

柏崎刈羽原子力発電所（6号炉及び7号炉）申請  
敷地における地震波の増幅特性について

平成27年2月13日  
東京電力株式会社



東京電力

# 目次

---

1. はじめに	P 2
2. 地震観測記録の分析	P 4
3. 地下構造調査結果の分析	P 39
4. 地下構造モデルを用いた解析的検討	P 67
5. 基準地震動評価への反映事項	P 106

- 
1. はじめに
  2. 地震観測記録の分析
  3. 地下構造調査結果の分析
  4. 地下構造モデルを用いた解析的検討
  5. 基準地震動評価への反映事項

# 地震波の増幅特性に関する評価結果の概要

## 1. 地震観測記録の分析

敷地における観測記録に基づき、地下構造による増幅特性について分析を実施

- ・ 海域で発生した地震は、耐専スペクトルと比較して大きく、陸域で発生した地震については、耐専スペクトルと比較して小さい
- ・ 海域の地震のうち特に敷地の南西で発生した地震については、荒浜側は大湊側より大きな増幅特性を示す

## 2. 地下構造の把握

敷地及び敷地周辺における反射法地震探査、ボーリング、文献調査等を実施

- ・ 敷地周辺の地下構造は深部に傾斜が認められる
- ・ 敷地近傍の地下構造は西山層以下の褶曲構造により特徴付けられる

## 3. 解析的検討

調査結果に基づく地下構造モデルを用いたシミュレーション解析により、地下構造による増幅特性を評価

- ・ 海域から到来する地震波は深部の地下構造の影響により増幅される傾向にある
- ・ 敷地の南西から到来する地震波は、敷地近傍の褶曲構造の影響により、荒浜側は大湊側より大きな増幅特性を示す

地下構造調査結果に基づく地下構造モデルによる解析結果は、観測記録の傾向を再現していることから、深部地下構造の不整形性及び敷地近傍の褶曲構造が、敷地における増幅特性に影響していることを確認

## 4. 地震動評価への反映 敷地における観測記録に基づき、地震動評価を実施

### ①深部構造の影響

海域・陸域からの到来方向で伝播特性が異なる

### ②褶曲構造の影響

海域の地震のうち南西側からの地震動は荒浜側が大湊側より大きい

- ・ 海域の活断層と陸域の活断層に分類して評価を実施

- ・ 海域の活断層による地震については、荒浜側（1～4号機）と大湊側（5～7号機）でそれぞれ基準地震動を策定

- ・ 応答スペクトルに基づく地震動評価では、海域の地震と陸域の地震に分類して、それぞれ観測記録に基づく補正係数を考慮

- ・ 断層モデルによる地震動評価では、経験的グリーン関数法を用い、海域と陸域の地震動特性を反映した適切な要素地震を採用

---

1. はじめに

2. 地震観測記録の分析

- (1) 2007年中越沖地震の地震観測記録
- (2) 鉛直アレイ観測記録
- (3) 原子炉建屋基礎版上の観測記録
- (4) 水平アレイ観測記録

3. 地下構造調査結果の分析

4. 地下構造モデルを用いた解析的検討

5. 基準地震動評価への反映事項

# 敷地における地震観測



## ■ 水平アレイ (図中●点)

中越沖地震を踏まえ、敷地内における地震動特性をより詳細に把握することを目的に、2010年より敷地内のほぼ全域に渡って、地表に地震計を稠密に配置して観測を実施



## ■ 原子炉建屋基礎版上 (図中●点)

2007年より全号機の原子炉建屋基礎版上において観測を実施

## ■ 鉛直アレイ (図中●点)

1980年代より、荒浜側と大湊側で観測を実施

標高 T.M.S.L.(m) ※1	1号機地盤系		5号機地盤系	
	地震計	地層	地震計	地層
+12.0m +9.3m			▽G.L.	
+5.0m	●	古安田層	●	古安田層
-24.0m -40.0m	●	西山層	●	西山層
-100m -122m	●		●	
-180m -250m	● ※2		●	椎谷層
-300m -400m	● ※3	●		

※1：T.M.S.L.：東京湾平均海面。Tokyo bay Mean Sea Levelの略で、東京湾での検潮に基づき設定された陸地の高さの基準  
 ※2：2007年11月観測終了  
 ※3：2009年3月観測開始

---

1. はじめに

2. 地震観測記録の分析

(1) 2007年中越沖地震の地震観測記録

(2) 鉛直アレイ観測記録

(3) 原子炉建屋基礎版上の観測記録

(4) 水平アレイ観測記録

3. 地下構造調査結果の分析

4. 地下構造モデルを用いた解析的検討

5. 基準地震動評価への反映事項

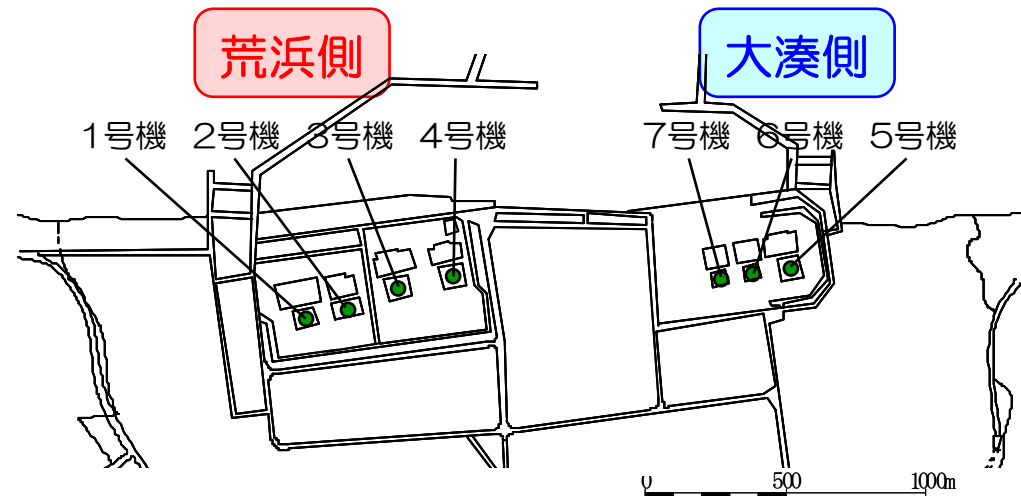
# 中越沖地震の概要及び原子炉建屋基礎版上における最大加速度値



## 中越沖地震

### 【地震諸元（気象庁）】

- 発生日時：2007/7/16 10:13
- 規模：マグニチュード 6.8
- 震央：北緯 37° 33.4'  
東経 138° 36.5'
- 震源深さ 17 km



## 原子炉建屋基礎版上で観測された最大加速度値

(単位：ガル)

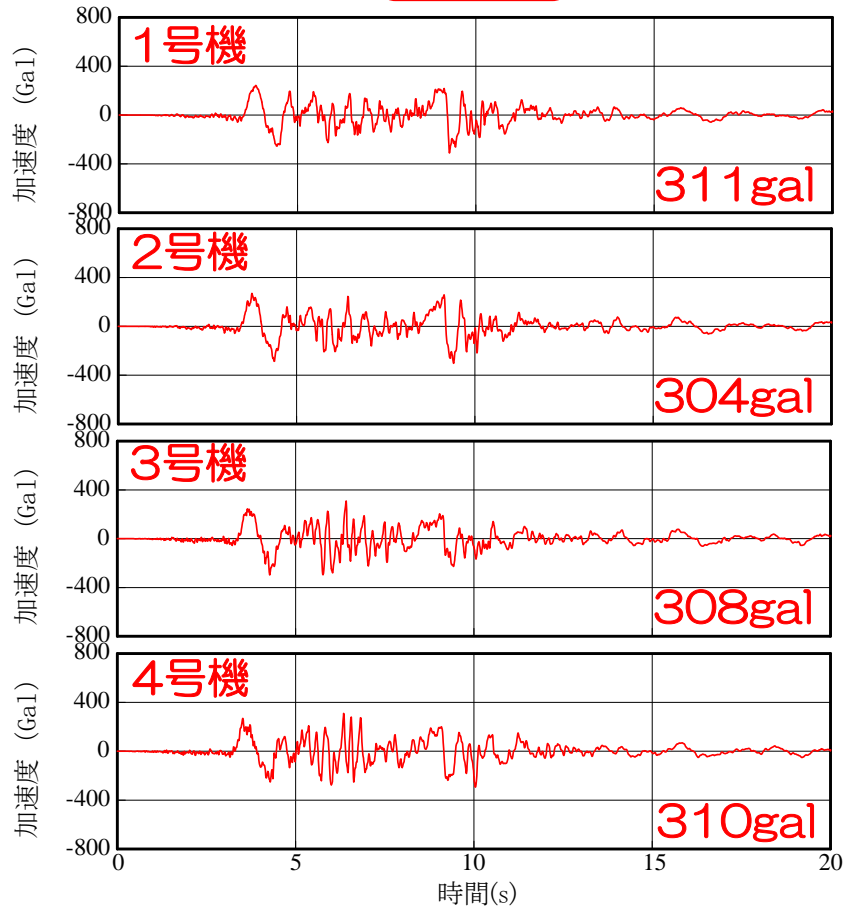
	荒浜側				大湊側		
	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
NS方向	311	304	308	310	277	271	267
EW方向	680	606	384	492	442	322	356
UD方向	408	282	311	337	205	488	355

- 各号機で地震観測記録が得られている
- 1～4号機が位置する荒浜側と5～7号機が位置する大湊側で最大加速度値に差が見られる

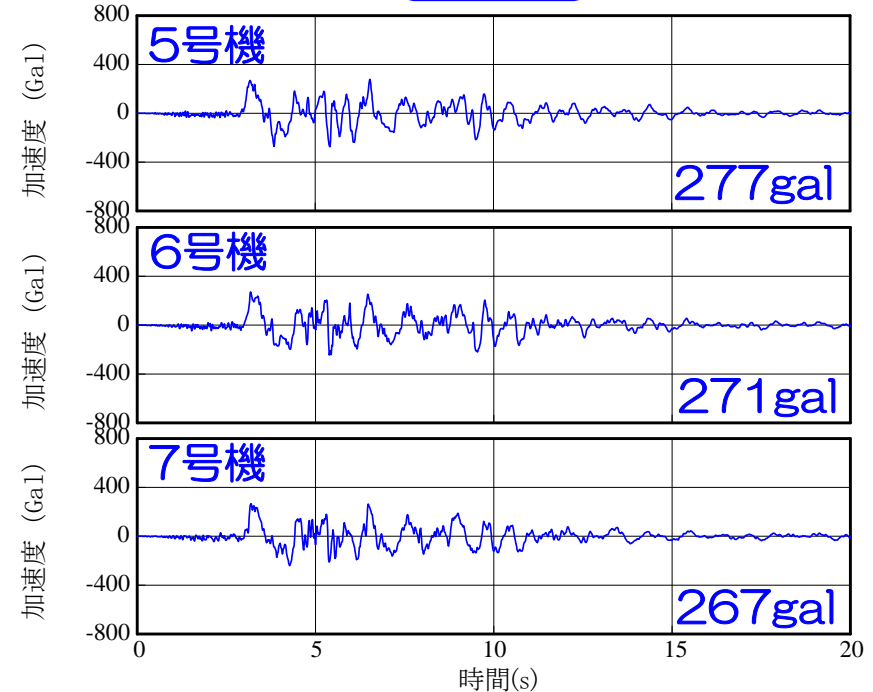


# 原子炉建屋基礎版上における観測記録の加速度波形（NS方向）

荒浜側

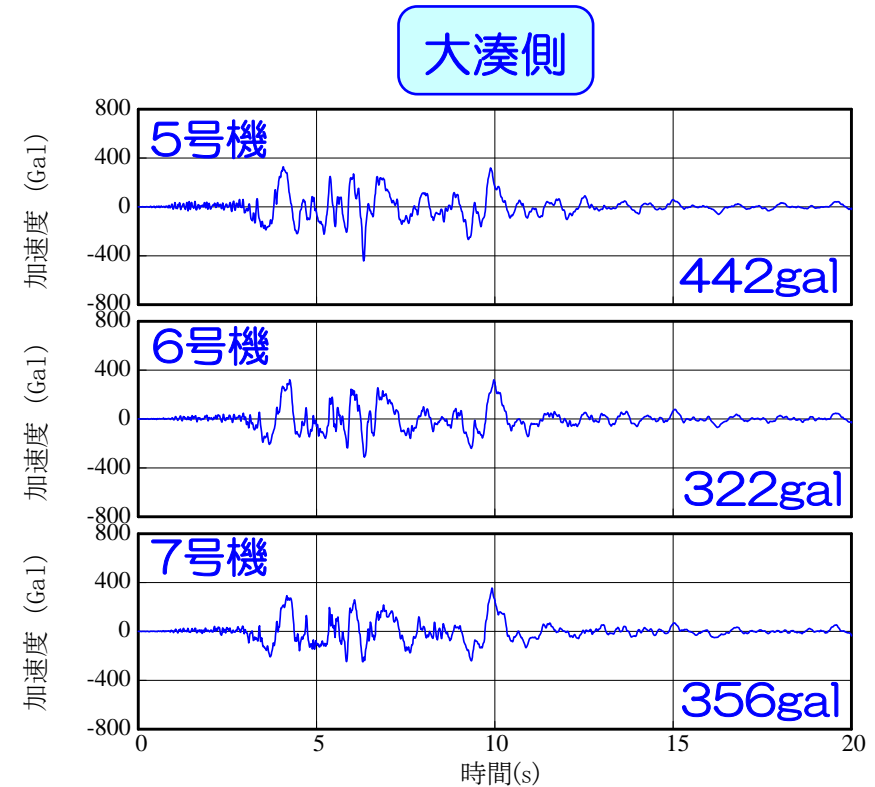
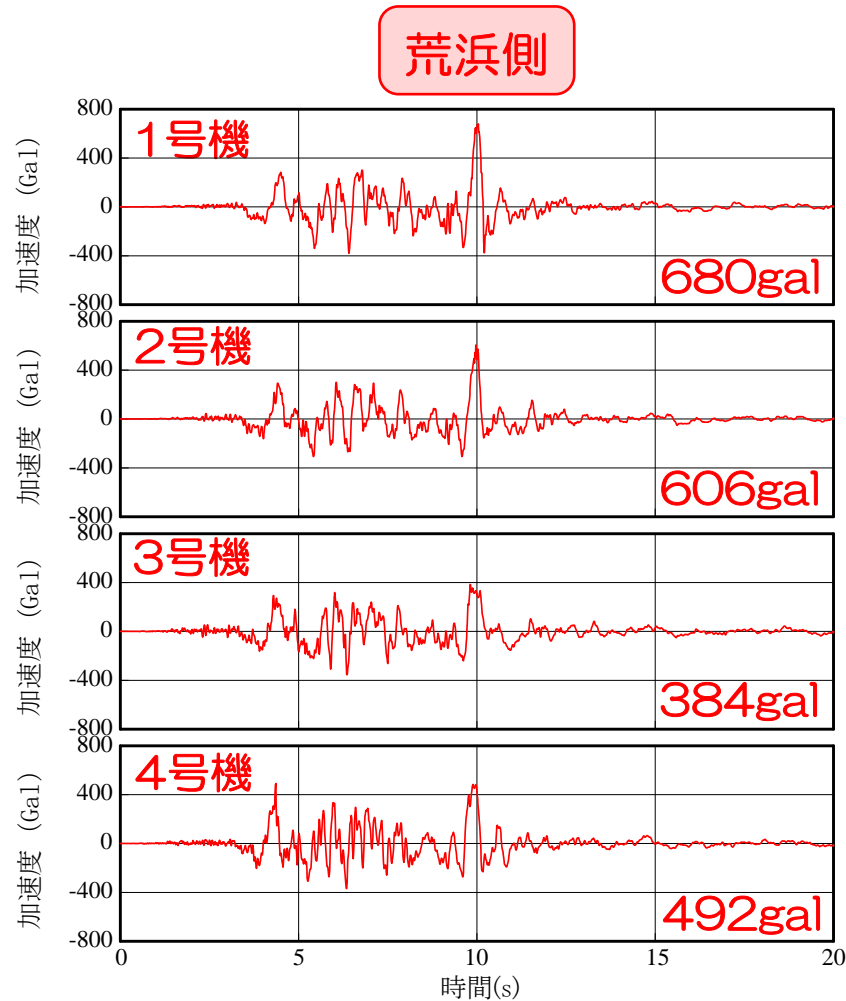


大湊側



■ 波形の後半部分に見られる3番目の波群において、荒浜側と大湊側で顕著な差が見られる

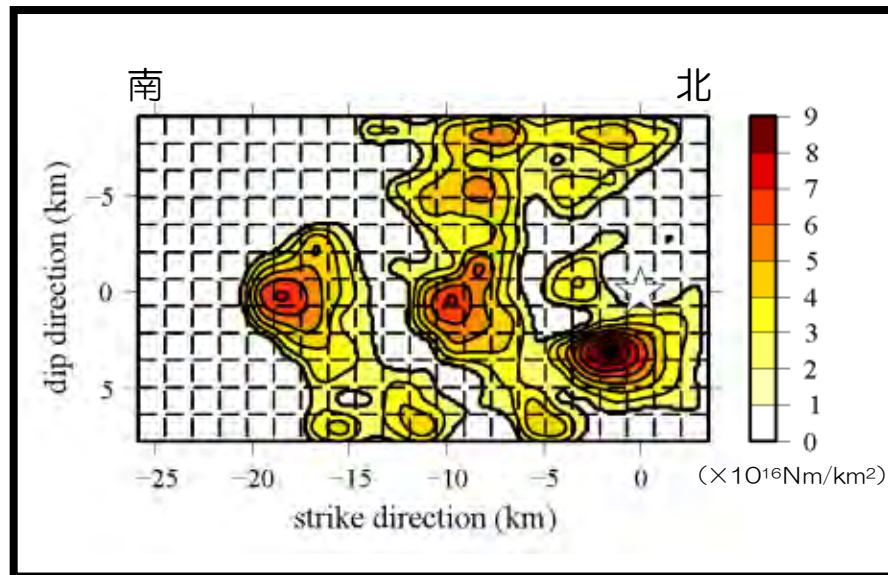
# 原子炉建屋基礎版上における観測記録の加速度波形（EW方向）



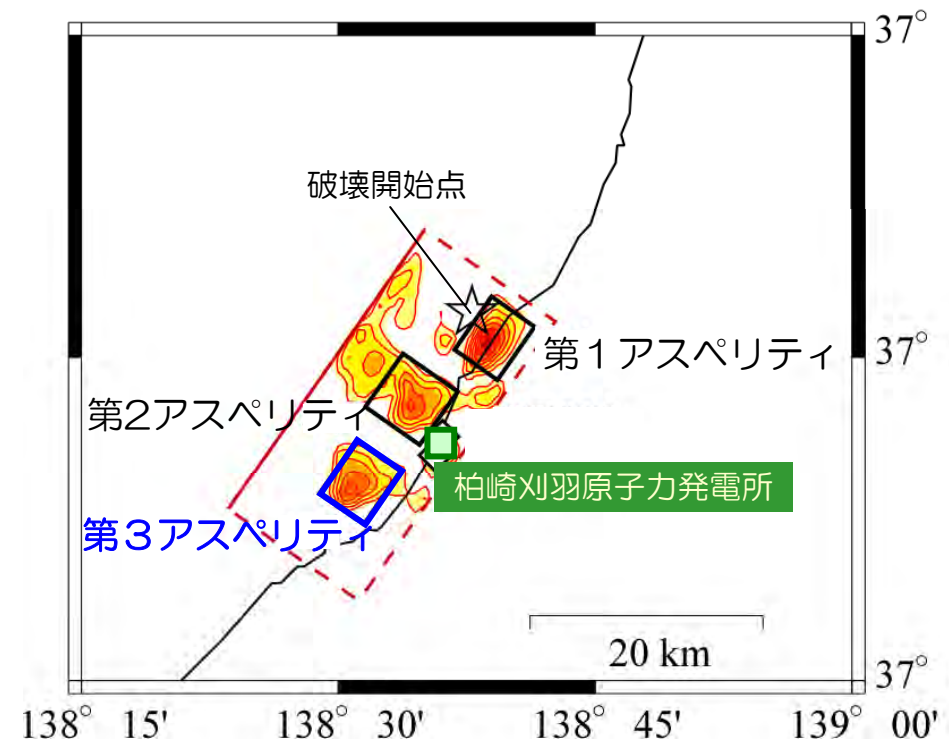
- 波形の後半部分に見られる3番目の波群において、荒浜側と大湊側で顕著な差が見られ、荒浜側の方が最大加速度値が大きくなっている

# 中越沖地震の震源インバージョン解析結果 芝 (2008)

- 震源域近傍の強震記録から、震源断層面上でのすべり量の分布を推定
- 推定された地震モーメント密度分布から、空間的に明瞭に分離した3箇所のアスペリティを確認
- 荒浜側と大湊側で顕著な差が見られた3番目の波群については、敷地の南西側に位置する第3アスペリティより到来した波であると考えられる



インバージョン解析により推定された地震モーメント密度分布



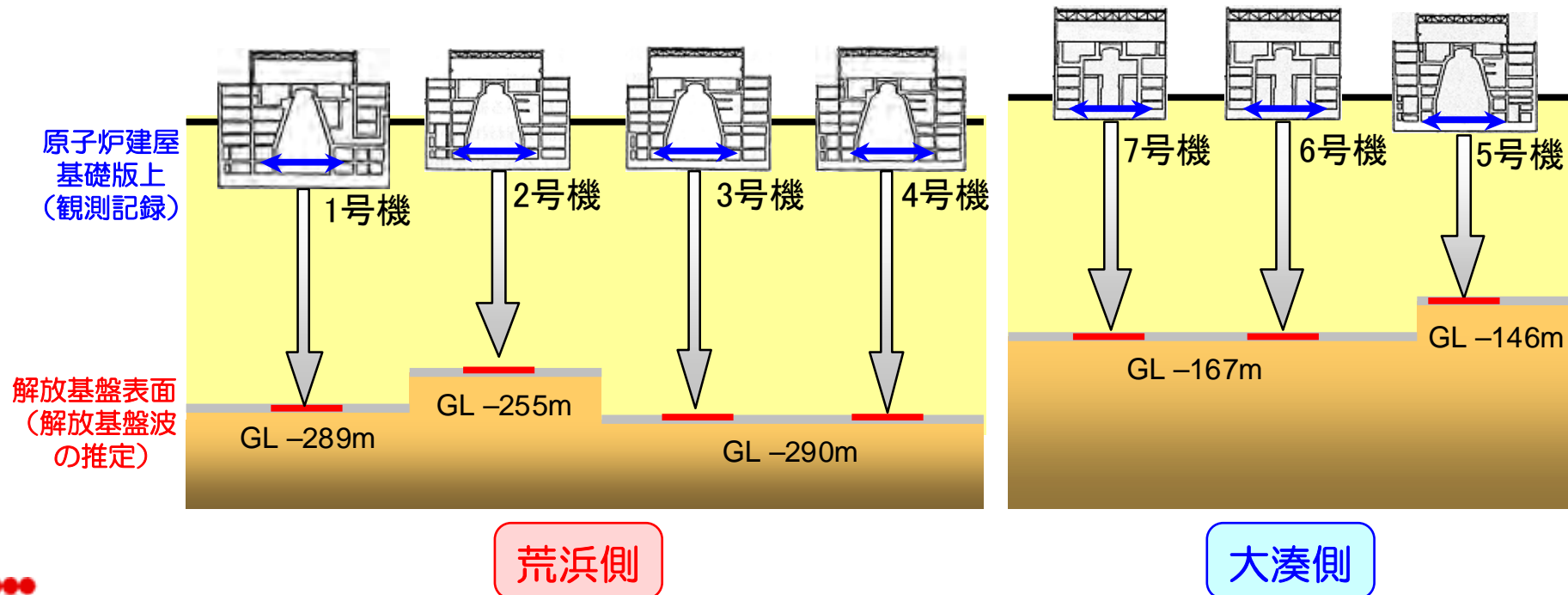
特性化震源モデルのアスペリティ位置

# 中越沖地震の観測記録から推定した解放基盤波の検討 土方ほか（2010）

- 各号機ごとに、原子炉建屋基礎版上で得られた観測記録をもとに、解放基盤表面での地震動（解放基盤波）を推定
- 耐専スペクトル※<sup>1</sup>（内陸補正※<sup>2</sup>なし）との比較を行い、地震動の大きさを検討
- 荒浜側と大湊側での地点間の比較を行い、地震動特性の違いを検討

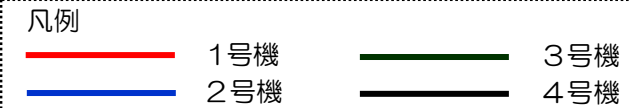
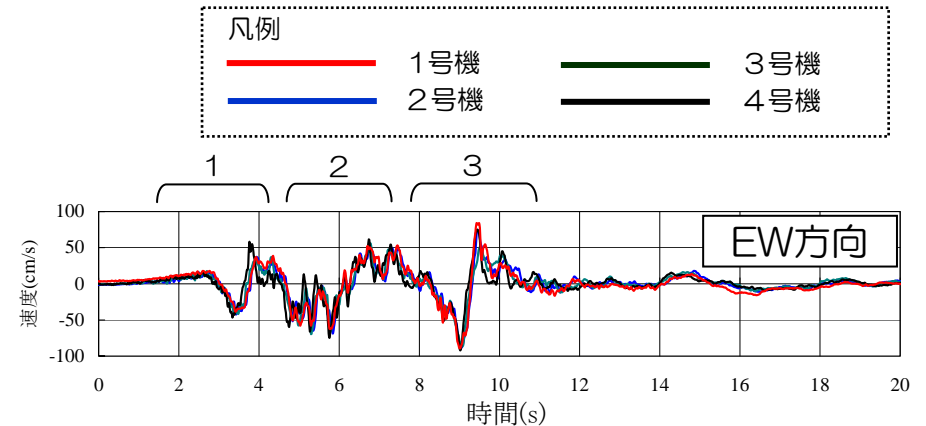
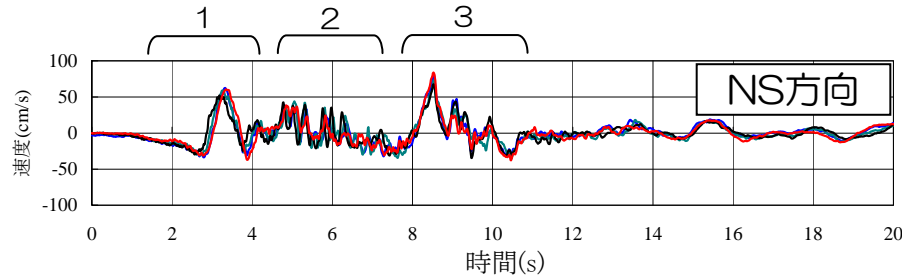
※<sup>1</sup>耐専スペクトル：Noda et al.（2002）に基づく応答スペクトル手法

※<sup>2</sup>内陸補正：内陸地震を対象とした補正

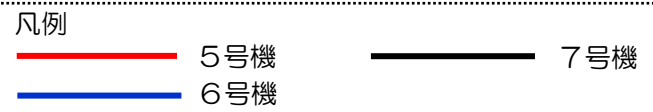
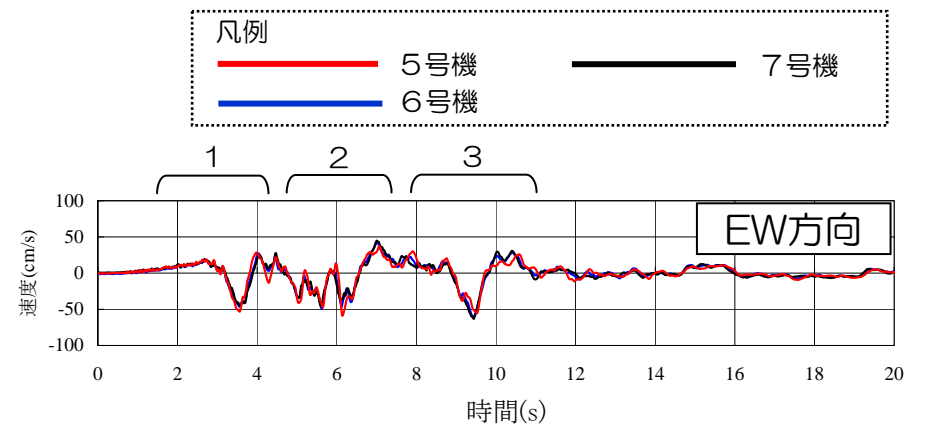
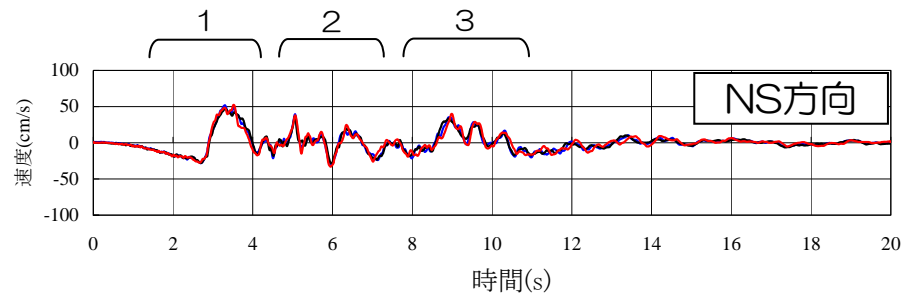


# 解放基盤波の速度波形

## 荒浜側



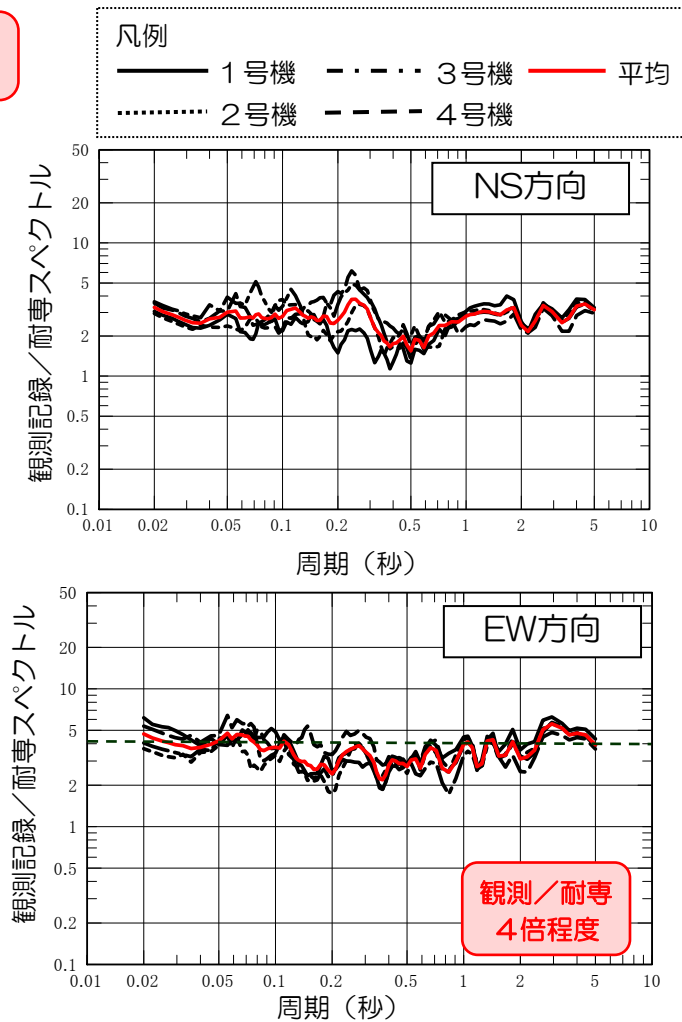
## 大湊側



- 推定された解放基盤波の速度波形を重ね描くと、荒浜側の1～4号機，大湊側の5～7号機でそれぞれ傾向が一致
- 芝（2008）に対応する3つのフェーズが明瞭に認められ，時刻8～10秒の3番目の波群に着目すると荒浜側が大湊側に比べ顕著に大きくなっており，地震動レベルの差は，ほぼこのフェーズによって支配されている

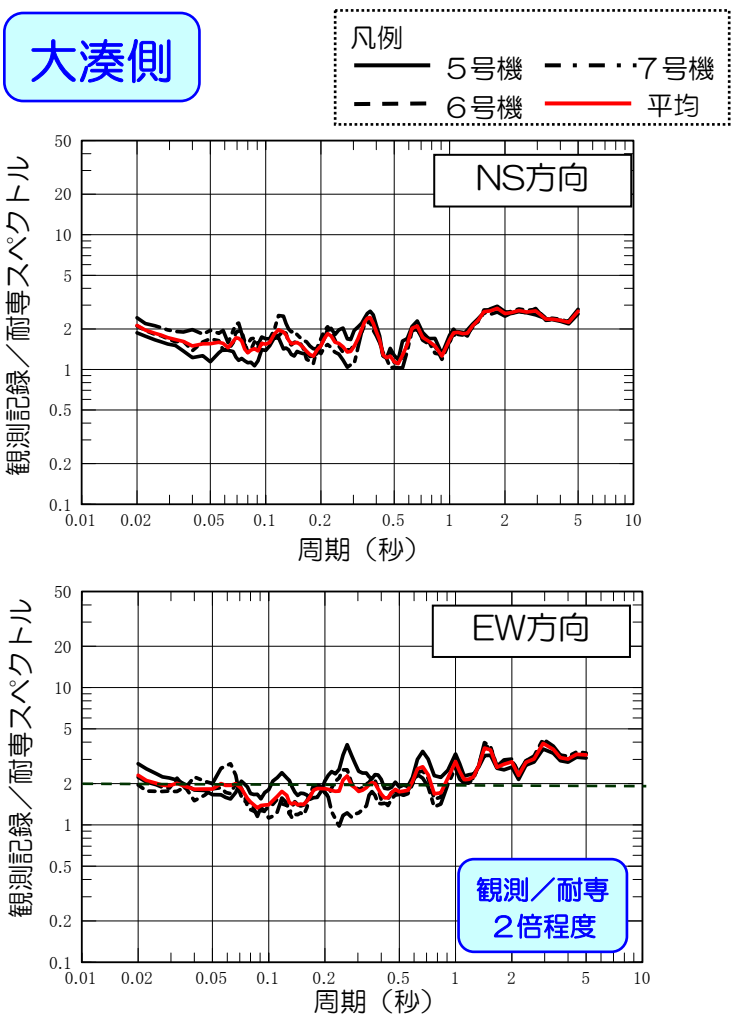
# 解放基盤波と耐専スペクトルの比率

荒浜側



差あり

大湊側



- 荒浜側，大湊側とも，耐専スペクトルとの比率が1を上回る
- 荒浜側と大湊側で耐専スペクトルとの比率に違いがあり，荒浜側の方が大きい

---

## 1. はじめに

## 2. 地震観測記録の分析

- (1) 2007年中越沖地震の地震観測記録
- (2) 鉛直アレイ観測記録
- (3) 原子炉建屋基礎版上の観測記録
- (4) 水平アレイ観測記録

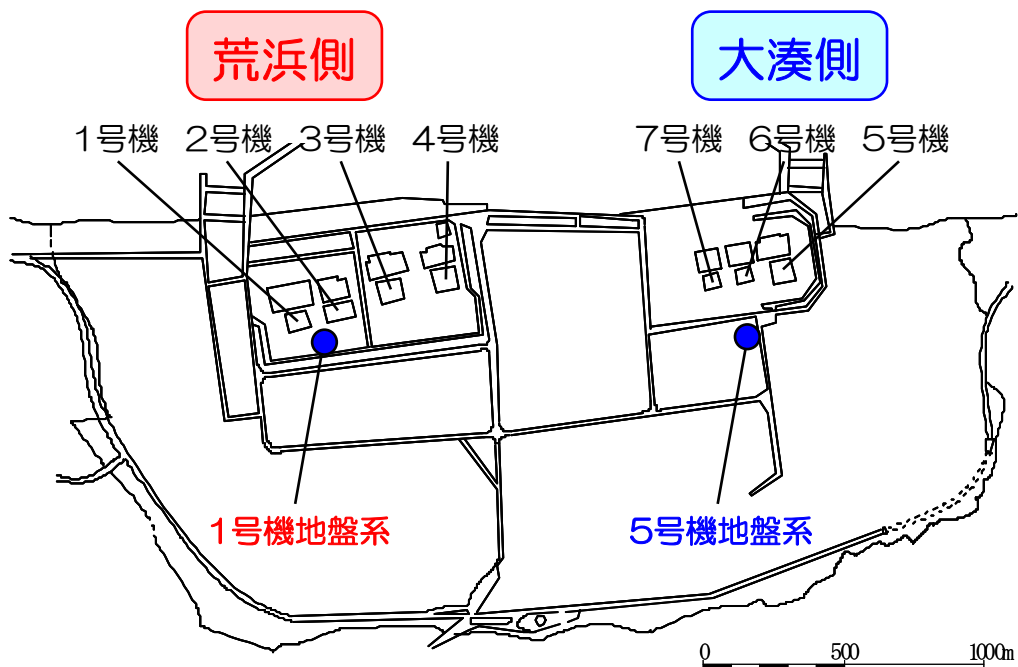
## 3. 地下構造調査結果の分析

## 4. 地下構造モデルを用いた解析的検討

## 5. 基準地震動評価への反映事項

# 中規模地震を用いた検討

- 敷地周辺の海域及び陸域で発生した地震を対象として分析
- 敷地地盤で得られた鉛直アレイ地震観測記録をもとに、解放基盤波を推定
- 耐専スペクトルとの大きさの比較、荒浜側と大湊側の地震動特性の違いを検討



鉛直アレイ地震観測点の概要

標高 T.M.S.L.(m) ※1	1号機地盤系		5号機地盤系	
	地震計	地層	地震計	地層
+12.0m +9.3m			▽G.L.	
+5.0m	▽G.L. ●	古安田層	●	古安田層
-24.0m -40.0m	●		●	西山層
-100m -122m	●	西山層	●	
-180m			●	椎谷層
-250m	● ※2			
-300m			●	
-400m	● ※3			

※1：T.M.S.L.：東京湾平均海面。Tokyo bay Mean Sea Level の略で、東京湾での検潮に基づき設定された陸地の高さの基準

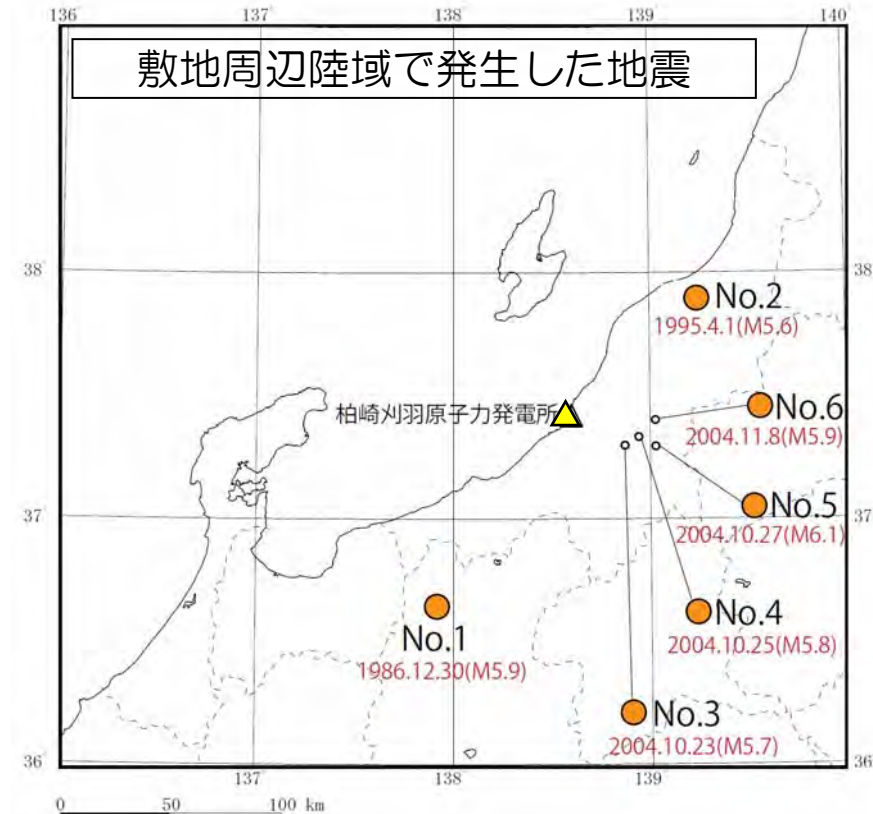
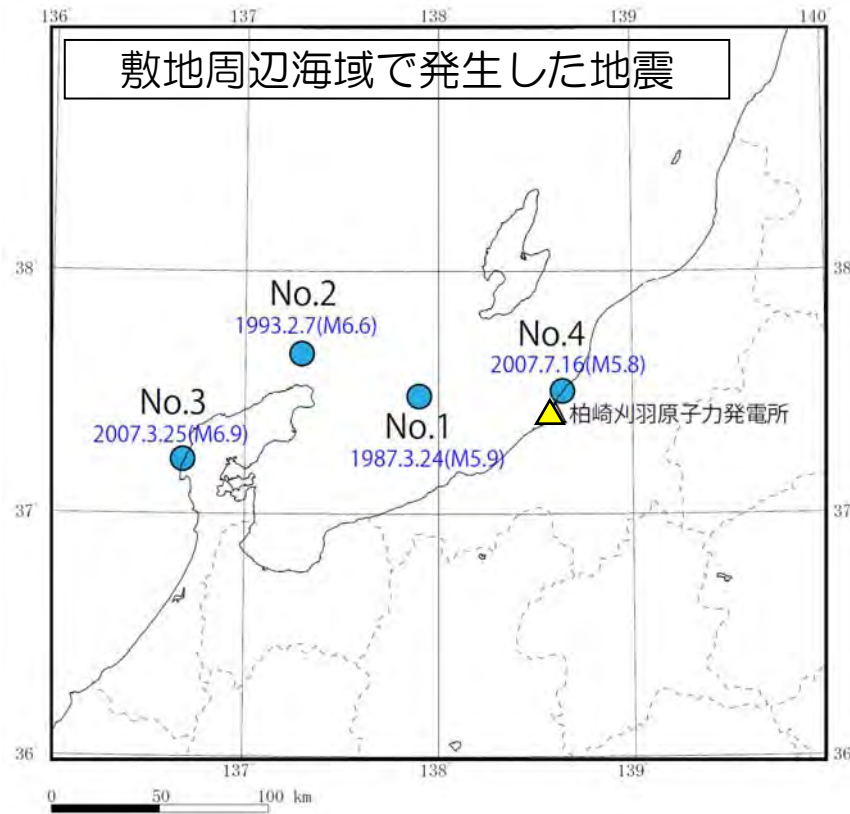
※2：2007年11月観測終了 ※3：2009年3月観測開始



# 検討対象地震の選定

## ■ 検討対象地震

- ・ M5.5以上
- ・ 震源距離200km以内
- ・ 解放基盤に近い地盤系観測点で観測されており，最大加速度値が1Gal程度以上
- ・ 1号機地盤系及び5号機地盤系で共通に記録が得られている地震

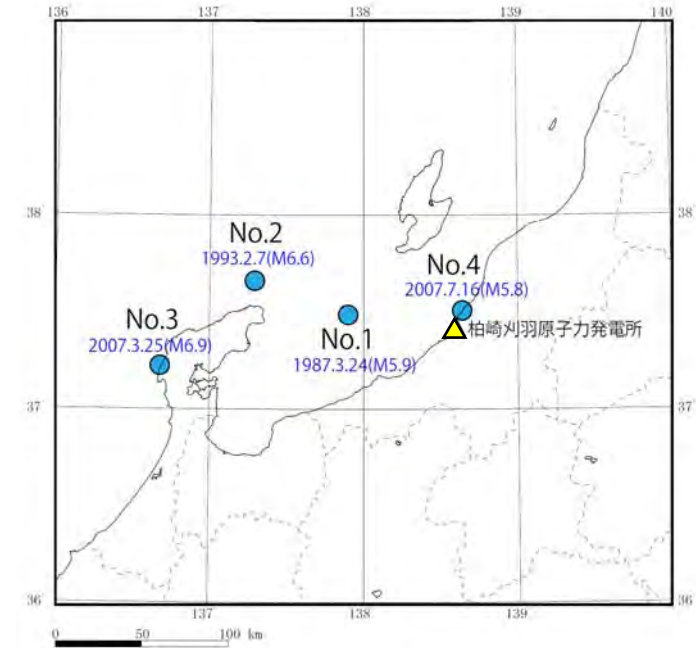


検討に用いた地震の震央分布

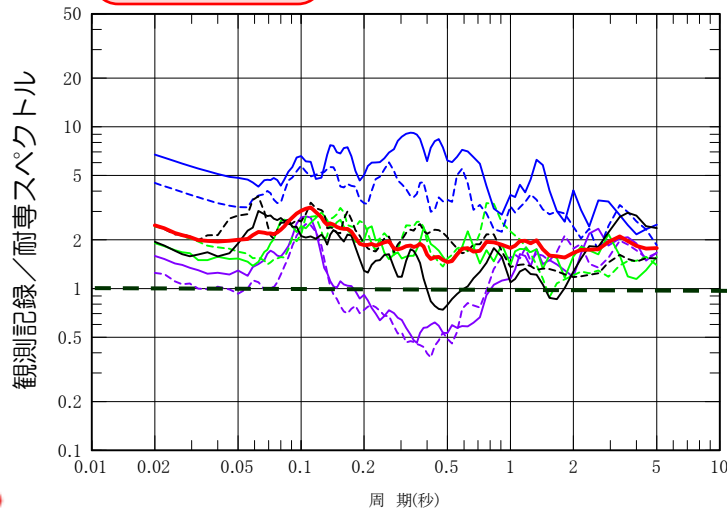
# 敷地周辺の海域で発生した地震

## 推定された解放基盤波と耐専スペクトルの比率の比較（海域で発生した地震）

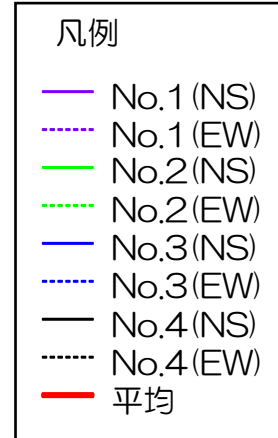
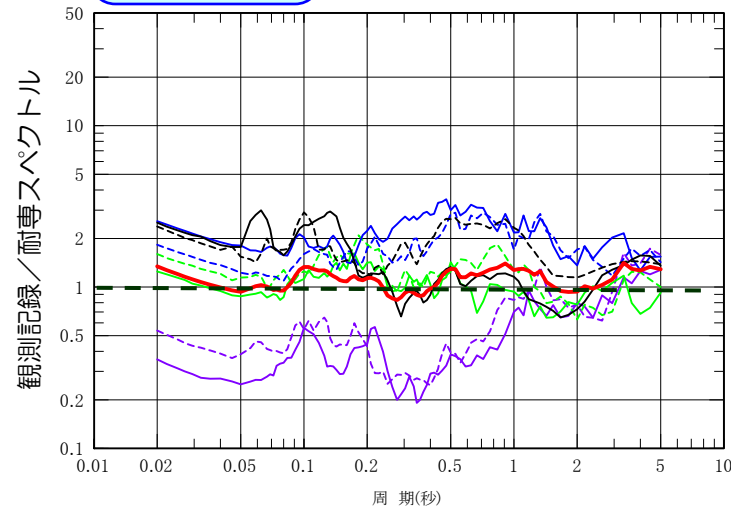
- 荒浜側，大湊側とも，耐専スペクトルとの比率が1を上回る傾向
- 荒浜側と大湊側で耐専スペクトルとの比率に違いがあり，荒浜側の方が大きい
- 中越沖地震で見られた傾向と同様であることを確認



荒浜側  
(1号機地盤系)



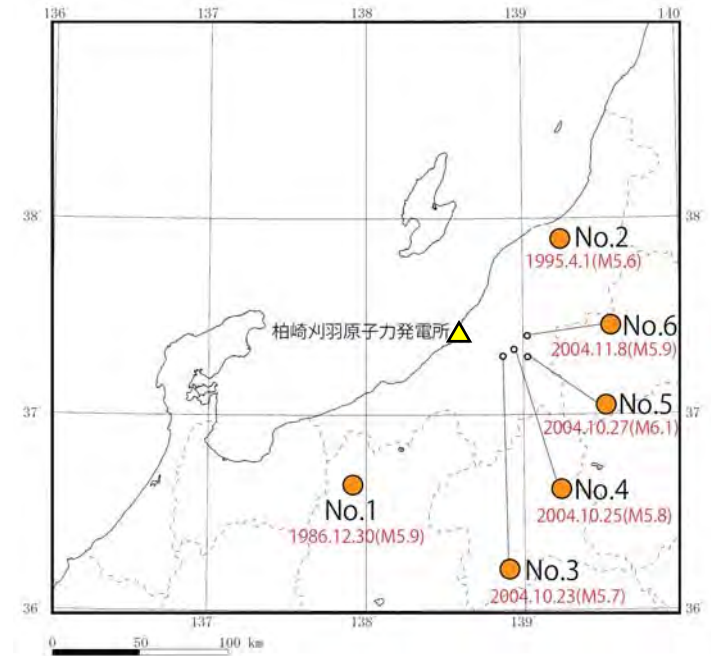
大湊側  
(5号機地盤系)



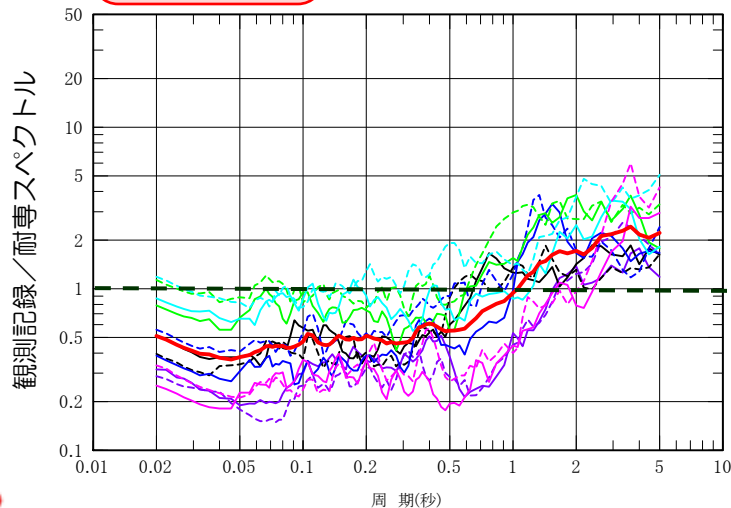
# 敷地周辺の陸域で発生した地震

## 推定された解放基盤波と耐専スペクトルの比率の比較（陸域で発生した地震）

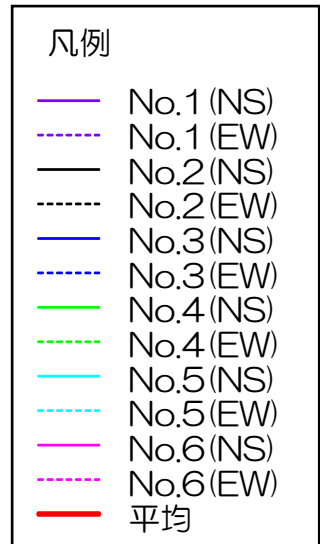
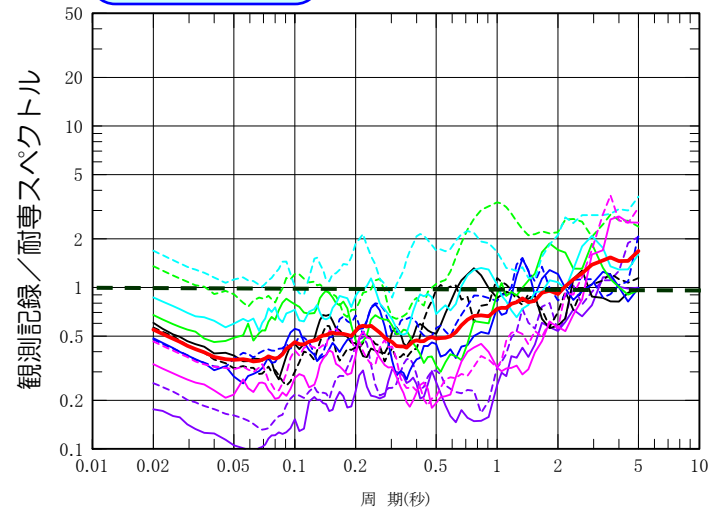
- 荒浜側，大湊側とも，耐専スペクトルとの比率が1秒より短い周期帯で1を下回る傾向
- 荒浜側と大湊側で耐専スペクトルとの比率に違いが見られない
- 海域で発生した地震とは傾向が異なることを確認



荒浜側  
(1号機地盤系)

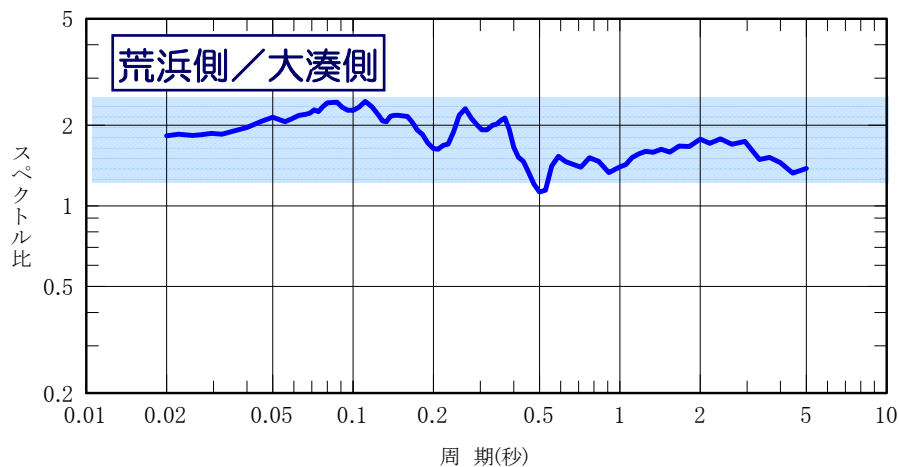


大湊側  
(5号機地盤系)



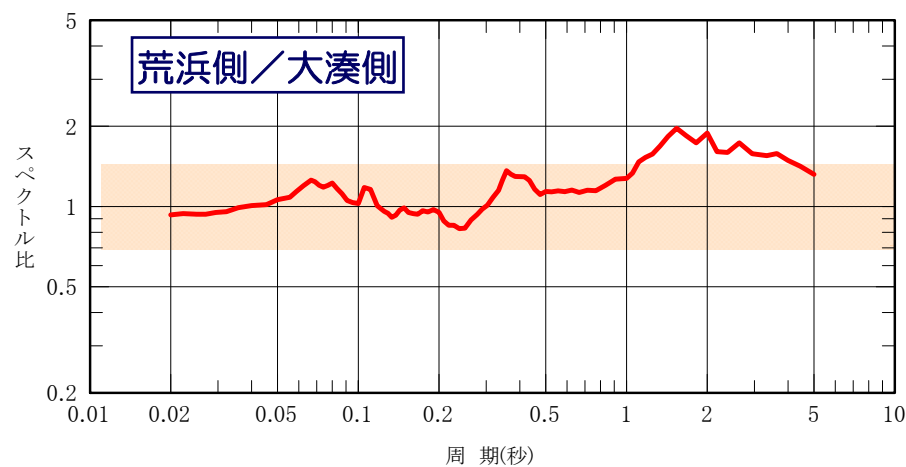
# 荒浜側と大湊側のスペクトル比

## 海域で発生した地震



荒浜側平均 / 大湊側平均  
= 2倍程度

## 陸域で発生した地震

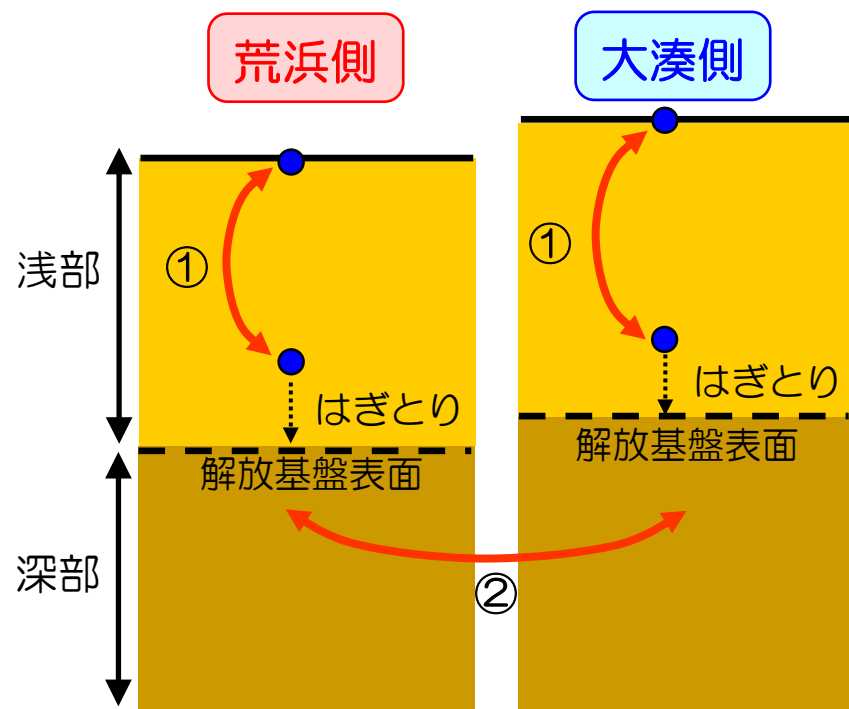


荒浜側平均 ÷ 大湊側平均

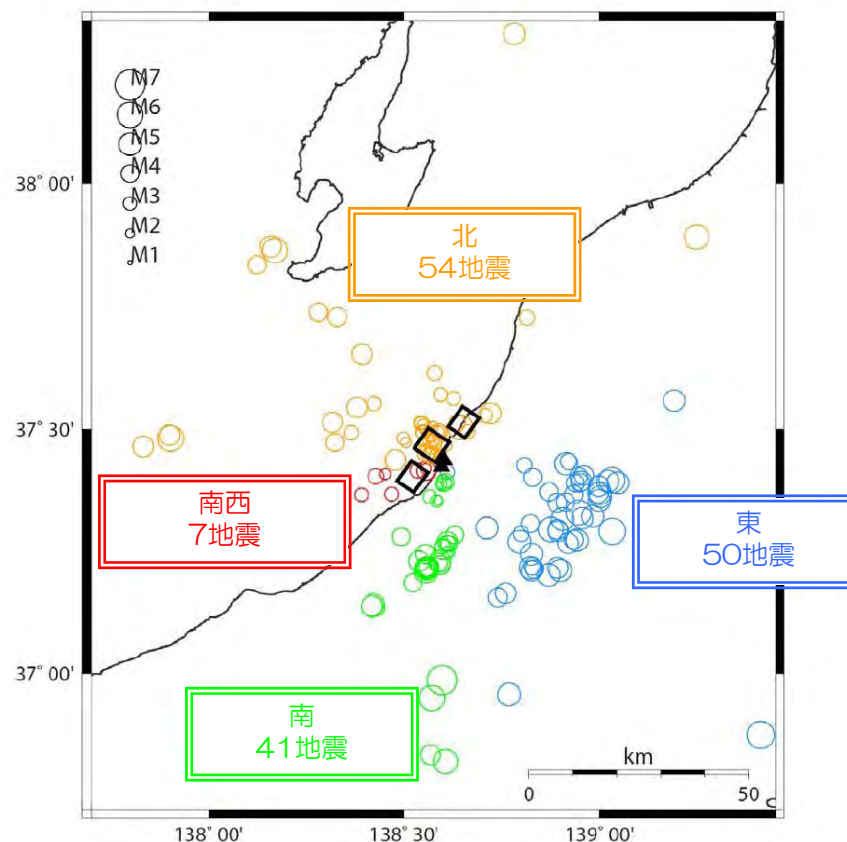
- 海域で発生した地震と陸域で発生した地震では、大湊側に対する荒浜側のスペクトル比の傾向が異なる

# 小規模地震を用いた検討

- 敷地地盤で得られた鉛直アレイ地震観測記録を用いて、地震波到来方向別の分析を実施し、浅部地下構造及び深部地下構造が地震動特性に与える影響を分析
  - ①浅部地下構造による増幅特性の把握  
→地表と地中のスペクトル比を分析
  - ②深部地下構造による増幅特性の把握  
→解放基盤波について地点間のスペクトル比を分析



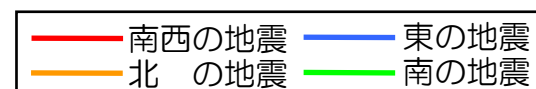
- 検討対象地震
  - 震源距離100km以内
  - 解放基盤に近い地盤系観測点で観測されており、最大加速度値が1Gal程度以上
  - 1号機地盤系及び5号機地盤系で共通に記録が得られている地震



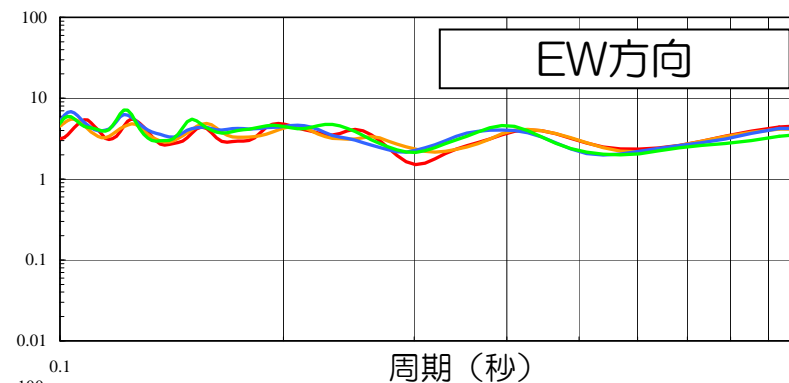
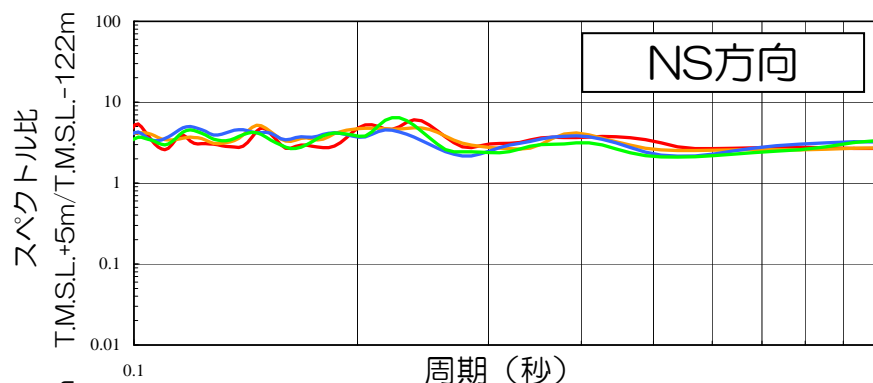
# ①浅部地下構造（解放基盤以浅）による増幅特性の検討

- 解放基盤以浅の浅部地下構造による増幅特性を把握するため、荒浜側と大湊側のそれぞれの鉛直アレイ観測点について、スペクトル比（地表観測点／地中観測点）を評価し、到来方向別に分析

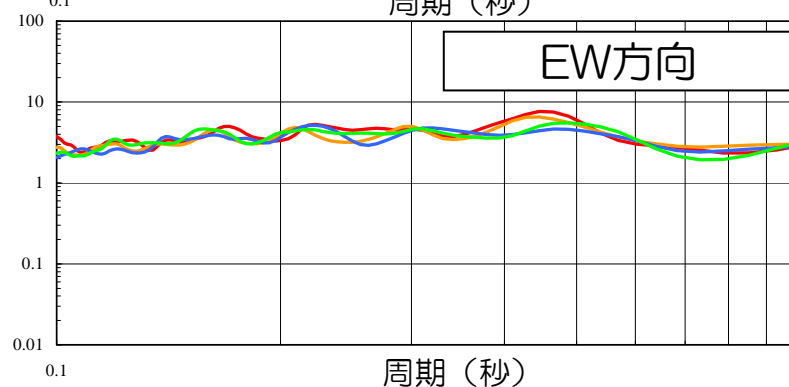
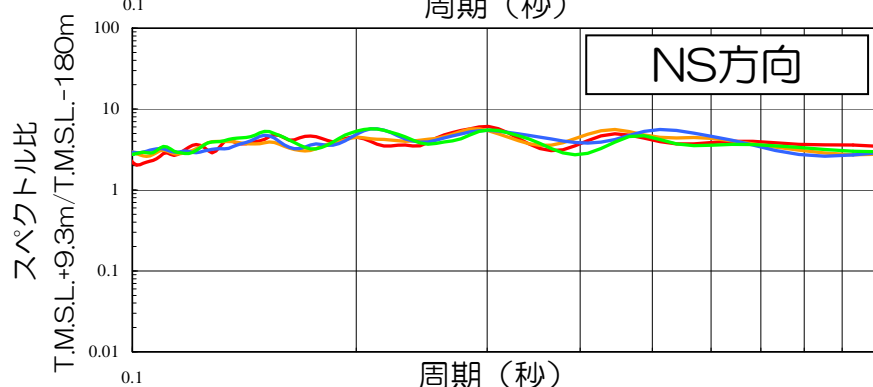
## 地表観測点の地中観測点に対するスペクトル比



荒浜側



大湊側

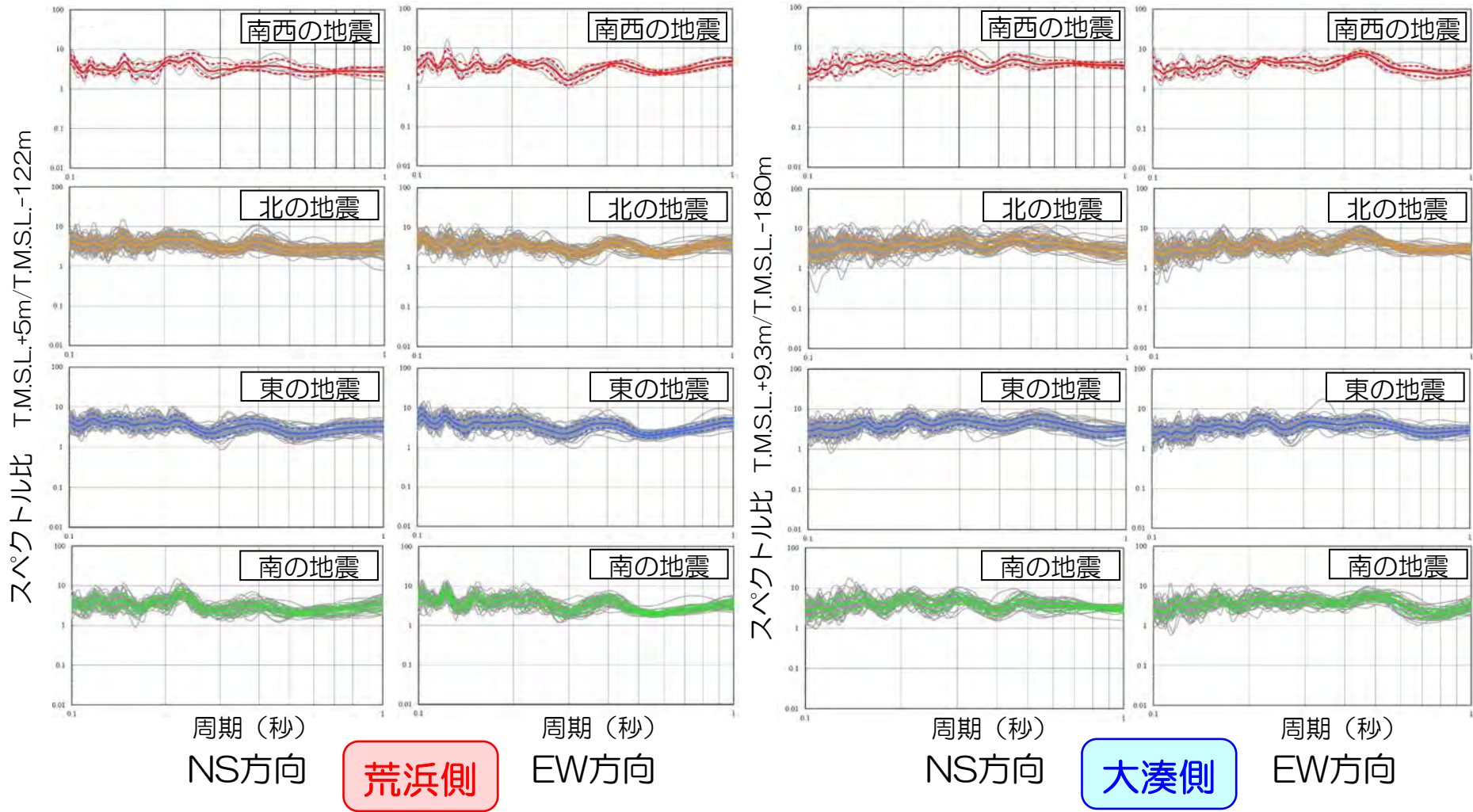


- 解放基盤表面以浅においては、到来方向による顕著な差異は確認されない



# ①浅部地下構造（解放基盤以浅）による増幅特性の検討

## 領域別のスペクトル比の検証

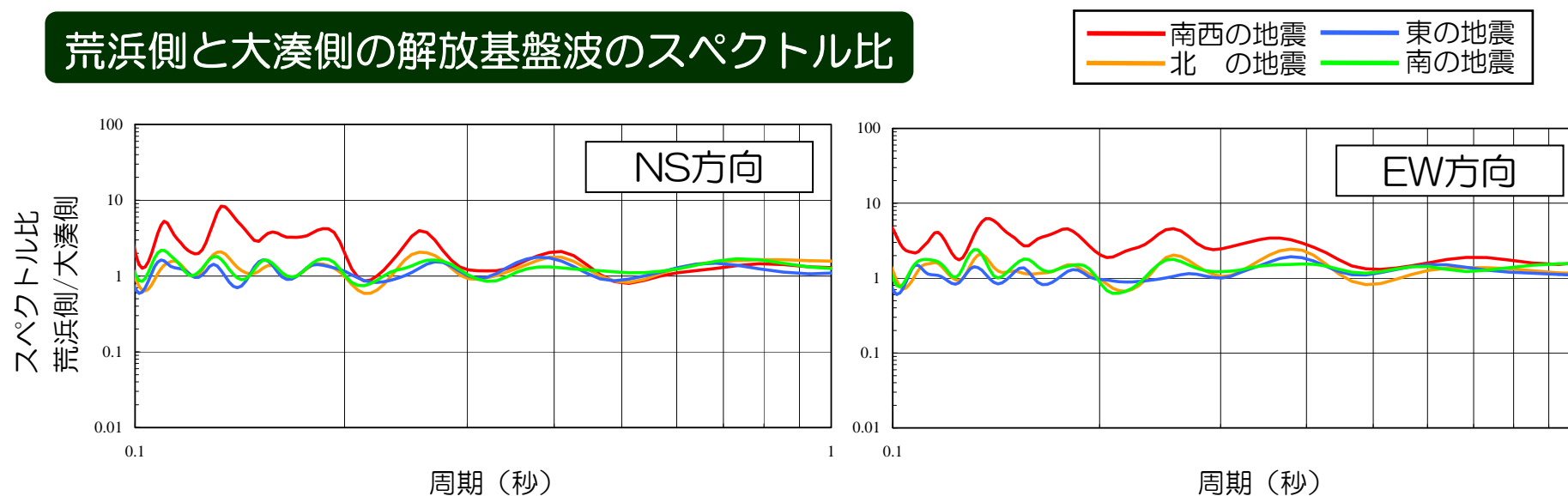


■ いずれの到来方向においても、ばらつきは大きくないことを確認

## ②深部地下構造（解放基盤以深）による増幅特性の検討

- 解放基盤以深の深部地下構造による増幅特性を把握するため、荒浜側と大湊側のそれぞれで解放基盤波を推定し、スペクトル比（荒浜側／大湊側）を評価し、到来方向別に分析

### 荒浜側と大湊側の解放基盤波のスペクトル比

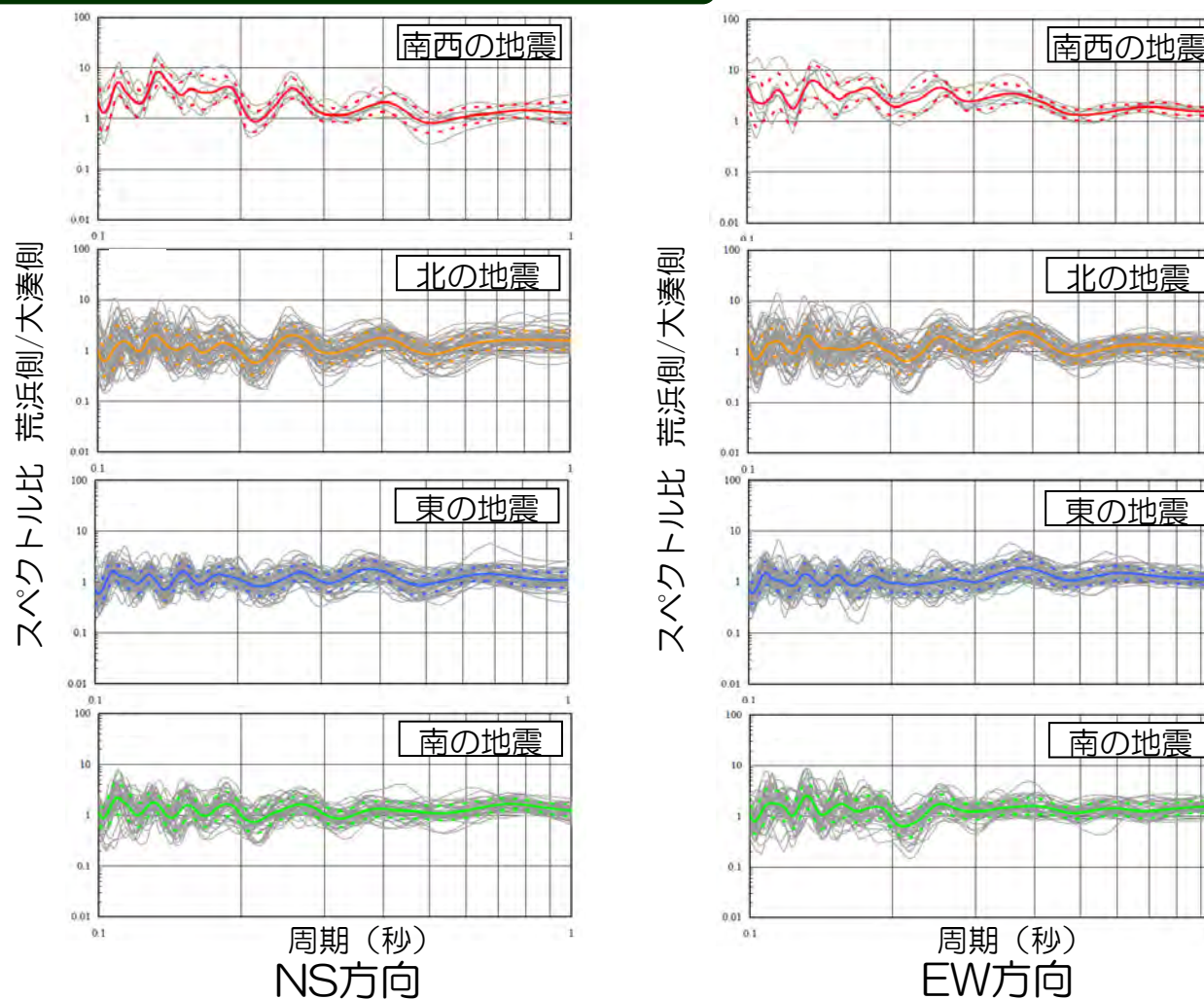


- 敷地の南西側で発生した地震では、荒浜側と大湊側で増幅特性が異なる
- その他の方向で発生した地震では、荒浜側と大湊側で増幅特性の差は確認されない



## ②深部地下構造（解放基盤以深）による増幅特性の検討

### 領域別のスペクトル比の検証



■ いずれの到来方向においても、ばらつきは大きくないことを確認

---

1. はじめに

2. 地震観測記録の分析

- (1) 2007年中越沖地震の地震観測記録
- (2) 鉛直アレイ観測記録
- (3) 原子炉建屋基礎版上の観測記録
- (4) 水平アレイ観測記録

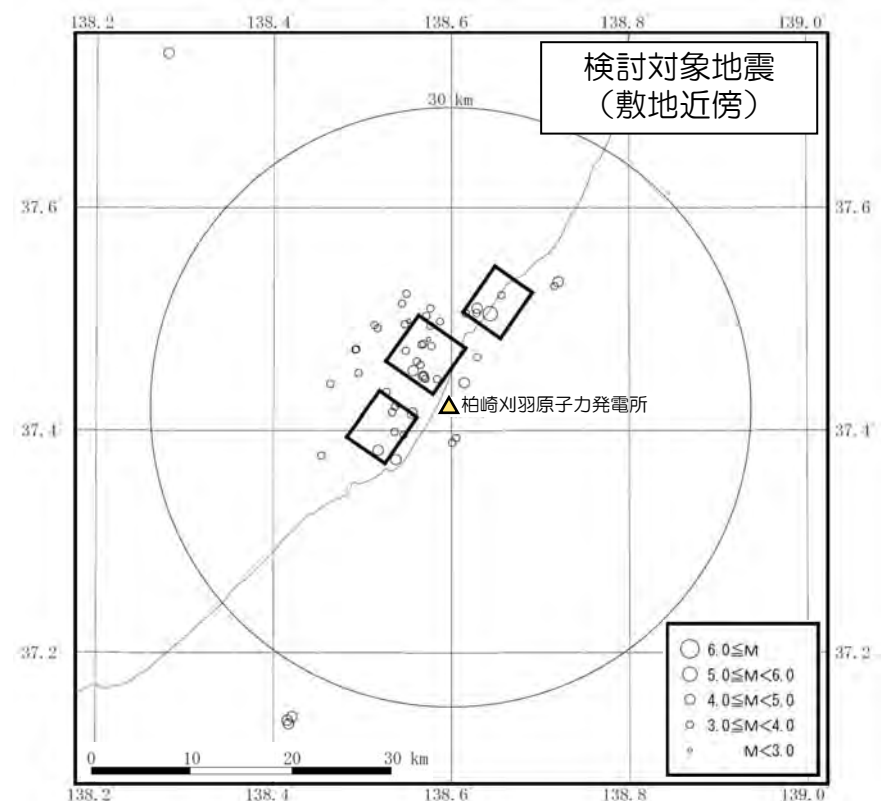
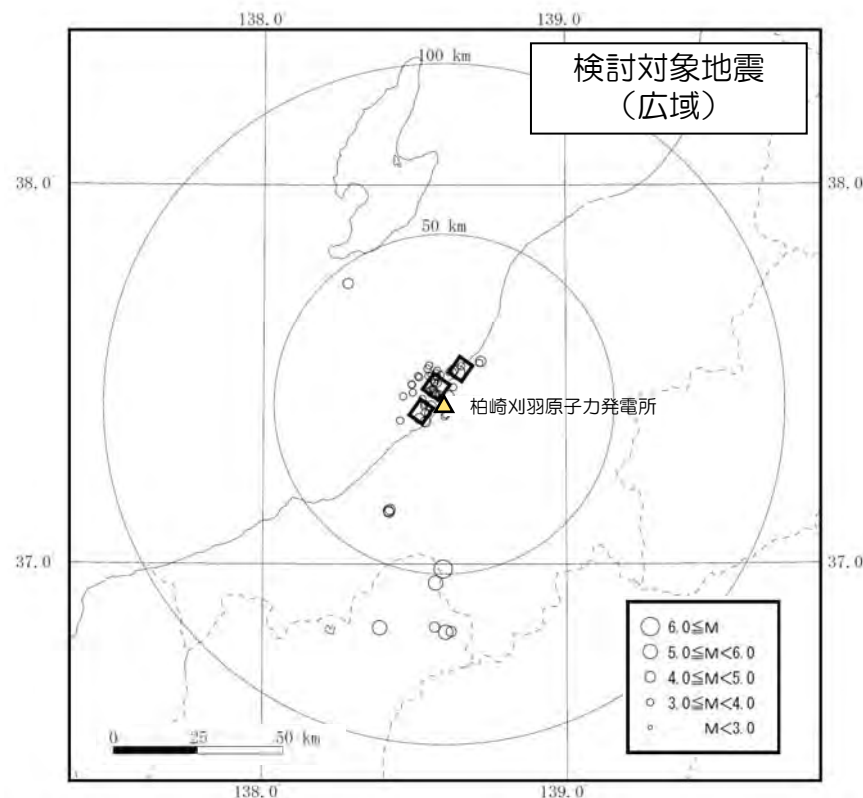
3. 地下構造調査結果の分析

4. 地下構造モデルを用いた解析的検討

5. 基準地震動評価への反映事項

# 原子炉建屋基礎版上の観測記録を用いた検討

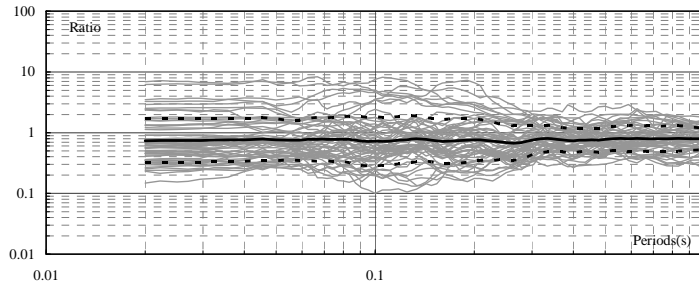
- 各号機の原子炉建屋基礎版上の観測記録について、5号機を基準としてスペクトル比をとることで、各号機の地震動特性について検討
- 検討対象地震
  - ・ 全号機で記録が得られている地震
  - ・ 震源距離100km以内
  - ・ 最大加速度値が1Gal程度以上



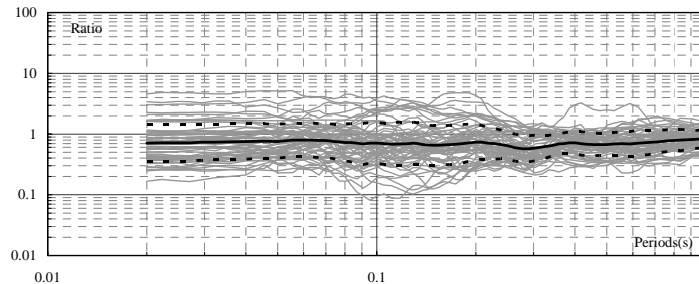
# 5号機に対する各号機のスペクトル比（NS方向）

荒浜側

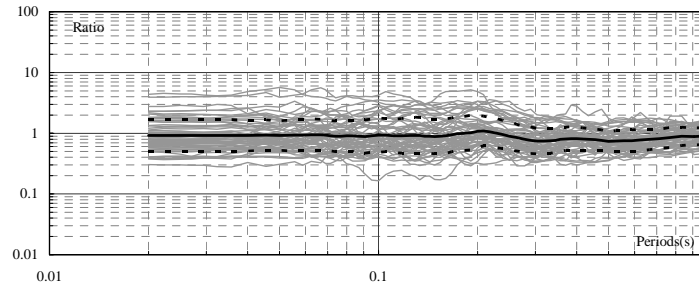
スペクトル比  
1号機/5号機



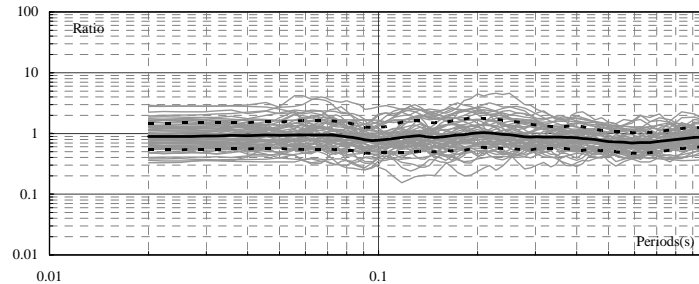
スペクトル比  
2号機/5号機



スペクトル比  
3号機/5号機

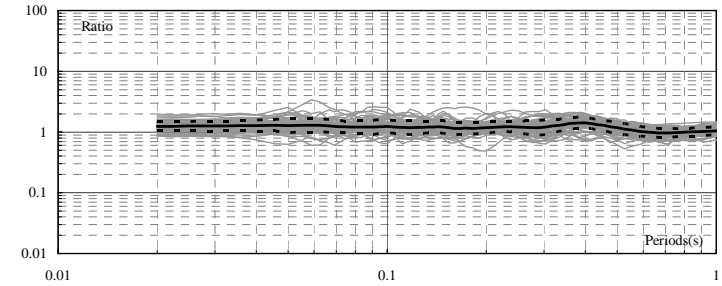


スペクトル比  
4号機/5号機

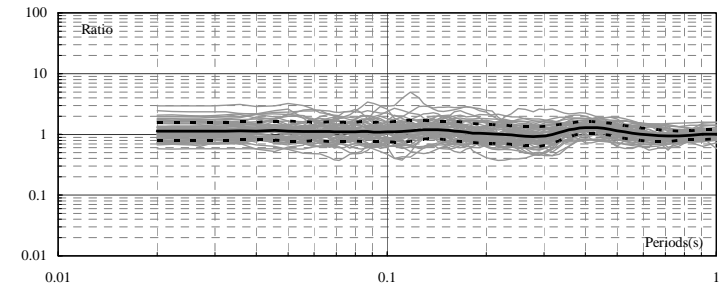


大湊側

スペクトル比  
6号機/5号機



スペクトル比  
7号機/5号機



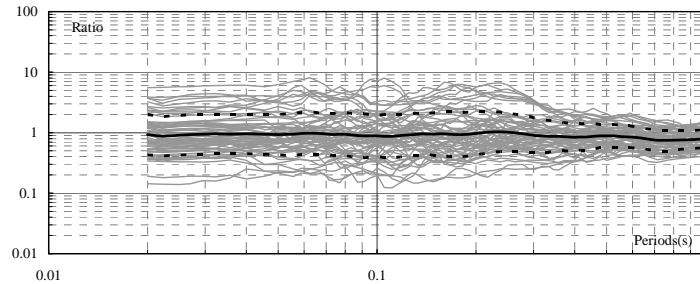
周期(秒)

- 大湊側（5～7号機側）は、ばらつきが小さく、号機間の差はわずか
- 荒浜側（1～4号機側）は、大湊側（5～7号機側）と傾向が異なる

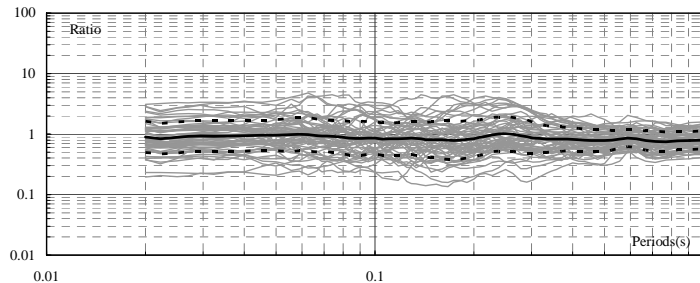
# 5号機に対する各号機のスペクトル比（EW方向）

荒浜側

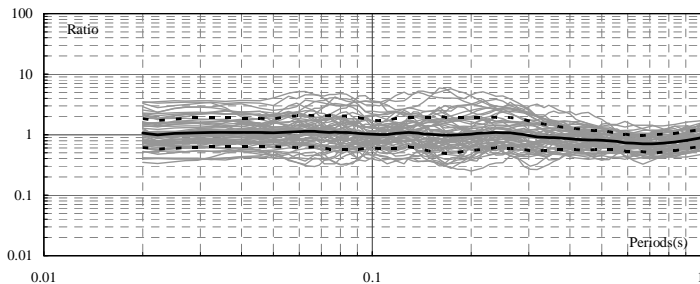
スペクトル比  
1号機/5号機



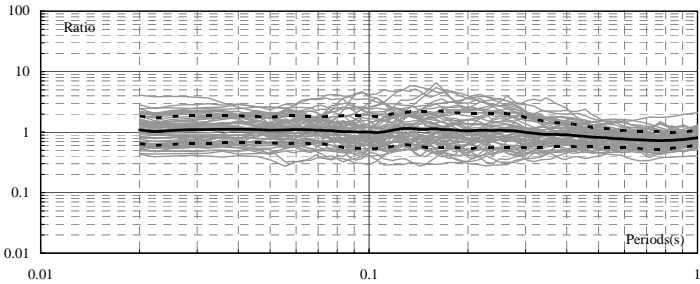
スペクトル比  
2号機/5号機



スペクトル比  
3号機/5号機



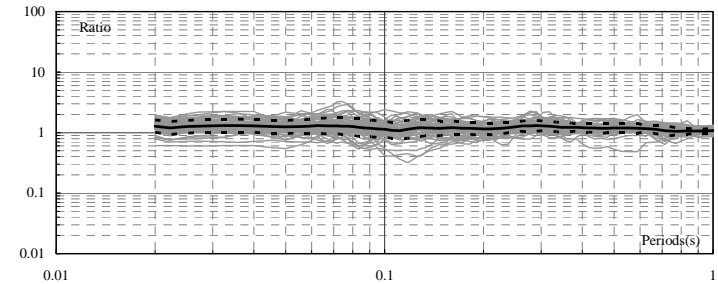
スペクトル比  
4号機/5号機



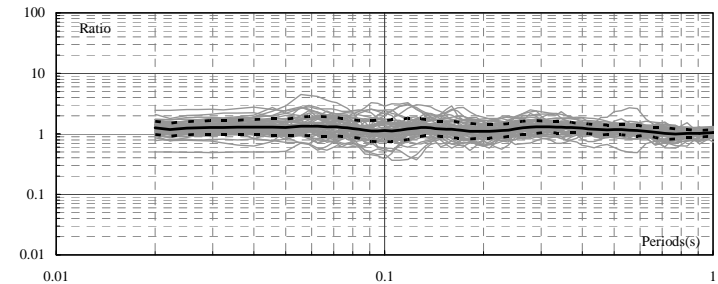
周期(秒)

大湊側

スペクトル比  
6号機/5号機



スペクトル比  
7号機/5号機



周期(秒)

- 大湊側（5～7号機側）は、ばらつきが小さく、号機間の差はわずか
- 荒浜側（1～4号機側）は、大湊側（5～7号機側）と傾向が異なる

---

1. はじめに

2. 地震観測記録の分析

- (1) 2007年中越沖地震の地震観測記録
- (2) 鉛直アレイ観測記録
- (3) 原子炉建屋基礎版上の観測記録
- (4) 水平アレイ観測記録

3. 地下構造調査結果の分析

4. 地下構造モデルを用いた解析的検討

5. 基準地震動評価への反映事項



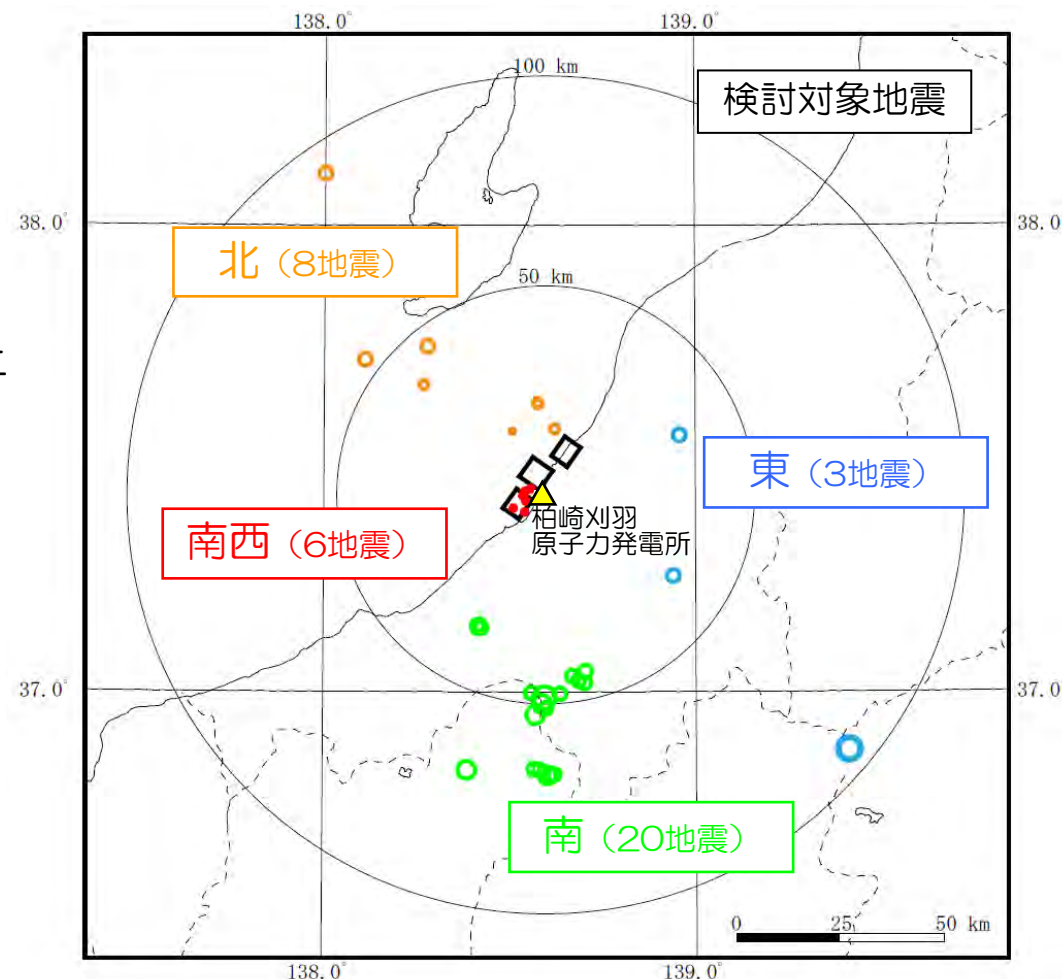
# 水平アレイ地震観測記録を用いた検討

- 地震の発生した領域を到来方向別に区分し，5号機周辺の観測点を基準としてスペクトル比をとり，敷地内の各観測点間の地震動特性の差異を検討

## ■検討対象地震

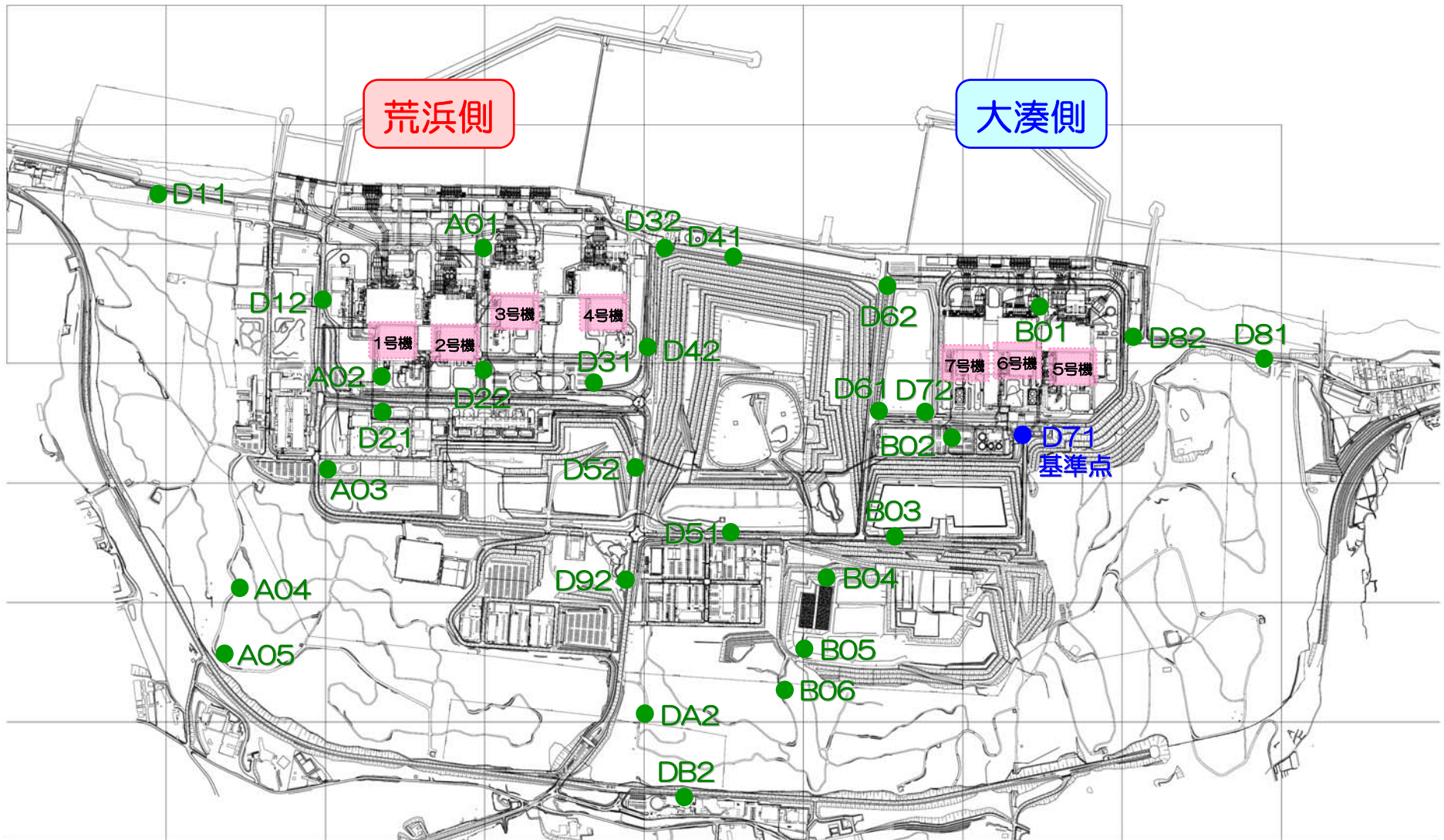
- ・ M4.0以上
- ・ 震源距離100km以内
- ・ 基準とした観測点（D71観測点）での最大加速度値が1Gal程度以上

※但し，新潟県上中越沖においては，M4.0以上の地震が発生していないが，中越沖地震の震源域であることから，マグニチュードの小さい地震についても検討に加えている



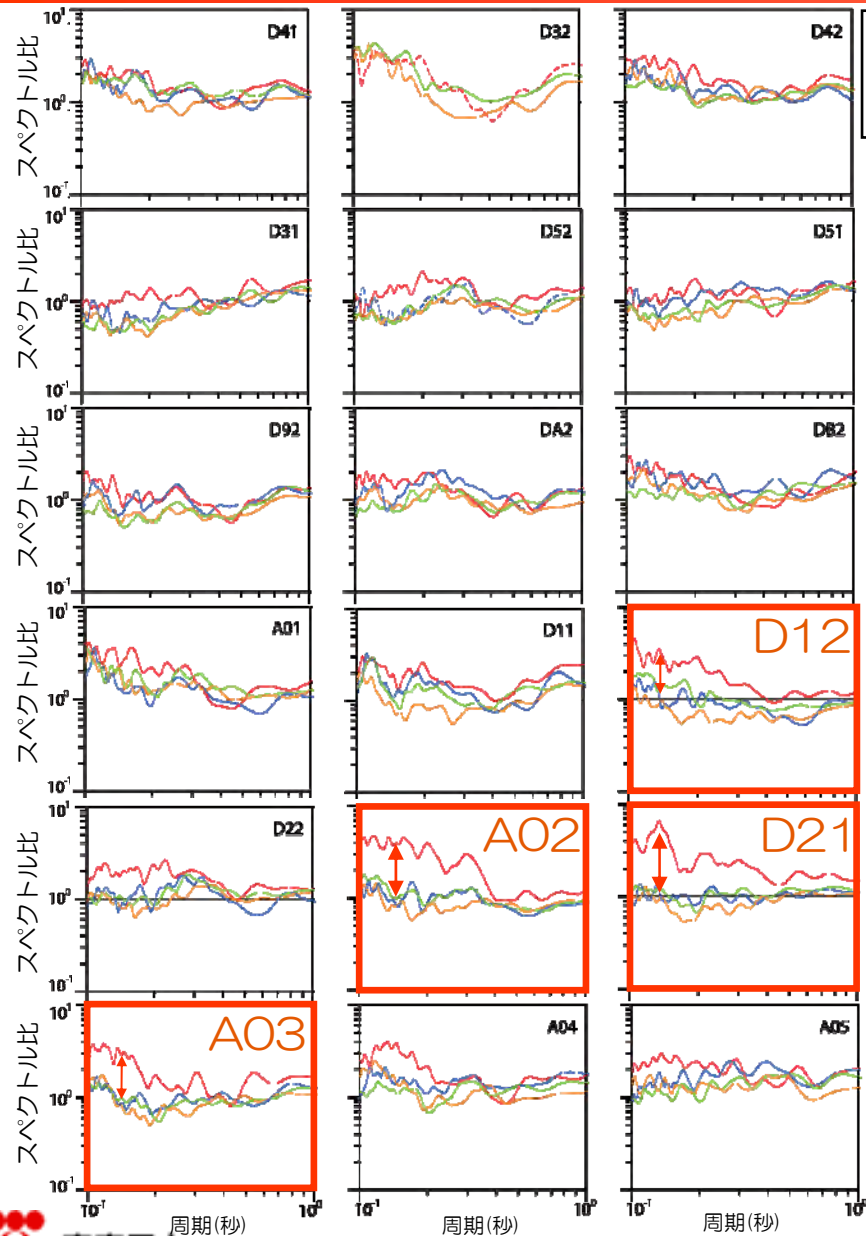
# 敷地地表における水平アレイ地震観測点

■ 敷地地表の30点に地震計を稠密に配置し、連続観測を実施中

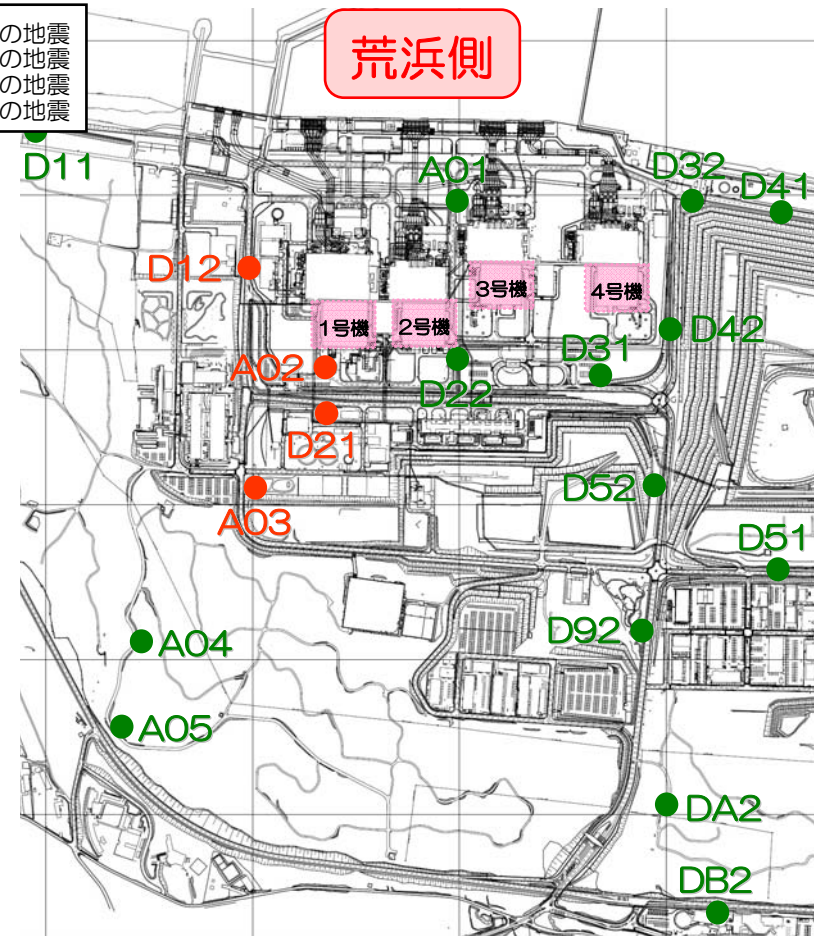




# 到来方向別のスペクトル比（NS成分とEW成分の幾何平均）

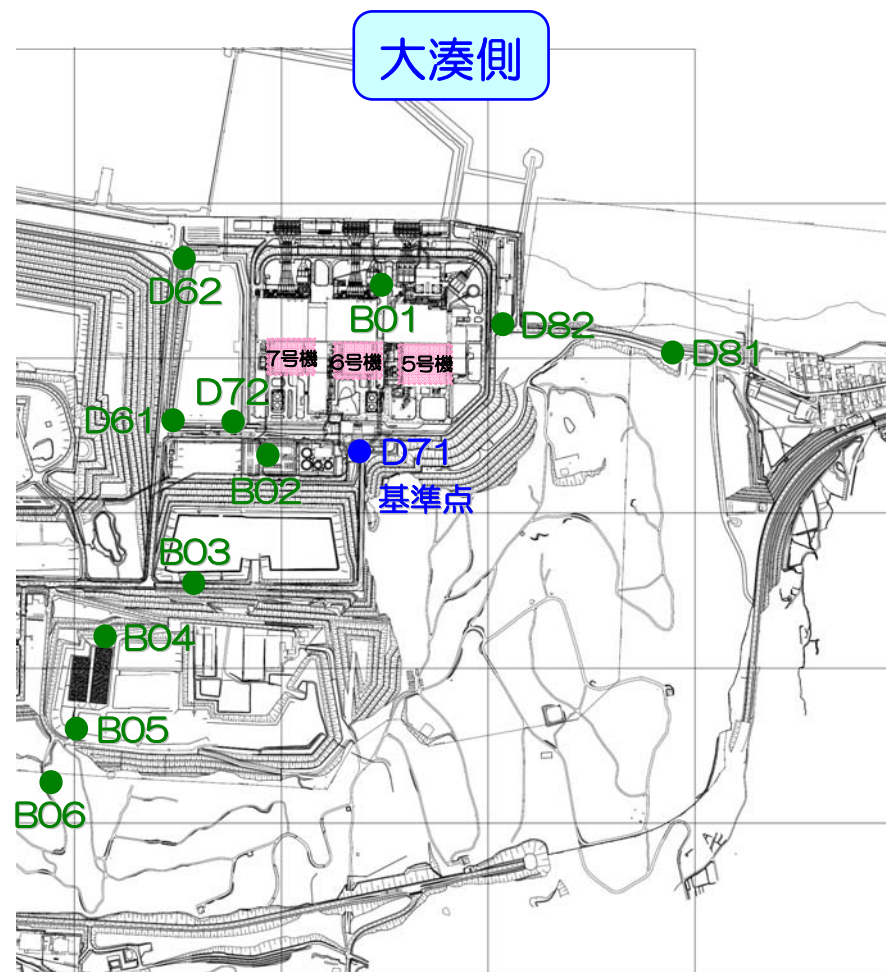
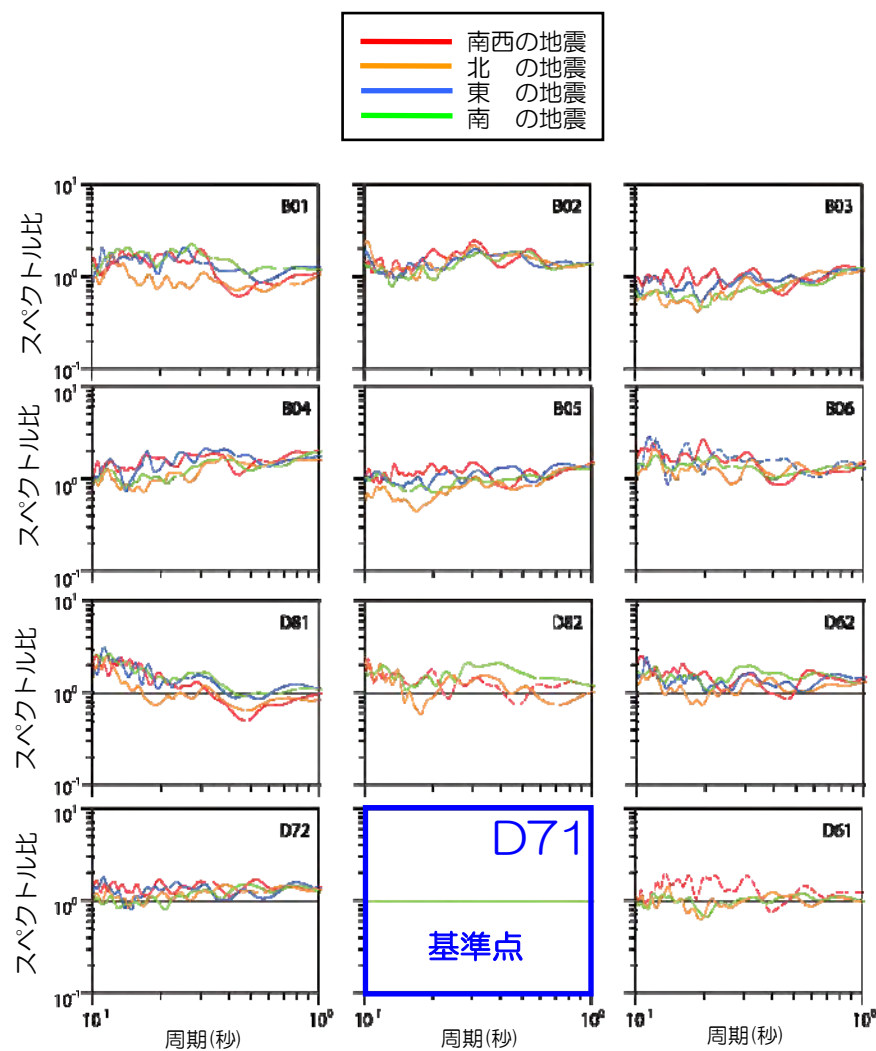


— 南西の地震  
— 北の地震  
— 東の地震  
— 南の地震



- 敷地の南西側で発生した地震では、特に1号機周辺で顕著な増幅が確認される
- その他の方向で発生した地震では、特異な増幅は見られない

# 到来方向別のスペクトル比（NS成分とEW成分の幾何平均）

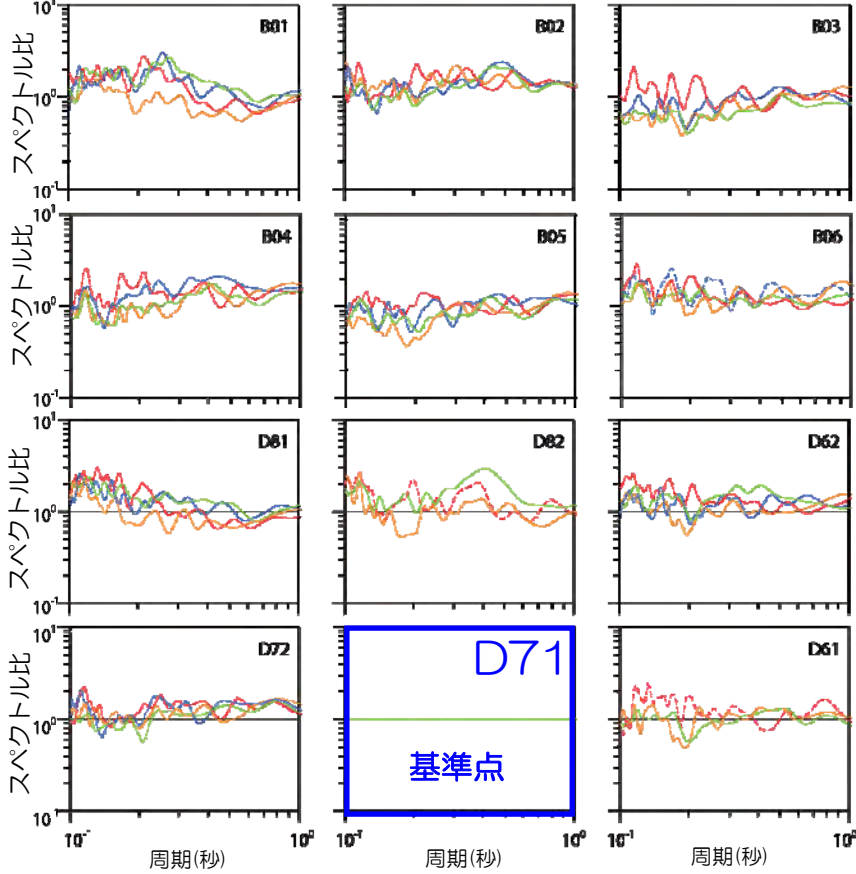
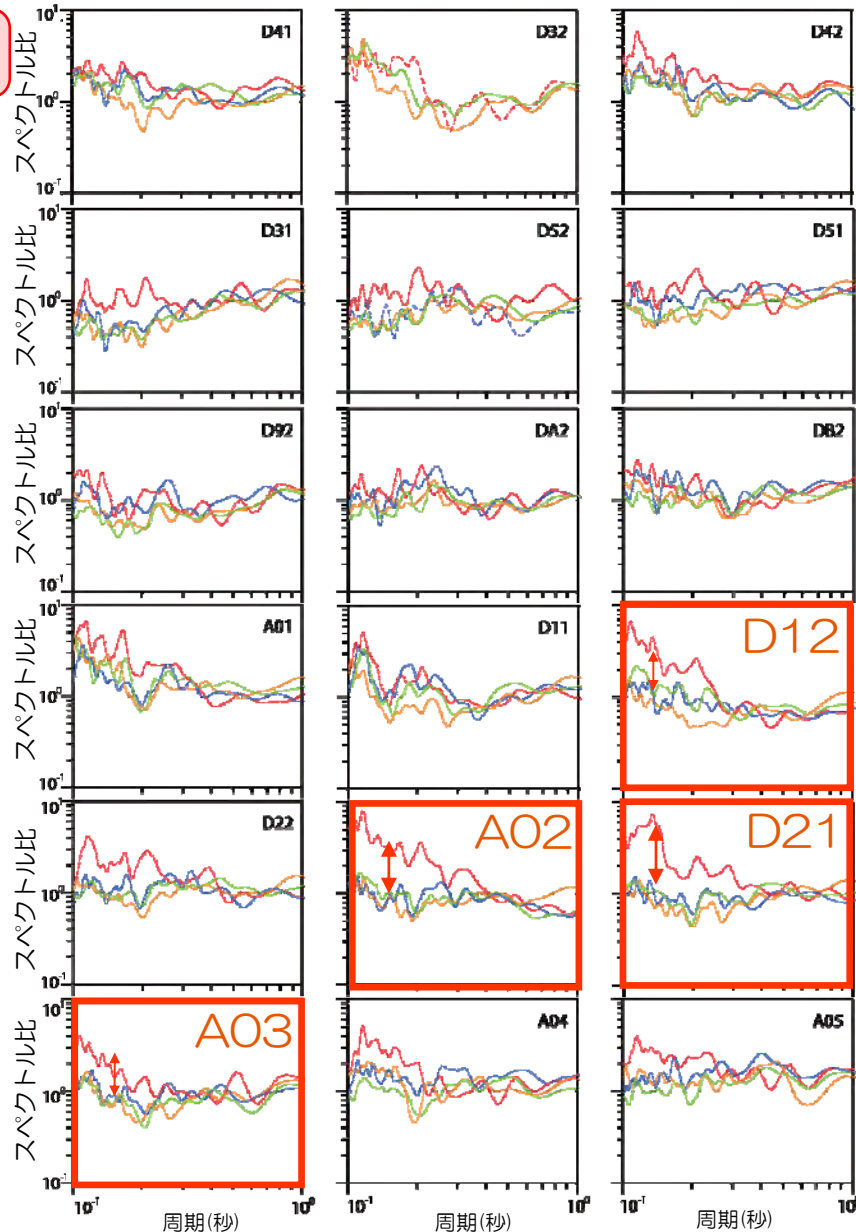
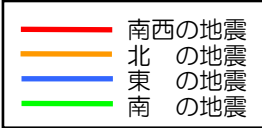


■ 全ての方向で発生した地震について、  
特異な増幅は見られない

# 【参考】 到来方向別のスペクトル比 (NS方向)

荒浜側

大湊側



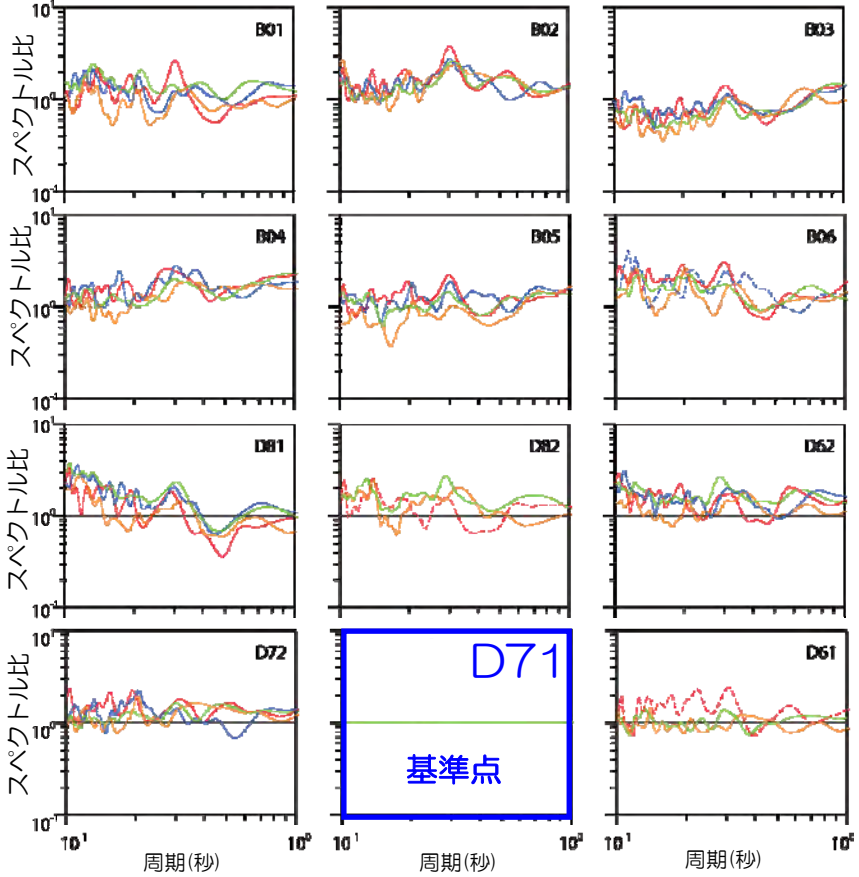
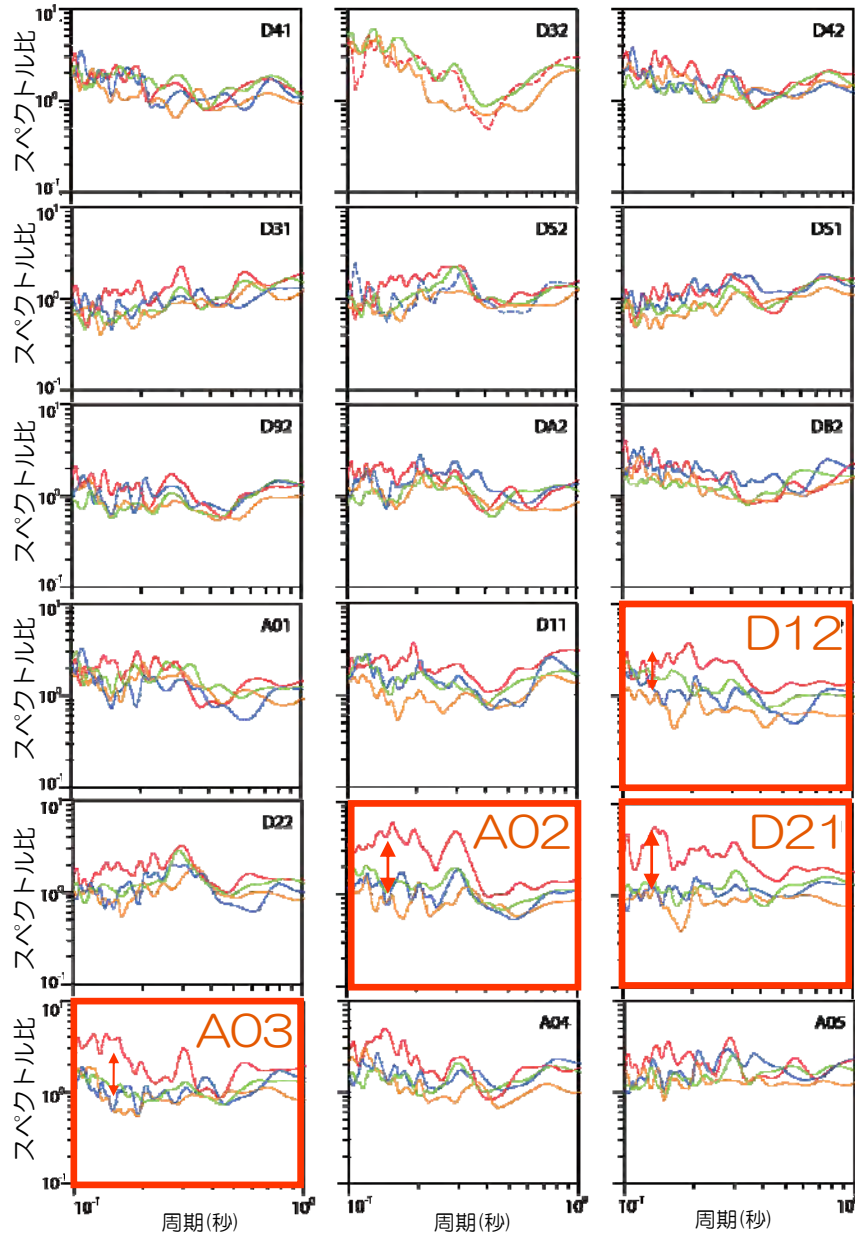
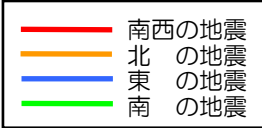
■ 方向別 (NS・EW・UD) で顕著な差異は確認されない



# 【参考】 到来方向別のスペクトル比 (EW方向)

荒浜側

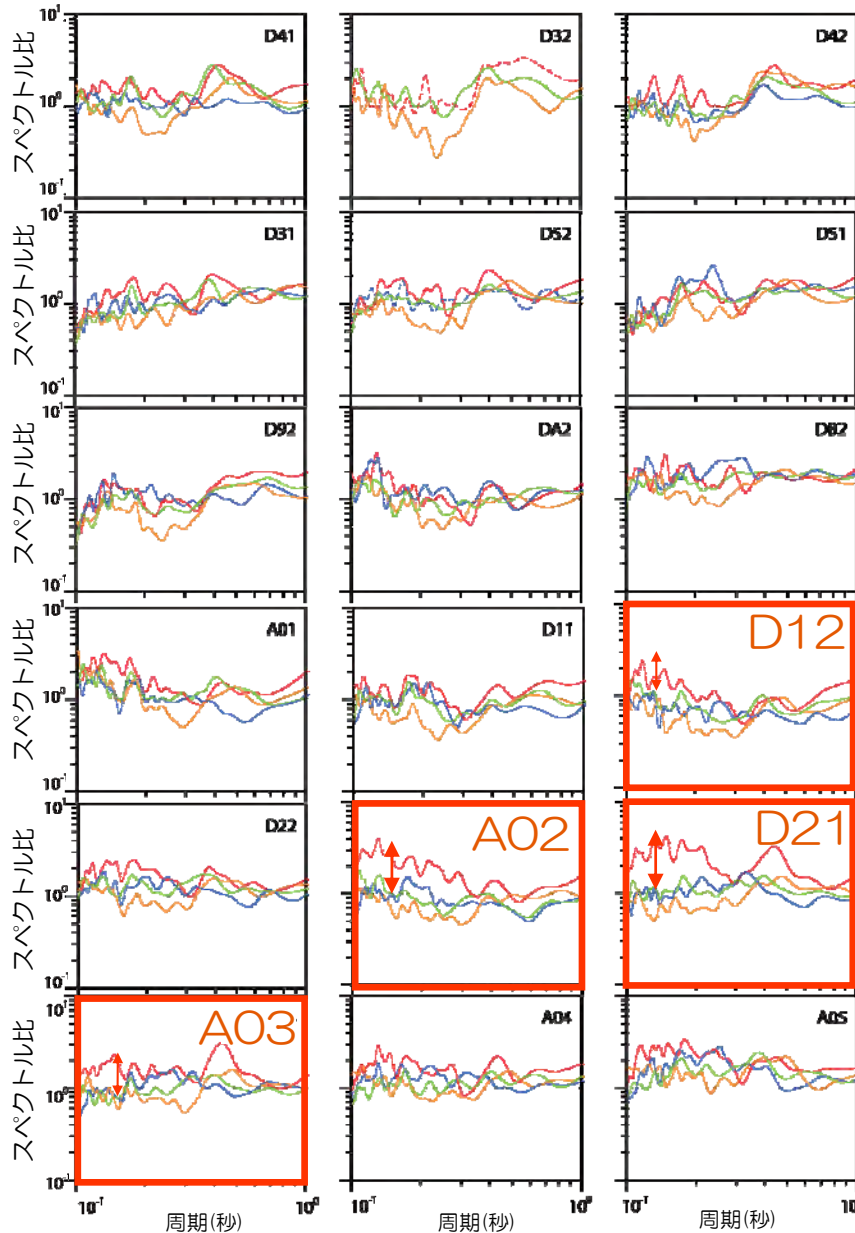
大湊側



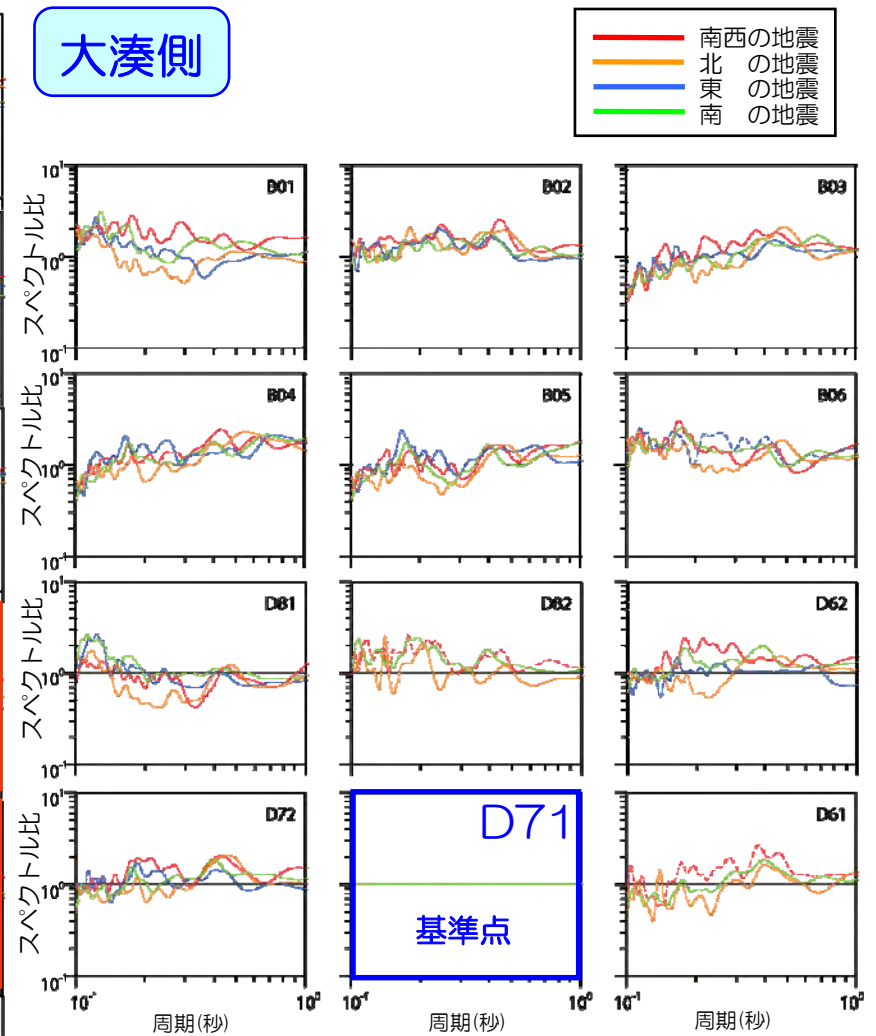
■ 方向別 (NS・EW・UD) で顕著な差異は確認されない

# 【参考】 到来方向別のスペクトル比 (UD方向)

荒浜側



大湊側



■ 方向別 (NS・EW・UD) で顕著な差異は確認されない

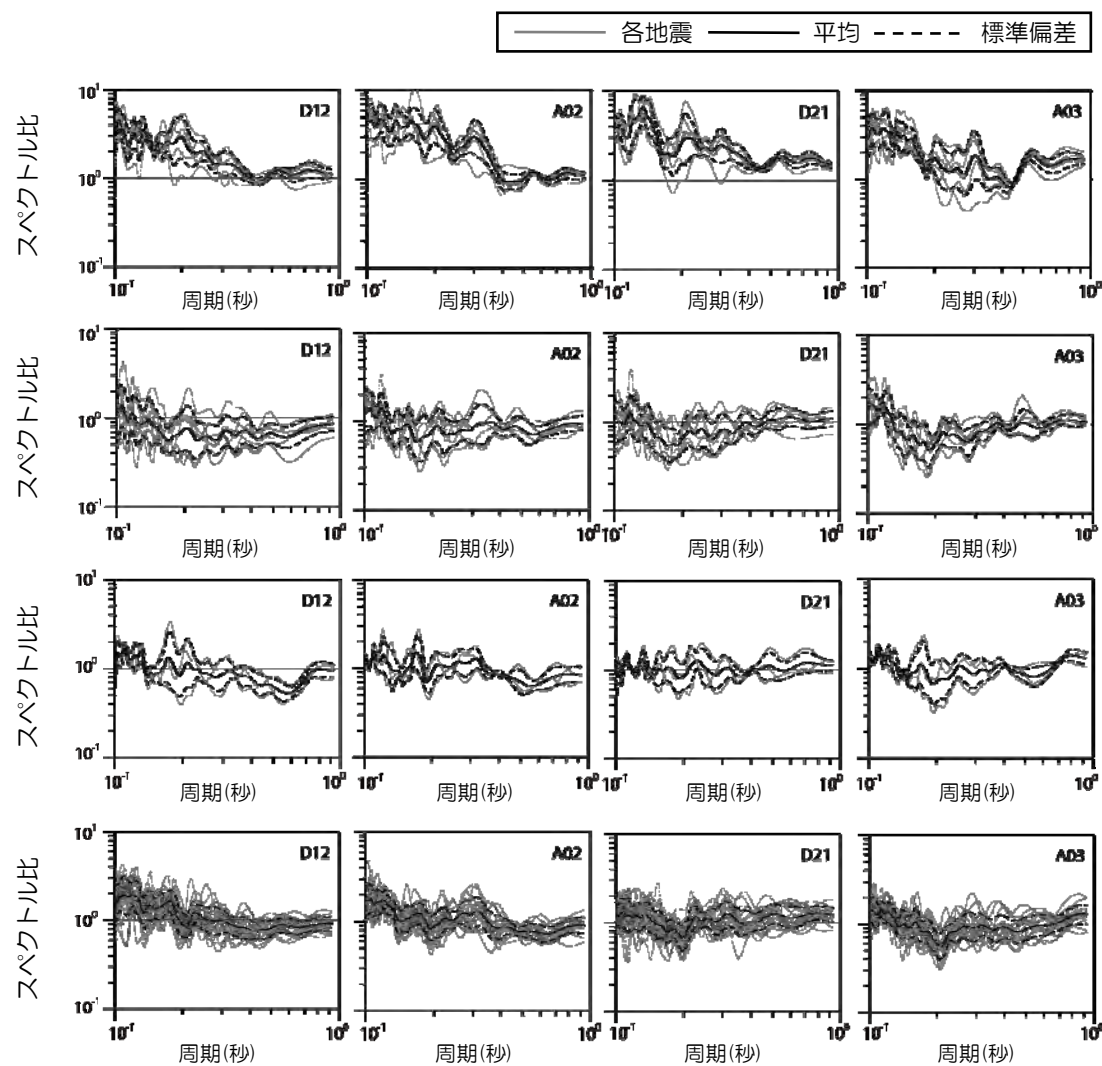
# 領域別のスペクトル比のばらつき

南西の地震

北の地震

東の地震

南の地震



■ 区分された領域内におけるばらつきが大きいことを確認

## 2. 地震観測記録の分析 小括

- 中越沖地震の観測記録及び鉛直アレイ地震観測記録より，以下を確認
  - ・ 中越沖地震など海域で発生した地震については，耐専スペクトルと比較して大きくなり，荒浜側と大湊側で地震動特性が異なること
  - ・ 特に敷地南西で発生した地震については，その差が顕著となること
  - ・ 陸域で発生した地震については，耐専スペクトルと比較して小さく，荒浜側と大湊側で地震動特性に特異な差は確認されないこと
  
- 水平アレイ地震観測記録より，以下を確認
  - ・ 荒浜側は，南西から到来する地震動のみ，大湊側よりも大きくなり，その傾向は特に1号機周辺において顕著であること
  - ・ その他の到来方向については，敷地内において顕著な増幅特性の差は生じないこと
  
- 中越沖地震の観測記録及び原子炉建屋基礎版上の観測記録より，以下を確認
  - ・ 敷地内の地震動特性は荒浜側と大湊側にグルーピングできること

- 
1. はじめに
  2. 地震観測記録の分析
  3. 地下構造調査結果の分析
  4. 地下構造モデルを用いた解析的検討
  5. 基準地震動評価への反映事項



# 敷地及び敷地周辺における地下構造調査の実施



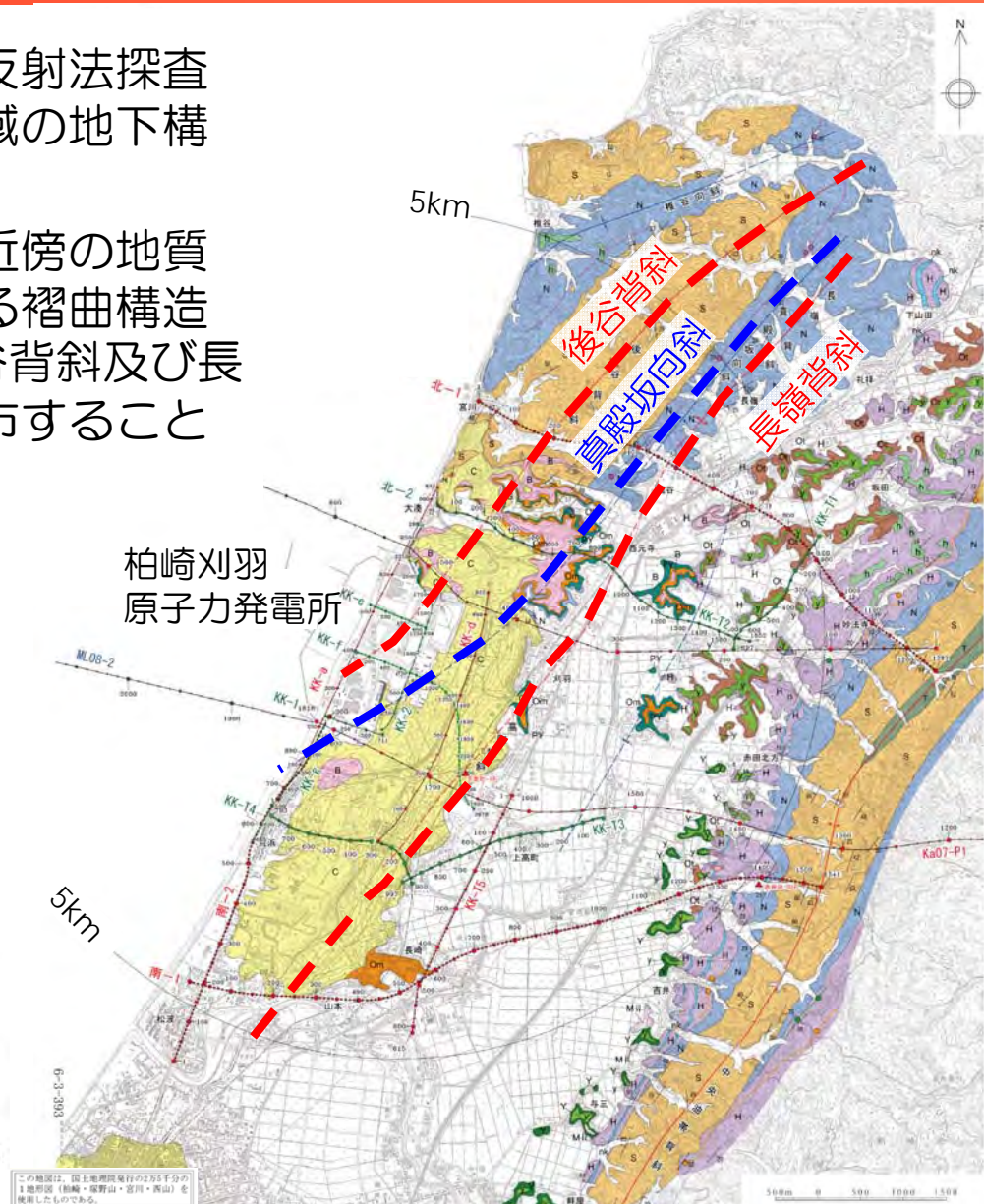


# 敷地周辺の地質・地質構造

- 柏崎刈羽原子力発電所周辺における反射法探査やボーリング等の調査結果により広域の地下構造を把握
- 柏崎刈羽原子力発電所敷地及び敷地近傍の地質構造は、西山層以下の地層にみられる褶曲構造に特徴付けられ、NE-SW方向の後谷背斜及び長嶺背斜、両背斜間に真殿坂向斜が分布することを確認

凡 例	
a	沖積層・盛土
C	新期砂層
MII	MII 面堆積物 (MIS5c)
B	番神砂層 (MIS5e~4)
Om	大湊砂層 (MIS5e)
Y	安田層上部層 (MIS5e)
Yv	安田層下部層
BY	古安田層
h	H面群堆積物
Qt	大坪層
H	灰爪層
nk	灰爪層 (石灰質砂岩)
N	西山層
S	椎谷層
T	寺泊層
Iz	テフラ (○は確認地点)
Az	テフラ
Zn	テフラ

	向斜軸
	背斜軸
	層理面の走向・傾斜
	東京電力側反射法地震探査測線パイプレーター
	東京電力側反射法地震探査測線インパクト
	東京電力側ケーブル探査測線
	石油公団ボーリング位置

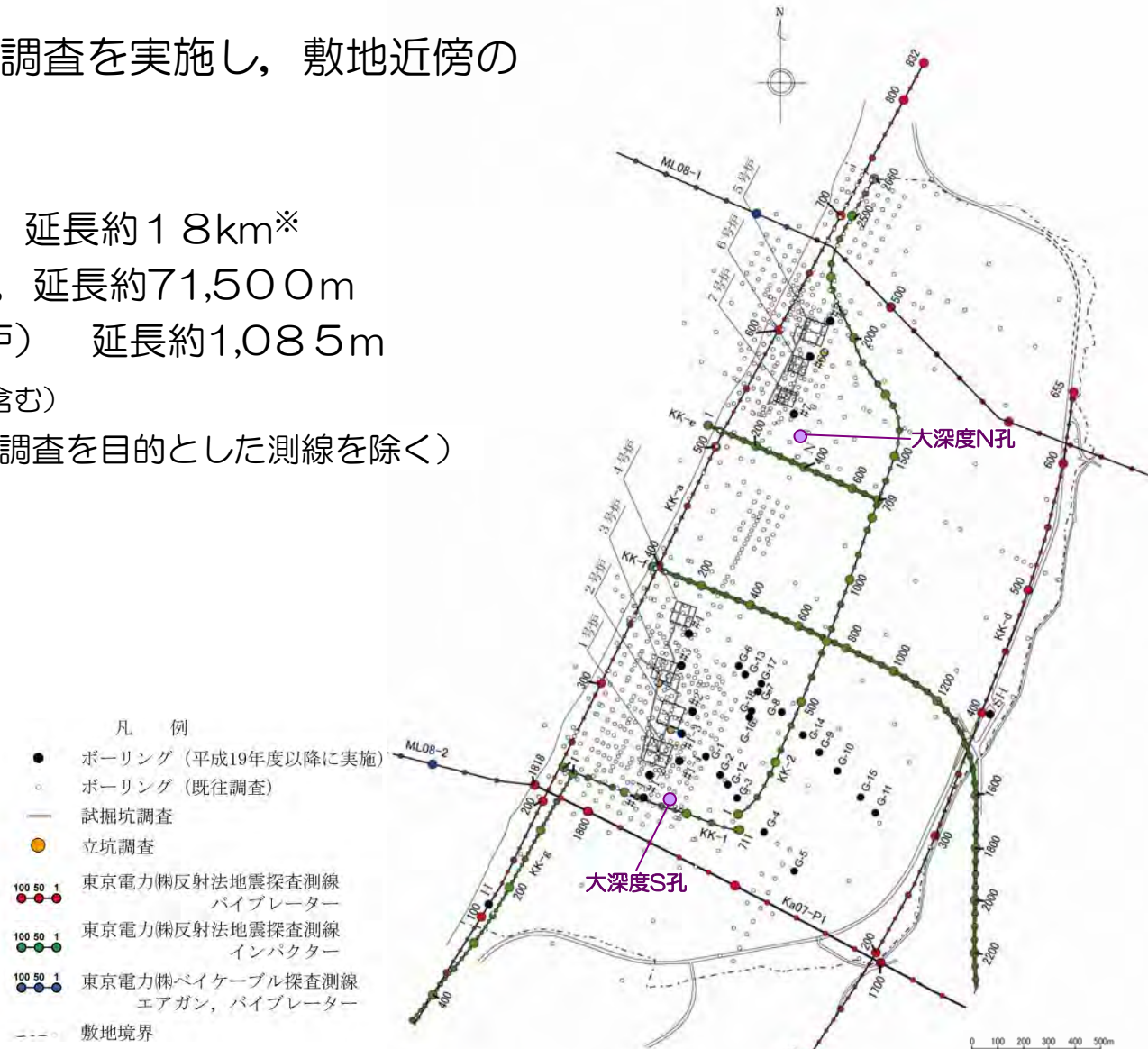


# 敷地近傍における地下構造調査の実施

■敷地内においては以下の調査を実施し、敷地近傍の地下構造を把握

- 反射法地震探査 7測線, 延長約18km\*
- ボーリング調査 約830孔, 延長約71,500m
- 試掘坑調査 (5, 6, 7号炉) 延長約1,085m
- 立坑調査 3箇所 (荒浜側含む)

(※ 広域調査を目的とした測線を除く)



敷地の地質調査位置図



# 敷地の地質

敷地の地質層序表

時代	地層名	主な層相・岩質	テフラ・放射年代		
第四紀	完新世	新期砂層	上部は灰白色の細～中粒砂 下部は茶褐色の細～中粒砂，腐植物を含む	腐植 (6, 150 ± 170年)	
		後期	番神砂層	灰白色～赤褐色の中～粗粒砂	
	大湊砂層		褐色～黄褐色の中～粗粒砂， シルトの薄層を含む		
	中期	古安田層	A <sub>1</sub> 部層	最上部は砂 粘土～シルト，砂を多く挟む	y-1 (刈羽テフラ) (約0.2Ma)
			A <sub>2</sub> 部層	粘土～シルト 縮状粘土，有機物，砂を伴う，貝化石を含む	
		A <sub>3</sub> 部層	粘土～シルト 砂，厚い砂礫，有機物を挟む	Ata-Th (約0.24Ma)	
		A <sub>4</sub> 部層	粘土～シルト 砂，砂礫を挟む	Kkt (約0.33～0.34Ma)	
		灰爪層	凝灰質泥岩，凝灰質砂岩，凝灰岩	Iz (約1.5Ma)	
	前期	西山層	N <sub>1</sub> 部層	砂質泥岩 砂岩，凝灰岩，ノジュールを挟む 貝化石を含む	Fup (約2.2Ma) Tsp (約2.3Ma) Az (約2.4Ma)
			N <sub>2</sub> 部層	シルト質泥岩 縮状泥岩，凝灰岩，ノジュールを多く挟む	
		N <sub>3</sub> 部層	シルト質～粘土質泥岩 砂岩，凝灰岩，ノジュールを挟む 珪質海綿化石を含む	Nt-17 (340 ± 20万年) Nt-7 (350 ± 20万年)	
	新第三紀	後期	椎谷層	砂岩，砂岩・泥岩互層，細礫岩等を挟む	
前期		寺泊層	黒色泥岩，砂岩・泥岩互層		

~~~~~ 不整合



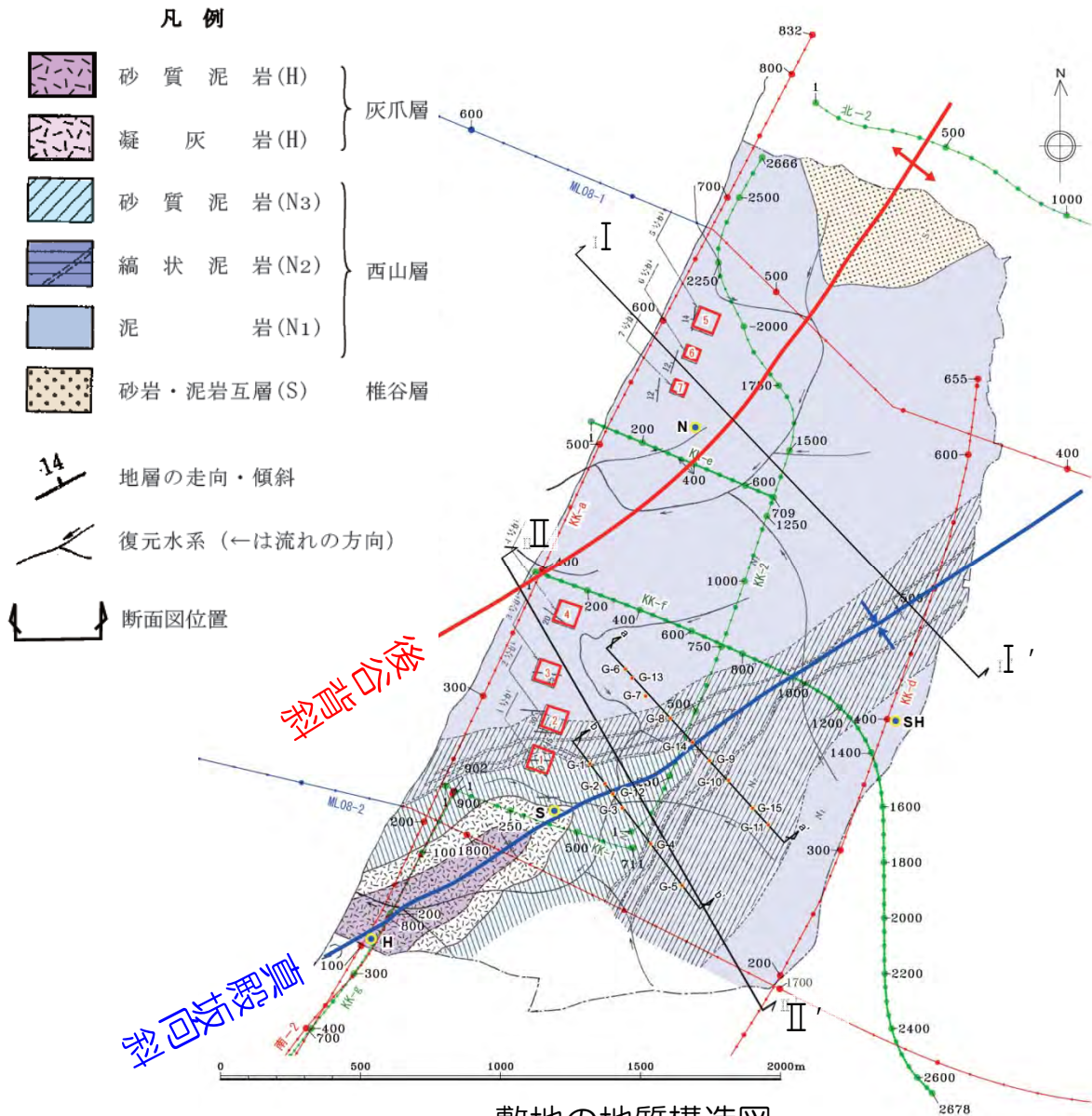
- 凡 例
- 盛土・埋め戻し土
  - 新期砂層
  - 番神砂層・大湊砂層
  - 古安田層
  - 敷地境界
  - 断面図位置

敷地の地質図

0 100 200 300 400 500m

# 敷地の地質構造

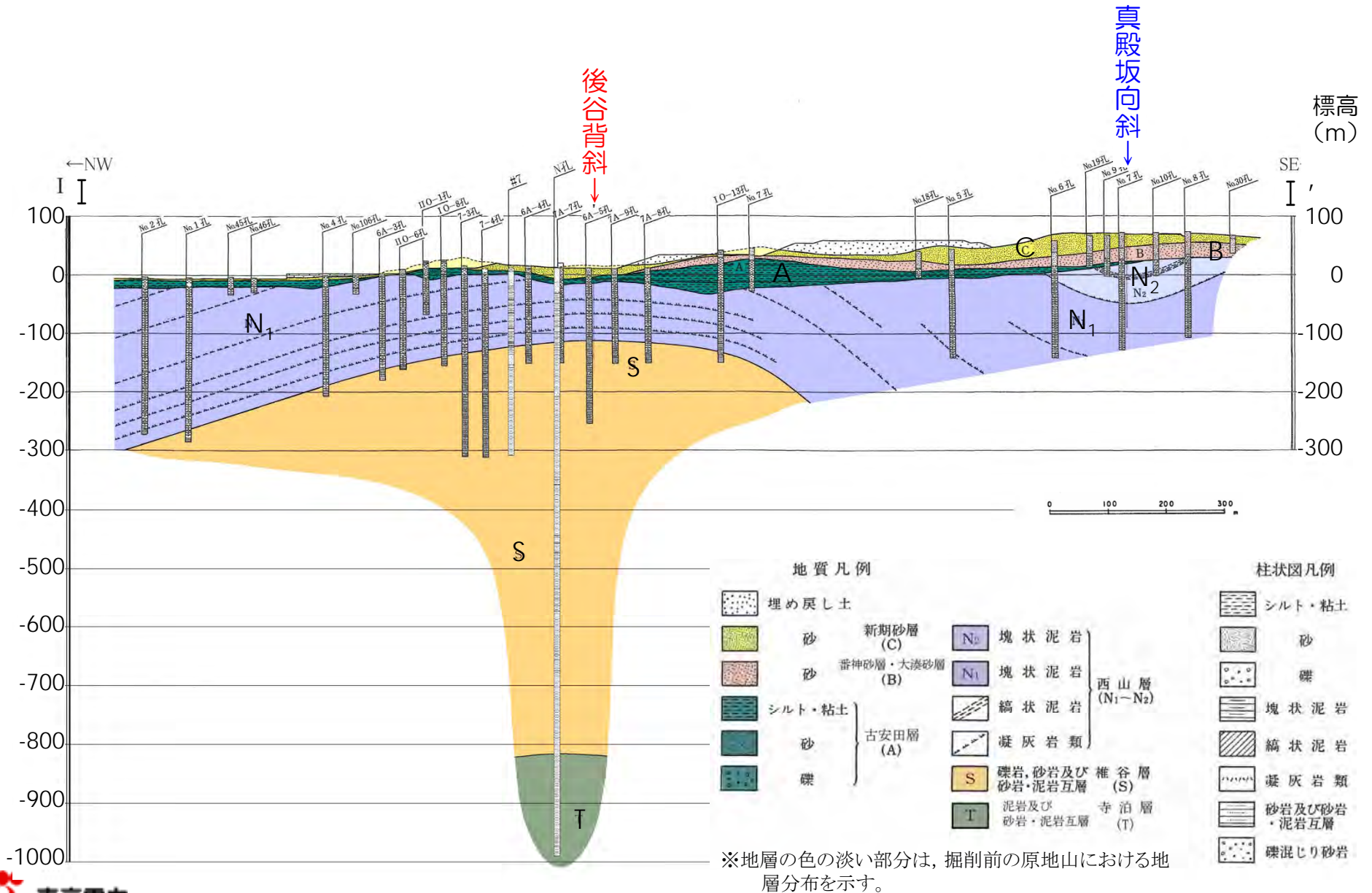
- 敷地北部では椎谷層が上位の西山層に囲まれて、敷地南西部では灰爪層が下位の西山層に囲まれて分布
- 後谷背斜及び真殿坂向斜は、NE-SW方向に連続し、全体としてSW方向にプランジしている



敷地の地質構造図

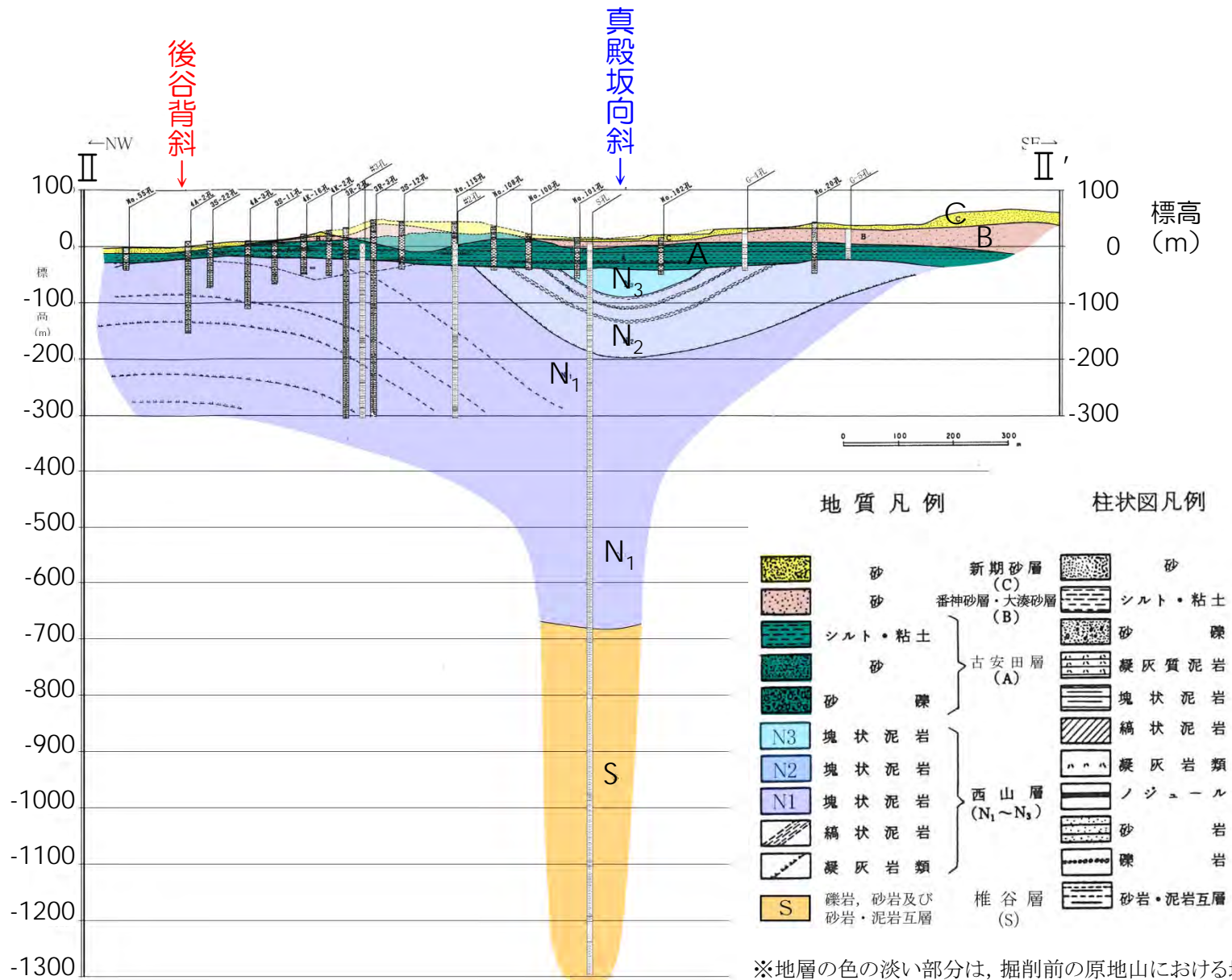


# 敷地の地質断面図 (I - I'断面)

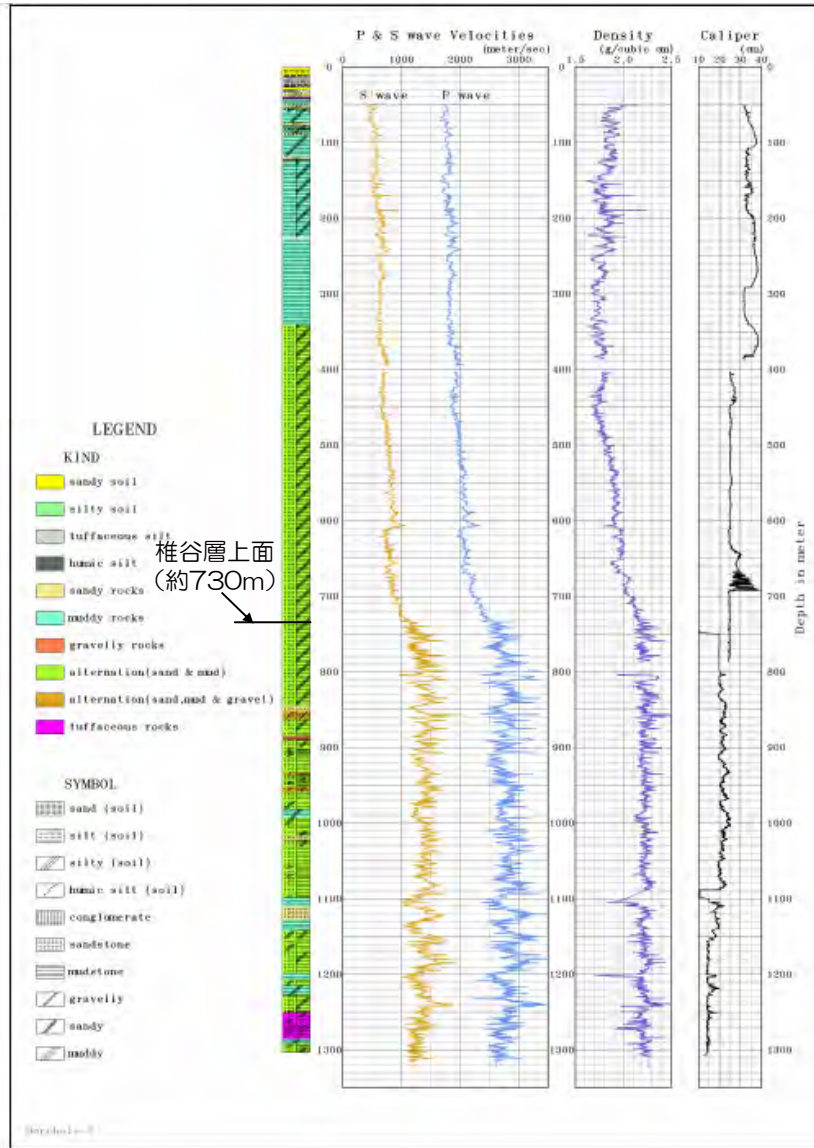




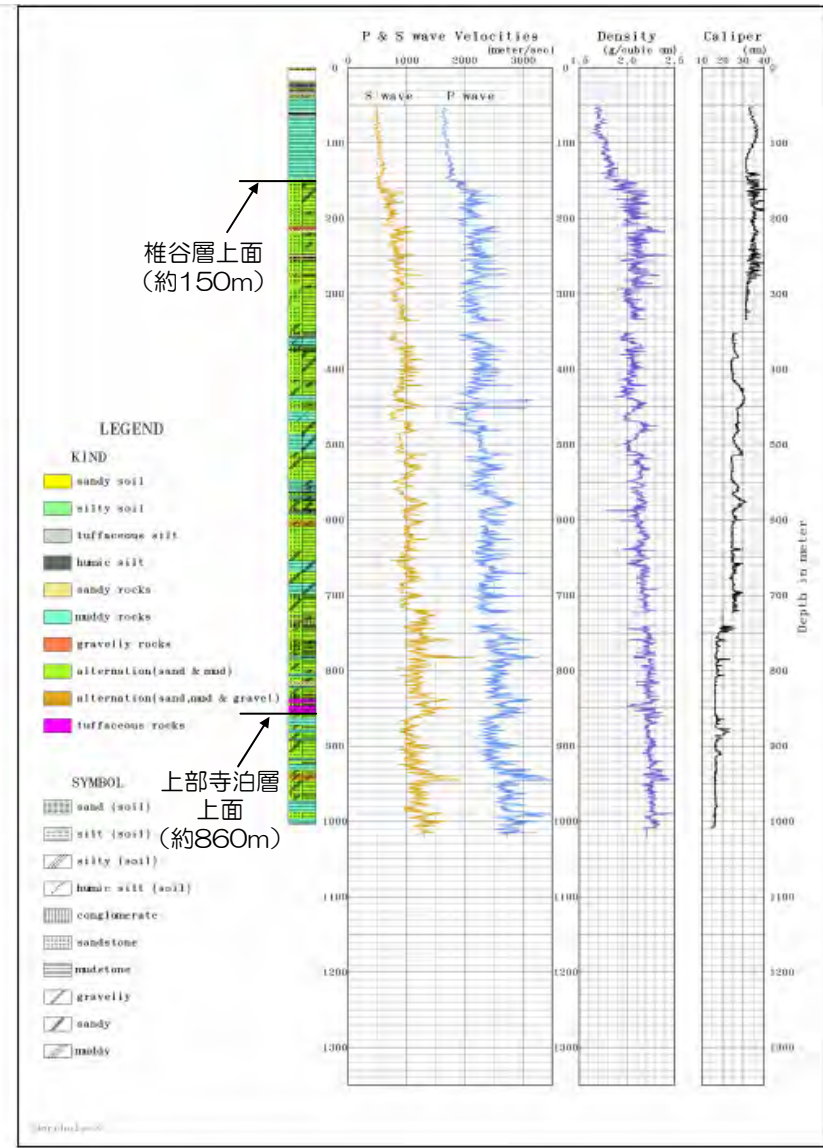
# 敷地の地質断面図（Ⅱ－Ⅱ'断面）



# 大深度ボーリング結果

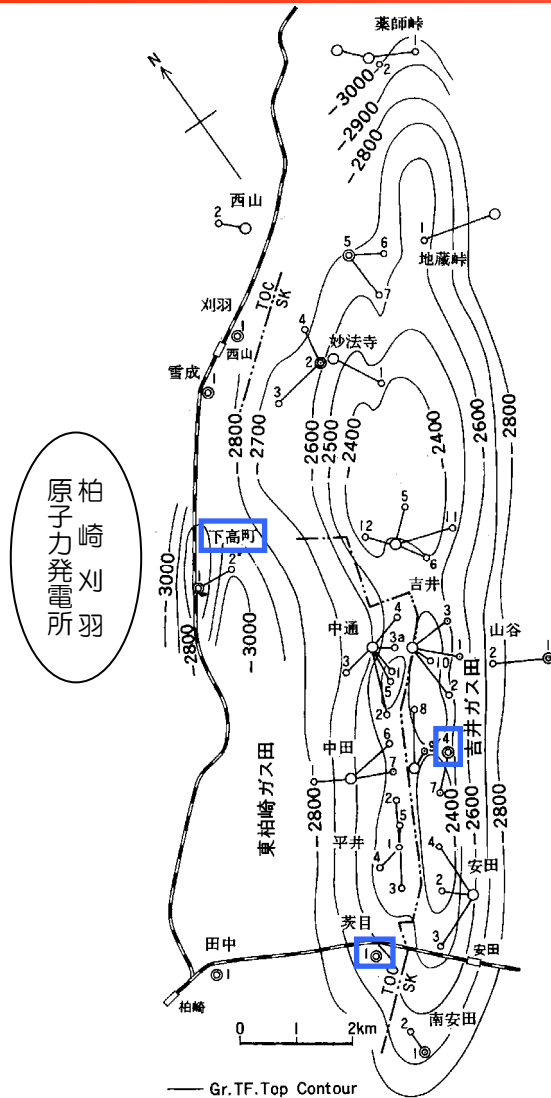


S孔（荒浜側）



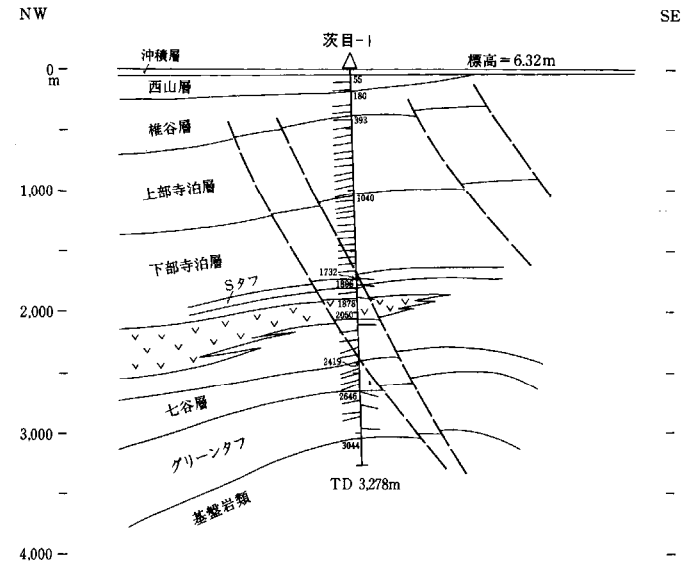
N孔（大湊側）

# 他機関によるボーリング結果

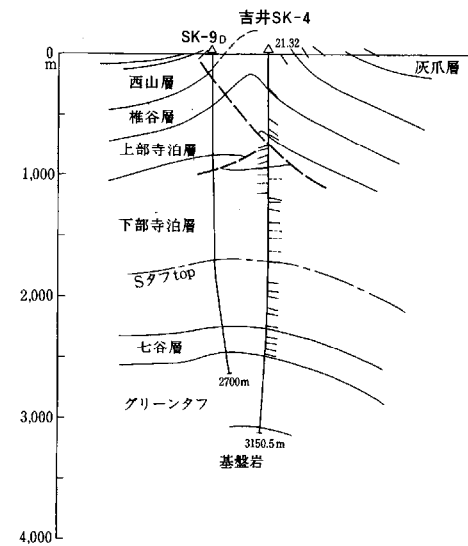


ボーリング調査地点

※小林ほか(1995)より引用・加筆

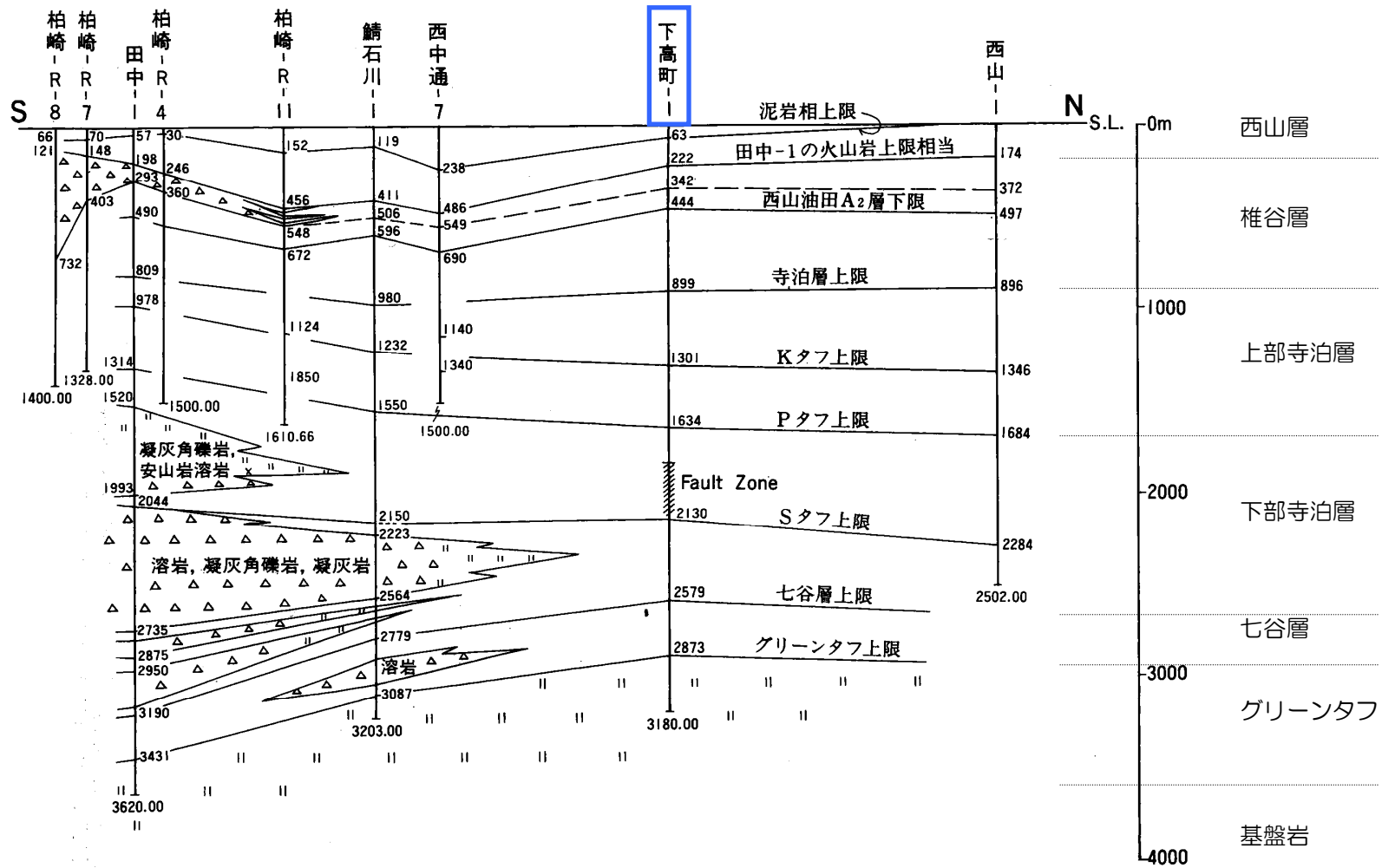


茨目-1地点の地質断面図



吉井SK-4地点の地質断面図

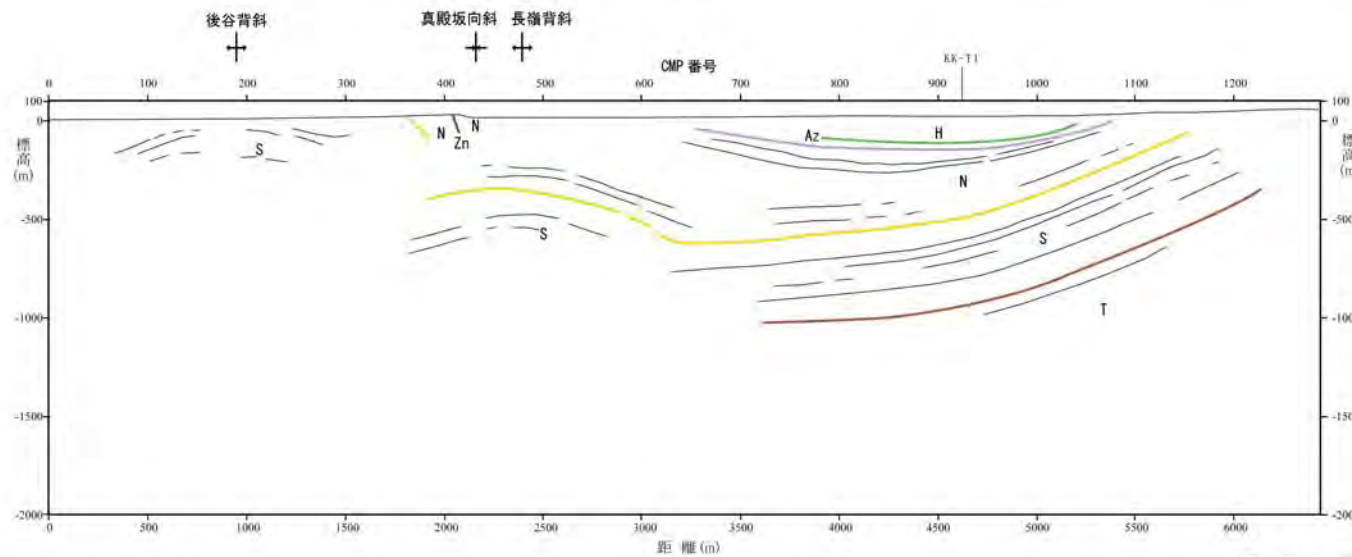
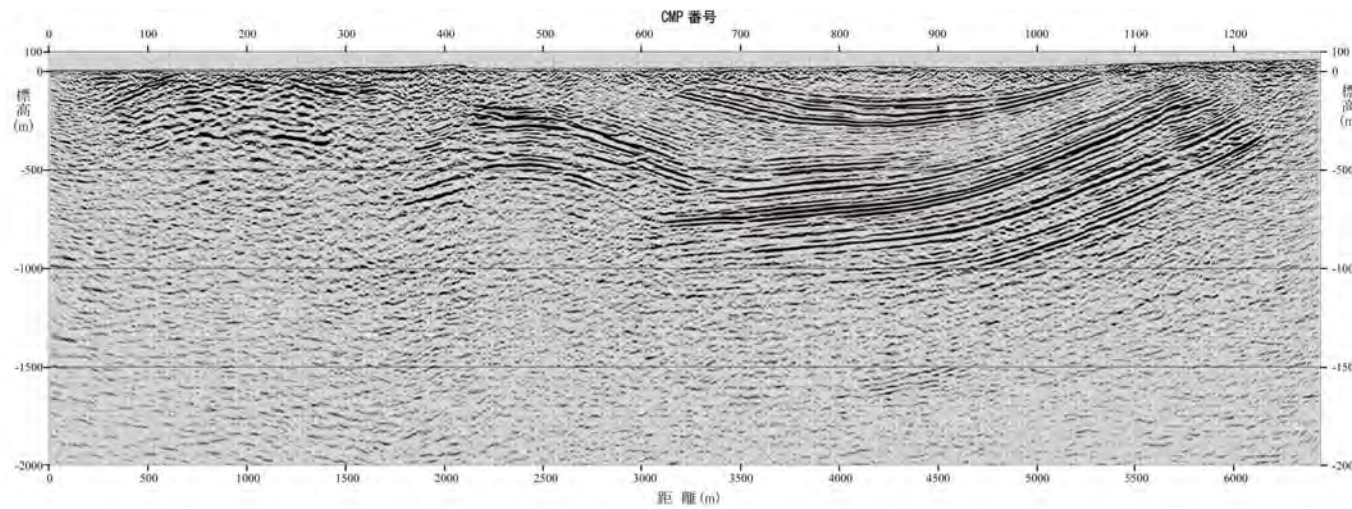
# 他機関によるボーリング結果



※小林ほか（1995）より引用・加筆



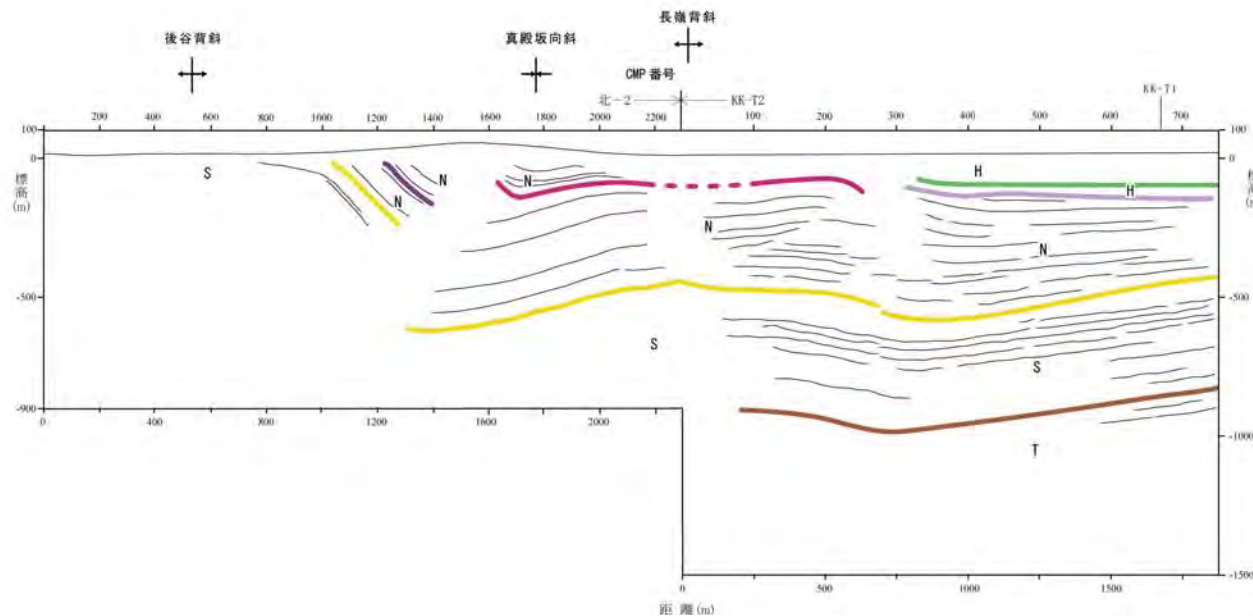
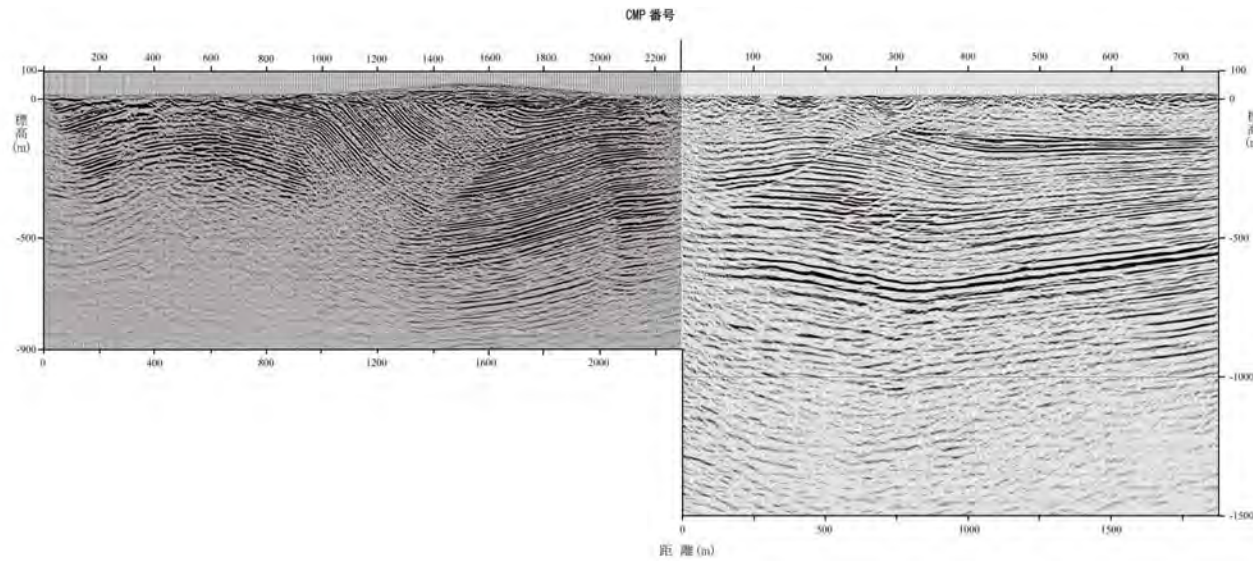
# 反射法地震探査結果 北-1測線



- 凡例
- 灰爪層 (H) — テフラ
  - 西山層 (N) — Az
  - 権谷層 (S) — Zn
  - 寺泊層 (T) —
- (註) テフラの名称は原ほか(1996)による

(縦:横=1:1)

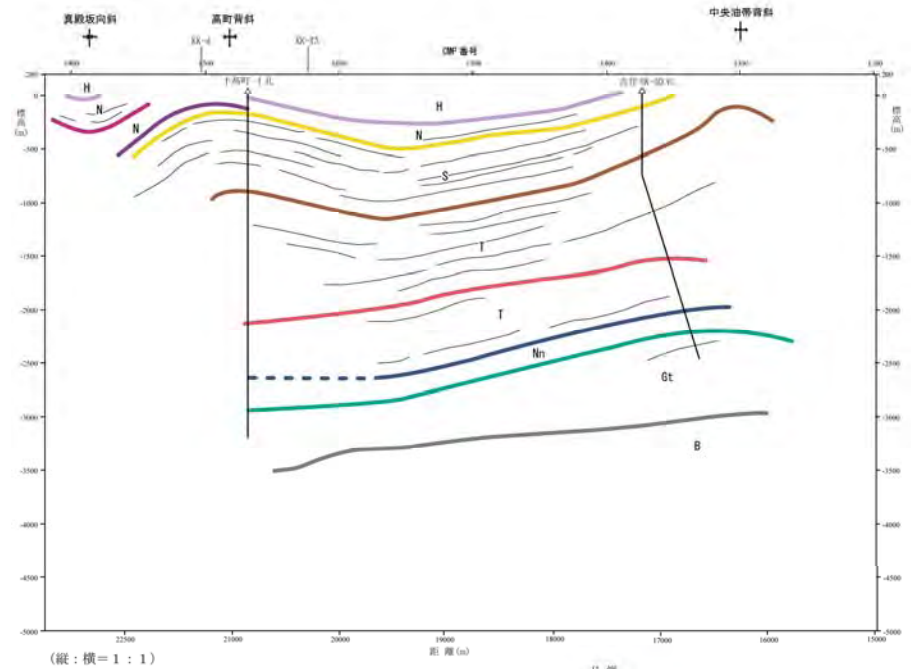
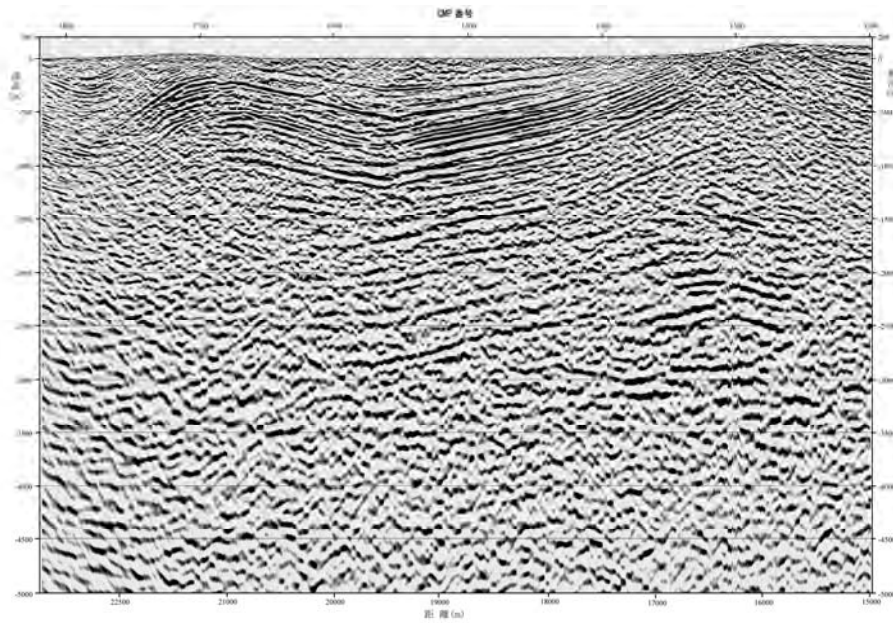
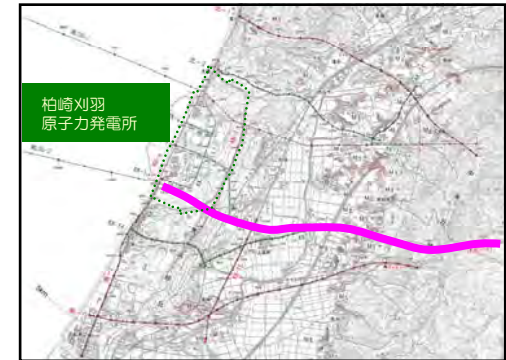
# 反射法地震探査結果 北-2・KK-T2測線



- 凡例
- |         |          |
|---------|----------|
| テフラ     |          |
| 灰爪層 (H) | Az       |
| 西山層 (N) | Nt16, Zn |
| 椎谷層 (S) |          |
| 寺泊層 (T) |          |
- (注) テフラ名は、敷地内調査結果、岸ほか(1996)による。



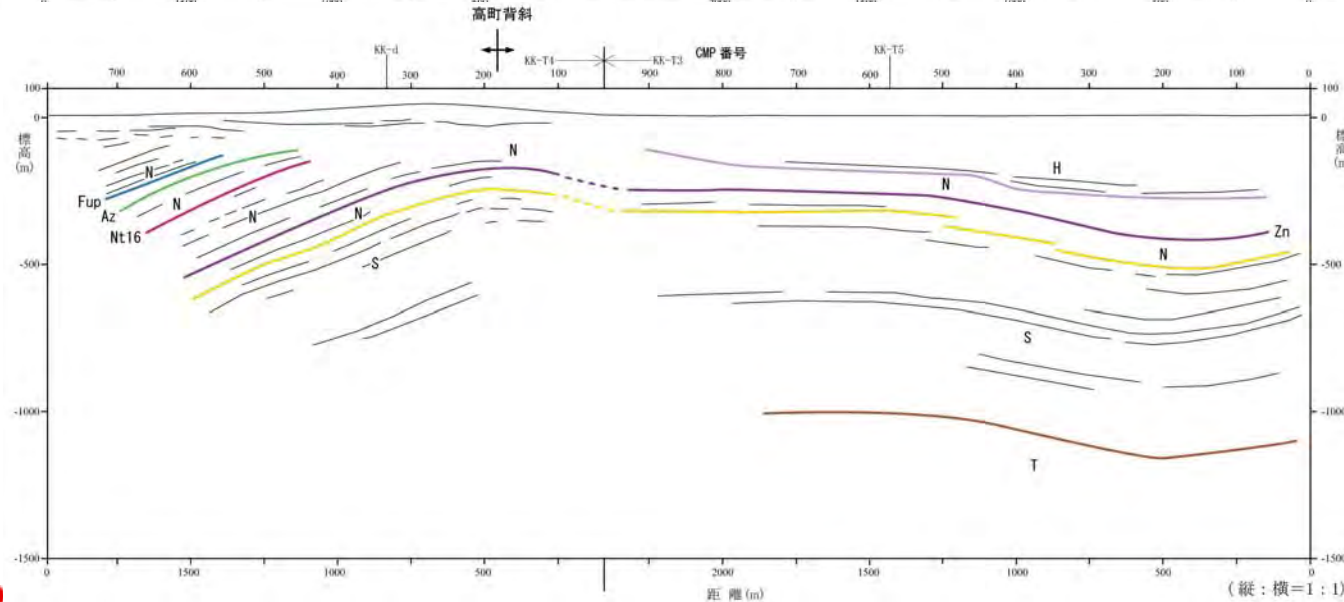
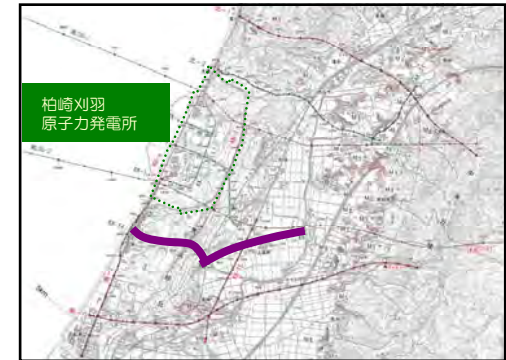
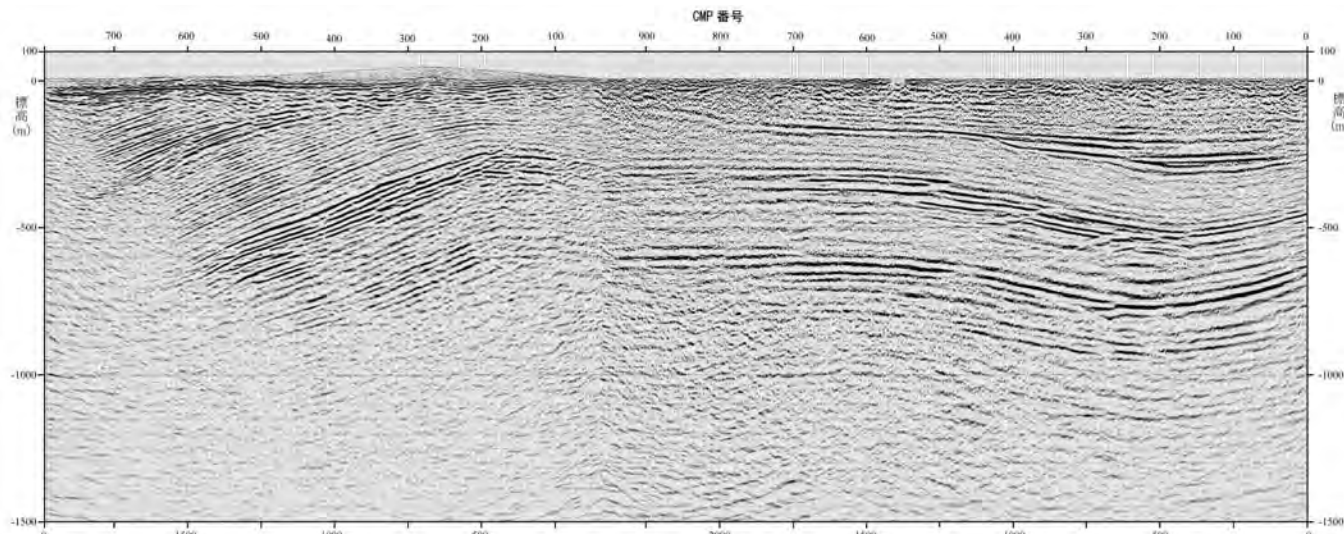
# 反射法地震探査結果 Ka07-P1測線



- 凡例
- 泥炭層 (H)      テフス
  - 西山層 (N)      Nt16
  - Zn
  - 糠谷層 (S)      S-tuff
  - 寺泊層 (T)      S-tuff
  - 七谷層 (Nn)      S-tuff
  - グリーンタフ (Gt)
  - 基礎岩盤 (B)

(註) テフラ名称は敷地内調査結果、岸ほか(1996)、石油関係論文による

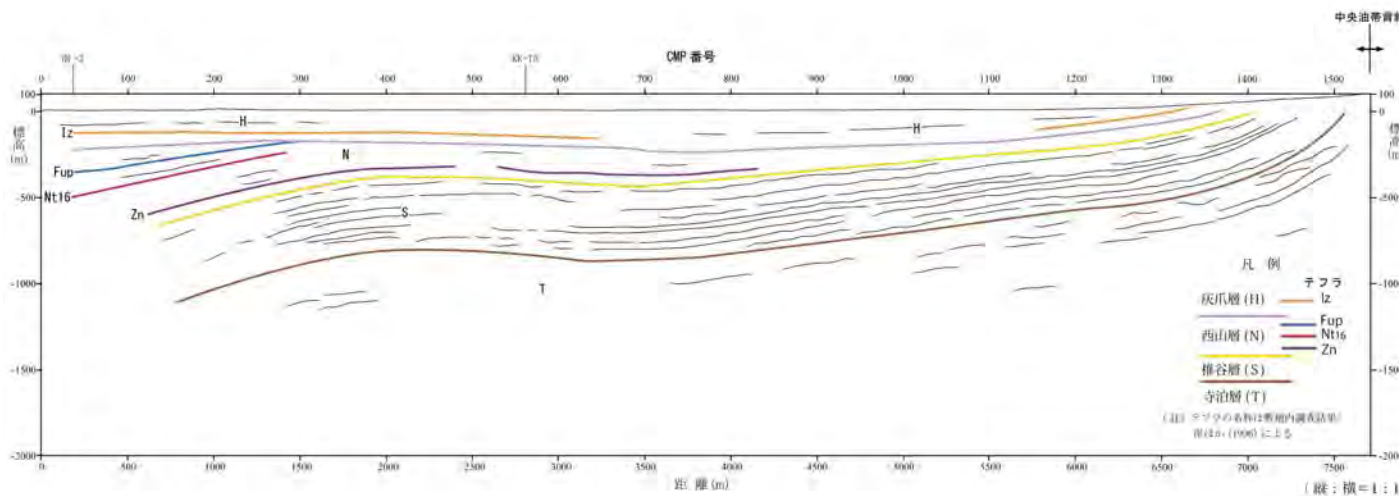
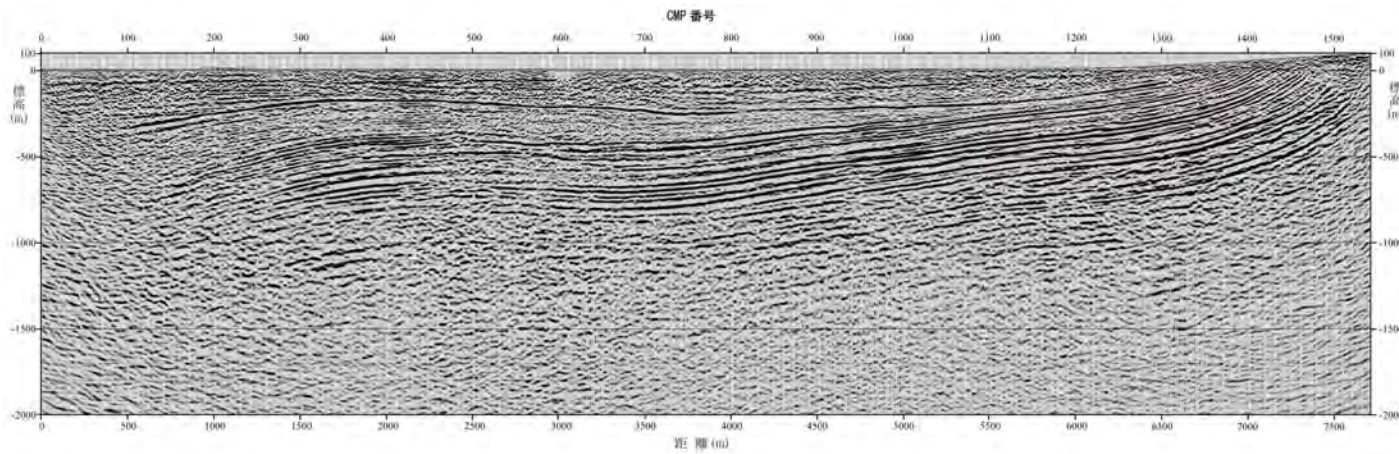
# 反射法地震探査結果 KK-T4・KK-T3測線



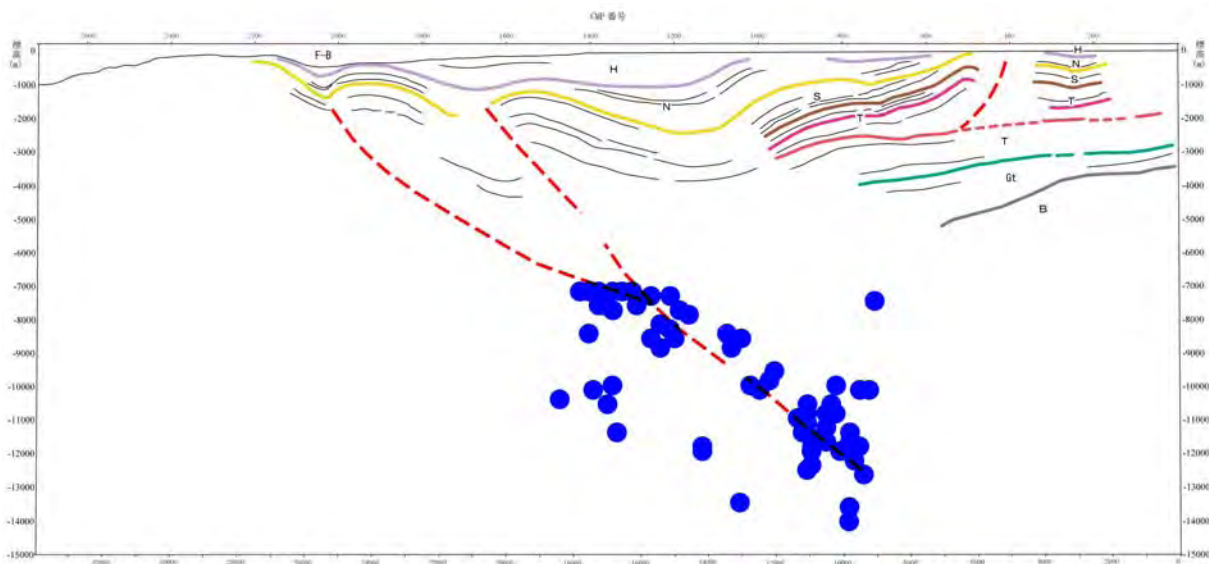
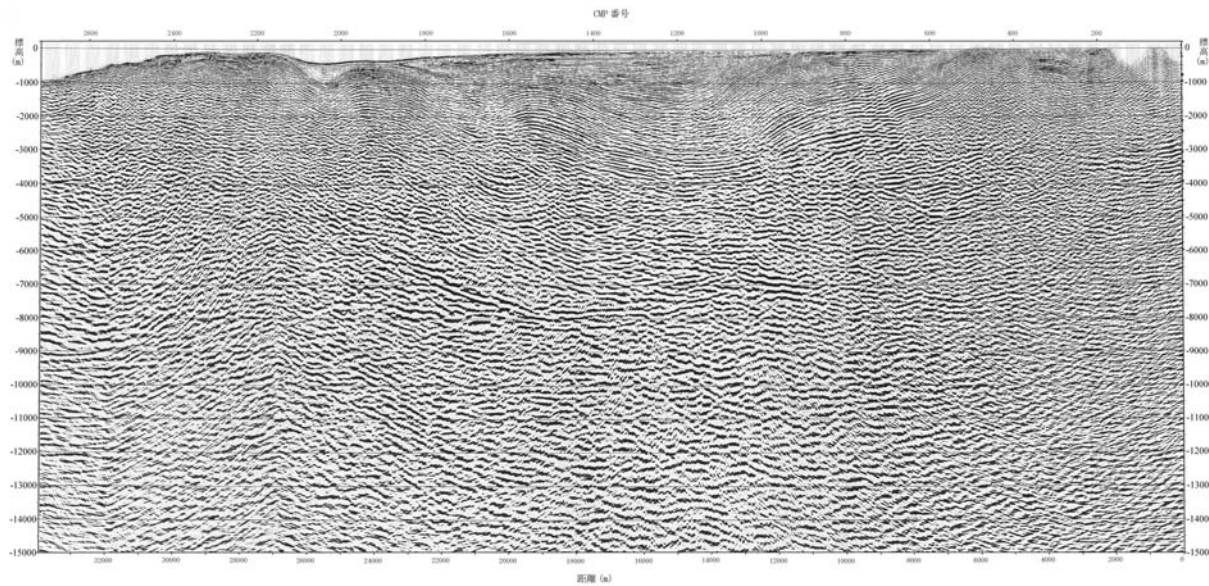
- 凡例
- 灰瓜層 (H)
  - 西山層 (N)
  - 椎谷層 (S)
  - 寺泊層 (T)
- Fup  
— Az  
— Nt16  
— Zn
- (註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか(1996)による。



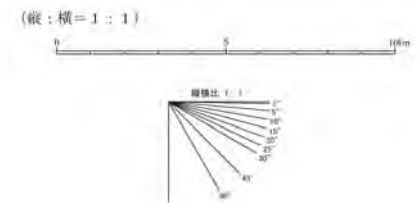
# 反射法地震探査結果 南-1測線



# 反射法地震探査結果 ML08-1測線



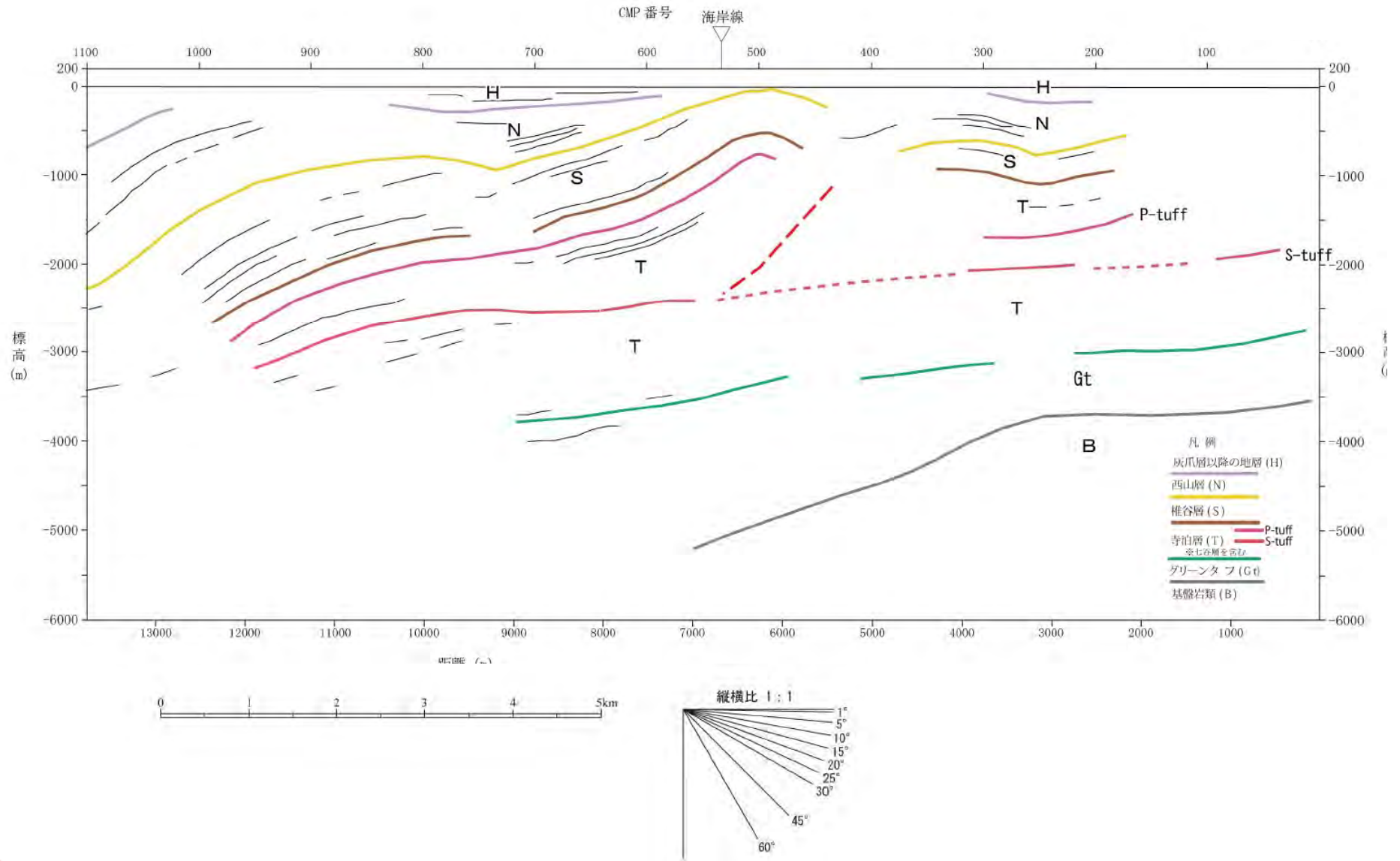
- 凡例
- 延平層以降の地層 (H)
  - 西山層 (N)
  - 横谷層 (S)
  - 寺沼層 (T)
  - グリーンタフ (Gt)
  - 基盤岩類 (B)
  - P-suff
  - S-suff



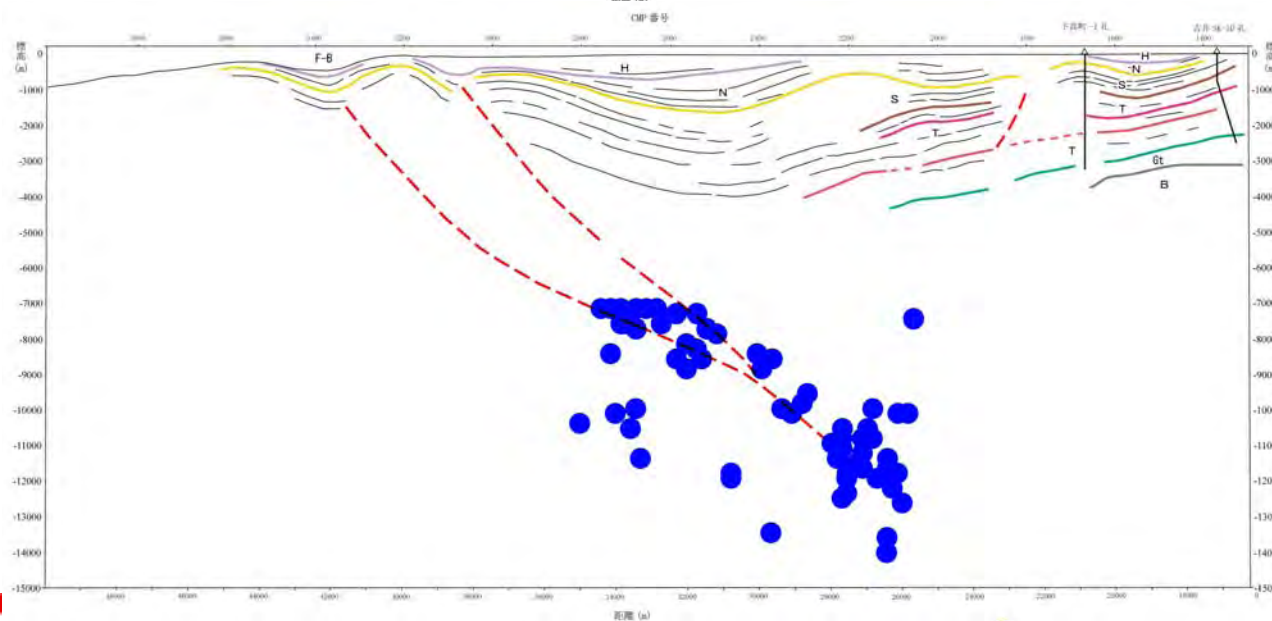
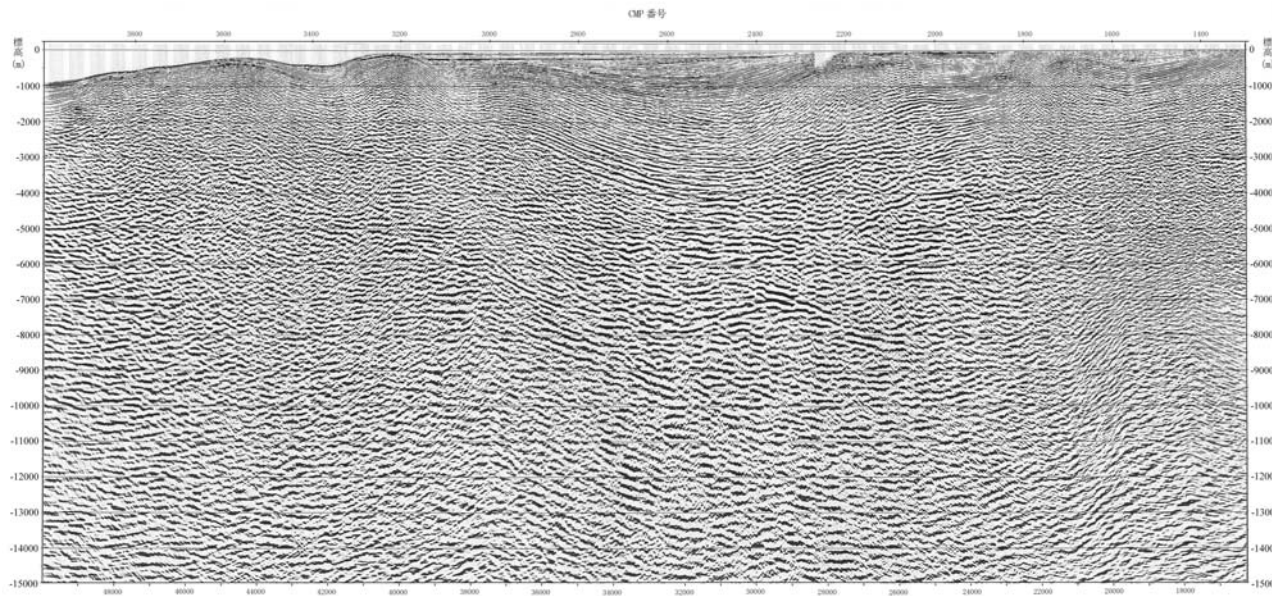
※震源分布は、東京大学地震研究所 (2008) による



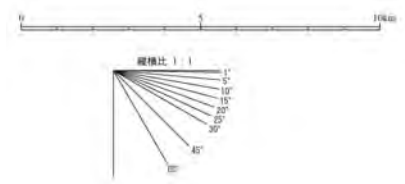
# 反射法地震探査結果 ML08-1測線（サイト近傍拡大）



# 反射法地震探査結果 ML08-2測線



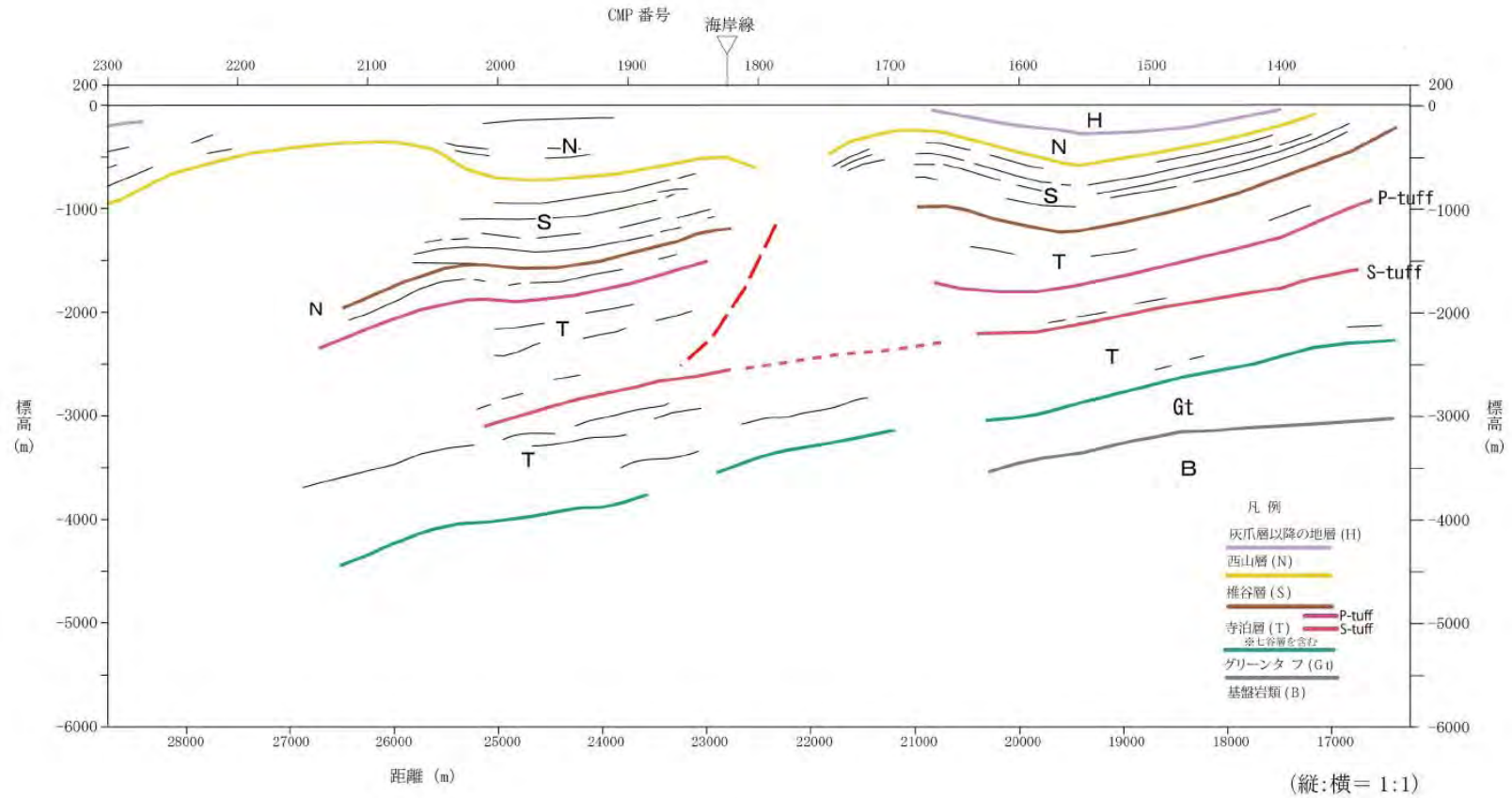
- 凡例
- 灰毛層以降の地層 (H)
  - 西山層 (N)
  - 稚谷層 (S)
  - 寺泊層 (T)
  - グリーンタフ (Gt)
  - 基盤岩類 (B)
  - P-tuff
  - S-tuff



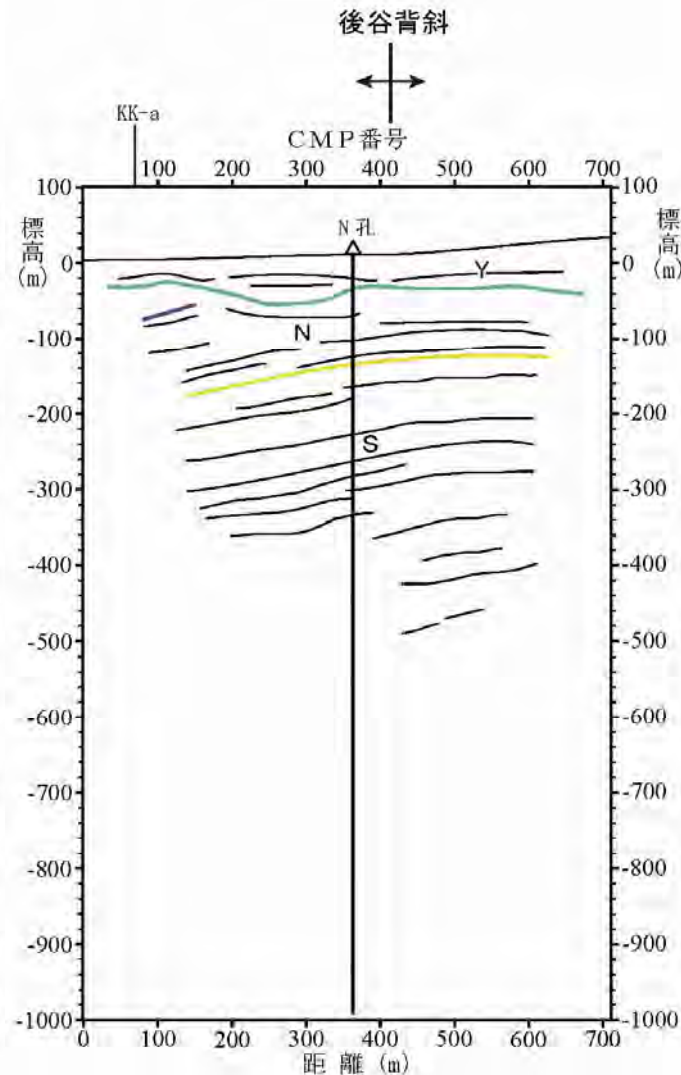
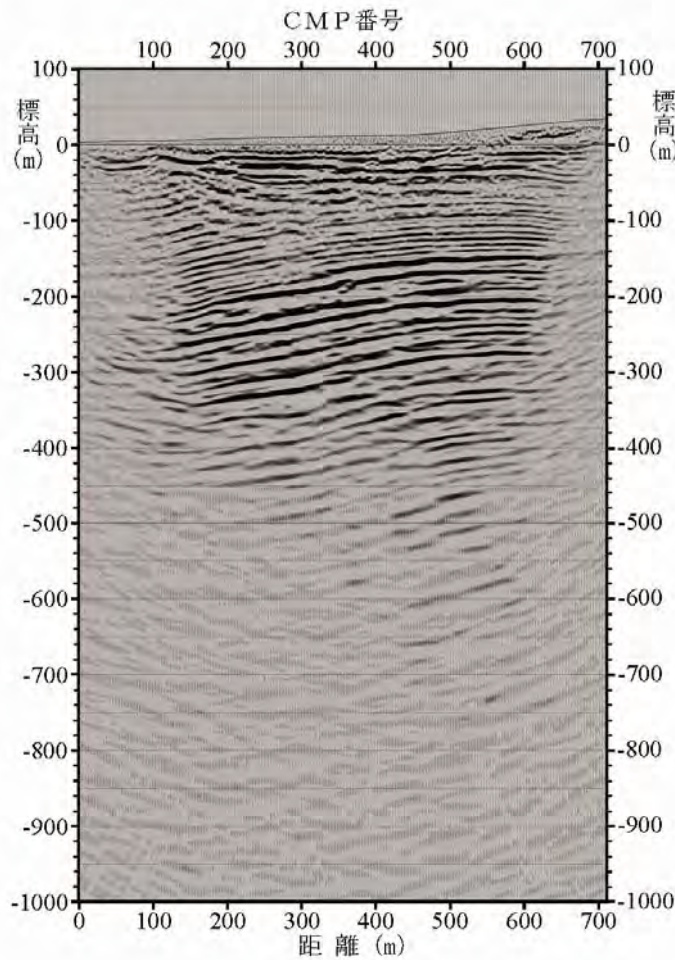
※震源分布は、東京大学地震研究所 (2008) による



# 反射法地震探査結果 ML08-2測線（サイト近傍拡大）



# 反射法地震探査結果 KK-e測線



凡例

古安田層以降の地層 (Y)

西山層 (N) — Zn

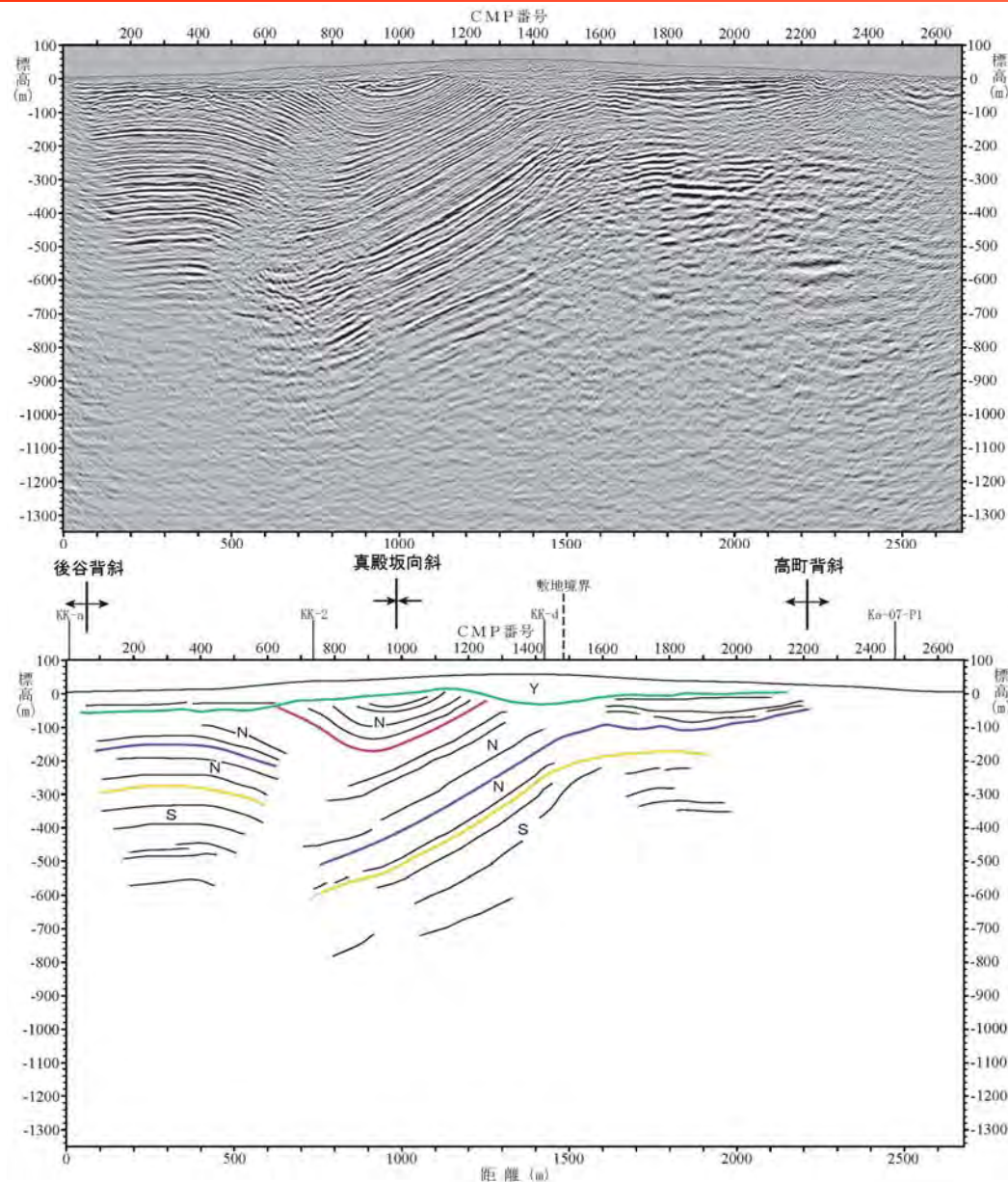
椎谷層 (S)

(註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか (1996) による

(縦：横 = 1 : 1)



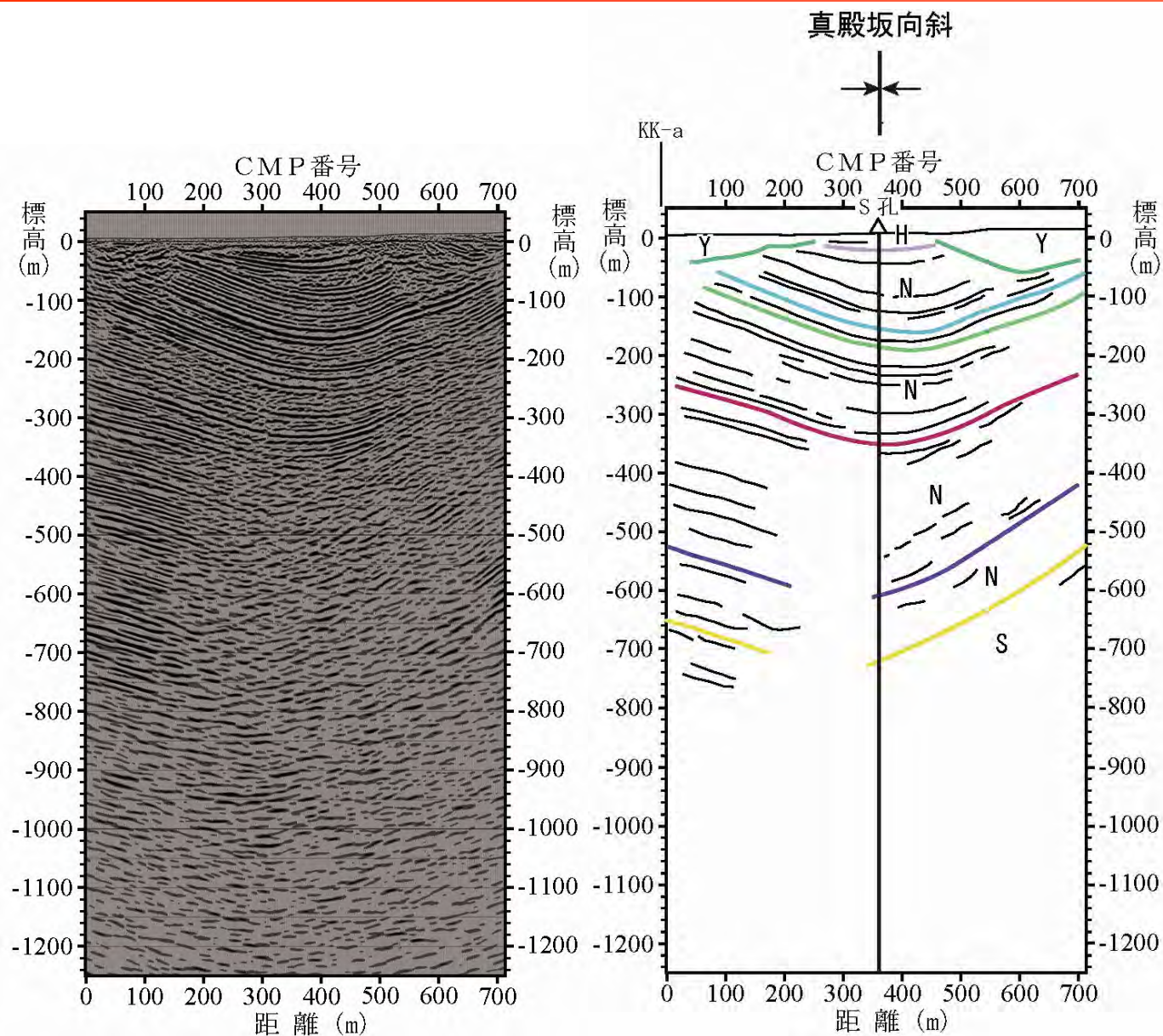
# 反射法地震探査結果 KK-f測線



- 凡例
- 古安田層以降の地層 (Y) —
  - 西山層 (N) — Nt16
  - Zn
  - 椎谷層 (S) —
- (註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

(縦：横＝1：1)

# 反射法地震探査結果 KK-1測線



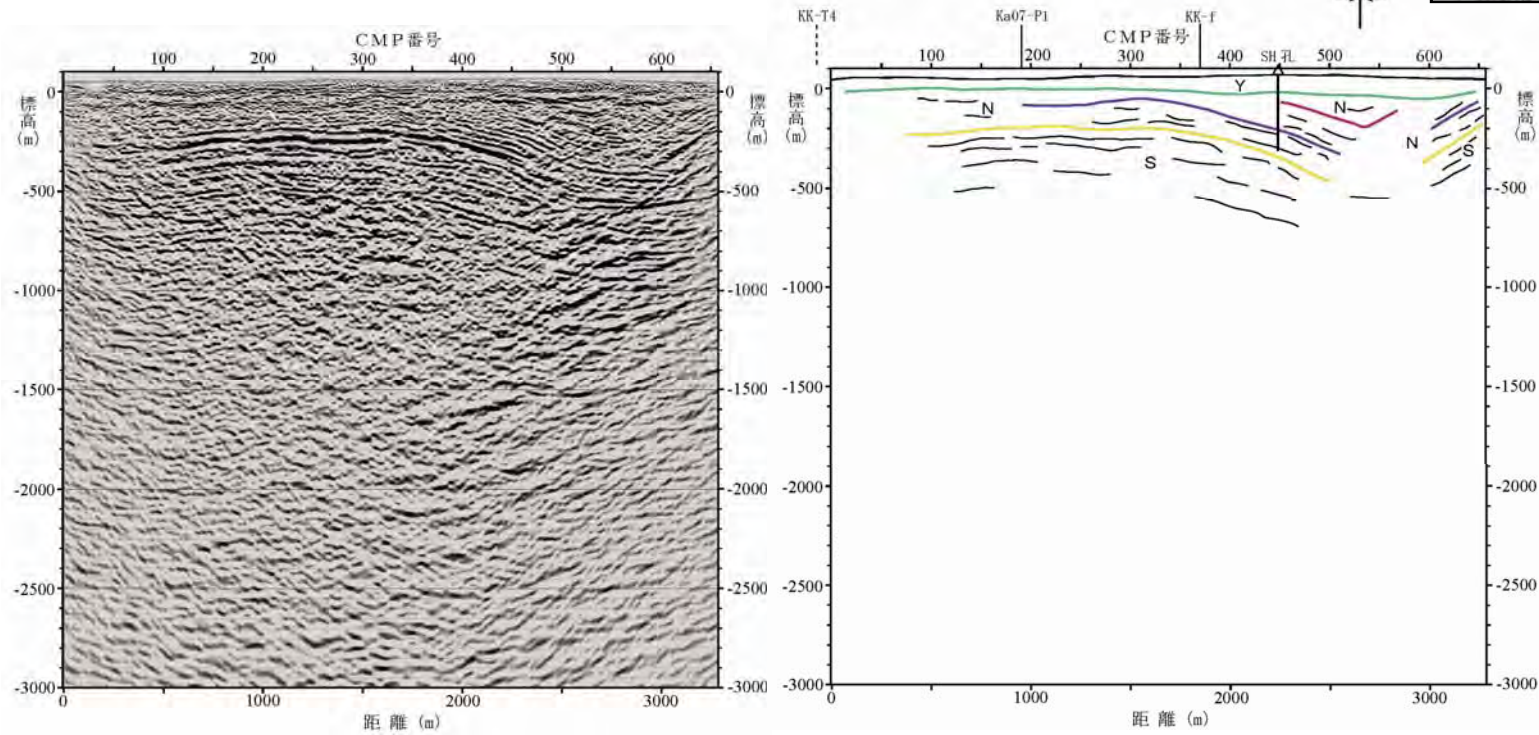
凡例

- 古安田層以降の地層 (Y)
  - 灰爪層 (H)
  - 西山層 (N)
  - 椎谷層 (S)
- Fup  
— Az  
— Nt16  
— Zn
- (註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか (1996) による

(縦：横 = 1 : 1)



# 反射法地震探査結果 KK-d測線

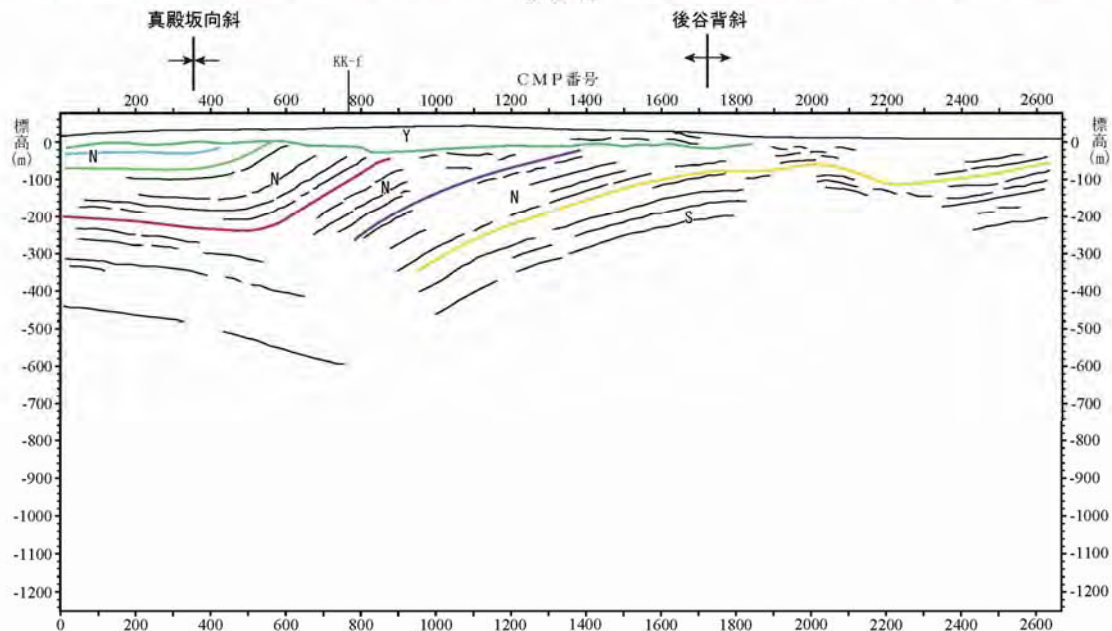
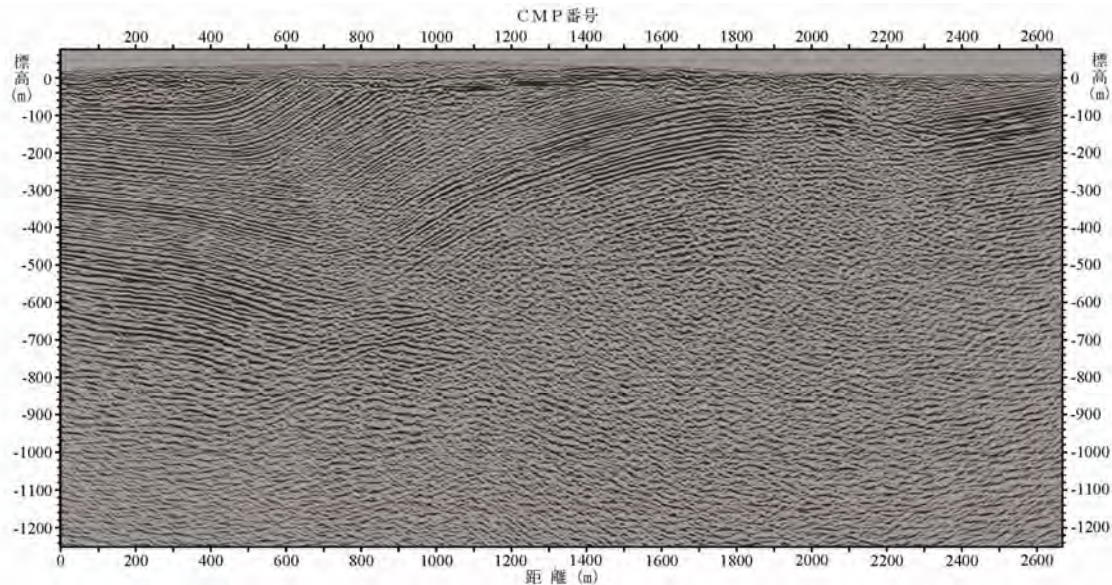


- 凡例
- 古安田層以降の地層 (Y)
  - 西山層 (N)      Nt16
  - Zn
  - 椎谷層 (S)
- (註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

(縦:横=1:1)



# 反射法地震探査結果 KK-2測線

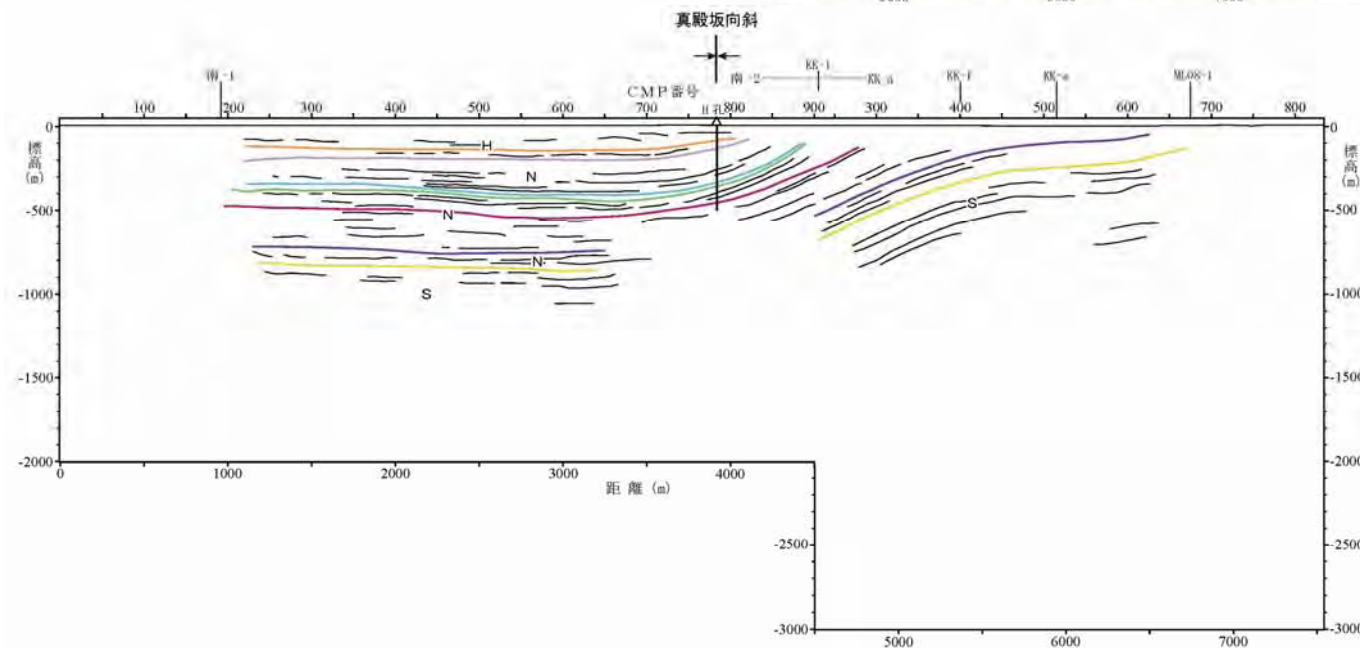
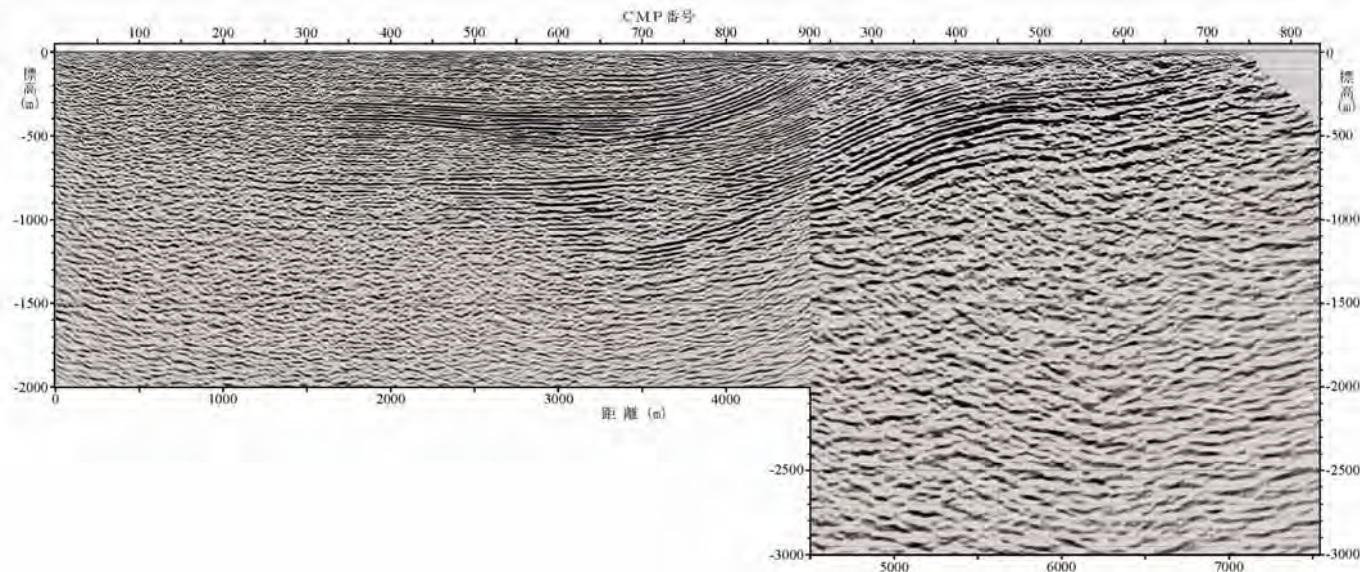


- 凡例
- 古安田層 (Y)
    - Fup
    - Az
  - 西山層 (N)
    - Nt16
    - Zn
  - 椎谷層 (S)

(註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか (1996) による

(縦：横 = 1 : 1)

# 反射法地震探査結果 南-2・KK-a測線



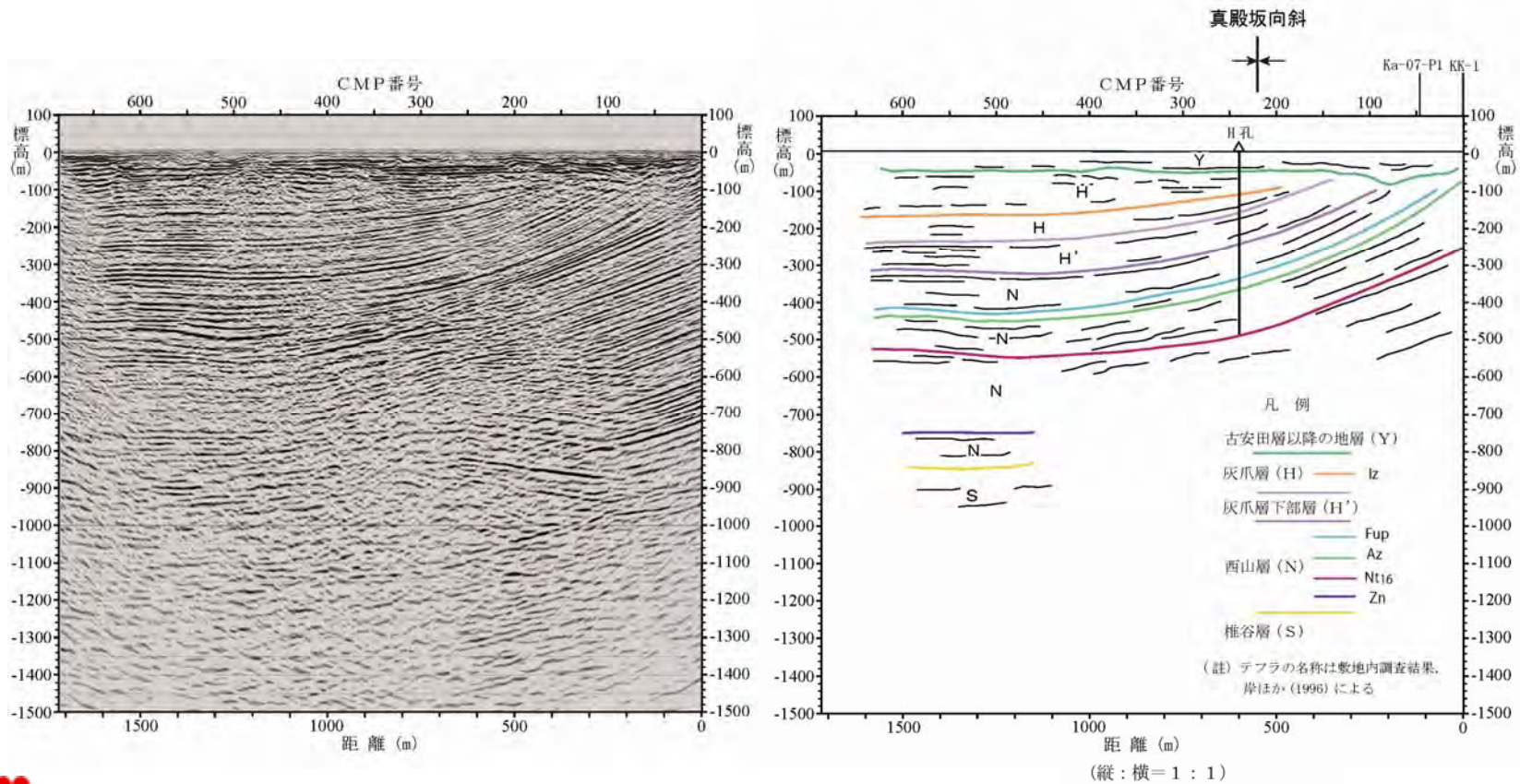
- 凡例
- 灰爪層 (H) ——— Iz
  - Fup
  - Az
  - 西山層 (N) ——— Nt16
  - Zn
  - 椎谷層 (S)

(註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

(縦：横=1：1)



# 反射法地震探査結果 KK-g測線



### 3. 地下構造調査結果の分析 小括

---

- 敷地及び敷地周辺における反射法探査やボーリング等の調査結果より、以下を確認
  - ・ 敷地周辺の地下構造において、深部の層境界が陸から海側に向かい深くなる傾向が認められること
  - ・ 敷地近傍の地下構造は、西山層以下の褶曲構造により特徴付けられること



- 
1. はじめに
  2. 地震観測記録の分析
  3. 地下構造調査結果の分析
  4. 地下構造モデルを用いた解析的検討
    - (1) 広域の地下構造モデルを用いた検討
    - (2) 敷地近傍の地下構造モデルを用いた検討
    - (3) 他機関による検討
  5. 基準地震動評価への反映事項

# 広域の地下構造モデルを用いた検討の概要

---

## ■敷地周辺広域の3次元地下構造モデルを用いた解析的検討

### ■検討目的

敷地周辺の広域における深部の地下構造の不整形性が、地震動の増幅特性に与える影響を検討

### ■地下構造のモデル化

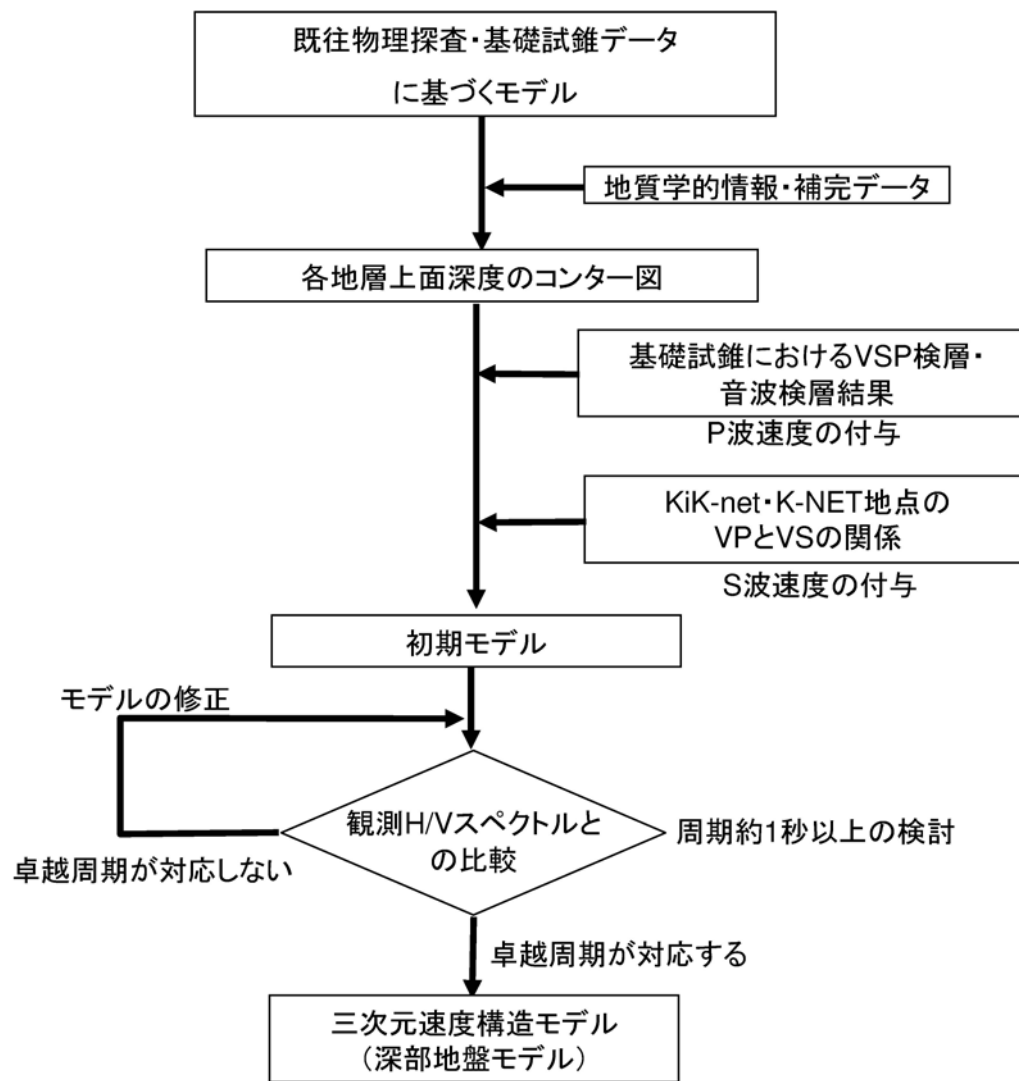
敷地周辺の広域の3次元地下構造が反映されたJNES(2005)による地下構造モデルに基づき設定

### ■検討内容

3次元有限差分法により、中越沖地震において観測された記録の中で最も振幅の大きかった第3アスペリティからの地震波を想定したシミュレーション解析を実施し、海域から到来する地震波の増幅特性について検討

# 広域の地下構造モデル JNES (2005)

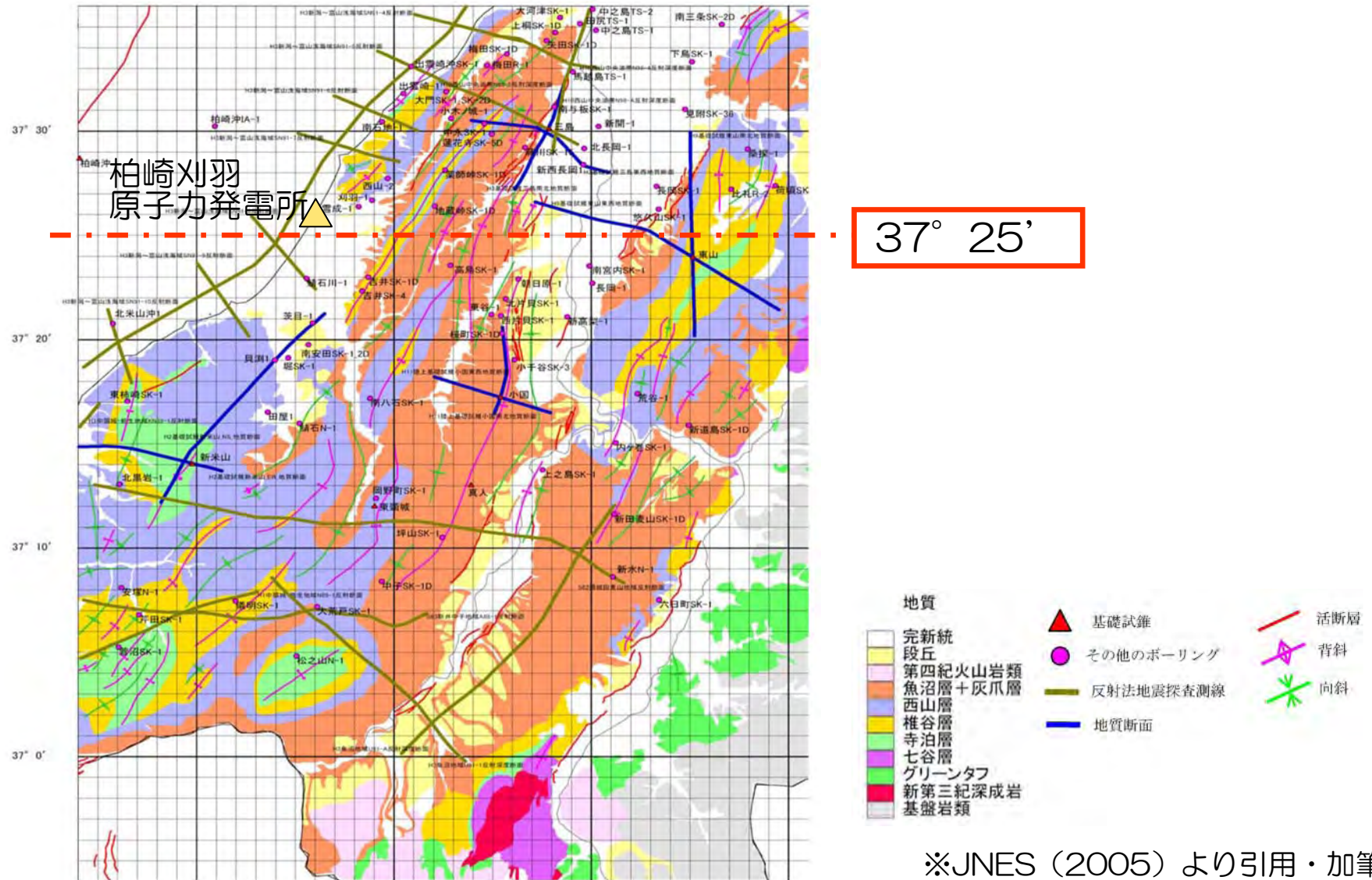
- 広域の地下構造モデルはJNES (2005) により以下の通り作成されている



※JNES (2005) より引用

# 広域の地下構造モデル

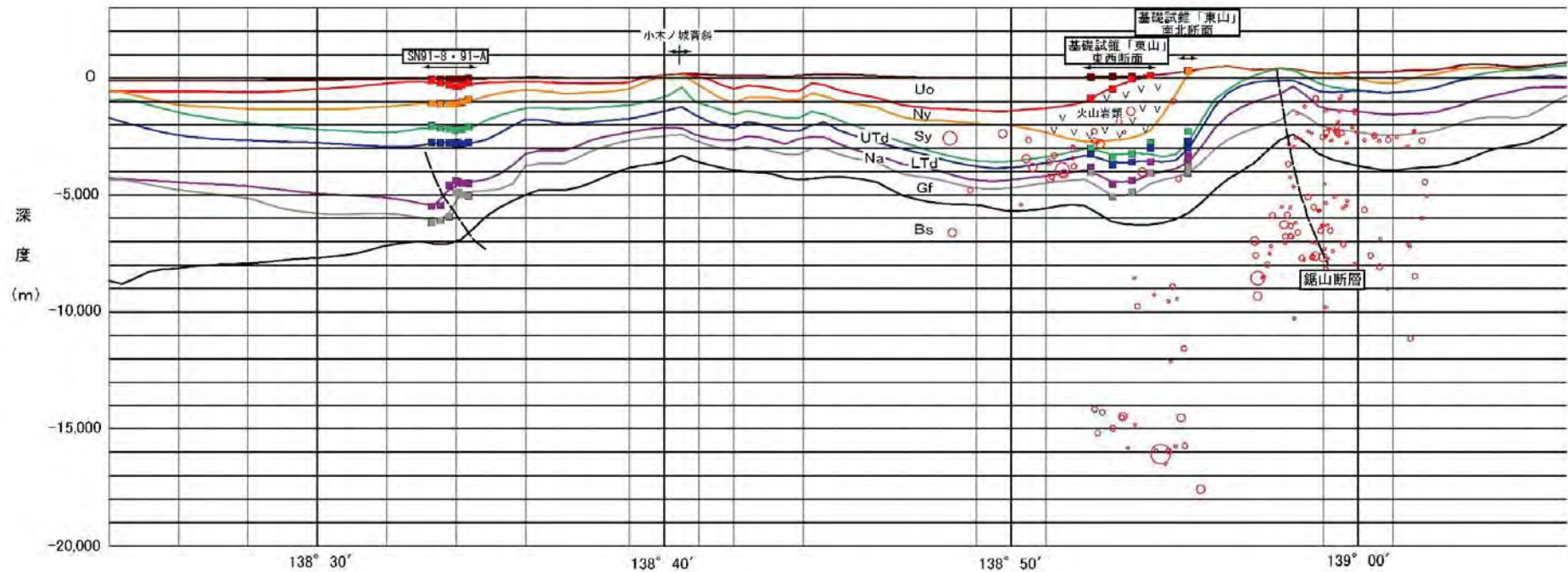
敷地周辺の地下構造調査結果に基づき、各地層境界の深度を推定





# 広域の地下構造モデル

- 敷地周辺の地下構造調査結果に基づき、各地層境界の深度を推定



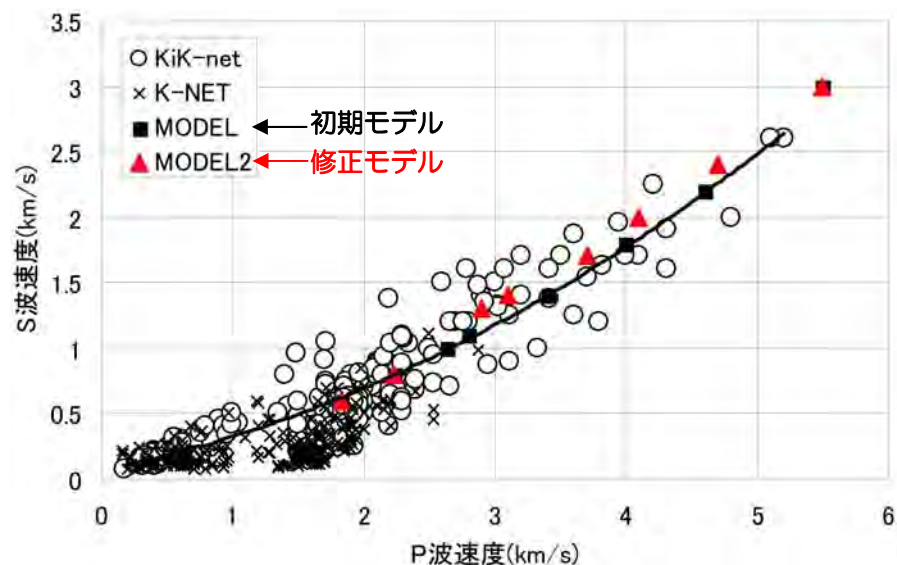
地質断面図（北緯37° 25'）

Uo：魚沼層群，Ny：西山層，Utd：上部寺泊層，LTd：下部寺泊層，  
Na：七谷層，Gf：グリーンタフ，Bs：基盤岩類

※JNES（2005）より引用

# 広域の地下構造モデル

- 初期モデルの速度構造は、検層データ等の分析結果より、速度区分・速度を設定
- P波速度を基礎試錐の音波検層結果から設定し、S波速度は以下のP波速度とS波速度の関係から設定



S波速度とP波速度の関係

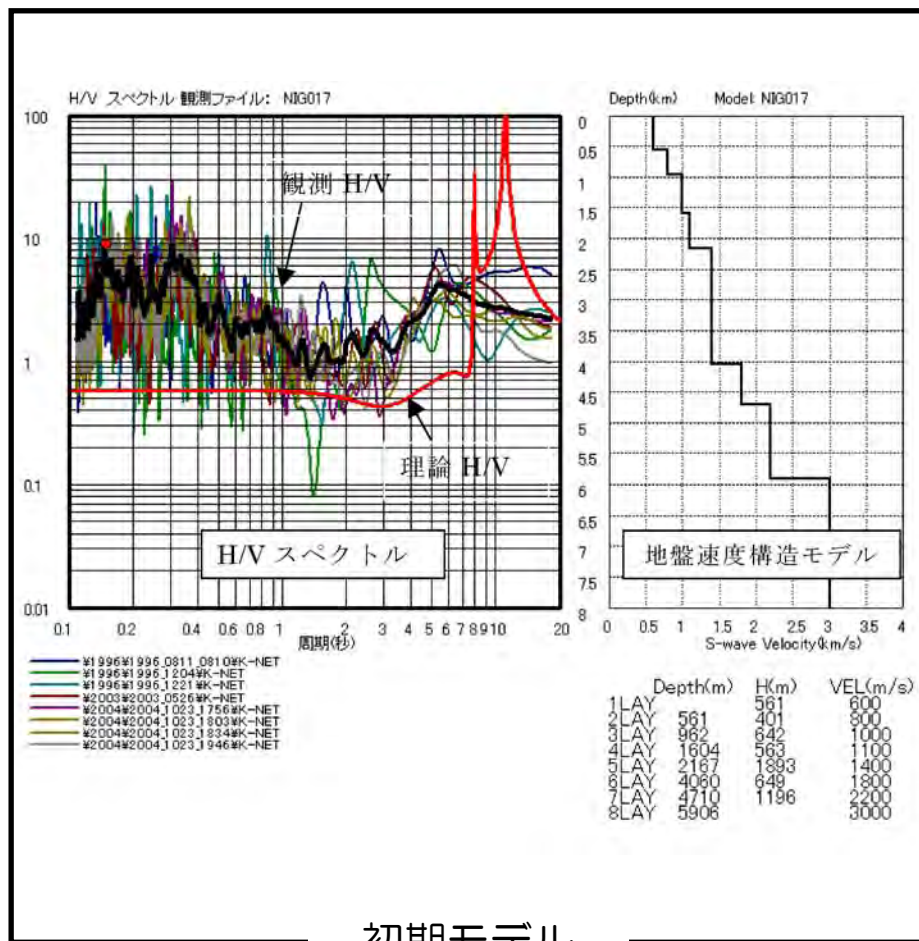
設定された速度

|        | P波速度<br>(km/s) | S波速度<br>(km/s) | 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 風化帯の厚さ<br>(m) |
|--------|----------------|----------------|-------------------------|---------------|
| 魚沼層群   | 1.8            | 0.6            | 1.90                    | -             |
|        | 2.2            | 0.8            | 2.05                    | -             |
|        | 2.6 (2.9)      | 1.0 (1.3)      | 2.15 (2.20)             | -             |
| 西山層    | 2.8 (3.1)      | 1.1 (1.4)      | 2.20 (2.25)             | -             |
| 椎谷層    | 3.3 (3.7)      | 1.4 (1.7)      | 2.30 (2.35)             | -             |
| 上部寺泊層  | 3.4 (3.7)      | 1.4 (1.7)      | 2.30 (2.35)             | -             |
| 下部寺泊層  | 4.0 (4.1)      | 1.8 (2.0)      | 2.40                    | -             |
| 七谷層    | 4.6 (4.7)      | 2.2 (2.4)      | 2.50                    | -             |
| グリーンタフ | 4.5 (4.7)      | 2.2 (2.4)      | 2.50                    | -             |
| 基盤岩類   | 5.5            | 3.0            | 2.65                    | 440           |

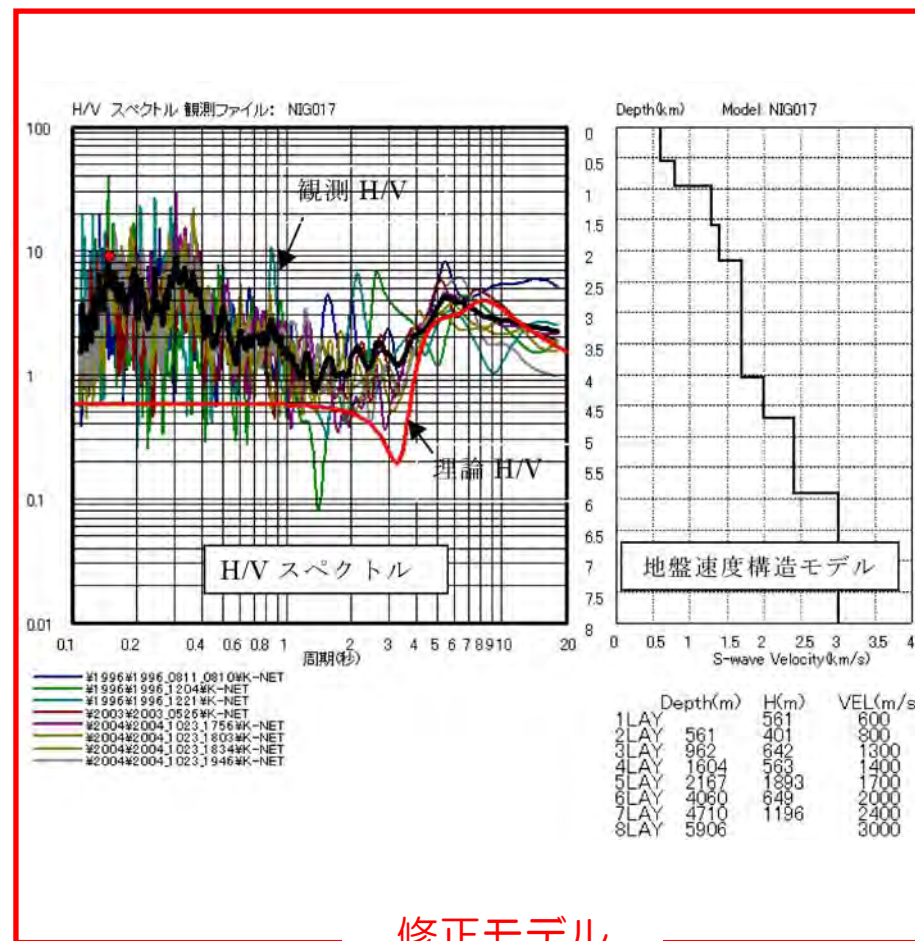
黒字：初期モデル，赤字：修正モデル

# 広域の地下構造モデル

- 初期モデルの速度構造を，H/Vスペクトルに基づき修正（NIGO17の例）



初期モデル



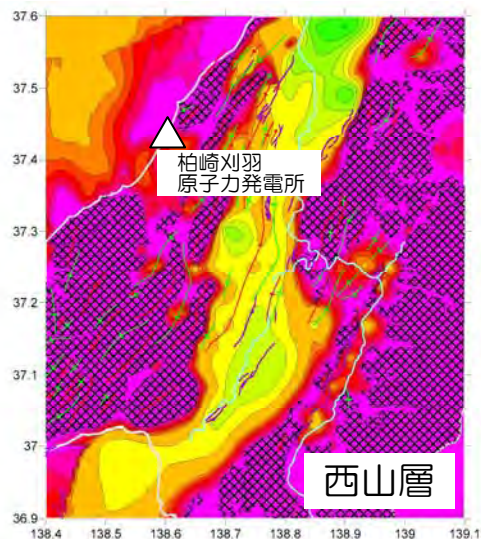
修正モデル

※JNES (2005) より引用

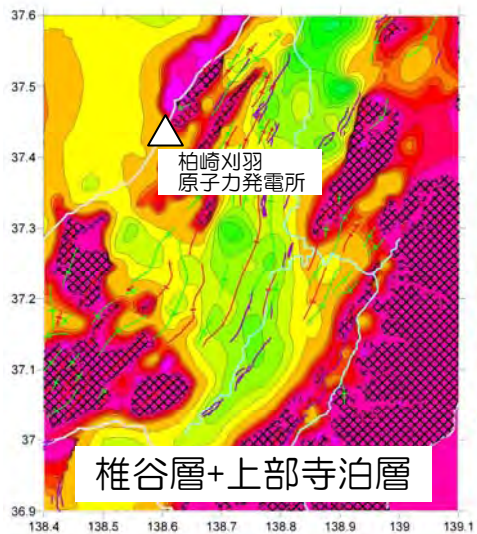


# 広域の地下構造モデル

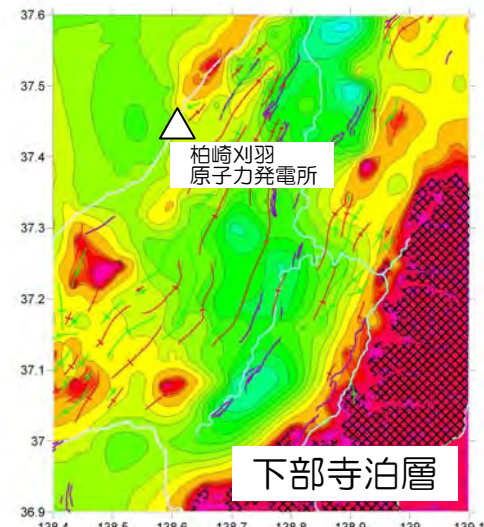
## 作成された地下構造モデル



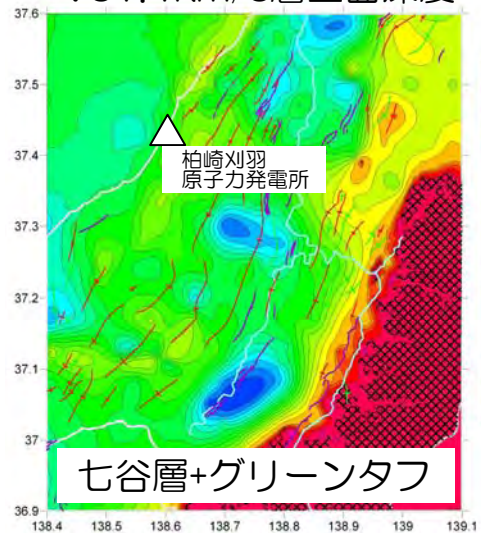
Vs1.4km/s層上面深度



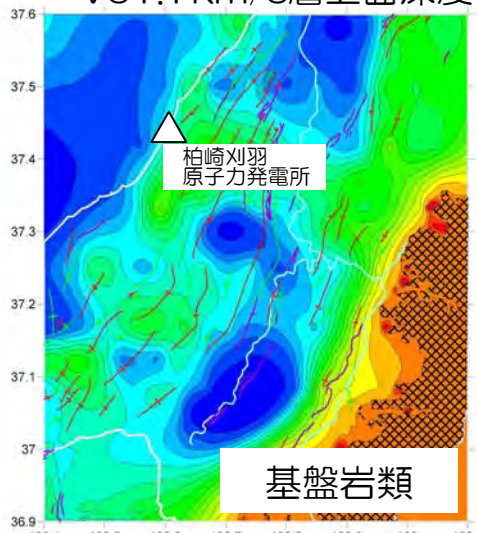
Vs1.7km/s層上面深度



Vs1.8km/s層上面深度



Vs2.4km/s層上面深度



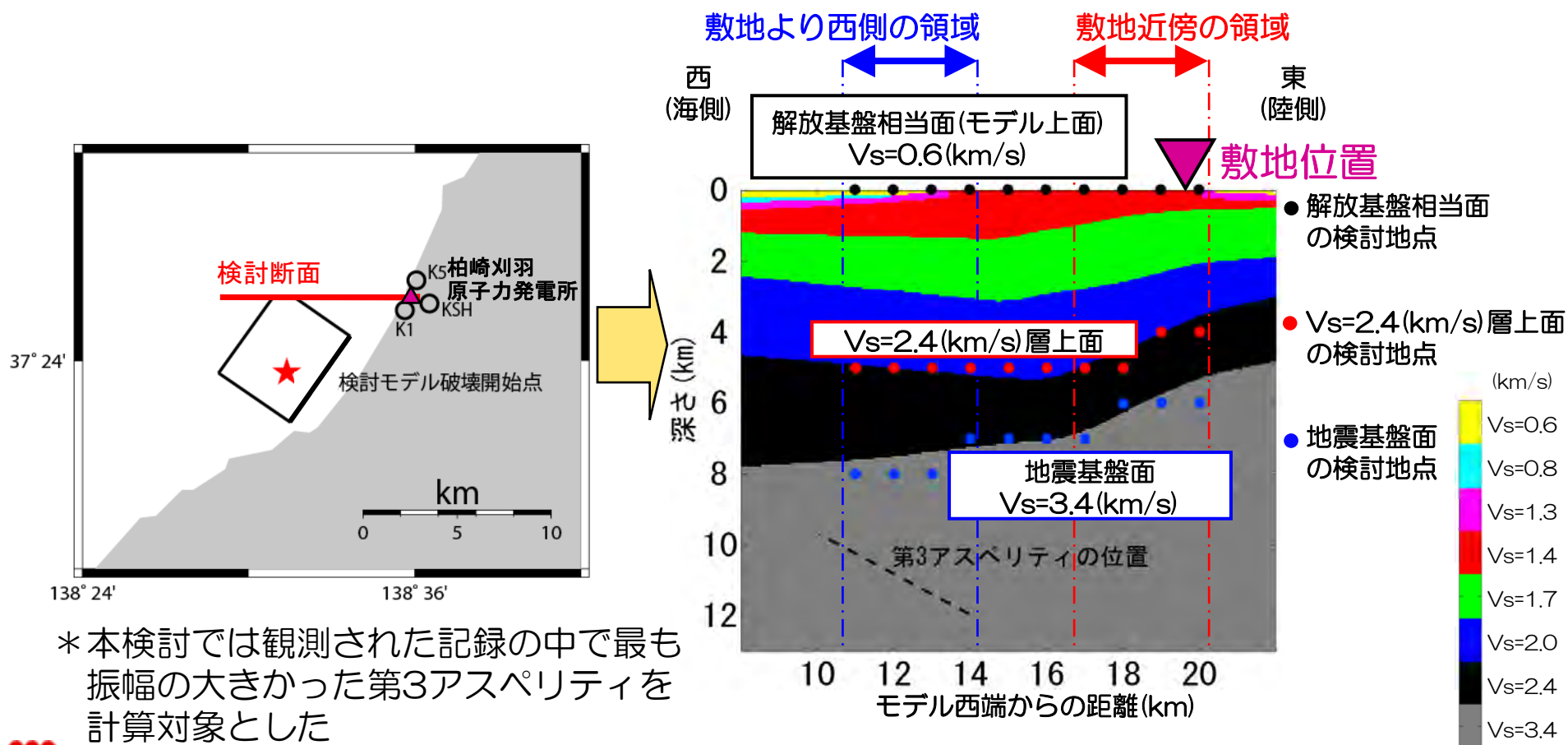
Vs3.0km/s層上面深度

※JNES (2005) より引用・加筆



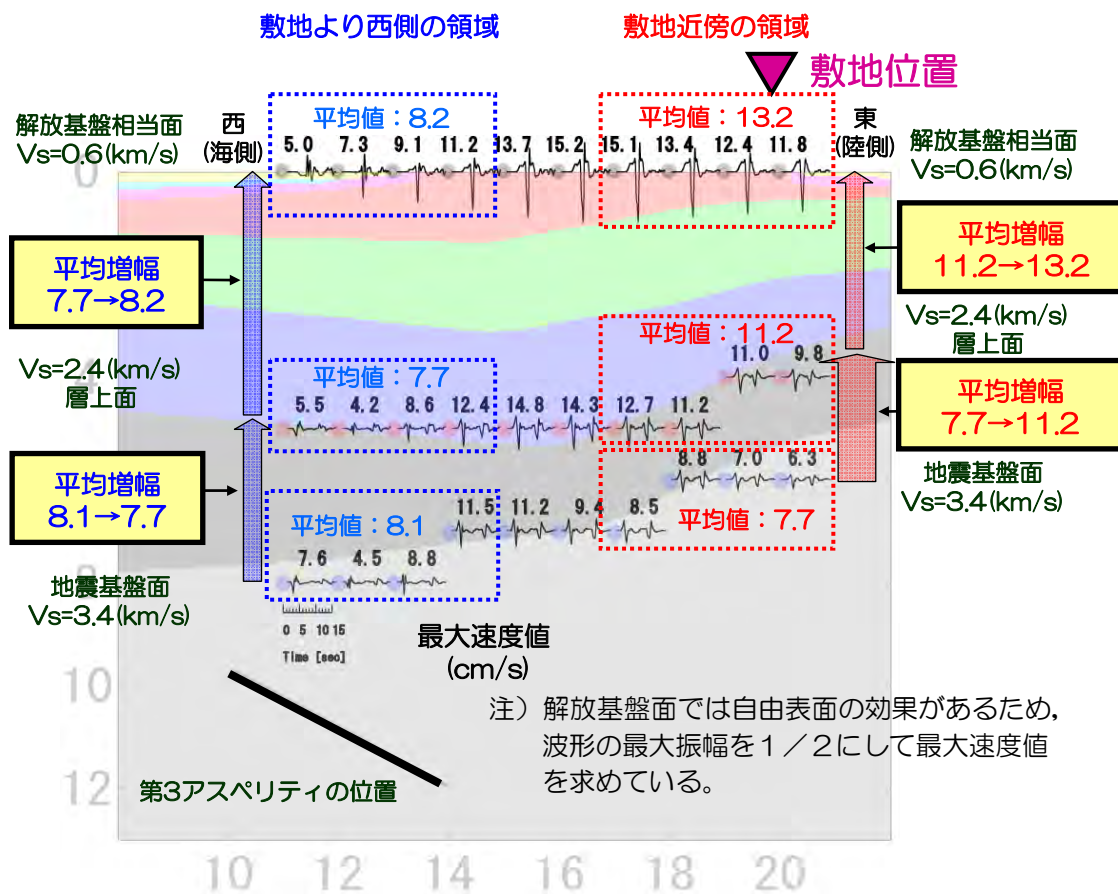
# 広域の3次元地下構造の影響検討

- 広域の3次元地下構造モデルを用いた解析を実施し、敷地を東端とする東西断面において、地震基盤面、 $V_s=2.4$ (km/s)層上面、解放基盤相当面の3つの深度で速度波形を抽出
- 地下構造の水平方向の変化が大きい敷地近傍の領域と、水平方向の変化が小さい敷地より西側の領域で、地震基盤から解放基盤までの増幅率を比較

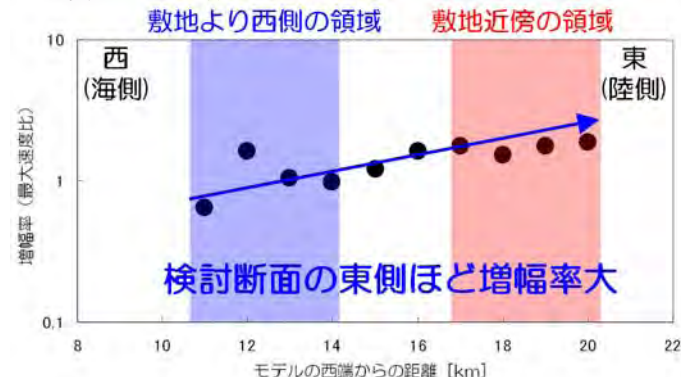


\* 本検討では観測された記録の中で最も振幅の大きかった第3アスペリティを計算対象とした

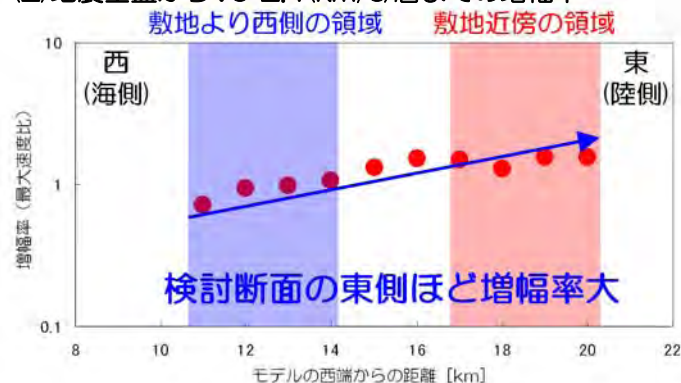
# 広域の3次元地下構造モデルを用いて計算した増幅率



(1) 地震基盤から解放基盤までの増幅率



(2) 地震基盤からVs=2.4(km/s)層までの増幅率



地震基盤から解放基盤までの増幅率  
敷地より西側の領域 : 敷地が位置する領域  
1.0 : 1.7

- 最大速度値から増幅率を比較すると、敷地近傍の領域の方が西側の領域と比べ増幅率が大きくなる
- 敷地近傍の領域の方が、地下構造の水平方向の変化が大きく、その違いが増幅率に影響していると考えられる

- 
1. はじめに
  2. 地震観測記録の分析
  3. 地下構造調査結果の分析
  4. 地下構造モデルを用いた解析的検討
    - (1) 広域の地下構造モデルを用いた検討
    - (2) 敷地近傍の地下構造モデルを用いた検討
    - (3) 他機関による検討
  5. 基準地震動評価への反映事項

## ■検討目的

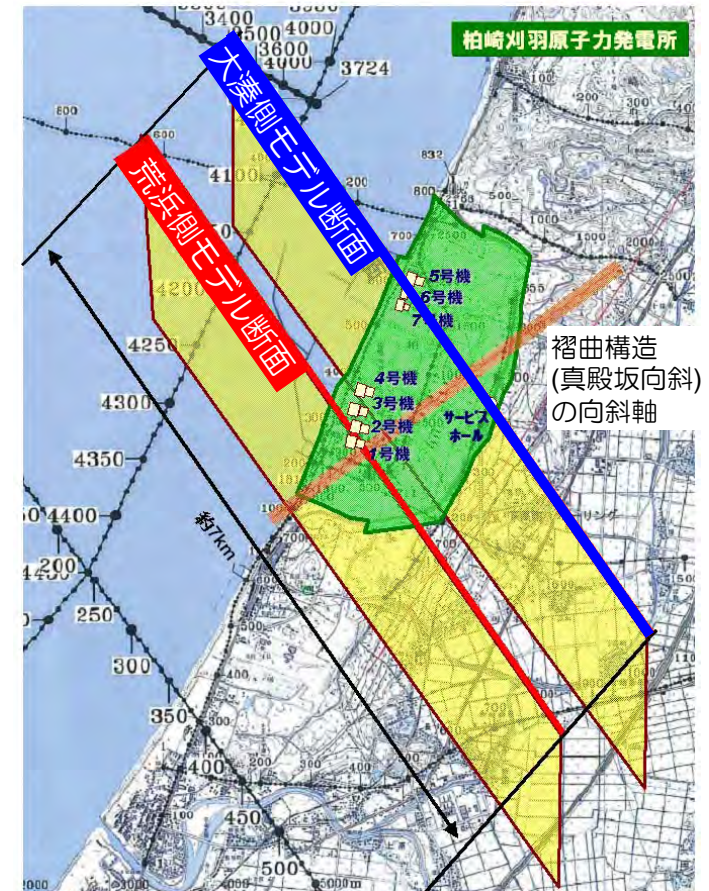
敷地直下に存在する褶曲構造が，敷地における地震波の増幅特性に与える影響を検討

## ■地下構造のモデル化

敷地及び敷地周辺で実施した地下構造調査結果及び小林ほか（1995）による既往の地質調査資料などを用いて，敷地近傍の2次元地下構造を荒浜側と大湊側でそれぞれモデル化  
なお，断面は真殿坂向斜の向斜軸にほぼ直交する方向に設定

## ■検討方法

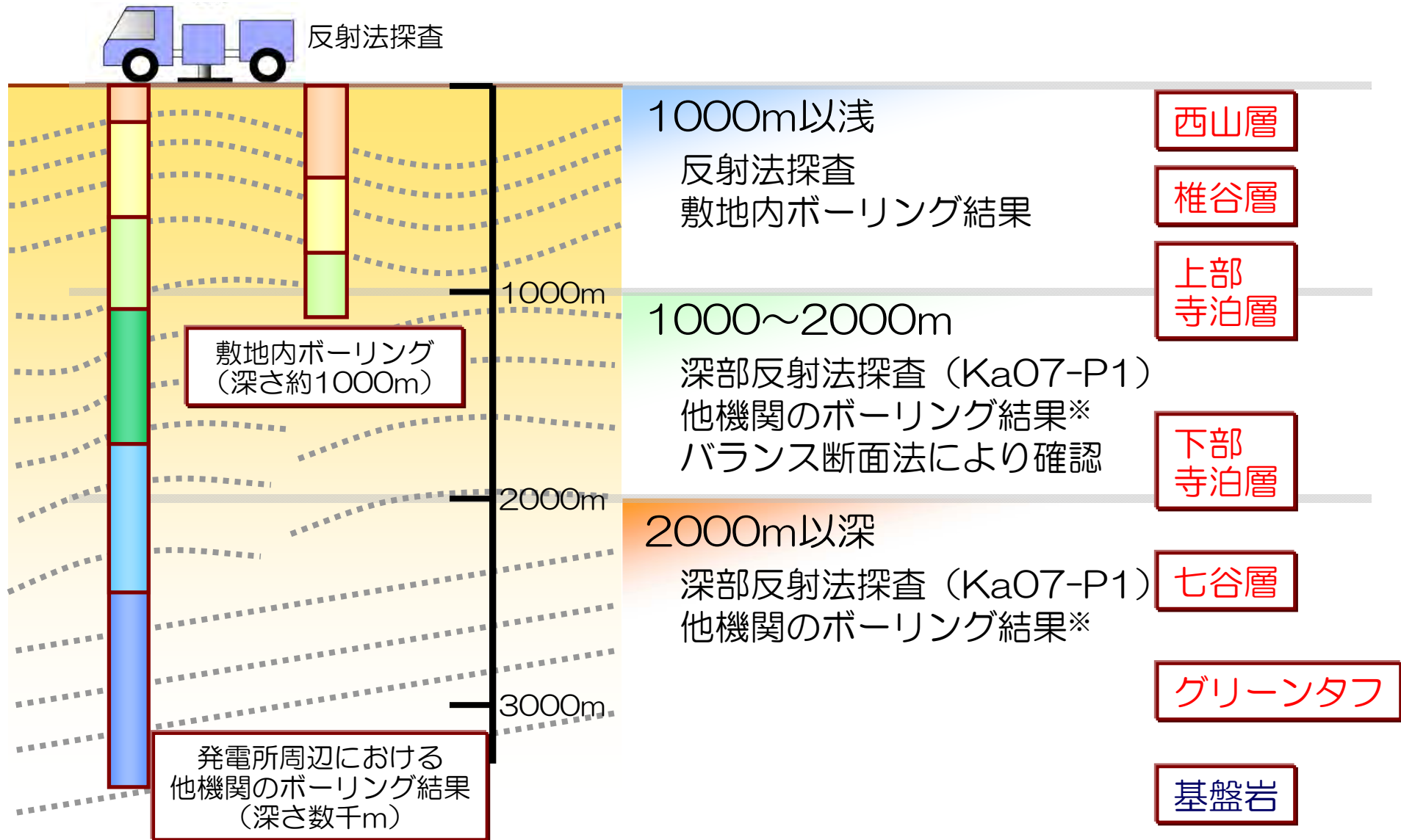
2次元地下構造モデルの妥当性を確認した上で，入射角の他にモデル断面に対する，入射波の方位角を考慮した有限要素法（2.5次元）により，到来方向別の増幅特性について検討



2次元地下構造モデルのイメージ図



# 地下構造モデルの作成 モデル化に使用した情報



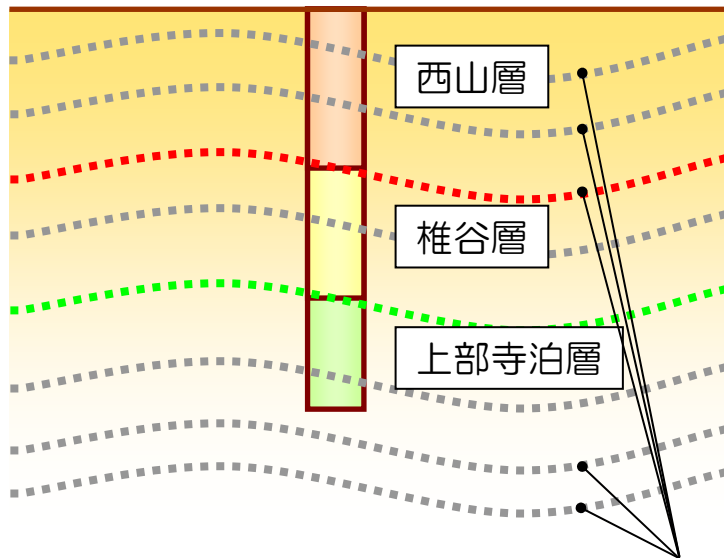
※小林ほか (1995)

# 地下構造モデルの作成 モデル化の方法①

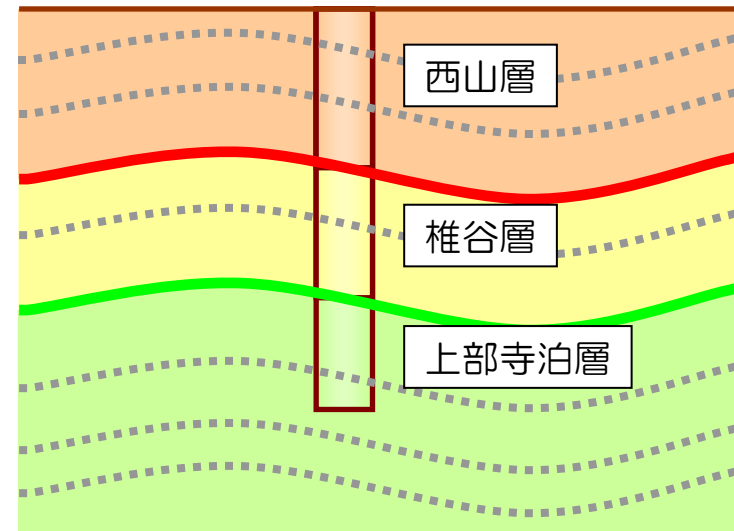
## ■ 1000m以浅のモデル化（椎谷層・上部寺泊層の上面を決定）

- 敷地内ボーリング結果より層境界を設定
- 反射法探査の反射断面に基づき地質構造を設定

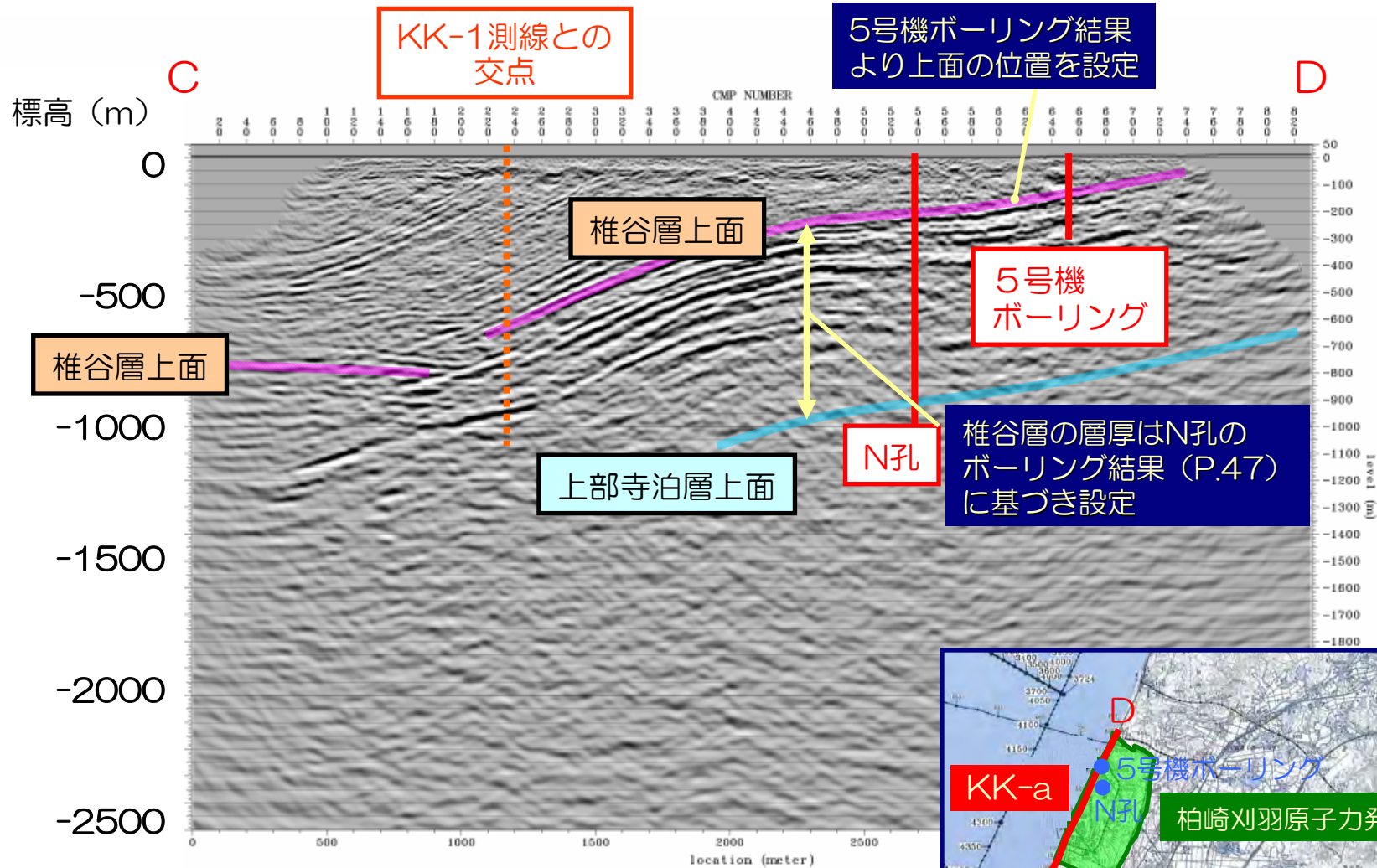
ボーリング結果



反射法探査による  
地中の反射面



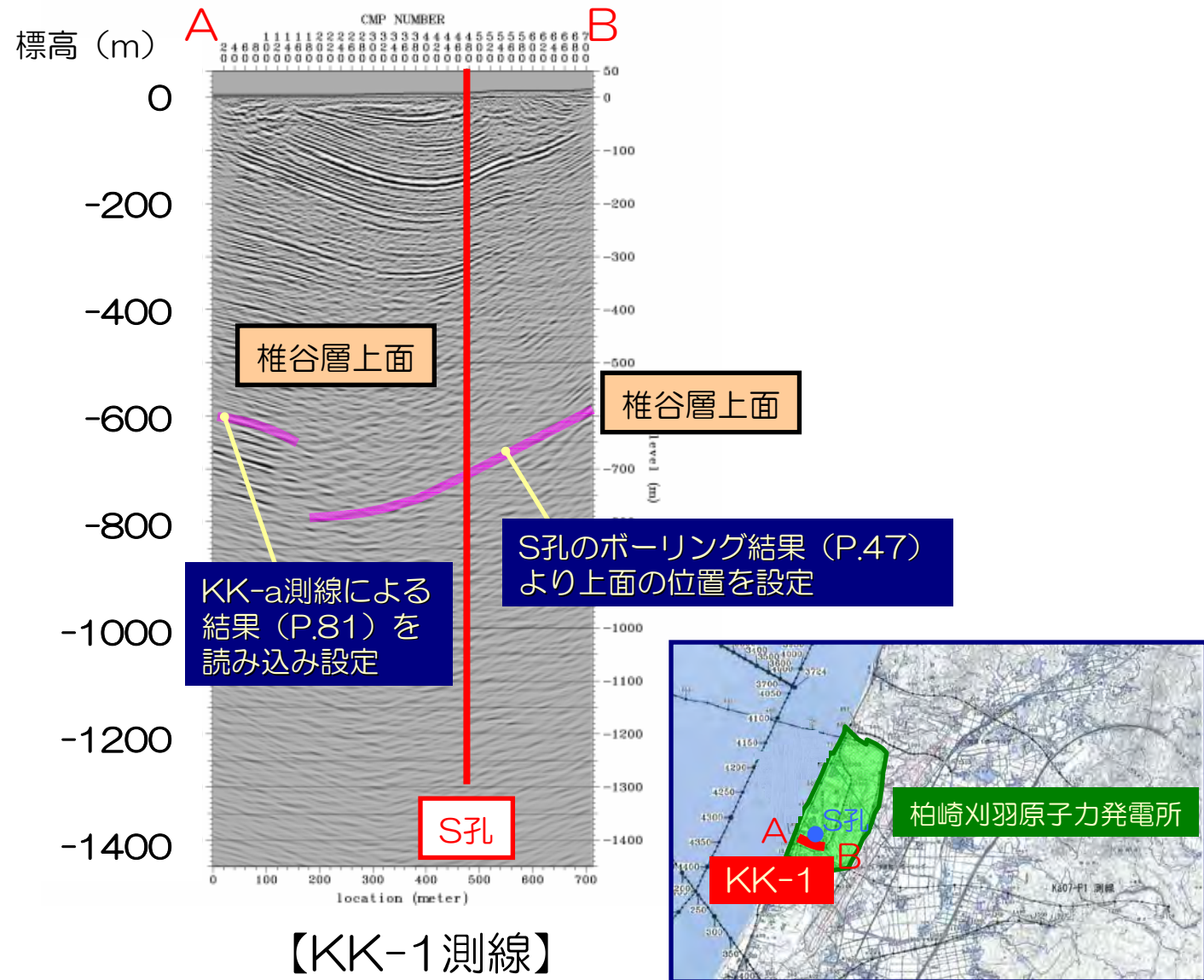
# 地下構造モデルの作成 モデル化の方法①



【KK-a測線】



# 地下構造モデルの作成 モデル化の方法①



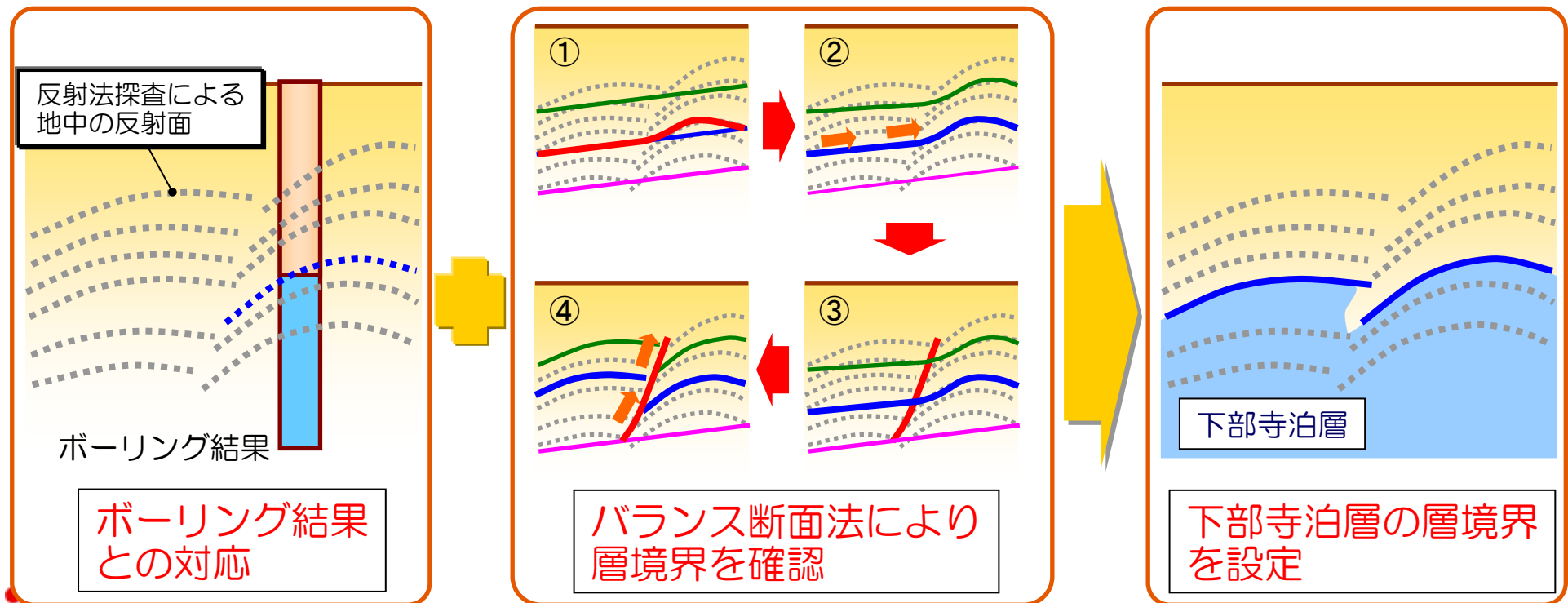


# 地下構造モデルの作成 モデル化の方法②

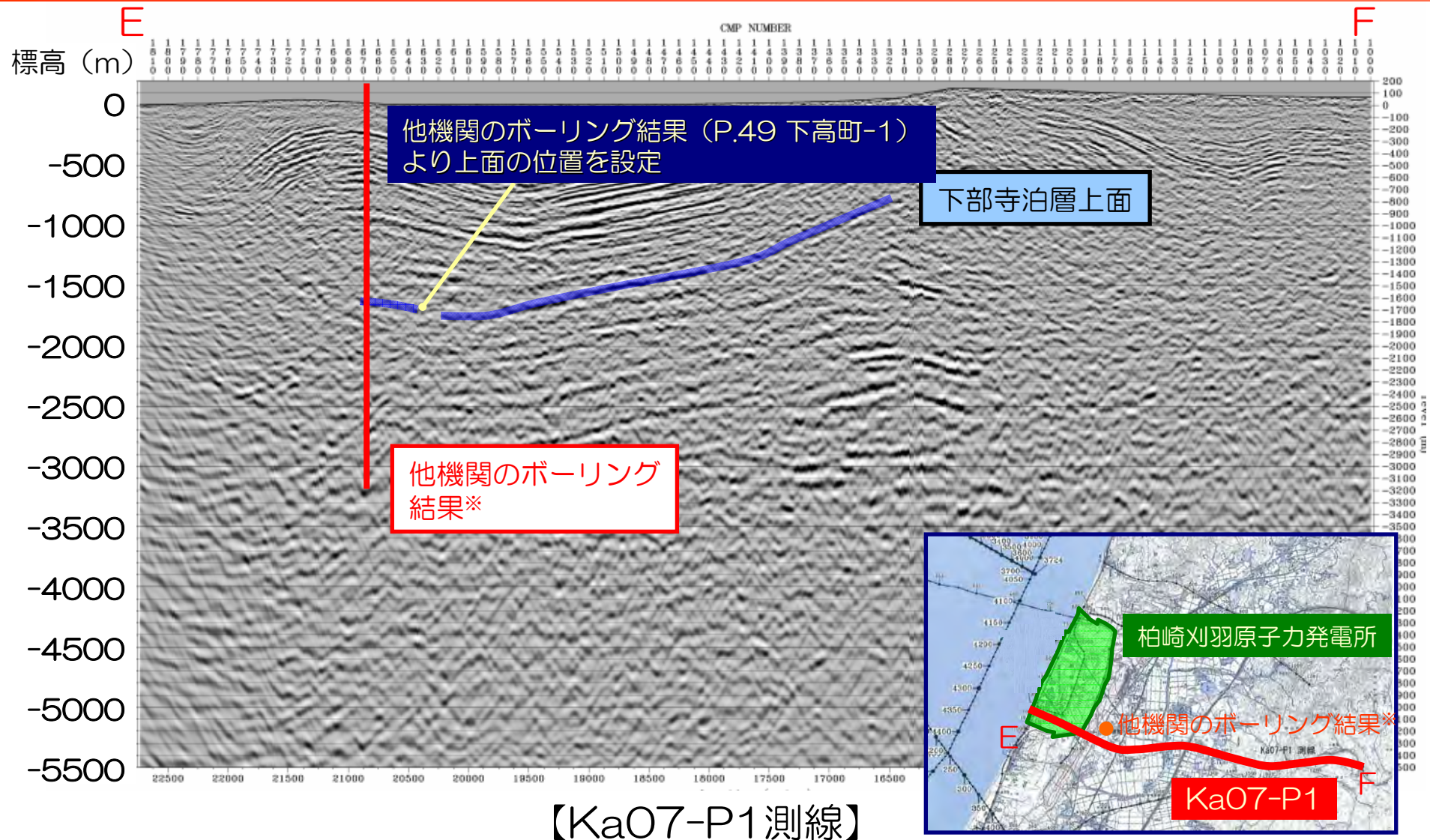
■ 1000～2000mのモデル化（下部寺泊層の上面を決定）

- 他機関のボーリング結果※により層境界を設定
- 深部反射法探査の反射断面に基づき地質構造を設定
- 反射断面により推定できない領域は、バランス断面法により補完

※小林ほか（1995）



# 地下構造モデルの作成 モデル化の方法②



※小林ほか (1995)

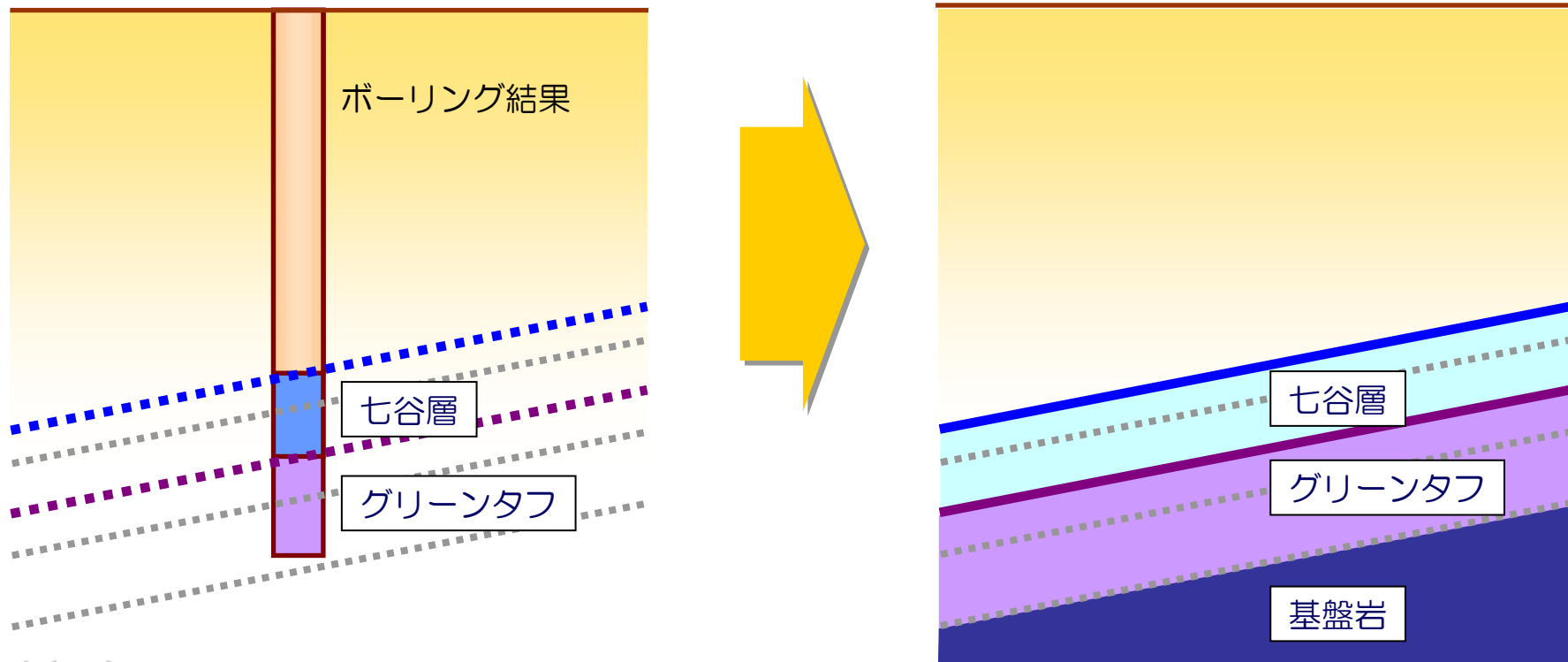
■ バランス断面法による結果と併せて下部寺泊層の層境界を設定。

## 地下構造モデルの作成 モデル化の方法③

### ■2000m以深のモデル化（七谷層・グリーンタフ・基盤岩の上面を決定）

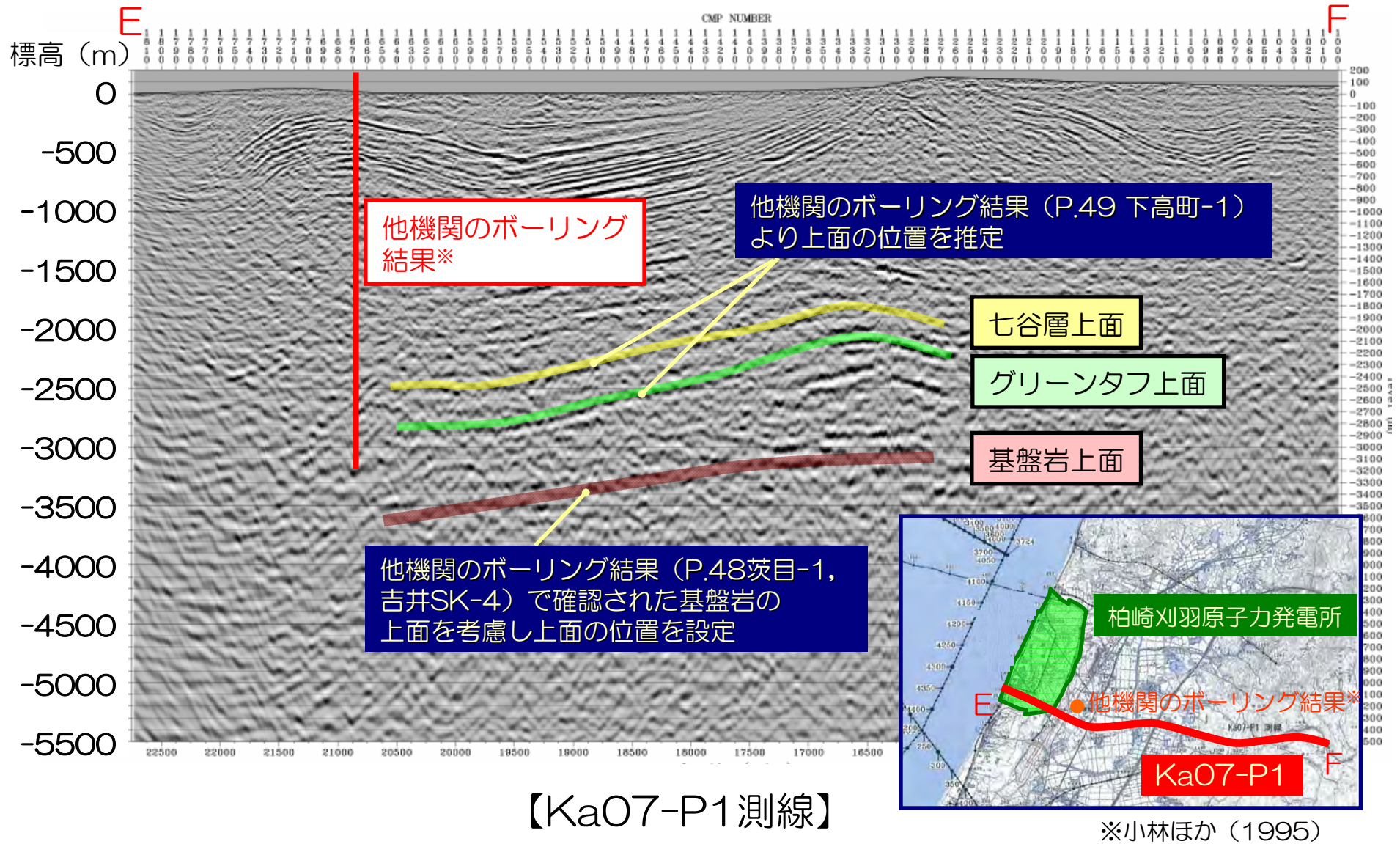
- 緩やかに傾斜した平行成層地盤と仮定
- 他機関のボーリング結果※（P.48 茨目-1，吉井SK-4）により層境界を設定
- 深部反射法探査による反射断面により地質構造を設定

※小林ほか（1995）





# 地下構造モデルの作成 モデル化の方法③

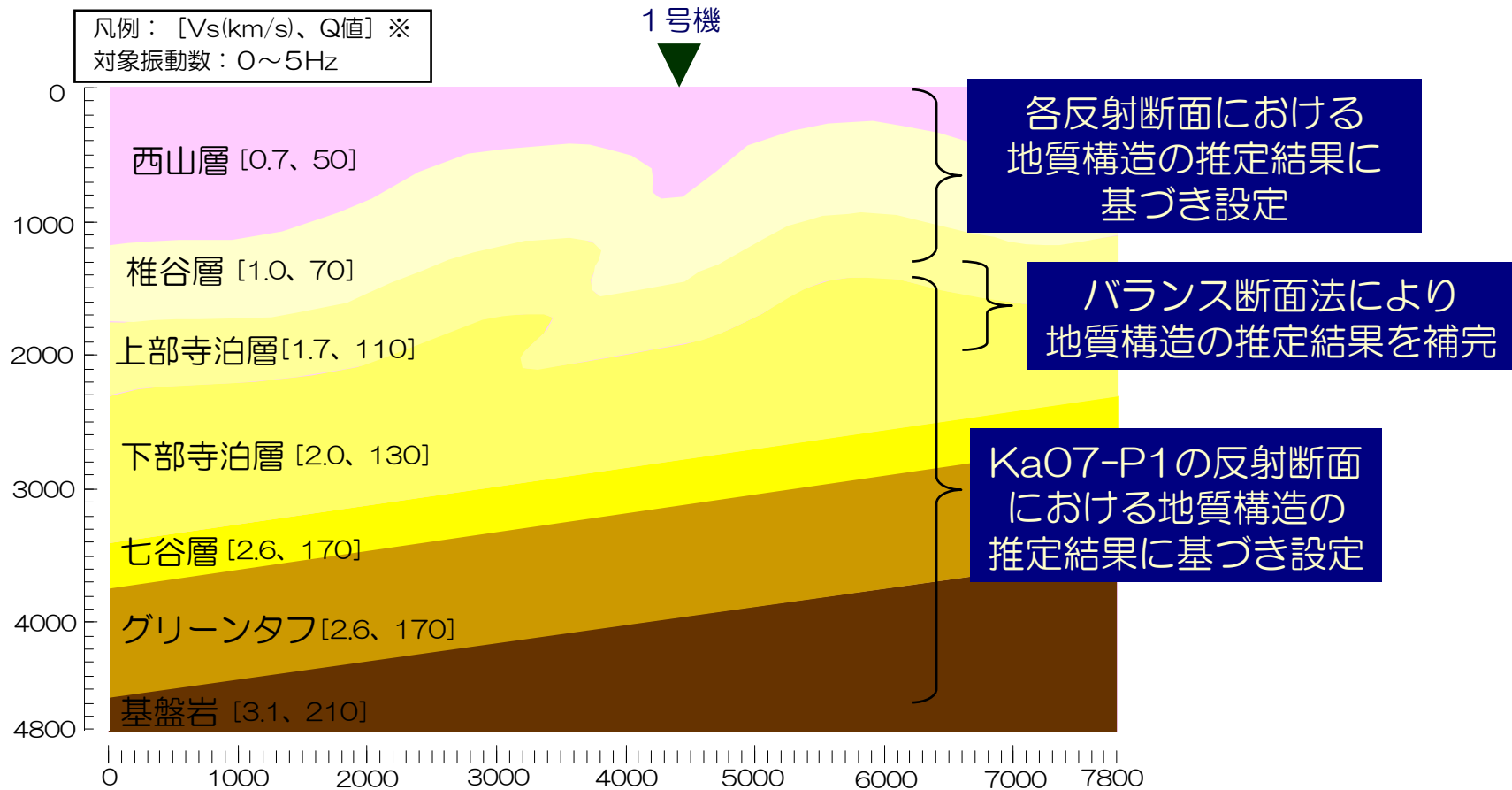


■ 地層境界は大局的には緩やかに西に傾斜している傾向が確認できる。



# 地下構造モデルの作成 荒浜側モデル断面

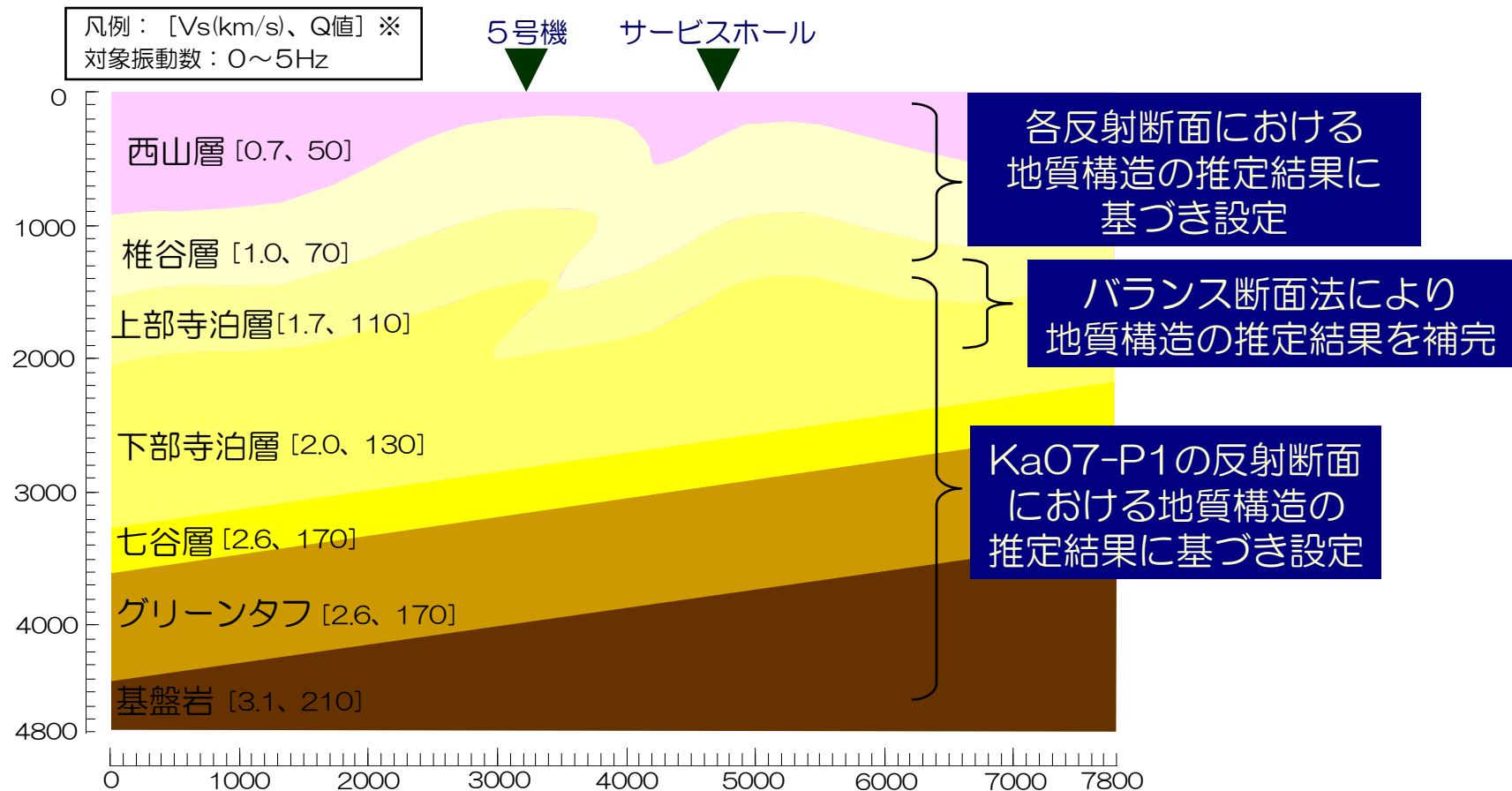
■推定された地下構造を、解析断面に投影し、地下構造モデルを作成



※速度構造は、水平／上下スペクトル振幅比とレシーバー関数を用いた逆解析により設定  
また減衰（Q値）は算定式（ $Q=Vs/15$ ）より設定

# 地下構造モデルの作成 大湊側モデル断面

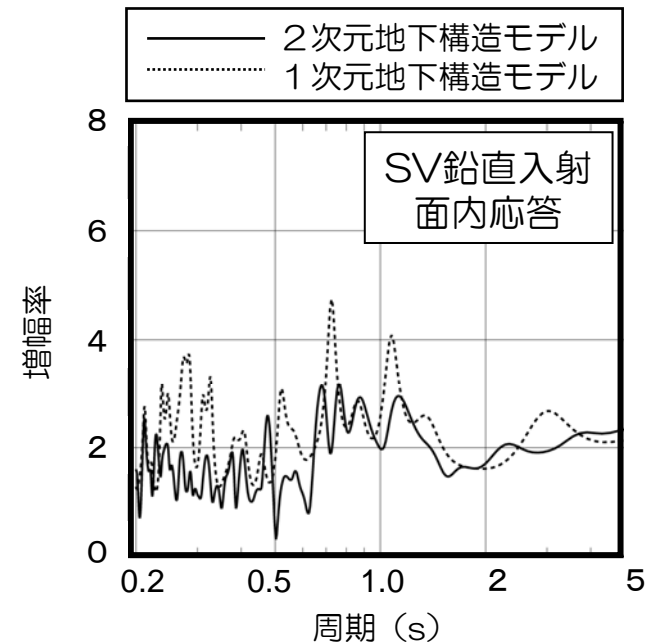
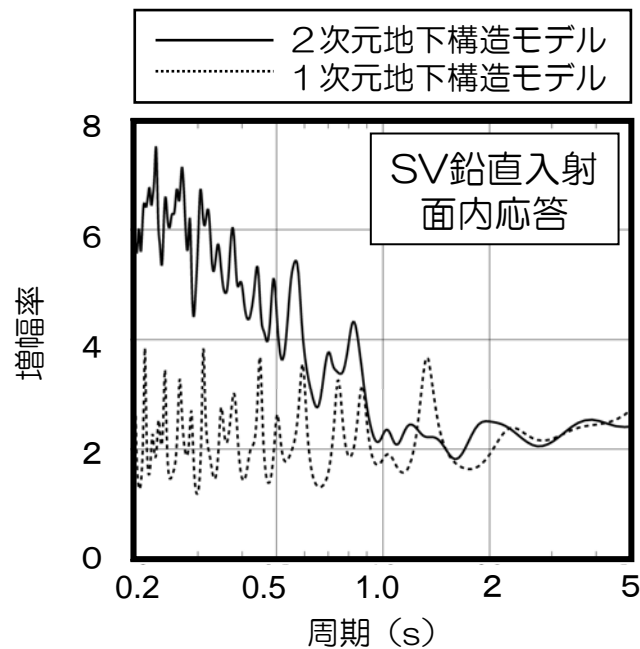
■推定された地下構造を、解析断面に投影し、地下構造モデルを作成



※速度構造は、水平／上下スペクトル振幅比とレシーバー関数を用いた逆解析により設定  
また減衰（Q値）は算定式（ $Q=Vs/15$ ）より設定

# 地下構造モデルの検証 基本特性の検討 渡辺ほか (2011)

- 2次元地下構造モデルによる増幅率と1次元地下構造モデル※による増幅率を比較することで、不整形の影響を検討



1次元地下構造モデル < 2次元地下構造モデル

1号機地点

1次元地下構造モデル > 2次元地下構造モデル

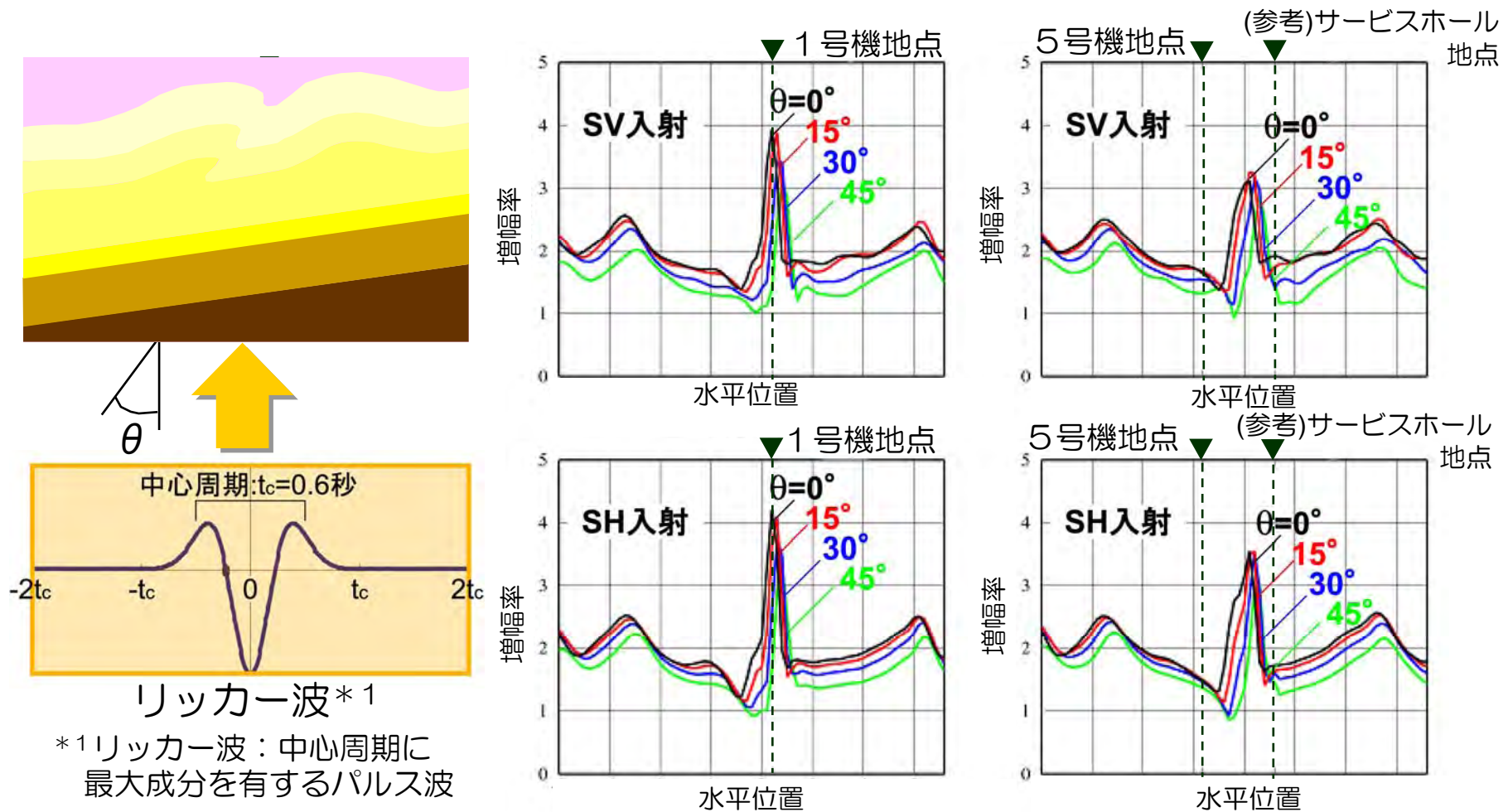
5号機地点

- 1号機地点は不整形の影響が大きい

※2次元地下構造モデルにおける1号機地点及び5号機地点直下の構造から作成

# 地下構造モデルの検証 基本特性の検討

■ 中心周期0.6秒リックカー波\*1を入射し、解放基盤表面の最大応答を検討（ $\theta$ ：入射角）



リックカー波\*1

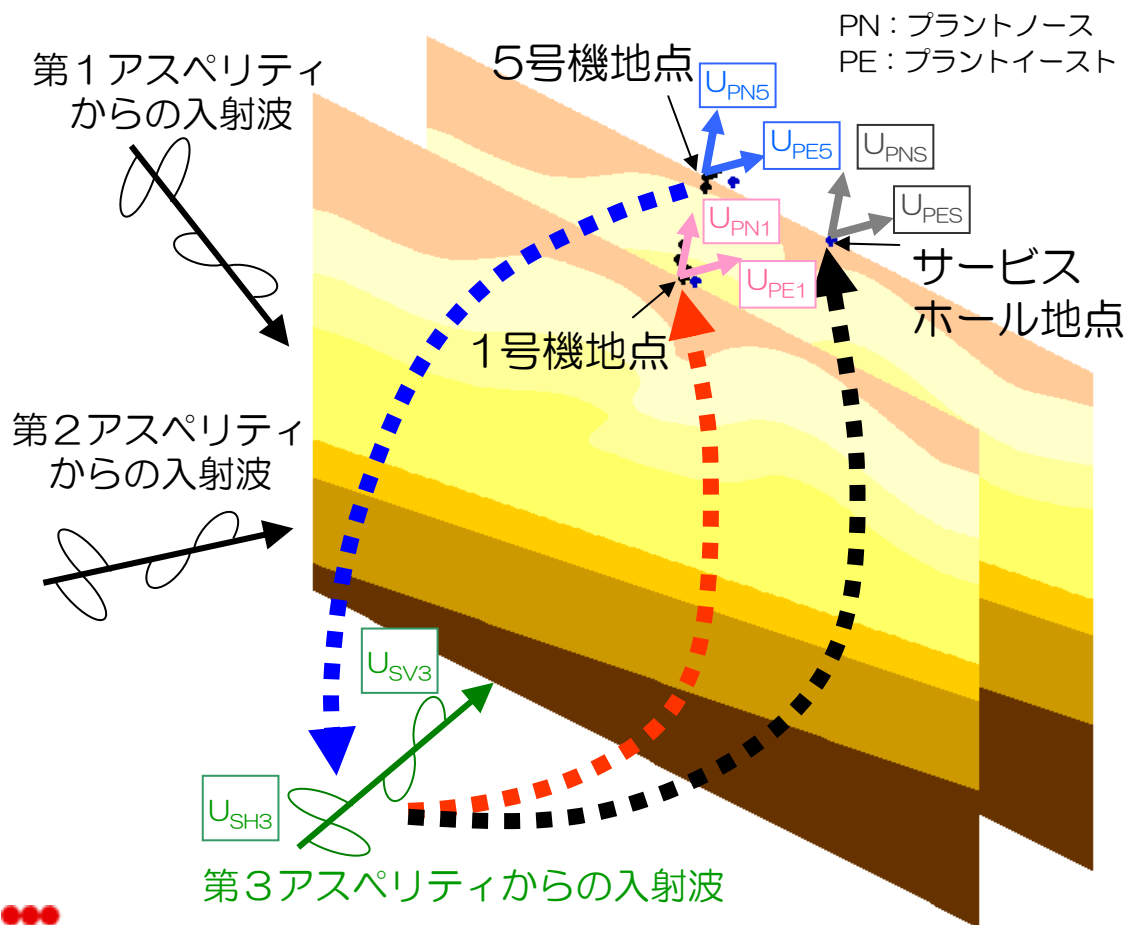
\*1リックカー波：中心周期に最大成分を有するパルス波

■ 1号機地点はピーク位置に対応するが、5号機・サービスホール地点はずれている



# 地下構造モデルの検証 中越沖地震の再現性の検討 渡辺ほか (2011)

- 敷地近傍の地下構造モデルを用いた中越沖地震の解析結果と観測記録とを比較することで、地下構造モデルの妥当性を検証
- 5号機地点の解放基盤波から逆算された入射波を用いて、1号機地点の地盤応答を評価し、1号機地点の解放基盤波の再現性について確認
- 解析方法 (第3アスペリティの例)



## 入射波の算定

既知

$$\begin{Bmatrix} U_{PN5} \\ U_{PE5} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{NV5} & S_{NH5} \\ S_{EV5} & S_{EH5} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{SV3} \\ U_{SH3} \end{Bmatrix}$$

5号機地点の推定波      FEMによる伝達関数      入射波を逆算

## 1号機地点の地盤応答の算定

$$\begin{Bmatrix} U_{PN1} \\ U_{PE1} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{NV1} & S_{NH1} \\ S_{EV1} & S_{EH1} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{SV3} \\ U_{SH3} \end{Bmatrix}$$

1号機地点の地盤応答      FEMによる伝達関数      入射波

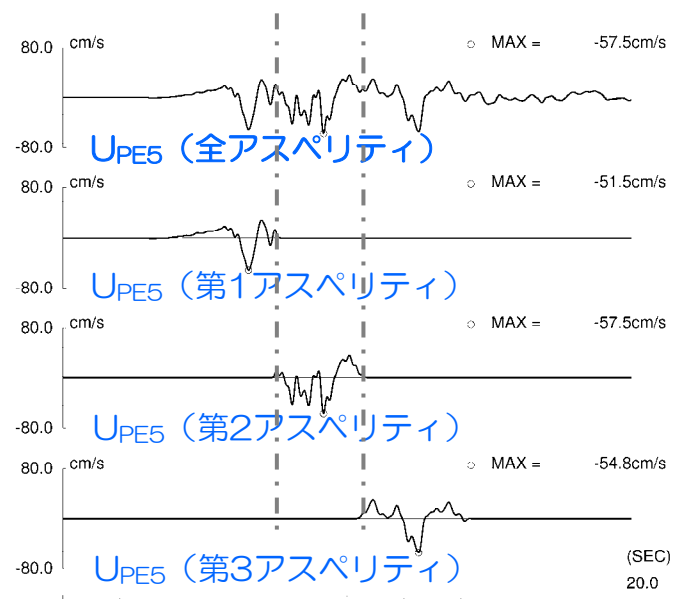
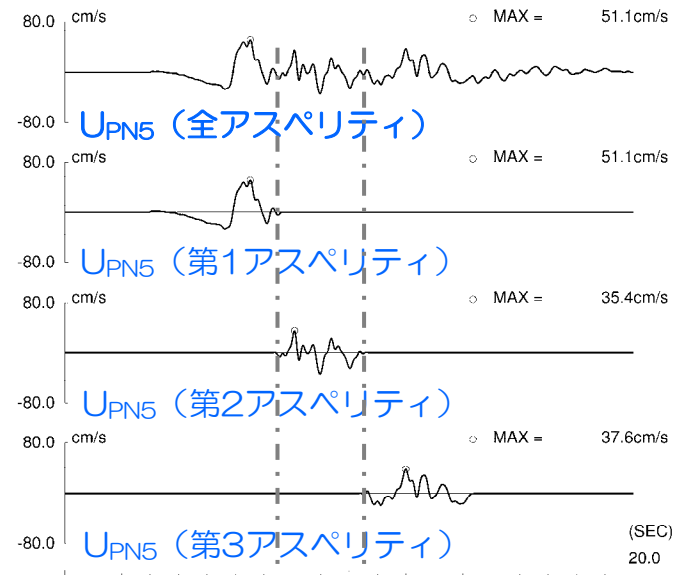
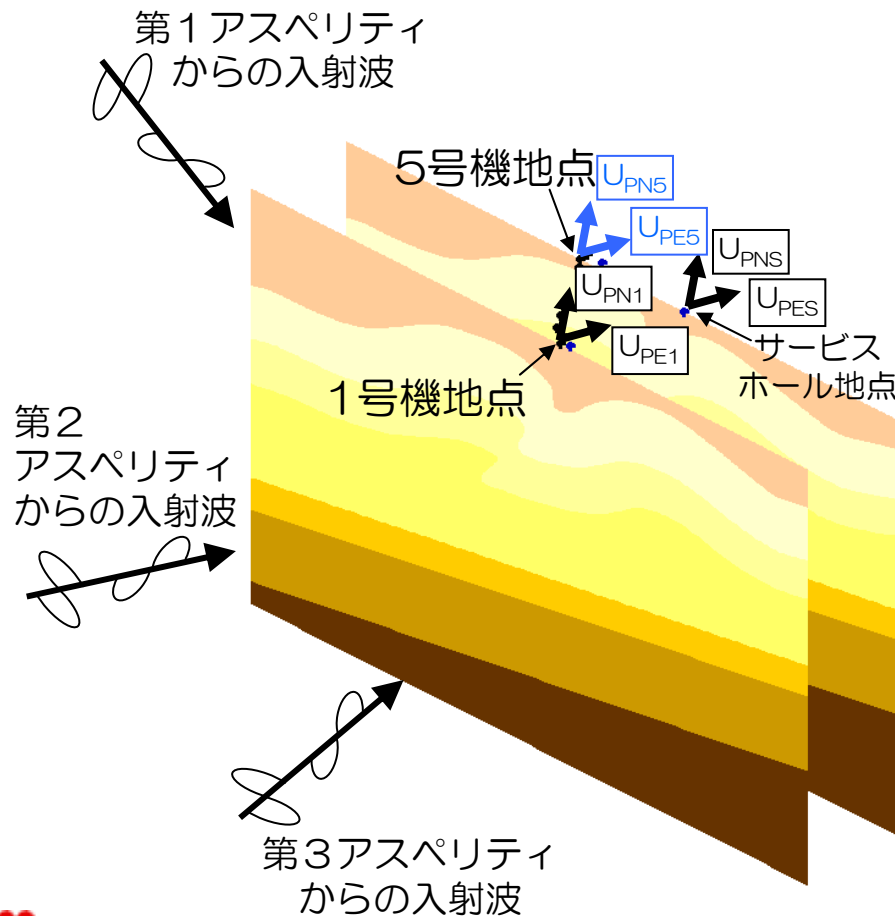
## サービスホール地点の地盤応答の算定

$$\begin{Bmatrix} U_{PNS} \\ U_{PES} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{NVS} & S_{NHS} \\ S_{EVS} & S_{EHS} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{SV3} \\ U_{SH3} \end{Bmatrix}$$

サービスホール地点の地盤応答      FEMによる伝達関数      入射波

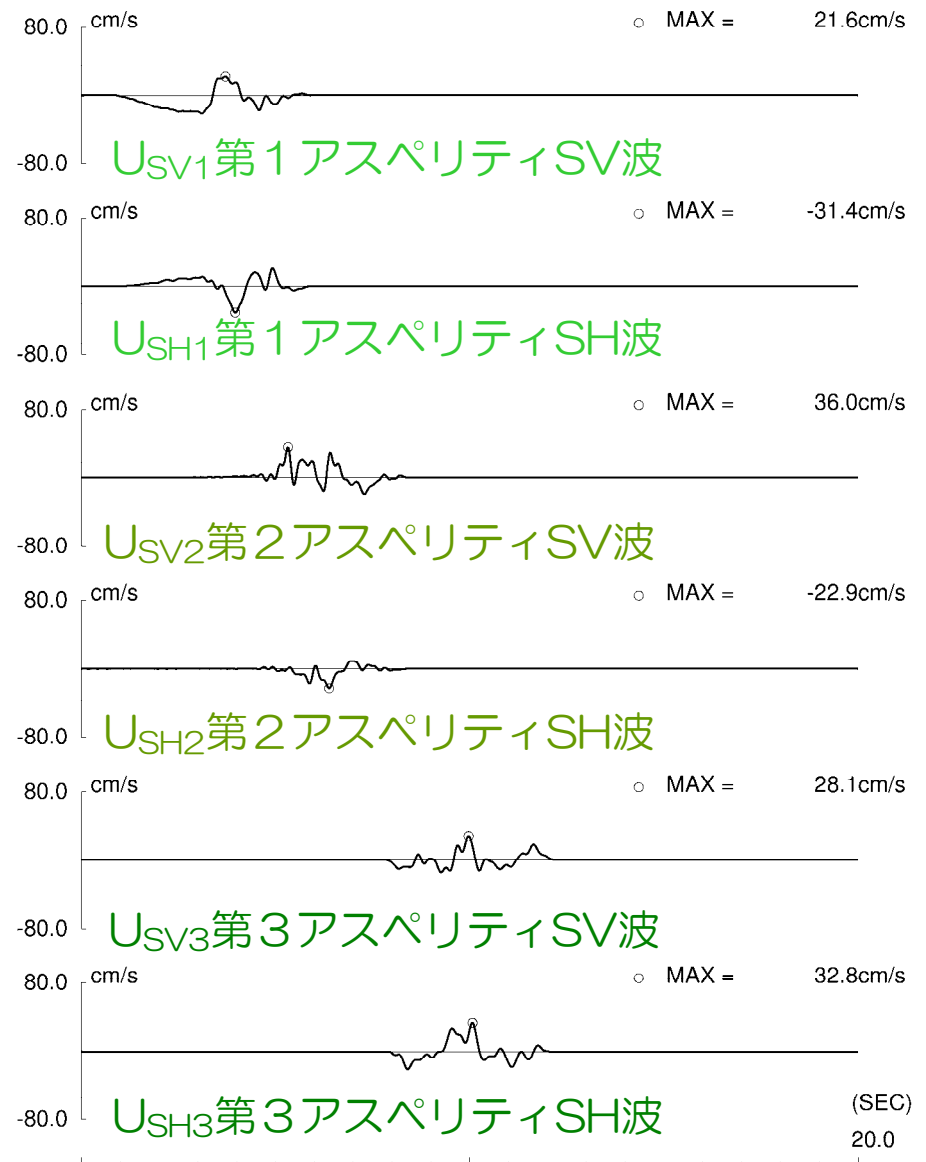
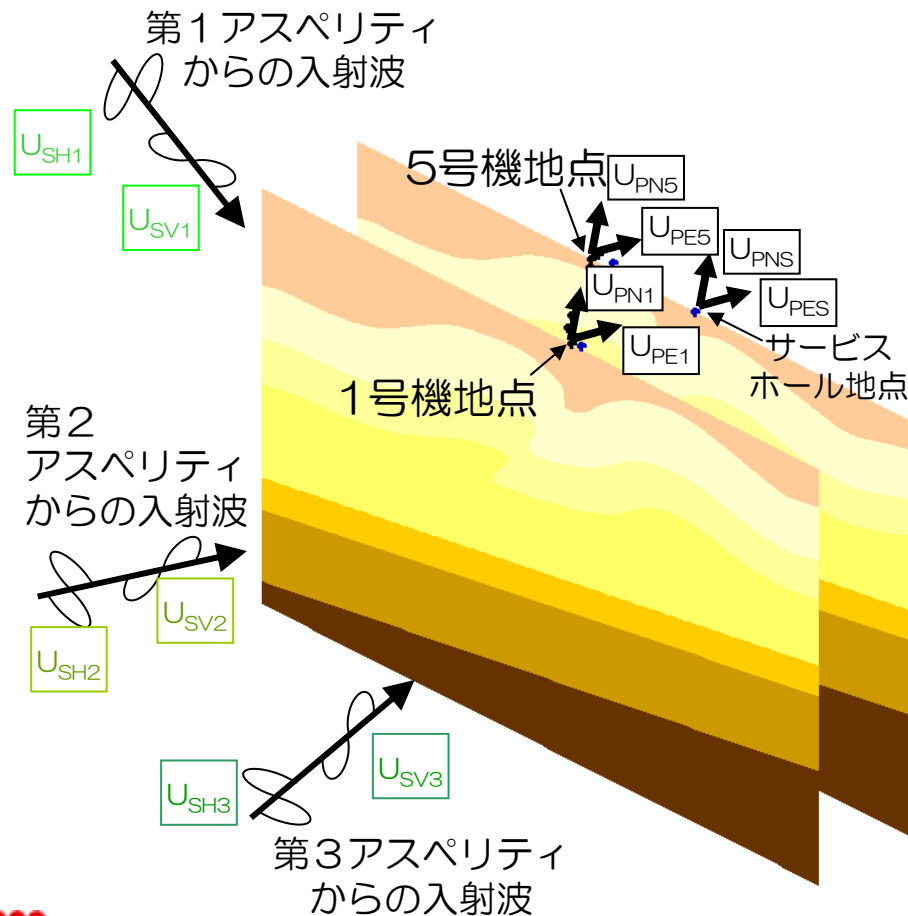
# 地下構造モデルの検証 中越沖地震の再現性の検討

- 各アスペリティの入射条件を考慮するため、解放基盤表面における地震動を時間軸上で3つにわけ、各アスペリティからの寄与分と仮定する



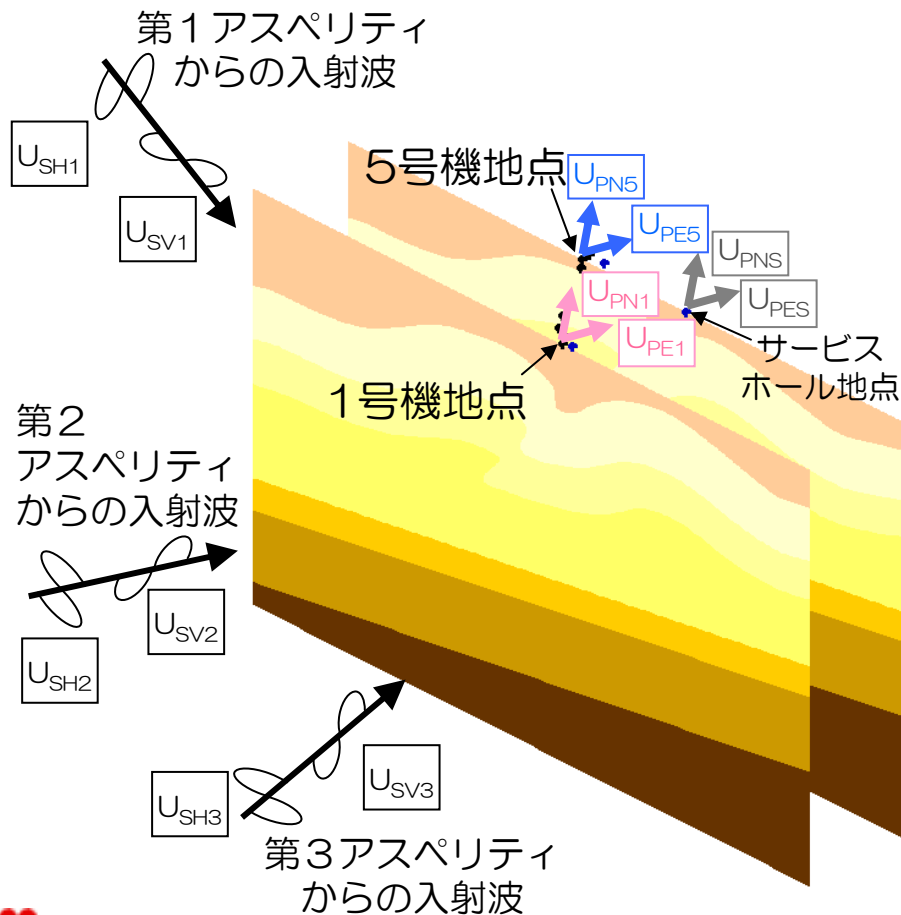
# 地下構造モデルの検証 中越沖地震の再現性の検討

- 5号機地点の解放基盤波について、各アスペリティの入射条件を考慮した地下構造モデルによる伝達関数を介し、地震基盤における各アスペリティの入射波を推定

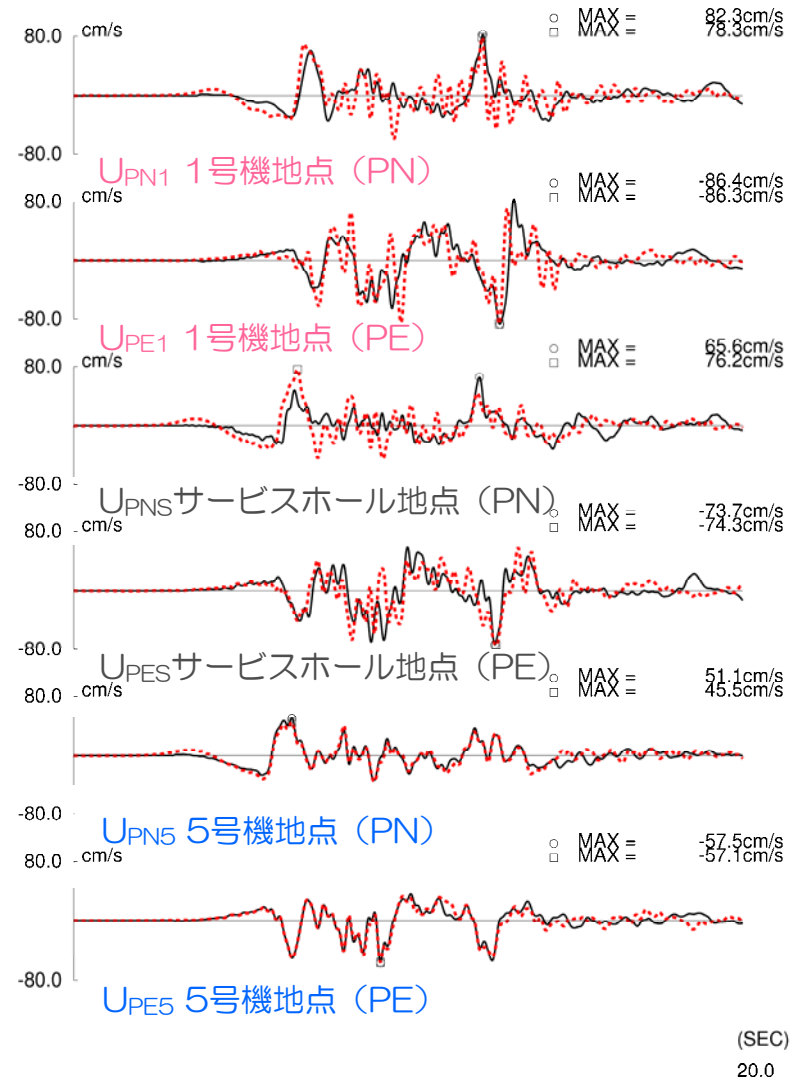


# 地下構造モデルの検証 中越沖地震の再現性の検討

■ 1号機地点，サービスホール地点とも解析結果は観測記録に基づく解放基盤波と概ね対応



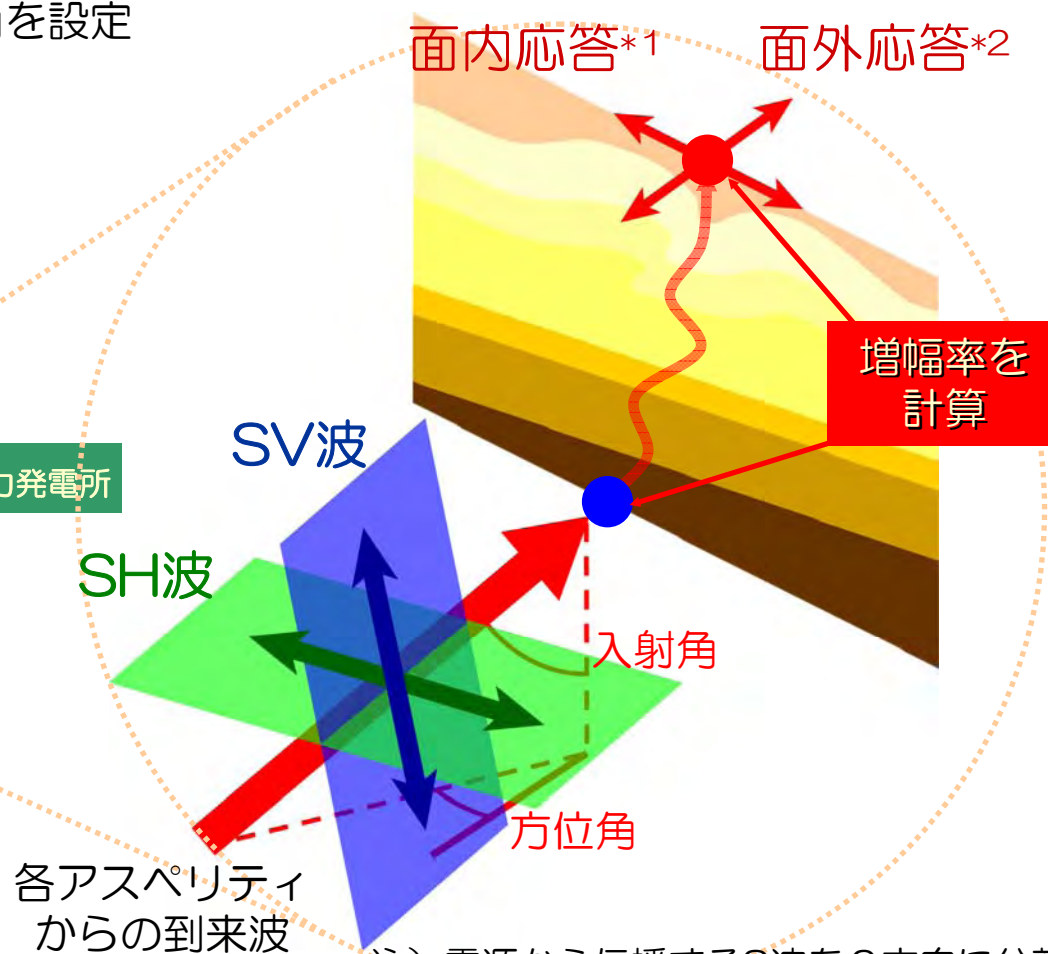
—○— 解放基盤表面の推定波  
 - - - □ 解析





# 敷地近傍の地下構造モデルを用いた到来方向別の増幅特性の評価

- 各アスペリティから到来する地震波を想定し、斜め入射角及び方位入射角を設定



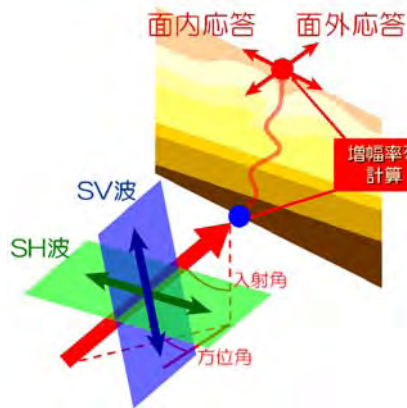
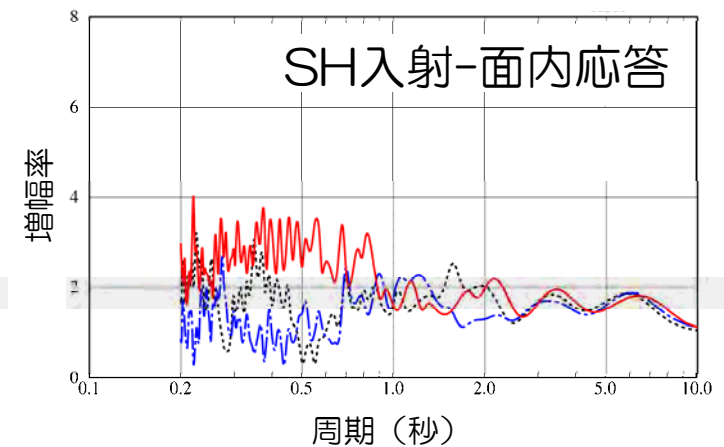
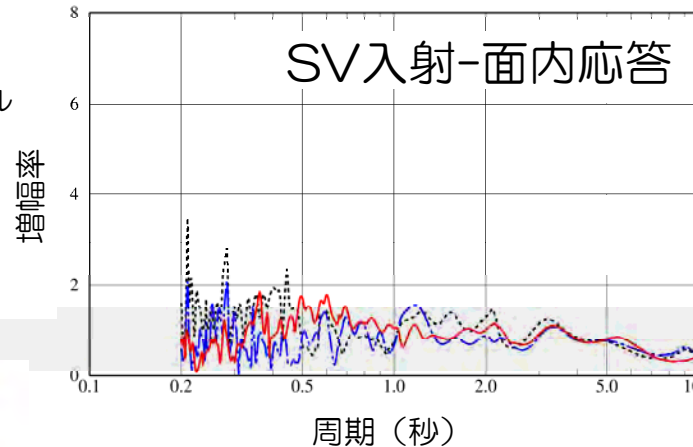
※1 面内応答：地下構造モデルと平行方向の応答

※2 面外応答：地下構造モデルと直交方向の応答

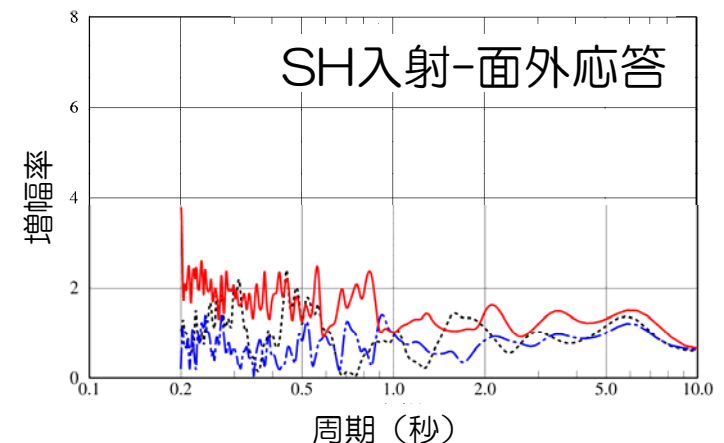
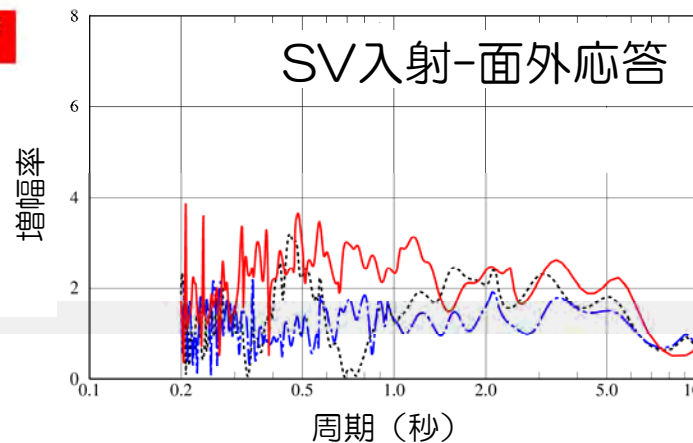
# 敷地近傍の地下構造モデルを用いて計算した増幅率

## 中越沖地震 第1アスペリティ

- 1号機
- - - 5号機
- ⋯ サービスホール



入射角： $46^\circ$   
方位角： $150^\circ$

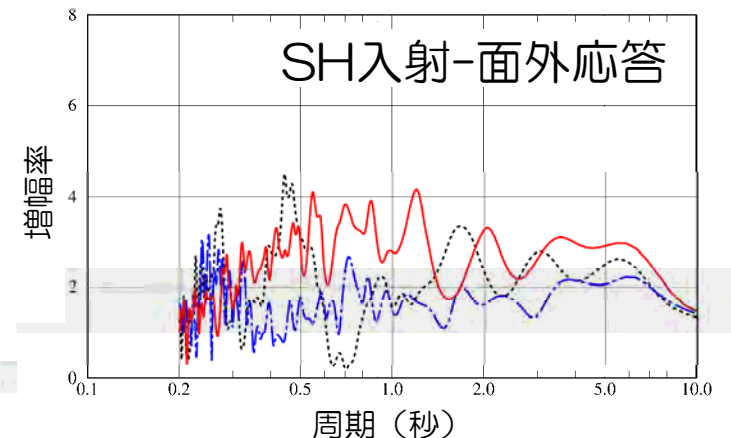
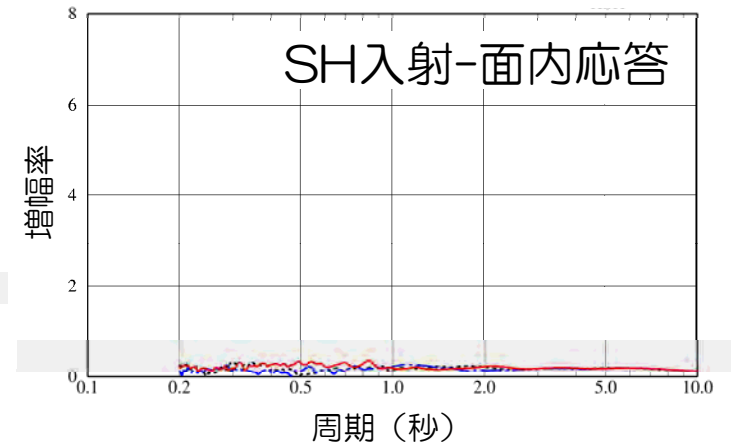
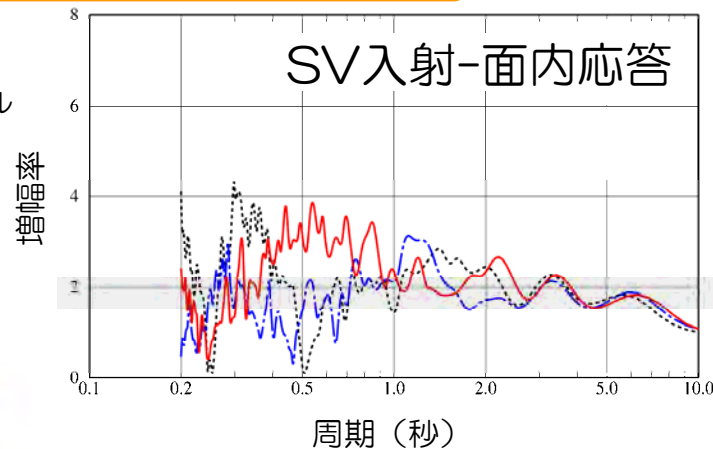
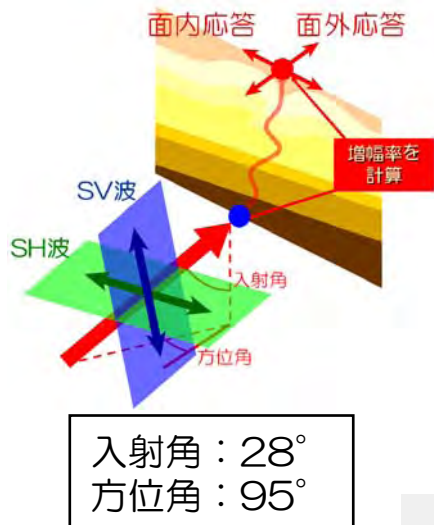


■ 荒浜側と大湊側の増幅率に大きな差はみられないことを確認

# 敷地近傍の地下構造モデルを用いて計算した増幅率

## 中越沖地震 第2アスペリティ

- 1号機
- - - 5号機
- ..... サービスホール

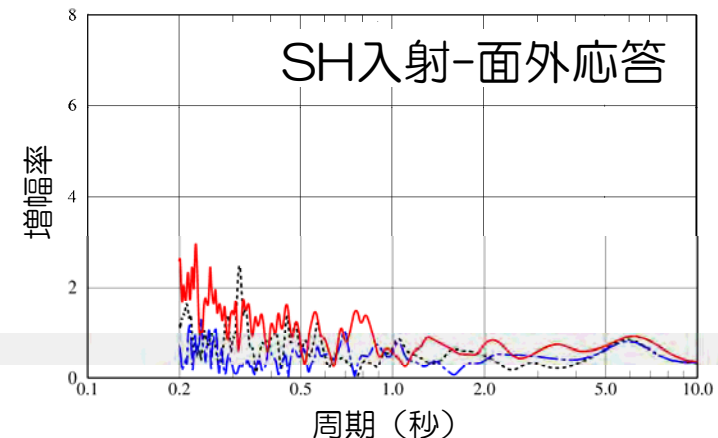
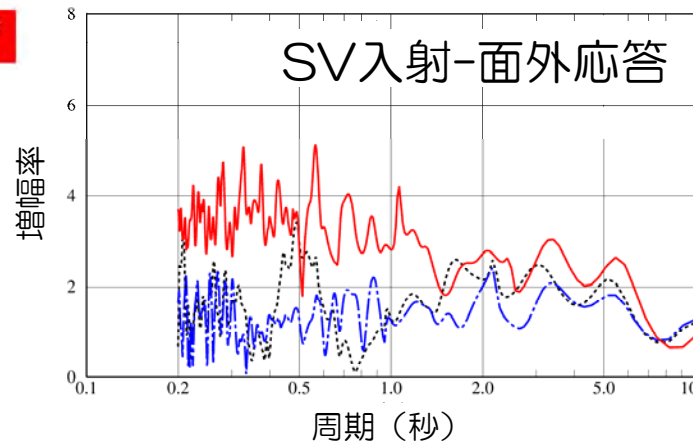
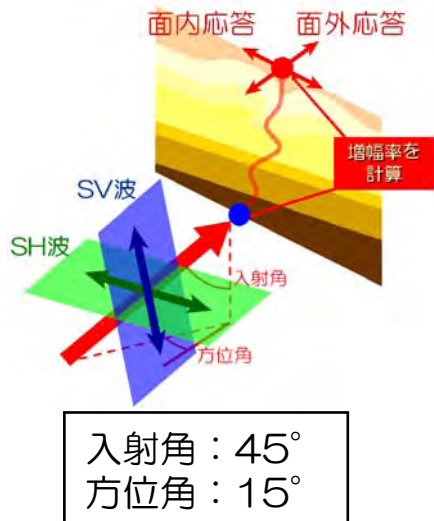
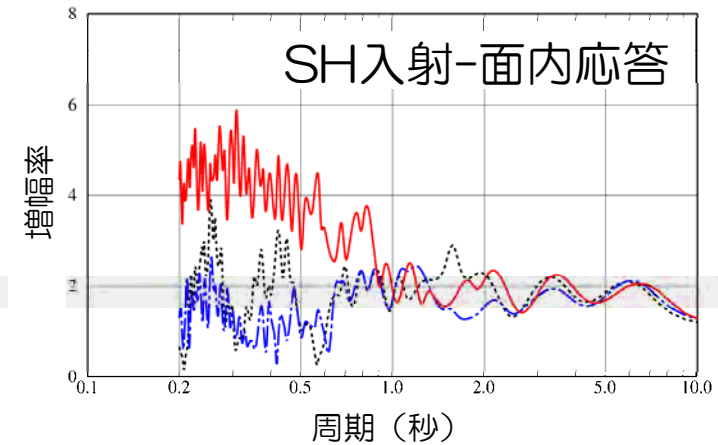
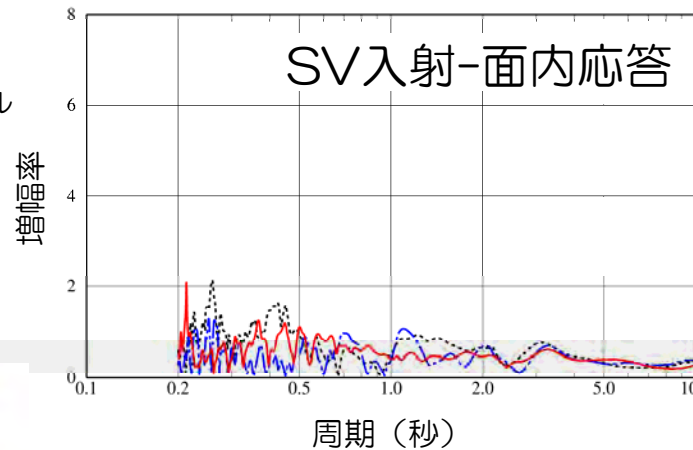


■ 荒浜側と大湊側の増幅率に大きな差はみられないことを確認

# 敷地近傍の地下構造モデルを用いて計算した増幅率

## 中越沖地震 第3アスペリティ

— 1号機  
 - - - 5号機  
 ..... サービスホール



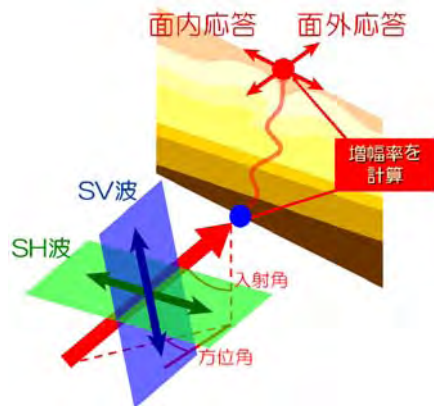
■ 荒浜側と大湊側の増幅率には有意な差があり、荒浜側は大湊側の2倍程度となることを確認



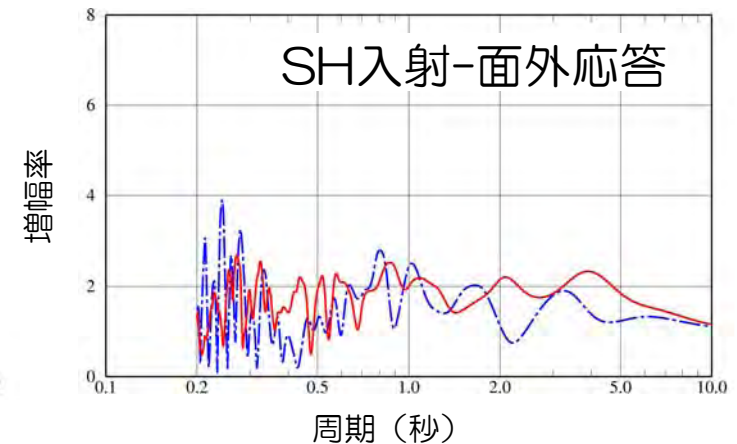
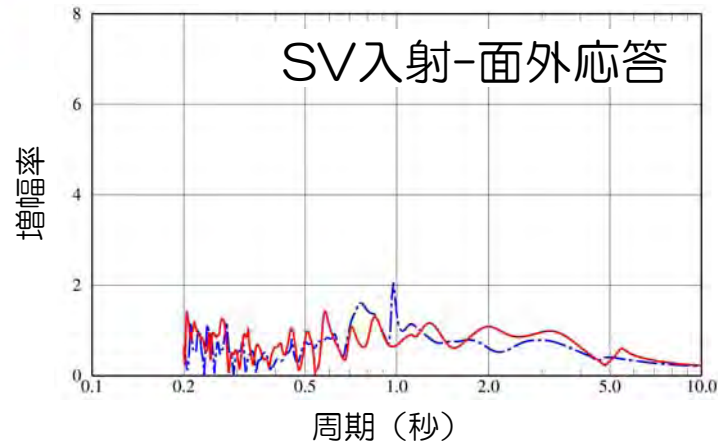
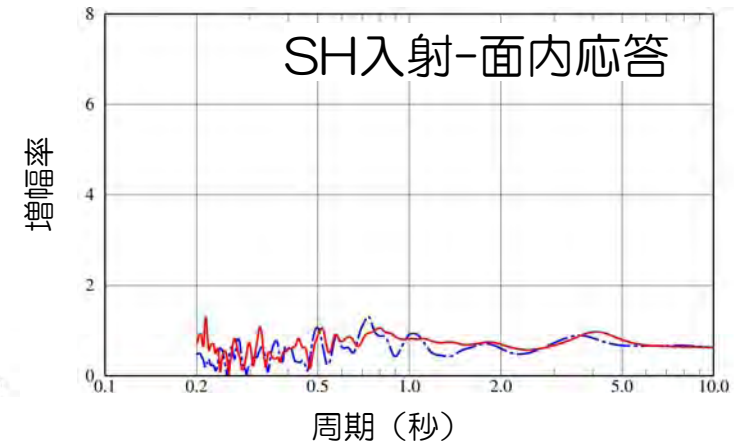
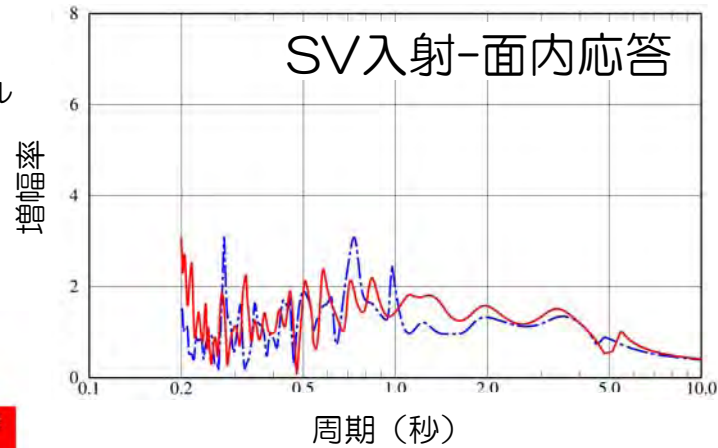
# 敷地近傍の地下構造モデルを用いて計算した増幅率

## 片貝断層アスペリティ

- 1号機
- - - 5号機
- ⋯ サービスホール



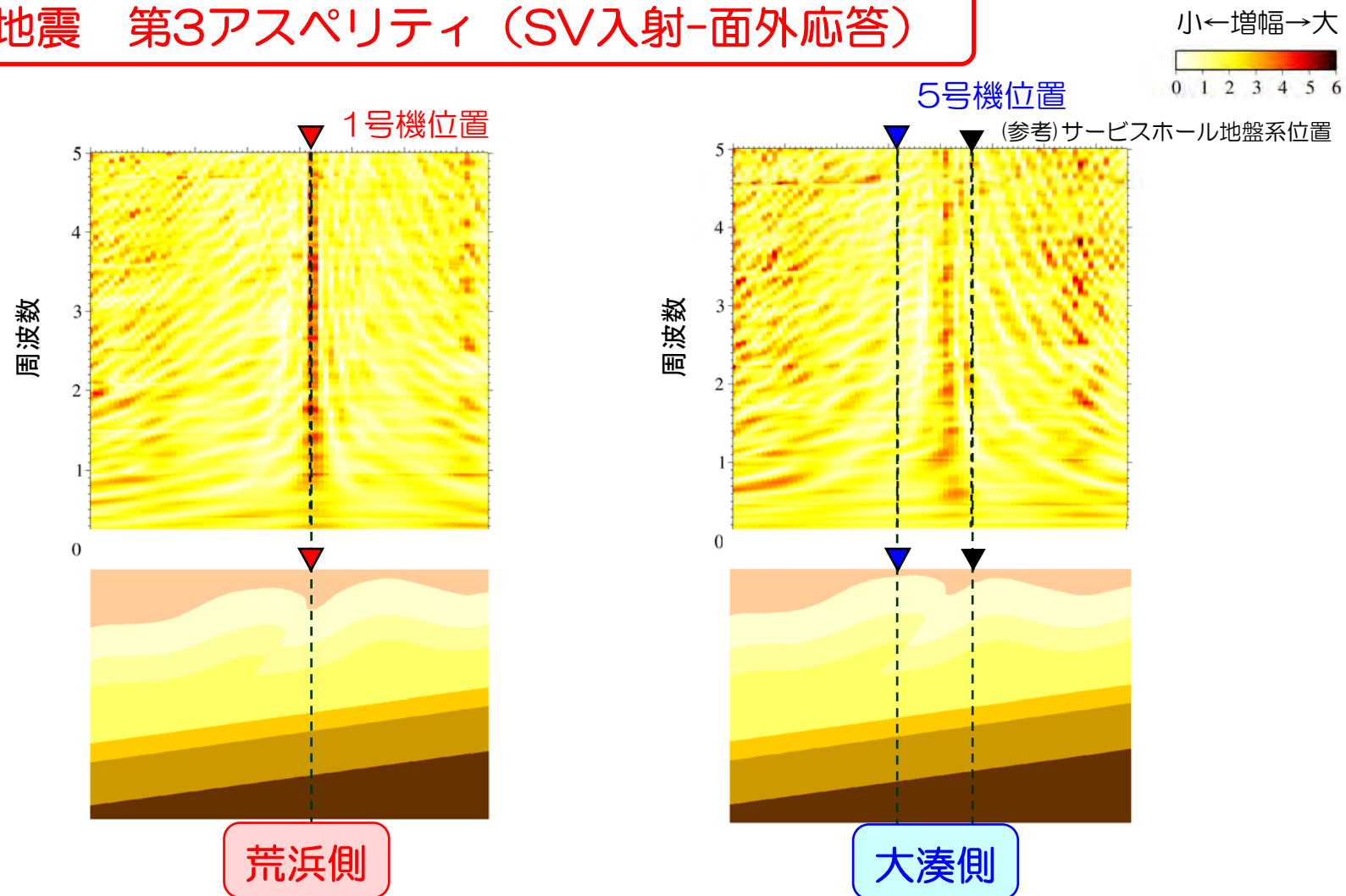
入射角：60°  
方位角：242°



■ 荒浜側と大湊側の増幅率には顕著な差は見られない

# 敷地近傍の地下構造モデルを用いて計算した地盤増幅の空間分布

## 中越沖地震 第3アスペリティ (SV入射-面外応答)



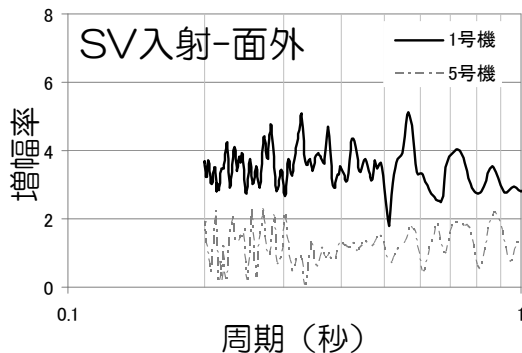
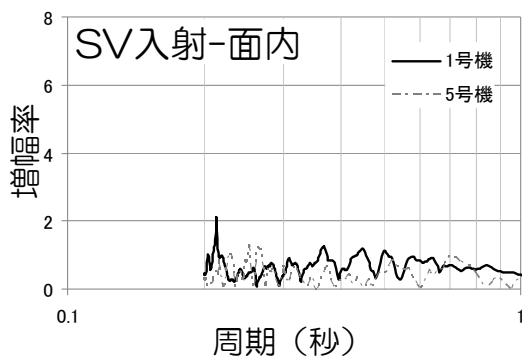
向斜の直上において地震波が局所的に集中し、1号機で増幅が大きくなることを確認

# 解析結果と観測結果との対応関係

## 解析による検討結果

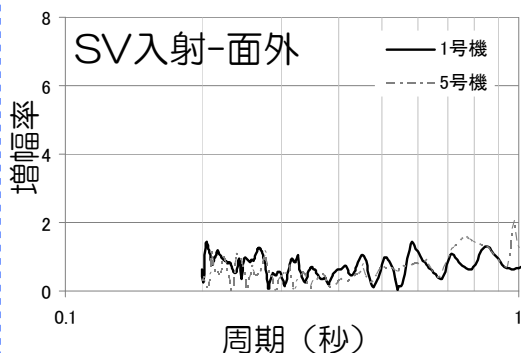
※P. 98, 99再掲

### 中越沖地震第3アスペリティからの入射



■ 荒浜側と大湊側の増幅率に差がある

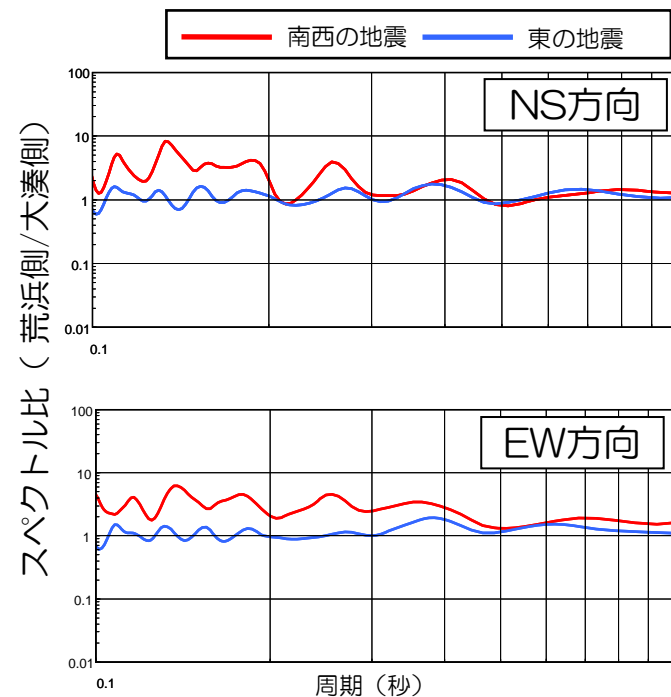
### 片貝断層のアスペリティからの入射



■ 荒浜側と大湊側の増幅率に差はない

## 観測記録の分析結果

※P. 23再掲



- 南西の地震では、荒浜側と大湊側で増幅特性が異なる
- 東の地震では、荒浜側と大湊側で増幅特性に差はない

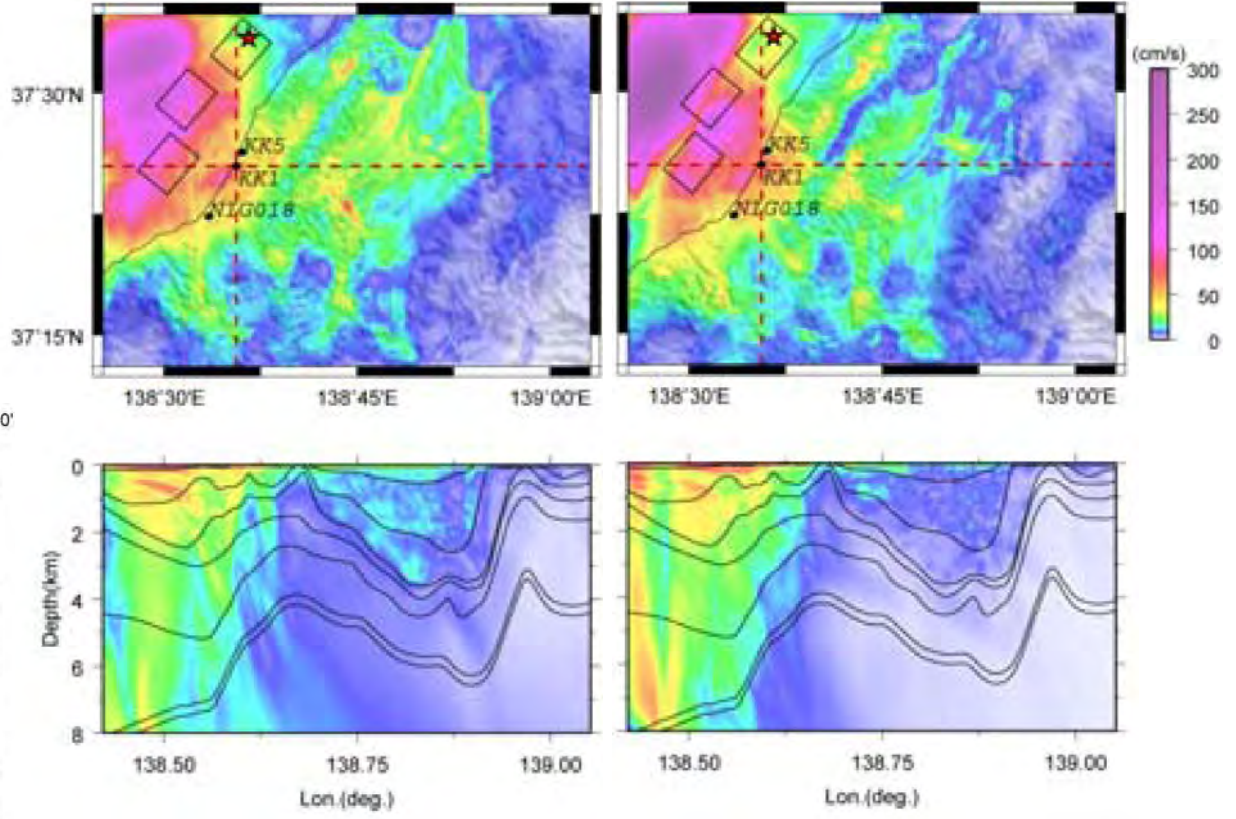
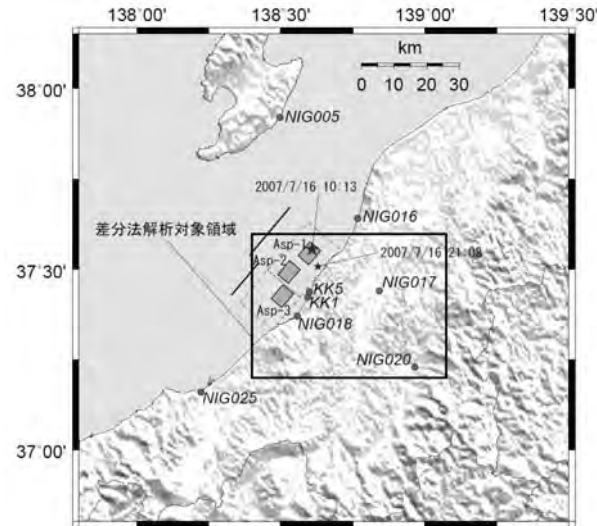
■ 解析結果と観測記録の分析結果が整合していることを確認

- 
1. はじめに
  2. 地震観測記録の分析
  3. 地下構造調査結果の分析
  4. 地下構造モデルを用いた解析的検討
    - (1) 広域の地下構造モデルを用いた検討
    - (2) 敷地近傍の地下構造モデルを用いた検討
    - (3) 他機関による検討
  5. 基準地震動評価への反映事項



# 3次元差分法による解析的検討 川辺ほか (2010)

■ JNES (2005) によるモデルに柏崎刈羽原子力発電所周辺における反射法地震探査の結果を反映した地下構造モデルを用い、3次元差分法により中越沖地震本震のシミュレーションを実施



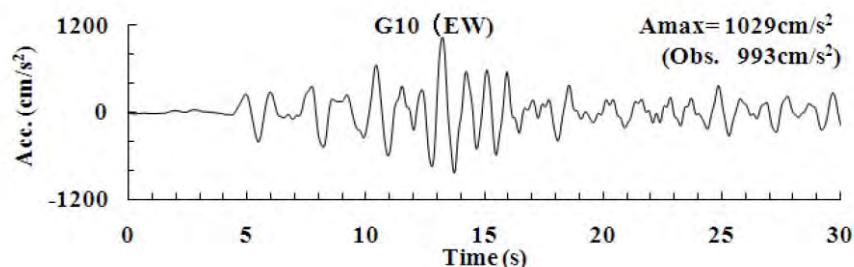
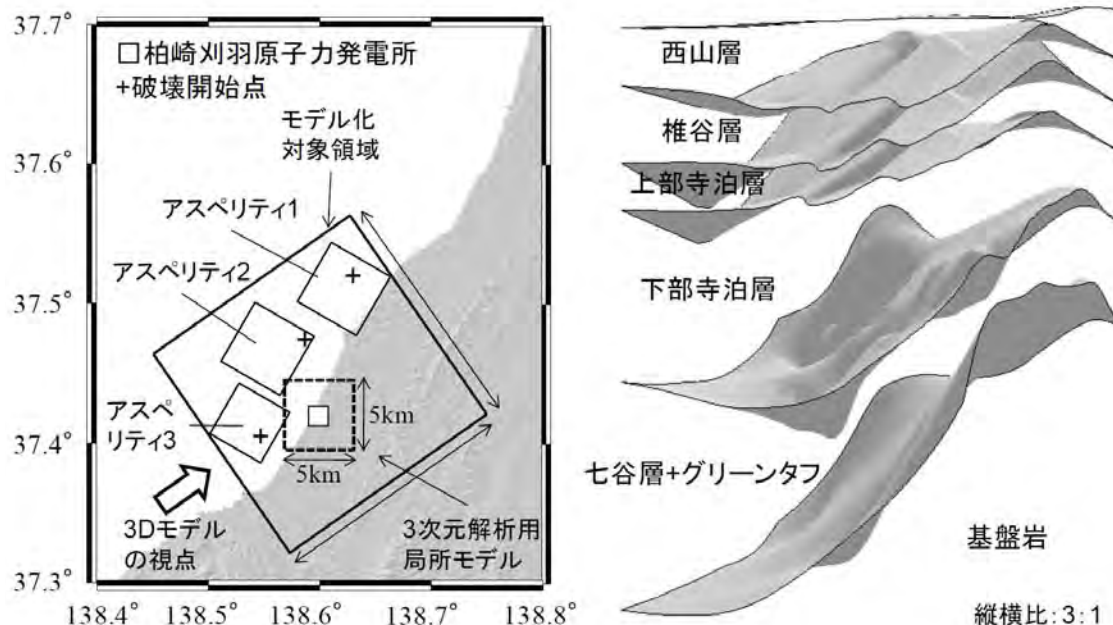
NS方向 EW方向  
3次元地下構造モデルによる最大速度分布

■ KK1地点周辺では、観測地点が震源の近傍であったことに加え、南北、東西断面ともに地下構造の各層の上面は海から陸域に向かって浅くなっており、地下構造の3次元的な影響により強い地震動が生成されたと考えられる

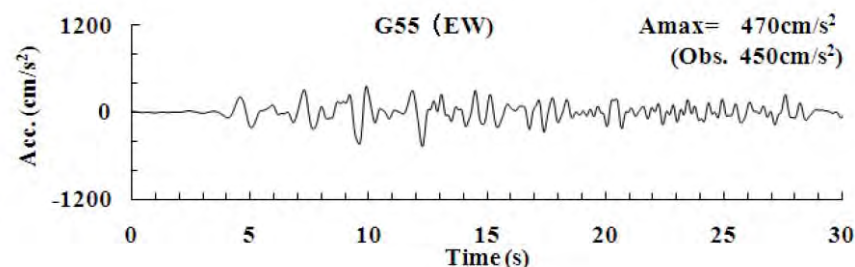
※川辺ほか (2010) より引用

# 3次元有限要素法による解析的検討 佐口ほか（2010）

- JNES（2008）による地下構造モデルに弊社の敷地近傍の2次元地下構造モデルを反映させた地下構造モデルを作成し、3次元FEM解析による中越沖地震本震の強震動シミュレーションを実施



1号機における解析結果



5号機における解析結果

- 1号機（荒浜側）では5号機（大湊側）に比べて振幅が2倍程度大きくなっている傾向は良く再現されている

※佐口ほか（2010）より引用

## 4. 地下構造モデルを用いた解析的検討 小括

- 敷地および敷地周辺の地下構造を反映した地下構造モデルを用いた解析的検討より、以下を確認
  - ・ 海域より到来する地震波は、広域の3次元的な地下構造により、増幅する傾向にあること
  - ・ 敷地の南西方向より到来する地震波は、敷地近傍の褶曲構造により、荒浜側と大湊側で差異が発生すること  
その他の方向から到来する地震波については、荒浜側と大湊側で概ね等しい増幅特性となること
  - ・ 上記の分析結果は、他機関による研究成果とも整合すること

- 
1. はじめに
  2. 地震観測記録の分析
  3. 地下構造調査結果の分析
  4. 地下構造モデルを用いた解析的検討
  5. 基準地震動評価への反映事項



# 敷地周辺の地下構造を踏まえた基準地震動への反映事項

## ① 到来方向による地震波の伝播特性の違いについて

- ・ 中越沖地震など海域で発生した地震については，耐専スペクトルと比較して大きい
- ・ 陸域で発生した地震については，耐専スペクトルと比較して小さい

## ② 敷地内における地震動特性の違いについて

- ・ 敷地内の地震動特性は，荒浜側と大湊側にグルーピングできる
- ・ 中越沖地震など海域の特に敷地南西側で発生した地震においては，荒浜側と大湊側で地震動特性が異なる
- ・ その他の領域で発生した地震については，敷地内の地震動特性に特異な差は確認されない

### 【反映事項】 敷地における観測記録に基づき，基準地震動を策定

- 海域の活断層と陸域の活断層に分類して評価を実施
- 海域の活断層による地震については，荒浜側（1～4号機）と大湊側（5～7号機）でそれぞれ基準地震動を策定
- 応答スペクトルに基づく地震動評価では，海域の地震と陸域の地震に分類して，それぞれ観測記録に基づく補正係数を考慮
- 断層モデルによる地震動評価では，経験的グリーン関数法を用い，海域と陸域の地震動特性を反映した適切な要素地震を採用

# 参考文献

- ・芝良昭（2008）：2007年新潟県中越沖地震の震源過程の解明と広帯域強震動評価，電力中央研究所報告，研究報告N08007
- ・土方勝一郎，西村功，水谷浩之，徳光亮一，真下貢，田中信也（2010）：2007年新潟県中越沖地震の地震動特性，日本建築学会構造系論文集，第75巻 第653号
- ・S. Noda, K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe（2002）：RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul
- ・小林巖雄，立石雅昭，吉村尚久，上田哲郎，加藤碩一（1995）：柏崎地域の地質，地質調査所，平成7年12月
- ・岸清，宮脇理一郎（1996）：新潟県柏崎平野周辺における鮮新世～更新世の褶曲形成史，地学雑誌，vol.105，pp.88-112
- ・東京大学地震研究所（2008）：平成20年1月11日第177回地震調査委員会資料「平成19年（2007年）新潟県中越沖地震の評価」[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08jan\\_chuetsu\\_oki/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08jan_chuetsu_oki/index.htm)
- ・独立行政法人 原子力安全基盤機構（2005）：地震に係る確率論的安全評価手法の整備=深部地盤速度構造同定に基づく地震動特性評価に関する検討=に関する報告書，JNES/SAE05-048，平成17年12月
- ・徳光亮一，西村功，土方勝一郎，本田道紀，横田裕，渡辺哲史（2009）：2007年新潟県中越沖地震で見られた柏崎刈羽原子力発電所における地震動特性と地質構造との関係，物理探査学会第120回学術講演会論文集
- ・渡辺哲史，諸井孝文，徳光亮一，西村功，土方勝一郎（2011）：褶曲構造を考慮した解析によるアスペリティ位置と地震動増幅特性の関連性の検討—柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震の観測記録に基づく評価—，日本建築学会構造系論文集，第76巻 第659号
- ・川辺秀憲，釜江克宏（2010）：2007年新潟県中越沖地震（Mj6.8）の震源のモデル化および3次元地震動シミュレーション，第13回日本地震工学シンポジウム論文集
- ・佐口浩一郎，鈴木結理，正木和明，倉橋奨，入倉孝次郎（2010）：深層および浅層の3次元構造を考慮した柏崎刈羽原子力発電所における2007年新潟県中越沖地震の強震動シミュレーション，第13回日本地震工学シンポジウム論文集