

# 東海第二発電所 地下構造評価について

平成27年11月6日  
日本原子力発電株式会社

## コメント一覧(地下構造評価)

No.	日付	回次	コメント内容	回答	頁
1	平成27年 5月29日	第232回 審査会合	解析的検討において,二次元FEMモデルの要素サイズを細かくするとともに,表層の影響も含めて敷地内の地下構造が水平成層とみなせることを説明すること。	本資料で 一部説明	143
2	平成27年 5月29日	第232回 審査会合	発電所直下の地盤モデルについて説明すること。	本資料で 説明	173
3	平成27年 5月29日	第232回 審査会合	吉田ほか(2005)を参考に,浅部の地盤構造による解放基盤表面での地震動への影響について検討すること。	本資料で 説明	183

# 目 次

---

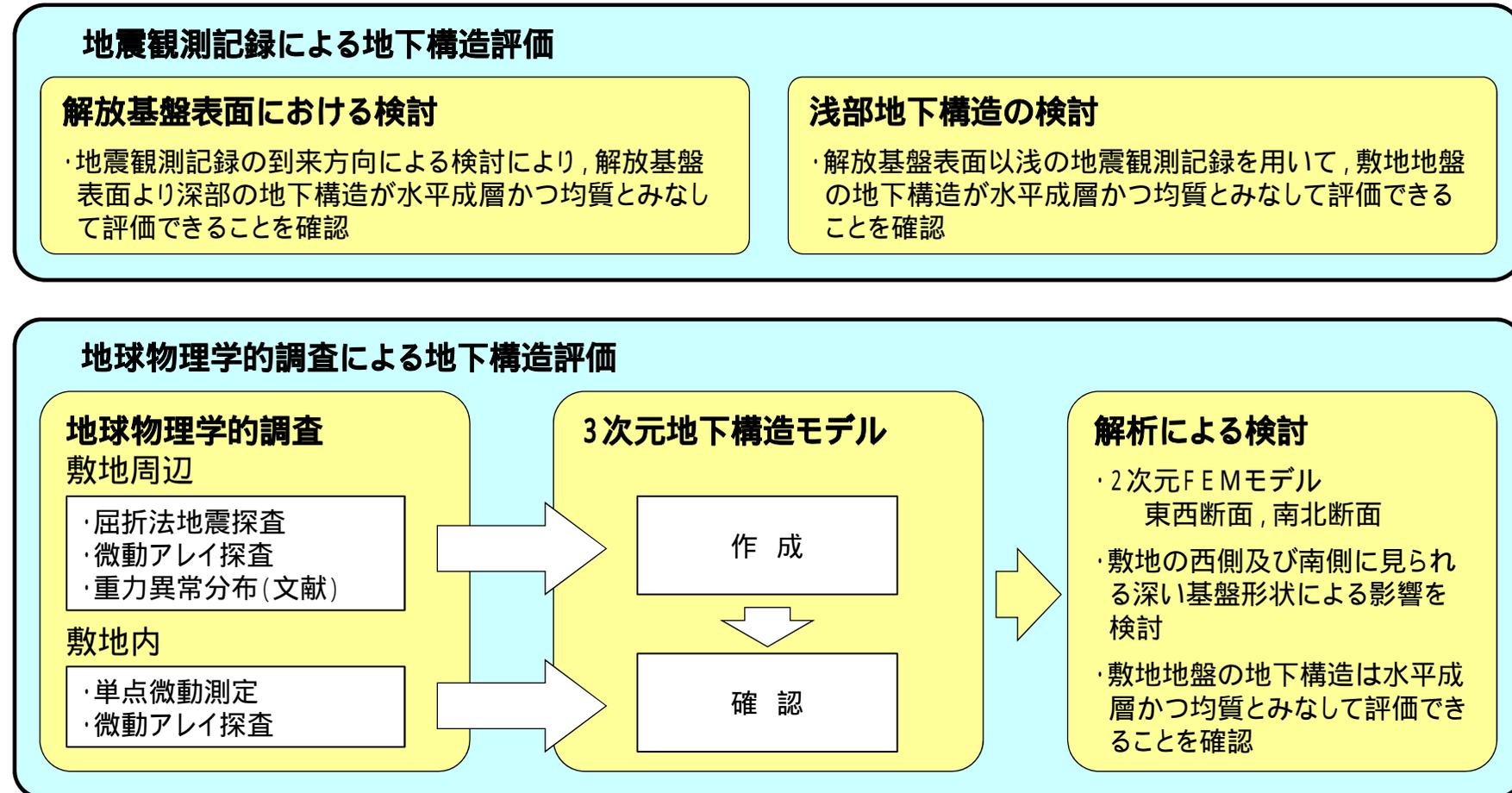
1. 地下構造評価の方針	.....	4
2. 解放基盤表面の設定について	.....	6
3. 地震観測記録による地下構造評価		
3.1 地震観測状況	.....	15
3.2 解放基盤表面における検討	.....	18
3.3 浅部地下構造の検討	.....	33
4. 地球物理学的調査による地下構造評価		
4.1 地球物理学的調査について	.....	49
4.2 解析による検討		
4.2.1 広域地盤モデルによる深部地下構造の検討	.....	86
4.2.2 要素サイズによる地震動への影響について	.....	143
5. 敷地の地盤モデル		
5.1 地盤モデルの設定について	.....	173
5.2 地盤モデルによる振動特性の検討	.....	183
6. 参考文献	.....	189
7. 補足説明資料	.....	190

---

# 1. 地下構造評価の方針

# 1. 地下構造評価の方針

東海第二発電所の地下構造が水平成層かつ均質であることを確認するため、地震観測記録と地球物理学的調査を組合せ、地震基盤の位置や形状、地震波速度構造等の調査・解析を実施した。



なお、東海第二発電所の地震動評価においては、地震観測記録を用いた経験的グリーン関数法を用いている。

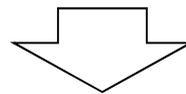
---

## 2. 解放基盤表面の設定について

2. 解放基盤表面の設定について  
**解放基盤表面設定の概要**

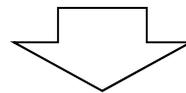
「**实用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈**」  
(原子力規制委員会，平成26年7月9日改正)

基準地震動を策定するために，基盤面上の表層及び構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって，著しい高低差がなく，ほぼ水平で相当な拡がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう上記の「基盤」とは，おおむねせん断波速度 $V_s = 700\text{m/s}$ 以上の硬質地盤であって，著しい風化を受けていないものとする。



**東海第二発電所の基礎地盤の特徴**

- 新第三系鮮新統の砂質泥岩である久米層が広く分布する。
- 久米層の速度構造はおおむね水平である。
- E.L.-370m程度で $V_s = 700\text{m/s}$ 以上となる。
- 久米層は新鮮であり，著しい風化は見られない。

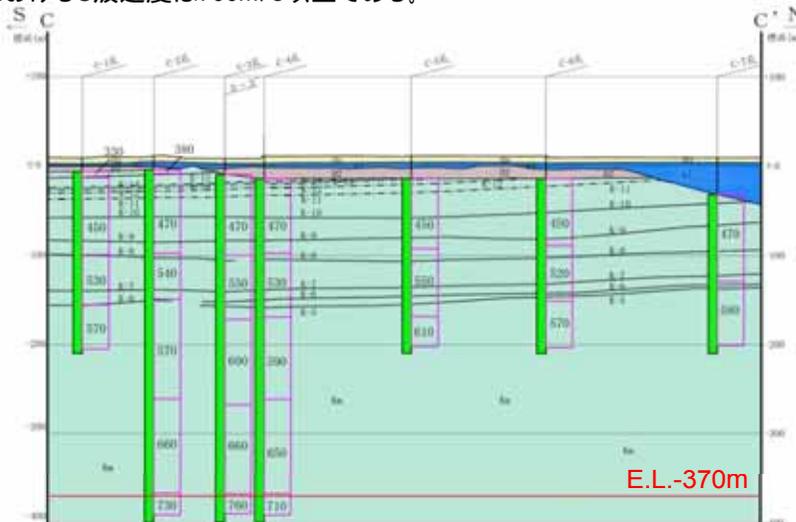
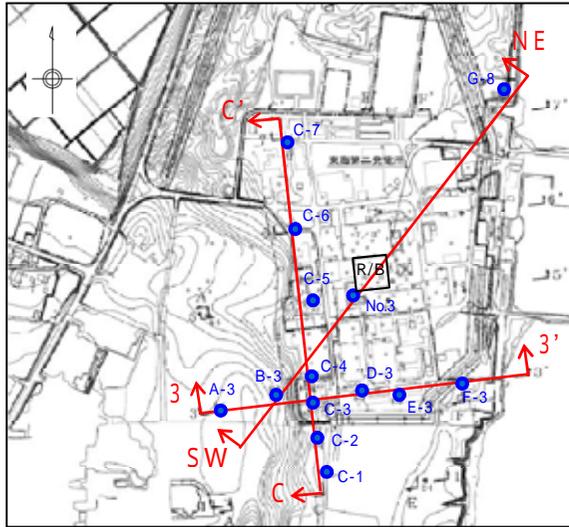


**解放基盤表面の位置はE.L.-370mとする。**

2. 解放基盤表面の設定について

# 久米層の分布, 風化区分および速度構造(PS検層(板たたき法)結果)

- ボーリング調査の結果, 原子炉建屋等の基礎地盤を成す新第三系鮮新統である久米層(砂質泥岩)は, 敷地全体において著しい高低差がなく, ほぼ水平で相当な広がりを持って分布している。
- 久米層は一部の孔の上面付近で風化が認められたものの, ほとんどの深度において新鮮であり, 著しい風化は認められない。
- PS検層(板たたき法)の結果, E.L.-370m以深におけるS波速度は700m/s以上である。

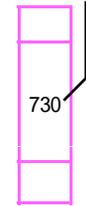


C - C 断面

久米層の風化区分

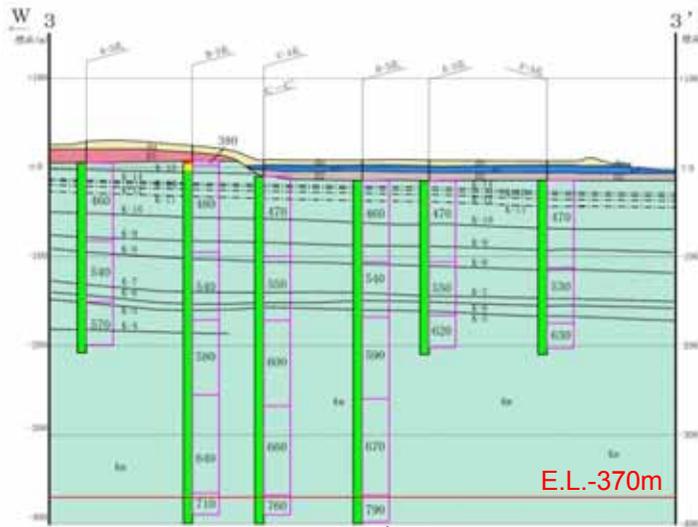
凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	弱風化	所々風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの

PS検層  
(板たたき法)  
によるS波速度  
(m/s)

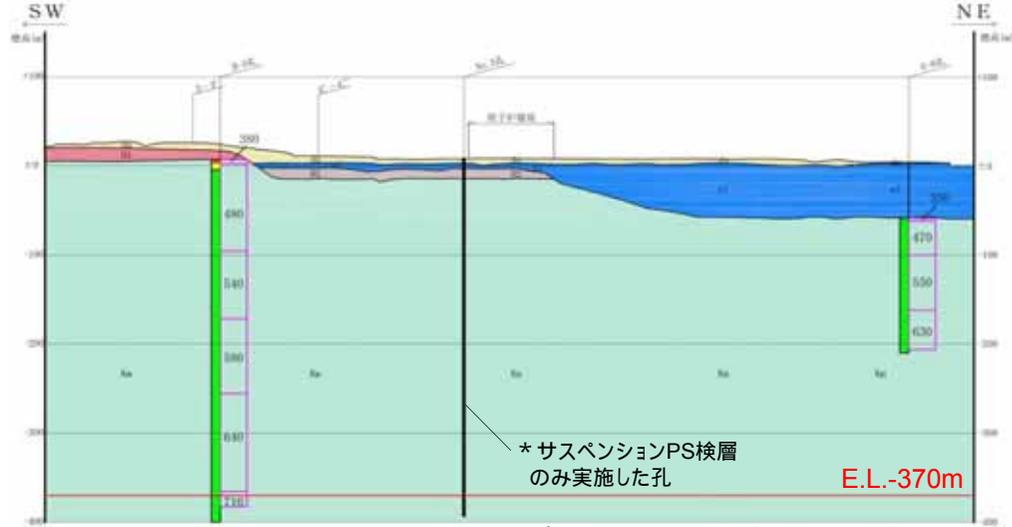


地質凡例

■	砂丘砂層
■	沖積層
■	段丘堆積物
■	段丘堆積物
■	久米層
- - -	鍵層(軽石質凝灰岩)
—	鍵層(細粒凝灰岩)
—	地層境界



3 - 3 断面



SW - NE 断面

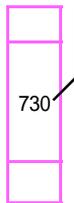


2. 解放基盤表面の設定について

# 久米層の速度構造 - サスペンションPS検層結果(1/3)

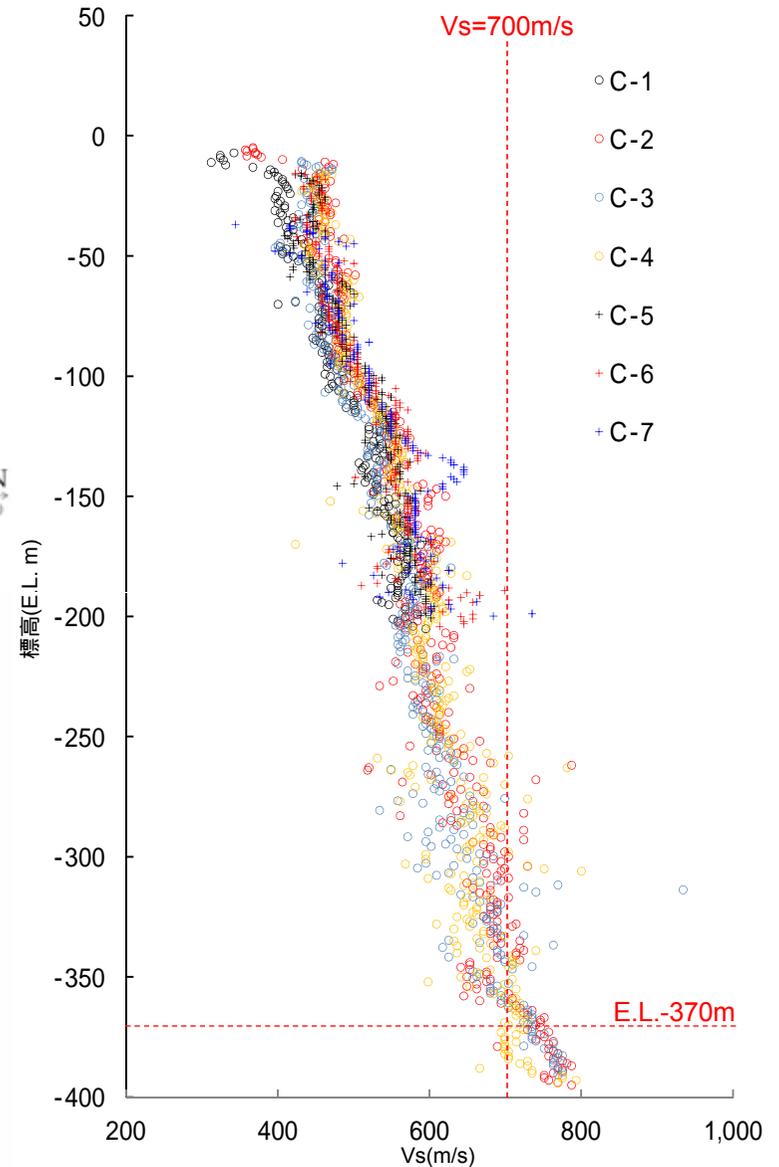
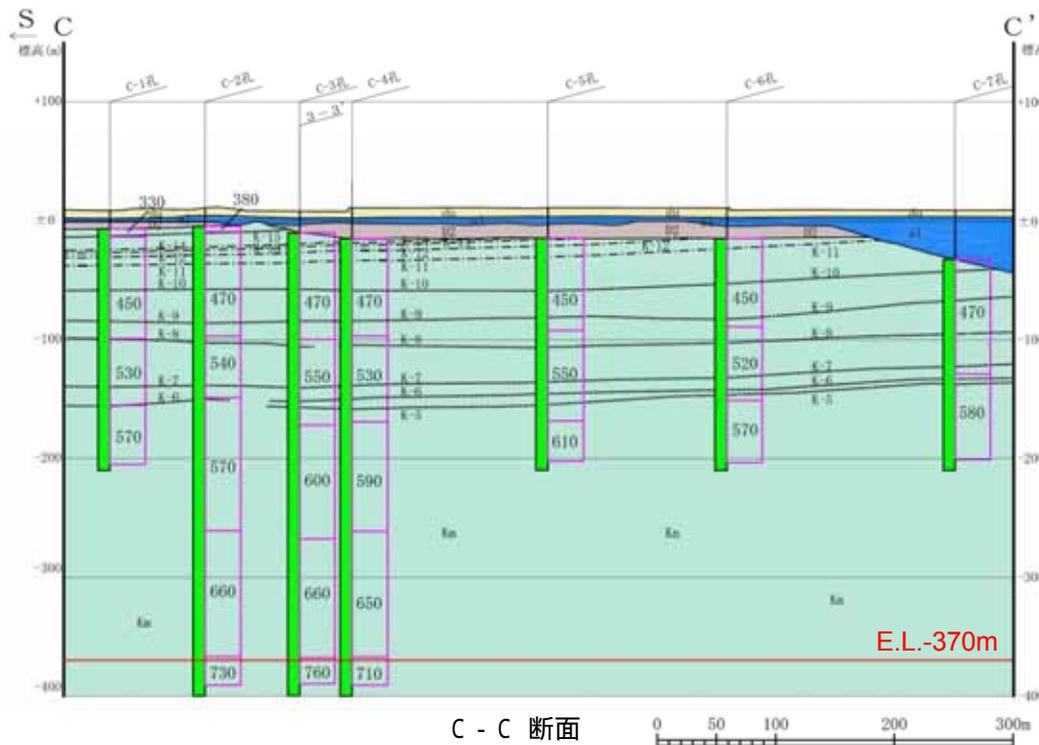
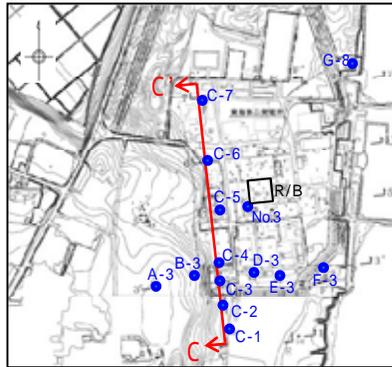
- 敷地内で実施したサスペンションPS検層結果を併せて右に示す。E.L.-370m以深におけるS波速度はおおむね700m/s以上である。

PS検層  
(板たたき法)  
によるS波速度  
(m/s)



久米層の風化区分

凡例	風化区分	判定基準
■ (Red)	風化	風化により褐色化しているもの
■ (Yellow)	弱風化	所々風化により褐色化しているもの
■ (Green)	新鮮	風化が認められないもの

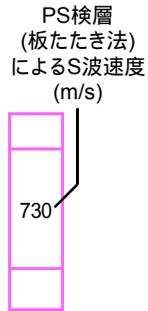


サスペンションPS検層によるS波速度と標高の関係

2. 解放基盤表面の設定について

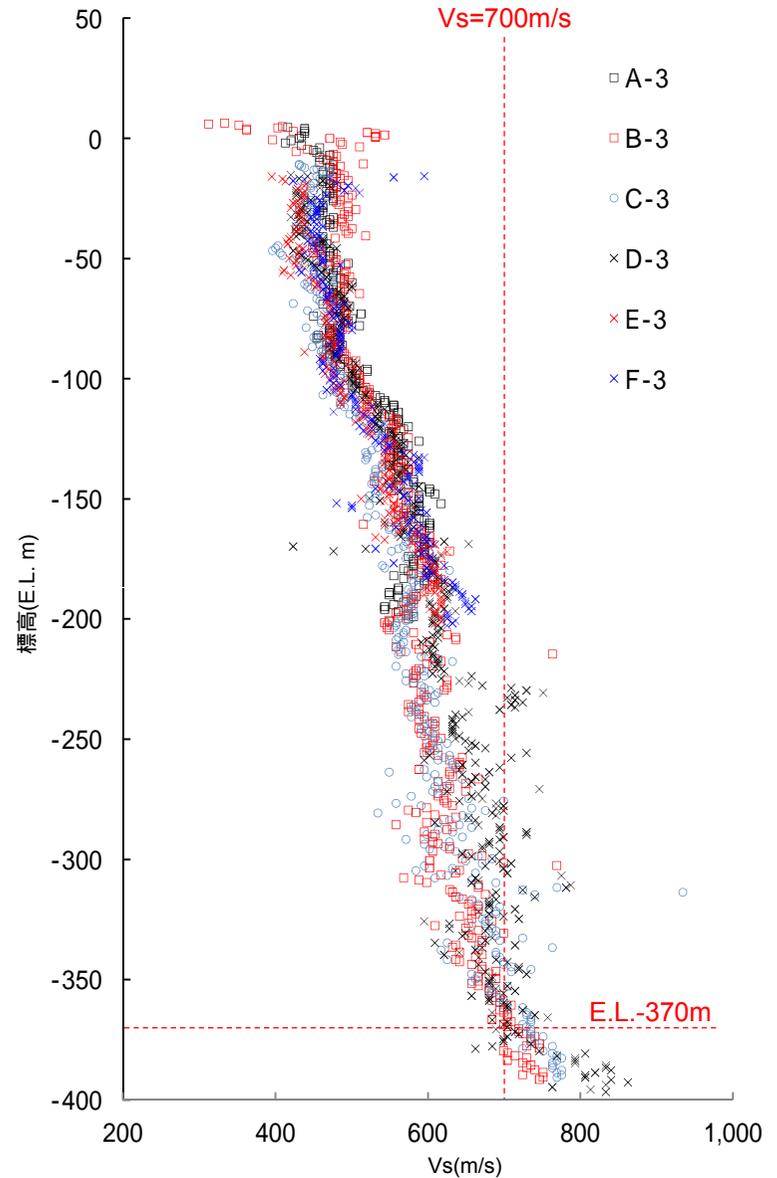
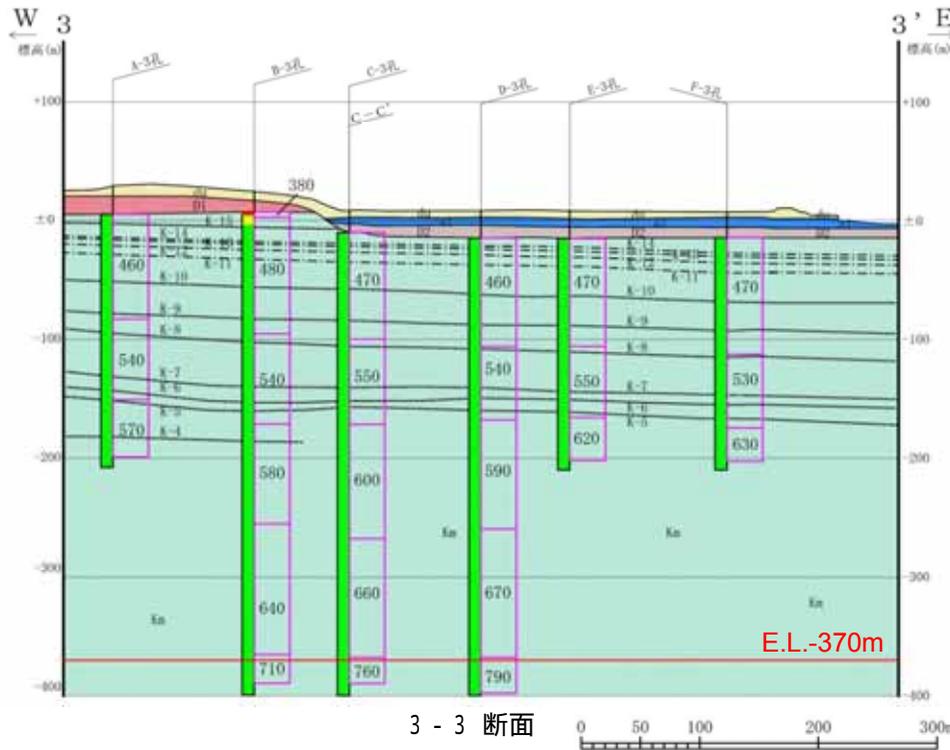
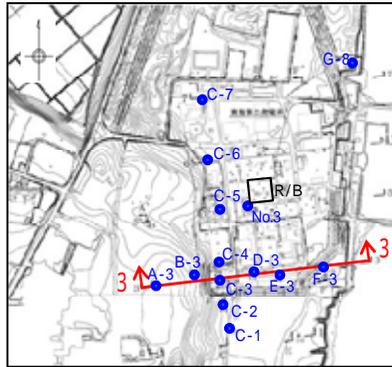
# 久米層の速度構造 - サスペンションPS検層結果(2 / 3)

- E.L.-370m以深におけるS波速度はおおむね700m/s以上である。



久米層の風化区分

凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	弱風化	所々風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの



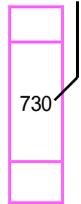
サスペンションPS検層によるS波速度と標高の関係

2. 解放基盤表面の設定について

# 久米層の速度構造 - サスペンションPS検層結果 (3 / 3)

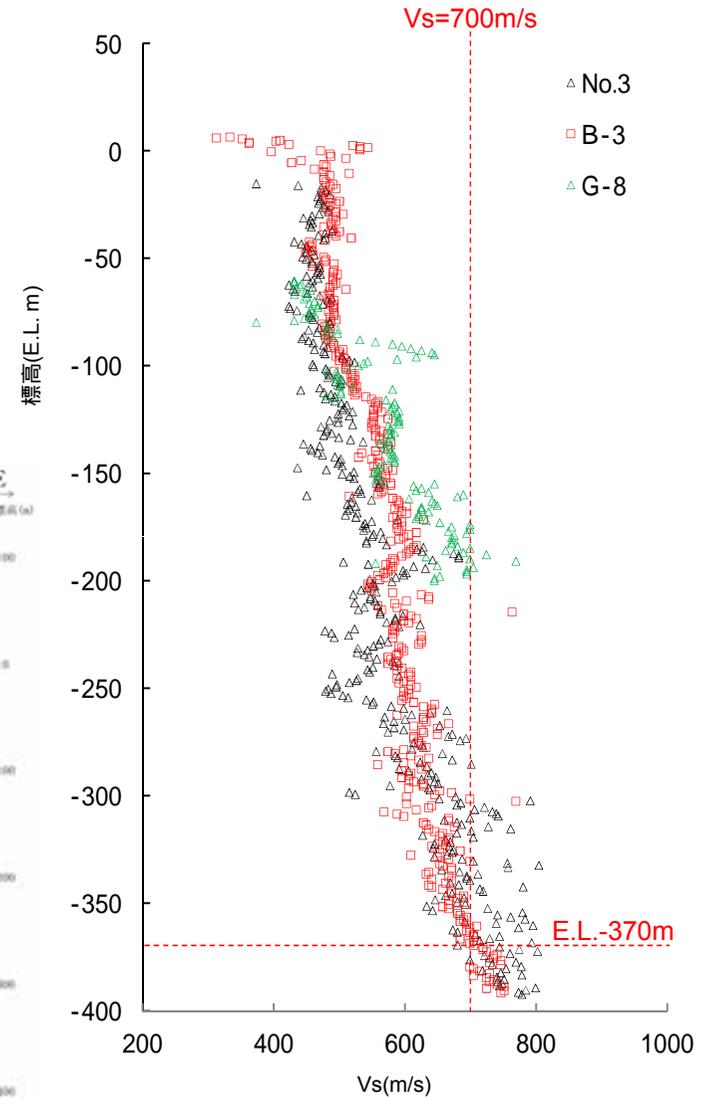
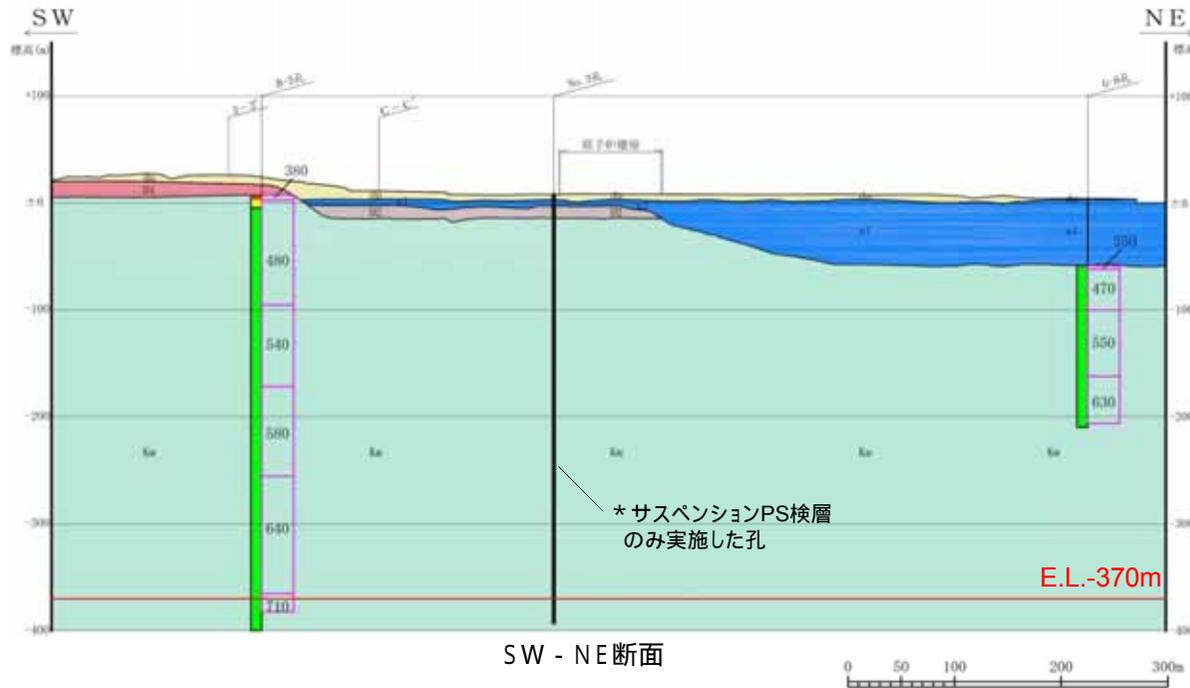
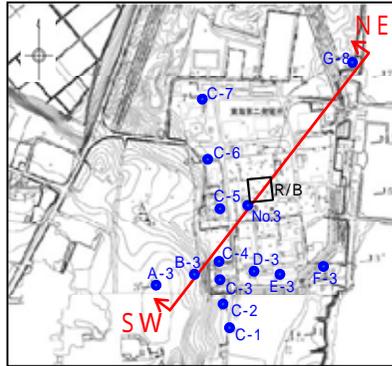
- E.L.-370m以深におけるS波速度はおおむね700m/s以上である。

PS検層  
(板たたき法)  
によるS波速度  
(m/s)



久米層の風化区分

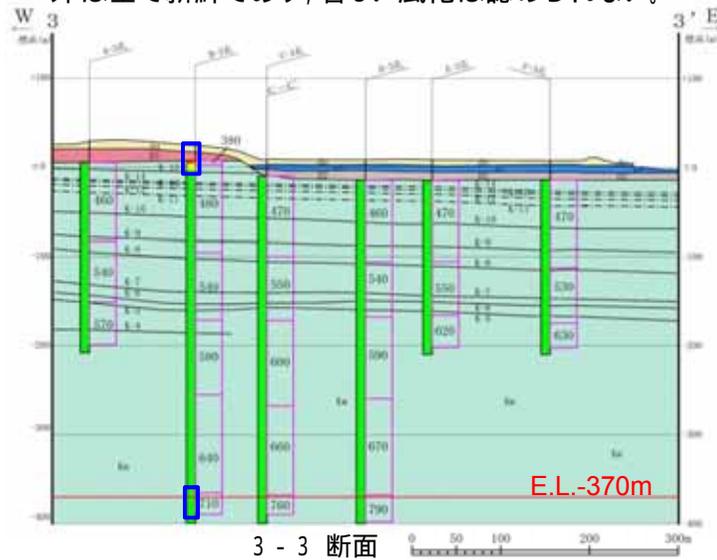
凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	弱風化	所々風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの



サスペンションPS検層によるS波速度と標高の関係

## 2. 解放基盤表面の設定について 久米層の性状(1/3)

- 久米層の主要な箇所のボーリングコア写真を示す。
- 3-3断面のうち、B-3孔においては久米層上面付近において一部風化が認められるものの、当該深度以外は全て新鮮であり、著しい風化は認められない。



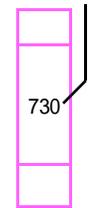
地質凡例

ds	砂丘砂層
st	沖積層
DC	段丘堆積物
DL	段丘堆積物
Kn	久米層
- - -	鍵層(軽石質凝灰岩)
— — —	鍵層(細粒凝灰岩)
—	地層境界

風化(褐色化している)

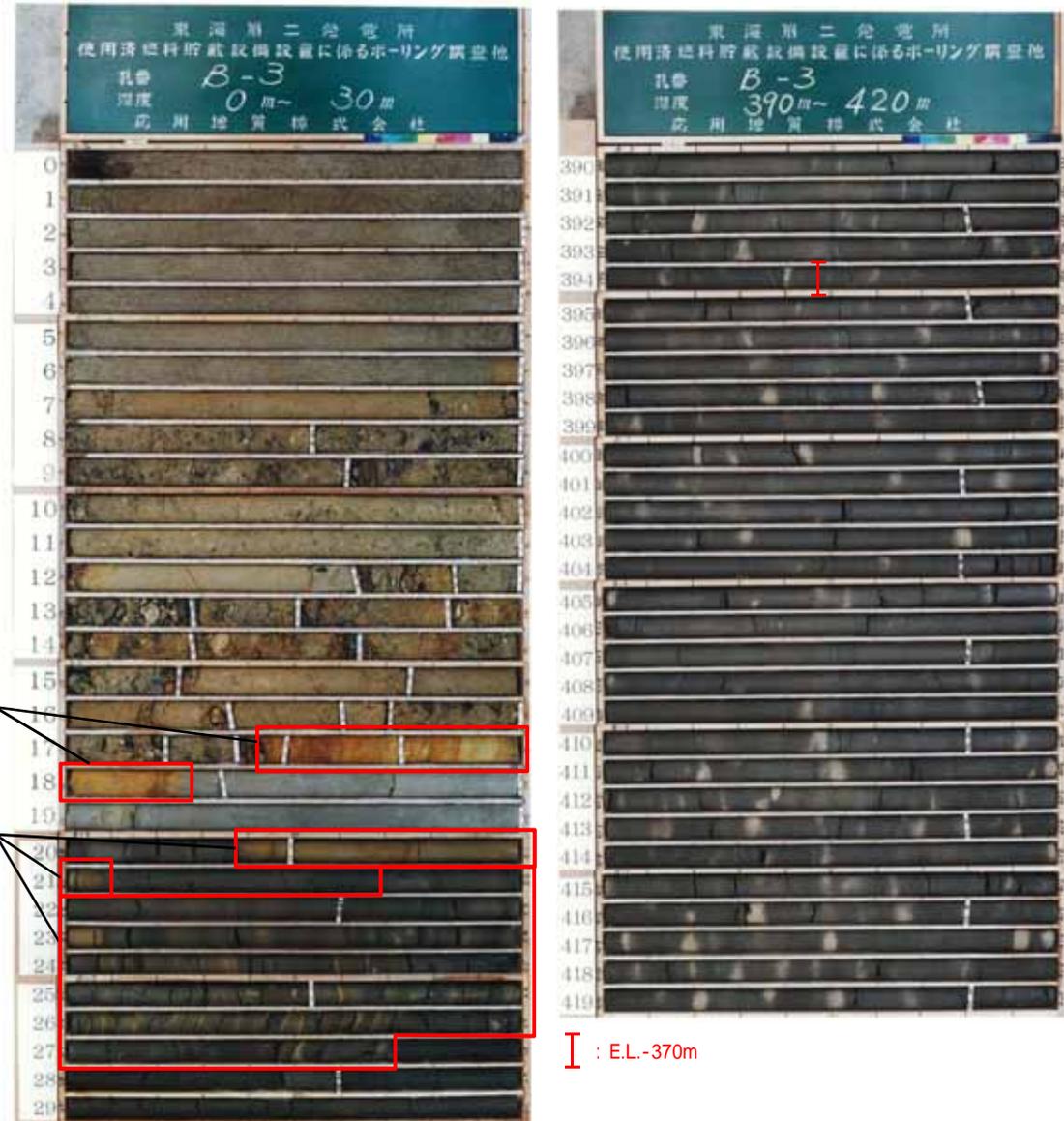
弱風化(所々褐色化している)

PS検層  
(板たたき法)  
によるS波速度  
(m/s)



久米層の風化区分

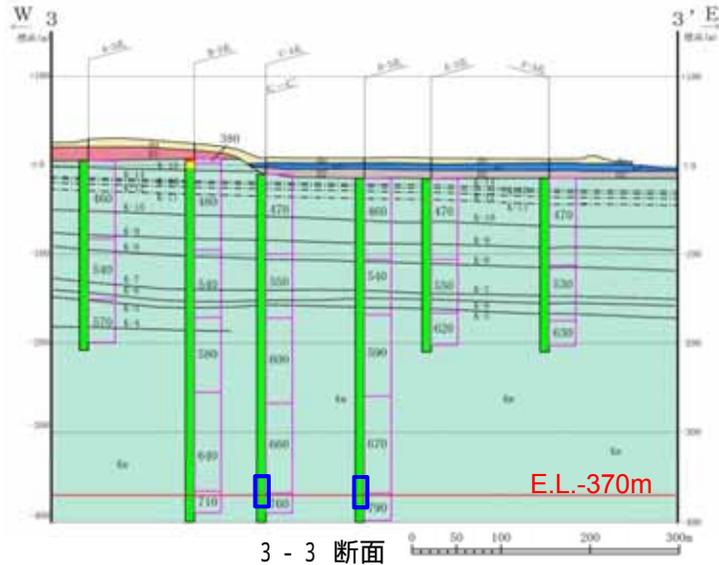
凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	弱風化	所々風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの



その他のボーリングコア写真は「敷地の地質・地質構造について(ボーリングコア写真・地質柱状図集)」に掲載

## 2. 解放基盤表面の設定について 久米層の性状(2 / 3)

- 3-3 断面のうち、B-3孔以外の孔の久米層は全ての深度で新鮮であり、著しい風化は認められない。
- C-3孔及びD-3孔のE.L.-370m付近のボーリングコア写真を右に示す。



久米層の風化区分

地質凡例	
ds	砂丘砂層
bl	沖積層
D2	段丘堆積物
D1	段丘堆積物
Km	久米層
- - -	鍵層(軽石質凝灰岩)
—	鍵層(細粒凝灰岩)
—	地層境界

凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	弱風化	所々風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの

PS検層  
(板たたき法)  
によるS波速度  
(m/s)



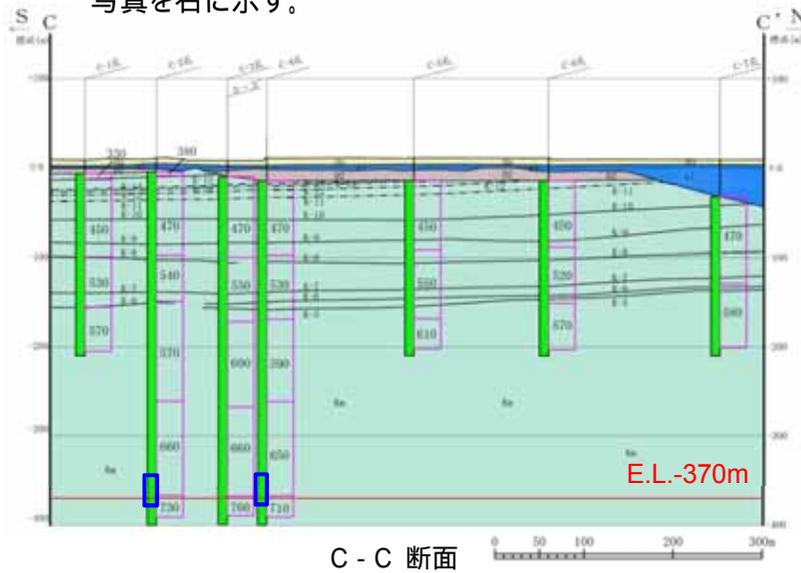
┌ : E.L.-370m



その他のボーリングコア写真は「敷地の地質・地質構造について(ボーリングコア写真・地質柱状図集)」に掲載

## 2. 解放基盤表面の設定について 久米層の性状(3 / 3)

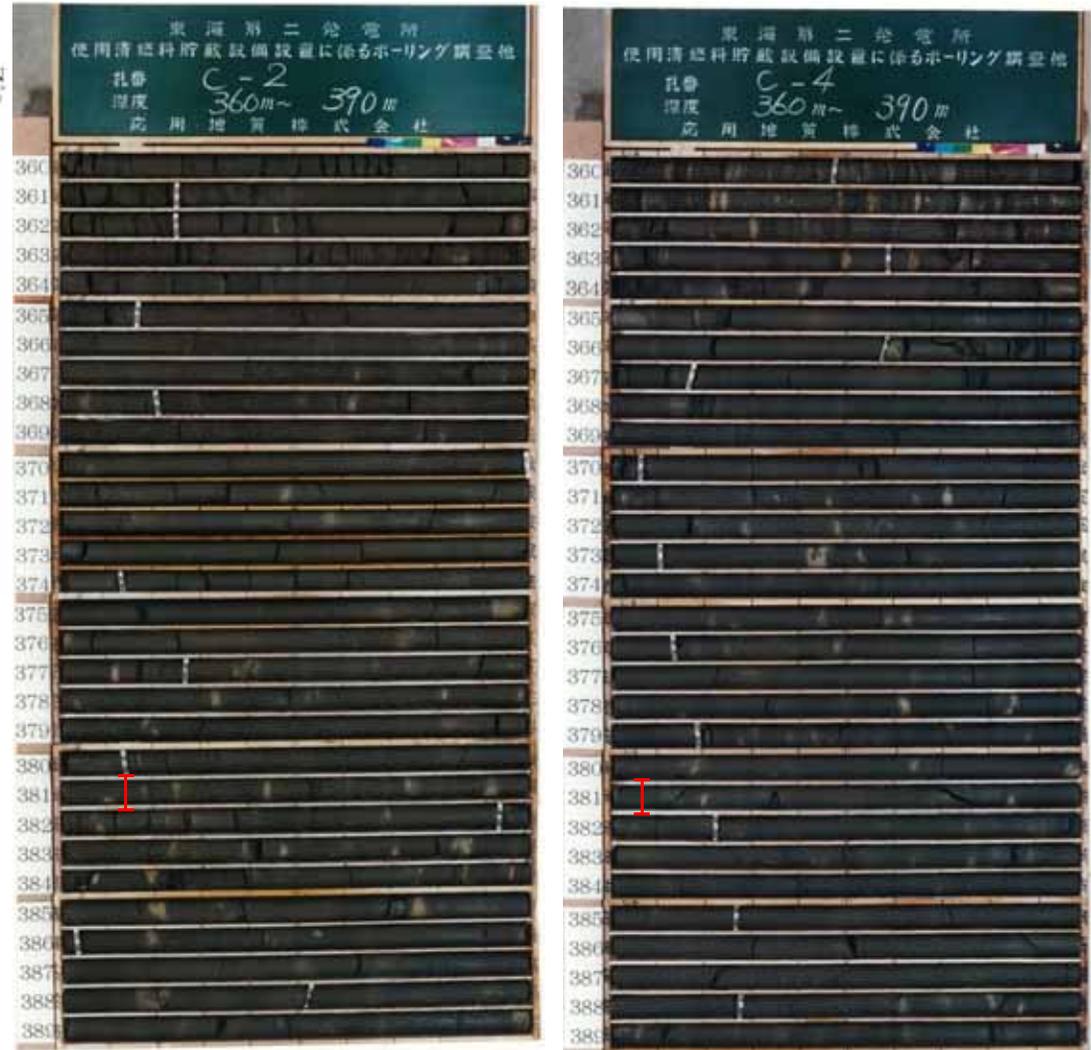
- C-C 断面において久米層は全ての深度で新鮮であり、著しい風化は認められない。
- C-2孔及びC-4孔のE.L.-370m付近のボーリングコア写真を右に示す。



地質凡例	
	砂丘砂層
	沖積層
	段丘堆積物
	段丘堆積物
	久米層
	鍵層(軽石質凝灰岩)
	鍵層(細粒凝灰岩)
	地層境界

久米層の風化区分		
凡例	風化区分	判定基準
	風化	風化により褐色化しているもの
	弱風化	所々風化により褐色化しているもの
	新鮮	風化が認められないもの

PS検層  
(板たたき法)  
によるS波速度  
(m/s)



┃ : E.L.-370m

その他のボーリングコア写真は「敷地の地質・地質構造について(ボーリングコア写真・地質柱状図集)」に掲載

---

## 3. 地震観測記録による地下構造評価

### 3.1 地震観測状況

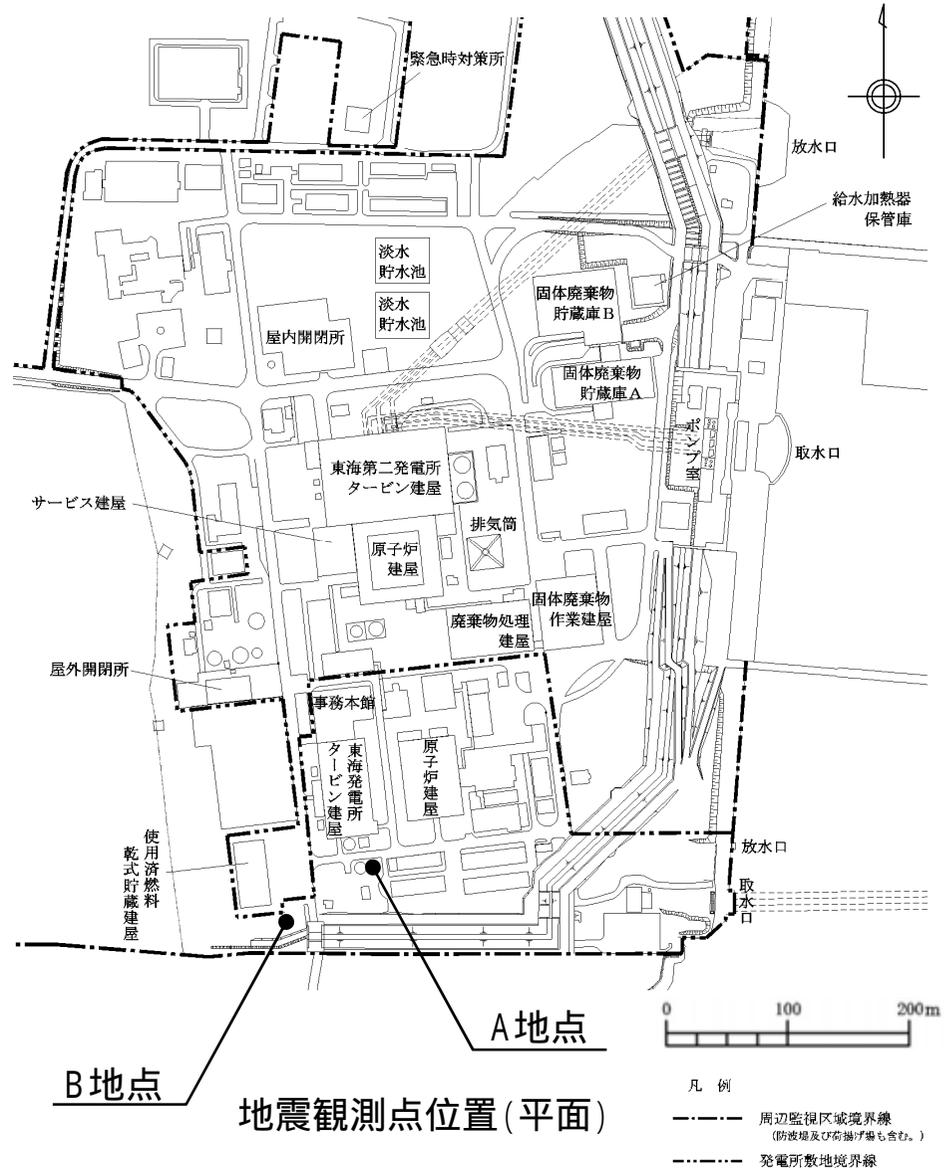
# 東海第二発電所の地中地震計について(1/2)

東海第二発電所では、敷地地盤において以下のとおり、地震観測を実施している。

地震観測点位置(深さ方向)

地震計設置位置	標高	地震観測点位置		地層
	E.L.	A地点	B地点	
地表	+8m (G.L.)			第四系
	-15m			新第三系
原子炉建屋 人工岩盤下端相当	-17m			
	-192m			
解放基盤表面相当	-372m			先新第三系
	約-700m			
地震基盤相当	-992m			
	観測開始	1996年3月	2012年8月	

G.L. = E.L.8.0m



3.1 地震観測状況

東海第二発電所の地中地震計について(2 / 2)

- ・敷地地盤に設置している地震計の主な機器特性を以下に記す。
- ・あわせて、地震波の到来方向による地震動特性の検討に用いた基盤強震観測網(KiK-net)ひたちなか観測点における地震計の主な機器特性を記す。

・なお、今後の地震観測記録を用いた検討においては、東海第二発電所とひたちなか観測点で使用している地震計の周波数範囲が異なるため、ひたちなか観測点の記録と比較する場合は30Hzまでを検討対象とする。一方、東海第二発電所のみ記録を用いる場合、同一機種であることから50Hzまでを検討対象とする。

地震計の主な機器特性

	東海第二発電所		ひたちなか観測点(IBRH18) 基盤強震観測網(KiK-net)	
収集装置 名称	Altus K2 (1996/3 ~ 2005/3) フレックスSYSアルタス (2005/3 ~ 2012/7)	GRANITE (2012/8 ~ 現在)	SMAC-MDK型強震計 (2003/5 ~ 2007/11)	KiK-net06型強震計 (2007/11 ~ 2013/12) 現在は、KiK-net11A型 強震計で観測中
製造会社名	Kinometrics	Kinometrics	注: 下記機器特性値については、功刀ほか(2009)を 参考に記載	注: 下記機器特性値については、功刀ほか(2009)を 参考に記載
感震器	FBA-23DH (A地点)	FBA-23DH (A地点) SBEP1 (B地点)		
周波数範囲	DC ~ 40Hz	DC ~ 40Hz	DC ~ 30Hz	DC ~ 30Hz
計測範囲	± 1000(cm/s <sup>2</sup> )	± 1000(cm/s <sup>2</sup> ) ± 4000(cm/s <sup>2</sup> )	± 2000(cm/s <sup>2</sup> )	± 4000(cm/s <sup>2</sup> )
A/D変換	24bit	24bit	24bit	24bit
分解能	19bit	22bit	19bit	22bit
ダイナミックレンジ	114dB	130dB	114dB	132dB

功刀 卓・青井 真・藤原広行(2009): 強震観測 - 歴史と展望 -, 地震第2輯, 61, S19-S34.

---

### 3. 地震観測記録による地下構造評価

#### 3.2 解放基盤表面における検討

## 検討の目的

東海第二発電所の解放基盤表面(E.L.-370m)に相当する深さで観測した地震記録と敷地周辺で観測した地震記録を震央の方位ごとに分類し、地震波の到来方向による地震動特性の差異を比較することにより、両観測点周辺の地下構造が地震動に及ぼす影響について確認する。

## 評価方法

東海第二発電所の解放基盤表面相当の深さで得られた2004年3月から2013年9月までの地震観測記録のうち、KiK-netひたちなか(IBRH18)観測点で同時に観測されたマグニチュード4.0以上、震源距離200km以内の191地震を対象に、加速度応答スペクトル比(東海第二発電所 / KiK-netひたちなか)を算定した。

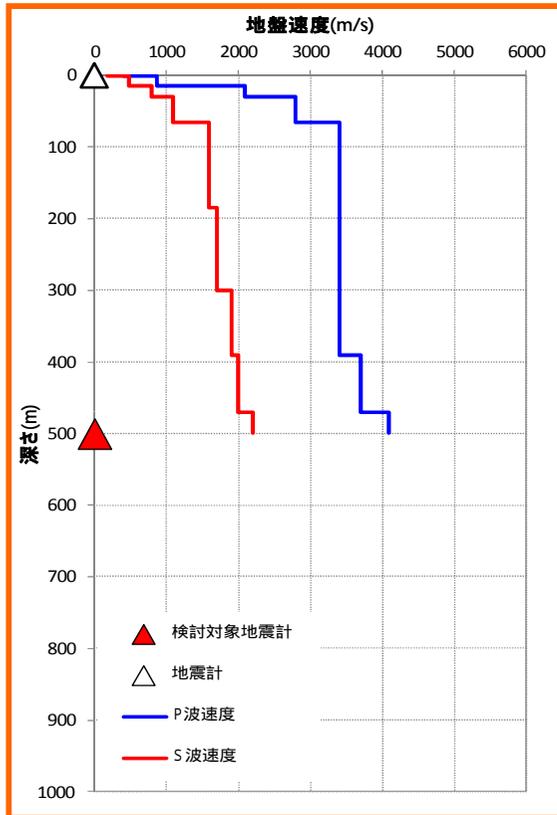
KiK-netひたちなか観測点は、東海第二発電所の周辺に位置するため、同一の地震におけるスペクトル比を算定することにより、震源特性及び伝播経路特性による影響を除去することが可能であり、応答スペクトル比は、東海第二発電所敷地周辺の地下構造による影響を表すことができる。

$$R_{TKI2/IBRH18}(T) = \frac{S_{TKI2}(T) \cdot X_{TKI2}}{S_{IBRH18}(T) \cdot X_{IBRH18}}$$

$R_{TKI2/IBRH18}(T)$	: 応答スペクトル比
$S_{TKI2}(T)$	: 東海第二発電所観測記録の加速度応答スペクトル
$S_{IBRH18}(T)$	: KiK-netひたちなか観測記録の加速度応答スペクトル
$X_{TKI2}$	: 東海第二発電所から震源までの距離
$X_{IBRH18}$	: KiK-netひたちなかから震源までの距離

# 地震観測点の地盤状況と地震計設置位置

KiK-net ひたちなか (IBRH18)



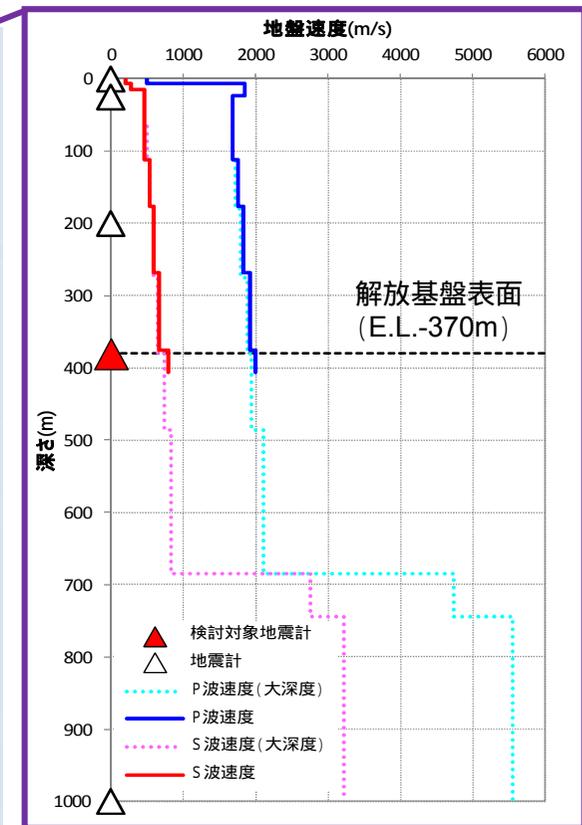
観測開始 2003年5月

〔上記地盤速度構造図は、防災科学技術研究所 強震観測網 (<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>) を基に作成〕



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。  
(承認番号 平26情複, 第201号)  
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。

東海第二発電所



観測開始 1996年3月  
(E.L.-992mの地震計は2012年8月)

### 3.2 解放基盤表面における検討 検討対象地震 (1 / 3)

検討対象期間：2004年3月～2013年9月 検討対象地震数：北側 60地震，東側 61地震，南側 42地震，西側 28地震，合計 191地震

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
北	A	2011/03/19	18:56	36.784	140.572	5.37	6.1	354.9	35.4	81.4
北	A	2011/09/21	22:30	36.737	140.577	8.64	5.2	355.0	30.2	74.0
北	A	2011/03/11	14:54	36.713	140.582	9.53	5.7	355.3	27.6	70.9
北	A	2011/11/20	10:23	36.711	140.588	8.99	5.3	356.5	27.2	71.7
北	A	2011/03/19	08:49	36.737	140.605	4.95	5.3	359.6	30.1	80.7
北	A	2011/09/23	17:15	36.693	140.618	4.17	5.1	2.3	25.2	80.6
北	A	2013/07/23	12:02	37.104	140.685	7.76	5.2	5.6	71.2	83.8
北	A	2011/04/11	17:16	36.946	140.673	6.42	7.0	6.3	53.6	83.2
北	A	2013/09/20	02:25	37.051	140.695	16.69	5.9	6.9	65.5	75.7
北	A	2011/03/23	07:12	37.085	140.788	7.60	6.0	13.2	70.6	83.9
北	A	2011/05/25	05:36	37.112	140.832	6.61	5.0	15.6	74.5	84.9
北	A	2011/09/29	19:05	37.133	140.870	8.84	5.4	17.5	77.6	83.5
北	D	2011/03/11	16:30	37.365	141.260	26.96	5.9	30.1	115.5	76.9
北	D	2011/03/16	13:14	37.535	141.581	25.33	5.6	35.9	146.9	80.2
北	D	2012/11/03	07:34	37.618	141.749	29.44	5.0	38.1	163.3	79.8
北	D	2011/03/12	04:45	37.490	141.666	25.70	5.2	39.4	147.7	80.1
北	D	2011/06/18	20:31	37.618	141.821	27.65	6.0	39.8	167.4	80.6
北	D	2012/04/12	23:50	37.452	141.734	26.80	5.9	42.2	148.5	79.8
北	D	2011/06/04	01:00	36.990	141.211	29.61	5.5	42.7	79.4	69.5
北	D	2011/03/20	10:30	36.939	141.177	29.31	5.5	44.0	73.2	68.2
北	G	2008/06/02	00:58	38.304	141.885	46.07	4.8	28.6	233.3	78.8
北	G	2013/04/14	22:25	37.533	141.406	51.01	5.3	30.8	138.1	69.7
北	G	2011/09/19	03:32	37.767	141.608	48.20	5.2	31.3	169.7	74.1
北	G	2008/03/24	22:29	37.305	141.272	59.20	4.6	32.3	110.4	61.8
北	G	2011/07/25	03:51	37.709	141.627	45.81	6.3	33.0	165.1	74.5
北	G	2013/05/18	14:47	37.709	141.629	46.34	6.0	33.1	165.2	74.3
北	G	2012/03/30	13:38	37.516	141.473	46.41	5.1	33.2	139.8	71.6
北	G	2011/04/06	22:54	37.634	141.572	45.90	5.3	33.2	155.5	73.6
北	G	2013/01/10	21:48	37.515	141.472	48.44	5.0	33.3	139.6	70.9
北	G	2011/07/08	03:35	37.097	141.130	55.48	5.6	33.5	84.2	56.6
北	G	2011/10/10	11:45	37.508	141.486	46.99	5.6	33.8	139.6	71.4
北	G	2012/04/01	23:04	37.077	141.133	53.04	5.9	34.6	82.5	57.3
北	G	2011/05/20	16:28	37.452	141.485	40.72	5.2	35.3	134.5	73.2
北	G	2012/12/15	13:27	37.297	141.349	59.02	5.3	35.4	113.6	62.5
北	G	2011/04/03	16:38	37.626	141.650	46.80	5.4	35.5	158.7	73.6
北	G	2005/04/01	13:44	37.058	141.141	49.89	4.1	35.9	81.2	58.4
北	G	2013/07/20	01:39	37.505	141.572	45.23	5.4	36.4	143.8	72.5
北	G	2004/05/10	15:38	37.341	141.437	52.25	4.4	37.1	122.0	66.8

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
北	G	2005/09/11	05:06	37.064	141.174	50.34	4.5	37.2	83.5	58.9
北	G	2012/03/25	22:22	37.676	141.769	49.47	5.2	37.2	169.5	73.7
北	G	2012/12/29	16:19	37.068	141.183	51.04	5.0	37.5	84.3	58.8
北	G	2012/01/23	20:45	37.060	141.191	51.68	5.1	38.2	84.0	58.4
北	G	2011/08/19	14:36	37.649	141.797	51.15	6.5	38.5	168.7	73.1
北	G	2007/11/12	09:20	36.774	140.916	56.70	4.1	38.9	44.0	37.8
北	G	2011/10/26	02:08	36.962	141.147	30.45	5.0	41.1	73.3	67.4
北	G	2011/08/12	03:22	36.969	141.161	52.26	6.1	41.4	74.6	55.0
北	G	2008/02/22	20:27	36.941	141.154	49.52	4.2	42.6	71.9	55.4
北	G	2011/11/24	04:24	37.330	141.613	45.41	6.1	42.8	131.3	70.9
北	G	2011/05/14	08:35	37.328	141.628	40.92	5.9	43.3	132.1	72.8
北	-	2009/08/18	06:58	36.862	140.217	92.00	4.4	321.7	56.1	31.4
北	-	2006/04/24	13:28	38.289	139.826	154.05	4.8	341.4	213.8	54.2
北	-	2008/08/26	15:16	36.982	140.476	108.66	4.1	348.5	58.5	28.3
北	-	2005/05/27	17:07	38.534	140.585	109.59	4.9	359.5	229.6	64.5
北	-	2005/07/16	15:26	36.914	140.834	64.38	4.0	22.2	53.7	39.8
北	-	2008/03/19	23:18	37.047	140.963	65.12	4.2	26.2	71.9	47.8
北	-	2006/04/10	09:21	37.501	141.280	79.91	4.7	27.3	129.6	58.3
北	-	2006/09/09	19:36	38.283	142.036	66.82	4.9	31.7	238.1	74.3
北	-	2007/01/25	16:55	36.956	141.007	85.47	4.1	33.2	65.1	37.3
北	-	2012/08/26	03:36	36.968	141.083	89.98	5.2	37.3	70.1	37.9
北	-	2004/05/08	09:10	36.701	140.862	62.30	4.2	41.1	34.7	29.1
東	D	2011/08/13	23:00	37.009	141.400	26.30	5.0	49.4	93.0	74.2
東	D	2011/03/29	19:54	37.409	142.470	13.37	6.6	57.2	196.2	86.1
東	D	2012/04/12	20:19	36.829	141.343	28.81	5.6	58.3	77.2	69.5
東	D	2012/04/14	18:25	36.773	141.342	24.35	5.0	62.4	74.1	71.8
東	D	2008/07/21	20:30	37.137	142.341	27.38	6.1	63.8	171.8	80.9
東	E	2011/07/29	23:53	36.688	142.134	29.00	5.6	79.3	138.9	78.2
東	E	2011/05/31	04:36	36.512	140.931	15.05	5.0	79.8	29.5	63.0
東	E	2011/06/09	19:38	36.497	140.971	12.59	5.7	83.8	32.8	69.0
東	E	2012/02/06	07:05	36.462	141.022	16.54	5.0	90.6	37.2	66.0
東	E	2012/08/28	22:55	36.396	141.875	26.98	5.0	93.5	114.0	76.7
東	E	2008/05/08	01:03	36.295	141.916	22.00	5.8	98.8	119.0	79.5
東	E	2008/05/08	01:16	36.275	141.979	18.00	6.3	99.4	125.0	81.8
東	E	2011/06/21	17:49	35.760	141.474	21.10	5.5	134.8	110.6	79.2
東	G	2005/04/04	02:57	37.373	141.754	43.97	5.3	45.1	143.5	73.0
東	G	2008/03/24	12:40	37.120	141.447	47.81	5.3	45.7	104.4	65.4
東	G	2011/07/19	10:38	37.326	141.758	30.80	5.4	46.7	140.1	77.6

方位角：東海第二発電所から震央位置を望む方向を北から時計回りの角度で示している。  
震央距離：東海第二発電所から震央位置までの距離を示している。

見かけの入射角：震央距離と震源深さから求めた震源方向の角度を示している。垂直が0度，水平が90度となる。  
見かけの入射角 =  $\tan^{-1}$ (震央距離 / 震源深さ)

### 3.2 解放基盤表面における検討 検討対象地震 (2 / 3)

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
東	G	2008/05/02	14:41	37.235	141.661	44.59	5.1	47.5	127.0	70.6
東	G	2012/01/12	12:20	36.968	141.304	33.35	5.9	48.0	83.6	68.2
東	G	2011/07/31	03:53	36.903	141.221	57.31	6.5	48.4	73.3	52.0
東	G	2011/03/22	18:19	37.316	141.910	43.00	6.4	50.5	149.7	74.0
東	G	2008/07/19	11:39	37.521	142.265	31.55	6.9	51.1	188.4	80.5
東	G	2012/04/13	21:12	36.957	141.374	31.31	5.2	51.3	87.6	70.3
東	G	2012/12/30	08:05	36.963	141.393	34.95	5.1	51.6	89.3	68.6
東	G	2011/09/08	22:38	37.273	141.924	39.61	5.2	52.3	147.7	75.0
東	G	2012/04/19	12:33	36.944	141.391	33.53	5.1	52.7	87.9	69.1
東	G	2012/04/13	19:10	36.947	141.422	31.54	6.0	53.5	90.4	70.8
東	G	2012/12/15	14:46	36.822	141.209	32.27	5.0	53.5	66.8	64.2
東	G	2011/03/30	22:19	36.650	140.932	49.95	5.0	54.9	35.6	35.5
東	G	2012/11/09	12:51	36.878	141.380	32.50	5.5	56.3	82.8	68.6
東	G	2012/08/21	01:42	36.906	141.449	45.72	5.1	56.8	89.7	63.0
東	G	2008/07/05	16:49	36.643	140.952	49.69	5.2	57.5	36.6	36.4
東	G	2013/02/09	13:43	36.844	141.360	32.64	5.2	57.9	79.3	67.6
東	G	2013/04/06	05:00	36.750	141.294	48.52	5.2	62.7	69.1	54.9
東	G	2011/03/17	21:54	36.738	141.309	47.01	5.7	64.2	69.7	56.0
東	H	2012/12/19	03:36	36.696	142.105	35.00	5.1	78.8	136.5	75.6
東	H	2011/05/24	20:49	36.400	141.122	44.43	5.0	98.8	46.8	46.5
東	H	2004/04/04	08:02	36.390	141.154	48.99	5.8	99.5	49.8	45.5
東	H	2008/05/08	02:31	36.288	141.811	58.16	5.4	100.0	109.9	62.1
東	H	2005/08/08	00:06	36.340	141.446	46.03	5.6	100.3	76.6	59.0
東	H	2011/12/05	10:01	36.246	141.972	48.00	5.2	100.8	124.9	69.0
東	H	2008/05/08	01:02	36.231	141.949	60.00	6.4	101.8	123.2	64.0
東	H	2013/07/20	15:06	36.232	141.932	33.00	5.4	101.9	121.7	74.8
東	H	2011/05/10	19:14	36.226	141.863	58.00	5.4	102.9	115.8	63.4
東	H	2008/05/08	01:45	36.228	141.608	50.57	7.0	106.1	93.6	61.6
東	H	2011/09/15	17:00	36.255	141.483	50.88	6.3	106.3	82.1	58.2
東	H	2008/05/08	03:19	36.228	141.542	54.33	5.0	107.2	88.0	58.3
東	H	2011/08/22	20:23	36.107	141.984	34.00	6.1	107.4	130.0	75.3
東	H	2006/03/13	13:06	36.057	141.766	59.00	5.1	113.2	113.6	62.6
東	H	2004/03/11	11:34	36.322	141.008	47.52	5.3	113.8	39.4	39.7
東	H	2006/03/13	13:15	36.068	141.670	56.03	5.1	114.5	105.3	62.0
東	H	2011/03/11	15:15	36.121	141.253	42.70	7.6	123.2	69.5	58.4
東	-	2012/01/03	03:28	36.377	141.899	60.25	5.0	94.5	116.3	62.6
東	-	2011/07/07	00:15	36.375	141.788	76.38	5.9	95.1	106.4	54.3
東	-	2008/05/31	14:03	36.373	141.784	68.18	5.1	95.2	106.1	57.3

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
東	-	2011/06/22	06:15	36.294	141.850	73.00	5.0	99.3	113.2	57.2
東	-	2008/05/05	09:26	36.279	141.877	74.86	5.1	99.9	115.9	57.1
東	-	2008/05/08	01:12	36.285	141.707	69.76	5.2	101.2	100.8	55.3
東	-	2008/05/09	08:21	36.193	141.976	68.58	5.8	103.4	126.6	61.6
東	-	2006/02/03	15:10	36.229	141.612	63.29	5.3	105.9	94.0	56.0
東	-	2006/02/03	13:37	36.215	141.611	62.08	5.9	106.9	94.4	56.7
東	-	2006/02/03	14:41	36.220	141.581	62.63	5.0	107.0	91.6	55.6
南	B	2008/04/06	21:55	36.013	140.161	60.49	4.3	218.7	64.3	46.7
南	C	2005/04/11	15:34	35.569	140.185	72.95	4.4	201.1	106.5	55.6
南	C	2005/07/23	16:34	35.582	140.139	73.08	6.0	203.4	106.8	55.6
南	C	2006/09/07	10:57	35.658	140.177	69.12	4.6	203.5	97.6	54.7
南	C	2008/09/21	07:17	35.616	140.062	70.83	4.8	207.7	106.4	56.3
南	C	2006/08/31	17:18	35.632	140.025	75.61	4.8	209.7	106.3	54.6
南	C	2006/06/20	06:47	35.807	140.113	65.69	4.6	211.4	85.5	52.5
南	C	2012/05/29	01:36	35.806	140.087	63.99	5.2	212.7	86.9	53.6
南	F	2013/01/22	04:46	35.874	140.937	16.03	5.1	155.6	72.1	77.5
南	F	2012/01/27	13:19	35.777	140.983	14.37	5.0	156.0	83.7	80.3
南	F	2011/08/06	16:14	35.340	141.157	28.11	5.2	158.1	134.5	78.2
南	F	2011/03/16	12:52	35.837	140.907	9.97	6.1	158.8	74.8	82.4
南	F	2011/03/17	21:32	35.630	140.979	27.87	5.7	160.0	98.6	74.2
南	F	2013/04/04	13:42	35.767	140.918	12.27	5.1	160.1	82.5	81.5
南	F	2011/12/03	05:55	35.352	140.322	22.02	5.2	191.8	126.2	80.1
南	I	2011/05/20	09:46	35.802	141.176	35.86	5.8	145.0	89.8	68.2
南	I	2013/04/29	22:01	35.809	141.126	34.40	5.6	147.2	86.6	68.3
南	I	2011/03/18	17:01	35.822	141.112	34.58	5.4	147.4	84.7	67.8
南	I	2012/11/16	17:25	35.357	141.230	30.24	5.5	155.3	135.3	77.4
南	I	2013/02/19	21:27	35.346	141.199	37.21	5.6	156.6	135.3	74.6
南	I	2011/03/22	12:38	35.264	141.237	36.97	5.9	156.7	145.0	75.7
南	I	2005/05/19	10:14	35.559	141.082	33.35	5.4	156.8	109.3	73.0
南	I	2012/06/06	04:31	34.993	141.371	37.02	6.3	156.9	177.5	78.2
南	I	2011/07/25	20:54	35.245	141.232	36.96	5.7	157.2	146.8	75.9
南	I	2006/09/07	03:06	35.590	141.057	38.21	5.1	157.2	105.3	70.1
南	I	2008/04/25	18:52	35.684	140.723	48.23	4.8	173.1	87.4	61.1
南	I	2005/05/15	19:01	35.755	140.703	50.77	4.7	173.7	79.3	57.4
南	I	2005/05/30	07:34	35.691	140.707	51.21	4.7	174.0	86.5	59.4
南	I	2005/07/22	09:27	35.746	140.695	50.31	4.4	174.3	80.2	57.9
南	I	2005/06/20	01:15	35.734	140.695	50.65	5.6	174.4	81.6	58.2
南	I	2012/04/25	05:22	35.723	140.679	43.12	5.5	175.5	82.7	62.5

方位角：東海第二発電所から震央位置を望む方向を北から時計回りの角度で示している。  
震央距離：東海第二発電所から震央位置までの距離を示している。

見かけの入射角：震央距離と震源深さから求めた震源方向の角度を示している。垂直が0度，水平が90度となる。  
見かけの入射角 =  $\tan^{-1}$ (震央距離 / 震源深さ)

### 3.2 解放基盤表面における検討 検討対象地震 (3 / 3)

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
南	I	2006/12/04	06:08	35.744	140.654	49.24	4.5	176.9	80.2	58.5
南	I	2013/06/06	12:28	35.644	140.656	50.01	5.0	177.2	91.3	61.3
南	I	2011/05/22	07:06	35.730	140.644	48.33	5.5	177.6	81.8	59.4
南	I	2005/04/11	07:22	35.727	140.621	51.51	6.1	179.1	82.0	57.9
南	I	2007/08/16	04:15	35.444	140.531	30.77	5.3	183.5	113.6	74.8
南	I	2008/05/01	07:34	35.438	140.436	35.82	4.6	187.7	115.1	72.7
南	-	2012/04/29	19:28	35.716	140.601	48.26	5.8	180.4	83.2	59.9
南	-	2006/10/14	06:38	34.895	140.305	64.42	5.1	189.0	176.4	69.9
南	-	2012/08/20	20:42	35.917	140.442	57.20	5.2	193.7	62.7	47.6
南	-	2011/03/16	22:39	35.917	140.440	53.41	5.4	193.9	62.8	49.6
南	-	2006/02/01	20:35	35.761	140.004	101.02	5.1	214.9	95.2	43.3
西	B	2005/10/16	16:05	36.039	139.938	47.12	5.1	232.0	76.5	58.4
西	B	2007/03/22	10:28	35.959	139.808	78.49	4.2	232.2	91.3	49.3
西	B	2008/03/09	06:13	36.057	139.949	47.10	4.4	232.7	74.5	57.7
西	B	2012/06/01	17:48	36.028	139.875	43.69	5.1	233.7	81.8	61.9
西	B	2007/11/11	19:48	36.048	139.902	44.08	4.3	234.0	78.5	60.7
西	B	2008/08/20	15:13	36.057	139.901	45.14	4.6	234.6	78.0	59.9
西	B	2007/06/02	14:43	36.135	140.034	49.84	4.6	234.6	63.2	51.7
西	B	2011/07/15	21:01	36.164	140.083	66.36	5.4	234.6	57.7	41.0
西	B	2006/07/06	15:17	36.139	140.032	50.36	4.0	235.0	63.1	51.4
西	B	2007/05/08	21:01	36.060	139.890	46.32	4.5	235.3	78.6	59.5
西	B	2007/01/09	13:18	36.050	139.798	78.55	4.3	237.8	86.1	47.6
西	B	2007/06/04	13:33	36.090	139.864	47.58	4.4	238.2	78.7	58.8
西	B	2006/03/13	12:41	36.235	140.100	55.64	4.1	240.8	52.2	43.2
西	B	2005/07/28	19:15	36.126	139.846	51.12	5.0	241.3	78.0	56.8
西	B	2008/04/04	19:01	36.120	139.828	53.48	5.0	241.5	79.8	56.2
西	B	2007/06/01	07:28	36.094	139.681	59.39	4.5	243.9	92.8	57.4
西	B	2007/10/17	22:33	36.168	139.823	55.20	4.1	245.1	77.7	54.6
西	B	2006/05/01	16:00	36.136	139.732	58.97	4.4	245.3	86.7	55.8
西	B	2006/04/20	12:40	36.231	139.781	58.42	4.3	250.9	78.6	53.4
西	B	2006/04/02	20:46	36.231	139.779	58.56	4.3	250.9	78.8	53.4
西	-	2012/01/28	07:43	35.489	138.977	18.16	5.4	234.1	182.6	84.3
西	-	2008/03/25	00:54	36.043	139.628	118.06	4.0	242.2	99.7	40.2
西	-	2007/01/05	06:40	36.388	139.957	92.26	4.0	261.8	58.9	32.6
西	-	2005/08/17	09:30	36.419	139.796	89.98	4.1	266.2	72.9	39.0
西	-	2005/05/08	15:04	36.631	139.493	9.67	4.5	280.7	101.4	84.6
西	-	2011/03/12	03:59	36.986	138.598	8.38	6.7	288.4	188.5	87.5
西	-	2013/02/25	16:23	36.874	139.413	2.84	6.3	293.3	115.9	88.6
西	-	2005/08/21	11:29	37.298	138.712	16.73	5.0	299.2	192.5	85.0

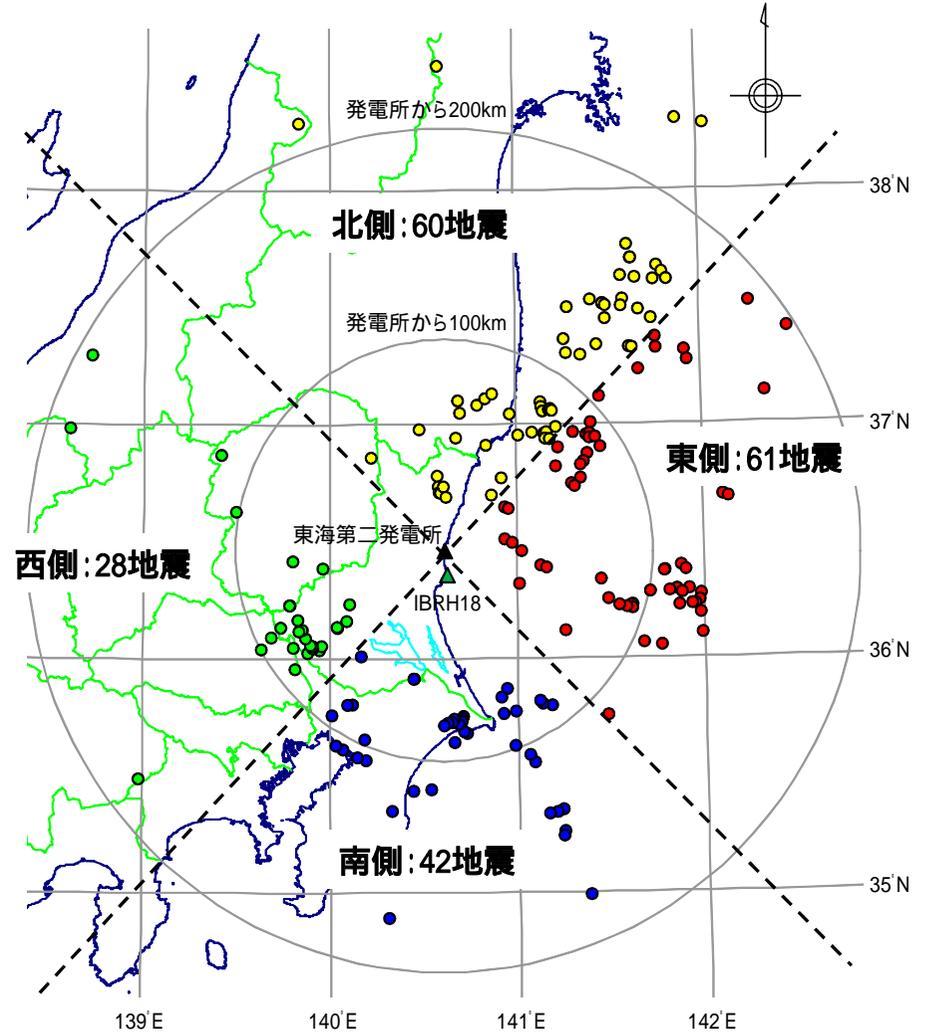
方位角：東海第二発電所から震央位置を望む方向を北から時計回りの角度で示している。

震央距離：東海第二発電所から震央位置までの距離を示している。

見かけの入射角：震央距離と震源深さから求めた震源方向の角度を示している。垂直が0度，水平が90度となる。

見かけの入射角 =  $\tan^{-1}$ (震央距離 / 震源深さ)

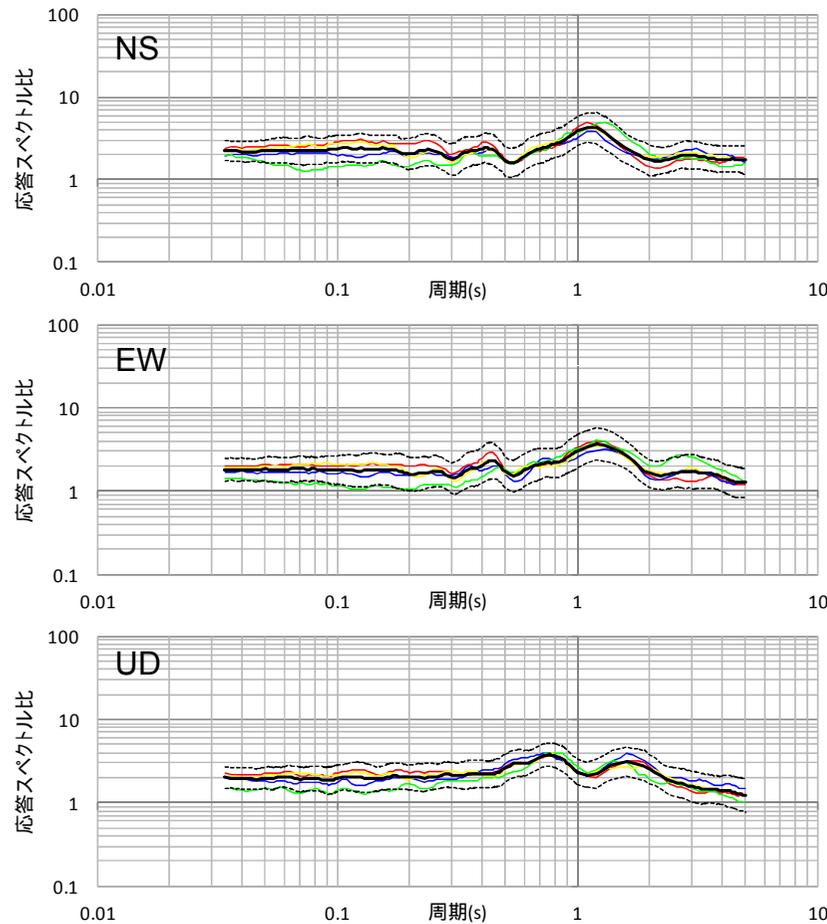
### 4領域に分割した検討



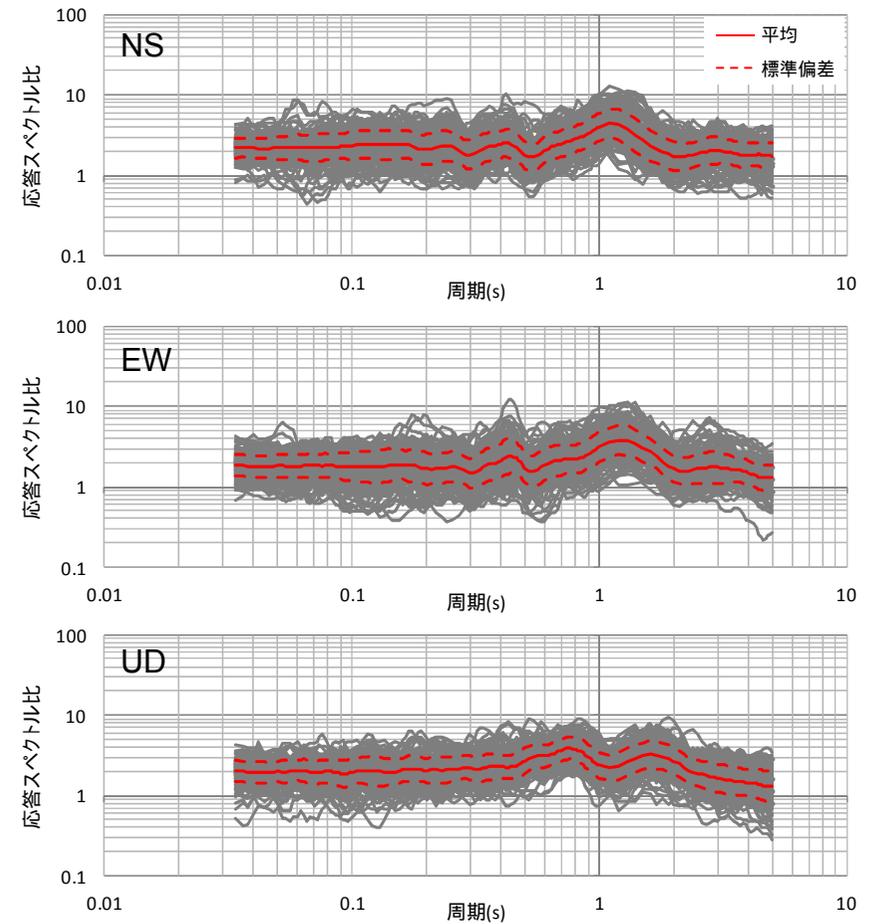
3.2 解放基盤表面における検討

地震波の到来方向による検討 (4領域 1 / 3)

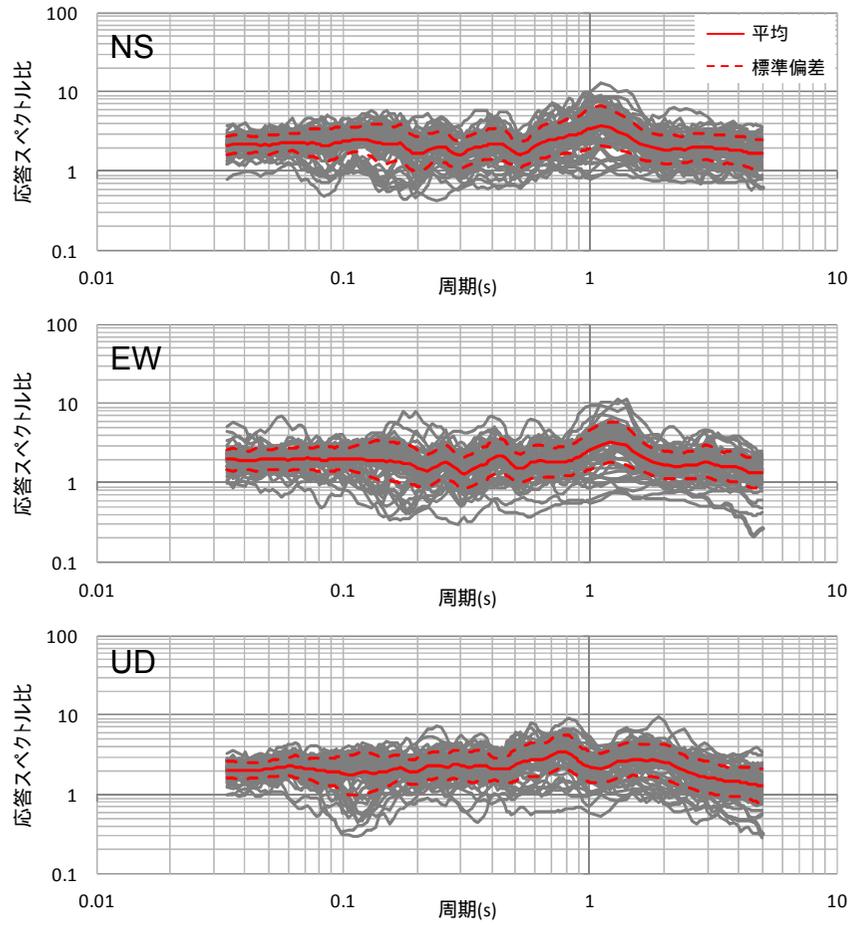
地震観測記録に地下構造による影響がないか地震波の到来方向ごとに比較検討した結果、応答スペクトル比は到来方向による大きな違いは見られず、ばらつきは小さいことから、地下構造が水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認した。



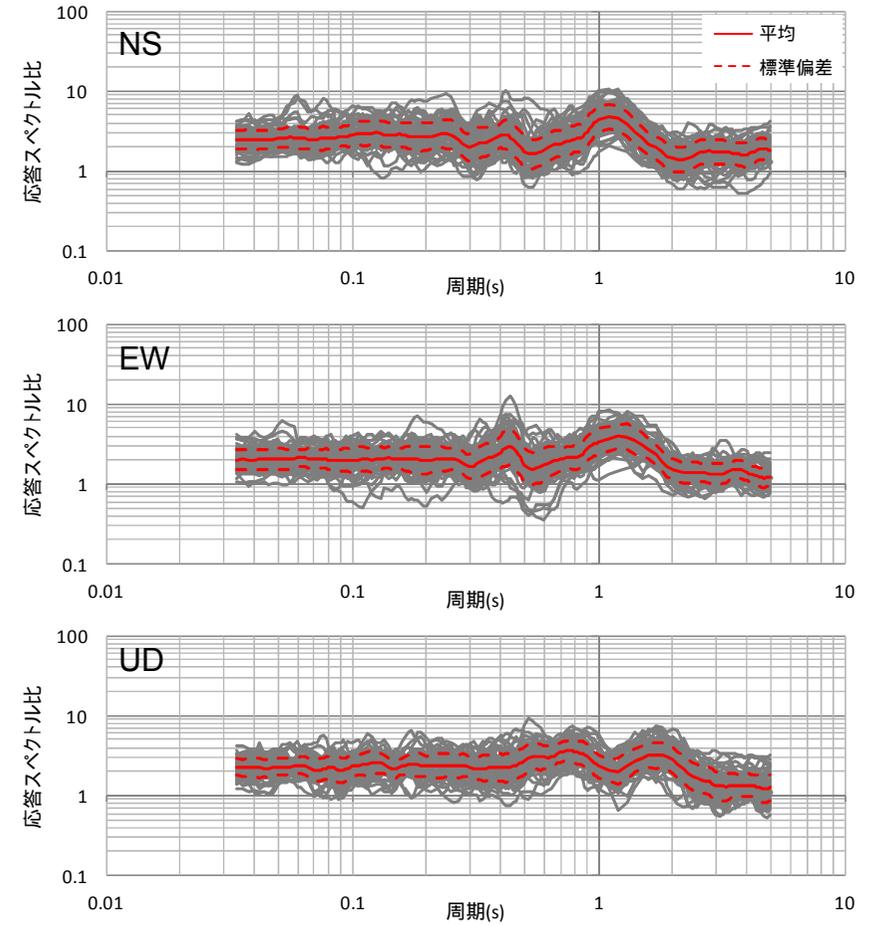
領域ごとの平均応答スペクトル比(4領域)



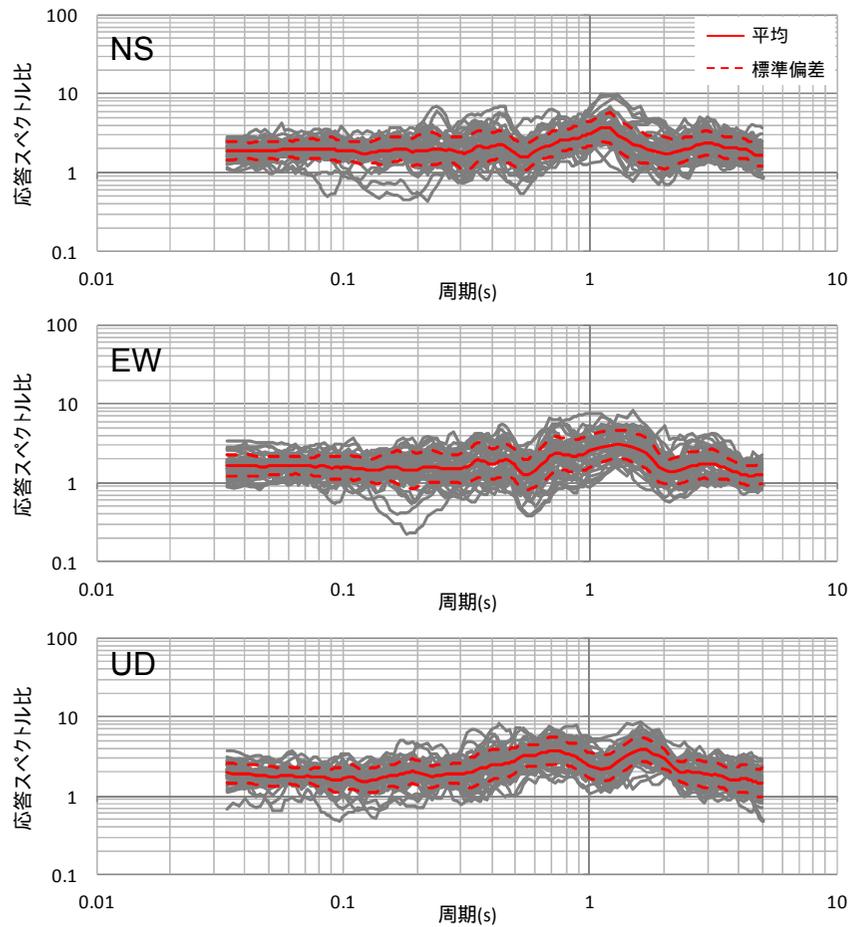
全地震の応答スペクトル比



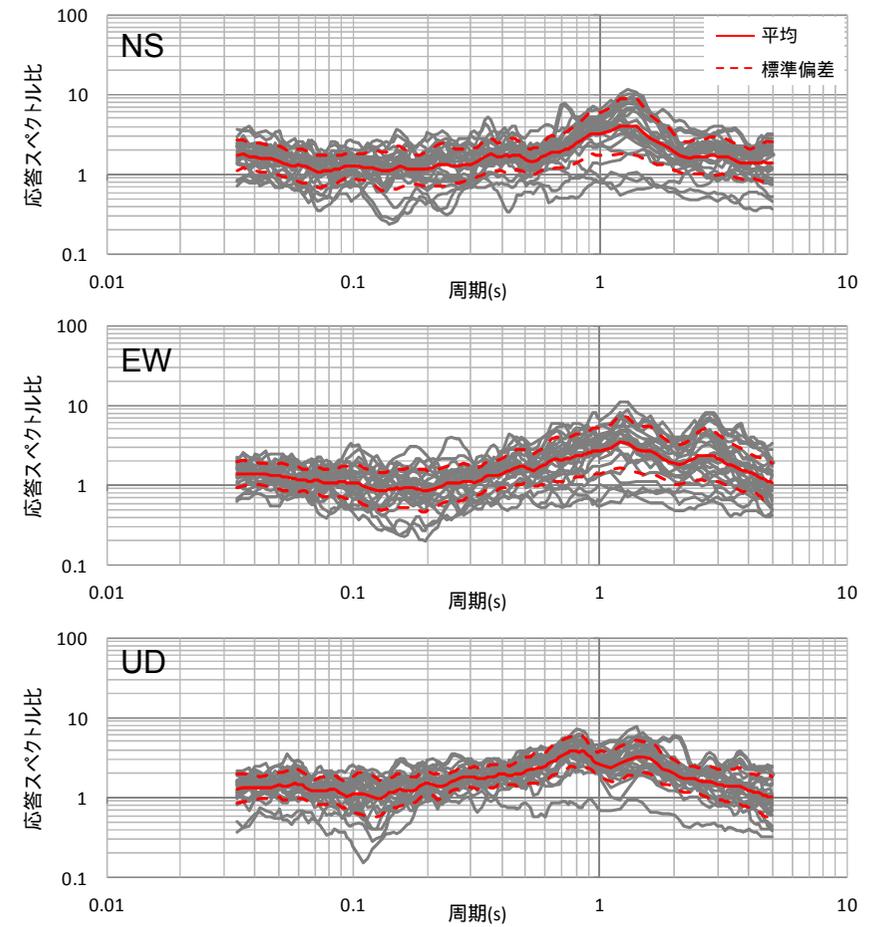
北側における全地震の応答スペクトル比



東側における全地震の応答スペクトル比



南側における全地震の応答スペクトル比



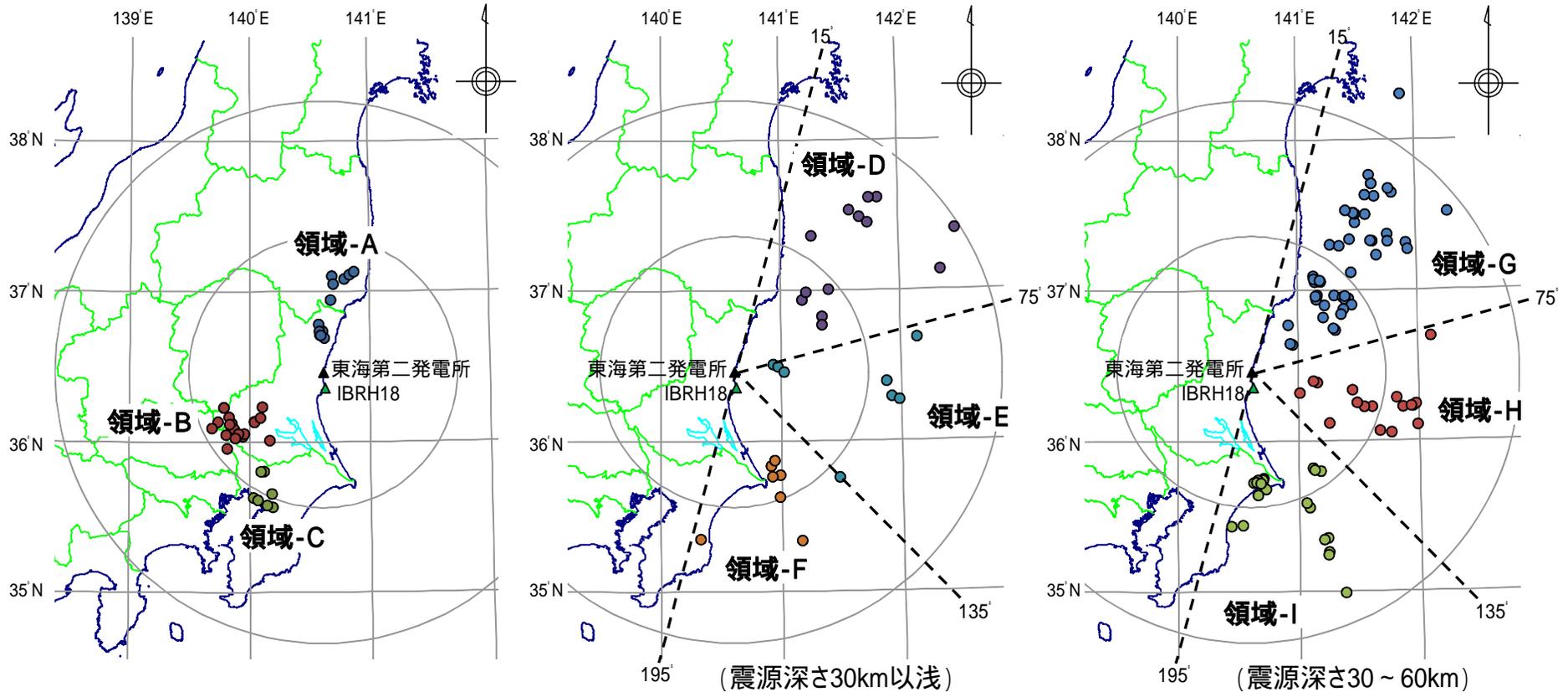
西側における全地震の応答スペクトル比

# 検討対象地震

## 9領域に分割した検討

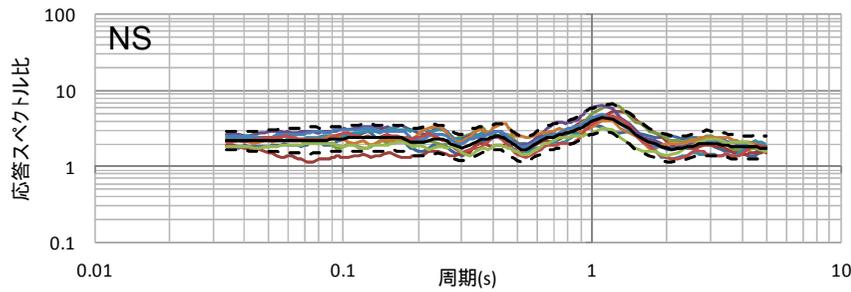
地震発生領域や地震発生様式等の共通性に着目し、以下の9領域に区分し、地震波の到来方向による影響を検討する。

領域-A: 福島県浜通り, 茨城県北部の深さ30km以浅  
 領域-B: 茨城県南部の深さ40~80km  
 領域-C: 首都直下の深さ40~80km  
 領域-D~I: 太平洋プレートの走向に対し北方から時計回りに60度ごとに3分割した領域  
 そのうち, 領域-D~Fは深さ30km以浅, 領域-G~Iは深さ30~60km

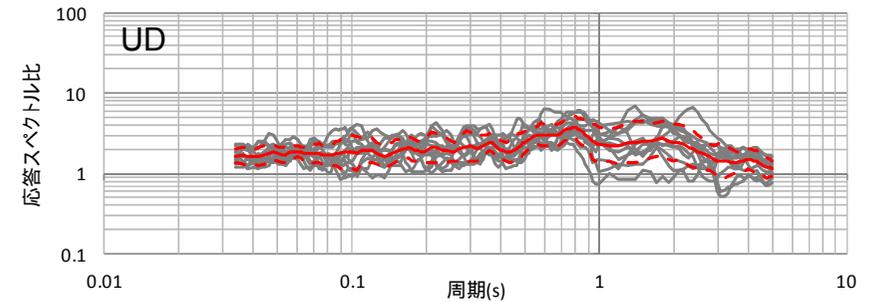
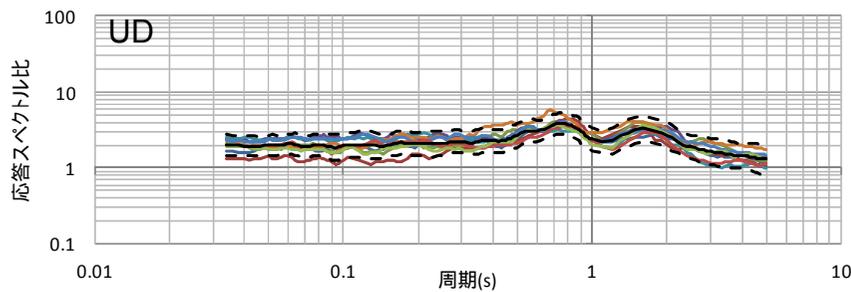
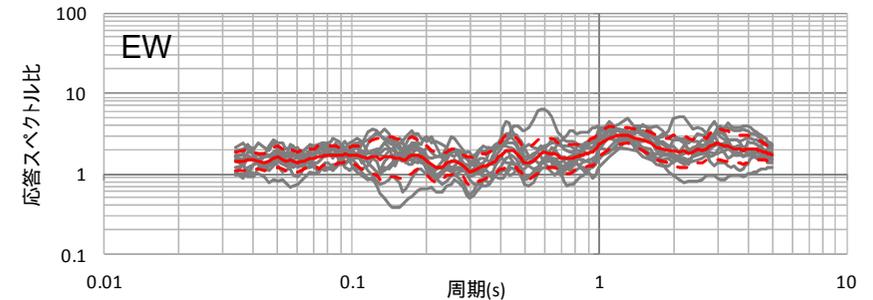
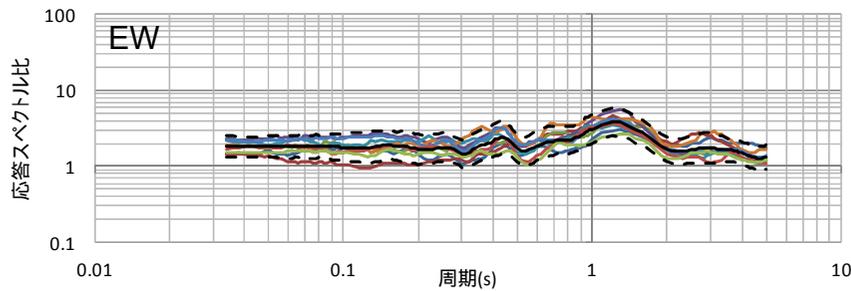
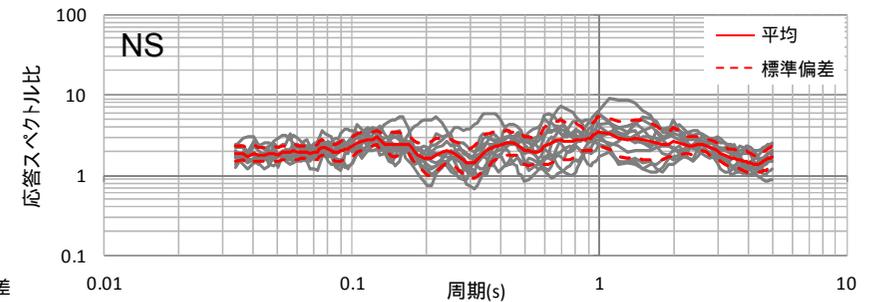


# 地震波の到来方向による検討 (9領域 1 / 5)

地震発生領域を9領域に区分し、地震観測記録の応答スペクトル比を比較した結果、応答スペクトル比は領域によって大きく変化することはない、ばらつきは小さい。その傾向は、先に実施した4領域に区分した結果と同様であり、敷地地盤の地下構造が水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認した。

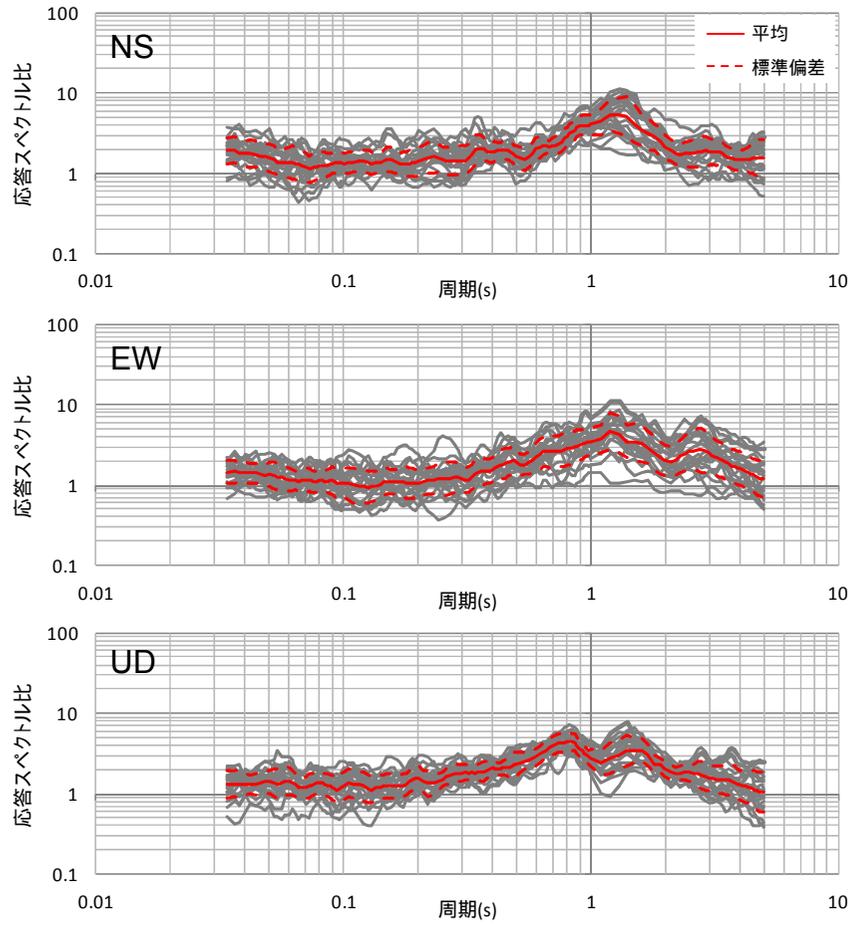


- 領域-A
- 領域-B
- 領域-C
- 領域-D
- 領域-E
- 領域-F
- 領域-G
- 領域-H
- 領域-I
- 平均
- - - 標準偏差

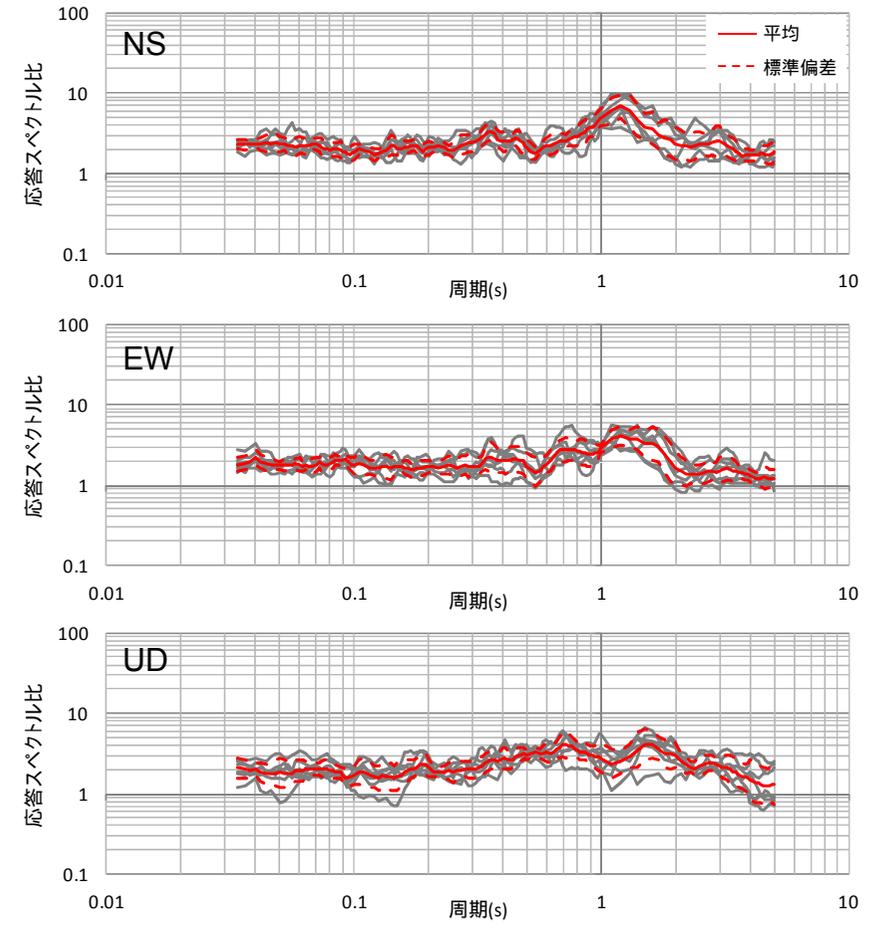


領域ごとの平均応答スペクトル比(9領域)

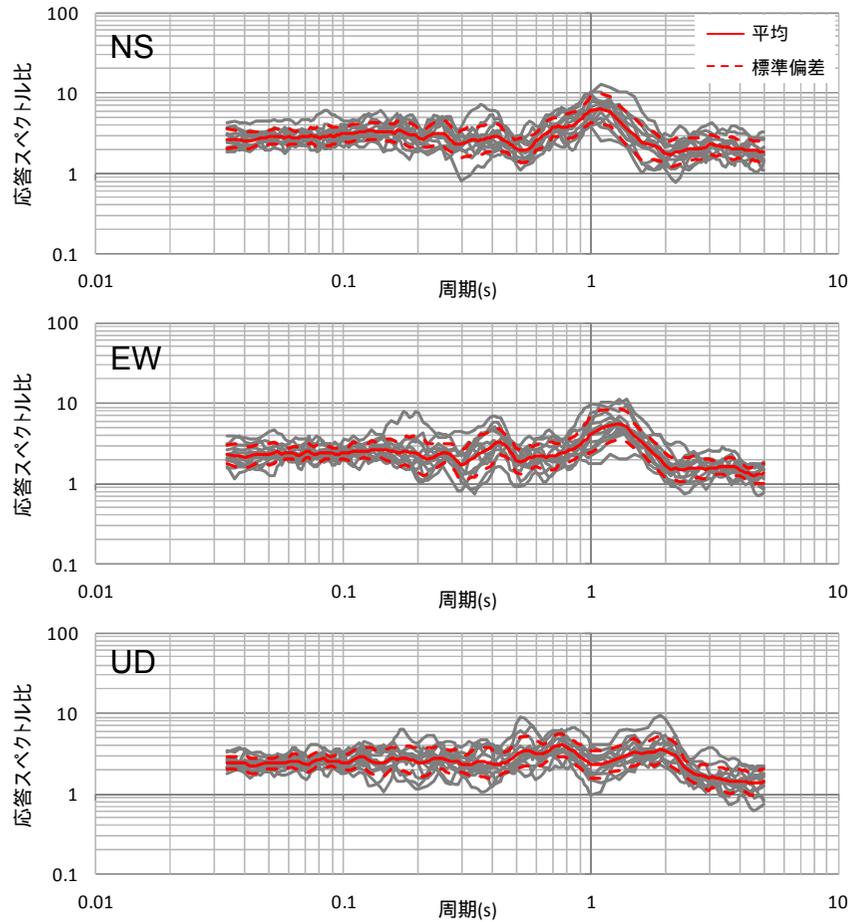
領域-Aにおける全地震の応答スペクトル比



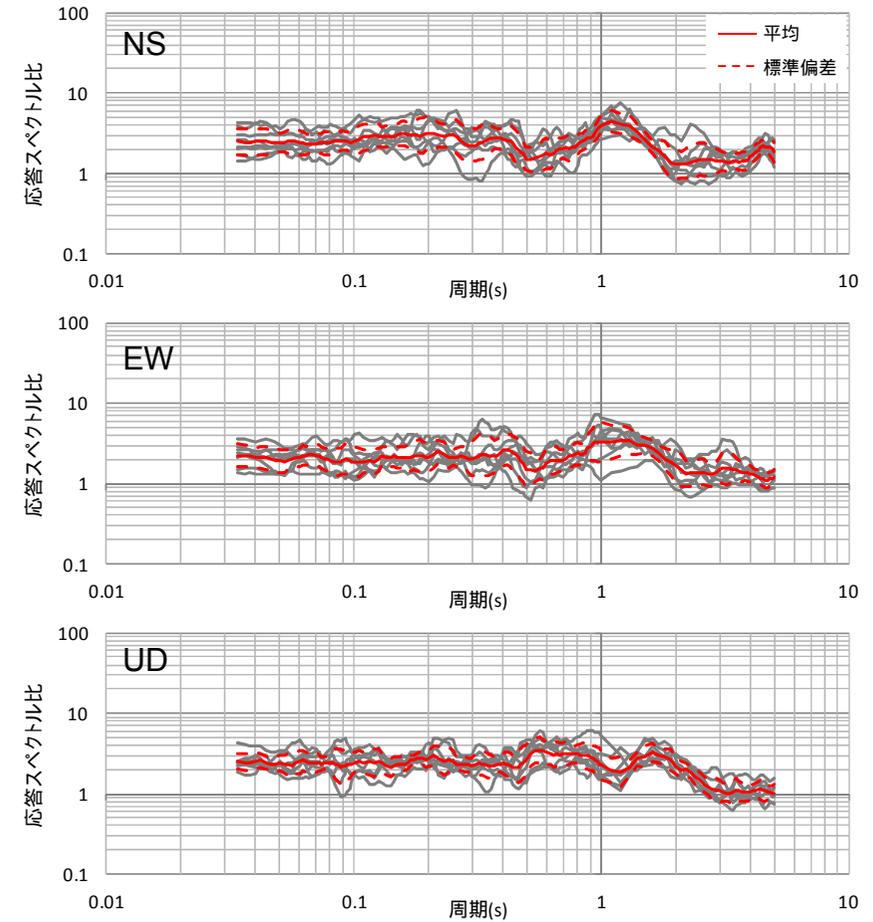
領域-Bにおける全地震の応答スペクトル比



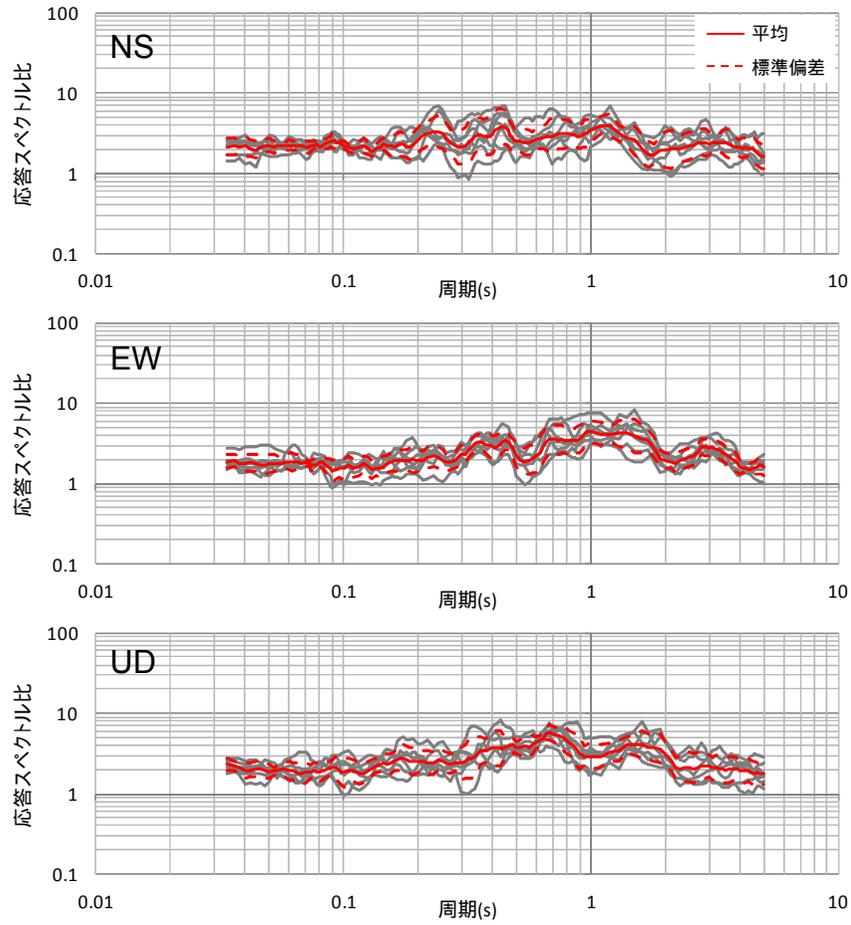
領域-Cにおける全地震の応答スペクトル比



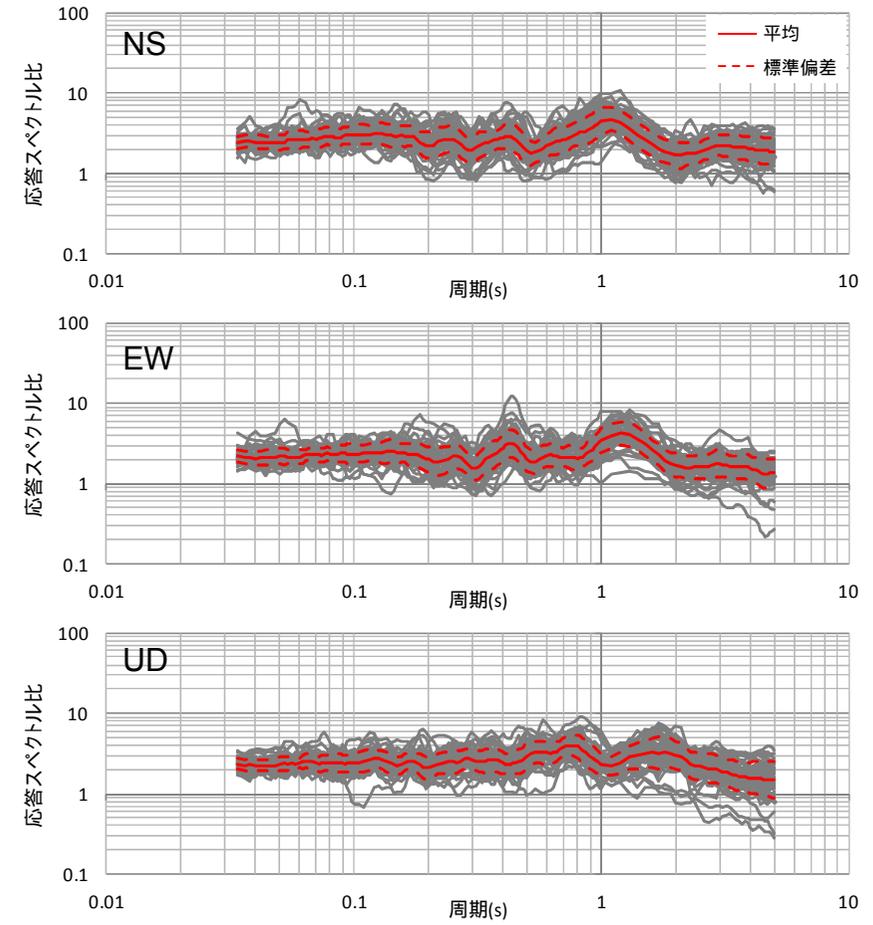
領域-Dにおける全地震の応答スペクトル比



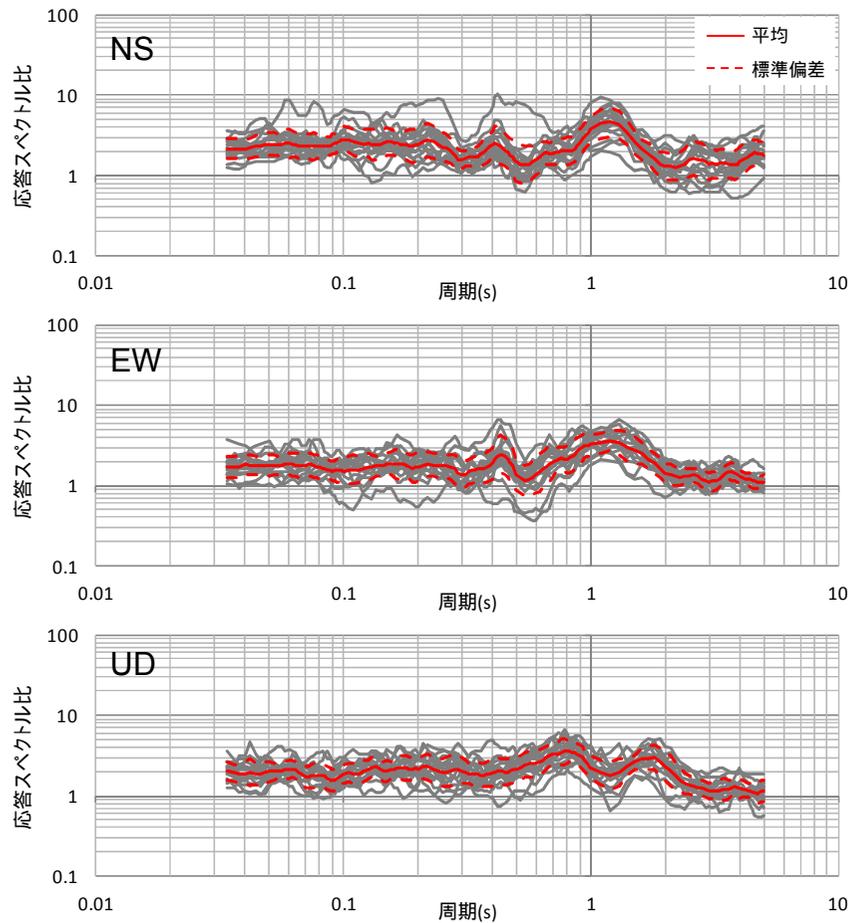
領域-Eにおける全地震の応答スペクトル比



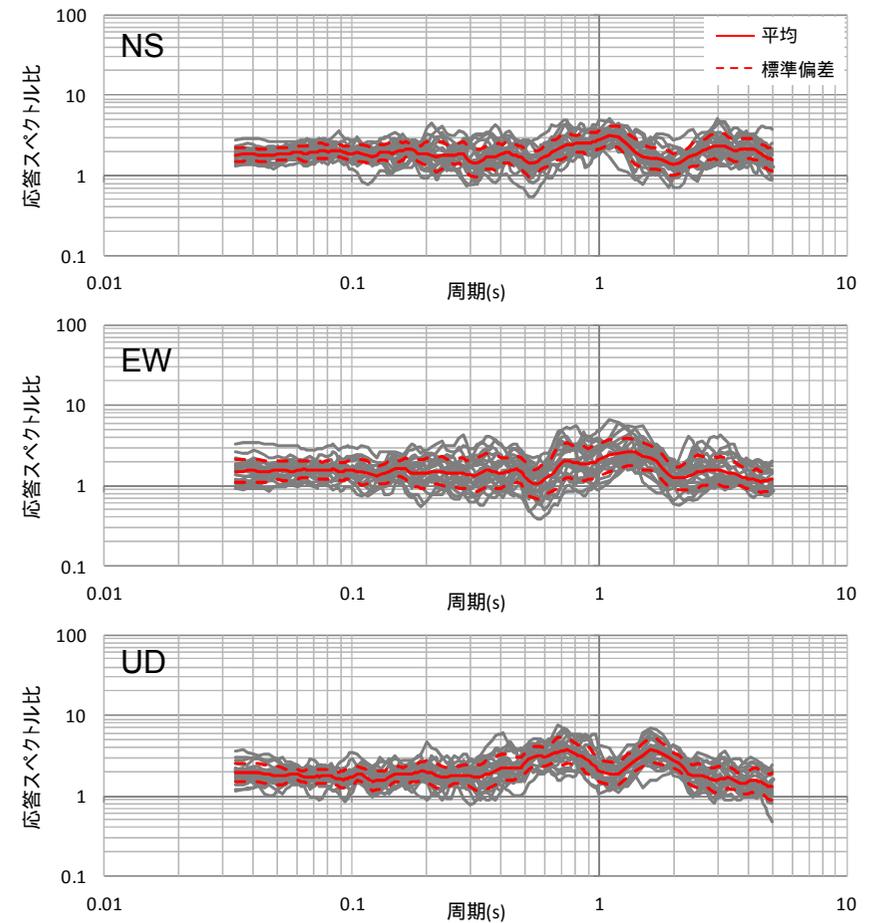
領域-Fにおける全地震の応答スペクトル比



領域-Gにおける全地震の応答スペクトル比



領域-Hにおける全地震の応答スペクトル比



領域-Iにおける全地震の応答スペクトル比

---

## 3. 地震観測記録による地下構造評価

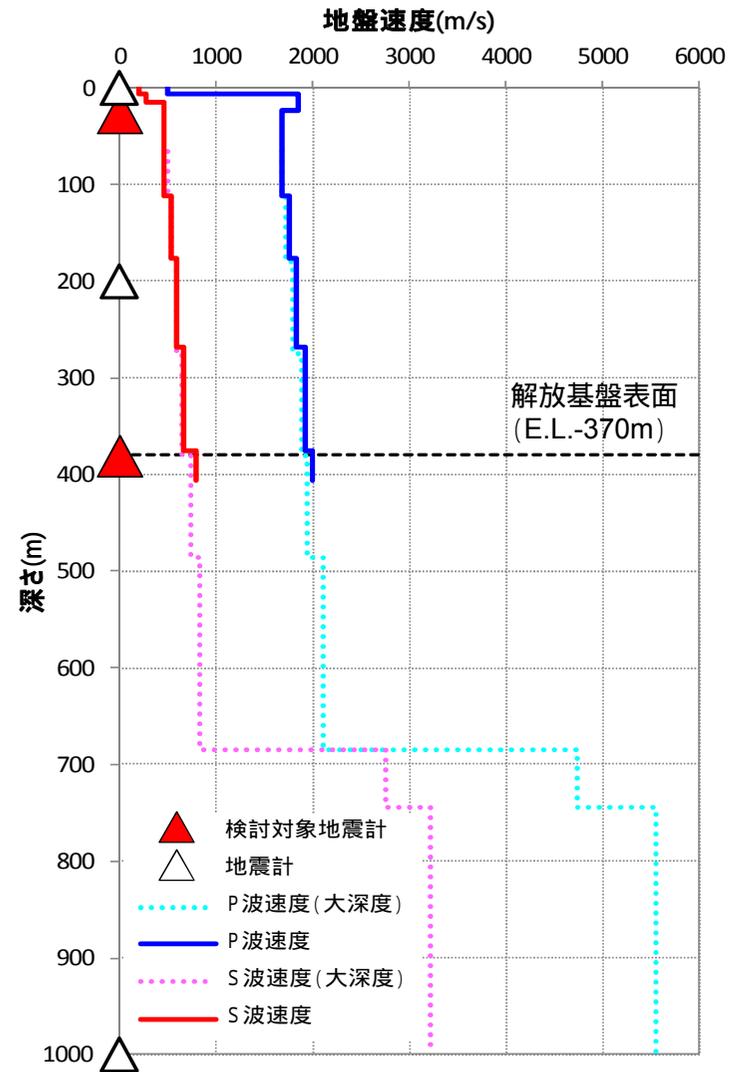
### 3.3 浅部地下構造の検討

## 検討の目的

解放基盤表面より浅部の地盤が水平成層構造であることを地震観測記録を用いて検討するため、東海第二発電所敷地内の鉛直アレイ地震計で得られた地震観測記録を、地震波の到来方向ごとに深度の異なる地震観測記録の応答スペクトル比で比較検討した。

## 評価方法

東海第二発電所の解放基盤表面以浅で得られた1996年8月から2013年9月までの地震観測記録のうち、マグニチュード5.0以上、震源距離200km以内の305地震を対象に、加速度応答スペクトル比(E.L.-17m / E.L.-372m)を算定した。



地盤速度と地震計設置深度

G.L. = E.L.8.0m

### 3.3浅部地下構造の検討 検討対象地震 (1 / 5)

検討対象期間：1996年8月～2013年9月 検討対象地震数：北側 84地震，東側 149地震，南側 57地震，西側 15地震，合計 305地震

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
北	A	2011/03/19	18:56	36.784	140.572	5.37	6.1	354.9	35.4	81.4
北	A	2011/09/21	22:30	36.737	140.577	8.64	5.2	355.0	30.2	74.0
北	A	2011/04/14	07:35	36.778	140.573	8.77	5.1	355.1	34.8	75.9
北	A	2011/03/11	14:54	36.713	140.582	9.53	5.7	355.3	27.6	70.9
北	A	2011/11/20	10:23	36.711	140.588	8.99	5.3	356.5	27.2	71.7
北	A	2011/03/19	08:49	36.737	140.605	4.95	5.3	359.6	30.1	80.7
北	A	2011/04/11	17:26	37.063	140.623	5.25	5.4	1.3	66.2	85.5
北	A	2011/03/11	15:11	36.865	140.619	6.41	5.5	1.4	44.3	81.8
北	A	2011/09/23	17:15	36.693	140.618	4.17	5.1	2.3	25.2	80.6
北	A	2011/04/11	20:42	36.966	140.635	10.58	5.9	2.6	55.5	79.2
北	A	2011/04/12	14:07	37.053	140.644	15.08	6.4	2.9	65.2	77.0
北	A	2011/04/12	00:57	37.062	140.653	10.64	5.0	3.6	66.3	80.9
北	A	2013/07/23	12:02	37.104	140.685	7.76	5.2	5.6	71.2	83.8
北	A	2011/04/11	17:16	36.946	140.673	6.42	7.0	6.3	53.6	83.2
北	A	2013/09/20	02:25	37.051	140.695	16.69	5.9	6.9	65.5	75.7
北	A	2011/04/13	10:07	36.915	140.707	4.52	5.7	10.1	50.7	84.9
北	A	2011/04/11	18:05	36.989	140.731	12.39	5.1	10.8	59.1	78.2
北	A	2011/04/11	17:17	36.891	140.715	9.18	5.7	11.6	48.2	79.2
北	A	2011/03/23	07:13	37.035	140.769	0.93	5.8	12.9	64.8	89.2
北	A	2011/03/23	07:12	37.085	140.788	7.60	6.0	13.2	70.6	83.9
北	A	2011/03/23	07:34	37.098	140.796	6.69	5.5	13.5	72.2	84.7
北	A	2011/03/23	07:53	37.073	140.797	4.85	5.1	14.1	69.5	86.0
北	A	2011/05/06	02:04	37.098	140.809	6.36	5.2	14.4	72.5	85.0
北	A	2011/04/14	12:08	36.984	140.773	10.75	5.4	14.4	59.4	79.7
北	A	2011/05/25	05:36	37.112	140.832	6.61	5.0	15.6	74.5	84.9
北	A	2011/09/29	19:05	37.133	140.870	8.84	5.4	17.5	77.6	83.5
北	D	2011/03/11	17:40	37.424	141.273	29.91	6.0	29.0	121.8	76.2
北	D	2011/04/11	13:51	37.470	141.324	28.89	5.0	29.6	128.4	77.3
北	D	2011/03/12	11:52	37.225	141.151	15.66	5.1	29.8	97.3	80.9
北	D	2011/03/11	16:30	37.365	141.260	26.96	5.9	30.1	115.5	76.9
北	D	2011/03/12	02:30	37.412	141.310	18.34	5.0	30.6	122.3	81.5
北	D	2011/03/16	13:14	37.535	141.581	25.33	5.6	35.9	146.9	80.2
北	D	2011/03/11	15:05	37.519	141.622	22.48	5.9	37.4	147.8	81.4
北	D	2012/11/03	07:34	37.618	141.749	29.44	5.0	38.1	163.3	79.8
北	D	2011/03/12	04:45	37.490	141.666	25.70	5.2	39.4	147.7	80.1
北	D	2011/06/18	20:31	37.618	141.821	27.65	6.0	39.8	167.4	80.6
北	D	2011/03/11	21:56	37.794	142.048	28.99	5.3	40.6	195.2	81.6
北	D	2013/07/04	00:06	37.263	141.494	26.75	5.0	41.6	118.7	77.3

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
北	D	2012/04/12	23:50	37.452	141.734	26.80	5.9	42.2	148.5	79.8
北	D	2011/06/04	01:00	36.990	141.211	29.61	5.5	42.7	79.4	69.5
北	D	2011/10/03	01:49	37.338	141.636	17.58	5.3	43.2	133.3	82.5
北	D	2011/03/15	22:37	37.624	142.001	29.51	5.3	43.6	178.6	80.6
北	D	2011/03/20	10:30	36.939	141.177	29.31	5.5	44.0	73.2	68.2
北	G	2013/04/14	22:25	37.533	141.406	51.01	5.3	30.8	138.1	69.7
北	G	2011/09/19	03:32	37.767	141.608	48.20	5.2	31.3	169.7	74.1
北	G	2011/03/11	17:31	37.468	141.377	30.71	5.9	31.5	130.6	76.8
北	G	2011/07/25	03:51	37.709	141.627	45.81	6.3	33.0	165.1	74.5
北	G	2011/05/15	08:50	37.656	141.583	47.66	5.1	33.0	158.0	73.2
北	G	2013/05/18	14:47	37.709	141.629	46.34	6.0	33.1	165.2	74.3
北	G	2012/03/30	13:38	37.516	141.473	46.41	5.1	33.2	139.8	71.6
北	G	2011/04/06	22:54	37.634	141.572	45.90	5.3	33.2	155.5	73.6
北	G	2013/01/10	21:48	37.515	141.472	48.44	5.0	33.3	139.6	70.9
北	G	2011/07/08	03:35	37.097	141.130	55.48	5.6	33.5	84.2	56.6
北	G	2005/10/22	22:12	37.080	141.121	51.96	5.6	33.8	82.1	57.7
北	G	2011/10/10	11:45	37.508	141.486	46.99	5.6	33.8	139.6	71.4
北	G	2012/04/01	23:04	37.077	141.133	53.04	5.9	34.6	82.5	57.3
北	G	2011/03/20	14:55	37.663	141.650	42.17	5.4	34.6	162.0	75.4
北	G	2011/03/11	20:00	37.723	141.730	46.06	5.5	35.3	171.5	75.0
北	G	2011/05/20	16:28	37.452	141.485	40.72	5.2	35.3	134.5	73.2
北	G	2011/03/11	16:54	37.669	141.684	35.43	5.5	35.4	164.3	77.8
北	G	2012/12/15	13:27	37.297	141.349	59.02	5.3	35.4	113.6	62.5
北	G	2011/04/03	16:38	37.626	141.650	46.80	5.4	35.5	158.7	73.6
北	G	2011/03/11	22:56	37.666	141.722	46.36	5.3	36.4	166.1	74.4
北	G	2013/07/20	01:39	37.505	141.572	45.23	5.4	36.4	143.8	72.5
北	G	2000/11/16	18:31	37.497	141.572	45.64	5.2	36.6	143.1	72.3
北	G	2001/10/02	17:19	37.729	141.814	40.76	5.5	37.1	176.5	77.0
北	G	2012/03/25	22:22	37.676	141.769	49.47	5.2	37.2	169.5	73.7
北	G	2012/12/29	16:19	37.068	141.183	51.04	5.0	37.5	84.3	58.8
北	G	2012/01/23	20:45	37.060	141.191	51.68	5.1	38.2	84.0	58.4
北	G	2011/08/19	14:36	37.649	141.797	51.15	6.5	38.5	168.7	73.1
北	G	2011/03/11	14:58	37.689	141.934	35.20	6.6	40.6	179.9	78.9
北	G	2011/10/26	02:08	36.962	141.147	30.45	5.0	41.1	73.3	67.4
北	G	2011/08/12	03:22	36.969	141.161	52.26	6.1	41.4	74.6	55.0
北	G	2011/03/17	21:35	37.221	141.444	45.39	4.9	41.5	112.2	68.0
北	G	2011/11/24	04:24	37.330	141.613	45.41	6.1	42.8	131.3	70.9
北	G	2011/05/14	08:35	37.328	141.628	40.92	5.9	43.3	132.1	72.8

方位角：東海第二発電所から震央位置を望む方向を北から時計回りの角度で示している。  
震央距離：東海第二発電所から震央位置までの距離を示している。

見かけの入射角：震央距離と震源深さから求めた震源方向の角度を示している。垂直が0度，水平が90度となる。  
見かけの入射角 =  $\tan^{-1}$ (震央距離 / 震源深さ)

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
北	G	2011/03/11	16:16	37.141	141.417	47.71	5.3	43.8	104.1	65.4
北	G	2011/03/11	19:35	37.070	141.343	49.10	5.1	44.2	93.9	62.4
北	G	2011/04/28	18:27	37.413	141.782	43.53	5.7	44.5	148.4	73.6
北	G	2000/07/01	05:33	37.313	141.662	42.18	5.2	44.7	133.0	72.4
北	-	1998/08/03	20:09	37.210	139.995	7.60	5.2	326.7	98.9	85.6
北	-	1997/02/20	05:21	37.388	141.155	88.49	5.4	25.4	113.4	52.0
北	-	1998/04/09	17:45	36.945	141.017	94.87	5.4	34.5	64.6	34.3
北	-	2012/08/26	03:36	36.968	141.083	89.98	5.2	37.3	70.1	37.9
東	D	2011/08/13	23:00	37.009	141.400	26.30	5.0	49.4	93.0	74.2
東	D	2011/03/11	19:21	37.346	141.906	21.98	5.5	49.5	151.4	81.7
東	D	2011/03/15	22:27	37.599	142.299	10.03	6.2	49.6	196.2	87.1
東	D	2011/03/12	00:32	37.307	142.173	13.56	5.3	55.8	168.0	85.4
東	D	2011/03/11	17:04	37.260	142.110	19.17	5.9	56.2	160.4	83.2
東	D	2011/03/29	19:54	37.409	142.470	13.37	6.6	57.2	196.2	86.1
東	D	2011/03/12	03:11	37.171	142.026	25.55	6.0	57.9	148.8	80.3
東	D	2012/04/12	20:19	36.829	141.343	28.81	5.6	58.3	77.2	69.5
東	D	2011/03/12	05:25	37.083	141.886	28.42	5.1	58.7	133.1	77.9
東	D	2011/03/11	21:13	37.225	142.218	26.00	6.2	59.1	166.6	81.1
東	D	2001/02/25	06:53	37.190	142.255	15.83	5.9	60.9	167.6	84.6
東	D	2001/02/26	15:08	37.155	142.269	27.00	5.5	62.2	166.9	80.8
東	D	2012/04/14	18:25	36.773	141.342	24.35	5.0	62.4	74.1	71.8
東	D	2011/03/18	03:55	37.142	142.523	9.00	5.7	65.7	186.8	87.2
東	D	2011/05/15	19:25	37.071	142.492	5.91	5.1	67.7	181.2	88.1
東	D	2011/03/11	16:56	37.049	142.569	11.24	6.2	69.1	186.8	86.6
東	D	2011/03/11	18:19	36.562	140.954	15.34	5.0	70.9	32.9	65.0
東	D	2011/03/11	18:04	36.551	140.956	16.53	5.3	73.2	32.7	63.2
東	D	2011/03/11	18:55	36.750	141.802	0.00	5.4	73.2	111.5	90.0
東	D	2011/03/11	17:52	36.772	141.948	0.11	5.6	73.8	124.7	89.9
東	E	2011/04/09	10:25	36.780	142.250	19.72	5.1	76.2	151.1	82.6
東	E	2011/03/17	17:25	36.681	141.851	17.21	5.4	77.5	113.9	81.4
東	E	2011/07/29	23:53	36.688	142.134	29.00	5.6	79.3	138.9	78.2
東	E	2011/05/31	04:36	36.512	140.931	15.05	5.0	79.8	29.5	63.0
東	E	2011/03/11	20:44	36.697	142.451	13.00	5.7	80.6	167.0	85.5
東	E	2011/06/09	19:38	36.497	140.971	12.59	5.7	83.8	32.8	69.0
東	E	2011/03/11	16:14	36.557	142.041	25.00	6.8	85.1	128.9	79.0
東	E	2011/03/12	08:59	36.498	141.480	28.43	5.5	87.1	78.3	70.1
東	E	2011/03/11	21:24	36.460	141.874	23.00	5.2	89.9	113.6	78.6
東	E	2012/02/06	07:05	36.462	141.022	16.54	5.0	90.6	37.2	66.0

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
東	E	2011/03/11	22:16	36.427	141.843	28.00	5.7	91.9	111.0	75.8
東	E	2012/08/28	22:55	36.396	141.875	26.98	5.0	93.5	114.0	76.7
東	E	2011/03/11	17:01	36.354	141.951	16.66	5.5	95.5	121.2	82.2
東	E	2011/03/12	00:19	36.322	142.055	18.00	5.7	96.6	130.9	82.2
東	E	2011/03/11	22:34	36.285	141.930	23.00	5.6	99.2	120.4	79.2
東	E	2011/03/12	03:17	36.258	141.804	16.00	5.7	101.8	109.9	81.7
東	E	2011/03/11	21:28	36.203	141.861	23.00	5.1	104.2	116.3	78.8
東	E	2011/03/12	09:45	36.162	141.932	20.00	5.6	105.4	123.7	80.8
東	E	2011/03/12	00:42	36.130	141.902	16.37	5.5	107.4	122.2	82.4
東	E	2011/03/12	00:13	36.054	142.002	22.82	6.7	109.6	133.4	80.3
東	E	2011/03/11	23:53	36.006	142.138	13.00	5.4	109.9	146.8	84.9
東	E	2011/03/11	17:10	36.057	141.709	18.45	5.4	114.3	108.9	80.4
東	E	2011/03/18	09:41	35.986	141.831	28.00	5.4	115.5	122.3	77.1
東	E	2011/03/12	05:23	35.958	141.663	9.66	5.4	120.4	110.4	85.0
東	E	2011/11/17	18:42	35.819	141.900	19.94	5.1	121.3	136.7	81.7
東	E	2011/03/23	00:03	35.875	141.764	22.68	5.8	121.9	123.0	79.6
東	E	2011/03/22	22:50	35.861	141.781	21.61	6.0	122.1	125.2	80.2
東	E	2011/03/24	05:43	35.959	141.258	26.76	5.2	133.7	81.2	71.8
東	E	2011/06/21	17:49	35.760	141.474	21.10	5.5	134.8	110.6	79.2
東	G	2005/04/04	02:57	37.373	141.754	43.97	5.3	45.1	143.5	73.0
東	G	2000/01/09	13:02	37.291	141.664	42.92	5.1	45.5	131.4	71.9
東	G	2011/03/12	05:34	36.947	141.224	49.07	5.1	45.7	76.8	57.4
東	G	2001/04/12	16:01	37.276	141.677	43.61	5.1	46.4	131.1	71.6
東	G	2011/07/19	10:38	37.326	141.758	30.80	5.4	46.7	140.1	77.6
東	G	2011/03/12	10:46	37.367	141.825	36.43	5.2	47.0	147.6	76.1
東	G	2011/03/12	03:44	36.871	141.155	47.33	5.0	47.3	66.5	54.5
東	G	2011/03/11	15:12	37.228	141.645	38.90	6.7	47.3	125.4	72.8
東	G	2001/08/04	20:42	37.342	141.807	37.67	5.0	47.4	144.6	75.4
東	G	1999/02/01	01:51	37.128	141.526	44.96	5.3	47.9	110.1	67.8
東	G	2012/01/12	12:20	36.968	141.304	33.35	5.9	48.0	83.6	68.2
東	G	2011/07/31	03:53	36.903	141.221	57.31	6.5	48.4	73.3	52.0
東	G	1998/08/16	23:05	37.251	141.759	42.06	5.3	49.4	134.7	72.7
東	G	2011/03/22	18:19	37.316	141.910	43.00	6.4	50.5	149.7	74.0
東	G	2012/04/13	21:12	36.957	141.374	31.31	5.2	51.3	87.6	70.3
東	G	2012/12/30	08:05	36.963	141.393	34.95	5.1	51.6	89.3	68.6
東	G	2011/09/08	22:38	37.273	141.924	39.61	5.2	52.3	147.7	75.0
東	G	2012/04/19	12:33	36.944	141.391	33.53	5.1	52.7	87.9	69.1
東	G	2012/04/13	19:10	36.947	141.422	31.54	6.0	53.5	90.4	70.8

方位角：東海第二発電所から震央位置を望む方向を北から時計回りの角度で示している。  
震央距離：東海第二発電所から震央位置までの距離を示している。

見かけの入射角：震央距離と震源深さから求めた震源方向の角度を示している。垂直が0度、水平が90度となる。  
見かけの入射角 =  $\tan^{-1}$ (震央距離 / 震源深さ)

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
東	G	2012/12/15	14:46	36.822	141.209	32.27	5.0	53.5	66.8	64.2
東	G	2011/03/18	11:47	37.187	141.866	44.31	5.2	54.2	137.9	72.2
東	G	2011/03/30	22:19	36.650	140.932	49.95	5.0	54.9	35.6	35.5
東	G	2011/03/11	15:44	36.640	140.915	49.57	5.3	54.9	33.7	34.2
東	G	2012/11/09	12:51	36.878	141.380	32.50	5.5	56.3	82.8	68.6
東	G	2011/03/11	14:51	37.311	142.238	33.00	6.8	56.7	173.0	79.2
東	G	2012/08/21	01:42	36.906	141.449	45.72	5.1	56.8	89.7	63.0
東	G	2013/02/09	13:43	36.844	141.360	32.64	5.2	57.9	79.3	67.6
東	G	2011/04/11	06:35	36.742	141.155	52.71	5.1	57.9	57.8	47.6
東	G	1999/10/05	09:38	37.356	142.430	56.62	5.2	58.2	190.1	73.4
東	G	2002/07/24	05:05	37.232	142.316	30.00	5.9	60.3	174.6	80.2
東	G	2011/04/30	14:06	36.760	141.281	36.94	5.3	61.4	68.6	61.7
東	G	2013/04/06	05:00	36.750	141.294	48.52	5.2	62.7	69.1	54.9
東	G	2011/03/17	21:54	36.738	141.309	47.01	5.7	64.2	69.7	56.0
東	G	2011/03/11	16:28	36.891	141.874	44.02	6.2	67.0	122.7	70.3
東	G	2001/09/04	23:54	36.757	141.473	41.92	5.3	67.1	83.9	63.5
東	G	2011/03/12	11:34	36.744	141.613	45.70	5.2	70.8	95.2	64.3
東	G	2002/02/12	22:44	36.590	141.083	47.79	5.7	72.0	44.8	43.1
東	G	2011/03/23	19:43	36.683	141.455	50.96	5.1	72.1	79.6	57.4
東	H	2012/03/21	21:01	36.752	142.394	41.00	5.0	78.2	163.0	75.9
東	H	2012/12/19	03:36	36.696	142.105	35.00	5.1	78.8	136.5	75.6
東	H	2011/03/11	20:16	36.628	141.709	42.54	5.5	79.4	100.3	67.0
東	H	2000/07/21	03:39	36.529	141.119	49.37	6.4	81.1	46.4	43.2
東	H	2011/03/11	17:12	36.549	141.386	32.46	6.6	82.3	70.4	65.3
東	H	2011/03/11	16:49	36.555	141.967	34.43	5.5	85.0	122.3	74.3
東	H	1999/10/16	17:14	36.462	141.534	39.00	5.2	90.0	83.1	64.9
東	H	2011/03/12	00:07	36.378	141.525	40.58	5.4	96.5	83.0	63.9
東	H	2011/03/11	20:13	36.321	141.947	37.00	5.6	97.2	121.3	73.0
東	H	2011/03/11	16:44	36.301	141.901	60.00	5.6	98.6	117.6	63.0
東	H	2011/05/24	20:49	36.400	141.122	44.43	5.0	98.8	46.8	46.5
東	H	2004/04/04	08:02	36.390	141.154	48.99	5.8	99.5	49.8	45.5
東	H	2005/08/08	00:06	36.340	141.446	46.03	5.6	100.3	76.6	59.0
東	H	2011/12/05	10:01	36.246	141.972	48.00	5.2	100.8	124.9	69.0
東	H	2013/07/21	18:52	36.271	141.811	54.00	5.0	101.0	110.2	63.9
東	H	1998/03/23	18:37	36.369	141.182	48.60	5.4	101.6	52.7	47.3
東	H	2011/03/11	20:56	36.281	141.675	40.34	5.3	101.8	98.0	67.6
東	H	2013/07/20	15:06	36.232	141.932	33.00	5.4	101.9	121.7	74.8
東	H	2011/03/20	16:56	36.205	141.987	57.00	5.2	102.7	127.3	65.9

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
東	H	2011/05/10	19:14	36.226	141.863	58.00	5.4	102.9	115.8	63.4
東	H	2002/10/21	01:06	36.369	141.124	49.66	5.4	102.9	47.6	43.8
東	H	2011/03/11	21:49	36.243	141.762	35.45	5.3	103.1	106.6	71.6
東	H	2005/10/19	20:44	36.382	141.043	48.32	6.3	103.3	40.2	39.8
東	H	1999/01/02	01:20	36.233	141.710	46.00	5.1	104.3	102.3	65.8
東	H	2000/08/19	21:41	36.274	141.480	45.66	5.5	104.9	81.2	60.7
東	H	2002/06/19	18:16	36.192	141.804	58.00	5.4	105.4	111.7	62.6
東	H	2011/03/23	04:09	36.220	141.682	52.20	5.0	105.4	100.3	62.5
東	H	2011/03/22	21:04	36.231	141.627	48.42	5.9	105.6	95.2	63.0
東	H	2011/03/21	14:08	36.240	141.577	48.87	5.0	105.8	90.6	61.7
東	H	2011/09/15	17:00	36.255	141.483	50.88	6.3	106.3	82.1	58.2
東	H	2011/03/11	21:59	36.148	141.914	35.00	5.3	106.3	122.6	74.1
東	H	2011/08/22	20:23	36.107	141.984	34.00	6.1	107.4	130.0	75.3
東	H	2011/03/12	02:23	36.119	141.924	32.00	5.2	107.6	124.4	75.6
東	H	2011/03/11	17:19	36.157	141.716	35.54	6.8	108.7	105.3	71.4
東	H	2006/03/13	13:06	36.057	141.766	59.00	5.1	113.2	113.6	62.6
東	H	2001/07/31	13:59	36.085	141.662	43.07	5.1	113.7	103.8	67.5
東	H	2004/03/11	11:34	36.322	141.008	47.52	5.3	113.8	39.4	39.7
東	H	2006/03/13	13:15	36.068	141.670	56.03	5.1	114.5	105.3	62.0
東	H	2011/11/02	01:21	36.006	141.766	41.00	5.0	115.7	116.0	70.5
東	H	2011/03/12	04:58	36.256	141.053	42.51	4.8	120.0	46.3	47.5
東	H	1999/03/02	16:12	35.679	142.130	53.00	6.3	122.0	162.7	72.0
東	H	2011/03/11	23:56	35.972	141.570	31.21	5.8	122.1	102.5	73.1
東	H	1998/12/17	21:49	36.057	141.383	40.16	5.1	122.8	83.2	64.2
東	H	2011/03/23	01:12	35.811	141.837	34.74	5.4	122.9	132.4	75.3
東	H	2011/03/12	04:08	36.286	140.948	34.71	5.2	122.9	36.5	46.5
東	H	2011/03/11	15:15	36.121	141.253	42.70	7.6	123.2	69.5	58.4
東	H	2011/03/22	14:59	35.803	141.817	39.06	5.1	123.7	131.4	73.4
東	H	2011/03/11	16:42	36.079	141.233	37.46	5.4	127.2	70.8	62.1
東	H	2011/03/11	20:46	36.062	141.175	41.18	5.4	131.1	68.0	58.8
東	H	2011/03/11	17:35	36.069	141.133	37.31	5.2	132.8	64.6	60.0
東	-	2012/01/03	03:28	36.377	141.899	60.25	5.0	94.5	116.3	62.6
東	-	2011/07/07	00:15	36.375	141.788	76.38	5.9	95.1	106.4	54.3
東	-	2011/03/28	14:44	36.362	141.865	72.90	5.3	95.4	113.4	57.3
東	-	2011/05/28	22:46	36.302	142.133	77.18	5.0	97.1	138.2	60.8
東	-	2011/06/22	06:15	36.294	141.850	73.00	5.0	99.3	113.2	57.2
東	-	2011/03/30	14:29	36.124	142.471	80.00	6.3	102.2	171.7	65.0
東	-	2011/04/01	23:44	36.240	141.653	63.37	5.2	104.7	97.2	56.9

方位角: 東海第二発電所から震央位置を望む方向を北から時計回りの角度で示している。

震央距離: 東海第二発電所から震央位置までの距離を示している。

見かけの入射角: 震央距離と震源深さから求めた震源方向の角度を示している。垂直が0度, 水平が90度となる。

見かけの入射角 =  $\tan^{-1}$ (震央距離 / 震源深さ)

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
東	-	2006/02/03	15:10	36.229	141.612	63.29	5.3	105.9	94.0	56.0
東	-	2006/02/03	13:37	36.215	141.611	62.08	5.9	106.9	94.4	56.7
東	-	2006/02/03	14:41	36.220	141.581	62.63	5.0	107.0	91.6	55.6
東	-	2011/03/22	10:13	36.086	141.936	69.06	5.0	109.0	126.6	61.4
東	-	2011/04/14	15:08	35.517	142.465	28.00	6.0	121.6	197.9	81.9
南	B	1997/03/23	14:58	35.969	140.107	71.46	5.1	219.3	71.1	44.9
南	C	1998/01/14	02:17	35.617	140.233	77.98	5.0	199.8	100.1	52.1
南	C	1999/09/13	07:56	35.598	140.160	75.81	5.1	202.8	104.4	54.0
南	C	2005/07/23	16:34	35.582	140.139	73.08	6.0	203.4	106.8	55.6
南	C	1998/08/29	08:46	35.633	140.029	64.60	5.3	209.5	106.0	58.7
南	C	2012/05/29	01:36	35.806	140.087	63.99	5.2	212.7	86.9	53.6
南	F	2011/03/11	15:57	35.819	141.182	27.53	6.2	144.1	88.5	72.7
南	F	2013/01/22	04:46	35.874	140.937	16.03	5.1	155.6	72.1	77.5
南	F	2012/01/27	13:19	35.777	140.983	14.37	5.0	156.0	83.7	80.3
南	F	2011/03/16	05:30	35.285	141.224	24.16	5.8	156.8	142.4	80.4
南	F	2011/08/06	16:14	35.340	141.157	28.11	5.2	158.1	134.5	78.2
南	F	2011/03/16	12:52	35.837	140.907	9.97	6.1	158.8	74.8	82.4
南	F	2011/03/17	21:32	35.630	140.979	27.87	5.7	160.0	98.6	74.2
南	F	2013/04/04	13:42	35.767	140.918	12.27	5.1	160.1	82.5	81.5
南	F	2011/04/13	08:36	35.487	140.879	26.90	5.3	167.2	111.4	76.4
南	F	2011/04/12	08:08	35.482	140.868	26.27	6.4	167.7	111.7	76.8
南	F	2011/12/03	05:55	35.352	140.322	22.02	5.2	191.8	126.2	80.1
南	I	2011/03/11	18:55	36.232	140.880	45.10	5.0	136.6	35.8	38.4
南	I	2011/03/11	16:45	35.993	141.074	41.15	5.0	141.2	67.2	58.5
南	I	2011/03/11	15:17	35.964	141.082	34.29	5.9	142.4	70.2	64.0
南	I	2011/03/11	20:20	35.795	141.200	38.55	5.6	144.2	91.6	67.2
南	I	2011/05/20	09:46	35.802	141.176	35.86	5.8	145.0	89.8	68.2
南	I	2011/03/11	23:00	36.148	140.879	43.42	5.4	145.2	42.9	44.7
南	I	2000/12/05	01:47	35.835	141.143	34.86	5.5	145.3	85.0	67.7
南	I	2013/04/29	22:01	35.809	141.126	34.40	5.6	147.2	86.6	68.3
南	I	2011/03/18	17:01	35.822	141.112	34.58	5.4	147.4	84.7	67.8
南	I	1996/09/11	11:37	35.639	141.217	51.99	6.4	148.9	107.0	64.1
南	I	2002/02/11	10:09	35.786	141.089	34.72	5.2	149.9	87.0	68.3
南	I	1996/08/17	21:00	35.565	141.233	45.48	5.0	150.4	114.8	68.4
南	I	2011/03/12	04:24	35.759	141.041	35.13	5.7	153.4	87.6	68.2
南	I	2011/03/30	21:51	35.444	141.228	30.12	5.3	153.5	126.4	76.6
南	I	2000/07/21	14:16	35.253	141.322	37.14	5.7	154.2	149.3	76.0
南	I	2001/04/17	09:39	35.617	141.089	37.54	5.0	155.1	103.7	70.1

4領域	9領域	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード	方位角 (度)	震央距離 (km)	見かけの 入射角 (度)
				緯度(度)	経度(度)					
南	I	2012/11/16	17:25	35.357	141.230	30.24	5.5	155.3	135.3	77.4
南	I	2013/02/19	21:27	35.346	141.199	37.21	5.6	156.6	135.3	74.6
南	I	2011/03/22	12:38	35.264	141.237	36.97	5.9	156.7	145.0	75.7
南	I	2005/05/19	10:14	35.559	141.082	33.35	5.4	156.8	109.3	73.0
南	I	2012/06/06	04:31	34.993	141.371	37.02	6.3	156.9	177.5	78.2
南	I	2011/07/25	20:54	35.245	141.232	36.96	5.7	157.2	146.8	75.9
南	I	2006/09/07	03:06	35.590	141.057	38.21	5.1	157.2	105.3	70.1
南	I	2002/10/16	13:04	35.835	140.903	34.00	5.0	159.1	74.9	65.6
南	I	2005/09/09	16:15	35.590	140.947	37.54	5.0	162.4	101.9	69.8
南	I	2000/06/03	17:54	35.690	140.747	48.06	6.1	171.6	87.0	61.1
南	I	1998/06/14	22:17	35.465	140.749	46.43	5.7	173.4	111.8	67.5
南	I	2005/06/20	01:15	35.734	140.695	50.65	5.6	174.4	81.6	58.2
南	I	2012/04/25	05:22	35.723	140.679	43.12	5.5	175.5	82.7	62.5
南	I	2001/05/25	15:55	35.759	140.666	47.18	5.0	176.1	78.6	59.0
南	I	2013/06/06	12:28	35.644	140.656	50.01	5.0	177.2	91.3	61.3
南	I	2011/05/22	07:06	35.730	140.644	48.33	5.5	177.6	81.8	59.4
南	I	2005/04/11	07:22	35.727	140.621	51.51	6.1	179.1	82.0	57.9
南	-	2012/04/29	19:28	35.716	140.601	48.26	5.8	180.4	83.2	59.9
南	-	2006/10/14	06:38	34.895	140.305	64.42	5.1	189.0	176.4	69.9
南	-	2012/08/20	20:42	35.917	140.442	57.20	5.2	193.7	62.7	47.6
南	-	2011/03/16	22:39	35.917	140.440	53.41	5.4	193.9	62.8	49.6
南	-	1999/07/15	07:56	35.936	140.441	49.64	5.0	194.3	60.7	50.7
南	-	1997/09/08	08:40	35.558	140.002	108.59	5.1	208.6	114.5	46.5
南	-	2006/02/01	20:35	35.761	140.004	101.02	5.1	214.9	95.2	43.3
西	B	2005/10/16	16:05	36.039	139.938	47.12	5.1	232.0	76.5	58.4
西	B	2012/06/01	17:48	36.028	139.875	43.69	5.1	233.7	81.8	61.9
西	B	2011/07/15	21:01	36.164	140.083	66.36	5.4	234.6	57.7	41.0
西	B	1996/12/21	10:28	36.096	139.861	53.11	5.6	238.7	78.6	55.9
西	B	2005/07/28	19:15	36.126	139.846	51.12	5.0	241.3	78.0	56.8
西	B	2011/04/02	16:55	36.207	139.962	53.63	5.0	243.8	64.6	50.3
西	B	2002/06/14	11:42	36.216	139.977	56.99	5.1	244.1	62.9	47.8
西	B	2001/07/20	06:02	36.162	139.813	55.17	5.0	244.9	78.9	55.0
西	-	2012/01/28	07:43	35.489	138.977	18.16	5.4	234.1	182.6	84.3
西	-	2011/04/12	07:26	36.819	138.606	0.00	5.6	282.9	183.2	90.0
西	-	2011/03/12	04:31	36.949	138.573	0.78	5.9	287.0	189.5	89.8
西	-	2011/03/12	03:59	36.986	138.598	8.38	6.7	288.4	188.5	87.5
西	-	2001/01/04	13:18	36.957	138.769	11.23	5.3	288.9	173.0	86.3
西	-	2013/02/25	16:23	36.874	139.413	2.84	6.3	293.3	115.9	88.6
西	-	2005/08/21	11:29	37.298	138.712	16.73	5.0	299.2	192.5	85.0

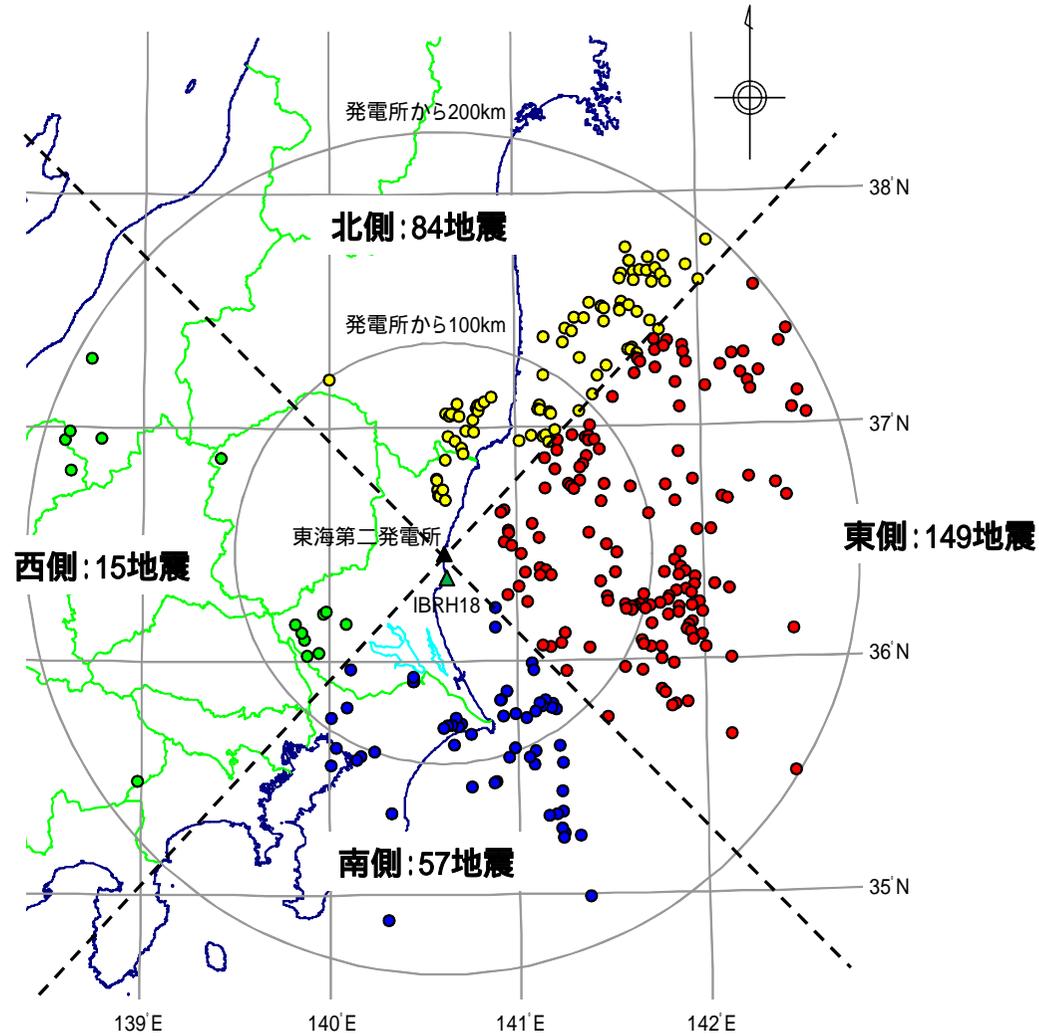
方位角: 東海第二発電所から震央位置を望む方向を北から時計回りの角度で示している。

震央距離: 東海第二発電所から震央位置までの距離を示している。

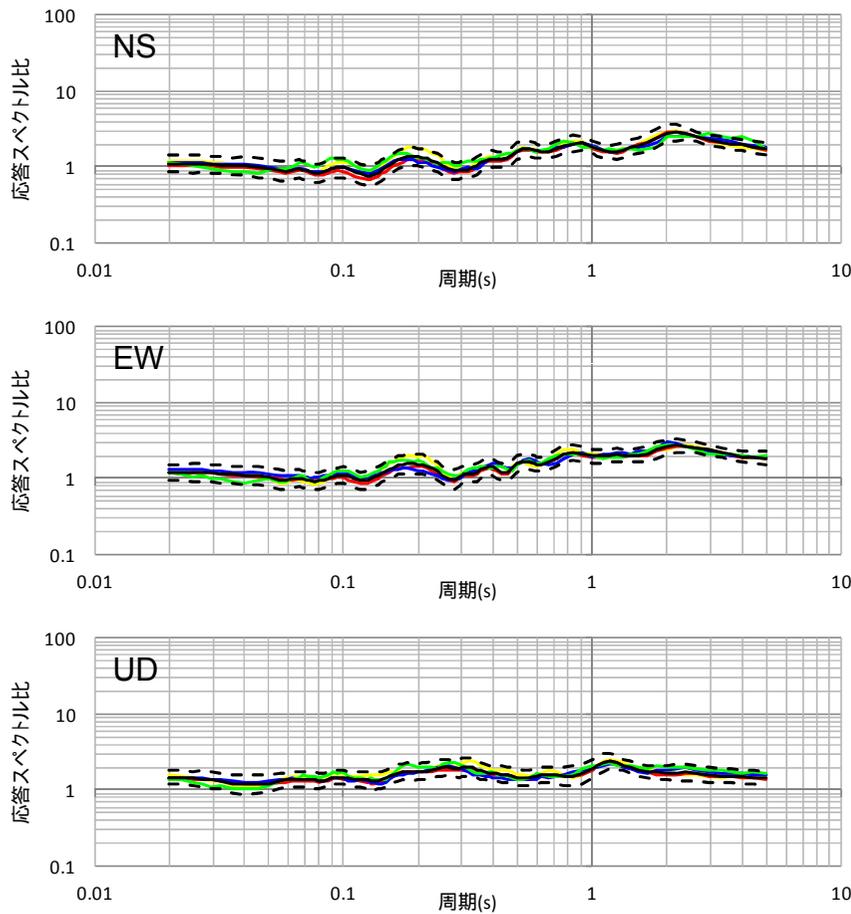
見かけの入射角: 震央距離と震源深さから求めた震源方向の角度を示している。垂直が0度、水平が90度となる。

見かけの入射角 =  $\tan^{-1}$ (震央距離 / 震源深さ)

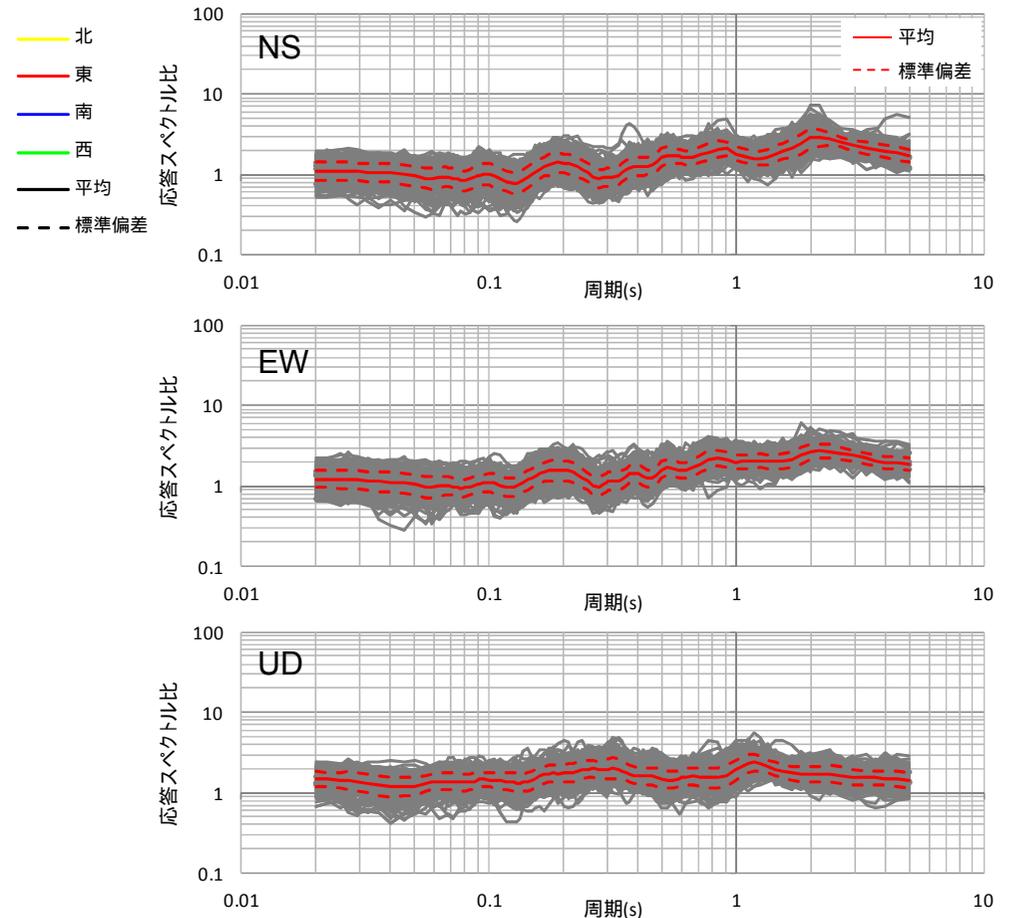
## 4領域に分割した検討



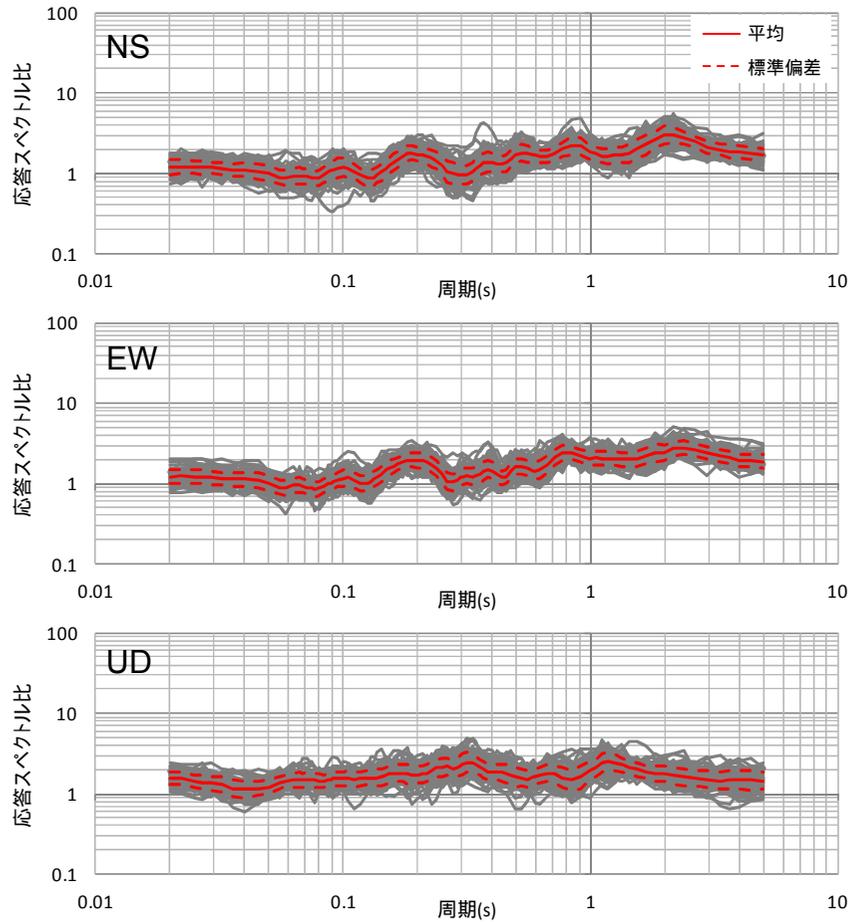
解放基盤表面より浅部の地盤が水平成層であることを地震観測記録を用いて検討するため、地震波の到来方向ごとに深度の異なる地震観測記録の応答スペクトル比を比較検討した。その結果、応答スペクトル比は、到来方向による大きな違いは見られず、ばらつきは小さいことから、地下構造が水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認した。



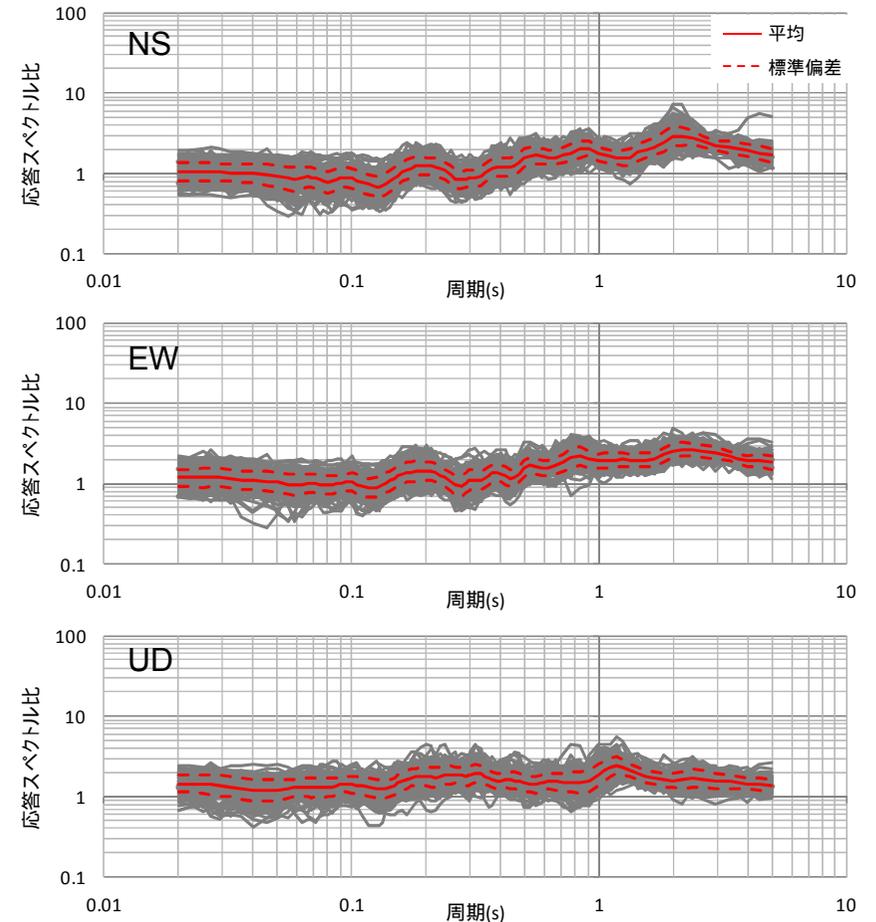
領域ごとの平均応答スペクトル比(4領域)



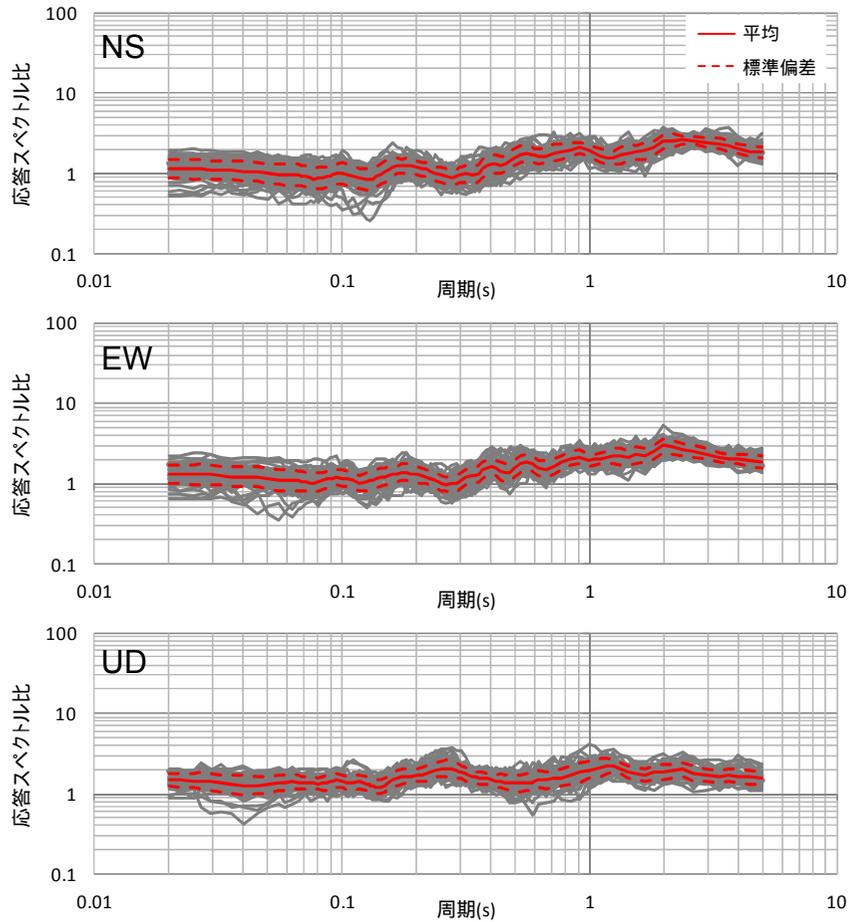
全地震の応答スペクトル比



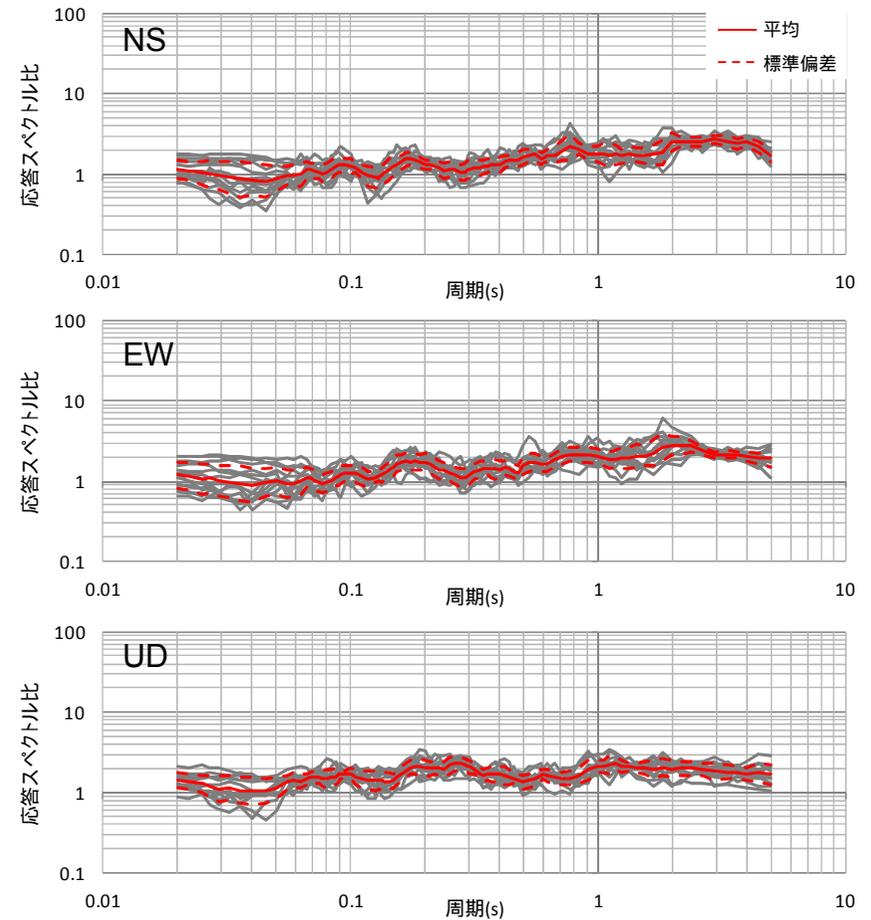
北側における全地震の応答スペクトル比



東側における全地震の応答スペクトル比



南側における全地震の応答スペクトル比

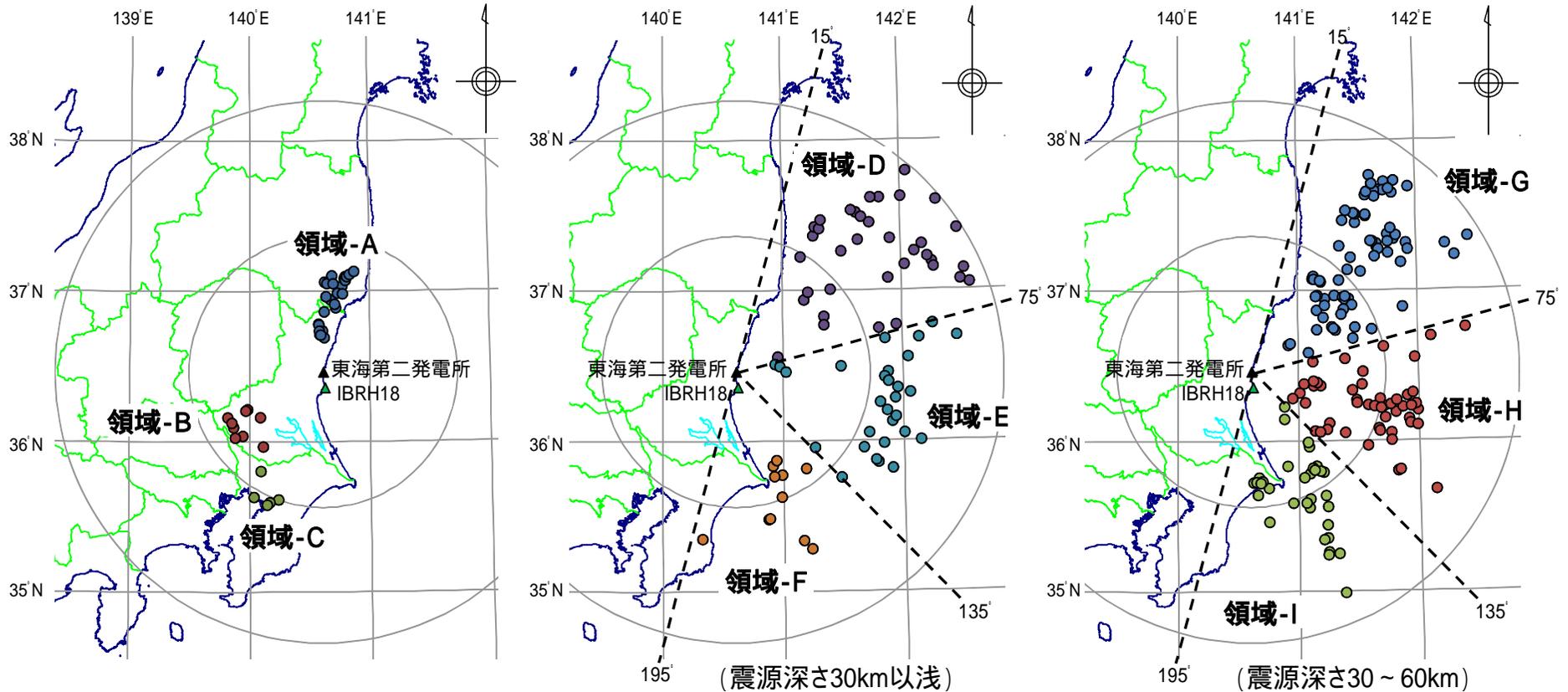


西側における全地震の応答スペクトル比

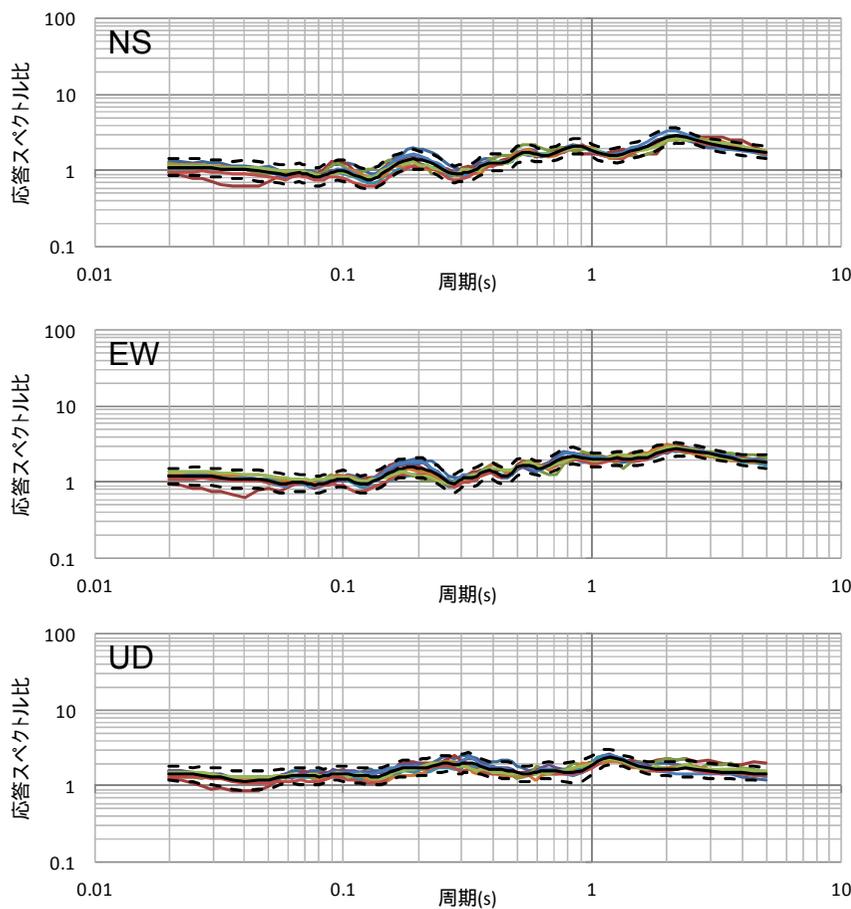
### 9領域に分割した検討

地震発生領域や地震発生様式等の共通性に着目し、以下の9領域に区分し、地震波の到来方向による影響を検討する。

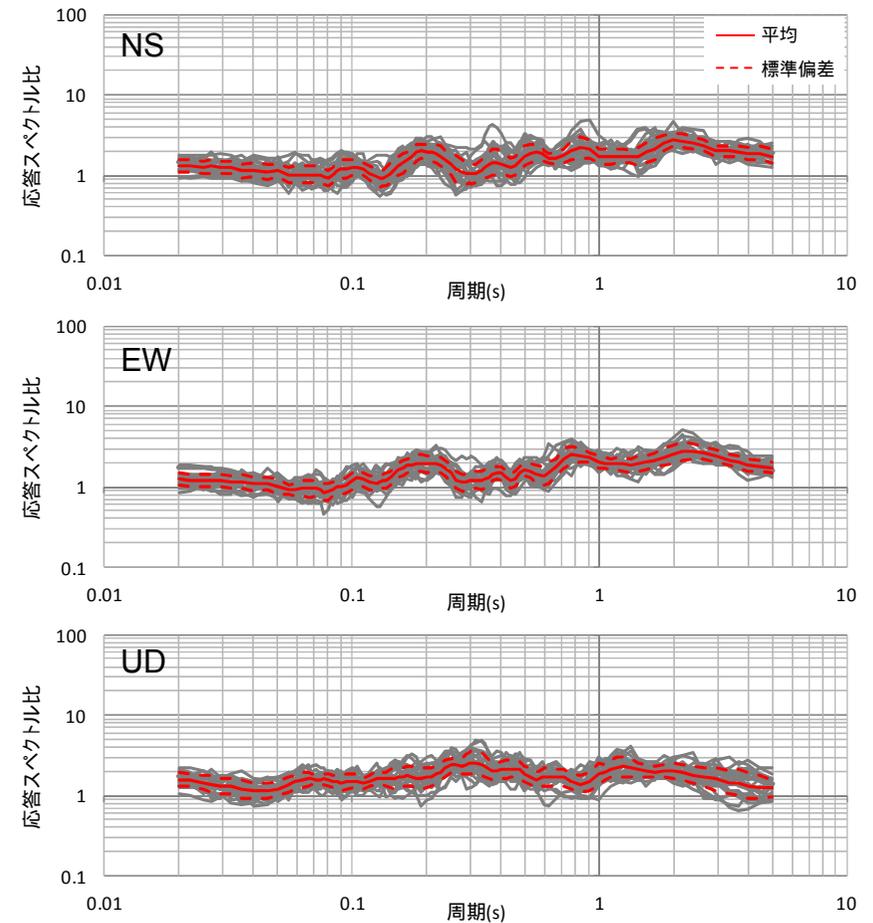
領域-A: 福島県浜通り、茨城県北部の深さ30km以浅  
 領域-B: 茨城県南部の深さ40～80km  
 領域-C: 首都直下の深さ40～80km  
 領域-D～I: 太平洋プレートの走向に対し北方から時計回りに60度ごとに3分割した領域  
 そのうち、領域-D～Fは深さ30km以浅、  
 領域-G～Iは深さ30～60km



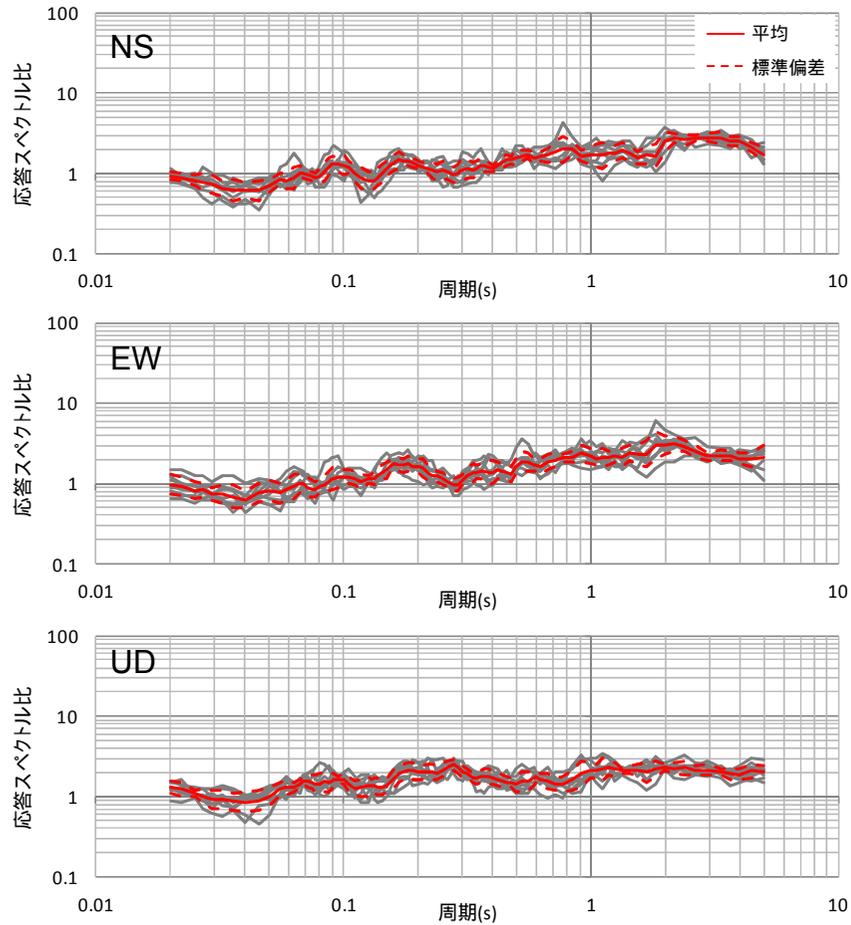
地震発生領域を9領域に区分し、地震観測記録の応答スペクトル比を比較した結果、応答スペクトル比は領域によって大きく変化することはない、ばらつきも小さい。その傾向は、先に実施した4領域に区分した結果と同様であり、敷地地盤の地下構造が水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認した。



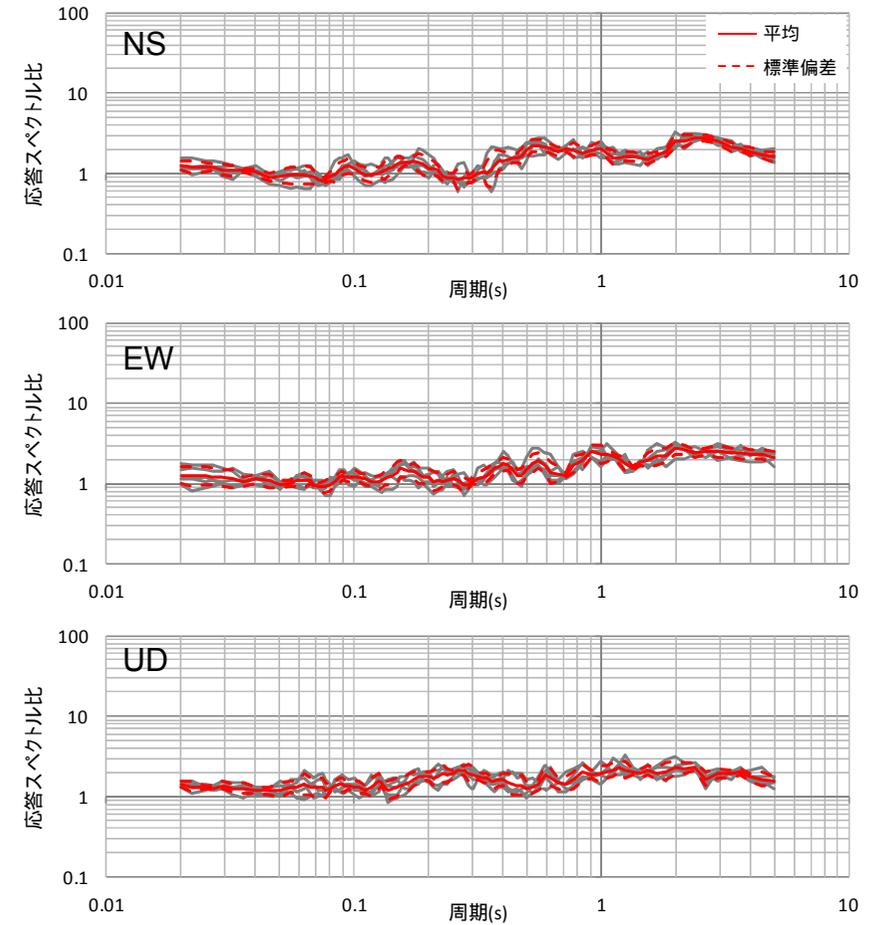
領域ごとの平均応答スペクトル比(9領域)



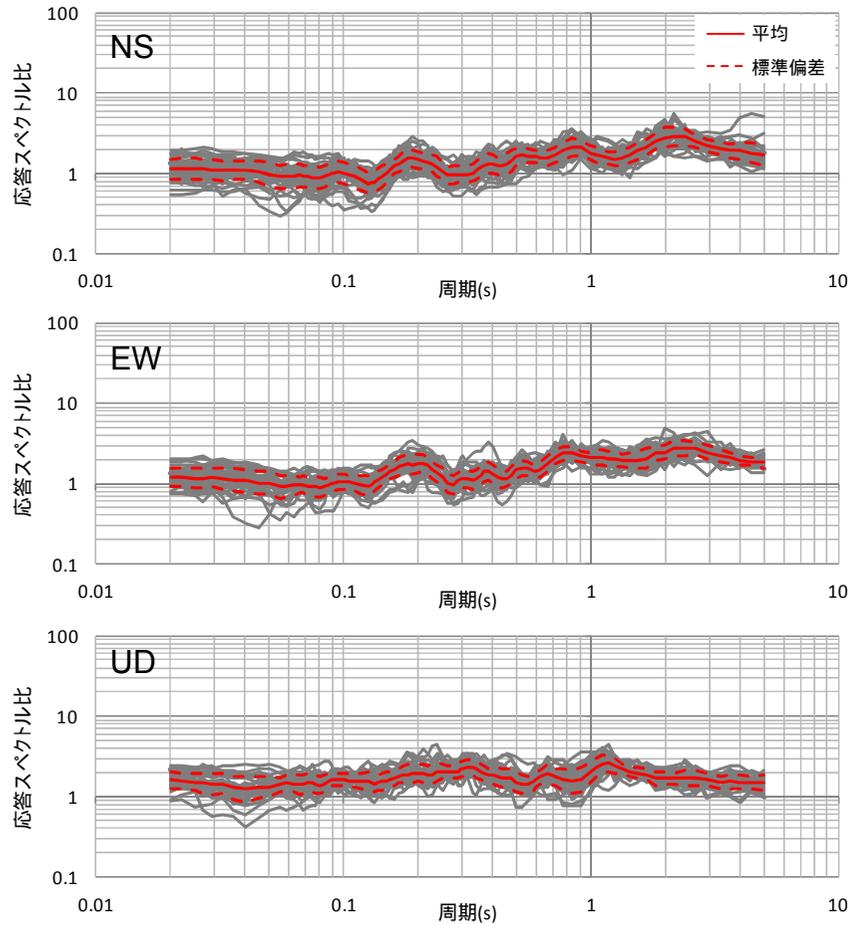
領域-Aにおける全地震の応答スペクトル比



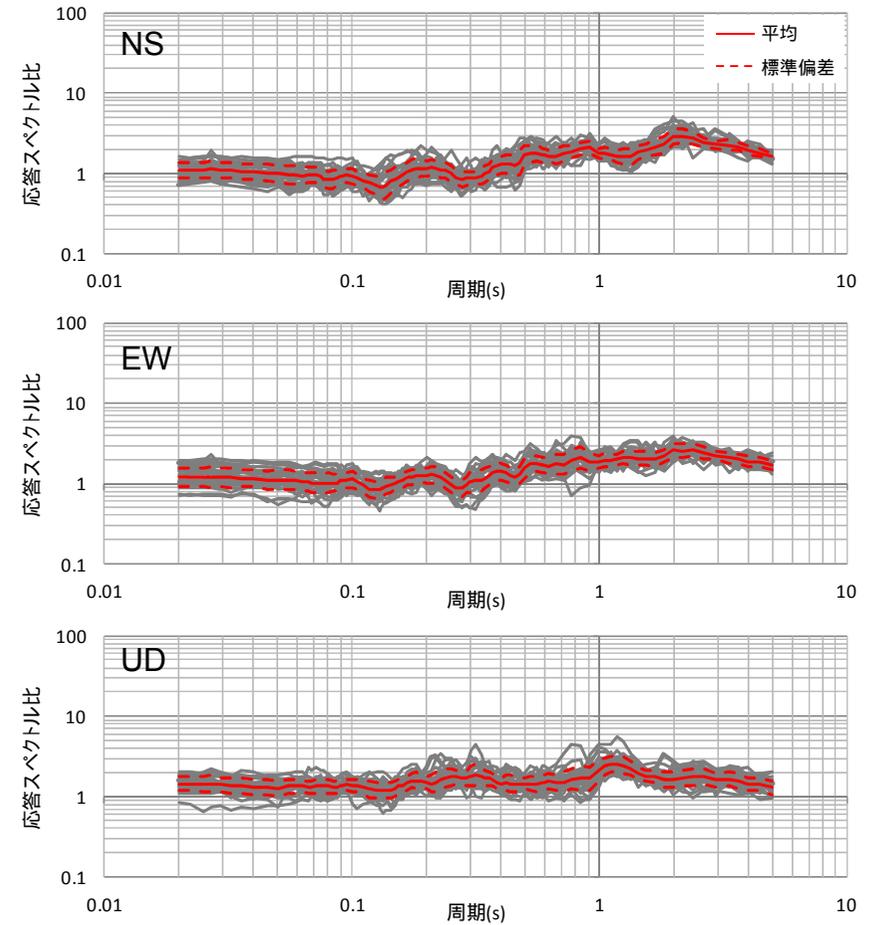
領域-Bにおける全地震の応答スペクトル比



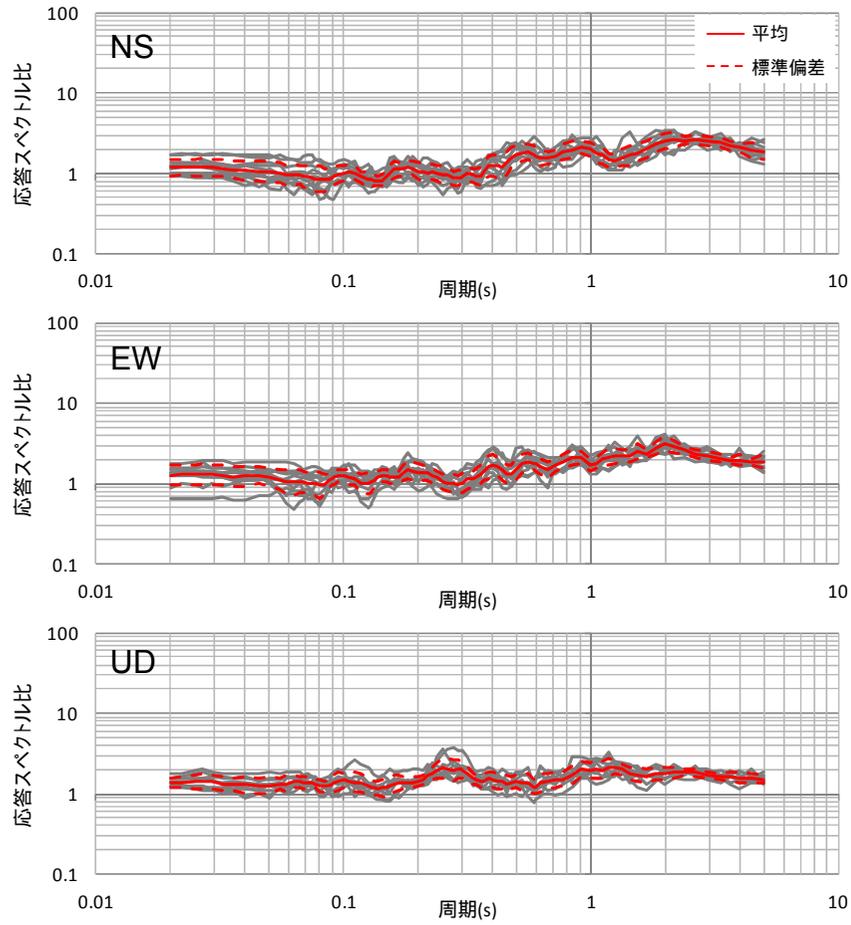
領域-Cにおける全地震の応答スペクトル比



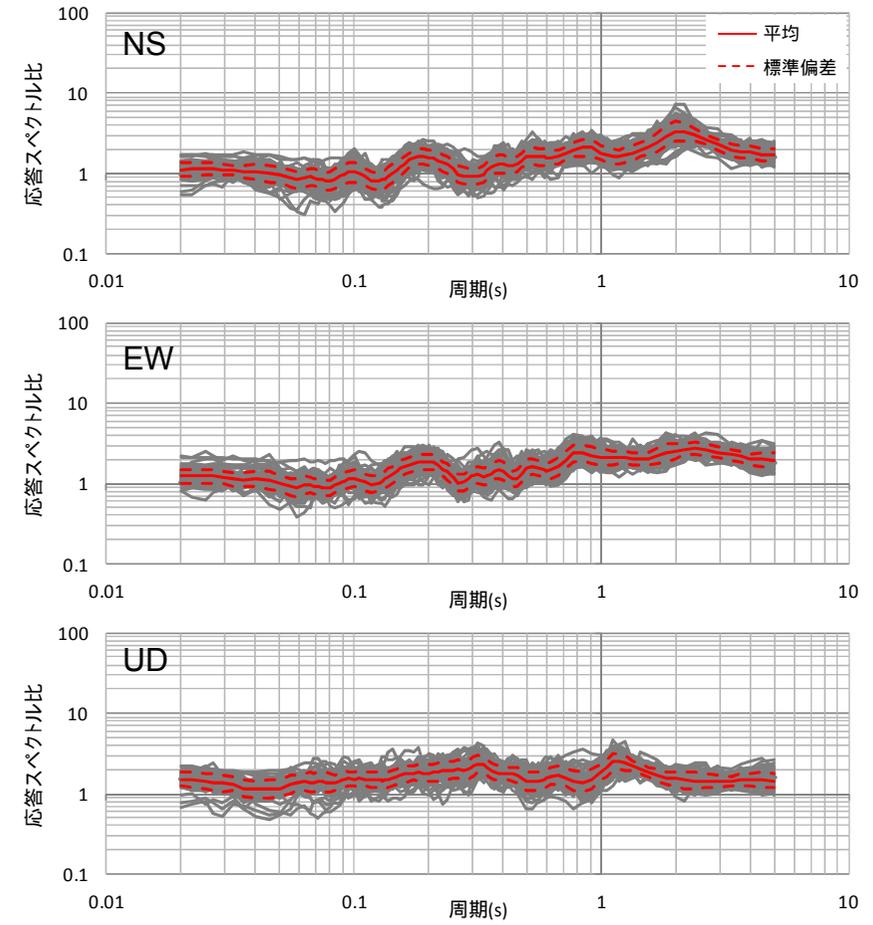
領域-Dにおける全地震の応答スペクトル比



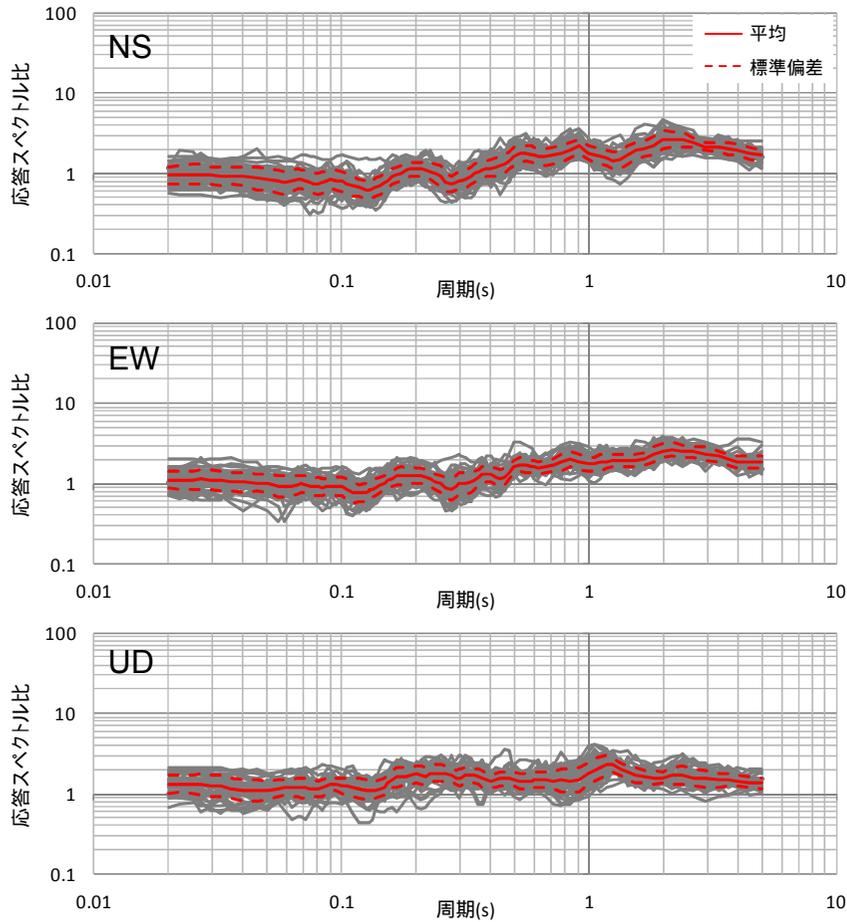
領域-Eにおける全地震の応答スペクトル比



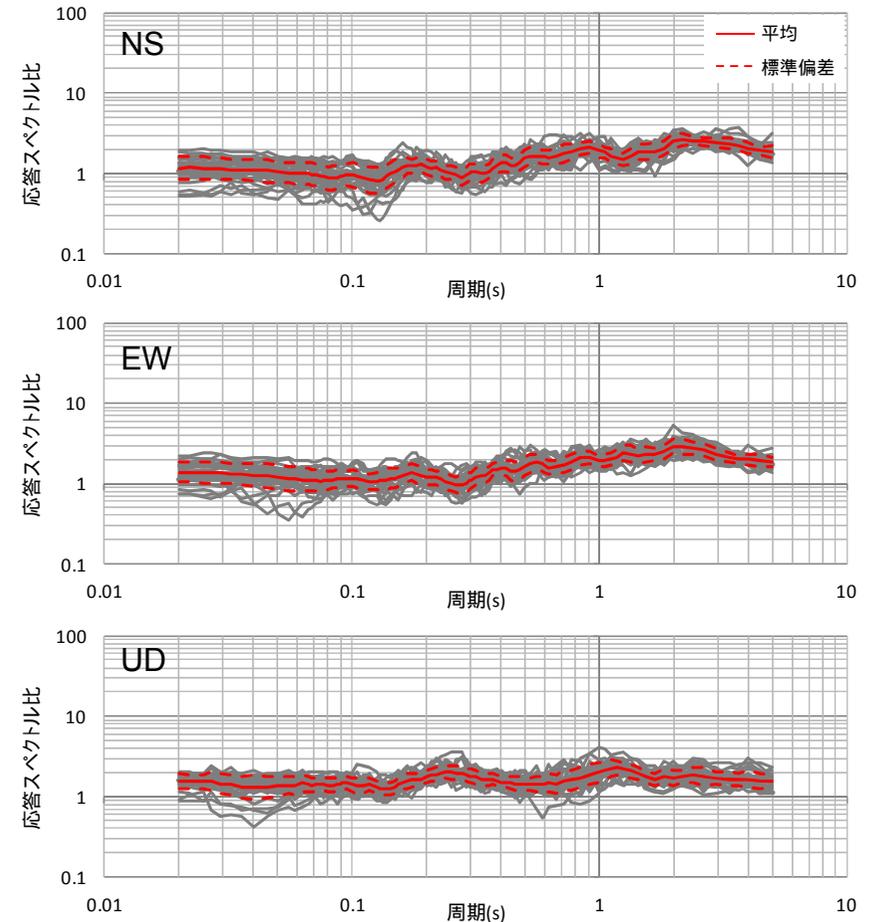
領域-Fにおける全地震の応答スペクトル比



領域-Gにおける全地震の応答スペクトル比



領域-Hにおける全地震の応答スペクトル比



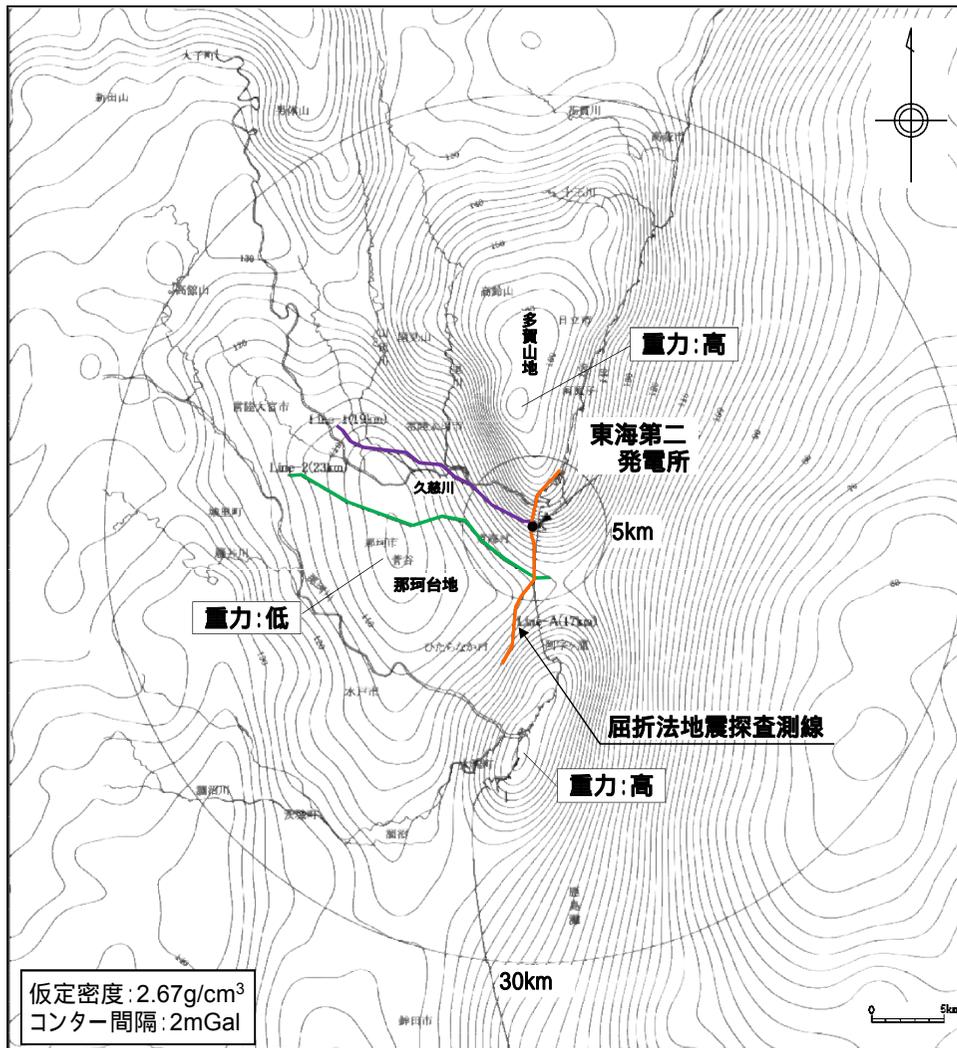
領域-Iにおける全地震の応答スペクトル比

---

## 4. 地球物理学的調査による地下構造評価

### 4.1 地球物理学的調査について

# 4.1 地球物理学的調査について 敷地周辺及び近傍の重力異常



敷地北方の多賀山地南西縁付近には、NNW - SSE方向に線状の重力の急勾配構造が認められており、この急勾配構造は敷地付近を通過し、南方まで延長している。



上記の重力異常域と地下深部構造の関係を把握するとともに、敷地周辺地盤の速度構造を得るために、屈折法地震探査及び微動アレイ探査を実施した。

地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」(2013)に加筆

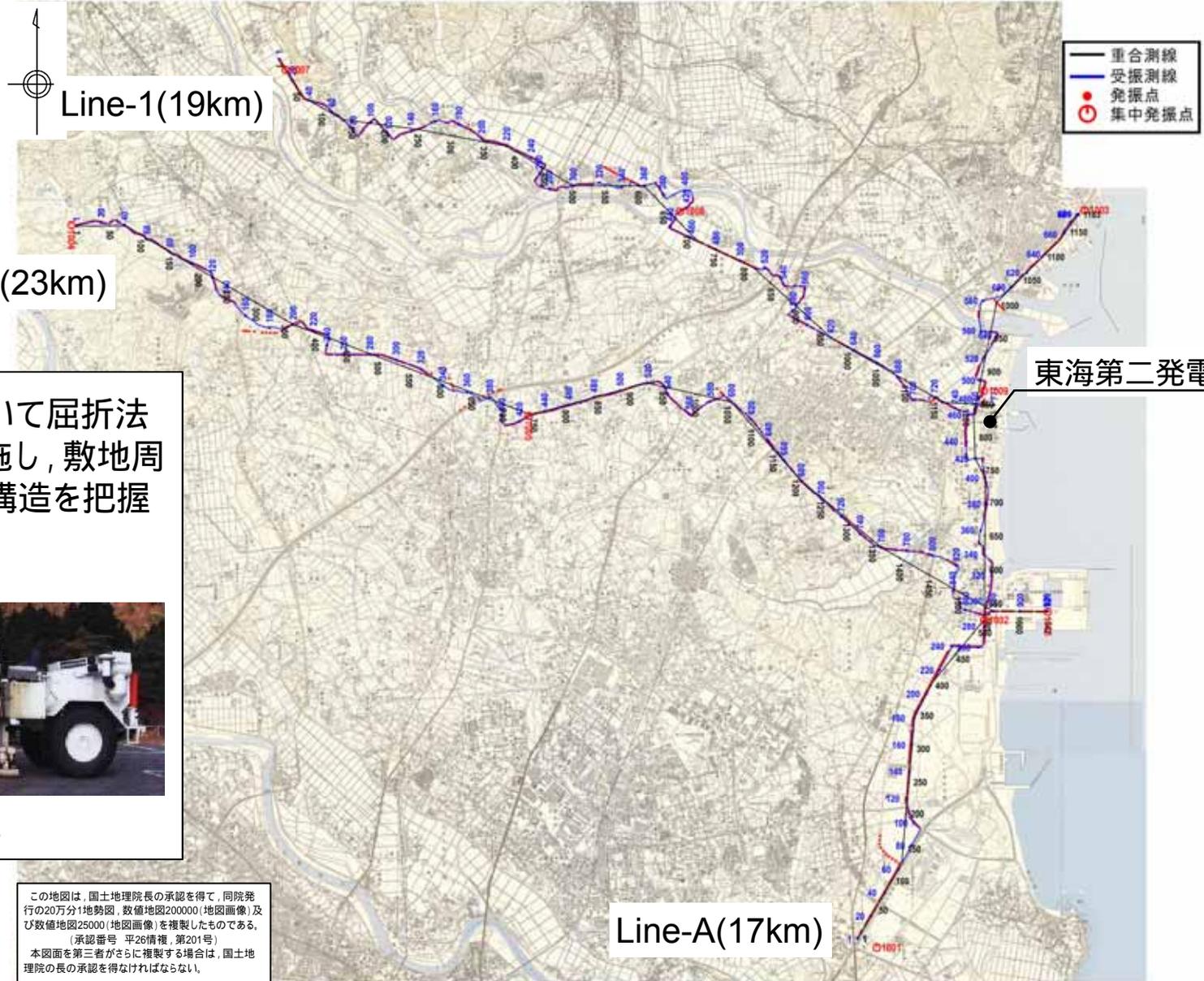
敷地西方の那珂台地には低重力域の中心があり、敷地との間に重力の急勾配構造が認められる。重力異常域と地下深部構造の関係を把握するために、地球物理学的調査を実施し、敷地周辺の3次元地下構造を把握する。

### 地震探査

- ・ 敷地周辺において屈折法地震探査を実施し、敷地周辺地盤の速度構造を把握する。
- ・ 日立市～ひたちなか市 (Line-A:探査距離 約17km)
- ・ 発電所～常陸太田市 (Line-1:探査距離 約19km)
- ・ ひたちなか市～那珂市 (Line-2:探査距離 約23km)

### 微動探査

- ・ 敷地周辺において微動アレイ探査を実施し、敷地周辺地盤の速度構造を把握する。
- ・ アレイサイズ(底辺長)4km 1箇所
- ・ アレイサイズ(底辺長)2km 10箇所



敷地周辺において屈折法地震探査を実施し、敷地周辺地盤の速度構造を把握する。



起振車

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。  
(承認番号 平26情複, 第201号)  
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。

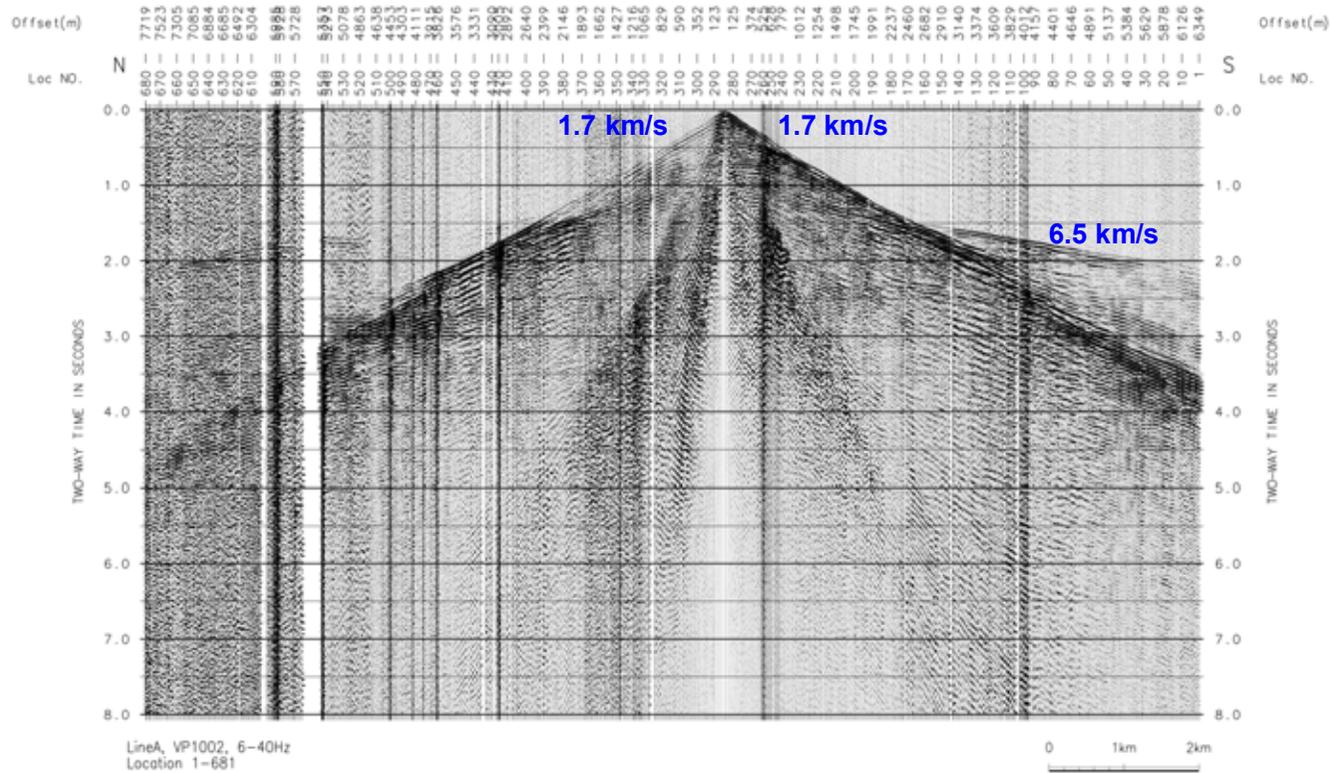
## &lt; 仕様 &gt;

発振源	起振車(バイプロサイズ車) 18t × 4台	起震マス : 3t(最大荷重約13.6t) 発振周波数: 6 ~ 40Hz 発振時間 : 16秒( × 100 ~ 200回程度)
受振器	独立式地震計	1成分速度計(固有周波数: 10Hz) 受振点間隔: 約25m

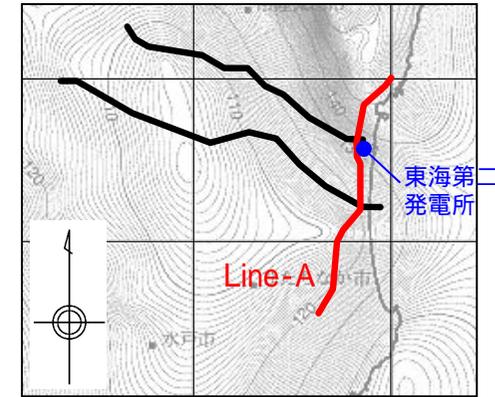
この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。  
(承認番号 平26情複, 第201号)  
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院長の承認を得なければならない。



東海第二発電所

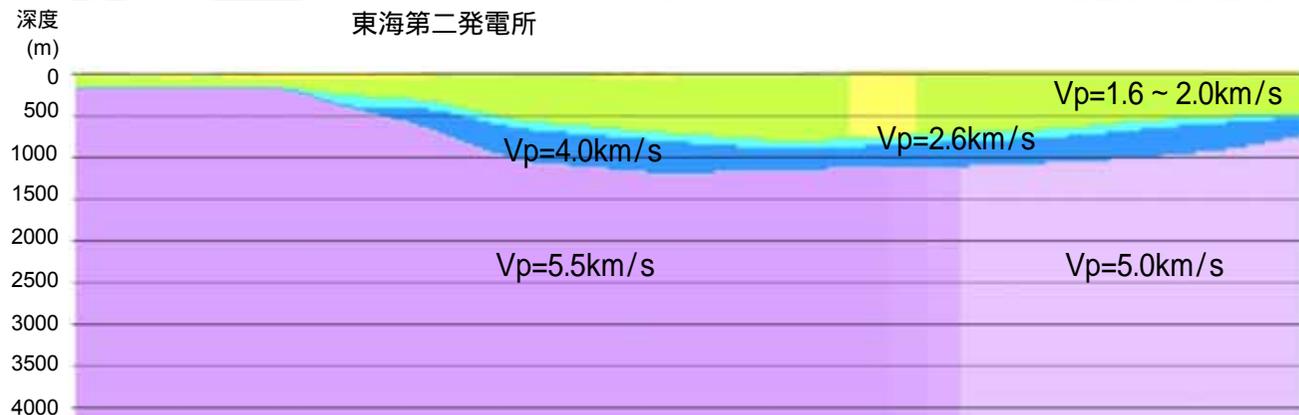
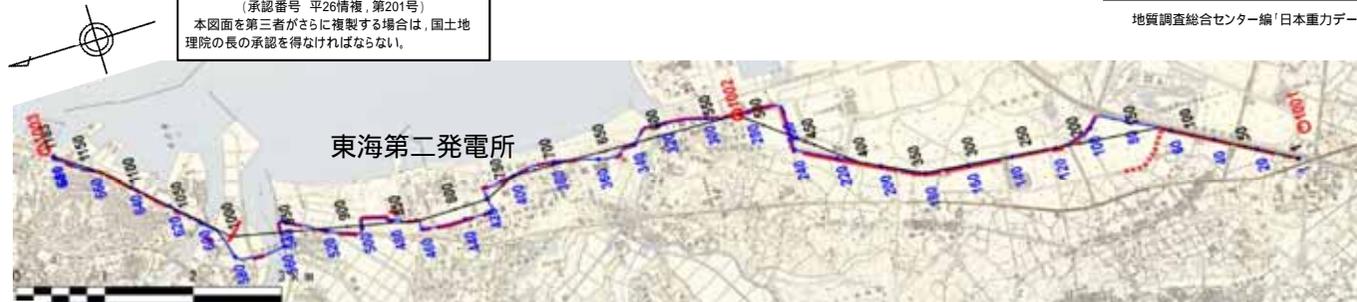


発振記録



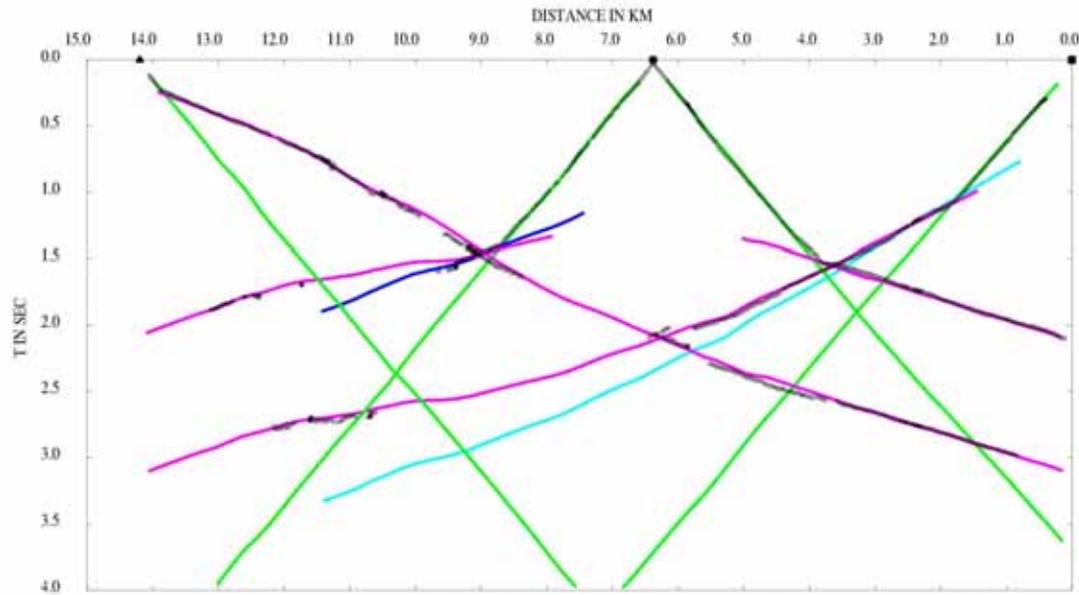
地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」(2013)に加筆

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。  
(承認番号 平26情複, 第201号)  
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院長の承認を得なければならない。

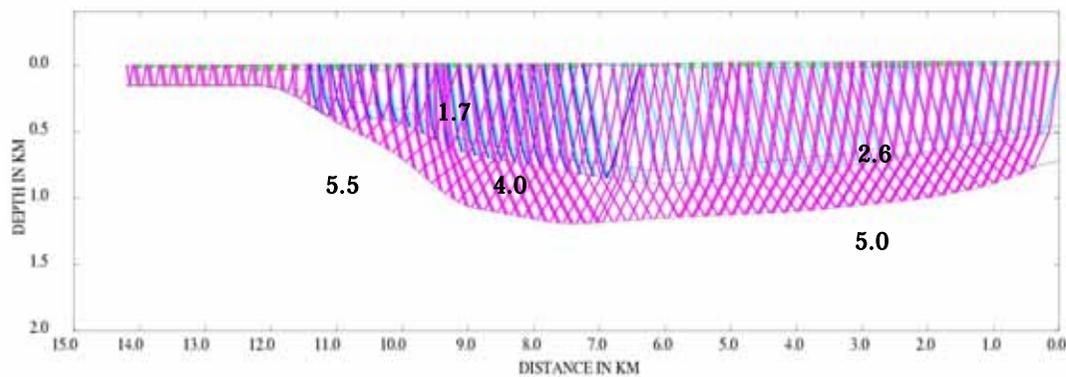


(縦:横=1:1)

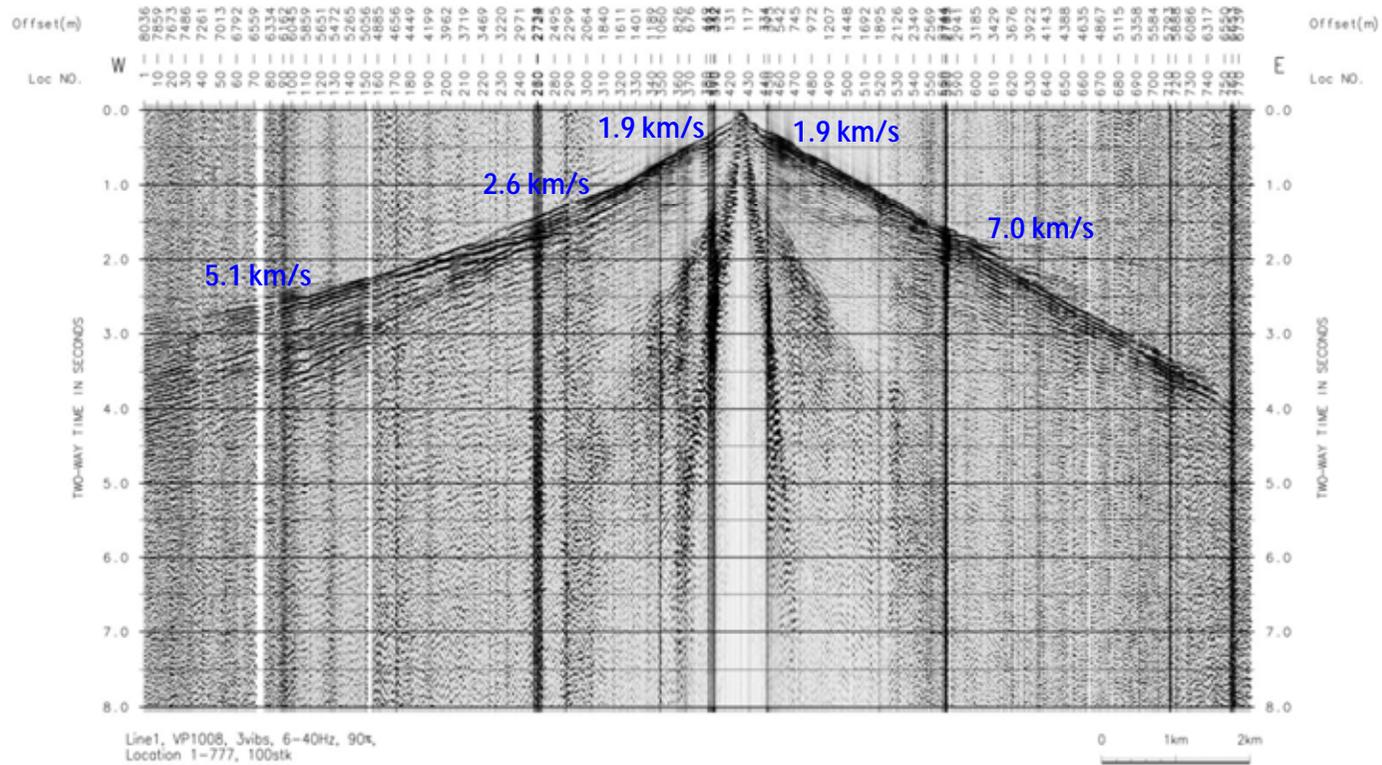
屈折法地震探査によるP波速度構造



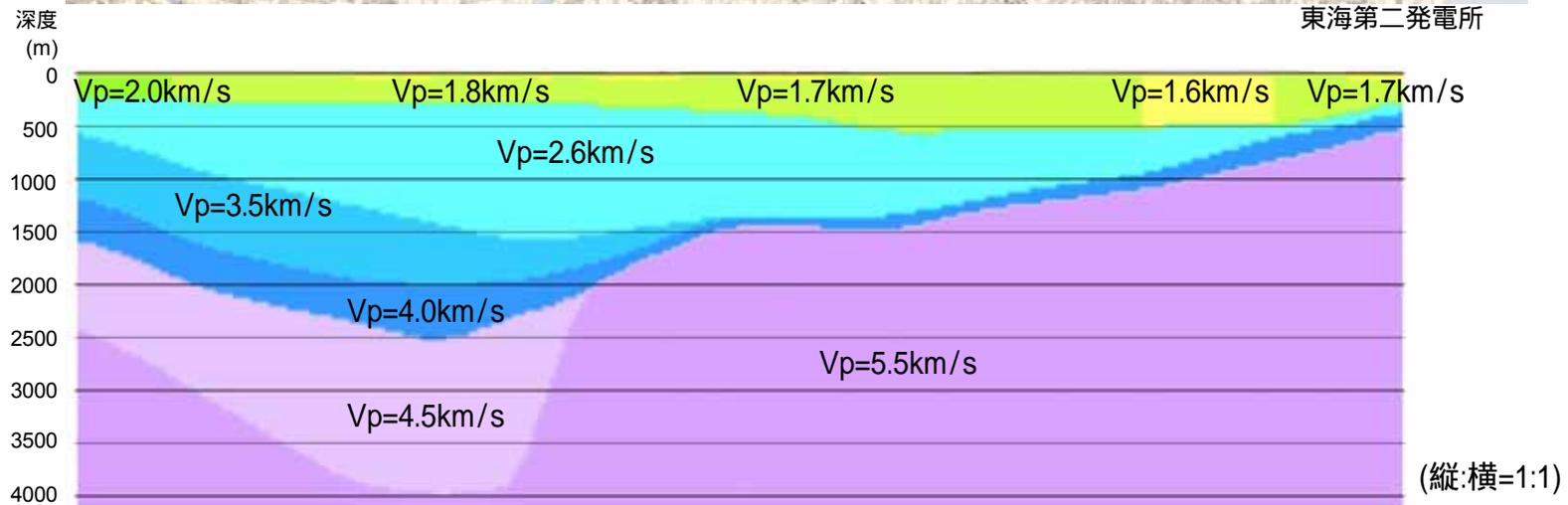
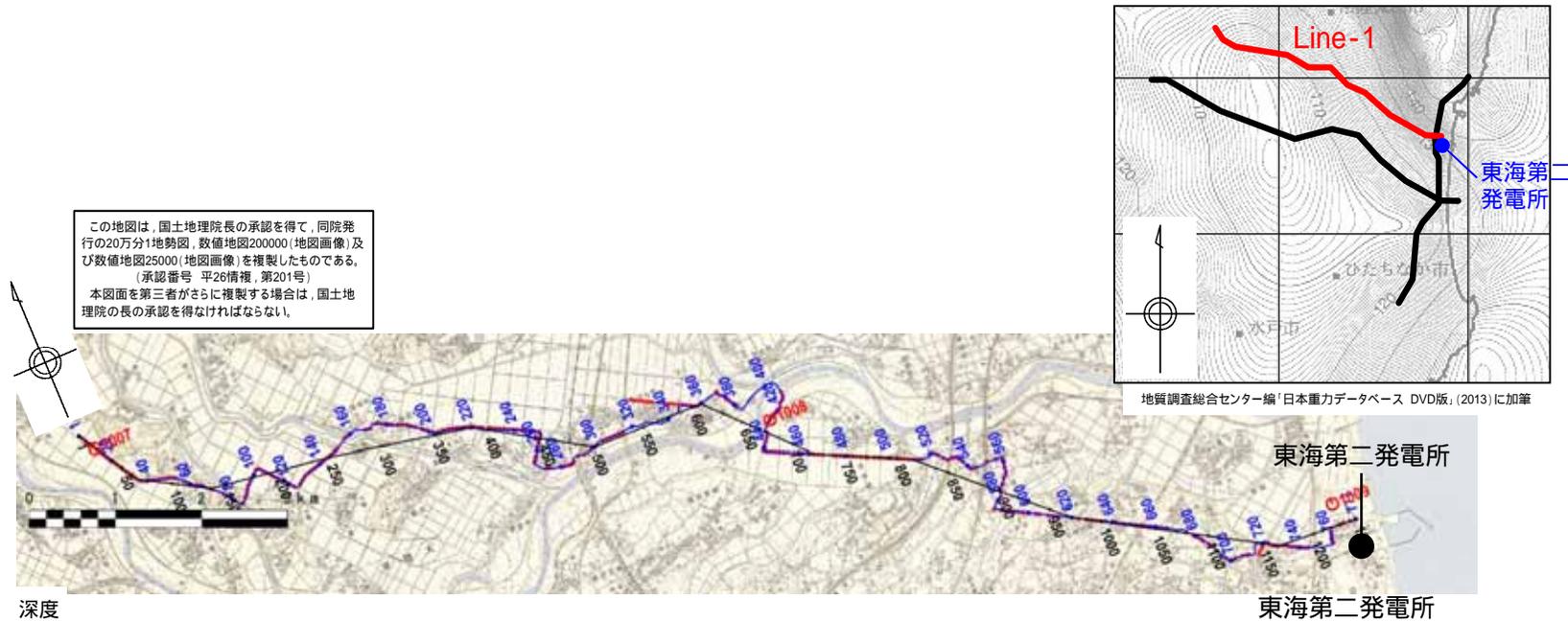
走時曲線 (黒丸：読み取り走時 カラー：計算走時)



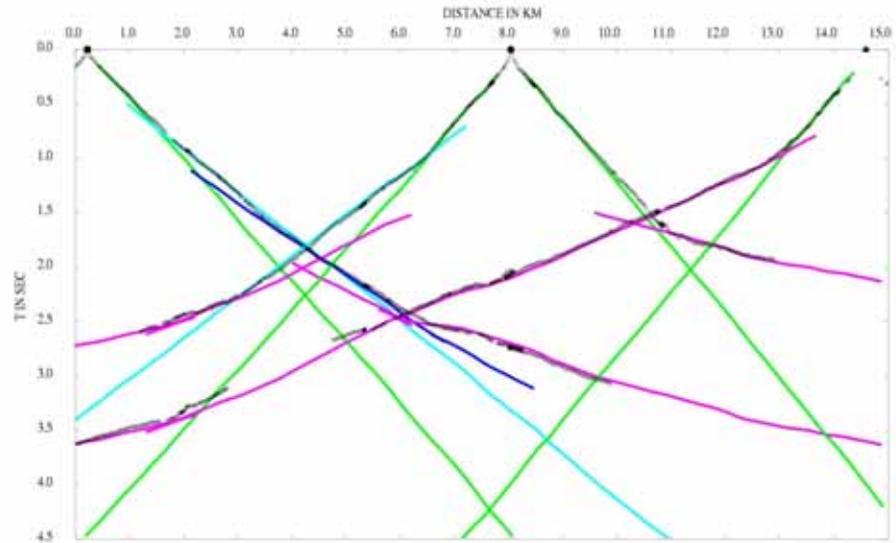
波線と速度区分 (数字はP波速度 : km/s)



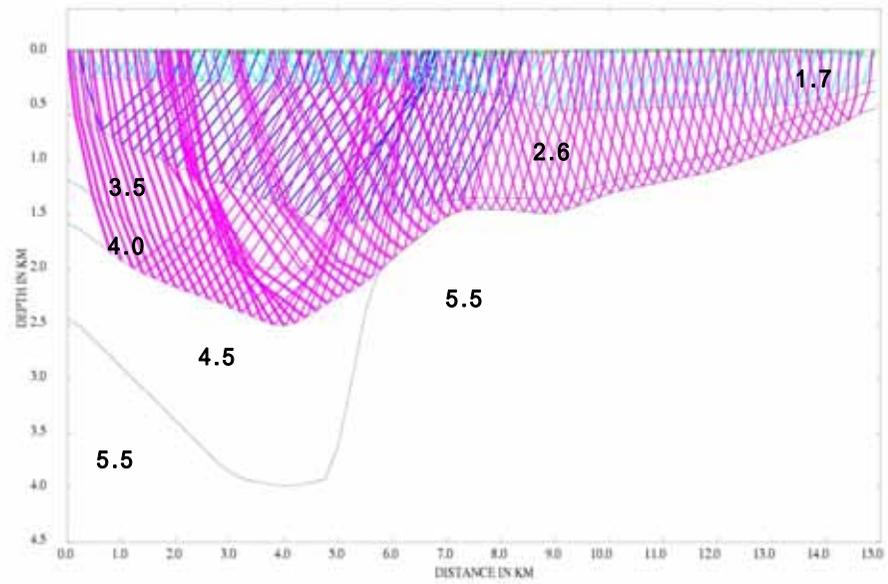
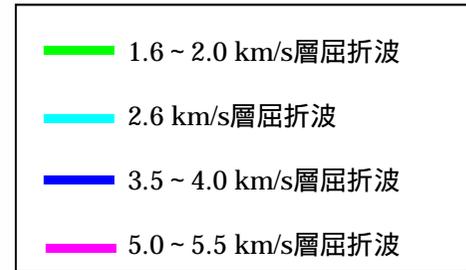
発振記録



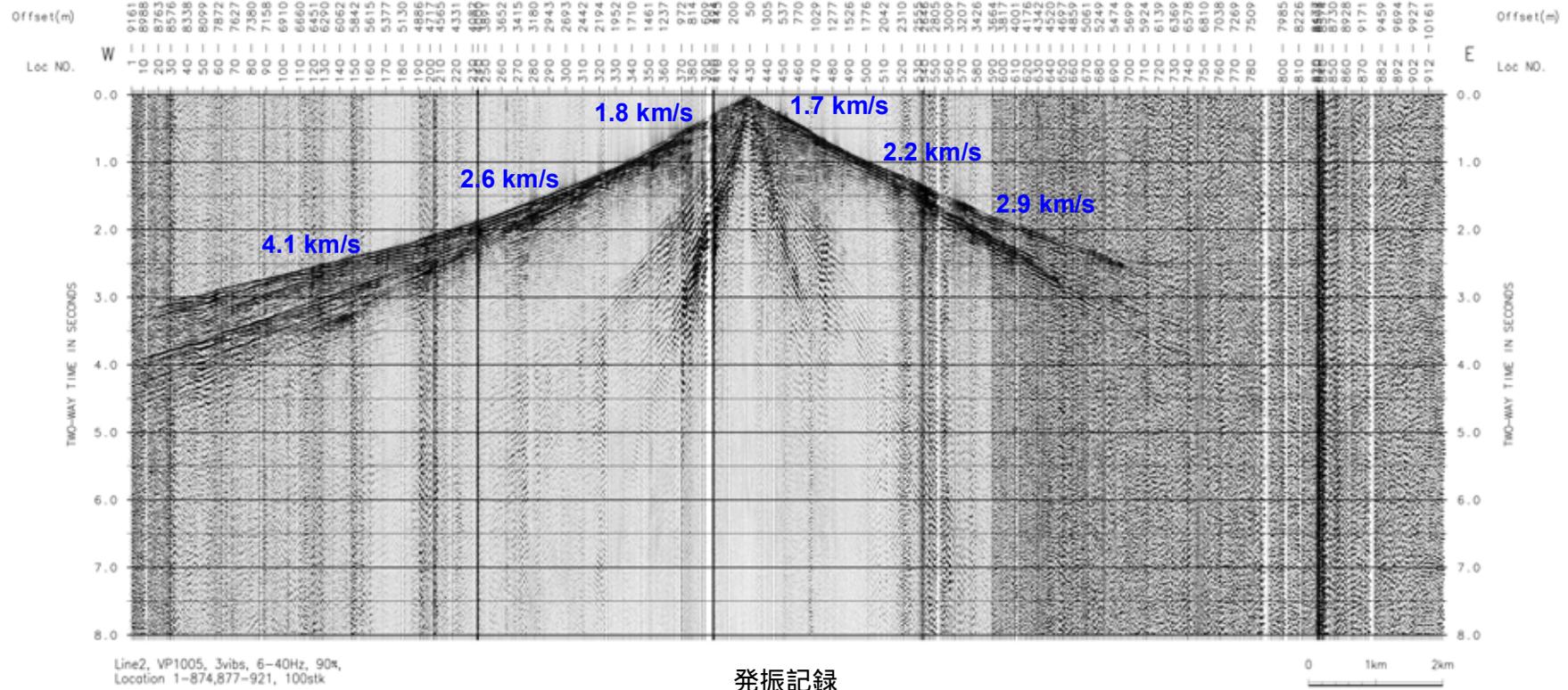
屈折法地震探査によるP波速度構造



走時曲線 (黒丸: 読み取り走時 カラー: 計算走時)

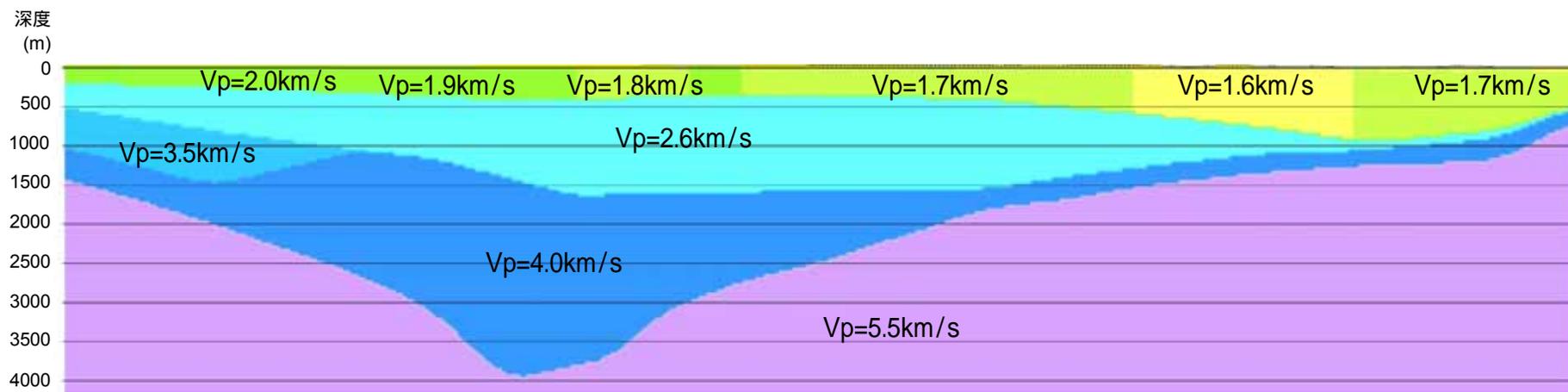
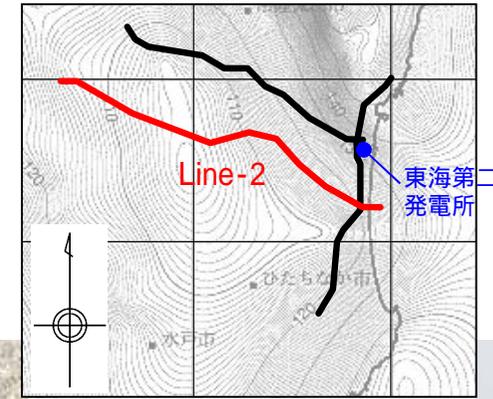


波線と速度区分 (数字はP波速度: km/s)



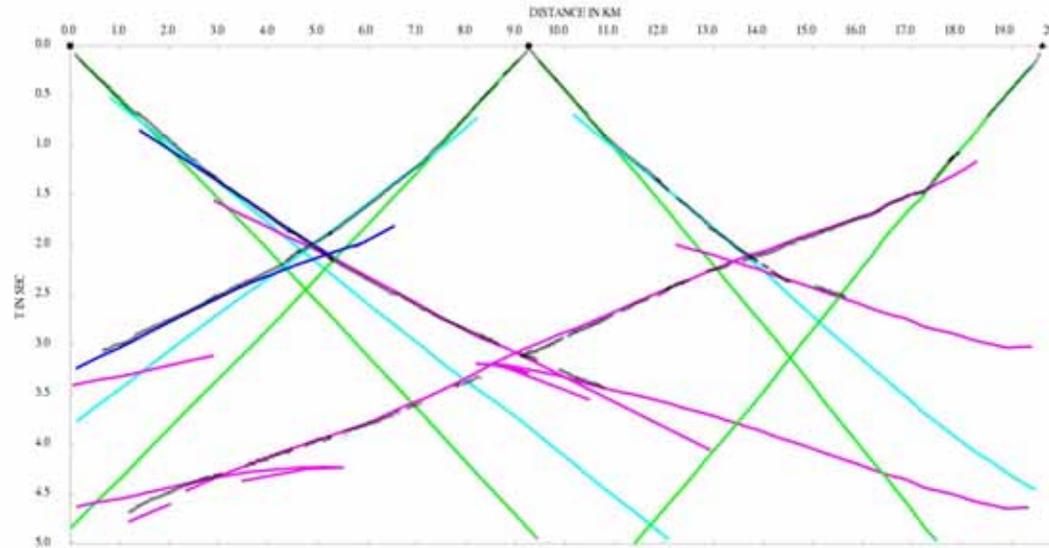
発振記録

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。  
(承認番号 平26情複, 第201号)  
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院長の承認を得なければならない。

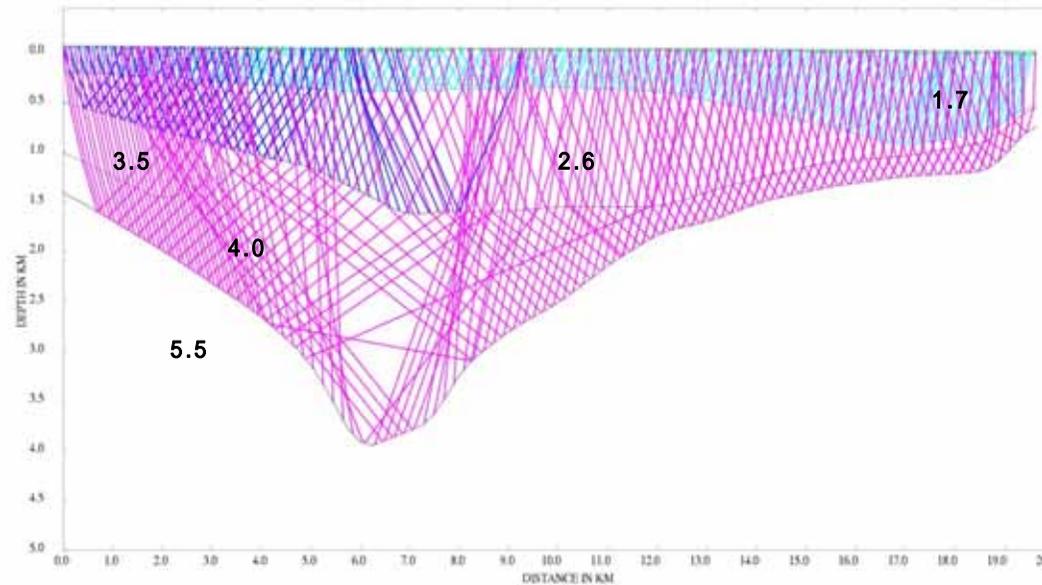


(縦:横=1:1)

屈折法地震探査によるP波速度構造



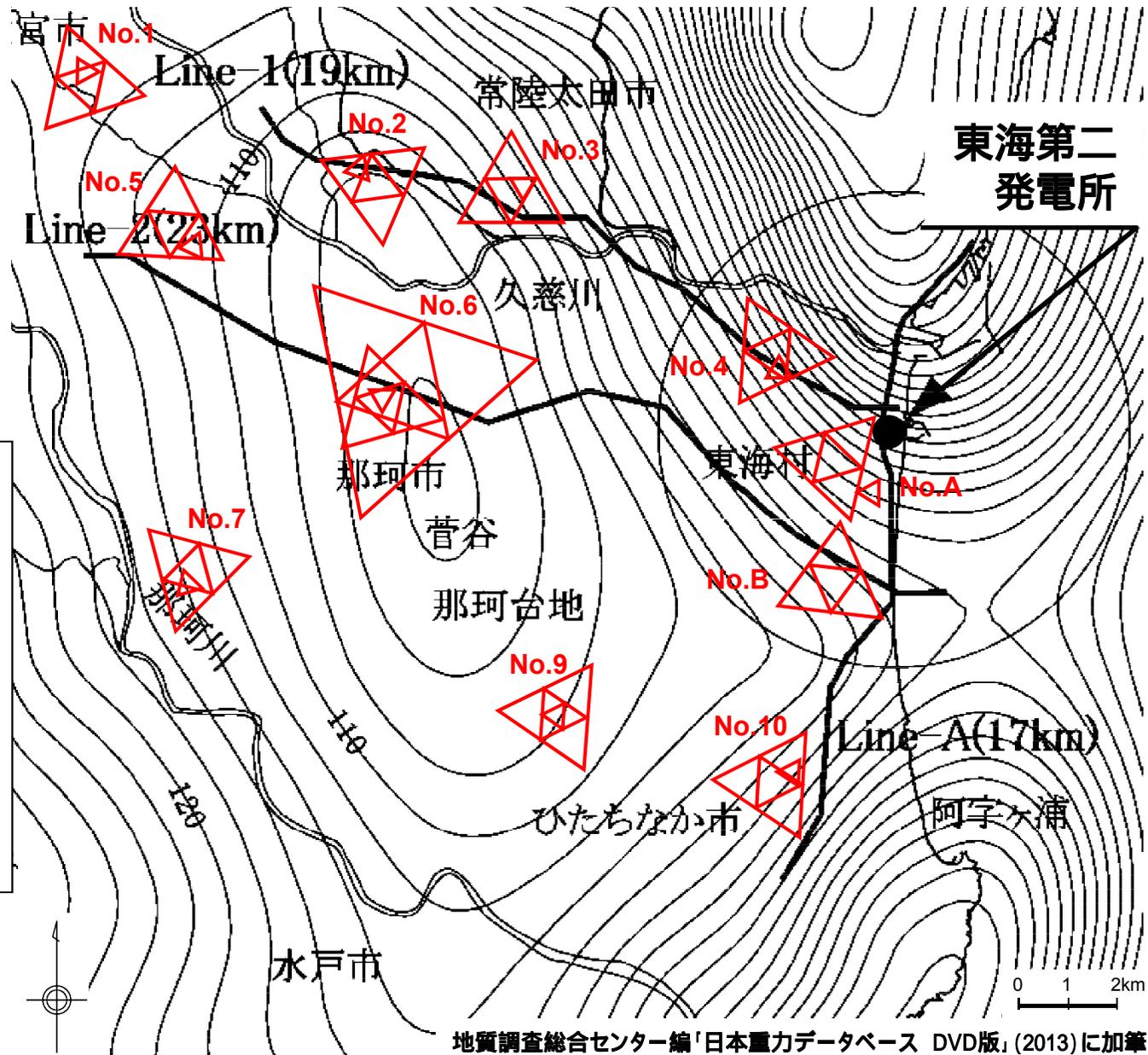
走時曲線 (黒丸: 読み取り走時 カラー: 計算走時)



波線と速度区分 (数字はP波速度: km/s)

### 4.1 地球物理学的調査について 微動アレイ探査位置

敷地周辺において微動アレイ探査を実施し、敷地周辺のS波速度構造を把握する。



東海第二  
発電所

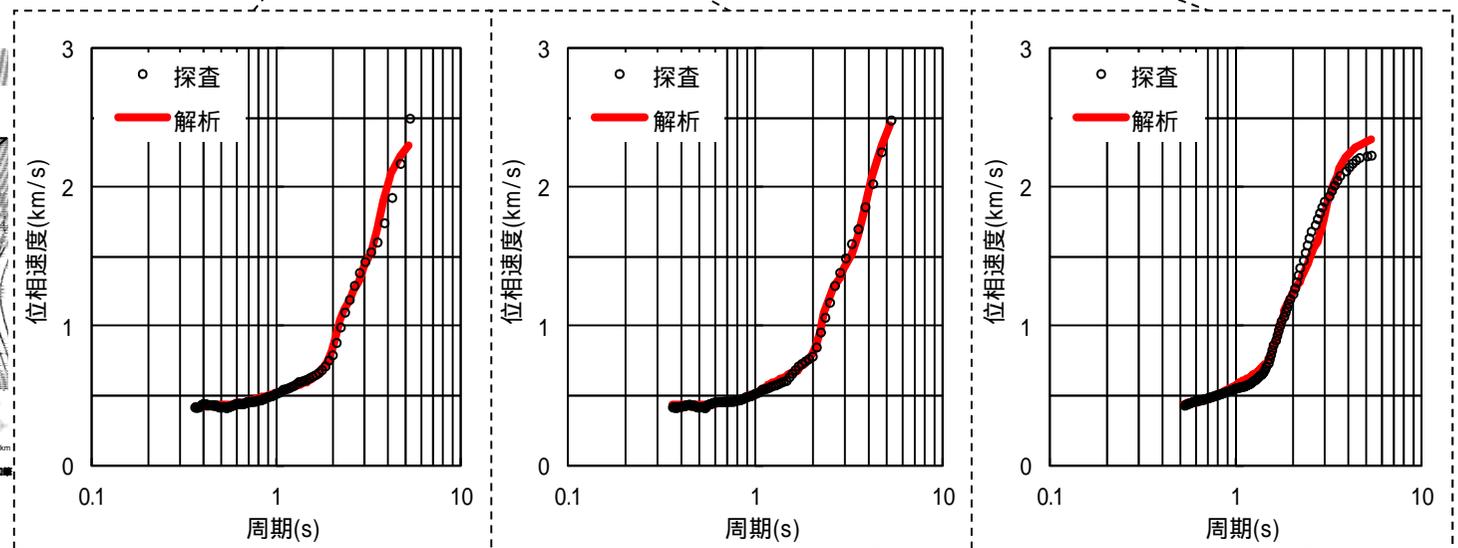
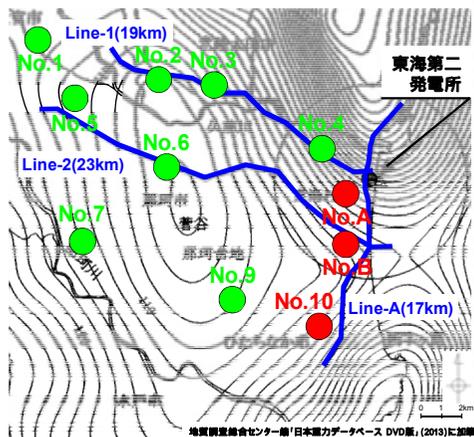
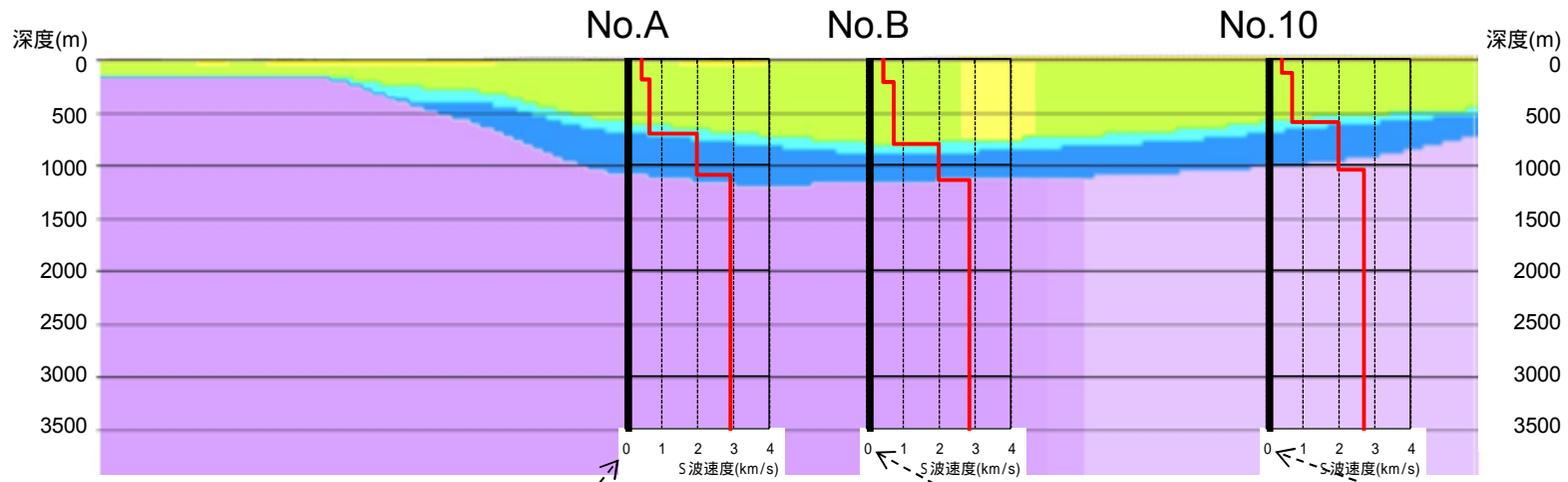
微動探査に用いた微動計



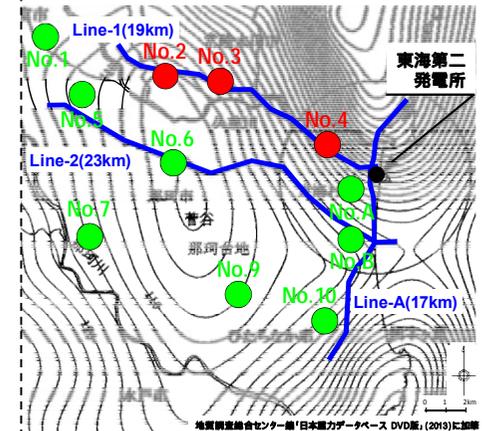
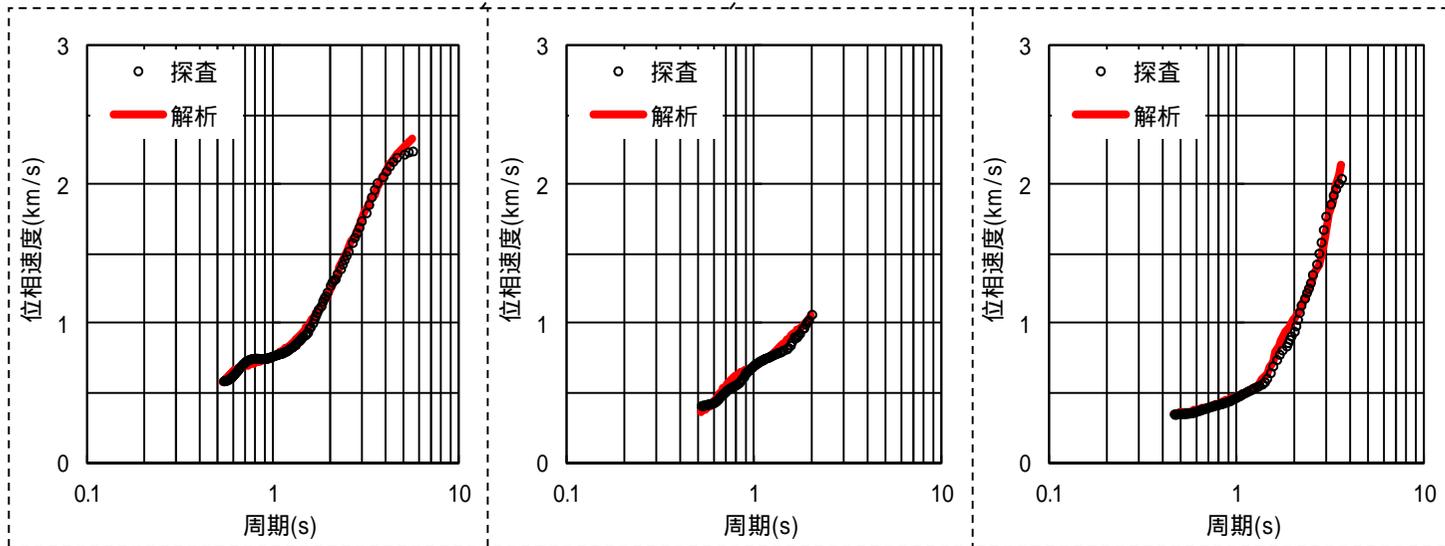
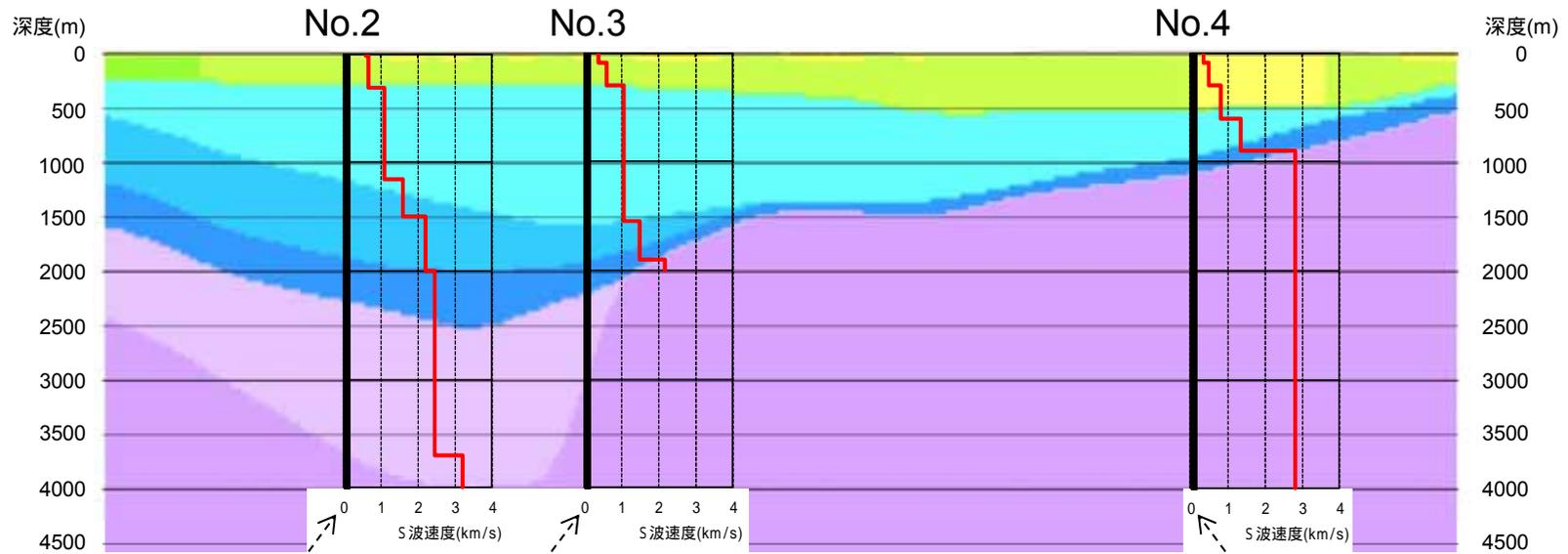
- 弾性波探査測線  
(屈折法地震探査)
- △ 微動アレイ探査位置

地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」(2013)に加筆

東海第二発電所



東海第二発電所



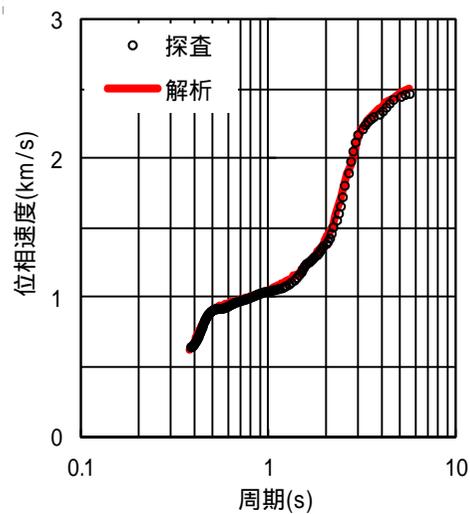
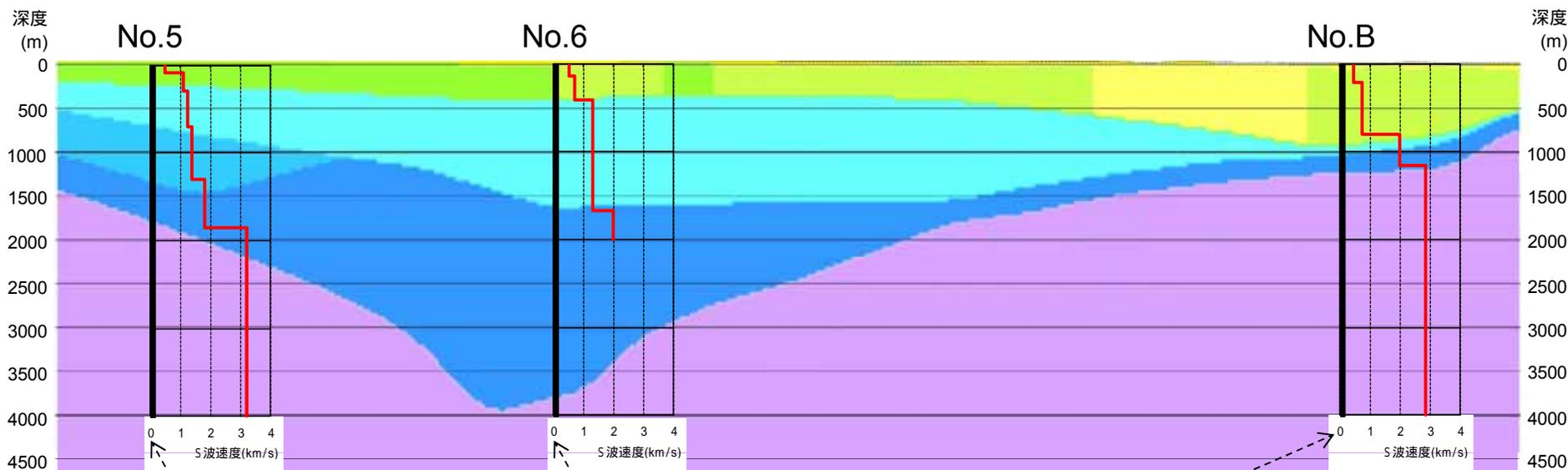
No.2

No.3

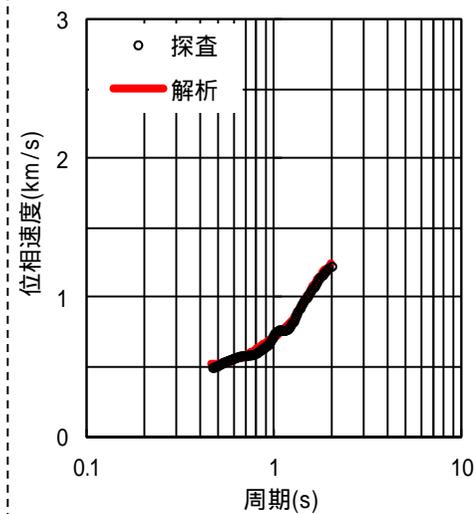
No.4

4.1 地球物理学的調査について  
**微動アレイ探査結果 ( 3 / 4 )**

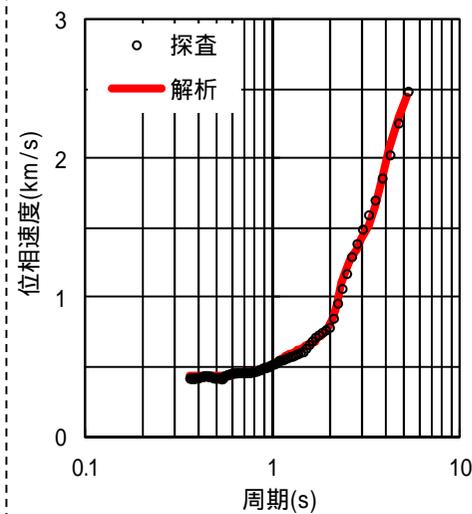
第232回審査会合  
 資料1-2-1再掲



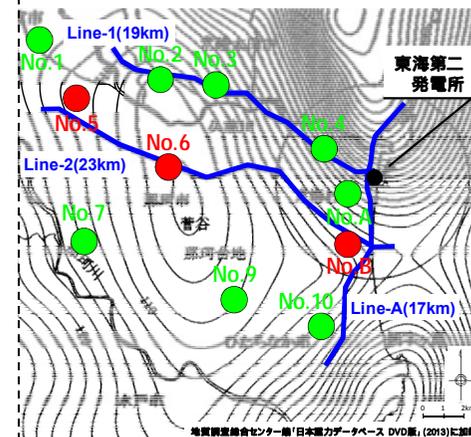
No.5

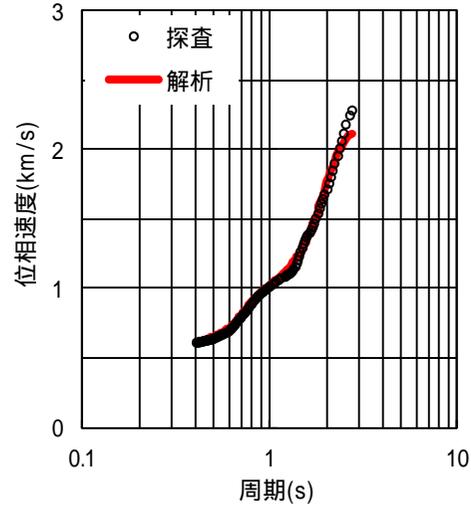
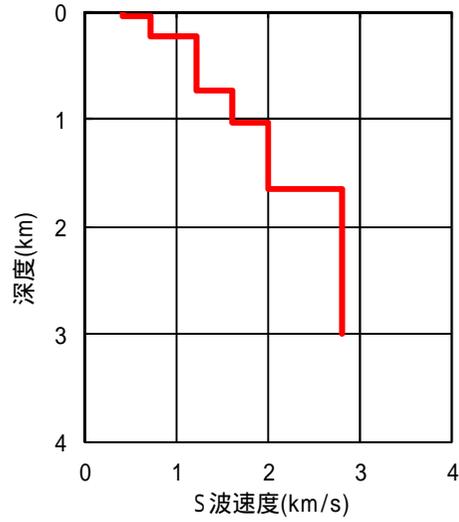


No.6

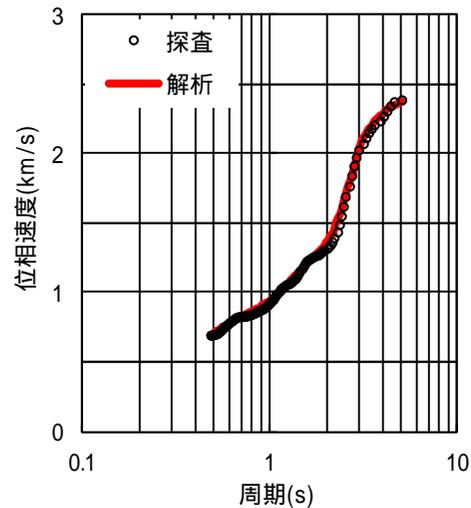
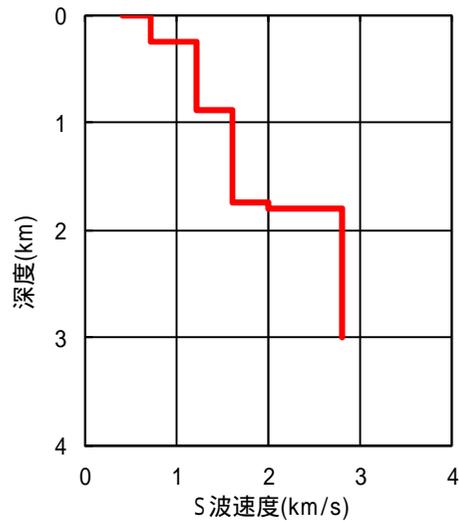
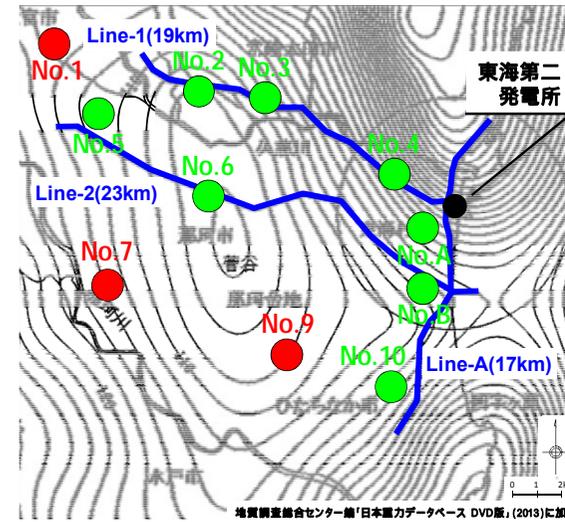


No.B

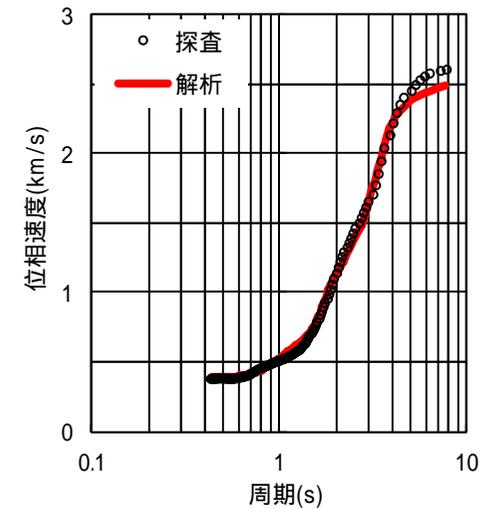
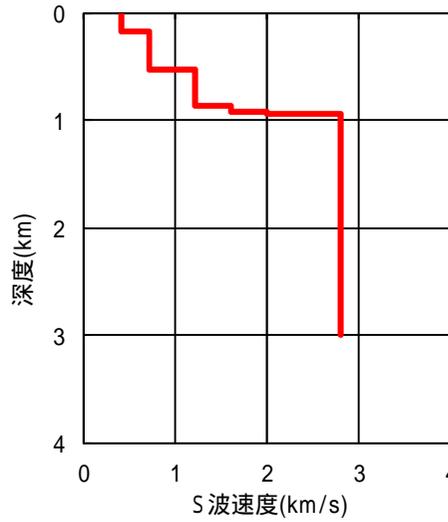




No.1



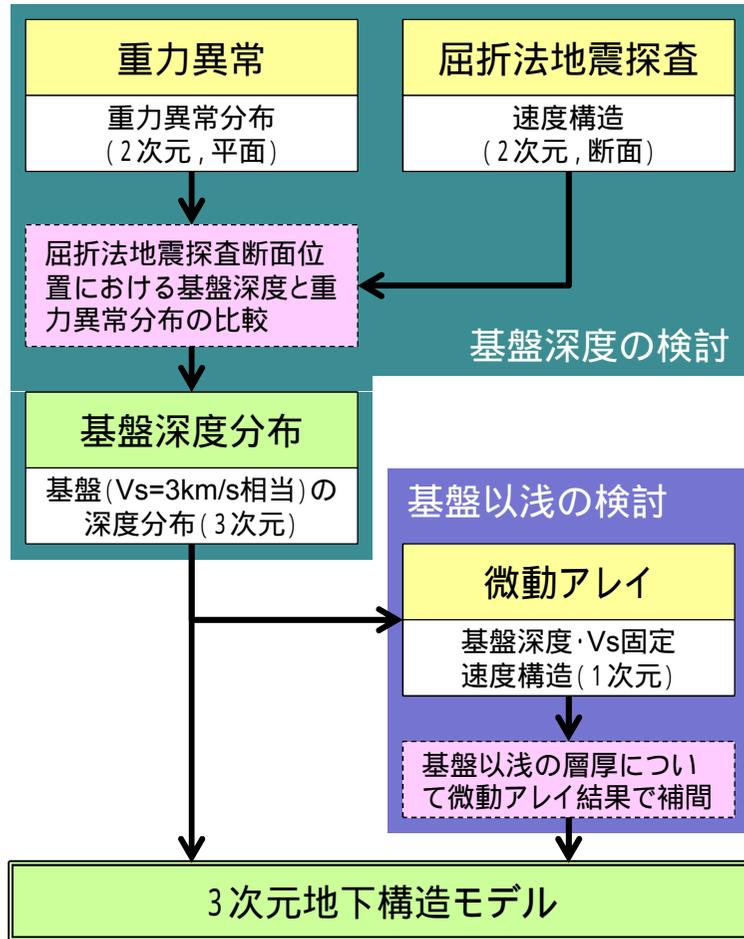
No.7



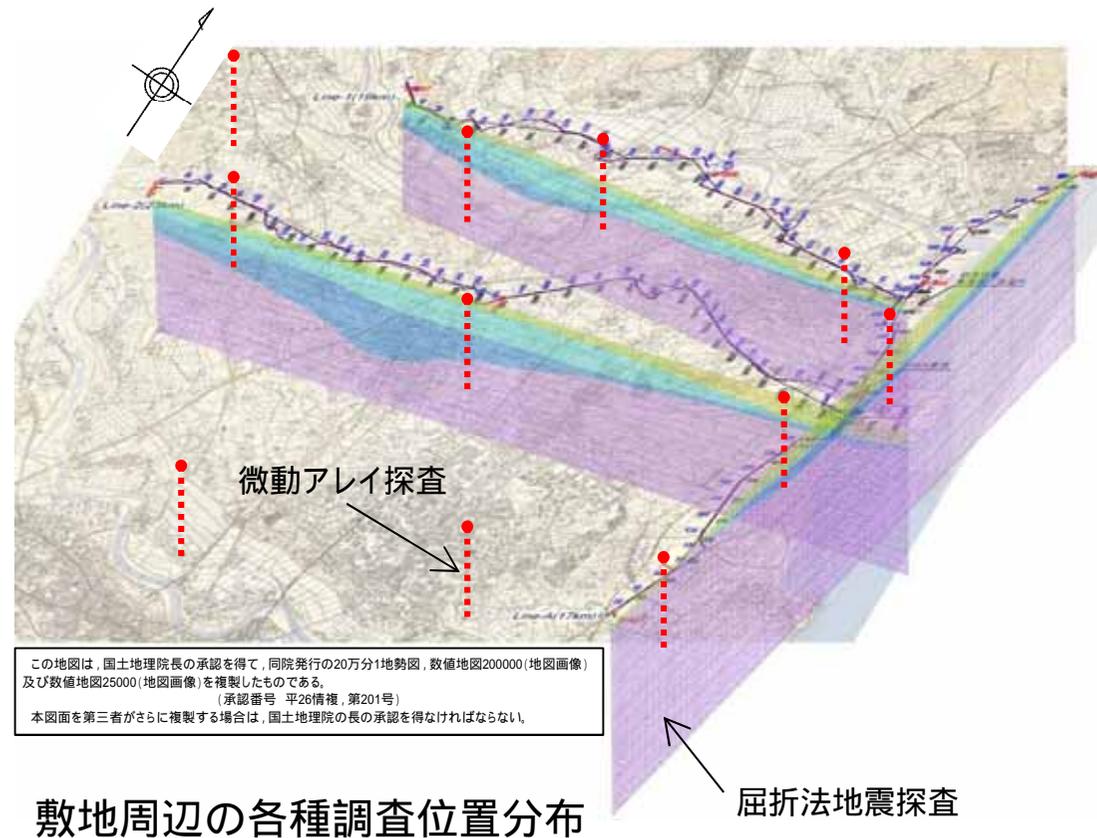
No.9

# 3次元地下構造の把握 (1 / 6)

敷地周辺における重力異常分布，屈折法地震探査結果及び微動アレイ探査結果を基に，3次元の地下構造を把握する。



3次元地下構造モデル作成手順

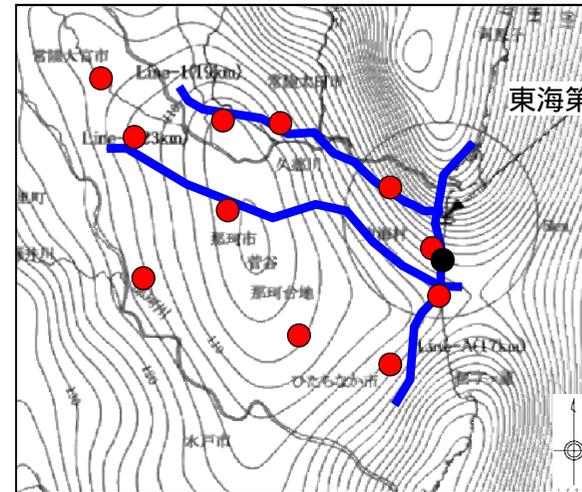


敷地周辺の各種調査位置分布

# 3次元地下構造の把握 (2 / 6)

## 基盤深度の検討

- ・屈折法地震探査による断面位置における  
基盤深度と重力異常分布の関に基づき、  
基盤 ( $V_s=3\text{km/s}$ 相当) の広がり方を推定した。

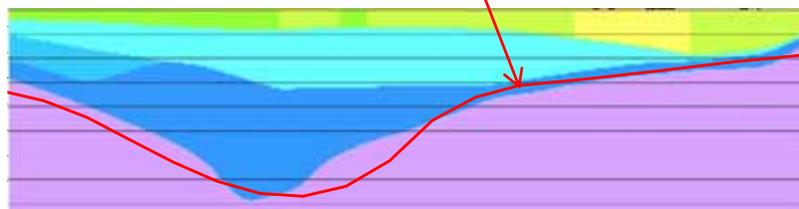
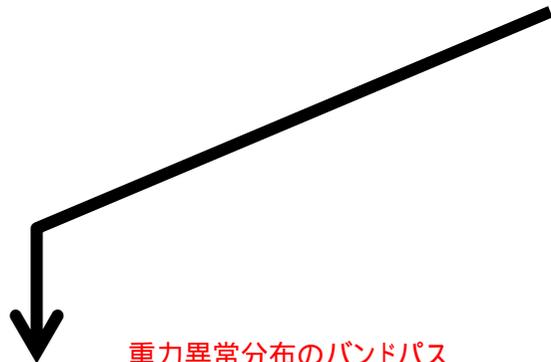


地質調査総合センター編  
「日本重力データベース DVD版」  
(2013) に加筆

仮定密度:  $2.67\text{g/cm}^3$   
コンター間隔:  $2\text{mGal}$

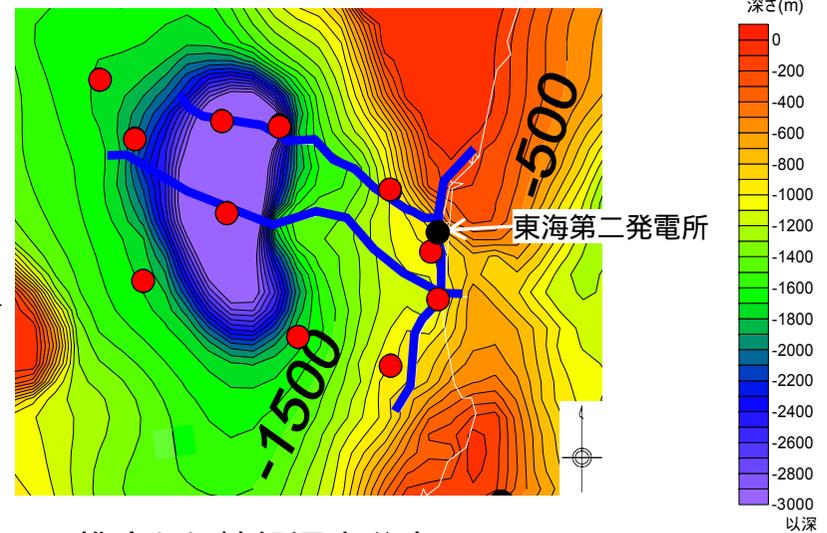
探査位置と重力異常分布

— 屈折法地震探査測線  
● 微動アレイ探査地点



重力異常分布のバンドパス  
フィルタを施し求めた基盤深度

基盤深度と重力異常分布の相関が  
最も高くなるバンドパスフィルタを検討  
波長5 ~ 60kmのバンドパスフィルタを採用



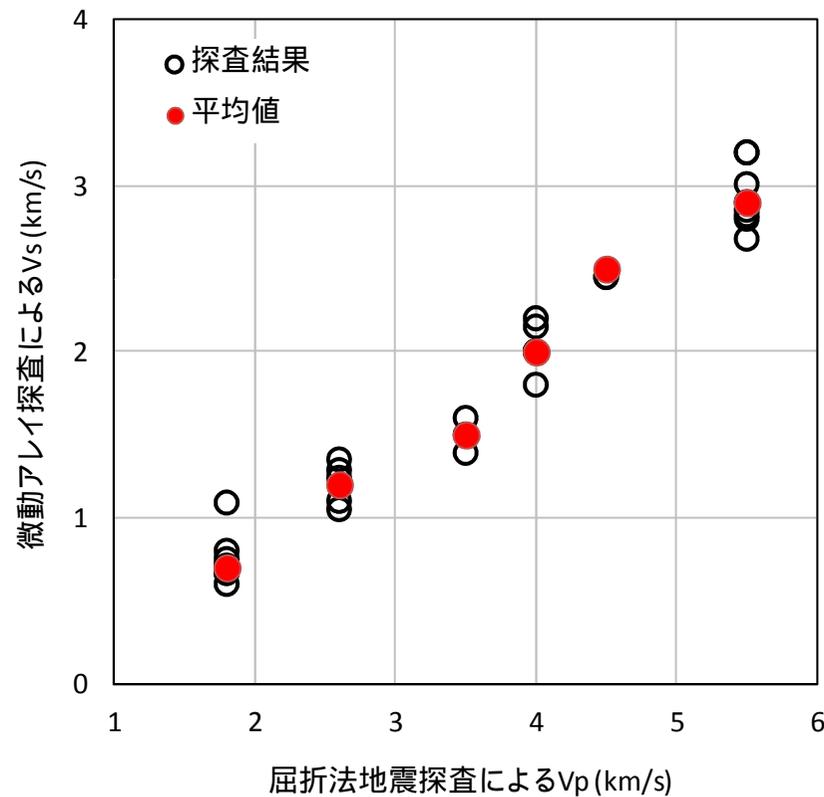
推定した基盤深度分布

— 反射法地震探査測線  
● 微動アレイ探査地点

## 3次元地下構造の把握 (3 / 6)

### 基盤以浅の検討

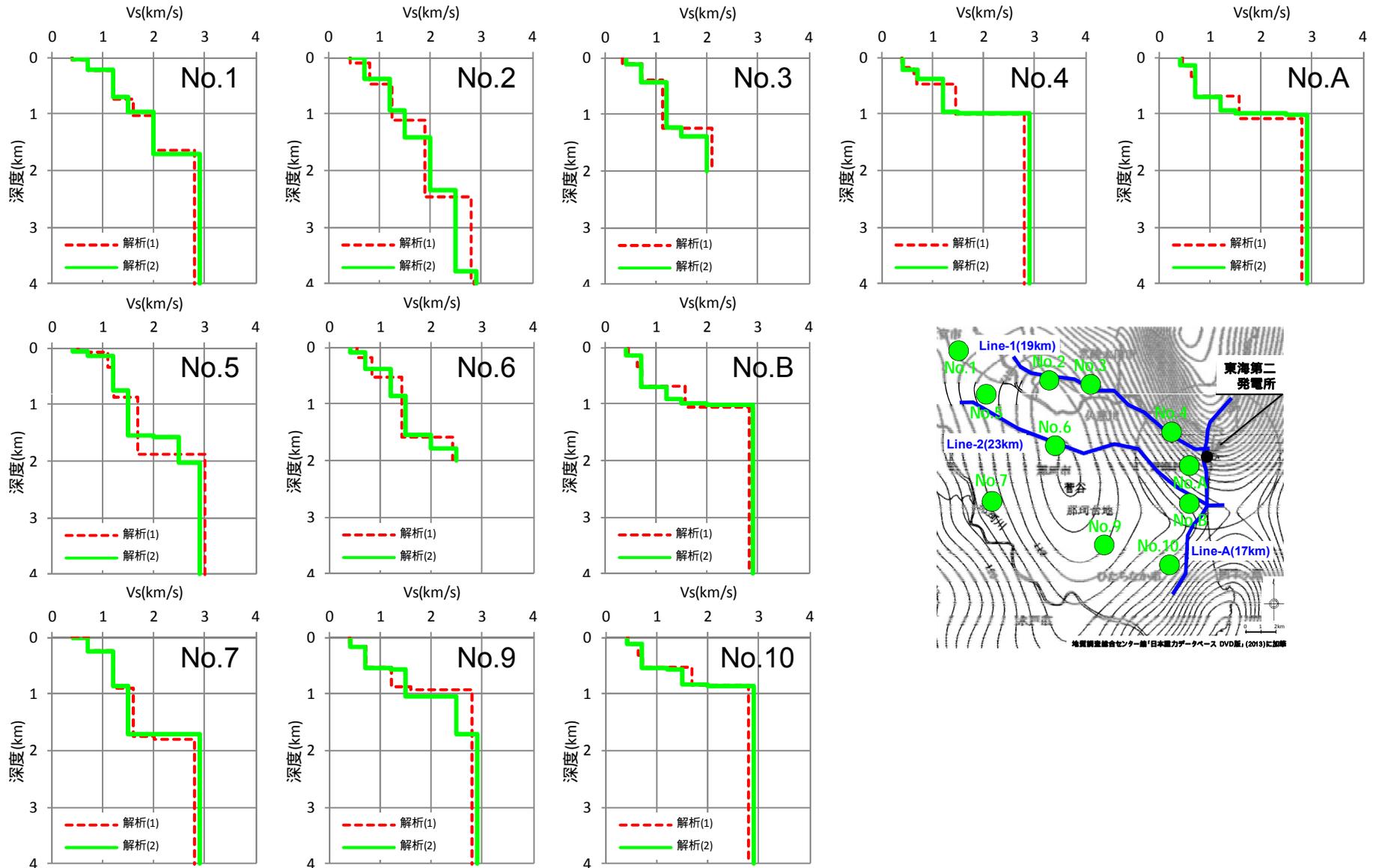
- ・基盤以浅の地下構造については、屈折法地震探査結果による $V_p$ と微動アレイ探査による $V_s$ の関係を整理し、微動アレイ探査結果による地下構造を再同定し、屈折法地震探査による地下構造と微動アレイ探査結果による地下構造を補間し、3次元地下構造を作成する。

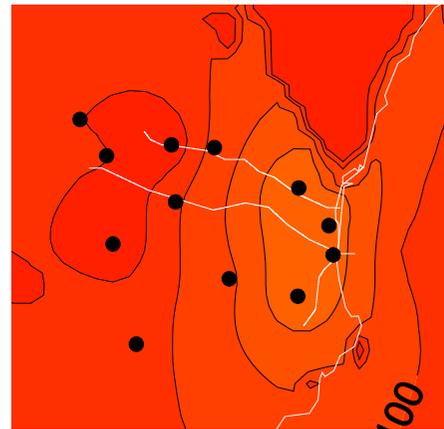


屈折法地震探査による $V_p$ と微動アレイ探査による $V_s$ の関係

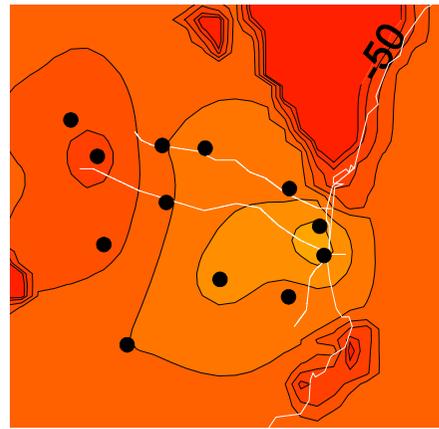
# 4.1 地球物理学的調査について 3次元地下構造の把握 (4 / 6)

## Vs値を固定した地盤同定結果

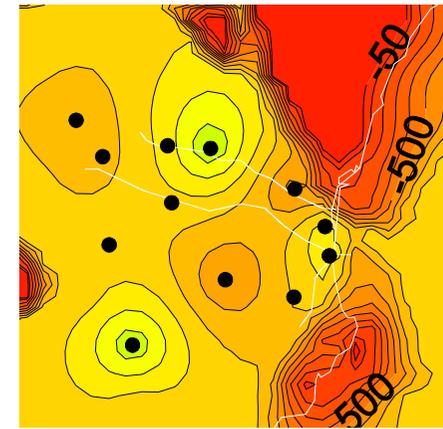




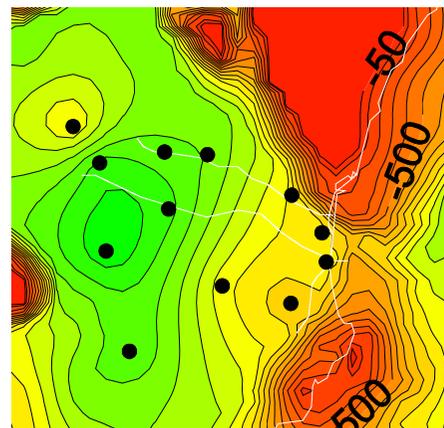
Vs=0.7km/s



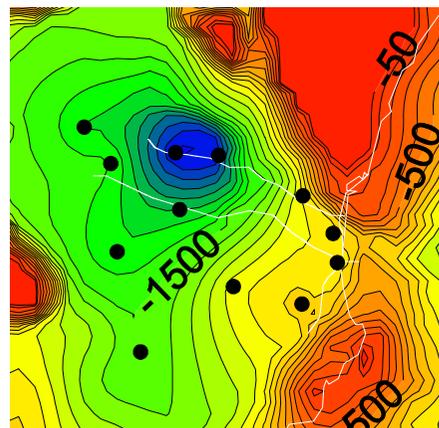
Vs=1.2km/s



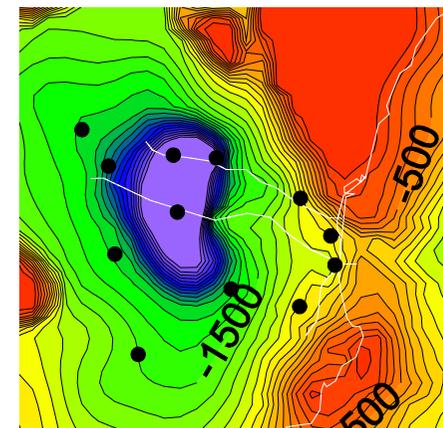
Vs=1.5km/s



Vs=2.0km/s



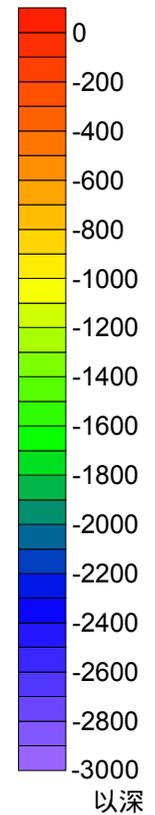
Vs=2.5km/s



Vs=2.9km/s

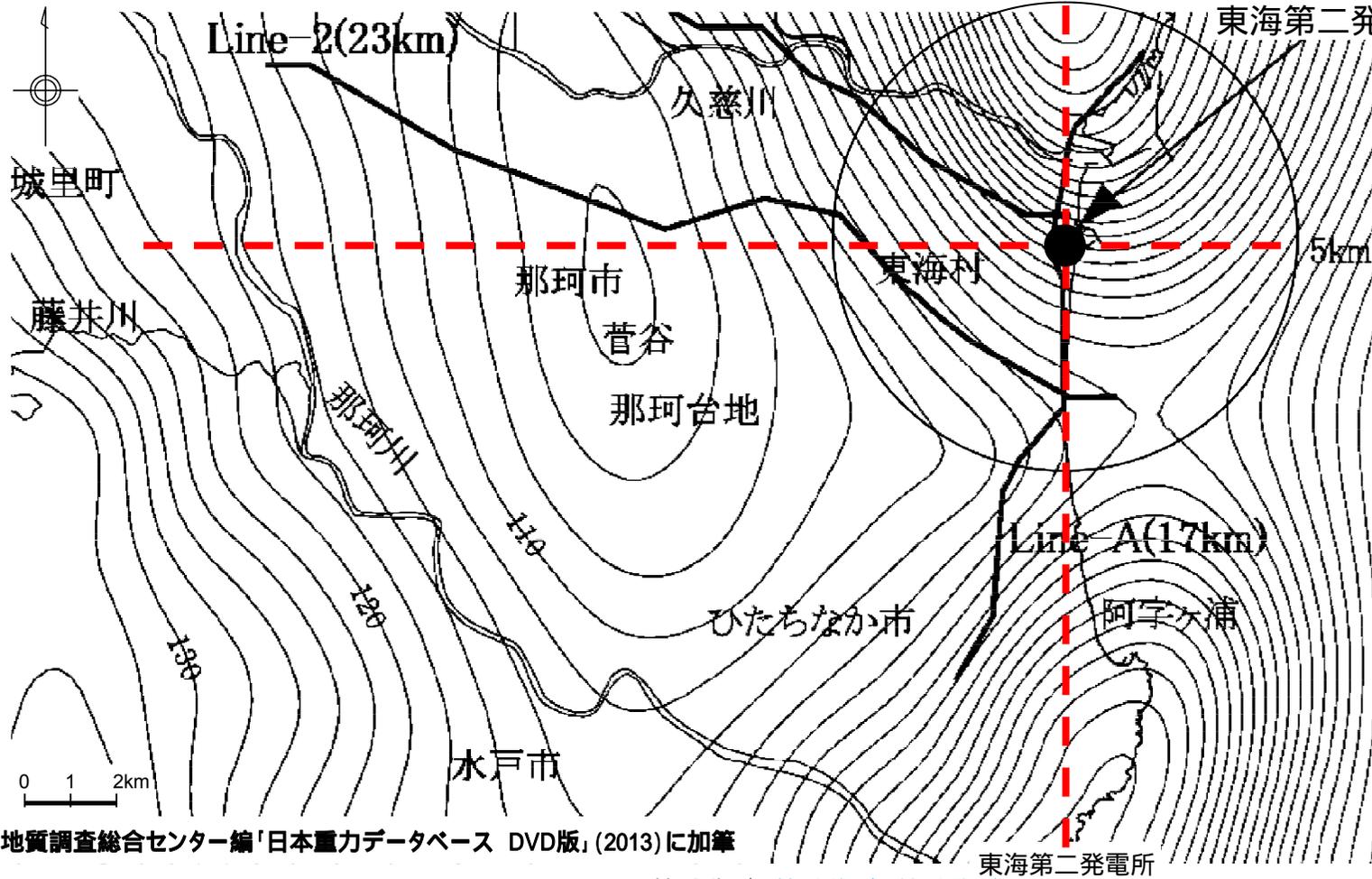


深さ(m)

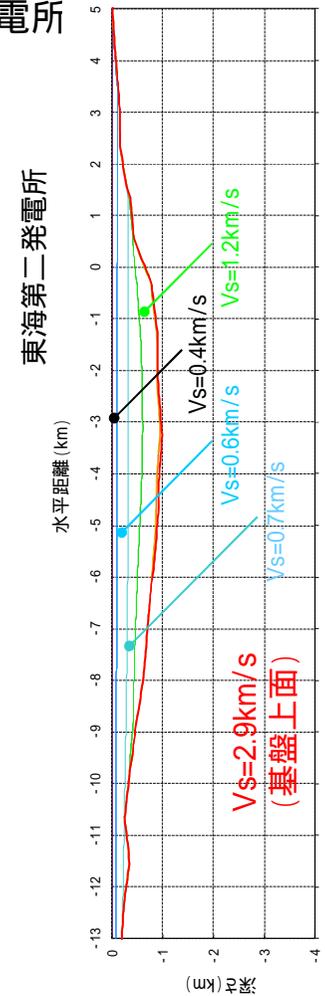


S波速度層の上面深度分布図

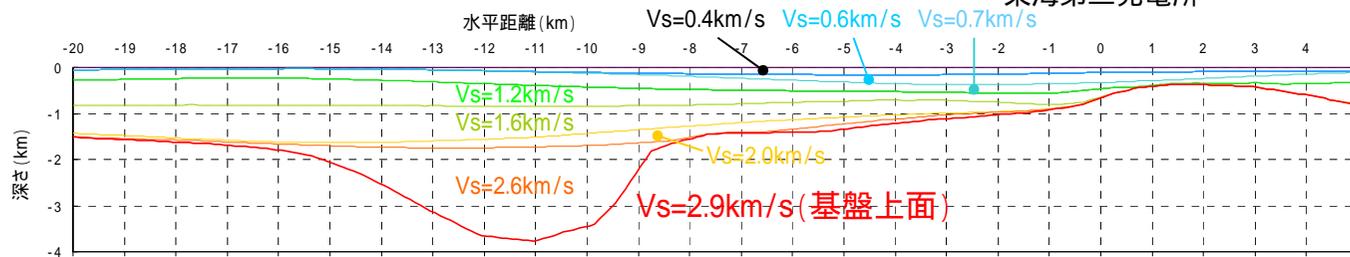
# 3次元地下構造の把握 (6 / 6)



地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」(2013)に加筆



南北断面



東西断面

## 3次元地下構造モデルの確認 (1 / 11)

敷地で実施した地球物理学的調査を用いて、3次元地下構造モデルを確認する。

### 単点微動測定

- ・敷地における基盤の広がりを把握する。
- ・約50m格子間隔で100地点の単点微動測定を実施

### 微動アレイ探査

- ・敷地のS波速度構造を確認する。
- ・アレイサイズ(底辺長) 約470m, 約235m, 約115m, 約35m

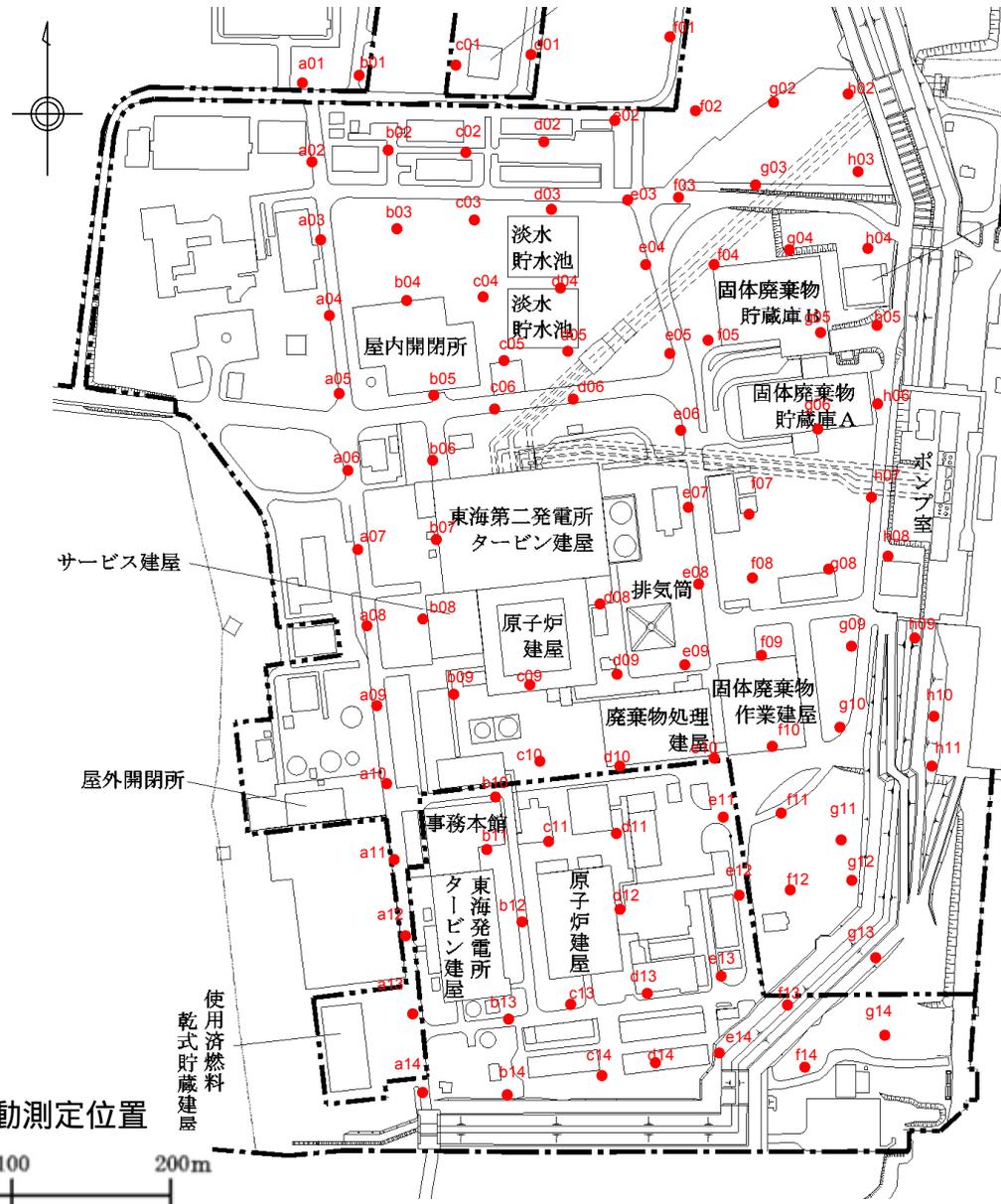
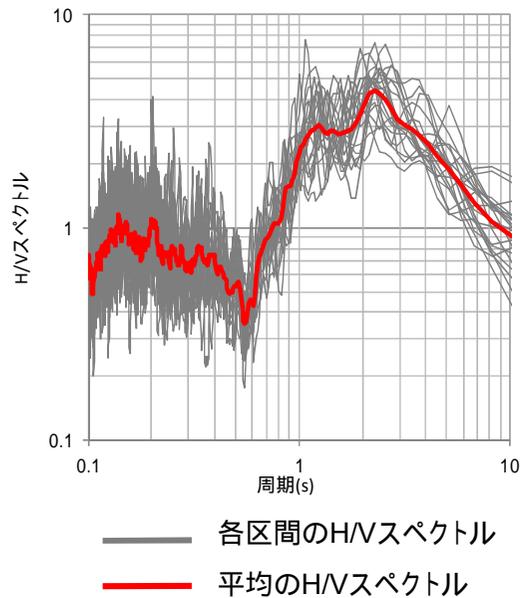
4.1 地球物理学的調査について

3次元地下構造モデルの確認 (2 / 11) - 単点微動測定位置 -

敷地内における基盤の広がり把握するため、敷地内の100点(約50m格子間隔)で単点微動測定を実施

H/Vスペクトルの算定方法

- ・微動測定時間は、1地点につき30分間
- ・振幅の2乗平均値の小さな順に、40.96秒×20区間のサンプルデータを作成
- ・区間ごとにフーリエ変換を実施し、水平両成分を相乗平均したH/Vスペクトルを計算
- ・対象周期は0.1～10秒

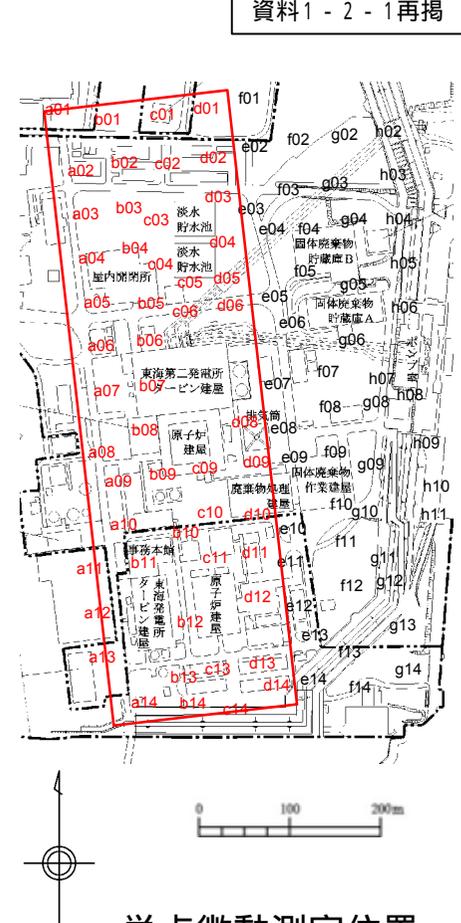
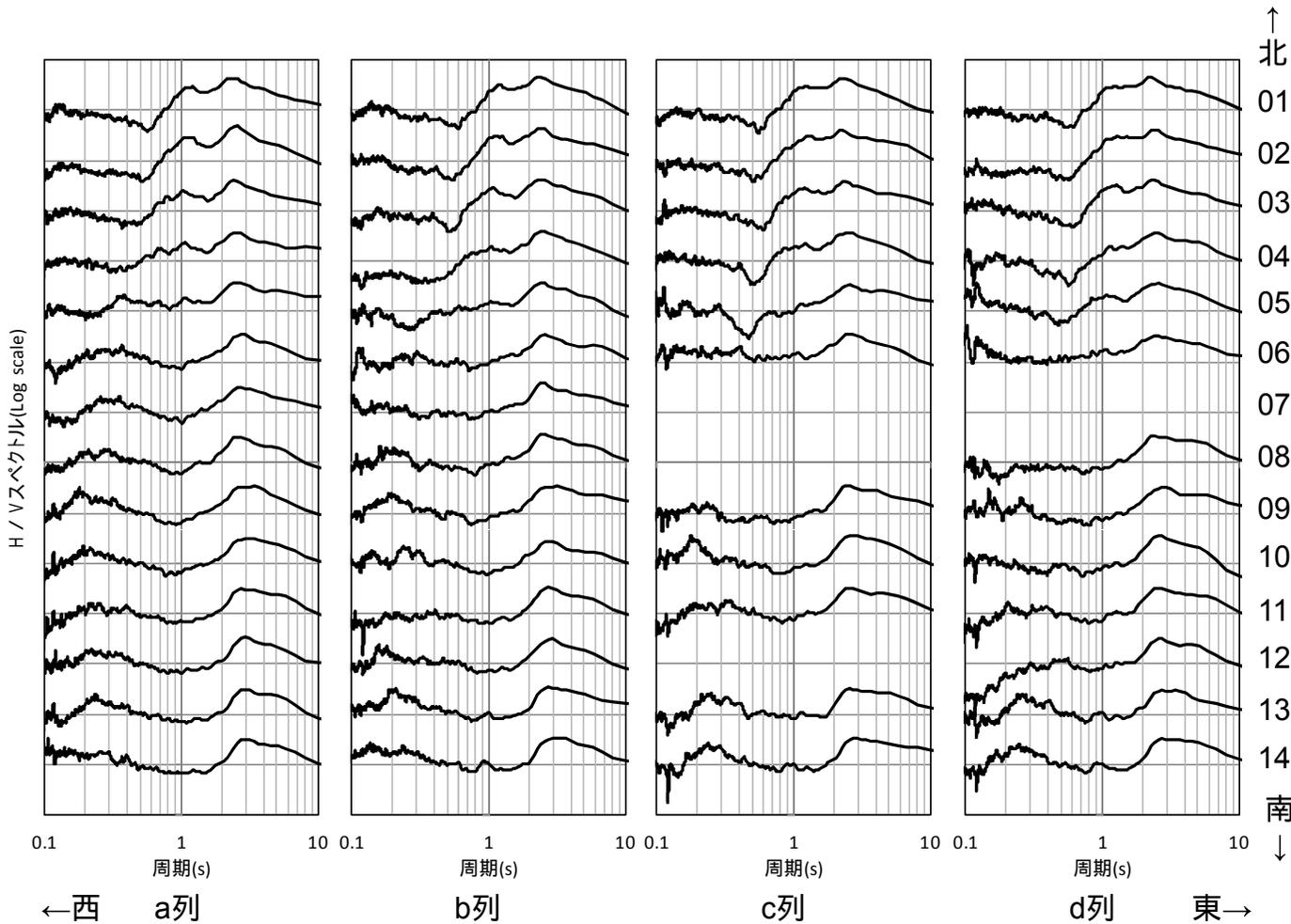


: 単点微動測定位置

単点微動測定位置

# 3次元地下構造モデルの確認 (3 / 11) - 単点微動測定結果(a ~ d列) -

第232回審査会合  
資料1-2-1再掲



単点微動測定位置

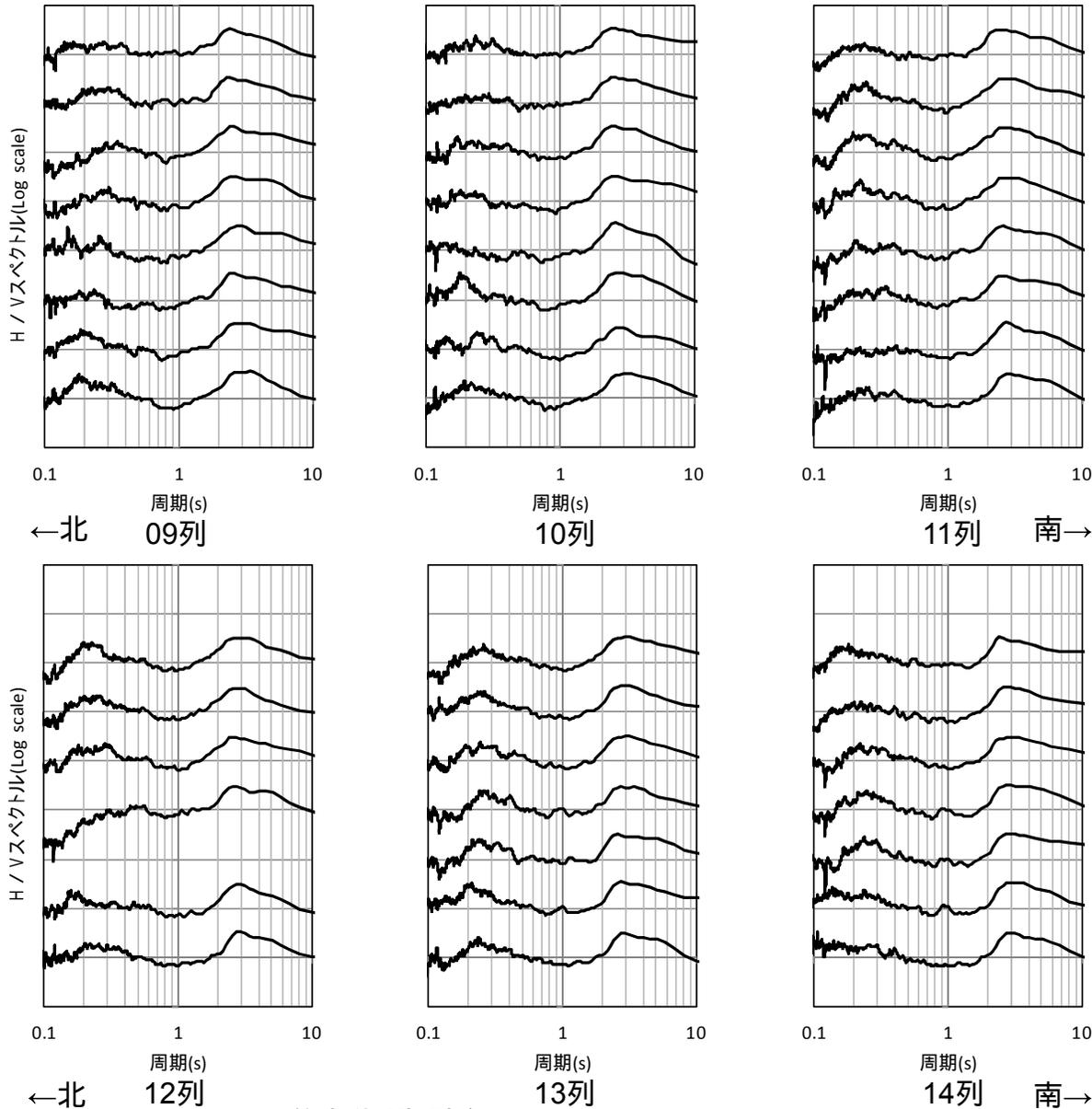
単点微動測定によるH/Vスペクトル

- 敷地全域において、周期2～3秒にピークが見られる。
- 敷地北側で見られる周期1秒付近のピークは、敷地南側では見られない。

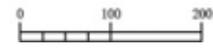




# 3次元地下構造モデルの確認 (6 / 11) - 単点微動測定結果(09~14列) -



第232回審査会合  
資料1-2-1再掲



単点微動測定位置

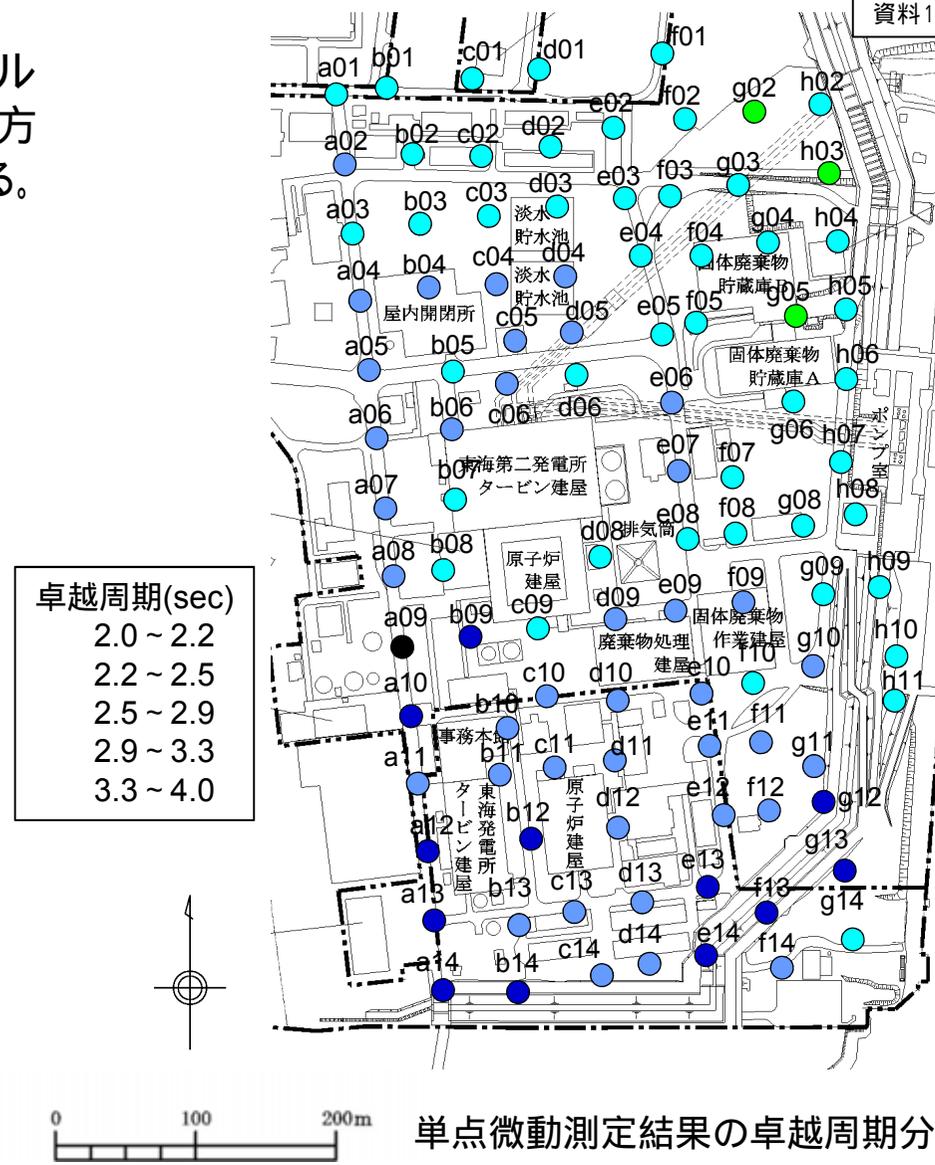
- 各列とも, 東西方向に H/Vスペクトルの大きな変化はない。

単点微動測定によるH/Vスペクトル

# 3次元地下構造モデルの確認 (7 / 11) - 単点微動測定結果(卓越周期分布) -

第232回審査会合  
資料1-2-1再掲

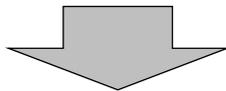
- 単点微動測定より得られたH/Vスペクトルの卓越周期分布は、北東方向から南西方向に卓越周期が長くなる傾向が見られる。



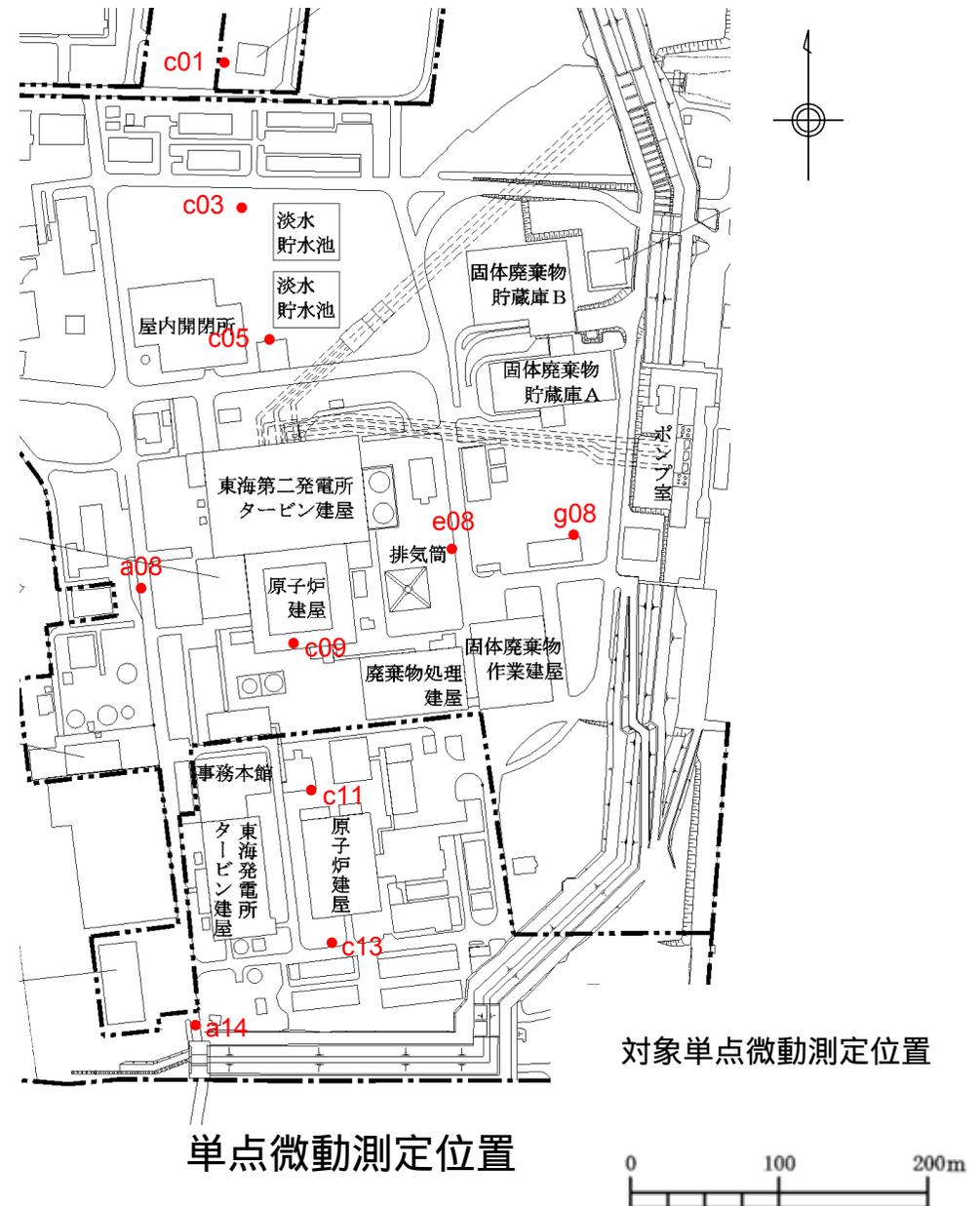
単点微動測定結果の卓越周期分布

### 3次元地下構造モデルの確認 (8 / 11) - 地盤モデルの検証(1 / 3) -

- 3次元地盤モデルを確認するため、地盤モデルに基づき算定した表面波(レイリー波)の理論H/Vスペクトルと、単点微動測定より得られたH/Vスペクトルの比較を行った。
- 表面波は表層に大きく影響されるため、レイリー波の理論H/Vスペクトルを算定する際の地盤モデルのうち第四紀層については、地質断面図を参考に層厚と地盤速度を設定した。

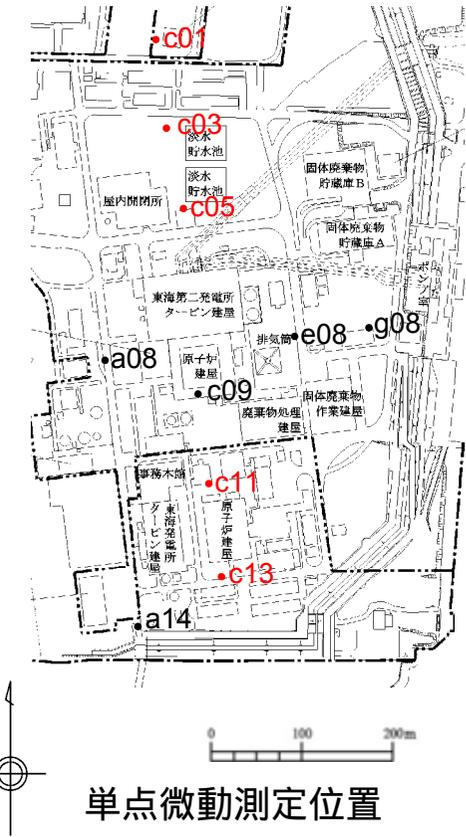
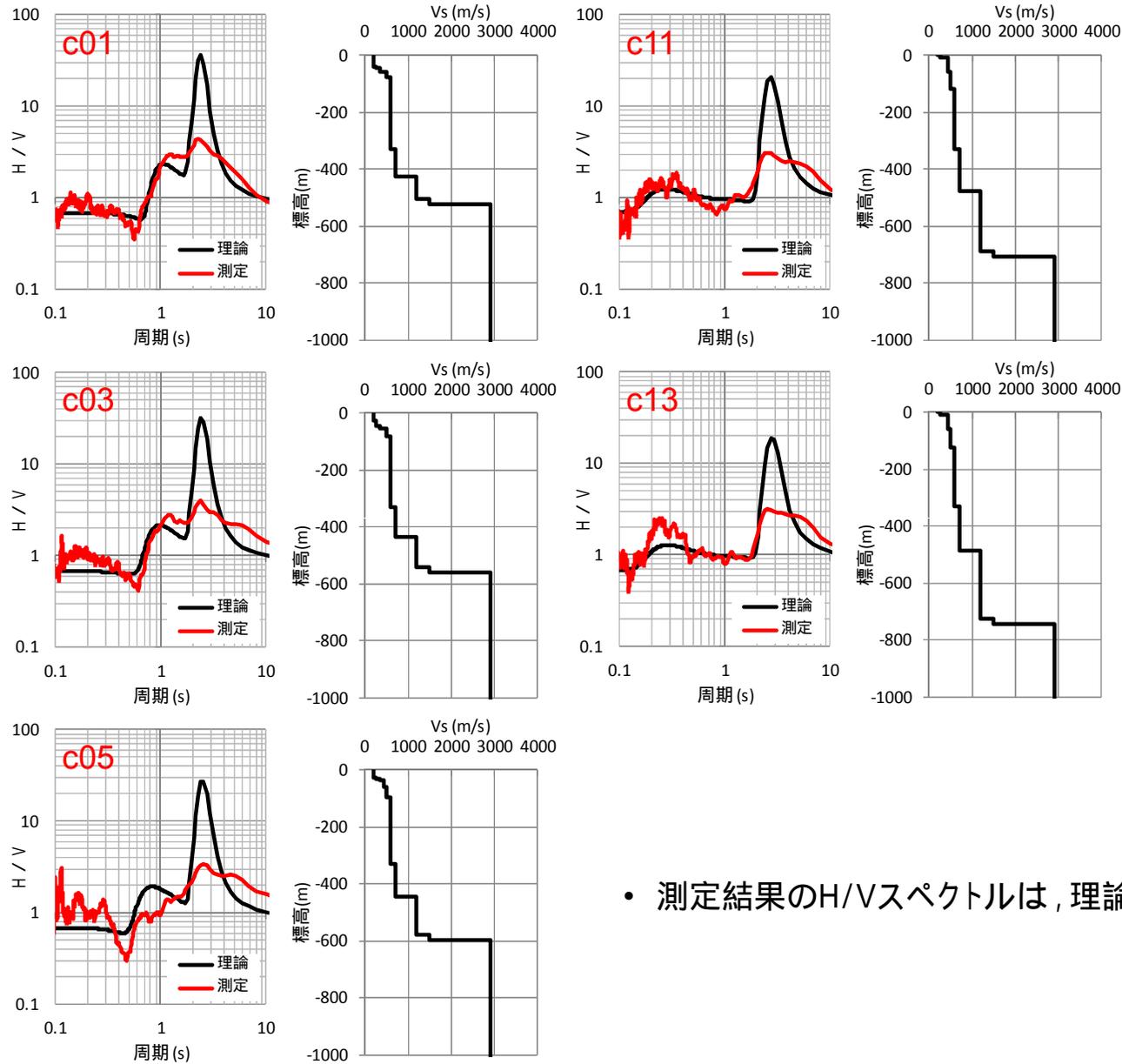


- 地盤モデルに基づき算定したレイリー波の理論H/Vスペクトルと、単点微動測定より得られたH/Vスペクトルは調和的である。
- 周期3～4秒付近に見られるH/Vスペクトルのピークは、深さ500m前後に見られる地盤速度の境界によるものである。



4.1 地球物理学的調査について

3次元地下構造モデルの確認 (9 / 11) - 地盤モデルの検証(2 / 3) -

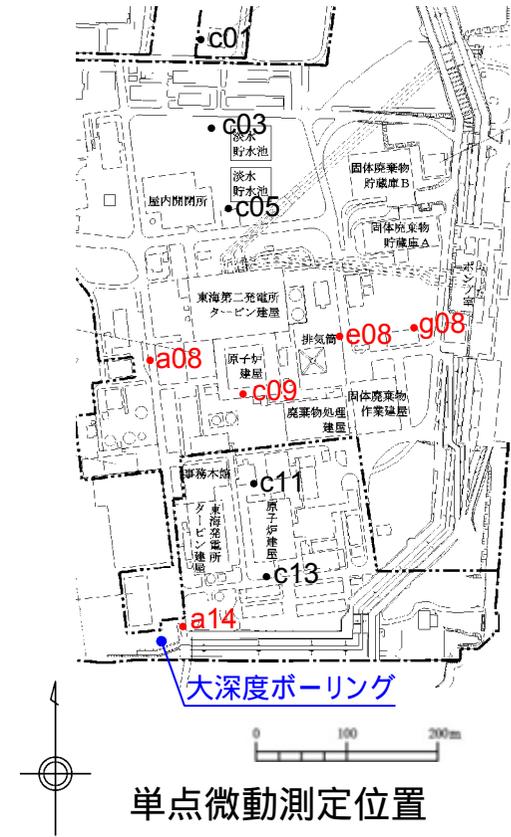
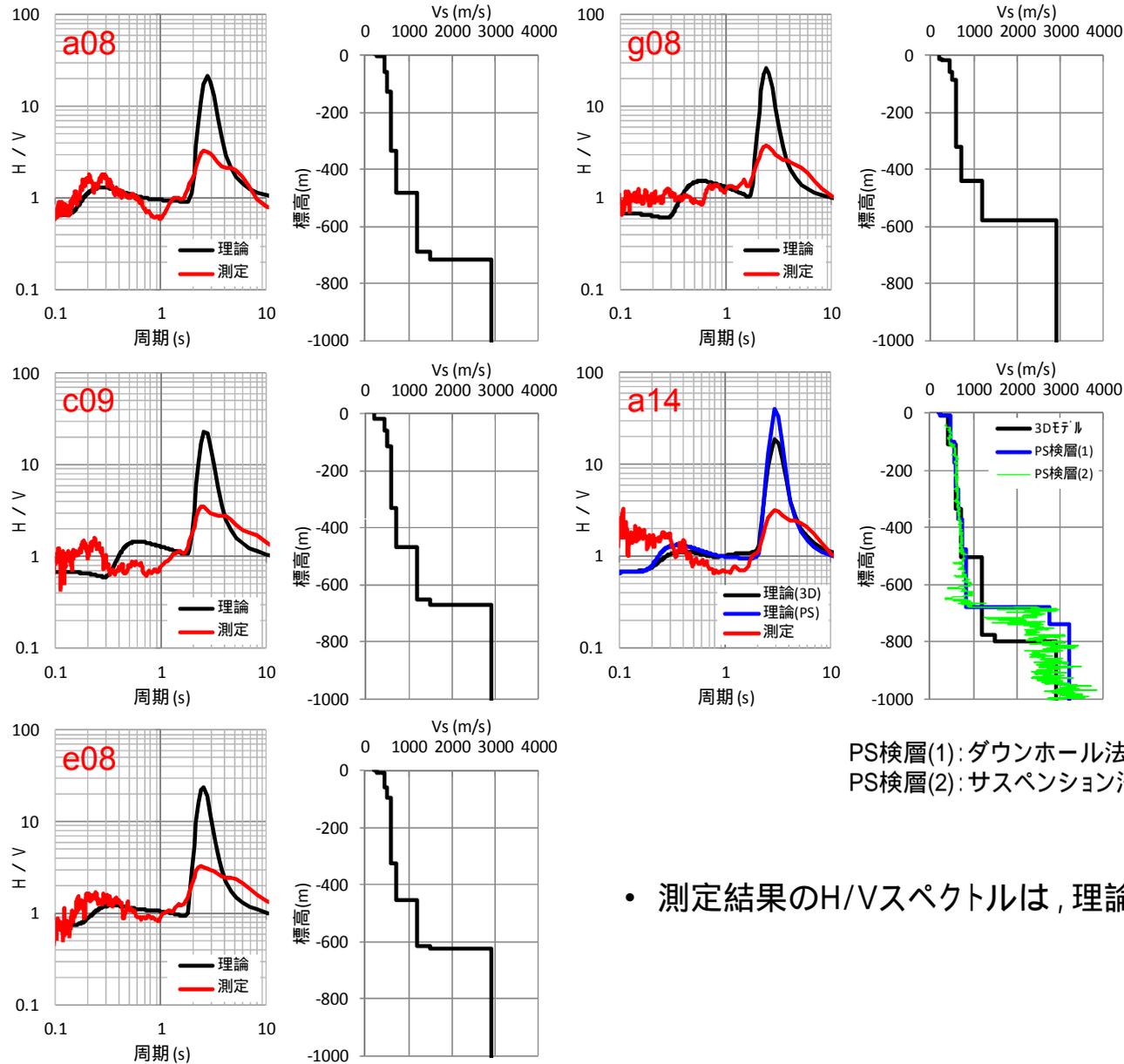


単点微動測定位置

- 測定結果のH/Vスペクトルは, 理論H/Vスペクトルと調和的である。

4.1 地球物理学的調査について

3次元地下構造モデルの確認 (10 / 11) - 地盤モデルの検証 (3 / 3)



PS検層(1): ダウンホール法  
PS検層(2): サスペンション法

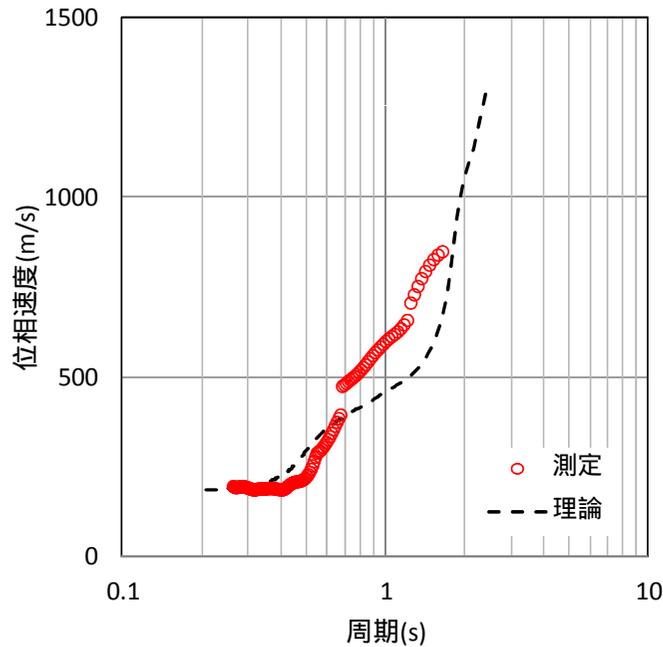
- 測定結果のH/Vスペクトルは、理論H/Vスペクトルと調和的である。

# 3次元地下構造モデルの確認 (11 / 11) - 微動アレイ探査 -

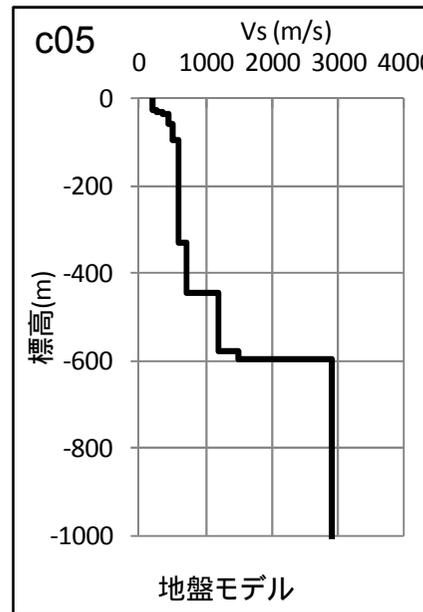
敷地における微動アレイ探査結果と地盤モデルより求めた理論分散曲線は整合している。

微動計の仕様	
センサー形式	サーボ型加速度計
チャンネル数	3ch(水平2成分, 上下1成分)
周波数帯域	DC ~ 200Hz
感度	2.0V/G

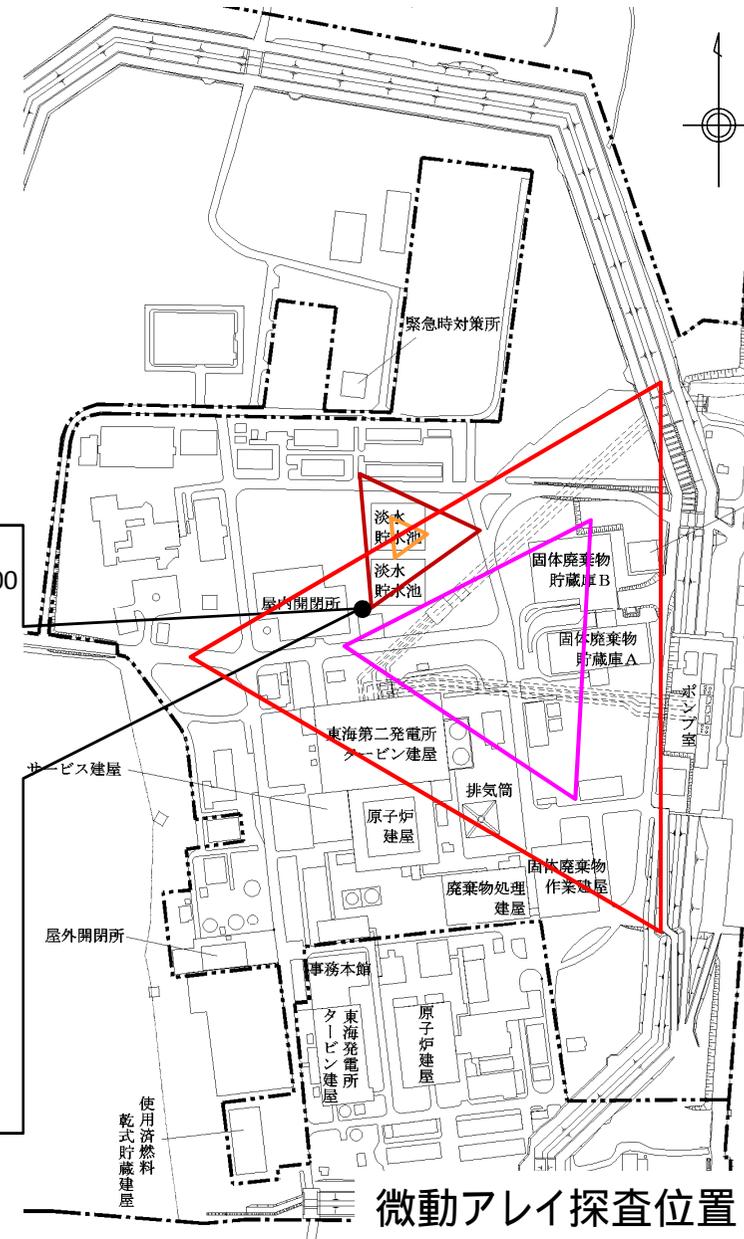
アレイサイズ (底辺長)
約470m
約235m
約115m
約35m



微動アレイ探査結果



地盤モデル



微動アレイ探査位置

地球物理学的調査により、以下の結果が得られた。

- ・ 屈折法地震探査結果より、重力異常分布に見られる敷地の西側の低重力域における基盤 ( $V_s=3\text{km/s}$ 相当) の最深部は深さ4km程度であることが明らかとなった。
- ・ 屈折法地震探査により、探査測線に沿った2次元の地下構造(P波速度)を把握した。
- ・ 微動アレイ探査により、探査地点における深さ方向(1次元)の地下構造(S波速度)を把握した。
- ・ 屈折法地震探査及び微動アレイ探査により得られた速度構造データを統合し、3次元の地下構造を把握した。
- ・ 敷地で実施した単点微動測定及び微動アレイ探査の結果と3次元地下構造モデルは整合していることを確認した。

---

## 4. 地球物理学的調査による地下構造評価

### 4.2 解析による検討

#### 4.2.1 広域地盤モデルによる深部地下構造の検討

## 解析内容

敷地の西側及び南側に見られる深い基盤形状を考慮した2次元不整形モデルによる評価結果と、発電所直下の地下構造をモデル化した成層モデルによる評価結果を比較し、基盤形状が解放基盤表面における地震動へ及ぼす影響について検討する。

### 2次元不整形モデル

- ・解析モデルの物性値を右表に示す。なお、減衰は一律  $Q = 100$  とする。
- ・メッシュサイズは、鉛直方向に5Hz程度を透過する要素サイズとして、深さ1500m以浅は幅50m × 高さ25m、深さ1500m以深は幅50m × 高さ50mとする。
- ・解析モデルの高さは、解放基盤表面に相当する深さから-4000mまでの3620mでモデル化する。
- ・解析は周波数応答解析を用いて、モデル底面は粘性境界、左右はエネルギー伝達境界を設定する。

### 成層モデル

- ・2次元不整形モデルにおける発電所直下の地下構造を抽出し、成層モデルとして用いる。

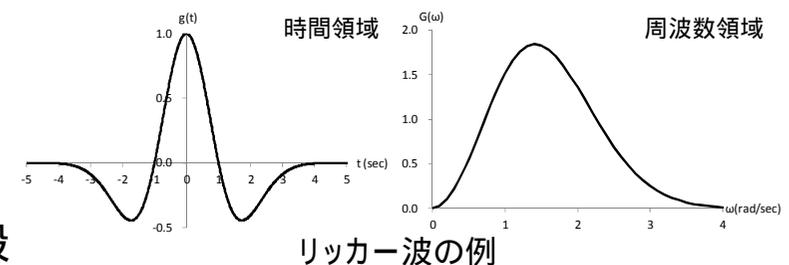
### 入力波

- ・リッカー波の平面波を入力波とし、中心周期を0.3, 0.5, 1.0, 2.0秒、敷地の西側及び南側の基盤が深い方角から敷地に向かって来る地震波について検討するため、0度(鉛直)、西側及び南側から20度、40度の入射角を設定する。

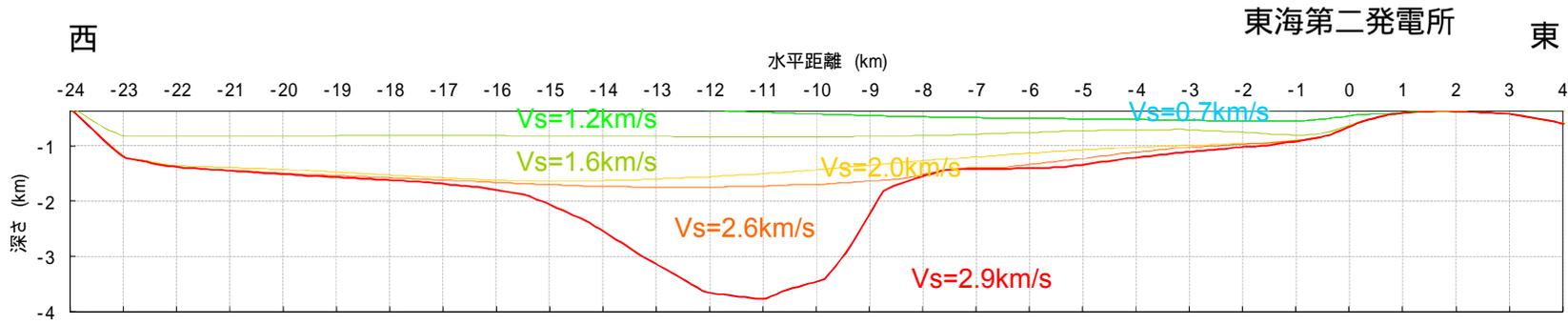
地下構造モデルの物性値

S波速度 $V_s(\text{km/s})$	密度( ) $(\text{g/cm}^3)$	発電所直下	
		上端深度 (m)	層厚 (m)
0.70	1.99	-380	83
1.20	2.16	-463	176
1.50	2.26	-639	20
2.00	2.39		
2.50	2.51		
2.90	2.58	-659	3341

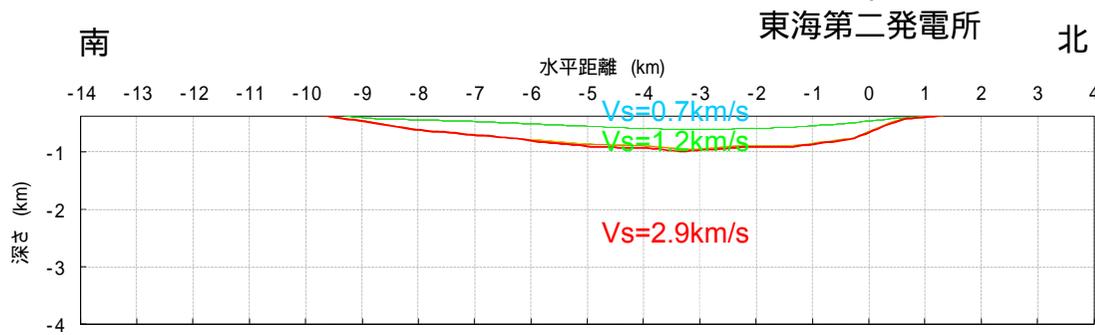
Ludwig, W. J., J. E. Nafe, and C.L. Drake (1970): Seismic Refraction, in "The Sea, Vol.4", edited by A.E. Maxwell, Wiley Interscience, New York, 53-84.



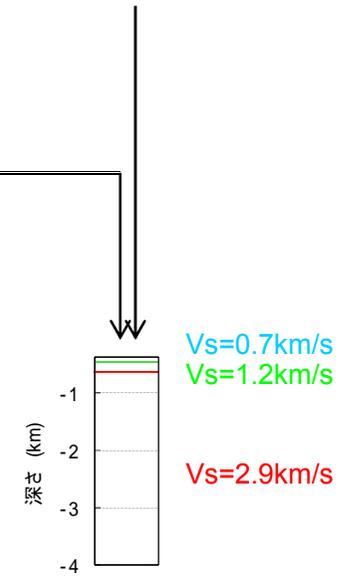
大崎順彦 (1996): 建築振動理論, 彰国社, p157-158



2次元不整形モデル(EW断面)



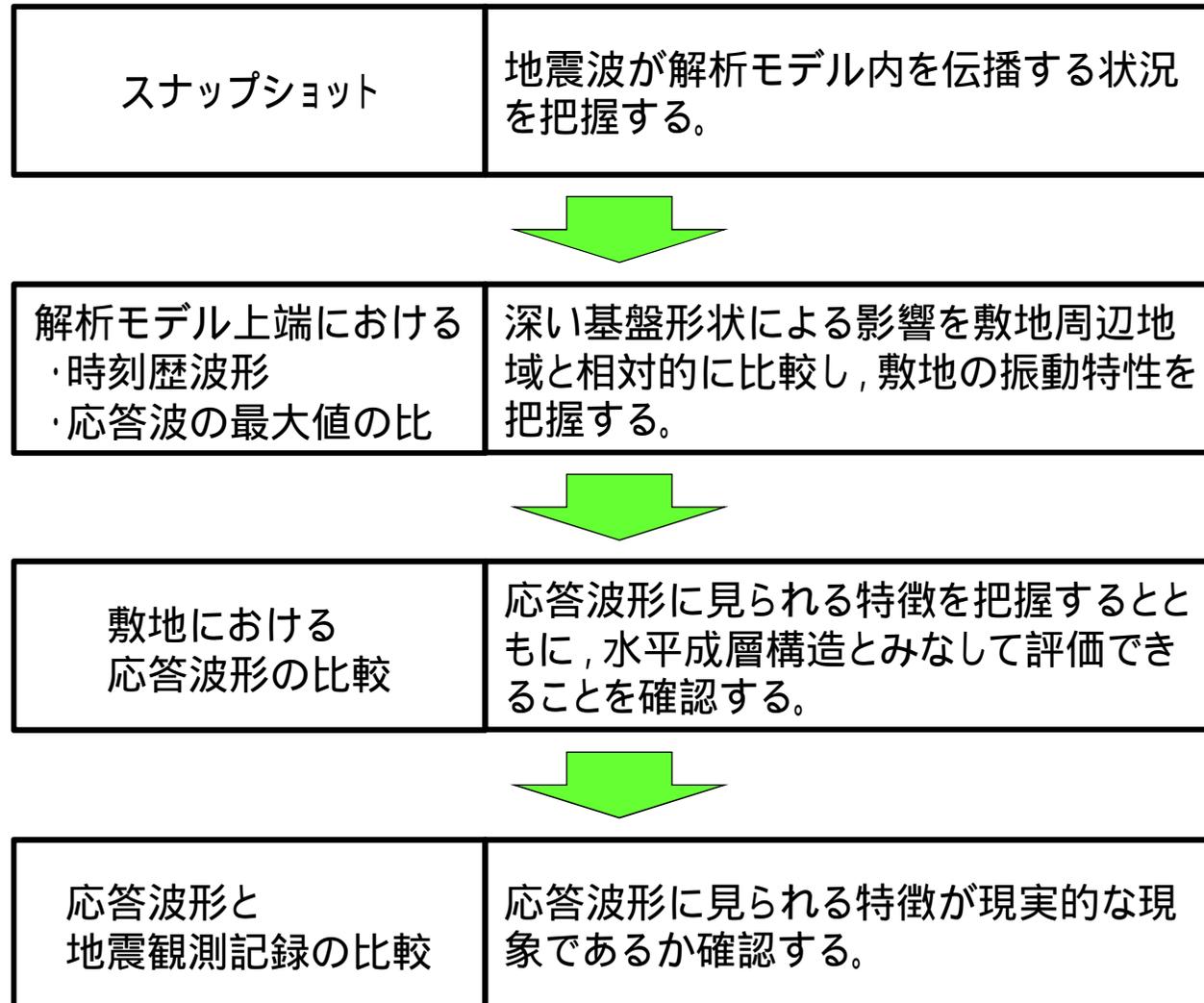
2次元不整形モデル(NS断面)



成層モデル

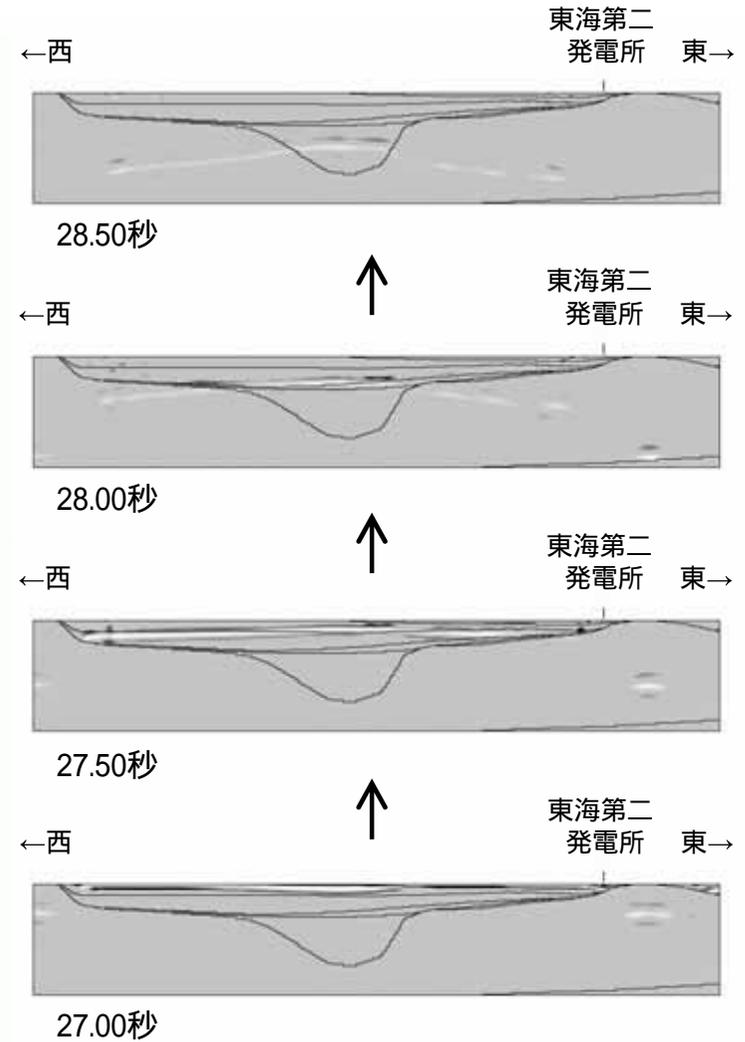
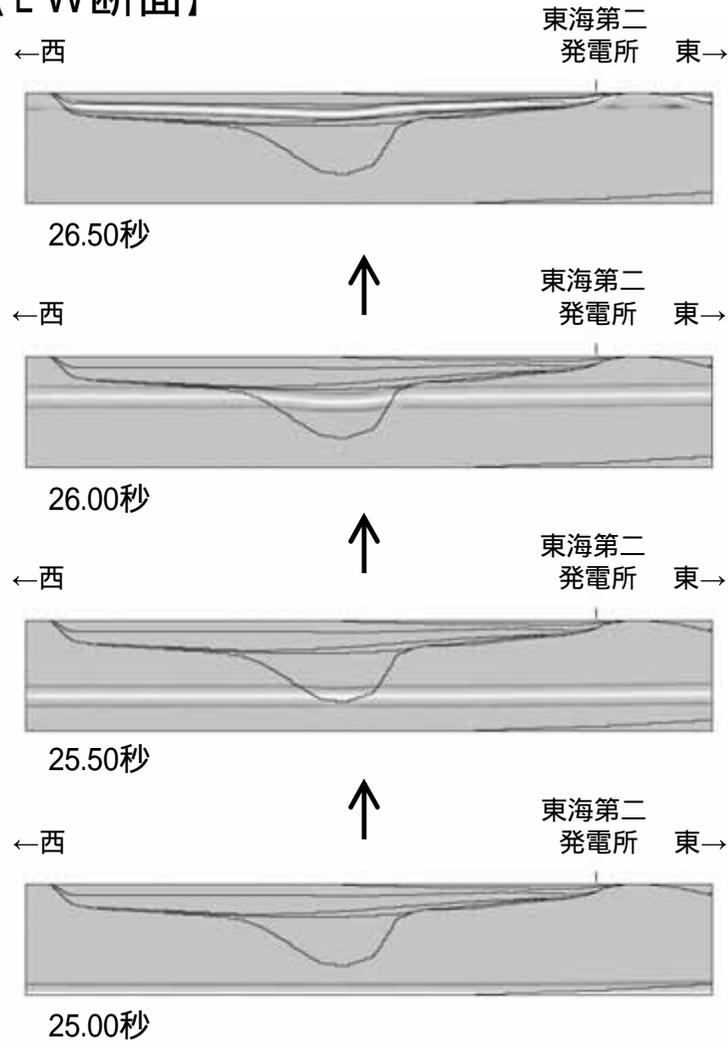
# 解析結果

以下のとおり、二次元不整形モデルによる解析結果を示す。



# 解析結果 - スナップショット - (1 / 24)

## 【EW断面】

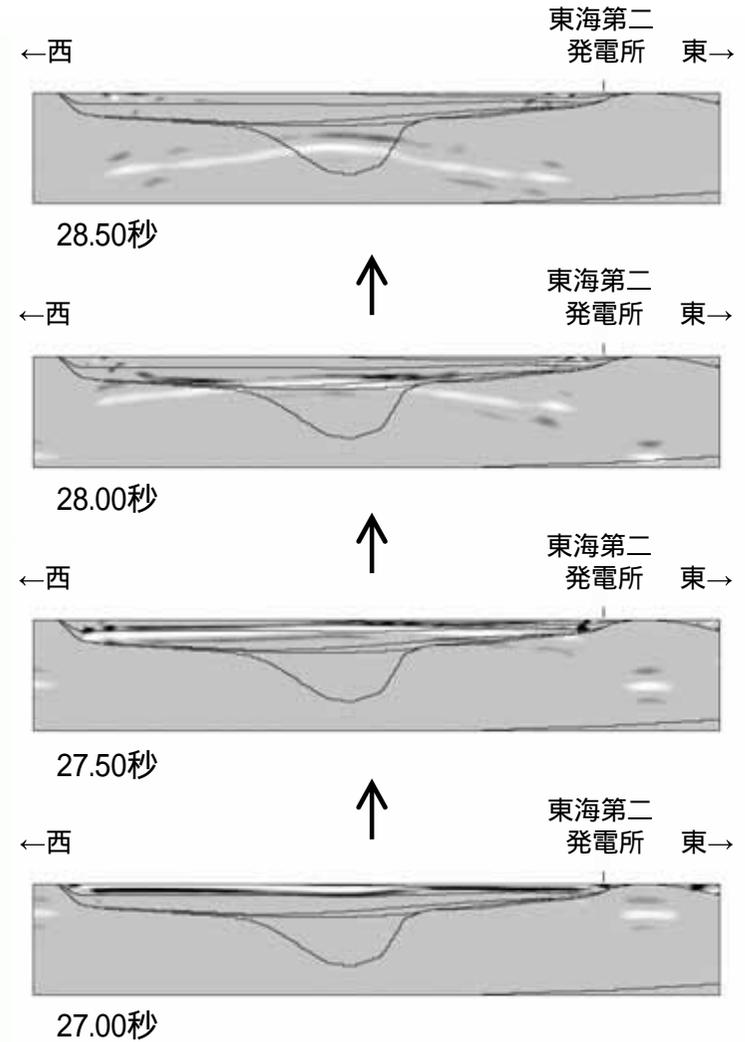
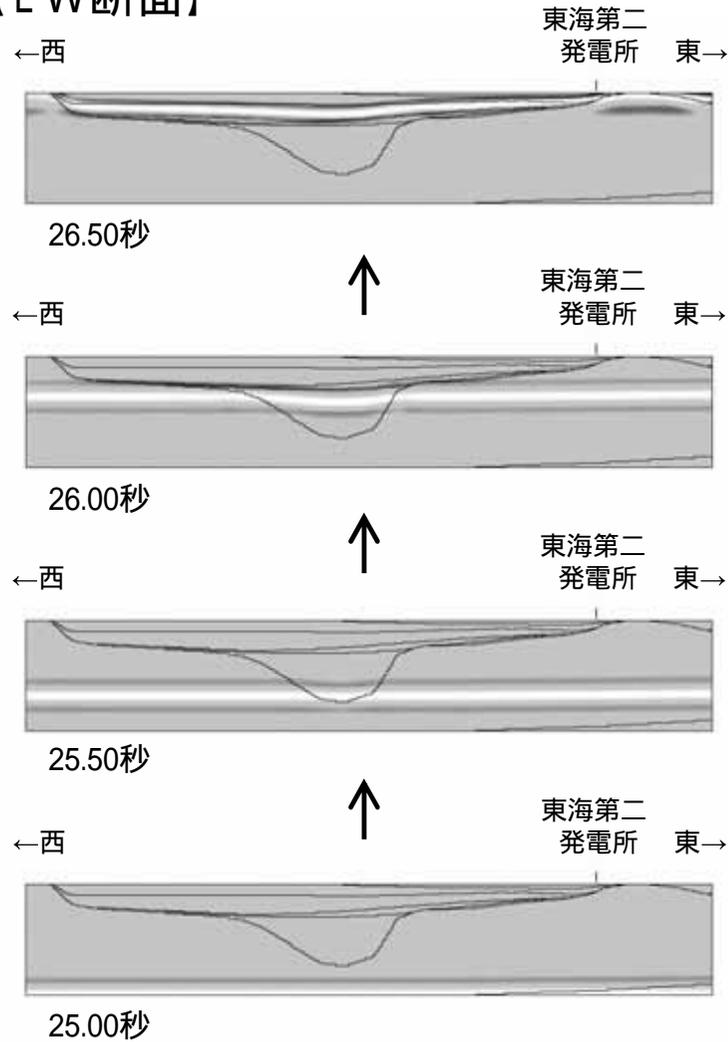


解析結果 (入力波:リッカー波, 中心周期0.3秒, 入射角0度)

〔 黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1 〕

# 解析結果 - スナップショット - (2 / 24)

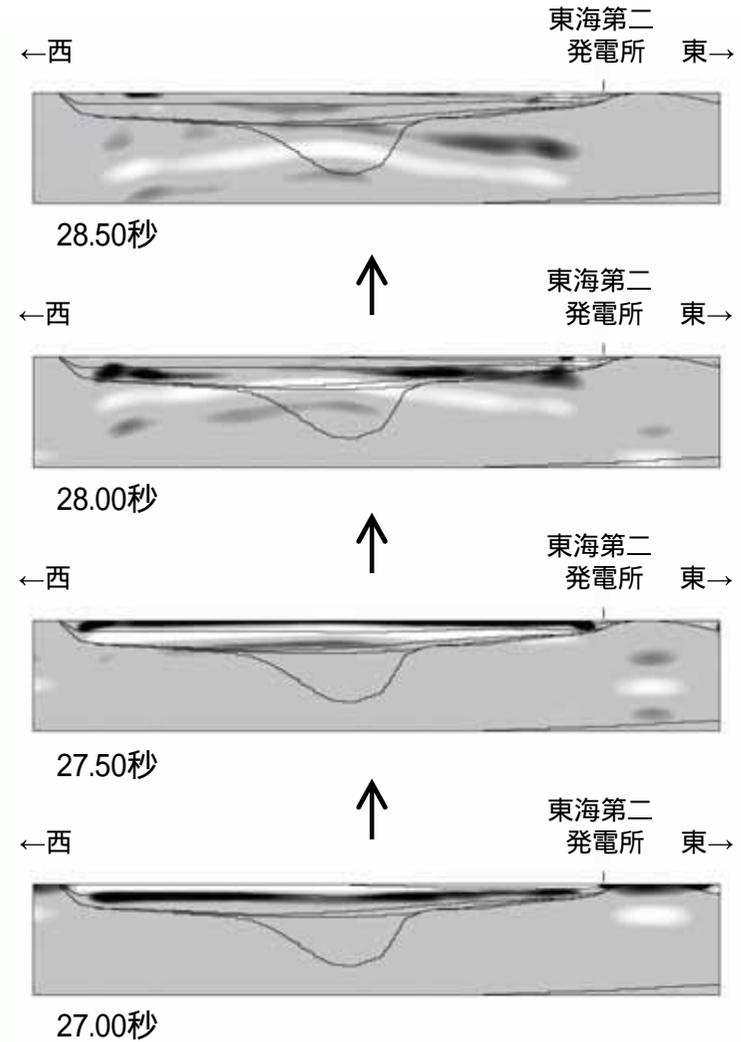
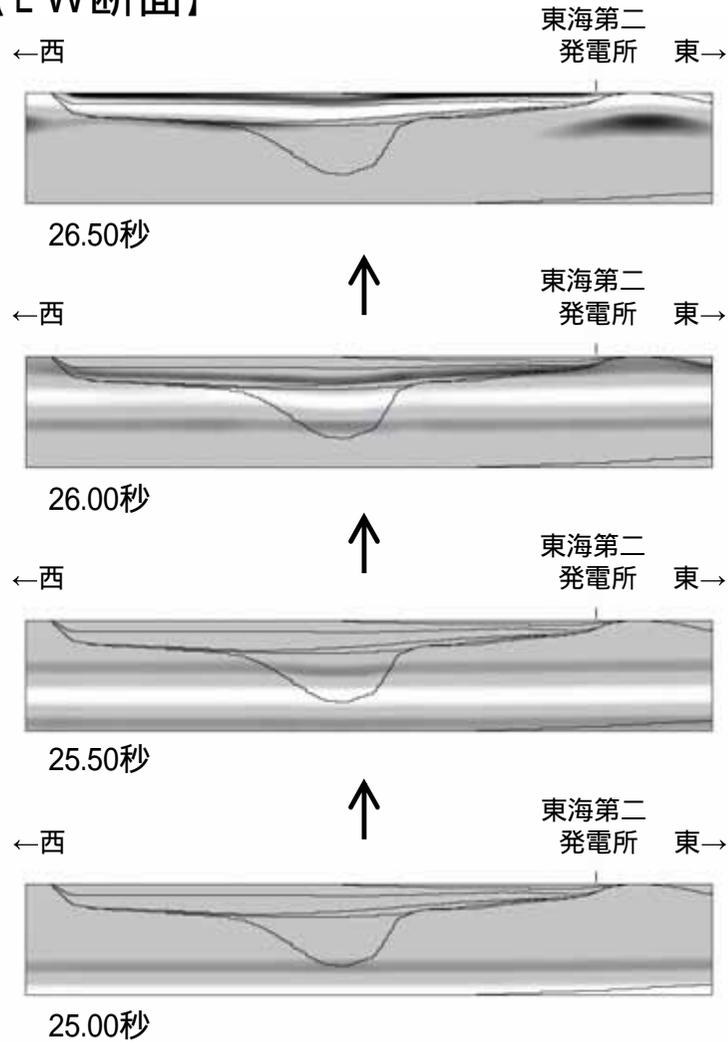
## 【EW断面】



解析結果 (入力波:リッカー波, 中心周期0.5秒, 入射角0度)

〔 黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1 〕

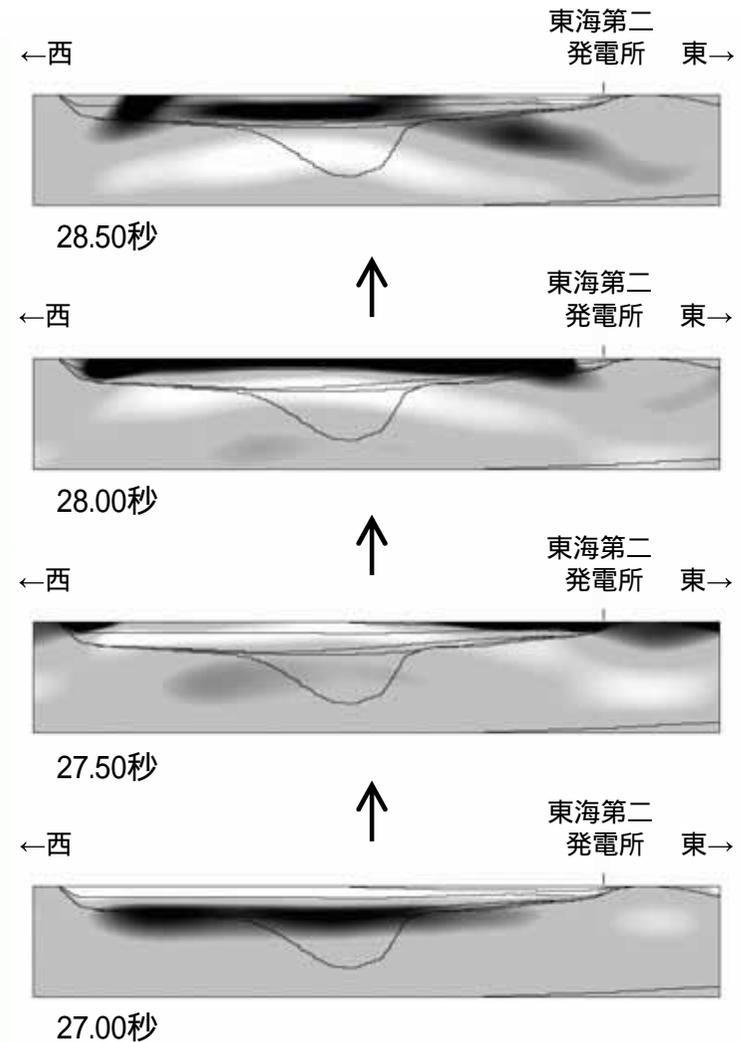
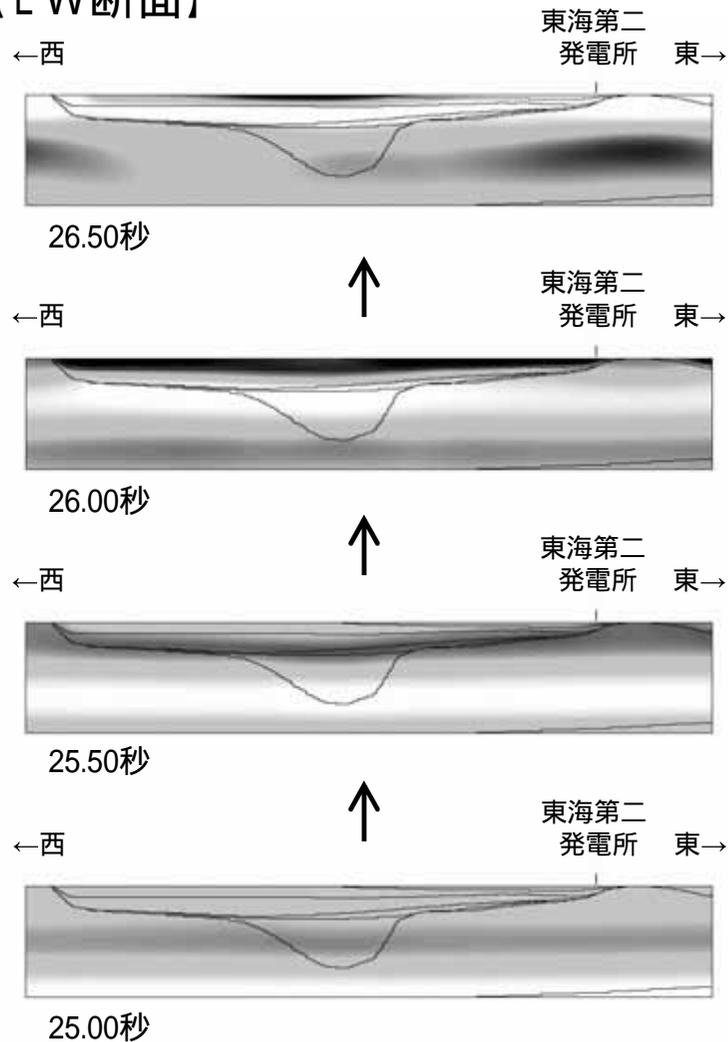
【EW断面】



解析結果(入力波:リッカー波,中心周期1.0秒,入射角0度)

黒は+側,白は-側  
縦横比 = 1:1

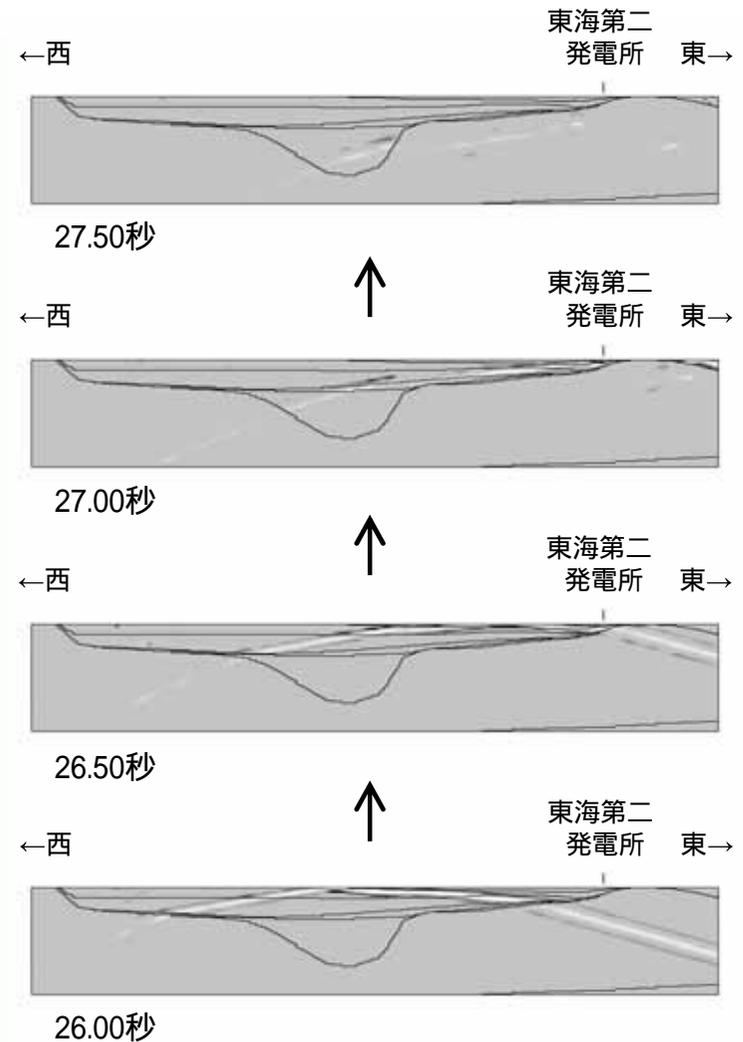
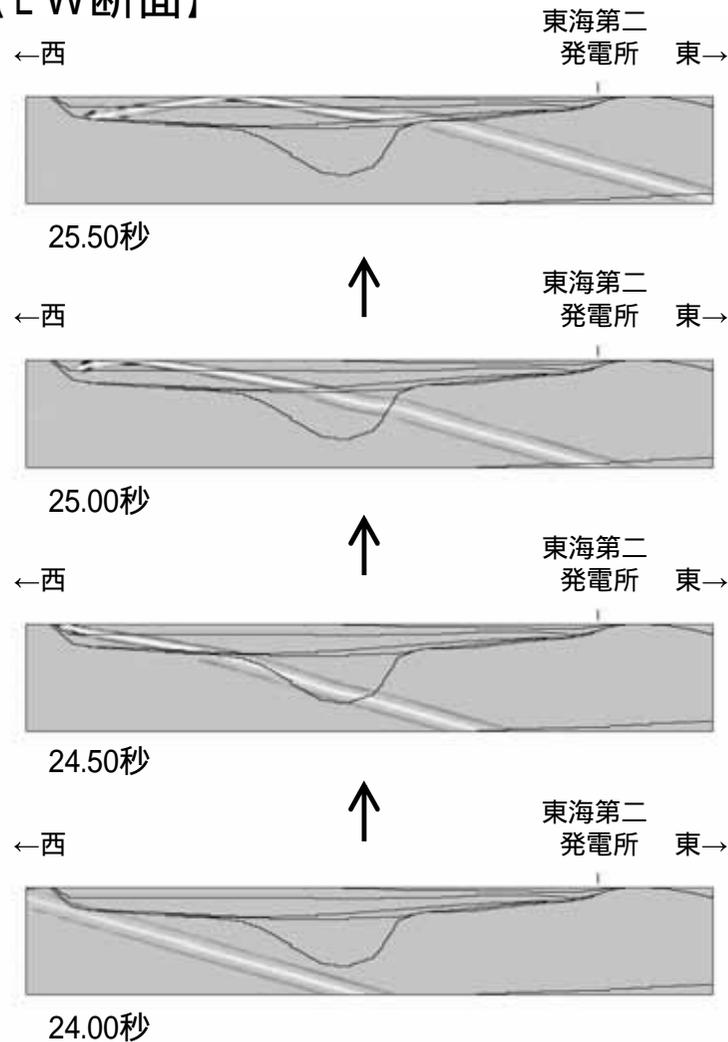
【EW断面】



解析結果 (入力波:リッカー波, 中心周期2.0秒, 入射角0度)

〔 黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1 〕

【EW断面】

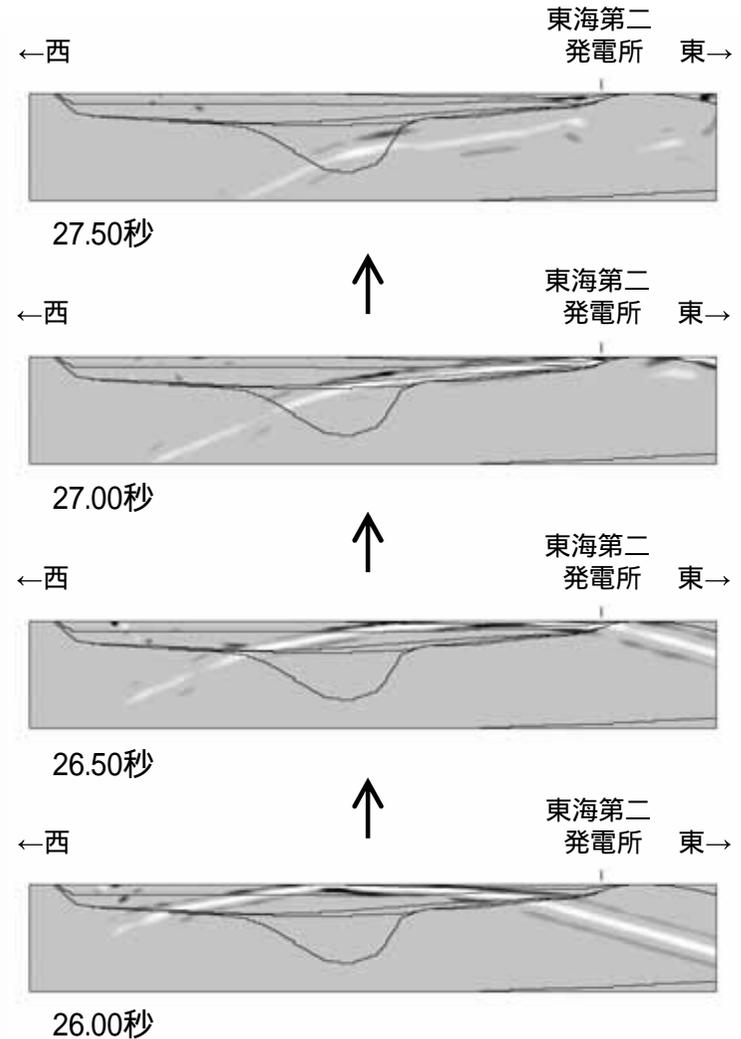
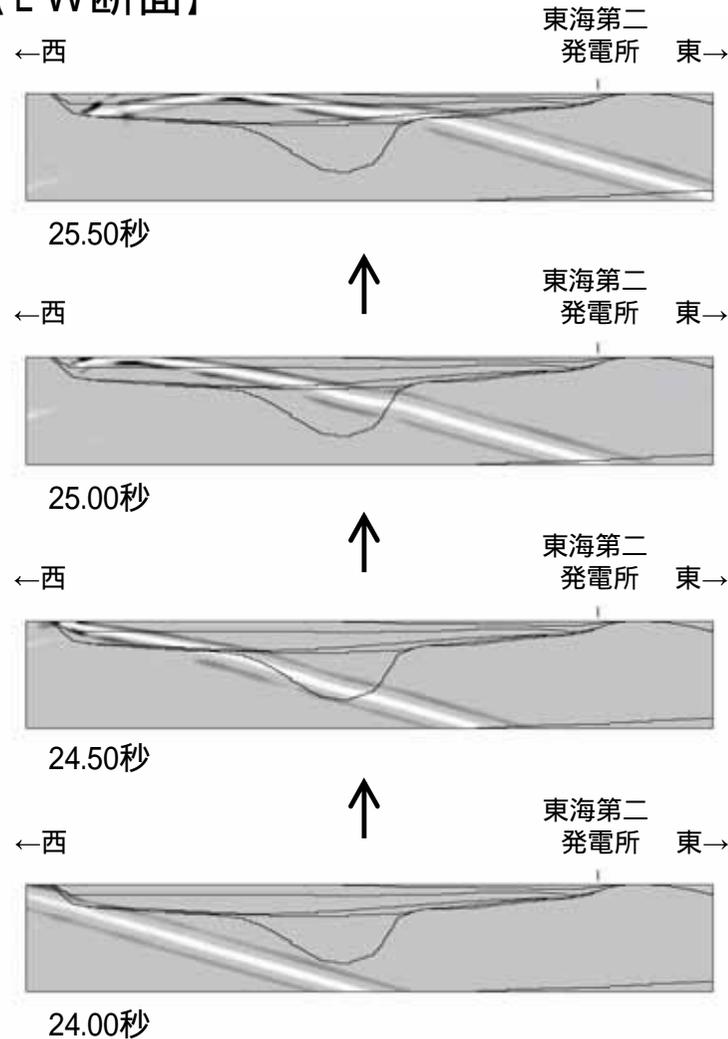


解析結果(入力波:リッカー波,中心周期0.3秒,入射角20度)

〔 黒は+側,白は-側  
縦横比 = 1:1 〕

# 解析結果 - スナップショット - (6 / 24)

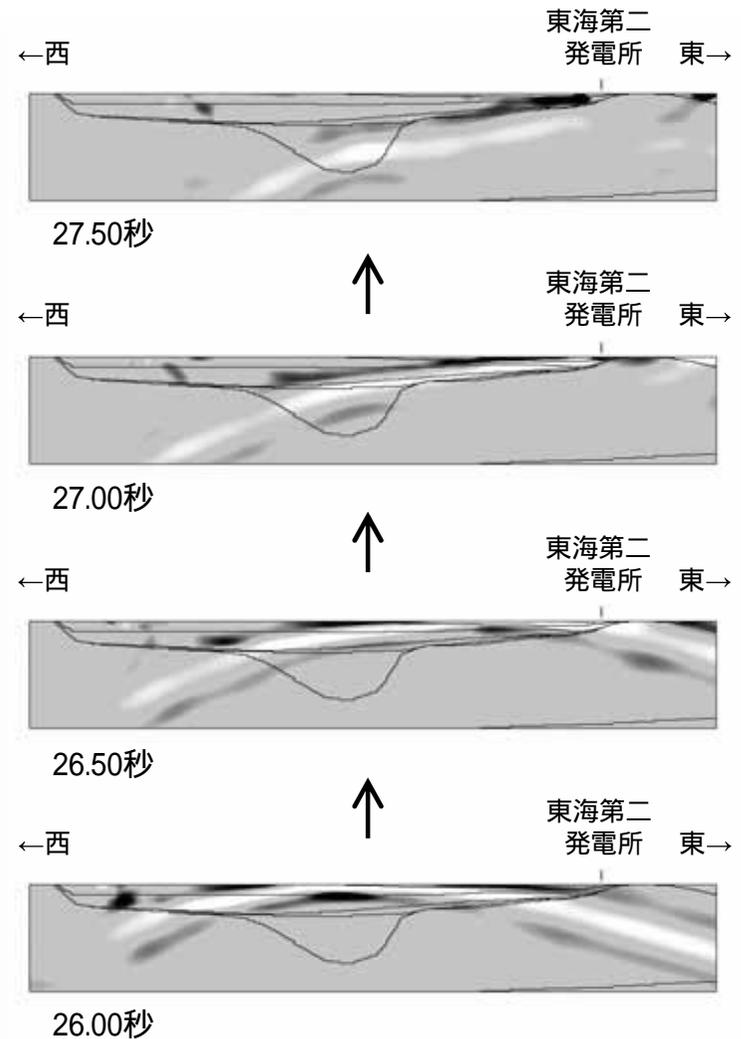
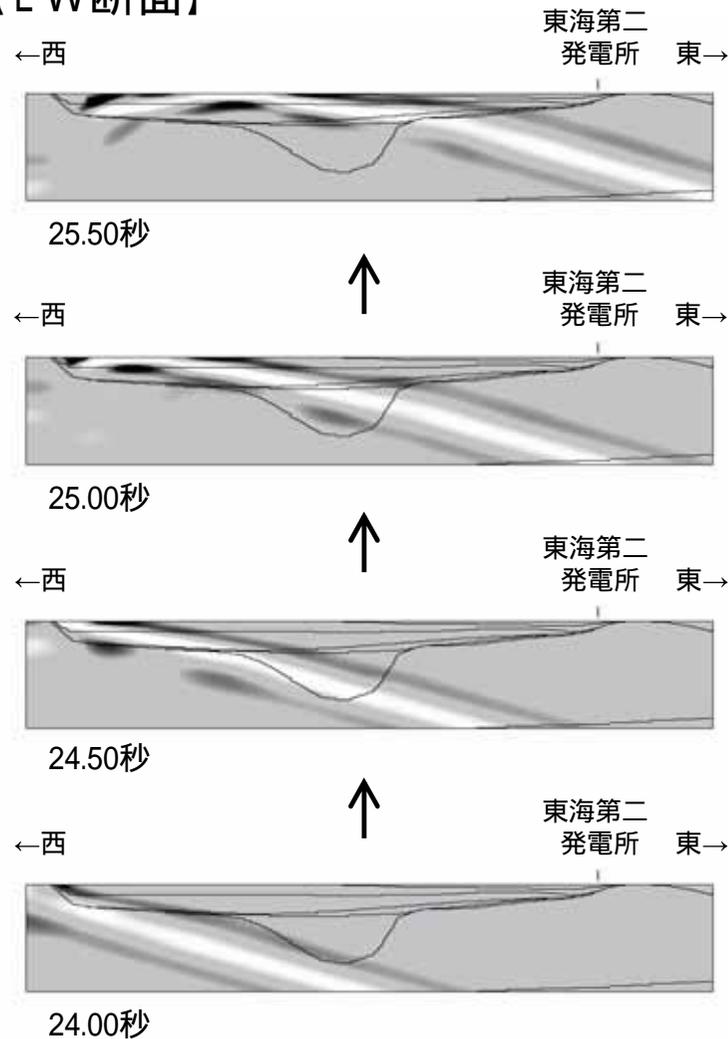
## 【EW断面】



解析結果(入力波:リッカー波, 中心周期0.5秒, 入射角20度)

〔 黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1 〕

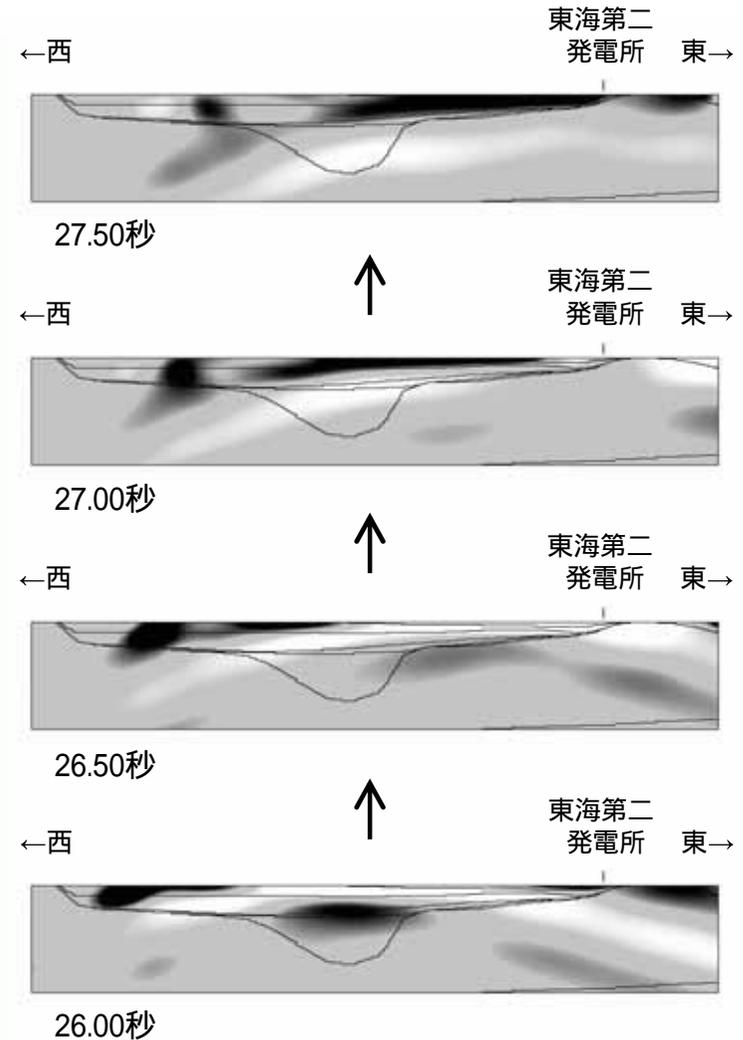
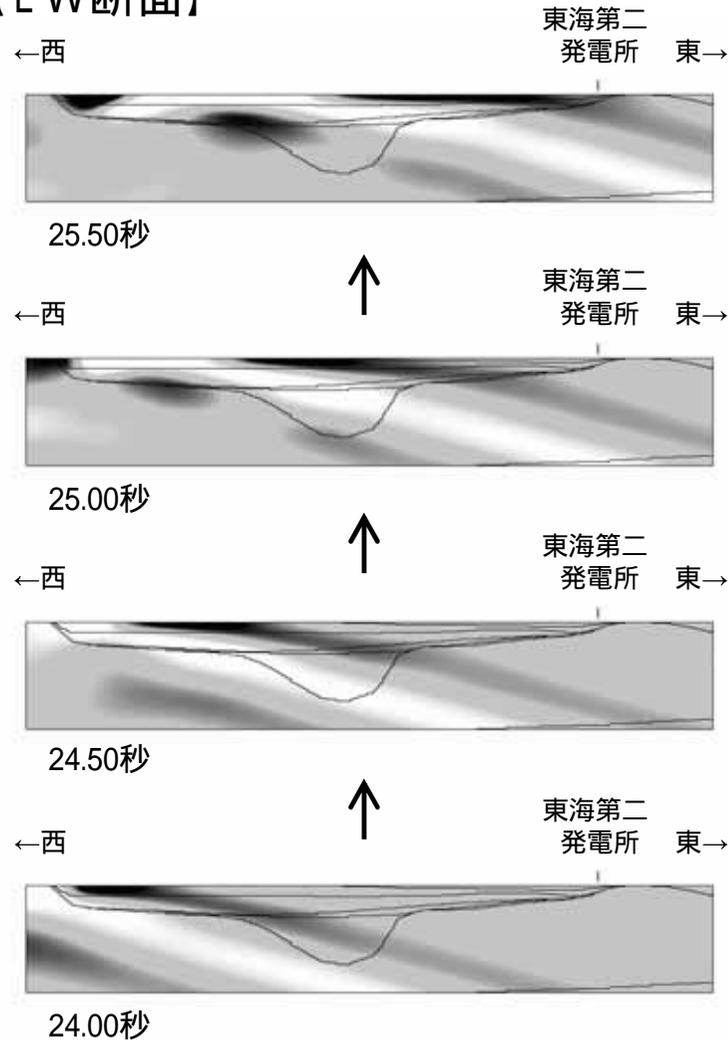
【EW断面】



解析結果(入力波:リッカー波, 中心周期1.0秒, 入射角20度)

黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1

【EW断面】

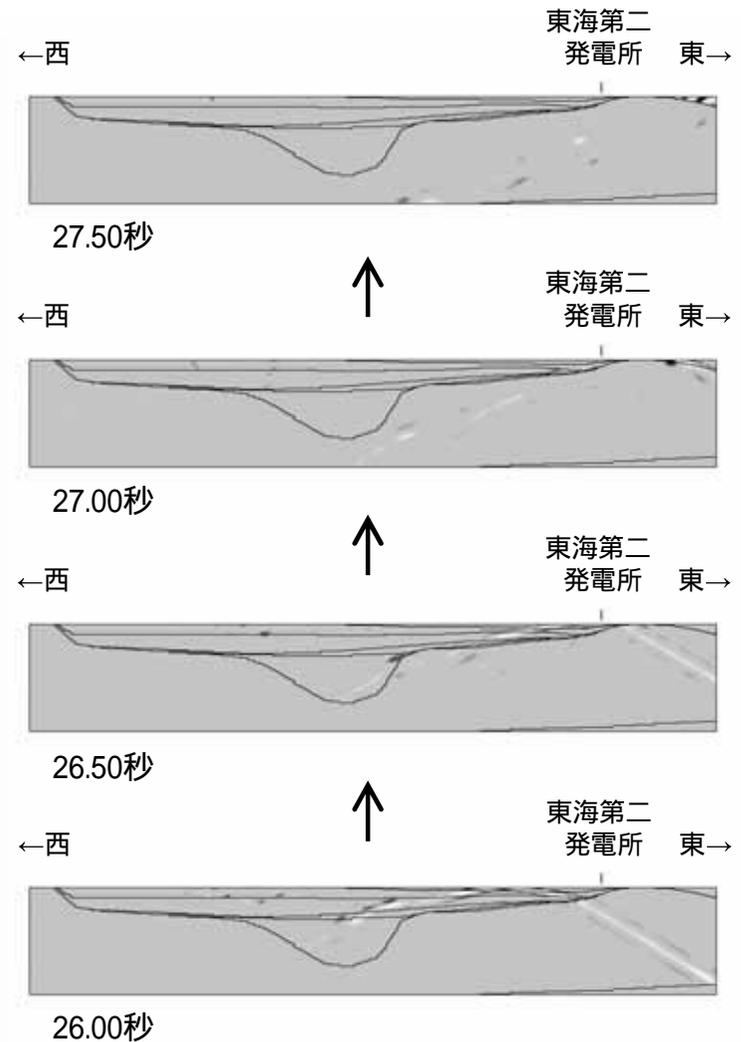
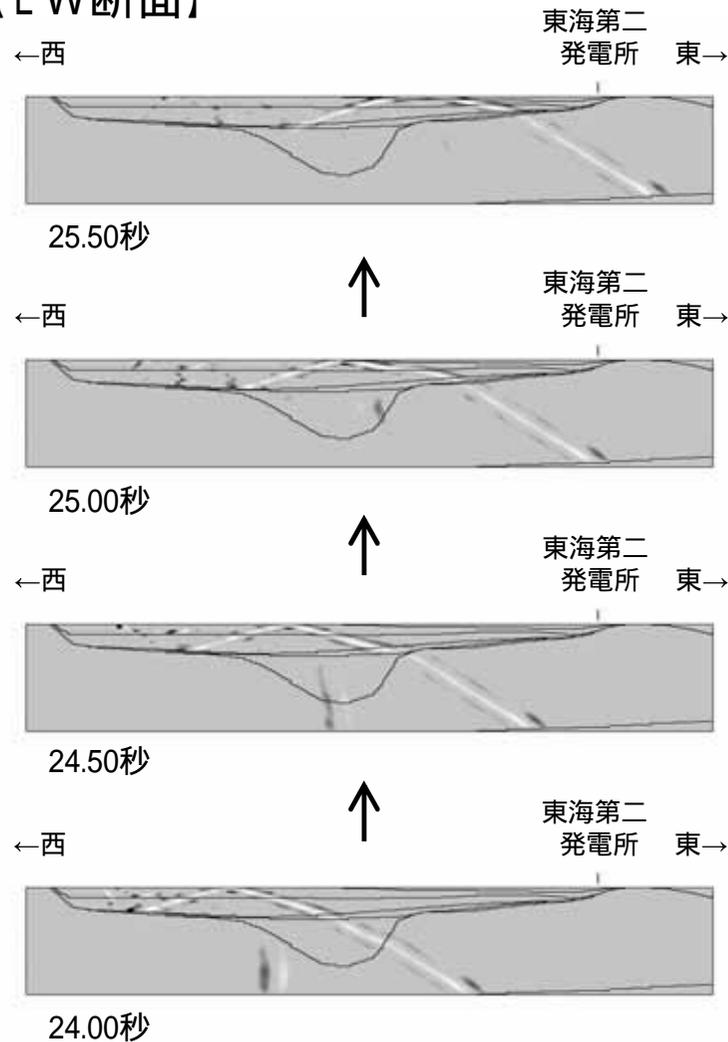


解析結果(入力波:リッカー波, 中心周期2.0秒, 入射角20度)

〔 黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1 〕

# 解析結果 - スナップショット - (9 / 24)

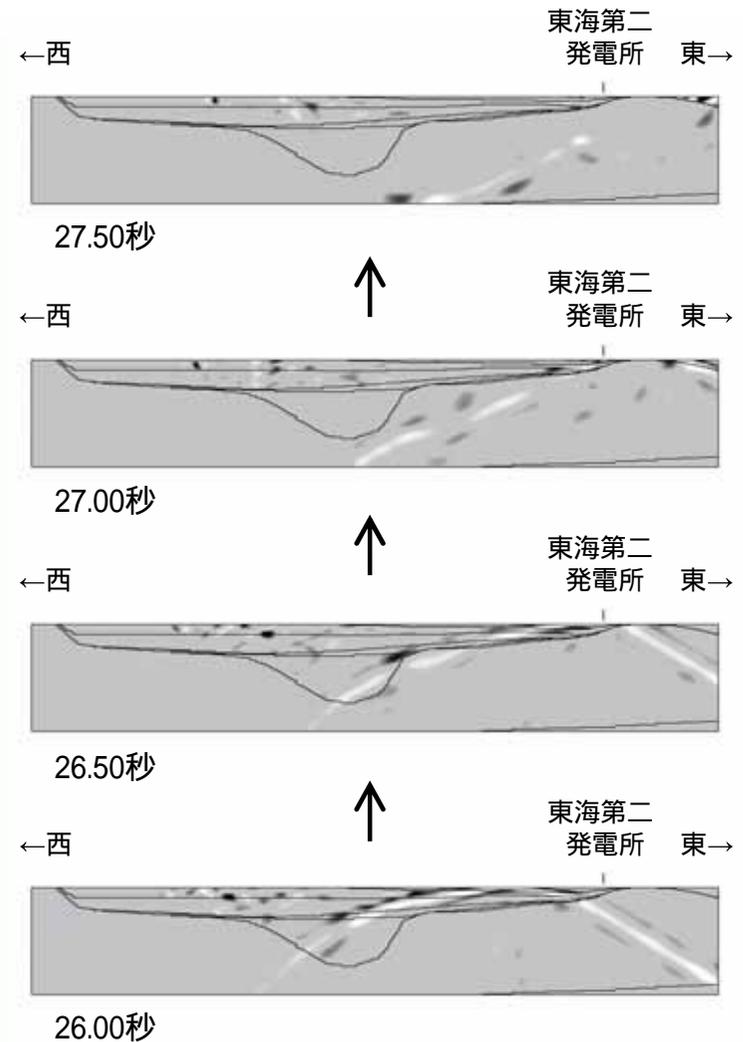
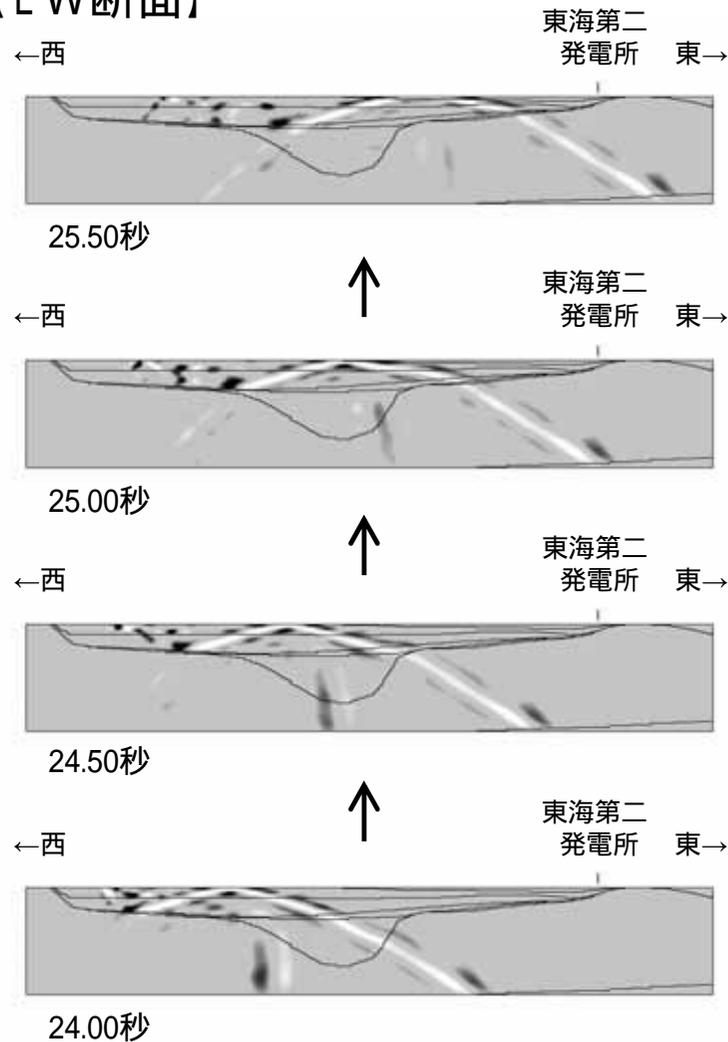
## 【EW断面】



解析結果(入力波:リッカー波, 中心周期0.3秒, 入射角40度)

〔 黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1 〕

【EW断面】

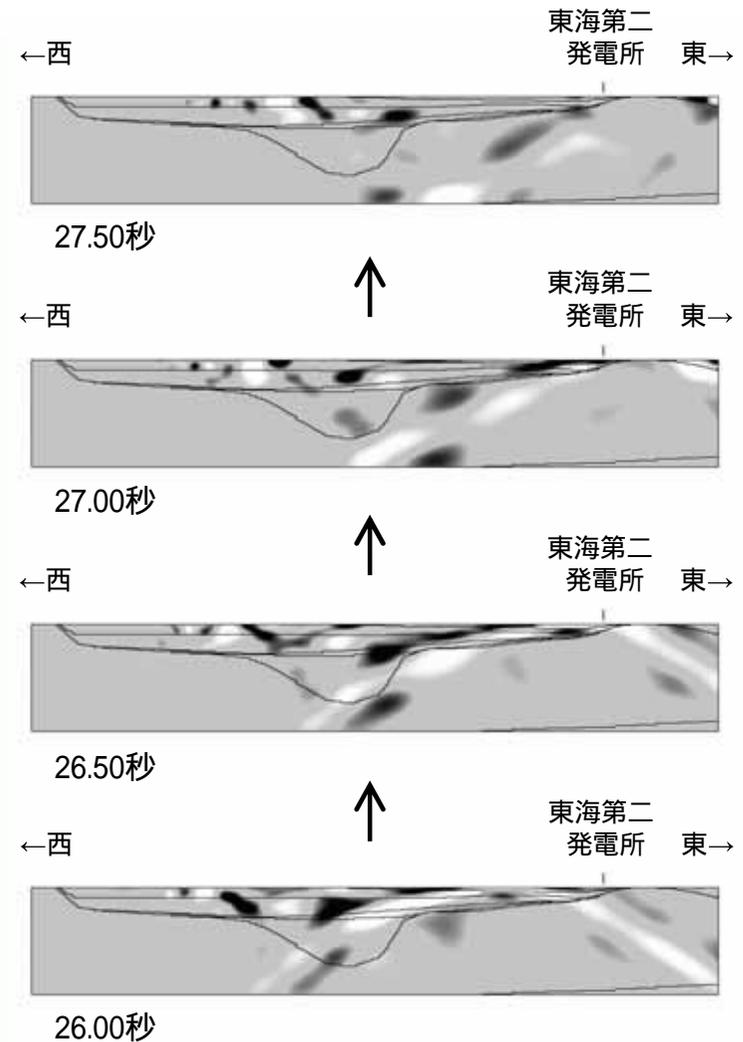
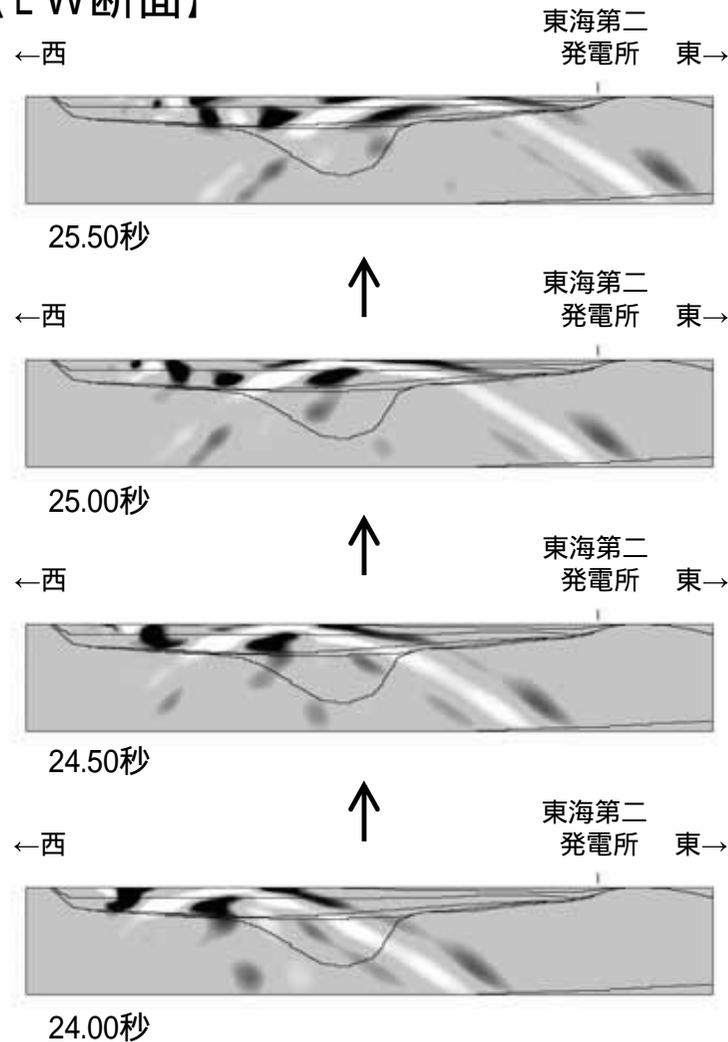


解析結果(入力波:リッカー波, 中心周期0.5秒, 入射角40度)

〔 黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1 〕

# 解析結果 - スナップショット - (11 / 24)

## 【EW断面】



解析結果(入力波:リッカー波, 中心周期1.0秒, 入射角40度)

〔 黒は+側, 白は-側  
縦横比 = 1:1 〕