



# 浜岡原子力発電所 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価に係る コメント回答等について

2021年7月7日

# 本資料の報告内容

- 第940回審査会合において、「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」のコメント回答を行った結果、海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に関するコメントをいただき、また、これまで審議いただいた「敷地における地震動の増幅特性」、「各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮しない）」及び「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」について、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の資料として取りまとめるようとのコメントもいただいた。
- そこで「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の取りまとめ資料を作成するにあたり、審査会合で提示してきた検討・評価結果を改めてチェックしたところ、一部（統計的グリーン関数法に用いる地盤モデルの検証、海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価）に誤りを確認したことから、本資料では、まず、この誤りについて内容を説明したうえで、正しい結果を提示して訂正する。（第1章）
- 次に、第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に関するコメント回答について説明する。（第2章）
- また、これまでの審査会合にコメント回答として提示した地震動評価結果の一部（下記の3項目）について、当時「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の全地震タイプの地震動評価結果をまとめる予定の基準地震動の策定において更に説明するとしていたが、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の取りまとめを行うことから、今回、その資料作成に当たり整理した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の各評価結果を踏まえた比較・確認結果を説明する。（第3章）
  - ① プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について
  - ② プレート間地震の $f_{max}$ の影響検討の地震動評価結果について
  - ③ 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3～
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28～
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84～

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について
  - 1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載  
誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について ……p.3~
  - 1.2 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の  
顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の誤りの訂正について ……p.21~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な  
増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~

## 誤り及び訂正の概要

- 第174回・第194回審査会合で提示した**地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）（鉛直動）**について、**誤った最適化結果を記載していた。**
- また、統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証に関する検討のうち、**プレート間地震の地震動評価結果の比較検討において、この誤った地盤モデルを用いて地震動評価を行っていたため、地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）（鉛直動）を用いた地震動評価結果について、誤った計算結果を提示していた。**（同モデルを用いた検討のうち、理論伝達関数、地盤増幅率、理論H/Vスペクトル、理論分散曲線については、正しい計算結果であることを確認している。）
- 次ページ以降に、正しい地盤モデル及びそれを用いた検討結果を改めて示して訂正するとともに、地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）（鉛直動）について、最適化結果の正誤比較及びプレート間地震の地震動評価結果の正誤比較を示す。
- なお、プレート間地震の地震動評価結果の比較検討の結果は、正しい地盤モデルにおいても、地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの方が大きくなっており、統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証結果への影響はない。

<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>

# 地震動評価に用いる一次元地下構造モデル（概要）

○地震動評価に用いる一次元地下構造モデルは、地下構造調査により得られた詳細な地下構造データ等に基づき設定し、敷地の観測記録の再現検討等を踏まえてその妥当性を確認している。

## <速度構造>

- ・T.P.-14m～T.P.-2050mでは、S波速度及びP波速度の両方が得られる浅部及び大深度ボーリング調査のPS検層結果（ダウンホール法）に基づき、S波速度及びP波速度を設定する。
- ・T.P.-2050m以深について、P波速度は屈折法地震探査結果（海陸統合）に基づき設定し、S波速度は、T.P.-5050m以浅では各調査結果に基づき算定したVp-Vs関係式（ $V_s=0.68V_p-580(m/s)$ ）を、T.P.-5050m以深ではObana et al.(2004)によるVp-Vs関係式（ $V_p/V_s=1.78$ ）を用いて、P波速度から推定する。

## <密度>

- ・各調査結果との対応が良いGardner et al.(1974)のVp-p関係式（ $\rho=0.31V_p^{0.25}(g/cm^3)$ ）を用いて、P波速度から推定する。

## <Q値>

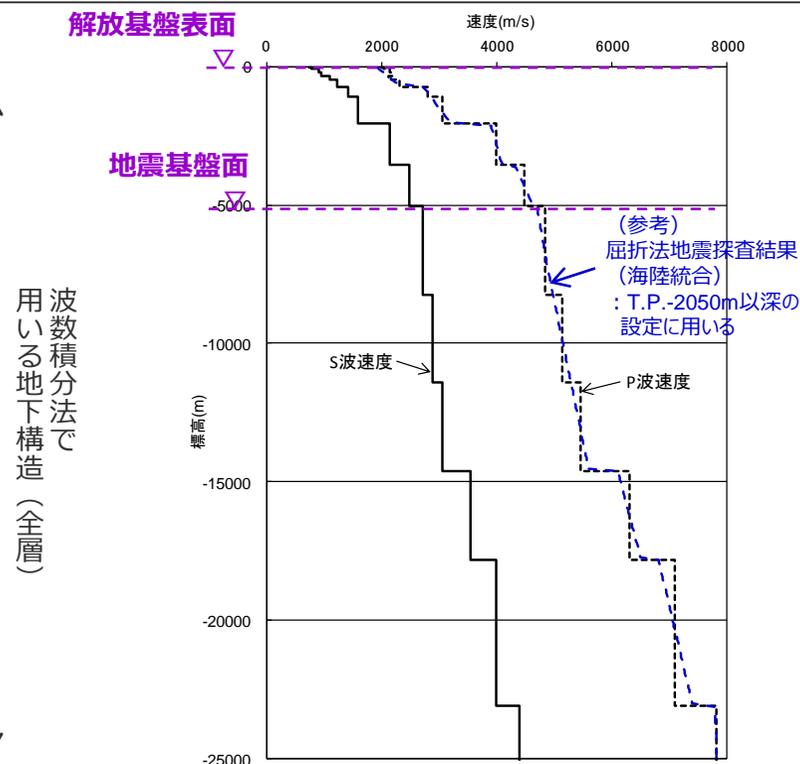
- ・統計的グリーン関数法（短周期の地震動評価）： $100f^{0.7} \times 1$ 、波数積分法（長周期の地震動評価）： $Q_s=V_s/10$ 、 $Q_p=2Q_s \times 2$

※1 中央防災会議(2001a)、※2 原子力安全基盤機構(2007)、新色・山中(2013)。

### 解放基盤表面

↑ 統計的グリーン関数法で用いる地下構造（地震基盤以浅）  
↓ 地震基盤面

層	標高 (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vp/Vs
1	-14	740	2000	2.07	2.70
2	-32	790	2030	2.08	2.57
3	-62	830	2070	2.09	2.49
4	-92	910	2140	2.11	2.35
5	-192	960	2180	2.12	2.27
6	-354	1100	2110	2.10	1.92
7	-493	1230	2320	2.15	1.89
8	-739	1420	2790	2.25	1.96
9	-1094	1590	3060	2.31	1.92
10	-2050	2150	3990	2.46	1.86
11	-3550	2470	4470	2.53	1.81
12	-5050	2720	4830	2.58	1.78
13	-8240	2880	5130	2.62	1.78
14	-11400	3060	5450	2.66	1.78
15	-14600	3540	6300	2.76	1.78
16	-17800	3990	7100	2.85	1.78
17	-23100	4390	7810	2.91	1.78



・統計的グリーン関数法には地震基盤以浅の地下構造を、波数積分法には全層の地下構造を用いる。

# 統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証

（地震観測記録を用いて推定した地盤モデルによる検証）

## 地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの設定（前述）

- 地震動評価に用いる一次元地下構造モデル（統計的グリーン関数法）は、地下構造調査により得られた詳細な地下構造データ等に基づき、敷地の観測記録の再現検討を踏まえて設定し、Q値は安全評価上、中央防災会議(2001a)等の $100f^{0.7}$ を用いる。



## 地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの検証

- 地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの妥当性を検証するため、以下の観点で両モデルの比較検討を行う。
  - ・地盤増幅率
  - ・プレート間地震の地震動評価結果
  - ・観測記録（Coda波部H/Vスペクトル、微動アレイ観測による分散曲線）との整合性

## 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル

- 地震動評価に用いる一次元地下構造モデルを検証するため、異なるアプローチとして、地震観測記録を用いて推定した地盤モデルを2通り設定する。
  - ・アプローチ①：P波部H/Vスペクトル及びレシーバー関数を用いて推定した地盤モデル（地震基盤面以浅）
  - ・アプローチ②：大深度伝達関数を用いて推定した地盤モデル（G.L.-1500m以浅）



**地震動評価に用いる一次元地下構造モデルについて、周期特性はその他の地盤モデルと同様であり、振幅は保守的になっていること、観測記録と概ね整合していることから、当該一次元地下構造モデルの妥当性を確認。**

<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>  
**統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証**  
 （地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ①））

**<アプローチ①> 地震観測記録を用いた地盤モデルの推定（地震基盤面以浅）**

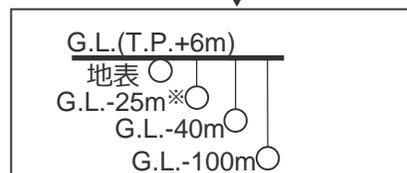
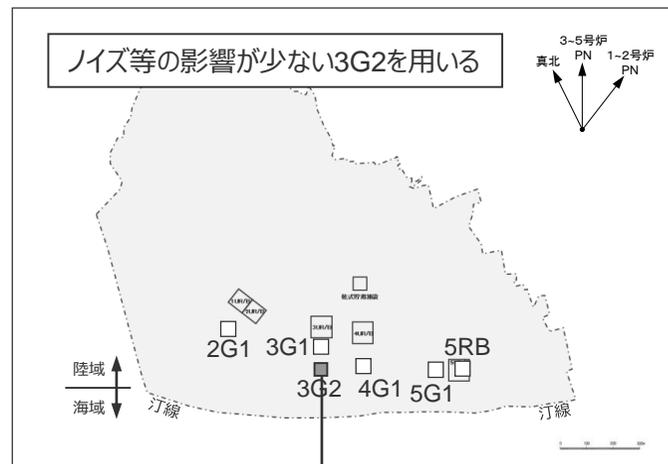
<浅部地盤モデルの推定>

- ・2009年駿河湾の地震の余震（6地震）における伝達関数（G.L.-100m以浅）の観測値と理論値の差が最小となる浅部地盤モデルを推定。

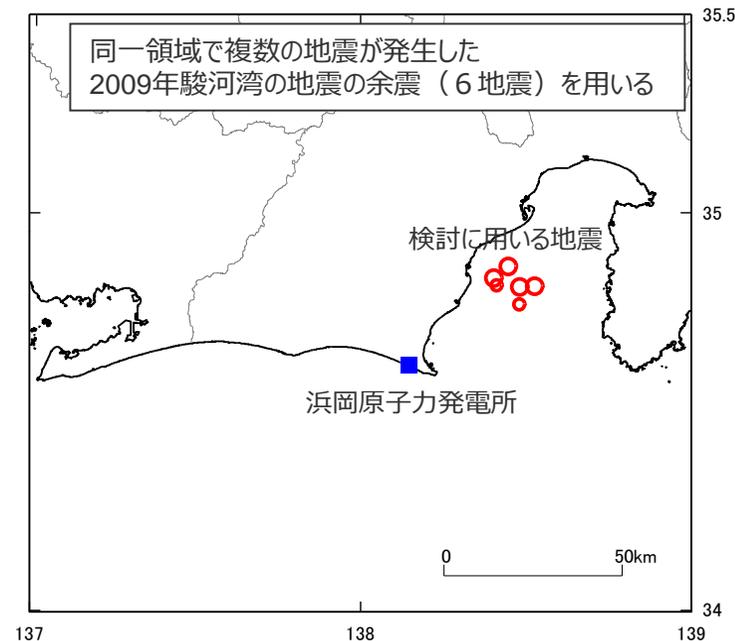


<深部地盤モデルの推定>

- ・2009年駿河湾の地震の余震（6地震）におけるP波部H/Vスペクトル及びレシーバー関数の観測値と理論値の差が最小となる深部地盤モデルを推定。



※解放基盤表面付近



# 統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証

（地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ①））

## <浅部地盤モデルの推定>

- 3号炉PS検層結果に基づき、層モデルと探索範囲を設定。
- 2009年駿河湾の地震の余震（6地震）における伝達関数（G.L.-100m以浅）の逆解析により浅部地盤モデルを推定。

<層モデルと探索範囲の設定>

層 No.	深度 (m) <sup>※</sup>	層厚 (m)	ρ (t/m <sup>3</sup> )	Vs (m/s)	Qs		Vp (m/s)	Qp	
					Q <sub>0</sub>	n		Q <sub>0</sub>	n
1	-2	2	1.80	50~400	1~20	0.0~1.0	300~1000	1~20	0.0~1.0
2	-4	2	1.80						
3	-10	6	2.10	50~651	1~20	0.0~1.0	600~1724	1~20	0.0~1.0
4	-20	10	2.10	200~693	1~20	0.0~1.0	1715~1785	1~20	0.0~1.0
5	-25	5	2.10	700~735	1~20	0.0~1.0	1754~1826	1~20	0.0~1.0
6	-30	5	2.10						
7	-40	10	2.10	760~840	1~20	0.0~1.0	1891~1968	1~20	0.0~1.0
8	-60	20	2.10						
9	-100	40	2.10	826~913	1~20	0.0~1.0	1950~2030	1~20	0.0~1.0
10		∞	2.10	910					

<推定した浅部地盤モデル>

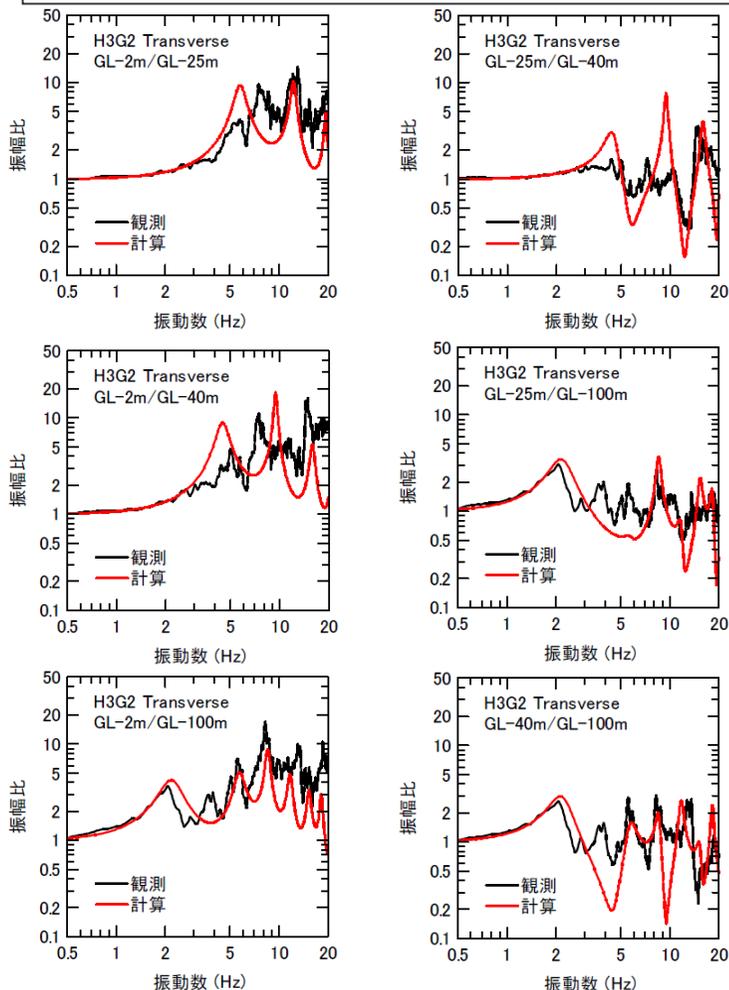
層 No.	深度 (m) <sup>※</sup>	層厚 (m)	ρ (t/m <sup>3</sup> )	Vs (m/s)	Qs		Vp (m/s)	Qp	
					Q <sub>0</sub>	n		Q <sub>0</sub>	n
1	-2	2	1.80	200	8.77	0.85	380	1.16	0.81
2	-4	2	1.80	200	8.77	0.85	380	1.16	0.81
3	-10	6	2.10	320	7.19	0.83	700	1.14	0.71
4	-20	10	2.10	650	1.08	0.61	1760	1.07	0.61
5	-25	5	2.10	720	1.13	0.85	1820	1.10	0.75
6	-30	5	2.10	720	1.13	0.85	1820	1.10	0.75
7	-40	10	2.10	830	5.43	0.88	1960	2.26	0.84
8	-60	20	2.10	830	5.43	0.88	1960	2.26	0.84
9	-100	40	2.10	880	1.10	0.98	2020	2.95	0.82
10		∞	2.10	910	1.10	0.98	2020	2.95	0.82

Q値モデル： $Q(f)=Q_0f^n$

※層下端深度を示す。

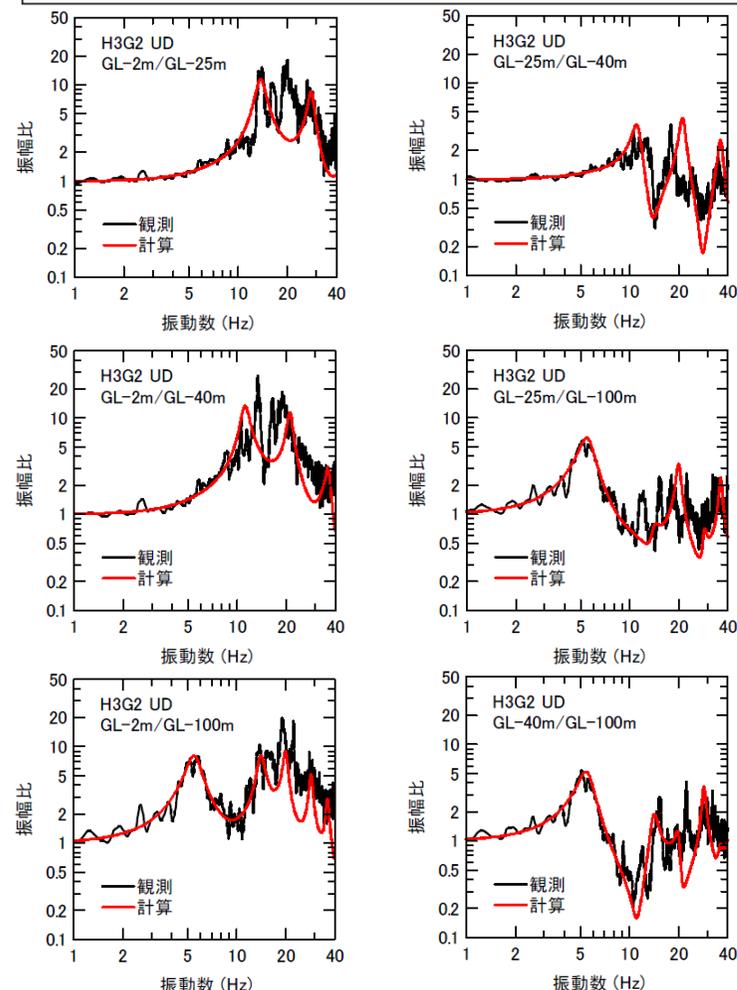
<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>  
**統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証**  
 （地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ①））

○2009年駿河湾の地震の余震（6地震）におけるS波部 Transverse成分の伝達関数の観測値と理論値の差が最小となるよう、浅部地盤モデル（Vs, Qs）を推定。



<S波部Transverse成分の伝達関数の観測値と理論値の比較>

○2009年駿河湾の地震の余震（6地震）におけるP波部 UD成分の伝達関数の観測値と理論値の差が最小となるよう、浅部地盤モデル（Vp, Qp）を推定。



<P波部UD成分の伝達関数の観測値と理論値の比較>

<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>  
**統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証**  
 （地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ①））

<深部地盤モデルの推定>

- 地震動評価に用いる一次元地下構造モデルに基づき、層モデルと探索範囲を設定。
- 2009年駿河湾の地震の余震（6地震）におけるP波部H/Vスペクトル及びレシーバー関数の逆解析により深部地盤モデルを推定。

<層モデルと探索範囲の設定>

層 No.	層厚 (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Qs		Qp	
				Qo	n	Qo	n
1	2	200	380	8.77	0.85	1.16	0.81
2	2	200	380	8.77	0.85	1.16	0.81
3	6	320	700	7.19	0.83	1.14	0.71
4	10	650	1760	1.08	0.61	1.07	0.61
5	5	720	1820	1.13	0.85	1.10	0.75
6	5	720	1820	1.13	0.85	1.10	0.75
7	10	830	1960	5.43	0.88	2.26	0.84
8	20	830	1960	5.43	0.88	2.26	0.84
9	40	880	2020	1.10	0.98	2.95	0.82
10	48~148	810~1010	2040~2240	10~50	0.5~1	5~50	0.5~1
11	62~262	860~1060	1980~2380	10~50	0.5~1	5~50	0.5~1
12	39~239	1000~1200	1910~2310	10~50	0.5~1	5~50	0.5~1
13	146~346	1130~1330	2120~2520	10~150	0.5~1	5~150	0.5~1
14	255~455	1220~1620	2590~2990	10~150	0.5~1	5~150	0.5~1
15	856~1056	1390~1790	2860~3260	10~150	0.5~1	5~150	0.5~1
16	1300~1700	1800~2350	3790~4190	10~150	0.5~1	5~150	0.5~1
17	1300~1700	1800~2670	4270~4670	20~150	0.5~1	5~150	0.5~1
18	2990~3390	2520~2920	4630~5030	20~150	0.5~1	10~150	0.5~1
19	∞	2680~3080	4930~5330	20~150	0.5~1	10~150	0.5~1

<推定した深部地盤モデル>

層 No.	深度 (m)※	層厚 (m)	ρ (t/m³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Qs		Qp	
						Qo	n	Qo	n
1	-2	2	1.80	200	380	8.77	0.85	1.16	0.81
2	-4	2	1.80	200	380	8.77	0.85	1.16	0.81
3	-10	6	2.10	320	700	7.19	0.83	1.14	0.71
4	-20	10	2.10	650	1760	1.08	0.61	1.07	0.61
5	-25	5	2.10	720	1820	1.13	0.85	1.10	0.75
6	-30	5	2.10	720	1820	1.13	0.85	1.10	0.75
7	-40	10	2.10	830	1960	5.43	0.88	2.26	0.84
8	-60	20	2.10	830	1960	5.43	0.88	2.26	0.84
9	-100	40	2.10	880	2020	1.10	0.98	2.95	0.82
10	-180	80	2.10	920	2090	15.6	0.76	8.07	0.60
11	-310	130	2.08	1000	2020	20.1	0.72	10.5	0.78
12	-540	230	2.14	1170	2260	22.2	0.73	11.3	0.63
13	-880	340	2.14	1140	2280	33.0	0.82	17.7	0.57
14	-1170	290	2.24	1620	2740	38.2	0.80	26.3	0.63
15	-2150	980	2.28	1650	2950	90.3	0.76	58.8	0.75
16	-3530	1380	2.46	2070	3940	139	0.72	92.7	0.69
17	-5180	1650	2.55	2290	4600	146	0.67	120	0.61
18	-8260	3080	2.57	2820	4720	145	0.78	129	0.73
19		∞	2.60	3010	4960	145	0.78	129	0.73

深部地盤モデル推定部  
 推定した浅部地盤モデル（固定）  
▼ 解放基盤表面  
▽ 地震基盤面

Q値モデル： $Q(f)=Q_0f^n$

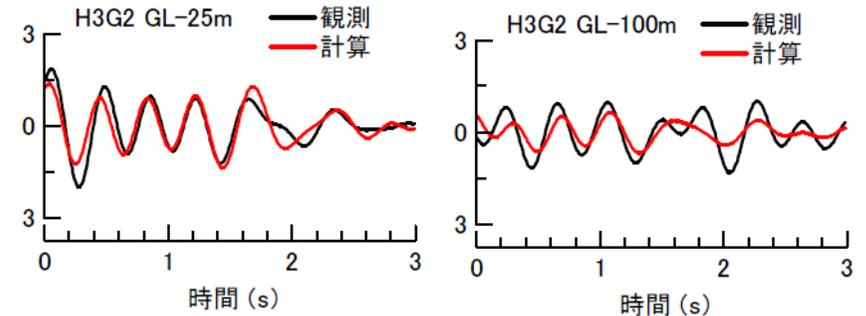
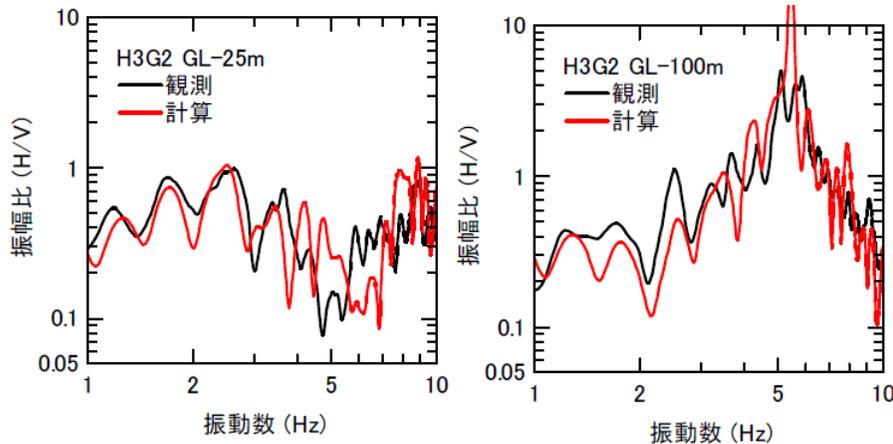
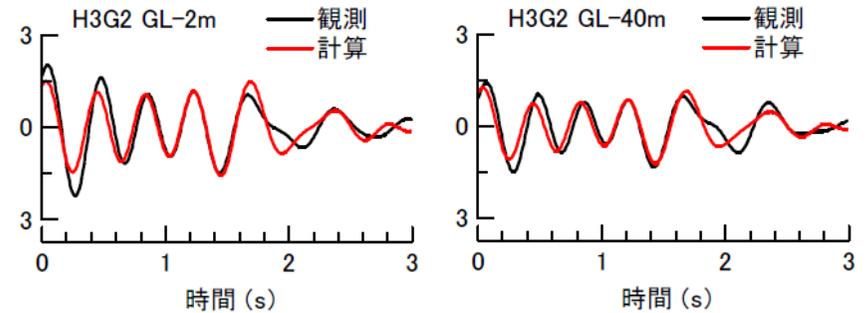
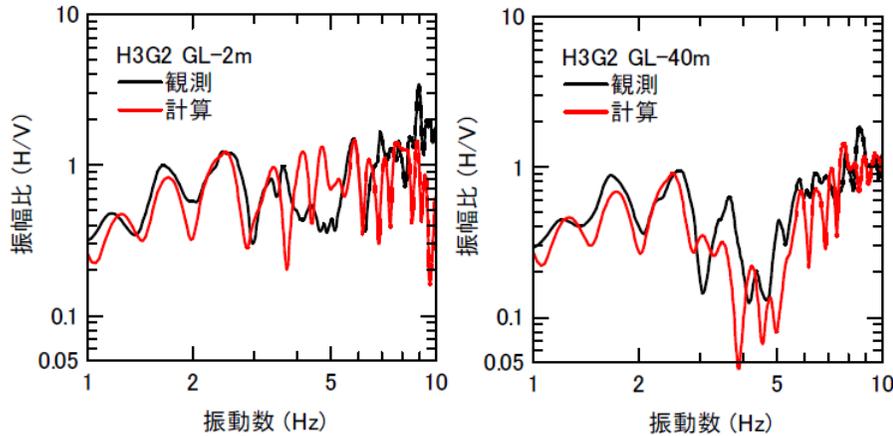
※層下端深度を示す。

<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>

# 統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証

（地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ①））

○2009年駿河湾の地震の余震（6地震）におけるP波部H/Vスペクトル及びレシーバー関数の観測値と理論値の差が最小となるよう、深部地盤モデルを推定。



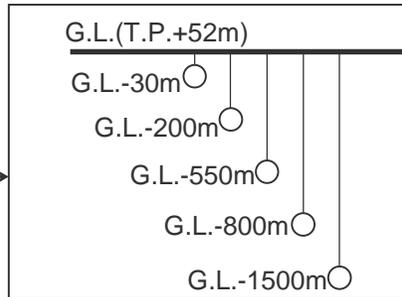
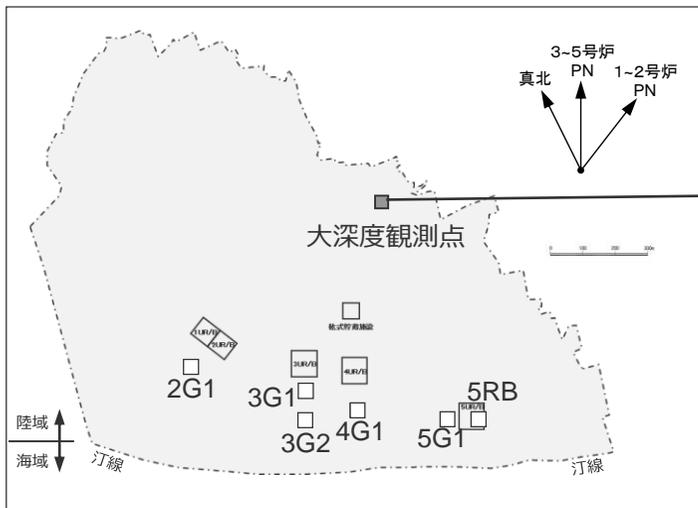
<レシーバー関数の観測値と理論値の比較>

<P波部H/Vスペクトルの観測値と理論値の比較>

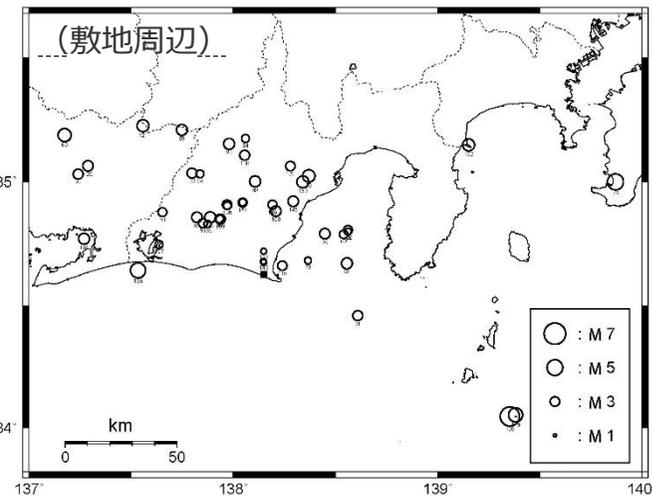
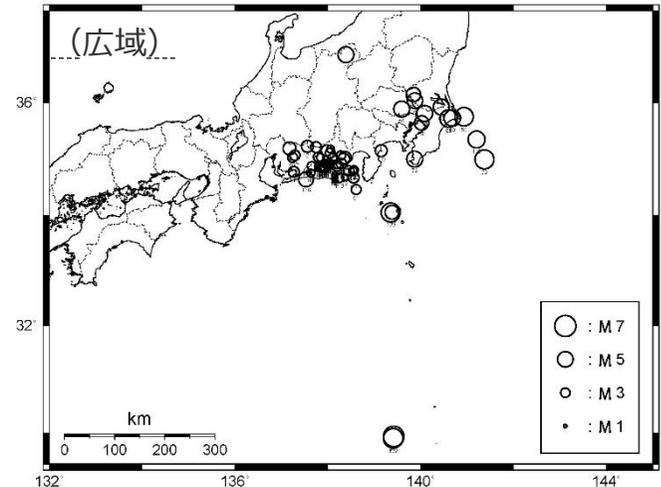
<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>  
統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証  
(地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）)

<アプローチ②> 地震観測記録を用いた地盤モデルの推定 (G.L.-1500m以浅)

○大深度観測点において、伝達関数 (G.L.-1500m以浅) の観測値と理論値の差が最小となる地盤モデルを推定。



<検討に用いる地震計の配置図 (大深度観測点) >



<検討に用いる観測地震の震央分布>  
(観測分析期間：2012年3月14日～2013年10月6日)

<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>  
**統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証**  
 （地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②））

- 大深度観測点におけるPS検層結果等に基づき、初期モデルと探索範囲を設定。
- 観測地震における伝達関数（G.L.-1500m以浅）の逆解析により、地盤モデルを推定。

深さ GL-(m)	層厚 (m)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	初期モデル		探索範囲				最適化結果			
			S波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)		h0		α	S波速度 (m/s)	h0	α	
				下限	上限	下限	上限					下限
0												
2	10	1.88	240	120	480					187		
10	5	1.88	380	190	760	0	1	0	1	296	1.000	0.484
15	5	1.88	540	270	1080					420		
20												
● 30	12	2.07	720	360	1440					560		
32												
▼ 67	69	2.06	720	360	1440					773		
101												
	97	2.09	830	415	1660	0	1	0	1	831	0.065	1.000
198												
● 200	209	2.12	900	450	1800					978		
407												
	139	2.09	1100	550	2200					1045		
546												
● 550	246	2.09	1230	615	2460					1201		
792												
● 800	355	2.27	1420	710	2840					1486		
1147						0	1	0	1		0.022	1.000
	353	2.31	1590	795	3180					1759		
● 1500										1759		
	-	2.31	1590	795	3180							

● : 地震計  
▼ : 解放基盤表面

(水平動)

深さ GL-(m)	層厚 (m)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	初期モデル		探索範囲				最適化結果			
			P波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)		h0		α	P波速度 (m/s)	h0	α	
				下限	上限	下限	上限					下限
0												
2	10	1.88	571	571	571							
10	5	1.88	982	982	982	0	1	0	1	982	1.000	0.447
15	5	1.88	1541	1541	1541					1541		
20												
● 30	11	2.07	1991	1991	1991					1991		
31												
▼ 67	46	2.06	1961	1961	1961					1961		
77						0	1	0	1		0.219	1.000
	121	2.09	2239	2239	2239					2239		
198												
● 200	260	2.12	2197	2197	2197					2197		
458												
● 550	216	2.09	2203	2203	2203					2203		
674												
● 800	263	2.23	2525	2525	2525					2525		
937												
	270	2.27	3037	3037	3037	0	1	0	1	3037	0.049	1.000
1207												
	293	2.31	3440	3440	3440					3440		
● 1500										3440		
	-	2.31	3440	3440	3440							

● : 地震計  
▼ : 解放基盤表面

(鉛直動)

減衰定数モデル :  $h(f)=h_0 f^{-\alpha}$

<推定した地盤モデル>

・正しい地盤モデルと誤って提示した地盤モデルの比較は次ページ。

# 統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証

（モデル図の記載誤りについて）

深さ GL-(m)	層厚 (m)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	初期モデル				探索範囲				最適化結果								
			P波速度 (m/s)		h0		α		P波速度 (m/s)	h0	α								
			下限	上限	下限	上限	下限	上限											
0																			
2	10	1.88	500	250	1000							571							
10	5	1.88	860	430	1720	0	1	0	1			982	1.000	0.501					
15	5	1.88	1350	675	2700							1541							
20																			
● 30	11	2.07	1990	995	3980							1991							
31																			
▼ 67	46	2.06	1960	980	3920							1961							
77						0	1	0	1				0.128	1.000					
121	121	2.09	2060	1030	4120							2239							
198																			
● 200	260	2.12	2170	1085	4340							2197							
458																			
● 550	216	2.09	2080	1040	4160							2203							
674																			
● 800	263	2.23	2660	1330	5320							2525							
937																			
	270	2.27	2880	1440	5760	0	1	0	1			3037	0.078	0.603					
1207																			
	293	2.31	3070	1535	6140							3440							
● 1500	-	2.31	3070	1535	6140							3440							

●：地震計 ▼：解放基盤表面

<（誤）推定した地盤モデル（鉛直動）>

深さ GL-(m)	層厚 (m)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	初期モデル				探索範囲				最適化結果								
			P波速度 (m/s)		h0		α		P波速度 (m/s)	h0	α								
			下限	上限	下限	上限	下限	上限											
0																			
2	10	1.88	571	571	571														
10	5	1.88	982	982	982	0	1	0	1			982	1.000	0.447					
15	5	1.88	1541	1541	1541							1541							
20																			
● 30	11	2.07	1991	1991	1991							1991							
31																			
▼ 67	46	2.06	1961	1961	1961							1961							
77						0	1	0	1				0.219	1.000					
121	121	2.09	2239	2239	2239							2239							
198																			
● 200	260	2.12	2197	2197	2197							2197							
458																			
● 550	216	2.09	2203	2203	2203							2203							
674																			
● 800	263	2.23	2525	2525	2525							2525							
937																			
	270	2.27	3037	3037	3037	0	1	0	1			3037	0.049	1.000					
1207																			
	293	2.31	3440	3440	3440							3440							
● 1500	-	2.31	3440	3440	3440							3440							

●：地震計 ▼：解放基盤表面

<（正）推定した地盤モデル（鉛直動）>

□：該当箇所

減衰定数モデル： $h(f)=h_0f^\alpha$

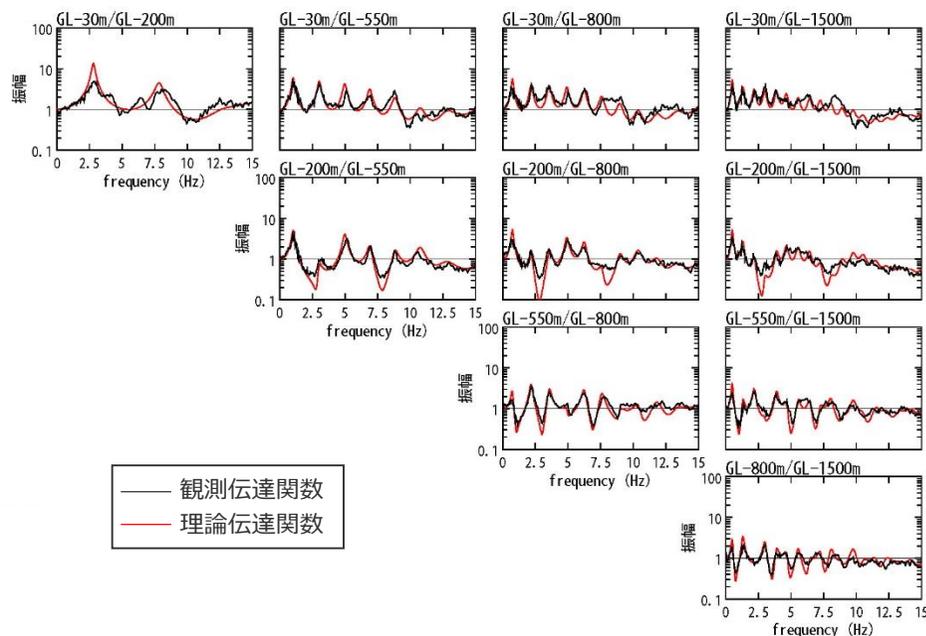
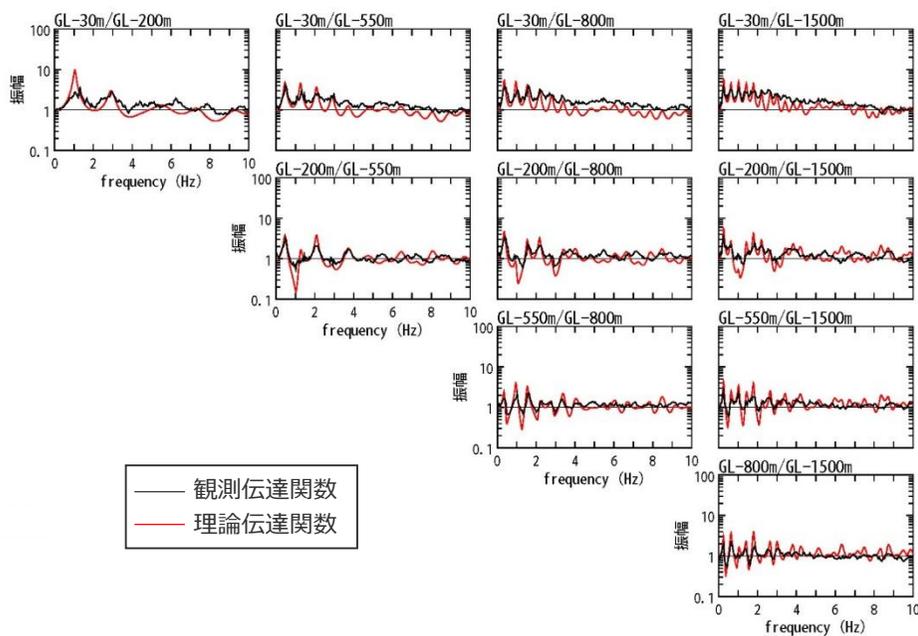
<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>

# 統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証

（地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②））

○観測地震におけるS波部（水平平均）の伝達関数の観測値と理論値の差が最小となるよう、地盤モデル（ $V_s$ ,  $Q_s$ ）を推定。

○観測地震におけるP波部（上下成分）の伝達関数の観測値と理論値の差が最小となるよう、地盤モデル（ $V_p$ ,  $Q_p$ ）を推定。



<S波部（水平平均）の伝達関数の観測値と理論値の比較>

<P波部（上下成分）の伝達関数の観測値と理論値の比較>

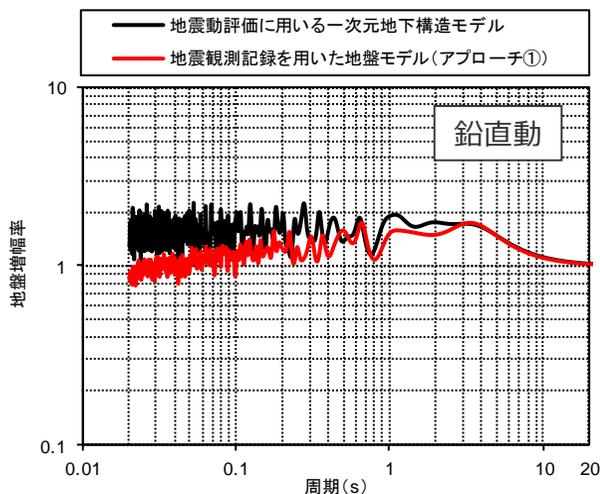
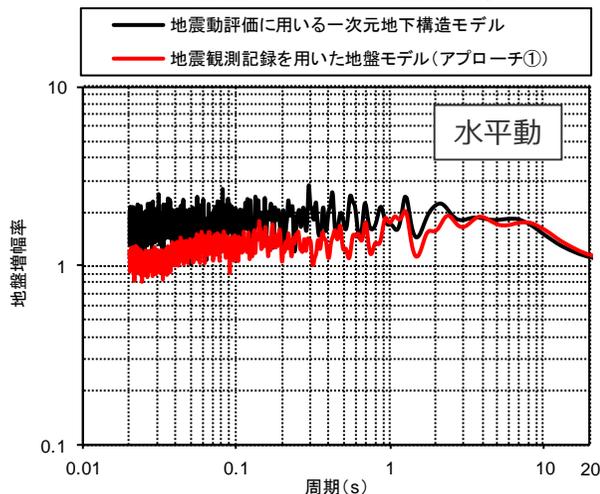
<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>  
統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証

（地盤増幅率の比較検討）

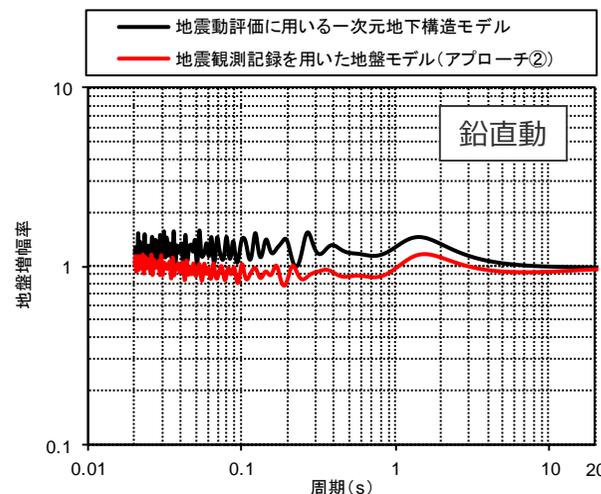
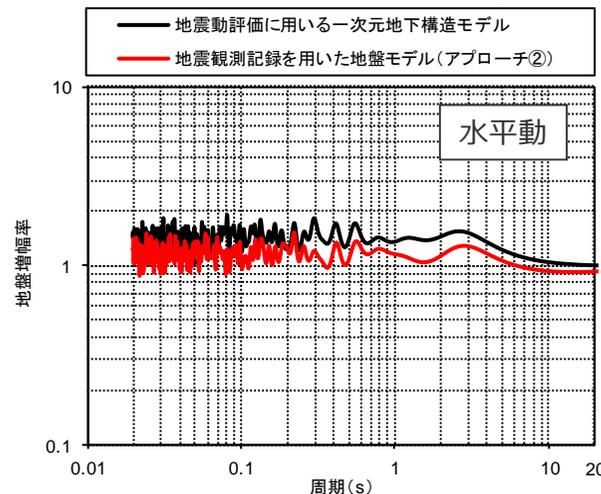
- 地震動評価に用いる一次元地下構造モデルと地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ①及びアプローチ②）との地盤増幅率の比較検討を行った。
- その結果、地盤増幅の周期特性については、両者に明瞭な卓越周期は見られず概ね一致しており、振幅については、地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの方が大きくなっている。

⇒**速度構造については両者が概ね同様**となっており、**Q値については地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの方が地震観測記録を用いて推定した地盤モデルに比べ保守的に設定**されていることを示している。

地震動評価に用いる一次元地下構造モデルと地盤モデル（アプローチ①）との地盤増幅率の比較（解放基盤表面／地震基盤面）



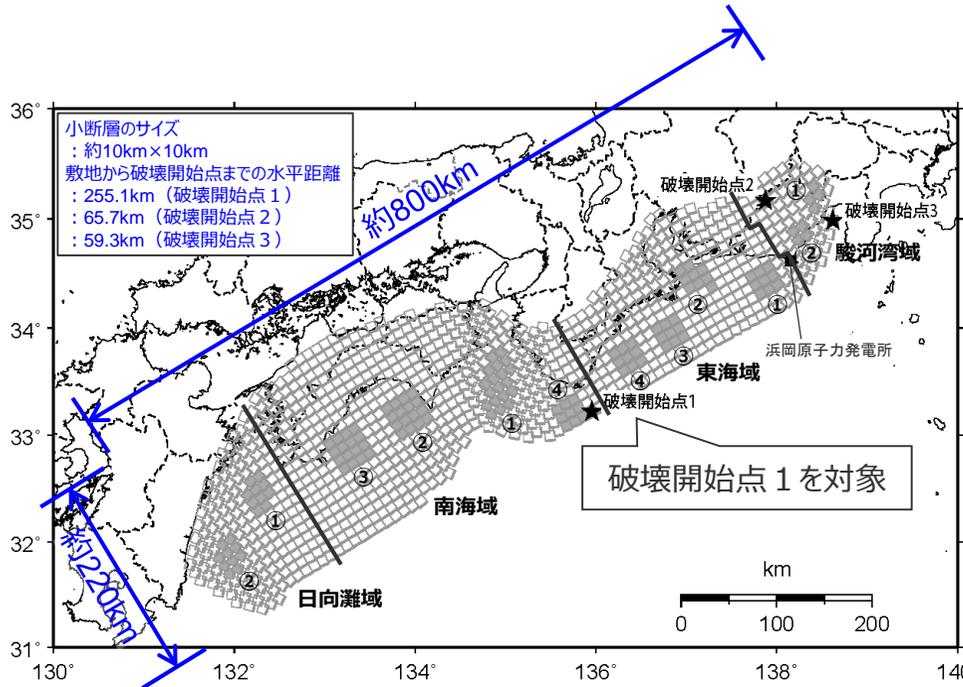
地震動評価に用いる一次元地下構造モデルと地盤モデル（アプローチ②）との地盤増幅率の比較（解放基盤表面／G.L.-1500m）



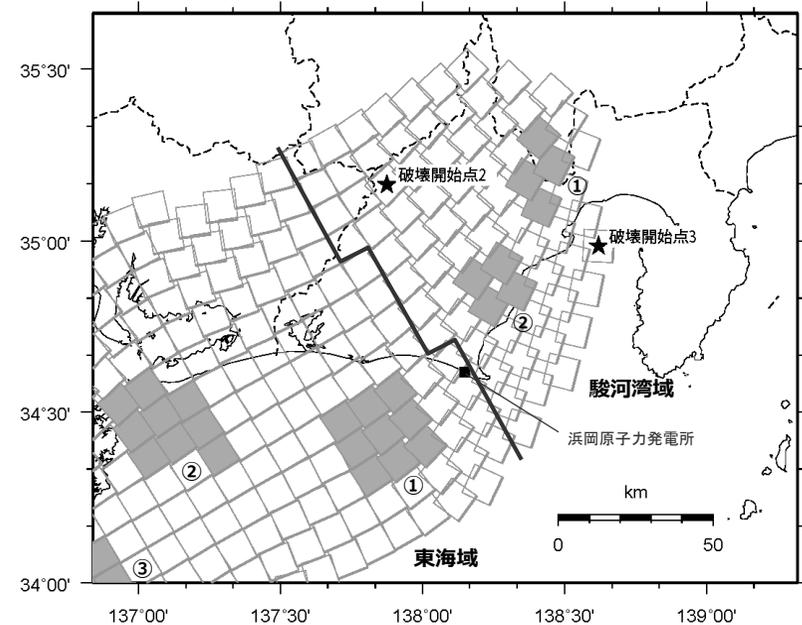
# <1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について> 統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証 （プレート間地震の地震動評価結果の比較検討）

○プレート間地震の検討用地震である南海トラフ最大クラス地震モデル（基本ケース）を例として、地震動評価に用いる一次元地下構造モデル及び地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ①及びアプローチ②※1）をそれぞれ用いた統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、各評価結果の比較検討を行う。

※1：地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）はG.L.-1500m以浅のモデルであり、地震動評価に際して、これ以深は地震動評価に用いる一次元地下構造モデルを用いる。



（全体）



（敷地周辺）

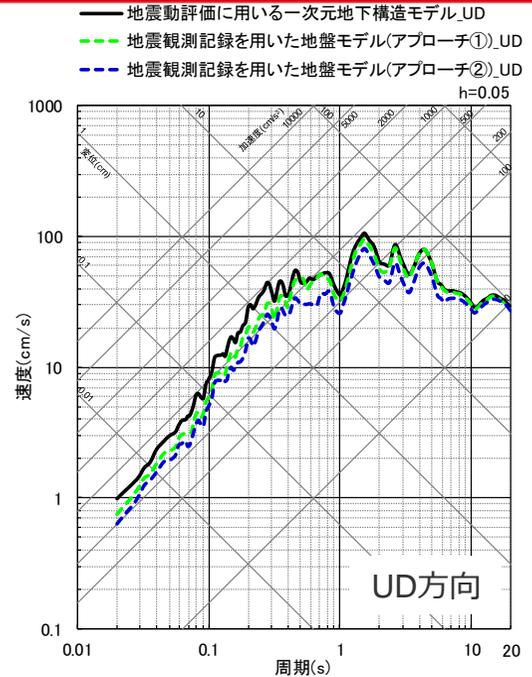
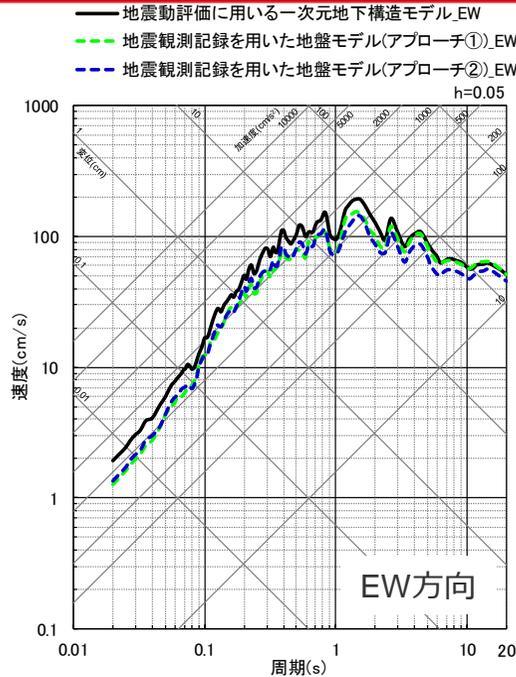
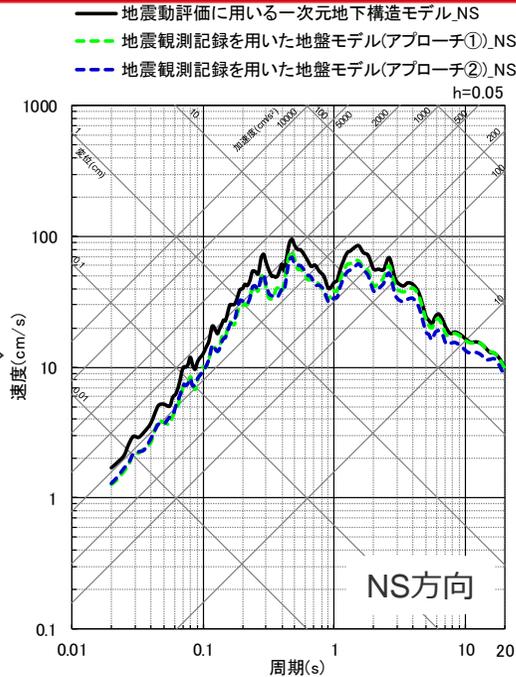
<プレート間地震の検討用地震（南海トラフ最大クラス地震モデル（基本ケース）※2）>

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

※2：内閣府(2012)の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」で検討された南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデルに基づき設定。

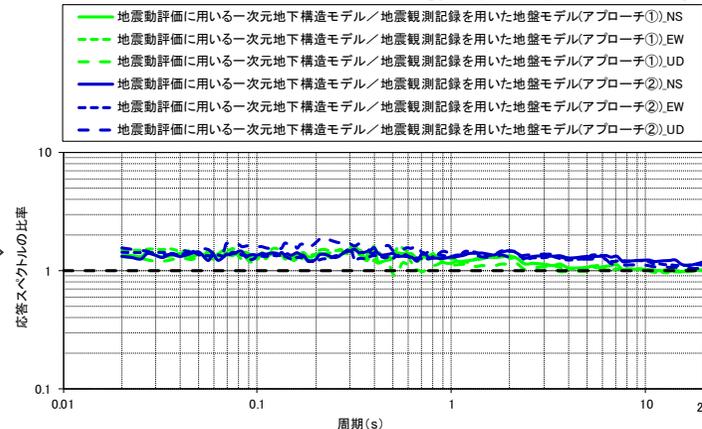
<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>  
**統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証**  
 （プレート間地震の地震動評価結果の比較検討）

地震動評価結果の比較



地震動評価に用いる一次元地下構造モデルと地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ①、②）との応答スペクトル比を算出

応答スペクトルの比率

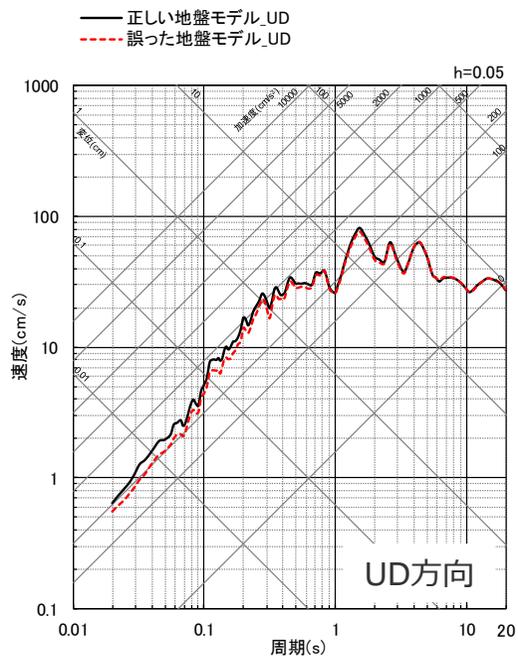


○地震動評価結果の周期特性については、いずれも同様となっており、振幅については、地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの方が大きくなっている。  
 ⇒**速度構造についてはいずれも概ね同様**となっており、**Q値については地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの方が地震観測記録を用いて推定した地盤モデルに比べ保守的に設定されている**ことを示している。

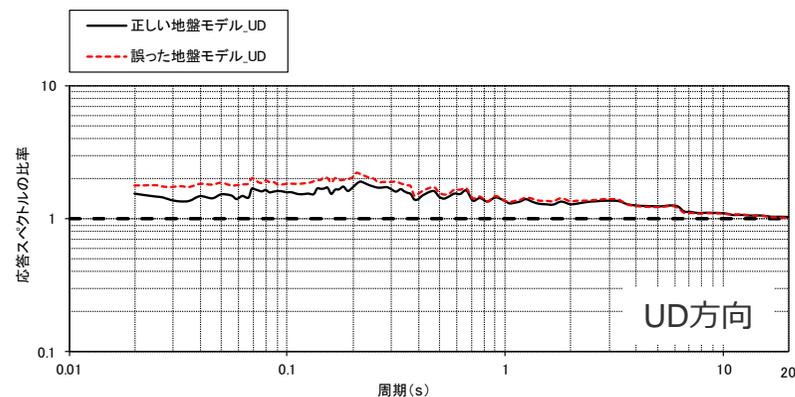
・正しい評価結果と誤った評価結果の比較は次ページ。

# 統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証

（検証結果の誤りについて）



<地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）を用いたプレート間地震の地震動評価結果（応答スペクトル）>



<地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）を用いたプレート間地震の地震動評価結果（応答スペクトル比（地震動評価に用いる一次元地下構造モデル／地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）））>

<1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル(アプローチ②)のモデル図の記載誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について>  
統計的グリーン関数法に用いる一次元地下構造モデルの検証

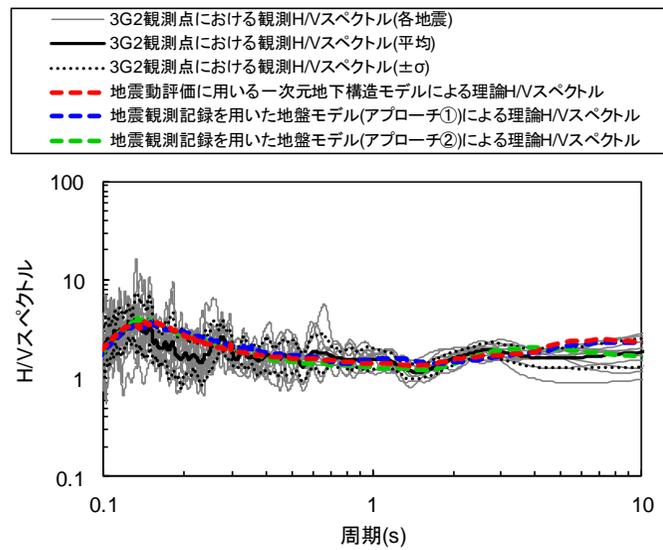
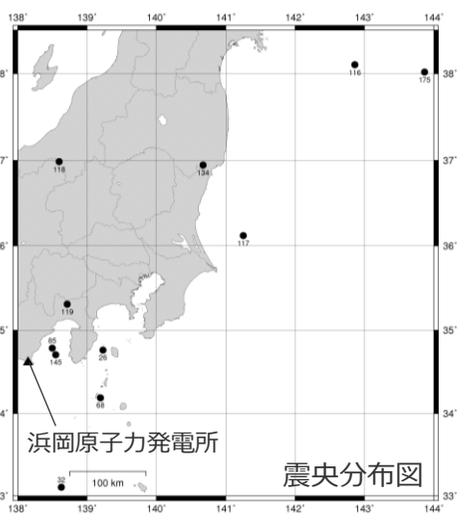
(観測記録(Coda波部H/Vスペクトル、微動アレイ観測による分散曲線)との整合性)

- Coda波部を対象とした観測H/Vスペクトル(観測値)と各モデルの理論H/Vスペクトル(理論値)との比較検討を行った結果、観測値に明瞭な卓越周期は見られず、各モデルの理論値は同様の傾向となっており、観測値と概ね整合している。
- 微動アレイ観測による観測分散曲線(観測値)と各モデルの理論分散曲線(理論値)との比較検討を行った結果、各モデルの理論値は同様の傾向となっており、観測値と概ね整合している。

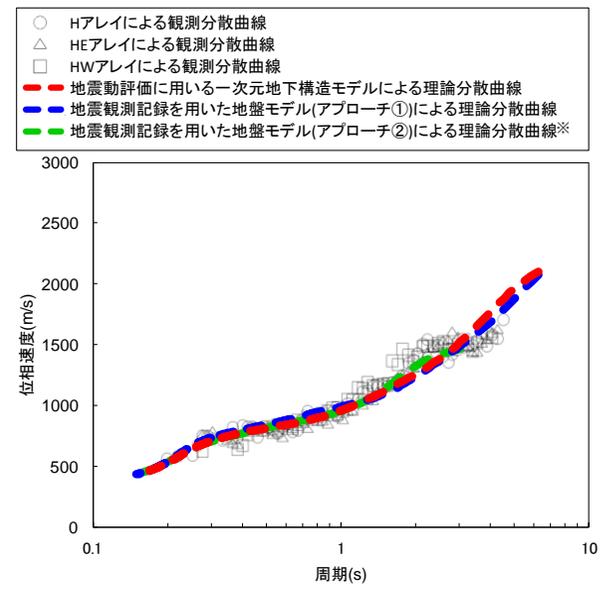
- ・観測H/Vスペクトルは3G2観測点の観測記録に基づき算出しており、各モデルの解放基盤表面以浅の表層地盤には3G2観測点における最適化地盤を用いる。
- ・微動アレイ観測の最小アレイ位置の表層地盤状況を踏まえて、各モデルの解放基盤表面以浅の表層地盤には上記の最適化地盤モデル(3G2観測点)に表層地盤(Vs200m/s、層厚6m)を付加。



<微動アレイ観測及び3G2観測点の位置図>



<H/Vスペクトルの比較>



<分散曲線の比較>

※地盤モデル(アプローチ②)は、G.L.-1500m以浅のモデルであり、地震基盤面以浅のモデルであるその他のモデルと下端深さが異なるため、描画帯域を変更する。

# 目次

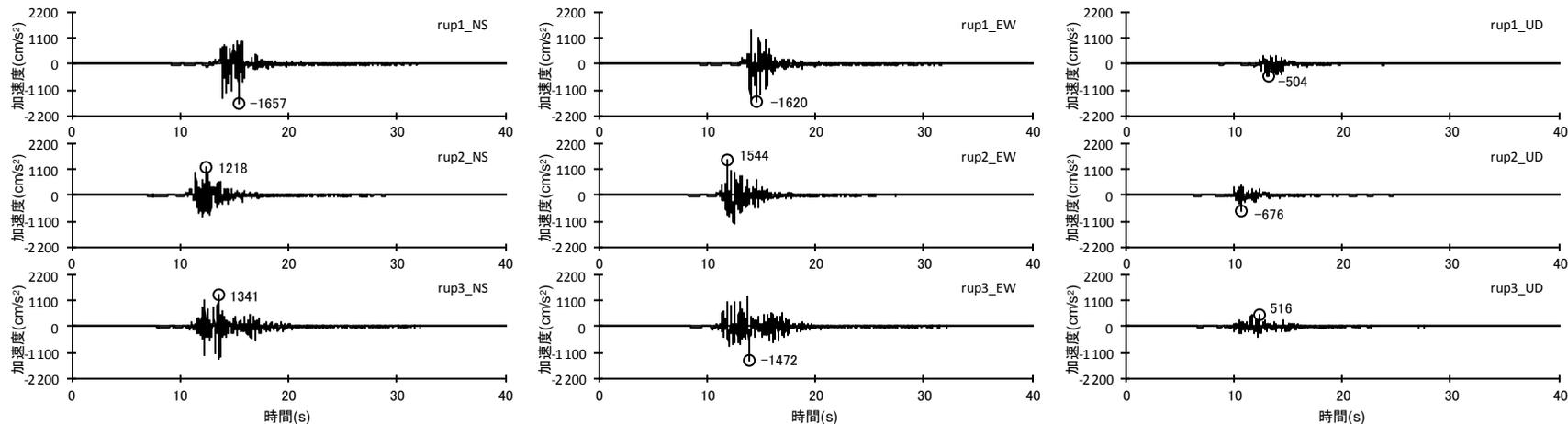
---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について
  - 1.1 地震観測記録を用いて推定した地盤モデル（アプローチ②）のモデル図の記載  
誤り及び同モデルを用いた検証結果の誤りの訂正について ……p.3~
  - 1.2 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の  
顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の誤りの訂正について ……p.21~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な  
増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~

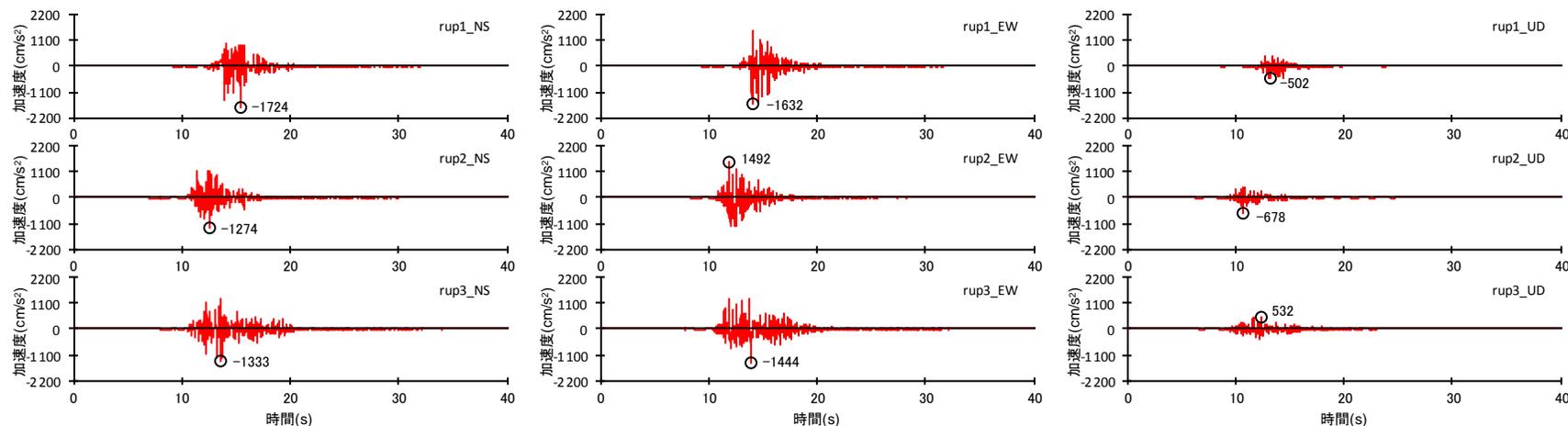
## 誤り及び訂正の概要

- 第532回・第882回・第940回審査会合で提示した海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を対象とした断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について、**誤った計算結果を提示していた（「強震動生成域の小断層のグリーン関数のみに増幅係数を乗じた計算結果」を提示する地震動評価結果に対し、誤って計算した「強震動生成域と背景領域のすべての小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じた計算結果」を提示）**。また、応答スペクトルに基づく地震動評価結果についても、断層モデルに基づく手法による地震動評価結果としてこの誤った計算結果を用いて増幅係数（応答スペクトル比）を算定して地震動の顕著な増幅を反映していたため、同様に誤った計算結果を提示していた。
- 次ページ以降に、「（正しい計算結果）強震動生成域の小断層のグリーン関数のみに増幅係数を乗じた計算結果」と「（誤って提示した計算結果）強震動生成域と背景領域のすべての小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じた計算結果」の比較を示し、訂正する。

<1.2 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の誤りの訂正について>  
**断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）**



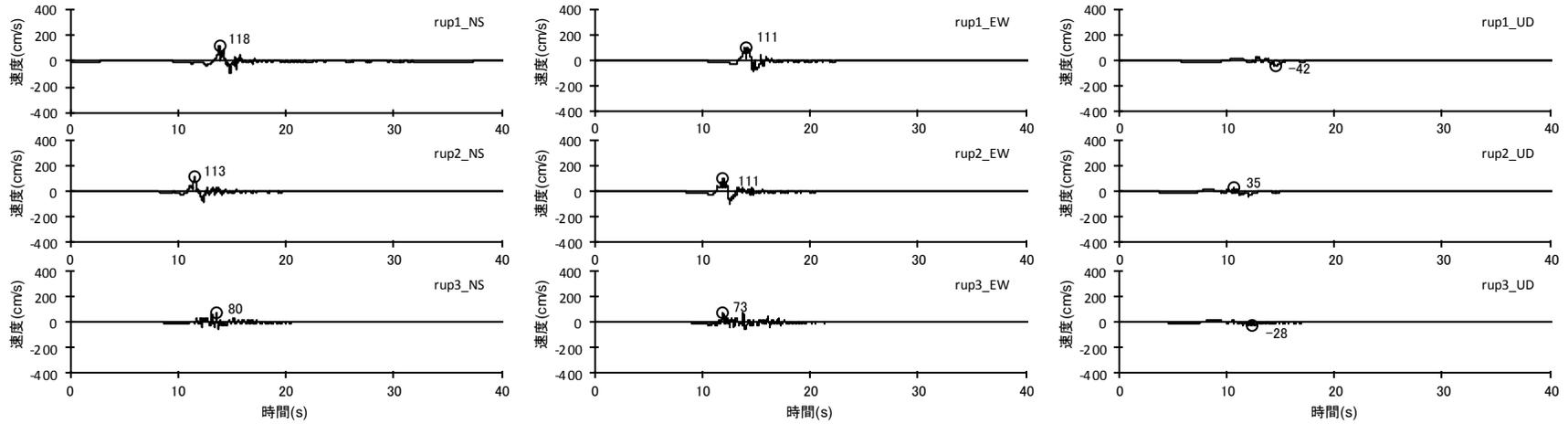
（（正しい計算結果）強震動生成域の小断層のグリーン関数のみに増幅係数を乗じた計算結果）



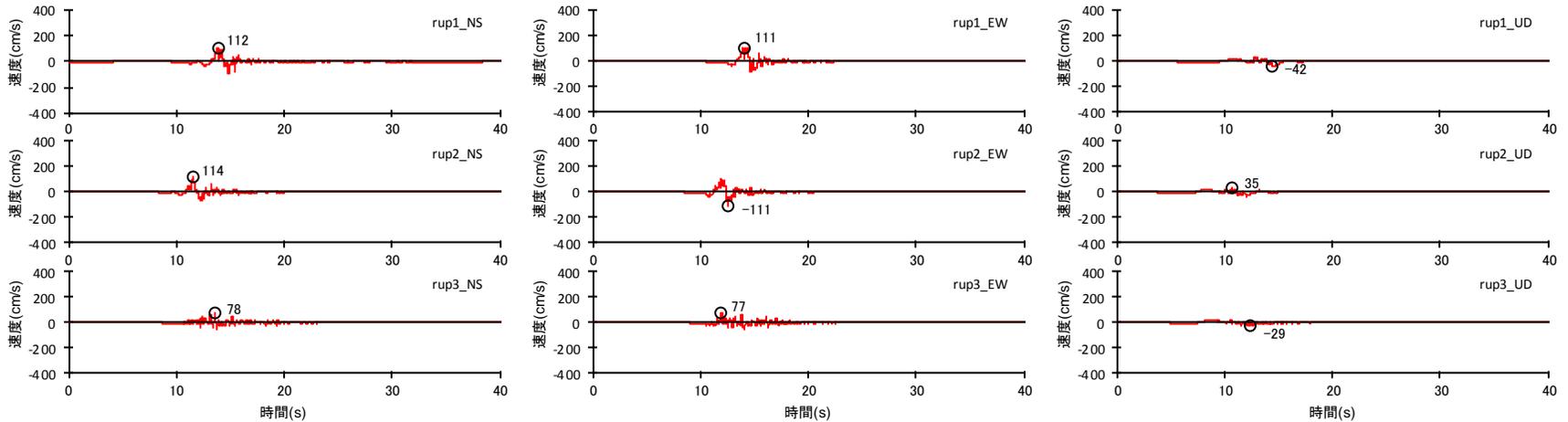
（（誤って提示した計算結果）強震動生成域と背景領域のすべての小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じた計算結果）

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）>  
 （震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<1.2 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の誤りの訂正について>  
**断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（速度時刻歴波形）**



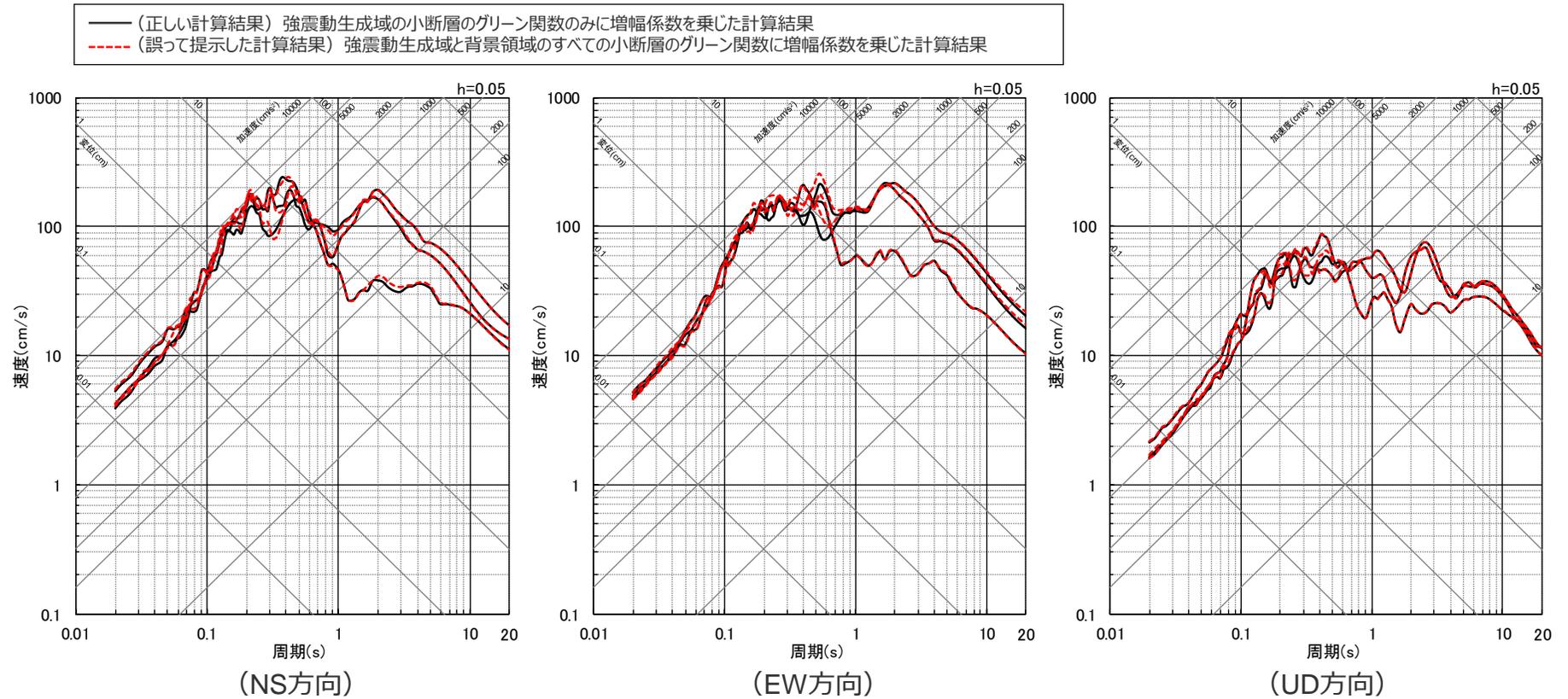
（（正しい計算結果）強震動生成域の小断層のグリーン関数のみに増幅係数を乗じた計算結果）



（（誤って提示した計算結果）強震動生成域と背景領域のすべての小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じた計算結果）

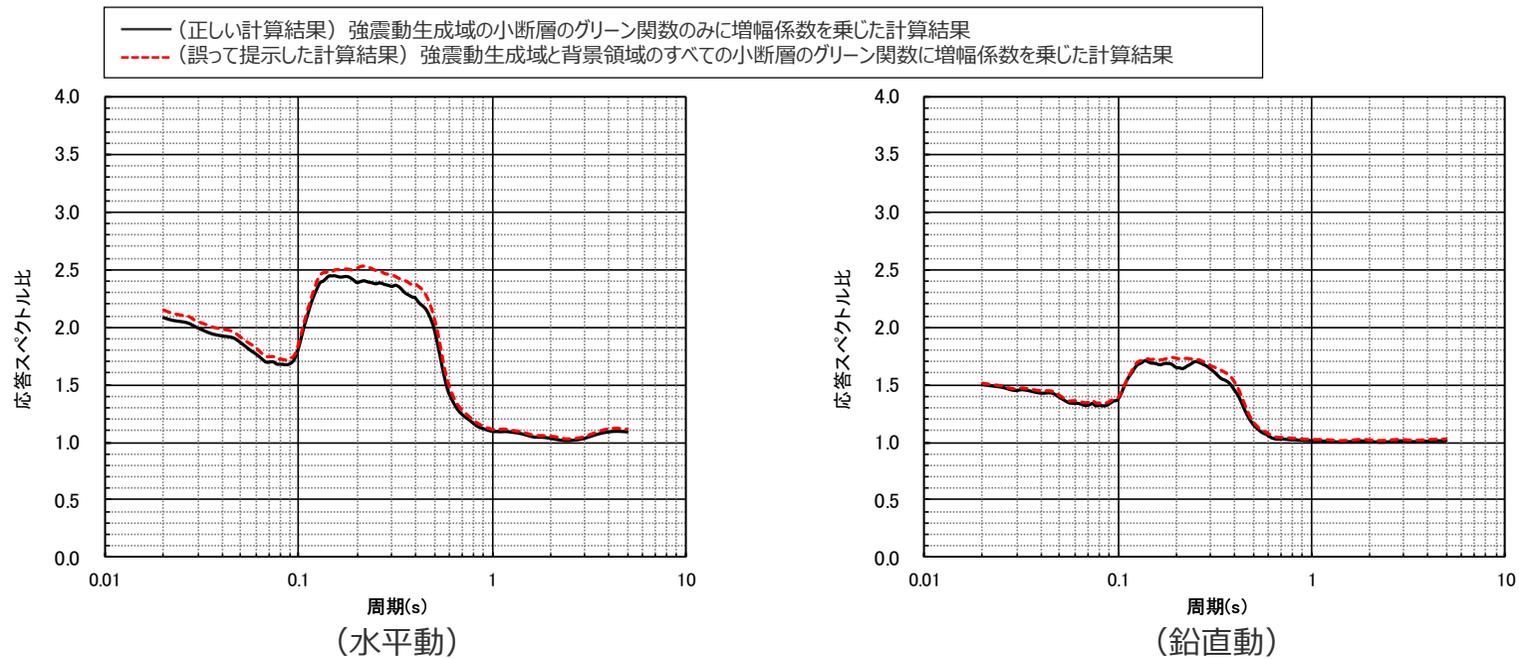
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（速度時刻歴波形）>  
 （震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<1.2 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の誤りの訂正について>  
**断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）**



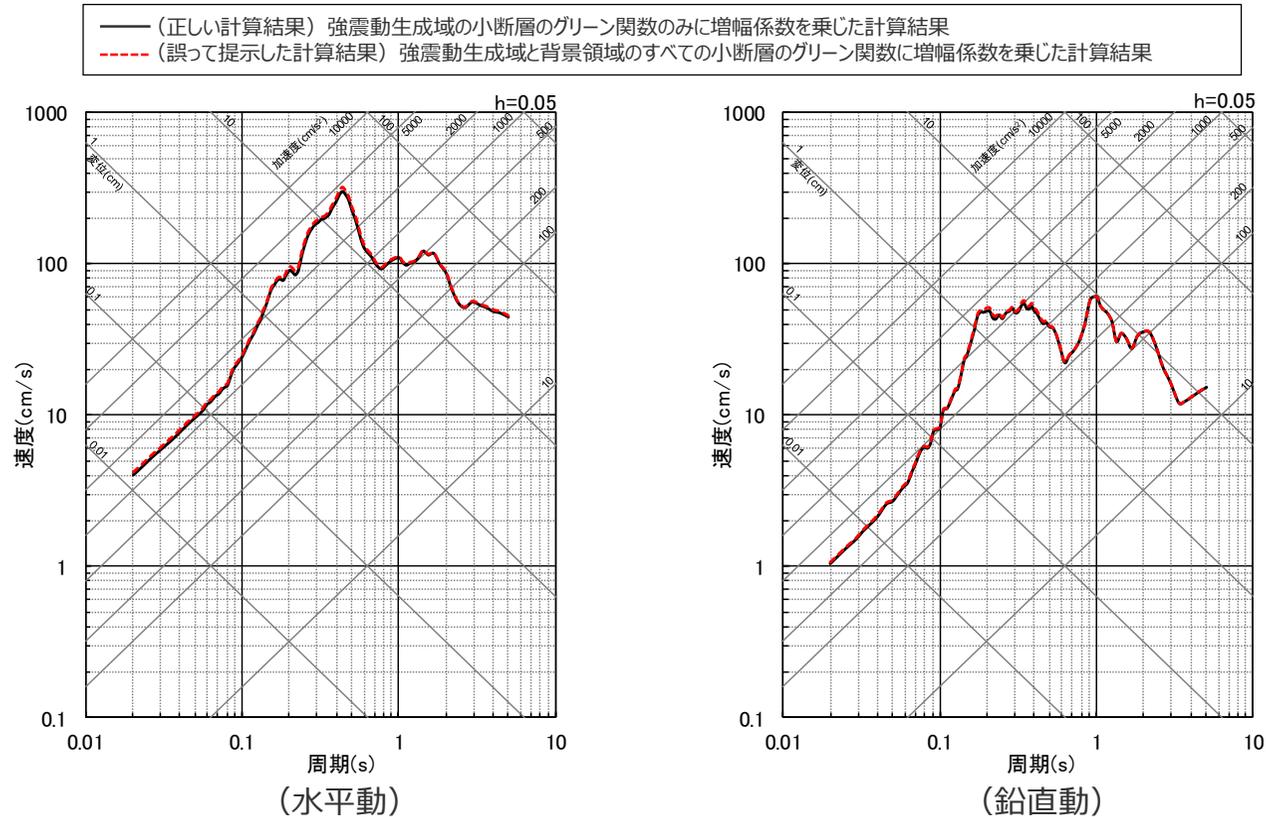
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>  
 （震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<1.2 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の誤りの訂正について>  
増幅係数（応答スペクトル比）の比較



<増幅係数（応答スペクトル比）の比較>  
(震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）)

<1.2 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の誤りの訂正について>  
**応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較**



<応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較>  
 (震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）)

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
  - 2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要） ……p.31~
  - 2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要） ……p.45~
  - 2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答） ……p.60~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~

## 2021年1月29日 第940回審査会合コメント及び回答概要一覧

コメント	回答概要
<p>基準地震動に選定されるものは少し慎重に判断したいと考えている。海洋プレート内地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価については、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の影響がフーリエスペクトル比で若干ではあるが見られる。そこで、海洋プレート内地震について、プレート間地震などの他の地震動評価結果に包絡されるのであれば必要ないが、基準地震動に選定される地震動であれば、より安全側に「増幅方向」に位置する背景領域にも増幅係数を乗じたものを採用していただきたい。</p>	<p>地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目した保守的な設定を行っており、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じる乗じないにかかわらず、十分保守的な評価結果と考えられるが、コメントを踏まえ、基準地震動に選定される海洋プレート内地震の地震動評価結果については、より慎重に保守的な評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果を採用することとする。</p>

## 概要

### 【第940回審査会合における説明】

#### 【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、**地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目し**、断層モデルを用いた手法において、敷地近傍に強震動生成域（アスペリティ）を配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定することにより、保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

#### 【地震動評価結果に考慮された保守性の確認（p.46~参照）】

- 各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、**敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的な地震動評価結果となっていることを確認した。**

#### 【「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（p.55~参照）】

- 「増幅方向」に背景領域の小断層が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）を対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合の影響確認を行い、**「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域による影響が支配的であることを確認した。**

### 【第940回審査会合におけるコメント】

- 基準地震動に選定されるものは少し慎重に判断したいと考えている。海洋プレート内地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価については、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の影響がフーリエスペクトル比で若干ではあるが見られる。そこで、海洋プレート内地震について、プレート間地震などの他の地震動評価結果に包絡されるのであれば必要ないが、基準地震動に選定される地震動であれば、より安全側に「増幅方向」に位置する背景領域にも増幅係数を乗じたものを採用していただきたい。

### 【第940回審査会合におけるコメントを踏まえた対応】

- 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、上記のとおり、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目した保守的な設定を行っており、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じる乗じないにかかわらず、十分保守的な評価結果と考えられる。
- しかしながら、第940回審査会合における上記コメントを踏まえ、**基準地震動に選定される海洋プレート内地震の地震動評価結果については、より慎重に保守的な評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果を採用することとする。**

- 基準地震動に選定される可能性がある地震動レベルが比較的大きい海洋プレート内地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価を行う。

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
  - 2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要） ……p.31~
  - 2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要） ……p.45~
  - 2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答） ……p.60~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~

<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>

# 地震観測記録の分析結果等と地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

## 【地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性（敷地固有の地盤増幅特性）】

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみに見られ、これ以外の周期帯には見られない。
- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られた到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一様ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

## 【地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価（方針）】

- 地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、この敷地固有の地盤増幅特性を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法（「増幅方向」※に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用いて、地震動の顕著な増幅を反映する。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する。
- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定することにより、保守的な地震動評価を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

項目	地震観測記録の分析結果等	2009年駿河湾の地震（本震）の再現検討	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<p>—</p> <p>（震源断層面が「増幅方向」の範囲内に位置するため強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数の全てに増幅係数を考慮）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定（保守的な評価）</li> </ul>
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも増幅の程度は一様でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に周期0.2～0.5秒のみ増幅させる増幅係数を乗じる方法を採用</li> <li>・増幅係数における増幅の程度は、その程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、増幅を考慮するグリーン関数の波形合成結果の5号炉観測記録の再現性を確認して設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左記と同じ強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法（背景領域に増幅係数は考慮せず）を採用</li> <li>・増幅係数は、左記と同じ増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用（保守的な評価）</li> </ul>

※「地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）」について、以降、「増幅方向」と省略して記載する箇所あり。

<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>

# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法（方針）

## 【地震観測記録の分析結果（地震動の顕著な増幅の特性）】

○ 地震動の顕著な増幅は、特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない。

## 【特性化震源モデルの短周期地震動の考え方】

○ 短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価（背景領域は、強震動生成域（アスペリティ）のみで震源断層全体の短周期レベルを説明できるように評価したものに付加）。

## 【地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法】

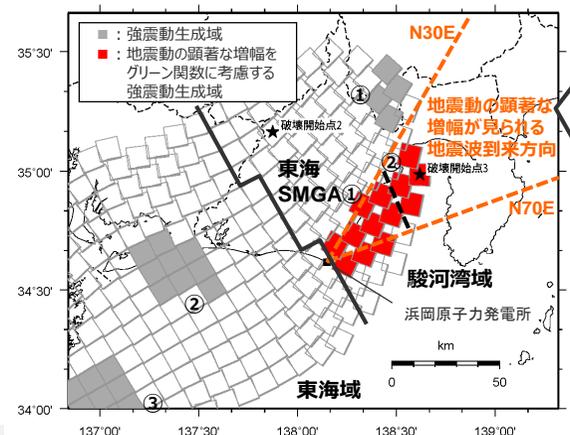
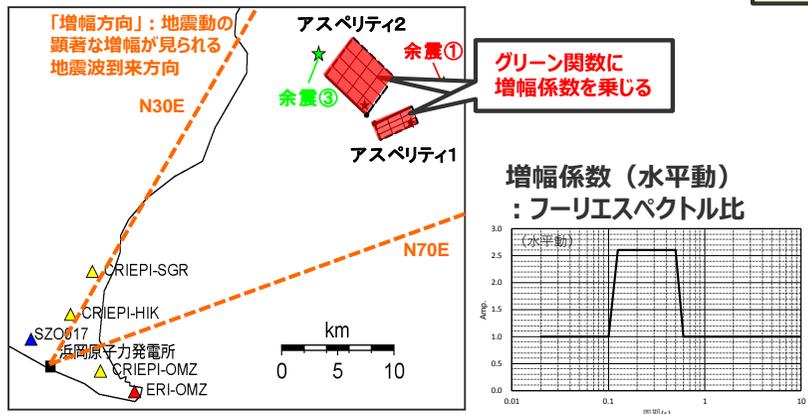
○ 地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目し、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法において、『**増幅方向**』に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法』を用いることとし、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討による検証を行ったうえで、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価を行う。

## 【2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討】

○ 背景領域のない強震動生成域（アスペリティ）のみの震源モデルを用いて、強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法で、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5号炉周辺）の観測記録を概ね再現できることを確認する。

## 【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

○ 『**増幅方向**』の敷地近傍に強震動生成域（アスペリティ）を配置したうえで、『**増幅方向**』に位置する強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数のみに増幅係数を乗じる方法』で地震動評価を行う。  
○ その際、『増幅方向』の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）について、増幅係数を乗じる小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定することにより、**保守的な地震動評価**を行う。



増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで保守的な評価を行うため、「増幅方向」に位置する背景領域は、敷地から離れており地震動評価結果に及ぼす影響は「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいと考えられる。（→念のため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じた場合の影響確認を行う。）

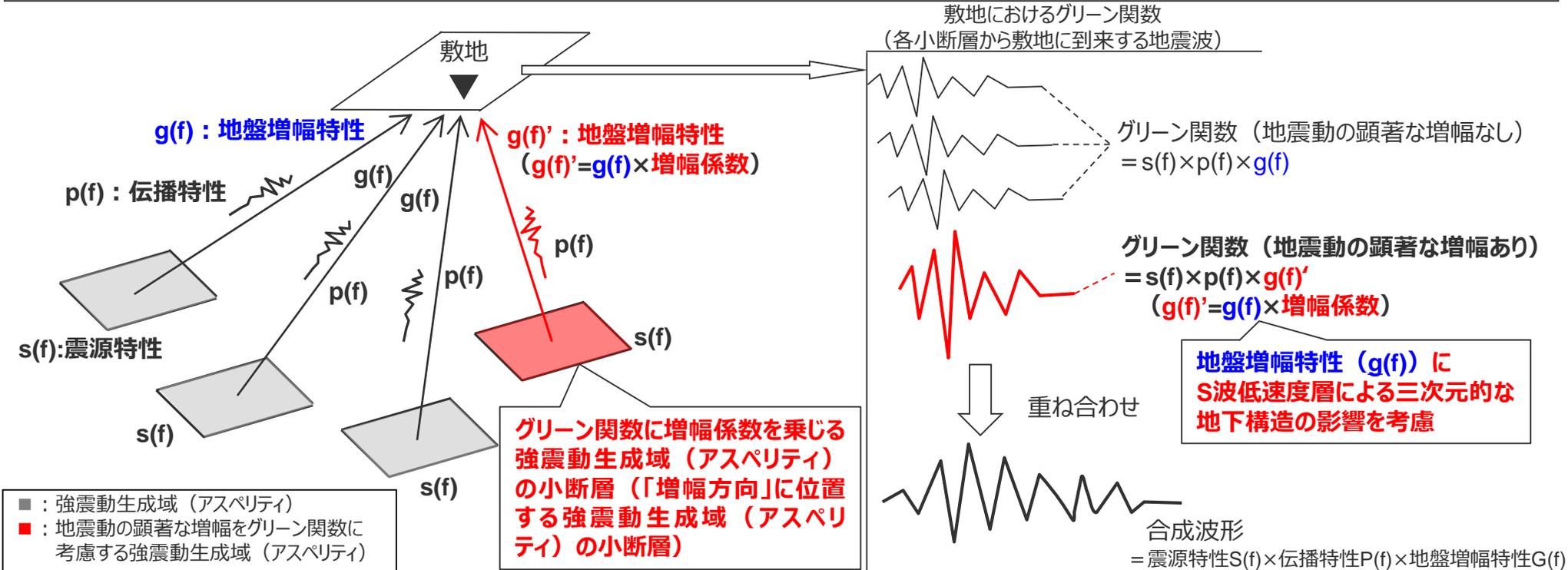
・下線 (.....) は、一部修正箇所を示す。

<2009年駿河湾の地震（本震）の震源モデル>  
.....(当社作成).....

<検討用地震の震源モデルと地震動の増幅を考慮する領域（例）> 33

# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (概要)

- 前述のとおり、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視する。
- 断層モデルを用いた手法では、地震動の顕著な増幅は、「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数（次ページ参照）を乗じることで、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法により、地震動の顕著な増幅の特性を反映した地震動評価を行う。このようにグリーン関数（震源特性 $s(f)$ ×伝播特性 $p(f)$ ×地盤増幅特性 $g(f)$ ）に増幅係数を乗じる方法は、一次元地下構造モデルによる地盤増幅特性（ $g(f)$ ）を補正して、S波低速層による三次元的な地下構造の影響を考慮することに相当する（ $g(f)' = g(f) \times$ 増幅係数）。
- グリーン関数に乘じる増幅係数については、増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を参考に、その再現検討を踏まえて設定し、グリーン関数に増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層については、「増幅方向」を踏まえ保守的に設定する。
- 2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討では、増幅係数の合理性も含め、本反映方法（強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法）による地震動評価結果（波形合成結果）と地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5号炉）の観測記録との比較により検証を行う。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価（統計的グリーン関数法）における地震動の顕著な増幅の反映方法の概要>

<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>

# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (グリーン関数に乗じる増幅係数)

- 増幅を考慮する周期帯は、2009年駿河湾の地震（本震）で5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯0.2～0.5秒を参考としてより広帯域に設定する。
- 増幅を考慮する程度は、2009年駿河湾の地震（本震）におけるはぎとり波の加速度フーリエスペクトル比（5G1/3G1, 5RB/3G1）及び周期別SI値比（周期0.02～0.5秒）を参考として設定する。
- 2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震である。

<2009年駿河湾の地震（本震）における周期別SI値比※1>  
(周期0.02～0.5秒※2)

	NS	EW	UD
4G1/3G1	0.93	1.08	0.72
5G1/3G1	2.40	1.97	1.42
5RB/3G1	2.47	2.50	1.38

※1 構造物の応答に関連する指標であり、下記により定義される。

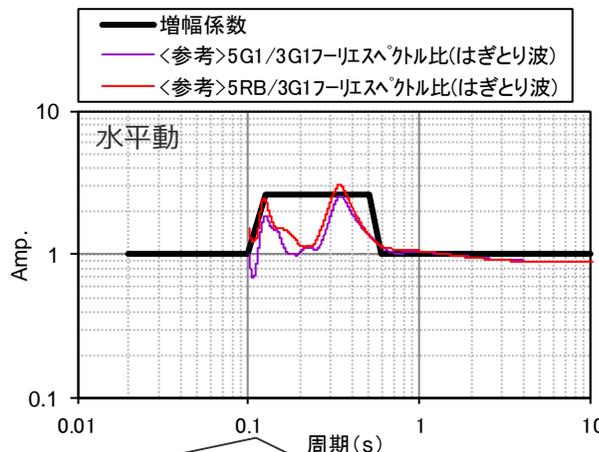
$$\text{周期別SI値} = \int_{T_1}^{T_2} S_v(T, h) dT$$

ここで、 $S_v$ ：擬似速度応答スペクトル  
T：周期  
h：減衰定数（5%とする）

※2 2009年駿河湾の地震（本震）の応答スペクトルにおいて5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯。

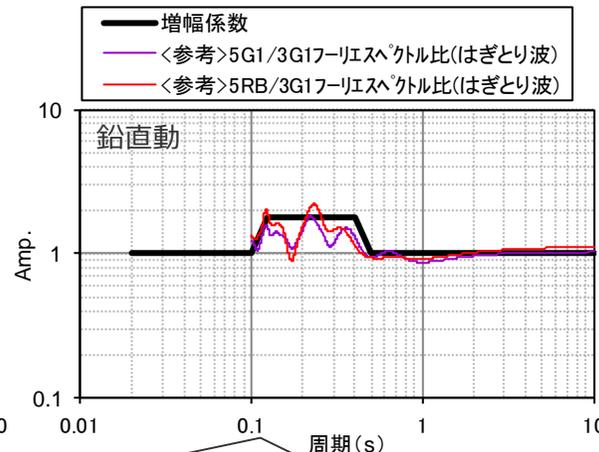
<グリーン関数に乗じる増幅係数>

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



増幅係数及びフーリエスペクトル比の積分値に基づき、以下の比率を算出（周期0.1～0.6秒）。

- ・増幅係数 / (5G1/3G1フーリエスペクトル比) = 1.58
- ・増幅係数 / (5RB/3G1フーリエスペクトル比) = 1.39



増幅係数及びフーリエスペクトル比の積分値に基づき、以下の比率を算出（周期0.1～0.5秒）。

- ・増幅係数 / (5G1/3G1フーリエスペクトル比) = 1.28
- ・増幅係数 / (5RB/3G1フーリエスペクトル比) = 1.20

<グリーン関数に乗じる増幅係数>

# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (方針)

## 【応答スペクトルに基づく手法の概要】

- 応答スペクトルに基づく手法は、地震規模や震源距離といった巨視的パラメータにより震源断層全体の地震動を評価する手法である。
- 応答スペクトルに基づく手法では、検討用地震と震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性が同様と見なせる地震の観測記録が得られている場合、その観測記録を用いて、検討用地震と同様の震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性を反映した地震動評価を行うことができる。
- その際、三次元的な地下構造の影響により地震動の顕著な増幅が見られるサイトでは、震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いによって地盤増幅特性が異なることから、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性（地震動の顕著な増幅特性）を適切に反映するためには、各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波到来方向が同様と見なせる観測記録を用いる必要がある。

## 【浜岡原子力発電所の観測記録】

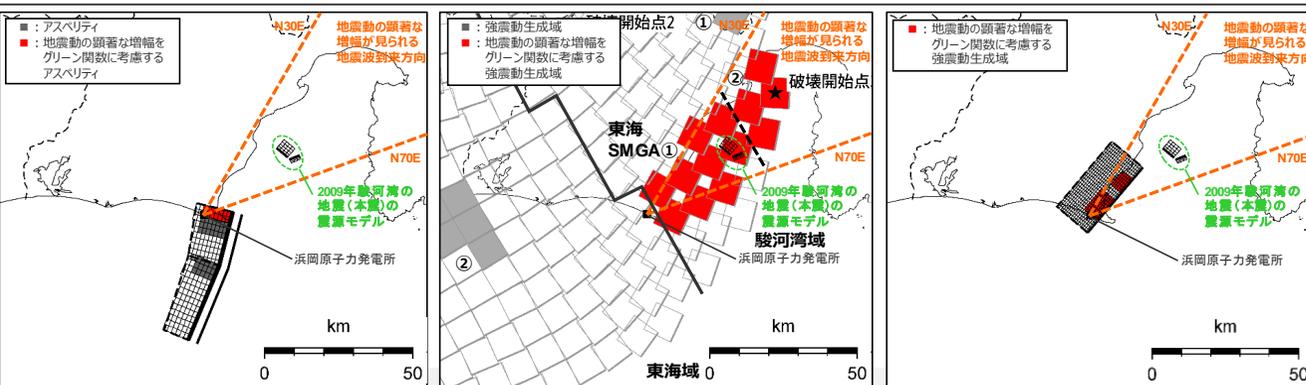
- 浜岡原子力発電所の検討用地震には、内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震の3つの地震タイプがあり、敷地への影響が最も大きい地震タイプはプレート間地震である。敷地における観測地震に関し、3つの地震タイプの各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波の到来方向が同様と見なせ、**各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された観測記録は得られていない。

## 【断層モデルを用いた手法による地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果】

- 断層モデルを用いた手法は、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できるため、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いに応じて、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映できること、当該反映方法の妥当性は2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証されていることから、この地震動評価結果には、**各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映されている。

## 【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法】

- 地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された『断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行うこととし、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響を反映する。
- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価に当たっては、断層モデルを用いた手法による地震動評価に保守性を考慮することで、応答スペクトルに基づく地震動評価にも保守性を考慮する。

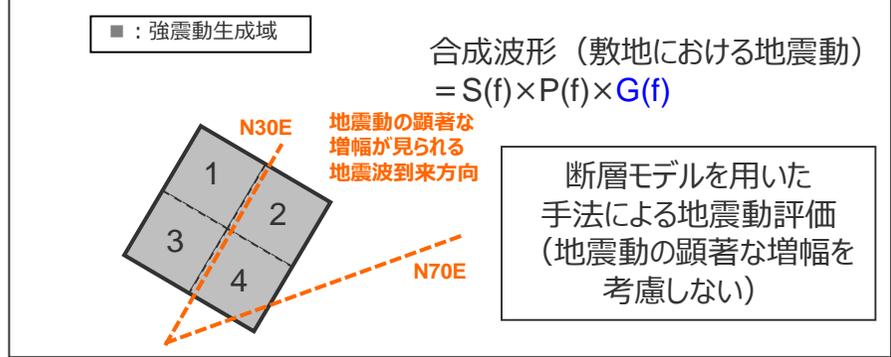


内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震）    プレート間地震（南海トラフ沿いの巨大地震）    海洋プレート内地震（敷地直下の想定スラブ内地震）

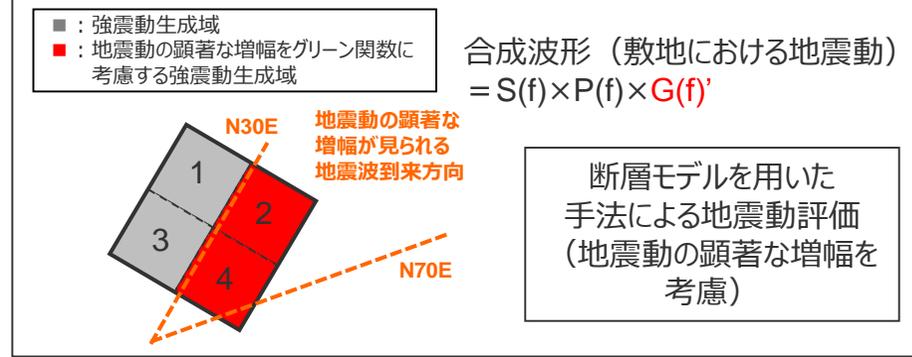
# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (増幅係数（応答スペクトル比）の算出方法)

- 応答スペクトルに基づく地震動評価は、3つの地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）と震源断層面の広がりや地震波の到来方向が同様と見なせ、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録が得られていないことを踏まえ、地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、『各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響（地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行うこととし、各検討地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響を反映する。
- 具体的には、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデル毎に、上記の影響を求めるため、地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合について、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行い、これらの結果による増幅係数（応答スペクトル比：「地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）」／「地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）」※）を水平動・鉛直動それぞれで算出し、応答スペクトルに基づく地震動評価結果（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に乗じる。

## 【地震動の顕著な増幅を考慮しない】



## 【地震動の顕著な増幅を考慮】



増幅係数（応答スペクトル比）を算出

$$\left[ \frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）}^*}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）}^*} \right]$$

応答スペクトルに基づく地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）

= 応答スペクトルに基づく地震動評価結果（地震動の顕著な増幅を考慮しない） × 増幅係数（応答スペクトル比）

※ 増幅係数（応答スペクトル比）の算出に当たって、「本反映方法により地震動の顕著な増幅を反映した断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の応答スペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）」はNS方向とEW方向で同程度となること（補足説明資料③p.37.116.193-195参照）、応答スペクトルに基づく手法は震源断層全体の地震動を評価する手法であり、Noda et al.(2002)の方法等を含めて一般に距離減衰式を作成する際には水平動はNS方向の観測記録とEW方向の観測記録とを区別せずに回帰分析が行われていることから、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて求める増幅係数（応答スペクトル比）は各破壊開始点の平均、水平動についてはNS方向とEW方向の平均を用いる。

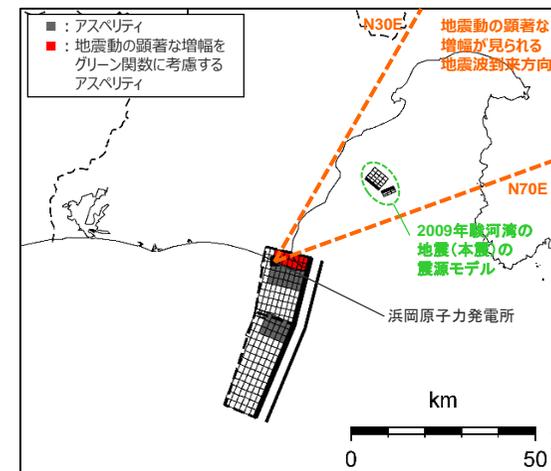
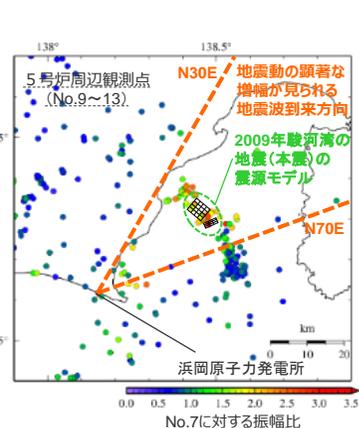
<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>

# 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（方針）

## 【各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（方針）】

○各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定することにより、保守的な地震動評価を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

項目	地震観測記録の分析結果等	2009年駿河湾の地震（本震）の再現検討	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<p>—</p> <p>（震源断層面が「増幅方向」の範囲内に位置するため強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数の全てに増幅係数を考慮）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定（保守的な評価）</li> </ul>
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。</li> <li>「増幅方向」でも増幅の程度は一様でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に周期0.2～0.5秒のみ増幅させる増幅係数を乗じる方法を採用</li> <li>増幅係数における増幅の程度は、その程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、増幅を考慮するグリーン関数の波形合成結果の5号炉観測記録の再現性を確認して設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>左記と同じ強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法（背景領域に増幅係数は考慮せず）を採用</li> <li>増幅係数は、左記と同じ増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用（保守的な評価）</li> </ul>



inland crustal earthquake (御前崎海脚西部の断層帯による地震)

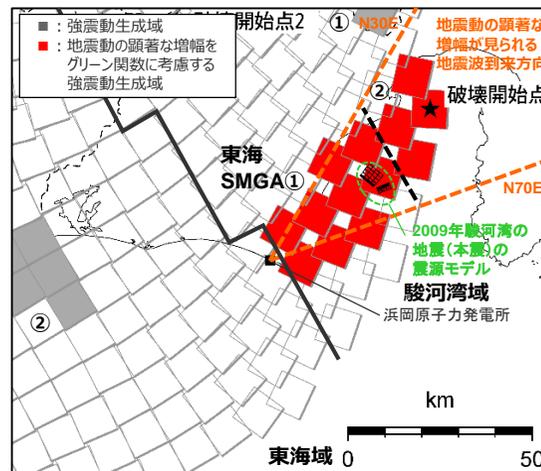
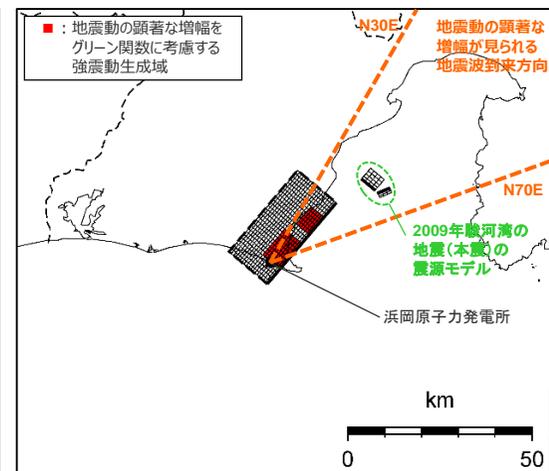


plate interface earthquake (南海トラフ沿いの巨大地震)



oceanic plate intraslab earthquake (敷地直下の想定スラブ内地震)

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
・---: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

# 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の選定及び震源モデルの設定 （概要）

## 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）とした「敷地下方の想定スラブ内地震」の震源断層を地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に移動させて、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）としても選定。



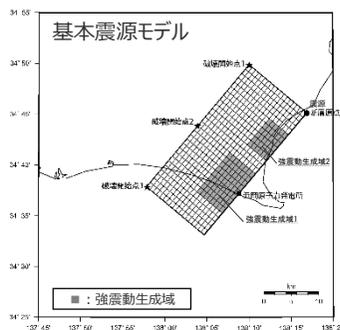
## 基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル （地震動の顕著な増幅を考慮しない）

### 【断層位置】

- 敷地下方に設定。

### 【強震動生成域の位置】

- 震源断層の上端に設定。



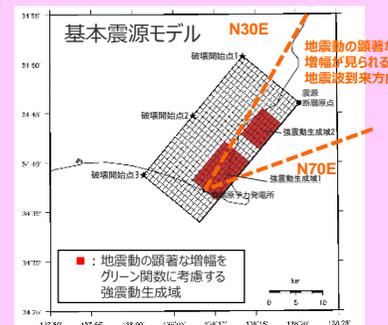
### 偶然的な不確かさに分類

「地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）」を踏まえてより保守的な評価となるよう位置を設定

## 基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル （地震動の顕著な増幅を考慮）

### 【断層位置及び強震動生成域の位置】

- 敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）にかけて強震動生成域が位置するよう、断層位置を移動させて設定。



: 認識論的な不確かさに分類されるもの     : 偶然的な不確かさに分類されるもの

<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>

# 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定方針及び震源断層パラメータは、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）と同じとする。

## 【設定方針】

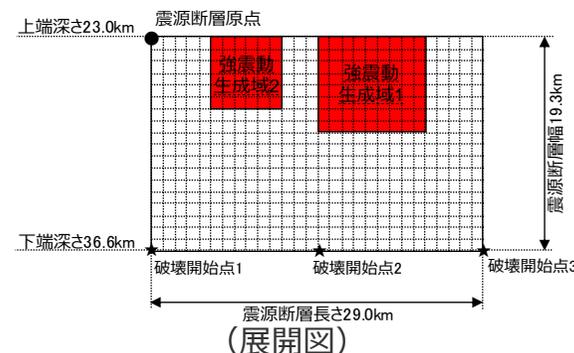
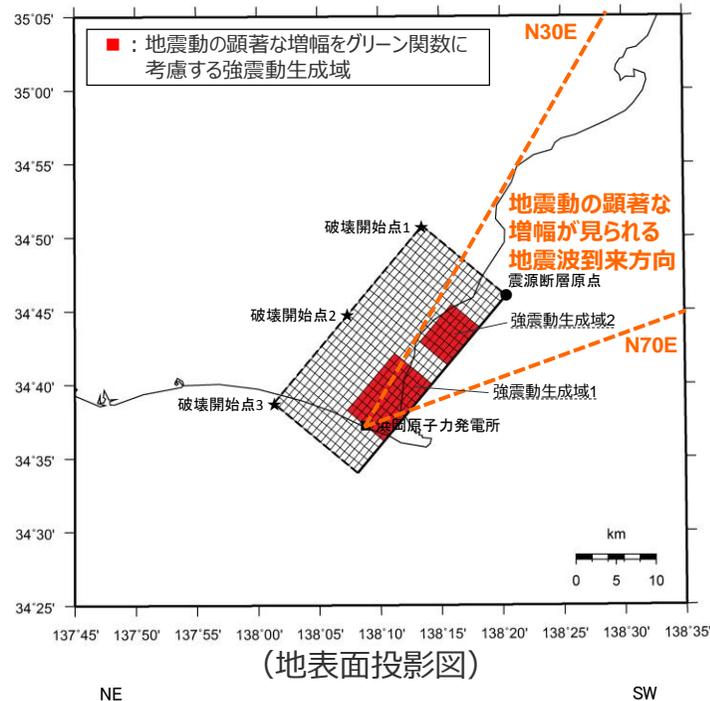
- 「敷地下方の想定スラブ内地震」の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定には、地震モーメントのスケールを考慮して、2009年駿河湾の地震（本震）（敷地への影響が最も大きかった最大規模の地震）の震源特性を反映する（短周期レベルは強震動予測レシビ(2020)より保守的な設定（敷地ごとに震源を特定して策定する地震動（補足説明資料④-30）参照））。

## 【震源断層パラメータ】

- 地震規模
  - ・地震規模は、フィリピン海プレートで発生した沈み込んだ海洋プレート内地震の最大規模等※1を踏まえて、M7.0として設定。
- 断層位置
  - ・断層位置は、安全評価上、敷地下方に想定。
- 震源深さ
  - ・2009年駿河湾の地震（本震）の知見に基づき23kmとして設定。
- 震源断層面積
  - ・地震モーメントから震源断層面積を算定。
- 傾斜角
  - ・2009年駿河湾の地震（本震）の知見に基づき45°の逆断層として設定。
- 強震動生成域の数・位置
  - ・2009年駿河湾の地震（本震）の知見に基づき、強震動生成域の数は2つ※2（面積比は2009年駿河湾の地震（本震）の知見に基づき2：1）とし、面積が大きい方の強震動生成域を敷地直下で震源断層の上端に設定。
- 破壊開始点
  - ・破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう複数設定。

※1: 地震規模については、フィリピン海プレート（領域1（南海トラフ沿い））で発生した沈み込んだ海洋プレート内地震の最大規模、当該プレートと特徴が類似した海洋プレートで発生した地震の最大規模や地震発生層の地域性を考慮した地震規模の想定を踏まえて、M7.0を用いる。

※2: 強震動生成域の数について、2009年駿河湾の地震（本震M6.5）の他、2001年芸予地震（M6.7）、2003年宮城県沖の地震（M7.1）、2011年宮城県沖の地震（M7.1）においても、2つ以上設定されている（Asano et al.(2004)、Harada et al.(2012)）。

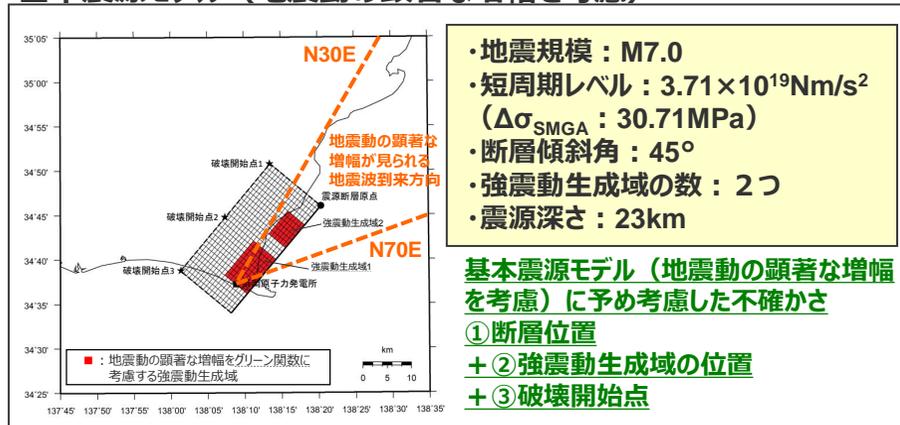


<基本震源モデル（敷地下方の想定スラブ内地震）  
（地震動の顕著な増幅を考慮）>

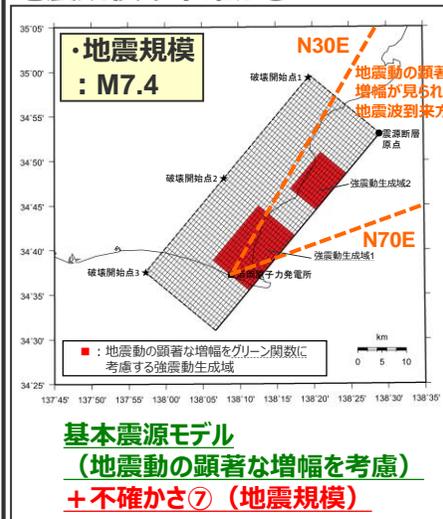
<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>

# 不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定

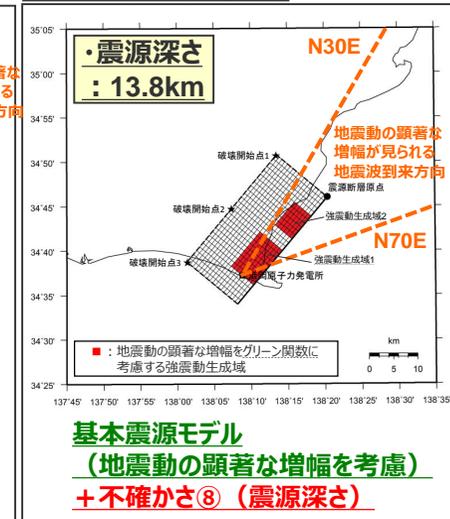
## 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



## 地震規模の不確かさ

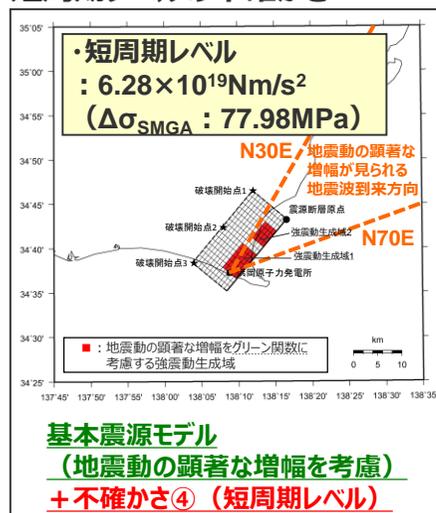


## 震源深さの不確かさ

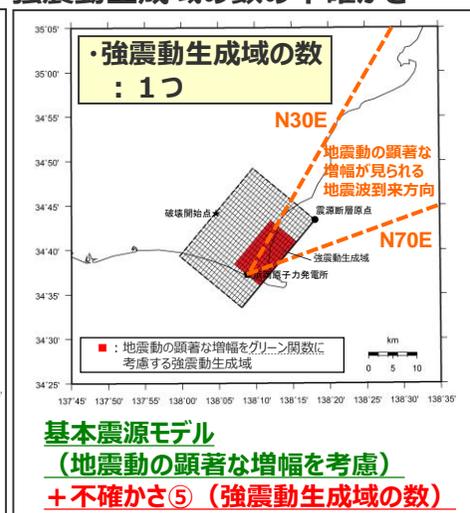


## 不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

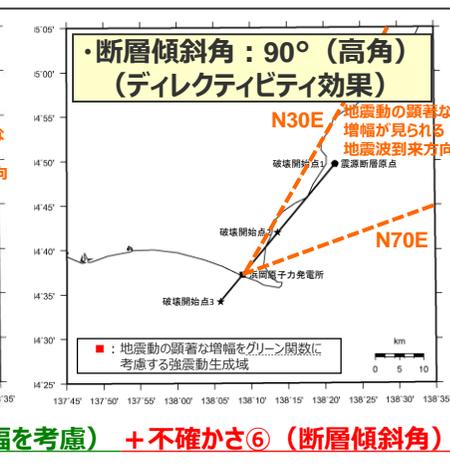
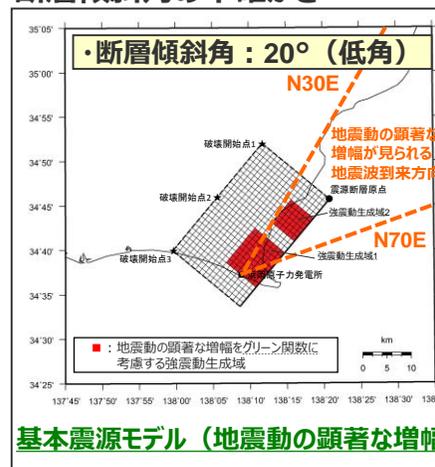
## 短周期レベルの不確かさ



## 強震動生成域の数の不確かさ



## 断層傾斜角の不確かさ

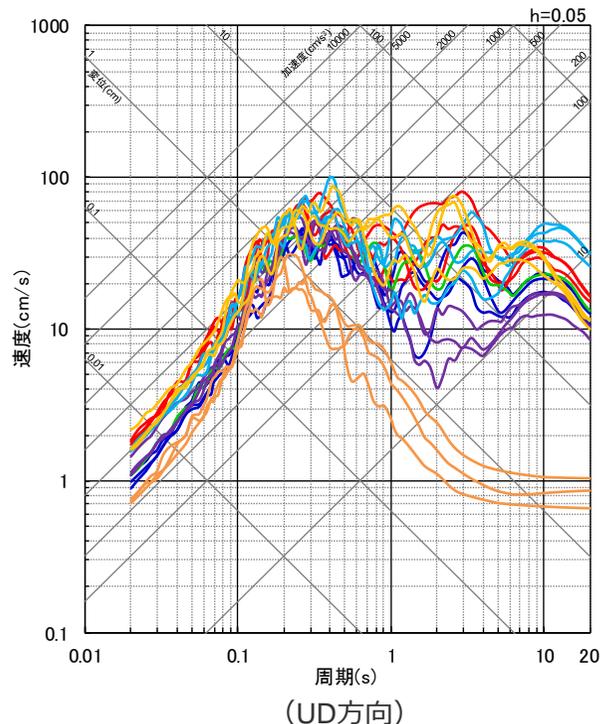
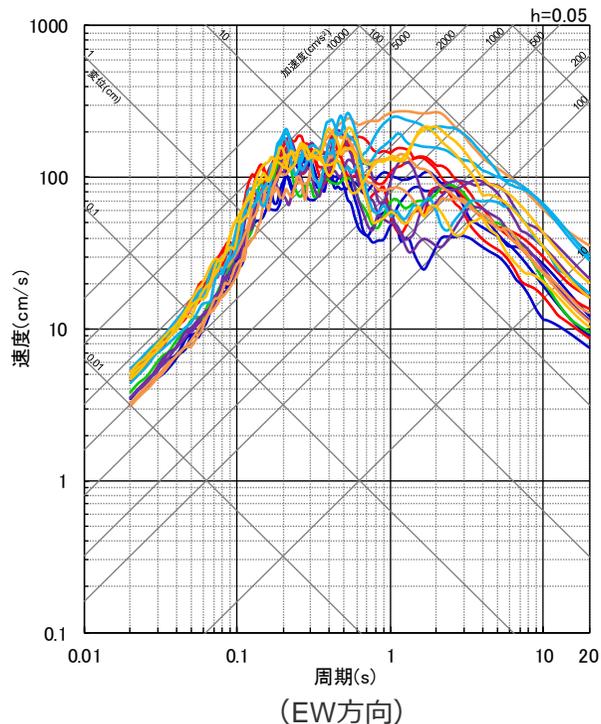
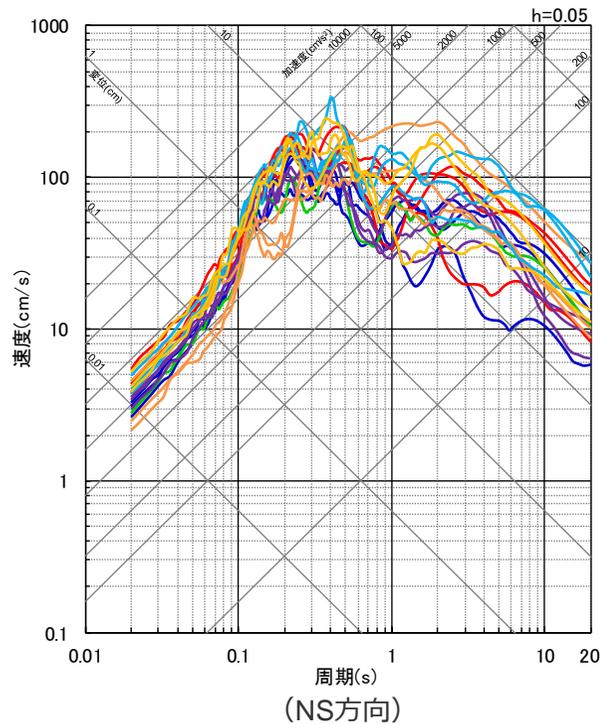


不確かさの考慮の考え方は地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ

・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデル図及び震源断層パラメータは、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動（補足説明資料③）p.158~参照。

<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果

- 基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 断層傾斜角の不確かさ(90°)を考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 断層傾斜角の不確かさ(20°)を考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)



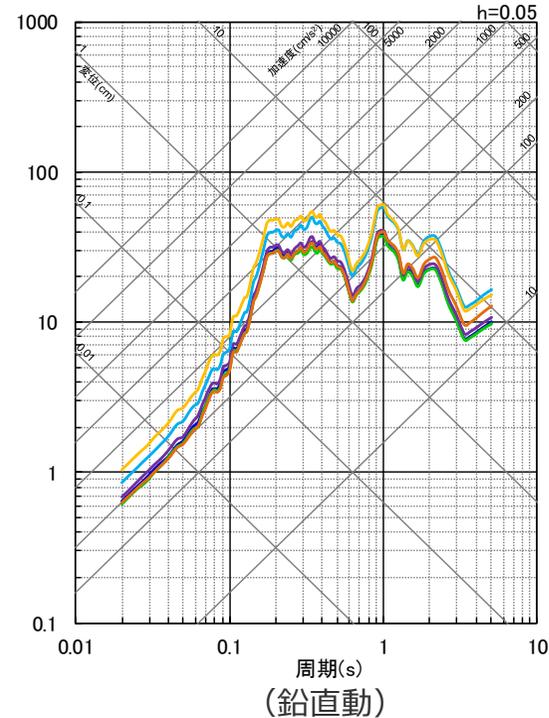
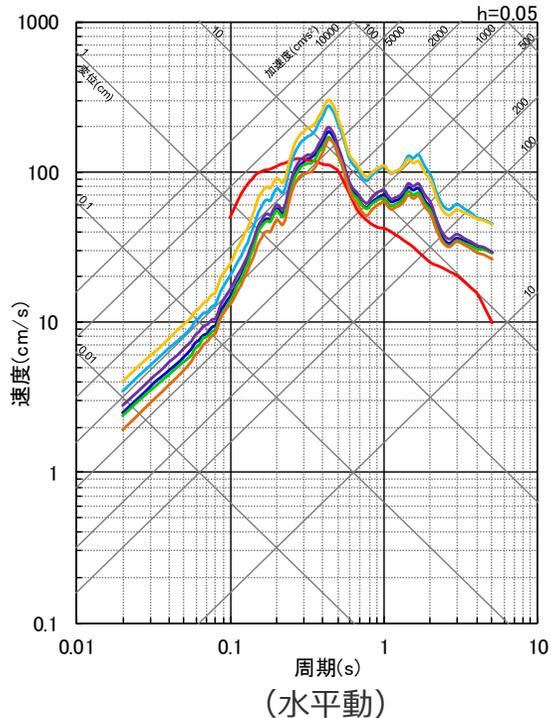
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）>  
（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動（補足説明資料③） p.207~参照。

<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>

# 応答スペクトルに基づく地震動評価結果

- 基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)の方法による地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq28.7)
- 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(片岡・他(2006)で短周期レベルを入力値とする方法による地震動評価結果)(Mw6.9, Xsh23.0)
- 強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)の方法による地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq29.0)
- 断層傾斜角の不確かさ(20°)を考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)の方法による地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq27.0)
- 断層傾斜角の不確かさ(90°)を考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)の方法による地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq29.7)
- 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)の方法による地震動評価結果)(Mj7.4, Xeq32.3)
- 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)の方法による地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq19.7)



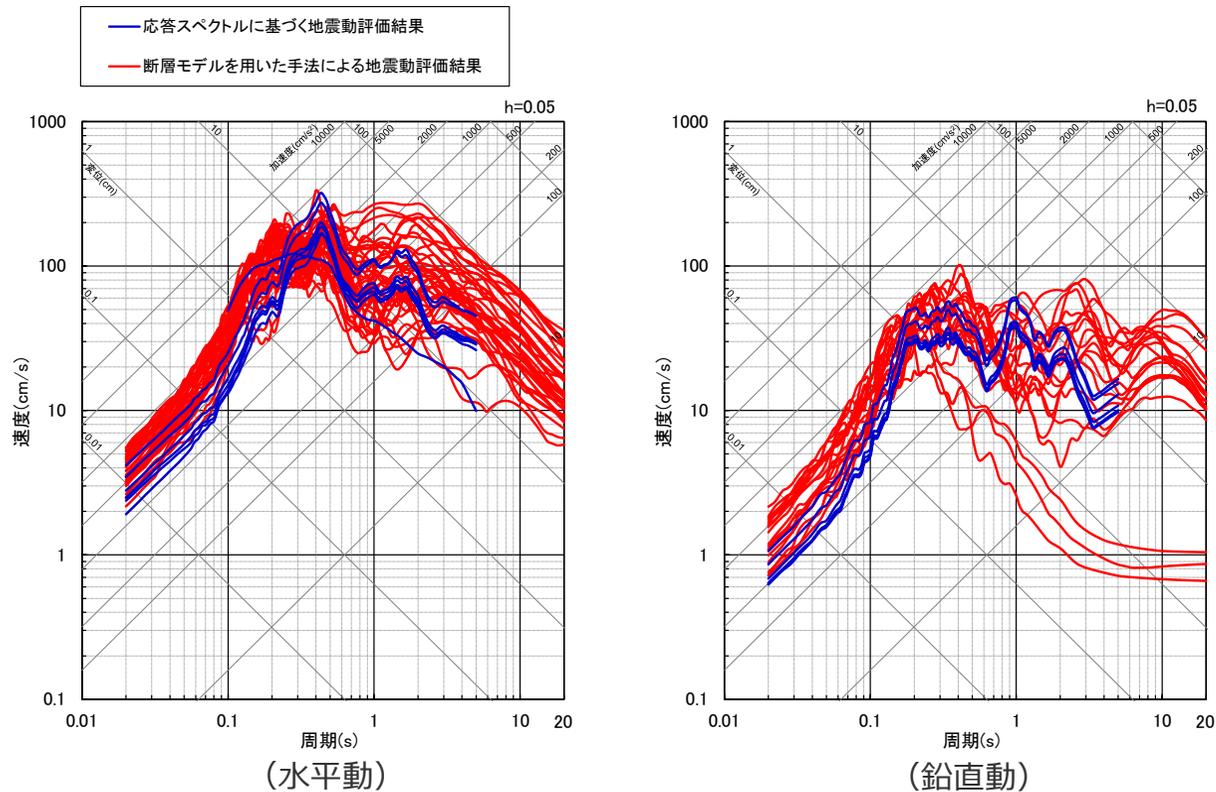
・Noda et al.(2002)の方法による場合は2009年駿河湾の地震〔本震〕の観測記録を用いて補正。

## <応答スペクトルに基づく地震動評価結果> (全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）)

- ・Xeqは、等価震源距離 (km)、Xshは、断層最短距離 (km) を表す。
- ・片岡・他(2006)が評価対象としている周期は0.1秒～。
- ・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動〔補足説明資料③〕 p.197~参照。

<2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要）>

応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較



<応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較（応答スペクトル）>  
（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

：応答スペクトルに基づく地震動評価で用いている片岡・他(2006)が評価対象としている周期は0.1秒～。

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
  - 2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要） ……p.31~
  - 2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要） ……p.45~
  - 2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答） ……p.60~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~

<2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要）>

# 地震動評価結果に考慮された保守性の確認

## （検討概要）

### 【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

### 【地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

- 各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、**敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を分析する**。なお、比較のため、増幅の程度は保守的な評価と同じ設定したケースについても地震動評価を行った。

ケース①：地震動の顕著な増幅の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に沿って設定

ケース②：地震動の顕著な増幅の範囲を地震観測記録の分析結果に沿って設定し、増幅の程度は保守的な評価と同じ設定

項目	地震観測記録の分析結果等	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース①）	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース②）	比較	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「<b>増幅方向と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定</b>」（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「<b>増幅方向と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定</b>」（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>	比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「<b>増幅方向より広くし、敷地近傍も含めて設定</b>」（保守的な評価）</li> </ul>
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも増幅の程度は一樣でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>・増幅係数は、<b>増幅の程度を「増幅方向」の地震の観測記録の平均値にして地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>・増幅係数は、<b>増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（保守的な評価）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>・増幅係数は、<b>増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（保守的な評価）</li> </ul>

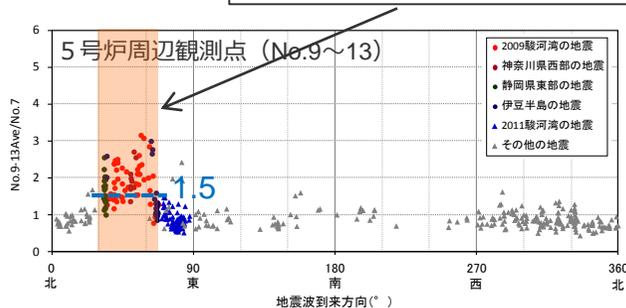
# 地震動評価結果に考慮された保守性の確認

## （地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定）

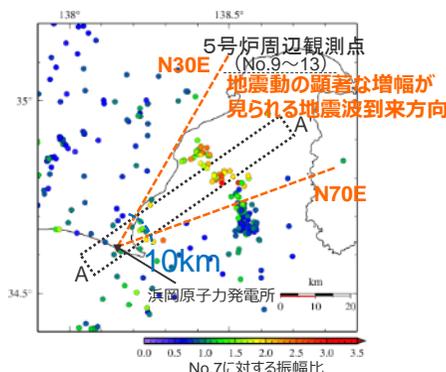
### 地震観測記録の分析結果

- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一律ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

増幅方向において敷地から半径100km程度で発生した地震（増幅が見られない敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）を除く）の振幅比の平均=1.5

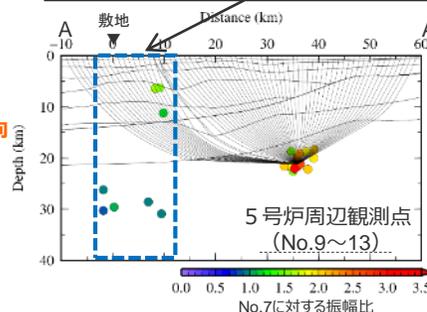


<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係>  
(No.7基準) (水平平均)

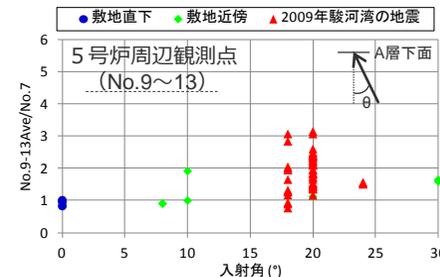


<5号炉周辺観測点における各地震の振幅比の震央分布図 (No.7基準) (多点連続地震観測)>

増幅方向の敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）では増幅が見られない



<振幅比の断面図 (A-A'断面)>



<入射角毎\*の振幅比>

(N30E～N70E方向+敷地直下の地震)  
\* 浅部三次元地下構造モデルの底面に相当するA層下面への入射角について、各断面の地震クラスター毎にレイトレーシングを行い評価。

### 【地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定】

- 地震観測記録の分析結果に沿った設定方法（地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の範囲及び増幅の程度）は以下のとおり。
- この地震観測記録の分析結果に沿った設定に関し、敷地への影響が最も大きいプレート間地震の地震動評価を対象に、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果と前述のS波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた差分法による地震動評価結果を比較する。

#### 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲

- 地震動の顕著な増幅は、敷地における地震観測記録の分析結果において地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置する強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみに考慮し、地震動の顕著な増幅が見られない敷地近傍（敷地から半径10km以内）の小断層には考慮しない。

#### 地震動の顕著な増幅を考慮する増幅の程度（次ページ参照）

- 地震観測記録の分析結果に沿った平均的な増幅係数は、多点連続地震観測の分析結果である5号炉周辺観測点の振幅比（No.7基準）に基づき、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）で発生した地震（敷地から半径100km程度までの範囲の地震を対象（敷地近傍（敷地から半径10kmまで）の地震を除く））の平均値（振幅比1.5）を参考として設定する。

<2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要）>

# 地震動評価結果に考慮された保守性の確認

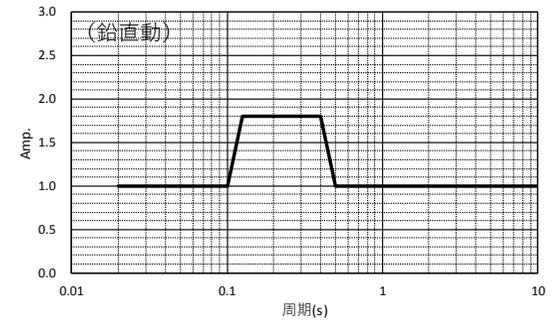
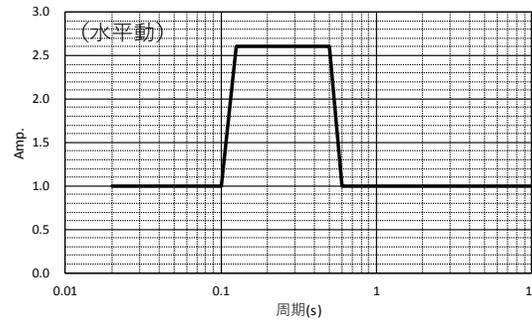
## (地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定)

### グリーン関数に乗じる増幅係数

○地震観測記録の分析結果に沿った平均的な増幅係数は、多点連続地震観測の分析結果である5号炉周辺観測点の振幅比（No.7基準）に基づき、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）で発生した地震（敷地から半径100km程度までの範囲の地震を対象（敷地近傍（敷地から半径10kmまで）の地震を除く））の平均値（振幅比1.5）を参考として下図表のとおり設定する。

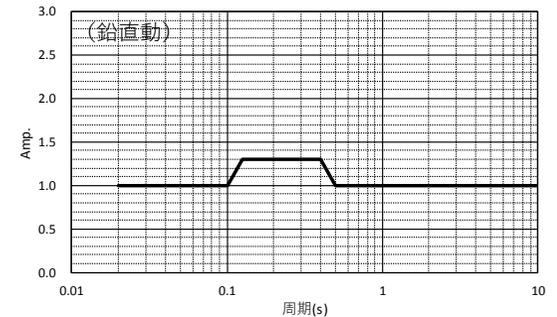
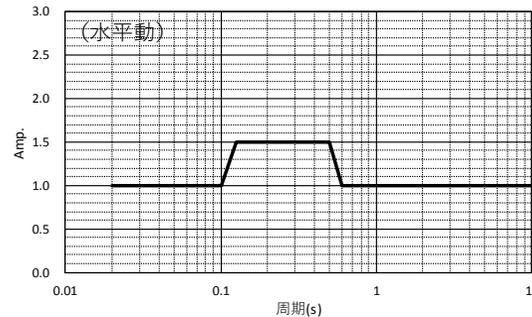
・鉛直動の増幅係数は、前述のとおり地震観測記録の分析結果を踏まえた保守的な地震動評価に用いる増幅係数の水平・鉛直比から設定する。

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



(地震観測記録の分析結果を踏まえた保守的な地震動評価に用いる増幅係数（地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに乗じる）)

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	1.5	0.125	1.3
0.5	1.5	0.4	1.3
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



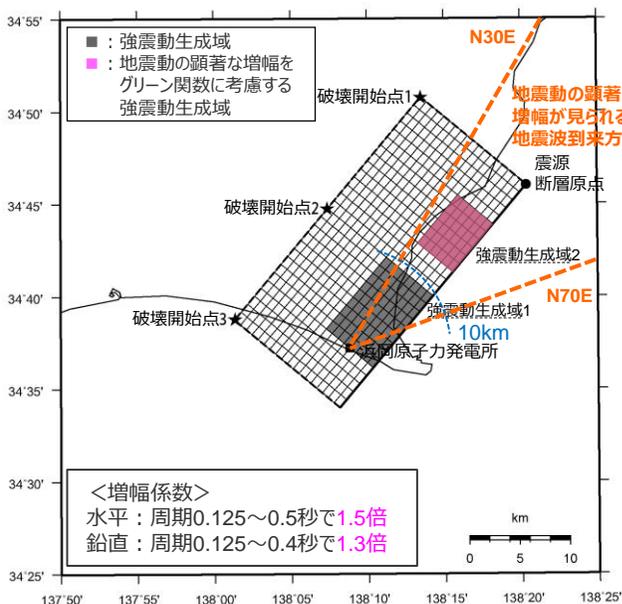
(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価に用いる増幅係数（地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置する敷地から10km以遠の地震動の顕著な増幅を考慮する小断層に乗じる）)

<グリーン関数に乗じる増幅係数の比較>

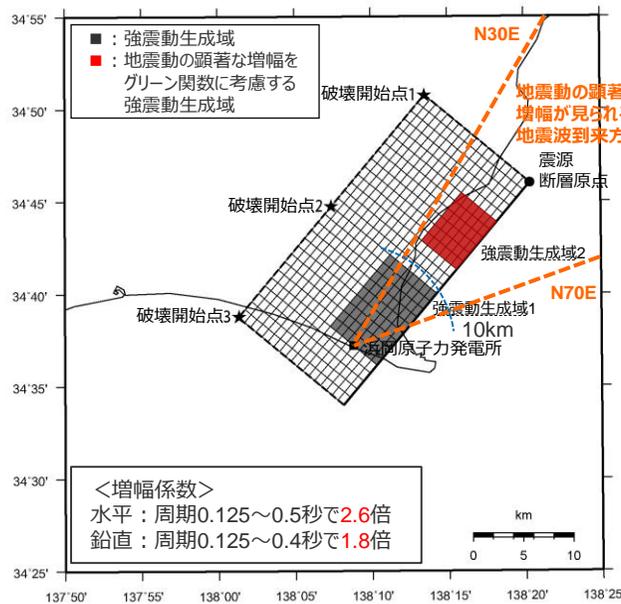
# 地震動評価結果に考慮された保守性の確認

## （震源モデル）

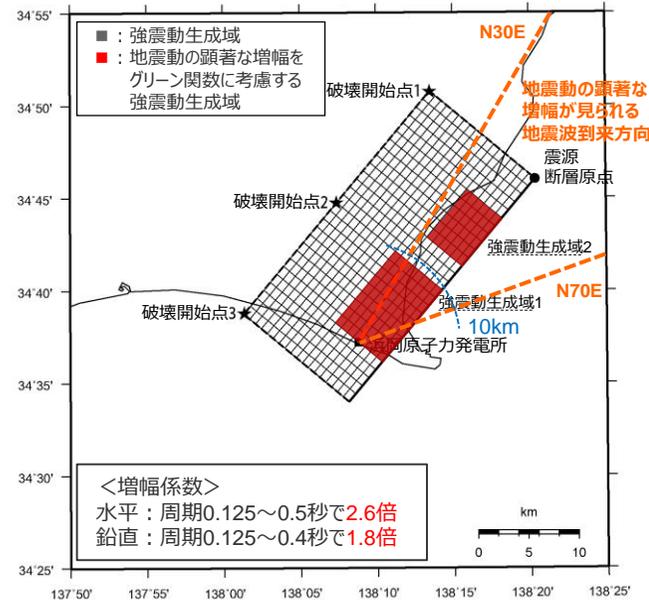
○海洋プレート内地震について、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表に、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価として、ケース①（増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に沿って設定）及びケース②（増幅の範囲のみ地震観測記録の分析結果に沿って設定し、増幅の程度は地震観測記録の分析結果を踏まえて保守的に設定）の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。



<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース①）>



<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース②）>



<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（基準地震動の策定に係る保守的な評価）>

# <2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要）> 地震動評価結果に考慮された保守性の確認 (震源断層パラメータ)

<海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（基準地震動の策定に係る保守的な評価）の震源断層パラメータ>

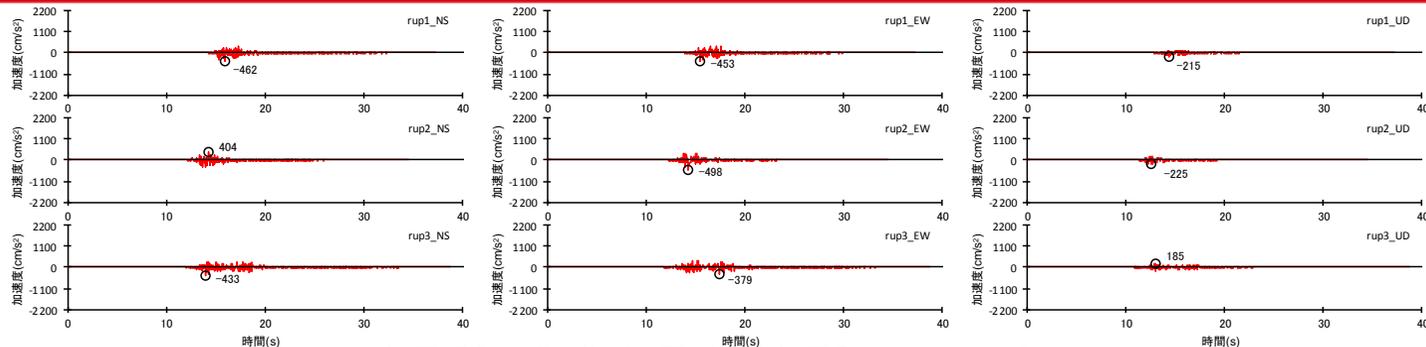
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.766785度 東経138.339557度	強震動生成域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $M_{0SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	1.06E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $S_{SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	114.3 km <sup>2</sup>
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	2.05 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2), r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	29.0 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	76.2 km <sup>2</sup>
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	19.3 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.85E+18 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	559.8 km <sup>2</sup>		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	2.27 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震（鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{18}$ Nm)の32 <sup>0.5</sup> 倍	2.60E+19 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	38.1 km <sup>2</sup>
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.78E+18 Nm
気象庁マグニチュード	$M_j$ : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	1.61 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ ( $\beta$ : 3.99 km/s, $\rho$ : 2.85 g/cm <sup>3</sup> (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	4.54E+10 N/m <sup>2</sup>		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D, \gamma_D = 2.0$	1.02 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 \cdot M_{0SMGA}$	1.54E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	445.5 km <sup>2</sup>
破壊伝播速度	$V_f$ : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	0.76 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $A$ 関係及びスケーリング則による	3.71E+19 Nm/s <sup>2</sup>		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA} \Sigma \gamma_i^3, W_{back} = W, \gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA1}, r_{SMGA1} = (S_{SMGA1} / \pi)^{0.5}$	4.66 MPa
$f_{max}$	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz	・震源断層パラメータ表中の2009年駿河湾の地震は本震。 ・強震動生成域の短周期レベルは、増・他(2001)による関係式 ( $A = 4\pi r_{SMGA} \Delta\sigma_{SMGA} \beta^2$ ) に基づく。			

・ケース①及びケース②の震源断層パラメータは、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）と同じである。

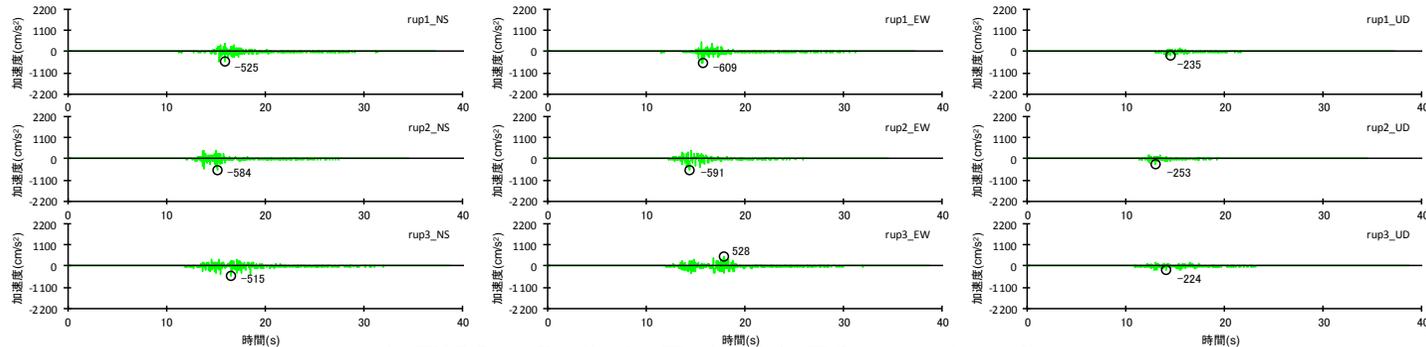
<2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (概要) >

# 地震動評価結果に考慮された保守性の確認

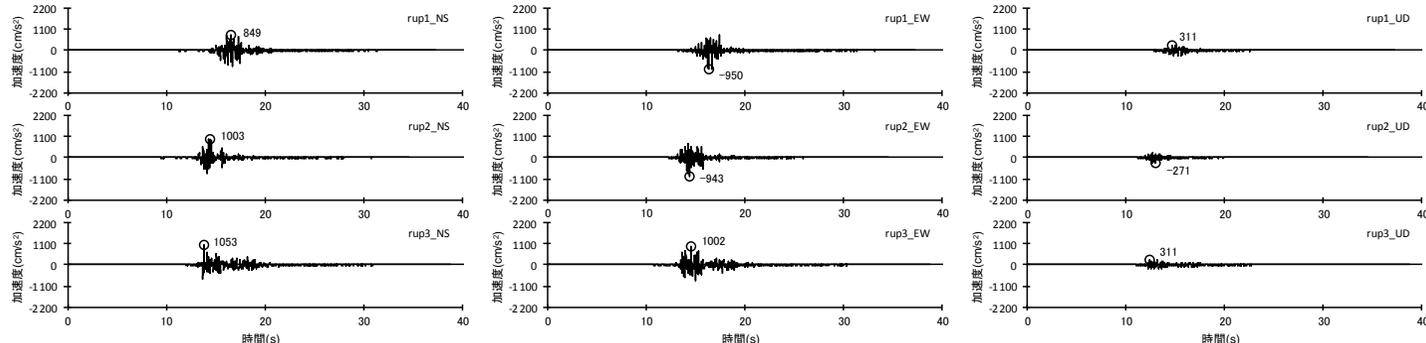
(地震動評価結果)



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②))



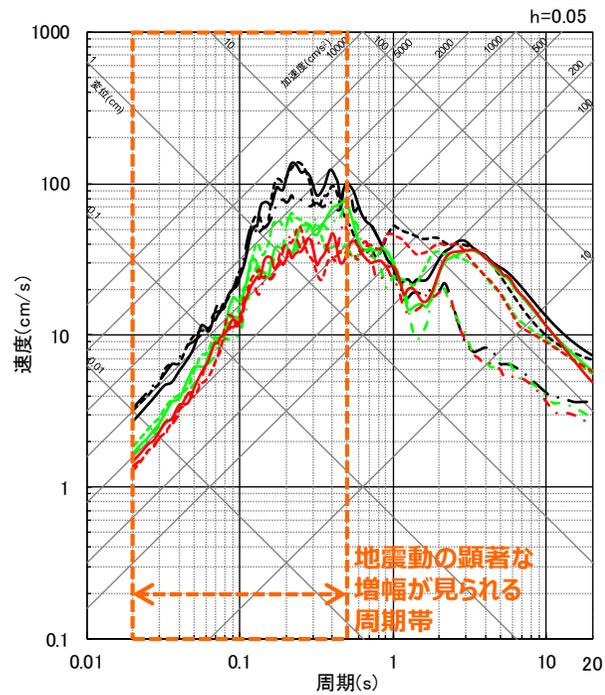
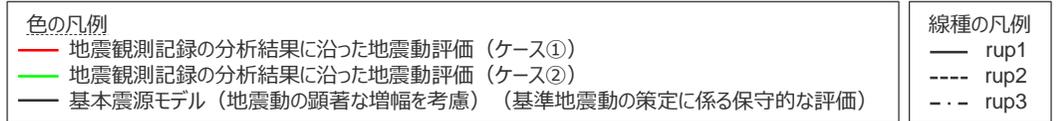
(基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価))

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形) ... (破壊開始点1~3) >

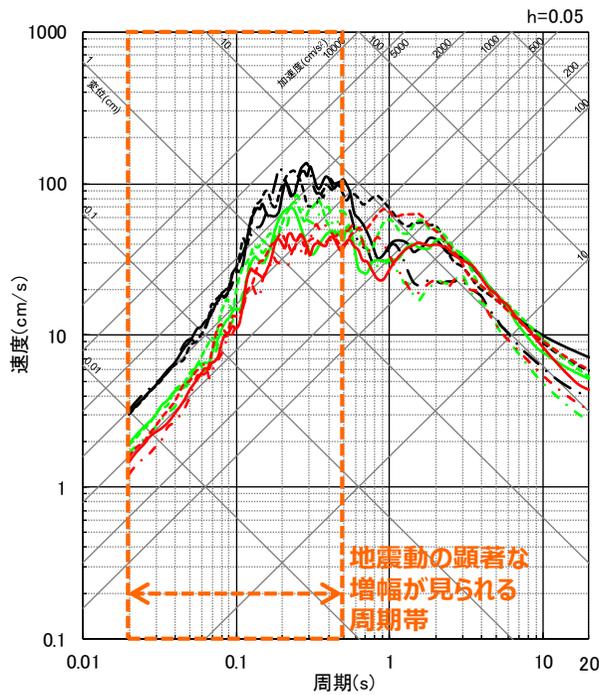
＜2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要）＞  
地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震動評価結果)

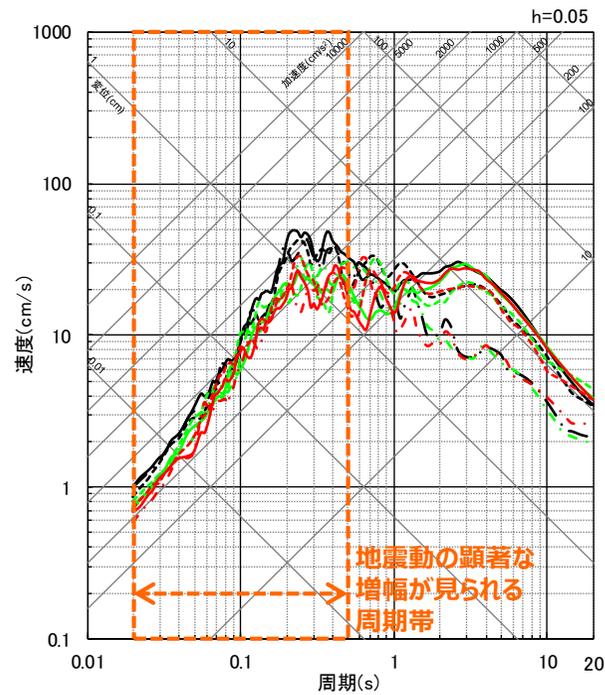
○海洋プレート内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒以下）において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース①、ケース②）よりも大きく保守的なものとなっている。



(NS方向)



(EW方向)



(UD方向)

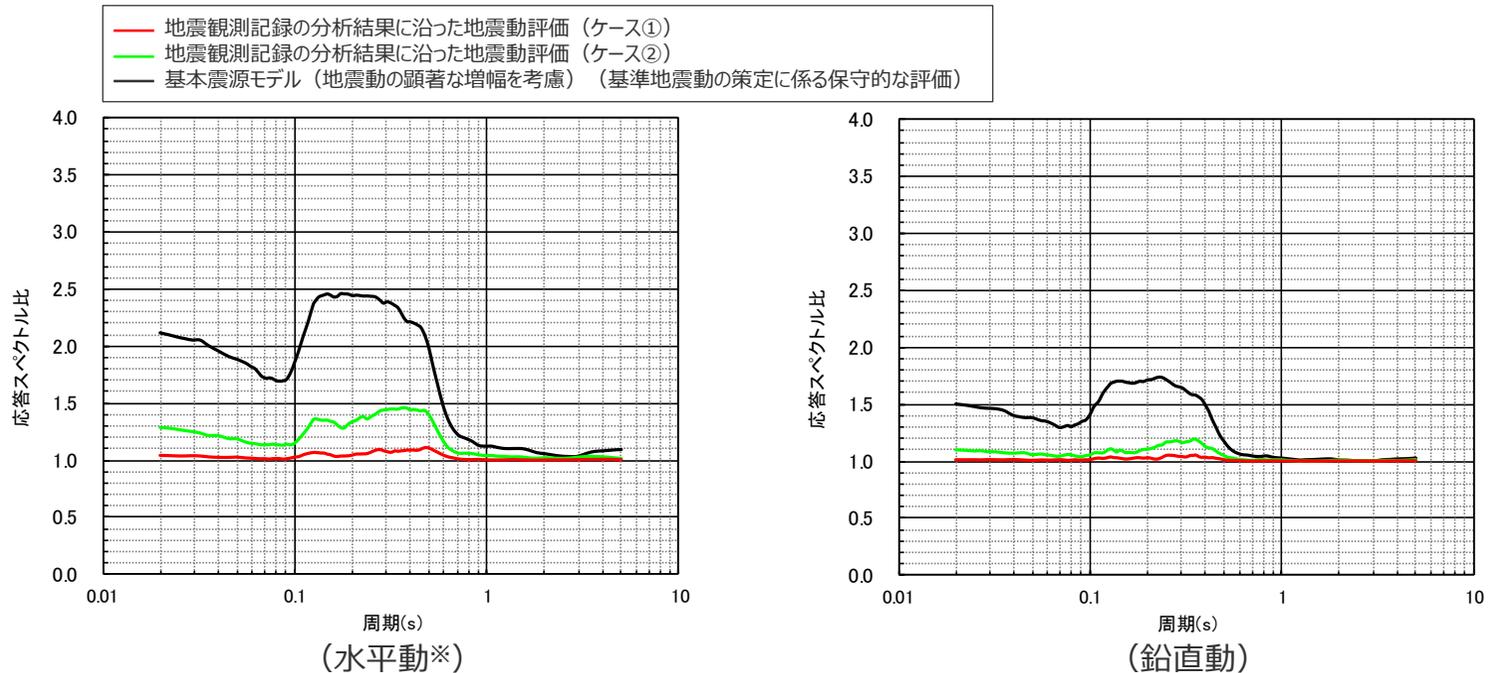
＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）...（破壊開始点1～3）＞

<2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要）>

# 地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震動評価結果)

○海洋プレート内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数（応答スペクトル比）は、下図のとおり。



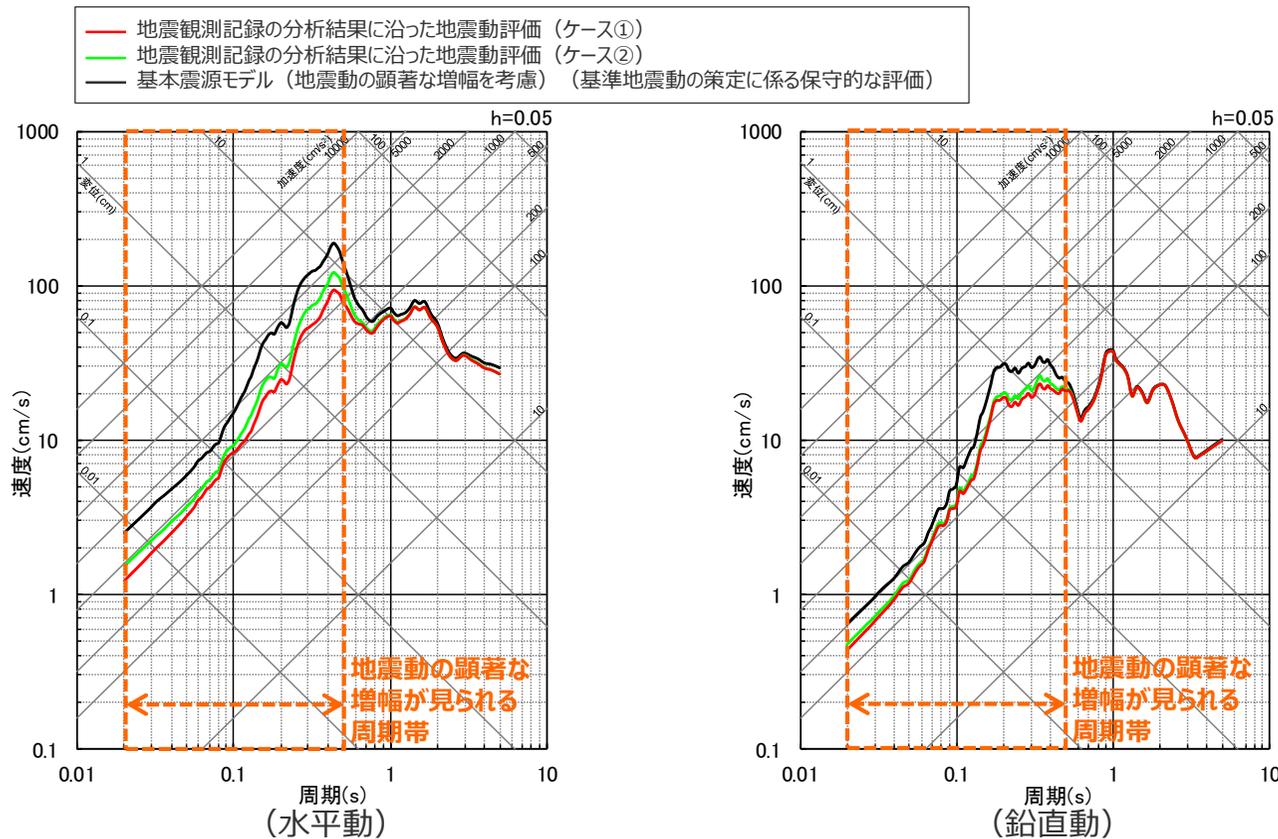
<応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数（応答スペクトル比）の比較>

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

# 地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震動評価結果)

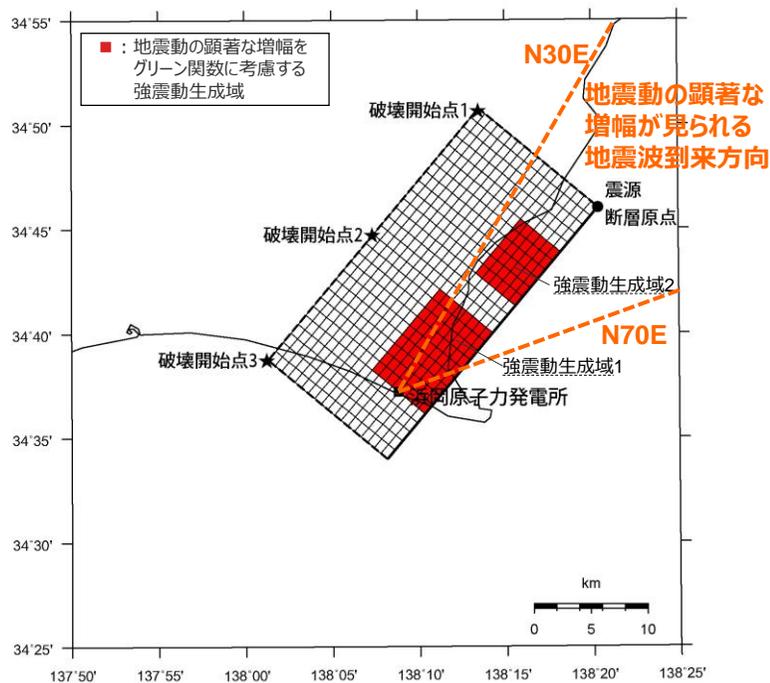
○海洋プレート内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒以下）において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース①、ケース②）よりも大きく保守的なものとなっている。



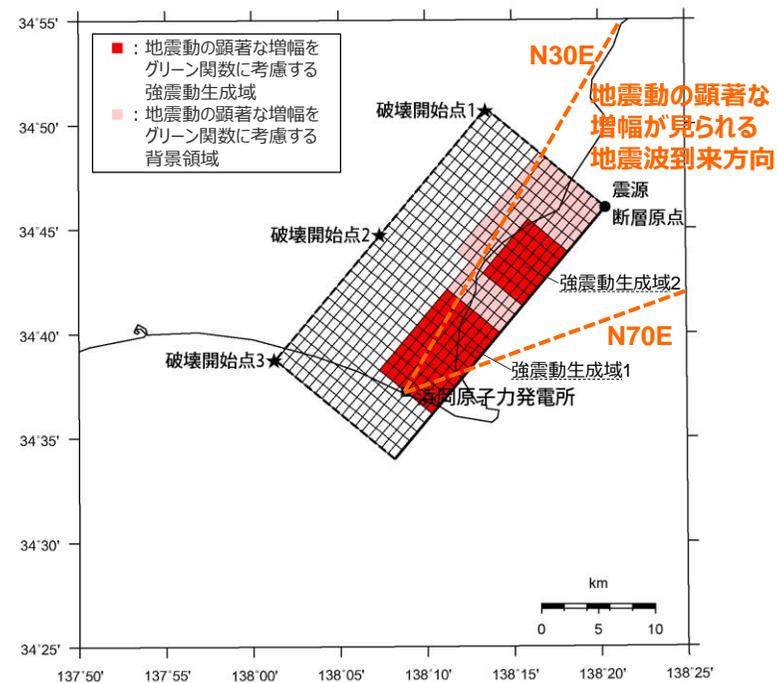
<応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較>

<2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認(概要)>  
**「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認**  
 (震源モデル)

○海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響を確認するため、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の統計的グリーン法による地震動評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合との比較を行う。

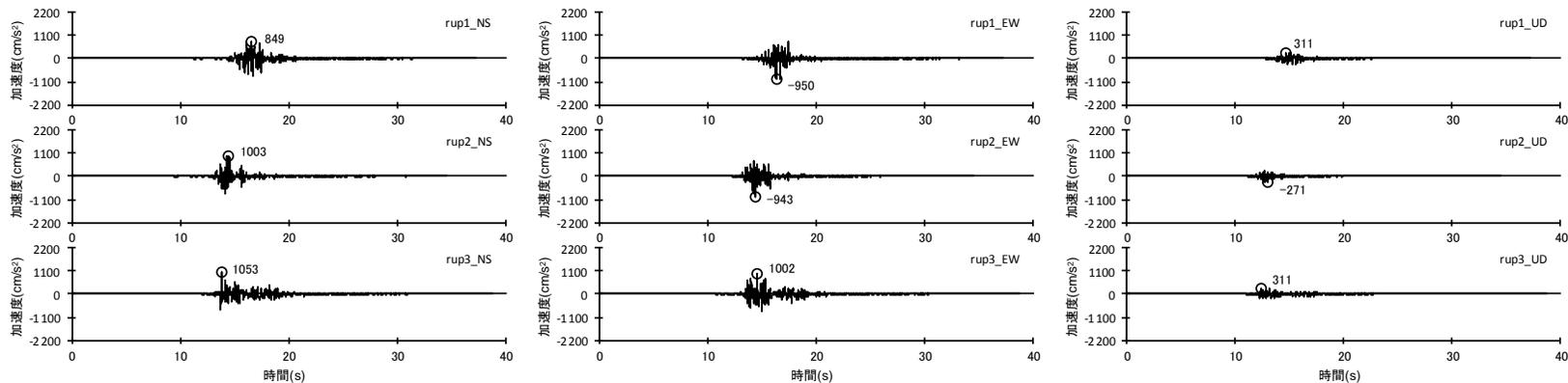


<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価>

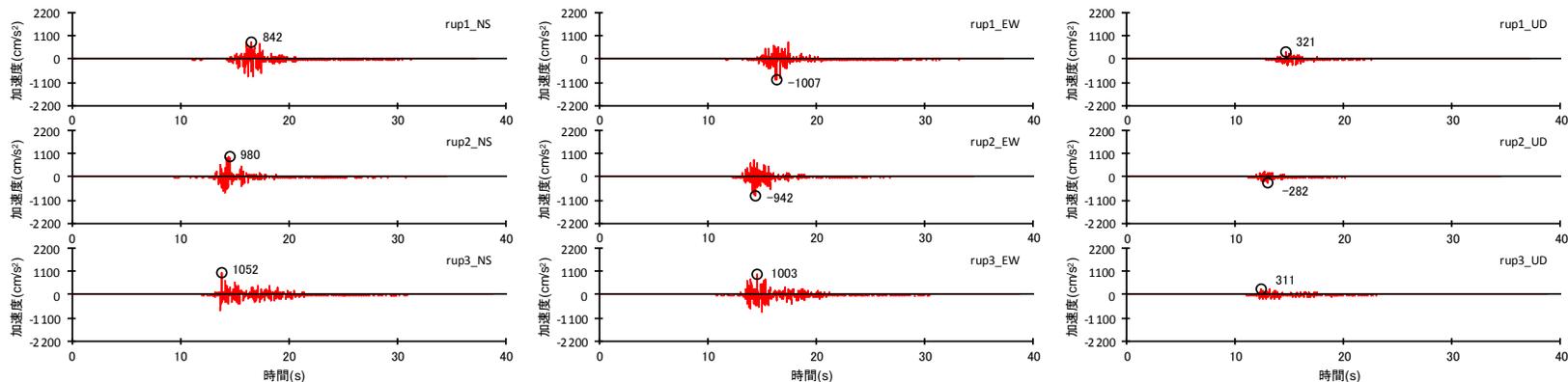


<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価>

<2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認(概要)>  
**「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認**  
 (地震動評価結果)



(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価)

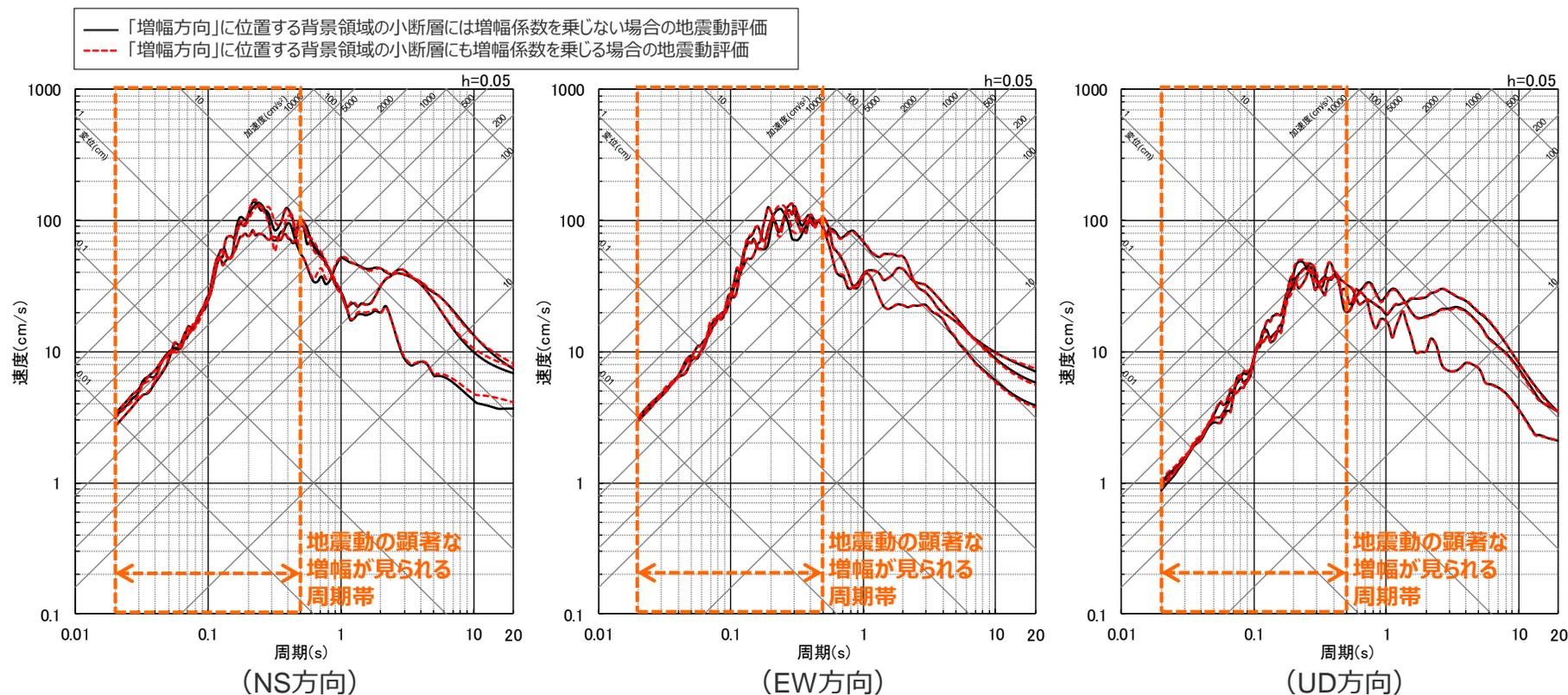


(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価)

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形) ... (破壊開始点1~3) ... >

＜2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要）＞  
**「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認**  
 (地震動評価結果)

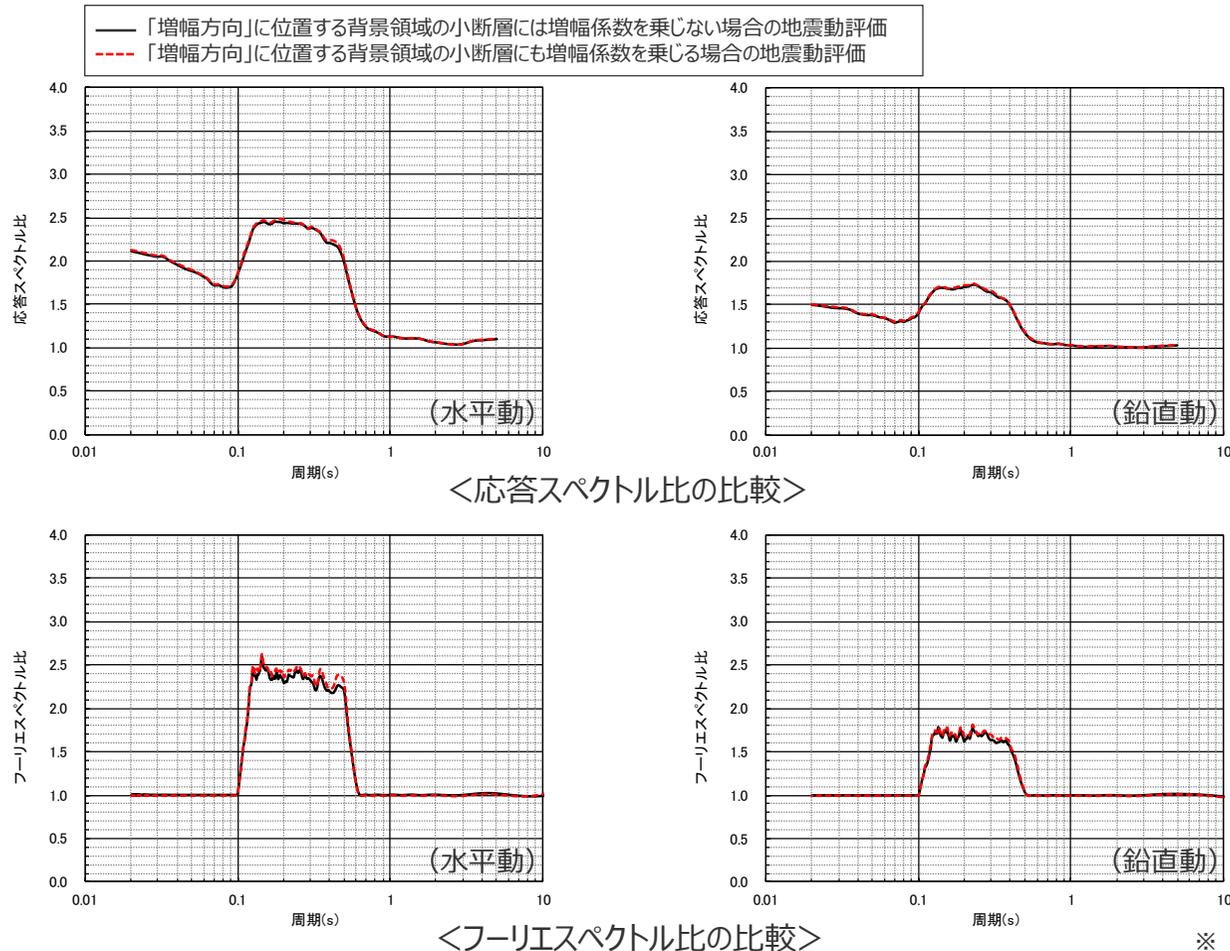
○海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（強震動生成域1及び強震動生成域2）に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒以下）において、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と同程度であり、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（強震動生成域1及び強震動生成域2）による影響が支配的であることを確認した。



＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）...（破壊開始点1～3）...＞

<2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認(概要)>  
**「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認**  
 (地震動評価結果)

○ 前述のとおり、海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（強震動生成域1及び強震動生成域2）に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒以下）において、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と同程度であり、その結果に基づく応答スペクトル比も同程度となっている。また、フーリエスペクトル比も同程度となっている。



※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

## 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認

（まとめ・分析）

### 【「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認】

- 特性化震源モデルを用いた地震動評価では、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の**短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価する考え方**により行われていることを踏まえ、断層モデルを用いた手法による地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動に及ぼす影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目し、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法において、**「増幅方向」の敷地近傍に強震動生成域（アスペリティ）を保守的に配置したうえで、「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）からの地震動にのみ顕著な増幅を反映する方法**（強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法）を用いている。
- 増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を保守的に「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで評価を行うため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層は敷地から離れることとなり、その影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）による影響が支配的であると考えられるが、ここでは、**「増幅方向」に背景領域の小断層が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**を対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合の影響確認を行う。

- プレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒程度以下）の地震動評価結果について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域による影響が支配的であることを確認した。

- 上記のとおり、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じるか乗じないかの地震動レベルへの影響は、ごくわずかであり、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、**地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目した保守的な評価**を行っていることから、**検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じる乗じないにかかわらず、十分保守的な評価結果と考えられる。**

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
  - 2.1 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（概要） ……p.31~
  - 2.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認及び「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認（概要） ……p.45~
  - 2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答） ……p.60~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~

## 方針・概要

### 【第940回審査会合におけるコメント】

- 基準地震動に選定されるものは少し慎重に判断したいと考えている。海洋プレート内地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価については、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の影響がフーリエスペクトル比で若干ではあるが見られる。そこで、海洋プレート内地震について、プレート間地震などの他の地震動評価結果に包絡されるのであれば必要ないが、基準地震動に選定される地震動であれば、より安全側に「増幅方向」に位置する背景領域にも増幅係数を乗じたものを採用していただきたい。

### 【第940回審査会合におけるコメントを踏まえた対応】

- 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、前述のとおり、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目した保守的な設定を行っており、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じる乗じないにかかわらず、十分保守的な評価結果と考えられる。
- しかしながら、第940回審査会合におけるコメントを踏まえ、**基準地震動に選定される海洋プレート内地震の地震動評価結果については、より慎重に保守的な評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果を採用することとする。**

### 【第940回審査会合におけるコメントを踏まえた地震動評価】

- 以降では、海洋プレート内地震において「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合の影響が応答スペクトル比ではほぼ見られないもののフーリエスペクトル比では詳細に見るとごくわずかに見られることを踏まえ、基準地震動に選定される可能性がある海洋プレート内地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う。
- 具体的には、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の各震源モデルの断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として「他の地震タイプ※の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D」との比較を行い、基準地震動に選定される可能性のある震源モデルとして、地震動レベルが比較的大きく「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D」を一部周期で上回る震源モデルを対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価（統計的グリーン関数法と波数積分法によるハイブリッド合成法）を行う。

※ 内陸地殻内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、プレート間地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、内陸地殻内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）、プレート間地震（地震動の顕著な増幅を考慮）

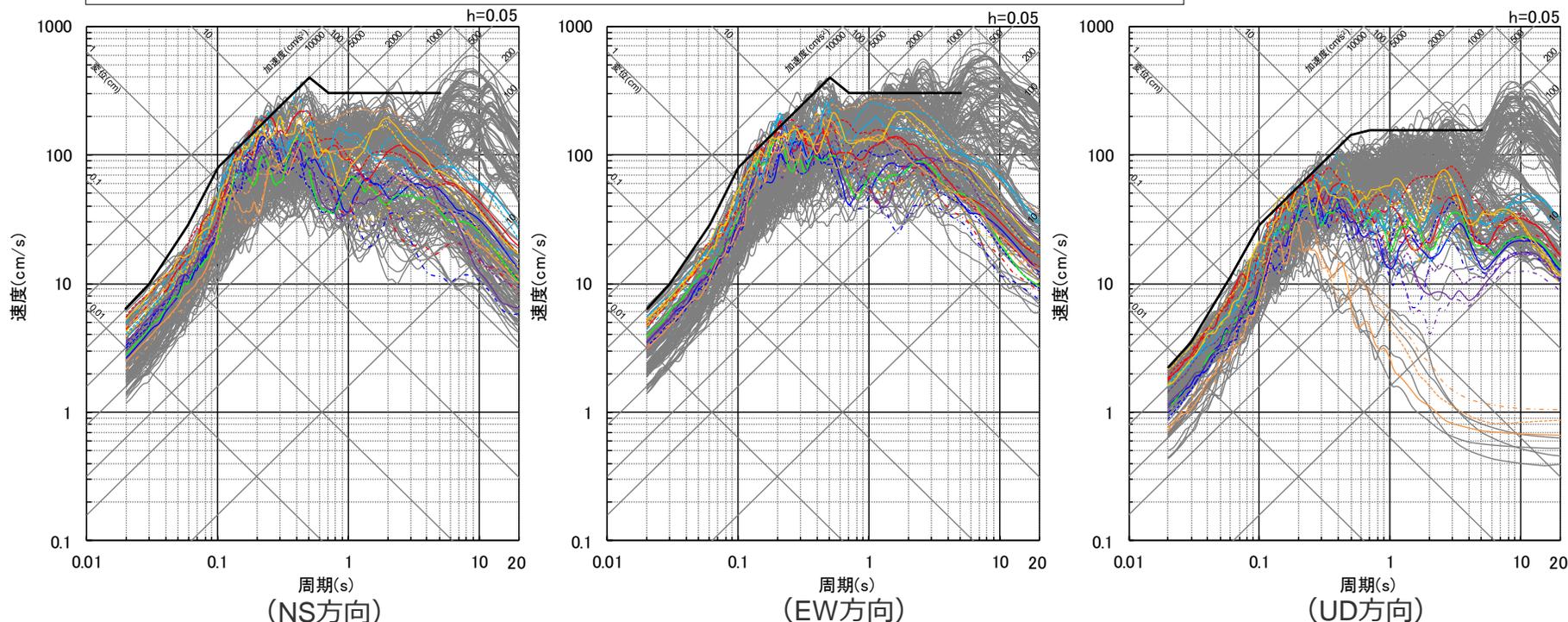
# 検討対象モデルの選定

## （地震動評価結果の比較）

○ 海洋プレート内地震の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合）について、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として「海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）以外の各地震タイプ\*の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D」との比較（擬似速度応答スペクトル）は下図のとおり。

- 色の凡例
- 黒線 当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D
  - 赤線 海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
  - 青線 海洋プレート内地震の短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
  - 緑線 海洋プレート内地震の強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
  - 紫線 海洋プレート内地震の断層傾斜角の不確かさ（20°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
  - 黄線 海洋プレート内地震の断層傾斜角の不確かさ（90°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
  - 茶線 海洋プレート内地震の地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
  - 灰線 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
  - 黒線 海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）以外の各地震タイプ\*の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果

- 海洋プレート内地震の線種の凡例
- rup1
  - - - rup2
  - · · rup3



\* 内陸地殻内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、プレート間地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、内陸地殻内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）、プレート間地震（地震動の顕著な増幅を考慮）

## 検討対象モデルの選定

（当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-Dと地震動評価結果の比較（地震動レベルが比較的小さい震源モデル））

○海洋プレート内地震の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のうち、以下の震源モデルについては、地震動レベルが比較的小さく、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合でも、「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D」を上回らないと考えられる※。

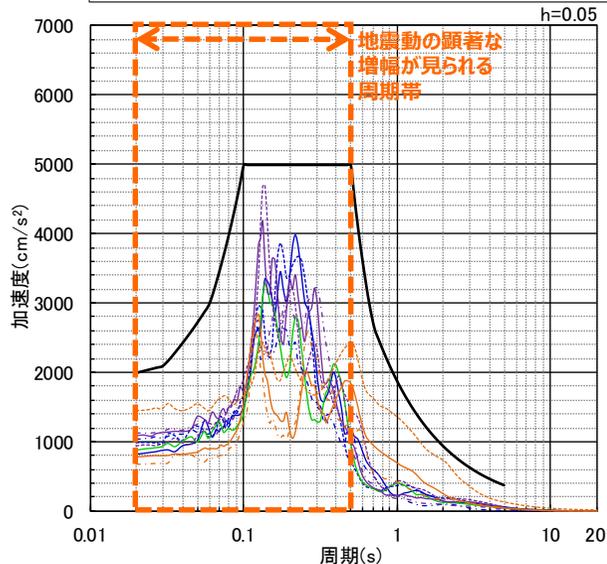
- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 断層傾斜角の不確かさ（20°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 断層傾斜角の不確かさ（90°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

### 色の凡例

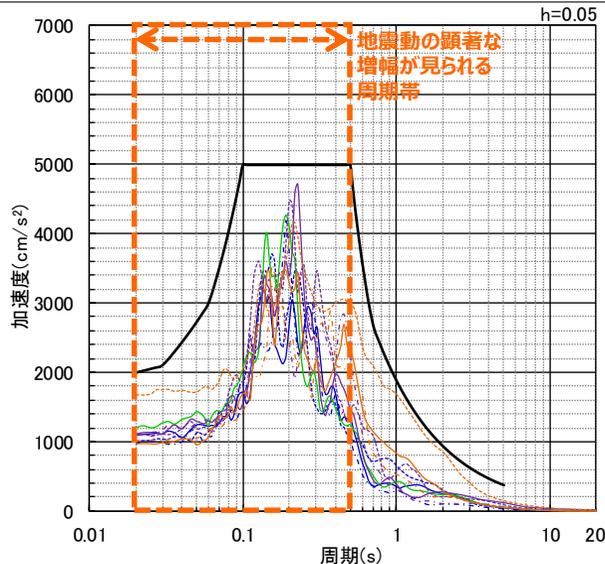
- 当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D
- 海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
- 海洋プレート内地震の強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
- 海洋プレート内地震の断層傾斜角の不確かさ（20°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
- 海洋プレート内地震の断層傾斜角の不確かさ（90°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果

### 海洋プレート内地震の線種の凡例

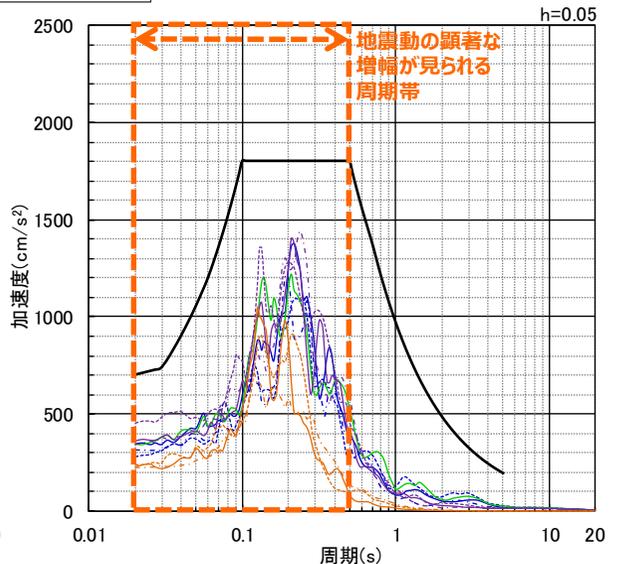
- rup1
- - - rup2
- · · rup3



(NS方向)



(EW方向)



(UD方向)

<当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-Dと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度応答スペクトル）>  
 （「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じない場合）

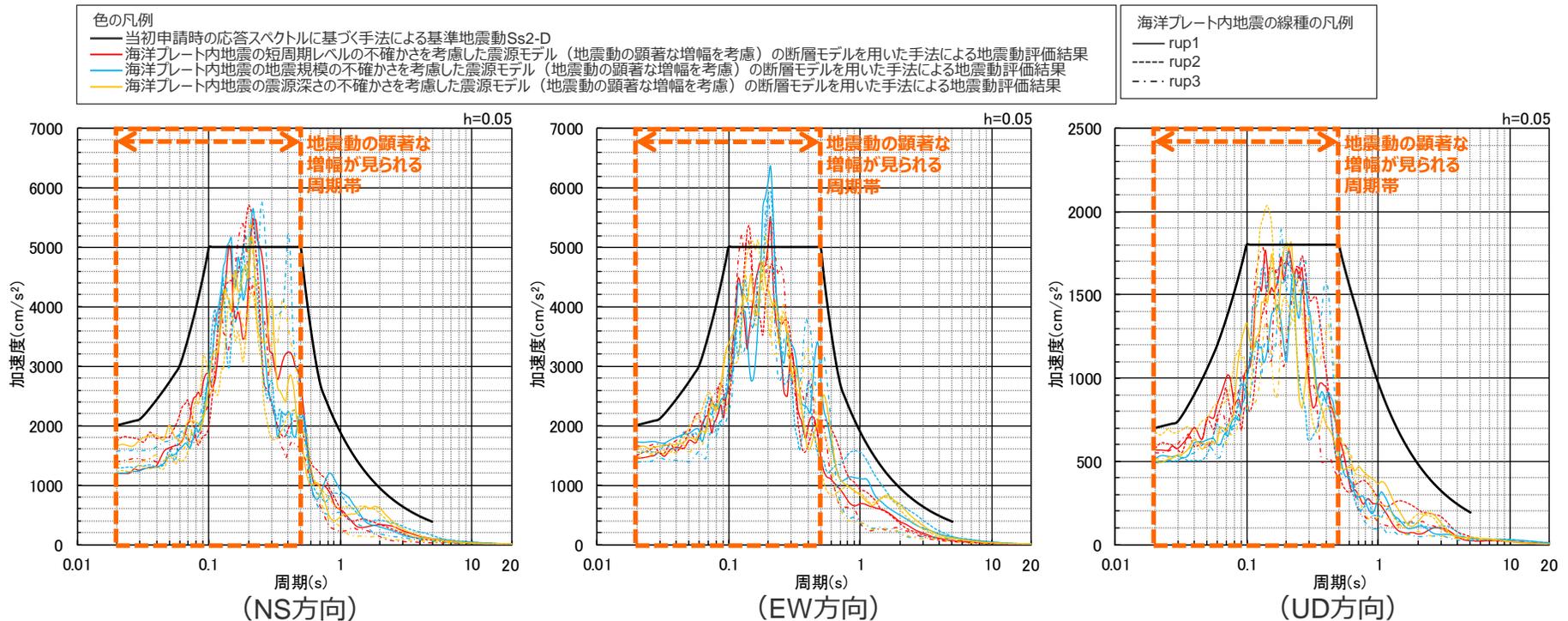
※ 念のため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価を行い、それらの地震動評価結果がいずれも「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D」を上回らないことを確認している（補足説明資料④p.675参照）。

# 検討対象モデルの選定

（選定結果）

○海洋プレート内地震の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のうち、地震動レベルが比較的大きく基準地震動に選定される可能性のある震源モデルとして、「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D」を一部周期で上回る震源モデルを対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価を行う。

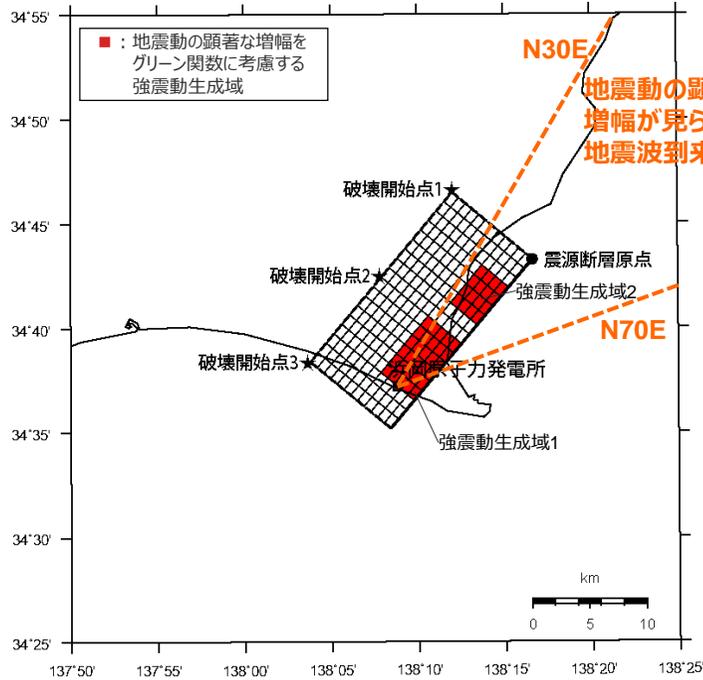
- 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



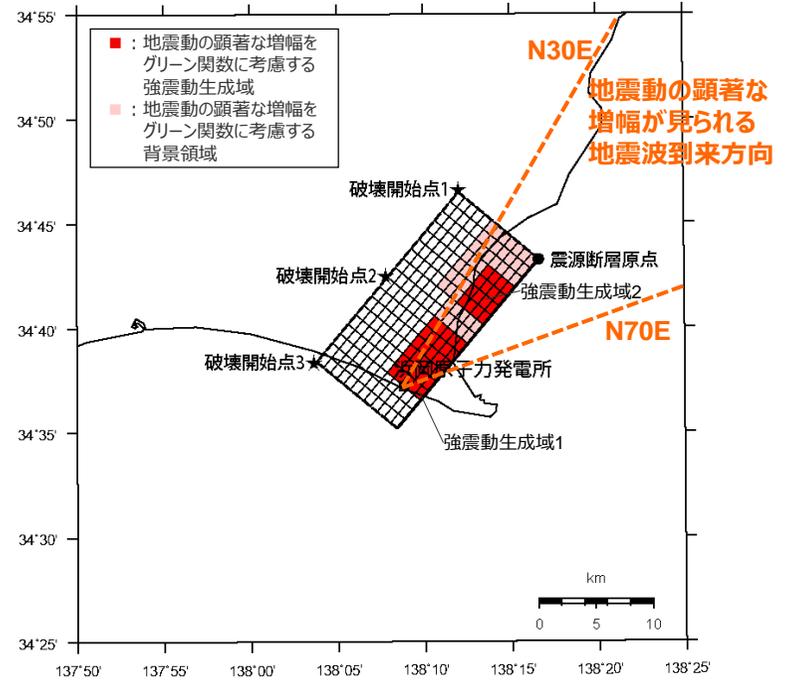
<当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-Dと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度応答スペクトル）>  
 （「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じない場合）

# 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

（震源モデル）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>

<2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）>

## 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

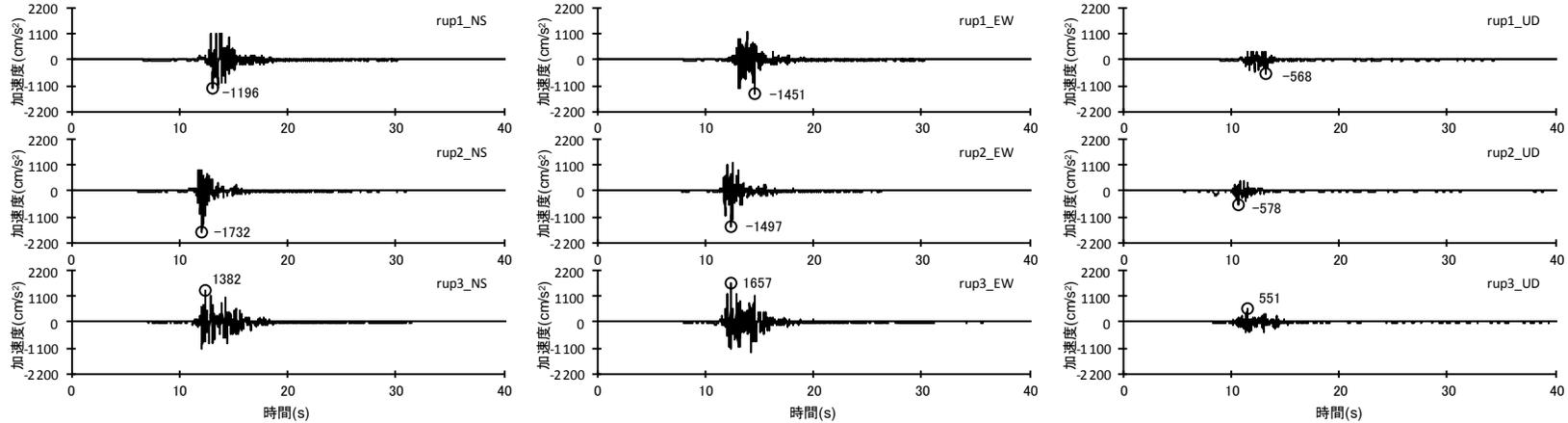
### （震源断層パラメータ）

<短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層パラメータ>  
（笹谷・他(2006)に基づく）

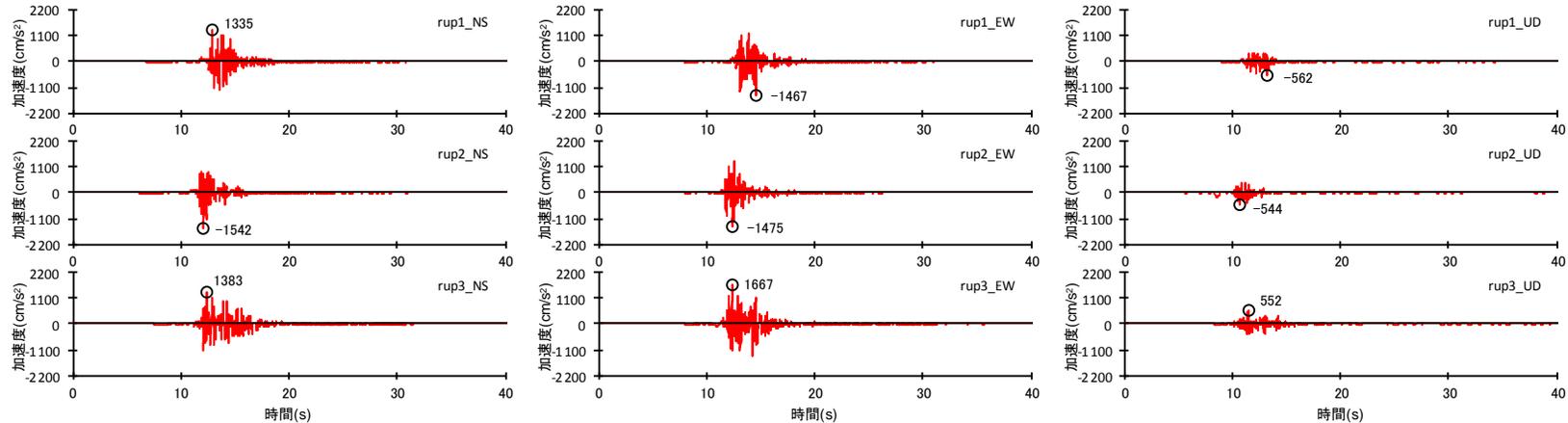
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.721057度 東経138.276965度	強震動生成域	地震モーメント	$M_{0SMGA} = \mu S_{SMGA} D_{SMGA}$	1.04E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	$S_{SMGA} = 1.25 \times 10^{-16} \times M_0^{2/3} [\text{dyne-cm}]$ (笹谷・他(2006)の $M_0$ - $S_{SMGA}$ 関係)	50.9 km <sup>2</sup>
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = \gamma_D D$ , $\gamma_D = 2.0$	4.50 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi\beta^2) / (S_{SMGA}/\pi)^{0.5}$	77.98 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	19.5 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	33.97 km <sup>2</sup>
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	13.0 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.69E+18 Nm
震源断層面積	$S = (49/16) M_0^2 \beta^4 \pi^4 / (S_{SMGA} A^2)$	254.6 km <sup>2</sup>		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	4.99 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	77.98 MPa
地震モーメント	2009年駿河湾の地震（鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{18}$ Nm) の $32^{0.5}$ 倍	2.60E+19 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	16.98 km <sup>2</sup>
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.72E+18 Nm
気象庁マグニチュード	$M_j$ : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	3.53 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ ( $\beta$ : 3.99 km/s, $\rho$ : 2.85 g/cm <sup>3</sup> (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	4.54E+10 N/m <sup>2</sup>		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	77.98 MPa
平均すべり量	$D = M_0 / \mu S$	2.25 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 \cdot M_{0SMGA}$	1.56E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = S_{SMGA} \Delta\sigma_{SMGA} / S$	15.6 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	203.7 km <sup>2</sup>
破壊伝播速度	$V_r$ : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	1.69 m
短周期レベル	$A = 9.84 \times 10^{17} \times M_0^{1/3} [\text{dyne-cm}]$ (笹谷・他(2006)の $M_0$ - $A$ 関係)	6.28E+19 Nm/s <sup>2</sup>		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA} \Sigma \gamma_i^3$ , $W_{back} = W$ , $\gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA1}$ , $r_{SMGA1} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	11.80 MPa
$f_{max}$	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz	・震源断層パラメータ表中の2009年駿河湾の地震は本震。 ・強震動生成域の短周期レベルは、増・他(2001)による関係式 ( $A = 4\pi r_{SMGA} \Delta\sigma_{SMGA} \beta^2$ ) に基づく。			

・「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合で震源断層パラメータは同じ。

<2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）>  
**短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
**（地震動評価結果）**



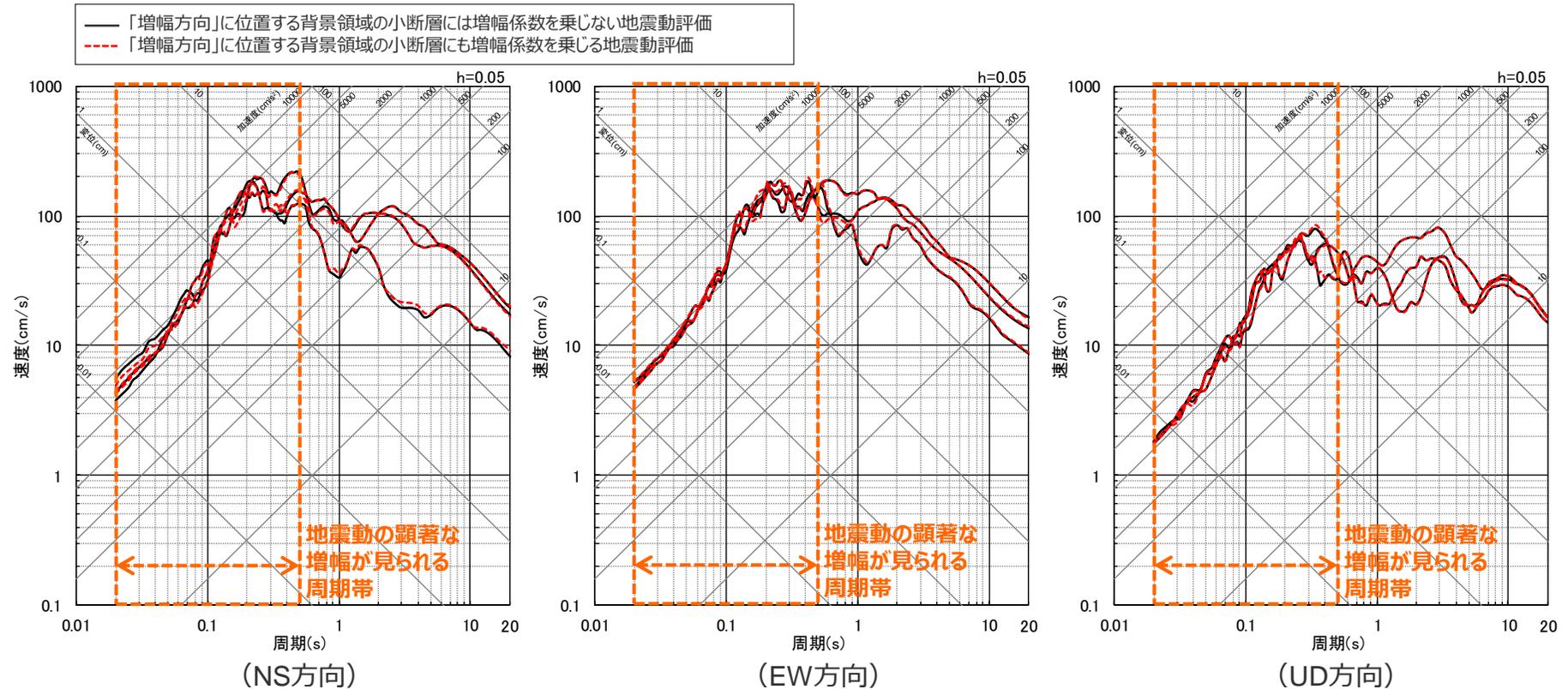
（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）（破壊開始点1～3）>  
 （短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

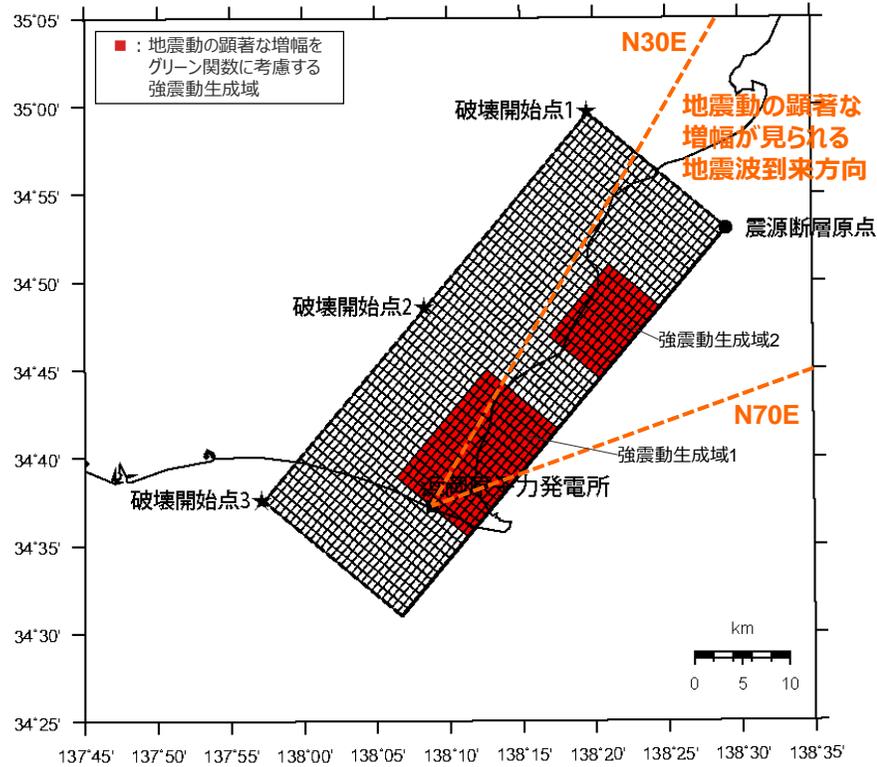
<2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）>  
**短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
**（地震動評価結果）**



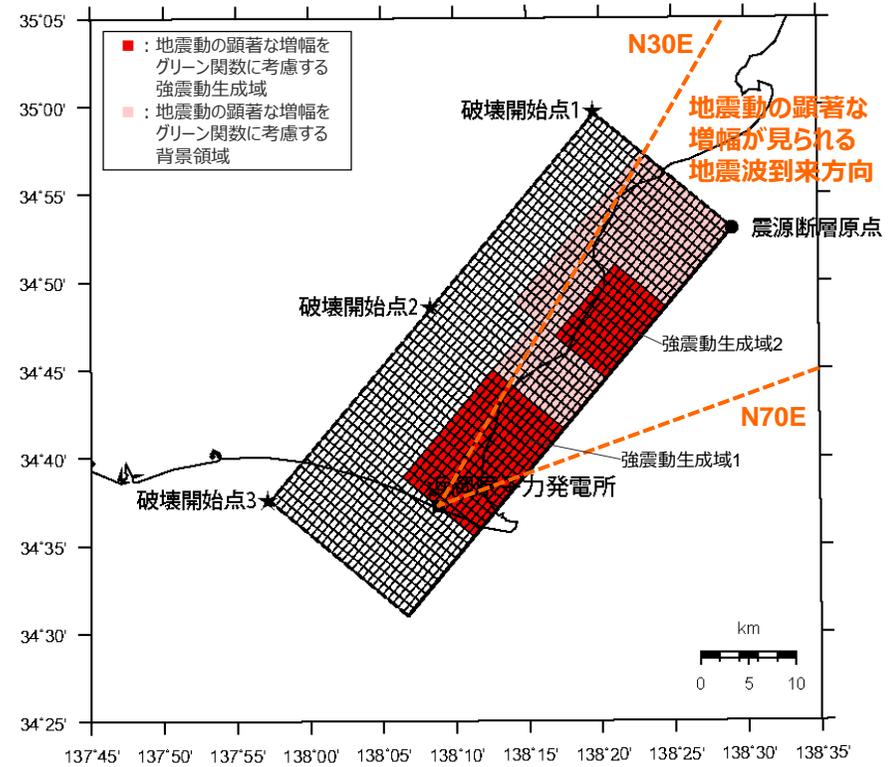
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（擬似速度応答スペクトル）（破壊開始点1〜3）>  
 （短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

# 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

## （震源モデル）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>

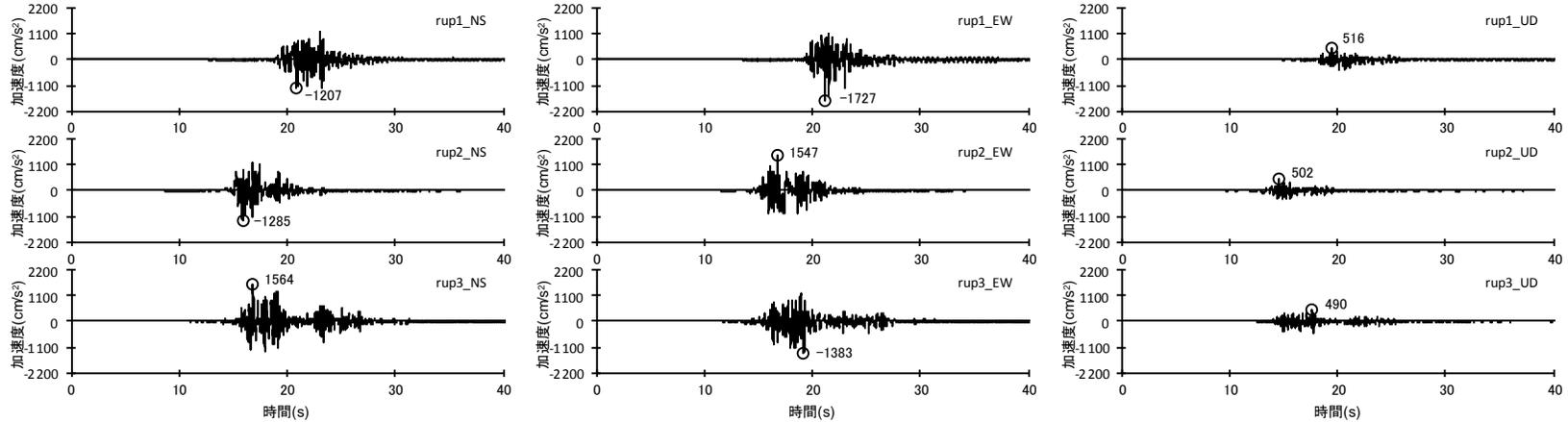
# <2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）> 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮） （震源断層パラメータ）

## <地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層パラメータ>

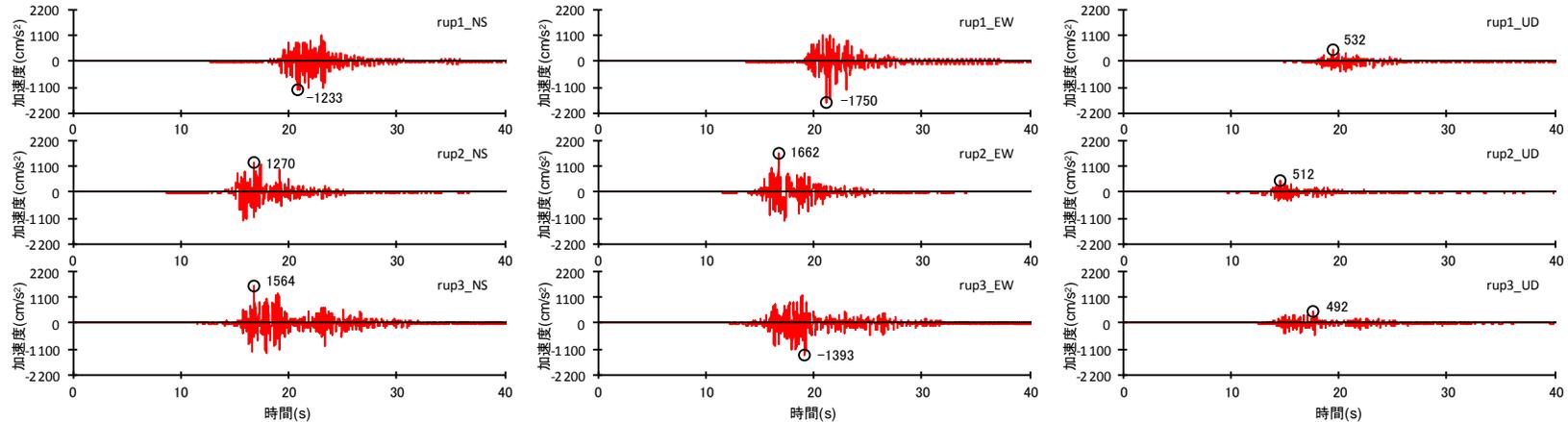
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.883279度 東経138.485104度	強震動生成域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $M_{0SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	4.25E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $S_{SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	288.0 km <sup>2</sup>
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	3.25 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2), r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/2)^{0.5} \times 2$	53.1 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	192.0 km <sup>2</sup>
震源断層幅	$W = (S/2)^{0.5}$	26.6 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	3.14E+19 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	1410.6 km <sup>2</sup>		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	3.60 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震（鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{19}$ Nm)の512 <sup>0.5</sup> 倍	1.04E+20 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	96.0 km <sup>2</sup>
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.3		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	1.11E+19 Nm
気象庁マグニチュード	$M_j$ : 地震規模の不確かさを踏まえ設定	7.4		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	2.55 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ ( $\beta$ : 3.99 km/s, $\rho$ : 2.85 g/cm <sup>3</sup> (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	4.54E+10 N/m <sup>2</sup>		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D, \gamma_D = 2.0$	1.63 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 \cdot M_{0SMGA}$	6.16E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	1122.6 km <sup>2</sup>
破壊伝播速度	$V_r$ : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	1.21 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $A$ 関係及びスケーリング則による	5.88E+19 Nm/s <sup>2</sup>		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA}^3 \Sigma \gamma_i^3, W_{back} = W, \gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA1}, r_{SMGA1} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	5.37 MPa
$f_{max}$	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz	・震源断層パラメータ表中の2009年駿河湾の地震は本震。 ・強震動生成域の短周期レベルは、増・他(2001)による関係式 ( $A = 4\pi r_{SMGA} \Delta\sigma_{SMGA} \beta^2$ ) に基づく。			

・「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合で震源断層パラメータは同じ。

<2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）>  
**地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
**（地震動評価結果）**



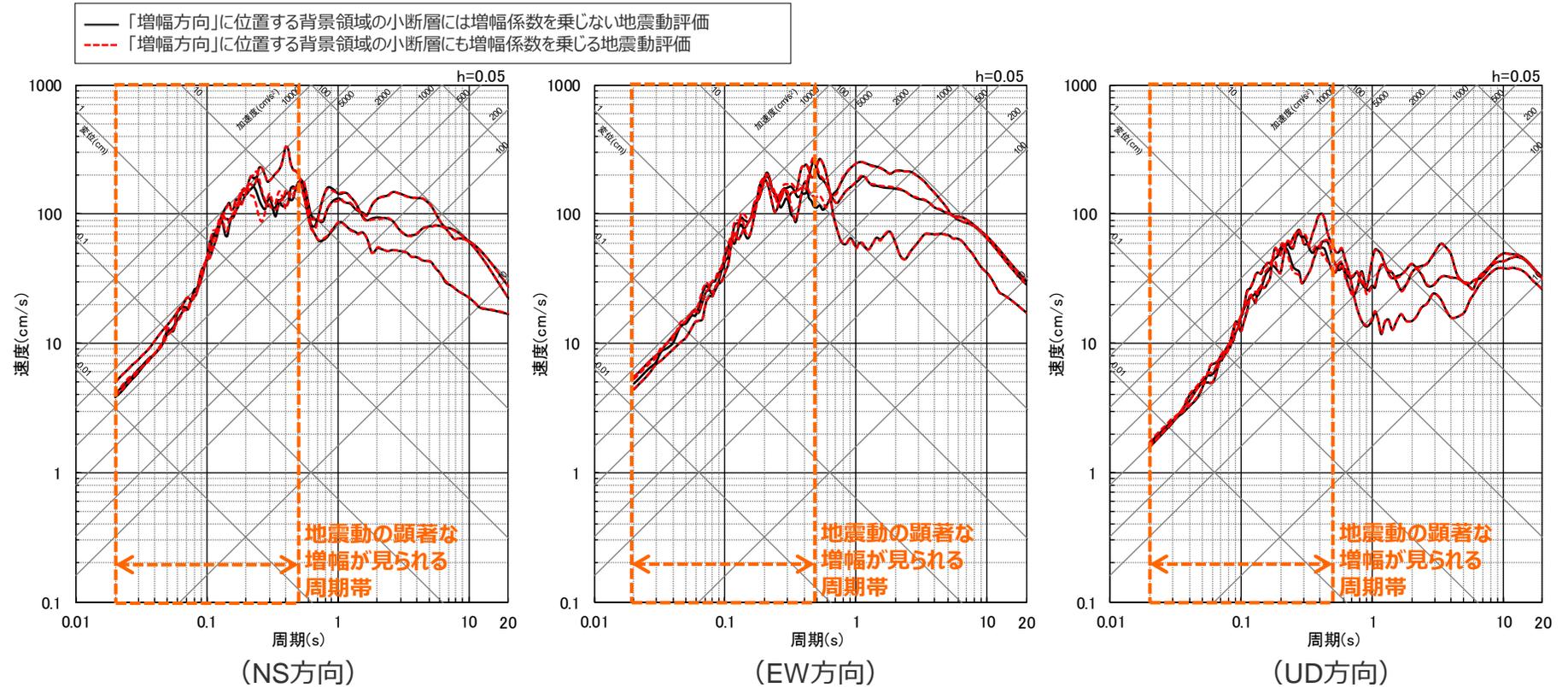
（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）（破壊開始点1～3）>  
 （地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

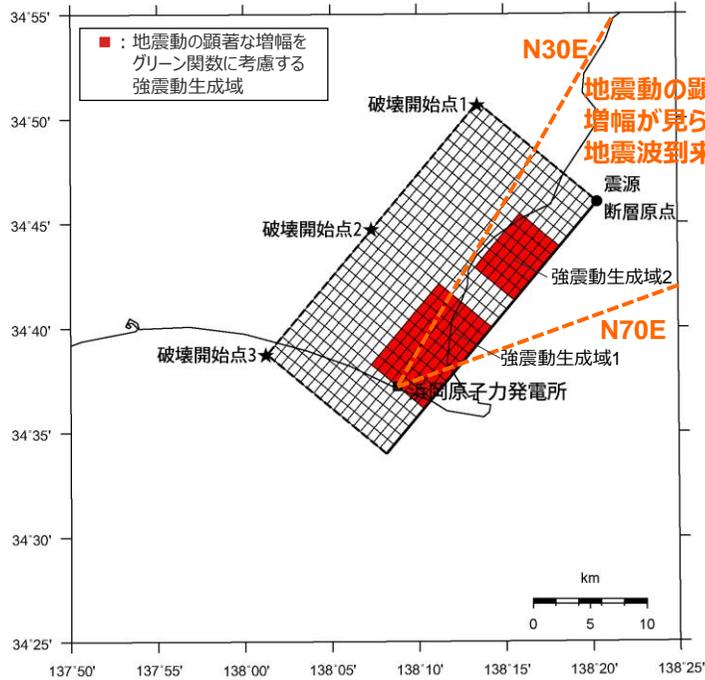
<2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）>  
**地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
**（地震動評価結果）**



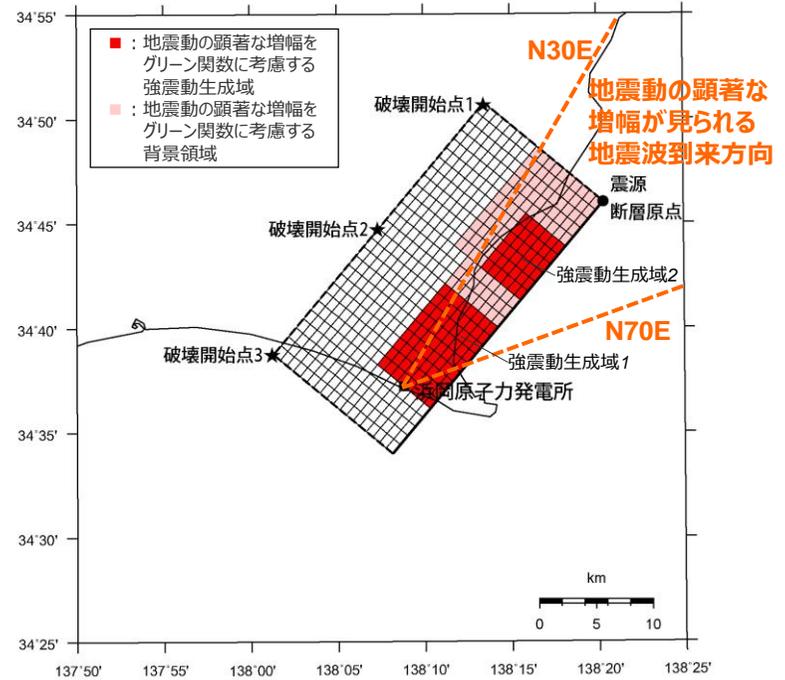
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（擬似速度応答スペクトル）（破壊開始点1〜3）>  
 （地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

# 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

## （震源モデル）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>

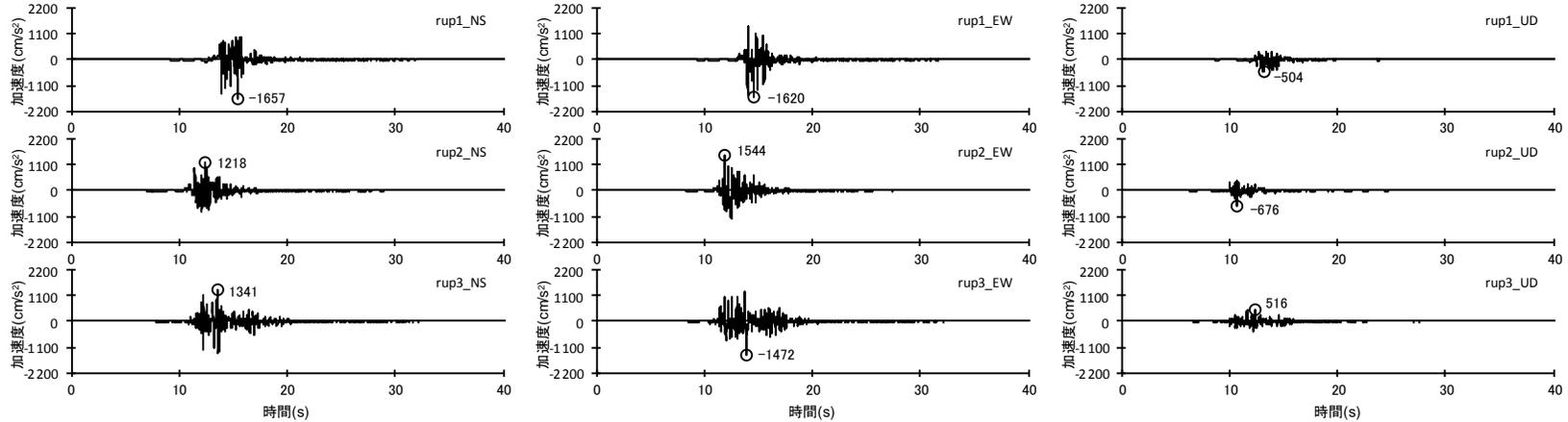
<2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）>  
**震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
 （震源断層パラメータ）

<震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層パラメータ>

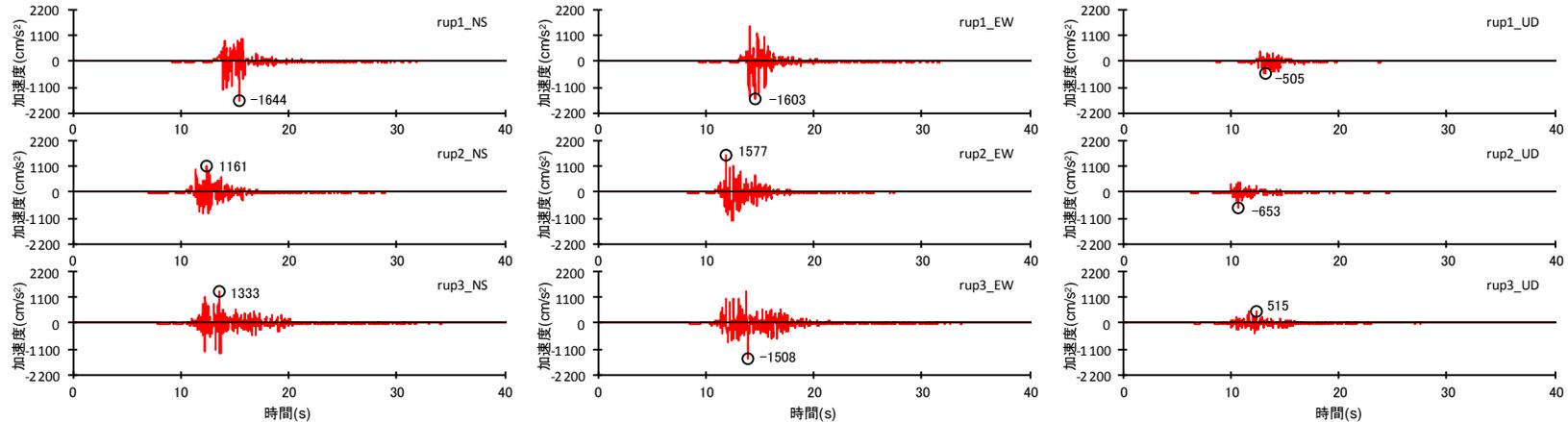
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.766785度 東経138.339557度	強震動生成域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $M_{0SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	1.06E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $S_{SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	114.3 km <sup>2</sup>
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	2.05 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2)$ , $r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	29.0 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	76.2 km <sup>2</sup>
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	19.3 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.85E+18 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	559.8 km <sup>2</sup>		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	2.27 m
震源断層上端深さ	敷地直下のフィリピン海プレートの構造を踏まえて設定	13.8 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震（鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{19}$ Nm)の32 <sup>0.5</sup> 倍	2.60E+19 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	38.1 km <sup>2</sup>
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.78E+18 Nm
気象庁マグニチュード	$M_j$ : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	1.61 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ ( $\beta$ : 3.99 km/s, $\rho$ : 2.85 g/cm <sup>3</sup> (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	4.54E+10 N/m <sup>2</sup>		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D$ , $\gamma_D = 2.0$	1.02 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 \cdot M_{0SMGA}$	1.54E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	445.5 km <sup>2</sup>
破壊伝播速度	$V_r$ : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	0.76 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $A$ 関係及びスケーリング則による	3.71E+19 Nm/s <sup>2</sup>		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ , $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA}^3 \Sigma \gamma_i^3$ , $W_{back} = W$ , $\gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA1}$ , $r_{SMGA1} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	4.66 MPa
$f_{max}$	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz	・震源断層パラメータ表中の2009年駿河湾の地震は本震。 ・強震動生成域の短周期レベルは、増・他(2001)による関係式 ( $A = 4\pi r_{SMGA} \Delta\sigma_{SMGA} \beta^2$ ) に基づく。			

・「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合で震源断層パラメータは同じ。

<2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）>  
**震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
**（地震動評価結果）**



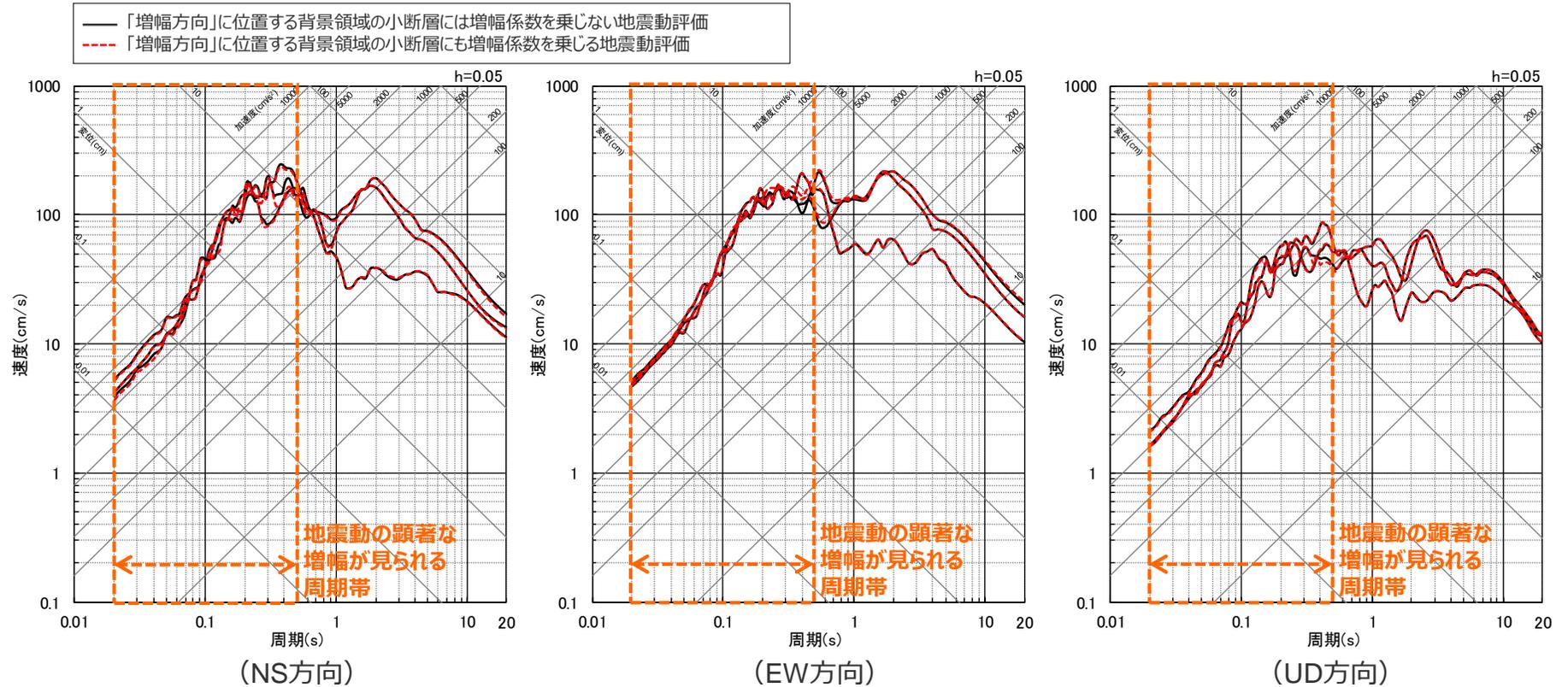
（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）（破壊開始点1～3）>  
 （震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

# 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮） （地震動評価結果）



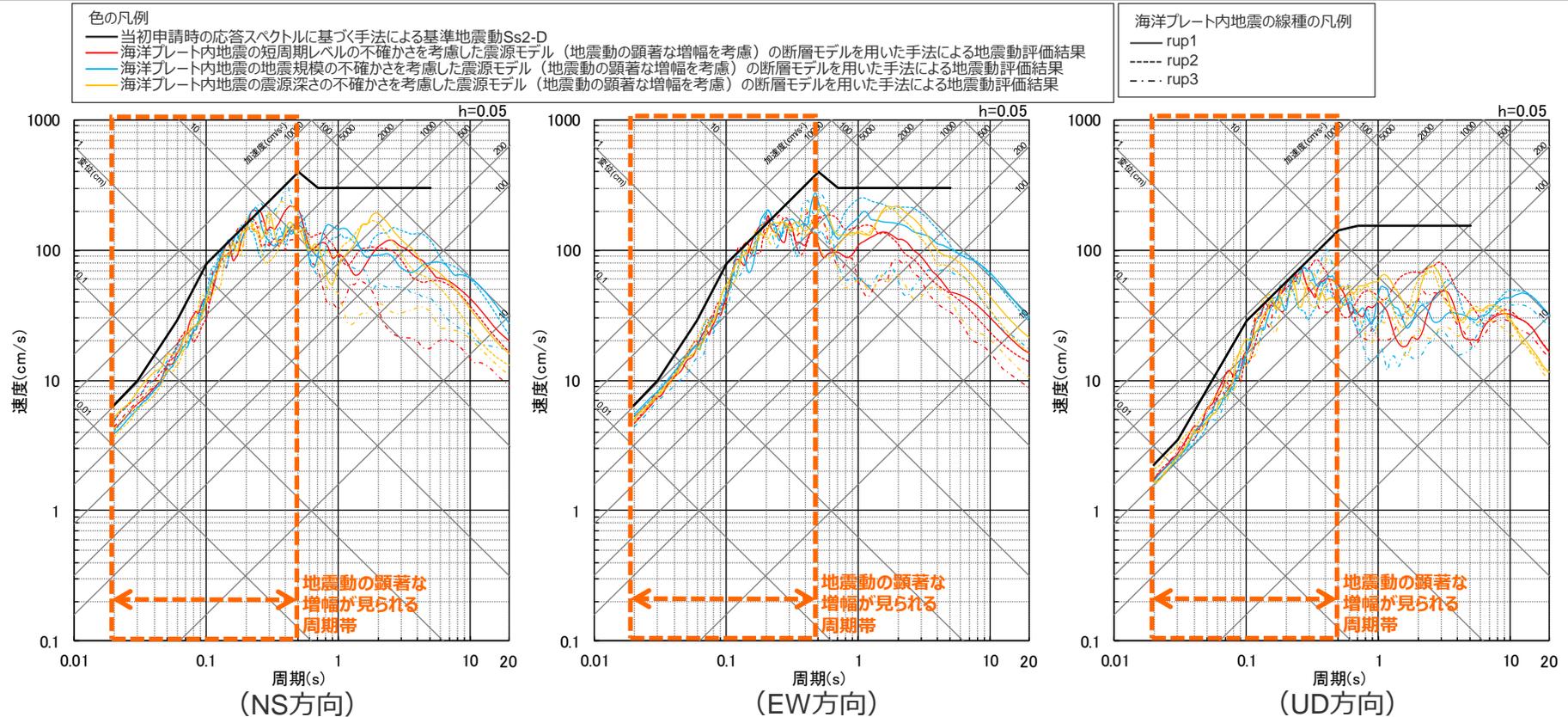
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（擬似速度応答スペクトル）（破壊開始点1〜3）>  
（震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

# まとめ

○第940回審査会合におけるコメントを踏まえ、基準地震動に選定される海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果については、より慎重に保守的な評価を行うこととし、地震動レベルが比較的大きく基準地震動に選定される可能性のある以下の震源モデルを対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価を行った。

⇒敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として、下図に示すこれらの地震動評価結果を採用する。

- ・短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- ・地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- ・震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

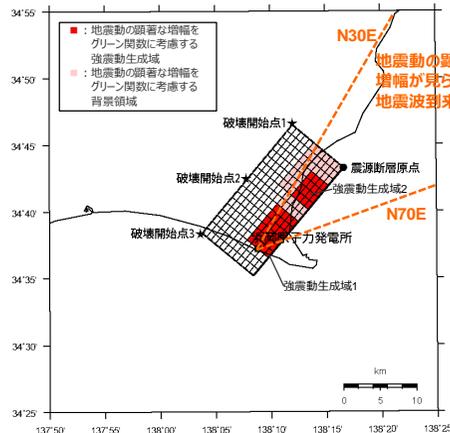


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（擬似速度応答スペクトル）>  
 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果を採用する震源モデル

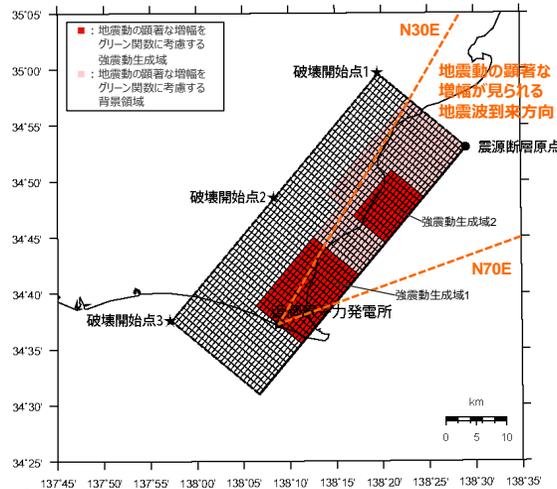
# まとめ

- 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目した保守的な設定を行っており、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる乗じないにかかわらず、十分保守的な評価結果と考えられる。
- しかしながら、第940回審査会合におけるコメントを踏まえ、基準地震動に選定される海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果については、より慎重に保守的な評価を行うこととし、**地震動レベルが比較的大きく基準地震動に選定される可能性のある以下の震源モデル※について、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果を採用する。**
  - ・短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
  - ・地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
  - ・震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

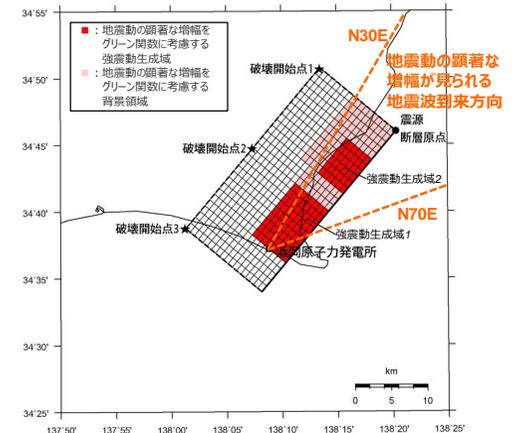
※ 地震動レベルが小さいその他の震源モデルは、念のため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価を行い、それらの地震動評価結果がいずれも「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D」を上回らないこと確認している（補足説明資料④p.675参照）。



（短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル  
（地震動の顕著な増幅を考慮））



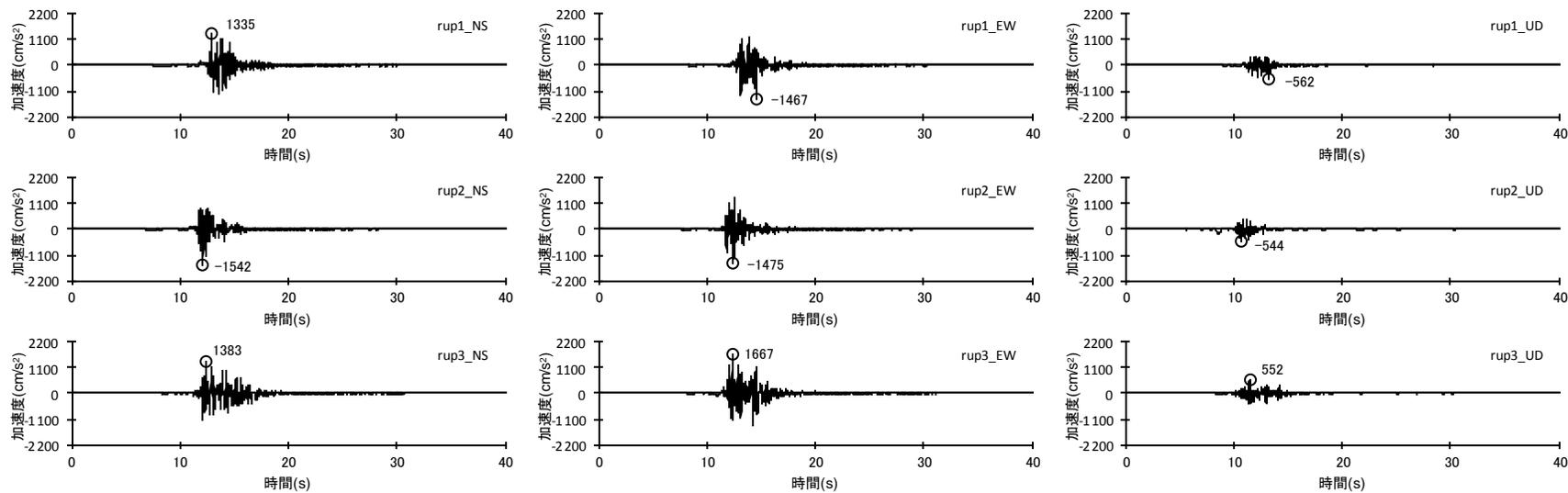
（地震規模の不確かさを考慮した震源モデル  
（地震動の顕著な増幅を考慮））



（震源深さの不確かさを考慮した震源モデル  
（地震動の顕著な増幅を考慮））

<震源モデル（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）>

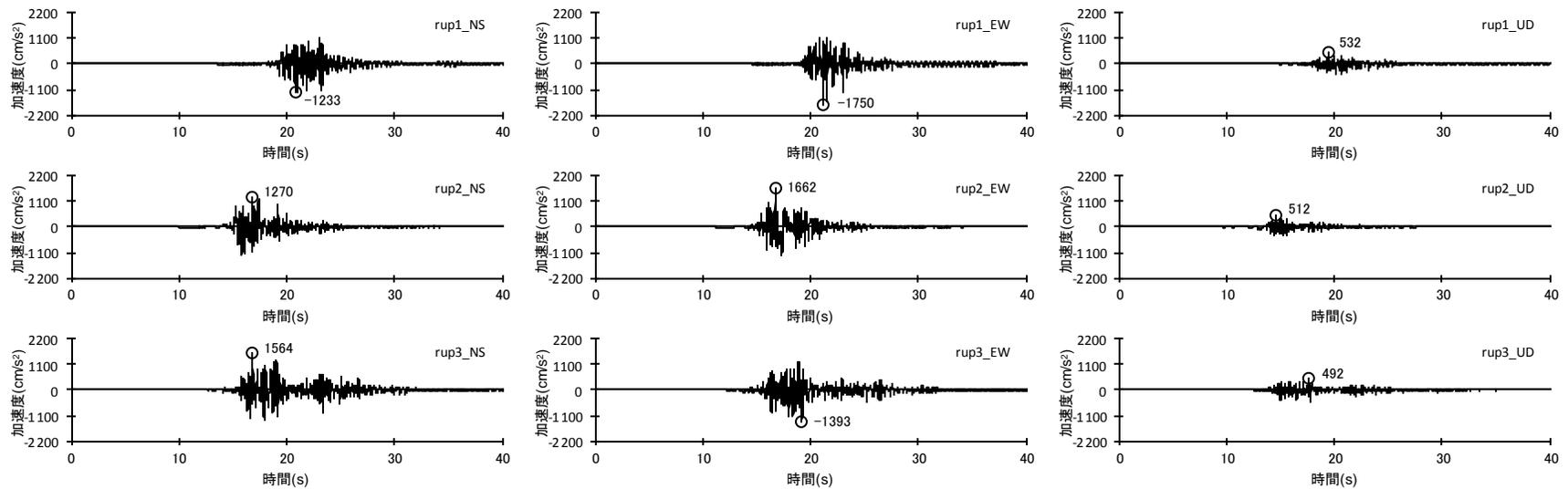
## まとめ



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

（短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合）

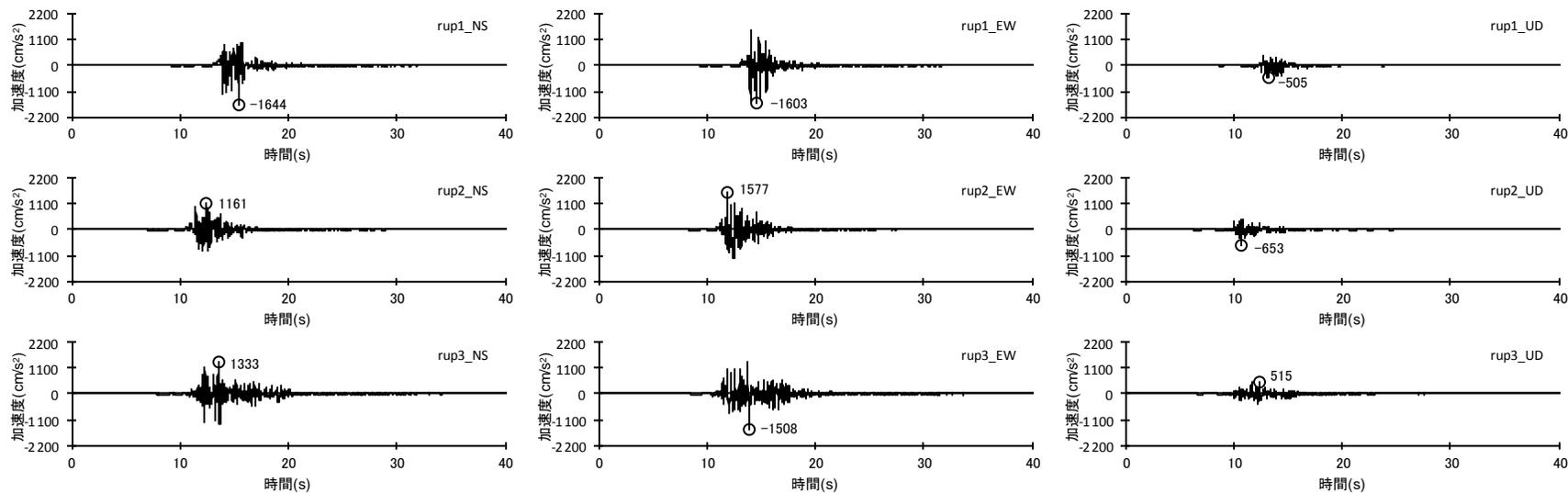
## まとめ



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

（地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合）

## まとめ



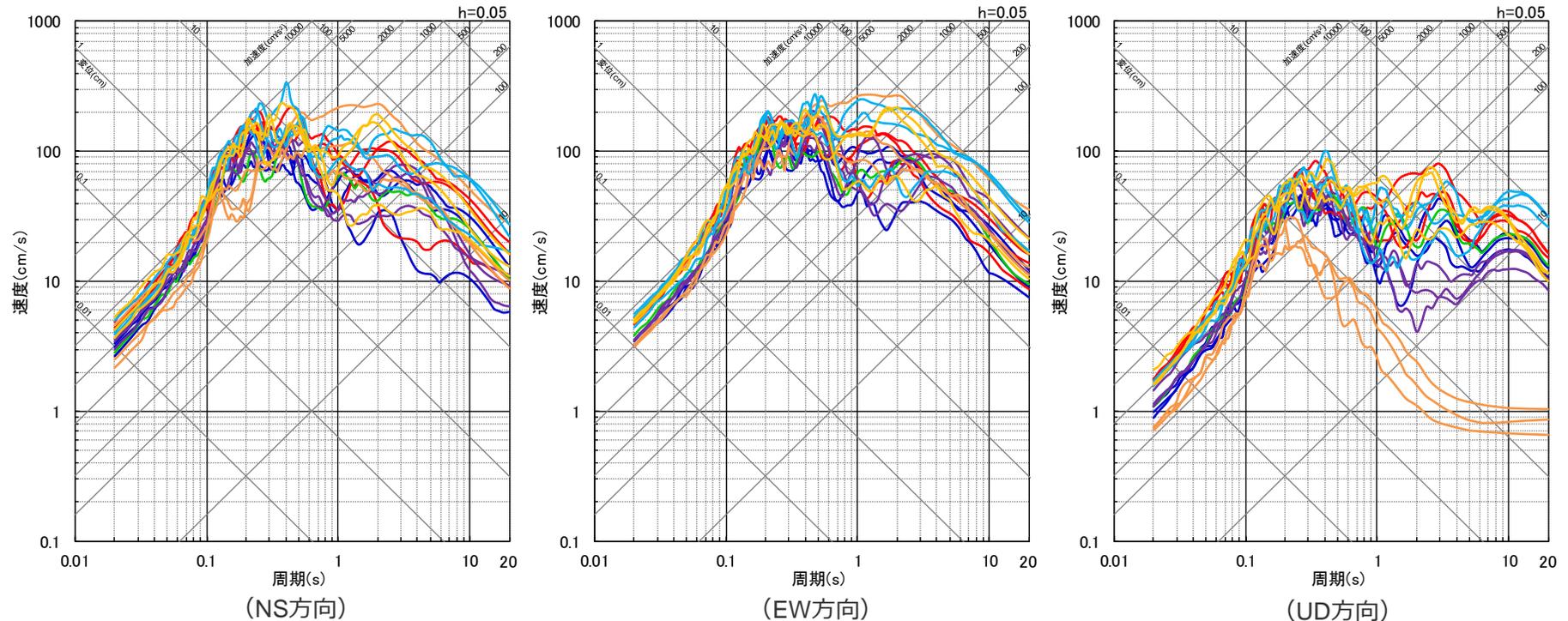
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

（震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合）

<2.3 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価（コメント回答）>

まとめ

- 基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 断層傾斜角の不確かさ(90°)を考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 断層傾斜角の不確かさ(20°)を考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）>  
(全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）)

・短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）及び震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果。

---

余白

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~
  - 3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について ……p.86~
  - 3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について ……p.95~
  - 3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について ……p.106~

## 概要

- 第3章では、これまでの審査会合にコメント回答として提示した地震動評価結果の一部（下記の3項目）について、当時「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の全地震タイプの地震動評価結果をまとめる予定の基準地震動の策定において更に説明するとしていたが、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の取りまとめを行うことから、今回、その資料作成に当たり整理した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の各評価結果を踏まえた比較・確認結果を説明する。
  - ① プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について
  - ② プレート間地震の $f_{max}$ の影響検討の地震動評価結果について
  - ③ 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~
  - 3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について ……p.86~
  - 3.2 プレート間地震の $f_{max}$ の影響検討の地震動評価結果について ……p.95~
  - 3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について ……p.106~

## 過去の審査会合コメント及び回答概要一覧

コメント	回答概要
<p><b>第246回審査会合でのコメント</b> プレート間地震の応答スペクトル法による地震動評価について、Noda et al.(2002)による方法を用いているが、震源域直上の検討に用いているZhao et al.(2006)による方法についても適用できる範囲で検討すること。その際には、その他の距離減衰式も含めて、どのように評価するか示すこと。</p>	<p><b>第284回審査会合での回答</b> プレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）を対象に、Noda et al.(2002)以外の距離減衰式としてデータベースにプレート間地震が含まれる4つの距離減衰式の適用性を検討し、いずれの距離減衰式もデータベースの適用範囲外であることを確認した。その上で更に、いずれの距離減衰式も適用範囲外となるものの、これらの距離減衰式を用いた場合のプレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の地震動評価結果を参考に提示。</p> <p><b>今回説明</b> 上記の参考に提示した、Noda et al.(2002)以外の距離減衰式によるプレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の地震動評価結果について、念のため、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として「各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の応答スペクトルに基づく地震動評価結果」及び「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」と比較し、プレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の応答スペクトルが「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」に包絡されることを確認。</p>

<3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について>

## Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の概要

○Noda et al.(2002)以外の距離減衰式として、データベースにプレート間地震が含まれる4つの距離減衰式（下表参照）を対象に、適用性の検討を行う。

<Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の概要>

距離減衰式	地震タイプ	Mwの範囲	断層最短距離の範囲	入力パラメータ	地盤種別	式の特徴
Kanno et al.(2006)	内陸地殻内地震 プレート間地震 海洋プレート内地震	5.5~8.2	500km以内	Mw、X <sub>sh</sub> 、D	100 ≤ Vs30 ≤ 1400 m/s	・水平動のみを対象。 ・震源深さ30km以上と30km以下の距離減衰式。
Zhao et al.(2006)	同上	5.0~8.3	300km以内	同上	Soft soil (Sc I ~ IV) Hard rock	・水平動のみを対象。 ・内陸地震、プレート間地震、海洋プレート内地震の距離減衰式。
内山・翠川 (2006)	同上	5.5~8.3	300km以内	同上	150 ≤ Vs30 ≤ 750m/s	・水平動のみを対象。 ・震源深さ30km以上と30km以下の距離減衰式。
片岡・他(2006)	同上	4.9~8.2	250km以内	Mw、X <sub>sh</sub> 、 D or A	I種、II種、III種地盤 および工学的基盤	・水平動のみを対象。 ・内陸地震、海溝性地震の距離減衰式。

Vs30：表層30mにおけるS波速度の平均値、X<sub>sh</sub>：断層最短距離、D：震源深さ、A：短周期レベル

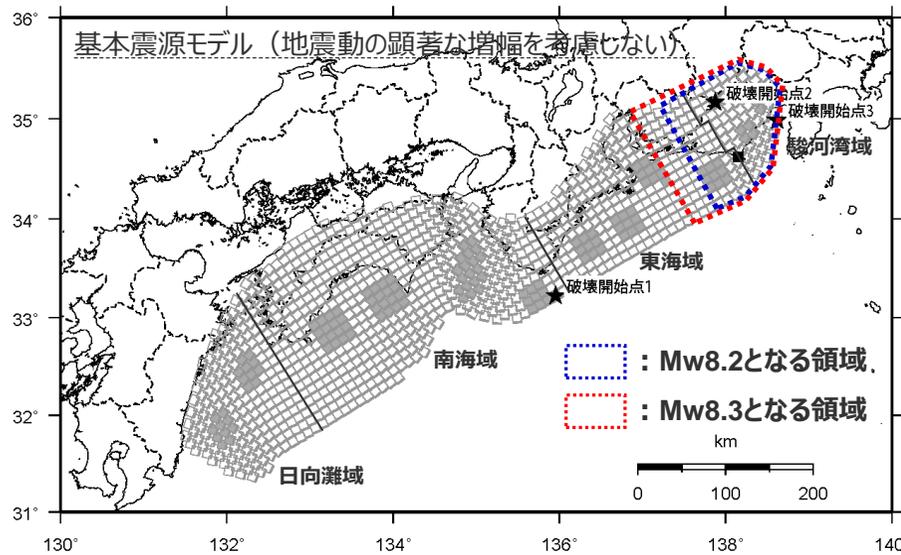
<3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について>

# Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討

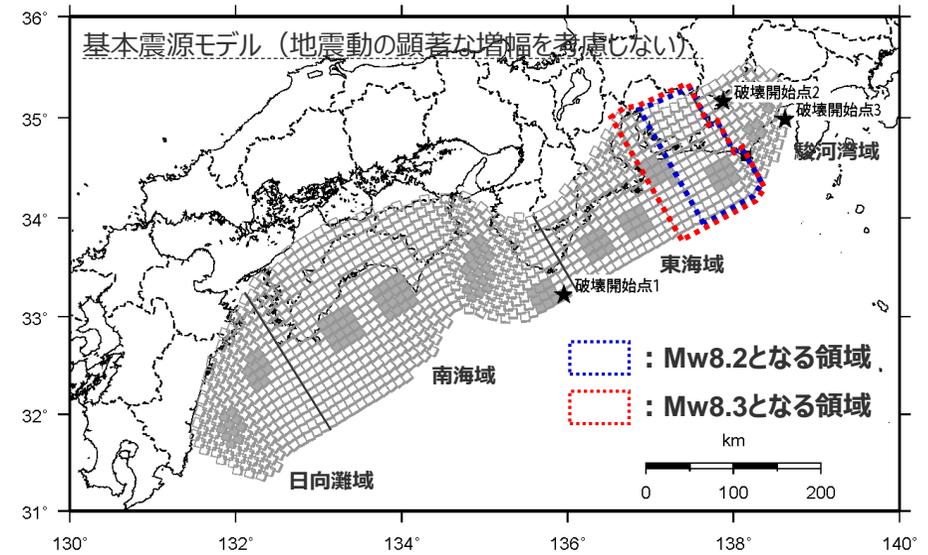
(検討対象ケース)

○Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討に際しては、いずれの距離減衰式もMwの適用範囲が8.2~8.3※であることから、このMwの適用範囲内となる震源モデルを検討対象ケース（下図参照）とし、断層最短距離 $X_{sh}$ は敷地からプレート境界面までの最短距離13kmとする。

※2011年東北地方太平洋沖地震の地震動特性（距離減衰特性）については、距離減衰式から求められるMwは8.2~8.3程度であり、全体の断層運動により求められる地震の規模Mw9.0に比べて小さい。



(駿河湾～東海領域における検討)



(東海領域における検討)

<Mw8.2~8.3となる領域>

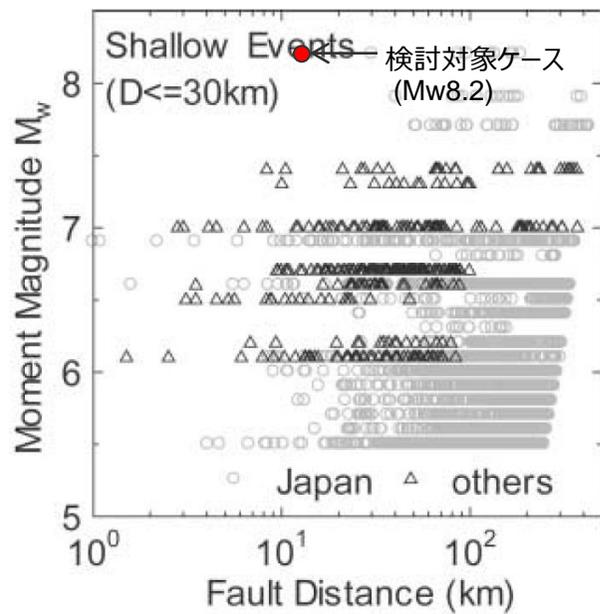
- ・Noda et al.(2002)の方法と同様の領域区分とした場合、いずれもMwの適用範囲外となる。
- 駿河湾域+東海領域 : Mw8.6
- 駿河湾域+東海領域+南海領域 : Mw8.9
- 駿河湾域+東海領域+南海領域+日向灘域 : Mw9.0

<3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について>

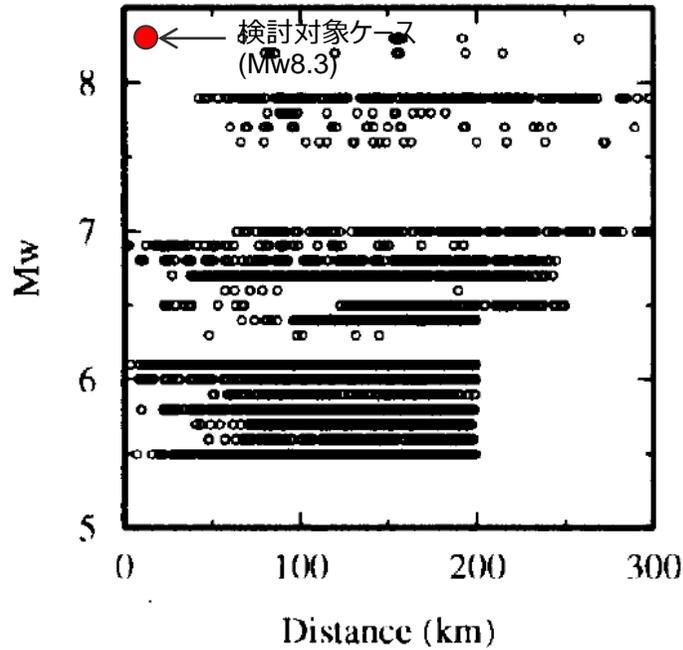
# Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討

(Kanno et al.(2006)の方法、内山・翠川(2006)の方法)

- Kanno et al.(2006)の方法について、検討対象ケースの“Mwと断層最短距離Xshとの関係”がデータベースの適用範囲外となっている。
- 内山・翠川(2006)の方法について、検討対象ケースの“Mwと断層最短距離Xshとの関係”がデータベースの適用範囲外となっている。



<Kanno et al.(2006)の方法の適用性検討>



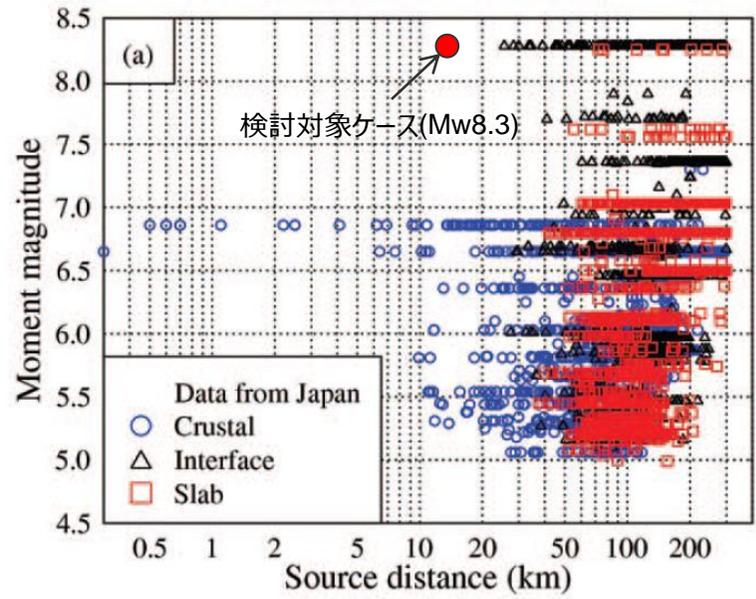
<内山・翠川(2006)の方法の適用性検討>

<3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について>

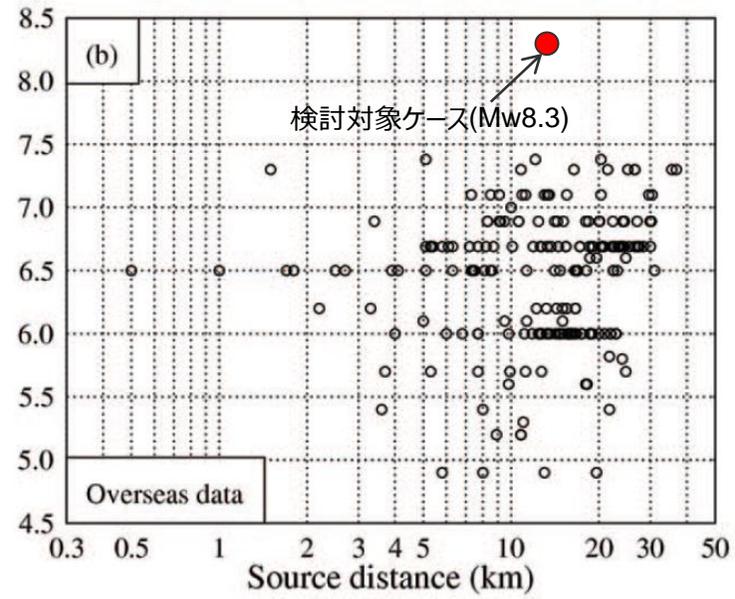
# Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討

(Zhao et al.(2006)の方法)

○Zhao et al.(2006)の方法について、検討対象ケースの“Mwと断層最短距離Xshとの関係”がデータベースの適用範囲外となっている。



<日本の記録>



<国外の記録>

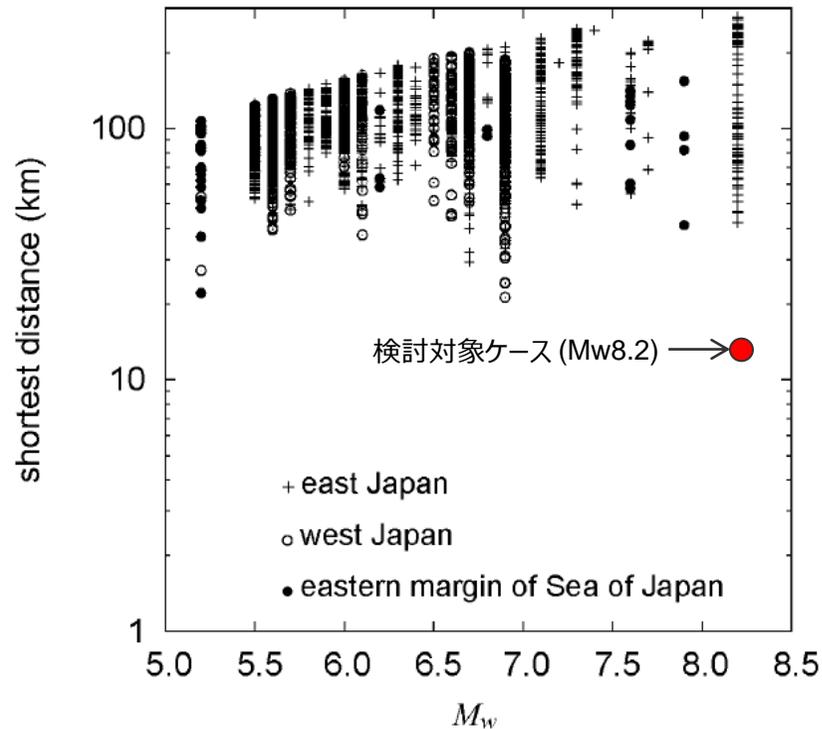
<Zhao et al.(2006)の方法の適用性検討>

<3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について>

## Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討

(片岡・他(2006)の方法)

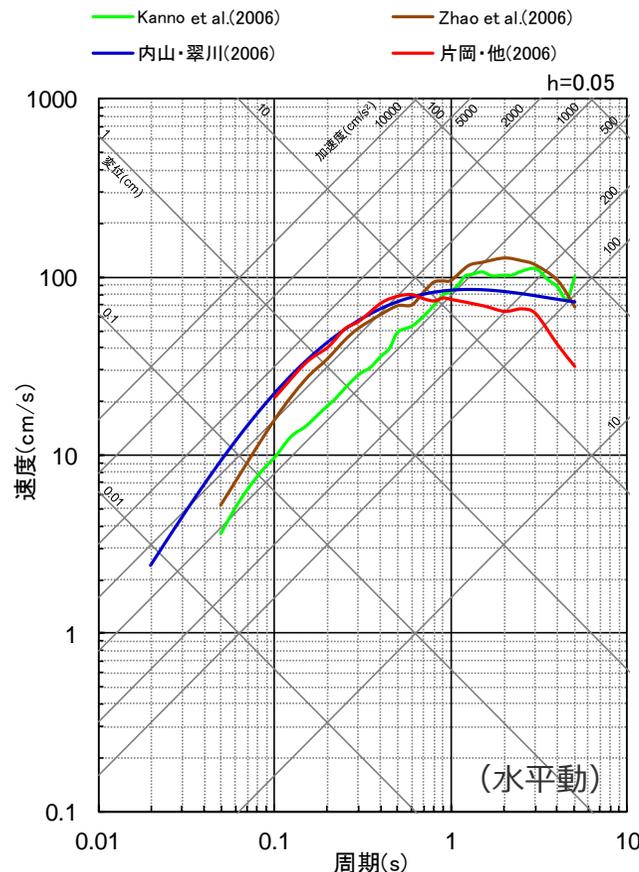
○片岡・他(2006)の方法について、検討対象ケースの“ $M_w$ と断層最短距離 $X_{sh}$ との関係”がデータベースの適用範囲外となっている。



<片岡・他(2006)の方法の適用性検討>

# <3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について> 地震動評価結果

- Noda et al.(2002)以外の距離減衰式については、検討対象ケースの“ $M_w$ と断層最短距離 $X_{sh}$ との関係”がデータベースの適用範囲外となるものの、参考として地震動評価を行う。
- 各距離減衰式の地震動評価結果は、地震動レベルが大きく異なっている。



<検討対象ケースの入力パラメータ>

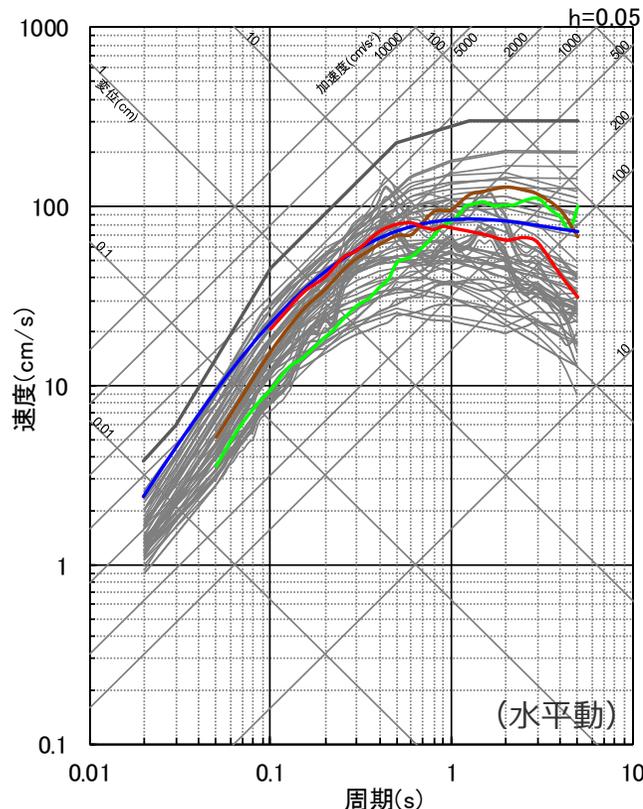
距離減衰式	$M_w$	断層最短距離 $X_{sh}$ (km)	深さD (km)
Kanno et al.(2006)	8.2	13	21.4
Zhao et al.(2006)	8.3	13	21.4
内山・翠川(2006)	8.3	13	21.4
片岡・他(2006)	8.2	13	21.4

・ Kanno et al.(2006)及びZhao et al.(2006)が評価対象としている周期は0.05秒～、片岡・他(2006)が評価対象としている周期は0.1秒～。

## <Noda et al.(2002)以外の距離減衰式による地震動評価結果>

# 地震動評価結果の比較

○前述の“Mwと断層最短距離Xshとの関係”がデータベースの適用範囲外となるものの参考として行った検討対象ケースの地震動評価結果について、念のため、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として「各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の応答スペクトルに基づく地震動評価結果」及び「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」と比較し、検討対象ケースの応答スペクトルが「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」に包絡されることを確認した。



<検討対象ケースの入力パラメータ>

距離減衰式	Mw	断層最短距離 Xsh (km)	深さD (km)
Kanno et al.(2006)	8.2	13	21.4
Zhao et al.(2006)	8.3	13	21.4
内山・翠川(2006)	8.3	13	21.4
片岡・他(2006)	8.2	13	21.4

— 各地震タイプ（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の応答スペクトルに基づく地震動評価結果  
 — 当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D  
 — 検討対象ケースのKanno et al.(2006)の方法による地震動評価結果  
 — 検討対象ケースのZhao et al.(2006)の方法による地震動評価結果  
 — 検討対象ケースの内山・翠川(2006)の方法による地震動評価結果  
 — 検討対象ケースの片岡・他(2006)の方法による地震動評価結果

<応答スペクトルの比較>

・ Kanno et al.(2006)及びZhao et al.(2006)が評価対象としている周期は0.05秒～、片岡・他(2006)が評価対象としている周期は0.1秒～。

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~
  - 3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について ……p.86~
  - 3.2 プレート間地震の $f_{max}$ の影響検討の地震動評価結果について ……p.95~
  - 3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について ……p.106~

## 過去の審査会合コメント及び回答概要一覧

コメント	回答概要
<p><b>第246回審査会合でのコメント</b> プレート間地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価について、fmaxは内閣府(2012)と同様、6Hzとしているが、強震動予測レシピに引用されている佐藤・他(1994)に基づき、13.5Hzとしたケースについても検討すること。</p>	<p><b>第284回審査会合での回答</b> 海溝型地震（プレート間地震及び海洋プレート内地震）の強震動予測レシピ(2020)におけるfmaxでは、佐藤・他(1994)による知見（fmax13.5Hz）が引用されていることを踏まえ、佐藤・他(1994)も含めて論文調査を実施し、fmaxとQ値はトレードオフの関係にあることを踏まえ、浜岡原子力発電所の地震動評価では、プレート間地震については、中央防災会議(2003b)や内閣府(2012)により、歴史地震の震度分布との比較検討で妥当性が確認されている震源モデルに基づき、fmax6Hz（Q値100f<sup>0.7</sup>）を設定していること、海洋プレート内地震については、2009年駿河湾の地震（本震）における観測記録の再現シミュレーションに基づき、fmax6Hz（Q値100f<sup>0.7</sup>）を設定していることを説明するとともに、fmaxを13.5Hzとした場合に、敷地の観測記録を再現可能なQ値を検討し、このfmaxとQ値の組合せを用いて、プレート間地震（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の地震動評価を実施し、従来ケース（fmax6Hz、Q値100f<sup>0.7</sup>）と同程度になることを確認。</p> <p>その上で更に、fmaxとQ値はトレードオフの関係にあり、セットで検討することが原則と考えられるが、fmaxの影響検討として、観測記録とは乖離するもののfmax13.5Hzと従来のQ値100f<sup>0.7</sup>の組合せを用いた場合のプレート間地震（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の地震動評価結果を提示。</p> <p><b>今回説明</b> 上記のfmaxの影響検討として提示した、観測記録とは乖離するもののfmax13.5Hzと従来のQ値100f<sup>0.7</sup>の組合せを用いた場合のプレート間地震（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の地震動評価結果について、念のため、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として、「各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」と比較し、fmax13.5Hzと従来のQ値100f<sup>0.7</sup>の組合せを用いた場合のプレート間地震（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の応答スペクトルが「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」に包絡されることを確認。</p>

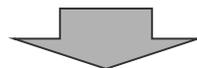
<3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について>

# プレート間地震のfmaxの文献調査・影響検討

(概要)

## <強震動予測レシピ(2020) (fmax) >

- 海溝型地震の強震動予測レシピ(2020)におけるfmaxでは、佐藤・他(1994)による知見 (fmax13.5Hz) が引用されており、この佐藤・他(1994)では、仙台地域における中小地震の観測記録を用いて、震源特性、伝播特性、サイト特性が検討されている。
- 一方、強震動予測レシピ(2020)の基本的な考え方として、震源モデルの設定にあたっては、それぞれの段階で検証を行い、必要に応じて、パラメータの見直しを行うこととし、その際には、地震関連データ(地震波形記録、震度、被害等)を説明できるパラメータが求められるとしている。



## 検討概要

### <佐藤・他(1994)等の文献調査>

- 佐藤・他(1994)やその他のfmaxに関する論文調査を行う。得られた知見は以下のとおり。  
⇒海溝型地震のfmaxは、プレート間地震及び海洋プレート内地震によらず同程度。  
⇒fmaxの推定とトレードオフの関係にあるパラメータはQ値の推定。

### <浜岡原子力発電所における海溝型地震のfmaxの設定>

- 浜岡原子力発電所における海溝型地震(プレート間地震及び海洋プレート内地震)のfmaxの設定方法は以下のとおり。  
⇒プレート間地震については、中央防災会議(2003b)や内閣府(2012)により、歴史地震の震度分布との比較検討で妥当性が確認されている震源モデルに基づき、fmax6Hz (Q値100<sup>f0.7</sup>) を設定。  
⇒海洋プレート内地震については、2009年駿河湾の地震(本震)における観測記録の再現シミュレーションに基づき、fmax6Hz (Q値100<sup>f0.7</sup>) を設定。



### <fmaxとQ値の関係に関する検討>

- fmaxとQ値はトレードオフの関係にあることから、2009年駿河湾の地震(本震)における観測記録の再現シミュレーションに基づき、fmaxを13.5Hzとした場合に、観測記録を再現可能なQ値を検討し、このfmaxとQ値の組合せにおいて、プレート間地震(基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない))の地震動評価を行う。



### <fmaxの影響検討>

- fmaxとQ値はトレードオフの関係にあり、セットで検討することが原則と考えられるが、観測記録とは乖離するものの、fmaxの影響検討として、fmax13.5Hzと従来のQ値の組合せにおいて、プレート間地震(基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない))の地震動評価を行う。

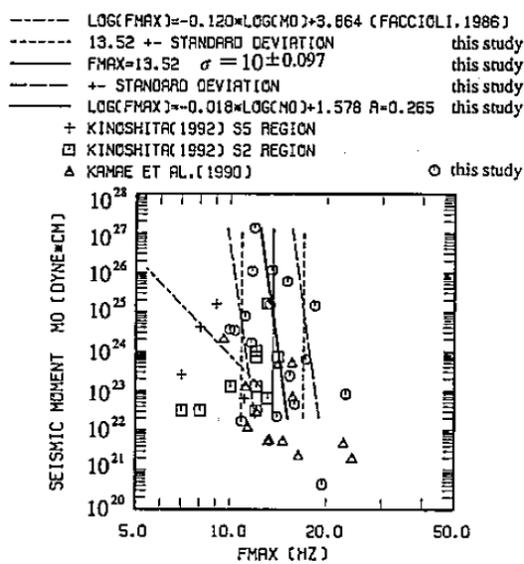
<3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について>

# プレート間地震のfmaxの文献調査

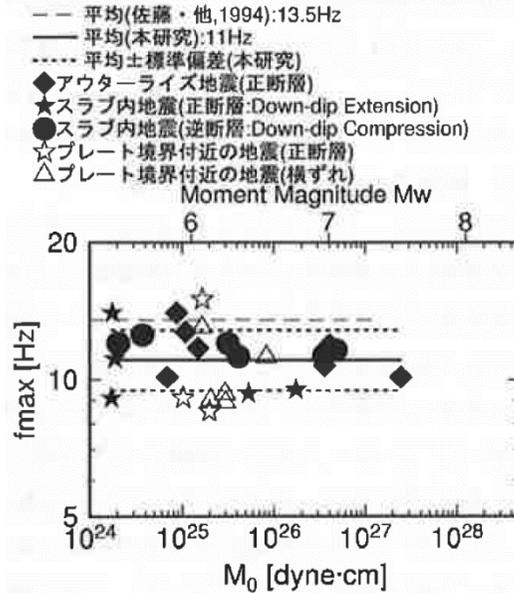
(佐藤・他(1994)等の文献調査)

- 佐藤・他(1994)では、1987年から1991年に仙台地域で観測された18地震を対象として、震源特性、伝播特性、サイト特性を検討しており、震源特性のうちfmaxの推定結果によると、fmaxはM<sub>0</sub>の依存性がないこと、平均で13.5Hzになることを示している。
  - 佐藤(2013)では、1996年から2012年に東北地方で発生したアウターライズ地震、スラブ内地震、プレート境界付近の地震を対象として、震源特性、伝播特性、サイト特性を検討しており、震源特性のうちfmaxの推定結果によると、fmaxは断層タイプによる違いやM<sub>0</sub>の依存性がないこと、平均で11.0Hzとなることを示している。
- ⇒佐藤・他(1994)\*及び佐藤(2013)のデータベースに基づき、プレート間地震及び海洋プレート内地震のみを対象としたM<sub>0</sub>-fmax関係によると、**海溝型地震であるプレート間地震と海洋プレート内地震のfmaxは地震タイプによらず同程度**になっている。

※データベースはSato et al.(1997)による。

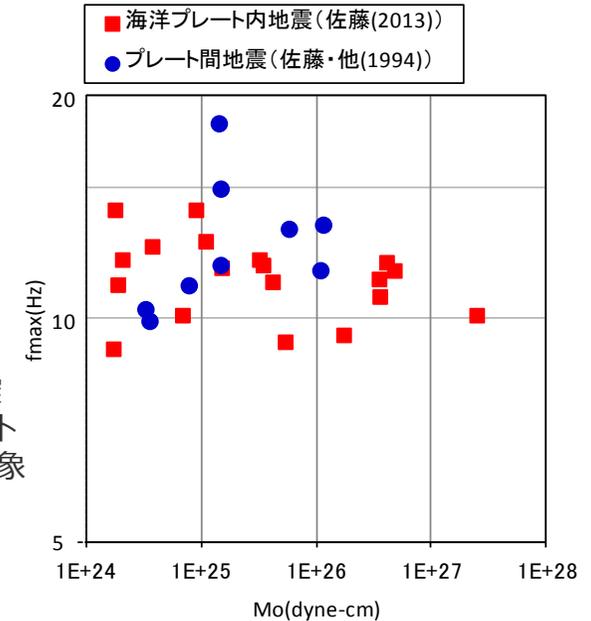


<M<sub>0</sub>-fmax関係>  
(佐藤・他(1994))



<M<sub>0</sub>-fmax関係>  
(佐藤(2013))

プレート間地震  
及び海洋プレート  
内地震のみを対象



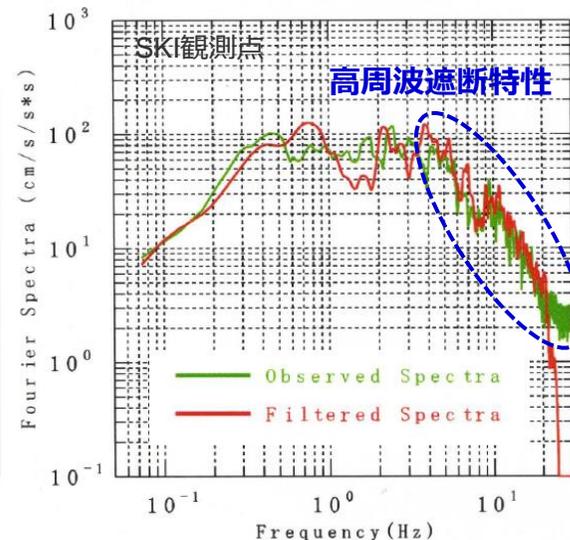
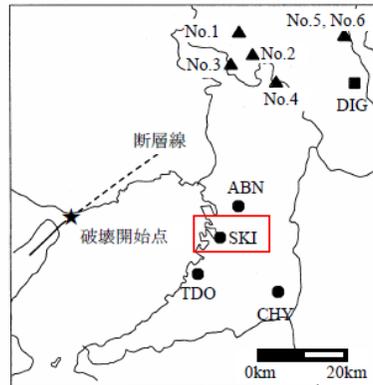
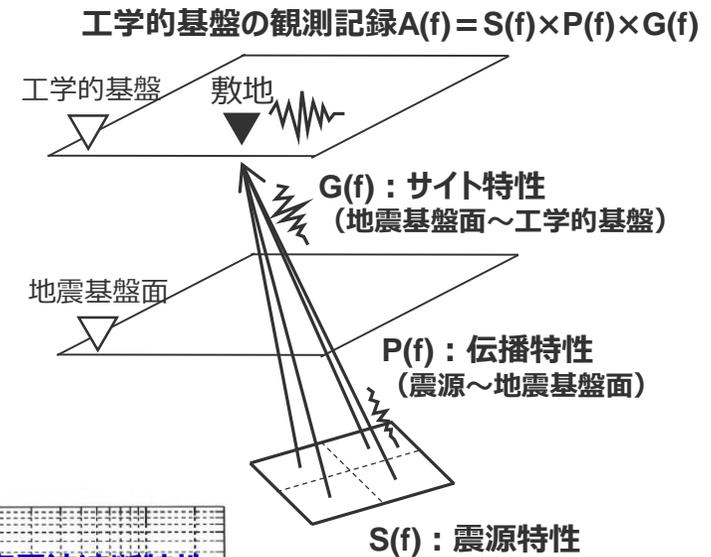
<プレート間地震・海洋プレート内地震の  
M<sub>0</sub>-fmax関係>

<3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について>

# プレート間地震のfmaxの文献調査

(佐藤・他(1994)等の文献調査)

- 佐藤・他(1994)や佐藤(2013)等のインバージョン解析では、工学的基盤の観測記録 $A(f)$ を、震源特性 $S(f)$ 、伝播特性 $P(f)$ 、サイト特性 $G(f)$ でモデル化し、震源パラメータや減衰パラメータ(Q値)等を推定している。
- 観測記録 $A(f)$ において、ある振動数より高振動数側で地震動レベルが低下する“高周波遮断特性”は、厳密に、震源特性(fmax)に起因するのか、伝播特性～サイト特性(Q値)に起因するのか、区分することは困難である。
- インバージョン解析においても、“高周波遮断特性”を考慮する際には、fmaxの推定とQ値の推定はトレードオフの関係にある。



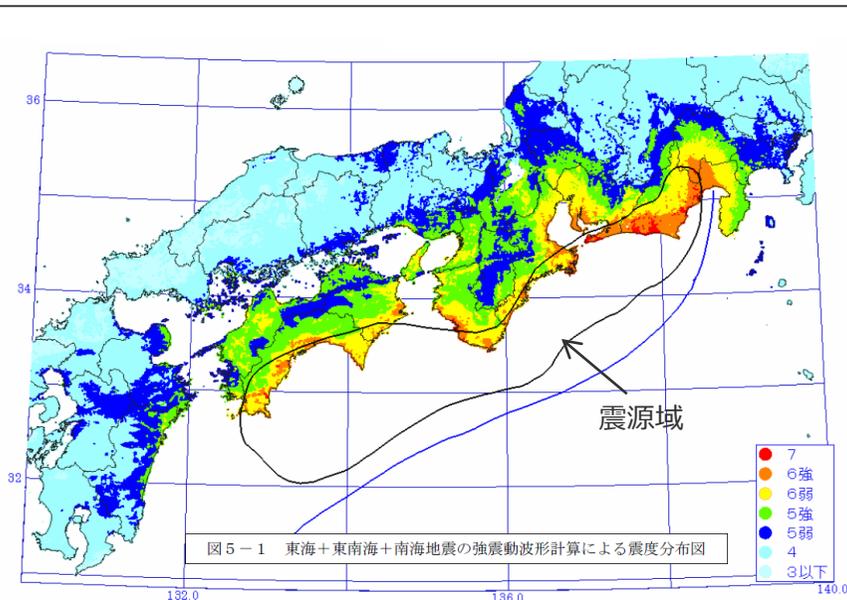
<高周波遮断特性の例(兵庫県南部地震の観測記録)>  
(鶴来・他(2006)に赤い四角、「高周波遮断特性」、青破線の楕円を加筆)

<3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について>

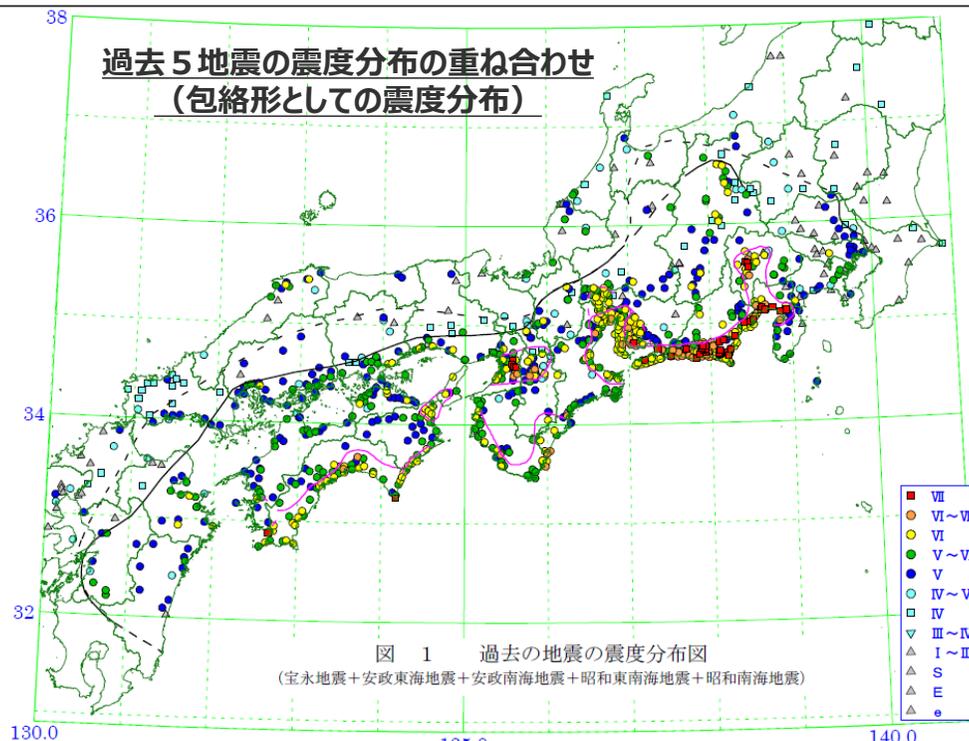
# 浜岡原子力発電所における海溝型地震（プレート間地震）のfmaxの設定

- 中央防災会議の「東海地震に関する専門調査会(2001)」(以下、「中央防災会議(2001b)」という。)、 「東南海、南海地震等に関する専門調査会(2003)」(以下、「中央防災会議(2003b)」という。) では、南海トラフの地震について、強震動の計算結果による震度分布と歴史地震の震度分布との比較等により、震源モデルの断層パラメータの妥当性が確認されており、その断層パラメータの一つとして、fmax6Hz (Q値100f<sup>0.7</sup>) が用いられている。
- 内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012)」(以下、「内閣府(2012)」という。) においても同様に、その震源モデルにはfmax6Hz (Q値100f<sup>0.7</sup>) が用いられている。

⇒ 浜岡原子力発電所のプレート間地震の地震動評価においては、中央防災会議(2003b)及び内閣府(2012)により、歴史地震の震度分布との比較検討で妥当性が確認されている震源モデルに基づき、fmax6Hz (Q値100f<sup>0.7</sup>) を設定している。



<想定東海地震・東南海地震・南海地震における強震動の計算結果による震度分布>  
(中央防災会議(2003b)に「震源域」を加筆)



<過去の5地震の震度分布>  
(中央防災会議(2003b)に「過去5地震の震度分布の重ね合わせ(包絡形としての震度分布)」を加筆)

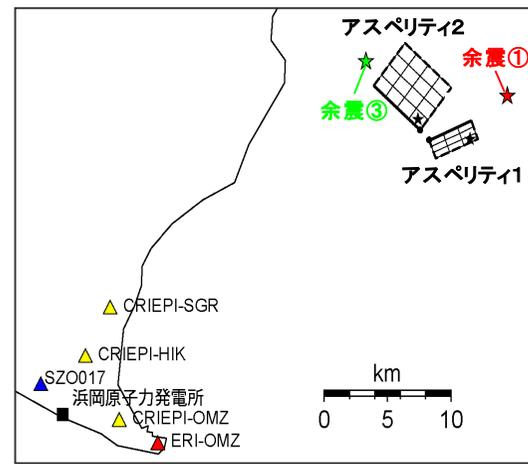
<3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について>

# 浜岡原子力発電所における海溝型地震（プレート間地震）のfmaxの設定

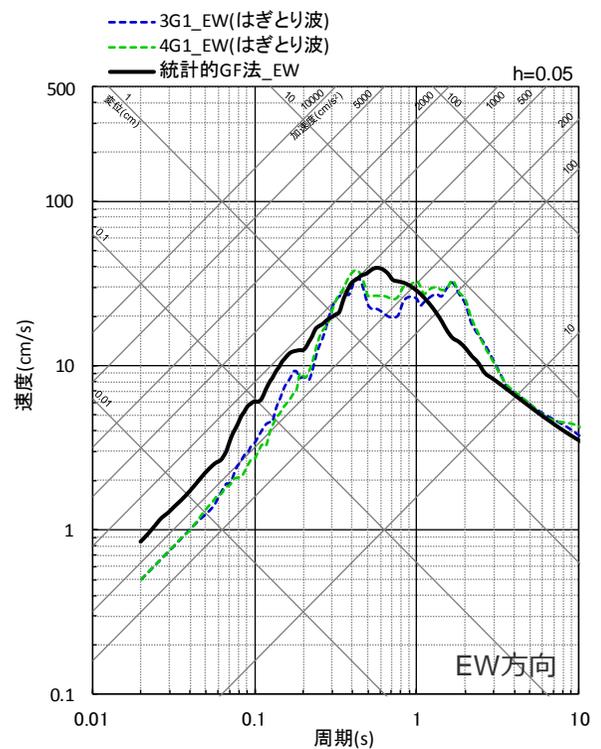
○浜岡原子力発電所では、2009年駿河湾の地震（本震）の特性化震源モデルに基づき、fmax6Hz（Q値100f<sup>0.7</sup>）を用いて、統計的グリーン関数法による観測シミュレーションを行い、観測記録を再現している。

⇒**浜岡原子力発電所の海洋プレート内地震の地震動評価においては、2009年駿河湾の地震（本震）における観測記録の再現シミュレーションに基づき、fmax6Hz（Q値100f<sup>0.7</sup>）を設定している。**

	面積	地震モーメント	応力降下量
アスペリティ1（南部）	13.0km <sup>2</sup>	6.80×10 <sup>17</sup> Nm	35.7MPa
アスペリティ2（北部）	23.0km <sup>2</sup>	1.20×10 <sup>18</sup> Nm	27.5MPa



<経験的グリーン関数法による  
2009年駿河湾の地震（本震）の特性化震源モデル>



<統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震（本震）の  
観測シミュレーション（応答スペクトル）>

<3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について>

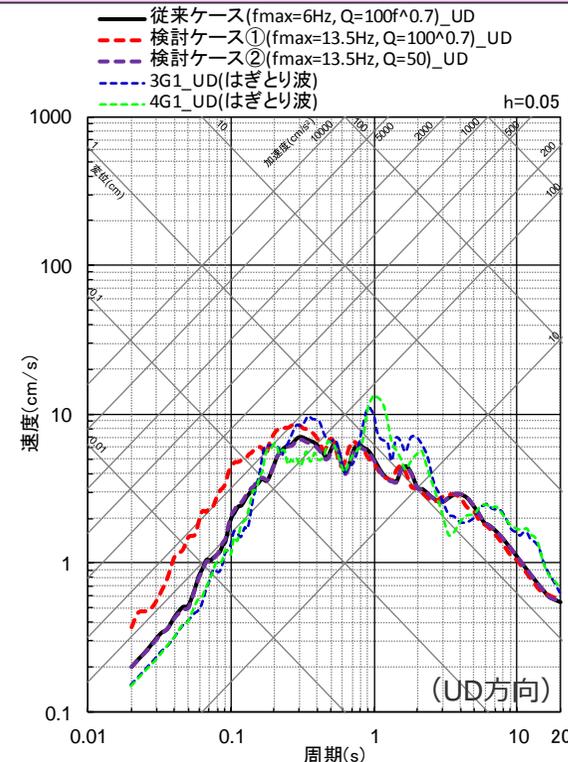
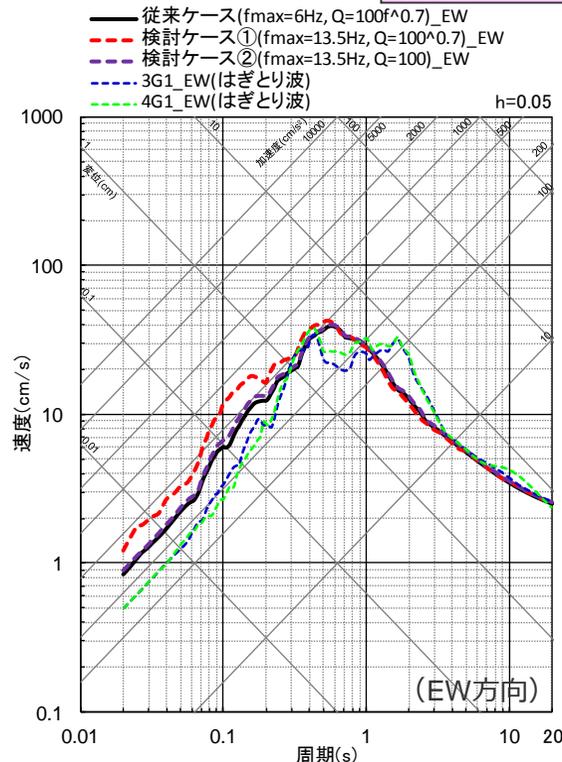
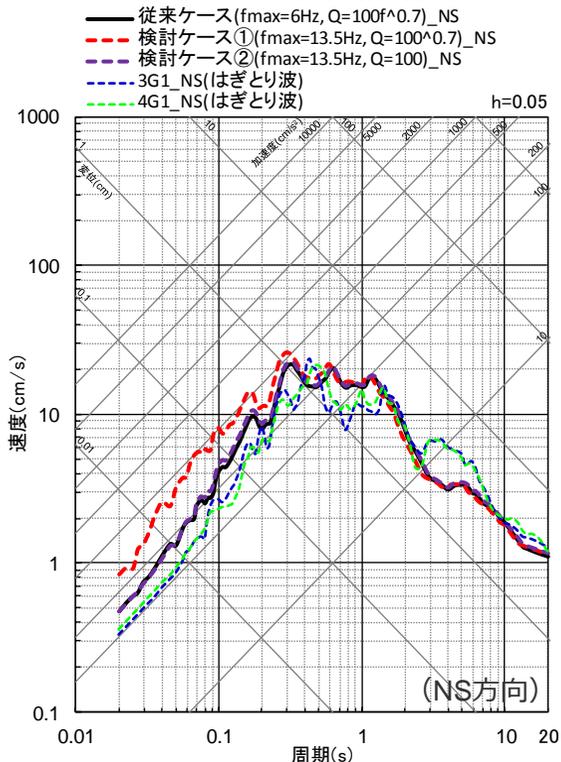
# fmaxとQ値の関係に関する検討

## (2009年駿河湾の地震 (本震) における観測記録の再現シミュレーション)

- 2009年駿河湾の地震 (本震) における観測記録の再現シミュレーションでは、前述のとおり、 $f_{max}=6\text{Hz}$ とQ値 ( $Q_s, Q_p$ ) =  $100f^{0.7}$ との組合せ (従来ケース) で観測記録を再現している。
  - $f_{max}$ とQ値がトレードオフの関係にあることから、 $f_{max}$ を13.5Hzとした場合に、**観測記録を再現可能なQ値を検討**する。
- ⇒ 従来のQ値で $f_{max}$ を13.5Hzとした検討ケース①では、観測記録と乖離 (過大評価) となるが、 **$Q_s=100, Q_p=50$ で $f_{max}$ を13.5Hzとした検討ケース②では、従来ケースのシミュレーション結果と同程度で、観測記録を再現**できることを確認した。

	従来ケース	検討ケース①	検討ケース②
観測記録の再現性	再現可能	乖離 (過大評価)	再現可能
fmax	6Hz	13.5Hz	13.5Hz
Q値	$Q_s, Q_p=100f^{0.7}$	$Q_s, Q_p=100f^{0.7}$	$Q_s=100, Q_p=50$

**fmaxとQ値はトレードオフの関係にあることから、従来ケースと同様、観測記録を再現可能な検討ケース②を対象に、プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価を行う。**



<fmaxとQ値の関係に関する検討 (統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の観測シミュレーション (応答スペクトル)) >

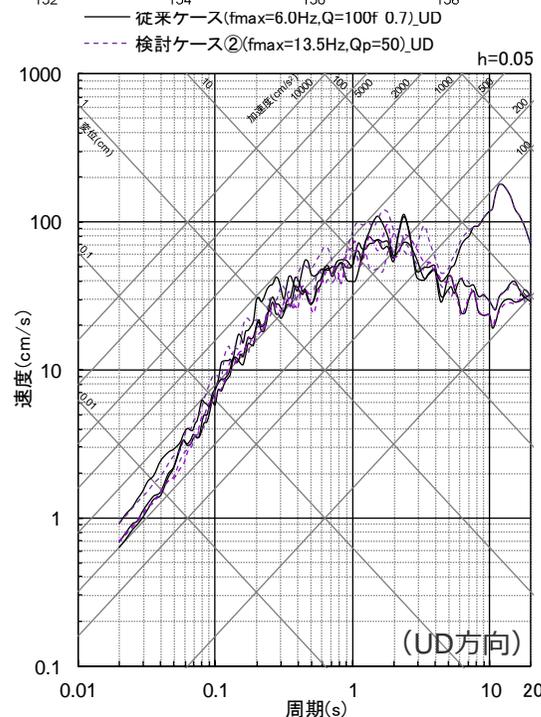
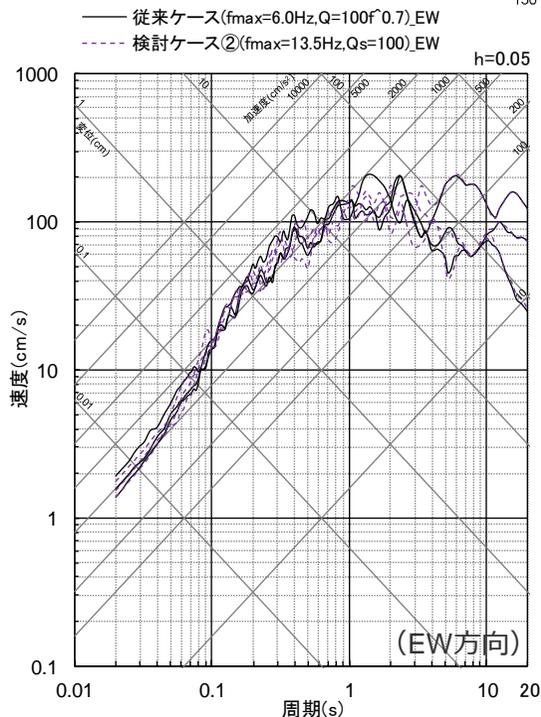
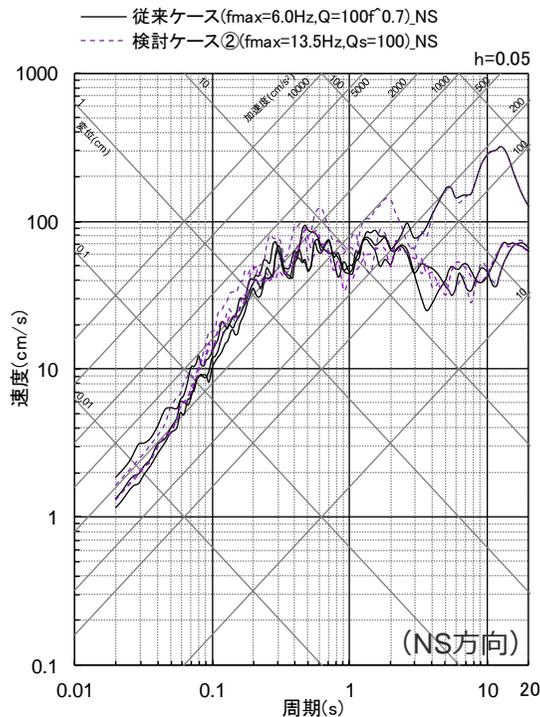
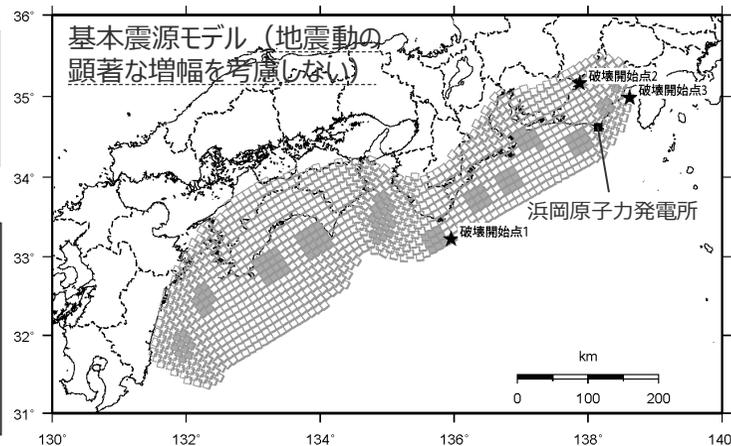
<3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について>

# fmaxとQ値の関係に関する検討

○観測記録を再現可能な検討ケース② (fmax=13.5Hz、Qs=100,Qp=50) を対象に、プレート間地震 (基本震源モデル) の地震動評価を行った結果、従来ケース (fmax=6Hz、Q値 (Qs,Qp) =100f<sup>0.7</sup>) と同程度になることを確認した。



○fmaxとQ値はトレードオフの関係にあり、セットで検討することが原則と考えられるが、観測記録とは乖離するものの、fmaxの影響検討として、fmax13.5Hzと従来のQ値を組み合わせた検討ケース① (fmax13.5Hz、Q値 (Qs,Qp) =100f<sup>0.7</sup>) を対象に、プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価を行う。

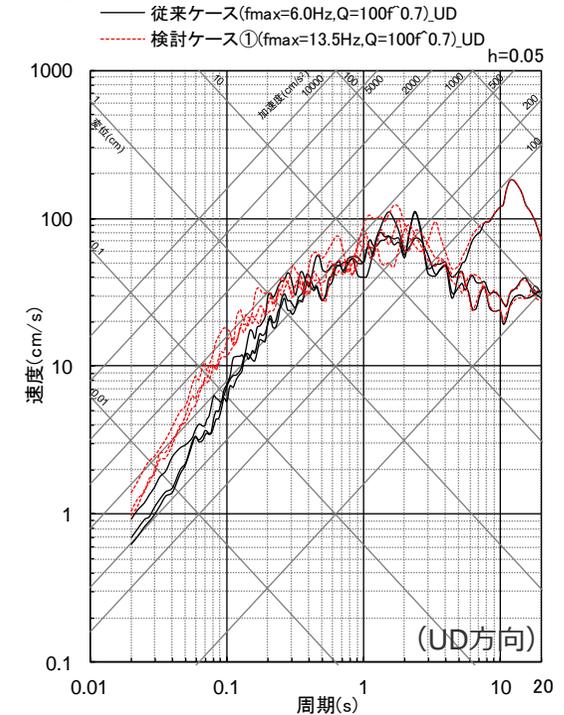
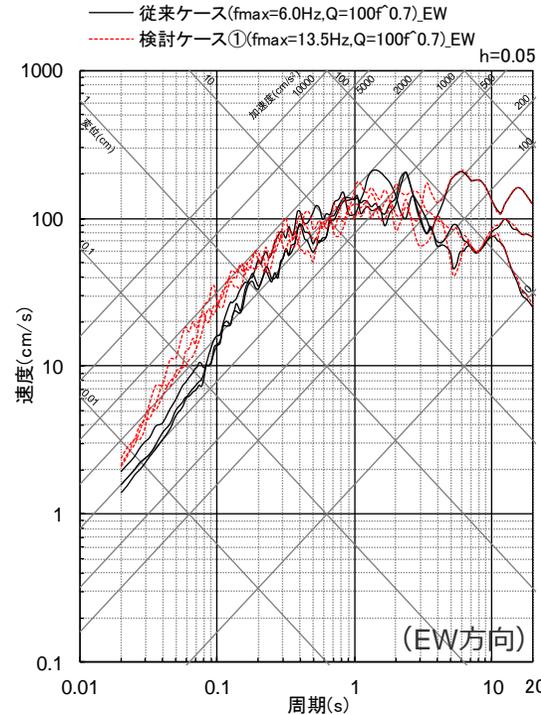
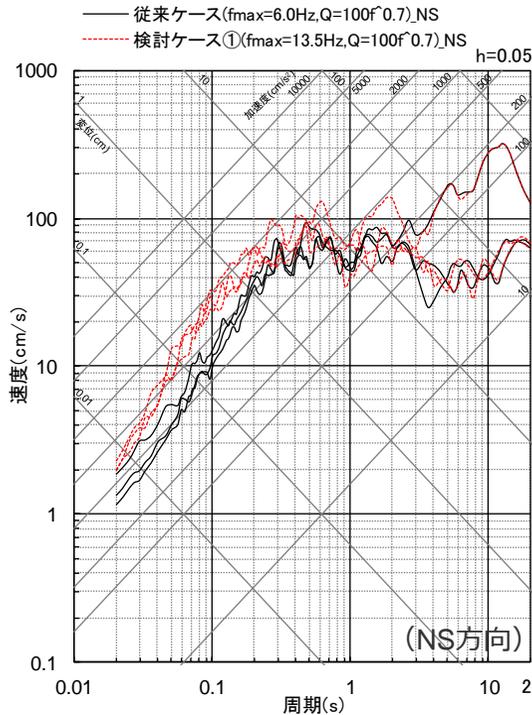
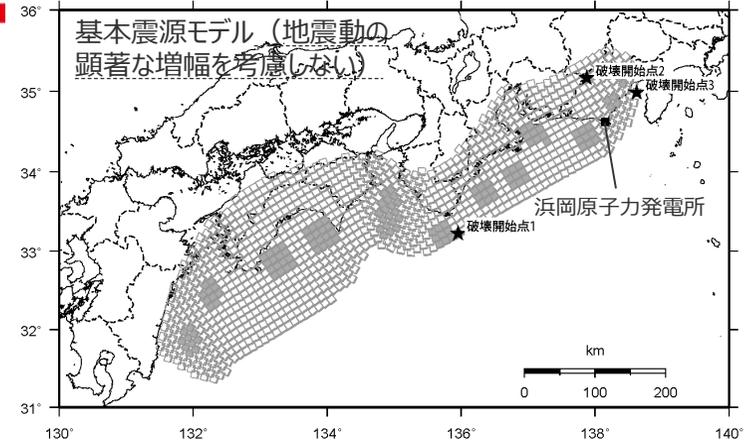


<プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価結果 (応答スペクトル)> (検討ケース② (fmax=13.5Hz、Qs=100,Qp=50))

<3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について>

# fmaxとQ値の関係に関する検討

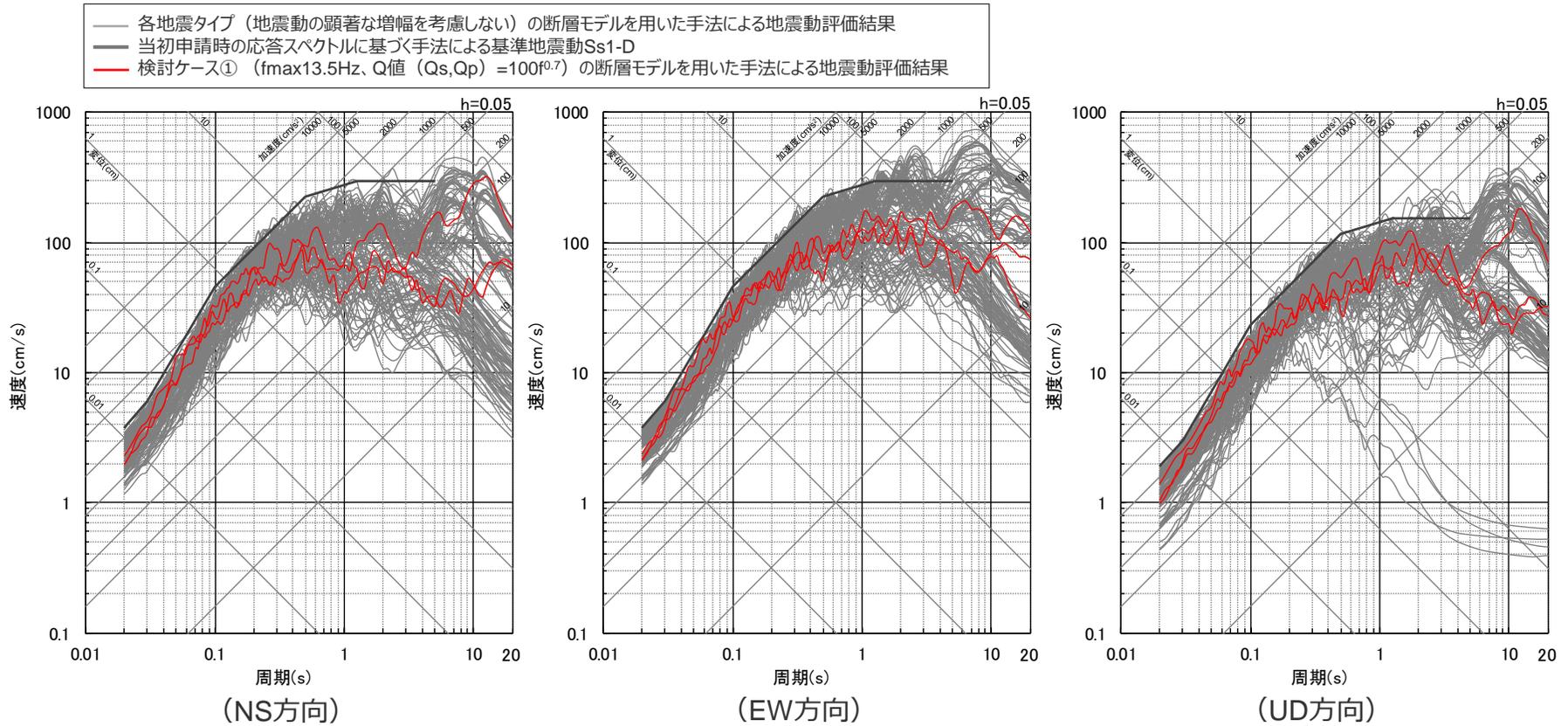
○fmaxの影響検討として、検討ケース① (fmax13.5Hz、Q値 (Qs,Qp) =100f<sup>0.7</sup>) を対象に、プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価を行った。



<プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価結果 (応答スペクトル)> (検討ケース① (fmax13.5Hz、Q値 (Qs,Qp) =100f<sup>0.7</sup>))

## fmaxとQ値の関係に関する検討

- 前述のfmaxの影響検討として提示した、観測記録とは乖離するもののfmax13.5Hzと従来のQ値を組み合わせた検討ケース①の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について、念のため、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として、「各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」と比較し、検討ケース①の応答スペクトルが「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」に包絡されることを確認した。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>

# 目次

---

- 1 これまでの審査会合で提示した検証・評価結果の誤り及び訂正について ……p.3~
- 2 第940回審査会合における海洋プレート内地震の地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）に係るコメントへの回答について ……p.28~
- 3 これまでの審査会合において今後更に説明するとしていた事項について ……p.84~
  - 3.1 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による適用範囲外の地震動評価結果について ……p.86~
  - 3.2 プレート間地震のfmaxの影響検討の地震動評価結果について ……p.95~
  - 3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について ……p.106~

## 過去の審査会合コメント及び回答概要一覧

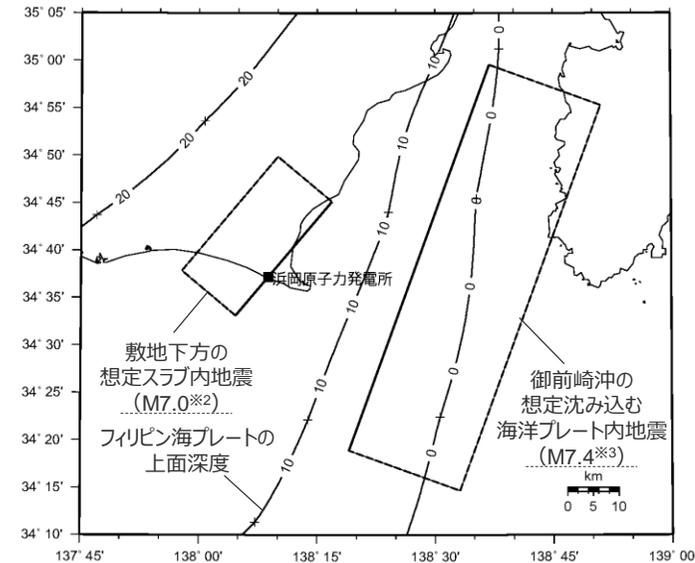
コメント	回答概要
<p><b>第253回審査会合コメント</b> 海洋プレート内地震の検討用地震について、沈み込む海洋プレート内地震と沈み込んだ海洋プレート内地震の応答スペクトルを比較して、沈み込んだ海洋プレート内地震を選定しているが、周期2秒以上の長周期では沈み込む海洋プレート内地震が大きくなっており、検討用地震として選定する必要がないか検討すること。</p>	<p><b>第318回審査会合での回答</b> 海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定において、周期2秒以上の長周期成分で「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の方が大きくなっている要因を分析し、敷地への影響の詳細を確認するため、断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施。</p> <p><b>今回説明</b> 上記の長周期地震動が卓越する「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」について、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動において、地震規模が大きく、より長周期地震動が卓越すると考えられる「プレート間地震の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」と比較し、その影響は「プレート間地震の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」で代表できることを確認。</p>

# 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

(海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の選定 (震源モデル) )

○沈み込んだ浅い海洋プレート内地震と沈み込む海洋プレート内地震の震源モデルをそれぞれ想定し、Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルの比較により、敷地への影響が大きいと考えられる地震を検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) として選定する。

- ・沈み込んだ浅い海洋プレート内地震  
⇒「敷地下方の想定スラブ内地震」
- ・沈み込む海洋プレート内地震  
⇒「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」



<断層位置>

<諸元>

	敷地下方の想定スラブ内地震 (沈み込んだ浅い海洋プレート内地震)	御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震 (沈み込む海洋プレート内地震)
断層位置	敷地下方※1	トラフ軸沿いの敷地に最も近い位置※1
地震規模	M7.0※2	M7.4※3
Noda et al.(2002)による 応答スペクトルの補正係数	4つの沈み込んだ海洋プレート内地震の観測記録 (2009年駿河湾の地震(本震)を含む)	2004年紀伊半島南東沖の地震(本震)の 観測記録

※1：海洋プレート内地震の断層位置を予め特定することは困難と考え、安全評価上、断層位置を敷地に近づけることを前提とする。

※2：フィリピン海プレート(領域1(南海トラフ沿い))で発生した沈み込んだ海洋プレート内地震の最大規模の他、当該プレートと特徴が類似した海洋プレートで発生した地震の最大規模や地震発生層の地域性を考慮した地震規模の想定を踏まえて、M7.0を用いる。

※3：フィリピン海プレート(領域1(南海トラフ沿い))で沈み込む海洋プレート内地震の最大の値にあたる2004年紀伊半島南東沖の地震(本震)のM7.4を用いる。

<3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について>

# 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

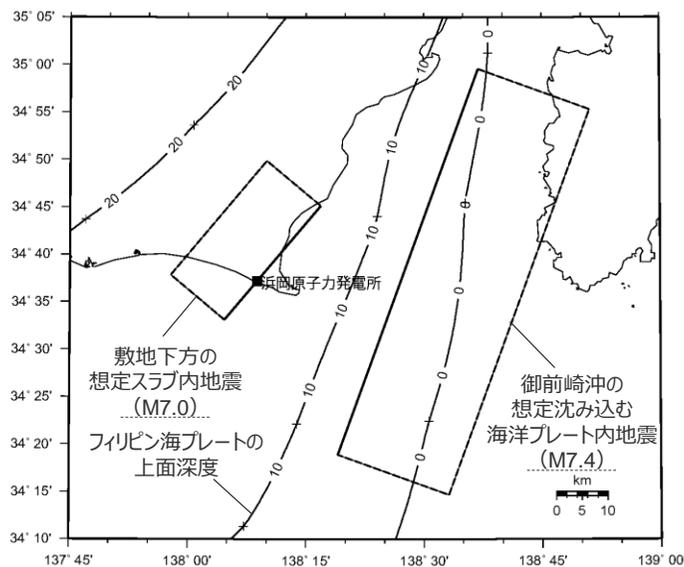
(海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の選定 (応答スペクトル) )

○沈み込んだ浅い海洋プレート内地震「敷地下方の想定スラブ内地震」と沈み込む海洋プレート内地震「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の震源モデルについて、Noda et al.(2002)の方法による地震動評価結果 (応答スペクトル) の比較により、施設の主要周期帯を含む周期 2 秒以下では「敷地下方の想定スラブ内地震」の方が大きい。

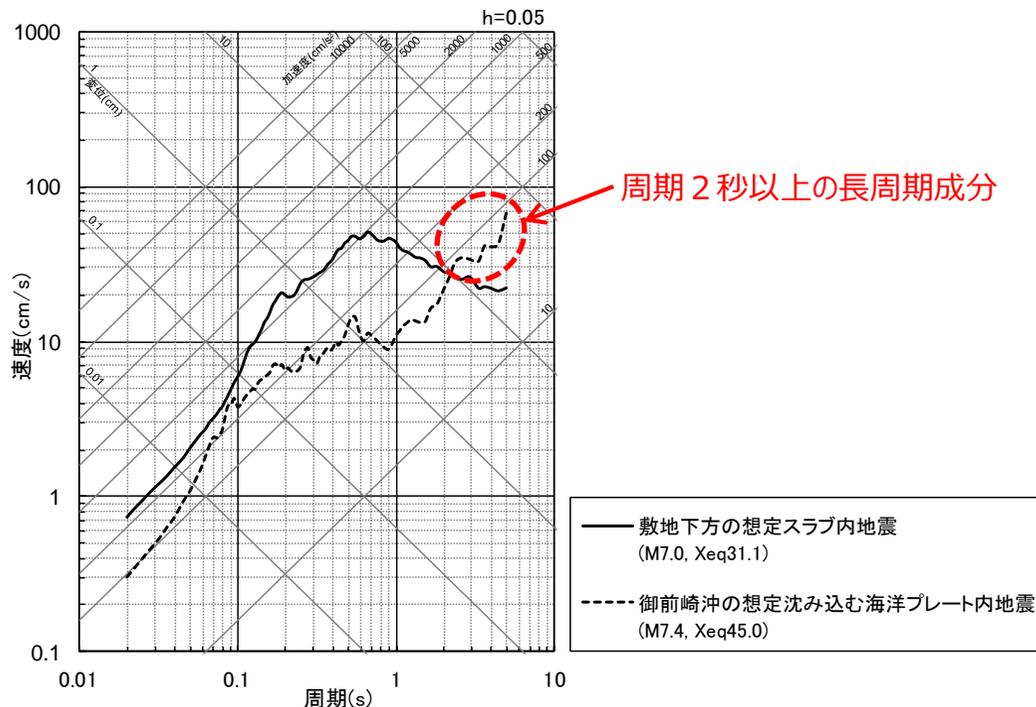
⇒「敷地下方の想定スラブ内地震」を検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) として選定する。



○以降では、周期 2 秒以上の長周期成分で「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の方が大きくなっている要因を分析し、敷地への影響の詳細を確認するため、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う。



<断層位置>



周期 2 秒以上の長周期成分

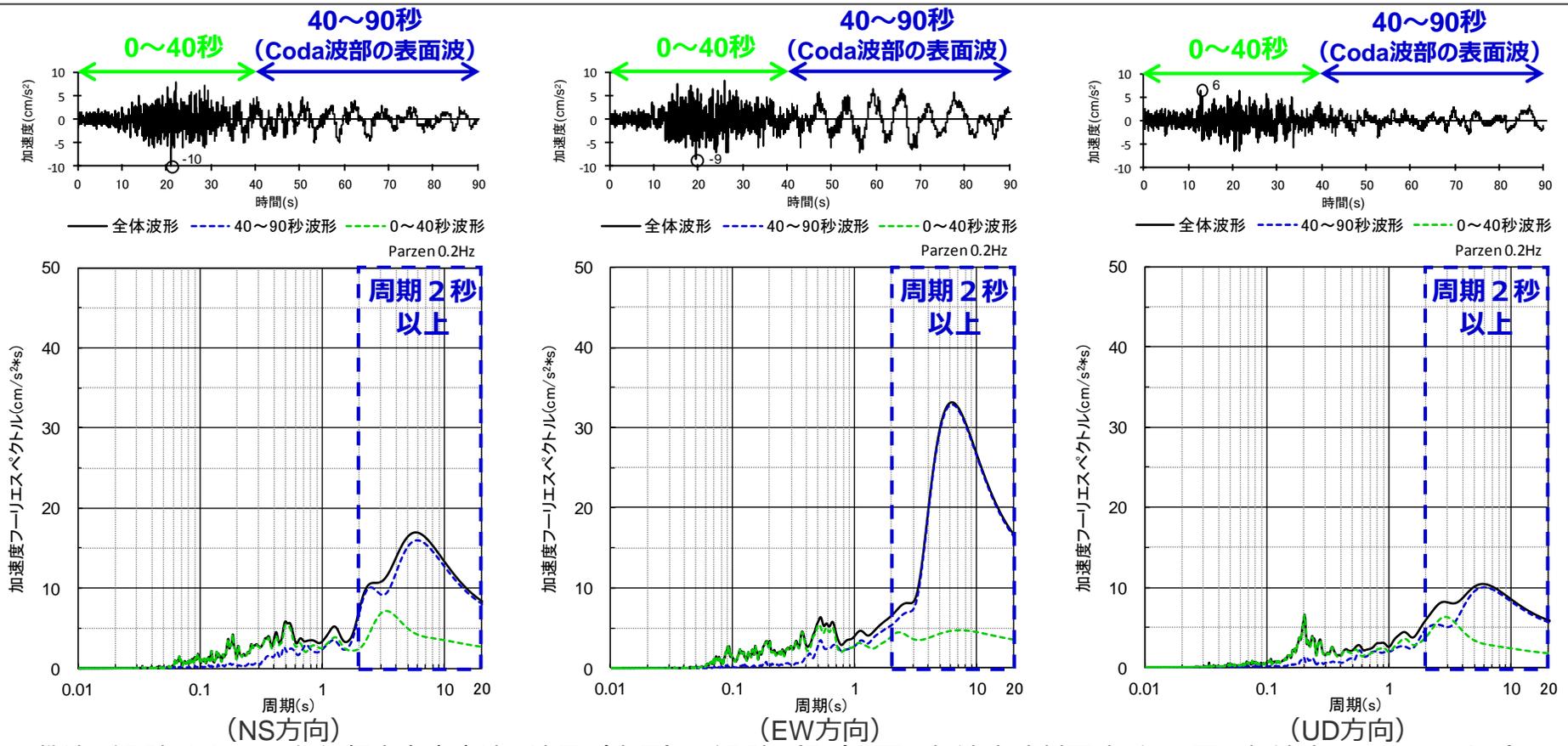
<Noda et al.(2002)の方法による地震動評価結果の比較>

<3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について>

# 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

(「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の分析 (2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の観測記録) )

- 海洋プレート内地震のNoda et al.(2002)の方法による地震動評価では、観測記録を用いて応答スペクトルを補正しており、「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」では、2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の観測記録を用いている。
- 敷地で観測された2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の加速度時刻歴波形では、40~90秒のCoda波部で表面波の卓越が見られる。これは、敷地から当該地震の震源まで200km程度離れており、実体波に比べ、表面波が減衰しにくい特性に起因していると考えられる。  
(実体波の幾何減衰:  $1/X$ 、表面波の幾何減衰:  $(1/X)^{0.5}$  (X: 距離))
- この表面波の影響によって、加速度フーリエスペクトルでは周期2秒以上の長周期成分が卓越している。



<敷地で観測された2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の観測記録 (上図: 加速度時刻歴波形、下図: 加速度フーリエスペクトル) >

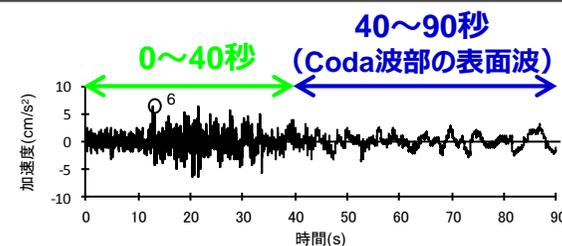
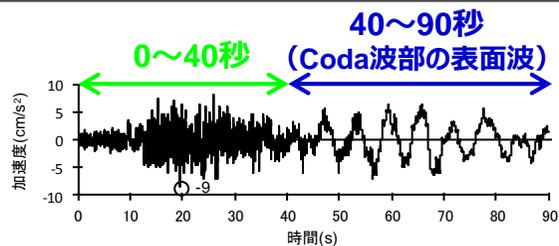
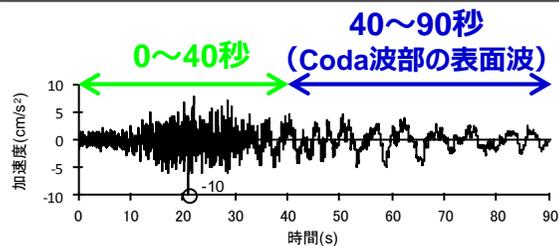
・観測記録は、PN基準。  
 ・下線 (.....) は、一部修正箇所を示す。 110

<3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について>

# 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

(「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の分析 (2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の観測記録) )

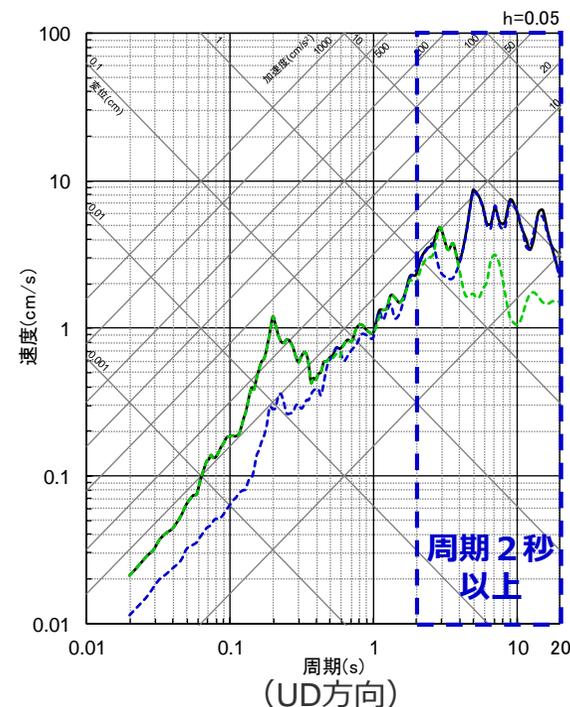
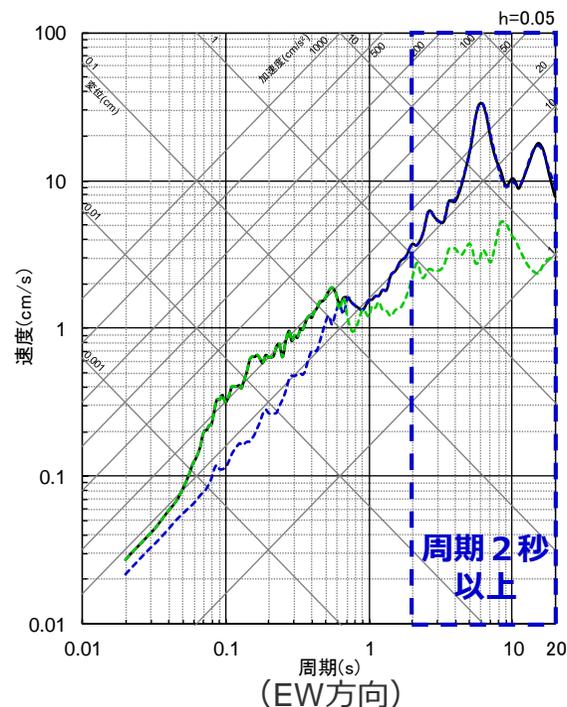
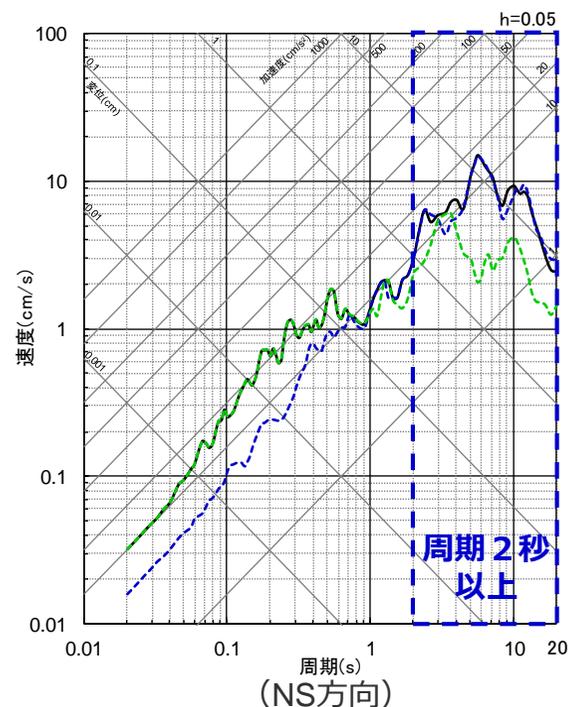
○2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の応答スペクトルにおいても、40~90秒のCoda波部における表面波の影響によって、周期2秒以上の長周期成分が卓越している。



— 全体波形 — 40~90秒波形 — 0~40秒波形

— 全体波形 — 40~90秒波形 — 0~40秒波形

— 全体波形 — 40~90秒波形 — 0~40秒波形



<敷地で観測された2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の観測記録 (上図: 加速度時刻歴波形、下図: 応答スペクトル) >

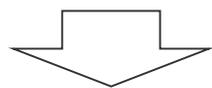
・観測記録は、PN基準。  
・下線 ( ) は、一部修正箇所を示す。 111

<3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について>

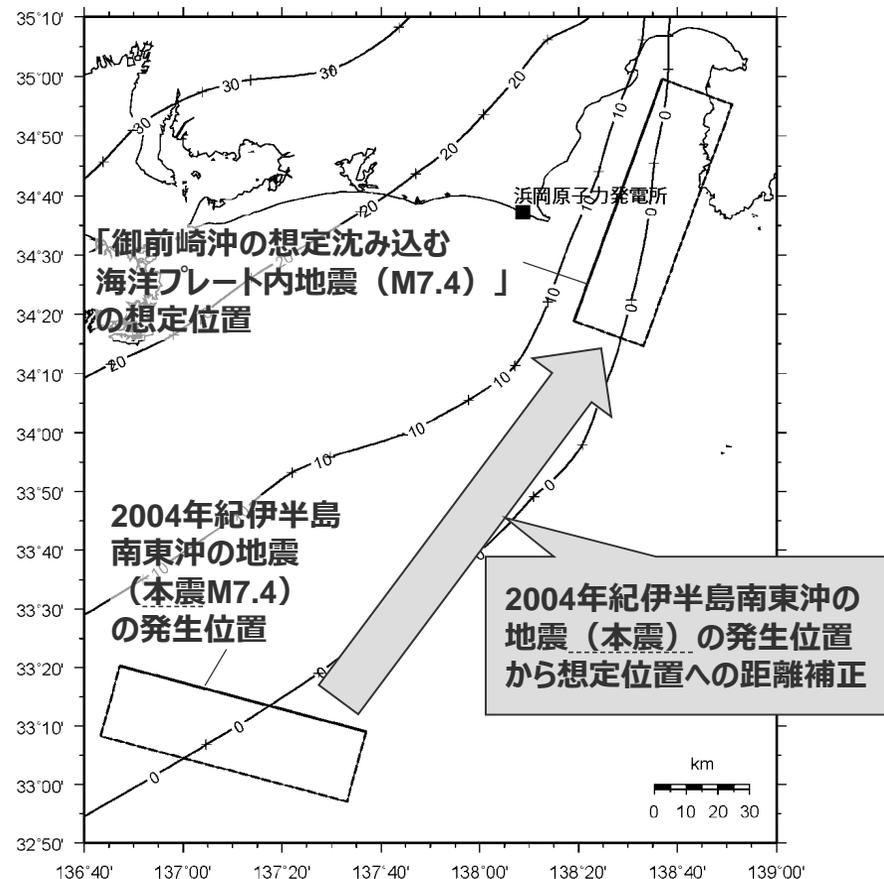
## 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

(「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の分析(2004年紀伊半島南東沖の地震(本震)の距離補正に係る考察))

- 前述のとおり、敷地からの距離が離れた2004年紀伊半島南東沖の地震(本震M7.4)の観測記録を用いて、トラフ軸沿いの敷地に最も近い位置に想定した「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震(M7.4)」の応答スペクトル(Noda et al.(2002)の方法による)を補正している。これは、2004年紀伊半島南東沖の地震(M7.4)の観測記録について、地震発生位置から想定位置への距離補正を行っていることに相当する。
- Noda et al.(2002)の方法は、地震規模 $M_j$ と等価震源距離 $X_{eq}$ を入力パラメータとする簡便法であり、上記距離補正における幾何減衰は、実体波の $1/X$ ( $X$ :距離)として考慮される。一方、前述の周期2秒以上の長周期成分は表面波による影響と考えられ、表面波の幾何減衰は $(1/X)^{0.5}$ で表されるため、実体波として距離補正を行うと、周期2秒以上の長周期成分が過大に評価されている可能性がある。



- 以降では、実体波や表面波等を評価可能な詳細法として、断層モデルを用いた手法による地震動評価(統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法)を行う。



<2004年紀伊半島南東沖の地震(本震)の距離補正のイメージ>

<3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について>

# 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

(断層モデルを用いた手法による地震動評価 (震源モデルの設定))

○「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震 (M7.4)」の震源モデルの設定に際して、震源特性には2004年紀伊半島南東沖地震 (本震) の震源特性を反映することとし、具体的には、同地震の短周期レベルと同程度である壇・他(2001)による $M_0 - A$ 関係、Park and Mori(2005)による地震モーメント及びすべり分布等を参考として、断層パラメータを設定する。

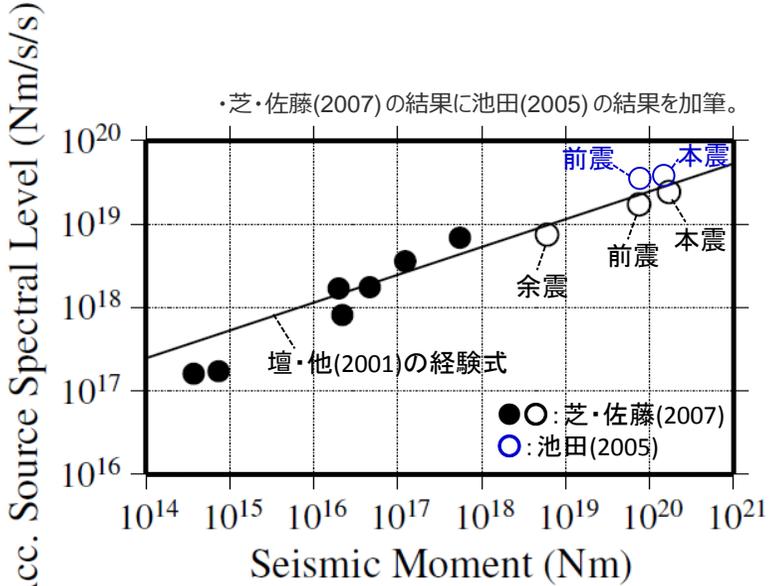
### 【震源パラメータ】

- 震源位置
  - ・安全評価上、トラフ軸沿いの敷地に最も近い位置に想定。断層上端深さは微小地震分布等に基づき、プレート境界面とする。
- 地震モーメント、断層の面積・長さ・幅・傾斜角
  - ・Park and Mori(2005)による。
- 破壊開始点
  - ・破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう設定。

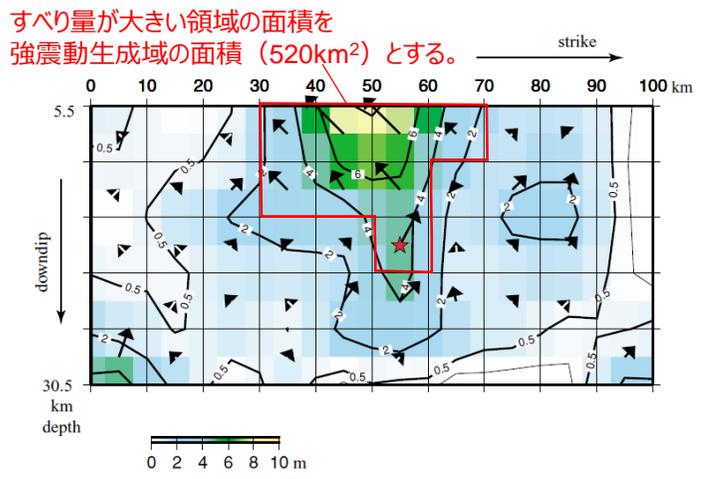
- 強震動生成域の数・位置
  - ・Park and Mori(2005)のすべり分布に基づき、強震動生成域の面積を設定し、数は1つとして、震源断層の上端に設定。
- 強震動生成域の応力降下量
  - ・壇・他(2001)による $M_0 - A$ 関係に基づき設定。

・Park and Mori(2005)に黒い四角を加筆。

Latitude	Longitude	Depth	Strike	Dip	Rake	Seismic moment	Mw
33.1403°	137.1637°	18 km	105°	40°	94°	$2.1 \times 10^{27}$ dyne · cm	7.5



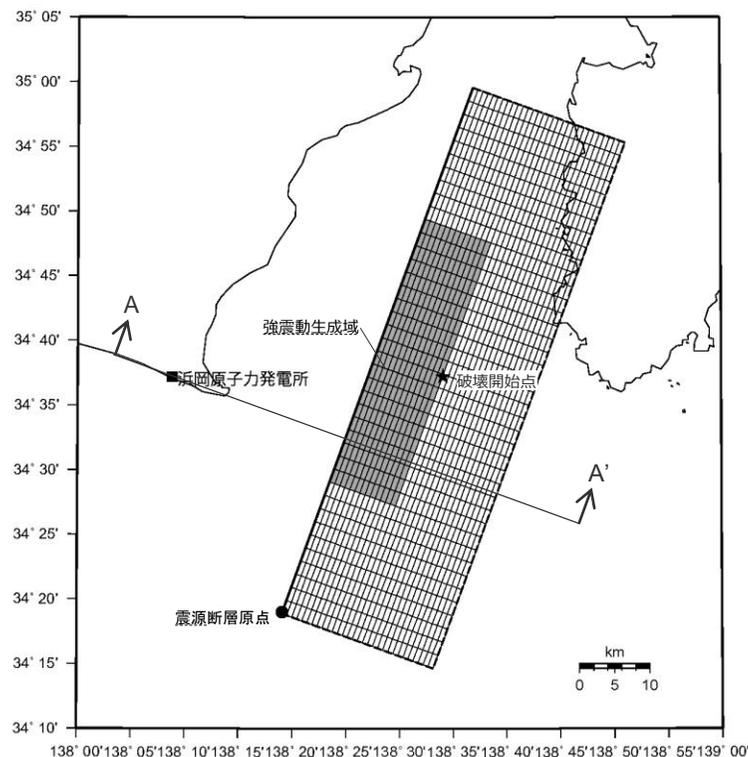
<2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の $M_0 - A$ 関係>



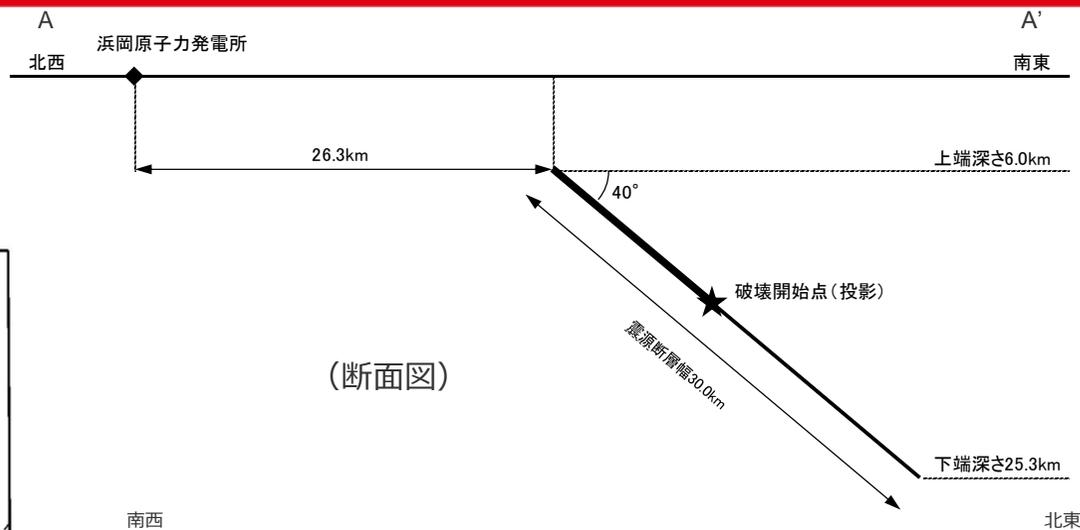
<2004年紀伊半島南東沖の地震 (本震) の震源インバージョン結果>  
(Park and Mori(2005)にすべり量が大きい領域を加筆)

<3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について>  
**沈み込む海洋プレート内地震の影響検討**

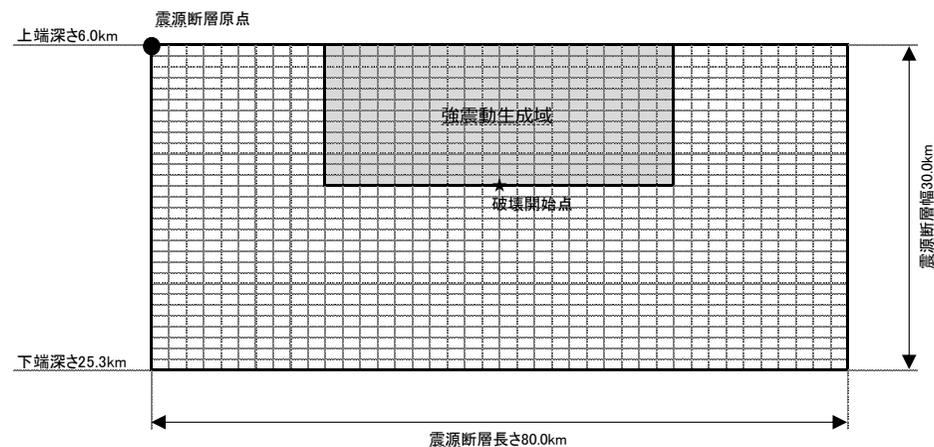
(断層モデルを用いた手法による地震動評価 (震源モデルの設定))



(地表面投影図)



(断面図)



(展開図)

<「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) >

# <3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について> 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

(断層モデルを用いた手法による地震動評価 (震源断層パラメータ) )

<「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) >

震源断層パラメータ	設定方法	設定結果
震源断層原点	トラフ軸沿いで敷地に近い位置に設定	北緯34.3150度 東経138.3176度
走向	Park and Mori(2005)による	20 °
傾斜角	Park and Mori(2005)による	40 °
すべり角	Park and Mori(2005)による	94 °
震源断層長さ	L:Park and Mori(2005)による	80.0 km
震源断層幅	W:Park and Mori(2005)による	30.0 km
震源断層面積	$S=L \times W$	2400.0 km <sup>2</sup>
等価半径	$R=(S/\pi)^{0.5}$	27.6 km
震源断層上端深さ	内閣府(2012)のプレート境界面の深さによる	6 km
地震モーメント	$M_0$ :Park and Mori(2005)による	2.10E+20 Nm
モーメントマグニチュード	$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$	7.5
気象庁マグニチュード	$M_j$ :2004年紀伊半島南東沖の地震(本震)	7.4
剛性率	$\mu=\rho\beta^2$ ( $\beta$ :3.54km/s, $\rho$ :2.76g/cm <sup>3</sup> (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	3.46E+10 N/m <sup>2</sup>
平均すべり量	$D=M_0/(\mu S)$	2.53 m
破壊伝播速度	$V_R=0.72\beta$ (Geller(1976))	2.55 km/s
短周期レベル	$A = 2.46 \cdot 10^{10} \cdot (M_0 \cdot 10^7)^{1/3}$ (壇・他(2001))	3.15E+19 Nm/s <sup>2</sup>
$f_{max}$	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz

震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
強震動生成域	等価半径	$r_{SMGA}=(S_{SMGA}/\pi)^{0.5}$	12.87 km
	地震モーメント	$M_{OSMGA}=\mu S_{SMGA} D_{SMGA}$	9.10E+19 Nm
	面積	$S_{SMGA}$ :Park and Mori(2005)による	520.0 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_{SMGA}=2D$	5.06 m
	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA}=A/(4\pi\beta^2)(\pi/S_{SMGA})^{0.5}$	15.55 MPa
背景領域	地震モーメント	$M_{QBACK}=M_0 \cdot M_{OSMGA}$	1.19E+20 Nm
	面積	$S_{BACK}=S - S_{SMGA}$	1880.0 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_{BACK}=M_{QBACK}/(\mu S_{BACK})$	1.83 m
	実効応力	$\sigma_{BACK}=(D_{BACK}/W_{BACK})(D_{SMGA}/W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA}$ ; $W_{SMGA}=1.0 \times 13$ , $W_{BACK}=W$	2.44 MPa

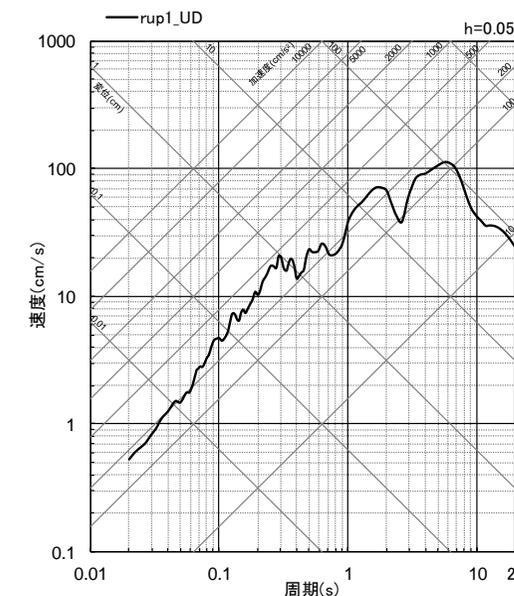
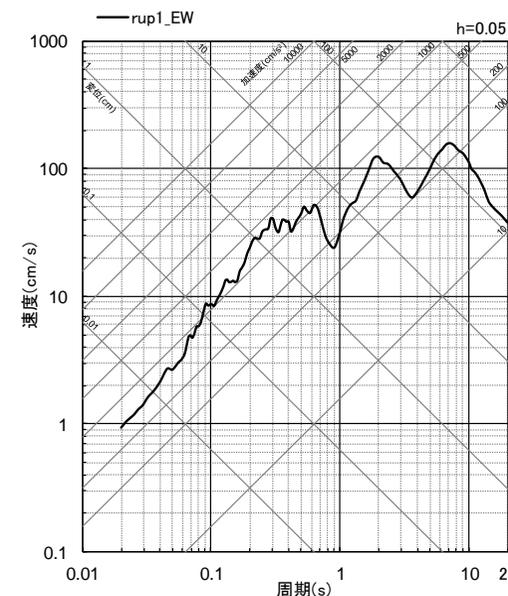
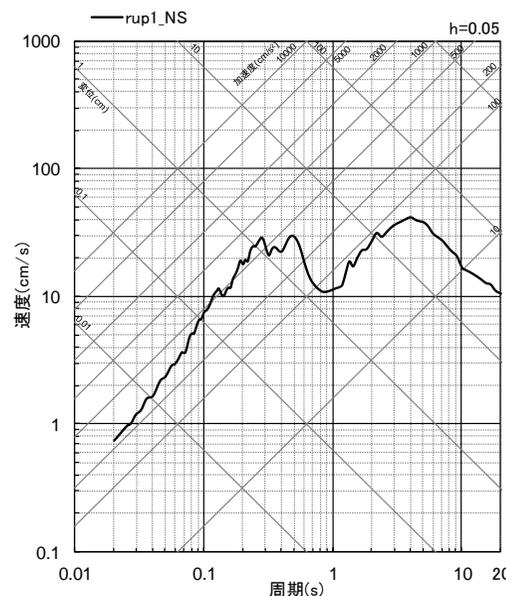
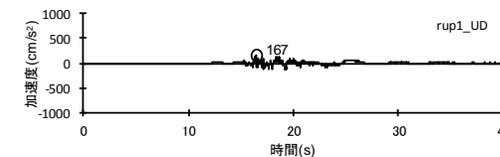
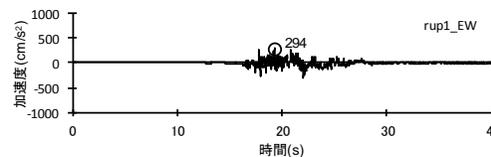
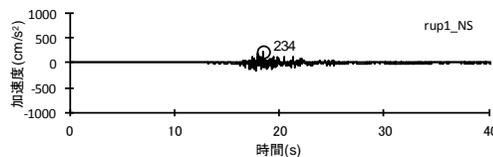
・強震動生成域の短周期レベルは、壇・他(2001)による関係式 ( $A=4\pi r_{SMGA} \Delta\sigma_{SMGA} \beta^2$ ) に基づく。

# 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

(断層モデルを用いた手法による地震動評価 (地震動評価結果) )

○「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」について、断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施。

○長周期地震動が卓越する「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」について、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動において、地震規模が大きく、より長周期地震動が卓越すると考えられる「プレート間地震の各震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」と比較した。



(NS方向) (EW方向) (UD方向)  
 <断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (上図：加速度時刻歴波形、下図：応答スペクトル) >  
 (御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震)

・接続周期は0.67秒 (遷移周期帯：0.56~0.83秒)。

<3.3 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について>

# 沈み込む海洋プレート内地震の影響検討

(プレート間地震の地震動評価)

## 基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)

○内閣府(2012)により南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定された強震断層モデル(内閣府モデル(最大クラスの地震))に基づき、破壊開始点を新たに追加して、基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)(南海トラフ最大クラス地震モデル(基本ケース))を設定する。

**基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)に予め考慮した不確かさ**  
**(①地震規模(Mw9.0)+②強震動生成域の応力降下量+③破壊開始点)**

## 影響確認モデル

○分岐断層の地震時挙動に関する検討から、プレート境界浅部及び分岐断層による強震動励起は小さいことを考慮して、プレート境界面の破壊に伴い、受動的にプレート境界浅部や分岐断層が破壊するケースとして、基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)に対し、プレート境界浅部及び分岐断層を付加した影響確認モデルを設定し、プレート境界浅部や分岐断層が強震動励起に及ぼす影響が小さいことを確認<sup>※1</sup>。

二  
同じ  
地震動  
レベル

※1 補足説明資料④-12参照

## 不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) (不確かさの考慮におけるベースモデル)

### 【強震動生成域の位置の不確かさの考慮】

- 敷地下方に強震動生成域を設定した以下のケースを考慮する。
  - ・南海トラフ最大クラス地震モデル(直下ケース①)
  - ・南海トラフ最大クラス地震モデル(直下ケース②)

**基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)**  
**+不確かさ④(強震動生成域の位置)**

## 不確かさの組合せを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)

### 【強震動生成域の位置と地震規模の不確かさの組合せの考慮】

- 震源域を浅部へ拡大し、すべり量を大きくすることで、地震規模をMw9.1としたケースを考慮する。

### 【強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せの考慮】

- プレート間地震の震源断層の破壊に伴い、受動的に分岐断層が破壊し、分岐断層が強震動を発生させると想定したケースを考慮する。

### 【強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさの組合せの考慮】

- プレート間地震の震源断層の破壊が、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層に伝播するケースを考慮する。

**基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)**  
**+不確かさ④(強震動生成域の位置)**  
**+不確かさ⑤(地震規模(Mw9.1))**

※2 強震動予測レシビ(2020)を参考に強震動生成域(アスペリティ)を有するモデルとして、強震動励起特性が内陸地殻内地震と同程度になるよう震源モデルを設定する。

※3 内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層(御前崎海脚西部の断層帯、A-17断層)の震源モデル及び震源断層パラメータは、内陸地殻内地震の地震動評価において各不確かさを考慮していることを踏まえ、保守的な評価となるよう、不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない(御前崎海脚西部の断層帯による地震)及び不確かさの組合せを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)(A-17断層による地震))を用いる。



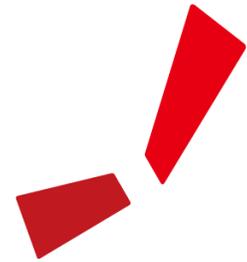
# 参考文献

---

- ・参考文献は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について（本資料）参照。

---

余白



中部電力