

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  
参考資料集

平成27年2月13日

東京電力株式会社



東京電力

# 目次

---

- ・ 敷地近傍の地下構造を用いた感度解析 P 2
  - (1) 各層が増幅特性に与える影響検討 P 2
  - (2) 褶曲形状が増幅特性に与える影響検討 P22

- 
- ・ 敷地近傍の地下構造を用いた感度解析
    - （１）各層が増幅特性に与える影響検討
    - （２）褶曲形状が増幅特性に与える影響検討

# 検討の概要 徳光ほか（2008），渡辺ほか（2011）

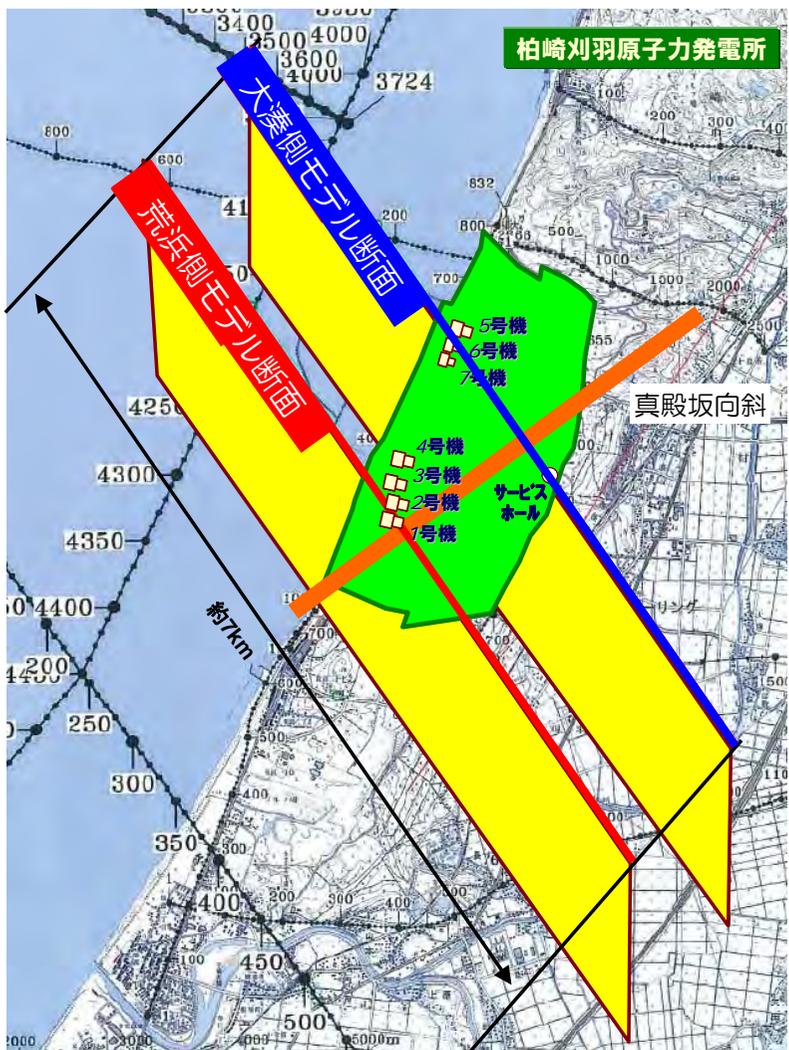
■敷地近傍の2次元地下構造モデルを用いて感度解析を行い，増幅特性に影響を及ぼす褶曲面を把握する

●第3アスペリティの入射角および方位角を考慮したS波入射による増幅率を下記のケースにおいて比較

- ① モデル-A  
地質調査に基づく地下構造モデル（基本モデル）
- ② モデル-B  
椎谷層上面のみ褶曲構造がある場合の地下構造モデル
- ③ モデル-C  
上部寺泊層上面のみ褶曲構造がある場合の地下構造モデル
- ④ モデル-D  
椎谷層上面及び上部寺泊層上面に褶曲構造がある場合の地下構造モデル

# 各褶曲面の影響に関する検討 地下構造モデルの概要

## ■ 地質調査に基づく地下構造モデル（基本モデル）



地下構造モデルのイメージ図



荒浜側モデル断面



大湊側モデル断面

# 各褶曲面の影響に関する検討 検討方法

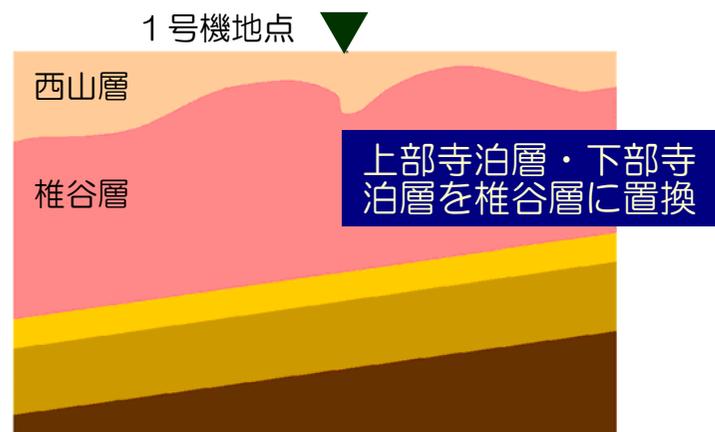
■ 4種類の地下構造モデルの増幅率を比較し、影響のある褶曲面を推定

## 荒浜側モデル断面

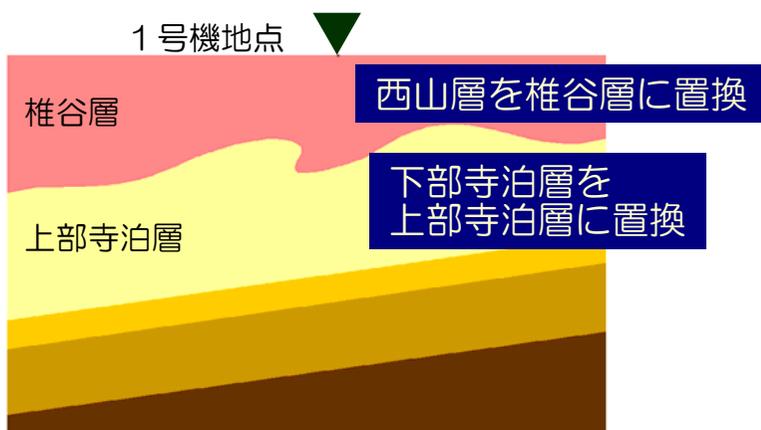
モデル-A：基本モデル



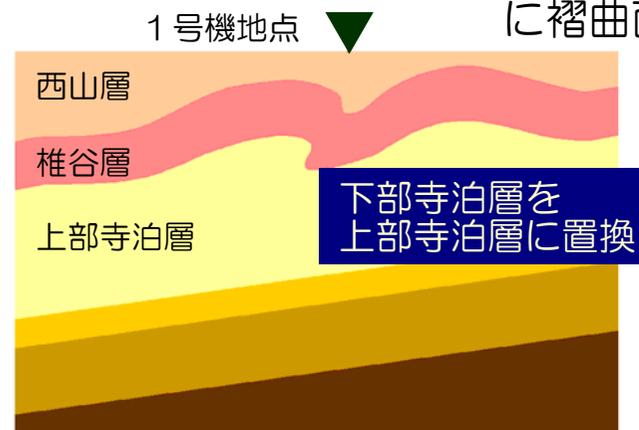
モデル-B：椎谷層上面のみ褶曲面考慮



モデル-C：上部寺泊層上面のみ褶曲面考慮



モデル-D：椎谷層上面と上部寺泊層上面に褶曲面考慮

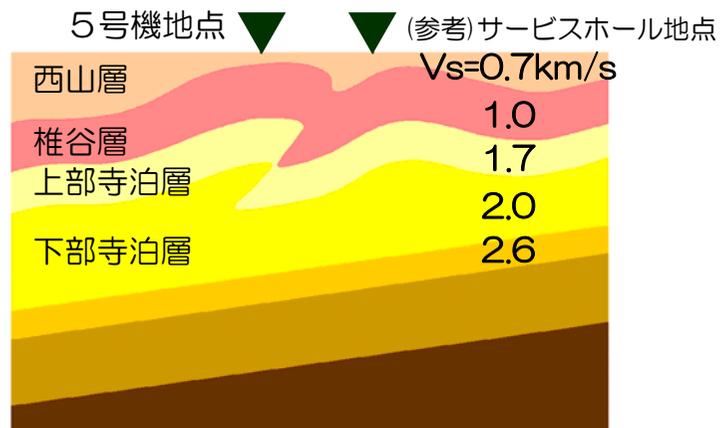


# 各褶曲面の影響に関する検討 検討方法

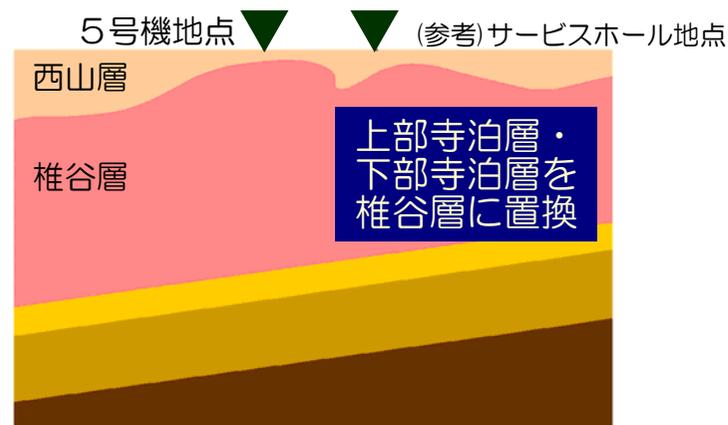
■ 4種類の地下構造モデルの増幅率を比較し、影響のある褶曲面を推定

## 大湊側モデル断面

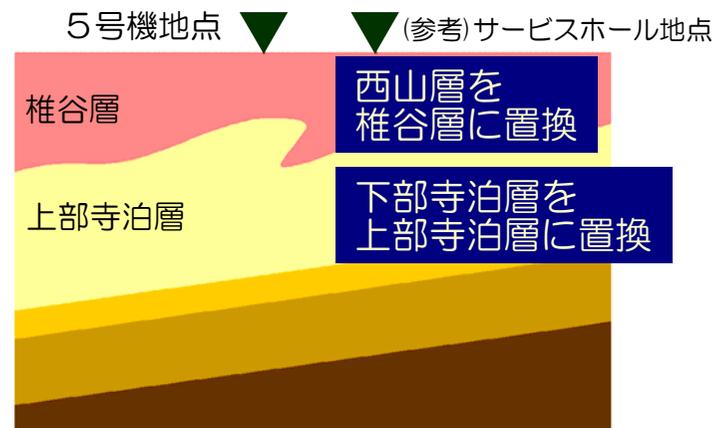
モデル-A：基本モデル



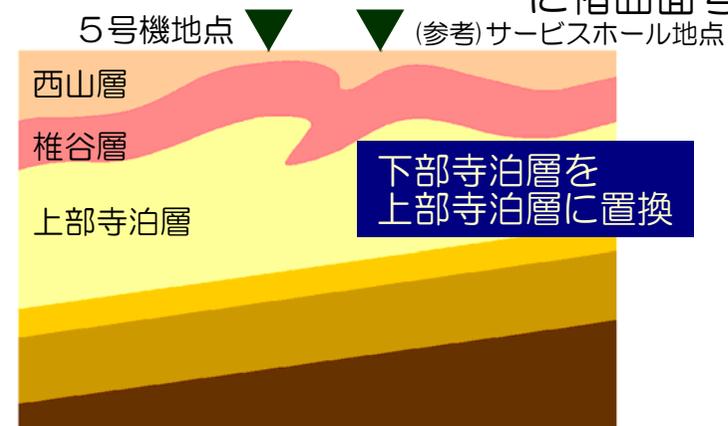
モデル-B：椎谷層上面のみ褶曲面考慮



モデル-C：上部寺泊層上面のみ褶曲面考慮

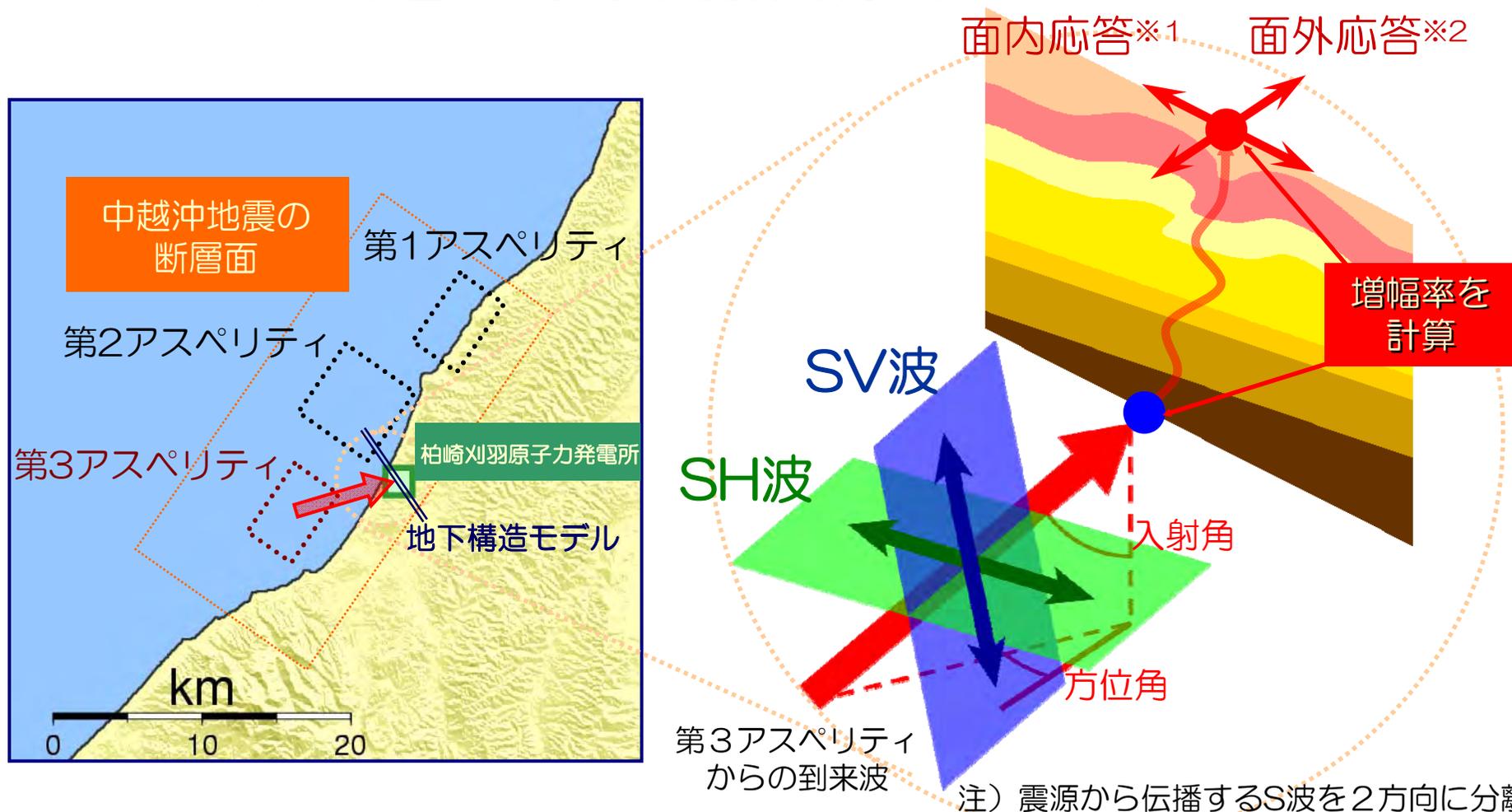


モデル-D：椎谷層上面と上部寺泊層上面に褶曲面考慮



# 各褶曲面の影響に関する検討 入射角・方位角

■ 感度解析に用いる入力地震動の入射角・方位角については、中越沖地震の第3アスペリティ位置から到来する地震波を用いる

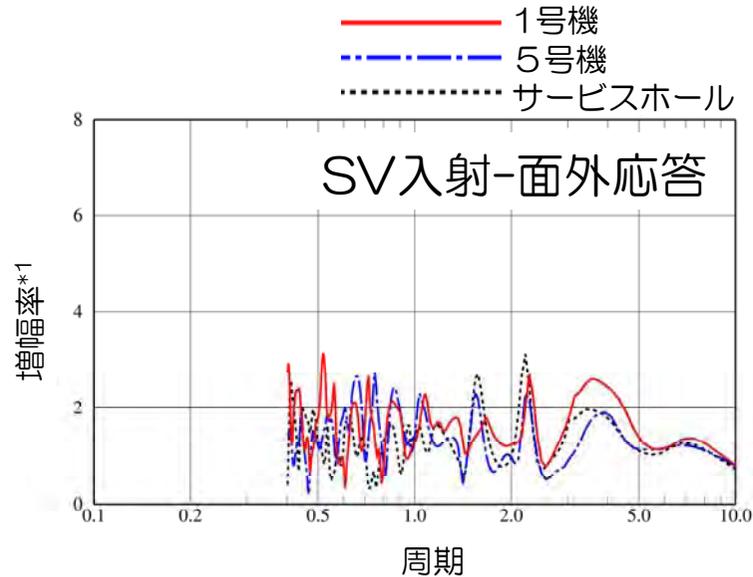
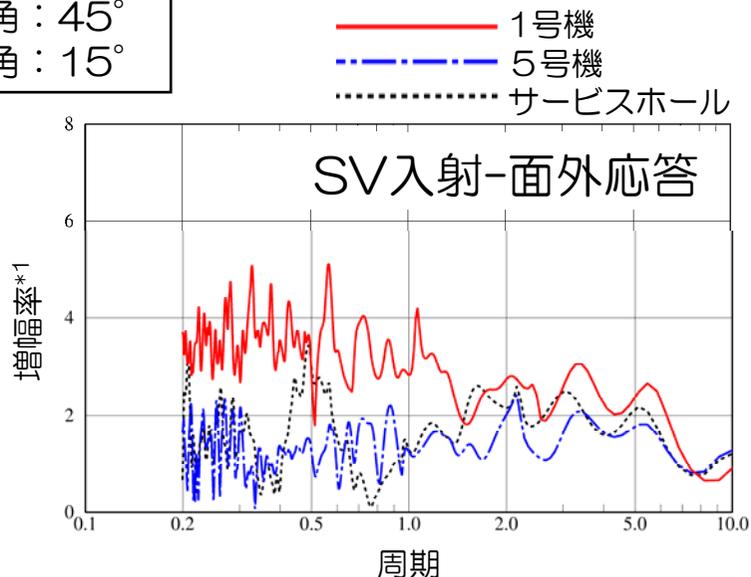


注) 震源から伝播するS波を2方向に分離  
 ※1 面内応答：地下構造モデルと平行方向の応答  
 ※2 面外応答：地下構造モデルと直交方向の応答

# 各褶曲面の影響に関する検討 SV波の増幅率

## ■ 第3アスペリティ方向からのSV波入射

入射角：45°  
方位角：15°



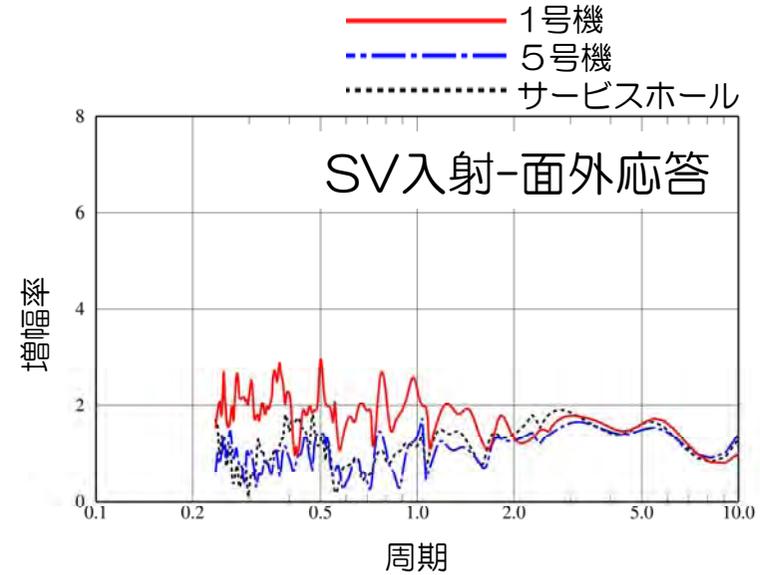
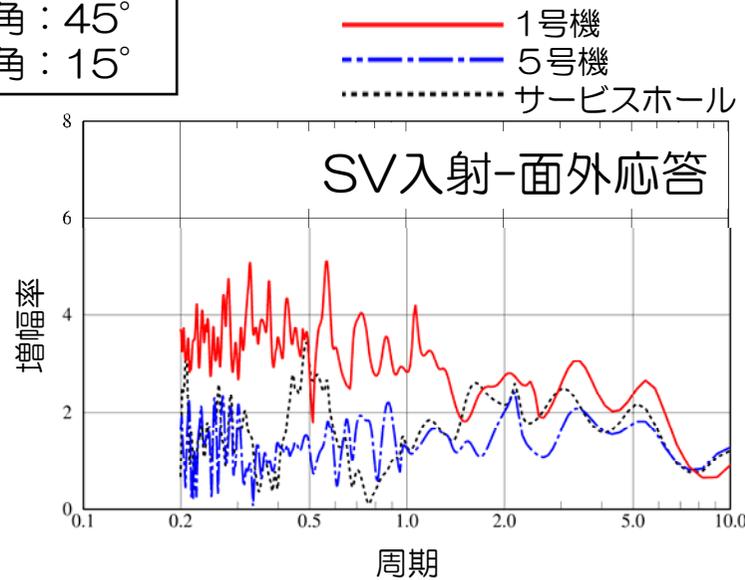
褶曲面が椎谷層上面のみの場合、1号機と5号機で大きな差は見られない

\*1 増幅率：地盤モデルの上端／地盤モデルの下端

# 各褶曲面の影響に関する検討 SV波の増幅率

## ■ 第3アスペリティ方向からのSV波入射

入射角：45°  
方位角：15°

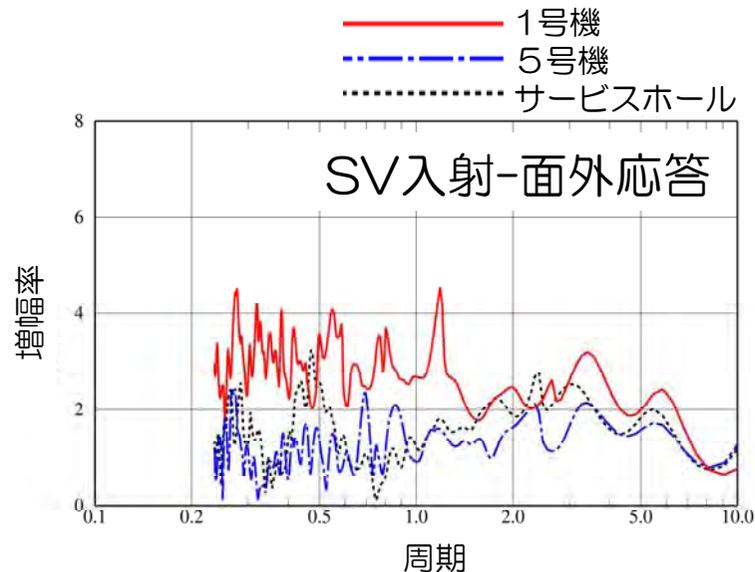
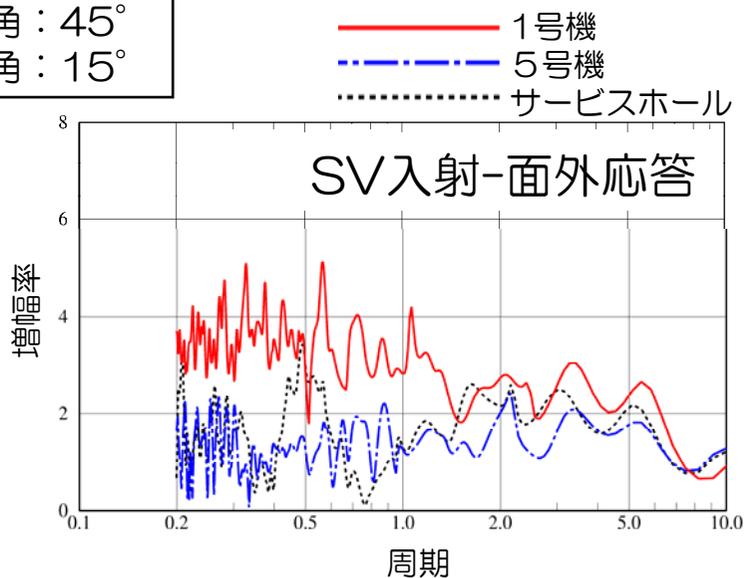


褶曲面が上部寺泊層上面のみの場合、号機間の差は生じるがモデル-Aほど明確ではない

# 各褶曲面の影響に関する検討 SV波の増幅率

## ■ 第3アスペリティ方向からのSV波入射

入射角：45°  
方位角：15°



褶曲面が椎谷層及び上部寺泊層上面の2面の場合、モデル-Aと同程度の差が生じる

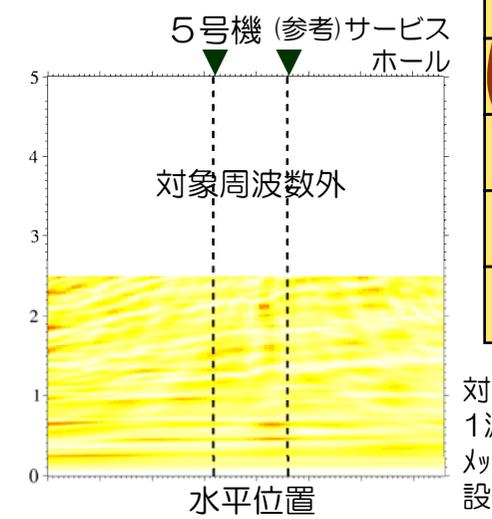
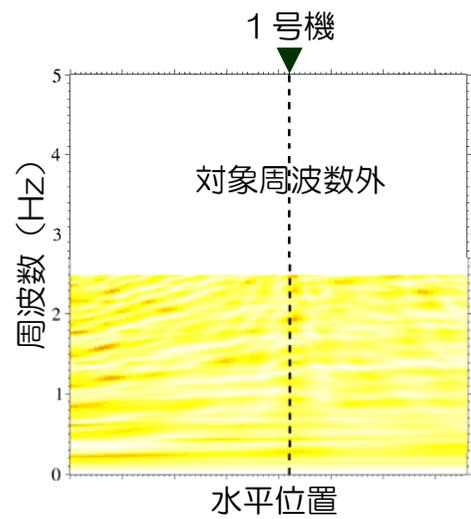
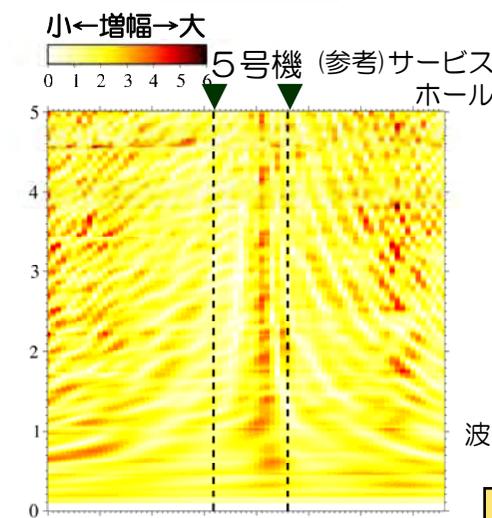
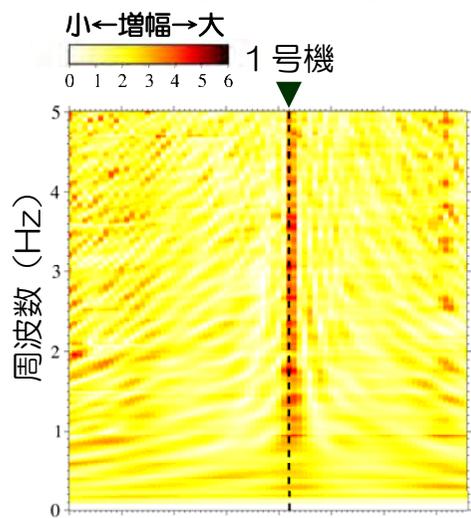
# 各褶曲面の影響に関する検討 地盤増幅の分布 (SV波)

- 第3アスペリティSV波入射時の地盤増幅の空間分布 (SV入射-面外応答)

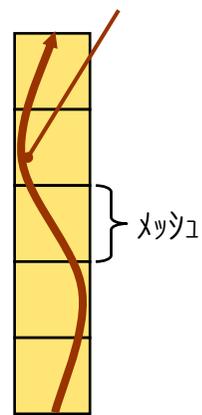


荒浜側

大湊側



波長 =  $V_s \times$  周期



対象周波数は1波長中のパケット数を基準に設定

褶曲面が椎谷層上面のみの場合、増幅の縞はあまり明確ではない

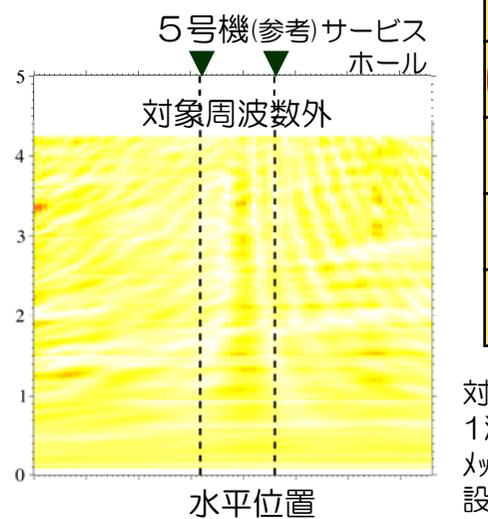
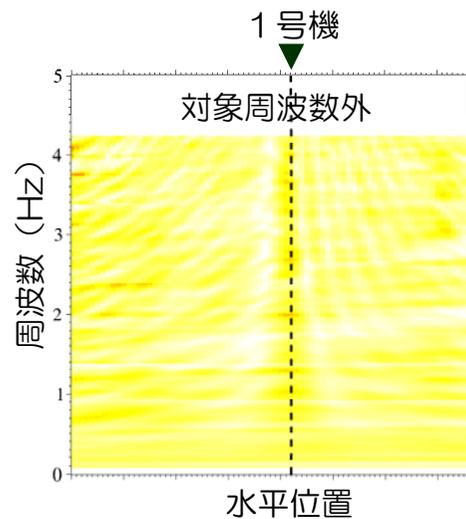
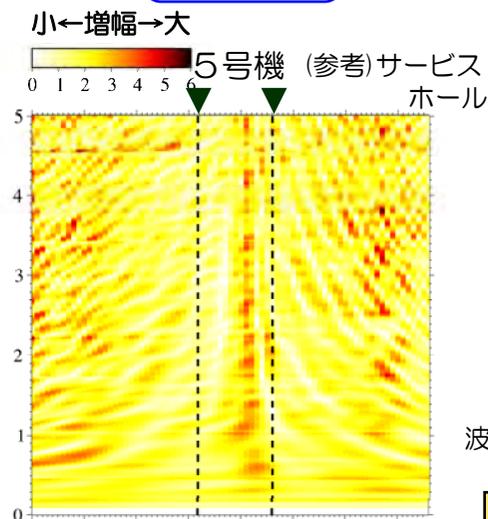
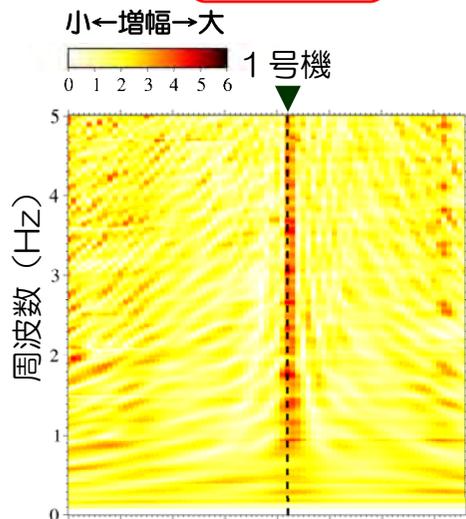
# 各褶曲面の影響に関する検討 地盤増幅の分布 (SV波)

- 第3アスペリティSV波入射時の地盤増幅の空間分布 (SV入射-面外応答)

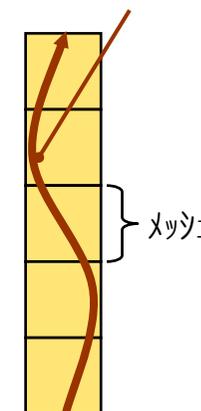


荒浜側

大湊側



波長 =  $V_s \times \text{周期}$



対象周波数は1波長中のMッパ数を基準に設定

褶曲面が上部寺泊層上面のみの場合、増幅の縞はモデル-Aほど明確にはならない

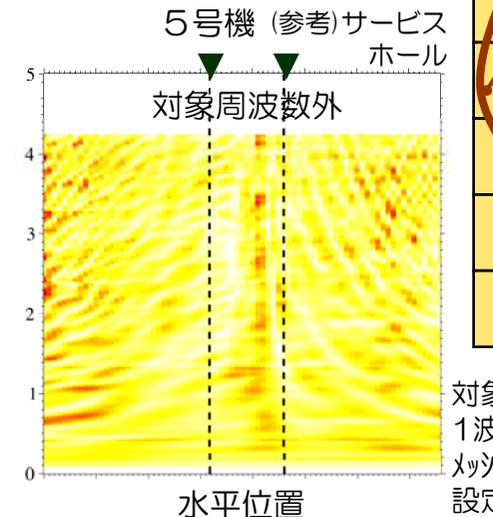
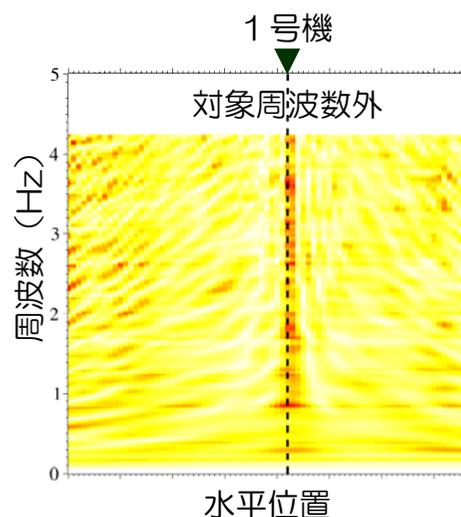
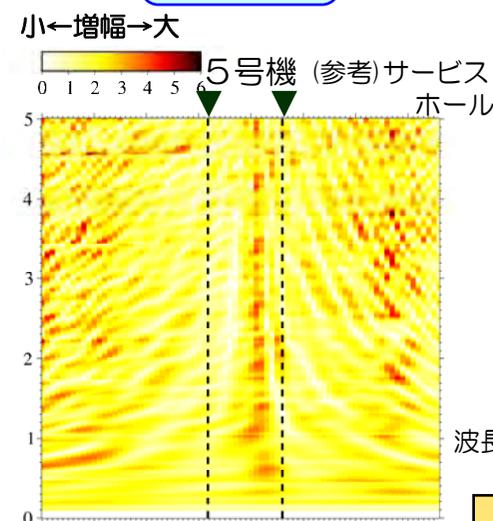
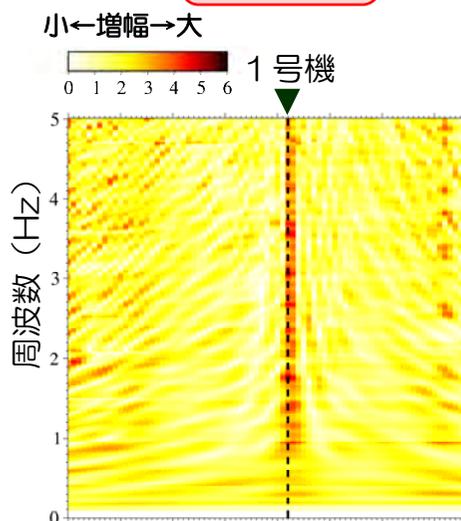
# 各褶曲面の影響に関する検討 地盤増幅の分布 (SV波)

- 第3アスペリティSV波入射時の地盤増幅の空間分布 (SV入射-面外応答)

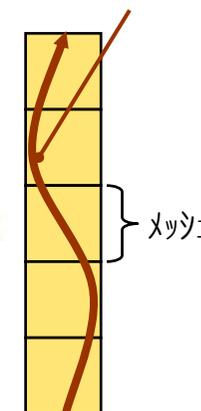


荒浜側

大湊側



波長 =  $V_s \times$  周期



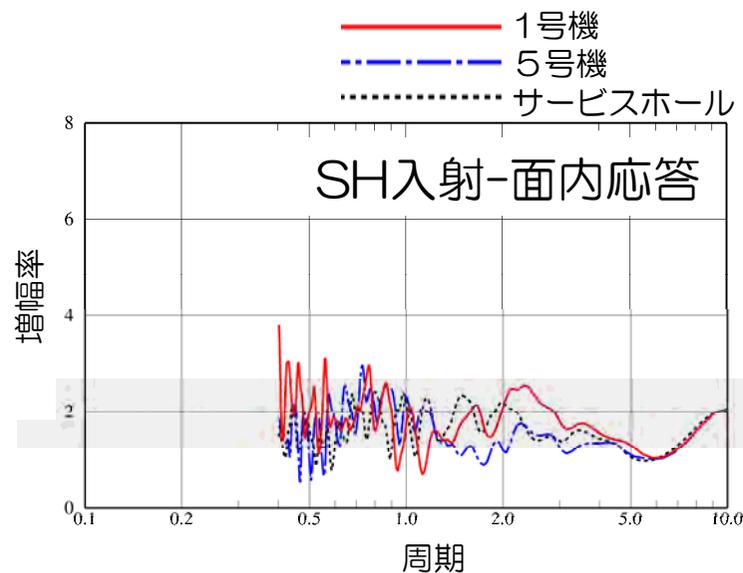
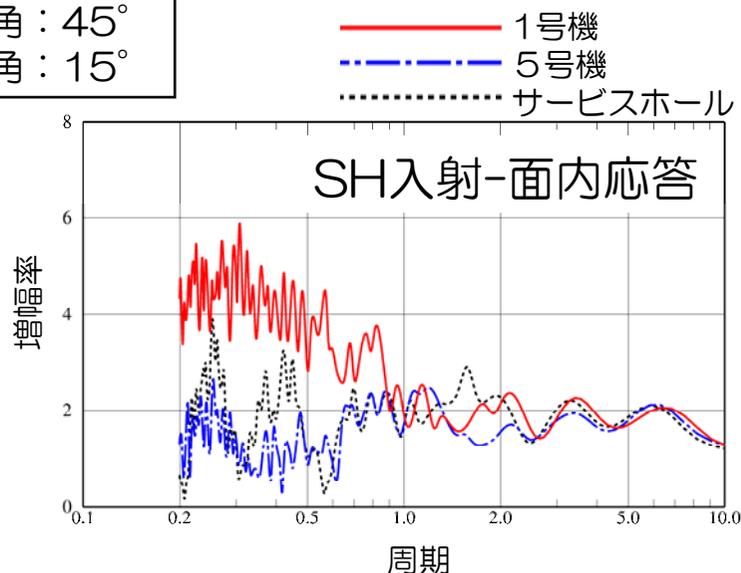
対象周波数は1波長中のメッシュ数を基準に設定

褶曲面が椎谷層及び上部寺泊層上面の2面の場合、モデル-Aと同様の増幅の縞が生じる

# 各褶曲面の影響に関する検討 SH波の増幅率

## ■ 第3アスペリティ方向からのSH波入射

入射角：45°  
方位角：15°

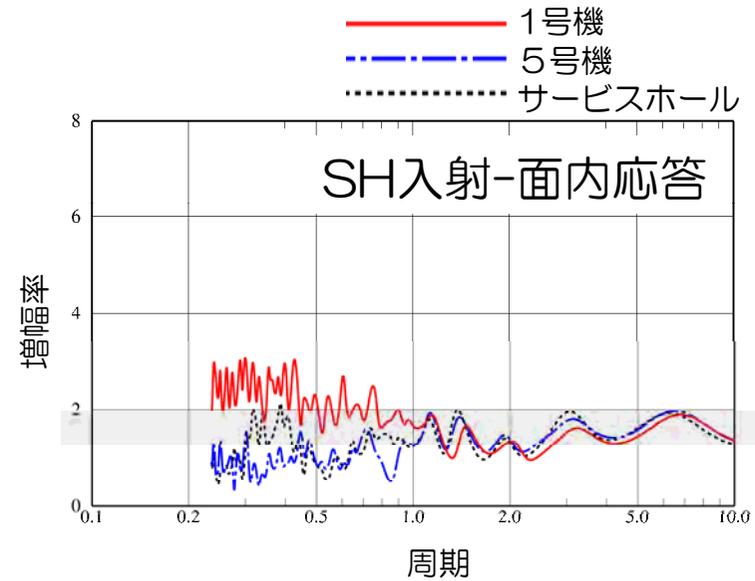
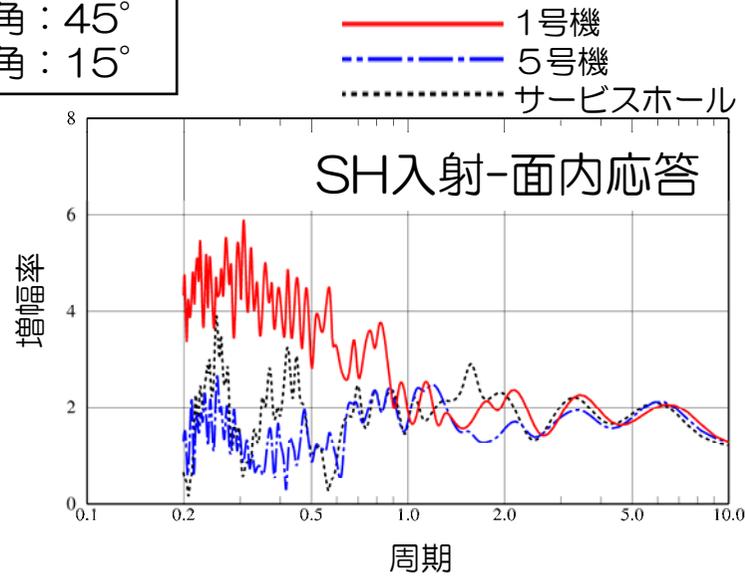


褶曲面が椎谷層上面のみの場合、1号機と5号機で大きな差は見られない

# 各褶曲面の影響に関する検討 SH波の増幅率

## ■ 第3アスペリティ方向からのSH波入射

入射角：45°  
方位角：15°

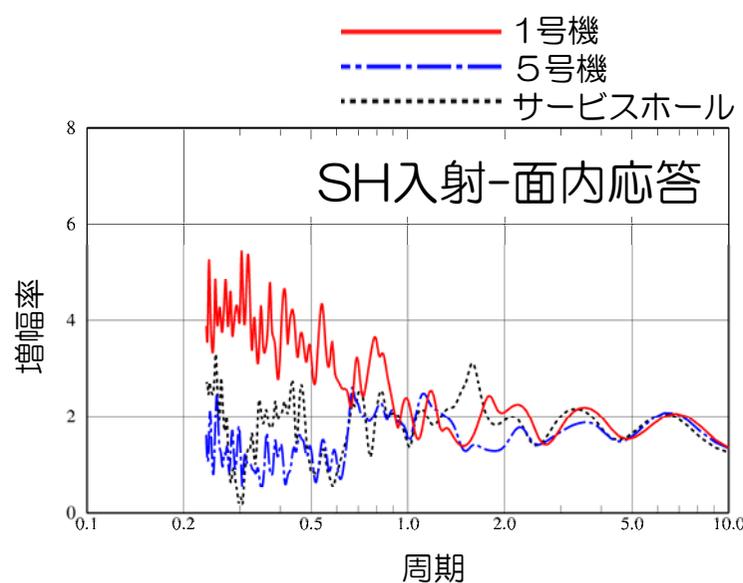
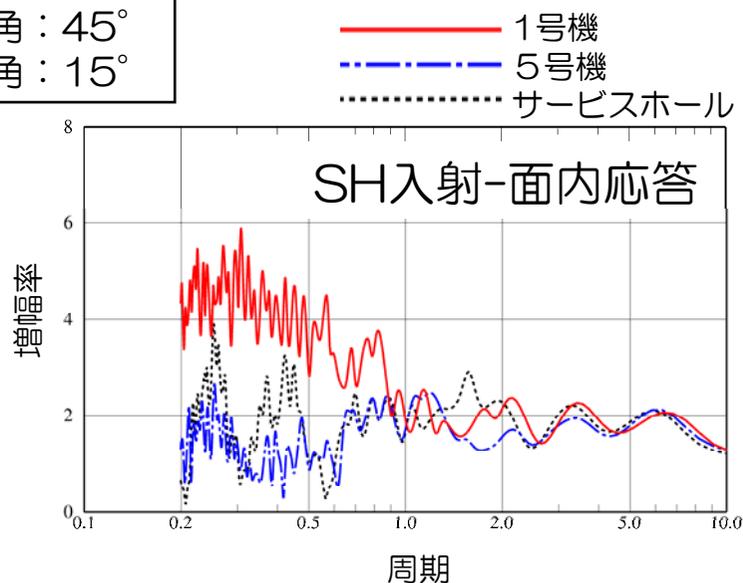


褶曲面が上部寺泊層上面のみの場合、号機間の差は生じるがモデル-Aほど明確ではない

# 各褶曲面の影響に関する検討 SH波の増幅率

## ■ 第3アスペリティ方向からのSH波入射

入射角：45°  
方位角：15°



褶曲面が椎谷層及び上部寺泊層上面の2面の場合、モデル-Aと同程度の差が生じる

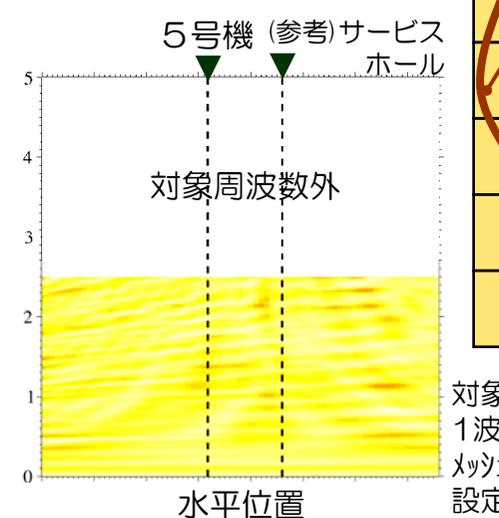
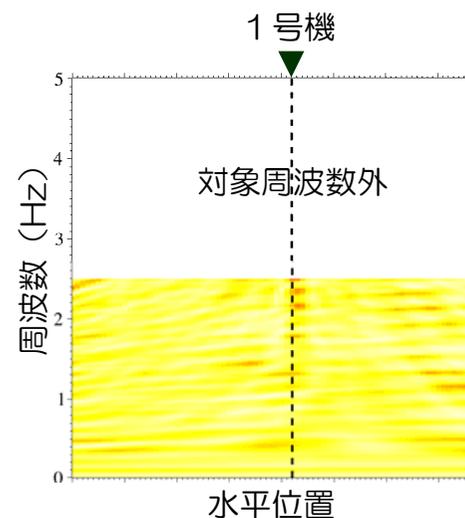
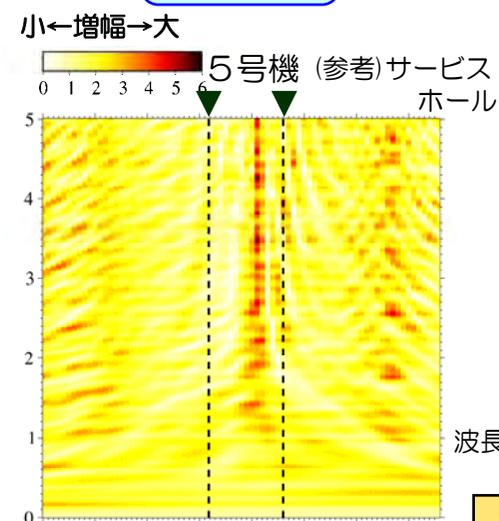
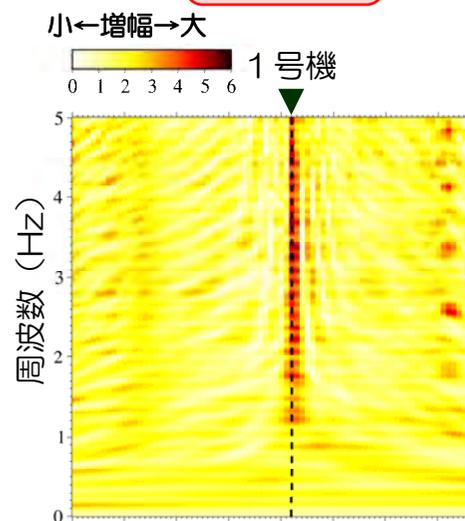
# 各褶曲面の影響に関する検討 地盤増幅の分布 (SH波)

■ 第3アスペリティSH波入射時の地盤増幅の空間分布 (SH入射-面内応答)

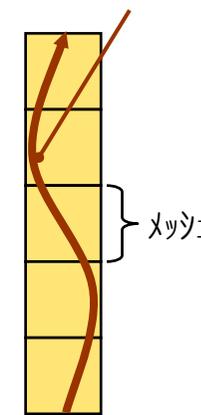


荒浜側

大湊側



波長 =  $V_s \times$  周期



対象周波数は1波長中のサイクル数を基準に設定

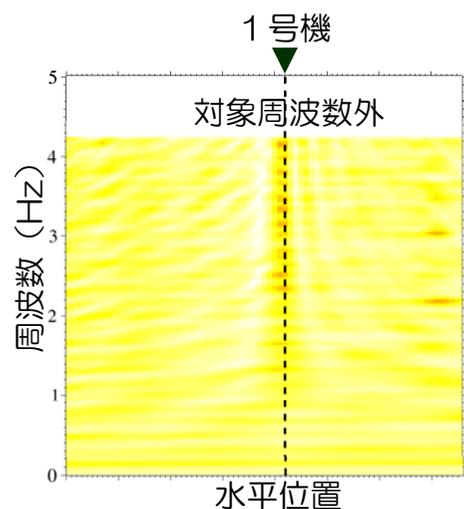
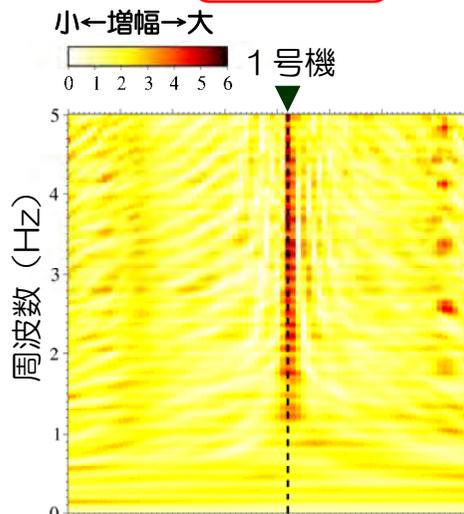
褶曲面が椎谷層上面のみの場合、増幅の縞はあまり明確ではない

# 各褶曲面の影響に関する検討 地盤増幅の分布 (SH波)

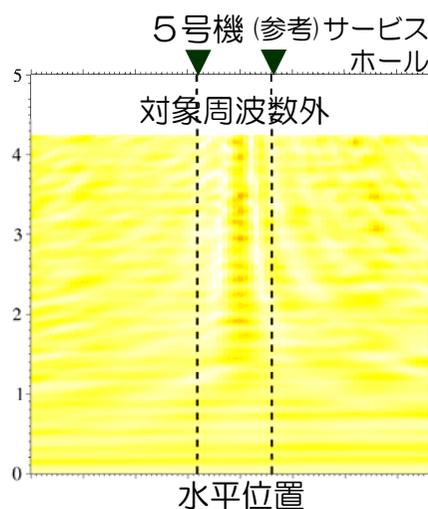
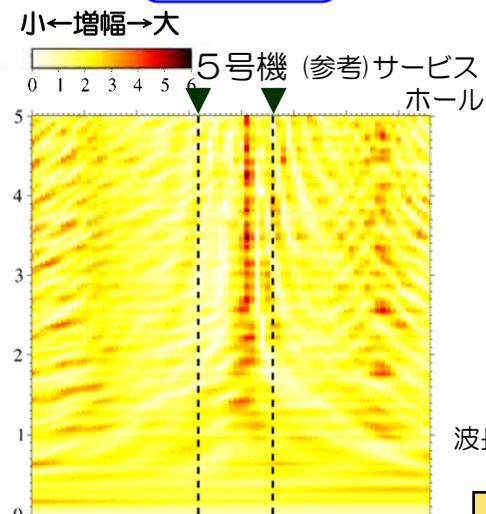
■ 第3アスペリティSH波入射時の地盤増幅の空間分布 (SH入射-面内応答)



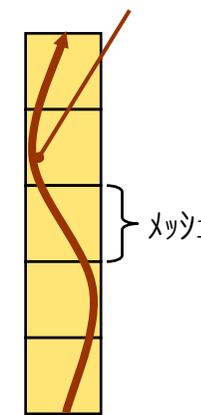
荒浜側



大湊側



波長 =  $V_s \times$  周期



対象周波数は1波長中のメッシュ数を基準に設定

褶曲面が上部寺泊層上面のみの場合、増幅の縞はモデル-Aほど明確にはならない

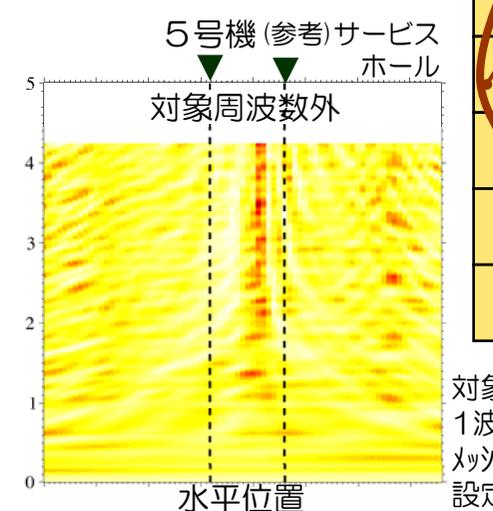
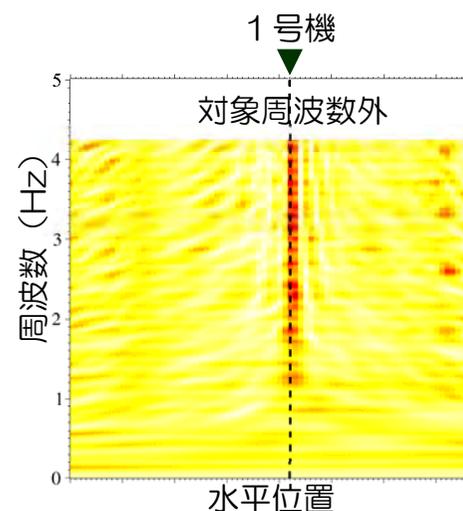
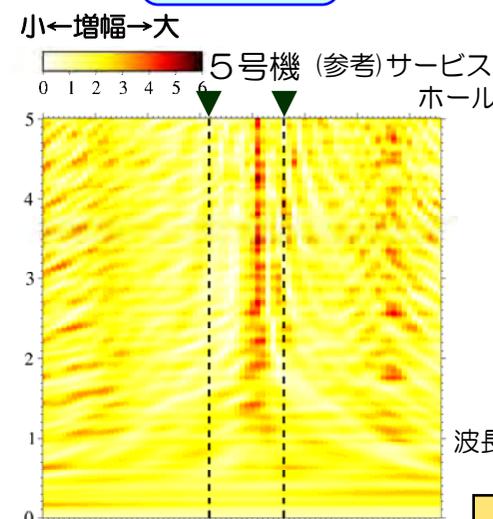
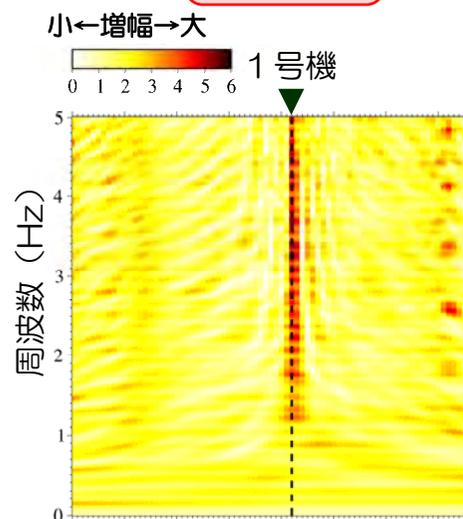
# 各褶曲面の影響に関する検討 地盤増幅の分布 (SH波)

■ 第3アスペリティSH波入射時の地盤増幅の空間分布 (SH入射-面内応答)

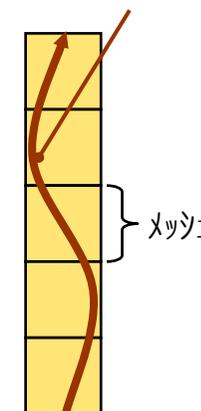


荒浜側

大湊側



波長 =  $V_s \times$  周期

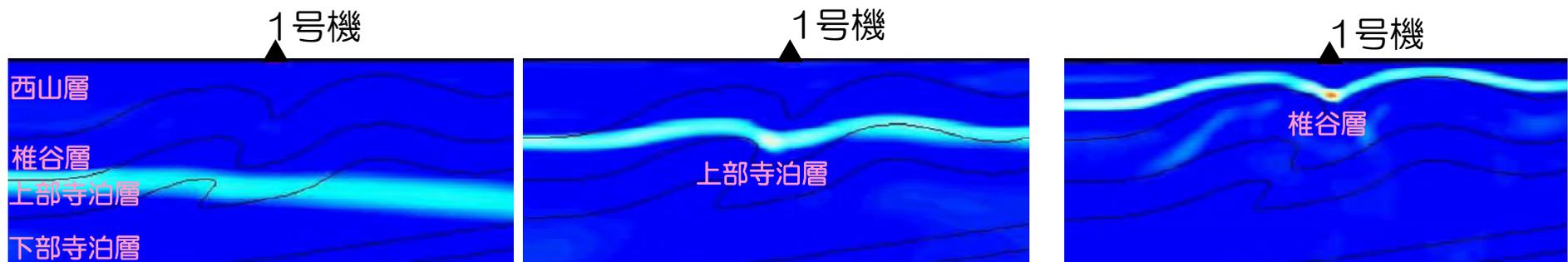


対象周波数は1波長中のサイクル数を基準に設定

褶曲面が椎谷層及び上部寺泊層上面の2面の場合、モデル-Aと同様の増幅の縞が生じる

# 各褶曲面の影響に関する検討 波動伝播特性

## ■荒浜側モデル断面のスナップショット



①上部寺泊層までは平面波の形状を保ったまま波動が伝播する

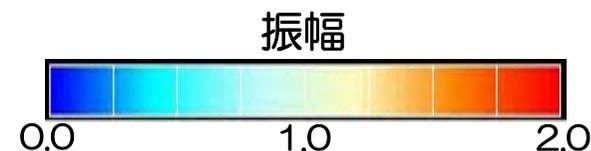
②上部寺泊層上面の褶曲を通過すると、向斜構造の中心部に波動が集中する

③椎谷層上面の褶曲を通過すると、1号機の直下で波動の集中度が増す



④波動の集中はそのまま1号機へ伝播する

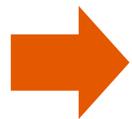
⑤1号機は大きな増幅を示す



# まとめ

---

- 敷地近傍の地下構造モデルを用いて感度解析を行い、増幅特性に影響を及ぼす褶曲面について検討した
- 褶曲面が椎谷層上面のみの場合（モデル-B）、または上部寺泊層上面のみの場合（モデル-C）は、1号機地点における増幅が大きくならなかった
- 褶曲面を椎谷層上面及び上部寺泊層上面の両方に設定した場合（モデル-D）は、1号機地点における増幅が大きくなった



1号機地点の増幅については、椎谷層上面と上部寺泊層上面の褶曲の影響が大きいことを確認

- 
- ・ 敷地近傍の地下構造を用いた感度解析
    - (1) 各層が増幅特性に与える影響検討
    - (2) 褶曲形状が増幅特性に与える影響検討

## 検討の概要 徳光ほか（2008），渡辺ほか（2011）

---

■敷地近傍の2次元地下構造モデルについて，褶曲構造を段階的にゆるやかにした感度解析を行い，褶曲面の形状が増幅特性に及ぼす影響を検討する

●第3アスペリティの入射角および方位角を考慮したSV波入射による荒浜側モデル断面の増幅率を下記のケースにおいて比較

① モデル-A

地質調査に基づく地下構造モデル（基本モデル）

② モデル-E

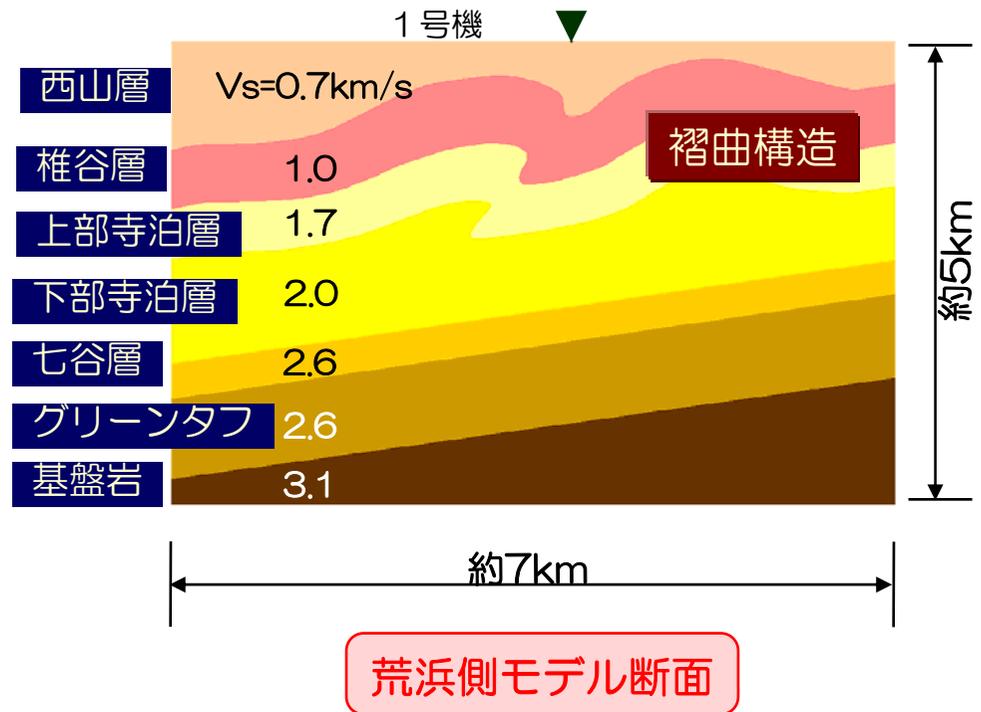
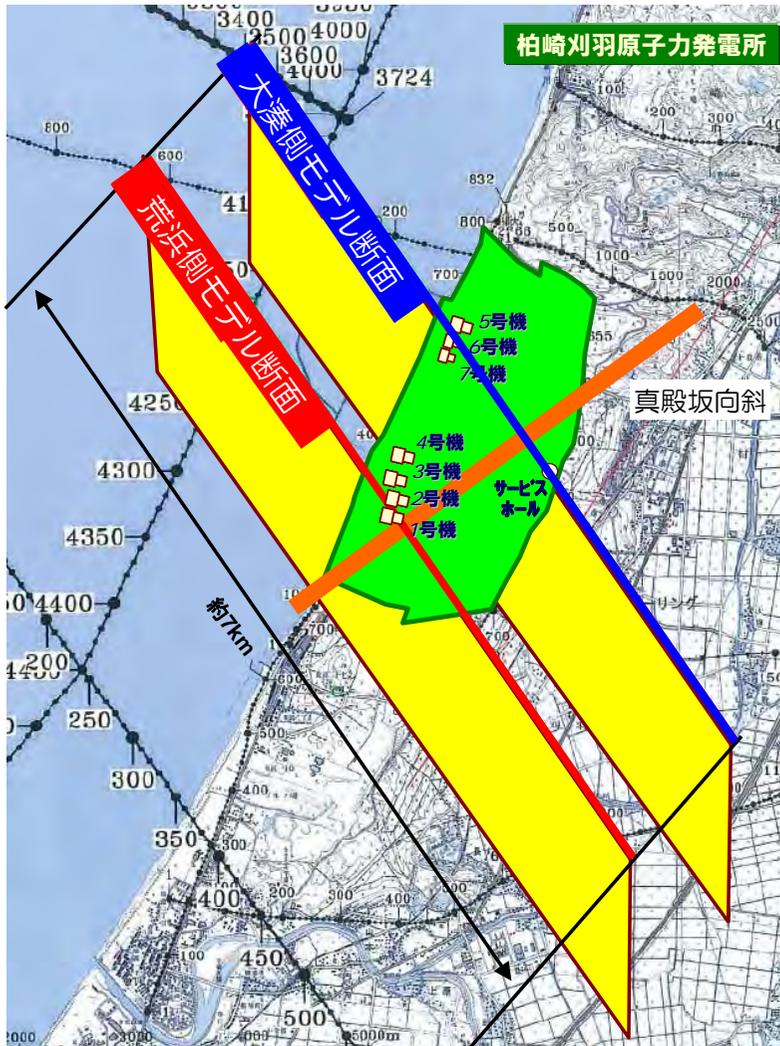
モデル-Aより褶曲構造をゆるやかにした場合の地下構造モデル

③ モデル-F

モデル-Eより褶曲構造をゆるやかにした場合の地下構造モデル

# 褶曲面の形状に関する検討 地下構造モデルの概要

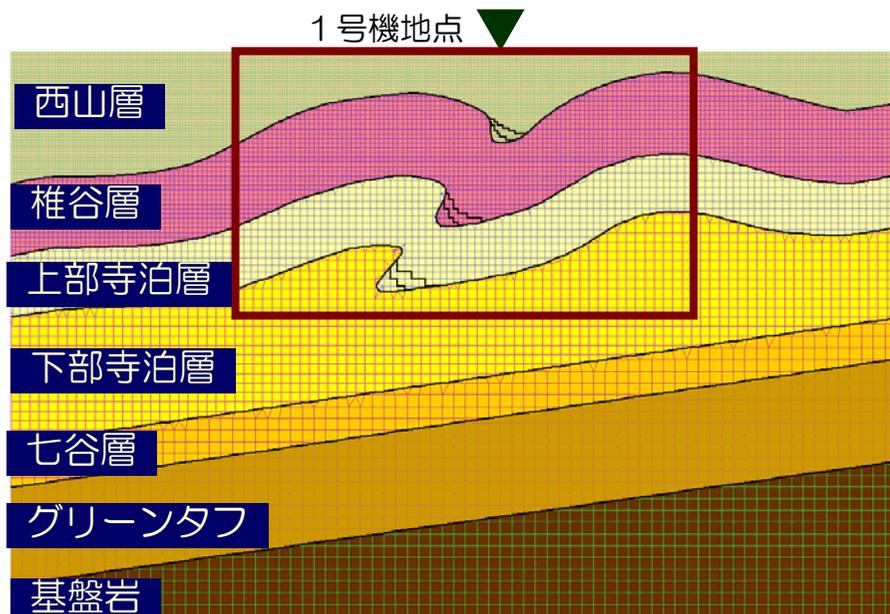
## ■地質調査に基づく地下構造モデル（基本モデル）



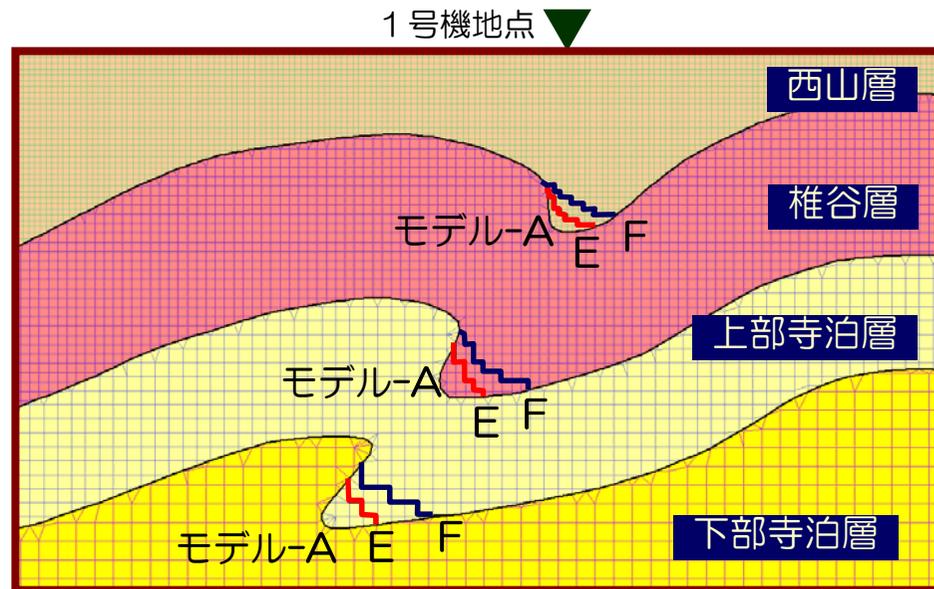
地下構造モデルのイメージ図

# 褶曲面の形状に関する検討 検討方法

3種類の地盤モデルの増幅率を比較し、褶曲形状の影響を評価



地下構造モデル（全体図）

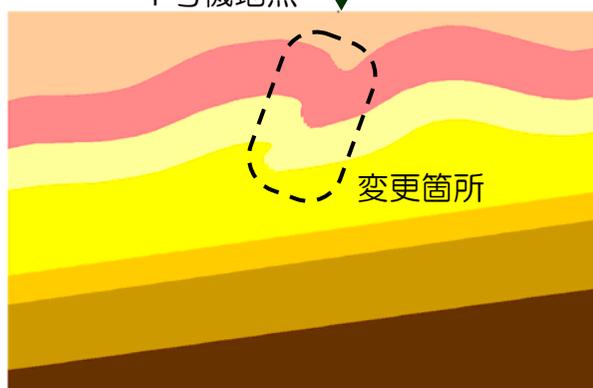


地下構造モデル（拡大図）

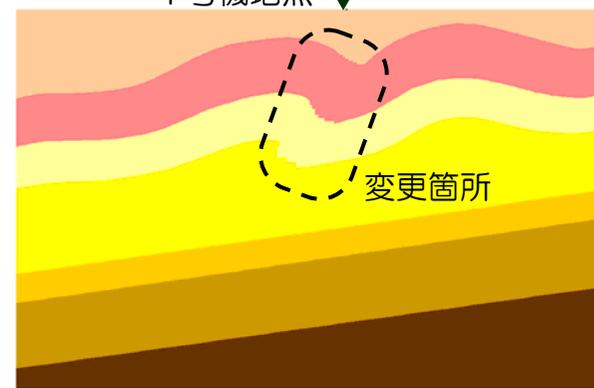
モデル-A：地質調査に基づくモデル  
1号機地点 ▼



モデル-E：平滑化・小  
1号機地点 ▼

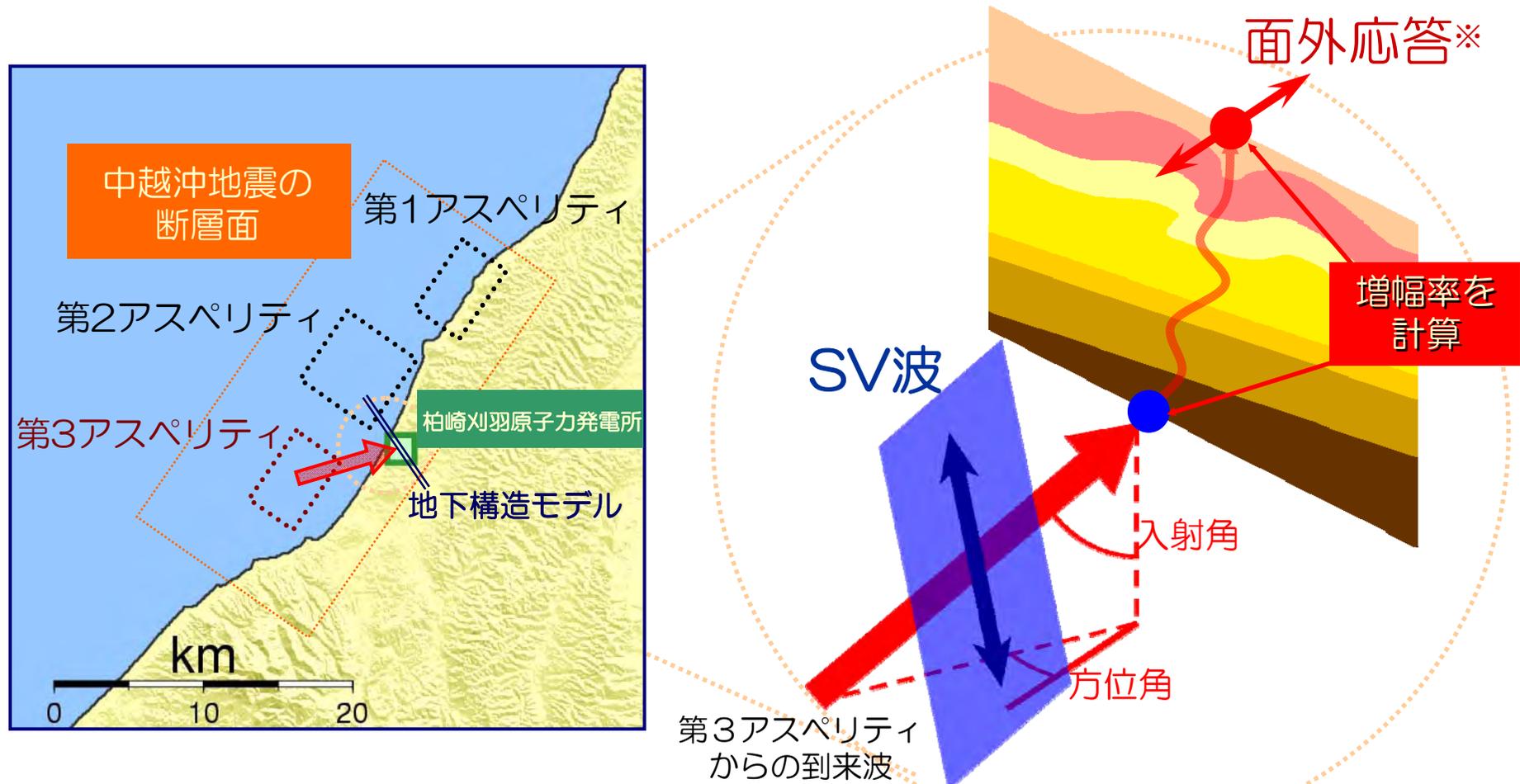


モデル-F：平滑化・大  
1号機地点 ▼



# 褶曲面の形状に関する検討 入射角・方位角

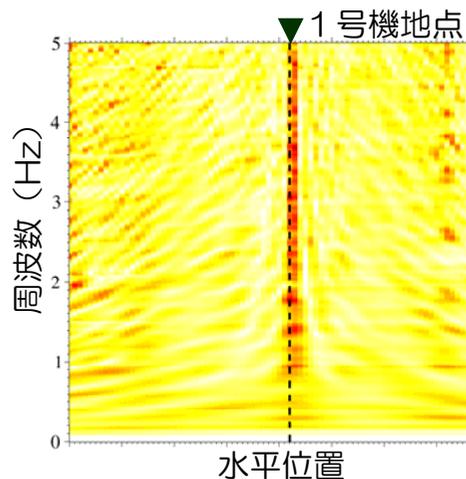
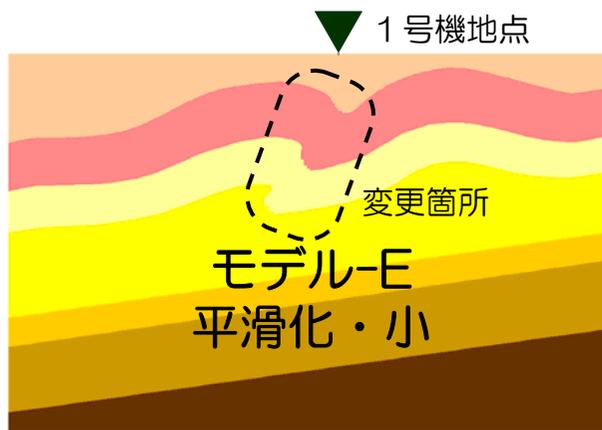
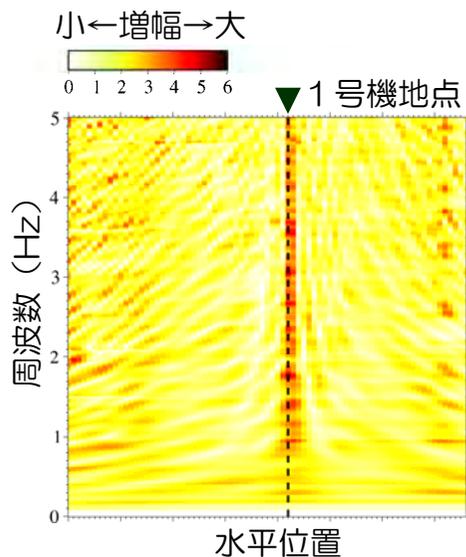
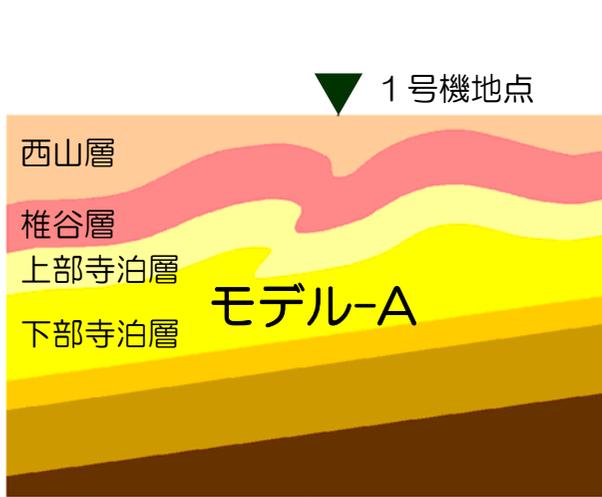
- 感度解析に用いる入力地震動の入射角・方位角については、中越沖地震の第3アスペリティ位置から到来する地震波を用いる



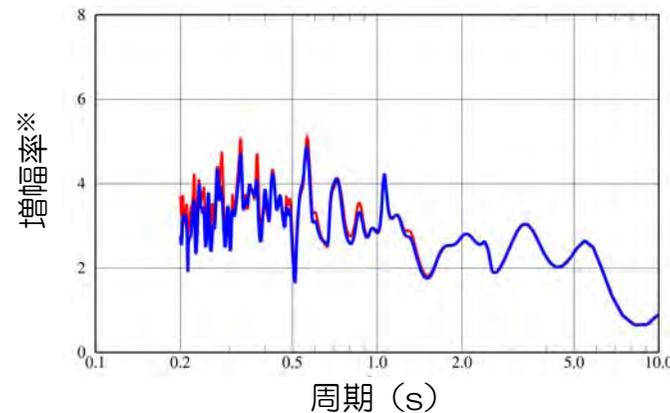
\*面外応答：地下構造モデルと直交方向の応答

# 褶曲面の形状に関する検討 増幅率の分布

## ■ 第3アスペリティSV波入射時の荒浜側モデル断面-面外応答



— モデル-A  
— モデル-E



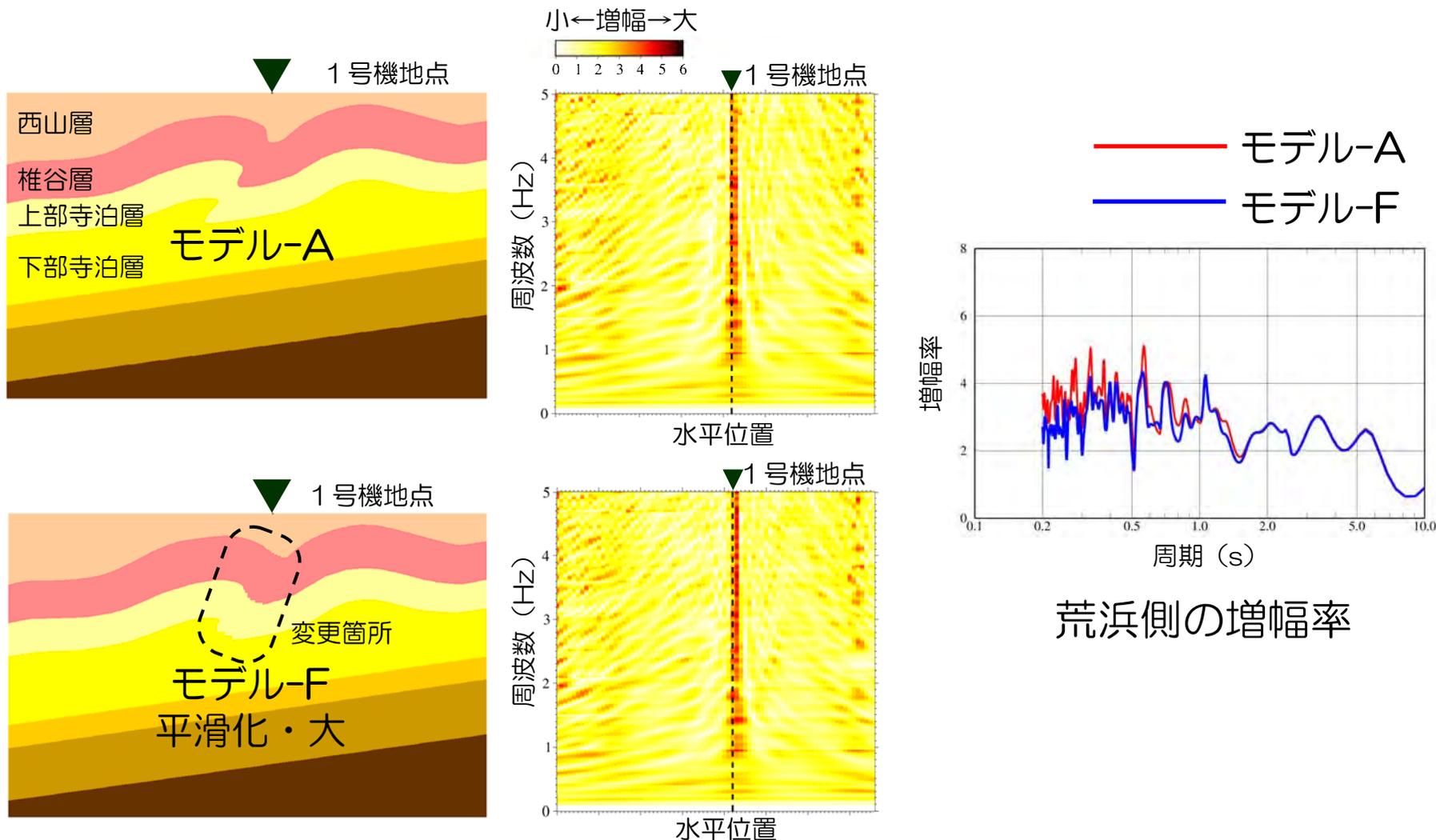
荒浜側の増幅率

\* 増幅率：地盤モデルの上端/地盤モデルの下端

平滑化が小さいモデル-Eの場合、モデル-Aと同等の応答が生じる

# 褶曲面の形状に関する検討 増幅率の分布

## 第3アスペリティSV波入射時の荒浜側モデル断面-面外応答



平滑化が大きいモデル-Fの場合、モデル-Aに比べて応答が若干小さくなるが、ほぼ同等

## まとめ

---

- 地質調査に基づく地下構造モデル-Aと、褶曲構造を段階的にゆるやかにした2つの地下構造モデルの増幅率を比較し、褶曲形状が1号機地点の増幅特性に及ぼす影響を検討した
- 平滑化が小さい地下構造モデル-Eおよび地下構造モデル-Eより平滑化を大きくした地下構造モデル-Fともに、地質調査に基づく地下構造モデル-Aと同程度の応答となる



1号機地点の増幅については、背斜に挟まれた向斜上に位置するという大局的な位置関係が影響していると考えられる

# 参考文献

---

- ・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ー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ー，日本建築学会構造系論文集，第76巻 第659号