

## 4. 震源を特定せず策定する地震動

- 4. 1 Mw6.5以上の地震(2地震)に関する検討
- 4. 2 Mw6.5未満の地震(14地震)に関する検討
- 4. 3 「震源を特定せず策定する地震動」の策定

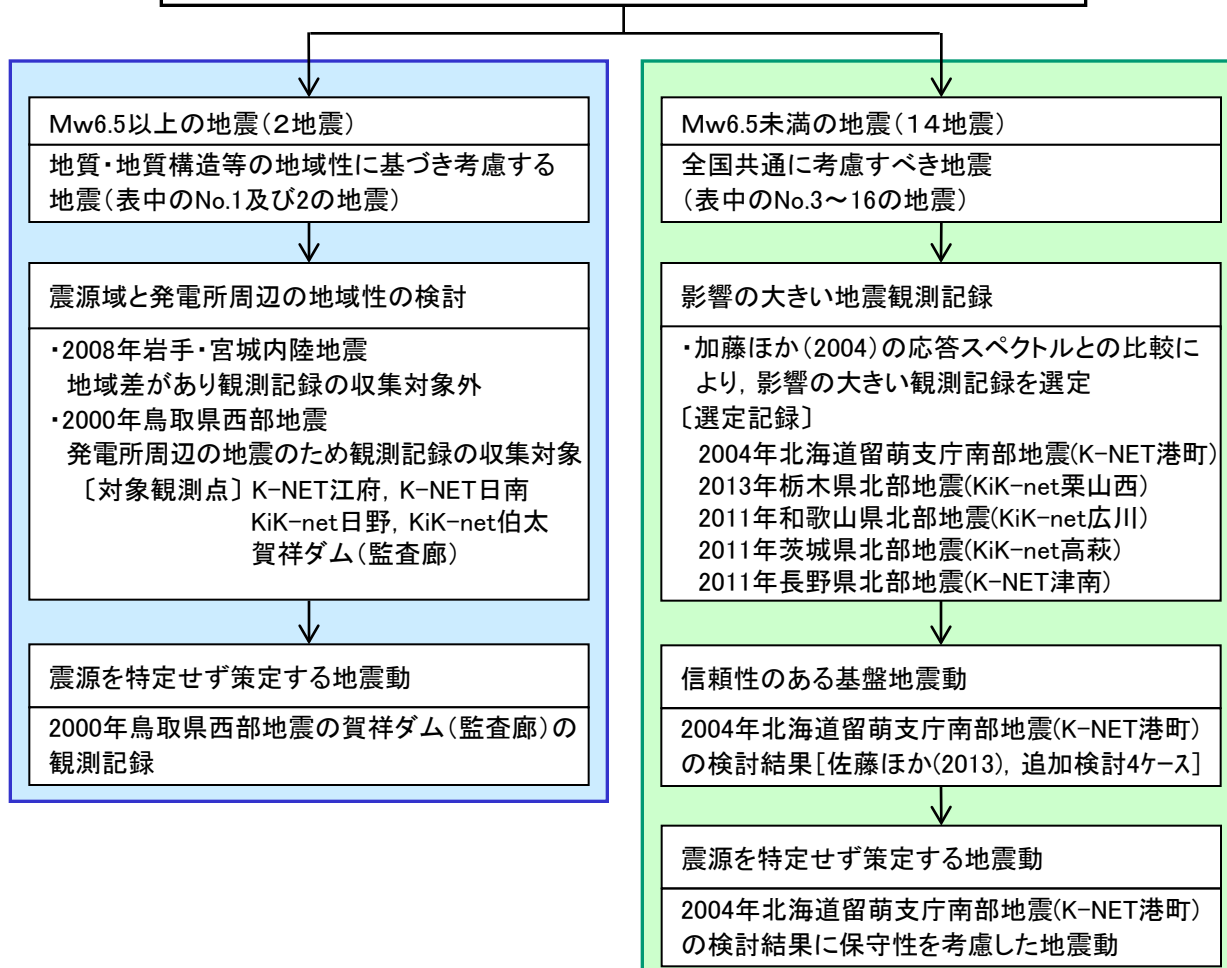
## 4. 震源を特定せず策定する地震動

159

### 震源を特定せず策定する地震の検討概要

- 敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないとの観点から、「震源を特定せず策定する地震動」を考慮する。
- 審査ガイドでは、上記地震動として、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内地震について得られた震源近傍における観測記録の収集を要求しており、例として示される16地震について、以下のフローのとおり検討した。
- なお、それ以外の地震については、加藤ほか(2004)による応答スペクトルで代表させた。

「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」に示される16地震



審査ガイドに示される16地震

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004年北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

■ Mw6.5以上の地震(2地震) ■ Mw6.5未満の地震(14地震)

原子力規制委員会(2013)「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」より抜粋

## (1) 2008年岩手・宮城内陸地震

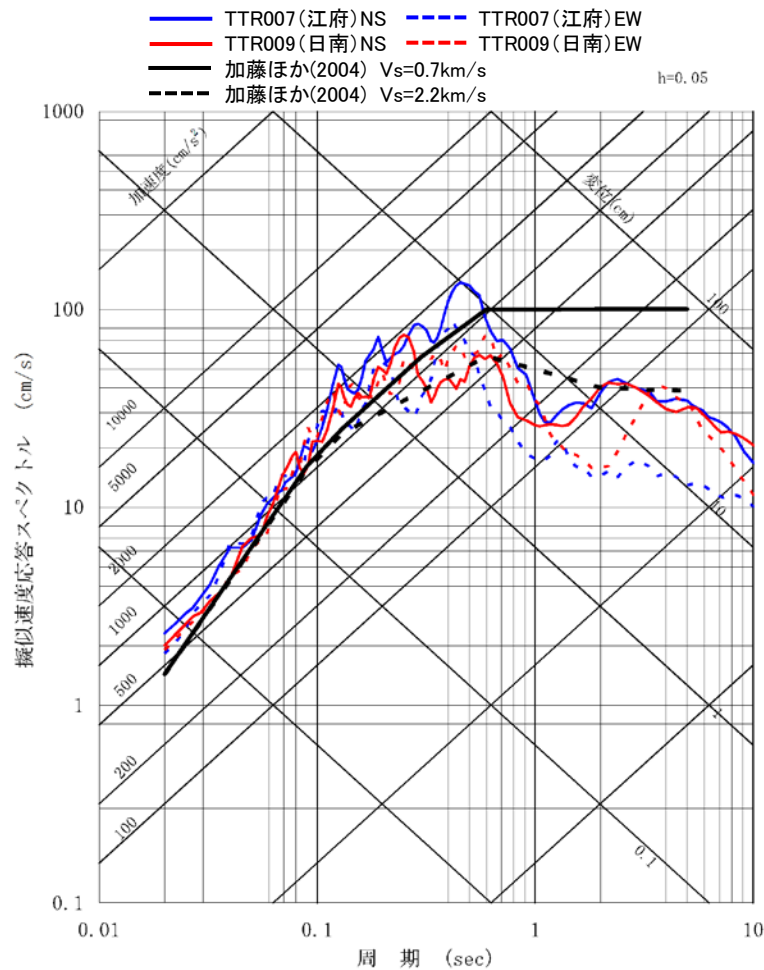
- 2008年岩手・宮城内陸地震の震源域周辺及び島根原子力発電所周辺における地質・地質構造等を整理した結果, 両地域の地質・地質構造等の特徴が異なっていることから, 2008年岩手・宮城内陸地震については観測記録の収集対象外とする。

項 目	2008年岩手・宮城内陸地震の 震源域周辺	島根原子力発電所周辺
地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新第三紀以降の火山岩, 堆積岩が厚く分布</li> <li>・現在の応力場に調和的に褶曲・撓曲構造が発達</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・主に新第三紀の堅固な堆積岩が厚く分布</li> <li>・現在の応力場に調和しない褶曲・撓曲構造が認められる</li> </ul>
断層センス	逆断層が卓越	横ずれ断層が卓越
ひずみ集中帯	ひずみ集中帯に位置	ひずみ集中帯ではない
地震地体構造区分	東北日本弧外帯と内帯の境界	隠岐・対馬海域
日本列島の 変動タイプ	褶曲断層山脈に位置	曲隆山地に位置

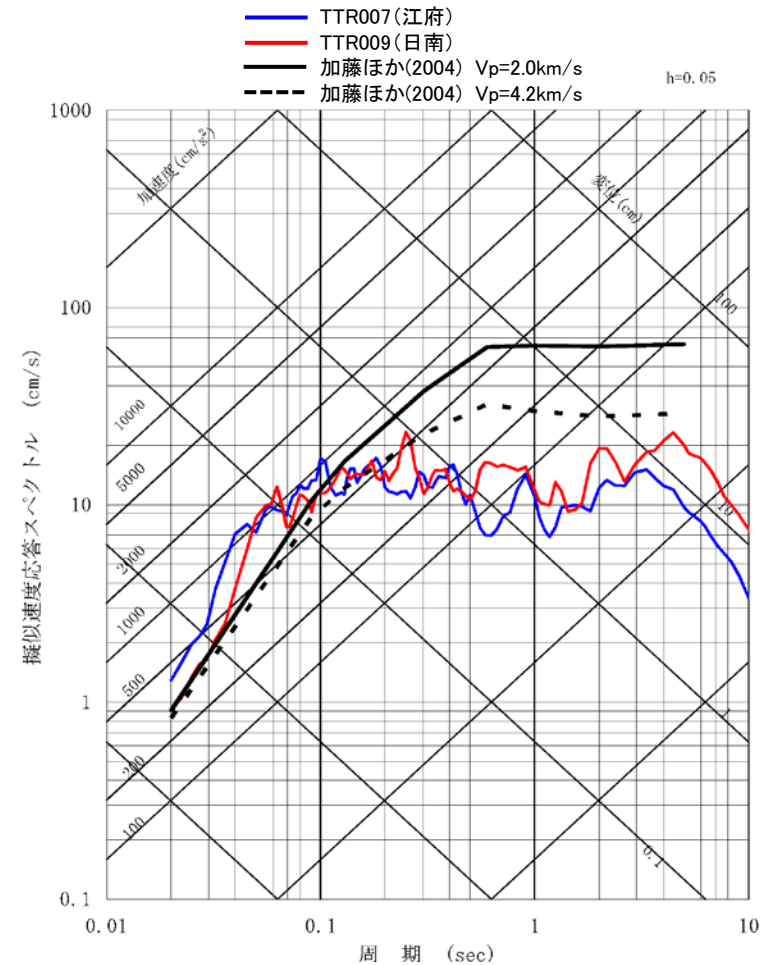
## (2) 2000年鳥取県西部地震

第121回審査会合資料1 P21加筆・修正

- Mw6.5以上の地震のうち2000年鳥取県西部地震については、島根原子力発電所周辺地域で発生した地震であるため、震源近傍における観測記録を収集する。
- K-NET観測点のうち、AVS30が500m/s程度のTTR007(江府)及びTTR009(日南)の観測記録は、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る。



水平方向



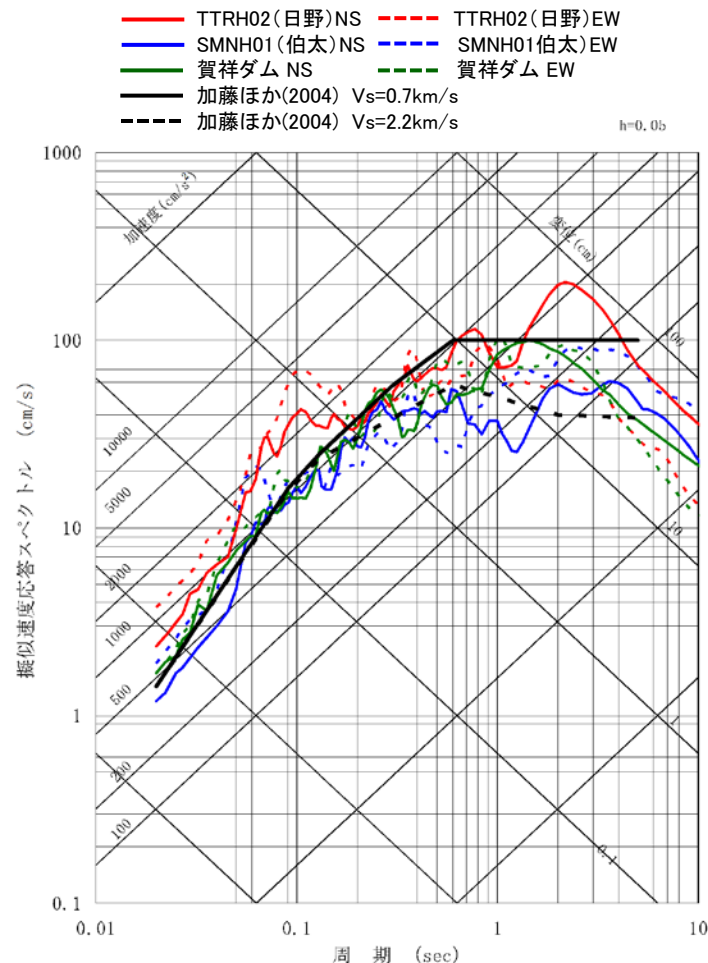
鉛直方向

K-NET各観測記録の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較

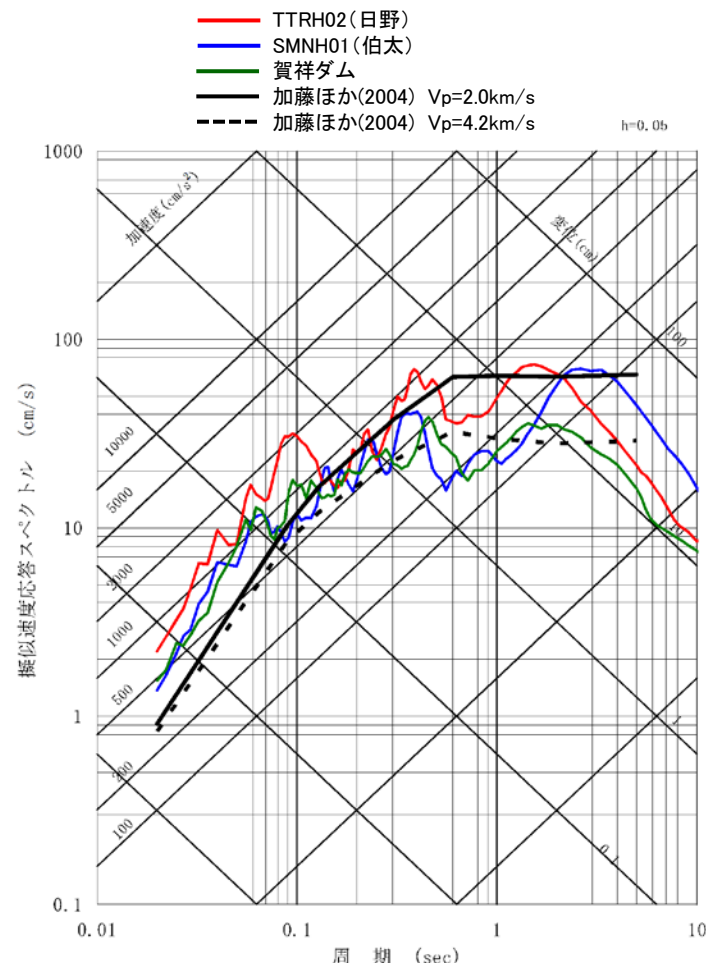


## (2) 2000年鳥取県西部地震

■ 2000年鳥取県西部地震の震源近傍における観測記録を収集し、島根原子力発電所の「震源を特定せず策定する地震動」として考慮している加藤ほか(2004)の応答スペクトルと比較したところ、TTRH02(日野), SMNH01(伯太)及び賀祥ダム(監査廊)の観測記録が加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回ったことから、それらの観測記録について詳細に検討を行う。



水平方向



鉛直方向

賀祥ダム(監査廊)等の観測記録の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較

## (2) 2000年鳥取県西部地震

- 震源近傍における防災科学技術研究所のK-NET及びKiK-net観測点の観測記録, 賀祥ダム(監査廊)の観測記録に基づく検討結果より, 賀祥ダム(監査廊)の観測記録で代表可能であることから, 賀祥ダム(監査廊)の観測記録を震源を特定せず策定する地震動として考慮する。

2000年鳥取県西部地震の観測記録を用いた基盤地震動の検討

		賀祥ダム(監査廊)	K-NET		KiK-net	
			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
	最大加速度値 ※( )内は地中	NS: 528cm/s <sup>2</sup> EW: 531cm/s <sup>2</sup> UD: 485cm/s <sup>2</sup>	NS: 725cm/s <sup>2</sup> EW: 573cm/s <sup>2</sup> UD: 404cm/s <sup>2</sup>	NS: 629cm/s <sup>2</sup> EW: 595cm/s <sup>2</sup> UD: 289cm/s <sup>2</sup>	NS: 927(357)cm/s <sup>2</sup> EW: 753(575)cm/s <sup>2</sup> UD: 776(318)cm/s <sup>2</sup>	NS: 720(185)cm/s <sup>2</sup> EW: 607(274)cm/s <sup>2</sup> UD: 631(196)cm/s <sup>2</sup>
	観測記録の特徴・特性	・観測記録のH/Vスペクトルより地盤の非線形性の影響は見られない	・観測記録のH/Vスペクトルより表層地盤の非線形性の影響が含まれる	・観測記録のH/Vスペクトルより表層地盤の非線形性の影響が含まれる	・地表観測記録には観測小屋の影響, 地中観測記録にはセンサー共振の影響が含まれる	・山添ほか(2004), センサー更新後の観測記録による検討に基づいて地中観測記録を再現
		○	×	×	×	○
観測点の地盤	地盤情報	・ダム堤体は $V_s=1.2\sim 1.3$ km/sのCM級岩盤に設置	・解放基盤相当までの地盤情報無し	・解放基盤相当までの地盤情報無し	・KiK-netの地盤情報	・KiK-netの地盤情報
	地盤特性	・島根原子力発電所の解放基盤表面( $V_s=1.52$ km/s)に比べて速度の遅い岩盤	・地盤モデルに関する既往の知見無し	・地盤モデルに関する既往の知見無し	・KiK-net地盤情報と観測記録に基づく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地盤情報と観測記録に基づく伝達関数は概ね整合している
		○	×	×	×	○
はぎとり解析	基盤地震動の推定	・非線形性の影響は見られない岩盤上の記録であり, 観測記録をそのまま解放基盤波として採用可能	・信頼性の高い地盤情報がないことから, 精度の良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, 精度の良い基盤地震動の推定は困難	・山添ほか(2004)により観測記録を一次元波動論では説明はできず, 精度の良い基盤地震動の推定は困難	・山添ほか(2004), センサー更新後の観測記録を用いた検討に基づいて島根原子力発電所の解放基盤相当の地震波を推定
		○	×	×	×	○※

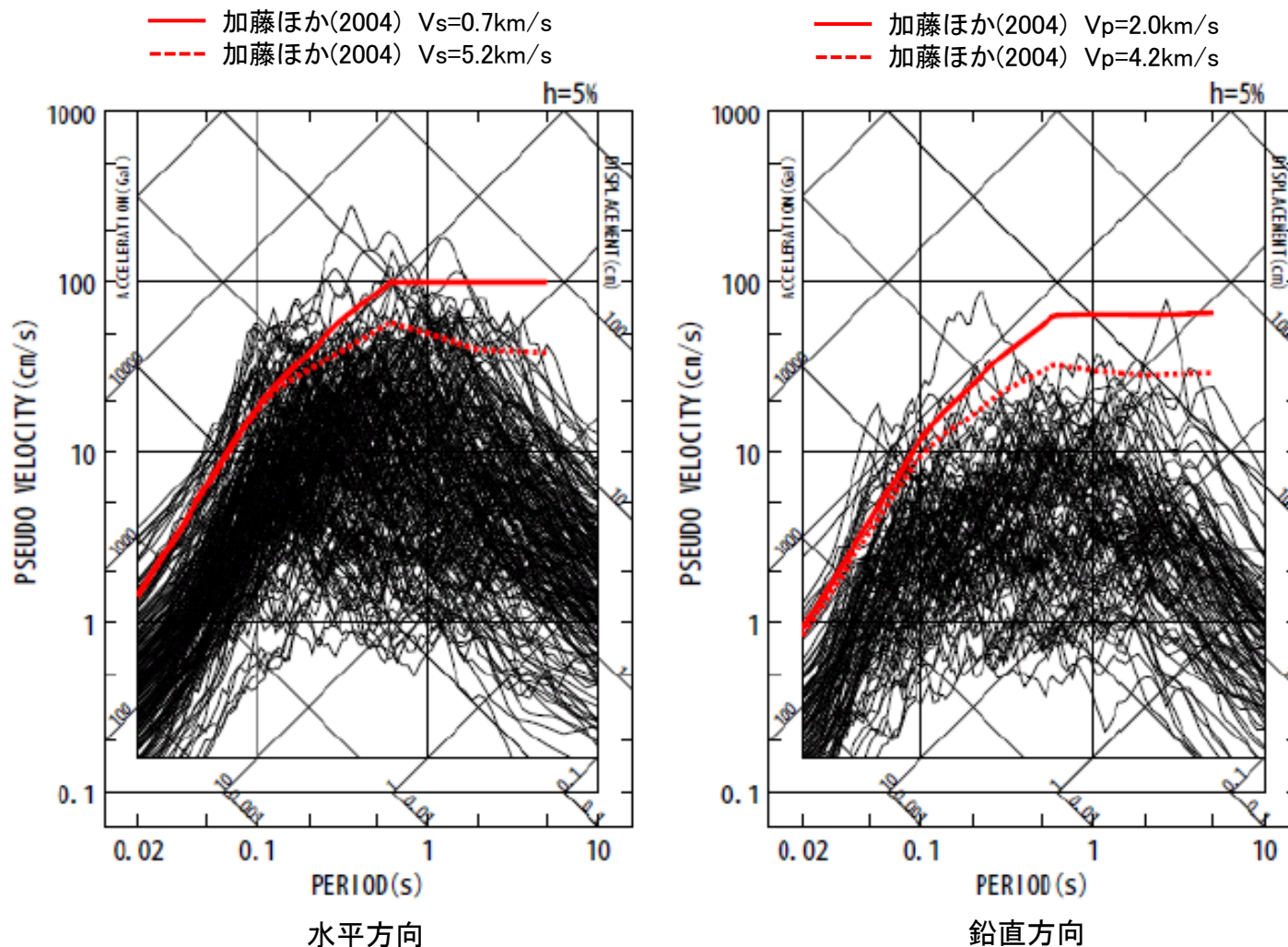
※解放基盤波の応答スペクトルの比較から, 賀祥ダム(監査廊)の観測記録で代表可能である。

## 観測記録の収集・整理

- 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」において、震源を特定せず策定する地震動の収集対象とされている16地震のうち、Mw6.5未満の14地震を対象として、震源近傍における観測記録を収集する。
  - 収集対象としては、防災科学技術研究所のK-NET及びKiK-net観測点の観測記録のうち、以下の条件に適合するものとする。
    - ・ 断層最短距離(断層面が把握できていない地震は震源距離)が30km以内の観測点
    - ・ AVS30(Kanno et al.(2006))が500m/s以上の観測点(地盤条件が不明な観測点は全て収集対象に含める)
- 上記条件の震源近傍における観測記録を収集すると、観測記録は137記録となる。

## 観測記録の収集・整理

- 14地震の観測記録(地表)の応答スペクトルを重ね書き、加藤ほか(2004)の応答スペクトルと比較する。

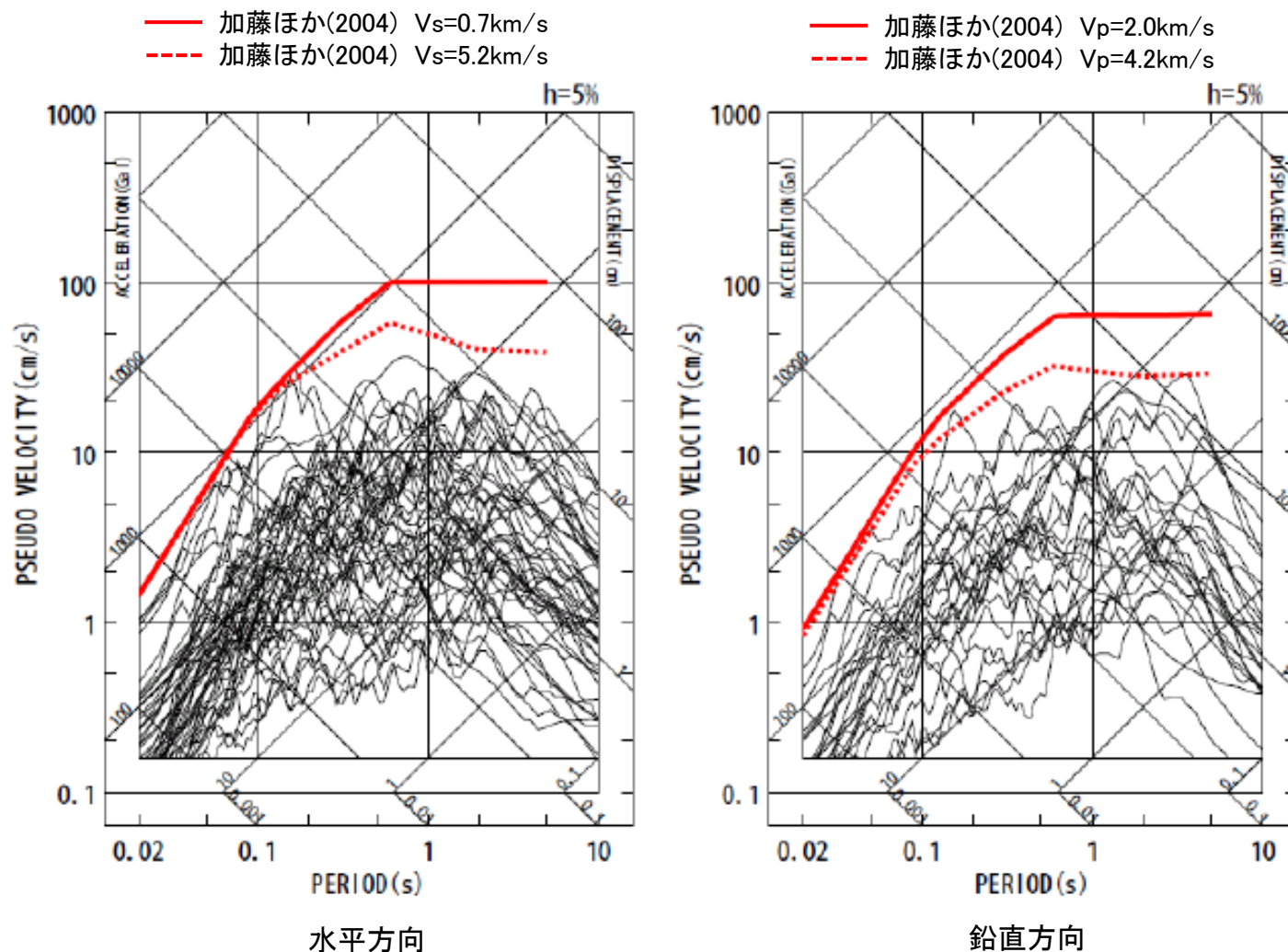


14地震の観測記録(地表)の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトル



## 観測記録の収集・整理

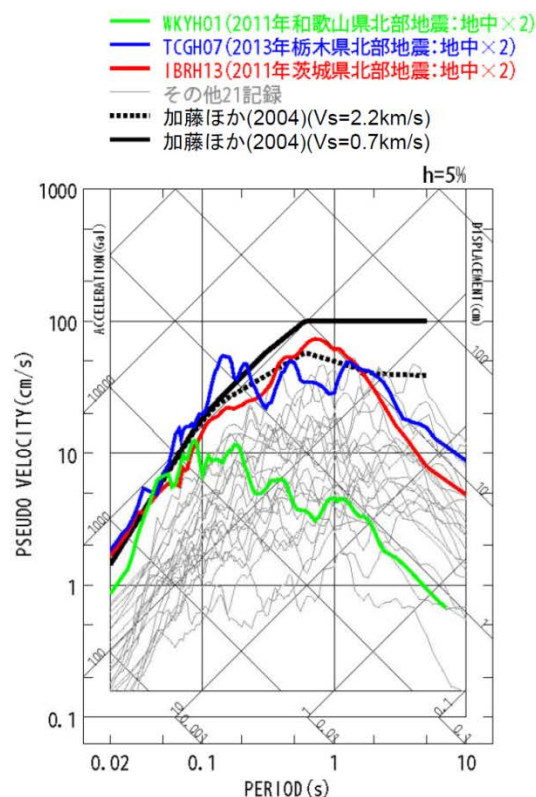
- 14地震の観測記録(地中)の応答スペクトルを重ね書き、加藤ほか(2004)の応答スペクトルと比較する。



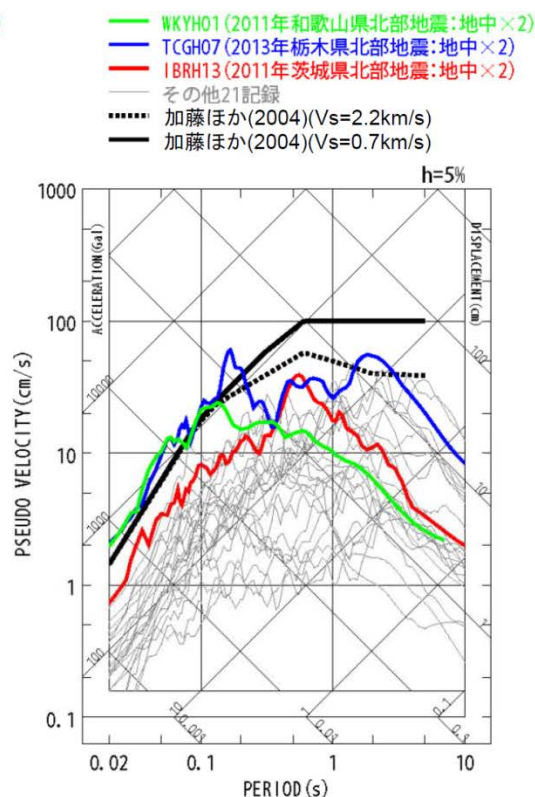
14地震の観測記録(地中)の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトル

## KiK-net観測点における基盤地震動

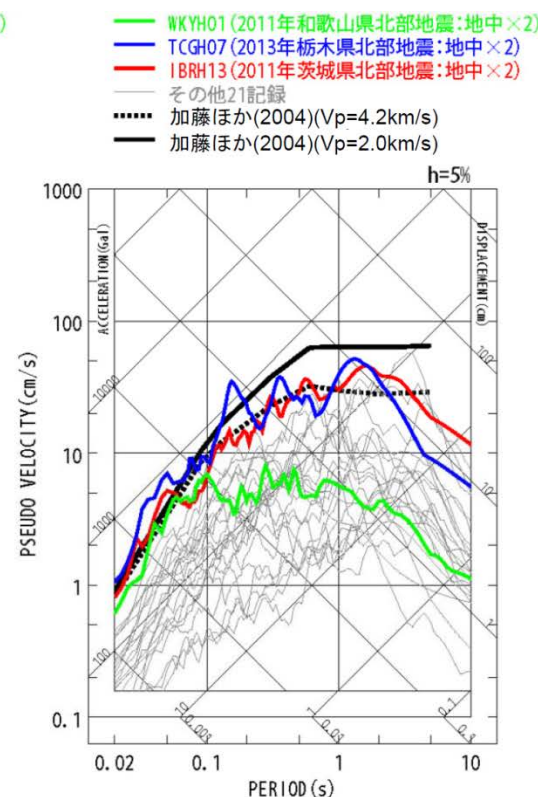
- 収集した観測記録のうち、敷地に与える影響が大きいと考えられる観測記録を用いて基盤地震動を検討する。
- KiK-net観測点の地中記録の2倍が基盤地震動に相当すると仮定し、加藤ほか(2004)の応答スペクトルと比較すると、2011年和歌山県北部地震・WKYH01(広川)、2013年栃木県北部地震・TCGH07(栗山西)、2011年茨城県北部地震・IBRH13(高萩)の観測記録が、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る。



NS成分



EW成分



UD成分

14地震の観測記録(地中×2)の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトル

## Mw6.5未満の地震に関する検討(5地震)

第121回審査会合資料1 P120 加筆・修正

- Mw6.5未満の14地震について、収集対象のK-NET及びKiK-net観測点における観測記録と加藤ほか(2004)の応答スペクトルを比較し、影響が大きいと考えられる5地震を選定し、それらの検討結果を以下に示す。
- 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の観測記録については、信頼性のある基盤地震動が評価できたと考えられることから、震源を特定せず策定する地震動として考慮する。

Mw6.5未満の5地震の検討結果

		北海道留萌支庁南部地震 2004/12/14, 14:56, Mw5.7	栃木県北部地震 2013/02/25, 16:23, Mw5.8	和歌山県北部地震 2011/07/05, 19:18, Mw5.0	茨城県北部地震 2011/03/19, 18:56, Mw5.8	長野県北部地震 2011/03/12, 03:59, Mw6.2
観測点		HKD020(港町)	TCGH07(栗山西)	WKYH01(広川)	IBRH13(高萩)	NIG023(津南)
地盤モデル	使用モデル	・佐藤ほか(2013)のボーリング結果に基づく地盤モデル	・KiK-net観測記録に基づく地盤同定モデル	・KiK-net観測記録に基づく地盤同定モデル	・KiK-net観測記録に基づく地盤同定モデル	・地盤情報が少なく、地盤モデルを構築できない
	既往の知見との整合性	・微動探査による地盤データと整合 ・知見で指摘されている非線形性を考慮	・KiK-net地盤データと整合しない ・知見で指摘されている減衰、方位依存性の影響が不明	・KiK-net地盤データと整合しない ・知見で指摘されている減衰の影響が不明	・観測記録の伝達関数及びKiK-net地盤データと整合しない ・知見で指摘されている減衰の影響が不明	・地盤モデルに関する既往の知見がない
		○	×	×	×	×
	更なる知見収集・検討事項	—	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地質調査、微動探査等による地盤情報の取得
はざとり解析	解析手法	・非線形性を考慮した等価線形解析	・線形解析	・線形解析	・線形解析	・地盤モデルが構築できないため、解析できない
	精度	・観測記録と整合	・はざとり解析の適用性が不明	・はざとり解析の適用性が不明	・はざとり解析の適用性が不明	・はざとり解析の適用性が不明
		○	×	×	×	×
	更なる知見収集・検討事項	—	・地表及び地中観測記録の再現解析	・地表及び地中観測記録の再現解析	・地表及び地中観測記録の再現解析	・地表観測記録の再現解析
結果の信頼性		○	×	×	×	×



## 2004年北海道留萌支庁南部地震

第121回審査会合資料1 P71 加筆・修正

- 佐藤ほか(2013)では、K-NET港町観測点について、GL-6mまでの室内試験結果を考慮した非線形解析を行い(GL-6m以深は線形解析を仮定、減衰定数は1%に設定)、GL-41mの基盤面における基盤地震動を評価。
- 佐藤ほか(2013)の評価結果について妥当性を確認するため、以下の検討ケースを追加で実施。
  - ① 佐藤ほか(2013)の報告時点以降に、GL-6mからGL-41mまでの室内試験結果が得られたことから、その結果を用い、GL-41mまで非線形性を考慮して水平方向の基盤地震動を評価。
  - ② 不確かさを考慮した基盤地震動の評価として、GL-6mまで非線形、GL-6m以深は減衰定数を3%として水平方向の基盤地震動を評価。
  - ③ 佐藤ほか(2013)の報告時点以降に、PS検層の再測定結果が得られたことから、その結果を用い、地盤モデルを変更して鉛直方向の基盤地震動を評価(解析方法は佐藤ほか(2013)と同様)。
  - ④ K-NET港町観測点における地下水位の状況を踏まえ、GL-6mまではポアソン比一定、GL-6m以深は体積弾性率一定として鉛直方向の基盤地震動を評価。
- 上記の佐藤ほか(2013)及び検討ケース①～④の基盤地震動の評価結果※を以下に示す。

## 2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動の評価結果

	佐藤ほか (2013)	追加検討			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
水平方向	585cm/s <sup>2</sup>	561cm/s <sup>2</sup>	609cm/s <sup>2</sup>	—	—
鉛直方向	296cm/s <sup>2</sup>	—	—	306cm/s <sup>2</sup>	262cm/s <sup>2</sup>

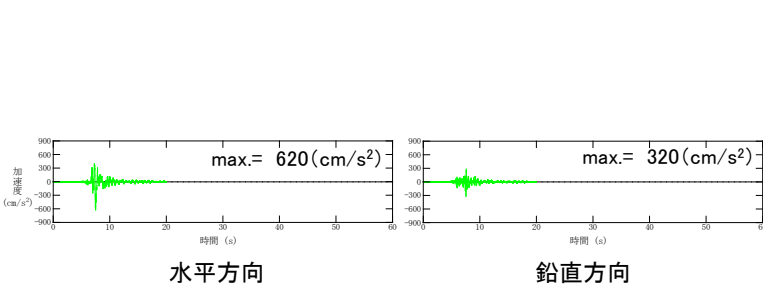
※島根原子力発電所の解放基盤表面におけるS波速度(1,520m/s)およびP波速度(3,240m/s)は、PS検層結果から得られているK-NET港町観測点の解放基盤表面相当のS波速度(938m/s)およびP波速度(2,215m/s)を上回っている。

- 以上の基盤地震動の検討結果のうち、最大加速度値は水平方向ではケース②(609cm/s<sup>2</sup>)、鉛直方向ではケース③(306cm/s<sup>2</sup>)が最も大きくなった。これらの基盤地震動について、原子力発電所の耐震性に求められる保守性を勘案し、加速度時刻歴波形を水平方向は620cm/s<sup>2</sup>、鉛直方向は320cm/s<sup>2</sup>に基準化(位相特性を変えずに振幅特性のみ変更)し、その地震動を震源を特定せず策定する地震動として考慮する。

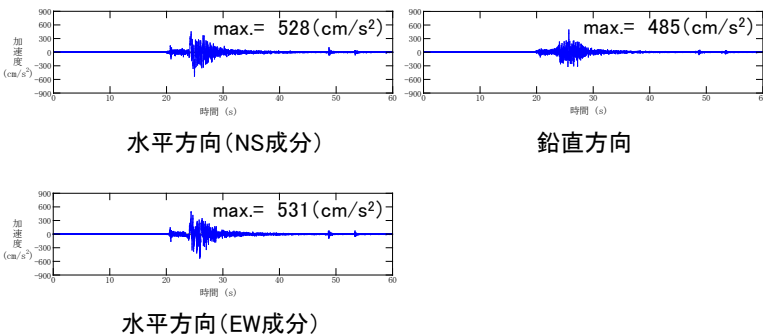
## 「震源を特定せず策定する地震動」の策定

第121回審査会合資料1 P123, 124 加筆・修正

- 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」に示される16地震の各観測記録の分析結果に基づき、震源を特定せず策定する地震動として、2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録及び2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動を設定するとともに、加藤ほか(2004)による応答スペクトルを設定する。

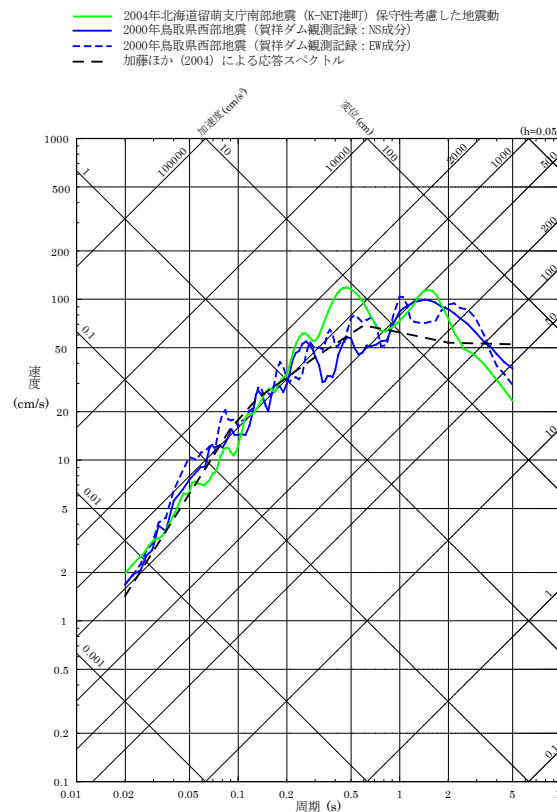


2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動



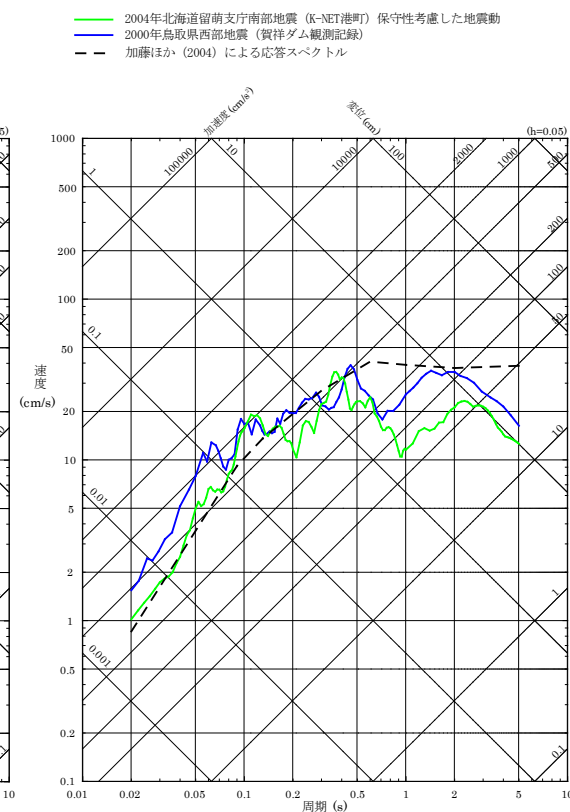
2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録

震源を特定せず策定する地震動の加速度時刻歴波形



水平方向

震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル



鉛直方向

## 5. 基準地震動の策定

- 5. 1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動
- 5. 2 敷地ごとに震源を特定せず策定する地震動による基準地震動
- 5. 3 基準地震動の策定のまとめ

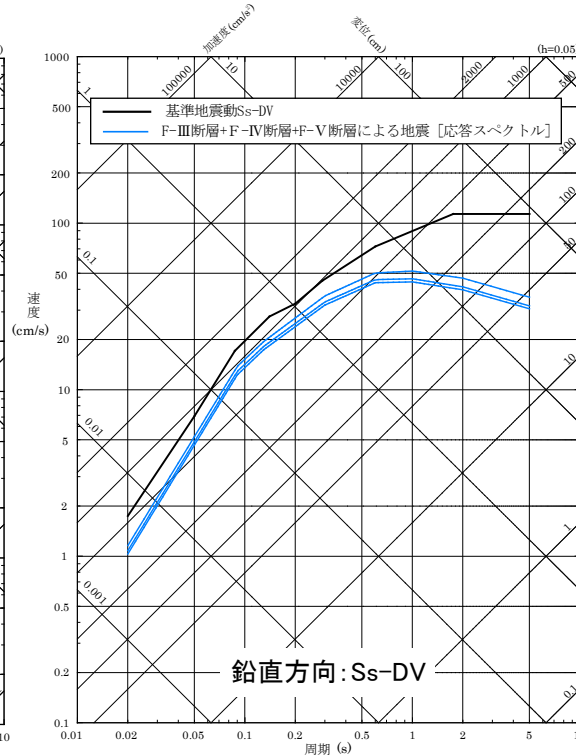
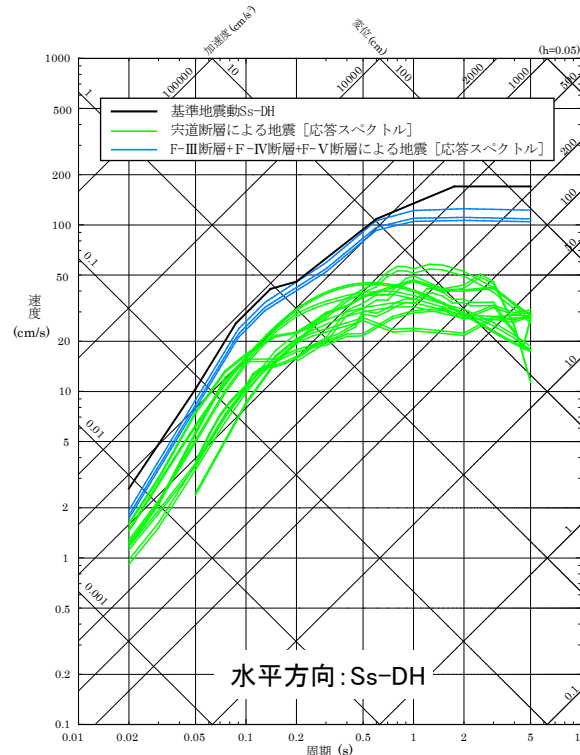
## (1) 応答スペクトル手法による基準地震動 1/4

- 審査ガイドでは、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを下回らないように作成することを要求。



- 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動として、検討用地震の応答スペクトル手法による地震動評価結果を包絡する基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルを設定。この設計用応答スペクトルは、断層モデル手法による地震動評価結果を全て包絡させている。  
なお、鉛直方向の設計用応答スペクトルは、水平方向の2/3倍を下回らないように設定している。

Ss-D コントロール ポイント	周期(s)		0.020	0.050	0.087	0.14	0.20	0.29	0.60	1.75	5.00
	Ss-DH	速度 (cm/s)	2.611	10.35	25.62	41.22	45.63	61.16	108.5	170.0	170.0
	Ss-DV	速度 (cm/s)	1.742	6.939	17.08	27.48	32.88	45.10	72.34	113.4	113.4



基準地震動Ss-D及び応答スペクトル手法による地震動評価結果の応答スペクトルの比較

## (1) 応答スペクトル手法による基準地震動 2/4

- 基準地震動S<sub>s</sub>-Dの設計用応答スペクトルに適合する模擬地震波は、乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成する。
- 振幅包絡線の経時的変化については、Noda et al.(2002)に基づき、以下に示す耐専式を適用する検討用地震の地震動評価ケースのうち、継続時間が長くなるように「F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層による地震の基本震源モデル(M:武村(1990))」の諸元により設定する。なお、T<sub>d</sub>(継続時間)は同ケースの算定結果[52.6(s)]よりも安全側に長く[60.0(s)]設定する。

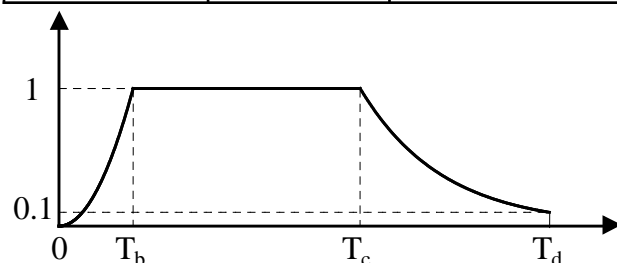
検討用地震のM、X<sub>eq</sub>及び振幅包絡線の経時的変化

地震動評価ケース		マグニチュード M	等価震源距離 X <sub>eq</sub> (km)	振幅包絡線の経時的変化(s)			
				T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>c</sub> -T <sub>b</sub>	T <sub>d</sub> (継続時間)
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層 +F-Ⅴ断層による地震	基本震源モデル (M:松田(1975))	7.6	17.3	7.4	26.5	19.1	49.4
	<b>基本震源モデル (M:武村(1990))</b>	<b>7.7</b>	<b>17.3</b>	<b>8.3</b>	<b>28.7</b>	<b>20.4</b>	<b>52.6</b>
	断層傾斜角の不確かさを考慮したケース (M:松田(1975))	7.6	16.7	7.4	26.5	19.1	49.0
(参考) 央道断層 による地震	基本震源モデル (M:松田(1975)及び武村(1990))	7.5	8.8	6.6	24.4	17.8	39.7

※央道断層による地震は耐専式の適用外としているが、参考に基本震源モデルについて記載。

基準地震動S<sub>s</sub>-Dの模擬地震波の振幅包絡線の経時的変化

模擬地震波	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	マグニチュード M	等価震源距離 X <sub>eq</sub> (km)	振幅包絡線の経時的変化(s)		
				T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>d</sub> (継続時間)
S <sub>s</sub> -DH	820	7.7	17.3	8.3	28.7	60.0
S <sub>s</sub> -DV	547					



$$T_b = 10^{0.5M-2.93}$$

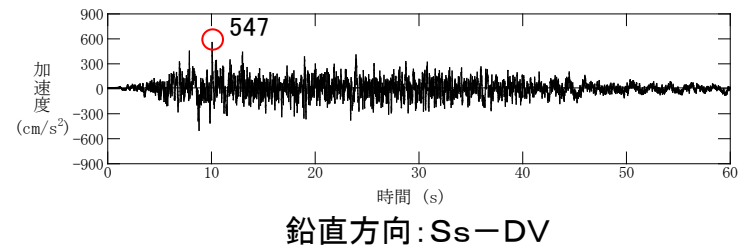
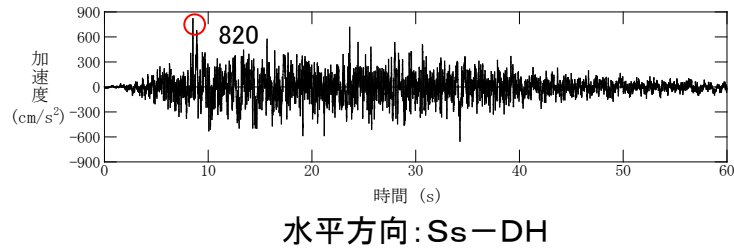
$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0}$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.541\log X_{eq}-0.6}$$

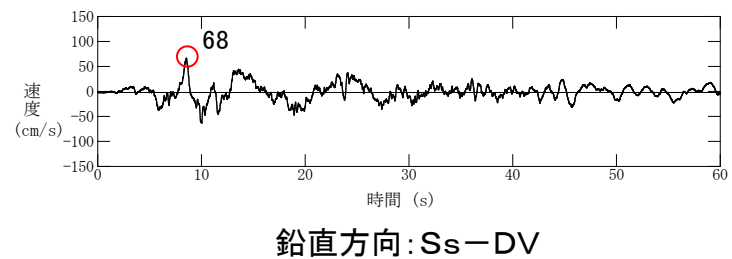
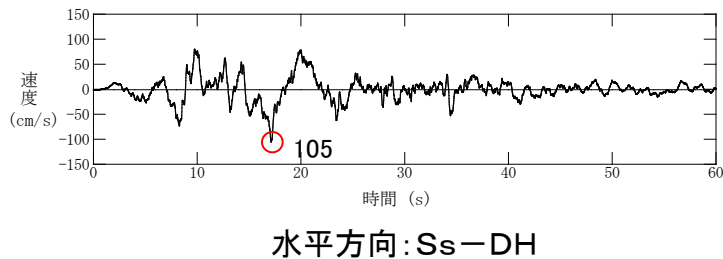
$$\text{振幅包絡線 : } E(T) = \begin{cases} (T/T_b)^2 & 0 \leq T \leq T_b \\ 1.0 & T_b \leq T \leq T_c \\ e^{\frac{\ln 0.1}{T_d - T_c}(T - T_c)} & T_c \leq T \leq T_d \end{cases}$$

## (1) 応答スペクトル手法による基準地震動 3/4

### ■ 基準地震動S<sub>s</sub>-Dの模擬地震波の加速度時刻歴波形



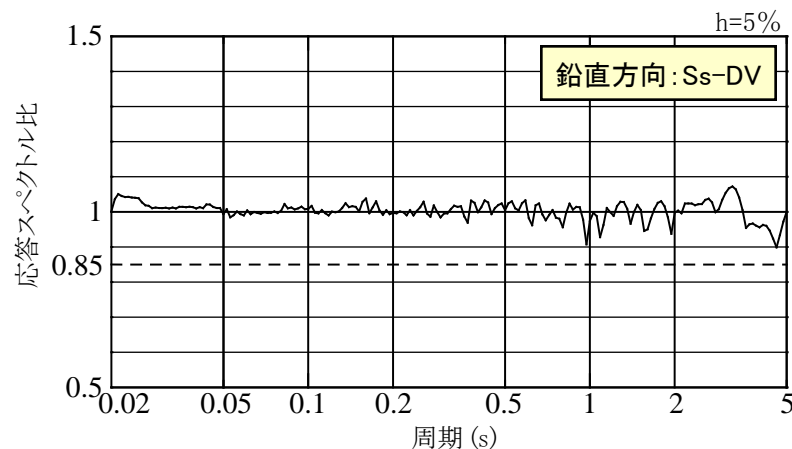
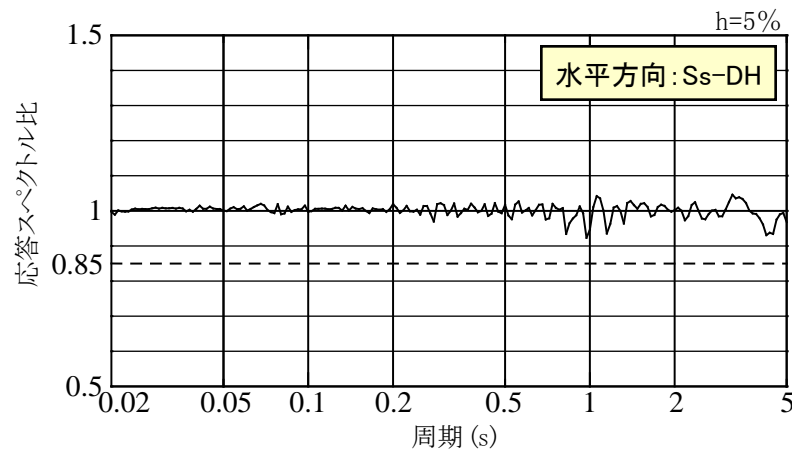
### ■ 基準地震動S<sub>s</sub>-Dの模擬地震波の速度時刻歴波形



## (1) 応答スペクトル手法による基準地震動 4/4

■ 作成した基準地震動Ss-Dの模擬地震波が、日本電気協会(2008)に示される以下の適合度の条件を満足していることを確認した。

- ・ 目標とする応答スペクトル値に対する模擬地震波の応答スペクトル値の比が全周期帯で0.85以上
- ・ 応答スペクトル強さの比(SI比)が1.0以上



基準地震動Ss-Dの応答スペクトル比

応答スペクトル強さの比(SI比)

応答スペクトル	SI比 (周期0.1～2.5秒)
Ss-DH	1.00
Ss-DV	1.00

$$\text{SI比} : \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \overline{S_v}(T) dt}$$

SI : 応答スペクトル強さ(減衰定数h=5%)

$S_v(T)$  : 設計用模擬地震波の速度応答スペクトル(cm/s)

$\overline{S_v}(T)$  : 目標とする設計用速度応答スペクトル(cm/s)

T : 固有周期(秒)



## (2) 断層モデル手法による基準地震動(検討に用いる地震動の選定)

- ◆ 断層モデル手法による基準地震動の検討において、震源が敷地に近い地震については断層モデルを用いた手法を重視する観点から、宍道断層による地震の断層モデル手法による地震動評価結果のうち、施設の耐震設計に最も重要な水平方向の応答スペクトルのピークに着目し、下図に示す対象周期帯において、基準地震動 $S_s-D$ の設計用応答スペクトルに近接しているものを選定する。ここで、対象周期帯とは、原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」ための主要な施設の固有周期が存在する、原子炉建物の固有周期より短周期側の周期帯のことをいう。
- ◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の以下の8波に対応する「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケース:破壊開始点2, 4, 5, 6の4ケース」と「破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの不確かさの組合せケース:破壊開始点3の1ケース」の合計5ケースの破壊開始点の水平方向(NS, EW成分)の地震動評価結果を選定し、地震動の諸特性を検討する。

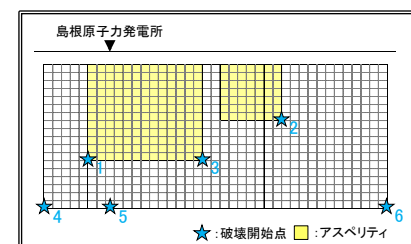
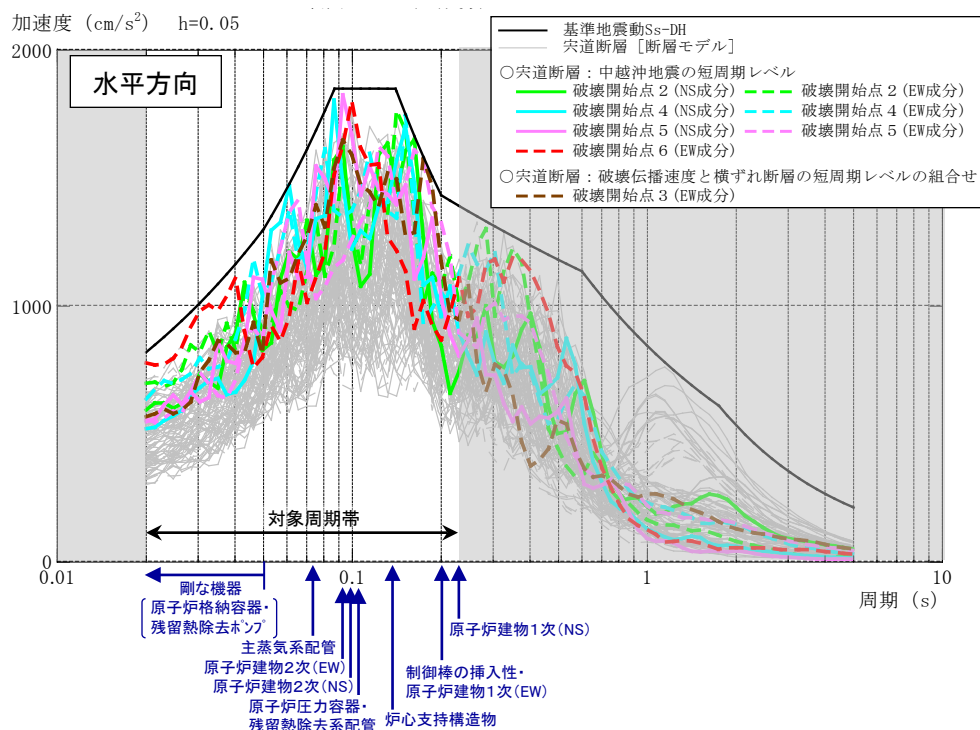
【選定した宍道断層による地震の水平方向の地震動評価結果】

・中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケース

破壊開始点(成分): 2(NS), 2(EW), 4(NS), 4(EW), 5(NS), 5(EW), 6(EW) → 2, 4, 5, 6

・破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの不確かさの組合せケース

破壊開始点(成分): 3(EW) → 3



<宍道断層による地震の破壊開始点>

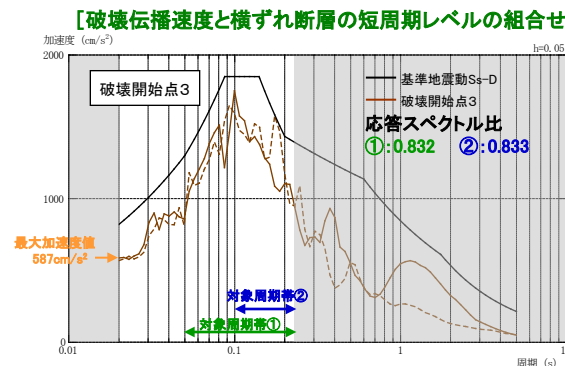
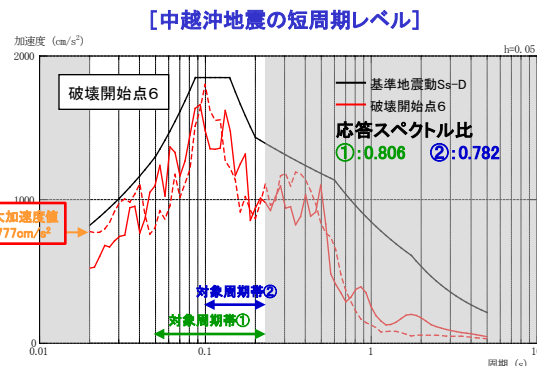
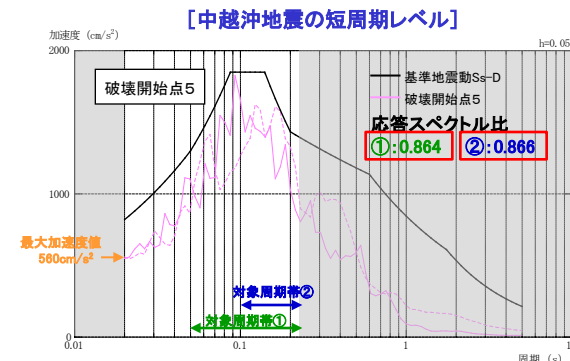
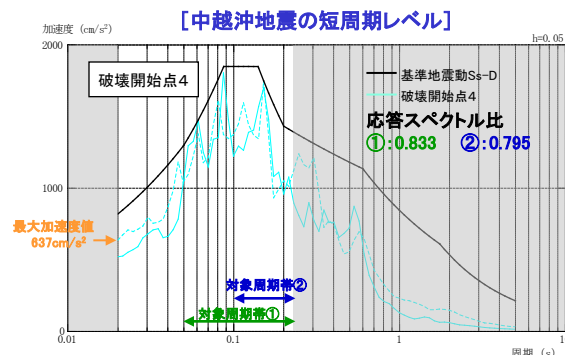
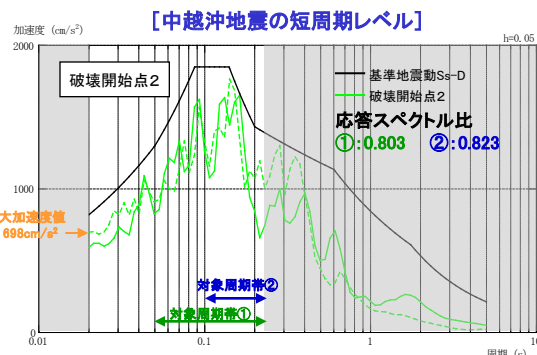
基準地震動 $S_s-D$ 及び宍道断層による地震の断層モデル手法による地震動評価結果の応答スペクトルの比較【水平方向】

## (2) 断層モデル手法による基準地震動(最大加速度値と応答スペクトルに関する検討: 宍道断層(水平方向))

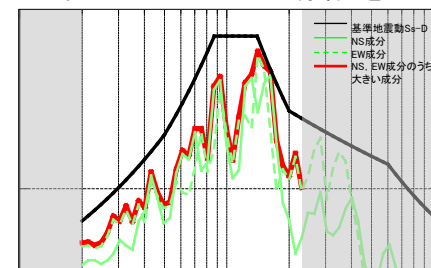
- ◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果(5ケースの破壊開始点)について、最大加速度値は「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケースの破壊開始点6」が最も大きい。また、応答スペクトル比は対象周期帯①、②とも「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケースの破壊開始点5」が最も大きい。

対象周期帯①: 剛な機器を除く主要な施設の固有周期全体を考慮した周期帯

対象周期帯②: 原子炉建物の1次、2次固有周期及び炉内構造物等の主要な施設の固有周期を考慮した周期帯

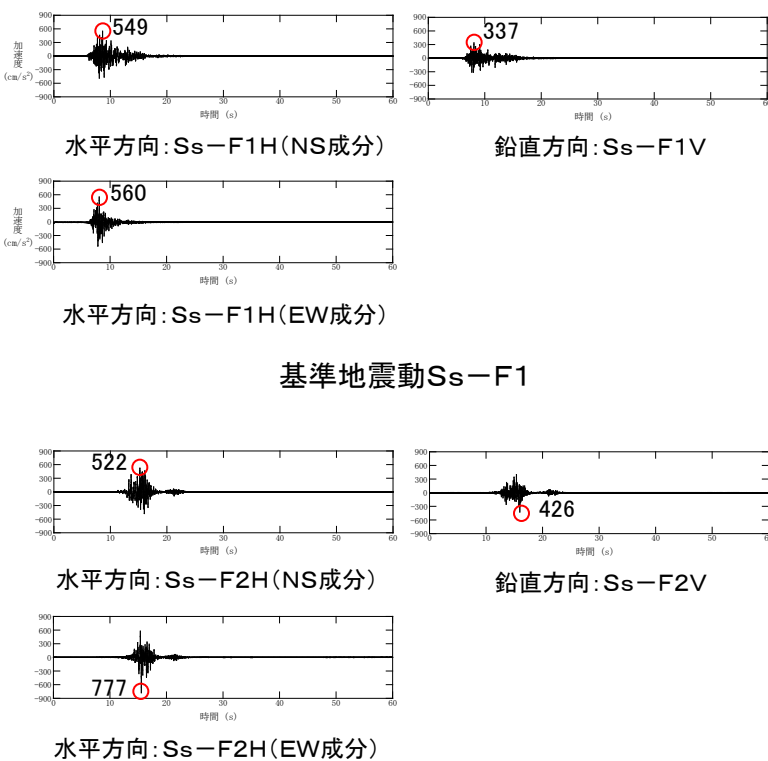
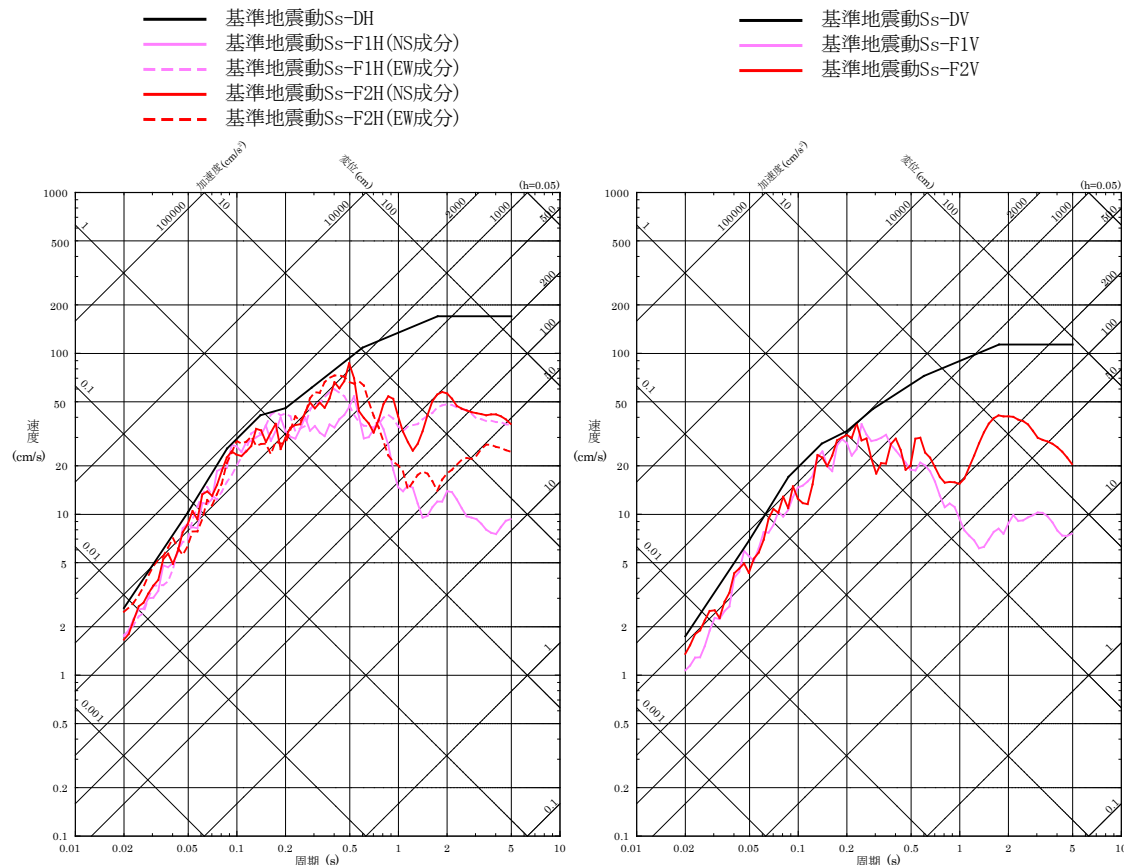


※施設の設計では、水平方向の各成分の建物応答のうち、大きい方の値を用いる方針としているため、水平方向の応答スペクトル比の算定においては、施設への影響を考慮し、対象周期帯の各周期の地震動レベルが大きい方の応答スペクトル(下図の赤線)を用いる。



## (2) 断層モデル手法による基準地震動(まとめ)

- ◆ 断層モデル手法による基準地震動は、施設に与える影響の観点から地震動の諸特性を考慮し、応答スペクトルのピークが基準地震動  $S_s-D$  に接近し、かつ地震動レベルが大きいケースの地震動評価結果を  $S_s-F1$  及び  $S_s-F2$  として設定。

基準地震動  $S_s-F1$ 基準地震動  $S_s-F2$ 基準地震動  $S_s-F1$  及び  $S_s-F2$  の加速度時刻歴波形

水平方向

鉛直方向

基準地震動  $S_s-F1$  及び  $S_s-F2$  の擬似速度応答スペクトル

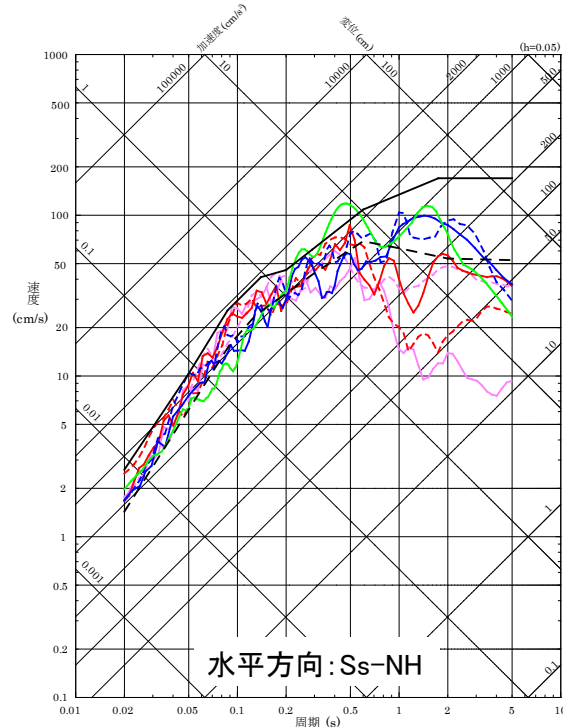
## 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 1/2

- 震源を特定せず策定する地震動と、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価結果に基づき設定した基準地震動 $S_s$ を比較する。

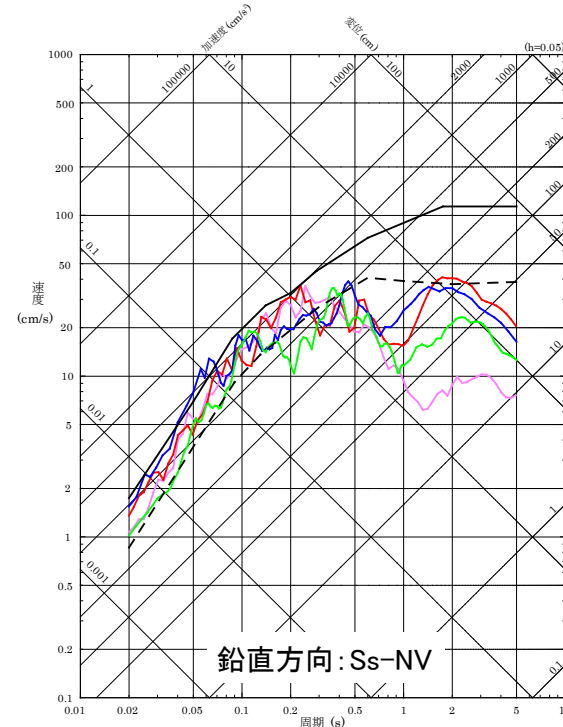


- 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動及び2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価結果に基づき設定した基準地震動 $S_s$ の応答スペクトルを一部の周期帯で上回ることから、基準地震動 $S_s$ -N1及び $S_s$ -N2として設定する。加藤ほか(2004)による応答スペクトルについては、基準地震動 $S_s$ の応答スペクトルを全周期帯において下回ることから、基準地震動に選定しない。

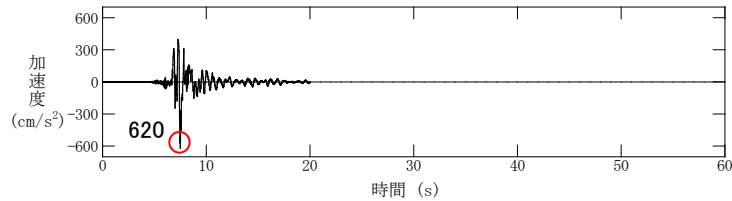
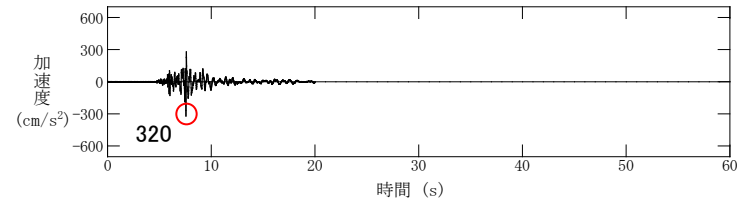
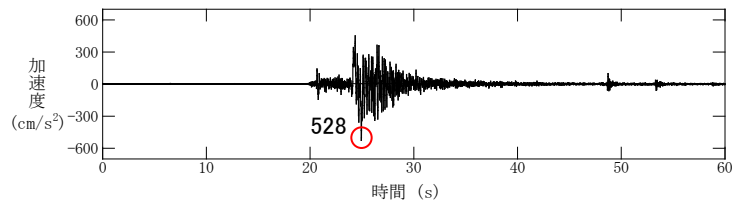
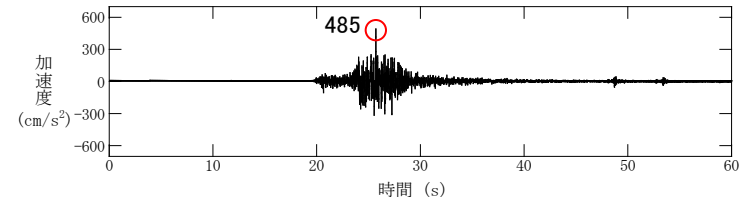
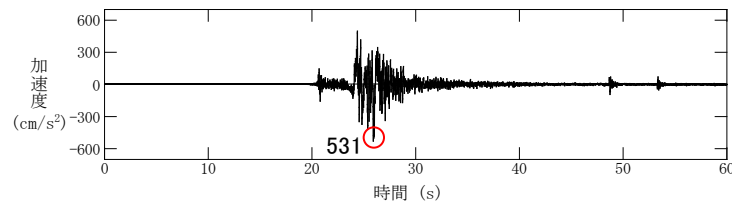
— 基準地震動 $S_s$ -D  
 — 基準地震動 $S_s$ -F1H (NS成分)  
 - - 基準地震動 $S_s$ -F1H (EW成分)  
 — 基準地震動 $S_s$ -F2H (NS成分)  
 - - 基準地震動 $S_s$ -F2H (EW成分)  
 — 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町) 保守性考慮した地震動 [基準地震動 $S_s$ -N1H]  
 — 2000年鳥取県西部地震(賀祥ダム観測記録: NS成分) [基準地震動 $S_s$ -N2H (NS成分)]  
 - - 2000年鳥取県西部地震(賀祥ダム観測記録: EW成分) [基準地震動 $S_s$ -N2H (EW成分)]  
 - - 加藤ほか(2004) による応答スペクトル



— 基準地震動 $S_s$ -D  
 — 基準地震動 $S_s$ -F1V  
 — 基準地震動 $S_s$ -F2V  
 — 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町) 保守性考慮した地震動 [基準地震動 $S_s$ -N1V]  
 — 2000年鳥取県西部地震(賀祥ダム観測記録) [基準地震動 $S_s$ -N2V]  
 - - 加藤ほか(2004) による応答スペクトル

基準地震動 $S_s$ -D, 基準地震動 $S_s$ -F及び基準地震動 $S_s$ -N1・ $S_s$ -N2の比較

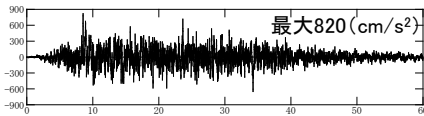
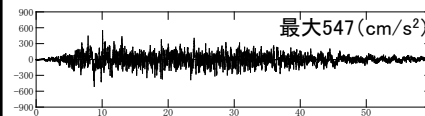
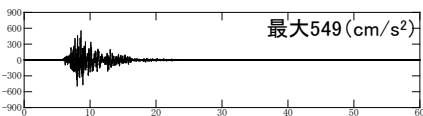
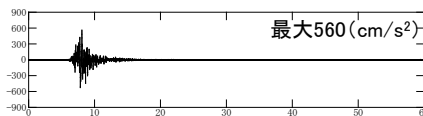
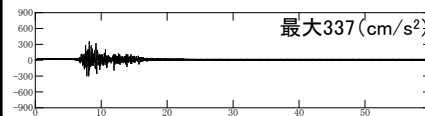
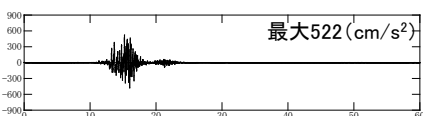
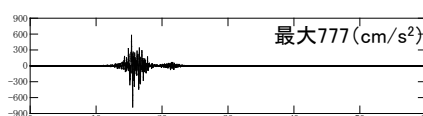
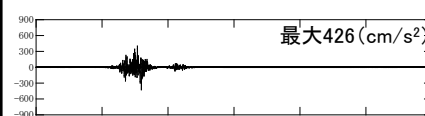
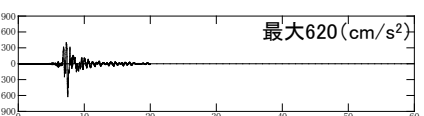
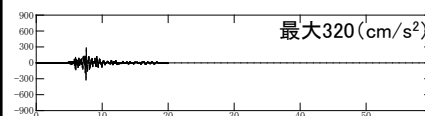
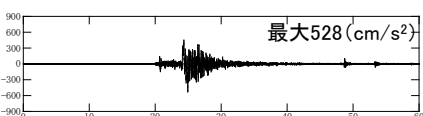
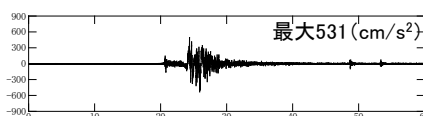
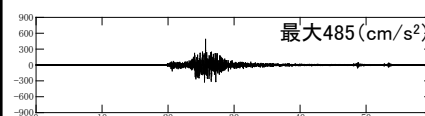
## 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 2/2

■ 基準地震動S<sub>s</sub>－Nの加速度時刻歴波形水平方向: S<sub>s</sub>－N1H鉛直方向: S<sub>s</sub>－N1V基準地震動S<sub>s</sub>－N1水平方向: S<sub>s</sub>－N2H(NS成分)鉛直方向: S<sub>s</sub>－N2V水平方向: S<sub>s</sub>－N2H(EW成分)基準地震動S<sub>s</sub>－N2

## 基準地震動の策定のまとめ(最大加速度値)

## ■ 基準地震動の最大加速度値を以下に示す。

## 基準地震動の最大加速度値

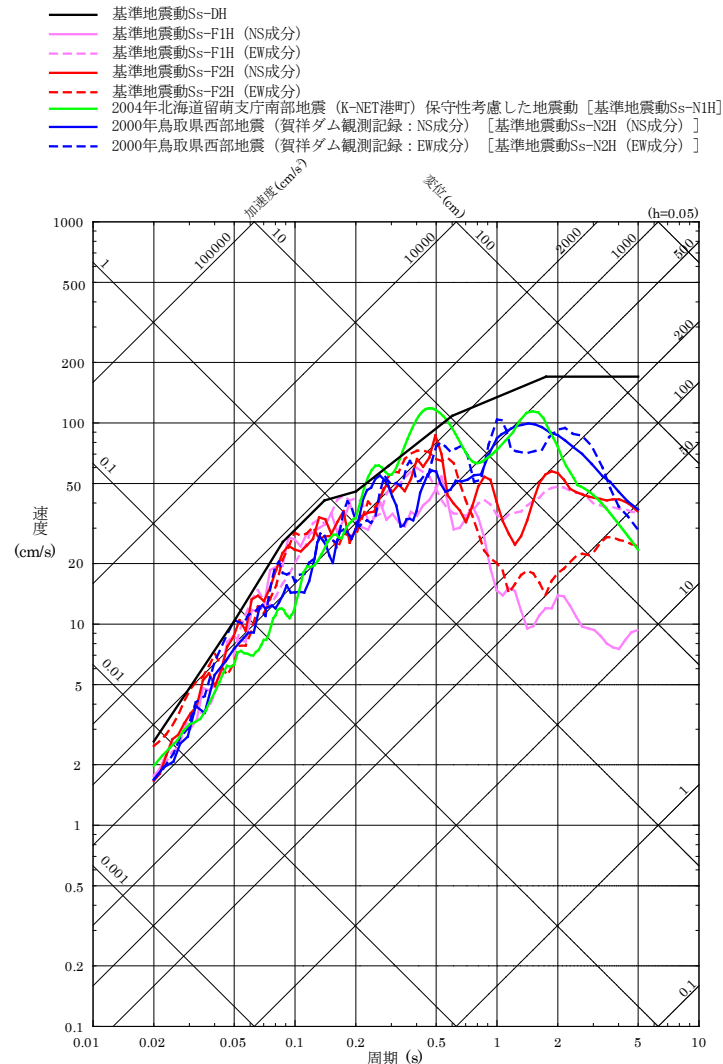
基準地震動		水平方向(NS成分)	水平方向(EW成分)	鉛直方向
Ss-D	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 〔応答スペクトル手法による基準地震動〕	 最大820 (cm/s <sup>2</sup> )		 最大547 (cm/s <sup>2</sup> )
Ss-F1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 〔 突道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊開始点5 〕	 最大549 (cm/s <sup>2</sup> )	 最大560 (cm/s <sup>2</sup> )	 最大337 (cm/s <sup>2</sup> )
Ss-F2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 〔 突道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊開始点6 〕	 最大522 (cm/s <sup>2</sup> )	 最大777 (cm/s <sup>2</sup> )	 最大426 (cm/s <sup>2</sup> )
Ss-N1	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 〔 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動 〕	 最大620 (cm/s <sup>2</sup> )		 最大320 (cm/s <sup>2</sup> )
Ss-N2	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 〔 2000年鳥取県西部地震の賀禰ダム(監査廊)の観測記録 〕	 最大528 (cm/s <sup>2</sup> )	 最大531 (cm/s <sup>2</sup> )	 最大485 (cm/s <sup>2</sup> )

※ 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸:加速度(cm/s<sup>2</sup>), 横軸:時間(s)]

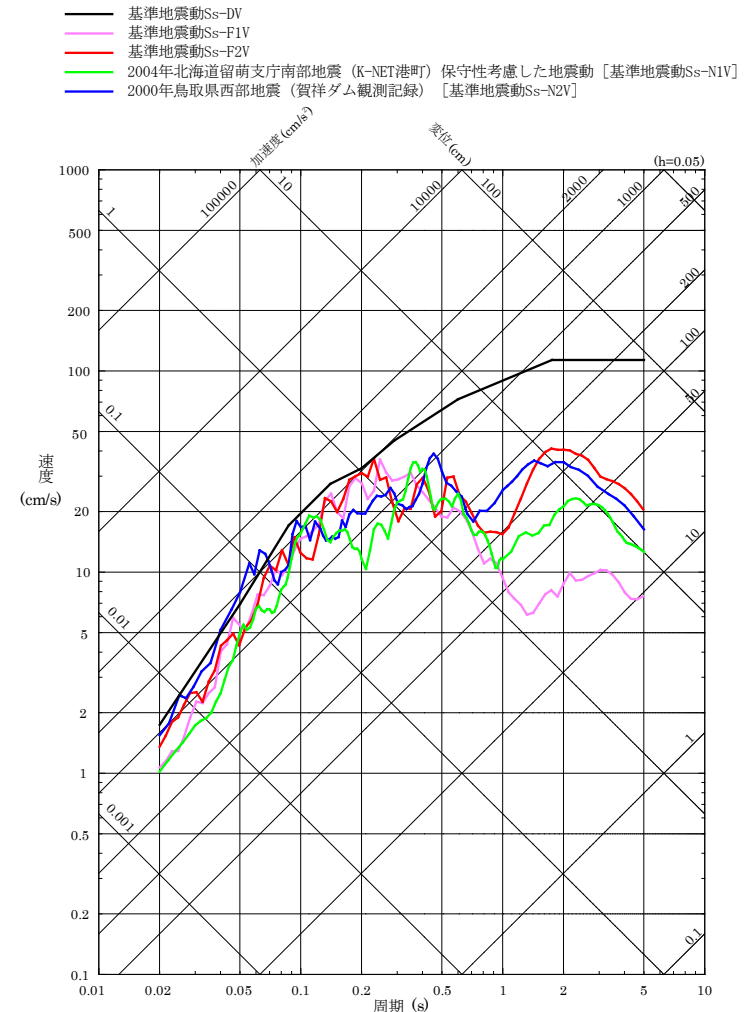


## 基準地震動の策定のまとめ(応答スペクトル) 1/2

■ 策定した基準地震動の応答スペクトル(擬似速度)を以下に示す。



水平方向



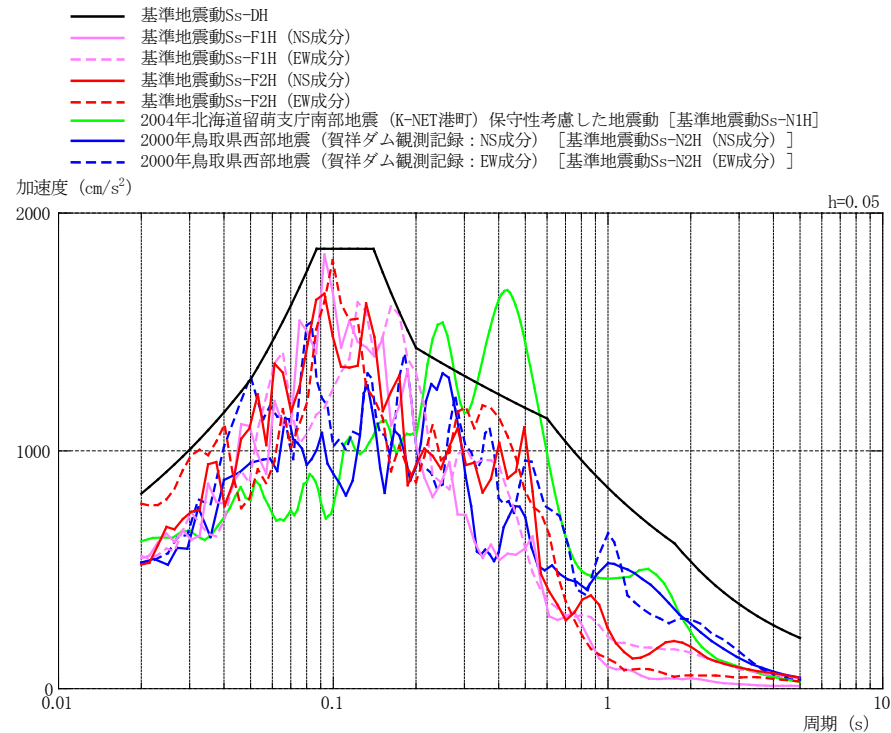
鉛直方向

基準地震動の擬似速度応答スペクトルの比較

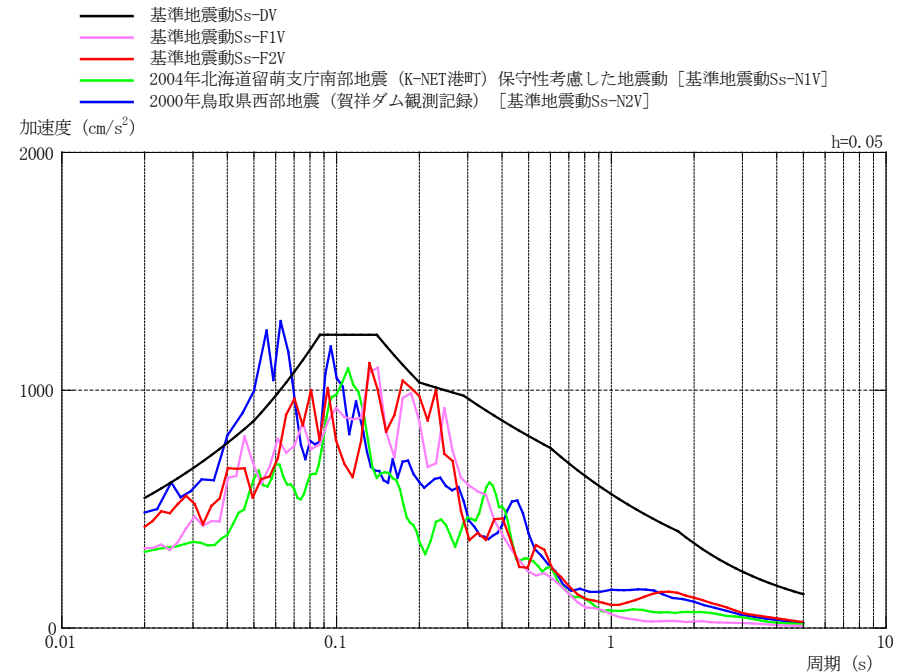


## 基準地震動の策定のまとめ(応答スペクトル) 2/2

■ 策定した基準地震動の応答スペクトル(加速度)を以下に示す。



水平方向



鉛直方向

基準地震動の加速度応答スペクトルの比較

## 6. 基準地震動の年超過確率の参照

- 6. 1 確率論的地震ハザードの評価方針
- 6. 2 特定震源モデル
- 6. 3 領域震源モデル
- 6. 4 地震動伝播モデル
- 6. 5 ロジックツリー
- 6. 6 地震ハザード評価結果
- 6. 7 年超過確率の参照

## 確率論的地震ハザードの評価方針

### ■ 基本方針

一般社団法人日本原子力学会「原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準（以下「地震PRA実施基準」という）：2015※1」に基づき、専門家活用水準1※2として地震ハザード評価を実施し、基準地震動の応答スペクトルがどの程度の年超過確率に相当するかを確認する。

### ■ 震源モデルの設定

震源モデルとしては、特定震源モデルと領域震源モデルを設定する。モデルの設定においては、敷地周辺の地質調査結果及び各種知見を参考にする。また、地震発生層については地震調査研究推進本部(2017)による地震発生層の設定値（上限深さ：2km，下限深さ：15km），片尾・吉井(2002)による2000年鳥取県西部地震（余震）の震源鉛直分布（上限深さ：約3km，下限深さ：約12km）等の知見より上限深さは2km，下限深さは15kmと考えられるが、参考の位置付けの文献である地震調査研究推進本部(2016)による地震発生層の下限深さD90（15～20km）等の知見を踏まえ、決定論と同様に上限深さは2km，下限深さは安全側に20kmに設定する。

震源モデル			モデルの設定
特定震源	検討用地震	中央断層による地震	地質調査結果，地震調査研究推進本部(2016)，[新編]日本の活断層，今泉ほか(2018)に基づき設定
		F－Ⅲ断層＋F－Ⅳ断層＋F－Ⅴ断層による地震	地質調査結果，防災科学技術研究所の広帯域地震観測網(F-net)に基づき設定
	検討用地震以外	主要な活断層※3による地震	地質調査結果，[新編]日本の活断層に基づき設定
		その他の活断層による地震	地質調査結果，地震調査研究推進本部(2016)，[新編]日本の活断層に基づき設定
領域震源	領域区分		萩原(1991)，垣見ほか(2003)に基づき設定
	最大マグニチュード		領域区分内で発生した既往最大
	発生頻度		気象庁カタログのデータに基づきG－R式により算定

### ■ 地震動伝播モデルの設定

特定震源モデルのうち「中央断層による地震」及び「F－Ⅲ断層＋F－Ⅳ断層＋F－Ⅴ断層による地震」は、断層モデルを用いた手法と距離減衰式の両者を用い、それ以外の震源モデルは距離減衰式を用いる。距離減衰式としては、基本的に耐専式を用いるが、震源が敷地に近く耐専式の適用範囲外となる「中央断層による地震」はAbrahamson et al.(2014)を用いる。

### ■ ロジックツリーの作成

震源モデル及び地震動伝播モデルにおいて、地震ハザード評価に大きな影響を及ぼす認識論的不確実さを選定し、ロジックツリーを作成する。

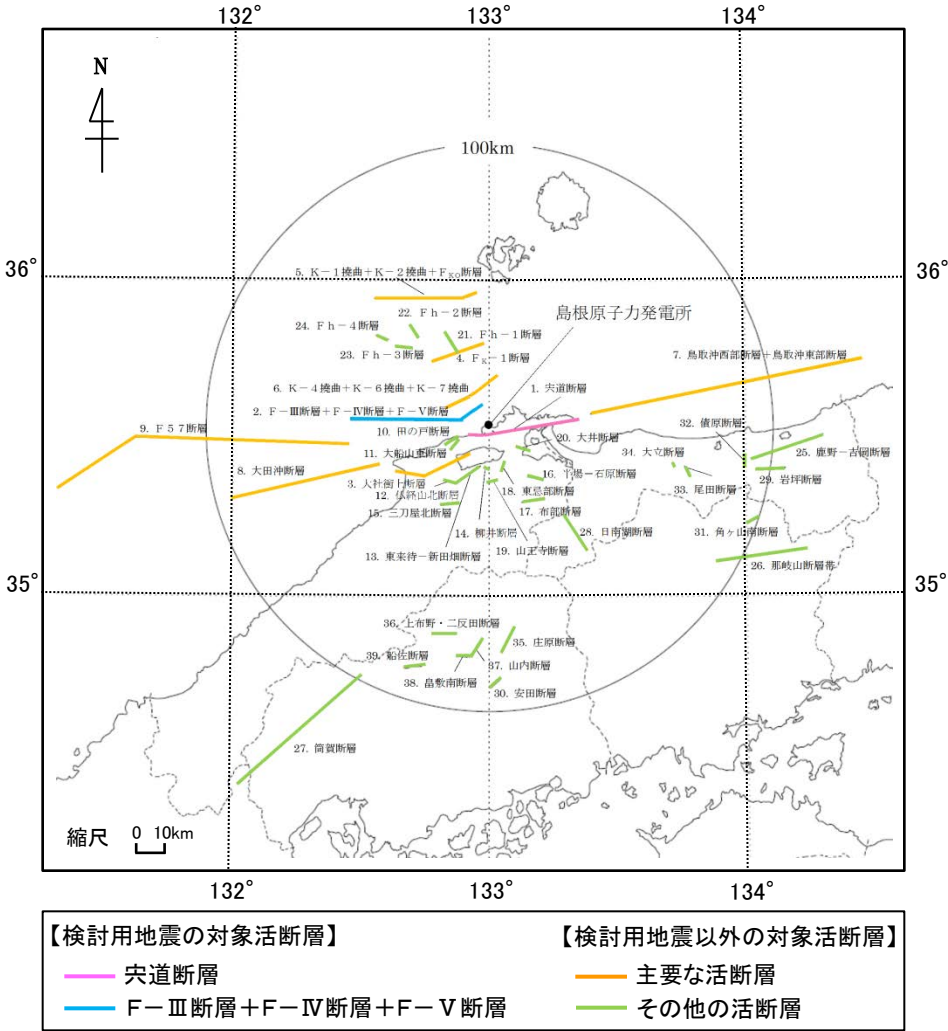
※1 審査ガイドにおいて、地震ハザード評価に関する知見の代表例として地震PRA実施基準2007年版が示されているが、2015年版において、サイト周辺の深部地下構造のモデル化の影響を考慮することや巨大地震（海溝型地震）に伴う大きな余震及び誘発地震を考慮すること等の改定がなされていることから、最新の2015年版を用いる。なお、島根原子力発電所の地震ハザード評価において、改定内容のうちサイト周辺の深部地下構造の影響については検討し、特異な増幅がないことを把握した上で考慮せず、また、敷地に影響を及ぼす海溝型地震については存在しないことから考慮していない。

※2 地震ハザードの不確実さへの影響が比較的小さい水準を想定し、TI(Technical Integrator，ロジックツリーの技術的な纏め役)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(科学的集団が総合的に評価するその時点での不確実さの客観的分布)を評価し、ロジックツリーを作成する。

※3 検討用地震の選定において対象とした活断層のうち、検討用地震及び孤立した短い活断層以外の活断層のことをいう。

対象活断層

■ 特定震源モデルとしては、敷地から100km以内に位置する敷地周辺の地質調査結果に基づいて評価した活断層、地震調査研究推進本部(2016)に掲載されている活断層及び「[新編]日本の活断層」に掲載されている確実度Ⅰ及びⅡの活断層を対象に設定する。



対象活断層の分布

対象活断層の一覧表

分類	No.	断層名	断層長さ (km)
検討用地震	1	矢道断層	39
	2	F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層	48
	3	大社衝上断層	28
主要な活断層	4	F <sub>K</sub> -Ⅰ断層	19
	5	K-Ⅰ撓曲+K-Ⅱ撓曲+F <sub>KO</sub> 断層	36
	6	K-Ⅳ撓曲+K-Ⅵ撓曲+K-Ⅶ撓曲	19
	7	鳥取沖西部断層+鳥取沖東部断層	98
	8	大田冲断層	53
	9	F57断層	108
	10	田の戸断層	5
	11	大船山東断層	4
	12	仏経山北断層	5
検討用地震以外 その他の活断層	13	東来待一新田畑断層	11
	14	柳井断層	2
	15	三刀屋北断層	7
	16	半場-石原断層	5
	17	布部断層	8
	18	東忌部断層	3
	19	山王寺断層	3
	20	大井断層	5
	21	Fh-Ⅰ断層	7
	22	Fh-Ⅱ断層	5
	23	Fh-Ⅲ断層	5.5
	24	Fh-Ⅳ断層	4.5
	25	鹿野-吉岡断層	26
	26	那岐山断層帯	32
	27	筒賀断層	58
	28	日南湖断層	13
	29	岩坪断層	10
	30	安田断層	5
	31	角ヶ山南断層	6
	32	債原断層	3.3
	33	尾田断層	2.5
	34	大立断層	1
	35	庄原断層	10
	36	上布野・二反田断層	7
	37	山内断層	8
	38	皇敷南断層	5
	39	船佐断層	6

## 糸道断層による地震 1/2

- 検討用地震のうち「糸道断層による地震」の震源モデルについては、決定論による「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価において基本震源モデル及び認識論的不確かさとして考慮した以下の評価ケースをロジックツリーの分岐として考慮する。なお、アスペリティ位置の不確かさについては、感度解析を行った結果、その不確かさを考慮した場合と考慮しない場合の糸道断層による地震の平均ハザード曲線は同程度であり、地震ハザード評価に大きな影響を及ぼさないことから、ロジックツリーの分岐として考慮しない。(補足説明資料154～156ページ参照。)
- 距離減衰式に用いる地震規模 $M_w$ は、入倉・三宅(2001)により断層面積から算出する方法及び武村(1998)により断層長さから算出する方法をロジックツリーの分岐として考慮する。

糸道断層による地震の地震動評価ケース

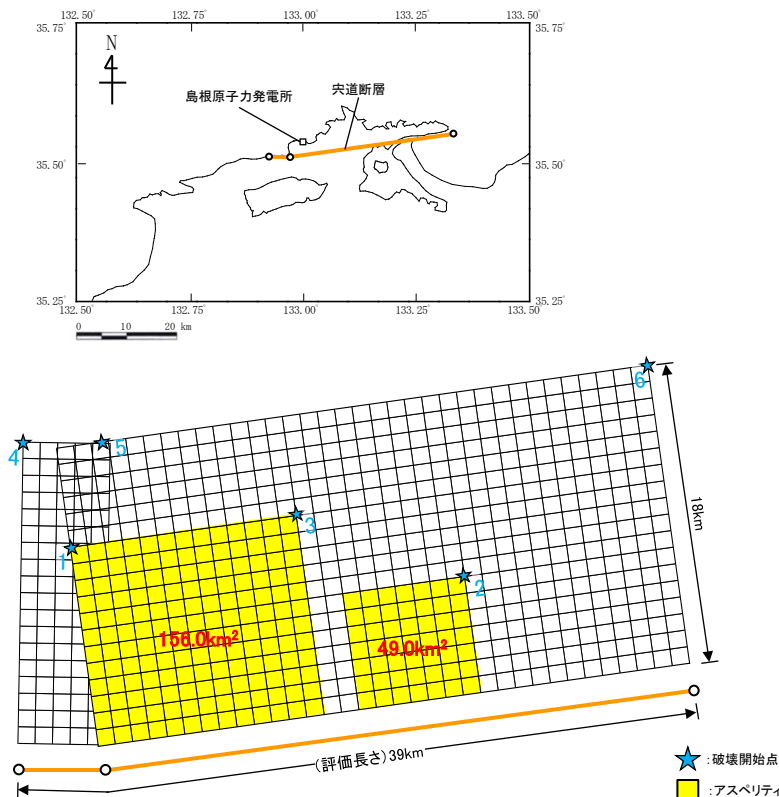
特定震源	評価ケース	地震規模 $M_w$	
		入倉・三宅(2001)	武村(1998)
糸道断層による地震	基本震源モデル※1	6.9	7.1
	断層傾斜角(70°)	6.9	7.1
	破壊伝播速度(0.87Vs)	—※2	
	すべり角(150°)	—※2	
	アスペリティ(一塊:正方形)	—※2	
	アスペリティ(一塊:縦長)	—※2	
	中越沖地震の短周期レベル(レシビ×1.5倍)	—※2	
	断層傾斜角(70°)+破壊伝播速度(0.87Vs)	—※2	
	断層傾斜角(70°)+横ずれ断層の短周期レベル(レシビ×1.25倍)	—※2	
	破壊伝播速度(0.87Vs)+横ずれ断層の短周期レベル(レシビ×1.25倍)	—※2	

: 不確かさを考慮したケース
  : 不確かさの組合せケース

※1 基本震源モデルの断層パラメータ

断層長さ(39km)、断層傾斜角(90°)、破壊伝播速度(0.72Vs)、すべり角(180°)、アスペリティ(2個)、短周期レベル(レシビ)

※2 距離減衰式の評価ケースとしては微視的パラメータ等であることから考慮せず、断層モデルを用いた手法のみ考慮。



※ 傾斜角90度の断層面を傾斜角0度として図化

糸道断層による地震の断層モデル図(基本震源モデル)

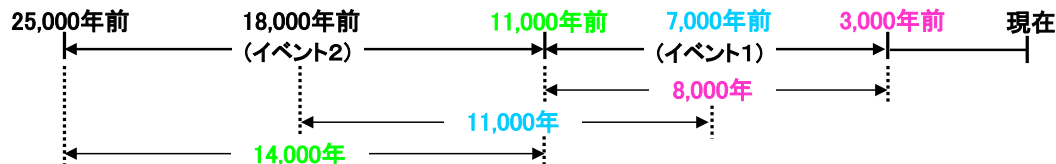


## 宍道断層による地震 2/2

- 発生頻度は、地質調査結果、地震調査研究推進本部(2016)及び[新編]日本の活断層等に基づき以下のとおり設定し、ロジックツリーの分岐として考慮する。

### 【地質調査結果】

- 地質調査結果(南講武におけるトレンチ調査結果)により、宍道断層は約25,000年前以降に2回の活動があり、最新活動時期としては約3,000～11,000年前の期間であることを推定。
- 上記より、3,000～11,000年前を「イベント1」、11,000～25,000年前を「イベント2」として、以下に示すように、最新活動時期は、イベント1期間の(新)3,000年前、(中間)7,000年前、(古)11,000年前に設定し、それぞれの最新活動時期についての平均活動間隔は、それぞれのイベント期間の(新)3,000年前と11,000年前[8,000年]、(中間)7,000年前と18,000年前[11,000年]、(古)11,000年前と25,000年前[14,000年]を対応させた間隔に設定し、BPT分布に従い発生頻度を算定。

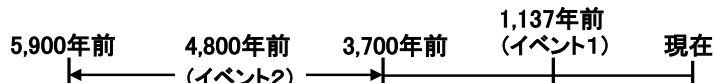


最新活動時期	平均活動間隔
3,000年前	8,000年
7,000年前	11,000年
11,000年前	14,000年

地質調査結果に基づく発生頻度のロジックツリー

### 【地震調査研究推進本部(2016)】

- 地震調査研究推進本部(2016)によると、宍道(鹿島)断層の活動時期は奈良時代～鎌倉時代、約3,700～5,900年前、約7,300～11,000年前とされ、最新活動時期は約3,700～5,900年前であった可能性もあるとされている。また、平均活動間隔は約3,300年～約4,900年とされている。
- 渡辺ほか(2006)では、鹿島断層の奈良時代～鎌倉時代の最新活動は、出雲の地震に対応する可能性が高いとされている。
- 上記より、出雲の地震に対応する1,137年前を「イベント1」、3,700～5,900年前を「イベント2」として、最新活動時期はイベント1の1,137年前、イベント2期間の(新)3,700年前、(中間)4,800年前、(古)5,900年前に設定し、平均活動間隔は地震調査研究推進本部(2016)に示される間隔より(短)3,300年、(中間)4,100年、(長)4,900年に設定し、それぞれの最新活動時期毎に3つの間隔を対応させてBPT分布に従い発生頻度を算定。



最新活動時期	平均活動間隔
1,137年前	3,300年
3,700年前	4,100年
4,800年前	4,900年
5,900年前	

地震調査研究推進本部(2016)に基づく発生頻度のロジックツリー

### 【[新編]日本の活断層, 今泉ほか(2018)】

- [新編]日本の活断層において、宍道断層に該当する法田、高尾山、森山、宍道断層[北][南]、古浦東方の活動度はC級とされており、今泉ほか(2018)では、宍道(鹿島)断層帯の活動度はB～C級とされていることから、宍道断層の活動度をB、C級と仮定。
- 上記の活動度から松田(1975)及び奥村・石川(1998)に基づき平均活動間隔を設定※し、ポアソン過程に従い発生頻度を算定。

活動度
B級
C級

[新編]日本の活断層, 今泉ほか(2018)に基づく発生頻度のロジックツリー

※ 松田(1975)に基づき断層長さから求めた $M[\log L=0.6M-2.9]$ を用いて算定したすべり量 $D(m)[\log D=0.6M-4.0]$ 及び奥村・石川(1998)に記載の平均変位速度 $S(mm/年)[B級:0.25, C級:0.0047]$ から、平均活動間隔 $T(年)[T=1000D/S]$ を算出。

## F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震

- 検討用地震のうち「F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震」の震源モデルについては、決定論による「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価」において基本震源モデル及び認識論的不確かさとして考慮した以下の評価ケースをロジックツリーの分岐として考慮する。
- 距離減衰式に用いる地震規模Mは、松田(1975)により断層長さから算出する方法及び入倉・三宅(2001)により断層面積から算出した地震モーメントを用いて武村(1990)により算出する方法をロジックツリーの分岐として考慮する。
- 発生頻度は、参考にできる地質調査結果や知見がないことから、活動度をB、C級に仮定して松田(1975)及び奥村・石川(1998)に基づき平均活動間隔を設定し、ポアソン過程に従い算定する。

F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震の地震動評価ケース

特定震源	評価ケース	地震規模M <sup>※3</sup>		X <sub>eq</sub> (km)	平均活動間隔 <sup>※6</sup> (活動度)
		松田(1975)	入倉・三宅(2001) 武村(1990)		
F-Ⅲ断層＋ F-Ⅳ断層＋ F-Ⅴ断層による地震	基本震源モデル <sup>※2</sup>	7.6	7.7	17.3	14,500年(B級) 77,300年(C級)
	断層傾斜角(35°)	7.6	— <sup>※4</sup>	16.7	
	破壊伝播速度(0.87Vs)	— <sup>※5</sup>			
	すべり角(150°)	— <sup>※5</sup>			
	アスペリティ(一塊:横長)	— <sup>※4</sup>			
	アスペリティ(一塊:縦長)	— <sup>※4</sup>			
	中越沖地震の短周期レベル(レシビ×1.5倍)	— <sup>※5</sup>			
	断層位置(F-①断層＋F-②断層＋F-Ⅴ断層, 断層長さ53km)	— <sup>※4</sup>			16,700年(B級) 88,700年(C級)

：不確かさを考慮したケース

※2 基本震源モデルの断層パラメータ

断層長さ(48km)、断層傾斜角(70°)、破壊伝播速度(0.72Vs)、すべり角(180°)、アスペリティ(3個)、短周期レベル(レシビ)

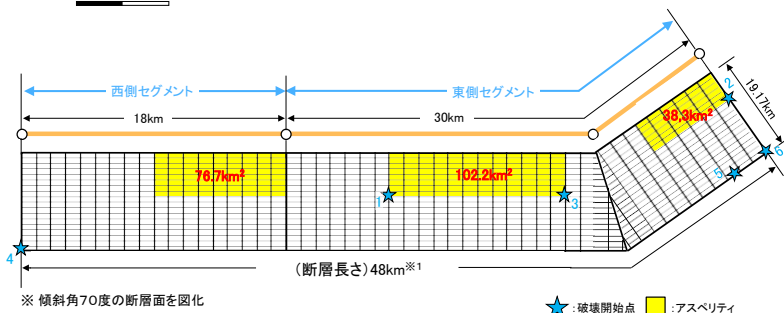
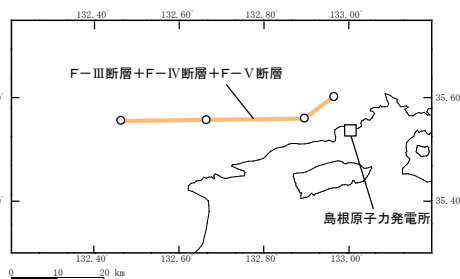
※3 武村(1998)についてはMとX<sub>eq</sub>の関係から、距離減衰式として用いる耐専式の適用範囲外となるため考慮しない。

※4 該当の評価ケースについてはMとX<sub>eq</sub>の関係から、距離減衰式として用いる耐専式の適用範囲外となるため考慮しない。

※5 距離減衰式の評価ケースとしては微視的パラメータ等であることから考慮せず、断層モデルを用いた手法のみ考慮。

※6 一例として松田(1975)に基づき断層長さから求めたM(L→M)を用いて算定したすべり量D(M→D)及び奥村・石川(1998)

に記載の平均変位速度Sから算出した平均活動間隔を記載。



F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震の断層モデル図(基本震源モデル)

※1 各断層の単独破壊も考えられるが、後述(202ページ参照)のとおり、ハザード全体に占める割合は  
 突如断層による地震と比較して小さく、規模の小さな各断層の単独破壊を考慮したとしても評価結果への影響はほとんどないと考えられる。



## 主要な活断層による地震

- 検討用地震以外の「主要な活断層による地震」の震源モデルについては、地質調査結果及び[新編]日本の活断層に基づき設定する。
- 距離減衰式に用いる地震規模Mは、松田(1975)により断層長さから算出する方法、武村(1998)により断層長さから算出する方法、入倉・三宅(2001)により断層面積から算出した地震モーメントを用いて武村(1990)により算出する方法をロジックツリーの分岐として考慮する。
- 発生頻度は、[新編]日本の活断層に示される活動度を採用し、活動度が示されていないものはB級、C級に仮定して松田(1975)及び奥村・石川(1998)に基づき平均活動間隔を設定し、ポアソン過程に従い算定する。

No	震源断層	断層長さ (km)	地震規模 M			Xeq (km)	平均活動間隔 <sup>※1</sup> (活動度)
			松田 (1975)	武村 (1998)	入倉・三宅(2001) 武村(1990)		
3	大社衝上断層	28	7.2	7.4	7.2	24.8	44,500年(C級)
4	F <sub>K</sub> -1断層	19	7.0	7.1	6.9	31.5	6,300年(B級) 33,700年(C級)
5	K-1撓曲+K-2撓曲+F <sub>KO</sub> 断層 <sup>※2</sup>	36	7.4	7.5	7.4	52.8	11,000年(B級) 58,600年(C級)
6	K-4撓曲+K-6撓曲+K-7撓曲 <sup>※2</sup>	19	7.0	7.1	6.9	18.1	6,300年(B級) 33,700年(C級)
7	鳥取沖西部断層+鳥取沖東部断層 <sup>※2</sup>	98	8.2	8.3	8.1	71.0	33,300年(B級) 177,000年(C級)
8	大田冲断層	53	7.7	7.8	7.7	64.0	16,700年(B級) 88,700年(C級)
9	F57断層	108	8.2	8.3	8.2	90.0	33,300年(B級) 177,000年(C級)

※1 一例として松田(1975)に基づき断層長さから求めたM(L→M)を用いて算定したすべり量D(M→D)及び奥村・石川(1998)に記載の平均変位速度Sから算出した平均活動間隔を記載。

※2 各断層の単独破壊も考えられるが、後述(202ページ参照)のとおり、ハザード全体に占める割合は央道断層による地震と比較して小さく、規模の小さな各断層の単独破壊を考慮したとしても評価結果への影響はほとんどないと考えられる。

## その他の活断層による地震

- 検討用地震以外の「その他の活断層による地震」の震源モデルについては、地質調査結果、地震調査研究推進本部(2016)及び[新編]日本の活断層に基づき設定する。
- 距離減衰式に用いる地震規模Mは、文献に記載がある活断層についてはその値を採用することとし、孤立した短い活断層については震源断層が地震発生層(深さ2~20km)の上限から下限まで広がっているものと仮定し、その断層幅は18km、断層長さも断層幅と同等の18kmでモデル化し、松田(1975)に基づきM6.9として設定する。
- 発生頻度は、地震調査研究推進本部(2016)または[新編]日本の活断層に示される最新活動時期、平均活動間隔及び活動度を採用し、示されていないものは活動度をC級に仮定する。活動度を用いる場合は、松田(1975)及び奥村・石川(1998)に基づき平均活動間隔を設定する。なお、1943年鳥取地震の震源断層として活動した鹿野一吉岡断層はBPT分布、それ以外の活断層はポアソン過程に従い発生頻度を算定する。

分類	No	震源断層	断層長さ (km)	地震規模 M	Xeq (km)	平均活動間隔 (活動度)
地質調査 結果	10	田の戸断層	5	6.9	16.0	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	11	大船山東断層	4	6.9	16.1	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	12	仏経山北断層	5	6.9	26.2	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	13	東来待一新田畑断層	11	6.9	20.2	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	14	柳井断層	2	6.9	18.3	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	15	三刀屋北断層	7	6.9	32.1	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	16	半場一石原断層	5	6.9	25.7	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	17	布部断層	8	6.9	32.1	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	18	東忌部断層	3	6.9	17.3	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	19	山王寺断層	3	6.9	22.2	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	20	大井断層	5	6.9	16.0	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	21	Fh-1断層	7	6.9	34.3	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	22	Fh-2断層	5	6.9	44.2	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	23	Fh-3断層	5.5	6.9	43.2	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	24	Fh-4断層	4.5	6.9	50.4	29,400年(C級) <sup>※1</sup>

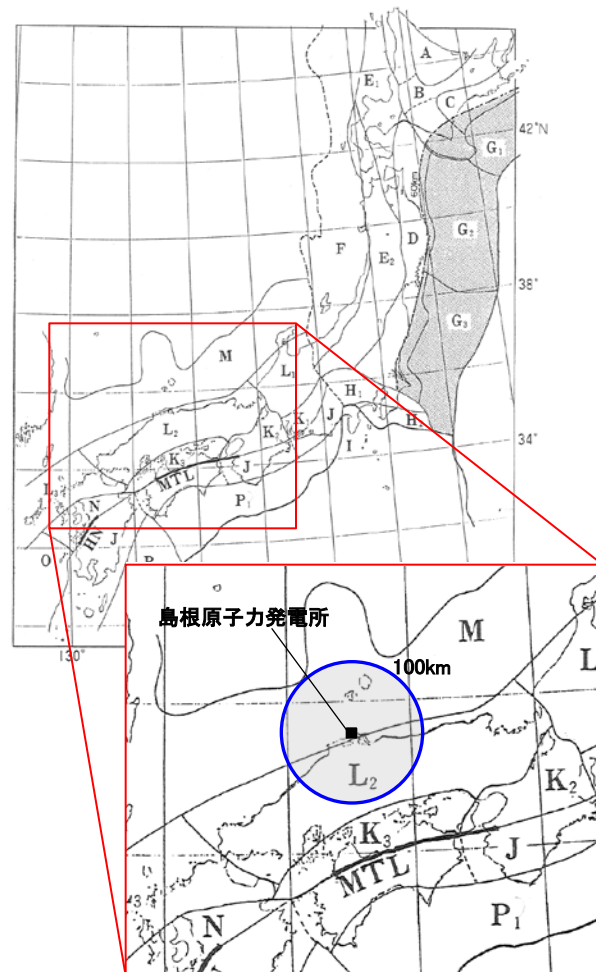
分類	No	震源断層	断層長さ (km)	地震規模 M	Xeq (km)	平均活動間隔 (活動度)
地震調査 研究推進 本部 (2016)	25	鹿野一吉岡断層	26	7.2	105.8	6,900年 <sup>※2</sup>
	26	那岐山断層帯	32	7.3	100.3	38,500年 <sup>※2</sup>
	27	筒賀断層	58	7.8	123.1	12,000年
	28	日南湖断層	13	6.9	48.5	20,000年
	29	岩坪断層	10	6.9	101.0	20,000年
	30	安田断層	5	6.9	90.5	20,000年
[新編] 日本の 活断層	31	角ヶ山南断層	6	6.9	99.1	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	32	債原断層	3.3	6.9	91.9	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	33	尾田断層	2.5	6.9	72.4	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	34	大立断層	1	6.9	67.3	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	35	庄原断層	10	6.9	75.5	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	36	上布野・二反田断層	7	6.9	75.2	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	37	山内断層	8	6.9	78.5	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	38	畠敷南断層	5	6.9	82.0	29,400年(C級) <sup>※1</sup>
	39	船佐断層	6	6.9	89.0	29,400年(C級) <sup>※1</sup>

※1 松田(1975)に基づき断層長さから求めたM(L→M)を用いて算定したすべり量D(M→D)及び奥村・石川(1998)に記載の平均変位速度Sから平均活動間隔を算出。

※2 地震調査研究推進本部(2016)に記載の平均活動間隔の中央値。

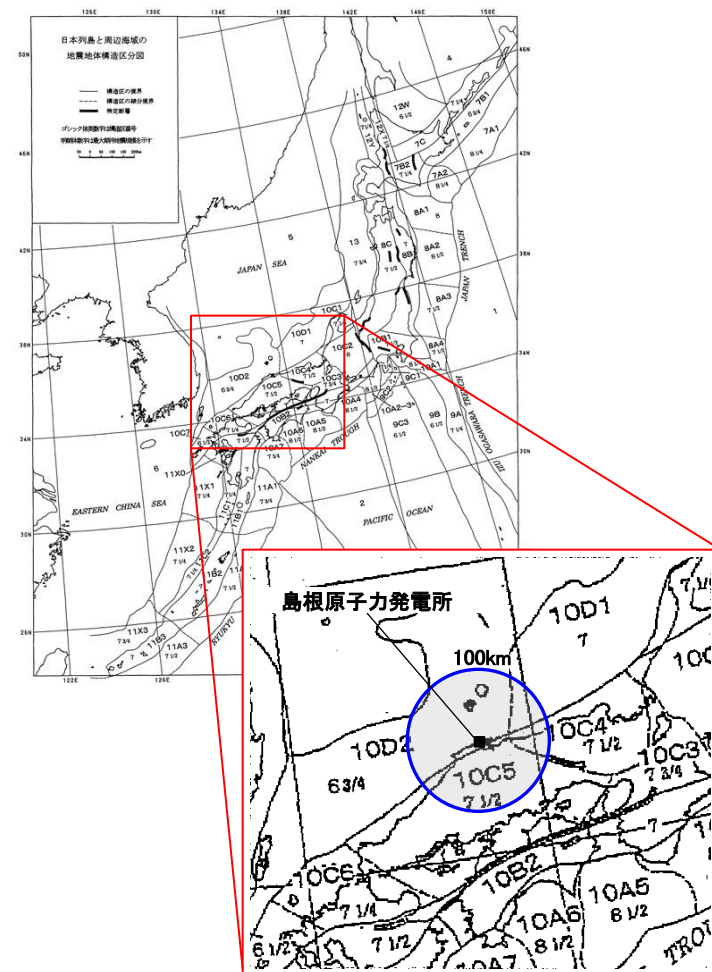
## 領域震源モデル 1/2

- 領域震源モデルとしては、萩原(1991)及び垣見ほか(2003)の領域区分における敷地から100km以内に位置する領域を対象とする。



[萩原(1991)に一部加筆。]

萩原(1991)に基づく対象領域



[垣見ほか(2003)に一部加筆。]

垣見ほか(2003)に基づく対象領域

## 領域震源モデル 2/2

- 領域震源の最大マグニチュードは、各領域で過去に発生した地震のうち、活断層と関連づけることが困難な地震の最大規模とする。また、下表に示す文献に記載されている地震の最大マグニチュードに幅がある場合には、その中央値、上限値、下限値をロジックツリーの分岐として考慮する。
- 発生頻度は、気象庁カタログの1923年以降のデータに基づきG-R式により算定する。
- 震源深さは、地震発生層内(深さ2～20km)で一様分布するものとしてモデル化する。

文献	対象領域	最大M	根拠となる歴史地震	b値	震源深さ
萩原(1991)	L <sub>2</sub> ※ <sup>1</sup>	7.3	2000年鳥取県西部地震	0.872	地震発生層内 (深さ2～20km)で 一様分布
	M※ <sup>2</sup>	6.6, 6.8, 7.0	1729年能登の地震	0.811	
		6.9	2007年能登半島地震		
垣見ほか(2003)	10C4	7.0	868年播磨・山城の地震	0.701	
	10C5	7.3	2000年鳥取県西部地震	1.002	
	10D1	6.6, 6.8, 7.0	1729年能登の地震	0.824	
	10D2	6.6	1940年島根県沖の地震	1.448	

※1 萩原(1991)の $L_2$ 領域における最大Mは1872年浜田地震による $7.1 \pm 0.2$ であるが、萩原(1991)以降に起こった2000年鳥取県西部地震のMは7.3であり、1872年浜田地震のM以上となることから、最大Mを7.3に設定。

※2 萩原(1991)のM領域における最大Mは1729年能登の地震による6.6～7.0であるが、萩原(1991)以降に起こった2007年能登半島地震のMは6.9であり、1729年能登の地震のMの中央値より大きく、上限値より小さいことから、それぞれの地震を考慮して最大Mを設定。

## 地震動伝播モデル

- 地震動伝播モデルとしては、特定震源モデルのうち「突道断層」は敷地の極近傍に位置しており、また「F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層」については評価ケースにおいて、耐専式の適用範囲外となるケースがあり、敷地に比較的近いことから、断層モデルを用いた手法と距離減衰式の両者を用いる。その重みについては、震源が敷地に近い地震は断層モデルを用いた手法を重視するという観点から、断層モデルを用いた手法を4/5、距離減衰式を1/5として設定する。
- その他の震源モデルは距離減衰式を用い、基本的に耐専式により評価し、内陸補正の有無を考慮する。その重みについては、島根原子力発電所の観測記録に基づき作成したサイト補正係数が、耐専式の内陸補正係数をかなり下回っており、また中国地方で発生した地震の短周期レベルは新潟県中越沖地震の短周期レベル(内陸補正無しが該当)に比べてかなり小さい傾向であることから、補正有りを3/4、補正無しを1/4として設定する。(補足説明資料152～153ページ)また、震源が敷地に近く耐専式の適用範囲外となる「突道断層による地震」はAbrahamson et al.(2014)による距離減衰式※を用いる。
- 距離減衰式のばらつきは各式で評価されたばらつきを用い、打ち切り範囲は対数標準偏差の3倍とする。断層モデルを用いた手法のばらつきは6点の破壊開始点(アスペリティの不確かさは5点)により考慮する。

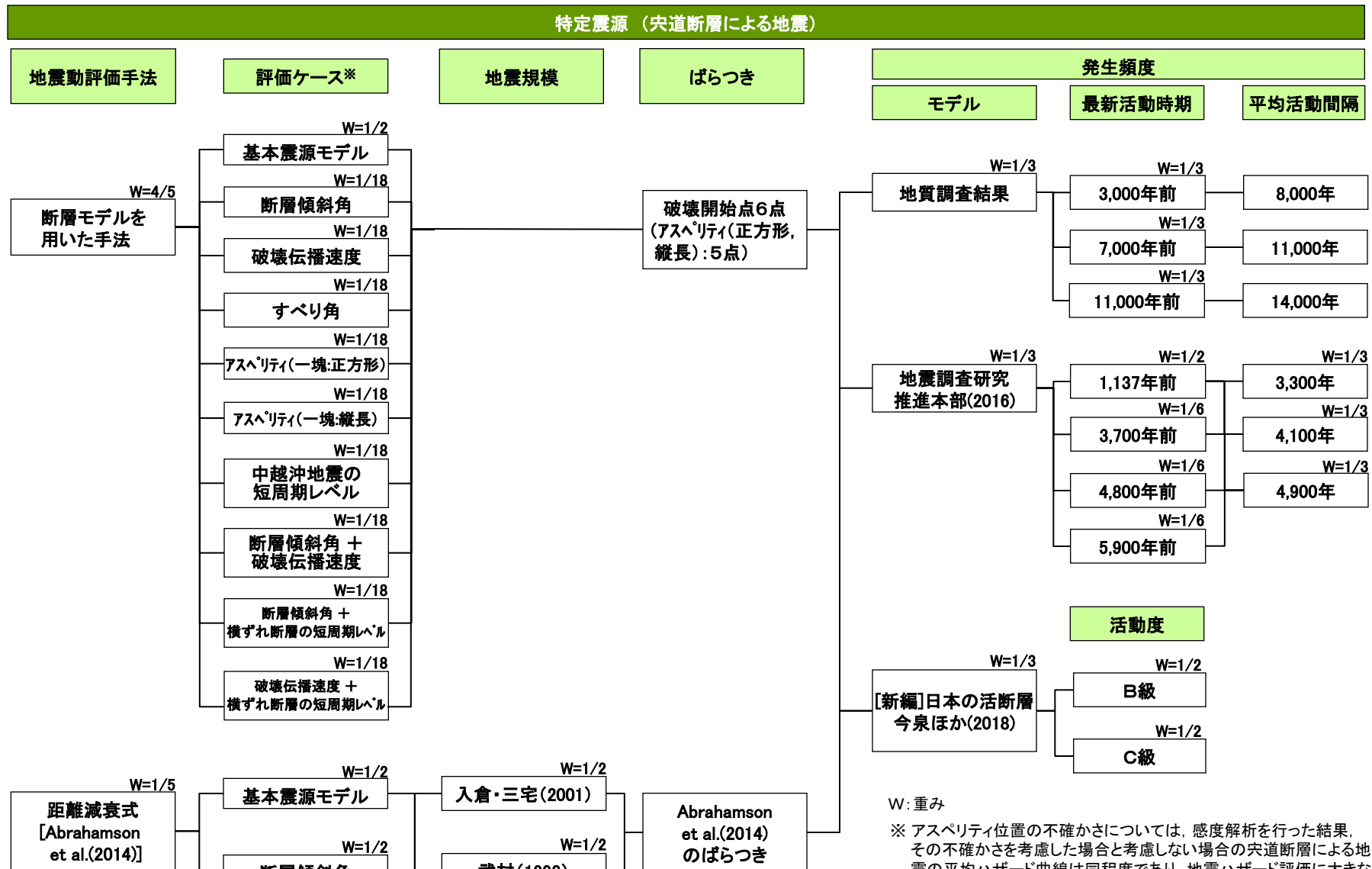
考慮する震源			評価手法	補正係数	ばらつき	ばらつきの打ち切り
特定震源	検討用 地震	突道断層による地震	断層モデル	—	破壊開始点6点 [アスペリティ(正方形, 縦長):5点]	—
			Abrahamson et al.(2014)	—	0.65～0.88 [Abrahamson et al.(2014)]	3 $\sigma$
		F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層 +F-Ⅴ断層による地震	断層モデル	—	破壊開始点6点 [アスペリティ(横長, 縦長):5点]	—
			耐専式	耐専式の内陸補正 有り, 無し	0.53 [耐専式]	3 $\sigma$
	検討用 地震以外	主要な活断層による地震	耐専式	耐専式の内陸補正 有り, 無し	0.53 [耐専式]	3 $\sigma$
		その他の活断層による地震	耐専式	耐専式の内陸補正 有り, 無し	0.53 [耐専式]	3 $\sigma$
		領域震源	耐専式	耐専式の内陸補正 有り, 無し	0.53 [耐専式]	3 $\sigma$

※ 地震PRA実施基準2007年版において、原子力発電所施設に対しての適用性が高いと考えられる距離減衰式の代表例として、Abrahamson and Silva(1997)が示され、また2015年版ではAbrahamson et al.(2014)を含むNGAプロジェクトで提案されている距離減衰式などがあるとされていることから、距離減衰式としてはAbrahamson and Silva(1997)を更新した最新版のAbrahamson et al.(2014)を用いる。



## 特定震源：央道断層による地震

■ 央道断層による地震のロジックツリーを以下に示す。



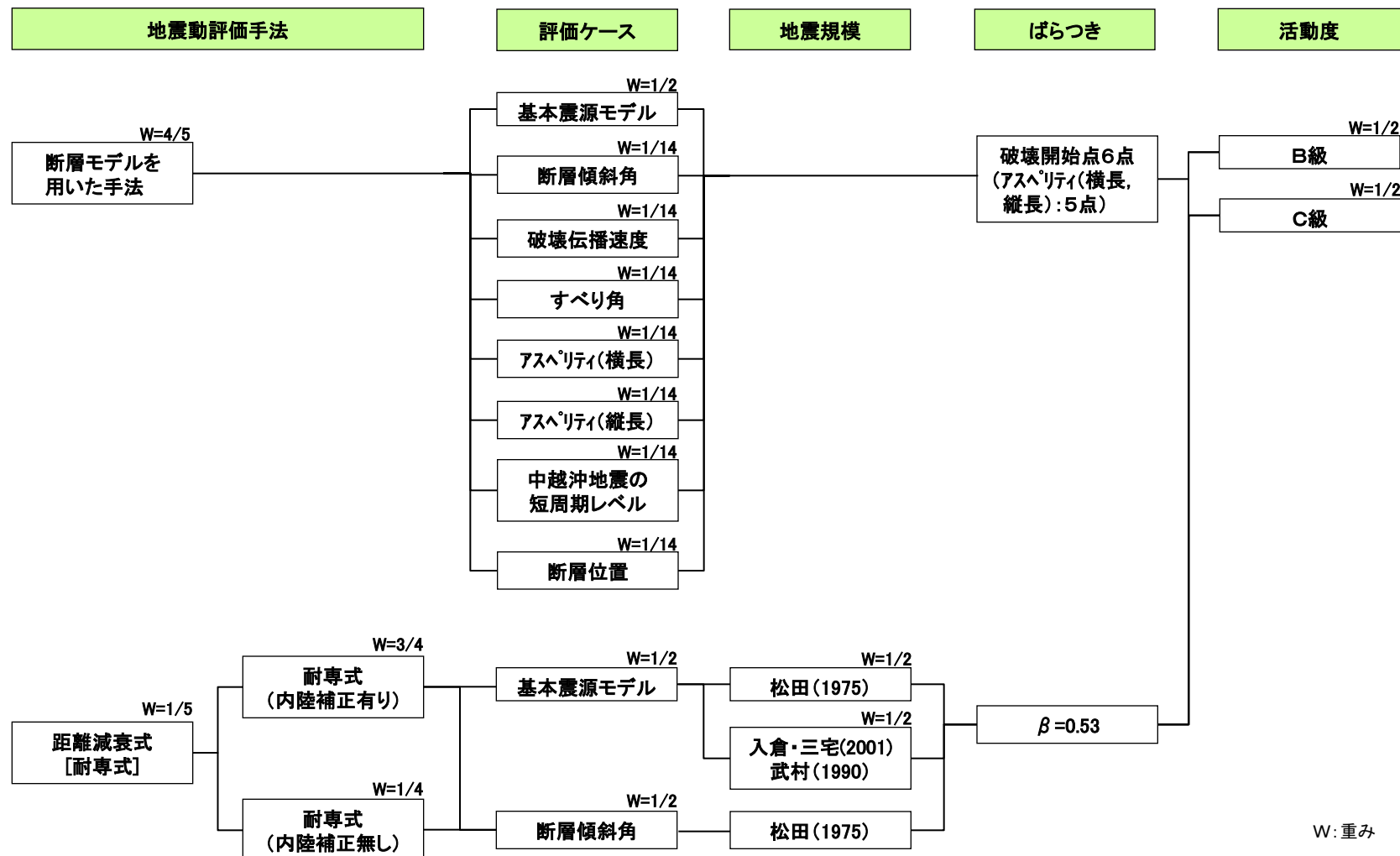
W: 重み

※ アスぺリティ位置の不確かさについては、感度解析を行った結果、その不確かさを考慮した場合と考慮しない場合の央道断層による地震の平均ハザード曲線は同程度であり、地震ハザード評価に大きな影響を及ぼさないことから、ロジックツリーの分岐として考慮しない。(補足説明資料154～156ページ参照。)

## F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震

- F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震のロジックツリーを以下に示す。

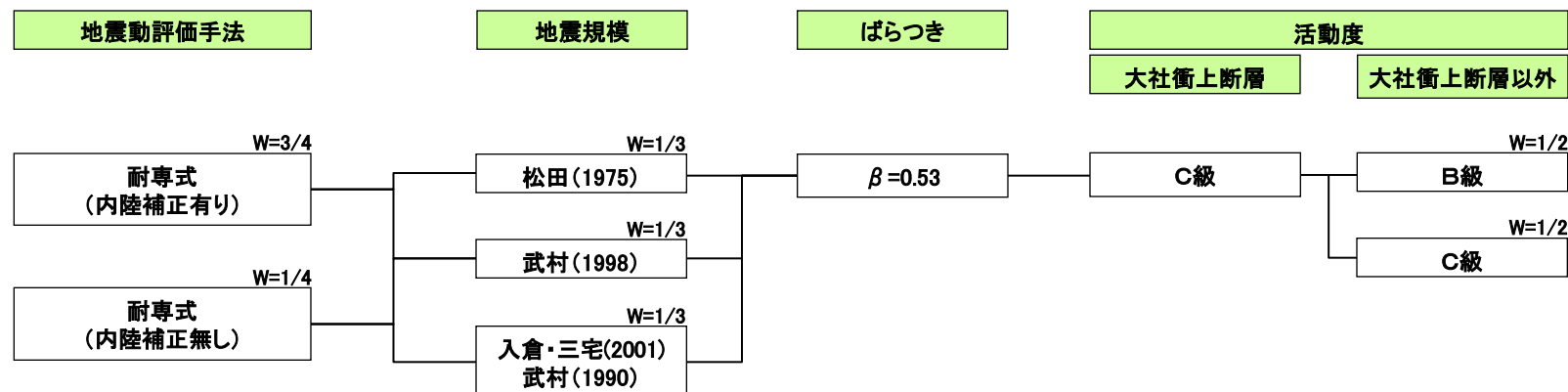
特定震源（F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震）



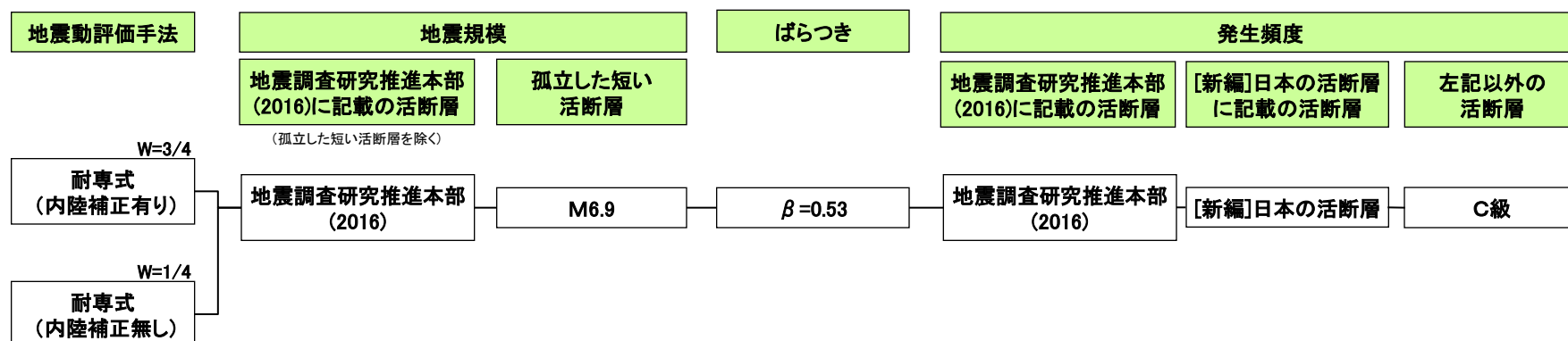
## 特定震源：主要な活断層による地震, その他の活断層による地震

- 主要な活断層及びその他の活断層による地震のロジックツリーを以下に示す。

## 特定震源（主要な活断層による地震）

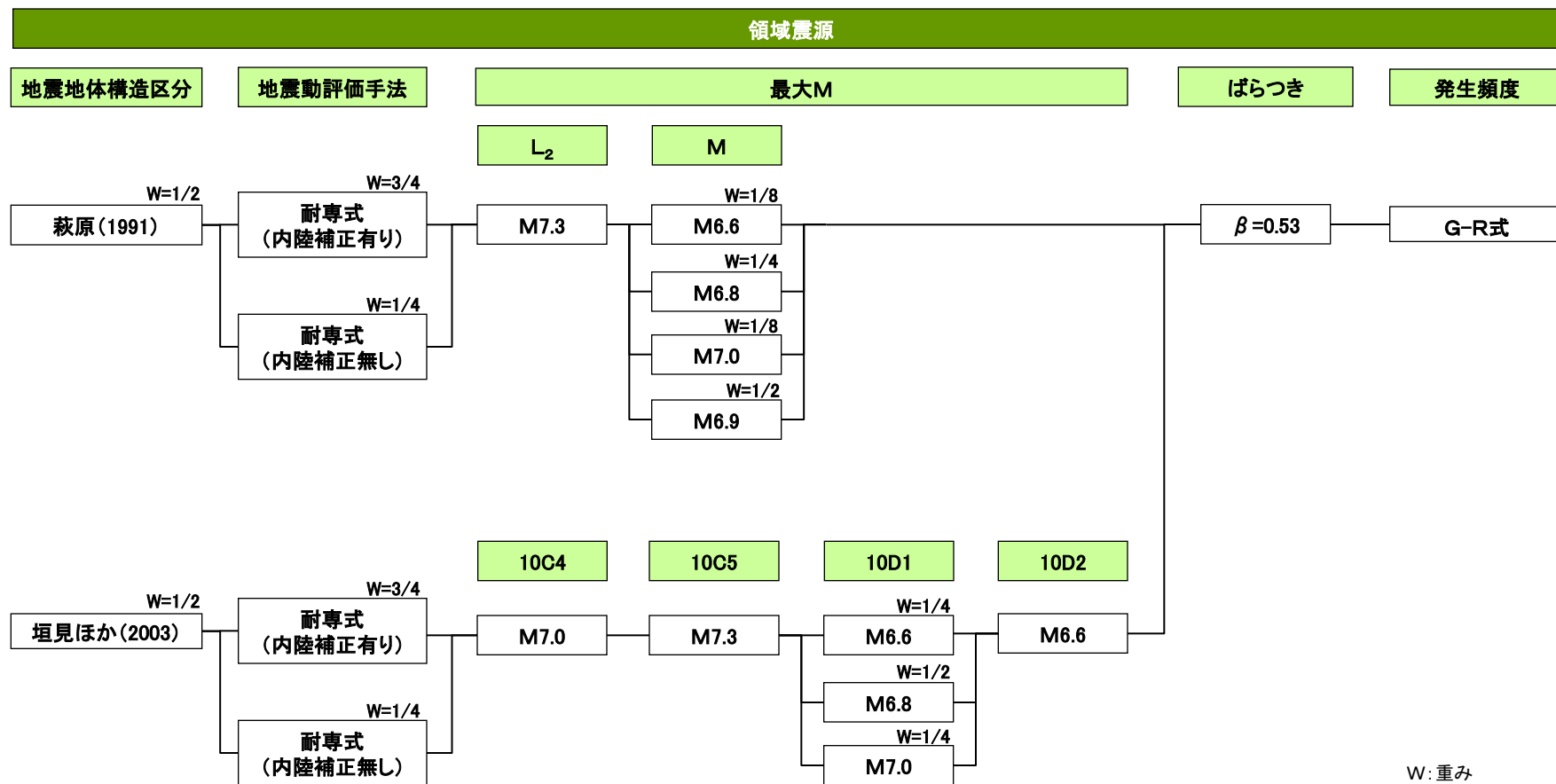


## 特定震源（その他の活断層による地震）



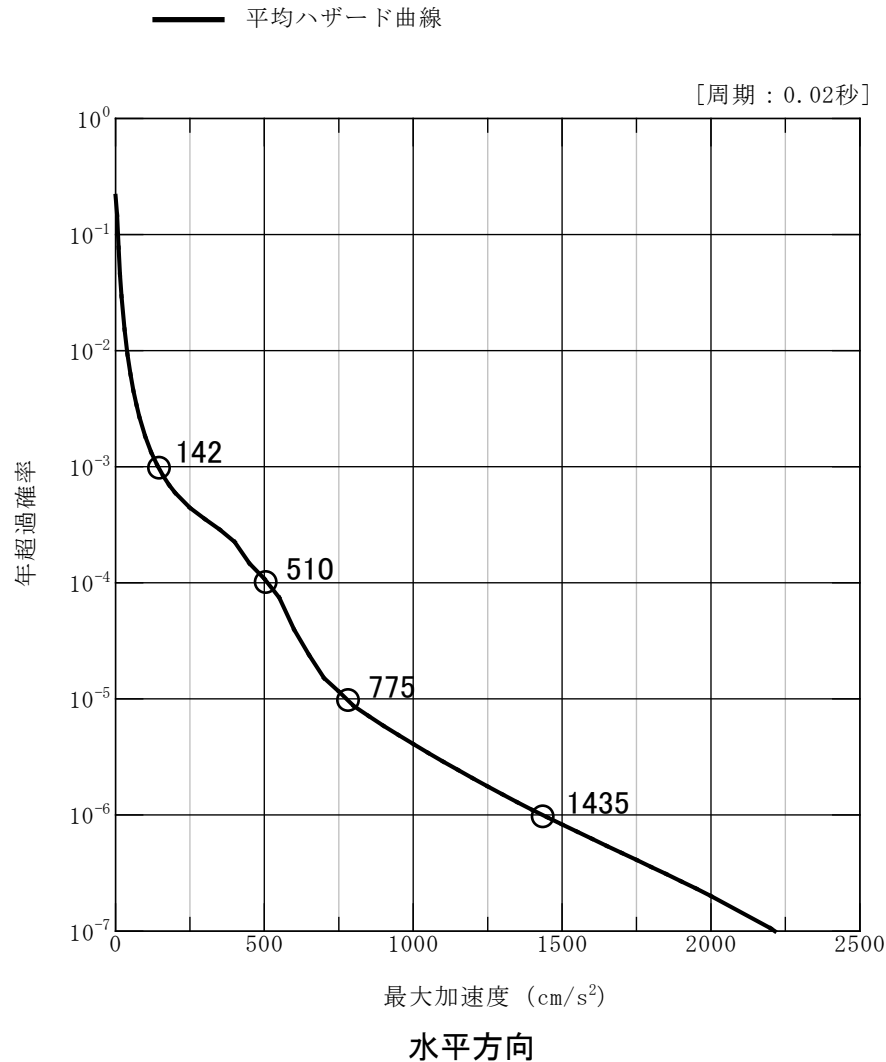
## 領域震源

■ 領域震源のロジックツリーを以下に示す。

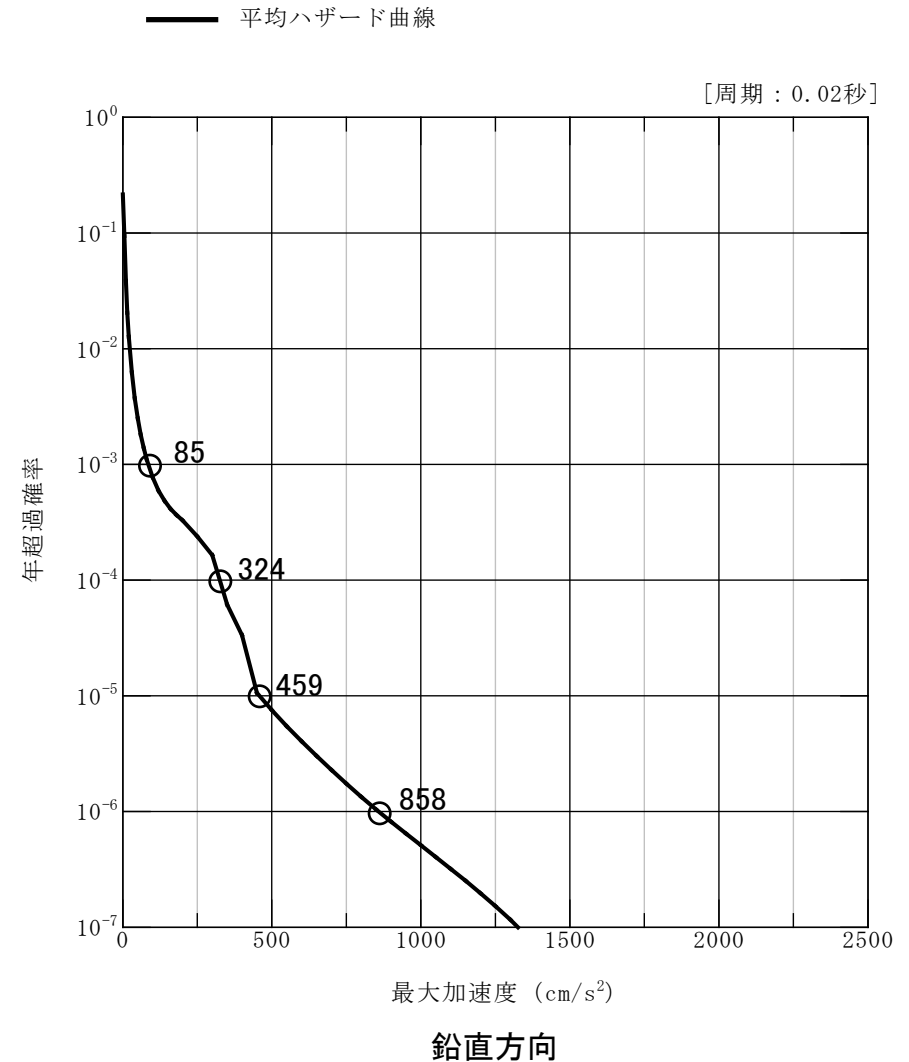


## 平均ハザード曲線

■ ロジックツリーに基づき、以下の平均ハザード曲線を評価した。



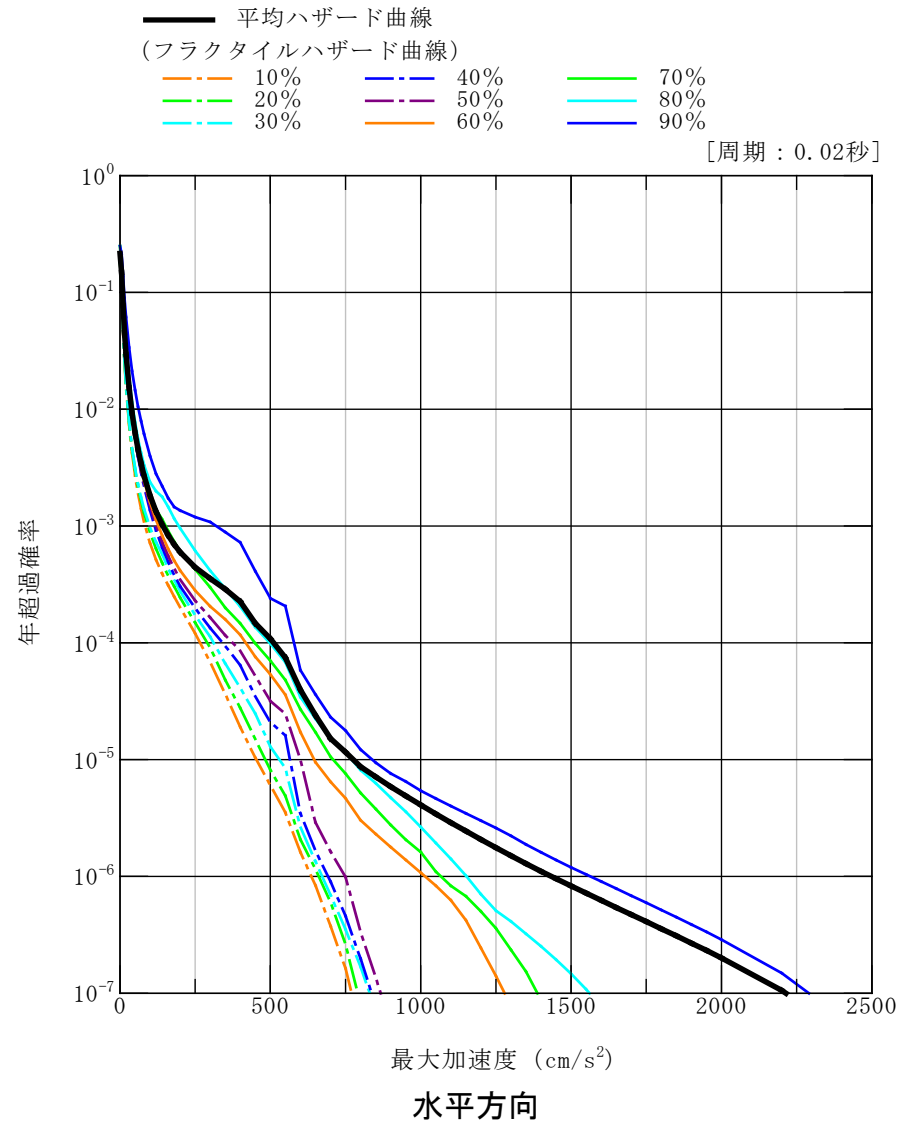
平均ハザード曲線



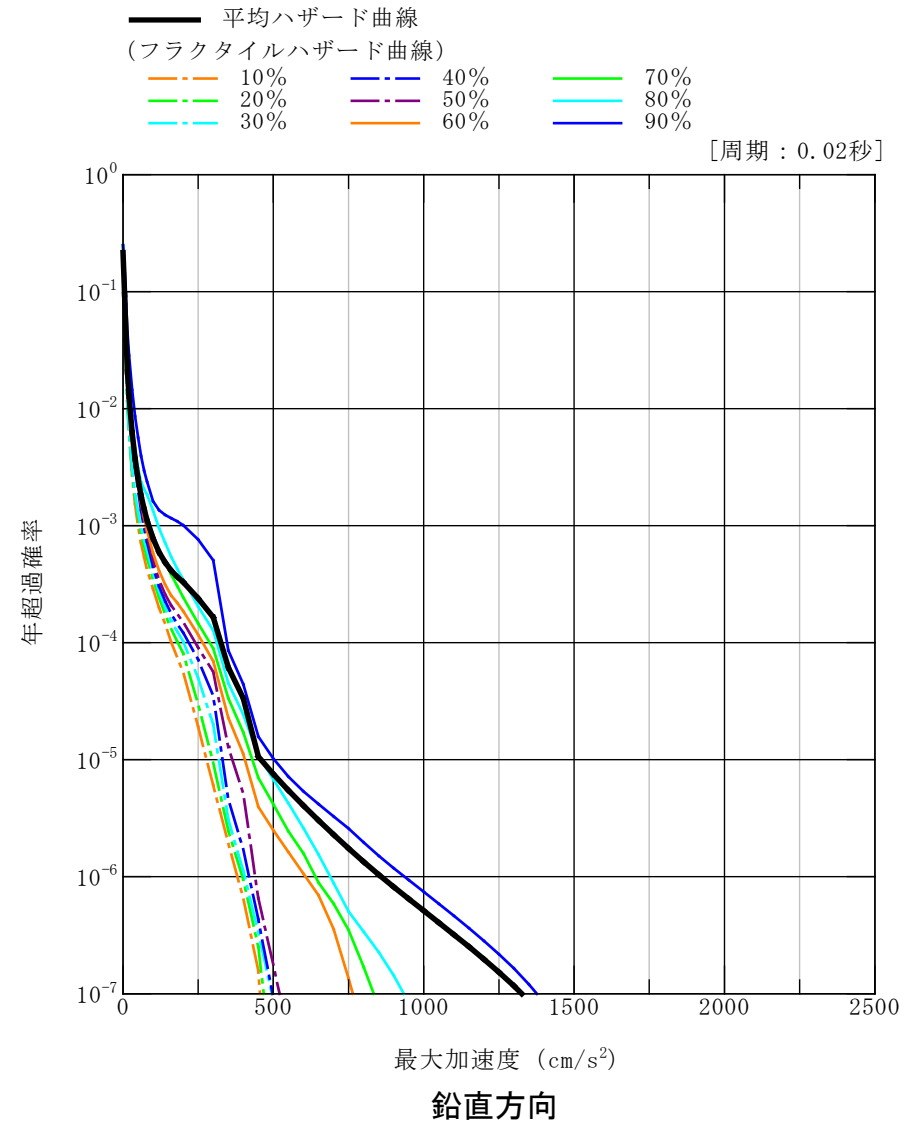


## フラクタイルハザード曲線

■ ロジックツリーに基づき、以下のフラクタイルハザード曲線を評価した。

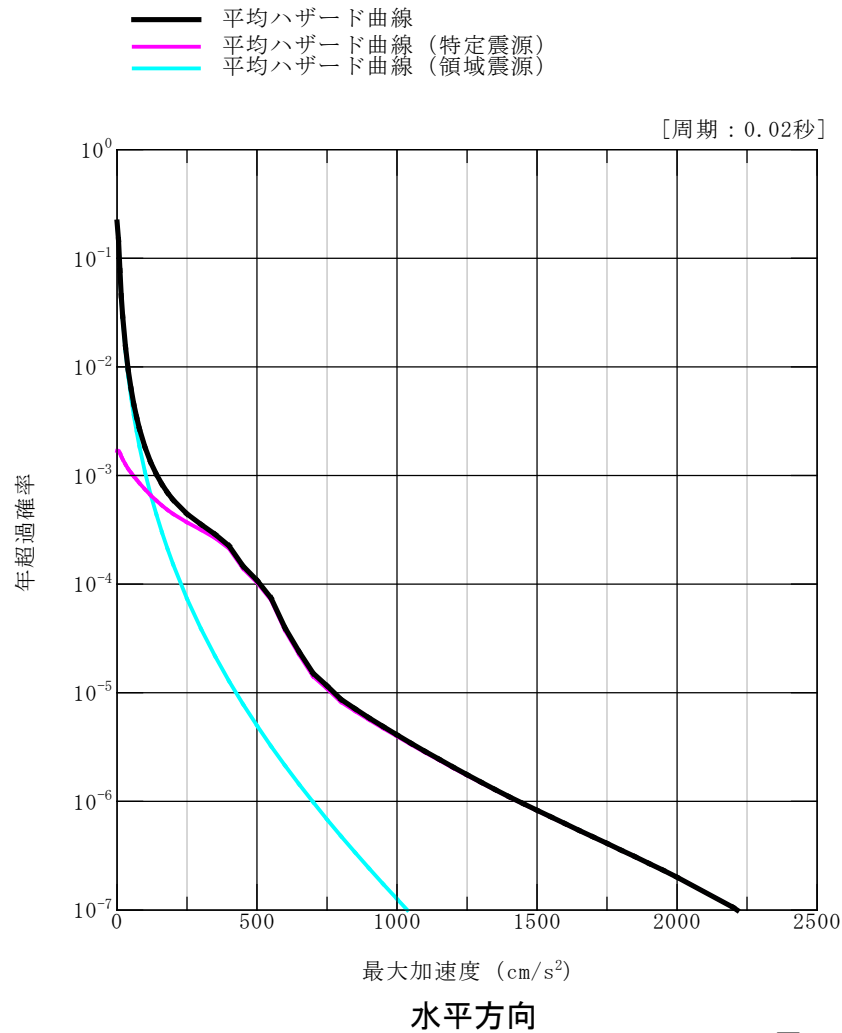


フラクタイルハザード曲線

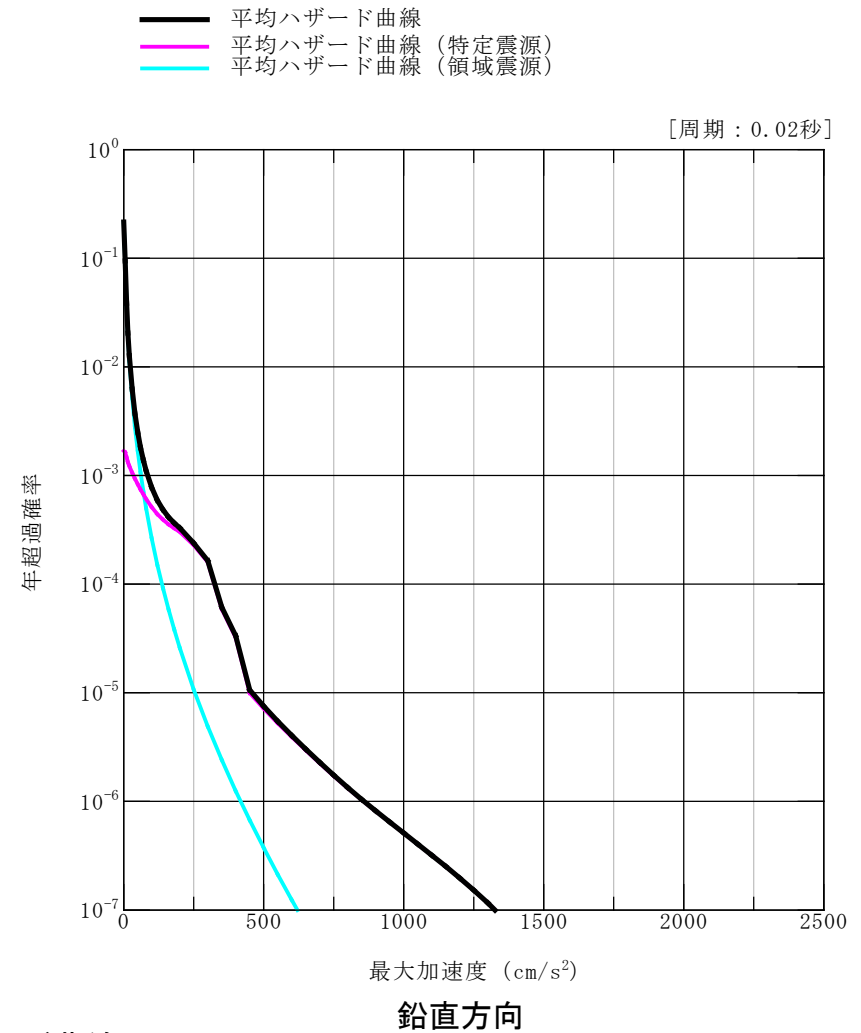


## 震源別ハザード曲線

- 特定震源と領域震源の震源別のハザード曲線を比較すると、年超過確率が $10^{-4}$ 程度より低い範囲では特定震源の影響が大きい。

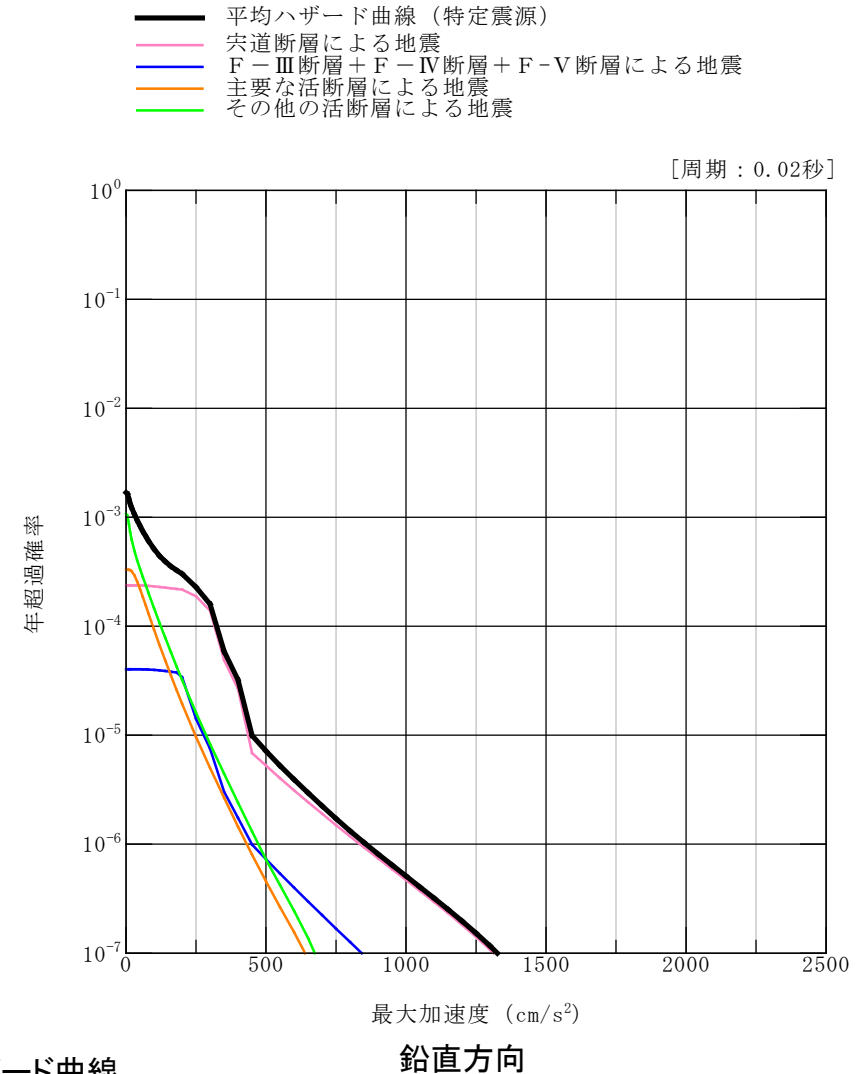
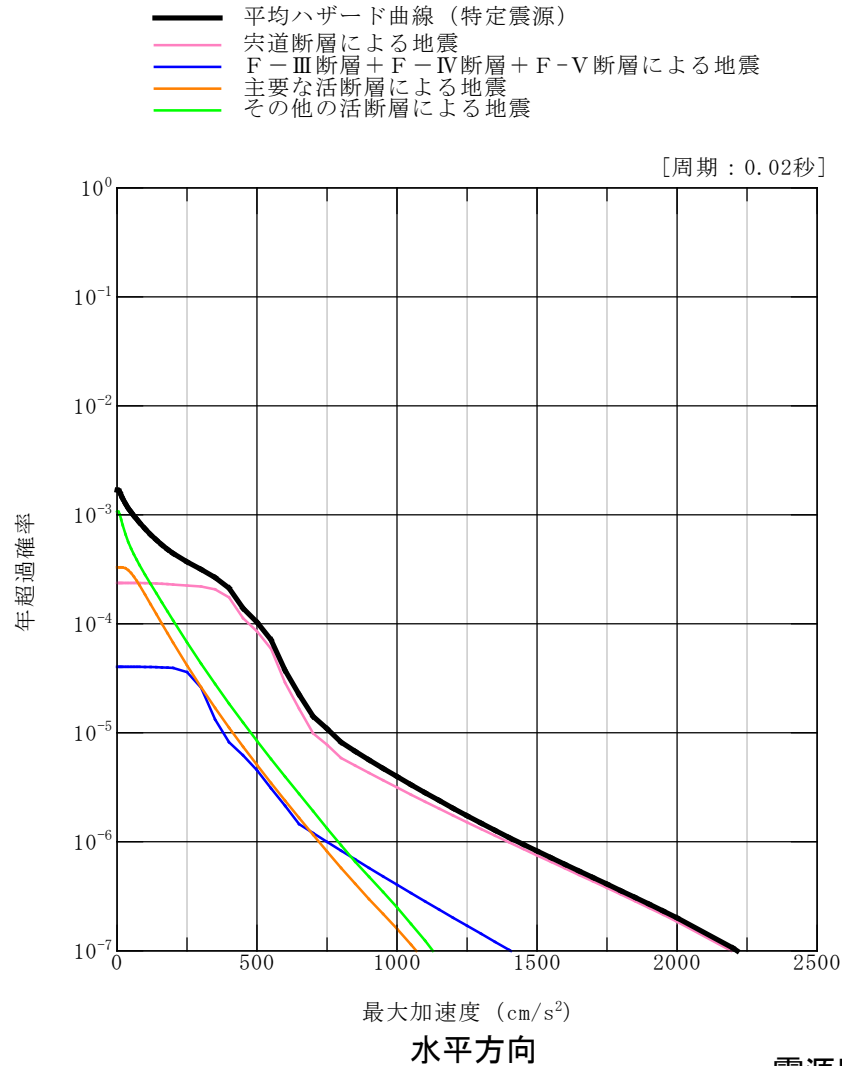


震源別ハザード曲線



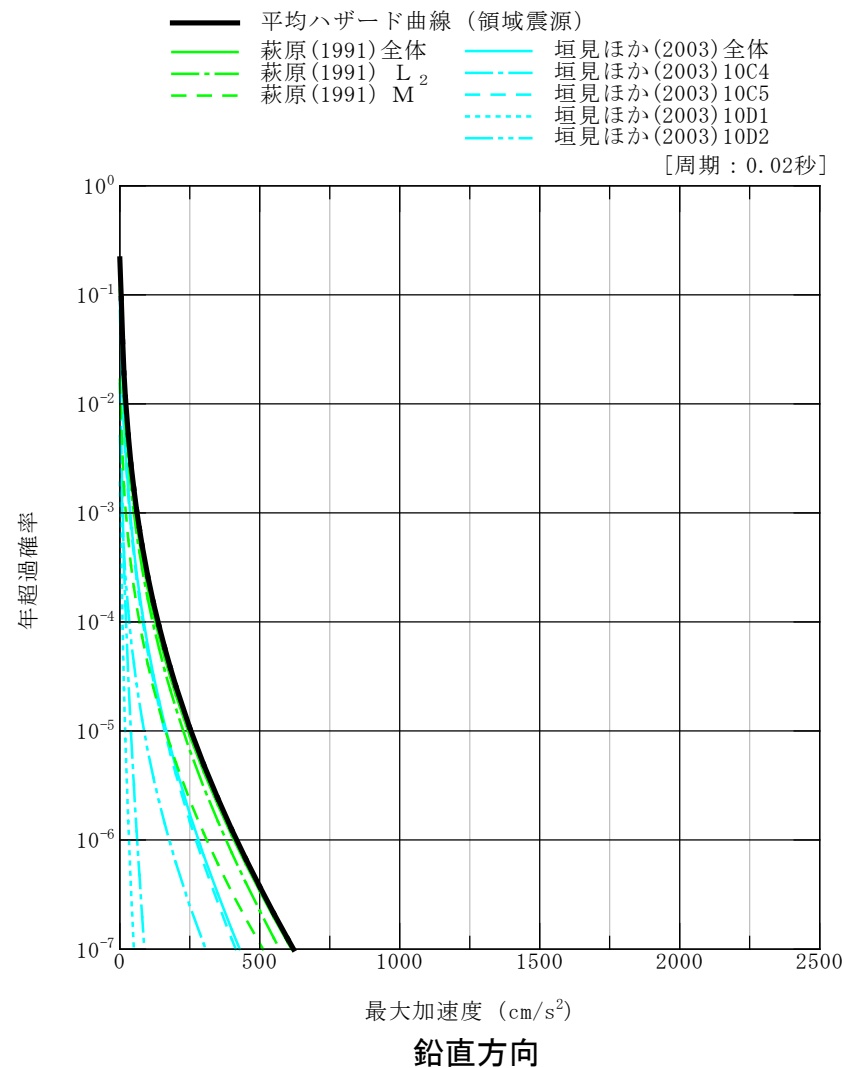
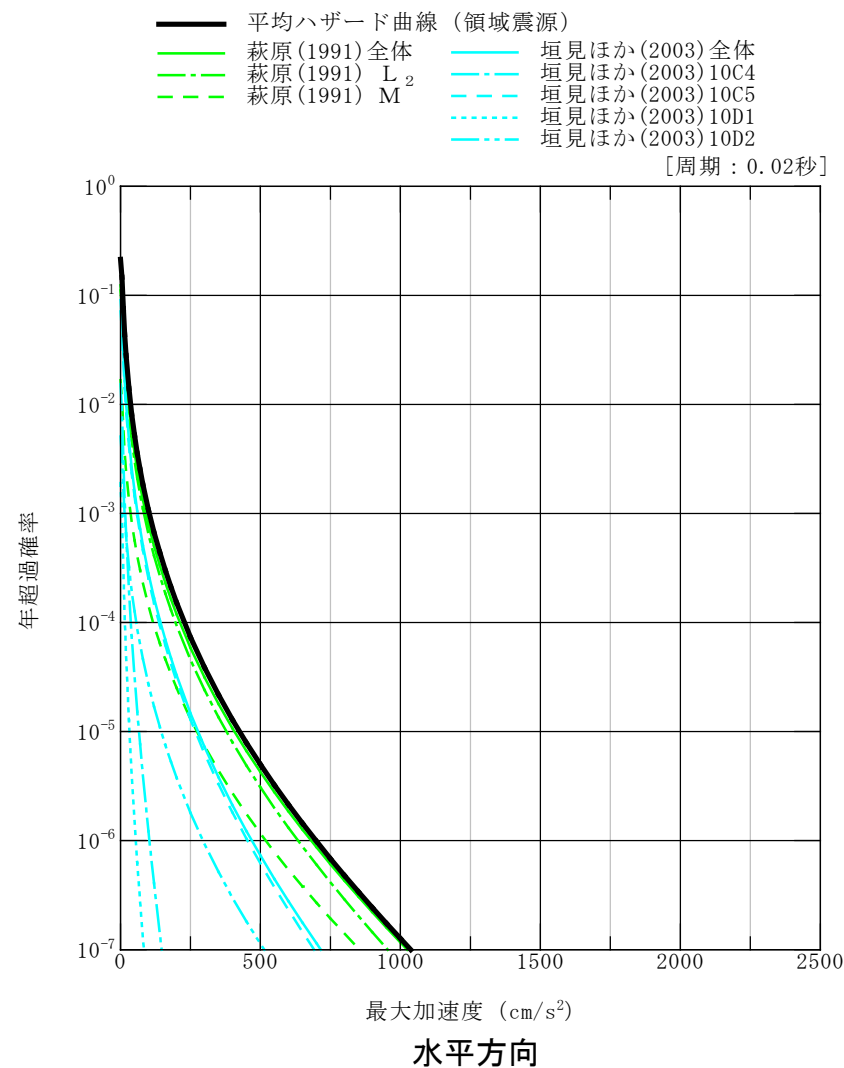
## 特定震源の震源別ハザード曲線

- 特定震源の各震源別のハザード曲線を比較すると、宍道断層による地震の影響が大きい。



## 領域震源の領域別ハザード曲線

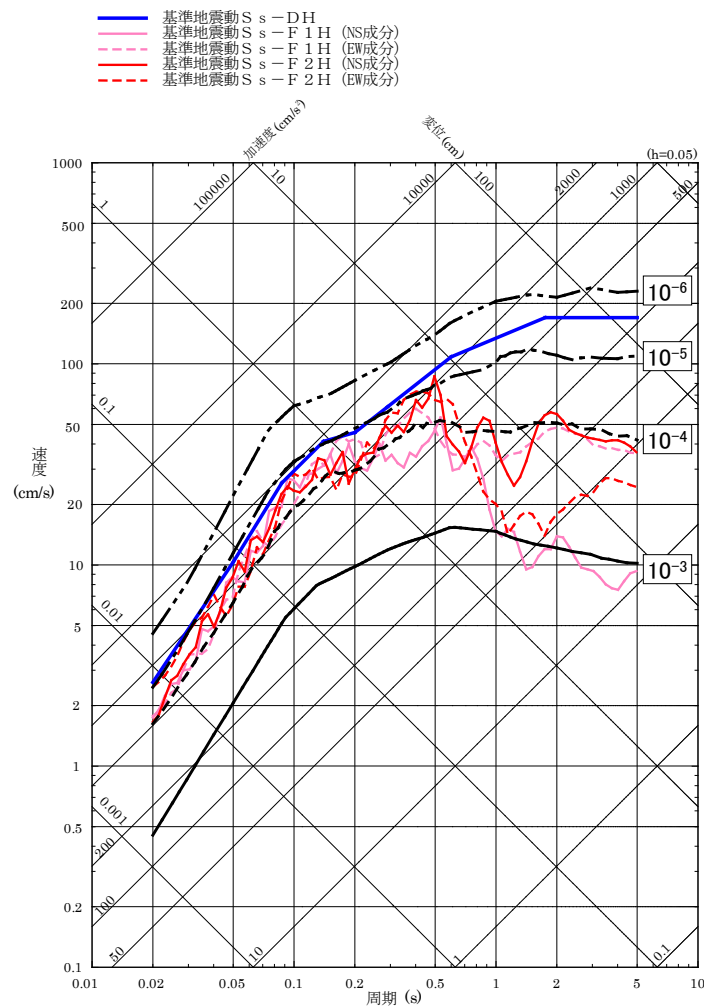
- 領域震源の領域別のハザード曲線を比較すると、萩原(1991)における $L_2$ 領域の影響が大きい。



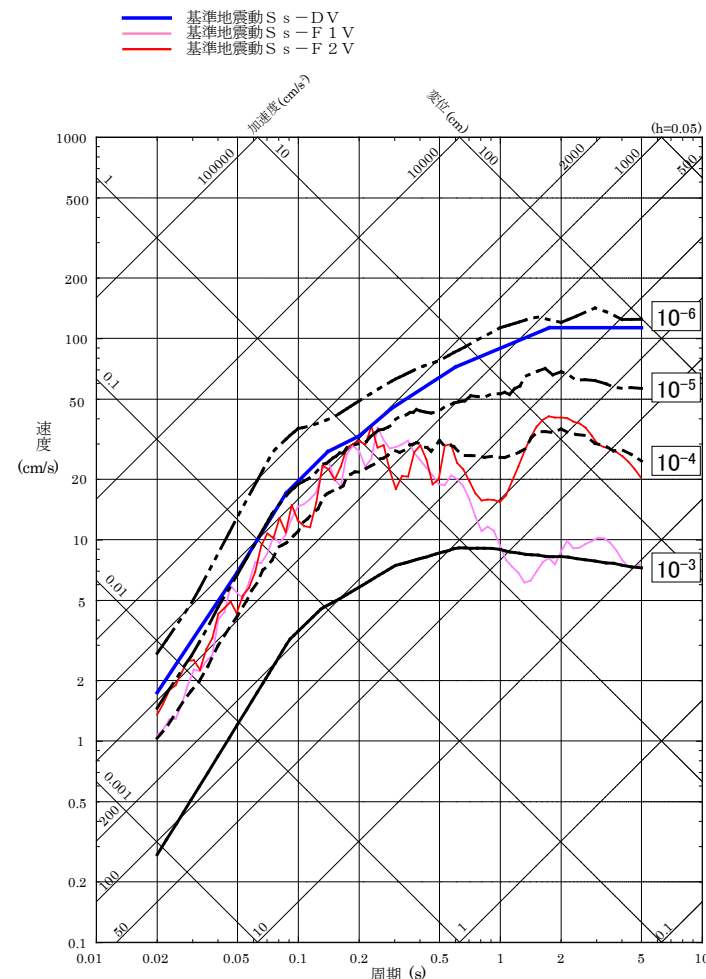
領域別ハザード曲線

一様ハザードスペクトルと基準地震動S<sub>s</sub>の比較

- 一様ハザードスペクトルと基準地震動S<sub>s</sub>の応答スペクトルを比較すると、基準地震動S<sub>s</sub>－Dの年超過確率は、周期0.2秒より短周期側では $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度、それより長周期側では $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 程度である。また、基準地震動S<sub>s</sub>－F1及びS<sub>s</sub>－F2は基準地震動S<sub>s</sub>－Dに包絡されており、それらの年超過確率は周期0.5秒より短周期側では $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度、それより長周期側では $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度である。



水平方向

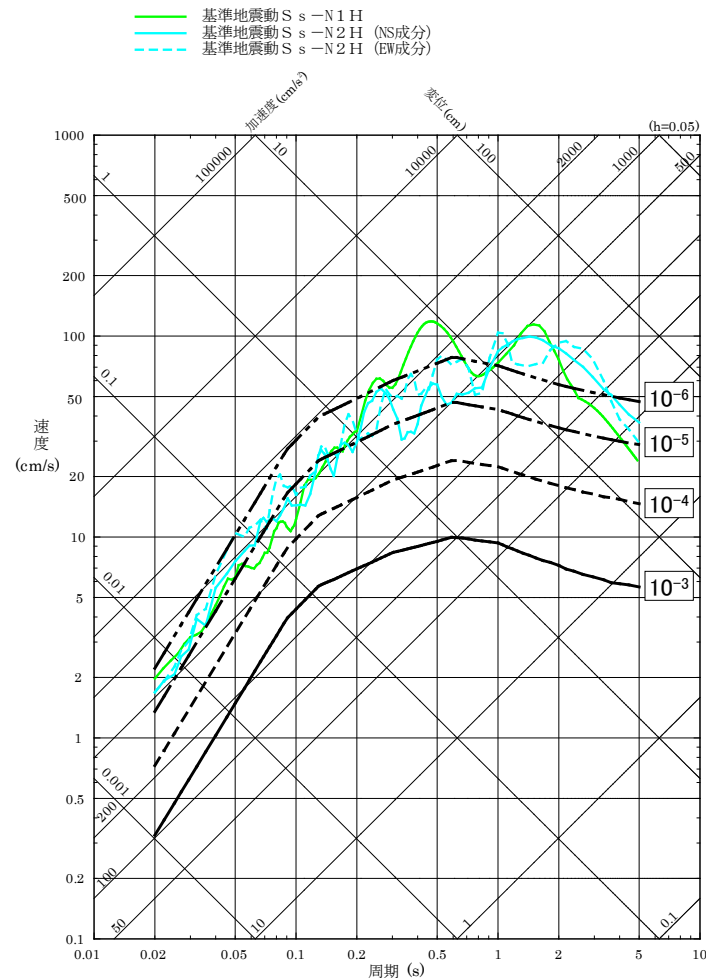


鉛直方向

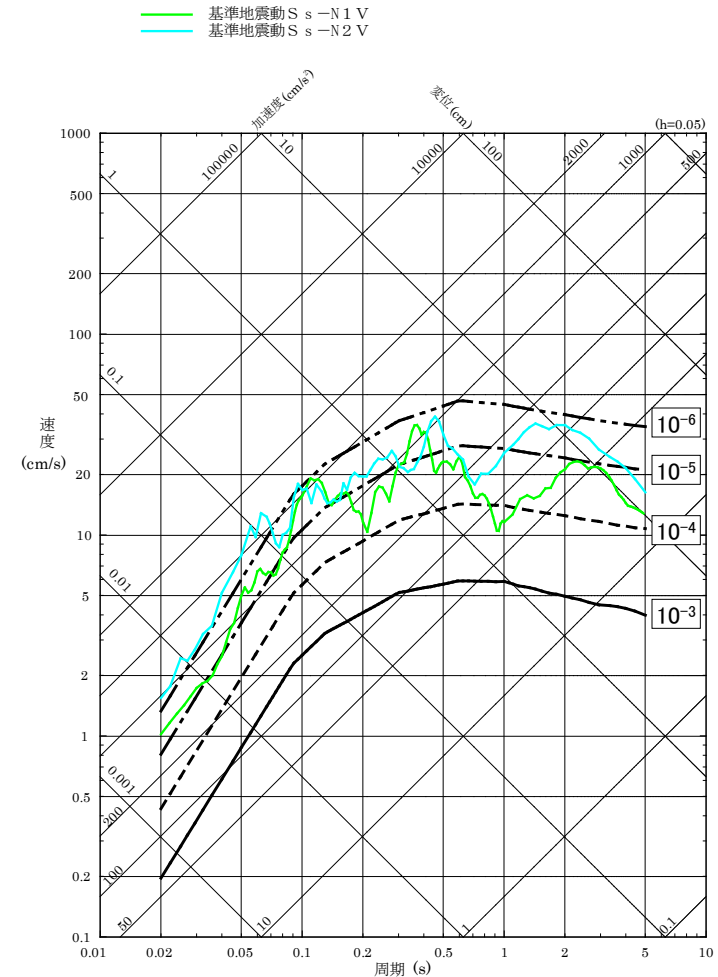


## 一様ハザードスペクトルと基準地震動 $S_s-N$ の比較

- 領域震源のみの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による基準地震動 $S_s-N1$ 及び $S_s-N2$ の応答スペクトルを比較すると、基準地震動 $S_s-N1$ 及び $S_s-N2$ の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である。



水平方向



鉛直方向

基準地震動 $S_s-N$ 及び領域震源の一様ハザードスペクトル

## 参考文献(1)

### 基準地震動の策定の全体概要

1. 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, 第2輯, 第28巻, pp.269-283
2. 武村雅之(1990):日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震, 第2輯, 第43巻, pp.257-265
3. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2020):震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)
4. 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大栄・上田圭一・壇一男(2004):震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベルー地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討ー, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第4号, 2004, pp.46-86

### 1. 敷地周辺の地震発生状況

1. 気象庁:地震年報2012年, 地震・火山月報
2. 大見士朗・廣瀬一聖・James J. Mori(2004):鳥取県西部に発生する深部低周波地震の現状, 京都大学防災研究所年報, 47(B), pp.691-696
3. 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013):日本被害地震総覧599-2012, 東京大学出版会
4. 気象庁推計震度分布図:<http://www.data.jma.go.jp/svd/eeew/data/suikai/>
5. 気象庁, 消防庁(2009):震度に関する検討会報告書
6. 村松郁栄(1969):震度分布と地震のマグニチュードとの関係, 岐阜大学教育学部研究報告, 自然科学, 第4巻, 第3号, pp.168-176
7. 勝又護・徳永規一(1971):震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応, 験震時報, 第36巻, 第3, 4号, pp.89-96
8. 地震調査研究推進本部:[http://www.jishin.go.jp/regional\\_seismicity/rs\\_chugoku-shikoku/p32\\_shimane/](http://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_chugoku-shikoku/p32_shimane/)
9. 内閣府(2012):南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)
10. 活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層分布図と資料, 東京大学出版会

### 2. 敷地地盤の振動特性及び地下構造モデルの設定

1. 鹿野和彦・吉田史郎(1985):境港地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所
2. 鹿野和彦・中野俊(1986):恵曇地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所
3. 狐崎長琅・後藤典俊・小林芳正・井川猛・堀家正則・斉藤徳美・黒田徹・山根一修・奥住宏一(1990):地震動予測のための深層地盤P・S波速度の推定, 自然災害科学
4. Ludwig W.J., J.E.Nafe and C.L.Drake(1970):Seismic Refraction, The sea, vol.4, edited by Maxwell, A., Wiley InterScience, New York
5. 岩田知孝・関口春子(2002):2000年鳥取県西部地震の震源過程と震源域強震動, 月刊地球/号外

## 参考文献(2)

### 3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

1. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2016):中国地域の活断層の長期評価(第一版)
2. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017):「全国地震動予測地図2017年版」
3. 独立行政法人原子力安全基盤機構(2004):地震記録データベースSANDELのデータ整備と地震発生上下限層深さの評価に関する報告書(平成15年度), JNES/SAE04-017
4. 大見士朗・廣瀬一聖・James J. Mori(2004):鳥取県西部に発生する深部低周波地震の現状, 京都大学防災研究所年報, 47(B), pp.691-696
5. 気象庁:地震年報2012年, 地震・火山月報
6. 片尾浩・吉井弘治(2002):緊急観測によって得られた鳥取県西部地震直後の余震分布, 地震, 第2輯, 第54巻, pp.581-585
7. 京都大学防災研究所附属地震予知研究センター: <http://www1.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/TOTTORI/goudou.j.htm>
8. 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001):シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, Vol.110, No.6, pp.849-875
9. 吉井弘治・伊藤潔(2001):近畿地方北部の地震波速度構造と地震発生層, 地球惑星科学連合学会2001年合同大会, Sz-P006
10. 廣瀬一聖・伊藤潔(2006):広角反射法および屈折法解析による近畿地方の地殻構造の推定, 京都大学防災研究所年報, 第49号B, pp.307-321
11. 岩田知孝・関口春子(2002):2000年鳥取県西部地震の震源過程と震源域強震動, 月刊地球/号外
12. Shibutani, T.・H. Katao・Group for the dense aftershock observations of the 2000 Western Tottori Earthquake(2005):High resolution 3-D velocity structure in the source region of the 2000 Western Tottori Earthquake in southwestern Honshu, Japan using very dense aftershock observations, Earth, Planets and Space, Volume 57, Issue 9, pp.825-838
13. 岩崎貴哉・佐藤比呂志(2009):陸域制御震源地震探査から明らかになりつつある島弧地殻・上部マントル構造, 地震, 第2輯, 第61巻, pp.S165-S176
14. 宮腰研・長郁夫・PETUKHIN Anatoly (2003):すべりの空間的不均質性の抽出, 地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究平成14年度研究成果報告書, pp.25-40
15. Yagi・Kikuchi(2000):Source Rupture Process of the Tottori-ken Seibu earthquake of Oct. 6, 2000, <https://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/yuji/tottori/>
16. 池田隆明・釜江克宏・三輪滋・入倉孝次郎(2002):経験的グリーン関数法を用いた2000年鳥取県西部地震の震源のモデル化と強震動シミュレーション, 日本建築学会構造系論文集, 第561号, pp.37-45
17. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2002):鳥取県西部地震の観測記録を利用した強震動評価手法の検証について
18. Somerville, P. G.・K. Irikura・R. Graves・S. Sawada・D. Wald・N. Abrahamson・Y. Iwasaki・T. Kagawa・N. Smith・A. Kowada(1999):Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground Motion, Seismological Research Letters, Vol.70, No.1, pp.59-80
19. 上野寛・畠山信一・明田川保・舟崎淳・浜田信生(2002):気象庁の震源決定方法の改善-浅部速度構造と重み関数の改良-, 験震時報, 65, 123~134

## 参考文献(3)

20. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2008):2005年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について
21. 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について,地震,第2輯,第28巻,pp.269-283
22. 村松郁栄(1969):震度分布と地震のマグニチュードとの関係,岐阜大学教育学部研究報告,自然科学,第4巻,第3号,pp.168-176
23. 勝又護・徳永規一(1971):震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応,験震時報,第36巻,第3,4号,pp.89-96
24. Noda, S.・K. Yashiro・K. Takahashi・M. Takemura・S. Ohno・M. Tohdo・T. Watanabe(2002):RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18 Istanbul,pp.399-408
25. 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長(1991):地震のスケーリング則に基づいた大地震時の強震動予測統計的波形合成法による予測,日本建築学会構造系論文報告集,第430号,pp.1-9
26. 入倉孝次郎・香川敬生・関口春子(1997):経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良,日本地震学会講演予稿集, Vol.2, B25
27. Hisada, Y.(1994):An Efficient Method for Computing Green's Functions for a Layered Half-Space with Sources and Receivers at Close Depths, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No.5, pp.1456-1472
28. Kamae, K.・K. Irikura・A. Pitarka(1998):A Technique for Simulating Strong Ground Motion Using Hybrid Green's Function, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.88, No.2, pp.357-367
29. Kanno, T.・A. Narita・N. Morikawa・H. Fujiwara・Y. Fukushima(2006):A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.96, No.3, pp.879-897
30. Zhao, J. X.・J. Zhang・A. Asano・Y. Ohno・T. Oouchi・T. Takahashi・H. Ogawa・K. Irikura・H. K. Thio・P. G. Somerville・Y. Fukushima・Y. Fukushima(2006):Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.96, No.3, pp.898-913
31. 内山泰生・翠川三郎(2006):震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式,日本建築学会構造系論文集,第606号,pp.81-88
32. 片岡正次郎・佐藤智美・松本俊輔・日下部毅明(2006):短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式,土木学会論文集A, Vol.62, No.4, pp.740-757
33. Abrahamson, N. A.・W. J. Silva・R. Kamai(2014):Summary of the ASK14 ground motion relation for active crustal regions, Earthquake Spectra Vol.30, No.3, pp.1025-1055
34. Boore, D. M.・J. P. Stewart・E. Seyhan・G. M. Atkinson(2014):NGA-West2 equations for predicting PGA, PGV, and 5% damped PSA for shallow crustal earthquakes, Earthquake Spectra Vol.30, No.3, pp.1057-1085
35. Campbell, K. W.・Y. Bozorgnia(2014):NGA-West2 ground motion model for the average horizontal components of PGA, PGV, and 5% damped linear acceleration response spectra, Earthquake Spectra Vol.30, No.3, pp.1087-1115

## 参考文献(4)

36. Chiou, B. S.-J.・R. R. Youngs(2014): Update of the Chiou and Youngs NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra, *Earthquake Spectra* Vol.30, No.3, pp.1117-1153
37. Idriss, I. M.(2014): An NGA-West2 empirical model for estimating the horizontal spectral values generated by shallow crustal earthquakes, *Earthquake Spectra* Vol.30, No.3, pp.1155-1177
38. Gregor, N.・N. A. Abrahamson・G. M. Atkinson・D. M. Boore・Y. Bozorgnia・K. W. Campbell・B. S.-J. Chiou・I. M. Idriss・R. Kamai・E. Seyhan・W. Silva・J. P. Stewart・R. Youngs(2014): Comparison of NGA-West2 GMPEs, *Earthquake Spectra*, Volume 30, No. 3, pages pp.1179-1197
39. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2020): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)
40. Murotani, S.・S. Matsushima・T. Azuma・K. Irikura・S. Kitagawa(2015): Scaling relations of source parameters of earthquakes occurring on inland crustal megafault systems, *Pure and Applied Geophys*, Vol.172, pp.1371-1381
41. 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透(2001): 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, *日本建築学会構造系論文集*, 第545号, pp.51-62
42. Boatwright, J.(1988): THE SEISMIC RADIATION FROM COMPOSITE MODELS OF FAULTING, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.78, No.2, pp.489-508
43. Eshelby, J. D.(1957): The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, Vol.241, pp.376-396
44. Fujii, Y.・M. Matsu'ura(2000): Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication, *Pure and Applied Geophysics*, Vol.157, pp.2283-2302
45. Madariaga, R.(1979): On the Relation Between Seismic Moment and Stress Drop in the Presence of Stress and Strength Heterogeneity, *Journal of Geophysical Research*, Vol.84, pp.2243-2250
46. 壇一男・佐藤俊明・入倉孝次郎(2002): アスペリティモデルに基づく強震動予測のための震源モデルの特性化手法, 第11回日本地震工学シンポジウム, pp.555-560
47. Geller, R. J.(1976): SCALING RELATIONS FOR EARTHQUAKE SOURCE PARAMETERS AND MAGNITUDES, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.66, No.5, pp.1501-1523
48. 宮腰研・PETUKHIN Anatoly・長郁夫(2005): すべりの時空間的不均質特性のモデル化, 地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究 平成16年度研究成果報告書, pp.113-123
49. 中村洋光・宮武隆(2000): 断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式, *地震*, 第2輯, 第53巻, pp.1-9
50. 香川敬生・鶴来雅人・佐藤信光(2003): 硬質サイトの強震観測記録に見られる高周波低減特性の検討, *土木学会地震工学論文集*, 第27巻, No.315
51. 宮腰研・関口春子・岩田知孝(2001): すべりの空間的不均質性の抽出, 平成12年度科学振興調整費「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」研究成果報告書, pp.99-109

## 参考文献(5)

52. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2016):「中国地域の活断層の長期評価(第一版)」で評価対象となった活断層で発生する地震の予測震度分布(簡便法計算結果)
53. 佐藤智美(2008):地殻内地震に対するP波部・S波部・全継続時間の水平・上下動の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第73巻, 第632号, pp.1745-1754
54. 国立研究開発法人産業技術総合研究所:活断層データベース, [https://gbank.gsj.jp/activefault/index\\_gmap.html](https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html)
55. 奥村俊彦・石川裕(1998):活断層の活動度から推定される平均変位速度に関する検討, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, 第I部(B), pp.554-555
56. 活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層分布図と資料, 東京大学出版会
57. Ludwig W.J.・J.E.Nafe.・C.L.Drake(1970):Seismic Refraction, The sea, vol.4, edited by Maxwell, A., Wiley InterScience, New York
58. Kanamori, H.(1977):The Energy Release in Great Earthquakes, Journal of Geophysical Research, Vol.82, No20, pp.2981-2987
59. 武村雅之(1990):日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係,地震,第2輯,第43巻,pp.257-265
60. 原子力安全委員会(2009):「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会, 資料第1-1号
61. Midorikawa, S・M.Matsuoka・K.Sakugawa(1994):Site Effect on Strong Motion Record Observed during the 1987 Chiba-ken-toho-oki, Japan Earthquake, The 9th Japan Earthquake Engineering Symposium, Vol.3, pp.85-90
62. 佐藤良輔・阿部勝征・岡田義光・島崎邦彦・鈴木保典(1989):日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会

## 4. 震源を特定せず策定する地震動

1. 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大栄・上田圭一・壇一男(2004):震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベルー地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討ー, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第4号, 2004, pp.46-86
2. 佐藤浩章・芝良昭・東貞成・功刀卓・前田宜浩・藤原広行(2013):物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部の地震によるK-NET港町観測点(HKD020)の基盤地震動とサイト特性評価, 電力中央研究所, 平成25年12月
3. 原子力規制(2013)「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」より抜粋
4. 山添正稔・加藤研一・山田有孝・武村雅之(2004):KiK-net伯太および日野地点の地盤構造の推定と2000年鳥取県西部地震時の基盤地震動の再評価, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第4号, 2004, pp.107-125
5. Kanno,T.・A.Narita・N.Morikawa・H.Fujiwara・Y.Fukushima(2006):A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.96, No.3, pp.879-897



## 参考文献(6)

### 5. 基準地震動の策定

1. Noda, S.・K. Yashiro・K. Takahashi・M. Takemura・S. Ohno・M. Tohdo・T. Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18 Istanbul, pp.399-408
2. 武村雅之(1990):日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係,地震,第2輯,第43巻,pp.257-265
3. 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について,地震,第2輯,第28巻, pp.269-283
4. 一般社団法人 日本電気協会(2008):原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008
5. 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大栄・上田圭一・壇一男(2004):震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベルー地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討ー,日本地震工学会論文集,第4巻,第4号,2004, pp.46-86

### 6. 基準地震動の年超過確率の参照

1. 日本原子力学会(2015):日本原子力学会標準,原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準:2015
2. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017):「全国地震動予測地図2017年版」
3. 片尾浩・吉井弘治(2002):緊急観測によって得られた鳥取県西部地震直後の余震分布,地震,第2輯,第54巻, pp.581-585
4. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2016):中国地域の活断層の長期評価(第一版)
5. 活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層分布図と資料,東京大学出版会
6. 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高編(2018):活断層詳細デジタルマップ[新編],東京大学出版会
7. 独立行政法人防災科学技術研究所:広帯域地震観測網(F-NET), <http://www.fnet.bosai.go.jp/top.php>
8. 萩原尊禮編(1991):日本列島の地震地震工学と地震地体構造,鹿島出版会
9. 垣見俊弘・松田時彦・相田勇・衣笠善博(2003):日本列島と周辺海域の地震地体構造区分,地震第2輯,第55巻, pp.389-406
10. Noda, S.・K. Yashiro・K. Takahashi・M. Takemura・S. Ohno・M. Tohdo・T. Watanabe(2002):RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18 Istanbul, pp.399-408
11. Abrahamson, N. A.・W. J. Silva・R. Kamai (2014): Summary of the ASK14 ground motion relation for active crustal regions, Earthquake Spectra Vol.30, No.3, pp.1025-1055a
12. 日本原子力学会(2007):日本原子力学会標準,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

## 参考文献(7)

13. 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001):シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, Vol.110, No.6, pp.849-875
14. 武村雅之(1998):日本列島における地殻内地震のスケーリング則地震断層の影響および地震被害との関連, 地震第2輯, 第51巻, pp.211-228
15. 渡辺満久・中田高・奥村晃史・熊原康博・後藤秀昭・隈元崇・今泉俊文・徳岡隆夫・吹田歩(2006):鹿島断層(島根半島)東部におけるトレンチ調査, 日本地震学会秋季大会講演予稿集, pp.50
16. 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, 第2輯, 第28巻, pp.269-283
17. 奥村俊彦・石川裕(1998):活断層の活動度から推定される平均変位速度に関する検討, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, 第I部(B), pp.554-555
18. 武村雅之(1990):日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震, 第2輯, 第43巻, pp.257-265
19. Abrahamson, N. A.・W. J. Silva(1997):Empirical Response Spectral Attenuation Relations for Shallow Crustal Earthquakes, Seismological Research Letters, Vol.68, No.1, pp.94-127