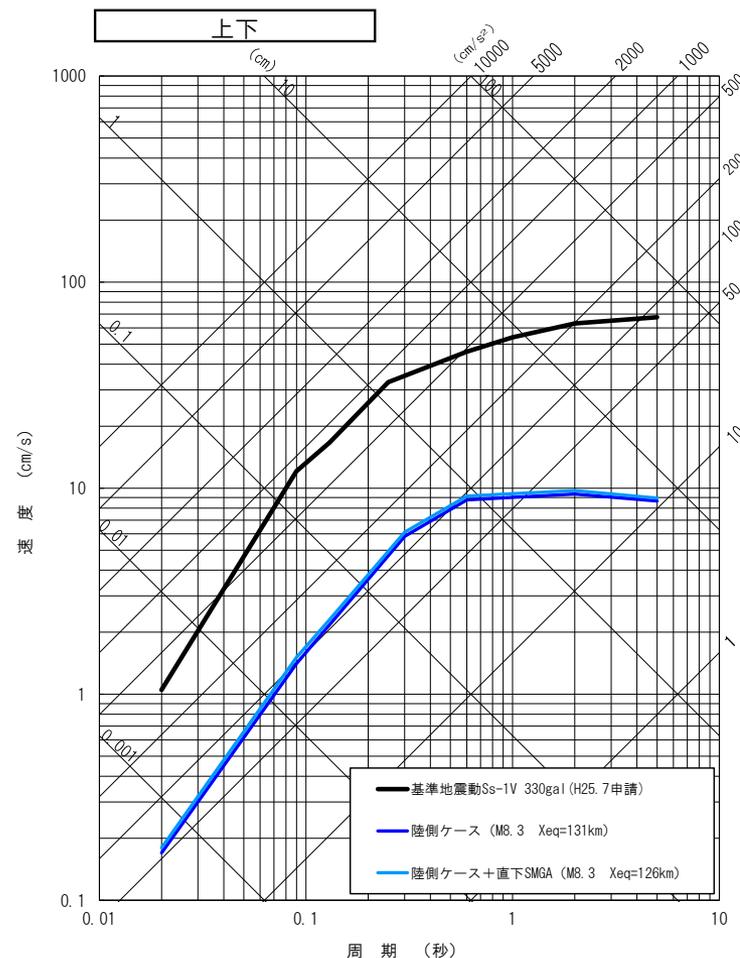
耐専スペクトルにおいては、断層の不均質破壊を考慮して算出した等価震源距離 X_{eq} を用いる。

○耐専スペクトル(Noda et al.(2002))に用いる補正係数

敷地周辺およびさらに範囲を広げても観測記録がないため観測記録による補正は行わない。



水平方向



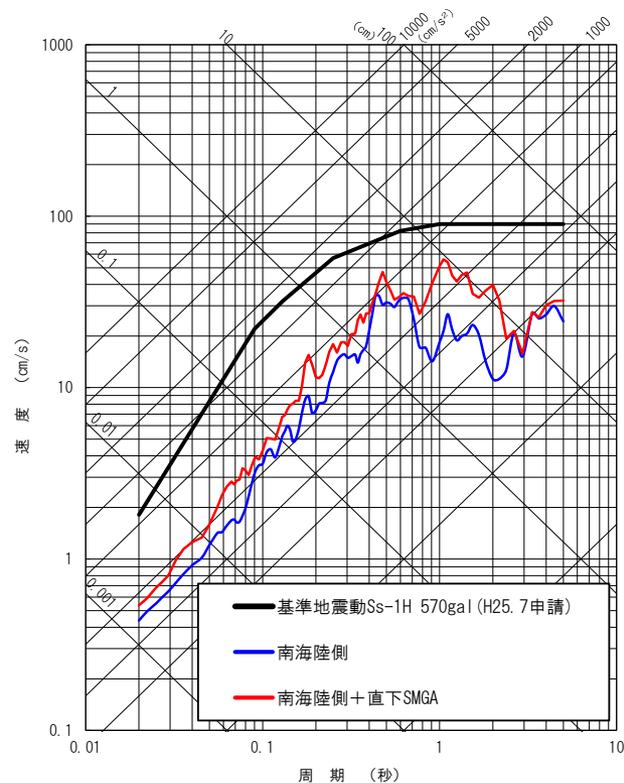
上下方向

※ 南海トラフの巨大地震のマグニチュードは9.0であるが、応答スペクトル手法による地震動評価に用いる地震規模は内閣府検討会による8.3を用いた。

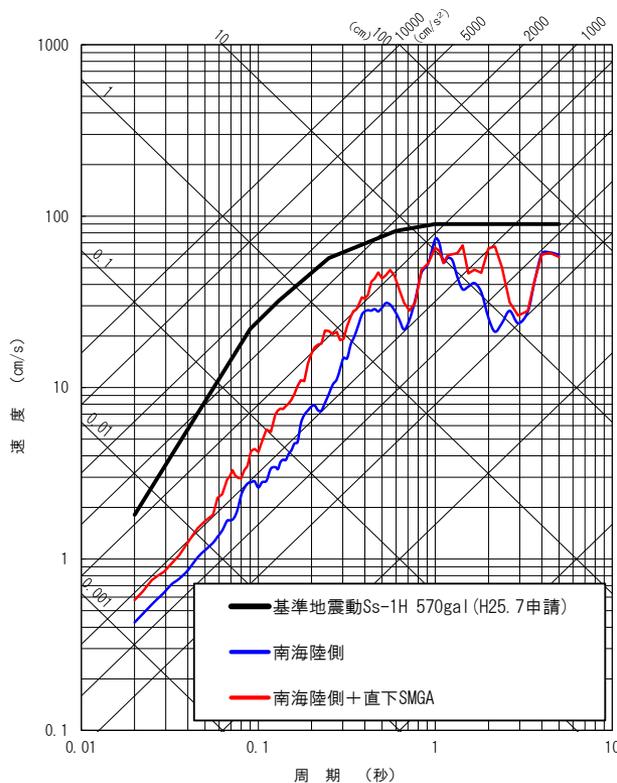
内閣府検討会(第二次報告)[平成24年8月29日]

『Mw9.0の2011年東北地方太平洋沖地震の震度分布に適用されている経験式のパラメータMwは8.2~8.3であることから、第一次報告と同じく、南海トラフの巨大地震の検討に用いる経験的手法のパラメータMwは8.3と設定した。』

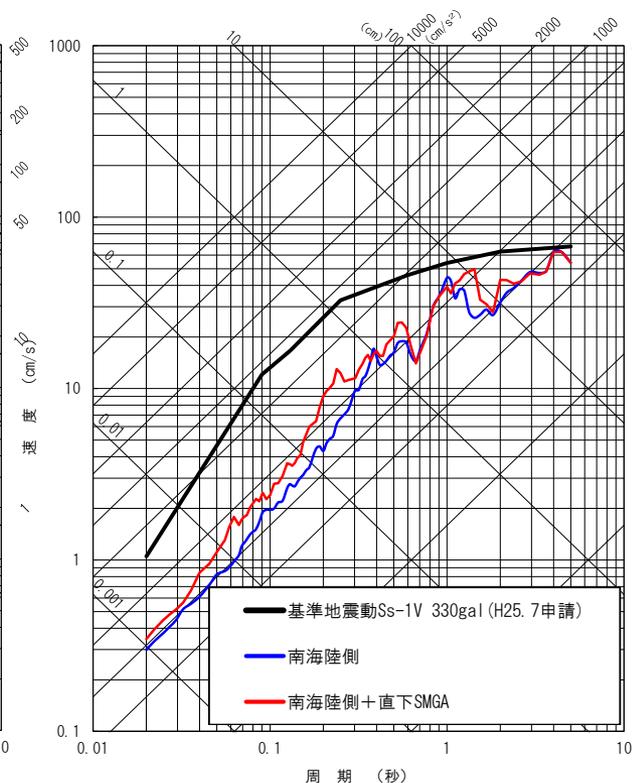
短周期側地震動(統計的グリーン関数法)と長周期側地震動(理論計算)を接続周期2.5秒でハイブリッド合成した。



NS方向



EW方向



UD方向

5. 震源を特定せず策定する地震動

1. 敷地周辺の地震発生様式

2. 活断層の分布状況

3. 敷地地盤の評価

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

5. 震源を特定せず策定する地震動

地域性を考慮する地震動について

審査ガイドの例示2地震

2000年鳥取県西部地震は活断層の成熟度、2008年岩手・宮城内陸地震は軟岩・火山岩・堆積層の厚さ等について、伊方発電所立地地点との地域差を検討する。

鳥取県西部地震における賀祥ダムの観測記録を震源を特定せず策定する地震動に設定

全国共通に考慮すべき地震動について

既往の知見

震源を事前に特定できない地震に関する既往の知見を整理する。

加藤ほか(2004)の地震基盤における地震動レベルを震源を特定せず策定する地震動に設定

北海道留萌支庁南部地震

2004年北海道留萌支庁南部地震におけるK-NET港町の観測記録に基づく解放基盤波を検討する。

2004年北海道留萌支庁南部地震におけるK-NET港町の観測記録に基づく解放基盤波の検討結果を踏まえ震源を特定せず策定する地震動を設定

標準応答スペクトル

震源近傍の多数の地震記録に基づいて策定した地震基盤相当面における標準的な応答スペクトルから策定する。

伊方発電所の敷地の地盤物性を踏まえ標準応答スペクトルを震源を特定せず策定する地震動に設定

6章「基準地震動の策定」に反映

6. 基準地震動の策定

地域性を考慮する地震動について —岩手・宮城内陸地震震源域との地域差—

項目	伊方発電所立地地点	岩手・宮城内陸地震震源域
変位地形・リニアメント	変位地形・リニアメントなし	孤立した長さの短い活断層あり
第四紀火山との位置関係	火山フロントより前弧側で離隔あり	火山フロント付近で火山と近接
地質	堅硬かつ緻密な結晶片岩が少なくとも地下2kmまで連続、貫入岩なし	新第三紀以降の火山岩、堆積岩が厚く分布
応力場	東西圧縮の横ずれ型 (沖縄トラフの開きによる正断層型への遷移域)	東西圧縮の逆断層型
微小地震の発生状況	極めて低調、深さ～12kmで発生	非常に活発、深さ～20km程度で発生
地震地体構造	伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域とは地震地体構造が異なるとされており、地震の起こり方も異なる。	

- 伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域では、地形、第四紀火山との位置関係、地質、応力場、微小地震の発生状況などにおいて、特徴が大きく異なる。特に、軟岩・火山岩・堆積層の厚さの観点から、堅硬かつ緻密な結晶片岩が少なくとも地下2kmまで連続する伊方発電所立地地点と新第三紀以降の火山岩、堆積岩が厚く分布する岩手・宮城内陸地震震源域とでは地域差が顕著である。
- 伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域とは地震地体構造が異なるとされており、地震の起こり方も異なる。したがって、伊方発電所立地地点では岩手・宮城内陸地震と類似する地震は起こらないと評価される。

→審査ガイドに従い、岩手・宮城内陸地震を観測記録収集対象外とし、Mw6.5未満の地震観測記録を収集対象とする。

地表
↑

項目		① 鳥取県西部地震震源域	② 伊方発電所立地地点
変位地形・リニアメント		多数のリニアメントが集中	変位地形・リニアメントなし
活断層の成熟度		活断層の成熟度が低い地域	成熟度の低い活断層が存在し難い地域
活断層の成熟度に寄与する要因	歪み蓄積速度	小さい (アムールプレート東進の寄与)	相対的に大きい (フィリピン海プレート沈み込みと対応)
	第四紀火山との位置関係	火山フロント直上で単成火山群と近接	火山フロントより前弧側で離隔あり
	地質	花崗岩主体で安山岩～玄武岩の岩脈が頻繁に貫入	堅硬かつ緻密な結晶片岩が少なくとも地下2kmまで連続、貫入岩なし
	反射断面	水平方向の反射面の連続性が乏しい	水平成層かつ均質な速度構造
地震が発生する地下深部の情報	応力場	西北西－東南東圧縮の横ずれ型	東西圧縮の横ずれ型 (沖縄トラフの開きによる正断層型への遷移域)
	微小地震の発生状況	非常に活発、深さ～20km程度で発生	極めて低調、深さ～12kmで発生
	④ 重力異常	有意な地域差は認められず、他のデータと総合した検討が必要	
	深部地質構造	西南日本の骨格をなす帯状の地質構造の中で異なる地質ユニットに属する。	
	地震波速度構造	下部地殻に低速度異常あり (第四紀火山のマグマ源あり)	下部地殻に低速度異常なし

↓
地下深部

③ 地震地体構造	いずれの文献においても伊方発電所立地地点と鳥取県西部地震震源域とは地震地体構造が異なるとされており、地震の起こり方も異なる。
----------	--

①鳥取県西部地震震源域の地域性の検討

③地震地体構造の検討

②伊方発電所立地地点の地域性の検討

④深部地下構造の検討

地域性を考慮する地震動について ー鳥取県西部地震震源域との地域差(2/2)ー

- 審査ガイドに準拠し、地表地震断層の出現要因として「活断層の成熟度」の地域差の観点から、2000年鳥取県西部地震を観測記録収集対象の地震とするか個別に検討した。その結果、伊方発電所立地地点と鳥取県西部地震震源域では地震テクトニクス（地震地体構造）が異なり、活断層の成熟度およびこれに寄与する歪み蓄積速度や地下の均質性において地域差が認められるものの、一方で大局的にはいずれも西南日本の東西圧縮横ずれの応力場である。
- そこで、地震が発生する地下深部の構造について、さらに慎重な検討を行った結果、主に中央構造線や第四紀火山との位置関係に関連して両地域の深部地質構造、地震波速度構造及び微小地震の発生状況に違いがあると考えられるものの、一方で重力異常に有意な地域差は認められない。
- 以上のように、伊方発電所立地地点と鳥取県西部地震震源域では審査ガイドに示された「活断層の成熟度」に地域差が認められ、地震が発生する深部地下構造にも違いがあると考えられるものの、自然現象の評価と将来予測には不確かさが残るため、大局的にはいずれも西南日本の東西圧縮横ずれの応力場であることを踏まえ、更には原子力安全に対する信頼向上の観点から、より保守的に鳥取県西部地震を観測記録収集対象として選定する。
- なお、当社は深さ2 kmまでの深部ボーリング調査によって地震基盤までの地下構造を詳細に把握しており、平成25年8月から深部地震計の観測を開始している。今後も各種の調査・研究を継続して両地域の地域差に関する科学的知見の拡充に努め、更なる安全性・信頼性の向上に努めることと致したい。

5. 震源を特定せず策定する地震動

地域性を考慮する地震動について 一鳥取県西部地震の観測記録を用いた解放基盤波の検討一

平成27年6月3日
まとめ資料再掲

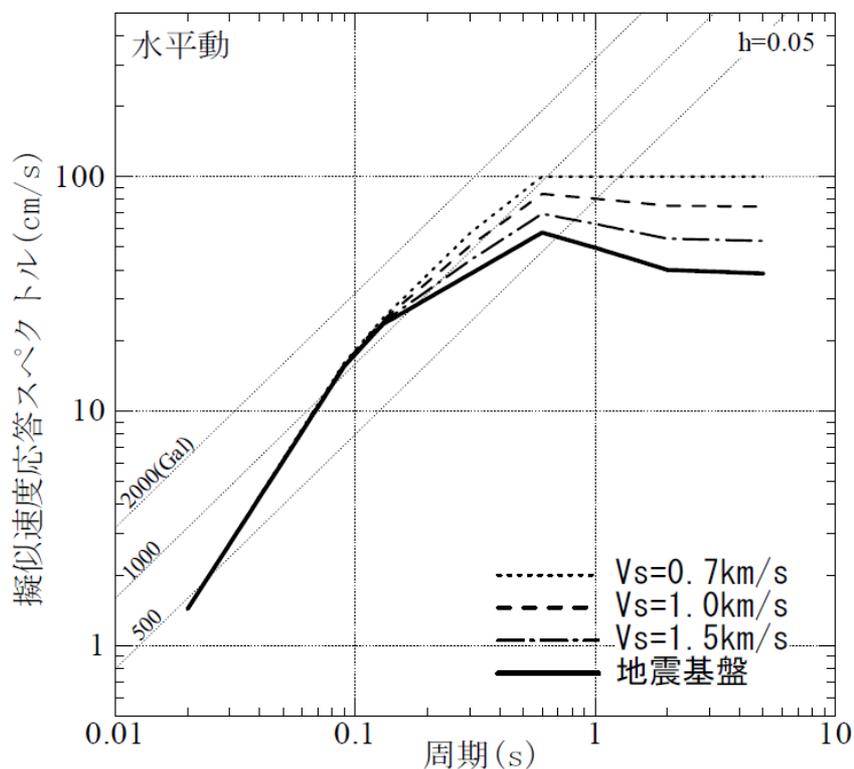
		①岩盤相当の記録	②K-NET		③KiK-net	
		賀祥ダム(監査廊)	TTR007(江府)	TTR009(日南)	TTRH02(日野)	SMNH01(伯太)
観測記録	観測点位置	ダム(監査廊) EL.87m	地表 GL.0m	地表 GL.0m	地表 GL.0m 地中 GL.-100m	地表 GL.0m 地中 GL.-101m
	最大加速度 ※()内は地中	NS: 528cm/s ² EW: 531cm/s ² UD: 485cm/s ²	NS: 725cm/s ² EW: 573cm/s ² UD: 404cm/s ²	NS: 629cm/s ² EW: 595cm/s ² UD: 289cm/s ²	NS: 927(357)cm/s ² EW: 753(575)cm/s ² UD: 776(318)cm/s ²	NS: 720(185)cm/s ² EW: 607(274)cm/s ² UD: 631(196)cm/s ²
	観測記録の 特徴・特性	・震源直上(約2km)の記録で、水平動が大きく、上下動が短周期帯で比較的大きい傾向にある	・観測記録のH/Vスペクトルより表層地盤の非線形化の影響が含まれている	・観測記録のH/Vスペクトルより表層地盤の非線形化の影響が含まれている	・地表観測記録には観測小屋、地中観測記録にはセンサー共振の影響がある	・地中観測記録にはセンサー共振の影響がある
地盤情報	地盤情報	・CM級岩盤で弾性波探査結果から、Vs=1200~1300m/s	・解放基盤相当までの地盤情報が得られていない	・解放基盤相当までの地盤情報が得られていない	・KiK-net地盤情報	・KiK-net地盤情報
	観測記録との整合	・2000年鳥取県西部地震本震・余震記録のH/Vスペクトルには、地盤の非線形化の影響は見られない	・地盤モデルに係る既往の知見が無い	・地盤モデルに係る既往の知見が無い	・KiK-net地盤データと観測記録(伝達関数)が整合しない ・地盤の2次元性の影響が指摘されている	・KiK-net地盤データによる1次元地盤モデルにより、観測記録(伝達関数)を概ね再現可能である
		○	×	×	×	○
はぎとり解析	解放基盤波の推定	・非線形化の影響のない岩盤相当の記録であり、観測記録をそのまま解放基盤波として採用可能 ・震源近傍の観測記録の特性は、観測記録にそのまま考慮されている	・信頼性の高い地盤情報がないことから、精度の高い基盤地震動の推定は困難	・信頼性の高い地盤情報がないことから、精度の高い基盤地震動の推定は困難	・山添・他(2004)により、観測記録を1次元波動論では説明できない ・精度の良い基盤地震動の推定は困難	・山添・他(2004)により、水平の基盤地震動を推定 ・センサー更新後の観測記録を用いた検討により、伊方発電所の解放基盤相当の地震波を推定
		○	×	×	×	○

⇒解放基盤波の加速度波形、速度波形及び応答スペクトルの比較から、賀祥ダム(監査廊)の観測記録で代表可能である。

全国共通に考慮すべき地震動について 一既往の知見 加藤ほか(2004)一

- 審査ガイドでは、「震源の位置も規模もわからない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震」として、Mw6.5未満の地震が対象とされている。
- 一方、加藤ほか(2004)が提案する「震源を事前に特定できない地震による地震動レベル」は、長野県西部地震に相当する規模の地震(Mw6.5相当)を概ね包絡するとされている。

■震源を事前に特定できない地震による水平動の地震動レベル



全国共通に考慮すべき地震動について —北海道留萌支庁南部地震の観測記録を用いた解放基盤波の検討—

- 2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NET 港町観測点(HKD020)の観測記録について、佐藤ほか(2013)による基盤地震動を震源を特定せず策定する地震動に反映する。
- その際、基盤地震動評価結果における地盤物性値等の妥当性を確認するため、以下の検討を実施した。

<水平方向>

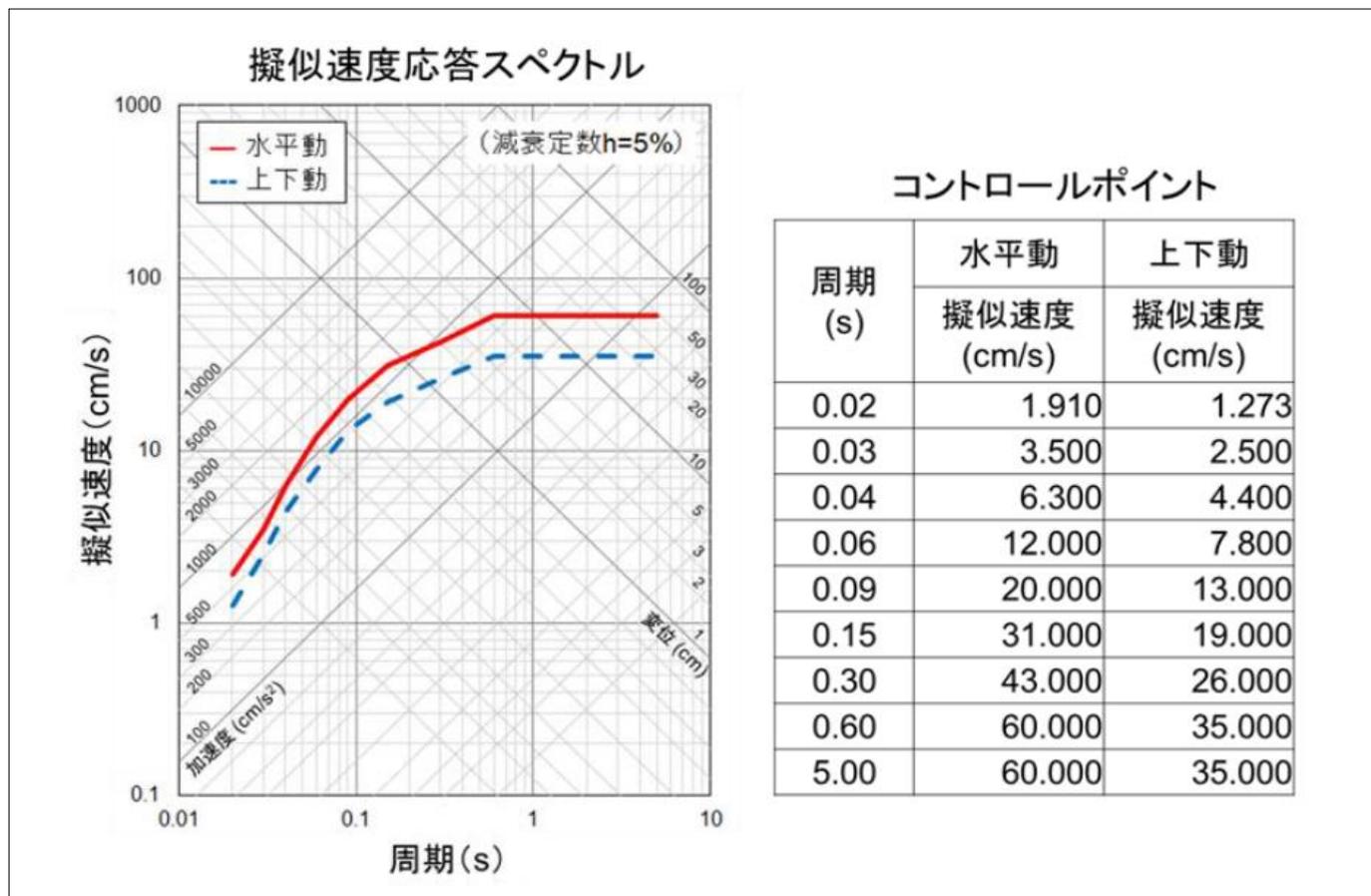
- ①港町観測点の水平方向の基盤地震動評価において、GL-6m以深の室内試験結果を用いてGL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動の評価を行った。【水平動:561cm/s²】
- ②はざとり解析の妥当性の観点から、GL-6mまで非線形、GL-6m以深を減衰定数3%として基盤地震動を評価した。【水平動:609cm/s²】

<鉛直方向>

- ③佐藤ほか(2013)の報告時点以降の地盤モデル変更を反映した基盤地震動の再評価を実施した。【鉛直動:306cm/s²】
- ④地下水位の状況を踏まえ、GL-6mまでポアソン比一定、GL-6m以深を体積弾性率一定として基盤地震動を評価した。【鉛直動:262cm/s²】

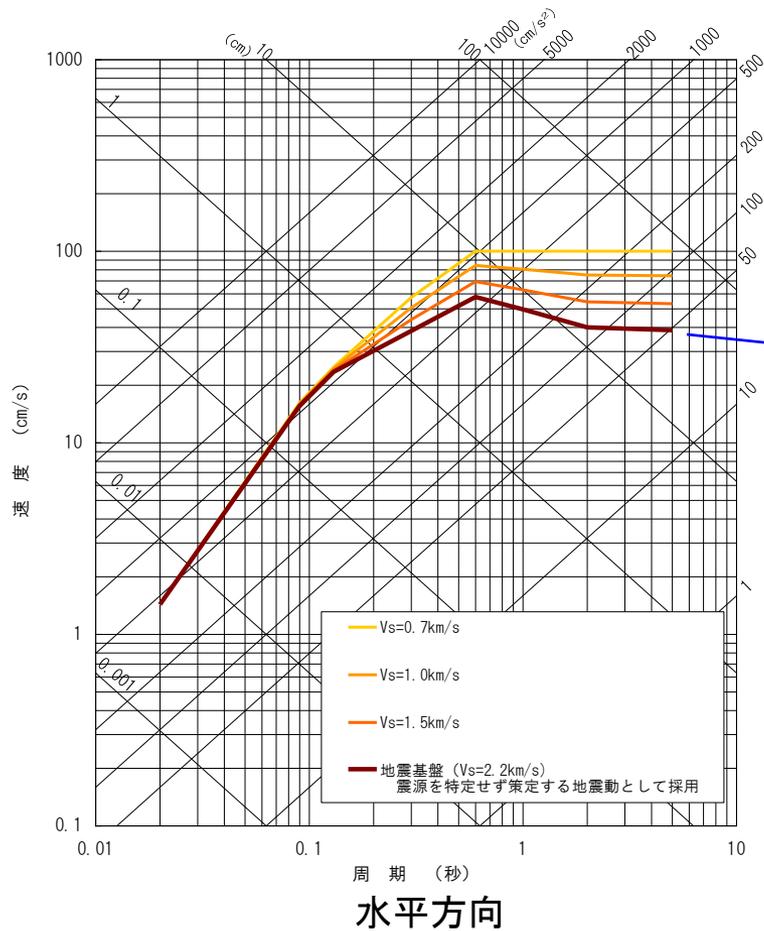
- 検討の結果、評価した基盤地震動の最大応答加速度は、水平方向については②のケース(609cm/s²)、鉛直方向については③のケース(306cm/s²)が最も大きい。

- 標準応答スペクトルは、「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」と定義されている。

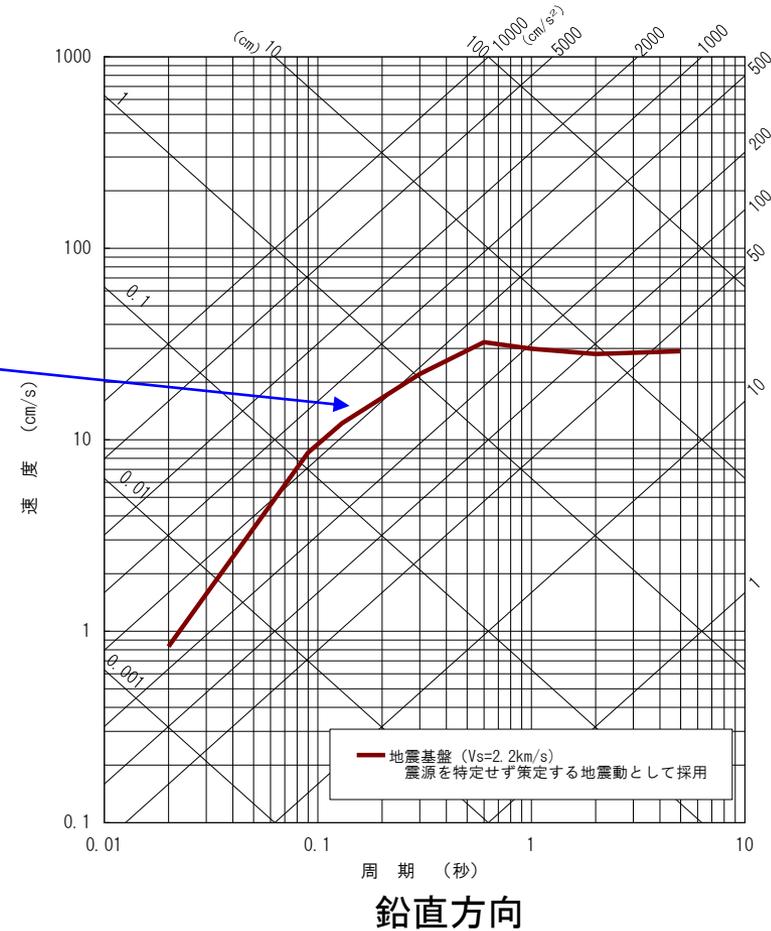


「震源を特定せず策定する地震動」の策定(1/4)

○敷地の地盤物性 ($V_s=2.6\text{km/s}$) を考慮し、加藤ほか(2004)が提案した地震基盤における地震動レベルを、震源を特定せず策定する地震動として設定する。

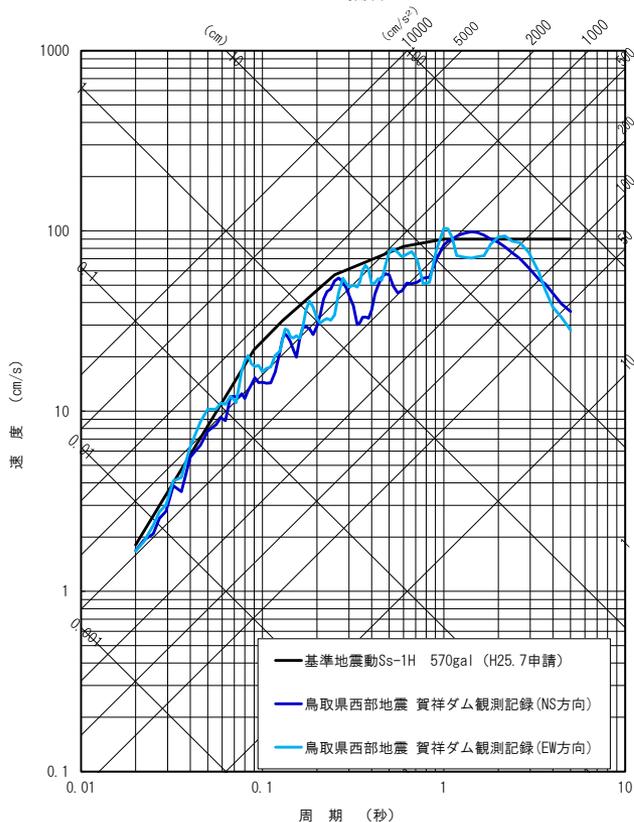
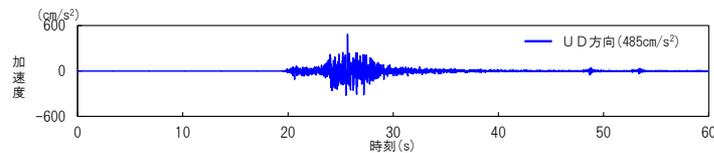
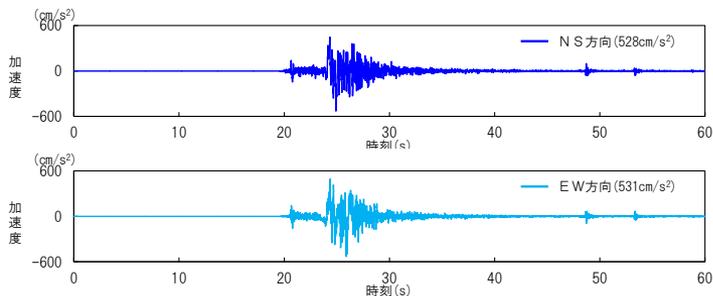


鉛直動については、耐専スペクトルの鉛直/水平の比を用いて算定した

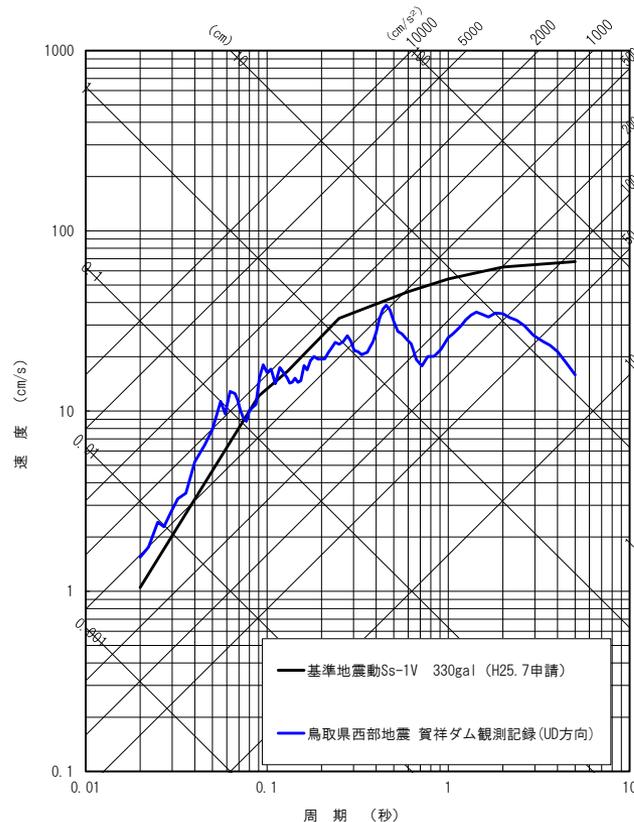


「震源を特定せず策定する地震動」の策定(2/4)

○2000年鳥取県西部地震の基盤地震動についての検討を踏まえ、賀祥ダム(監査廊)の観測記録は敷地のVs2.6km/sに対してVs1.2~1.3km/s程度とやや遅い岩盤での観測記録ではあるが、保守的に震源を特定せず策定する地震動に設定する。



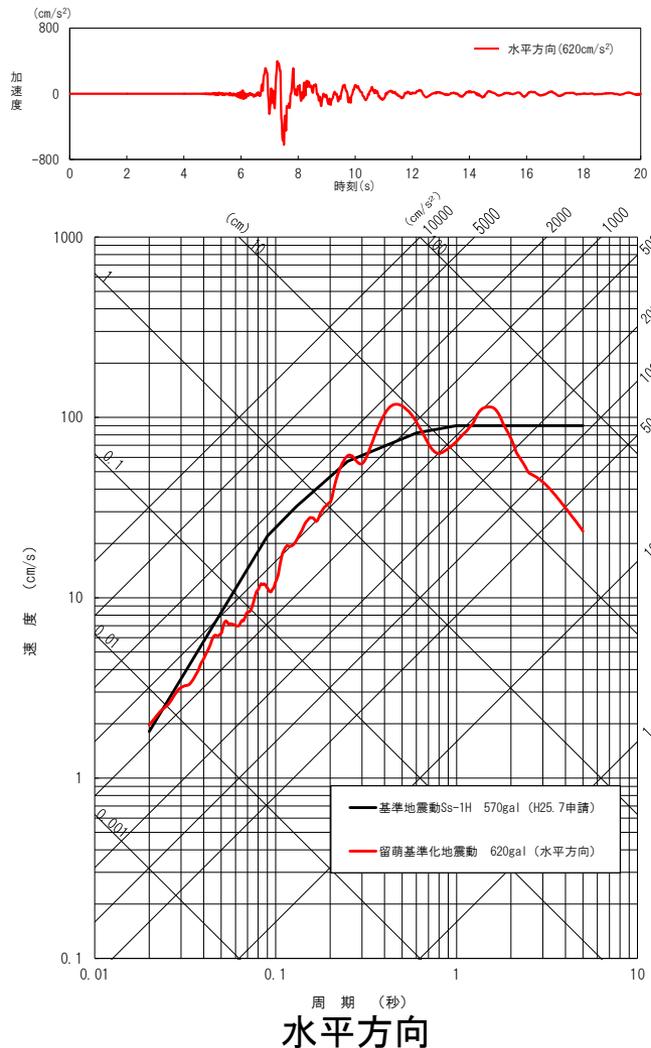
水平方向



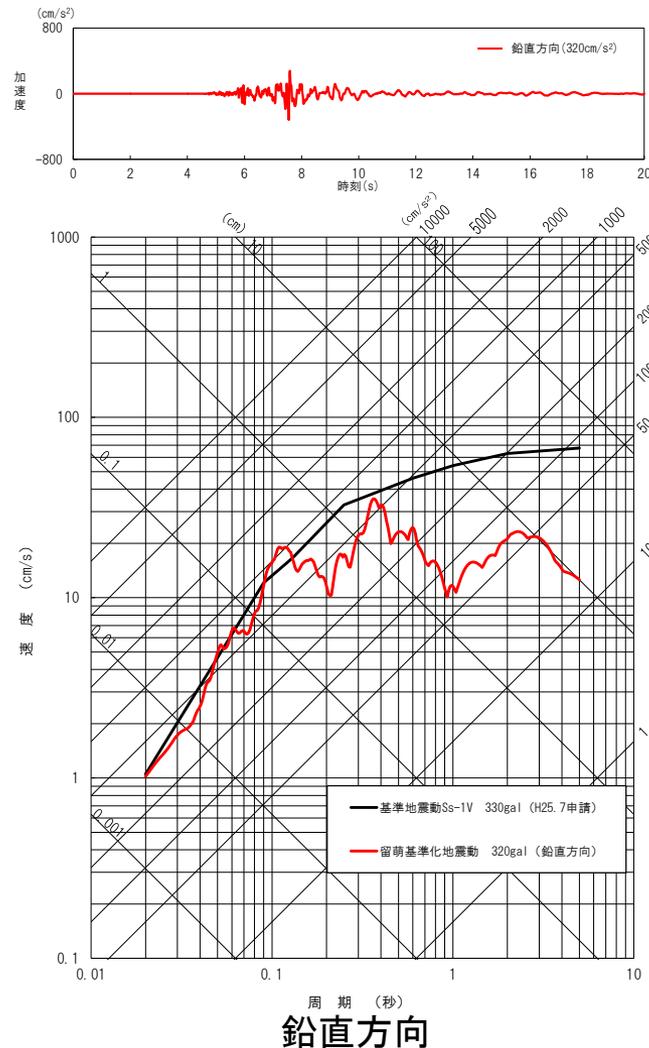
鉛直方向

「震源を特定せず策定する地震動」の策定(3/4)

- 2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動についての検討を踏まえ、水平方向は最大加速度609cm/s²、鉛直方向は最大加速度306cm/s²の基盤地震動を震源を特定せず策定する地震動に反映する。
- 震源を特定せず策定する地震動は、原子力発電所の耐震性に求められる保守性を勘案して、2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動(水平方向:609cm/s²、鉛直方向:306cm/s²)の加速度時刻歴波形を水平方向620cm/s²、鉛直方向320cm/s²に基準化(位相特性を変えずに振幅特性のみ変更)した地震動として考慮する。

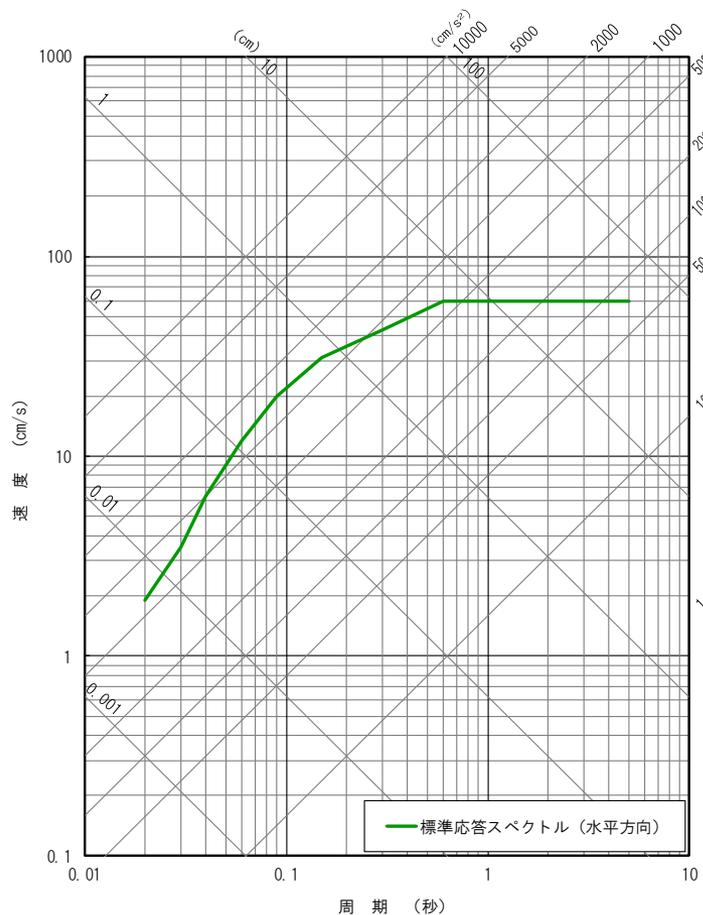


水平方向

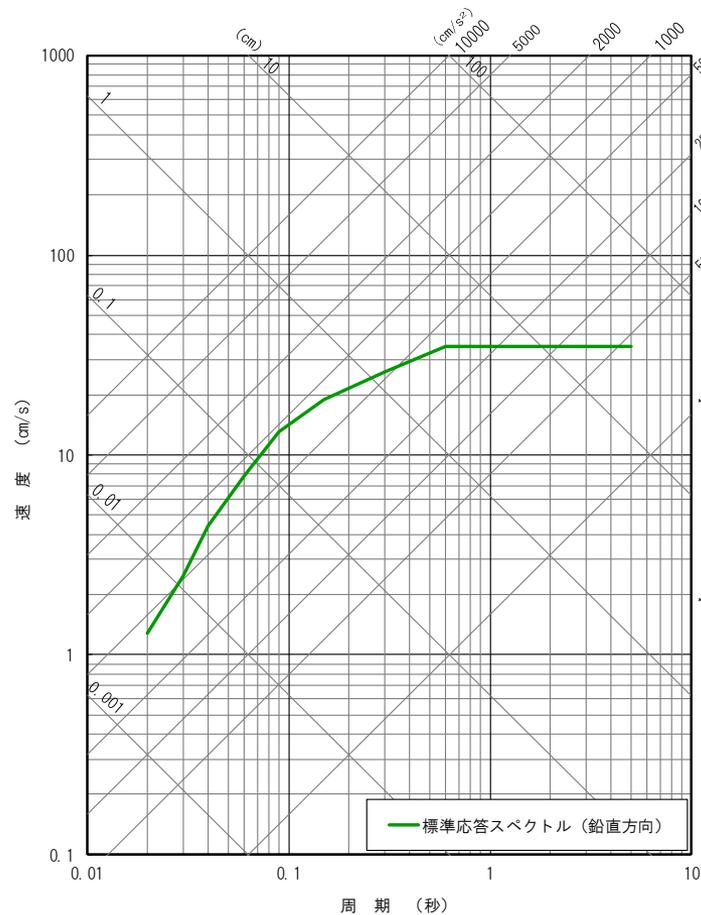


鉛直方向

○伊方発電所においては、敷地の解放基盤表面のせん断波速度が $V_s=2600\text{m/s}$ であり地震基盤面に相当することを踏まえ、標準応答スペクトルをそのまま震源を特定せず策定する地震動として設定する。



水平方向



鉛直方向

6. 基準地震動の策定

1. 敷地周辺の地震発生様式

2. 活断層の分布状況

3. 敷地地盤の評価

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

5. 震源を特定せず策定する地震動

6. 基準地震動の策定

震源を特定して策定する地震動(4章)※

内陸地殻内地震

応答スペクトルに基づく評価

基準地震動 S_s-1 (650ガル)を設定

断層モデルを用いた手法による評価

S_s-1 を上回る7波を基準地震動 S_s-2-1 ～ S_s-2-7 に設定

また、EGFの評価に用いた要素地震の特徴を踏まえ、 S_s-2-2 のNS方向とEW方向を入れ替えたケースを S_s-2-8 に設定

震源を特定せず策定する地震動(5章)

K-NET港町の観測記録に基づく解放基盤波の検討結果が S_s-1 を上回るため、基準地震動 S_s-3-1 に設定

鳥取県西部地震における賀祥ダム(監査廊)の観測記録が S_s-1 を上回るため、基準地震動 S_s-3-2 に設定

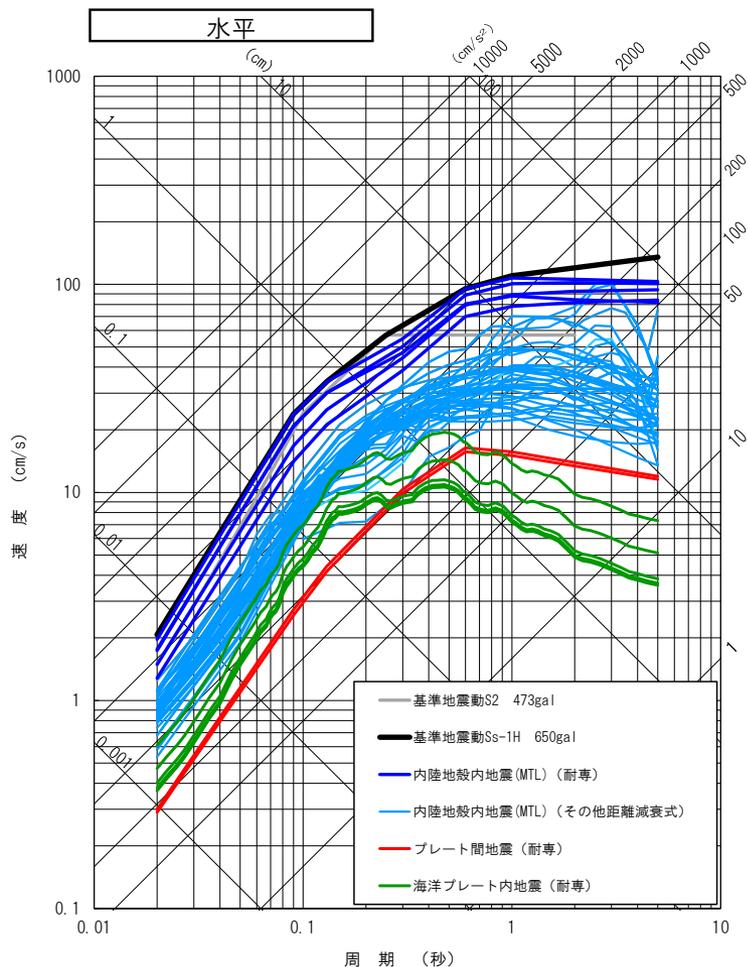
標準応答スペクトルが S_s-1 を上回るため、基準地震動 S_s-3-3 に設定

※海洋プレート内地震・プレート間地震はいずれの検討ケースも S_s-1 (650ガル)を下回るため基準地震動に設定しない

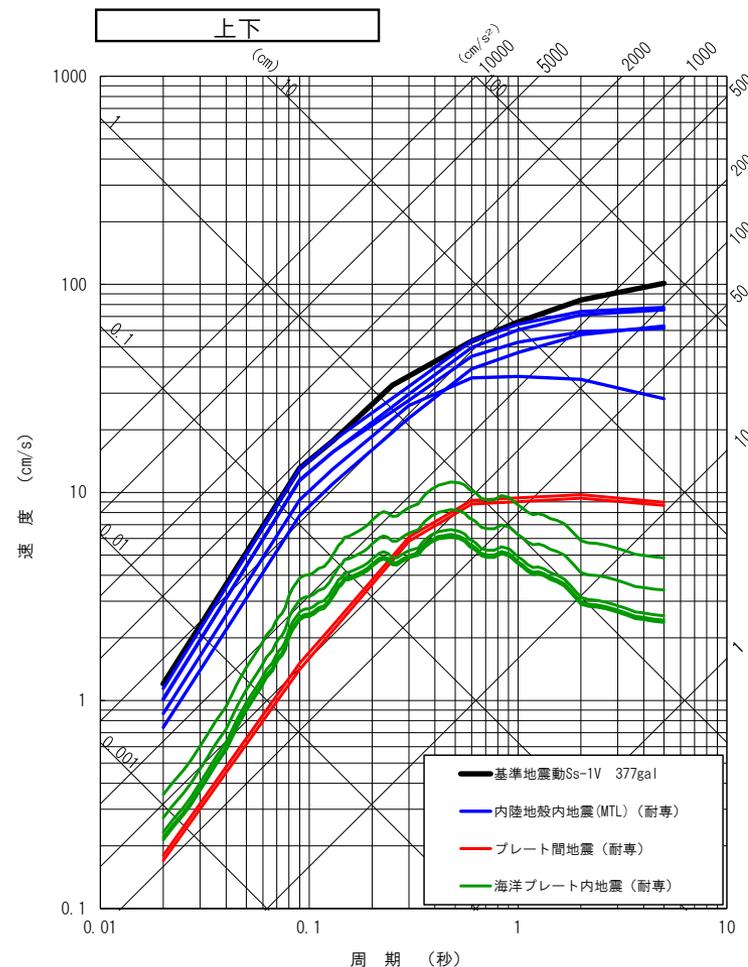
基準地震動の超過確率の参照

日本原子力学会(2007)に基づいて算定した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルと基準地震動の応答スペクトルを比較する。

○ 応答スペクトルに基づく地震動評価結果および基準地震動S2を包絡するように、水平方向の「基準地震動Ss-1H」を新たに設定する。鉛直動については、Ss-1Hに対して、耐専スペクトルの鉛直方向の地盤増幅率を乗じて「基準地震動Ss-1V」を設定する。

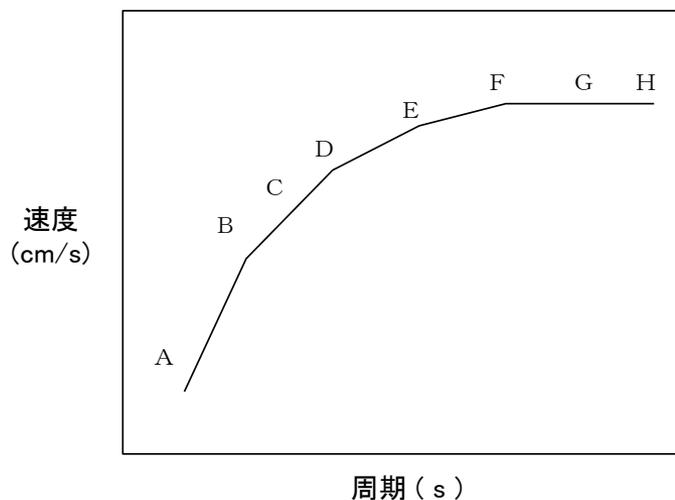


水平方向



上下方向

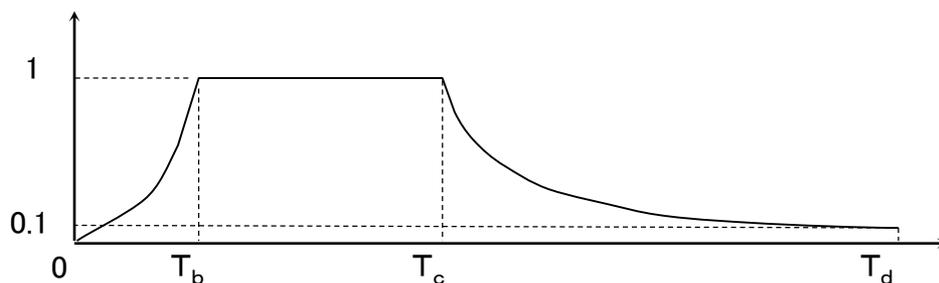
設計用応答スペクトル		コントロールポイント							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Ss-1H	周期 (s)	0.02	0.09	0.13	0.25	0.60	1	2	5
	速度 (cm/s)	2.07	23.80	34.10	57.00	95.40	110.00	120.00	135.00
Ss-1V	周期 (s)	0.02	0.09	0.13	0.25	0.60	1	2	5
	速度 (cm/s)	1.20	13.09	17.73	32.72	53.42	66.00	84.00	101.25



擬似速度応答スペクトル

○設計用応答スペクトル「基準地震動Ss-1」の模擬地震波

設計用 模擬地震波	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
		T_b	T_c	T_d
Ss-1H Ss-1V	109.7	20.9	56.4	109.7



$$T_b = 10^{0.5M-2.93} \quad (\text{立ち上がり部の継続時間})$$

$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0} \quad (\text{強震部の継続時間})$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6} \quad (\text{減衰部の継続時間})$$

振幅包絡線: $E(T)$

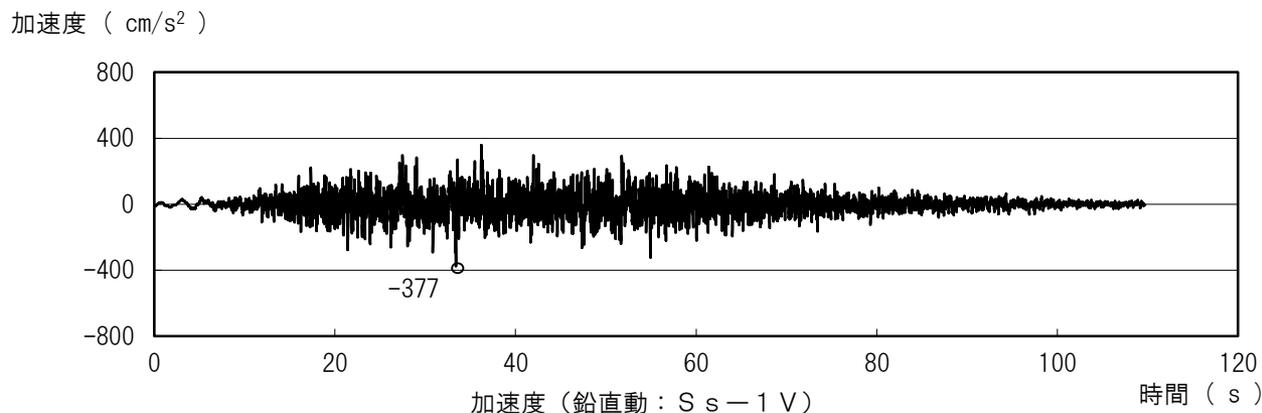
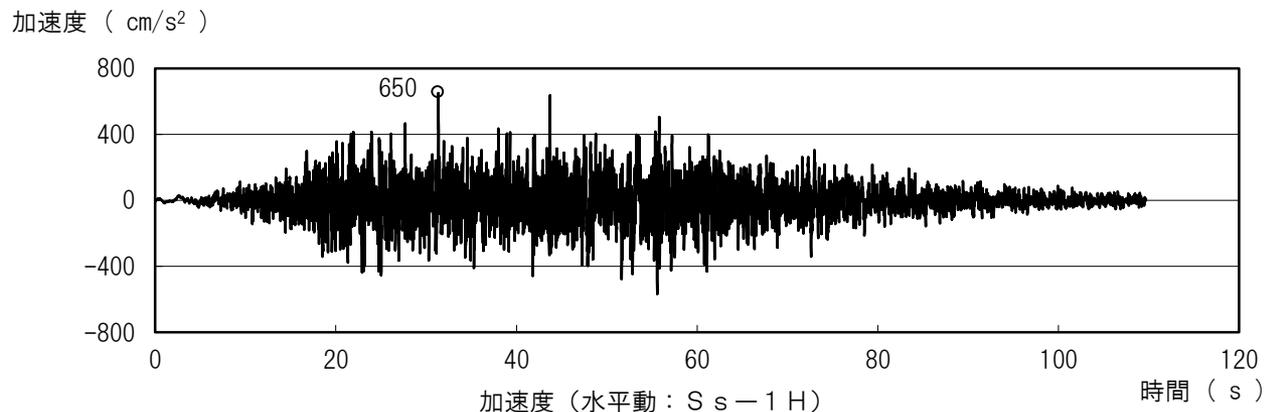
$$E(T) = \begin{cases} (T/T_b)^2 & 0 < T \leq T_b \\ 1.0 & T_b < T \leq T_c \\ \frac{\ln(0.1)}{T_d - T_c} (T - T_c) & T_c < T \leq T_d \end{cases}$$

$$M=8.5, \quad X_{eq}=43(\text{km})$$

- 模擬地震波は応答スペクトルに適合する周波数-振動特性と一様乱数の位相をもつ正弦波の重ね合わせによって作成する
- 振幅包絡線の経時変化についてはNoda et al.(2002)に基づき設定

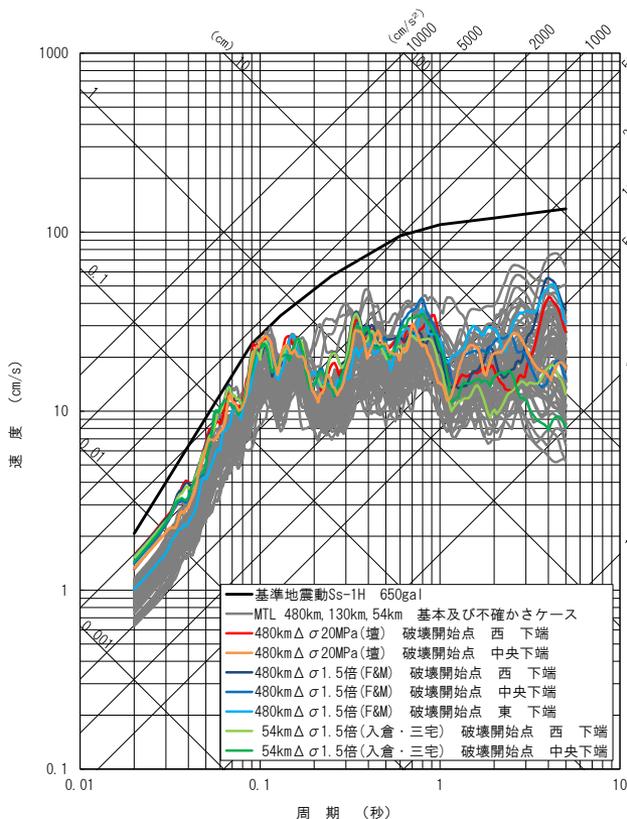
○設計用模擬地震波 (S_s-1H , S_s-1V) の時刻歴波形(加速度)

※設計用応答スペクトルに適合するよう一様乱数の位相をもつ正弦波の重ね合わせより作成

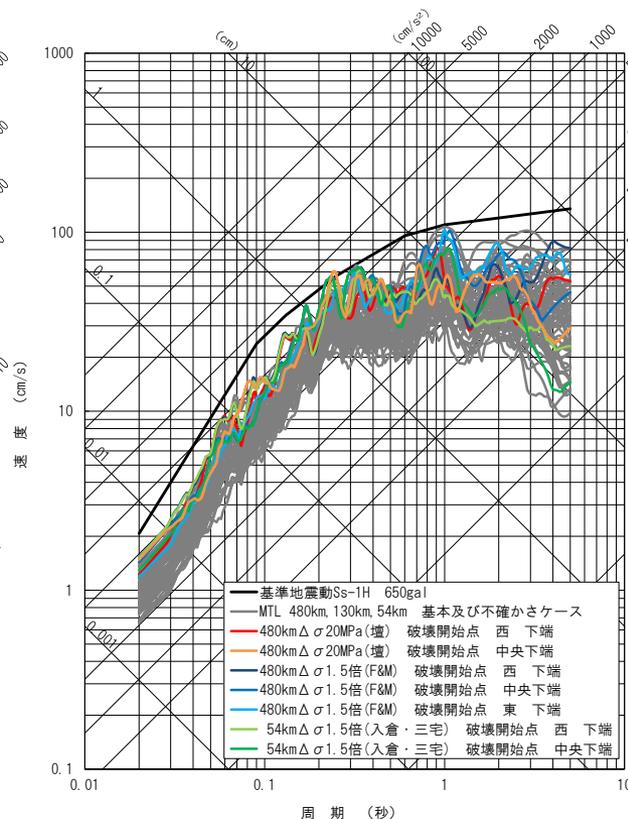


基準地震動Ss-2候補の選定

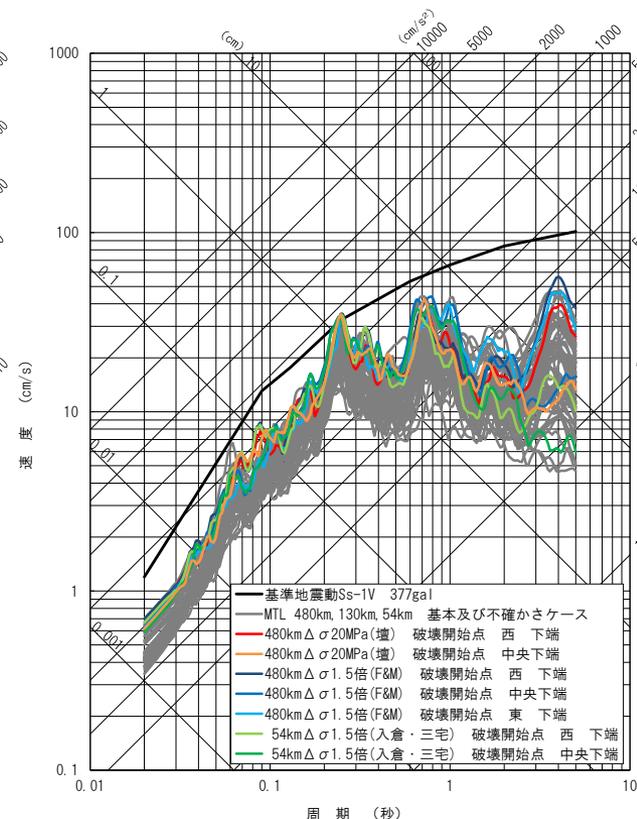
○断層モデル解析結果を先に設定した基準地震動Ss-1と比較する。Ss-1を超えるケース(480km×壇×応力降下量, 480km×F&M×応力降下量, 54km×入倉・三宅×応力降下量)について, 長周期理論地震動を算出し, ハイブリッド合成を行うこととする。



NS方向



EW方向



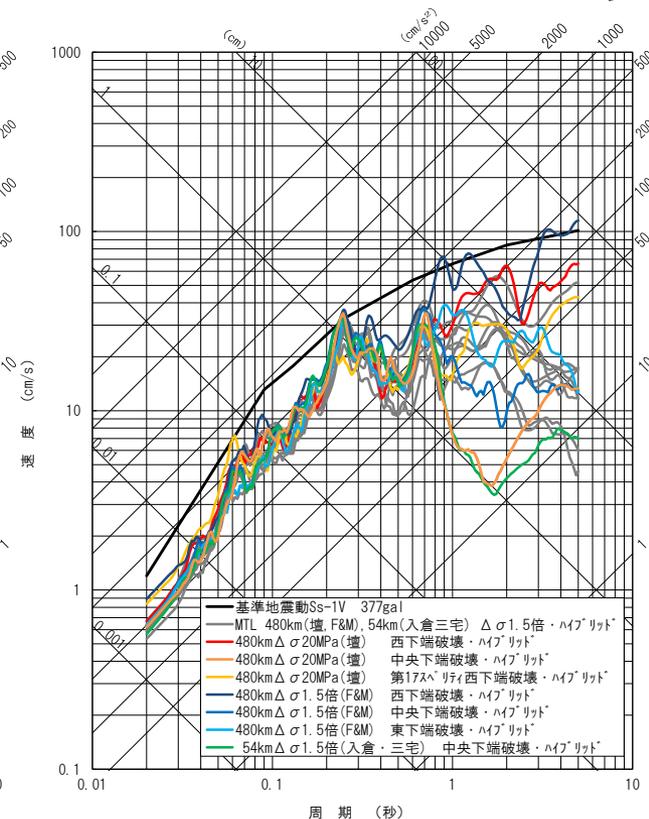
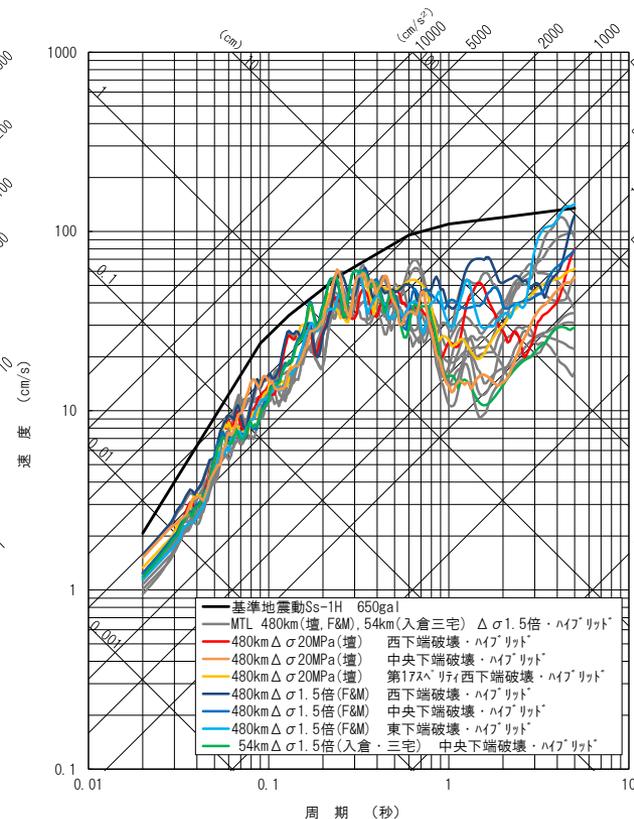
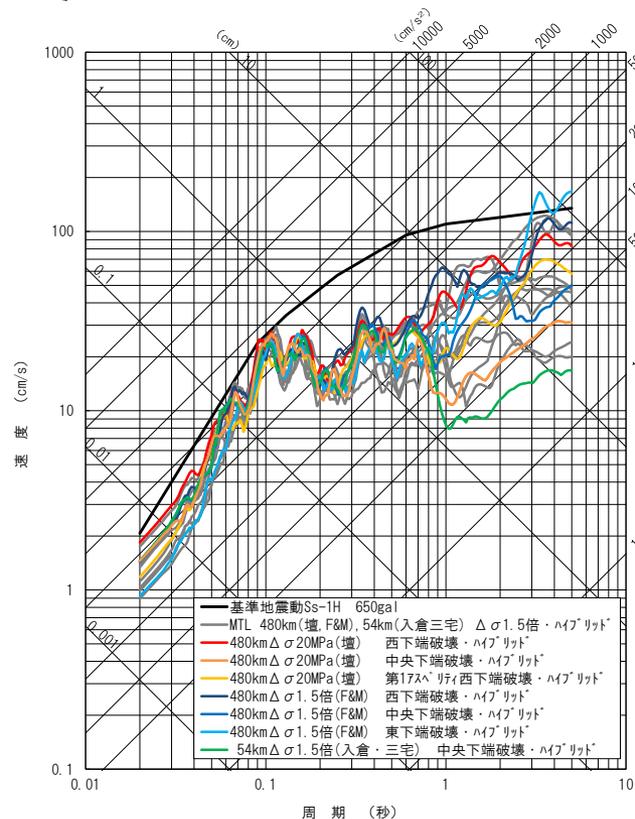
UD方向



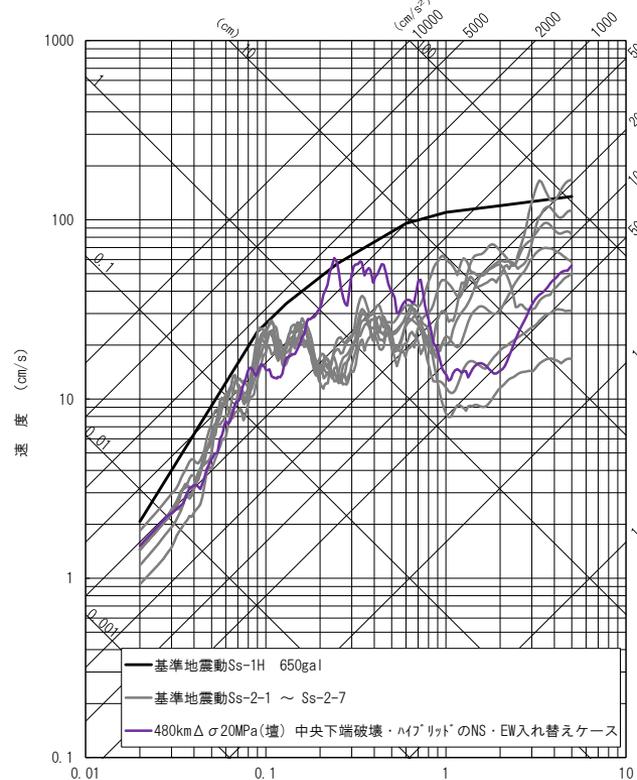
- 480km×壇×応力降下量, 480km×F&M×応力降下量, 54km×入倉・三宅×応力降下量ケースについて, 1.5Hz (周期0.6秒)より長周期側を波数積分法により算出し, 周期0.8秒を接続周期としてハイブリッド合成を行った。
- 前ページの経験的グリーン関数法の結果と比較して, NSやUDの長周期側ではハイブリッド合成の方が大きめの傾向を示していることから, ハイブリッド合成法の結果を基準地震動として採用することとする。
- そして, 新しい基準地震動Ss-1を超える7波を基準地震動Ss-2として設定する。

※1: 480km Δσ 20MPa (壇) の第1アスペリティ西下端破壊のケースについては, EGFではSs-1を超過していないが, ハイブリッド合成の結果が超過したため, Ss-2として設定する。

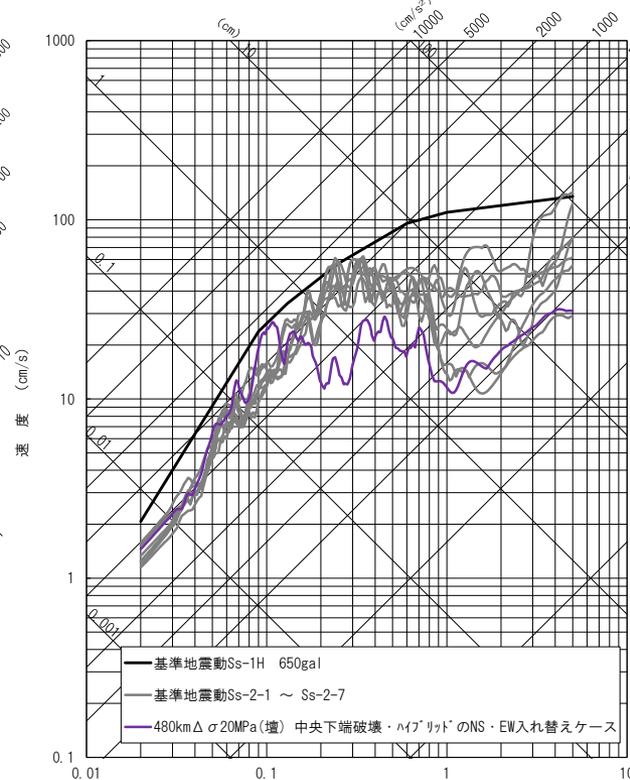
※2: 54km Δσ 1.5倍 (入倉・三宅) の西下端破壊のケースについては, 上下方向でSs-1を超過するが, 超過する周期帯で480km Δσ 1.5倍 (F&M) 西下端破壊のケースに包絡されるため, Ss-2には設定しない。



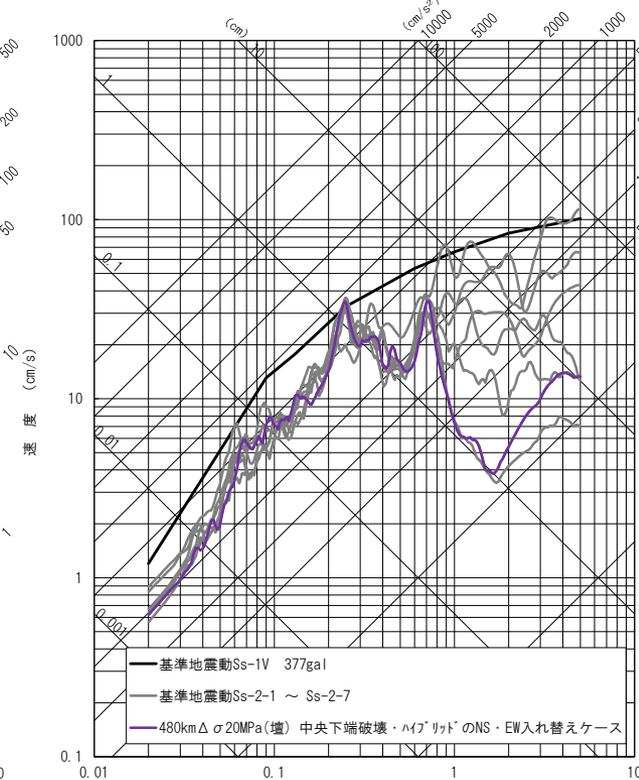
- 基準地震動S_s-2の策定においては、要素地震のNS成分の長周期側が小さい特徴を補うため、ハイブリッド合成を行い、長周期側には理論地震動をあてがった波を基準地震動に設定している。ハイブリッドに際しては、極力短周期側まで理論地震動を採用する方針とし、結果的に接続周期を0.8秒とした。
- これより、NS方向の周期0.02~0.2秒の短周期側および0.8秒以上の長周期側については、信頼性の高い、保守的な評価となっていると考える。周期0.2~0.8秒の間は観測記録のパワーが小さいが、断層モデル波における一部の周期帯の落ち込みは、基準地震動S_s-1によってカバーされるものとする。
- しかしながらEGFの結果においては、EW方向の周期0.2~0.3秒の付近でS_s-1を超過する結果が得られている。仮に、要素地震のNS方向の波がEW方向の波と同程度のレベルであった場合には、NS方向でもS_s-1を超過する可能性を否定できない。
- そこで、工学的判断として、EW方向の周期0.2~0.3秒でS_s-1を超過するケースについて、EWとNSを入れ替えたケースをS_s-2として設定することとする。NSとEWを入れ替えるケースとしては、S_s-1を超過する度合いが大きく、かつスケールリング則として基本に考えている壇の手法に基づく結果である、480km応力降下量20MPaの中央破壊ハイブリッドを選定する。



NS方向



EW方向



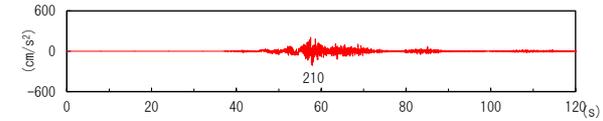
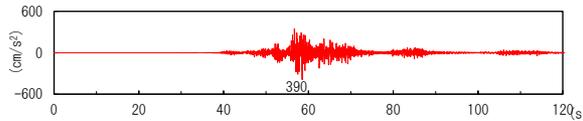
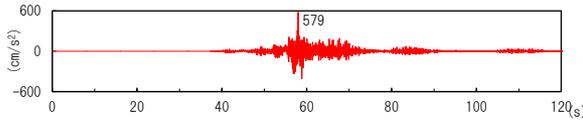
UD方向

6. 基準地震動の策定

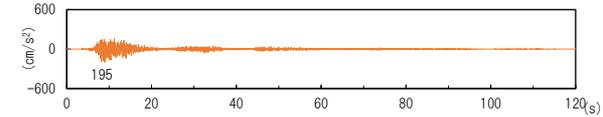
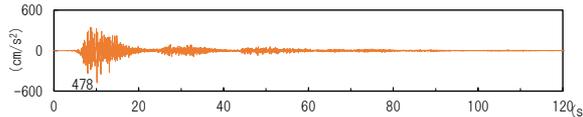
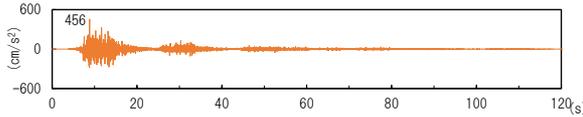
震源を特定して策定する地震動 —基準地震動Ss-2の加速度時刻歴波形—

平成27年6月3日
まとめ資料再掲

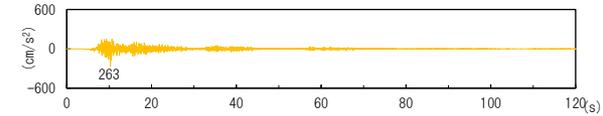
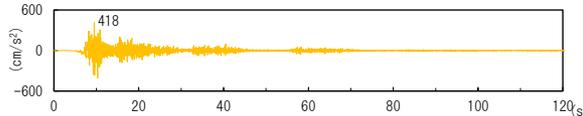
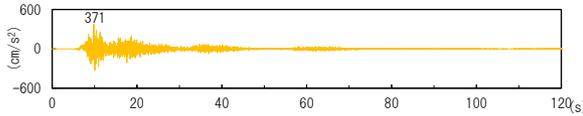
○Ss-2-1(480km Δ σ 20MPa(壇)・西破壊・ハイブリッド')



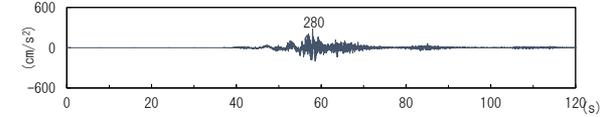
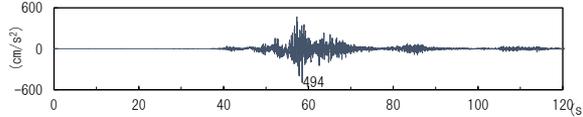
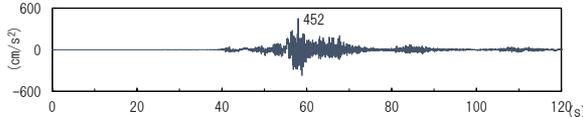
○Ss-2-2(480km基本 Δ σ 20MPa(壇)・中央破壊・ハイブリッド')



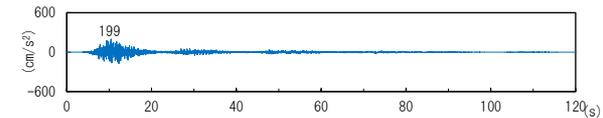
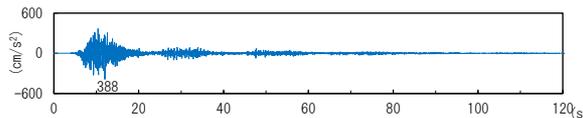
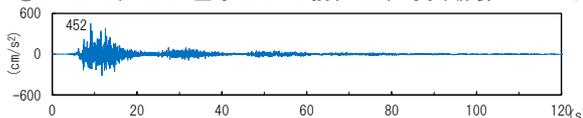
○Ss-2-3(480km基本 Δ σ 20MPa(壇)・第1アスベリティ西破壊・ハイブリッド')



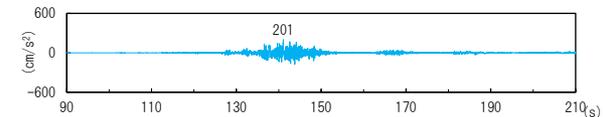
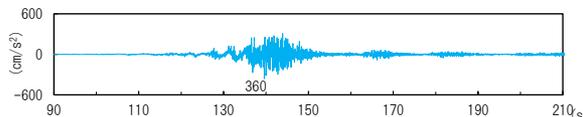
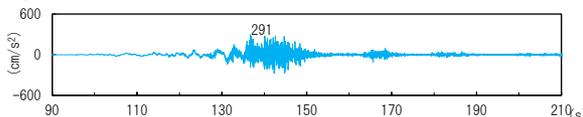
○Ss-2-4(480km Δ σ 1.5倍(F&M)・西破壊・ハイブリッド')



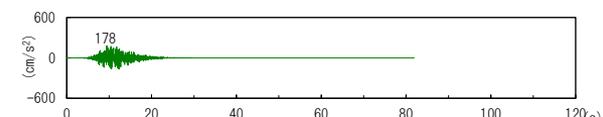
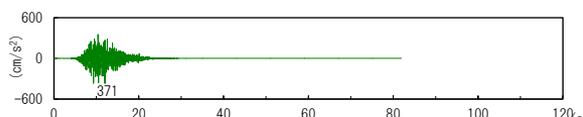
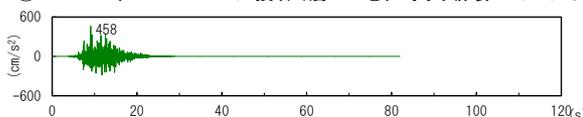
○Ss-2-5(480km基本 Δ σ 1.5倍(F&M)・中央破壊・ハイブリッド')



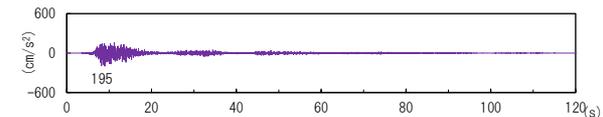
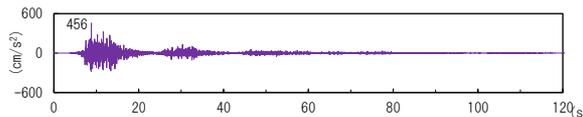
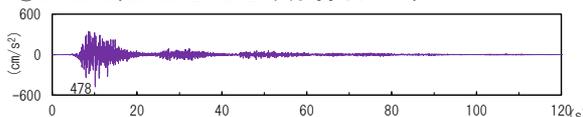
○Ss-2-6(480km基本 Δ σ 1.5倍(F&M)・東破壊・ハイブリッド')



○Ss-2-7(54km Δ σ 1.5倍(入倉・三宅)・中央破壊・ハイブリッド')



○Ss-2-8(Ss-2-2 NS・EW入れ替えケース)



NS方向

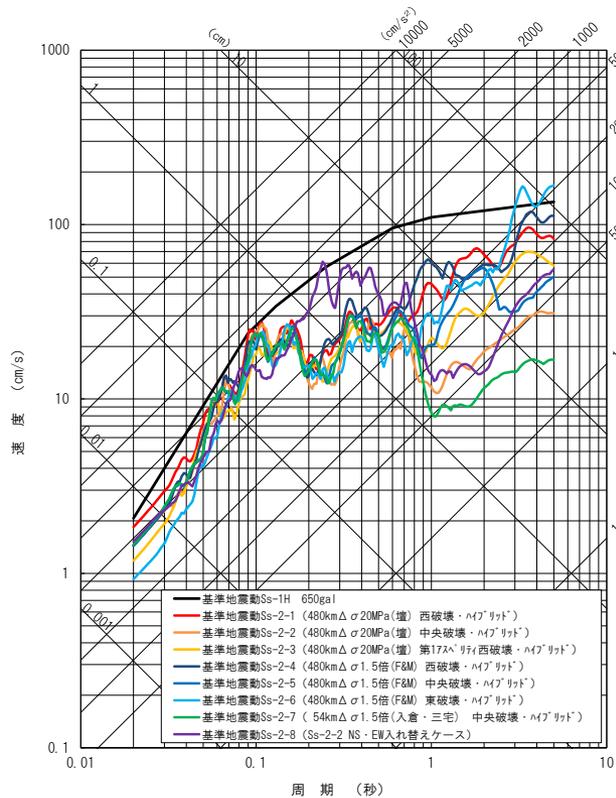
EW方向

UD方向

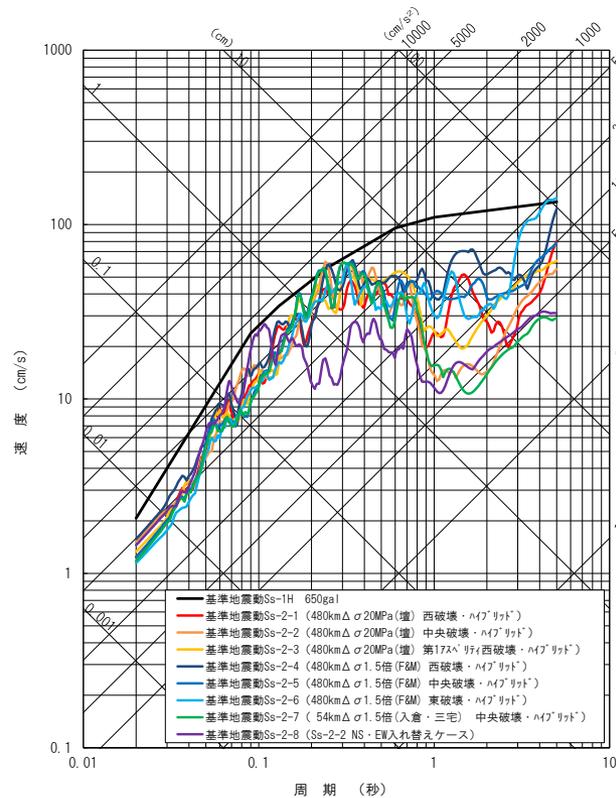
6. 基準地震動の策定

震源を特定して策定する地震動 —基準地震動Ss-2の応答スペクトル—

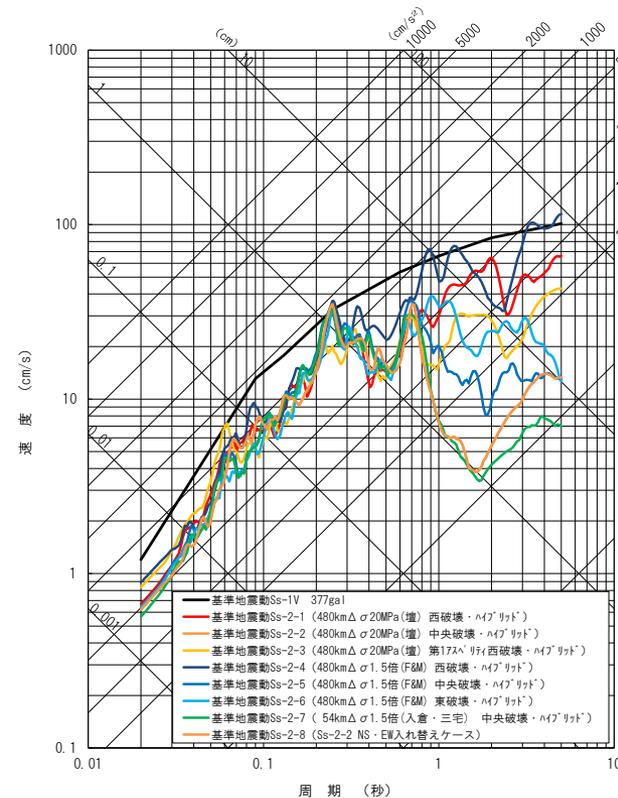
平成27年6月3日
まとめ資料再掲



NS方向

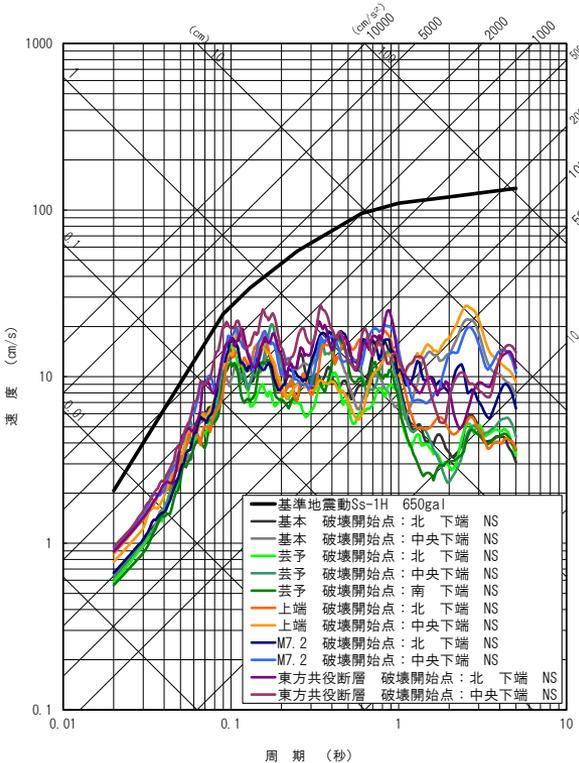


EW方向

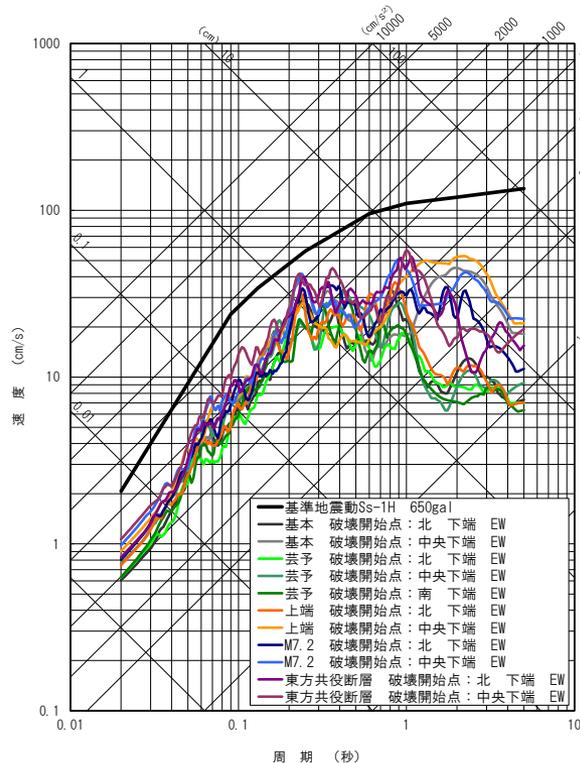


UD方向

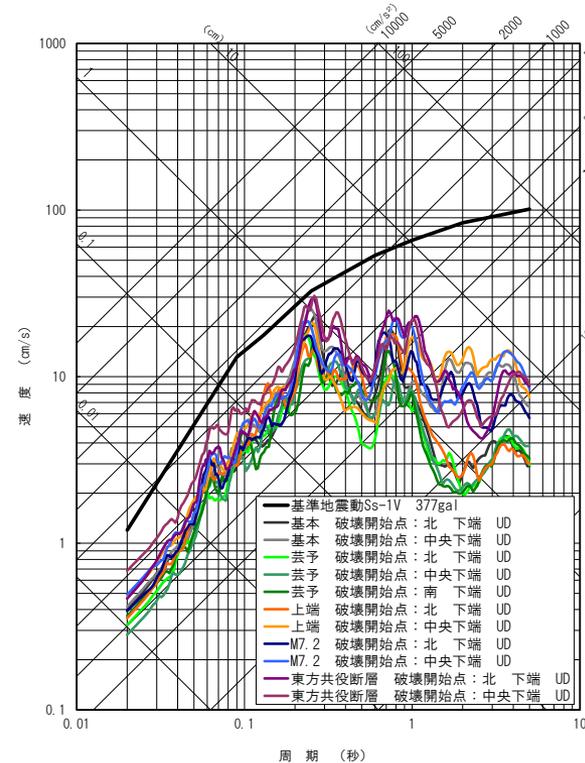
○海洋プレート内地震の断層モデル解析結果を基準地震動Ss-1と比較する。全ケースとも基準地震動Ss-1を下回ることから基準地震動としては選定しない。



NS方向

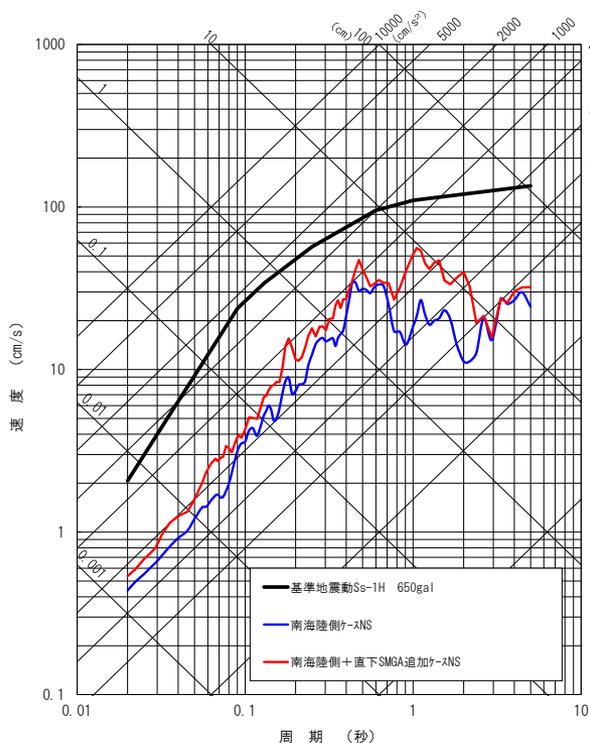


EW方向

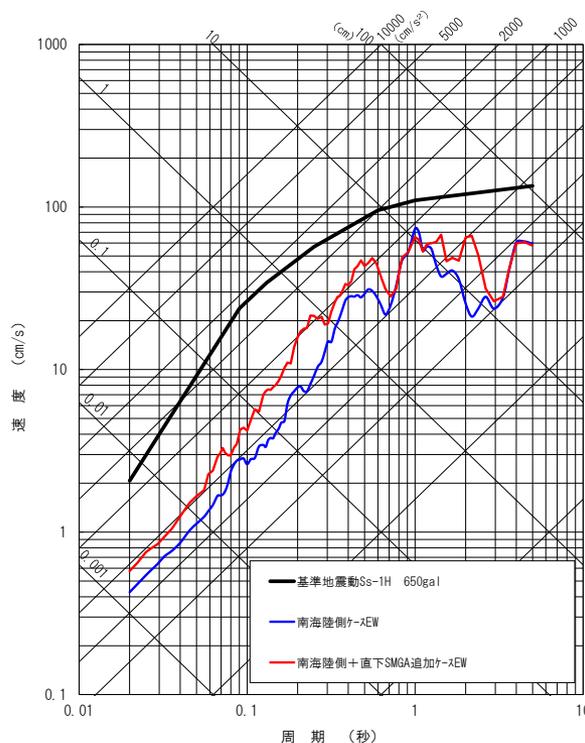


UD方向

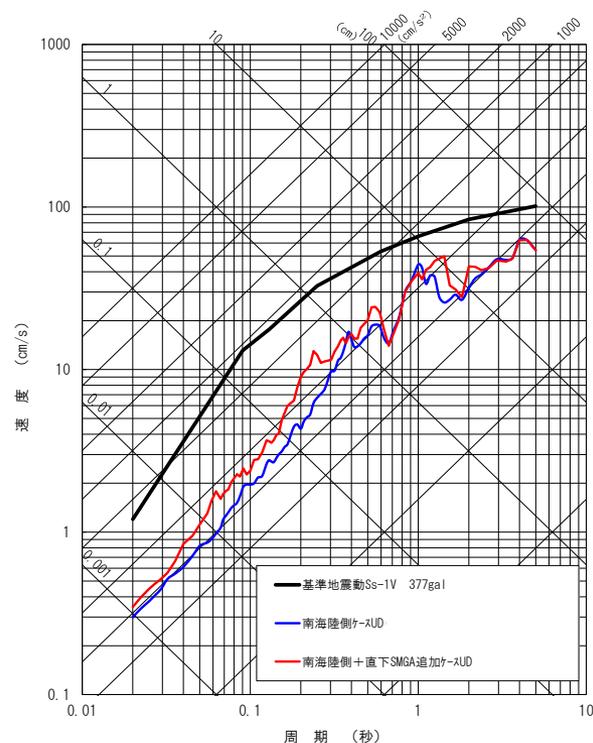
○プレート間地震の断層モデル解析結果を基準地震動Ss-1と比較する。Ss-1を下回ることから、基準地震動Ss-2としては選定しない。



NS方向

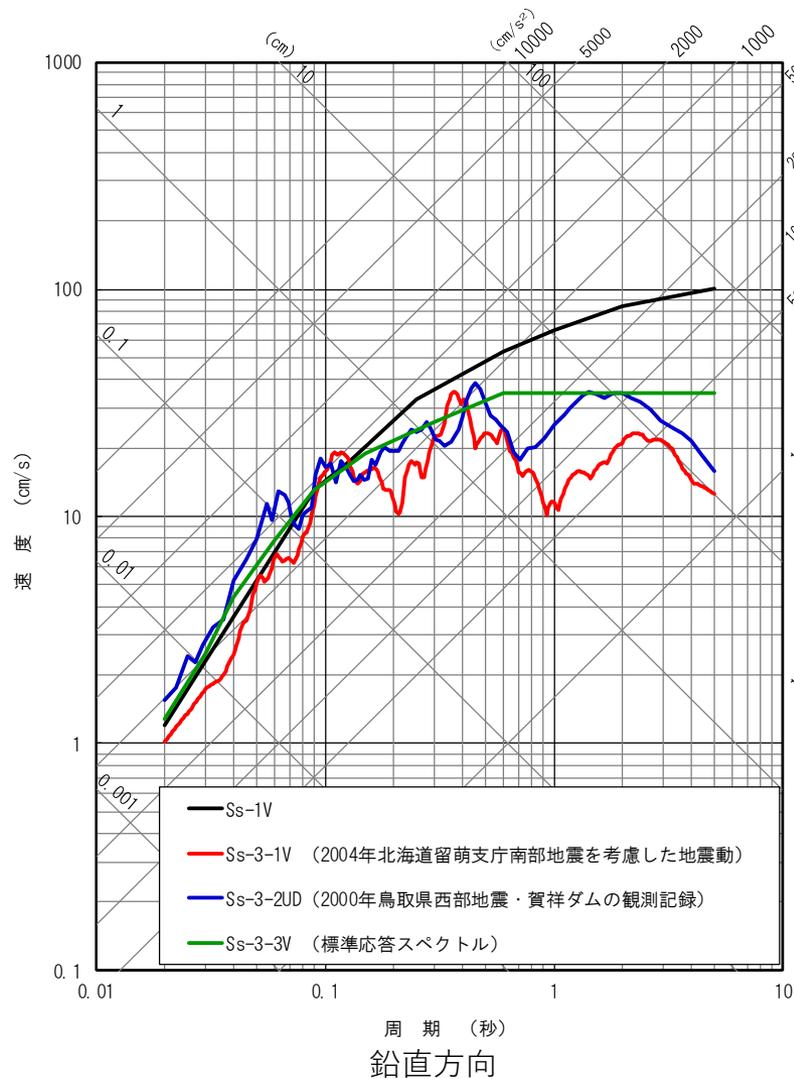
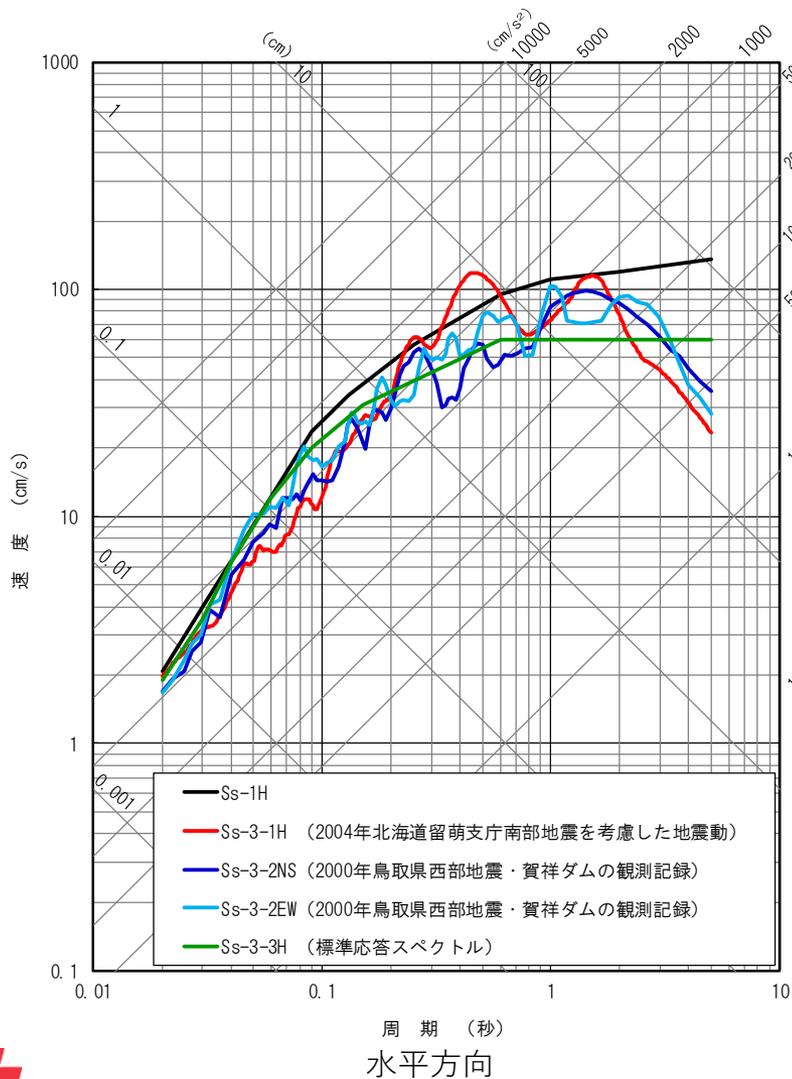


EW方向



UD方向

○震源を特定せず策定する地震動として、2004年北海道留萌支庁南部地震の解放基盤波(水平:620ガル、鉛直:320ガル)、2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録および標準応答スペクトルがSs-1を上回ることから、基準地震動Ss-3として選定する。

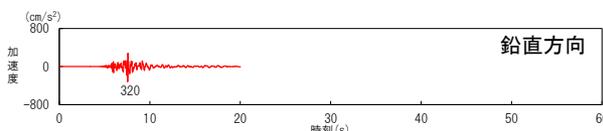
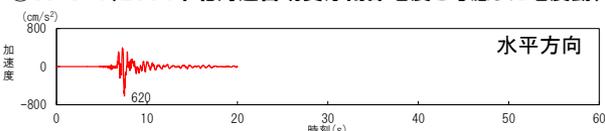


- 基準地震動Ss-3の加速度時刻歴波形を示す。基準地震動Ss-3-3(標準応答スペクトル)に適合する模擬地震波は基準地震動Ss-1と同様の手法で作成することとし、作成諸元は下記の通りとする。

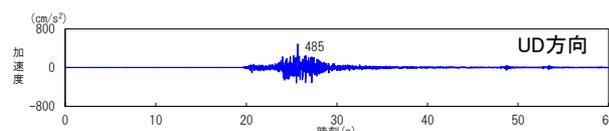
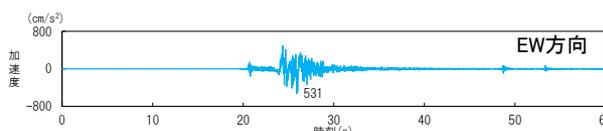
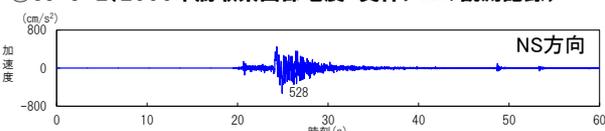
設計用 模擬地震波	地震規模 M	等価震源距離 Xeq(km)	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
				T _b	T _c	T _d
Ss-3-3H Ss-3-3V	7.0	10.0	29.80	3.72	16.31	29.80

※地震規模は、武村(1990)のMo-M関係及びKanamori(1977)のMo-Mw関係から導かれる経験式($M_w=0.78M+1.08$)と、全国共通に考慮すべき地震動の地震規模(Mw6.5程度未満)との関係から、Mw6.5の場合のMは約6.9となるが、地震規模に幅があることを踏まえ、模擬地震波の特に強震部の継続時間が長めとなるよう保守的にM7.0を設定。また、等価震源距離は、敷地近傍(半径10km程度以内の領域)で発生する地震を想定したうえ、継続時間が長めとなるよう10kmと設定。

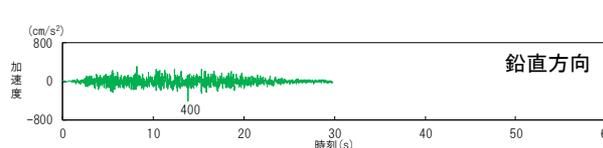
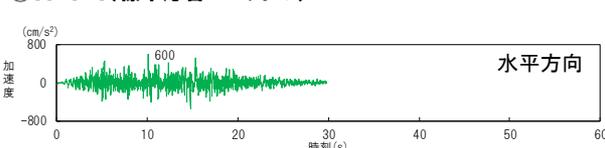
- Ss-3-1(2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動)



- Ss-3-2(2000年鳥取県西部地震 賀祥ダムの観測記録)



- Ss-3-3(標準応答スペクトル)



確率論的地震ハザード解析方法

● 基本方針

- ・ 社団法人日本原子力学会「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007」に基づき、中央構造線断層帯に係る事項に関しては専門家活用水準2※として、その他の事項については専門家活用水準1※として地震ハザード評価を実施
- ・ 伊方発電所から概ね百数十km程度以内の震源を対象
- ・ 発生確率は2014年1月を起点

● 震源モデルと対象地震

特定震源モデルに基づく評価

ひとつの地震に対して、震源の位置、規模及び発生頻度を特定して扱うモデル

- ・ 敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震
- ・ その他の活断層で発生する地震
- ・ 南海地震・南海トラフの巨大地震

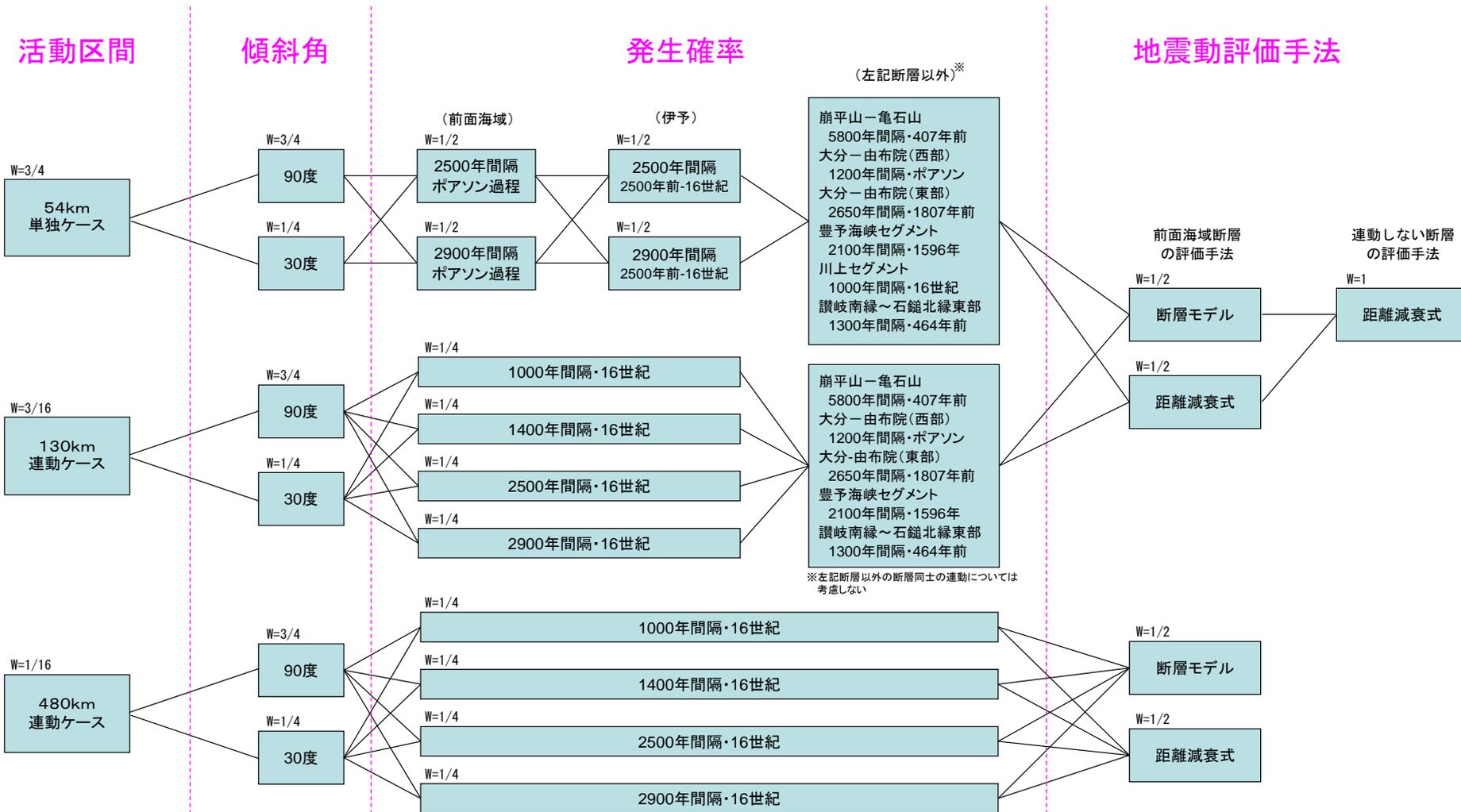
領域震源モデルに基づく評価

ある広がりを持った領域の中で発生する地震群として取扱うモデル

- ・ 活断層の存在が知られていないところで発生しうる内陸地殻内地震
- ・ 南海地震以外のフィリピン海プレートで発生する地震

※ 専門家活用水準2：地震ハザードの不確かさへの影響が比較的大きく、重要項目に対する専門家意見が分かれることを想定し、TIがモデル提案者及び関連する専門家と接触してその見解及び根拠を聴取するか、又はそれらの専門家を一同に集めての討論などを通じて、モデルの改善及び絞り込みを行い、コミュニティ分布を評価して、ロジックツリーを作成する。

※ 専門家活用水準1：地震ハザードの不確かさへの影響が比較的小さい水準を想定し、TIが文献レビュー及び自らの経験に基づきコミュニティ分布（科学者集団が総合的に評価する時点での不確かさの客観的分布）を評価し、ロジックツリーを作成する。



※左記断層以外の断層同士の連動については考慮しない

○断層の活動間隔・発生確率等の諸元は、地震調査委員会等に基づき設定

- (1)敷地前面海域(54km単独ケース)は、海域部の評価としては平均活動間隔を2500-2900年と設定し、最新活動時期は不明のためポアソン過程を採用。
- (2)連動ケースについては、敷地前面海域(54km区間)東側の陸域部のセグメントを含むため、当該セグメントの平均活動間隔(1000-1400年)も採用し、最新活動時期は16世紀を採用。

■特定震源モデル(敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震)の設定

発生確率

○断層の発生間隔・発生確率等の諸元は、地震調査委員会に基づき設定。前面海域は最新活動時期が不明のためポアソン過程を採用。

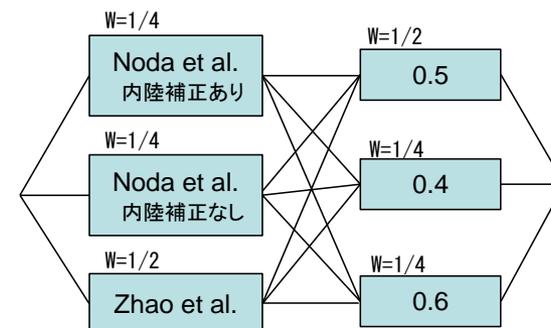
	区間	長さ(km)	M	50年発生確率(%)
単独	崩平山-亀石山断層帯	36	7.4	1.0E-14 未満
	大分平野-由布院断層帯(西部)	15	6.8	4.1
	大分平野-由布院断層帯(東部)	27	7.2	1.8
	豊予海峡セグメント	33	7.4	5.2E-10
	敷地前面海域の断層群	54	7.7	2.0/1.7 (※1)
	伊予セグメント	33	7.4	1.5/0.81 (※1)
	川上セグメント	39	7.5	0.29
	讃岐山脈南縁~石鎚山脈北縁東部	132	8.0	3.9E-03
連動	前面~伊予~川上	126	8.1	0.29/1.4E-03/1.2E-10/2.6E-13 (※2)
	大分~前面~伊予~川上~紀伊半島	481	8.5	0.29/1.4E-03/1.2E-10/2.6E-13 (※2)

※1 2500年間隔/2900年間隔

※2 1000年間隔/1400年間隔/2500年間隔/2900年間隔

距離減衰式による評価

- 距離減衰式の評価はNoda et al. の式とZhao et al. の式を考慮し、距離減衰式内の分岐は右図の通り考慮する。
- 距離減衰式評価においてNoda et al. を適用できないケースについては断層モデルの結果を採用。(Noda et al. を適用できないケース: 54km90° および130km90°)
- 地震規模は松田式で算定する。長さが80km以上のものについては、80km以下になるようセグメント区分し、セグメント毎に地震規模を算出し、合計して算出する。



断層モデルによる評価

- 断層モデルの評価は、スケーリング則に壇・他(2011)を用いて経験的グリーン関数法にて評価。
- アスペリティ深さは、上端配置と下端配置を1対1で設定。
- 破壊開始点は東下端・中央下端・西下端の3ケースを設定。
- 短周期レベルのばらつきは、ばらつきが対数正規分布に従うと仮定して5ケースを設定。

■特定震源モデル(その他の活断層による地震)の設定

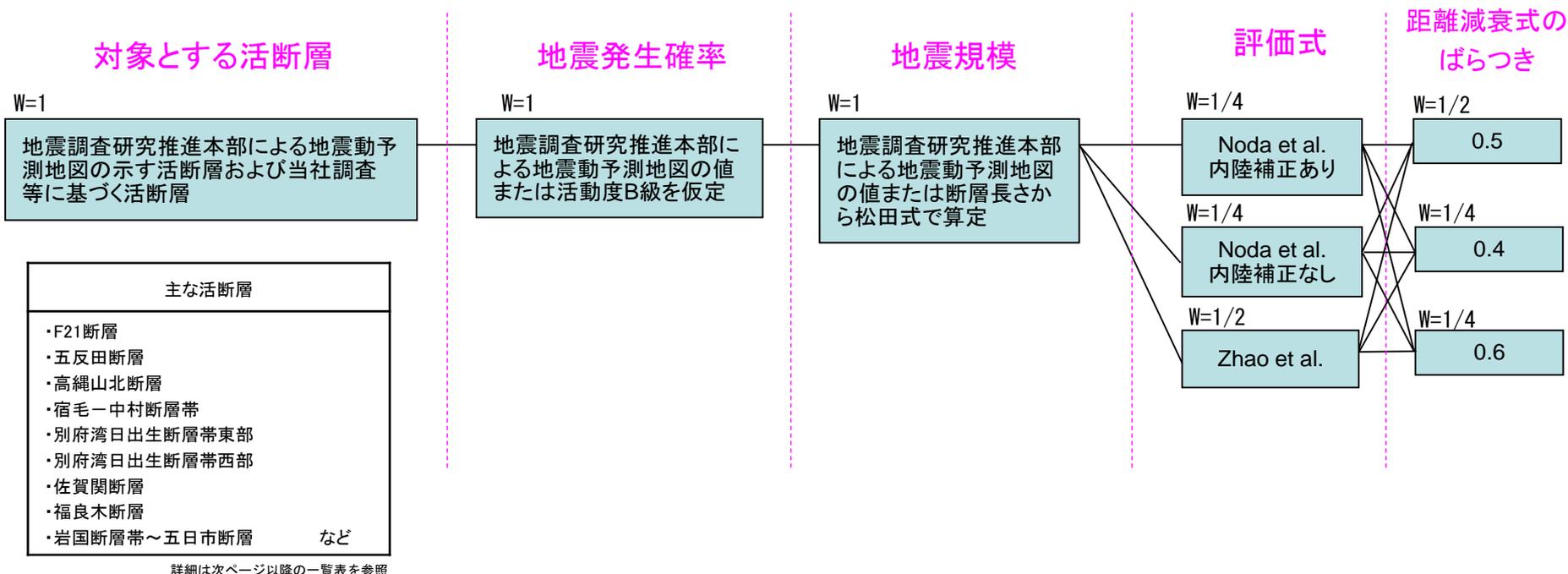
- 地震調査研究推進本部による地震動予測地図の示すサイトから百数十km程度以内の活断層および当社調査等に基づく活断層
- 各断層の地震規模Mは松田(1975)による。
- 断層長さは地震調査研究推進本部が示す値もしくは当社の調査結果等に基づく値を採用する。
- 地震の発生頻度は、地震調査研究推進本部の値または日本原子力学会(2007)に基づき次式で評価する。

$$\nu = S/D$$

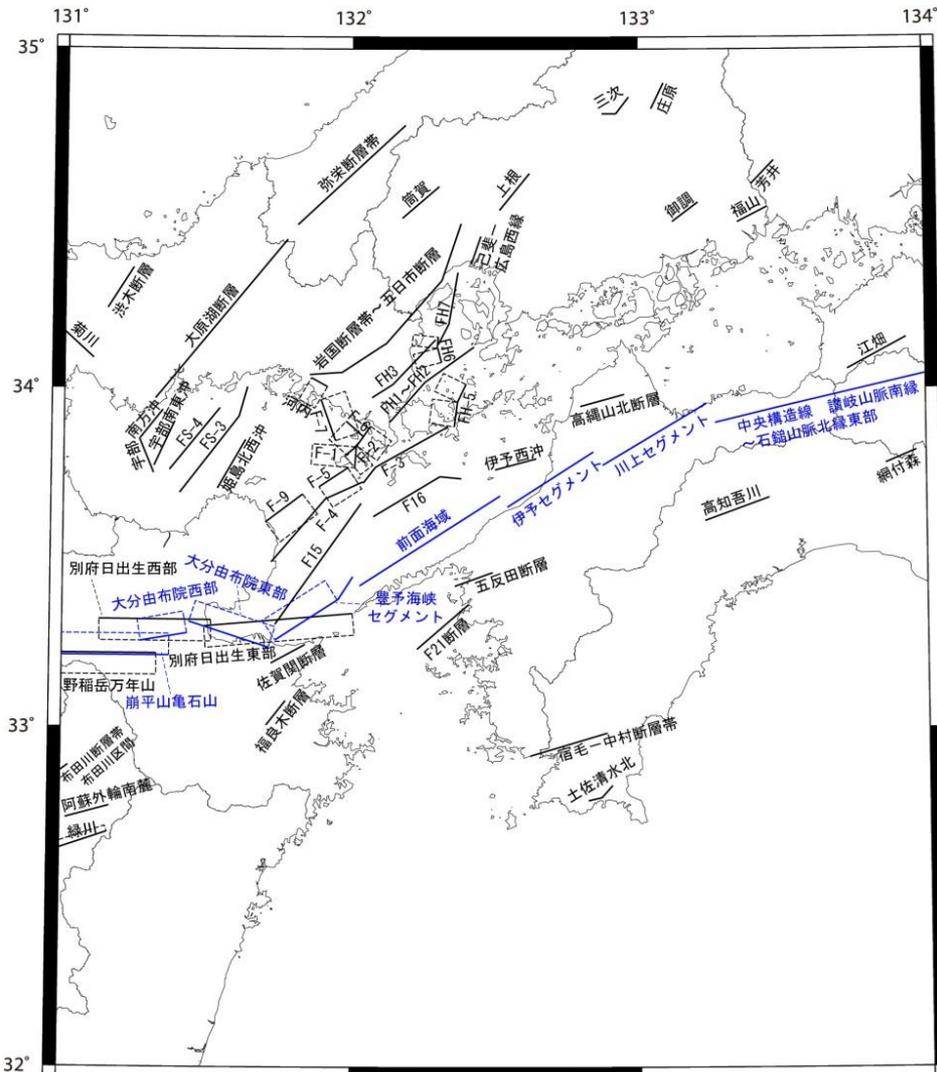
$$\log_{10}D = 0.6M - 4.0$$

ν : 年平均発生頻度(回/年)
 S : 活断層の年平均変位速度(m/年) [地震調査研究推進本部の値または活動度B級を仮定]
 D : すべり量(m)

- 短い断層については、地震規模M6.8として評価する。
- 距離減衰式の評価はNoda et al.の式とZhao et al.の式を考慮する。



活断層の位置図



活断層の諸元

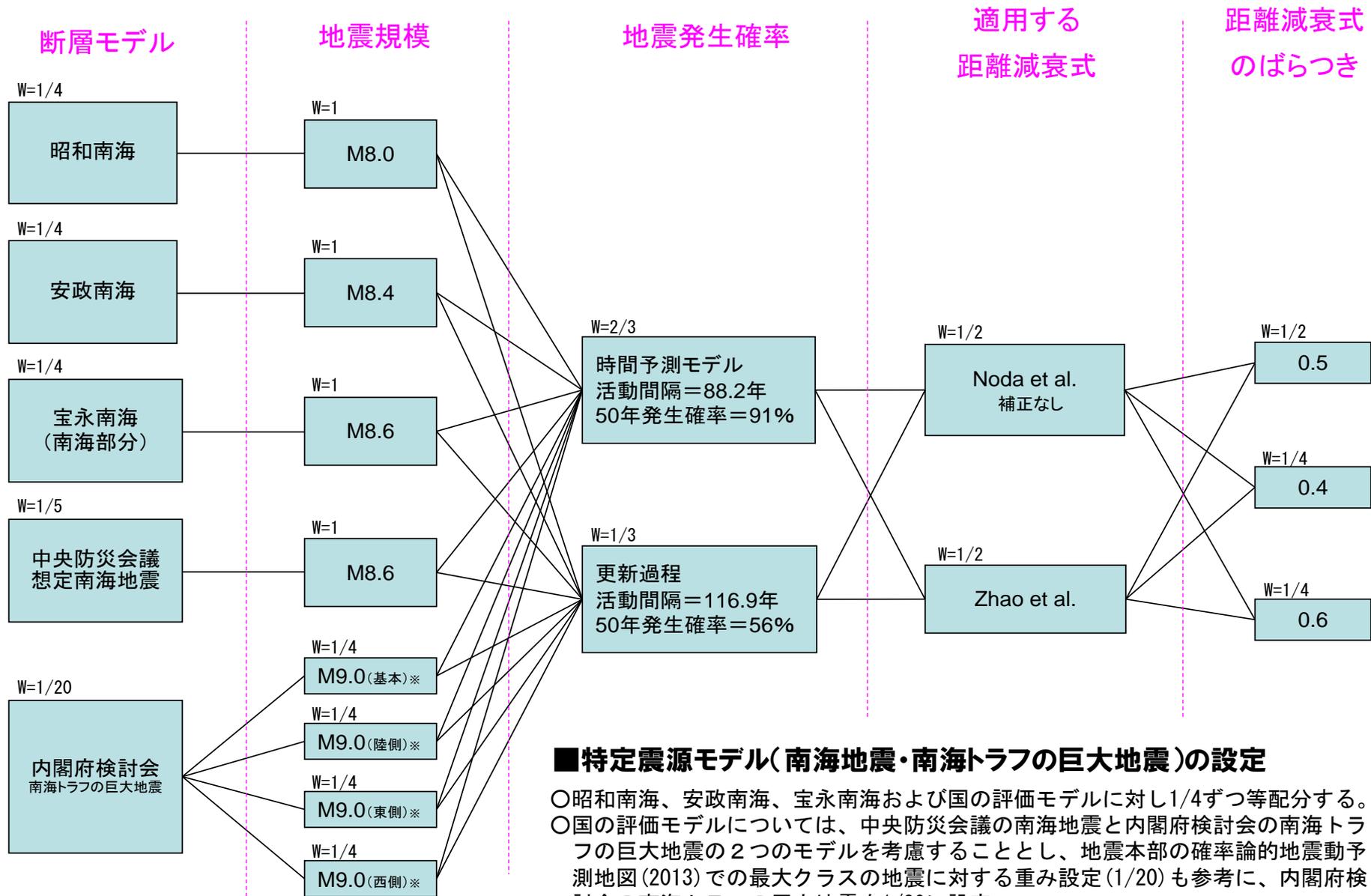
名称	長さ (km)	M	平均活動 間隔(年)	最新活動 時期	50年 発生確率 (%)
地震本部地震調査委員会の地震動予測地図に基づく活断層					
己斐ー広島西縁断層帯	10	6.8	7,900	ー	0.63
菊川断層帯	44	7.6	14,000	ー	0.36
別府湾ー日出生断層帯東部	43	7.6	1,500	418年前	2.1E-05
別府湾ー日出生断層帯西部	32	7.3	19,000	4,358年前	8.5E-10
野稻岳ー万年山断層帯	30	7.3	4,000	2,658年前	0.98
緑川断層帯	34	7.4	51,000	ー	9.8E-02
布田川断層帯 布田川区間	19	7.0	17,050	4,500年前	7.7E-08
宇部南方沖断層帯	22	7.1	17,500	ー	0.29

次ページに続く

活断層の諸元

名称	長さ (km)	M	平均活動 間隔(年)	最新活動 時期	50年発生確率 (%)
地震本部地震調査委員会の地震動予測地図に基づく活断層					
芳井断層	11	6.8	2,000	—	2.5
福山断層帯	11	6.8	50,000	—	0.10
御調断層	10	6.8	50,000	—	0.10
庄原断層	10	6.8	26,000	—	0.20
三次断層帯	11	6.8	26,000	—	0.20
上根断層	15	6.8	4,800	—	1.0
筒賀断層帯	16	6.8	13,000	—	0.39
弥栄断層帯	47	7.6	120,000	—	4.0E-02
渋木断層	16	6.8	53,000	—	9.4E-02
江畑断層帯	22	7.1	73,000	—	6.9E-02
高縄山北断層	15	6.8	50,000	—	0.10
綱付森断層	11	6.8	4,800	—	1.0
高知吾川	22	7.1	18,000	—	0.29
宿毛一中村断層帯	26	7.2	86,000	—	5.8E-02
土佐清水北断層帯	10	6.8	50,000	—	0.10
佐賀関断層	12	6.8	26,000	—	0.20
福良木断層	10	6.8	50,000	—	0.10
阿蘇外輪南麓断層群	15	6.8	30,000	—	0.17
宇部南東沖断層帯	16	6.8	53,000	—	9.4E-02
姫島北西沖断層帯	18	6.9	60,000	—	8.4E-02

名称	長さ (km)	M	平均活動 間隔(年)	最新活動 時期	50年発生確率 (%)
当社の調査結果等に基づく活断層					
F21断層	22	7.1	7,300	—	0.68
五反田断層	13	6.8	4,800	—	1.0
伊予西沖断層	14	6.8	4,800	—	1.0
岩国断層帯～五日市断層	74	8.0	24,000	—	0.21
河内断層	6.0	6.8	4,800	—	1.0
FS-3断層群	41.5	7.5	13,000	—	0.38
FS-4断層群	25.9	7.2	8,200	—	0.61
F-1断層群	6.8	7.0	6,300	—	0.79
F-2断層群	12.8	6.8	4,800	—	1.0
F-3断層群	33.4	7.4	11,000	—	0.47
F-4断層群	40.1	7.5	13,000	—	0.39
F-5断層群	11.1	6.8	4,800	—	1.0
F-6断層群	7.7	6.8	4,800	—	1.0
F-7断層群	14.2	6.8	4,800	—	1.0
F-9断層群	15.0	6.8	4,800	—	1.0
F-15断層群	48.3	7.6	15,000	—	0.33
F-16断層群	32.1	7.3	10,000	—	0.49
FH-1～FH-2断層群	36.7	7.4	12,000	—	0.43
FH-3断層群	28.0	7.2	8,900	—	0.56
FH-5断層群	14.6	6.8	4,800	—	1.0
FH-6断層群	8.4	6.8	4,800	—	1.0
FH-7断層群	24.6	7.2	7,800	—	0.64
大原湖断層帯	67.1	7.9	21,320	—	0.23

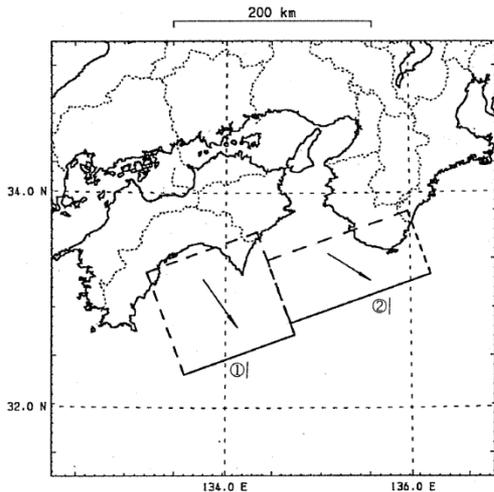


■特定震源モデル(南海地震・南海トラフの巨大地震)の設定

- 昭和南海、安政南海、宝永南海および国の評価モデルに対し1/4ずつ等配分する。
- 国の評価モデルについては、中央防災会議の南海地震と内閣府検討会の南海トラフの巨大地震の2つのモデルを考慮することとし、地震本部の確率論的地震動予測地図(2013)での最大クラスの地震に対する重み設定(1/20)も参考に、内閣府検討会の南海トラフの巨大地震を1/20に設定。

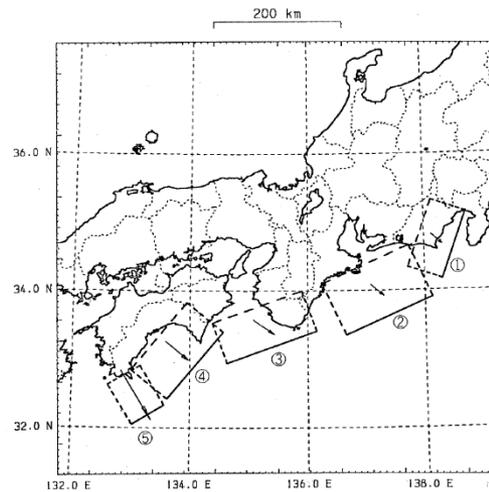
※内閣府検討会では、地震動評価の際のマグニチュードは8.3とする

昭和南海(相田モデル)



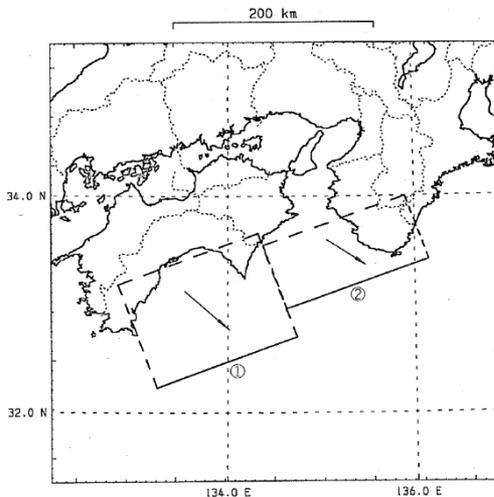
相田モデルによる断層面

宝永南海(相田モデル)



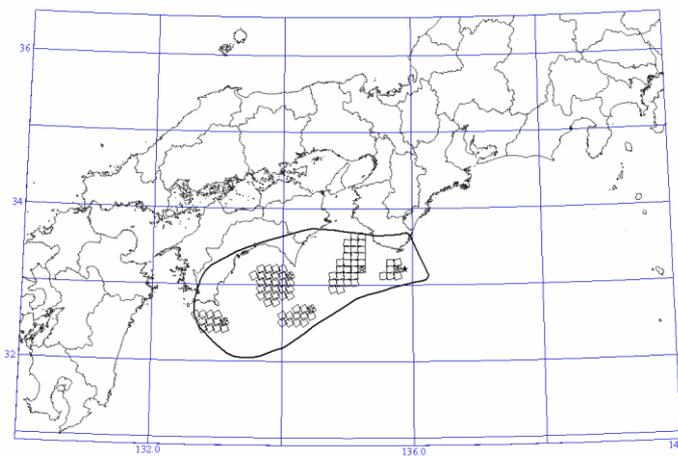
相田モデルによる断層面

安政南海(相田モデル)



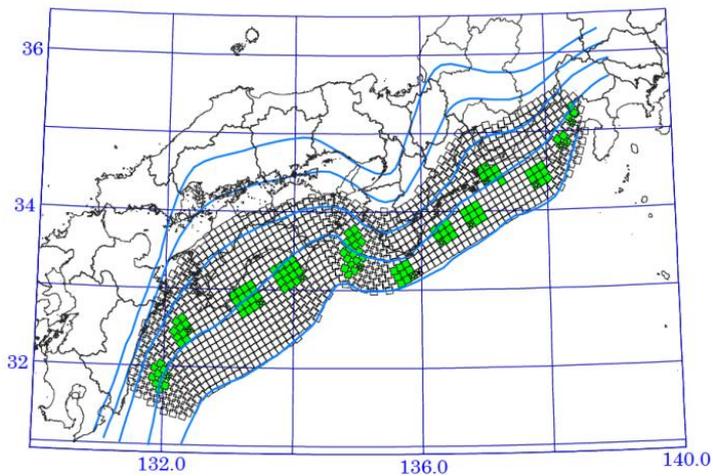
相田モデルによる断層面

中央防災会議想定南海地震

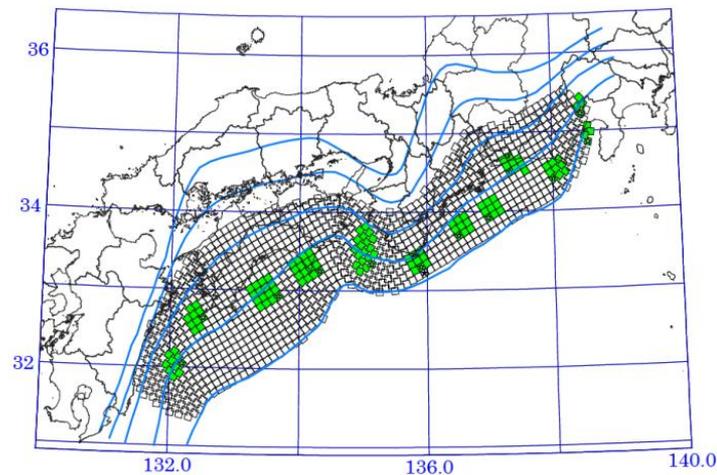


中央防災会議(2003)による断層面

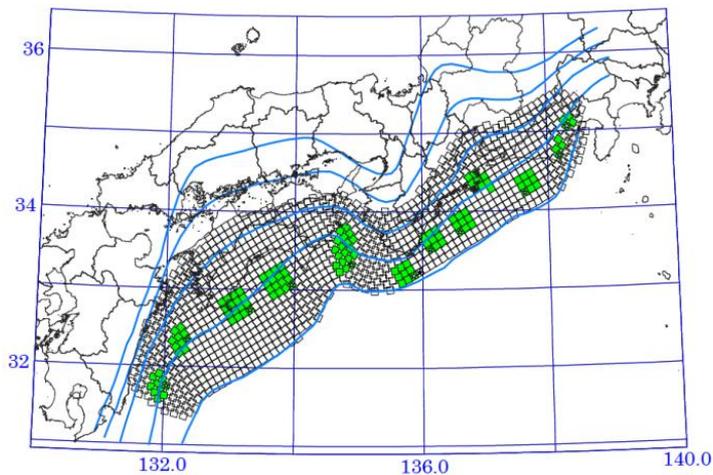
内閣府検討会(2012) 南海トラフの巨大地震



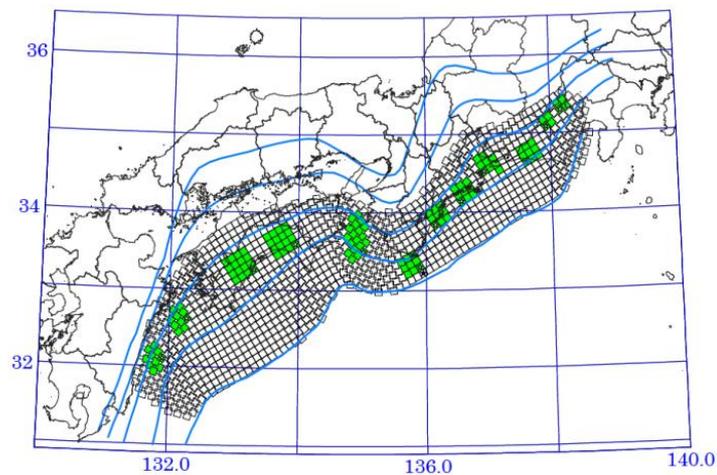
基本ケース



東側ケース



西側ケース



陸側ケース

■領域震源モデルの設定

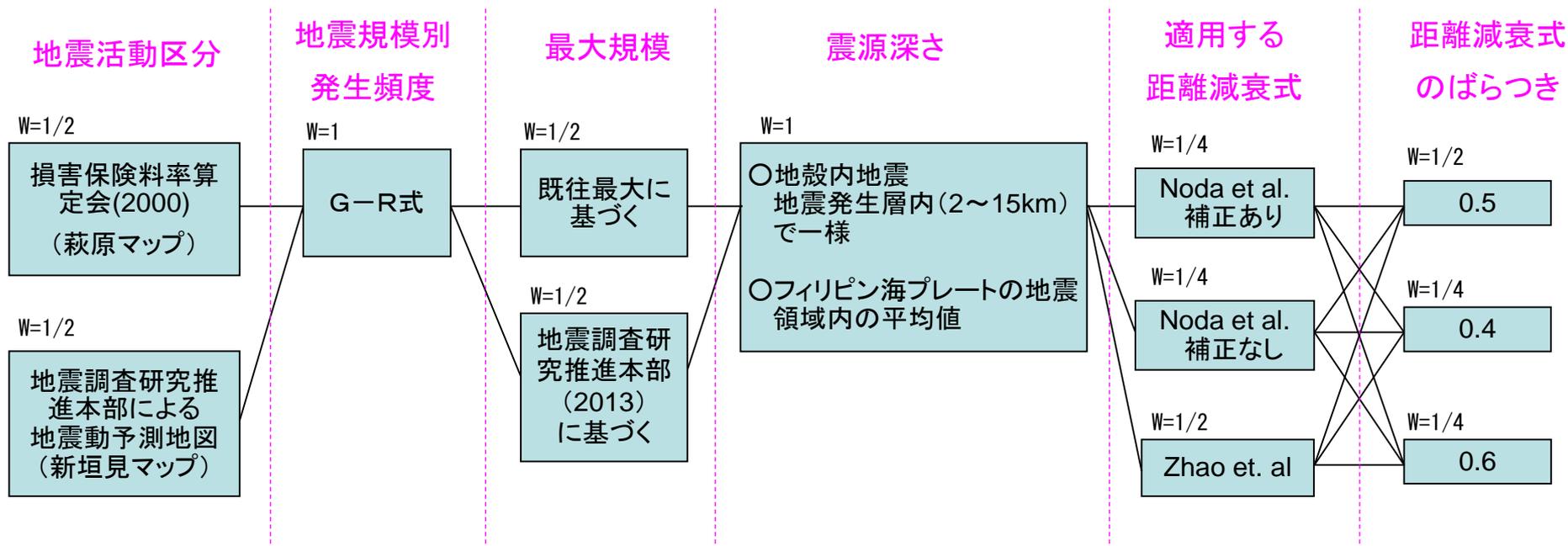
○領域震源モデルについては、萩原（1991）および垣見・他（2003）の領域区分に基づき設定する。

○モデル化の対象

- ・活断層の存在が知られていないところで発生しうる内陸地殻内地震
- ・南海地震以外のフィリピン海プレートで発生する地震

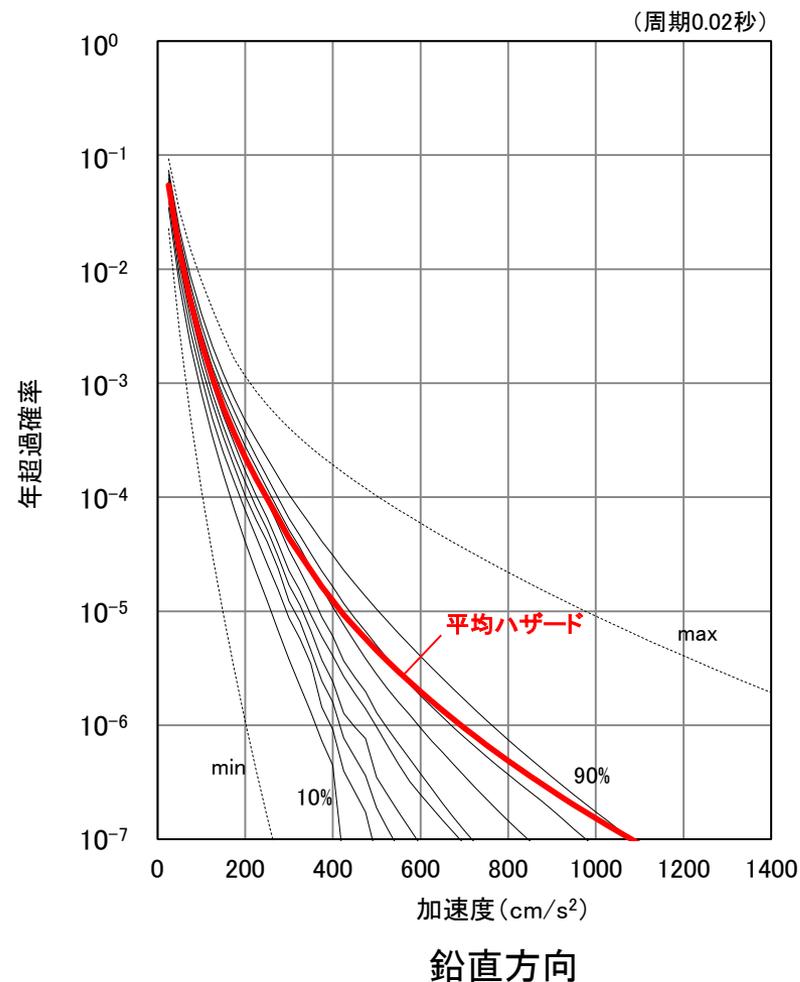
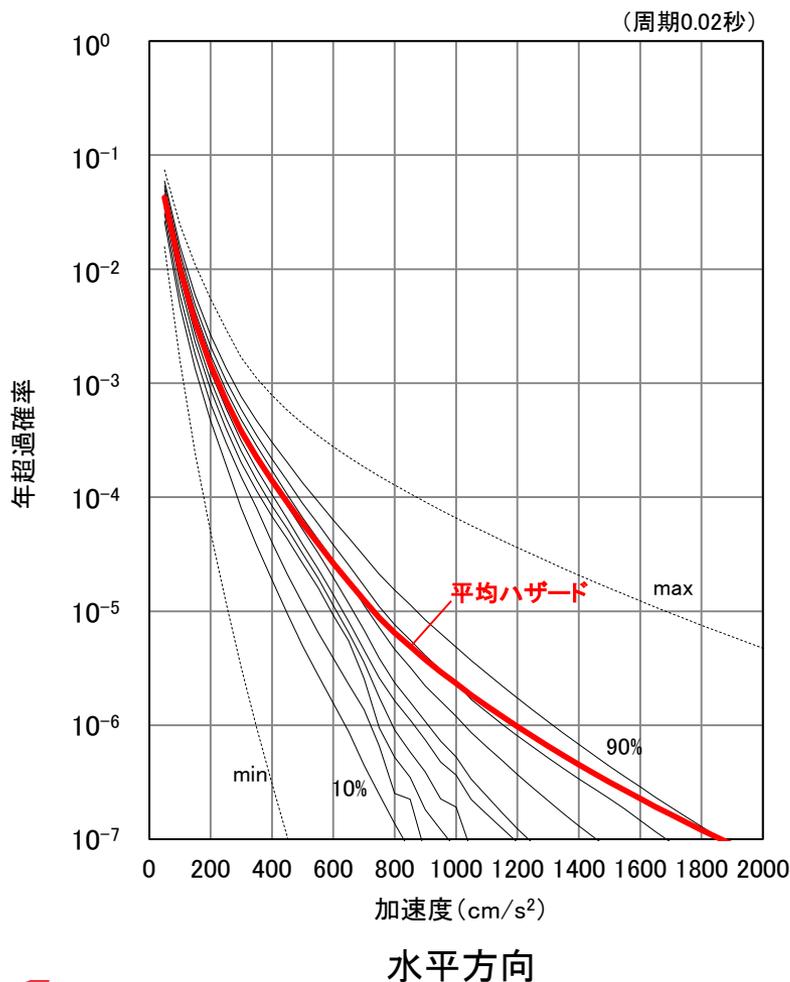
○使用カタログ：気象庁1926-2008，M5.0以上，深さ200km以浅

○対象範囲：敷地から概ね百数十km程度以内

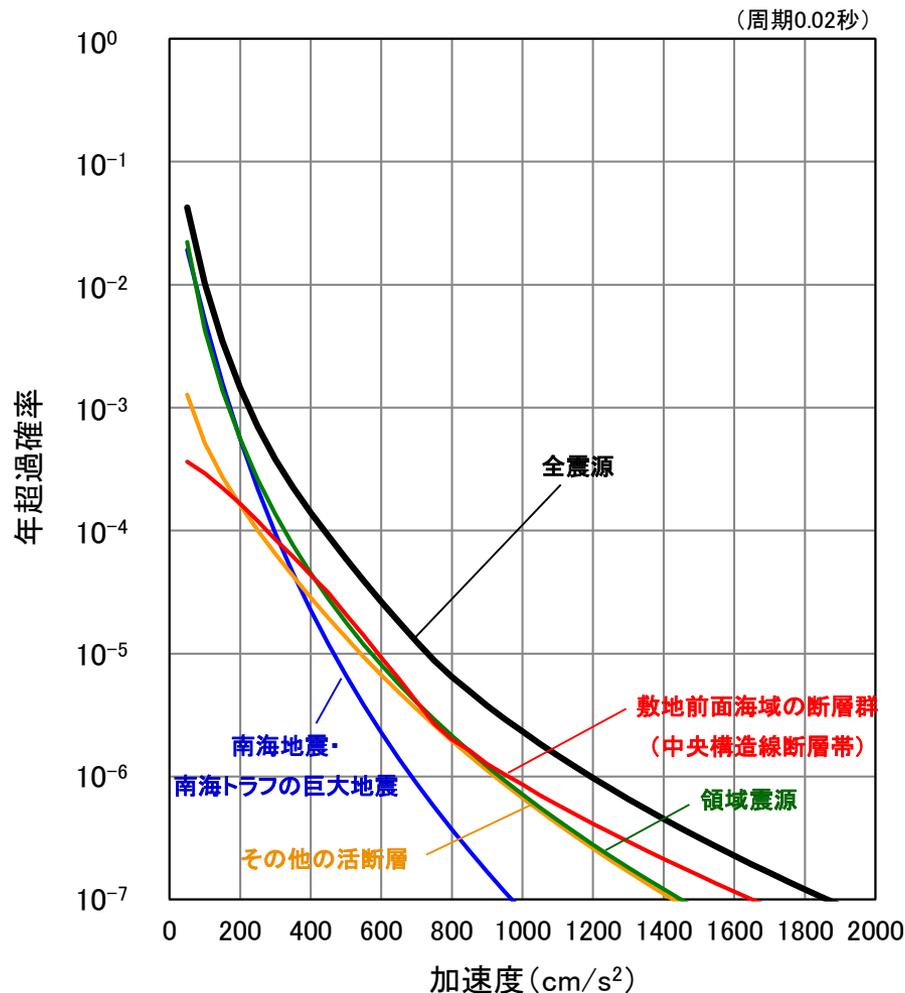


信頼度別ハザード曲線と平均ハザード曲線

- ・信頼度別ハザード曲線を周期ごとに算定し、周期毎の平均ハザード曲線を算出
- ・次頁にて、下記のハザード曲線に対する震源ごとの感度解析を実施



全震源に対する特定震源、領域震源の影響度

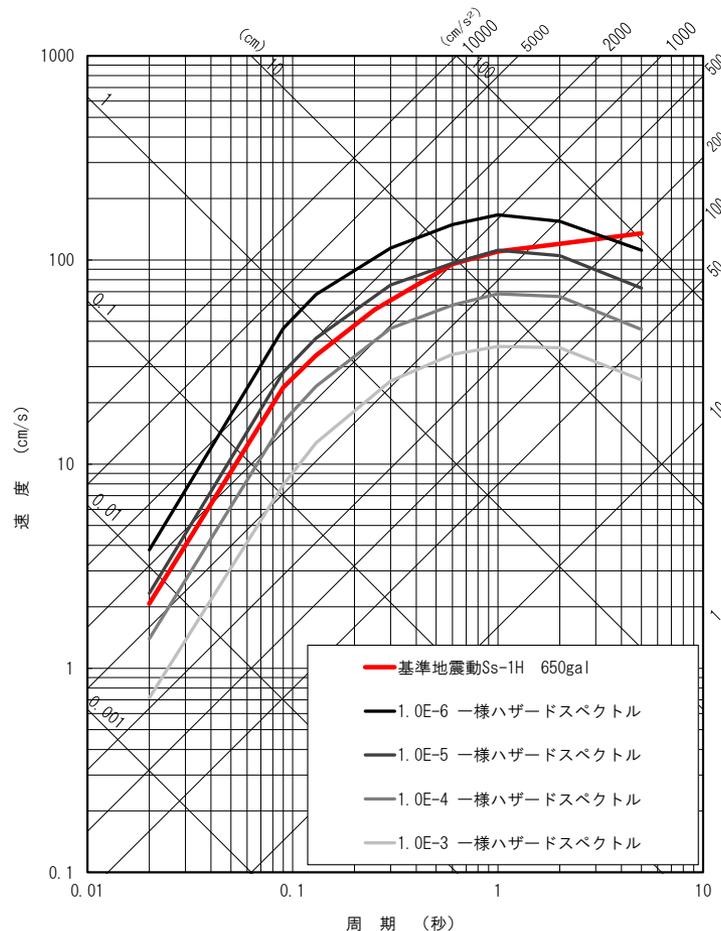


- ・ 年超過確率が高い領域は、南海地震・南海トラフの巨大地震や領域震源による地震が支配的
- ・ 年超過確率が小さい領域は、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震が支配的

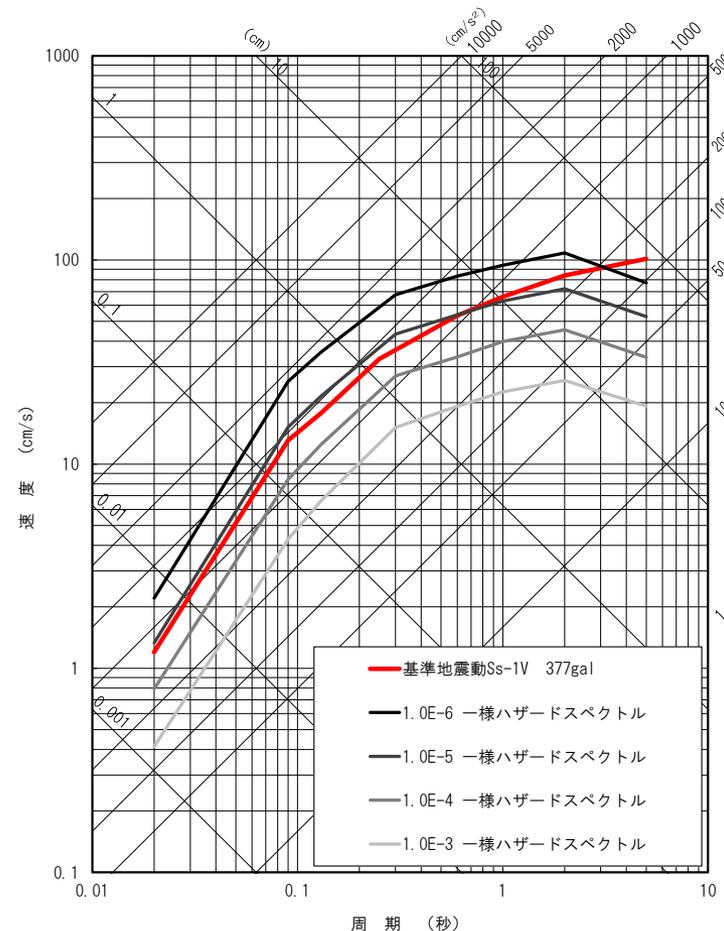
※ 周期0.02sについて

一様ハザードスペクトルと基準地震動 S s - 1 の比較

基準地震動 S s - 1 の年超過確率は、**10⁻⁴ ~ 10⁻⁶ 程度** である。



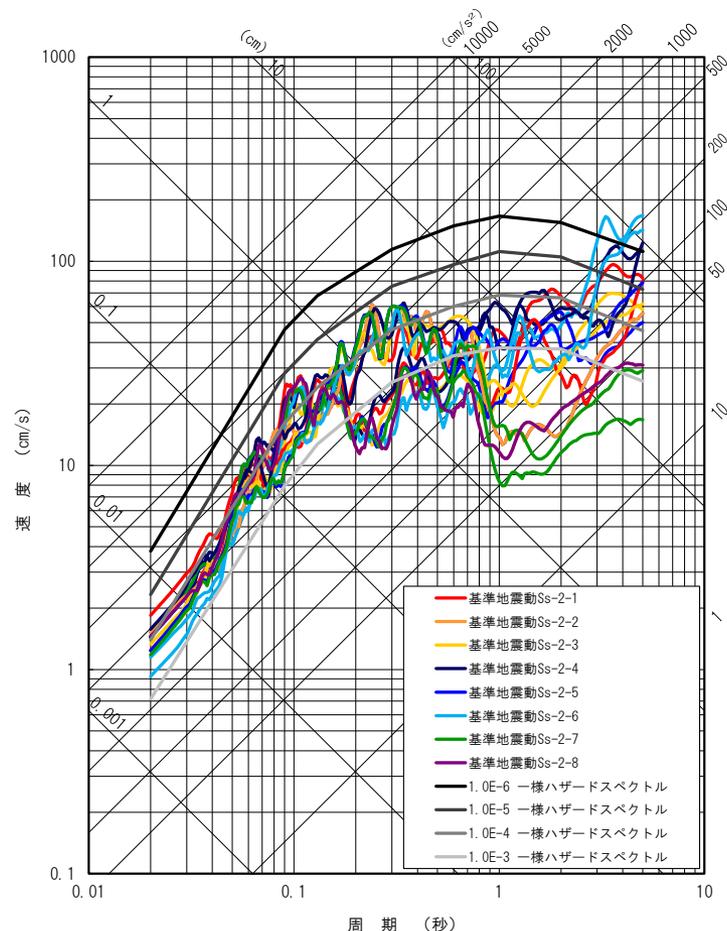
水平方向



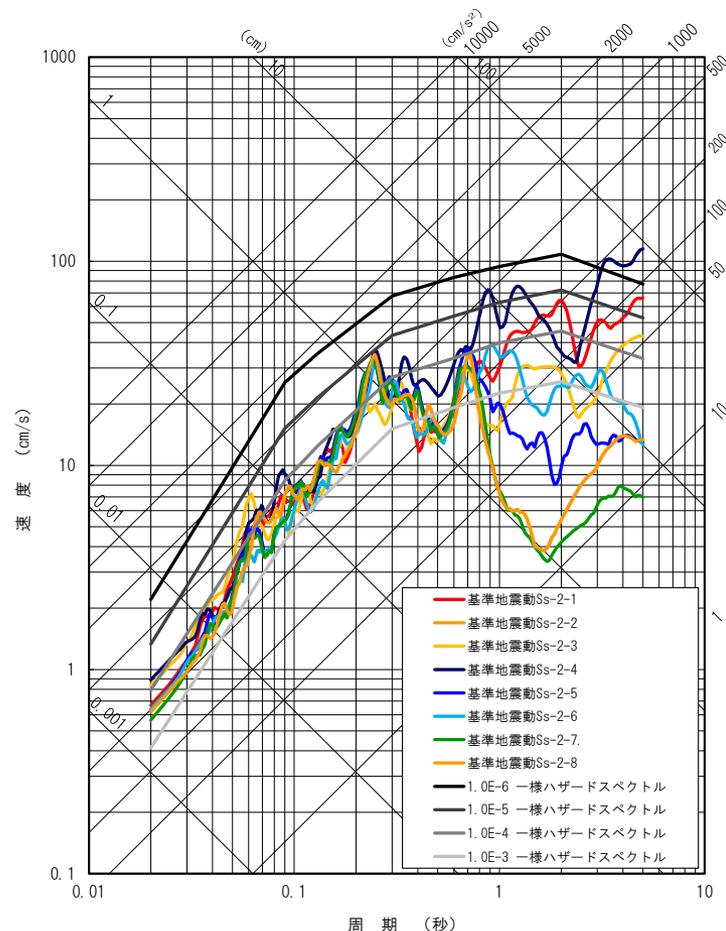
鉛直方向

一様ハザードスペクトルと基準地震動 S s - 2 の比較

基準地震動 S s - 2 の年超過確率は、**10⁻⁴ ~ 10⁻⁶ 程度** である。



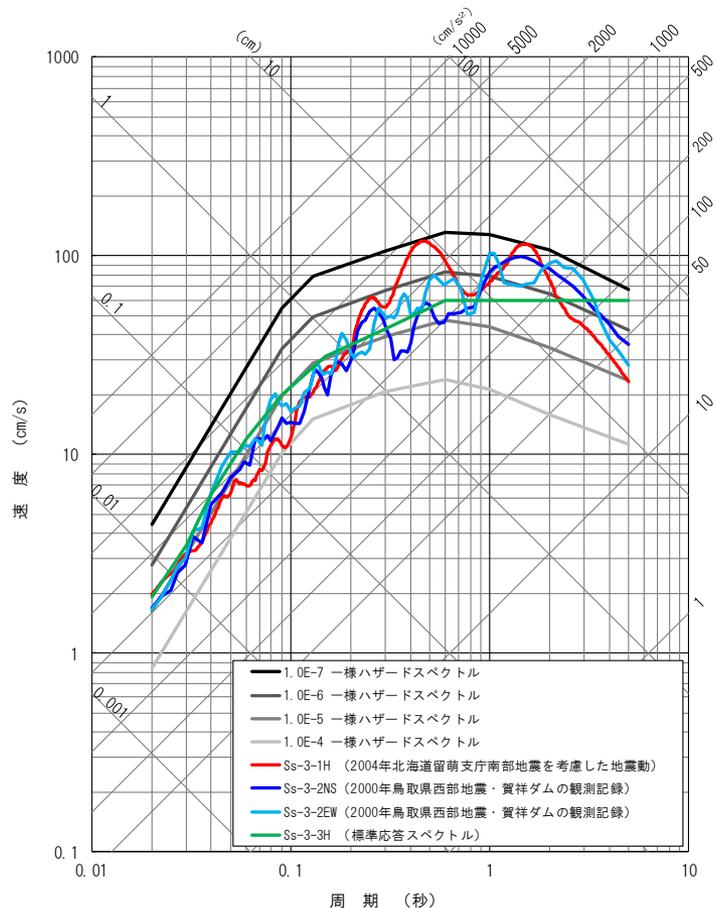
水平方向



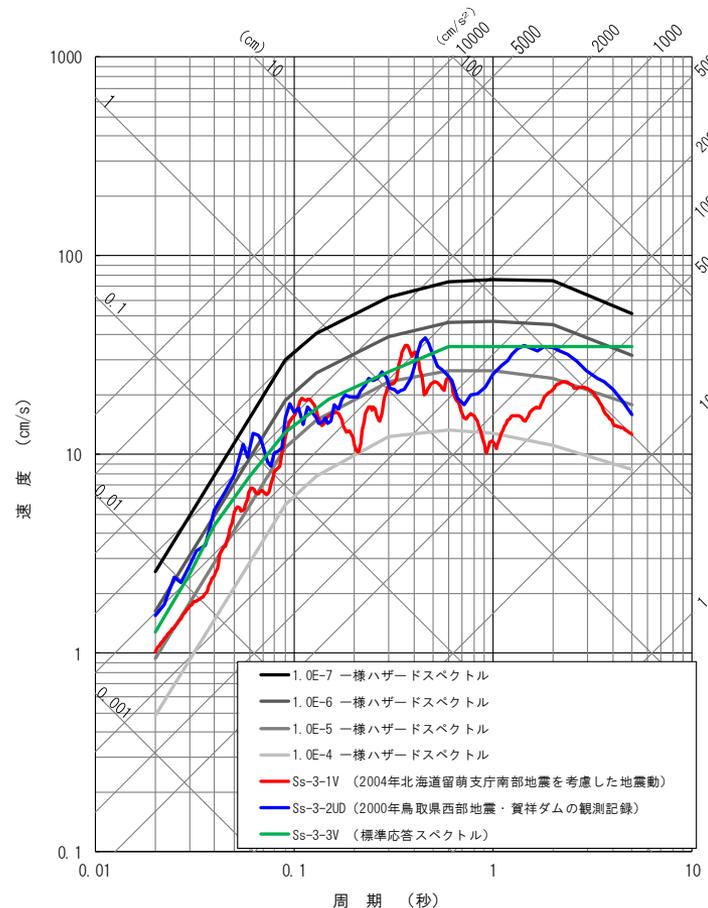
鉛直方向

一様ハザードスペクトルと基準地震動 S s - 3 の比較

内陸地殻内地震の領域震源モデルによる一様ハザードスペクトルを、震源を特定せず策定する地震動 S s - 3 と比較する。これより、年超過確率は、**10⁻⁴~10⁻⁷程度** である。



水平方向



鉛直方向

- 特定震源モデルおよび領域震源モデルに基づく地震ハザード評価を実施した。
- 一様ハザードスペクトルと基準地震動 S_s との比較より、
 - ・ 基準地震動 $S_s - 1$ の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度
 - ・ 基準地震動 $S_s - 2$ の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度となっている。
- 内陸地殻内地震の領域震源モデルによる一様ハザードスペクトルと震源を特定せず策定する地震動 ($S_s - 3$) の比較より、年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-7}$ 程度となっている。

基準地震動Ss				最大加速度振幅(cm/s ²)			
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法	設計用模擬地震波		水平動	Ss-1H	650	
				鉛直動	Ss-1V	377	
	断層モデルを用いた手法	敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)	480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・西破壊		水平動NS	Ss-2-1NS	579
					水平動EW	Ss-2-1EW	390
			480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊		鉛直動UD	Ss-2-1UD	210
					水平動NS	Ss-2-2NS	456
			480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・第1アスペリティ西破壊		水平動EW	Ss-2-2EW	478
					鉛直動UD	Ss-2-2UD	195
			480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・西破壊		水平動NS	Ss-2-3NS	371
					水平動EW	Ss-2-3EW	418
			480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・中央破壊		鉛直動UD	Ss-2-3UD	263
					水平動NS	Ss-2-4NS	452
			480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・東破壊		水平動EW	Ss-2-4EW	494
					鉛直動UD	Ss-2-4UD	280
			54km・入倉・三宅の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・中央破壊		水平動NS	Ss-2-5NS	452
					水平動EW	Ss-2-5EW	388
			480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊・入れ替え		鉛直動UD	Ss-2-5UD	199
					水平動NS	Ss-2-6NS	291
	2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動		水平動EW	Ss-2-6EW	360		
			鉛直動UD	Ss-2-6UD	201		
2000年鳥取県西部地震賀祥ダムの観測記録		水平動NS	Ss-2-7NS	458			
		水平動EW	Ss-2-7EW	371			
標準応答スペクトル		鉛直動UD	Ss-2-7UD	178			
		水平動NS	Ss-2-8NS	478			
震源を特定せず策定する地震動		水平動EW	Ss-2-8EW	456			
		鉛直動UD	Ss-2-8UD	195			
2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動		水平動	Ss-3-1H	620			
		鉛直動	Ss-3-1V	320			
2000年鳥取県西部地震賀祥ダムの観測記録		水平動NS	Ss-3-2NS	528			
		水平動EW	Ss-3-2EW	531			
標準応答スペクトル		鉛直動UD	Ss-3-2UD	485			
		水平動	Ss-3-3H	600			
震源を特定せず策定する地震動		鉛直動	Ss-3-3V	400			