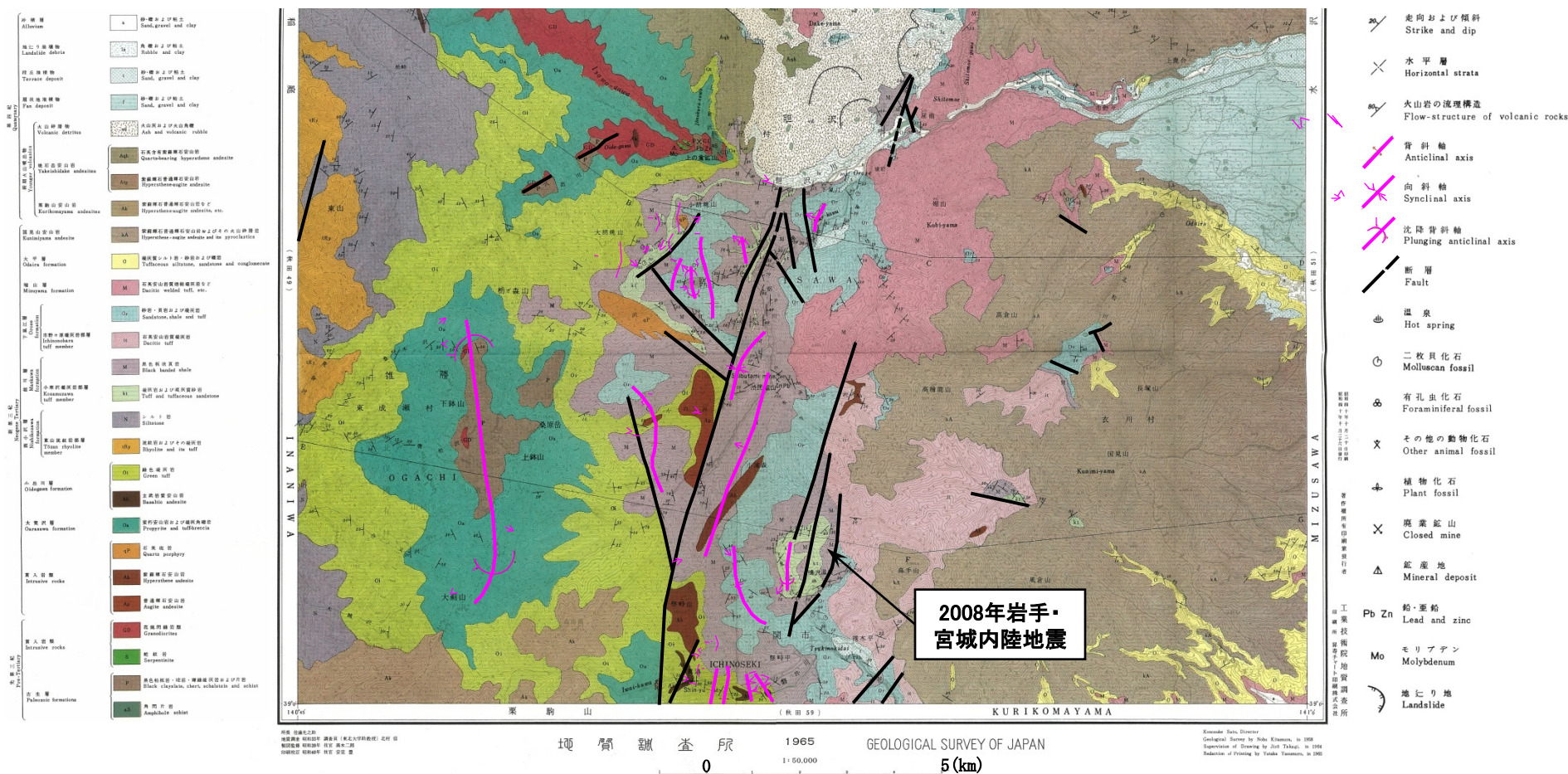


## 4. 震源を特定せず策定する地震動

## 2008年岩手・宮城内陸地震(震源域の地質・地質構造)

■ 岩手・宮城内陸地震の震源域は、新第三紀以降の火山岩、堆積岩が分布し、「上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域」に該当する。

■ また、現在の東西圧縮応力場に調和的に南北方向の褶曲・撓曲構造が発達している。



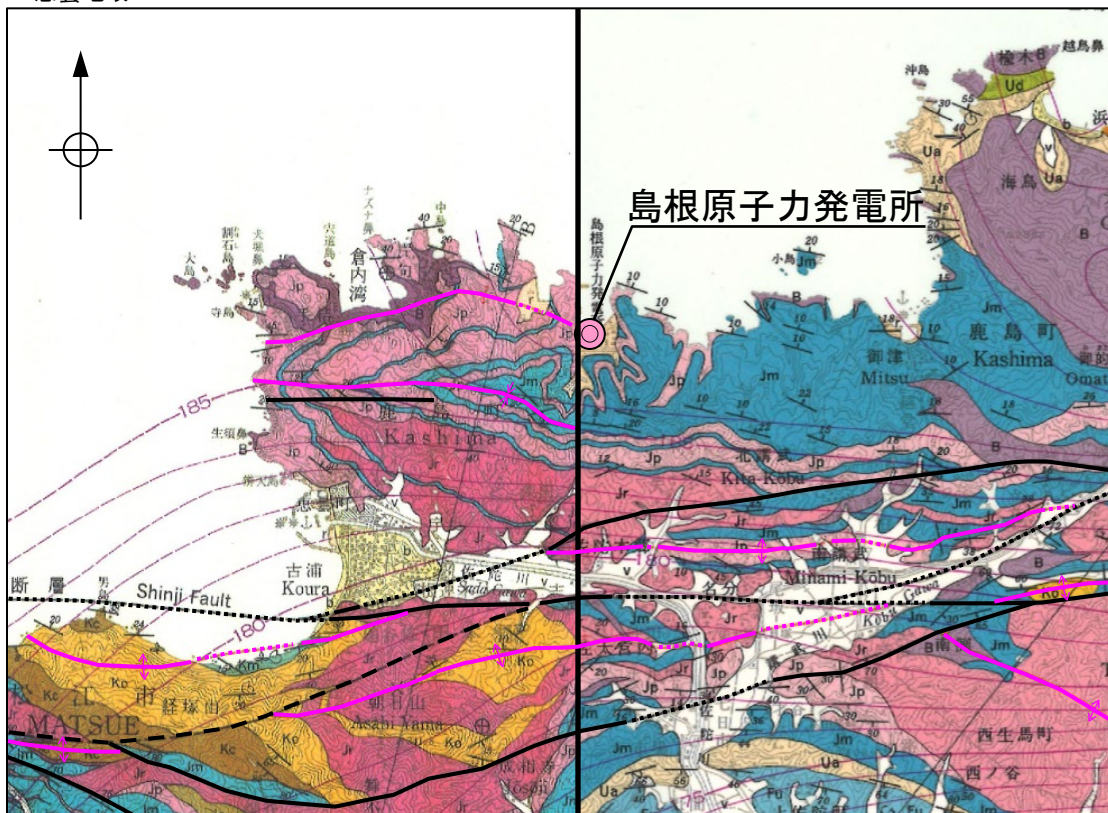


## 2008年岩手・宮城内陸地震(島根原子力発電所近傍の地質・地質構造)

- 一方、島根原子力発電所近傍は、主に新第三紀の堅固な堆積岩(頁岩, 泥岩, 砂岩等)が厚く分布する地域である。
- また、現在の東西圧縮応力場に調和しない東西方向の褶曲・撓曲構造が認められる。

恵曇地域

境港地域



引用文献および凡例

| 恵曇地域                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 境港地域                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>鹿野・中野(1986)</b><br>新第三紀 貫入岩<br>B ドレライト、閃輝緑岩及び火山岩<br>Dolerite, diorite and andesite<br>成相寺層<br>Jp 黒色泥岩、シルト岩及び頁岩 (酸性凝灰岩を含む)<br>Black mudstone, siltstone and shale (with acidic tuff)<br>Jm 流紋岩流紋岩及び大砂岩 (貫入岩を含む)<br>Rhyolite lavas, contemporaneous intrusives and volcaniclastics<br>古浦層<br>Kc 礫岩、砂岩及び火山岩<br>Conglomerate, sandstone and volcaniclastics<br>Ko 砂岩、礫岩及び火山岩<br>Sandstone, conglomerate and volcaniclastics | <b>鹿野・吉田(1985)</b><br>新第三紀 貫入岩<br>B 石英閃輝緑岩、ドレライト、閃輝緑岩、玄武岩、火山岩<br>Quartz diorite, dolerite, porphyrite, basalt, and andesite<br>古江層<br>Fu 泥岩及びシルト岩<br>Mudstone and siltstone<br>牛切層<br>Us 泥岩・シルト岩・砂岩・酸性凝灰岩正層<br>Alternations of argillaceous rocks, sandstone and acidic tuff<br>成相寺層<br>Jm 黒色泥岩・シルト岩及び頁岩 (流紋岩凝灰岩を含む)<br>Black mudstone, siltstone and shale (with rhyolite tuff)<br>Jp 流紋岩大砂岩及び流紋岩 (泥質岩を含む)<br>Volcaniclastic rocks and lavas of rhyolite (with argillaceous rocks)<br>Jr 流紋岩砂岩及び大砂岩 (貫入岩を含む)<br>Lavas, contemporaneous intrusive rocks and volcaniclastic rocks of rhyolite<br>古浦層<br>Ko 砂岩、礫岩、火山岩、テサイサイト砂岩・泥岩及びシルト岩<br>Sandstone, conglomerate, andesite to dacite volcaniclastic rocks, mudstone and siltstone |

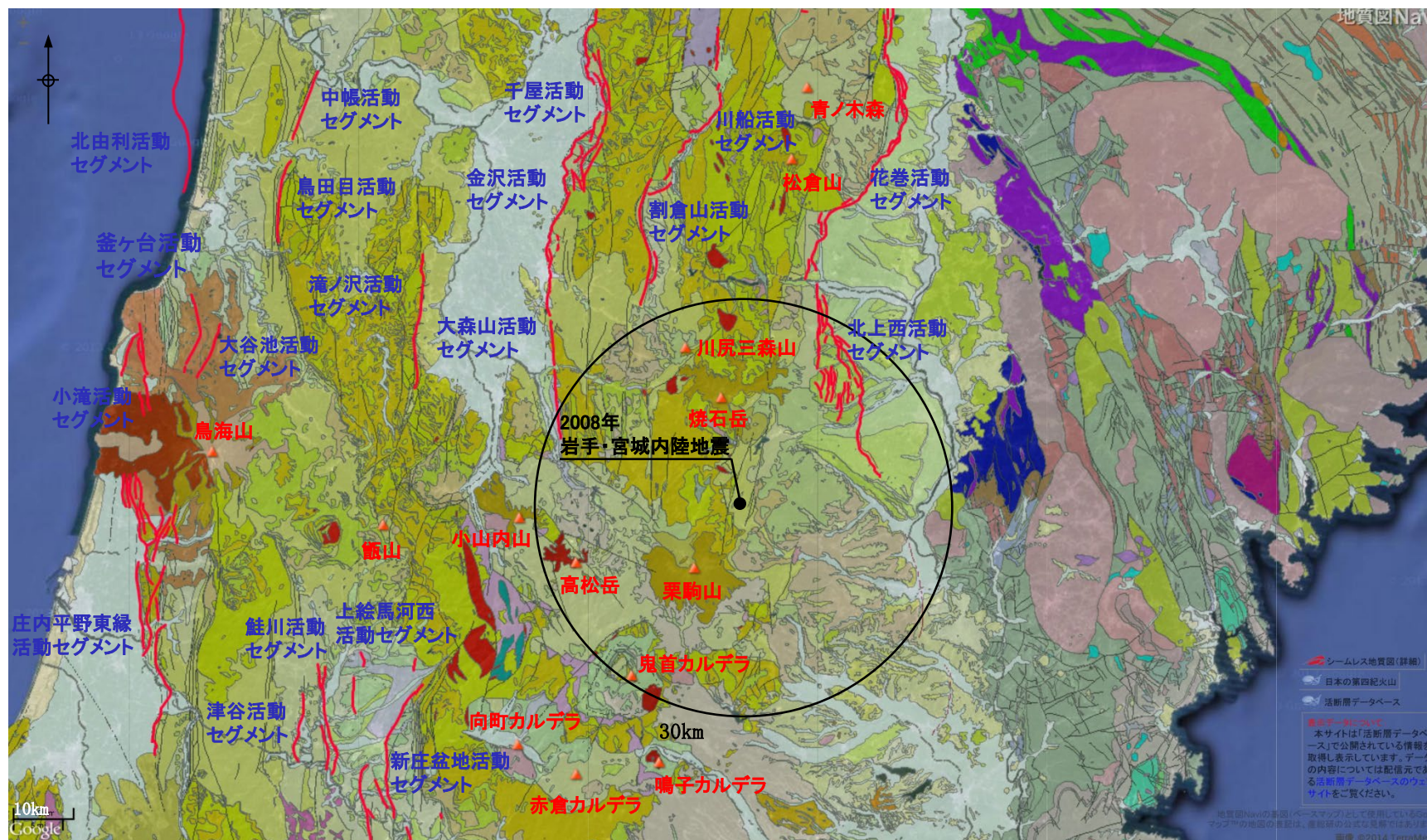
鹿野和彦・吉田史郎(1985): 境港地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所  
 鹿野和彦・中野俊(1986): 恵曇地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所

鹿野・吉田(1985), 鹿野・中野(1986)より引用・加筆



## 2008年岩手・宮城内陸地震(震源域周辺の広域の活断層分布)

■ 岩手・宮城内陸地震の震源域周辺は、南北走向の逆断層が多数発達している。

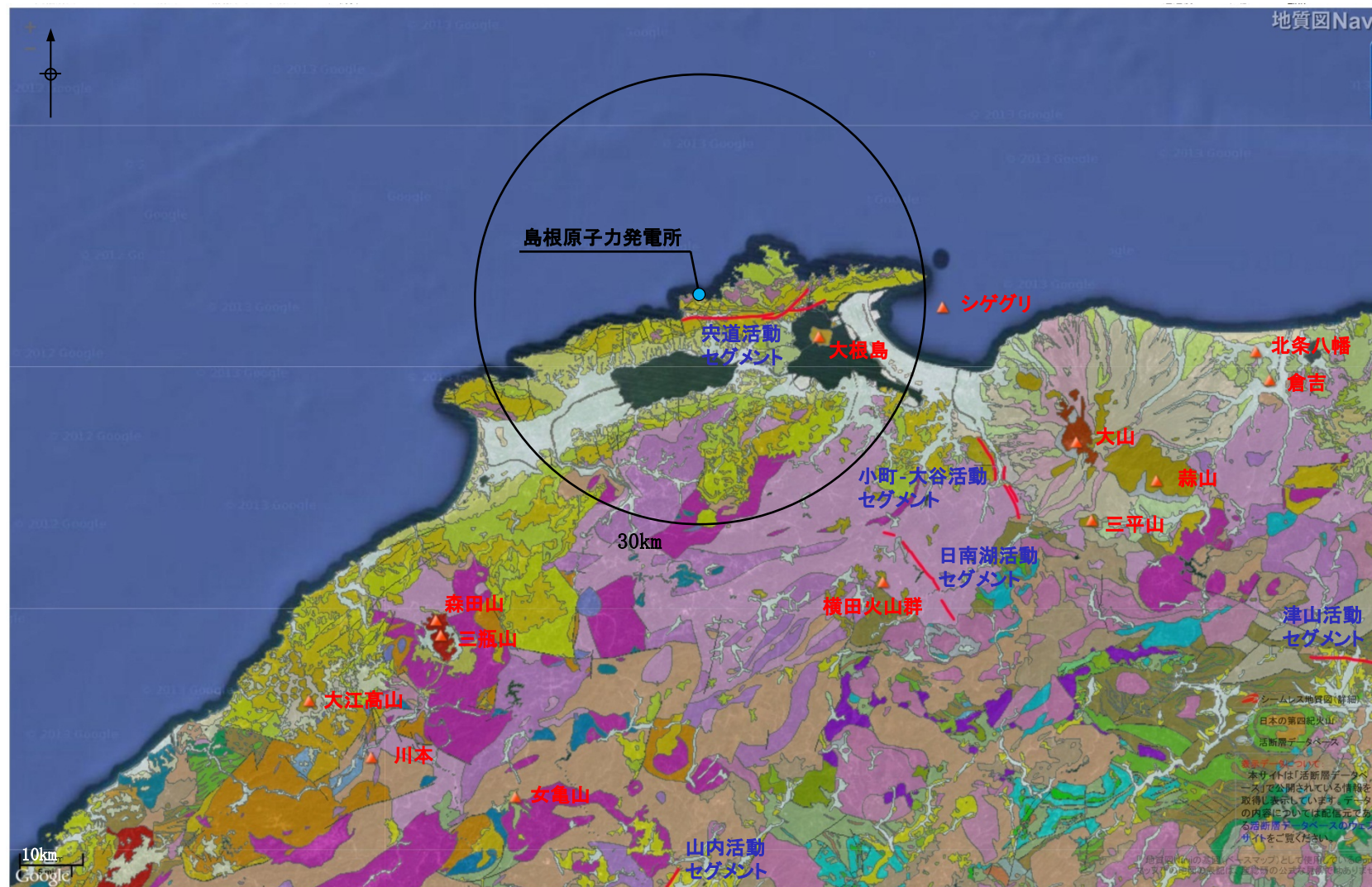


\*産業技術総合研究所地質調査総合センター(編)(2012)20万分の1日本シームレス地質図に一部加筆



## 2008年岩手・宮城内陸地震(島根原子力発電所周辺の広域の活断層分布)

■ 一方、島根原子力発電所周辺は、主として右横ずれ断層が認められる。



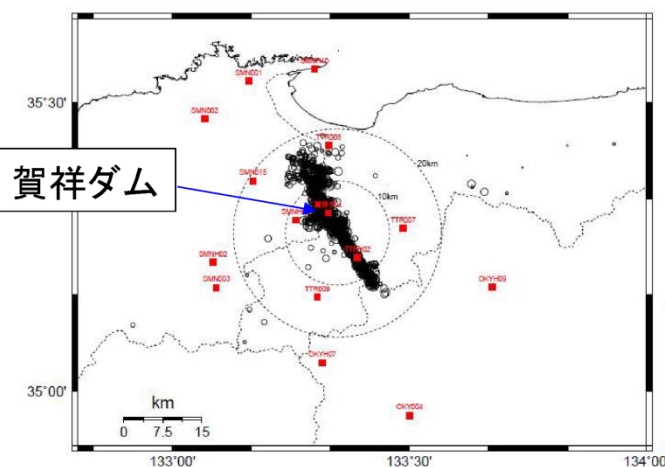
\*産業技術総合研究所地質調査総合センター(編)(2012)20万分の1日本シームレス地質図に一部加筆

## 2000年鳥取県西部地震(観測記録の収集:賀祥ダム)

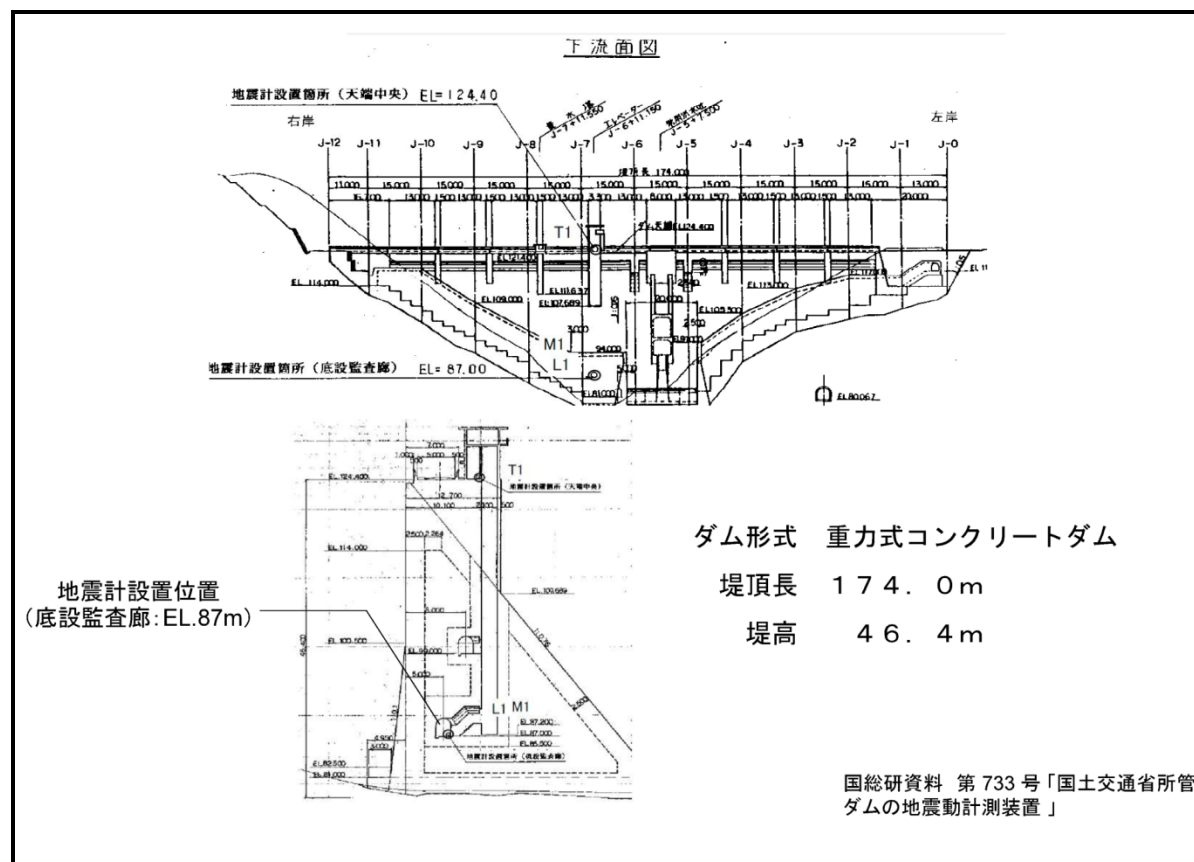
■ 賀祥ダムは、2000年鳥取県西部地震の震源直上に位置している。

## 賀祥ダムの概要

|         |            |
|---------|------------|
| 所在地     | 鳥取県        |
| 水系名     | 日野川        |
| 河川名     | 法勝寺川       |
| 竣工年     | 1989       |
| 最低基礎面標高 | E.L.78.0m  |
| 天端標高    | E.L.124.4m |
| 堤高      | 46.4m      |



賀祥ダムの位置

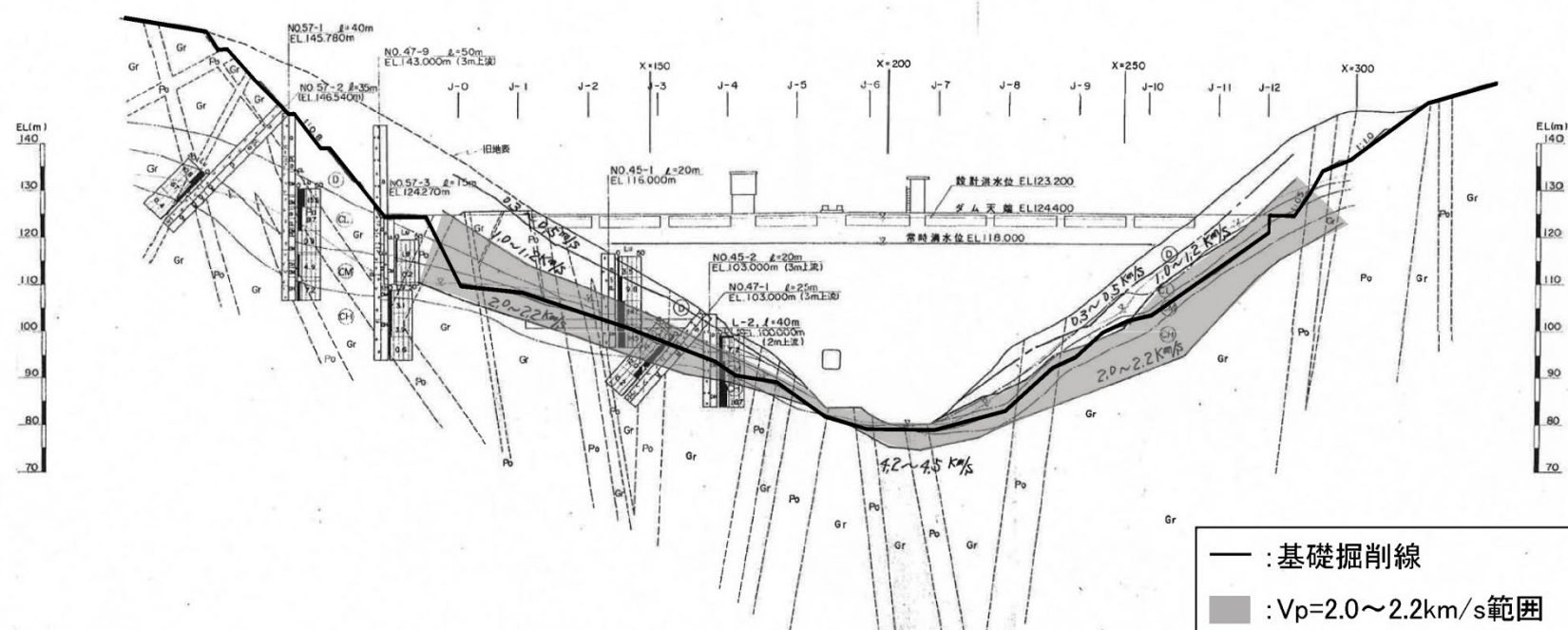


賀祥ダムの構造



## 2000年鳥取県西部地震(観測記録の収集:賀祥ダム)

- 弾性波探査の結果, 4つの速度層に区分され, ダム基礎が設置されている第3速度層は,  $V_p=2.0\sim 2.2\text{km/s}$ のCM級岩盤とされている。



弾性波速度と岩盤の関係

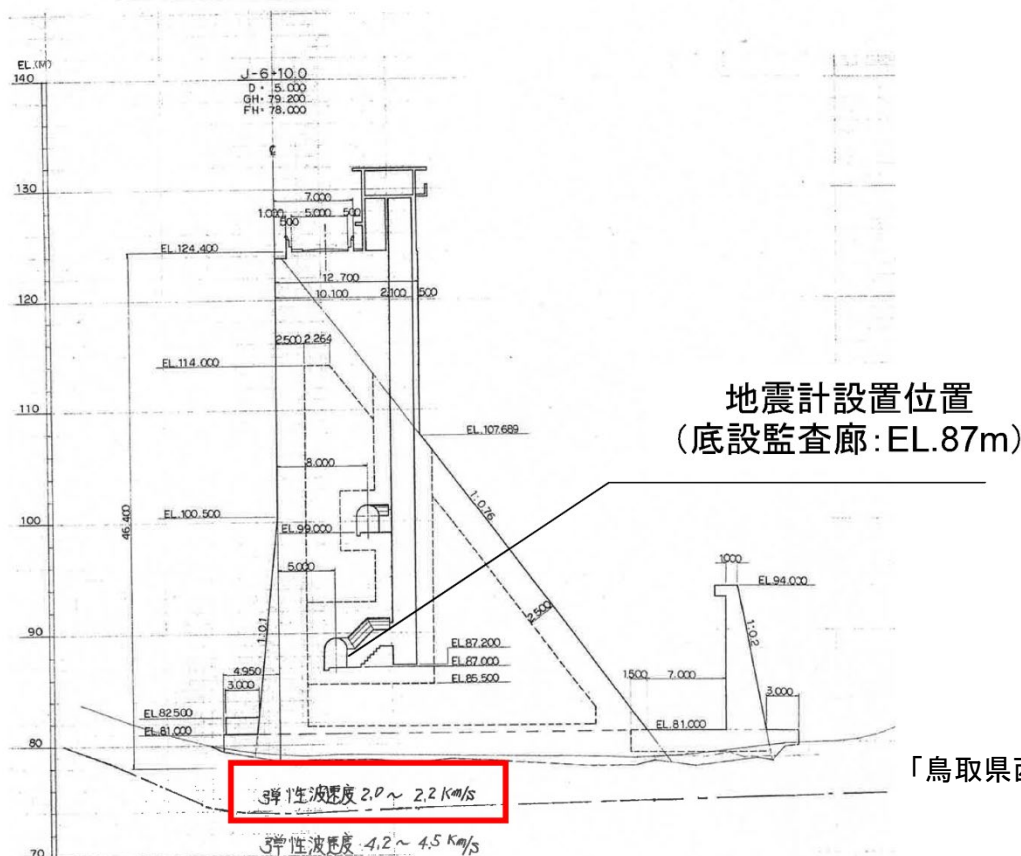
| 速度層名  | 速度<br>(km/sec) | 層厚   |       | 岩級<br>区分          |
|-------|----------------|------|-------|-------------------|
|       |                | 左岸   | 右岸    |                   |
| 第1速度層 | 0.3~0.8        | 3~15 | 5~10  | C <sub>L</sub>    |
| 第2速度層 | 1.0~1.2        | 5~15 | 10~15 |                   |
| 第3速度層 | 2.0~2.2        |      |       | C <sub>M</sub>    |
| 第4速度層 | 3.6~4.5        |      |       | C <sub>H</sub> 以上 |

「鳥取県西部総合事務所」提供資料による

## 2000年鳥取県西部地震(観測記録の収集:賀祥ダム)

- 賀祥ダム堤体は、基礎岩盤として $V_p=2.0\sim 2.2\text{km/s}$ のCM級岩盤に設置されているため、監査廊における観測記録は、ダム構造物の影響が全くないとはいえないものの、島根原子力発電所の解放基盤表面( $V_s=1.52\text{km/s}$ )に比べれば、速度の遅い岩盤上( $V_s=1.2\sim 1.3\text{km/s}$ 程度)の記録であると考えられることから、観測記録をそのまま検討対象にすることは問題ないと判断した。

ダム断面図



ダム堤体底部はCM級岩盤に設置  
 $V_p=2.0\sim 2.2\text{km/s}$



$V_p$ と $V_s$ の一般的な関係式  
( $V_p=1.73 \times V_s$ )を適用

$V_s=1.2\sim 1.3\text{km/s}$

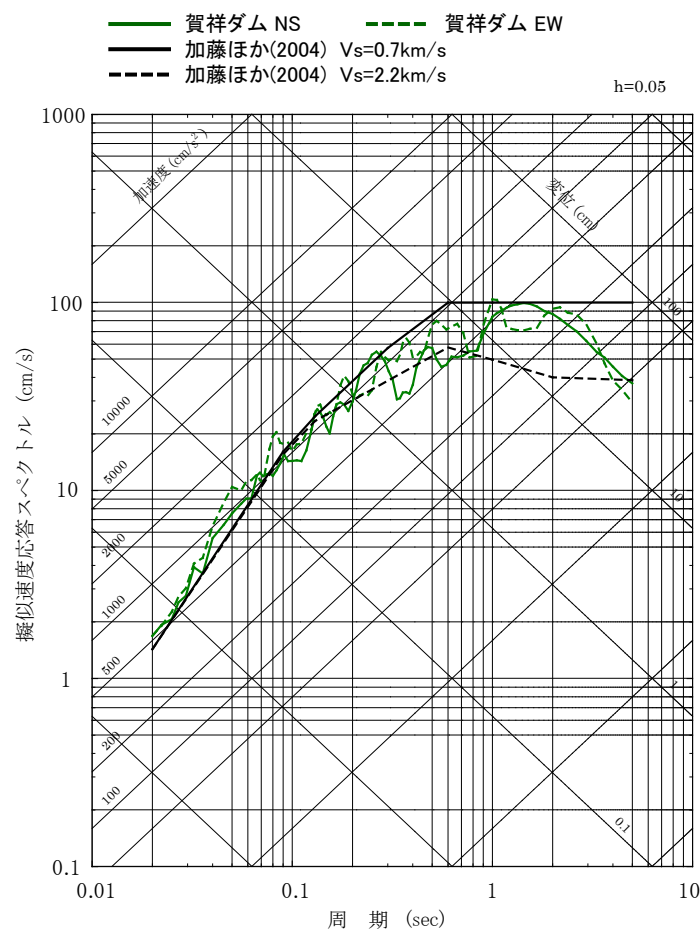
「鳥取県西部総合事務所」提供資料による

弾性波探査結果

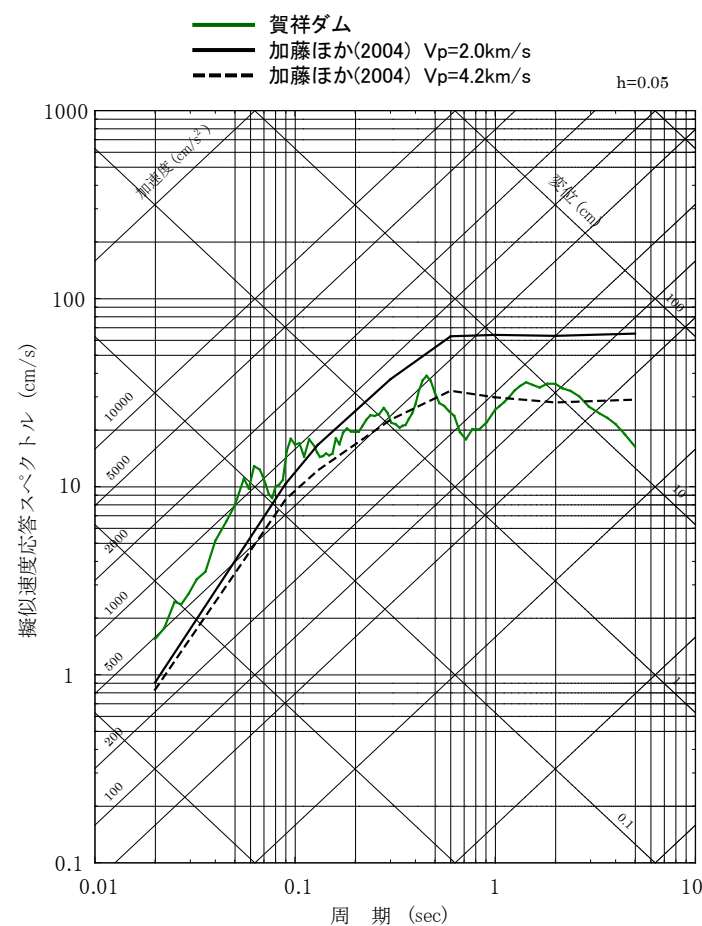


## 2000年鳥取県西部地震(観測記録の収集:賀祥ダム)

■ 賀祥ダム(監査廊)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

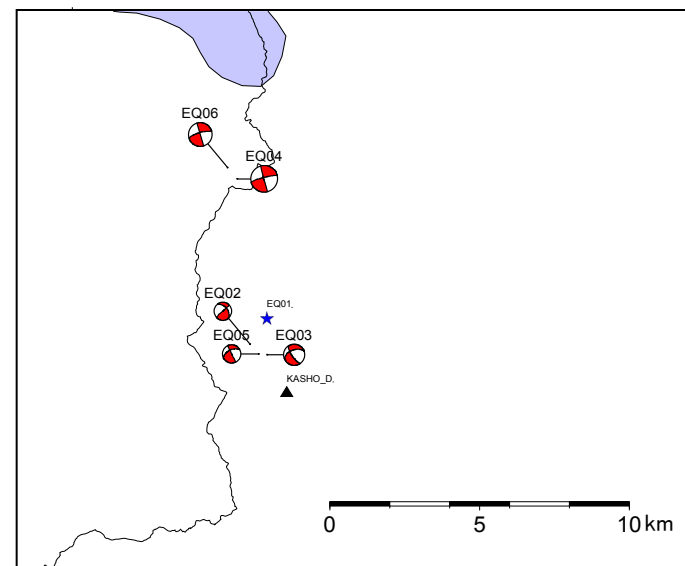
賀祥ダム(監査廊)の観測記録の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較

## 2000年鳥取県西部地震(追加検討:賀祥ダム)

- 賀祥ダム(監査廊)の観測記録について、非線形性の影響が見られるか確認するため、2000年鳥取県西部地震の本震と余震における賀祥ダム(監査廊)の観測記録に基づくH/Vスペクトルを比較する。
- 2000年鳥取県西部地震の余震については、以下に示す6地震を検討対象とする。

検討対象地震の諸元

| ID | 発震年月日・時刻 |    |    |    |    |       | 震央位置 |       |     |       | 深さ<br>(km) | Mj  |
|----|----------|----|----|----|----|-------|------|-------|-----|-------|------------|-----|
|    | 年        | 月  | 日  | 時  | 分  | 秒     | 緯度   |       | 経度  |       |            |     |
| 本震 | 2000     | 10 | 6  | 13 | 30 | 17.94 | 35   | 16.45 | 133 | 20.94 | 8.96       | 7.3 |
| 01 | 2000     | 10 | 6  | 21 | 28 | 59.89 | 35   | 19.56 | 133 | 19.30 | 6.75       | 3.8 |
| 02 | 2000     | 10 | 7  | 12 | 14 | 23.58 | 35   | 19.10 | 133 | 18.93 | 6.43       | 3.3 |
| 03 | 2000     | 10 | 7  | 18 | 32 | 11.44 | 35   | 18.90 | 133 | 19.31 | 7.53       | 4.0 |
| 04 | 2000     | 10 | 8  | 20 | 51 | 17.10 | 35   | 22.13 | 133 | 18.64 | 8.30       | 5.2 |
| 05 | 2000     | 10 | 10 | 2  | 26 | 16.80 | 35   | 18.92 | 133 | 19.12 | 5.97       | 3.3 |
| 06 | 2000     | 10 | 10 | 21 | 57 | 59.53 | 35   | 22.34 | 133 | 18.43 | 9.86       | 4.4 |

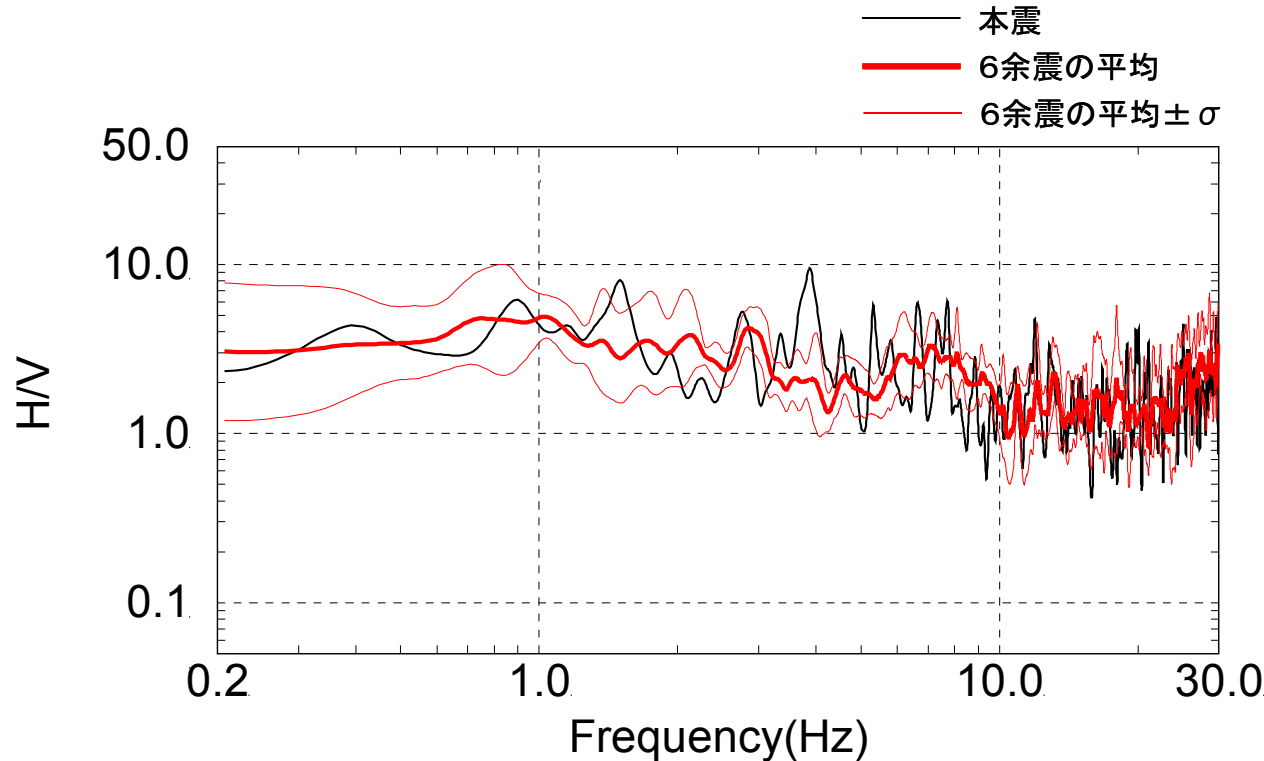


検討対象地震の震央分布



## 2000年鳥取県西部地震(追加検討: 賀祥ダム)

- 2000年鳥取県西部地震の本震と余震における賀祥ダム(監査廊)の観測記録に基づくH/Vスペクトルを比較すると、概ね同様の結果となっていることから、本震の観測記録には非線形性は見られないと考えられる。



H/Vスペクトルの比較(2000年鳥取県西部地震の本震, 余震)



賀祥ダム(監査廊)の観測記録については、非線形化していない岩盤上の記録と考えられる。

## 2004年北海道留萌支庁南部地震(概要)

## ■ 概要(発生日時, 地震規模等)

## 1. 地震発生日時 (気象庁他)

- ・発生日時: 平成16年12月14日 14時56分頃
- ・地震規模: Mj6.1 (Mw5.7)
- ・震源深さ: 約9km
- ・震源位置: 北緯44.077°、東経141.7°

## 2. 各地の震度及び被害状況

各地の震度(気象庁)は以下のとおり。

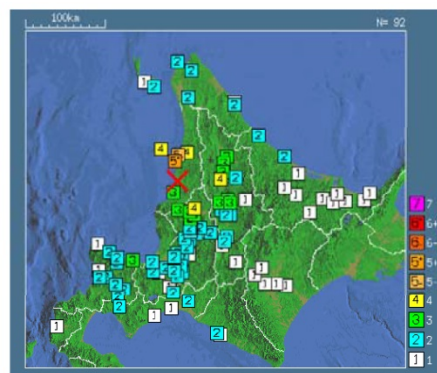
- ・震度5強: 苫前町
- ・震度5弱: 羽幌町
- ・震度4: 初山別村、剣淵町、秩父別町
- ・地震による津波の発生はなし

被害状況(消防庁)は以下のとおり。

- ・住宅全壊・半壊: 0棟
- ・住宅一部損壊: 165棟  
(内訳: 小平町 121棟, 苫前町 17棟, 羽幌町 27棟)
- ・負傷者8名(家具の下敷き、転倒による打撲等)
- ・コンビナート関係等異常なし

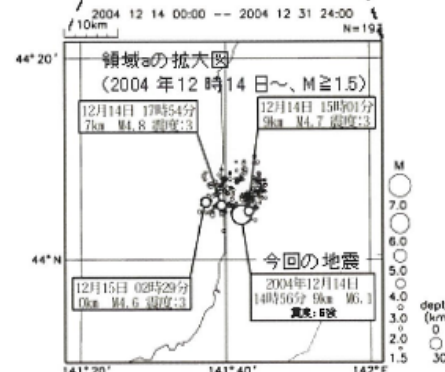
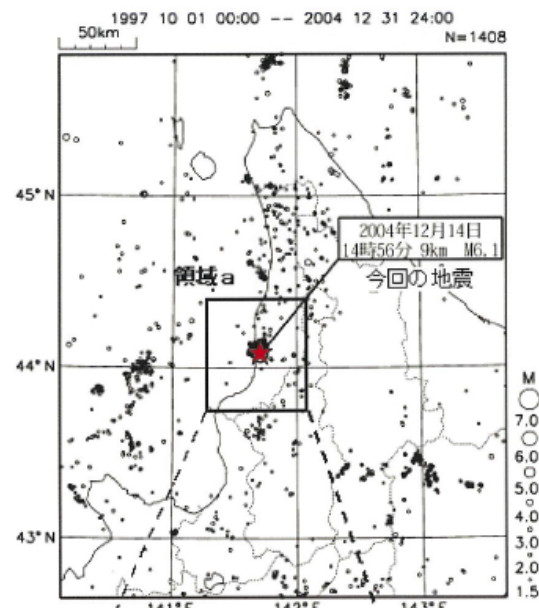
## 3. 地震発生メカニズム (気象庁)

- ・発震機構解より、東南東-西北西方向に圧力軸を持つ逆断層型の地震。
- ・本震位置より60km南方で1995年に発生したM5.9の地震の発震機構解は東西圧縮の逆断層型であり、この地域の東西圧縮の応力場と調和的である。
- ・北海道内陸西部では、やや規模の大きな地震は、歪み集中帯で発生するようである。

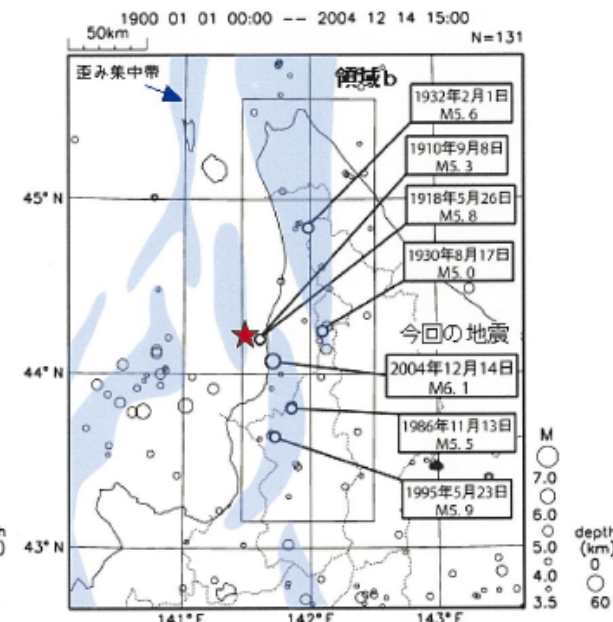


気象庁 震度データベースによる震度分布

震央分布図(1997年10月～, M≥1.5)

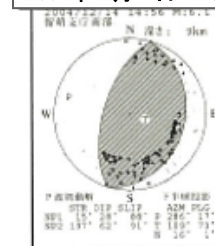
2004年北海道留萌支庁南部地震及び  
周辺で発生した主な地震

震央分布図(1900年～, M≥3.5)

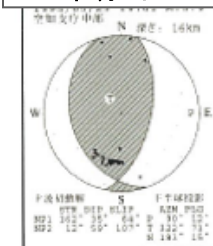


※ 震央分布図に表記した歪み集中帯のデータは、『日本海東縁の活断層と地震テクトニクス』(東京大学出版会, 2002)を使用した。

2004年12月14日 M6.1



1995年5月23日 M5.9



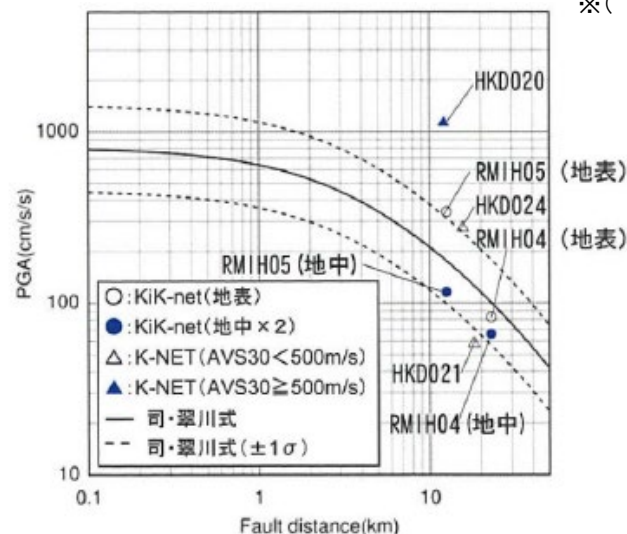
## 2004年北海道留萌支庁南部地震(観測記録) 1/4

- 震源距離が30km以内の観測記録としては下表の5記録となる。
- このうち、震源近傍に位置するHKD020(港町)においては、最大加速度 $1127.2\text{cm/s}^2$ が観測されており、司・翠川(1999)の距離減衰式の $+1\sigma$ を上回る。

断層最短距離が30km以内の観測記録

| 観測点                |        |     | 震源<br>距離<br>(km) | AVS30<br>(m/s) | 最大加速度 (Gal) ※   |                 |                |
|--------------------|--------|-----|------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
|                    |        |     |                  |                | 水平 (NS)         | 水平 (EW)         | 鉛直 (UD)        |
| K-NET<br>(地表)      | HKD020 | 港町  | 12.1             | 562.7          | 535.7           | 1127.2          | 368.4          |
|                    | HKD024 | 達布  | 15.6             | 337.2          | 184.9           | 274.0           | 73.5           |
|                    | HKD021 | 留萌  | 18.1             | 302.0          | 57.5            | 44.6            | 20.0           |
| KiK-net<br>(地表・地中) | RMIH05 | 小平西 | 12.5             | 218.1          | 340.4<br>(57.8) | 236.1<br>(36.8) | 66.2<br>(27.4) |
|                    | RMIH04 | 小平東 | 22.8             | 543.3          | 83.0<br>(23.8)  | 81.8<br>(32.7)  | 36.5<br>(25.9) |

※( )の数値は地中記録を示す

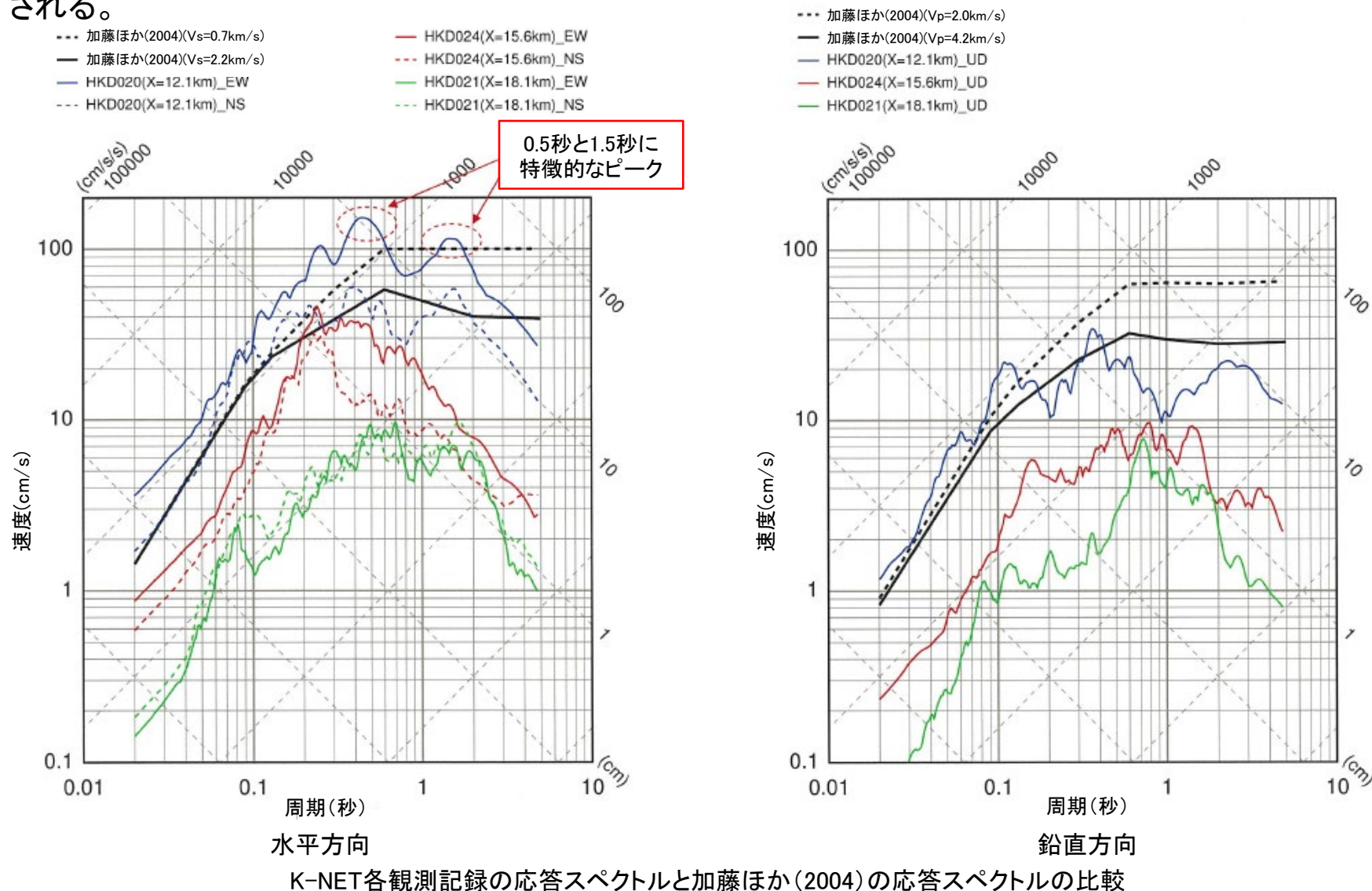


司・翠川(1999)の距離減衰式との関係



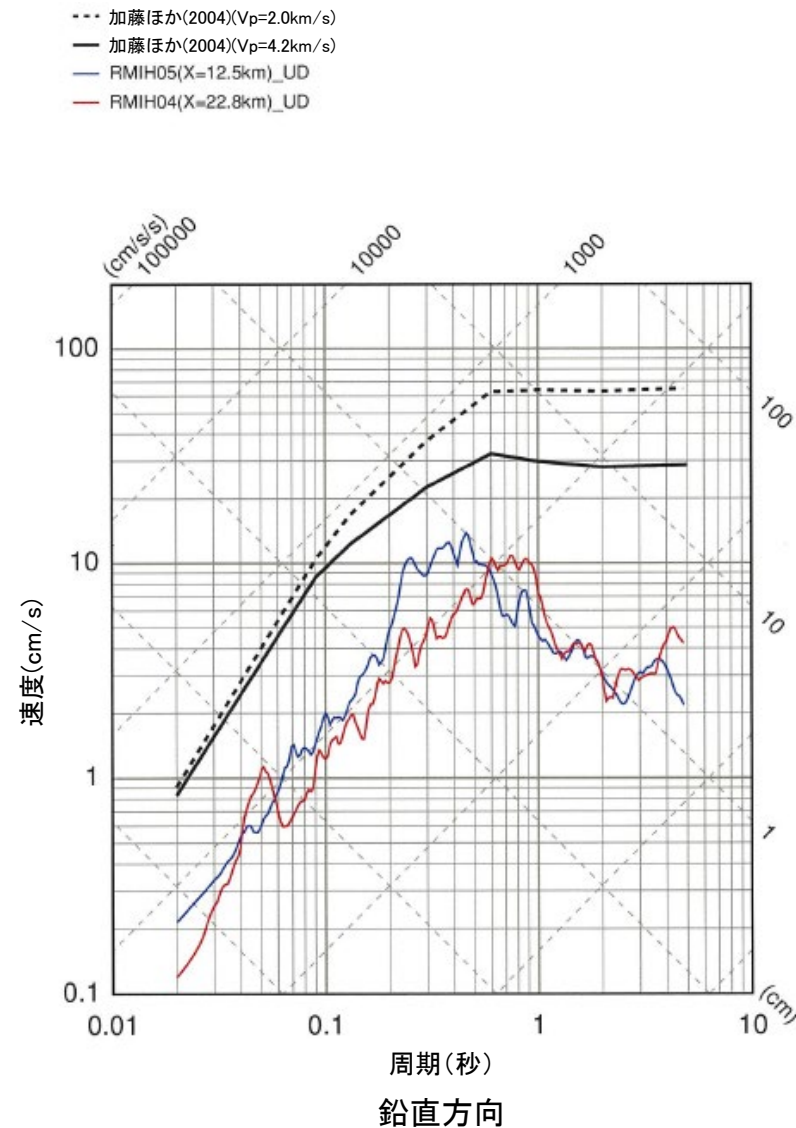
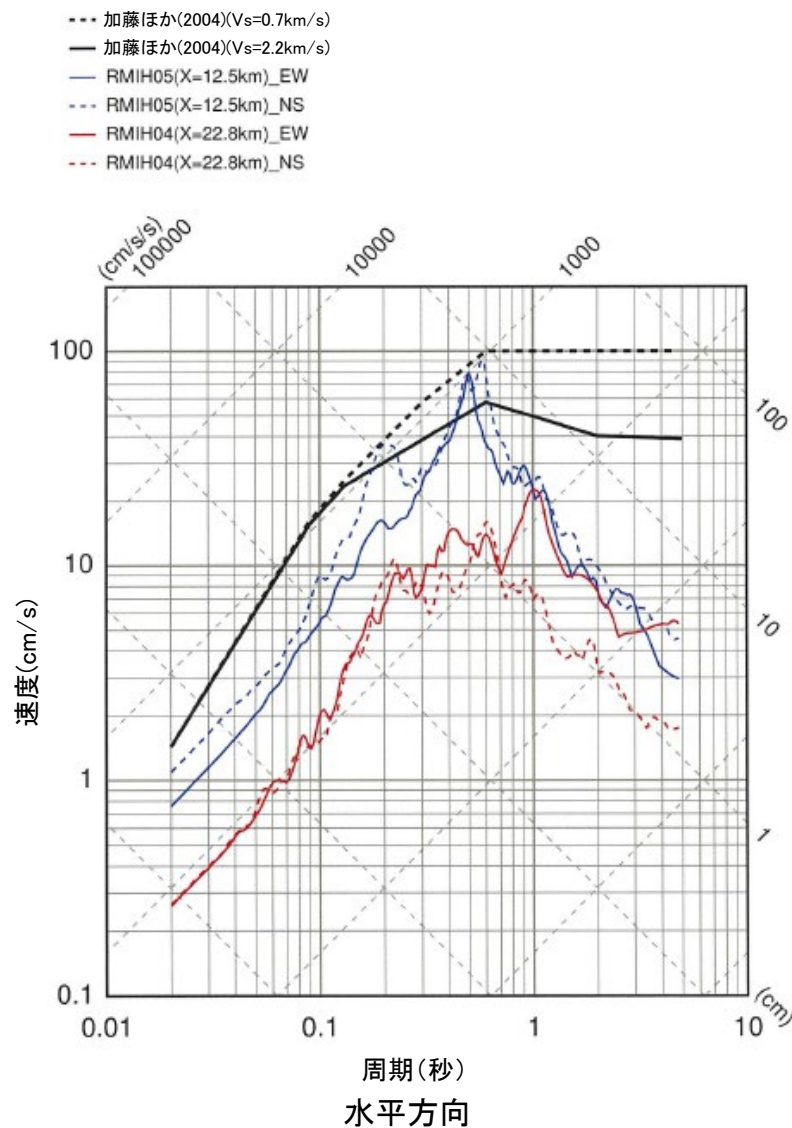
## 2004年北海道留萌支庁南部地震(観測記録) 2/4

- K-NET観測点の観測記録のうち, HKD020(港町)の観測記録は, 加藤ほか(2004)の応答スペクトルを大きく上回る。また, HKD024(達布)の観測記録は, HKD020(港町)のEW成分の観測記録に包絡される。



## 2004年北海道留萌支庁南部地震(観測記録) 3/4

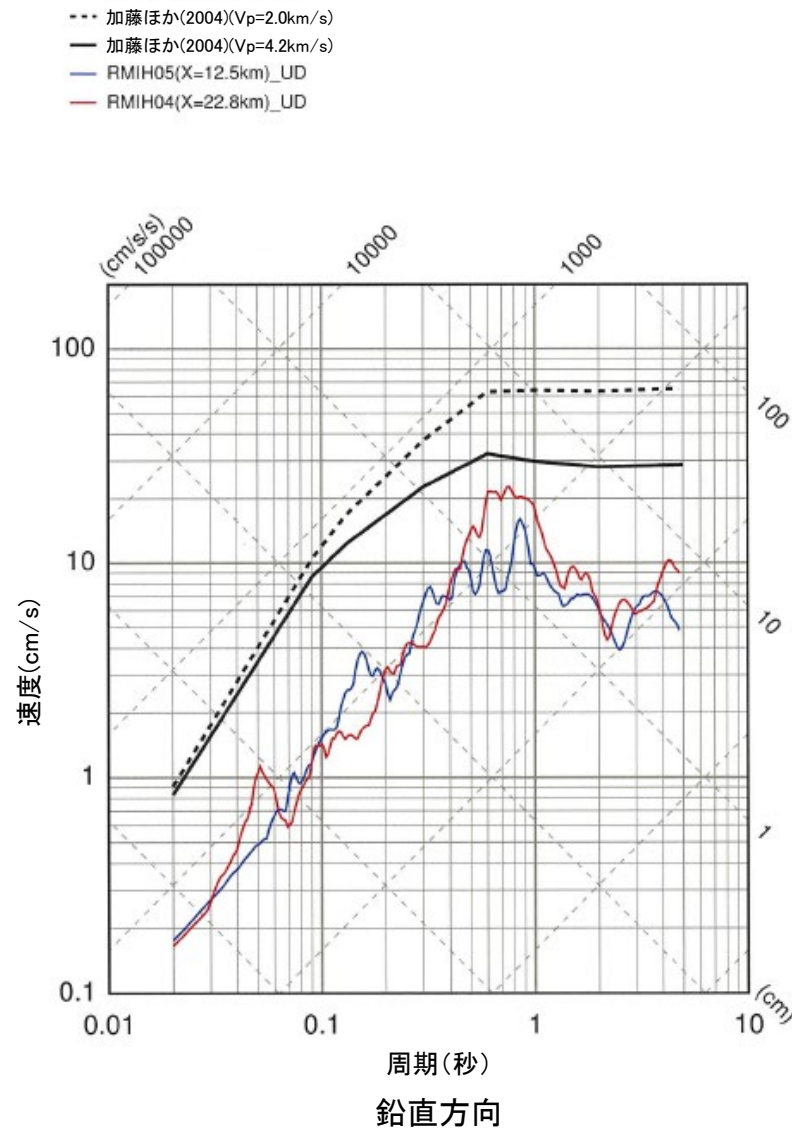
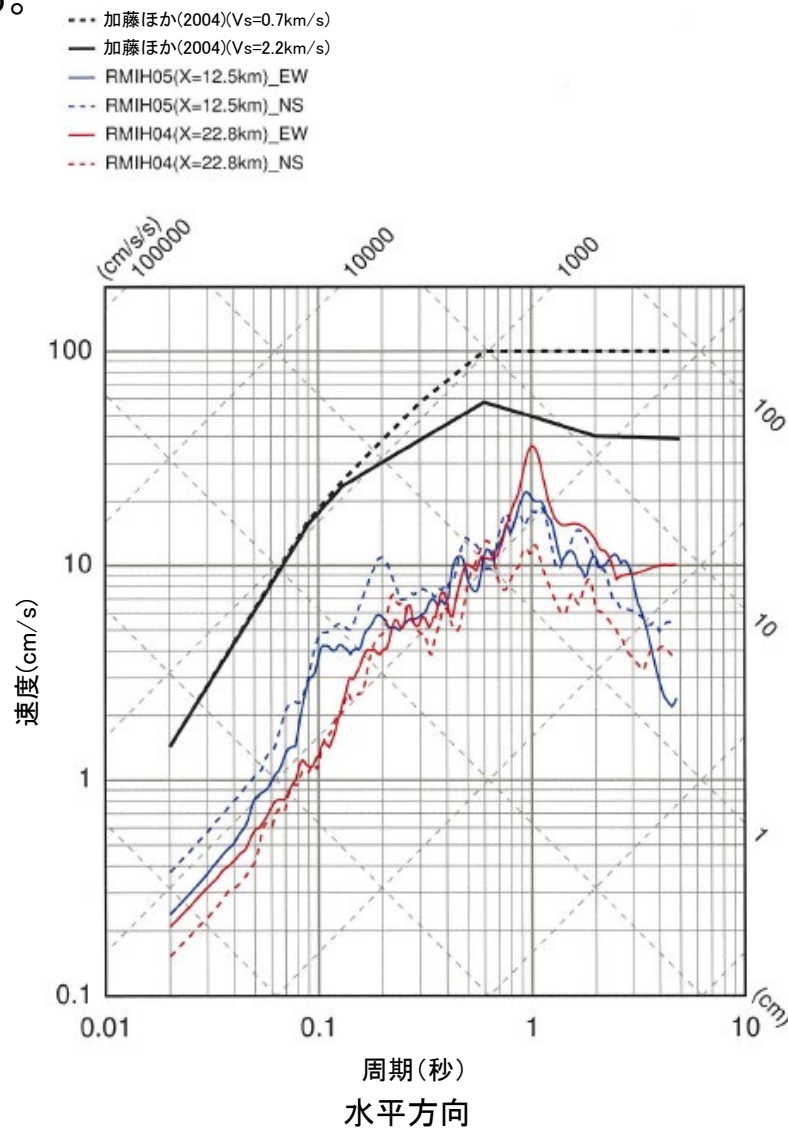
■ KiK-net観測点の地表観測記録は、すべて加藤ほか(2004)の応答スペクトルに包絡される。



KiK-net各観測記録(地表)の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較

## 2004年北海道留萌支庁南部地震(観測記録) 4/4

■ KiK-net観測点の地中観測記録(地中×2)は、すべて加藤ほか(2004)の応答スペクトルに包絡される。



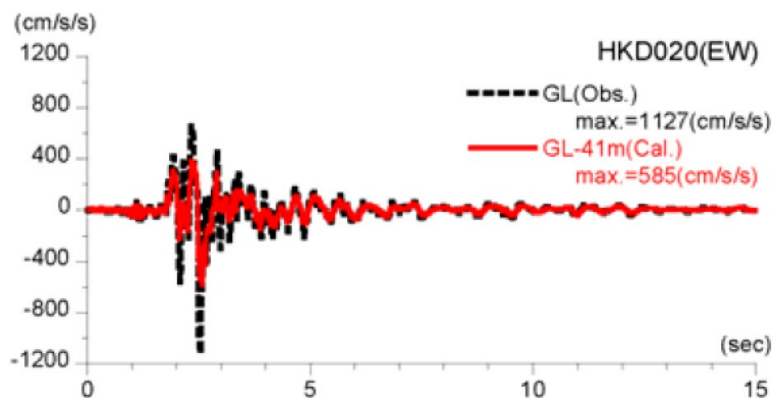
KiK-net各観測記録(地中×2)の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較



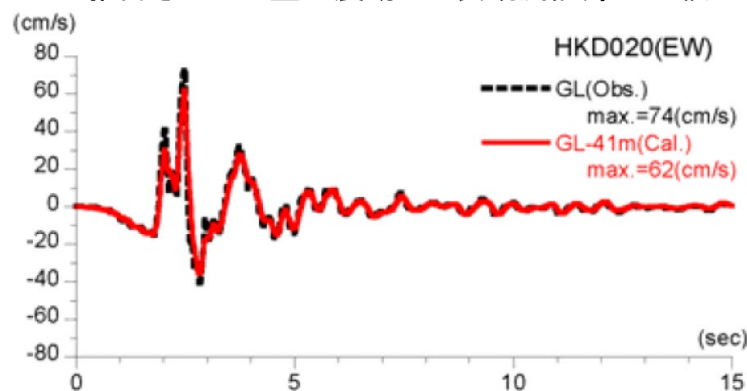
## 2004年北海道留萌支庁南部地震(佐藤ほか(2013)) 1/2

## ■ 佐藤ほか(2013): GL-6mまで非線形性考慮

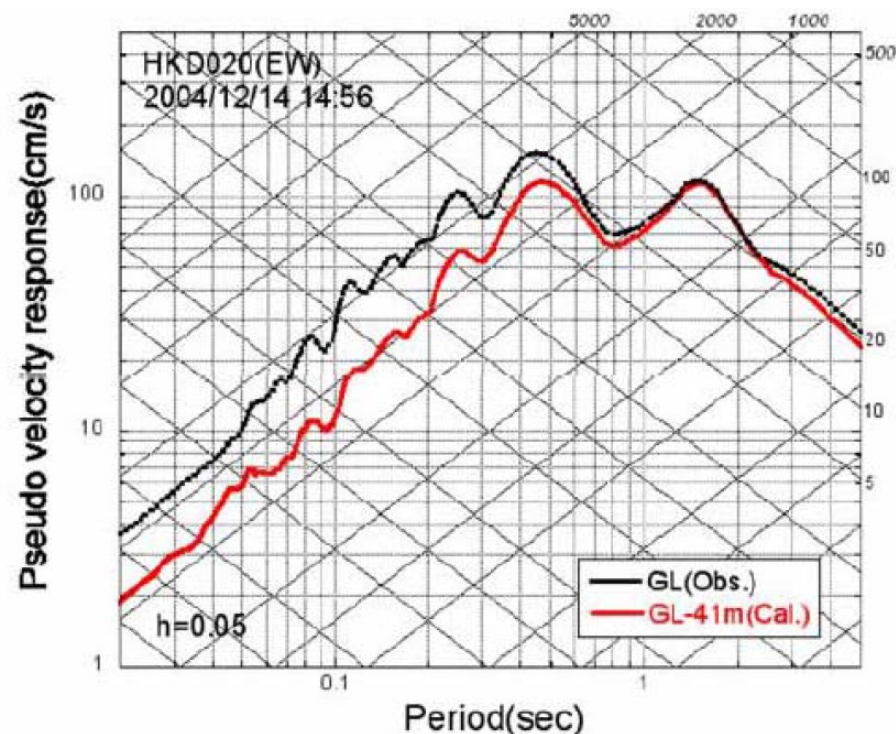
- 等価線形解析により, 地表観測記録(EW成分)からGL-41mの基盤地震動を評価している。
- はざとり結果の最大加速度は $585\text{cm/s}^2$ で, 地表観測記録の約1/2となっている。



推計された基盤地震動と地表観測記録の比較



速度に変換した基盤地震動と地表観測記録の比較



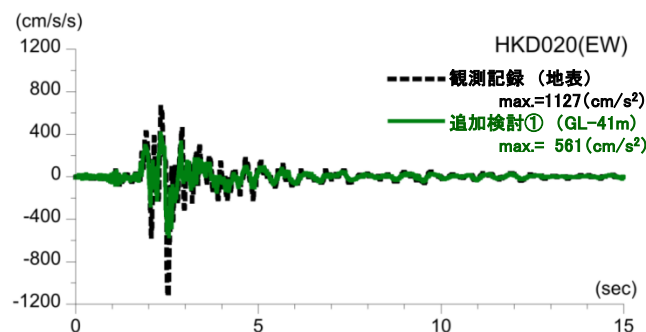
擬似速度応答スペクトルの比較

2004年留萌地震時のP波速度と減衰定数

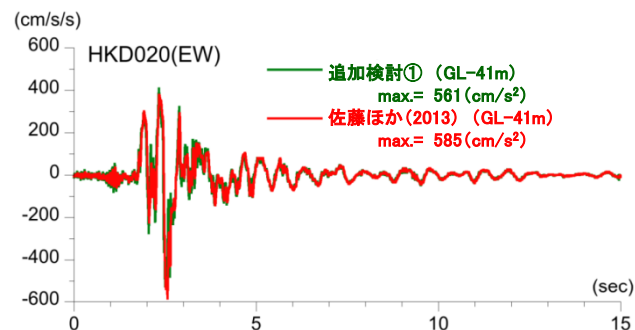
## 2004年北海道留萌支庁南部地震(追加検討①) 1/2

## ■ 追加検討①: GL-41mまで非線形性考慮

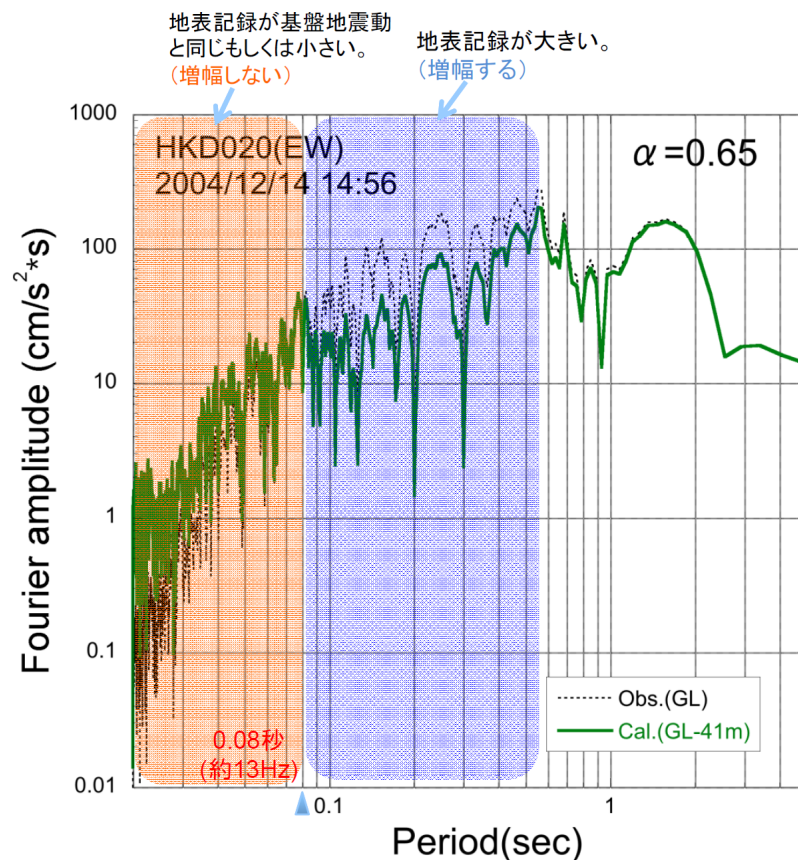
GL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動の最大加速度は $561\text{cm/s}^2$ となっており、佐藤ほか(2013)による基盤地震動( $585\text{cm/s}^2$ )と比較すると、やや小さく評価された。



地表観測記録と基盤地震動の比較



非線形性を考慮した検討と佐藤ほか(2013)の比較



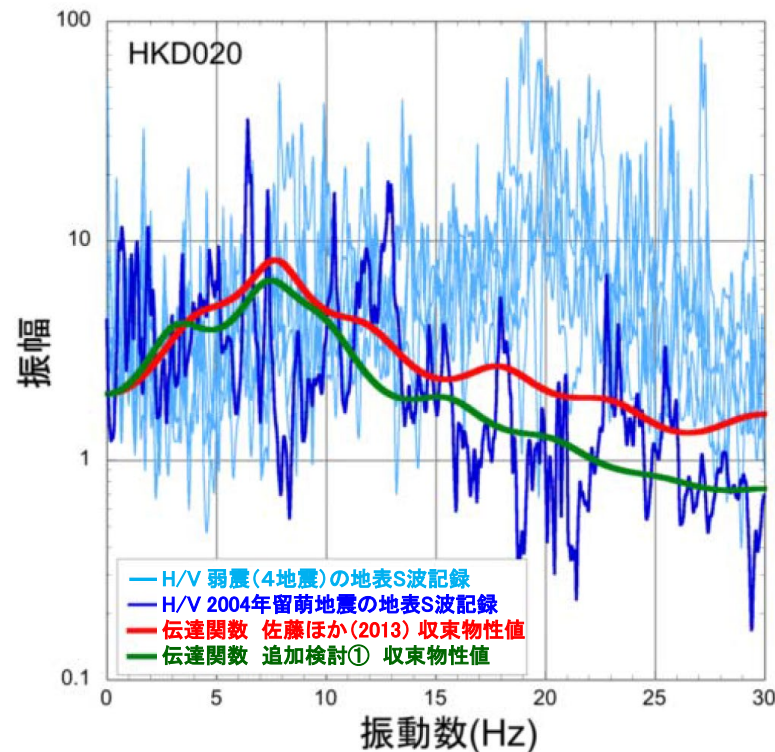
基盤地震動と地表観測記録の加速度フーリエスペクトルの比較



## 2004年北海道留萌支庁南部地震(追加検討①) 2/2

## ■ 追加検討①: GL-41mまで非線形性考慮

GL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価に用いた収束物性値による伝達関数は、佐藤ほか(2013)の物性値による伝達関数と比較して、深部の減衰定数が1%から5%程度になったことにより、10Hzより高振動数側で小さくなっている。

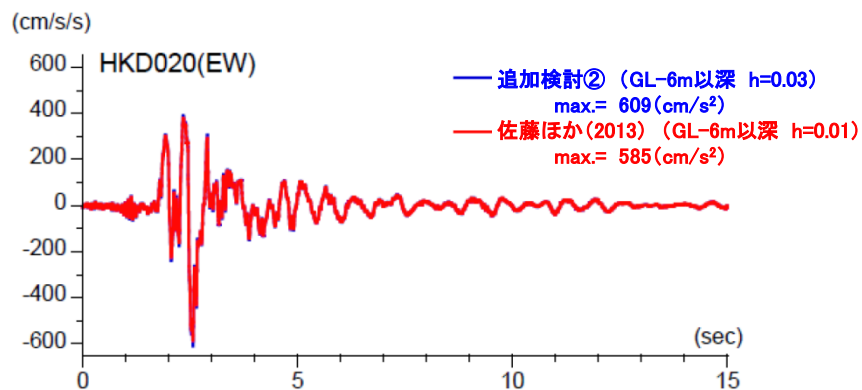


収束物性値による伝達関数とH/Vスペクトルの比較

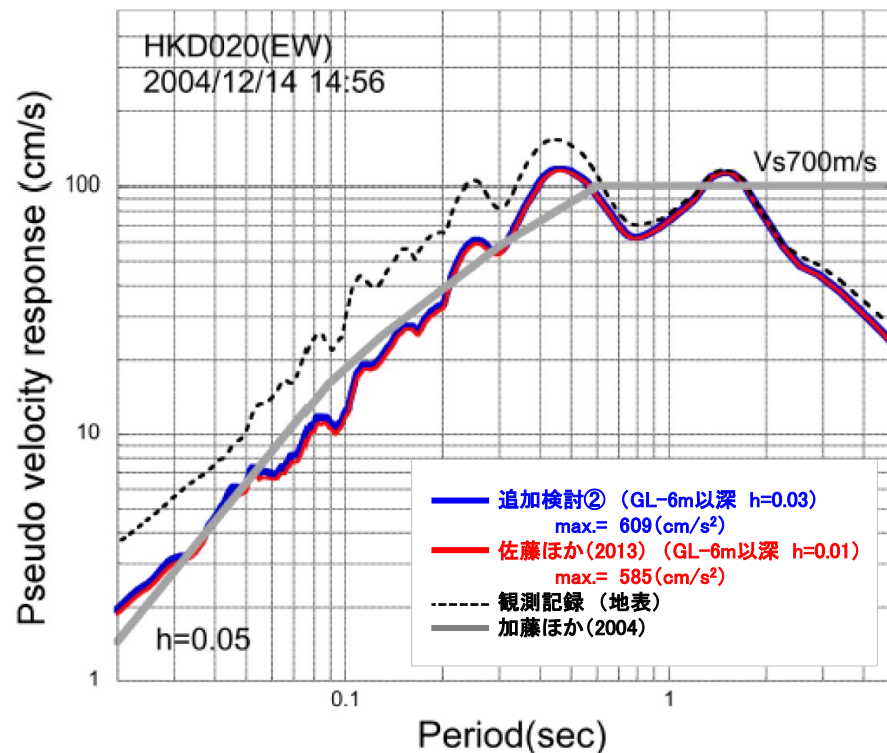
## 2004年北海道留萌支庁南部地震(追加検討②) 1/2

## ■ 追加検討②: 減衰定数の不確かさ考慮

佐藤ほか(2013)の地盤モデルに基づき, GL-6m以深を減衰定数3%とした基盤地震動の最大加速度は $609\text{cm/s}^2$ となっており, 佐藤ほか(2013)による基盤地震動( $585\text{cm/s}^2$ )と比較すると, やや大きく評価されている。また, その応答スペクトルは, 佐藤ほか(2013)による応答スペクトルとほぼ同程度となっている。



加速度時刻歴波形の比較

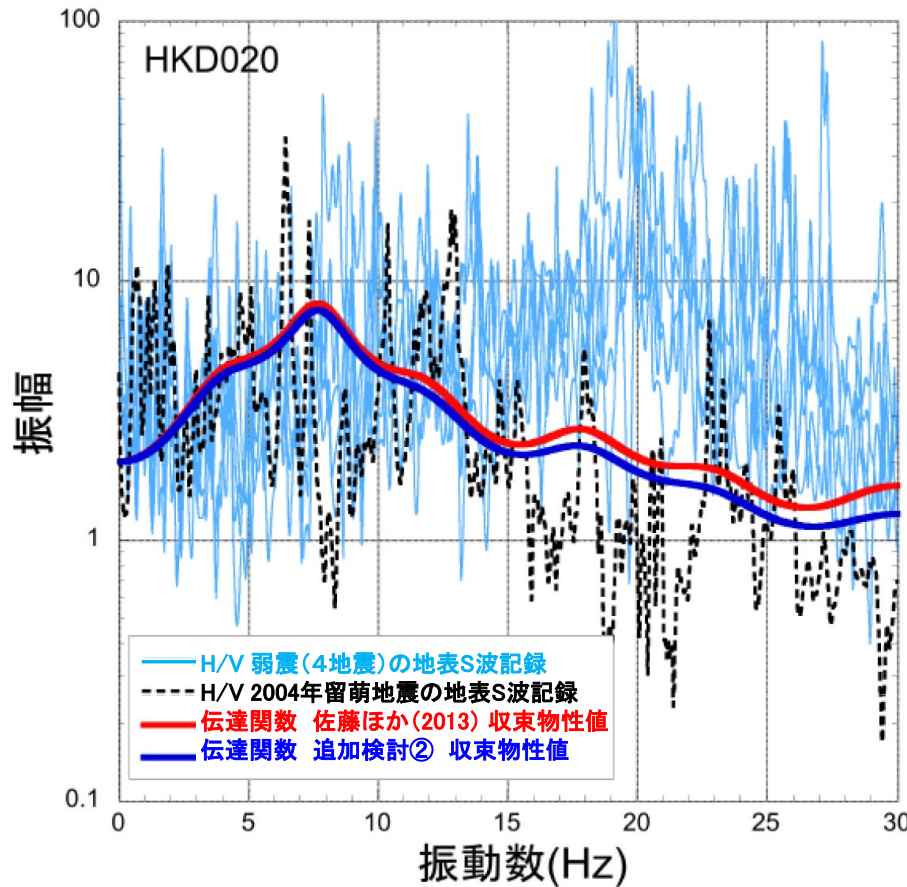


擬似速度応答スペクトルの比較

## 2004年北海道留萌支庁南部地震(追加検討②) 2/2

## ■ 追加検討②: 減衰定数の不確かさ考慮

収束物性値による伝達関数は、佐藤ほか(2013)の物性値による伝達関数と同様に、本震時のH/Vスペクトルの特徴をよく再現していると考えられる。



収束物性値による伝達関数とH/Vスペクトルの比較

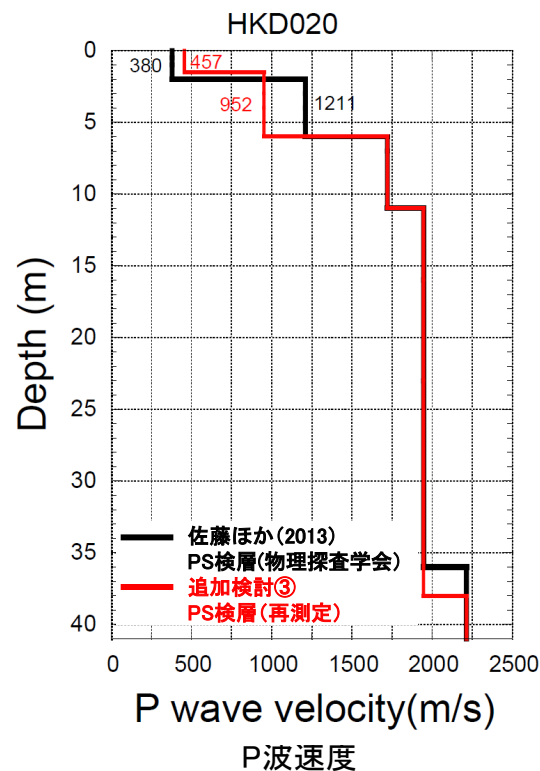


## 2004年北海道留萌支庁南部地震(追加検討③) 1/2

## ■ 追加検討③: 地盤モデル変更による基盤地震動(鉛直方向)評価

- 佐藤ほか(2013)における鉛直方向の基盤地震動の評価結果は、物理探査学会(2013.10)時点での地盤モデルに基づいていたが、笹谷ほか(2008)による位相速度を説明できないことから、佐藤ほか(2013)の報告時点以降に、表層部分のPS検層を再測定した。
- 再測定結果によるGL-6mまでのP波速度は、佐藤ほか(2013)の地盤モデルと異なるため、再測定結果を反映した地盤モデルにより、鉛直方向の基盤地震動を再評価した。

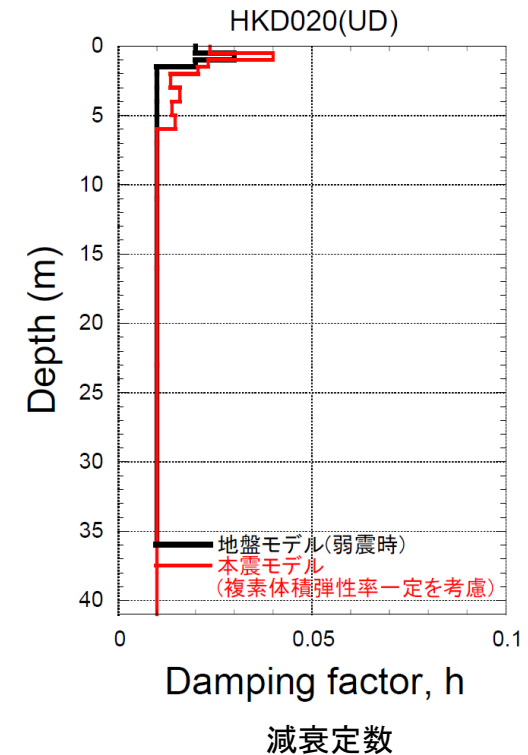
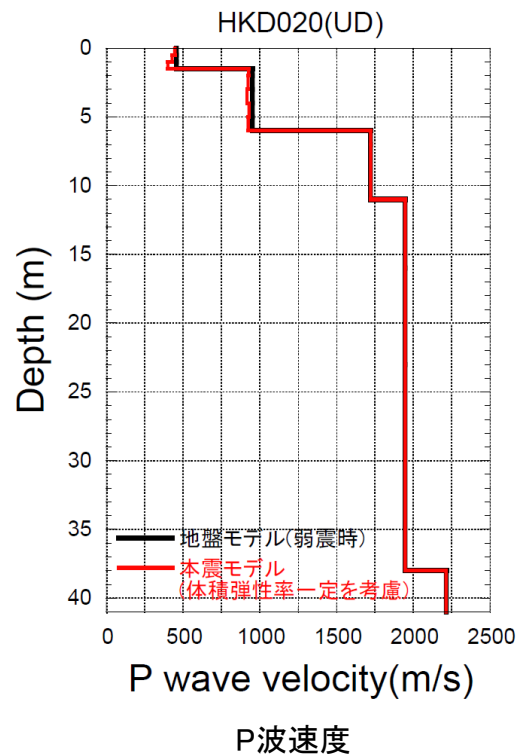
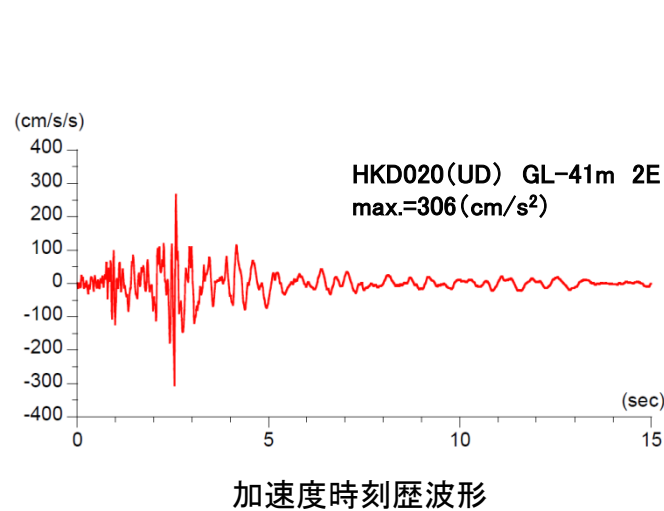
※再測定結果によるS波速度は、佐藤ほか(2013)の地盤モデルとほぼ同様のため変更していない。



## 2004年北海道留萌支庁南部地震(追加検討③) 2/2

## ■ 追加検討③: 地盤モデル変更による基盤地震動(鉛直方向)評価

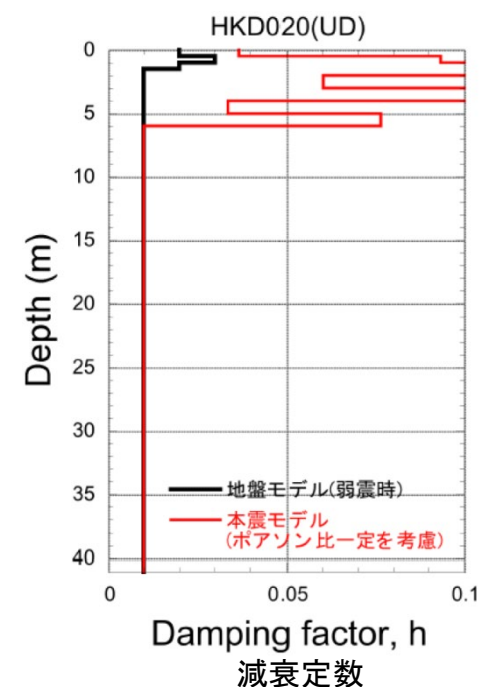
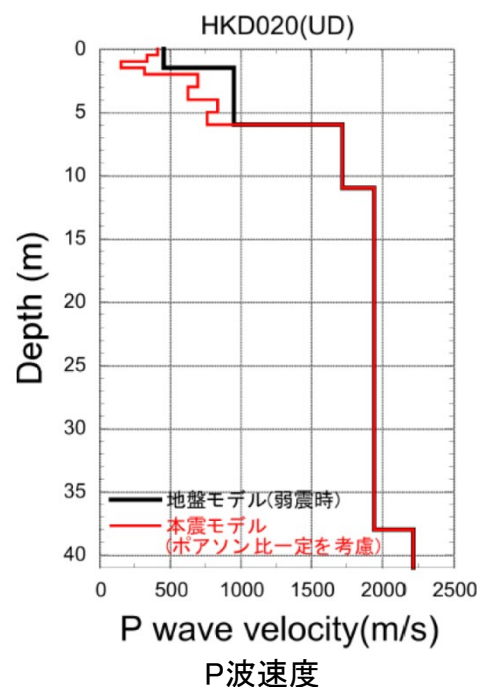
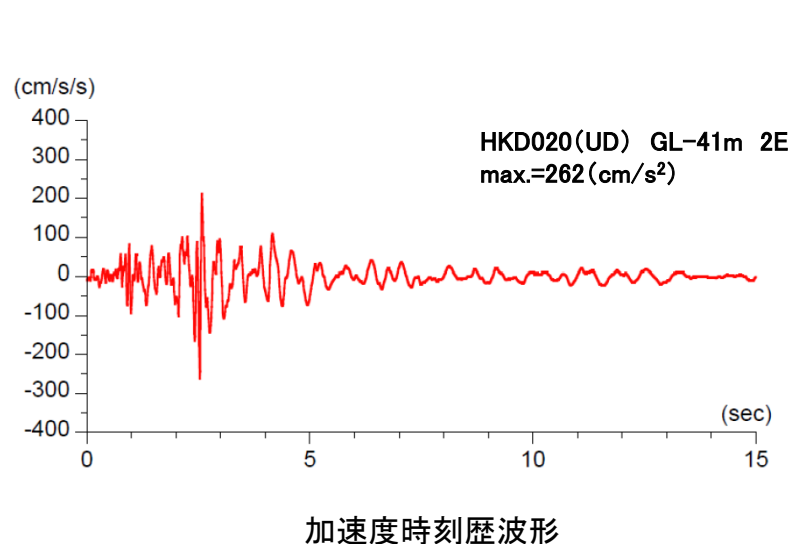
PS検層の再測定結果を反映した地盤モデルを用い、体積弾性率一定としてGL-41mの鉛直方向の基盤地震動を評価した結果、その最大加速度は $306\text{cm/s}^2$ となり、佐藤ほか(2013)による基盤地震動( $296\text{cm/s}^2$ )と比較すると、やや大きく評価された。



## 2004年北海道留萌支庁南部地震(追加検討④)

## ■ 追加検討④: GL-6mまでポアソン比一定とした基盤地震動(鉛直方向)評価

- 佐藤ほか(2013)及び追加検討③における鉛直方向の基盤地震動は、体積弾性率一定として評価しているが、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た場合の鉛直方向の基盤地震動を評価した。
- 体積弾性率一定とした場合と比較して、ポアソン比一定とした場合、S波速度の低下に伴ってP波速度も低下するため、最大加速度は小さくなっている。
- その結果、最大加速度は $262\text{cm/s}^2$ となり、体積弾性率一定と仮定した結果( $306\text{cm/s}^2$ )は保守的な結果となっている。



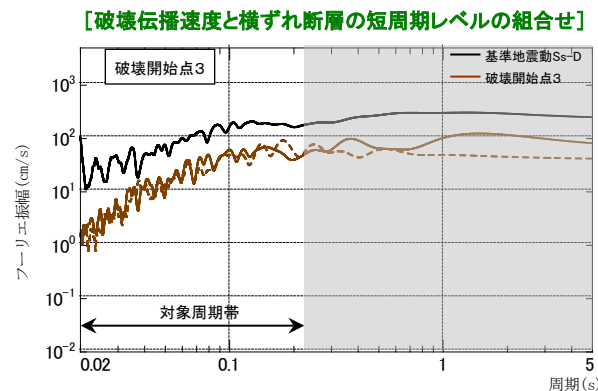
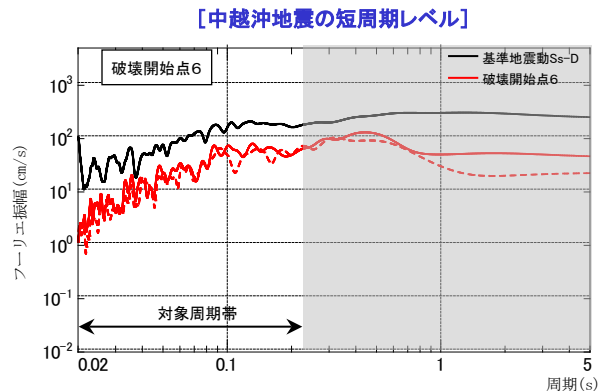
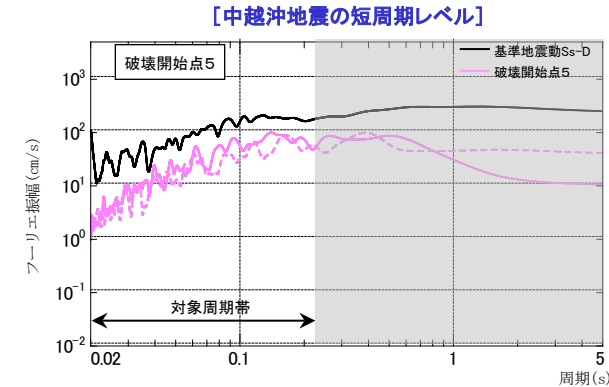
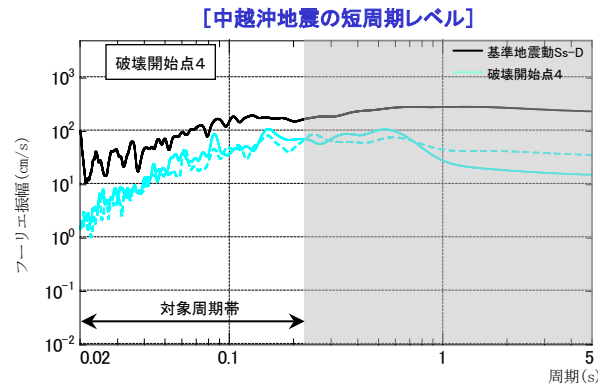
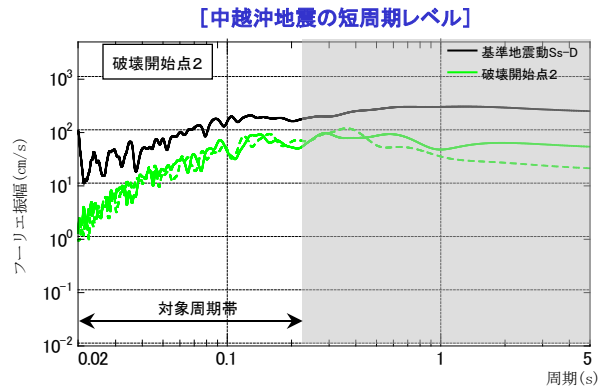


## 5. 基準地震動の策定

## 断層モデル手法による基準地震動(フーリエ振幅スペクトルに関する検討: 宍道断層(水平方向)) 1/2

- ◆ 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)と基準地震動 $S_s-D$ について、対象周期帯におけるフーリエ振幅スペクトル[Parzen-Window(バンド幅:1Hz)により平滑化]を比較すると、基準地震動 $S_s-D$ の方が4倍程度以上※スペクトルレベルが大きい(参考として平滑化無しの図を次ページに示す)。

## &lt;フーリエ振幅スペクトル: 平滑化有り&gt;

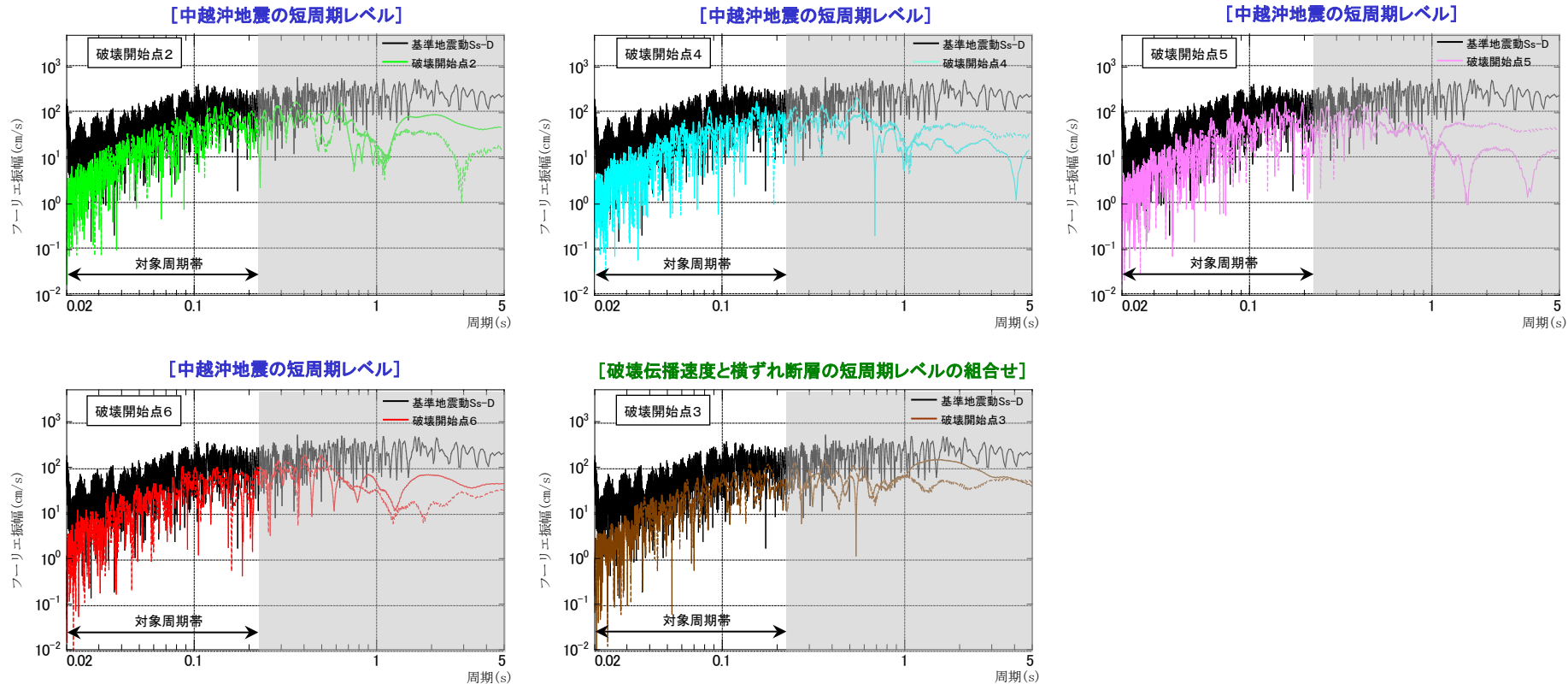


※ 各周期毎の「 $S_s-D$ /断層モデル」を対象周期帯の範囲で平均して算出(対象周期帯の各周期において地震動レベルが大きい方のフーリエ振幅スペクトルを用いて算出)

基準地震動 $S_s-D$ 及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果のフーリエ振幅スペクトルの比較  
【水平方向(実線: NS成分, 点線: EW成分)】

## 断層モデル手法による基準地震動(フーリエ振幅スペクトルに関する検討: 宍道断層(水平方向)) 2/2

## &lt;フーリエ振幅スペクトル: 平滑化無し&gt;



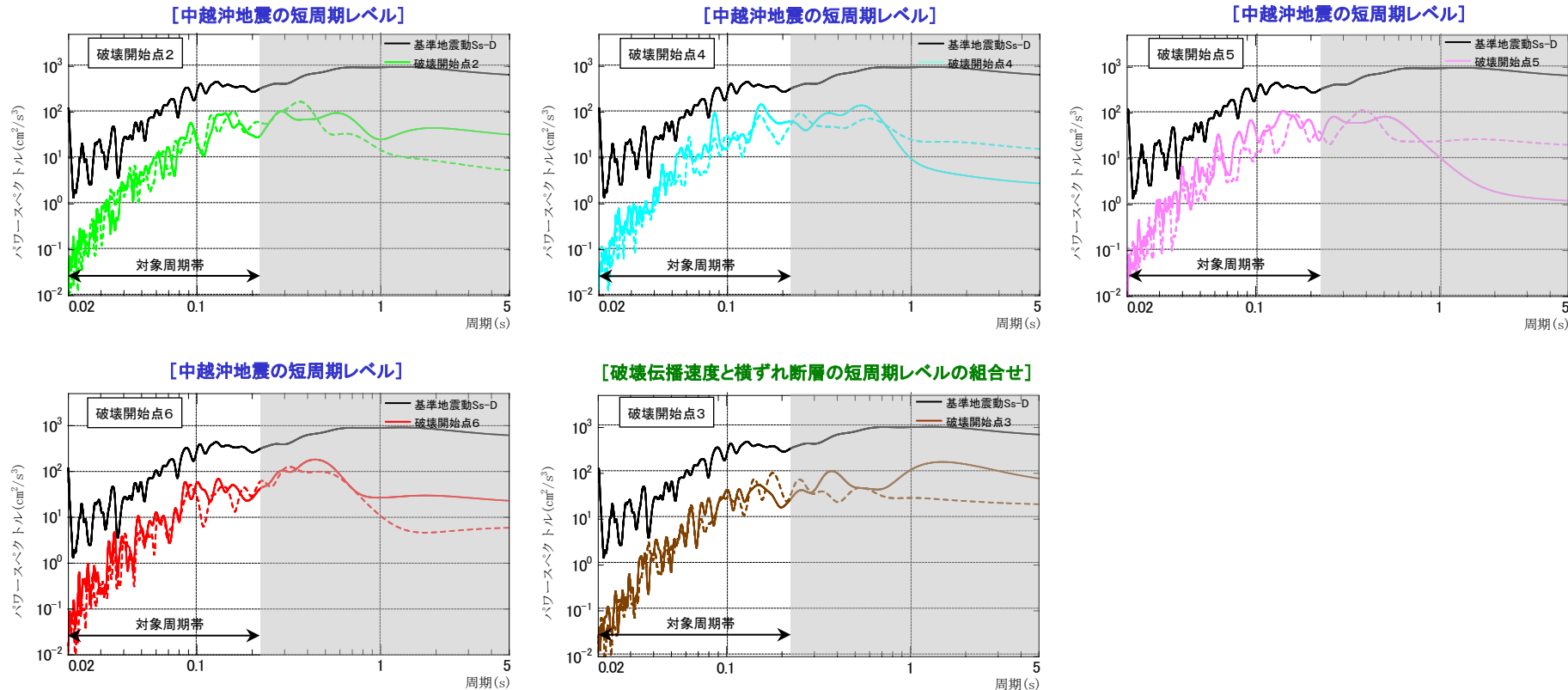
基準地震動 Ss-D 及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果のフーリエ振幅スペクトルの比較  
 【水平方向(実線: NS成分, 点線: EW成分)】



## 断層モデル手法による基準地震動(パワースペクトルに関する検討: 宍道断層(水平方向)) 1/2

- ◆ 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)と基準地震動Ss-Dについて, 対象周期帯におけるパワースペクトル[Parzen-Window(バンド幅:1Hz)により平滑化]を比較すると, 基準地震動Ss-Dの方が50倍程度以上※スペクトルレベルが大きい(参考として平滑化無しの図を次ページに示す)。

<パワースペクトル: 平滑化有り>

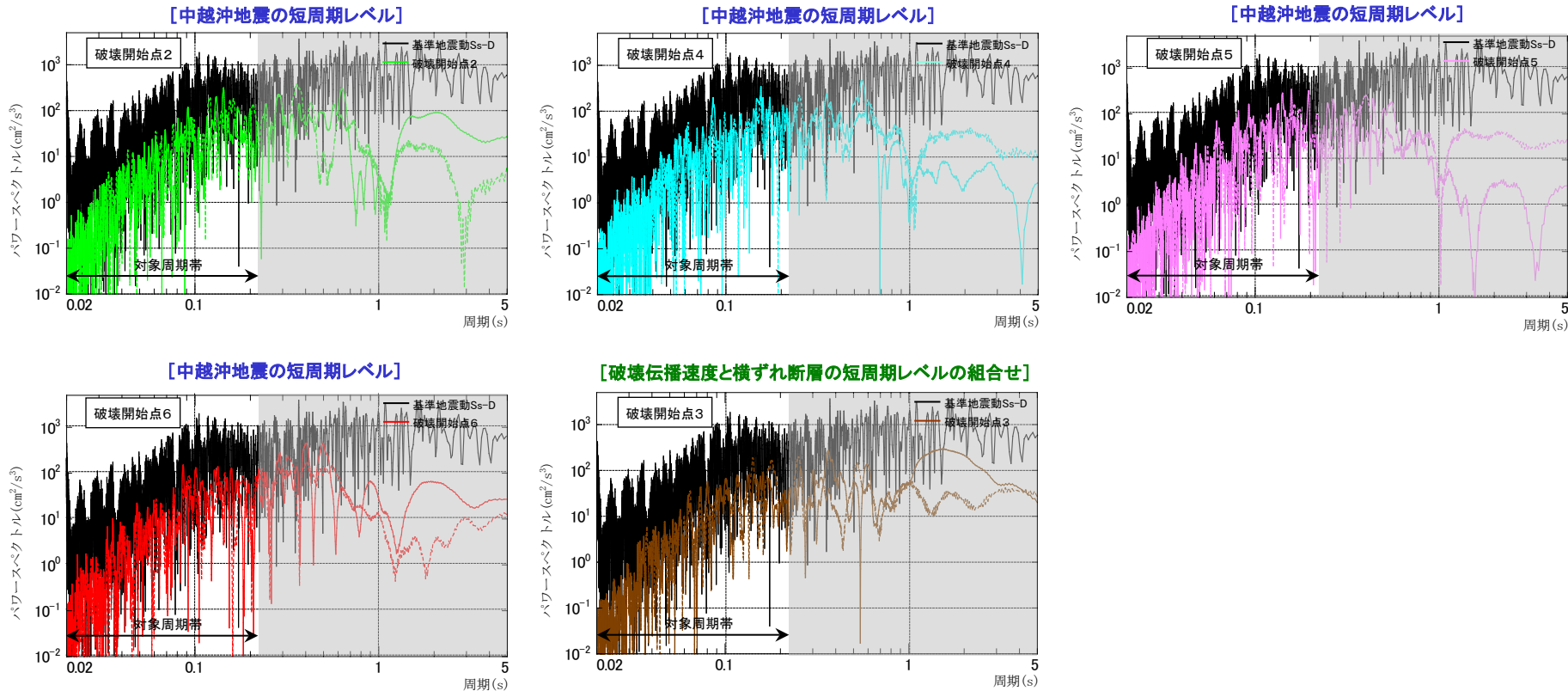


※ 各周期毎の「Ss-D/断層モデル」を対象周期帯の範囲で平均して算出(対象周期帯の各周期において地震動レベルが大きい方のパワースペクトルを用いて算出)

基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果のパワースペクトルの比較  
【水平方向(実線: NS成分, 点線: EW成分)】

## 断層モデル手法による基準地震動(パワースペクトルに関する検討: 宍道断層(水平方向)) 2/2

&lt;パワースペクトル: 平滑化無し&gt;

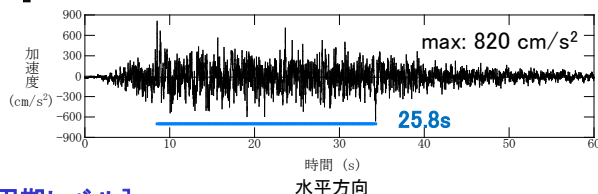


基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果のパワースペクトルの比較  
【水平方向(実線: NS成分, 点線: EW成分)】

## 断層モデル手法による基準地震動(継続時間に関する検討: 宍道断層(水平方向))

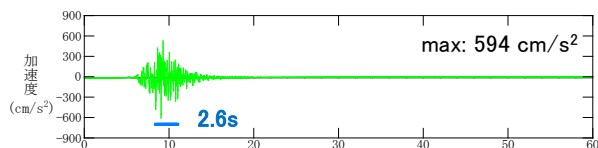
- ◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果(5ケースの破壊開始点)と基準地震動Ss-Dについて, 主要動部の継続時間を比較すると, 基準地震動Ss-Dの方が相当長い。

[基準地震動Ss-D]

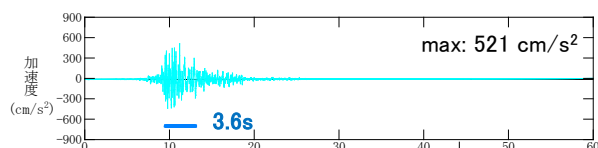


[中越沖地震の短周期レベル]

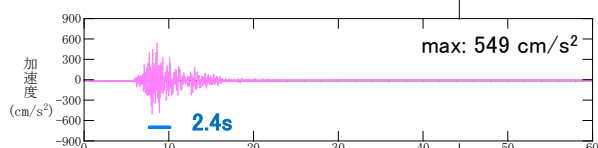
破壊開始点2



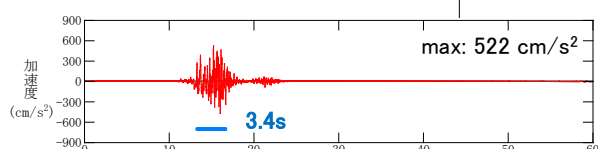
破壊開始点4



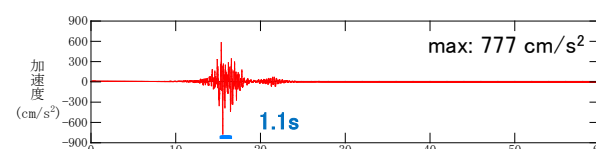
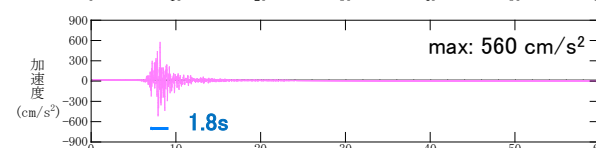
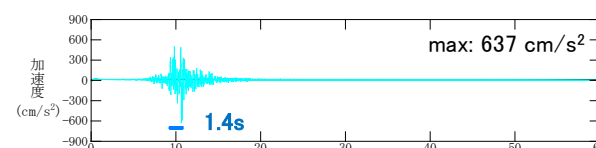
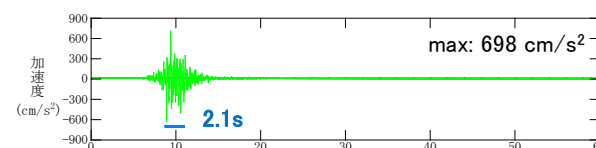
破壊開始点5



破壊開始点6

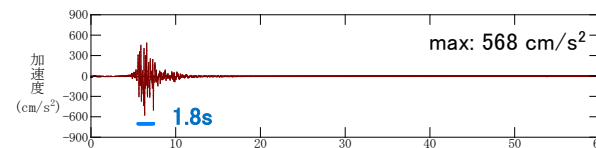
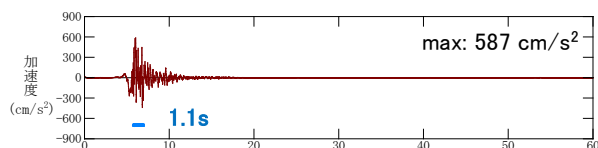


—— 主要動部



[破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの組合せ]

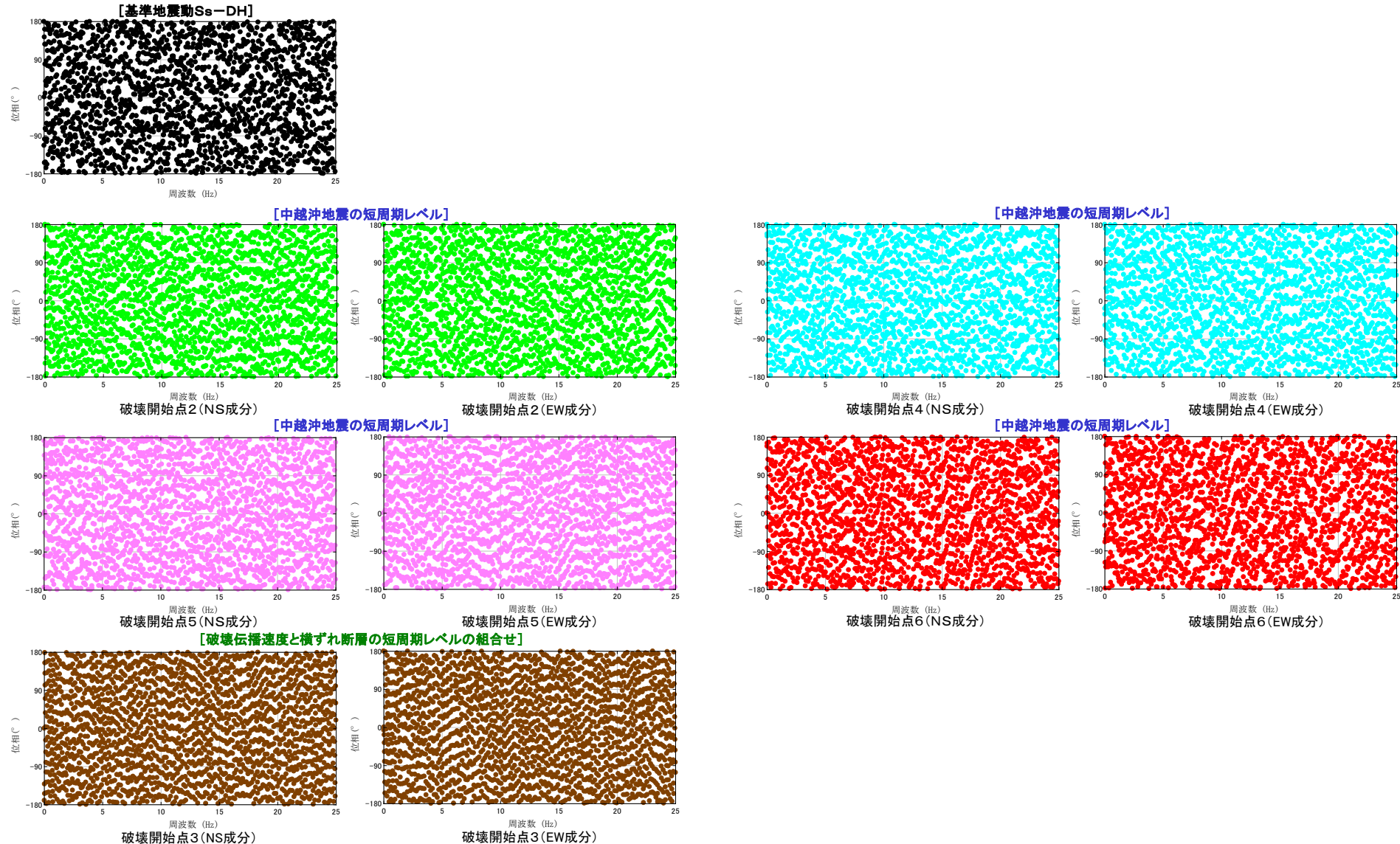
破壊開始点3



基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果の加速度時刻歴波形の比較【水平方向】

## 断層モデル手法による基準地震動(フーリエ位相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)と基準地震動Ss-Dのフーリエ位相スペクトルを確認すると、それぞれに特徴的な傾向はみられない。

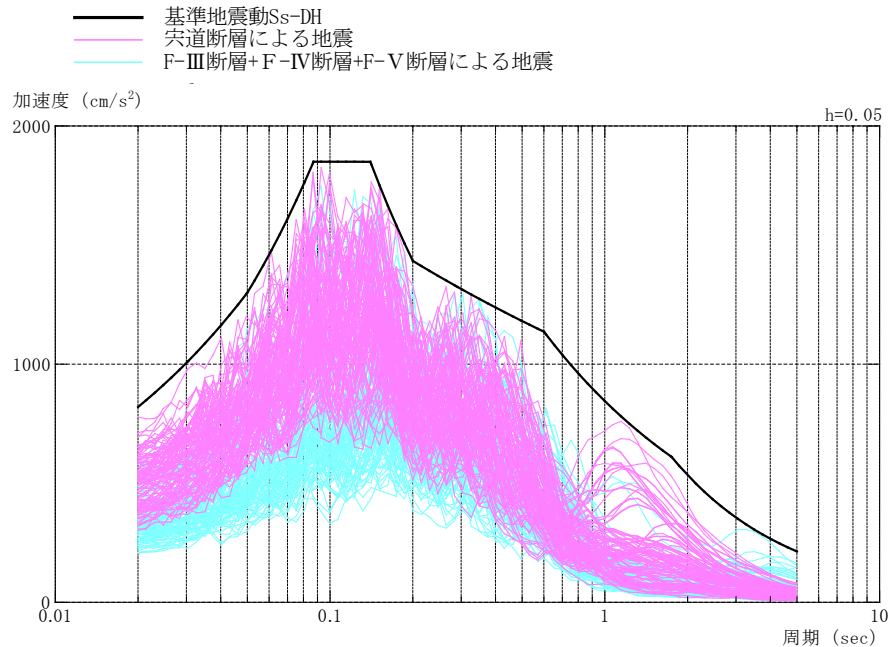


基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果のフーリエ位相スペクトルの比較【水平方向】

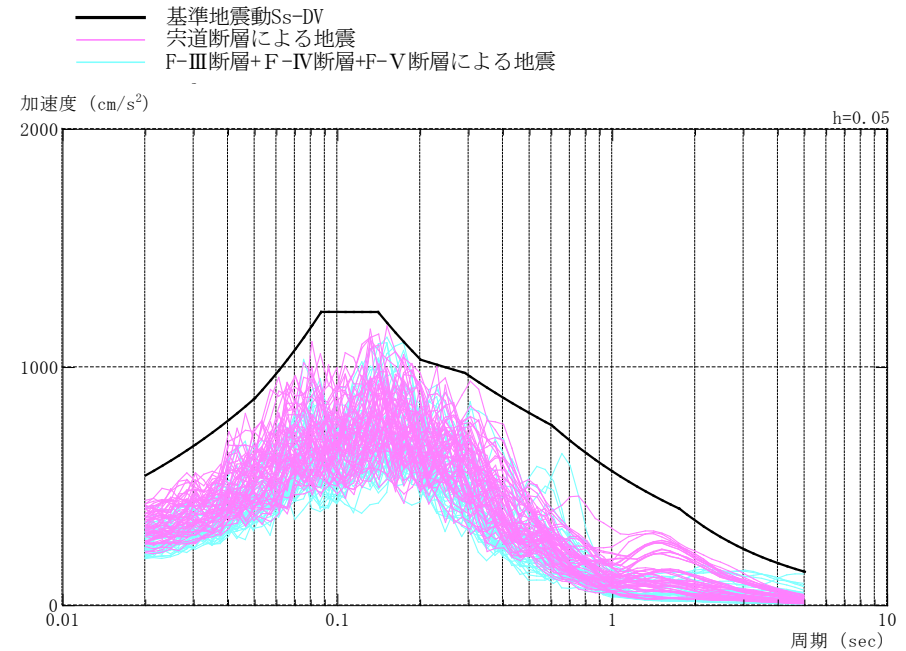


## 基準地震動S<sub>s</sub>-Dと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果

- 基準地震動S<sub>s</sub>-Dと、宍道断層による地震及びF-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層による地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(全評価ケース)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

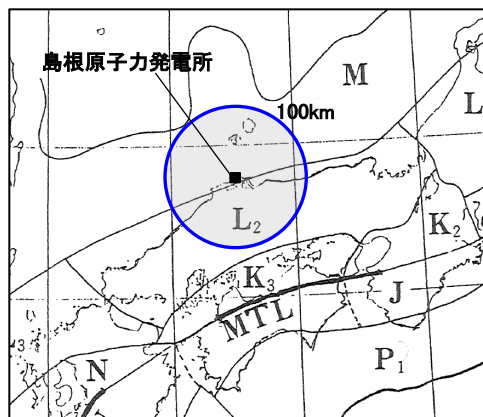
加速度応答スペクトルの比較

## 6. 基準地震動の年超過確率の参照

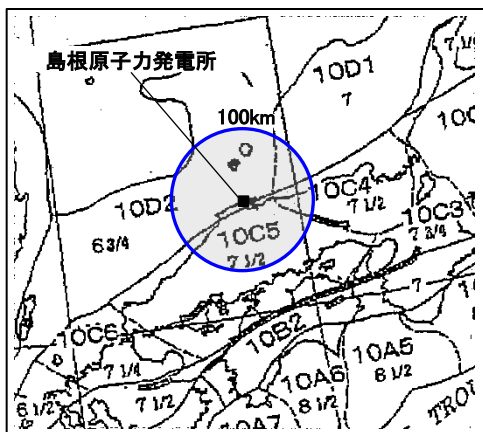
## 地震データ更新の影響(領域震源の諸元)

- 最新の地震データ(～2019年8月)を用いた場合の領域震源の諸元を以下に示す。
- 各領域において最大Mの値は変わらないが、萩原(1991)の $L_2$ 領域, 垣見ほか(2003)の10C4, 10C5領域においてb値が若干変化する。

領域震源の諸元の比較



萩原(1991)の領域区分



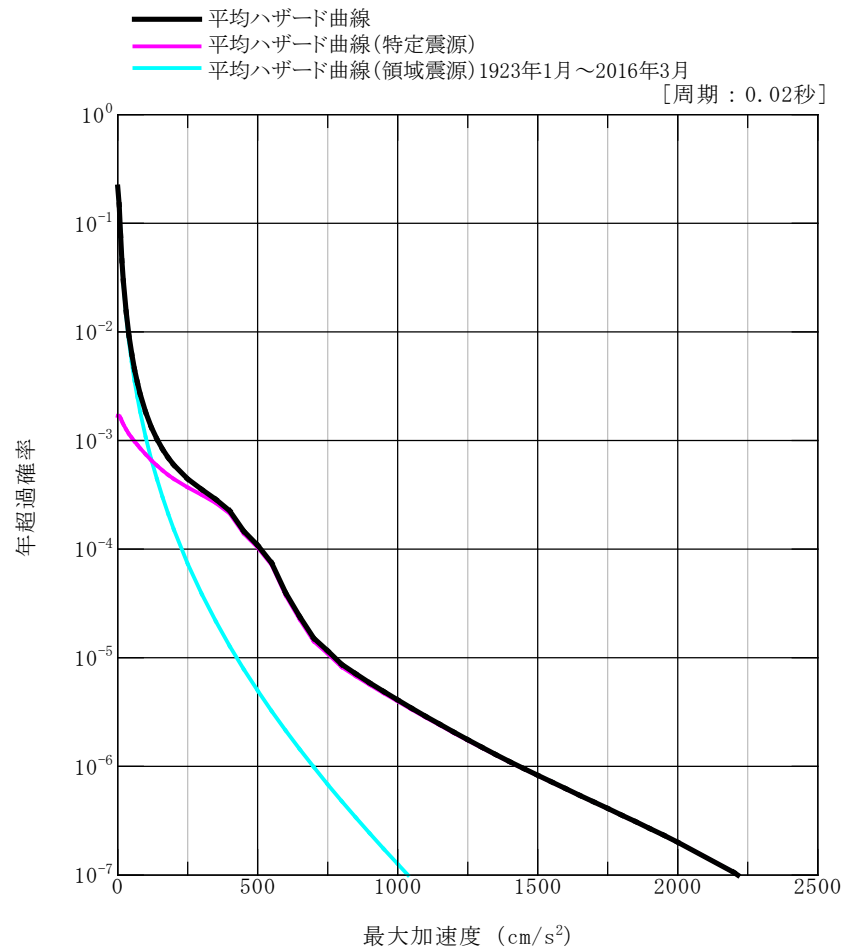
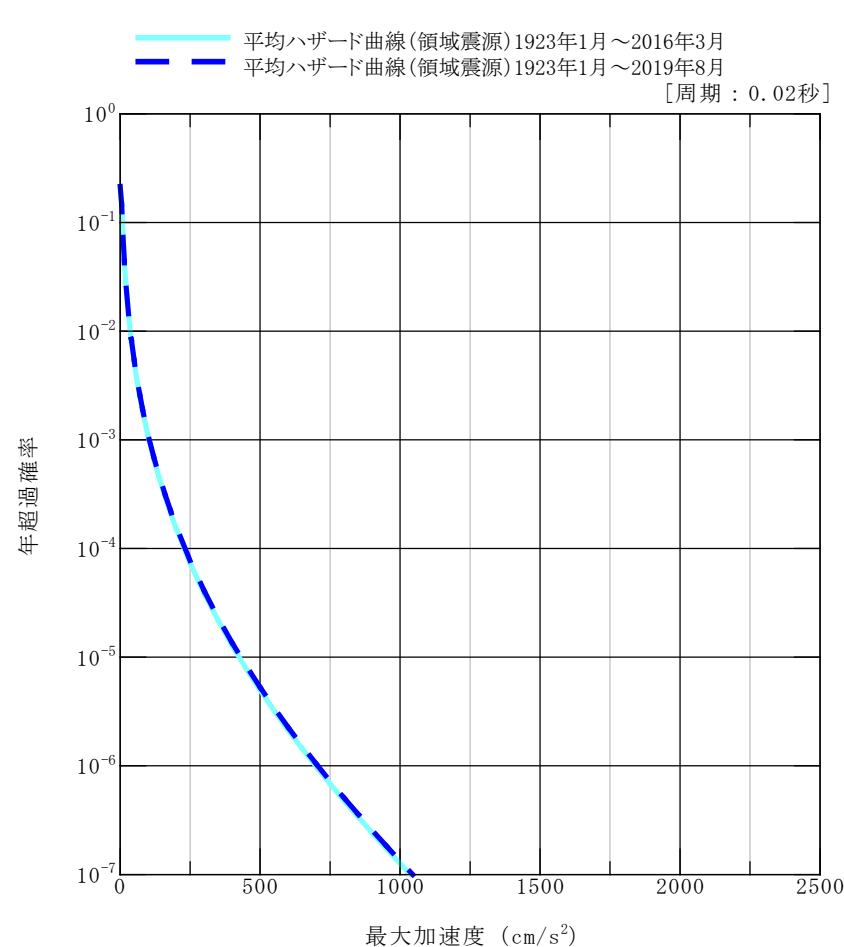
垣見ほか(2003)の領域区分

| 文献         | 対象領域  | 対象期間:1923年1月～2016年3月 |       | 対象期間:1923年1月～2019年8月 |       |
|------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
|            |       | 最大M                  | b値    | 最大M                  | b値    |
| 萩原(1991)   | $L_2$ | 7.3                  | 0.872 | 7.3                  | 0.845 |
|            | M     | 6.6, 6.8, 7.0        | 0.811 | 6.6, 6.8, 7.0        | 0.811 |
|            |       | 6.9                  |       | 6.9                  |       |
| 垣見ほか(2003) | 10C4  | 7.0                  | 0.701 | 7.0                  | 0.686 |
|            | 10C5  | 7.3                  | 1.002 | 7.3                  | 0.990 |
|            | 10D1  | 6.6, 6.8, 7.0        | 0.824 | 6.6, 6.8, 7.0        | 0.824 |
|            | 10D2  | 6.6                  | 1.448 | 6.6                  | 1.448 |

赤字:地震データ更新に伴い変化が生じた数値

## 地震データ更新の影響(領域震源の地震ハザード評価)

- 最新の地震データ(～2019年8月)を用いた場合の領域震源の地震ハザード評価結果を左図に示す。最新の地震データ(～2019年8月)を用いた領域震源のハザード曲線は、年超過確率が $10^{-3}$ ～ $10^{-4}$ より高い範囲において2016年3月までのデータを用いたハザード曲線とほぼ一致する。
- また、右図に示す通り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。
- 以上の結果から、地震データの更新が全体のハザード曲線に与える影響はないと判断した。



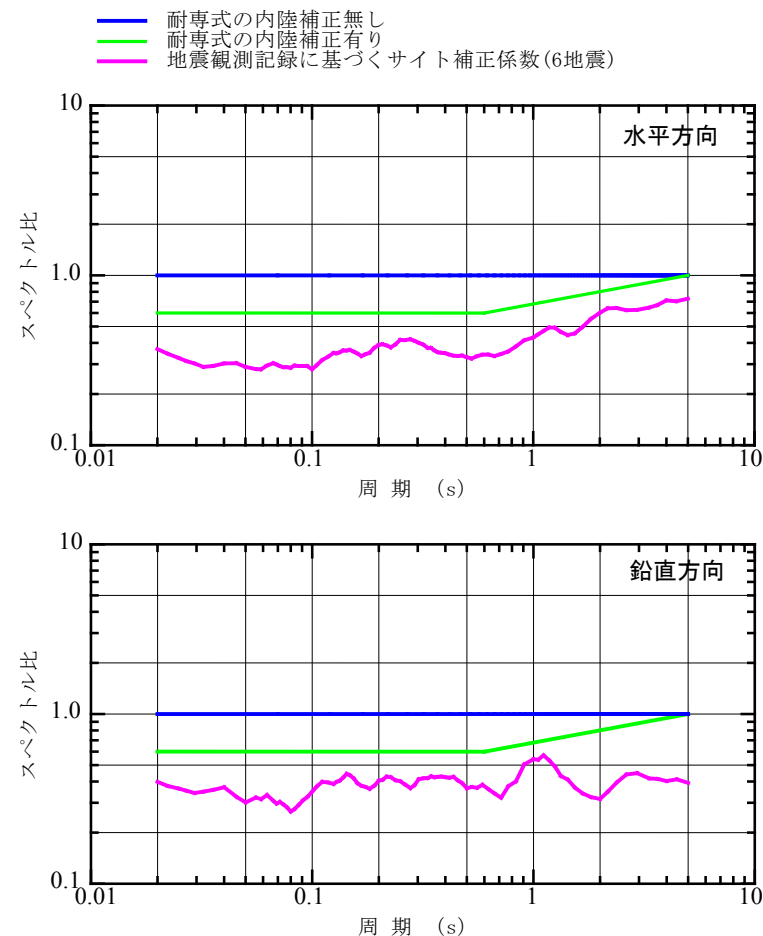


## 耐専式における内陸補正の有無の重みの設定 1/2

- 島根原子力発電所の敷地地盤で得られた耐専式のデータベース範囲内の地震観測記録に基づき評価したサイト補正係数[観測記録／耐専式(補正なし)の平均]と、耐専式の内陸補正係数を比較すると、サイト補正係数がかなり下回っている。

サイト補正係数の算定に用いた地震

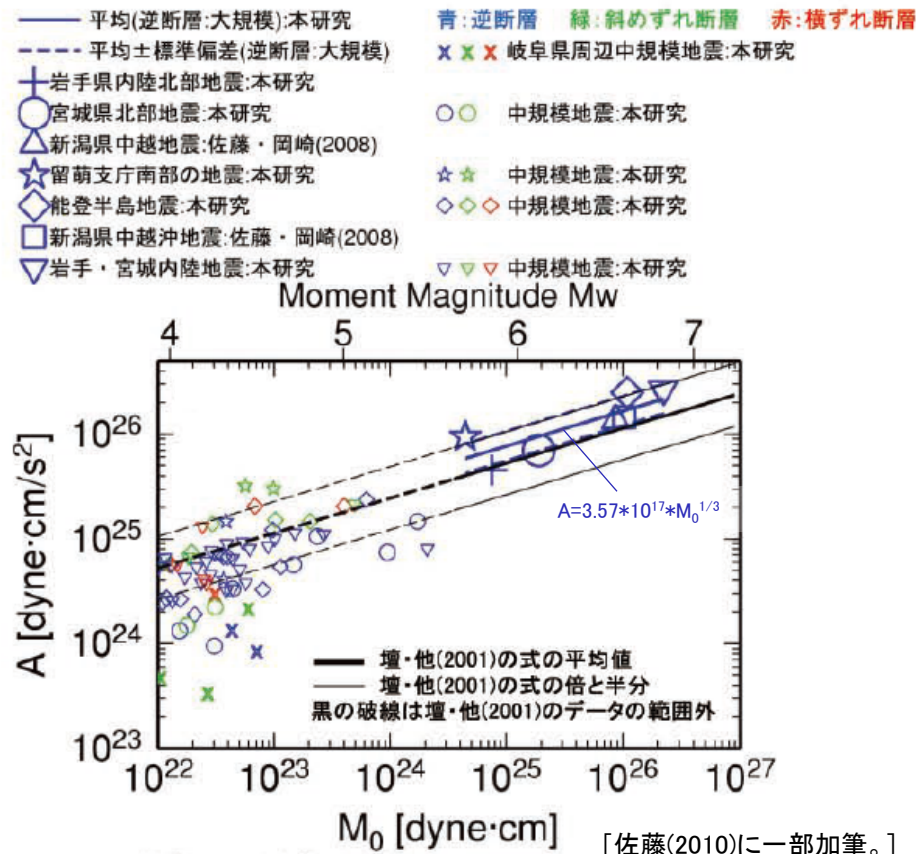
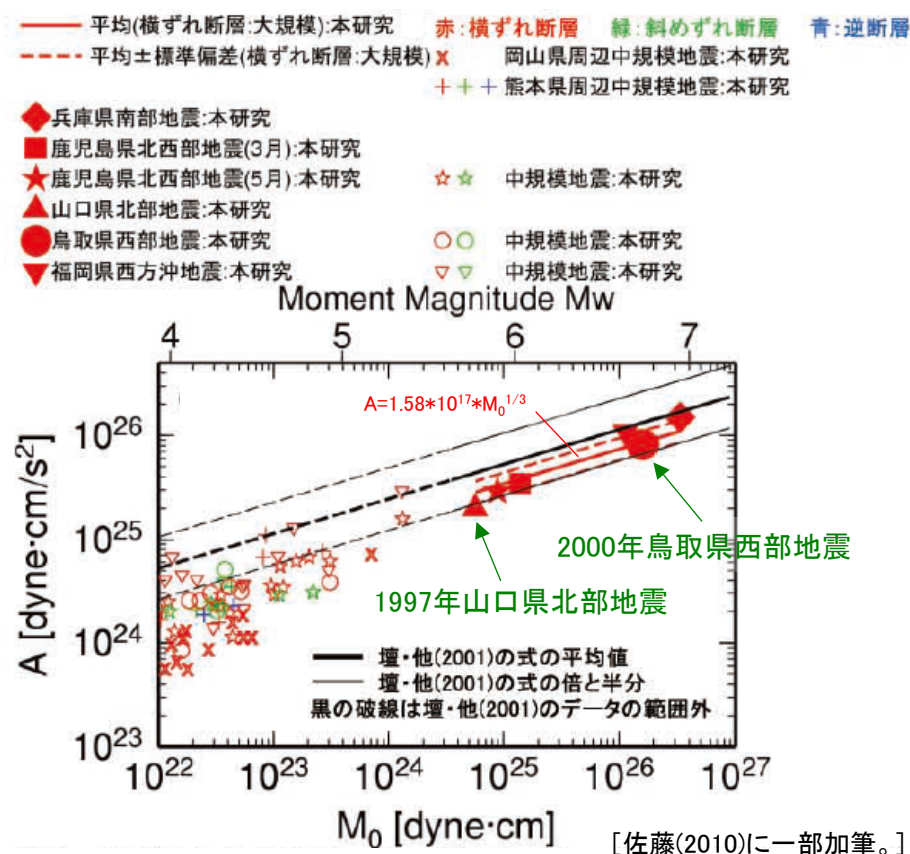
| No. | 地震<br>(年月日)                     | マグニ<br>チュード | 震源<br>深さ<br>(km) | 震央<br>距離<br>(km) |
|-----|---------------------------------|-------------|------------------|------------------|
| 1   | 2000年鳥取県<br>西部地震<br>(2000.10.6) | 7.3         | 9                | 43.2             |
| 2   | 鳥取県西部の<br>地震<br>(2000.10.8)     | 5.6         | 7                | 45.8             |
| 3   | 兵庫県北部の<br>地震<br>(2001.1.12)     | 5.6         | 11               | 135.6            |
| 4   | 鳥取県東部の<br>地震<br>(2002.9.16)     | 5.5         | 10               | 69.8             |
| 5   | 鳥取県中部の<br>地震<br>(2016.10.21)    | 6.6         | 11               | 79.9             |
| 6   | 島根県西部の<br>地震<br>(2018.4.9)      | 6.1         | 12               | 54.0             |



地震観測記録に基づくサイト補正係数と内陸補正係数の比較

## 耐専式における内陸補正の有無の重みの設定 2/2

- 佐藤(2010)におけるスペクトルインバージョン解析に基づく地震モーメントと短周期レベルの関係によると、中国地方で発生した横ずれ断層の1997年山口県北部地震及び2000年鳥取県西部地震等(下図(a)参照)の短周期レベルは、逆断層の新潟県中越沖地震(下図(b)参照)の短周期レベルに比べてかなり小さい傾向である。



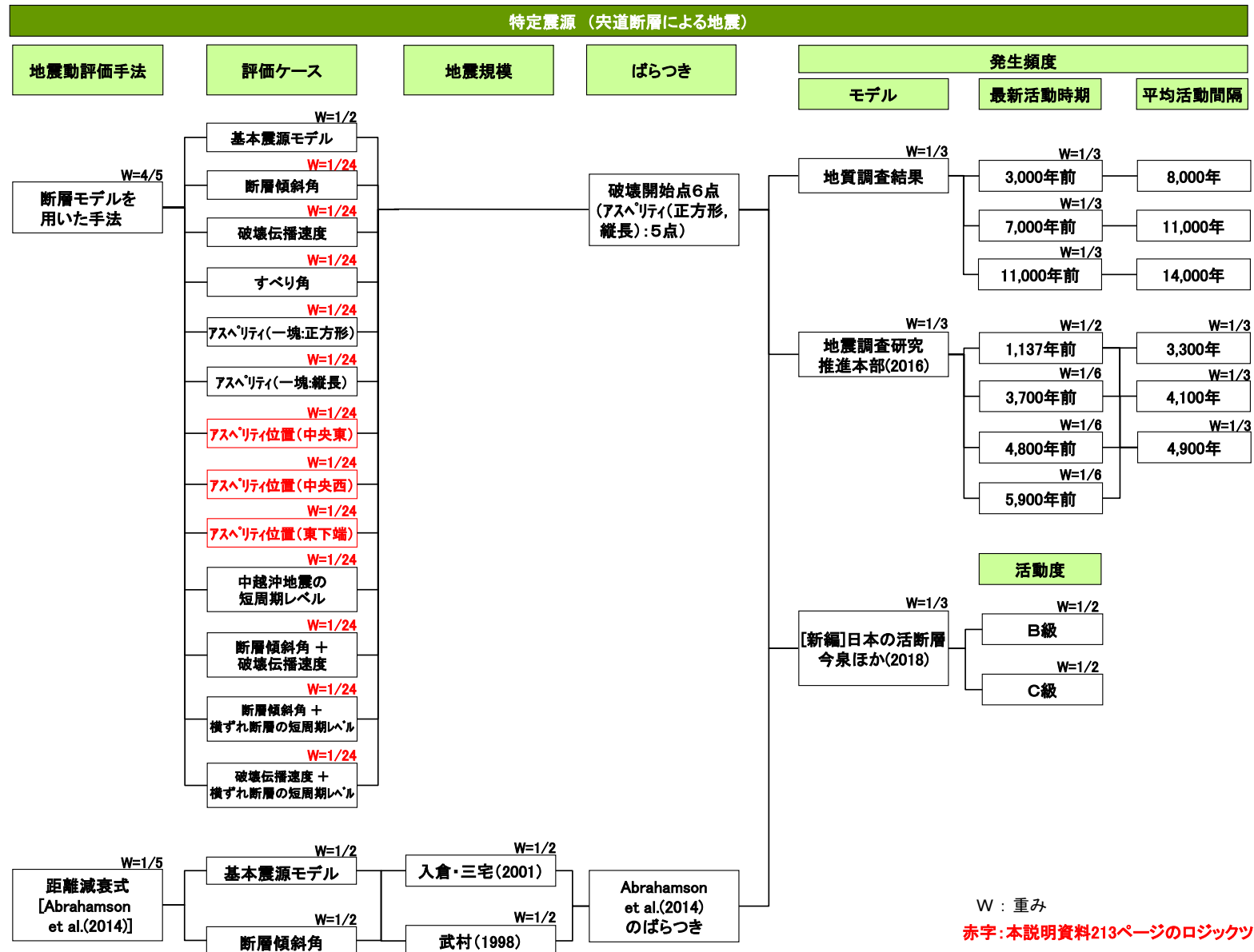
(a) 横ずれ断層の大規模地殻内地震とその周辺の地震

(b) 逆断層の大規模地殻内地震とその周辺の地震

スペクトルインバージョンに基づく内陸地殻内地震の短周期レベルと地震モーメントの関係

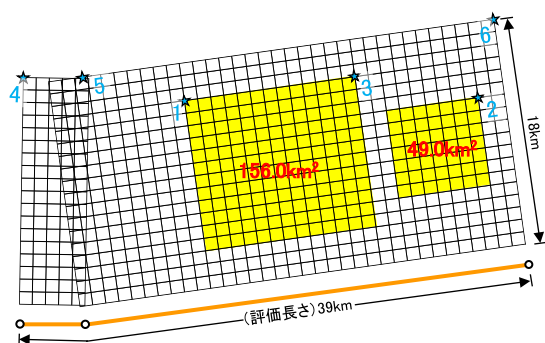
# 突道断層による地震のアスペリティ位置の不確かさの感度解析 1/3

- 突道断層による地震のアスペリティ位置の不確かさの感度解析ケースのロジックツリーを以下に示す。

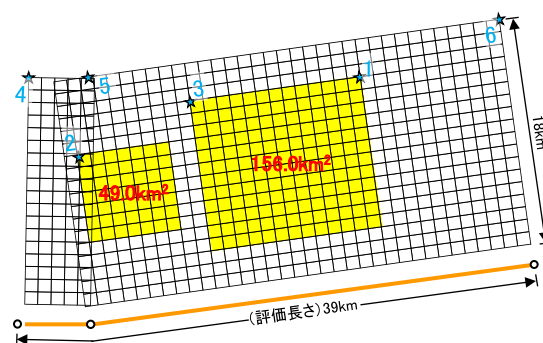


# 突道断層による地震のアスペリティ位置の不確かさの感度解析 2/3

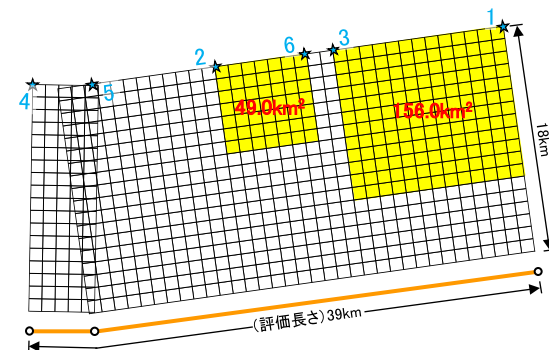
■ 突道断層による地震のアスペリティ位置の不確かさを考慮したケースの断層モデル図を以下に示す。



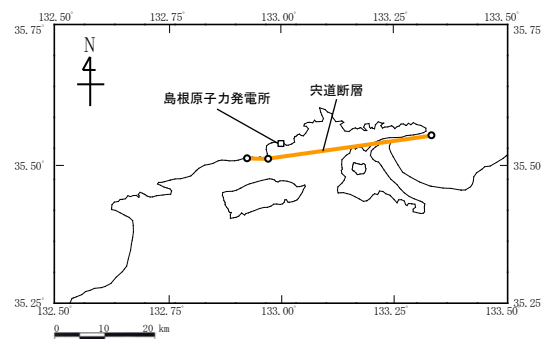
アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース(中央東)  
[第一アスペリティを断層中央に配置し、第二アスペリティをその東側に配置]



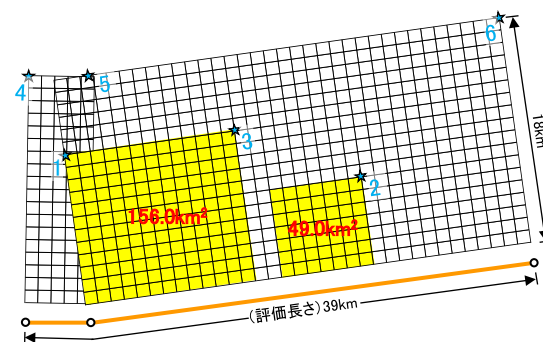
アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース(中央西)  
[第一アスペリティを断層中央に配置し、第二アスペリティをその西側に配置]



アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース(東下端)  
[第一アスペリティを断層東下端に配置し、第二アスペリティをその西側に配置]



断層位置図



(参考)基本震源モデル

★ : 破壊開始点  
■ : アスペリティ

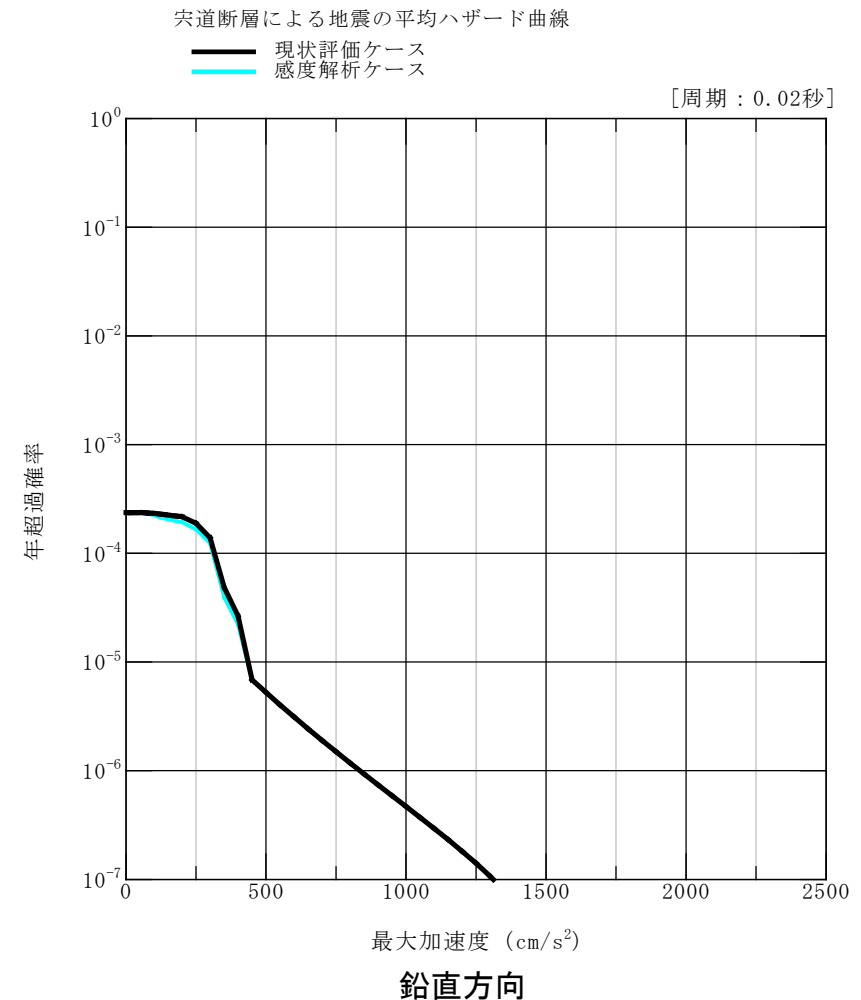
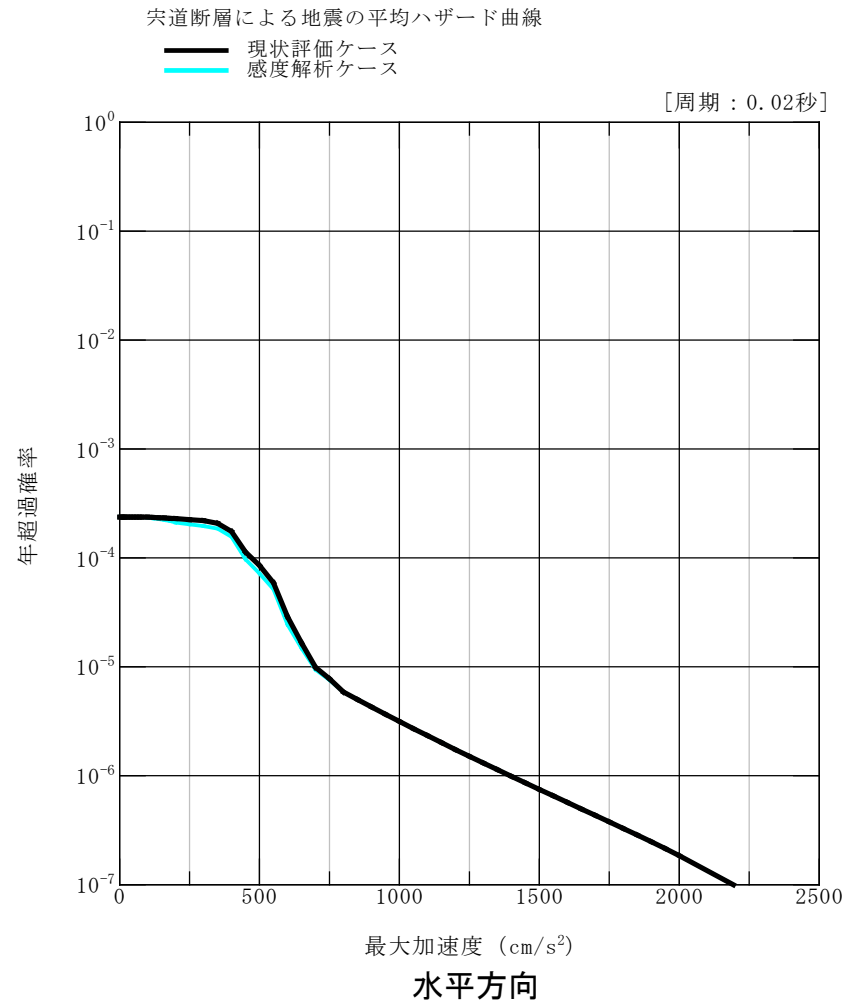
※ 傾斜角90度の断層面を傾斜角0度として図化

アスペリティ位置の不確かさを考慮したケースの断層モデル図及び断層位置図



## 突道断層による地震のアスペリティ位置の不確かさの感度解析 3/3

- 突道断層による地震のアスペリティ位置の不確かさの感度解析ケースと現状評価ケース(本説明資料213ページ)について平均ハザード曲線を比較すると、両ケースのレベルは同程度である。
- 以上より、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、地震ハザード評価に大きな影響を及ぼすものではないことを確認した。



突道断層による地震の平均ハザード曲線

## 参考文献(1)

### 3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

1. 岩田知孝・入倉孝次郎(1986): 観測された地震波から震源特性, 伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み, 地震2, 第39巻, pp.579-593
2. 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
3. Boore, D. M.(1983): STOCHASTIC SIMULATION OF HIGH-FREQUENCY GROUND MOTIONS BASED ON SEISMOLOGICAL MODELS OF THE RADIATED SPECTRA, Bulletin of the Seismological Society America, Vol.73, No.6, pp.1865-1894
4. 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」)
5. 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
6. 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)
7. 地質調査総合センター編(2013): 日本重力データベースDVD版, 地質調査総合センター
8. 松田時彦(1967): 日本の地震学の概観, 地震, 第20巻記念特集号, pp.230-235
9. 佐藤高行・中田高(2002): 鹿島断層の変位地形——括活動型活断層のモデルとして——, 活断層研究, 21号, pp.99-110
10. 株式会社構造計画研究所(2010): 内陸地殻内地震における短周期レベルの地域的な整理・分析業務, 原子力安全委員会平成21年度業務委託報告書
11. 株式会社構造計画研究所(2011): 内陸地殻内地震の観測記録に基づく短周期レベルの分析業務, 原子力安全委員会平成22年度業務委託報告書
12. 佐藤智美(2010): 逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻, 第651号, pp.923-932
13. 内山泰生・青木雅嗣・山本優(2017): 2016年鳥取県中部の地震の地震動特性評価その1 震源・伝播経路特性の評価, 2017年度日本建築学会大会(中国)
14. 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
15. 梁井一寛・浅野公之・岩田知孝(2010): ひずみ集中帯内外で発生した地殻内地震系列間の震源特性の比較, 第13回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.305-312
16. 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
17. 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
18. 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

## 参考文献(2)

19. 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
20. 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
21. 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
22. 気象庁:地震年報2012年, 地震月報(カタログ編), <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index.html>
23. 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>
24. 塚原弘明・小林洋二(1991):中西部日本の地殻応力, 地震第2輯, 第44巻
25. 原子力安全委員会(2009):原子力安全委員会 地震動解析技術等作業会合 平成21年4月23日 資料第1-1号, <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9483636/www.nsr.go.jp/archive/nsc/senmon/shidai/kaisekigijutu/kaisekigijutu15/siryo-1-1.pdf>
26. Brune,J.N.(1970):Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, J.Geophys.Res., 75,26, 4997-5009
27. Brune(1971):Correction,J.Geophys.Res.,76,20,5002
28. 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

## 4. 震源を特定せず策定する地震動

1. 北村信(1965):5万分の1地質図幅「焼石岳」及び説明書.地質調査総合センター(旧地質調査所)
2. 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
3. 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
4. 産業技術総合研究所地質調査総合センター(編)(2012):20万分の1日本シームレス地質図
5. 国土技術政策総合研究所:国総研資料第733号<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0733.htm>
6. 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.
7. 国土技術政策総合研究所:国総研資料第734号<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0734.htm>
8. 地震調査研究推進本部:留萌支庁南部の地震活動 [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/major\\_act/act\\_2004.htm#a20041214](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/major_act/act_2004.htm#a20041214)
9. 司宏俊・翠川三郎(1999):断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文報告集, 第523号, pp.63-70. 第119回, 学術講演会講演論文集, pp.25-27.

## 参考文献(3)

10. 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
11. 笹谷努・前田宜浩・高井伸雄・重藤迪子・堀田淳・関克郎・野本真吾(2008): Mj6.1 内陸地殻内地震によって大加速度を観測したK-NET(HKD020)地点でのS波速度構造の推定, 物理探査学会第119回, 学術講演会講演論文集, pp.25-27.

## 6. 基準地震動の年超過確率の参照

1. 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
2. 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
3. 佐藤智美(2010): 逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻, 第651号, pp.923-932
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. 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
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. 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