

平成24年5月8日開催

第72回福井県原子力安全専門委員会資料から抜粋

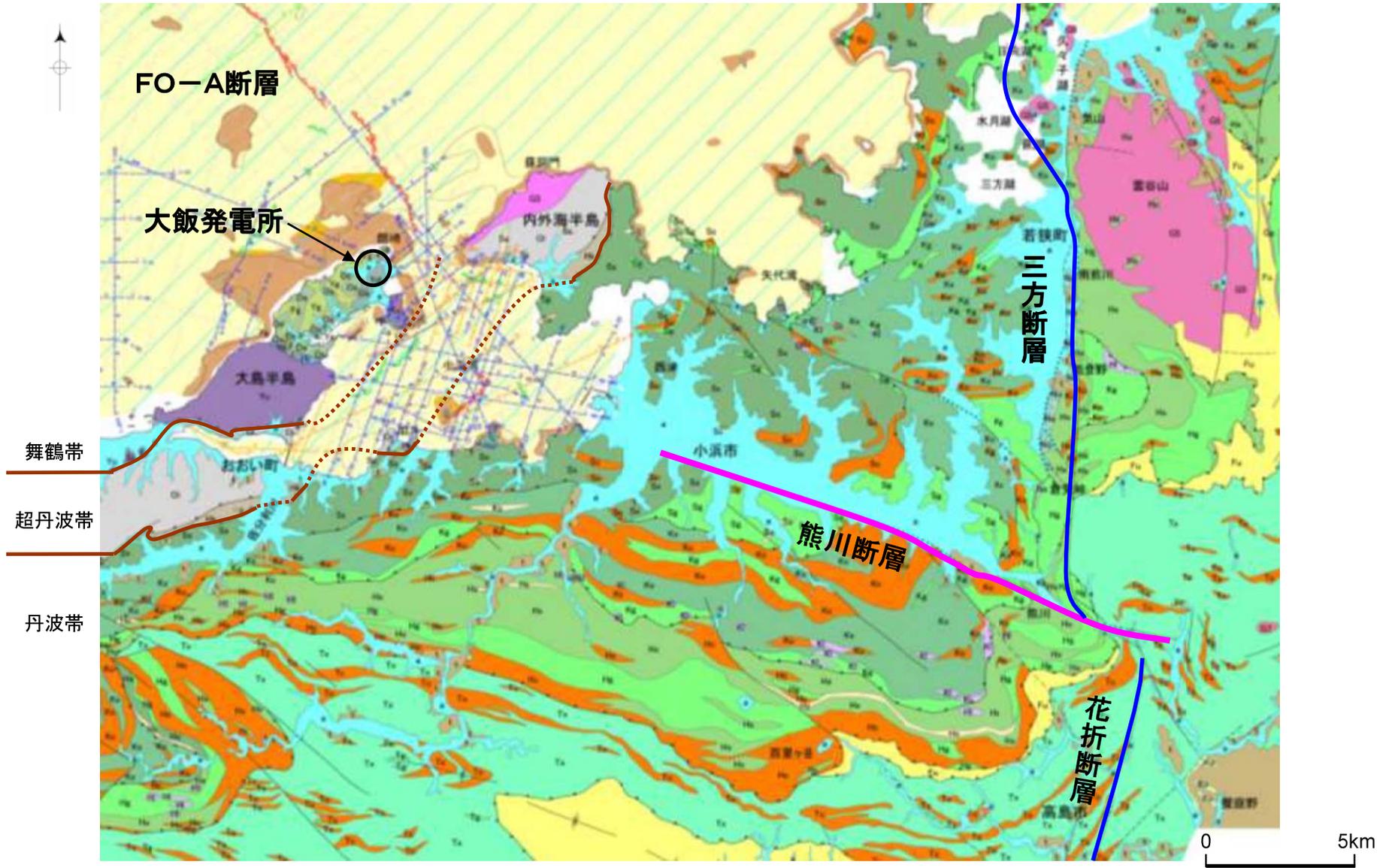
<http://www.atom.pref.fukui.jp/senmon/dai72kai/no1-1.pdf>

## FO-A断層～FO-B断層と熊川断層 の連動に関する評価について【総括】

平成24年5月8日

原子力安全・保安院

# FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動性評価



海域の地質層序 凡例

- |  |                |  |                           |
|--|----------------|--|---------------------------|
|  | A層 完新統         |  | : 後期更新世以降の活動が認められる断層及び撓曲  |
|  | B層 上部更新統       |  | : 後期更新世以降の活動が認められない断層及び撓曲 |
|  | C層 下部更新統~中部更新統 |  |                           |
|  | R層 先鮮新統~最下部鮮新統 |  |                           |

大飯発電所付近には舞鶴帯がNE-SW方向に分布し、南東側には超丹波帯が内外海半島にかけて同走向で分布している。

# 陸域の地質層序

地質年代						
新生代	第四紀	完新世	a 沖積層、新期扇状地堆積物及び崖壁堆積物			
		更新世	t 段丘堆積物(低位段丘堆積物・中位段丘堆積物・高位段丘堆積物)及び古期扇状地堆積物			
	新第三紀	鮮新世	In 伊根層群	No 能登野層		
		中新世	Ht	北但層群 丹後層	Qd 石英閃緑岩	
			Ha	北但層群 網野層	A2・A3 青葉山安山岩類 大山安山岩	
			Ho	北但層群 堂岡層	Uc 内浦層群	
	Hy		北但層群 八坂層			
	古第三紀	G6	宮津花崗岩	G3 蘇洞門花崗岩類		
	中生代	白堊紀	後期	R1 音海流紋岩	G7 江若花崗岩	
			前期		G5 雲谷山花崗岩	
ジュラ紀						
三疊紀		Sd 志高層群	Nb 新波江層群 (荒瀬層を含む)	G1 舞鶴花崗岩		
古生代	ペルム紀	下見谷層	Sa 頁岩・砂岩	Ms 砂岩	Hk 水上層	
			Sb 緑色岩類・凝灰岩	Yg 緑色岩類・頁岩	Mm 頁岩	Oi 大飯層
				Yf 珪長岩	Mg 緑色岩類	Kz 上月層
				Yd 石英閃緑岩	Ou 大浦層	
				Yb 実現れい岩	Os 大島層	
				Yu 超苦鉄質岩類		
石炭紀	大江山ワオウイ					
デボン紀～ オルドビス紀	Oe 超苦鉄質岩類	Yr 変花崗岩 (●新三葉岩)				
新生代第四紀更新世～ 新第三紀～古第三紀		D 岩屑	Di ドレライト 閃緑岩	An 安山岩 花崗斑岩	De デイイ付 流紋岩	Ry

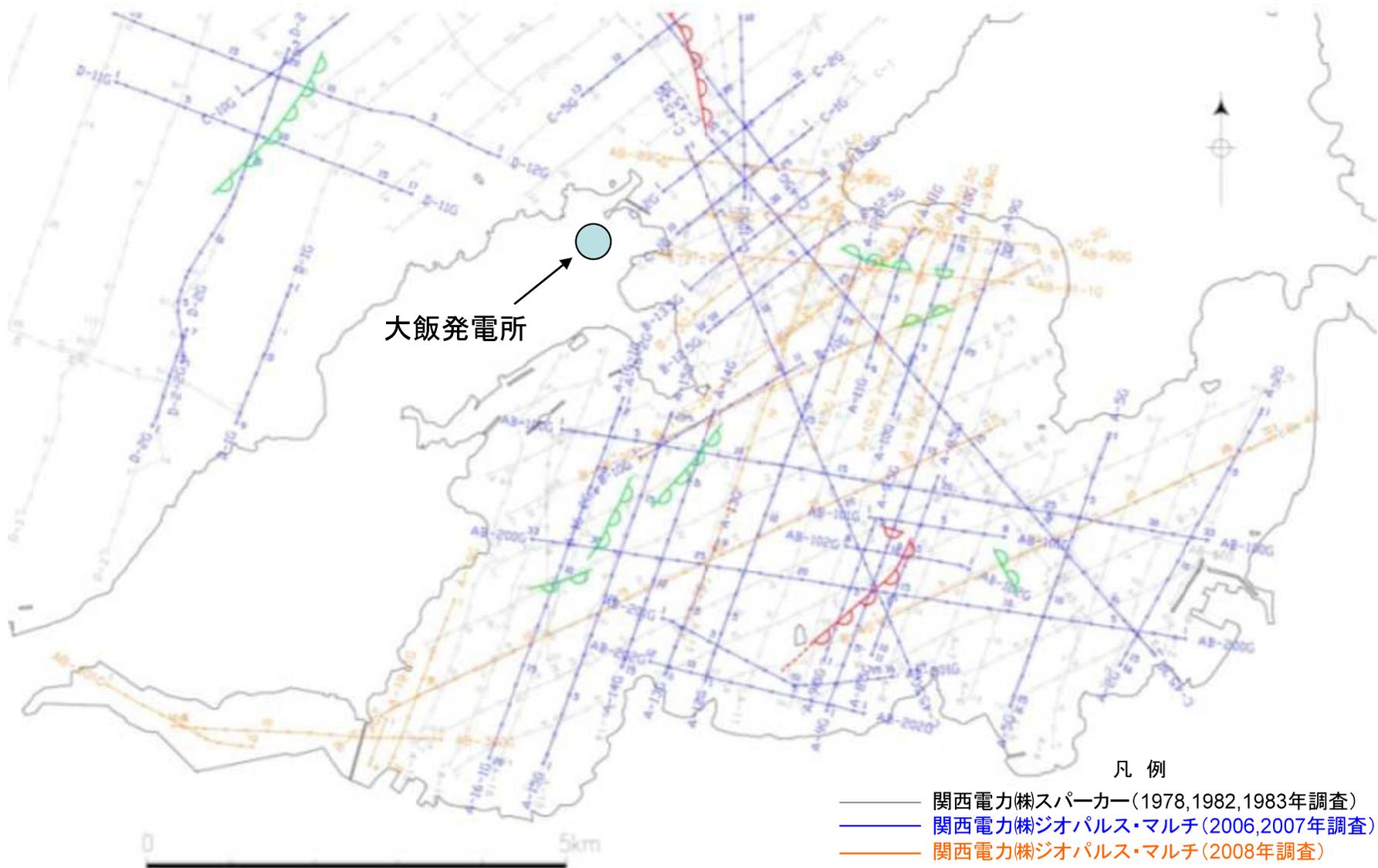
丹波帯中・古生層及び古層群  
コンプレックス区分

- Fu 古層群
- S 周山コンプレックス
- K 雲ヶ畑コンプレックス
- H 灰屋コンプレックス
- T 鶴ヶ岡コンプレックス
- Y 由良川コンプレックス

岩 相  
(コンプレックスの記号に  
岩相の記号を付記)

- x 凝灰岩
- s 砂岩
- c チャート
- l 石灰岩
- g 緑色岩類

# 敷地前面海域の調査測線(小浜湾付近)



小浜湾で実施した海上音波探査の結果、後期更新世以降の地層にFO-A断層と熊川断層が連続するような構造は認められない。

# NISAによる海上音波探査(平成20年3月～5月)

原子力安全・保安院は、C11-3-2-1「小浜湾における海上音波探査について」(H21.2.25)において報告

## (1) 目的

原子力発電所の耐震設計に必要な活断層等の調査は、事業者が実施するのが大前提であるが、今般の新潟県中越沖地震を踏まえ、耐震安全性について厳格に検証を行うため、事業者による調査結果をチェックする観点から、必要に応じ、国として海上音波探査を実施。

小浜湾においては、小浜湾内の地質構造を確認する。

## (2) 調査実施期間

平成20年3月～5月(7日間)

## (3) 調査手法及び調査実施範囲

### ・調査手法

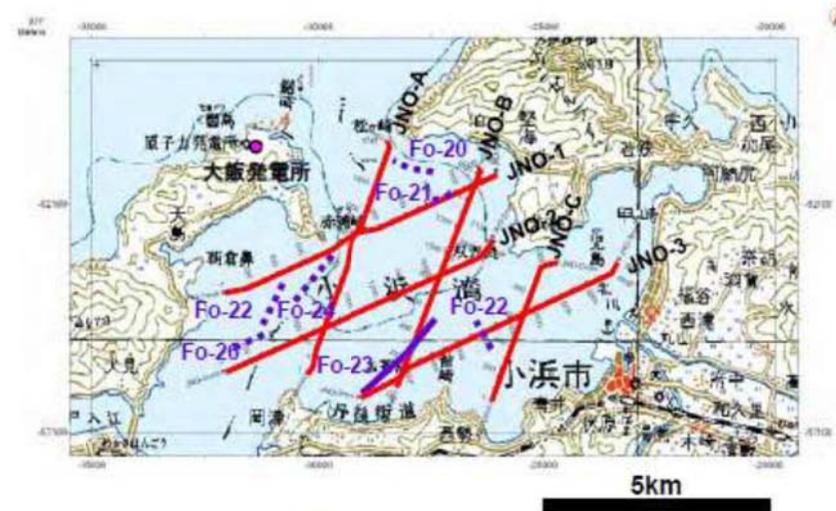
高分解能マルチチャンネル調査、  
ミニストリーマ調査

### ・調査実施範囲(図1参照)

測線数:6(調査ごとに)

測線長:

- 高分解能マルチチャンネル:各測線約3～6km  
(総測線長約33km)
- ミニストリーマ:各測線約3～7km  
(総測線長約34km)



調査手法	本調査		事業者による調査 (比較測線)
	高分解能 マルチチャンネル調査	ミニストリーマ調査	マルチチャンネル調査
震源 (エネルギー)	ブーマー (300 J)	エアガン (20/40 cu.in., 2000 psi)	ジオパルス (280 J)
発震点間隔	平均2 m	12.5 m	1.25 m
受振器	ハイドロホン (2 mピッチ 24 ch)	ハイドロホン (6.25 mピッチ 48 ch)	ハイドロホン (2.5 mピッチ 12 ch)
サンプリング間隔	0.25 msec	0.5 msec	0.1 msec
記録長	0.62 sec	2 sec	0.4 sec

# NISAによる海上音波探査(平成20年3月～5月)

## 3. NISAによる海上音波探査結果～まとめ～

事業者による解釈と本調査による解釈の結果の比較



### 本調査による解釈

- A層又はB層が変形しているもの
- A層又はB層に関し、変形構造かどうか不明なもの
- 反射波が散乱現象により不明瞭な場所

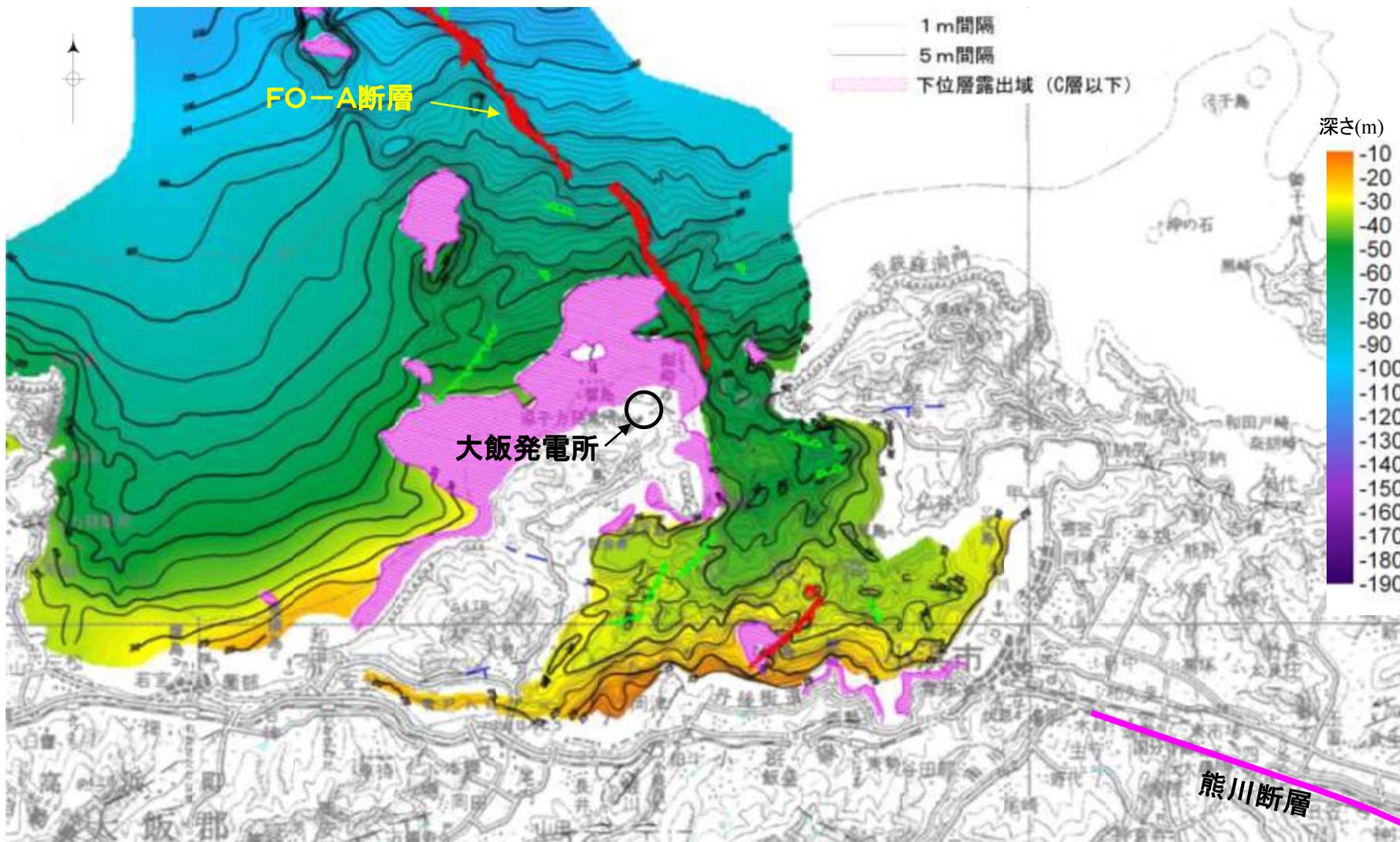
### 事業者による解釈

- 後期更新世以降の活動が認められる変形構造
- 後期更新世以降の活動が認められない変形構造

## 6. まとめ

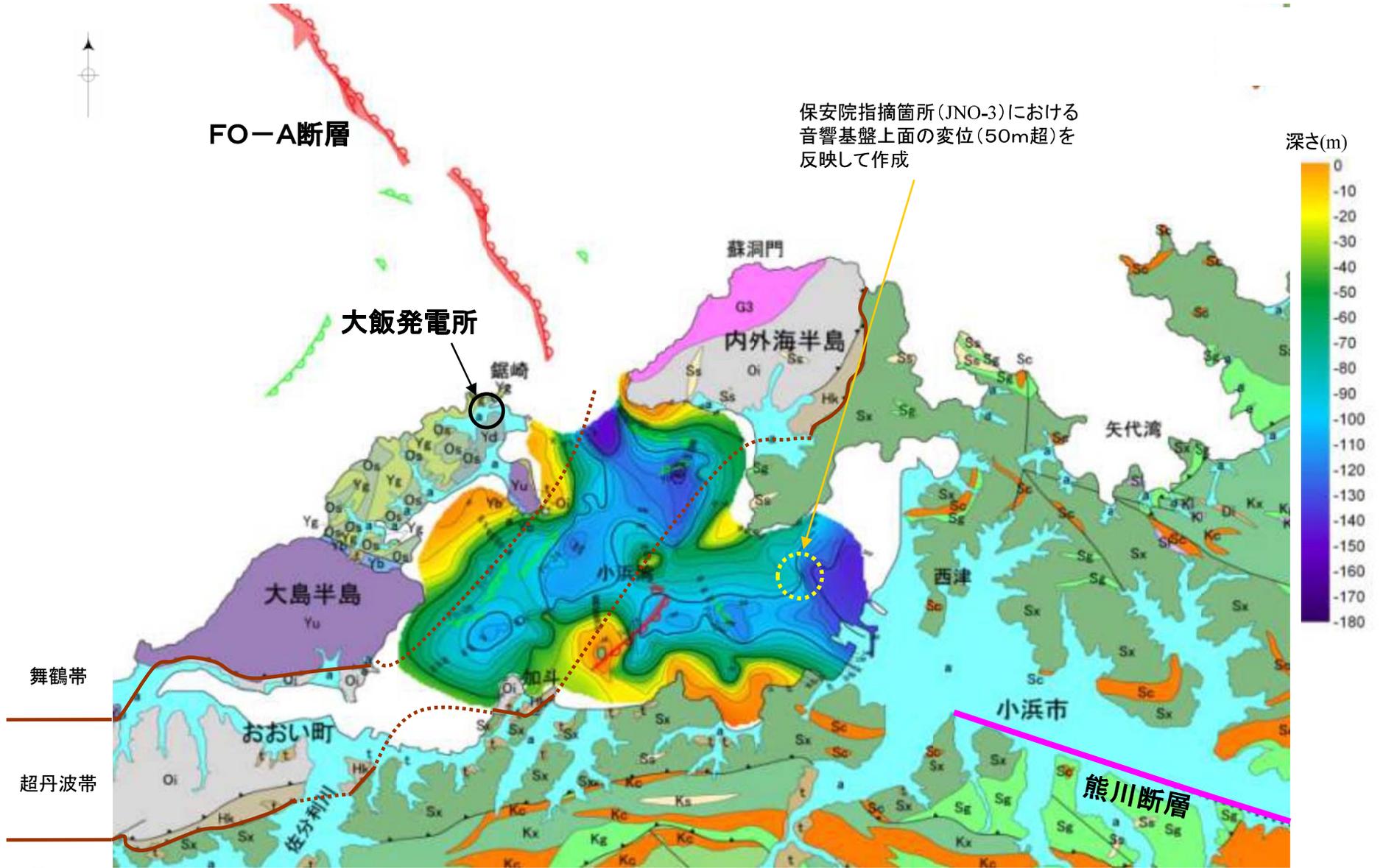
- ・ 本調査では、海底下200m程度まで解釈可能な記録が得られたことにより、同範囲内の地質構造を把握することができた。
- ・ 以下に示す変形構造の可能性のある反射面が確認された。
  - A層(完新統)及びB層(後期更新統)が変形しているもの
  - A層及びB層に関し、変形構造かどうか不明なもの
- ・ 本調査範囲において、事業者の調査結果は概ね妥当である。

# FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動性評価(B層基底面)



小浜湾のB層基底面には、FO-A断層と熊川断層が連続するような埋没地形は認められない。

# FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動性評価(R層上面)



保安院指摘箇所(JNO-3)における音響基盤上面の変位(50m超)を反映して作成

FO-A断層

大飯発電所

深さ(m)  
0  
-10  
-20  
-30  
-40  
-50  
-60  
-70  
-80  
-90  
-100  
-110  
-120  
-130  
-140  
-150  
-160  
-170  
-180

0 5km

- 保安院の海上音波探査結果、当社の海上音波探査結果及び反射法地震探査結果(F測線)のデータを用いてR層上面の等深線図を作成。
- 小浜湾のR層上面は、小浜湾中央部付近においてNE-SW方向の高まりが内外海半島にかけて認められ、FO-A断層と熊川断層が連続するような構造は認められない。

※地質の凡例は、p③-30「陸地の地質層序」を参照

# FO-A～FO-B断層と熊川断層の連動性評価



○小浜湾で実施した海上音波探査の結果、後期更新世以降の地層に両断層が連続するような構造は認められない。  
 ○小浜湾のB層基底面には、FO-A断層と熊川断層が連続するような埋没地形は認められない。  
 また、R層上面は、小浜湾中央部付近においてNE-SW方向の高まりが内外海半島にかけて認められ、FO-A断層と熊川断層が連続するような構造は認められない。

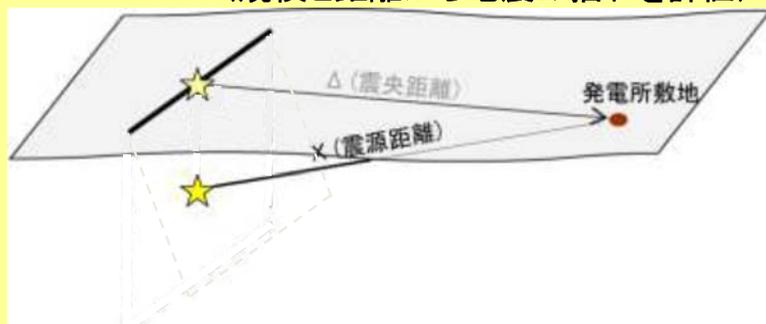
FO-A～FO-B断層と熊川断層の連動は考慮する必要はないと考える。

活断層	走向	傾斜	変位 センス	活動性 上段:最新活動時期 下段:活動間隔	地質状況他	5kmルール による評価	(参考)文献等での評価	連動
FO-B断層	NW	鉛直	左横ずれ	完新世 —	① [南端] 海上音波探査で、後期更新世以降の活動が認められない測線を南端として評価。	走向方向に5km以内の分布間隙をもって、ほぼ一線にならぶほぼ同じ走向の複数の断層に相当するため一つの起震断層と評価される。	—	考慮
				② •FO-A断層とFO-B断層は、ともに南西側が隆起する等、断層の特徴が似ている。				
FO-A断層	NW	鉛直	左横ずれ	完新世 —	③ [北端] 海上音波探査で、後期更新世以降の活動が認められない測線を北端として評価。 ④ [南端] 海上音波探査で、後期更新世以降の活動が認められない測線を南端として評価。[小浜湾に延伸する構造は認められない]	5kmルールの何れにも該当しない(5kmルールでは評価できない)	—	考慮しない
				⑤ 小浜湾で実施した海上音波探査の結果、後期更新世以降の地層に両断層が連続するような構造は認められない。				
熊川断層	WNW	鉛直	左横ずれ	始良Tnテフラ降灰(約2.6～2.9万年前)以降、阪手テフラ降灰(約1.6万年前)以前 —	⑥ [西端] 反射法地震探査で、後期更新世以降の活動が認められない測線を西端として評価。[小浜湾に延伸する構造は認められない]			

# 検討用地震の地震動評価

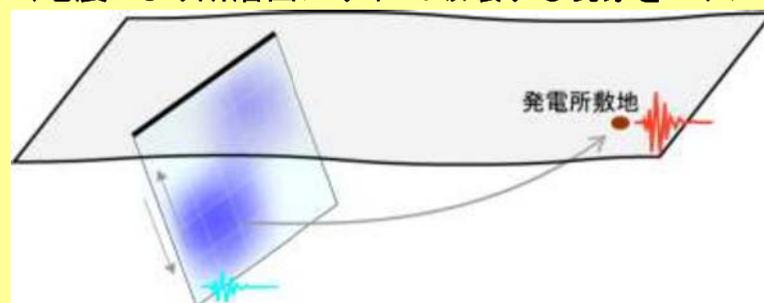
## 応答スペクトルに基づく地震動評価

(規模と距離から地震の揺れを評価)



## 断層モデルを用いた手法による地震動評価

(地震により断層面がずれて破壊する現象をモデル化)



- 検討用地震の場合「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び「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。



大飯発電所に係る3連動地震は検討用地震では無く「念のための地震動」。しかしながら、より安全サイドに双方の評価を実施。

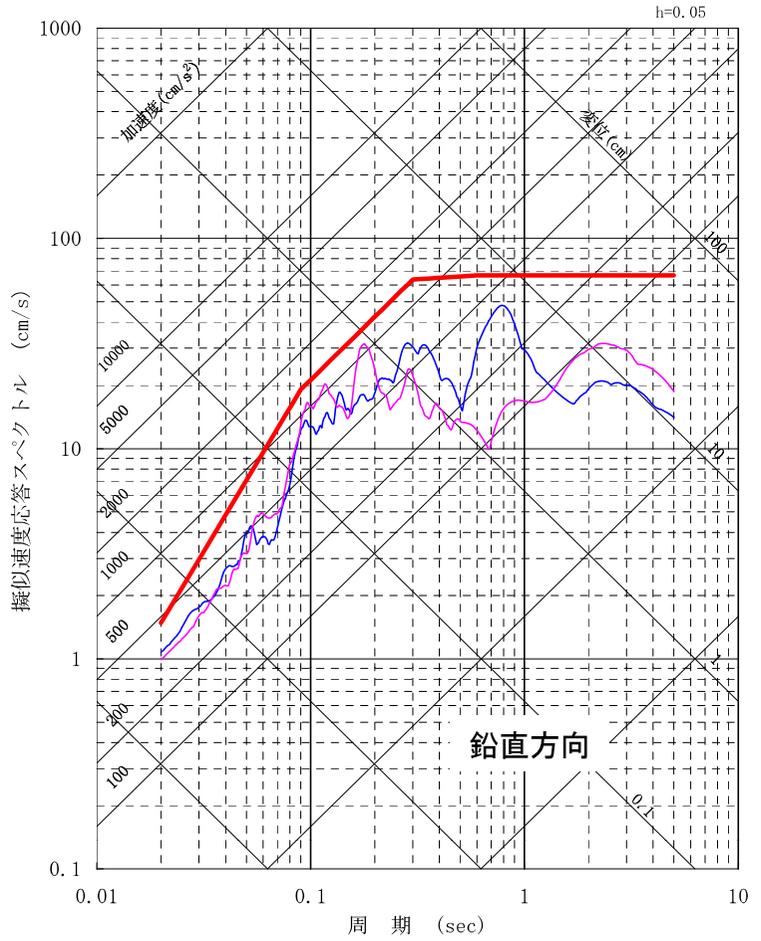
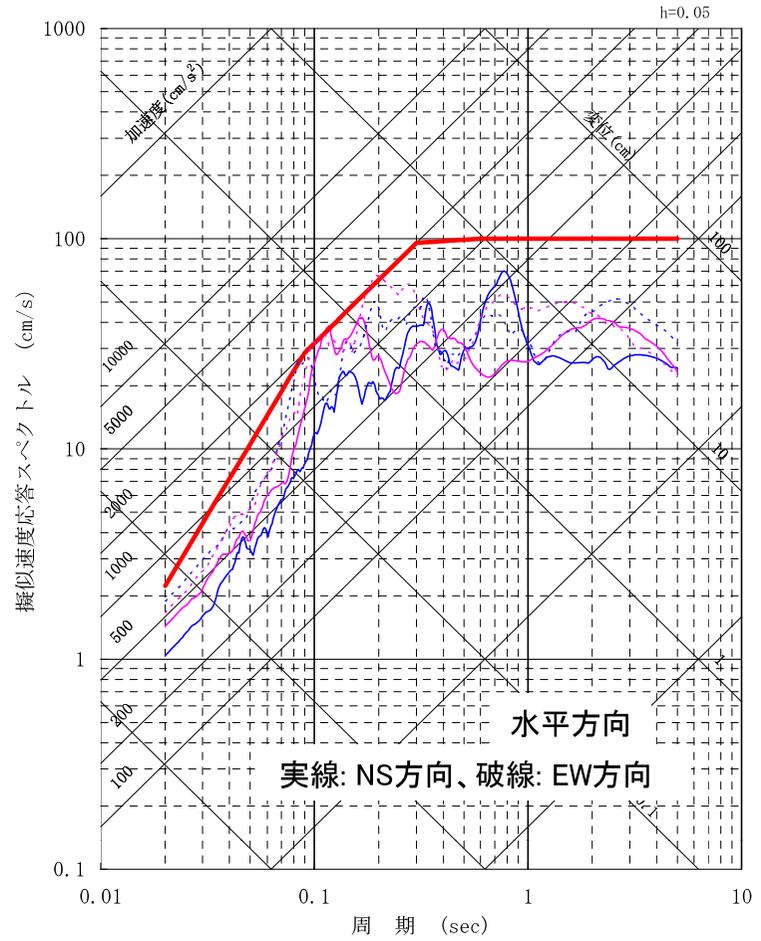
(抜 粋)

新耐震指針に照らした耐震安全性評価  
基準地震動 $S_s$ の策定について  
(高浜発電所, 大飯発電所)

平成22年9月15日

関西電力株式会社

# 4. 基準地震動S<sub>S</sub>の策定(大飯発電所)



凡例

— 基準地震動S<sub>S-1</sub>

FO-A~FO-B断層

— S<sub>S-2</sub>上端4km、短周期レベル1.5倍、破壊開始点1 (326, 591, 338)

— S<sub>S-3</sub>上端4km、短周期レベル1.5倍、破壊開始点3 (450, 520, 311)

※凡例の( )内の数値は順にNS, EW, UD成分の最大加速度値(ガル)

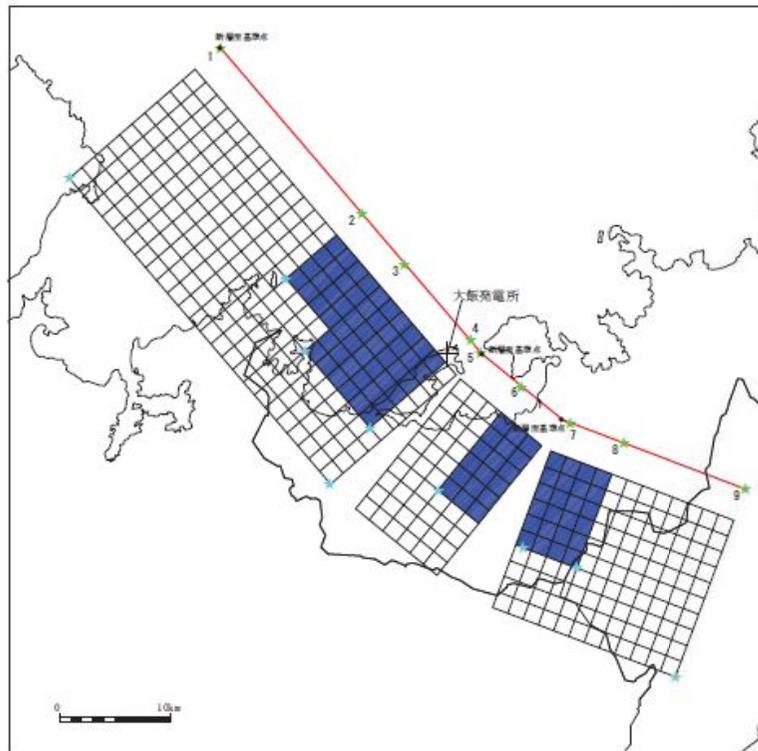
# FO-A断層～FO-B断層と熊川断層 の連動を考慮した断層モデル

平成24年3月28日  
原子力安全・保安院

※本資料は、関西電力株式会社からの報告を基に作成している。

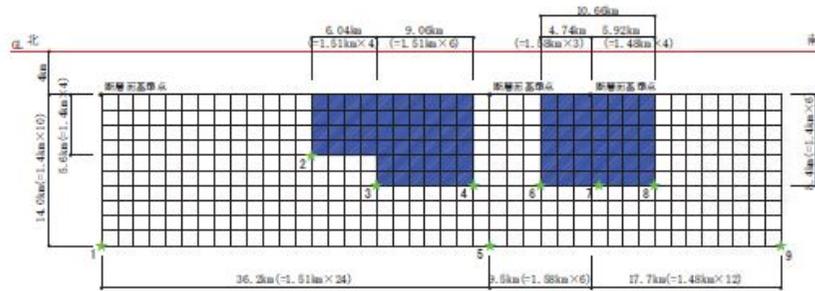
# 断層モデル

地震・津波(活断層)4-2-2  
より抜粋(関西電力より説明)



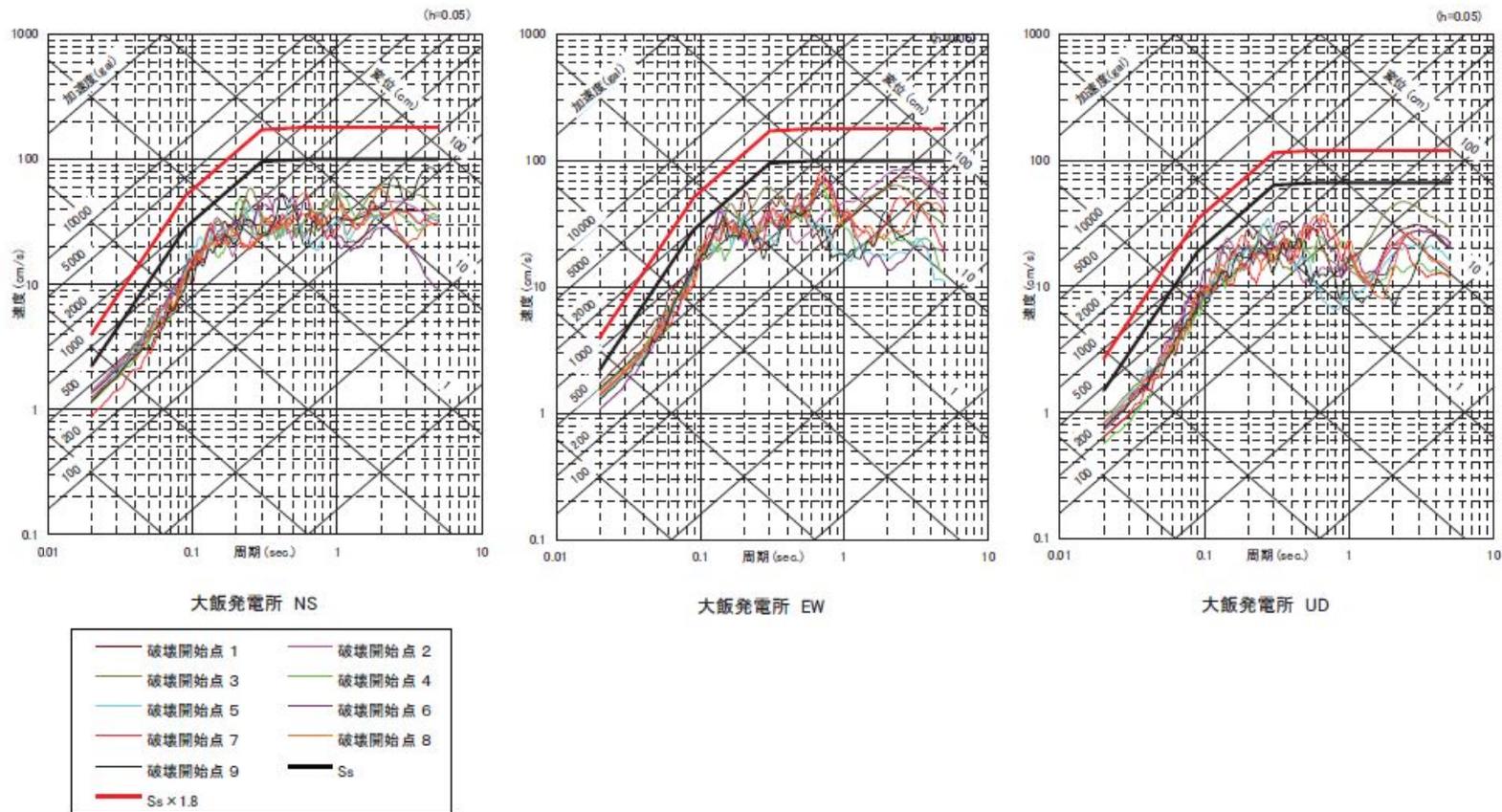
※ 傾斜角90°の断層前は、傾斜角θとして図化している。 ★: 断層開始点

FO-A~FO-B断層と熊川断層をつないだ全長約63km

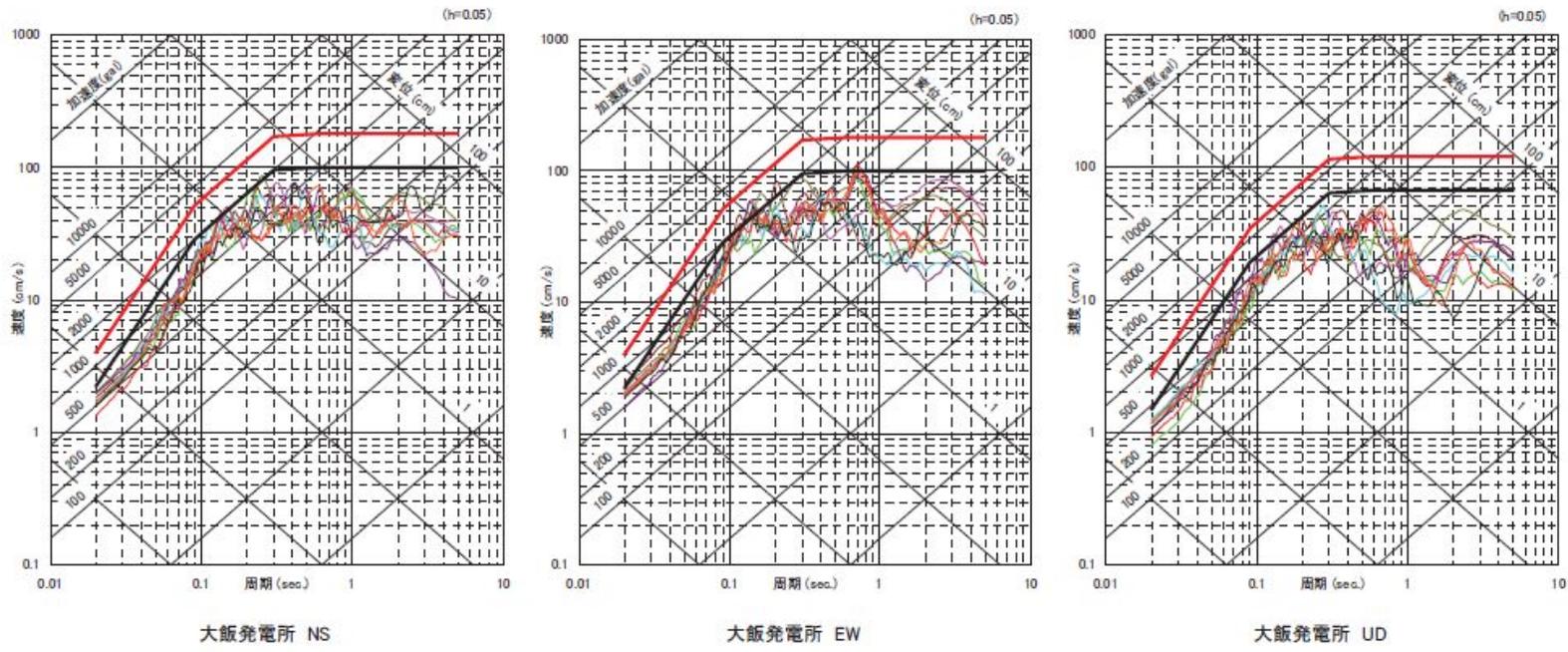


ii) 断面図 ★: 断層開始点

評価結果(基本ケース)と基準地震動Ss-1および1.8Ss-1との比較



評価結果(短周期レベル1.5倍)と基準地震動Ss-1および1.8Ss-1との比較

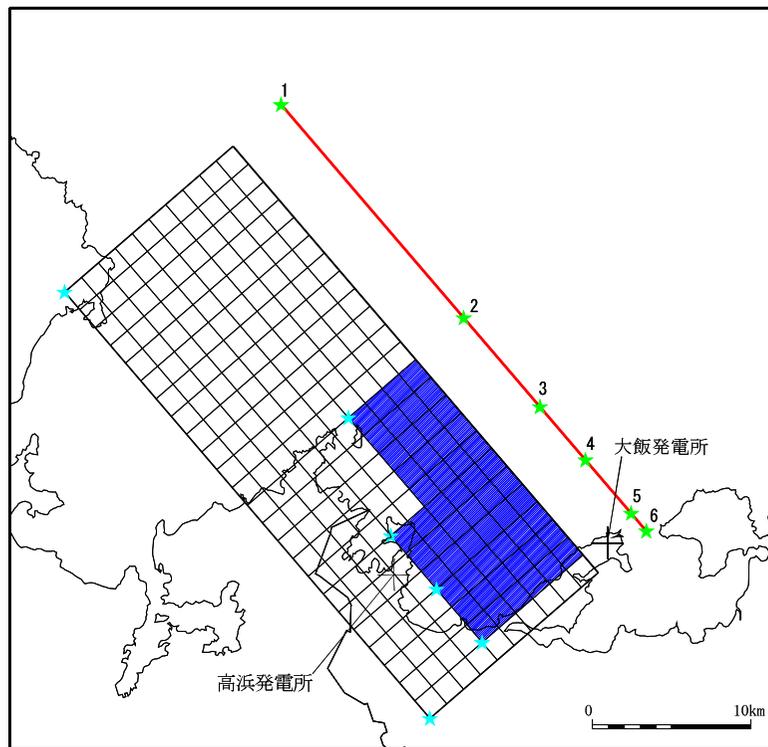


# FO-A断層～FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した断層モデル (パラメータ)

4

断層パラメータ	設定方法	単位	パラメータ		
			全体	FO-A～FO-B断層	熊川断層
断層長さ	断層位置から計算	km	63.4	36.2	27.2 (=9.5+17.7)
断層幅	地震発生層と傾斜角から設定	km	14	14	14
傾斜角		°	90	←	←
断層面積	S=LW	km <sup>2</sup>	897.6	506.8	380.8
断層上端深さ	微小地震の発生及び地下構造を参考に設定	km	4	4	4
断層下端深さ	微小地震の発生及び地下構造を参考に設定	km	18	18	18
破断伝播形式	同心円状	—	同心円状	同心円状	同心円状
地震τ-β	$M_0 = [S / (4.2 \times 10^{-11})]^{1/3}$ (A.倉・三宅,2001)	N・m	$4.38 \times 10^{19}$	$2.65 \times 10^{19}$	$1.73 \times 10^{19}$
剛性率	$\mu = \rho \theta^2$ , $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$ , $\theta = 3.6 \text{ km/s}$	N/m <sup>2</sup>	$3.50 \times 10^{10}$	←	←
平均すべり量	$D = M_0 / (\mu S)$	cm	141.1	149.6	129.7
平均応力降下量	Fuji and Matsuyura (2000)	MPa	3.10	←	←
破断伝播速度	$V = 0.728$ (Geller,1976)	km/sec	2.59	←	←
立ち上がり時間	$T = 2.03 \times 10^{-6} M_0^{1/3}$ (Somerville et al.,1999)	sec	1.54	←	←
短周期ペリ	$A = 2.46 \times 10^{17} \times M_0^{1/3}$	N・m/s <sup>2</sup>	$1.87 \times 10^{19}$	←	←
アスリテイ	面積	km <sup>2</sup>	195.27	111.5	83.78
	平均すべり量	cm	283.6	300.8	260.7
	地震τ-β	N・m	$1.94 \times 10^{19}$	$1.17 \times 10^{19}$	$7.64 \times 10^{18}$
大アスリテイ	応力降下量	MPa	14.1	←	←
	面積	km <sup>2</sup>	—	74.3	—
	平均すべり量	cm	—	333.3	—
小アスリテイ	地震τ-β	N・m	—	$8.67 \times 10^{18}$	—
	応力降下量	MPa	14.1	←	—
	面積	km <sup>2</sup>	—	37.2	—
背景領域	平均すべり量	cm	—	235.7	—
	地震τ-β	N・m	—	$3.07 \times 10^{18}$	—
	応力降下量	MPa	14.1	←	—
	面積	km <sup>2</sup>	692.33	393.3	297.02
	平均すべり量	cm	100.9	107.0	92.8
地震τ-β	N・m	$2.44 \times 10^{19}$	$1.48 \times 10^{19}$	$9.64 \times 10^{18}$	
実効応力	$\sigma_3 = 0.2 \sigma_1$	MPa	2.3	←	←
Q値	佐藤他(2007)による	—	50a1	←	←
$f_{max}$	香川他(2003)による	Hz	8.3	←	←

FO-A~FO-B断層



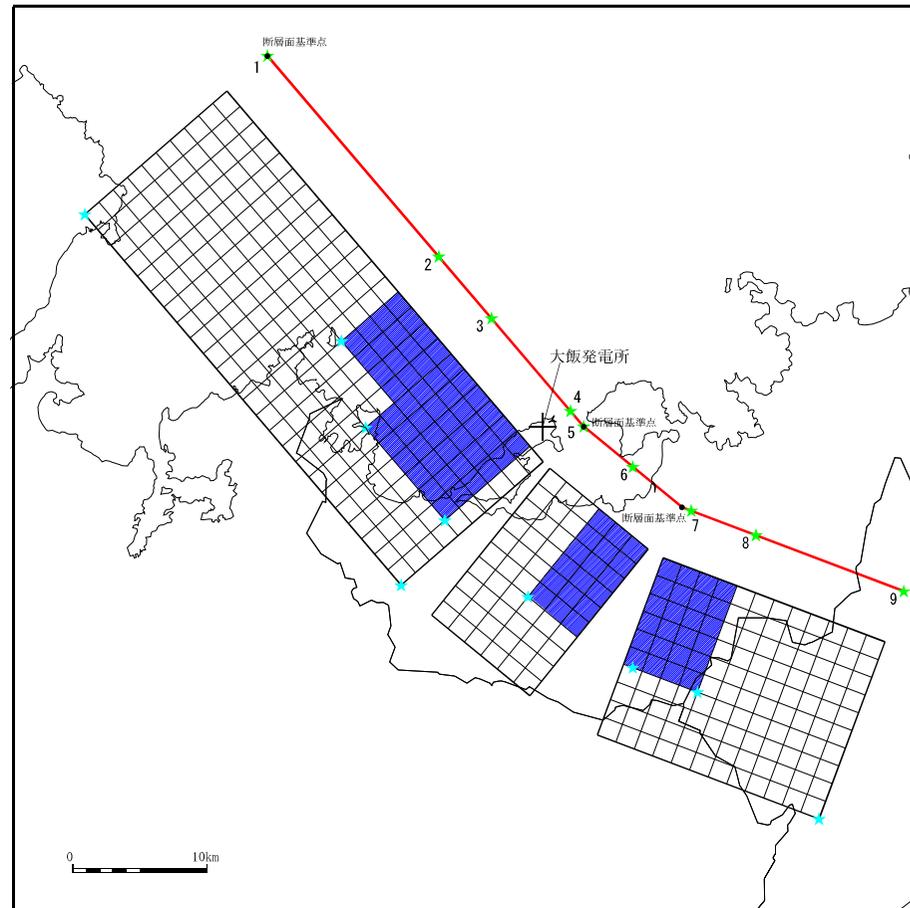
i) 断層配置図

★：破壊開始点

断層配置図

○断層長さ: 35km  
○マグニチュード: 7.4

FO-A~FO-B断層~熊川断層

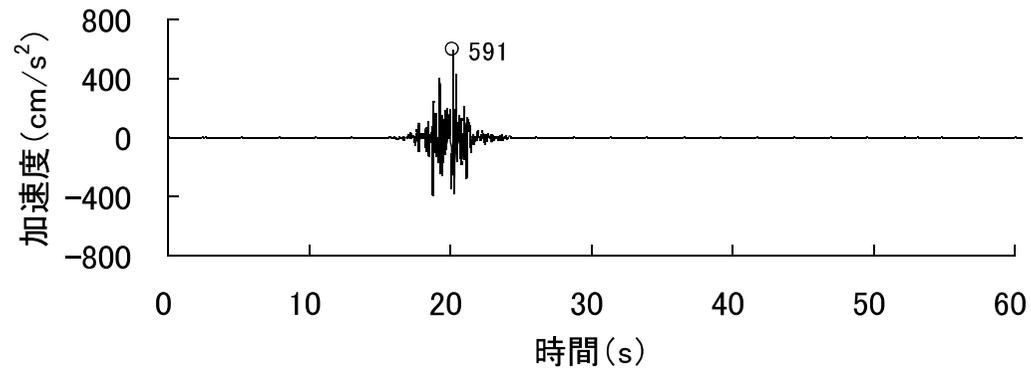


断層配置図

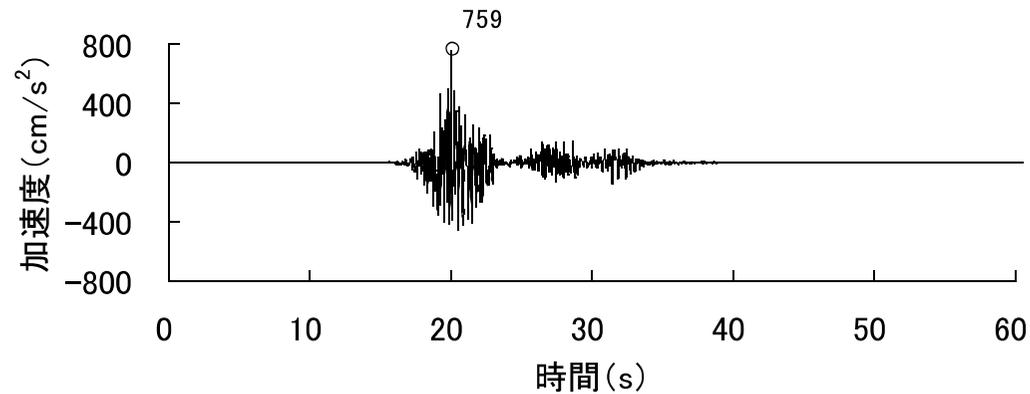
★：破壊開始点

※ 傾斜角90°の断層面は、傾斜角0°として図化している。

○断層長さ: 63km  
○マグニチュード: 7.8



FO-A~FO-B断層



FO-A~FO-B断層~熊川断層

加速度時刻歴波形

最大加速度は、FO-A~FO-B断層で約590Gal、FO-A~FO-B断層~熊川断層で約760Galとなり、今回の検討では約3割程度大きくなる。

大飯発電所  
FO－A～FO－B断層と熊川断層の連動を仮定した  
地震動評価

平成24年4月23日  
関西電力株式会社

## ■評価方法

### ○応答スペクトルに基づく地震動評価

- ・耐専式の適用性を検討し、適用が難しいと判断した場合は、断層モデルを用いた地震動評価結果を重視し、断層最短距離を用いた距離減衰式による評価を実施

### ○断層モデルを用いた地震動評価

- ・評価する震源の近傍で発生した地震の適切な観測記録が得られていないため、短周期側を統計的グリーン関数法、長周期側を理論的方法を適用したハイブリッド合成法により評価
- ・これまでの合同Cサブグループ会合における審議を踏まえ再評価した地盤モデルを用いて評価
- ・新潟県中越沖地震の反映事項及び「耐震バックチェックにおいて地震動評価を行う際の応力降下量の取扱いについて(平成21年4月24日:原子力安全・保安院)」を踏まえて、短周期の地震動レベルを1.5倍したケースを考慮

若狭周辺地域は、震源分布のデータが少ないため、各種地下構造調査結果から地震発生層を推定した。

## ① 地盤速度構造による検討

### (1) 各種調査、探査

ボーリング調査、PS検層、微動アレー探査、地震計水平アレー観測、等の結果より地盤速度構造を検討した。  
その結果、 $V_p \geq 6\text{km/s}$  ( $V_s \geq 3.6\text{km/s}$ )の深さは4kmであった。

### (2) 地震波速度トモグラフィ

対象地点を取り囲むような震源と観測点の観測記録を用いて、地震波の伝播をインバージョンし、速度層構造を求める。  
P波速度分布は、敦賀半島周辺で $V_p=6\text{km/s}$ 層が深さ4~5kmに分布している。またP波速度分布に震源分布を重ねると、 $V_p=6\text{km/s}$ 層と地震発生の上限深さが概ね対応して見られる。

## ③ 他機関による検討

地震調査委員会が実施した強震動予測について整理すると、若狭周辺における断層上端・下端深さは3~18kmであった。

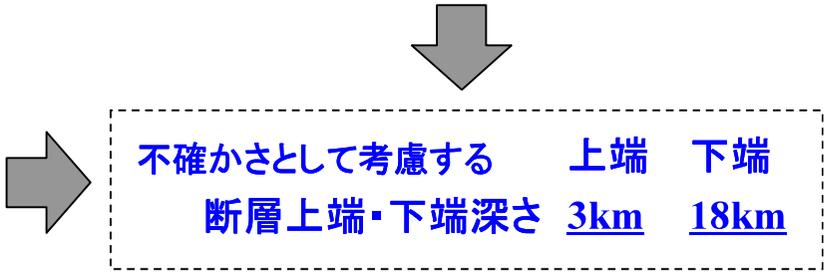
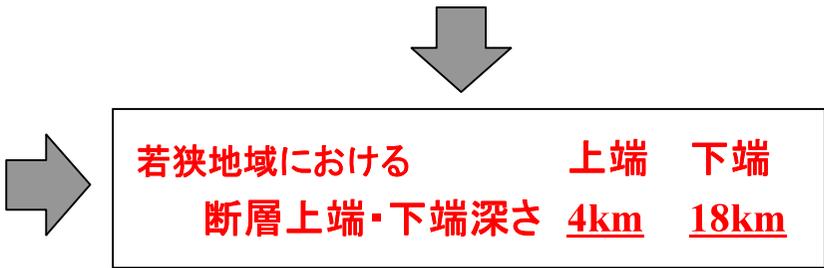
## ② 地震発生深さによる検討

### (1) 周辺地域における地震発生状況の調査

若狭地域の微小地震の発生分布について調査すると、地震の発生は深さ5~20kmに見られた。

### (2) 地震発生状況の統計的評価

伊藤・中村(1998)を参考に、若狭地域の地震の10%発生頻度深さ(D10)は約7km、地震の90%発生頻度深さ(D90)は約15kmであった。



■断層モデルを用いた地震動評価に用いる地盤モデルは、以下の方針で設定した。

○浅部地盤構造

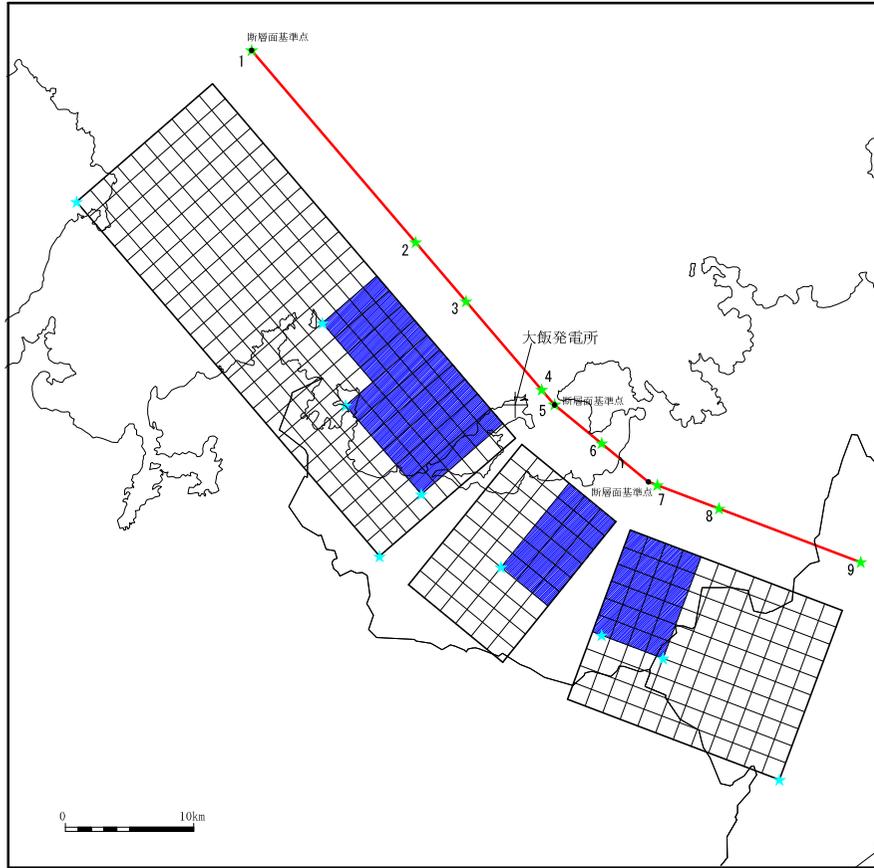
- ・速度構造：敷地内のPS検層結果より設定
- ・減衰定数：佐藤(浩)他(2007,2009)の考え方を参考にして、敷地内のPS検層結果より得られた速度構造の不均質性データをもとに設定

○深部地盤構造

- ・速度構造：敷地内及び敷地周辺で実施した屈折法探査、微動アレー探査、地震計水平アレー観測及び地震波速度トモグラフィ解析結果に基づき設定
- ・減衰定数：上記調査結果は、若狭地域の深部地盤構造を表したものであることや、これまでの耐震バックチェック審議を踏まえ、もんじゅサイトの経験的サイト増幅特性やそれに対応する地盤モデルを参照して、減衰定数0.5%(Q値100)を設定

EL (m)	層	層厚 (m)	密度 $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Qs	減衰定数 (%)
0	1	60	2.7	2,200	4,300	16.67	3.0
-60	2	140	2.7	2,560	4,860	16.67	3.0
-200	2'	430	2.7	2,560	4,860	100.00	0.5
-630	3	770	2.7	2,800	5,130	100.00	0.5
-1400	4	2600	2.7	3,100	5,310	100.00	0.5
-4000	5	-	2.7	3,600	6,270	100.00	0.5

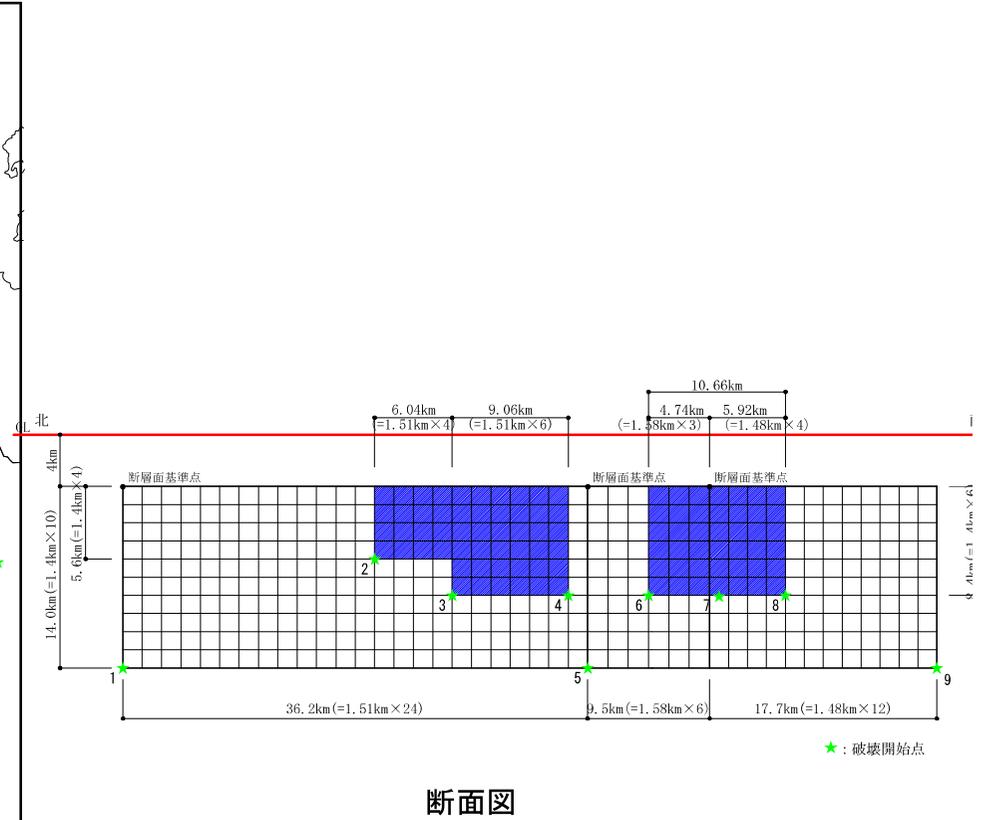
	断層上端深さ	断層傾斜角	アスペリティ	破壊開始点	短周期レベル	備考
基本ケース	4km	90°	敷地近傍に配置	複数設定	レスピ平均	
断層上端深さの不確かさを考慮	3km	90°	敷地近傍に配置	複数設定	レスピ平均	
短周期レベル	4km	90°	敷地近傍に配置	複数設定	レスピ平均 × 1.5倍	中越沖地震 知見反映



※ 傾斜角90°の断層面は、傾斜角0°として図化している。

★：破壊開始点

断層配置図



断面図

断層パラメータ	パラメータ			設定方法
	全体	FO-A~FO-B	熊川	
断層長さL(km)	63.4	36.2	27.2	断層位置から計算
断層傾斜角(°)	—	90	90	調査結果に基づき設定
断層上端深さ(km)	—	4	4	微小地震の発生及び地下構造を参考に設定
断層下端深さ(km)		18	18	
断層幅W(km)	—	14.0	14.0	地震発生層と傾斜角から設定
断層面積S(km <sup>2</sup> )	887.6	506.8	380.8	断層面より算定
破壊伝播様式	同心円状	←	←	—
地震モーメントM <sub>0</sub> (Nm)	4.38 × 10 <sup>19</sup>	2.65 × 10 <sup>19</sup>	1.73 × 10 <sup>19</sup>	M <sub>0</sub> ={S/(4.24 × 10 <sup>-11</sup> )} <sup>2.0</sup> 全体の地震モーメントを断層面積の1.5乗比で分配
剛性率(N/m <sup>2</sup> )	3.5 × 10 <sup>10</sup>	←	←	$\mu = \rho \beta^2$ 、 $\rho = 2.7\text{g/cm}^3$ 、 $\beta = 3.6\text{km/s}$
平均すべり量D(cm)	141.1	149.6	129.7	D=M <sub>0</sub> /( $\mu$ S)
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3.1	←	←	Fujii and Matsu'ura(2000)
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.59	←	←	Vr=0.72 $\beta$
立ち上がり時間Tr(sec)	1.54	←	←	Tr=2.03 × 10 <sup>-9</sup> M <sub>0</sub> <sup>1/3</sup>
高周波限界遮断周波数fmax(Hz)	8.3	←	←	香川他(2003)
短周期レベルA(Nm/s <sup>2</sup> )(参考)	1.87 × 10 <sup>19</sup>	←	←	A=2.46 × 10 <sup>17</sup> × M <sub>0</sub> <sup>1/3</sup>
Q値	50f <sup>1.1</sup>	←	←	佐藤他(2007)

断層パラメータ		パラメータ			設定方法
		全体	FO-A~FO-B	熊川	
全 ア ス ペ リ テ イ	面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	195.27	111.5	83.78	$S_a = \gamma_{asp} \times S, \gamma_{asp} = 0.22$
	平均すべり量 $D_a$ (cm)	283.6	300.8	260.7	$D_a = \gamma_D D, \gamma_D = 2.01$
	地震モーメント $M_{0a}$ (Nm)	$1.94 \times 10^{19}$	$1.17 \times 10^{19}$	$7.64 \times 10^{18}$	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	14.1	←	←	$\Delta \sigma_a = (S/S_a) \Delta \sigma$
大 ア ス ペ リ テ イ	面積 $S_{a1}$ (km <sup>2</sup> )	—	74.3	/	$S_{a1} = 2/3 S_a$
	平均すべり量 $D_{a1}$ (cm)	—	333.3		$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	地震モーメント $M_{0a1}$ (Nm)	—	$8.67 \times 10^{18}$		$M_{0a1} = M_{0a} S_{a1}^{1.5} / (S_{a1}^{1.5} + S_{a2}^{1.5})$
	応力降下量 $\Delta \sigma_{a1}$ (MPa)	—	14.1		$\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
小 ア ス ペ リ テ イ	面積 $S_{a2}$ (km <sup>2</sup> )	—	37.2		$S_{a2} = 1/3 S_a$
	平均すべり量 $D_{a2}$ (cm)	—	235.7		$D_{a2} = M_{0a2} / (\mu S_{a2})$
	地震モーメント $M_{0a2}$ (Nm)	—	$3.07 \times 10^{18}$		$M_{0a2} = M_{0a} S_{a2}^{1.5} / (S_{a1}^{1.5} + S_{a2}^{1.5})$
	応力降下量 $\Delta \sigma_{a2}$ (MPa)	—	14.1		$\Delta \sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$
背 景 領 域	面積 $S_b$ (km <sup>2</sup> )	692.33	395.3	297.02	$S_b = S - S_a$
	平均すべり量 $D_b$ (cm)	100.9	107.0	92.8	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	地震モーメント $M_{0b}$ (Nm)	$2.44 \times 10^{19}$	$1.48 \times 10^{19}$	$9.64 \times 10^{18}$	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	実効応力 $\sigma_b$ (MPa)	2.8	←	←	$\sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$

○応答スペクトルに基づく地震動評価

■検討用地震の等価震源距離と耐専式での地震の諸元との比較

1. 回帰分析に用いた地震の諸元

5.5 ≤ Mj ≤ 7.0 (Mj: 気象庁マグニチュード)

h ≤ 60km (h: 震源深さ)

28km ≤ Xeq ≤ 202km (Xeq: 等価震源距離)

2. 観測記録を用いて距離減衰式の適用性について検討した際に用いた地震の諸元

5.4 ≤ Mj ≤ 8.1 (Mj: 気象庁マグニチュード)

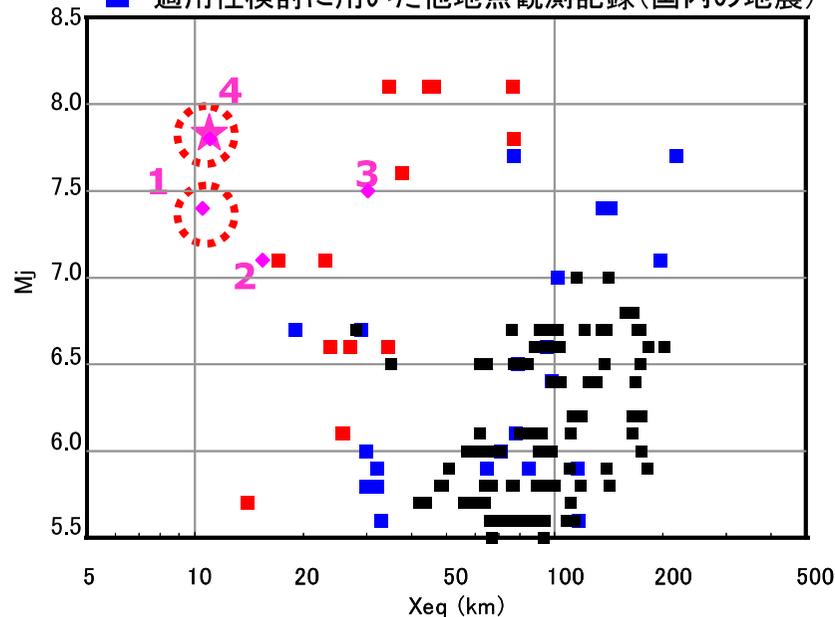
h ≤ 60km (h: 震源深さ)

14km ≤ Xeq ≤ 218km (Xeq: 等価震源距離)

■ 回帰式の作成に用いた観測記録

■ 適用性検討に用いた他地点観測記録(海外の地震)

■ 適用性検討に用いた他地点観測記録(国内の地震)



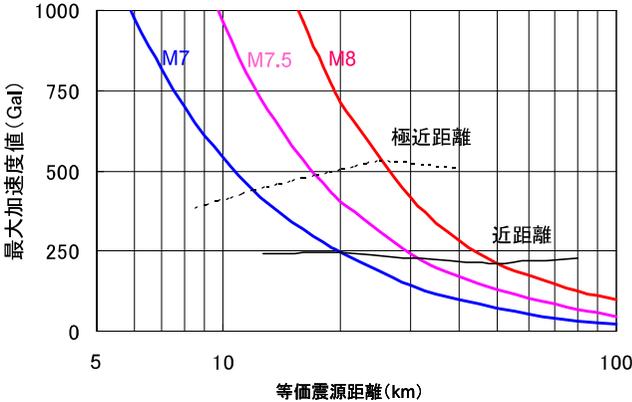
No.	検討用地震	Mj	Xeq (km)	
大飯	1	FO-A~FO-B断層	7.4	10.5
	2	熊川断層	7.1	15.4
	3	上林川断層	7.5	30.2
	4	FO-A~FO-B断層~熊川断層 (今回の連動ケース)	7.8	11.0

平成21年5月22日原安委意見交換会資料(東京電力)に加筆

# 応答スペクトルに基づく地震動評価

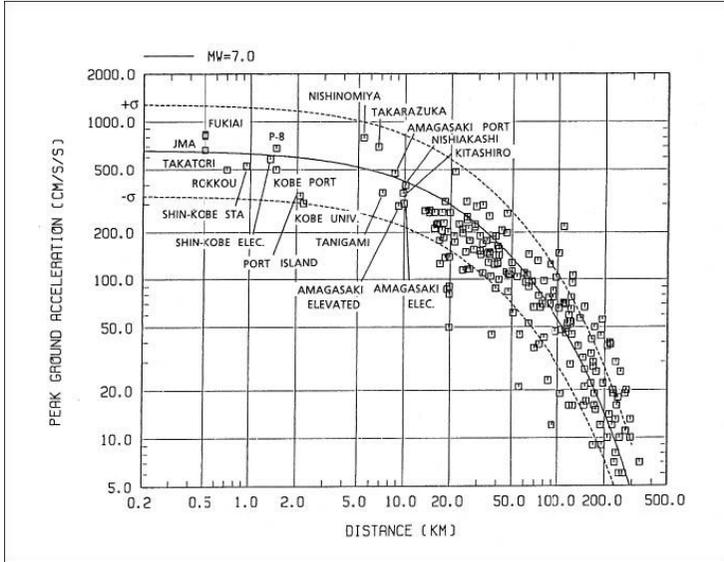
## ○応答スペクトルに基づく地震動評価

- 等価震源距離と極近距離との乖離が大きく、回帰式を策定するうえで用いた等価震源距離の最小値との差が大きい断層の評価については、大きく外挿することになる。
- FO-A～FO-B断層～熊川断層については、等価震源距離と極近距離の乖離が大きいため、適用範囲外とする。
- 適用範囲外とした断層による地震動評価については、断層モデルを重視することとし、耐専式以外の距離減衰式を用いて、応答スペクトルに基づく地震動評価を行う。



耐専式における等価震源距離と最大加速度値の関係

極近距離とは  
 近距離(約200～250Galの加速度となる点)の1/2程度



兵庫県南部地震で観測された最大加速度値と既往の距離減衰式(福島・田中(1992))との比較(Fukushima & Irikura,1997)

○応答スペクトルに基づく地震動評価

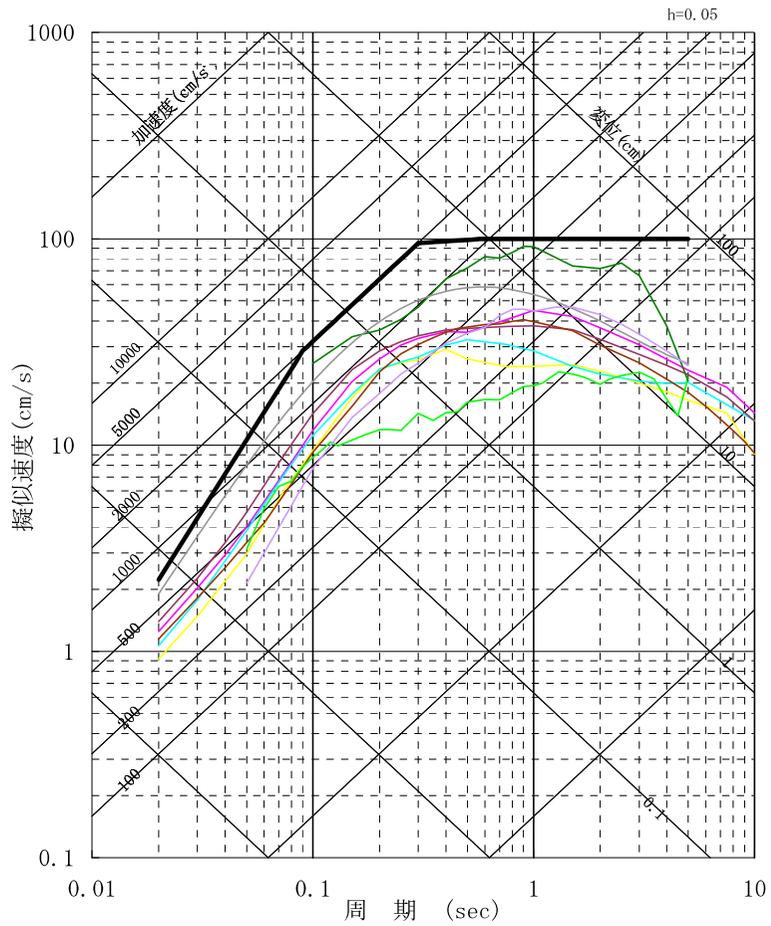
■ 耐専式以外の距離減衰式

国内の地震を含むデータベースにより作成された距離減衰式のうち、FO-A～FO-B断層～熊川断層の地震動評価に用いた距離減衰式は以下のとおり

各種距離減衰式のデータベース諸元

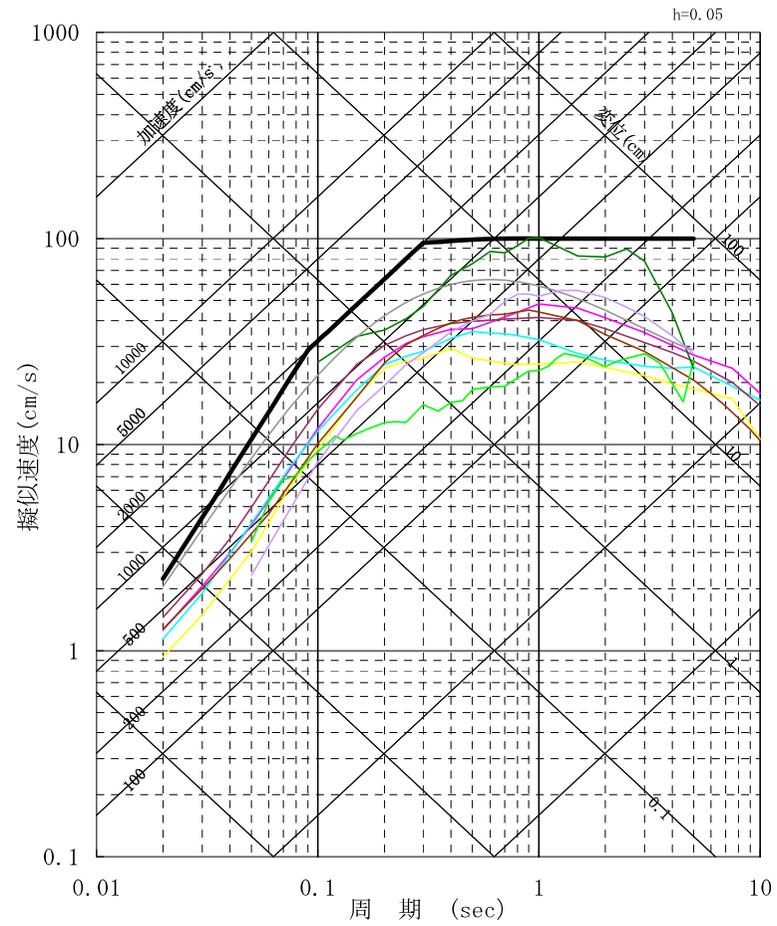
距離減衰式	データベース諸元					サイト補正の考え方
	対象地震	地震種別	Mの範囲	断層最短距離の範囲	地盤種別	
Kanno et al.(2006)	主に国内	内陸 プレート間 プレート内	5.5～8.2	1～500km	100≦Vs30≦1400m/s (原論文の図から読取)	原論文の評価式を用いて補正
Zhao et al.(2006)	主に国内	内陸 プレート間 プレート内	5.0～8.3	0.3～300km	・Vs30>1100m/s ・Vs30>600m/s 等で整理	原論文の評価式を用いて補正
内山・翠川(2006)	日本周辺	内陸 プレート間 プレート内	5.5～8.3	300km以内	Vs30=500m/s程度の工学的 基盤	—
片岡・他(2006)	日本周辺	内陸 海溝性	4.9～8.2	250km以内	工学的基盤(31測点)の Vs30の平均値は720m/s	—
Abrahamson and Silva(2008)	国内外	内陸	4.27～7.9	200km以内	100≦Vs30≦2000m/s	原論文の評価式を用いて補正
Boore and Atkinson(2008)			4.27～7.9	400km以内	NEHRP分類A～E	原論文の評価式を用いて補正
Campbell and Bozorgnia(2008)			4.27～7.9	200km以内	150≦Vs30≦1500m/s	原論文の評価式を用いて補正
Chiou and Youngs(2008)			4.27～7.9	70km以内	100≦Vs30≦2000m/s	原論文の評価式を用いて補正
Idriss(2008)			4.5～7.7	200km以内	450≦Vs30≦900m/s	原論文の評価式を用いて補正

※Vs30: 地表から深さ30mまでの平均S波速度(大飯はVs30=2200m/s)



- 基準地震動Ss-1H
- Boore and Atkinson
- Chiou and Youngs
- Kanno et al.
- 内山・翠川
- Abrahamson and Silva
- Campbell and Bozorgnia
- Idriss
- 片岡他
- Zhao et al.

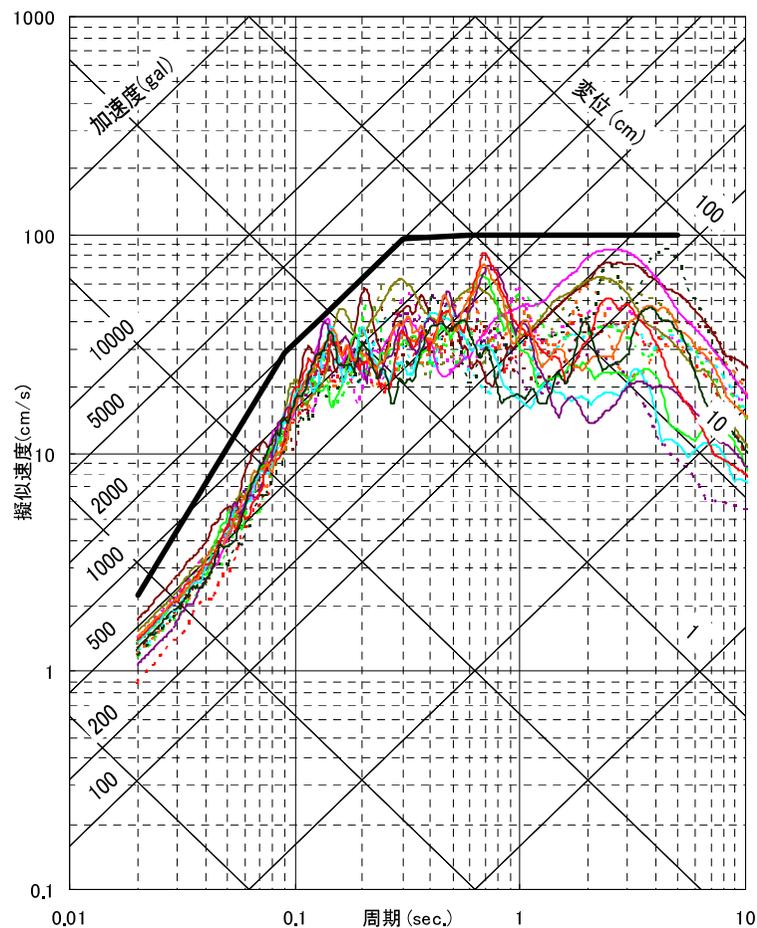
上端深さ4km



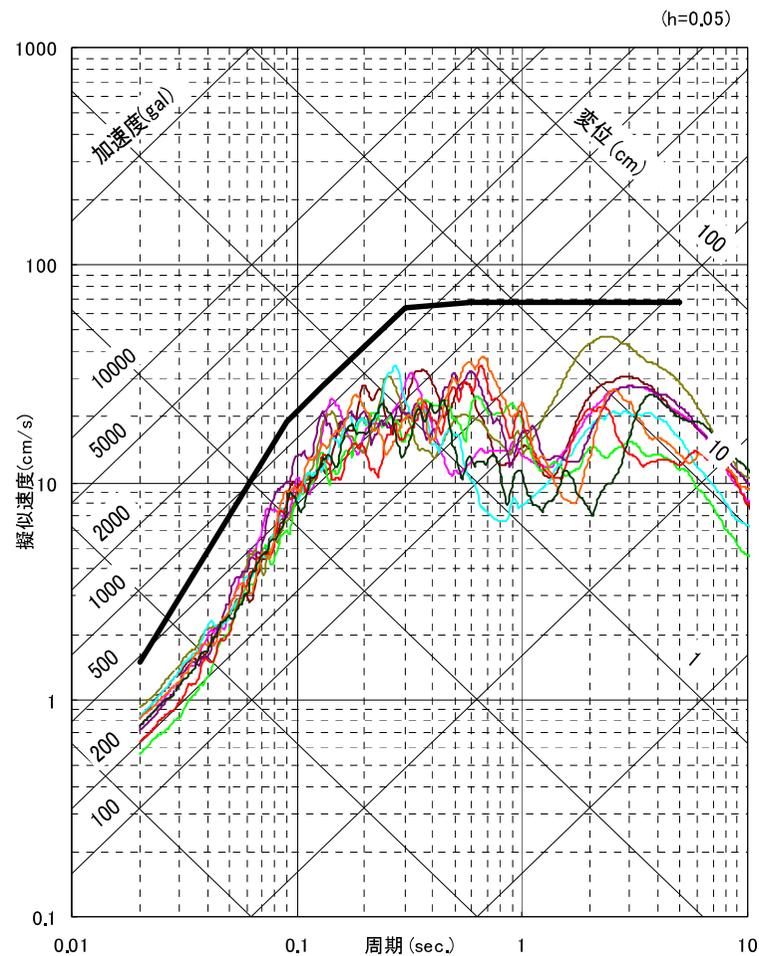
- 基準地震動Ss-1H
- Boore and Atkinson
- Chiou and Youngs
- Kanno et al.
- 内山・翠川
- Abrahamson and Silva
- Campbell and Bozorgnia
- Idriss
- 片岡他
- Zhao et al.

上端深さ3km

基本ケース(上端4km)の擬似速度応答スペクトル (h=0.05)



水平方向(実線: EW方向、破線: NS方向)

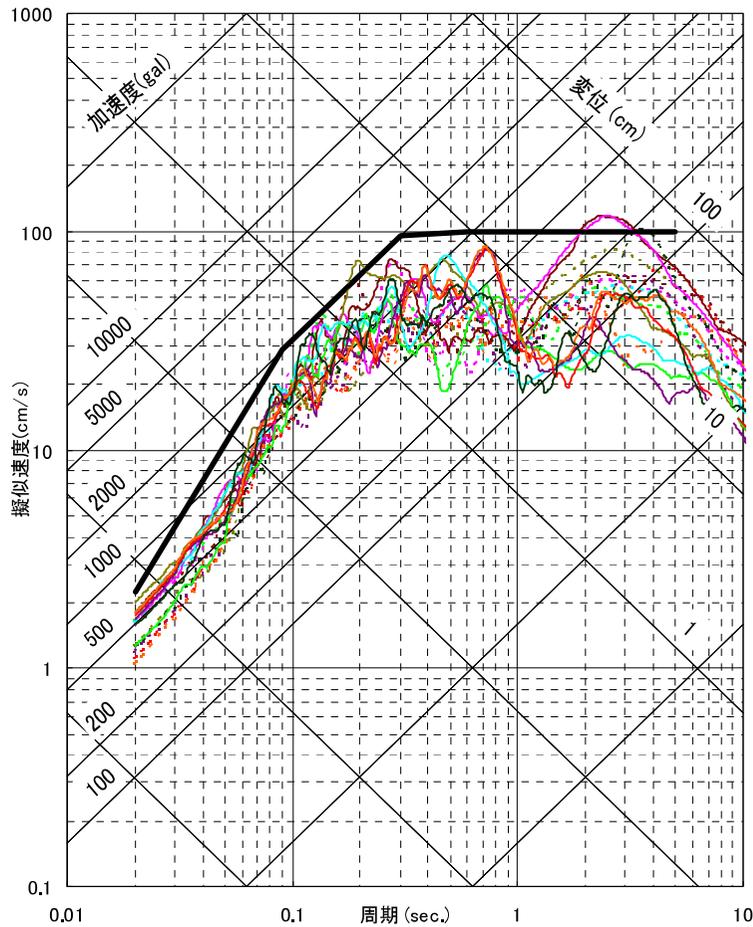


鉛直方向

- 破壊開始点①      — 破壊開始点②      — 破壊開始点③
- 破壊開始点④      — 破壊開始点⑤      — 破壊開始点⑥
- 破壊開始点⑦      — 破壊開始点⑧      — 破壊開始点⑨
- 基準地震動Ss

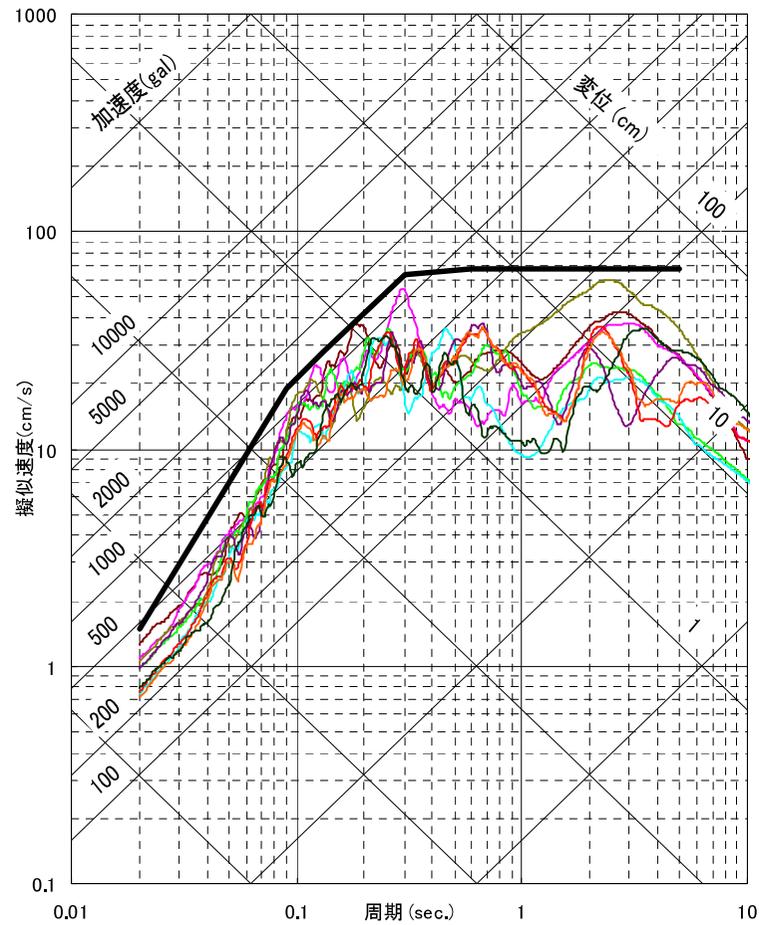
不確かさケース(上端3km)の擬似速度応答スペクトル

(h=0.05)



水平方向(実線: EW方向、破線: NS方向)

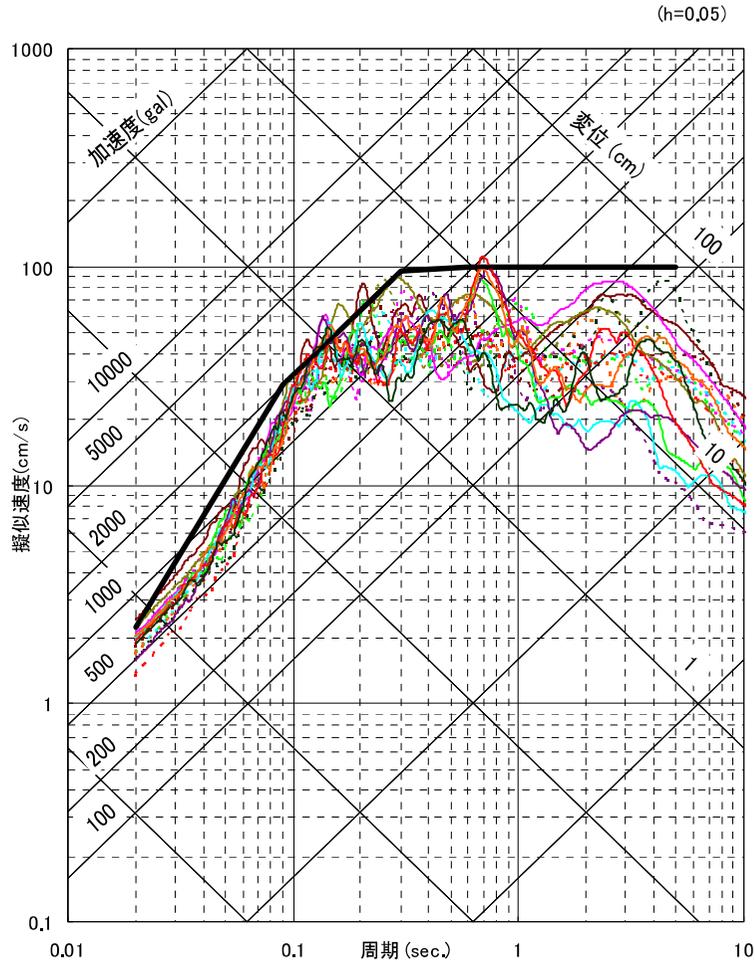
(h=0.05)



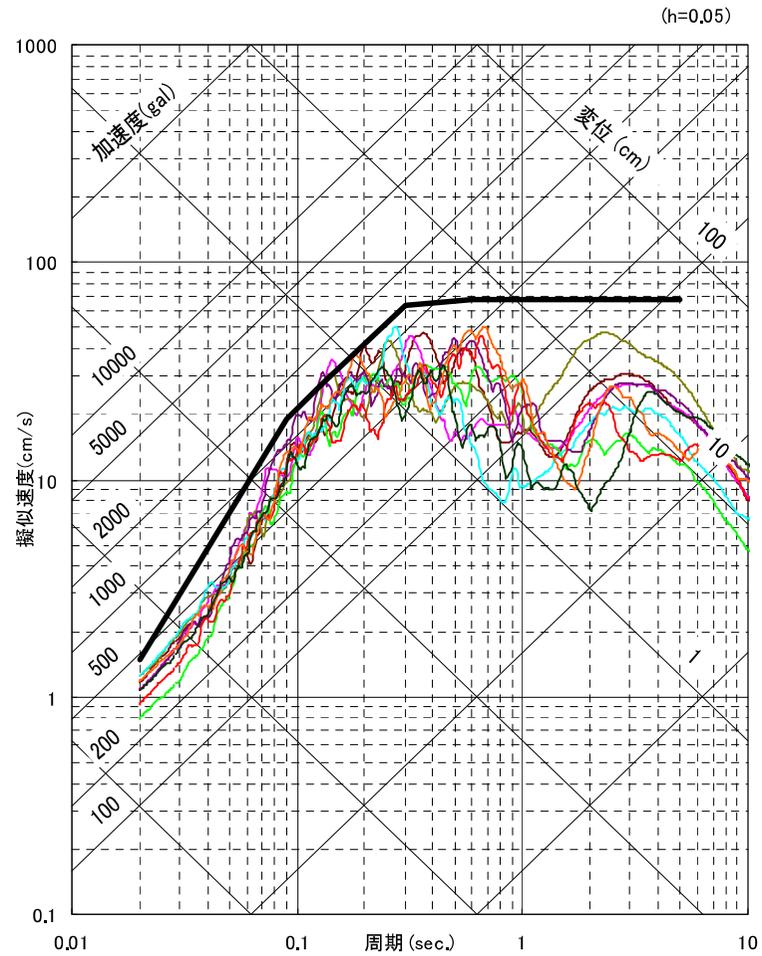
鉛直方向

- 破壊開始点①      — 破壊開始点②      — 破壊開始点③
- 破壊開始点④      — 破壊開始点⑤      — 破壊開始点⑥
- 破壊開始点⑦      — 破壊開始点⑧      — 破壊開始点⑨
- 基準地震動Ss

## 不確かさケース(短周期1.5倍)の擬似速度応答スペクトル

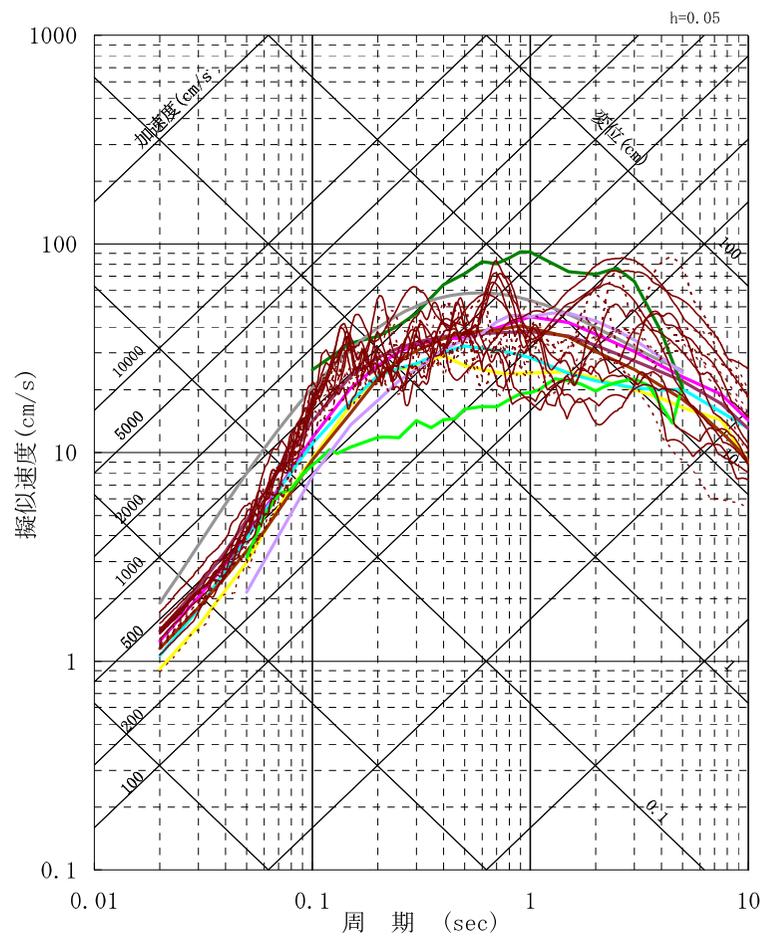


水平方向(実線: EW方向、破線: NS方向)



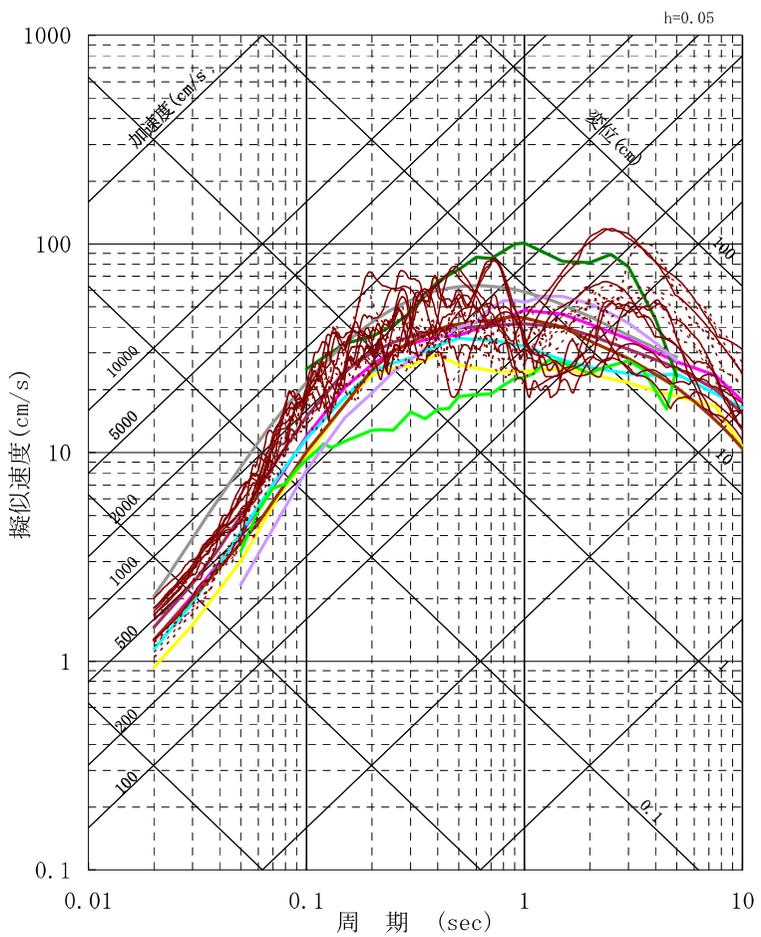
鉛直方向

- |           |          |          |
|-----------|----------|----------|
| — 破壊開始点①  | — 破壊開始点② | — 破壊開始点③ |
| — 破壊開始点④  | — 破壊開始点⑤ | — 破壊開始点⑥ |
| — 破壊開始点⑦  | — 破壊開始点⑧ | — 破壊開始点⑨ |
| — 基準地震動Ss |          |          |



- Abrahamson and Silva
- Campbell and Bozorgnia
- Idriss
- 片岡他
- Zhao et al.
- Boore and Atkinson
- Chiou and Youngs
- Kanno et al.
- 内山・翠川

上端深さ4km



- Abrahamson and Silva
- Campbell and Bozorgnia
- Idriss
- 片岡他
- Zhao et al.
- Boore and Atkinson
- Chiou and Youngs
- Kanno et al.
- 内山・翠川

上端深さ3km

褐色線: 断層モデルを用いた手法(実線: EW方向、破線: NS方向)

■FO-A～FO-B断層と熊川断層が仮に連動した場合の地震動評価について、これまで実施した断層モデルを用いた地震動評価(原子力安全・保安院殿による確認済)に加えて、今回、応答スペクトルに基づく地震動評価について検討を行った。

■応答スペクトルによる地震動評価は、耐専式の適用が難しいと判断されたため、断層最短距離を指標とした距離減衰式を用いて評価し、概ね基準地震動Ss-1以下である事を確認した。