

**伊方発電所3号機
「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」
の改訂に伴う耐震安全性評価に関する
要請回答およびコメント回答**

- 1. アスペリティ正面モデル
- 2. 要素地震に関する検討

平成 21 年 3 月
四国電力株式会社

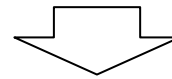
1. アスペリティ正面モデル

(愛媛県要請回答)

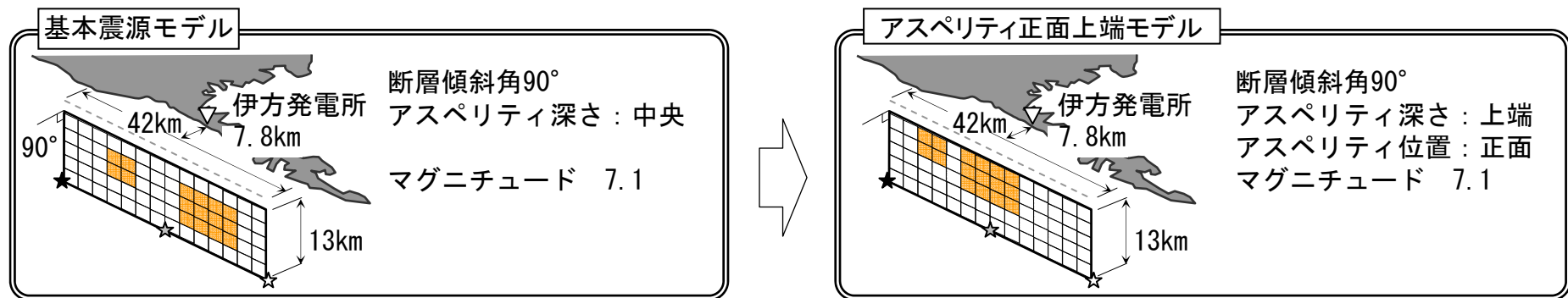
経緯

【要請内容】

『敷地前面海域の断層の地震動評価において、大きい方のアスペリティの位置を発電所の前面としたケース』の追加解析



断層モデルとして設定している大きい方のアスペリティを発電所の正面に配置し、さらにアスペリティを上端に配置したモデルで地震動解析を実施



追加解析ケースの断層モデル

★☆☆：破壊開始点3ケース

断層パラメータ

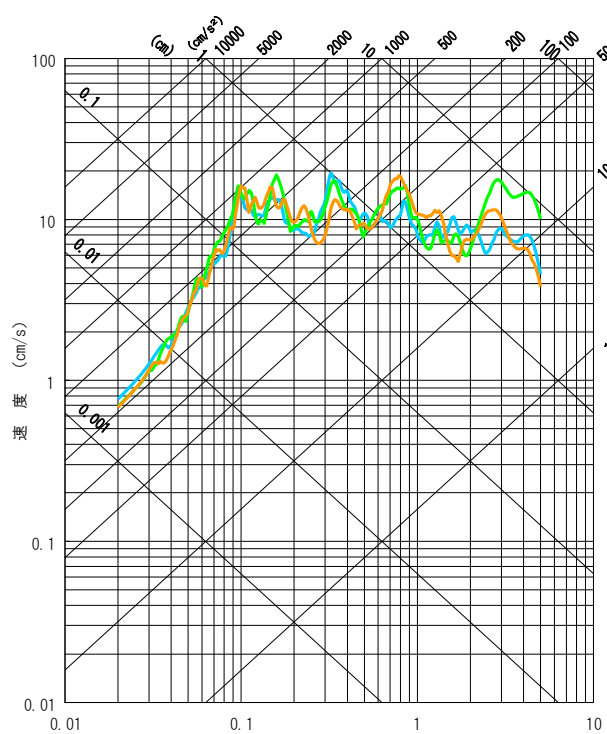
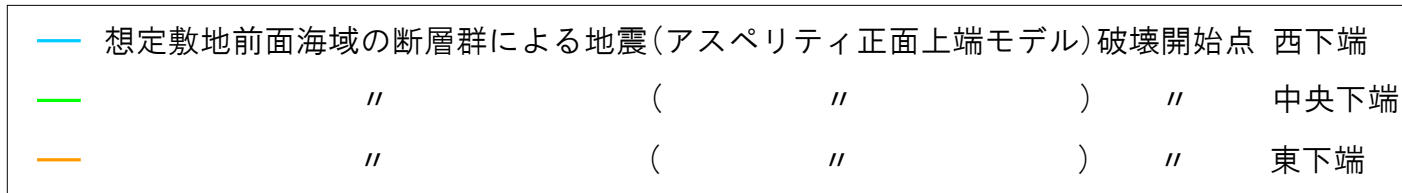
○設定値は基本モデルと同じ(アスペリティの位置の変更のみ)

○芸予地震の余震記録を要素地震として経験的グリーン関数法で地震動を解析

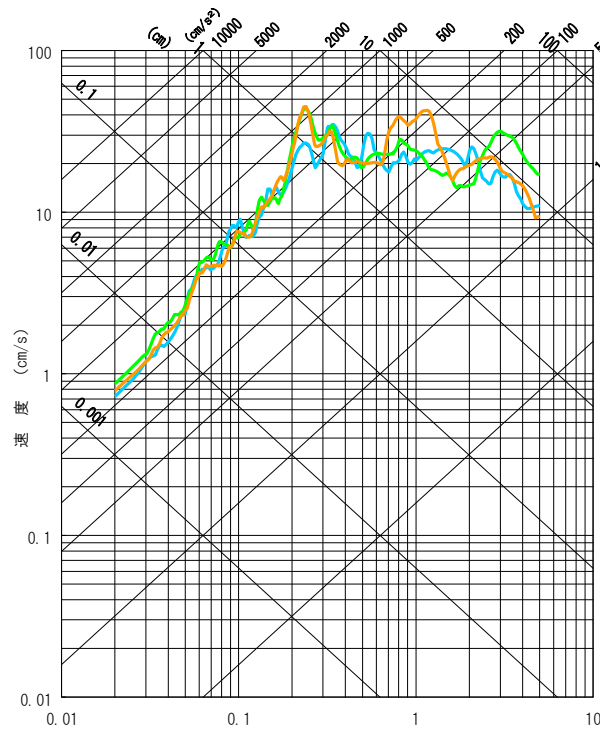
断層パラメータ	記号	設定値	根拠	断層パラメータ	記号	設定値	根拠
断層位置	—	東経: 132° 4' 42" 北緯: 33° 26' 57"		全アスペリティ	地震モーメント	M_{0a}	$7.30 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$ $M_{0a} = \mu D_a S_a$
走向	θ	N57E			面積	S_a	120.1 km ² $S_a = S \times 22\%$
傾斜角	δ	90°			平均すべり量	D_a	152 cm $D_a = 2.0 \times D$
断層長さ	L	42.0 km			応力降下量	$\Delta \sigma_a$	10.1 MPa $\Delta \sigma_a = \Delta \sigma / 0.22$
断層幅	W	13.0 km		第1アスペリティ	地震モーメント	M_{0a1}	$5.93 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$ $S^{1.5}$ 比で配分
断層面積	S	546.0 km ²			面積	S_{a1}	87.4 km ² $S_{a1} = S \times 16\%$
断層上端深さ	H	2.0km			平均すべり量	D_{a1}	170 cm $D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
破壊伝播形式	—	同心円状			実効応力	σ_{a1}	10.1 MPa $\sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
応力降下量	$\Delta \sigma$	2.2MPa	楕円クラック	第2アスペリティ	地震モーメント	M_{0a2}	$1.36 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$ $S^{1.5}$ 比で配分
地震モーメント	M_0	$1.66 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	入倉・三宅(2001)		面積	S_{a2}	32.8 km ² $S_{a2} = S \times 6\%$
モーメントマグニチュード [*]	M_w	6.7	Kanamori(1977)		平均すべり量	D_{a2}	104 cm $D_{a2} = M_{0a2} / (\mu S_{a2})$
気象庁マグニチュード [*]	M_j	7.1	武村(1998)		実効応力	σ_{a2}	10.1 MPa $\sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$
剛性率	μ	$4.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$		背景領域	地震モーメント	M_{0b}	$9.29 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$ $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
平均すべり量	D	76 cm	$D = M_0 / (\mu S)$		面積	S_b	425.9 km ² $S_b = S - S_a$
S波速度	β	3.5 km/s			平均すべり量	D_b	55 cm $D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
破壊伝播速度	V_R	2.5 km/s	Geller(1976)		実効応力	σ_b	2.0 MPa $\sigma_b = 0.2 \times \Delta \sigma_a$
短周期レベル	A'	$1.03 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m/s}^2$	$4\pi(S/\pi)^{1/2} \cdot \Delta \sigma \cdot \beta^2$				

解析結果①

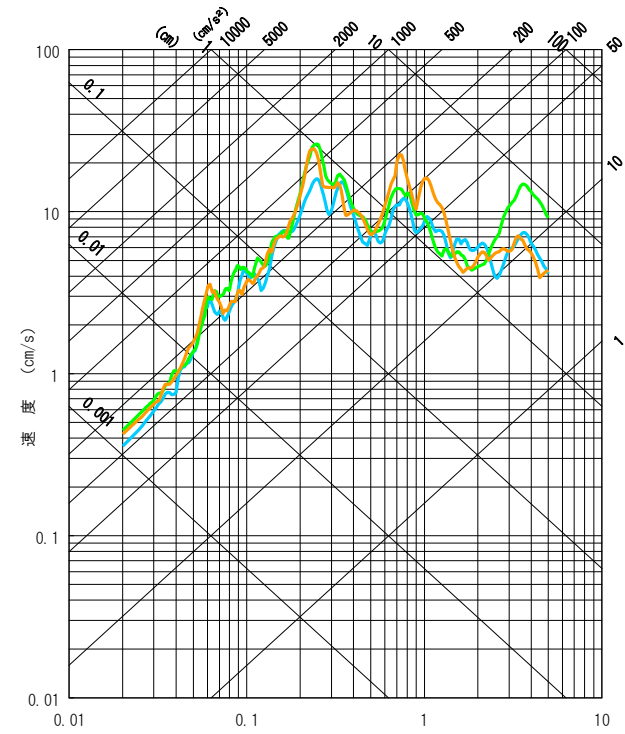
地震動解析結果を，破壊開始点3ケースについて示す。



周期 (秒)
NS方向



周期 (秒)
EW方向

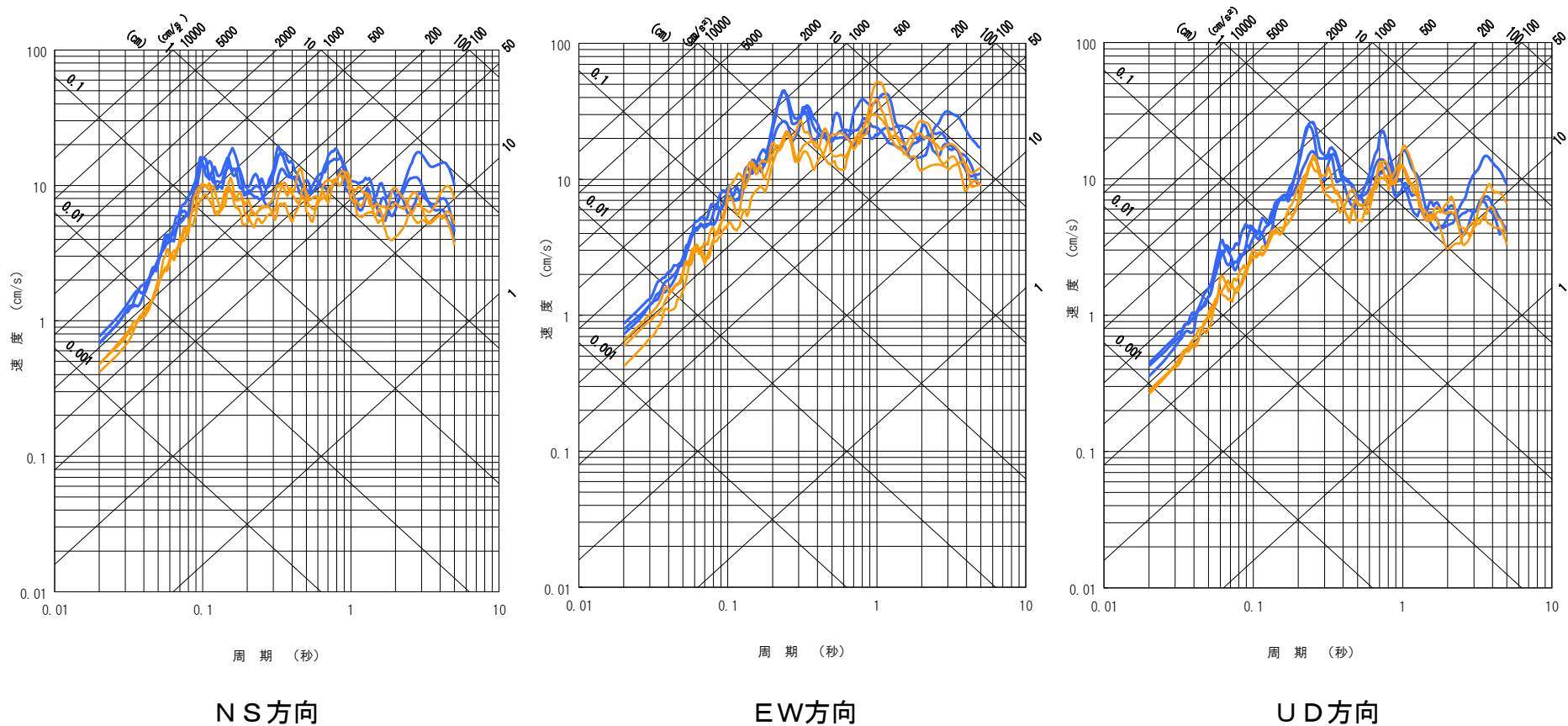


周期 (秒)
UD方向

解析結果② [基本震源モデルとの比較]

アスペリティ正面モデルの地震動解析結果を、基本震源モデルの結果と比較して示す。

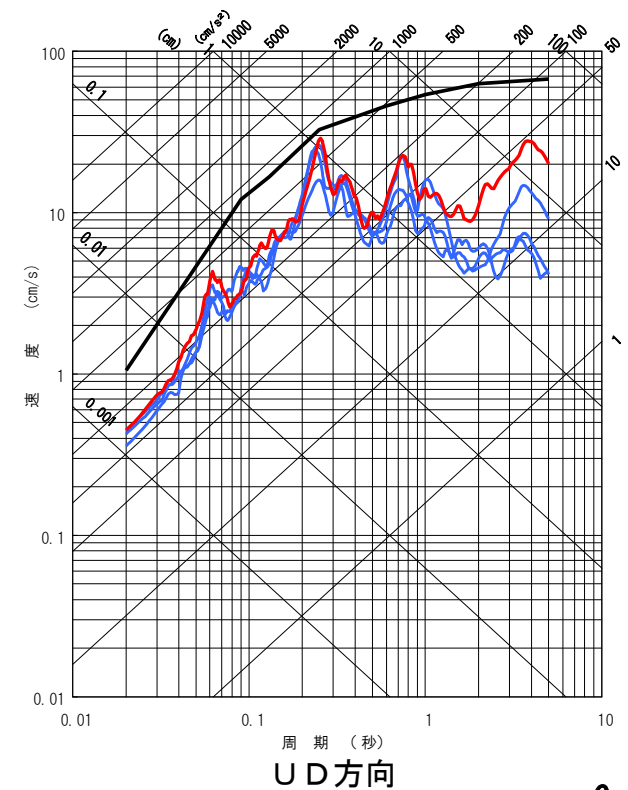
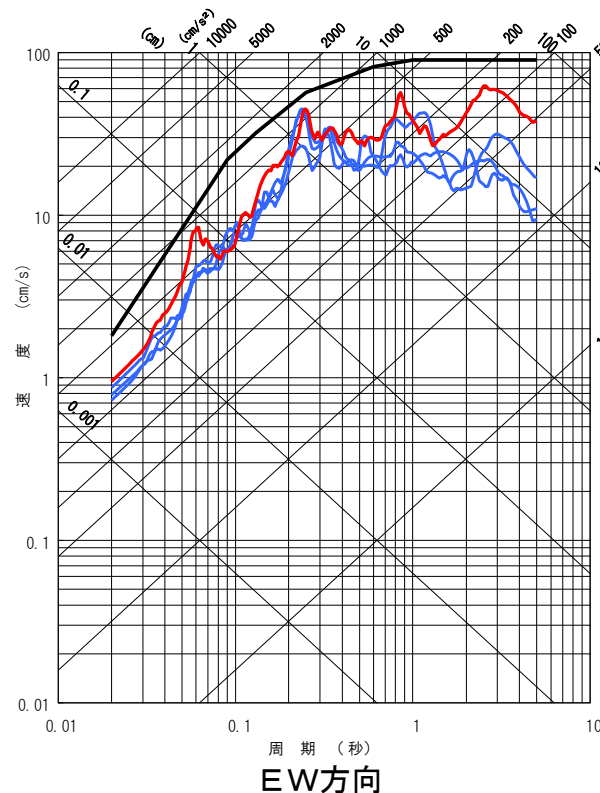
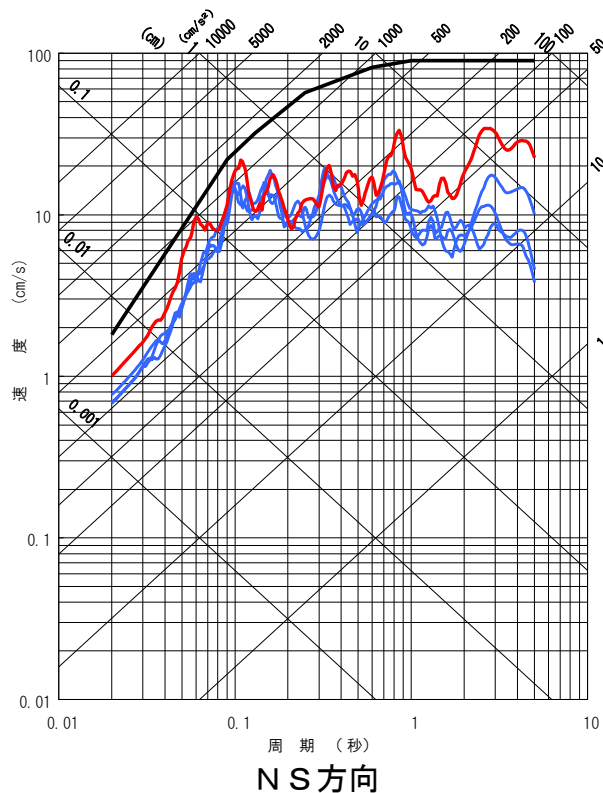
- 想定敷地前面海域の断層群による地震(アスペリティ正面上端モデル)破壊開始点 3ケース
- 敷地前面海域の断層群による地震 (基本震源モデル) 破壊開始点 3ケース



解析結果③ [基準地震動との比較]

アスペリティを発電所の正面に配置したケースは基準地震動Ss-1(応答スペクトル法[最大加速度:570ガル])に包絡されること, 基準地震動Ss-2(断層モデル[最大加速度:318ガル])と同程度以下であることを確認。

- 基準地震動 Ss-1
- 基準地震動 Ss-2 (想定敷地前面海域の断層群による地震破壊開始点 西下端)
- 想定敷地前面海域の断層群による地震(アスペリティ正面上端モデル) 破壊開始点3ケース



2. 要素地震に関する検討

(異なる要素地震を用いた地震動評価)

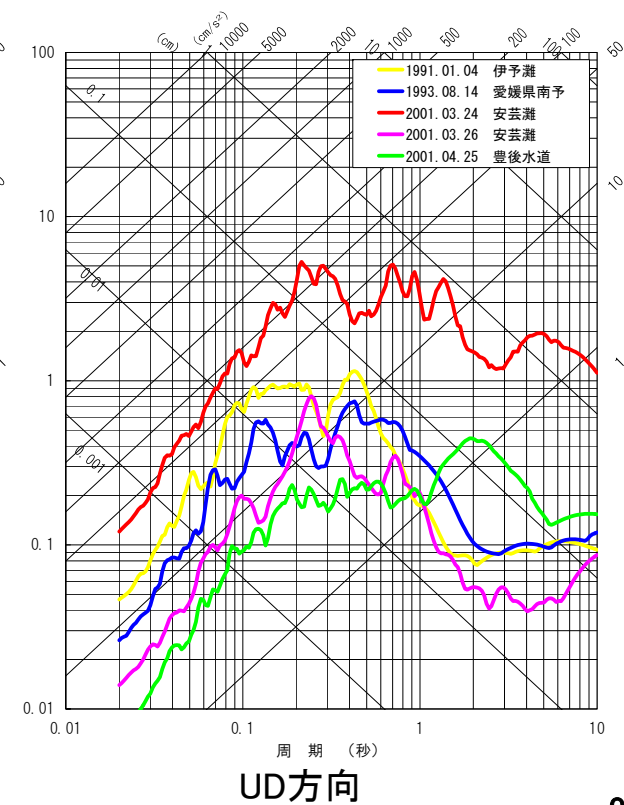
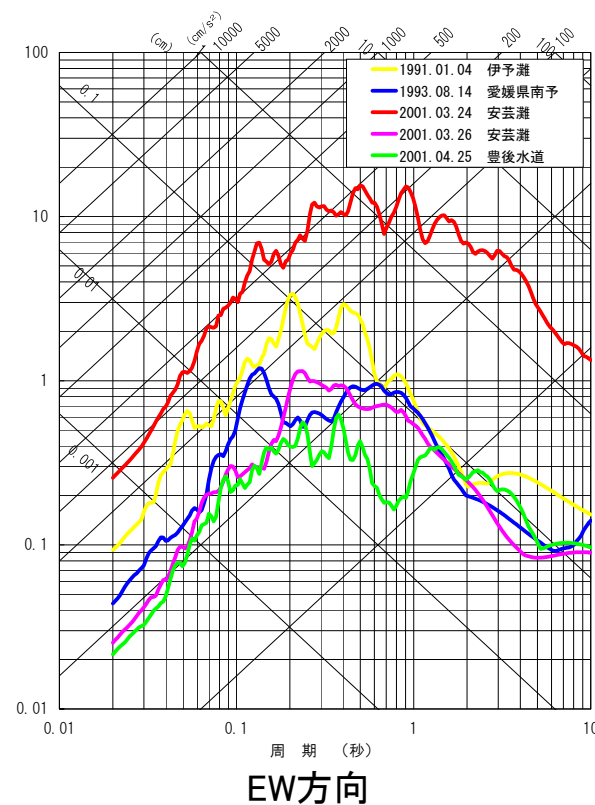
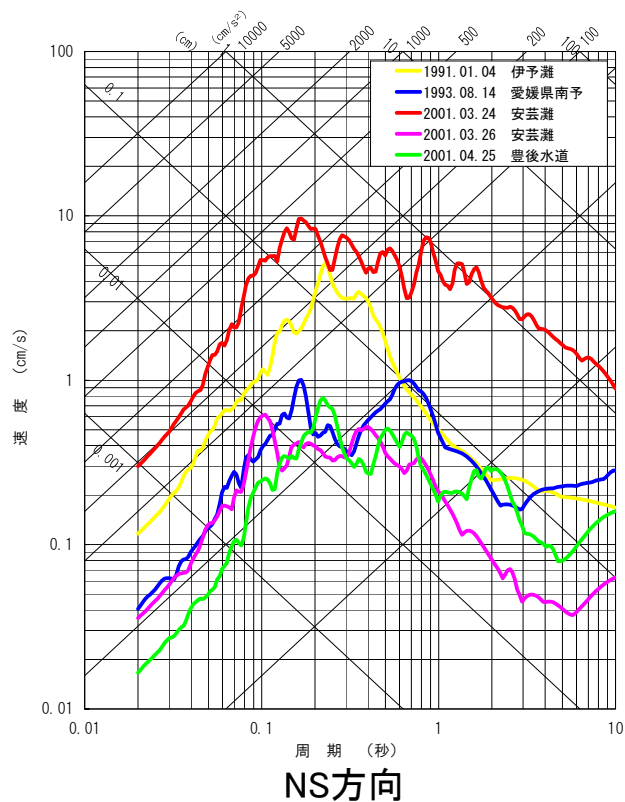
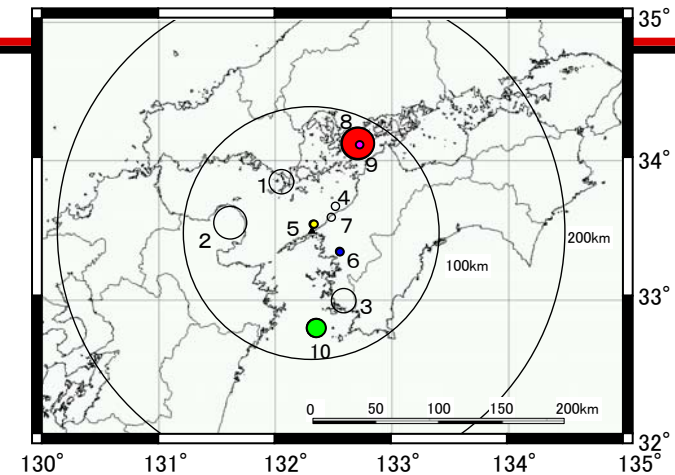
技術専門部会コメント

要素地震として1991年1月4日伊予灘の地震を用いた場合の地震動評価を行うこと。

異なる要素地震を用いた地震動評価

経験的グリーン関数法には2001年3月26日の地震 (No.9 ●) を要素地震として採用している。

念のために、敷地に最も震央が近く、かつ短周期地震動が大きい1991年1月4日の地震 (No.5 ●) を要素地震として経験的グリーン関数法による地震動評価を行う。



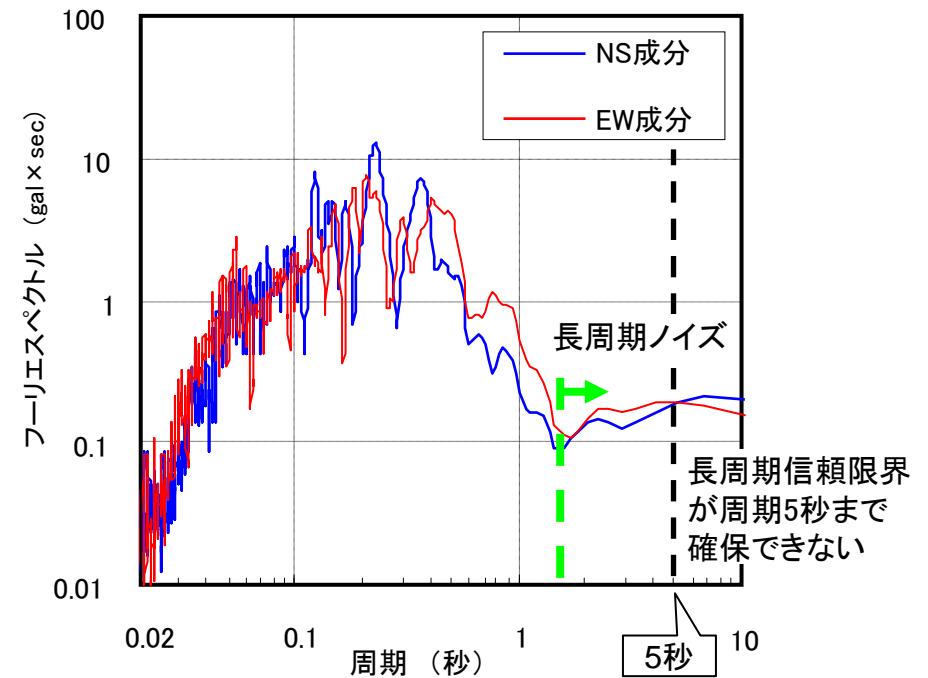
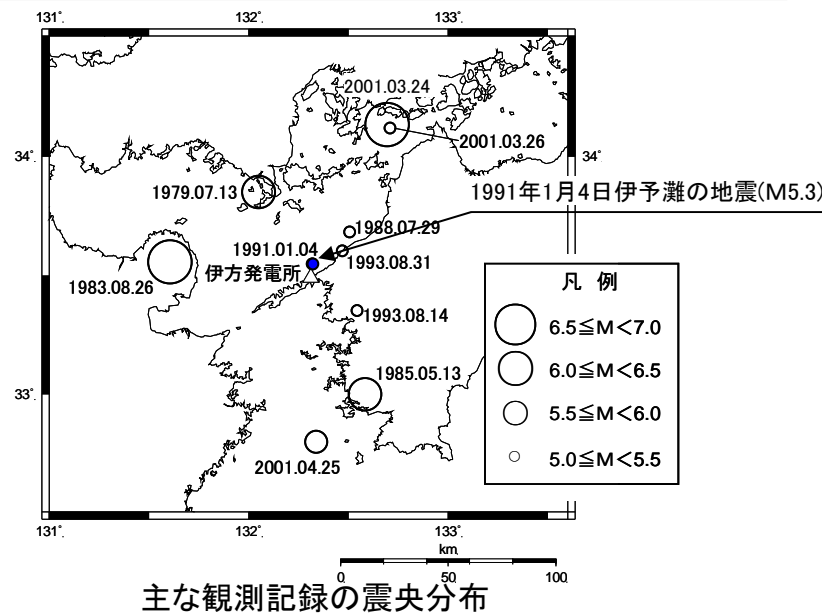
観測記録の評価

フーリエスペクトルでは、周期約1.5秒から長周期側でノイズの混在が見られる。

この地震を要素地震として採用しなかった理由は、長周期信頼限界が周期5秒以下であることと、F-netが構築される以前の地震であるため地震モーメントが公的機関により推定されていないためである。

1991年1月4日伊予灘の地震の諸元

発生日時	北緯	東経	深さ(km)	マグニチュード*
1991年1月4日03:26	33° 32.9′	132° 19.1′	57.5	5.3

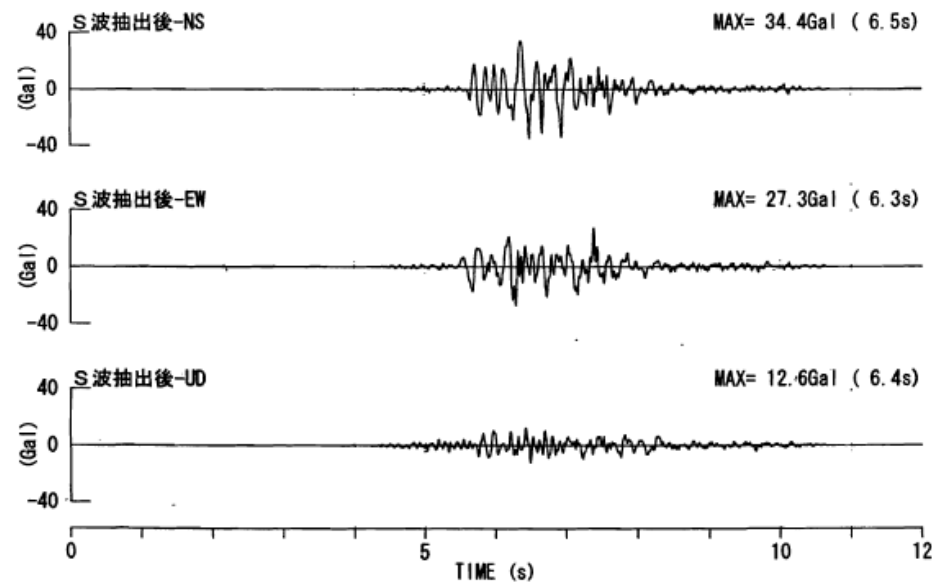


1991年1月4日伊予灘の地震におけるフーリエスペクトル

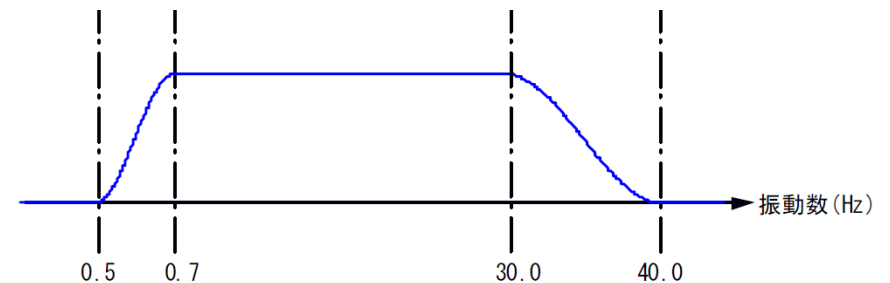
観測記録のフィルター処理

地震動評価はS波を対象として合成を行う。したがって、観測記録に時間軸フィルターを適用し、S波部分を抽出したものを要素地震として用いる。さらに、長周期ノイズの影響を除去することを目的に、バンドパスフィルターを適用する。

なお、応力降下量の評価においては、地震モーメント M_0 が公的機関で推定されていないため気象庁マグニチュード(M5.3)がモーメントマグニチュード M_w と等しいと仮定した上で、 M_w からKanamori (1977)の関係式で M_0 を算出し、評価を行った。



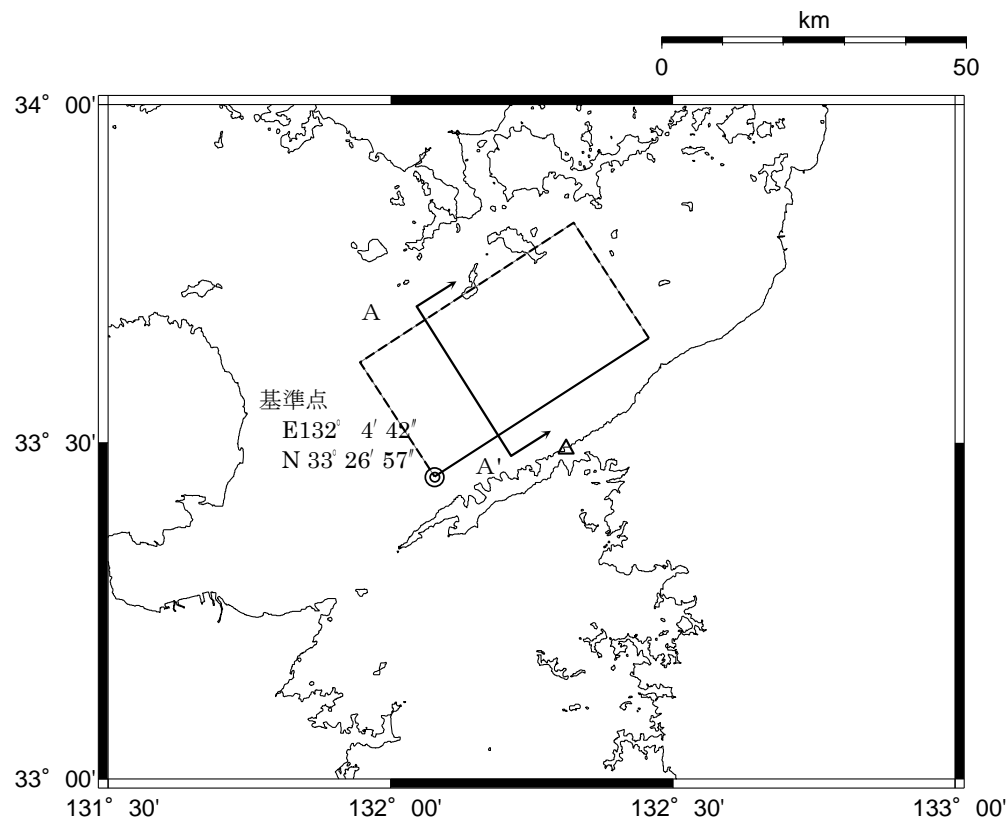
1991年の地震の時刻歴波形(S波抽出)



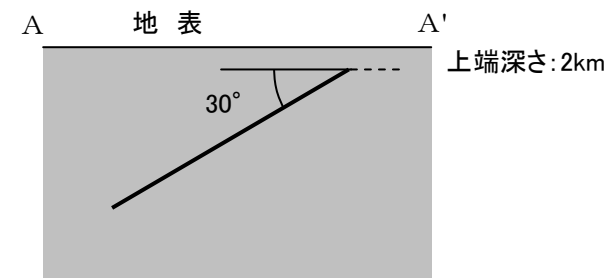
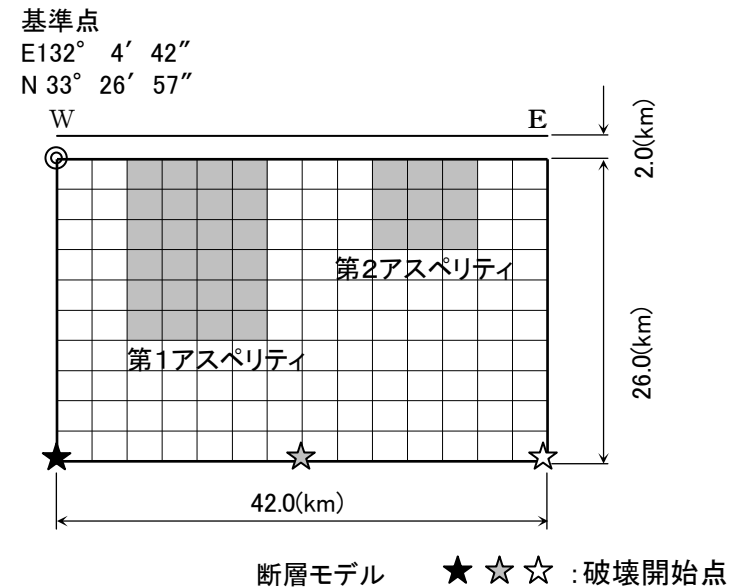
適用するバンドパスフィルター

評価に用いる断層モデル

基準地震動S_s-2として採用したケース(想定敷地前面海域の断層群による地震③)と同じ断層モデルおよびそのパラメータを用いて地震動評価を行う。



断層位置図



(A-A'断面図)

断層パラメータ

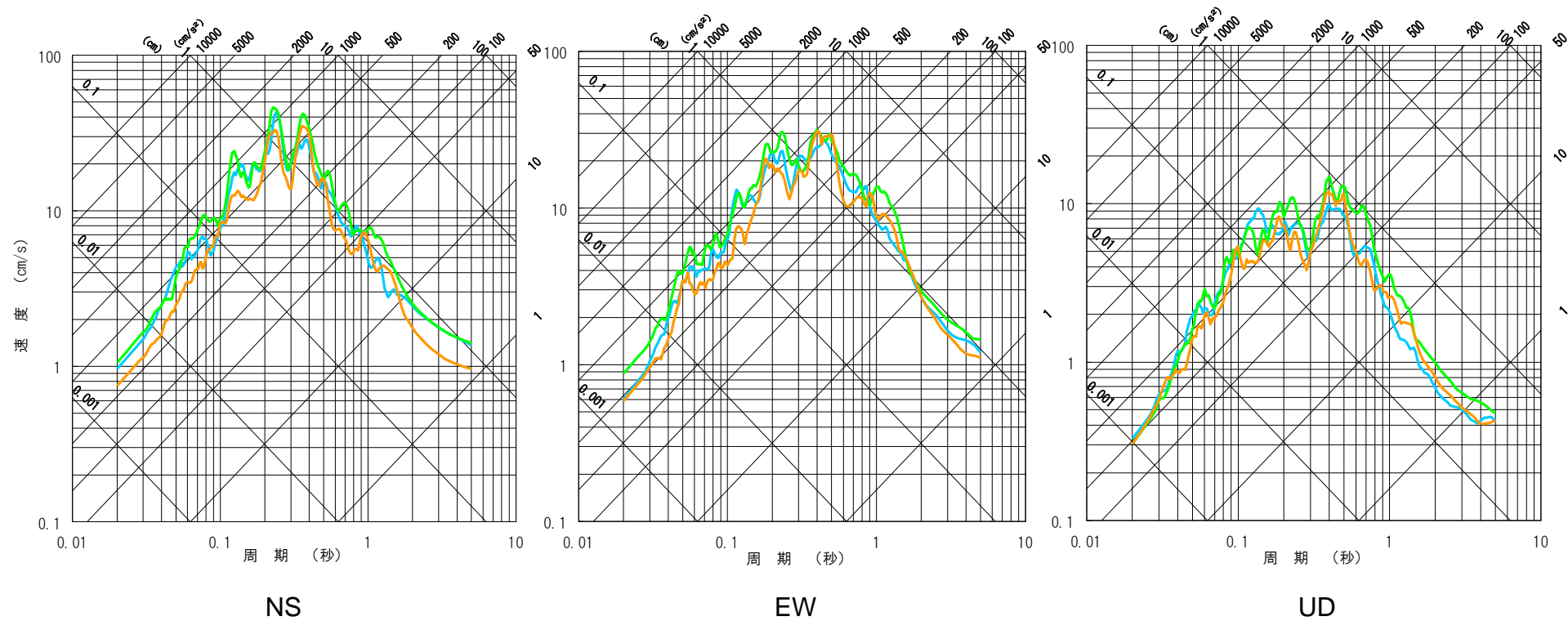
断層パラメータ	記号	設定値	根拠
断層位置	—	東経: 132° 4' 42" 北緯: 33° 26' 57"	
走向	θ	N57E	
傾斜角	δ	30°	
断層長さ	L	42.0 km	
断層幅	W	26.0 km	
断層面積	S	1092.0 km ²	
断層上端深さ	H	2.0km	
破壊伝播形式	—	同心円状	
応力降下量	$\Delta \sigma$	3.3MPa	楕円クラック
地震モーメント	M_0	$6.63 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	入倉・三宅(2001)
モーメントマグニチュード [*]	M_w	7.1	Kanamori(1977)
気象庁マグニチュード [*]	M_J	7.6	武村(1998)
剛性率	μ	$4.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$	
平均すべり量	D	152 cm	$D=M_0/(\mu S)$
S波速度	β	3.5 km/s	
破壊伝播速度	V_R	2.5 km/s	Geller(1976)
短周期レベル	A'	$2.13 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m/s}^2$	$4\pi(S/\pi)^{1/2} \cdot \Delta \sigma \cdot \beta^2$

断層パラメータ	記号	設定値	根拠	
全アスペリティ	地震モーメント	M_{0a}	$2.92 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
	面積	S_a	240.2 km ²	$S_a = S \times 22\%$
	平均すべり量	D_a	304 cm	$D_a = 2.0 \times D$
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$	14.8 MPa	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma / 0.22$
第1アスペリティ	地震モーメント	M_{0a1}	$2.37 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	S ^{1.5} 比で配分
	面積	S_{a1}	174.7 km ²	$S_{a1} = S \times 16\%$
	平均すべり量	D_{a1}	340 cm	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	実効応力	σ_{a1}	14.8 MPa	$\sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
第2アスペリティ	地震モーメント	M_{0a2}	$5.45 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	S ^{1.5} 比で配分
	面積	S_{a2}	65.5 km ²	$S_{a2} = S \times 6\%$
	平均すべり量	D_{a2}	208 cm	$D_{a2} = M_{0a2} / (\mu S_{a2})$
	実効応力	σ_{a2}	14.8 MPa	$\sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$
背景領域	地震モーメント	M_{0b}	$3.71 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	面積	S_b	851.8 km ²	$S_b = S - S_a$
	平均すべり量	D_b	109 cm	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	実効応力	σ_b	3.0 MPa	$\sigma_b = 0.2 \times \Delta \sigma_a$

地震動評価結果①

要素地震を1991年の地震とした場合の地震動評価結果を、破壊開始点3ケースについて示す。

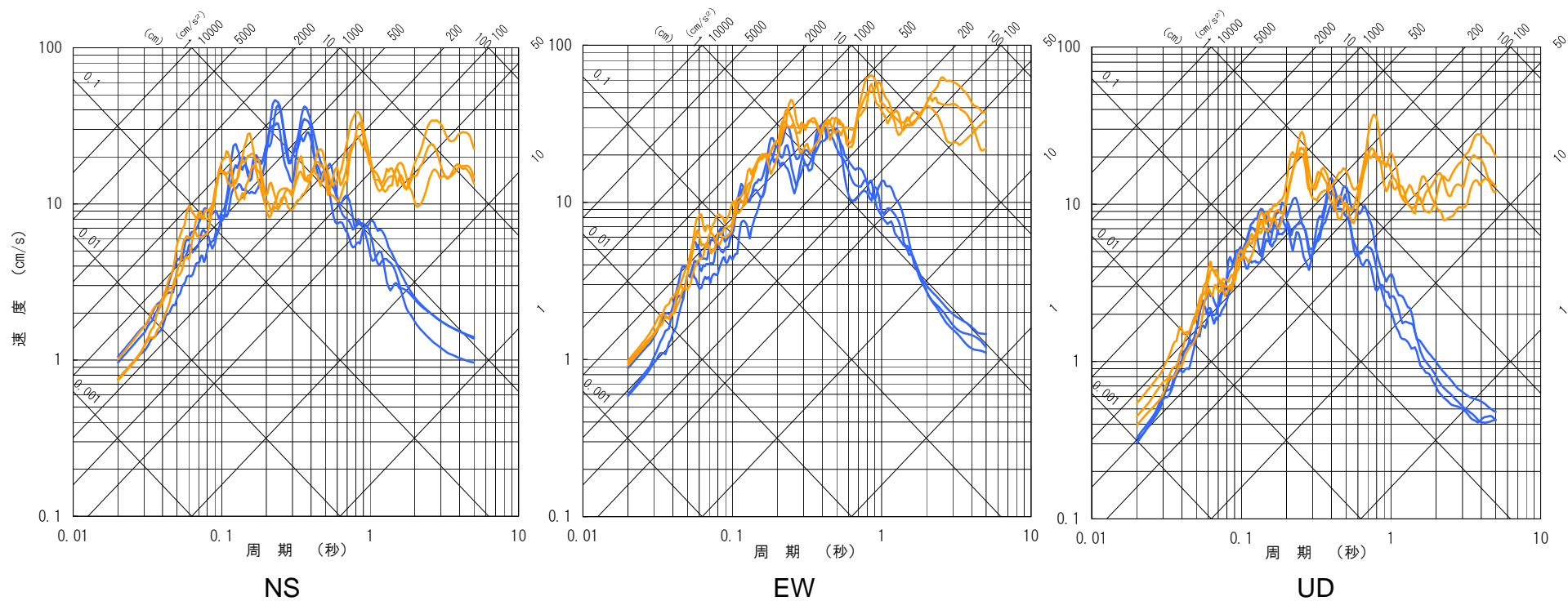
—	想定敷地前面海域の断層群による地震(要素地震:1991年1月4日伊予灘の地震)破壊開始点	西下端
—	“	(“ “) “ 中央下端
—	“	(“ “) “ 東下端



地震動評価結果②[要素地震による影響比較]

要素地震を変えた影響を以下に示す。(断層モデルはどちらも同じ)
 短周期側ではほとんど変わらない結果となったが、長周期側では1991年のケースは急激に落ち込む結果となった。

- 想定敷地前面海域の断層群による地震(要素地震:1991年1月4日伊予灘の地震)破壊開始点 3ケース
- 想定敷地前面海域の断層群による地震(要素地震:2001年3月26日安芸灘の地震)破壊開始点 3ケース



地震動評価結果③[基準地震動との比較]

1991年の地震による評価結果は、全ての周期帯で基準地震動S_s-1(応答スペクトル法[最大加速度:570ガル])に包絡されることを確認した。さらに、短周期側ではS_s-2(断層モデル[最大加速度:318ガル])とほぼ同程度かそれより少し小さいレベルである。しかし、周期0.7秒程度より長周期側では基準地震動S_s-2よりも非常に小さい評価結果となった。

ハイブリッド合成の接続周期は2秒としているが、1991年の地震による地震動評価結果は周期0.7秒程度からの落ち込みが著しいため、ハイブリッド合成法の短周期側地震動には適さないと考える。

- 基準地震動S_s-1
- 基準地震動S_s-2(想定敷地前面海域の断層群による地震 破壊開始点 西下端)
- 想定敷地前面海域の断層群による地震(要素地震:1991年1月4日伊予灘の地震)破壊開始点 3ケース

